택지조성공사 설계실무편람

2006. 1

대한주택공사

머 리 말

1962년 우리공사가 설립된 이래 마포에 국내 최초의 아파트 건설을 시작으로 반포, 잠실, 과천지구 개발부터 시작하여 산본, 중동, 아산, 파주 등 신도시 건설까지 도시지역의 시급한 주택난 해소와 주택가격의 안정에 기여를 하여왔으나, 최근 국민생활수준의 향상과 함께 주택보급률의 지속적인 상승에 따라 향후 주택단지는 대량생산 보다는 다음세대까지를 고려한 “지속가능한 개발”과 쾌적한 주거환경을 필요로 하고 있습니다.

이러한 변화된 환경에 따라 택지개발사업에서도 도시가 안고 있는 환경문제를 공유하여 환경친화적이고 효율적인 개발을 동시에 추구하려는 인식증대와 점점 다양해지는 타 개발주체와의 경쟁이 불가피한 실정에서 이를 극복하기 위해서는 그동안 축적된 경험과 기술력, 지속적인 연구개발을 바탕으로 차별화된 택지개발에 매진함으로써 경쟁력을 강화하여 국민모두의 신뢰를 받을 수 있도록 해야 할 것입니다.

이에 따라 본 「택지조성공사 설계실무 편람」에서는 그간 시행하여온 택지개발의 경험과 기술을 바탕으로 각 공종별 법적, 제도적 기준, 일반적 이론과 시행사례 등의 모든 분야를 정리, 수록함으로써 설계실무자들이 이해하기 쉽고 이용에 편리하도록 하였으며 특히 환경친화적 단지조성의 중요성 증대와 함께 관심이 증대되고 있는 하천 등 수자원분야, 폐기물분야 등을 수록하여 건설분야의 발전에 부응하는 설계편람이 될 것으로 기대됩니다.

끝으로 본서에서 제시한 편람내용은 그동안 축적된 경험과 기술력을 바탕으로 우선적으로 적용 가능한 설계실무내용을 발췌 정리한 것으로서 향후 지속적으로 현장적용, 국내외 자료 및 사례를 추가 발굴 발전시켜 부족하거나 미비한 사항에 대해서는 계속 수정 보완될 수 있도록 노력하고자 하오니 관계자 여러분의 많은 관심과 조언을 부탁드립니다.

2006. 1

대한주택공사 사장

목 차

Ⅰ. 총론 ---- 1

1. 편람의 목적 ---- 3
2. 편람의 방안 ---- 3
3. 편람의 개략구성 ---- 3
4. 적용범위 ---- 5

Ⅱ. 측량 및 조사 ---- 7

1. 적용범위 ---- 9
2. 목적 ---- 9
3. 용어의 정의 ---- 9
4. 책임과 권한 ---- 10
5. 절차 및 방법 ---- 11
6. 지형현황측량 ---- 12
7. 노선측량 ---- 15
8. 하천측량 ---- 16
9. 항공사진 측량 ---- 26
10. GPS측량 ---- 39
11. 지하시설물 관리시스템 ---- 49
12. 조사(확인)측량 및 승인 전 예정지적좌표도 ---- 93
13. 첨부 ---- 96

Ⅲ. 토공 ---- 101

1. 토공계획 ---- 103
2. 토량이동 및 유동계획 ---- 125

목 차

Ⅳ. 토질 및 기초 ---------- 179

1. 구조물기초 ---------- 181
2. 비탈면안정 ---------- 226
3. 연약지반 처리 ---------- 259
4. 흙막이 구조물 ---------- 331
5. 옹벽 ---------- 360
6. 토질조사 ---------- 419

Ⅴ. 도로 ---------- 467

1. 일반사항 ---------- 469
2. 도로계획 및 설계 ---------- 481
3. 포장 설계 ---------- 555
4. 교통안전시설 ---------- 646
5. 기타사항 ---------- 666

Ⅵ. 구조 ---------- 679

<구조물 계획> ---------- 681
1. 총칙 ---------- 683
2. 구조물 계획 ---------- 685
3. 교량 구조물 ---------- 699
4. 도로 구조물 ---------- 756
5. 수리 구조물 ---------- 780
6. 계측 및 유지 관리 ---------- 796

<구조물 설계일반> ---------- 805
1. 일반사항 ---------- 807
2. 설계하중 ---------- 808
3. 설계방법 및 안전율 ---------- 818

4. 사용재료 ---------- 824
5. 구조세목 ---------- 828
6. 교량 내진 설계기준 ---------- 833
7. 지하공동구 내진 설계기준 ---------- 850
8. 구조물 해석 ---------- 870

<구조물 설계실무> ---------- 875
1. 교량 구조물 ---------- 877
2. 도로 구조물 ---------- 903
3. 수리 구조물 ---------- 912

Ⅶ. 상수도 ---------- 913

1. 총설 ---------- 915
2. 상수도 시설 ---------- 922
3. 배수 시설계획 ---------- 927
4. 배수지 ---------- 939
5. 배수관 ---------- 945
6. 부속 설비 ---------- 955
7. 가압장 ---------- 963
8. 관망유량계산 ---------- 966
9. 설계 예 ---------- 970
10. 용어정리 ---------- 986

Ⅷ. 하수도 ---------- 991

1. 총설 ---------- 993
2. 우수배제계획 ---------- 1001
3. 오수배제계획 ---------- 1036
4. 관거시설 ---------- 1046
5. 펌프장 ---------- 1069

목 차

6. 하수처리시설 ---------- 1075
7. 설계 예 ---------- 1097
8. 용어설명 ---------- 1118

Ⅸ. 하천 ---------- 1127

<총론> ---------- 1129
1. 총론 ---------- 1131

<계획편> ---------- 1155
1. 설계수문량 ---------- 1157
2. 하도 계획 ---------- 1185

<설계편> ---------- 1221
1. 제방 ---------- 1223
2. 호안 ---------- 1245
3. 하상유지시설 ---------- 1263
4. 보 ---------- 1277
5. 수문 ---------- 1290
6. 유수지 ---------- 1302
7. 하구시설 ---------- 1308
8. 자연형 하천설계 ---------- 1322
9. 기타시설물 ---------- 1438

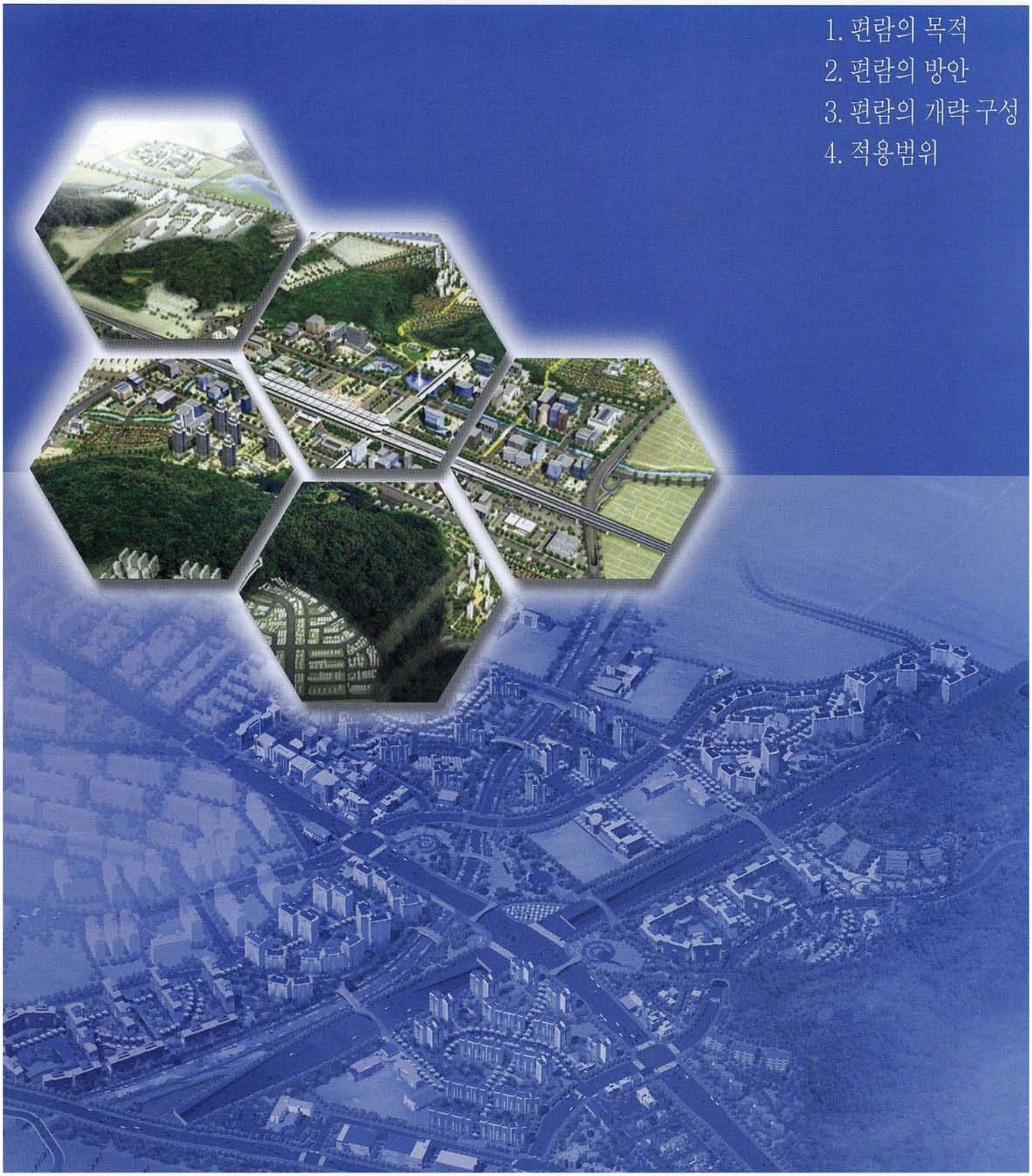
Ⅹ. 폐기물 ---------- 1449

1. 일반사항 ---------- 1451
2. 관련법규 및 기준 ---------- 1454
3. 수량산출 ---------- 1463
4. 위탁계약 ---------- 1477

부록(별첨)

I. 총 론

1. 편람의 목적
2. 편람의 방안
3. 편람의 개략 구성
4. 적용범위



빈 면

Ⅰ. 총 론

1. 편람의 목적

본 편람은 택지조성 사업을 수행하면서 적용해 온 각 부문별 설계기준과 건설교통부 제정 설계기준 및 각 공사, 지자체에서 적용중인 설계기준 등을 근거로 하여 작성 하였으며 택지조성공사 설계실무에 활용될 수 있는 종합적이고 구체적인 가이드라인을 제공하는데 목적이 있다.

2. 편람의 방안

- 택지조성공사 설계에 고려되어야 할 제반요소들의 분석을 통한 설계의 종합적 기준안을 제시하였음.
- 향후 집중적으로 거론될 환경친화적인 미관을 고려한 설계방안을 제시하였음.
- 택지개발사업 시행시 미진하게 다루어졌던 건설폐기물에 대한 설계방안을 제시하였음.
- 현재 택지개발 설계시 적용될 수 있는 이용 프로그램 및 계산 예를 수록하여 택지설계 실무자들이 직접적으로 활용할 수 있는 방안을 제시하였음.

3. 편람의 개략 구성

본 편람에서의 구성은 택지조성공사 설계실무 관련기준사항과 설계용역 체크-리스트 사항, 정보화 추진방안, 설계도서 작성기준 등 13개 부문으로 나누어 작성하였음.

3.1 총 론

본 편람을 작성하게 된 과정 및 목적에 대한 내용작성

3.2 측량 및 조사부문

현재 많이 이용되고 있는 현황, 항공사진, 노선, 하천, GPS, GIS측량 등에 관한 각종 성과 작성방법을 기술. 특히 향후 가장 이용성이 증대될 GIS측량(지하매설물 탐사)에 대한 기술을 가장 중요한 비중을 두어 작성.

3.3 토공부문

택지조성설계 부문에서 가장 중요한 작업공정인. 토공설계 부문에서는 도면, 수량산출 방법 및 공동 택지에서 많이 발생되는 잔토 산정 기준을 제시하였고, 발생암 유용에 따른 발파에 대한 일

반기준을 제시하여 작성했음.

3.4 토질 및 기초부문

구조물 기초형식 및 안정성에 대한 검토사항, 비탈면(쌓기, 깎기) 안정성에 대한 검토사항, 연약지반 판정방법 및 처리방법에 대한 검토사항, 흙막이 구조물에 대한 검토사항, 옹벽 및 보강토옹벽에 대한 검토사항을 설명하였고, 토질조사부문, 토질의 분류방법, 현장자료조사에 대한 사항을 기술하였음.

3.5 도로부문

택지개발 단계에서 이루어지는 도로계획 외에 도로의 기능, 도로 조건, 교통조건 및 지역조건, 지형조건들을 고려한 도로의 계획, 조사, 설계단계의 업무절차 및 내용 등을 기술하였음. (도로의 일반사항, 포장방안, 안전시설)

3.6 구조부문

편람의 구조분야는 계획, 설계일반 및 설계실무 형태로 구분되어 작성하였고, 택지조성공사 설계빈도가 높은 구조물에 대한 설계예제를 작성하여 설계흐름의 파악이 용이하도록 작성하였음.

3.7 상수도부문

상수도 분야에서 기술될 수 있는 취수, 송수, 도수, 정수시설에 대한 일반사항 기술 및 배수계획, 배수지, 배수관, 가압장 등에 대한 설계 방안을 제시하였고 관망계산 및 설계예제를 제시하여 설계흐름을 파악할 수 있게 기술하였음.

3.8 하수도부문

현재 택지조성공사 하수도 설계에서 중요성을 갖는 하수도 부문의 일반적인 사항 및 우수펌프장, 조정지 계획, 실개울 조성, 초기우수 처리방안, 펌프장, 수처리 시설에 대한 일반사항 및 기준을 작성하였으며, 하수도 설계예제를 제시하여 설계흐름을 파악할 수 있게 작성하였음.

3.9 하천부문

하천 및 하천부속시설과 관련된 구조물의 계획, 설계시 적용하는 일반적이고 기본적인 사항을 규정하여 작성하였음. 또한 현재 택지개발지구 하천부문에서 중요성을 띄는 자연형 하천에 대한 일반사항 및 설계기준도 제시 작성하였음.

3.10 폐기물부문

현재 택지조성공사 설계현장에서 발생되고 있는 건설폐기물에 대한 원단위 산정 및 수량 산출 등을 기술하였고 건설폐기물 관련법에 대한 사항을 기술함에 따라 관련법을 철저하게 분석 및 건설 폐기물 문제가 근본적으로 해결 될 수 있는 방안을 제시하여 건설현장의 건설폐기물의 흐름체계를 기술하였음.

4. 적용범위

본 편람은 택지조성공사 설계실무에서 필요한 시설물관련 법규, 설계기준 및 지침의 설계 또는 실무보조 자료로서 활용함에 목적이 있다.

부 록

1. 프로그램 활용

현재 택지조성공사 설계실무편람에서 각 공종별로 이용되고 있는 프로그램 등에 관한 INPUT, OUT-PUT, 매뉴얼, 활용사례에 대한 내용을 기술하였음.

2. 설계 CHECK LIST부문

설계과정에서 발생될 수 있는 설계 중점검토 사항에 대한 항목을 각 공종별로 조사 기술하였음.

3. 설계도서 작성기준

설계도서 작성방법이 규격화되어 있지 않으므로 설계도서 작성순서 및 규격을 현재 주택공사에서 작성되고 있는 기준으로 하였고 건설교통부 규격을 참고하여 작성하였음.

빈 면

Ⅱ. 측량 및 조사

1. 적용범위
2. 목적
3. 용어의 정의
4. 책임과 권한
5. 절차 및 방법
6. 지형현황측량
7. 노선측량
8. 하천측량
9. 항공사진측량
10. GPS측량
11. 지하시설물 관리시스템
12. 조사(확인)측량 및 승인 전 예정지적좌표도
13. 첨부

빈 면

Ⅱ. 측량 및 조사

1. 적용범위

택지 수급계획 및 지구별 건설사업계획에 의거 선정된 택지개발 예정지구 및 건설사업 후보지의 수치도 작성 및 지형현황 측량을 수행하기 위하여 지형현황측량 및 항공사진 측량, GPS측량, 지하시설물 관리시스템, 조사(확인)측량 및 예정지적좌표도 등 업무수행에 필요한 처리절차와 방법에 관하여 기술한다.

2. 목 적

최적의 토목설계 및 쾌적한 단지계획을 수립하기 위하여 건설사업 후보지의 지형 현황측량 및 택지개발예정지구의 정확한 수치지형도 성과를 얻어 불필요한 각종 인·허가 변경업무를 줄이고 개발원가에 영향을 미치는 설계변경 등을 최소화하며 사업을 신속, 정확하고 합리적으로 추진하는데 목적이 있다.

3. 용어의 정의

3.1 공공측량

측량법 제2조 제3호의 규정에 의한 공공측량을 말한다.

3.2 공공측량성과

측량법 제33조 제1항의 규정에 의한 공공측량계획기관이 실시하여 얻는 최종성과를 말한다.

3.3 항공사진측량

항공사진촬영방법에 의하여 촬영된 항공사진으로 지상기준점 측량을 실시하여 얻은 평면 또는 표고기준점 성과로 해석도화 및 도화 원도를 제작하는 측량을 말한다.

3.4 지형현황측량

기본삼각점, 공공삼각점 또는 공공다각점, 기본수준점 또는 공공수준점 등의 공공측량의 결과로부터 구하여진 기준점을 기초로 하여 측량구역내에 있는 지형, 지물의 위치를 측정하여 지형현황도를 제작하는 측량을 말한다.

3.5 자체측량

측량법 시행령 제2조 제1항 제1호의 규정에 의하여 공공측량에서 제외되는 측량으로 건축사업에 관련되는 택지조성, 설계 및 시공을 위한 측량 중 좌표기준점측량을 제외한 측량을 말한다.

3.6 노선측량

도로, 철도, 수로, 관로, 송전선로, 삭도 등과 같이 폭이 좁고 장거리에 걸쳐 건설되는 시설의 계획과 공사를 위한 측량을 말한다.

3.7 하천측량

하천의 계획, 유지, 관리에 필요한 자료로서 지반, 물체의 위치, 종횡단 등을 측량하여 평면도, 종단면도, 횡단면도 등을 작성하는 측량을 말한다.

3.8 GPS측량

복수의 GPS측량기를 이용하여 관측점간의 3차원 상대위치를 구하고 기준점의 측지학적 좌표·표고를 결정하는 측량을 말한다.

3.9 지하시설물 관리시스템

통신, 가스, 전기등 지하에 매설된 각종 지하시설물을 온라인 실시간 환경에서 통합 관리할 수 있는 시설물 관리방안 및 시스템을 말한다.

4. 책임과 권한

4.1 토목설계처장

(1) 수치지형도작성 및 지형현황측량 대상지구 선정 및 시행방법의 결정
(2) 지형현황측량 계획수립
(3) 지형현황측량도 승인 및 공공측량성과 승인신청

4.2 택지계획처장

(1) 사업후보지 선정 및 통보
(2) 사업추진일정의 결정
(3) 사업후보지 경계선의 확정

5. 절차 및 방법

5.1 대상지구의 선정

택지수급계획 및 지구별 건설사업계획에 의거 택지계획지에서 사업후보지 선정 통보한 지구에 대하여 지형측량계획을 수립한다.

5.2 용역시행

5.2.1 용역지침

용역시행에 따른 세부용역지침은 “지구별 건설사업 계획 규정시행세칙”을 따른다.

5.2.2 지형측량계획

(1) 공공측량 성과의 확인

국립지리원 및 당해 지자체 공공측량성과 유무 및 활용가능여부를 확인한다.

(2) 측량면적의 산정

측량면적은 확정된 사업지구 경계선으로부터 30m 정도 여유를 주어 산정하되, 경계 변경이 예상되거나 도로, 하천, 철도 등 주변시설물이 있을 경우 이를 감안하여 결정한다.

(3) 지형 유형의 구분

표준품셈의 기준에 따라 산지, 구릉지, 평지, 시가지, 밀집시가지로 구분한다.

(4) 측량시행방법의 결정

지역, 측량면적 및 지형 유형에 따라 항공사진측량, 인공위성사진, 지형현황측량 방법 중 유리한 측량방법을 선택한다.

(5) 용역비의 산정

측량용역대가의 기준(건설교통부), 표준품셈 및 측량표준단가표(국립지리원 조사)에 의거 용역비를 산정한다.

(6) 용역기간의 결정

표준품셈에 의거 용역기간을 산출하는 것을 원칙으로 하며, 공공측량성과 기간(40일) 및 항공 촬영 시에는 촬영허가 및 보안검열기간 (20일)을 포함한다.

(7) 용역과업지시서의 작성

목적, 위치, 과업내용, 과업수행절차 단계별 보안대책 및 최종 성과품 내역 등을 포함

5.2.3 시행방침 결정 및 용역발주 의뢰

측량법 제39조 및 시행령 제15조 별표1의 5 규정에 의하여 지형도 필요시기 및 경제성을 감안하여 측량시행방법, 계약방법을 결정하여 용역발주 의뢰한다.

5.2.4 공공측량계획서 및 작업규정 승인

측량법에 따라 공공측량작업규정(별표2) 및 공공측량 실시계획서(별표3)를 작성하여 국립지리원의 승인을 득한 후 작업시행 하여야 하며, 작성기준은(별표2)에 따른다.

5.2.5 현장설명 실시

발주의뢰 후 입찰일정에 따라 과업내용, 작업기간, 작업범위 등에 대한 현장설명을 실시한다.

5.2.6 도급자 결정

도급자 결정시 계약서의 규정에 따라 착수계를 제출받아야 한다.

5.2.7 중간관리

(1) 현장 표석매설이 필요할 경우 요구되는 지점에 매설할 수 있도록 수급자로부터 가능 시점을 보고 받아 현장에서 직접 매설위치를 지정하여야 한다.

(2) 관측 전에 표석을 견고히 매설함을 원칙으로 한다.

(3) 표석매설에 있어 연약지반 및 습지대에 있어서는 기초 콘크리트 이외에 말뚝을 깊이 박아 표석의 침하를 방지하여야 한다.

(4) 표석은 추후 공사 시행으로 인한 망실을 방지하고 영구 보존될 수 있도록 사업지구의 외곽에 설치한다.

(5) 월 1회 이상 작업진도보고서를 제출토록 하여야 한다.

(6) 성과심사기간을 제외한 작업기간내에 과업이 완료되어 성과심사물을 제출할 수 있도록 하여야 한다.

5.2.8 준공처리

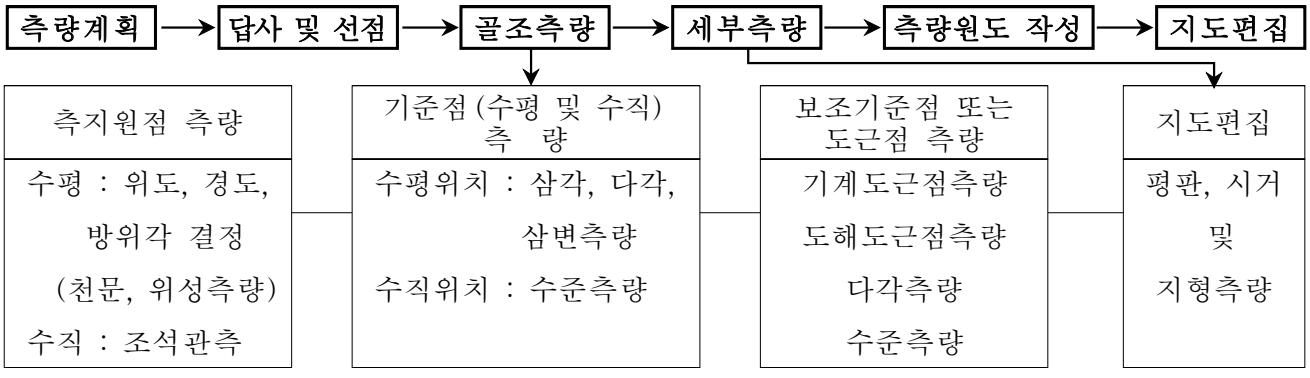
국립지원으로부터 측량성과에 대한 심사가 완료된 후 준공처리한다.

6. 지형현황측량

6.1 정의

기본삼각점, 공공삼각점 또는 공공다각점, 기본수준점 또는 공공수준점 등의 공공측량의 결과로부터 구하여진 기준점을 기초로 하여 측량 구역 내에 있는 지형, 지물의 위치를 측정하여 지형현황도를 제작하는 측량을 말한다.

6.2 지형현황측량의 순서



[그림 6.1] 지형현황측량의 순서

6.3 골조측량

6.3.1 답사

사업후보지의 위치 및 경계를 확인하고 골조측량을 위한 사전답사로서 단지 주위 현황을 개괄적으로 조사한다.

6.3.2 선점

평판측량시 시준이 용이하고 측점간의 시준이 양호한 지점을 선점하며, 점간거리는 10m이상, 120m이하로 한다. 가수준점(TBM)은 주위의 영구구조물에 기준점을 설정 하여 장기간 보존이 가능하게 설치하여야 한다.

6.3.3 조표

측점의 말뚝은 임시용으로서 목항, 석항, 도로경계석, 맨홀류 및 노출암반 등을 측점 표지로 사용하며, 위치는 기계설치에 지장이 없는 양호한 지반에 설치한다.

6.3.4 관측

(1) 거리측정

거리의 측정은 광파기를 사용하여 측정한다.

(2) 연직각 측정

경사보정시 연직각을 측정하여 60″미만을 일반적으로 생략한다.

(3) 방위각 측정

최초 또는 최종측선에 대한 방위각을 측정하여 진북방위각으로 환산 표시한다.

6.3.5 계산

(1) 측각오차

배각법 사용시 정반 각각 2배각으로 관측시차 60″이내로 한다.

(2) 폐합오차

다각측량의 폐비는 1/1,000이상으로 하며, 오차 배분은 컴퍼스 법칙에 따른다.

6.4 수준측량

6.4.1 기준점

기본수준점, 공공기준점을 원칙으로 하나 소규모 단지의 경우에는 가수준점(TBM)을 기준으로 할 수 있다.

6.4.2 선점

수준점표석의 매설위치는 파괴망실의 염려가 없는 안전한 곳이어야 하며, 수준점간 거리는 4㎞ 이내로 한다.

6.4.3 관측방법

직접수준측량으로 왕복 관측한다.

6.4.4 정확도

왕복오차 및 폐합오차의 허용한계는 $10\sqrt{S}mm$이며, 단 S는 편도거리 ㎞단위이다.

6.4.5 표척과 수준의와의 거리제한

표척과 수준의와의 거리는 70m이내이어야 하며, 전시와 후시와의 거리를 대략 같게 하여야 한다.

6.5 평판측량

6.5.1 좌표사용

평면직각좌표를 사용한다.

6.5.2 기준점

기준점은 다각측량의 성과로하며 그 전개는 평면직각좌표에 의하여 행하며 1/150, 1/1,000 이내로 한다.

6.5.4 측정의 제한

방향선의 거리는 도상 10㎝ 정도로 한다.

6.5.5 지형표시

지형표시는 등고선법을 사용하며 측정방법은 방사법에 의하여 점의 위치를 결정하고 높이는 시거측량에 의거 결정한다.

6.5.6 평면측량

평면위치의 오차는 도상 0.5㎜이내로 한다.

6.5.7 수준측량

고저차는 수직거리를 표시하며 등고선 삽입에 있어 주곡선은 1m, 계곡선은 주곡선의 5배로 표시한다.

6.6 지형도 표시항목

- 방위 및 축척
- 경계
- 주변도로 도시계획 도로선
- 철탑 및 전주
- 가수준점(TBM)표시
- 수로, 농로
- 지하 구조물
- 지장물(가옥, 창고, 공작물 등)
- 기타

6.7 제 도

6.7.1 도지의 규격

신축비가 0.05%이하, 두께가 0.06㎜이상의 폴리에스터필름으로 한다.

6.7.2 제도방법

(1) 단위도면의 제도시 도면여백에는 전체 인접도면과 단위도엽 번호를 표시한다.

(2) 인접 도면과의 접합에 있어 도엽 경계선 및 등고선의 접합오차는 0.5㎜이내로 한다.

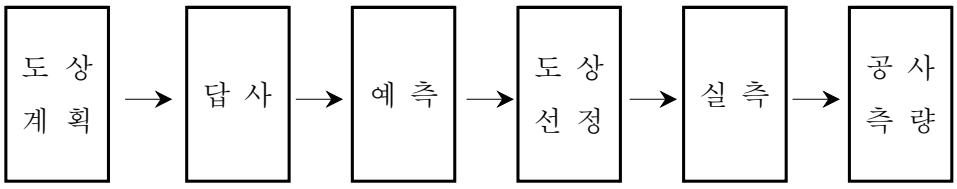
(3) 제도는 착묵제도로 하고, 등고선과 지형선은 서로 다른 색으로 구분하여 제도한다.

7. 노선측량

7.1 정의

도로, 철도, 수로, 관로, 송전선로, 삭도 등과 같이 폭이 좁고 장거리에 걸쳐 건설되는 시설의 계획과 공사를 위한 측량을 말한다. 골격측량을 하여 노선의 중심을 연결하여 측설하고 중심선에 따라 종·횡단측량을하여 노선의 구배를 정하고 공사토공량을 산출하여 평판, 시거측량, 지거측량에 의하여 종·횡단측량과 아울러 구조물의 위치, 노선경계를 결정한다.

7.2 노선측량의 순서



[그림 7.1] 노선측량의 순서

7.2.1 도상계획

노선측량을 하는 지역의 지형도나 공중사진을 구해 노선의 목적, 경제성 및 시공기술면 등을 고려하여 몇 개(보통 3개)의 후보 노선을 가지고 지도나 사진위에 기입하여 이것을 가지고 현지답사를 하고 경제성과 교통량이 많은 노선을 선택하고 이용되는 지형도는 1/50,000이다.

7.2.2 답사

건설비 및 유지·관리비가 최소가 되도록하고 가급적 직선이며 평탄하고 공사가 용이한 장소를 선정한다. 도상계획은 노선의 결점을 발견하면 현지에서 변경·수정하고 더 좋은 노선이 있으면, 다시 도상에 추가하여 후보노선을 예측실시 한다.

7.2.3 예측

답사에 유망노선보다 상세한 조사를 하여 공사비를 예산한다. 예측은 트래버스측량, 종단측량(횡축척 1/2,500~1/5,000, 종축척 1/250~1/500), B.M설치, 횡단측량(노면폭의 5~10배),

평면측량등으로 나누어 실시한다. 거리측량의 정도는 1/3,000 정도이고 예측도의 축척은 1/2,500, 등고선 간격은 평지에서 1m, 급경사지에서 10m까지 한다.

7.2.4 도상선정

현지 상황을 검토하고 최적의 노선을 지형도상에 결정한다. 즉 계획노선과 용지폭을 기입한다.

(1) 가능한 직선으로 할 것.

(2) 가능한 경사가 완만할 것.

(3) 토공량을 적게하고 절토와 성토가 짧은 구간에서 균형될 것.

(4) 절토의 운반거리가 짧을 것.

(5) 배수가 완전할 것.

7.2.5 실측

도상선정에 의해서 정해진 노선 또는 예측의 결과로 선정된 노선을 지상에 측설하는 것이다.

(1) 실측작업

1) 중심선 설치

2) 수준측량

3) 지형측량

4) 지물조사

5) 용지측량

6) 설계, 제도

7) 공사시공 측량

7.2.6 공사 측량

용지측량과 시공측량으로 나누어 측량한다.

7.2.7 구배표시법

(1) 1 : n(1/n) : 절토면, 성토면 및 하천구배 등 표시할 때 사용

(2) n/100(n%) : 도로의 구배로 사용한다. (미국, 한국)

(3) n/1,000(n‰ permille) : 철도구배로 사용한다.

8. 하천측량

8.1 정의

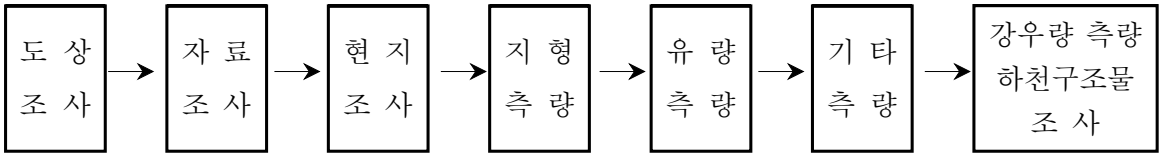
하천개수 공사나 하천 공작물의 계획, 설계, 시공에 필요한 자료를 얻기 위하여 실시하는 측량을 하천측량이라고 하며, 하천측량에서는 하천의 형상, 수위(水位), 심천단면 (深淺斷面), 기울기, 유

속(流速) 및 지형, 지물(地物)의 위치를 측량하여 평면도, 종단면도, 횡단면도 등을 작성한다. 하천측량의 결과는 치수(治水)·이수(利水)의 계획에 이용된다.

8.2 하천측량의 목적

하천의 형상, 수위, 심천단면, 구배 등을 측정하여(하천측량결과) 각종 수공설계, 시공에 필요한 자료를 얻기 위함이다.

8.3 하천측량의 순서



[그림 8.1] 하천측량의 순서

8.3.1 도상조사 : 1/50,000의 지형도를 이용하여 유로상황, 지역면적, 지형, 지질 등을 조사한다.

8.3.2 자료조사 : 홍수의 피해나 수리권의 문제, 물의 이용상황, 기타 현재까지의 제반자료를 모아 조사한다.

8.3.3 현지조사 : 도상조사, 자료조사를 기초로 하여 실시하는 측량으로 답사선점을 말한다.

8.3.4 지형측량

(1) 평면측량 : 삼각측량, 다각측량에 의하여 세부측량의 기준이 되는 골조측량을 실시하고, 평판측량에 의하여 세부측량을 실시해서 평면도를 제작한다.

(2) 수준측량 : 종단측량, 횡단측량을 행한다. 유수부는 심천측량에 의하여 종·횡단면도를 제작한다.

8.3.5 유량측량 : 각 관측점에서 수위관측, 유속관측, 심천측량을 행하여 유량을 계산하고 유량곡선을 제작한다.

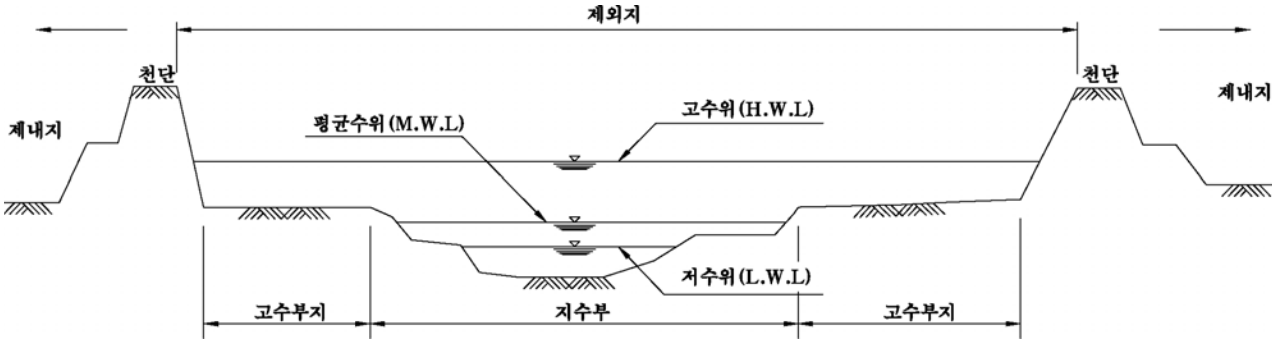
8.3.6 기타측량 : 필요에 따라 강우량 측량, 하천구조물의 조사를 실시한다.

8.4 평면측량의 범위

8.4.1 유제부 : 제외지의 전부와 제내지의 300m 이내

8.4.2 무제부 : 홍수시에 물이 흐르는 맨 옆에서 100m까지

즉, 홍수가 영향을 주는 구역보다 약간 넓게 측량한다. 하천공사의 경우는 하구에서 상류의 홍수피해가 미치는 지점까지, 사방공사의 경우에는 수원지까지가 측량범위가 된다.



[그림 8.2] 평면측량의 범위

8.5 작업내용

- 평면측량
- 수준측량
- 유량측량
- 수위관측
- 유량관측
- 공작물의 조사

8.6 평면측량(Plane surveying)

8.6.1 측량범위

(1) 제방이 있을 때 : 제내지에서 300m 이내까지 실시한다. (유제부)

(2) 제방이 없을 때 : 무제부에 있어서는 홍수시의 물가선으로부터 100m정도까지 확대하여 실시한다. (무제부)

8.6.2 측량방법

(1) 삼각측량(Triangulation)

1) 단열삼각망을 짜서 측각은 단측법 또는 배각법으로 측정하여 40°이상 100° 이하의 협각으로 하고 각 오차는 20″ 이내로 한다.

2) 삼각점은 2~3㎞마다 설치한다.

3) 기설삼각점 3개소 이상에서 관측할 수 있는 위치에 있어야 한다.

4) 트래버스측량과 지형측량을 실시하는데 편리한 장소에 설정한다.

5) 기선으로부터 계산한 변장은 실측 검기선장과의 차는 1/6,000이내가 되어야 한다.

6) 단열삼각망의 각삼각형에 내각의 총화는 180°에 10″ 이내이다.

(2) 트래버스측량(Traverse surveying)

단열삼각망으로는 기준점이 부족함으로 200m마다 결합 트래버스 점을 잡고 각도 오차는 3′

정도, 결합비는 1/1,000 이내로 한다.

(3) 세부지형측량(Detail topographic surveying)

1) 평판측량이나 직접거리측정 등으로 세부지형도를 작성한다.

2) 지형도에 표시되는 하안기주의 물가선(water course line)은 평수위에 있어서의 수면의 위치로 표시한다. (수애선)

3) 평판을 이용하는 경우에 거리측점은 시거측량으로 한다.(거리:100m내) (해안선은 최고고조면)

4) 하천의 형태, 제방, 지목별 하천의 부속공작물, 승선장, 도로, 철도, 도, 군, 읍, 면, 리의 경계와 농지나 수준기선, 양수표 등을 표시하고 기타 중요지물을 측정한다.

8.7 수준측량(Leveling)

수준측량은 종단, 횡단, 심천측량을 실시하며 수준측량을 실시하기 위해서는 먼저 수준기표(B.M)와 거리표를 설치하여야 한다.

8.7.1 수준측량의 분류

(1) 종단측량(longitudinal leveling)

(2) 횡단측량(cross section)

(3) 심천측량(sounding)

(4) 하구 심천측량(sounding at river mouth)

8.7.2 수준기표(Bench mark)

수준측량을 실시하기 위해서는 먼저 수준기표(B.M)를 기준면에서 정확하게 측정하여 표시해 두어야 한다. 수준기표의 조건은 다음과 같다.

(1) 지반이 침하되지 않은 곳.

(2) 교통에 지장이 없는 양안 5㎞마다 설치한다.

(3) 기본수준점으로부터 정확히 측정하여 설치한다.

(4) 구조는 보통길이 1.2m와 각(15 × 15㎝)형으로 만들어 매립한다.

8.7.3 거리표 설치

(1) 하천의 중심에서 직각방향으로 설치한다.

(2) 하구 또는 하천의 합류점으로부터 100~200m마다 설치한다.

(3) 석표 : 1㎞마다 매립한다.

8.7.4 종단측량

(1) 수준기표 : 5㎞마다 암반에 설치한다.

(2) 허용오차 : 4㎞ 왕복에서 유조부 10㎜, 무조부 15㎜, 급류부 20㎜

(3) 축척 : 종 $\frac{1}{100}$(높이), 횡 $\frac{1}{1,000}$(거리)

8.7.5 횡단측량

(1) 200m마다의 거리표를 기준으로 하며, 간격은 10~20m마다 측량을 실시한다.

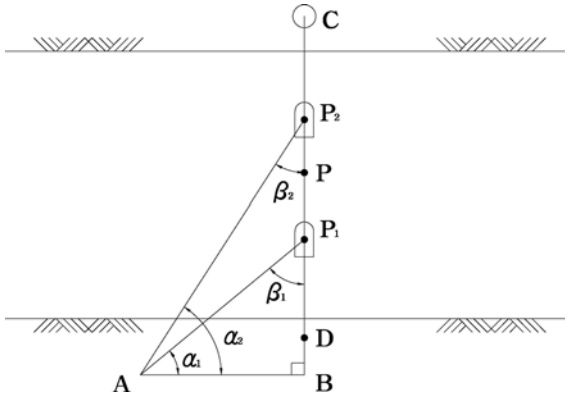
(2) 축척 : 종 $\frac{1}{100}$, 횡 $\frac{1}{1,000}$

8.7.6 심천측량

α_1(∠P_1AB)를 관측했을 때 배의 위치 P는

$BP_1 = AB \tan\alpha_1$

- BC : 거리표
- D : BC의 시준선상의 점
- AB : 육상의 기선



[그림 8.3] 심천측량

수심측량은 원칙으로 횡단측량의 실시와 동시에 시행하며 수면말뚝을 기준으로 하여 다음사항을 준수하면서 실시한다.

(1) 횡단측량시 동시에 실시함에 원칙으로 하고 단독 실시할 때도 있다.

(2) 보통 5m 구간으로 수심과 하저의 토질 또는 토사의 대소를 측정한다.

(3) 사용기구는 하천의 길이와 유속에 따라 측간(sounding pole)과 측추(sounding lead)를 사용한다. (측간 : 수심 6m 이내에 사용)

(4) 측간은 10㎝간격으로 적, 백색의 눈금을 표시하여 사용한다.

(5) 측추는 끈에 추를 매달아 수심이 6m 이상이고, 유속이 그리 크지 않은 장소에서 사용한다. (추 중량 4~5㎏정도)

(6) 수심이 깊은 곳에는 음향측정기와 수압측심기를 사용한다. (음향측정기 : 수심 30m 정도 되는 곳에 사용하면 오차는 0.5%정도 생긴다.)

8.7.7 도면 작성

도면작성은 평면도, 종단면도, 횡단면도 등을 작성하고 도면에는 실시연월일과 측량자명, 방위, 축척, 기타 필요한 사항을 명시한다.

(1) 평면도 작성

평면도(plane map)는 개조, 기타 하천공사의 계획에 기본도가 되므로 측점은 직각좌표에 의하여 전개해서 지형도를 작성한다.

1) 평면도는 축척 1/2,500로 작도한다.

2) 하천의 폭이 50m 이하에 있어서는 1/1,000로 작도한다.

(2) 종단면도 작성

종단면도는 양안의 거리표, 지반고, 하상고, 최고수위, 양수표교대고, 수문, 용배수의 통관, 기타 공작물의 위치와 높이 등을 기입한다.

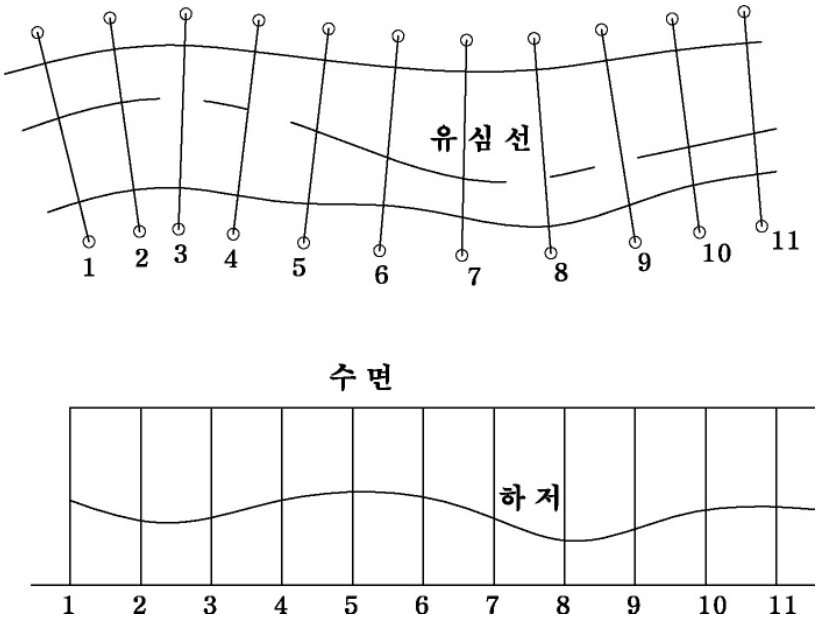
(거리 $\frac{1}{1,000}$, 높이 $\frac{1}{100}$로 작도 한다.)

(폭이 $\frac{1}{500}$, 높이 $\frac{1}{50}$의 축척으로 한다.)

(3) 횡단면도 작성

횡단면도(cross section)는 하천개조, 기타 공사는 좌안의 거리표를 기준으로 작도한다. 그리고 dam, 저수지의 계획에서 배수계획을 하는 경우 사용되는 도면에서는 하류로부터 상류를 기준으로 단면은 (좌안은 우), (우안은 좌)가 되도록 그린다. 유수의 방향에 서서 오른쪽이 우안이다.

(폭 : (횡) $\frac{1}{1,000}$, 높이 : (종) $\frac{1}{100}$, 축척으로 작도)



[그림 8.4] 도면 작성도

8.7.8 수위관측

양수표에 의하여 보통 양수표와 자기 양수표의 2종류가 있다.

(1) 보통양수표

두께 2㎝, 넓이 15~30㎝의 나무판에 2㎝마다 눈금을 새긴 것이다. 양수표 설치는 기둥을 세우고 잣눈판을 붙이거나 교대, 교각, 수문 등의 견고한 구조물에 달아맨다. 양수표의 관측은

평상시에는 6시간 또는 12시간마다 홍수시는 30분 또는 1시간마다 관측하고, 최고수위에 도달하였을 때에는 5분 또는 10분마다 관측해야 한다.

(2) 자기양수표(Automatic Water gage)

수위변화를 연속적으로 알기 위하여 자기양수표가 사용되며 이것은 시계장치에 의하여 늘 회전하는 둥근 통에 종이를 감아놓고, 보통부자에 의하여 쉴 새 없이 종이 위에 수위변화를 자동적으로 기록하도록 되어 있다. 자기양수표를 설치하려면 하천가까이 우물을 파고 수관으로 연락되게 하거나 하천의 언덕이 절벽일 때는 하천 위에 직접 수관을 달고 그 안에 부자를 매단다.

(3) 수위관측소와 양수표의 설치장소

1) 하상과 하안이 안전하고, 세굴이나 퇴적이 생기지 않는 장소일 것.
2) 상·하류 약 100m정도의 직선인 장소일 것.
3) 수위가 교각이나 기타 구조물에 의한 영향을 받지 않는 장소일 것.
4) 홍수시에 유실이나 이동 또는 파손되지 않는 장소일 것.
5) 홍수시에도 쉽게 양수량을 볼 수 있는 장소일 것.
6) 지천의 합류점 및 분류 점에서 수위
7) 어떠한 갈수기에도 양수표가 노출되지 않는 장소일 것.
8) 잔류, 역류 및 저수가 적은 장소일 것.
9) 수위가 급변하지 않는 장소일 것.
10) 양수표는 하천에 연하여 5~10㎞ 마다 배치한다.

8.8 하천수위(River water level)

어떤 기간을 두고 양수량의 관측치를 수위와 시간과의 관계를 도시한다. 이 도표를 수위도(hydro graphy)라 하고, 이에 따라 그 기간에 있어서 각종 수위를 정하고 있다.

(1) 최고수위(H.H.W.L : Highest High Water Level)

어떤 기간의 최고수위를 말한다.

(2) 최저수위(L.L.W.L : Lowest Low Water Level)

어떤 기간의 최저수위를 말한다.

(3) 평균수위(M.W.L : Mean Water Level)

어떤 기간에 관측수위의 합계를 그의 관측회수로 나누 값을 말한다.

(4) 평균최저수위(N.L.W : Normal Low Water Level)

어떤 기간 내에 있어서 년, 월의 최저수위의 평균값을 말한다.

(5) 평균최고수위(N.H.W : Normal High Water Level)

어떤 기간 내에 있어서 년, 월의 최고수위의 평균값을 말한다.

(6) 갈수위(D.W.L : Droughty Water Level)

1년을 통하여 355일 이상 유지하는 수위를 말한다.

(7) 저수위(Low Water Level)

1년 중 275일은 이보다 내려가지 않는 수위를 말한다.

(8) 고수위(High Water Level)

매년 반드시 1 ~ 2회 발생할 정도의 높은 수위를 말한다.

(9) 홍수위(Flood Water Level)

몇 년 만에 한 번씩 발생할 정도의 홍수 때의 수위를 말한다.

(10) 최다수위(Most Frequent Water Level)

수년을 통하여 가장 많이 일어나는 수위를 말한다.

8.9 유량측정

유량측정은 하천과 기타 수로의 각종 수위에 대하여 유속을 측정하고, 이것에 기인하여 각 수위에 대한 유량을 계산하고, 수위와 유량을 명확하게 측정하여 기초자료를 작성하는데 목적이 있다.

8.9.1 직접측정법

(1) 큰 하천 : 평균유속에 횡단면도를 곱하여 구한다.

(2) 작은 하천 : 둑(weir)을 만들어 여기에 흐르는 물의 높이를 재어 유량을 측정한다.

8.9.2 간접측정법

수면구배 및 경심(경심 $= \frac{\text{유수단면적}}{\text{윤변}}$,) 조도계수 등을 알고 유속공식에 의하여 유속을 구하고, 이것을 단면적에 곱하여 유량을 산출한다.

8.9.3 평균유속 측정법

(1) 부자를 사용하는 방법 : 표면부자, 2중부자 등이 있다.

(2) 유속계를 사용하는 방법 : 대표형은 프라이스(price)이다.

8.9.4 평균유속공식

(1) Chezy의 공식

유속계나 부자로 하는 유속측정이 어려운 홍수 때와 같은 때 또는 개략을 구할 때는 어느 구간의 평균유속을 구해서 이와 평균단면에 의하여 유량을 계산할 수 있다.

$$V = C\sqrt{RI}$$

C : Chezy 의 유속계수(Kutter 공식 사용)

R : 평균경심 $= \frac{\text{유수단면적}}{\text{윤변}}$

I : 수면구배

(2) Kutter의 공식

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{I}}{1 + (23 + \frac{0.00155}{I})\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

(n : 조도계수, R : 평균경심, I : 수면구배)

(3) Manning 공식(많이 사용)

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

(R : 평균경심, n : 조도계수, I : 수면구배)

<표 8.1> 조도계수

유 로 의 면	n(m/sec)
자연하천(규칙이 바르고 수심이 큰 모래)	0.025 ~ 0.033
자연하천(규칙이 바르고 자갈바닥)	0.030 ~ 0.044
자연하천(사행)	0.033 ~ 0.045
토사지반에 관수로(직선형 토사지)	0.016 ~ 0.030
토사지반에 관수로(사행)	0.023 ~ 0.030
암반의 관수로	0.025 ~ 0.035
콘크리트 수로	0.014 ~ 0.016

8.9.5 유량측정 장소

(1) 하저의 변화가 없는 곳.

(2) 상·하류 수면구배가 일정한 곳.

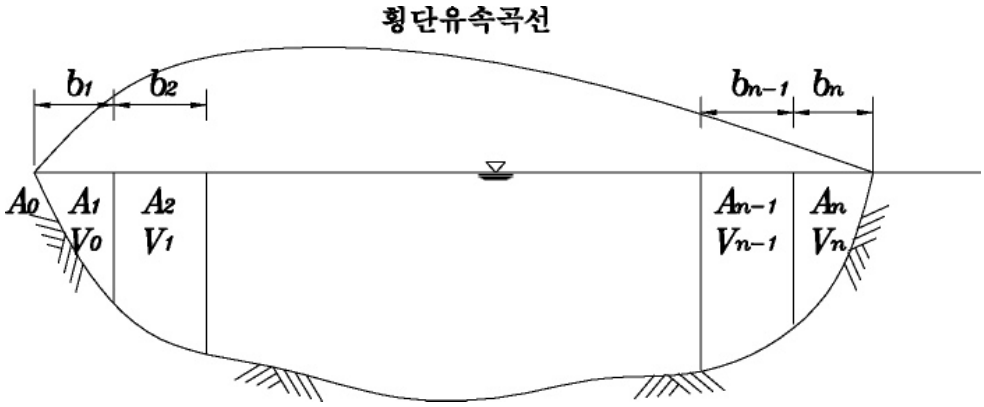
(3) 잠류, 역류되지 않고 지천에 불규칙한 변화가 없는 곳.

(4) 부근에 급류가 없고 유수의 상태가 균일하며 장애물이 없는 곳.

(5) 윤변의 성질이 균일하고 상·하류에 횡단면의 형상이 급변하지 않는 곳.

(6) 가능한 폭이 좁고 충분한 수심과 적당한 유속을 가질 것이며 유속계를 사용할 때에 유속이 0.3~2.0m/sec되는 곳.

8.9.6 유량측정계산법



[그림 8.5] 하천단면

어떤 단면에 흐르는 전 유량은 적당한 수위 단면으로부터 구분하여 평균유속을 구하고 유속과 그의 단면적을 곱한값이 유량이 된다.

$$\boxed{Q = A \cdot V} = A_0V_0 + A_1V_1 + \cdots + A_nV_n$$

Q : 전체유량(㎥/sec)

A : 구간단면적(㎡)

V : 각 단면에 대응하는 유속(m/sec)

이 계산에 있어서 공식을 이용하여 구하는 방법과, 유량곡선에 의하여 구하는 방법이 있다.

(1) 계산에 의한 방법

① stevens공식

$$Q = b_1 \frac{(d_{n-1} + d_1)}{2} \times \frac{(v_0 + v_1)}{2} + b_2 \frac{(d_1 + d_2)}{2} \times \frac{(v_1 + v_2)}{2} + \cdots$$

$$+ b_n \frac{(d_{n-1} + d_n)}{2} \times \frac{(v_{n-1} + v_1)}{2}$$

$b_1, b_2 \cdots b_n$: 각 측정선간의 거리

$d_0, d_1 \cdots d_n$: 각 측정 점의 수심

$v_1, v_2, \cdots v_n$: 각 측정선의 평균유속

8.9.7 Weir에 의한 유량측정

인공수로나 작은 강에서는 weir를 이용하는 것이 정확하고 편리하다.

(1) weir의 종류

① 예언웨어(sharp crested weir)
② 폭두께웨어(broad crested weir)
③ 광장웨어(suppressed rectangular weir)
④ 사각웨어(구형웨어 : rectangular weir)
⑤ 삼각웨어(triangular weir)
⑥ 수중웨어(submerged weir)

(2) 예언웨어의 유량

$$Q = \frac{2}{3} mb\sqrt{2g}\, h_0^{3/2} = Cbh_0^{3/2}$$

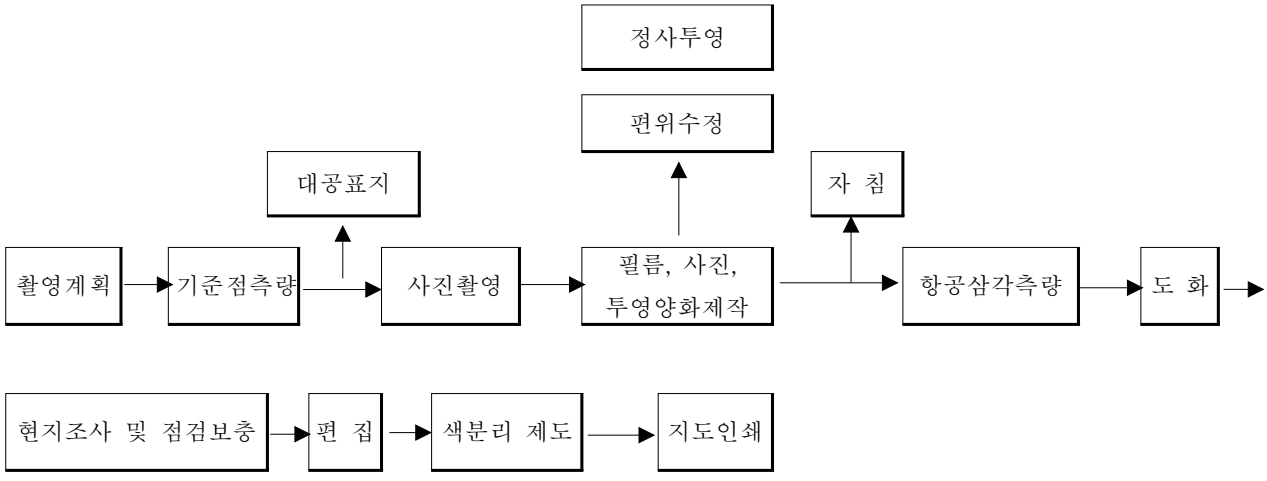
(C : 유량계수(m), g : 중력가속도, b : 뚝의 넓이, h_0 : 수두)

9. 항공사진 측량

9.1 정 의

항공사진측량이라 함은 측량용 항공사진의 촬영을 말하며, 필름 및 사진의 노출, 현상, 인화, 건조까지의 사진처리 과정을 말한다.

9.2 항공사진측량의 순서



[그림 9.1] 항공사진측량의 순서

9.2.1 계획 및 사진촬영

대상지역에 대한 계획과 사진촬영은 기준점 측량과 세부도화 등의 과정과 현지의 여건을 자세

하게 판단하여 신속, 정확, 경제적인 계획이 되어야 한다.

9.2.2 필름 및 사진제작

- 양화필름 : 촬영된 필름으로 도화용 투명양화필름 제작
- 밀착과 확대사진 : 지상기준점측량 및 현지조사에 필요

9.2.3 기준점측량

세부도화에 필요한 평면위치(x, y)와 표고(z)점을 현지측량과 항공삼각측량을 시행하여 점의 좌표를 구한다.

9.2.4 세부도화

투명양화를 도화기에 장치하여 촬영당시의 현지와 상관관계가 이루어지도록 내부, 상호, 절대표정을 한 후 소요도면의 축척에 따라 세부도화를 시행하면 도화원도가 작성된다.

9.2.5 현지조사

항공사진에서 알 수 없거나 판독곤란한 부분에 대하여는 현지조사를 통하여 보완한다.

9.2.6 편집, 제도

도화내용과 현지조사자료를 보완하는 편집과정을 거쳐 색분리 제도와 식자 등의 제도과정을 시행한다.

9.2.7 인쇄

최종 지도로 인쇄한다.

9.3 항공사진축척

항공사진측량의 축척은 사용카메라의 초점 거리와 촬영항공기의 지상고도 비로 산출하며, 본 축척은 1/5,000~1/10,000으로 제작한다.

9.4 항공사진측량의 종류 및 중복도

항공사진측량의 종류는 사진면의 경사가 5그레이드 이내인 수직사진이여야 하며, 측량용 사진은 반드시 실체시 사진이여야 하고, 인접사진의 중복도는 촬영방향으로 60%, 인접 코스 간에 30%를 표준으로 한다. 단, 필요한 경우 진행방향의 80%, 인접 코스 간에 65%까지 중복시킬 수 있다. 촬영방향은 동서를 원칙으로 하되 촬영구역의 모양, 지형, 지세 및 풍향을 고려하여 변경할 수 있다.

9.5 대공표지

촬영 전에 표정기준점이 사진에 명료하게 나타나도록 지상에 대공표지를 설치한다.

9.5.1 위치선정 : 사진 상에 식별이 용이하도록 주위 색상과 대조되게 한다.

9.5.2 상공은 45°이상의 각도를 열어두어야 한다.

9.5.3 크기는 사진상에 30μ정도 나타나야 한다.

9.5.4 대공표지를 설치할 경우

(1) 사진상에서 정확하게 그 위치를 결정하고자 하는 점

(2) 항공삼각측량을 위하여 필요로 하는 지상기준점

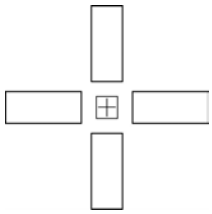
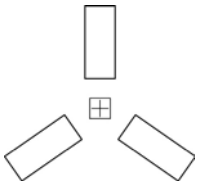
9.5.5 대공표지를 생략하는 경우

(1) 표지위치에 자연점이 사진 상에 명료하게 확인되는 점

(2) 촬영 후 확인되는 점으로부터 쉽게 편심 관측되는 점

(3) 정도가 촬영 후의 자침작업으로도 좋은 점

<표 9.1> 대공표지와 형상

	기 준 점	표 정 점	필 계 점
형 상			

9.6 사진촬영

(1) 노출시간은 촬영계절, 촬영시간대, 천후, 대지속도, 카메라의 진동, 사용필름의 감도등 제 조건을 감안하여 노출허용 한도를 초과 또는 미달해서는 안 되며 최소한 5배 이상 확대할 경우에도 선명도가 유지되어야 한다.

(2) 카메라는 연직방향으로 향하여 촬영하며, 사진화면의 수평면에 대한 경사각은 5그레이드 이내, 편류각은 촬영방향에 대하여 10그레이드 이내로 한다.

(3) 매 코스의 시점과 종점에서의 사진은 2매 이상 촬영지역 밖에 있어야 한다.

9.7 사진처리

(1) 촬영필름은 현상에 앞서 시험현상을 하여야 한다.

(2) 필름의 영상은 피사체의 조건에 따라 농도가 선명하게 재현되도록 분포되어 해상력이 양호해야 하며 사진 보조 자료가 명시되어야 한다.

(3) 현상액은 당해필름의 지정처방 또는 그 이상의 것으로 처방하되 미립자 현상 이라야 한다.

(4) 정착액은 산성경막처방의 것을 사용하며 감광은이 남지 않도록 완전 정착하여야 한다.

(5) 촬영필름의 처리는 신축 및 비틀림이나 손상이 가지 않도록 건조하여야 한다.

9.8 밀착인화

9.8.1 사용인화지는 반광택 또는 무광택 인화지로 원 필름의 크기와 동일한 것으로 한다.

9.8.2 인화 작업시 원 필름과 인화지는 완전 밀착되어 영상과 주변의 제원이 전부 나타나며, 초점의 흔들림 등이 있어서는 안 된다.

9.8.3 사진처리는 사후 변색되지 않도록 완전 처리한다.

9.8.4 인화된 밀착 사진에는 다음표시를 하여야 한다.

(1) 계획기관명

(2) 촬영 연월일

(3) 코스 및 사진번호

(4) 사진축척

(5) 기타 : 항공사진 및 양화필름 제작은 관계 보완법규에 의해 제작승인을 받아서 납품한다.

9.9 지상기준점 측량

9.9.1 정 의

지상기준점측량이라 함은 사진기준점 측량 및 세부도화작업에 필요한 기준점의 성과를 얻기 위하여 현지에서 실시하는 지상측량을 말하며, 좌표계는 시행청에서 활용할 수 있는 좌표계로 일치시켜야 한다.

9.9.2 측량의 구분

지상기준점측량은 평면기준점측량과 표고기준점측량으로 구분하며 다음과 같다.

(1) 평면기준점측량 : 다각측량방법 또는 GPS 측량

(2) 표고기준점측량 : 직접 또는 GPS 수준기준점 측량방법

(3) 위 경우가 불가피한 경우에는 본 공사와 협의하여 다른 방법에 의할 수도 있다.

9.9.3 선 점

(1) 모든 지상기준점은 가급적 인접모델에서 상호 사용할 수 있도록 하고 사진 상에서 명확히 분별될 수 있는 지점으로, 천정부터 45°이상의 시계로 한다.

(2) 선점의 위치는 반영구 또는 영구적이며 경사변화가 없도록 한다.

(3) 지형지물을 이용한 평면기준점은 선상교차점이 적합하며 가상적인 표시는 피하여야 한다.

(4) 표고기준점은 항공사진상에서 1㎜이상의 크기로 나타나는 평탄한 위치이며, 사진 상의 색조가 적절하여야 하며 순백색 또는 흑색 등의 단일색조를 가진 곳은 가급적 피하여야 한다.

(5) 평면기준점 배치는 사진기준점 측량 방식에서는 블록 외곽에 촬영 진행방향으로는 2 모델 마다 1점씩 모델 중복부분에 촬영방향과 직각방향으로 코스 중복 부분마다 1점씩 배치하는 것을 원칙으로 하고 사진기준점 측량의 정확도 향상을 위해 블록의 크기, 블록의

모양에 따라 20% 범위 내에서 증가 시킬 수 있다.

(6) 표고기준점의 배치는 모델당 4모서리에 4점을 배치하는 것을 원칙으로 한다.

단, 필요할 경우 수준노선을 따라 사진 상 3㎝~5㎝마다 정확한 지점에 표를 산출할 수 있다.

9.9.4 수평각관측

수평각 관측방법 및 오차의 제한은 <표 9.2>와 같다.

<표 9.2> 수평각 관측방법 및 오차

거 리	관측 장비	방 향 관 측 법		
		대회수	관측자	배각차
1㎞ 이상	1″독경위의	2	10″	20″
0.5㎞ ~ 1㎞	1″독경위의	2	20″	30″
0.25㎞ ~ 0.5㎞	1″독경위의	2	40″	50″
0.25㎞ 미만	1″독경위의	2	60″	90″

9.9.5 편심요소의 측정

구점의 위치가 건물모서리 등으로 기계를 설치할 수 없거나 시통관계로 삼각망을 형성하지 못할 경우에는 편심요소를 측정하여 좌표를 산출할 수 있으며 그 제한은 <표 9.3>과 같다. 단, 편심거리는 50m을 초과할 수 없다.

<표 9.3> 편심요소의 측정

편심거리	측 정 장 비		측각단위	측거단위	측각회수
	수 평 각	수평거리			
50m 미만	1″독	강권척	1″	1㎝	2배각

9.9.6 계산

(1) 삼각형의 폐합 차는 20″이내로 하여 각각에 균등 배분한다.

(2) 보정된 내각을 가지고 기지점으로부터 구점의 좌표를 구한다. 구점의 좌표가 2개 이상 구하여 질 때 그 교차는 20㎝ 이내이어야 하며 그 평균치로 결정한다.

9.9.7 평면기준점 오차의 한계

<표 9.4> 평면기준점 오차

도화축척	표 준 편 차			최 대 오 차		
	평면위치	등고선	표고점	평면위치	등고선	표고점
1/1,000	0.2m	0.5m	0.2m	0.4m	1.0m	0.4m
1/2,500	0.5m	0.8m	0.5m	1.0m	1.5m	1.0m

9.9.8 수준망의 구성

수준노선은 기본수준점에 폐합시켜야 하며, 개방노선은 왕복측량을 하여야 한다.

9.9.9 수준측량 관측

관측은 수준기 감도 20″/㎜ 이내의 레벨을 사용하여야 하며 측량방법은 아래와 같다.

(1) 수준측량은 국립지리원에서 설치한 국가기준점 1,2등 수준점을 사용한다.

(2) 레벨은 2지점에 세운 표척의 중앙에 정치함을 원칙으로 한다.

(3) 관측거리는 70m을 표준으로 한다.

(4) 표척의 읽음은 ㎜로 한다.

(5) 관측오차는 $20㎜\sqrt{S}$ ㎜ 이내이어야 하며 허용범위를 초과하였을 경우에는 재 관측을 하여야 한다.

(6) 모든 수준측량은 왕복 또는 폐합으로 관측하여 허용오차 범위 이내가 되도록 한다.

9.9.10 계 산

수준측량의 계산은 소정의 계산식에 의한다.

9.9.11 표고기준점오차의 한계

<표 9.5> 표고기준점오차

도화축척	표 준 편 차			최 대 오 차		
	평면위치	등고선	표고점	평면위치	등고선	표고점
1/1,000	0.2m	0.5m	0.2m	0.4m	1.0m	0.4m
1/2,500	0.5m	0.8m	0.5m	1m	1.5m	1m

9.10 사진기준점 측량

9.10.1 정 의

사진기준점이라 함은 도화기 또는 좌표측정기에 의하여 항공사진상에서 측정된 구점의 모델좌

표 또는 사진좌표를 기지점을 기준으로 지상좌표로 전환시키는 작업을 말한다.

9.10.2 연결점의 선점

연결점(Pass Point)은 다음 요령에 의하여 선점하여야 한다.

(1) 평탄하고 사진 상에서 그 위치를 쉽게 관측할 수 있어야 한다.

(2) 연속2모델이 사진 상에서 명확한 실체시가 가능하고 인접 모델간의 중복부분 중간에 위치하여야 한다.

(3) 모델 중간의 연결점은 주점부근이어야 하며, 모델양단의 주점기선에 직각방향으로 주점부터 항공사진상에 거리 7㎝ 이상으로 등거리이어야 한다.

(4) 후속작업에 필요한 때에는 항공사진상에서 선명한 위치를 보조함으로 선점한다.

9.10.3 결합 점의 선점

연결점의 결합점(TIE POINT)으로 사용할 수 없는 경우 다음요령에 의하여 하여야 한다.

(1) 결합점은 코스상호간의 연결이 견고히 되도록 선점하여야 한다.

(2) 가급적 인접코스간의 중복부분 중간에 위치하여야 하며 관계되는 항공사진 전체에서 선명한 점이어야 한다.

(3) 결합점은 연결점과 동일점일 수도 있다.

9.10.4 점 각

선점된 연결점 및 결합점은 항공사진 및 양화필름에 정확히 점각하고 점을 중심으로 직경 5㎜의 황색 또는 녹색 원으로 표시하여 지정된 기호를 기입하여야 한다.

9.10.5 관 측

사진 기준점측량의 관측은 다음 방법에 의한다.

(1) 관측 장비는 점검을 필한 1급도화기, 해석도화기 또는 좌표측정기를 사용하여야한다.

(2) 상호표정 후 잔여시차는 0.02m 이내이어야 한다.

(3) 도화기 사용시 각 모델 내에 포함되는 관측점은 각 2회씩 측정하여 사진좌표를 산출하되 도화기 사용시는 교차가 평면좌표는 사진 상 20μ이내 표고좌표 0.1‰Z이내, 좌표측정기 사용시는 X, Y의 각 교차가 사진상 10μ 이내이어야 하며 교차가 허용범위 내에 있을때에는 그 평균치를 사용하고 교차가 허용범위를 초과하였을 때는 재측정하여야 한다.

9.10.6 조정계산 및 오차의 한계

사진기준점측량의 조정계산방법 및 오차의 한계는 다음과 같다.

(1) 각 구점의 3차원 직각좌표는 당해코스 또는 블록에 포함되는 확실한 기준점을 기준 으로 모델 좌표 또는 사진좌표로 부터 환산하여 구한다.

(2) 조정계산후의 기준점잔차, 연결점 및 결합점의 조정값으로 부터의 잔차는 평면 위치와 표고 모두 표준편차가 0.2‰Z, 최대값이 0.4‰Z 이내이어야 한다.

9.10.7 정리

작업종료 후 에는 계획도에 준하여 다음 자료를 작성하여야 한다.

(1) 사진기준점표정도 (1/25,000 또는 1/50,000)

9.11 수치 도화

9.11.1 정 의

수치도화라 함은 측량용 항공사진 및 사진기준점 측량성과를 이용하여 해석도화기에 의하여 요구하는 지역의 세부지형지물을 수치 데이터로 측정하여 이를 컴퓨터로 수록하고 수록된 데이터를 이용, 정위치 편집, 구조화편집 및 도면제작편집을 실시하는 과정을 말한다.

9.11.2 투영의 기준

투영은 평면직각 좌표계에 의한 횡단 메르카토르도법(TM)으로 한다.

9.11.3 도화작업

도화작업에 필요한 자료로는 다음과 같다.

(1) 기준점 성과표

(2) 투영 양화필름

(3) 점의 조서

(4) 밀착사진(기준점표시)

(5) 도화원도에 사용하는 재료는 신축비가 0.05% 이하 두께는 0.1㎜ 이상의 폴리에스텔- 필름을 사용하여야 한다.

9.11.4 계획서 제출

작업기관은 착수 전에 다음사항이 포함된 계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

(1) 사용할 도화기의 명칭(성능 점검표 포함)

(2) 모델색인도

(3) 예정공정표

(4) 작업종사원

9.11.5 사용도화기

사용하는 도화기의 성능 및 기능은 다음 각 호에 의한다.

X, Y, Z 좌표가 수치형식으로 자동기록 되어야 하며, 정도는 양화필름상 에서 표준편차 위치와 높이 등을 기입한다. 0.005㎜ 이내이고 좌표 취득 장치의 분해능은 양화필름상 에서 0.003㎜를 유지할 수 있어야 한다.

9.11.6 기준점의 전개

좌표는 원도상에 평면직각좌표로 기준점을 전개함을 원칙으로 하며 다음 각 호에 의하여야 한다.

(1) 평면기준점 전개작업은 좌표전개기 또는 정밀도화기의 판토그라프를 이용 소요기준점 을 모두 전개하여야 하며 필요한 때에는 표고기준점도 포함한다.

(2) 전개의 정확도는 도상 교차 0.2㎜ 이내로 한다.

9.11.7 표정작업

표정작업은 내부표정, 상호표정 및 대지표정으로 구분하여 다음사항에 유의하여야 한다.

(1) 내부표정은 사진지표가 일치되게끔 하여야 하며, 양화필름의 신축을 고려하여 도화기면거리를 결정하고 양화필름의 신축으로 인한 지표의 오차는 4개의 지표에 동일하게 분배하여야 한다.

(2) 상호표정은 6개의 표정위치에서 행하며 잔여시차는 양화필름상 0.2㎜이내이어야 한다.

(3) 대지표정 후 평면위치의 교차는 도상 0.3㎜ 이내이어야 하며, 표고의 교차는 1/1,000 도화시 0.2m 이내이어야 한다.

9.11.8 묘사

(1) 모든 데이터에는 x, y, z 값이 존재하여야 한다. (도화초기 File Data)

(2) 곡선데이터의 측정간격은 축척 1/1,000은 1m, 1/2,500은 2m, 1/5,000은 10m로 하고 중간점을 생략할 수 있는 각도는 1/1,000과 1/5,000은 6°, 1/25,000은 10°를 하는 것을 원칙으로 한다.

(3) 도화원도에 표시하는 대상 및 기호는 세부측량을 할 때 현존하는 지물로 하며 연속성이 없는 지물이라도 필요하다고 인정되는 것 또는 이것을 표시하지 않으면 표현상 불합리하게 되는 것 등을 표시하여야 한다.

(4) 도화는 해안, 도로, 하천, 지류, 식생, 건물, 등고선 표고점의 순으로 실시하는 것을 원칙으로 하며 묘사에 있어 오차의 허용범위는 <표 9.6>과 같다.

<표 9.6> 도화오차

도화축척	표준편차			최대오차		
	평면위치	등고선	표고점	평면위치	등고선	표고점
1 : 1,000	도상0.2㎜이내	0.3㎜이내	0.15㎜이내	도상0.4㎜이내	0.6㎜이내	0.3㎜이내

(5) 판독이 건물 담장등과 중복될 경우에는 도로 선을 중복하여 묘사하여야 한다.

(6) 판독이 불확실한 지형, 지물의 경우에는 별도의 코드를 사용하여 가능한 정확한 위치를 묘사 하되 지리 조사 시 명확하게 구분하여야 한다.

(7) 실형 건물 중 직선건물은 각모서리에 하나씩의 점 데이터 만 있어야 하고, 축척 1/1,000에서 지류의 경계는 경작지계를 사용하여야 하고, 반드시 폐합되어야 하며, 각 필지별로 하나씩 필지 중앙에 부여함을 원칙으로 한다.

(8) 표고점은 되도록 등 간격으로 분포되도록 하며 다음과 같은 위치에 선정한다.

1) 산정

2) 도로의 분기점

3) 계곡입구, 하천 (건천)의 합류점 또는 하천부지, 제방

4) 주요한 경사 변환 점 또는 부근을 대표하는 지점

5) 오목지에서 가장 깊은 지점

6) 기타지형을 명확하게 하기 위하여 필요한 지점

7) 평탄지에서는 도상 40m마다 표고점을 부여하여야 한다. 단, 고속국도, 국도, 지방도, 시가지의 간선도로에는 도상20m마다 표고점을 부여하여야 한다.

8) 논에는 필지마다 하나씩의 표고점을 부여하여야 한다.

9.11.9 축척별 등고선의 간격은 <표 9.7>과 같다.

<표 9.7> 축척별 등고선 간격

축 척	주 곡 선	계 곡 선	간 곡 선
1/1,000	1m	5m	0.5m

9.11.10 모델간의 접합

모델간의 접합은 도화시 정확하게 일치시켜야 하며, 인접데이터간의 오차가 0.7㎜이상인 경우 다시 도화하여 후속작업에 지상이 없도록 처리하여야 한다.

9.11.11 도화원도에 대한 점검

작업책임자는 도화원도에 대하여 다음 사항을 점검하고 성과 점검표를 작성하여야 한다.

(1) 기준점 전개의 적정여부

(2) 지형지물의 누락 또는 코드의 오기여부

(3) 평면위치, 표고 및 접합의 적정여부

(4) 표고점의 위치, 밀도, 정확도 및 등고선과의 관계

9.11.12 도화파일 작성

도화원도에 대한 점검이 완료되면 데이터를 C/D에 수록 작성하여야 한다.

9.11.13 정리

모델별로 작업된 성과를 도엽별로 정리한다.

(1) 도화원도 및 도화파일

(2) 표정기록부

(3) 성과점검표

9.12 현지 조사

9.12.1 목적 및 정의

현지지리조사 작업이라 함은 수치지도 성과제작에 필요한 도면상에 나타나야할 각종 관련 자료를 현지에서 직접 조사하여 도화작업 과정에서 미비한 점을 보완· 수정하여 최종도면의 충실을 도모함에 목적이 있다.

9.12.2 작업규정

공공측량 작업규정 세부기준(건설교통부 고시 제 2003-326호, 2004.01.02) 및 동 규정 운영세칙(국토지리정보원 고시 제 2004-498호, 2004.01.02)에 준한다.

9.12.3 현지조사기준

(1) 현지조사는 도화원도를 이용하여 조사한다.

(2) 조사기준은 항공사진촬영 당시를 기준으로 하되, 항공사진상에 나타나지 않은 조사대상 중 항공사진판독 및 간이측량으로 위치표시가 가능한 것은 항공사진상에 정확한 위치를 표시토록하고, 대규모사업으로 인하여 변화사항을 사진 상에 표시하기 어려운 경우에는 사업 시행청에서 작성한 사업지구 평면도를 첨부 하여야 한다.

(3) 변형된 지형, 지물 및 주기건물에 대해서는 그 지역 및 주기임을 확인할 수 있는 사진을 촬영하여 현지조사용 항공사진여백에 첨부하여야 한다.

9.12.4 현지조사사항

(1) 법정 및 행정구역명 : 군, 읍, 면, 리명

(2) 인공 지표물

1) 도로 : 도로명 (시공 중인 도로도 포함)

2) 명칭 : 교량, 수문, 제방

3) 주기건물 : 교육, 문화, 종교사업 기타 주요기관의 명칭

4) 하천구조물과 시설의 명칭

5) 기타 필요한 사항

(3) 자연 지표물

1) 산 : 명 칭

2) 하천 : 명칭, 유수방향

3) 기타 필요한 사항

(4) 기 타

1) 국가 기본삼각점과 기본 수준점

2) 감독이 지시하는 사항

9.13 편집

9.13.1 정의

편집이라 함은 수치도화 성과를 편집 SYSTEM을 이용하여 수정, 보완하는 작업으로서 정위치 편집, 도면제작편집으로 구분된다.

(1) 정위치편집이라 함은 편집장치(그래픽워크스테이션)를 이용하여 도화파일을 수정하고 지리조사 자료 등을 추가하여 정위치파일을 작성하는 작업을 말한다.

(2) 도면제작편집이란 지도형식의 도면으로 출력하기 위하여 정위치 편집된 성과를 지도도식 규칙 및 표준도식에 의하여 편집하는 작업을 말한다.

9.13.2 편집시스템의 구성 및 기능

편집시스템은 편집장치(컴퓨터), 수동 및 자동 독취기능 등으로 구성되며 구성장비의 성능 및 기능은 다음과 같다.

(1) 편집장치 (그래픽의 구성 및 기능)

1) 그래픽처리가 가능한 컴퓨터로서 데이터의 추가, 삭제, 수정 등을 할 수 있어야 한다.

2) 화면해상도는 1024 × 768픽셀 이상이어야 한다.

(2) 수동독취기(디지타이저)

1) 해상도는 1㎜당 20선 이상이어야 한다.

2) 정확도는 ±0.2㎜이내이어야 한다.

3) 독취범위는 900㎜ × 600㎜이상이어야 한다.

(3) 자동독취기(스캐너)

1) 해상도는 1인치당 800점이상이어야 한다.

2) 독취범위는 1000㎜ × 600㎜이상이어야 한다.

3) 벡터변환이 가능하여야 한다.

9.13.3 도면제작편집

도면제작은 다음 각 호에 따라 작업하여야 한다.

(1) 도면제작편집의 축척은 최초로 입력된 축척보다 확대할 수 있다.

(2) 표준도식에 명기되지 아니한 지형, 지물의 취사선택, 수평위치의 전위, 주기의 배치 및 난외주기의 작성은 지도도식 규칙에 따라 작성하여야 한다.

(3) 인접도면의 접합확인은 주기, 기호 등을 포함한 전반적인 것을 편집 장치에 의하여 확인하여야 한다.

(4) 도면제작편집이 완료되면 데이터를 C/D에 수록 작성하여야 한다.

9.13.4 파일제작

지적편집이 완료되면 데이터를 C/D에 수록 제작한다.

9.13.5 점검

작성된 각 파일은 다음 각 호의 사항을 점검하여야 한다.

(1) 누락, 착오의 유무 또는 선의 적정여부

(2) 긁힘, 얼룩짐 등의 유무

(3) 자료상호간 논리적 관계의 적정여부

9.13.6 편집데이터 수록

수치화하여 편집한 데이터는 다음 각 호에 따라 기록매체에 수록하여야 한다.

(1) 도화 및 편집데이터는 DWG, DXF 파일로 작성하여야 한다.

(2) 기록매체는 C/D로 하고 고유번호, 수록된 FILE이름, 수록년월일 등이 명시 되어야 한다.

9.13.7 수치지형도 관리대장의 작성

작업완료 후 수치지형도 관리대장을 작성한다.

9.14 자동제도

9.14.1 정의

자동제도라 함은 정위치편집 또는 도면제작 편집된 성과를 자동제도 장치에 의하여 도면으로 출력하는 작업을 말한다.

9.14.2 도법 및 도곽구성

횡단메르카토르 도법으로서 평면직각 좌표로 하고 동부원점을 사용하여 표시한다.

9.14.3 자동제도

1/1,200・1/3,000으로 도면제작, 편집된 성과를 자동제도 장치를 이용하여 출력한다.

9.14.4 사용재료

사용도지의 재료는 신축비가 0.5%이하이고 두께 0.12m/m 이상의 폴리에스테르필름 또는 동등 이상의 것이어야 한다.

9.14.5 자동 제도장치

자동제도장치(플로터)의 성능 및 기능은 다음과 같다.

(1) 도곽과 모든 데이터의 출력이 가능하여야 하며 위치오차는 0.1㎜이내이어야 한다.

(2) 출력범위는 1000 × 1000㎜이상이어야 한다.

(3) 표준도식에서 정한 모든신호를 출력할 수 있어야 한다.

9.14.6 제도의 기준

(1) 성과에 표시된 제반기호는 표준도식을 근거로 제반기호 및 지명을 표시하고 곤란한 것은 문자로 겸용한다.

(2) 도면상에 표시되는 등고선은 갈색, 지적선은 적색을 원칙으로 한다.

9.14.7 난외사항 표기

도엽명, 축척, 편집년도, 직각좌표, 인접도면, 색인표, 범례표시 등 필요한 제반사항을 표시한다.

9.14.8 점검

자동제도 완료 후 책임 있는 기술자가 최소 2회 이상 다음 사항의 점검을 실시하고 수정 하여야 한다.

(1) 도곽구성의 정밀도

(2) 표준도식 적용여부

(3) 난외사항

9.14.9 성과물의 보관

항공사진 촬영 후 항공사진필름 및 사진은 보완관리대책을 세워 보관하고 준공 후 공사 전까지는 대외비로 관리 한다.

10. GPS측량

10.1 GPS측량

GPS측량이라 함은 복수의 GPS측량기를 이용하여 관측점간의 3차원 상대위치를 구하고 기준점의 측지학적 좌표·표고를 결정하는 작업을 말한다.

10.2 용어의 정의

(1) 1등 기준점

국립지리원에서 설치 운영하는 GPS상시관측시설의 GPS수신안테나 참조점을 말한다.

(2) 2등 기준점

1등 기준점을 기지점으로 하여 국가좌표변환계수의 산출을 위하여 GPS측량을 실시하는 기존의 정밀 1차 기준점 및 1등 수준점을 말한다.

(3) 3등 기준점

1등 기준점 또는 2등 기준점으로부터 실용성과를 산출하는 기준점으로서 2등 기준점을 제외한 기존의 정밀1,2차 기준점 및 1,2등 수준점 말한다.

(4) 고정점

실용성과 망평균 계산시 적용하는 평면 및 높이의 기지점을 말한다.

(5) 표고점

수준점으로부터 직접 또는 간접수준측량에 의하여 표고를 결정하여 GPS측량시 표고의 기지점으로 사용할 수 있는 삼각점, 수준점, 편심점을 말한다.

(6) Session

당해 측량을 위하여 일정한 관측간격을 두고 동시에 GPS측량을 실시하는 단위작업을 말한다.

10.3 GPS측량의 원리(기하학적 삼각법에 의한 위치결정)

위치를 정확히 알고 있는 위성에서 발사된 위성신호를 수신하고, 전파의 도달 시간을 측량하여 알고자하는 지점(사용자)의 위치를 계산

10.4 특 징

(1) 고정밀도 측량이 가능하며 장거리 측량가능

(2) 과거의 측량에서는 측점간의 시통이 반드시 필요하였으나 GPS측량은 시통이 되지 않아도 측량이 가능하다.

(3) 지구중심을 원점으로 하는 3차원 공간에서의 측량 방법이다.

(4) 기상의 영향을 거의 받지 않으며, 야간관측도 가능한 전천후 측량 방법이다.

(5) 수신기에 내장된 프로그램에 의해 전산처리 되므로 결과처리가 용이하다.

<표 10.1> 위성측지 국가기준망 설치현황

구 분	평균변장	점 수	비 고
1등 기준점	50㎞	14점	GPS상시관측소
2등 기준점	20 ~ 30㎞	240점	
3등 기준점	5㎞	16,000점	

<표 10.2> GPS 활용분야

분 야 별	활 용 분 야
측지측량	정밀 3차원 측지망 구성, 기준점측량, 전자기준점, 중력측량, INS에 의한 항공촬영, 위성영상취득, 각종 공사측량
지구물리학	지각변동 관측, 지질구조해석, 지구의 자전속도 및 극운동 변화량 관측, 화산운동, 전리층 연구
항법 및 교통	지능형교통시스템(ITS), 차량항법시스템(CNS), 선박항법(통행관리, 항구접안 및 항해), 항공기(정밀접근 및 착륙, 지상경계, 고속철도), 물류(택배, 화물)
GIS Mapping	지도제작, 주제도제작, 수자원관리, 산림자원관리, INS(Inertial Navi-gation System)을 이용한 매핑시스템
기상 및 해양	기상학, 해수면 감시, 시추공 위치결정, 해상중력측량, 해상탐색 및 구조, 준설작업, 해저지도 작성, 해양자원탐사
재난 및 레저	소방, 재난, 미아 찾기, 등산, 여행, 탐사, 골프, 스키, 하이킹
우주(인공위성)	궤도결정

10.5 GPS측량단계

10.5.1 작업계획

(1) 계획준비

작업 착수 전에 다음과 같이 작업계획을 작성하고 각종 작업준비를 하여야 한다.

1) 작업계획은 기준점 배점도, 정밀 1, 2차 기준점망도를 고려하여 작성한다.

2) 작업계획은 GPS위성의 최신정보를 수집하여 작성한다.

(2) 관측계획도

도형의 세기 및 표고결정 방법 등을 고려하여 관측계획도를 다음과 같이 작성하여야 한다.

1) GPS 측량점은 1, 2, 3, 4등 삼각점(이하 삼각점이라 한다) 및 수준점, 표고점으로 구성한다.

2) 관측망은 삼각형, 사각형 또는 이를 혼합하여 구성한다.

3) 표고점은 2등 기준점측량의 경우 관측1점의 표고를 결정하기 위하여 고정점 4개 이상을 배치하며, 3등 기준점측량의 경우 30㎢에 1점(인접지구에서 표고가 결정된 삼각점 포함) 이상을 표준으로 한다.

4) 수준점으로부터 직접수준측량에 의한 표고점은 측량지역의 주변으로부터 5㎞ 이내에 배치한다.

10.5.2 선점

(1) 작업방법의 결정

관측 계획도를 기초로 하여 삼각점 및 수준점의 주위상황을 확인하고 지형 기타 현지의 상황에 적합한 작업방법을 다음과 같이 결정한다.

1) 삼각점, 수준점 및 표고점의 상공의 시계는 15°이상을 표준으로 하여 확보한다.

2) 삼각점, 수준점에 대한 지상의 구조물, 수목 등에 의한 전파수신의 장애가 되는 경우 에는 장애물 제거 및 안테나타워 등의 일시표지를 설치한다. 장애물제거 및 일시표시지의 설치가 곤란한 삼각점에 대하여는 편심점을, 수준점에 대하여는 표고점을 설치한다.

3) 표고점은 표고결정에 필요한 배치 밀도를 고려하여 선정한다.

4) 편심점은 $e < 0.10 \times S$가 되도록 정한다. 다만, S는 지도상에서 측정한 삼각점간의 거리, e는 편심거리이다. 또한 편심각 관측의 역방향은 다음 방법으로 선정한다.

① 관측망에 포함된 삼각점으로 한다.

② 편심점에서 역방향 삼각점의 시통이 되지 않을 경우에는 GPS 측량에 의한 편심 고정점을 역 방향으로 할 수 있다.

③ GPS측량에 의한 편심고정점과 편심점의 거리는 $S<4 \times e$로 한다.

다만, S는 방위표로부터 편심점까지의 거리, e는 편심거리이다.

5) 선점조사는 표고점 관측계획에 따라 표고점의 배치밀도를 고려하여 실시한다.

6) 선점조사를 한 삼각점 및 수준점에 대하여는 기준점 조사서를 작성한다.

7) 활용가능성이 적은 삼각점에 대하여는 관측망에서 제외할 수 있다.

8) 삼각점은 다른 삼각점과의 최소 1방향 이상이 시통 되도록 선점한다.

(2) 계획준비

1) 선점도는 (1) 작업방법의 결정 6)의 결과를 기초로 작성하여야 한다.

2) 관측 Session도는 선점도를 기초로 하며 관측의 강도 및 표고 결정의 방법을 고려하여 작성한다.

① 선점도에는 삼각점·수준점의 주위상황, 편심점의 위치 및 영방향점 등을 기재한다.

② 관측 Session도는 다음 방법으로 작성한다.

(가) 관측 Session도는 최소도형이 삼각형 또는 사각형이 되도록 구성한다. 그리고 인접 Session과는 1변 이상을 중복하여야 한다.

(나) 영방향점 등은 삼각점과 일체로 하여 동일 Session에서 관측이 되도록 구성 한다.

③ 관측Session도 및 기선해석도에는 기선해석에 사용한 고정점에 해석순위로 번호를 붙인다. 또한, 해석상 기선방향에 빨간색으로 표기한다.

10.5.3 일시표지

(1) 일시표지의 설치

1) 수준점과 직·간접측량에 의한 표고점에 대하여 일시표지를 설치 할 수 있다.

2) 일시표지는 국립지리원에서 정한 규격 및 형식으로 상당기간 보존될 수 있는 장소에 설치한다.

10.5.4 관측

(1) 관측

1) 관측은 관측 Session도에 의하여 관측점에 GPS측량기를 설치하고 GPS위성으로 부터 전파를 수신하여 기록하는 것으로 하며, 직접 또는 간접수준측량을 실시하는 것을 포함한다.

2) 고정점에 대한 관측은 전체 관측지역 및 해당 인접지역의 고정점에 대하여 동시 GPS측량을 실시한다.

3) 해당 관측지역내의 높이 고정점 관측은 수준점 및 직접수준측량에 의한 표고점을 기지점으로 하여 선점도에 따라 동시GPS측량을 실시한다.

(2) 기기의 성능

1) GPS측량에 사용되는 GPS측량기는 정적상대 측위 형으로 다음에 표시한 성능 이상의 것이어야 한다.

<표 10.3> GPS 측량기 성능

구 분	수신주파수	성 능
GPS기준점 측량	L1, L2(2주파)	±(5㎜ + 1PPM × D) D = 거리(㎞)

2) 편심요소의 편심거리 및 간접수준측량을 위한 거리측정에는 정밀 1,2차 기준점 측량 작업규정의 거리측량기를 사용하여야 한다.

(3) 기기의 점검 및 검정

1) GPS측량기는 작업 전에 정해진 방법에 따라 점검 및 검정을 실시하고, 필요한 때에는 조정하여야 한다. 또한, 작업 기간 중에도 필요한 때에는 적당한 점검을 하여야 한다.

2) GPS측량기는 국립지리원 또는 국립지리원이 지정한 기관의 검정을 받아야 한다. 다만, 검정의 유효기간은 2년으로 한다.

3) GPS측량기의 점검은 다음 방법에 의하여 실시한다.

① 기능점검

(가) 광학구심장치가 정상일 것

(나) 디지털표시가 정상일 것

(다) 안테나 케이블이 정상일 것

(라) 접속부분이 정상일 것

(마) 전원의 전압이 규정값 이내일 것

② 비교검정은 국립지리원이 정한 GPS측량기 검기선장에서 GPS측량기를 사용하여 관측을 실시한다. 또한, GPS측량기의 검정 대수가 많을 경우는 GPS측량기 검기선장 끝점의 주위에 임의 점을 설치하고 끝점간의 측정과 동시에 실시하여야 하며 측정결과의 허용범위는 <표 10.4>를 표준으로 한다.

<표 10.4> GPS 측량기 측정결과의 허용범위

GPS측량기 검기선장과의 교차	허 용 범 위(2,3등)
기선해석에 의한 △X, △Y, △Z	15㎜
△H	30㎜
방위각	2″

③ GPS측량기 검기선장의 사용이 곤란할 때에는 국립지리원의 승인을 득한 검기선장에서 GPS측량기를 사용하여 제12조에서 정한 방법에 의하여 측정한다. 측정결과 거리측량기 비교기선장과의 허용범위는 전 ②의 허용범위와 같다.

(4) 관측의 실시

GPS측량은 다음과 같은 관측 조건으로 실시한다.

1) GPS측량은 Session 모두 정적간섭측위방법으로 실시한다.

2) GPS측량에 사용하는 위성은 다음과 같다.

① 고도각은 원칙적으로 15°이상일 것

② 위성의 작동 상태가 정상일 것

③ 동시 수신 위성 수는 4개 이상일 것

3) GPS측량은 관측 착수 전에 최신의 위성궤도정보를 기초로 관측 계획표를 작성한다.

4) GPS측량의 입력단위 및 자릿수는 <표 10.5>와 같으며, 표고점 및 편심점의 GPS측량을 포함한다.

<표 10.5> GPS측량의 입력단위 및 자릿수

항 목	단 위	자릿수	비 고
경·위도	도·분·초 (WGS-84)	1	자동입력기능이 있는 기종은 자동입력
표 고	m (WGS-84)	1	〃
안 테 나 고	m	0.001	

5) GPS측량은 Session단위로 실시한다.

6) GPS측량 시간 등은 <표 10.6>과 같다.

<표 10.6> GPS 측량시간

구 분	2등 기준점 측량	3등 기준점 측량
Session수	1이상	1이상
Session관측시간	8시간이상	4시간 이상
데이터취득간격	30초	30초
Session의 중복	2점 이상	2점 이상

7) GPS측량에 있어 다음사항을 주의하여야 한다.

① 안테나는 정해진 방향을 북으로 향하게 설치한다.

② 사용하는 전원의 전압은 항상 적정한 값의 범위에 있어야 한다.

③ 발전기를 사용하는 경우는 안테나에서 20m이상 떨어진 곳에서 사용하여야 한다.

④ 안테나의 주위 10m이내에는 자동차 등의 접근을 피하여야 한다.

⑤ 관측 중에는 무전기, 기타 주파수 발진장치의 사용을 금한다. 다만, 부득이한 경우에는 안테나로 부터 100m이상의 거리에서 사용한다.

8) GPS관측에서 얻은 데이터의 자기기록은 필히 부본을 작성한다. 또한 사이클슬립을 매뉴얼에서 편집하여 기선해석을 한 경우는 조정 후 자기기록을 부본으로 한다.

9) GPS측량중의 상황(천후, 상공의 시통, 주위상황 및 기타 필요하다고 인정 하는 것) 등을 GPS관측수부에 기록한다.

(5) 기상요소의 측정

기상측정은 장기선(100㎞이상)측량에 한하여 측정한다.

1) 기상요소는 각 Session의 각 관측점에서 측정한다.

2) 정밀1차 기준점측량 작업규정 또는 다음의 요령에 의하여 측정한다.

① 기온·기압의 측정은 1set로 하여 각 Session의 관측개시부터 1시간마다 관측종료까지 측정한다.

② 온도의 관측은 Session 시작과 종료 시에 격측통풍 온도계와 부속수은 온도계와 비교점검을 하여 그 차가 0.5℃이상의 것은 사용하여서는 안 된다.

(6) 표고의 연결관측

1) 표고점의 관측은 수준점으로부터 직접수준측량 또는 간접수준측량으로 한다.

2) 표고점과 삼각점의 연결관측은 정밀2차 기준점측량 작업규정에 의하여 실시 할 수 있다.

3) 표고점과 삼각점의 연결관측에서 GPS측량기를 사용하는 간접수준측량은 2등 기준점측량의 경우 표고점 4점 이상과 삼각점 2점 이상을, 3등 기준점측량의 경우 표고점 2점 이상과 삼각점 2점 이상을 연결하여 동시GPS측량을 실시한다.

(7) 편심요소의 측정

1) 관측에 있어 편심이 있는 경우에는 규정된 방법으로 편심요소의 측정을 하여야 한다.

2) 편심요소의 측정은 정밀2차 기준점측량 작업규정에 의하고 영방향의 시통이 되지 않을 때에는 다음 방법에 의하여 방위표설치를 하여 편심각을 측정할 수 있다.

① 방위표는 편심점의 임의의 방향에 2점을 설치하여야 하고 1점은 편심각의 점검에 사용한다.

② 편심점과 방위표는 10.5.4(관측)를 기초로 데이터 취득간격 30″로 하여 2시간이상의 GPS관측을 1 Session 실시한다.

③ GPS에 의한 방위표의 관측을 실시할 때에는 편심점의 가정좌표 값은 인근 고정점의

기선해석의 결과를 사용한다.

④ 방위표를 사용하는 경우의 편심요소 측정의 요령 및 측정값의 허용범위는 <표 10.7>에 의한다.

<표 10.7> 편심요소 측정 요령 및 측정값의 허용범위

편 심 거 리	방위표까지의 거 리	편심각 측정수	허용범위	
			배각차	관측차
30m미만	150m미만	3대회 1Set	15″	10″
30m이상 - 50m미만	300m미만	3대회 2Set	8″	5″
50m이상 - 100m미만	500m미만			
100m이상 - 300m미만	1,000m미만			
300m이상 - 500m미만	2,000m미만			
500m이상	5,000m미만			

(8) 재측

GPS관측에 있어 정해진 관측조건을 만족하지 못한 경우는 재측을 실시한다.

10.5.5 계산

(1) 기선해석

1) GPS측량의 계산에 있어서는 두 관측점간의 기선벡터 성분을 정해진 계산식에 의하여 산출한다. (이하「기선해석」이라 한다) 계산의 단위 및 자릿수는 <표 10.8>과 같다.

<표 10.8> 기선해석 계산의 단위 및 자릿수

구 분	단 위	자릿수
거 리	m	0.001
기선벡터	m	0.001
표 고	m	0.001

2) 기선해석은 다음과 같이 실시한다.

① GPS위성의 궤도요소는 정밀력 또는 방송력에 의한다.

② 당해 관측지역과 가장 가까운 국립지리원GPS상시관측소 2점 이상의WGS84 좌표 값을 기지로 하여 실시한다. 그 다음의 기선해석은 바로전의 기선해석에서 구하여진 WGS84 좌표 값을 사용하여 순차해석 한다.

③ ITRF좌표계나 실용성과로부터 WGS84 좌표로의 변환은 원칙적으로 국립지리원의 국

가좌표변환계수를 사용한다.

다만, 낙도 등 실용성과를 변환하는 것이 기선해석용의 좌표 값으로 충분하지 못한 때에는 GPS 또는 VLBI 관측 등에서 구해진 변환 값을 사용할 수 있다.

④ 기선해석의 방법은 Session마다의 단일기선해석에 의한다.

⑤ 기선해석은 Session도에 있는 전 기선벡터를 산출한다.

⑥ 사이클슬립의 편집은 원칙적으로 기선해석프로그램에 의하여 자동편집이나, 수동편집을 할 수도 있다. 또한 수동으로 편집한 경우는 GPS관측기록부에 기재한다.

⑦ 기선해석의 결과는 FIX해에 의한다.

3) 기선해석의 결과를 기초로 GPS관측기록부를 작성한다.

4) 편심을 시행한 경우는 다음의 방법에 의하여 편심량을 보정하고 삼각점간의 기선백터를 구한다.

① WGS84 좌표계에 준거한 3차원 직각좌표계로의 편심계산을 하여 기선해석의 결과에 보정한다.

② 편심계산에 사용하는 방위각(삼각점을 역방향으로 하는 경우를 포함)은 기선해석에 의하여 구한 WGS84 좌표계에 의한 방위각을 사용한다.

(2) 점검계산 및 재측

1) 관측 종료 후에는 신속하게 정해진 점검계산을 하여야 한다.

2) 점검계산에서 정해진 허용범위를 초과한 경우는 재측을 하여야 한다.

3) 점검계산은 다음 방법에 의하여 실시한다.

① 삼각형의 폐합차(dsi)의 계산은 각 Session마다 계산하여 Session의 평균값ds를 구하고 평균값의 허용범위는 다음 식에 의한다.

$$ds_i(\text{㎜}) = \sqrt{(\sum \Delta X)^2 + (\sum \Delta Y)^2 + (\sum \Delta Z)^2}$$

$$ds\ (\text{㎜}) = (ds_1 + ds_2 + ds_3)/3$$

$$ds(\text{㎜}) \leq 2.5 \times \sqrt{(\sum D)}$$

단, D : 노선거리(단위 : ㎞)

△x, △y, △z : 단삼각형의 각성분의 좌표폐합차

② 기선해석에 있어서 사이클슬립의 편집은 원칙적으로 기선해석S/W에 의한 자동편집으로 하며, 수동으로 편집할 수도 있다. 또한 수동으로 할 경우는 당해 Session의 환폐합을 실시하고 폐합차를 점검한다. 환폐합 차의 허용범위는 <표 10.9>를 표준으로 한다.

<표 10.9> 폐합차의 허용범위

폐 합 차	허 용 범 위 (2, 3등)	비 고
기선해석에 의한 △X, △Y, △Z, 각성분의 폐합차	10㎞이상 : 1PPM × ΣD	D : 사거리(㎞)
	10㎞미만 : 2PPM× ΣD	

③ 2 Session이상의 경우 Session간에 삼각형 또는 사각형은 환폐합을 하여 폐합차를 점검한다. Session간의 허용범위는 <표 10.10>을 표준으로 한다.

<표 10.10> Session간의 허용범위

폐 합 차	허 용 범 위 (2, 3등)	비 고
기선해석에 의한 X, Y, Z, 각성분의 좌표 비교차	15㎜	

④ 인접 Session에 의한 중복변이 있는 경우는 양자의 비교를 한다.
비교한 결과 교차의 허용범위는 전 ③과 같다.

⑤ Geoid고의 계산은 기선 해석시 적용한 GPS상시관측소의 타원체고(WGS84)를 고정하여 망평균 계산에 따라 해당측점의 타원체고(WGS84)를 산출하고 표고점을 고정하여 산출한 실용성과와 비교하여 구한다.

Geoid고 = 타원체고(WGS84) - 표고(실용성과)

(3) 평균계산 등

1) 점검계산 등 종료 후는 평균계산에 의한 우리나라 측지계에 의한 경도, 위도, 표고를 결정하여야 한다.
2) 망평균계산은 국립지리원에서 인정하는 프로그램을 사용한다.
3) 망평균계산은 전체관측지역에 대한 고정점 통합 망평균계산을 실시하여 최적망 평균계산 결과에 따라 관측지역별로 적용할 망평균 계산 고정점의 수치를 결정한다.
4) 관측지역별로 지정된 고정점의 실용성과를 사용한다.

11. 지하시설물 관리시스템

11.1 지하시설물 관리시스템 정의

통신, 가스, 전기 등 지하에 매설된 각종 지하시설물을 온라인 실시간 환경에서 통합 관리할 수 있는 시설물 관리방안 및 시스템을 말한다.

11.2 용어의 정의

(1) 지하시설물

공공의 편리를 위해 지하에 매설된 상·하수도, 전기, 통신, 가스, 송유관, 난방 시설물 뿐만아니라 이러한 시설물의 관리 및 운용에 필요한 모든 지상시설물을 말한다.

(2) 지하시설물 조사・탐사

지하시설물의 속성자료와 정확한 매설위치 및 깊이를 파악하기 위해 실시하는 작업의 일체로서 지하시설물 현지조사, 지하시설물 보완측량작업, 탐사장비를 이용한 지하시설물 탐사작업 등을 말한다.

(3) 지하시설물 데이터베이스

지하시설물도 기본도에 정위치편집과 구조화편집을 실시하여 구축된 지하시설물의 위치, 깊이, 속성 등의 집합을 말한다.

(4) 지하시설물도

지하시설물 데이터베이스에 저장된 자료를 이용하여 도면 제작편집을 실시한 후, 자동제도장치로 출력한 도면을 말한다.

(5) 지하시설물도 작성

컴퓨터를 이용하여 지하시설물 데이터베이스에 저장되어 있는 자료에서 지하시설물도를 출력하는 일체의 과정을 말한다.

(6) 지하시설물도 기본도

수치지도작성 작업규칙에 의해 작성된 1/1,000 수치지도를 지하시설물 관리에 필요한 지형·지물로 재구성한 지도를 말한다.

(7) 지하시설물 현지조사

지하시설물과 관련된 지상시설물의 위치와 속성에 대한 자료를 수집·정리하는 작업을 말한다.

(8) 지하시설물 보완측량

지하시설물도 기본도에 표기된 지하시설물 및 관련 지상시설물의 위치변경 등으로 수정이 필요한 경우 측량장비를 이용하여 그 위치를 측량하는 작업을 말한다.

(9) 조사용도면

기존의 지하시설물 가편집도와 같은 개념의 용어로서, 지하시설물 현지조사 및 보완 측량의 결과를 1/500으로 확대된 지하시설물도 기본도에 정리하여 지하시설물 탐사 작업의 성과를 이기할 수 있도록 작성된 도면을 말한다.

(10) 지하시설물도 원도

지하시설물 조사·탐사 결과가 모두 기록된 조사용 도면을 수치자료 입력이 용이하도록 1/500으로 확대된 지하시설물도 기본도에 다시 옮겨 기록한 도면을 말한다.

(11) 정위치편집

지하시설물도 기본도 성과에 지하시설물 조사·탐사작업에서 얻어진 성과를 입력하는 작업을 말한다.

(12) 구조화편집

자료간의 지리적 상관관계를 파악하기 위하여 정위치 편집된 지형지물을 기하학적 형태로 구성하는 작업을 말한다.

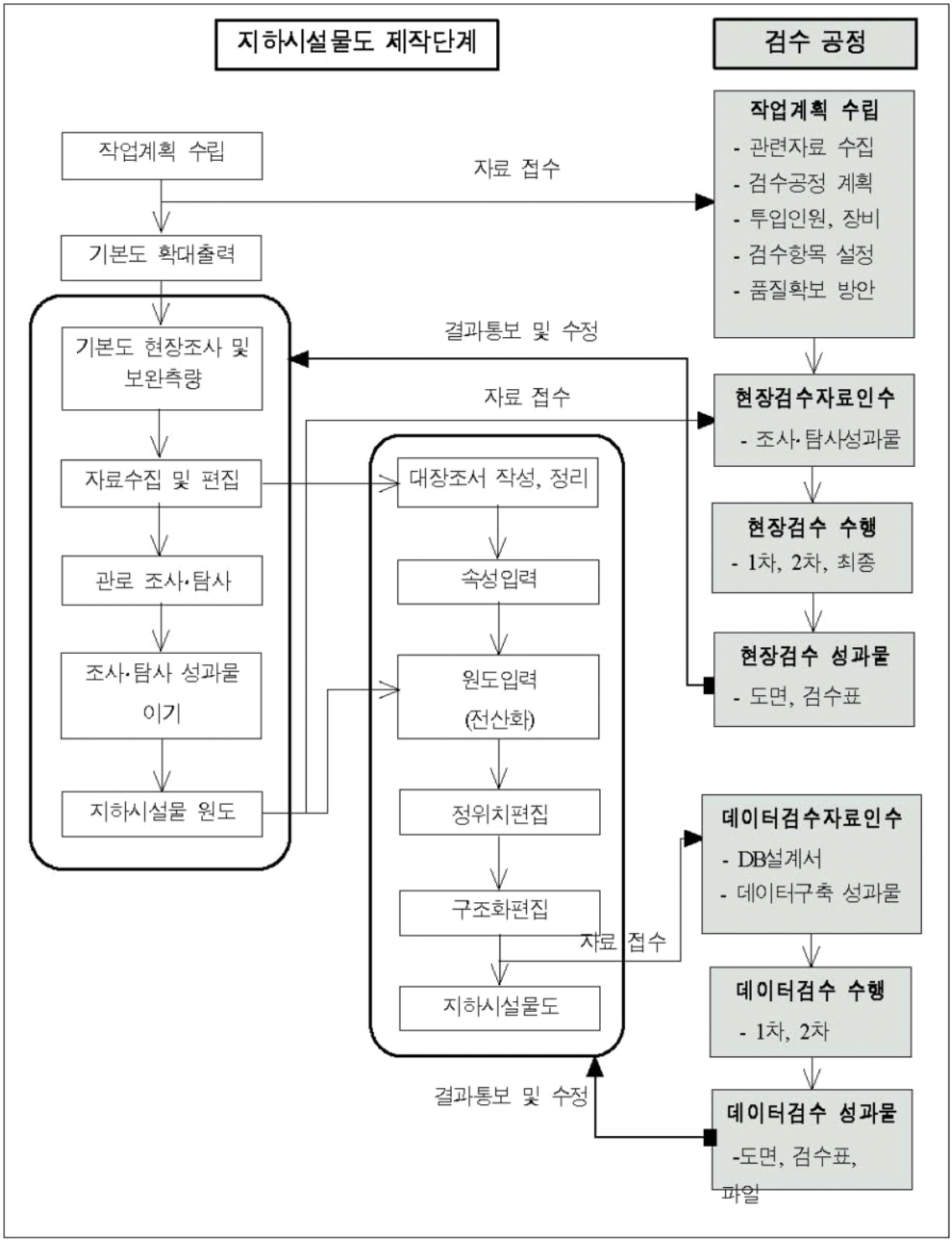
(13) 도면제작편집

지도형식의 도면으로 출력하기 위하여 정위치 편집된 성과를 지도도식규칙 및 표준도식에 의하여 편집하는 작업을 말한다.

11.3 관련규정 및 기준

- 국가지리정보체계의 구축 및 활용 등에 관한 법률
  (법률 제6201호 신규제정 2000. 1. 21)
- 국가지리정보체계의 구축 및 활용 등에 관한 법률 시행령
  (대통령령 제16890호 ,신규제정 2000. 7. 1)
- 국가지리정보체계의 구축 및 활용 등에 관한 법률 개정・고시
  (건설교통부고시 제2003-286, 2003. 11. 25)
- 지하시설물도 작성 작업규칙
  (건설교통부령 제134호, 1998. 5. 25)
- 도로기반시설물 정보통합관리에 관한지침
  (건설교통부훈령 제390호, 2003. 1. 30)
- 공공측량의 작업규정세부기준 개정・고시
  (건설교통부고시 제2002-177호, 2002. 8. 3), (건설교통부 고시 제 2003-326호, 2004. 1. 2)
- 공공측량의 작업규정세부기준운용세칙 개정・고시
  (국토지리정보원고시 제2003-498호, 2004. 1. 2)
- 지하시설물도 작성세부지침(안)
  (국립지리원고시 제 1998-269호, 1998. 12. 8)

11.4 지하시설물도 제작흐름도



[그림 11.1] 지하시설물도 제작흐름도

11.5 조사 및 탐사대상

지하시설물 조사·탐사는 상수도, 하수도, 가스, 통신, 전기, 난방열관, 송유관등 지하 시설물과 그와 관련된 지상시설물을 대상으로 한다.

<표 11.1> 현지조사 및 탐사대상 비교표

시설물 종 류	1/1000 수치 지도제작시 현지조사사항	지하시설물 조사·탐사				대 장 작 성	비 고
		지상시설물 조 사 (맨홀내부조사)	관 로 탐 사		자료조사		
			관로탐사	위치측량			
도 로	도로 종류 도로 시설물 도로폭원 조사					각종 대장 조서 작성 도로번호 부여 도로 시종점 부여	
상수도	지상상수관 지상소화전 급수탑(스탠드 파이프) 저수탑 취수탑 상수맨홀(상수, 이토변)	제수변, 지수전 이토변, 역지변 공기변(배기변) 감압변, 유량계 안전변, 맨홀 수원지, 취수장 정수장, 배수지 가압장, 저수조 지하소화전	취수관 도수관 송수관 배수관	탐사된 관로에 대한 위치측량	관종, 관경, 설치년도, 위치자료, 깊이자료	수도전 가정진입관 상수대장 작성	급수구역, 배수구역 자료제공시 작성
하수도	하수종말처리장 하수맨홀 (우수, 오수, 하수, 집수정) 하천경계 하수환기구	측구(L, U, LO, LU, JU형) 우수받이 토구 관말 유수지, 침전지 펌프장	관로 우수관로 오수관로 하수BOX	탐사된 관로에 대한 위치측량	관종, 관경, 설치년도, 위치자료, 깊이자료	종횡단측량 매몰된 변실확인 구경, 관저고, 연장구배 유수방향 하수대장 작성	처리구역, 배수구역 자료제공시 작성
가 스	지상가스관 가스맨홀	밸브 수취기 가바나 TB(테스트박스) (전기방식)	고압관 중압관 저압관	탐사된 관로에 대한 위치측량	관종, 관경, 설치년도, 위치자료, 깊이자료		

<표 11.2> 현지조사 및 탐사대상 비교표

시설물 종 류	1/1000 수치 지도제작시 현지조사 사항	지하시설물 조사·탐사				대 장 작 성	비 고
		지상시설물 조사 (맨홀내부조사)	관 로 탐 사		자료조사		
			관로탐사	위치측량			
전 기	지상송전선 전주,보조전주 송전탑 전기맨홀	맨홀 Pad TR (변압기) Pad SW (스위치)	지중선로 (고압) 지중선로 (저압) 송전선로 (154kv) (345kv) (765kv)	탐사된 관로에 대한 위치측량	관종,관경, 설치년도, 위치자료, 깊이자료		배전선로 (지상) 한전에서 조사, 관리
통 신	전화주 전화맨홀 (AZB011) 통신맨홀 (AZB015) 데이콤맨홀	맨홀	지중선로	탐사된 관로에 대한 위치측량	관종,관경 설치년도, 위치자료, 깊이자료		
공동구	공동구 맨홀			탐사된 관로에 대한 위치측량	관종,관경 설치년도, 위치자료, 깊이자료		자료제공시 입력 (통신, 전기, 상수)
송유관	지상송유관	맨홀	관로	탐사된 관로에 대한 위치측량	관종,관경 설치년도, 위치자료, 깊이자료		
지 역 난 방		맨홀	관로	탐사된 관로에 대한 위치측량	관종,관경 설치년도, 위치자료, 깊이자료		상수시설과 유사
기 타 시 설	지하도 입구, 지하보차도 입 구, 터널 입구, 지하상가입구						자료제공시 입력

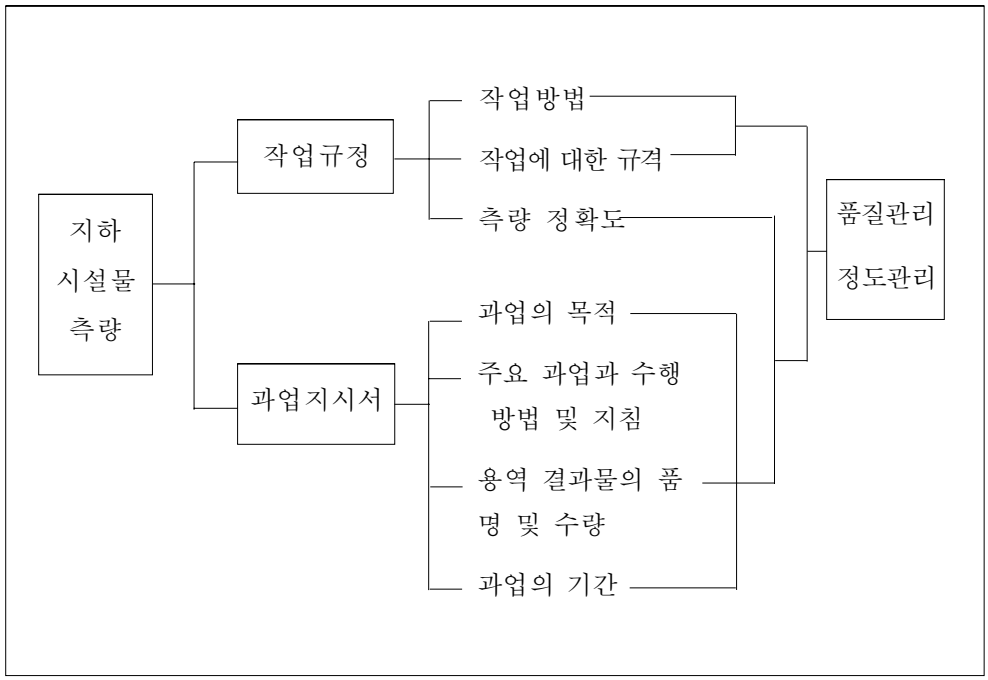
11.6 과정별 세부작업내용

11.6.1 세부계획

지하시설물 조사·탐사 작업은 간단히 야외작업과 실내작업으로 나눌 수 있지만, 각종 자료 입력, 출력, 측량, 시설물 탐사 등 여러 가지 공정으로 되어있으므로 효율적인 작업을 수행하기 위하여 전반적인 추진계획과 작성 작업계획, 작업일정, 투입장비, 기상정보 파악, 조사·탐사 방법, 교통통제계획, 야간작업계획, 자료조사계획 및 협조기관 등을 파악한 후 작업의 목적과 공기 등을 적절히 고려하여 최선의 조사·탐사가 이루어지도록 총괄적인 업무체계를 작성, 발주기관과 협의하여 작업계획을 수립해야한다.

11.6.2 세부작업 내용

(1) 작업범위 확인과 품질관리 계획



[그림 11.2] 작업규정과 과업지지서상 내용

(2) 현장답사

(3) 기초자료 현황파악

(4) 최우선순위 결정

(5) 세부공정계획 수립

(6) 인원 및 장비의 투입 계획

(7) 관련 자료의 보안계획

(8) 관련부서와의 업무 협조

(9) 지하시설물도 기본도 준비

11.6.3 자료조사, 수집 및 편집

(1) 지하시설물 자료수집 목적

1) 지하시설물에 대한 개략적인 정보를 통한 인원 및 장비투입과 교통, 안전계획 등을 수립한다.

2) 탐사의 어려움으로 인한 육안조사나 기존자료를 이용한다.

3) 시설물에 대한 관리번호, 설치일자, 형태, 규격, 관종, 관의재질, 공사이력 등의 속성정보를 획득한다.

(2) 지하시설물 관리자료와 유관기관

<표 11.3> 지하시설물 관리자료와 유관기관

시 설 물 종 류		자 료 내 용	유 관 기 관 및 부 서
상수시설	광역상수도	• 광역상수도 • 공업용수도	• 한국수자원공사 및 각 출장소
	상 수 도	• 송, 배구관망도 • 상수도 대장 • 상수관망도 • 색인도 • 일반도 • 상수도 대장조서 • 상수공사년도 대장 • 노후관 교체 대장	• 지방자치단체 수도과 • 상수도 사업본부 • 상수도 사업소 • 환경보호과
하 수 시 설		• 하수대장 • 각종 설계도 및 준공도 • 하수도 계획시설 평면도 • 하수관망도 • 색인도 • 오수 관망도 • 우수 관망도	• 지방자치단체(시, 도 하수과) • 각 구(군)청 건설과 • 환경보호과
지 역 난 방		• 지역난방 열배관 공사 • 준공도면 • 계획평면도	• 한국지역 난방공사(공무부)

<표 11.4> 지하시설물 관리자료와 유관기관

시 설 물 종 류	자 료 내 용	유 관 기 관 및 부 서
전 기	• 지중선 선로도 • 지중선 전선로도	• 한국전력 해당지점 지중선과 • 한국전력처(지중선사무소)
통 신	• 광케이블 매설도 • 체신선로도 (도로점용 시설도) • 데이콤 선로도(평면준공도) • 선로 시설도 • 관로도 • TOMS관련 자료	• 한국통신 • 데이콤 • 한국통신(해당전화국)
소 방 시 설	• 위치도 • 지상, 지하 소화전 • 급수탑 • 저수조 • 사설수조	• 소방서 방호계
송 유 관	• 송유관 관로도	• 송유관공사 및 해당가압장
도 로 시 설	• 교통시설도 • 도로대장 • 도로시설물 조서 • 교량대장 • 육교대장 • 옹벽대장 • 지하차도대장 • 지하보도대장 • 가로등 케이블도	• 지방자치단체(도로과, 도로시설과, 구청건설과, 도시개발과, 공원녹지과) • 교통기획과
교 통 시 설	• 도로교통시설도 • 교통안전시설정비 계획도	• 해당경찰서 • 교통지도계
도 시 가 스	• 가스공급관 • 도시가스 배관도 • 가스 관망도	• 관련 도시가스회사(중압 이하) • 한국가스공사
공동구, 단독구	• 공동구 현황도	• 지방자치단체 • 한국주택공사 • 한국전력공사

(3) 지하시설물자료 조사 및 편집 작업순서

1) 자료조사

- 시설물 위치
- 구역경계
- 시설물 설치년도

2) 자료수집

- 배관도
- 설계도
- 준공도

3) 자료분석

- 시설물에 대한 내용
- 신뢰도

4) 자료편집

- 각 시설물의 위치
- 관로번호
- 시공년도
- 관경, 재질

11.6.4 지상조사

(1) 조사준비

1) 제반안전관리에 유의하도록 하고 필요시 관계기관의 협조 요청

2) 지하시설물도 기본도와 자료조사 내용이 수록된 조사용 도면을 준비

3) 도로 교통 상황과 도로 굴착 지점, 포장 공사 지점, 지하철 공사 지역 등의 상황을 조사

4) 탐사에 영향을 주는 장애물(가드레일 부근, 철도 부근, 횡단육교 부근, 경사지 경사 관로, 가로등 부근, 교통표지판 부근, 전주, 신호등 부근, 통과차량, 울타리 등 기타 금속성 구조물)을 조사

(2) 시설물 조사

1) 지상시설물의 위치와 상태가 실제 내용과 일치하는지를 확인

2) 지하시설물도 기본도와 조사용 도면에 표시되어있는 변실을 찾고 위치를 표시해 놓아 지하시설물 탐사시 위치측량을 병행

(3) 맨홀 및 변실조사

1) 맨홀과 관련된 속성자료를 조사하거나 송신기 등의 접속이 필요할 경우 조사한다.

2) 맨홀 작업시 유독가스와 산소농도 측정작업을 마친 후 맨홀에 들어가야 하며, 안전 측정 수치는 다음과 같다.

- 산소 : 10% 이상
- 가연성가스 : 3% 이하
- 일산화탄소 : 50PPM 이하
- 유화수소 : 10PPM 이하

3) 환기가 필요한 경우 지상의 송풍기를 공기호스로 연결하여 강제 환기시키고, 유독 가스와 산소농도를 재 측정하여 안전에 이상 없음을 확인한 후 맨홀 조사한다.

4) 맨홀에 물이 차 있을 경우 조사가 어려우므로 지상에 수중펌프를 설치하여 배수한다.

5) 맨홀 내부의 깊이가 깊은 경우에는 반드시 안전사다리를 이용한다.

6) 지하시설물도 기본도 및 조사용 도면을 확인하여 지하시설물에 부속되어 지상에 노출된 각종 맨홀이나 변실을 개방하고 매설의 종류 등 속성에 필요한 사항을 조사한다.

7) 하수도 맨홀은 관로의 관저고, 구경, 재질, 유수방향 등을 조사한다.

11.6.5 관로조사 및 탐사

(1) 관로탐사

1) 조사 용도와 탐사의 목적, 일정 등이 수록된 탐사계획서를 각 지하시설물 관리자에게 제시, 설명하고 시설물 조사시 입회를 의뢰한다.

2) 지하시설물별 탐사범위는 발주기관에서 전산화하여 관리하고자 하는 범위에 맞추어 선정하되 관경 위주의 범위선정이 아닌 계통적 범위를 선정한다.

3) 탐사대상물별로 적정 탐사장비를 선정하도록 한다.

4) 지하시설물 탐지기는 관로의 위치와 깊이만을 찾을 수 있으며 관종, 관경, 설치년도 등은 조사 자료를 이용한다.

5) 측정위치는 직선부는 20m마다 측정함을 원칙으로 하되 타 시설물에 의한 위치변화 (우회)와 깊이변화(상, 하)가 있는 경우는 최소 0.5m간격으로 정밀 측정한다.

6) 깊이의 기록은 관의 중심위치를 기준으로 탐지기에 나타나므로 자료조사시 입수한 관경을 감안하여 시설물 상단을 깊이로 표기한다.

7) 탐사에 의하여 측정된 평면위치와 깊이는 위치측량을 할 수 있도록 노면에 표기한다.

8) 송신기, 리드선, 케이블 등은 교통에 지장이 없도록 설치한다.

9) 작업차와 운반차의 주차는 도로변의 안전한 장소에 주차한다.

10) 하수도의 관로조사는 하수관망도, 하수도 평면대장 및 공사설계도면을 수집하여 위치를 조사하고 불가능한 지역은 맨홀을 개폐하여 조사한다.

11) 다음에 해당하는 경우는 반드시 지하시설물 탐사를 실시하여야 한다.

① 관로의 직경이나 재질이 변경되는 곳

② 관로가 분기되거나 상태가 변경되는 곳

③ 각종 제어장치 또는 밸브가 위치한 곳

④ 도로의 곡선부분

⑤ 지하시설물의 교차점 또는 분기점

⑥ 기타 발주기관이 별도 요청하는 경우

(2) 위치측량

도로 덧씌우기 및 포장에 의하여 매몰된 변실에 대한 측량과 지하시설물 탐사에 의하여 확인된 관로에 대한 측량이다.

1) 지거측량(Offseting)

어느 한 점에서 측선에 내리는 수선의 길이를 지거(Offset)라 하며 지거를 이용하는 세부측량이다.

2) 평판측량

야외에서 평판을 사용하여 직접 도면상에 작도를 함으로써 위치와 지형측량을 하는 작업이다.

3) 광파 및 토털스테이션에 의한 측량

각과 거리가 동시에 관측되고 내장된 마이크로프로세서에 의하여 수평거리, 연직거리 등 필요한 사항들이 실시간으로 계산된다. 관측된 모든 데이터는 자동적으로 기록되어 야장이 필요 없으며 주 컴퓨터등 다른 주변장치와 연결하여 후속작업을 수행한다.

4) 스타디아 측량

측점간의 수평거리와 표고차를 동시에 결정하는 측량이다.

5) GPS측량

① 지구주위를 돌고 있는 측지위성들의 신호를 받아 수신기가 현재의 위치를 계산하는 시스템으로 전자기파가 차단되는 지역에서는 작업이 불가능하다.

② GPS를 이용한 시설물 조사시에는 조사기간의 단축, 실내작업시간의 단축, 자료의 신뢰도 형상이 예상된다.

③ 수신기와 위성 간에 장애물이 없고 더불어 기준점에 대한 신뢰도도 높은 지역에서 GPS를 이용한 시설물 조사 시스템을 거의 완벽한 기능을 발휘한다.

④ 빌딩이 밀집한 지역에서는 매설된 지하시설물 양이 많고 자료의 높은 정확도를 요구하기때문에 GPS를 그대로 사용하기는 거의 불가능하지만 부분적으로 기준점 획득등 시설물 위치 확인은 높은 신뢰도를 얻을 수 있다.

(3) 지하시설물 탐사시의 안전계획

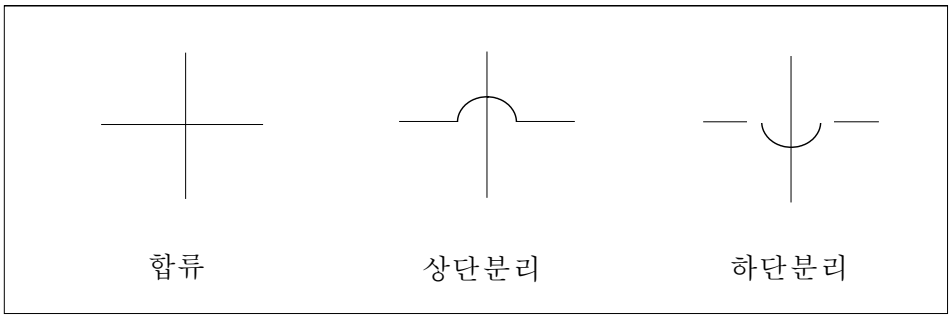
지하시설물 탐사는 주로 도로에서 작업을 하고 야간작업 등이 빈번하므로 도로교통에 지장을 최소화 하도록 해야 하며, 공사안내 간판, 교통유도 표지판과 표시등을 설치하여 야간 작업시에도 식별되도록 안전시설을 갖추어야 한다.

1) 지하시설물 조사작업 착수전에 조사장비와 안전장비를 철저히 점검하고 작업에 임하여야 한다.

2) 차량통행이 번잡한 곳은 교통정리를 위한 안전요원을 배치하여야 하며 통행인과 차량의 안전을 위하여 안내판, 안전칸막이를 설치하고 안전사고 방지에 최선을 다한다.
3) 지하시설물 조사·탐사의 현장 작업자는 도로교통법, 도로법, 산업안전 보건법, 근로기준법 및 관계법규를 준수하여 작업 중 각종 재해를 사전에 예방하도록 하여야 한다.
4) 작업원은 눈에 잘 보이는 색깔의 작업용 안전 조끼와 안전모를 착용하여 교통사고 등의 안전사고 예방에 각별히 유의해야 한다.
5) 현장책임자와 안전요원은 현장에 상주하여 안전작업을 지휘·감독한다.
6) 작업에는 충분한 기능보유자를 배치하여야 하고 신체적 정신적으로 불안정한 사람은 투입시키지 말아야 한다.
7) 맨홀과 같은 밀폐된 공간의 조사작업시는 내용에 관계없이 반드시 환기를 한 후 작업에 임하여야 하며, 가스 및 인화물질의 누출 우려가 있는 경우는 화기 및 기타 동력의 이용을 절대 금한다.
8) 밀폐된 공간에서의 작업용 조명을 위해 라이터나 성냥 등 인화성 물질의 사용을 금하고 헤드라이터나 랜턴 등을 사용해야 한다.
9) 무게가 무거운 맨홀 개폐시에는 지휘자를 선정, 균형을 유지하여 안전하게 개폐한다.
10) 맨홀에 물이 차서 양수작업이 필요한 경우에 일반인의 통행 및 차량통행에 지장을 주어서는 안 된다.
11) 맨홀 출입시에는 반드시 사다리를 사용하고 외부 감시를 위한 안전요원과 제반 안전시설물을 설치한다.
12) 탐사작업의 종료 후에는 주변청소를 깨끗이 하여 통행인에게 불편을 주지 않도록 한다.
13) 작업 전이나 작업 중 과도한 음주행위를 금하고 모닥불을 피우는 일이 없어야 한다.

11.6.6 지하시설물도 원도작성

(1) 조사·탐사 결과는 1/500으로 확대된 지하시설물도 기본도상에 판독이 용이하도록 정리한다.
(2) 조사·탐사된 각종시설물을 전산 입력시 혼동이 발생하지 않도록 색상별로 구분하고 정리하여 편집한다.
(3) 시공년도, 관경, 재질 등은 조사자료에 의하여 기입한다.
(4) 지하시설물이 일정크기 이상인 경우는 외곽선을 기입하고 작은 경우는 시설물의 중앙을 기입한다.
(5) 각 매설관로 및 맨홀의 제원 표기방법은 다음과 같다.
1) 매설물의 연장은 맨홀과 맨홀 사이의 거리를 기록하는 것을 원칙으로 하되 경우에 따라서는 분기점, 관경의 변화점, 매설년도의 상이점 등을 기입할 수 있다.
2) 두 개 이상의 동일공종관이 서로 교차할때는 합류 교차하는 경우와 분리 교차하는 경우를 구분하여 [그림 11.3]과 같이 표시한다.



[그림 11.3] 동일 공종관 교차시 표시방법

3) 같은 지점에 동일공종인 2개 이상의 관이 각기 다른 재질, 규격으로 매설되어 있을 경우는 한 선분 위에 그 제원을 2줄 이상으로 각각 기입한다.

(6) 하수시설의 경우 유수방향을 화살표로 표시하여야 한다.

(7) 각 제원의 표시방법은 다음과 같다.

- 매설년도 : 연도만 표시 (예 : 1991)
- 재　　질 : 약어 사용 (재질 약어표 참조)
- 구　　경 : 원형, 각형 구분, 공칭 지름(㎜)
- 연　　장 : 미터단위(사사오입) (예 : L25)
- 매설깊이 : 평균 매설깊이, 미터단위(소수첫째자리까지) (예 : D1.2)

(예) 1991년에 매설한 흄관 원형 구경 500㎜, 연장 25m, 평균 매설깊이 1.2m인 경우의 표기 : 1991/HP/∅500/L25/D1.2

(8) 박스구조물은「폭×높이」로 표기하며 소수첫째자리까지의 미터단위로 기록한다.
(예 : 3.5 × 1.5)

(9) 지하시설물 제원의 기호는

<표 11.5> 지하시설물 제원의 기호

구　　분	기　　호	단　　위
재　　질	재질약어표	
구　　경	Ø (원형)	㎜
	□ (각형)	㎜
길　　이	L	m
깊　　이	D	m

(10) 지하시설물 재질을 표시하는 약어

<표 11.6> 지하시설물 재질을 표시하는 약어

약 어	원 어	설 명	관련 지하시설물
CIP	Cast Iron PIPE	회주철관, 주철관	상수도
CIC	-	회주철라이닝관	상수도
COP	Copper Pipe	동관	상수도
CP	Concrete Pipe	콘크리트(무근)	하수도
DCIP	Ductile Cast Iron pipe	닥타일 주철관	상수도
DTC	Ductile Cement Lining	닥타일라이닝관	상수도
EPS	-	에폭시라이닝관	상수도
FD	Floor Duct	전선함	전기
FP	Flexible Pipe	유연관, 전선관	전기, 상수도
GSP	Galvainzed Steel Pipe	아연도금 강관	상수도, 가스
HP	Hume Pipe	흄관	하수도, 상수도, 통신, 전기
LP	Lead Pipe	연관	전기, 상수도
PC	Prestressed concrete Pipe	PS관	상수도
PCC	Prestressed Concrete Cylinder Pipe	PS실린더관	상수도
PE	Polyethilene Pipe	폴리에틸렌	상수도, 가스, 통신
PVC	Polyvinyl Chloride	경화, 염화비닐	하수도
RCB	Reinforced Concrete Box	철근콘크리트박스	상수도
RCP	Reinforced Concrete Pipe	철근콘크리트관	하수도
SP	Steel Pipe	강관	상수도, 가스, 통신, 전기
STS	Stainless Steel Pipe	스테인레스관	상수도
VCP	Vitrifide Clay Pipe	도관	하수도
VR	Vibrated and Rolled	진동 및 전압 철근, 콘크리트관	하수도

11.6.7 대장정리

(1) 현장에서 조사된 각 시설물의 속성자료에 대해 관련대장으로 정리하는 과정으로서, 작성된 지하시설물도 원도를 자료수집과정에서 정리된 기존의 대장 내용과 비교하면서 새로운 관리대장을 각 시설물별로 작성하여야 한다.

(2) 세부적인 지하시설물별 관리대장의 서식은 관계법령을 따른다.

11.6.8 정리점검

(1) 사용 장비 이상 유무 확인

(2) 조사된 내용 현장 확인

(3) 조사시 촬영된 사진첩 제작

(4) 도면정리시 누락사항 점검 및 도면확인

(5) 발주기관에 작업완료 보고

11.7 지하시설물 수치지도화 작업의 점검 및 성과물

<표 11.7> 지하시설물 조사·탐사와 수치지도화 작업의 점검 및 성과물

작업 과정	세 부 작 업 과 정	준 비 자 료	점 검 성 과 물
작 업 계 획 수 립	• 작업범위 확인과 품질관리 계획 – 작업규정, 과업지시서 검토 • 현장답사 • 기초자료 현황파악 • 착수우선순위 결정 • 세부공정계획 수립 • 인원과 장비의 투입계획 – 보안/안전관리, 사업 책임자 지정 – 탐사장비 선정 • 관련 자료의 보안계획 • 관련부서와 업무협조 • 문서작성과 제출	• 작업규정, 과업지시서	• 세부공정계획표 • 안전관리 대책 • 보안각서 • 작업지역 색인도, 책임자와 종사자 명단, 작업흐름도, 투입장비계획, 작업예정공정표
자 료 조 사 와 탐 사 준 비	• 지하시설물도 기본도 확대 출력 • 자료조사, 수집 및 편집 • 현지조사와 보완측량 – 조사준비 – 시설물조사 – 맨홀개폐, 변실조사 • 지하시설물 조사용도면 작성 – 현지조사와 보완측량의 결과기입	• 1/1,000 수치지도 • 유관부서의 기초자료현황 • 1/500 확대 기본도, 지하시설물 도면·대장, 토지·건물 출입증, 측량·안전장비 • 1/500 확대 기본도	• 1/500 확대 기본도 • 기존의 각종 지하시설물 관련 도면, 대장, 조서, 색인도 • 기준점 성과, 측량 자료 • 조사용도면
지하 시설물 탐 사	• 관로조사와 탐사 – 현장현황조사 – 관로탐사, 위치측량 • 지하시설물도 원도 작성 – 작성요령에 따른 지하시설물 표시 – 지하시설물도 원도 검사 • 관리 대장 정비	• 탐사, 측량, 안전 장비, 조사용도면 • 조사용도면, 1/500 확대 기본도	• 탐사결과가 이기된 조사용도면 • 지하시설물도 원도 • 시설물별 관리대장
수치 지도화	• 지하시설물도 원도 입력 – 도형 자료입력 – 정위치, 구조화 편집 • 지하시설물 속성자료 입력 • 데이터베이스 메타데이터 작성	• 지하시설물도 원도	• 지하시설물 입력 파일 • 속성 자료 파일 • 메타데이터 파일
지하시설물도 출력	• 지하시설물도 출력 • 성과검사 – 각 단계별 점검과 최종 점검	• 자료입력 파일 • 각 단계의 성과물	• 지하시설물도 • 성과점검 결과보고서

11.8 지하시설물조사 및 탐사방법

11.8.1 지하시설물 개요

도시의 지하시설물은 지하에 매설된 상수도, 하수도, 전기선, 전화선, 가스선, 송유관, 난방관의 시설물등을 말한다.

11.8.2 지하시설물 사용재질과 유관기관

<표 11.8> 지하시설물 사용재질과 유관기관

지하시설물		사용재질	유관기관	탐사대상
가스관		• LNG관 - 강관(610-750㎜) • 도시가스(LPG관 포함) -강관(50-500㎜)	한국가스공사 각 지역별 도시가스회사	중앙가스관, 고압가스관, 가스맨홀, 가바나. 테스트박스, 관말, 가스수취기, 밸브, 보호관
상수도	가정용 수도시설	주철관, 강관 (80-2,800㎜)	지방자치단체	배수관, 송수관, 광역상수관, 상수맨홀, 제수변, 역지변, 이토변, 배기변, 소화전, 관말, 수압계실, 보호관, 유량계실
	공업용 수도시설		한국수자원공사	
하수도		PVC관, 흄관(150-2,000㎜)	지방자치단체	오수관거, 우수관거, 하수맨홀, 차집관거, 우수토실, 배수관거, 빗물받이
통신		PVC관(50-300㎜)	한국통신공사	
전기		PVC관, 흄관(50-300㎜)	한국전력공사	지중 전력선, 전기맨홀, 관말, 분전함, 제어기, 차단기
송유관		강관(300-350㎜)	대한송유관공사 (주)한국 송유관	
지역난방			(주)한국지역난방	
공동구			시설물 관리공단	

(지하철굴착공사 안전관리 편람, 1996. 9. 19)
(한국지형공간정보학회, 1995. 8. P.167)

11.8.3 탐사방법과 특징

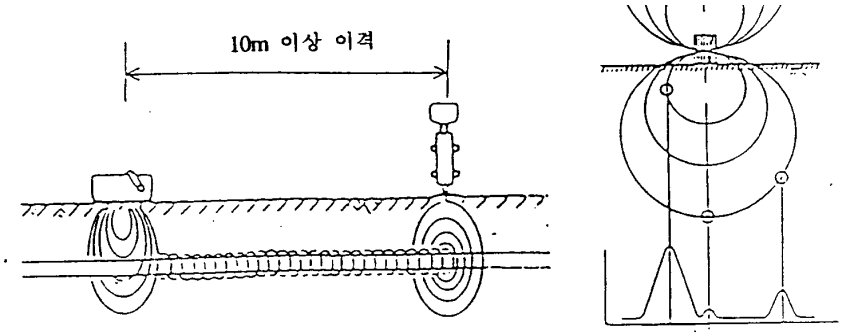
지하시설물의 탐사는 지하시설물의 위치와 깊이를 굴착하지 않고 측정하는 것이다. 지하시설물 탐사방법에는 전자유도 탐사법, 지중레이다 탐사법, 음파 탐사법, 자기장을 이용한 탐사법 등이 있고, 관경의 내부를 조사하는 방법으로는 CCTV 카메라 조사법이 있다.

(1) 전자유도 탐사법

전자유도 탐사법은 주로 전기·전화 등의 케이블과 금속관로를 탐사하는 기법으로, 케이블 탐사인 경우 시그널 클램프를 이용하여 특정 케이블의 위치와 깊이를 탐사할 수 있다. 광케이블이나 금속관로인 경우 이미 묻어 놓은 리드선에 전류를 인가시켜 탐사하며, 비금속관로나 공관로인 경우 소형발신기인 탐침을 이용하여 탐사할 수 있어 현재 가장 많이 쓰이고 있는 방법이다.

1) 탐사의 원리

전자유도 탐사법은 전도체에 전기가 흐르면 도체 주변에 자장이 형성되는 원리를 이용한다. 전류가 통하는 도선은 동심원 형태의 자장을 형성하며, 그 크기는 전류의 강도 및 거리에 따라 좌우된다. 그러므로 이 자장을 수신기로 증폭시켜 음향이 검류계에 나타나도록 함으로써 지하시설물을 탐사할 수 있다.



[그림 11.4] 탐사의 원리

2) 탐지기의 구성

전자유도 탐사기기는 송신기, 수신기, 시그널 클램프, 공관로 탐사용 탐침과 부속품인 접지종, 접지선 등으로 구성되어 있다.

① 송신기 : 송신기는 탐사하려는 케이블이나 금속전도체에 전류를 보내기위해 사용되는 장치이며, 전류를 보내는 방법은 목표물의 재질에 따라 유도법, 직접연결법, 외부코일법 중에서 자동으로 선택한다.

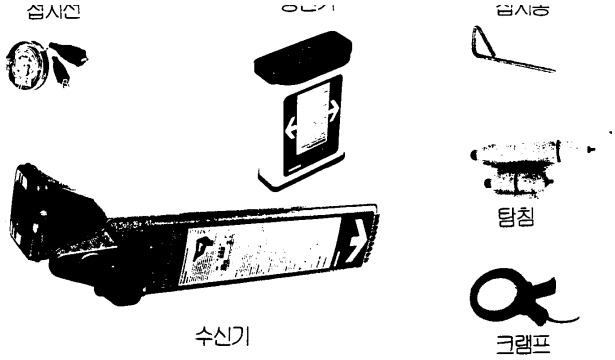
② 수신기 : 수신기는 탐사하고자하는 케이블 또는 금속관으로부터 발생되는 자기장을 수신하여 매설물의 위치와 깊이를 탐지하는 장치이다.

③ 시그널 클램프 : 외부연결코일(38kHz)의 소형 발신 장비로서 케이블이나 금속관의 일부분이 땅위로 노출되어 직접 부착될 수 있을 경우에 효과적이다.

④ 접지선/접지봉 : 직접연결방법 사용시 활용한다.

⑤ 먼지덮개 : 트랜스미터 또는 수신기를 먼지나 물로부터 보호한다.

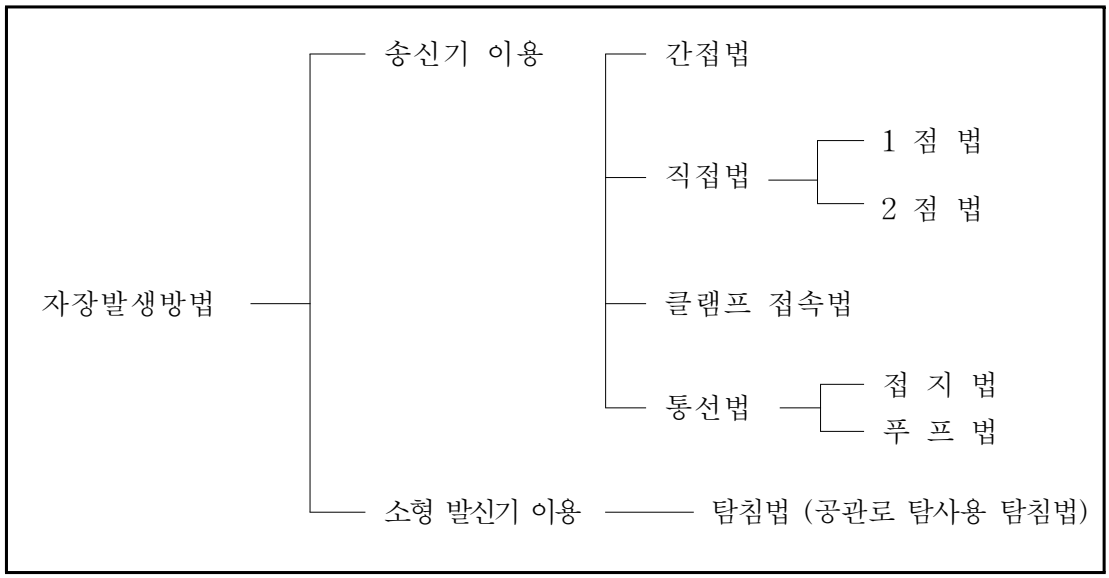
⑥ 탐침(sonde/probe) : 공관로나 비금속관로의 탐사를 위해 사용되며, 강선의 끝부분에 장착해 관에 직접 삽입하여 위치를 탐사하는 소형 발신장비이다.



[그림 11.5] 탐지기의 구성

3) 탐사법

전자유도 탐사법은 자장 발생 방법에 따라 간접법, 직접법, 클램프 접속법, 탐침에 의한 방법 등으로 구분된다.



[그림 11.6] 전자유도 탐사법의 종류

① 간접법은 유도법(Induction Method)이라고 부르기도 하는데, 매설되어 있는 지하 시설물과 지상의 송신기를 평행하게 놓고 탐지하는 방법이다.

② 직접법은 탐지하고자 하는 지하시설물에 두 개의 단자 중 송신기 단자를 한쪽(붉은색)에 연결시키고 다른 한쪽 단자(검은색)를 지하시설물과 직각 방향으로 약 5~7m지점의 땅에 접지시키는 방법이다.

③ 클램프 접속법은 외부 코일 집게를 사용하여 송신기를 연결하며 케이블 탐지에 적합한 방법이다.

④ 통선법은 목적관이 공관의 경우에 이용되는데, 공관 위에 옥외선 또는 접지선 등을 배선시켜 회로를 형성시키고 신호전류를 인가시키는 방법으로 접지법과 루프법이 있다.

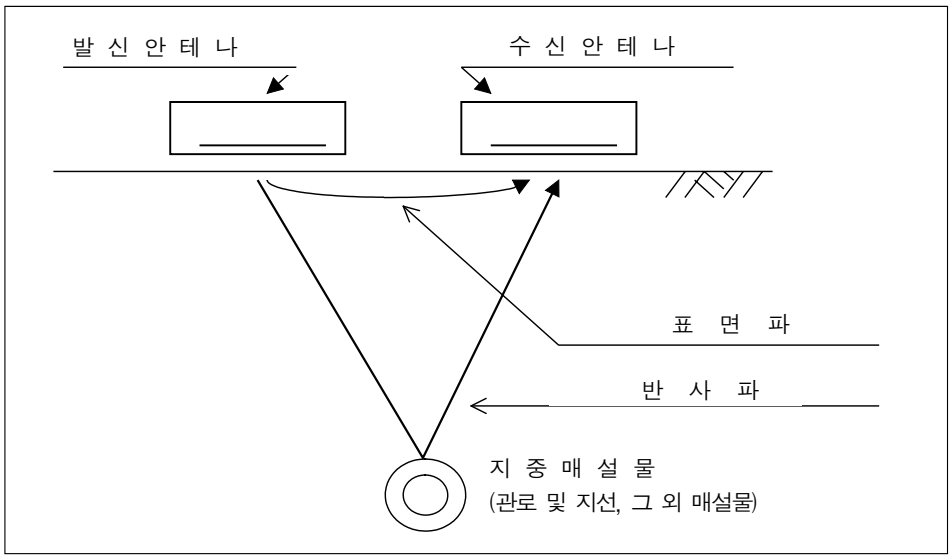
⑤ 전자유도 탐사법은 전도체만을 탐지할 수 있어 비금속관로나 하수관로 탐사를 위해 특수한 센서인 탐침(Sonde)이 필요하다.

(2) 지중레이다 탐사법

1) 탐사 원리

지중레이다 탐사법 (Ground penetration Radar method)은 전자파가 반사되는 성질을 이용하여 지중의 각종 현상을 밝히는 것으로, 레이다는 원래 고주파의 전자파를 공기중으로 방사시킨 후 대상물에서 반사되어 온 전자파를 수신하여 대상물의 위치를 알아내는 시스템이다.

전자파가 통과하게 되는 표토층의 전기전도도가 비교적 높아 전자파의 감쇠가 많이 일어나므로 지표아래 깊이까지의 탐사가 불가능하며, 대략 30m정도가 한계 깊이라고 알려져 있다.



[그림 11.7] 지중레이다 탐사원리

2) 탐지기의 구성

지중레이다 탐사 시스템은 전자파 송신 안테나와 수신 안테나, 신호제어와 변화를 하는 중심제어부분, 신호동기제어와 반사된 전파를 모니터하는 CRT화면으로 구성되어 있으며 자

료는 CRT화면으로 나타낸다.

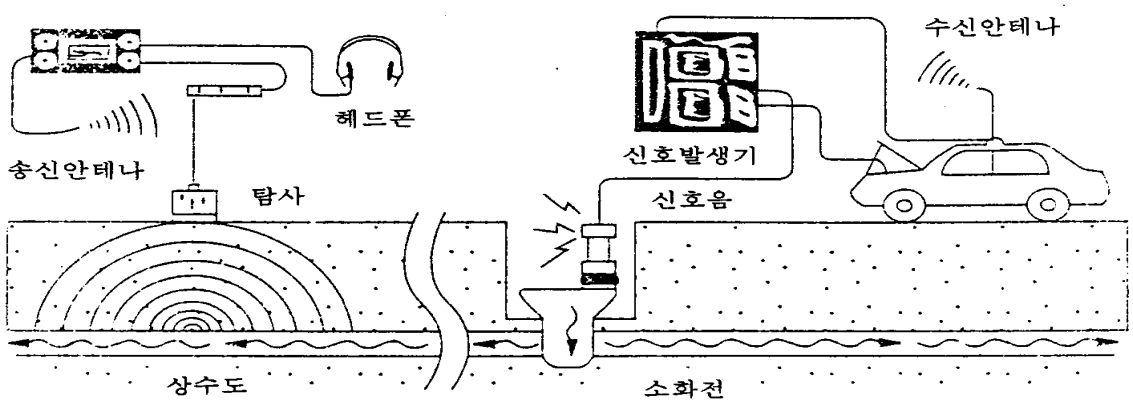
(3) 음파 탐사법

음파식 관로탐지기는 수도관 전용의 탐사기로서, 금속, 비금속의 재질에 관계없이 진동기를 연결시켜 음파를 관내에 삽입시키면 위치측정은 가능하나 깊이측정은 불가능하다.

음파식 탐지기에 의하여 탐지할 수 있는 지하시설물은 비금속관로에 물이 가득 차 있는 경우이다.

1) 탐사 원리

음파 탐사의 원리는 음파를 잘 전달하는 물의 성질을 이용하여 물이 가득히 흐르는 관로(수도관)에 음파신호(Sonud wave signal)를 보내 수신기로 하여금 관내에 발생된 음파를 탐지하여 매설된 수도관의 위치·방향·굴곡을 탐지하는 방법이다.



[그림 11.8] 음파 탐사법의 원리

2) 탐지기의 성능

① 탐지 정확도 : 오차 ±25㎝ 이내

② 탐지 가능 매설깊이 : 2m

③ 무선 제어 거리 : 직선거리 150m 이내

(4) 전기 탐사기법

전기탐사는 지반 중에 전류를 흘려보내어 그 전류에 의한 전압강하를 측정함으로서 지반내의 비 저항값의 분포를 구하는 것이다. 전류를 흘려보내는 순간의 전류 전극과 전압 강하를 측정한다. (문화유적지 조사 등에 적합한 방법)

(5) 전자 탐사기법

전자 탐사기법은 지반의 전자유도 현상을 이용한 탐사법으로 지반의 도전율 (비저항의 역수)을 측정함으로써 지하구조와 고도전체의 위치를 파악하는 것이다. 전자탐사장치에는 탐

사 심도가 수천 미터에서부터 지표근접 수미터를 대상으로 하는것까지 다양하게 있지만, 시설물 조사에는 층을 조사할 수 있는 간단한 것이 사용되고 있다.

(6) 자기 탐사기법

자기탐사법은 지구자장의 공간적 변화를 측정하여 지하자성체의 분포를 알아내는 것이다. 측정에는 플로톤 자력계와 플라스게트 자력계가 사용된다.

(7) 탄성파 탐사기법

지하시설물이 아닌 일반적인 경우에는 탄성파에 의한 방법을 많이 사용한다. 탄성파에 의한 방법은 지상에서 폭발시키거나 지상의 판(Plate)을 해머로 두들겨서 충격파를 유도하고 이 충격파는 Geophone이라는 장치에 의해서 수신되며 토양표면에서 파의 속도는 Geophone에서 움직이는 파의 시간경과를 기록함으로써 결정된다.

측량하는 순서는 원하는 선을 따라 충격발생장치를 움직이고, 충격을 유도하는 거리의 주어진 간격으로 충격지점에서 Geophone까지 거리(d)와 충격파 운동시간(t)을 기록한다.

이 결과들을 도면에 기록하면 그래프의 처음부분의 기울기는 $\frac{t}{d}=\frac{1}{\text{속도}}$이 된다.

(8) CCTV카메라 조사

관거내부를 육안으로 관찰하는 것은 관경, 연장 등의 조건에따라 한도가 있다. 최근에는 기존 관거의 내부상황을 파악하는 방법으로는 최근사용이 증가되고 있는 CCTV카메라 조사가 있다. CCTV카메라 조사는 라이트와 카메라가 장착된 TV카메라를 원격조절이 가능한 자주차에 탑재하여 관거내부에 투입하여 자세히 찍어내는 장치이다.

(9) 적외선 영상

지하에 매설된 관로나 케이블의 온도는 주위토질과 다르다. 이렇게 다른 온도 차이를 이용하여 매설된 지하시설물에 대한 위치를 파악하는 것은 효과적인 방법이다. 그러나 이 기술은 햇빛과 응달 등 지하관로 탐사에 영향을 주는 지역에 대해서는 유용하지 않으나 하수시설의 누수지점을 찾고 지역난방관로 위치와 파손부분의 탐사에 효과적이다.

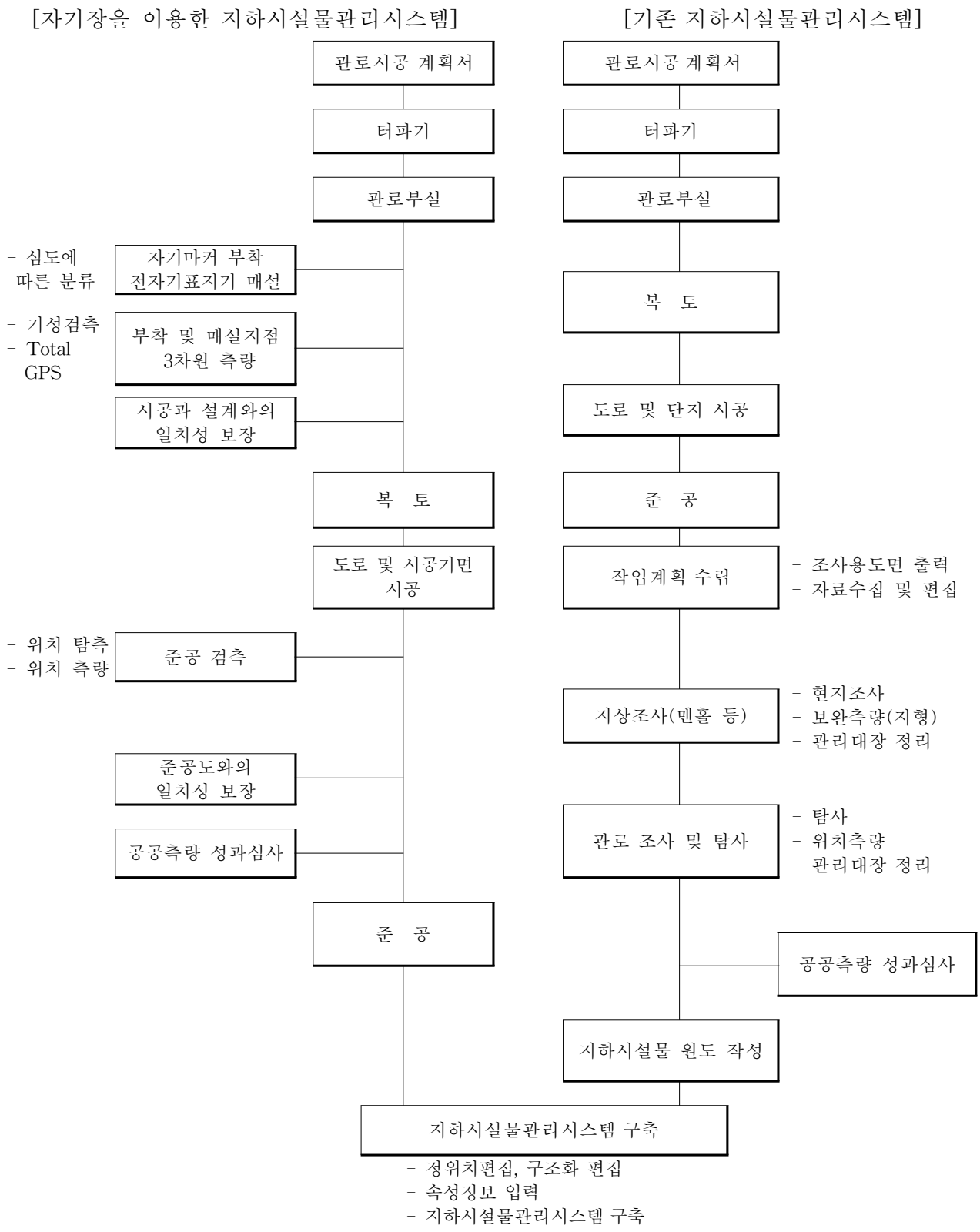
(10) 수맥 찾기

수맥 찾기는 지하수(수맥)나 지하시설물관을 찾기 위한 가장 오래된 기술로 개암나무 가지 등을 이용하여 수맥지점에 대한 위치를 찾는 방법이며 저비용과 사용하기 쉬운 특징은 있으나 과학적이고 정확한 방법이라고는 할 수 없다.

(11) 자기장을 이용한 탐사법

기존 탐사방법의 문제점인 위치정보의 정확도의 결여와 유지관리를 위한 추가비용의 소요등의 단점을 해결하기 위하여 제시된 탐사방법으로 활용한다.

1) 기존탐사 방법과 비교흐름도



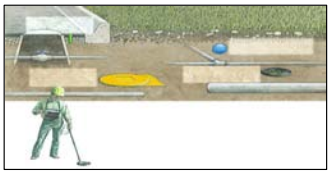
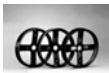
[그림 11.9] 기존탐사 방법과 비교흐름도

2) 자기장을 이용한 탐사법 비교

<표 11.9> 자기장을 이용한 탐사법 비교

구분	자기마커를 이용한 지하시설물관리시스템	EMS(3M^{TM})를 이용한 지하시설물관리시스템	위험표지 TAPE를 이용한 지하시설물관리시스템	비 고
기술원리	자기장을 이용한 측정 및 정보 마커를 이용한 시설물 정보 관리	무전원 전자식 마커를 이용한 측정방식으로 위치 탐지 및 지하 매설물 정보관리를 동시에 수행	위험물 표지Tape를 관로따라 3겹 또는 5겹으로 중첩하고 중첩부분에 자성체를 내장시켜 관의 상층부 토사에 설치	
시공방법	① 관로부설시 관거 위에 자기마커부착 (1쌍, 심도에 따라 일반, 중간, 특수형) ② 마커부착 위치측량 (GPS, 토탈 x, y, z) ③ 복토 후 다짐, 포장 등 시공기면 시공 ④ 마커위치 탐지 후 위치측량(검측 및 심도구현, x, y, z)	① 관로부설 ② 복토 ③ 관로를 따라 Line Tape 포설 및 전자식 마커 1개 설치 ④ 복토 후 다짐 및 시공기면 ⑤ 탐지 후 위치측량	① 관로부설 ② 복토(표면하 60㎝) ③ 관로를 따라 Line Tape 포설(3겹 또는 5겹으로 중첩) ④ 중첩된Tape사이에 자성체 삽입 ⑤ Tape양단을 열융착 시킴 ⑥ 잔여 복토 후 다짐 및 시공기면 시공	
장점	① 직접측량방법으로 평면위치 (x, y) 및 심도 (z값의 차) 측정 ② 자기장을 이용하여 외부환경에 의한 영향 없음 ③ DB구축 및 관리시스템 구현 ④ 시공이 간단 ⑤ 탐지심도는 일반형 1m, 중간형 2m, 특수형 4m	① 간접측량방법으로 위치, 심도의 구현이 가능하므로 시공이 단순함 ② 10년 이상 현장에서 사용 ③ 주파수 별로 마커를 구분하여 이종 마커간 구분이 정확 ④ 매설물의 정보저장 (관종, 관경등)가능 ⑤ 마커에 자동수평기능 있음 ⑥ DB구축 및 관리시스템 구현 ⑦ 탐지심도는 표면표지기 0.6m, 소형1.2m, 정보저장형 1.5m, 태형 2.4m	① 위험 식별 Tape 기능	
단점	① 위치 및 심도구현을 위하여 시공시 및 준공시 검측개념의 측량을 수반함	① 자동 mapping은 GPS수신기의 성능에 따라 결정됨(매설물의 정확한 위치는 마커로 탐지) ② 마커는 관로상부와 20㎝ 이격하여 설치하여야 함	① 직접측량의 개념이 없음 ② 깊이에 대한 측정 방법이 없음 ③ 1m 이내에만 측정가능 ④ 기존 탐지기로 탐지 ⑤ 시공절차가 가장 복잡함	

<표 11.10> 자기장을 이용한 탐사법 비교

구 분	자기마커를 이용한 지하시설물관리시스템	EMS(3M^{TM})를 이용한 지하시설물관리시스템	위험표지 TAPE를 이용한 지하시설물관리시스템	비 고
	① 시공단계가 적음 ② 마커시공위치를 특별히 다질 필요 없음	① 마커위치 탐지가 간편 ② 간접측량 방법으로 시공이 단순	① Tape의 융착 및 자성체 삽입 등 시공이 까다로움 ② 표지의 수평을 유지하기 위한 별도 노력이 필요	
	① 직접측량방법에 평면위치(x, y)뿐 아니라 심도(z)구현 ② 기술개발을 한 회사에서 (위치오차 5㎝이내) 시공까지 직접 수행하여야하며 지하매설물 종합관망도까지 제작. 공공측량성과 심사를 득한 성과를 납품	① GPS 위치정보로 매설물의 근접위치를 찾고 마커위치 탐지로 매설물 위치탐지 ② 매설물 종류는 마커 주파수로 구분하고 정보(관종, 관경등) 확인가능	① 탐지에 의한 간접 측량 방법으로 위치오차가 많음 ② 깊이(심도)에 대한 측정은 할 수 없음	
	① NGIS 와 Data호환에 문제가 없음(위치(x, y), 심도(z)구현) ② 국가표준을 준수한 순수 국산개발 S/W를 적용	① GPS와 연동하여 마커정보를 바로 DB에 mapping 가능 ② mapping된 정보는 NGIS와 Data 호환이 가능	① 측량에 의한 좌표측정 개념이 아니므로 호환문제 거론대상이 아님	NGIS (국가지리정보체계)
	   일반형 (50ϕ*20T) 중간형 (70ϕ*25T) 특수형(150ϕ*25T)	  표면표지기 (0.6m) 소형표지기 (1.2m) 대형표지기 (1.8m)	 300㎜ x 20m	

(12) RFID 이용한 시설물관리

RFID (Radio Frequency Identification) 기술은 각 사물에 전자태그를 부착하고, 사물의 고유 ID를 무선으로 인식하여, 해당 정보를 수집, 저장, 가공, 추적함으로써 사물에 대한 관리, 위치측정, 원격처리, 사물간 정보교환 등의 서비스를 제공하는 기술로써, 칩, 태그, 리더, 미들웨어 및 응용 서비스 플랫폼으로 구성되는 RFID 시스템은 유무선 통신망과 연동되어 다양한 서비스 제공에 사용된다.

1) RFID (Radio Frequency ID) 특징

① 바코드에 비해 재사용성, 저장용량, 판독거리가 뛰어남

② 다양한 Application에 적용이 가능하며 자동화가 용이

③ RFID Hardware는 Tag와 Reader로 구성

④ Tag는 전원유무에 따라 Active/Passive Tag로 구분

⑤ Tag는 주파수 대역별로 다양한 종류가 존재

<표 11.11> Passive / Active Tag 특징

	전원유무	저장용량	데이터 수정	판독거리
Passive	無	1b ~ 8kb	가능	~10m
Active	有	64b ~228kb	가능	~100m

2) 수동형 RFID 구성

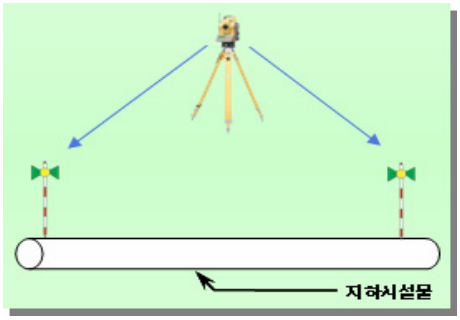
① 태그(tag or transponder)

- 칩과 안테나로 구성되며 칩에 식별코드나 정보를 저장
- 리더로부터 송출되는 전자파를 정류하여 전원으로 이용
- 수 천원 이내의 저렴한 제작비용으로 대량 생산 가능

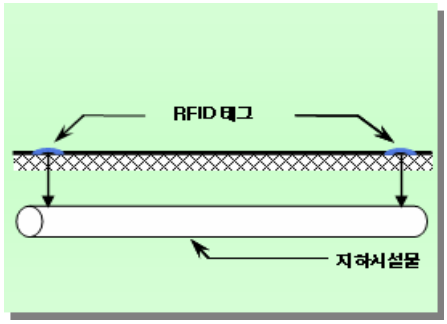
② 리더(reader or interrogator)

- 태그에서 정보를 수집하여 호스트에 제공하는 기기
- 수 미터 이내의 거리에서 태그정보 인식
- 고정형, 휴대형, 내장 모듈형등 다양한 크기와 용도로 개발

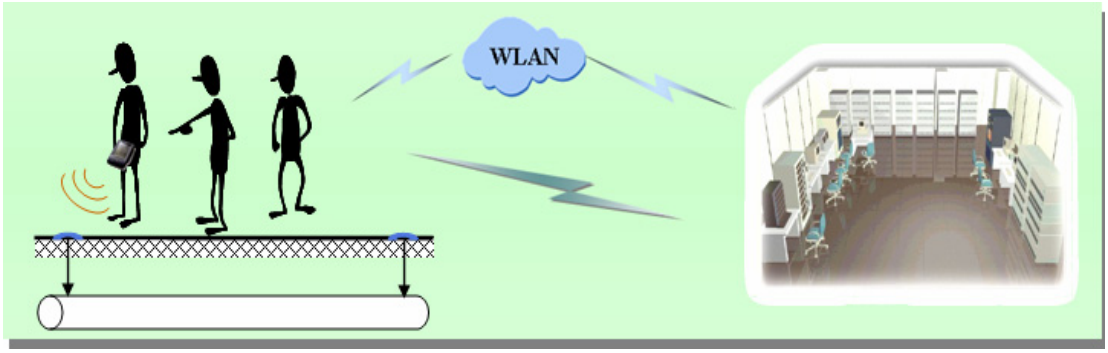
3) RFID를 이용한 지하구조물 관리방법



[관로매설단계]



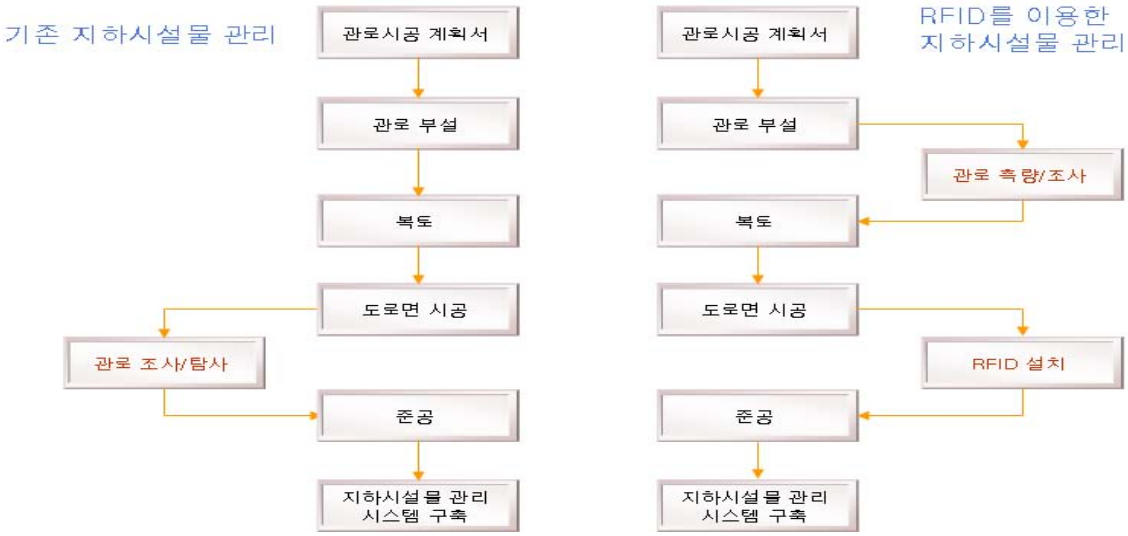
[RFID 설치단계]



[지하시설물 관리 단계]

[그림 11.10] RFID를 이용한 지하구조물 관리방법

4) 기존탐사 방법과 비교흐름도



[그림 11.11] 기존탐사 방법과 비교흐름도

11.8.5시설물별 탐사방법

(1) 탐사장비 유형별 특징

지하시설물을 탐사하는 방법은 여러가지이며 각각의 시설물별로 많이 쓰이는 탐사방법과 장비가 있다. 케이블이나 금속관로에 대하여는 전자유도방식인 RD400 시리즈와 MPL 시리즈가 많이 쓰이고, 비금속 수도관인 경우 음파식의 PL-130, DETECTON을 이용하여 탐사한다. 비금속 공관로인 경우 탐침(Sonde/Probe)을 삽입시킨 전자유도법으로 탐사를 하고, 지중레이다를 이용하여 금속・비금속관로와 공관로를 탐사한다.

<표 11.13> 탐사장비 유형별 특징

구분 / 분류	모 델 명	장 비 특 징
지중레이다 탐지기	SIR-10 KSD-8 PulseEKKO	모든 지하시설물 탐지가능 철근탐지, 크랙(균열)탐사, 공동구 탐사, 구조물의 안전진단
비금속 관로탐지기	PL-130 DETECTON RD550	PVC, PE등 상수도 비금속관로 탐사
금속관로 탐지기	PL-801 GXII, PL-805, MPL-H3E/H5E/H6/H7 RD-400PL/400PXLII/432 PDLII FM-810, LS990	위치 및 깊이탐사 가능(3m) 금속, 전력 및 통신 케이블 탐사 접속분기점, 관로방향 탐사가능 수중탐사, PVC 등 선택적인 공관로 탐사가능
하수관내 CCTV 촬영탐지기	SR-450SA() SR-300SA(소형)	고화질의 관내CCTV장치를 로봇차에 탑재하여 20-1, 200 관내촬영(방수형) 가능 조명, 영상 등 모든상태를 모니터로 보면서 지상에서 전・후진 원격조정 가능 화면에 진행거리(m), 일시, 관경, 관종, 노선번호, 맨홀번호 등 동시녹화 가능
전자식 탐지기	MARKER LOCATOR (FULL-RANGE MATKER) (MID-RANGE MARKER) (BALL MARKER) (NEAR SURFACE MARKER)	지하시설물 설치시 표지기를 함께 매설한 경우 탐지가 용이 간편한 동작 반영구적인 경제성

<표 11.13> 탐사장비 유형별 특징

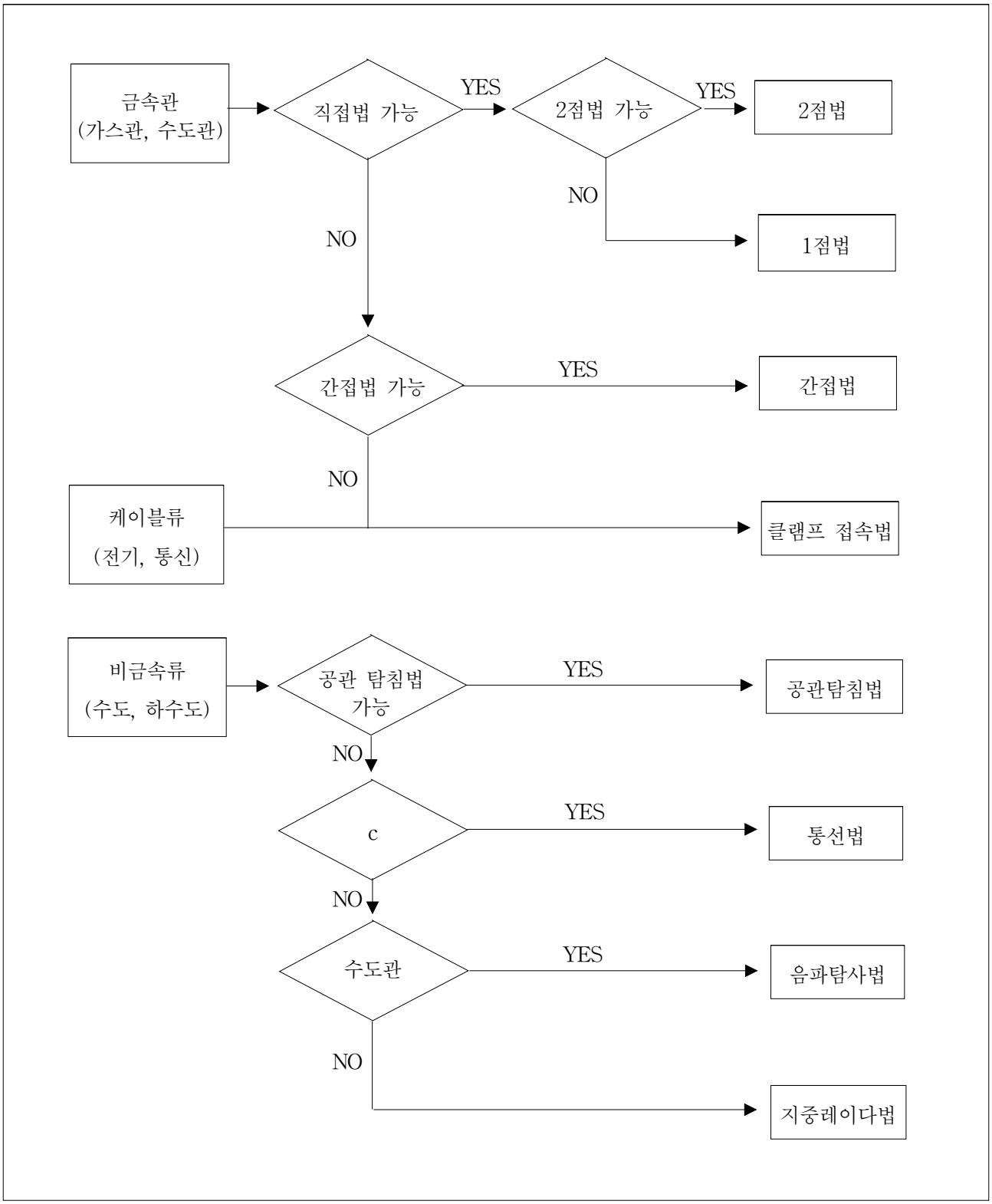
분류 \ 구분		모델명	장비특징
기타 탐지기	제수변 BOX(맨홀)탐지기	F-50, F-80, F-90, M-95, FT-80, FM880B, RD-312	사용이 간편 매설깊이 50㎝이상 탐사가능 철근, 와이어메쉬를 배제한 제수변만 탐지가능
	전자 청음식 누수 탐지기	HL-90/2000,KLD-90/2000 FD-10(HG-10), WL200 SEWERIN, MEMOTEC XLT-16/20	사용 및 조작이 간편 정학하고 깨끗한 잡음처리 음역을 동시에 표현·저장 최후의 음 크기를 저장가능
	상관식 누수 탐지기	LC-2000/2100/5000 RD550, MICRO CORR, AQUASCAN	두 지점에 센서를 연결하여 디지털로 누수지점 표시
	간이전자 청음봉	FSB-7D GM-200	디지탈식으로 사용이 간단 음저장 및 소리조절 가능
	청음봉 및 보링바	H-1, KLS-1, FUJI STICK, HB-1	누수지점을 탐지하고 확인
	수압계	VERMOR(MKxx), FDA, FJN-301, 간이수압계	정밀한 수압 및 시간기록 가능 시간별 수압기록(1일/7일)
	유량계	MK-II AP-400 Fuji	순간·적산 유량, 유속 측정 휴대용 프린터 연결가능 데이타 저장기능과 PC모니터링
	산소 및 가스 탐지기	EX-TEC P.M/COABI, PORTAFID, SONIC-3000, FGT-202, TPD-500	휴대용 맨홀내 가스와 산소 탐사

(2) 시설물별 최적 탐사방법

시설물별 최적 탐사방법과 장비는 현장조건이나 시설물 현황에 따라 표<11.14>와 [그림 11.12]에서 선택할 수 있다.

<표 11.14> 시설물별 최적 탐사방법

재 질	탐 사 법			탐 사 장 비	비 고
	탐사기법	탐사방법	특 징		
금속관, 케이블	전자 유도법	직접법 간접법 (유도법)	• 정확도는 높으나 작업조건 까다로움 • 장거리 탐사 가능 • 작업 방법 간편	RD400, MPL시리즈	상수도, 가스, 난방
비금속 관 로	지중 레이다법		• 비교적 얕은 심도 (약30m)의 시설물 관측 • 지반의 전도율에 따라 탐사 심도가 결정됨. • 아직까지는 탐사기술 미숙 • 다른 물체로부터 나타나는 반사파로 인해 CRT 화면상의 판독이 어렵기도 함.	SIR10 Koden PulseEkko	공관로, 하수도, 가스관 등 관경100㎜ 이상
	전자 유도법	통선법 탐침법	• 공관인 경우 적용 • 비전도체탐사 가능	RD400 MPL시리즈	가스 하수도
매몰변 탐 사	자장법			RD312 FT80 FM880B	



[그림 11.12] 시설물별 최적 탐사방법

11.8.6 조사·탐사 과정에서 발생하는 오차 요인분석

(1) 지하시설물도 기본도의 오차(σ_b)

1) 1/1,000 수치지도 표준편차

- 수치지도 성과검사 기준
  - 수치지도는 항공사진촬영, 지상기준점 측량, 사진기준점 측량, 수치도화 등의 제작 과정에서 오차를 발생한다. 최종적으로 1/1,000 수치지도의 도상위치의 검측시 국립지리원은 허용오차를 평면 0.35m, 표고 0.31m로 두고 있다.

2) 출력오차

국립지리원 수치지도작성 작업규칙은 제 5조 사용 장비에 대하여 해상도 0.1㎜ 이내, 출력오차 0.38㎜ 이내로 규정하고 있다.

(2) 관로탐사시 발생하는 오차(σ_i)

1) 탐사 기계 오차

기계적 오차는 지하3m까지 시설물이 매설되었을 경우 약±30㎝ 의 오차를, 2m인 경우 약 ±20㎝의 오차를 내포하고 있다.

<표 11.15> 탐사장비의 기계 오차

장비 모델명	제작회사	매설깊이	정확도	
			평면위치 오차	깊이 오차
PL-801GXII	Fuji Tecom(일)	0.0-1.2m 1.2-2.0m 2.0-5.0m	±10㎝ ±20㎝ ±50㎝	±15㎝ ±30㎝ ±100㎝
MPL-H5-E	Takachiho(일)	0.0-1.2m 1.2-2.0m 2.0-5.0m	±10㎝ ±20㎝ ±50㎝	±10㎝ ±20㎝ ±50㎝
POT-D-TEK	Takchiho(일)	0.0-0.5m 0.5-2.0m 2.0-5.0m	±10㎝ ±20㎝ ±50㎝	±10㎝ ±20㎝ ±50㎝
RD400PXL2	Radiodection(영)	0.0-4.5m	±5% 또는 ±20㎝	±5% (양호) ±10%(불량)
DYNATEL2210	3M(미)	0.0-1.5m 1.5-4.5m	±10% ±15%	±10% ±15%
FM810	Metrotech(미)	0.0-3.0m	±3%	±10%

2) 평면위치오차

위치오차의 한계는 적어도 ±5㎝가 되며 눈금을 읽는 사람에 따라서 오차가 또 발생할 수 있다. 이 과정에서 발생하는 오차는 매설깊이에는 관계가 없지만 위치오차의 큰 부분을 차지한다.

3) 이기 오차

관로가 탐사된 위치는 현장에서 가지고 있는 조사용 도면에 기록을 하게 되는데, 스케일 자를 이용하여 도면에 표시하는 과정에서 오차가 발생할 수 있다.

(3) 지하시설물 조사·탐사 과정에서 발생하는 총 오차(σ_t)

지하시설물 조사·탐사 전 과정에서 발생하는 총 오차(σ_t)는 1/1,000 수치지도의 오차(σ_b), 탐사 기계 오차(σ_i)를 합하여 구하여야 한다. 일반적으로 많이 쓰이는 오차 계산방법인 평균제곱오차의 제곱근(Root Mean Square Error)으로서, 이 식을 통하여 실제적인 탐사오차를 구하여 볼 수 있다.

$$\sigma_t \simeq \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_i^2}$$

11.8.7 지하시설물 탐사의 허용오차

(1) 지하시설물 탐사의 허용오차

<표 11.16> 지하시설물 탐사 허용오차

대 상 물	오 차		비 고
	평 면 위 치	깊 이	
금속관로	±20㎝	±30㎝	전자유도법이용 깊이 3.0m이하
비금속관로	±20㎝	±40㎝	지중레이다법 이용 관경 100㎜이상 깊이 3.0m이하

(2) 탐사가 불가능한 경우

1) 전자유도법

- 보유하고 있는 탐지기 성능 이상 깊이로 매설되어 있는 경우
  (RD400PL : 3m, RD400PXL2 : 4.5m, MPL5 : 5m)
- 고압선, 가드레일, 울타리 등 전자파 장애가 있는 지역
- 시설물의 재질이 비금속인 경우
- 동일선상에 시설물이 겹쳐 매설되어 있는 경우

2) 지중레이다법

- 지표면에 단차(段差) 등이 있어 물리적 탐사작업이 불가능한 경우
- 시설물의 깊이에 비해 구경이 작은 경우

(100㎜ : 1m, 200㎜ : 2m, 300㎜ : 3m이내 탐사 가능)

3) 음파법

- 관내에 물이 가득 차서 흐르지 않는 경우

11.8.8 탐사결과의 정확성 평가방법

탐사결과의 정확성 평가 방법은 직접 굴착하는 방법과 비 굴착방식인 지중레이다 탐사에 의한 방법이 있으며 국립지리원의 수치지도 성과검사 방법을 참고하였다. 현재까지는 지하시설물의 정확성 평가방법으로서 직접 땅을 굴착하여 육안으로 확인하는 방법이 가장 많이 이용되고 있다.

(1) 직접 굴착하는 방법

탐사지점의 측선을 시험 굴착하여 직접 눈으로 확인하는 방법으로서, 전자유도방식의 경우 탐사의 측점에 대하여 약 1㎞마다 1지점씩 시험굴착하거나 부분적으로 지중레이다 탐사법으로 탐사하여 탐사결과를 비교, 분석한다. 그리하여 재탐사 구간을 결정하고 오차원인 분석으로 탐사정확도의 향상과 이후의 기반자료을 구축하는데 이용한다.

(2) 굴착하지 않는 방법

지중레이다 탐사에 의한 정확도 확인은 지하시설물의 위치와 깊이뿐만 아니라 상대적인 비교로써 개략적인 관의 크기를 측정할 수 있다. 그 밖의 시설물의 크기나 두께, 철근배치 상황, 공동 등을 조사할 수 있으나 장비가 고가이고 탐사된 영상 자료를 분석하는데 경험이 풍부한 분석 전문가가 필요하다. 또한 근처의 맨홀을 열어 육안으로 확인하는 비교적 간단한 방법도 있다.

(3) 국립지리원의 수치지도 성과검사방법

국립지리원은 지상기준점이나 지리조사인 경우 현지검사를 실시하고, 수치도화의 평면 및 표고좌표 검측은 평면인 경우 1도엽당 20점, 표고인 경우 1도엽당 5점을 현지 실측하여 측량결과의 정확성을 평가하고 있다.

11.8.9 조사·탐사의 정확성 확보방안

(1) 지하시설물을 매설하여 흙을 복개하기 전에 관련부서에 통보하여 즉시 측량을 완료한 후 복개함으로써 정확한 시설물의 위치와 재질, 매설년도, 상태등을 파악할 수 있다.

(2) 지하시설물 측량에서 절대좌표를 사용한다.

① 수평위치(X. Y) : 경위도 좌표를 사용한다.

② 수직위치(Z) : 아스팔트나 콘크리트 포장 덧씌우기나 도로성토를 할 경우 대비하여 평균해수면(MSL) 높이를 적용한다.

(3) 탐사결과를 직접 수치화 할 수 있는 토털스테이션이나 GPS를 이용하면 도면이기 작업시

발생하는 디지타이저나 스캐너 입력오차, 그리고 도면 신축오차를 줄일 수 있다.

11.9 지하시설물도 검수절차 및 내용

11.9.1 검수절차

(1) 현장검수절차

<표 11.17> 현장검수절차

단 계	공 정 항 목	성 과 물
준비단계	- 작업범위 설정 - 인원 및 장비 투입계획/준비 - 관련부서업무협조 - 세부공정계획수립 - 관련 기준법령 숙지 - 검수대상 항목파악 - 검수대상 항목별 작업내용	- 작업흐름도 - 세부작업공정표 - 작업자명단 및 연락처 - 투입장비 및 차량계획표 - 각종서식(현장검수용) - 지하시설물 작성작업 법령집 - 안전관리 대책안 - 검수대상지역색인도 - 검수대상지역도면 (기본도, 지하시설물 원도, 입력도면등)
시행단계	- 현장조사 - 관로탐사 - 위치측량 - 심볼 및 제원표기조사	- 현장조사 및 탐사에 의한 검수성과도면 - 오류 검수표작성 - 검수자인원및작업량파악
마무리단계	- 검수결과확인 - 오류유형 및 오류발생 원인파악	- 현장검수확인서작성

(2) 데이터 검수절차

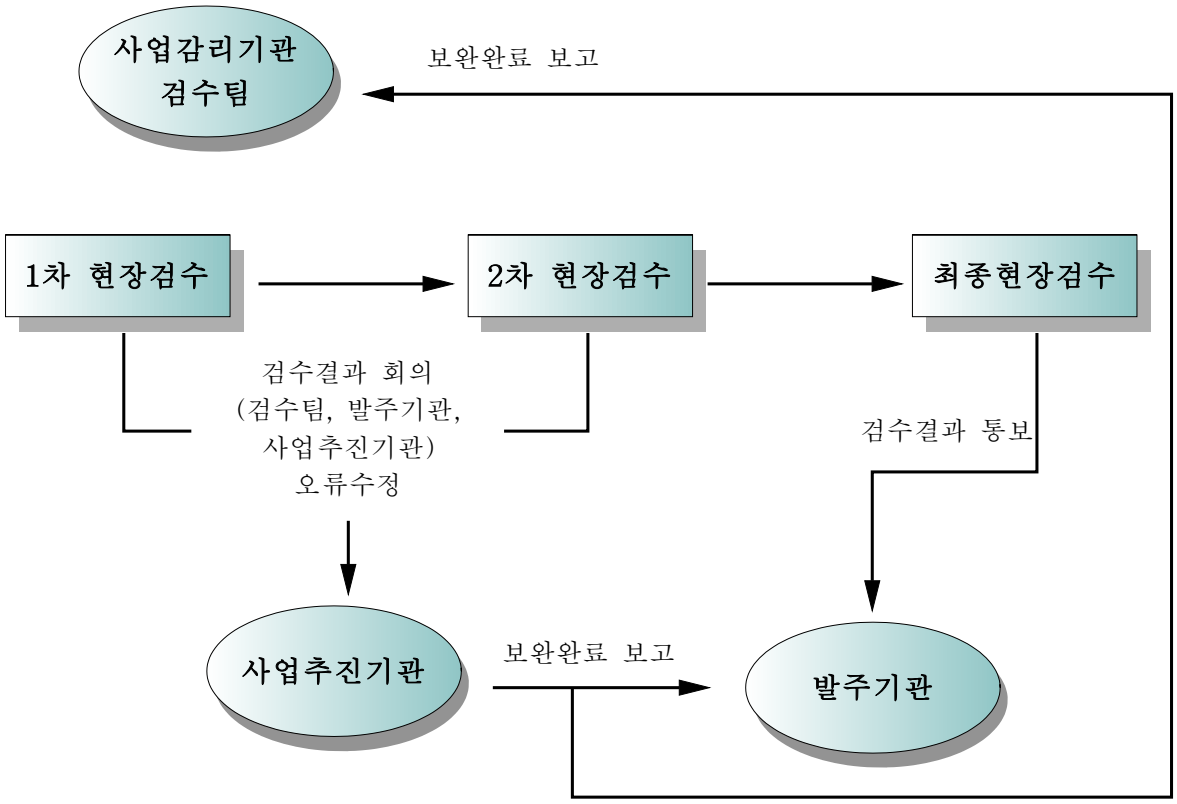
<표 11.18> 데이터 검수절차

단 계	공 정 항 목	성 과 물
준비단계	-작업범위설정 -인원 및 장비투입계획/준비 -관련기관업무협조 -세부공정계획수립 -관련기준, 법령숙지 -검수대상항목파악 -검수대상항목별작업내용	-작업지침서 -세부작업공정표 -각종서식(데이터검수용) -검수대상지역 색인도 -검수대상지역 레이어, 심볼
시행단계	- 육안검수(도면중첩검수) - 시스템검수(화면검수, 자동검수)	- 육안검수 성과도면 - 시스템검수 성과파일 - 육안 검수표, 시스템 검수표
마무리단계	- 검수결과통보 및 보고서 작성 - 오류유형 및 오류발생 원인파악	- 데이터검수평가서(1 차, 2 차) - 데이터검수결과확인서

11.9.2 검수내용

(1) 검수내용

1) 현장검수 체계



[그림 11.13] 현장검수 체계

2) 데이터검수 체계

데이터 검수는 도엽에 대한 전수검수를 원칙으로 2차에 걸쳐 수행하였고, 2차검수는 1차 검수의 결과를 확인하는 검수이며, 1차 검수 시 발견된 오류가 수정되었는지의 여부를 확인

(2) 검수방법

1) 현장검수방법

① 기본도 검수방법

우선 기본도 검수 수행을 위한 샘플지역을 선정하고 도면상의 지형지물과 현장의 지형지물을 비교하여 누락, 오기, 위치 오류등 조사내용을 도면에 표기한다. 현장 지리 조사검수를 수행한 후 조사용 도면에 표기된 성과를 정리하고, 정리된 검수성과를 참조하여 현장 검수표를 작성한다.

<표 11.19> 기본도 현장검수표

검수구분	시 설 물 구 분	검 수 항 목
기 본 도	지형지물	- 도로, 건물, 주기, 전주, 가로수, 통신주, 전력주의누락, 오기, 위치정확성
	상수시설물	- 상수맨홀 및 변류, 소화전, 급수탑, 저수조, 가압장, 정수장, 배수지, 취수장, 펌프장, 수도계량기의누락, 오기, 위치정확성
	하수시설물	- 하수맨홀, 물받이, 측구, 하수처리장의누락, 오기, 위치 정확성
	기타시설물	- 통신맨홀, 체신 맨홀의 누락, 오기, 위치 정확성

② 관로탐사 검수방법

관로의 지하시설물도 구축지역에 대한 인덱스, 도로망도 등을 참조하여 관로탐사 검수를 수행할 샘플을 선정하여 상하수도 관로탐사 검수를 실시한다.

검수성과를 도면 및 현장 작업조서에 표기한 후 정리하고, 정리된 검수성과를 참조하여 현장 검수표를 작성한다.

<표 11.20> 관로탐사 현장검수표

검수구분	시설물구분	검 수 항 목	
관 로 탐 사	상 수 도	원도이기	-제원표기, 심볼 표기
		관로	-관종, 관경(상수맨홀일 경우) -심도, 연장 -관로누락
		상수시설물위치	-상수맨홀 및 변류, 급수탑, 소화전
		기타	-탐사되는 관로의 불탐 처리 -타 시설물 탐사
	하 수 도	원도이기	-제원표기, 심볼 표기
		관로	-관종, 관경, 심도, 연장, 유수방향 -관로누락, 관로연결성
		하수시설물위치	-하수맨홀, 물받이, 측구
		기타	-탐사되는 관로의 불탐 처리 -타 시설물 탐사

2) 데이터 검수방법

① 육안 시스템 검수방법

원도와 트레이싱지에 출력한 도면을 중첩하여 육안으로 검수를 수행하고, 검수 프로그램을 이용하여 시스템 검수를 수행한다. 도면에 표기된 검수성과 또는 검수 프로그램 실행결과를 참조하여 데이터 검수표를 작성한다.

<표 11.21> 육안검수의 검수항목

검 수 항 목	검 수 내 용
도곽 경계 일치여부	원도와 출력도면의 도곽경계가 일치하는지 검사
관로 및 시설물의 위치 정확성	관로 및 시설물의 위치 정확성은 원도와 출력도면을 중첩 하여 확인
단독으로 존재하는 데이터	단독으로 존재하는 시설물은 관로가 연결되지 않고 단절되어 있는지, 밸브나 맨홀이 관로 상에 있는지를 확인
제원의 표기형식 및 내용	제원 표기의 형식 및 내용은 지하시설물도 작성 작업 세부 지침에 규정되어 있으며 지침의 규정을 준수하는 지에 대한 내용을 검수
인접도엽에 연결되는 데이터의 존재여부	육안검수에서의 인접도엽에 대한 검수는 관로가 도곽에 연결되는 경우 인접도엽의 도곽에도 관로가 존재하고 제원의 내용이 일치하는지를 검수
제원 속성 검수	제원속성검수는 원도에 표기된 제원의 속성과 출력도면의 제원속성이 일치하는지를 검수

<표 11.22> 시스템 검수의 검수표

검 수 항 목	검 수 내 용
데이터 읽기	전산파일을 이용하며 검수대상 데이터가 시스템 검수용 소프트웨어에서 읽어 들일 수 있는지를 검수
레이어 분류의 정확성 및 심볼	시설물 데이터가 규정된 레이어로 입력되었는지를 검수 (관로의 연결, 심볼색상, 심볼 일치등)
관로의 연장	관로의 연장은 제원표기에 입력된 관로의 연장과 전산파일에 입력된 데이터의 길이가 일치하는지를 검수
인접도곽의 경계	인접도곽의 경계는 작업도엽의 도곽경계와 인접도엽의 도곽경계가 일치하는지를 검수
도곽선에 대한 기준선 초과오류(Overshoot), 기준선 미달오류 (Undershoot)	도엽단위로 작업을 하는 경우 인접도엽으로 이어지는 관로는 도곽선과 끝점에서 만나는지에 대한 여부를 검수
관로의 연결성	전체관로는 일관되게 연결되어 있는지를 검수
시설물의 위치	밸브나 맨홀이 관로 상에 존재하는지 검수
관로의 방향성	관로는 유수의 흐름방향으로 입력되어야하며 관로의 방향성은 관로의 물리적인 연결 관계가 유수의 흐름과 일치하는지를 검수
속성데이터의 정확성	속성 데이터의 정확성은 원도에 표기된 제원 또는 원장에 입력된 제원의 내용과 속성 데이터의 내용이 일치 하는지를 검수
레이어 및 필드의 존재여부	레이어명과 필드명이 국가표준을 따르는지, 또한 따르지 않는다면 각사업장의 DB설계서에서 정의한 레이어와 필드가 존재하는지를 검수
인접도엽 검수	인접도엽 검수는 도곽에 연결되는 관로에 대해 인접 도엽에도 같은 위치에 관로가 존재하고 동일한 레이어, 동일한 속성을 가지고 있는지를 검수

3) 검수 수행시 발생하는 오류유형 및 원인과 대안

① 현장검수

<표 11.23> 기본도 오류 유형, 원인 및 대안

구 분	오 류 유 형	오 류 발 생 원 인	대 안
지 형 지 물	- 건물주기, 전력주, 통신주, 기타 시설물 맨홀, 신설 및 확장 도로등의 누락 및 오기	- 지형지물이 변경된 지역에서의 현장 확인 미흡 - 현장조사 도면을 원도로 이기시 누락 및 오기 발생 - 상수 맨홀 조사누락 (맨홀내부의 변류에 대해서만 조사) - 기본도 조사 및 조사탐사 항목의 중복	- 지형지물이 변경된 지역의 현장 조사방법 강구 - 현장 조사도면과 원도의 비교검수를 통한 오류 발생 최소화 - 상수맨홀 및 변류에 대한 조사 병행 - 기본도 조사항목과 조사탐사 항목의 구분
상 수 시 설 물	- 맨홀, 변류, 소화전, 급수탑등의 누락 및 오기		
하 수 시 설 물	- 맨홀, 물받이, 측구등의 누락 및 오기		

<표 11.24> 상수도 관로탐사 오류 유형, 원인 및 대안

구 분	오 류 유 형	오 류 발 생 원 인	대 안
상 수 시 설 물	- 맨홀, 변류, 소화전, 급수탑등의 위치 오류 - 부제수변, 바이 패스관 누락 - 제수변 연결오류 (소화전용 제수변을 본관 제수변에 연결) - 제수변 방향오류 - 제수변 심볼 방향표기 오류	- 작업도면과 현황과의 차이가 발생되는 지역에서의 상대적 위치측정의 기준점 선정 미흡 - 현장조사도면을 원도로 이기시 누락 및 오기발생 - 원도의 복잡함으로 인한 데이터 입력시 누락 및 오기 - 관로가 여러 개 병행 매설된 지역에서는 직접법 및 간접법에 의한 탐사 어려움 - 상수맨홀 내부조사 미흡 (상수맨홀의 경우에는 맨홀을 개폐하여 관종, 관경 필요함)	- 실제현황과 작업도면의 차이를 검증한 후 적절한 위치 기준점을 선정하여 위치측정이 이루어져야 함 - 현장조사 도면과 원도의 비교검수를 통한 오류발생 최소화 - 현장조사 도면이기 방법론에 대한 정형화 - 타시설 관로의 동시 탐사에 의한 관로 검증방법 강구 - 상수 맨홀의 내부조사 가능한 곳은 현장 조사성과 반영
상 수 관 로	- 이격거리 오류 (관로의분기점, 불규칙적인 탐사, 곡선관로) - 관종, 관경오류 - 심도오류 (불규칙적인 탐사) - 제원표기오류 - 연장오류 (측값과 도상측정값 불일치) - 연결오류(상단분리 및 접합구조 구분) -타 시설물 탐사 (폐관탐사, 타 관로탐사)		

<표 11.25> 하수도 관로탐사 오류 유형, 원인 및 대안

구 분	오 류 유 형	오 류 발 생 원 인	대 안
하수 시설물	- 맨홀, 물받이, 측구등의위치오류	- 작업도면과 현황과의 차이가 발생되는 지역에서의 상대적 위치 측정의 기준점 선정 미흡 - 현장 조사도면을 원도로 이기시 누락 및 오기 발생 - 원도의 복잡함으로 인한 데이터 입력시 누락 및 오기 - 곡선관로 구간에서의 탐사 간격 설정 미흡 - 교차로등의 교통량 과다지역 탐사 미비	- 실제현황과 작업도면의 차이를 검증한 후 적절한 위치 기준점을 선정하여 위치측정이 이루어져야 함 - 현장 조사도면과 원도의 비교 검수를 통한 오류발생 최소화 - 현장 조사도면 이기 방법론에 대한 정형화 - 곡선관로 구간에서의 조밀한 탐사 간격 설정 - 관계기관의 협조에 의한 교통통제로 탐사 작업 수행
하수관로	- 이격거리 오류 (곡선 관로, 불규칙적인 탐사, 신설 및 확장 도로지역) - 관종, 관경, 심도, 유수방향 오류 - 관로 누락 (인접도엽, 탐사 불능 관로, 유수 방향 누락) - 심도표기 오류 (관 하단 및 관중앙 표기) - 제원표기 오류 - 박스관로 표기오류 (실 폭 표기 및 제원 표기 오류) - 연장오류 (실측값과 도상 측정값 불일치) - 연결오류 (물받이와 하수관로 연결 누락, 관의 교차 및 분리표기 오류)		

② 데이터 검수

<표 11.26> 육안검수의 오류 유형, 원인 및 대안

구분	오류유형	오 류 발 생 원 인	대 안
육안검수	도곽경계 불일치	1/1000 데이터를 1/500 축척의 도면으로 출력, 출력시 종이의 수축에 의해 정확도 감소	축척에 대한 교육을 통해 숙련도 향상, 출력시 양질의 종이사용
	시설물 누락 및 심볼 불일치	조사 탐사시에 수기 작업으로 인한 간단한 심볼을 사용. 데이터 입력시에만 정해진 심볼사용으로 인한 심볼의 불일치가 나타남 (조사탐사 작업자와 입력작업자가 다르기 때문에 서로인식을 잘못해 발생한 경우)	조사 탐사시 데이터 입력시 동일한 심볼사용, 조사 탐사 결과를 정서
	시설물의 위치 불일치	현장에서의 지형지물의 형상과 데이터상의 지형지물의 위치 및 형상이 일치하지 않은 경우 (같은위치를 선택한다고 해도 데이터상에서는 확대의 정도에 따라 위치의 정확도가 다르게 나타남)	기본도의 정확도를 높이고 조사탐사시 정확한 지형지물 이용

<표 11.27> 육안검수의 오류 유형, 원인 및 대안

구분	오류유형	오 류 발 생 원 인	대 안
육안검수	제원 표기 오류 및 누락	원도와 원장은 수기로 작성되기 때문에 부분적으로 인식하기 어려운 부분이 발생 (원도와 원장에 이기된 내용을 데이터에 입력하면서 오기가 발생)	현장작업시 수기작업의 세분화 및 정형화, 조사 탐사 결과를 정서
	단독 시설물	데이터 입력시 화면의 정도에 따라 관로나 시설물이 연결되어있지 않은 경우, 원도의 상태가 복잡할 경우 시설물의 인식이 어려움	원도를 정서하고 레이어 분류를 명확하게 정의
	인접도엽 오류	인접도엽의 연결 상태를 확인하지 않고 도엽내에서의 데이터만 입력하고 종료하는 경우 연결되지 않는 데이터가 있거나 연결되는 데이터가 있어도 레이어나 속성 정보가 다르게 입력되는 경우가 발생	인접도엽의 연결 상태 확인

<표 11.28> 시스템검수의 오류 유형, 원인 및 대안

구분	오류유형	오 류 발 생 원 인	대 안
시스템검수	설계서와 입력데이터 형식의 불일치	DB 구축 중에 설계사양을 변경하는 경우에서 변경된 내용이 데이터에 반영되지 못하는 경우 (속성정보가 다르게 입력되는 경우가 발생)	설계 변경 내역서를 작성하여 단계별로 변경사항 공유
	속성데이터 입력 누락	사업장이 보유하고 있는 시설물에 대한자료가 미비한 경우 (조사탐사의 경우 일부 시설물에 한정되기 때문에 속성데이터가 입력되지 않는 시설물이 발생함)	시설물의 관리단위를 명확히 정의하고 입력방식을 정형화 함
	관로의 분기점에서 노드 미생성	사업장마다 DB 설계 및 시설물의 관리기준이 다르며 각 사업장의 관리방법에 따라 특정관로의 분기점에서는 노드를 생성하지 않는 경우가 발생	지하시설물도 작업 세부지침을 준수
	제수변 또는 맨홀에서 노드 미생성	관로의 분기점에서 노드를 생성하지 않는 것과 마찬가지로 일부 사업장에서 제수변의 위치가 관로의 분기점에 인접해 있을 경우 제수변에서 노드를 생성하지 않은 경우 (DB 설계시 제수변에서 노드생성 자체를 반영하지 않은 경우)	지하시설물도 작업 세부지침 준수
	관로의 방향성 오류	데이터 입력자가 원도상에 나타난 시설물의 형상만을 입력했기 때문에 발생한 오류	원도에 유수의 방향을 확인할 수 있는 정보입력
	속성데이터의 오기	이기된 데이터를 입력하면서 입력상의 오류를 범하게 되며 이로 인해 원도 및 원장의 내용과 입력데이터의 내용이 일치하지 않는 오류를 유발	원도와 원장을 정서하여 작업자가 쉽게 내용을 파악할 수 있도록 하고, 입력 형식을 정형화 함
	인접도엽 오류	인접도엽의 연결상태를 확인 하지않고 도엽내에서의 데이터만 입력하고 종료하는 경우 연결되지 않는 데이터가 있거나 연결되는 데이터가 있어도 레이어나 속성정보가 다르게 입력되는 경우가 발생	인접도엽의 연결 상태 확인

11.10 지하굴착 관련 법령

<표 11.29> 지하굴착 관련 법령

구 분	도 로 법	도시가스사업법	수 도 법
적 용 대 상	• 도로법상 도로	• 도시가스사업	• 취수,정수,도수,송수,배수시설,급수장치 기타 수도에 관련된 시설
사 업 시 행 절 차 • 사업시행자 • 인·허가자 • 인·허가절차 및 내용 -관계기관 협의 -승인	• 도로의 점용자 • 도로관리청 -도로굴착 관련 사업조정위원회의 조정(점용에 관한 사업계획서 제출:1,4,7,10월) -점용공사완료 및 원상회복신청(법40조)	• 도시가스사업자(가스공사, 일반가스사업자) • 가스공사 : 산업자원부, 일반가스업자 : 시·도지사 -타기관과 협의는 없음. 승인시 관할 소방서장에 통보	• 광역상수도(건교부장관),지방자치단체의 광역상수도, 지방상수도(환경부장관),간이상수도(시·도지사) • 건교부, 환경부 -건교부, 환경부 협의 -인가
굴착 및 매설 기준	• 도로점용기준(시행령제24조) -점용장소, 점용기간, 점용물의 구조, 공사방법, 공사의 시기, 도로의 복구	• 가스공급시설의 시설기준 및 기술기준 -강판이나 테이프등으로 배관시설표시(넓이 : 배관폭+10㎝이상,높이:배관 정상부분부터30㎝이상, 관매설길이:도로지하 1.2㎝, 열시설관 30㎝ 이상)	• 시설기준 -원수의 질·량, 지리적조건, 수도의 종류, 수도용 자재 및 시설규모
안전관리(공사중) • 책임자 • 점검시기 · 빈도 • 관리내용 • 검사자 자격 • 벌칙	• 별도 규정 없음 (건설공사와 동일)	• 시공관리자 1인이상(가스기사1급이상) • 안전관리자 (최상급자) • 자체검사(시행자, 공정별 중간검사, 완성검사(장관, 시·도지사) • 시설기준 • 1천만원이하 벌금	• 별도 안전관리규정 없음 (일반건설공사와 동일)
사 후 관 리 • 책임자 • 점검시기 · 빈도 • 관리 내용 • 검사자 자격 • 벌칙	 • 무허가 점용:2년 이하 또는 700만원 이하의 벌금 (법 제 82조)	• 장관, 시·도지사 • 정기검사:3년에 1회, 고압(10kg/㎡)은 1년에 1회 • 가스공급시설기준 및 기술기준에 따라 시행자가 작성 -가스공급시설의 설치, 유지 및 운영의 안전을 위한 순시, 점검과 검사시설을 규정 ※ 배상보험가입의 의무화 • 1천만원이하 벌금	 • 준공검사 미필자:200만원이하의벌금
준공도면 작성 및 제출 여부	• 도로법상 도로점용대장 -설치공작물내역, 굴착공사방법, 위치도, 평면도 및 사진	• 사업자가 공사기록 및 배관 도면을 보존관리	• 일반 건설공사와 동일

<표 11.30> 지하굴착 관련 법령

구 분	하수도법	전기사업법	전기통신사업법
적 용 대 상	• 하수관거, 하수종말처리시설, 기타의 공작물과 시설	• 전기설비	• 전기통신사업의 운영
사 업 시 행 절 차 • 사업시행자 • 인·허가자 • 인·허가절차 및 내용 -관계기관 협의 -승인	• 지방자치단체장 • 환경부장관 -건교부장관과 협의(하수도정비기본계획 수립시) -인가	• 일반전기사업자 또는 발전사업자 • 산업자원부장관 -없음 -산업자원부장관 승인	• 이법에 의한 허가를 받거나 신고한 자 • 정보통신부장관 -토지소유자 협의·소관청 신고·허가
굴착 및 매설 기준	• 공공하수도의 설치기준 -시설의 규모 및 배치, • 공공하수도의 구조기준(시행규칙 제5조) -하수관, 하수거, 맨홀설치기준	• 한전 공사시방서	
안전관리(공사중) • 책임자 • 점검시기·빈도 • 관리내용 • 검사자 자격 • 벌칙	• 별도 안전관리 규정없음 (일반 건설공사와 동일)	• 전기분야 기술자 • 안전관리규정(규칙 제29조) • 상동 • 규칙 제29조 별표 8 -전기안전관리담당자 미선임: 500만원 벌금 -안전관리규정 미제출(산업자원부 장관 또는 시·도지사): 100만원 벌금	• 별도 규정없음
사 후 관 리 • 책임자 • 점검시기·빈도 • 관리 내용 • 검사자 자격 • 벌칙	• 공공하수도 관리청 • 기술진단 • 점용허가를 받지 않는 경우: 100만원이하의 과태료	• 전기, 기계, 토목분야의 기술자격 취득자 • 안전관리규정 (규칙 제32조) • 유지 및 운영에 관한 안전관리업무 • 전기설비 손궤·절취로 인한 기능장애:(법제100조) 10년이하 징역 또는 5천만원 이하 벌금	• 기간통신사업자 • 없음 • 누구든지 전기통신설비를 손궤해서는 안됨 ※ 전기통신사업자 중대한 사고발생시 정보통신부장관에게 보고(법 제 61조) • 전기통신설비 손궤 또는 기능장애시(법 제69조 및 제77조):5년이하 5천만원 벌금(양벌규정)
준공도면 작성 및 제출 여부	• 공공하수도대장(현황서와 도면)	• 일반건설공사와 동일	• 일반 건설공사와 동일

<표 11.31> 지하굴착 관련 법령

구 분	송유관안전관리법	집단에너지사업법		도시계획법
적 용 대 상	• 송유관안전관리 (송유배관 및 공작물)	• 집단에너지공급을위한시설(관내온도115도, 압력16kg/㎠)		• 도시내 공동구 (전기,가스,수도,통신,하수도시설등)
사 업 시 행 절 차 • 사업시행자 • 인·허가자 • 인·허가 절차및 내용 -관계기관 협의 -승인	• 송유관사업자 • 산업자원부장관 -관계행정기관의장, 시·도지사 -기술기준적합 후 인가	• 지자체, 지역난방공사 • 산업자원부 -집단에너지공급대상지정을 위한 관계기관협의 -열공급규정(공급조건, 요금등) 및 공사계획 승인		• 도시계획사업시행자(행정청) • 시·도지사 -공동구 수용시설 관리자의 공동구 건설에 대한 의견을 미리 수렴 -관계행정청 의견조회후 인가
굴착 및 매설 기준	• 사업시설의 기술기준 -사고의 방지 및 피해의 확대방지를 위한 안전장치를 설치	• 기술기준 -재료 : KS 제품 -보호시설설치, 수송관의 두께 -매설깊이 1.2M 이상		• 도시계획시설기준에 관한 규칙 제66조(공동구의설치기준)
안전관리(공사중) • 책임자 • 점검시기·빈도 • 관리내용 • 검사자 자격 • 벌칙	• 안전관리규정 인가(산업자원부) ※안전관리규정: 배관 설치장소의 부근에서 타 공사가 시공중에 있는 경우 배관유지·운영에 필요한 안전관리(타공사 시공자와 시공자의 공사방법, 공법협의, 굴착시 입회) • 현장주재:4명(대한송유관의 경우)	-시행자 -안전관리규정을 장관승인 후관리 -2년이하 1천만원 이하	-산업자원부장관 -공정별 기술기준에 따라 사용전 검사 실시	• 별도 안전관리규정 없음 (일반건설공사와 동일)
사 후 관 리 • 책임자 • 점검시기·빈도 • 관리 내용 • 검사자 자격 • 벌칙	• 관리자 지정 • 년 1회 점검 • 안전관리규정 • 검사자:안전관리 총괄자 1인등 4인 • 안전관리업무 미이행: 3년이하의 징역 또는 3천만원이하의 벌금	-시행자 -시행자 안전관리 규정작성 장관승인 -기술기준에의거 안전 및 유지관리 -산업안전보건법상 안전관리자 -안전관리미이행시 3백만원이하 벌금	-산업자원부장관 -정기적으로 실시 하고 (1년), 필요시 공무원 확인검사 -공급시설의 안전관리	• 국가관리: 국유재산관리법 지자체 관리: 조례
준공도면 작성 및 제출 여부	• 일반건설공사와 동일	• 일반건설공사와 동일		• 일반 건설공사와 동일

12. 조사(확인)측량 및 승인 전 예정지적좌표도

12.1 조사(확인)측량

12.1.1 목적

기존 수치지형도의 변형 여부를 확인하여 지형변형이 얼마나 발생하였는지를 가늠하여 보완측량의 실시여부 및 면적을 산정하는 기준으로 삼는다.

12.1.2 과업범위

기존 수치지형도에 대한 지형 현황의 변화여부

1) 도로, 하천 등의 신설 및 변경
2) 전, 답, 임야의 절·성토 여부
3) 지장물의 신축 및 변경
4) 지적 도근점 확인 및 표석매설
5) 기타 과업지시서에 추가로 명시된 사항

12.1.3 작업순서 및 기준

1) 기존 수치지도상의 기준점을 파악하여 조사(확인)측량에 사용할 기준점을 설정한다. (2~4점을 기준으로 설정)
2) 지구의 종방향 또는 횡방향 100m 간격으로 도로의 노선측량 중 종단측량을 적용하되 횡단우선을 원칙으로 한다. 단, 사업규모 및 특성에 따라 노선 간격을 조정할 수 있다.
3) 조사(확인)측량의 범위는 개략 측량이므로 사업면적으로 한다.
4) 종단측량 전체길이는 100m 간격으로 나뉜 선형을 합산한 거리로 한다.
5) 조사(확인)측량 실시 후 수치지형도를 보완하기 위한 면적산정은 내업으로 하되, 측량을 실시한 노선에 직각방향으로 50m 간격으로 격점을 만들어 기존 수치지형도와 조사(확인)측량결과의 각각의 표고를 비교한다.
6) 지형변형의 판단기준은 일반적으로 표고차 허용범위 0.3m(최대 0.6m)로 하며, 사업지구 특성에 따라 조정할 수 있다.
7) 전·답 및 임야는 토지형상에 따라 조사(확인)측량 총길이의 가감 및 보완면적을 조정할 수 있다.

12.1.4 시행방법 결정

설계용역 시행시 조사(확인)측량 내역을 포함하되, 사업규모, 특성 및 일정 등을 감안하여 다음과 같은 방법으로 용역 시행할 수 있다.

1) 조사측량비가 2천만원 미만일 경우 수의계약 : 2개 업체 이상으로부터 제출받은 견적단가 중 최저가를 제시한 업체와 수의계약
2) 2천만 원 경우 전자입찰시행

12.1.5 내역 산출 기준

다음 각 호에서 결정하되, 사업규모, 특성, 사업일정 등을 감안하여 결정할 수 있다. (조사 측량비 ≒ 1,797천원/㎞)

(1) 건설공사 표준품셈의 도로 노선측량 중 종단측량을 적용하여 산출하되, 사업규모 및 특성을 감안하여 종단측량품의 30%이내에서 가감할 수 있다.

(2) 3개 업체 이상으로부터 제출받은 견적단가

12.1.6 결과에 따른 보완측량 반영

(1) 조사(확인)측량결과와 기존 수치지형도와의 변형여부를 판단하여 보완하여야 할 위치 및 면적을 도상에서 산출한다.

(2) 상당한 변형이 생겼을 경우 다음의 측량방식중 경제성 및 타당성을 판단하여 보완 측량을 실시케 한다.

1) 항공사진측량

2) 위성영상제작

3) TS, GPS측량장비 등을 이용한 지상측량

(3) 보완측량 실시에 따른 비용은 설계변경을 시행하여 반영한다.

12.2 승인전 예정지적좌표도

12.2.1 개요

사업승인 전 예정지적좌표를 단지계획 및 건축·토목설계에 활용함으로써 분양 면적과 편입 면적의 조기확정 및 정밀시공이 가능함.

12.2.2 예정지적좌표도 미작성시 문제점

(1) 지자체 등으로부터 발급받은 지적도 사본을 base-map으로 한 단지계획 및 건축·토목설계는 착공후의 현장과 설계도면상에서의 거리, 면적 등이 불일치하여 설계변경 및 변경승인이 수반됨.

(2) 지구경계에 저축되어 편입 될 필지의 면적을 개략 산출하여 승인을 받고, 승인 후 분할에 따른 편입확정면적에 맞추어 변경승인을 득하여야 함.

12.2.3 주요내용

(1) 개 요

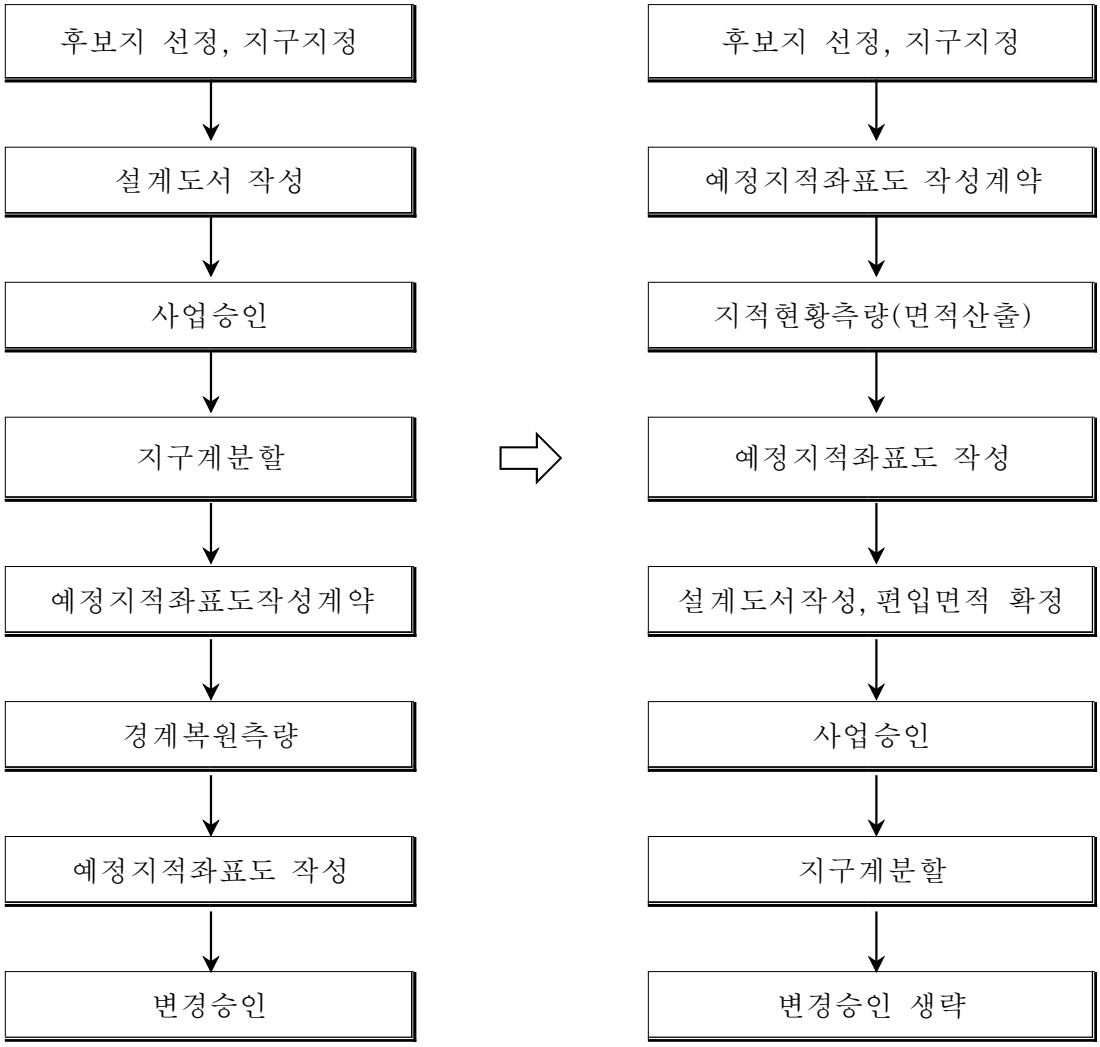
사업승인 **후** 예정지적좌표도 작성

⇩

사업승인 **전** 예정지적좌표도 작성
⇒ 지적좌표에 의한 설계, 편입면적 조기 확정 가능

[그림 12.1] 예정지적좌표도 개요

(2) 업무절차



[그림 12.2] 예정지적좌표도 업무절차

(3) 개선(안)에 의한 부서별 주요업무처리내용

1) 지적부서

① 대한지적공사와 예정지적좌표도 작성 계약체결

- 주거지역은 사업추진 일정 등을 고려하여 작성 여부 자체판단

② 예정지적좌표도를 설계, 사업승인, 분양 등 관련부서에 송부

③ 토지세목 작성시 일부 편입되어 분할 될 토지의 면적은 예정지적좌표도의 면적을 기재

④ 작성된 토지세목조서를 사업승인부서에 송부

- 승인 후 확정된 토지세목조서는 누락필지가 없도록 택지정보시스템에 필히 입력

⑤ 예정지적좌표도의 전산화일을 본사로 송부

⑥ 승인 후 예정지적좌표도의 내부좌표 산출, 경계점 시공상태 점검 등 후속업무 이행

2) 설계부서

① 사업승인 전 작성 된 지구경계의 예정지적좌표도상 거리와 면적을 근거로 설계도서 작성

② 작성된 설계도서를 사업승인부서에 송부

3) 승인부서

① 송부 받은 예정지적좌표도, 설계도서, 토지세목조서 등 관련 도서를 비교, 검토 후 이를 근거로 승인 신청

② 사업면적은 예정지적좌표도의 면적대로 신청

- 승인고시에 토지세목조서가 누락되지 않도록 유의

13. 첨 부

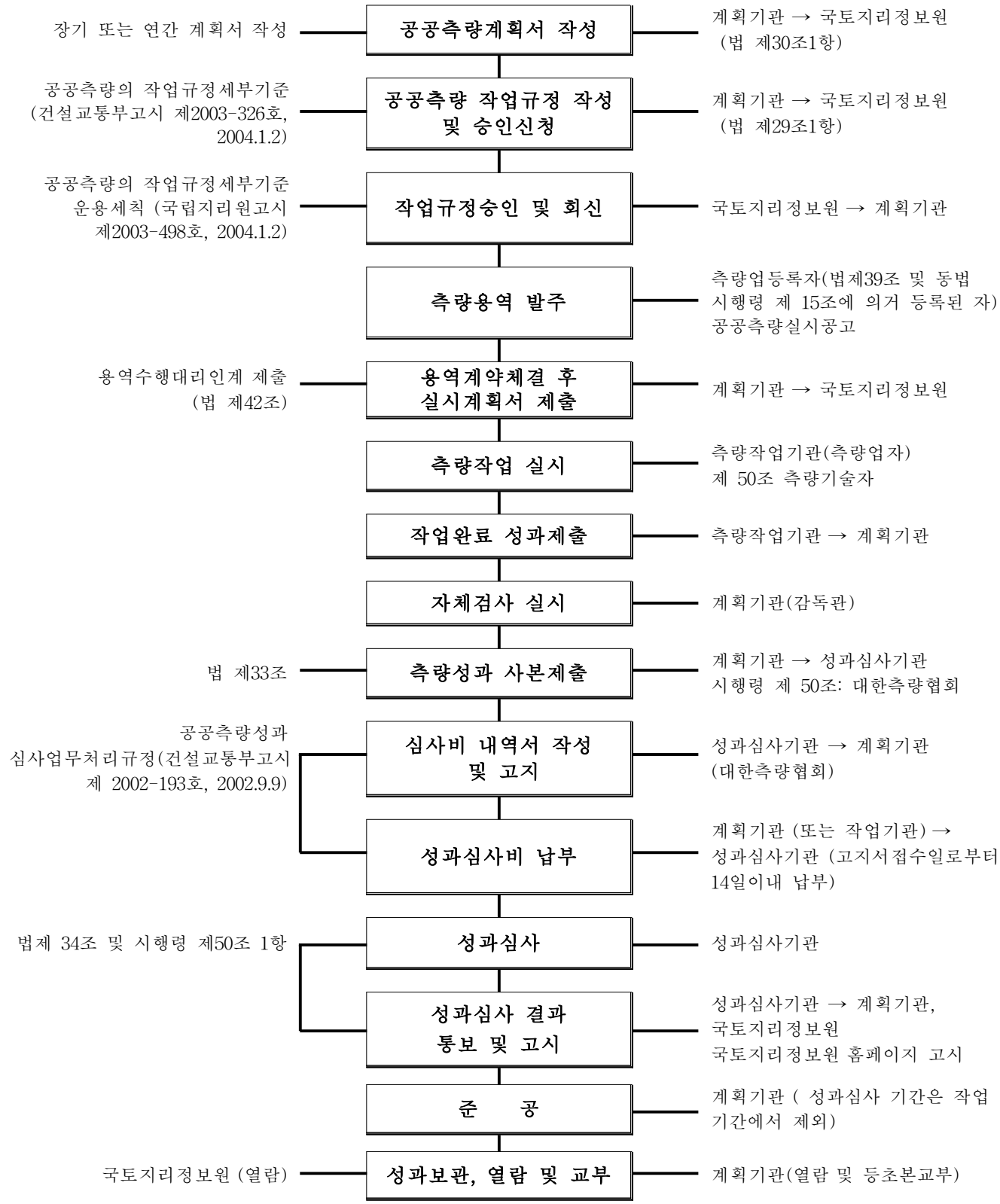
(별표 1) 공공측량 업무흐름도

(별표 2) 공공측량 작업규정작성

(별표 3) 공공측량 실시계획서(서식040435-01)

(별표1)

공공측량 업무흐름도



(별표2)

공공측량 작업규정작성

1. 작업규정의 명칭

당해 공공측량의 명칭

2. 측량의 목적

측량의 목적을 간단명료하게 기재

3. 측량지역

당해 측량의 실시지역과 그 면적 또는 노선의 시종점과 그 노선의 연장을 기재

4. 사용할 측량기계 종류 및 성능

당해 측량에 사용되는 기계의 명칭과 성능을 장비별로 기재(데오드라이트, 트란싯트, 토탈 시스템, 레벨, 거리측정기, 촬영용 카메라, 도화기, 수치지도입·출력장치)

측량분야	장비명	성 능	비 고

5. 사용할 측량성과의 종류 및 내용

당해 측량에 사용되는 삼각점, 수준점의 도엽명과 번호, 지형도의 번호 및 명칭 항공사진의 축척, 촬영년도와 도화원도의 명칭 등을 기재함.

6. 측량방법

해당 측량분야별로 측량방법과 그 내용을 다음과 같이 기재함

(1) 삼각(삼변)측량 : 삼각측량의 종류(기준 또는 보조삼각측량)와 각관측법(방향관측법, 배각법)을 선정하여 기재

(2) 수준측량 : 수준측량의 등급(1-3급)과 방법(직법 또는 간접수준)을 기재

(3) 다각측량 : 다각측량의 종류(기준 또는 보조), 방법(결합 또는 폐합트래버스), 각 관측법(방향관측법 또는 배각법)을 선정하여 기재

(4) 평판(지형)측량 : 제작코자 하는 현황도면의 크기, 축척과 사용할 도식을 기재

(5) 항공사진측량 : 항공사진촬영 및 도화면적과 축척을 기재

(6) 수치지도제작 : 수치지도 작성을 위한 입력방법(자동, 수동 또는 수치도화)과 성과의 종류(지형도면, 윈도)와 입력성과의 축척 또는 내용을 간략히 기재

7. 준용할 규정

당해 측량의 실시에 관한 일반사항, 관측, 성과계산, 성과심사의 기준 등은 다음 표에 정한 바와 같이 해당 측량분야에 따라 적응되는 관련규정을 표기한다.

측 량 분 야	준용할 관련규정
삼각측량 및 수준측량	건설부 공공측량 표준작업규정 (건설부훈령 제375호, 1976. 12. 29)
수치지도 작성	수치지도 작성 작업규칙 (건설부령 제500호, 1992. 2. 22)
항공사진측량, 편집, 제도	공공측량의 작업규정기준에 관한 규칙 (건설부령 제498호, 1991. 12. 30)

8. 작업위치도

축척 1:50,000 지형도에 측량지역, 도곽 등을 표시하여 첨부함.

9. 특기사항

본 작업규정에 표기되지 않았거나 당해 측량에 있어서 특별한 사항이 있으면 이에 대한 내용을 첨부하여 제출하여야 한다.

(1) 삼각측량, 수준측량과 다각측량에 있어서 영구표지의 설치여부, 표지의 형상, 매설표준도 등

(2) 측량의 정확도

(3) 측량의 방법

(4) 사용기계

(5) 적용도식규정

(6) 측량법 제25조 제2항에 의한 측량성과사용승인 여부 및 내역

(7) 당해 측량에 사용되는 측량기준점(기본삼각점, 수준점)의 조사서 및 성과표의 제출

(별표3)

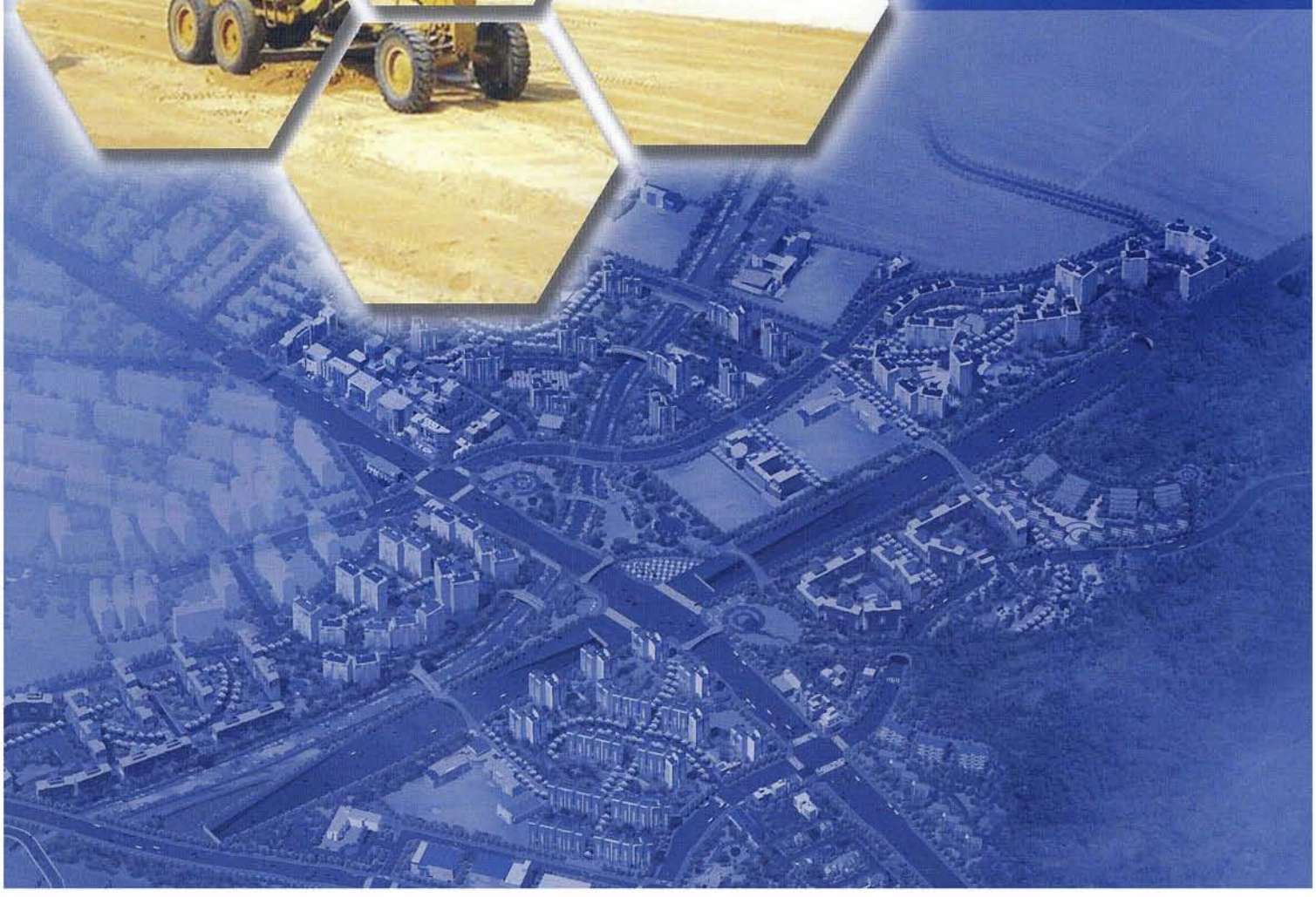
서식040435-01(1997. 09. 12)

공공측량실시계획서

<table>
<tr><td>공공측량의
명칭 또는 목적</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>측량지역 및 면적</td><td colspan="5">지역 :
면적 :</td></tr>
<tr><td>측량기간</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>측량방법</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>사용할 측량성과의
종류 및 내용</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">측량계획기관</td><td>기관명 및
대 표 자</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>소 재 지</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">측량작업기관</td><td>명칭 및
대표자 성명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">소재지</td><td colspan="2"></td><td>측량업종</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>등록번호</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">작업규정
승 인</td><td colspan="2">승인번호 : 제 호</td><td rowspan="2">측량성과
사용승인</td><td colspan="2">승인번호 : 제 호</td></tr>
<tr><td colspan="2">승인년월일 :</td><td colspan="2">승인년월일 :</td></tr>
</table>

Ⅲ. 토 공

1. 토공계획
2. 토량이동 및 유동계획

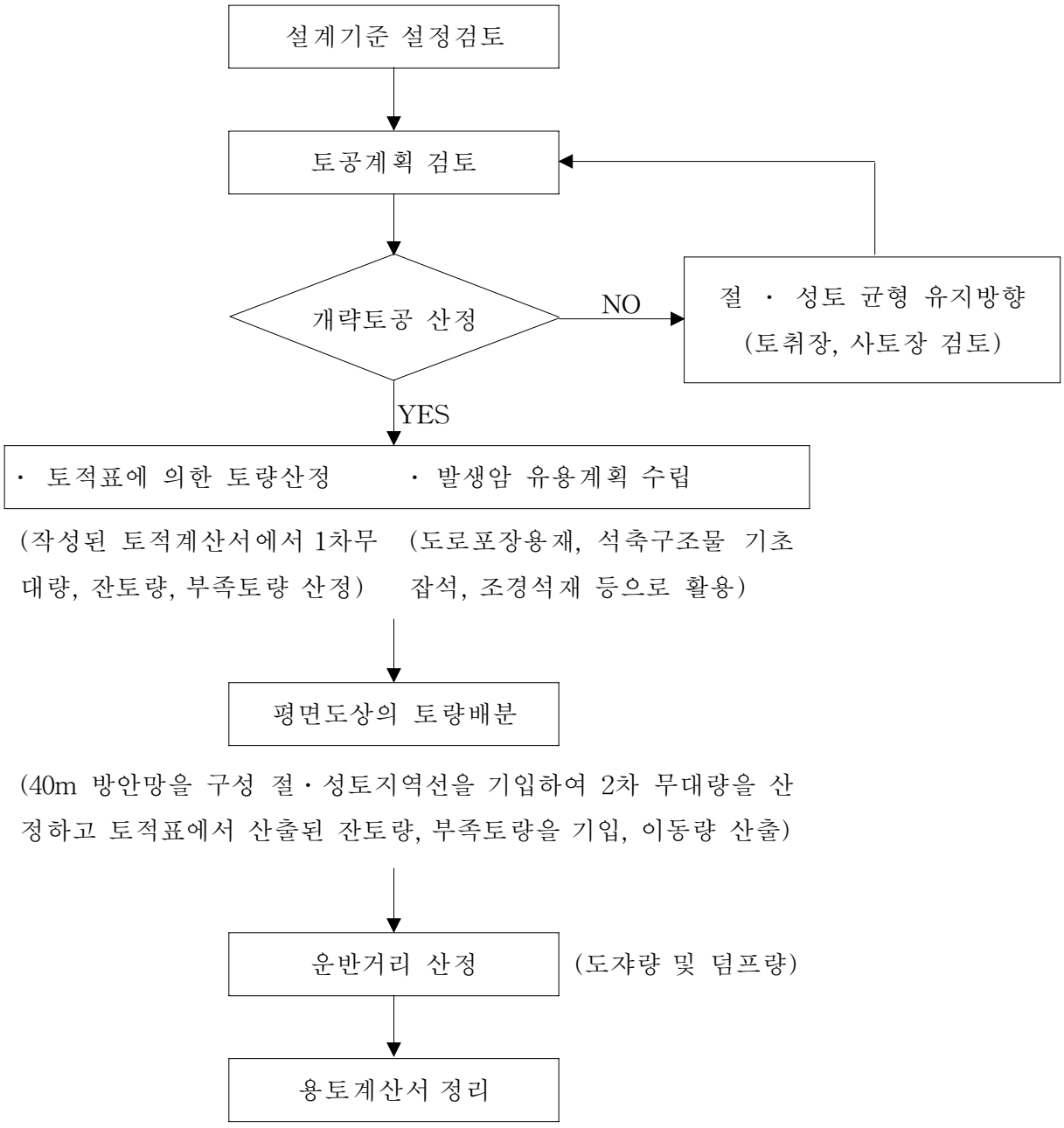


빈 면

Ⅲ. 토 공

1. 토공계획

1.1 토공 계획 절차도



1.2 일반사항

단지조성을 위한 토공계획에서 가장 중요한 것은 토공이 기본이 되는 것을 인식하고 공사내용을 파악하여 가장 경제적이고 효율적인 설계를 하여야 한다.

따라서 주변 주택지 및 상·하수도계획 등을 고려하여 가능한 한 지구내에서 절토·성토, 지반침하 등을 고려하여 균형을 맞추며 부득이한 경우 반입토, 반출토를 계상할 수 있다.

작업방법으로는 인력작업, 중기작업 등으로 대별하고 이는 터파기, 되메우기, 싣기, 운반, 사토, 잔토처리 및 다짐방법 등의 공종이 있다.

1.3 대지조성계획

(1) 단지 주변여건, 진입도로 및 상·하수도계획 등을 고려하고 되도록 지구내에서 흙깎기, 흙쌓기의 균형을 맞추며 부득이한 경우 외부 반출 또는 반입한다.

(2) 블록내 횡단경사는 최대4% 이내로 하며, 가능한 도로경사와 일치시킨다. 공동주택지, 학교 등 대단위 블록내의 경사는 2%이하로 한다. 도로경사는 "도로의 구조·시설기준에 관한 규칙" 제24조에 의해 설계함을 원칙으로 하고 단지진입로, 경사지 등의 부득이한 경우는 조정하고 도시계획도로일 경우에는 도로구조의 시설기준에 관한 규정에 따른다.

- 종단경사

종단경사는 설계속도와 지형에 따라 아래 기울기 이하로 함을 원칙으로 한다. 다만, 지형상황, 주변 지장물 및 경제성을 고려하여 필요하다고 인정되는 경우에는 다음 표의 비율에 1% 더한 값 이하로 할 수 있다.

<표 1.1> 최대 종단경사

최대 종단경사(%)								
설계속도 (km/hr)	고속도로		간선도로		집산도로 및 연결로		국지도로	
	평지	산지	평지	산지	평지	산지	평지	산지
120	3	4						
110	3	5						
100	3	5	3	6				
90	4	6	4	6				
80	4	6	4	7	6	9		
70			5	7	7	10		
60			5	8	7	10	7	13
50			5	8	7	10	7	14
40			6	9	7	11	7	15
30					7	12	8	16
20							8	16

자료 : "도로의 구조·시설기준에 관한 규칙" 제24조

(3) 조성계획고는 무리한 배수 기울기, 비탈면의 붕괴, 흙쌓기 지반의 부등침하 등이 발생하지 않도록 하고 양호한 수림대나 못 등의 원지형 보존지 주변은 원지형의 급격한 변형을 피하도록 하며, 옹벽 등 구조물이 최소화 되도록 계획한다.
(4) 주거동보다 도로계획고의 상향계획을 지양한다.
(5) 오·배수 관로시설이 최대한 자연유하 할 수 있도록 단지 기울기를 유지시킨다.
(6) 단지미관을 고려한 조성계획이 되도록 한다.
(7) 배수 처리계획에는 단지외곽 배수구역을 고려한다.
(8) 비탈면 및 옹벽 등 구조물이 외부에 미치는 악영향을 고려한다.
(9) 주거동의 발코니 앞에 놀이터 휴게소, 운동장 등이 설치될 경우, 이들 공간의 조성고는 주거동의 대지조성고와 동일 또는 배수에 지장이 없을시 그 이하로 한다.
(10) 판매시설 및 분양대지는 접근성을 감안, 도로와의 고저차 발생을 가급적 억제 한다.
(11) 주거동 주위에 역기울기 발생을 최대한 억제한다.
(12) 계단 설치는 가급적 지양하고 경사로 등을 설치, 접근성을 고려한다.
(13) 못·저수지·수림대 등을 보존할 경우에는 기존 지형을 파괴시키지 않도록 고려한다.
(14) 공사에 지장이 되는 단지통과 관습로, 농수로, 상·하수도 등은 이들을 계속적으로 이용하는데 지장이 없도록 대체시설의 설치 등 적절한 조치를 취하여 민원이 발생하지 않도록 하여야 한다.

1.4 토공계획고 검토

현장여건을 충분히 고려하여 작성한 설계기준을 토대로 계획고를 개략 검토하며 다음 사항을 고려한다.

(1) 토공량이 최소가 되도록 하여 절·성토가 균형이 되도록 한다.
(2) 부득이 한 경우 토취장 및 사토장을 고려하여야 한다.
(3) 홍수시 단지가 침수되지 않도록 계획홍수위 보다 높게 계획한다.
(4) 절·성토의 비탈면은 가급적 높지 않게 한다.
(5) 공동주택지는 건축시 구조물 잔토 발생량을 고려하여 계획고를 검토한다.
(6) 상업지역의 계획고는 이용인구의 접근성을 고려하여 부득이한 경우를 제외하고 도로계획고보다 낮아서는 안되며 구조물 설치도 가능한 배제한다.
(7) 하천과 해양부분이 접하는 부분에 배후단지 조성시 토공계획고는 하천부분의 계획홍수위에 따른 제방고 규정값과 해양부분의 약최고만조위 보다 1.0m 높은값을 비교하여 큰 값으로 선정한다.

- 제방고는 계획홍수위에 여유고를 더한 높이 이상으로 하여야한다.

<표 1.2> 계획홍수량에 따른 여유고

계획홍수량 (㎥/sec)	여 유 고 (m)
200 미만	0.6 이상
200 이상 ~ 500 미만	0.8 이상
500 이상 ~ 2,000 미만	1.0 이상
2,000 이상 ~ 5,000 미만	1.2 이상
5,000 이상 ~ 10,000 미만	1.5 이상
10,000 이상	2.0 이상

자료 : 한국수자원학회, 하천설계기준

(8) 계획고는 단지내에 교량이 있을 경우, 하천이 있어 하천을 횡단하는 교량의 교량계획고를 고려한다.

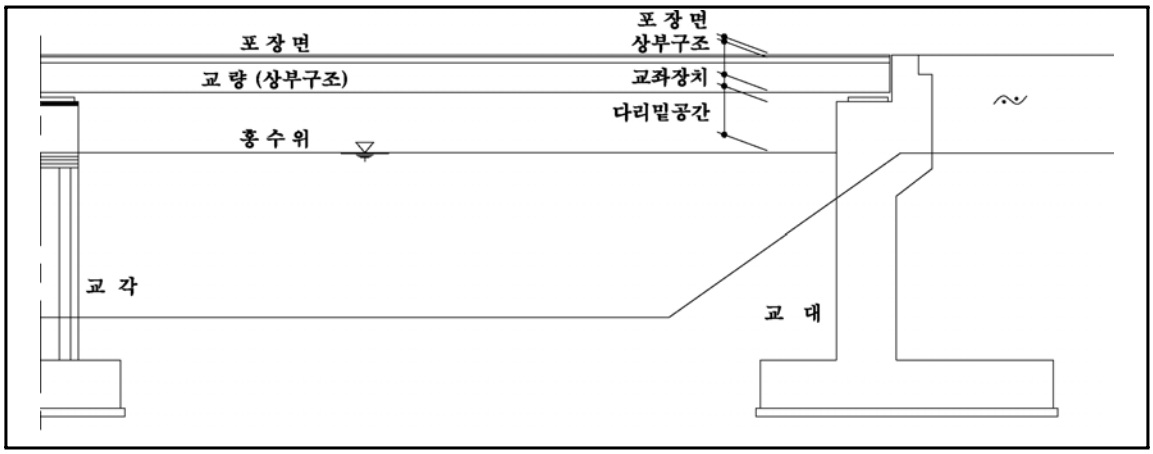
1) 교량계획고의 결정방법

일반적으로 교량의 설계와 시공에 있어서 교량계획고는 관련 시방규정 및 현지 여건을 감안하여 결정하여야 하고, 교량계획고가 규정치보다 너무 높으면 접속도로 등의 선형이 불리해지며 소요공사비가 올라가 비경제적이 될 수 있다. 뿐만 아니라 교량계획고가 규정치보다 낮으면 홍수시 교량의 안전을 확보할 수 없으며, 여러가지 문제가 야기될 수 있으므로 합리적인 교량계획고의 결정은 교량건설에 있어서 중요한 요소중의 하나이다.

기본적으로 교량계획고는 홍수위에 「하천설계기준」에서 규정하고 있는 여유고, 교량의 형고, 슬래브 두께, 아스팔트 두께, 교량의 횡경사편차, 교각에 의한 수위 상승효과를 고려하여 결정하여야 한다. 교량의 교좌면은 홍수위에서 다리밑 공간을 더한값 이상에 설치되어야 하므로 교량상부 포장면은 하천홍수위 만을 고려한 제방보다 더 높은 위치에 설치하게 된다.

2) 교량 포장면의 높이

교량표면 = 계획홍수위 + 다리밑 공간 + 교좌장치 + 상부구조 + 포장면



[그림 1.1] 교량 포장면의 높이

① 다리밑 공간

교차조건이 도로인 경우에는 4.7m 이상, 가급적 5.0m 이상으로 하고, 하천인 경우에는 계획홍수량에 따라 <표 1.3>의 값을 표준으로 한다.

<표 1.3> 하천에서의 다리밑 공간

계획홍수량 (㎥/sec)	여 유 고 (m)
200 미하	0.6 이상
200 이상 ~ 500 미만	0.8 ~ 1.0
500 이상 ~ 1,500 미만	1.0 ~ 1.2
1,500 이상 ~ 3,500 미만	1.2 ~ 1.5
3,500 이상 ~ 10,000 미만	1.5 ~ 2.0

자료 : 건설교통부, 도로설계편람

② 교좌장치 : 교좌장치 형식에 따라 다르나 통상 40cm 내외

③ 상부구조(슬래브포함) : 상부구조 형식과 경간장에 따라 다름

<표 1.4> 교량형식에 따른 경간장 및 교량본체

교량형식	RC SLAB	RC 라멘	PSC 형교	프리플렉스	강교
경간장	13m	13m	30m	40m	50m
교량본체	1.0	1.0	2.25	1.7	2.75

※ 상부구조의 제원(두께)은 경간장 및 세부 교량형식, 하중조건에 따라 많은 차이가 있으며 위 제원은 단순 참고용임

④ 포장면 : 8cm 내외(아스콘)

3) 교량의 계획고는 교각이나 교대에서 교량 상부구조를 받치고 있는 교좌장치 하단부의 높이를 뜻한다.

4) 교좌장치가 콘크리트에 묻혀 있는 경우에는 콘크리트 상단높이를 말한다.

5) 교대와 교각이 여러개일 경우 이들 중 가장 낮은 지점의 높이를 취해야 한다.

1.5 원지반의 토질분류

(1) 설계전 지반조사 시행지구는 시험결과에 의해 토질을 분류한다.

(2) 원지반 토질의 분류는 <표 1.5> 및 <표 1.6> 표를 참조하여 판단한다.

<표 1.5> 사질지반의 종합판단자료표

구분 \ N치		0~4	4~10	10~30	30~50	50 이상
상대밀도		대단히 느슨	느 슨	보 통	조 밀	대단히 조밀
		Dr=0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0
내부마찰각Ø	Peck	28.5 이하	28.5~30	30~36	36~41	41 이상
	Meyer hof	30 이하	30~35	35~40	40~45	45 이상
	Dum ham 제안식	Ø =$\sqrt{12N}$+20				
	Peck 제안식	Ø = 0.3N+27				
	오자끼 제안식	Ø =$\sqrt{20N}$+15				
현장판별법		Ø13 철근을 손으로 용이하게 관입가능	Shovel(삽)으로 굴삭이 가능	Ø13 철근을 2.25kg(5ℓb) 해머로 관입가능(Ø6×10cm쇠망치)	Ø13 철근을 2.25kg 해머로 30cm정도 매입이 가능	좌와 같은 방법으로 5~6cm 타입가능, 굴삭에 곡괭이 필요 타입시 금속음을 냄

지지력(t/㎡)	N	0~5	5~10	10~20	20~30	30~50	50이상
	극한지지력(qd)	0~10	10~20	20~50	50~75	70~130	130이상
	허용지지력(qa)	0	5	10	20	30	30이상
		(0~4)	(4~8)	(8~16)	(16~24)	(24~40)	40이상
		qd=N/0.42(t/㎡), Fs=3일때 qa≒N/1.25=0.8N(t/㎡)					

기타자료	성토지반	모 래	다진것	입도양호	Ø=35°	C = 0	SW,SP
				입도불량	Ø=30°	C = 0	
		사질토	다 진 것		Ø=25°	C=0.3kg/㎠이하	SM,SC
	자연지반	모 래	밀실 또는 입도양호		Ø=35°	C = 0	SW,SP
			밀실않거나 입도불량		Ø=30°	C = 0	
		사질토	밀 실		Ø=30°	C=0.3kg/㎠이하	SM,SC
			밀실하지 않은것		Ø=25°	C = 0	

보통토	건조:Ø=20°~40°	습윤:Ø=30°~45°	포화:Ø=14°~27°	
모래	건조:Ø=20°~40°	습윤:Ø=30°~45°	포화:Ø=14°~27°	점토혼재:Ø=37°
보통토	굳은것:Ø=25°~35°	약간부드러움:Ø=20°~30°	부드러움:Ø=15°~25°	
모래	다진것:Ø=35°~40°	약간유연:Ø=30°~35°	유연:Ø=23°~30°	

자료 : 대한주택공사, 토목설계지침

<표 1.6> 점토지반의 종합판단자료표

구분 \ N치			2이하	2~4	4~8	8~15	15~30	30이상
콘시스턴시			대단히 연약	연 약	보 통	단단함	대단히 단단함	고 결
지지력(t/㎡)	일축압축강도qu		2.5이하	2.5~5	5~10	10~20	20~40	40이상
	극한지지력qd		7.1이하	7.1~14.2	14.2~28.5	28.5~57	57~114	114이상
	허용지지력qa		2.2이하	2.2~4.5	4.5~9.0	9.0~18	18~36	36이상
	산 식		qu=N/0.27(t/㎡), Fs=3일때 qa≒N/0.8=1.2N(t/㎡)					
점착력(t/㎡)	C=$\frac{1}{2}$qu(t/㎡)		1.25이하	1.25~2.5	2.5~5.0	5.0~10.0	10.0~20.0	20.0정도
	산 식		qu=N/0.8(t/㎡), C=qu/2, C≒N1.6(t/㎡)					
	산 식		・Dum ham 제안식 : C=N/1.44(t/㎡) ・오자끼 제안식 : C=4N/2(t/㎡) ・Terzaghi-Peck 제안식 : C=N/1.64(t/㎡)					
	N치와 점토의 강도와의 관계는 모래의 경우에 비해 신뢰도가 낮고 편차가 큼							
현장판별법			주먹으로 쉽게 10cm 정도 관입 가능	엄지로 10cm 정도 관입가능	노력하면 엄지가 10cm 정도 관입가능	엄지로 凹하게 할수있으나 관입은 곤란	손톱으로 표는 낼수 있음, 제거에 쟁기가 필요함	손톱으로 표내기 곤란, 제거에 곡괭이가 필요함
기타자료	성 토	점성토	다 진 것		Ø=15°	C=0.5kg/㎠이하		ML, CL
	자연지반	점성토	단단 (N=8~15) 보통 (N=4~8) 연약 (N=2~4)		Ø=25° Ø=20° Ø=15°	C=0.5kg/㎠ C=0.3kg/㎠ C=0.15kg/㎠		ML, CL
		점토 및 실트	단단 (N=8~15) 보통 (N=4~8) 연약 (N=2~4)		Ø=20° Ø=15° Ø=10°	C=0.5kg/㎠ C=0.3kg/㎠ C=0.15kg/㎠		ML, CL MH
	점 토		굳은것:Ø=20°~30°		약간부드러움:Ø=20°~30°		부드러움:Ø=0°~10°	
	실 트		굳은것:Ø=10°~20°			부드러움:Ø=0°		
	점 토		건조:Ø=20°~37°		습윤:Ø=40°~45°		포화:Ø=14°~20°	

자료 : 대한주택공사, 토목설계지침

1.6 종·횡단도 작성방법

토량계산을 하기 위해서는 종・횡단도를 작성하여야 하는데 단지의 형태와 지형 등을 고려하여 토공계획에 가장 정확한 토량이 산출될 수 있도록 잘 판단하여 작성해야 한다.

원하고자 하는 단지조성을 위하여 현지형을 그대로 단면으로 표시하고, 계획선을 삽입시켜 절토량과 성토량을 산출하는 가장 기초적인 작업이다.

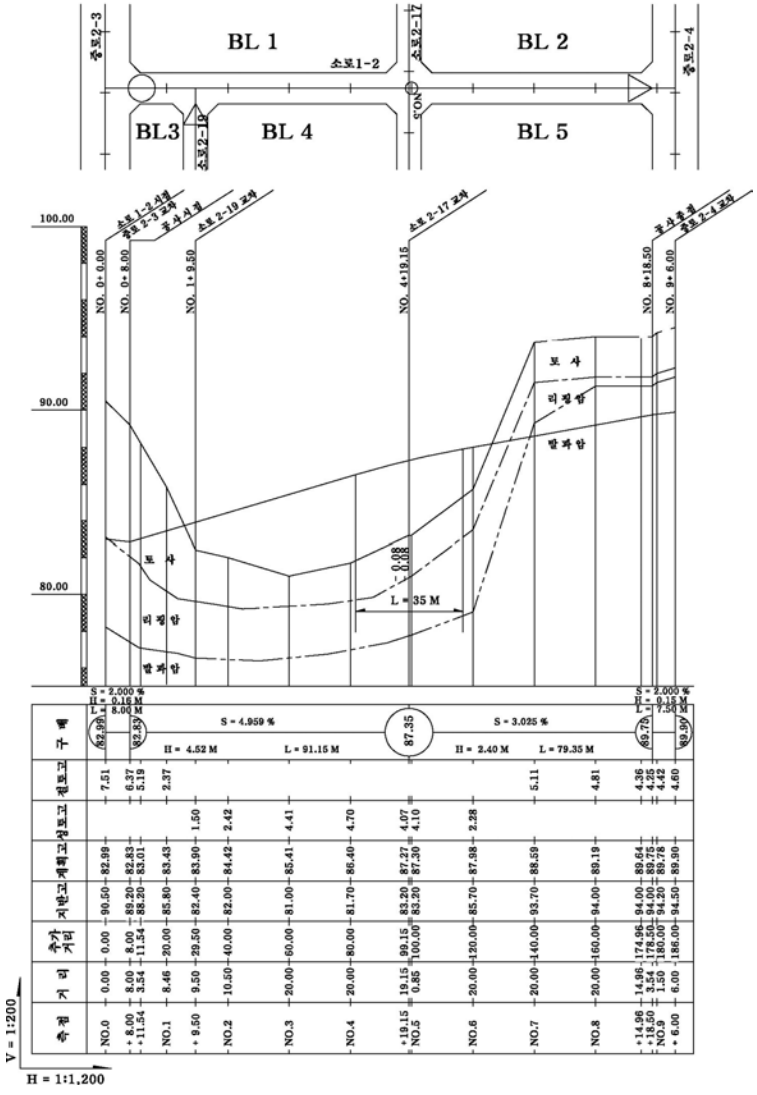
종・횡단도는 지형측량도면에 계획가로망을 삽입시키고 측점을 넣어 작성한다.

1.6.1 도로종단면도

(1) 측점은 20m 간격을 원칙으로 하고 지형변화 및 가각부분 도로 교점부분 등 단면변화 구간에 " + " 측점을 설치한다.

(2) 도로 교차부분에는 종단상에 교차도로명, 측점, 공사시점 및 공사종점을 표시하여야 한다.

(3) 종단작성방법



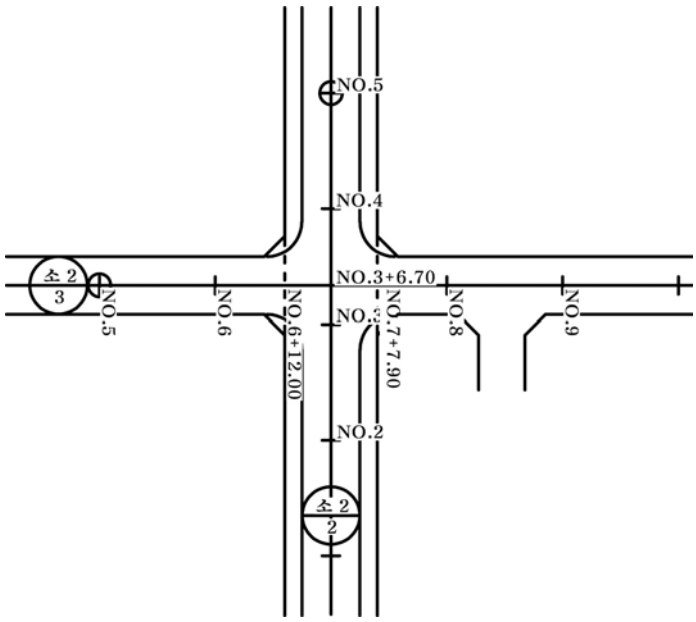
[그림 1.2] 종단작성방법

1.6.2 도로횡단면도

(1) 도로 횡단도는 종단측점에 기입된것에 준하여 작성 한다.

(2) 종단면도 " + " 측점 중 도로교점 " + " 측점은 점선으로 표시 한다.

(3) 소로의 경우 도로간 노선이 교차될 때에는 도로명순으로 횡단도를 작성 한다.

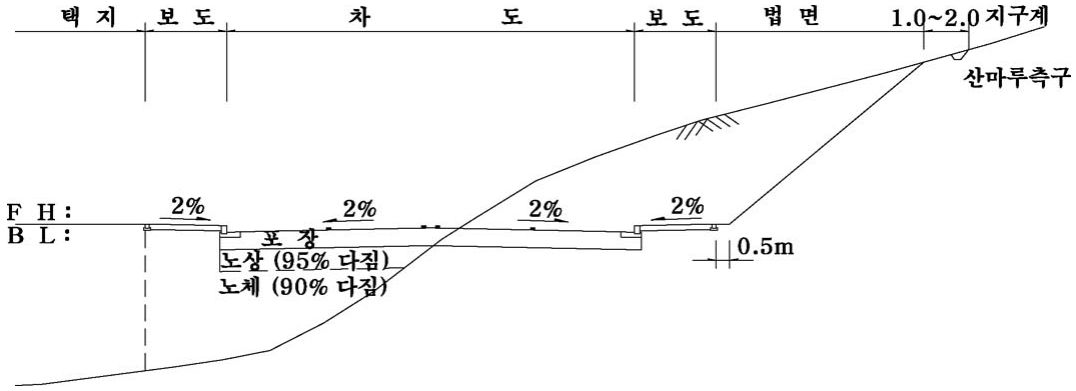


[그림 1.3] 교차구간 횡단예시도

(4) 위 그림과 같이 소2-2 노선에서 교점부분의 횡단도를 작성하였으므로 소2-3 노선에서는 교점부분의 횡단도는 점선으로 작성하여 토량은 산출하지 않음.

(5) 도로의 경우 횡단도는 소로·중로는 축적 1 : 100으로 작성하는 것을 원칙으로 하며 부득이한 경우 1 : 200으로 작성 한다.

1) 보도가 있는 경우(한쪽이 성토부 단지, 반대측이 절토부 지구계)

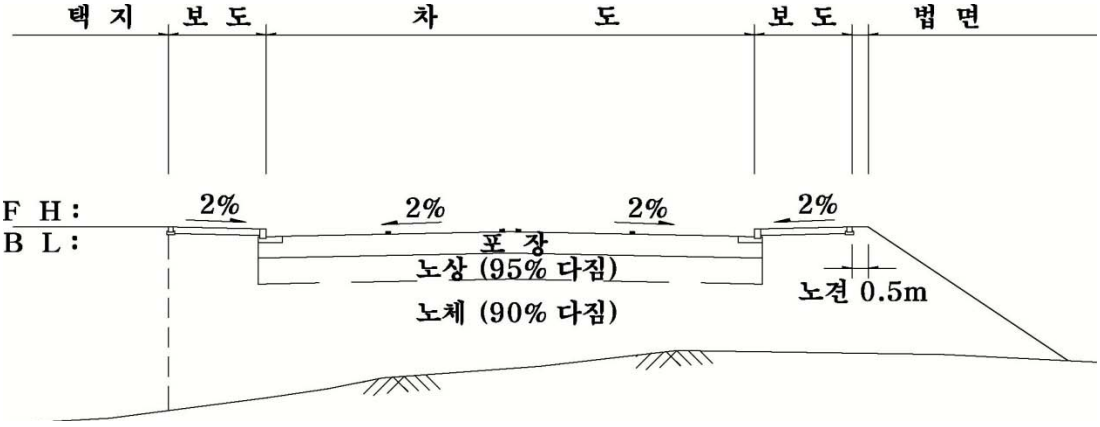


※ 절토부에 옹벽이나 기타 구조물시설이 설치되었을 경우는 노견 0.5m가 필요치 않음. 노견은 사면 직고 5m이상일 때만 설치함.

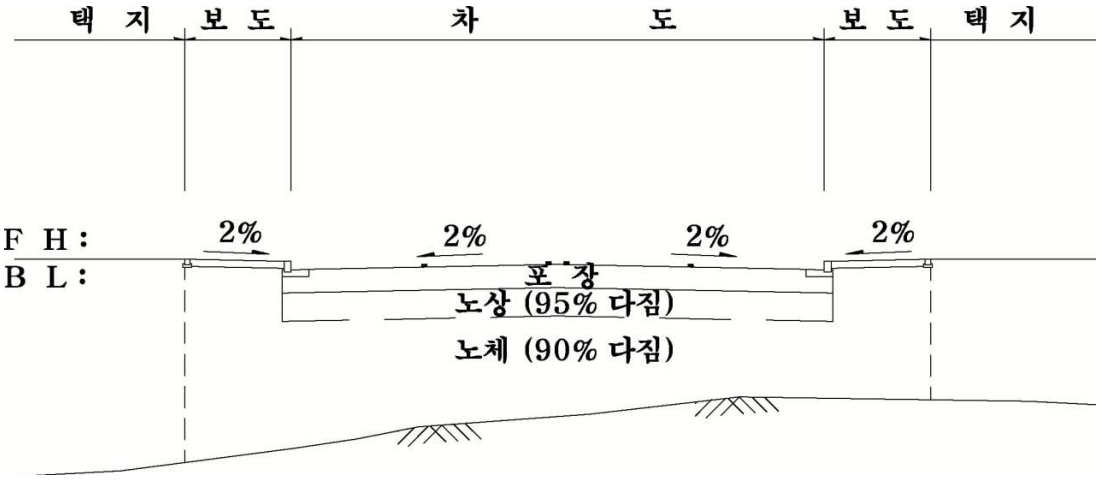
<표 1.7> 도면상의 토적수량 수량 예

측점			No.		
지반고			터파기(기계)	토사	
계획고				리핑암	
절토	토사			발파암	
	리핑암		터파기(인력)	토사	
	발파암			리핑암	
성토	비다짐			발파암	
	노상		되메우기	인력	
	노체			기계 1	
줄떼				기계 2	
평떼			잔토처리	인력	
표토제거				기계	
면고르기					
층따기					

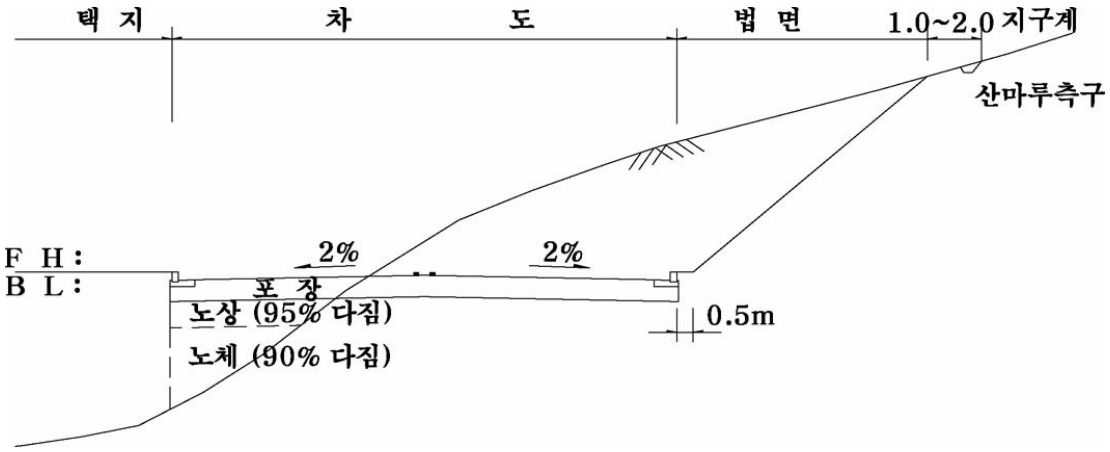
2) 보도가 있는 경우(한쪽이 성토부 단지, 반대측이 성토부 지구계)



3) 보도가 있는 경우(양측이 택지와 접할 때)

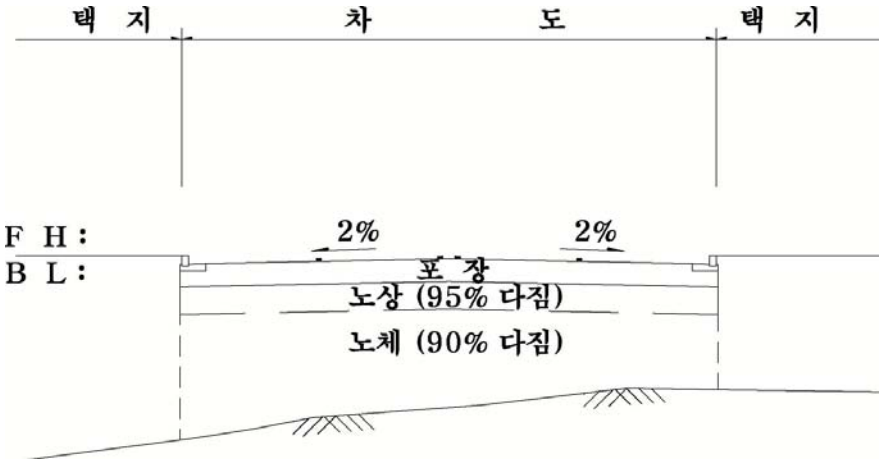


4) 보도가 없는 경우(한쪽이 성토부, 반대측이 절토부 지구계)

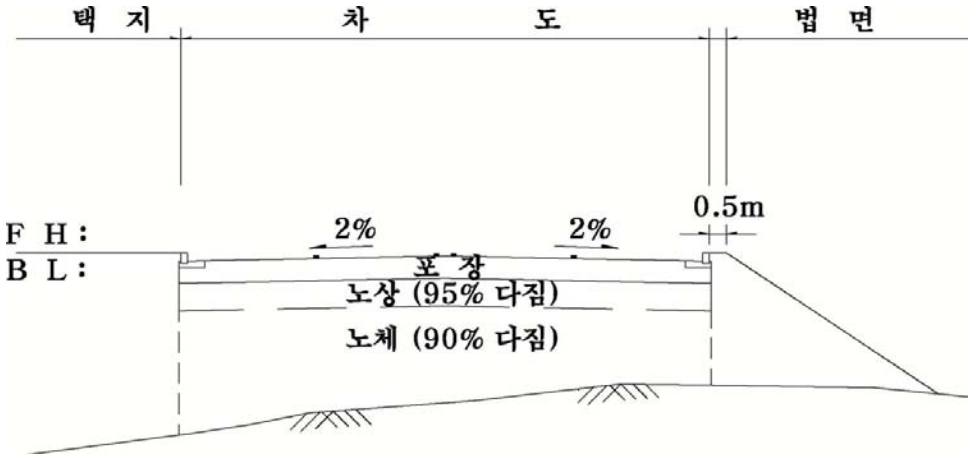


※ 절토부에 옹벽이나 기타 구조물시설이 설치되었을 경우는 노견 0.5m가 필요치 않음. 노견은 사면 직고 5m이상일 때만 설치함.

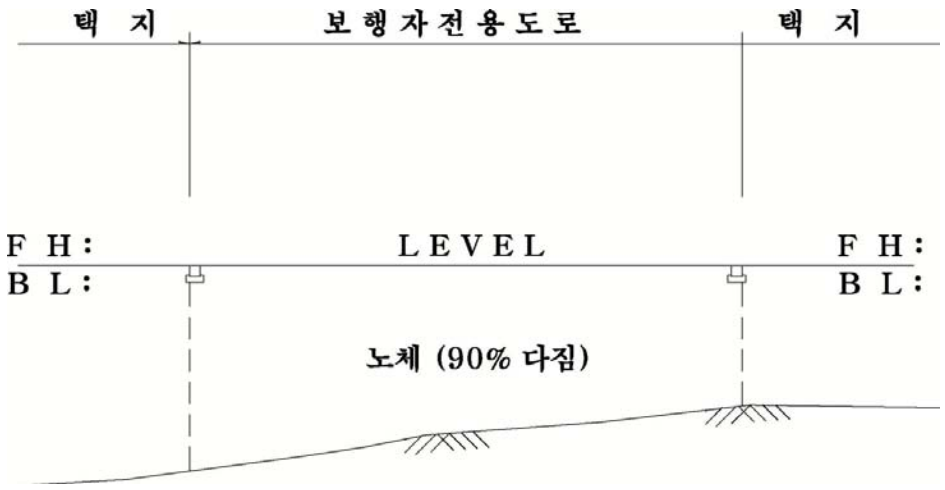
5) 보도가 없는 경우(양측이 택지와 접할 때)



6) 보도가 없는 경우(한쪽이 성토부, 반대측이 성토부 지구계)



7) 보행자 전용도로인 경우



(6) 공동주택지, 학교등 대단위 블록내의 경사는 2%이하로 하며 불가피 하게 토사단을 설치할 경우 경사는 1 : 2.0이하로 한다.

(7) 횡단도 작성 중 어느 지점에서 갑자기 횡단폭이 10m에서 15m로 변화되어 횡단폭이 이어질 경우 이지점에 " + " 측점을 삽입시키고 10m폭의 횡단계획과 15m폭의 횡단계획을 한 단면에 모두 작성하여 이중 단면을 만든다. 이렇게 하여 10m폭의 횡단계획 물량은 전단면, 15m폭의 횡단계획 물량은 후단면으로 하여 토적표를 작성한다.

(8) 도로의 횡단계획은 위와 같은 방법으로 도면을 작성하고 이때 주의할 점은 계획선을 미리 결정하고 단면간 간격을 조정하여 단면이 서로 겹치지 않도록 주의하여야 한다.

1.6.3 블록 횡단면도

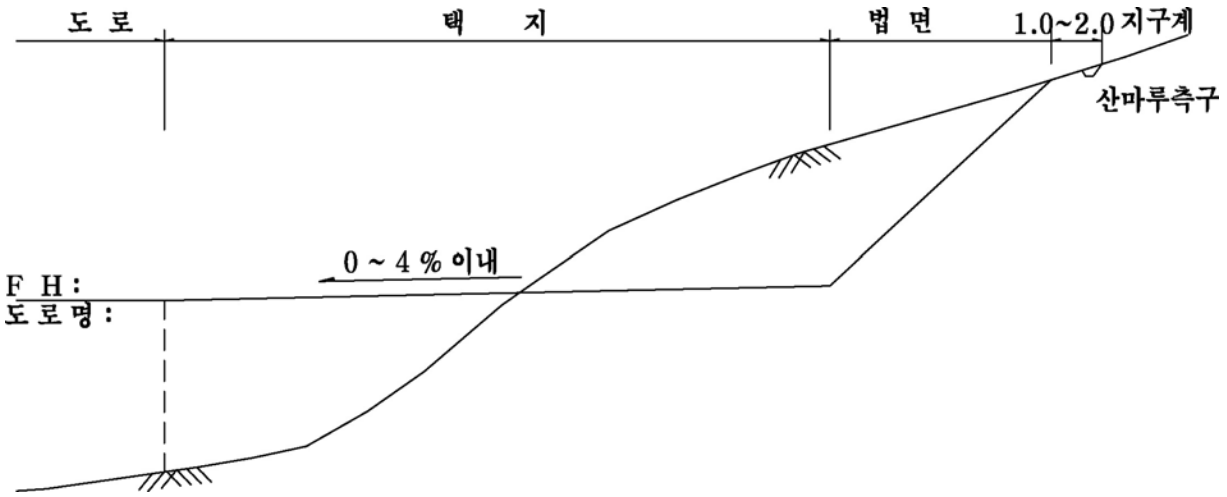
(1) 블록의 횡단도는 가능한 한 도로와 측점을 맞추어 작성하는 것이 블록의 계획고 산출과 횡단도상의 계획선 작성에 능률적이다.

(2) 단지와 도로 사이에는 상호접근성을 고려하여 가능한 한 단을 설치하지 않는다. 그러나, 부득이 하게 단을 설치할 경우에는 토사 비탈처리를 하고 1m~3m정도의 단을 설치할 경우에는 구조물 시설을 하여 비탈면 폭을 줄여야 한다. 구조물 시설은 가급적 절토부에 설치하고 또한 배할선에 단을 설치 할 경우에는 배할선에 구조물 하단을 맞추어 설치하며, 구조물 하단부의 단지경사는 토량의 균형과 자연배수를 생각하여 0~4% 이내로 하고 구조물 상단부의 택지는 LEVEL로 하여 상단부의 우수량이 하단부의 택지에 흐르지 않도록 계획하여야 한다.

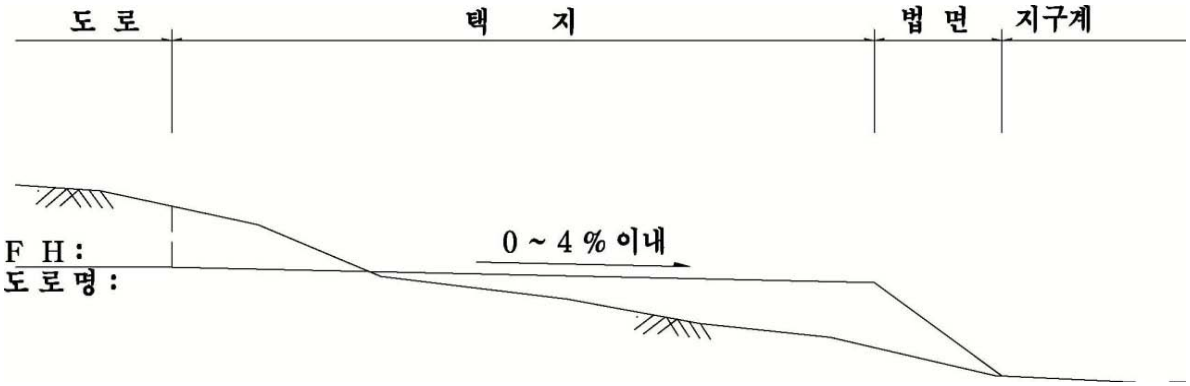
(3) 블록의 횡단도는 블록 규모별로 설계도면 규격에 알맞은 크기로 잘 선택하여 S = 1 : 100 ~1 : 400이내에서 한다.

(4) 단지의 횡단도 작성은 다음과 같이 한다.

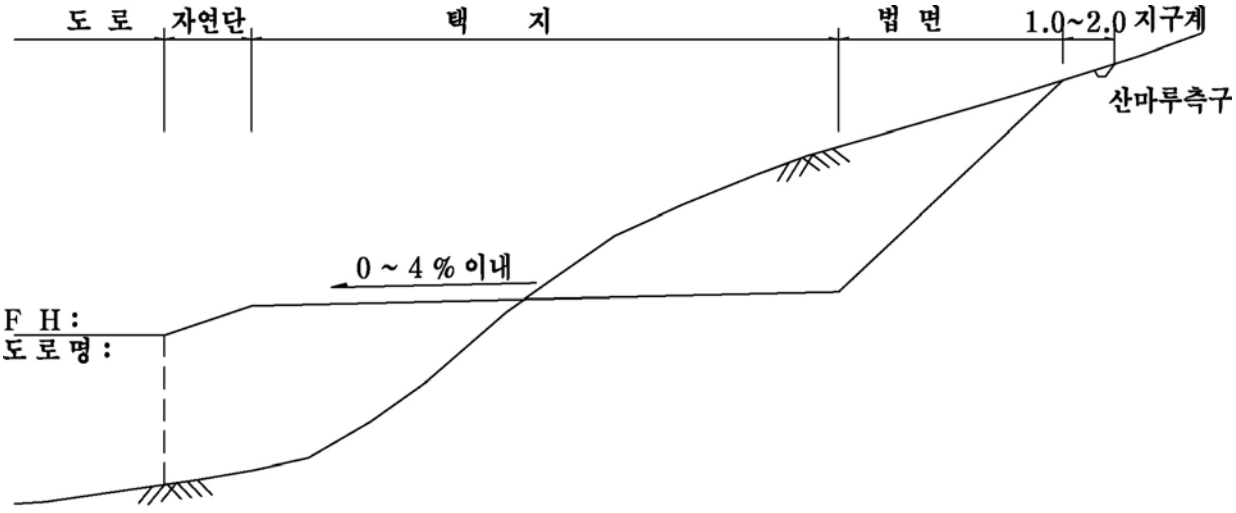
1) 한쪽이 성토부, 반대측이 절토부 지구계



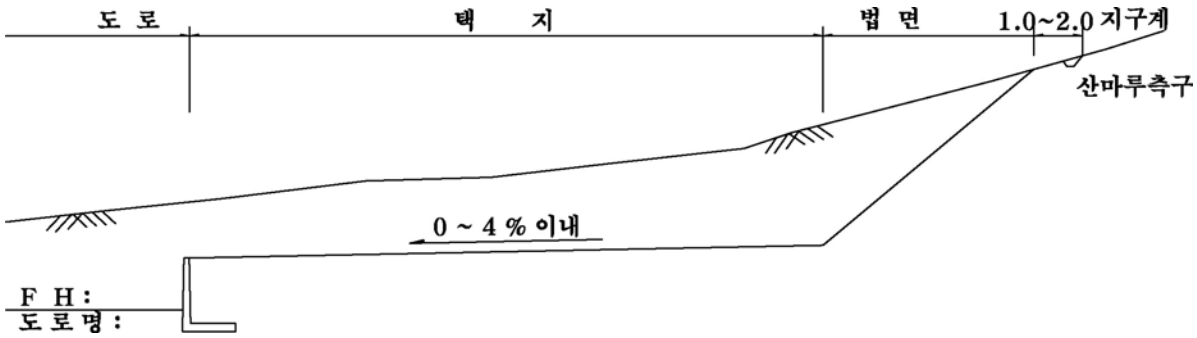
2) 한쪽이 절토부 도로부, 반대측이 성토부 지구계



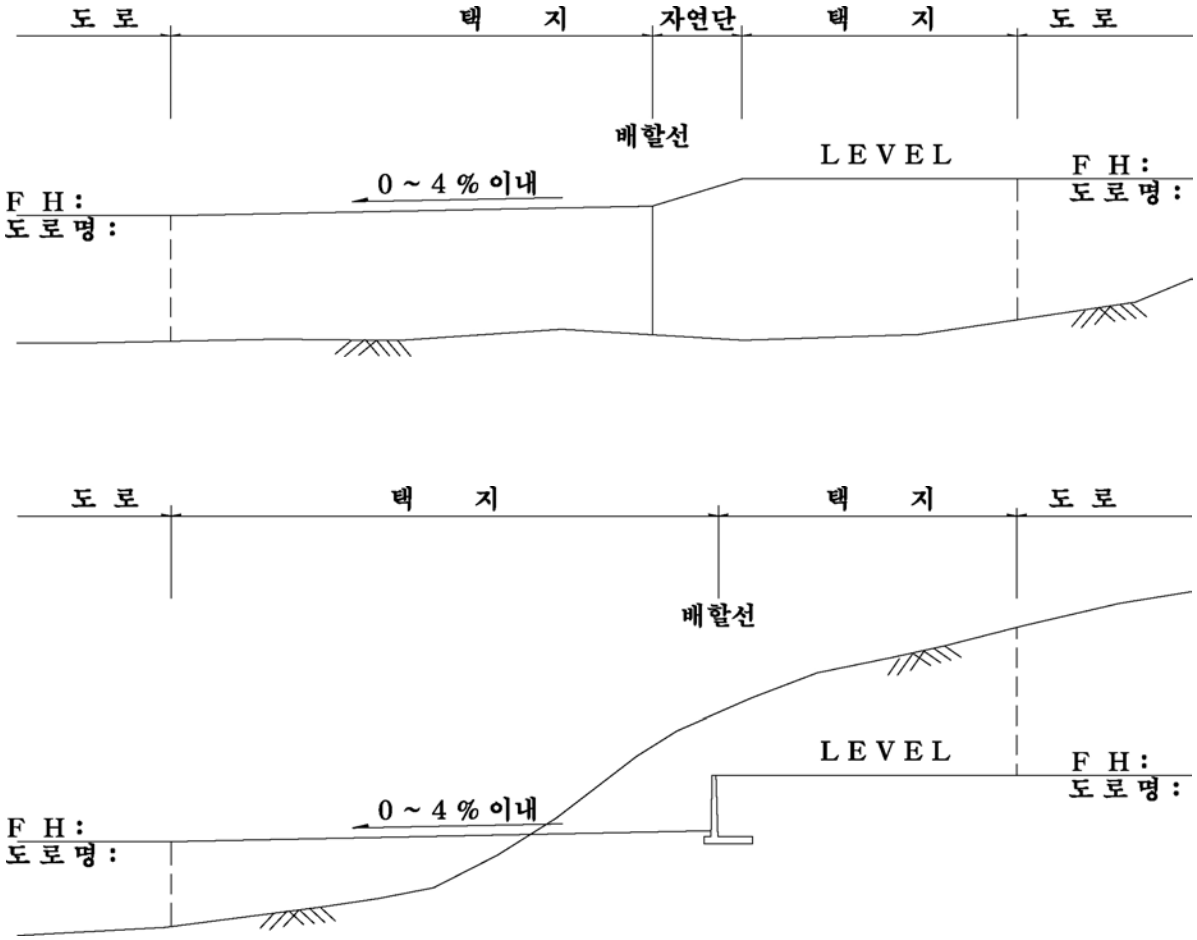
3) 도로와 블록사이에 부득이 자연단을 설치할 경우



4) 도로와 블록사이에 부득이 1.0~3.0m의 구조물단을 설치할 경우



(5) 블록의 경사가 심하여 부득이 중간에 단을 설치하지 않으면 안될 경우 가능한 한 토사단을 설치한다. 또는 절토부에는 구조물 단을 설치할 수도 있다.



구조물단 설치 예

(6) 공동주택지, 학교 등 대단위 블록내의 경사는 2% 이하로 하며 토사단을 설치할 경우의 경사는 1 : 2.0으로 한다.

1.6.4 도로 및 블록의 측점 결정

(1) 도로는 광로, 대로, 중로, 소로, 보행자 전용도로 등이 있다.

(2) 도로의 측점(NO.0)은 도로의 교점에서 부터 측점을 결정한다.

(3) 광로와 대로사이에 또다른 노선이 교차되는 경우 횡단에 " + " 측점을 삽입시키고 횡단면상에는 점선으로 계획단면을 작성한다.

(4) " + " 측점은 가각부분, 곡점부분, 곡선시점(B.C), 곡선종점(E.C), 지형변화가 있는 곳에 표시한다.

(5) 광로와 대로를 이어주는 중로가 있을 경우 이때 중로의 시점은 광로 중심선이고, 종점은 대로 중심선이다.

(6) 블록의 측점은 가능한 한 도로측점에 맞추어야 한다. 부득이 측점과 일치시킬 수 없는 경우 블록폭의 중심선을 그어 측점을 작성한다.

(7) 블록의 " + " 측점은 가각부분 및 지형변화가 있는 곳에 작성한다.

(8) 횡단면 작성중 어느 지점에서 갑자기 횡단폭이 10m에서 15m로 변화되어 횡단폭이 이어질 경우 이지점에 " + " 측점을 삽입시키고 10m폭의 횡단계획과 15m폭의 횡단계획을 한단면에 모두 작성하여 2중 단면을 만든다. 이렇게 하여 10m폭의 횡단계획 물량을 전단면, 15m폭의 횡단계획 물량을 후단면으로 하고 후단면에 대한 거리는 0으로 하여 토적표를 작성한다.

1.7 미성토고 계산 예

1.7.1 미성토고 일반사항

지하시설물에서 발생하는 터파기량은 성토부에 사용하고, 남는 토량은 외부로 유출되어야 하는데 이 유출량(잔토량)을 최소로 하기 위해서는 지하시설물의 터파기 체적과 건축부지내 성토부 체적이 같도록 미성토고를 설정하면 된다. 이렇게 하여 산정된 미성토고는 최대 미성토고가 된다.

미성토고를 적용한 단지조성기법은 건축부지내에 인접한 도로계획고와 용지조성계획고와의 높이 차를 두어 잔토발생을 최소화하는 것으로서 다음의 두가지 방법으로 적용할 수 있다.

첫째, 기존의 설계방법으로 산정된 도로 및 부지조성 계획고에서 건축시 지하시설물에서 발생하는 잔토량을 감안하여 건축부지를 일정 깊이 미성토하는 방법이다. 이 방법은 순성토지역에서 적용이 용이하며 미성토에 따른 토공비를 절감할 수 있다.

둘째, 건축시 지하시설물에서 발생하는 잔토량을 미리 추정하여 도로계획고를 상향 조정하는 방법으로서 절·성토 균형지역 및 절토지역에서 절토비를 추가 부담하지 않고서 잔토를 처리할 수 있다. 그러나 이 방식을 적용하기 위해서는 인접 도로와의 연계성, 도로의 적정경사와 상·하수도 설계기준 등 제반 설계조건에 부합하여야 한다.

그러나 위의 두 방법은 서로 다른 방법이 아니다. 즉 기존의 설계방법으로 산정한(건축잔토를 산정하지 않은 상태) 도로계획고에서 일정 높이 미성토하는 방법과 건축잔토를 미리 추정하여

도로계획고를 조정한다는 방법은 어디에 주안점을 두느냐에 따라 달라질 뿐 결과적으로는 도로계획고와 부지조성 계획과의 높이 차를 두는 것으로 동일한 상태가 발생한다. 다만 경제성을 고려하여 지형적 특성(성토 혹은 절·성토 균형, 절토지역)에 따라 적용방식을 다르게 한다는 것이다. 또한 부지조성 계획고는 건축부지 조성고와 미성토 가능깊이를 어떻게 설정하느냐에 따라 달라진다. 이는 건축부지 성토고의 크기에 따라 용지조성 계획고와 도로계획고의 차(미성토고)가 달라지며, 미성토고는 우수배제, 도로의 안전성 등을 고려하여 일정 깊이 이하로 설정하기에는 현실적으로 어렵기 때문이다.

1.7.2 사례

< ○○지구 >

대 지 면 적	37,694 ㎡	
건 설 호 수	818 호	
주 택 규 모	60㎡ 이하	→ or 60~85㎡, 85㎡초과
택 지 현 황	성 토	→ or 절토, 절성토, (암)

◎공동주택지 잔토 추정

구 분	형 식	단위	적용수량	적용 단위량	잔토량(㎥)	비 고
아파트, 복지관 등	건폐율	비율	0.18	3.0	20,355	대지면적×건폐율×적용단위량
지하주차장	데크식 단독형	대수	0	120	-	※ 단독형 : 아파트와 지하주차장이 분리된 형태 통합형 : 아파트와 지하주차장이 통합된형태 일 반 : 지하주차장 출입램프가 있는 경우 데크식 : 지하주차장 출입램프가 없는 경우
	일반 단독형	대수	457	130	59,410	
	데크식 통합형	대수	0	140	-	
	일반 통합형	대수	0	150	-	
토목잔토 (①또는 ②+③+④ 선택적용	①실적잔토적용	㎡	37,694	0.35	13,193	적용수량 = 대지면적
	②포장면적	㎡	0	0.70	-	
	③공동구	m	0	4.00	-	
	④보도, 관로 등	㎡	0	0.07	-	
구 조 물	지하저수조	호수	818	2.2	1,800	적용수량 = 건설호수
기 타	SIP잔토	㎡	37,694	0.15	5,654	적용수량 = 대지면적
조성부지 사면발생량	경계부 증가량	m	0	5.0	-	주변보다 낮게조성시 지구경계부 길이
	경계부 감소량	m	0	4.0	-	주변보다 높게조성시 지구경계부 길이
합 계					100,412	

◎택지조성시 공동주택 미성토고 추정

잔 토 량	대 지 면 적 (㎡)	미 성 토 고 (m)
100,412	37,694	2.66

1.7.3 아파트 복지관 등

(1) 건폐율(%)

1) 건폐율(건축면적 / 대지면적)이 확정된 지구(단지, 블록)의 확정비율+1%적용

2) 건폐율이 확정되지 않은 지구 15% 적용

(2) 아파트, 복지관 적용단위량

1) 단독형 지하주차장 설치 지구 및 지하주차장이 없는 지구
   - ① 사업지구 경사도가 0%(평지)인 경우 ····· 2.50
   - ② 사업지구 경사도가 3%내외인 경우 ····· 3.00
   - ③ 사업지구 경사도가 5%이상인 경우 ····· 3.50

2) 통합형 지하주차장 설치 지구 ····· 4.00

1.7.4 지하주차장

(1) 단지(블록)별 지하주차장 적용대수

1) 공동주택 사업계획이 수립이 완료된 경우 사업승인 또는 단지계획 확정자료를 참조하여 주차대수 입력

※ 확정된 단지계획자료 통해 지하주차장의 설치면적, 구체높이 등을 구체적으로 확인할 수 있으면 체적(토량)을 직접산출 하여 적용할 수 있음.

2) 공동주택 사업계획이 수립되지 않은 경우 아래사항을 복합적으로 판단 지하주차장 대수 추정

① 택지개발지구 개발계획 및 실시계획 승인시 확정된 블록별 공동주택 건설계획 참조

(가) 임대주택 부지(60㎡ 이하) : 세대수 × 0.6~0.7 = 지하주차장 대수

(나) 분양 또는 중형임대부지(60~85㎡ 이하) : 세대수 × 0.7~0.9 = 지하주차장 대수

(다) 합동개발 부지(85㎡ 이상) : 세대수 × 0.9~1.4 = 지하주차장 대수

※ 당해지역 지하주차장 설치기준, 사업성, 지상공간 활용, 사업지구 특화 등에 따라 세대별 지하주차장 설치대수를 추정해야 함.

(최근 분양단지는 지상은 공원, 지하는 주차장화하는 추세에 있으며, 대형평형의 가구당 주차비율은 세대당 1대(30평형이상 주차장대수 = 1.3대/가구 이상임.)

② 인접 사업계획수립 블록 현황 및 관할 시. 군. 구의 지하주차장 설치기준 및 관계법령 참조

(2) 지하주차장 1대 발생 잔토량(적용수량)

1) 데크식 단독형 주차장 : 120㎥/대
(조건 : 임대주택(60㎡ 이하)부지, 조성대지 경사도 5%전후)

2) 일반 단독형 주차장 : 130㎥/대
(조건 : 임대주택(60㎡ 이하)부지, 조성대지 경사도 2%전후 또는 평지)

3) 데크식 통합형 주차장 : 140㎥/대
(조건 : 분양주택(85㎡ 이상)부지, 조성대지 경사도 5%전후)

4) 일반 통합식 주차장 : 150㎥/대

(조건 : 분양주택(85㎡ 이상)부지, 조성대지 경사도 5%전후)

※ 지하주차장 1대 건설시 발생되는 잔토는 실적자료(발주자료)를 참고로 작성된 수량으로 지하주차장 설치지형의 여건, 최근설치형태, 지반상태에 따라 변경 됨.

- 최근 24평 이상 분양단지는 통합형 주차장 설계적용
- 지형조건에 따라 1), 2), 3), 4)혼용적용, 적용수량은 실적을 연도별로 조사 후 조정

1.7.5 토목잔토량(포장, 공동구, 급·배수관, 단차처리시설 등 일반적인 구조물 잔토량)

(1) 실적잔토적용 : 포장면적, 포장두께, 구조물설치 등 제반사항이 유사한 지구 실적 참조

- 적용단위량 : 지하주차장 無, 小(= 포장면적의 大, 小)에 따라 0.2~0.35 적용

(2) 지하주차장이 없고 포장면적이 많은 경우 시설에 따라 수량산출

1.7.6 특수구조물(지하저수조 적용단위량)

(1) 단일구조(20만이상 도시) = 세대수×1.5톤/세대(저수용량) + 0.7톤/세대(기계실체적) = 2.2

(2) 단일구조(20만이상 도시) = 세대수×1.0톤/세대(저수용량) + 0.7톤/세대(기계실체적) = 1.7

(3) 이중구조(20만이상 도시) = 세대수×1.5톤/세대(저수용량) + 1.8톤/세대(기계실체적) = 3.3

(4) 이중구조(20만이상 도시) = 세대수×1.0톤/세대(저수용량) + 1.8톤/세대(기계실체적) = 2.8

1.7.7 기타 1

- SIP시공(기존주택지 인접부지에서 PILE공사 시공시)잔토량 : 적용단위량 0.05~0.15

1.7.8 대지내 사면조성으로 발생된 토공량

(1) 경계부 증가량 : 미성토로 대지가 주변지형보다 낮게 조성되는 경우

(적용수량 = 경계부 길이)

(2) 경계부 감소량 : 미성토로 대지가 주변지형보다 높게 조성되는 경우

(적용수량 = 경계부 길이)

※ 장기간 개발이 지연된 미성토된 대지는 미성토로 인한 안전 및 관리상 문제가 예상되므로, 공사중에는 적정한 안전시설을 설치하여 관리하고, 택지개발 준공 후까지 남아있는 대지는 배수시설 부지활용계획, 조성대지의 매각여부 등에 따라 안전 및 관리에 문제가 없도록 조치 후 준공

1.8 토적계산법

1.8.1 양단면 평균법

(1) 지형측량도상 또는 현장내에서 측점을 정하여 지반 횡단면도를 작성한다.

(2) 계획선을 넣어 토량을 구하고 토적표를 작성한 후 양단면을 평균한 값에 그 단면간의 거리를 곱하여 토공량을 산출한다.

(3) 이 방법은 작업상의 시간과 인력을 요하나 가장 많이 쓰이는 방법중의 하나이다.

1.8.2 등고선법

(1) 등고선이란 한 지형을 일정한 수평면으로 끊었다고 생각할 때 수평면과 지형이 교차되는 선을 기준면 위에 투영한 선을 등고선이라 하는데 다시 말해서 지표면 위의 같은 높이의 점을 연결한 선을 말한다.

(2) 등고선에 의한 토공량 산출은 지형도 위에 계획등고선을 집어넣어 지형도상의 등고선과 계획등고선의 일정한 높이 차이로 등고선을 넣어 면적을 구하여 토량을 산출해 내는 방법이다.

(3) 등고선은 선형표시 방법으로는 정확하므로 많이 사용되는 방법이다.

(4) 등고선 토량산출 방법은 신빙성이 없으므로 토량산출에는 쓰이지 않으며 현황측량에 많이 쓰인다.

$$V = \frac{h}{3}\{A0+4(A1+A3+\cdots\cdots+An-1)+2(A2+A4+\cdots\cdots+An-2)+An\}$$

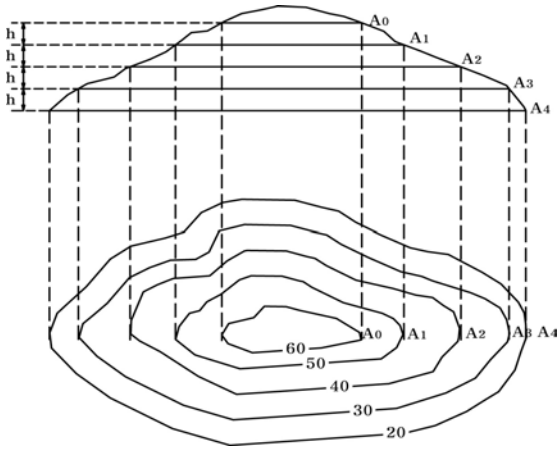
V = 토량

A0, A1, ……, An-1

= 등고선으로 둘러싸인 면적

h = 등고선의 간격

n = 단면수(짝수이어야 한다)



1.8.3 점고법

(1) 평면도에 방안망을 작성하고 교차점의 지반고와 계획고의 표고를 측정한다.

(2) 점고법은 양단면 평균법에 비하여 정확성이 뒤떨어진다.

(3) 방안망을 구성하여 교차되는 지점마다 표고를 측정 기입하고, 방안망 위에 계획선을 작성하여 교차되는 지점별로 절토 및 성토차를 구한후 [그림 1.4]와 같은 방법으로 토량을 산출한다.

$$V = \frac{1}{4}A(\Sigma\triangle h1+\Sigma\triangle h2+\Sigma\triangle h3+\Sigma\triangle h4)$$

h = 방안망 교차부 지반고와 계획고와의 표고

(40×40) = 방안망 안의 면적

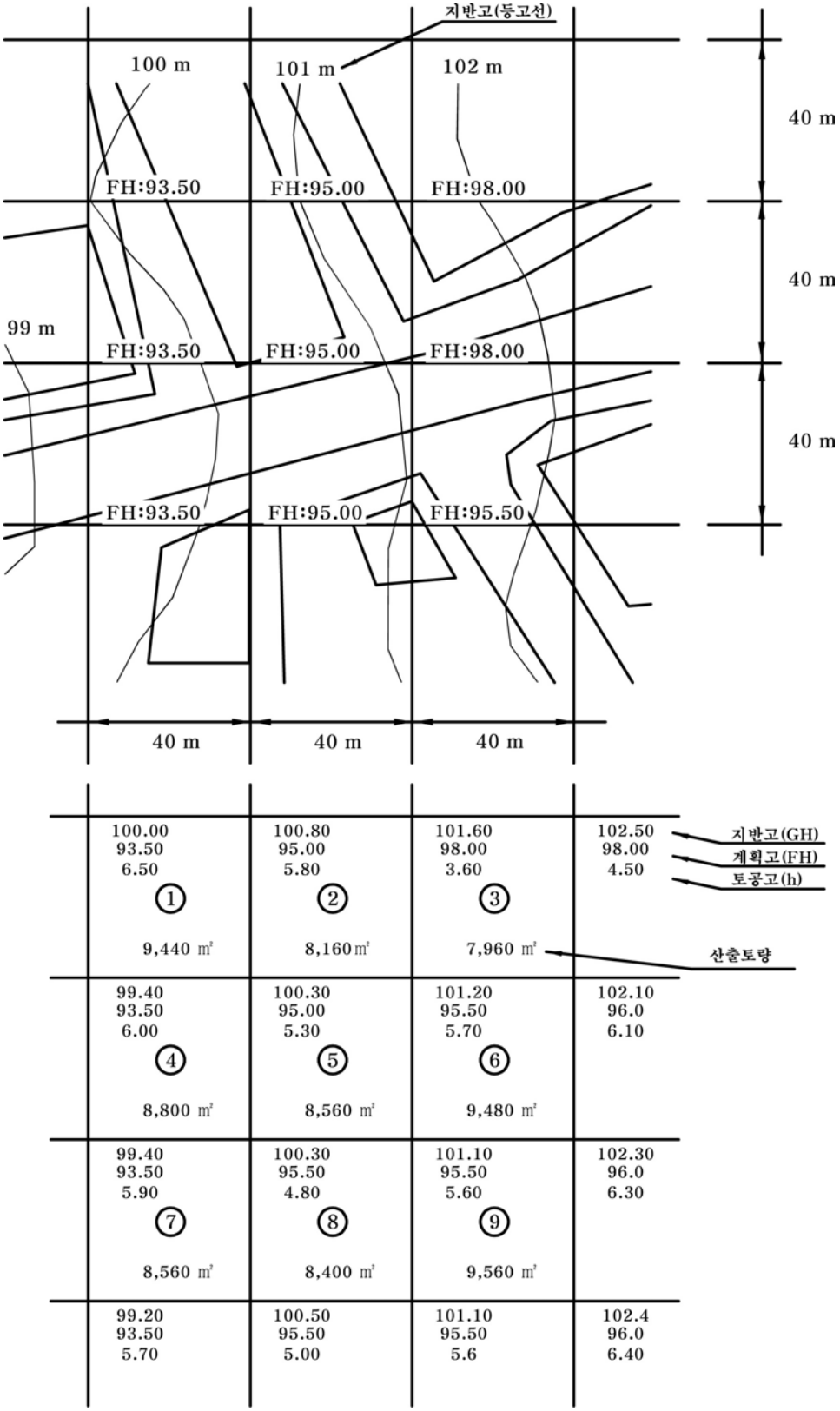
① 의 성토량(V) = $\frac{1}{4}$ × 1,600(6.50+5.80+6.00+5.30) = 9,440㎥

총 성토량(V) = ①+②+③+④+⑤+⑥+⑦+⑧+⑨

= 9,440+8,160+7,960+8,800+8,560+9,480+8,560+8,400+9,560

= 78,920㎥

(4) 따라서 이 방법은 빠른 시간안에 토공량을 구할 수 있으나 방안망속의 지형변화에 의한 토공량은 구할 수 없으므로 정확성이 없다.


지반고(등고선)
100 m
101 m
102 m
FH:93.50
FH:95.00
FH:98.00
99 m
FH:93.50
FH:95.00
FH:98.00
FH:93.50
FH:95.00
FH:95.50
40 m
40 m
40 m
40 m
40 m
40 m
100.00
93.50
6.50
①
9,440 ㎡
100.80
95.00
5.80
②
8,160㎡
101.60
98.00
3.60
③
7,960 ㎡
102.50
98.00
4.50
지반고(GH)
계획고(FH)
토공고(h)
산출토량
99.40
93.50
6.00
④
8,800 ㎡
100.30
95.00
5.30
⑤
8,560 ㎡
101.20
95.50
5.70
⑥
9,480 ㎡
102.10
96.0
6.10
99.40
93.50
5.90
⑦
8,560 ㎡
100.30
95.50
4.80
⑧
8,400 ㎡
101.10
95.50
5.60
⑨
9,560 ㎡
102.30
96.0
6.30
99.20
93.50
5.70
100.50
95.50
5.00
101.10
95.50
5.6
102.4
96.0
6.40

[그림 1.4] 점고법 예

1.8.4 도로 토적계산법

(1) 도로 토적계산은 양단면 평균법으로 한다.

(2) 토적표에서 산출할 수 없는 수량(벌개제근 등)은 수량산출서에서 별도로 산출한다.

(3) 표토제거는 토적표에서 산출이 가능하므로 토적표에서 산출한다.

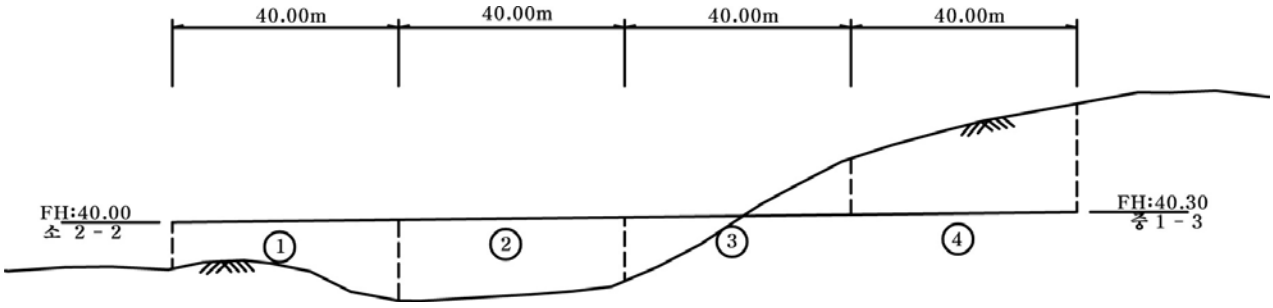
(4) 절토 및 성토(노상, 노체, 비다짐)량은 토질시험 결과치로 보정량을 계산한다.

1.8.5 블록 토적계산법

(1) 블록도 도로와 같은 방법으로 양단면 평균법으로 계산한다.

(2) 단독주택지는 폭이 40~50m 정도이므로 도로와 같은 방법으로 한다.

(3) 공단, 아파트 단지, 기타 대형블록처럼 폭이 큰 경우에는 기준선으로부터 40m로 구분하여 횡단토공량을 [그림 1.5]와 같이 구하고 토적표에도 구분하여 작성한다.



[그림 1.5] 블록횡단 예

(4) 곡선블록에서는 한쪽도로에서 측점을 작성하면 토량산출이 미흡하므로 블록 중심선에 측점을 정하여 횡단도를 작성한다.

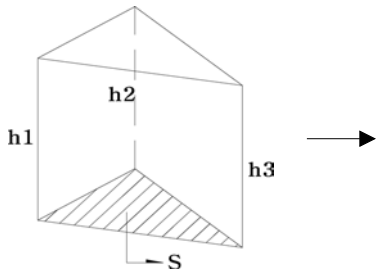
(5) 토적표상에서 용토계획상의 편의를 위하여 40m 간격(2개체인)으로 소계를 산출하고 횡단무대량(1차 무대량) 및 부족토, 잔토량을 구분해 놓는다.

(6) 사면부는 도로나 블록에서 가능한 토공량을 산출하나 도로나 블록에서 산출이 어려운 경우가 있다. 이러한 경우에는 별도로 종·횡단도를 작성하여 토공량을 산출한다.

1.8.6 3D삼각법

(1) 원지형 및 계획지형을 3차원 삼각주로 분할하여 토공량을 산출한다.

(2) 3D삼각법은 실제적인 지형을 표현한 방법이므로 이론적으로 정확한 계산법이다.



$$V_1 = S \cdot \frac{1}{3}(h_1 + h_2 + h_3)$$

$$V = \sum(V_1 + V_2 + V_3 + \cdots\cdots)$$

(3) 3D삼각법은 실 객체를 3D삼각주로 표현한 방법이므로 양단면 평균법에 의한 모순점 (1차 무대, 2차무대 및 횡방향, 종방향에 따른 결과)을 해결할 수 있다.

(4) 3D삼각법은 양단면 평균법보다 반복계산이 많아 컴퓨터를 활용해야 한다.

(5) 3D삼각법에 의한 산출법은 삼각 점고법을 이용할시 빠르게 토공량 산출이 가능하여 개략 토공량 산출시 수작업으로도 많이 사용하고 있는 방법이다.

(6) 3D삼각법은 토공이동격자(40m×40m) 내에서도 정확한 무게 중심을 손쉽게 구할 수 있으며(양단면 평균법은 논리적 모순이 있음) 국도시설 및 인근의 암반활동의 이용 등 고도화된 활용이 가능하다.

(7) 3D삼각법은 토사, 풍화암, 연암, 보통암, 등 다양한 층을 고려한 토공량을 구할 수 있는 입체적 토공산출 방법이다.

(8) 3D삼각법은 입체적 산출방법이므로 가장 논리적인 토공이용 방법이다.

(9) 3D삼각법은 입체적 산출방법이므로 3D 시뮬레이션, VR 등의 기초자료가 된다.

(10) 3D삼각법은 개략 3D삼각법과 실 3D삼각법으로 나눌 수 있다.

(11) 3D삼각법은 3차원 수치지도 등의 활용시 매우 큰 장점이 있다.

<표 1.8> 토 적 표 예

토 적 표

측 점				연장 (m)	절 토											성 토										이동토		
					토 사			리 핑 암			계	발 파 암			발파암 유용	비 다 짐			노 상			노 체			계	무대	잔토	부족토
					면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No.	0	+	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0			
No.	1	+	0.00	20.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0			
No.	2	+	0.00	20.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0			
소계				40.00		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
No.	3	+	0.00	20.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0			
No.	4	+	0.00	20.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0			
소계				40.00		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
No.	5	+	0.00	20.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0			
No.	6	+	0.00	20.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0			
소계				40.00		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
No.	7	+	0.00	20.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0			
No.	8	+	0.00	20.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0			
소계				40.00		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
No.	9	+	0.00	20.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0			
No.	10	+	0.00	20.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0			
소계				40.00		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
No.	11	+	0.00	20.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0			
No.	12	+	0.00	20.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0			
소계				40.00		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
No.	13	+	0.00	20.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0			
No.	14	+	0.00	20.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0			
소계				40.00		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
총계				280.00		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

2. 토량이동 및 유동계획

2.1 개략토량 산정

(1) 개략토량 산정은 지형측량 도면에 계획 가로망을 삽입시켜 측점을 넣고 이 도면을 토대로 종·횡단면을 작성하여 토공계획에 가장 적합한 절토량과 성토량을 구한다.

(2) 토량계산 방법으로 양단면 평균법, 점고법, 등고선법등이 있지만 일반적으로 양단면 평균법에 의하여 구한다.

2.2 토공의 균형

토공에 있어서 절·성토 균형을 취한다는 것은 대단히 중요하다. 그 이유는 토공에서 과부족이 생기면 그 처리가 어렵고 이에 따라 공사비가 증가되기 때문이다. 또 단지조성의 경우 균형을 취함이 중요하지만, 균형에 관한 중점을 둠으로 지구계 부분과 단차, 도로경사, 단지경사등 문제점이 예상될 수 있으므로 장기간의 이용성을 해치지 않도록 주의하며 이용성에 무리가 없는 절·성토량의 균형을 이루도록 설계한다.

2.3 이동거리의 최소화

(1) 단지내에서의 이동토량 운반거리에 따라 경제성 및 작업성을 검토한 후 도쟈, 스크레이퍼 및 덤프운반 등으로 구분 검토한다.

(2) 단지내에서의 토량 균형이 맞추어 지질 않아 반입토, 반출토가 생길 경우 토취장, 사토장을 정하여 가능한 작업현장과 가까운 곳으로 이동거리를 최소화 하여야한다.

1) 토취장 선정시 고려사항

① 토질이 양호할 것

② 토량이 소요량에 충분할 것

③ 운반로가 양호하고 장애물이 적고 유지하기가 용이할 것

④ 싣기가 용이한 지형일 것

⑤ 용수 및 산붕의 위험이 없고 배수하기 양호한 지형일 것

⑥ 굴착깊이는 인력 또는 기계작업이 적당할 것

2) 사토장 선정시 고려사항

① 사토량을 충분히 수용할 수 있어야 한다.

② 운반로가 양호하고 장애물이 적고 유지하기가 용이할 것

③ 용수의 위험이 없고 배수에 양호한 지형 이어야 한다.

④ 용지매수, 보상등이 싸고 용이할 것

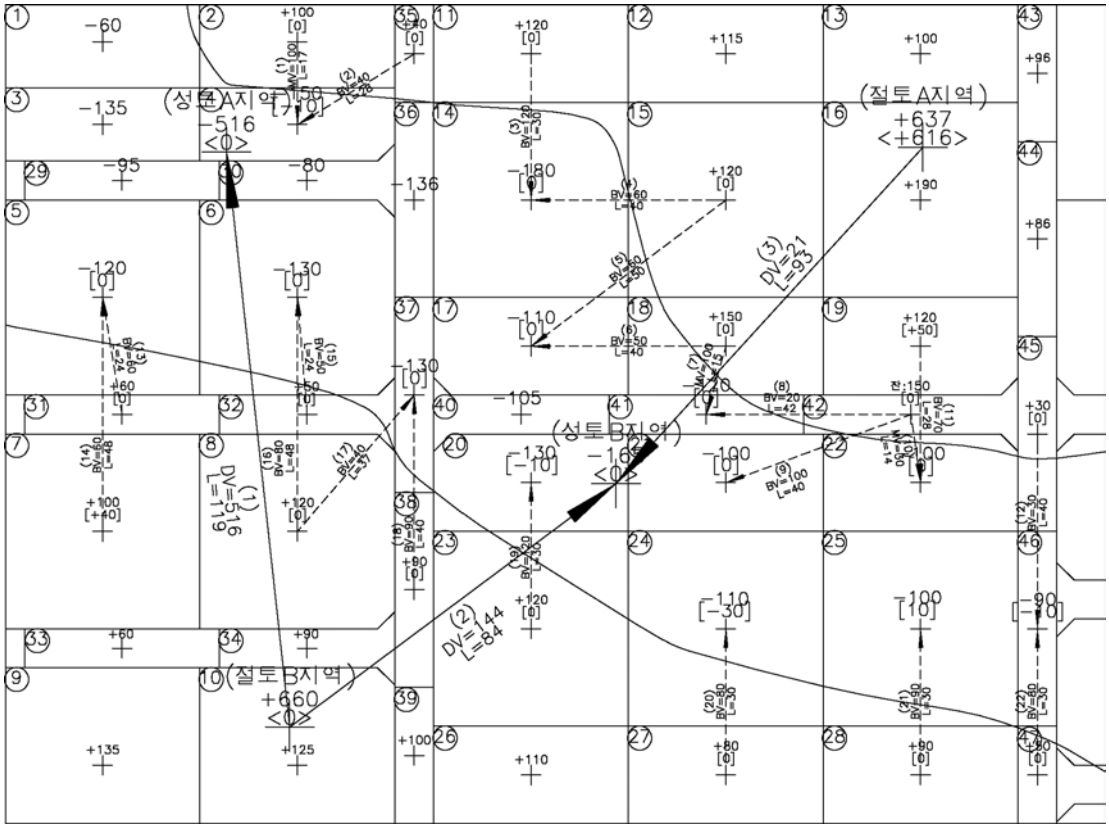
(3) 용토계획에 따른 평면상 직선거리로 하되 지형, 지물등으로 직선 운반이 불가능할때는 운반 가능한 최단거리로 한다.

(4) 포장공사 재료(보조기층, 기층, 표층)운반은 도로선형에 따른 직선거리로 한다.

2.4 토량의 배분

토공공사에 있어서 어느 절토를 어느 성토구역에 사용하느냐, 어느 절토를 버리느냐 또는 성토에 필요한 흙을 어느 토취장으로부터 운반 하느냐 등을 결정하는 것을 토량 배분이라 한다. 토공 계획이 정해지면 운반거리별 토량을 알 수 있게 된다.

토량 배분은 운반거리가 가급적 단거리가 되도록 계획하는 것이 원칙이며 토량 배분의 일반적인 기법은 평면도상 토량배분이 있으나 현장의 지형을 확인한 후 배분한다.



[그림 2.1] 토공이동계획 평면도

2.4.1 평면상의 토량배분

단지내에서의 토공이동방법은 토공계획 평면도상에서 40m 간격의 방안망을 작성하고 토적표에서 산출된 무대량, 잔토량, 부족토량을 기입하여 이동량을 산출한다.

이 방법은 단지조성같은 도로와 택지를 구분없이 토량을 배분하는데 좋은 방법이다.

(1) 평면도 작성방법

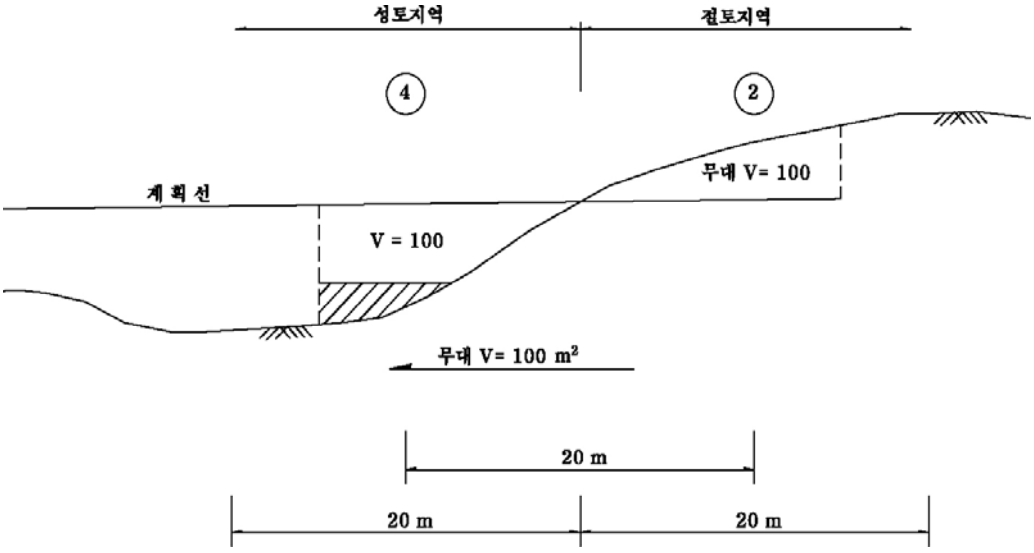
토적표상에서 40m 간격으로 집계해 놓은 것과 동일하게 토공계획도에 40m 방안망을 구성하여 [그림 2.1]과 같이 토공이동 계획 평면도를 작성한다.

(2) 위와같은 방법으로 토적표에서 산출된 토량을 토공이동 계획 평면도를 작성한다.

(3) 토공이동계획 평면위에 절토, 성토선을 넣어 절토지역과 성토지역을 구분한다.

(4) 토적표에서 40m 간격으로 소계량을 절토량과 성토량을 구분하여 토적표상의 측점과 동일하게 방안망 안에 기입한다.

(5) 절토, 성토지역 구분선 20m 내의 토공량을 번호를 붙여 2차 무대량을 산출 한다. 무대량이란 토공사의 흙깎기 및 흙쌓기 작업에서 절취작업으로 자동 흙쌓기되는 운반거리(20m) 구간에 대하여는 흙쌓기 공사비를 무대로 한다.



[그림 2.2] 무대량 산출범위

[그림 2.2]는 무대이동의 예를 보여준 것으로 실제 택지에서는 무대이동 방향이 여러부분으로 이동할 수 있다.

(6) 2차무대량 산출방법 - [그림 2.1] 참고

이동번호	~ 에서	~ 으로	운 반 량 (V)
1	2	4	100
7	18	41	100
10	42	22	30
			230

(7) 성토, 절토지역의 구분에서 60m이내의 토공량을 번호를 붙여 도쟈 운반량으로 산출한다. 도쟈는 60m 전후와 단거리의 운반용 장비이다.

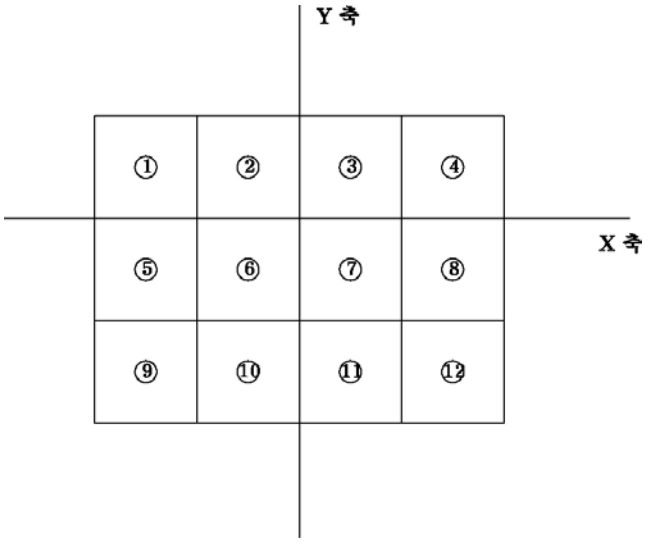
(8) 도쟈 운반거리 및 운반량 산출방법 - [그림 2.1] 참고

이동번호	~ 에서	~ 으로	운 반 량(V)	운반거리(L)	V X L
2	35	4	40	28	1,120
3	11	14	120	30	3,600
4	15	14	60	40	2,400
5	15	17	60	50	3,000
6	18	17	50	40	2,000
8	42	41	20	42	840
9	42	21	100	40	4,000
11	19	22	70	28	1,960
12	45	46	30	40	1,200
13	31	5	60	24	1,440
14	7	5	60	48	2,880
15	32	6	50	24	1,200
16	8	6	80	48	3,840
17	8	37	40	37	1,480
18	38	37	90	40	3,600
19	23	20	120	30	3,600
20	27	24	80	30	2,400
21	28	25	90	30	2,700
22	47	46	80	30	2,400
계			1,300		45,660

$$\text{도쟈운반거리}(L) = \frac{\Sigma(V \times L)}{\Sigma V} - 20 = \frac{45,660}{1,300} - 20 = 15.1m$$

Σ(V×L) = 토량(V)×운반거리(L), ΣV = 토량(V)의계, 20m 도쟈 집토거리

(9) 성토지역, 절토지역별로 구분하여 2차 무대량과 도쟈운반량을 제외한 잔토량에 대해 좌표로서 무게중심을 구하여 덤프운반거리를 산출한다.



[그림 2.3] 덤프운반 무게중심 산출방법

$$X = \frac{(x_1 \times v_1) + (x_2 \times v_2) + \cdots + (x_n \times v_n)}{\Sigma V}$$

X = X축 토량 무게 중심(x축에서 토량중심선 까지의 거리)

$(x_1 \times v_1)$ = ①번 방안망의 (X축좌표 × ①번 토공량)

ΣV = 토공의 총량

$$Y = \frac{(y_1 \times v_1) + (y_2 \times v_2) + \cdots + (y_n \times v_n)}{\Sigma V}$$

Y = Y축 토량 무게중심(y축에서 토량중심선 까지의 거리)

$(y_1 \times v_1)$ = ①번 방안망의(Y축좌표 × ①번 토공량)

ΣV = 토공량 총량

$$L = \frac{\left\{\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \times V\right\} \cdots\cdots + \left\{\sqrt{(x_n - x_{n+1})^2 + (y_n - y_{n+1})^2} \times V\right\}}{\Sigma V}$$

L = 덤프운반거리, ΣV = 덤프운반 총량

x_1 = 성토 x축 무게중심

x_2 = 절토 x축 무게중심

y_1 = 성토 y축 무게중심

y_2 = 절토 y축 무게중심

※ L은 절취 및 상차장비에 따라 -20m 적용

(10) 덤프 운반거리 및 운반량 산출 방법 - [그림 2.1] 참고

1) 덤프량 및 중심거리 산출서(성토지역)

(성토A지역 운반량 무게중심)

일련번호	X	Y	성 토 량(V)	X × V	Y × V
1	160440	54784	60	9624000	3287040
3	160440	54767	135	21654000	7393545
4	160440	54767	10	1604400	547670
29	160404	54755	95	15238380	5201725
30	160442	54755	80	12835360	4380400
36	160464	54751	136	21823104	7446136
소 계			516	82779244	28256516
총 계			516	82779244	28256516

X = 82779244 / 516 = 160425

Y = 28256516 / 516 = 54761

(성토B지역 운반량 무게중심)

일련번호	X	Y	성 토 량(V)	X × V	Y × V
20	160488	54693	10	1604880	546930
24	160528	54663	30	4815840	1639890
25	160568	54663	10	1605680	546630
40	160486	54707	105	16851030	5744235
46	160592	54663	10	1605920	546630
소 계			165	26483350	9024315
총 계			165	26483350	9024315

X = 26483350 / 165 = 160505

Y = 9024315 / 165 = 54693

2) 덤프량 및 중심거리 산출서(절토지역)

(절토A지역 운반량 무게중심)

일련번호	X	Y	절 토 량(V)	X × V	Y × V
12	160528	54781	115	18460720	6299815
13	160568	54781	100	16056800	5478100
16	160568	54751	190	30507920	10402690
19	160568	54721	50	8028400	2736050
43	160592	54777	96	15416832	5258592
44	160592	54743	86	13810912	4707898
소 계			637	102281584	34883145
총 계			637	102281584	34883145

X = 102281584 / 637 = 160568

Y = 34883145 / 637 = 54762

(절토B지역 운반량 무게중심)

일련번호	X	Y	성 토 량(V)	X × V	Y × V
7	160400	54683	40	6416000	2187320
9	160400	54635	135	21654000	7375725
10	160440	54635	125	20055000	6829375
26	160488	54633	110	17653680	6009630
33	160404	54659	60	9624240	32795404
34	160442	54659	90	14439780	4919310
39	160464	54637	100	16046400	5463700
소 계			660	105889100	36064600
총 계			660	105889100	36064600

X = 105889100 / 660 = 160438

Y = 36064600 / 660 = 54643

3) 덤프운반량 및 운반거리 산출

이동번호	~ 에서	~ 으로	운 반 량(V)	운반거리(L)	V × L
1	절토 B	성토 A	516	119	61,404
2	절토 B	성토 B	144	84	12,096
3	절토 A	성토 B	21	93	1,953
계			681		75,453

덤프운반거리$(L) = \frac{\sum(V \times L)}{\sum V} - 20 = \frac{75,453}{681} - 20 = 91m$

(11) 단지내의 모든 운반토량은 직선거리로 하되, 지형, 지물 등으로 직선운반이 불가능할 때는 실제의 최단거리로 한다.

(12) 반입토나 반출토가 생길 경우 토취장, 사토장의 위치별로 운반거리를 도로포장 상태에 따라 별도로 산출한다.

2.5 토량 유용

사업지구내에서 발생하는 토사, 암류 등은 공사비 절감 측면에서 도로포장재료, 뒷채움 재료 등으로 유용계획 등을 검토하여 토량 유용을 최대한 활용한다.

2.5.1 성 토

성토부의 기초는 성토를 충분히 지지할 수 있는 강도를 가져야 한다. 함수량이 많은 실트 등은 기초로서 지지력을 얻을 수 없으므로 연약지반으로 보고 대책공법을 강구한 후 성토를 하도록 해야 한다.

성토의 안정은 기초가 중요한 조건이므로 기초의 상태를 잘 조사하는 것이 중요하다. 기초로서 조사할 항목은 지지력, 투수성, 지하수위 등이며 이를 알기위해서 어느 깊이까지 토질을 채취해서 조사하여야 한다.

모래, 자갈층이면 지지력은 충분하지만 투수성이 크고 실트이하의 토질에서는 함수량에 따라 지지력이 부족된다. 또, 유기질이 많은 토질은 지지력이 부족하여 큰 침하를 일으키는 수도 있다. 연약 지반이 아닌 경우라도 다음과 같은 경우에 대해서는 검토가 필요하다.

2.5.2 성토가 특히 높은 경우

보통 10m이상의 고성토에서는 자중도 상당히 크게 된다. 따라서 지지력이 크고 균일한 지지상태가 기대되는 경우가 아니라면 일단 조사를 통해 안전을 검토할 필요가 있다. 특히 경사지반 상태에 성토를 할 경우에는 지층과 경계면의 경사 전단력 저항, 용수 유무 등을 조사하여 필요한 경우 안정을 위한 대책을 취하지 않으면 안된다.

2.5.3 성토고가 특히 낮은 경우

답이나 표면에 엷은 연약층이 있는 지반에서는 배수계획이 필요하거나 투수성이 높은 재료를 부설할 필요가 생긴다. 또한 설계상 성토고 1m 이하의 낮은 성토에서는 자동차의 반복하중이나 지하수가 상부까지 이르는 작용에 의해 포장에 나쁜 영향을 줄 염려가 있으므로 기초지반의 일부를 환토한다든지 투수성이 높은 양질의 토사 부설을 검토해야 한다.

2.5.4 성토기준

(1) 단지
- 토사, 리핑암 1㎥ 절취 → 1㎥ 성토
- 발파암 1㎥ 절취 → 1×C ㎥ 성토

(2) 도로
- 노상토사 1㎥ 절취 → 1×C ㎥ 성토(95%)
- 노체토사 1㎥ 절취 → 1×C ㎥ 성토(90%)

2.5.5 노상 및 노체

(1) 노상

노상은 포장을 매개로 전달되는 교통하중을 지지하고 포장공사 등을 위한 대형 시공기계가 진입할 수 있어야 하므로 그 목표에 부합되는 균일한 노상을 구축하는 것을 기본으로 한다. 따라서 다음 사항을 충분히 고려하여 경제적인 설계가 되도록 해야 한다.

1) 상부 노상 및 땅깎기부 노상 상면에서 타이어 롤러의 복륜하중 5 t 이상, 타이어 접지압 5.6 kg/㎠에 의한 프루우프 로울링(Proof Rolling) 허용 처짐량을 5 mm 이내로 한다.

• 프루우프 로울링(Proof Rolling) : 흙쌓기부의 노상을 마무리하기 전에 불량부분에 대한 수정작업을 하기 위하여 전 표면에 걸쳐 시행하는 검사다짐

2) 노상의 구성, 재료의 선정을 가장 경제적으로 되도록 결정하는 것을 원칙으로 한다. 따라서, 노상 재료는 현장 내의 발생토를 유효하게 사용하는데 노력하고, 구입 선택재 및 안정처리재의 사용으로 안일하게 고려해서는 안된다.

3) 노상의 설계는 밑에 표시한 노상 재료의 품질 및 다짐 규정에 따르도록 한다. 단 최종적인 노상의 구성 및 재료의 선정은 공사의 초기에 시험시공을 하여 결정하는 것을 원칙으로 한다.

4) 노상의 두께는 100cm를 표준으로 한다. 단, 땅깎기부에서 암석 및 상부 노상에 상당하는 재료가 발생하는 경우에는 이러한 제한을 두지 않는다.

5) 상부 노상면의 횡단경사는 포장면과 동일한 경사로 한다. 단, 2% 미만의 완경사 및 횡단경사의 접합 장소는 표면수가 충분히 처리될 수 있도록 횡단경사를 변경하도록 한다.

6) 노상 재료의 품질 및 다짐

<표 2.1> 노상 재료의 품질 및 다짐

구 분	상 부 노 상	하 부 노 상	시 험 법
최 대 치 수	100 mm	150 mm	
No.4체 통과율	25 ~100 %	-	
No.200체 통과분	0 ~25 %	50 % 이하	
No.40체 통과분에 대한 소성지수	10 이하	20 이하	
수침 CBR[2]	10 이상(20 이상)[1]	5 이상(10 이상)[1]	
다 짐 도	95 % 이상	90 % 이상	KSF 2312 C,D,E방법
시공시의 함수비	다짐도 및 수정 CBR 10 이상을 얻을 수 있는 함수비, 최적함수비 ±2 %	다짐도 및 수정 CBR 5 이상을 얻을 수 있는 함수비	KSF 2306 KSF 2312
시공층 두께	20 cm 이하	20 cm 이하	한층당 마무리 두께

자료 : 건설교통부, 국도건설공사 설계실무 요령

주) 1. 괄호안의 값은 안정처리의 경우

2. CBR 시험의 공시체 함수비 Wn이 Wopt 이상의 경우 Wn, Wn이 Wopt미만의 경우 Wopt로 한다.

단, 상부 노상재료 소성지수(PI) ≥ 10 이고, 75㎛체 통과분이 25% 이상인 경우 원칙적으로 사용하지 않는다.

7) 동상방지층

노상의 토질이 동결할 염려가 있는 경우에 동상을 받지 않는 재료로 동결심도와 포장두께의 차이만큼 노상의 상부에 동상방지층을 두며 일반적으로 이층은 포장구조의 계산에는 포함시키지 않으며 노상에 포함시킨다. 동상방지층을 노상에 사용할 경우에는 개선된 노상지지력 값을 밑의 식에 따라 산정한다.

$$CBRm = \left(\frac{h_1 \cdot CBR_1^{1/3} + h_2 \cdot CBR_2^{1/3} + \cdots + h_n \cdot CBR_n^{1/3}}{100} \right)^3$$

여기서, CBRm : 그 지점의 CBR(%)
CBRn : 제 n층 흙의 CBR(%)
hn : 제 n층의 두께(cm)
$h_1 + h_2 + \cdots + hn = 100$(cm)

동상방지층은 포장을 동결로부터 보호해야 하며, 따라서 그 재료는 자갈 또는 모래와 같은 비동결 재료로서 동결에 의한 분리현상이 생기지 않는 것이어야 한다. 동상방지층은 투수성이 있어 빙막의 형성을 방지하여야 하므로 사용재료는 다음의 요건에 맞는 것이어야 한다.

① 최대입경 : 동상방지층에 사용될 골재의 최대입경은 75~80mm를 초과할 수 없다.

② 세립토 함유량 : 동상방지층에 사용될 재료는 직경 0.02mm 이하의 세립토 함유량이 3% 이하이어야 하며, 0.08mm(NO.200)체를 통과한 재료의 함유량이 10%이하 이어야 한다.

③ 모래당량 시험값은 25% 이상, 소성지수는 10이하 이어야 한다.

(2) 노체

흙쌓기는 현장에서 발생하는 흙을 효과적으로 사용하여 장래에 받게 될 외력에 대하여 안정된 내구적인 흙구조물을 구축하는 것을 목적으로 한다. 따라서, 흙쌓기 구조의 대부분을 차지하는 노체는 다음 사항을 충분히 고려해서 경제적인 설계가 되도록 해야 한다.

1) 흙쌓기부의 기초지반, 흙쌓기재료의 특성 및 분포를 파악해야 한다.

2) 현장에서 발생하는 흙은 흙쌓기 위치의 검토, 함수비 조절 등 적절한 수단을 강구하여 최대한 효과적으로 사용하도록 하며 안일하게 사토하지 않도록 한다.

3) 흙쌓기의 시공에서는 토질에 적합한 기계를 사용하여 얇고 균일하게 포설하여 다짐해야 한다.

4) 흙쌓기의 안정성 및 시공성 등에 크게 영향을 미치는 지하수 및 표면수에 대해서 충분한 조사를 실시하고 적절한 대책을 강구해야 한다.

5) 강우나 기온 등의 영향을 받기 쉬운 세립토(실트, 점성토 등)에 대해서는 토량 배분계획 및 시공계획시 시공하는 계절을 충분히 고려하도록 한다.

6) 흙쌓기의 안정 검토에서는 재해사고나 붕괴가 생길 경우 인접지에 미치는 영향, 복구의 난이 및 안정계산 결과 등을 종합적으로 검토하도록 한다.

7) 노체 재료의 품질 및 다짐

<표 2.2> 노체 재료의 품질 및 다짐

구 분	토 사[1)]	암 괴[2)]	시 험 법
수침 CBR	2.5 이상	-	
다 짐 도	90 % 이상	시험시공에 의해 결정	KSF 2312 A,B 방법
시공시의 함수비	다짐시험 방법에 의한 최적함수비 부근과 다짐곡선의 90% 밀도에 대응하는 습윤측 함수비 사이	자연함수비	
다짐후의 건조밀도	1.5 t/㎥ 이상	1.5 t/㎥ 이상	
시공층 두께	30 cm 이하	시험시공에 의해 결정	한층당 마무리 두께

자료 : 건설교통부, 국도건설공사 설계실무 요령

주) 1. 토사란 암괴에 해당하지 않는 일반적인 쌓기 재료를 말함

2. 암괴란 단단한 암석으로 된 지반을 깎기(터널굴착)시 발생하는 암석조각을 말함.

• 이암, 혈암, 응괴암 등의 재료를 사용한 쌓기 중에는 시공 후 큰 압축 침하를 일으키는 것이 있으므로 충분한 대책을 강구해야 한다.

2.5.6 다 짐

흙쌓기층은 균일한 밀도를 얻기 위하여 사전에 모터그레이더 등으로 땅고르기를 하고 소정의 다짐도가 되도록 다져야 한다.

(1) 다짐기준

<표 2.3> 다짐기준

공 종 / 구 분	일반 흙쌓기부			도로부		되메우기 (포장하부)
	30cm이내	1m이내	1m이상	노체	노상	
다짐도(%)	90	90	90	90	95	95
다짐두께(cm)	30	30	60	60	20	20
최대입경(mm)	50	150	300	300	100	100

자료 : 대한주택공사, 토목설계지침

주) • 일반 흙쌓기부 마무리면에서 1m 하부 및 도로부에서 노체완성면 60cm 하부에서 암버럭 쌓기재료를 사용하는 경우에는 최대입경 600mm 이하, 1층 다짐 후의 두께는 60cm 이하로 한다. 다만 풍화암이나 이암, 셰일, 실크스톤, 천매암, 편암 등 암석의 역학적 특성에 의해 쉽게 부서지거나, 수침 반복시 연약해지는 암버럭의 최대치수는 30cm 이하로 한다.

(2) 시공함수비

기준밀도로 관리하는 흙의 다짐에는 다짐시험에서 구한 함수비 관리범위 내에서 실시한다.

(3) 시험다짐

1) 흙쌓기 재료는 현장조건 및 토질상태 등에 따라 토질정수를 달리하므로 미리 당해 흙쌓기 재료로 현장다짐 시험을 실시하여 소요 다짐도를 얻을 수 있는 함수비, 다짐장비 및 다짐횟수 등의 작업기준을 정하여 시공하여야한다.

2) 소량(2,000㎥이하)인 경우 또는 시험 흙쌓기의 필요성이 없는 경우에는 상기 다짐기준을 적용하여 시공할 수 있다.

2.5.7 절 토

(1) 깎기·쌓기부 비탈면경사는 토질별 비탈면안정 검토결과에 따라 적용하며, 소규모 현장일 경우는 표준기준을 고려하여 설계에 반영한다.

1) 토사깎기

① 깎기 경사는 1:1.5를 표준으로 하되, 사면 안정검토 결과에 따라 조정·적용한다.

② 직고 3m마다 그 비탈면 면적을 5분의 1 이상에 해당하는 면적을 단으로 설치한다. 단, 비탈면의 토질·경사도 등으로 보아 건축물의 안전상 지장이 없다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니한다.

2) 리핑암깎기

① 깎기경사 5m 미만은 1:1.2, 5m 이상은 1:1.5를 표준으로 하되, 사면안정 검토 후 현지여

건에 따라 조정할 수 있다.

② 직고 3m 마다 그 비탈면 면적의 5분의 1 이상에 해당하는 면적을 단으로 설치한다. 단, 비탈면의 토질·경사도 등으로 보아 건축물의 안전상 지장이 없다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니한다.

③ 소단과 소단사이에 토사와 리핑암 구분선이 발생시 많은 쪽 비탈면 경사를 적용토록 한다.

3) 발파암깎기

① 깎기경사 5m 미만은 1:0.8, 5m 이상은 1:1.0을 표준으로 하되, 사면안정 검토 후 현지여건에 따라 조정할 수 있다.

② 직고 3m마다 그 비탈면 면적의 5분의 1 이상에 해당하는 면적을 단으로 설치한다. 단, 비탈면의 토질·경사도 등으로 보아 건축물의 안전상 지장이 없다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니한다.

③ 암굴착시 공법의 적용은 다음을 기준으로 한다.

<표 2.4> 암굴착시 공법 적용 기준

구 분	적 용 기 준	비 고
토목공사 단독시공	진동 및 소음규제가 필요한 지구 - 파쇄 및 발파 100%	도심 및 주택가 등에 해당되며 집단가옥군으로부터 30m까지는 유압이나 가스압 또는 플라즈마 파암공법을, 30m이상은 패턴별 진동제어발파를 적용한다.
	진동규제만 필요한 지구 - 브레이카 및 발파 100%	구조물 인접지구에 해당되며 시설물로부터 30m까지는 대형브레이카 또는 플라즈마 파암공법을, 30m 이상은 패턴별 진동제어발파를 적용한다.
건축공사와 병행시공	브레이카 100% + 백호 터파기	배수관, 오수관, 급수관, 옹벽, 담장, 맨홀, 하수암거, 공동구, 지하저수조, 오수처리시설, 집수정, 문주, 연락관, 빗물받이, 기타구조물

자료 : 대한주택공사, 토목설계지침

④ 대지조성공사 중 건축공사와 병행시공되는 구조물터파기 공사는 브레이카 100%를 적용한다.

⑤ 비탈면부위 등 장비투입이 불가능할 시에는 인력 굴착을 적용한다.

⑥ 집단가옥군이나 구조물 인접지구로부터 이격거리에 따라 적정공법을 사용한다.

⑦ 진동 및 소음규제가 필요한 지구에서 100m이내 진동제어발파에서는 발파보호공 및 차음벽을, 파쇄공법에는 차음벽을 설치한다.

⑧ 건축공사와 병행 또는 일부병행 시공의 경우에도 진동 및 소음규제가 필요한 지구는 토목공사 단독시공의 적용기준에 따른다.

⑨ 진동제어발파의 패턴은 허용 진동속도 0.3m/sec를 기준으로 암종별(연암, 보통암, 경암) 및 시설물로부터의 거리에 따라 12개 패턴으로 다음과 같이 구분 적용하되, 도심지재개발 및 주거환경개선지구 등과 같이 민원발생이 예상되는 지역은 별도의 기준을 적용할 수 있다.

(가) 진동제어발파 Ⅰ : 30~60m

(나) 진동제어발파 Ⅱ : 60~100m

(다) 진동제어발파 Ⅲ : 100~200m

(라) 진동제어발파 Ⅳ : 200m이상

⑩ 발파공법 적용은 환경영향 평가시 소음·진동 및 환경에 미치는 영향 및 설계기준, 현장여건 등을 고려하여 적용하여야 한다.

⑪ 발파 시행시 발파 진동 계측기를 설치하여 허용 기준치를 상회하지 않도록 철저히 하며, 안전관리 요원을 배치하여 민원발생 및 사고 위험성을 사전예방 한다.

⑫ 안전시설목 : 발파암 4m미만, 깎기 높이 10m미만 구간에 설치한다.

⑬ 발파암 깎기 공종별로 수량산출 및 단가산출을 작성한다.

⑭ 발파암 유용시 : 기계소할 15%(암파쇄, 정밀진동제어 발파는 제외)

사토현장 : 소할비 미계상

브레이카 깨기 : 소할비 미계상

(가) 브레이카 : 기존도로와 접해있는 확장부의 깎기(깎기 높이가 10m 이상일때에는 차량통행에 지장 없도록 가시설을 설계에 반영한다. : H-BEAM, 토류판등)

(나) 암파쇄굴착공법 : 소음, 진동규제치 기준에 의거 발파원에서 보안물건(주요시설물, 축사, 가옥, 공장 등)과 충분한 이격거리에 맞게 적용하도록 하고, 시험발파를 통해 발주처와 협의하여 발파구간을 선정한다.

(다) 정밀진동제어발파 : 소음, 진동규제치 기준에 의거 발파원에서 보안물건(주요시설물, 축사, 가옥, 공장 등)과 충분한 이격거리에 맞게 적용하도록 하고, 시험발파를 통해 발주처와 협의하여 발파구간을 선정한다.

(라) 진동제어발파 : 발파원 중심에서 보안물건(주요시설물, 축사, 가옥, 공장 등)과의 충분한 이격거리에 맞게 적용한다.

(마) 일반발파 : 동일한 장소내에서 발파 규모가 적은 지역에 연속적인 작업이 가능

한 지역으로 크롤러 드릴을 사용하여 공당 파쇄량이 15.5㎥인 구간에 적용한다.

(바) 대규모발파 : 동일한 장소내에서 일반발파규모가 큰 지역에 연속적으로 작업이 가능한 지역으로 크롤러 드릴을 사용하여 공당 파쇄량이 55㎥인 구간에 적용한다.

(사) 발파암 소할(기계15% 적용) : 진동제어발파(소규모, 중규모), 일반발파, 대규모발파로 발생된 발파암 수량중 유용하는량에 한하여 소할 15%를 반영한다.

(아) 시험발파비용은 4km 범위내에서 1회를 설계에 반영하고, 시공단계에서는 암반특성 및 현장조건에 따라 조정할 수 있다.

(2) 암발파 깎기부 비탈면 경사는 비탈면 안정검토 결과에 따라 적용하며 공사의 효율성과 민원발생 방지를 위하여 발파원에서 부터 보안시설까지의 이격거리 기준으로 산출한다.

(3) 진동 허용속도는 각 보안시설물과 이격거리를 고려하여 적용공법을 선정하고, 공사시행시 시험발파를 실시하여 지반 진동상수 및 지발당 허용 장약량을 결정한 발파량을 감안하여 발파공법을 조정·적용할 수 있다.

- 천공제원
- 진동허용 기준치
- 지발당 허용 장약량
- 발파원에서 보안시설까지의 사거리
- 적용 발파공법 등

(4) 건설공사의 발파공법은 보안시설로부터 발파소음, 진동, 비석 등의 환경피해 및 민원발생의 원인이 되므로, 환경피해를 저감 시킬 수 있도록 현지여건을 고려한 시공성, 경제성, 안정성 등을 감안하여 적정한 발파공법을 선정한다.

(5) 공사시에는 시험발파에서 제시된 천공간격, 지발당 허용장약량, 발파패턴 등에 따라 발파공사를 시행하여야 하며, 계측관리를 철저히 시행하여 안전하게 발파하여야 한다. (단, 설계 발파공법이 변경될 경우 발주청과 협의하여 설계변경을 하여야 한다.)

2.6 암의분류

2.6.1 분류기준

(1) 암석의 분류는 역학적 특성과 탄성파 속도에 따라 극경암, 경암, 보통암, 연암, 풍화암으로 구분한다.

(2) 암석의 토목 공학적 분류는 국내에서는 강도에 의한 분류(극경암, 경암, 보통암, 연암, 풍화암)가 사용되고 있는데, 풍화에 의한 방법이나 강도에 의한 방법에서도 각 분류 등급이 꼭 뚜렷하게 나뉘어 지는게 아니고 경계 부분의 암석들도 많으므로 사용상 너무 기준에 엄격할 필요는 없다. 같은 용어라도 어느 방법을 선택하느냐에 따라 그 강도기준은 다르나, 국내에서는 건설부의 품셈에 기준한 강도에 의한 분류가 널리 사용된다.

<표 2.5> 건설부 표준품셈의 암석(암편)의 일축압축강도에 따른 분류기준

구 분 / 암 석	일축압축강도 (kg/㎠,건조상태):UCS_d	점하중강도 (kg/㎠):PLS_d	슈미트해머 수치(SHV)	급속흡수율 (%):QAI	비 고 (해머에 의한 타격)
극 경 암	1,800이상	88이상	60이상	0.24이하	큰 해머로 타격시 튕기며 용이하게 깨어지지 않는다.
경 암	1,300～1,800	56～88	51～60	0.47～0.24	큰 해머로 타격시 약간 깨어진다
보 통 암	1,000～1,300	37～56	44～51	0.80～0.47	큰 해머로 타격시 균열을 따라 크게 떨어진다
연 암	700～1,000	18～37	34～44	1.65～0.80	보통 해머로 타격시 비교적 용이하게 깨어진다.
풍 화 암	300～700	0～18	10～34	9.25～1.65	보통 해머로 용이하게 소편으로 깨어지며 때로는 손으로도 쪼개진다.

주) 참고 : 본 점하중강도 및 슈미트해머 수치는 국내의 화강암에서 측정한 아래의 상관관계식을 이용한 수치이다. (LEE.S.G. 1987)

$UCSd = 412.8375 \times 15.84971 \times PLSd$: (r=0.902)

$Log\ UCSd\ -1 = 1.32481 + 0.01541 \times SHVd$: (r=0.871)

(3) 여기서 UCSd 와 PLSd는 kg/㎠ 단위이다. 위의 두 관계식은 변성암이 편리에 수직인 하중방향에 대한 강도에 잘 적용될 수 있으나, 편리에 평행한 하중방향에는 적용될 수 없다. 국내 화강암에서 측정한 급속흡수율과 일축압축강도와의 상관 관계식은 다음과 같다. (LEE.S.G. 1987)

$Log\ UCSd\ -1 = 1.915129 - 0.49078 \times Log\ QAI$: (r=0.857)

(4) 일축압축강도를 정량적으로 간략하고 신빙성 있게 현장에서 추정하는 암판정 방법으로 점하중강도 실험이나 슈미트해머 반발도 실험이 이용될 수 있으며, 국내의 대표적인 암석인 화강암과 편마암의 경우는 <표 2.6>과 같다.

<표 2.6> 국내 화강암석(암편)의 풍화분류에 따른 물성치수

(LEE.S.G. 1987 : LEE & de Freitas, 1988)

구 분 / 암석의 분류	일축압축강도 (kg/㎠):UCS_d		점하중강도 (kg/㎠):PLS	슈미트해머 수치(SHV)	암석(암편)의 탄성파속도 (m/sec):Vp		급속흡수율 (%):QAI
	건조상온 :UCS_d	습 윤 :UCS_s	건조상온 :UCS_d	건조상온	건조상온 :Vp_d	습 윤 :Vp_s	
경암-극경암	1,250～2,600	800～2,400	90～130	59～62	4,500～5,000	5,000～5,200	0.38～0.17
경 암	1,000～1,700	550～1,350	50～125	51～56	4,000～4,400	4,500～5,000	0.88～0.24
연 암	600～1,200	200～350	20～60	37～48	2,900～3,500	3,800～4,200	1.57～0.69
풍 화 암	350～550	100～150	3～9	12～21	1,700～1,800	3,000～3,300	5.3～2.48

(5) 또한, 암석의 일축압축강도를 추정하는 방법의 하나인 암석(암편)의 실내 탄성파 속도는 시료의 함수상태에 따라서 영향을 크게 받으므로 실내 탄성파 속도뿐만 아니라 함수상태가 역시 언급되어야 한다. 함수상태를 고려한 국내의 화강암석의 물성은 <표 2.6>과 같다.

(6) 암판정의 실내 측정방법으로서 간단하고 신속하게 일축압축강도를 비교적 신뢰성 있게 추정하는 급속흡수율 측정법(Quick Absorption Index Test)도 유용하게 사용될 수 있으므로 이 급속흡수율 지수의 이용을 고려하도록 한다.

(7) 탄성파란 탄성체에 충격을 가할 때 이충격이 물체 내로 전달되는 파동의 일종으로서 매질의 상태에 따라 전파속도가 변하는 성질을 갖고 있다. 즉, 탄성파는 매질이 치밀할수록 전파속도가 증가하고, 느슨할수록 전파속도가 감소하는 특성을 갖고 있다. 암반의 경우에 암석의 구성 물질, 강도, 균열상태 등에 따라 전파속도가 변하며, 이와 같은 성질로 인하여 탄성파의 전파속도는 토공 작업시 리퍼의 작업능력을 판단하는 기준이 되고 있다.

(8) 탄성파에는 P파, S파, Rayleigh과, LOVE파 등 여러 형태가 있으나 리퍼빌리티의 결정에는 주로 P파의 전파속도를 사용하며, 동일 암종일지라도 공극, 밀도, 함수비, 균열상태 등에 따라 차이가 많으므로 리퍼빌리티를 판단할 때는 주의를 요한다. 건설부의 표준품셈에는 <표 2.7>과 같이 암석의 종류별로 탄성파 속도의 범위를 제시하고 있다.

<표 2.7> 탄성파 속도에 따른 암석의 분류 (표준품셈)

암석의 구분	그룹	자연상태의 탄성파속도 V(km/sec)	암편의 탄성파속도 Vc(km/sec)	암편내압강도 c(kg/㎠)	비 고
풍 화 암	A	0.7~1.2	2.0~2.7	300~700	• 내압강도 1. 시편 : 5cm입방체 2. 노건조 : 24시간 3. 수중침윤 : 2일 4. 내압시험 5. 시험방향(가압방향) z축 (결면에 수직) (탄성파속도가 가장 느린방향) • 암편탄성파 속도 1. 시편 : 두께 15~20cm 상하면이 평행면 2. 측정방향X축 (탄성파 속도가 가장빠른 방향) (결면에 평행)
	B	1.0~1.8	2.5~3.0	100~200	
연 암	A	1.2~1.9	2.7~3.7	700~1,000	
	B	1.8~2.8	3.0~4.3	200~500	
보 통 암	A	1.9~2.9	3.7~4.7	1,000~1,300	
	B	2.8~4.1	4.3~5.7	500~800	
경 암	A	2.9~4.2	4.7~5.8	1,300~1,600	
	B	4.1이상	5.7이상	800이상	
극 경 암	A	4.2이상	5.8이상	1,600이상	

<표 2.7>에서 A, B 그룹에 속하는 대표적인 암석은 다음과 같다.

구 분	A	B
대표적인 암석명	편마암, 사질편암, 녹색편암, 각암, 석회암, 사암, 휘록응회암, 역암, 화강암, 섬록암, 감람암, 사교암, 유교암, 셰일, 안산암, 현무암	흑색편암, 녹색편암, 휘록응회암, 셰일, 니암, 응회암, 집괴암
함유물 등에 의한 시각판정	사질분, 석영분을 다량 함유하고 암질이 단단한 것. 결정도가 높은것	사질분, 석영분이 거의 없고 응회분이 거의 없는 암석 천매상의 암석
500~1,000gr 햄머의 타격에 의한 판정	타격점의 암은 작은 평평한 암편으로 되어 비산되나, 거의 암분을 남기지 않는 것	타격점의 암 자신이 부서지지 않고 분상이 되어 남고 암편이 별로 비상되지 않는 암석

2.6.2 토사, 리핑암, 발파암의 분류

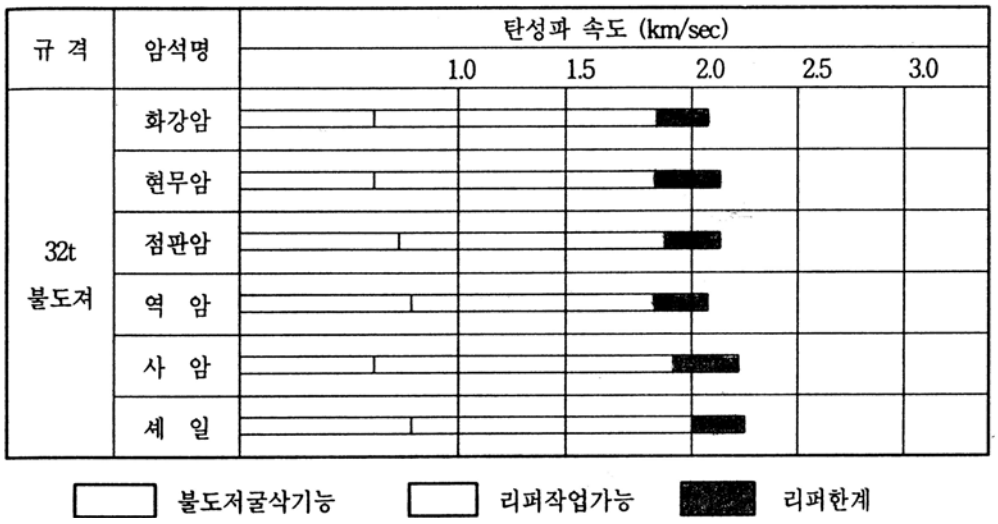
토사, 리핑암 및 발파암은 시공의 난이도에 따라서 구분한다. 이들의 구분은 공사비나 공기에 중대한 영향을 주기 때문에 설계에 있어서는 보링 조사결과를 충분히 검토하고 현지조사나 주변의 공사기록, 탄성파 속도 등을 참고해서 신중히 해야 한다.

(1) 토공의 적산 및 시공계획에서는 시공의 난이도에 따라 토사, 리핑암, 발파암으로 분류한다. 토사, 리핑암, 발파암의 최종적인 구분은 시공시 사용할 불도저의 가동능률을 기준하여 판정한다. 즉, 토사와 리핑암의 판정은 배토판을 사용한 불도저의 착암능력에 따라 구분하고, 리핑암과 발파암에 대해서는 불도저에 정착된 리퍼의 능력에 따라서 구분한다. 다시 말하면 토사는 불도저가 유효하게 사용될 수 있는 정도의 흙, 모래, 자갈 및 호박돌이 섞인 토질로, 리핑암은 불도저에 정착된 유압식 리퍼가 유효하게 사용될 수 있을 정도로 풍화가 진행된 지층으로, 발파암은 발파를 하는 것이 가장 효과적인 지층으로 정의된다. 그러나 설계단계에서의 토사, 리핑암, 발파암의 구분은 시추조사자료 등으로 추정하기 때문에 시공단계에서는 이들의 구분이 변경되기 쉬워 설계시 신중한 검토가 이루어져야 한다.

(2) 암석의 분류

1) 탄성파 탐사 결과에 의한 분류

터널 및 대규모 절토구간 등의 탐사에서 탄성파 탐사를 하는 경우 탄성파 속도에 의한 시공난이도를 추정할 수 있으며 [그림 2.4]를 참고값으로 할 수 있다.



[그림 2.4] 탄성파속도와 32t 불도저의 작업범위

2) 균열계수에 의한 분류

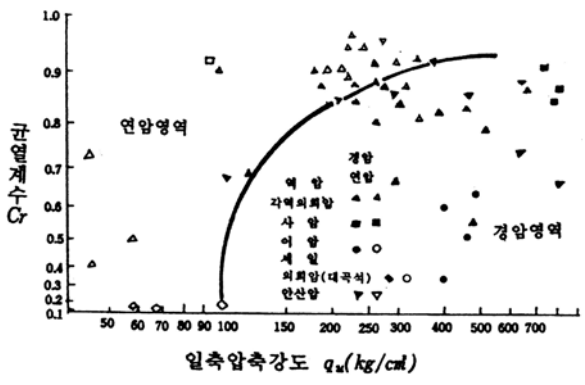
암석의 균열 정도를 알기 위해서는 균열계수를 사용하면 편리하다. 균열계수는 현장의 탄성파 속도와 동일 현장에서 계측한 균열 없는 공시체(일반적으로는 시추코아를 이용)의 탄성파 전달속도를 측정하여 다음 식으로 구한다.

V1 = 균열이 없는 공시체의 탄성파 전달속도

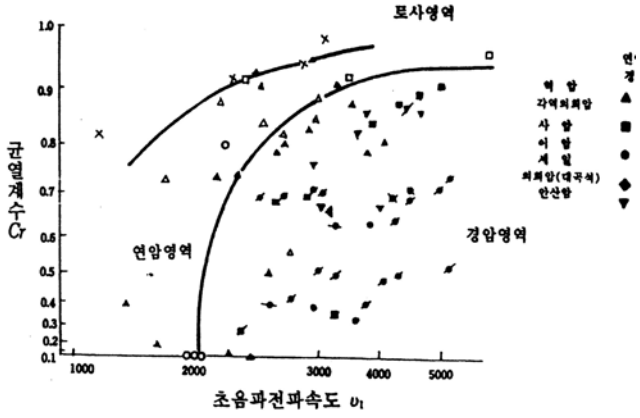
V2 = 원지반의 탄성파 속도

균열이 작으면 V1 ≒ V2 로 되어 Cr은 1.0에 가깝고, 반대로 균열이 많으면 V2가 V1에 비해 작게 되어 Cr은 0에 가깝다.

[그림 2.5], [그림 2.6]은 외국의 시공실적에서 구한 원지반의 균열계수와 일축압축강도, 탄성파 전달속도의 관계를 표시한 것으로 토사, 리핑암, 발파암의 영역을 개략적으로 구분 할 수 있다.



[그림 2.5] 원지반의 균열계수와 공시체의 일축압축강도와의 관계에 의한 리핑, 발파암의 구분



[그림 2.6] 원지반의 균열계수와 공시체의 초음파속도와의 관계에 의한 토사, 발파암의 구분

(3) 시추조사 결과에 의한 분류

1) 풍화 잔류토층과 풍화암층의 구분은 표준관입 저항치(N=50/10)를 기준으로 한다. 이는 현장 실험 결과나 탄성파 속도(p파) 700~1,000m/sec 정도가 되며, 32t급 불도저작업의 중질암 정도에 해당되어 이를 토사와 리핑암의 경계로 한다. 또한 풍화암층과 연암층의 구분은 코아 회수율(5~25%), 탄성파 속도(p파, 1,200~1,800m/sec)를 기준으로 하고 리핑암과 발파암의 경계로 한다.

2) 토공작업을 기준으로 흙 및 암석을 토사, 리핑암, 발파암으로 구분하며, 표토 및 풍화 잔류토는 토사, 풍화암은 리핑암, 연경암을 발파암으로 규정한다.

3) 토사, 리핑암, 발파암의 분류는 표준관입시험, 암석의 풍화정도, 탄성파속도 등을 종합적으로 검토하여 구분한다.

4) 별도의 시험, 검토등을 수행하지 않는 경우는 다음을 기준하여 토사, 리핑암, 발파암을 분류한다.

5) 표준관입시험, 불연속면의 발달빈도, 탄성파속도등은 별개의 고려 조건이 아니므로 분류시 이 요소들을 종합적으로 검토한다.

<표 2.8> 표준관입시험, 불연속면의 발달빈도, 탄성파속도에 따른 토사, 리핑암, 발파암의 분류

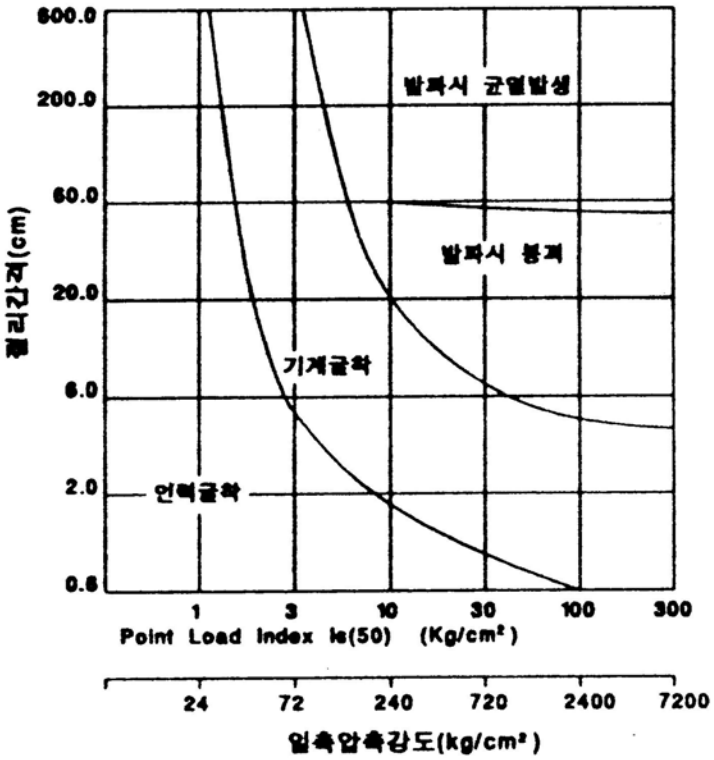
구 분		토 공 작 업		
		토 사(도 쟈)	리 핑 암	발 파 암
표준관입시험		50 / 10 미만	50 / 10 이상	
불연속면의 발달빈도	BX크기	-	T.C.R=5%이하이고 R.Q.D=0%정도	T.C.R=5~10%이상이고 R.Q.D=5%정도
	NX크기	-	T.C.R=25%이하이고 R.Q.D=0%정도	T.C.R=25%이상이고 R.Q.D=10%이상
탄성파속도	A 그룹	700m/sec미만	700~1,200m/sec	1,200m/sec이상
	B 그룹	1,000m/sec미만	1,000~1,800m/sec	1,800m/sec이상
A 그룹 암종 : 편마암, 사질편암, 녹색편암, 석회암, 안산암, 현무암, 유문암, 감람암, 화강암 B 그룹 암종 : 흑색편암, 휘록응회암, 셰일, 이암, 응회암, 집괴암				

자료 : 건설교통부, 국도건설공사 설계실무 요령

※ ・TCR : 코아회수율 ・RQD : 암반양호도 ・BX : 직경 58mm ・NX : 직경74mm

(4) 암질에 의한 분류

암석의 일축압축강도와 절리 등 불연속면의 빈도로 규정하여 이를 근거로 하여 Dozer굴착(Dig), Ripping, 발파(Blasting)를 [그림 2.7]을 이용하여 구분할 수 있다.



[그림 2.7] 강도 및 절리간격에 따른 굴착난이도(Franklin st al, 1971)

2.6.3 암반 물성치

토공설계에 사용되는 암반정수는 실내, 현장시험 및 RMR 분류를 종합 분석하여 암반의 설계정수를 산정해야 한다.

(1) 토공에 있어서 각 토층 및 암반의 물리적 역학적 특성은 설계 및 시공에 있어서 중요한 정수로 작용하고 있다.

(2) 일반적으로 물성치(토층 및 암석의 물리적 역학적 특성)를 산정하기 위해서는 현장에서 시추조사시 채취된 토질 및 암석시료를 이용하여 실내시험을 실시하여 물성치를 구하나 이는 암반 내에 존재하는 불연속면(절리상태, 파쇄대, 풍화정도 등)이 배제된 상태이기 때문에 이를 수치해석을 위한 물성치로 그대로 사용하는 것은 바람직하지 못하다.

(3) 따라서, 토공설계에 이용되는 토층 및 암반의 설계정수는 현장시험 및 실내시험, RMR 분류 등 종합적으로 고려하여 설계정수를 산정하는 것이 바람직하며, 시험 및 실험에 의한 종합적 분석값이 없는 경우 <표 2.9> 과 <표 2.10>을 참고로 하여 추정한다.

<표 2.9> 개략적인 암질특성 (Cohesive)

종 류	단위중량(kg/㎥)	내부마찰각(°)	점착력(kg/㎡)
Hard igneous Rocks - granite, basalt porphyry	2,500 ~ 3,000	35 ~ 45	350 ~ 550
Metamorphic Rocks - quartzite gneiss slate	2,500 ~ 2,800	30 ~ 40	200 ~ 400
Hard sedimentary Rocks - limestone dolomite sandstone	2,400 ~ 2,800	35 ~ 45	100 ~ 300
Soft sedimentary Rocks - sandstone - coal - chalk - shale	1,700 ~ 2,400	25 ~ 35	100 ~ 200

자료 : 한국도로공사, 도로설계 실무편람

<표 2.10> 평점결과에 따른 암질특성

구분 TYPE	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
개정암반 분 류 법	81 ← 100	61 ← 80	41 ← 60	21 ← 40	20 이하
암질상태	매우 양호 (Very good)	양 호 (Good)	보 통 (Fair)	불 량 (Poor)	매우 불량 (Very poor)
점착력(KPa)	300 초과	20 ~ 300	150 ~ 200	100 ~ 150	100 미만
마찰각	45° 초과	40° ~ 45°	35° ~ 40°	30° ~ 35°	30° 미만

자료 : 한국도로공사, 도로설계 실무편람

2.7 암발파 작업에 고려해야 할 적용기준

2.7.1 개요

건설공사에 있어 불가피하게 수행되어지는 발파작업은 발파의 영향으로 소음, 진동, 비석 등 환경공해가 발생함에 따라 각종 민원이 빈발하고 있는 점을 감안하여 환경공해를 저감시킬 수 있는 적정 발파공법의 적용기준을 설정하고 효율적인 설계 및 공사추진을 도모하여 민원발생을 사전에 예방하고, 적정 발파공법을 적용함으로써 예산을 저감할 수 있으며, 발파공사 시행전에는 반드시 시험발파를 통하여 시공성과 경제성 등을 종합적으로 검토하여 적정 발파공법을 적용해야 한다.

2.7.2 발파 소음・진동 허용 기준

(1) 국내의 발파진동 허용기준

구 분	진동속도에 따른 규제 기준	
	건 물 종 류	허용 진동치(cm/sec)
건교부 터널설계 기준 (1999)	진동예민 구조물(문화재 등)	0.3
	조적식 벽체와 목재 천장구조물(재래가옥 등)	1.0
	조적식 중소형건축물(저층양옥, 연립주택 등)	2.0
	철근콘크리트 중소형건축물(중・저층아파트 등)	3.0
	철근콘크리트 대형건축물(고층아파트 등)	5.0
노동부 (노동부고시 94~26호)	문화재, 컴퓨터 등 정밀기기	0.2
	결함 또는 균열이 있는 건물	0.5
	균열이 있고 결함 없는 빌딩	1.0
	회벽이 없는 공업용 콘크리트 구조물	1.0~4.0
서울시 지하철 시방기준	문화재, 정밀기기 설치건물	0.2
	주택, 아파트	0.5
	상가, 사무실, 공공건물	1.0
	RC, 철골조 공장	4.0
한국토지공사 시방기준	가축(소, 닭, 돼지 등)	0.09
	문화재, 진동 예민 시설물	0.2
	주택, 아파트	0.5
	상가건물	1.0
	철근 콘크리트건물	1.0~4.0

(2) 환경 분쟁 조종위원회에서 제안된 건축물에 대한 발파진동 허용기준

건전도 등급[1]	대상 건축물	진동속도 (cm/sec)[2]			
		주파수대역			
		10Hz 미만	10-40 Hz	40-100 Hz	100Hz 초과
Ⅰ	철근 콘크리트조 건물	1.5	1.5~4.5	4.5~5.0	5.0
Ⅱ	콘크리트, 벽돌조 건물	1.0	1.0~2.5	2.5~3.0	3.0
Ⅲ	조적조 시멘트 블록조 건물	0.5	0.5~1.5	1.5~2.0	2.0
Ⅳ	Ⅲ의 건물을 개축한 건물, 역사적 보호건물	0.25	0.25~0.75	0.75~1.0	1.0

주) 1. 건전도는 건축물의 종류와 상태의 양호함을 의미하며 전문가의 평가를 요함

2. 건축물의 기초 또는 폭원 방향 지반의 진동속도

(3) 구조물에 대한 발파진동 잠정허용기준(안)

구 분	유적, 문화재, 컴퓨터시설물	재래주택 (조적식, 목재)	주택, 아파트	상업용 건축물	철근콘크리트 건물 및 공장
진동치 (cm/sec)	0.2	0.3	0.5	1.0	1.0 ~ 4.0

※ 본 발파진동 잠정허용기준은 현재까지의 발파관련 제기준을 참고하고, 전문가 의견을 수렴하여 잠정안으로 제시하는 내용으로, 설계자는 현장조사를 통해 본 잠정허용기준을 적용하고, 발파자(시험발파자 포함)는 건물의 노후도, 발파현장 검토와 시험발파 등을 통해 발파진동기준을 검토・적용하여야 한다.

(4) 일반적인 건설현장 생활 소음・진동 규제 기준(환경법 제29조의 2 제3항)

1) 생활소음 규제기준

단위 : dB(A)

대상지역	시간별 / 소음원		조석 (05:00~08:00, 18:00~22:00)	주간 (08:00~18:00)	심야 (22:00~05:00)
주거지역, 녹지지역, 준도시지역중 취락지구 및 운동・휴양지구, 자연환경보전지구, 기타 지역안에 소재한 학교・병원・공공도서관	확성기	옥외설치	70 이하	80 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 방사되는 경우	50 이하	55 이하	45 이하
	공장・사업장		50 이하	55 이하	45 이하
	공 사 장		65 이하	70 이하	55 이하
기 타 지 역	확성기	옥외설치	70 이하	80 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 방사되는 경우	60 이하	65 이하	55 이하
	공장・사업장		60 이하	65 이하	55 이하
	공 사 장		70 이하	75 이하	55 이하

※ ① 소음의 측정방법과 평가단위는 소음・진동공정시험방법에서 정하는 바에 따른다.

② 대상지역의 구분은 국토이용관리법(도시지역의 경우에는 도시계획법)에 의한다.

③ 규제기준치는 생활소음의 영향이 미치는 대상지역을 기준으로 하여 적용한다. (개정 2000. 5. 4)

④ 옥외에 설치한 확성기의 사용은 1회 2분이내, 15분 이상의 간격을 두어야 한다.

2) 생활진동 규제기준

단위 : dB(V)

시 간 별 / 대 상 지 역	주간 (06:00~22:00)	심야 (22:00~06:00)
주거지역, 녹지지역, 준도시지역중 취락지구 및 운동·휴양지구, 자연환경보전지역, 기타지역 안에 소재한 학교·병원·공공도서관	65 이하	60 이하
기 타 지 역	70 이하	65 이하

※ ① 진동의 측정방법과 평가단위는 소음·진동공정시험방법에서 정하는 바에 따른다.
② 대상지역의 구분은 국토이용관리법(도시지역의 경우에는 도시계획법)에 의한다.
③ 규제기준치는 생활소음의 영향이 미치는 대상지역을 기준으로 하여 적용한다. (개정 2000. 5. 4)
④ 공사장의 진동규제기준은 주간의 경우 특정공사의 사전신고대상 기계·장비를 사용하는 작업시간이 1일 2시간 이하일 때는 +10 dB을, 2시간 초과 4시간 이하일 때는 +5 dB를 규제기준치에 보정한다. (개정 2000. 5. 4)

2.8 암할증

(1) 암을 쌓기재료 등으로 활용하는 경우에는 암할증량을 감안하여야 한다.

(2) 암할증율은 다음을 기준으로 하며, 현장여건에 따라 조정 시행할 수 있다.

<표 2.11> 암할증율

구 분	암 할 증 (%)	비 고
풍 화 암	10	
연 암	15	
보 통 암	30	
경 암	40	

자료 : 대한주택공사, 토목설계지침

2.9 발생암의 유용

(1) 암은 가능한 최대한 유용하고 나머지는 단지성토를 하며, 도로용 성토재로 사용할 경우 토공시방규정에 의거 실시한다.

(2) 파쇄암 유용시 기준은 다음과 같다.

1) 깬돌 등 규격품 생산가능량은 40%로 한다.

2) 잡석 생산가능량은 50%로 하며, 모암 1㎥에 대한 품은 선별 50%, 소할 50%를 적용한다. 단, 암질에 따라 소할을 50~75%로 조정할 수 있다.

3) 크라샤 투입용 원석(기층, 보조기층)의 가능량은 80%로 한다.

(3) 포장용골재

1) 크라샤 설치시 골재생산량이 대규모(25,000㎥이상)일 경우 정치식을 원칙으로 하고 그 미만일 경우에는 골재생산량 및 생산 입도에 따라 정치식 또는 이동식 장비를 비교하여 장비조합을 결정한다.

2) 기층 및 보조기층재 : 소할비(15%) + 크라샤 생산비

3) 표층재 : 소할비(15%) + 크라샤 생산비 + 아스콘 생산비

단, 소할비용은 대형브레이카로 계상하고 시간당 소할작업량은 브레이카 암파쇄량의 4배를 계상하며, 브레이카로 절취한 암석은 소할비를 계상하지 않는다.

2.10 토량의 변화

흙이 절취, 운반되어 다져 졌을 때 흙의 체적과 밀도가 상당히 변한다는 것은 잘 알려져 있다. 이러한 변화로 말미암아 흙의 체적이 자연상태인지 흐트러진 상태인지, 또는 다져진 상태인지를 명기 할 필요가 있다.

자연상태의 체적(BV)이란 흐트러지기 전의 토취장, 도랑, 수로 등의 절토체적이다.

흐트러진 상태의 체적(LV)이란 흙의 자연상태에서 절취되어 흐트러져 트럭에 적재되었거나 사토된 상태에서의 체적이다.

다져진 상태의 체적(CV)이란 성토후 다져진 상태의 체적이다.

자연상태의 체적이 흐트러진 상태의 체적으로 체적이 증가하는 것을 팽창이라 하고 자연상태 체적으로 체적 감소를 수축이라 한다.

(1) 토량의 변화

자연상태의 흙(혹은 암석)은 굴착과 동시에 흐트러진 상태로 되어 부피가 늘어나고 이 흙을 다짐 성토를 하면 다시 부피가 줄어든다. 이러한 흙의 상태를 순서적으로 자연상태, 흐트러진상태, 다져진상태라고 하며 상태에 따른 토량 변화율은 토질시험결과에 따라 적용함을 원칙으로 하되, 토질시험 미 시행 지구나 소량의 토질인 경우에는 다음 표에 의한다.

<표 2.12> 토공사의 토량 환산계수에 적용되는 기준치

종 별	L	C	종 별	L	C
보통토사	1.25	0.88	연 암	1.40	1.15
자갈섞인흙, 점질토	1.30	0.95	보 통 암	1.62	1.30
리 핑 암	1.30	1.10	경 암	1.70	1.40

자료 : 대한주택공사, 토목설계지침

(2) 토량의 계수 : $L = \frac{\text{흐트러진상태의 토량}(m^3)}{\text{자연상태의 토량}(m^3)}$, $C = \frac{\text{다져진상태의 토량}(m^3)}{\text{자연상태의 토량}(m^3)}$

(3) 토량 환산계수(f)표

토량은 상태에 따라 변하기 때문에 어떤 상태에서 다른 상태의 토량으로 환산하기 위해서는 흙의 상태 상호간의 환산계수가 필요하다. 이 계수가 토량환산계수(f)이며, 기준이 되는 상태의 토량과 구하고자 하는 상태의 토량과의 환산계수표는 아래와 같다.

구하는 Q / 기준이 되는 q	자연상태의 토 량	흐 트 러 진 상태의 토량	다져진 후의 토 량
자연상태의 토량	1	L	C
흐트러진 상태의 토량	1 / L	1	C / L
다져진 후의 토량	1 / C	L / C	1

(4) 환산계수 적용방법

1) 절취만을 목적으로 수량을 계산할 경우 f = 1 / L

2) 제방의 흙쌓기와 같이 다짐장비로 다짐하지 않을 때 f = 1 / L

3) 다짐장비로 필요한 다짐도를 갖게할 때 f = C / L

4) 노면 자갈부설과 같이 흐트러진 상태의 것을 흐트러진 상태로 시공할 때 f = 1

5) 기타 작업과정에서 용량의 변화가 없는 것은 f = 1

(5) 토량 환산계수 적용 예

1) 토량의 계산

도로의 노상이나 노체 성토공사에서 다짐장비로 소요의 다짐도를 갖도록 성토할 때 다져진 후의 성토량(설계서상의 체적)이 100이라면 자연상태의 토량은 100의 1/C배가 필요하며, 흐트러진 상태의 토량은 100의 L/C배가 필요하다.

2) 중기 작업량 계산

일반적인 중기의 토공작업은 흐트러진 상태로 작업하게 되므로 중기의 시간당 작업량 계산식에서 f = 1로 하면 흐트러진 상태의 작업량이고, f = 1/L로 하면 자연상태의 작업량이 되며, f = C/L로 하면 다져진 상태의 작업량이 된다.

3) 노면 자갈부설과 같이 흐트러진 상태의 것을 흐트러진 상태로 시공할 때와 상태에 따라 체적 변화가 없는 것은 f = 1을 적용한다.

4) 토량환산계수(f)의 적용예

① 자연상태의 토량 및 암을 절취하여 운반하고 다지게 되면 작업공종별로 토량변화에 대한 중기작업시 "f" 계수를 적용하여야 한다. 중기작업 단가적용시 "f" 계수는 상반된 관계가 있으므로 정확히 적용해야 한다.

불도져 작업시 "f" 계수 적용

$$Q = \frac{60 \cdot q \cdot f \cdot E}{cm}$$

Q = 시간당 자연상태의 작업량(㎥/hr)
q = 삽날용량
f = 토량환산계수
E = 작업효율
cm = 1회 사이클 시간

여기서 불도져 작업 단가는 자연상태의 토량(BV)로 적용한다.

그러나 실질적인 작업량은 흐트러진 상태(LV)이므로 "f" 계수는 $\frac{1}{L}$ 이다.

덤프트럭 작업시 "f"계수 적용

$$Q = \frac{60 \cdot q \cdot f \cdot E}{cm}$$

Q = 시간당 흐트러진상태의 작업량(㎥/hr)
q = 흐트러진 상태의 덤프트럭 1회 적재량(㎥)
f = 토량환산계수
E = 작업효율(0.9)
cm = 1회 사이클 시간(분)
흐트러진 상태의 "f" 계수는 $\frac{1}{L}$
다져진 상태의 "f" 계수는 $\frac{C}{L}$

예) 15TON 덤프트럭으로 흐트러진 상태의 토량 5,000㎥을 운반할 때 흐트러진 상태의 토량을 적용하였을 때의 경비를 구하라.

(단, L = 1.25, cm = 130, q = 11, e = 0.9, f = $\frac{1}{1.25}$ = 0.8

시간당 경비 = 19,500₩)

$$Q = \frac{60 \times 11 \times 0.8 \times 0.9}{130} = 3.66 ㎥/hr$$

(19,500/3.66) × 5,000 = 26,639,344₩

예) 15TON 덤프트럭으로 노상재료 5,000㎥을 운반하여야 한다. 이때 노상재료로 다짐상태의 토량으로 적용하였을 때의 경비를 구하라.

(단, L = 1.25, C = 0.875, cm = 130, q = 11, e = 0.9, $f = \frac{0.875}{1.25} = 0.7$

시간당 경비 = 19,500₩)

$$Q = \frac{60 \times 11 \times 0.7 \times 0.9}{130} = 3.20 ㎥/hr$$

(19,500/3.20) × 5,000 = 30,468,750₩

2.11 표토제거 및 벌개제근

2.11.1 표토제거

(1) 논구간은 각종 유기물질이 많이 함유되어 있어 도로부 흙쌓기시 장차 부식하여 부등침하가 생기므로 표토를 제거하여야 한다.

(2) 도시계획도로 등 차량운행 구간의 흙쌓기부가 논구간으로서, 쌓기높이가 최종마무리 노면으로부터 1.5m 이하인 곳은 20㎝ 두께로 표토를 제거해야 하며, 1.5m를 초과하는 곳은 감독자와 협의하여 표토제거 여부를 결정해야 한다.

(3) 표토의 굴착시에는 젖은 표토를 굴착해서는 안되며, 제거된 표토는 2.5m를 초과하지 않는 높이로 쌓고, 가배수로 및 비닐덮기 등을 시행하여 우수에 의한 침식이나 유실을 방지하여야 한다.

(4) 제거된 표토는 가급적 조경용 복토로 사용하고, 나머지 잔여표토는 녹지에 매립 또는 장외반출 처리한다.

2.11.2 벌개제근

(1) 벌개제근은 토공사 중 나무뿌리 등이 흙에 묻히면 장차 부식하여 부등침하가 생기므로 이를 방지하기 위한 작업이다.

(2) 쌓기 높이가 1.5m 미만인 구간에 있는 그루터기와 나무뿌리, 기타 유해한 잡물은 지표면 20㎝ 깊이까지 완전히 제거하여야 하며, 쌓기 높이가 1.5m 이상인 구간에는 수목이나 그루터기는 지표면에 바짝 붙도록 잘라 잔존높이가 지표면에서 15㎝ 이하가 되도록 하여야 한다.

(3) 절취작업은 벌채작업을 한 후 뿌리뽑기는 불도저 절취작업으로 제거하여도 된다.

(4) 벌개제근은 설계도상에서 벌개제근 구간에 대한 면적(㎡)으로 산출한다.

(5) 흙쌓기구간에 뿌리 뽑기를 한 후 생긴 구멍은 흙쌓기 최초층을 포설하기 전에 주변의 자연토와 동일한 높이와 밀도가 되도록 채우고 다져야 한다.

(6) 벌개제근한 재료는 다른 토질과 섞이지 않도록 보관하였다가 폐기물관리법에 따라 적법하게 처리하여야 한다.

2.12 터파기 및 되메우기

관로의 터파기 및 되메우기 작업은 단지계획고를 기준으로 하고 오수처리시설, 지하저수조, 암거, 옹벽 등의 공사는 원지반 터파기를 기준으로 한다.

2.12.1 구조물 터파기 비탈면 기울기

(1) 중·소형 구조물(맨홀, 관, 담장 등)

<표 2.13> 구조물 터파기 비탈면 기울기 - 중·소형 구조물

구 분	3m미만		3~5m미만		5m이상		비 고
	기울기	여유폭	기울기	여유폭	기울기	여유폭	
암 반	1:0.1	0.3	1:0.1	0.3	1:0.1	0.3	· 여유폭(한쪽면): 구체끝선 기준
보통지반 (점질토, 사질토)	1:0.3	0.3	1:0.3	0.3	1:0.3	0.3	
무너지기 쉬운 모래지반(모래)	1:0.5	0.3	1:0.5	0.3	1:0.5	0.3	

자료 : 대한주택공사, 토목설계지침

(2) 대형 구조물(공동구, 암거, 옹벽 등)

<표 2.14> 구조물 터파기 비탈면 기울기 - 대형 구조물

구 분	3m미만		3~5m미만		5m이상		비 고
	기울기	여유폭	기울기	여유폭	기울기	여유폭	
암 반	1:0.1	0.6	1:0.1	0.6	1:0.1	0.7	· 여유폭(한쪽면): 구체끝선 기준
보통지반 (점질토, 사질토)	1:0.5	0.6	1:0.5	0.6	1:0.5	0.7	
무너지기 쉬운 모래지반(모래)	1:0.6	0.6	1:0.6	0.6	1:0.7	0.7	

자료 : 대한주택공사, 토목설계지침

(3) 대형 단독 구조물(지하저수조, 오수처리시설, 중간기계실 등)

<표 2.15> 구조물 터파기 비탈면 기울기 - 대형 단독 구조물

구 분	3m미만		3~5m미만		5m이상		비 고
	기울기	여유폭	기울기	여유폭	기울기	여유폭	
암 반	1:0.1	1.0	1:0.1	1.0	1:0.1	1.2	· 여유폭(한쪽면): 구체끝선 기준, 배수로 0.6m포함 · 5m이상일 경우 높이 3m마다 폭 1m의 소단 설치
보통지반 (점질토, 사질토)	1:0.5	1.0	1:0.5	1.0	1:0.5	1.2	
무너지기 쉬운 모래지반(모래)	1:0.6	1.0	1:0.6	1.0	1:07	1.2	

자료 : 대한주택공사, 토목설계지침

주) 다만 토질과 지하수위 등 현지여건에 따라 조정할 수 있으며, 기계 터파기의 경우 사용기계의 버킷폭보다 전폭이 적은 경우는 경제성을 비교하여 버킷폭으로 할 수 있다.

2.12.2 되메우기

구조물 되메우기 다짐은 구조물에 손상을 주지 않도록 중장비의 접근을 피해야하며, 콤팩터 등 소형 다짐장비로 다짐해야 한다.

2.13 토공 비탈면 기울기

2.13.1 흙깎기 비탈면 기울기

<표 2.15> 흙깎기 비탈면 기울기

구 분	구 배 기 준		비 고
	5m미만	5m이상	
발 파 암	1:0.8	1:1.0	직고 3m마다 그 비탈면 면적의 5분의1 이상에 해당하는 면적의 단을 설치한다. 단, 비탈면의 토질·경사도 등으로 보아 건축물의 안전상 지장이 없다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니한다.
리 핑 암	1:1.2	1:1.5	
토 사	1:1.5		

자료 : 대한주택공사, 토목설계지침

(1) 용수지역 및 연약지반은 배수시설(맹암거 등) 및 특수공법을 적용

(2) 비탈면 상단과 필요한 소단부에 측구 설치

(3) 필요시 비탈면 보호공 및 표면수 처리를 위한 종배수구 설치

(4) 흙깎기고 5m이상으로 필요시 낙석방지용 철책 설치

2.13.2 흙쌓기 비탈면 기울기

<표 2.17> 흙쌓기 비탈면 기울기

구 배 기 준		비 고
0~5m	5m이상	
1:1.5	1:2.0	직고 3m마다 그 비탈면 면적의 5분의1이상에 해당하는 면적의 단을 설치한다. 단, 비탈면의 토질·경사도 등으로 보아 건축물의 안전상 지장이 없다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니한다.

자료 : 대한주택공사, 토목설계지침

(1) 용수지역은 배수시설, 연약지반은 지반개량 후 흙쌓기 시행

(2) 비탈면 상단 또는 하단과 소단부에 측구 설치

1) 상단측구 : 비탈면 상부에 집수면적이 많아 비탈면의 유실이 우려되는 지역
2) 하단측구 : 유수로 인하여 하부에 피해가 예상되는 지역
3) 소단측구 : 소단 어깨부분의 세굴 방지 목적

(3) 필요시 비탈면 보호공 및 표면수 처리를 위한 종배수구 설치

(4) 용지폭의 한정 및 현장 여건에 따라 기울기를 조정할 수 있으나 경사가 변하는 부분이 물의 침식을 받지 않도록 배수 처리

2.13.3 면고르기

직고 2m 이상의 흙깎기 및 흙쌓기면은 면고르기를 한다.

2.14 비탈면 안정

2.14.1 안정해석 및 비탈면 보강

(1) 흙깎기 비탈면

1) 흙깎기 비탈면은 지형, 지질, 지하수위, 지층분포 상태, 주변구조물 등을 고려한 대표단면을 산정하여 비탈면 안정해석을 실시하여야 한다. 단, 흙깎기 비탈면이 소규모인 경우에는 표준기울기를 적용하고 안정해석을 생략할 수 있다.
2) 암반층 비탈면 경사는 암반의 풍화상태, 시추조사 시 코아회수율(TCR), RQD, 불연속면의 특성 등을 고려하여 결정하여야 한다.
3) 흙깎기 비탈면이 다음과 같은 조건일 경우에는 정밀조사를 실시하고 반드시 비탈면 안정해석을 실시하여야 한다.
① 비탈면의 높이가 20m이상인 구간
② 붕적층 또는 퇴적층이 두껍게 형성되어 불안정한 상태를 나타내는 구간
③ 붕괴 이력이 있고 산사태 발생 가능성이 있는 구간
④ 지하수위가 높고 용수가 많은 구간
⑤ 비탈면 부근에 기존구조물이 위치하는 구간
⑥ 기타 불안정한 요인이 있는 것으로 판단되는 구간
4) 흙깎기 영구사면에 대한 최소 안전율은 건기시 1.5, 우기시 1.1~1.2를 기준으로 한다.
5) 안정해석 결과 불안정한 것으로 판단되는 비탈면에 대하여는 비탈면경사 완화를 원칙으로 하여 적정한 보강공법을 설계에 반영하여야 한다.
6) 비탈면 높이가 20m 이상인 대규모 암반 비탈면으로서 지반의 불규칙한 변화, 암반내 불연속면의 발달 등 잠재적인 불안정 요인이 있는 구간에 대하여는 토공작업 중 또는 완료 후 비탈면 암반의 풍화상태와 단층, 절리 등의 연속면 특성을 조사하여 비탈면 안정여부를 최종 확인하도록 하여야 하며, 소요되는 조사비용(계측관리 포함)을 설계에 반영하여야 한다.

(2) 흙쌓기 비탈면

1) 흙쌓기 비탈면은 지형, 기초지반, 흙쌓기 재료 및 높이, 주변구조물 계획 등을 고려한 대표단면을 선정하여 비탈면 안정해석을 실시하여야 한다. 단, 흙쌓기 비탈면이 소규모이고 기초지반이 양호한 경우에는 표준기울기를 적용하고 안정해석을 생략할 수 있다.

2) 흙쌓기 영구사면에 대한 최소안전율은 1.3 (중요구조물 설치비탈면은 1.5)을 기준으로 한다.

3) 안정해석 결과 불안정한 것으로 판단되는 비탈면은 비탈면경사 완화를 원칙으로 하여 대책공법을 설계에 반영하여야 한다.

4) 기초지반이 경사져 있고 용수가 발생하는 구간, 쪽깎기, 쪽쌓기 또는 깎기쌓기 경계구간 등 비탈면 안정상 취약한 지역에 높은 흙쌓기를 하는 경우에는 시공중의 안전관리 및 준공후의 유지관리를 위한 계측관리를 설계에 반영하여야 한다.

2.14.2 비탈면 보호공 설치 일반기준

(1) 비탈면 보호공은 우수, 용수, 동결융해, 풍화 등에 의한 침식 및 표층부위 붕괴 등을 방지하는 것을 목적으로 현장여건에 적합한 비탈면 안정을 도모할 수 있는 공법을 선정하여 다음의 기능을 충족하는 보호공을 선별하여 설계하여야한다.

1) 토사의 유출방지

2) 비탈면의 미관효과

3) 표면수의 처리 용이

4) 시공성

5) 경제성

(2) 토질별 비탈면 보호공 적용기준

<표 2.18> 토질별 비탈면 보호공 적용기준

구 분	5m미만	5m이상
토 사	· 평떼 · 파종공	· 보호블록+평떼 · 섬유NET+파종공
리 핑 암	· 보호블록+평떼 · 섬유NET+파종공+PVC망	
발 파 암	· 섬유NET+파종공+PVC망 · 섬유NET+파종공+PVC망+BOLT · 식생토+BOLT	

자료 : 대한주택공사, 토목설계지침

주) • 여건에 따라 공법조정 가능

• 비탈면 보호공은 가능한 한 소단 단위별로 동일공법 적용

2.14.3 비탈면 보호블록 적용기준

(1) 현장타설 콘크리트 격자공

1) 용수가 있는 리핑암이나 큰 비탈면 등에서 장기간에 걸친 안정이 어렵다고 생각되는 경우

2) 콘크리트 격자공 또는 어스앵커공이 추가된 공법으로도 붕락할 위험이 있는 경우

3) 비탈면이 대형이고 경사가 급하거나 점착력이 없는 토질인 경우

(2) 콘크리트블록 격자공

1) 용수가 있는 비탈면 또는 토사의 안식각보다 비탈면의 기울기가 급한 비탈면 등에서 상황에 따라 식생이 적합지 않는 곳이나 식생을 실시하더라도 표면이 붕락할 경우

2) 계곡부를 갖는 비탈면이나 배후에 집수유역이 있는 비탈면인 경우

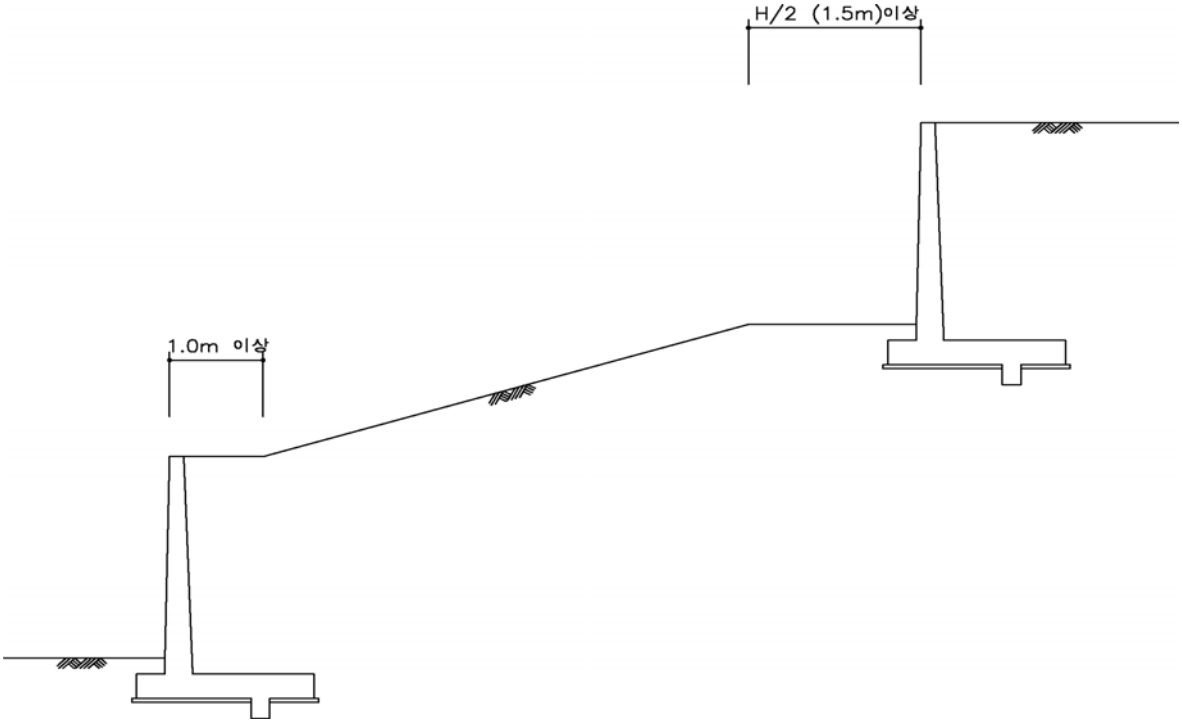
(3) 합성수지재 격자공

콘크리트블록 격자공 또는 현장타설 콘크리트 격자공에 비하여 경제적인 면에서 유리한 경우로서 사각형, 육각형, 원형 등의 제품을 사용할 수 있으나 부재와 토사와의 관계(강도, 동해방지, 내면적 비율, 부착성 등) 및 비탈면의 기울기, 시공성 등에 따라 산정한다.

2.14.4 옹벽과 비탈면 조성

(1) 비탈면 아래 부분에 옹벽이 있는 경우에는 그 옹벽과 비탈면 사이에 너비 1m 이상의 단을 설치한다.

(2) 비탈면 위 부분에 옹벽이 있는 경우에는 그 옹벽과 비탈면 사이에 너비 1.5m 이상으로서 당해 옹벽높이의 2분의 1 이상에 해당하는 너비 이상의 단을 설치한다.



[그림 2.8] 옹벽과 비탈면 조성 예

2.15 매각용지 경계옹벽의 구조형식 및 규격 적용지침

2.15.1 계획 검토사항

옹벽은 설치높이, 지형 및 지반조건 등에 따라 구조형식이 달라지므로 현장여건과 단지계획 등을 면밀히 조사, 검토하여 계획을 추진하여야 하며, 옹벽의 설치는 가급적 지양하고 규모의 최소화를 도모한다.

(1) 옹벽설치의 필요성

(2) 지형 및 지반조건

(3) 인접구조물과의 상호영향

(4) 토지이용계획 등 단지계획사항

(5) 안정성, 방재성, 경제성

(6) 주위경관 등 미관사항

2.15.2 옹벽의 형식 선정원칙 및 규모의 제한

(1) 구조적 안정성을 고려하여 “역T형 > L형 > 역L형” 순으로 적용한다.

(2) 매각용지의 이용에 따라 설계이상의 하중이 가중될 수 있으므로 타 형식보다 구조적으로 불리한 역L형 옹벽은 지상고 4.0m이하로 제한한다.

2.15.3 경계옹벽의 구조형식 선정

(1) 옹벽이 설치되는 상, 하단 용지의 토지이용계획을 고려하여 개발밀도, 지가가 낮은 용지쪽에 기초가 편입되도록 형식을 결정한다.

(2) 용지 구분

지구외 (A-group)	매 각 용 지			도시계획 시설용지 (E-group)	아파트 단 지 (E-group)
	고밀도, 고가 (B-group)	중밀도, 중가 (C-group)	저밀도, 저가 (D-group)		
사 유 지	상업시설, 업무시설	종 교, 단독주택	학 교, 공동주택, 공공시설, (파출소, 우체국 등)	도 로, 공 원, 녹 지	주 공 아 파 트

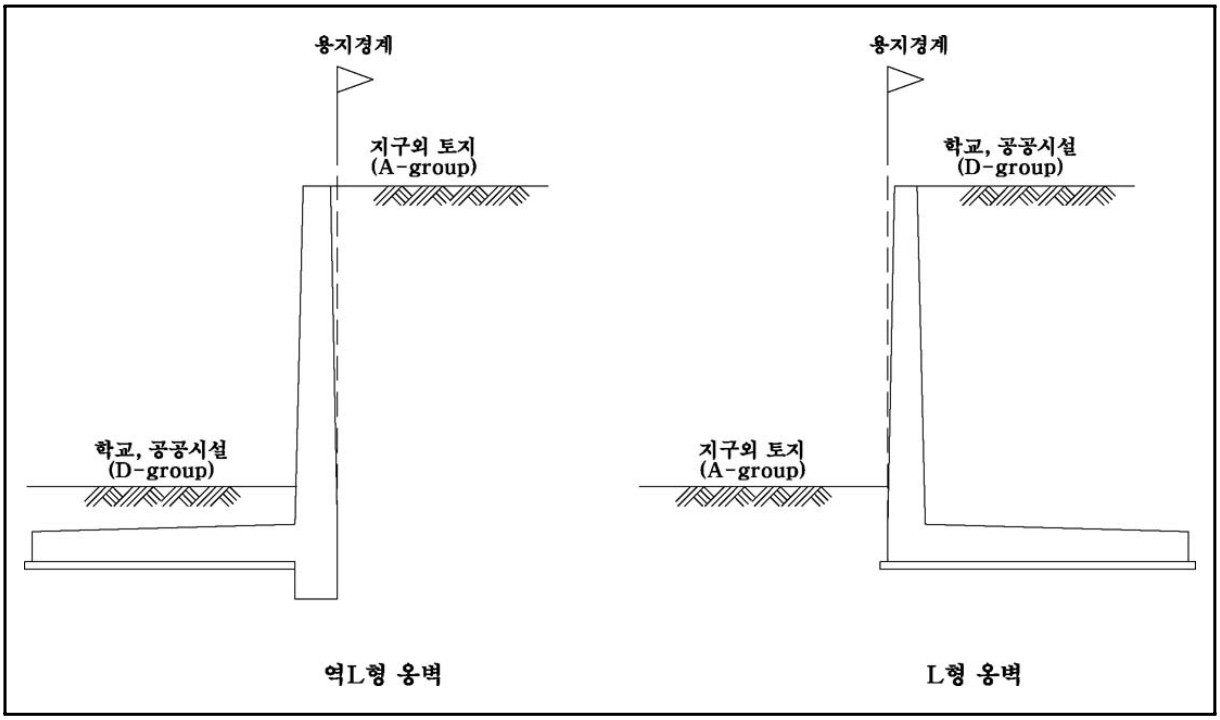
(3) 다른 그룹과의 경계 : 중요도가 낮은 그룹에 기초저판이 들어가도록 L형 또는 역L형 옹벽을 설치한다.

중 요 도 : A > B > C > D > E

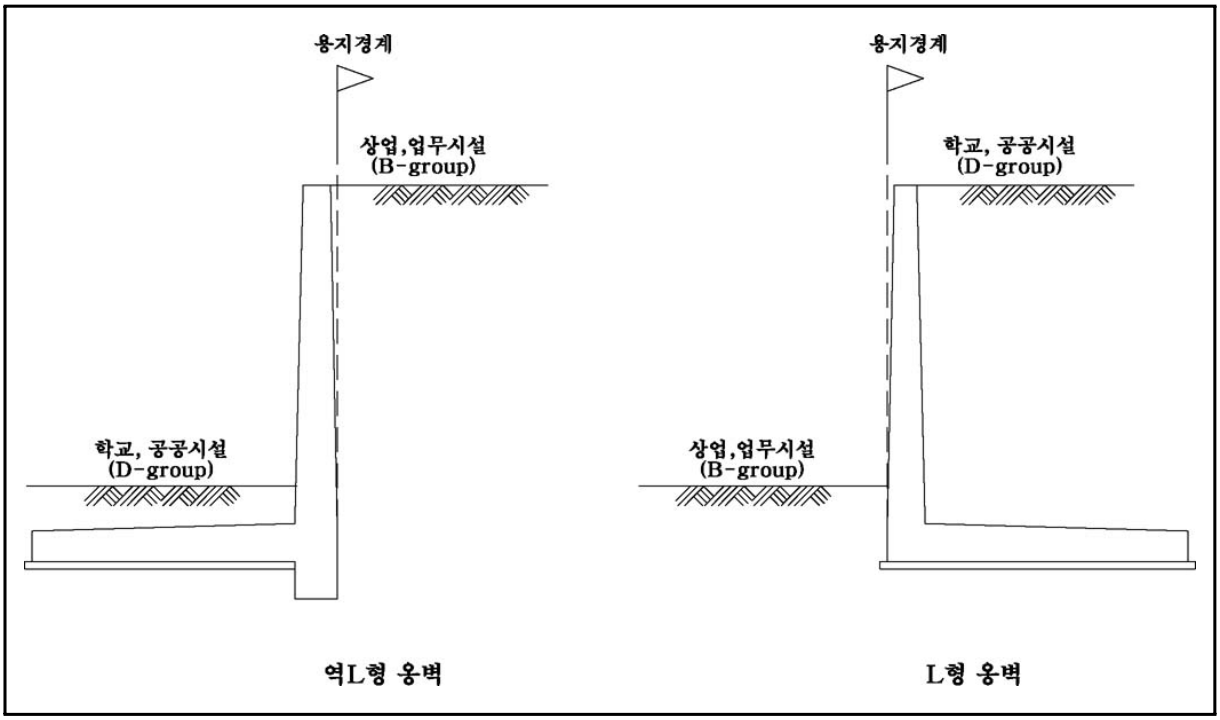
(4) 같은 그룹과의 관계 : 구조적으로 유리한 역T형 옹벽을 설치한다.

2.15.4 용지구분에 따른 옹벽설치 예

(1) 각 그룹의 경계부

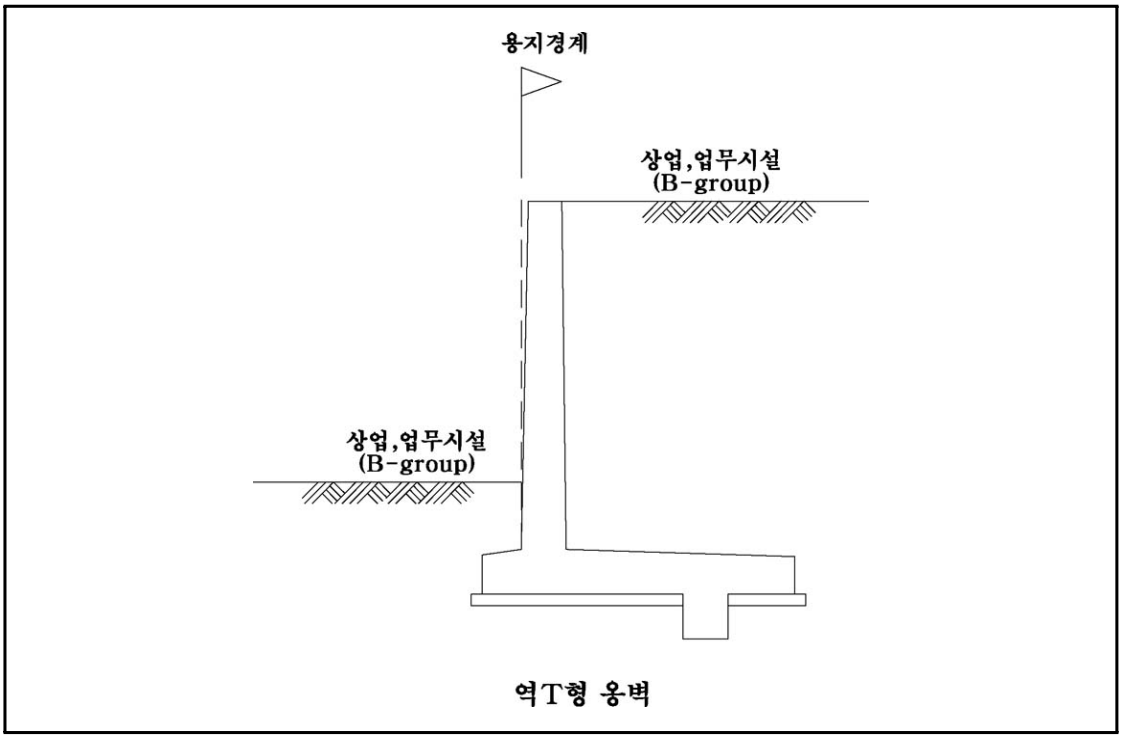


[그림 2.9] A그룹과 D그룹의 경우

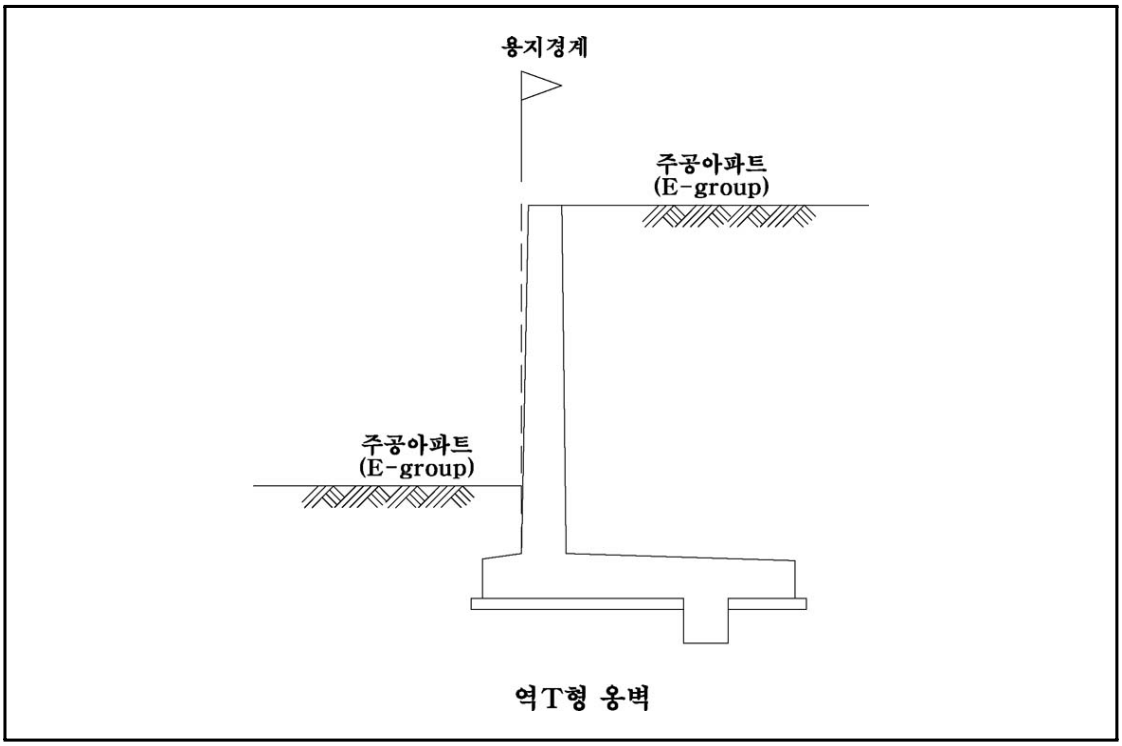


[그림 2.10] B그룹과 D그룹의 경우

(2) 동일그룹인 경계부 (역T형 적용)



[그림 2.11] B그룹과 B그룹의 경우



[그림 2.12] D그룹과 D그룹의 경우

2.16 연약지반처리

2.16.1 연약지반의 정의

연약지반이란 점토, 실트, 유기질토, 느슨한 모래층 등으로 구성되어 함수비가 높고 간극비가 커서 지반 및 구조물의 안정과 침하 문제를 발생시키는 지반

2.15.2 연약지반 문제점

건 설 중	준 공 후
· 주변지반 변형 · 측방유동 및 액상화 · 성토 및 굴착사면 파괴 · 굴착저면 히빙, 보일링 · 말뚝기초 지지력 감소(부마찰력) · 장비 작업성 및 주행성 저하	· 지반 장기침하 · 구조물 부등침하 · 지하매설관 손상 · 주변지반 변형 · 사면활동

2.16.3 연약지반 판정기준

구 분	점성토 및 유기질토지반	사질토지반
N치	6 이하	10 이하
일축압축강도(qu, kgf/㎠)	1.0 이하	-
콘관입저항력(qc, kgf/㎠)	12 이하	40 이하

2.16.4 연약지반 처리기준

(1) 연약지반 개량공사는 건축공사 착공전 별도의 소요기간(시공+침하기간)을 반영하여 시행해야 하며, 상위건설계획 및 지반조건을 검토하여 적정공법을 선정하고, 지반개량은 압밀도 90% 이상 또는 허용잔류침하량 이내를 만족하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 지반개량 범위는 지반 및 구조물의 안정과 침하문제를 발생시키는 연약지반 분포지역 전체로 한다.

(3) 지반의 허용 잔류침하량 기준은 다음과 같다.

1) 도로 : 10 cm (지중관로 및 구조물설치부위 녹지 포함)

2) 녹지 : 30 cm

2.16.5 연약지반 예상지구

(1) 지역별

1) 서해안 : 해안지역, 한강하구, 아산만, 금강하구, 영산강하구지역, 파주, 김포, 인천, 시흥, 반월, 안산, 군산, 부안, 목포 등

2) 남해안 : 해안지역, 섬진강하구, 낙동강하구, 부산, 양산, 김해, 마산, 광양, 여수 등

3) 동해안 : 해안지역 및 해안분지, 속초, 주문진, 강릉, 동해, 삼척, 포항, 울산 등

(2) 생성환경

하천주변, 해안인접, 자연제방의 배후습지, 연약매립지(쓰레기층, 준설토층) 및 저습한 논경작지 등

2.17 토공설계 계산예

2.17.1. 토공집계표

(1) 부지정지

1) 절 토

① 토사(도쟈 32ton) (966 + 2,081)	……	3,047㎥
② 토사(백호우 0.7㎥) (15,619 - 3,047)	……	12,572㎥
③ 리 핑 암(리퍼도쟈 32ton)	……	6,643㎥
④ 발 파 암	……	5,645㎥

2) 운 반

① 유용무대		
• 토 사	……	966㎥
• 리핑암	……	376㎥
② 도쟈운반(도쟈 32ton : L = 21.00m)		
• 토 사	……	2,081㎥
• 리핑암	……	811㎥
③ 덤프운반(덤프 15ton)		
• 토 사(L = 149.00m)	……	6,130㎥
• 리핑암(L = 149.00m)	……	2,388㎥
④ 외부반출(덤프 15ton)		
• 토 사(L = 00.00m)	……	6,442㎥
• 리핑암(L = 00.00m)	……	3,068㎥
• 발파암(L = 00.00m)	……	5,645㎥

3) 부설 및 다짐

① 노 상	……	2,446㎥
② 노 체	……	3,590㎥
③ 비다짐		
• 토 사	……	1,506㎥
• 리핑암	……	533㎥

(2) 터파기 및 되메우기

1) 터 파 기 …… 20,305㎥
2) 되메우기 …… 16,136㎥
① 기 계(1) …… 11,423㎥
② 기 계(2) …… 4,713㎥
3) 잔 토 …… 4,169㎥

2.17.2 운반량 산출근거

(1) 단지내 발생토량 비율

- 토 사 : 15,619 (56%)
- 리핑암 : 6,643 (24%)
- 발파암 : 5,645 (20%)

- 토 사 : 15,619 (70%)
- 리핑암 : 6,643 (30%)

(2) 유용무대운반 905(1차) + 475(2차) = 1,380㎥

- 토 사 : 1,380 × 0.70 = 966㎥
- 리핑암 : 1,380 × 0.30 ÷ 1.10 = 376㎥

(3) 도쟈운반 2,973㎥

- 토 사 : 2,973 × 0.70 = 2,081㎥
- 리핑암 : 2,973 × 0.30 ÷ 1.10 = 811㎥

(4) 덤프운반

1) 지구내 : 13,110 - 1,380 - 2,973 = 8,757㎥

- 토 사 : 8,757 × 0.7 = 6,130㎥
- 리핑암 : 8,757 × 0.30 ÷ 1.10 = 2,388㎥

2) 외부반출

- 토 사 : 15,619 - 966 - 2,081 - 6,130 = 6442㎥
- 리핑암 : 6,643 - 376 - 811 - 2,388 = 3,067㎥
- 발파암 : = 5,645㎥

(5) 단지정지비율

1) 덤프운반량 : 6,130 + 2,388 × 1.10 = 8,757㎥
(72.0%) (28.0%)

2) 부지정지량 : 8,757 - 2,753 - 3,912 = 2,092㎥
(노상) (노체)

- 토 사 : 2,092 × 0.72 = 1,506㎥
- 리핑암 : 2,092 × 0.28 ÷ 1.10 = 533㎥

2.17.3 공종별 토공집계표

공 종 별 토 공 집 계 표					
구 분	터 파 기(㎥)	되 메 우 기(㎥)		잔 토 (㎥)	비 고
	토 사	기 계 1	기 계 2	토 사	
우 수 공	12,345	6,041	3,001	3,303	
오 수 공	4,912	2,854	1,484	574	
상 수 공	3,048	2,528	228	292	
계	20,305	11,423	4,713	4,169	

2.17.4 운반거리 산출

(1) 덤프운반거리산출

덤 프 운 반 거 리 산 출					
NO.	~ 에서	~ 으로	운 반 량 (V)	운반거리 (L)	V × L
1	절 토	성 토	8,757	169	1,479,933
계			8,757		1,479,933

$$덤프운반거리(L) = \frac{\Sigma(V \times L)}{\Sigma V} - 20 = \frac{1,479,933}{8,757} - 20 = 149m$$

1) 덤프운반량 및 무게중심산출(성토)

덤프운반량 및 무게중심산출서					
				(성토지역 운반량 무게중심)	
일련번호	X	Y	성 토 량 (V)	X × V	Y × V
19	160802	54768	420	67536840	23002560
20	160832	54768	530	85240960	29027040
21	160872	54768	480	77218560	26288640
22	160902	54768	480	77232960	26288640
24	160832	54728	510	82024320	27911280
25	160872	54728	450	72392400	24627600
26	160902	54728	460	74014920	25174880
28	160832	54688	189	30397248	10336032
29	160872	54688	500	80436000	27344000
30	160902	54688	420	67578840	22968960
38	160902	54795	619	99598338	33918105
39	160862	54795	673	108260126	36877035

덤프운반량 및 무게중심산출서(계속)					
				(성토지역 운반량 무게중심)	
일련번호	X	Y	성 토 량 (V)	X × V	Y × V
40	160822	54795	651	104695122	35671545
41	160782	54795	629	101131878	34466055
61	160787	54769	473	76052251	25905737
64	160917	54690	453	72895401	24774570
65	160917	54730	420	67585140	22986600
66	160917	54769	400	64366800	21907600
소 계			8757	1408658104	479476879
총 계			8757	1408658104	479476879
X =	1408658104	/ 8757	= 160861		
Y =	479476879	/ 8757	= 54754		

2) 덤프운반량 및 무게중심산출(절토)

덤프운반량 및 무게중심산출서					
				(절토지역 운반량 무게중심)	
일련번호	X	Y	성 토 량 (V)	X × V	Y × V
5	160672	54758	367	58966624	20096186
6	160702	54758	48	7713696	2628384
9	160672	54718	647	103954784	35402546
10	160702	54718	773	124222646	42297014
11	160742	54718	268	43078856	14664424
13	160682	54668	966	155218812	52809288
14	160722	54668	976	156864672	53355968
15	160762	54668	724	116391688	39579632
16	160682	54618	937	150559034	51177066
17	160722	54618	870	139828140	47517660
18	160762	54618	685	110121970	37413330
35	160812	54618	820	131865840	44786760
36	160852	54618	409	65788468	22338762
37	160892	54618	14	2252488	764652
45	160902	54590	430	69187860	23473700
46	160862	54590	410	65953420	22381900
47	160822	54590	648	104212656	35374320
48	160782	54590	814	130876548	44436260
49	160742	54590	891	143221122	48639690
50	160702	54590	801	128722302	43726590
51	160667	54590	512	82261504	27950080
52	160657	54614	517	83059669	28235438
53	160657	54650	551	88522007	30112150

덤프운반량 및 무게중심산출서(계속)					
				(절토지역 운반량 무게중심)	
일련번호	X	Y	성 토 량 (V)	X × V	Y × V
54	160657	54690	465	74705505	25430850
55	160657	54730	584	93823688	31962320
56	160657	54769	483	77597331	26453427
57	160787	54614	366	58848042	19988724
58	160787	54650	409	65761883	22351850
62	160917	54614	107	17218119	5843698
67	160679	54693	454	72948266	24830622
68	160717	54693	376	60429592	20564568
69	160759	54693	79	12699961	4320747
70	160679	54643	333	53506107	18196119
71	160717	54643	396	63643932	21638628
72	160759	54643	443	71216237	24206849
소 계			18573	2985243469	1014950202
총 계			18573	2985243469	1014950202
X =	2985243469	/ 18573	= 160730		
Y =	1014950202	/ 18573	= 54647		

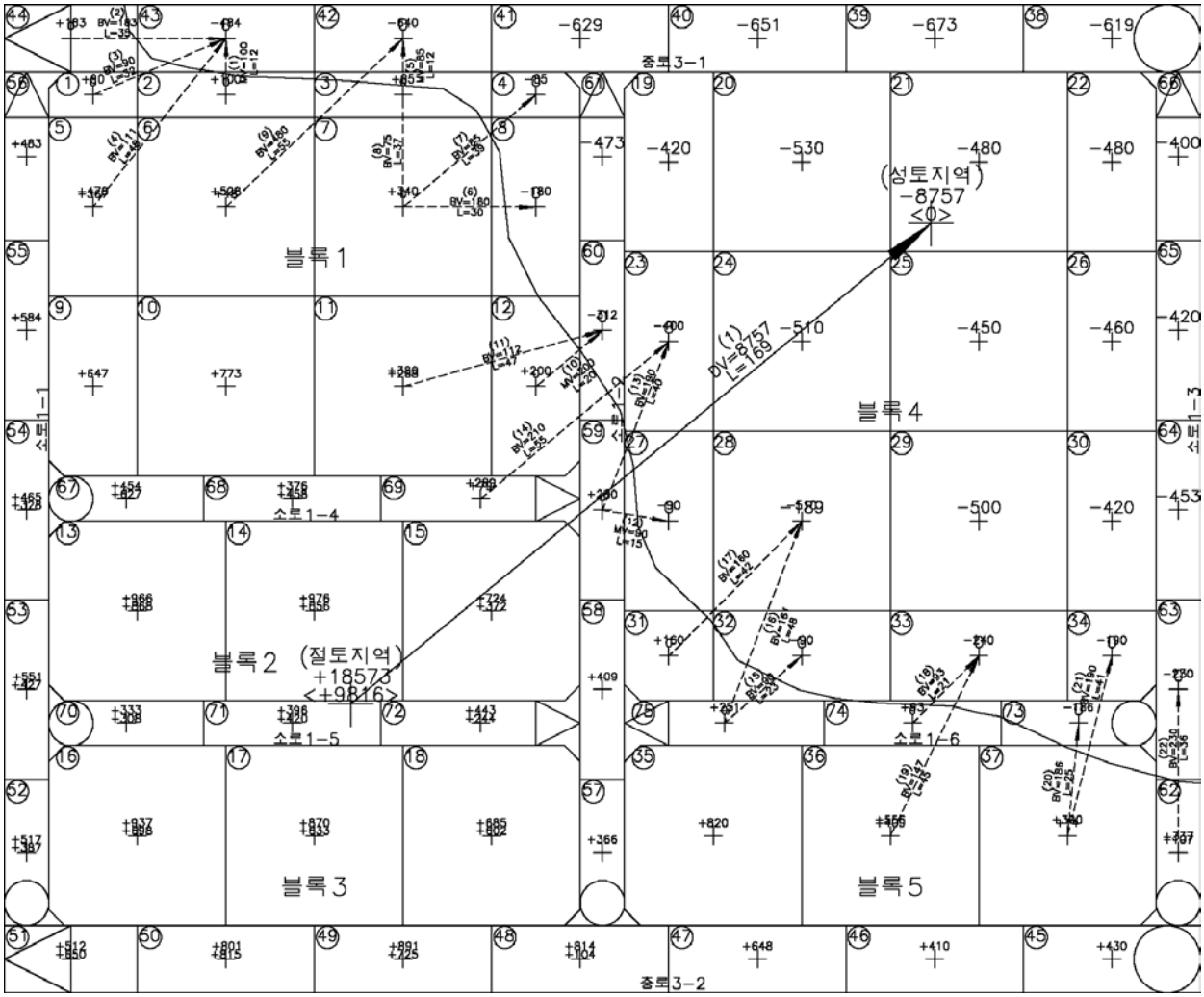
(2) 도쟈운반거리 산출 - [그림 2.13] 참조

도 쟈 운 반 거 리 산 출					
이동번호	~ 에서	~ 으로	운 반 량 (V)	운반거리 (L)	V × L
2	44	43	183	35	6,405
3	1	43	90	32	2,880
4	5	43	111	48	5,328
6	7	8	180	30	5,400
7	7	4	85	39	3,315
8	7	42	75	37	2,775
9	6	42	480	55	26,400
11	11	60	112	47	5,264
13	59	23	190	40	7,600
14	69	23	210	55	11,550
15	75	32	90	23	2,070
16	75	28	161	48	7,728
17	31	28	160	42	6,720
18	74	33	93	21	1,953
19	36	33	147	45	6,615
20	37	73	186	25	4,650
21	37	34	190	41	7,790
22	62	63	230	36	8,280
계			2,973		122,723

$$\text{도쟈운반거리}(L) = \frac{\Sigma(V \times L)}{\Sigma V} - 20 = \frac{122,723}{2,973} - 20 = 21m$$

(3) 2차무대 운반산출 - [그림 2.13] 참조

2 차 무 대 운 반 량 산 출				
이동번호	~ 에서	~ 으로	운 반 량 (V)	비 고
1	2	43	100	
5	3	42	85	
10	12	60	200	
12	59	27	90	
계			475	



[그림 2.13] 토공이동계획 평면도 설계 예

2.17.5 토 적 표(예)

(1) 토적 총 집계표

토 적 총 집 계 표															
	절 토						성 토						이 동 토		
	토 사	리 핑 암		발 파 암		계	비 다 짐	노 상		노 체		계	무 대	잔 토	부 족 토
	체 적	체적	보정	체적	체적		체 적	체적	보정	체적	보정				
블 록	7925	2900	3190	2270	2951	14066	6445	0	0	0	0	6445	410	10705	6035
도 로	7694	3743	4117	3375	4388	16199	0	2446	2753	3590	3912	6665	495	11316	6170
계	15619	6643	7307	5645	7339	30265	6445	2446	2753	3590	3912	13110	905	22021	12205

◎ 절토량 - 성토량 = 30,265 - 13,110 = 17,155

(2) 블록 토적 집계표

블 록 토 적 집 계 표																
블 록 명	절 토							성 토						무 대	잔 토	부 족 토
	토 사	리 핑 암		계	발 파 암		발 파 암 유 용	비 다 짐	노 상		노 체		성 토 계			
	체적	체적	보정		체적	보정		체적	체적	보정	체적	보정				
블록1	3035	660	726	3761	0	0	0	405	0	0	0	0	405	140	3621	265
블록2	1610	960	1056	2666	1100	1430	1430	0	0	0	0	0	0	0	2666	0
블록3	1480	920	1012	2492	1170	1521	1521	0	0	0	0	0	0	0	2492	0
블록4	430	0	0	430	0	0	0	6040	0	0	0	0	6040	270	160	5770
블록5	1370	360	396	1766	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1766	0
블록 총집계표	7925	2900	3190	11115	2270	2951	2951	6445	0	0	0	0	6445	410	10705	6035

토 적 표																														
블록 1																														
측 점				연장 (m)	절 토											성 토										이동토		
					토 사			리 핑 암			계	발 파 암			발파암 유용	비 다 짐			노 상			노 체			계	무대	잔토	부족토
					면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No.	0	+	0.00	0.00	40.0	0	0	14.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	1	+	0.00	20.00	38.0	780	780	12.0	260	286	1066	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	2	+	0.00	20.00	34.0	720	720	12.0	240	264	984	0.0	0	0	0	5.0	50	50	0.0	0	0	0.0	0	0	50			
소계				40.00		1500	1500		500	550	2050		0	0	0		50	50		0	0		0	0	50	50	2000	0
No.	3	+	0.00	20.00	31.0	650	650	2.0	140	154	804	0.0	0	0	0	7.0	120	120	0.0	0	0	0.0	0	0	120			
No.	4	+	0.00	20.00	30.0	610	610	0.0	20	22	632	0.0	0	0	0	8.0	150	150	0.0	0	0	0.0	0	0	150			
소계				40.00		1260	1260		160	176	1436		0	0	0		270	270		0	0		0	0	270	90	1346	180
No.	4	+	10.00	10.00	25.0	275	275	0.0	0	0	275	0.0	0	0	0	9.0	85	85	0.0	0	0	0.0	0	0	85			
소계				10.00		275	275		0	0	275		0	0	0		85	85	0.0	0	0	0.0	0	0	85	0	275	85
총계				90.00		3035	3035		660	726	3761		0	0	0		405	405		0	0		0	0	405	140	3621	265

토 적 표

블록 1 (4-1)

측점	연장(m)	절토											성토										이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암유용	비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	11.0	0	0	5.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 1 + 0.00	20.00	12.0	230	230	4.0	90	99	329	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 2 + 0.00	20.00	11.0	230	230	4.0	80	88	318	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		460	460		170	187	647		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	647	0
No. 3 + 0.00	20.00	9.0	200	200	2.0	60	66	266	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 4 + 0.00	20.00	10.0	190	190	0.0	20	22	212	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		390	390		80	88	478		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	478	0
No. 4 + 10.00	10.00	8.0	90	90	0.0	0	0	90	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	10.00		90	90		0	0	90		0	0	0		0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0	90	0
총계	90.00		940	940		250	275	1215		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	1215	0

토 적 표

블록 1 (4-2)

측점	연장(m)	절토											성토										이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암유용	비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	12.0	0	0	9.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 1 + 0.00	20.00	10.0	220	220	8.0	170	187	407	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 2 + 0.00	20.00	9.0	190	190	8.0	160	176	366	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		410	410		330	363	773		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	773	0
No. 3 + 0.00	20.00	12.0	210	210	0.0	80	88	298	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 4 + 0.00	20.00	11.0	230	230	0.0	0	0	230	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		440	440		80	88	528		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	528	0
No. 4 + 10.00	10.00	9.0	100	100	0.0	0	0	100	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	10.00		100	100		0	0	100		0	0	0		0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0	100	0
총계	90.00		950	950		410	451	1401		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	1401	0

토 적 표

블록 1 (4-3)

측점	연장(m)	절토											성토										이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암유용	비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	11.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 1 + 0.00	20.00	9.0	200	200	0.0	0	0	200	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 2 + 0.00	20.00	9.0	180	180	0.0	0	0	180	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		380	380		0	0	380		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	380	0
No. 3 + 0.00	20.00	8.0	170	170	0.0	0	0	170	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 4 + 0.00	20.00	9.0	170	170	0.0	0	0	170	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		340	340		0	0	340		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	340	0
No. 4 + 10.00	10.00	8.0	85	85	0.0	0	0	85	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	10.00		85	85		0	0	85		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	85	0
총계	90.00		805	805		0	0	805		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	805	0

토 적 표

블록 1 (4-4)

측 점	연장 (m)	절토											성토									이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암유용	비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	6.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 1 + 0.00	20.00	7.0	130	130	0.0	0	0	130	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 2 + 0.00	20.00	5.0	120	120	0.0	0	0	120	0.0	0	0	0	5.0	50	50	0.0	0	0	0.0	0	0	50			
소계	40.00		250	250		0	0	250		0	0	0		50	50		0	0		0	0	50	50	200	0
No. 3 + 0.00	20.00	2.0	70	70	0.0	0	0	70	0.0	0	0	0	7.0	120	120	0.0	0	0	0.0	0	0	120			
No. 4 + 0.00	20.00	0.0	20	20	0.0	0	0	20	0.0	0	0	0	8.0	150	150	0.0	0	0	0.0	0	0	150			
소계	40.00		90	90		0	0	90		0	0	0		270	270		0	0		0	0	270	90	0	180
No. 4 + 10.00	10.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	9.0	85	85	0.0	0	0	0.0	0	0	85			
소계	10.00		0	0		0	0	0		0	0	0		85	85		0	0		0	0	85	0	0	85
총계	90.00		340	340		0	0	340		0	0	0		405	405		0	0		0	0	405	140	200	265

토 적 표

블록 2

측 점	연장 (m)	절토											성토									이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암유용	비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	13.0	0	0	8.0	0	0	0	12.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 1 + 0.00	20.00	15.0	280	280	9.0	170	187	467	13.0	250	325	325	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 2 + 0.00	20.00	14.0	290	290	10.0	190	209	499	12.0	250	325	325	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		570	570		360	396	966		500	650	650		0	0		0	0		0	0	0	0	966	0
No. 3 + 0.00	20.00	15.0	290	290	9.0	190	209	499	9.0	210	273	273	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 4 + 0.00	20.00	14.0	290	290	8.0	170	187	477	8.0	170	221	221	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		580	580		360	396	976		380	494	494		0	0		0	0		0	0	0	0	976	0
No. 5 + 00.00	20.00	11.0	250	250	6.0	140	154	404	6.0	140	182	182	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 6 + 00.00	20.00	10.0	210	210	4.0	100	110	320	2.0	80	104	104	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		460	460		240	264	724		220	286	286		0	0		0	0		0	0	0	0	724	0
총계	120.00		1610	1610		960	1056	2666		1100	1430	1430		0	0		0	0		0	0	0	0	2666	0

토 적 표

블록 3

측 점	연장 (m)	절토											성토									이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암유용	비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	15.0	0	0	9.0	0	0	0	9.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 1 + 0.00	20.00	12.0	270	270	10.0	190	209	479	11.0	200	260	260	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 2 + 0.00	20.00	14.0	260	260	8.0	180	198	458	10.0	210	273	273	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		530	530		370	407	937		410	533	533		0	0		0	0		0	0	0	0	937	0
No. 3 + 0.00	20.00	14.0	280	280	7.0	150	165	445	9.0	190	247	247	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 4 + 0.00	20.00	12.0	260	260	8.0	150	165	425	10.0	190	247	247	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		540	540		300	330	870		380	494	494		0	0		0	0		0	0	0	0	870	0
No. 5 + 00.00	20.00	10.0	220	220	6.0	140	154	374	10.0	200	260	260	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 6 + 00.00	20.00	9.0	190	190	5.0	110	121	311	8.0	180	234	234	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		410	410		250	275	685		380	494	494		0	0		0	0		0	0	0	0	685	0
총계	120.00		1480	1480		920	1012	2492		1170	1521	1521		0	0		0	0		0	0	0	0	2492	0

토 적 표

블록 4

측점	연장(m)	절토												성토									이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암유용	비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	48.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 1 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	48.0	960	960	0.0	0	0	0.0	0	0	960			
No. 2 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	47.0	950	950	0.0	0	0	0.0	0	0	950			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0		1910	1910		0	0		0	0	1910	0	0	1910
No. 3 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	45.0	920	920	0.0	0	0	0.0	0	0	920			
No. 4 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	45.0	900	900	0.0	0	0	0.0	0	0	900			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0		1820	1820		0	0		0	0	1820	0	0	1820
No. 5 + 00.00	20.00	4.0	40	40	0.0	0	0	40	0.0	0	0	0	43.0	880	880	0.0	0	0	0.0	0	0	880			
No. 6 + 00.00	20.00	8.0	120	120	0.0	0	0	120	0.0	0	0	0	37.0	800	800	0.0	0	0	0.0	0	0	800			
소계	40.00		160	160		0	0	160		0	0	0		1680	1680		0	0		0	0	1680	160	0	1520
No. 7 + 00.00	20.00	19.0	270	270	0.0	0	0	270	0.0	0	0	0	26.0	630	630	0.0	0	0	0.0	0	0	630			
소계	20.00		270	270		0	0	270		0	0	0		630	630		0	0		0	0	630	110	160	520
총계	140.00		430	430		0	0	430		0	0	0		6040	6040		0	0		0	0	6040	270	160	5770

토 적 표

블록 4 (4-1)

측점	연장(m)	절토												성토									이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암유용	비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	11.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 1 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	10.0	210	210	0.0	0	0	0.0	0	0	210			
No. 2 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	11.0	210	210	0.0	0	0	0.0	0	0	210			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0		420	420		0	0		0	0	420	0	0	420
No. 3 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	10.0	210	210	0.0	0	0	0.0	0	0	210			
No. 4 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	9.0	190	190	0.0	0	0	0.0	0	0	190			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0		400	400		0	0		0	0	400	0	0	400
No. 5 + 00.00	20.00	4.0	40	40	0.0	0	0	40	0.0	0	0	0	7.0	160	160	0.0	0	0	0.0	0	0	160			
No. 6 + 00.00	20.00	8.0	120	120	0.0	0	0	120	0.0	0	0	0	2.0	90	90	0.0	0	0	0.0	0	0	90			
소계	40.00		160	160		0	0	160		0	0	0		250	250		0	0		0	0	250	160	0	90
No. 7 + 00.00	20.00	10.0	180	180	0.0	0	0	180	0.0	0	0	0	0.0	20	20	0.0	0	0	0.0	0	0	20			
소계	20.00		180	180		0	0	180		0	0	0		20	20		0	0		0	0	20	20	160	0
총계	140.00		340	340		0	0	340		0	0	0		1090	1090		0	0		0	0	1090	180	160	910

토 적 표

블록 4 (4-2)

측점	연장(m)	절토												성토									이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암유용	비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	14.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 1 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	13.0	270	270	0.0	0	0	0.0	0	0	270			
No. 2 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	13.0	260	260	0.0	0	0	0.0	0	0	260			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0		530	530		0	0		0	0	530	0	0	530
No. 3 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	13.0	260	260	0.0	0	0	0.0	0	0	260			
No. 4 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	12.0	250	250	0.0	0	0	0.0	0	0	250			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0		510	510		0	0		0	0	510	0	0	510
No. 5 + 00.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	13.0	250	250	0.0	0	0	0.0	0	0	250			
No. 6 + 00.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	13.0	260	260	0.0	0	0	0.0	0	0	260			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0		510	510		0	0		0	0	510	0	0	510
No. 7 + 00.00	20.00	9.0	90	90	0.0	0	0	90	0.0	0	0	0	5.0	180	180	0.0	0	0	0.0	0	0	180			
소계	20.00		90	90		0	0	90		0	0	0		180	180		0	0		0	0	180	90	0	90
총계	140.00		90	90		0	0	90		0	0	0		1730	1730		0	0		0	0	1730	90	0	1640

토 적 표

블록 4 (4-3)

측점	연장(m)	절토												성토										이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암유용		비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정			면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0		13.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 1 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0		12.0	250	250	0.0	0	0	0.0	0	0	250			
No. 2 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0		11.0	230	230	0.0	0	0	0.0	0	0	230			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0			480	480		0	0		0	0	480	0	0	480
No. 3 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0		11.0	220	220	0.0	0	0	0.0	0	0	220			
No. 4 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0		12.0	230	230	0.0	0	0	0.0	0	0	230			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0			450	450		0	0		0	0	450	0	0	450
No. 5 + 00.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0		13.0	250	250	0.0	0	0	0.0	0	0	250			
No. 6 + 00.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0		12.0	250	250	0.0	0	0	0.0	0	0	250			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0			500	500		0	0		0	0	500	0	0	500
No. 7 + 00.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0		12.0	240	240	0.0	0	0	0.0	0	0	240			
소계	20.00		0	0		0	0	0		0	0	0			240	240		0	0		0	0	240	0	0	240
총계	140.00		0	0		0	0	0		0	0	0			1670	1670		0	0		0	0	1670	0	0	1670

토 적 표

블록 4 (4-4)

측점	연장(m)	절토												성토										이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암유용		비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정			면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0		10.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 1 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0		13.0	230	230	0.0	0	0	0.0	0	0	230			
No. 2 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0		12.0	250	250	0.0	0	0	0.0	0	0	250			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0			480	480		0	0		0	0	480	0	0	480
No. 3 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0		11.0	230	230	0.0	0	0	0.0	0	0	230			
No. 4 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0		12.0	230	230	0.0	0	0	0.0	0	0	230			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0			460	460		0	0		0	0	460	0	0	460
No. 5 + 00.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0		10.0	220	220	0.0	0	0	0.0	0	0	220			
No. 6 + 00.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0		10.0	200	200	0.0	0	0	0.0	0	0	200			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0			420	420		0	0		0	0	420	0	0	420
No. 7 + 00.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0		9.0	190	190	0.0	0	0	0.0	0	0	190			
소계	20.00		0	0		0	0	0		0	0	0			190	190		0	0		0	0	190	0	0	190
총계	140.00		0	0		0	0	0		0	0	0			1550	1550		0	0		0	0	1550	0	0	1550

토 적 표

블록 5

측점	연장(m)	절토												성토										이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암유용		비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정			면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	13.0	0	0	8.0	0	0	0	0.0	0	0	0		0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 1 + 0.00	20.00	12.0	250	250	8.0	160	176	426	0.0	0	0	0		0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 2 + 0.00	20.00	12.0	240	240	6.0	140	154	394	0.0	0	0	0		0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		490	490		300	330	820		0	0	0			0	0		0	0		0	0	0	0	820	0
No. 3 + 0.00	20.00	13.0	250	250	0.0	60	66	316	0.0	0	0	0		0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 4 + 0.00	20.00	11.0	240	240	0.0	0	0	240	0.0	0	0	0		0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		490	490		60	66	556		0	0	0			0	0		0	0		0	0	0	0	556	0
No. 5 + 00.00	20.00	10.0	210	210	0.0	0	0	210	0.0	0	0	0		0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 6 + 00.00	20.00	8.0	180	180	0.0	0	0	180	0.0	0	0	0		0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		390	390		0	0	390		0	0	0			0	0		0	0		0	0	0	0	390	0
총계	120.00		1370	1370		360	396	1766		0	0	0			0	0		0	0		0	0	0	0	1766	0

(3) 도로 토적 집계표

블 록 토 적 집 계 표

도로명	절토							성토						무대	잔토	부족토
	토사	리핑암		계	발파암		발파암 유용	비다짐	노상		노체		성토계			
	체적	체적	보정		체적	보정		체적	체적	보정	체적	보정				
중로3-1	405	0	0	405	0	0	0	0	1450	1631	2100	2287	3918	222	183	3696
중로3-2	2955	1410	1551	4506	1505	1957	1957	0	0	0	0	0	0	0	4506	0
소로 1-1	1467	1030	1133	2600	734	954	954	0	0	0	0	0	0	0	2600	0
소로 1-2	555	482	530	1085	0	0	0	0	285	321	453	494	815	30	1055	785
소로 1-3	427	0	0	427	0	0	0	0	605	681	836	912	1593	90	337	1503
소로 1-4	692	388	427	1119	695	904	904	0	0	0	0	0	0	0	1119	0
소로 1-5	696	433	476	1172	441	573	573	0	0	0	0	0	0	0	1172	0
소로 1-6	497	0	0	497	0	0	0	0	106	120	201	219	339	153	344	186
도로 총집계표	7694	3743	4117	11811	3375	4388	4388	0	2446	2753	3590	3912	6665	495	11316	6170

토 적 표

중로3-1

측점	연장 (m)	절토											성토										이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암 유용	비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	7.0	0	0	8.0	0	0	0			
No. 1 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	6.0	130	146	7.0	150	164	310			
No. 2 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	6.0	120	135	9.0	160	174	309			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0		0	0		250	281		310	338	619	0	0	619
No. 3 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	6.0	120	135	10.0	190	207	342			
No. 4 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	6.0	120	135	8.0	180	196	331			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0		0	0		240	270		370	403	673	0	0	673
No. 5 + 00.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	6.0	120	135	9.0	170	185	320			
No. 6 + 00.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	6.0	120	135	9.0	180	196	331			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0		0	0		240	270		350	381	651	0	0	651
No. 7 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	6.0	120	135	8.0	170	185	320			
No. 8 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	6.0	120	135	8.0	160	174	309			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0		0	0		240	270		330	359	629	0	0	629
No. 9 + 00.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	6.0	120	135	9.0	170	185	320			
No. 10 + 00.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	6.0	120	135	8.0	170	185	320			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0		0	0		240	270		340	370	640	0	0	640
No. 11 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	6.0	120	135	7.0	150	164	299			
No. 12 + 0.00	20.00	9.0	90	90	0.0	0	0	90	0.0	0	0	0	0.0	0	0	3.0	90	101	9.0	160	174	275			
소계	40.00		90	90		0	0	90		0	0	0		0	0		210	236		310	338	574	90	0	484
No. 13 + 00.00	20.00	11.0	200	200	0.0	0	0	200	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	30	34	0.0	90	98	132			
No. 13 + 10.00	10.00	12.0	115	115	0.0	0	0	115	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	30.00		315	315		0	0	315		0	0	0		0	0		30	34		90	98	132	132	183	0
총계	270.00		405	405		0	0	405		0	0	0		0	0		1450	1631		2100	2287	3918	222	183	3696

토 적 표

중로3-2

측 점				연장 (m)	절 토											성 토										이동토		
					토 사			리 핑 암			계	발 파 암			발파암 유용	비 다 짐			노 상			노 체			계	무대	잔토	부족토
					면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No.	0	+	0.00	0.00	11.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	1	+	0.00	20.00	10.0	210	210	0.0	0	0	210	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	2	+	0.00	20.00	12.0	220	220	0.0	0	0	220	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계				40.00		430	430		0	0	430		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	430	0
No.	3	+	0.00	20.00	9.0	210	210	0.0	0	0	210	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	4	+	0.00	20.00	11.0	200	200	0.0	0	0	200	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계				40.00		410	410		0	0	410		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	410	0
No.	5	+	00.00	20.00	12.0	230	230	5.0	50	55	285	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	6	+	00.00	20.00	10.0	220	220	8.0	130	143	363	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계				40.00		450	450		180	198	648		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	648	0
No.	7	+	0.00	20.00	11.0	210	210	9.0	170	187	397	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	8	+	0.00	20.00	12.0	230	230	8.0	170	187	417	8.0	80	104	104	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계				40.00		440	440		340	374	814		80	104	104		0	0		0	0		0	0	0	0	814	0
No.	9	+	00.00	20.00	10.0	220	220	10.0	180	198	418	13.0	210	273	273	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	10	+	00.00	20.00	12.0	220	220	13.0	230	253	473	15.0	280	364	364	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계				40.00		440	440		410	451	891		490	637	637		0	0		0	0		0	0	0	0	891	0
No.	11	+	0.00	20.00	11.0	230	230	5.0	180	198	428	13.0	280	364	364	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	12	+	0.00	20.00	12.0	230	230	8.0	130	143	373	11.0	240	312	312	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계				40.00		460	460		310	341	801		520	676	676		0	0		0	0		0	0	0	0	801	0
No.	13	+	00.00	20.00	10.0	220	220	4.0	120	132	352	16.0	270	351	351	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	13	+	10.00	10.00	11.0	105	105	6.0	50	55	160	13.0	145	189	189	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계				30.00		325	325		170	187	512		415	540	540		0	0		0	0		0	0	0	0	512	0
총 계				270.00		2955	2955		1410	1551	4506		1505	1957	1957		0	0		0	0		0	0	0	0	4506	0

토 적 표

소로1-1

측 점				연장 (m)	절 토											성 토										이동토		
					토 사			리 핑 암			계	발 파 암			발파암 유용	비 다 짐			노 상			노 체			계	무대	잔토	부족토
					면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No.	0	+	0.00	0.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	0	+	7.50	7.50	7.0	26	26	8.0	30	33	59	8.0	30	39	39	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	1	+	0.00	12.50	6.0	81	81	7.0	94	103	184	7.0	94	122	122	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	2	+	0.00	20.00	6.0	120	120	7.0	140	154	274	7.0	140	182	182	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계				40.00		227	227		264	290	517		264	343	343		0	0		0	0		0	0	0	0	517	0
No.	3	+	0.00	20.00	9.0	150	150	5.0	120	132	282	7.0	140	182	182	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	4	+	0.00	20.00	8.0	170	170	4.0	90	99	269	6.0	130	169	169	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계				40.00		320	320		210	231	551		270	351	351		0	0		0	0		0	0	0	0	551	0
No.	5	+	00.00	20.00	7.0	150	150	3.0	70	77	227	7.0	130	169	169	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	6	+	00.00	20.00	8.0	150	150	5.0	80	88	238	0.0	70	91	91	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계				40.00		300	300		150	165	465		200	260	260		0	0		0	0		0	0	0	0	465	0
No.	7	+	0.00	20.00	9.0	170	170	6.0	110	121	291	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	8	+	0.00	20.00	6.0	150	150	7.0	130	143	293	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계				40.00		320	320		240	264	584		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	584	0
No.	9	+	00.00	20.00	8.0	140	140	3.0	100	110	250	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	9	+	17.50	17.50	9.0	149	149	4.0	61	67	216	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	10	+	0.00	2.50	0.0	11	11	0.0	5	6	17	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No.	10	+	5.00	5.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계				45.00		300	300		166	183	483		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	483	0
총 계				205.00		1467	1467		1030	1133	2600		734	954	954		0	0		0	0		0	0	0	0	2600	0

토 적 표

소로1-2

측점	연장(m)	절토											성토										이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암유용	비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 0 + 7.50	7.50	5.0	19	19	6.0	23	25	44	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 1 + 0.00	12.50	4.0	56	56	5.0	69	76	132	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 2 + 0.00	20.00	4.0	80	80	5.0	100	110	190	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		155	155		192	211	366		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	366	0
No. 3 + 0.00	20.00	5.0	90	90	5.0	100	110	200	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 4 + 0.00	20.00	6.0	110	110	4.0	90	99	209	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		200	200		190	209	409		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	409	0
No. 5 + 00.00	20.00	4.0	100	100	3.0	70	77	177	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 6 + 00.00	20.00	3.0	70	70	0.0	30	33	103	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		170	170		100	110	280		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	280	0
No. 7 + 0.00	20.00	0.0	30	30	0.0	0	0	30	0.0	0	0	0	0.0	0	0	4.0	40	45	6.0	60	65	110			
No. 8 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	4.0	80	90	7.0	130	142	232			
소계	40.00		30	30		0	0	30		0	0	0		0	0		120	135		190	207	342	30	0	312
No. 9 + 00.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	4.0	80	90	6.0	130	142	232			
No. 9 + 17.50	17.50	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	5.0	79	89	8.0	123	134	223			
No. 10 + 0.00	2.50	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	6	7	0.0	10	11	18			
No. 10 + 5.00	5.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	45.00		0	0		0	0	0		0	0	0		0	0		165	186		263	287	473	0	0	473
총계	205.00		555	555		482	530	1085		0	0	0		0	0		285	321		453	494	815	30	1055	785

토 적 표

소로1-3

측점	연장(m)	절토											성토										이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암유용	비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 0 + 7.50	7.50	10.0	38	38	0.0	0	0	38	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 1 + 0.00	12.50	9.0	119	119	0.0	0	0	119	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 2 + 0.00	20.00	9.0	180	180	0.0	0	0	180	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		337	337		0	0	337		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	337	0
No. 3 + 0.00	20.00	0.0	90	90	0.0	0	0	90	0.0	0	0	0	0.0	0	0	4.0	40	45	6.0	60	65	110			
No. 4 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	4.0	80	90	5.0	110	120	210			
소계	40.00		90	90		0	0	90		0	0	0		0	0		120	135		170	185	320	90	0	230
No. 5 + 00.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	4.0	80	90	7.0	120	131	221			
No. 6 + 00.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	4.0	80	90	6.0	130	142	232			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0		0	0		160	180		250	273	453	0	0	453
No. 7 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	4.0	80	90	5.0	110	120	210			
No. 8 + 0.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	4.0	80	90	6.0	110	120	210			
소계	40.00		0	0		0	0	0		0	0	0		0	0		160	180		220	240	420	0	0	420
No. 9 + 00.00	20.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	4.0	80	90	4.0	100	109	199			
No. 9 + 17.50	17.50	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	5.0	79	89	6.0	88	96	185			
No. 10 + 0.00	2.50	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	6	7	0.0	8	9	16			
No. 10 + 5.00	5.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	45.00		0	0		0	0	0		0	0	0		0	0		165	186		196	214	400	0	0	400
총계	205.00		427	427		0	0	427		0	0	0		0	0		605	681		836	912	1593	90	337	1503

토 적 표

소로1-4

측점	연장(m)	절토											성토										이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암유용	비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 0 + 5.00	5.00	7.0	18	18	6.0	15	17	35	12.0	30	39	39	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 1 + 0.00	15.00	6.0	98	98	5.0	83	91	189	10.0	165	215	215	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 2 + 0.00	20.00	6.0	120	120	5.0	100	110	230	10.0	200	260	260	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		236	236		198	218	454		395	514	514		0	0		0	0		0	0		0	454	0
No. 3 + 0.00	20.00	4.0	100	100	4.0	90	99	199	10.0	200	260	260	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 4 + 0.00	20.00	6.0	100	100	3.0	70	77	177	0.0	100	130	130	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		200	200		160	176	376		300	390	390		0	0		0	0		0	0		0	376	0
No. 5 + 00.00	20.00	6.0	120	120	0.0	30	33	153	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 6 + 0.00	20.00	4.0	100	100	0.0	0	0	100	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 6 + 5.00	5.00	5.0	23	23	0.0	0	0	23	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 6 + 10.00	5.00	0.0	13	13	0.0	0	0	13	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	50.00		256	256		30	33	289		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	289	0
총계	130.00		692	692		388	427	1119		695	904	904		0	0		0	0		0	0	0	0	1119	0

토 적 표

소로1-5

측점	연장(m)	절토											성토										이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암유용	비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 0 + 5.00	5.00	6.0	15	15	4.0	10	11	26	5.0	13	17	17	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 1 + 0.00	15.00	5.0	83	83	3.0	53	58	141	4.0	68	88	88	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 2 + 0.00	20.00	5.0	100	100	3.0	60	66	166	4.0	80	104	104	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		198	198		123	135	333		161	209	209		0	0		0	0		0	0		0	333	0
No. 3 + 0.00	20.00	5.0	100	100	4.0	70	77	177	6.0	100	130	130	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 4 + 0.00	20.00	7.0	120	120	5.0	90	99	219	3.0	90	117	117	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		220	220		160	176	396		190	247	247		0	0		0	0		0	0		0	396	0
No. 5 + 00.00	20.00	4.0	110	110	5.0	100	110	220	3.0	60	78	78	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 6 + 0.00	20.00	7.0	110	110	0.0	50	55	165	0.0	30	39	39	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 6 + 5.00	5.00	8.0	38	38	0.0	0	0	38	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 6 + 10.00	5.00	0.0	20	20	0.0	0	0	20	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	50.00		278	278		150	165	443		90	117	117		0	0		0	0		0	0		0	443	0
총계	130.00		696	696		433	476	1172		441	573	573		0	0		0	0		0	0		0	1172	0

토 적 표

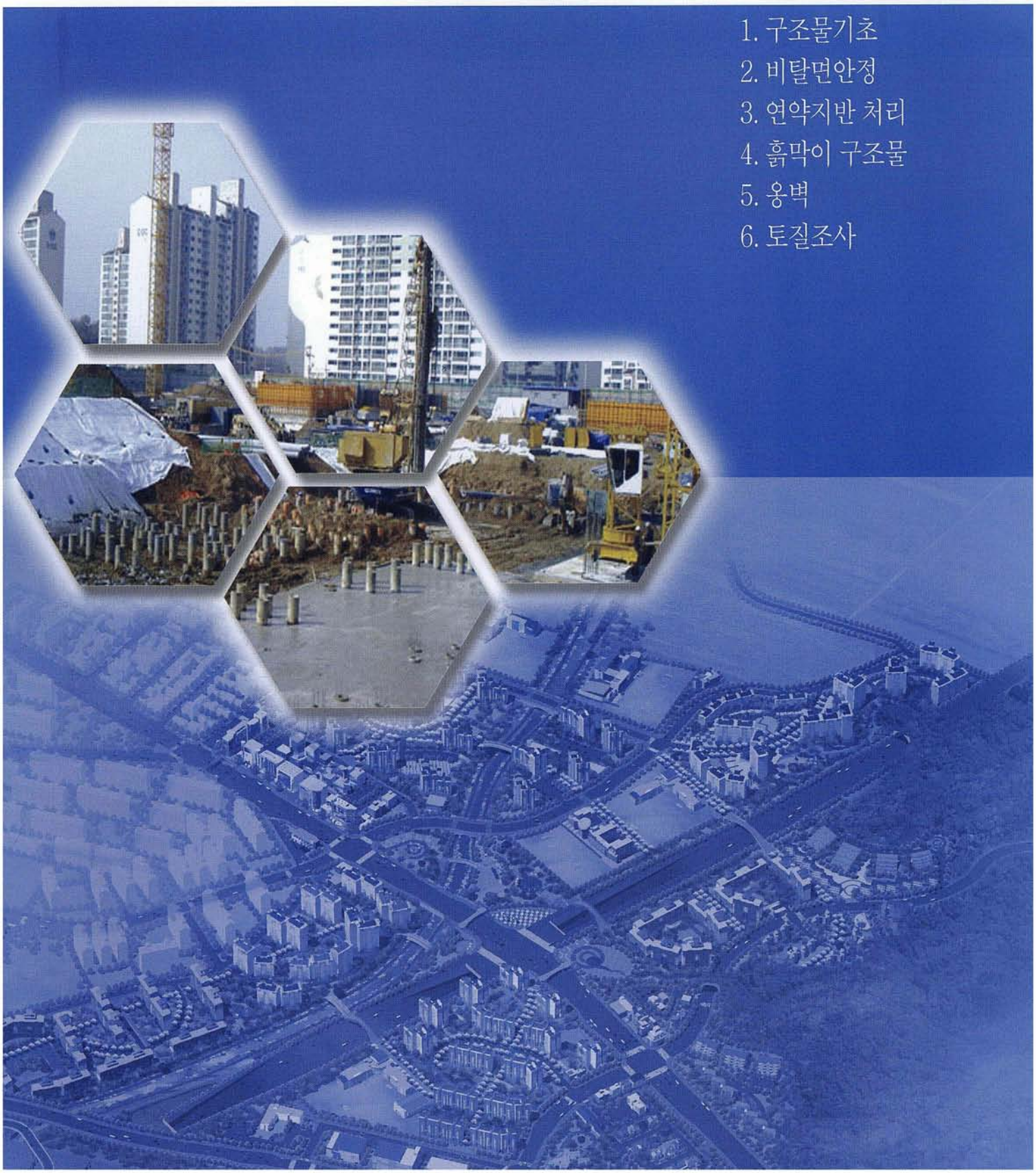
소로1-6

측점	연장(m)	절토											성토										이동토		
		토사			리핑암			계	발파암			발파암유용	비다짐			노상			노체			계	무대	잔토	부족토
		면적	체적	보정	면적	체적	보정		면적	체적	보정		면적	체적	보정	면적	체적	보정	면적	체적	보정				
No. 0 + 0.00	0.00	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 0 + 5.00	5.00	3.0	8	8	0.0	0	0	8	0.0	0	0	0	0.0	0	0	3.0	8	9	5.0	13	14	23			
No. 1 + 0.00	15.00	2.0	38	38	0.0	0	0	38	0.0	0	0	0	0.0	0	0	2.0	38	43	4.0	68	74	117			
No. 2 + 0.00	20.00	2.0	40	40	0.0	0	0	40	0.0	0	0	0	0.0	0	0	2.0	40	45	4.0	80	87	132			
소계	40.00		86	86		0	0	86		0	0	0		0	0		86	97		161	175	272	86	0	186
No. 3 + 0.00	20.00	4.0	60	60	0.0	0	0	60	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	20	23	0.0	40	44	67			
No. 4 + 0.00	20.00	6.0	100	100	0.0	0	0	100	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	40.00		160	160		0	0	160		0	0	0		0	0		20	23		40	44	67	67	93	0
No. 5 + 00.00	20.00	4.0	100	100	0.0	0	0	100	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 6 + 0.00	20.00	6.0	100	100	0.0	0	0	100	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 6 + 5.00	5.00	7.0	33	33	0.0	0	0	33	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
No. 6 + 10.00	5.00	0.0	18	18	0.0	0	0	18	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0			
소계	50.00		251	251		0	0	251		0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0	251	0
총계	130.00		497	497		0	0	497		0	0	0		0	0		106	120		201	219	339	153	344	186

빈 면

Ⅳ.토질 및 기초

1. 구조물기초
2. 비탈면안정
3. 연약지반 처리
4. 흙막이 구조물
5. 옹벽
6. 토질조사



빈 면

Ⅳ. 토질 및 기초

1. 구조물기초

1.1 용어의 정의

(1) 직접기초 : 상부구조물의 하중을 직접 지반에 전달시켜주는 기초로서 압축성이 큰 지층이 없을 때 지반에 직접 설치하는 기초

(2) 전면기초 : 상부구조의 광범위한 면적내의 하중을 단일기초 슬래브 또는 격자보와 기초 슬래브로 지반에 전달하는 기초

(3) 깊은기초 : 일반적으로 말뚝기초와 케이슨기초를 말하며, 기초슬래브로부터의 하중을 말뚝을 이용하여 지반에 전달하는 형식의 기초

(4) 말뚝기초 : 타입말뚝공법, 매입말뚝공법 및 현장타설말뚝공법에 의하여 설치된 말뚝의 머리부분을 확대기초와 연결함으로서 일체로 되는 탄성체 기초

(5) 기성말뚝 : 공장 등에서 제작한 말뚝체를 쓰는 말뚝의 총칭(예, 기성철근콘크리트말뚝, 강말뚝, 나무말뚝 등)

(6) 타입말뚝 : 기성철근말뚝을 거의 전 길이에 걸쳐 지반 속에 타입 또는 압입하여 설치하는 말뚝

(7) 내부굴착말뚝 : 끝이 개방된 기성말뚝의 내부를 통하여 굴착하면서 말뚝을 소정의 깊이까지 압입이나 가볍게 쳐서 관입시킨 뒤 소정의 지지력이 얻어지도록 해머로 두드려 박거나 말뚝 끝부분을 시멘트풀 또는 콘크리트로 처리하는 방법

(8) 현장타설말뚝 : 미리 지반 속에 착공한 구멍 안에 철근망태를 삽입한 후 콘크리트치기하여 현장에서 만드는 말뚝

(9) 극한지지력 : 구조물을 지지할 수 있는 최대의 연직방향 저항력

(10) 허용지지력 : 극한지지력을 안전율로 나눈값

(11) 허용지내력 : 허용지지력 내에서 침하 또는 부등침하가 허용한도 내에서의 힘(응력)

(12) 접지압 : 기초 슬래브 또는 말뚝의 선단과 지반 사이에서 작용하는 압력

(13) 즉시침하(탄성침하) : 재하순간에 지반이 탄성적으로 압축되어 일어나는 침하

(14) 압밀침하 : 시간이 지남에 따라 지반내 간극의 물이 빠져나가면서 간극의 부피가 감소하여 일어나는 침하

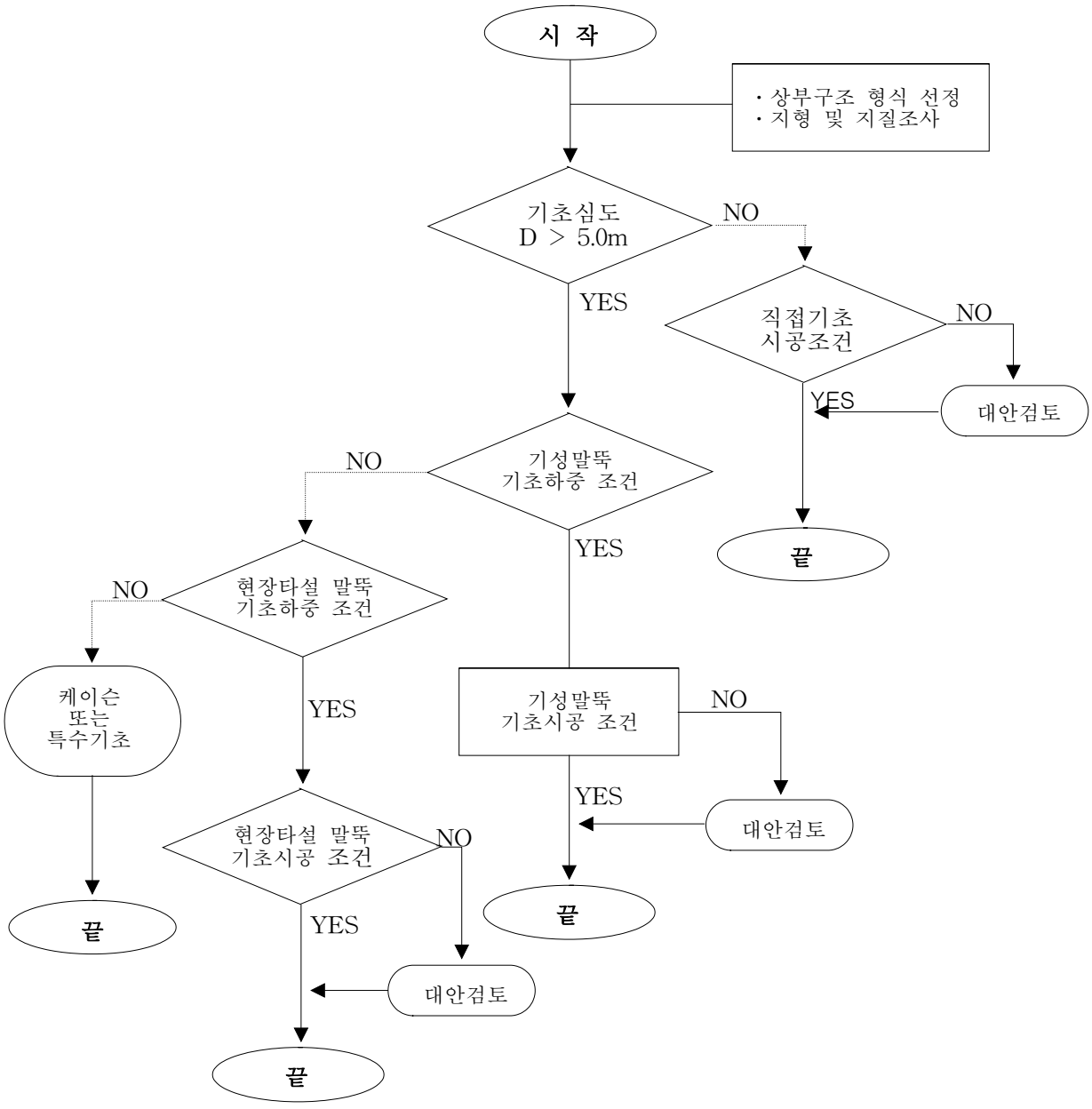
(15) 부등침하 : 인접한 측점간의 상대침하(differential settlement)

(16) 무리말뚝 : 말뚝의 지지력 및 변형에 있어서 말뚝 상호간의 영향이 고려되는 말뚝의 집단

(17) 부마찰력 : 주위의 지반이 침하함에 따라 말뚝주면이 하향으로 작용하는 마찰력

1.2 기초형식 선정 흐름

기초형식은 지형 및 지질조건, 상부구조의 특성(연직하중, 수평하중, 허용침하량 등), 시공조건 (주변환경) 등을 고려하여 선정한다.

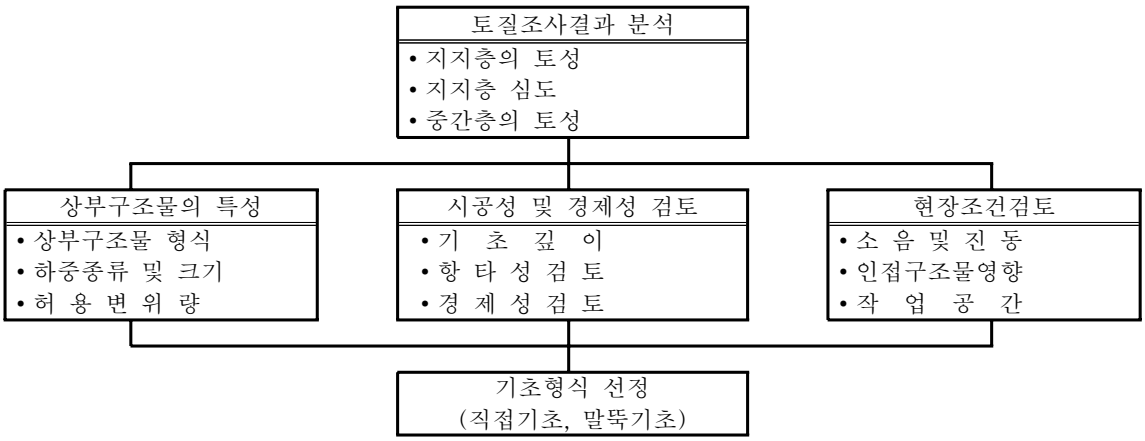


[그림 1.1] 기초 설계 흐름도

1.3 일반사항

기초 형식은 구조물의 특성, 하중 조건, 지형 및 지질, 지지층까지의 깊이, 액상화 가능성, 세굴, 동결심도, 측방유동 그리고 시공 조건 등을 고려하여 선정하며, 크게 직접기초(얕은 기초)와 깊은 기초로 대별할 수 있다.

<표 1.1> 기초형식 선정방법



<표 1.2> 기초형식에 따른 분류

구 분	직 접 기 초	깊 은 기 초	
		기 성 말 뚝	현 장 타 설 말 뚝
적용 범위	• 기초침하량이 작고 지지력이 큰 양질의 지지층 - N치 30이상의 사질토 또는 암반 - N치 20이상의 점성토 • 지지층이 얕고, 기초 터파기가 경제적일 경우	• 지지층이 깊은 경우 • 소음, 진동으로 인한 피해가 예상되는 지역 • 30cm이상의 호박돌, 전석이 있을 경우 항타곤란	• 일반토사, 호박돌층, 암반층 적용 가능 • 지지층이 깊은 경우 • 30cm 이상의 호박돌, 전석 및 암반층 적용
시공 방법	• 기초지반 지지력 확인후 시공 • 기초 터파기 후 Footing 시공 • 필요에 따라 Mass Con'c 시공	• 항타기를 이용한 직타 또는 천공후 항타 • 매입말뚝 적용시 시멘트 풀 주입	• 지반조건, 시공조건에 따라 RCD, Benoto, 돗바늘공법으로 구분하여 시공하거나 혹은 각 공법을 병행시공
적용 지반	• 조밀한 사력층, 암반	• 자갈층, 전석층, 연암	• 일반토사, 호박돌, 암반
장점 단점	• 시공성 양호 • 지지층 확인가능 • 양호한 품질유지 • 공사비 저가 • 깊은 굴착 어려움	• 자갈, 전석층, 연암층 등에 시공 가능 • 수직도 유지 용이 • 말뚝선단부 보강대책 필요 • 깊이가 깊을 경우 Casing 용접에 따른 문제 발생	• 시공성 양호 • 깊은 굴착이 가능 • 지층에 관계없이 시공 • 양호한 품질유지 곤란 • 상대적으로 공사비 고가
공법 구분	• 독립기초 • 복합기초 • 줄기초 • 전면(Mat)기초	• 항타말뚝 • 매입말뚝 • 속파기말뚝	• 현장타설말뚝

<표 1.3> 기초형식 선정도표

선정조건 \ 기초형식			직접기초	타입말뚝 기초			내부굴착 말뚝기초						현장타설 말뚝기초				케이슨 기초		강관널말뚝 기초	지중연속벽 기초
							PC·PHC말뚝			강관말뚝										
				RC말뚝	PC·PHC말뚝	강관말뚝	최종타격방법	분출교반방식	콘크리트타설방식	최종타격방법	분출교반방식	콘크리트타설방식	올케이싱	리버스	어스드릴	인력	공기케이슨	오픈케이슨		
지반조건	지지층까지상태	중간층에 극 연약층이 있음	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○
		중간층에 극 굳은층이 있음	○	×	△	△	○	○	○	○	○	○	△	○	△	○	○	△	△	○
		중간층에 조약돌이 있음 — 조약돌지름 5cm 이하	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		중간층에 조약돌이 있음 — 조약돌지름 5~10cm	○	×	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	○	○	○	△	○
		중간층에 조약돌이 있음 — 조약돌지름 10~50cm	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	○	○	△	×	△
		액상화하는 지반이 있음	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	지지층의상태	지지층의 심도 — 5m 미만	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×
		지지층의 심도 — 5~15m	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	△	△
		지지층의 심도 — 15~25m	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		지지층의 심도 — 25~40m	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○
		지지층의 심도 — 40~60m	×	×	△	○	△	△	△	○	○	○	△	○	×	×	△	○	○	○
		지지층의 심도 — 60m 이상	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	×	○	○	○
		지지층의 토질 — 점성토(20≤N)	○	○	○	○	○	×	△	○	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○
		지지층의 토질 — 모래·모래자갈(30≤N)	○	○	○	○	○	○	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
		경사가 큼(30정도 이상)	○	×	△	○	△	△	△	○	○	○	○	△	△	○	○	△	△	△
		지지층면의 요철이 심함	○	△	△	○	△	△	△	○	△	△	○	○	○	○	○	△	△	○
	지하수상태	지하수위가 지표면 근처	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○
		용수량이 아주 많음	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	×	○	○	○	△
		지표에서 2m 이상의 피압지하수	×	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	△	○	×
		지하수 유속 3m/min 이상	×	○	○	○	○	×	×	○	×	×	×	×	×	×	○	△	○	×
구조물의특성	하중규모	연직하중이 작음(지간 20m 이하)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	△	×	×
		연직하중이 보통(지간 20~50m 이하)	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		연직하중이 큼(지간 50m 이상)	○	×	△	○	△	△	△	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○
		연직하중에 비해 수평하중이 작음	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△
		연직하중에 비해 수평하중이 큼	○	×	△	○	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	지지형식	지지말뚝	／	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	／	／	／	／
		마찰말뚝	／	○	○	○	／	／	／	／	／	／	○	○	○	／	／	／	／	／
시공조건	수상시공	수심 5m 미만	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	×	○	△	×	△	△	○	×
		수심 5m 이상	×	△	△	○	△	△	△	△	△	△	×	△	×	×	△	△	○	×
	작업공간이 좁음		○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	△	△	×	△
	경사말뚝의 시공		／	△	○	○	×	×	×	△	△	△	△	×	×	×	／	／	／	／
	유해가스의 영향		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○
	주변환경	진동소음대책	○	×	×	×	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	×	○
		인접구조물에 대한 영향	○	×	×	△	△	○	○	△	○	○	○	○	○	△	△	△	△	○

○ : 적합성이 높음. △ : 적합성이 있음 × : 적합성이 낮음.

주) 참고문헌 : 도로설계편람(2000), 건설교통부, p.509-8

1.4 얕은기초

1.4.1 설계일반

(1) 적용범위 얕은기초(shallow foundation)는 직접기초라고도 하며 하중전달기둥의 하부를 넓힌 형식으로 확대기초라고도 한다. 일반적으로 기초의 최소폭(B)과 근입깊이(D_f)의 비가 대체로 1.0이하($D_f/B \leq 1.0$)인 경우를 말하나 그 비가 3.0~4.0이하인 경우에도 얕은기초의 범주에 속한다.

얕은기초는 형식과 기능에 따라 푸팅기초(footing foundation)와 전면기초(mat foundation)로 분류된다.

(2) 설치조건

얕은기초는 하부에 압축성이 큰 지층이 없을 때에 설치하고, 기초지반이 전단파괴에 대해 안전해야 하며, 과도한 침하나 부등침하가 일어나지 않아야 한다.

(3) 기초의 안정성

기초의 안정성은 지반의 전단파괴, 침하, 전도, 활동, 기초 본체에 대하여 검토하며 소정의 안전율을 확보해야 한다.

1.4.2 지지력 산정

(1) 토사지반에서 얕은기초의 연직지지력

1) 이론식에 의한 지지력 산정방법

① Terzaghi의 이론식

(가) 전반전단파괴시의 극한지지력

$$q_u = \alpha c N_c + \beta \gamma_1 B N_r + \gamma_2 D_f N_q$$

여기서, γ_1 : 기초저면 하부지반의 단위중량

γ_2 : 기초저면 상부지반의 단위중량

α, β : 형상계수로 기초형상에 따라 <표 1.4>의 값을 갖는다.

N_c, N_γ, N_q : 전반전단파괴시의 지지력계수

B : 기초의 단변폭

D_f : 기초의 근입깊이

<표 1.4> Terzaghi의 기초형상계수

형상계수	원형기초	정사각형기초	연속기초	직사각형기초
α	1.3	1.3	1.0	1+0.3B/L
β	0.3	0.4	0.5	0.5-0.1B/L

주) B는 푸팅의 폭, L은 푸팅의 길이

(나) 국부전단파괴시의 극한지지력

$$q_u = \alpha \frac{2}{3} c N_c' + \beta \gamma_1 B N_r' + \gamma_2 D_f N_q'$$

여기서, N_c', N_γ', N_q' : 국부전단파괴시의 지지력계수,

$\phi' = \tan^{-1}(\frac{2}{3} tan\phi)$를 대입하여 구한값

<표 1.5> Terzaghi의 지지력계수(전반전단파괴/국부전단파괴)

내부마찰각(°)	N_c / $N_{c'}$	N_γ / $N_{\gamma'}$	N_q / $N_{q'}$
0	5.7/5.7	0.0/0.0	1.0/1.0
5	7.4/6.7	0.5/0.2	1.6/1.4
10	9.6/8.0	1.2/0.5	2.7/1.9
15	12.9/9.7	2.5/0.9	4.5/2.7
20	17.7/11.8	4.0/1.7	7.4/3.9
25	25.2/14.8	9.7/3.2	12.7/5.6
30	37.2/19.0	19.7/5.7	22.5/8.3
35	57.8/25.2	42.5/10.1	41.4/12.6
40	95.7/34.9	100.4/18.8	81.3/20.5
45	172.3/51.2	297.5/37.7	173.3/35.1
48	258.3/66.8	780.1/60.4	287.9/50.5
50	347.5/81.3	1153.2/87.1	415.1/65.6

② Meyerhof의 극한지지력

$$q_u = c N_c + \frac{1}{2} \gamma_1 B N_r + \gamma_2 D_f N_q$$

Meyerhof의 극한지지력계산식은 Terzaghi의 식과 같은 모양이며 다만 지지력계수 N_c, N_γ, N_q만 다를 뿐이다.

<표 1.6> Meyerhof의 지지력계수(단, m=0, β=0)

지지력계수	ϕ=0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
N_c	5.1	6.5	8.3	11.0	14.8	20.7	30.1	46.1	75.3	133.9
N_γ	0.0	0.1	0.4	1.1	2.9	6.8	15.7	37.1	93.7	262.7
N_q	1.0	1.6	2.5	3.9	6.4	10.7	18.4	33.3	64.2	134.9

③ Hansen의 극한지지력

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c b_c g_c + \bar{q} N_q s_q d_q i_q b_q g_q + \frac{1}{2}\bar{\gamma} B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma$$

여기서, s : 형상계수
d : 깊이계수
i : 경사계수
g : 지표면계수
b : 기초저면계수
N_c, N_q : Meyerhof의 값과 같음
N_γ : $1.5(N_q - 1)\tan\phi$

s, d, i, b, g 등의 계수 산정은 구조물 기초설계기준 해설(2003), 건설교통부, p.190 참조

<표 1.7> Meyerhof와 Hansen 식에 대한 지지력계수

ø(°)	N_c	N_q	$N_{r(H)}$	N_q/N_c	$2\tan\text{ø}(1-\sin\text{ø})^2$	$N_{r(M)}$
0	5.14	1.0	0	0.19	0	0
5	6.5	1.6	0.1	0.24	0.15	0.1
10	8.3	2.5	0.4	0.30	0.24	0.4
15	11.0	3.9	1.2	0.36	0.29	1.1
20	14.8	6.4	2.9	0.43	0.32	2.9
25	20.7	10.7	6.8	0.51	0.31	6.8
30	30.1	18.4	15.1	0.61	0.29	15.7
35	46.1	33.3	33.9	0.72	0.25	37.1
40	75.3	64.2	79.5	0.85	0.21	93.7
45	133.9	134.9	200.8	1.01	0.17	262.7
50	266.9	319.0	568.5	1.20	0.13	873.7

주) • $N_{r(M)}$: Meyerhof의 값
• 참고문헌 : 구조물 기초설계기준 해설(2003), 건설교통부, p.185~190

2) 경험적 지지력 산정방법

경험적인 지지력은 신중하게 적용해야 하며, 확대기초의 지지력에 대한 경험치는 <표 1.8>을 참조하여 구할 수 있다. 경험값을 적용할 수 있는 경우 및 경험값의 수정에 대한 세부사항은 “구조물 기초설계기준 해설(2003), 건설교통부, p.207~209”를 참조한다.

<표 1.8> 확대기초의 지지력 경험치

지 지 층	현장 연경도 상태	허용지지력(t/㎡)	
		범위	추천값
괴상의 결정질 화강암, 변성암 : 화강암, 섬록암, 현무암, 완전히 고갈된 역암	경질이 신선한 암	650~1,070	860
엽리성의 변성암 : 슬레이트, 편암	중간경질이 신선한 암	320~430	375
퇴적암 : 시멘트화된 경질의 셰일, 실트암, 사암, 동공이 없는 석회암	중간경질이 신선한 암	160~270	215
풍화되거나 파쇄된 모암, 이질암(셰일)이외의 모든 암, RQD 〈 25	연암	85~130	105
컴팩션 셰일(compaction shale)이나 신선한 이질암	연암	85~160	105
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan), 점성토 섞인 자갈(GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	85~130	105
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함 중간정도 조밀 느슨함	65~105 40~75 20~65	75 50 30
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함 중간정도 조밀 느슨함	40~65 20~40 10~30	40 30 15
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함 중간정도 조밀 느슨함	30~50 20~40 10~30	30 25 15
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음 중간정도 굳음 느슨함	30~60 10~30 5~10	40 20 5
실트, 모래질 실트, 점토질 실트	매우 굳음 중간정도 굳음 연암	20~40 10~30 5~10	30 15 5

자료 : U.S. Dept. of the Navy, 1982

주) • 함수비, 밀도, 쌓기고를 관리하여 다진 쌓기층의 지지력은 동일한 연경도를 갖는 자연지반의 지지력과 동등한 것으로 간주한다.

• 압축성이 큰 세립토의 허용접지압력은 구조물의 총 침하량을 고려하여 제한다.

• 유기질 지반이나 다짐을 하지 않은 쌓기층의 허용지지력은 각 경우에 따라 별도 조사하여 결정한다.

• 위 표에서 추천된 암반의 허용지지력이 암시편의 일축압축강도를 초과하면, 일축압축강도를 허용지지력으로 취한다.

3) 표준관입시험에 의한 지지력 산정방법 (수정 Meyerhof 방법)

Meyerhof(1965)는 표준관입시험 N값으로부터 최대침하량 25mm를 전제로 한 허용지지력을 추정하는 공식을 제시하였다.

$q_{all} = 19N \cdot K_d$ (B<1.2m인 경우)

$q_{all} = 12N \cdot K_d \cdot (\frac{B+0.3}{B})^2$ (B≥1.2m인 경우)

여기서, N : 표준관입 시험치(기초저면 상부 0.5B에서 저면 아래 2B사이 평균치)

K_d: 깊이계수

$K_d = 1+0.33(D_f/B)$ $(B \geq D_f)$

$K_d = 1.3$ $(B < D_f)$

D_f : 근입깊이

B : 기초의 폭

q_{all}의 단위 : kPa

기초의 지지력 산정을 위한 대부분의 식은 지반의 표준관입시험 결과인 N값을 이용하게 되어 있다. 그러나, 표준관입 시험의 결과인 N값은 여러 가지 영향인자들에 의해 실제 지반보다 과대 혹은 과소평가 된다. 국제 토질기초 공학회에서는 국제표준규격인 해머효율 60%의 N60으로 표준관입시험결과를 보정하도록 규정하고 있다.

N값의 보정은 유효응력, 해머효율, 롯드길이, 샘플러종류 및 공경에 대해 다음과 같이 실시한다.

$N_{60} = N \times C_N \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4$

여기서, N_{60} : 해머효율 60%로 보정한 표준관입시험 결과

N : 각 장비별 표준관입시험결과

C_N : 유효응력에 대한 보정 ($C_N = \sqrt{1/p'}$)

η_1 : 해머효율 보정계수 (η_1 = 해머효율/60%)

η_2 : 롯드길이 보정계수

(롯드길이 3~4m : 0.75, 4~6m : 0.85, 6~10m : 0.95, >10m : 1.0)

η_3 : 샘플러 종류에 대한 보정 (Liner가 없는 경우 : 1.2)

η_4 : 굴착홀 직경에 따른 보정 (굴착홀 직경 65~115mm : 1.0)

<표 1.9> 해머종류별 효율

해머종류	도넛(Donut)형	안전(Safety)형	자동(Trip)형	개량자동(Modified Auto-Donut)형
효 율	46%	65%	54%	54%

4) 얕은기초 지지력공식의 신뢰성

① Terzaghi식은 비교적 일찍 제안되었고 대단히 안전측이기 때문에 널리 사용되어 왔으며, 과대설계되는 경향이 있다.

② Hansen식은 점착성이 큰 지반에 대해서 적합한 식으로 알려져 있다.

③ Meyerhof와 Hansen식은 평면변형조건을 고려하지 않는 사질토에 대해서 약간 과대설계 되지만 실제와 비교적 잘 일치한다.

④ 이들 공식과 실제지지력을 비교하기 위해서 여러 연구기관에서 수많은 현장시험을 실시한 결과 Bowles(1988)에 의하면 Meyerhof와 Hansen식이 가장 좋은 일치성 보인다고 한다.

(2) 암반에서 얕은기초의 연직지지력

암반위에 놓인 직접기초의 허용 연직지지력은 Peck et al(0974)의 RQD와 허용접지압과의 관계, 일축압축강도, 절리 및 기타 불연속면의 상태와 간격을 고려하여 계산한다. 어떠한 경우도 허용접지압과 콘크리트의 허용응력을 비교하여 작은 값을 사용해야 한다.

주) • 참고문헌 : "도로교설계기준(2005), (사)한국도로교통협회, p.453~454"
• 세부적인 내용은 "도로교 설계기준 해설(하부구조편)(2001), (사)대한토목학회, p.133~137"을 참조한다.

1.4.3 직접기초의 침하량 산정

구조물의 침하는 즉시침하(immediate settlement) S_i와 압밀침하(consolidation settlement) S_c의합이다. 유기질토나 점성토에서는 여기에 이차압축침하(secondary compression settlement) S_s가 추가된다.

$$S = S_i + S_c + S_s$$

본 장에서는 탄성침하에 대해서만 서술하고, 압밀침하 및 이차압축침하는 "3. 연약지반 편"을 참조하여 산정한다. 또한, 구조물의 종류에 따른 허용침하량 및 허용부등침하 기준은 "4. 흙막이구조물 편"을 참조한다.

(1) 탄성이론에 의한 탄성침하량 산정

탄성침하는 기초의 강성과 형태에 따라 다음과 같이 계산한다.

$$S_i = qB\frac{1-\nu^2}{E}I_s$$

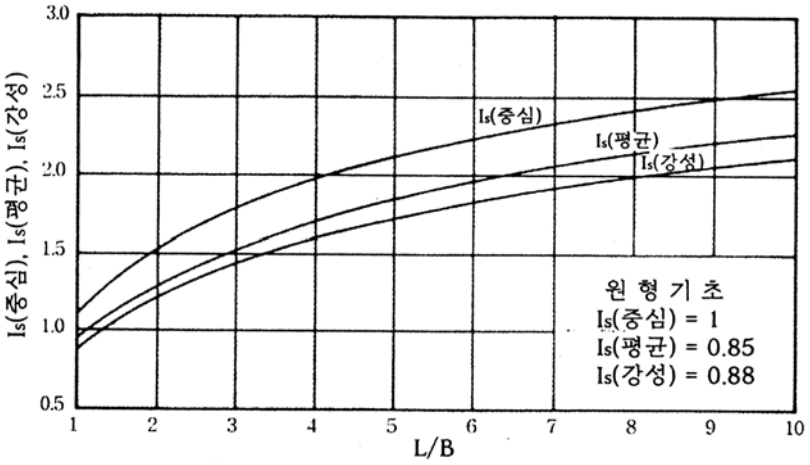
여기서, E : 지반의 탄성계수

ν : 지반의 포아송비

Is : 탄성침하의 영향계수(<표 1.10>이나 [그림 1.2]에서 구함)

<표 1.10> 탄성침하의 영향계수 Is

		강성기초	연 성 기 초				비 고
			중심점	외변의 중점	모서리점	평 균	
원형기초		0.785	1.00	0.637	-	0.848	연성기초의 중심점의 영향치는 모서리점의 영향치의 2배임. 즉, 중심점의 침하량은 모서리점의 침하량의 2배임.
정방향기초		0.88	1.12	0.76	0.56	0.950	
구형기초	L/B=2	1.12	1.53	1.12	0.76	1.30	
	L/B=5	1.60	2.10	1.68	1.05	1.82	
	L/B=10	2.00	2.56	2.10	1.28	2.24	



[그림 1.2] 탄성침하의 영향계수 Is

탄성이론으로 침하량을 산정하기 위해서는 탄성계수와 포아송비를 알아야 한다. 그런데 이 두 가지 토질정수를 정확히 파악하는 것은 대단히 어려우므로 <표 1.11>과 같은 근사치를 사용한다. 표준관입시험의 N치 또는 콘관입저항 q_c와 탄성계수 E_s 사이의 관계는 <표 1.12>에 정리되어 있다.

<표 1.11> 각종 흙의 탄성계수와 포아송비(Das, 1995)

흙의 종류	탄성계수(tf/㎡)	포아송비
느슨한 모래	1,000 ~ 2,400	0.20 ~ 0.40
중간정도 촘촘한 모래	1,700 ~ 2,800	0.25 ~ 0.40
촘촘한 모래	3,500 ~ 5,500	0.30 ~ 0.45
실트질 모래	1,000 ~ 1,700	0.20 ~ 0.40
모래 및 자갈	6,900 ~ 17,200	0.15 ~ 0.35
연약한 점토	200 ~ 500	
중간 점토	500 ~ 1,000	0.20 ~ 0.50
견고한 점토	1,000 ~ 2,400	

<표 1.12> 현장시험결과와 탄성계수(Es, qc는 kPa 단위임. 1kPa=0.1tf/㎡)

	SPT	CPT
모 래	E_s = 766N E_s = 500(N+15) E_s = 18,000+750N E_s = (15,200 to 22,000)lnN	E_s = (2～4)q_c E_s = 2(1+D_r^2)q_c
점토질 모래	E_s = 320(N+15)	E_s = (3～6)q_c
실트질 모래	E_s = 300(N+6)	E_s = (1～2)q_c
자갈섞인 모래	E_s = 1,200(N+6)	
연약점토		E_s = (6～8)q_c
점 토 (S_u : 비배수전단강도)	I_p > 30, 또는 유기질 I_p < 30, 또는 단단함 1 < OCR < 2 OCR > 2	E_s = (100～500)S_u E_s = (500～1,500)S_u E_s = (800～1,200)S_u E_s = (1,500～2,000)S_u

(2) 변형영향계수를 이용한 탄성침하 산정(Schmertmann & Hartman(1978))

이 식은 불균질한 지반에도 적용이 가능하며, 1<L/B<10인 경우 변형영향계수(I_Z)는 보간법을 사용하여 산정한다.

$$S_i = C_1 C_2 (\bar{q} - q) \sum \frac{I_z}{E} \Delta z$$

여기서, C_1 : 기초의 근입깊이에 대한 보정계수

$C_1 = 1 - 0.5[q/(\bar{q} - q)]$ 단, $C_1 > 0.5$

C_2 : 모래의 크립(creep)에 대한 보정계수

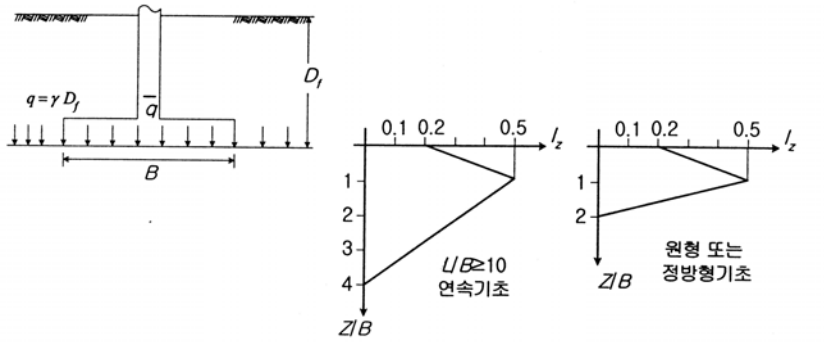
$C_2 = 1 + 0.2 \log[10 \times$ 시간(년)$]$

q : γ Df　　$\bar{q}$: 기초저면의 접지압

I_z : 변형영향계수([그림 1.3])　　Δz : 각 토층의 두께

E : 탄성계수

- 정방형기초 : E = 2.5qc
- 연속기초 : E = 3.5qc
- 일반적기초 : E = αqc = (1～8)qc



[그림 1.3] 변형영향계수

(3) 사질지반의 즉시(탄성) 침하량 (De Beer 제안식)

$$S_i = 0.04 \cdot \frac{P_o}{N} \cdot H \cdot \log\left(\frac{P_o + \Delta P}{P_o}\right)$$

여기서, N : 모래층의 평균 N치

H : 모래층의 두께 (m)

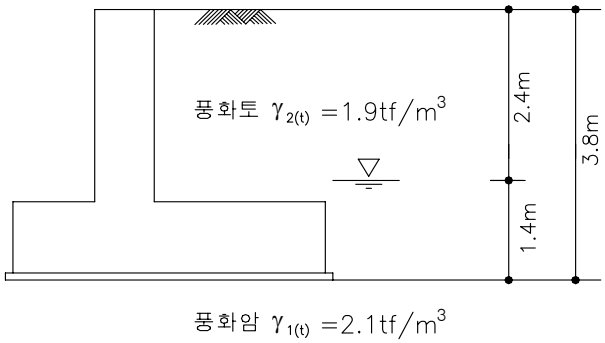
P_0 : 사질토층 중앙단면에서의 유효상재하중 (tf/㎡)

ΔP : 사질토층 중앙단면에서의 연직응력 증가량 (tf/㎡)

1.4.4 얕은기초 적용사례

(1) CASE-1 : 원지반에 설치된 얕은기초의 지지력 및 침하

풍화암위에 설치된 직접기초의 설계반력은 25tf/㎡이다. 직접기초의 제원은 (B×L) 4.2m×6.5m 이고, 기초근입깊이(D_f)는 3.8m이며, 지하수위는 기초저면에서 1.4m 위에 위치하고 있을 때, 기초지반의 허용지지력과 침하량을 산정하여라. 단, 적용토질정수는 다음표와 같다.



흙의 종류	단위중량(tf/㎥)	점착력(tf/㎡)	내부마찰각(°)	탄성계수(tf/㎡)	포아송비
풍화토	1.9	1.5	30	8,000	0.35
풍화암	2.1	3.0	30	11,200	0.35

[해설]

1) 직접기초 지지력 산정

① Terzaghi의 이론식에 의한 검토

B = 4.2m, L = 6.5m, D_f = 3.8m,

$\gamma_{1(t)}$ = 2.1tf/㎥(전체단위중량), $\gamma_{1(s)}$ = 1.1tf/㎥(수중단위중량),

$\gamma_{2(t)}$ = 1.9tf/㎥(전체단위중량), $\gamma_{2(s)}$ = 0.9tf/㎥(수중단위중량),

지하수위는 기초저면으로부터 상부 1.4m에 위치

α = 1+0.3(4.2/6.5) = 1.194

β = 0.5-0.1(4.2/6.5) = 0.435

ϕ = 30일 때, $N_c = 37.2$, $N_r = 19.7$, $N_q = 22.5$이므로

$q_u = \alpha c N_c + \beta \gamma_1 B N_r + \gamma_2 D_f N_q$에서

$q_u = 1.194 \times 3.0 \times 37.2 + 0.435 \times 1.1 \times 4.2 \times 19.7 + (1.9 \times 2.4 + 0.9 \times 1.4) \times 22.5$

$= 303.79$ tf/㎡

$q_a = 303.79/3 = 101.26$ tf/㎡ > 25 tf/㎡ (설계반력) ∴O.K

② Meyerhof의 극한지지력에 의한 검토

ϕ = 30일 때, $N_c = 30.1$, $N_r = 15.7$, $N_q = 18.4$ 이고,

나머지 조건은 상기①과 동일하므로

$q_u = c N_c + \frac{1}{2} \gamma_1 B N_r + \gamma_2 D_f N_q$에서

$q_u = 3.0 \times 30.1 + \frac{1}{2} \times 1.1 \times 4.2 \times 15.7 + (1.9 \times 2.4 + 0.9 \times 1.4) \times 18.4$

$= 233.66$ tf/㎡

$q_a = 233.66/3 = 77.89$ tf/㎡ > 25 tf/㎡ (설계반력) ∴O.K

③ Hansen의 극한지지력에 의한 검토

ϕ = 30일 때, $N_c = 30.1$, $N_r = 1.5(18.4-1)\tan 30^\circ = 15.1$, $N_q = 18.4$이고,

형상계수(s),

$s_c = 0.2B/L = 0.2 \times (4.2/6.5) = 0.129$

$s_q = 1 + (B/L)\tan\phi = 1 + (4.2/6.5)\tan 30^\circ = 1.373$

$s_\gamma = 1 - 0.4(B/L) = 1 - 0.4 \times (4.2/6.5) = 0.742$

깊이계수(d),

$d_c = 0.4(D_f/B) = 0.4 \times (3.8/4.2) = 0.362$

$d_q = 1 + 2\tan\phi \times [(1-\sin\phi)^2 \frac{D_f}{B}] = 1 + 2\tan 30^\circ \times [(1-\sin 30^\circ)^2 \times (3.8/4.2)] = 1.261$

경사계수(i)와 지표면계수(g) 및 기초저면계수(b)는 1이고,

나머지 조건은 상기 ①과 동일하므로,

$q_u = cN_c s_c d_c i_c b_c g_c + \bar{q} N_q s_q d_q i_q b_q g_q + \frac{1}{2}\bar{\gamma} B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma$에서

$q_u = 3.0 \times 30.1 \times 0.129 \times 0.362 \times 1 \times 1 \times 1 + (1.9 \times 2.4 + 0.9 \times 1.4) \times 18.4 \times 1.373 \times 1.261 \times 1 \times 1 \times 1$

$+ \frac{1}{2} \times 1.1 \times 4.2 \times 15.1 \times 0.742 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 4.22 + 185.41 + 25.88 = 215.51$ tf/㎡

$q_a = 215.51/3 =$ 71.84 tf/㎡ > 25 tf/㎡ (설계반력) ∴O.K

④ 표준관입시험에 의한 지지력 검토 (수정 Meyerhof 방법)

$K_d = 1 + 0.33(D_f/B) = 1 + 0.33(3.8/4.2) = 1.299$

N은 기초저면 상부 0.5B에서 저면아래 2B 사이의 평균값으로 N=40 적용하면,

$q_{all} = 12N \cdot K_d \cdot (\frac{B+0.3}{B})^2$ (B≥1.2m인 경우)

$q_{all} = 12 \times 40 \times 1.299 \times (\frac{4.2+0.3}{4.2})^2$

$= 715.78$kPa = 73.01 tf/㎡ > 25 tf/㎡ (설계반력) ∴O.K

⑤ 각 지지력 공식에 의한 결과 비교

구 분	Terzaghi	Meyerhof	Hansen	수정Meyerhof (N값이용)	적용값	설계반력 (tonf/㎡)	판정
허용지지력(q_a) (tonf/㎡)	101.26	77.89	71.84	73.01	71.84	25	OK

2) 직접기초 침하량 산정

① 탄성이론에 의한 침하량 산정

$q = (2.4 \times 1.9 + 1.4 \times 0.9)) = 5.82$ tf/㎡, $I_s = 1.15$ 이므로,

$S_i = qB\frac{1-\nu^2}{E} I_s$ 에서

$S_i = (25 - (2.4 \times 1.9 + 1.4 \times 0.9)) \times 4.2 \times \frac{1-0.35^2}{11200} \times 1.15 =$

$=$ 0.0073m = 7.3mm < 25mm(허용침하량) ∴O.K

② Schmertmann 식에 의한 침하량 산정

$C_1 = 1 - 0.5[q/(\bar{q} - q)] = 1 - 0.5[5.82/(25-5.82)] = 0.8483$

$C_2 = 1 + 0.2\log[10 \times$ 시간(년)$] = 1 + 0.2\log(10 \times 1) = 1.2$

$\bar{q}$= 25 tf/㎡, q= 5.82 tf/㎡, I_z = 0.28

$S_i = C_1 C_2 (\bar{q} - q) \sum \frac{I_z}{E} \Delta z$ 에서

$S_i = 0.8483 \times 1.2 \times (25 - 5.82) \times (0.28/11200) \times 2 \times 4.2$

= 0.0041m = 4.1mm < 25mm(허용침하량) ∴O.K

③ 각 침하량 공식에 의한 결과 비교

구 분	탄성이론	Schmertmann	적용값	허용침하량	판정
침 하 량 (mm)	7.3	4.1	7.3	25	OK

1.5 깊은기초

1.5.1 깊은기초 형식분류

(1) 말뚝기초의 시공법에 따른 분류

말뚝기초의 시공방법에 따라 크게 항타, 매입, 현장타설로 구분할 수 있다.

<표 1.13> 시공방법에 따른 말뚝기초 공법 비교

구 분	기성말뚝 공법		현장타설말뚝 공법
	항타공법	매입공법	
공법개요	• 항타기를 이용한 해머로 기성제품(강관말뚝)을 직타 • 항타에 의해 각각의 말뚝 지지력을 체크할 수 있음 • 깊은 지지층까지 말뚝관입이 가능	• 강관 선단에 비트를 용접 • 강관을 회전시켜 관입 및 해머그랩으로 내부굴착 • 풍화암, 연암은 퍼커션 굴착 • 슬라임제거 및 말뚝 관입 • 콘크리트 속채움	• 케이싱 및 벤토나이트 슬러리에 의해 공벽을 유지 • 내부의 토사 등을 Hammer Grab로 배토 • 대구경의 현장타설말뚝체 조성
적용범위	• 토사, 모래, 풍화암일부 • 지하수위에 제약 받지 않음	• 자갈, 전석층에 천공 • 민원 발생 예상지역	• 지지층이 깊은 경우 • 직경 30cm 이상의 호박돌 및 암반층 적용 • 연직하중 500tonf 내외 • 적용심도 : 10~60m
특 징	• 시공이 빠르며 간편 • 인장과 휨응력에 대한 저항이 큼 • 말뚝재료의 품질을 항타전에 조사 • 자갈, 전석층에는 시공이 불리 • 지지층 깊이가 불규칙한 지반에서 말뚝길이 결정이 곤란함	• 시공기간이 항타공법에 비해 김 • 말뚝을 지지층까지 확실하게 관입 • 공벽의 붕괴를 방지하는 것이 중요 • 중간층이 자갈이나 호박돌 등 전석층을 다량 함유할 경우에도 시공가능	• 저소음·저진동으로 환경영향 최소화 • 시공성 양호 • 굴착이 가능 • 토질조건에 비교적 무관 • 품질관리에 유의 • 상대적으로 공사비 고가
대표공법종류	• 디젤해머항타 / 유압해머항타	• SIP / SAIP / PRD / SDA / DRA	• RCD / All Casing / Earth Drill
말뚝관입심도	• 지지층에서 말뚝직경 이상	• 최종굴착심도에서 굴착 또는 말뚝직경 이상	• 최종굴착심도에서 굴착 또는 말뚝직경 이상

(2) 말뚝기초의 재질에 따른 분류

말뚝기초는 재질에 따라 강관말뚝, PHC말뚝, 현장타설말뚝으로 구분할 수 있다.

<표 1.14> 재질에 따른 말뚝기초 공법 비교

구 분	기 성 말 뚝		현 장 타 설 말 뚝
	강 관 말 뚝	고강도 콘크리트말뚝(PHC)	
적용범위	• 성토,연약지반 및 일반지반 • 지지층이 깊은 경우 • 10cm 이하의 자갈층 • 풍화암까지 항타가능 • 30cm 이상의 호박돌, 전석, 암반은 항타 곤란	• 15m 이하 지지층에 양호 • 지하수위가 높은지역 불리 • 30cm이상의 호박돌, 전석이 있을 경우 항타곤란 • 건축구조물의 기초말뚝에 주로 사용	• 일반 토사, 호박돌, 암반층 적용 가능 • 지지층이 깊은 경우 • 30cm 이상의 호박돌, 전석 및 암반층 적용
시공방법	• 항타기를 이용한 직타 또는 천공후 항타 • 중굴 말뚝 시공시 별도의 시멘트풀 주입 불필요	• 항타기를 이용한 직타 또는 천공후 항타 • 매입말뚝 적용시 시멘트 풀 주입	• 지반조건, 시공조건에 따라 RCD, Benoto, 돗바늘공법으로 구분하여 시공하거나 혹은 각 공법을 병행시공
시공조건	• Pile 이음, 절단 용이 • 운반과 취급 용이	• Pile이용 및 절단이 곤란 하므로 15m이하의 심도에 적용	• 별도의 Pile 이음이 필요 없음
장·단점	• 상부 풍화암은 천공할 수 있으므로 소정의 심도까지 근입가능 • 재료특성상 수평력, 모멘트에 대한 저항성이 우수 • 공장제품이므로 품질관리 용이하고 직타시 공사비 저가 • 항타시 소음과 진동유발 • 부식 우려 있음	• 재료의 부식이 없어 내구성이 비교적 큼 • 수직하중이 지배적인 구조물에 적합하나, 수평력 및 모멘트에 대한 저항은 상대적으로 떨어짐 • 절단과 연결이 어려워 현장 적용성 결여 • 중량이므로 운반시 세심한 주의 요망	• 소음과 진동이 적다 • 확실한 지지층에 도달가능 • Pile 길이가 길어지므로 공사비가 고가 • 양호한 품질관리 곤란

(3) 매입말뚝공법 분류

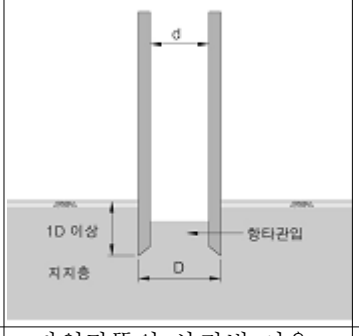
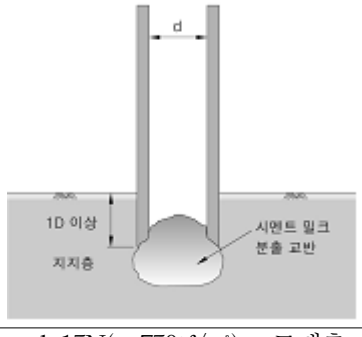
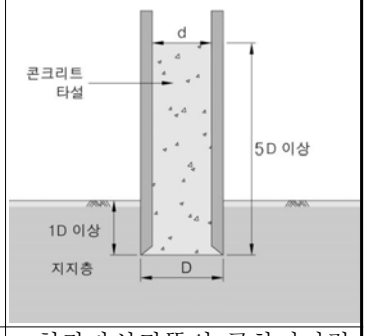
매입말뚝공법은 일반적으로 선굴착공법과 속굴착공법으로 구분할 수 있다.

<표 1.15> 매입말뚝 공법 비교

구 분	선굴착 매입공법	속굴착 매입공법	
	S.I.P공법 (Soil-Cement Injected Pile)	S.D.A 공법 (Separated Doughnut Auger)	P.R.D 공법 (Percussion Rotary Drill)
공법개요	• 스크류 Auger 장비를 사용 지지층 까지 굴착 • 주면 고결액을 주입한 후 말뚝을 자중에 의해 관입 시키고 최종 경타	• Auger Screw로 천공한 후 압축공기에 의한 배토 • 1차 시멘트 밀크 주입 후 Auger Screw 인발 • 말뚝회전 압입 후 2차 시멘트밀크 주입과 Casing Screw 인발	• 말뚝 내부지반을 Hammer Bit로 천공 후 Casing Shoe를 부착한 강관파일을 회전하여 관입시킴 • 저압 Air - Percussion으로 강관 내부를 배토
장 점	• 선굴착하므로 지지층 확인이용이 • 말뚝주면을 고결 시키므로 주면 마찰력 및 횡방향 저항에 유리함.	• 강관을 이용하여 천공하기 때문에 붕괴우려가 있는 지층에 적합 • 굴착토를 육안 확인하여 지지층을 확인할 수 있으므로 큰 선단지지력 확보 가능	• 저소음 및 저진동 공법임 • 지층에 따른 제약이 없으며, 최대 30m 까지 시공가능 • 강관 선단에 Ring Bit가 부착되어 지지층까지 근입하므로 선단지지력 양호 • 강관을 회전 압입하므로 주면마찰력 큼
단 점	• 선단부 잔류슬라임에 의한 품질 저하우려 • 굴착시 공벽유지용 케이싱 필요 • 말뚝관입 후 두부까지 그라우팅 충진 후속작업 필요 • 시공시 말뚝 지지력의 즉시 확인이 어려움	• 심도가 깊은 경우 선단부 완전 배토가 어려움, 전석층 시공불가, 작업공정이 다소 복잡	• 공사비가 비교적 비싸다 • 시공속도는 빠르나 말뚝 매본당 장비 Setting 시간이 길다 • 품질관리에 다소 어려움이 있음

내부굴착말뚝의 선단처리방법은 <표 1.16>과 같이 구분할 수 있다.

<표 1.16> 내부굴착말뚝 선단처리방법 비교

선단처리방법	최종타격방식	시멘트밀크 분출교반 방식	콘크리트 타설방식
개 념 도			
극한지지력 산정 방법	· 타입말뚝의 산정법 이용	· qd=15N(≤750tf/㎡) : 모래층 · qd=20N(≤1000tf/㎡) : 모래자갈층 · 여기서, N:말뚝선단지반의 N값	· 현장타설말뚝의 극한지지력 적용

주) 참고문헌 : 도로교설계기준 해설(2001), (사)대한토목학회

(4) 현장타설말뚝

현장타설말뚝이란 구조물 하중을 연약한 토층을 지나 견고한 지지층에 전달시키기 위하여 지반에 굴착한 구멍 속에 현장타설 콘크리트를 채워 설치하는 기초로서 일반적으로 직경은 사람이 들어가서 확인할 수 있도록 최소직경 760mm 정도 이상인 것이 많이 사용된다.

현장타설말뚝은 기성말뚝과 유사한 기능을 가지나 주된 차이점은 시공방법에 있다. 기성말뚝은 지반 내부에 타입 또는 압입하여 주변지반을 다지면서 설치되나 현장타설말뚝은 지반에 연직공을 파거나 뚫어 그 속을 콘크리트로 채워 설치하므로, 선단지반이나 그 주위의 지반을 다지는 것이 아니라 오히려 팽창시키고 느슨하게 만들어 그 지지력의 값을 감소시키는 경향이 있다.

그러나 시공 중에 굴착된 흙을 직접 눈으로 검사할 수 있고, 지지층의 상태를 확인할 수 있으므로 연약한 지층을 지나 견고한 지지층에 기초를 설치하여 비교적 큰 하중을 전달시킬 수 있는 확실한 공법이다. 또한, 비교적 큰 직경의 구조물이 되므로 개당 지지력이 클 뿐 아니라 수평력에도 저항력이 크며, 시공 중 소음과 진동이 없는 공법이다.

현장타설말뚝은 상부구조의 용도, 형상, 작용하중의 크기 및 침하조건 외에도 지반의 특성 등을 고려하여 그 형상과 크기를 결정하여야 하며, 설계시 일반적으로 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

① 상부구조로부터 전달되는 하중
② 구조물의 허용침하량과 부등침하량
③ 지지층의 강도특성 및 압축성
④ 말뚝본체 구성재료인 콘크리트와 철근의 성질
⑤ 주변구조물에 미치는 영향
⑥ 시공 중에 예상되는 문제점

특히, 지반상태는 현장타설말뚝의 설계는 물론 시공에도 큰 영향을 미치기 때문에 상세하게 조사되어야 하며 지하수 및 지하매설물의 특성도 시공성 및 경제성에 중요한 요소이다.

지반상태에 따른 현장타설말뚝의 일반적 설계 기준은 다음의 <표 1.17>과 같으며, 통상 현장타설말뚝이 단단한 지층에 설치될 경우 중간 연약토층의 마찰력은 무시된다. 그러나 연약토층이 아닌 경우에는 주면마찰력을 고려하는 것이 바람직하다.

현장타설말뚝의 선단부가 암반에 설치될 경우에는 지반의 지지력이 아닌 현장타설말뚝 부재의 강도가 설계의 기준이 된다.

<표 1.17> 지반상태별 말뚝기초 설계기준

구 분 \ 지반상태	균질토층	단단한 지지층	암반
작용하중범위	10 ~ 15ton	50 ~ 250ton	200 ~ 7000ton
설계기준	침하조건	지지력	말뚝부재강도
주 저항요소	주면마찰력	선단지지력+주면마찰력 (단단한 토층부분)	선단지지력

1.5.2 말뚝기초 지지력

(1) 일반사항

1) 말뚝의 축방향 허용지지력은 말뚝의 허용하중과 지반의 허용지지력을 각각 계산한 다음 이 두가지 값을 비교하여 작은 값 이하로 한다.

2) 말뚝의 축방향 변위는 상부 구조물의 허용변위량 이내이어야 한다.

3) 말뚝의 축방향 허용지지력은 다음 각 항목을 고려하여 판정한다.

① 말뚝재료의 압축응력 ② 이음에 의한 감소

③ 장경비에 의한 감소 ④ 부주면마찰력

⑤ 무리말뚝작용(말뚝간격 고려) ⑥ 말뚝침하량

주) 상기 ①~③에 대한 상세한 내용은 "구조물기초설계기준 해설(2003), 건설교통부, p.278~283"을 참조한다.

<표 1.18> 말뚝재료별 장기 허용압축응력

구 분	말뚝재료	장기 허용압축응력(kg/㎠)
기성말뚝	RC말뚝	$\sigma_{ck}/4 \leq 75kg/cm^2$
	PC말뚝	$\sigma_{ck}/4 \leq 125kg/cm^2$
	PHC말뚝	$\sigma_{ck}/4 \leq 200kg/cm^2$
	SWS400 강말뚝	$1400kg/cm^2$
	SWS490 강말뚝	$1900kg/cm^2$
현장말뚝	수중타설 콘크리트말뚝	$\sigma_{ck}/5 \leq 50kg/cm^2$
	비수중타설 콘크리트말뚝	$\sigma_{ck}/5 \leq 60kg/cm^2$

주) 강말뚝에 대한 허용압축응력을 검토할 때에는 부식에 대한 유효단면적 감소를 고려하여야 한다.

4) 말뚝의 극한지지력은 선단지지와 주면마찰력의 합으로 산정한다.

$$Q_u = Q_{up} + Q_{us}$$

여기서, Q_u : 말뚝의 극한지지력(tf/본)

Q_{up} : 선단지지에 의한 말뚝의 극한지지력(tf/본)

Q_{us} : 주면마찰에 의한 말뚝의 극한지지력(tf/본)

5) 외말뚝의 기준 축방향 허용지지력은 원칙적으로 축방향 극한지지력을 안전율 3으로 나눈 값으로 한다.

6) 일정규모 이상의 공사에서는 시험말뚝을 설치하고 압축재하시험을 실시하여 지반의 축방향 극한압축지지력을 확인하도록 한다.

7) 공사규모가 작으며 제반여건상 시험말뚝 시공과 압축재하시험이 곤란한 경우에는 지반조사와 토질시험 결과를 이용한 정역학적 지지력공식을 이용하거나 표준관입시험과 같은 원위치 시험결과를 이용한 경험식에 의하여 계산할 수 있다. 그러나 이들 방법의 신뢰도는 극히 낮기 때문에 공사 초기에 실제 말뚝을 대상으로 압축재하시험을 실시하여 축방향 허용압축지지력을 확인하여야 한다.

8) 항타공법으로 말뚝을 시공하는 경우에는 반드시 파동이론 분석을 실시하여 항타장비선정, 항타시공관입성 및 지반의 축방향 극한압축지지력 등을 검토하되 시험말뚝 시공시 동적거동측정을 실시하여 이를 확인하여야 한다.

(2) 토사 및 풍화암에 지지된 말뚝기초의 지지력

1) 정역학적 지지력공식에 의한 축방향 극한지지력

① 일반

외말뚝의 축방향 극한지지력을 추정하는 정역학적 지지력공식은 다음과 같다.

$$Q_u = Q_{up} + Q_{us} = q_p A_p + \Sigma f_s A_s$$

여기서, Q_u : 외말뚝의 축방향 극한지지력

Q_{up} : 극한선단지지력

Q_{us} : 극한주면마찰력

A_p : 말뚝선단지지면적

A_s : 말뚝주면적

$q_p = \sigma_v' N_q + c N_c$: 단위면적당 최대선단지지력

$f_s = c_a + K_s \overline{\sigma_v'} \tan\delta$: 단위면적당 최대주면마찰력

σ_v' : 말뚝선단깊이의 유효상재압

N_q , N_c : 깊은기기초의 지지력 계수

c : 말뚝지지층의 점착력

c_a : 말뚝과 주변 흙사이의 부착력

K_s : 말뚝면에 작용하는 법선토압 계수

$\overline{\sigma_v'}$: 말뚝주변 지층의 평균유효상재압

δ : 말뚝과 주변 흙사이의 마찰각

② 선단지지력

(가) 사질토지반

사질토지반의 경우 c=0이므로 이론적 선단지지력은 다음 식과 같이 간략화 된다.

$$q_p = \sigma_v' N_q$$

상기 식에 의하면 균질한 사질토 지반의 경우 말뚝의 관입깊이가 깊어지면 말뚝선단부 위치에서의 유효상재압 σ_v'는 직선적으로 증가하므로 단위면적당 극한선단지지력도 직선적으로 증가하여야 한다.

그러나 말뚝의 실제 극한선단지지력은 관입깊이가 깊어짐에 따라, 초기에는 직선 증가 구간이 나타나지만 어느 정도의 깊이가 되면 그 값이 한계에 도달하고 그 이상의 깊이가 되어도 더 이상 증가하지 않는다. 이와 같이 말뚝의 극한선단지지력 도달에 필요한 최소관입깊이를 한계관입깊이(critical depth of penetration)라 한다.

<표 1.19>에 타입말뚝과 현장타설말뚝에 적용할 수 있는 지지력계수를 제시하였다.

이 값을 적용하여 사질토 지반에서의 말뚝의 선단지지력을 개략적으로 추정할 때는 한계관입깊이를 20B로 보고, $D_f > 20B$인 경우에도 $\sigma_v' = \gamma' D_f$(여기서, $D_f > 20B$)를 사용하여 q_p를 계산한다.

그리고 허용지지력을 계산할 때는 3 이상의 안전율을 적용하며, 추후 시험시공 또는 실제 시공시에 말뚝재하시험을 실시하여 설계지지력을 확인하여야 한다.

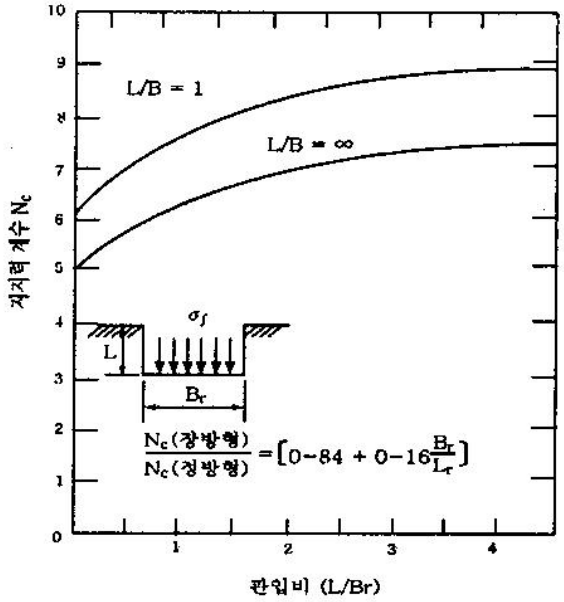
<표 1.19> 내부마찰각(ø)과 지지력계수(N_q)의 관계(NAVFAC DM 7-2, 1982)

ø	26	28	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
N_q(타입말뚝)	10	15	21	24	29	35	42	50	62	77	86	120	145
N_q(현장타설말뚝)	5	8	10	12	14	17	21	25	30	38	43	60	72

(나) 점성토지반($ø_u$=0인 경우)

비배수 조건의 포화 점성토 지반에서는 $ø_u$=0이므로 아래의 식으로 간략화 된다.

$$q_p = c_u N_c$$



[그림 1.4] 지지력계수 Nc(Skempton, 1951)

지지력계수 N_c의 값은 기초의 폭, 형태 및 관입비에 영향을 받는다. [그림 1.4]은 Skempton(1951)이 제안한 N_c 값인데, 말뚝기초의 경우 일반적으로 정방형 또는 원형단면이며 관입비 또한 4이상 이므로 N_c=9를 적용할 수 있다.

(다) c와 ø를 모두 고려하는 경우(배수조건)

$q_p = \sigma_v' N_q + cN_c$ 에서N_c 및N_q 값을 대입하여 계산하되 ø≤30°를 적용하는 것이 보통이다.

③ 주면마찰력

(가) 사질토(c=0)

$$f_s = K_s \overline{\sigma_v'} \tan\delta \qquad (c_a=0\text{이므로})$$

여기서, K_s : 말뚝측면에 작용하는 법선토압계수, <표 1.20>에서 추천한 값 사용

δ : 말뚝과 흙 사이의 마찰각, <표 1.21>의 오스(Aas, 1966)의 추천치 사용

$\overline{\sigma_v'}$: 말뚝측면 흙의 평균 유효상재압

그런데, 주면마찰력 f_s도 선단지지력과 마찬가지로 어느 정도 깊이까지는 직선적으로 증가하지만 어느 깊이 이하에서는 그 증가를 멈추고 일정 값을 유지한다. 이 한계깊이로서 L_c=20B를 사용한다.

<표 1.20> 말뚝주면마찰력 산정을 위한 토압계수 K_s

말 뚝 형 태	K_s	
	느슨한 모래	촘촘한 모래
타입H말뚝	0.5	1.0
타입치환말뚝	1.0	1.5
타입치환쐐기형말뚝	1.5	2.0
타입사수말뚝	0.4	0.9
굴착말뚝(B≤1500㎜)	0.7	

<표 1.21> 말뚝표면과 흙의 마찰각 δ(Aas, 1966)

말 뚝 재 료	δ
강 말 뚝	20°
콘크리트말뚝	3/4 ø
나 무 말 뚝	3/4 ø

(나) 점성토

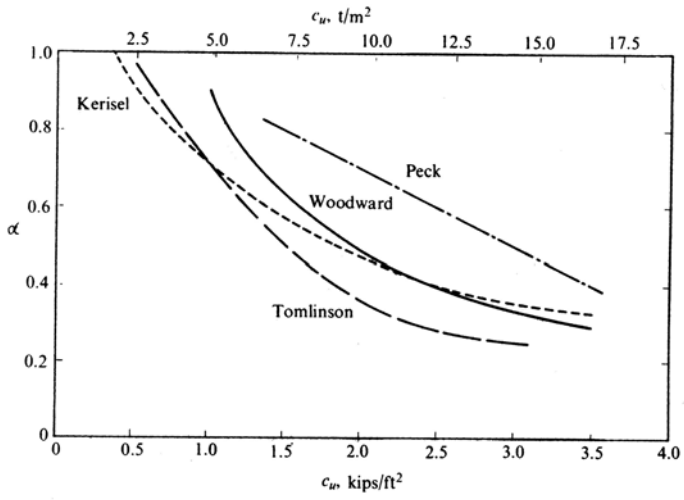
가) α 계수법(비배수 조건)

말뚝이 포화 점토층에 박혀있을 때 비배수 조건에서는 $ø_u$=0이므로 따라서 δ=0이 된다. 이때 주면마찰력은 흙과 말뚝의 부착력만으로 표시된다. 즉,

$$f_s = c_a = \alpha c_u$$

여기서, c_a : 부착력 c_u : 비배수 점착력 α : 부착력계수

α값은 점토층의 굳기와 말뚝종류, 크기, 시공법, 지층상태 등에 따라 그 값이 달라진다. 이 값은 [그림 1.5]에서 보는 바와 같이 조사자에 따라 많은 차이를 나타내지만, 길이가 비교적 짧은 타입말뚝에 대해서는 Woodward가 제안한 곡선을 적용하는 것이 좋을 것이다. 굳은 점토나 모래층 아래에 있는 점토 등 다른 조건의 점토에 대한 α의 값은 Tomlinson (1970) 또는 Hunt(1986)의 문헌을 참고하여 구할 수 있다.



[그림 1.5] 타입말뚝의 부착력계수 α

나) β계수법(유효응력해석법)

말뚝 관입에 의하여 말뚝 주위 지반이 흐트러지며 과잉간극수압이 발생되지만 어느 정도 시간이 경과하면 과잉간극수압이 소산되면서 흐트러졌던 지반이 재압밀된다. 말뚝을 박은 후 과잉간극수압이 소산된 후 하중이 재하된다면 말뚝의 주면에 발생하는 마찰력은 주변지반의 배수전단강도로 표시된다. 따라서,

$f_s = c_r' + K\,\overline{\sigma_v'}\tan\phi_r'$

여기서, c_r' : 교란된 점토가 재압밀된 후의 점착력

ϕ_r' : 교란된 점토가 재압밀된 후의 배수전단저항각

$\overline{\sigma_v'}$: 마찰력이 작용하는 지층의 평균 유효상재압

$K = K_0 = 1-\sin\phi'r$ (정규압밀점토), 또는

$= (1-\sin\phi'r)\sqrt{OCR}$ (과압밀점토)

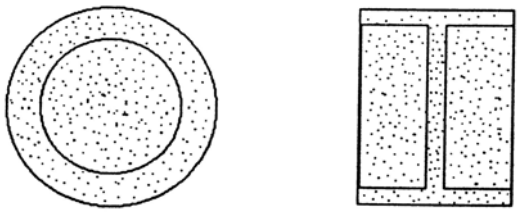
OCR : 과압밀비

윗 식에서c_r'값은 일반적으로 0이므로

$f_s = K\overline{\sigma_v'}\tan\phi_r' = \beta\overline{\sigma_v'}$, $\beta = K\tan\phi_r'$

④ 강말뚝의 선단지지면적 및 주변장의 결정법

선단에 슈(shoe)가 없는 개단말뚝이라도 말뚝이 지지층 속으로 5B 이상 관입한 경우에는 강말뚝의 선단지지면적으로서 해설 [그림 1.6]에 보이는 바와 같이 폐쇄면적을 취한다. 따라서 주면장으로서는 폐쇄면적의 외주만을 취한다.



[그림 1.6] 강말뚝의 선단지지 면적

주) 참고문헌 : 구조물 기초설계기준 해설 (2003), 건설교통부, pp.286~291

2) 표준관입시험(SPT)에 의한 축방향 극한지지력

사질토 지반에 설치된 말뚝의 지지력을 표준관입시험의 N값을 이용하여 추정하는 데는 Meyerhof(1976)가 제안한 다음 식이 이용된다.

$Q_u = mN_{60}'A_p + n\overline{N_{60}}A_s\,(tf)$

여기서, Q_u : 말뚝의 극한지지력(tf)

A_p : 말뚝선단면적(㎡) A_s : 사질토 지반에 묻힌 말뚝의 겉면적(㎡)

$N_{60}' = C_N N_{60}$

$C_N = 0.77\log_{10}\frac{20}{\sigma_v'}$ 여기서, $\sigma_v' \geq 2.5$ tf/㎡

N_{60} : 말뚝선단부 부근의 N값(표준관입시험시에서 해머의 타격에너지효율을 실측하여 60%로 보정한 N값)

$\overline{N_{60}}$: 말뚝주면부 사질토 지반의 평균 N값(표준관입시험에서 해머의 타격에너지효율을 실측하여 60%로 보정한 N값)

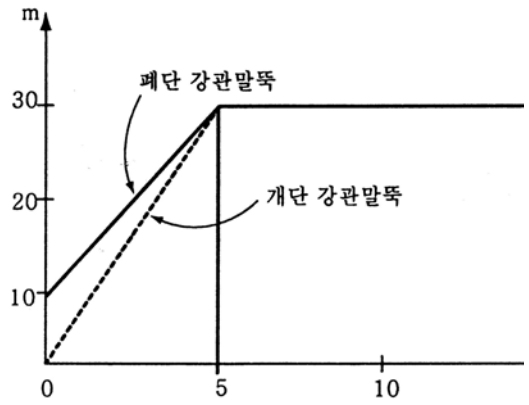
타입말뚝에서,

$m = 3(\frac{L_b}{B}) \leq 30$, 여기서 $mN_{60}' \leq 1500$tf/㎡

$n = \frac{1}{5}$, 여기서 $n\overline{N} \leq 10$tf/㎡

선굴착말뚝의 지지력을 위 식을 이용하여 계산할 때에는 선굴착직경, 주면고정 및 선단부 고정을 위한 시멘트풀 주입여부, 최종 항타의 정도 등에 따라 상이한 계수 m, n이 사용되고 있다. 일반적으로 선굴착 기성말뚝의 선단지지력은 타입말뚝의 1/3~1/2 정도, 주면마찰력은 타입말뚝의 1/2정도 되는 것으로 알려져 있다. 현장타설 콘크리트말뚝 또는 피어의 지지력도 위 식에서 타입말뚝의 m과 n의 1/2정도의 값을 적용한다. 상기 식을 이용하여 허용지지력을 구할 때는 안전율 3.0 이상을 사용한다.

표준관입시험결과 N값을 사용하여 개단강관말뚝의 극한선단지지력을 산정할 때는 폐색효과를 감안하여 상기 식의 계산값을 보정한다. 실무에서 이를 고려할 때는 [그림 1.7]에 나타낸 것과 같이 말뚝선단부가 지지층내에 근입된 깊이를 추정하여 극한선단지지력을 보정하도록 한다.



[그림 1.7] 지지층내의 근입장과 극한선단지지력의 관계

주) 참고문헌 : 구조물 기초설계기준 해설 (2003), 건설교통부, p.291~293

3) 매입말뚝에서의 축방향 극한지지력

현재로서는 매입말뚝공법의 지지력을 사전에 산정하는 것은 거의 불가능하다. 일본의 경우 매입말뚝의 지지력 계산은 대부분 N값을 이용한 공식이 사용되고 있으며, 기관 또는 공법별로 상이한 기준이 적용되고 있다.

<표 1.22> 각종 매입말뚝의 지지력 공식(일본 건설성 고시 기준)

시 공 법	선단지지력 산정법	말뚝 선단부의 조건	주면 마찰력의 산정식
타격공법	$Q_p = 30\overline{N}A_p$	$\overline{N}$은 말뚝 선단부의 평균치 $\overline{N} \leq 60$	$Q_f = (\frac{1}{5}\overline{N_s}L_s + \frac{1}{2}\overline{q_u}L_c)U$ $\overline{N_s} \leqq 50$ $\overline{q_u} \leqq 20(\overline{q_u} = 1.25N)$
시멘트 페이스트 주입공법	$Q_p = 20\overline{N}A_p$	$\overline{N}$은 말뚝 선단부의 평균치 $\overline{N} \leq 50$	$Q_f = (\frac{1}{5}\overline{N_s}L_s + \frac{1}{2}\overline{q_u}L_c)U$ $\overline{N_s} \leqq 25$ $\overline{q_u} \leqq 10(\overline{q_u} = 1.25N)$
선굴착 고결공법	$Q_p = 25\overline{N}A_p$	$\overline{N}$은 말뚝 선단부의 평균치 $\overline{N} \leq 60$	$Q_f = (\frac{1}{5}\overline{N_s}L_s + \frac{1}{2}\overline{q_u}L_c)U$ $\overline{N_s} \leqq 25$ $\overline{q_u} \leqq 10(\overline{q_u} = 1.25N)$
선굴착 최종 타격공법	$Q_p = 30\overline{N}A_p$	$\overline{N}$은 1D~4D 평균치 $\overline{N} \leq 60$	$Q_f = (\frac{1}{5}\overline{N_s}L_s + \frac{1}{2}\overline{q_u}L_c)U$ $\overline{N_s} \leqq 25$ $\overline{q_u} \leqq 10(\overline{q_u} = 1.25N)$
선굴착 최종 경타공법	$Q_p = 25\overline{N}A_p$	$\overline{N}$은 1D~4D 평균치 $\overline{N} \leq 60$	$Q_f = (0.9L_s + 24L_c)U$
선굴착확대 고결공법	$Q_p = 25\overline{N}A_p$	$\overline{N}$은 1D~4D 평균치 $\overline{N} \leq 60$	$Q_f = (\frac{1}{5}\overline{N_s}L_s + \frac{1}{2}\overline{q_u}L_c)U$ $\overline{N_s} \leqq 25$ $\overline{q_u} \leqq 10(\overline{q_u} = 1.25N)$ 주면고결액을 사용 않을 때 1.5LU
속파기 확대 고결공법	$Q_p = 25\overline{N}A_p$	$\overline{N}$은 1D~4D 평균치 $\overline{N} \leq 60$	$Q_f = 1.5LU$
회전 고결공법	$Q_p = 25\overline{N}A_p$	$\overline{N}$은 1D~4D 평균치 $\overline{N} \leq 60$	$Q_f = (\frac{1}{5}\overline{N_s}L_s + \frac{1}{2}\overline{q_u}L_c)U$ $\overline{N_s} \leqq 25$ $\overline{q_u} \leqq 10(\overline{q_u} = 1.25N)$ 주면고결액을 사용 않을 때 1.5LU

여기서, $R_U = Q_p + Q_f$

R_U : 극한지지력 (t)

U : 주면길이 (m)

f_i : 말뚝의 주면마찰력 (t/㎡)

N : 선단지반의 N치

$\overline{N}$: 선단에서 아래 1D (D : 말뚝직경) 및 위로 4D의 N치의 평균치

$\overline{N_s}$: 사질토 N치의 평균치

L_s : 사질토층의 두께 (m)

$\overline{N_c}$: 점성토 N치의 평균치

L_c : 점성토층의 두께 (m)

주) 참고문헌 : 국도건설공사 설계실무 요령(2004), 건설교통부

(3) 암반에 지지된 말뚝기초의 지지력

1) 선단지지력

① 연암·이암을 지지층으로 하는 타입 강관말뚝의 축방향 극한지지력

이 식은 강관말뚝이 암반에 말뚝직경 이상 근입된 조건에서 적용하며, 산정된 극한 선단지지력은 암반 근입부의 주면마찰력까지 포함한 값이다. 지지암반상이 연약점성토 지반인 경우나 내부굴착말뚝공법을 병용하는 경우는 적용 외로 한다.

$$Q_{up} = 140 \cdot q_u^{1/2} \cdot A_t^{2/5} \cdot A_i^{1/3}$$

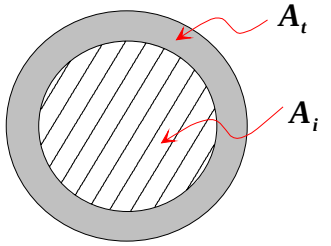
여기서, Q_{up} : 강관말뚝의 극한선단지지력(tf/본)

q_u : 암반의 일축압축강도(tf/㎡),

$(q_u \leq 1,000 tf/㎡)$

A_t : 강관말뚝의 선단부 순단면적(㎡)

A_i : 강관말뚝의 선단부 심부면적(㎡)



[그림 1.8] A_t 및 A_i 산정

주) 참고문헌 : 구조물 기초설계기준 해설(2003), p.291, 도로교 표준시방서(1996)

② Goodman 방법

Goodman 식은 암반의 일축압축강도는 Scale effect를 고려하여 일축압축강도의 1/5값을 사용한다.

$$Q_{up} = q_u(N_\phi + 1) \cdot A_p$$

여기서, Q_{up} : 말뚝의 본당 극한 선단지지력(tf/본)

q_u : 암석의 일축압축강도(tf/㎡), ø : 내부마찰각

$N\phi$: 내부마찰각에 의한 지지력계수 ($N\phi = \tan^2(45+\phi/2)$)

A_p : 말뚝의 선단면적(㎡)

2) 주면마찰력

말뚝주면에 작용하는 최대주면마찰력은 말뚝의 시공방법과 지반종류에 따라 N값을 이용하여 <표 1.23>으로부터 추정하는 것이 좋다.

$$Q_{us} = U\sum l_i \cdot f_i$$

여기서, Q_{us} : 주면마찰에 의한 말뚝의 극한지지력(tf/본)

U : 말뚝의 둘레 길이(m)

l_i : 주면마찰력을 고려하는 층의 두께(m)

f_i : 주면마찰력을 고려하는 층의 최대 주면마찰력(tf/㎡)

<표 1.23> 최대 주면마찰력(tonf/㎡)

시공법 / 지반의 종류	타입공법	현장타설말뚝공법	내부굴착말뚝공법
사 질 토	0.2N(≤10)	0.5N(≤20)	0.1N(≤5)
점 성 토	C^* 또는 N(≤15)	C^* 또는 N(≤15)	0.5C^* 또는 0.5N N(≤15)

주) • N≤2의 연약층에서는 신뢰성이 부족하기 때문에 주면마찰 저항을 고려할 수 없다.

• C^* : 점성토의 전단강도

• 참고문헌 : 도로교설계기준 해설(하부구조편)(2001), p.236

(4) 현장타설말뚝의 지지력

1) 현장타설말뚝의 극한지지력

현장타설말뚝의 재하시험을 시행하지 않는 경우에는 현장토질조사와 시험에서 측정된 각종 토질상수를 사용하여 극한지지력을 산정할 수 있다.

$$Q_u = 15 \cdot \overline{N} \cdot A_p + \frac{1}{5} \cdot \overline{N_s} \cdot A_s + 2 \cdot \overline{N_c} \cdot A_c$$

여기서, Q_u : 극한지지력(ton)

A_p : 현장타설말뚝 선단면적(㎡)

A_s : 사질토 부분의 현장타설말뚝 주면면적(㎡)

A_c : 점성토 부분의 현장타설말뚝 주면면적(㎡)

$\overline{N}$: 말뚝선단 부근의 평균 N치

(선단부 위쪽으로 4D에서 선단부 아래로 1D 부근의 평균 N치≤50)

$\overline{N_s}$: 현장타설말뚝 사질토 지반의 평균 N치

$\overline{N_c}$: 현장타설말뚝 점성토 지반의 평균 N치

다만, 상기 식을 사용하여 지지력을 산정하더라도 암반에 설치된 현장타설말뚝의 경우 각각의 주면마찰력은 무시한다. 또한, 표준관입시험은 신뢰성이 낮은 시험이므로 위 식에 적용할 경우 주의를 요하며 앞의 지반조사 및 시험에서 설명한 바와 같이 점성토 지반에서는 사용하지 않는 것이 좋다.

2) 현장타설콘크리트 말뚝재료의 허용압축응력

현장타설콘크리트 말뚝재료의 허용압축응력은 <표 1.18>에 제시되어 있는데 이는 일반적인 시공법에 따른 경우이며, 특수한 지반조건하에서는 이보다 작은 값을 사용해야 한다. 일반적으로 땅속은 온도가 일정하고, 항상 습윤상태를 유지하므로 좋은 양생조건이 되어 높은 압축강도를 얻을 수 있다.

통상 설계기준강도는 180~210kg/㎠ 정도의 것이 사용되나 항상 품질관리에 유의하여야 하며, 특히 지하수의 흐름이 빨라 아직 굳지 않은 콘크리트를 침식할 우려가 있는 투수층을 관통하는 경우에는 그 영향을 고려하여야 한다.

또한, 실제로 콘크리트를 칠 때 공벽이 붕괴되어 주변 흙이 콘크리트에 흡입되는 등의 원인으로 콘크리트 강도의 편차가 크게 나타나고 있으므로 상부구조에 비해 콘크리트의 허용압축강도를 작은 값을 사용한다. 콘크리트를 지하수 또는 공벽안정용 슬러리(slurry) 중에 트레미(tremie)를 사용하여 치는 경우에는 품질관리의 어려움이 있으므로 일반적으로 허용압축강도로써 기준강도의 1/5 값을 취하는 것이 안전하다. 그러나 지하수나 슬러리가 없는 상태에서는 품질관리가 좀 더 쉬울 것이므로 기준강도의 1/4 값을 허용압축강도로 사용할 수도 있다.

저부를 확대한 현장타설말뚝의 경우에는 상부 기둥부분의 콘크리트는 저면확대부에 비해 단면적이 작으므로 반대로 큰 허용압축응력이 필요하게 되며 특별한 경우에는 설계기준강도가 320kg/㎠ 이상인 콘크리트를 쳐야 하므로 별도로 신중한 시공상의 배려를 하여야 한다.

3) 현장타설말뚝의 지지력 산정시 유의사항

기초 암반 위 또는 암반 속으로 넣어 설치한 말뚝은 고층빌딩이나 중요 산업시설 및 교량과 같이 큰 하중을 받는 경우에 보편적이고 효과적인 기초형식이다. 그러나 현재까지는 암반 위에 설치되는 현장타설말뚝 설계를 위한 확립된 기준은 없으며, 또한 현장타설말뚝 지지력이 일반적으로 너무 크므로 재하시험을 실시하기에도 많은 비용과 하중을 필요로 할 것이다.

따라서 현장타설말뚝의 극한지지력은 암반의 지지력 강도와 암반과 현장타설말뚝 본체 사

이의 부착강도를 기준하여 구하여야 한다. 지지층 암반의 극한파괴강도를 구할 수 있을 때는 극한파괴강도의 20%를 최대허용지지력으로 볼 수도 있다. 실제로 지중의 암반의 강도는 현장에서 채취한 작은 직경의 암코아를 사용하여 실험실에서 측정한 값과는 상당한 차이를 보이고 있으므로 압축시험결과를 측정한 강도는 암반의 균열, 절리 및 구조적인 불연속성 등에 따른 영향을 반영하기 위하여 소정의 감소율을 곱하여 사용하여야 한다. 즉, 암석코아의 일축압축시험강도는 보통 시험치의 1/5 내지 1/8를 허용지지력으로 본다. 그러나 실제 설계시에 가장 합리적인 감소율을 선정하는 일은 고도의 전문지식과 경험을 요하는 부분이다. 현장타설말뚝을 암반 속으로 관입시켰을 때에는 주면마찰력을 고려할 수 있으나, 현장시험에 의하지 않을 경우에는 신빙성 있는 허용부착력(fs)을 구하기가 어렵다.

주) 참고문헌 : 말뚝기초설계, 한국도로공사, p.105~108

4) 현장타설말뚝의 설계와 시공시 유의사항

① 선단부 근입

현장말뚝의 지지력은 선단지지력에 의존하는 비율이 크므로 확실하게 견고한 지반에 도달시키고 또한 가능하다면 1.0m 이상 견고한 지반 속으로 관입시켜야 한다. 영국 토목기술자협회(Institution of Civil Engineers)의 설계기준에 의하면 암반의 경우에는 3.0m 추가 관입시 마다 약 20%의 지지력이 증가된다고 한다. 그러나 견고한 지반에 피압수가 있어 굴착시에 오히려 선단지반을 느슨하게 이완시킬 우려가 있는 경우에는 주의를 하여야 한다.

② 현장타설말뚝의 보강

현장타설말뚝은 압축부재로 설계하여야 하므로 콘크리트를 칠 때 재료분리가 일어나지 않도록 주의해야 할 뿐 아니라 현장타설말뚝 기둥 중간부분에 결함이 생기지 않도록 각별히 주의하여야 한다.

현장타설말뚝의 길이가 커지게 되어 장경비가 크게 되면 아무리 주의하여 시공을 하더라도 작용하중의 중심과 말뚝중심이 약간 어긋나게 되어 말뚝 표면에 인장력이 작용하는 경우가 생기게 되며, 특히 지반이 침하하는 경우에는 인장력이 증가될 것이다. 따라서 띠철근이나 나선철근을 철근콘크리트 표준시방서에 준하여 배근하여야 한다.

1.5.3 부주면마찰력

(1) 개요

말뚝이 포화된 점토층을 관통하여 지지층에 박혀 있는 경우에는 포화된 점토층 위에 새로운 성토를 하거나 지하수위가 저하됨으로써 점토층에 압밀 침하가 발생하고 침하하는 지층은 말뚝에 대해서 하향의 마찰력을 유발시키게 된다. 이러한 마찰력은 상향의 주면마찰력과는 반대로 말뚝에 재하 되는 하중으로 작용하게 되며 따라서 부주면마찰력(Negative Skin Friction)이라 한다.

(2) 중립점의 깊이

말뚝주면 압밀침하량은 지표면에서 최대이고, 깊이에 따라 저차 감소하여 압밀층 최하단에서는 0이 된다. 따라서 압밀층 내의 한 점에서는 지반침하와 말뚝의 침하가 같아서 상대적 이동이 없는 중립점이 있고, 부주면마찰력은 이 중립점 위에서만 발생하게 된다. 중립점의 위치는 말뚝이 박혀있는 지지층의 굳기에 따라 달라진다.

중립점 깊이는 다음 중 한 방법으로 추산한다.

1) 말뚝의 근입깊이에 따른 말뚝과 주변지반과의 침하해석
2) 부주면마찰력에 의한 말뚝두부로부터의 축하중 곡선과 정주면마찰력을 고려한 지지력 곡선의 조합
3) 경험식의 적용(H : 압밀층의 두께)
   ① 마찰말뚝이나 불완전지지말뚝의 경우 : 0.8H
   ② 보통의 모래, 모래자갈층에 지지된 경우 : 0.9H
   ③ 암반이나 굳은 지층에 완전 지지된 경우 : 1.0H

(3) 외말뚝에 작용하는 부마찰력의 크기

$$Q_{ns} = f_n A_s$$

여기서, Q_{ns} : 부주면마찰력

A_s : 부주면마찰력이 작용하는 부분의 말뚝주면적

f_n : 단위면적당 부주면마찰력으로서 점토와 점토질 실트의 단기거동 해석에는 α계수법을, 점토와 사질토의 장기거동해석에는 β계수법(<표 1.24>)에 의하여 구한다.

<표 1.24> β값의 대표치

토 질	β
점 토	0.20 ~ 0.25
실 트	0.25 ~ 0.35
모 래	0.35 ~ 0.50

(4) 부주면마찰력 작용시 말뚝의 설계허용 축방향지지력

부주면마찰력이 작용하는 지반조건에서는 아래의 식으로 설계허용지지력을 계산한다.

$$Q_a = \frac{Q_p + Q_{ps} - Q_{ns}}{Fs}$$

여기서, Q_p : 극한선단지지력

Q_{ps} : 중립점 아래에 작용하는 극한 정주면마찰력

Q_{ns} : 중립점에 작용하는 부주면마찰력

Fs : 안전율(극한지지력에 대하여는 3.0, 항복지지력에 대하여는 2.0을 적용)

(5) 부주면마찰력 작용시 말뚝재료의 허용하중

예상 밖의 큰 부주면마찰력은 말뚝재료의 구조적 손상을 발생하게 된다. 따라서 말뚝재료의 허용하중($\sigma_y \cdot A_t$)은 다음을 만족하여야 한다.

$$\sigma_y \cdot A_t \geq (Q_t + Q_{ns}) \cdot Fs$$

여기서, σ_y : 말뚝재료의 항복응력

A_t : 말뚝의 순단면적

Q_t : 말뚝에 작용하는 상부하중(일시적인 활하중은 고려할 필요가 없고 장기 사하중만을 고려)

Q_{ns} : 중립점에 작용하는 부주면마찰력

Fs : 안전율(정확한 지반의 강도 및 중립축 산정시는 1.0 적용, 그 외는 1.2 적용)

(6) 무리말뚝의 부주면마찰력

무리말뚝에 작용하는 부주면마찰력의 최대값은 무리말뚝으로 둘러싸인 흙덩어리와 그 위의 성토 무게를 합한 것이다. 즉,

$$Q_{ng(max)} = BL(\gamma_1' D_1 + \gamma_2' D_2)$$

여기서, $Q_{ng(max)}$: 무리말뚝 부주면마찰력의 상한치

B : 무리말뚝의 폭

L : 무리말뚝의 깊이

γ_1' : 성토된 흙의 유효단위 중량

γ_2' : 압밀토층의 유효단위 중량

D_1 : 성토층의 두께

D_2 : 중립층의 압밀토층의 두께

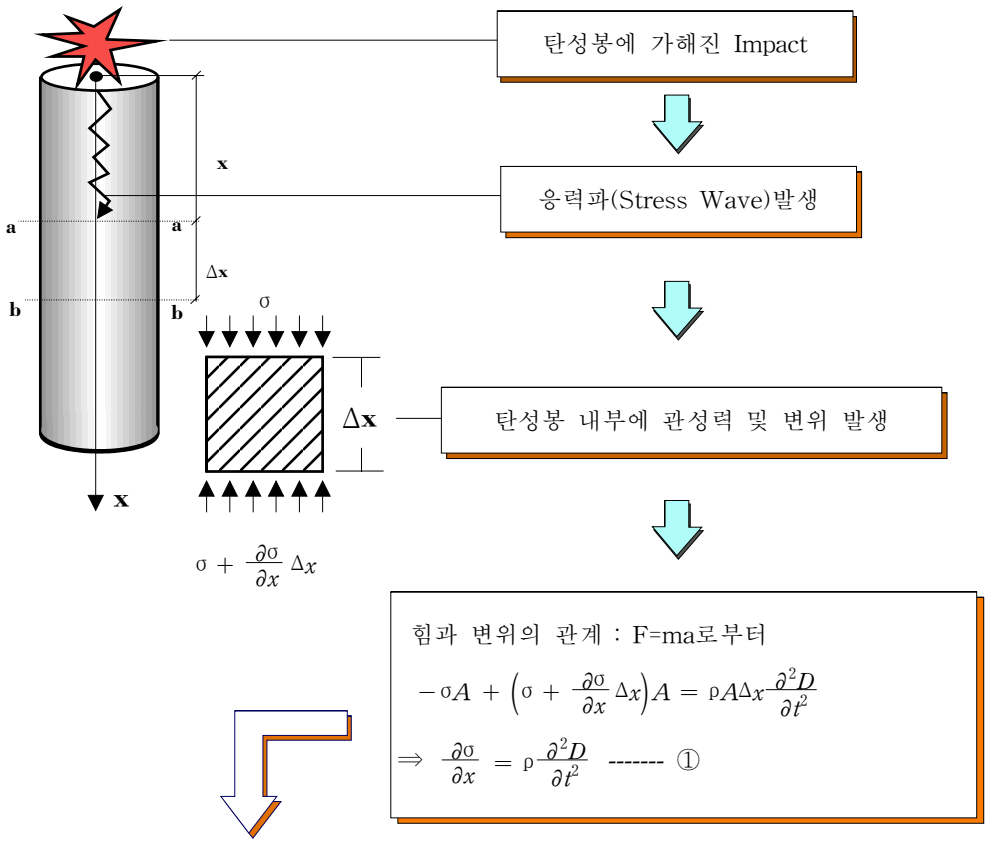
(7) 부주면마찰력을 줄이는 공법

1) 선행하중을 가해 지반침하를 미리 감소하는 방법
2) 표면적이 작은 말뚝(예, H-형 말뚝)을 사용하는 방법
3) 말뚝을 박기 전에 말뚝직경보다 큰 구멍을 뚫고 벤토나이트 등의 슬러리를 채운 후 말뚝을 박아서 마찰력을 감소시키는 방법
4) 말뚝직경보다 약간 큰 케이싱을 박아서 부주면마찰력을 차단하는 방법
5) 말뚝표면에 역청재를 도장하여 부주면마찰력을 감소시키는 방법 등

1.5.4 항타관입성 검토

(1) 일반사항

말뚝의 시공관입성(driveability)은 말뚝재료 특성, 시공장비 특성 및 지반조건에 의해 결정되는 것으로 타입말뚝 설계를 위해서는 컴퓨터 프로그램에 의한 시공관입성 분석(파동방정식 해석)이 실시되어야 한다.



Hook의 법칙 ($\sigma = E\varepsilon$)으로부터

$\varepsilon = \frac{\partial D}{\partial x}$ 이므로 $\frac{\partial \sigma}{\partial x} = E_p \frac{\partial^2 D}{\partial x^2}$ 이를 ①에 대입하면 다음과 같은 파동방정식이 유도됨

$$\frac{\partial^2 D}{\partial t^2} = \frac{E_p}{\rho}\frac{\partial^2 D}{\partial x^2}$$

여기서, D : 탄성봉(말뚝)의 축방향변위

E_p : 탄성봉(말뚝)의 탄성계수

ρ : 탄성봉(말뚝)의 밀도

t : 시간

x : 진행파의 위치

[그림 1.9] 파동방정식의 유도

(2) 파동이론에 의한 말뚝의 동적해석

1) 파동방정식 기본이론

파동방정식에 의한 해석에서는 말뚝이 타격되었을 때 말뚝을 따라 전달되는 종방향 응력파의 전달이론을 이용한다.

즉 램이 말뚝을 타격하면 말뚝재질과 관계되는 일정한 속도를 갖는 충격파가 발생하게 되며 이 충격파가 지반 내에 관입된 말뚝에 이르면 말뚝 주변 지반의 마찰저항에 의해 반사파가 작용하게 되고 형성된 충격력이 말뚝선단에서의 극한 저항력을 초과할 때 말뚝은 지반 속으로 관입되게 된다.

이러한 일련의 과정을 파동이론에 근거한 수치해석적 방법으로서 모델링하여 이를 말뚝기초 설계와 시공관리에 반영함으로써 경제성 및 신뢰성을 증대시킬 수 있다. 파동방정식을 유도하기 위해 말뚝을 자유공간에 떠있는 탄성봉이라 가정하며 항타에 의한 말뚝의 파동방정식은 [그림 1.9]과 같이 유도된다.

말뚝은 자유공간에 떠있는 탄성체가 아니라 지반에 관입구속되어 있으므로 말뚝의 선단 및 주변지반의 저항치를 고려하여 다음과 같은 수정식을 사용한다.

$$\frac{\partial^2 D}{\partial t^2} = \frac{E_p}{\rho}\frac{\partial^2 D}{\partial x^2} \pm R$$

여기서, R : 흙의 저항치

파동방정식의 해를 구하기 위해 실제의 말뚝을 유한요소로 나누고 충격파의 전달과정을 각 요소마다 시간별로 표시하여 변위와 응력을 계산한 후 극한지지력에 따르는 최종관입량(Set Value) 등을 컴퓨터에 의해 수치해석을 수행한다.

2) 파동방정식 해석을 위한 컴퓨터 프로그램 및 운용 (WEAP)

WEAP(Wave Equation Analysis of Piles) 프로그램 운용시 필요한 입력자료들은 다음과 같다.

① 항타장비

(가) 램의 낙하고 및 중량 (나) 캡의 중량

(다) 캡 블록의 강성 (라) 캡의 반발계수

(마) Cushion의 강성 (바) 해머효율

② 지반조건

(가) 지반에 묻힌 말뚝길이 (나) 토질주상도

(다) 지반의 탄성변형량(quake) (라) 흙의 감쇠특성(damping)

(마) 말뚝 주면마찰력의 분포형태 및 극한지지력에 대한 주면마찰력의 비율

③ 말뚝

(가) 말뚝 총길이 및 단면적 (나) 말뚝의 단위중량

(다) 말뚝의 탄성계수 (라) 말뚝Cushion의 반발계수

위의 입력자료들 중 많은 부분은 프로그램 내에 여러 가지 조건에 대하여 그 값이 내장되어 있다. 항타 장비에 대한 정보는 해머 데이터 파일이 지원되며, 특히 해머효율은 다년간 수행한 현장 검증결과를 토대로 현재 가장 적절한 효율입력이 가능하게 되었다.

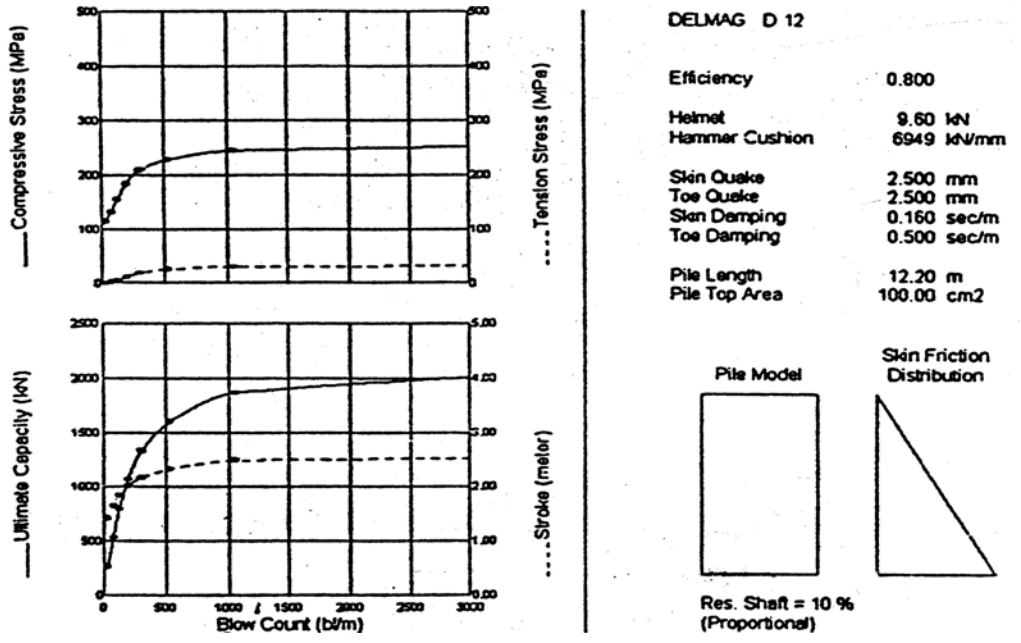
또한 지반조건 관련 입력값의 경우에도 quake 및 damping계수, 주면마찰력 분포형태 및 비율 등을 흙의 종류와 지층형성상태에 따라 적절히 선정, 입력할 수 있다.

3) 파동방정식에 의해 파악되는 결과

파동이론분석은 그 목적에 따라 지지력 도표분석(bearing graph analysis)과 시공관입성분석(driveability analysis)으로 나눌 수 있다.

① 지지력 도표분석(Bearing Graph Analysis)

(가) 어떤 규격의 말뚝을 특정한 항타장비를 사용하여 정해진 깊이까지 관입시켰을 때 최종관입량(set value)에 따라 예상지지력 및 말뚝재료에 발생하는 항타응력 관계를 나타내준다.



[그림 1.10] 지지력 도표의 예

(나) 이 결과로부터 말뚝재료의 적합성, 시공가능성 및 예상지지력 등을 판단할 수 있다.

(다) 말뚝재료의 적합성

지지력 검토(bearing analysis)를 실시하여 말뚝에 발생하는 항타응력이 말뚝재료의 허용범위<표 1.25>를 초과하지 않아야 하며, 최종관입량이 실제로 시공 가능한 범위가 되는 두 가지 조건을 모두 만족시키는 조건에서의 지지력으로부터 설계하중을 결정한다.

<표 1.25> 말뚝 재료별 허용항타응력

구 분	말 뚝 종 류	허 용 항 타 응 력
허용압축항타응력	강말뚝	강재의 항복강도 × 90%
	기성콘크리트말뚝	콘크리트의 압축강도 × 60%
허용인장항타응력	강말뚝	강재의 항복강도 × 90%
	기성콘크리트말뚝	프리스트레싱값 + $0.025\sqrt{f_c}$ f_c : 콘크리트의 압축강도, 단위(tf/㎠)

(라) 시공가능성

시공가능성은 BPM(Blows Per Meter)으로 나타내며, 말뚝의 최종타격당 관입량(set value)의 역수이다. 일반적으로 최종관입량 2㎜(BPM=500)를 시공가능한 기준으로 보고 있으나 이는 전반적으로 지반조건과 밀접한 관계가 있다. 즉, 선단지지층 위쪽의 지반조건이 큰 값의 주면마찰력을 갖는 조밀한 지층일 경우 BPM=500은 달성하기에 무리한 시공조건이 될 수 있으며, 반대로 선단지지층 위쪽 지반조건이 연약하면 용이하게 시공될 수 있다. 따라서 말뚝의 시공가능성 판단은 선단부 위쪽의 지반조건까지 포함한 내용을 토대로 하여 판단하도록 한다.

(마) 예상지지력

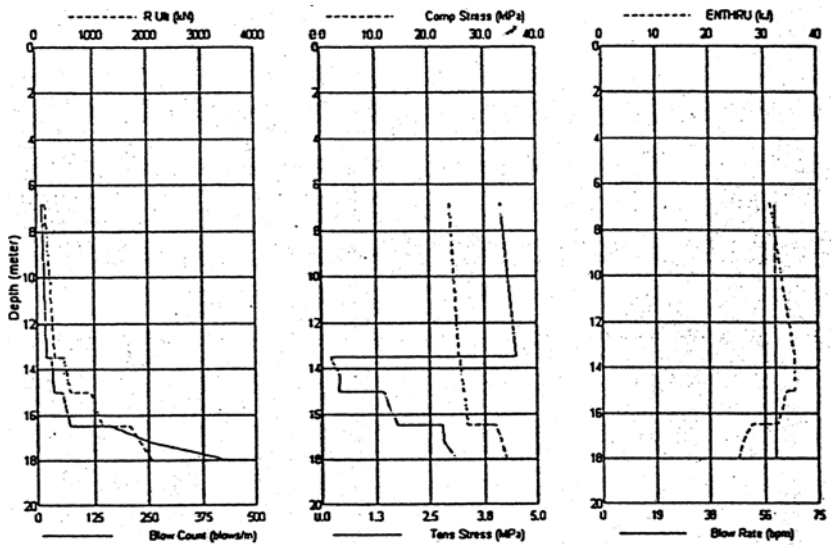
파동이론 분석은 정해진 극한지지력에 대한 항타저항의 의미이며 따라서 지반조사 결과를 근거로 한 이론적 정적 극한지지력과는 상이하다.

그러나 파동이론 분석이 적절히 수행되고 지반조사 자료가 신뢰할 수 있는 경우 파동이론 분석에 의한 극한지지력은 이론해석결과 또는 N값에 의한 지지력 산정결과에 비하여 신뢰도가 높은 예상지지력을 얻을 수 있다. 그러나 이때에도 시간경과에 따른 말뚝지지력 변화 문제, 프로그램에서 가정한 값과 상이한 항타장비의 효율문제 등은 파동이론 분석 수행시 예측할 수 없는 부분인바, 실제 말뚝지지력과는 차이가 있을 수 있다.

② 시공관입성 분석(Driveability Analysis)

(가) 말뚝의 선단이 지지층에 도달할 때까지의 지층조건을 관통하는 과정에서 말뚝에 발생하는 항타응력 및 타격회수, 지지력 등을 관입깊이 전체에 대하여 분석한 결과이다.

(나) 관입깊이에 따른 항타관입저항과 항타응력 등을 산출할 수 있으므로 말뚝이 최종지지층에 도달하기 이전의 항타과정에서 발생할 수 있는 문제점들을 파악할 수 있다.



[그림 1.11] 시공관입성 분석 예

4) 파동이론 분석시 유의사항

① 해머자료의 입력시 유의사항

효율, 낙하고, 해머쿠션 등의 입력에 있어 사용장비의 종류 및 주변상황에 따라 적절한 값을 선정하여야 한다.

② 지반특성계수 입력시 유의사항

(가) 항타종료시 요구되는 지지력 산정은 시간경과에 따른 지반의 set-up factor를 고려하는 것이 필요하다.

(나) Damping 계수(skin damping, toe damping)는 항타 후 시간경과에 따라 변화하며 어떤 종류의 지반이건 일정한 값을 갖지는 않는다. 파동이론 분석시 낮은 damping 계수를 선택하면 지지력 예측값은 크게 되고, 높은 damping 계수를 선택하면 이와 반대가 된다.

(다) shaft quake 값은 보통 0.1inch를 사용하여 만족할 수 있으며, toe quake 값은 동적으로 민감한 지반의 경우 보수적인 결과를 얻기 위해 통상적으로 사용하는 값(d/120)보다 다소 높은 값을 사용하는 것이 필요하다.

(라) 동재하시험에 의한 실측결과와의 비교가 필요하다.

주) 참고문헌 : 말뚝기초설계, 한국도로공사, p.84~90

1.5.5 말뚝기초 침하량

(1) 일반사항

말뚝기초에 설계하중이 재하되었을 때의 침하량은 허용된 범위 이내가 되어야 한다. 허용된

범위의 침하량 안에서 외말뚝의 침하량, 무리말뚝의 침하량 및 부등침하량값을 상부 구조물의 특성과 연계하여 판정한다.

(2) 외말뚝의 침하량

외말뚝의 말뚝머리 침하량(S)은 말뚝자체의 길이방향변형(S_s)과 말뚝선단부 침하량의 합이며, 말뚝선단부 침하는 말뚝선단부에 가해지는 하중에 의한 침하량(S_p)과 주면마찰력에 의하여 지반에 전달된 하중에 의한 침하량(S_{ps})의 합이다.

$$S_t = S_s + S_p + S_{ps}$$

1) 말뚝자체의 길이방향 탄성변형

$$S_s = (Q_{pa} + \alpha_s Q_{fs}) \frac{L}{A_p E_p}$$

여기서, Q_{pa} : 말뚝에 설계하중이 재하 되었을 때 말뚝선단부에 전달되는 하중

Q_{fs} : 말뚝에 설계하중이 재하 되었을 때 말뚝주면에 전달되는 하중

L : 말뚝길이

A_p : 말뚝의 단면적(재료의 순단면적)

E_p : 말뚝의 탄성계수

a_s : 말뚝의 주면마찰력 분포에 따른 계수

Vesic(1977)은 균등분포 또는 포물선 분포의 주면마찰력의 경우에는a_s=0.5, 삼각형 분포(지표면에서는 0, 말뚝선단부에서 최대)의 경우에는 a_s=0.67을 적용하도록 권장하고 있다.

2) 말뚝선단부의 하중에 의한 침하량

$$S_p = \frac{C_p \, Q_{pa}}{B \, q_p}$$

여기서, C_p : 흙의 종류와 말뚝시공법에 따른 경험계수(<표 1.26> 참조)

Q_{pa} : 말뚝에 설계하중이 재하 되었을 때 말뚝선단부에 전달되는 하중

B : 말뚝의 폭 또는 직경 q_p : 말뚝의 단위면적당 극한선단지지력

<표 1.26> C_p 값

흙의 종류	타입말뚝	굴착말뚝
모래(조밀~느슨)	0.02 ~ 0.04	0.09 ~ 0.18
점토(굳은~연약)	0.02 ~ 0.03	0.03 ~ 0.06
실트(조밀~느슨)	0.03 ~ 0.05	0.09 ~ 0.12

3) 주면마찰력에 의한 말뚝선단부의 침하량

$$S_{ps} = \frac{C_s Q_{fs}}{L_b q_p}$$

여기서, $C_s = (0.93 + 0.16\sqrt{L_b/B})C_p$

L_b : 말뚝의 근입깊이

위와 같은 계산은 말뚝의 선단지지층이 충분히 깊어서 선단부 아래쪽으로 말뚝직경의 10배 이상이 되며, 충분히 견고한 경우를 가정한 방법이므로 선단부 아래쪽의 지반조건이 이와 다를 때는 적용할 수 없다.

주) 참고문헌 : 구조물 기초설계기준 해설(2003), 건설교통부, p.314~316

(3) 무리말뚝의 침하량

1) 사질토의 경우 : Vesic 방법에 의하여 계산

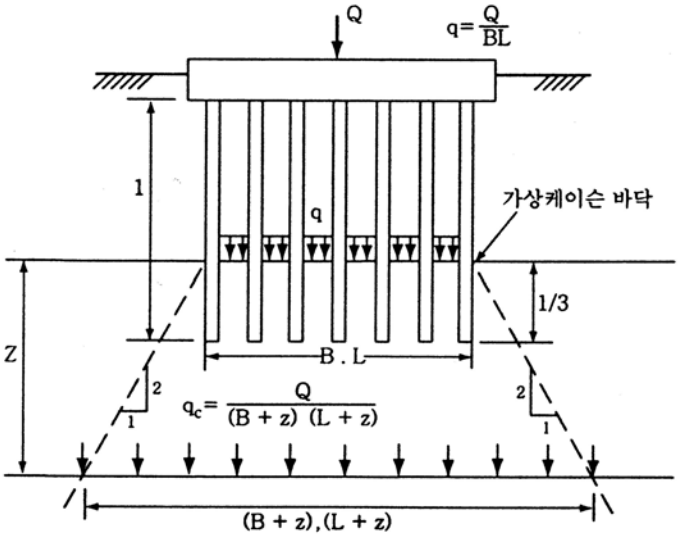
$$S_g = S_0\sqrt{B_g/B}$$

여기서, S_g : 무리말뚝의 침하량 S_0 : 외말뚝의 침하량

B_g : 말뚝무리의 폭 B : 외말뚝의 직경

2) 점성토의 경우 : Terzaghi and Peck(1967) 방법에 의한 계산

무리말뚝의 침하량을 구함에 있어서 해설 [그림 1.12]와 같이 말뚝선단 위 1/3지점에 가상기초 바닥면을 설정하고 응력의 분포는 2(연직) : 1(수평)로 보고 기초의 침하를 구하는 방법이 널리 사용된다. 그러나 이 방법에 의하여 계산된 침하량은 실제 침하량보다 상당히 크다는 것이 여러 사람들에 의해 문제점으로 제기되고 있다.



[그림 1.12] 균질점토층에서의 무리말뚝에 의한 지중응력발생 추정 (Terzaghi and Peck, 1967)

(4) 현장타설말뚝의 침하

현장타설말뚝상단이 상부구조에 영향을 주는 침하는

1) 현장타설말뚝 본체의 탄성수축

2) 현장타설말뚝 선단지반의 침하

3) 무리 현장타설말뚝의 영향으로 현장타설말뚝 선단 아래 상당 깊이까지 이르는 지반 변형 등으로 구성될 것이다.

거의 모든 현장타설말뚝을 암반층까지 시공하는 국내의 여건상 현장타설말뚝의 침하는 문제시 되는 경우는 거의 나타나지 않는다. 실제로 문제가 되는 것은 현장타설말뚝 지반의 침하로서 특히 압밀 점토층이 현장타설말뚝 선단 지반의 아래에 분포할 경우에는 압밀침하량을 계산하여 상부구조에 미치는 영향을 검토하여야 한다. 즉, 압밀침하량이 상부구조의 허용침하량 한계를 벗어날 경우에는 이에 대한 대책을 강구하여야 할 것이다.

암반층까지 관입시키지 않는 현장타설말뚝의 경우에 그 침하량을 해석적 방법으로 산정하는 것은 현재의 기술 수준으로는 가능하지 않다. 이러한 경우 시험시공 후 재하시험을 실시하여 확일 할 필요가 있다.

(5) 허용침하량

침하량 검토란 말뚝머리의 추정침하량과 상부구조에서 결정되는 허용침하량의 비교이다. 허용침하량을 어느 수치로 규정함은 비합리적이고, 상부구조의 구조형식, 사용재료, 용도, 중요성 및 침하의 성격 등에 의해서 규정되어야 한다. 그러므로 <표 1.27>은 단순한 참고일 뿐이며 이들 문제에 대해서는 전문기술자의 의견에 따라 설계자가 판단하여야 한다.

<표 1.27> 구조물의 종류와 허용침하량

저 자	구조형식	허용침하량(㎝)	허용각변형(rad)
Baumann(1873)	철근콘크리트구조	4.0	-
Jenny(1885)	철근콘크리트구조	5.0 ~ 7.5	-
Purdy(1891)	-	7.5 ~ 12.5	-
Simpson(1934)	철근콘크리트구조	10.0 ~ 12.5	-
Terzaghi(1934)	철근콘크리트구조	5.0	-
	연와구조	-	1/280
Terzaghi and Peck(1948)	철근콘크리트구조	5.0	1/320
Tschebotarioff(1951)	연와구조	5.0 ~ 7.5	-
Ward and Green(1952)	연와구조	-	1/480
Meyerhof(1953)	철근콘크리트라멘구조	-	1/300
	철근콘크리트벽식구조	-	1/1000
	연와구조	-	1/600
大崎(1956)	철근콘크리트구조, 블럭구조	-	1/600 ~ 1/1000

주) 참고문헌 : 구조물 기초설계기준 해설(2003), 건설교통부, p.316~317

1.5.6 말뚝의 허용수평지지력

외말뚝의 횡방향 허용지지력은 수평재하시험, 해석적 방법(탄성지반반력법, 극한평형법, p-y곡선법 등), 프레셔미터 결과를 이용한 방법 등에 의해 추정할 수 있다.

상세한 내용은 “구조물 기초설계기준 해설(2003), 건설교통부, p.320～333” 및 “도로교설계기준 해설(하부구조편)(2001), (사)대한토목학회, p.257～262”를 참조한다.

1.5.7 말뚝의 재하시험

(1) 일반사항

1) 말뚝재하시험의 목적

① 시공전 단계 : 설계유효성 확인을 목적으로 시행

② 시공단계 : 품질(지지력)확인을 목적으로 시행

③ 지지력, 변위량, 건전도, 시공방법 및 시공장비의 적합성, 시간경과에 따른 말뚝지지력 변화, 부주면마찰력, 하중전이 특성을 필요에 따라 파악

2) 말뚝재하시험 방법

① 시험종류 : 압축시험, 인발시험, 횡방향시험

② 실시방법 : 정재하시험방법 동재하시험방법

③ 시험목적에 따라 시험회수, 시험방법, 시험실시 시기 등을 충분히 검토하여 계획하여야 함

3) 재하시험 기준

① 토목공사 표준시방서

(가) 지시된 위치에서 6개 지시말뚝을 시험

(나) 처음 100개 말뚝에 대하여 1회 시험

(다) 다음 250개 말뚝에 대하여 1회 시험

(라) 다음 매 500개 말뚝에 대하여 1회 시험

② 구조물 기초 설계기준

(가) 압축정재하시험 : 지반조건에 큰 변화가 없는 경우 말뚝 250개당 1회 또는 구조물별 1회

(나) 정적재하시험이 비용과 시간면에서 시행하기 어려운 경우에는 동적재하시험으로 대체 가능

(다) 이때 정적재하시험은 동적재하시험 결과를 해석하는 참고자료로 활용

<표 1.28> 말뚝시공시의 동재하시험(End of Initial Driving 방식) 빈도

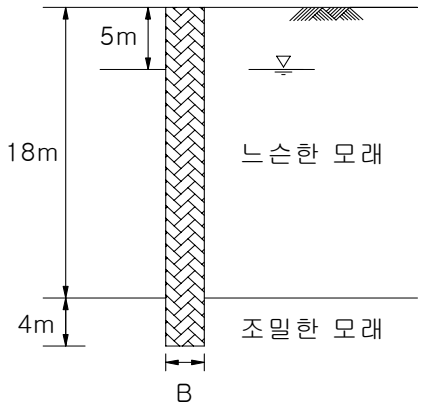
구 분	시험빈도
푸팅별 말뚝수 : 1～80본까지	2회
푸팅별 말뚝수 : 1～160본까지	3회
푸팅별 말뚝수 : 160본 이상	4회

주) 참고문헌 : 구조물 기초설계기준 해설(2003), 건설교통부, p.357～358

1.5.8 깊은기초 적용사례

(1) CASE-1 : 사질토에 타입된 강관말뚝의 지지력 산정

강관말뚝(바깥지름=508㎝, 두께=6.35㎜, 단면적=100㎠)이 [그림 1.13]과 같이 모래지반에 타입 되어있다. 깊이에 따른 N값이 오른쪽 <표 1.29>와 같을 때, 이 강관말뚝의 연직극한지지력을 계산하라.



[그림 1.13] 사질토에 타입된 강관말뚝

<표 1.29> 깊이에 따른 N값

깊이	N값	수정N값
2	13	
4	15	
6	16	16
8	18	17
10	20	18
12	23	19
14	27	21
16	22	19
18	24	20
20	38	27
22	42	29
24	54	35
26	57	36

[해설]

표준관입시험 N값을 이용한 Meyerhof공식으로 검토하면, 말뚝선단에서의 N_{60} = 29

말뚝선단과 선단에서 하부 2B까지의 N_{60}값의 평균($N_{60(1)}$) : 2B ≒ 1m

$N_{60(1)}$ = {(22)(29) + (23)(32)} / {22+23} = 31

말뚝선단과 선단에서 상부 8B까지의 N_{60}값의 평균($N_{60(2)}$) : 8B ≒ 4m

$N_{60(2)}$ = {(18)(20)+(20)(27)+(22)(29)/{18+20+22} ≒ 26

∴ N_{60} = ($N_{60(1)}$+ $N_{60(2)}$) / 2 = (31 + 26) / 2 ≒ 29

전체 근입깊이에 때한 평균 $\overline{N_{60}}$값 :

$\overline{N_{60}}$ = {(2)(13)}+(4)(15)+(6)(16)+(8)(17)+(10)(18)+(12)(19)+(14)(21)+(16)(19)+(18)(20)+
(20)(27)+(22)(29)}/{(2+4+6+8+10+12+14+16+18+20+22} ≒ 24

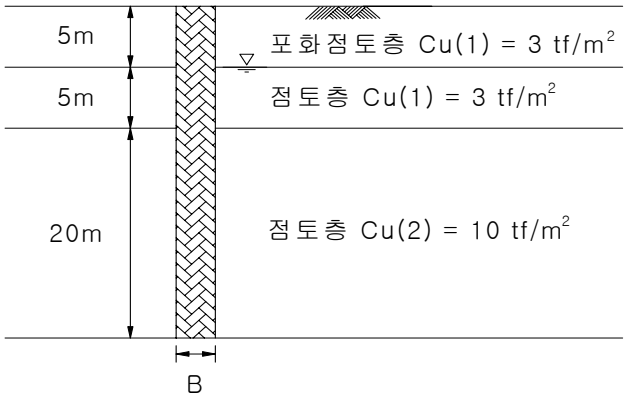
$$A_p = \frac{\pi(0.508)^2}{4} = 0.20\,\text{m}^2$$

$$A_s = \pi(0.508)(22) = 35.11\,\text{m}^2$$

$$Q_u = 30N_{60}A_P + (\frac{1}{5})\overline{N_{60}}\,A_s = 30\times29\times0.20+\frac{1}{5}\times24\times35.11 = 342.53t$$

(2) CASE-2 : 점성토에 타입된 강관말뚝의 지지력 산정

강관말뚝(바깥지름=406㎜, 두께=6.35㎜)이 [그림 1.14]와 같이 점성토지반에 타입 되어 있다. 이 강관말뚝의 연직극한지지력을 구하여라.



[그림 1.14] 점성토에 타입된 강관말뚝

[해설]

[그림 1.14]에서 말뚝선단에서의 점착력 : C_p = 10t/㎡

[그림 1.15]로 부터

점착력 $C_{u(1)}$ = 3t/㎡ 일 때의 부착력($\alpha \fallingdotseq 1$) : C_a : 3.0t/㎡

점착력 $C_{u(2)}$ = 10t/㎡ 일 때의 부착력($\alpha \fallingdotseq 0.5$) : C_a : 5.0t/㎡

전체 근입깊이에 대한 평균부착력 :

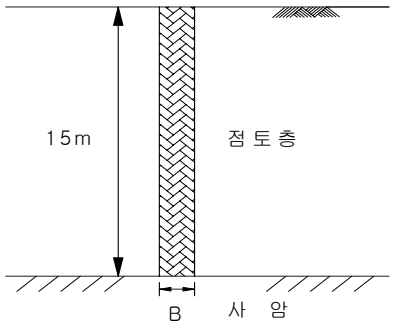
$$\overline{C_a} = \frac{10\times 3.0 + 20\times 5.0}{10+20} = 4.3\text{t/m}^2$$

$$A_p = \frac{\pi}{4}(0.406)^2 = 0.13\text{m}^2 \qquad A_s = \pi(0.406)(30) = 38.26\text{m}^2$$

$$\therefore\ Q_u = 9c_pA_p + \overline{C_a}\,A_s = 9(10)(0.13) + (4.3)(38.26) = 176.22\text{t}$$

(3) CASE-3 : 암반에 의해 지지되는 강관말뚝의 지지력 산정

강관말뚝(바깥지름=305㎜, 길이=15m)을 타입하여 [그림 1.15]와 같이 연약한 점토층을 지나 사암층에 말뚝선단이 놓이도록 했다. 사암의 실험실 일축압축강도가 612kg/㎠이고, 내부마찰각이 28°인 경우 안전율 4를 사용하여 말뚝의 허용선단지지력을 계산하라.



[그림 1.15] 암반에 의해 지지되는 강관말뚝

[해설]

$$q_{u(설계)} = \frac{q_{u(실험실)}}{5} = \frac{612}{5} = 122.4 kg/cm^2$$

$$Q_{p(허용)} = \frac{q_u (N_\phi + 1) A_p}{F_s}$$

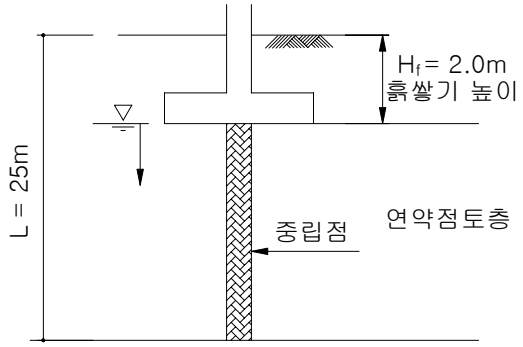
$$A_p = \frac{\pi (30.5)^2}{4} = 730.62 cm^2$$

$$N_\phi = \tan^2 (45 + \frac{\phi}{2}) = \tan^2 (45 + \frac{28}{2}) = 2.77$$

$$\therefore Q_p = \frac{(122.4)(2.77+1)(730.62)}{4} = 84286 kg = 84t$$

(4) CASE-4 : 말뚝의 부마찰력 산정

[그림 1.16]에서 흙쌓기 높이 H_f=2.0m, 말뚝의 직경은 400㎜인 원형단면이다. L=25m일 때 이 말뚝의 부마찰력을 구하시오. (단, $\gamma_t = 1.7 tf/m^3$, $\phi_{clay} = 30°$, $\gamma_{sat} = 1.8 tf/m^3$, 지하수위는 점토의 상부에 위치)



[그림 1.16] 연약지반에 설치된 말뚝기초

[해설]

1) 부마찰력 산정식

$$Q_{nS} = f_n \cdot A_s = \sigma_h' \cdot \tan\delta \cdot A_s = \sigma_v' \cdot k \cdot \tan\delta \cdot A_s$$

2) 부마찰력 산정

① 중립면 위치

가) 중립면의 위치는 지반의 침하와 말뚝의 침하가 같아서 상대변위가 없는 위치로 정의되며 선단지반조건에 따라 다르게 됨.

나) 본 CASE에서는 점토층의 80%를 적용함.

다) 즉, 부마찰력작용 점토층 말뚝길이 : (25-2)×80% = 18.4m

② 유효연직응력(σ_v')

$$1.7tf/m^3 \times 2m + (1.8-1)tf/m^3 \times 9.2m = 10.76tf/m^2$$

③ 횡방향 토압계수 (K) = $1-\sin\phi' = 1-\sin 30 = 0.5$

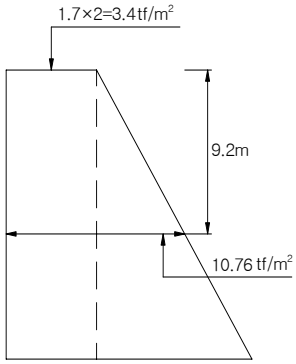
④ 지반과 말뚝마찰각 (δ) = $\frac{2}{3}\phi$ 적용 = $\frac{2}{3}\times 30 = 20°$

⑤ 말뚝주면적 (A_s) = $\pi D l = 3.14\times 0.4m \times 18.4m = 23.1m^2$

⑥ 부마찰력계산

$$Q_{ns} = \sigma_v' \cdot k \cdot \tan\delta \cdot A_s$$

$$= 10.76tf/m^2 \times 0.5 \times \tan 20° \times 23.1m^2 = 45.23tf/본$$



2. 비탈면안정

2.1 용어의 정의

(1) 사면 : 자연사면이나 굴착사면, 그리고 도로제방이나 흙댐과 같은 성토사면에서 흙은 중력, 간극수압, 지진 등의 작용을 받아 높은 곳에서 아래로 무너지려는 경향이 있으며 일반적으로 유한사면과 무한사면으로 나눌 수 있다.

(2) 무한사면 : 활동면의 깊이가 사면의 높이에 비해 작은 것으로 사면의 파괴형상은 직선 활동파괴를 이룬다.

(3) 유한사면 : 활동면의 깊이가 사면의 높이에 비해 비교적 큰 것으로 사면의 파괴형상은 직선, 원호, 비원호 및 복합곡선을 이룬다.

(4) 비탈면안전율 : 흙의 전단강도(S)와 활동면의 전단응력(τ)과의 비 ($Fs = S / \tau$)

(5) 전단강도 : 전단에 대한 극한강도

(6) 전단응력 : 면에 연하여 작용하는 응력, 접선응력이라고도 한다.

(7) 전단시험 : 공시체에 전단하중을 가하여 파괴하고 전단에 대한 그 재료의 성상, 강도등을 측정하는 시험. 전단시험방법에는 1면만으로 전단하는 방법, 2면으로 동시에 전단하는 방법 등이 있다. 흙의 전단시험에서 그 흙의 내부마찰각 ϕ, 점착력 C를 구할 수 있다.

(8) Fellenius 방법 : 절편의 양 수직면에 작용하는 힘들의 합을 0으로 가정하여 해석하는 방법

(9) Bishop 방법 : 절편의 양 수직면에 작용하는 힘의 합력은 수평방향으로 작용한다고 가정하고 해석하는 방법

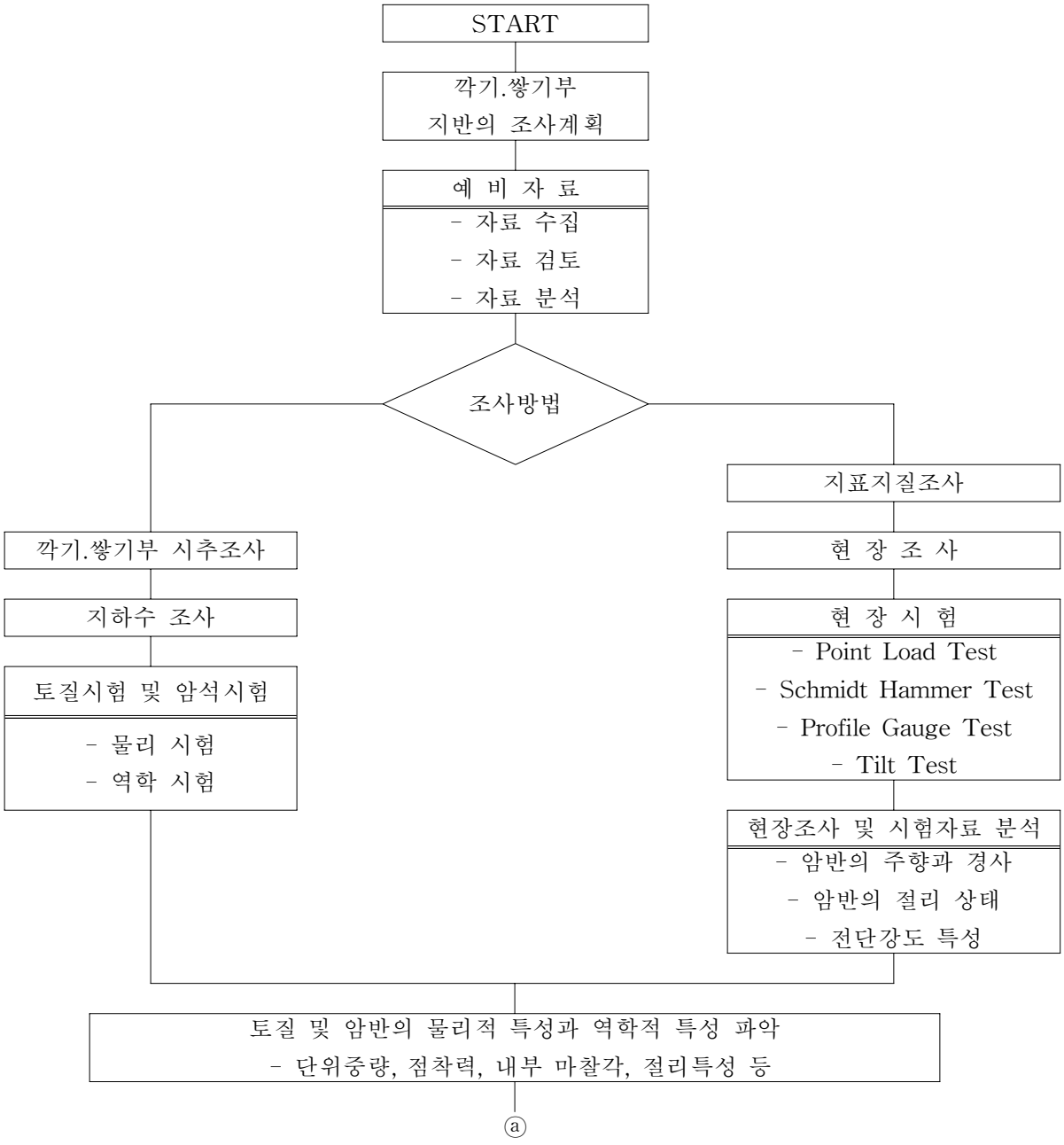
(10) Taylor 방법 : 마찰도법에 기초를 두고 전응력 해석법을 사용 해석하는 방법으로 Taylor의 안정도표를 이용

(11) 한계평형해석 : 활동면을 따라 파괴가 일어나려는 순간에 있는 토체의 안정성을 해석하는

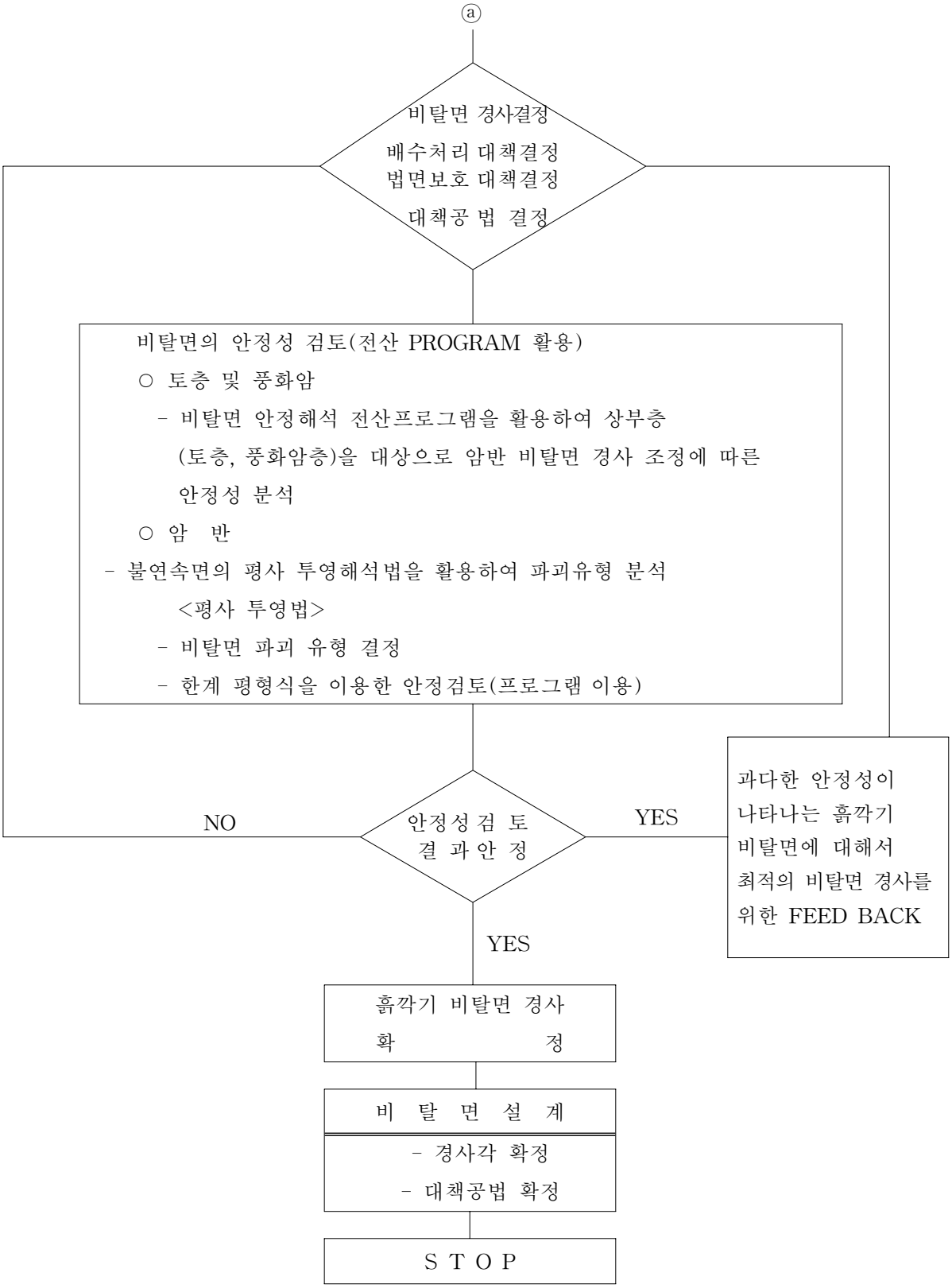
것으로 문제를 단순화하기 위한 가정을 설정하고 이 방법을 사용하면 간단한 정역학 이론으로 해를 얻을 수 있다.

(12) 평사투영법(Stereographic Projection) : 절리나 단층과 같은 불연속면의 주향과 경사를 측정, net에 절리면의 pole을 투영하여 불연속면을 입체적으로 파악하여 사면의 안정성을 검토하는 방법

2.2 비탈면 안정 해석 흐름



[그림 2.1] 비탈면 안정 해석 흐름도



[그림 2.2] 비탈면 안정 해석 흐름도 (계속)

2.3 일반사항

쌓기 또는 깎기작업을 시행하는 경우 자중, 상재하중 및 지중응력의 변화로 비탈면은 활동파괴에 대한 안정성이 감소하게 되므로 충분한 지질 및 토질조사를 실시하며 비탈면의 안정계산에 의한 안정도를 검토하여야 한다. 안정검토의 일반적인 사항은 다음과 같다.

(1) 활동면의 형태는 원형활동면이나 직선활동면으로 가정하며 특히 연약한 층이 협재되어 있는 경우는 복합활동면 또는 적합한 형태의 활동면을 가정한다. 이론적으로 활동면은 전단에 따르는 체적변화, 즉 다이러턴시(Dilatancy)가 현저하면 직선 또는 대수나선으로 나타나고 다이러턴시가 거의 없을 때는 직선, 대수나선 및 원형이 되는 것으로 알려져 있다.

(2) 건조된 모래 또는 포화된 모래 사면의 활동파괴는 보통 사면이 허물어져서 경사도가 감소하게 되는 형태이며 원형활동면 보다 직선활동면을 생각하는 것이 좋다.

(3) 점성토의 경우 활동면의 형태는 원형에 가깝다. 사질토 사면에 발생되는 활동은 사면의 표층 근처에 얕게 일어나는데 반하여 점성토의 경우에는 저부파괴라고 불리우는 사면 아래로 깊숙이 일어나는 활동이 생길 때가 많다.

(4) 사면에서 발생하는 실제의 활동면은 3차원적인 형태가 되지만 2차원적인 문제로 해석한다.

(5) 전단저항의 시간적 변화에 관하여 흙의 안정문제는 점성토 지반에 재하하는 경우는 단기안정문제 땅깎기 혹은 지반개량 후 흙을 제거하는 경우는 장기안정문제로 생각할 수 있다.

(6) 단층, 절리군이 많으며 심한 파쇄를 받은 암반은 지하수위 영향을 쉽게 받아 극히 불안정하며, 마사토, 백사, 화산회질 점성토 역시 불안정하므로 불가피하게 대절토법면이 형성될 경우는 적절한 보호공법을 선정하여야 한다.

(7) 비탈면의 안전율은 흙의 전단강도(S)와 활동면의 전단응력(τ)과의 비로 나타낼 수 있으며, 비탈면의 안정계산에서 기준안전율은 각 기관에서 제시한 값을 참고하여 결정한다.

$$F_s = \frac{S}{\tau}$$

(8) 최근에는 안전율 대신 파괴확률(probability of failure)이란 개념으로 비탈면의 신뢰성을 구하려는 방법이 시도되고 있다. 작용하중과 흙의 강도를 단일치로 사용하는 현재의 확정론적 접근방법(deterministic approach)은 하중과 강도의 분산성을 합리적으로 고려할 수 없고 안전율이 1이상인 경우에도 파괴를 일으킬 가능성을 내포하고 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 확률론적 접근방법의 필요성이 생기게 되었다.

2.4 흙쌓기 비탈면

2.4.1 일반사항

흙쌓기 비탈면의 설계목표는 구조물 수명동안 비탈면이 안정하도록 하는 것이며, 이를 위하여 안정해석을 수행하고 옹벽 등의 보수보강 여부 판단, 배수시설 설치, 표면보호시설을 설치하여 장기

적인 안정성이 확보되도록 한다. 흙쌓기 비탈면은 비탈면 경사의 선정, 소단의 설치, 식생토의 필요성, 비탈면 전압방법, 비탈면 배수처리 등의 기본적 사항을 충분히 검토한 후 설계하여야 한다.

2.4.2 흙쌓기 비탈면 기울기

흙쌓기 비탈면 기울기는 지형, 기초지반, 재료 및 높이 등을 고려한 대표단면을 선정하여 안정 검토를 실시하여 결정하는 것을 기준으로 한다.

비탈면 규모가 소규모인 지역인 경우 <표 2.1>~<표 2.3>의 국내 여러기관에서 제시한 비탈면 기울기를 참고하여 적용할 수 있다.

다음 조건의 경우 흙쌓기 지반의 특성 및 흙쌓기 재료에 대해 별도 정밀조사를 실시하고 그 결과에 따라 비탈면 안정해석을 실시하여 비탈면 기울기를 결정한다.

(1) 흙쌓기 높이 10m 이상인 경우

(2) 지반의 지하수 용출이 많고 연약지반이 분포하여 흙쌓기 후 침하 등의 우려가 있는 경우

(3) 시설물이 인접하여 붕괴시 중대한 손상을 주는 경우

(4) 붕괴시 복구기간이 상당기간 소요되어 시설물의 기능을 현저히 저해하는 경우

(5) 흙쌓기 원지반이 비탈면붕괴 등이 우려되는 경우

<표 2.1> 흙쌓기 비탈면 기울기

기 울 기 기 준		비 고
0~5m	5m 이상	
1 : 1.5	1 : 2.0	직고 3m마다 그 비탈면의 면적의 5분의 1 이상에 해당되는 면적의 단을 설치한다. 단, 비탈면의 토질·경사도 등으로 보아 건축물의 안전상 지장이 없다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니한다.

자료 : 토목설계지침(2005), 대한주택공사)

주) • 용수지역은 배수시설, 연약지반은 지반개량 후 흙쌓기 시행

• 비탈면 상단 또는 하단과 소단부에 측구 설치

- 상단측구 : 비탈면 상부에 집수면적이 많아 비탈면의 유실이 우려되는 지역
- 하단측구 : 유수로 인하여 하부에 피해가 예상되는 지역
- 소단측구 : 소단 어깨부분에 세굴 방지 목적

• 필요시 비탈면보호공 및 표면수처리를 위한 종배수구 설치

• 용지폭의 한정 및 현장 여건에 따라 기울기를 조정할 수 있으나 경사가 변하는 부분이 물의 침식을 받지 않도록 배수처리

• 직고 2m 이상의 흙쌓기면은 면고르기 실시

<표 2.2> 흙쌓기 비탈면 기울기

흙쌓기 재료	흙쌓기 높이(m)	기 울 기	흙의 분류
입도분포가 좋은 모래	0 ~ 6	1 : 1.5	GW, GP, SW, GM, GC
자갈 및 자갈 섞인 모래	6 ~ 15	1 : 1.8	
입도분포가 나쁜 모래	0 ~ 10	1 : 1.8	SP
암괴, 암버럭	0 ~ 6	1 : 1.5	SW, GP, GM
	6이상	1 : 1.8	
사질토, 굳은 점질토, 굳은 점토(홍적층 점성토, 점토 등)	0 ~ 6	1 : 1.5	SM, SC, CL
	6이상	1 : 1.8	
연약한 점성토	0 ~ 6	1 : 1.8	CH, OH, ML, MH

자료 : 도로설계요령(2001), 한국도로공사

주) • 표는 기초지반의 지지력이 충분하고 침수의 영향이 없고, 식생에 의한 비탈면 보호공을 전제로 결정된 것이다.
• 흙쌓기 높이는 길어깨에서 비탈끝까지의 수직 높이를 말한다.
• 표는 표준경사를 나타낸 것이며, 토량과 현지 상황 및 필요에 따라 변경할 수 있다.

<표 2.3> 흙쌓기 비탈면 기울기

쌓기 높이	비탈면 기울기	비 고
0~6.0m	1 : 1.5	
6.0m 이상	1 : 1.8	

자료 : 국도건설공사 설계실무요령(2004), 건설교통부

2.4.3 층따기

원지반이 1:4보다 급한 경사인 지반 위에 흙쌓기를 할 경우에는 활동방지 및 원지반과 흙쌓기부의 밀착을 위해 다음 표준치수 이상의 층따기를 실시하여야 한다.

<표 2.4> 흙쌓기부 층따기 표준치수

기 관 명	원지반 토질	최소높이	최소폭
한국도로공사	토사	50 cm	100 cm (기계토공시 300cm)
	암석	40 cm	
한국수자원공사	토사, 리핑암, 발파암	60 cm	100 cm (기계토공시 300cm)

2.4.4 소단

소단은 흙쌓기의 안정성을 높이고 비탈면에 흘러내리는 물의 유속을 늦추는 한편 우수의 집수면적을 줄여 침식이 심하게 되는 것을 사전에 방지하기 위하여 설치하며, 국내 여러기관에서 제시

한 소단설치 기준은 다음과 같다.

<표 2.5> 국내 여러기관의 흙쌓기부 소단설치 기준

흙쌓기 재료	기 관 명	소단설치	비 고
토사 리핑암 발파암	대한주택공사	직고 3m마다 그 비탈면의 면적의 5분의 1 이상에 해당되는 면적의 단을 설치한다. 단, 비탈면의 토질·경사도 등으로 보아 건축물의 안전상 지장이 없다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니한다.	
	건설교통부	수직높이 6m 마다 1.0m	비탈면안정 검토후 적용
	한국도로공사	수직높이 6m 마다 1.0m	

2.4.5 흙쌓기 비탈면 기준안전율

흙쌓기 안정계산에서 안전율(Fs)에 대한 국내외 여러기관의 기준안전율은 다음 <표 2.6>과 같으며, 안정계산에 의해 구한 안전율이 기준안전율 이상이면 일단 안정하다고 생각해도 좋지만 계산결과만을 과신할 것이 아니라 토질이나 시공조건 등을 고려해서 종합적인 검토에 근거해서 판단할 필요가 있다.

<표 2.6> 국내외 여러기관의 흙쌓기 비탈면 최소 기준안전율

기 관 명	구 분	최소 안전율	참 조
대한주택공사	토목설계지침(2005)	Fs>1.3	흙쌓기 영구비탈면
		Fs>1.5	중요구조물 설치비탈면
건설교통부	구조물기초 설계기준(2003)	Fs>1.3	
	국도건설공사 설계실무 요령(2004)	Fs>1.3	연약지반이나 일반적인 구조물
		Fs>1.5	중요구조물이나 측방유동 검토(안정검토시 Pile 무시)
한국도로공사	도로설계요령	Fs>1.3	
일본토질공학회		1.0 ~ 1.2	가설구조물 등 일반적인 안정
		1.3	일반적인 구조물의 경우
		1.5	주요 구조물의 경우
일본건설성		1.1 ~ 1.3	표준적인 계획안전율
일본항만협회		1.5	항만시설 기술상의 기준, 동해설

2.4.6 안정검토가 필요한 흙쌓기

흙쌓기의 안정검토는 <표 2.7>에 표시한 조건에 해당하는 경우에 실시하며, 그 외의 흙쌓기 조건에서 안정이 염려되는 경우에도 똑같은 검토를 실시한다.

<표 2.7> 안정검토가 필요한 흙쌓기

구 분	흙 쌓 기 조 건
흙쌓기 자체의 조 건	① 흙쌓기 높이가 10m 이상인 경우 ② 비탈면 경사가 표준치보다 급한 경우 ③ 흙쌓기 재료의 함수비가 높고, 특히 전단강도가 낮은 경우 ④ 흙쌓기 재료가 실트와 같이 간극수압이 증가하기 쉬운 흙인 경우 (예를 들면, 점토분, 실트분이 많은 흙, 화산회토)
외 적 조 건	① 붕괴되면 인접 시설물 등에 중대한 손상을 주는 경우(철도 등) ② 붕괴되면 복구에 장기간을 요하고, 도로 기능을 현저하게 저해하는 경우 ③ 흙쌓기의 기초가 연약지반이거나 사면활동이 염려되는 경우 ④ 지형조건에 의해 제체 속으로 물의 침투가 많은 경우(경사지반상의 흙쌓기, 계곡 사이의 흙쌓기 등) ⑤ 홍수시에 침수되거나 비탈끝이 침식되는 경우(예를 들면, 연못 가운데의 흙쌓기)

2.4.7 흙쌓기 비탈면의 안정성 검토

(1) 일반사항

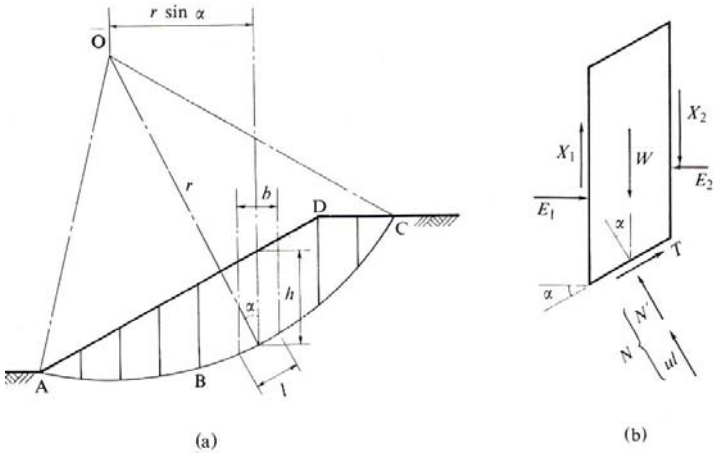
비탈면안정해석법에는 한계평형해석법(limit equilibrium analysis), 한계해석법(limit analysis), 확률론적 방법 등 많은 방법이 있다. 상기 방법들 중 주로 한계평형해석법이 사용된다. 한계평형해석법의 기본 가정은 직선, 원호, 대수나선으로 가정된 표면이나 불규칙적인 표면을 따라 Coulomb의 파괴규준이 만족된다는 것이다. 그러나 한계평형해석법의 가장 큰 결점은 파괴면 내부의 흙의 응력과 변형관계를 무시했다는 것이다.

한계평형해석방법에는 여러 방법이 있으나 여기에서는 가장 많이 사용하는 절편법(Fellenius방법, Bishop방법)과 Taylor방법에 대하여 기술하기로 한다.

최근에는 적절한 전산프로그램을 사용해서 계산하면 안전율을 쉽게 구할 수 있으므로 이 방법을 많이 사용하고 있다. (예, SLOPE/W, PCSTABLE5M, TALREN 등)

(2) 절편법

비탈이 이질의 지층으로 형성되어 있을 경우에 해석하는 방법으로 절편법이 많이 사용된다. 절편법(Slice method)에 있어서는 예상파괴활동면이 중심 O와 반경 r인 원호라고 가정하며, 원호 안에 있는 흙덩이를 [그림 2.3]에 보인 바와 같이 폭 b를 가지는 절편으로 나누고(꼭 같은 폭으로 나눌 필요는 없다) 각 절편의 바닥은 직선으로 가정한다.



[그림 2.3] 절편법

어떤 한 절편에 작용하는 힘은 다음과 같다.[그림 2.3 참조]

- 절편의 전체중량 W=γbh
  여기서, h는 절편의 중심을 따르는 높이다.
- 절편 바닥에 작용하는 전수직력 N
  일반적으로 이것은 유효수직력 N′(=σ′ℓ)과 경계면을 따르는 전간극수압 U(=uℓ)로 나눌 수 있다. 여기서, u는 단위간극수압이고 ℓ은 절편 저변을 따르는 길이이다.
- 저변을 따르는 전단력 T=τℓ
  여기서, τ는 전단응력이다. 즉 $\tau=\frac{s}{F_s}$
- 양측면상의 수직력 E_1 및 E_2
- 양측면상의 전단력 X_1 및 X_2

그런데 이 값들은 [그림 2.3]의 (b)에 나타낸 바와 같이 이용할 수 있는 평형방정식의 수보다 미지수가 더 많으므로 이에 대한 풀이는 정역학적으로는 불가능하다[즉, (2n-2)차 부정정 Whitman and Baily(1967) 참조]. 따라서 정역학적으로 풀기위해서는 부정정 차수만큼 가정을 설정하지 않으면 안된다.

[그림 2.3]의 활동원의 중심에 대한 모멘트의 평형을 고려해서 안전율을 다음과 같이 정의해 보자.

$$F_s = \frac{M_R}{M_D} \qquad \text{식(2.1)}$$

절편의 무게는 W이고, 모멘트의 팔은 γsinα이며, 절편의 측면에 작용하는 외력은 상쇄된다는 것을 유의하면,

$$M_D = \Sigma Wr \sin\alpha \qquad \text{식(2.2)}$$

가 됨을 쉽게 알 수 있다. 여기서 α는 절편의 저변이 수평면과 이루는 각이다.

한편, 저항 모멘트는

$$M_R = r\Sigma(c' + \sigma' \tan\phi')\ell \qquad \text{식(2.3)}$$

이 된다. 식(2.2)와 식(2.3)을 식(2.1)에 대입하고 정리하면,

$$F_s = \frac{\Sigma c'\ell + \tan\phi' \Sigma N'}{\Sigma W \sin\alpha} \qquad \text{식(2.4)}$$

이 된다. 위의 식 자체로서 구하는 Fs는 완전한 풀이이지만 N′의 값을 정할 때에 다음에 설명하는 바와 같이 가정 없이는 정역학적 조건을 만족시킬 수가 없다. 따라서 절편법으로서는 정해를 찾기 힘들다는 것을 이해하여야 한다.

1) Fellenius 방법(혹은, 스웨덴의 방법)

이 방법에서는 절편의 양측에 작용하는 힘의 합력은 0이라고 가정한다. 즉,

$X_1 - X_2 = 0,\ E_1 - E_2 = 0$

절편의 저변에 수직한 방향의 합력만을 고려하여 N′를 구하면,

$$N' = W\cos\alpha - u\ell \qquad \text{식(2.5)}$$

윗 식을 식 (2.4)에 대입하면,

$$F_s = \frac{\Sigma c' l + \tan\phi' \Sigma (W\cos\alpha - ul)}{\Sigma W \sin x} \qquad \text{식(2.6)}$$

어떤 주어진 활동원에 대한 안전율은 식 (2.6)을 사용하여 결정될 수 있다. 한 비탈에 대한 최소안전율을 얻기 위해서는 여러 개의 활동원을 가정하여 계산을 되풀이해야 하므로 많은 노력과 시간을 필요로 한다.

이 방법으로 구한 안전율은 이 공식을 유도하는데 있어서 전제가 된 가정 때문에 오차를 내포하고 있다는 것을 유의하여야 한다. 이 오차의 범위는 정해에 비해 5~20% 가량 된다고 하나, 다행히 안전치일 뿐더러 다음에 설명할 Bishop 방법보다 훨씬 간편하므로 현재까지 널리 사용되어 왔다.

전응력으로 얻은 강도정수를 사용하여 안정해석을 할 때에는 위 공식의 c′, ø′ 대신, cu, øu를 사용한다. 이때에는 간극수압을 고려하지 않으므로 u=0이다.

특히, ø=0이고 전체비탈에 걸쳐서 점착력이 동일하면 식 (2.6)은

$$F_s = \frac{c_u L_a}{\Sigma W \sin\alpha} \qquad \text{식(2.7)}$$

가 된다. 여기서, La는 활동원호의 길이이다. 위의 공식은 N을 포함하고 있지 않으므로 이 식을 사용하여 구한 Fs의 값은 정해이다.

2) Bishop의 간편법(Bishop's Simplified Method)

이 방법에서는 절편의 양측에 작용하는 연직 방향의 합력은 0이라고 가정한다. 즉,

X1-X2=0, 각 절편의 저변에 작용하는 전단응력은 전단강도를 안전율로 나눈값이므로,

$$T = \frac{1}{F_s}(c'l + N'\tan\phi') \qquad \text{식(2.8)}$$

연직방향의 합력은 $W = N'\cos\alpha + u\ell\cos\alpha + T\sin\alpha$

$$= N'\cos\alpha + u\ell\cos\alpha + \frac{c'\ell}{F_s}\sin\alpha + \frac{N'}{F_s}\tan\phi'\sin\alpha \qquad \text{식(2.9)}$$

위 식을 정리하여 N′를 구하면,

$$N' = \frac{W - \frac{c'\ell}{F_s}\sin\alpha - u\ell\cos\alpha}{\cos\alpha + \frac{\tan\phi'\sin\alpha}{F_s}} \qquad \text{식(2.10)}$$

그런데, $l = b\sec\alpha$ 식(2.11)

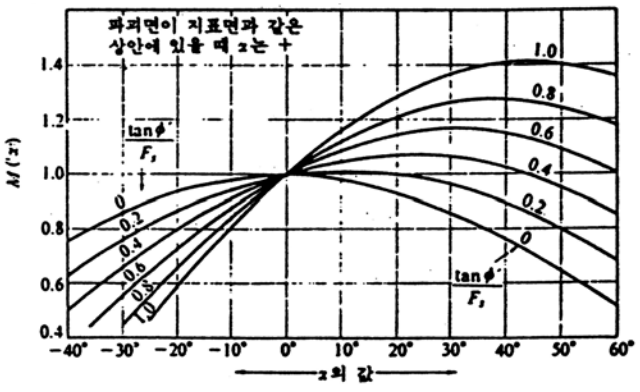
이므로 이 식을 식 (10)에 대입하고 N′를 식 (4)에 대입하여 정리하면,

$$F_s = \frac{1}{\Sigma W\sin\alpha}\Sigma\left[c'b + (W - ub)\tan\phi'\right]\left[\frac{\sec\alpha}{1 + \frac{\tan\alpha\tan\phi'}{F_s}}\right]$$

$$= \frac{1}{\Sigma W\sin\alpha}\Sigma\left[c'b + (W - ub)\tan\phi'\right]\frac{1}{M(\alpha)} \qquad \text{식(2.12)}$$

여기서, $M(\alpha) = \cos\alpha\left(1 + \frac{\tan\alpha\tan\phi'}{F_s}\right)$ 식(2.13)

식 (2.12)는 Fellenius 방법보다 훨씬 복잡하며, 안전율 Fs가 이 식의 양변에 있으므로 시행착오법을 써서 이것을 결정해야 한다. 그러나 [그림 2.4]를 사용하면 Fs의 수렴이 대단히 빠르므로 계산이 비교적 용이해 진다.



[그림 2.4] M(α)를 구하는 도표

Bishop의 방법도 정역학적으로 풀이를 얻기 위해 설정한 가정 때문에 물론 정해가 될 수 없다. 그러나, 이 방법으로 결정한 안전율은 거의 정확치에 가깝다고 한다. 이 방법을 써서 손

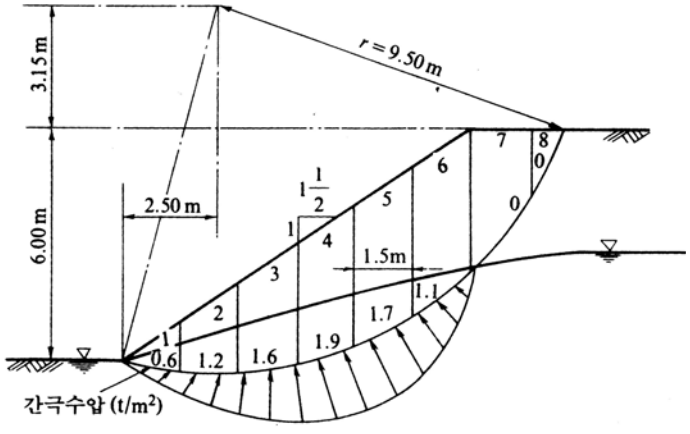
으로 계산한다면 많은 노력이 소요되지만, 적절한 전산프로그램을 사용해서 계산기로 계산한다면 안전율을 쉽게 구할 수 있으므로 최근에는 이 방법을 많이 사용하고 있다.
안정계산의 방법으로서 전응력법과 유효응력법이 있으며, 여러 가지 해석조건에 대한 해석방법의 적용은 <표 2.8>을 참고한다.

<표 2.8> 여러 가지 해석조건에 대한 전응력 해석법과 유효응력 해석법

해석조건	해석방법	사용강도식	간극수압	비고
부분수중상태	ϕ = 0	$s = s_u$	적용하지 않음	전응력 해석시 γ_{sub}를 사용해서는 안됨
	전 응 력	$s = c_u + \sigma \cdot \tan\phi_u$	적용하지 않음	
	유효응력	$s = c' + (\sigma - u) \cdot \tan\phi'$	정수압 적용	
정 상 침 투	유효응력	$s = c' + (\sigma - u) \cdot \tan\phi'$	유선망에서 구함	
수위 급강하	전 응 력	$s = c_{cu} + \sigma \cdot \tan\phi_{cu}$	정수압 적용	
	유효응력	$s = c' + (\sigma - u) \cdot \tan\phi'$	유선망에서 구함 r_u or 측정값 사용	
시 공 직 후	ϕ = 0	$s = s_u$	적용하지 않음	
	전 응 력	$s = c + \sigma \cdot \tan\phi$	적용하지 않음	
	유효응력	$s = c' + (\sigma - u) \cdot \tan\phi'$	r_u or 측정값 사용	

【예제 1】

Fellenius와 Bishop의 방법을 사용하여 [그림 2.5]에 나타낸 비탈의 한 활동원에 대한 안전율을 구하여라. 각 절편의 저변에 작용하는 간극수압은 각 절편마다 표시되어 있고 이 흙의 전체단위중량은γ_t=2.0t/㎥, c′=1.0t/㎡, ø′=29°이다.



[그림 2.5] [예제 1] 그림

【풀이】

활동원 내의 흙덩이를 폭이 1.5m인 절편으로 나눈다. 그러면 각 절편의 무게는 W=γbh로 계산된

다. 여기에서 h는 각 절편의 중심을 따르는 높이이다. 계산과정을 표로 나타내면 다음과 같다.

(1) Fellenius 방법

절편	W (ton)	α (°)	sinα	Wsinα (ton)	cosα	Wcosα	u (t/㎡)	l (m)	U (ton)
1	1.95	-11.68	-0.20	-0.40	0.98	1.91	0.6	1.55	0.93
2	5.70	-1.53	-0.02	-0.12	1.00	5.70	1.2	1.50	1.80
3	8.10	7.97	0.14	1.12	0.99	8.02	1.6	1.55	2.48
4	10.20	17.40	0.30	3.05	0.95	9.73	1.9	1.59	3.00
5	11.40	25.33	0.43	4.88	0.90	10.30	1.7	1.65	2.81
6	11.70	37.49	0.61	7.12	0.79	9.28	1.1	1.92	2.11
7	9.00	49.88	0.76	6.88	0.64	5.80	0	2.32	0
8	2.00	63.77	0.90	1.80	0.44	0.88	0	2.29	0
Σ				24.34		51.62		14.36	13.13

$$F_s = \frac{1.0 \times 14.36 + (51.62 - 13.13)\tan 29°}{24.34} = \frac{14.36 + 21.34}{24.34} = 1.47$$

(2) Bishop 방법

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)		(9)	
절편	b (m)	cb (ton)	ub (ton)	W-ub (ton)	(5)×tanø (ton)	(3)+(6) (ton)	M(α)		(7)÷(8)	
							F_s=1.50	F_s=1.70	F_s=1.50	F_s=1.70
1	1.50	1.50	0.90	1.05	0.58	2.08	0.91	0.92	2.29	2.26
2	1.50	1.50	0.80	3.90	2.16	3.66	0.99	0.99	3.70	3.70
3	1.50	1.50	2.40	5.70	3.16	4.66	1.03	1.03	4.52	4.52
4	1.50	1.50	2.85	7.35	4.07	5.57	1.05	1.04	5.30	5.36
5	1.50	1.50	2.55	8.85	4.91	6.41	1.06	1.05	6.05	6.10
6	1.50	1.50	1.65	10.05	5.57	7.07	1.01	0.99	7.00	7.14
7	1.50	1.50	0	9.00	4.99	6.49	0.93	0.90	6.98	7.21
8	1.00	1.0	0	2.00	1.11	2.11	0.79	0.75	2.67	2.81
Σ									38.51	39.10

Fs=1.50으로 가정하였을 때 $Fs = \frac{38.51}{24.34} = 1.58$

Fs=1.70으로 가정하였을 때 $Fs = \frac{39.10}{24.34} = 1.61$

Fs=1.60으로 가정하여 계산을 되풀이하면 Fs=1.60

주) 참고문헌 : 토질역학 이론과 응용, 김상규, p.387~388

(3) Taylor의 방법

Taylor의 안정도표는 마찰원 방법이 근거가 되어 있다. 비탈이 한계평형상태에 있다면 안정수(Ns), 비탈의 경사각과 강도정수 사이에는 일정한 관계가 성립한다.

흙이 비탈의 전깊이에 걸쳐 균질하고 등방이라면 이 관계는 [그림 2.6]과 같이 곡선으로 나타낼 수 있으며, 이 그림을 이용해서 안정수(Ns)를 구하고 다음 식으로 안전율(Fs)을 계산한다.

$$F_S = \frac{c_u}{\gamma_t \, N_s \, H}$$

여기서, N_s : 안정계수

γ_t : 단위체적중량(t/㎥)

C : 점착력(t/㎡)

H : 비탈면의 높이(m)

일반적으로 인공사면은 균질하지만, 자연적으로 퇴적되거나 풍화된 지반은 흙의 강도가 깊이에 따라 증가하므로 이 도표를 적용하는데 주의하여야 한다.

[그림 2.6]의 Taylor의 도표는 전응력 해석이 근거가 되어 있으므로 여기에 사용되는 강도정수는 비배수 시험으로 얻은 값을 사용하여야 한다. 그러므로 이것은 간극수압을 고려하지 않은 시공전후의 안정해석에 적용한다.

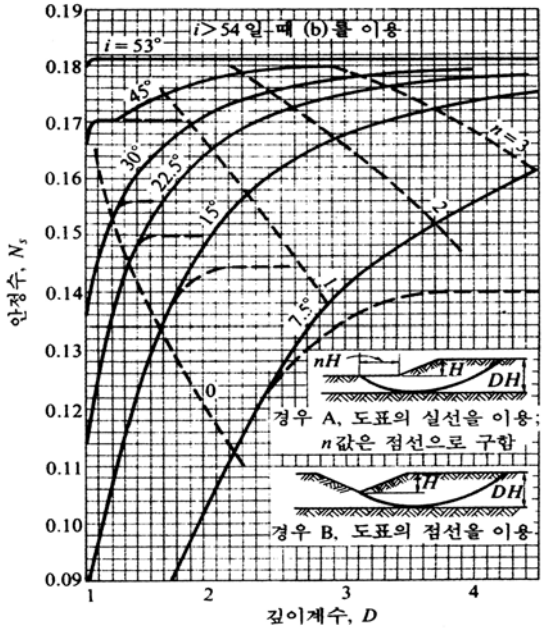
이 그림에서 ϕ=0인 흙에는 [그림 2.6(a)]를 이용하고 ϕ>0인 흙에는 [그림 2.6(b)]를 이용한다. 전자의 그림에서는 비탈면 선단파괴는 물론 저부파괴(심층파괴)에도 적용할 수 있는데, 이때에는 깊이계수(depth factor)를 알아야 한다. 깊이계수, D는 비탈의 높이 H에 대한 견고한 지층까지의 높이 DH로 정의된다.

$$\text{깊이계수, } D = \frac{DH}{H}$$

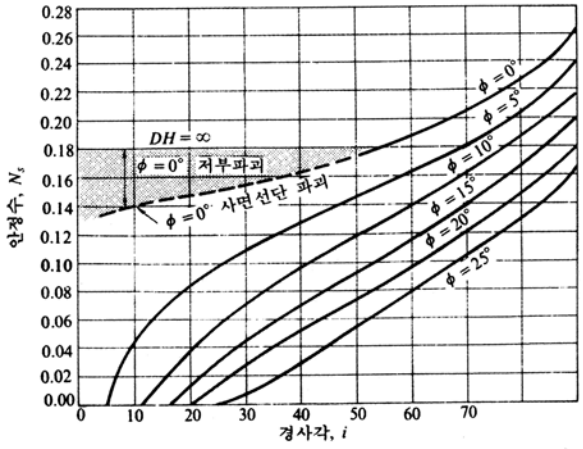
도표는 한계평형상태에 대한 것이므로 실제의 비탈높이 또는 경사각을 설계하려면 적절한 안전율로 나누어야 한다. [그림 2.6(b)]를 이용하여 안전율을 구할 때에는 점착력과 전단저항각에 관한 안전율이 동일하게 되도록 하여야 한다.

Taylor의 안정도표를 이용하는 데는 다음과 같은 제약이 있다.

1) 점성이 없는 흙에는 사용할 수 없다.
2) 비탈면의 일부만 수중에 잠긴 경우에는 사용이 불가능하다.
3) 인장균열이 무시되고 있다.
4) Taylor에 의하면 크고 금이 간 점토에는 적용할 수 없다.



(a) $\phi = 0$인 흙



(b) $\phi > 0$인 흙

[그림 2.6] 안정수, 비탈면 경사각 및 내부마찰각의 관계(사질토)

【예제 2】

균질한 점토 지반을 12m의 깊이까지 45°의 각도로 굴토하려고 한다. 이 흙은 ϕ=0, Cu=5.0t/㎡, γ_t = 1.75t/㎥이다. 암반층은 지표면에서 24m의 깊이에 있다. 안전율을 구하여라.

【풀이】

$$D = \frac{DH}{H} = \frac{(12+12)}{12} = 2$$

i = 45°, D=2에 대하여 [그림 2.6(a)]로부터 Ns=0.178을 얻는다.

$$F_S = \frac{c_u}{\gamma_t \, N_S \, H} = \frac{5.0}{1.75 \times 0.178 \times 12} = 1.34$$

【예제 3】

12m 높이의 비탈 경사각은 50°이다. 비배수 전단시험 결과 Cu=2.4t/㎡, ϕ_u=15°임이 밝혀졌다. 이 흙의 단위중량은 γ_t=1.73t/㎥이다. 점착력에 관한 안전율은 얼마인가?

【풀이】

i = 50°, ϕ_u=15°에 대하여 [그림 2.6(b)]로부터 Ns=0.095를 얻는다.

$$F_S = \frac{c_u}{\gamma_t \, N_S \, H} = \frac{2.4}{1.73 \times 0.095 \times 12} = 1.22$$

【예제 4】

10m 높이의 비탈을 만들려고 한다. 이 지반의 토질정수는 γt=1.65t/㎥, Cu=1.68t/㎡, ϕ_u=10°이다. 점착 성분과 마찰 성분의 안전율을 각각 1.25로 하려면 비탈의 경사각을 얼마로 해야 하는가?

【풀이】

$$N_S = \frac{c_u}{\gamma_t \, H \, F_s} = \frac{1.68}{1.65 \times 10 \times 1.25} = 0.081$$

$$\phi_m = \tan^{-1}(\tan 10/1.25) = 8^\circ$$

ϕ_m = 8°, N_S = 0.081에 대해 경사각 i = 28°를 얻는다.

주) 참고문헌 : 토질역학 이론과 응용, 김상규, p.398~400

2.4.8 흙쌓기 비탈면의 안정성 검토사례

(1) 현황

본 검토는 "00고속도로(00-00간) 확장공사"중 발생하게 되는 흙쌓기부에 대한 안정성을 분석하였으며 검토단면 현황은 다음과 같다.

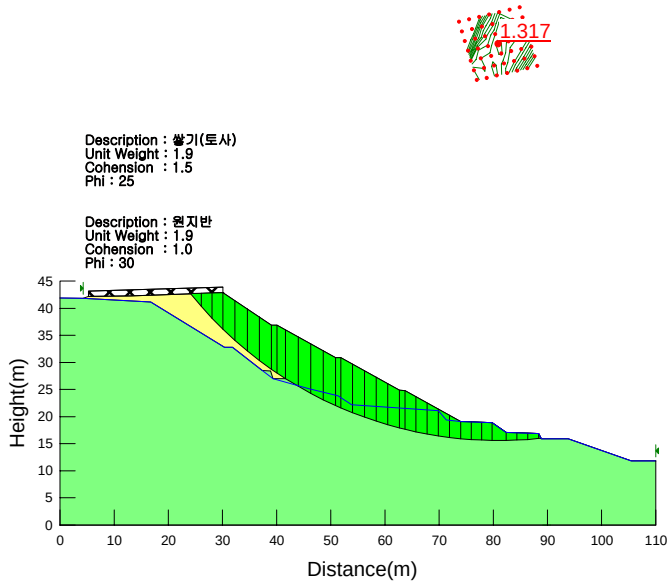
구 분	구 간 (STA.)	연장 (m)	대표단면 (STA.)	비 탈 면 최대높이 (m)	조 사 내 용		비 고
					시 추 조사공	조사위치 (STA.)	
쌓기구간	0+660 ~ 0+740	80	0+700	23.51	SB-3	0+920	

(2) 적용 지반강도정수

흙쌓기 비탈면 안정성 검토를 위해 적용한 각 토층별 지반강도정수는 다음과 같다.

구 분	단위중량 (tf/㎥)	점착력 (tf/㎡)	내부마찰각 (°)	비 고
흙쌓기재료	1.9	1.5	25	
원지반토사	1.9	1.0	30	
암버력	2.0	0	35	

(3) 안정성 검토결과 (STA. 0+700)

<table>
<tr><th colspan="6">쌓 기 비 탈 면</th></tr>
<tr><td colspan="6"> 
</td></tr>
<tr><td>기준안전율</td><td>Fs 〉 1.3이상</td><td>안전율</td><td>1.317(토사)</td><td>적용기울기</td><td>0~6.0m=1:1.5
6.0m이상=1:1.8</td></tr>
<tr><td>검토결과</td><td colspan="5">본 구간은 쌓기구간으로 일반 토사쌓기 적용
기준안전율을 만족함 → 표준구배 적용</td></tr>
</table>

2.5 흙깎기 비탈면

2.5.1 일반사항

흙깎기 비탈면의 설계시 고려해야 할 사항은 지반구성물질의 굴착난이도, 암반에서의 불연속면의 방향 및 경사를 반영하여 설계하여야 한다. 위의 두가지 항목에서 불연속면의 방향 및 경사가 비탈면 기울기를 선정하는데 있어 우선적으로 고려되어야 한다.

흙깎기 비탈면은 지형, 지질, 지하수위, 지층분포 상태, 주변구조물 등을 고려한 대표단면을 산정하여 비탈면 안정해석을 실시하여야 한다. 단, 흙깎기 비탈면이 소규모인 경우에는 표준기울기를 적용하고 안정해석을 생략할 수 있다. 암반층 비탈면 기울기는 암반의 풍화상태, 시추조사시 코아회수율(TCR), RQD, 불연속면의 특성 등을 고려하여 결정하여야 한다.

2.5.2 흙깎기 비탈면 기울기

흙깎기 비탈면 기울기는 지반을 구성하는 지층의 종류 및 흙깎기 높이에 따라 <표 2.9>와 <표 2.10>과 같이 국내 여러 기관에서 제시하였다.

흙깎기 비탈면이 다음과 같은 조건일 경우에는 정밀조사를 실시하고 반드시 비탈면 안정해석을 실시하여 비탈면 기울기를 결정한다.

(1) 비탈면의 높이가 10m이상인 구간

(2) 지반이 두꺼운 붕적층 또는 퇴적층으로 구성되어 불안정한 상태를 나타내는 구간

(3) 붕괴 이력이 있고 산사태 발생 가능성이 있는 구간

(4) 지하수위가 높고 용출수가 많은 구간

(5) 갈라진 틈이 있고 지반의 활동 가능성이 있는 구간

(6) 비탈면 부근에 기존구조물이 위치하는 구간

(7) 기타 불안정한 요인이 있는 것으로 판단되는 구간

<표 2.9> 흙깎기 비탈면 기울기

원 지 반 의 토 질	기 울 기 기 준		비 고
	5m 미만	5m 이상	
토 사	1:1.5		직고 3m마다 그 비탈면의 면적의 5분의 1이상에 해당하는 면적의 단을 설치한다. 단, 비탈면의 토질·경사도 등으로 보아 건축물의 안전상 지장이 없다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니한다.
풍 화 암	1:1.2	1:1.5	
발 파 암	1:0.8	1:1.0	

자료 : (토목설계지침(2005), 대한주택공사)

주) • 용수지역 및 연약지반은 배수시설(맹암거 등) 및 특수공법을 적용
• 비탈면 상단과 필요한 소단부에 측구 설치
• 필요시 비탈면보호공 및 표면수처리를 위한 종배수구 설치
• 흙깍기고 5m이상으로 필요시 낙석방지용 철책 설치
• 직고 2m 이상의 흙깍기면은 면고르기 실시

<표 2.10> 국내 여러 기관의 흙깎기 비탈면 기울기

토질조건		비탈면높이	기 울 기 기 준		
			건설교통부	도로공사	토지공사
토사(사질토, 점성토)		5m 이상	1 : 1.5	1 : 1.5	1 : 1.5
		0~5m	1 : 1.2	1 : 1.2	1 : 1.2
리 핑 암(풍 화 암)		-	1 : 0.7~1 : 1.2	1 : 1.0	1 : 1.0
발 파 암	연 암	-	1 : 0.5~1 : 0.7	1 : 0.5	1 : 0.5
	경 암	-			

2.5.3 소단

비탈면의 토질특성, 지층구조 및 지하수의 현황 등을 종합적으로 고려, 비탈면에 대한 안정해석을 실시하고 그 결과를 반영하여 소단의 설치위치 및 폭 등을 결정하여야 한다. <표 2.11>은 국내 여러 기관에서 제시하고 있는 흙깎기 비탈면 소단설치 기준이다.

<표 2.11> 국내 여러 기관의 흙깎기 비탈면 소단설치 기준

기 관 명	흙깎기 소단설치 기준
대한주택공사	• 직고 3m마다 그 비탈면의 면적의 5분의 1 이상에 해당되는 면적의 단을 설치한다. 단, 비탈면의 토질·경사도 등으로 보아 건축물의 안전상 지장이 없다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니한다.
건설교통부 (2004)	• 토 사 : H=5m 마다 폭 1m 소단 • 리핑암 : H=5m 마다 폭 1m 소단 • 발파암 : H=20m 마다 폭 3m 소단
한국도로공사 도로설계요령 (2001)	• 토사, 리핑암 : H=5m 마다 소단 1m
	• 발파암 - RQD = 40%이하 : H=10m 마다 소단 1~2m - RQD = 40%이상 : H=20m 마다 소단 3m
	• 최하단기준 매20m 마다 소단 3m
한국토지공사	• 5m 마다 폭 1~1.5m, 필요시 10m 마다 폭 1.5m 소단과 배수공

2.5.4 흙깎기 비탈면 기준안전율

비탈면의 안전율은 피해의 정도와 경제성에 따라 선택되며, 깎기비탈면 붕괴시 피해가 크게 예상되므로 영구적인 안전을 도모할 수 있어야 한다. 국내 여러기관에서 제시하고 있는 기준 안전율은 <표 2.12>와 같다.

<표 2.12> 국내 여러기관의 깎기비탈면의 최소안전율 기준

기관명	구 분	최소안전율	참 조
대한주택공사	건 기	Fs > 1.5	• 흙깎기 영구비탈면
	우 기	Fs > 1.1~1.2	• 흙깎기 영구비탈면
건설교통부 한국도로공사	건 기	Fs > 1.5	• 암반 : 인장균열면이나 활동면을 따라 수압이 작용되지 않음 • 토층 및 풍화암 : 지하수위 미고려
	우 기	Fs > 1.1~1.2	• 암반 : 인장균열면이나 활동면을 따라 작용되는 수압을 Hw=1/2H로 가정하여 적용 • 토층 및 풍화암 : 지하수위는 지표면에 위치
한국도로공사	지진시	Fs > 1.1~1.2	• 미국 D'APPOLONIA 기준 • NAVFAC - DM 7.1 - 329 기준 적용

주) • 토목설계지침(2005), 대한주택공사
• 국도건설공사 설계실무 요령(2004), 건설교통부
• 도로설계요령(2001), 한국도로공사

2.5.5 흙깎기 비탈면의 안정성 검토방법

(1) 토사 및 풍화암 비탈면의 안정검토

토층 및 풍화암 지반의 안정검토는 한계평형해석에 근거한 안전율에 의해 판단하는 것을 기본으로 하며 중요도가 큰 비탈면에 대해서는 유한요소법 및 유한차분법등의 다양한 해석기법을 적용하여 안정성을 판단한다.

1) 한계평형해석법

한계평형 이론에 근거한 비탈면 안정해석방법은 여러 가지가 있으나 강도정수와 비탈면의 기하학적 조건의 정확도 및 각 해석방법 고유의 정밀도에 따라 좌우된다. 그러므로 <표 2.13>의 각각의 해석방법의 가정조건과 각 해석프로그램의 특징을 합리적으로 고려하여 일반적인 범용의 비탈면해석프로그램(예 : SLOPE/W, PCSTABLE5M, TALREN 등)으로 허용안전율을 계산하여 안정성을 판단하도록 한다.

<표 2.13> 비탈면안정 해석방법의 특징

방 법	가정조건	한계평형조건		
		모멘트	수직력	수평력
Fellenius	절편력의 합력은 각 절편의 바닥에 평행	○	×	×
Bishop 간편법	절편력의 합력은 수평방향	○	×	×
Janbu	절편측력은 수평방향	○	○	○
Morgenstern-Price	X/E = λf(x)	○	○	○
Spencer 간편법	X/E는 모든 비탈면에 대해 일정	○	○	○
GLE	X/E = λf(x)	○	○	○
Corps of Engineers	절편측력은 비탈면기울기와 평행	×	○	×
Lowe-Karafiath	절편측력은 활동면과 비탈면 기울기의 평균	×	○	○

주) X와 E는 각각 절편에 가해지는 힘들의 수직과 수평성분이다.

2) 비탈면안정해석방법의 선택시 유의사항

① 활동면이 지표면과 평행한 평면인 균일대깎기 비탈면에 대해서는 무한비탈면 해석방법이 상당히 정확하다.

② 활동면이 깊이가 얕은 긴 평면이며 지표면과 평행하지 않는 경우에 대해서는 Fellenius 방법이 간편하고 정확도도 좋다.

③ 활동면이 2개 또는 3개의 평면으로 이루어진 경우, 예비해석 단계에서는 Fellenius 방법으로 정확도가 낮은 결과를 얻을 수 있고, Janbu의 간편법을 사용하면 그 정확도를 향상시킬 수 있다. 임계활동면과 안전율을 보다 정확히 결정하기 위해서는 Wegde 혹은 Sliding Block 방법을 사용해야 한다.

④ 원호활동면인 경우 예비해석단계에서는 안정도표(Stability Chart)를 이용할 수 있다. 예비해석단계에서 Fellenius 방법을 사용할 수도 있으나 활동면의 깊이가 깊거나 간극수압이 큰 경우 부정확한 결과가 얻어진다. 보다 정확한 해석을 위해서는 Bishop의 간편법을 사용한다.

⑤ 활동면이 임의의 형상인 경우 예비해석단계에서는 Janbu의 간편법을 사용한다. 보다 정확한 해를 얻기 위해서는 보다 이론적인 방법(예. Janbu의 보편법, Spencer의 방법, Morgenstern and Price 방법, Fredlund and Krahn의 GLE 방법 등)을 이용한 컴퓨터 프로그램을 사용하며, 결과에 대한 신뢰성은 사용자가 check하여야 한다.

⑥ 비탈면선단부에서 활동면의 경사가 급한 경우에는 측면력의 분포를 예민하게 고려할 수 있는 방법을 선택해야 한다.

3) 유한요소 및 유한차분해석

중요도가 높은 비탈면에 대해서는 유한요소 및 유한차분 해석기법을 적용하여 안정성을 파악하여야 한다. 유한요소 및 유한차분 해석방법은 다음과 같은 장점이 있다.

① 굴착 및 강우에 따른 지하수의 거동특성(침투 및 과잉간극수압)을 합리적으로 고려할 수 있다

② 시공단계별 안정검토가 수행가능하다.

③ 장기간의 안정에 대한 검토와 다양한 형태의 하중(동하중 등)을 고려할 수 있다.

④ 국부적인 파괴를 일으키는 지역을 예측할 수 있다.

⑤ 변형벡터를 통해 파괴형태를 합리적으로 유추할 수 있다

주) 참고문헌 : 도로설계요령(2001), 한국도로공사, p.131～132

(2) 암반 비탈면의 안정검토

1) 안정성 검토 순서

① 리핑암 및 발파암 지반의 안정검토는 초기 설계단계에서는 국부적인 암반의 안정성을 판단하기보다는 전체적인 암반의 해석이 중요하므로 현장의 노출암에 대한 지표지질조사, 시추조사 등에서 얻어지는 대표적인 암반 불연속면을 고려하여 평사투영법을 시행한다.

② 평사투영법에 의해 불안정한 것으로 판단된 비탈면에 대해 한계평형식을 이용하여 안정성 분석을 시행한다.

③ 중요도가 큰 비탈면에 대해서는 현지암반의 절리강도특성을 적절히 반영할 수 있는 개

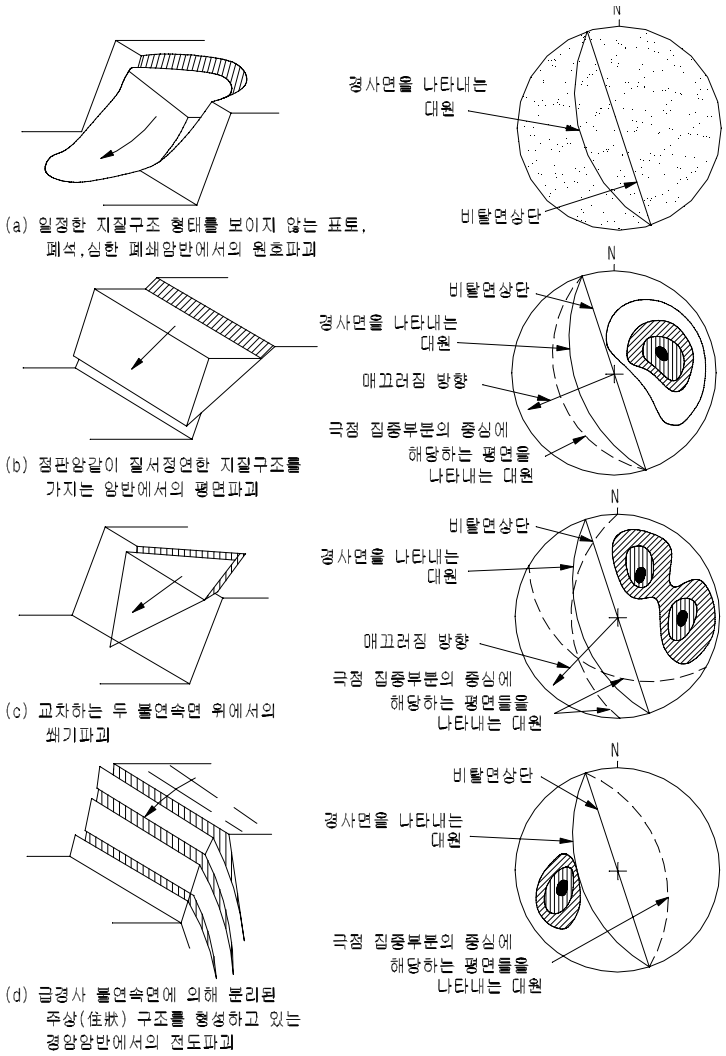
별요소법등에 근거한 불연속체해석을 추가적으로 실시하여 안정성을 평가한다.

2) 평사투영법

평사투영법은 불연속면과 같은 3차원적인 형태를 2차원적인 평면상에 투영하는 방법이다.

① 해석방법 : 대원(GREAT CIRCLE)과 극점(POLE) 투영 방법

② 안정성평가 : 원형파괴, 평면파괴, 쐐기파괴, 전도파괴에 대한 안정성 평가



<그림 2.7> 암반비탈면의 일반적인 파괴형태

3) 한계평형식

미끄러짐을 유발하는 힘에 대한 미끄러짐에 저항하는 힘의 비로서 평가하며, 평면파괴와 쐐기파괴 해석을 통한 안정성을 평가하여야 한다.

- 평면파괴 안전율 : $F = \dfrac{cA + (W\cos\psi_p - U - V\sin\psi_p)\tan\phi}{W\sin\psi_p + V\cos\psi_p}$

- 쐐기파괴 안전율 : $F = \dfrac{\sin\beta}{\sin\dfrac{1}{2}\xi}\dfrac{\tan\phi}{\tan\psi_i}$

4) 개별요소법

중요도가 높은 비탈면에 대해서는 절리의 기하학적 분포현황 및 역학적 특성과 응력 및 변위 등 외부적인 조건에 따른 불연속면의 거동을 예측할 수 있는 수치해석기법(예, UDEC)을 적용하여 안정성을 검토하여야 한다.

2.5.6 흙깎기 비탈면의 안정검토사례 (토사 및 암반비탈면)

(1) 현황

본 검토는 "00고속도로(00-00간) 확장공사"중 발생하게 되는 토사 및 암반사면 깎기부에 대한 안정성을 분석하였으며 검토단면 현황은 다음과 같다.

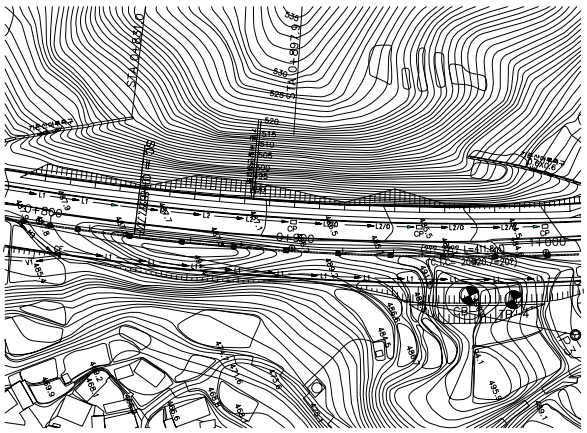
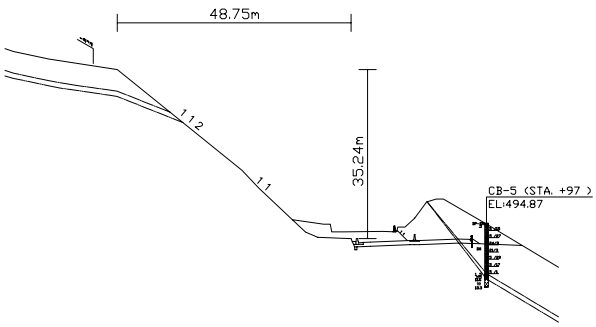
구 분	구 간 (STA.)	연장 (m)	대표단면 (STA.)	비 탈 면 최대높이 (m)	비 탈 면 지층현황	조 사 내 용		비 고
						시 추 조사공	조사위치 (STA.)	
제1구간	0+800～1+000	200	0+860	35.7	토사/리핑/ 발파암	CB-5	0+960	

(2) 적용 지반강도정수

땅깎기 비탈면 안정성 검토를 위해 적용한 각 토층별 지반강도정수는 다음과 같다.

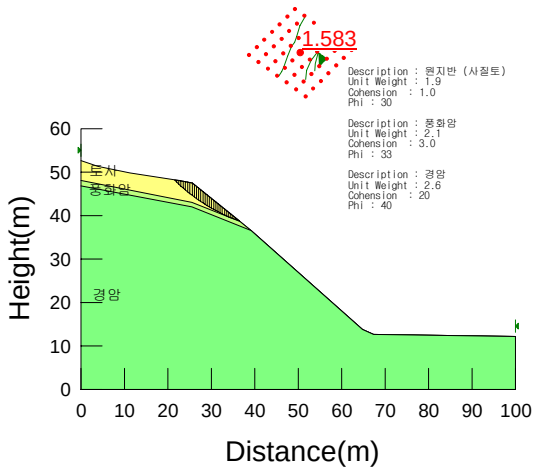
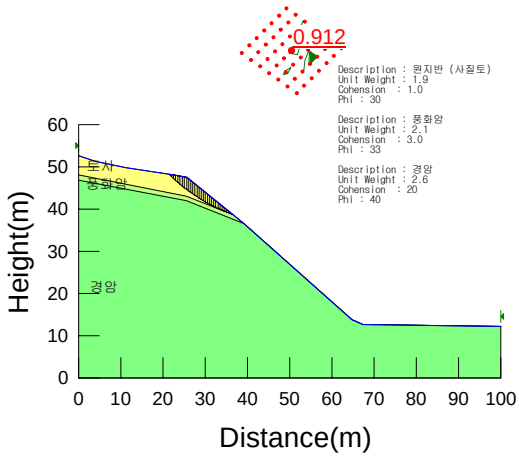
구 분		단위중량 (tf/m^3)	점착력 (tf/m^2)	내부마찰각 (°)	비 고
표토 및 붕적토		1.8	1.0	25.0	
풍 화 토	상부	1.9	1.5	30.0	N치 30 이하
	하부	1.9	2.0	30.0	N치 30 이상
풍 화 암		2.1	3.0	33.0	
연 암		2.5	10.0	35.0	
경 암		2.6	20.0	40.0	
불연속면		-	1.35 ~ 2.32	42 ~ 55	Barton 값 고려

(3) 안정성 검토결과

평면도	검토단면 (STA.0+860,00방향)
	

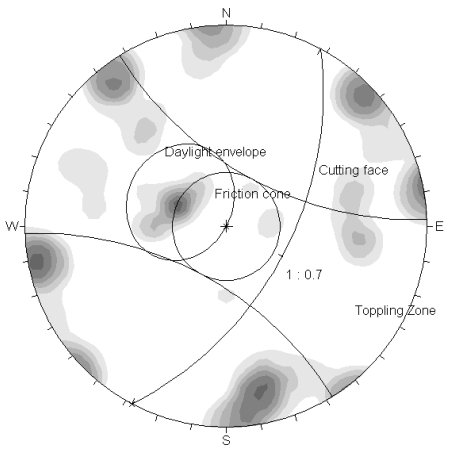
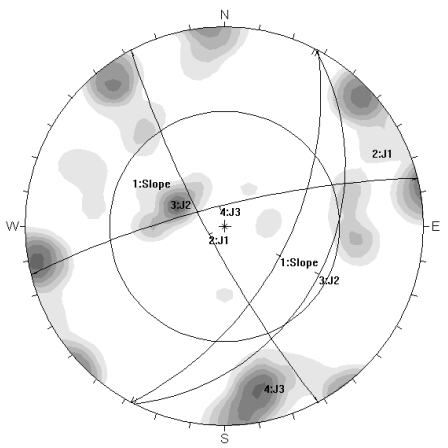
	지층명	층후(m)	구성	N치(회/cm) TCR/RQD(%)	상태
지층현황 CB-5	전답토층	0.5	실트섞인 모래	-	
	풍화토	10.0	실트섞인 모래	21/30~50/15	보통 ~ 매우조밀
	풍화암	1.1	실트섞인 모래로 분해됨	50/10	매우조밀 심한풍화
	경 암	1.7	화강암	100/100	강함 ~ 매우강함 약간풍화

• 토사 및 풍화암 구간

- 한계평형해석					
건 기 시			우 기 시		
					
해석안전율	기준안전율	판정	해석안전율	기준안전율	판정
1.583	1.5	OK	0.912	1.1	NG
검토결과	· 경사완화 검토				

• 암반구간

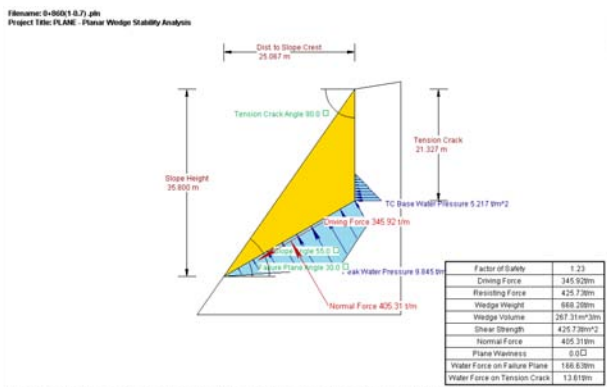
- 평사투영해석

극점법(평면 및 전도파괴)	대원법(쐐기파괴)
	

구배	평면파괴	쐐기파괴	전도파괴	**검토결과**
1:0.7(55°)	○	×	○	· 부절리군 (33~47/113~120)에 의한 평면파괴 및 전도파괴우려 있음 · 평면파괴 : 한계평형해석 검토 전도파괴 : Rock Bolt + Shotcrete 적용

주) ○:가능, ×:가능하지 않음.

- 한계평형해석

평면파괴	쐐기파괴
	

구배	안전율		판정	구배	안전율		판정
	건기시(≥1.5)	우기시(≥1.1)			건기시(≥1.5)	우기시(≥1.1)	
1:0.7 (55°)	1.70	1.23	OK	1:0.7 (55°)	-	-	-
검토결과	· 한계평형해석결과 평면파괴에 대하여 안정한 것으로 검토되었으며, 전도파괴가 예상되므로 Rock Bolt와 Shotcrete로 보강계획 (R/B : ∅=25mm, L=5.0m, C.T.C 2.0×2.0m)						

2.6 굴착비탈면

터파기란 관로 및 구조물 등을 계획된 위치에 설치하기 위하여 적정한 크기로 지반을 굴착·정리하는 작업을 말하며, 되메우기는 관로 및 구조물 등을 설치 후 터파기전의 지반까지 적합한 토사재료로 채우고 다짐하는 작업을 말한다.

관로의 터파기 및 되메우기 작업은 단지계획고를 기준으로 하고 오수처리시설, 지하저수조, 암거, 옹벽 등의 공사는 원지반 터파기를 기준으로 한다.

구조물별 터파기 여유폭 및 비탈면 기울기는 본 편람의 “토공편” 및 “토목설계지침(2005), 대한주택공사, p.46~47”을 참고한다.

2.7 비탈면 보호공

2.7.1 일반사항

비탈면 보호는 식생에 의한 비탈면 보호(식생공)와 구조물에 의한 비탈면 보호로 대별된다. 식생공은 비탈면에 대해서 식생 피복을 실시하는 것이며, 그 목적으로는 우수 침식의 방지, 지표면 온도의 완화, 뿌리로 표토를 묶어 동상붕락의 억제 및 완화에 의한 미적 효과 등이다. 구조물에 의한 비탈면 보호공은 식생에 의한 보호공만으로는 비탈면의 안정이 유지될 수 없는 경우, 비탈면 경사를 완만하게 해서 안정을 시키는 것이 경제적 및 지형적으로 바람직하지 못할 경우, 경사를 급하게 해서 적절한 구조물에 의해 비탈면을 안정시키는 것이 경제적인 경우에 실시한다. 비탈면 보호공의 종류 및 주요목적은 <표 2.14>와 같다.

<표 2.14> 비탈면 보호공과 주요목적

구 분		보 호 공	주 요 목 적
식 생 공		비탈면보호용 식생공, 암반비탈면 녹화공	식생에 의한 비탈면 보호, 녹화, 구조물에 의한 비탈면 보호공과의 병용
구조물에 의한 보호공	흙쌓기 비탈면	비탈면 돌망태공	토사가 유출할 위험성이 있을 경우
		보강토공법, 보강토 옹벽공법, 개비온옹벽 등	지형적 제약을 받아서 흙쌓기 안정 비탈면 경사를 확보할 수 없는 경우
	흙깎기 비탈면	콘크리트 블록 격자공, 모르타르 뿜어 붙이기공, 블록 붙임공, 돌붙임공 등	비탈표면의 풍화 침식 및 동상등의 방지
		현장타설 콘크리트 격자공, 콘크리트 붙임공, 비탈면 앵커공, 비탈면 록볼트공, 쏘일네일링공, FRP보강그라우팅, 등	비탈표면부의 붕락방지, 약간의 토압을 받는 흙막이
		비탈면 돌망태공, 콘크리트 블록 정형공 등	용수가 많은곳, 부등침하가 예상되는 곳

2.7.2 식생공

(1) 식생보호공 (국도건설공사 설계실무 요령(2004), 건설교통부)

1) 비탈면 보호는 자연지반에 가깝게 식생 보호공을 원칙으로 한다.

2) 식생 보호공에 대한 비탈면 보호공법은 다음과 같다.

<표 2.15> 식생 보호공

구 분		보 호 공	비 고
흙쌓기 비탈면		줄떼, NET 잔디, 파종, 거적덮기 등	
흙깎기 비탈면	토 사	평떼, NET 잔디, 파종, 거적덮기 등	
	리 핑 암	NET 잔디, 씨앗뿜어붙이기 등	

3) 깎기부 발파암 구간중 미관이 요구되는 주요 경관지역은 발주처와 협의후 별도의 법면 보호를 실시한다.

4) 식생만으로 비탈면의 안정을 확보할 수 없는 경우에는 지질, 경사안정성, 경제성, 미관, 유지관리, 기타 현지여건을 검토하여 대상지역에 적합한 보호공법을 선정하여야 한다.

5) 깎기 비탈면의 토질 특성에 따라 적절한 식생 보호공법을 적용하여야 한다.

주) 참고문헌 : 국도건설공사 설계실무 요령(2004), 건설교통부

(2) 비탈면 녹화공 (비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침(2005.7), 건설교통부)

1) 개 요

훼손된 도로 비탈면 녹화공사시 자연생태환경목표에 따라 적합한 녹화공법 적용을 위해 토질(암질), 기후, 지역적 여건 등을 종합적으로 고려하고, 과거 외래도입초종(양잔디) 위주의 녹화방법에서 탈피하여 주변에서 생육하고 있는 자생종을 적극 활용하며 자연생태계와 조화를 이루는 친환경적인 비탈면 녹화공법을 적용하는데 그 목적이 있다. 비탈면 녹화공에 대한 세부내용은 “비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침(2005.7), 건설교통부”를 참고한다.

2) 적용범위

① 2005년 8월부터 잠정 지침을 시행하며 적용대상은 고속도로, 일반국도, 국지도 등 도로건설공사 사업으로 한다.

② 2008년까지 3년간 잠정 지침에 따라 시험시공을 시행하여 비탈면 녹화 관련 자료를 수집하고 모니터링 작업을 실시한다.

③ 2009년부터 수집된 자료를 분석하고『비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침』의 미비점을 보완하여 우리나라 실정에 맞는 최종 지침을 확정('09. 12) 시행한다.

3) 환경 녹화지역의 구분

① 환경녹화지역의 구분은 [그림 2.8]과 같이 기후환경, 지역환경, 산림환경 등을 고려하여 태백산맥을 중심으로 녹지자연도, 임상도, 식생도 등 보조 자료를 함께 이용하여 3개 지역으로 구분한다.

② 제 1지역은 태백산맥을 중심으로 한 국토핵심생태녹지축지역, 제 2지역은 해안일대 도서지역을 포함한 해안생태계지역, 제 3지역은 내륙생태계지역으로 구분한다.

4) 비탈면 녹화 목표 선정

① 비탈면의 침식방지 및 안정, 도로경관의 향상, 야생동물의 먹이와 은신처 제공 등을 복원개념으로 한다.

② 식물군락의 유형은 <표 2.16>의 녹화목표에 따라 환경성 평가 등급에 따라 초본위주형, 목본군락형, 생물종다양성복원형 등으로 선정한다.

③ 비탈면의 복원 선정기준은 지역, 기후, 토질(암질)특성을 고려하여 일반산림지역, 농지 및 구릉지역, 도심지내 보전녹지지역 및 자연녹지지역, 도심지내 일반지역 등으로 구분하여 주변 환경에 맞게 복원 목표를 선정한다.

(가) 일반산림지역

: 시간이 경과되면서 점차 산림으로 천이될 수 있는 식물군락을 조성한다.

(나) 농지 및 구릉지역

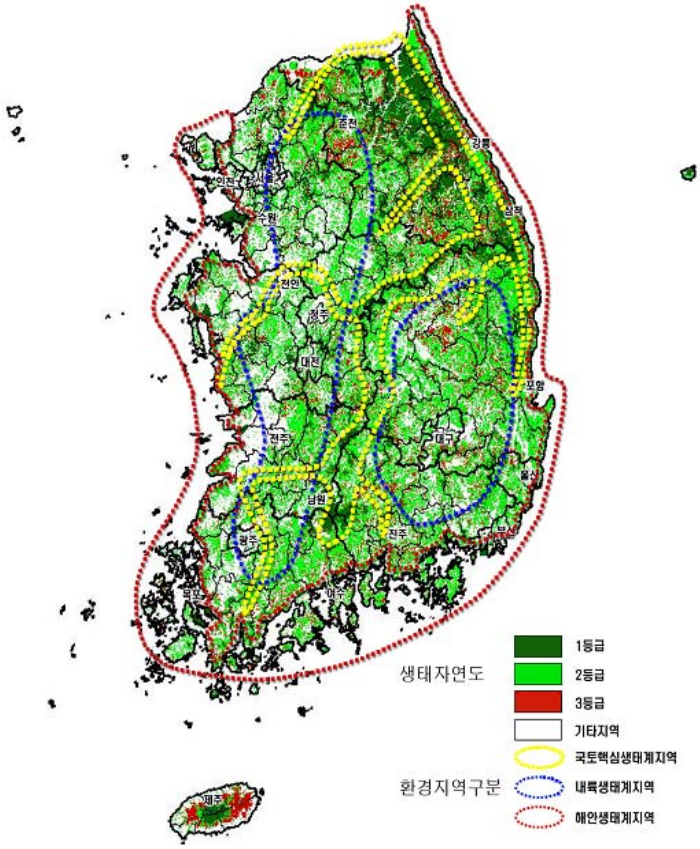
: 생태환경을 고려한 관목이나 초본형 위주의 환경 녹화를 한다.

(다) 도시계획구역내 자연환경보전지구 및 보전녹지, 자연녹지지역

: 자연성이 우수하여 보전가치가 높다고 평가되는, 주요 녹지축에 해당되는 지역에서는 기존 녹지와의 연계성 확보 및 종 다양성 증진에 기여할 수 있는 식물군락의 조성을 목표로 복원 목표를 정한다.

(라) 도시계획구역내 일반지역

: 경관을 고려하면서 주변 환경과 어울리는 식물군락을 조성한다.



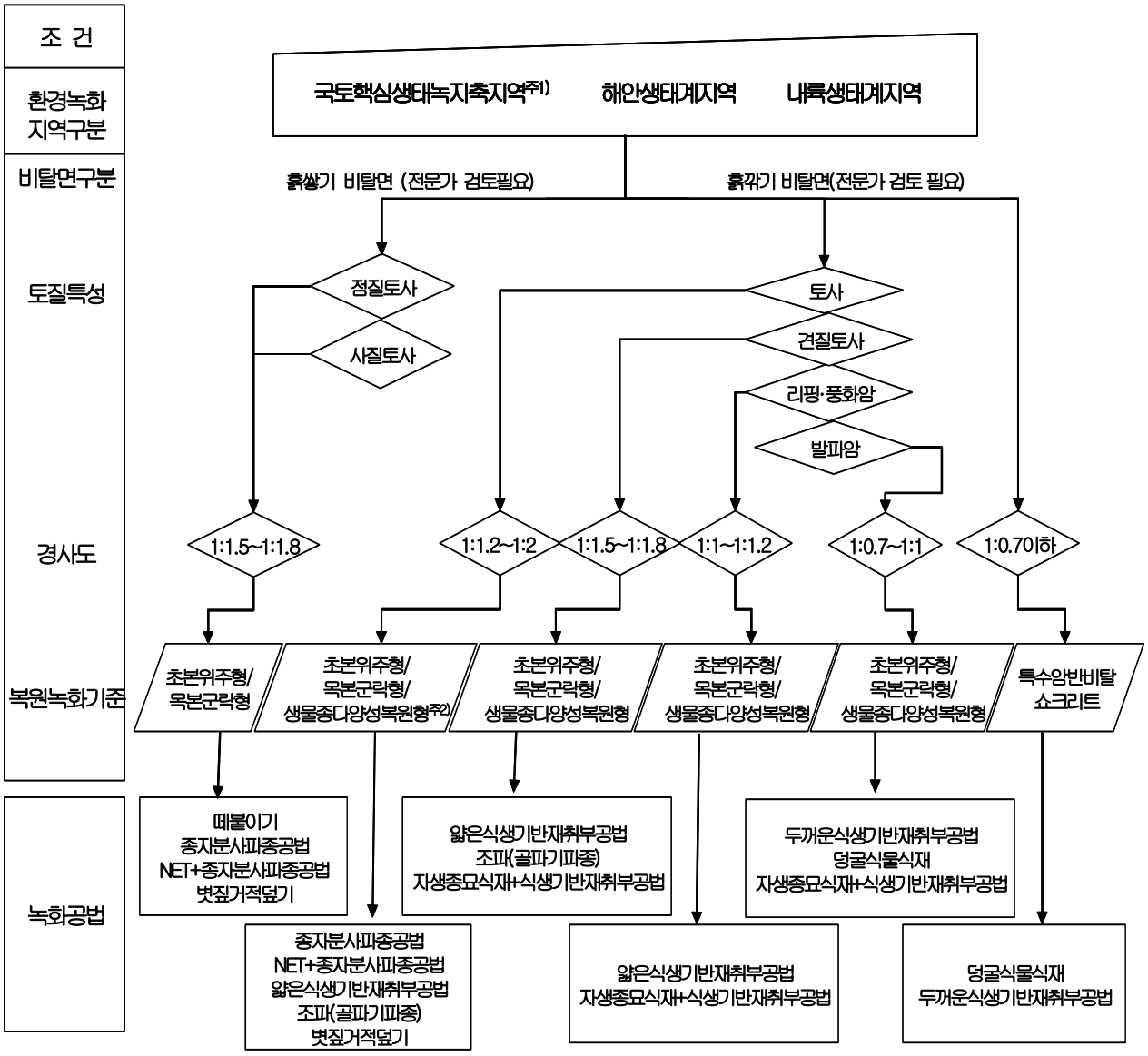
주) 환경녹화지역의 구분도는 국토환경성평가도 및 생태자연도를 근거로 작성하였으며 지역의 정확한 구분은 환경지리정보[EGIS]를 참조한다.

[그림 2.8] 환경녹화지역의 구분도

<표 2.16> 국토환경성 평가등급별 복원녹화목표

환경성 평가 등급		복원 녹화 목표		
생태자연도	국토환경성평가도	초본위주형	목본군락형	생물종다양성복원형
1	1등급		○	○
	2등급		○	○
2	3등급	○	○	
	4등급	○	○	
3	5등급	○	○	
별도관리지역		○	○	○

5) 비탈면 녹화 공법 선정 흐름

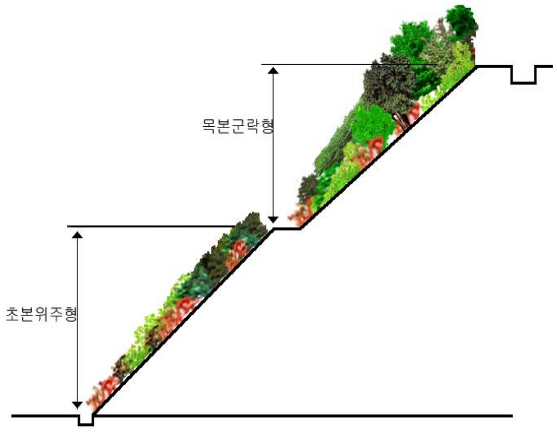
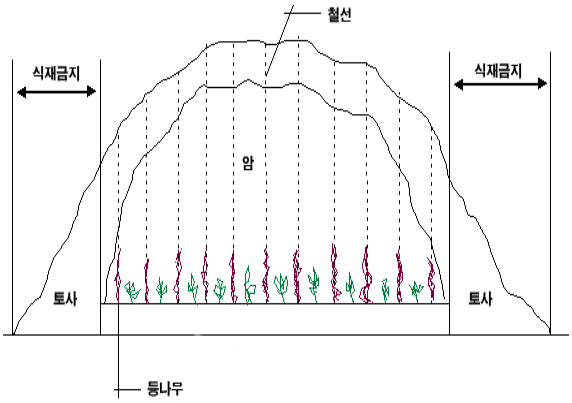


[그림 2.9] 비탈면 녹화공법선정 흐름도

주) • “국토핵심생태녹지축지역”이란 「백두대간 보호에 관한 법률」에서 정하는 백두대간 마루금을 중심으로 하는 핵심지역 및 그 주변 지역과 정간 및 13개 정맥을 포함하는 우리나라 핵심생태녹지축 지역을 말한다.

• “생물종다양성복원형”이란 생태자연도 1등급, 국토환경성평가 1~2등급, 별도관리지역 등 생태계에 대한 고려가 필수적인 지역에서 부득이하게 추진되는 도로건설로 인해 발생되는 인공 및 자연 비탈면의 복원에 지역의 자생종 위주로 식물종을 구성하여 종다양성을 높이고자 하는 복원방법을 말한다.

6) 비탈면의 녹화 모형도

일반적인 흙깎기 지역 비탈면 녹화 모형도	암질이 양호한 지역 덩굴식물식재 모형도
	

7) 비탈면 녹화 시공두께 적용기준

시공두께	적 용 대 상 지 역	비 고
T= 1㎝	구배 1:1 이하의 완만한 양질토 지역	1:1 보다 완만한 지역은 망설치 생략 가능
T= 3㎝	구배 1:1 이하의 완만한 일반토사 지역	
T= 5㎝	구배 1:1 이하의 완만한 경질토 또는 자갈섞인 토사 지역	
T= 7㎝	구배 1:1 내외의 점질토 · 마사토 · 호박돌 섞인 지역 및 자갈섞인 지역	
T=10㎝	구배 1:0.7 내외의 완만한 풍화암 · 연암지역, 보통암이 약간 혼재된 지역 및 경암지역	
T=15㎝	구배 1:0.5 내외의 보통암 또는 경암지역	구배 1:0.3 이상의 지역은 식생이 극히 불량

주) 참고문헌 : 비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침(2005. 7), 건설교통부

2.7.3 구조물에 의한 비탈면 보호공

(1) 콘크리트 블록 격자공

콘크리트의 직육면체 블럭을 비탈면상에 격자상으로 조립하여 그 골조에 의하여 비탈면의 붕괴나 세굴 등을 방지하고, 격자틀 내에 흙의 표면을 유수의 세굴로부터 보호하기 위하여 식생공법을 병행하는 것이 보통이다.

(2) 모르타르 뿜어 붙이기공

비탈면에 전체적으로 용수가 없고 풍화를 받기 쉬운 암질, 풍화하여 붕괴할 위험이 있는 암질, 균열 및 절리가 많아 낙석의 위험성이 있는 암질과 식생에 부적합한 지역 등에 사용한다. 모르타르 뿜어 붙이기공에서는 5~10cm, 콘크리트 뿜어 붙이기공에서는 10~20cm 두께를 표준으로 한다.

(3) 현장타설 콘크리트 격자공

본 격자공은 자갈섞인 토사, 풍화암 및 풍화되기 쉬운 혹은 절리나 균열이 많은 연암에 용수가 있고, 장대 비탈면이며 장기간 안정이 어렵다고 판단되는 비탈면에 콘크리트 블럭 격자공 등에서 붕괴 가능성내지 안정이 우려될 때 사용한다. 현장타설 철근콘크리트 격자공은 격자의 교점이 일체화되어 있기 때문에 콘크리트 블럭 격자공에 비하여 경사 및 전단면의 강도가 크므로 표층 붕괴에 대해 어느 정도 억지력을 기대할 수 있다. 이 격자공은 철근콘크리트보의 교점 등에 앵커나 록 볼트를 병용하는 경우가 많고 충분한 시공관리가 필요하다.

(4) 블럭 붙임공, 돌 붙임공

비탈면의 풍화 및 침식 등의 방지를 주목적으로 해서 1:1 이상의 완경사 비탈면에 점착력이 없는 토사 및 허무러지기 쉬운 비탈면에 적용한다.

(5) 비탈면 앵커공

경암 또는 연암의 비탈면에 있어서 암반의 절리 등이 있어 붕괴할 염려가 있는 경우나 불안정한 암반 비탈면의 안정을 꾀할 경우에 사용한다. 앵커공은 단독으로 사용하는 것보다 현장타설 철근 콘크리트 격자공, 옹벽, 말뚝공 등과 병용시키는 경우가 많다. 앵커와 지반의 정착방식에 따라 다음과 같이 크게 3종류로 대별된다.

<표 2.17> 정착방식에 따른 앵커의 분류

종 류	정 착 방 식
마 찰 형	앵커 주변면과 기초와의 마찰저항에 의해 앵커 인발력을 기반에 전달한다.
지 압 형	앵커의 일부 혹은 대부분을 크게 넓혀 뚫고 앵커체 수동토압으로 앵커 인발력에 저항한다.
복 합 형	마찰형 및 지압형의 복합형

(6) 비탈면 록볼트공

Rock Bolt는 암반과 보강공과의 일체화 혹은 불연속면을 경계로 하여 암반이 일체화 되도록 보강하는 것을 목적으로 사용한다. Rock Bolt의 작용효과는 부재의 전단강도나 원지반과의

인발저항에 의한 직접적인 원지반의 보강 뿐만 아니라 간접적인 원지반의 물성을 강화하는 효과도 있으므로 보강토공법과도 유사하다.

일반적으로 Rock Bolt를 사용하는 경우에는 비탈면표면의 얕은 위치에 견고한 암반이 존재하여야 하며 정착력을 정확히 추정하는 것은 곤란한 경우가 많기 때문에 사전에 인발시험을 실시하여 정착력을 확인하는 것이 중요하다. 록볼트공은 일반적으로 암반 보강 기구에 의한 분류에서는 ①접속식, ②전면 접착식, ① 및 ②의 병용식으로 나누어진다. 비탈면에 사용하는 경우는 전면 시멘트 접착형이나 전면 수지 접착형 등의 접착제를 사용하는 것이 광범위한 지질에 적용할 수 있다.

(7) 쏘일네일링공

지반의 전단 또는 활동 저항력을 증대시키기 위한 방법으로 원지반 자체 강도를 증가시키기 공법이다. 철근이나 강봉을 가상파괴면보다 깊게 비탈면내에 삽입하여 비탈면의 안정효과를 갖는 공법으로 최근 많이 사용되고 있는 공법중의 하나이다. 이 공법의 장점으로는 억지말뚝과는 정반대로 시공장비가 소규모라는 점을 들 수 있다. 그러나, 비탈면의 지하수위가 높이 존재할 시에는 효과가 불확실하므로 배수공을 특히 주의하여 시공해야 한다.

(8) FRP보강그라우팅

대상지반을 천공한 후 지질여건에 따라 FRP보강재를 적절한 간격으로 배열·설치하고, FRP 보강재내에 패커를 설치하여 압력에 의해 파쇄암반의 절리와 토사지반의 공극에 시멘트밀크를 주입함으로써 원지반의 전단강도를 증가시키고 FRP 보강재에 의한 전단, 휨 및 Nailing 효과를 동시에 얻는 공법이다.

(9) 비탈면 돌망태공

비탈면에 용수가 있어서 토사가 유출할 위험성이 있는 경우 또 붕괴한 곳을 복구할 경우, 동상으로 비탈면이 붕괴할 위험성이 있는 경우, 흙쌓기 비탈면이 수로와 접하는 경우에 적용한다.

(10) 피암터널

도로 인근에 여유폭이 없고 낙석 발생의 가능성이 있는 급경사 절개면 지역이나, 낙석 규모가 커서 낙석 울타리나 옹벽으로 막을 수 없는 지역에 적용한다.

(11) 수평배수공

지하수 용수가 빈번한 장소에서 강제적으로 절개면 내부에 유로를 형성함으로써 상시 지하수위의 증가를 억제시킬 필요가 있는 지역에 적용한다.

주) • 구조물에 의한 비탈면 보호 적용공법은 상기공법외 다수 있으므로 설계 및 시공시 발주처와 협의하여 공법을 적용한다.
• 참고문헌 : 국도건설공사 설계실무 요령(2004), 건설교통부

3. 연약지반 처리

3.1 용어의 정의

(1) 압밀침하

포화된 연약점성토 지반에 하중이 작용하면 지반 내에 과잉간극수압이 발생하고 시간이 경과함에 따라 지반내의 간극수가 서서히 배출되면서 지반체적이 감소하는 현상을 말함.

(2) 과압밀비(OCR ; Over Consolidation Ratio)

과거에 받은 최대하중인 선행압밀압력(P_c)을 현재의 유효토피하중(P_0)으로 나눈 값

(3) 과잉간극수압

부분 또는 완전포화 된 연약 점성토지반 상부에 하중이 작용하는 경우 간극수압이 발생하게 되는데 이때 정수압에 의한 간극수압에 대해 과잉상태를 과잉간극수압이라 함.

(4) 선행압밀하중

현재의 지반에서 과거에 받았던 최대하중 즉, 과거최대하중을 말함.

(5) 압밀도

지반내의 어떤 점에서 임의의 시간t에 있어서의 간극수압의 소산정도 또는 압밀 진행정도를 압밀백분율로 표시한 것.

(6) 압축지수(C_c)

압밀시험에서 구한 e - log p 곡선상의 직선부부에 해당하는 기울기를 말함.

(7) 강도증가율

포화된 연약점성토 지반에 상부작용이 가해지는 경우 시간의 경과 흐름에 따른 지반내의 간극수가 서서히 배출되는 압밀현상에 의한 압밀압력에 따라 지반의 강도는 증가되게 되는데 이와 같이 강도가 증가하는 정도를 말함.

(8) 전단강도

흙은 자중 또는 외력이 가해지는 경우 내부에 전단응력이 발생되며 이러한 전단응력에 의해 전단변형이 발생하게 되는데 결국 전단변형이 한계치에 도달되어 파괴에 이르게 된다.

이러한 파괴에 대한 흙의 저항은 강도로써 저항을 하게 되는데 이와 같이 전단에 대한 최대저항력을 흙의 전단강도라 함.

3.2 연약지반의 정의 및 판정기준

일반적으로 연약지반이라 함은 연약토로 이루어진 지반을 말하며, 연약토는 약하고 압축되기 쉬운 흙을 말한다. 여기서 중요한 것은 연약의 정도에 대한 문제인데 이것은 연약지반에 가해지는 하중에 의해 결정된다고 볼 수 있다. 즉, 지반의 연약성에 대한 평가는 연약지반상에 축조되는 구

조물의 규모라든지 하중강도에 따라 변화하기 때문에 상대적인 의미로 해석 및 평가하는 것이 바람직하다.

연약지반은 일반적으로 점토나 실트와 같은 미세한 입자가 많고 부드러운 흙, 간극이 큰 유기질토, 또는 Peat 및 느슨한 모래 등으로 구성된 토층이며, 이러한 토층의 성질은 퇴적이 새로울수록, 지하수위가 높을수록, 또 상부에 퇴적된 토층의 두께가 얇고 단위체적 중량이 작아서 적은 토피압만을 받은 경우일수록 문제가 많은 연약지반으로 분류된다.

연약지반을 구성하는 흙은 매우 다양하며, 토층이나 토질에 따라 정량적으로 구분하기는 어렵다. 따라서 연약지반을 개략적으로 구분하면 <표 3.1>과 같고, <표 3.2>는 일본의 구조물의 종류에 따른 개략적인 연약지반 판정기준이며, <표 3.3>~<표 3.4>는 국내기관에서 제시한 연약지반의 판정기준이다.

<표 3.1> 토질 특성에 따른 연약지반 판정기준

지반 구분	토층 및 토질 구분			토질정수			
				w_n(%)	e_0	q_u(kg/㎠)	N
이탄질 지반	고유기질토 (P_t)	이탄(Peat)	섬유질 고압축토	300 이상	7.5 이상	0.4 이하	1 이하
		흑니	분해가 진척된 고유기질토	300~200	7.5~5.0		
점토질 지반	세립토	유기질토	소성도 A선 이하의 유기질토	200~100	5.0~2.5	1.0 이하	4 이하
		화산회질 점토	소성도 A선 이상 화산회질 2차 퇴적 점성토				
		실트	소성도 A선 이하, Dilatancy대	100~50	2.5~1.25		
		점토	소성도 A선 위, Dilatancy대				
사질 지반	사질토	SM, SC	#200번체 통과량 15~50%	50~30	1.25~0.8	거의 0	10 이하
		SP-SC SW-SM	#200번체 통과량 15% 이하	30 이하	0.8 이하		

주) 참고문헌 : 도로설계요령(2001), 한국도로공사, p.263

<표 3.2> 구조물 종류에 따른 개략적인 연약지반 판정기준

구조물의 종류	지반상태						판정
	토질	층두께(m)	N치	q_u(t/㎡)	q_c(t/㎡)	w_n(%)	
도로	-		2이하	2.5이하	12.5이하	-	초연약
			2 ~ 4	2.5 ~ 5	12.5 ~ 25	-	연약
			4 ~ 8	5 ~ 10	25 ~ 50	-	보통
고속도로	이탄층	-	4이하	5이하	-	-	연약지반
	점성토	-	4이하	5이하	-	-	
	사질토	-	10이하	-	-	-	
철도	-	2m이하	0		-	100이상	연약지반
		5m이하	2이하		-	50이상	
		10m이상	4이하		-	30이상	
		30m이상	30이상		-	-	지지층
신간선	-		2이하	-	20이하	-	정밀조사 필요
			2 ~ 5	-	20 ~ 50	-	연약층이 두꺼우면 추가조사 필요
			5이상	-	50이상	-	연약지반 아님
건축	-		10이하	-	-	-	연약지반
필댐	-		20이하	-	-	-	연약지반

주) • q_u : 일축압축강도

• q_c : Cone Penetrometer 지지력

• 참고문헌 : 도로설계요령(2001), 한국도로공사, p.264

<표 3.3> 대한주택공사 연약지반 판정기준

구분	점성토 및 유기질토 지반	사질토 지반
N 치	6 이하	10 이하
일축압축강도 (q_u, kgf/㎠)	1.0 이하	-
콘관입저항력 (q_c, kgf/㎠)	12 이하	40 이하

주) 참고문헌 : 토목설계지침(2005), 대한주택공사, p.52

<표 3.4> 한국도로공사 연약지반 판정기준

구 분	점성토 및 유기질토 지반		사질토 지반
층두께	10m 미만	10m 이상	-
N 치	4 이하	6 이하	10 이하
q_u (kgf/㎠)	0.6 이하	1.0 이하	-
q_c (kgf/㎠)	8 이하	12 이하	40 이하

주) · q_c 는 네덜란드식 삼중관 콘관입시험의 콘지수임

· 참고문헌 : 도로설계요령(2001), 한국도로공사, p.263

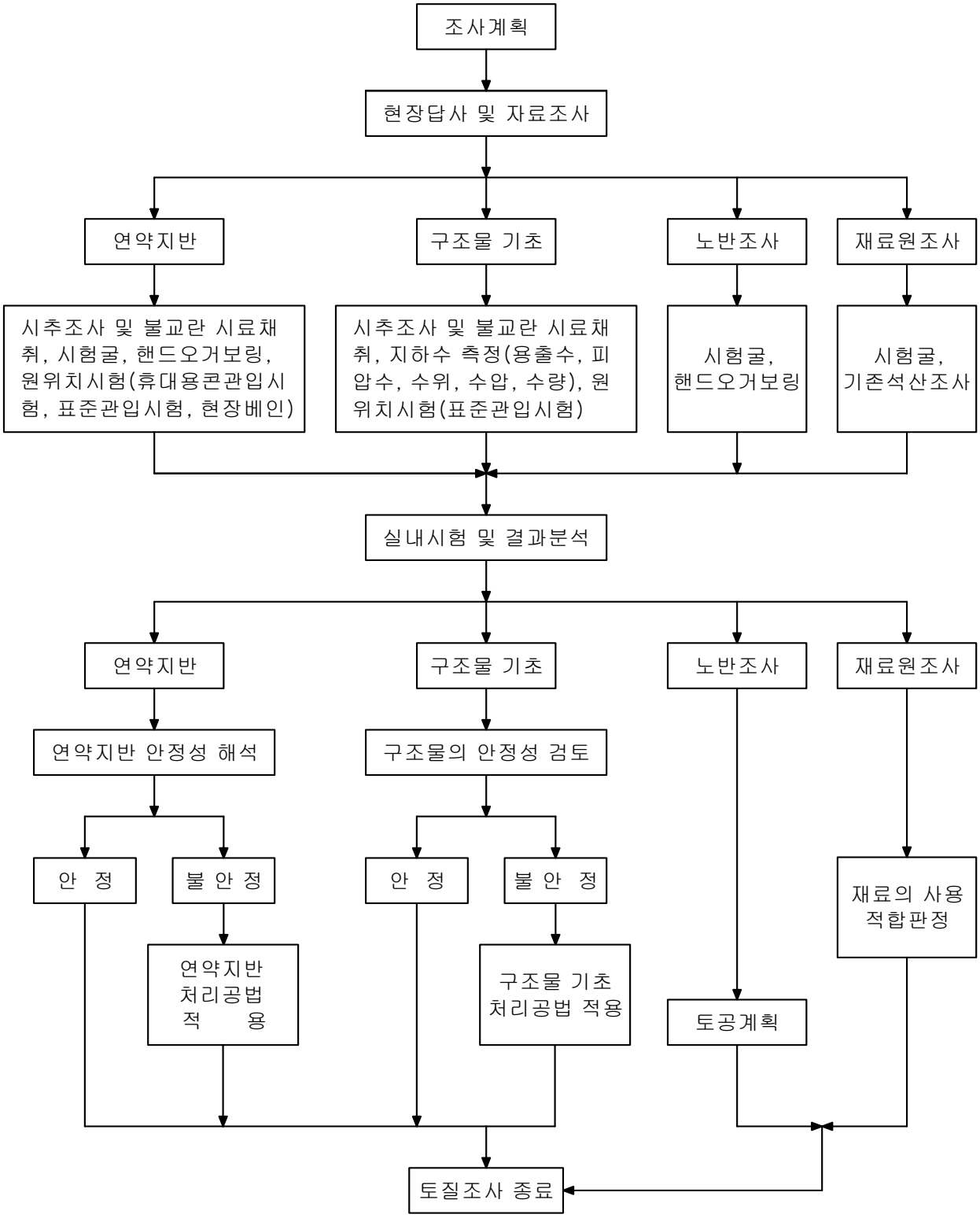
3.3 연약지반 토질조사

3.3.1 조사절차 및 분석

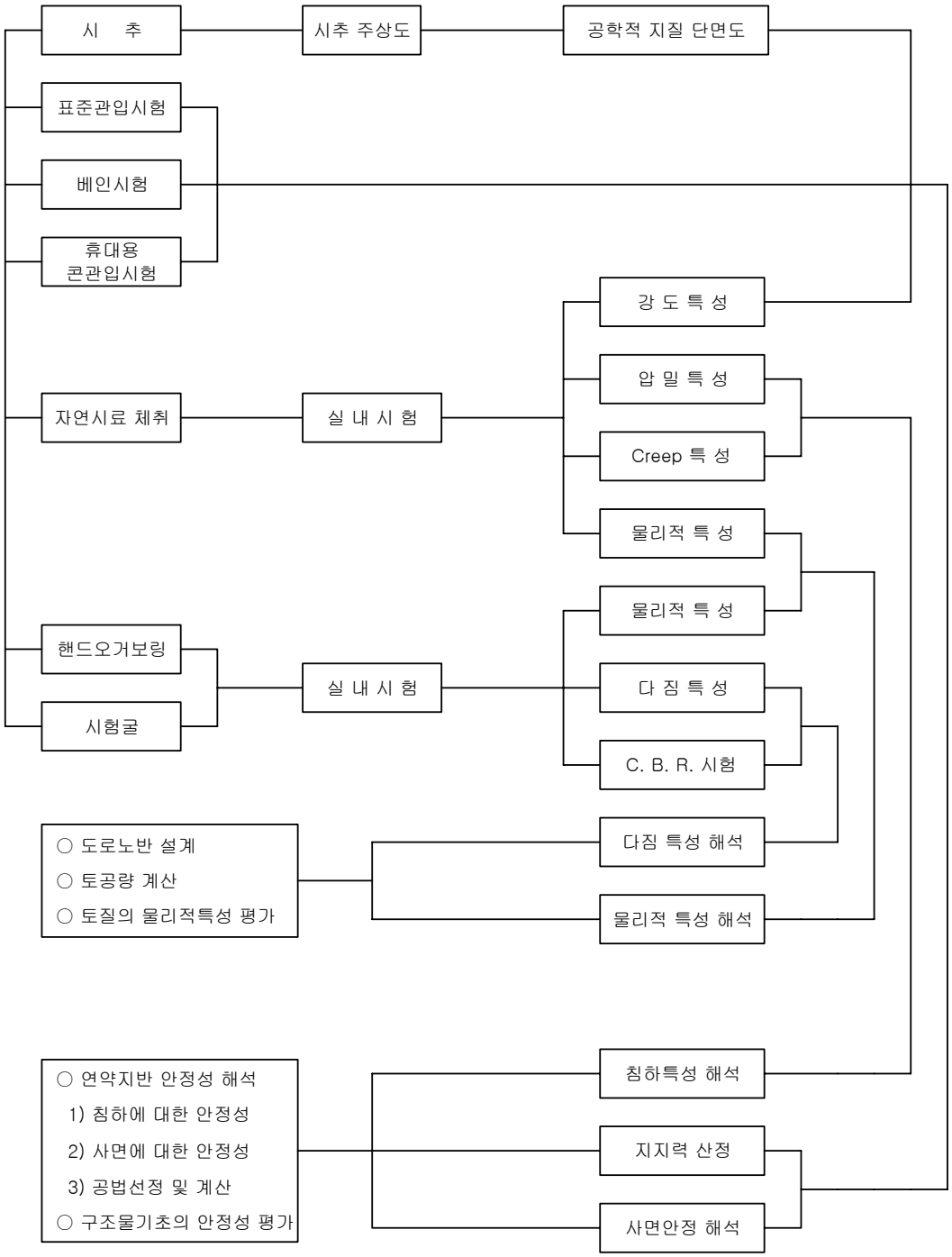
조사구역에 대한 성토지역의 토질분포 상태가 하천 상류로부터 운반퇴적 된 충적층(Alluvial Deposit)과 해수의 운반퇴적 작용으로 형성된 해성퇴적토층(Marine Deposit)등의 연약지반이 지층 내에 분포할 경우 이러한 연약 점성토층은 지반상에 외부하중의 증가로 인하여 지중응력이 증가하는 경우 지반은 거동하게 되며, 그 거동현상은 지반의 압축현상과 전단파괴의 두 가지 형태로 설명할 수 있다.

점성토 지반의 압축현상은 지반상의 재하 중에 대해 상당히 장기간 동안 진행되므로 구조물을 축조한 후에도 지반의 변형은 계속되어 구조물에 피해를 주게 되며 특히, 재하중으로 인한 지반의 증가응력이 지반의 전단저항 강도보다 크게 될 때는 지반의 거동이 급속히 진행되면서 지반이 파괴하게 되므로 이는 토질공학적인 측면에서 매우 중요한 것이다. 따라서 점성토 지반위에 구조물이 축조되는 경우는 지반의 특성을 파악하여야 하며, 재하 중에 대하여 상대적으로 지반이 연약하다고 판단되는 경우는 연약지반에 대한 대책이 강구되어야 한다.

또한, 현장에서 시추조사 및 현장시험을 통하여 지층의 분포상태를 조사하며 시추조사시 채취된 시료는 실내시험을 통하여 흙의 물리적 특성, 역학적 특성 및 다짐특성을 분석하므로써 지반의 거동상태 및 지반파괴를 예측하고, 설계에 필요한 토질의 강도정수 및 연약지반 대책공법 등은 [그림 3.1]과 같은 순서로 검토하여야 한다. [그림 3.2]는 현장 및 실내시험의 목적 흐름도를 나타낸 것이다.



[그림 3.1] 조사 및 분석 흐름도



[그림 3.2] 현장 및 실내시험의 목적 흐름도

3.3.2 현장조사

현장조사는 시추조사, 핸드오거보링 및 시험굴(Test Pit) 등으로 나누어 생각할 수 있으며, 그 내용 및 조사 빈도는 다음과 같다.

(1) 시추조사 및 자연시료 채취

시추조사는 Rotary식 NX 혹은 BX 규격의 시추기로 실시하며, 시추조사 중 연약층이 발견되면 Thin Wall Tube를 사용하여 실내시험용 자연시료(Undisturbed Sample)를 채취한다.

(2) 핸드오거보링(Hand Auger Boring)

심도가 낮게 예상되는 연약지반에서 실시하거나 혹은 시추조사 사이에서 실시하며, 시추조사의 보조 자료로 이용한다.

(3) 시험굴(Test Pit)

절토부의 지반특성 파악을 위하여 실시하며, 각 구간에서 대표되는 지점을 선정하여 지표면서 1~2m 깊이에서 채취된 시료는 다짐시험 및 실내 CBR 시험에 이용한다.

<표 3.5> 현장조사 계획

조 사 자 료	실 시 내 용	비 고
시 추 조 사	• 연약지반 구간 및 신설 구조물 • 연약지반에서의 조사간격 : 공/100m 신설구조물 및 신설교량에서의 조사 → 각 교대 및 Pier • 절토부 및 석산	
자 연 시 료	• 연약지반 시추조사에서 심도 5m 마다 층이 바뀔 때마다 • 연약층이 균일하거나 분포의 두께가 얇은 경우는 공당 2개	
핸드오거보링	• 성토부에서 100 ~ 250m 당 1개소 • 연약층이 두꺼운 경우는 불가능	
시 험 굴	• 절토부의 대표지점 혹은 1km 당 1개소	
재료원 조사	• 대표적인 지점 혹은 기본조사시 선정지점 • 하상골재 • 석 산 • 토 취 장	필요한 개 소

3.3.3 현장시험

일반적으로 현장에서 가장 널리 이용되어지고 있는 현장시험으로는 시추조사와 병행하여 실시하는 표준관입시험(S.P.T)이 있으며, 점성토의 비배수 전단강도 및 지지력과 장비주행성(Trafficability)을 현장에서 직접 측정할 수 있는 베인시험(Vane Test) 및 휴대용 콘관입시험(Portable Cone Penetration Test)이 있다. 이들에 대한 내용은 다음과 같고, <표 3.6>과 같다.

(1) 표준관입시험

표준관입시험은 시추조사시 매 1.0m 마다 또는 토층이 바뀔 때마다 실시하며 동일층이 계속될 때는 전문기술자의 판단에 따라 시험간격을 증가 혹은 감소시킨다.

(2) 베인시험(Vane Test)

핸드오거보링과 병행하여 실시하며, 상부연약층의 비배수 전단강도(Cu)를 측정하기 위하여 실시한다.

(3) 휴대용 콘관입시험(Portable Cone Penetration Test)

연약한 표층의 지지력 특성 및 장비주행성(Trafficability)에 대한 개략적인 예측을 위하여 표토가 연약한 지반에서 실시한다.

<표 3.6> 현장시험 계획

시 험 구 분	실 시 내 용	비 고
시 추 조 사	• 1회/1.0m 혹은 지층이 변하는 경우 • KS F 2307에 의거 연속성 있게 실시	
베인시험	• 연약지반에서 100 ~ 250m 간격 • 상부연약층(최대 5m까지)의 전단강도 측정 • 주로 연약층에 이용	
휴대용콘관입시험	• 연약지반에서 100 ~ 250m당 1회 • 연약지반 표층의 지지력 및 강도 파악	

3.3.4 실내토질시험

현장조사시 시험굴, 핸드오거보링 및 시추조사에서 채취된 시료로부터 토질의 물리적 특성 및 역학적 특성을 규명하여 연약지반 설계에 반영할 수 있는 자료를 제공하기 위하여 최소한 다음과 같은 물리시험 및 역학시험을 실시한다.

<표 3.7> 실내토질시험

물리시험	역학시험
흙의 함수량시험 : KS F 2306	삼축압축시험 : KS F 2346
비중시험 : KS F 2308	직접전단시험 : KS F 2343
액성한계 : KS F 2303	압밀시험 : KS F 2316
소성한계 : KS F 2304	일축압축시험 : KS F 2314
입도분석 : KS F 2309, KS F 2302	

3.3.5 시험결과 이용 방안

(1) 각종 실내시험의 결과 이용

연약지반에 대한 실내시험은 보오링 및 원위치시험 과정에서 채취된 교란시료와 불교란 시료에 대하여 실시되며, 실내시험은 크게 물리시험과 역학시험으로 대별된다.

실내시험은 설계, 시공 및 유지관리의 기초자료로서 정확성이 요구되며, 각종 시험의 종류 및 시험결과의 이용은 <표 3.8>과 같다.

<표 3.8> 각종 시험방법과 시험결과 이용

구 분	시험 항목	시험으로 얻어지는 값	시료의 상태	결 과 이 용	비고
흙의 물리적 성질시험	비중시험	흙입자의 비중	교란 시료	흙의 기본적 성질 (간극비, 포화도)의 계산	
	함수량시험	함수비	함수량이 변하지 않은 시료	흙의 기본적 성질 계산	
	입도시험	입경가적곡선 유효경 균등계수 곡률계수	교란 시료	입도에 따른 흙의 분류재료로서의 흙의 규정	
	컨시스턴스시험 액성한계시험 소성한계시험 수축한계시험	액성한계 유동지수 소성한계 액성지수 수축한계 선 수 축 체적변화	교란 시료	컨시스턴시에 의한 흙의 분류 흙의 공학적 성질 측정 토공재료로서의 적정성 및 동상성 판정	
	#200번체 통과량시험 밀도시험	입도 백분율 습윤 밀도 건조 밀도	교란 시료 교란 시료 불교란 시료	토질 안정처리효과 판정 흙의 기본적 성질 계산 지반의 다짐도 판정	
흙의 역학적 성질시험	투수시험(정수위법, 변수위법)	포화토의 투수계수	포화상태의 흙	침투, 투수성에 대한 설계 및 계산	
	압밀시험	간극비-하중곡선 체적압축계수 선행압밀계수 시간-압밀도곡선 압밀계수 1차 압밀비 투수계수	불교란 시료	점성토의 침하량 계산 점성토의 침하속도 계산	
	직접전단시험	전단저항각 점착력	교란 시료 불교란 시료	기초, 사면 및 옹벽의 안정 계산	
	일축압축시험	일축압축강도 점착력 예민비 응력-변형 관계	교란 시료 (점성토) 불교란 시료	기초, 사면 및 옹벽의 안정 계산	
	삼축압축시험	측압에 대응하는 압축강도 전단저항각 점착력 응력-변형 관계 간극수압	불교란 시료 교란 시료	기초, 사면 및 옹벽의 안정 계산	
흙의 지지력 특성시험	다짐시험	함수비-밀도곡선 최대건조밀도 최적함수비 상대 밀도	교란 시료 (사질토)	노반 및 흙쌓기의 시공방법 결정 시공 관리	
	C.B.R 시험	설계 C.B.R 수정 C.B.R	교란 시료 불교란 시료	포장두께 설계 노반의 설계	

3.4 한계성토고

(1) 한계성토고란 지반보강을 하지 않은 원지반에 성토를 할 때 성토체를 보강하지 않고 성토할 수 있는 최대높이를 말한다.(안전율은 1.2이상으로 결정)

(2) 한계성토고는 지지력 및 사면안정 검토에 의하여 결정하며 이들 중 작은 값으로 결정한다.

(3) 지지력에 의한 한계성토고, H_c는 연약층의 일축압축강도, q_u에 대한 지반의 한계지지력, q_d를 구하여 다음과 같이 결정한다.

$$H_c = \frac{q_d}{\gamma_t \cdot F_s}$$

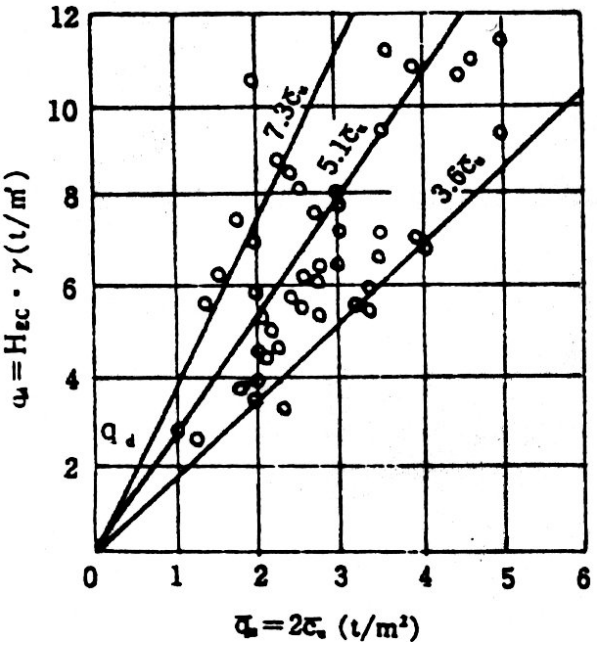
여기서, H_c : 한계성토고(m)

γ_t : 성토체의 단위중량(t/pm^2)

q_d : 한계지지력(t/m^2)

여기서, q_d는 연약층의 두께 및 토질에 따라 다음 값을 사용한다.

두꺼운 점토질 지반 유기질토가 두껍게 퇴적된 지반	..... $q_d = 1.80q_u = 3.6c_u$
보통의 점토질 지반	..... $q_d = 2.55q_u = 5.1c_u$
얇은 점토질 지반 유기질토가 끼지 않은 이탄질 지반	..... $q_d = 3.65q_u = 7.3c_u$



[그림 3.3] q_u 와 한계지지력 q_d 의 관계(일본)

3.5 연약지반의 침하에 대한 안정성 검토

3.5.1 침하량 산정시 고려사항

(1) 지반의 탄성침하를 고려한다.

(2) 점성토층의 압밀도(U)의 계산은 연약층 전체두께에 대한 평균압밀도(Uz)에 대하여 계산하는 것으로 한다.

(3) 침하량 산정식 적용시에는 현 지반의 압밀상태를 판단하여 정규압밀상태일 경우는 압축지수(Cc)를 적용하고, 과압밀상태일 경우는 팽창지수(Cs)를 적용하여야 하는데 이 압밀상태의 판단은 다음 사항으로 판단한다.

1) 과거에 작용하였던 상재하중 및 지하수위의 변동유무

2) 압밀시험에서 얻어진 선행압밀하중(Pc)과 유효응력(Po)의 관계

3) Atterberg Limit 시험에서의 액성지수(LI)의 관계

(4) 압밀계수(C_v)가 각 지층마다 다른 경우 층두께 환산법에 따라 구한 환산두께(H′) 및 압밀계수(C_v')를 이용하여 전 층의 평균압밀도(U)를 구하고, 그 산정식은 다음과 같다.

DH′ = D1(Cv+′/Cv1)1/2+D2(Cv′/Cv2)1/2+…+Dn(Cv′/Cvn)1/2

여기서, D′ : 환산층 두께(m)

Dn′ : 환산전의 각층의 두께(m)

Cv′ : 기준으로 한 임의의 압밀계수(cm^2/sec)

3.5.2 침하량 산정식 검토

(1) 점성토의 압밀침하량 산정식

1) 정규압밀의 경우

$$S = \frac{C_c}{(1+e_o)} \cdot H \cdot \log \frac{(\sigma_v' + \Delta\sigma_z')}{\sigma_v'}$$

2) 과압밀의 경우

① $\sigma_v' + \Delta\sigma_z' < \sigma_c$일 경우

$$S = \frac{C_s}{(1+e_o)} \cdot H \cdot \log \frac{(\sigma_v' + \Delta\sigma_z')}{\sigma_v'}$$

② $\sigma_v' < \sigma_c < \sigma_v' \Delta\sigma_z'$일 경우

$$S = \frac{C_s}{(1+e_o)} \cdot H \cdot \log \frac{\sigma_c}{\sigma_v'} + \frac{C_c}{(1+e_o)} \cdot H \cdot \log \frac{(\sigma_v' + \Delta\sigma_z')}{\sigma_c}$$

여기서, C_c : 압축지수

C_s : 팽창지수

e_o : 초기간극비

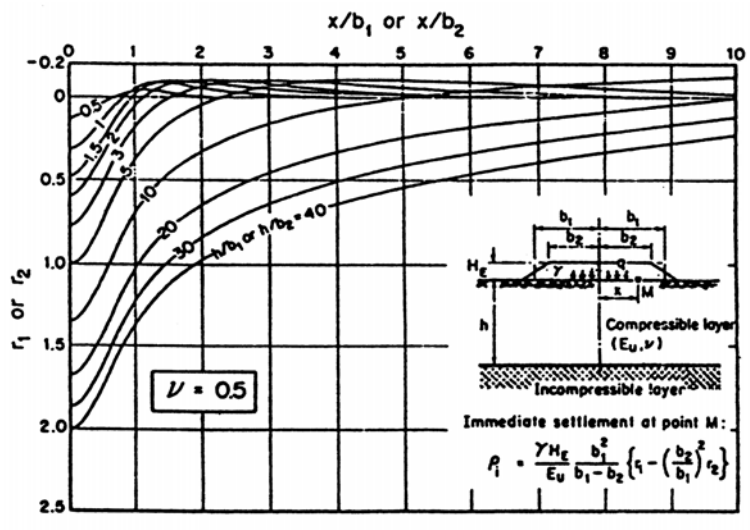
H : 압밀층의 두께

σ_v' : 원지반의 유효응력(kg/㎠)

$\Delta\sigma_z'$: 유효상재하중(kg/㎠)

σ_c : 선행압밀하중(kg/㎠)

(2) 점성토의 탄성침하량 산정-Giroud(1973)의 도표 이용



[그림 3.4] Giroud(1973)의 도표

(3) 느슨한 사질토의 침하량 산정식

$$S_{sand} = 0.4 \cdot \frac{\sigma_v'}{N} \cdot H \cdot \log \frac{(\sigma_v' + \Delta\sigma_z')}{\sigma_v'} \qquad \text{(Buisman-De Beer)}$$

여기서, H : 압밀층의 두께

σ_v' : 원지반의 유효응력(kgf/㎠)

$\Delta\sigma_z'$: 유효상재하중(kgf/㎠)

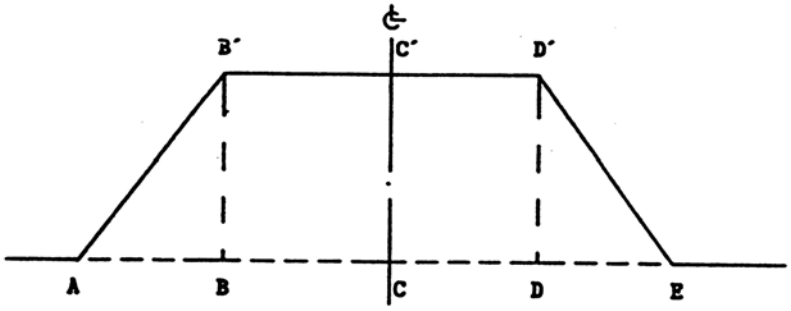
3.5.3 성토에 따른 침하량 산정

계획 성토단면에 대한 침하는 대부분이 압축성이 매우 큰 점성토층에서 지반침하가 발생되는데 기초지반이 매우 연약하고 압밀계수가 낮을 경우 장기간에 걸친 침하가 발생 된다.

따라서 지반침하의 침하량 산정은 기초지반의 침하 특성치들을 이용하여 대표단면에 대하여 침하량을 산정한다.

그리고 구간별 대표 성토단면에 대한 침하량 산정 지점은 다음 그림과 같으며, 각 지점별 대표

단면에 대한 침하량을 각각 구하여 성토에 따른 시간-침하량 곡선을 표시한다.



[그림 3.5] 침하량 산정지점

3.6 선행압밀하중

(1) 선행압밀하중 Pc는 어떤 연약지반이 과거에 받은 최대의 압밀하중을 말하며, 압밀시험을 행하여 Casagrande법으로 구한다.

(2) 정규압밀상태는 선행압밀하중 P_c가 원지반의 유효응력 P_o와 같은 경우를 말하며, 과압밀 상태는 선행압밀하중이 원지반의 유효응력보다 큰 경우를 말한다.

1) 압밀 진행 중 : $P_c < P_o$

2) 정규압밀 : $P_c = P_o$

3) 과압밀 : $Pc > P_o$

$$OCR = \frac{P_c}{P_o}$$

여기서, OCR = 1일 때, 정규압밀상태

OCR > 1일 때, 과압밀상태

3.7 MAT의 강도 및 안전율

(1) PP 매트는 시공 장비의 원활한 진입과 Sand mat의 확실한 배수기능을 위하여 포설하며, 사면안정 검토시에는 인장강도를 고려하지 않는다.

(2) 성토제체의 보강을 위한 토목섬유는 성토제체 및 원지반의 변형률을 고려하여 재료의 특성상 파괴시 이와 비슷한 변형률을 갖고 Creep가 작은 폴리에스터(PET) 매트를 사용하며, PET 매트의 인장강도는 파열강도의 1/2을 적용한다.

(3) 토목섬유가 사면안정에 미치는 효과를 규명하기 위한 해석방법은 다음과 같다.

1) 토목섬유의 인장력을 접선력으로 보는 해석

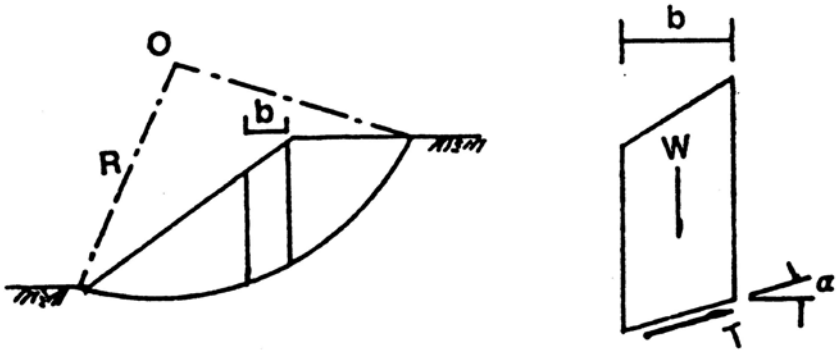
$$F_s = \frac{\Sigma[(C \cdot b + W \cdot \tan\phi)/m_\alpha] + T}{\Sigma W \cdot \sin\alpha}$$

$$단, \quad m_\alpha = \cos\alpha\left(1 + \frac{\tan\alpha \cdot \tan\phi}{F}\right)$$

여기서, C : 성토제체의 점착력

ø : 성토제체의 내부마찰각

T : 매트의 인장강도



2) 토목섬유의 인장력을 수평력으로 보는 해석

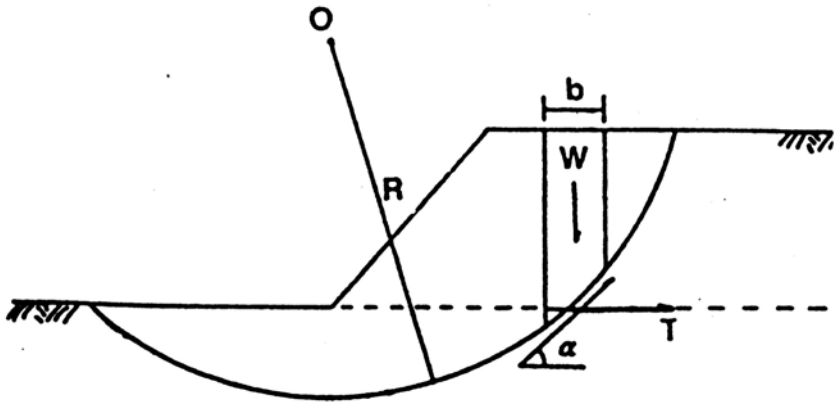
$$F_s = \frac{\Sigma[(C \cdot b + W \cdot \tan\phi)/m_\alpha] + T \cdot \cos\alpha}{\Sigma W \cdot \sin\alpha}$$

$$단, \quad m_\alpha = \cos\alpha\left(1 + \frac{\tan\alpha \cdot \tan\phi}{F}\right)$$

여기서, C : 성토제체의 점착력

ø : 성토제체의 내부마찰각

T : 매트의 인장강도



3.8 사면안정 검토시 안전율

3.8.1 일반사항

(1) 사면의 이론적인 활동형태는 직선, 원형 및 대수나선형 등으로 나타나고 있으나 실제 안정성 검토에서는 직선 활동면 또는 원형 활동면으로 가정하며, 특히, 연약층이 협재하고 있는 경우는 복합 활동면 또는 적당한 형태의 활동면으로 가정하여 안정성 검토를 실시한다.

(2) 초기 지반상 성토에 대한 안정계산은 전응력해석(ø=0)을 원칙으로 실시하고, 지반이 과압밀 되었거나 단계성토를 감안하는 경우는 강도증가를 고려한 전응력해석 또는 유효응력해석을 적용하여 검토한다.

(3) 원지반의 상부가 매우 연약하고 포화상태라면 활동파괴에 대해 안정하여도 지지력에 대해 안정하도록 검토한다.

(4) 사면안정성 검토시 상부작용하중을 충분히 고려하여 검토한다.

3.8.2 기준안전율

비탈면의 안정계산에서 기준안전율은 지역과 공사내용에 따라 상이하나, 흙쌓기비탈면에 대한 안전율은 “토목설계지침(2005), 대한주택공사, p.49”에 따라 다음과 같이 적용한다.

(1) 흙쌓기비탈면의 활동파괴에 대한 기준안전율은 Fs>1.3을 확보하도록 한다.

(2) 중요구조물의 경우 설치비탈면의 최소안전율은 Fs>1.5를 확보하도록 한다.

3.9 설계 압밀도

3.9.1 미개량의 경우

(1) 압밀시간

성토는 실제적으로 2차원, 3차원적으로 압밀현상을 나타내지만 압밀도에 따른 압밀시간 계산은 Terzaghi의 1차원 압밀이론으로 순간 재하에 따른 압밀도와 시간계수를 고려하여 구한다.

$$C_v \times t = T_v \times (H)^2$$

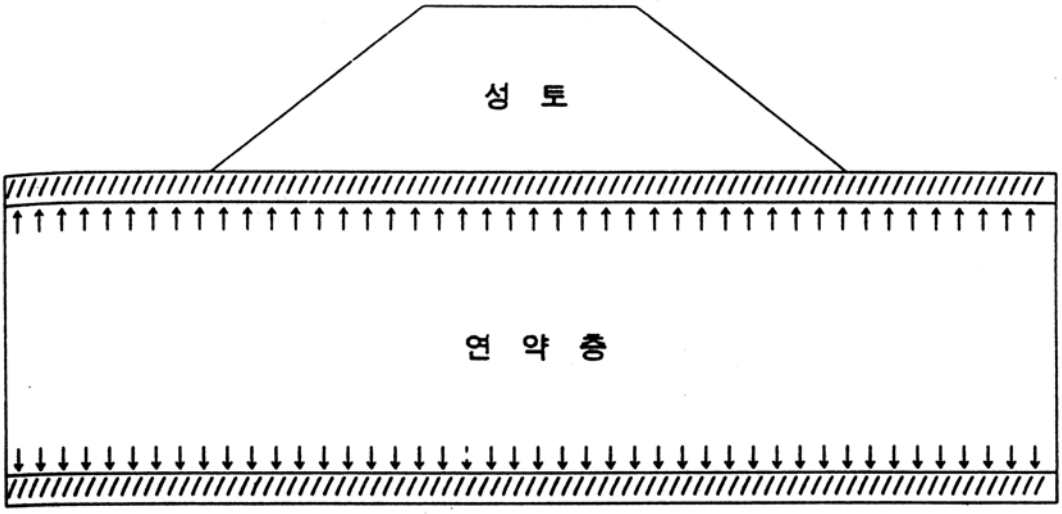
여기서, C_v : 수직압밀계수(cm^2/sec)

t : 압밀시간

T_v : 시간계수

H : 배수거리

(2) 압밀도



1) 압밀도가 60% 이하일 경우

$$T_v = \frac{\pi}{4}\left(\frac{U}{100}\right)^2$$

2) 압밀도가 60% 이상일 경우

$$T_v = 1.781 - 0.933 \times \log(100-U)$$

3.9.2 개량의 경우

(1) 압밀시간

Sand drain 공법 등으로 지반 속에 모래말뚝을 타설하여 수평방향의 배수거리를 단축시켜서 압밀을 촉진시키는 공법으로 미개량시에는 배수거리를 H 또는 $\frac{H}{2}$를 사용하나 여기서는 d_e를 사용하며, 압밀계수 C_h는 타설시 스미어현상 등을 감안하여 C_v 값을 사용한다.

$$C_h \times t = T_h \times (d_e)^2$$

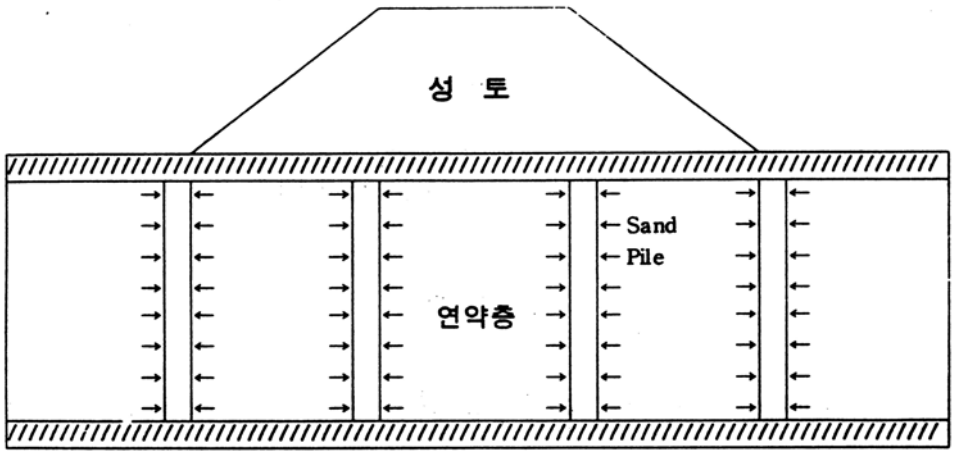
여기서, C_h : 수평압밀계수(cm^2/sec)

t : 압밀시간

T_h : 시간계수

d_e : 유효배수거리(1.13×d)

(2) 압밀도



1) $Ur = 1 - \exp - \lambda = 1 - \exp -\frac{8\times T_h}{f(n)}$

2) $f(n) = \frac{n^2}{n^2-1}\cdot \ln N - \frac{3\times n^2-1}{4\times n^2}$

3) $n = \frac{r_e}{r_w}$

여기서, r_e : 환산원의 직경

r_w : Sand drain의 직경

4) 시간, 간격, 압밀도와의 관계

① 시간과 간격을 알고 → 압밀도를 구하는 경우

② 시간과 압밀도를 알고 → 간격을 구하는 경우

③ 간격과 압밀도를 알고 → 시간을 구하는 경우

등은 각 공구의 연약지반 조건이나 공기 등에 따라서 조정이 필요하다.

5) 각 단계별 성토시의 압밀도는 90% 이상 사용

3.10 단계별 성토

(1) 단계별 성토는 한계성토고를 적용하여 사용토록 하며 사용 식은 아래와 같다.

$$H_c = \frac{5.14\times C_u}{r_t \times F_s}$$

1) C0 = C0

2) C1 = C0 + m × ΔP × U × I

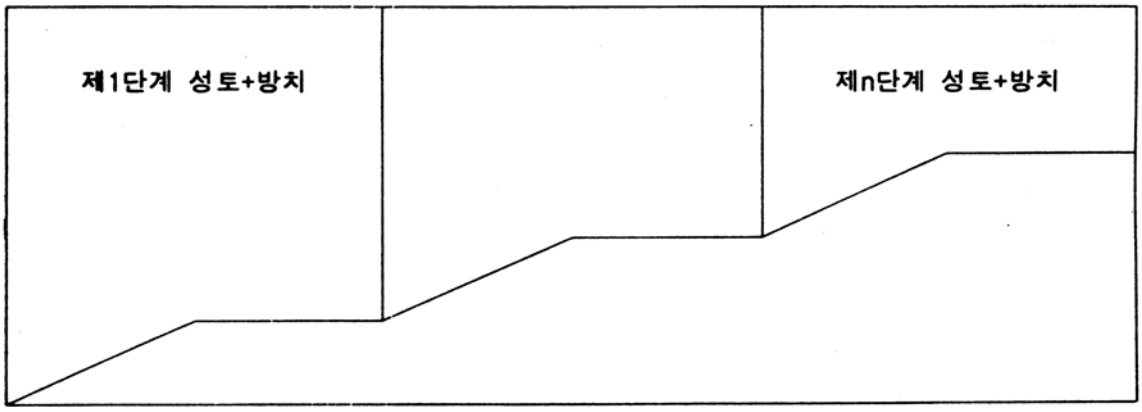
(2) 성토과정은 한계성토고에서 계산된 수치를 적용한다.

1) 제1단계 성토 + 방치

2) 제2단계 성토 + 방치

3) 제3단계 성토 + 방치

4) 제n단계 성토 + 방치



(3) 위의 그림과 같이 단계별 성토는 사용공법의 종류, drain의 간격, 월성토속도, 단계별 한계성토고, 성토회수, 공사기간 등에 따라서 다르나 제한된 공기 등을 감안하여 초연약지반, 단계성토가 많아지는 경우 등에는 Mat 등을 보강시켜서 성토단계회수를 줄여야 하며, 1회당의 최소두께는 30cm 이하로 적용한다.

3.11 공사기간 산정

(1) 공사기간의 산정은 지반의 강도정수가 가장 적은 값, 단계성토회수가 가장 많은 구간, 미개량구간, 개량구간 등을 비교검토 하여야 한다.

또한, 개량구간에서는 일반적으로 지반의 강도정수 C_u 값에 의존하는 것이 아니라 단계성토회수가 가장 많은 구간에 의존되며 총 공사기간은 가설사무소 설치 등의 준비기간, 개량기간, 포장기간, 기타 등을 합한 것으로 한다.

(2) 공사기간 산정과정은 아래 그림과 같다.

1) 가설사무소 설치 등의 준비기간(3개월)

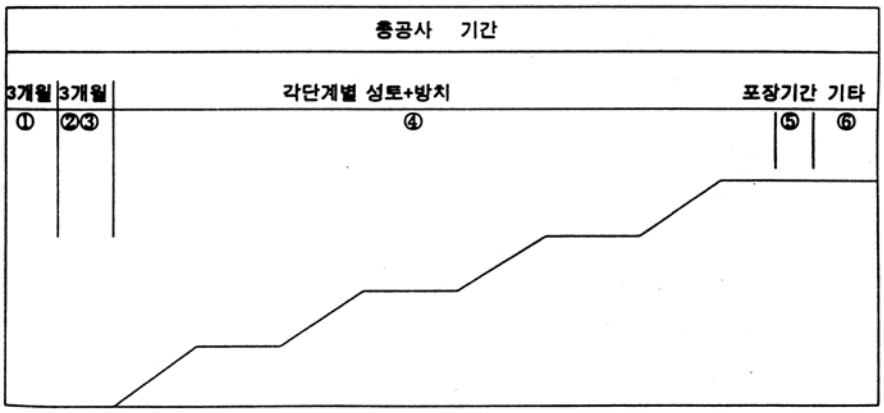
2) 부지정지, PP MAT 부설, Sand mat 포설(1개월)

3) Vertical drain 타설(2개월)

4) 각 단계별 성토 + 방치

5) 포장

6) 기타 필요 부대공정(1개월)



3.12 잔류침하량

(1) 잔류침하량은 구조물의 사용목적, 중요도, 공사기간, 지반의 특성, 포장종류, 경제성 등을 고려하여 결정하여야 하며, 국내기관의 허용잔류침하량 적용기준은 다음과 같다.

<표 3.9> 대한주택공사 허용잔류침하량 기준

조 건	허용잔류침하량(㎝)	비 고
도로	10.0	지중관로 및 구조물설치부위 녹지포함
녹지	30.0	

주) 참고문헌 : 토목설계지침(2005), 대한주택공사, p.52

<표 3.10> 한국도로공사 허용잔류침하량 기준

조 건	허용잔류침하량(㎝)	비 고
포장공사 완료 후의 노면 요철	10.0	연약지반의 지질특성상 장기침하 발생가능
BOX CULVERT 시공시의 더올림시	30.0	
배수시설	15.0 ~ 30.0	

주) 참고문헌 : 도로설계요령(2001), 한국도로공사, p.303

(2) 연약지반을 통과하는 도로는 포장의 종류, 잔류침하량의 크기 등에 따라서 다소의 차이는 있으나, 연성포장의 경우에는 침하가 발생되면 아스팔트 등의 덧씌우기 공법 등으로 보수가 가능하나, 강성포장의 경우에는 침하량이 커지면 치명적인 손상을 주므로 주의가 요망된다.

(3) 도로포장의 경우 연약지반구간에서는 일반적으로 설계시와 시공시의 오차가 발생되고 있으므로 연성포장을 원칙으로 하되, 허용잔류침하량 문제는 침하량으로 결정할 것이냐, 압밀로 결정할 것이냐 등은 다소 논란이 되고 있으나 외국의 사례를 보면 대부분 허용침하량으로

결정되고 있으며, 허용침하량은 10cm 이내로 한다. 단, 중요구조물이 설치되는 지역의 경우 허용침하량은 구조물의 침하특성을 고려하여 선정해야 한다.

3.13 Sand mat

3.13.1 부설목적

(1) 연약층의 배수를 위한 상부배수층

(2) 성토층의 지하배수층이 되어 성토내의 수위저하

(3) 시공시 중장비의 주행성 역할

3.13.2 Sand mat의 재료

(1) No.200번체 통과량 : 3% 이하

(2) D_{85} : 1~5mm

(3) D_{15} : 0.1~0.75mm

<표 3.11> Sand mat 시방입도

체번호	#4	#8	#16	#50	#100	#200	비 고
통과중량백분율(%)	100.0	75~100	40~85	2~30	0~7	0~3	

3.13.3 Sand mat의 두께

Sand mat의 두께는 참고문헌에 의하면 일반적으로 0.5~1.2m 정도를 포설하나, 실제로는 사용장비의 중량, 지반의 강도, 공극수의 배출량 등을 감안하여 적용하여야 한다.

<표 3.12> Cone 지지력에 따른 Sand mat 두께

Cone 지지력(kg/㎠)	두 께(cm)	비 고
2.0 이상	50	
2.0 ~ 1.0	50 ~ 80	
1.0 ~ 7.5	80 ~ 100	
0.75 ~ 0.5	100 ~ 120	
0.5 이하	120	

3.13.4 Sand mat의 두께 결정

(1) 장비의 주행성 검토

1) 극한지지력 $q_u = 5.14 \times C_u$

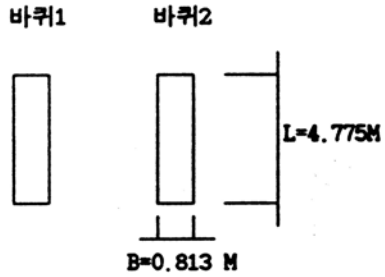
2) 사용장비(40ton 크롤라 크레인 사용으로 가정)

① 중량

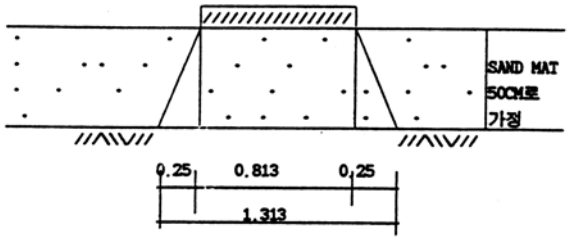
(가) 장비중량 : 40.0ton
(나) Leader : 17.0ton
(다) Casing : 2.5ton
(라) Vibro hammer : 2.5ton

총 중량 62.0ton

② 궤도제원



③ 크레인 접지압



실제로는 Sand pile 시공시에는 부대장비가 한쪽바퀴에 집중되는 것으로 한다. (P=42.0ton)

$$q_d = \frac{42.0}{4.775 \times 1.313} = 6.7 t/m^2$$

④ 안전율

$$F_s = \frac{q_u}{q_d} = \frac{5.14 \times C_u}{6.7}$$

(2) 배수기능 검토

1) 연약층이 두꺼운 경우, 성토폭이 넓은 경우, 공극수의 배출이 많은 경우 등에는 Sand mat의 두께를 다음 식으로 결정할 수 있으며, 최대 70cm까지 적용할 수 있다.

$$\Delta H_w = \frac{L^2 \cdot S}{2 \cdot K \cdot H}$$

여기서, K : 투수계수(cm/day)
S : 성토재하시의 평균침하속도(cm/day)
L : 배수거리(m)
H : Sand mat 두께(cm)
ΔH_w : Sand mat 내의 압력수두 H 미만이어야 한다.

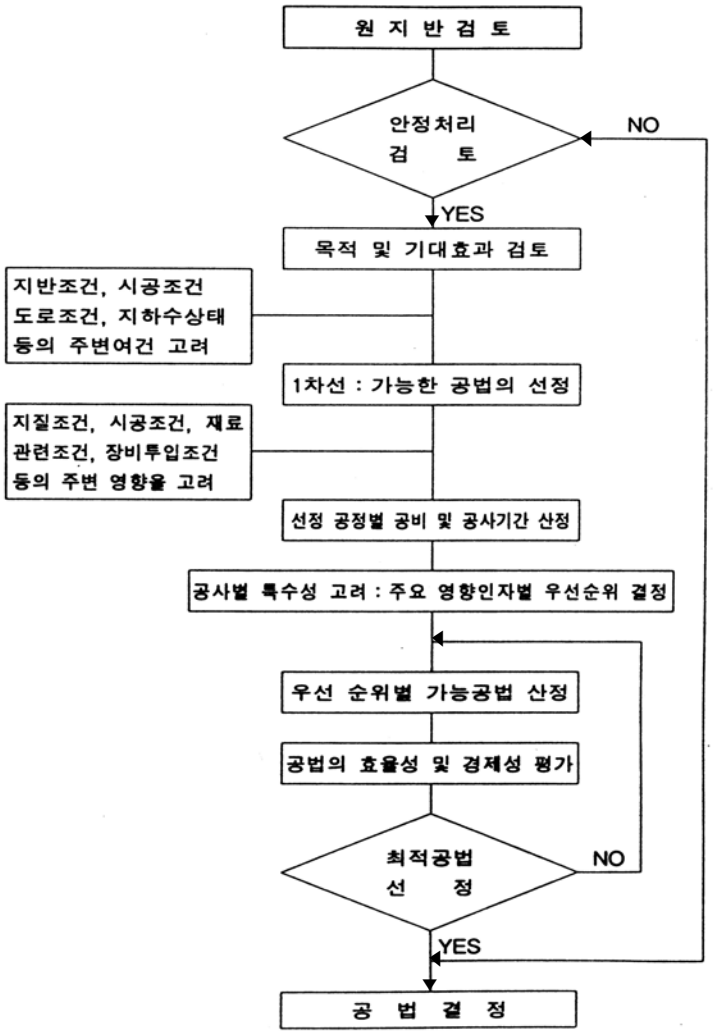
2) 상기 식으로 결정된 Sand mat의 두께가 70cm 이상인 경우 Sand mat용 재료로 상기 기준을 만족할 수 없는 경우는 별도의 배수공(쇄석, 유공 Pipe 또는 배수관 등)을 설계에 반영하여 검토하며, 그 기준은 다음과 같다.

<표 3.13> No.200번체 통과량에 따른 지하배수공의 간격 기준

No.200번체 통과량 P (%)	지하배수공의 간격(m)	
	Vertical Drain을 시공하지 않은 구간	Vertical Drain을 시공한 구간
P ≤ 3	필요 없음	10 ~ 20
3 < P ≤ 10	20	5 ~ 10
10 < P ≤ 15	10~20	5
15 < P ≤ 25	5~10	-

3.14 연약지반처리 대책공법의 설계이론 및 사례

3.14.1 공법결정 선정 순서



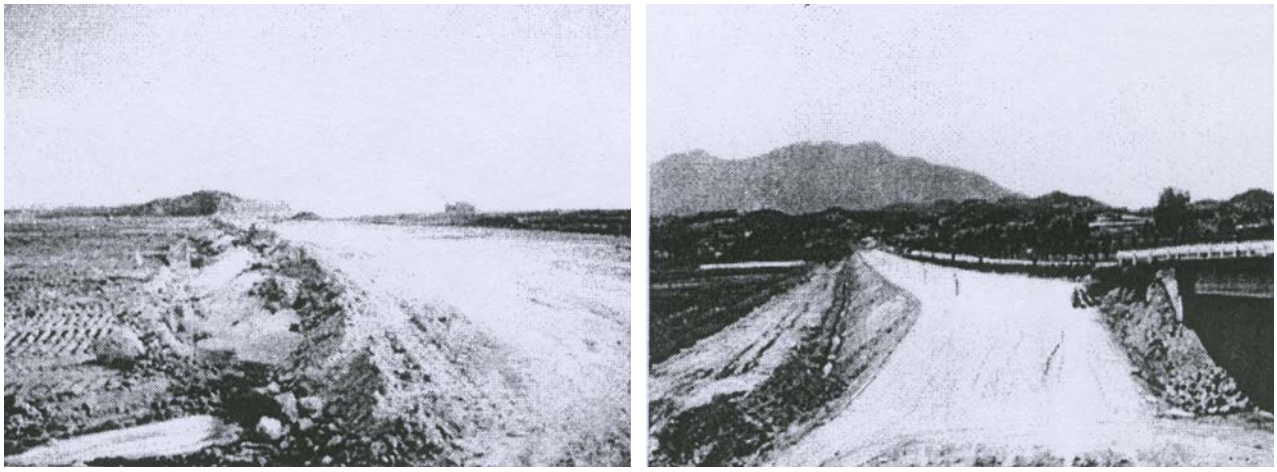
[그림 3.6] 연약지반처리 대책공법 선정 순서

3.14.2 연약지반 개량공법

(1) 프리로딩공법

1) 공법의 개요

연약지반의 공학적 성질을 개량하기 위한 한 가지 방법으로서 [그림 3.7]와 같이 연약지반 표면에 등분포 하중을 가하여 목적된 구조물의 설치 이전에 필요한 만큼의 압축이 발생하도록 유도하는 공법을 가리켜서 프리로딩공법이라 한다. 프리로딩공법은 연약하고 압축성이 큰 지반에 상재하중을 가하는 작업이므로 지반붕괴에 대한 안정성이 문제가 되며, 상재하중을 가한 후 일어나는 지반의 압밀 크기와 속도 등에 대한 정확한 자료가 필요하며, 지반개량시에는 철저한 지반조사가 수반되어야 한다. 프리로딩공법에 의한 지반개량효과는 구조물 설치 후 기초지반의 침하량을 허용치 이내로 하는 효과와 지반의 전단강도 증대효과 두 가지로 볼 수 있으며, 이중에서 지반침하량 감소효과는 1차 압밀침하 및 2차 압밀침하의 요인으로부터 얻어진다. 프리로딩공법의 설계에 있어서 문제가 되는 사항은 상재하중의 재하기간의 결정이다.



(a) 프리로딩 시공 중　　(b) 프리로딩 완료

[그림 3.7] 프리로딩 공법 시공 예

또한, 점성토 지반에서는 압밀에 요하는 시간은 배수거리의 2승에 비례하기 때문에 특히 연약토의 두께가 크고 중간에 배수층이 없는 경우에는 배수거리가 길어서 지반개량이 장기간 걸리게 된다. 이 경우 압밀시간의 단축을 위해서 지중에 배수를 위한 드레인을 타설하는 연직 드레인공법이 사용되는데 이 경우 주로 프리로딩공법과 병용해서 시공한다.

2) 설계

① 1차 압밀침하

지반에 처음부터P_d(설계하중)만을 재하 하였을 때 1차 압밀침하량과 시간의 관계를 나타내면 [그림 3.8]에 점선으로 표시한 곡선과 같이 되며 이 그림에서S_d는 최종 1차 압밀침하량을 의미한다. 동일지반의 설계하중보다P_s(초과하중)만큼 큰 하중을 재하 한다면 1차 압밀침하량과의 시간의 관계는 [그림 3.8]에 보이는 실선과 같이 되며 침하량의 크기가 설계하중에서의 최종 일차침하량S_d와 같아지는 시간 t_c가 경과하여 초과하중을 제거하여도 더 이상은 일차침하가 일어나지 않을 것으로 기대된다.

1차 압밀침하량과 시간과의 관계는 Terzaghi의 1차원 압밀이론을 이용하여 대략적으로 산출할 수 있다.P_d를 재하 할 때와 설계하중에다 초과하중을 합한 하중, P_d+P_s를 재하 할 때 정규압밀 점토의 침하량 식은,

$$S_d = \frac{C_c}{1+e_0} \cdot H \cdot \log\left(\frac{\sigma'_0 + P_d}{\sigma'_o}\right) \quad \text{식(3.1)}$$

$$S_{d+s} = \frac{C_c}{1+e_0} \cdot H \cdot \log\left(\frac{\sigma'_0 + P_d + P_s}{\sigma'_o}\right) \quad \text{식(3.2)}$$

여기서, H : 양면배수조건하에서의 압밀층 두께

e_0 : 초기간극비

Cc : 압축지수

σ'_o : 압밀층이 받고 있던 지반의 자중에 의한 유효연직하중(tf/m^2)

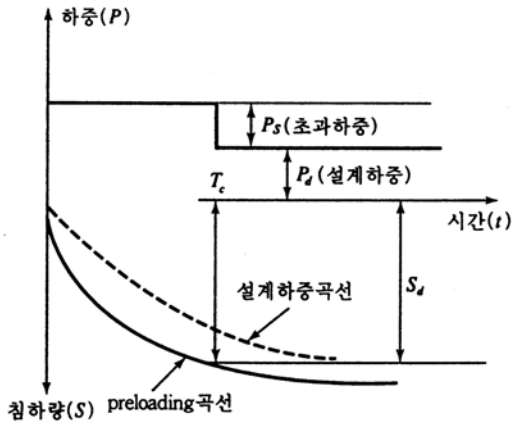
프리로딩 하중하에서 지반의 압밀침하량이 Sd에 이르는 시간 tc 경과 후의 평균압밀도를 Uc라고 하면 아래와 같은 식이 성립한다.

$$S_d = U_c \cdot S_{d+s} \quad \text{식(3.3)}$$

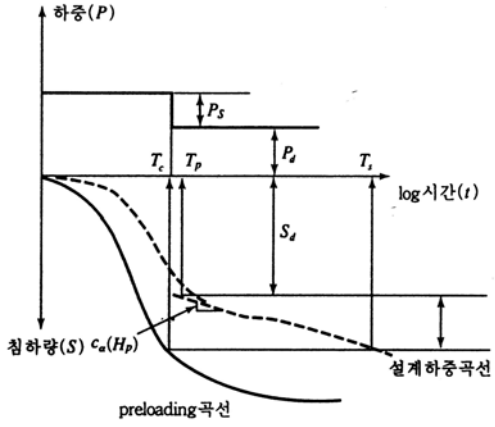
이 식을 식 (3.1), (3.2)에 대입하여 Uc에 대하여 정리하면,

$$U_c = \log\left(1+\frac{P_d}{\sigma'_0}\right) / \log\left[1+\left(\frac{P_d}{\sigma'_0}\right)\left(1+\frac{P_S}{P_d}\right)\right] \quad \text{식(3.4)}$$

가 된다. 즉, 개량하고자 하는 지반에 프리로딩을 하고 평균 압밀도가 Uc에 이르는 시간 tc가 경과한 후 초과하중을 제거하면 설계하중에서 이론상 더 이상의 침하가 발생하지 않는다. 그러나 실제의 시공시에는 성토가 순간적으로 재하되는 것이 아니며 또한, 여성토 제거시 약간의 리바운드가 일어나므로 압밀촉진 효과가 다소 손실될 수 있다.



[그림 3.8] 프리로딩에 의한 1차 압축침하



[그림 3.9] 압축침하 제거를 위한 제거시간

② 2차 압축침하

압축성 지반에 하중을 가할 때 발생하는 지반침하는 1차 압밀에 의한 것뿐만 아니라 크기는 이에 비해 훨씬 작지만 2차 압축에 의한 침하도 포함하고 있다. 프리로딩공법을 이용하여 설계하중에서 2차 압축침하가 일어나지 않도록 하려면 1차 압밀침하방지를 위해서 행한 것과 비슷한 방법으로 프리로딩하중의 재하시간을 산출하여야 한다. 이때, 필요한 가정은 다음과 같다.

(가) 설계하중(P_d)하에서 1차 압밀침하(S_d)는 시간, t_p에 완료된다([그림 3.9]참조).

(나) 1차 압밀이 완료된 후에는 2차 압축이 일어나며 임의의 시간 t_s에서 2차 압축에 의한 침하량(S_s)은 다음과 같은 식으로 산출한다.

$$S_s = C_a' H_p \log \frac{t_S}{t_p} \qquad \text{식(3.5)}$$

여기서, H_p : 시간 t_p에서의 압밀층 두께

$C_a' = (C_a/(1+e_0))$: 2차 압축계수

앞에서 설명한 1차 압밀관계식들과 식 (3.5)를 이용해서 프리로딩에 의한 1차 압밀침하량이 설계하중에서 2차 압축을 고려한 침하량 S_d+S_s 보다 크게 되는 때는 평균압밀도(U_c)를 나타내는 식을 구하면 다음과 같이 된다.

$$U_c = \left(1 - C_{as} \log \frac{t_s}{t_p}\right) \log\left(1 + \frac{P_d}{\sigma'_o}\right) / \log \left[\frac{1 + \left(\frac{P_d}{\sigma'_o}\right) + \frac{C_a}{C_c}(1+e_0) \log \frac{t_s}{t_p}}{\left(1 + \frac{P_s}{P_d}\right)} \right] \qquad \text{식(3.6)}$$

평균압밀도(U_c)가 얻어지는 시간 t_c는 일상적인 방법으로 구할 수 있으며, 2차 압축침하를 산정하는 시간 t_s는 목적구조물의 수명이나 기타 사항 등을 고려해서 결정한다.

③ 프리로딩 기간 결정

일반적으로 프리로딩의 결정시에는 압성토재료 및 시공지반의 위치와 주변환경 등을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

④ 재하 단계의 결정

연약점토층에 프리로딩공법을 적용하는 중에는 압밀에 의한 강도증가가 수반된다. 이 강도증가를 고려하여 재차 한계 성토고 만큼 성토시공하고, 이것을 반복하여 필요한 성토고만큼 성토시공 해야 한다.

$$\text{한계 성토고} : H_c = \frac{q_{ll}}{\gamma_t \cdot F_s} = \frac{5.5c_u}{\gamma_t \cdot F_s} \qquad \text{식(3.7)}$$

여기서, q_{ll} : 극한지지력(=5.5 c_u)

γ_t : 흙의 단위중량(tf/㎥)

F_s : 안전율(보통 1.2)

(가) 1단계 재하 성토고(한계 성토고)

$$H_1 = \frac{5.5c_0}{\gamma_t \cdot F_s}$$

압밀 후 점착력 : $c_1 = c_0 + \Delta c_1 = c_0 + \alpha \cdot H_1 \gamma_t \cdot \mu \cdot U$

(나) 2단계 재하 성토고

$$H_2 = \frac{5.5c_1}{\gamma_t \cdot F_s}$$

유효재하성토고 : $H_2' = H_2 - H_1$

압밀 후 점착력 : $c_1 = c_0 + \Delta c_1 + \Delta c_2$

$$= c_0 + \alpha \cdot H_1 \gamma_t \cdot \mu \cdot U + \alpha \cdot H_2 \gamma_t \cdot \mu \cdot U$$

(다) 3단계 재하 성토고

$$H_3 = \frac{5.5c_2}{\gamma_t \cdot F_s}$$

유효재하성토고 : $H_3' = H_3 - H_2$

여기서, c_0 : 연약지반 상부층의 초기점착력(tf/㎡)

c_1, c_2 : 1단계 및 2단계 성토 후 점착력(tf/㎡)

H_1, H_2, H_3 : 1, 2, 3단계 각각의 전 재하고(m)

H_1', H_2', H_3' : 1, 2, 3단계 각각의 성토재하고(m)

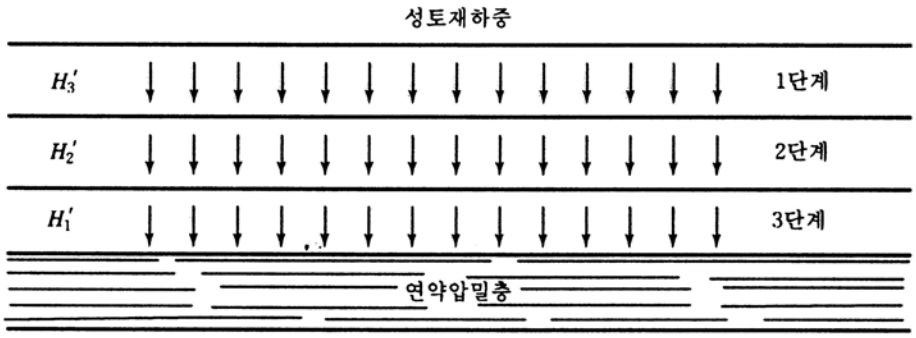
U : 압밀도(보통 80% 적용)

μ : 지중응력분포계수(지표부 : μ =1.0)

$\alpha = \Delta c / \Delta P$: 강도증가율(보통 0.25)

Δc : 압밀에 의한 점착력 증가분

이런 식으로 소요 재하고 만큼 계산을 계속해 나간다.



[그림 3.10] 재하단계

상기와 같은 방법으로 재하단계를 반복하여 단계재하를 한다. 또한, 성토 후 성토법면에 대한 안정성 검토는 SLOPE/W나 TALREN 97등의 해석프로그램을 이용하여 안전율에 만족하도록 한다.

(2) 샌드 드레인공법

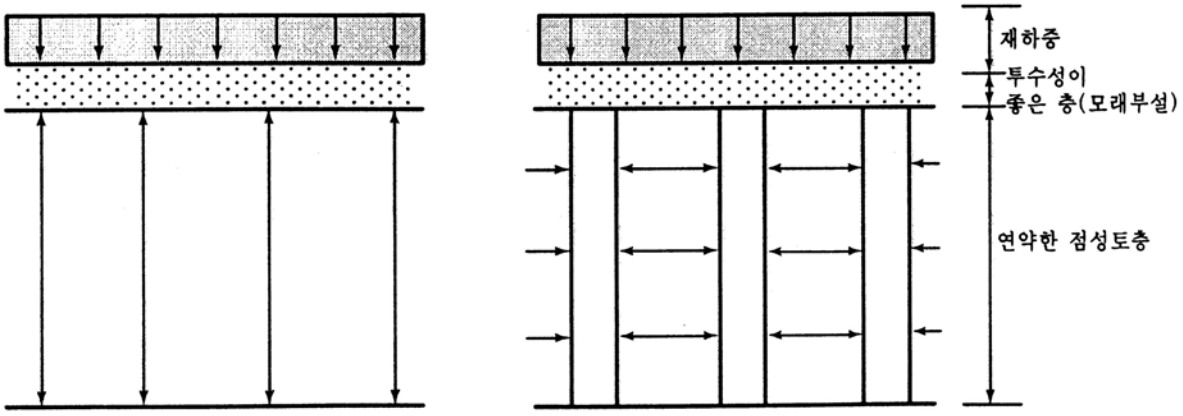
1) 기본개요 및 원리

샌드 드레인공법은 연약점토층에 샌드 파일을 타설하여 강재압밀배수를 촉진시킴으로서 재하중에 의하여 생기는 압밀침하를 단기간에 진행시키고 압밀에 따른 지반강도를 증가시키는 공법이다.

연약지반에 성토 등의 하중이 재하되면 그 재하에 의해 지반 내에 과잉간극수압이 생기고 배수층과의 사이의 수두구배에 의해 배수가 일어나 압밀이 되지만 연약지반이 두껍고 그 사이에 배수층이 없으면 [그림 3.11(a)]처럼 투수경로가 길어지므로 압밀에 요하는 시간이 길어지게 된다. 지반에 샌드 드레인을 조성하면 이것이 배수층이 되므로 [그림 3.11(b)]처럼 배수거리가 짧아져 압밀이 촉진된다. 따라서 연약지반에 성토나 그 밖의 구조물을 재하시키는데 있어서는 지반붕괴를 일으키는 일은 없으나 침하량이 크고 이것이 장기간에 걸쳐서 계속되는 것에 지장이 있을 경우에는 소요 기간 내에 압밀이 종료되는 간격으로 샌드 드레인을 조성함으로써 그 목적을 달성시킬 수 있다.

또, 재하중에 의한 지반붕괴의 염려가 있을 때에는 샌드 드레인을 조성한 다음 일단 지반붕

괴를 일으키지 않는 하중을 제 1차 하중으로 재하하여 압밀을 촉진시키고 이에 의해 증대된 지반강도하에서 붕괴를 일으키지 않는 제 2차 하중을 재하하는 방식으로 재하를 추가해 나가면 연약지반상에서도 안전하게 재하중을 재하할 수 있다.



(a) 처리하지 않은 경우 (b) 샌드드레인을 타설한 경우

[그림 3.11] 공법의 원리

2) 설계

① 설계하중에 의한 지반 내 연직응력은 탄성이론에 의한 Boussinesq의 해석을 기본으로 한다.

$$\sigma_z = I_z \cdot Q \ (tf/m^2) \qquad 식(3.8)$$

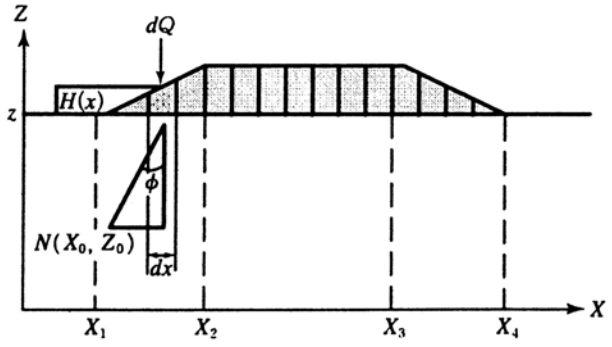
여기서, σ_z : 지반 내 연직응력(tf/㎡)

Q : 설계하중(tf/㎡)

$$I_z(X_0,\ Z_0) = \frac{1}{Q} \cdot \int_{x1}^{x4} d\sigma_z$$

$Q = \gamma \cdot H$ (γ : 단위체적중량, H : 높이)

I_z : 연직응력계수



[그림 3.12] 지반 내 응력표시

② 압밀도 및 압밀침하시간

Terzaghi의 1차원 압밀이론을 적용하여 평균압밀도를 계산하며, 산정식은 다음과 같다.

(가) 자연지반

$$U_v = f(T_v) \qquad t = \frac{H^2 \cdot T_v}{C_v} \qquad \text{식(3.9)}$$

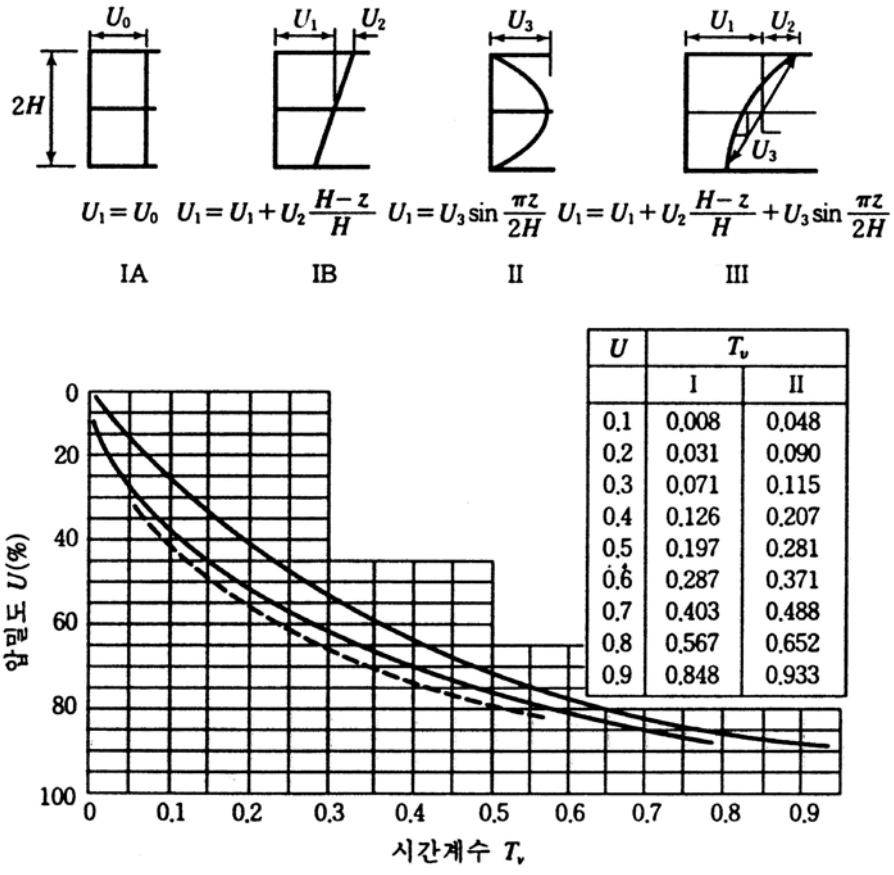
여기서, U_v : 압밀도

T_v : 시간계수

t : 시간

H : 배수거리

C_v : 압밀계수



U	T_v	
	I	II
0.1	0.008	0.048
0.2	0.031	0.090
0.3	0.071	0.115
0.4	0.126	0.207
0.5	0.197	0.281
0.6	0.287	0.371
0.7	0.403	0.488
0.8	0.567	0.652
0.9	0.848	0.933

[그림 3.13] 초기간극수압 분포에 따른 Ui의 산정 및 1차원 압밀과정(Tv -U 관계)

(나) 드레인 타설지반

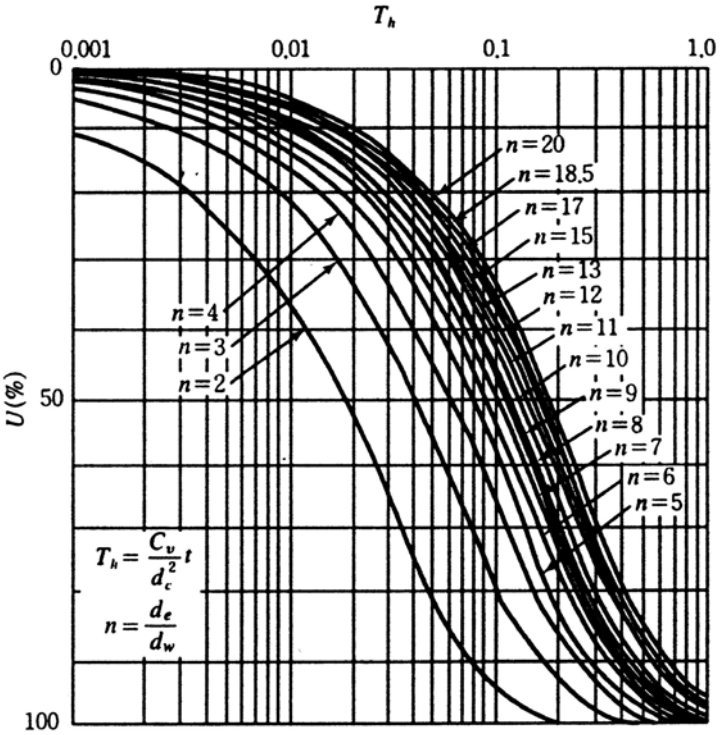
드레인 타설지반의 간극수압은 Terzaghi의 1차원 압밀방정식을 Rendulic의 3차원으로 확장시킨 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 u}{\partial \gamma^2} + c_h \left[\frac{\partial^2 u}{\partial \gamma^2} + \frac{1}{\gamma} \frac{\partial u}{\partial \gamma} \right] \quad \text{식(3.10)}$$

여기서 수평방향만 주목하면 식 (3.11)로 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = c_h \left[\frac{\partial^2 u}{\partial \gamma^2} + \frac{1}{\gamma} \frac{\partial u}{\partial \gamma} \right] \quad \text{식(3.11)}$$

이 풀이는 Glover(1930), Garrillo(1942)를 거쳐 Barron(1948)에 의해 정리된 풀이는 다음과 같다. 이러한 수치를 풀이하면 [그림 3.14]와 같으며, U-T_h-n의 관계를 사용함으로써 샌드드레인을 설계할 수 있다.



[그림 3.14] Drain에 의한 압밀과정(n의 변화에 따른 U-T_h 관계)

$$u = \frac{4u_0}{de^2 F(n)} \left[\gamma^2 \ln\left(\frac{\gamma}{\gamma_w}\right) - \frac{\gamma^2 - \gamma_w^2}{z} \right] \exp\left(-\frac{\delta T_h}{\delta F(n)}\right) \quad \text{식(3.12)}$$

$$U_h = f(T_h) = 1 - \exp\left(-\frac{8 \cdot T_h}{F(n)}\right) \quad \text{식(3.13)}$$

여기서, $F(n) = \frac{n^2}{n^2-1} \cdot \ln(n) - \frac{3n^2-1}{4n^2}$

$$t = \frac{(de^2)}{C_h} \cdot T_h$$

$$n = \frac{d_e}{d_w}$$

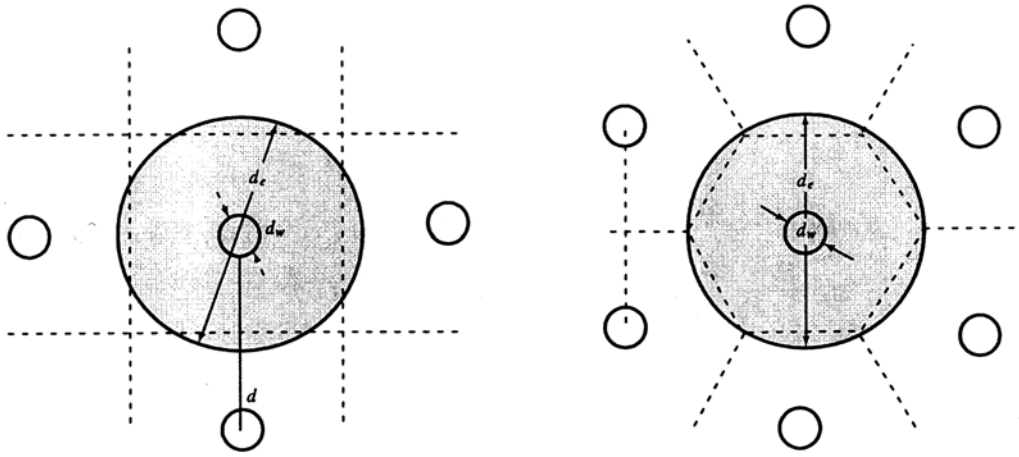
상기의 식은 수평방향 배수에 의한 압밀만을 고려한 경우인데 실제로는 이밖에 연직방향으로 향하는 배수에 의한 압밀도 동시에 실시되므로 시간에 대한 연약토층 전체 응력에 관한 압밀도는 같은 시간에 대한 수평방향 압밀도와 동시에 연직방향의 압밀도를 구하고 식(3.14)로 계산할 수 있다.

$$U = 1-(1-U_h)(1-U_v) \qquad \text{식(3.14)}$$

그러나 일반적으로 샌드 드레인 간격에 비해 연약토층의 두께가 크기 때문에 연직방향의 압밀은 무시되는 경우가 많다.

(다) 드레인의 유효범위

샌드 드레인의 조성은 그 평면상의 배치로서 정삼각형이나 정사각형이 되지만 이 때 하나의 샌드 드레인 유효범위는 각 드레인에 대하여 등거리에 있는 면으로 싸여진 정육각형 또는 정방형이 된다. [그림 3.15]는 이 관계를 나타낸 것으로 이 유효범위 내의 물은 모두 그 중심에 있는 샌드 드레인을 통해서 배수되므로 이 유효범위를 형성하는 면을 통해서 출입하는 물은 없는 것으로 생각한다.



(a) 정방향 배치 (b) 정삼각형 배치

[그림 3.15] 드레인의 유효범위

- 정삼각형 배치 : d_e = 1.050 · d
- 정사각형 배치 : d_e = 1.128 · d

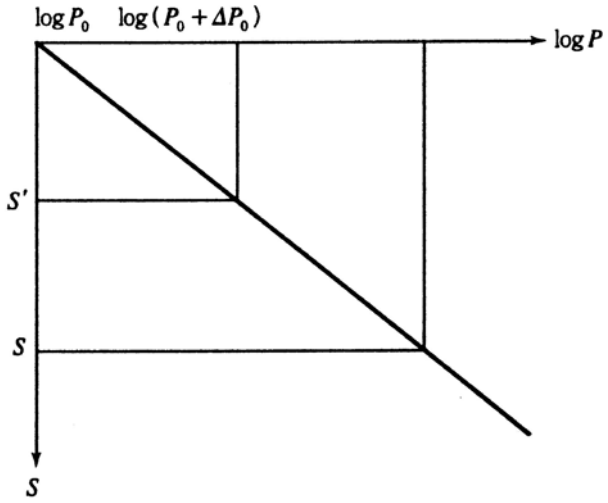
여기서, d_e : 샌드 드레인의 유효경

d_w : 샌드 드레인의 파일직경

d : 샌드 드레인의 간격

(라) 압밀침하량

정규압밀점토에서 체적압축계수가 하중에 대응하여 변화하는 것을 고려하면 아래 그림에서와 같이 침하와 하중의 직선관계가 성립된다.



[그림 3.16] 침하와 하중과의 관계

$$S' : S = \{\log(P_0 + \Delta P') - \log P_0\} : \{\log(P_0 + \Delta P) - \log P_0\}$$

$$S' = \frac{S\log\dfrac{P_0 + \Delta P'}{P_0}}{\log\dfrac{P_0 + \Delta P}{P_0}} \qquad \text{식(3.15)}$$

$$\Delta P = P_O\left[\left(\frac{P_0 + \Delta P}{P_0}\right)^U - 1\right]$$

침하량 S는$P_m = (P_0 + \Delta P') + \Delta P/2$에 의해 체적압축계수를 구하여 침하량을 산정한다.

여기서, $S = m_v \cdot H_n \cdot \Delta P \cdot \mu_c$

v : 압밀침하량

m_v : 체적압축계수

P_0 : 유효상재하중

ΔP : 증가 하중

H_n : ΔP에 의한 침하량 ΔS를 감한 압밀층 두께($H_n = H - \Delta S$

H : 압밀층 두께

S′ : 임의의 압밀도에 대한 압밀침하량

$\Delta P'$: 임의의 압밀도에 대한 압밀증가응력

U : 압밀도

μ_c : 응력 저감계수(SCP 적용 해당)

$$\mu_c = \frac{1}{(n-1)F_v + 1}$$

n : 응력분담비(샌드 드레인 : n=1, SCP : n=2~3)

F_v : 모래치환율

(마) 점성토의 강도증가

$$c = c_0 + (c/P)\Delta PU \qquad \text{식(3.16)}$$

여기서, c : 점착력

c_0 : 초기점착력

P : 상재하중

ΔP : 증가 하중

c/P : 점착력 증가계수(=0.25)

U : 압밀도

(바) 지지력에 대한 안정검토

설계하중에 대한 지중압력과 Terzaghi 지지력공식(수정식)에 의하여 허용지지력을 검토한다.

$$q_a = \frac{1}{F_s} \cdot (\alpha \cdot c \cdot N_c + \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_r + \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q) \qquad \text{식(3.17)}$$

여기서, q_a : 허용지지력(tf/m^2)

c : 기초저면에 있는 지반의 점착력(tf/m^2)

B : 기초의 최소폭(m)

D_f : 기초의 근입심(m)

γ_1 : 기초저면 하부지반의 단위체적중량(tf/m^3)-지하수위고려

γ_2 : 기초저면 상부지반의 단위체적중량(tf/m^3)-지하수위고려

α , β : 기초의 형상계수

N_c , N_r , N_q : 지지력계수

F_s : 안전율(장기:2.0 이상, 단기:1.5 이상)

(사) 원호활동에 대한 안정검토

전응력해석법(Su)에 의하여 검토하면,

$$F_s = \frac{R\Sigma(c \cdot l + W' \cdot \cos\alpha \cdot \tan\phi)}{\Sigma W \cdot X + \Sigma H \cdot a}$$

$$= \frac{\Sigma(cb = W'\cos^2\alpha \cdot \tan\phi)\sec\alpha}{\Sigma W \cdot \sin\alpha + \frac{1}{R}\Sigma H \cdot a} \quad \text{식(3.18)}$$

여기서, F_s : 활동에 대한 안전율(Pre-Load : 1.15, 설계하중 : 1.25)

R : 활동의 반경(m)

c : 흙의 점착력(tf/m^2)

ϕ : 흙의 내부마찰각(°)

l : 분할편의 저변장(m)

b : 분할편의 폭(m)

W' : 분할편의 유효증량(흙의 단위중량+재하중)(tf/m)

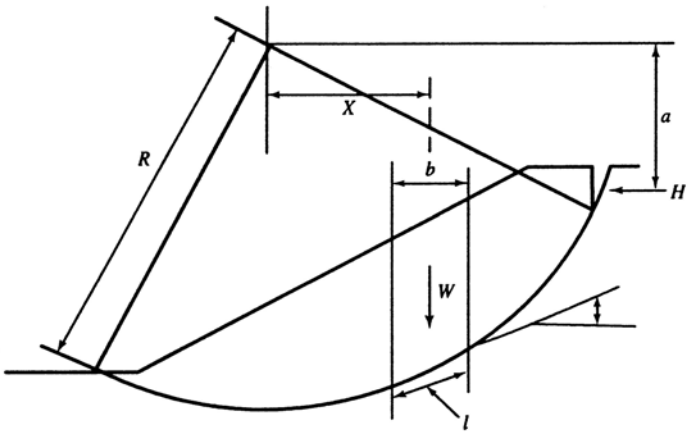
W : 분할편의 전중량(흙과 물의 전중량+재하중)(tf/m)

α : 분할편저변의 경도(아래 그림의 경우를 정으로 함)(°)

X : 분할편의 중심과 활동원 중심간의 수평거리(m)

H : 활동원 내의 토괴에 작용하는 수평력(수압, 지진력, 파압 등)(tf/m)

a : 활동원 중심에서 외력작용점까지의 거리(m)



[그림 3.17] 원호 활동면에 대한 사면의 안정계산

(아) 복합지반의 전단저항

$$\tau_{sc} = (1 - F_v) \cdot c + F_v(\mu_s \cdot \sigma + \gamma_s \cdot z)\tan\phi_s \cdot \cos^2\theta \quad \text{식(3.19)}$$

여기서, τ_{sc} : 복합지반의 전단저항

F_v : 모래치환율($F_v = A_S/A$)

c : 점성토의 점착력

μ_s : 응력집중계수$\left(\mu_s = \frac{n}{1-(n-1)F_v},\quad n = \frac{\sigma_s}{\sigma_c}\right)$

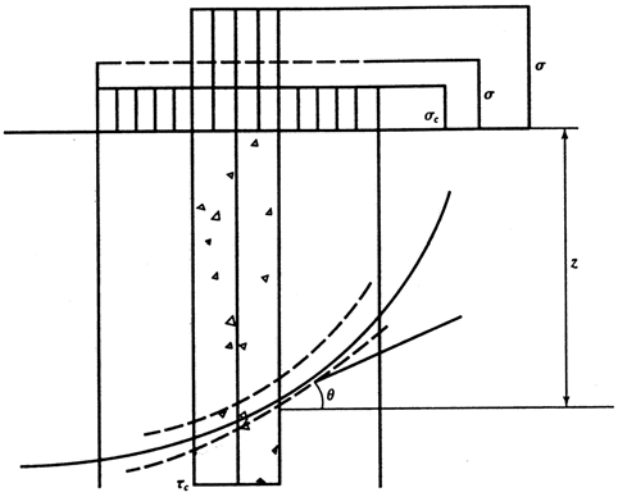
σ : 하중

γ_s : 모래의 단위체적중량

z : 심도

ϕ_s : 모래기둥의 내부마찰각

θ : 활동선이 수평면과 이루는 각



[그림 3.18] 복합전단

(자) 샌드 파일의 직경과 간격

가) 직경 : 일반적으로 30~50cm(40cm)

나) 간격 : 일반적으로 샌드 파일의 간격은 압밀에 소요되는 시간과 그 시간에 도달하는 압밀도(성토의 안정과 잔류침하량에 의한 것)에 의해서 구한다. 즉, 압밀도 Uh가 소정의 값에 도달할 때까지 걸리는 시간 t를 위의 식을 이용하여 구한다.

(3) 모래다짐말뚝공법

1) 기본개요 및 적용성

모래 다짐말뚝공법은 모래 또는 점성토로 이루어진 연약지반에 모래를 압입하여 비교적 잘 다져진 모래말뚝을 조성하는 지반개량공법으로서 컴포져(Composer)공법이라고 한다. 모래 다짐말뚝공법은 다지기・보강・압밀배수 등의 목적으로 지반을 개량하며, 단일 시공기계로

지반, 점성토 지반, 사석지반 등의 거의 모든 지반에 사용이 가능하며, 본 공법의 개량목적은 <표 3.14>와 같다. 점성토 지반에서 모래 다짐말뚝공법의 적용은 주로 교대의 측방유동을 방지하기 위하여 사용된다. 점성토 지반에서 모래다짐말뚝공법은 표준관입시험의 N값이 10 이하인 경우에만 그 효과가 있으며, N값이 10이상인 경우는 진동에 의하여 주변 지반에 피해가 발생할 수 있다.

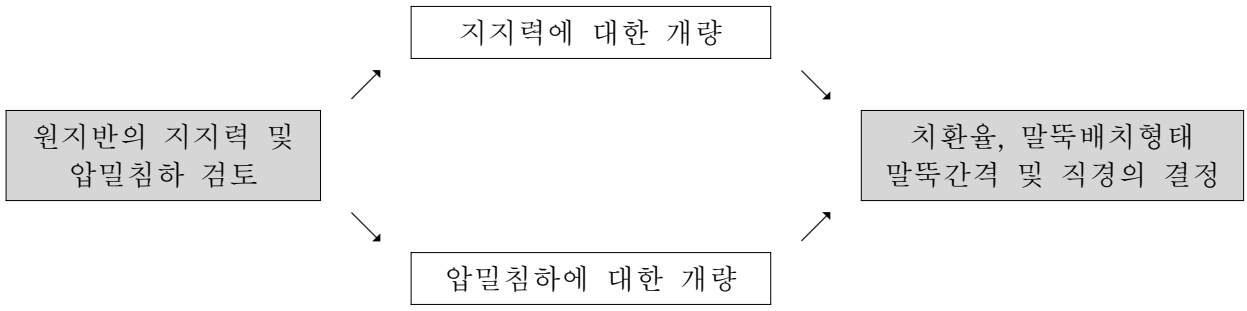
<표 3.14> 모래다짐말뚝공법의 개량목적

대상지반	사질토	• 액상화 방지 • 전단저항 및 수평저항 증대 • 침하량의 절대치 감소 • 다짐에 의한 지반의 균일화
	점성토	• 복합지반 형성 – 전단저항 증대, 지지력 증대, 슬라이딩 파괴 방지, 부등침하 방지 • 모래말뚝의 응력집중 효과 – 압밀침하 감소

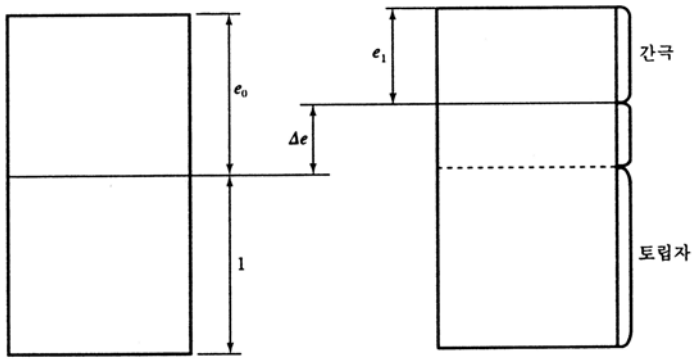
2) 설계

모래다짐말뚝의 설계는 크게 사질토와 점성토 지반에 대해 나눌 수 있으며, 설계의 과정은 아래와 같다.

① 전반적인 설계의 흐름도



② 사질토지반에 대한 개량원리



[그림 3.19] 사질토지반에 대한 개량원리

$$a_s = \frac{e_0 - e_1}{1+e_0} = \frac{\Delta e}{1+e_0} = \frac{A_s}{A}$$ 식(3.20)

여기서, a_s : 모래의 압입율(치환율)

e_0 : 개량 전 원지반의 간극비

e_1 : 개량 후 원지반의 간극비

③ 사질토지반에 대한 설계

(가) 방법 I : 시공실적에 따른 간이도표를 이용

가) N치에 의해 원지반의 지지력 및 침하량 산정 → 개량여부결정

$$q_{ult} = \beta \cdot B \cdot \gamma_1 \cdot N_r + \gamma_2 \cdot D_r \cdot N_q \quad \text{(Terzaghi)}$$

$$S = 0.4 \cdot \frac{p_0}{N} \cdot H \cdot \log\frac{p_0 + \Delta P}{p_0} \quad \text{(cm)}$$

나) 소요 N치를 산정(N_1) ----- 위의 식을 이용

다) 원지반 N치 N_0와 N_1으로 [그림 3.20]을 이용하여 모래의 치환율 a_s를 산정

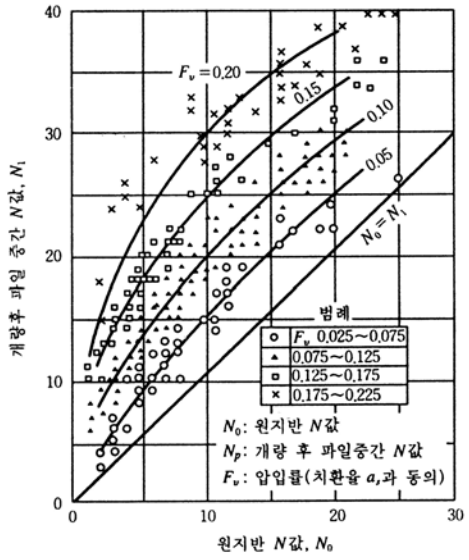
라) a_s로부터 모래말뚝간격 x를 구한다.

㉮ 정방형 배치 : $a_s = \frac{A_s}{A} = \frac{A_s}{x^2}$

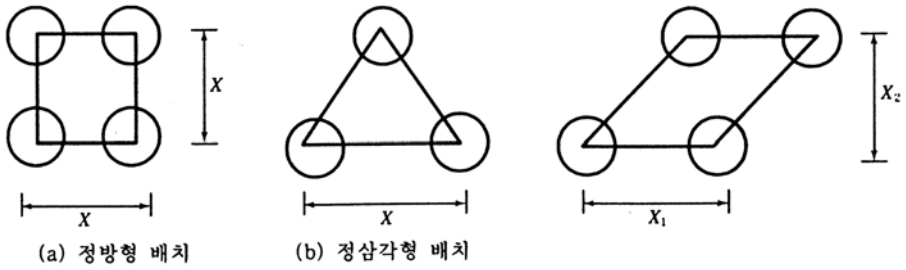
㉯ 정삼각형 배치 : $a_s = \frac{A_s}{A} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{A_s}{x^2}$

A : 모래말뚝 1개가 분담하는 면적,

A_s : 모래말뚝단면적, x : 모래말뚝간격



[그림 3.20] 모래의 치환율



[그림 3.21] 모래다짐말뚝의 배치

(나) 방법Ⅱ

Gibbs-Holtz의 N-Dr-e 관계도표 및 입경·입도, e_{max}, e_{min}의 관계도표를 이용하는 이 방법은 N치에서 간극비를 구할 때 유효상재압을 가정할 필요가 있지만 실제 설계에서는 편의적으로 개량대상층 심도의 1/2 또는 1/3 가량의 흙피복압을 유효상재압으로 취한다.

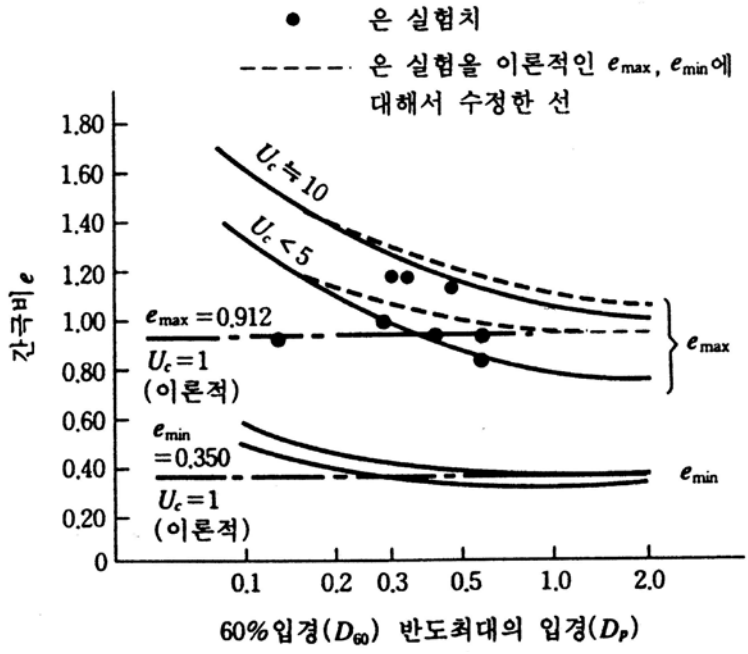
가) 원지반의 N치 N_0와 소요 N치 N_1을 구한다.

나) 원지반입도(D60, Dp)에서 [그림 3.22]를 이용하여 e_{max}와 e_{min}을 구한다.

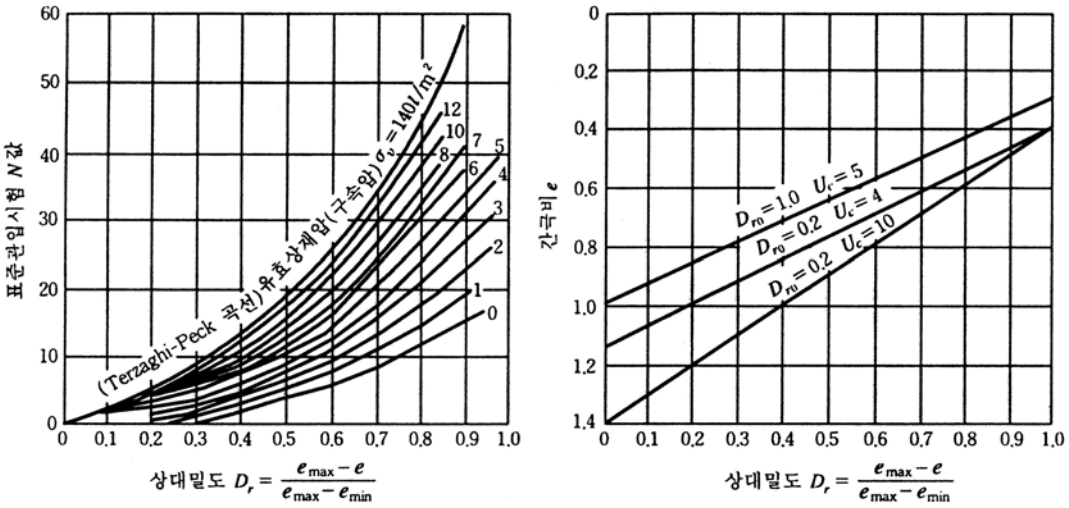
다) Dr과 e의 직선을 [그림 3.23]에 도시한다.

라) N치-상재압-간극비관계하에서 N_0, N_1의 변화에 따른 Δe를 구하여 a_s를 산정한다.

마) a_s로부터 말뚝간격 x를 구한다.



[그림 3.22] 입경·입도 및 e_{max}, e_{min}의 관계



[그림 3.23] 모래다짐말뚝공법에서의 N-D_r-e의 관계

(다) 방법 Ⅲ

이 방법은 근본적으로 방법 Ⅱ와 같지만 세립분으로 인한 개량효과의 저하를 고려하였다.

가) F_c에 의한 e_{max}, e_{min}의 산정 $\quad e_{max} = 0.02 \cdot F_c + 1.0$

(F_c : 세립분 함유율 %) $\quad e_{min} = 0.08 \cdot F_c + 0.6$

나) N_0 및 구속압 σ_v(kgf/㎠)에 의한 D_{r0} 및 e_0 산정

$$D_{r0} = 21 \cdot \sqrt{\frac{N_0}{0.7+\sigma_v}}$$

$$e_0 = e_{max} - \frac{D_{r0}}{100} \cdot (e_{max} - e_{min})$$

다) 증가 N치에 있어 세립분에 의한 저감율 β 산정

$$\beta = 1.05 - 0.5 \cdot \log F_c$$

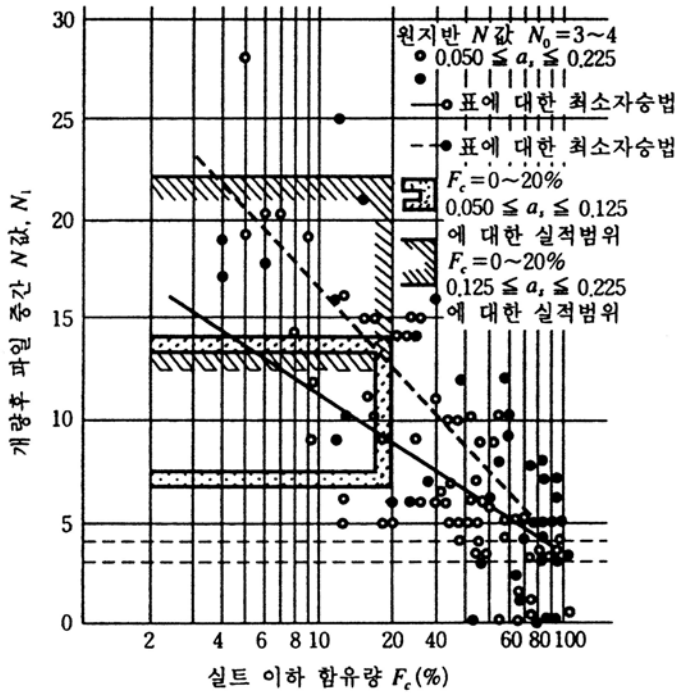
라) 저감율 β를 고려한 수정 N치 N_1'를 산정

$$N_1' = N_0 + \frac{(N_1 - N_0)}{\beta}$$

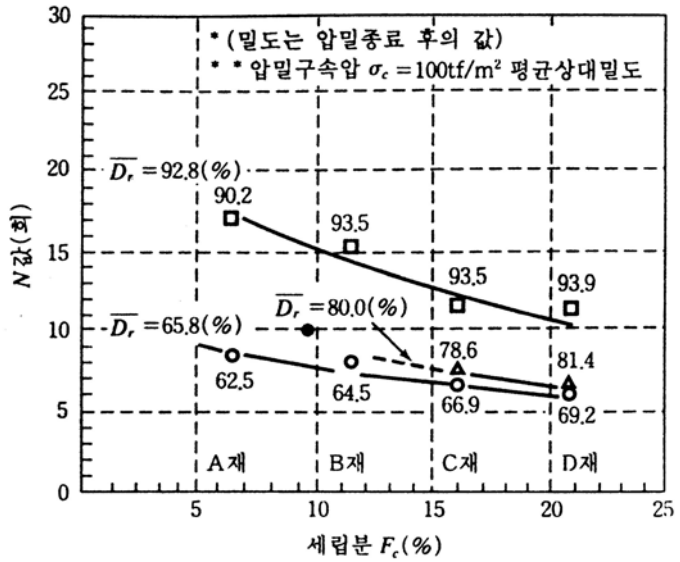
마) 앞의 나)식에서 N_0를 N_1'로 바꾸어 e_1을 산정

바) e_0, e_1을 이용하여 a_s를 산정

사) a_s에서 모래말뚝간격 x를 산정



[그림 3.24] 세립분 함유율과 개량 후의 N값



[그림 3.25] N값과 F_c의 관계

④ 점성토지반에 대한 개량원리

모래말뚝과 점성토로 이루어진 복합지반 속에서 수직방향의 응력균형원리로 응력분담비 n과 치환율 a_s이 산정되면 이를 이용하여 모래말뚝응력 σ_c, 점토응력 σ_s가 구해지고 이로부터 복합지반의 안정 및 침하를 고려한다.

⑤ 점성토지반에 대한 설계

(가) 응력분담 산정

$$\sigma \cdot A = \sigma_s \cdot A_s + \sigma_c (A - A_s) \qquad \text{식(3.21)}$$

여기서, σ_s : 모래말뚝응력

σ_c : 점성토응력

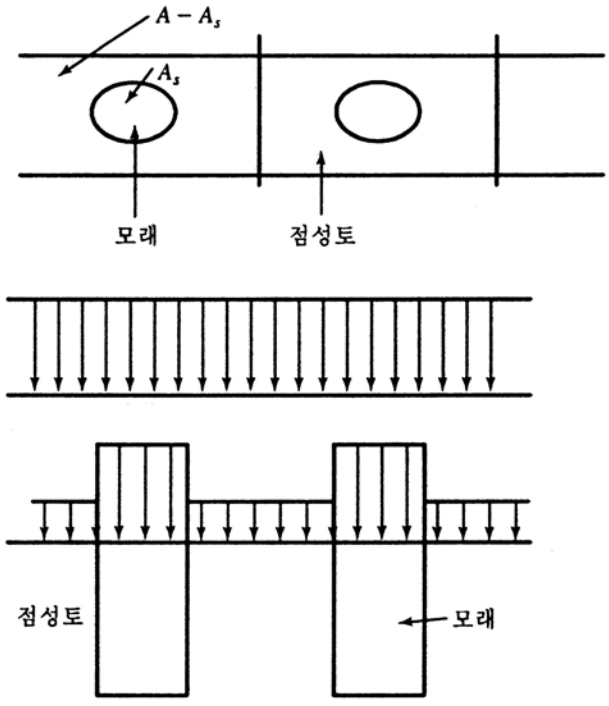
가) 모래 및 점토의 응력 σ_s, σ_c 산정

$$\sigma_s = \frac{n}{1+(n-1)\cdot a_s} \cdot \sigma = \mu_s \cdot \sigma \qquad \text{식(3.22)}$$

$$\sigma_c = \frac{n}{1+(n-1)\cdot a_s} \cdot \sigma = \mu_c \cdot \sigma \qquad \text{식(3.23)}$$

여기서, 응력분담비 $n = \sigma_s/\sigma_c$ 또는 E_s/E_c

모래압입률 $F_v = A_s/A(=a_s)$



[그림 3.26] 복합지반의 응력상태

나) 복합지반의 전단강도(슬라이딩 저항) 산정

㉮ 복합지반의 전단강도 :

$$\tau_{sc} = \tau_c + \tau_s$$
$$= (1-F_v)\cdot c_c + F_v \cdot (\mu_s \cdot \sigma + \gamma_s \cdot z) \cdot \tan\phi_s \cdot \cos^2\theta \qquad \text{식(3.24)}$$

여기서, τ_c : 점성토의 전단강도

τ_s : 샌드 파일부분의 전단강도

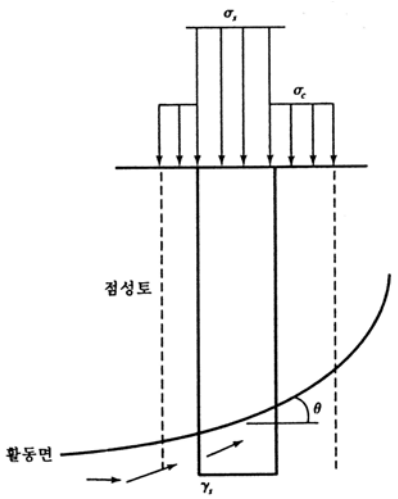
F_v : 모래압입률

γ_s : 샌드 파일의 단위체적중량

c_c : 원지반 점착력

ϕ_s : 샌드 파일의 내부마찰각

θ : 활동선이 수평면과 이루는 각



[그림 3.27] 복합전단

㉯ 압밀에 의한 점착력 증가(지반의 강도증가) :

$$c = c_0 + \mu_c \cdot \sigma \cdot U \cdot \alpha \qquad \text{식(3.25)}$$

여기서, c : 압밀 후 점착력

U : 압밀도

c_0 : 점착력

α : 지반의 강도증가율 ($\alpha = c_U/\rho = 0.25-4$)

ρ : 수직 응력

㉰ 압밀 후 전단강도 산정 :

$$\tau_{sc} = (1-F_v) \cdot (c_0 + \mu_c \cdot \sigma \cdot U\alpha) + F_v \cdot (\mu_s \cdot \sigma + \gamma_s \cdot z) \cdot \tan\phi_s \cdot \cos^2\theta \qquad \text{식(3.26)}$$

(나) 복합지반의 최종침하량(Sf) 산정

$$S_{0f} = m_v \cdot \Delta P \cdot H$$

여기서, S_{0f} : 원지반 최종침하량

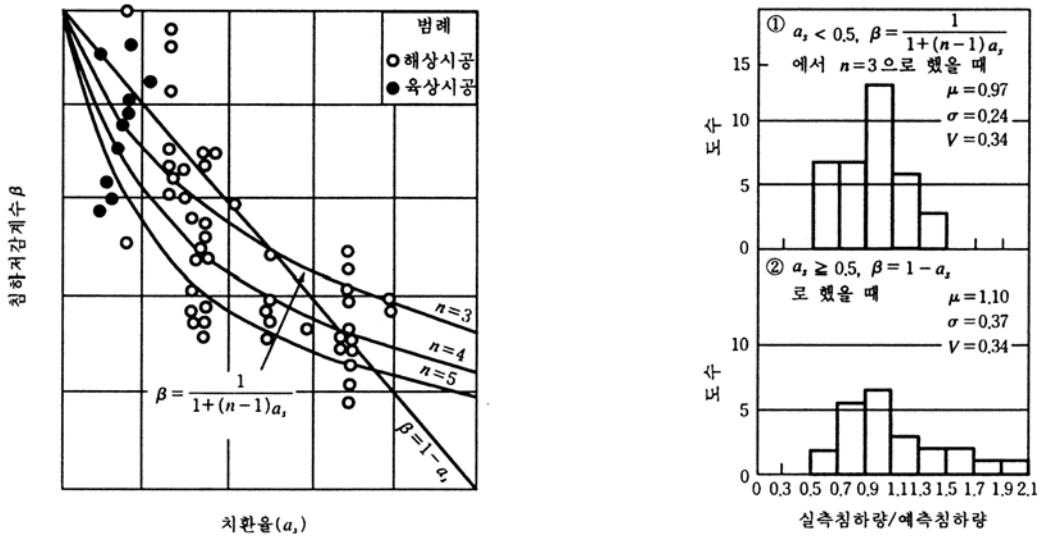
m_v : 원지반 체적압축계수

ΔP: 평균압밀하중

H : 압밀층 두께

S_f : 복합지반의 최종침하량, $S_f = \beta \cdot S_{0f}$ 식(3.27)

β : 응력저감계수 $\left(\beta = \dfrac{1}{1+(n-1)\cdot a_s}\right)$



(a) $\alpha_x - \beta$ 의 실적 (b) 침하예측정밀도

[그림 3.28] 응력저감계수 β의 이론치와 실측치의 비교

(다) 압밀시간의 산정

모래 다짐말뚝공법의 압밀경과시간 산정방법은 샌드 드레인의 경우와 같다. 단, 이 공법은 지반상에 대구경의 말뚝을 촘촘히 타입하기 때문에 교란효과를 고려(즉, 수평방향 투수성의 저하를 고려)하여 압밀시간을 산정하기도 한다.

가) Hansbo 방법

$$T_h = -\frac{F(n)}{8}\cdot \ln(1-U_h) \quad \text{식(3.28)}$$

여기서, $F = F(n) + F_s$

$$F_s = \left(\frac{K_h}{K_s} - 1\right)\cdot \frac{\ln d_e}{d_w}$$

나) Leonard방법 : d_w (말뚝직경)를 1/2~1/4로 감소시켜 적용

다) c_v만 아는 경우($c_h = c_v$) : $c_v' = \left(0.25 + \dfrac{0.016}{F_v}\right)\cdot c_v$

(4) 치환공법

1) 기본개요 및 원리

치환공법의 개량원리는 개량대상지반을 걷어 내거나 혹은 강제로 양질의 조립토로 치환함으로써 문제의 근원을 제거하는 것으로서 연약토를 걷어내는 방법에 따라 굴착치환공법과 강제치환공법으로 분류된다. 이 공법을 채택할 수 있는 전제조건은 첫째, 값싼 양질의 치환재를 확보할 수 있을 것 둘째, 굴착된 연약토에 대한 처리장을 확보할 수 있을 것 셋째, 지역개발을 위해서 어느 정도의 환경공해는 감수할 수 있다는 사회적 분위기 등이다.

2) 굴착치환공법

① 굴착치환공법의 개요

개량대상 지반을 클램쉘이나 펌프 등으로 소요깊이까지 굴착하여 연약토를 제거한 후 양질의 조립토로 치환하여 지반을 개량하는 공법으로서 특수한 장비가 필요하지 않고 공법 자체가 단순하면서 확실한 개량효과를 볼 수가 있다. 비교적 국내 실적이 풍부하고 기술이 확보되어 있어 시공시 수질오염의 확산을 막아 환경오염을 최소화한다면 적용 가능하다.

② 전면굴착/치환공법

연약한 기초지반을 완전히 제거하는 공법으로서 연약층의 두께가 얇을 때는(대략 3m 이하) 전면굴착치환공법을 채택하더라도 개량시간이 짧으므로 비교적 확실한 효과와 경제성을 확보할 수 있다.

③ 굴착 및 뒷채움 작업의 시행과 조사 방법

굴착 및 뒷채움 작업의 시행과 조사 방법은 다음과 같다.

• 시추와 시료채취	• 그래브 시료채취		
	• 굴착시추와 비교란 시료채취		
	• 수중에서의 철망 덫 시료채취		
	• 베인전단	• 침입도 시험	• 네덜란드 콘
	• 표준 침입도 시험	• 피조콘	• 압력계기
	• 팽창계기	• 시추공전단	• 판 지지력시험
• 실험실 시험	• 분류와 확인	• 다짐	• 투수성
	• 전단강도	• 압밀	• 피에조미터
	• 침하측정기	• 기울기 표시기	

④ 굴착치환공법의 전체적인 분석

굴착치환공법의 굴착법, 굴착토의 처리, 환경문제, 이용 가능지반, 공법 선정시 고려사항 등에 대하여 <표 3.15>에 나타내었다.

<표 3.15> 굴착치환공법

항 목	내 용
굴 착 기 계	• 연약층이 두꺼운 경우 : 드러그라인, 클램쉘 등 • 연약층이 얇고 용수도 적은 경우 : 백 호우 등
굴착토의 처 리	• 중요한 문제 : 처리지역의 이용도(주로 현장) • 운반용이성 • 처리비용 • 처리시간 이상의 내용들은 계획 또는 설계기간 동안 확정짓는다.
환 경 고 려	• 예비설계기간 동안 환경에 대해 중요한 고려를 하여 이에 관한 보고 내용을 준비한다. • 굴착토 처리는 처리지역에 나쁜 영향, 좋은 영향 등을 미칠 수가 있고 냄새와 여과문제를 고려한다. • 주위 깊은 처리작업으로 얻은 미관적 효과와 그 외 효과들은 중요하고 예비설계시 충분한 검토를 한다.
적 용 지 반	• 이 공법은 주로 유기지의 습지, 단단한 지반의 (5~6m) 밑에 있는 습지 등의 도로시공에 주로 이용한다. • 지하수위 아래 깊은 곳의 댐 시공과 산업개발용 개발계획에 이용
시 공 시 고려사항	• 비용문제 • 건조토질이나 밀도가 약한 모래, 폐 재료, 섬유성 유기질토에는 굴착깊이를 얕게 할 수 있으나 비탈면이 불안전해지고 단수문제가 발생할 수가 있다. • 본 공법은 수중굴착이 일반적으로 경제적이고 실용적이다. 수중굴착시 굴착지역의 수위는 굴착법과 관계없이 자연수위를 유지하므로써 굴착시 생길 수 있는 붕괴의 위험을 막는다. • 굴착법과 치환법을 선정할 때 환경적 요인이 가장 중요한 고려사항이 된다. 굴착토를 현장에서 처리할 수 없고 준설시 환경오염 문제를 방지할 수 없는 한 굴착의 적절한 처리에 어려움이 따르고 비용이 많이 들게 된다.

⑤ 부분굴착/치환공법

일부 지역에서는 단단하고 압축성이 약한 토질에 의해 연약토가 적당한 깊이로 밑에 놓여지는 경우가 있다. 이 연약지반의 표층을 제거하면 그 다음 층은 적합한 기초층이 된다. 이 공법의 경우에는 상부층을 제거하여 적절한 성토를 대체시키고 나머지 연약토는 처리하지 않

아도 되므로 경제적이라 할 수 있다. 이렇게 하였을 때 상부층은 섬유성의 이탄층이거나 연약한 유기질토가 되어 침하량이 커지는 반면 하부층은 연약하나 압축성이 적은 점토 실트토가 된다.

굴착하지 않은 비처리연약토는 시공 후 상당한 부등침하량이 생기게 되는데 이러한 부분굴착법은 도로시공에는 적합하지 않으나 압축층이 균일하고 두께가 고르며 침하량이 허용범위 내에 있는 지역은 상관없다. 이러한 지역은 현장조사와 예비실험을 철저히 실시하여야 한다.

이 부분굴착법은 침하문제 외에 안정성 문제를 안고 있다. 굴착되지 않은 지반은 너무 약하여 단계시공 압성토 경량성토 등을 하지 않고서는 제방을 지지할 수가 없다. 또한, 굴착과정 자체가 연약토의 퇴적현상을 만들거나 하중 연약토를 굴착시킬 수 있다. 굴착되지 않은 지반까지 영향을 미친 붕괴 표면에 대하여 제방의 안정성 분석을 실시할 필요가 있다.

3) 공법 설계

육상 공사시에는 연약지반의 강도나 지하수위에 관한 지반조사 결과에 따라 시공시의 검토로 굴삭깊이, 굴삭 법구배, 시공기계 배치에 의한 상재하중 등을 고려하여 안정계산을 실시하고 시공순서를 결정한다. 완성시에 대해서는 완성단면에 관한 안정과 침하의 검토를 한다. 침하에 대하여 완전치환단면의 경우 문제가 발생하지 않지만, 연약층의 일부를 남긴 부분치환을 실시한 경우에는 연약층 침하의 검토가 중요하다. 특히, 연약지반이 고유기질토의 경우에는 치환재가 되는 양질토와의 습윤밀도 차에 의해서 연약층이 장기간에 걸쳐서 침하하여 상부의 구조물에 피해를 미치게 된다.

치환재가 되는 양질토는 수침에 의해 서로 전단강도를 잃지 않고 지지력을 확보할 수 있는 모래 및 자갈 등의 조립재가 바람직하다. 굴삭에 의해서 생긴 비탈면의 안정은 굴삭깊이와 연약토의 전단강도에 의해서 정해진다. 굴삭 후는 가능한 한 신속히 치환재료로 메워서 비탈면 붕괴를 막아야 하며, 성토자중 강제치환공법 등의 강제치환을 한 경우, 사운딩 등에 의해 성토의 단면 형상파악을 실시하여 잔류침하 발생 가능성을 검토하여야 한다.

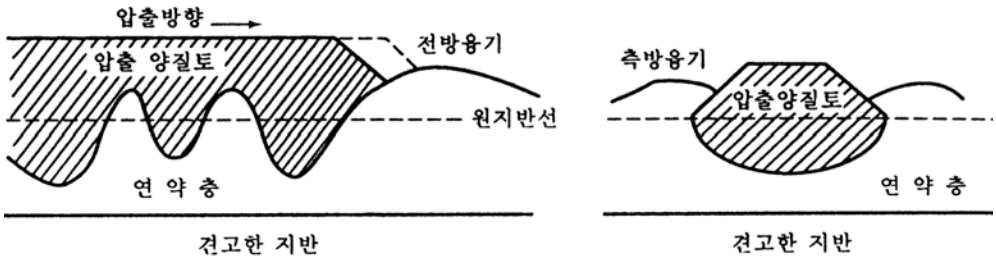
4) 강제치환공법

① 강제치환공법의 기본개요 및 원리

강제치환공법이란 직접 양질토를 연약지반상에 투하하여 그 자중으로 기초지반에 파괴를 일으켜 연약토를 주위로 배제하므로서 지반을 개량하는 공법이다.

[그림 3.29]에서 보듯이 급속히 성토된 양질토는 기초지반을 파괴시키면서 하층으로 함몰, 취약토를 측방 및 전방으로 부풀게 하면서 일단 안정된다.

이 상태에서 위와 같은 방법으로 다시 성토를 하면 역시 같은 활동파괴를 일으켜 하층으로 함몰, 연약토는 배제되고 부풀어 오른다. 이러한 작업을 반복하며 연약층을 배제하여 결국 양질의 토사로 치환하는 것이 강제치환공법이다.



[그림 3.29] 강제치환공법의 원리

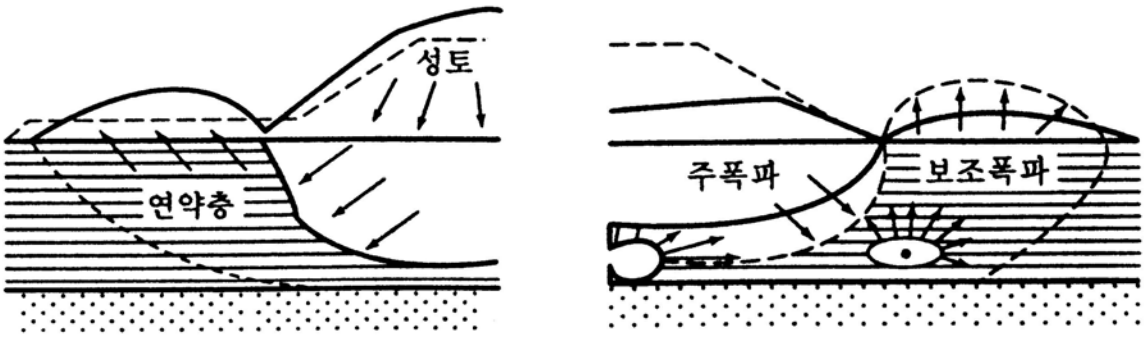
② 강제치환공법의 설계・시공

강제치환공법은 다른 연약지반개량공법과 같이 이론적으로 정량적인 취급을 시도하는 것이 극히 곤란하므로 과거의 공사 시공예나 경험을 참고로 하여 대략적인 목적을 세워 착공할 때가 많다. 따라서 공사 시공 중에 계획내용이 시공 상황에 따라서 달라지는 것을 고려해 두어야 한다. 물론 시공착수 전에는 토질조사를 실시한 다음 지반의 성층상황, 토질상황 등의 자료를 충분히 확인하여 활동파괴면의 예상이나 필요한 성토량을 예상해 둘 필요가 있으나 실제 시공에는 연약토의 융기량 및 범위 등의 토질, 매립조건, 시공속도 등에 의해 크게 달라지므로 시공 중에도 수시로 보링, 사운딩을 실시하여 치환의 실태를 파악하면서 공사를 진행시키는 것이 좋다.

③ 강제치환공법의 장・단점을 보면 <표 3.16>과 같다.

<표 3.16> 강제치환공법의 장・단점

공 법 명	장 점	단 점
강제치환공법	・시공이 단순하고 공기가 빠르다. ・공사비가 저렴하다. ・국내 실적이 많다.	・개량효과의 확실성이 없다. ・이론적이며 정략적인 설계가 어렵다. ・잠류침하가 예상된다.



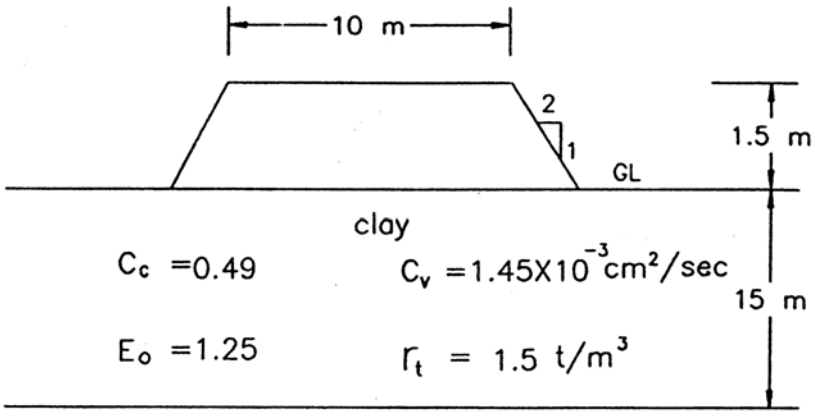
(a) 성토자중치환공법 (b) 폭파치환공법

[그림 3.30] 강제치환공법의 종류

3.14.3 연약지반처리공법 설계 사례

(1) CASE-1 : Pre-loading 공법

연약층이 15m 두께로 분포하고 있는 지반에 토공시 10개월 후 잔류침하량이 12cm 이내가 되도록 Pre-Loading 공법을 설계한다.



1) 1.5m 성토에 대한 침하량 계산

$$S_f = \frac{C_c}{1+e_0} \cdot H \cdot \log\left(\frac{\sigma'_{v0}+\sigma_f+\sigma_s}{\sigma'_{v0}}\right)$$

$\sigma'_{v0} = (1.5-1)\times 15/2 = 3.75t/m^2$

$\sigma_f = q_s I_B$ (I_B = Oerberg의 영향계수)

$q_s = \gamma h = 1.5\times 1.5 = 2.25$

b = 5m

a = 2×1.5 = 3

a/z = 3/7.5 = 0.4

b/z = 5/7.5 = 0.7

I_B = 0.39

$\sigma_f = q_s I_B = 2.25 \times 0.39 = 0.878t/m^2$

$$S_t = \frac{0.49}{1+1.25}\times 7.5 \times \log\left(\frac{3.75+0.878}{3.75}\right) = 0.1492m = 14.92cm$$

2) 시간-침하의 관계

$S_f = U \times S_{TOTAL}$ (S_{TOTAL} = 총침하량 14.92㎝)

압밀시간(t) $\frac{T_v \cdot H^2}{C_v}$ (양면배수)

U = 50%일 경우, T_v = 0.197

$$\therefore\ t_{50} = \frac{T_v \cdot H^2}{C_v} = \frac{0.197 \times (1500/2)}{1.45 \times 10^{-3}} = 28.5\text{개월}$$

압밀도 U(%)	시간계수 T_v	Time (month)	Settle (cm)	비 고
0	0.000			
10	0.008	1.15	1.49	
20	0.031	4.4*9	2.98	
30	0.071	10.28	4.48	
40	0.126	18.25	5.79	
50	0.197	28.50	7.46	
60	0.287	41.60	8.95	
70	0.403	58.4	10.44	
80	0.567	82.1	11.94	
90	0.848	122.8	13.43	
100	-	-	14.92	

1.5m 성토시 10개월 후 잔류침하량은 11㎝(<12㎝)이므로 안정

(2) CASE-2 : Sand-drain 공법

두께가 7.6m 되는 연약한 점토지반에 높이 7.4m의 도로제방을 축조하려고 한다. 점토층 아래에는 불투수층이 존재한다. 점토층 깊이의 중간에서 계산한 평균 유효하중은 8.6t/㎡이며, 제방축조 후에는 이것이 20.4t/㎡로 증가된다.

초기간극비 e0 = 1.435, 압밀계수 Cv=Ch=7×10-4 cm^2/sec이며, 제방은 4개월 만에 완공하고 공사 개시 1년 후에 포장토록 되어 있다. 포장 후 허용침하량은 10㎝이다. Sand Drain 공법으로 설계 하라.

1) 침하량 계산

$$S_c = \frac{0.45}{1+1.435} \times 760 \times \log\left(\frac{20.4}{8.6}\right) = 52.687\text{㎝}$$

2) 연직방향 배수에 의한 평균 압밀도

$$t = \frac{H^2 \cdot T}{C_v} = \frac{760^2 \times T}{7 \times 10^{-4} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365/12}$$

여기서, t = 313.98T

압밀도와 시간계수에 따른 압밀 시간을 구하면,

U(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
T시간계수	0.008	0.031	0.071	0.126	0.197	0.287	0.403	0.567	0.848
t(month)	2.51	9.7	22.3	39.56	61.85	90.11	126.53	178.02	266.25

연직방향에 의한 압밀은 대단히 많은 기간이 걸리고 그 영향이 미미한 것으로 연직방향에 의한 압밀은 고려에서 제외한다.

3) 모래 말뚝 직경 결정

모래 말뚝의 직경을 50cm로 하여 정사각형으로 배치 한 후 말뚝 중심 간격을 2.5m로 하면,

$$d_e = 1.13 \times 2.5 = 2.825m$$

$$n = \frac{d_e}{d_w} = 2.825/0.5 = 5.65$$

4) 시간 압밀도 계산

시간 압밀도의 관계에서

$$U_r = 1 - \exp(\frac{-8T_r}{m})\text{이므로}$$

여기서, $$m = (\frac{n^2}{n^2-1})\ln(n) - \frac{3n^2-1}{4n^2}$$

$$= (\frac{5.656^2}{5.656^2-1}) \times \ln 5.656 - \frac{3 \times 5.656^2 - 1}{4 \times 5.656^2}$$

$$= 1.0464$$

$$T_r = \frac{C_h \cdot t}{de^2} = \frac{7 \times 10^{-4} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365/12 \times t}{282.5^2}$$

$$= 0.23t$$

따라서, 압밀도 $$U_r = 1 - \exp(\frac{-8T_r}{m}) = 1 - \exp(\frac{-8 \times 0.023t}{1.046})$$

$$= 1 - \exp(-0.1759t)$$

$$-0.1759t = \ln(1-U)$$

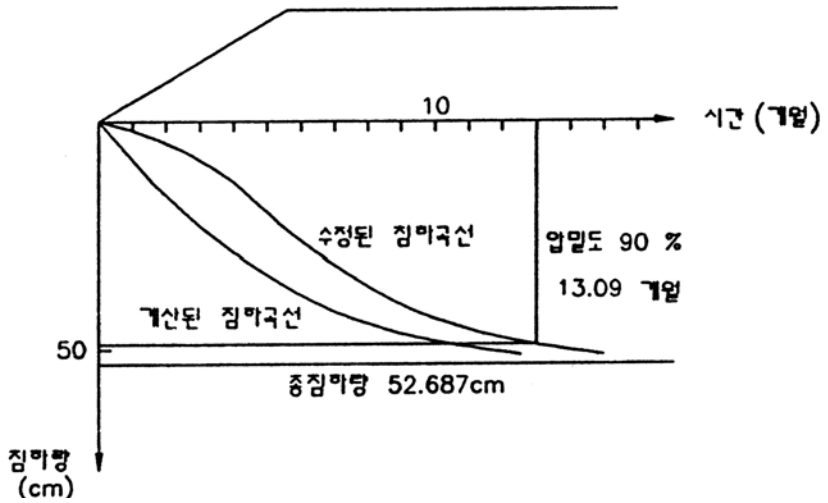
$$\therefore\ t = -5.685\ln(1-U)(\text{month})$$

위 식을 이용하여 시간-압밀도 관계를 구하면 다음과 같다.

u(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
t(month)	0.599	1.269	2.028	2.904	3.941	5.209	6.845	9.150	13.09
침하량(㎝)	5.27	10.54	15.81	21.07	26.34	31.61	36.88	42.14	47.42

5) 수정시간-침하곡선 작성

수정시간-침하곡선에서 12개월 후 잔류침하량이 9cm 이므로 설계 조건을 만족한다.



[그림 3.31] 수정시간-침하곡선

(3) CASE-3 : 사질토 지반에서의 샌드콤팩션 파일의 설계

1) 하중조건

q_1(차량하중) = 1.300t/m^2

q_2(아스팔트) = 2.300 × 0.05 = 0.115t/m^2

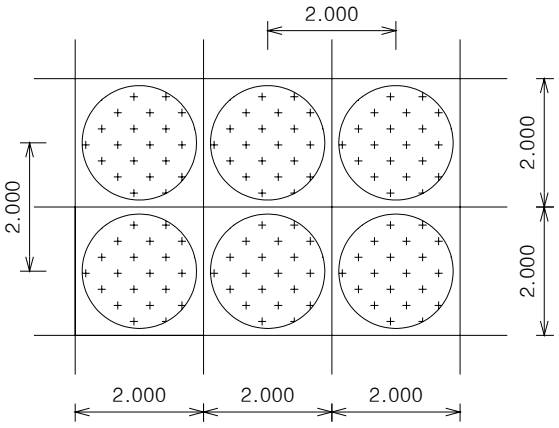
q_3(쇄석의 중량) = 1.900 × 0.20 = 0.38t/m^2

q_4(성토하중) = 1.800 × 2.000 = 3.600t/m^2

$\therefore \quad \bar{q} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 5.395t/m^2$

2) 지반지지력의 증대범위(B구역 6.0m 도로측, D구역 6.0m 도로측)

원지반의 N치가 2~8(평균 4.2)로서 이때의 허용지지력이 3.930t/m^{2}이므로 원지반의 작용하중 5.395t/m^2 이하의 지지력이므로 N치를 10 이상으로 증대시켜 허용지지력을 증대시키고자 한다.

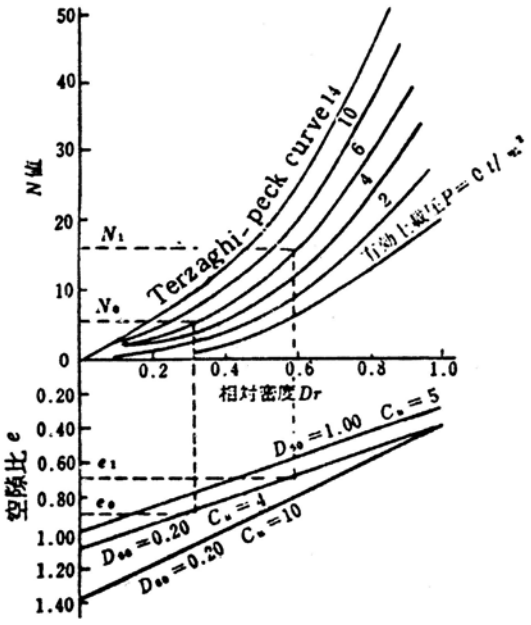


3) 샌드콤팩션 파일의 설계

① 파일의 배치간격 : 정방형 배치

② 간극비와 N치

- 가정사항
  - 원지반의 평균 N치를 4.2로 가정
  - 개량 후 지반의 N치를 10으로 가정



상기의 간극비와 N치의 관계그래프를 이용하여 계산된 간극비는 e_0=0.80, e_1=0.68

③ 샌드콤팩션 파일의 면적

정방형 배열로 x=2.000m로 하면,

$$a = \frac{0.80-0.68}{1+0.80} \times 4 = 0.266\text{㎡}$$

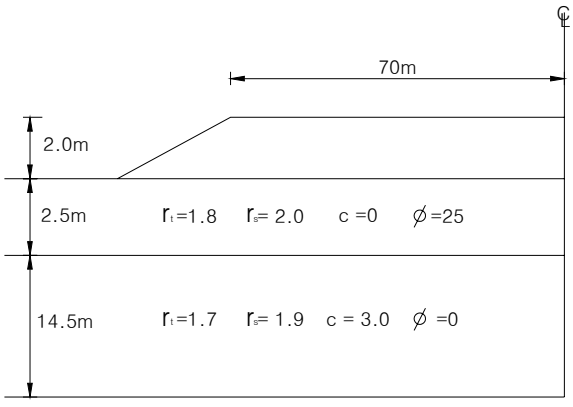
가이드 파이프 속에 넣어 다져지기 전의 모래 간극비를 e′=1.20으로 하면 높이 1m 샌드파일을 축조하는데 필요한 모래양은 다음과 같다.

$$V_s = \frac{e'}{e_1} \times a = \frac{1.200}{0.680} \times 0.266 \times 1 = 0.4694\text{㎥}$$

내경 40㎝의 파이프가 원래의 사층을 밀어낸 높이 1m의 공간 0.266m^{3}에 대하여 1.76배에 상당한다.

따라서 본 사질토 지반에서의 지반개량은 2.000m의 피치로 1m 당 압입량 0.4694m^{3}의 모래를 타설한다.

(4) CASE-4 : 점성토 지반의 샌드콤팩션 파일 설계



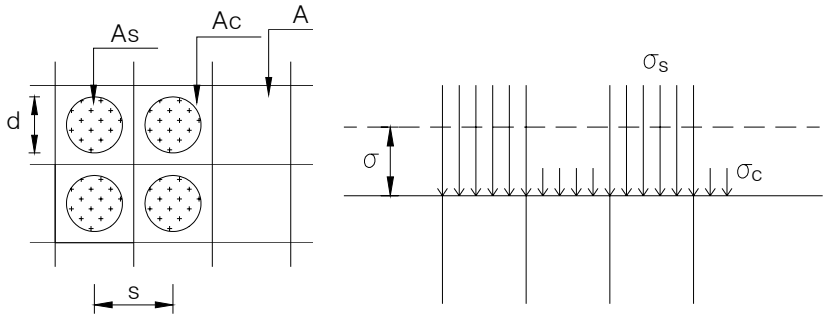
1) 하중조건

q_1(상재차량하중) = $1.3t/m^2$

q_2(성토하중) = $2.0 \times 1.8 = 3.6t/m^2$

$\therefore\ q = q_1 + q_2 = 4.9t/m^2$

2) Sand Compaction Pile에 작용하는 응력(σ_s)과 원지반 작용응력(σ_c)



S.C.P 직경이 4.0cm, 간격이 2.0m일 때,

연약지반에 다짐말뚝이 설치된 재하 중에 의한 평균연직응력 σ는 상기 그림과 같이 분포되어 다짐말뚝에 작용하는 응력 σ_s는 σ보다 크고(응력집중), 원지반에 작용하는 응력 σ_c는 σ보다 작게 응력저감 재분포 된다.

- 응력 σ = 4.9t/m^2
- 응력분산비 $n = \dfrac{\sigma_s}{\sigma_c} = 3$
- S=2.0m의 정사각형 배열로 Vs=0.6m^{3}의 모래를 압입하면, 그 다짐이 Ns=12가 됨을 경험적으로 추정할 수 있다.

  N-e 관계도에서 es=0.768이면 e′=1.20이라고 하면,

  $A_s = V_s \cdot e_s/e' = 0.6 \times 0.640 = 0.384\text{m}^2$

  $A_c = 3.616\text{m}^2$

  $d = \sqrt{4 \cdot A_s} = 0.7\text{m}$

- $\sigma_c = \dfrac{1}{1+(n-1)\cdot\sigma_s} \cdot \sigma = \mu_c \cdot \sigma = 2.45$
- $\sigma_s = \dfrac{1}{1+(n-1)\cdot\sigma_s} \cdot \sigma = \mu_s \cdot \sigma = 7.35$

여기서, μ_c : 응력저감계수(0.5)

μ_s : 응력집중계수(0.5)

3) 압밀도와 침하시간

다짐말뚝의 Vertical drain 효과에 따라 압밀침하시간의 산정공식은 아래와 같다.

$$t = \frac{m_v \cdot \gamma_w}{k_h} \cdot T_h \cdot d_e^2$$

여기서, γ_w : 물의 단위중량(1t/㎥)

k_n : 지반의 수평투수계수(1.7×10-9m/sec)

T_h : 시간계수

d_e : 배수유효경(정사각형 d_e = 1.13S)

m_v : 체적변환계수($0.03cm^2/kg$)

상기 공식을 적용하여 압밀도와 침하시간을 구하면 아래와 같다.

압밀도(u)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
시간계수(T_n)	0.008	0.031	0.071	0.126	0.197	0.287	0.403	0.567	0.848
압밀침하시간	0.03	0.11	0.25	0.44	0.69	1.00	1.40	1.97	2.95

3.15 교대의 측방유동

3.15.1 일반사항

(1) 개요

교량을 지지하는 교대는 수평토압으로 인한 전도(overturning), 활동(sliding) 및 지지력(bearing capacity)에 안전하도록 설계되어야 하나 연약지반상에 교대 설치시 배면 성토에 의한 편재하중으로 인한 지반의 측방유동이 발생하게 된다.

따라서 교대에 설계치 이상의 과다변위가 발생함으로써 교량의 구조적 기능유지가 곤란하게 됨으로써 설계단계에서 검토방안을 모색하여야 한다.

(2) 교대 측방유동에 의한 문제점

1) Shoe 및 Shoe Plate의 파손

2) 신축이음부의 기능저하

3) 주형(Main Girder)과 교대 흉벽의 폐합

4) 교대기초의 파손

(3) 용어 정의

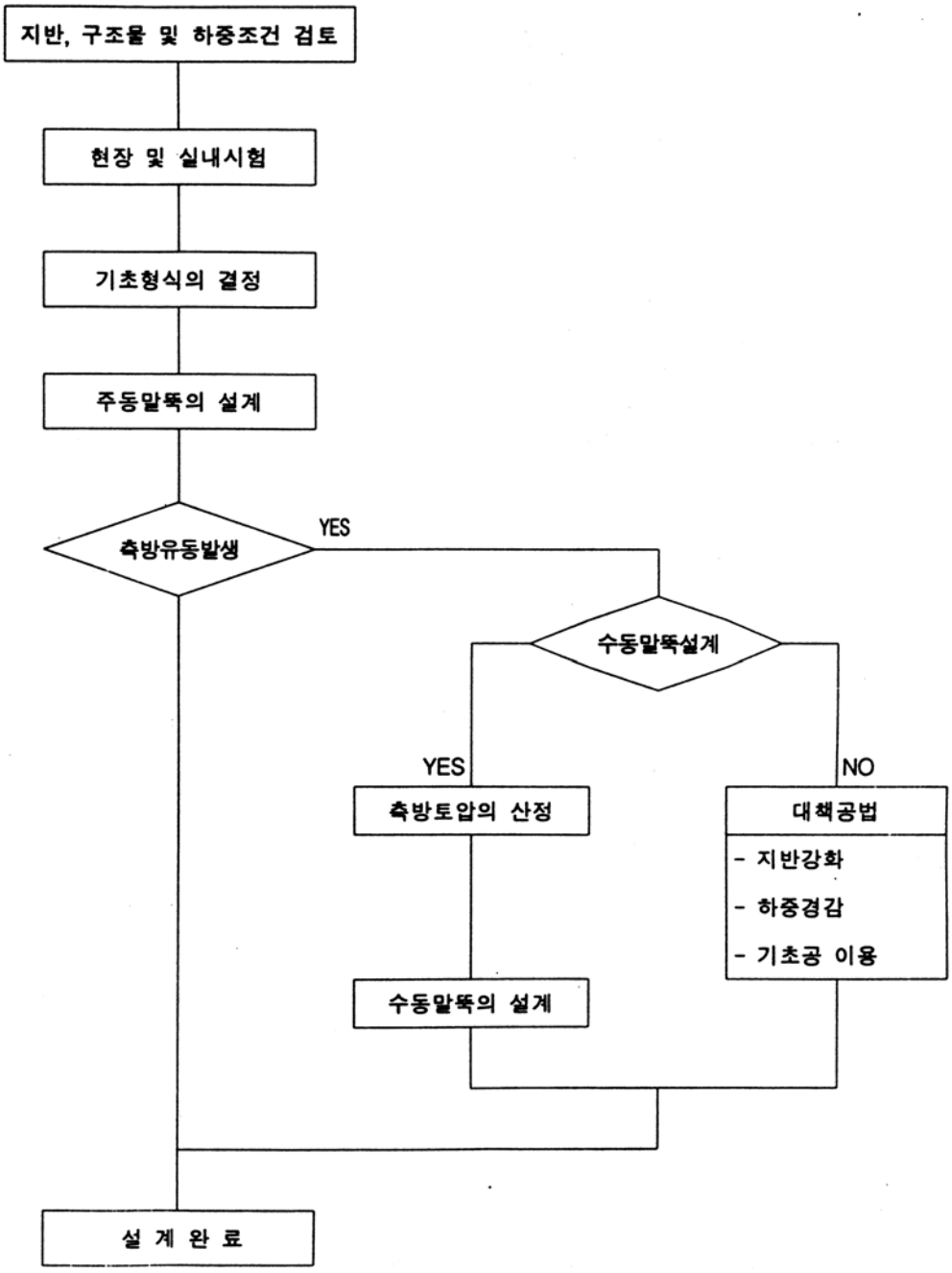
1) 주동말뚝 : 교대의 상부하중을 말뚝이 받는 경우에는 말뚝이 변형함에 따라 말뚝주변 지반이 저항하므로 지반에 하중이 전달되는데 이와 같이 말뚝이 움직이는 주체가 되는 경우를 말한다. 따라서 하중이 말뚝 두부에 작용할 경우 지반은 부동의 상태에서 말뚝의 이동에 저항하여 작용한다고 생각하여 말뚝을 설계한다.

2) 수동말뚝 : 교대가 연약지반상에 축조될 경우, 뒷채움토 및 상재하중으로 인하여 하부지반에 편재하중으로 인한 측방유동이 발생할 가능성이 있으며, 기초말뚝이 측방토압을 견딜 수 없는 경우에는 상부구조물이 수평방향으로 과도한 변형을 일으키게 된다. 말뚝의 주변지반이 변형하고 그 결과로서 말뚝에 측방토압이 작용하는 경우를 말한다. 따라서

지반이 변형하게 되면 지반으로부터의 저항력은 상실하게 되고 오히려 지반변형이 말뚝에 하중을 가중시키는 결과를 초래하게 된다.

3) 측방유동토압 : 측방유동이란 연약지반상에 교대나 옹벽 등을 설치하고 뒷채움을 할 경우 구조물 전면부와 배면부의 편차성토로 인하여 하부 연약지반이 수평압을 받아 유동하는 것으로 이때 발생된 토압을 측방유동토압 이라고 한다.

(4) 설계순서

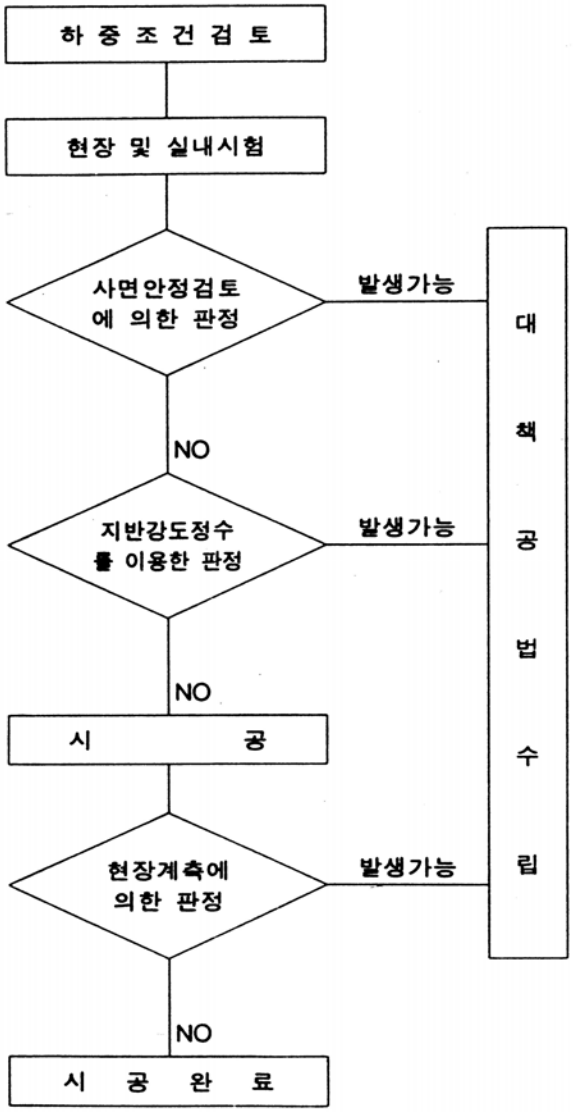


[그림 3.32] 측방유동 설계순서

3.15.2 측방유동 가능성 검토

(1) 검토순서

측방유동 발생 가능성을 판정하기 위한 순서도는 다음과 같다.



[그림 3.33] 측방유동 발생 가능성 판정순서

(2) 비탈면안정검토에 의한 측방유동의 판정

1) 기본개념

① 교대의 측방유동 여부에 대한 판단은 비탈면안정검토를 실시하여 판정하는 것을 원칙으로 한다.

② 비탈면안정은 단일 원호활동으로 가정하며, 전응력법에 따라 실시한다.

③ 비탈면안정해석용 프로그램은 Slope/w 또는 Talren 97을 사용 한다

2) 강도정수의 결정

① 연약지반의 점착력은 불교란시료에 대한 실내압밀시험 결과뿐만 아니라 현장 베인시험을 실시하여 비배수 점착력을 측정하여 구하는 것을 원칙으로 한다.

② 현장베인시험기는 D=5cm, H=10cm인 십자형을 표준으로 한다.

③ 현장베인시험은 공당 수직으로 3m 간격으로 실시함을 원칙으로 한다.

④ 현장베인시험 결과에 의한 비배수전단강도는 실제보다 크게 측정되는 경향이 있으므로 Bjerrum이 제안한 방법을 이용하여 흙의 소성지수에 따라 보정을 해주어야 한다.

3) 안전율

① 국내외 각 기관별 흙쌓기 비탈면의 안전율 기준은 “2. 비탈면안정 편, 2.4.5”를 참조한다.

② 옹벽의 안정

(가) 전도에 대한 안정 : $F_s > 2.0$

(나) 활동에 대한 안정 : $F_s > 1.5$

(다) 지지력에 대한 검토 : $F_s > 3.0$

주) 구조물기초설계기준 해설(2003), 건설교통부, p.423~427

③ 일반적인 흙쌓기 비탈면의 최소안전율은 1.3 이상으로 하며, 중요구조물의 경우 최소안전율은 1.5 이상으로 한다. 이때, 해석 단면은 Pile을 무시한 경우이다.

(3) 지반강도정수를 이용한 측방유동의 판정

1) 설계시 지반의 강도정수를 이용하여 측방유동의 발생여부를 검토할 때에는 측방유동지수(F), 교대측방이동판정수(I) 및 수정I지수(M_I)를 사용한다.

2) 이때 세 가지 판정기준 중 어느 것이라도 측방유동가능성이 있는 것으로 판정이 되면 측방유동 발생가능성이 있는 것으로 해석을 한다.

① 측방이동지수(F) (일본도로공단)

$$F = \frac{C_u}{\gamma \cdot H \cdot D} \cdot 10^{-2} \text{ (F≥4 측방유동 없음, F<4 측방유동 발생)}$$

② 교대측방이동 판정수(I) (일본건설성 토목연구소)

$$I = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \cdot \frac{\gamma \cdot H}{C_u} \quad (\ I > 1.5 \text{ 불안정},\ I \le 1.5 \text{ 안정})$$

여기서, μ_1 : 연약층 두께에 관한 보정계수(D/L)

μ_2 : 기초체 저항 폭에 관한 보정계수(b/B)

μ_3 : 교대길이에 관한 보정계수(D/A<3.0)

γ : 쌓기층의 단위중량 A : 교대길이

B : 교대 폭 C_u: 연약층 점착력의 평균값

b : 기초체 폭　　L : 기초의 근입깊이

H : 흙쌓기높이　　D : 연약층 두께

③ 수정I지수 (한국도로공사)

$$M_I = \alpha \cdot \frac{\gamma h}{C} \quad (I > 1.5 \text{ 불안정}, \ I \leq 1.5 \text{ 안정})$$

여기서, α : 측방유동압을 받는 기초하부 면적에 대한 교대면적비

(= b · D)/(B · A))

b : 교축 수직방향으로의 말뚝폭의 합계(m)

D : 연약층의 두께(m)

B : 교축 수직방향으로의 기초폭(m)

A : 교축방향으로의 기초폭(m)

3) 각 측방유동 판정기준에 대한 실험적 검토(시설안전기술공단, 2001)

연약지반 상에 위치한 교대말뚝기초에 대한 원심모형실험결과와 기존문헌의 판단기준을 비교·분석한 결과와 제안 판단기준값은 다음과 같다.

<표 3.17> 측방유동 판단기준에 대한 연구결과

항　　목	기존 판단기준	원심모형실험 결과	제안 판단기준
측방이동지수(F)	F ≤ 0.04 (일본 도로공단)	F ≤ 0.03	F ≤ 0.03
수정 I 지수(M_I)	$M_I \geq 1.5$ (한국도로공사)	$M_I \geq 2.0$	$M_I \geq 2.0$
성토하중(γH)과 비배수전단강도(C_u)	$\gamma H \geq 3$ (FHWA, Tschebotarioff)	$\gamma H \geq 3C_u$	$\gamma H \geq 3C_u$
교대구조물의 수평변위(S_H)	$S_H \geq 25$mm (캐나다 시방서)	$S_H \geq 25$mm	$S_H \geq 25$mm
배면성토지표면의 침하량(δ_v)	$\delta_v \geq 50$cm (일본 수도고속도로공단)	$\delta_v \geq 30$cm	$\delta_v \geq 30$cm

주) 참고문헌 : 측방유동을 받는 토류구조물의 안전진단기술개발(II)(2001), 시설안전기술공단

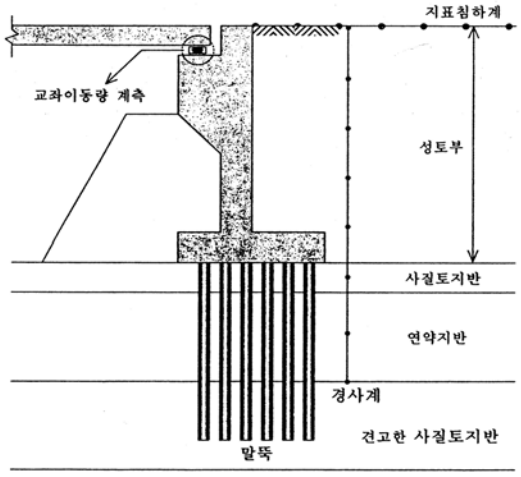
(4) 현장계측을 통한 판정 기준

지반의 불균질, 이방성, 시간효과 및 시료채취 및 실내시험시의 교란 등으로 인하여 원지반 강도를 정확하게 표현할 수 없으며, 또한 흙쌓기재료의 밀도 및 강도의 불확실성 때문에 아무리 정교한 안정해석을 실시하여도 정확한 판정이 불가능하다. 따라서 현장계측을 이용한 안정관리를 실시하는 것을 원칙으로 하며, 현장계측은 교대와 접하는 흙쌓기면에서 경사계를 설치하여 관측을 한다.

측방유동 발생시 연약한 점토층의 침하는 흙쌓기 중앙부에서의 침하량이 중요하며 측방유동은 흙쌓기 비탈면 선단에서의 지표 및 지중 측방변위량과 지표침하량이 상당한 영향을 미친다. 따라서 대상지반의 측방유동 판정유무를 검토하기 위해서는 흙쌓기 중앙부에서의 침하량과 흙쌓기 사면 선단에서의 지표침하량 및 측방변위량과 지중 측방변위량이 가장 중요하며 경사계, 지표침하계, 지중침하계 등을 이용하여 측방유동을 계측해야 한다. <표 3.18>은 실무에서 적용가능한 흙쌓기 공사시 계측에 이용할 수 있는 계측기와 그 목적을 요약한 것이며 여기서 설치기준 A는 지반의 안정과 침하 문제가 중요한 장소에 사용하며 설치기준 B는 특히 연약층이 두꺼운 장소에 설치하여야 한다. 그리고 설치기준 C는 초연약지반이나 측방유동 발생가능성이 크다고 판단되는 특별한 경우에 해당한다. [그림 3.34]는 측방유동에 대한 계측기 설치위치를 나타낸 것이다.

<표 3.18> 측방유동 계측에 요구되는 계측기 및 설치위치

계 측 기	목 적	설치위치	설치기준			비 고
			A	B	C	
지표침하계	대상이 되는 지점의 전침하량 측정	흙쌓기부 중앙 흙쌓기비탈면 선단	○			A : 침하문제가 중요한 곳 B : 연약층이 두꺼운 곳 C : 측방유동 발생가능성 큰 지반
층별침하계	특히 연약층이 두꺼운 지역에서 심부 각 층의 침하량 측정	흙쌓기비탈면 선단		○		
경사계	흙쌓기 비탈면 하부 지반의 수평변위 측정	흙쌓기부 중앙 흙쌓기비탈면 선단			○	
토압계	흙쌓기하중에 의한 수직방향의 토압증가량 측정	흙쌓기비탈면 선단			○	
간극수압계	흙쌓기하중에 의한 간극수압의 증감 측정	기초말뚝 근입깊이 내			○	



[그림 3.34] 계측기 설치위치

3.15.3 측방유동방지대책

(1) 대책공법의 분류

대책공법을 크게 분류하면 1) 지반강화 2) 하중경감 및 균형 3) 기초공을 이용한 대책공법으로 나눌 수 있으며, 각각의 특징에 대해 개요를 정리하면,

1) 지반강화 : 압밀촉진공법(각종 드레인, 프리로딩 등)이 이에 해당하는 형식으로서 간극수압의 소산에 따른 압밀현상으로 측방유동의 효과를 기대할 수 있다.

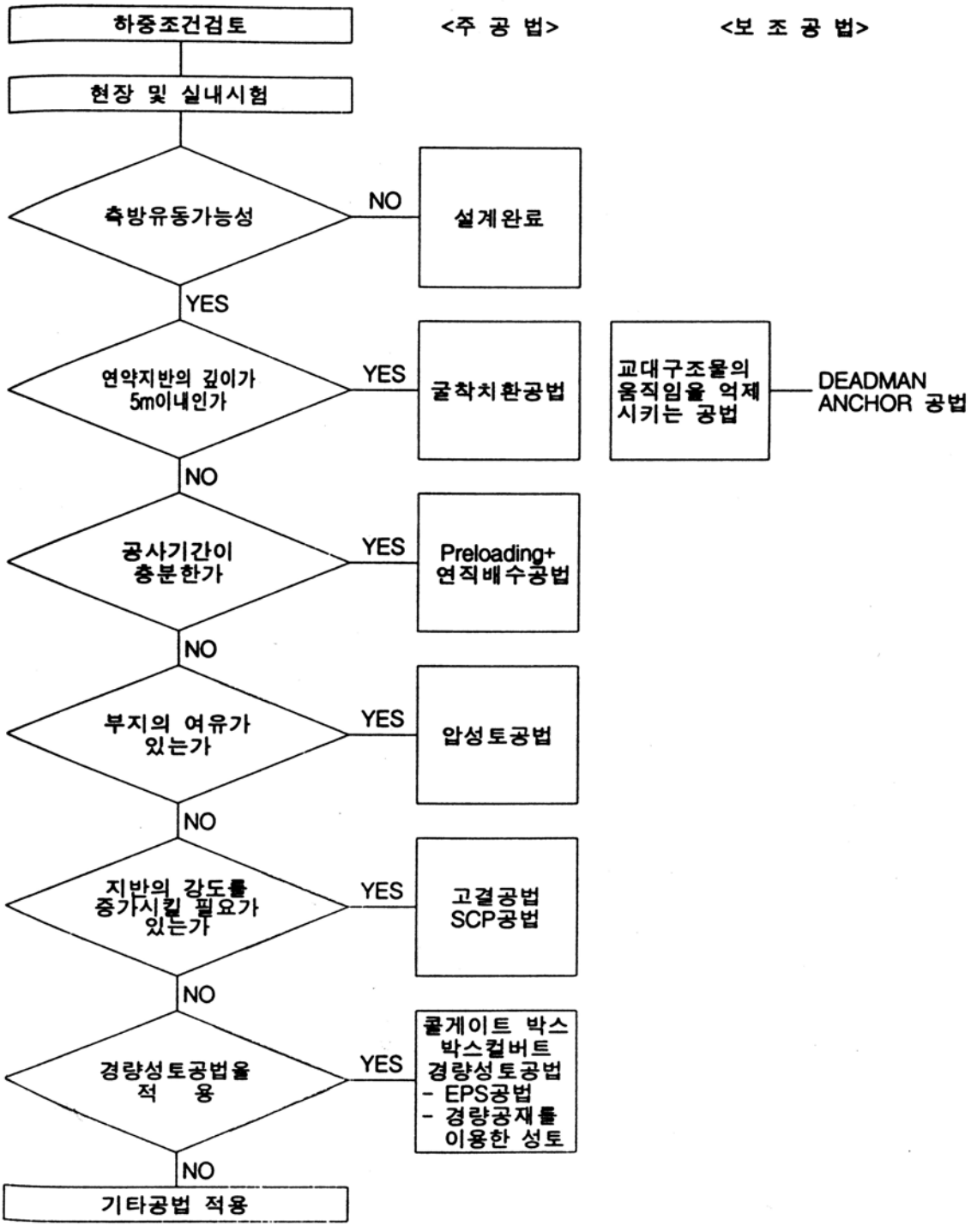
2) 하중경감 및 균형 : 흙쌓기재료 경량재료를 사용하거나 공동을 가진 구조물을 이용하여 토압을 감소시키고 압성토를 이용하여 하중의 균형을 이루게 한다.

3) 기초공 : 하중단부에 높은 강성을 가진 연직벽으로 에워싼 널말뚝, 지중연속벽 등으로 변위를 억제하거나 재하중 자체를 말뚝기초로 지지한다.

<표 3.19> 측방유동 대책공법

공 법	내 용	적용가능위치	장·단점
preloading	압밀촉진과 preloading을 병행하여 지반을 안정시킨 후 성토부를 굴착하고 pile 항타	공사기간이 충분한 곳	• 가장 확실한 공법 • 공기가 길다 • 시공이 불편 • 공사비 저렴 • 어느 곳에나 적용가능
압 성 토	교대전면에 압성토하여 활동방지	압성토부지 확보가 가능한 곳	• 공기가 길다 • 시공이 간편 • 공사비 저렴
치 환	연약지반을 치환한 후 pile 항타	연약지반 심도가 얕은 곳	• 심도가 얕은 곳은 가장 확실한 공법 • 공기가 짧다 • 공사비 고가
비탈면 활동방지 (S.C.P)	비탈면활동 범위 내를 S.C.P로 처리	S.C.P 처리부지 확보가 가능한 곳	• 공기가 짧다 • 시공이 간편 • 공사비 고가
기초지반보완	화학약품 및 특수처리재를 사용하여 연약한 기초지반 보완(고결 및 주상개량공법)	어느 곳이나 가능	• 공기가 짧다 • 시공이 불편 • 공사비 매우 고가
뒷채움재의 경 량 화	교대배면에 경량골재 및 경량 화학제품을 사용하여 측방토압을 경감	상 동	• 공기가 짧다 • 시공이 간단 • 재료구입이 곤란 • 처리결과 불확실
Box 설치	콜케이트박스나 박스컬버트를 교대배면에 설치하여 하중을 경감	상 동	• 부력에 대한 대비 필요 • Box 구조체의 정밀구조 계산 • 시공이 복잡

(2) 대책공법의 선정흐름도



[그림 3.35] 측방유동 대책공법 선정 흐름도

(3) 각 공법의 설계기준

1) 치환공법

① 연약층의 심도가 낮은 경우 굴착치환을 하여 측방유동의 가능성을 근본적으로 제거한다.

② 치환공법 적용이 가능한 심도는 굴착장비의 성능에 따라 다르나 5m 이내를 기준으로 한다.

③ 굴착치환을 위한 터파기 비탈면의 기울기는 비탈면안정해석을 통해 결정하며 이때, 비탈면안전율은 1.2 이상이 되도록 한다. 이때, 굴착장비의 상재하중을 고려한다.

④ 치환재료는 배수성이 좋은 양질의 토사를 기준으로 한다.

⑤ 굴착한 연약토의 처분장소를 확보하여야 하며, 가능한 한 부지 내에서 재사용할 수 있도록 계획한다.

2) 수직배수제를 이용한 압밀촉진공법

① 압밀촉진공법이란 연약지반에 연직방향의 모래기둥이나 보드 등을 타설하여 지반의 배수거리를 단축하여 압밀을 촉진하고 그에 따른 지반의 강도증가를 기대하는 공법이다.

② 압밀촉진공법 단독으로 사용할 대에는 지반의 강도가 확실히 증가할 수 있도록 흙쌓기 속도를 설정하고 지반의 변형을 예측하는 것이 중요하다.

③ 벽체 및 널말뚝 등을 타설하여 측방유동을 억제할 때에는 압밀촉진공법을 병용하면 적용토압을 경감할 수 있다.

④ 흙쌓기속도는 완속재하를 원칙으로 한다. 급속재하는 흙쌓기중의 압밀에 따른 지반강도 증가 및 변형계수 증가를 크게 기대할 수 없고, 완속재하에 비해 비배수전단변형 발생이 크며 따라서 측방 유동이 발생할 가능성이 많다.

⑤ 압밀촉진공법의 경우 흙쌓기법면하부 부근의 지반강도 증가가 기대한 만큼 발휘되지 않는 경우가 있으므로 재하범위는 흙쌓기상단부가 개량대상면적을 포함할 수 있도록 계획한다.

⑥ 압밀대기시간은 압밀도 90% 이상이 되어야 하며, 동시에 도로의 허용침하량인 10cm 이내가 되도록 한다.

⑦ 드레인의 지름과 간격은 도로설계요령 이론편에서 제시한 내용을 참고하여 결정한다.

⑧ 압밀촉진공법을 적용할 때는 반드시 샌드 매트를 포설하여 수평배수가 원활하도록 계획하여야 한다.

3) Sand Compaction Pile 공법

① 이 공법은 모래 또는 점토로 된 연약지반에 모래를 압입하여 대구경의 모래말뚝을 조성하는 지반개량공법이다.

② 응력분담비와 치환율 개념을 이용하여 복합지반의 응력해석을 한다.

③ 압밀경과시간은 수직배수제를 이용한 압밀침하공법과 동일한 방법으로 계산한다.

4) 압성토공법

① 시공 중에 원호활동에 의한 안전율이 확보되지 않는 경우 측방부를 눌러 흙쌓기의 안정을 꾀하는 공법이다.

② 이 공법은 넓은 용지와 추가 쌓기재를 필요로 하지만 효과가 확실하여 신뢰성이 높다.

③ 압성토 높이, $h_e = \frac{h_{ec}}{F_s}$

여기서, h_{ec} : 교대배면 흙쌓기고

F_s : 안전율 = 1.5

④ 전체 비탈면안전율은 1.5 이상이 되어야 한다.

⑤ 흙쌓기를 한꺼번에 높게 시공하는 것은 피하고 단계별로 다짐을 한다.

⑥ 흙쌓기면의 배수를 위해 횡단구배를 확보해야 한다.

⑦ 압성토의 흙쌓기속도는 교대배면의 흙쌓기속도보다 늦어지면 안된다.

⑧ 교대전면에 압성토를 시공할 수 있는 여유부지가 있어야 한다.

⑨ 압성토고는 흙쌓기본체의 H/3을 초과하지 않는 것이 좋다.

⑩ 압성토의 길이는 2H 정도로 하는 것이 좋다.

5) 고결공법

① 정의 : 고결공법이란 시멘트나 석회 등의 화학적 고결작용을 이용하여 연약지반을 고결시켜 안정화시키는 공법으로 심층혼합처리의 대표적 공법이다. 측방유동을 방지하기 위해 기초지반 전체를 주상체를 형성하여 연약지반의 평균전단저항을 높이거나(주상개량) 흙쌓기법면 하부지반을 블록모양으로 개량(블록형 개량) 하여 유동토압에 저항하는 벽체를 형성시키는 방법이 있다.

(가) 주상개량의 경우

가) 주상개량을 통해 연약층의 평균전단저항을 형상시키고자 할 때에는 개량된 평균전단저항강도 c를 다음 식으로 구하고, 활동파괴에 대한 안전율이 1.5 이상이 되도록 개량률과 개량기둥의 목표 강도를 결정한다.

$$c = a_p \cdot c_p + \alpha(1 - a_p) \cdot c_0$$

여기서, $a_p = \frac{A_p}{A}$: 개량률

c_p : 개량기둥의 전단강도

c_0 : 원지반의 전단강도

α : 개량기둥의 파괴변형률에 대응하는 원지반의 강도저감율

나) 주상개량의 경우 개량기둥에 수평력이 작용하였을 때의 내부응력을 조사하여 개량

기둥의 휨파괴에 대한 검토를 해야 한다. 이때, 개량률이 50% 이하일 때에는 수평력이 작용하기 쉬운 흙쌓기법면 하부부근의 개량기둥에서는 휨파괴에 대한 안정성 검토가 중요하다.

(나) 블록형 개량의 경우

가) 활동에 대한 검토

$$F_s = \frac{\Sigma P_p + F_R}{\Sigma P_a} = 1.3$$

여기서, ΣP_p : 개량체의 배면에 작용하는 수동토압의 합력

ΣP_a : 개량체의 앞면에 작용하는 주동토압의 합력

FR : 개량체의 저면에 작용하는 전단저항

나) 전도에 대한 검토

$$F_s = \frac{M_r}{M_a} = \frac{\Sigma P_p \times L_p + W \cdot B/2}{\Sigma P_a \times L_a} = 1.3$$

여기서, M_r : 저항모멘트

M_a : 전도모멘트

L_p, L_a : 개량체의 toe에서부터 토압의 합력이 작용하는 점까지의 모멘트 길이

W, B : 개량체의 자중 및 폭

다) 접지압에 대한 검토

개량체의 저면의 반력을 생각하고 그 반력의 최대치가 개량체 하부 원지반의 지지력 및 개량체의 압축응력을 넘지 않는가를 확인한다.

6) 경량성토재를 이용한 공법

① 경량골재를 이용하는 방법

(가) 국내의 경우 천연재료인 점토를 주원료로 고온 숙성시킨 재료가 생산되고 있으며, 그 단위중량은 0.8~1.3까지 다양하게 적용할 수 있다.

(나) 단위중량은 다짐도에 따라 달라지므로 설계시 사용한 단위중량에 적합한 다짐도를 결정해주어야 한다.

(다) 경량골재의 비중은 1.55~1.95로써 입자의 크기에 따라 다르며, 입자가 클수록 비중은 작아지게 된다.

(라) EPS 발포입자나 파쇄조각을 토사와 섞어서 사용하여 양질의 경량재료를 만들 수 있으며, EPS의 함유량을 조절하면 소정의 밀도를 구할 수 있다.

(마) 뒷채움재의 특성을 만족할 수 있는 입도분포를 결정하여 배수성이 우수하고 공극을 완전히 채울 수 있도록 입도를 조절하거나 굵은 입자만을 사용할 경우 모래와 같이 세립한 재료를 사용하여 혼합하여야 한다.

(바) 혼합토사는 공사 중 발생한 재료의 이용가능성을 검토하여 공사비를 절약할 수 있는 방안을 강구한다.

② EPS 공법

(가) 특징 : 교대에 작용하는 횡하중을 제거 또는 현저히 감소시킴으로써 교대의 안정성을 확보함과 동시에 말뚝기초의 크기를 소형화시킬 수 있으며, 쌓기하중을 경량화하기 때문에 측방유동을 감소시킬 수 있다. 따라서 본 현장에 이 공법을 적용할 경우 쌓기하중에 의한 측방유동을 방지함은 물론 교대에 작용하는 토압을 경감시켜 교대기초말뚝에 대한 안정성을 확보할 수 있을 것으로 기대된다. 다만, 본 공법은 경량성토재인 EPS를 사용하기 때문에 부력에 대한 대비가 필요하다.

(나) 설계순서

(다) 치환두께의 산정

EPS 치환 두께는 원지반을 파내고 EPS로 치환했을 때 증가된 응력이 0이 되도록 결정한다.

(라) 부력의 검토

부상에 대한 안전율은 다음 식과 같다.

$$F_s = \frac{P}{U} \geq 1.2$$

여기서, P : 연약지반위에 작용된 총 하중

U : 부력

(마) 부력에 대한 안전율이 만족하지 않게 되면 다음과 같은 조치를 취한다.

가) 굴착깊이 감소(치환 EPS 두께를 감소)

나) 쌓기하중 증가(상부 EPS 두께를 감소)

다) 배수공 설치(지하수위 하강)

7) Deadman Anchor 공법

① 허용인발력

(가) 사질토

가) L이 매설깊이에 비해 크고, $d_1 < (0.5 \sim 0.7)\, d_2$일 때

$$F_{a.r} = \frac{(P_p - P_a) \times L}{F}$$

여기서, P_p, P_a: 각각 데드맨앵커의 단위폭당 수동 및 주동토압

L : 앵커로드 길이, F(안전계수) = 1.25~1.5

나) 앵커블록이 짧은 경우, L<1.5H일 때

$$F_{a.r} = \frac{C \times \gamma \times d_2^{\,2} \times L \times K_p}{F}$$

여기서, C(상수) = 0.5~0.65

(나) 설계일반

가) 데드맨은 비탈면활동범위를 충분히 벗어나도록 설치한다.

나) 데드맨은 콘크리트블록으로 형성하는 것을 원칙으로 한다.

다) 데드맨은 교대하부지점에 설치한다.

② Deadman Anchor 공법 설계 예

(가) 설계원리

교대에 작용되는 전토압을 Deadman Anchor가 지지하도록 계산을 한다. 단, 측방유동은 흙쌓기완료 즉시 발생되기 때문에 일부 흙쌓기 후 그 성토고에 해당되는 허용인장력으로 Dead Anchor를 인장하고 잔여 흙쌓기가 완료된 후 나머지 인장력을 가한다. Anchor의 설치위치는 비탈면안정 검토시 Critical Line의 외부에 위치하여야 한다.

(나) 설계순서

가) 앵커의 인장력 계산

$$F_{a.r} = \frac{C \times \gamma \times H^2 \times L \times K_p}{F}$$

여기서, F = 안전율(1.25~1.5)

γ = 쌓기재 단위중량

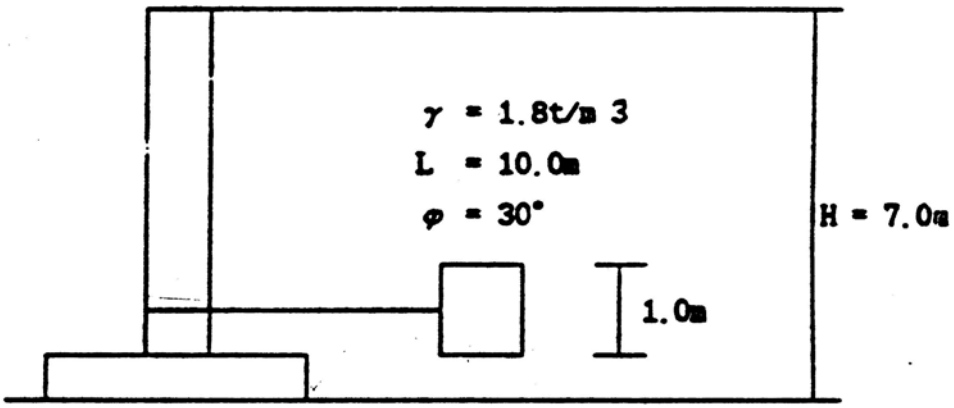
H = 흙쌓기고

L = Deadman Anchor 길이

K_p = 수동토압계수

C = 0.65

나) 설계 예



㉮ 설계정수

ø = 30°

$$K_p = \frac{1+\sin ø}{1-\sin ø} = 3$$

F = 1.5 γ = 1.8t/㎥

L = 10.0m 인장지점수 = 10지점

㉯ 인장력계산

- 3m 흙쌓기 후 총인장력

$$F_{a.r} = \frac{0.65 \times 1.8 \times 3^2 \times 10 \times 3}{1.5} = 210.6 \text{ ton}$$

- Anchor 당 인장력, F=210.6/10=21.1ton
- 전체 흙쌓기 후 총인장력

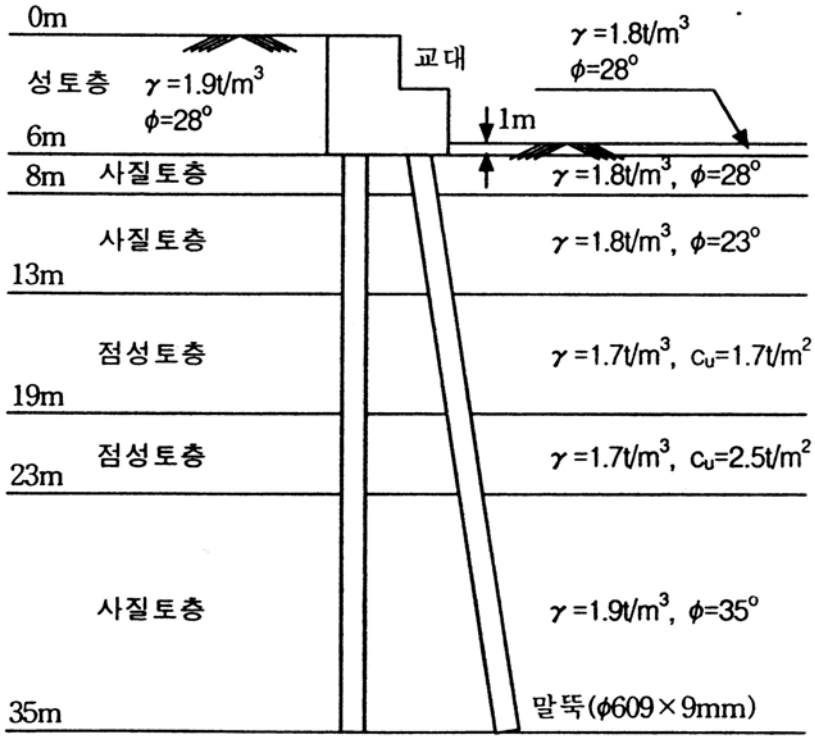
$$F_{a.r} = \frac{0.65 \times 1.8 \times 7^2 \times 10 \times 3}{1.5} = 1{,}146.6$$

- Anchor 당 인장력, F=1,146.6/10=114.7ton
- 추가 인장력, F=114.7-21.1=93.6ton
- 강선소요 갯수

$$n = \frac{\text{총 인장력}}{\text{강선의 허용인장력(9㎜)}} = \frac{114.7}{9.2} = 13\text{개}$$

8) 측방유동 판정 사례

① 검토조건



② 교대말뚝기초의 제원 및 지반물성

흙쌓기고 H(m)	쌓기체의 단위중량 γ(t/m³)	비배수 전단강도 C_u(t/m²)	연약지반 단위중량 (t/m³)	연약층 두 께 D(m)	말 뚝 근입장 L(m)	총말뚝폭 Σb(m)	교대폭 B(m)	교대길이 A(m)
6	1.9	2.02	1.7	10	29	4.872	11.95	3

③ 측방유동 검토

(가) Tschebotarioff 방법, FHWA 기준

$\gamma \cdot H = 1.9t/m^3 \times 6m = 11.4m^2$

$3 \cdot C_u = 3 \times 2.02t/m^2 = 6.06t/m^2$

$\gamma \cdot H(11.4t/m^2) > 3 \cdot C_u(6.06t/m^2)$

(나) 측방이동지수(F)

$$F = \frac{C_u}{\gamma \cdot H \cdot D} = 3 \cdot C_u (6.06 t/m^2)$$

(다) 측방이동판정수(I)

$$I = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \cdot \frac{\gamma \cdot H}{C_u} = \frac{D}{L} \cdot \frac{\Sigma b}{B} \cdot \frac{D}{A} \cdot \frac{\gamma \cdot H}{C_u}$$

$$= \frac{10}{29} \times \frac{4.872}{11.95} \times \frac{10}{3} \times \frac{1.9 \times 6}{2.02} = 0.345 \times 0.408 \times 3.333 \times \frac{1.9 \times 6}{2.02} = 2.645 > 1.5$$

(라) 수정 I 지수(MI)

$$M_I = \mu_2 \cdot \mu_3 \cdot \frac{\gamma \cdot H}{C_u} = 0.408 \times 3.333 \times \frac{1.9 \times 6}{2.02} = 7.674 > 2.0$$

③ 측방유동 검토결과

이상의 조건으로부터 국내 ○○교의 교대말뚝기초의 측방유동 발생여부를 검토한 결과 다음에 제시한 바와 같이 모든 판정기준에서 측방유동 발생가능성이 있는 것으로 나타났다.

측방유동 판정기준	Tschebotarioff 방법 FHWA 기준	측방이동지수 (F)	측방이동 판정수(I)	수정 I 지수 (M_I)
	$\gamma H > 3C_u$	$F \leq 0.04$	$I \geq 1.5$	$M_I \geq 1.5$
측방유동 발생가능	$11.4 > 6.06(t/m^2)$	0.02	2.645	7.674
	○	○	○	○

3.16 현장계측계획 및 안정관리

3.16.1 계측목적

(1) 공사의 안정성 확인

(2) 시공관리

(3) 경제성 확보

(4) 설계이론 및 설계정수의 평가

3.16.2 계측관리계획시 검토사항

(1) 지반조건 및 주변 환경조건

(2) 계측대상이 되는 구조물이나 지반의 계측목적

(3) 계측목적에 따른 계측범위와 계측위치

(4) 계측기의 종류와 수

(5) 계기의 매설, 설치, 유지, 보호 등의 방법

(6) 예상변위량 및 계측가능성

(7) 공사공정에 맞는 계측기관과 계측빈도

(8) 안정관리기법 및 관리기준값

(9) 기타 계측기의 내구성 및 단가

3.16.3 계측기 매설위치 선정

(1) 매설위치 선정기준

1) 대상지역 전체를 대표하는 지점

2) 취약지역

3) 지반개량 효과분석 및 안정관리 대상지역

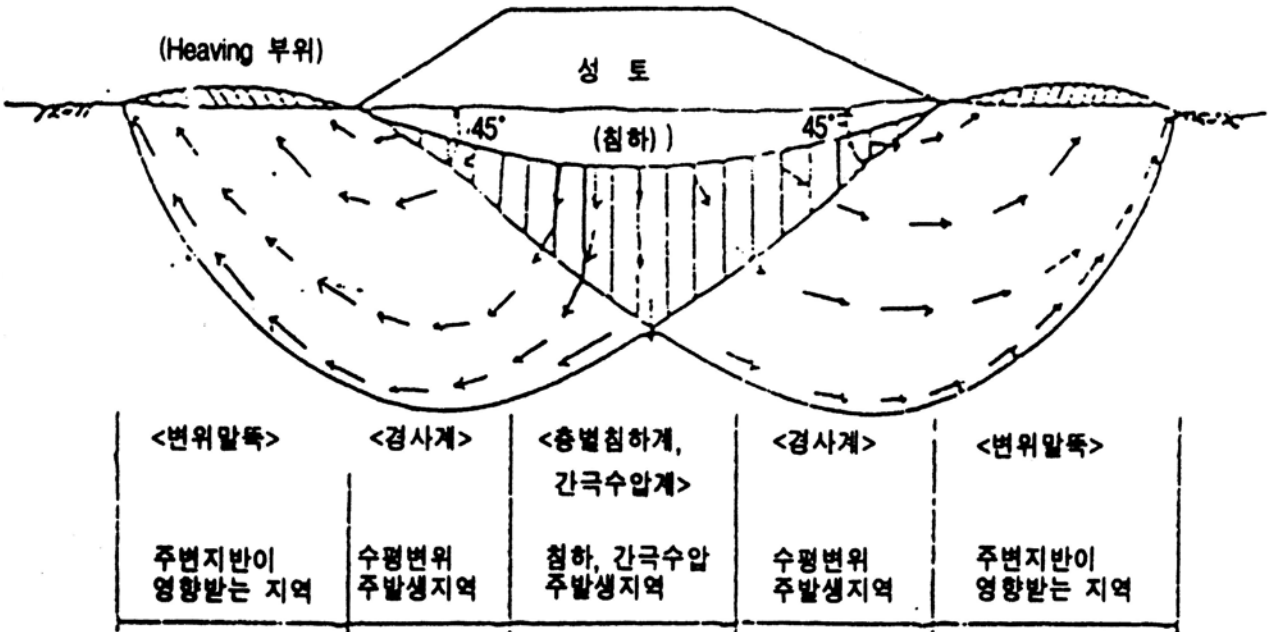
4) 차량, 장비로부터 보호 및 관리가 용이한 지점

5) 계측기의 상호 연계를 파악할 수 있도록 통합

6) 사전자료 및 시추조사 등으로 지반조건이 충분히 파악된 지점

(2) 계측기 배치 원칙

1) 연약지반에 성토재하시 지반거동을 고려하여 설치한다. ([그림 3.36] 참조)



[그림 3.36] 계측기 매설 위치

3.16.4 계측기 종류 및 배치기준

계측기의 종류 및 배치기준은 <표 3.20>을 참고하여 적용한다.

<표 3.20> 계측기의 종류 및 배치기준

계측기명	계측목적 및 검토사항	계측기 배치원칙	규 격
층별침하계 (Magnetic Probe Extensometer)	• 연약점성토의 심도별 압밀침하량 측정 및 지표면 침하량과의 비교분석 • 측정된 침하량을 이용하여 지반의 층별압밀제정수 유추	연약심도가 깊거나 고쌓기지역에 간극수압계와 동일지점에 설치, 공당 소자는 3개씩	• Spider magnet식 • 여굴지역은 주변 지반과 유사한 재료로 채운다.
간극수압계 (Vibrating wire type Piezometer)	• 쌓기하중에 의한 지반 내 간극수압의 변화측정 • 과잉간극수압의 소산정도 및 유효응력증가량 유추 • 압밀의 효과 확인 • 압밀진행 및 강도증가 상황 확인	연약심도가 깊거나 고쌓기지역에 층별침하계와 동일지점에 설치, 공당 소자는 3개씩	• Vibrating wire식 • 계측매설지점은 모래를 이용하여 필터를 형성하고 그 외 여굴지역은 벤토나이트로 채운다.
경 사 계 (Inclinometer)	• 쌓기비탈면부의 지반 내 수평방향의 변형량과 변형속도 측정 • 쌓기중앙부의 최대침하량과 함께 분석하여 쌓기비탈면의 안정관리 • 측방유동토압에 의한 교대의 안정성확인	전단파괴가 우려되는 고쌓기지역에 좌, 우 사면에 설치, 현장상황에 따라 교대 전·후면 또는 측면에 설치	• ABS 수지형 가이드관 매설 • 여굴지역은 주변 지반과 동일한 재료로 채운다.
지하수위계	• 쌓기에 의한 지하수위 변화파악 • 간극수압과 비교하여 과잉간극수압 소산정도 및 유효응력 증가량 유추	간극수압계가 설치되는 지점에서 쌓기에 의해 자연지반수위가 영향을 받지 않도록 쌓기비탈면에 이격하여 설치	• 다공관 길이는 충분한 것 사용 • 여굴지역은 모래로 채운다.
지표침하판	• 설치지점의 전침하량 측정 • 쌓기속도 조절, 프리로딩 제거시기 판정	연약지반쌓기시 100m 간격으로 쌓기단면 및 중앙에 설치	침하판 : 1.0m×1.0m ×110mm 침하봉 : 1인치 보호관 : 6인치

3.16.5 계측빈도

<표 3.21> 계측빈도

계 측 구 분	지반개량시공중	쌓기기간중	쌓 기 종 료 후		
			최초1월	1개월~3개월	3개월 이후
층별침하계, 지하수위계, 간극수압계	1회/3일	1회/3일	1회/1주	1회/2주	1회/1월
지표침하판(침하판단용)		1회/3일	1회/1주	1회/2주	1회/1월
지표침하판(안정판단용)		1회/1일	1회/3일	1회/1주	1회/1월
경사계		1회/1일	1회/3일	1회/1주	-

3.16.6 지반조사

<표 3.22> 개량효과 확인을 위한 지반조사

계측기 매설위치조사	개량확인시험	조사방법
• 계측기 매설지점의 토층상태 확인 • 개량전 지반강도 확인	• 개량효과확인 • 토질특성의 변화 비교 • 압밀도 추정 • 제거시기 결정 • 강도회복에 대한 고찰	• 보링 및 표준관입시험 • 자연시료채취 및 실내시험 • 현장베인시험

3.16.7 계측관리

<표 3.23> 계측관리 방법

침하관리(설계압밀도 확인)	안정관리
• 쌍곡선법 • 평방근법 • Asaoka법	• Matsuo-Kawamura법 • Tominaga-Hashimoto법 • Kurihara법
• 침하관리는 상기 방법 중 실제조건과 유사하게 해석되는 방법을 선정하여 침하관리의 주해석법으로 사용한다.	• 안정관리는 상기 세 가지 방법을 모두 적용하여 안정성을 판단한다.

4. 흙막이 구조물

4.1 용어의 정의

(1) 흙막이 : 지반의 굴착에 따른 붕괴를 방지하는 구조를 말하며 지수 또는 차수를 목적으로 하는 경우와 하지 않는 경우로 크게 구별

(2) 소규모 흙막이 : 굴착깊이 또는 수면에서의 깊이가 3M 미만인 흙막이

(3) 중규모 흙막이 : 굴착깊이 또는 수면에서의 깊이가 3~10M 정도, 충적지인 연약지반의 경우 3~8M 정도인 흙막이

(4) 자립식 흙막이 : 굴착에 따라 배면측에서 작용하는 토압, 수압에 대하여 굴착면 측의 지반이나 흙막이벽의 휨강성으로 저항하는 흙막이

(5) 버팀보식 흙막이 : 굴착에 따라 배면측에서 작용하는 토압, 수압에 대하여 굴착면 측의 지반이나 흙막이벽의 휨강성뿐만 아니라 버팀보 등의 지보공으로 저항하는 흙막이

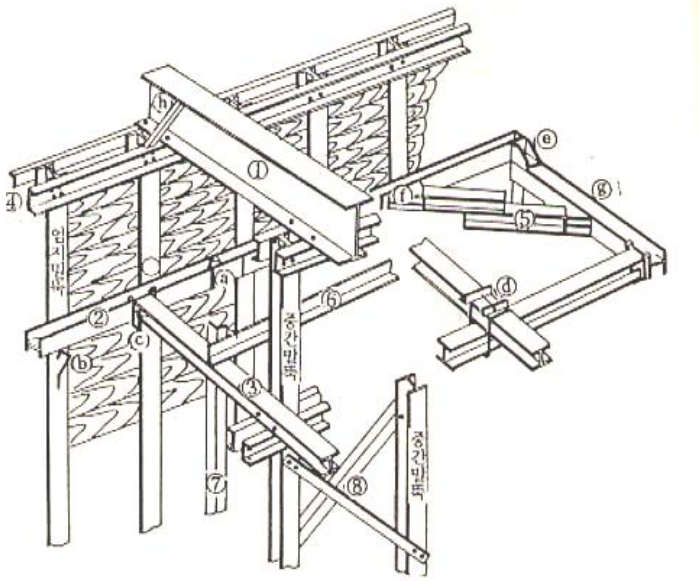
(6) 어스앵커 공법 : 흙막이에 있어서 토압, 수압에 대해 버팀보로 저항하지 않고, 흙 중에 앵커를 설치, 인장력으로 저항하는 공법

(7) 정지토압 : 수평방향으로 변위가 없을 때의 수평으로 작용하는 토압

(8) 주동토압 : 옹벽의 배면에서의 경우와 같이 흙이 팽창하게 되어 파괴되는 순간의 토압

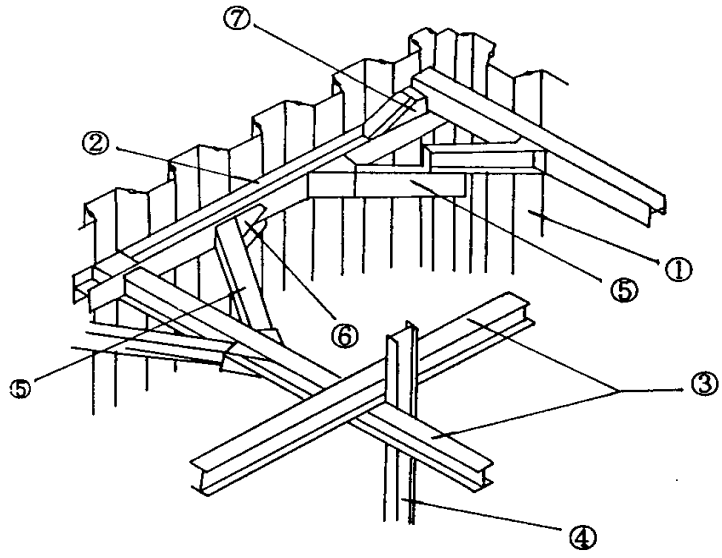
(9) 수동토압 : 옹벽의 전면에서와 같이 흙이 압축을 받게 되어 파괴되는 순간의 토압

또, 본 장에서 사용하는 일반적인 가설구조물의 부재명칭은 [그림 4.1], [그림 4.2]와 같다.



①복공빔	ⓐ커버 플레이트
②띠장 (Wale)	ⓑ브라키트
③버팀보 (Strut)	ⓒ버팀보 보강재
④받침보	ⓓU형 볼트
⑤경사보강재	ⓔ우각부 연결재
⑥수평이음재	ⓕ버팀보 연결재
⑦연직이음재	ⓖ뒷면보강
⑧브레이싱	ⓗ복공보보강

[그림 4.1] 엄지말뚝 횡널판식 흙막이



① 강널말뚝
② 띠장 (Wale)
③ 버팀보 (Strut)
④ 중간말뚝
⑤ 경사보강재
⑥ 경사보강 연결재
⑦ 연결재

[그림 4.2] 강널말뚝 방식 흙막이

4.2 계획 및 설계 선정흐름

과업대상 구조물 신축을 위한 지하 굴착공법을 결정함에 있어서 안정성과 경제성을 근간으로 구조물 시공을 위한 지반특성, 주변현황, 현장여건, 예상공기 및 공사비 등을 세밀히 고려하여 현장에 가장 적합한 공법을 선정하여야 한다.

굴착공법을 선정하는 순서를 도해적으로 나타내면 [그림 4.3]과 같으며 설계 시 주요 검토사항은 다음과 같다.

(1) 지형, 지질에 맞는 토류구조물 공법선택과 그 공법의 문제점, 시공성, 경제성 분석

(2) 정확한 토질정수 추정을 위한 시험자료 검토

(3) 인접 구조물의 특징과 노후도, 지하매설물 위치파악으로 굴착에 따른 영향 검토

(4) 암반굴착이나 특수공법(CIP, SCW, Slurry wall) 시공시 소음, 진동, 장비투입에 따른 민원발생 검토

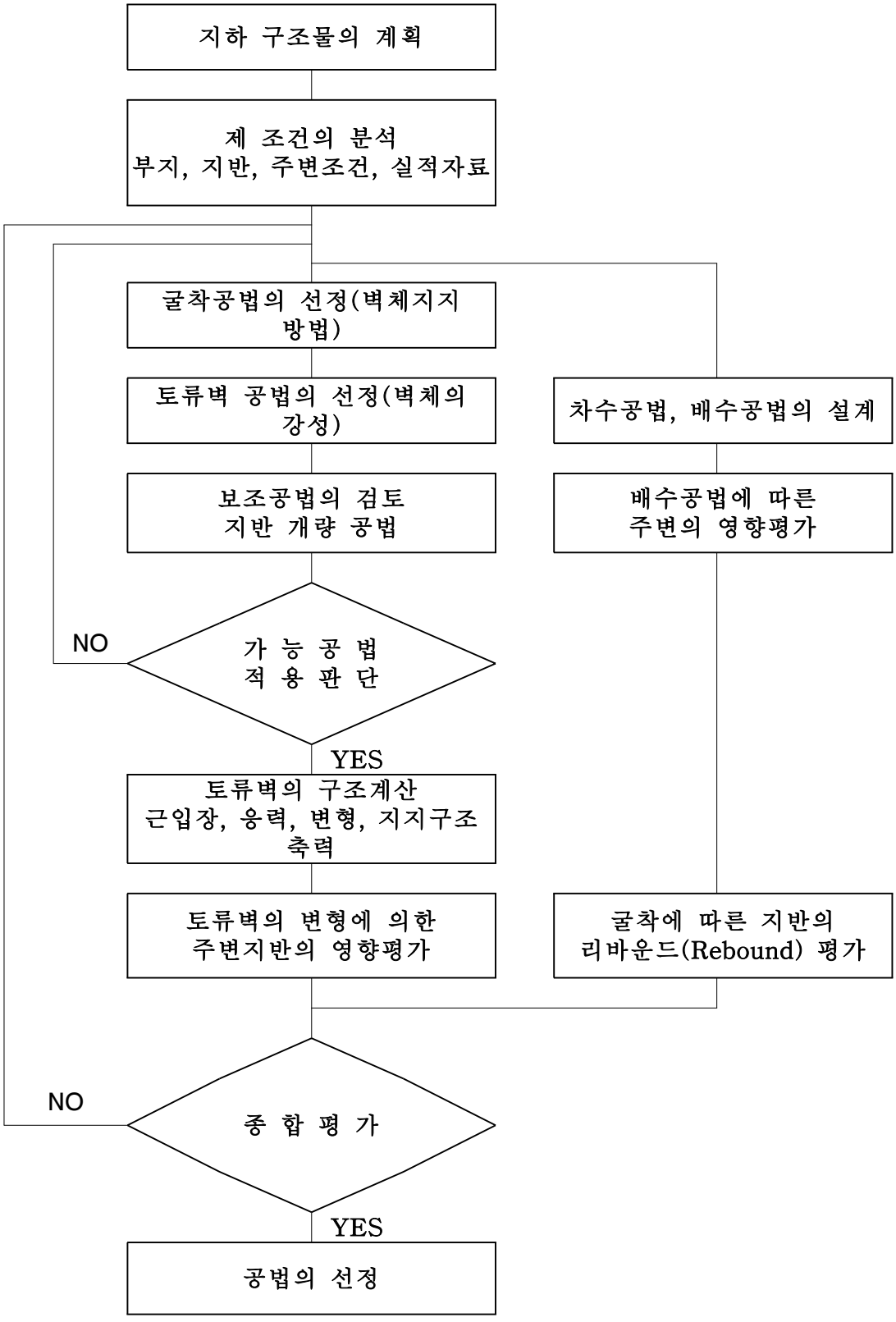
(5) 지하수위가 높은 지역에서는 차수공법 선정을 지반조사 결과와 비교 검토하여 결정(계절적 지하수위 변동도 검토)

(6) 지지부재의 선택과 배치방법 검토

(7) 설계모델 선정(탄성, 탄소성 설계법, 유한요소법)에 의한 적용 프로그램 결정

(8) 시공조건 검토

- 공사현장에의 자재 및 건설장비 투입 검토

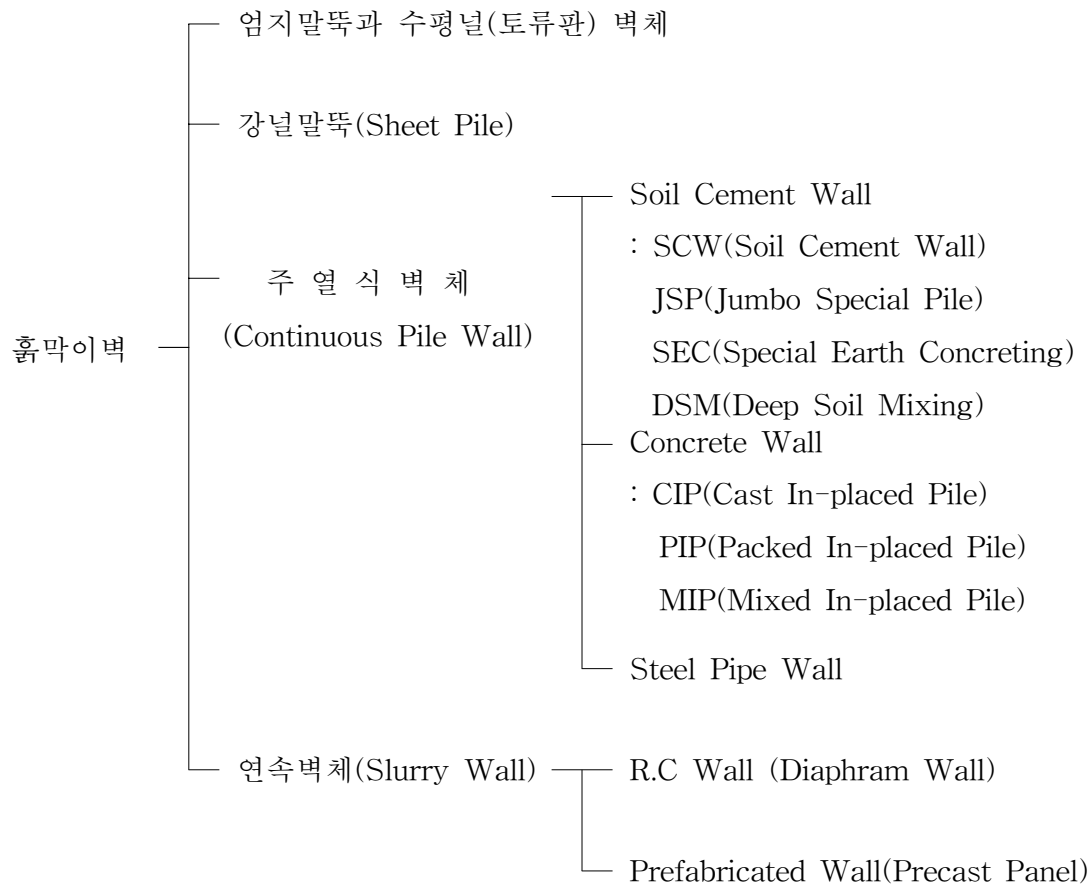


[그림 4.3] 굴착 및 흙막이공법 선정흐름도

4.3 흙막이 벽체공법

4.3.1 개 요

굴착 및 흙막이 공법은 크게 굴착면의 형상에 따라 비탈면 개착공법과 흙막이벽체를 이용한 개착공법으로 대별된다. 오픈 컷 공법은 흙막이 벽체를 사용하지 않고 비탈면 경사의 안정성이 확보될 수 있는 상태로 굴착하는 공법이다. 흙막이 벽체 공법은 비탈면 오픈 컷 공법의 적용이 어려운 경우에 적용되며 일반적으로 적용되는 흙막이 공법의 벽체 형태로는 H-pile+흙막이판, C.I.P, S.C.W(Soil Cement Wall), 널말뚝(Sheet Pile), 지하 연속벽(Diaphragm Wall) 등이 있다. 흙막이 벽체 공법을 선정하는데 중요한 고려 요인으로는 지반조건에 따른 흙막이 벽체의 강성 및 배면 지하수의 유출 방지를 위한 차수성을 들 수 있다.



[그림 4.4] 흙막이벽체공법의 분류

4.3.2 벽체공법 종류 및 특성

일반적으로 흙막이공은 직접 흙에 접하는 부분의 흙막이와 이를 지보하는 지보공으로 나눠지며 실제로 굴착공사 계획시 참고가 되는 각종 공법의 특징 및 문제점 등은 다음 <표 4.1>과 같다.

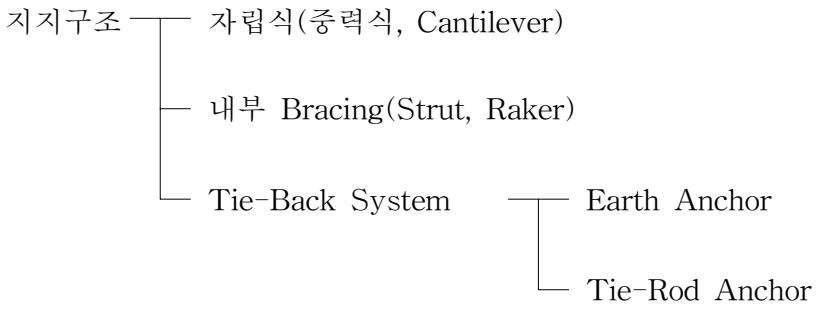
<표 4.1> 주요 흙막이 벽체 공법의 종류와 특성

구 분	H-PILE+토류판	C.I.P	S.C.W	지중연속벽
공 법 개 요	• 천공하여 H-pile 삽입 • 굴착하면서 토류판 설치	• CAST-IN PLACED PILE (주열식) • 시추기로 천공 • 철근, H-pile 삽입 • 콘크리트 타설	• SOIL CEMENT WALL • 3축 Auger로 계획심도까지 천공후 시멘트 밀크를 지반과 교반하여 주입 • H-pile을 보강재로 삽입하고 경화시켜 벽체 형성	• DIAPHRAGM WALL • 특수장비로 Trench 굴착 • 철근망을 삽입후 콘크리트 타설
장 점	• 공사비 저렴 • 자재 재사용 가능 • H-Pile 규격에 따라 소형장비 사용 가능	• 벽체강성이 좋음 • 인접구조물에 영향 적고 장비 소규모 • 소음 진동이 적음	• 별도차수 필요 없음 • 토사유실 매우 적음 • 현장 토사를 골재로 활용 • 소음 진동이 적음	• 벽체 강성이 우수 • 완전 차수 가능 • 건물 벽체로 사용가능 • 대심도 굴착 가능
단 점	• 별도 차수시설 필요 • 토사유출 가능성 큼 • 토류판과 지반의 여굴로 주변지반 침하 우려	• 기둥간 연결성 불량 및 수직도 문제로 보조차수 필요 • 암층은 공기 길어짐 • 깊이가 깊은 경우 수직도 떨어짐	• 자갈 및 연암층 이상에서 시공 곤란 • 점성토에서는 교반이 정밀해야 하며 시멘트량이 증가 • 철저한 시공 관리 요망	• 공사비 고가 • 장비 규모 큼 • 철저한 시공관리 요망
시 공 순 서	• 천공 • 케이싱설치 • H-PILE설치 • 토류판설치	• 천공(ϕ400~450) • 케이싱 설치 • 철근 설치 • 자갈 주입 • 시멘트 PASTE 주입 • 케이싱 해체	• AUGER 천공 (ϕ550 폭1.35m) • 안정제 주입, 혼합, 교반 • H-PILE 삽입	• GUIDE WALL 설치 • 굴착(T=60~100cm) • 철근망 삽입 • 콘크리트 타설 • 불량한 지층에서는 크람셀로 굴착
안정성	• 강성체로서의 토류벽 역할을 할 수 있으나 벽체변형이 다소 발생함	• 주열식 강성체로서의 토류벽 역할을 충분히 할 수 있다. (굴착깊이 15m 이내에 적용)	• 연속벽체 차수 및 토류벽의 2중 역할을 충분히 할 수 있음 (깊이 25m 까지 가능)	• 지중연속벽으로서 단면계수가 상대적으로 커 토류벽 및 지하층 외벽구조체로서의 역할을 함
차수성	• 지하수위가 있는 지반에서는 별도의 차수 그라우팅이 실시되어야 함	• 각공 사이의 연결부에 누수 현상 발생 가능성이 있어 연결부 사이에 보조 Grout 시행	• 각공 10cm 중첩하여 시공하므로 차수 효과가 우월함	• 완전 차수 효과 기대 (단, Element Joint 부에서 누수대책)
정밀성	• 원하는 위치에 H-pile을 설치할 수는 있으나 정밀 토류벽의 형성이 어렵다.	• 원하는 위치에 설계심도의 구조체를 형성 시킬수 있음	• 원하는 위치에 수직도를 높여 계획심도까지 토류벽을 정확하게 형성함	• GUIDE WALL이 설치되므로 원하는 위치에 설계심도의 구조체를 정확하게 형성함

4.4 흙막이 지보공법

4.4.1 개 요

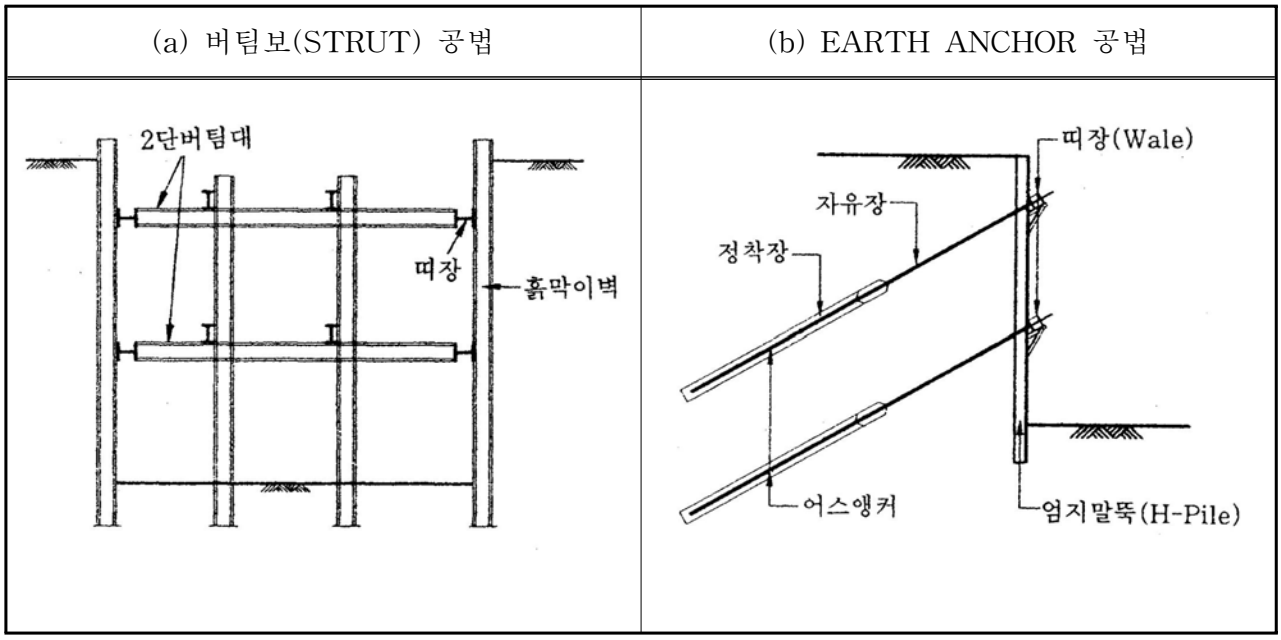
굴착에 따른 대표적인 지보방법은 버팀보(Strut)와 어스앵커(Earth Anchor)로 대별 될 수 있다. 이 밖에 Soil Nailing 공법이나 Raker 지지 방식에 의한 굴착이 있으며, 암반 지역에서는 어스앵커 대신 Rock Bolt가 사용되기도 한다. 흙막이 지보공법의 분류는 [그림 4.6]과 같다.



[그림 4.5] 흙막이 지보공법의 분류

4.4.2 지보공법 종류 및 특성

각각의 주요 지지구조물에 대한 종류와 특성을 비교·정리하면 <표 4.2>와 같다.



[그림 4.6] 흙막이 지지공법

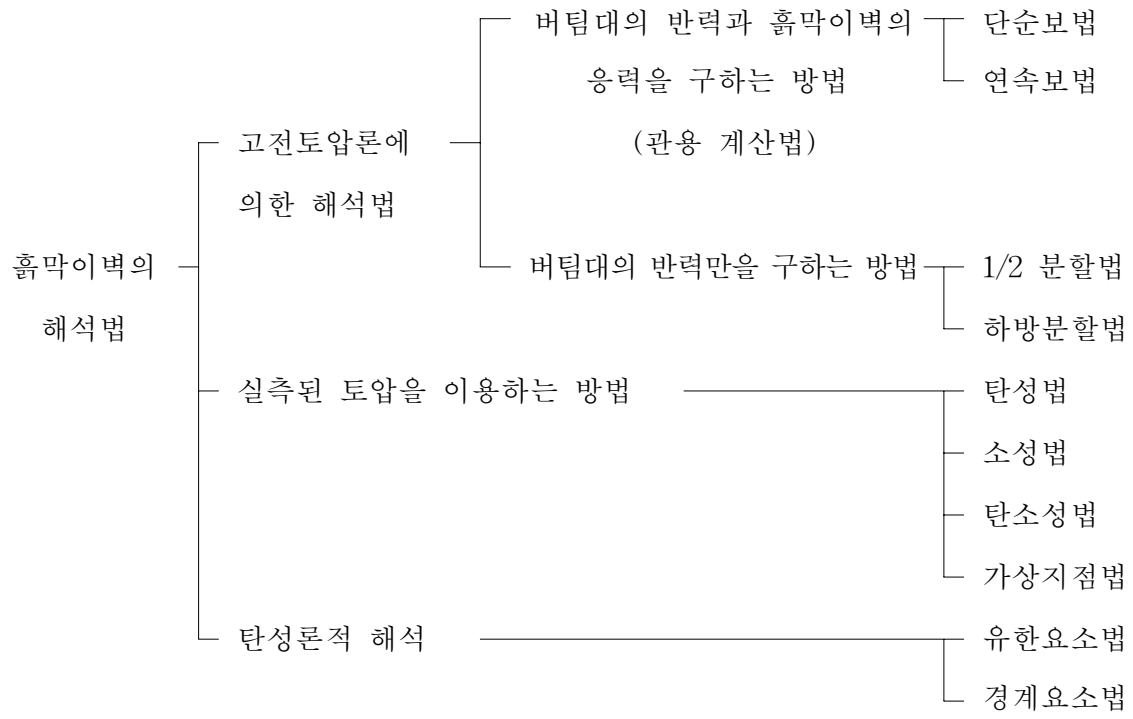
<표 4.2> 흙막이 지지공법 비교표

지 지 구조물	자립식 (Cantilever)	버팀보 공법 (Strut)	어스앵커 공법 (Earth Anchor)
공법개요	· 굴착대상 지반의 강성이 크고 주변에 보호하여야 할 구조물이 없는 경우 흙막이 벽체만으로 토압을 지지하면서 굴착함	· 흙막이 벽체를 설치하고 일정심도까지 굴착한 후 강재를 설치하여 토압에 저항토록 함	· 지반을 천공한 후 미리 제작된 강선을 삽입하여 정착부와 자유장부를 구분하여 주입한 후 정착부의 마찰저항에 의해 토압을 지지토록 함
공법특성	· 지반강성이 크고 얕은 굴착에서 활용 · 주동토압을 지지할 수 있는 충분한 근입장이 필요 · 별도의 차수 및 지반보강 그라우팅 필요	· 재질이 균질하며 강성이 큰 지지구조물 · 현장이 클 경우 이음부 부실에 따른 좌굴 등의 불안정성 우려 · 강재 활용면에서 유리 · 현장이 클 경우, 아일랜드 공법(분할굴착 공법)을 적용하여 사용하면 안정성 증대	· 굴착평면이 임의적이고 지표고가 상이한 현장에 효과적임 · 작업공간이 넓어 공사기간이 단축됨 · 정착부 마찰저항 확인이 필수적 · 지하수위 저하에 따른 지반손실 우려
장 점	· 버팀대가 없으므로 기계굴착이 가능 · 공기단축 · 공사비 저렴	· 버팀대의 압축강도 그 자체를 이용하므로 응력상태 확인가능 · 굴착면적이 좁고 깊을때 유리하며 연약한 지반도 시공 가능 · 자재를 재사용할 수 있어 경제적 · 비교적 변형이나 파괴를 조기에 판별가능 · 시공후 보강이 용이	· Anchor의 국부적인 파괴가가 토류구조물 전체의 파괴로 이어지지 않음 · Strut식에 비해 작업공간이 넓어 기계화 시공이 가능하므로 공기단축 · 평면의 형상이 복잡하고 지반이 경사져도 시공가능 · Anchor에 prestress를 주기 때문에 벽의 변위와 지반 침하를 최소화 할 수 있음
단 점	· 벽체변형과 주변지반의 침하가 크므로 시가지에서의 채택은 한정됨	· 굴착면적이 크면 버팀대 자체의 비틀림, 이음부분의 좌굴 우려 · 주변 지반 침하 발생 우려 · 버팀보가 내부의 굴착 및 구조물고사에 지장을 준다. · 버팀보의 국부적 파괴가 토류구조물 전체에 영향을 줌 · 시공 편의상 조기 버팀대 설치가 어려워 배면 변형을 초래	· 천공시 지하수 유입에 의한 지하수위 저하 · 정착지반이 연약한 경우에는 적합하지 않음. · Anchor설치시 부지 지주의 동의 요함 · 주변에 지하구조물이나 매설물이 있을 때 시공 불가

4.5 흙막이구조물 해석방법

4.5.1 개 요

흙막이공법으로 지반굴착을 시행하는 경우에 가시설의 해석은 굴착진행에 따라 변화하는 토압에 대하여 굴착 단계별 해석과 다음단계 굴착 및 지지구조 설치가 완료되어 경험토압과 같이 재분포된 경우에 대한 해석으로 두 가지 경우에 대하여 해야 한다. 흙막이 구조물의 해석기법의 종류는 [그림 4.7]과 같다.



[그림 4.7] 해석기법의 종류

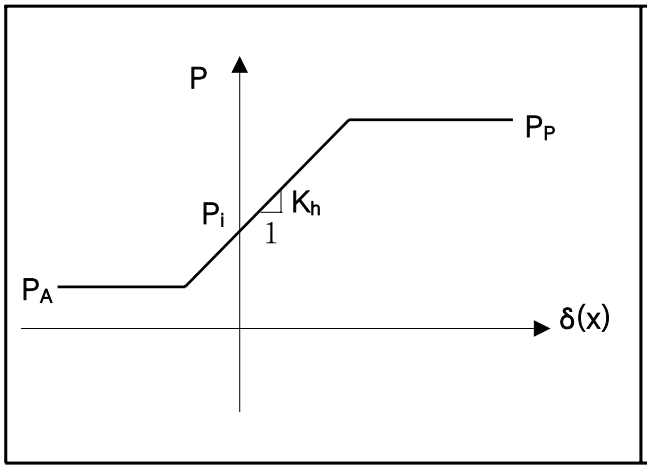
4.5.2 굴착 단계별 벽체 해석

(1) 개 요

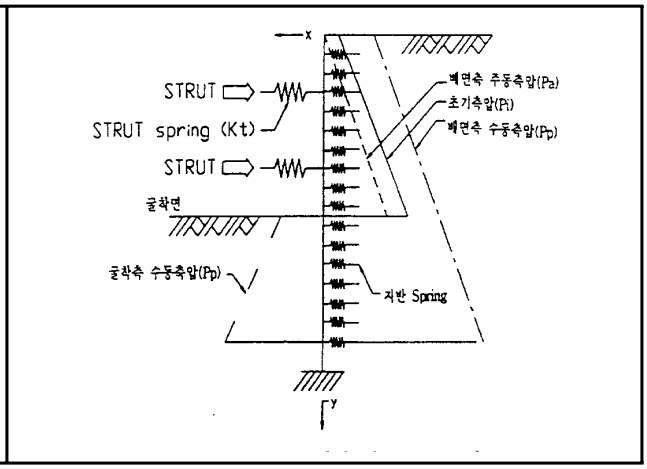
흙막이 구조물의 시공은 단계별로 굴착이 진행되고 굴착 진행 상황에 따른 버팀대 및 띠장과 벽체에 작용하는 하중조건이 달라지므로 각 단계별 검토는 물론 이들 중에서 최대값에 대한 안정검토가 이루어져야 한다. 각 단계별 굴착완료 및 버팀대 설치 후의 토압분포보다 다음 단계 버팀대를 설치하기 위하여 굴착을 진행 중인 과정이 더 불리하게 된다. 이 경우의 토압분포는 추정하기가 어려울 뿐 아니라, 벽체의 변위에 지배되므로 벽체의 해석방법에 따라 다르게 된다. 횡토압을 고려하여 굴착단계별로 해석하는 대표적인 방법은 탄소성 지반상 연속보 해석법이다.

(2) 탄소성 지반상 연속보 해석

탄소성 지반상 연속보 해석이란 흙막이 벽체에 작용하는 토압이 흙막이 벽체의 변형에 따라 [그림 4.8]과 같이 탄소성 거동을 하며 지반과 흙막이벽 및 지지구조의 상호작용을 고려하여 굴착단계별로 벽체의 변형과 토압 및 지지구조의 반력을 구하는 방법이다. 지반은 탄소성 스프링, 지지구조는 탄성 스프링, 흙막이 벽체는 탄소성보 요소로 모델링하며 [그림 4.9]와 같다.



[그림 4.8] 지반의 탄소성거동



[그림 4.9] 탄소성보법을 이용한 모델링

하중과 변형에 대한 기본식은 다음과 같다.

$$EI\frac{d^4x}{dy^4} + \frac{A \cdot E'}{L} \cdot x = P_i - K_h \cdot x$$

여기서, E : 흙막이 벽체의 탄성계수

I : 흙막이 벽체의 단면 2차 모멘트

A : 지보공의 단면적

E' : 지보공의 탄성계수

L : 지보공의 길이

P_i : 초기 토압

K_h : 지반의 수평방향 지반 반력계수

(3) 유한요소법 및 유한차분법에 의한 해석

횡토압을 사용하는 대신에 지반의 탄소성 강도특성과 흙막이벽체 및 지지구조의 탄성강도 특성을 고려함으로써 응력-변형 거동을 구한다. 해석 모델로는 벽체는 보요소, 지지구조는 탄성봉요소로 모델링되며, 벽체와 흙과의 거동을 나타내기 위하여 경계요소를 도입한다.

4.5.3 굴착 완료후의 벽체 해석

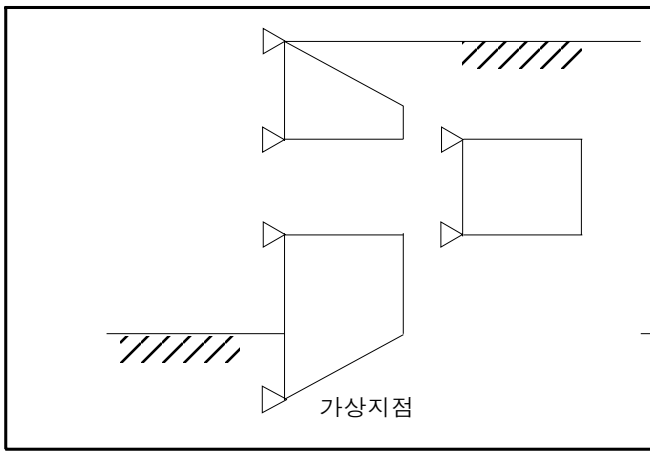
굴착이 끝나고 버팀구조가 설치된 후 지지구조에 작용하는 하중을 계측하여 제안된 경험토압 분포를 하중으로 사용한다.

(1) 단순보 해석

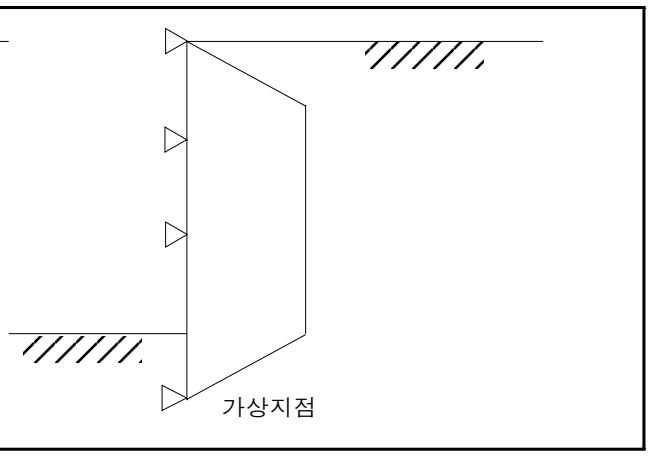
벽체는 연성이므로 지지점 사이를 단순보로 가정하고 경험토압을 적용하여 해석하는 방법이다. 매우 간단하나 굴착 및 지지구조 설치 완료후의 해석만이 가능하고 벽체거동을 무시하므로 흙-구조물 상호작용이 반영되지 않는다. 또한, 굴착 단계별 벽체 및 지지구조를 검토할 수 없고 굴착고가 깊은 경우 신뢰도가 떨어진다.

(2) 연속보 해석

벽체를 앵커나 버팀대 지점에 지지된 연속보로 가정하여 경험토압을 적용한다. 휨 모멘트나 전단력은 단순보법보다 정도가 높으나 벽체 배면 지반에 대한 변위해석 즉, 흙-구조물 상호작용은 반영되지 않는다. 단순보법과 같이 굴착 단계별 벽체 및 지지구조에 대하여 검토할 수 없고 굴착고가 깊은 경우 신뢰도가 떨어진다.



[그림 4.10] 단순보 해석



[그림 4.11] 연속보 해석

(3) 탄성 지반상 연속보 해석

탄성 지반상 연속보 해석법은 캔틸레버 또는 앵커된 널말뚝 및 버팀굴착 모든 경우의 흙막이벽체에 적용하는 것으로 벽체를 적당한 절점으로 분할하여 벽체의 횡방향 변위, 벽체 전면 수동영역의 절점토압, 각 절점에서의 휨 모멘트 및 앵커 지지력 등을 구할 수 있다.

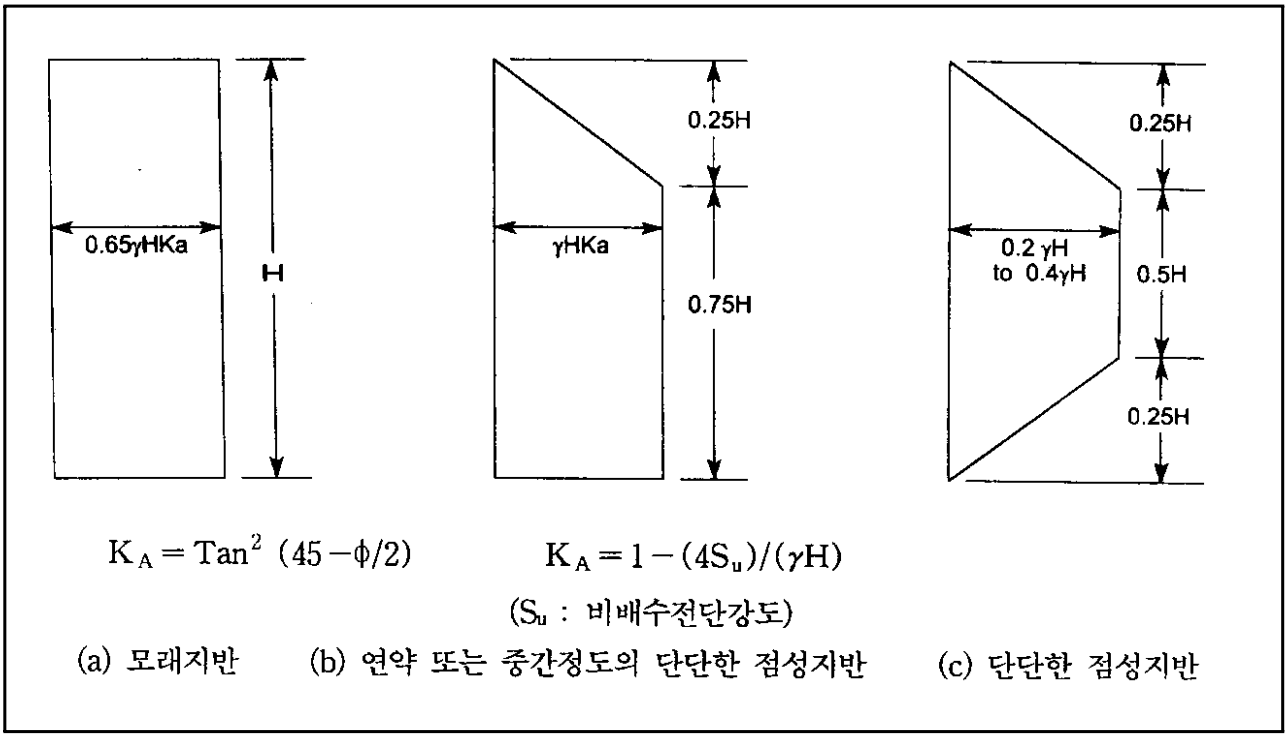
4.6 흙막이 구조물에 작용하는 외력

4.6.1 개 요

가시설의 구조계산 및 안정성 검토시에는 가시설에 작용하는 하중을 검토 반영하여야 한다. 흙막이공에서는 작용토압 및 수압, 근접구조물의 영향을 정확히 조사하여 고려해야 한다.

4.6.2 토 압

옹벽 구조물과 같이 강성이 큰 구조물이나 굴착깊이가 얕은 흙막이 구조물의 경우 대체로 삼각형 토압으로 가정하여 해석하나, 굴착깊이가 깊어질수록 토압의 분포는 흙막이 벽체와 지지주조물의 강성에 따른 저항으로 인해 변위가 억제되면서 토압분포의 형태가 재조정되는 경향을 나타내게 된다. 배면지반의 지층종류, 지하수의 유무, 상재하중의 크기에 따라 토압의 크기와 분포는 달라지므로 현장의 여건 및 지반상태를 고려하여 토압분포를 산정하여야 한다. [그림 4.12] 및 [그림 4.13]은 흙막이벽이 연성벽체인 경우에 각기 다른 지반조건에 대한 경험적인 토압분포를 나타내고 있다.



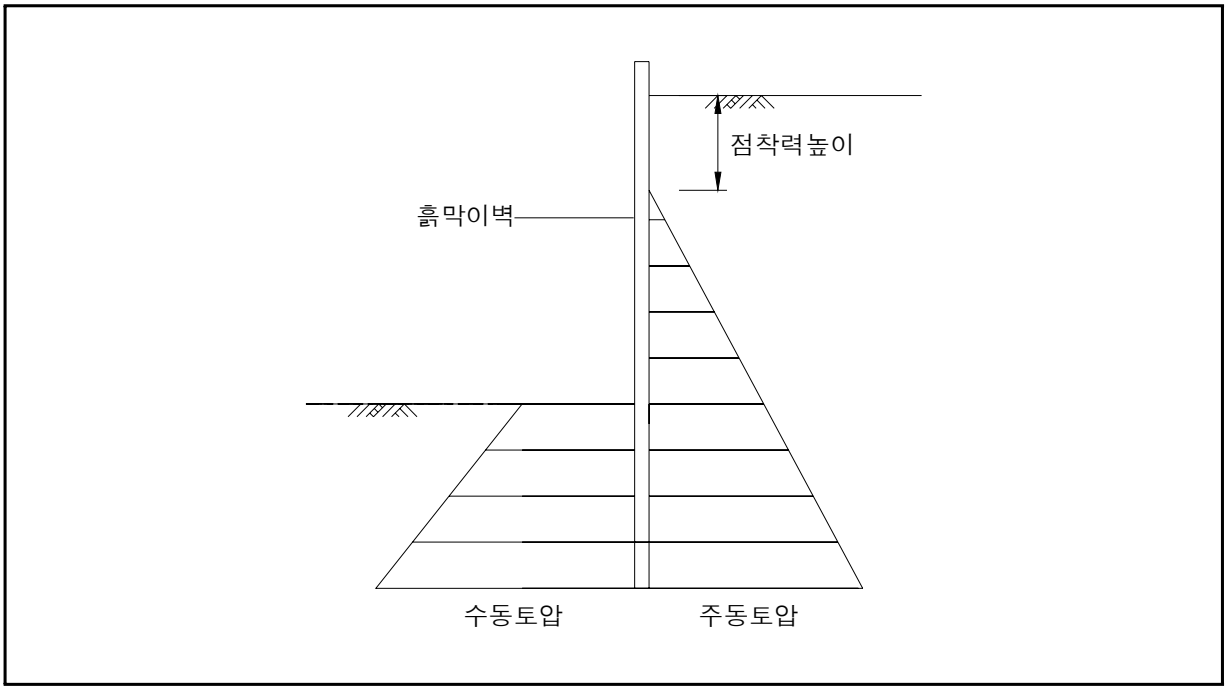
[그림 4.12] Peck(1969) 수정토압분포도

흙막이 벽체의 근입깊이를 결정할 때 적용하는 토압분포는 일반적으로 다음과 같은 Rankine-Resal 토압공식을 사용한다.

$$\text{주동토압} : P_a = (q+\gamma z)\tan^2(45^\circ - \frac{\Phi}{2}) - 2c\tan(45^\circ - \frac{\Phi}{2})$$

$$\text{수동토압} : P_p = (q+\gamma z)\tan^2(45^\circ + \frac{\Phi}{2}) + 2c\tan(45^\circ + \frac{\Phi}{2})$$

여기서, P_a, P_p : 깊이 z에서의 주동토압, 수동토압



[그림 4.13] 근입장 산정을 위한 토압분포(Rankine-Resal 토압)

한편 이때 주의할 사항은 굴착바닥면 하부의 수동토압은 주동변위가 발생할 때 수동저항이 충분히 발휘되지 못하므로 수동토압에 대한 안전율을 보통 2이상 고려하여야 한다. 또한 근입깊이는 과도굴착, 쇄굴, 연약지반 존재 등을 고려하여 실제 계산되는 근입깊이 보다 20%이상 증가시키는 것이 바람직하다.

4.6.3 수 압

흙막이 벽체를 설계할 때 적용되는 수압은 흙막이 벽체의 차수성, 지면측의 지층구성상태 등을 고려하여 산정하여야 한다. 실제 굴착시에 이상적인 차수상태가 존재하기 어려우므로 정수압보다 감소된 수압을 적용하는 것이 실제적이나 안전을 고려하여 정수압을 적용하는 것이 일반적이다. 흙막이 벽체의 하부로 흐름이 발생하는 경우 수압은 깊이에 따라 증가하다가 수두손실로 인해 다시 감소하여 흙막이 벽체의 하단에서는 0으로 된다.

차수가 되지 않는 흙막이 벽체를 적용할 때 수압은 굴착바닥면 하부에서는 서로 평형을 이루게 되므로 삼각형 형태의 수압으로 고려하는 것이 합리적이다.

지하수위 아래의 토층 중 투수성이 큰 토층에 대해서는 수압을 적용하고 투수성이 작은 토층에 대해서는 수압을 적용하지 않는 것이 일반적이다. 토압산정시 수압을 적용하는 토층에서의 흙의 단위중량은 수중단위중량을 사용하고, 수압을 적용하지 않는 토층에서의 흙의 단위중량은 포화단위중량을 사용한다.

<표 4.3> 토층에 따른 수압의 적용 (차수벽체)

구 분	토 층	비 고
수압적용	모래, 자갈층	$k > 10^{-3}$cm/sec인 경우
수압적용치 않음	점성토, 실트, 암반	토층의 경우 투수성이 크다고 판단되면 수압적용 $k > 10^{-7} \sim 10^{-8}$cm/sec인 경우

4.6.4 상재하중

굴착현장 주변에 건물이 인접하여 있거나 도로 및 이동로가 있어 교통하중, 장비하중이 작용하는 경우 흙막이 벽체에 수평하중으로 작용하게 된다. 개략법에서는 하중크기에 토압계수를 곱하여 수평력으로 작용시키나 실제적으로는 흙막이 벽체의 깊이 증가에 따른 하중의 소산을 고려하여야 한다. 또한 여러 종류의 하중이 동시에 작용할 경우에는 중첩의 원리에 의해 별도로 산정하여 합산하는 방법을 취한다. 아울러 배면지반이 경사진 경우에는 수평면의 상부토체를 상재하중으로 간주하여 위의 방법을 적용시키거나, 경사진 면과 벽체가 교차하는 곳 보다 어느 정도 높은 곳에 있는 임의의 수평지표면을 가정하여 토압분포를 적용할 수 있다. 가설구조물을 설계할 때 고려해야 할 하중은 다음 <표 4.4>와 같다.

<표 4.4> 가설구조물의 사용하중

구 분			사하중	활하중	충 격	토 압	수 압	온도하중
버팀보 방식 H말뚝	흙막이 말뚝	근입깊이	○	○	○	○	-	-
		단 면	○	○	○	○	-	
	중 간 말 뚝	근입깊이	○	○	○	-	-	-
		단 면	○	○	○	-	-	-
	버팀보・띠장		-	-	-	-	-	○
널말뚝 방식 흙막이	널말뚝	근입깊이	-	○	○	○	○	-
		단 면	-	○	○	○	○	-
	중 간 말 뚝	근입깊이	○	○	○	-	-	-
		단 면	○	○	○	-	-	-
	버팀보・띠장		-	-	-	○	○	○

4.7 가시설 및 지반의 안정성 검토방법

4.7.1 개 요

흙막이구조물은 순서에 따라 흙막이 벽체의 응력검토, 지지구조물 제원 및 단면설계, 기타 주요 부재 단면검토, 주변지반 침하영향 검토, 히빙 및 파이핑 현상 검토 등의 순으로 설계가 진행된다.

4.7.2 가시설 부재 단면설계

(1) 설계일반

가설흙막이구조물의 단면 설계는 허용응력설계법을 적용한다. 다만, 지하연속벽과 같은 강성벽체는 강도설계법으로 설계할 수 있다.

(2) 부재의 허용응력

1) 가설 흙막이구조물에서 강재의 허용응력은 영구구조물에 대한 허용응력보다 50% 큰 값을 적용하여 신재가 아니고 구재를 사용하는 경우 부재의 재사용이나 단면의 감소에 따른 허용응력 저하를 고려하여야 한다.

2) 공사기간이 2년 미만인 경우에는 가설구조물로 설계하여도 되지만, 2년 이상인 경우에는 영구구조물로 간주하여 설계하여야 한다.

(3) 부재단면 검토

1) 엄지말뚝, 띠장, 흙막이판

① 흙막이벽의 안정성 검토는 벽체의 응력과 변위에 대하여 안정성 검토를 수행하여야 하므로 엄지말뚝에 대하여 모멘트와 전단력에 대한 단면 검토를 수행하여야 한다.

② 토압에 저항하는 흙막이판에 대하여도 목재의 종류에 따라 토압에 대한 안정성 검토를 수행하고 엄지말뚝과 버팀보를 연결하는 띠장에 대하여도 검토하여야 한다.

2) 버팀보

① 지지구조체가 버팀보인 경우 축력, 모멘트, 전단력에 대한 안정성 검토를 수행한다.

② 버팀구조로 지지하는 흙막이 벽에서 경사 버팀보(corner strut)인 경우 그 안정성은 직각 버팀보에 비해 취약하므로 이를 신중하게 고려하여야 한다.

3) 지반앵커

① 지지구조체가 지반앵커인 경우 정착부는 벽체로부터 가상 활동파괴면 밖에 위치하여야 하며 자유장은 가상활동면으로부터 1.5m또는 굴착깊이의 0.15H(H=굴착깊이)를 더한 값 중 큰값을 적용하되 최소 4.5m이상으로 한다.

② 지반앵커의 정착장은 마찰저항길이와 부착저항길이중 큰 값으로 하고 이때 최소 정착장은 토사층인 경우 4.5m 이상으로 한다.

(4) 엄지말뚝의 근입장에 대한 검토

H-PILE 근입장은 연직하중이나 측압, 히빙, 보일링에 대하여 안전하도록 검토한다. 측압에

대한 H-PILE 근입장의 검토는 다음 식에 의한다.

$$Fs = \frac{M_p}{M_a} > 1.2$$

여기서, Fs : H-PILE 근입장의 안전율

Ma : 최하단 버팀대 위치를 지점으로 하는 주동측압에 의한 모멘트

Mp : 최하단 버팀대 위치를 지점으로 하는 수동측압에 의한 모멘트

주) 부재력 산정에 대한 상세한 내용은 “구조물 기초설계기준 해설(2003, 건설교통부, p501~515)”을 참조한다

4.7.3 흙막이벽의 변형에 따른 주변지반의 침하안정 검토

토류벽의 횡방향 변위는 굴착 토류벽 배면지반의 침하를 유발한다. 이것은 일반적으로 지반손실이라 하는데 지반손실은 인접구조물 기초 또는 지하 매설물에 대하여 침하를 유발시켜 피해가 발생하므로 근접시공에서 매우 중요한 문제가 된다.

(1) 침하 예측방법

토류벽의 변위에 따른 주변지반의 침하는 토류벽 변위의 실측, 또는 계산에 의하여 구하고 그 변위로부터 주변지반 침하를 추정하는 방법과 버팀보 구조와 주변지반을 일체로 하여 해석하는 유한요소법 또는 유한차분법이 있다. 어느 경우나 토류벽의 횡방향 변위를 해석하는 방법에 의해 지배되는데 현재까지 제안된 예측방법을 살펴보면 다음과 같다.

1) 유한요소법 및 유한차분법에 의한 배면지반 침하예측

2) 이론적 및 경험적 추정 방법

① Peck(1969)의 방법 : 계측결과의 이용

② Caspe(1966)의 방법 : 이론적 방법

③ Clough 등 (1990)의 방법 : 계측결과 및 FEM 해석

④ Fry 등(1983)의 방법

각 방법에 대한 상세한 내용은 “구조물 기초설계기준 해설(2003), 건설교통부, p.536~543”을 참조한다.

(2) 침하 인접 기존 구조물의 허용값 평가

기존 구조물의 허용값은 구조상의 안정성과 사용상 기능유지로부터 결정된다. 구조상 안정성은 직접기초인 경우에는 건물의 침하, 경사로부터 판단되는 것이 많고 허용치로서는 과거의 균열상황과 침하 및 경사량의 조사 결과를 참고로 하여 중요도를 가미하여 결정하는 방법도 있다. 구조물의 침하, 경사 등에 관한 허용값은 많은 토질공학자에 의하여 제안되었지만 추천할만한 자료는 다음의 <표 4.5> ~<표 4.7>에 나타난 바와 같다.

1) Sowers(1962)의 최대 허용침하량

2) Bjerrum(1963)의 허용 각변위

3) Design Manual 및 Building Code

<표 4.5> 허용 부등침하량(Skempton 등)

기 준		단독기초	전면기초
각변위		1/300	
최대 부등침하	점토	45(35)	
	모래	32(25)	
최대 침하	점토	75	75-125(65-100)
	모래	50	50-75(35-65)

주) • 단위 mm, ( )안은 최대허용치임

• 참고문헌 : Foundation analysis and design, fifth edition, Joseph E. Bowles, p.339

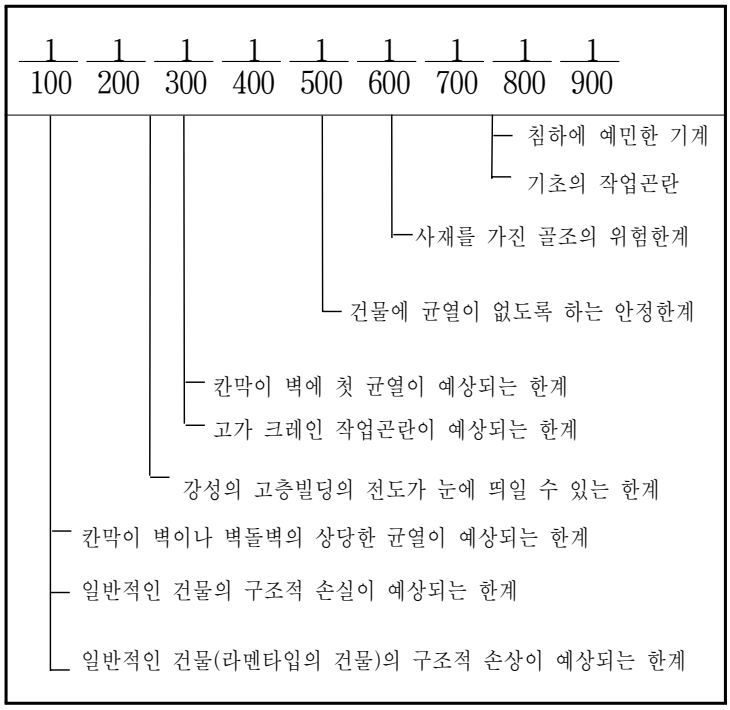
<표 4.6> 구조물의 종류에 따른 허용 침하량

침하형태	구조물의 종류	최대 허용침하량
전체침하	배수시설	1.5 ~ 30cm
	출입구	30 ~ 60cm
	부등침하의 가능성	
	석적 및 조적구조	2.5 ~ 5cm
	골조구조	5 ~ 10cm
	굴뚝, 사이르, 매트	7.5 ~ 30cm
전도	탑, 말뚝	0.004S
	물품적재	0.01S
	크레인 레일	0.003S
	빌딩의 조적 벽체	0.0005S ~ 0.002S
부등침하	철근콘크리트 골조구조	0.003S
	강 골조구조(연속)	0.002S
	강 골조구조(단순)	0.005S

주) • 여기서, S : 기둥 사이의 간격 또는 임의 두점 사이의 거리

• Sowers, 1962-구조물 기초설계기준, 건설교통부, 1997

<표 4.7> 허용각변위 한계(Bjerrun, 1963) 및 건축구조물의 손상한계 (Skempton, 1955)



【허용각변위 한계(Bjerrum, 1963)】

기 준		독립기초	확대기초
각변위(δ/ℓ)		ℓ/300(ℓ : span) (δ: 부등침하량)	
최대부등침하량	점토	44mm (38mm)	
	사질토	32mm (25mm)	
최대침하량	점토	76mm (64mm)	76~127mm (64mm)
	사질토	51mm	51~76mm (38~64mm)
비 고		· 구조적 손상 : 구조체의 손상은 각변위 δ/ℓ > 1/150일 때 예상됨 · 건축부재 (벽체나 바닥) 손상은 δ/ℓ >1/30일 때 예상됨	

【건축구조물의 손상한계 (Skempton, 1955)】

4.7.4 굴착 바닥면의 안정검토

(1) 히빙(Heaving)에 대한 안정검토

1) 개 요

히빙이란 연약한 점토지반의 경우 굴착배면토의 중량 및 재하중이 굴착저면 이하의 지반 지지력보다 크게 되어 지반내의 흙이 미끄러지면서 굴착저면이 부풀어 오르는 현상을 말한다.

2) 검토방법

히빙 검토방법으로는 하중 - 지반 지지력식에 의한 방법과 모멘트 평형에 의한 방법으로 크게 두가지로 나눌 수 있다. 하중 - 지반 지지력식에 의한 대표적인 방법의 대표적인 것으로 Terzaghi - Peck(1967)식, Tschebotarioff(1973)방법과 Bjerrum & Eide(1956)방법 등이 있으며, 모멘트 평형에 의한 방법으로는 일본 건축기초 구조설계 규준(1974)과 일본 도로협회(1967)의 계산법 등이 있다. 상기 검토식들은 각기 지지력이나 활동면의 전단강도를 취하는 방법 등에 특징이 있고 적용안전율도 다르다. 따라서, 흙막이벽의 종류 및 지반조건, 어떤 설계규정에 근거하느냐에 따라 상당한 차이를 보이므로 여러 가지 방법으로 검토를 하는 것이 타당하다.

• Terzaghi - Peck(1967)식

점토의 내부마찰각을 Φ = 0으로 생각하고 활동면의 형상은 [그림 4.14]와 같이 원형과 평면이고 그 크기는 [그림 4.14]와 같다. [그림 4.14]에서 d_1 면에는 점착력 c가 작용하므로 c_1d_1 면에 걸리는 전체하중 P는 다음식과 같다.

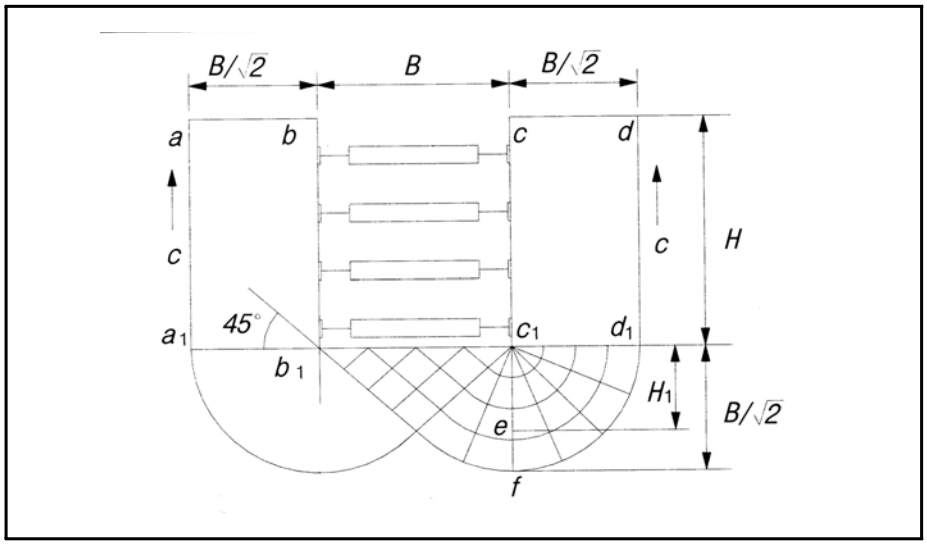
$$P = \frac{B}{\sqrt{2}}\gamma H - c\,H$$

여기서, γ : 흙의 단위중량(tf/m^3)

c : 점착력(tf/m^2)

B : 굴착면의 폭(m)

H : 굴착깊이(m)



[그림 4.14] Terzaghi - Peck(1967)방법에 의한 히빙검토(연약층이 두꺼운 경우)

따라서, 재하중강도 P_v는 다음과 같다.

$$P_v = \gamma H - \frac{\sqrt{2}\,c\,H}{B}$$

Terzaghi에 의하면 점착력 c인 점토지반의 극한지지력 q_d는 다음과 같다.

$$q_d = 5.7\,c$$

여기서, 히빙에 대한 안전율 Fs는 재하중 강도에 대한 극한지지력의 비로 나타낼 수 있다.

$$Fs = \frac{q_d}{P_v} = \frac{5.7\,c}{\gamma H - \frac{\sqrt{2}\,c\,H}{B}}$$

안전율 Fs를 어느정도로 하여야 하는 것은 여러 가지 요소를 고려하여 결정하여야 하며

Terzaghi는 최소안전율로 1.5를 제안하고 있다.

3) 대책방법

- 흙막이벽의 근입깊이와 강성을 크게 한다.
- 굴착 바닥면 아래의 점토를 개량하여 전단강도를 크게 한다.
- 굴착깊이를 작게하거나 굴착평면 규모를 축소한다.
- 흙막이벽 뒤쪽의 흙을 절취하거나 안쪽하단의 흙을 일부 남긴다.

(2) 파이핑(Piping)에 대한 안정검토

1) 개 요

지하수위가 높은 모래 혹은 자갈층과 같은 투수성지반이 차수성이 큰 흙막이벽으로 차단하고 터파기 내부를 배수하면서 굴착하면 흙막이 배면과 터파기면의 지하수위차에 의해 생기는 상향의 침투수압에 의한 동수경사(i)가 모래지반의 한계동수경사(ic)보다 크게 된다. 이때, 모래입자는 급격히 유효응력을 상실하여 벽체부근의 모래가 끓어 나오는 것처럼 보이는 현상이 발생하는데 이를 분사현상(Boiling)이라 하며, 이것이 발전되어 물의 통로가 생기면서 흙이 세굴 되어가는 과정이 파이핑(Piping)현상이다. 파이핑 발생 시 벽체전면의 수동측 저항과 벽체하단의 지지력이 없어질 뿐만 아니라 토립자의 이동도 발생하기 때문에 구조물 및 주변지반이 파괴된다.

2) 검토방법

파이핑 검토방법으로는 Terzaghi의 방법, 한계동수경사법, 유선망에 의한 방법이 있다.

① Terzaghi방법

[그림 4.15]에서 보듯이 파이핑을 일으키는 힘은 상향수압(J)이며, 저항력은 흙의 중량(W)으로 볼 수 있다. Terzaghi의 실험에 의하면 파이핑의 발생폭은 D/2 이므로

$$W = \gamma' \cdot \frac{D^2}{2} \qquad U = \gamma_w \cdot h_a \cdot \frac{D}{2}$$

여기서, D : 굴착저면에서의 토류벽의 근입길이(m)

γ' : 흙의 수중단위중량(tf/m^3)

γ_w : 물의 단위 중량(tf/m^3)

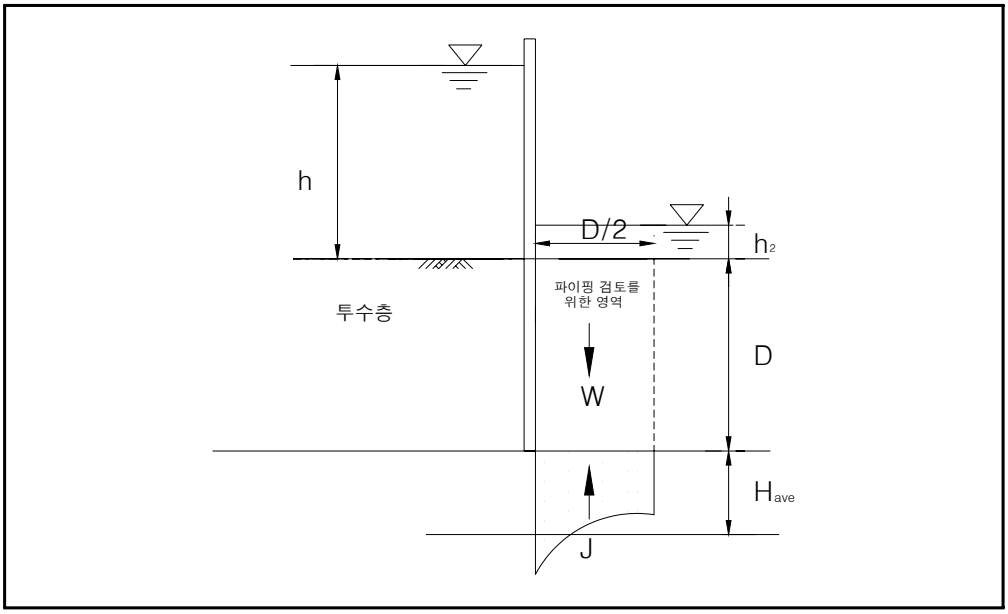
ha : 파이핑의 평균과잉수두(m)

$$F_S = \frac{W}{J} > 1.5$$

Fs : 안전율

W : 파이핑 영향구간내의 흙의 중량

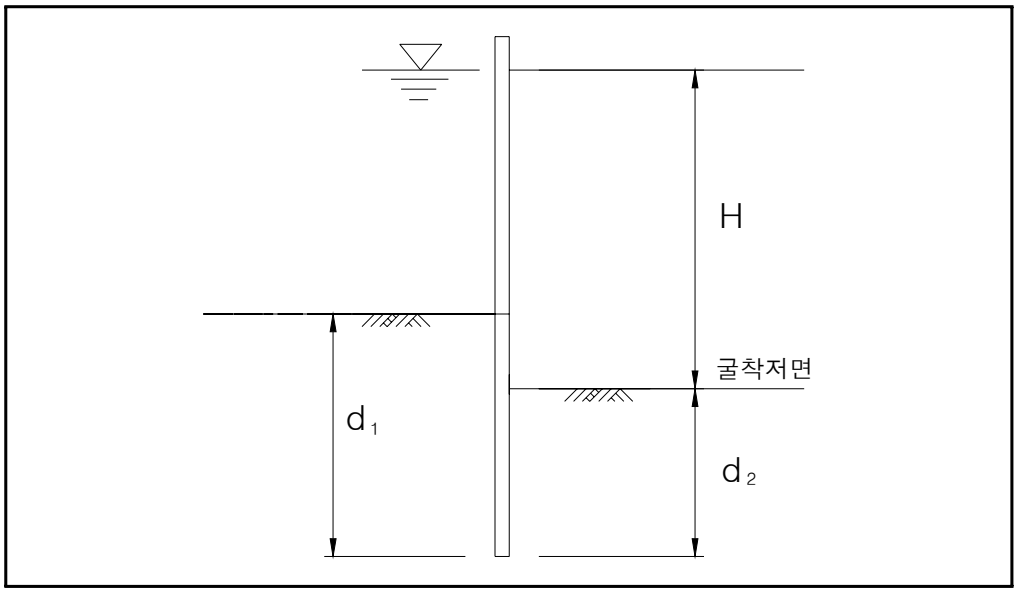
J : 보일링을 일으키는 침투력



[그림 4.15] Terzaghi방법

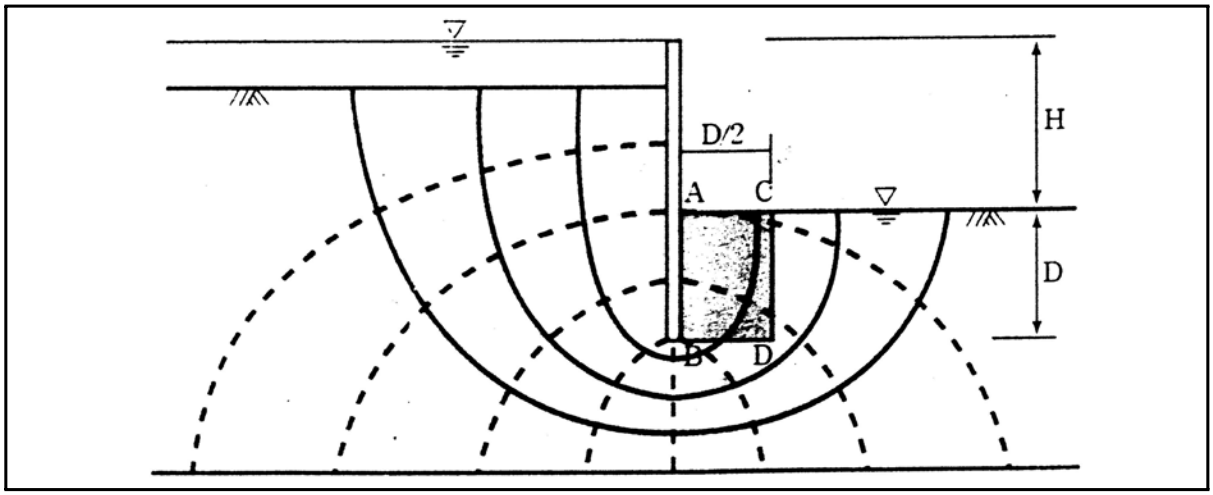
② 한계동수경사법(Harza)

- 한계동수구배와 물이 흐르는 최단거리에 대한 동수구배로 Boiling 판단하는 방법
- 동수구배 : $i = \frac{H}{\ell} = \frac{H}{d_1 + d_2}$
- 안전율 : $F_s = \frac{i_c}{i}$



[그림 4.16] 한계동수경사법(Harza)

③ 유선망에 의한 방법



<그림 4.17> Boiling 검토를 위한 유선망

$$F_s = \frac{W}{J}$$

여기서, F_s : 안전율

W : 흙의 유효중량

J : 침투력

$$\therefore F_s = \frac{W}{J} = \frac{\frac{1}{2}\cdot\gamma_{sub}\cdot D^2}{\gamma_w\cdot\frac{1}{2}D\cdot H_{ave}} = \frac{D\cdot\gamma_{sub}}{H_{ave}\cdot\gamma_w} = \frac{\gamma_{sub}}{i_{ave}\gamma_w}$$

여기서, H_{ave} : 평균 손실수두($\overline{BD}$면에서 유출면까지의 평균손실수두)

3) 대책방법

- 흙막이벽을 깊게박아 동수경사를 작게한다.
- 배수공법을 사용하여 흙막이벽 뒤쪽의 지하수위를 낮춘다.
- 차수재를 주입하여 바닥면을 불투수층으로 만든다.

4.8 계측관리

4.8.1 개 요

흙막이 공사에서의 계측관리는 터파기에 따른 주변지반의 실제 거동과 지지구조물의 효과를 파악하여 공사의 안정성을 예측하고 적절한 대책을 강구할 목적으로 실시한다.

4.8.2 육안점검

계측업무에서는 기기계측과 함께 육안점검 및 관찰을 병행 실시하여야 한다.

<표 4.8> 계측시 육안 점검 항목

점검대상	점 검 항 목
흙막이 벽체	• 벽체 활동 • 누수 • 균열 및 맞물림 상태 • 굴곡 상태 • 벽체와 두부변형
버팀보, 어스앵커, 띠장	• 휨과 비틀림 상태 • 이음새, 접합부의 상태(JACK 부착 상태) • 단부의 변형 • 띠장의 벽과 간격
기타 (주변지반,구조물, 매설관 등)	• 용수의 상황과 양 • 배수 및 배수설비의 상태 • 굴착면의 상태 • 흙막이 배면 지반의 균열, 침하 및 이동 • 포장 및 지표면의 균열 • 연석의 상태 • 구조물의 상태(균열 위치 등) • 매설관의 상태(균열의 유무 등) • 현장주변의 외적 하중 변화상태 • 암반굴착시 암반의 상태

4.8.3 계측기기의 종류

흙막이 공사에서 우선적으로 선정되어야 할 계측의 종류는 다음과 같다.

<표 4.9> 용도에 따른 계측기의 종류

종 류	설치위치	설치방법	용 도	정밀도
경사계 (inclinometer)	토류벽 또는 배면지반	굴토심도보다 깊게 부동층 까지 천공	굴착 단계별 인접 지반의 수평변위량과 방향을 실측하고, 이로 부터 토류구조물 각 지점의 응력상태 판단	±1mm
지하수위계 (water level meter)	토류벽 배면지반	대수층까지 천공	지하수위변화를 실측하여 각종계측자료에 이용하며, 지하수위의 변화원인분석 및 관련된 대책수립	±1mm
간극수압계 (piezometer)	배면 연약지반	연약층 깊이 별로 설치	굴착에 따른 과잉간극수압의 변화를 측정 안정성 판단	±0.05t/㎡

종 류	설치위치	설치방법	용 도	정밀도
토압계 (pressure cell)	토류벽 배면	토류벽의 종류에 따라 다름	주변지반의 하중으로 인한 토압의 변화를 측정	±0.05t/㎡
하중계 (load cell)	strut 또는 anchor부위	각 단계별 굴토시 설치	strut, anchor 등의 축하중 변화 상태를 측정하여 이들 부재의 안정상태 파악 및 불안정 원인 규명에 이용	±0.5ton
변형율계 (strain gauge)	H-pile, strut, 띠장, 각종 강재 또는 concrete	용접 또는 접착제에 의하여 설치	토류구조물의 각 부재와 인근 구조물의 각 지점 및 타설 콘크리트 등의 응력 변화를 측정하여 이상유무 파악 및 대책수립에 이용	±50micro-strain
건물경사계 (tiltmeter)	인접구조물의 골조 또는 벽체	접착 또는 bolting	주변건물, 옹벽, 철탑 등 인근주요 구조물에 설치하여 구조물의 경사 변형상태를 실측, 구조물 안전진단에 활용	±0.2%
지중침하계	토류벽 배면, 인접구조물 주변	부동층까지 천공	각 지층별 침하량의 변동상태를 파악하여 보강대상과 범위의 결정 또는 최종침하량을 예측	±1mm
지표침하계	토류벽 배면,인접구조물 주변	동결심도보다 깊게 설치	지표면 침하량의 절대치의 변화 및 침하량의 속도에 대한 허용값의 판단 및 안정상태를 예측	±1mm
균열측정기 (crack gauge)	균열부위	균열부 양단에 표식을 설치	주변구조물, 지반 등에 균열발생시 균열크기와 변화를 정밀 측정하여 균열발생속도 등을 파악하고 다른 계측결과 분석에 자료 제공	+0.01mm
진동, 소음측정기	대상지역	필요시 측정	굴착, 발파 및 장비 작업에 따른 진동과 소음을 측정하여 구조물 위험예방과 민원예방에 활용	-

[그림 4.18] 경사계 측정 사진

[그림 4.19] 지하수위 측정 사진

[그림 4.20] 하중계 설치 사진

[그림 4.21] 변형율계 설치 사진

4.8.4 계측빈도

공사 진척에 따라 현장 상황에 대응할 수 있도록 적절한 계측빈도를 설정한다. 계측빈도가 불필요하게 많으면 비용이 증가하고, Data 처리가 신속치 못하여 의사결정을 지연시킬 수 있다. 반면 너무 적으면 중요한 변화 양상을 감지하지 못하는 경우가 발생한다. 계측빈도에 대한 기본 방향을 정리하면 <표 4.10>과 같다.

<표 4.10> 계측기기별 측정빈도

계측항목	측정시기	측정빈도	비 고
지하수위계	설치후 터파기 진행중 터파기 완료후	1회/일(1일간) 2회/주 1~2회/주	초기값 선정 강우 1일후 3일간 연속측정
하중계	설치후 터파기 진행중 터파기 완료후	3회/일(2일간) 2회/주 1~2회/주	초기값 선정 다음 단 설치시 추가 측정 다음 단 해체시 추가 측정
변형율계	설치후 터파기 진행중 터파기 완료후	3회/일 2회/주 1~2회/주	초기값 선정 다음 단 설치시 추가 측정 다음 단 해체시 추가 측정
지중경사계	그라우팅설치후 4일 터파기 진행중 터파기 완료후	1회/일(3일간) 2회/주 1~2회/주	초기값 선정
건물경사계	설치후 1일 경과 터파기 진행중 터파기 완료후	1회/일(3일간) 2회/주 1~2회/주	초기값 선정
지표침하계	설치후 1일 경과 터파기 진행중 터파기 완료후	1회/일(3일간) 2회/주 1~2회/주	초기값 선정

4.8.5 계측위치의 선정

계측 위치를 선정함에 있어 필요한 기준을 기술하면 다음과 같다

(1) 사전조사 등에 의해 지반조건이 충분히 파악되고 있는 곳, 또는 대표적인 지반상태를 갖는 지점

(2) 표준단면으로 설정한 지점

(3) 중요 구조물이 인접하여 있거나 가장 위험하다고 생각되는 지점

(4) 우선적으로 공사를 시행할 지점

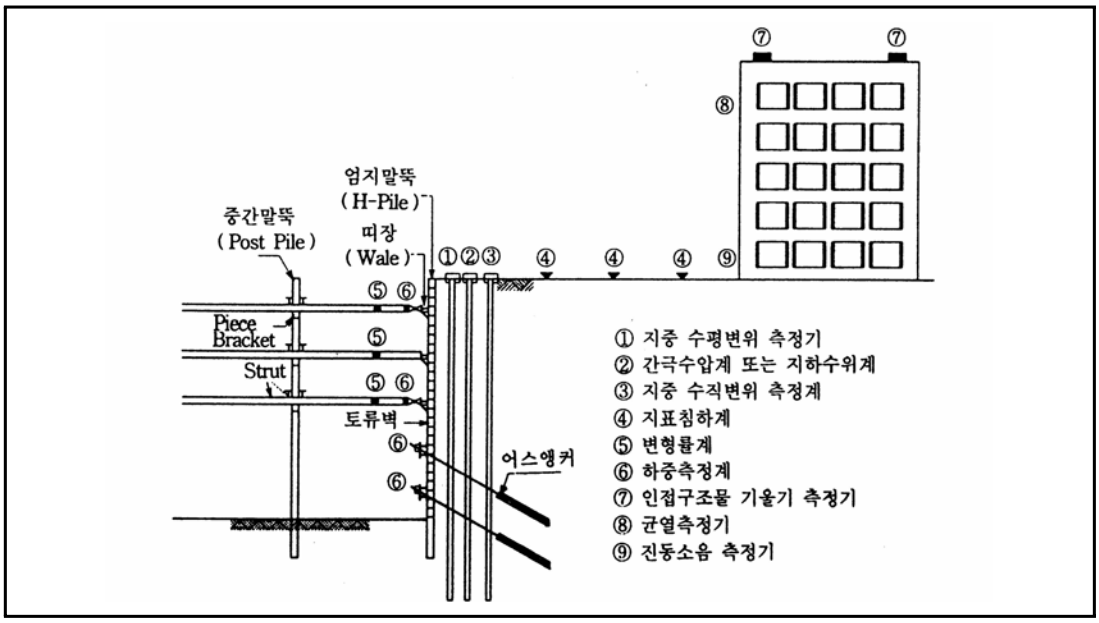
(5) 흙막이 구조물이나 지반에 특수한 조건이 있어 공사에 영향을 미칠 것으로 예상되는 지점

(6) 재료나 단면이 변경되는 지점

(7) 교통량이 많은 지점

(8) 하천변 등 지하수위가 높고 수위의 변화가 빈번한 지점

(9) 계측기설치와 측정이 용이하고 훼손이 적은 지점



[그림 4.22] 계측기 설치 위치 예

4.9 흙막이 구조물 설계사례

4.9.1 공사현황 및 적용공법 개요

(1) 공사현황

1) 공사명 : 00시 하수종말처리시설

2) 지층현황 : 매립층, 퇴적층, 풍화토, 풍화암, 연암

3) 지하수위 : GL(-) 4.0m

4) 굴착깊이 : 10m

(2) 적용공법 개요

1) 공법선정 : H-Pile + Anchor

2) H-Pile 재원 : 300 × 300 × 10 × 15

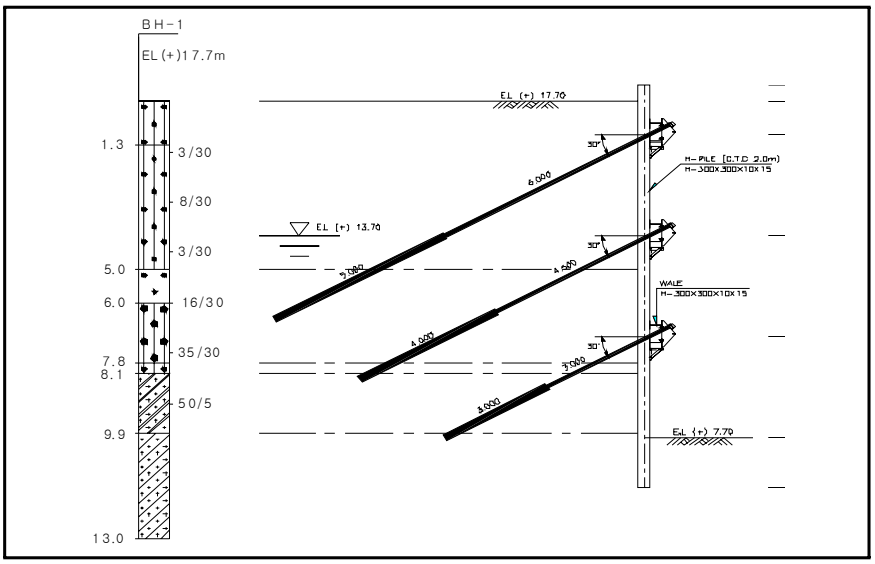
3) H-Pile C.T.C : 2.0m

4) Anchor 시공길이 : 6 ~ 11m(자유장+정착장)

5) Anchor 연직간격 : 3.0m

6) Anchor 설치각도 : 30°

(3) 검토단면



4.9.2 가시설 구조검토

(1) 적용 Program : Sunex

(2) Program의 특성

1) Rankine, Peck토압 및 임의의 토압적용이 가능하다.

2) 지반이 수평이 아니고 경사진 경우를 계산할 수 있으며, 벽체와 지반과의 마찰을 고려할 수 있다.

3) 지보공의 설치시는 그 전단계에서의 변위를 초기변위로 하여 다음 단계 계산에 적용된다.

4) 굴착후 벽체 및 Slab의 타설, 지보공의 해체 과정도 계산할 수 있다.

5) 지표면의 침하가 Caspe방법으로 계산된다.

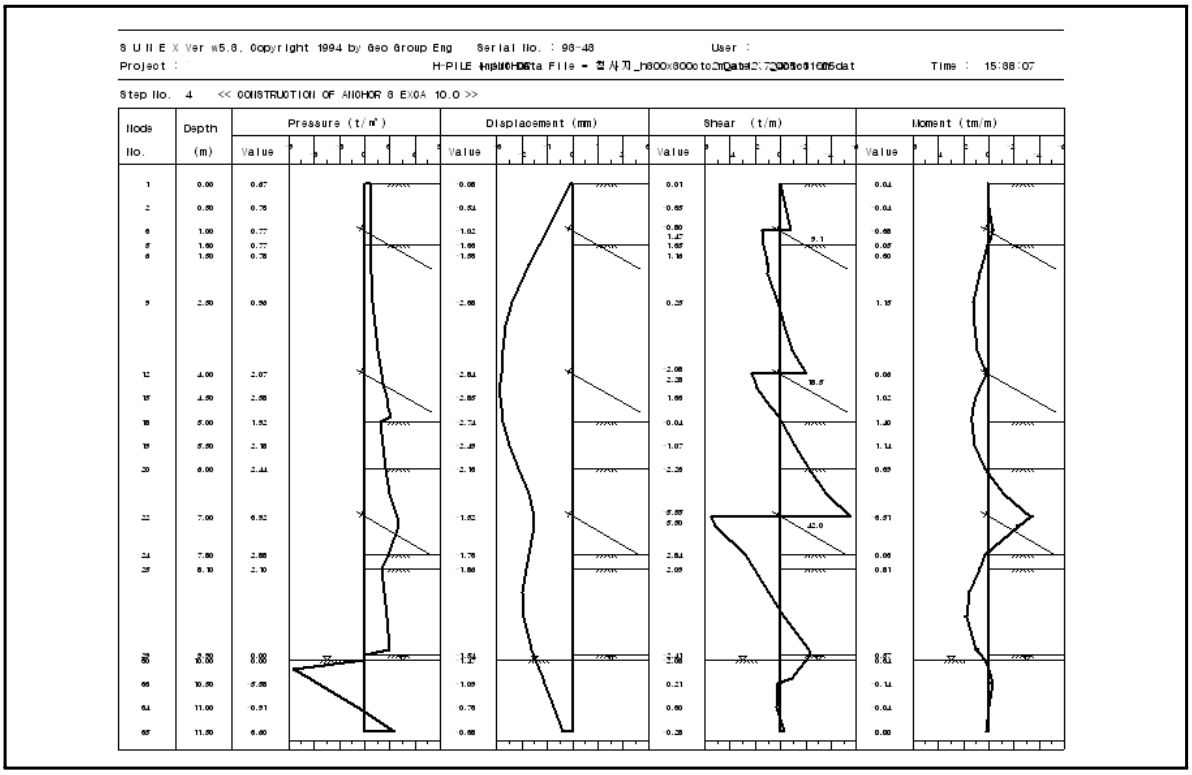
6) 매 해석단계 마다 계산결과 토압, 변위, 전단력 및 Moment 가 화면에 Graphic으로 나타나므로 계산과정을 Check 할 수 있으며, 필요에 따라 계산을 중지시킬 수 있다.

7) 계산결과 매 단계별 토압, 변위, 전단력 및 Moment Graph를 Printer로 출력할 수 있다.

(3) 입력데이타

```
PROJECT    00시 하수처리장 H-Pile + Anchor

SOIL  1   매립층(SM)
          1.8      0.9      1       25      1000    0       0       0
      2   매립층(SC)
          1.8      0.9      1       25      1000    0       0       0
      3   퇴적층(SP)
          1.8      0.9      1       30      2000    0       0       0
      4   퇴적층(GW-GM)
          1.8      0.9      1       30      2000    0       0       0
      5   풍화토층(SM)
          2        1.1      1.5     30      3500    0       0       0
      6   풍화암층
          2.1      1.2      2       33      4500    0       0       0
      7   연암층
          2.3      1.4      10      35      6500    0       0       0

PROFILE  1    1.3    1      1
         2     5     2      2
         3     6     3      3
         4    7.8    4      4
         5    8.1    5      5
         6    9.9    6      6
         7   16.5    7      7

VWALL    1    11.5    0.01198          0.000204        2.1E+07      2.0    0.9    0      0

ANCHOR    1   1        0.0003948      30     6      3        10      0    0
          2   4        0.0003948      30     4.5    3        15      0    0
          3   7        0.0004936      30     3      3        40      0    0

Division    0.5
Solution    0
Output      0

STEP  1 EXCAVATION TO 1.5
          ITERATION 10 0.1
          RANKINE 1.0 0.0 50
          GWL 4.0
          SURCHARGE 1.3
          EXCAVATION 1.5

STEP  2 CONSTRUCTION OF ANCHOR 1 EXCA 1.5
          CONST ANCHOR 1
          EXCA 1.5

STEP  3 CONSTRUCTION OF ANCHOR 2 EXCA 4.5
          CONST ANCHOR 2
          GWL 4.5
          EXCA 4.5

STEP  4 CONSTRUCTION OF ANCHOR 3 EXCA 10.0
          CONST ANCHOR 3
          GWL 10.0
          EXCA 10.0
          GROUND SETTLEMENT
          DEPTH CHECK

END
```

(4) 결과그림



(5) 구조계산

1) H－pile검토

1. 설계조건

1.1 시공조건

- 굴착깊이 : 10.00 m

- 최하단 버팀보에서 가상지지점(굴착저면 - 0.5m) 까지의 거리 (L) = 3.50 m

1.2 설계하중 (전산 Output 참고)

▣ 최대 휨모멘트 : M_{ma} = 3.51 t·m/m

∴ M_{ma} = 3.51 × 2.00 = 7.020 t·m

▣ 최대 전단력 : S_{ma} = 5.55 t/m

∴ S_{ma} = 5.55 × 2.00 = 11.100 t

1.3 사용자재

▣ H - 300 × 300 × 10 × 15 (SS400)

단 면 적 (cm^2)	단면 2차 모멘트 (cm^4)	단면계수 (cm^3)	단면 2차 반경 r	단면 2차 반경 r_y	전단저항면적 (cm^2)	비 고
119.8	20400	1360	13.1	7.51	27	

2. 단면설계

2.1 부재 발생응력 산정

▣ 휨응력

$$\sigma_b = \frac{M_{ma}}{Z} = \frac{7.020 \times 10^5}{1360} = 516.18 \ kg/cm^2$$

▣ 전단응력

$$\tau = \frac{S_{ma}}{A_{eb}} = \frac{11.100 \times 10^3}{27} = 411.11 \ kg/cm^2$$

2.2 부재 허용응력 산정

▣ 허용 휨 압축응력

- SS400 강재의 허용 휨 압축응력 (kg/cm^2)

$\frac{A}{A_c} \le 2$ 인 경우

- $\frac{l}{b} \le 4.5$ 일 때 $\sigma_{ba} = 1400$

- $4.5 \le \frac{l}{b} \le 30$ 일 때 $\sigma_{ba} = 1400 - 24 \times (\frac{l}{b} - 4.5)$

- l = 350 cm b = 30 cm

$\sigma_{ba} = [\ 1400 - 24 \times (\frac{l}{b} - 4.5)\ ] \times 1.5 \times 0.9$ (가시설할증 50%, 단면손실10%)

$= [\ 1400 - 24 \times (\frac{350}{30} - 4.5)\ ] \times 1.5 \times 0.9 = 1657.80 \ kg/cm^2$

▣ 허용 전단응력 (kg/cm^2) - SS400

$\tau_a = 800 \times 1.5 \times 0.9 = 1080 \ kg/cm^2$

2.3 안정검토

▣ 휨응력

- σ_b = 516.18 < 1657.80 kg/cm^2 ---------- OK

▣ 전단응력

- τ_a = 411.11 < 1080.00 kg/cm^2 ---------- OK

2) 띠장검토

1. 설계조건

1.1 시공조건

▣ ANCHOR의 최대 수평설치 간격 (L) 3.00 m

1.2 설계하중 (전산 Output 참고)

▣ Strut 또는 Anchor로 부터 전달되는 최대축력 P_{ma} = 41.960 t/EA

- Wale 부담 지간 (L) = 3.00 m

$$W_{ma} = \frac{P_{ma}}{L} = \frac{41.960}{3.00} = 13.99 \quad t/m$$

▣ Wale에 작용하는 최대 휨모멘트

$$M_{ma} = \frac{w \times l^2}{8} = \frac{13.99 \times 3.0^2}{8} = 15.74 \quad t \cdot m/m$$

▣ Wale에 작용하는 최대 전단력

$$S_{ma} = \frac{w \times l}{2} = \frac{13.99 \times 3.0}{2} = 20.99 \quad t/m$$

1.3 사용자재

▣ H - 300×300×10×15 (SS400)

단 면 적 (cm^2)	단면 2차 모멘트 (cm^4)	단면계수 (cm^3)	단면 2차 반경 r	단면 2차 반경 r_y	전단저항면적 (cm^2)	비 고
119.8	20400	1360	13.1	7.51	27	

2. 단면설계

2.1 부재 발생응력 산정

▣ 휨응력

$$\sigma_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{15.74 \times 10^5}{1360} = 1157.35 \quad kg/cm^2$$

▣ 전단응력

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_{web}} = \frac{20.99 \times 10^3}{27} = 777.41 \quad kg/cm^2$$

2.2 부재 허용응력 산정

▣ 허용 휨 압축응력

- SS400 강재의 허용 휨 압축응력 (kg/cm^2)

$\frac{A_w}{A_c} \leq 2$ 인 경우

- $\frac{l}{b} \leq 4.5$ 일 때 $\sigma_{ba} = 1400$
- $4.5 \leq \frac{l}{b} \leq 30$ 일 때 $\sigma_{ba} = 1400 - 24 \times (\frac{l}{b} - 4.5)$

- l = 300 cm b = 30 cm

$\sigma_{ba} = [\ 1400 - 24 \times (\frac{l}{b} - 4.5)\ ] \times 1.5 \times 0.9$ (가시설할증50%,단면손실10%)

$= [\ 1400 - 24 \times (\frac{300}{30} - 4.5)\ ] \times 1.5 \times 0.9 = 1711.80 \quad kg/cm^2$

▣ 허용 전단응력 (kg/cm^2) - SS400 강재

$\tau_a = 800 \times 1.5 \times 0.9 = 1080 \quad kg/cm^2$

2.3 안정검토

▣ 휨응력

- $\sigma_b = 1157.35 < 1711.80 \quad kg/cm^2$ ---------- OK

▣ 전단응력

- $\tau_a = 777.41 < 1080.00 \quad kg/cm^2$ ---------- OK

3) 앵커 검토

1. Earth Anchor 연선수 계산

USE P.C STRAND Ø12.7

σpu(인장 강도) = 190 kg/mm² x 98.71 mm² /ea
= 18.7 ton/EA

Pa = 0.65 x 18.7 ton/EA = 12.16 ton/ea

▣ 굴착 깊이: GL(-) 5.48m

SUPPORT NO.	설치위치 GL(-)m	설치간격 (m)	설치각도 (°)	설계축력 (ton/ea)
1	1.0	3.0	30 °	8.23
2	4.0	3.0	30 °	16.84
3	7.0	3.0	30 °	41.96

n = (1.2 x F) / Pa 여기서 F: 축력 (ton/ea)
Pa: 12.16 ton/ea

n1 = 0.81 ----> SAY 4본
n2 = 1.66 ----> SAY 4본
n3 = 4.14 ----> SAY 5본

2. Earth Anchor 정착장(Lb)의 계산

Lb =(Td x Fs) / (π x Da x τ)

Fs: 안전율(1.5)
Td:설계 앵커력
Da:앵커체 직경 (0.1m)
τ:주변 마찰 저항

▣ 굴착 깊이: GL(-) 10.0m

Lb1 = 3.93 m ---> SAY 5.0m (τ=10t/m²)
Lb2 = 3.65 m ---> SAY 4.0m (τ=22t/m²)
Lb3 = 2.00 m ---> SAY 3.0m (τ=100t/m²)

3. Jacking Force의 계산

a) prestress의 감소

- 정착장치에 의한 prestress의 감소

$\delta\sigma p = Ep \times \Delta\ell / L$

여기서 Ep : 2.0 × 10^6 kg/cm²
Δℓ : 3.0 mm
P.C 강선의 Φ12.7mm의 A : 98.7 mm² /ea
A(1단) = 98.7 × 4ea = 394.8 mm²
A(2단) = 98.7 × 4ea = 394.8 mm²
A(3단) = 98.7 × 5ea = 493.5 mm²

L = 자유장 + 1.0m의 여유장을 준다

∴ δPp = δσp × A 이므로

각 단별 prestress 감소량

No.	자유장+1.0m	δσp (kg/cm²)	δPp (ton)
1	7.00	857.14	3.384
2	5.50	1090.91	4.307
3	4.00	1500.00	7.403

- relaxation에 의한 감소

$\delta\sigma pr = \gamma k \times \sigma pt$

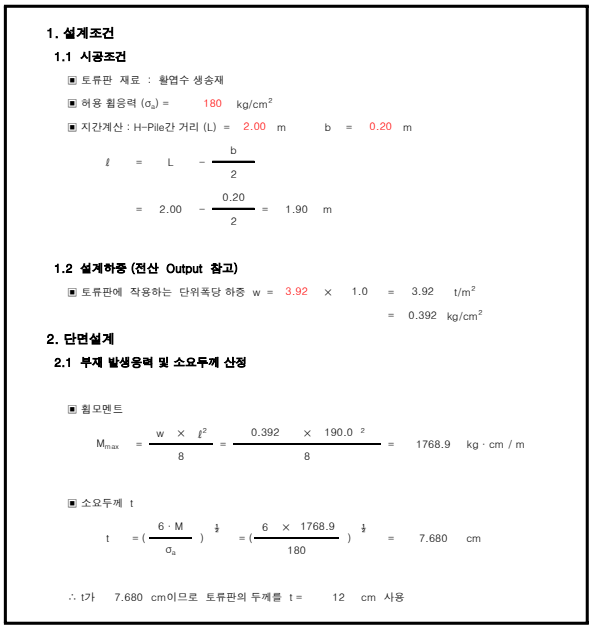
여기서 γk : 0.05
σpt : 초기 긴장응력 (0.8 × σpy=0.8×16000kg=12800kg/cm²)

δσpr = 0.05 × 12800 = 640.0 kg/cm²
∴ δPpri(1단) = δσpri × A = 2.527 ton
∴ δPpri(2단) = δσpri × A = 2.527 ton
∴ δPpri(3단) = δσpri × A = 3.158 ton

b) 설계 앵커의 Jacking force

anchor No.	Anchor force(ton)	δPp (ton)	δPpri(ton)	Jacking force (ton)
1	8.46	3.384	2.527	14.37
2	17.03	4.307	2.527	23.86
3	44.55	7.403	2.527	54.48

4) 토류판 검토



1. 설계조건

1.1 시공조건

▣ 토류판 재료 : 활엽수 생송재

▣ 허용 휨응력 (σ_a) = 180 kg/cm²

▣ 지간계산 : H-Pile간 거리 (L) = 2.00 m b = 0.20 m

$$\ell = L - \frac{b}{2} = 2.00 - \frac{0.20}{2} = 1.90 \text{ m}$$

1.2 설계하중 (전산 Output 참고)

▣ 토류판에 작용하는 단위폭당 하중 w = 3.92 × 1.0 = 3.92 t/m²

= 0.392 kg/cm²

2. 단면설계

2.1 부재 발생응력 및 소요두께 산정

▣ 휨모멘트

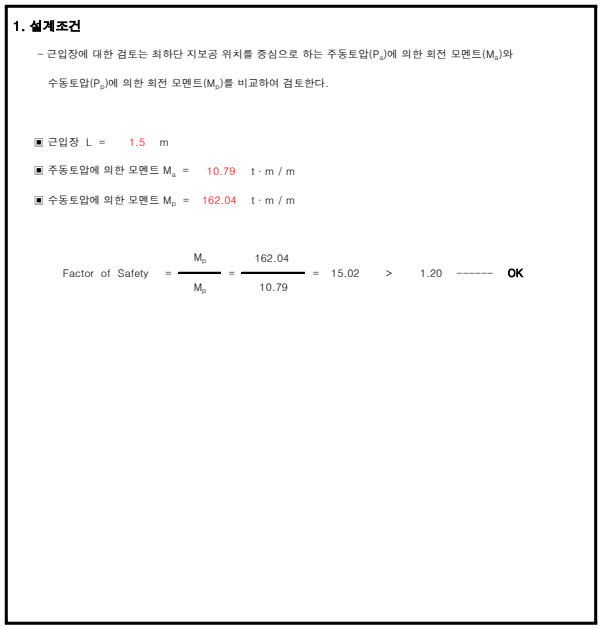
$$M_{max} = \frac{w \times \ell^2}{8} = \frac{0.392 \times 190.0^2}{8} = 1768.9 \text{ kg·cm/m}$$

▣ 소요두께 t

$$t = \left(\frac{6 \cdot M}{\sigma_a}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{6 \times 1768.9}{180}\right)^{\frac{1}{2}} = 7.680 \text{ cm}$$

∴ t가 7.680 cm이므로 토류판의 두께를 t = 12 cm 사용

5) 근입장 검토



1. 설계조건

- 근입장에 대한 검토는 최하단 지보공 위치를 중심으로 하는 주동토압(P_a)에 의한 회전 모멘트(M_a)와 수동토압(P_p)에 의한 회전 모멘트(M_p)를 비교하여 검토한다.

▣ 근입장 L = 1.5 m

▣ 주동토압에 의한 모멘트 M_a = 10.79 t·m/m

▣ 수동토압에 의한 모멘트 M_p = 162.04 t·m/m

$$\text{Factor of Safety} = \frac{M_p}{M_a} = \frac{162.04}{10.79} = 15.02 > 1.20 \text{ ------ OK}$$

5. 옹 벽

5.1 용어의 정의

(1) 옹벽

벽의 자중, 저판상부의 토사의 중량 등으로 토압에 저항하여 흙깎기와 흙쌓기에 의한 급비탈면을 지탱하고 그 안정을 도모하기 위한 벽체구조물

(2) 중력식옹벽

옹벽 자중을 이용하는 토압에 저항하는 옹벽

(3) 반중력식옹벽

옹벽 자중과 뒷채움 흙의 자중을 이용하여 토압에 저항하는 옹벽

(4) 역T형 및 L형옹벽

옹벽 형상이 T를 거꾸로 놓은 듯한 형상 및 L형상의 옹벽

(5) 보강토옹벽

뒷채움 흙내에 흙과의 결속력이 큰 보강재를 설치하여 흙의 횡방향 변위를 구속함으로써 수직에 가까운 벽면을 구축하는 공법으로 뒷채움재, 전면판, 보강재로 구성된 옹벽

(6) Rankine 토압

한계평형상태에 있는 지반 내의 연직면상에 작용하는 토압을 구하기 위한 이론이며, Coulomb 토압이 매크로(macro) 토괴의 평형에서 토압합력을 구하는 것에 비해 Rankine토압은 마이크로(micro)한 흙요소의 평형에서 구한 것임. Rankine 토압은 벽체와 흙 사이에 전혀 마찰이 없다고 가정하였으므로 주동토압은 과대평가되며, 수동 토압은 과소평가됨. 토압의 작용방향은 지표면과 평행한 것으로 봄.

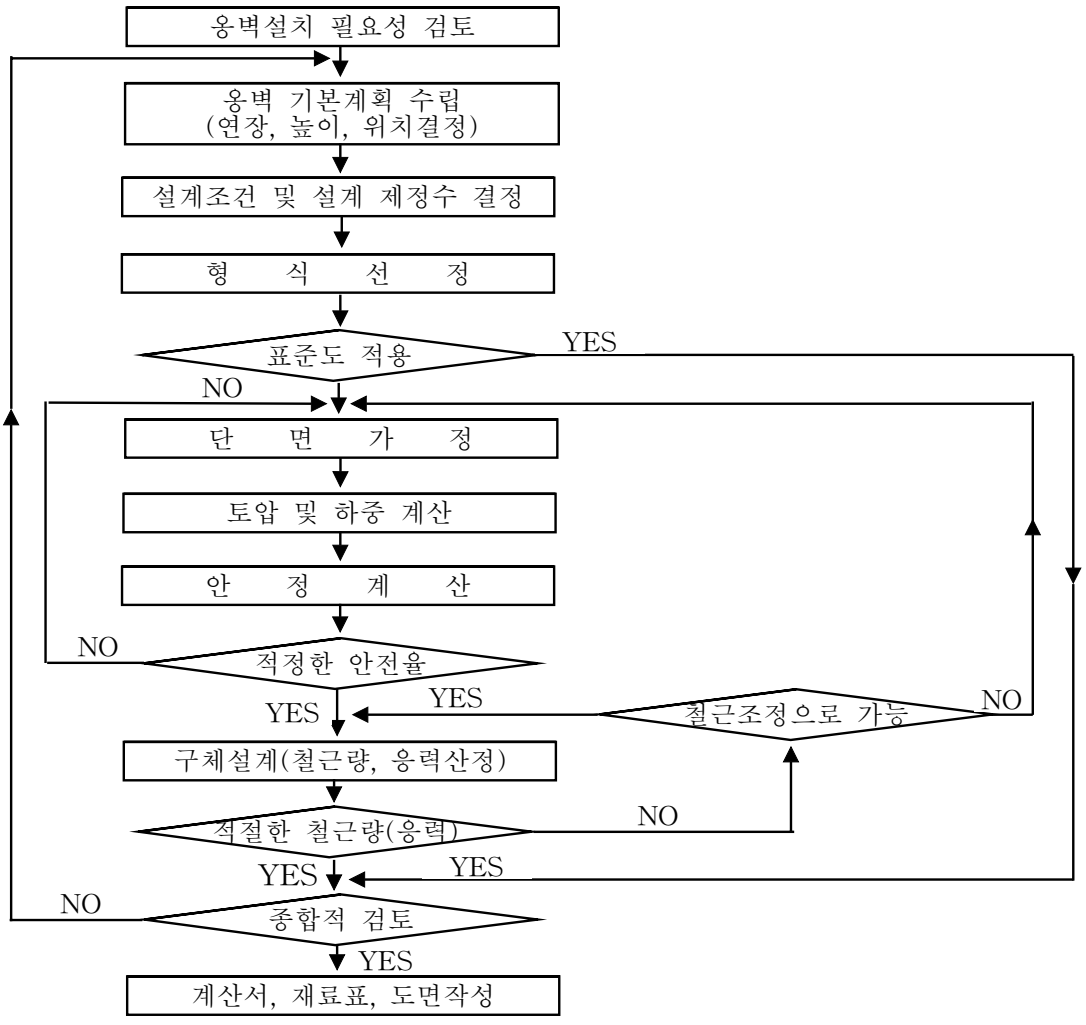
(7) Coulomb 토압

강한벽으로 지지되어 있는 뒷채움 흙이 평면활동면에 의해 파괴될 때 벽면토압을 구하는 이론. 직선활동면에 의하여 흙쐐기가 활동낙하(주동)하거나 밀어올려질(수동) 때, 이것에 작용하는 힘의 평형으로부터 벽면에 작용하는 토압의 합력을 구하고, 많은 활동면 중에서 최대(주동) 및 최소(수동)의 토압을 주는 것을 파괴활동면이라고 하여 주동토압 및 수동토압을 결정한 것임. Coulomb 토압은 벽마찰은 고려하였으나 활동면은 직선으로 가정하였으므로 주동토압은 적정한 것으로 평가되며, 수동토압은 과대한 것으로 평가됨. 토압의 작용방향은 벽마찰각(ϕ_w) 만큼 기울어져 작용하는 것으로 봄.

(8) 시행쐐기법

지형이 복잡하거나 지층이 불규칙한 경우, 인장균열이 있는 경우 등과 같이 Coulomb의 토압공식으로 산정하기 어려울 때, 활동하려는 흙덩이를 쐐기로 가정하고 이 쐐기에 작용하는 힘들의 평형을 고려하여 토압을 산정하는 방법임. Coulomb의 이론을 바탕으로 한 것 임.

5.2 옹벽 설계 흐름



[그림 5.1] 옹벽 설계 흐름도

5.3 일반사항

(1) 옹벽구조물 설치는 현장여건(대지의 경사도, 경계문제, 인접지역과의 지반고차에 의한 민원문제, 토질조건 등) 및 단지계획(토지이용율, 구조물설치, 계획고차, 이격거리, 미관저해 등)을 충분히 검토하여 그 규모가 최소화되도록 계획해야 한다.

(2) 옹벽구조물은 옹벽의 활동, 전도 및 지지력에 대한 안정조건을 만족하고 각 부재는 상재하중, 옹벽의 자중 및 옹벽에 작용되는 토압 등에 대해 구조적으로 안정하도록 설계해야 한다.

(3) 용수지역 또는 지질이 불량한 지역의 옹벽설치시에는 구조물 안정을 위한 배면수 처리 및 기초안정대책을 수립, 설계한다.

5.4 기본계획

5.4.1 개요

옹벽의 설계계획은 우선 옹벽이 필요한 이유를 명확히 하고 그 목적에 충분히 대응할 수 있어야 한다. 설계・시공・유지관리에 적합하고 충분한 안정성을 가지며 또한 양호한 경관을 유지하면서 경제적이 되도록 계획을 수립한다.

옹벽은 설치되는 높이, 지형 및 지반조건 등에 따라 구조형식과 기초형식을 선정하며, 옹벽이 설치되는 경우의 예는 다음과 같다.

- 지형 등의 제약을 받는 경우
- 교대, 암거 및 터널의 갱구 인접부의 흙막이
- 땅깍기 또는 흙쌓기의 비탈면 보호
- 도로, 철도, 하천 등에 접해서 도로를 축조하는 경우
- 용지 폭을 감소시킬 필요가 있는 경우

5.4.2 조사

조사는 합리적이고 경제적인 계획, 설계, 시공, 유지관리를 실시하기 위해 필요한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다. 구조물의 기초가 되는 지반은 단순히 토질조사 뿐만 아니라 폭넓게 지형, 지질까지를 고려하여 조사계획을 세운다.

조사의 주요사항은 다음과 같다.

- 자료수집
- 주변구조물에 대한 조사, 검토
- 시공 조건의 조사
- 설계정수 산정을 위한 지반 및 토질조사

(3) 옹벽 설치기준

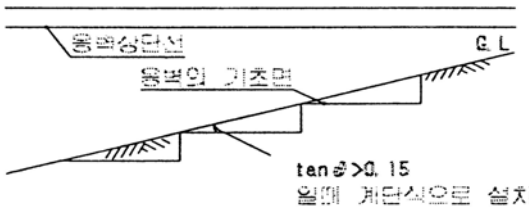
1) 부위별 적용기준

<표 5.1> 부위별 옹벽 적용기준

구 분	H-2m 이하	H-2~7m 미만	H-7m 이상
흙깍기부	중력식, 연속장섬유보강토	역T형, 역L형, L형, 연속장섬유보강토	부벽식, 연속장섬유보강토
흙쌓기부	중력식 블록식보강토 소형색상블록식보강토, 연속장섬유보강토	역T형, L형 블록식보강토, 연속장섬유보강토, 강재격자면틀보강토	부벽식, 블록식보강토, 연속장섬유보강토, 강재격자전면틀보강토

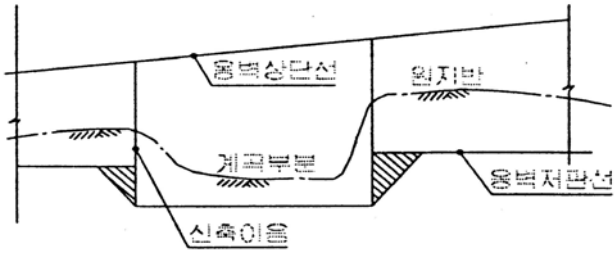
주) • H-2m 이하의 낮은 옹벽의 경우 현장여건을 고려하여 파쇄암쌓기 등으로 변경 가능
• 매각용지 경계에 설치되는 역L형 옹벽은 지상고 4.0m 이하로 제한
• 시공현장의 상황, 공사비 및 시공성 등에 의해 조정 가능
• 블록식보강토옹벽, 연속장섬유보강토옹벽, 소형색상블럭식보강토옹벽, 강재격자전면틀보강토옹벽 등 보강토옹벽은 미관이 고려되어야 할 구간 등에 설치하고 과다절토량 발생 및 비탈면활동 등이 우려되는 비탈면 구간에는 적용 불가
• 옹벽높이는 지상토출 부분의 높이임

2) 경사부에서 옹벽 설치



[그림 5.3] 경사부에서 옹벽 설치

3) 계곡부분을 통과하는 경우의 옹벽 설치



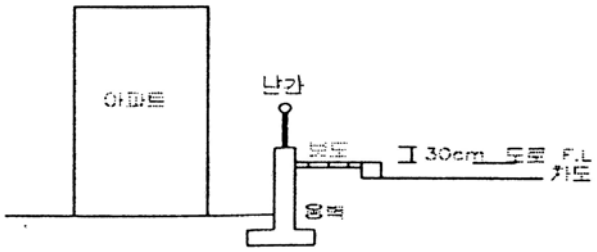
[그림 5.3] 계곡부분을 통과하는 경우의 옹벽 설치

(4) 옹벽과 건축물의 이격 거리

<표 5.2> 옹벽과 건축물의 이격 거리

구 분	공동주택 (4층 이상)	연립주택 (3층 이하)
옹벽기초가 구조물기초 이하에 있을 경우	당해 옹벽높이만큼 이격	당해 옹벽높이만큼 이격
구조물기초가 옹벽기초 이하에 있을 경우	5m 이상 이격	3m 이상 이격

주) 옹벽 상단부가 도로일 경우 도로 FL보다 30cm 높게 하고 난간설치 및 차량 멈춤턱 설치 (차량 등의 추락이 예상되는 단지외곽 지역)



[그림 5.4] 옹벽과 건축물의 이격거리

(5) 기초구조형식 선정

옹벽의 기초형식은 직접기초와 말뚝기초로 분류되며, 옹벽의 기초형식으로는 기초지반과 배면토가 일체가 되어 거동하는 직접기초가 바람직하다.

직접기초는 양질의 지지지반에 한하며, 지반이 양호하여 부등침하의 우려가 없는 곳에서는 직접기초보다 좋은 기초공법이 없다.

표층의 지반이 연약하더라도 비교적 얕은 부분에 지지층이 존재하는 경우에는 연약층의 치환과 개량을 실시하여 직접기초로 하는 경우가 많다. 이것이 곤란한 경우에는 말뚝기초가 이용된다.

말뚝기초에는 기성말뚝(RC말뚝, PHC말뚝, 강관말뚝 등)을 이용한 타입말뚝 및 보조 관입말뚝, 그리고 옹벽규모 등에 따라서는 현장타설말뚝이 이용된다. 그리고 이들 말뚝 선정에 있어서는 경제성 외에 시공에 수반하는 소음, 진동, 혹은 이수의 발생과 굴착토의 처리 등에 대해서는 충분히 검토할 필요가 있다.

연약지반 상에 설치하는 기초형식의 선정에 있어서는 배면흙쌓기 등의 등분포하중 영향에 의해 시공시 또는 시공후에 주로 옹벽전면에 커다란 변위와 경사가 발생하는 경우가 있으므로 지반개량 및 토압경감공법 등과 병용하여 종합적으로 검토할 필요가 있다.

(6) 기타사항

옹벽 설계시 구조물의 일부분이 지구경계를 벗어나 타지구를 침범하지 않도록 주의하여 구조물 계획을 세워야 한다.

주) 참고문헌 : 토목설계지침(2005), 대한주택공사, p.127~130

5.5 옹벽의 구조형식

5.5.1 중력식 옹벽

자중으로 토압을 지지하는 무근 콘크리트 구조 옹벽으로, 벽체 내에 콘크리트 저항력 이상의 인장력이 생기지 않도록 한다.

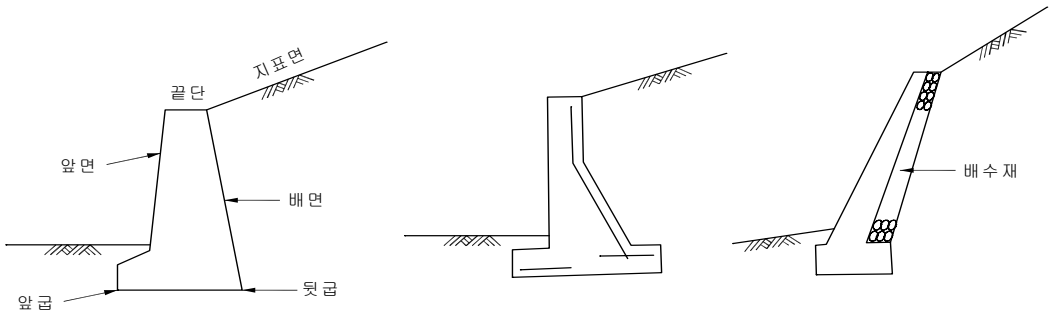
콘크리트 옹벽 중에서는 시공이 가장 용이하며, 옹벽높이가 낮고 기초지반이 양호한 경우에 주로 적용한다.

5.5.2 반중력식 옹벽

중력식 옹벽의 벽체 내에 생긴 인장력에 의한 콘크리트 양을 절약하기위해 소량의 철근을 넣어서 저항하도록 한 형식으로 대체로 중력식 옹벽에 준하여 사용한다.

5.5.3 비자립형 옹벽

주로 땅깍기부에 적용되며, 자립이 불가능한 중력식 옹벽으로서 원지반 또는 뒷채움재에 기대어서 자중으로 토압을 저항시키는 형식이다.



(a) 중력식 옹벽　　(b) 반중력식 옹벽　　(c) 비자립형 옹벽

[그림 5.5] 옹벽의 종류(1)

5.5.4 캔틸레버식 옹벽

벽체와 저판 구조로 되어 있고, 벽체의 위치 및 역할에 따라 역T형, L형, 역L형이 있다.

이 형식의 옹벽은 구체의 자중과 저판 위에 채워지는 흙의 중량으로 토압에 저항하며, 철근 콘크리트 구조이므로 중력식 옹벽에 비해 콘크리트 양이 감소된다. 그리고 구조적으로는 벽체와 저판이 서로 강결된 캔틸레버보로서 설계한다.

이 형식은 적용범위가 넓으며 옹벽높이 3~10m 정도까지 쓰인다. L형 옹벽은 옹벽이 용지경계에 접하여있는 경우 등 앞굽판을 설치할 수 없을 때 쓰인다. 그리고 역L형 옹벽은 배면에 구조물 등이 있어서 뒷굽판을 설치할 수 없을 때 쓰이며, 이 형식은 뒤채움 흙의 중량을 안정계산에 이용할 수 없으므로 활동에 대한 안정을 위해 근입을 깊게 하고 또한 앞굽판의 길이를 현저히 길게 해야 하므로 역T형, L형 옹벽에 비해 비경제적인 형식이다.

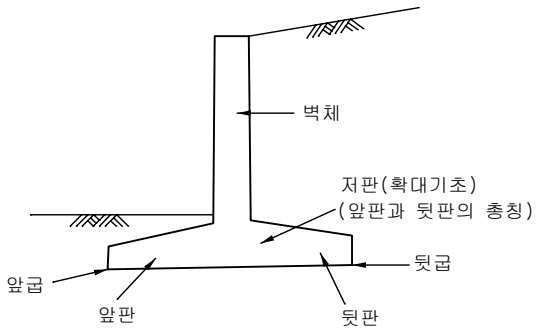
5.5.5 뒷부벽식 옹벽

벽체와 뒷굽판 사이에 부벽을 설치하여 강성을 증대시킨 형식으로 옹벽의 높이가 높아지면 구체 콘크리트량은 캔틸레버식 옹벽에 비해 상당히 유리하게 되므로 옹벽높이 8m이상의 경우에 쓰인다. 이 형식의 옹벽은 시공이 다른 형식에 비해 어렵고, 배면 흙쌓기의 다짐작업도 어려우므로 시공시 주의를 요한다.

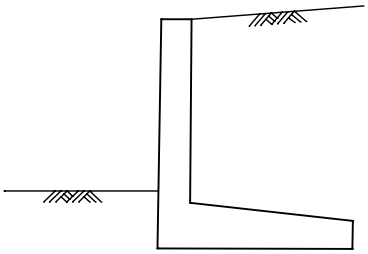
5.5.6 앞부벽식 옹벽

뒷부벽식 옹벽과 유사하지만 받침벽을 벽체와 앞굽판 사이에 설치하여 토압을 받는 벽체를 지지하고 있는 것이다.

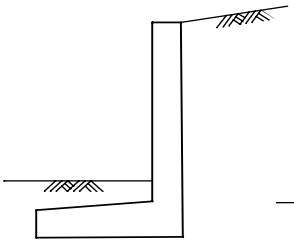
이 형식은 저판의 앞쪽에 받침벽의 자중이 작용하므로 뒷부벽식 옹벽에 비해 안정상 불리하여 그다지 사용되지 않는다.



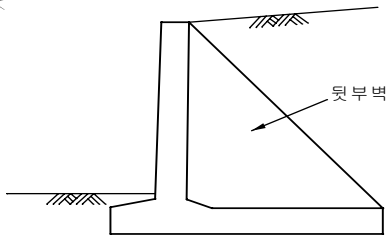
(d) 역T형 옹벽



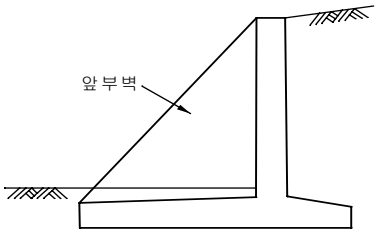
(e) L형 옹벽



(f) 역L형 옹벽



(g) 뒷부벽식 옹벽



(h) 앞부벽식 옹벽

[그림 5.6] 옹벽의 종류(2)

5.5.7 U형 옹벽

측벽과 바닥슬래브를 일체화하여 U형 단면으로 한 구조이며, 일반적으로 편토압을 받지 않으므로 활동, 전도의 염려가 없다. 입체교차의 진입도로 등에 적용되며, 지하수위가 높으면 양압력으로 부상할 우려가 있다.

5.5.8 블록쌓기 또는 돌쌓기 옹벽

프리캐스트 콘크리트 블록이나 돌을 겹쳐 쌓은 옹벽으로 원지반 또는 뒤채움 흙에 의지하고 있어 안정한 구조이다. 시공속도가 빠르고 경제성이 우수하며, 적용높이는 건성쌓기 3m이하, 찰쌓기 5m이하, 대형블록 쌓기는 15m까지 가능하다.

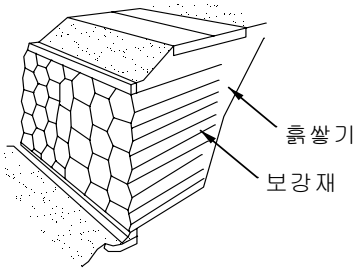
5.5.9 보강토 옹벽

뒤채움부에 포설된 보강재와 뒤채움재 사이의 마찰저항력에 의해 벽면의 안정을 유지하는 형식의 옹벽이다. 보강재로 띠 모양 강재를 이용하는 강재 보강토 옹벽과 합성섬유띠나 지오그리드 보강재를 이용하는 토목섬유 보강토 옹벽 등이 있다.

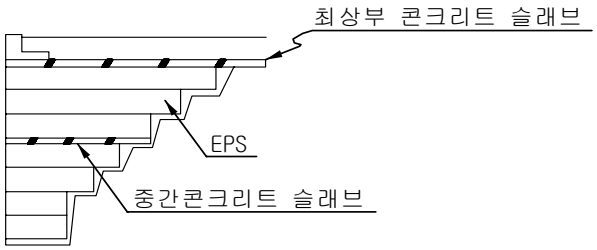
5.5.10 EPS(expanded polystyrene) 옹벽

발포폴리스칠렌(EPS)의 대형 블럭을 뒤채움재로 이용하는 옹벽형식으로 EPS의 단위체적중량이 흙의 1/100 정도로 가벼운 초경량성에 가장 큰 장점이 있다.

EPS 옹벽은 경량이기 때문에 EPS 블록을 쌓는 데는 대형 건설기계가 필요하지 않으며 인력으로도 시공이 가능하다. 이 형식은 지하수위가 높을 경우에는 설계시 양압력에 대한 안정성을 반드시 고려한다.



(i) 보강토 옹벽



(j) EPS 옹벽

[그림 5.7] 옹벽의 종류(3)

5.5.11 기타 옹벽

앞에서 언급한 것과 다른 특수 형식으로 선반식 옹벽, 선반이 있는 뒷부벽식 옹벽, 상자형 옹벽, 거푸집형 옹벽 등이 있다. 이들 옹벽은 표준옹벽을 설치하기 어렵고 비경제적일 경우에 쓰이지만 개개의 설계자료, 실시 예 등을 참고하여 충분한 검토를 할 필요가 있다.

5.6 옹벽설계

(1) 관련기준

1) 콘크리트구조설계기준(2003), 건설교통부 (동해설(2003), (사)한국콘크리트학회)

2) 도로설계기준(2001), 건설교통부 ((사)한국도로교통협회)

주) 대한주택공사에서 시행하는 옹벽의 구조설계는 "콘크리트구조설계기준(2003), 건설교통부"에 근거함.

(2) 옹벽 설계조건

1) 옹벽에 작용하는 토압

Rankine, Coulomb, 시행쐐기법, Terzaghi 등 공인된 공식 중 선택사용

2) 과재하중

옹벽 배면의 재하하중을 설계에 고려할 경우 q=1tf/㎡을 적용한다.

3) 활동방지벽(Shear key)

저판의 중앙에 위치하도록 하되, 선단부에서 방지벽까지 거리가 방지벽 길이의 2배가 되지 않도록 뒤로 이동하게 하여 2배 이상 유지

4) 안전율 적용

<표 5.3> 옹벽설계시 적용 안전율

구 분	안 전 율	비 고
• 활동에 대한 안정	1.5	
• 전도에 대한 안정	2.0 (단, $e < \frac{B}{6}$)	• 합력(R)의 작용점은 저판길이의 중앙 1/3 이내 • B : 저판폭 • e : 편심거리
• 지지력에 대한 안정	$Q_{\max} < Q_a$ $Q_a = Q_u/F_s$ (F_s=3.0)	• $Q_{\max}$: 기초지반에 작용하는 최대압축응력 (최대지반응력) • Q_a : 기초지반의 허용지지력 • Q_u : 기초지반의 극한지지력

5) 설계기준 (토목표준설계도면)

① 토질정수

- 내부마찰각 : 토사 - ø = 30°, 35°
- 과재하중 : 후면, 경사 - q = 0tf/㎡
  후면, 수평 - q = 1.0tf/㎡
- 지반지지력 : 최대지반반력 이상

② 재료의 강도

- 콘크리트 설계기준 강도
  - 중력식 $f_{ck} = 180kgf/㎠$
  - 역T형, L형, 역L형, 부벽식 $f_{ck} = 210,\ 240kgf/㎠$
- 철근의 항복강도 $f_y = 3{,}000kgf/㎠$

③ 설계하중계수 및 강도감소계수

- 하중계수
  - U = 1.5D+1.7L+1.8H
- 강도감소계수
  - 휨부재 $\phi_f = 0.85$
  - 전 단 $\phi_v = 0.80$

주) 참고문헌 : 토목설계지침(2005), 대한주택공사, p.130～131

(3) 콘크리트구조설계기준(2003) 내용

1) 설계원칙

① 옹벽은 상재하중, 옹벽의 자중 및 옹벽에 작용되는 토압에 견디도록 설계하여야 한다.

② 무근콘크리트 옹벽은 자중에 의하여 저항력을 발휘하는 중력식 형태로 설계하여야 한다.

③ 철근콘크리트 옹벽은 캔틸레버식 옹벽, 뒷부벽식 옹벽 및 앞부벽식 옹벽으로 분류될 수 있다.

④ 토압의 계산은 토질역학의 원리에 의거하여 필요한 재료특성 계수를 측정을 통해서 정하여야 한다.

⑤ 옹벽은 활동, 전도 및 지반지지력에 대해 사용하중을 적용하여 안정조건을 검토한 후 설계하여야 한다.

⑥ 옹벽의 토압은 Coulomb 토압을 적용하되, 역T형 옹벽 또는 부벽식 옹벽의 안정성 검토시에는 Rankine 토압을 사용한다.

2) 안정조건

옹벽에 작용하는 하중은 옹벽자체의 고정하중, 토압 및 지표면상에 작용하는 활하중 등이 있는데, 이들 하중에 대하여 전도, 활동 및 지반지지력에 대한 검토가 선행된 후 구조물이 설계되어야 하며, 침하에 대해서도 검토되어야 한다. 도로교 설계시는 도로교 구조설계기준을 따라야 한다.

① 옹벽은 뒷면에서 작용하는 횡토압의 수평력에 의하여 활동하려고 한다. 이 활동에 저항하는 힘은 옹벽 저면에서 마찰력과 점착력으로 형성되며, 토압의 수평력을 H, 활동저항력을 H_r이라 하면 $H_r > H$가 되어야 하고, 이 때 안전율은 최소한 1.5 이상이어야 하

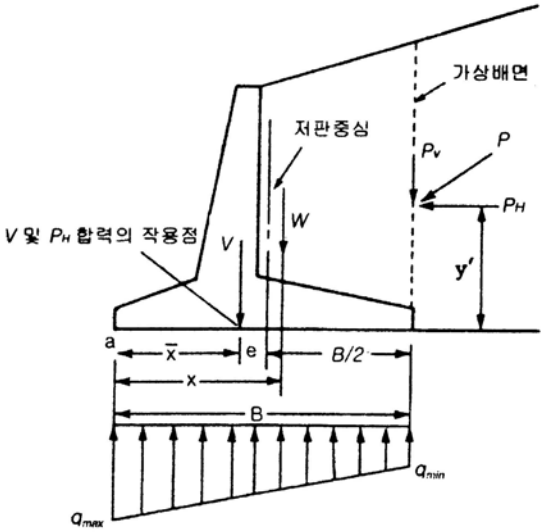
므로 다음 식이 성립한다.

$$\frac{H_r}{H} \geq 1.5 \qquad \text{식(5.1)}$$

[그림 5.8]과 같이 옹벽의 자중과 저판 위의 흙의 중량의 합을 W라 하고, 옹벽 뒤 토압의 수평분력을 P_H , 수직분력을 P_V라고 하면, 옹벽 저면의 마찰에 의한 활동저항력 H_r은 연직합력을 $V = W + P_V$로 할 때,

$$H_r = V\tan\phi_B \qquad \text{식(5.2)}$$

로부터 구하는데, 여기서 ϕ_B는 옹벽 저면과 지반 사이의 마찰각이며, 지반이 흙일 때 지반의 내부마찰각 ϕ_i의 2/3, 암반일 때는 $\tan\frac{2}{3}\phi_i$, 또는 0.6 중 작은 값으로 한다.



[그림 5.8] 옹벽에 작용하는 하중

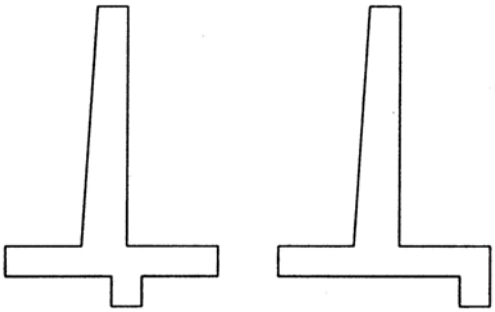
② 옹벽의 높이가 높아지면 마찰에 의한 활동저항만으로는 활동에 대한 안정을 기대하기 어렵게 되며, 안전율 1.5를 만족하지 못하는 경우가 있다. 이러한 경우에는 통상 저면의 적당한 곳에 저면폭의 0.1~1.15배 높이의 [그림 5.9]와 같은 활동방지벽을 설치하여 활동저항력을 증대시킬 수 있다. 활동방지벽 설치에 의한 안정성 확보는 다음과 같은 식을 사용하여 검토할 수 있다.

H_k = 활동방지벽의 수평토압에 의한 저항력 + 기초지반의 마찰에 의한 저항력

식(5.3)

$$\frac{H_k}{H} \geq 1.5 \qquad \text{식(5.4)}$$

여기서, H_k : 활동방지벽 설치 후의 활동저항력



[그림 5.9] 옹벽의 활동방지를 위한 방법

③ [그림 5.8]에서 옹벽저판 최전단의 회전축 a점에 대한 전도모멘트 M_0는 $P_H y' - P_v B$이고, 이에 해당되는 저항모멘트 M_r은 W_x로 된다. 따라서 전도가 일어나지 않게 하기 위해서는 $M_r > M_0$이어야 하며, 이 때 안전율이 2.0배 이상 되는 것이 바람직하므로 다음 식이 성립되어야 한다.

$$\frac{M_r}{M_o} = \frac{W_x}{P_H y' - P_V B} \geq 2.0 \qquad \text{식(5.5)}$$

한편, 옹벽의 연직하중과 수평하중의 합력 작용점이 저판중심에서 떨어져서 형성되는 편심(e)이 지나치게 크면 지반의 부등침하로 인해 옹벽이 경사져서 전도가 일어나기 쉽다. 따라서 이에 대한 옹벽의 안정을 위해서는 합력의 작용점이 저판의 중앙 1/3 안에 위치하는 것이 바람직하다. 이렇게 하는 것이 일반적으로 경제적인 옹벽의 설계를 제공하지만 절대적으로 합력의 작용점이 반드시 중앙 1/3 안에 들어와야 한다는 것은 아니다. 어떤 경우에는 합력의 작용점을 중앙 1/3 안에 위치시키는 것이 불가능할 수도 있으며, 특히 하중의 재하조건이 여러 가지 경우 오히려 어떤 재하조건에 대해서는 중앙 1/3 밖으로 합력의 작용점을 위치시키는 것이 경제적일 수도 있다. 옹벽이 진동을 받는 경우에는 진동의 영향에 의하여 외력 및 합력의 작용점이 이동하게 되지만 계산은 정하중에 대한 것이므로 가능하면 작용점이 저판의 중앙부에 오도록 해야 한다.

④ [그림 5.8]에서 옹벽저면에 작용하는 합력의 편심거리 e가 B/6보다 작은 경우, 즉 합력의 작용점이 중앙 1/3 이내에 있는 경우에는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$q_{\max} = \frac{V}{B}(1 + \frac{6e}{B}) \qquad \text{식(5.6)}$$

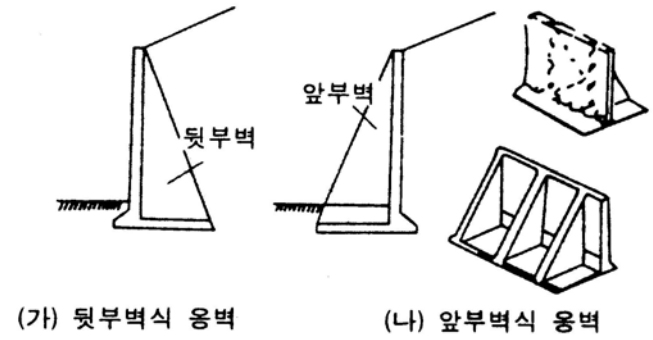
$$q_{\min} = \frac{V}{B}(1 - \frac{6e}{B}) \qquad \text{식(5.7)}$$

3) 구조해석

① 일반

옹벽 각 부분의 설계는 옹벽의 종류와 구조배치에 따라 달라지지만 일반적으로 각 부분은

보, 슬래브, 기초판의 설계에 준하여 설계한다. 예를 들면 캔틸레버식 옹벽의 전면벽과 저판은 각각 다른 부분과의 접합부를 고정단으로 간주한 단위폭당의 캔틸레버로 생각하여 단면을 설계한다. 옹벽의 높이가 5~7m까지는 캔틸레버 옹벽을 사용할 수 있지만, 그 이상으로 되면 전면벽 하단에서의 휨모멘트가 크게 증가하고, 전도모멘트가 증가하므로 캔틸레버 옹벽으로는 전면벽과 저판의 치수가 너무 커지고 철근이 너무 많이 소요되어 경제적인 보통옹벽 높이의 1/2~1/3 간격으로 부벽을 설치해서 보강한다.



[그림 5.10] 옹벽의 종류

[그림 5.10] (가)와 같이 전면벽과 뒷굽판 사이에 인장재로서 작용하는 뒷부벽을 설치한 뒷부벽식 옹벽에서는 전면벽과 뒷부벽이 토압에 의한 휨모멘트에 대해서 T형보로 설계하고, 전면벽이나 저판은 뒷부벽을 받침부로 하는 2반향 연속슬래브로서 설계한다.

전면벽의 하부는 2방향 연속슬래브로서 작용한다고 보아 단면설계를 하지만, 동시에 벽체로서 또는 캔틸레버로서도 작용하므로 연직방향으로 상당한 양의 가외철근을 배치해야 한다. [그림 5.10] (나)와 같이 앞굽판과 전면벽 사이에 압축받침재로서 작용하는 앞부벽을 설치한 앞부벽식 옹벽에서는 앞부벽을 역T형 직사각형 보로 보고 전면벽을 2방향 연속슬래브로 보아 설계하는데, 여기서도 벽의 하부에는 가외철근으로 보강해야 한다.

② 전면벽

(가) 전면벽은 자중과 뒷채움 토사의 마찰력을 포함하는 축하중과 토압 등에 의한 횡하중을 조합하여 설계할 수 있다.

(나) 전면벽의 하부는 3변 지지된 2방향 슬래브로서 작용한다고 보아 단면설계를 하지만, 동시에 벽체로서 또는 캔틸레버로서도 작용하므로 특히, 부벽간 거리가 먼 경우에는 연직방향으로 상당한 양의 가외철근을 배치하는 것이 바람직하다. 또한 전면벽의 수평방향으로는 부벽간 검토하는 것이 바람직하다.

③ 옹벽 배면

(가) 배수층에는 조약돌이나 부순돌이 좋지만 자갈이나 특수한 콘크리트 블록을 사용해도

좋다. 배수층의 두께는 0.3~0.4m 정도이다. 배수를 원활하게 하는 높이로는 지하수 또는 도랑의 수위를 취하는 것이 좋다.

(나) 옹벽의 전면벽에는 지름 65mm 이상의 배수구멍을 최소한 4.5m 간격으로 두어야 하며, 뒷부벽의 경우에는 각 부벽 사이에 한 개 이상의 배수구멍을 만들어야 한다. 또 뒷채움 속에는 배수구멍으로 물이 잘 모이도록 300mm 이상의 배수층을 만들어야 한다.

주) 참고문헌 : 콘크리트구조설계기준 해설(2003), (사)한국콘크리트학회, p.301~307

(4) 도로설계기준(2001) 내용

1) 구조형식의 선정

① 옹벽의 형식은 안정조건과 구조적 안정성을 만족하는 것을 선택한다.

② 무근 콘크리트 옹벽은 중력식 형태로 되어야 한다.

③ 철근콘크리트 옹벽은 켄틸레버식 옹벽, 뒷부벽식 옹벽 및 앞부벽식 옹벽등으로 분류될 수 있다.

④ 콘크리트 옹벽 외에 보강토 옹벽, 기타 특수옹벽(EPS 옹벽, 석축 옹벽)등이 있다.

2) 작용 하중

콘크리트옹벽의 안정검토시 에는 하중계수를 곱하지 않은 사용하중(Service load)을 적용하고 단면설계 강도 설계법에 의한 계수하중을 적용하며, 구조계산시 고정하중, 지표면 지하하중 등의 영향을 고려하여 설계한다. 기타의 옹벽(보강토 옹벽, EPS 옹벽등)은 현재 강도설계법이 확정되지 않은 관계로 설계특성에 따라 사용하중(Service load)으로 적용할 수 있다.

① 고정하중

고정하중의 산출시 단위중량은 다음 값을 기준으로 하되 실하중이 명백한 것은 그 값을 적용한다.

철근콘크리트 : 25.0 kN/m^3

흙 (뒷채움 Φ=35°) : 18.0~20.0 kN/m^3

② 지표면 재하하중

옹벽에 대한 지표면 재하하중은 배면의 재하상태에 따라 경차량, 보도의 경우 10.0kN/m^2, 중차량(DB-24)등에 의한 상재하중은 13.0 kN/m^2, 또는 실제 재하하중 중 큰값을 적용한다. 단, 옹벽면의 경사면에 대하여는 특별히 명시된 경우를 제외하고는 상기 하중에 고려하지 않는다.

③ 토 압

토압의 크기는 구조물의 종류, 토질에 따라 좌우된다. 토압공식은 Colomb, Rankine, Terzaghi의 토압공식 등 여러 식이 있지만 구조물 특성, 벽체의 경사도 등을 고려하여 Colomb, Rankine 등의 토압공식에 의해 설계한다. 단, 배면토의 경사가 불균일한 경우에는

시행쐐기법을 이용하여 토압을 산정하는 것이 보다 합리적이다.

(가) Colomb의 토압계수 (주동토압이 벽면마찰각과 평행하게 작용)

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi-\theta)}{\cos^2\theta \cdot \cos(\theta+\delta)[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi-\alpha)}{\cos(\theta+\delta)\cos(\theta-\alpha)}}]^2}$$

$$K_p = \frac{\cos^2(\phi+\theta)}{\cos^2\theta \cdot \cos(\theta+\delta)[1-\sqrt{\frac{\sin(\phi-\delta)\sin(\phi+\alpha)}{\cos(\theta+\delta)\cos(\theta-\alpha)}}]^2}$$

(나) Rankine 토압계수 (주동토압이 뒷채움 경사각과 평행하게 작용)

$$K_a = \cos\alpha \cdot \frac{\cos\alpha - \sqrt{(\cos^2\alpha - \cos^2\phi)}}{\cos\alpha + \sqrt{(\cos^2\alpha - \cos^2\phi)}}$$

$$K_p = \cos\alpha \cdot \frac{\cos\alpha + \sqrt{(\cos^2\alpha - \cos^2\phi)}}{\cos\alpha - \sqrt{(\cos^2\alpha - \cos^2\phi)}}$$

여기서, K_a : 주동토압계수

K_p : 수동토압계수

ϕ : 흙의 전단저항각

α : 지표면과 수평면이 이루는 각

θ : 벽배면과 연직면이 이루는 각

δ : 벽배면과 흙사이의 벽면 마찰각 (= β / 3),
단, 벽체 재료의 특성을 고려하여 결정한다.

위의 토압계수를 사용하여 가동벽에 작용하는 토압은 아래 식으로 구한다.

- 사 질 토

$P_a = K_a \times r \times z + K_a \times q$

$P_p = K_p \times r \times z + K_p \times q$

- 점 성 토

$$P_a = K_a \times r \times z - 2c\sqrt{K_a} + K_a \times q$$

단, 상재토압이 작을 때, P_a가 음으로 되는 경우가 있으나, 이부분의 토압은 0으로 한다.

$$P_p = K_p \times r \times z + 2c\sqrt{K_p} + K_p \times q$$

여기서, P_a : 깊이 z에 대한 주동토압 (kN/m^2)

P_p : 깊이 z에 대한 수동토압 (kN/m^2)

r : 흙의 단위중량 (kN/m^3)

z : 토압의 벽면에 작용하는 깊이 (m)

q : 지표면 재하하중 (10.0 kN/㎡)

c : 점착력 (kN/㎡)

④ 옹벽에 작용하는 지진시의 하중상태는 상시 경우와 다르다. 지진하중으로서는 벽의 자중에 기인한 지진시 관성력과 뒤채움 흙의 지진시 토압을 고려한다. 그러나 과거의 경험에 의하면 평상시에 대한 설계와 시공을 면밀하게 해두면 지진의 영향을 특별히 고려하지 않아도 보통적인 규모의 지진에 대해서도 기능적으로 견딜 수 있다는 사실이 인정되었다. 높이 8m이하인 옹벽은 일반적으로 안정검토를 생략하지만 옹벽의 중요도 및 복구 난이도를 고려하여 필요에 따라 지진시 안정검토를 실시한다.

3) 옹벽의 안정계산

옹벽은 전도, 활동, 지지력 및 절개지 지형에 따른 사면 안정에 대하여 안전하게 설계되어야 한다. 다음에 규정된 안정에 대한 계산은 사용하중(Service load)에 준해야 한다.

① 활동에 대한 안정

활동에 대한 저항력은 작용 수평력의 1.5배 이상이어야 한다.

$$H_r = V \times \tan\Phi_B$$

$$\frac{H_r}{H} \geq 1.5$$

여기서, H_r : 활동 저항력 (kN)

H : 토압의 수평력 (kN)

V : 연직 합력 (토사 및 구체의 자중 + 토압의 수직력) (kN)

Φ_B : 기초저면과 지반과의 마찰각 (도)

<표 5.4> 기초저면과 지반과의 마찰각

조 건	마찰각 Φ_B (마찰계수 $\tan\Phi_B$)
흙과 콘크리트	$\Phi_B = (2/3)\ \Phi$
흙과 콘크리트 사이에 율석을 부설하는 경우	$\tan\Phi_B = 0.6$ $\Phi_B = \Phi$ 중 작은 쪽
암과 콘크리트	$\tan\Phi_B = 0.6$

기초저면에 있어서 전단저항력이 부족할 경우 활동방지벽을 두어 전단저항력을 증가시킬 수 있다. 활동방지벽을 둔 경우 전단저항력은 지초저면이 아니고 활동방지벽의 선단을 통과하는 기초저면과평행한 면을 따라 전단저항력을 산출하는 것으로 한다. 활동방지벽을 둔 경우의 전단저항

력 계산은 아래 식에 따른다.

$$H_r = V_1 \times \tan\Phi + (V_2 + V_3) \times \tan\Phi_B$$

여기서, H_r: 기초저면과 지반사이에 작용하는 전단저항력 (kN)

A' : 유효재하면적 (m^2)

다만, 하중의 현심은 실제의기초 저면으로 산출한다.

A_1 : 유효 재하면적 중의 활동방지벽 전면(가상기초저면)의 면적 (m^2)

A_2 : 유효 재하면적 중의 활동방지벽 면적 (m^2)

A_3 : 유효 재하면적 중의 활동방지벽 뒤쪽의 면적 (m^2)

V_1: A_1에 작용하는 연직하중 (kN) 다만, $V_1 = \frac{A_1}{A'} \times V$

V_2: A_2에 작용하는 연직하중 (kN) 다만, $V_1 = \frac{A_2}{A'} \times V$

V_3: A_3에 작용하는 연직하중 (kN) 다만, $V_1 = \frac{A_3}{A'} \times V$

V : 기초 저면에 작용하는 연직하중 (kN)

Φ_B : 기초저면과 지반사이의 마찰각 (도)

Φ : 지반의 전단저항각 (도)

활동방지벽의 높이는 기초폭의 10 %~15 % 로 하는 것이 바람직하다.

② 전도에 대한 안정

전도에 대한 저항력은 횡토압에 의한 전도모멘트의 2.0배 이상이라야 한다.

$$\frac{M_r}{M_o} \geq 2.0$$

여기서 M_r : 저항모멘트 (kN · m)

M_o : 전도모멘트 (kN · m)

③ 지지력에 대한 안정

지지지반에 작용하는 최대 지반반력이 지반의 허용지지력을 넘어서는 안된다. 지지력은 하중의 작용위치에 따라 다음 식으로 구할 수 있다.

(가) 하중의 작용위치가 저면의 핵내에 있는 경우 (사다리꼴분포)

$$Q_{max,\min} = \frac{V}{L \cdot B} (1 \pm \frac{6e}{B}) \leq Q_a$$

(나) 하중의 작용의치가 저면의 핵외에 있는 경우 (삼각형 분포)

$$Q_{\max} = \frac{2V}{L \cdot B} \leq Q_a$$

여기서, $Q_{\max}$: 기초저면에 있어서 최대 지반반력 (kN/m^2)

$Q_{\min}$: 기초저면에 있어서 최소 지반반력 (kN/m^2)

V : 기초저면에 작용하는 연직하중 (kN)

e : 하중의 편심거리 (m)

x : 저면반력의 작용 폭 (=3{B/L-e}) (m)

B : 기초의 폭 (m)

L : 기초의 길이 (m)

지지지반에 작용하는 최대압력이 지반의 허용지지력을 초과하지 않아야 한다.

④ 절개지 지형에 따른 사면안정 검토

4) 각 부재의 설계

① 전면벽의 설계

(가) 캔틸레버 옹벽의 전면벽은 저판에 지지된 켄틸레버로 설계 할 수 있다.

(나) 뒷부벽 옹벽 및 앞부벽식 옹벽의 전면벽은 3변 지지된 2방향 슬래브로 설계 할 수 있다.

(다) 전면벽의 하부는 벽체로서 도는 켄틸레버로서 작용하므로 연직방향으로 보강철근을 배치하여야 한다.

② 저판의 설계

(가) 저판의 뒷굽판은 좀 더 정확한 방법이 사용되지 않는 한, 위에 재하 되는 모든 하중을 지지하도록 설계되어야 한다.

(나) 켄틸레버식 옹벽의 저판은 전면벽과의 접합부를 고정단으로 간주한 켄틸레버로 가정하여 단면을 설계할 수 있다.

(다) 뒷굽판에 작용하는 휨모멘트의 크기는 전면벽과 뒷굽판의 접속점의 모멘트 평형조건에 의하여 전면벽에 작용하는 휨모멘트를 초과하지 않는다.

$M_{heel} > M_{wall}$ 인 경우에는 $M_{heel} > M_{wall}$ 로 보정하여 적용

(라) 뒷부벽식 옹벽 및 앞부벽식 옹벽의 저판은 정확한 방법이 사용되지 않는 한 뒷 부벽 또는 앞부벽간의 거리를 경간으로 가정하여 고정보 또는 연속보로 설계할 수 있다.

③ 활동 방지벽의 설계

활동 방지벽에 가해지는 수평력은 다음 식으로 구한다. 다만, 작용위치는 지지지반에 관입된 부분의 활동방지벽 중앙점으로 한다.

$$H_r = \{ V_1 \times (\tan\Phi - \tan\Phi_B) + V_2 \times \tan\Phi_B \} \times H / H_u$$

여기서, H_r : 활동방지벽에 가해지는 수평력 (kN)

Φ : 지반의 전단저항각 (도)

Φ_B : 기초저면과 지반사이의 마찰각 (도)

A' : 유효재하면적 (m^2)

A_1 : 유효 재하면적 중의 활동방지벽 전면(가상기초전면)의 면적 (m^2)

A_2 : 유효 재하면적 중의 활동방지벽 면적 (m^2)

V_1 : A_1에 작용하는 연직하중 (kN) 다만, $V_1 = \frac{A_1}{A'} \times V$

V_2 : A_2에 작용하는 연직하중 (kN) 다만, $V_2 = \frac{A_2}{A'} \times V$

V : 기초 저면에 작용하는 연직하중 (kN)

H_u : 기초저면에 있어서 전단저항력 (kN)

H : 기초저면에 작용하는 수평력 (kN)

④ 뒷부벽 및 앞부벽

뒷부벽은 T형보로 설계하여야 하며, 앞부벽은 직사각형보로 설계하여야 한다.

주) 참고문헌 : "도로설계기준(2001), (사)한국도로교통협회, p.146~154"

(5) 시행쐐기법

지형이 복잡하거나 지층이 불규칙한 경우, 인장균열이 있는 경우와 같이 Coulomb의 토압공식을 적용하기 어려울 때에는 활동하려는 흙덩이를 쐐기로 가정하고, 이 쐐기에 작용하는 힘들의 평형을 고려하여 토압을 구할 수 있다. 이 방법은 Coulomb의 이론을 바탕으로 한 것이다.

1) 지형이 복잡하거나 지층이 불규칙한 경우

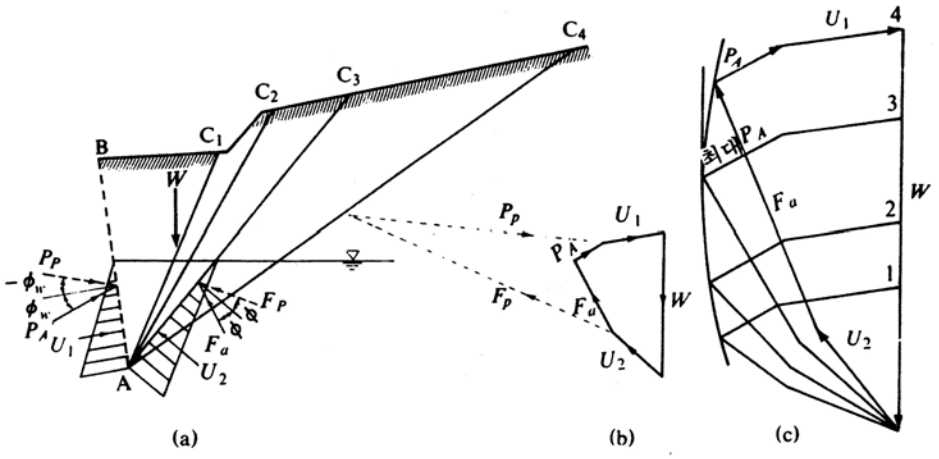
[그림 5.11]는 지하수위가 있고 지표면이 단순하지 않은 뒤채움에 대하여 흙쐐기 방법으로 주동 및 수동토압을 구하는 절차를 예시한 것이다. 이 그림에서 AC_1를 점착력이 없는 사질지반의 활동면이라고 가정하면, 쐐기 ABC_1에는 흙쐐기의 무게 W, 옹벽 배면과 활동면에 작용하는 수압 U_1과 U_2가 작용하며, 이 힘들의 크기와 방향은 쉽게 결정될 수 있다.

활동면에 작용하는 반력은 그 면에 수직선과 ø만큼 경사지므로 작용방향을 알 수 있고, 또한 토압 P_A도 벽체 배면의 수직선과 벽마찰각(ϕ_w)만큼 경사지므로 작용방향을 알 수 있다. 따라서 힘 다각형은 [그림 5.11] (b)의 실선으로 나타낸 바와 같이 그려진다.

여기에서 구해진 P_A는 활동면을 AC_3으로 가정했을 때의 토압이므로 AC_1, AC_2, AC_4 등 다른 가상 활동면에 대해서도 동일한 방법으로 P_A를 구해두어야 한다.

여러 가상 활동면에 대한 힘 다각형을 겹쳐서 그리면 [그림 5.11] (c)와 같이 되며, 이 중 최대치가 되는 P_A가 구하고자 하는 주동토압의 합력이다.

수동토압을 구하고자 할 때에는, 반력 F_P와 수동토압 P_P를 구할 수 있으며, 수동토압의 경우에는 이 중 최소치가 수동토압이다.



[그림 5.11] 힘 다각형을 그려 토압을 구하는 방법

이 도해법으로 뒤채움이 균질한 단순 사면에 적용한다면, 벽마찰각을 무시하거나 고려하는 데에 따라 Rankine 또는 Coulomb의 이론을 적용하여 해석적으로 구한 토압과 동일한 값이 얻어진다.

2) 인장균열이 있는 경우

뒤채움이 점성토일 때에는 지표면 가까이에 있는 흙은 인장을 받으므로 인장균열이 생긴다. 인장균열이 생기는 깊이까지는 전단강도가 있을 수 없으므로 이것을 포함하여 토압을 계산하고자 할 때에는 [그림 5.12]의 흙덩이 $ABCD$ 의 평형을 고려하여야 한다.

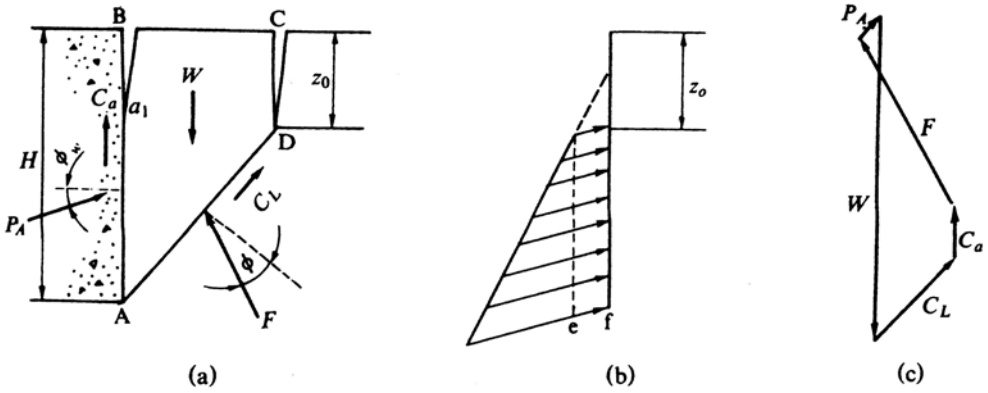
인장균열이 z_0까지 생긴다고 가정하면, 파괴면 AD는 D점에서 인장균열과 교차할 것이다. 그러면 흙쐐기 $ABCD$ 의 무게는 AB면의 벽체와 흙 사이의 접착력(adhesion) C_a, 주동토압 P_A, AD 면 상에 작용하는 전점착력 C_L 및 W 와 F 로 평형을 이룬다. F는 파괴면의 법선과 ø만큼 하향으로 작용한다. 전점착력은,

$$C_L = c(AD)$$

로 구하고, 벽면과 흙 사이의 전부착력은,

$$C_a = c_a(a-1A)$$

로 구한다. 여기에서 c는 단위면적당 점착력이며, c_a는 벽체와 흙 사이의 단위면적당 부착력이다.



[그림 5.12] 인장균열이 있을 때의 토압 계산

W, C_L, C_a는 크기와 방향을 알고, P_A와 F는 방향을 알고 있으므로 힘의 다각형을 그리면 [그림 5.12] (c)와 같이 된다. 이와 같이 하여 그린 힘의 다각형에서 최대의 값을 주는 P_A가 주동토압이다.

주동토압의 분포는 [그림 5.12] (b)에서와 같이 z_o까지는 0이고 그 아래에서는 토압이 직선적으로 증가한다.

인장균열의 깊이 위에 있는 흙은 $a_1 D$면 위에 있는 상재하중이라고 생각할 수 있으므로 이로 인한 토압의 증가량은 ef와 같아져서 토압은 [그림 5.12] (b)와 같은 사다리꼴 분포를 한다.

5.7 옹벽 설계계산 예 (역T형 옹벽 H=6.0m) : 콘크리트구조설계기준 적용

5.7.1. 일 반 단 면

(1) 옹벽의 제원

옹 벽 형 식 : 역 T 형 옹 벽

기 초 형 식 : 직 접 기 초

옹 벽 높 이 : H = 6.000 M

옹 벽 저 판 : B = 5.400 M

(2) 내진설계

지진 구역 계수 : 0.110　　가속도 계수 A : 0.154

위 험 도 계 수 : 1.400　　수평지진계수 Kh : 0.077

5.7.2. 설 계 조 건

(1) 사용재료

콘크리트 : fck = 24.0 MPa

철　　근 : fy = 300.0 MPa

(2) 지반조건

콘크리트의 단위 중량(γ_c) : 24.500 KN/㎥

뒷채움흙의 단위 중량(γ_t) : 19.000 KN/㎥

뒷채움흙의 내부마찰각(ϕ_1) : 30.000 °

지지지반의 내부마찰각(ϕ_2) : 35.000 °

지지지반의 점 착 력(C) : 0.000 KN/㎡

뒷채움흙의 경 사 각(β) : 29.000 °

뒷채움의 성토높이 : 12.000 m

옹벽전면의 토 피 고(Df) : 1.000 m

(3) 사용토압

상　시 : 안정 검토시 - 시행 흙쐐기 토압

단면 검토시 - 시행 흙쐐기 토압

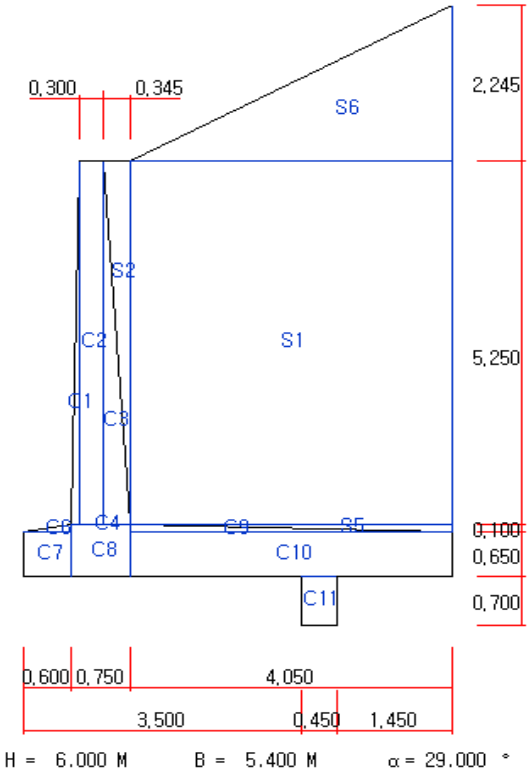
지진시 : 안정 검토시 - 시행 흙쐐기 토압

단면 검토시 - 시행 흙쐐기 토압

(4) 과재하중

과재하중 : q = 10.00 KN/㎡

(5) 검토단면



5.7.3 안 정 계 산

(1) 안정검토용 하중계산

1) 자중 및 재토하중 계산

구 분	A	γ	W	K_h	H	x	y	M_r	M_o
C1	0.276	24.5	6.75	0.077	0.52	0.670	25.00	4.52	1.30
C2	1.575	24.5	38.59	0.077	2.97	0.855	3.375	32.99	10.03
C3	0.906	24.5	22.19	0.077	1.71	1.120	2.500	24.85	4.271
C4	0.000	24.5	0.00	0.077	0.00	1.028	0.750	0.00	0.00
C5	0.000	24.5	0.00	0.077	0.00	1.850	0.750	0.00	0.00
C6	0.030	24.5	0.74	0.077	0.06	0.400	0.683	0.29	0.04
C7	0.390	24.5	9.56	0.077	0.74	0.300	0.325	2.87	0.24
C8	0.563	24.5	13.78	0.077	1.06	0.975	0.375	13.44	0.4
C9	0.203	24.5	4.96	0.077	0.38	2.700	0.683	13.40	0.26
C10	2.633	24.5	64.50	0.077	4.97	3.375	0.325	217.67	1.61
C11	0.350	24.5	8.58	0.077	0.66	3.750	-0.350	32.16	-0.23
소 계	6.924		169.63		13.06			342.19	17.92
S1	21.263	19.0	403.99	0.077	31.11	3.375	3.375	1363.46	104.99
S2	0.906	19.0	17.21	0.077	1.32	1.235	4.250	21.25	5.63
S3	0.000	19.0	0.00	0.077	0.00	1.350	0.750	0.00	0.00
S4	0.000	19.0	0.00	0.077	0.00	3.375	0.750	0.00	0.00
S5	0.203	19.0	3.85	0.077	0.30	4.050	0.717	15.58	0.21
S6	4.546	19.0	86.37	0.077	6.65	4.05	6.748	349.82	44.88
소 계	26.917		511.42		39.38			1750.11	155.71
총 계			680.19		52.44			2092.30	173.63

2) 토압계산

① 상시 주동토압계수 계산 (시행 흙쐐기법)

뒷채움흙의 내부마찰각(ϕ) : 30.000 °

뒷채움흙의 경 사 각(β) : 29.000 °

뒷채움흙의 벽면마찰각(δ) : 27.866 °

쐐기의 각도에 따른 주동토압계수

α= 46.50 °일때..Ka = 0.5824

α= 46.00 °일때..Ka = 0.5879

α= 45.50 °일때..Ka = 0.5934

α= 45.00 °일때..Ka = 0.5987

α= 44.50 °일때..Ka = 0.6028

α= 44.00 °일때..Ka = 0.6057

α= 43.50 °일때..Ka = 0.6075

▷ α= 43.00 °일때..Ka = 0.6079 최대값

α= 42.50 °일때..Ka = 0.6071

α= 42.00 °일때..Ka = 0.6050

α= 41.50 °일때..Ka = 0.6015

α= 41.00 °일때..Ka = 0.5966

α= 40.50 °일때..Ka = 0.5902

α= 40.00 °일때..Ka = 0.5823

α= 39.50 °일때..Ka = 0.5728

∴ Ka = 0.608 (쐐기중량W = 1686.880 KN)

Kah = 0.608 × cos 27.866° = 0.537

Kav = 0.608 × sin 27.866° = 0.284

$Pah = 1/2 \times Kah \times \gamma_t \times H^2$

$= 1/2 \times 0.537 \times 19.0 \times 8.245^2$

= 347.081 KN.m

$Pav = 1/2 \times Kav \times \gamma_t \times H^2$

$= 1/2 \times 0.284 \times 19.0 \times 8.245^2$

= 183.506 KN/m

y = H / 3 = 8.245 / 3 = 2.748 m

x = 5.400 m

Mo = Pah × y = 347.081 × 2.748

= 953.889 KN.m

Mr = Pav × x = 183.506 × 5.400

= 990.932 KN.m

② 지진시 주동토압계수 계산 (시행 흙쐐기법)

뒷채움흙의 벽면마찰각($\delta = \phi$) : 30.000 ° ($\because \beta + \theta > \phi$)

여기서... θ= tan-1(kh/(1-kv)) : 4.403 °

쐐기의 각도에 따른 주동토압계수

α= 47.50 °일때..Kae = 0.5295

α= 47.00 °일때..Kae = 0.5313

α= 46.50 °일때..Kae = 0.5329

α= 46.00 °일때..Kae = 0.5343

α= 45.50 °일때..Kae = 0.5354

α= 45.00 °일때..Kae = 0.5362

α= 44.50 °일때..Kae = 0.5367

▷ α= 44.00 °일때..Kae = 0.5369 최대값

α= 43.50 °일때..Kae = 0.5368

α= 43.00 °일때..Kae = 0.5363

α= 42.50 °일때..Kae = 0.5355

α= 42.00 °일때..Kae = 0.5344

α= 41.50 °일때..Kae = 0.5328

α= 41.00 °일때..Kae = 0.5308

α= 40.50 °일때..Kae = 0.5283

∴ Kae = 0.537 (쐐기중량We = W/cos(θ) = 1055.728 KN)

Kaeh= 0.537 × cos 30.000° = 0.465

Kaev= 0.537 × sin 30.000° = 0.268

Paeh = 1/2 × Kaeh × γ_t × H^2

= 1/2 × 0.465 × 19.0 × 8.245^2

= 300.273 KN/m

Paev = 1/2 × Kaev × γ_t × H^2

= 1/2 × 0.268 × 19.0 × 8.245^2

= 173.363 KN/m

y = H / 2 = 8.245 / 2 = 4.122 m

x = 5.400 m

Mo = Paeh × y = 300.273 × 4.122

= 1237.867 KN.m

Mr = Paev × x = 173.363 × 5.400

= 936.158 KN.m

3) 과재하중

q = 10.00 KN/㎡

시행쐐기 계산에서 흙쐐기 중량계산시 과재하중을 고려하였으므로, 별도로 과재하중을 고려하지 않는다.

(2) 안정검토용 하중집계

1) 상시 하중집계

구 분	V(KN)	H(KN)	Mr(KN.m)	Mo(KN.m)
콘크리트 자중	169.632	0.000	342.191	0.000
재하토사 자중	511.416	0.000	1750.108	0.000
토 압	183.506	347.081	990.932	953.889
Σ	864.554	347.081	3083.230	953.889

2) 지진시 하중집계

구 분	V(KN)	H(KN)	Mr(KN.m)	Mo(KN.m)
콘크리트 자중	169.632	13.062	342.191	17.919
재하토사 자중	511.416	39.379	1750.108	155.712
토 압	173.363	300.273	936.158	1237.867
Σ	854.411	352.713	3028.456	1411.497

(3) 전도에 대한 안정검토

1) 상시 안정검토

ΣV = 864.554 KN

ΣMr = 3083.230 KN.m

ΣMo = 953.889 KN.m

e = B/2 - (ΣMr - ΣMo) / ΣV

= 5.400 / 2 - (3083.230 - 953.889) / 864.554

= 0.237 m ≤ B/6 = 0.900 m ∴ 사다리꼴 반력분포

▷ 편심 검토

e = 0.237 m ≤ B/6 = 0.900 m ∴ O.K

▷ 안전율 검토

S.F = ΣMr / ΣMo = 3083.230 / 953.889

= 3.232 ≥ 2.0 ∴ O.K

2) 지진시 안정검토

ΣV = 854.411 KN

ΣMr = 3028.456 KN.m

ΣMo = 1411.497 KN.m

e = B/2 - (ΣMr - ΣMo) / ΣV

= 5.400 / 2 - (3028.456 - 1411.497) / 854.411

= 0.808 m ≤ B/6 = 0.900 m ∴ 사다리꼴 반력분포

▷ 편심 검토

e = 0.808 m ≤ B/3 = 1.800 m ∴ O.K

(4) 지지력에 대한 안정검토

1) 지지지반의 조건

지지지반의 내부마찰각 : 35.000°

지지지반의 단위 중량 : 20.0 KN/㎥

지지지반의 점 착 력 : 0.0 KN/㎡

성토지반의 단위 중량 : 19.0 KN/㎥

기초의 유효 근입깊이 : 1.000 m

2) 상시 안정검토

① 지지지반의 허용지지력

지지력산정은 Terzaghi式을 이용한다.

최대 지반반력은 도.시. 622 해설 표 7.3.1의 값을 넘지 못한다.

$qu = \alpha \cdot C \cdot Nc + \gamma_2 \cdot Df \cdot Nq + \beta \cdot \gamma_1 \cdot Be \cdot Nr$

여기서 α = 1.000 β = 0.500

Be = B - 2e = 5.400 - 2 × 0.237 = 4.926m

Nc = 57.800 Nq = 41.400 Nr = 42.400

∴ qu = 2875.169 KN/㎡

∴ qa = 400.000 KN/㎡

② 지반반력 검토

지반반력이 사다리꼴 분포이므로

Q1 = ΣV / (B·L) ×(1 + 6e / B) = 202.275 KN/㎡

Q2 = ΣV / (B·L) ×(1 - 6e / B) = 117.931 KN/㎡

q_max = 202.275 ≤ qa ∴O.K

3) 지진시 안정검토

① 지지지반의 허용지지력

지지력산정은 Terzaghi式을 이용한다.

최대 지반반력은 도.시. 622 해설 표 7.3.1의 값을 넘지 못한다.

$qu = \alpha \cdot C \cdot Nc + \gamma_2 \cdot Df \cdot Nq + \beta \cdot \gamma_1 \cdot Be \cdot Nr$

여기서 α = 1.000 β = 0.500

Be = B - 2e = 5.400 - 2 × 0.808 = 3.785m

Nc = 57.800 Nq = 41.400 Nr = 42.400

∴ que = 2391.427 KN/㎡

∴ qae = 600.000 KN/㎡

② 지반반력 검토

지반반력이 사다리꼴 분포이므로

Q1 = ΣV / (B·L) ×(1 + 6e / B) = 300.189 KN/㎡

Q2 = ΣV / (B·L) ×(1 - 6e / B) = 16.259 KN/㎡

q_max = 300.189 ≤ qae ∴O.K

(5) 활동에 대한 안정검토

1) 검토조건

흙과 콘크리트의 경우 ΦB = (2/3)Φ 이므로

마찰계수 μ= tan(ΦB) = 0.431

점 착 력 C = 0.0 KN/㎡

2) 상시 안정검토

ΣV = 864.554 KN

ΣH = 347.081 KN

Hr = (C ×Ae + V1 tanΦ) + (V2 + V3) tan(ΦB) (도.시. 제7장 해설식 7.3.6)

= (0.000 + 430.134) + 107.951

= 538.085 KN

여기서..Ae = 4.926 ㎡ (유효재하면적)

A1 = 3.500 m, A2 = 0.500 m, A3 = 0.926 m

V1 = ΣV ×A1/Ae = 614.296 KN

V2 = ΣV ×A2/Ae = 87.757 KN

V3 = ΣV ×A3/Ae = 162.502 KN

※ 반력이 삼각형분포일경우 부반력은 무시한다.

▷ 안전율 검토

S.F = ΣHr / ΣH = 538.085 / 347.081

= 1.550 ≥ 1.5 ∴ O.K

3) 지진시 안정검토

ΣV = 854.411 KN

ΣH = 352.713 KN

Hr = (C ×Ae + V1 tanΦ) + (V2 + V3) tan(ΦB) (도.시. 제7장 해설식 7.3.6)

= (0.000 + 553.222) + 27.748

= 580.970 KN

여기서 Ae = 3.785 ㎡ (유효재하면적)

A1 = 3.500 m, A2 = 0.285 m, A3 = 0.000 m

V1 = ΣV ×A1/Ae = 790.083 KN

V2 = ΣV ×A2/Ae = 64.328 KN

V3 = ΣV ×A3/Ae = 0.000 KN

※ 반력이 삼각형분포일경우 부반력은 무시한다.

▷ 안전율 검토

S.F = ΣHr / ΣH = 580.970 / 352.713

= 1.647 ≥ 1.2 ∴ O.K

5.7.4 단 면 검 토

(1) 하 중 조 합

LCB 1 : 상 시 계수하중 (1.5D+1.7L+1.8H+0.0W)

LCB 2 : 지진시 계수하중 (1.13D+1.35H+1.35E)

LCB 3 : 상 시 사용하중 (1.0D+1.0L+1.0H+1.0W)

LCB 4 : 지진시 사용하중 (1.0D+1.0H+1.0E)

(2) 기초단면검토용 지반의 반력계산

작용계수하중은 '안정검토용' 하중집계를 참조

1) LCB 1 : 상 시 계수하중 (1.5D+1.7L+1.8H+0.0W)

ΣV = 1351.883 KN

ΣMr = 4922.125 KN.m

ΣMo = 1717.001 KN.m

e = B/2 - (ΣMr - ΣMo) / ΣV

= 5.400 / 2 - (4922.125 - 1717.001) / 1351.883

= 0.329 m ≤ B/6 ∴ 사다리꼴 반력분포

Q1 = ΣV / (B·L) ×(1 + 6e / B) = 341.904 KN/㎡

Q2 = ΣV / (B·L) ×(1 - 6e / B) = 158.793 KN/㎡

2) LCB 2 : 지진시 계수하중 (1.13D+1.35H+1.35E)

ΣV = 1000.219 KN

ΣMr = 3617.649 KN.m

ΣMo = 1905.521 KN.m

e = B/2 - (ΣMr - ΣMo) / ΣV

= 5.400 / 2 - (3617.649 - 1905.521) / 1000.219

= 0.988 m > B/6 ∴ 삼각형 반력분포

Q_max = (2 ·ΣV) / (L · x) = 389.550 KN/㎡

여기서 x = 3 (B/2 - e) = 5.135 m (지반반력 작용폭)

※ 반력이 삼각형분포일경우 부반력은 무시한다.

3) LCB 3 : 상 시 사용하중 (1.0D+1.0L+1.0H+1.0W)

사용하중 반력은 안정검토시 반력 참조

4) LCB 4 : 지진시 사용하중 (1.0D+1.0H+1.0E)

사용하중 반력은 안정검토시 반력 참조

(3) 단면검토용 하중계산

1) 앞굽판 단면력

(단위 : KN, m)

구 분		앞굽자중	지반반력	총 계
LCB1	전단력	-15.435	199.039	183.604
	모멘트	-4.520	60.322	55.802
LCB2	전단력	-11.576	220.075	208.499
	모멘트	-3.390	67.388	63.998
LCB3	전단력	-10.290	118.553	108.263
	모멘트	-3.014	35.847	32.834
LCB4	전단력	-10.290	170.649	160.359
	모멘트	-3.014	52.141	49.128

2) 뒷굽판 단면력

(단위 : KN, m)

구 분		뒷굽자중	재토자중	과재하중	지반반력	연직토압	총 계
LCB1	전단력	117.049	741.314	0.000	-921.212	330.311	267.461
	모멘트	236.824	1592.511	0.000	-1677.737	1337.758	1489.356
LCB2	전단력	87.787	555.986	0.000	-543.452	234.039	337.359
	모멘트	177.618	1194.383	0.000	-683.703	947.860	1634.158
LCB3	전단력	78.032	494.210	0.000	-605.717	183.506	150.031
	모멘트	157.883	1061.674	0.000	-1140.110	743.199	822.645
LCB4	전단력	78.032	494.210	0.000	-497.110	173.363	248.536
	모멘트	157.883	1061.674	0.000	-715.491	702.118	1206.184

3) 벽체 단면력

① 토압계수 계산

ⓐ 상시 주동토압계수 계산 (시행 흙쐐기법)

뒷채움흙의 내부마찰각(Φ) : 30.000 °

뒷채움흙의 경 사 각(β) : 29.000 °

흙과 콘크리트의 마찰각(δ): 10.000 °

옹벽배면의 연직경사각(Θ) : 3.760 °

쐐기의 각도에 따른 주동토압계수

α= 41.50 °일때..Ka = 0.6170

α= 41.00 °일때..Ka = 0.6190

α= 40.50 °일때..Ka = 0.6209

α= 40.00 °일때..Ka = 0.6225

α= 39.50 °일때..Ka = 0.6238

α= 39.00 °일때..Ka = 0.6248

α= 38.50 °일때..Ka = 0.6255

▷ α= 38.00 °일때..Ka = 0.6260 최대값

α= 37.50 °일때..Ka = 0.6226

α= 37.00 °일때..Ka = 0.6154

α= 36.50 °일때..Ka = 0.6041

α= 36.00 °일때..Ka = 0.5886

α= 35.50 °일때..Ka = 0.5688

α= 35.00 °일때..Ka = 0.5443

α= 34.50 °일때..Ka = 0.5152

∴Ka = 0.626 (쐐기중량W = 1171.769 KN)

Kah = 0.626 ×cos 13.760° = 0.608

Kav = 0.626 ×sin 13.760° = 0.149

② 지진시 주동토압계수 계산 (시행 흙쐐기법)

쐐기의 각도에 따른 주동토압계수

α= 53.00 °일때..Kae = 0.5544

α= 52.50 °일때..Kae = 0.5556

α= 52.00 °일때..Kae = 0.5566

α= 51.50 °일때..Kae = 0.5575

α= 51.00 °일때..Kae = 0.5582

α= 50.50 °일때..Kae = 0.5587

α= 50.00 °일때..Kae = 0.5590

▷ α= 49.50 °일때..Kae = 0.5591 최대값

α= 49.00 °일때..Kae = 0.5590

α= 48.50 °일때..Kae = 0.5587

α= 48.00 °일때..Kae = 0.5582

α= 47.50 °일때..Kae = 0.5575

α= 47.00 °일때..Kae = 0.5566

α= 46.50 °일때..Kae = 0.5554

α= 46.00 °일때..Kae = 0.5540

∴Kae = 0.559 (쐐기중량We = W/cos(Θ) = 347.744 KN)

Kaeh = 0.559 ×cos 3.760° = 0.558

Kaev = 0.559 ×sin 3.760° = 0.037

(4) 토압에 의한 벽체 단면력계산

1) 상시 벽체 단면력

• 벽체 하부 (C-C)

$Pah = 1/2 \times Kah \times \gamma t \times H^2$

= 1/2 ×0.608 ×19.0 ×5.250² = 159.202 KN/m

y = H / 3 = 5.250 / 3 = 1.750 m

Mo = Pah ×y = 159.202 ×1.750 = 278.604 KN·m

2) 지진시 벽체 단면력

• 벽체 하부 (C-C)

Pah = 1/2 × Kaeh × γ_t × H²

= 1/2 × 0.558 × 19.0 × 5.250² = 146.077 KN/m

y = H / 2 = 5.250 / 2 = 2.625 m

Mo = Pah × y = 146.077 × 2.625 = 383.452 KN·m

(5) 과재하중에 의한 벽체단면력 계산

1) 상시 벽체 단면력

q = 10.00 KN/㎡

• 벽체 하부 (C-C)

시행쐐기 계산에서 흙쐐기 중량계산시 과재하중을 고려하였으므로, 별도로 과재하중을 고려하지 않는다.

(6) 지진시 벽체의 관성력에 의한 단면력 계산

(단위 : KN, m)

구 분	A	γ	W	Kh	H	y	M
C1	0.276	24.5	6.753	0.077	0.520	1.750	0.910
C2	1.575	24.5	38.588	0.077	2.971	2.625	7.799
C3	0.906	24.5	22.188	0.077	1.708	1.750	2.990
합 계 (벽체 하부)			67.528		5.200		11.699

(7) 벽체 하단 단면력 계산

(단위 : KN, m)

구 분		횡 토 압	과재하중	관 성 력	총 계
LCB1	전단력	286.564	0.000	0.000	286.564
	모멘트	501.487	0.000	0.000	501.487
LCB2	전단력	197.204	0.000	7.020	204.223
	모멘트	517.660	0.000	15.794	533.454
LCB3	전단력	159.202	0.000	0.000	159.202
	모멘트	278.604	0.000	0.000	278.604
LCB4	전단력	146.077	0.000	5.200	151.277
	모멘트	383.452	0.000	11.699	395.151

(8) 활동방지벽의 단면력

1) LCB1

Ht = {C ×A1 + V1(tan(Φ)-tan(ΦB)) + V2tan(ΦB)}×Hb / Hr + Hp = 241.972 tf

여기서, Hr = 851.421 KN (기초저면의 전단저항력)

Hb = 624.746 KN (기초저면에 작용하는 수평력)

A1 = 3.500 m, V1 = 997.864 KN

A2 = 0.500 m, V2 = 142.552 KN

Hp = 0.000 KN (전단키에 작용하는 수동토압 합력)

∴ 전단력 V = 241.972 KN

모멘트 M = 241.972 ×0.350 = 84.690 KN.m

2) LCB2

Ht = {C ×A1 + V1(tan(Φ)-tan(ΦB)) + V2tan(ΦB)}×Hb / Hr + Hp

= 182.826 tf

여기서, Hr = 700.361 KN (기초저면의 전단저항력)

Hb = 476.163 KN (기초저면에 작용하는 수평력)

A1 = 3.424 m, V1 = 1000.219 KN

A2 = 0.000 m, V2 = 0.000 KN

Hp = 0.000 KN (전단키에 작용하는 수동토압 합력)

∴ 전단력 V = 182.826 KN

모멘트 M = 182.826 ×0.350 = 63.989 KN.m

3) LCB3

Ht = {C ×A1 + V1(tan(Φ)-tan(ΦB)) + V2tan(ΦB)}×Hb / Hr + Hp

= 130.946 tf

여기서, Hr = 538.085 KN (기초저면의 전단저항력)

Hb = 347.081 KN (기초저면에 작용하는 수평력)

A1 = 3.500 m, V1 = 614.296 KN

A2 = 0.500 m, V2 = 87.757 KN

Hp = 0.000 KN (전단키에 작용하는 수동토압 합력)

∴ 전단력 V = 130.946 KN

모멘트 M = 130.946 ×0.350 = 45.831 KN.m

4) LCB4

Ht = {C ×A1 + V1(tan(Φ)-tan(ΦB)) + V2tan(ΦB)}×Hb / Hr + Hp

= 145.805 tf

여기서, Hr = 580.970 KN (기초저면의 전단저항력)

Hb = 352.713 KN (기초저면에 작용하는 수평력)

A1 = 3.500 m, V1 = 790.083 KN

A2 = 0.285 m, V2 = 64.328 KN

Hp = 0.000 KN (전단키에 작용하는 수동토압 합력)

∴ 전단력 V = 145.805 KN

모멘트 M = 145.805 × 0.350 = 51.032 KN·m

5.7.5 단면검토용 하중집계

상시와 지진시 단면력중 최대값으로 단면력을 정리하면 다음과 같다.

(단위 : KN, m)

구 분	Mu	Mcr	Vu
앞 굽 판 (A-A)	63.998	49.128	208.499
뒷 굽 판 (B-B)	533.454	395.151	334.349
벽 체 하 부 (C-C)	533.454	395.151	286.564
활동 방지벽 (E-E)	84.690	51.032	241.972

(단, 저판에 작용하는 휨모멘트의 크기는 전면벽과 뒷굽판과의 접속점의 모멘트평형조건에 의하여 전면벽에 작용하는 휨모멘트를 초과하지 않는다.- 옹벽표준도작성연구용역 종합보고서, 1998. 건교부)

5.7.6 단면검토

(1) 앞 굽 판

fck = 24.0MPa fy = 300.0MPa

β1 = 0.850 Φf = 0.85 Φv = 0.80

Pb = (0.85 ×β1 ×fck / fy) * [600/(600+fy)] = 0.03853

pmax = 0.75 ×pb = 0.02890

pmin = max(0.25√(fck)/fy,1.4/fy) = 0.00467

계수 모멘트 Mu = 63.998 KN·m

계수 전단력 Vu = 208.499 KN

단면의 두께 H = 750.000 mm

단 위 폭 B = 1000.000 mm

유 효 깊 이 D = 670.000 mm

피 복 두 께 Dc = 80.000 mm

▷ 휨모멘트 검토

등가응력깊이 a = 5.531 mm로 가정

As = Mu /{Φf·fy·(D-a/2)} = 376.138 ㎟

a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 5.531 mm ∴ 가정과 비슷함 O.K

Preq = [Mu /{Φf·fy·(D-a/2)}] / (B·D) = 0.00056 ⇒ 4/3 Preq = 0.00075

Used As = D19 @ 250 mm (Dc = 80 mm)

= 1146.000 ㎟ ∴ P = As/(B·D) = 0.00171

4/3 Preq ≤P ≤Pmin ..... ∴ O.K

a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 16.853 mm

Md = Φf·fy·As·(D - a/2) = 193331600.000 N·mm

= 193.332 KN.m ≥ Mu = 63.998 KN.m ..... ∴ O.K

▷ 전단력 검토

Φv·Vc = Φv·1/6·√fck·B·d / 1000 = 437.642 KN

Φv·Vc = 437.642 KN > Vu ∴전단철근 필요없음.

▷ 사용성 검토 (균열 검토)

Mcr = 49.128 KN.m (사용하중 모멘트)

n = Es/Ec = 200000 / (4700 √(fck)) = 9

p = As/(B·D) = 0.00171

k = -np + √((np)²+ 2np) = 0.161 j = 0.946

x = k·d = 107.699 mm

fc = 2·Mcr / (B·x·(D - x/3)) = 1.439 MPa

fs = Mcr / (As ·(D - x/3)) = 67.606 MPa

fs = 67.606 MPa ≤ 0.6 fy = 180.00 MPa ∴ O.K

dy = 80.000 mm dc_min = 80.000 mm

A = (2·dy·B) / 철근개수 = 40000.000 ㎟

균열폭 검토(콘크리트 구조설계기준 p76)

Wa = 0.005 ×tc = 0.353 mm (습윤환경 기준)

여기서 tc = dc_min - 주철근 직경/2 = 70.50 mm

W = 1.08 ×β×fs ×$\sqrt[3]{}$(dc_min ×A) / 100000 = 0.12 mm

여기서 β = (H - k·D) / (D - k·D) = 1.142

∴ Wa = 0.353 mm ≥ W = 0.123 mm ..... O.K

(2) 뒷 굽 판

fck = 24.0MPa fy = 300.0MPa

β1 = 0.850 Φf = 0.85 Φv = 0.80

Pb = (0.85 ×β1 ×fck / fy) * [600/(600+fy)] = 0.03853

pmax = 0.75 ×pb = 0.02890

pmin = max(0.25√(fck)/fy,1.4/fy) = 0.00467

계수 모멘트 Mu = 533.454 KN.m 계수 전단력 Vu = 334.359 KN

단면의 두께 H = 750.000 mm 단 위 폭 B = 1000.000 mm

유 효 깊 이 D = 670.000 mm 피 복 두 께 Dc = 80.000 mm

▷ 휨모멘트 검토

등가응력깊이 a = 47.608 mm로 가정

As = Mu /{Φf·fy·(D-a/2)} = 3237.374 ㎟

a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 47.608 mm ∴ 가정과 비슷함 O.K

Preq = [Mu /{Φf·fy·(D-a/2)}] / (B·D) = 0.00483 ⇒ 4/3 Preq = 0.00644

Used As = D29 @ 125 mm (Dc = 80 mm)

= 5139.200 ㎟ ∴ P = As/(B·D) = 0.00767

Pmin ≤P ≤Pmax ..... ∴ O.K

a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 75.576 mm

Md = Φf·fy·As·(D - a/2) = 828511000.000 N·mm

= 828.511 KN.m ≥ Mu = 533.454 KN·m ..... ∴ O.K

▷ 전단력 검토

Φv·Vc = Φv·1/6·√fck·B·d / 1000 = 437.642 KN

Φv·Vc = 437.642 KN > Vu ∴전단철근 필요없음.

▷ 사용성 검토 (균열 검토)

Mcr = 395.151 KN.m (사용하중 모멘트)

n = Es/Ec = 200000 / (4700 √(fck)) = 9

p = As/(B·D) = 0.00767

k = -np + √((np)²+ 2np) = 0.309 j = 0.897

x = k·d = 206.963 mm

fc = 2·Mcr / (B·x·(D - x/3)) = 6.354 MPa

fs = Mcr / (As ·(D - x/3)) = 127.934 MPa

fs = 127.934 MPa ≤ 0.6 fy = 180.00 MPa ∴ O.K

dy = 80.000 mm dc_min = 80.000 mm

A = (2·dy·B) / 철근개수 = 20000.000 ㎟

균열폭 검토(콘크리트 구조설계기준 p76)

Wa = 0.005 ×tc = 0.328 mm (습윤환경 기준)

여기서, tc = dc_min - 주철근 직경/2 = 65.50 mm

W = 1.08 ×β×fs ×$\sqrt[3]{}$(dc_min ×A) / 100000 = 0.19 mm

여기서, β = (H - k·D) / (D - k·D) = 1.173

∴ Wa = 0.328 mm ≥ W = 0.190 mm ..... O.K

(3) 벽 체 하 부

fck = 24.0MPa fy = 300.0MPa

β1 = 0.850 Φf = 0.85 Φv = 0.80

Pb = (0.85 ×β1 ×fck / fy) * [600/(600+fy)] = 0.03853

pmax = 0.75 ×pb = 0.02890

pmin = max(0.25$\sqrt{}$(fck)/fy,1.4/fy) = 0.00467

계수 모멘트Mu = 473.627 KN.m

계수 전단력 Vu = 270.644 KN

단면의 두께 H = 750.000 mm

단 위 폭 B = 1000.000 mm

유 효 깊 이 D = 670.000 mm

피 복 두 께 Dc = 80.000 mm

▷ 휨모멘트 검토

등가응력깊이 a = 42.089 mm로 가정

As = Mu /{Φf·fy·(D-a/2)} = 2862.078 ㎟

a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 42.089 mm ∴ 가정과 비슷함 O.K

Preq = [Mu /{Φf·fy·(D-a/2)}] / (B·D) = 0.00427 ⇒ 4/3 Preq = 0.00570

Used As = D29 @ 125 mm (Dc = 80 mm)

= 5139.200 ㎟ ∴ P = As/(B·D) = 0.00767

Pmin ≤P ≤Pmax ..... ∴ O.K

a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 75.576 mm

Md = Φf·fy·As·(D - a/2) = 828511000.000 N.mm

= 828.511 KN.m ≥ Mu = 473.627 KN.m ..... ∴ O.K

▷ 전단력 검토

Φv·Vc = Φv·1/6·$\sqrt{}$fck·B·d / 1000 = 437.642 KN

Φv·Vc = 437.642 KN > Vu ∴전단철근 필요없음.

▷ 사용성 검토 (균열 검토)

Mcr = 395.151 KN.m (사용하중 모멘트)

n = Es/Ec = 200000 / (4700 √(fck)) = 9

p = As/(B·D) = 0.00767

k = -np + √((np)²+ 2np) = 0.309 j = 0.897

x = k·d = 206.963 mm

fc = 2·Mcr / (B·x·(D - x/3)) = 6.354 MPa

fs = Mcr / (As ·(D - x/3)) = 127.934 MPa

fs = 127.934 MPa ≤ 0.6 fy = 180.00 MPa ∴O.K

dy = 80.000 mm dc_min = 80.000 mm

A = (2·dy·B) / 철근개수 = 20000.000 ㎟

균열폭 검토(콘크리트 구조설계기준 p76)

Wa = 0.005 ×tc = 0.328 mm (습윤환경 기준)

여기서, tc = dc_min - 주철근 직경/2 = 65.50 mm

W = 1.08 ×β×fs ×³√(dc_min ×A) / 100000 = 0.19 mm

여기서, β = (H - k·D) / (D - k·D) = 1.173

∴Wa = 0.328 mm ≥ W = 0.190 mm ..... O.K

(4) 활 동 방 지 벽

fck = 24.0MPa fy = 300.0MPa

β1 = 0.850 Φf = 0.85 Φv = 0.80

Pb = (0.85 ×β1 ×fck / fy) * [600/(600+fy)] = 0.03853

pmax = 0.75 ×pb = 0.02890

pmin = max(0.25√(fck)/fy,1.4/fy) = 0.00467

계수 모멘트 Mu = 84.690 KN.m 계수 전단력 Vu = 241.972 KN

단면의 두께 H = 500.000 mm 단 위 폭 B = 1000.000 mm

유 효 깊 이 D = 400.000 mm 피 복 두 께 Dc = 100.000 mm

▷ 휨모멘트 검토

등가응력깊이 a = 12.403 mm로 가정

As = Mu /{Φf·fy·(D-a/2)} = 843.372 ㎟

a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 12.403 mm ∴ 가정과 비슷함 O.K

Preq = [Mu /{Φf·fy·(D-a/2)}] / (B·D) = 0.00211 ⇒ 4/3 Preq = 0.00281

Used As = D19 @ 125 mm (Dc = 100 mm)

= 2292.000 ㎟ ∴ P = As/(B·D) = 0.00573

Pmin ≤P ≤Pmax ..... ∴ O.K

a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 33.706 mm

Md = Φf·fy·As·(D - a/2) = 223934100.000 N·mm

= 223.934 KN.m ≥ Mu = 84.690 KN·m ..... ∴ O.K

▷ 전단력 검토

Φv·Vc = Φv·1/6·√fck·B·d / 1000 = 261.279 KN

Φv·Vc = 261.279 KN > Vu ∴전단철근 필요없음.

▷ 사용성 검토 (균열 검토)

Mcr = 51.032 KN.m (사용하중 모멘트)

n = Es/Ec = 200000 / (4700 √(fck)) = 9

p = As/(B·D) = 0.00573

k = -np + √((np)²+ 2np) = 0.274 j = 0.909

x = k·d = 109.479 mm

fc = 2·Mcr / (B·x·(D - x/3)) = 2.565 MPa

fs = Mcr / (As ·(D - x/3)) = 61.251 MPa

fs = 61.251 MPa ≤ 0.6 fy = 180.00 MPa ∴ O.K

dy = 100.000 mm dc_min = 100.000 mm

A = (2·dy·B) / 철근개수 = 25000.000 ㎟

균열폭 검토(콘크리트 구조설계기준 p76)

Wa = 0.005 ×tc = 0.453 mm (습윤환경 기준)

여기서, tc = dc_min - 주철근 직경/2 = 90.50 mm

W = 1.08 ×β×fs ×^{3}√(dc_min ×A) / 100000 = 0.12 mm

여기서, β = (H - k·D) / (D - k·D) = 1.344

∴ Wa = 0.453 mm ≥ W = 0.121 mm ..... O.K

▷ 벽체 수평(온도)철근 검토

수평철근 직경 : D16

수평철근 간격 : 200 mm

사용 수평철근량 : 993.000 ㎟

최소 수평철근비 = 0.25 %

콘크리트의 수화열, 온도변화, 건조수축 등을 고려하여 부재의 한면에

대하여D16@200mm 를 각각 배근하면

사용수평철근비 = 2×As / (B·H) = 0.265 % ≥ 0.25 % ∴O.K

▷ 저판 수평(온도)철근 검토

수평철근 직경 : D19

수평철근 간격 : 250 mm

사용 수평철근량 : 1146.000 ㎟

최소 수평철근비 = 0.25 %

콘크리트의 수화열, 온도변화, 건조수축 등을 고려하여 부재의 한면에 대하여D19@250mm를 각각 배근하면

사용수평철근비 = 2×As / (B·H) = 0.306 % ≥ 0.25 % ∴O.K

5.7.7 결 과 요 약

(1) 직접기초 안정검토 결과

(단위 : KN,m)

구 분	전 도			활 동			지 지 력		
	작용편심	허용편심	비고	안전율	허용치	비고	최대반력	허용지지력	비고
상 시	0.237	0.900	O.K	1.550	1.500	O.K	202.275	400.000	O.K
지 진 시	0.808	1.800	O.K	1.647	1.200	O.K	300.189	600.000	O.K

(2) 단면검토 결과

1) 부재력 검토 요약

(단위 : KN,m)

구 분	휨 모 멘 트			전 단 력			균 열 폭(mm)		
	M_u	$ØM_n$	비고	V_u	$ØV_n$	비고	W_c	W_a	비고
압 굽 판	64.00	193.33	O.K	208.50	437.64	O.K	0.123	0.353	O.K
뒷 굽 판	533.45	828.51	O.K	334.36	573.45	O.K	0.190	0.328	O.K
벽체 하부	533.45	828.51	O.K	286.56	573.45	O.K	0.190	0.328	O.K
활동방지벽	84.69	223.93	O.K	241.97	342.36	O.K	0.121	0.453	O.K

2) 사용 철근량 요약

구 분	휨 철 근 량			전 단 철 근 량		
	철근배근	피복(mm)	철근량(㎟)	철근배근	간격(mm)	철근량(㎟)
앞 굽 판	D19 @ 250mm	80.0	1146.000	D13 x 3.333	500.0	422.291
뒷 굽 판	D29 @ 125mm	80.0	5139.200	D13 x 3.333	500.0	422.291
벽 체 하 부	D29 @ 125mm	80.0	5139.200	D13 x 3.333	500.0	422.291
활동방지벽	D19 @ 125mm	100.0	2292.000	D13 x 3.333	500.0	422.291

5.8 보강토 옹벽

5.8.1 일반사항

(1) 적용기준

대한주택공사에서 시행하는 보강토옹벽의 설계 및 시공은 “구조물기초설계기준(2003), 건설교통부”에 근거하며, 안전율 등 상이한 부분은 본 편람의 기준에 따른다.

(2) 공법의 개요

보강토 옹벽은 뒤채움 흙내에 흙과의 결속력이 큰 보강재를 설치하여 흙의 횡방향 변위를 구속함으로써 수직에 가까운 벽면을 구축하는 공법이다.

보강토 옹벽은 블록형 등의 전면벽체, 토목섬유 및 강재 등의 보강재, 전면벽체 배면에 다짐 시공 되는 뒷채움 흙으로 구성된다.

(3) 공법의 적용

보강토 옹벽은 보강재-흙간의 마찰작용으로 인해 구조물에 작용하는 토압을 감소시키는 효과가 있으며, 보강토체 전체가 하나의 지지옹벽 역할을 감당하기 때문에 안정성에 있어서도 우수하다고 평가되고 있다. 기시공된 보강토 옹벽의 적용사례는 다음과 같다.

1) 경사지 도로의 옹벽
2) 교대 옹벽
3) 호안 토류구조물
4) 제방 구조물
5) 대형단지 중 광물저장고의 벽체 구조물

(4) 공법의 구분

보강토 옹벽은 전면벽체 종류에 따라 블록형과 판넬형, 보강재 종류에 따라 메쉬형 스틸 그리드, 고밀도 폴리에틸렌(HDPE), 폴리프로필렌 시트 등으로 구분된다.

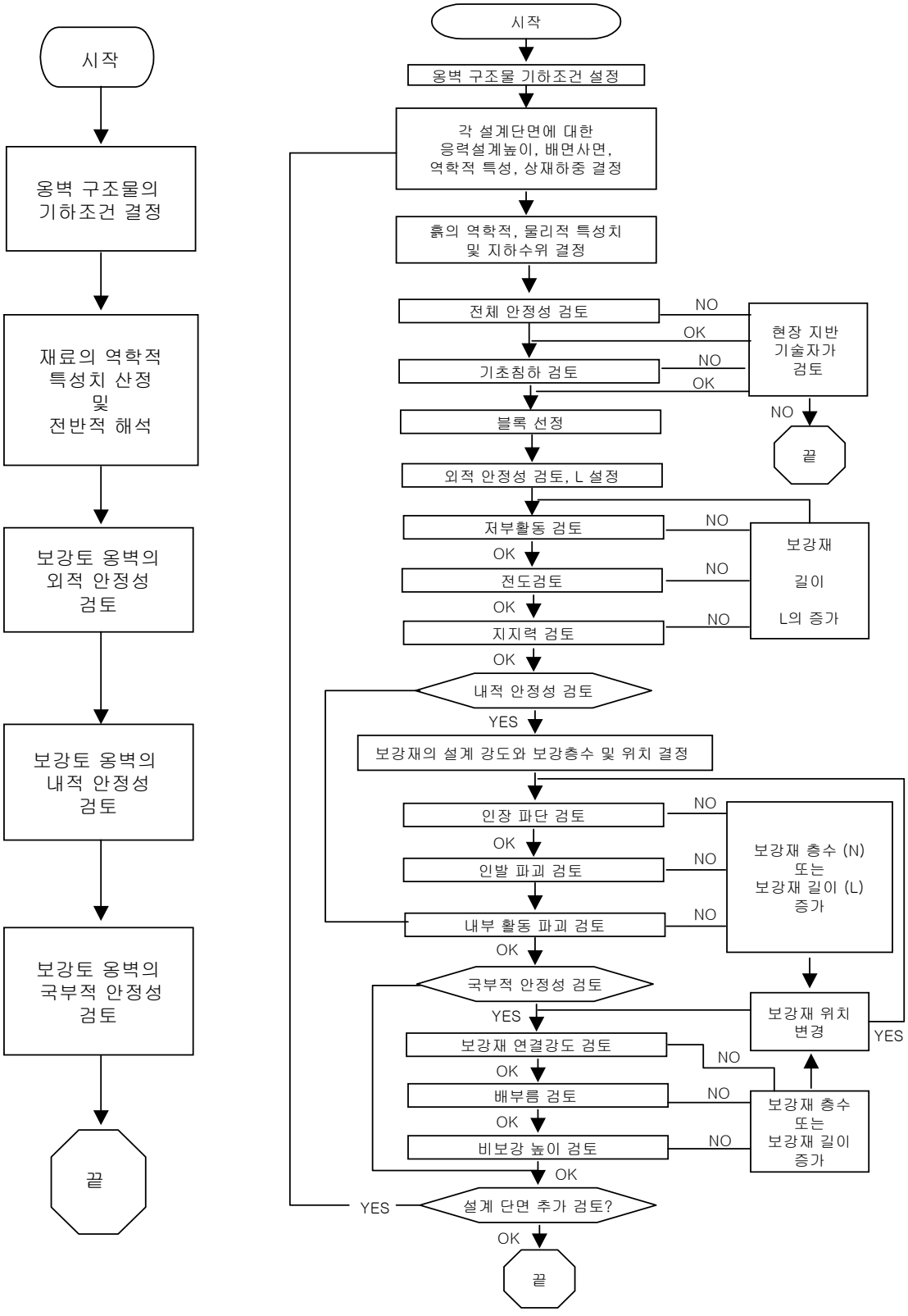
(5) 공법의 경제성

공법의 경제성에는 재료비, 장비비, 인건비, 운반비 등과 같은 다양한 요소들이 영향을 미치기 때문에 일률적으로 비교할 수는 없으나 옹벽 높이에 따라 다음과 같이 평가되고 있다.

1) 높이 3m까지 : 기존의 철근콘크리트 옹벽이 더 경제적임
2) 높이 3~9m : 특별한 차이는 없으며 상황에 따라 가변적임
3) 높이 9m이상 : 보강토 옹벽이 더 경제적임

일반적으로 옹벽 높이가 높아질수록, 공사물량이 클수록 보강토 옹벽의 경제성이 우월하다.

(6) 보강토 옹벽 설계흐름도



[그림 5.13] 보강토 옹벽 설계흐름도

5.8.2 설계조건

(1) 기초지반

기초지반의 지내력, 연약지반 분포여부 등은 지반조사 결과 등을 참고하여 결정하여야 하며, 기초지반의 지내력 확보에 대해 충분한 안정성이 확보되어야 한다.

(2) 전면벽체

전면벽체는 소정의 강도와 품질이 확보되어야 하며, 미관성을 고려하는 것이 좋다.

(3) 보강재

보강재는 공인기관의 시험결과를 통해 본 구조물 내구연한에 준하는 내구성이 확보되어야 하며, 시공중 다짐에 의한 손상 등에 대해 저항성이 우수한 재료를 사용한다.

(4) 뒷채움 재료

1) 대한주택공사 기준 (전문시방서(2005))

① 일반사항

뒷채움 흙의 일반적인 성질은 다음과 같다.

(가) 흙과 보강재 사이의 마찰효과가 큰 재료로서 KS F 2343의 직접전단시험 또는 KS F 2346의 삼축압축시험 결과, 내부마찰각이 30°이상인 사질토일 것

(나) 배수성이 양호하고 함수비 변화에 따른 강도특성의 변화가 적은 흙일 것

(다) 보강재의 부식을 일으키는 화학적 성분이 적은 흙일 것

② 입도기준

뒷채움 흙의 입도기준은 다음과 같다.

<표 5.5> 뒤채움 흙의 입도기준

체의 공칭치수	53mm	19mm	4.75mm	425㎛	75㎛
통과중량백분율(%)	75~100	75~100	20~100	0~60	0~35

주) 참고문헌 : 전문시방서(2005), 41040 블록식 보강토 옹벽, 대한주택공사, p.150

2) 건설교통부 기준 (구조물 기초설계기준(2003))

보강토 옹벽은 뒤채움 흙과 보강재 사이의 마찰저항효과를 전제로 하는 토류구조물이므로 소정의 내부마찰각을 갖는 사질토를 뒤채움재로 사용하여야 효과적이다. 뒤채움 흙으로 알맞은 특성은 다음과 같다.

① 흙-보강재 사이의 마찰효과가 큰 사질토

② 배수성이 양호하고 함수비변화에 따른 강도 특성의 변화가 적어야 한다.

③ 균등계수가 크고 입도분포가 양호해야 한다.

④ 보강재의 내구성을 저하시키는 화학적 성분이 적어야 한다.

⑤ 만일, 세립분이 섞인 흙을 사용할 경우 소성지수(PI)는 6 이하, 최대입경 250mm 이하, No.40체 통과율이 60% 이하, No.200체 통과율이 15% 이하라야 한다(<표 5.6>참조).

⑥ 단, No.200체(0.0075mm) 통과율이 15% 이상이더라도 0.015mm 통과율이 10% 이하이거나 0.015mm 통과율이 10~20%이고 흙의 내부마찰각이 최소 25°이상이면 사용가능하다.

⑦ 자갈이 섞인 흙의 경우는 200번체 통과율이 25% 이하인 것을 사용하며, 쇄석을 이용할 경우는 해설 <표 5.7>과 같은 기준을 만족하여야 한다.

<표 5.6> 보강토 뒤채움 흙의 입도

체번호	체눈금 크기 (mm)	통과중량백분율(%)	비 고
No. 18	100	100%	-
No. 40	0.425	0~60%	-
No. 200	0.075	0~15%	-
예외규정 (No.200 통과량 15% 이상인 경우)	0.015	10% 이하	-
	0.015	10~20%	내부마찰각 25° 이상, 소성지수(PI) 6 이하

<표 5.7> 뒤채움 재료로서 쇄석이 갖추어야 할 조건

최대입경	입경 100mm 이상의 함유율	입경 0.074mm 이하의 함유율	비 고
250mm	5% 이하	25% 이하	세립분이 적당하게 혼합되어 있어서 다짐효과를 발휘할 수 있어야 한다.

주) 참고문헌 : 구조물기초설계기준 해설(2003), 건설교통부, p.446~447

(5) 안정조건

1) 적용 기준 안전율

보강토 옹벽에 적용되는 안정 기준은 외적안정성과 내적안정성으로 구분하며, 적용 기준은 다음과 같다.

<표 5.8> 보강토옹벽 설계 안전율

구 분	외적안정성			내적안정성		전체 안정
	저면활동	전 도	지지력	보강재파단	보강재인발	
보강토옹벽	1.5	1.5	2.5	1.0~1.5	1.5	1.3

주) 참고문헌 : • 구조물기초설계기준(2003), 건설교통부
• 토목섬유, 한국지반공학회

2) 벽체 묻힘깊이

보강토 옹벽의 안정성을 증진시키기 위해 기초지반의 지지력과 침하정도, 동상성, 침식성 등을 고려하여 어느정도의 벽체 묻힘깊이를 고려하는 것이 좋다. 벽체 묻힘깊이로는 다음의 값이 추천된다.

기초지반이 암반인 경우(벽체 묻힘깊이가 필요없음)를 제외하고는 벽체 묻힘깊이가 최소 0.4m~0.5m는 되도록 하는 것이 좋다.

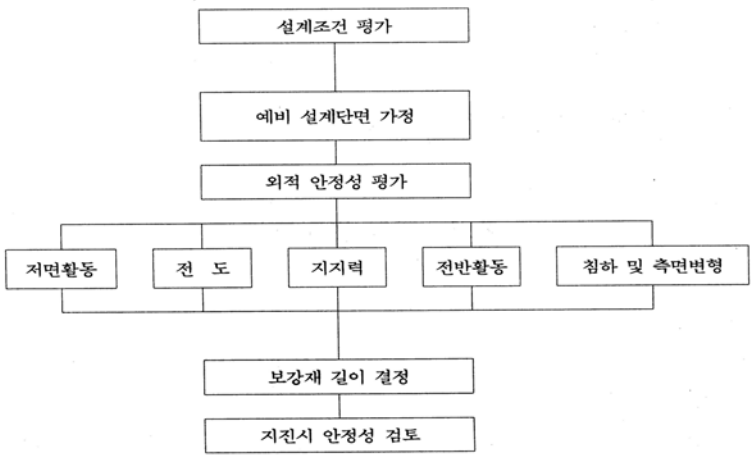
<표 5.9> 보강토옹벽 벽체 묻힘깊이

벽체 전면지반의 경사	최소 묻힘깊이 (H_{emb}, m)
수평 (옹벽)	H/20
수평 (교대)	H/10
3H : 1V	H/10
2H : 1V	H/7
3H : 2V	H/5

주) 참고문헌 : 토목섬유, 한국지반공학회, p.239

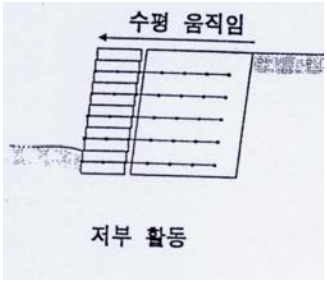
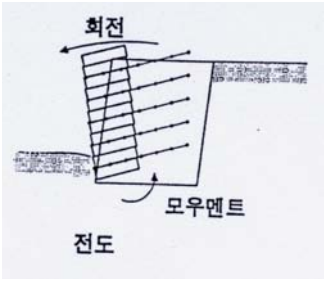
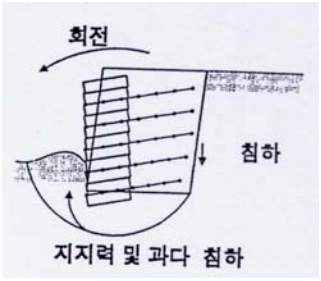
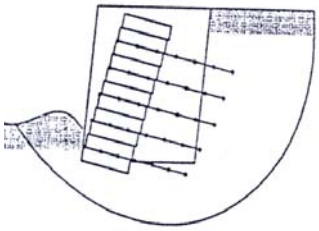
3) 보강토체의 외적안정 검토

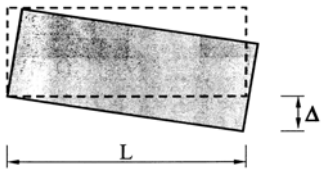
① 외적안정 검토 흐름도



[그림 5.14] 외적안정 검토 흐름도

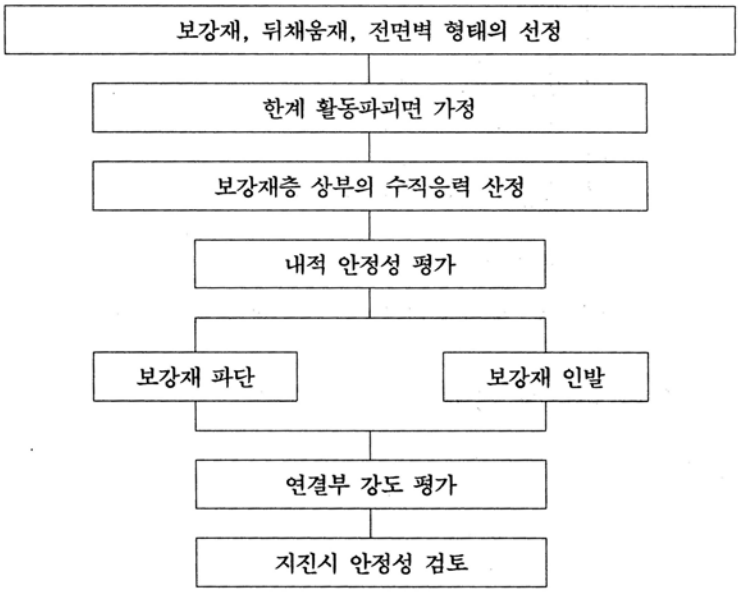
② 외적안정 검토 기준

구 분	검토 기준	개념도
활동	• 보강토체와 지반 사이에서 발생하는 활동력과 이에 대한 저항력에 근거하여 안정검토 $FS_{sl} = \frac{P_R}{P_d} \geq 1.5$ FS_{sl} : 저부활동에 대한 안전율 P_R : 수평저항력 P_d : 수평활동력	
전도	• 전면블록을 포함한 보강토체가 옹벽 선단을 중심으로 회전하려는 모멘트와 이에 대해 저항하려는 모멘트에 근거한 안정검토 $FS_{ot} = \frac{M_r}{M_o} \geq 1.5$ FS_{ot} : 전도에 대한 안전율 M_r : 저항모멘트 M_o : 전도에 대한 모멘트	
지지력	• 보강토 옹벽의 자중 및 토압으로 인한 수직응력과 지반의 허용지지력과의 관계에 근거한 안정검토 $FS_{bc} = \frac{Q_{ult}}{Q_a} \geq 2.5$ FS_{bc} : 지지력에 대한 안전율 Q_{ult} : 지반의 극한 지지력 Q_a : 기초지반의 작용하중	
전체안정	• 보강토 옹벽 전체를 포함한 토체의 파괴에 대한 전체 안정성 검토를 수행 $FS_{gs} = \frac{M_r}{M_d} \geq 1.3$ M_d : 보강토 옹벽에 불안정을 유발하는 Driving 모멘트 M_r : Driving모멘트에 대한 저항 모멘트	

<table>
<tr><th>구 분</th><th>검토 기준</th><th>개념도</th></tr>
<tr><td>침하
부등침하</td><td>· 보강토 옹벽은 일반 옹벽에 비하여 상대적으로 큰 침하에도 안정성을 유지할 수 있다. 그러나 침하의 가능성이 큰 지반일 경우는 이에 대한 영향을 검토하여야 한다.
· 잔류침하량이 다음의 한계값 이상일 때는 사용목적 및 설치 지반에 적합한 대책공법을 병용해야 한다.
<table>
<tr><th>검 토 항 목</th><th>잔류침하량</th></tr>
<tr><td>교량, 고가의 접속부에 있는 보강토옹벽</td><td>10~20cm</td></tr>
<tr><td>상기 이외의 경우</td><td>15~30cm</td></tr>
</table>
· 기초 지반의 부등침하가 예상되는 장소에서는 이 부등침하량이 전면벽체의 안정에 영향을 끼치는가에 대해서 검토해야 한다.
· 패널식 콘크리트 전면벽체의 경우 패널에 균열발생 없이 허용될 수 있는 부등침하량(침하량/벽체 길이 = Δ/L)은 1/200이며, 블록식의 경우는 1/200 이다.</td><td> 
</td></tr>
</table>

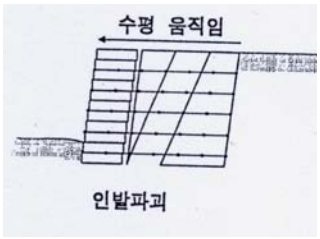
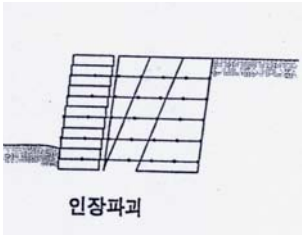
4) 보강재의 내적안정 검토

① 내적안정 검토 흐름도



[그림 5.15] 내적안정 검토 흐름도

② 내적안정 검토 기준

구 분	검토 기준	개념도
보강재 인발파괴	$FS_{pu} = \frac{2L_e(c^* + \sigma_v' \tan\phi^*)R_c}{T_{max}} \geq 1.5$ FS_{pu} : 보강재의 인발에 대한 안전율 T_{max} : 최대유발 인장력(T_{max} 계산시 활하중은 무시) L_e : 보강토체 내의 저항영역에 묻혀진 보강재의 유효저항길이 R_c : 적용면적비(coverage ratio) α : 스케일 수정계수 c^* : 흙과 보강재 사이의 점착력(세립분 함유량이 적은 사질토에서는 고려하지 않음) ϕ^*: 흙과 보강재 사이의 내부마찰각 σ_v' : 보강재에 작용하는 유효 수직응력(활하중의 영향은 무시)	
보강재 파 단	$FS_{uc} = \frac{T_a}{T_d} \geq 1.0 \sim 1.5$ FS_{uc} : 보강재의 파단에 대한 안전율 T_d : 보강재의 설계인장강도 T_a : 보강재의 허용인장강도	

5.8.3 설계하중

(1) 자중

전면벽체의 중량은 보강토 옹벽 전체 중량에 비해 미미하므로 자중은 보강토체만의 중량을 적용하여도 좋다.

(2) 상재하중

옹벽 상부 등에 상재하중이 분포할 경우 상재하중 작용범위 및 활동영향 범위를 고려하여 적용한다.

(3) 지진하중

본 구조물의 설계성능수준을 고려한 지진력을 적용한다.

5.8.4 배수대책

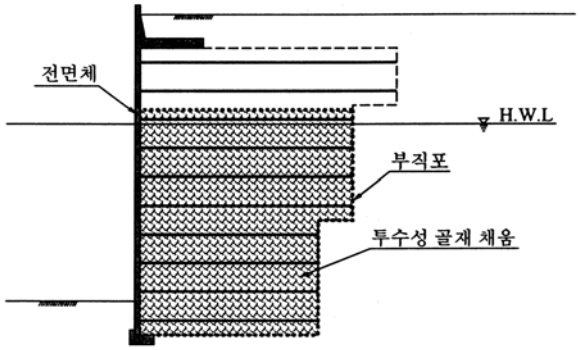
(1) 일반배수

보강토 옹벽은 보강재와 상호마찰에 의하여 결속되어 있는 구조체이므로 수위상승으로 인하여 유효응력이 감소하거나 배면토압이 증가하지 않도록 충분한 배수계획을 수립하여야 한다.

보강토 옹벽은 구조 특성상 전면체를 구성하는 콘크리트 블록 또는 패널 등의 이음매와 토목섬유의 틈새(opening)를 통해서 원활한 배수가 되기 때문에 별도의 배수공을 두지 않는다.

(2) 침수대책

보강토체가 수중에 잠기는 경우 [그림 5.16]과 같이 수위의 급격한 변동에도 보강토 옹벽 내외 수면이 같아지도록 투수성이 양호한 뒤채움재를 이용하여야 하며, 보강토 전면판의 이음부에는 투수성이 좋은 필터재를 설치하여 배수를 원활히 하는 반면 토립자가 유실되지 않도록 하여야 한다.



[그림 5.16] 보강토 옹벽의 침수대책

5.8.5 보강토 옹벽 설계

보강토 옹벽 설계시 NCMA 및 FHWA 설계기준에 의거 사용되는 전산해석프로그램(SRWALL 및 MSEW)을 이용하여 설계를 수행할 수 있으며, 수행시 안전율 조건은 본 편람에서 제시한 적용 안전율 이상을 만족하도록 검토하여야 한다. 참고로 NCMA 및 FHWA 설계기준 비교는 다음과 같다.

<표 5.10> NCMA와 FHWA 보강토옹벽 설계기준 비교

구 분	NCMA 설계기준	FHWA 설계기준
프로그램	• SRWALL	• MSEW
토압이론	• 내적/외적 안정성 : COULOMB의 토압 • 벽면마찰각 고려 (흙쐐기론)	• 내적/외적 안정성 : RANKINE의 토압 • 벽면마찰각 무시 (소성론)
	• COULOMB의 주동토압 < RANKINE의 주동토압 • FHWA 설계기준은 전면벽의 경사도가 8°보다 클 경우에는 주동토압계수를 Coulomb 토압론에 의거하여 적용	
안 전 율	• 활 동 : 1.5 • 인 발 : 1.5 • 전 도 : 2.0 • 파 단 : 1.0 • 지 지 력 : 2.0 • 전반활동 : 1.3	• 활 동 : 1.5 • 인 발 : 1.5 • 전 도 : 2.0 • 파 단 : - • 지 지 력 : 2.0 • 전반활동 : 1.3
설계기준	• 보강재 최소길이 : 0.6H • 최소정착길이 : 0.3M	• 보강재 최소길이 : 0.7H (1.83m 이하) • 최소정착길이 : 1.0M

5.8.6 보강토 옹벽 안정검토 예 (평상시)

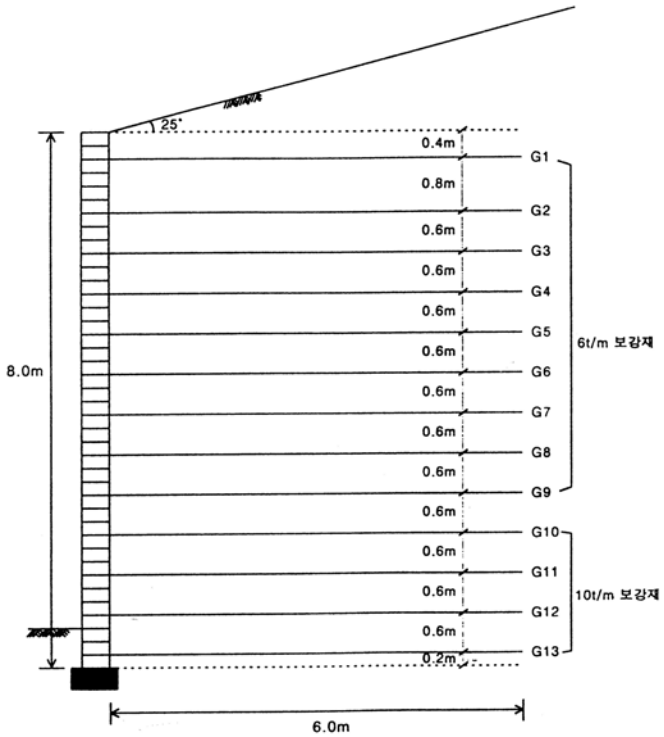
(1) 설계조건

- 뒤채움흙 : $\gamma_r = 1.9t/m^3$, $c_r = 0t/m^2$, $\phi_r = 32°$
- 배 면 토 : $\gamma_f = 1.85t/m^3$, $c_f = 0t/m^2$, $\phi_f = 30°$
- 기초지반 흙 : $\gamma_b = 1.85t/m^3$, $c_b = 0t/m^2$, $\phi_b = 30°$
- 보 강 체 : 종류 = 지오그리드 2종류 (최대인장강도 $10t/m$ $6t/m$)

  $RF_{cr} = 2.0$, $RF_D = 1.1$ $RF_{ID} = 1.1$, $FS_{uc} = 1.0$
- 흙/보강재 마찰 : $c^* = 0t/m^2$, $\phi^* = 30°$

(2) 옹벽의 단면조건

- 옹벽높이 : H=8.0m
- 옹벽 경사도 : 수직, Θ=0°
- 상부 성토사면 : 경사도(β)=25°



[그림 5.17] 평상시 설계 예의 보강토옹벽 단면

(3) 전면벽

- 형태 : 조립식 콘크리트 블록
- 크기 : 길이 40cm × 폭 40cm × 높이 20cm (블럭 내 코아 있음)
- 중량 : 40kg
- 보강재와의 연결 : 마찰 및 전단키 (shear key)

(4) 설계하중

- 자중, 상부 성토하중, 배면토압 고려

(5) 설계안전율

- 저면활동 : FS=1.5
- 지 지 력 : FS=2.5
- 인발저항 : FS=1.5
- 전　　도 : $e \leq L/6$
- 전반활동 : FS=1.3

(6) 보강재의 예비 설계길이 가정

- 보강토체 상부에 성토사면이 존재하므로 보강재의 예비 설계길이를 0.7H로 가정한다.

$L = 0.7H = 0.7 \times 8.0m = 5.6m$

(7) 외적 안정평가

1) 배면토체의 주동토압계수, K_{af} 산정

$$K_{af} = \cos\beta \left[\frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi_f}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi_f}} \right]$$

$$= \cos 25 \left[\frac{\cos 25 - \sqrt{\cos^2 25 - \cos^2 30}}{\cos 25 + \sqrt{\cos^2 25 - \cos 230}} \right] = 0.494$$

2) 저면활동 평가

- 배면토압, F_T 산정

$$F_T = \frac{1}{2} \cdot K_{af} \cdot \gamma_f \cdot h^2$$

$$= (0.5) \times (0.494) \times (1.85 t/m^3) \times (8m + 5.6m \times \tan 25^\circ)^2 = 51.45 t/m$$

- 수평활동력, P_d 산정

$$P_d = F_H = F_T \cdot \cos\beta = (51.45 t/m) \times (\cos 25^\circ) = 46.63 t/m$$

- 수평저항력, P_R 산정

$$P_R = (V_1 + V_2 + F_T \cdot \sin\beta) \cdot \mu$$

$$= (\gamma_r \cdot HL + L(h-H) \cdot \gamma_f / 2 + F_T \cdot \sin\beta) \cdot \tan\phi_b$$

$$= 69.47 t/m$$

- 저면활동에 대한 안전율, FS_{sl} 산정

$$FS_{sl} = \frac{P_R}{P_d} = 1.49 < 1.5 \qquad \text{N.G}$$

- 보강재의 설계길이를 0.75H로 다시 가정하여 상기 과정을 반복 수행한다.

$$L = 0.75H = 6.0m$$

$FS_{sl} = 1.54 > 1.5$ O.K

3) 전도평가

- 보강토체 저면에 작용하는 수직합력의 편심거리, e 산정

$$e = \frac{F_T(\cos\beta) \cdot h/3 - F_T(\sin\beta) \cdot L/2 - V_2 \cdot (L/6)}{V_1 + V_2 + F_T \cdot \sin\beta}$$

$= ((53.28t/m) \cdot (\cos 25°) \cdot (10.8m)/3 - (53.28t/m) \cdot (\sin 25°) \cdot (6m)/2 - (15.53t/m) \cdot (6m/6))/(91.2t/m + 15.53t/m + (53.28t/m) \cdot (\sin 25°))$

$= 0.7m < L/6 = 1.0m$ O.K

4) 지지력 평가

- 보강토체 저면에 작용하는 수직응력, σ_v 산정

$$\sigma_v = \frac{V_1 + V_2 + F_T \cdot \sin\beta}{L - 2e}$$

$$= \frac{91.2t/m + 15.53t/m + (53.28t/m) \cdot (\sin 25°)}{6.0m - (2 \times 0.7m)}$$

$$= \frac{91.2t/m + 15.53t/m + (53.28t/m) \cdot (\sin 25°)}{6.0m - (2 \times 0.7m)} = 28.1/m^2$$

- 기초지반의 극한지지력, q_{ult} 산정

$$q_{ult} = c_b \cdot N_c + 0.5(L - 2e) \cdot \gamma_b \cdot N_r$$

$$= 0.5 \times (6m - 2 \times 0.7m) \times (1.85t/m^3) \times 22.40 = 95.32t/m^2$$

- 기초지반의 허용지지력, q_a 산정

$q_a = q_{ult}/2.5 = 38.12t/m^2 > \sigma_v = 28.1t/m^2$ O.K

5) 전반활동 평가

보강토옹벽을 하나의 강성체로 고려하고, 기존의 사면안정해석용 프로그램을 사용하여 평가한다. 전반활도에 대한 설계안전율 1.3을 만족하는지 검토한다. (생략)

6) 기초지반의 침하평가

보강토옹벽 시공완료 후의 잔류침하량이 교대 등 중요구조물에서 10~20cm, 기타 옹벽에서 15~30cm 이내가 되는 지를 평가한다. (생략)

(8) 내적안정평가

1) 보강재 파단에 대한 평가

- 보강토체 내의 주동토압계수, K_a 산정

$K_a = \tan^2(45° - \phi_r/2) = \tan^2(45° - 32°/2) = 0.307$

- 지오그리드 보강재의 설계 인장강도, T_d 산정

$$T_d = T_a/FS_{uc} = T_{ult}/(FS_{uc} \cdot RF)$$

- 10t/m 지오그리드의 경우

$$T_d = (10t/m)/1.0\times2.0\times1.1\times1.1) = 4.13t/m$$

- 6t/m 지오그리드의 경우

$$T_d = (6t/m)/(1.0\times2.0\times1.1\times1.1) = 2.48t/m$$

- 보강토체 내 깊이별 수평응력, σ_H 산정

$$\sigma_H = K_a(\sigma_v+\Delta\sigma_v)+\Delta_H = K_a(\gamma_r \cdot Z+L \cdot (\tan\beta) \cdot \gamma_f/2)$$
$$= 0.307\times(1.9t/m^3\times Z+6m\times\tan25^\circ\times1.85t/m^3\times0.5)$$
$$= (0.583Z+0.795)t/m^2$$

- 보강재층의 수직간격, S_v 결정

$$S_v \le T_d/\sigma_H$$

상기 계산된 σ_H와 T_d값을 이용하여 보강재 종류별로 보강재층의 수직간격에 따른 보강재층의 최대 포설깊이를 계산하면 다음과 같다.

S_v \ 보강재	10t/m	6t/m
0.2m	34.1m	19.9m
0.4m	16.3m	9.3m
0.6m	10.4	5.7m
0.8m	7.5m	4.0m
1.0m	5.7m	2.9m

따라서 상기 결과로부터 경제성과 시공성 등을 고려하여 사용할 보강재의 종류와 수직간격을 결정한다. 여기서는 보강재의 수직간격을 0.6m로 하여 보강토체 상면에서 5.7m 깊이까지는 6t/m 보강재를 그 이상의 깊이에서는 10t/m 보강재를 사용하기로 한다([그림 5.17] 참조).

2) 인발파괴에 대한 평가

- 각 보강재층의 소요길이, L_t 산정 ([그림 5.17] 참조)

각 보강재층의 소요길이, L_t를 산정하면 다음과 같다. 이때, L_a는 활동파괴면 내에 있는 각 보강재층의 길이이다.

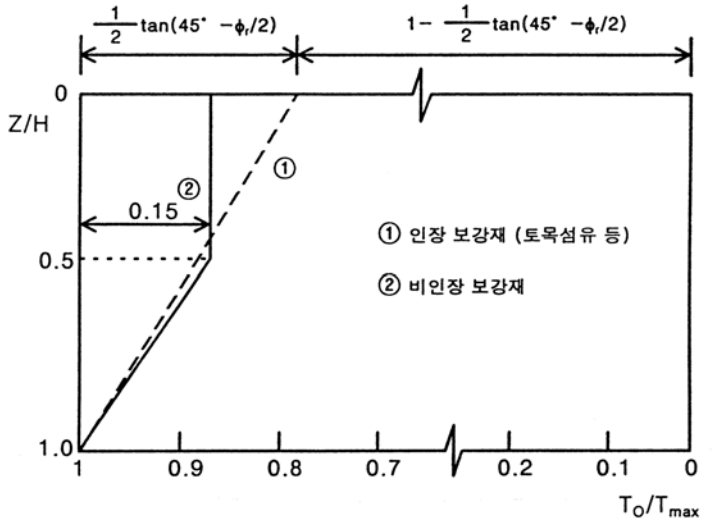
- 가정된 보강재의 길이, L 적합성 평가

$L_{tmax} = 5.2m \le L = 6.0m$ O.K

	L_a(m)	$T_{\max}$	σ_v'(t/m^2)	L_e(m)	L_t(m)
G1	4.2	0.82	3.35	0.42→1.0	5.2
G2	3.8	1.20	4.87	0.43→1.0	4.8
G3	3.4	1.11	6.01	0.32→1.0	4.4
G4	3.1	1.32	7.15	0.32→1.0	4.1
G5	2.8	1.53	8.29	0.32→1.0	3.8
G6	2.4	1.74	9.43	0.32→1.0	3.4
G7	2.1	1.95	10.57	0.32→1.0	3.1
G8	1.8	2.16	11.71	0.32→1.0	2.8
G9	1.4	2.37	12.85	0.32→1.0	2.4
G10	1.1	2.58	13.99	0.32→1.0	2.1
G11	0.8	2.79	15.13	0.32→1.0	1.8
G12	0.4	3.0	16.27	0.32→1.0	1.4
G13	0.1	3.21	17.41	0.32→1.0	1.1

3) 연결부 강도 평가

전면 벽체와 보강재 사이의 허용 연결부 강도 T_{ac}를 각 위치별로 산정하고, 이 값이 상기 표의 $T_{\max}$와 [그림 5.18]을 고려하여 산정한 연결부에서의 보강재의 유발 인장력, T_0보다 큰지를 검토한다. 만약, $T_{ac} < T_0$인 경우에는 연결부 강도를 증가 시키거나 T_0값을 줄이는 방안을 검토하여야 한다. (생략)



[그림 5.18] 전면벽과의 연결부에서 보강재의 유발인장력, T_0의 결정

주) 이 그래프는 과대한 수직 및 수평 상재하중이 전면벽 근처에서 작용하는 경우에는 적용할 수 없다.

5.8.7 보강토 옹벽 적용사례

(1) 개 요

'00지역 지방산업단지 부지조성공사'중 부지경계 성토부의 용지제약으로 인해 부지확보를 위한 수직 벽체 구조물의 조성이 요구되며, 이에 따른 현장여건에 적합한 공법을 선정, 설계함.

(2) 검토 내용

1) 보강토 옹벽은 중력식 옹벽과 유사하게 거동하며, 보강토체의 자중을 고려한 활동, 전도, 저면에서의 지지력 등에 대한 외적안정성 및 토체에 재하되는 하중/기하학적인 형상 및 주동/저항 영역 등에 의한 내적 안정성을 평가함.

2) 본 검토는 보강토 옹벽의 단면별 내적, 외적, 전체 안정성 검토를 실시하여 본 과업 구간에 적용되는 보강토 옹벽의 안정성 여부를 판단함.

(3) 설계기준

1) 보강재 및 블록의 재료 기준

① 보강재(Geogrid)의 허용 인장력

• FHWA 기준 적용

$$T_a = \frac{T_{ult} \times CRF}{F_D \times F_C \times F_S}$$

T_a : 허용인장강도　　F_D : 내구성 감소계수

T_{ult} : 극한인장강도　　F_C : 시공시 손상에 의한 감소계수

CRF : Creep에 의한 감소계수　　F_S : 불확실성에 의한 감소계수

② Geogrid의 인장강도

구　　분	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	비　　고
최대인장강도 (kN/m)	60.0	90.0	120.0	160.0	* 성분 : HDPE * UV Resistance * Chemical Resistance
허용인장강도 (kN/m)	27.0	40.4	53.9	71.9	

③ Block의 재료기준

허용응력 : f_{ck} (28일 강도) > 240kgf/cm^2

④ 토압작용

• 내적안정 : Rankine의 토압 (배면토와 벽면의 마찰각 무시) • 외적안정 : Coulomb의 토압 ⇒ 벽면마찰각이 8°이내이므로 Rankine의 토압적용(By FHWA)

2) 보강토 옹벽의 기하조건 (FHWA)

① 보강재의 길이 : 최소 0.7H 이상 (1.83m 이상)

② 옹벽의 최소근입깊이 (H_{emb})

옹벽의 근입심도는 동결깊이를 감안할 필요가 없음 : 동결 및 융해가 우려될 경우 잡석 Pad의 두께를 조정

벽체의 배면 경사	최소 근입깊이 (H_{emb})
수평 (옹벽)	H/20
수평 (교대)	H/10
3H : 1V	H/10
2H : 1V	H/7
3H : 2V	H/5
최소 요구 근입깊이	0.46 m

※ 2단옹벽중 상단옹벽의 최소근입깊이 : 0.5m이상

- 보강재의 최소정착길이 : 1.0 m 이상
- 옹벽 배면의 배수층 : 0.3 m 이상
- 보강재 최대 수직간격 : 0.9 m 이하

3) 적용 설계안전율

구 분	외적 안정				내적 안정	
	활동	전도	지지력	전체안정	인발	파단
안전율	1.5	1.5	2.5	1.3	1.5	1.0

(4) 설계정수 산정

구 분		γt(tf/m^3)	c (tf/m^2)	ø(°)
성토재		1.73	0.0	33
원지반	매립토	1.45	0.0	33
	충적토	1.90	0.0	33
	풍화토	1.90	0.0	35
	풍화암	2.00	5.0	35

(5) 보강토 옹벽의 내적, 외적 안정성 검토

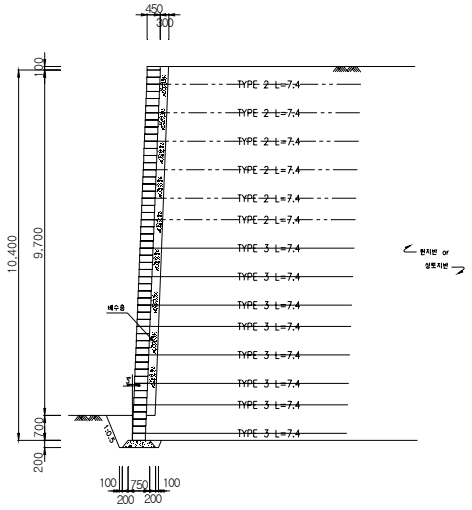
- 옹벽설치 구간중 옹벽높이, 상재하중 및 보강토 옹벽의 형태를 고려하여 단면을 계획
- 각 단면별 외적 / 내적 안정성 검토
- 검토 결과 모두 기준안전율을 초과하는 것으로 나타나 안정성이 확보되는 것으로 판단됨

1) 상재하중 산정

- 사하중 : 12.76 t/m^2
- 상재하중 이격거리 : 2.0m
- 하중분포폭 : 11.60m

2) 검토단면 현황

H = 10.5m



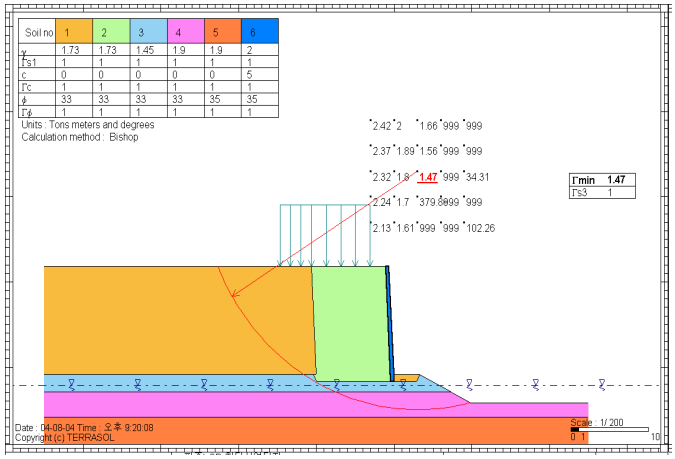
3) 검토결과

구 간	옹벽높이	안 전 율 (F.S)					
		외 적 안 정				내 적 안 정	
		활동 (≥1.5)	전도		지지력 (≥2.5)	인발파괴 (≥1.5)	파단 (≥1.0)
			≥1.5	e/L ≤ 0.1666			
단면 (H=10.5m)	10.5m	2.290	2.88	0.1437	3.49	6.177	1.020

(6) 보강토 옹벽의 전체 안정성 검토

- 보강토옹벽을 포함한 전체 토체의 파괴에 대한 안정검토를 수행
- 예상 파괴면은 원호활동으로 가정하고, 한계평형해석을 근거로 검토
- 보강토 옹벽의 비탈면 안정해석은 전산해석 프로그램인 TALREN 97을 이용
- 옹벽설치구간중 옹벽 배면 현황 및 쌓기 높이별 단면을 대표단면으로 선정하여 보강토 옹벽의 전체 안정성을 검토함

1) 검토결과

구 분	H = 10.5m
전 반 활 동 검 토	 Fs = 1.47 > (1.3 안정)

6. 토질조사

6.1 흙과 암반의 분류

6.1.1 분류목적과 적용

흙은 암석의 풍화로 인하여 약하게 결합되어 생성된 집합체이며, 암석은 견고하게 결합되어 있는 지각의 물질로서 풍화가 되어 있지 않은 상태로 원래의 조직과 광물을 그대로 유지하고 있으므로 공학적인 성질을 포함하여 일반적으로 비슷한 특성을 나타내는 것을 분류하여 설계에 필요한 예비지식을 얻거나, 공사의 보고 및 기록 등의 객관성을 부여하기 위해 분류하는 것이다.

(1) 분류목적

1) 대상으로 하는 흙 및 암석에 대한 정보를 객관적 근거에 의해 이해할 수 있고, 정보의 전달 및 교환을 확실히 할 수 있다.
2) 조사, 설계에 있어서 대상으로 하는 흙 및 암석의 공학적 성질이나 일반적 특성을 개략적으로 파악 할 수 있다.
3) 미리 준비한 분류표에 의해 조사 및 설계시에 필요한 수치를 개략적으로 적용할 수 있다.
4) 조사보고, 시공관리 및 공사의 보고, 기록 등에 객관성을 부여할 수 있다.

(2) 적용범위

1) 토질 및 암반조사 결과의 표시(토질주상도, 암반주상도 등)
2) 재료의 적부 판단(노상 및 채움재의 선정, 안정처리의 여부, 사토의 판정 등)
3) 성토나 구조물의 기초지반으로서의 적부 판정
4) 시공 방법과 건설기계의 선정(깎기 및 굴착공법의 선정 및 계획)
5) 토량변화율의 적용
6) 건설기계의 작업능력 산정(굴착, 운반, 다짐 등의 난이도 판단)
7) 땅깎기 및 흙쌓기 비탈면 기울기의 계획
8) 비탈면 보호공, 옹벽, 기초공, 터널 등의 계획(공법선정, 토압산정 등)

6.1.2 흙의 분류법

토공의 설계 및 시공에 사용하는 흙의 분류는 원칙적으로 흙의 공학적 분류방법(KS F 2324 : 통일분류법)에 따르며 보조적으로 AASHTO 분류법을 사용한다.

(1) 통일분류법

통일분류법은 미국의 Casagrande가 제안한 것으로서 흙의 입도 시험방법(KS F 2320), 흙의 액・소성한계 시험방법(KS F 2303)에 따른 시험결과를 이용하여 분류하는 것으로서, 흙의 종류에 따라 2개의 로마문자를 조합하여 나타낸다. 제 1문자는 흙의 종류를, 제 2문자는 흙의 입도, 소성, 압축성을 나타낸다.

<표 6.1> 통일분류법에 사용되는 기호의 의미

구 분	제 1 문자		제 2 문자	
	기호	설 명	기호	설 명
조립토	G	자갈 (gravel)	W	입도분포 양호
			P	입도분포 불량
	S	모래 (sand)	M	실트질 혼합토
			C	점토질 혼합토
세립토	M	실트 (silt)	L	압축성 낮음, LL<50
	C	점토 (clay)		
	O	유기질 실트 및 점토 (organic clay)	H	압축성 높음, LL>50
고유기질토	p_t	이탄 (peat)	-	

구 분	제 3 문자	
	기 호	설 명
조 립 토	D	(배수) 액성한계 LL < 28, 소성지수 PI < 6
	U	(비배수) 액성한계 LL < 28

주) 제 3 문자는 도로 및 비행장에 사용되는 기초

<표 6.2> 통일분류법에 의한 흙의 분류

구 분		분 류 방 법		기 호
조립토 F < 50%	자갈질 흙 $F_1 < \frac{100-F}{2}$	No. 200체 통과량 < 5%	$C_u \geq 4$ 이고 $1 < C_g < 3$	GW
		No. 200체 통과량 < 5%	GW 조건을 만족 못 함.	GP
		No. 200체 통과량 > 12%	PI < 4 또는 소성도의 A-선 아래	GM
		No. 200체 통과량 > 12%	PI > 7 이고 소성도의 A-선 위	GC
		No. 200체 통과량 > 12%	소성도의 "CL-ML" 부분	GC-GM
		5 ≤ No. 200체 통과량 ≤ 12%	GW와 GM 조건을 만족함.	GW-GM
		5 ≤ No. 200체 통과량 ≤ 12%	GW와 GC 조건을 만족함.	GW-GC
		5 ≤ No. 200체 통과량 ≤ 12%	GP와 GM 조건을 만족함.	GP-GM
		5 ≤ No. 200체 통과량 ≤ 12%	GP와 GC 조건을 만족함.	GP-GC

구 분		분 류 방 법		기 호
	모래질 흙 $F_1 < \frac{100-F}{2}$	No. 200체 통과량 < 5%	$C_u \geq 6$ 이고 $1 < C_g < 3$	SW
		No. 200체 통과량 < 5%	SW 조건을 만족 못 함.	SP
		No. 200체 통과량 > 12%	PI < 4 또는 소성도의 A-선 아래	SM
		No. 200체 통과량 > 12%	PI > 7 이고 소성도의 A-선 위	SC
		No. 200체 통과량 > 12%	소성도의 "CL-ML" 부분	SC-SM
		5 ≤ No. 200체 통과량 ≤ 12% 소성도의 A-선 아래	SW와 SM 조건을 만족함.	SW-SM
		5 ≤ No. 200체 통과량 ≤ 12% 소성도의 A-선상 또는 위	SW와 SC 조건을 만족함.	SW-SC
		5 ≤ No. 200체 통과량 ≤ 12% 소성도의 A-선 아래	SP와 SM 조건을 만족함.	SP-SM
		5 ≤ No. 200체 통과량 ≤ 12% 소성도의 A-선상 또는 위	SP와 SC 조건을 만족함.	SP-SC
무기질 세립토 F ≥ 50%	LL < 50%	PI < 4 또는 소성도의 A-선 아래		ML
		PI > 7 또는 소성도의 A-선 위		CL
		4≤PI≤7, 소성도의 "CL-ML" 부분		CL-ML
	LL ≥ 50%	소성도의 A-선 아래		MH
		소성도의 A-선 위		CH
유기질 세립토 F ≥ 50%	LL < 50%	$\frac{\text{노건조시료 액성한계}}{\text{공기건조시료 액성한계}} < 0.75$		OL
	LL ≥ 50%			OH

주) • F : No. 200체 통과량(%)

• F_1 : No. 200체 통과하고 No. 200체에 남은 흙의 양(%)

통일분류법에는 0.075mm를 기준으로 하여 통과중량 백분율이 50%이하이면 조립토, 그 이상이면 세립토로 분류한다.

조립토의 경우 4.76mm 통과중량 백분율이 50% 이하이면 자갈 또는 자갈질 흙으로 분류하고 기호는 G를 붙인다. 통과중량 백분율이 50% 이상이면 모래 또는 모래질 흙으로 분류하고 기호는 S를 붙인다.

통일분류법에 사용되는 기호 G나 S 뒤에는 입도분포나 세립분의 함유비율에 따라 다음과 같은 기호를 붙인다.

W : 세립이 거의 없고 입도분포가 좋은 깨끗한 흙

P : 세립이 거의 없고 입도분포가 불량한 깨끗한 흙

M : 세립분 12%이상 함유, 실트질 혼합토

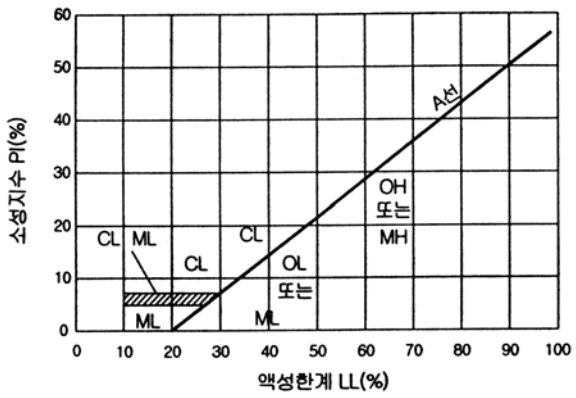
C : 세립분 12%이상 함유, 점토질 혼합토

세립토는 실트(M), 유기질토(O), 로 나누어지면 이들 기호 다음에는 액성한계 값에 따라 다음과 같은 기호를 붙인다.

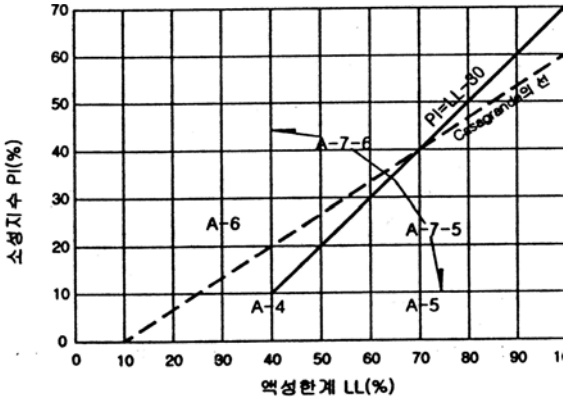
L : 액성한계가 50% 이하인 흙

H : 액성한계가 50% 이상인 흙

세립토의 분류는 소성도를 이용하는 것이 더욱 편리하다. 이 소성도에서 액성한계와 소성지수가 A선 아래에 있으면 실트 또는 유기질토 그 선위에 위에 있으면 점토임을 알 수 있다. 또한, 액성한계에 의한 흙의 분류기준은 50%를 기준으로 하며, 액성한계와 소성지수가 A선 위에 있고 소성지수가 4이하는 ML, 7 이상이면 CL로 구분되고 그 사이의 빗금 친 구역 안에 들어가면 이중기호(CL-ML)로 분류된다. 소성도 그림의 U선은 액성한계와 소성지수의 상한선을 의미하는데 U선 바깥쪽으로 점이 찍혔다면 토질시험의 결과를 재검토해야 할 필요가 있으며, [그림 6.1]은 점성토를 구분하기 위한 소성도이다.



[그림 6.1] 통일분류법의 소성도



[그림 6.2] AASHTO 분류법의 소성도

(2) AASHTO 분류법

이 분류법은 입도분석, 아터버그 한계 및 군지수(Group Index)를 이용하여 흙을 A-1에서 A-7의 7개 군으로 구분하고, 7개 군 중 몇 가지는 다시 세분하여 <표 6.3>과 같이 전체를 12개 군으로 분류한다.

특히, 점성토의 분류는 액성한계와 소성지수로부터 [그림 6.2]의 소성도를 이용하여 구하며, 군지수를 이용하는 경우는 군지수 GI를 다음 식으로 구한다.

$$GI = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$$

여기서, a : 0.075mm(No.200번체)체 통과중량 백분율에서 35를 뺀 값. 통과중량 백분율이 75%를 넘는 경우 75%로 적용하여 0~40의 정수로 나타낸다.

b : 0.075mm(No.200번체)체 통과중량 백분율에서 15를 뺀 값. 통과중량 백분율이 55%를 넘는 경우 55%로 적용하여 0~40의 정수로 나타낸다.

c : 액성한계에서 40을 뺀 값. 액성한계가 60%를 넘는 경우 60%로 하여 0~20의 정수로 나타낸다.

d : 소성지수에서 10을 뺀 값. 소성지수가 30%를 넘는 경우 30%로 하여 0~20의 정수로 나타낸다.

또한, 군지수 결정에는 다음의 몇 가지 규칙이 있다.

1) GI 값이 음(-)으로 나나타면 0으로 한다.

2) GI 값은 반올림하여 정수로 한다.

3) GI 값은 상한치가 없다.

4) A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-3의 군지수 값은 0이다.

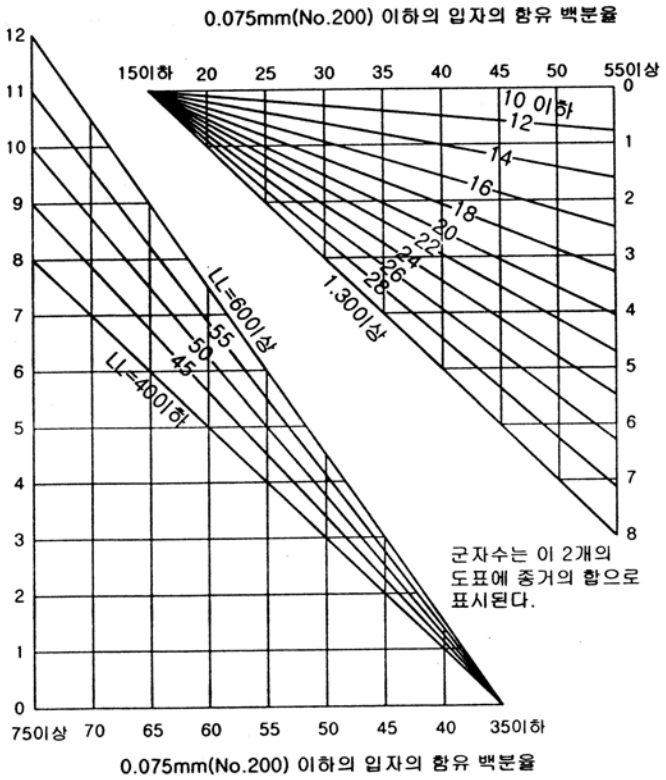
5) A-2-6과 A-2-7에 속한 군지수(GI) 계산시 부분 군지수 GI=0.01(F-15)(PI-10)을 사용한다.

<표 6.3> AASHTO 분류에 의한 분류방법

일 반 적 분 류		입상토(0.074㎜체 통과율 35% 이하)							실트-점토(0.074㎜체 통과율 36% 이상)			
분 류 기 호		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
체통과분(%)	0.2㎜체	50이하	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.42㎜체	30이하	50이하	15이상	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.74㎜체	15이하	25이하	10이하	35이하	35이하	35이하	35이하	36이상	36이상	36이상	36이상
0.42㎜체 통과분의 성질	액성한계	6이하		N.P	40이하	41이상	40이하	41이상	40이하	41이상	40이하	41이상
	소성지수				10이하	10이상	11이상	11이상	10이하	10이하	16이하	11이상
군 지 수		0		0	0		4이하		8이하	12이하	16이하	20이하
주 요 구 성 재 료		석편, 자갈, 모래		세사	실트질 또는 점토질 자갈 모래				실트질 흙		점토질 흙	
노 상 토 로 서 의 일 반 적 등 급		우					양		가		불 가	

주) • A-7-5군의 소성지수는 액성한계에서 30을 뺀 값과 같거나 그보다 작아야 한다.

• A-7-6군은 이보다 커야 한다.



[그림 6.3] 군지수(GI)를 구하는 도표

(3) 흙의 물성치

성토의 안정 및 침하 등의 검토에 사용하는 토질정수는 원칙적으로 토질시험에 의해 얻어진 수치를 사용해야 한다. 이들 수치는 토질이나 시험방법에 따라 상당히 다르게 나타나므로 계산결과에서도 큰 영향을 주게 되며 충분한 검토가 이루어진 후 결정하여 사용해야 한다. 만일, 현지 상황 등에 의해 토질시험을 할 수 없는 경우나 개략적인 검토를 하는 경우에는 <표 6.4>의 단위체적중량을 사용할 수 있고 <표 6.5>의 개략적인 토질정수를 참고하여 추정하도록 한다.

토공재료의 개략적인 토질정수(일본)을 사용하는 경우 다음 사항에 대하여 주의해야 한다.

1) 지하수위 이하에 있는 흙의 단위체적중량은 각각의 값에서 1.0을 뺀 값으로 한다.

2) 단위체적중량의 값을 결정하는 경우 다음 사항을 주의해야 한다.

① 터널 버럭이나 암괴 등은 입경이나 간극에 따라 다르기 때문에 과거의 실적이나 현장 실험을 통해 결정해야 한다.

② 자갈혼입 사질토나 자갈혼입 점성토는 자갈 혼입비율 및 상태에 따라 적절히 정한다.

③ 내부마찰각 및 점착력의 값은 압밀비배수 전단강도에 의한 개략적인 값이다.

<표 6.4> 토공 재료의 개략적인 단위중량(표준품셈)

종 별	형 상	중 량(kg/㎥)	비 고
암 석	화 강 암	2,600~2,700	자연상태
	안 산 암	2,300~2,710	"
	사 암	2,400~2,790	"
	현 무 암	2,700~3,200	"
자 갈	건 조	1,600~1,800	"
	습 기	1,700~1,800	"
	포 화	1,800~1,900	"
모 래	건 조	1,500~1,700	"
	습 기	1,700~1,800	"
	포 화	1,800~2,000	"
점 토	건 조	1,200~1,700	"
	습 기	1,700~1,800	"
	포 화	1,800~1,900	"
점 질 토	보 통	1,500~1,700	"
	역이 섞인 것	1,600~1,800	"
	역이 섞이고 습한 것	1,900~2,100	"
모래질 흙	-	1,700~1,900	"
자갈 섞인 토사		1,700~2,000	"
자갈 섞인 모래		1,900~2,100	"
호 박 돌		1,800~2,000	"
사 석	-	2,000	"
조 약 돌		1,700	

<표 6.5> 토공재료의 개략적인 토질정수(일본)

종 류		재 료 의 상 태		단위체적 중 량 (tf/m^3)	내 부 마찰각 ø(°)	점착력 C (tf/m^2)	분 류 기 호 (통일분류)
흙쌓기	자갈 및 자갈 섞인 모래	다 진 것		2.0	40	0	GW, GP
	모 래	다 진 것	입도가 좋은 것	2.0	35	0	SW, SP
			입도가 나쁜 것	1.9	30	0	
	사질토	다 진 것		1.9	25	3이하	SM, SC
	점성토	다 진 것		1.8	15	5이하	ML, CL MH, CH
	자 갈	밀실한 것, 입도가 좋은 것		2.0	40	0	GW, GP
		밀실치 않은 것, 입도가 나쁜 것		1.8	35	0	
자연지반	자갈 섞인 모래	밀실한 것		2.1	40	0	"
		밀실치 않은 것		1.9	35	0	
	모 래	밀실한 것, 입도가 좋은 것		2.0	35	0	SW, SP
		밀실치 않은 것, 입도가 나쁜 것		1.8	30	0	
	사질토	밀실한 것		1.9	30	3이하	SM, SC
		밀실치 않은 것		1.7	25	0	
	점성토	굳은 것(손가락으로 중간정도의 힘으로 들어감)		1.8	25	5이하	ML, CL
		약간 무른 것(손가락으로 중간정도의 힘으로 들어감)		1.7	20	3이하	
		무른 것(손가락이 쉽게 들어감)		1.7	20	1.5이하	
	점 토 및 실 트	굳은 것(손가락으로 세게 눌러 조금 들어감)		1.7	20	5이하	CH, MH ML
		약간 무른 것(손가락의 중간정도 힘으로 들어감)		1.6	15	3이하	
		무른 것(손가락이 쉽게 들어감)		1.4	10	1.5이하	

6.1.3 암반의 분류

암석의 분류는 역학적 특성과 탄성파 속도에 따라 극경암, 경암, 보통암, 연암, 풍화암 등으로 구분된다. 암반분류에 대한 상세한 내용은 “토공”편을 참고한다.

6.2 현장 조사 및 시험

6.2.1 일반사항

택지조성을 계획함에 있어 반드시 따라야 할 사항이 현장조사와 시험이다. 계획하고자 하는 대상 부지에 대하여 최대한의 현장조사 및 시험을 실시하여 합리적이고 경제적인 단지조성 계획이 이루어져야 한다.

현장조사는 크게 일반조사 와 물리탐사, 시험은 현장에서 수행되는 현장시험과 실내시험으로 구분하여 적용해야 한다.

6.2.2 현장조사

(1) 지표지질조사

본 지반조사 착수 전 지형도와 기존지질도를 이용하여 지반조사 지역 일대에 노출되어 있는 지층의 다음과 같은 특성을 위주로 지표지질조사(Face Mapping)를 실시해야 한다.

1) 암석의 종류 및 분포상태
2) 풍화의 심도
3) 절리나 단층 등 지질구조의 발달상태
4) 계획지역 자연사면의 안정성
5) 구하천이나 매립지의 분포
6) 지반의 투수성, 자연 지하수위, 피압용출수 등 지하수 특성
7) 풍화대, 퇴적층 및 연약지반 특성, 층후 및 분포상태
8) 기타 구조물 건설에 영향을 줄 수 있는 제반 지형 및 지질적 주변 상태

(2) 시험 터파기

1) 지하지장물 매설지역은 최인근지점에서 시추조사를 실시하고, 도심지에서는 시추조사 전 일정심도까지 인력 터파기를 실시하여 지하지장물을 확인한 후 시추조사를 실시해야 하며 지하지장물의 훼손이 발생치 않도록 주의해야 한다.
2) 폐기물, 쓰레기 매립 예상지역에는 반드시 시험터파기를 실시하고 매립 범위 및 심도확인을 위한 추가 터파기 또는 추가 시추조사와 필요한 시험을 실시하여야 한다.
3) 지층확인을 위한 시험터파기는 풍화암층 상단까지 실시해야 한다.

(3) 시험굴(Test Pit) 조사

시험굴 조사는 현지상태에서의 토질특성 파악, 시료를 채취, 지하수의 심도를 추정 및 표토층의 두께를 판단하기 위하여 원지반토를 대상으로 굴착, 조사된다.

1) 현장답사를 통하여 지표토질조사를 실시한 후 토질의 변화에 따라 각 구간에서 시추공 인근의 대표될 만한 토질의 노출지점에 시험굴의 위치를 선정한다.
2) 시험굴의 심도는 토사층 2~3m를 기준으로 하나 토사층이 깊을 경우 시험터파기 3)항과 같이 풍화암층 상단까지 터파기하여 각 토층의 대표되는 심도에서 시료(교란시료 및

불교란(자연)시료)를 채취해야 하며, 시료의 양은 토성시험, 현장다짐시험, 역학시험 등을 실시할 수 있도록 50kg 이상을 채취해야 한다.

3) 절토부에서는 토량환산계수 산출을 위하여 각 토층별로 자연상태의 현장밀도시험 각 1회, 굴착해 놓은 느슨한 상태에서 1회의 현장밀도시험을 실시해야 한다.

(4) 핸드오거보링(Hand Auger Boring)

"6.4 공사대상별 세부조사- 6.4.1 쌓기부" 사항에 의거 지표면 하 3~5m 까지 핸드오거보링을 실시하여 채취된 시료 중 대표적인 것으로 토성시험을 실시해야 한다.

(5) 시추조사

1) 시추장비

시추장비는 시추구경, 시추방법, 시추용도 등에 따라 다르며, 지반조사에서 주로 사용되는 것은 로터리 보링이며, 시추공 구경은 NX(3″) 규격을 원칙으로 적용하는 것으로 한다. <표 6.6>은 일반적인 시추조사 장비에 대한 특징을 설명한 것이다.

<표 6.6> 보링의 종류

보링의 종 류	특 징	굴 진 방 법	지층판정 방 법	적용 토질	용 도	비 고
워 시 보 링	장치가 간단하고 경제적	경량비트의 회전 및 강력한 사수로 굴진, 슬라임은 순환수로 배제	관입 또는 비트 회전저항, 순환배제토	매우 연약한 점토 및 세립-중립의 사질토	개략, 정밀 보충조사 및 지하수조사	미국에서 오래전부터 사용
퍼커션 보 링	깊은 보링공법 중에서 가장 긴 역사를 가짐.	중량비트를 낙하하여 파쇄굴진, 슬라임은 베일러 또는 샌드펌프로 주기적으로 배제	굴진속도 또는 배제토, 일반적으로 지층경계 판정 곤란	토사 및 균열이 심한 암반, 연약점토 및 느슨한 사질토는 부적	일반적인 굴정공법, 매립사력의 관통, 불교란 시료의 채취는 부적	구미에서는 워시보링 또는 오거보링과 병용
로터리 보 링	굴착니수 사용, 지반교란 적음, 코어채취 가능, 신속	비트회전으로 지반을 분쇄하여 굴진, 니수에 의한 공벽 안정, 슬라임은 순환니수로 배제, 코어채취 가능	굴진속도 또는 순환 배제토, 수동식의 경우는 레버 감각	토사 및 암반의 모든 지층	정밀, 보충조사, 암석 코아채취에 최적, 지하수관측에는 부적합	원래, 유정개발용으로 발전, 현지는 지반조사용으로서 주류를 이루고 있음.
오 거 보 링	인력 및 기계방식, 가장 간편한 보링, 시료는 대표적인 것	오거를 회전하면서 지중에 압입굴진, 주기적으로 오거를 인발하여 샘플링	채취된 시료의 관찰	공벽붕괴가 없는 지반, 연약하지 않는 점성토 및 점착성이 다소 있는 토사	얕은 지층의 개략조사	구미에서는 토질조사용으로 널리 사용

2) 시추조사 위치 선정

시추조사 위치는 1:25,000도의 지형도 또는 설계도면을 이용하여 개략적으로 조사 위치를 선정한 후 실제로 현장 답사를 통한 후 최종적으로 시추조사 위치를 결정해야 한다. 시추조사 위치선정을 위한 일반적인 지침은 다음을 참고로 적용한다.

① 지층단면 : 계획하는 지점의 설계와 최종 배치 방향 및 위치에 대하여 지층 단면도가 작성될 수 있도록 시추위치가 계획되어야 한다. 특히 비탈면 형성지역이나 성토예정지역등의 경우 비탈면의 전체 지형을 분석 가능하도록 시추조사 위치를 선정해야 한다.

② 문제가 발생 될 수 있는 지반 : 침하 및 안정, 또는 침투에 대하여 상세 검토가 필요한 것으로 예상되는 경우 불교란 시료를 최소 2개소 취하도록 해야 한다.

3) 시추조사 간격 및 심도는 “6.4 공사대상별 세부조사” 사항에 의한다. 단, 지질상태의 변화가 심하고 안정성이 요구되는 주요 구조물 설치 지역이거나 중대한 지반재해 발생이 우려되는 지역으로 상세한 안정검토 및 설계가 요구되는 지역에는 감독원의 승인을 득한 후 시추조사 간격 및 심도를 조정할 수 있다.

4) 확인 시추조사

설계시 조사되지 못한 지역에 대해서는 반드시 시공시 확인 시추조사를 수행하여 안정이 확보된 구조물 및 토공이 되도록 해야 한다.

5) 시추공 폐쇄

시추조사가 완료된 시추공에 대하여 모래 또는 시멘트 몰탈 등을 이용하여 시추공을 폐쇄시켜야 한다.

(3) 시료채취

시료는 교란시료와 불교란 시료로 구분되는데 일반적으로 시추조사시 병행되는 표준관입시험과 시험굴 조사시 채취되는 불교란시료와 연약지반상에서의 원지반의 압밀, 전단 등의 역학적 특성을 파악하기 위해 채취되는 불교란 시료가 있다.

교란 시료는 주로 분류시험을 위하여 사용되며, 불교란 시료는 주로 시험실에서의 강도특성과 압축특성 분석을 위해 또는 원위치에서의 토질특성을 판단해야 할 경우 사용된다.

1) 교란 시료

교란시료는 수직으로 1.0m 마다 정도 간격으로 또는 지층변화시 마다 채취한다. <표 6.7>는 교란시료와 암석시료를 채취하는 방법이며, 시추조사시 흙의 교란된 시료채취 방법은 KSF 2307의 스플릿 스픈 샘플러에 의한 표준관입시험 및 시료채취 방법을 따른다.

<표 6.7> 교란시료와 암석코아 시료채취기의 종류와 특징

종 류	규 격	적용 토질 및 암층	특 징
스플릿 배 럴	외경 51mm 내경 35mm	샘플러가 관입될 수 있는 크기 이하의 모든 토층, 자갈층은 곤란	표준관입시험에 의해 시료가 채취된다.
오 거 보 링	직경 5~15cm	지하수위 위에 있는 토층에 적합하고 공벽붕괴가 없는 지반, 점성토나 점착성이 다소 있는 토층	인력으로는 보통 깊이가 5m 이내이나 기계방식은 보다 깊게 할 수 있다. 자갈 등이 있는 경우는 관입이 곤란하다.
시 굴 조 사	사방 1~1.5m	지하수위 위에 있는 토층에 적용 가능하며 자갈 등의 지반에는 노력이 많이 든다.	인력으로는 1~1.5m이며 백호우등 중장비의 경우 약 4~5m까지 가능하다. 블록샘플링에 의해 불교란 시료 채취도 가능하다.
싱 글 코 아 배 럴	길이는 보통 1.5~3m	강하고 균질한 암반, 파쇄대 및 암강도가 너무 약한 것은 시료채취율이 저조하다.	시료 채취율이 저조하다. 암반조사용으로는 부적합하다.
더 블 코 아 배 럴	상 동	비균질 암반, 파쇄대 부서지기 쉽거나 강도가 약한 암반	암반조사용으로 적합하며, 싱글코아 배럴보다 채취율이 높다.
트리플 코 아 배 럴			파쇄가 심한 암반시료 채취에 적합하다.

2) 불교란 시료

불교란 시료의 채취 갯수와 채취 위치는 예상되는 설계상의 문제점과 필요한 시험계획에 의해 결정해야 하며. 불교란 시료 채취는 다음과 같은 기준을 만족해야 한다.

① 토층에 뒤틀림과 같은 변형이 발생해서는 안되며, 시료 내에 공간이 있거나 약화되어서는 안된다.

② 회수율(회수된 불교란 시료의 길이를 시료 채취시 압입한 길이로 나눈 값)은 95%이상 되어야 한다.

③ 시료채취기의 면적비(시료채취관의 시료직경과 외경사이의 면적을 시료채취기 외경으로 둘러싸인 면적으로 나눈 값) 15% 이내이어야 한다.

<표 6.9>는 불교란 시료채취기의 형식이다. 점성토층에서는 매 시추공에서 상부, 중간, 하부 등 3개의 층으로 구분하여 채취하며, 불교란 시료의 채취방법은 KSF 2317 Thin-wall tube에 의한 흙의 시료채취방법을 따른다.

<표 6.8> 시추공 규격에 따른 제원

(단위 : mm)

기 호		케이싱 외경	케이싱 빗트외경	코아베럴 빗트외경	드릴로드 외경	시추공의 개략직경	코아의 개략직경
케이싱, 코아베럴	드릴로드						
EX	E	46.0	46.8	36.5	33.3	38.1	22.2
AX	A	57.1	58.7	46.8	41.2	47.6	28.5
BX	B	73.0	74.6	58.7	48.4	60.3	41.2
NX	N	88.9	90.4	74.6	60.3	76.2	53.9

(4) 지하수위 조사

1) 지하수위의 확인(작업수 제거 후 수위측정)은 작업 후 72시간 이상 경과 후 실시해야 한다.

2) 지하수위의 유동이 심한 지점에 대해서는 지반조사 전체 기간을 통하여 수시로 측정하여 지하수위의 변동 상태를 파악한다.

3) 해안과 연접하여 영농지 등이 지하수위 상승으로 인해 염해가 우려될 경우에는 감독원과 협의하여 조기 폐공할 수 있으며, 이 경우에 작업 후 24시간이 경과한 후 지하수위를 측정한 후 폐공 조치한다.

<표 6.9> 불교란 시료채취기의 종류 및 특징

종 류		피스톤의 상태	필요한 공경	적용 토질	특 징
오픈 드라이브 샘플러		없 음	표준관입시험의 경우 65mm이상 박편관 튜브의 경우 85㎜ 이상	샘플링 튜브를 선택하면 모든 흙에 적용	타입 또는 다져넣기에 의해 샘플링 한다.
박편관 샘플러	고정 피스톤식 샘플러	고 정	85mm 이상	연약한 점성토 N치 0~4	연약한 점성토의 순수한 시료의 샘플러로서 신뢰도가 가장 높고 일반적으로 사용된다.
	개량형 샘플러	고 정	115mm이상	연약한 점성토 N치 0~4	샘플러 인발시, 하단에 생기는 진공을 제거하므로 고정 피스톤식 박편관 샘플러에 비하여 선단부가 흐트러지지 않으나 기타는 동등하다. 조작은 매우 복잡하다.

<표 6.9> 불교란 시료채취기의 종류 및 특징(계속)

종 류		피스톤의 상태	필요한 공경	적용 토질	특 징
박편관 샘플러	수압식 피스톤식 박편관 샘플러	고 정	110mm 이상	연약한 점성토 N치 0~4	피스톤로드는 샘플러헤드에 고정된다. 현재는 일반적으로 사용되지 않는다. 샘플러 압입시 수압에 의해 로드(피스톤)가 압상되기 쉽다.
	자유 피스톤식 박편관 샘플러	자 유	85mm 이상	연약한 점성토 N치 0~4	피스톤이 샘플링 튜브에 따라서 움직일 우려가 있다. 조작은 간편하다.
이중관식 샘플러	콤포지트 샘플러	고 정	100mm 이상	연약한 점성토 N치 0~8 느슨한 모래	단면적은 크므로 큰 압입력이 필요하나, 우리나라에서는 시작 연구 단계에 있다. 고정피스톤식 박편관 샘플러에 비하여 단단한 점성토에서는 양호하다.
	데니슨식 샘플러	없 음	박편관 튜브의 경우 115mm 이상	연약한 점성토 N치 4~20	내관은 오픈드라이 샘플러의 작용을 하며 외관은 회전하여 지반을 굴착한다. 고결사질토에 대해서도 적용될 가능성이 있다.
호일식 샘플러	호일 샘플러	고 정	보통은 보링을 필요로 하지 않음 보링의 경우는 125mm 이상	연약한 점성토 N치 0~4	길게 연속된 샘플이 채취되므로 샌드씸 등의 확인에 좋다. 현장에서 토질시험을 할 필요가 있다.
	로타리 호일 샘플러	고 정	보통은 자체로 보링한다. 별도로 보링할 경우 190 mm 이상	경질점성토 고결사질토 연암	시험단계에 있는 매우 대형의 기계이다. 지반에 따른 사용조건을 만족시킨다.

(5) 토취장 및 골재원 조사

1) 토공, 구조물 및 포장용 재료의 확보를 목적으로 실시하는 토취장 및 골재원 조사는 1:50,000 지형도에 위치 및 매장량 등을 기입하여 제출해야 한다.

2) 토취장 및 골재원은 목적별로 3개소 이상을 선정, 비교 검토하고 관련 시·군의 인·허가 여부 파악 및 토지소유자의 사용승낙서를 첨부하여 감독원과 협의하여 결정해야 하며, 토취장 및 골재원에서 공사장에 이르는 공사용 가도를 고려하여 공사비 산출의 기초로 해야 한다.

3) 토취장

선정된 토취장에 대하여는 적정한 간격으로 소요 심도까지 보링 3개소, 시험굴(Test Pit) 5개소 이상 실시하여 성토재료의 토질조사를 실시해야 하며 토질조사에 대해서는 CBR 시험, 다짐시험, 토질분류시험 및 기타 필요한 시험을 시행해야 한다.

4) 하천 골재원조사

① 콘크리트 및 포장용 골재에 대한 공급원의 위치를 선정하고 가용 매장량을 추정하기 위하여 하천골재원의 조사를 시행해야 한다.

② 골재원의 위치를 결정하기 위하여 골재원의 시료에 대하여 체가름시험, 마모시험, 안정성시험 및 필요한 시험을 실시해야 하며 가용 매장량을 추정하기 위하여 시험굴(Test Pit) 또는 시추조사를 시행해야 한다.

5) 석산조사

쇄석 골재의 공급원으로서 위치를 선정하고 보링은 3개소 이상 실시하며 시료를 채취하고 마모시험, 안정성시험, 비중 및 흡수시험, 기타 필요한 시험을 실시해야 하며, 가용 매장량을 정확히 산정해야 한다.

6.2.3 현장 원위치 시험

(1) 표준관입시험

1) 정의

임의의 대상 지반에 대하여 Split Spoon Sampler가 약 63.5 ± 0.5kg의 해머를 약 76 ±1 cm의 높이에서 자유낙하 시켜 지중에 최초 15cm 관입 후 다음 30cm를 관입 시키는데 필요한 타격횟수를 측정하는 시험을 표준관입시험(Standard Penetration Test, SPT 시험)이라하며 이때의 값을 N치라 한다.

2) 시험방법

① 시험회수는 지층이 변할 때마다 또는 동일 층이라도 1.0 m 깊이마다 1회씩 실시해야 한다. N치가 50회에 도달하더라도 관입깊이가 10cm 미만일 때는 타격을 중지하고 그때의 관입깊이와 타격 회수를 기록한다.

② 표준관입시험 시 사용햄머 무게는 63.5 ± 0.5 Kg, 낙하고는 76 ± 1 cm로 자유 낙하시켜 30 cm 관입 시 타격횟수를 15 cm마다 기록하여 정리하며, 자동햄머 부착장비가 아닌 경우 작업 시 낙하고를 유지관리 할 수 있도록 낙하로드에 철제 걸림턱을 설치하여 낙하고가 일정하게 유지되도록 해야 한다.

③ 표준관입시험 회수는 감독원의 지시에 따라 변경할 수 있으며, 연암이상의 암반층에 대해서는 표준관입시험을 하지 않는 것을 원칙으로 한다.

④ 표준관입시험 실시순서는 예비타입을 15 cm한 후 본 타입을 하고 추가로 5 cm 정도 타입하여 종료하며, N치는 본 타입의 타격횟수를 기준으로 해야 한다.

⑤ 표준관입시험 시 슈(Shoe)가 자갈, 전석 등에 의해 마모 및 찌그러지는 등 손상될 경우 이를 계속 사용해서는 안 된다.

⑥ 표준관입시험 기구 중 낙하기구 및 장치는 KS F2307의 4.2 e)낙하기구 및 장치 항에 해당하는 방법에 따라 실시해야 한다.

⑦ 기타 사항은 KS F 2307 (표준관입시험방법)을 준용한다.

⑧ 채취된 시료는 함수비 변화가 없도록 조치하고 200g 이상씩을 2개의 시료병에 넣어 밀폐시킨 후 시추번호, 심도 및 N치, 현장토질분류 등 제반정보가 기록된 표식을 시료병에 부착하여 보관해야 한다.

3) 표준관입시험결과 N치와 입상토의 상대밀도 및 세립토의 컨시스턴시의 상관관계는 <표 6.10>, <표 6.11>과 같다.

<표 6.10> 조립토와 상대밀도 표시

N 치	상 태	상 대 밀 도 (%)
0 ~ 4	대단히 느슨	0 ~ 20
4 ~ 10	느 슨	20 ~ 40
10 ~ 30	보 통	40 ~ 60
30 ~ 50	조 밀	60 ~ 80
50 이 상	대단히 조밀	80 ~ 100

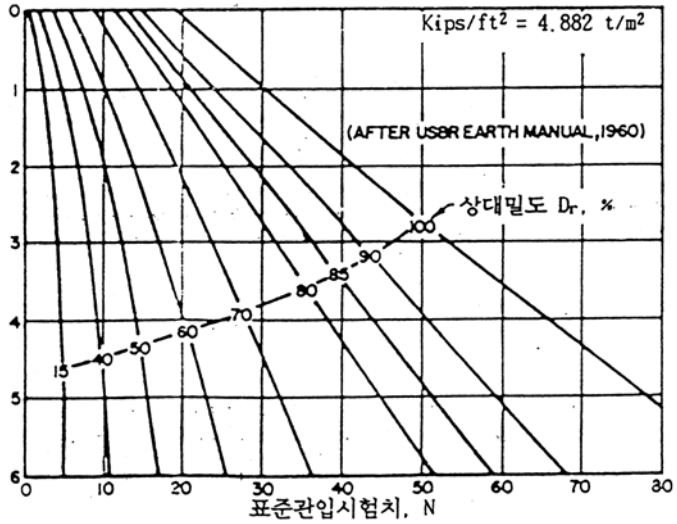
<표 6.11> 세립토의 컨시스턴시

N 치	컨 시 스 턴 시	일축압축강도(kg/㎠)	비 고
0 ~ 2	대단히 연약(very soft)	0.25 이 하	주먹이 쉽게 관입
2 ~ 4	연 약(soft)	0.25 ~ 0.5	엄지손가락이 쉽게 관입
4 ~ 8	굳 음(medium)	0.5 ~ 1.0	엄지손가락이 관입
8 ~ 15	단 단 함(stiff)	1.0 ~ 2.0	엄지손가락이 힘들게 관입
15 ~ 30	대단히 단단함(very stiff)	2.0 ~ 4.0	엄지손가락의 손톱으로 쉽게 자국이 남
30 이 상	견 고(hard)	4.0 이 상	엄지손가락의 손톱으로 힘들게 자국이 남

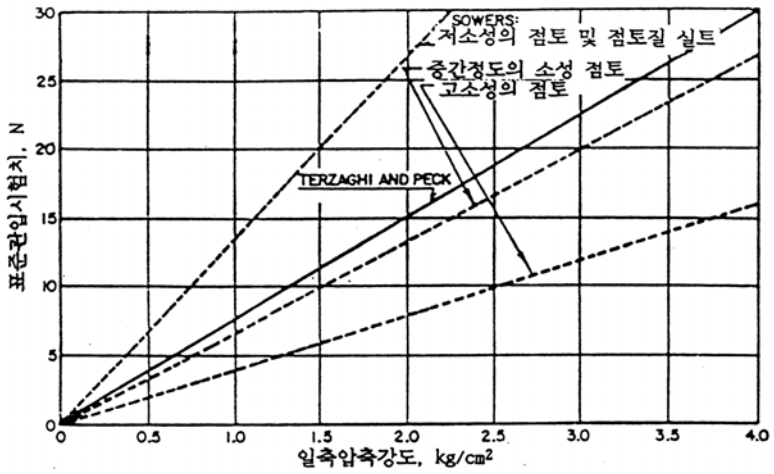
4) 비배수 전단강도의 추정

[그림 6.5]를 사용하여 표준관입시험치 N값으로부터 개략적인 비배수 전단강도를 구할 수

있다. 교란의 영향을 크게 받은 중간정도 또는 연약한 점토에서는 이 관계도의 신뢰도가 낮으므로 주의 사용해야 한다.



[그림 6.4] 표준관입시험치와 상대밀도와의 관계



[그림 6.5] 표준관입시험치와 일축압축강도와의 관계(NAVAFC, 1982)

(2) 현장투수시험

원위치 투수시험으로 현장지반의 투수계수를 측정한다. 투수계수는 단위면적당 유출량을 동수구배(흐름을 일으키는 압력 또는 수두를 유선의 길이로 나눈 값)로 나눈 값의 함수이다. 이 관계는 다음과 같이 간단하게 표현될 수 있다.

$$Q / A = k \cdot H / L$$

여기서, Q : 유출량(유량/시간)

A : 단면적

H/L : 동수구배(무차원)

k : 투수계수(cm/sec)

면적과 길이는 합쳐져서 형상계수(shape factor) 또는 전도계수(conductivity coefficient)라 부르기도 한다. 측정치의 분석방법은 [그림 6.6]에 계산방법은 <표 6.12>과 같다.

투수성은 지반 공학적 분석에서 사용되는 어떤 토질특성보다 변동이 크다.

투수계수는 시험방법과 재료에 따라 10배 또는 그 이상의 크기로 분포됨이 보고된 바 있다. 투수성의 측정은 자연조건과 시험조건에 매우 민감하게 영향을 받으므로 현장투수시험이 가지고 있는 어려움에는 오차의 원인을 주이고 정확한 결과를 얻기 위하여, 또 이상적인 시험 조건과의 차이를 극복하기 위하여 많은 주의를 기울여야 한다.

1) 시험에 영향을 미치는 요소

① 지하수위의 위치

② 지반의 종류 - 암반 또는 토사

③ 시험구간의 깊이

④ 시험구간의 투수성

⑤ 시험구간이 균질성과 이방성

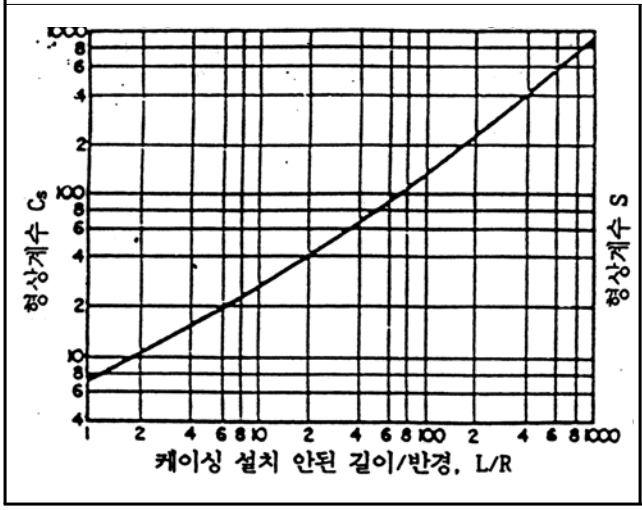
2) 시험방법

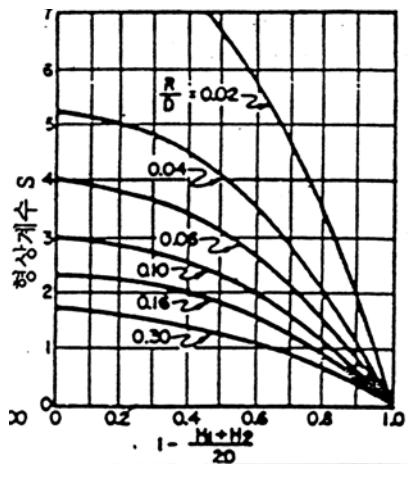
많은 종류의 투수시험 방법이 있으며 지반공학적 조사에서는 평형시험방법이 가장 일반적으로 사용되고 있다. 이 방법에는 정수위(Constant Head) 또는 변수위(Falling Head) 시험과 단일 시추공에서 수행되는 압력시험이 포함된다.

또한, 일반적인 수자원 또는 환경 분야에서는 비평형시험법인 대수층시험 또는 양수시험이 수행된다(우물에서 일정한 양을 장시간 양수하는 시험).

각종 시험에서의 투수계수를 산정하는 방법은 <표 6.12>를 적용한다.

형상계수(표 6.12의 경우)





형상계수(표 6.12의 경우)

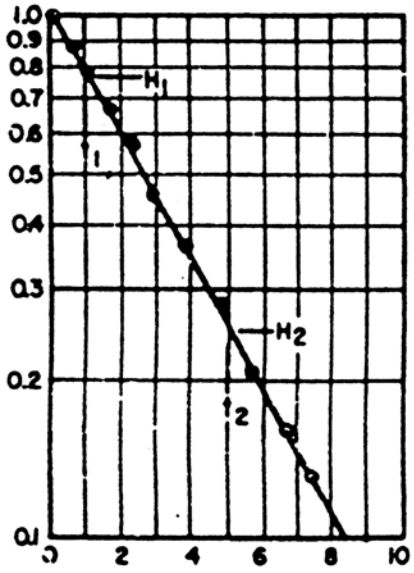
일반식

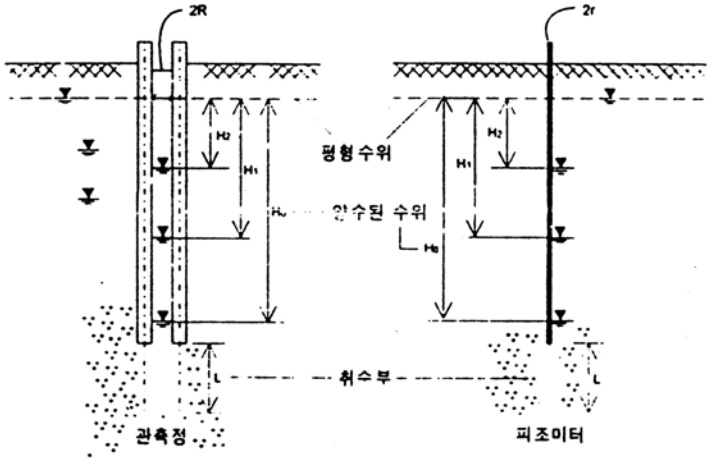
$$K = \frac{A}{F(t_2 - t_1)} ln(\frac{H_1}{H_2})$$

F = 형상계수

A = 스탠드 파이프 면적

k = 평균 투수계수

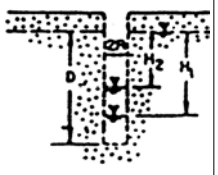
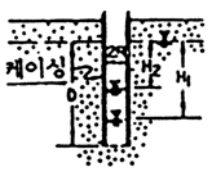




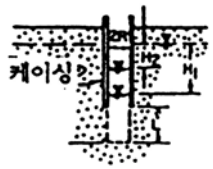
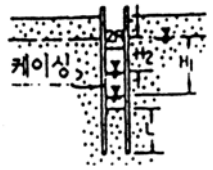
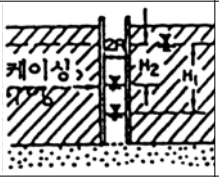
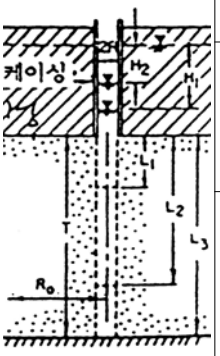
균질한지반의 관측정 형상계수 <표 6.12>의 C 경우 :	균질한 지반 피조미터 :	불균질한 지반 :
$F = \frac{2\pi L}{\ln(L/R)}$	$F = \frac{2\pi L}{\ln(L/R)}$	$m = \sqrt{k_h/k_v}$
$k = \frac{R^2}{2L} ln(\frac{L}{R})[\frac{\ln(H_1/H_2)}{(t_2 - t_1)}]$	$A = \pi r^2$	평균투수계수 $k = \sqrt{k_h/k_v}$
	$k = \frac{A}{F(t_2 - t_1)} ln(\frac{H_1}{H_2})$	표 6.2.7의 C 경우 :
	$k = \frac{r^2}{2L} ln(\frac{L}{R})[\frac{\ln(H_1/H_2)}{(t_2 - t_1)}]$	$F = \frac{2\pi L}{\ln(mL/R)}$
		$k = \frac{r^2}{2L} ln(\frac{mL}{R})[\frac{\ln(H_1/H_2)}{(t_2 - t_1)}]$

[그림 6.6] 변수위 시험에 의한 투수계수 산출(NAVFAC, 1982)

<표 6.12> 현장 변수위시험에서 투수계수 산출을 위한 형상계수(NAVAFAC, 1982)

조 건		형상계수, F	투수계수, K	적 용
(A) 케이싱이 설치 안된 공		F=16π DSR	$k=\frac{R}{16DS}\times\frac{(H_2 - H_1)}{(t_2 - t_1)}$ $\frac{D}{R} < 50$	가장 간단함. 성층지반에는 적용 안됨 S 값은 그림 6.2.3 형상계수 참조
(B) 케이싱이 설치되고 바닥으로만 유입		$F=\frac{11R}{2}$	$k=\frac{2\pi R}{11(t_2 - t_1)} ln(\frac{H_1}{H_2})$ D : 15 - 150㎝	지하수위 밑의 얕은 깊이 지반수위강하시험에서는 바닥이 실트로 막혀 부정확한 값이 구해질 수 있음.

<표 6.12> 현장 변수위시험에서 투수계수 산출을 위한 형상계수(NAVAFAC, 1982) -<계속>

조 건		형상계수, F	투수계수, K	적 용
(C) 케이싱이 설치되고 "L" 부분은 미케이싱 또는 유공관 설치		$F=\frac{2\pi L}{\ln(L/R)}$	$k=\frac{R^2}{2L(t_2-t_1)}\ln(\frac{L}{R})\ln(\frac{H_1}{H_2})$ $\frac{L}{R} > 8$	지하수위 밑의 깊은 지반
(D) 케이싱이 설치되고 "L" 부분 토사		$F=\frac{11\pi R^2}{2\pi R+11L}$	$k=\frac{2\pi R+11L}{11(t_2-t_1)}ln(\frac{H_1}{H_2})$	이방성 지반의 연직방향 투수계수 구하는 경우 적용
(E) 케이싱이 설치되고 대수층의 상단으로 유입		F=4R	$k=\frac{\pi R}{4(t_2-t_1)}ln(\frac{H_1}{H_2})$	상부의 불투수층이 얇은 경우 수위강하시험에서는 바닥이 실트로 막혀 부정확한 값이 구해질 수 있음.
(F) 케이싱이 설치되고 유한한 대수층은 미케이싱 또는 유공관 설치 (1) $\frac{L_1}{T} \le 0.2$ (2) $0.2 < \frac{L_2}{T} < 0.85$ (3) $\frac{L_3}{T} = 1.00$ R_O : 수두가 변하지 않는 지점까지의 거리		(1) $F=C_sR$	$k=\frac{\pi R}{C_s(t_2-t_1)}ln(\frac{H_1}{H_2})$	1.5m 이상 깊이의 투수계수 구하는 경우형상계수 C_s는 그림 6.2.3 참조
		(2) $F=\frac{2\pi L_2}{\ln(L_2/R)}$	$k=\frac{R^2\ln(L_2/R)}{2L_2(t_2-t_1)}ln(\frac{H_1}{H_2})$ $\frac{L}{R} \ge 8$	보다 깊은 지반에 적용되며 세립질 지반에서는 다공질 취수부 사용
		(3) $F=\frac{2\pi L_3}{\ln(R_O/R)}$	$k=\frac{R^2\ln(R_O/R)}{2L_3(t_2-t_1)}ln(\frac{H_1}{H_2})$	R_O를 정확히 구할 수 있게 관측장이 설치되지 않을 경우 $\frac{R_O}{R}$ 200 적용

① 정수위시험법

이 방법은 매우 높은 투수성을 가지는 경우 수위를 유지하는 것이 어렵고 또 매우 낮은 투수성을 가질 때는 유량을 측정하는 것이 어려우므로 시험이 곤란할 때가 많이 있다.

② 수위상승시험법

충분한 투수성을 가진 포화된 구간에서는 이 방법이 정수위 시험이나 수위 하강시험법 보다 더 정확하다. 미립자나 기포에 의한 간극의 폐쇄도 가장 작게 일어나는 경향이 있다.

③ 수위하강시험법

유량이 매우 많거나 매우 적은 구간에서 본 시험은 정수위 시험법에 비해 더 정확할 수 있으며, 일반적으로 많이 사용되고 있는 시험법이다.

④ 양수시험법

대규모 침투수 조사시 또는 수자원개발에서 대수층 시험 또는 양수시험시에 사용된다. 시험비용이 매우 비싸고 시간도 많이 소요되나 다른 어떤 시험보다도 유용한 자료를 제공하기 때문에 사용되고 있다. 양수시험은 시험우물과 양수 장비 및 장시간의 시험을 요하고 관측정도 필수적이다. 따라서 특수한 조건하에서의 결과 해석방법에 제한적으로 이용되고 있다.

⑤ 수압시험법

(가) 암반층에서의 투수계수 측정을 위한 수압시험은 Single Packer 사용을 원칙으로 하며, 시험공 전체를 굴진 후 필요시 Double Packer를 사용할 수 있다. 시험단위 길이는 3.0m를 기준으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.

(나) 수압시험 중 Packer 윗부분에서 누수가 발생할 때에는 Packer의 위치를 상향이동시킨 후 시험해야 한다.

(다) 주수량 측정은 주수율이 일정하게 된 후 시행하며, 각 단계별로 압력부하시간은 10분 이상 되어야 하며, 각 측정시간은 1분 간격으로 시험해야 한다.

(라) 주입수의 주입압력은 시험지점에서의 상재토압을 상회하지 않는 것을 원칙으로 하며, 임의의 압력 하에서 펌프의 용량이 부족한 경우 Packer 위치를 펌프용량에 일치하는 지점까지 이동시켜 시험 단위길이를 짧게 하여 실시해야 한다.

(마) 수압시험 시 시추공 저부심도, Packer의 위치, 지하수위, 시추공 상부에서 압력계까지의 거리 등 필요한 사항을 측정 기록해야 한다.

(바) 시험결과에서 루전치(Lugeon Value : 압력 10kg/cm^2 하에서 길이 1m의 NX 시추공에서 1분간 주입량은 리터(liter)로 표시하며, 1Lu = 10^{-5} (cm/sec)를 산출하여 지반의 투수계수를 결정한다.

(3) 베인(Vane)시험

1) 베인(Vane)시험은 KS F 2342에 의한다.

2) 베인 삽입 전 시추공을 청소한 다음 베인이 회전되지 않도록 주의해서 멈추지 않고 한 번에 삽입해야 한다.

3) 베인을 회전시킬 때 회전속도가 0.1도/초 이상되지 않도록 주의하고, 회전시키는 동안 베인의 깊이가 변하지 않도록 주의해야 한다.

4) 최대 회전력을 결정한 다음에는 베인을 최소 10회 정도 빨리 회전시킨다. 다시 성형한 시료의 강도를 결정하려면 빨리 회전시킨 후에 곧바로 시작해야 하고, 성형작업을 끝낸 후 보통 1분 이내에 끝내야 한다.

(4) 피에조콘관입시험(Piezocone Penetration Test)

1) 시험전 콘을 충분히 포화시켜야 한다.

2) 콘 관입 경사도는 2%를 초과해서는 안 된다.

3) 매립층이거나 전석층 관입이 예상될 때는 45~50 mm의 더미(dummy)콘을 우선 관입시

켜 관입성을 확인해야 한다.

4) 데이터 자동 기록기(Logger)에서 각 측정값별로 초기 보정치를 설정한다.

5) 시스템의 이상 작동유무를 사전 확인해야 하며, 관입속도는 반드시 2㎝/초±10%를 준수해야 한다.

6) 점성토 연약지반 두께가 10m 이상이거나 연직배수공법의 적용이 예상되는 개소는 연약지층 중앙심도에서 간극수압소산시험을 실시해야 한다.

(5) 공내전단시험

1) 토사 및 풍화대층이 두껍게 형성되어 있어 시험터파기(시굴조사)로서는 불교란(자연)시료 채취가 곤란한 경우나 설계상 강도정수(점착력, 내부마찰각)를 필요로 하는 시추조사공 위치에서만 실시해야 한다.

2) 시추공벽면에 가하는 압력은 시험위치의 연직응력에 해당하는 압력을 가해야 한다.

3) 전단기 인발시 인발속도는 일정한 속도를 유지해야 한다.

4) 시험결과치는 반드시 동일층에서 시행된 실내시험 결과치와 비교하여 검증하여야 한다.

(6) 공내재하시험

1) 수치해석에 필요시 암반의 변형계수를 측정하기 위하여 시추공 내에서 공내재하 시험을 실시해야 한다.

2) 시험은 지반강성에 적합한 허용압력을 가진 시험기로 수행해야 한다.

3) 본 시험은 시추공 내에 시험기를 삽입하여 유압이나 수압을 사용, 공벽에 압력을 가한 후 시험기 내부에 장착되어 있는 공경 측정장치를 사용하여 압력증가에 따른 공경의 변화정도, 즉 지반 변위량을 측정해야 한다.

4) 압력조건은 다단계로 하여 반복 시험하는 것을 원칙으로 하며, 풍화대 및 연암층에서는 각 압력단계에서의 Creep변형을 파악하기 위하여 15, 30, 60, 120초 간격으로 측정해야 한다.

5) 공벽에 가한 압력과 지반의 변위량에 의거 압력-변위량곡선을 작성하여 지반의 변형계수를 산출해야 한다.

(7) 탄성파탐사

1) 측선의 계획시 반드시 시추조사공을 통과하도록 계획하고 탄성파탐사 결과와 시추조사결과를 결합하여 해석해야 한다.

2) 측선의 배치는 현장 상황에 따라 조사목적에 지장을 주지 않는 범위에서 감독원의 승인을 득한 후 변경할 수 있다.

3) 측선단의 파일과 측선 중간의 파일은 크기를 변화시키거나 색깔로 구분할 수 있도록하고 보호장치를 하여 보존해야 한다. 또한 기준점으로부터의 위치 및 높이를 확인해야 한다.

4) 2점이상 연속한 측정에서 결측한 경우에는 재측정해야 한다.

5) 측정결과로부터 측선배치도, 주시곡선도 및 지층단면도를 작성하고 정리해야 하고, 주시곡선도 또는 지층단면도에는 해석과정을 명시해야 한다.

6) 다음과 같은 경우에는 탄성파탐사를 적용할 수 없다.

① 탄성파속도가 느린 연약층이 탄성파속도가 빠른 층의 아래에 위치한 경우

② 확인하고자 하는 지층의 두께가 지표에서 그 지층 상부까지 거리의 1/4보다 작은 경우

③ 자갈층지역, 기반암이 불규칙하게 분포하는 지역, 약한 암반내에 단단한 암반이 편상으로 발달하고 있는 지역

④ 지층이 점이적으로 변하는 지역

⑤ 지표면이 동결된 지역

⑥ 도심지지역

(8) 전기비저항탐사

1) 측선의 계획시 반드시 시추조사공을 통과하도록 계획하고 전기비저항탐사 결과와 시추조사결과를 결합하여 해석해야 한다.

2) 다층지역에서는 탐사결과를 반드시 시추조사 결과와 대비하여 사용해야 한다.

3) 전극의 배치는 작업상 할 수 없는 경우를 제외하고 예상되는 지질구조에 교차하는 방향을 원칙으로 웨너(Wenner) 4극법에 의해 배치해야 하고, 전극의 간격은 특별히 지시가 없는 경우 대수 방안지상에서 토질별로 구분하여 거의 등간격으로 배치되도록 해야 한다.

4) 측정은 측정치를 비저항 전극 간격 곡선(ρ-α)에 플로트 하면서 수행하고 이상적이라고 생각되는 값이 얻어졌을 때에는 바로 전극을 바꿔 재 측정 한다.

5) 탐사결과로부터 측점배치도, 비저항주상도 및 비저항단면도를 정리해야 하며, 원칙적으로 비저항등고선도 등을 작성해야 한다.

6.3 실내시험

6.3.1 일반사항

흙의 판별분류의 목적은 두 가지가 있다. 어떤 흙이 다른 흙과 물리적·화학적 혹은 역학적 성질이 같은지 여부를 판별하는 것과 이에 따라 흙을 분류하는 것이다. 이것을 더욱 진행시키면 종류별로 나누어진 흙에 대하여 일반적인 공학적 특성을 대략 파악할 수 있도록 적절한 표시에 의해 흙의 종류를 표기할 수 있다. 흙의 종류는 여러 가지가 있어서 성질이 다르지만, 흙의 종류를 표기하는 기호에 따라 그 흙의 특성을 개념적으로 인식하여 설계시공상 일어날 수 있는 지반이나 구조물의 거동을 예상할 수 있다. 이와 같은 지반이나 재료의 지반공학적 특성을 복잡한 역학시험이나 탐사방법에 의하지 않고 간단한 시험에 의해 객관적인 값을 얻어 판별분류를 할 수 있으면 대단히 편리할 것이다. 실제 설계나 시공 초기단계에 있어서 넓은 범위의 지반에서 많은 흙이나 암석에 대해서 시간이 소요되는 정확한 조사나 시험결과를 얻는 것보다 개략적이

긴 하지만 짧은 시간에 공학적 성질에 대해서 어느 정도의 지식을 얻는 것이 보다 효과적인 경우가 있을 수 있다. 이와 같이 지반재료의 사용 목적에 따라 간단한 실내시험 결과로 재료의 판별분류를 하는 방법을 흙의 공학적 분류라고 하여 몇몇 분류 방법이 제안되어 있다.

공학적 분류란, 구조물 및 기초의 설계나 건설에 필요한 지반공학적 성질에 대해서 각각의 구조물의 특성에 따른 지반이나 재료로서의 흙 또는 암석의 판별분류를 하는 방법을 말한다. 예를 들면, 도로의 노반이나 노상, 필댐 등 구조물의 종류나 사용되는 장소 등에 따라 요구되는 재료의 기능이나 공학적 성질은 다르기 때문에 목적에 적합한 판별분류를 할 필요가 있다. 이와 같은 관점에서 여러가지 구조물 혹은 기초에 대해서 지반이나 흙의 특성을 판단하거나, 설계나 시공에 필요한 토질조사나 실내시험방법 및 종류를 결정하기 위해 흙을 판별 분류하는 여러 가지 방법이 각 기관에서 제안되고 있다. 지반공학회에서 현재 규정되어 있는 지반재료의 공학적 분류법은 통일분류법이라고 불리는 판별분류법의 하나로서 공학적 분류를 목적으로 한 것이다. 통일분류법은 여러 기관에서 제안한 공학적 분류와는 다르며, 문자 그대로 지반재료를 통일적으로 분류하기 위한 것이다. 여기서는 이 통일분류법에 기초하여 지반으로서의 흙과 재료로서의 흙의 성질을 비교하여 분류에 필요한 지표와 지반공학적인 성질과의 비교 및 분류결과 그리고 공학적 특성에 대해서 설명한다. 1996년에 개정된 지반재료의 공학적 분류에 관한 요점은 다음과 같다.

(1) 토질재료 외에 암석질 재료를 포함해서 지반재료라고 한다. 따라서 일반적으로 「토공」의 대상이 되는 「흙」에 포함되는 암석질 재료를 포함하는 재료를 판별 분류할 수 있는 체계로 되어 있다.

(2) 입도 구분은 암석질 재료인 조립, 거석 등의 석분을 넣고 자갈분을 포함한 삼각좌표 분류가 가능한 새로운 체계로 되어 있다.

(3) 공학적 분류 체계를 종래 기준의 「대분류」「중분류」「소분류」「세분류」의 4개의 분류로부터 「대분류」「중분류」「소분류」의 3개의 분류로 되어 있다. 따라서 새로운 분류체계로는 세립분의 분류가 간략화 되어 있다.

(4) 소성도에서의 분류에 사용되는 A선은 경험적으로 알려져 있는 분류 방법으로서 문제가 적은 유럽·미국의 기준에 가까운 실트점토를 분류하는 방법을 사용하고 있다. 따라 종래의 CH의 구분이 없어졌다.

(5) 현장에서 재료의 관찰 만에 의한 분류가 필요할 때의 경우를 고려하여 중분류를 명칭으로 해서 일반적으로 사용하기 쉬운 흙의 명칭을 사용하고 있다.

6.3.2 흙의 시험

(1) 물성시험

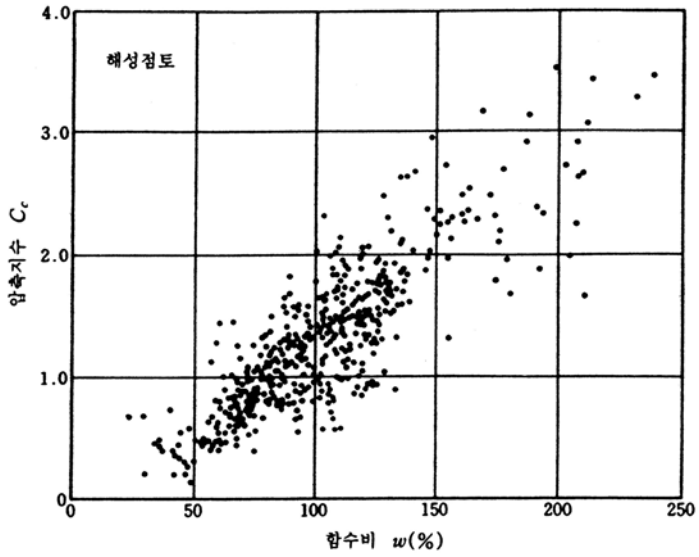
1) 함수비시험

흙의 함수비는 토괴에 포함되어 있는 물과 노건조한 토립자의 질량비를 백분율로 표현한 것이다. 흙의 함수비를 흙의 분류에 사용하는 경우, 액성한계나 소성한계 등의 값으로 이용하

고 있다. 또한 함수비는 포화상태의 점성토의 경우, 간극비와 직접관계가 있고 토립자의 밀도를 알면 다음 식에 의해 쉽게 구해진다.

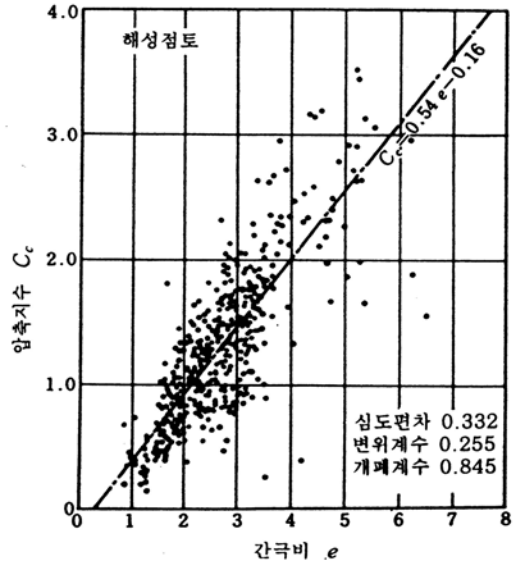
$$e = w \cdot P_s$$

여기서, e : 간극비 w : 함수비 P_s : 토립자의 밀도



[그림 6.7] 압축지수와 함수비의 상관도

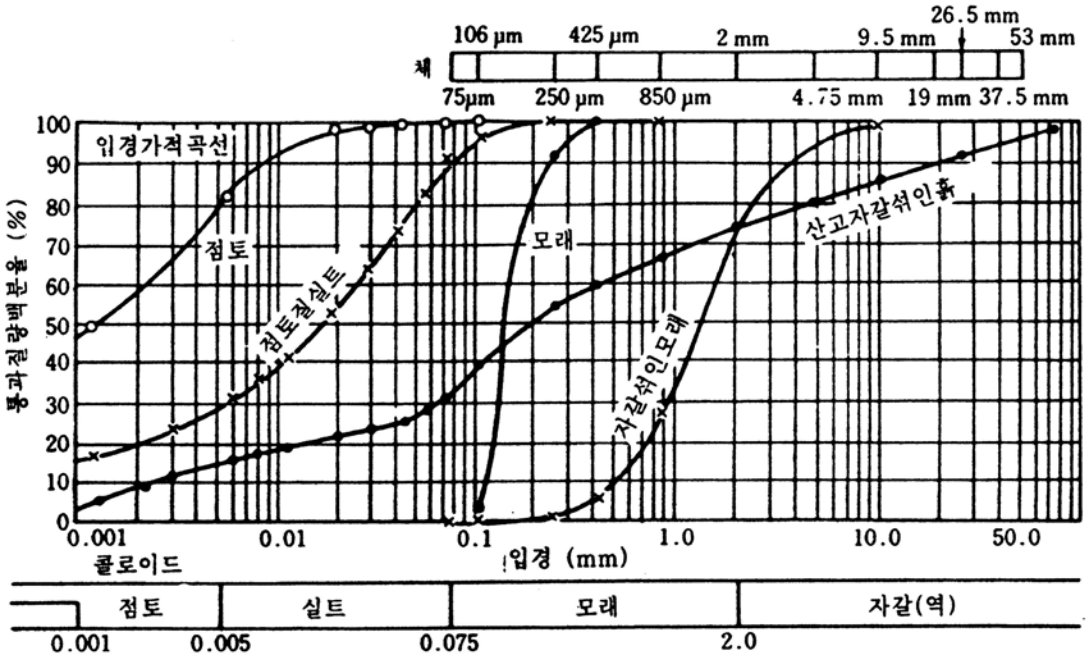
함수비나 간극비는 흙의 압축성이나 강도특성과 좋은 상관관계를 갖으며, 복잡한 시험과정과 시간이 걸리는 역학특성의 개략치를 추정하는데 이용되고 있다. [그림 6.7]과 [그림 6.8]에 나타낸 것은 해성점토에 관한 것이다.



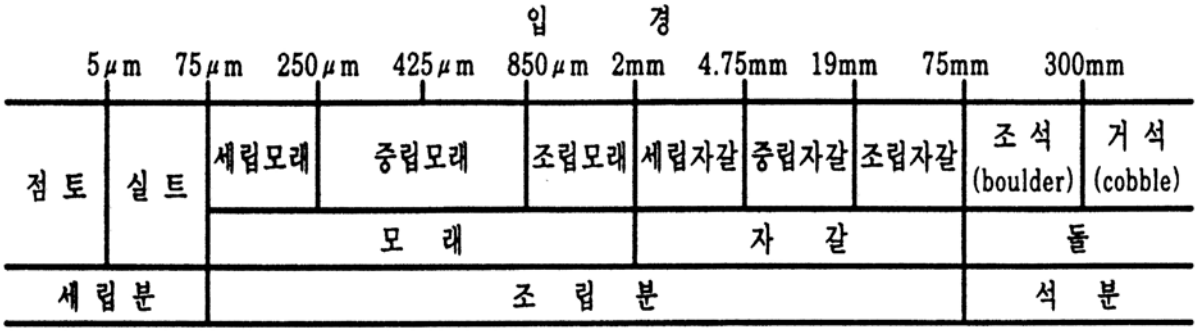
[그림 6.8] 압축지수와 간극비의 상관도

2) 입도시험

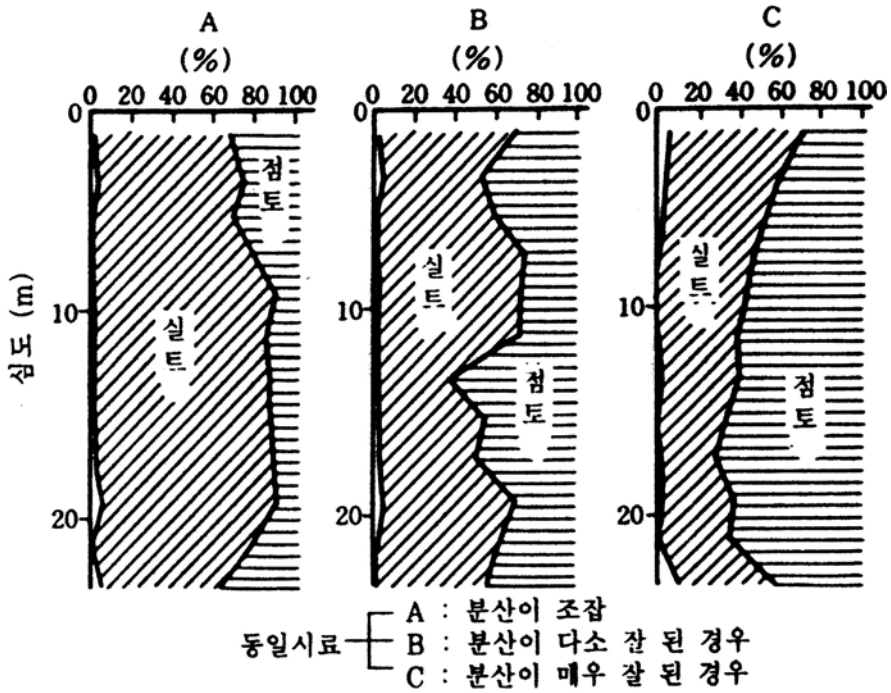
흙의 입도는 흙을 구성하는 토립자의 입경 분포상태를 전질량에 대한 백분율로 표현한 것이다. 입도시험에 있어서 입경 75μm 이상은 입도분석에 의해 실시하고 그 미만은 침강분석에 의한다. 시험결과는 입도분석에 의한 것과 침강분석에 의한 것을 맞붙여 [그림 6.9]에서와 같이 입경가적곡선의 형태로 정리된다. 입경가적곡선에서 입경과 그에 대응하는 통과질량백분율을 구하고 지반재료의 공학적 분류방법에 정한 입경구분에 의해 각 명칭을 붙일 수 있다. 입경구분과 그 명칭을 [그림 6.10]에 나타내었다.



[그림 6.9] 입경가적곡선의 예



[그림 6.10] 지반재료의 입경구분과 그 명칭



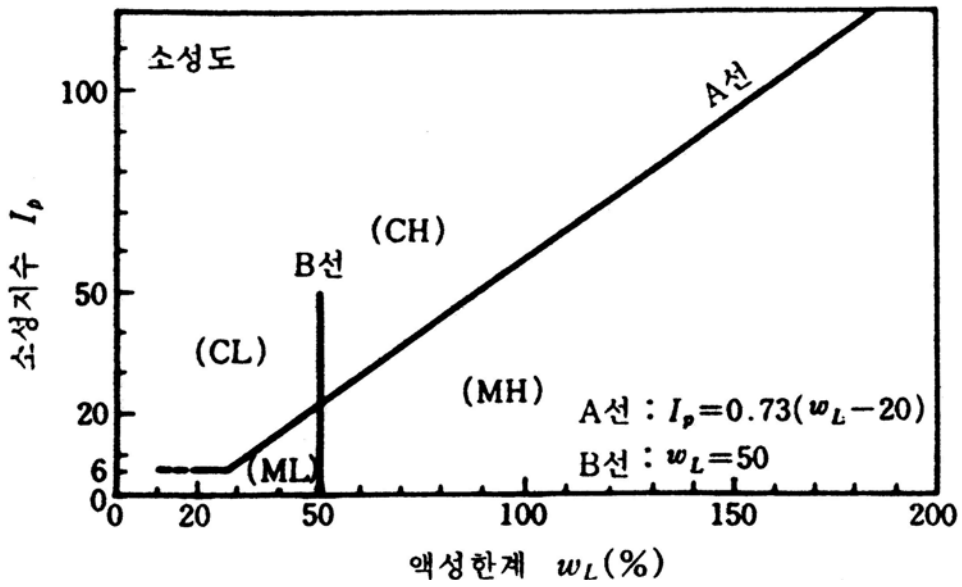
[그림 6.11] 입도시험에서의 분산정도가 결과에 미친 영향

입도시험에 있어서 침강분석인 경우, 입자의 분산이 충분히 되어 있는지 여부에 따라 시험결과에 큰 오차가 생기는 경우가 있다. 즉, 점토입자를 실트입자로 착각하는 경우가 있다. [그림 6.11]은 시료 분산의 좋고 나쁨이 분류에 영향을 준 하나의 예이다. 그림의 좌측에서부터 분산이 조잡한 경우, 분산이 다소 잘 된 경우(중앙), 분산이 극히 잘 된 경우(우측) 등이다. 이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 분산이 충분하지 않으면 실트분의 분량이 많아지고, 반대로 점토분이 감소되는 결과가 된다. 이것은 본래 점토입자가 하나하나의 입자까지 분산되지 않고 덩어리 그대로 남아 있는 것을 의미하고 있다. 그 결과, 입경을 실제보다 크게 계산하게 된다. 이 시험 결과를 사용해서 지반 상황을 판단하면, 본래는 점토지반인 것이 비교적 투수성이 좋은 실트지반 혹은 좋은 재료로 착각하는 결과가 되어 역학시험 결과와 맞지 않는 사례로 된다.

통일분류법에 의해 흙을 분류할 경우, 입경 75mm 미만인 것으로 규정되었으므로 표준망 입도 75mm의 치수를 최대로 이용하면 좋지만 토공사 등에서 다루는 토질 재료는 75mm이상의 입경을 포함하는 것이 많기 때문에 그것들은 암석질 재료로 분류되고 75~300mm를 조석, 300mm 이상을 거석으로 구분하여 실용적으로 이용할 수 있게 되어 있다. 또한, 종래의 통일토질분류에서는 ASTM이나 BS의 명칭을 그대로 사용하여 코볼(cobble ; 75~300mm), 볼더(boulder ; 300mm)라고 되어 있다. 또한, 현 기준에서도 괄호를 써서 그 명칭을 사용하고 있다.

3) 세립분 함유율시험

세립분 함유율시험은 흙의 판별분류를 목적으로 하고 세립토와 조립토의 구별을 위해 행해진다. 흙의 공학적 분류에 있어서 우선 조립토, 세립토, 고유기질토로 분류한다. 이 때문에 세립분(75μm 체통과분)의 함유율은 이 시험에 의해 대분류로 한 후 다음 단계에서 구하게 된다. 이 시험은 단순하지만 점토나 실트입자가 덩어리 그대로 남는 것이 없도록 물로 씻을 때 잘 풀어지도록 해야 한다.



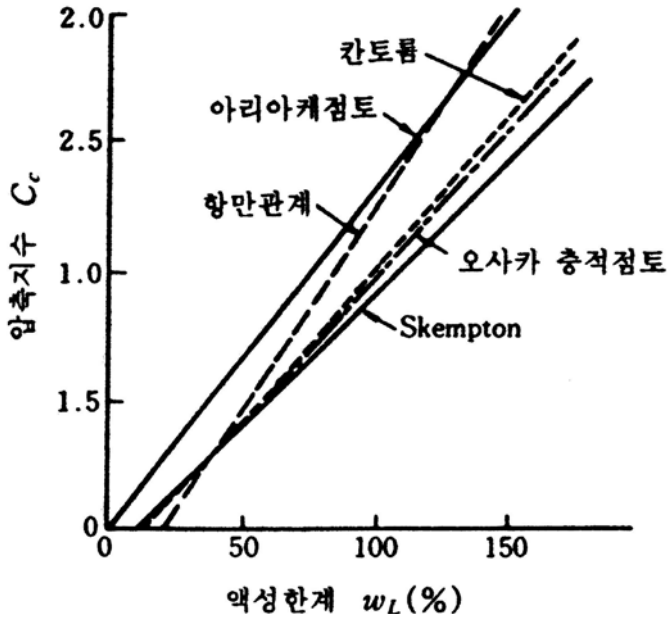
[그림 6.12] 소성도

4) 액성한계・소성한계 시험

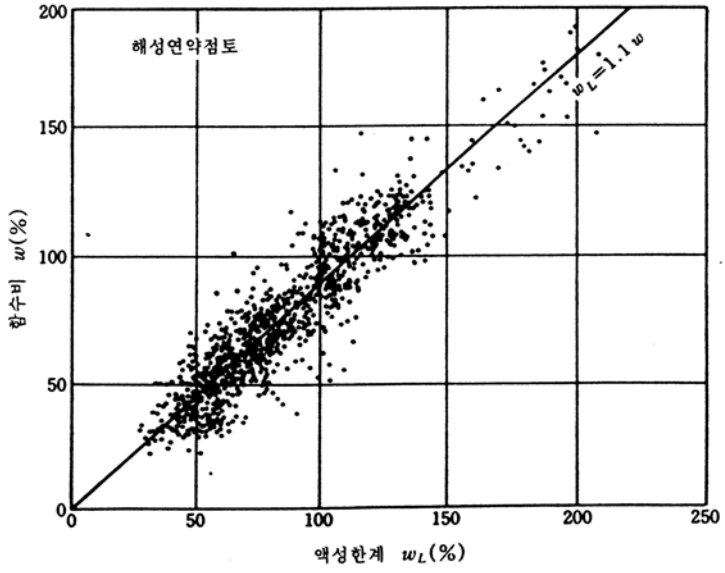
액성한계・소성한계 시험에서 얻어지는 결과는 흙의 판별분류에 매우 중요한 역할을 하고 있다. 시험결과는 토질재료가 조립토에 포함되어 있는 세립분이 실트인지, 점토성인지를 판별하기 위해 소성도에 plot해서 세분류에 이용된다. 흙의 공학적 분류에 있어서 관찰에 의해 판별분류 된 세립토 재료는 세립분 함유율 시험에서 대분류되고 세립분 50% 이상의 흙은 액성한계 시험결과를 사용해서 점성토[Cs], 유기질토[O] 및 화산회질점성토[V]로 구분된다.

점성토는 다시 실트{M}와 점토{C}로 중분류 된다. 즉, 액성한계(LL) 50% 미만과 50% 이상에 따라 실트는 저액성한계의 실트(ML)와 고액성한계의 실트(MH)로 분류된다. 또 점성토도 저액성한계의 점토(CL)와 고액성한계의 유기질점토로 소분류가 가능하다.

화산회질점성토{V}는 액성한계 50% 미만은 저액성한계 유기질점토(VL)로 분류도고 액성한계 80%를 경계로 50% 이상 80% 미만은 화산회질점성토(Ⅰ형)와 화산회질점성토(Ⅱ형)로 소분류 된다.



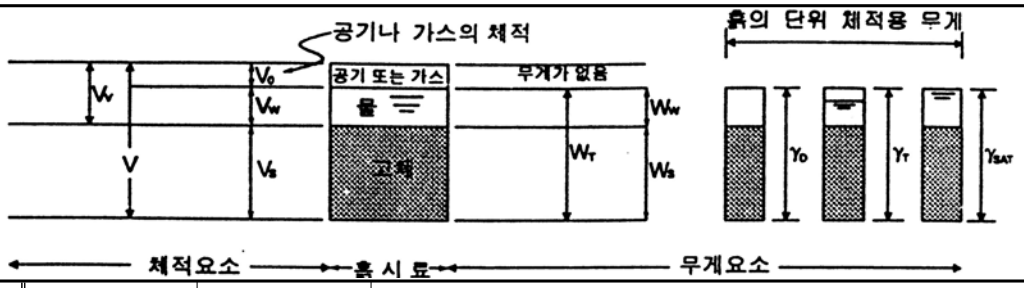
[그림 6.13] 액성한계와 압축지수의 관계



[그림 6.14] 함수비와 액성한계의 상관도

액성한계・소성한계 시험결과는 흙의 공학적 분류 외에도 물리적 특성이나 역학적 특성과의 상관성 등에 비교되어 이용도고 있다. 특히, 압축지수(Cc)와의 관계는 Skempton에 의해 관계식이 제안되어 있다. 이 관계에 대해서 [그림 6.13]과 같은 많은 결과보고가 있다. 또한, 함수비(w)와의 관계도 좋은 상관관계로 되어 있다. 해성점토의 예를 [그림 6.14]에 나타냈다. 그림과 같이 비교적 좋은 상관이 있고 평균적으로 $w_L = 1.1w$의 관계가 인정되기 때문에 함수비를 알면 LL을 개략적으로 구할 수 있다.

<표 6.13> 흙의 기본공식



성 질		포화시료 (W_s, W_w, G_s 알고 있음)	불포화시료 (W_s, W_w, G_s, V 알고 있음)	측정 및 계산요소들에 의해 유도된 공식			
체적요소	V_s	$\frac{W_s}{G_s\Gamma_w}$		$V-(V_a+V_w)$	$V(1-n)$	$\frac{V}{(1+e)}$	$\frac{V_v}{e}$
	V_w	$\frac{W_w}{\Gamma_w}$		V_v-V_a	SV_v	$\frac{SVe}{(1+e)}$	SV_se
	V_a	0	$V-(V_s+V_w)$	V_v-Vw	$(1-S)V_v$	$\frac{(1-S)Ve}{1+e}$	$(1-S)V_se$
	V_v	$\frac{W_s}{\Gamma_w}$	$V\frac{W_s}{G_s\Gamma_w}$	$V-V_s$	$\frac{V_sn}{1-n}$	$\frac{Ve}{(1+e)}$	V_se
	V	V_s+V_w	측 정	$V_s+V_a+V_w$	$\frac{V_s}{1-n}$	$V_s(1+e)$	$\frac{V_v(1+e)}{e}$
	n	$\frac{V_v}{V}$		$1-\frac{V_s}{V}$	$1-\frac{W_s}{G_sVT_w}$	$\frac{e}{1+e}$	-
	e	$\frac{V_v}{V_s}$		$\frac{V}{V_s}-1$	$\frac{G_sVT_w}{W_s}-1$	$\frac{W_wG_s}{W_sS}$	$\frac{n}{1-n}$ $\frac{wG_s}{S}$
시료무게	W_s	측 정		$\frac{W_t}{(1+W)}$	$G_sV\Gamma_w(1-n)$	$\frac{W_WG_s}{e_s}$	-
	W_w	측 정		wW_s	$S\Gamma_wV_v$	$\frac{eW_sS}{G_s}$	-
	W_t	W_s+W_w		$W_s(1+W)$	-	-	-
단위체적의시료무게	Γ_d	$\frac{W_s}{V_s+V_w}$	$\frac{W_s}{V}$	$\frac{W_t}{V(1+W)}$	$\frac{G_s\Gamma_w}{(1+e)}$	$\frac{G_s\Gamma_w}{1+wG_s/S}$	-
	Γ_t	$\frac{W_s+W_w}{V_s+V_w}$	$\frac{W_s+W_w}{V}$	$\frac{W_t}{V}$	$\frac{(G_s+Se)\Gamma_w}{(1+e)}$	$\frac{(1+w)\Gamma_w}{w/S+1/G_s}$	-
	Γ_{sat}	$\frac{W_s+W_w}{V_s+V_w}$	$\frac{W_s+V_w\Gamma_W}{V}$	$\frac{W_s}{V}+(\frac{e}{1+e})\Gamma_w$	$\frac{(G_s+Se)\Gamma_w}{(1+e)}$	$\frac{(1+w)\Gamma_w}{w+1/G_s}$	-
	Γ_{sub}	$\Gamma_{sat}-\Gamma_w$		$\frac{W_s}{V}-(\frac{e}{1+e})\Gamma_w$	$(\frac{G_s+e}{1+e}-1)\Gamma_w$	$(\frac{1-1/G_s}{w+1/G_s})\Gamma_w$	-

<표 6.14> 흙의 기본공식 - 계속

성 질		포화시료 (W_s,W_w,G_s 알고 있음)	불포화시료 (W_s,W_w,G_s,V 알고 있음)	측정 및 계산요소들에 의해 유도된 공식			
복합공식	W 함수비	$\frac{W_w}{W_s}$		$\frac{W_t}{W_s}-1$	$\frac{S\,e}{G_s}$	$\frac{W_W G_s}{e_s}$	-
	S 포화도	1.00	$\frac{V_w}{V_v}$	$\frac{W_w}{V_v \Gamma_w}$	$\frac{w\ G_s}{e}$	$\frac{W}{[\frac{\Gamma_w}{\Gamma_d}-\frac{1}{G_s}]}$	-
	G_s 비중	W_s+W_w		$W_s(1+W)$	-	-	-

<표 6.15> Creager에 의한 D_{20}과 투수계수

D_{20}	K(㎝/sec)	토질분류	D_{20}(㎜)	K(㎝/sec)	토질분류
0.005	3.00×10^{-6}	점 토	0.18 0.20 0.25	6.85×10^{-3} 8.90×10^{-3} 1.40×10^{-2}	미립모래
0.01	1.05×10^{-5}	세립실트			
0.02 0.03 0.04 0.05	4.00×10^{-5} 8.50×10^{-5} 1.75×10^{-4} 2.80×10^{-4}	조립실트	0.30 0.35 0.40 0.45 0.50	2.20×10^{-2} 3.20×10^{-2} 4.50×10^{-2} 5.80×10^{-2} 7.50×10^{-2}	중립모래
0.06 0.07 0.08 0.09 0.10	4.60×10^{-4} 6.50×10^{-4} 9.00×10^{-4} 1.40×10^{-3} 1.75×10^{-3}	매 우 세립모래	0.60 0.70 0.80 0.90 1.00	1.10×10^{-1} 1.60×10^{-1} 2.15×10^{-1} 2.80×10^{-1} 3.60×10^{-1}	조립모래
0.12 0.14 0.16	2.60×10^{-3} 3.80×10^{-3} 5.10×10^{-3}	미립모래	2.00	1.80	잔 자 갈

자료 : 구조물 기초설계기준, 건설교통부, 1997

<표 6.16> 투수계수의 개략치(1)

10^{-8} 10^{-7} 10^{-6} 10^{-5} 10^{-4} 10^{-3} 10^{-2} 10^{-1} 1 10 10^{2} cm/sec											
10^{-4} 10^{-3} 10^{-2} 10^{-1} 1 10 10^{2} 10^{3} 10^{4} 10^{5} ft/day											
← 균질점토			실트			모래			자갈 →		
			균열점토 및 풍화점토								
불투수			투수불량			보통			투수양호		

자료 : 구조물 기초설계기준, 건설교통부, 1997

<표 6.17> 투수계수의 개략치(2)

토 질	점 토	실 트	아주가는 모 래	가는모래	중간모래	굵은모래	작은모래
입경 D (㎜)	0.0~0.01	0.01~0.05	0.05~0.10	0.10~0.25	0.25~0.5	0.5~1.0	1.0~5.0
k(cm/sec)	3.0×10^{-6}	4.5×10^{-4}	3.5×10^{-3}	1.5×10^{-2}	8.5×10^{-2}	3.5×10^{-1}	3.0

(2) 다짐시험

1) 적용

다짐은 성토시 흙의 밀도를 증진시키고 앞으로 생길 침하를 최소화하며 전단강도를 증진시킨다. 다짐특성은 함수비-밀도시험으로 알 수 있고 지지능력은 다져진 흙에 대해 강도시험을 하여 판단할 수 있다.

2) 함수비-밀도관계

함수비-밀도관계를 알기 위해 다짐시험이나 이와 유사한 시험을 하며 비점성토의 경우는 상대밀도 시험이 더 적합할 것이다.

① 다짐시험

일반적인 성토 다짐 관리를 위해 실시하며 주요 성토재를 대표할 수 있는 다짐곡선의 군(family)을 만들어 다짐관리를 한다.

② 비점성토의 상대밀도

다짐시험은 배수가 자유로운 비점성토의 관리에 종종 어려움이 있으며, 다짐곡선이 산만하거나 현장에서 보통의 다짐시에 얻는 밀도보다 적은 값이 얻어질 수 있다. 따라서 상대밀도 시험 방법이 더 적절하다. 최대·최소밀도시험은 KS F 2345에 따라 시험할 수 있다.

③ 다져진 흙의 특성

통일분류법에 의해 다져진 흙의 특성은 <표 6.18>와 같다.

④ C.B.R

도로, 활주로의 포장설계를 위해 노상, 보조기층과 기층재에 대한 평가에 적용되며, 직경 5cm인 원주형의 피스톤을 다져진 흙에 관입시킬 때 저항을 측정한다. 피스톤이 2.5mm 또는 5.0mm 관입에 필요한 하중과 표준쇄석재의 하중과 비교해서 지지력비를 구한다.

<표 6.18> 다져진 흙의 개략적인 특성 (NAFAC, 1982)

통 일 분 류	표 준 다 짐		전 단 강 도			압 축 률 (%)		투수계수 (cm/sec)	CBR (%)	지지력계수 (kg/㎠)
	γ_{dmax}	W_{opt} (%)	W_{opt} 시 c (kg/㎠)	포화시 c (kg/㎠)	ø (°)	1.4kg/㎠ 재하시	3.6kg/㎠ 재하시			
GW	2.00～2.16	11～8			> 38	0.3	0.6	0.1	40～80	8.4～14.0
GP	1.84～2.00	14～11			> 37	0.4	0.9	0.2	30～60	7.0～11.2
GM	1.92～2.16	21～8			> 34	0.5	1.1	$> 2\times10^{-6}$	20～60	2.8～11.2
GC	1.84～2.08	14～9			> 31	0.7	1.6	$> 2\times10^{-7}$	20～40	2.8～8.4
SW	1.76～2.08	16～9	0.4 ± 0.04		38 ± 1	0.6	1.2	$> 2\times10^{-3}$	20～40	5.6～8.4
SP	1.60～1.92	21～12	0.23 ± 0.06		36 ± 1	0.8	1.4	$> 2\times10^{-3}$	10～40	5.6～8.4
SM	1.76～2.00	16～11	0.52 ± 0.06	0.20 ± 0.07	34 ± 1	0.8	1.6	$> 10^{-4}$	10～40	2.8～8.4
SM-SC	1.76～2.08	15～11	0.51 ± 0.22	0.15 ± 0.06	33 ± 3	0.8	1.4	$> 4\times10^{-6}$	5～30	2.8～8.4
SC	1.68～2.00	19～11	0.76 ± 0.15	0.11 ± 0.06	31 ± 3	1.1	2.2	$> 10^{-6}$	5～20	2.8～8.4
ML	1.52～1.92	24～12	0.68 ± 0.10	0.09	32 ± 2	0.9	1.7	$> 2\times10^{-5}$	15 이하	2.8～5.6
ML-CL	1.60～1.92	24～12	0.64 ± 0.17	0.22	32 ± 2	1.0	2.2	$> 10^{-6}$		
CL	1.52～1.92	24～13	0.88 ± 0.10	0.13	28 ± 2	1.3	2.5	$> 2\times10^{-7}$	15 이하	1.4～5.6
OL	1.28～1.60	33～21							5 이하	1.4～2.8
MH	1.12～1.52	40～24	0.73 ± 0.30	0.2 ± 0.01	25 ± 2	2.0	3.8	$> 10^{-6}$	10 이하	1.4～2.8
CH	1.20～1.68	36～19	1.04 ± 0.34	0.11 ± 0.06	19 ± 5	2.6	3.9	$> 2\times10^{-7}$	15 이하	1.4～4.2
OH	1.04～1.60	45～21							5 이하	0.7～2.8

주) 투수계수와 CBR은 수정다짐의 최대밀도에 대한 값이고, 나머지는 표준다짐의 최대다짐의 최대밀도에 대한 값임.

6.3.3 암반시험

(1) 개요

역학시험을 위한 실내시험방법은 단지 깨끗하고 결함 없는 암석(intact rock)에 해당되며, 시험방법은 <표 6.19>에 있다. 층리, 절리 불연속면에 약한 물질이 포함된 현장암반의 거동을 신선한(intact) 암석에 대한 시험결과로부터 파악하기는 대단히 어렵다. 그러므로 절리의 강도와 압축성 시험은 현장시험이 더 적절하다. 실제적인 현장강도에 대한 신선한(intact) 암석의 강도와 관계되는 요소는 RQD나 실내에서 측정한 압축파 또는 전단파 속도와 현장에서 측정한 값과의 비가 된다.

<표 6.19> 신선한(intact) 암석의 시험방법

시 험 종 류	시 험 방 법	시 료 크 기
코아시료의 일축압축강도	KS F 2519	직경에 대한 길이의 비가 2~2.5인 원형시료
코아시료의 탄성계수	ASTM D3148	직경에 대한 길이의 비가 2~2.5인 원형시료
코아시료의 인장강도 (Bragilian 방법)	ASTM D3967	직경에 대한 두께의 비가 0.5~1.0인 원형시료
코아시료의 직접전단시험	ASTM D3080	직경에 대한 두께의 비가 2:1인 디스크형시료
코아시료의 동적시험 (변형률이 작은 범위)	ASTM D2845	시료의 특성과 시험 기구에 따라 다양

(2) 암석의 품질시험

1) 기본적 기준

풍화상태, 불연속면 수와 조건 등의 품질을 육안으로 평가한다. RQD는 전체 암질을 판단하는데 가장 많이 쓰고 유용한 자료이다. 암질의 비교측정은 시험실과 현장에 대한 종파(P파)나 횡파(S파)의 값을 비교해서 할 수 있다.

2) 골재시험

철도 건설이나 아스팔트와 콘크리트 골재에 대한 품질시험은 다음 표와 같다.

<표 6.20> 골재에 대한 품질시험

시 험 종 류	시 험 방 법	시 료 량
비중 및 흡수율	KS F 2503	골재크기에 따라 2~25kg
마 모 율	KS F 2508	입도조정 된 5~10kg
안 정 성	KS F 2503	입도조정 된 약 8kg
아스팔트 피막박리	KS F 2355	9.5mm 체에 100% 통과하고, 6.35mm 체에 100% 남는 100g

6.4 공사대상별 세부조사

6.4.1 흙쌓기부

(1) 흙쌓기부 지반조사는 연약지반 분포지역 및 폐기물, 쓰레기 매립지역 확인과 흙쌓기지반의 안정성 등을 충분히 파악할 수 있도록 실시해야 한다.

(2) 시추조사(Boring, NX), 핸드오거보링(Hand Auger Boring), 시험터파기 조사를 원칙으로 하며, 필요시 원위치시험(현장시험)을 실시할 수 있다.

(3) 육안으로 보아 습지, 계곡, 토질이 좋지 못한 논, 연못 등 연약지반이 우려되는 지역이나, 시추조사나 핸드오거보링 중 연약지층이 확인될 경우에는 연약지반대상 세부조사방법으로 변경해야 한다.

(4) 핸드오거보링은 시추조사공 사이에 지형여건을 감안하여 실시하고 단면 변화 지점 및 지질상태가 급변하는 지점에 대해서는 감독자의 지시에 따라 추가 핸드오거보링 및 시험터파기를 실시해야 한다.

(5) 지반조사 중 폐기물 및 쓰레기 등이 발견되면 즉시 감독자에게 보고해야 하며, 이들의 성분과 환경적 영향요소와 지반공학적 특성을 파악할 수 있는 시험을 실시해야 한다.

(6) 흙쌓기부 조사빈도(간격) 및 심도

구 분	조사빈도	조사위치 및 심도	특 기 사 항
시추조사(NX)	핸드오거보링 조사후 200 m	풍화잔류토층 N치 50/30이상 3회, 풍화암 이상 1.0 m	·지형 및 지반조건이 불규칙한 경우 추가조사 ·핸드오거보링조사시 연약 층 발견시는 연약 지반부로 조사 실시
핸드오거보링	100 ~ 200 m	3 ~ 5 m	시추공 중간위치
시험터파기	100 ~ 200 m	3 ~ 5 m	시추공 인근위치

(7) 흙쌓기부 토질시험 항목 및 빈도

항목	시험(시료채취)위치	시험(조사)항목	시험빈도	특기사항
현장 시험	시추공	표준관입시험	심도 1.0 m당 1회	
		지하수위측정	시추공당 1회	72시간 경과 후
		현장투수시험	필요시	
	시험터파기	현장밀도시험	개소당 1회	자연상태 조건
	지표면	피에조콘관입시험	필요시	관입가능심도까지

항목	시험(시료채취)위치	시험(조사)항목	시험빈도	특기사항
실내 시험	시추공, 핸드오거보링, 시험터파기	입 도	시추공당 2회 핸드오거공당 1회 시험터파기당 1회	통일분류법 분류
		함 수 비		
		비 중		
		액성한계		노건조 조건, 공기건조 조건
		소성한계		
	시험터파기 (불교란시료)	일축압축시험	필요시	점성토
		직접전단시험	필요시	사질토
		삼축압축시험 (UU, CU, $\overline{CU}$)	필요시	점성토, 사질토 현장조건을 고려하여 선택

6.4.2 흙깍기부

(1) 흙깍기부 지반조사는 흙쌓기(포장)재료로서의 적부, 암의 분포 및 두께, 리핑암과 발파암의 구분 및 토량환산계수 산정 등을 충분히 파악할 수 있도록 실시해야 한다.

(2) 암을 골재로 유용하는 것이 유리하다고 판단될 경우에는 제반시험을 실시하고 유용가 능량을 산출해야 한다.

(3) 흙깍기부 조사빈도(간격) 및 심도

구 분	조사빈도	조사위치 및 심도	특 기 사 항
지표지질조사	흙깍기부 전체	지표면	암노두 노출시 face mapping 실시
시추조사(NX)	100 ~ 200 m	조성계획고하 2m	지형 및 지반조건이 불규칙한 경우 추가조사
시험터파기	100 ~ 200 m	3 ~ 5 m	시추공 인근위치

(4) 흙깍기부 토질시험 항목 및 빈도

항목	시험(시료 채취)위치	시험(조사)항목	시험빈도	특기사항
현장 시험	시추공	표준관입시험	심도 1.0 m당 1회	
		RQD	암층별 1회	
		TCR	암층별 1회	
		지하수위측정	시추공당 1회 이상	72시간 경과 후
		현장투수시험	필요시	
		공내전단시험	필요시	토사층, 풍화암층
		공내발파시험	필요시	

항목	시험(시료 채취)위치	시험(조사)항목	시험빈도	특기사항
	시험터파기	현장밀도시험	개소당 2회	토량환산계수 측정 (자연상태 조건, 느슨상태 조건)
	지표면	탄성파탐사	시추공을 연결한 측선 중 최장의 종·횡측선당 1회	조성계획고하 2m까지 가탐 가능 장비사용
실내 시험	시추공, 시험터파기	입 도	시추공당 2회 (퇴적층, 풍화토층) 시험터파기당 1회	통일분류법 분류
		함 수 비		
		비 중		
		액성한계		노건조 조건, 공기건조 조건
		소성한계		
		다 짐		
		실내 CBR		
	시추공, 시험터파기 (불교란시료)	일축압축시험	시추공 또는 시험터파기당 1회	점성토
		직접전단시험	시험터파기당 1회	사질토
		삼축압축시험 (UU, CU, $\overline{CU}$)	필요시	점성토, 사질토 현장조건을 고려하여 선택
암석 시험	시추공	일축압축강도	6m마다 1회	
		점하중강도	6m마다 1회	일축압축강도시험 불가능시
		탄성파속도	암층별 1회	암편 탄성파속도
		단위중량	암층별 1회	습윤밀도 건조밀도
		비 중	암층별 1회	
		함 수 량	암층별 1회	
		흡 수 율	암층별 1회	
		마모시험	유용가능 암층당 1회	암의 골재 유용시

6.4.3 비탈면조성부(대절토부)

(1) 비탈면조성부(대절토부) 대상

절취비탈면 높이가 10m 이상인 지역을 대상으로 하고, 다음의 경우에도 대상에 포함한다.

1) 구성지반이 붕적층 또는 퇴적층인 경우

2) 현재까지 붕괴이력이 있고 불안정한 상태에 있는 지반의 경우

3) 지하수위가 높고 용수가 많은 곳

4) 주변의 기존구조물(건축물, 구조물, 철탑 등)에 나쁜 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우

(2) 비탈면조성부(대절토부) 지반조사는 비탈면조성 안정성을 정밀하게 평가할 수 있도록 실시해야 하며, 발파암의 절취공법의 선정과 발파시의 영향성을 분석하기 위해 필요시 공내 발파시험을 실시할 수 있다.

(3) 지표지질조사

지표지질조사를 시행한 후 지표지질조사 map 및 의견서를 작성해야 한다.

(4) 주상도의 기재내용에는 표준관입시험, RQD, 코아회수율 외에 불연속면의 특성에 관한 중요자료(절리면의 풍화상태, 강도, 간격등)가 포함되어야 한다.

(5) 비탈면조성부(대절토부) 대상구역에 대해서는 탄성파탐사 또는 전기비저항탐사를 시행해야 하며, 충분한 가탐심도를 가진 장비를 사용해야 한다.

(6) 비탈면조성부(대절토부) 조사빈도(간격) 및 심도

구 분	조사빈도	조사위치 및 심도	특 기 사 항
지표지질조사	비탈면조성(대절토)구간 전체	지표면	암노두 노출시 face mapping 실시
시추조사(NX)	비탈면종단면방향 20 m	경암 1m, 가상활동면하 2m, 비탈면하단계획고하 2m	단면당 2개소 이상, 지형 및 지반조건이 불규칙한 경우 추가조사
시험터파기	20 m	3 ~ 5 m	시추공 인근위치

(7) 비탈면조성부(대절토부) 토질시험 항목 및 빈도

항목	시험(시료채취)위치	시험(조사)항목	시험빈도	특기사항
현장시험	시추공	표준관입시험	심도 1.0 m당 1회	
		RQD	암층별 1회	
		TCR	암층별 1회	
		지하수위측정	시추공당 1회 이상	72시간 경과 후
		현장투수시험	토층 1회	투수성이 큰 토층
		수압시험	암층 1회	투수성이 큰 암층

항목	시험(시료 채취)위치	시험(조사)항목	시험빈도	특기사항
현장 시험	시추공	공내전단시험	토층별 1회 풍화암층 1회	
		시추공화상정보시험	활동이력비탈면 또는 활동가능성이 높은 비탈면 위치 시추공당 1회	BIPS, BHTV, ABI 등
		공내발파시험	필요시	
	시험터파기	현장밀도시험	개소당 2회	토량환산계수 측정 (자연상태 조건, 느슨상태 조건)
	지표면	탄성파탐사 또는 전기비저항탐사	비탈면종단면방향 1회 필요시 횡방향 계획	조사심도까지 가탐 가능 장비사용
실내 시험	시추공, 시험터파기	입 도	시추공당 2회 (퇴적층, 풍화토층) 시험터파기당 1회	통일분류법 분류
		함 수 비		
		비 중		
		액성한계		노건조 조건 공기건조 조건
		소성한계		
		다 짐		
		실내 CBR		
		슬레이킹 시험	필요시	이암 등 풍화취약 암반 노출 비탈면
		풍화민감도, 스웰링		
	시추공, 시험터파기 (불교란시료)	일축압축시험	채취시료당 1회	점성토
		직접전단시험	채취시료당 1회	사질토
		삼축압축시험 (UU, CU, $\overline{CU}$)	필요시	점성토, 사질토 현장조건을 고려하여 선택
암석 시험	시추공	절리면전단시험	연암이상 암층별 1회	
		일축압축강도	6m마다 1회	
		점하중강도	6m마다 1회	일축압축강도시험 불가능시
		탄성파속도	암층별 1회	암편 탄성파속도
		단위중량	암층별 1회	습윤밀도, 건조밀도
		비 중	암층별 1회	
		함 수 량	암층별 1회	
		흡 수 율	암층별 1회	

6.4.4 연약지반부

(1) 연약지반부 지반조사는 연약지반의 공학적 특성을 충분히 파악할 수 있어야 하며, 연약지반개량(연약지반처리) 공법 설계시 지반정보를 충분히 제공할 수 있도록 실시해야 한다.

(2) 핸드오거보링을 선 실시하고 그 결과 연약지반이 발견되면 보링은 100m 간격으로 시행하여 (6)항을 기준으로 불교란(자연)시료를 채취하고, 채취한 시료로 비중, 함수량, 삼축압축, 압밀시험 등의 토성시험 및 역학시험을 시행해야 한다.

(3) 연약지반 조사시 연약지반의 규모, 역학적 특성, 연약지반의 배수조건 등에 대하여도 면밀히 조사해야 한다.

(4) 연약지반의 조사 간격은 아래 (5)항을 기준으로 하나, 현장 여건에 따라 신축성 있게 조정하며 특히 면밀한 조사가 요구되는 구간에 대하여는 추가로 실시하여 연약 지반처리공법의 설계 및 시공상 문제점이 발생되지 않도록 철저를 기해야 한다.

(5) 연약지반부 조사빈도(간격) 및 심도

구 분	조사빈도	조사위치 및 심도	특 기 사 항
시추조사(NX)	50 ~ 100 m	풍화잔류토층 N치 50/30이상 3회, 풍화암 이상 1.0 m	지형 및 지반조건이 불규칙한 경우 추가조사
핸드오거보링	100 ~ 200 m	3 ~ 5 m	·시추공 중간위치 ·시험터파기 및 시추결과 지표면에서 1m 이내로 부터 연약지반인 경우에 는 조사 취소
시험터파기	100 ~ 200 m	3 ~ 5 m	시추공 인근위치

(6) 연약지반부 토질시험 항목 및 빈도

항목	시험(시료 채취)위치	시험(조사)항목	시험빈도	특기사항
현장 시험	시추공	표준관입시험	심도 1.0 m당 1회	
		지하수위측정	시추공당 1회 이상	72시간 경과 후
	시험터파기	현장밀도시험	개소당 1회	자연상태 조건
	지표면	피에조콘관입시험	연약층 두께 10m 이상 시추공 2개소당 1회	관입가능심도까지
		피에조콘 간극수압 소산시험		연직배수공법 적용시연약층 중간심도에서 측정

<table>
<tr><th>항목</th><th>시험(시료
채취)위치</th><th colspan="2">시험(조사)항목</th><th>시험빈도</th><th>특기사항</th></tr>
<tr><td rowspan="2">현장
시험</td><td rowspan="2">지표면</td><td colspan="2">현장베인(Vane)
시험</td><td>시추공 2개소당 1회</td><td>·시추공 중간위치
·연약층 중간심도</td></tr>
<tr><td colspan="2">전기비저항탐사</td><td>연약층이 확인된
시추공과 미확인된
시추공 사이 지역
(지형적으로 연약지반
분포범위를 예측하기
곤란한 지역) : 1회</td><td>연약층 분포범위
(경계) 파악</td></tr>
<tr><td rowspan="13">실내
시험</td><td rowspan="6">시추공,
핸드오거보링,
시험터파기</td><td colspan="2">입 도</td><td rowspan="6">시추공당 2회
핸드오거공당 1회
시험터파기당 1회</td><td>통일분류법 분류</td></tr>
<tr><td colspan="2">함 수 비</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">비 중</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">액성한계</td><td>노건조 조건,
공기건조 조건</td></tr>
<tr><td colspan="2">소성한계</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">유기물함량</td><td>액성한계시험 결과
유기질토인 경우</td></tr>
<tr><td rowspan="7">시추공
시험터파기
(불교란시료)</td><td colspan="2">일축압축시험</td><td>채취시료당 1회</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">삼축
압축
시험</td><td>UU</td><td>채취시료당 1회</td><td></td></tr>
<tr><td>CU, $\overline{CU}$</td><td>필요시</td><td>단계성토가
요구될 때</td></tr>
<tr><td colspan="2">표준압밀시험</td><td>채취시료당 1회</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Rowe Cell 압밀시험</td><td>필요시</td><td>연직배수공법 적용시</td></tr>
<tr><td colspan="2">상대밀도</td><td>필요시</td><td>사질토 지반</td></tr>
<tr><td>유의
사항</td><td colspan="4">1) 불교란(자연)시료 채취
·시추조사시 : 연약층 상단으로부터 2m 깊이와 그 이하 5m 간격마다 채취하되 연약층 중간심도에서는 반드시 채취
·핸드오거보링 및 시험터파기조사시 : 연약지층 상부토층에서 채취
2) 압밀시험시 재압축지수 산정이 가능토록 시험 실시
3) 2차압밀침하가 예상되는 유기질토 등은 2차압축지수 산정이 가능토록 시험 실시</td></tr>
</table>

6.4.5 구조물부

(1) 구조물부 지반조사는 기초지반의 토층구성(층두께, 깊이, 분포상태), 각 지층의 물리·역학적 특성, 암반의 깊이와 특성 및 지하수에 대한 자료를 파악하여 해당 구조물의 지지력, 침하, 비탈면안정, 토압과 지하수와 관련된 사항을 충분히 검토할 수 있도록 해당 구조물의 종류와 규모, 중요성 및 입지조건을 고려하여 실시해야 한다.

(2) 조사위치가 흙깍기부(흙쌓기부)와 겹치는 경우 구조물부로 조사해야 한다.

(3) 구조물부 조사빈도(간격) 및 심도

구 분	조사빈도	조사위치 및 심도	특 기 사 항
시추조사(NX)	50 ~ 100 m	N치 50/15이상 5회, 기초폭 2배, 연암 이상 2.0 m	지형 및 지반조건이 불규칙한 경우 추가조사
시험터파기	50 ~ 100 m	3 ~ 5 m	시추공 인근위치

(4) 구조물부 토질시험 항목 및 빈도

항목	시험(시료 채취)위치	시험(조사)항목	시험빈도	특기사항
현장 시험	시추공	표준관입시험	심도 1.0 m당 1회	
		RQD	암층별 1회	
		TCR	암층별 1회	
		지하수위측정	시추공당 1회 이상	72시간 경과 후
		현장투수시험	필요시	
		공내전단시험	토층별 1회	토사층, 풍화암층
	시험터파기	현장밀도시험	개소당 1회	자연상태 조건
	지표면	탄성파탐사	필요시	지층이 불규칙한 경우
실내 시험	시추공, 시험터파기	입 도	시추공당 2회 (퇴적층, 풍화토층) 시험터파기당 1회	통일분류법 분류
		함 수 비		
		비 중		
		액성한계		노건조 조건, 공기건조 조건
		소성한계		

항목	시험(시료 채취)위치	시험(조사)항목	시험빈도	특기사항
실내 시험	시추공, 시험터파기 (불교란시료)	일축압축시험	시추공당 1회 시험터파기당 1회	점성토
		직접전단시험	시험터파기당 1회	사질토
		삼축압축시험 (UU, CU, $\overline{CU}$)	필요시	점성토, 사질토

6.4.6 교량부

(1) 교량기초 하부에 공동이 예상되는 지역 및 직접기초로 예상되는 지역의 지지층 깊이 변화가 큰 경우에는 물리탐사를 이용하여 공동 및 지지층의 분포를 파악해야 한다. 비탈면 경사가 급한 지역에 위치한 기초는 기초터파기시 비탈면붕괴가 우려될 경우 비탈면안정 검토를 할 수 있도록 시추공 영상촬영시험을 수행해야 한다.

(2) 시추조사는 예상되는 기초의 형식 등을 고려하여 감독자와 협의하여 수량을 증감시킬 수 있으며, 불교란(자연)시료 채취, 코아채취 및 시추공내 수위측정 등 필요한 시험을 실시해야 한다.

(3) 풍화암층이 두껍고(소요 말뚝직경의 5배이상) 대부분의 지지력이 이 층에서 발휘되는 경우 Triple core barrrel을 사용하여 불교란 (자연)시료를 채취하고 일축압축강도 시험 또는 일축압축강도시험을 수행하기 위한 시료성형이 곤란한 경우 점하중 시험을 실시한다.

(4) 직접기초 심도결정시 침하량을 정확하게 파악해야할 필요가 있는 경우 공내재하시험을 실시하여 풍화암 변형계수 또는 탄성계수를 측정해야 하며, 지지층의 심도 변화가 매우 심한 경우 탄성파 탐사 또는 전기비저항 탐사를 수행하여 지지층의 분포를 파악해야한다. 이 경우 탄성파 탐사는 지오폰의 간격을 3m 이하로 작게 하고 음원을 다양하게 해야 하며, 전기비저항 탐사의 경우도 충분한 정밀도를 갖도록 수행해야 한다. 교각 및 교대에 큰 영향을 미칠 공동이 예상되는 위치에 대해서는 전기비저항 탐사, 탄성파 탐사 및 레이다 탐사의 방법을 이용한 토모그래피 탐사중 현장조사에 적합한 방법을 적용하여 공동의 크기를 파악해야 한다.

(5) 교량부 조사빈도(간격) 및 심도

구 분	조사빈도	조사위치 및 심도	특 기 사 항
시추조사(NX)	교대 및 교각당 1개소	풍화암 7 m, 연암 3 m, 경암 1 m	기초폭 15 m마다 1개소씩 추가

(6) 교량부 토질시험 항목 및 빈도

항목	시험(시료 채취)위치	시험(조사)항목	시험빈도 및 심도	특기사항
현장 시험	시추공	표준관입시험	심도 1.0 m당 1회	
		RQD	암층별 1회	
		TCR	암층별 1회	
		지하수위측정	시추공당 1회 이상	72시간 경과 후
		공내재하시험	직접기초 위치 시추공당 1회	풍화대가 깊어 직접기초 심도 결정에 필요시 기초심도 직하 암층에서 실시 (7)항 참조
		시추공화상정보시험	필요시	(7)항 참조
	지표면 시추공	토모그래피탐사	(공동발견시) ·직접기초 : 기초폭 3배 깊이 ·말뚝기초 : 기초폭 1~3배 깊이	(7)항 참조
	지표면	탄성파탐사 또는 전기비저항탐사	(직접기초 위치의 풍화암 심도가 급변하는 경우) 기초하부 경암층 확인	·교축방향 2개측선 또는 교축 및 교축 직각방향 탐사 ·유의사항 참조
실내 시험	시추공	입 도	시추공당 2회	통일분류법 분류
		함 수 비		
		비 중		
		액성한계		
		소성한계		
	시추공 (불교란시료)	일축압축시험	시추공당 1회	점성토
		직접전단시험	시험터파기당 1회	사질토
		삼축압축시험 (UU, CU, $\overline{CU}$)	필요시	점성토, 사질토
암석 시험	시추공	일축압축강도	암층별 1회	
		점하중강도	암층별 1회	일축압축강도시험 불가능시
		탄성파속도	암층별 1회	암편 탄성파속도
		단위중량	암층별 1회	습윤밀도
		비 중	암층별 1회	
		함 수 량	암층별 1회	
		흡 수 율	암층별 1회	
유의 사항	1) 탄성파탐사시 지오폰의 간격을 3 m이하로 하고 음원을 3개소 이상의 위치에서 발생시켜 시험 실시 2) 전기비저항탐사시 쌍극자배열 고밀도 2차원 영상법을 적용하여 충분한 정밀도를 갖도록 시험			

(7) 교량기초 물리탐사 및 공내재하시험(Pressuremeter시험) 조사기준

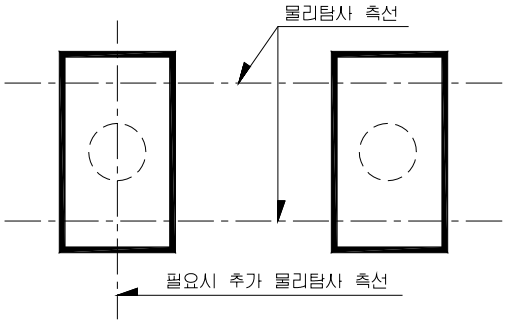
1) 지반에 공동이 존재하지 않는 경우

구 분 \ 기초 형식	직 접 기 초	말뚝 기초	비고
급경사지로 터파기시 비탈면안정검토가 필요한 경우	시추공화상정보시험		
풍화암 심도가 매우 불규칙하다고 판단 되는 경우	탄성파 탐사 또는 전기비저항 탐사 수행 ▪탄성파 탐사 : 지오폰 간격 3m 이하, 음원 3개소 이상에서 수행 ▪전기비저항 탐사 : 쌍극자배열 고밀도 2차원 영상법 적용	-	
풍화암 심도가 매우 깊어 심도결정시 침하량이 기초심도 결정 요소인 경우	공내재하시험(Pressuremeter시험) 수행 ※ 기초 폭의 2배 이내에서 1~2회 적용 - N치가 점증하는 경우 : 1회 - N치의 변화가 매우 큰 경우 : 2회	-	

① 물리탐사 측선배치

(가) 다수의 기초를 조사해야 하는 경우

교축방향으로 2회 실시하며 보링위치와 물리탐사 측선을 가능한 한 일치시킬 것 (단, 필요시 교축직각 방향 추가 탐사수행)



(나) 1개의 기초를 조사해야 하는 경우

교축방향 및 교축직각방향으로 실시

(단, 측선 길이는 기초 폭(L 또는 B)+1.5D×2 이상 확보)

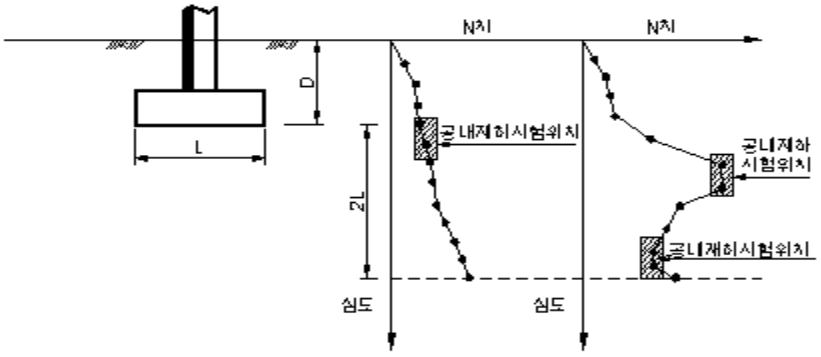
② 공내재하시험 (Pressuremeter시험) 수행 심도

(가) 직접기초 예상심도 하부 2L깊이까지 표준관입 시험치가 점진적으로 증가하는 경우

→ 직접기초 예상심도 직하부에서 실시

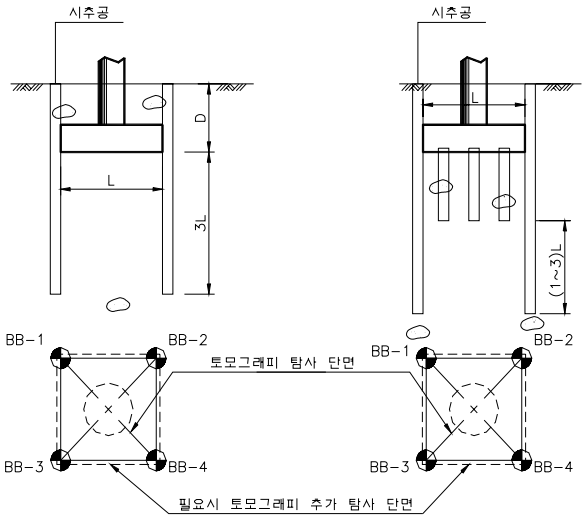
(나) 직접기초 예상심도 하부 2L 이내에서 표준관입 시험치가 급변하는 경우

→ 직접기초 하부 2L 이내에서 최소 및 최대 표준관입시험치를 나타내는 심도에서 실시



2) 지반에 공동이 존재하는 경우

구 분 \ 기초 형식			직접기초	말뚝기초	비고
▪석회암과 같이 인근에 공동이 다수 출현되는 지역 또는 시추조사시 ▪상부구조물에 큰 영향을 미칠 공동이 발견된 지역	개략 조사	조사 방법	▪필요시 교축방향으로 공동의 개략적인 분포를 조사함. (전기비저항 탐사 적용)		
	정밀 조사	조사 방법	▪기초 외곽에 보링을 4개소 시행하고 토모그래피 탐사 수행 (탄성파, 전기비저항, 레이다 탐사 이용가능)		
		조사 심도	▪공동 발견된 심도 하부에서 기초폭의 3배 이상 심도까지	▪주면마찰력이 충분히 발휘되는 경우 : 기초 폭 깊이 까지 ▪주면마찰력이 발휘되지 못하는 경우 : 기초 폭의 3배까지	



[그림 6.15] 토모그래피 탐사 측선 및 깊이

6.4.7 터널부

(1) 터널부 지반조사는 터널의 노선선정, 설계, 시공 및 완성후의 유지관리에 영향을 미치는 제반사항을 충분히 파악할 수 있도록 실시해야 하며, 구조해석을 위하여 아래와 같은 시험 및 측정을 실시해야 한다.

- 내부마찰각(Angle of Internal friction)
- 점착력(Cohesion)
- 변형계수(탄성계수, Modulus of Elasticity)
- 변형율(Strain)
- 포아슨 비(Poison's Ratio)
- 비 중(Specific Gravity)
- R.Q.D치(RQD - Values)
- 압축강도(Unconfined Compressive Strength)
- 수위측정(Piezometer Test Result)
- 탐 사(Prospecting)
- 절리면 경사 및 방향(Fissure & Joint Orientation)
- 암석 간극의 크기(Fissure & Joint Thickness)
- 압열인장강도 시험(Brazilian Test)
- 암판정(General Geological Determination : Name of Rock, Age 등)

(2) 터널굴착 암을 골재로 유용 계획시 필요한 시험을 실시해야 한다.

(3) 터널부 조사빈도(간격) 및 심도

구 분	조사빈도	조사위치 및 심도	특 기 사 항
지표지질조사	갱구부 양측	지표면	암노두 노출시 face mapping 실시
시추조사(NX)	·갱구부 각 2개소 (비탈면종단면방향 30 ~ 50 m) ·중간부 100 ~ 200 m (1 ~ 2개소 이상)	터널바닥계획고하 터널최대직경의 1배	·병렬이상 터널일 경우 각 터널마다 별도 실시 ·중간부는 지형조건, 연장, 단층대등을 고려하여 시추수량 적용
시험터파기	갱구부 각2개소	3 ~ 5 m	갱구부 시추공 인근에서 조사

(4) 터널부 토질시험 항목 및 빈도

항목	시험(시료 채취)위치	시험(조사)항목	시험빈도	특기사항
현장 시험	시추공	표준관입시험	심도 1.0 m당 1회	
		RQD	암층별 1회	
		TCR	암층별 1회	
		지하수위측정	시추공당 1회 이상	72시간 경과 후
		현장투수시험	토층 1회	갱구부 투수성이 큰 토층
		수압시험	암층 1회	투수성이 큰 암층
		공내전단시험	토층별 1회 풍화암층 1회	
		공내재하시험	시추공 2공당 1회	연암 이상
		초기지압시험	필요시	지질구조 특성 파악
		시추공화상정보시험	시추공 2공당 1회	BIPS, BHTV, ABI 등
		공내발파시험	필요시	
	시험터파기	현장밀도시험	개소당 2회	자연상태 조건
	지표면	탄성파탐사 또는 전기비저항탐사	전체연장	조사심도까지 가탐 가능 장비사용
실내 시험	시추공, 시험터파기	입 도	시추공당 2회 (퇴적층, 풍화토층) 시험터파기당 1회	통일분류법 분류
		함 수 비		
		비 중		
		액성한계		
		소성한계		
		풍화민감도	필요시	갱구부 비탈면
	시추공, 시험터파기 (불교란시료)	일축압축시험	필요시	점성토
		직접전단시험	필요시	사질토
		삼축압축시험 (UU, CU, $\overline{CU}$)	필요시	점성토, 사질토 현장조건 고려 선택
암석 시험	시추공	절리면전단시험	연암이상 암층별 1회	
		변형율측정 병행 일축압축강도시험	암층별 1회	포아슨비 측정
		삼축압축강도	필요시	
		점하중강도	암층별 1회	일축압축강도시험 불가능시
		압열인장강도	암층별 1회	
		탄성파속도	암층별 1회	암편 탄성파속도
		단위중량	암층별 1회	습윤밀도, 건조밀도
		비 중	암층별 1회	
		함 수 량	암층별 1회	
		흡 수 율	암층별 1회	
		이 방 성	필요시	암반의 이방성 파악
		마모율, 테이버마모	필요시	기계굴착성 확인 TBM 적용성 평가

V.도 로

1. 일반사항
2. 도로계획 및 설계
3. 포장설계
4. 교통안전시설
5. 기타사항

빈 면

Ⅴ. 도 로

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 도로편람 사항은 계획에서부터 설계의 전 과정과 도로설계와 관련된 종합적 업무내용을 체계적이고 일관되게 정립한 것으로서, 본 도로내용 작성시 택지개발 단계에서 이루어지는 도로계획 외에 일반적인 도로의 계획, 조사, 설계단계의 업무 절차 및 내용에 관하여 일반적이고 표준적인 기준 및 실무 활용방안을 제시한 것으로 도로의 기능, 도로조건, 교통조건 및 지역조건, 지형조건 등을 고려하여 실무업무를 수행한다.

적용대상 도로는 도로법 제11조(도로의 종류와 등급)에 규정된 도로인 고속국도, 일반국도, 지방도, 군도 등과 도로의 구조·시설 기준에 관한규칙 제3조(도로의 구분)에 열거된 지방지역 및 도시지역의 고속도로와 주간선도로,보조간선도로,집산도로,국지도로 등이며 비법정 도로에 대해서도 관련사항을 준용 할 수 있다.

1.2 용어의 정의

(1) 자동차

도로교통법 제2조 제14호의 규정에 의한 자동차(이륜 자동차를 제외한다)를 말한다.

(2) 설계기준 자동차

도로 설계시 기초가 되는 자동차를 말한다. 설계자동차의 종별로는 소형 자동차, 대형 자동차, 세미트레일러가 있다.

(3) 세미트레일러

앞 차축이 없는 피견인차와 견인차의 결합체로서 피견인차와 적재물 중량의 상당한 부분이 견인차에 의하여 지지되도록 연결되어 있는 자동차를 말한다.

(4) 고속도로

도로법 제12조 규정에 의한 고속국도와 자동차에 한하여 이용이 가능한 도로로서 중앙분리대에 의하여 양방향이 분리되고 입체교차를 원칙으로 하며 설계속도가 시속 80km/h 이상인 도로를 말한다.

(5) 일반도로

도로법에 의한 도로(고속도로를 제외한다)로서 그 기능에 따라 주간선도로, 보조간선도로, 집산

도로 및 국지도로로 구분되는 도로를 말한다.

(6) 계획 목표 년도

도로의 계획 및 설계시, 예측된 교통량에 따라 도로를 건설하여 적절하게 유지·관리하는 경우 적정한 수준 이상의 기능이 유지될 수 있을 것으로 보는 기간(도로 계획 또는 설계시를 시점으로 한다)의 범위를 말한다.

(7) 설계 서비스 수준

도로를 계획하거나 설계하는 때의 기준으로서 도로의 통행속도, 교통량과 도로 용량의 비율, 교통 밀도와 교통량 등에 따른 도로 운행 상태의 질을 해당 설계 수준에 따라 정한 것을 말한다.

(8) 계획 교통량

도로의 계획 목표 년도에 그 도로를 통행할 것으로 예상되는 자동차의 연평균 일일 교통량을 말한다. 이 계획 교통량은 일반적으로 지방지역의 도로에 대해서는 장기 계획으로서 계획 시점으로부터 최대 20년 동안을 대상으로 한다. 도시지역에 대해서는 도시교통의 여러 가지 상황에 따라 변화 가능성이 많으므로 노선의 성격과 중요성을 고려하여 10년 동안으로 할 수도 있다.

(9) 설계 시간 교통량

도로의 계획 목표 년도에 그 도로를 통행할 시간당 자동차의 대수이며, 시간대별 교통량의 변화를 반영한, 도로설계의 기초가 되는 교통량이다.

도로의 시설 규모를 설계하기 위한 설계 시간교통량으로는 1년중 30~50번째 큰 시간 교통량이 널리 사용되고 있다. 이것은 설계 목표 년도의 첨두시간 예상 교통량이며, 이를 설계 시간 교통량(DHV ; Design Hourly Volume)이라고 부른다.

(10) 도로 교통용량

주어진 도로 조건, 교통 조건 및 교통 관제 특성 하에서 한 시간 동안 동일한 특성을 갖는 한 도로 구간을 무리 없이 통과할 것으로 기대되는 최대 교통량(자동차 또는 보행자)을 말한다.

(11) 도시지역

시가지로 형성된 지역이나 그 지역의 발전 추세로 보아 시가지로 형성될 가능성이 높은 지역을 말한다.

(12) 지방지역

도시지역 외의 지역을 말한다.

도시지역과 지방지역을 단순하게 구분하는 것이 곤란할 경우 지역의 상황이나 도로의 연계성 등을 감안해야 한다.

(13) 설계속도

도로설계의 기초가 되는 자동차의 속도를 말한다. 설계속도는 설계 구간 내에서 도로 조건, 기후 등이 양호한 상태에서 승용차가 안전하게 달릴 수 있는 최고 속도이다.

(14) 설계 구간

도로가 통과하는 지역 및 지역의 상황과 계획 교통량에 따라 동일한 설계 기준을 적용하는 구간을 말한다.

(15) 출입제한

도로의 구조상 완전 또는 부분적으로 도로의 유출입을 특정 지점으로 제한하는 것을 의미한다. 도로에 자동차 교통을 우선시키기 위하여 다른 도로나 철도 등과는 입체교차시키는 한편 특정한 지점에 연결된 도로로만 정해진 차량 출입을 허용하는 완전 출입제한과 해당 도로의 자동차 교통을 방해하지 않는 범위에서 다른 도로와 상호 평면교차되거나 또는 접속되는 지점에서 차량 출입을 허용하는 불완전출입제한이 있다.

(16) 차도

자동차의 통행에 사용되는 차로로 구성된 도로의 부분을 말한다.

(17) 차로

자동차가 한 줄로 안전하고 원활하게 주행할 수 있도록 차선에 의하여 구분되는 차도의 부분을 말한다. 차도 중에서 차로 폭은 노면표시의 중심과 중심 사이이다.

(18) 차선

차로와 차로를 구분하기 위하여 그 경계 지점에 표시하는 선을 말한다.

(19) 오르막 차로

오르막 구간에서 저속 자동차를 다른 자동차와 분리하여 통행시키기 위하여 설치하는 차로를 말한다.

(20) 회전 차로

자동차가 우회전, 좌회전 또는 유턴을 할 수 있도록 직진하는 차로와 분리하여 설치하는 차로를 말한다.

(21) 변속 차로

자동차를 가속시키거나 감속시키기 위하여 설치하는 차로를 말하며, 전자를 가속 차로, 후자를 감속 차로라 한다.

(22) 측대

운전자의 시선을 유도하고 옆부분의 여유를 확보하기 위하여, 중앙분리대 또는 길어깨에 차도와 동일한 횡단 경사와 구조로 차도에 접속하여 설치하는 부분을 말한다.

(23) 분리대

차도를 통행의 방향에 따라 분리하거나, 같은 방향으로 진행하지만 성질이 다른 교통류를 분리하기 위하여 설치하는 도로의 부분이나 시설물을 말한다.

(24) 중앙분리대

차도를 통행의 방향에 따라 분리하고 옆부분의 여유를 확보하기 위하여 도로의 중앙에 설치하는 분리대와 측대를 말한다.

(25) 길어깨

도로를 보호하고 비상시에 이용하기 위하여 차도에 접속하여 설치하는 도로의 부분을 말한다.

(26) 다이크

빗물 등이 길어깨로 흘러 비탈면이 유실되는 것을 막기 위해 흙, 떼, 아스팔트 콘크리트, 시멘트 콘크리트 등으로 한 물막이 시설임.

(27) 보도

보도는 사람의 통행에만 사용하는 목적으로 설치되는 도로의 일부분이며, 차도 등 다른 부분과 연석이나 울타리 등의 공작물을 이용하여 물리적으로 분리시킨 부분 또는 노면표시로 평면적으로 차도와 분리한 부분을 말한다.

(28) 자전거 도로

자전거 도로라 함은 차도와 구별하여 자전거의 통행에 사용하기 위하여 연석, 노면표시 및 이와 유사한 공작물로 설치되는 도로의 부분을 말한다.

(29) 자전거・보행자 도로

자전거・보행자도로는 자전거 및 보행자의 혼합 교통 통행에 사용하기 위한 도로로서 연석 또는 울타리 등의 공작물로 차도와 구획 분리되는 도로의 부분을 말한다.

(30) 주・정차대

자동차의 주차 또는 정차에 이용하기 위하여 도로에 접속하여 설치하는 부분을 말한다.

(31) 노상 시설

보도・자전거도로・중앙분리대・길어깨또는 환경시설대 등에 설치하는 표지 및 방호울타리 등의 노상에 설치되는 도로 부속물을 말한다.

(32) 환경시설대

도로 주변 지역의 환경 보전을 위하여 길어깨의 바깥쪽으로 설치하는 녹지대 등이 설치된 지역을 말한다.

(33) 시설 한계

자동차나 보행자 등의 교통안전을 확보하기 위하여 일정한 폭과 높이 안쪽에는 시설물을 설치하지 못하게 하는 도로 상에 공간 확보의 한계를 말한다.

(34) 완화곡선

직선부와 평면곡선 사이 또는 평면곡선과 평면곡선 사이에서 자동차의 원활한 주행을 위하여 설치하는 곡선으로서 곡선상의 위치에 따라 곡선반경이 변하는 곡선을 말한다

(35) 횡단경사

도로의 진행 방향에 직각으로 설치하는 경사로서 도로의 배수를 원활하게 하기 위하여 설치하는 경사와 평면 곡선부에 설치하는 편경사를 말한다.

(36) 편경사

평면 곡선부에서 자동차가 원심력에 저항할 수 있도록 하기 위하여 설치하는 횡단경사를 말한다.

(37) 종단경사

도로 진행 방향 중심선의 길이에 대한 높이의 변화 비율을 말한다.

(38) 정지 시거

운전자가 같은 차로상에 고장차 등의 장애물을 인지하고 안전하게 정지하기 위하여 필요한 거리로서 차로 중심선상 1m 높이에서 그 차로의 중심선에 있는 높이 0.15m의 물체의 맨 윗부분을 볼 수 있는 거리를 그 차로의 중심선에 따라 측정한 길이를 말한다.

(39) 앞지르기 시거

2차로 도로에서 저속 자동차를 안전하게 앞지를 수 있는 거리로서 차로의 중심선상 1m의 높이에서 반대쪽 차로의 중심선에 있는 높이 1.2m의 반대쪽 자동차를 인지하고 앞차를 안전하게 앞지를 수 있는 거리를 도로 중심선에 따라 측정한 길이를 말한다.

(40) 교통섬

자동차가 안전하고 원활하게 교통처리나 보행자가 안전하게 도로를 횡단하기 위하여 교차로 또는 차도의 분기점 등에 설치하는 섬 모양의 시설을 말한다.

(41) 입체교차

도로가 상호 교차하거나 접속할 경우 전부 또는 일부 교통이 동일 평면에서 교차하지 않도록 설치한 도로의 부분을 말한다.

(42) 연결로

도로가 서로 입체 교차할 때 2개의 도로를 진출입시킬 목적으로 서로 연결하는 도로로서, 입체교차로에서 서로 교차하는 도로를 연결하거나 서로 높이가 서로 다른 도로를 연결하여 주는 도로를 말한다.

(43) 도로안전시설

도로안전시설이라 함은 도로의 안전도를 높이고, 운전자를 보호하기 위하여 설치하는 방호 울타리, 중앙분리대, 충격흡수시설 등을 말한다.

(44) 흙쌓기[盛土]

원 지반으로부터 노상면까지 흙을 쌓아 올린 부분을 말한다.

(45) 흙깎기[切土]

원지반으로부터 노상면까지 흙을 깎아낸 부분을 말한다.

(46) 골재의 최대치수

중량으로 적어도 90% 이상을 통과시키는 최소치수 체의 공칭치수로 나타낸 골재 치수

(47) 구스아스팔트(guss asphalt)

고온아스팔트 혼합물의 유동성을 이용, 피니셔와 인두로 포설하여 로울러 다짐을 하지 않고 흙손 등으로 끝맺음을 하는 아스팔트 혼합물로서 매스틱 아스팔트(mastic asphalt)와 동일하다.

(48) 동결깊이

0℃ 온도선이 포장표면으로부터 포장층 아래로 관입되는 깊이

(49) 동결지수

동결기간중의 기온과 시간과의 적(積)의 누계치

(50) 매캐덤 공법

한층의 마무리 두께와 거의 같은 입경의 부순돌을 깔아서 이들이 서로 충분히 얽힐 때까지 다짐하고, 공극을 채움골재로 전충하여 마무리하는 공법

(51) 밀입도(密粒度) 아스팔트 콘크리트

굵은 골재, 잔골재, 필러 및 아스팔트의 가열 혼합물로서 합성입도에서 No.8 체 통과분이 35~50%의 것

(52) 조립도(粗粒度) 아스팔트 콘크리트

굵은 골재, 잔골재, 필러 및 아스팔트의 가열 혼합물로서 합성입도에서 No.8체 통과분이 20~35%의 것

(53) 개립도(開粒度) 아스팔트콘크리트(open-graded asphalt concrete)

가열아스팔트 혼합물의 일종으로 세골재비율(細骨材比率)이 5~20%이며 미끄럼 저항용 혼합물의 대표적인 것으로 흔히 사용된다.

(54) 회복탄성계수

노상 또는 기타 포장재료의 탄성계수의 측정값으로 AASHTO T274 시험법에 의하여 측정한다.

(55) 설계 CBR

균일한 포장두께로 시공할 구간(區間)을 결정하기 위하여 구간내 각 지점의 CBR 로부터 결정되는 노상토(路上土)의 CBR

(56) 시멘트안정처리공법

현지재료 또는 여기에 보충재료를 가한 것에 시멘트를 첨가하여 혼합하고 깔아서 다짐하는 공법을 말한다. 시멘트안정처리한 것을 소일시멘트(soil-cement)라 할 때도 있다.

(57) 실코우트

표층 또는 기층위에 역청재료를 살포하고 그 위를 부순돌이나 모래를 덮어서 만드는 표면처리

(58) 역청안정처리공법

현지재료 또는 여기에 보충재료를 가한 것에 역청재료를 첨가하여 혼합하고 깔아서 다짐하는 공법

(59) 입도조정공법

좋은 입도가 되도록 몇가지 종류의 골재를 혼합하여 포설하고 다짐하는 공법

(60) 침투식 공법

골재와 역청재료를 교대로 살포하여 골재의 얽힘과 역청재료의 결합력을 발휘하도록 충분히 다짐하는 공법

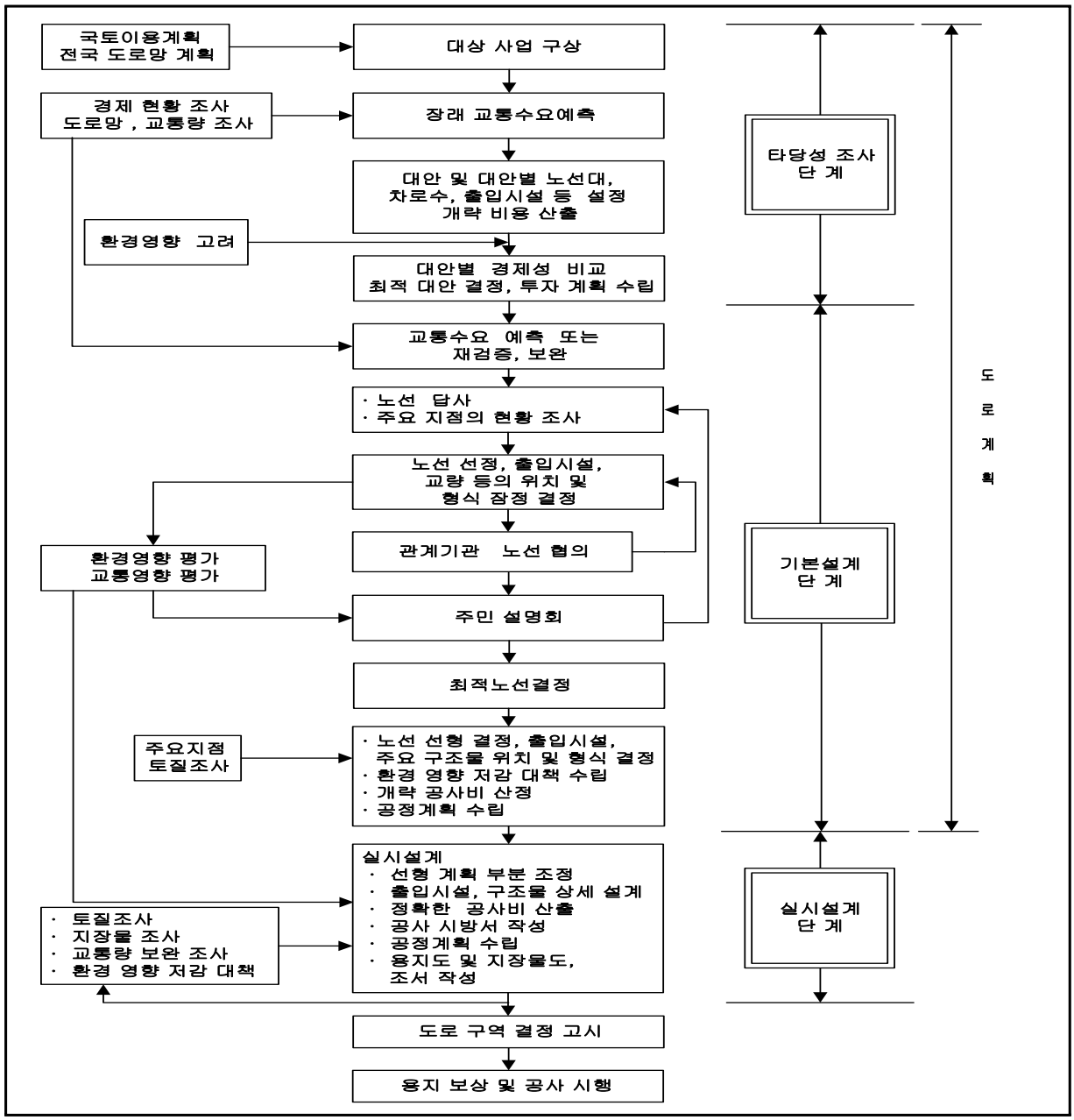
(61) 다웰바

콘크리트 포장 슬래브의 하중전달장치로 줄눈을 가로질러 하중을 전달하기 위해 설치하며 일반적으로 원형철근을 사용한다.

1.3 도로계획 과정(FLOW - CHART) 및 관계법령

1.3.1 도로 계획과정

도로사업을 효율적으로 추진하고 시행착오를 예방하기 위해서는 [그림 1.1]과 같이 타당성 조사(공간적 범위가 50~100km 정도), 기본설계(공간적 범위가 30~50km 정도), 실시설계(공간적 범위가 10km 정도)의 세 단계를 개별적으로 거치고, 각 단계마다 검증과 협의 과정을 거쳐 도로건설을 추진하는 것이 표준적인 과정이지만, 과업 대상 구간이 길지 않고 계획 연장이 동일한 경우에는 이들 각 단계별 업무를 통합하여 수행할 수도 있다.



[그림 1.1] 도로 설계의 흐름도

1.3.2 영향평가 및 문화재 조사

(1) 환경영향평가(환경・교통・재해 등에 관한 영향평가법 제3조 2004.3)

구 분	대상 사업범위	평가서 제출시기
도시의 개 발	• 주택법 제16조의 규정에 의한 주택건설 사업중 면적이 25만m^2 이상 • 주택법 제16조의 규정에 의한 대지조성 사업중 면적이 30만m^2 이상 • 택지개발 촉진법 제7조의 제1항의 규정에 의한 택지개발 사업중 면적이 30만m^2 이상	• 주택법 제16조의 규정에 의한 주택건설사업 승인전 • 택지개발 촉진법 제9조의 제1항의 규정에 의한 택지개발 실시계획 승인전
도로의 건 설	• 도로법 제2조 또는 10조, 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제2조 제13호의 규정에 의한 도로의 건설 사업중 - 4km 이상의 신설경우(도시지역 폭 25m 이상으로서 녹지면적 3만m^2 이상 포함되는 경우) - 10km 이상의 확장 - 신설확장이 함께 있는 경우(신설연장/4km+확장연장/10km=1 이상인 경우)	• 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 의한 도시계획사업으로 건설하는 경우에는 동법 제88조 제2항의 규정에 의한 실시계획의 인가전, 그 밖의 경우에는 도로법 제25조의 규정에 의한 도로구역의 결정전(비관리청이 시행하는 경우에는 동법 제34조의 규정에 의한 공사시행의 허가전)

(2) 교통영향평가(환경・교통・재해 등에 관한 영향평가법 제3조 2004.3)

구 분		중앙 교통영향심의위원회 심의대상	지방 교통영향심의위원회 심의대상	비 고
도로법 제11조의 규정에 의한 도로	고속국도 및 일반도로	총연장 30km 이상 신설노선 중 인터체인지 분기점 및 타 간선도로와의 접속부	총연장 5km 이상 신설노선 중 인터체인지・분기점・교차부분 및 타 간선도로와의 접속부	도로법 제25조 규정에 의한 도로구역의 결정전
	특별시도, 광역시도, 지방도, 시도, 군도, 구도		총연장 5km 이상 신설노선 중 인터체인지 교차부분 및 타 간선도로와의 접속부	

구 분		중앙 교통영향심의 위원회 심의대상	지방 교통영향심의위원회 심의대상	비 고
	국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제2조 제6호 규정에 의한 기반시설(도로)		총연장 5km 이상 신설 노선 중 인터체인지 교차로 및 타 간선도로와의 접속부 좌 동	국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제88조 제2항의 규정에 의한 인가전
	• 주택건설촉진법 제20조 및 제21조 규정 아파트 지구 개발사업 • 택지개발촉진법 제9조의 규정에 의한 택지개발사업		• 부지면적 10만m^2 이상 • 부지면적 10만m^2 이상 ~ 30만m^2 미만	

(3) 문화재 지표조사

1) 문화재 지표조사의 대상 사업 및 범위(법 제74조의 2 제1항의 규정에 의하여 문화재 지표조사를 실시하는 건설공사는 제29조의 2 각 호에서 정한 건설공사중 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 건설공사를 말함

① 토지 및 내수면 어업법 제2조 제1호의 규정에 의한 내수면에서 사업면적 3만m^2 이상인 경우에 한한다.

② 제1호 및 제2호의 규정에서 정한 사업면적 미만인 경우로서 문화관광부령이 정하는 지역에서 시행하는 건설공사

2) 시행규칙 제59조의 2(영 제43조 3 제2호에서 문화관광부령이 정하는 지역이라 함은 다음 각 호의 기준에 해당하는 지역으로

① 문화유적이 분포되어 있거나 문화유적과 근접한 지역

② 과거 문화재가 출토된 바 있는 지역

③ 경주시, 공주시, 김해시 및 부여군 그 밖에 문화재청장이 정하는 고도지역

④ 관계전문가의 자문의견에 비추어 지형여건상 매장문화재의 매장가능성이 높은 지역

1.3.3 도로 관계 법령

도로와 관련한 법령은 국회의 “대한민국 현행 법령”에 분야별로 전문이 올라와 있으므로 이를 참고한다.

<표 1.1> 도로 관계 법령 현황

법 률	대 통 령 령	부 령	훈 령
1. 도로법	1. 도로법시행령	1. 도로법시행규칙	1. 도로관리심의회 설치운영규정
		2. 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙	
		3. 도로 유지보수운영 규칙	2. 국도유지보수 운영규정
		4. 도로연결관리규칙	
		5. 도로표지규칙	
	2. 일반국도노선지정령		
	3. 국가지방지원도노선 지정령		
2. 고속 국도법	4. 고속국도법시행령		
	5. 고속국도노선지정령		
3. 유료 도로법	6. 유료도로법시행령	6. 유료도로법시행규칙	
	7. 유료도로관리등록령	7. 유료도로관리권 등록령시행규칙	
4. 사도법	8. 사도법시행령	8. 사도법시행규칙	
5. 한국 도로 공사법	9. 한국도로공사법시행령		
6. 교통시설 특별 회계법		9. 교통시설특별회계법 시행규칙	

1.4 도로 설계시 관련계획

1.4.1 개요

도로 사업을 효과적으로 수행하기 위해서는 기존의 관련계획및 현재 시행 중인 사업들 을 충분히 검토, 분석하고 이미 정책으로 입안된 계획에 대해서도 시행 가능성을 검토하 여 반영한다.

1.4.2 관련계획 검토의 목적

(1) 상위계획이 지향하는 전략에 부합되도록 기본방향 설정

(2) 정부시책에 따른 국토이용 및 개발방향과 연계성 검토

(3) 타 관련사업 시행계획을 종합 검토하여 적용

(4) 사전조사 수행내용의 종합적인 분석 및 과업 활용성 제고

1.4.3 상위계획

상위계획은 전국계획과 권역계획으로 구분되는데 각각 국토종합개발계획, 권역별 종합개발 계획 등이 해당된다. 각 계획별 분석 대상은 <표 1.2>와 같다.

<표 1.2> 도로설계 관련 상위계획

관 련 계 획	시행기관	주요 분석 대상
국토종합개발계획 (4차 : 2000 ~ 2020)	건설교통부 (1999)	• 전국도로망 구축계획 (고속교통망 및 지역간 도로망) • 교통투자 우선순위 • 지역별 개발방향 및 목표
권역별 종합개발계획	건설교통부	• 동남권 종합개발계획(1985) • 중부권 종합개발계획(1987) • 서해안 개발사업 사전조사(1989) • 서남권 종합개발계획(1990) • 수도권 정비 기본계획(1991)

1.4.4 지역 관련계획

지역관련계획은 대부분 상위계획에서 설정된 개발의 목표, 방향, 지표를 근간으로 전략화 된 지역의 계획을 수립하는 것으로서 광역권 개발계획, 각 시·도별 종합개발계획 및 도시 계획 등이 포함된다. 각 계획별 분석대상은 <표 1.3>과 같다.

<표 1.3> 지역 관련 계획

관련계획	자료수집 및 협의 대상 기관	주요 분석 대상	비고
광역권 개발계획	관할 시·도 행정기관	부산·경남권, 아산만권, 대구·포항권, 광주·목포권, 군산·장항권, 광양만권, 대전·청주권	광역권은 건교부 지정
시·도 종합개발계획	관할 시·도 행정기관	• 개발방향 및 목표 • 교통관련 개발계획	
지역 및 도시계획	관할 시·도 행정기관	• 장기발전계획 및 목표 • 도시기본계획 • 교통관련계획	

<표 1.3> 지역 관련 계획(계속)

관련계획	자료수집 및 협의 대상 기관	주요 분석 대상	비고
단지개발 및 조성계획	건설교통부 한국토지공사 관할 시·도·군 행정기관	• 개발방향 및 목표 • 물동량 예측치 • 유통경로 계획	
기타	관할 시·도·군 행정기관 민간단체 등	• 위락시설계획 • 대단위 공장시설 부지계획 등	

1.4.5 교통 관련계획

교통 관련 계획에서는 상위계획 및 지역관련계획 중 투자우선순위에 따라 구체적인 교통 관련 사업, 즉, 도로, 철도, 항만, 공항 등의 건설계획을 포함한다.

교통 관련 계획은 <표 1.4>와 같다.

<표 1.4> 교통 관련 계획

관련계획	자료수집 및 협의 대상기관	주요 분석 대상	비고
전국도로망 체계 재정비계획 (1993.11)	건설교통부 국토연구원	• 국도 기능의 재정립계획 및 개편 방향 • 국도 노선 조정 계획 • 교통수요분석 결과 • 도로개선사업 우선 순위 분석결과	
국도 및 국가지원지방도 관련 계획	건설교통부 해당 지방국토관리청 설계용역사	• 국도 확장·포장 사업 • 도시간 우회도로 건설계획 • 국가지원 지방도 건설계획 • 교통 애로구간 개량계획	장·단기계획 및 실시설계 시행구간, 시공중 기관으로 구분
시·도·군 교통관련계획	관할 시·군 행정기관 설계용역사	• 지방도 확장·포장 사업 • 시·군도 개설 및 개량사업	
공항·항만 관련 계획	건설교통부 해당 지방해양수산청 및 항공청	• 공항 건설계획 • 항만 건설계획 • 수송 수단간 연계계획	
철도 관련 계획	건설교통부 철도청 및 고속철도공단	• 장·단기 철도건설 및 복선화 계획 • 고속철도 건설계획	

1.4.6 기타 관련 계획

기타 관련계획은 교통 관련 계획의 범위 밖의 기간시설(통신, 전기, 가스 등)이나 농지, 산림, 하천 등의 관련계획을 포함한다.

기타 관련 계획은 <표 1.5>와 같다.

<표 1.5> 기타 관련 계획

관련 계획		자료수집 및 협의 대상 기관	주요 분석 대상	비고
기간시설계획	통신	• 한국통신공사 운영국	• 통신시설 현황 및 계획	• 사업 시행자 • 시행 및 기간 • 사업용도 • 사업비 • 추진상황 • 관련도면 • 자료 등 세부 조사와 필요시 현장조사 시행
	전기	• 한국전력공사 송전부	• 송전시설 현황 및 계획	
	가스	• 한국가스공사 시설부	• 가스관 매설 현황 및 계획	
	송유관	• 대한송유관공사 시설부	• 송유관 매설 현황 및 계획	
	용수로	• 농지개량조합 시설과	• 농업 용수로 현황 및 계획	
	광역 상수도	• 한국수자원공사 지역본부	• 상수관로 현황 및 계획	
	군사시설	• 국방부 및 해당 군부대	• 군사시설 현황 및 계획	
농지관련계획		• 농림부 농업정책과 • 농지개량조합 사업과	• 대단위 농업정리 사업계획 • 절대 농지지역의 확인	
산림관련계획		• 산림청 정책과 지역영림소 • 경영과	• 산림보호구역(등급별) 현황 • 특정보호림 지정현황 • 국유림 실태조사	
하천관련계획		• 건설교통부 수자원 정책과 • 지방국토관리청 하천국 • 관할 시·도·군 행정기관	• 하천 정비 기본계획 수립 여부 • 수리·수문 자료 • 하천관리 현황	
광업관련계획		• 산업자원부 광업등록사무소	• 광업권, 광산 관련 자료	
기 타				

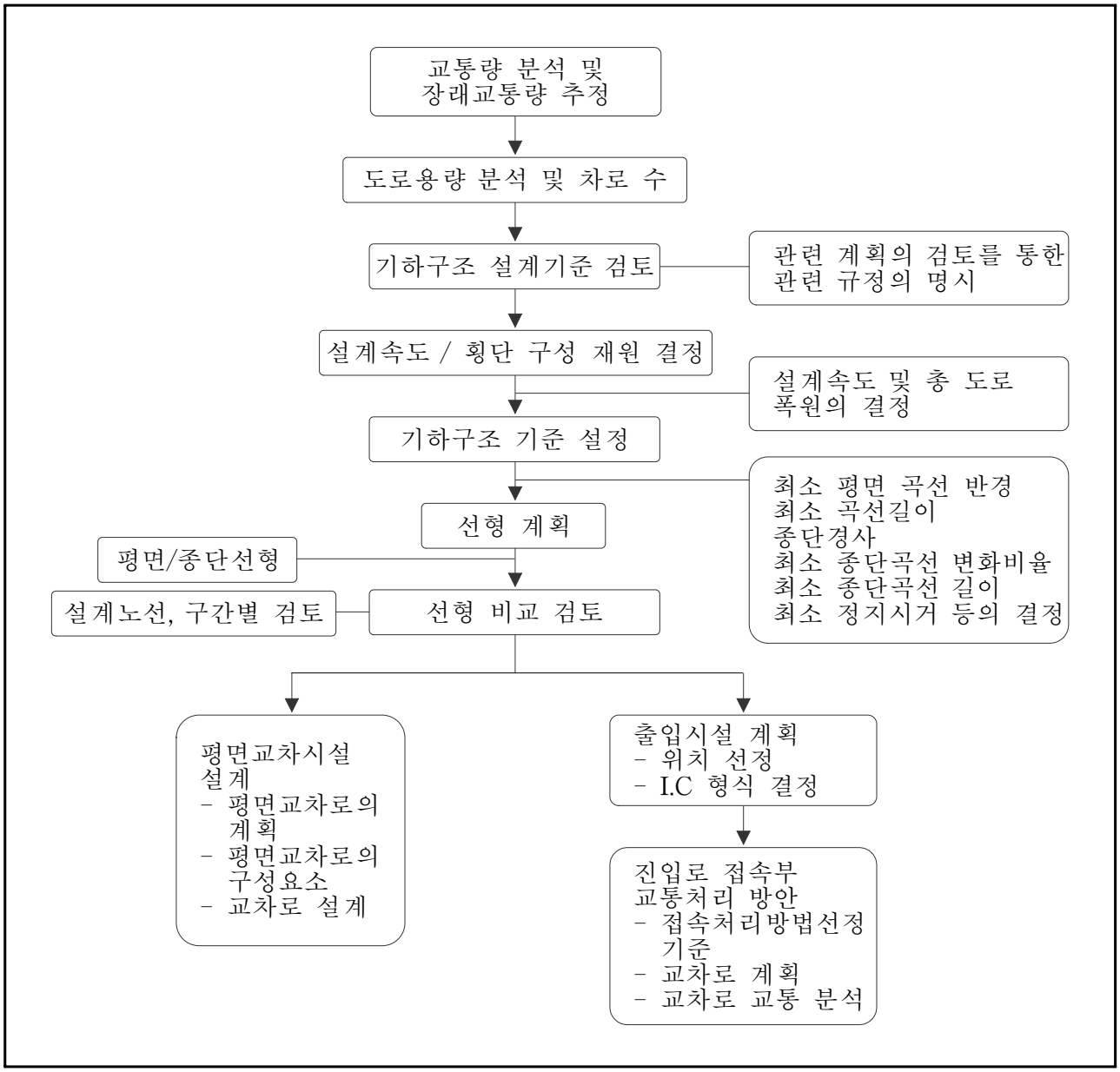
2. 도로계획 및 설계

2.1 도로계획 및 설계과정

2.1.1 일반사항

도로의 설계과정은 계획→설계→시공→운영 및 유지관리라는 일련의 도로사업절차의 한 부분으로서 택지 조성시의 도로계획은 상위계획인 택지조성계획 단계에서 도로 선형이 결정되어지고 도로의 구분과 기능, 설계요소 기준들이 설정되어지므로 택지조성계획단계에서 대부분 도로계획이 이루어진다고 볼 수 있다.

2.1.2 도로설계의 흐름도



[그림 2.1] 도로설계의 흐름도

2.2 도로의 구분 (도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 제3조)

2.2.1 도로의 구조・시설 기준에 관한 규칙의 도로 구분

도로의 구분은 도로가 제공하는 또는 이용자가 기대하는 기능, 도로가 존재하는 지역 및 지형의 상황과 계획 교통량에 따라 동일한 설계기준을 적용해야 하는 구간을 도로의 구조와 시설 기준이라는 관점에서 분류하여 구분한 것이다.

<표 2.1> 도로의 구분

구 분	지 방 지 역		도 시 지 역	
	기능별 분류	관할권에 의한 분류	기능별분류	도시계획 도로분류 기준
일 반 도 로	주간선도로	국도	주간선도로	광로, 대로
	보조간선도로	국도 또는 지방도	보조간선도로	대로, 중로
	집산도로	지방도 또는 군도	집산도로	중로
	국지도로	군도	국지도로	소로

2.2.2 지방지역 도로의 구분

<표 2.2> 지방지역 도로의 기능별 구분 지침

구 분	주간선도로	보조간선도로	집산도로	국지도로
도로의 종류 및 등급	국도	국도 또는 지방도	지방도 또는 군도	군도
평균통행거리	5km 이상	5km 미만	3km 미만	1km 미만
평균주행속도 (km/시)	60	50	40	30
유출입지점간 평균 간격(m)	700	500	300	100
동일 기능 도로간의 평균 간격(m)	3,000	1,500	500	100
계획교통량 (대/일)	10,000 이상	2,000 ~ 10,000	500 ~ 2,000	500 미만

2.2.3 도시지역 도로의 구분

<표 2.3> 도시지역 도로의 기능별 구분 지침

구 분	주간선도로	보조간선도로	집산도로	국지도로
도시계획 도로분류기준	광로, 대로	대로, 중로	중로	소로
평균통행거리	3km 이상	3km 미만	1km 미만	500m 미만
평균주행속도 (km/시)	50	40	30	20
유출입지점간 평균 간격(m)	500	300	150	50
동일 기능 도로간의 평균 간격(m)	1,000	500	250	100
계획교통량 (대/일)	20,000 이상	5,000 ~ 20,000	2,000 ~ 5,000	2,000 미만

2.2.4 기타 법령에서의 도로의 구분

(1) 도로법의 도로 분류(도로법 제11조)

- 고속국도
- 일반국도
- 특별시도·광역시도
- 지방도
- 시도
- 군도
- 구도

(2) 도시 계획 시설 기준에 관한 규칙의 도로 분류(제2장 교통운수시설 제8조)

1) 도로의 사용 및 형태별 구분

- 일반도로
- 자동차 전용도로
- 보행자 전용도로
- 자전거 전용도로
- 고가도로
- 지하도로

2) 도로의 규모별 구분

<표 2.4> 도로의 규모에 따른 분류

구 분	세분류	폭원(m)
광 로	1 류	70이상
	2 류	50 ~ 70
	3 류	40 ~ 50
대 로	1 류	35 ~ 40
	2 류	30 ~ 35
	3 류	25 ~ 30
중 로	1 류	20 ~ 25
	2 류	15 ~ 20
	3 류	12 ~ 15
소 로	1 류	10 ~ 12
	2 류	8 ~ 10
	3 류	8m 미만

3) 도로의 기능에 따른 구분

- 주간선도로
- 보조간선도로
- 집산도로
- 국지도로
- 도시고속도로
- 특수도로

2.2.5 일반국도의 구분

(1) 일반국도의 기능별 구분

<표 2.5> 일반국도 기능별 구분

구 분	기 능 구 분	교 차 방 법
국 도 Ⅰ	• 2개도 이상에 걸쳐 주요도시를 연결하며, 통과 교통 위주의 지역간 간선기능을 갖는 국도로서 자동차 전용도로, 국도대체우회도로, OD조사결과 통과교통량의 비율이 현저히 높은 국도	• 국도Ⅰ과 다른 도로와의 연결은 입체교차를 원칙으로 하며,지방도급 미만의 도로와의 연결은 가급적 피하여 교차로수를 최소화한다. 다만 지형여건 등으로 평면교차로 설치가 불가피한 경우 교차밀도는0.3개/KM로 적용
국 도 Ⅱ	• 2개도 이상의 주요도시를 연결하며, 통과교통위주의 지역간 간선기능을 갖는 국도이나 국도Ⅰ에 비하여 통행길이가비교적 짧고 통행밀도도 비교적 높지 않은 국도,OD조사결과 통과교통량의 비율이 현저히 높으나, 관광 위락단지로의 이동 및 접근성을 주기능으로 하는 국도	• 국도Ⅱ와 다른 도로와의 연결은 가급적 입체교차를 원칙으로 하며, 평면교차로를 설치할 경우에는 교통소통능력 저하가 최소화 되도록 교차밀도는 0.5개/KM로 적용
국 도 Ⅲ	• 건설되었거나 현재 건설중인 또는 건설계획이 확정된 고속도로 노선과 인접하여 동일방향의 교통을 담당하는 국도와 지역간 간선기능이 약하여 주로 국도Ⅰ,국도Ⅱ를 보조하는 도로로서 통과교통량의 비율이 적은 국도	• 국도Ⅲ과 국도Ⅰ,Ⅱ를 제외한 다른 도로와의 연결은 평면교차를 원칙으로 하며, 평면교차로 밀도는 1개소/KM로 적용
국가지원 지 방 도	• 보조간선도로 기능을 갖으며, 국도를 보조하는 도로로서 국도에 접근할 수 있는 교통량의 비율이 적은 도로	• 평면교차로로 계획하되 교통량이 많은 경우 교통분석을 통한 간이 입체교차로 계획

(2) 일반국도의 기능별 시설기준

<표 2.6> 일반국도 기능별 시설 기준 현황

구 분		국도 Ⅰ	국도 Ⅱ	국도 Ⅲ
설계속도 (km/시)	평 지	80	80	70
	산 지	60	60	50
목표여행속도 (km/시)	평 지	80	70	60
	산 지	60	50	50

<표 2.6> 일반국도 기능별 시설 기준 현황(계속)

구 분		국도 Ⅰ	국도 Ⅱ	국도 Ⅲ
부속시설 정비기준	중앙분리대	전구간 설치	가능한 설치	부분 설치
	입체교차	설치	필요시 설치	설치 최소화
	입체횡단시설	설치	설치 최소화	설치 최소화
	진출입연결로,측도	설치	설치 최소화	설치 최소화
	평면교차로 밀도 (개소/km)	0.3 이하	0.5 이하	1.0 이하

주) 자세한 내용은 “국도 기능분류 및 효율적 투자방안 연구(건설교통부,1999)” 참고

2.3 가로망 구성 원칙 (도시관리계획수립지침 별첨4)

2.3.1 일반원칙

(1) 도시규모별 간선도로

도시의 가로망은 다음과 같이 도시의 규모에 따라 주간선 또는 보조간선도로 이상의 도로로 그 골격을 형성하도록 하며, 이를 도시간선도로망이라고 칭한다.

1) 계획인구 100만 정도의 대도시 : 도시고속도로, 주간선도로
2) 계획인구 5만 이상의 시급도시 : 주간선도로, 보조간선도로
3) 계획인구 2만~5만의 읍급도시 : 주간선도로, 보조간선도로
4) 계획인구 2만 정도의 소도시 : 보조간선도로

2.3.2 도로의 배치간격

(1) 근거 : 도시계획시설의결정·구조및설치기준에관한규칙제10조, 가로망계획수립지침

(2) 도로의 배치간격은 다음 각목의 기준에 의하되, 도시의 규모, 지형조건, 토지이용계획, 인구밀도 등을 감안할 것

<표 2.7> 도로 배치간격

구 분	배 치 간 격
주간선도로와 주간선도로의 간격	1,000m 내외
주간선도로와 보조간선도로의 간격	500m 내외
보조간선도로와 집산도로의 간격	250m 내외
국지도로의 배치간격	장축 90 ~ 150m, 단축 25 ~ 60m

(3) 도시의 장래 외곽부에서는 주간선간의 배치간격을 2,000m 또는 그 이상으로, 보조간선간 또는 보조간선과 주간선간의 배치간격을 1,000m 내외로 계획하여도 무방하다.

(4) 보조간선과 집산도로간의 배치간격은 도심지에서는 상업 업무지역의 효율적인 이용을 위

하여 배치간격을 100m까지 좁힐 수 있으며, 외곽부에서는 500m까지 넓혀도 무방하다.

2.3.3 도로율

(1) 근거 : 도시계획시설의결정·구조및설치기준에관한규칙 제11조
도시관리계획수립지침 4-2-2-1

(2) 지역별 도로율 : 다음 각호의 구분에 의하되, 주택의 형태와 지역여건에 따라 적절히 증감할 수 있다.

<표 2.8> 도로의 배치 간격

구 분	합 계	주간선도로	비 고
주거지역	20 - 30%	10 - 15%	
상업지역	25 - 35%	10 - 15%	
공업지역	10 - 20%	5 - 10%	

(3) 도로율 : 시가화 면적에 대한 도로면적의 백분율

(4) 위의 용도지역별 도로율의 기준은 일반적으로 계획인구 50만 이상의 도시에서 상업지역 및 공업지역이 집단화 된 경우에 적용되는 기준이며, 상업지역 및 공업지역이 집단화 되지 않은 도시에서는 당해 도시의 전체 도로율이 위 표의 주거지역 도로율 이상이 확보되도록 계획한다.

(5) 주거지역의 도로율은 도시계획시설의결정·구조및설치기준에관한규칙에서 정한 비율이 일반 단독주택지역의 기준임을 감안하여 공동주택 위주의 주거지역인 경우 15%이상 30% 미만으로 계획할 수 있다.

2.3.4 진입도로(공동주택단지의 경우)

(1) 근거 : 주택건설기준등에관한규정 제25조

(2) 공동주택을 건설하는 주택단지는 기간도로와 접하거나 기간도로로부터 당해 단지에 이르는 진입도로가 있어야 한다. 이 경우 기간도로와 접하는 폭 및 진입도로의 폭은 다음 표와 같다.

<표 2.9> 진입도로 폭원규정

주택단지의 총세대수	기간도로와 접하는 폭 또는 진입도로의 폭(m)
300세대 미만	6 이상
300세대 이상 500세대 미만	8 이상
500세대 이상 1천세대 미만	12 이상
1천세대 이상 2천세대 미만	15 이상
2천세대 이상	20 이상

2.3.4 기간도로 : 보행자 및 자동차의 통행이 가능한 도로로서 ①도시계획법에 의한 주간선도로·보조간선도로 또는 너비가 8m 이상인 집산도로 ②도로법에 의한 일반국도 또는 지방도 ③기타 관계법령에 의하여 설치된 도로로서 위 ①, ②에 준하는 것으로 인정되는 도로

(1) 주택단지가 2이상이면서 당해 주택단지의 진입도로가 하나인 경우 그 진입도로의 폭은 당해 진입도로를 이용하는 모든 주택단지의 세대수를 합한 총 세대수를 기준으로 하여 산정한다.

(2) 공동주택을 건설하는 주택단지의 진입도로가 2이상으로서 다음 표의 기준에 적합한 경우에는 위 표의 기준을 적용하지 아니할 수 있다. 이 경우 폭 4미터 이상 6미터 미만인 도로는 기간도로와 통행거리 200미터 이내인 때에 한하여 이를 진입도로로 본다.

<표 2.10> 2개 진입도로 폭원규정

주택단지의 총세대수	폭 4미터 이상의 진입도로 중 2개의 진입도로 폭의 합계(m)
300세대 이상 500세대 미만	12 이상
500세대 이상 1천세대 미만	16 이상
1천세대 이상 2천세대 미만	20 이상
2천세대 이상	25 이상

2.4 설계요소의 기준 설정

2.4.1 계획 목표연도(도로의구조·시설기준에관한규칙 제6조)

도로를 계획하거나 설계하는 때에는 예측된 교통량에 맞추어 도로를 적절하게 유지·관리함으로써 도로의 기능이 원활하게 유지되도록 도로의 계획 목표년도를 설정한다.

<표 2.11> 도로의 등급별 목표년도

시설 구분	도시 지역	지방 지역
고속도로	15 ~ 20년	20년
간선도로	10 ~ 20년	15 ~ 20년
집산도로	10 ~ 15년	10 ~ 15년
국지도로	5 ~ 10년	10 ~ 15년

2.4.2 설계속도(도로의구조·시설기준에관한규칙 제2,8조)

<표 2.12> 설계속도의 구분

도로 구분		설계속도(km/h)		
		지방 지역		도시 지역
		평지	산지	
고속도로		120	100	100
일반도로	주간선도로	80	60	80
	보조간선도로	70	50	60
	집산도로	60	40	50
	국지도로	50	40	40

주) 지형상황 및 경제성 등을 고려하여 필요한 경우 표의속도에서 시속 20킬로미터 범위안의 속도를 뺀 속도를 설계속도로 할 수 있다

2.4.3 설계기준 자동차(도로의구조·시설기준에관한규칙 제5조)

(1) 도로구분에 따른 설계기준 자동차

<표 2.13> 도로구분에 따른 설계기준 자동차

도로의 구분	설계기준 자동차
고속도로 및 주간선도로	세미트레일러
보조간선도로 및 집산도로	세미트레일러 또는 대형자동차
국지도로	대형자동차 또는 소형자동차

(2) 설계기준 자동차의 종류별 제원

제1항의 규정에의한 설계기준 자동차의 종류별 제원은 <표 2.14>와 같다.

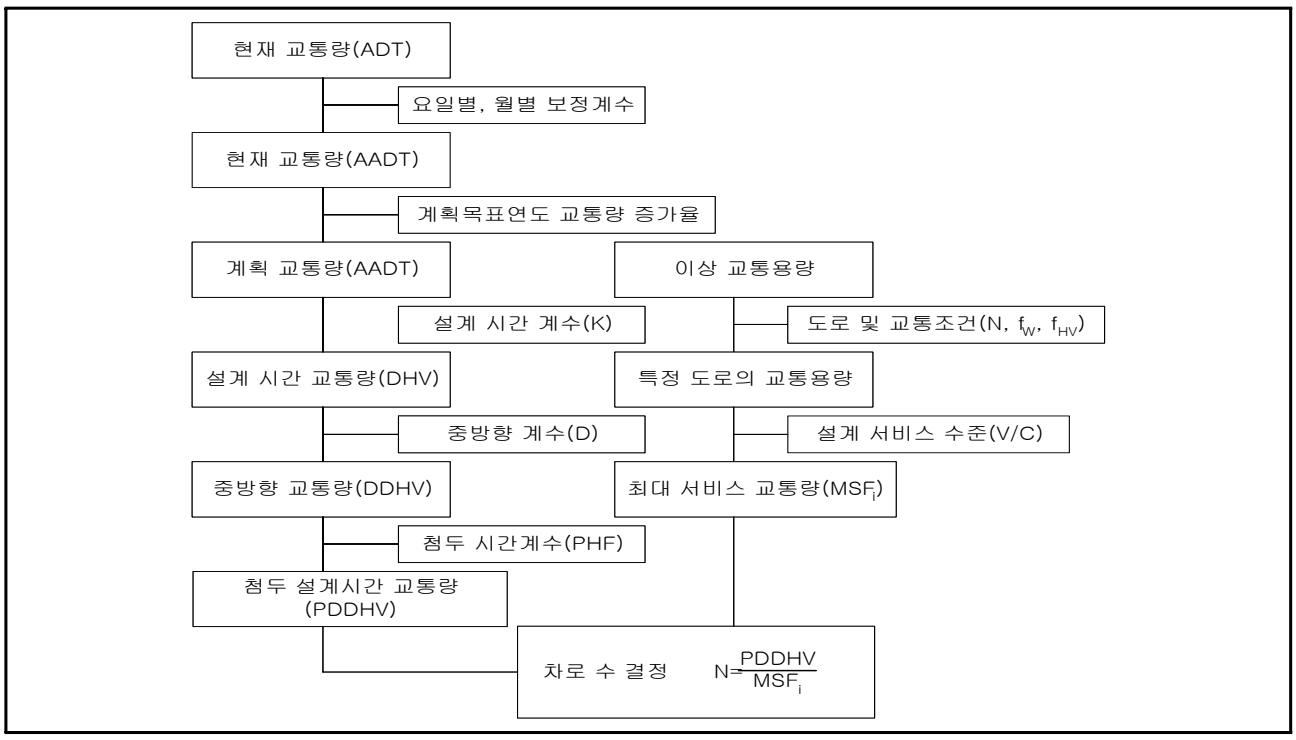
<표 2.14> 설계기준 자동차의 종류별 제원

자동차별 / 제원	소형 자동차	대형 자동차	세미트레일러
폭	1.7	2.5	2.5
높이	2.0	4.0	4.0
길이	4.7	13.0	16.7
축간거리	2.7	6.5	앞축간거리 4.2 뒷축간거리 9.0
앞내민거리	0.8	2.5	1.3
뒷내민거리	1.2	4.0	2.2
최소 회전반경	6.0	12.0	12.0

주) • 축간거리 : 앞바퀴 차축의 중심으로부터 뒷바퀴 차축의 중심까지의 길이
• 앞내민길이 : 자동차의 앞면으로부터 앞바퀴 차축의 중심까지의 길이
• 뒷내민길이 : 뒷바퀴 차축의 중심으로부터 자동차의 뒷면까지의 길이

2.4.4 교통량

교통량과 도로용량의 기본 요소에 관한 내용은 기하구조의 횡단구성 중 차로 수의 산정에 적용되며 설계 요구 서비스 수준에 맞는 차로폭 및 길어깨 설계, 종단 경사의 설치, 연결로의 접속형태 결정 등에 적용한다.



[그림 2.2] 차로 수 결정 과정

(1) 설계시간 교통량(DHV : Design Hourly Volume)

설계시간 교통량은 도로의 계획 목표 연도에 그 도로구간을 통과 또는 이용할 것으로 예상되는 한 시간당 자동차 통과 대수를 말한다.

$$DHV = AADT \times \frac{K_{30}}{100}$$

여기서, DHV = 설계시간 교통량(양방향 · 대/시)

AADT = 연평균 일교통량(양방향 · 대/일)

K_{30} = 설계시간계수(백분율)

방향별 분포를 고려했을 경우에 설계시간 교통량을 산출하는 식은 다음과 같다.

$$DDHV = AADT \times \frac{K_{30}}{100} \times \frac{D}{100}$$

여기서, DDHV = 방향별 설계시간 교통량(대/시)

D = 양방향 교통량에 대한 중방향 교통량의 백분율(%)

2.4.5 설계서비스 수준(도로의구조·시설기준에관한규칙 제2,7조)

(1) 서비스 수준별 교통류의 상태

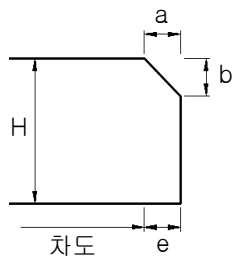
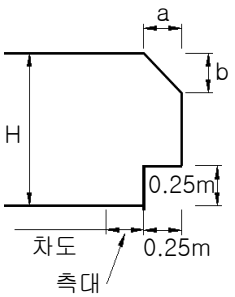
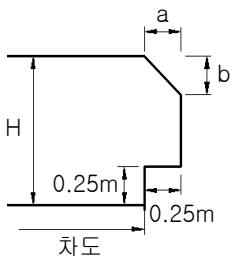
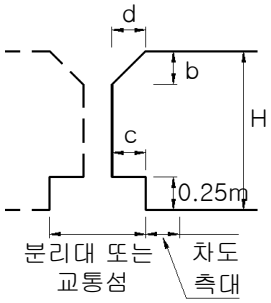
- A : 교통량이 적고 고속, 자유 흐름
- B : 어느 정도 자유 흐름이지만 교통조건 때문에 속도에 제한을 받기 시작함
- C : 안정된 흐름 영역이지만 대부분의 운전자들이 마음대로 속도를 내지 못함
- D : 불안정한 흐름이며 접근한 대부분의 운전자들은 거의 마음대로 하기 힘듬
- E : 불안정한 흐름, 거의 정지 상태

(2) 도로형태별 설계 서비스 수준

<표 2.15> 설계 서비스 적용

도로 구분	지역 구분	
	지방 지역	도시 지역
고속도로	C	D
일반도로	D	D

2.4.6 시설한계(도로의구조·시설기준에관한규칙 제17조)

차도에 접속하여 길어깨가 있는 도로		차도에 접속한 길어깨가 설치되지 않은 도로	차도 중간 또는 중앙분리대 안에 분리대 또는 교통섬이 있는 도로
터널 및 100m 이상인 교량을 제외한 도로의 차도	터널 및 100m 이상인 교량의 차도		
			

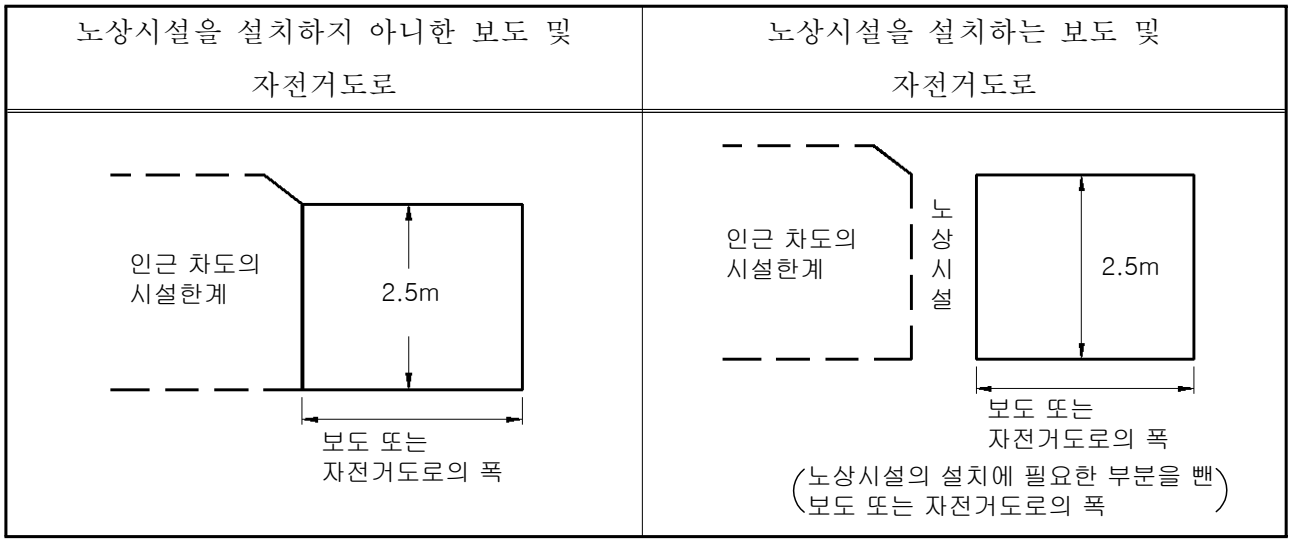
a 및 e : 차도에 접속하는 길어깨의 폭 (a가 1.0m를 초과하는 경우에는 1.0m로 함)

b : 통과높이 H(4.0m 미만인 경우에는 4.0m)에서 4.0m를 뺀 값

c 및 d : 분리대와 관계가 있는 것에 있어서는 도로의 구분에 따라 각각 다음 표에 정하는 값으로 하고, 교통섬과 관계가 있는 것에 있어서는 c는 0.25m, d는 0.5m로 함

구 분	c	d
고속도로	0.25m이상 0.5m이하	0.75m 이상 1.0m 이하
도시고속도로	0.25m	0.75m
일반도로	0.25m	0.5m

[그림 2.3] 차도부의 시설한계



[그림 2.4] 보도 및 자전거도로의 시설한계

2.5 도로횡단면 계획

2.5.1 개요

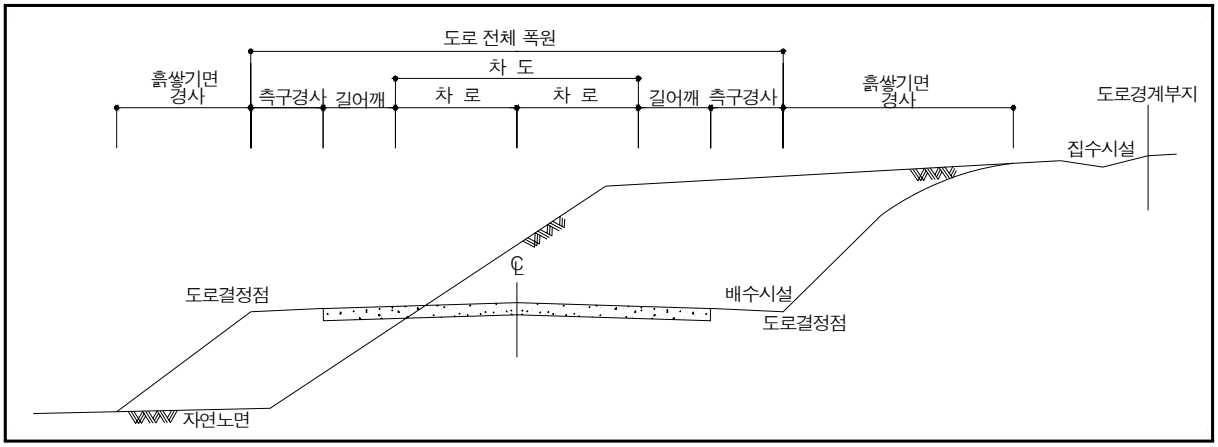
도로의 횡단면이란 자동차의 진행 방향에 직각이 되도록 절단했을 때 나타나는 절단면으로서 기하구조에서 고려해야 할 요소로 차로, 길어깨 및 중앙분리대 등 다양한 요소가 포함된다.

<표 2.16> 도로 횡단면의 설계요소

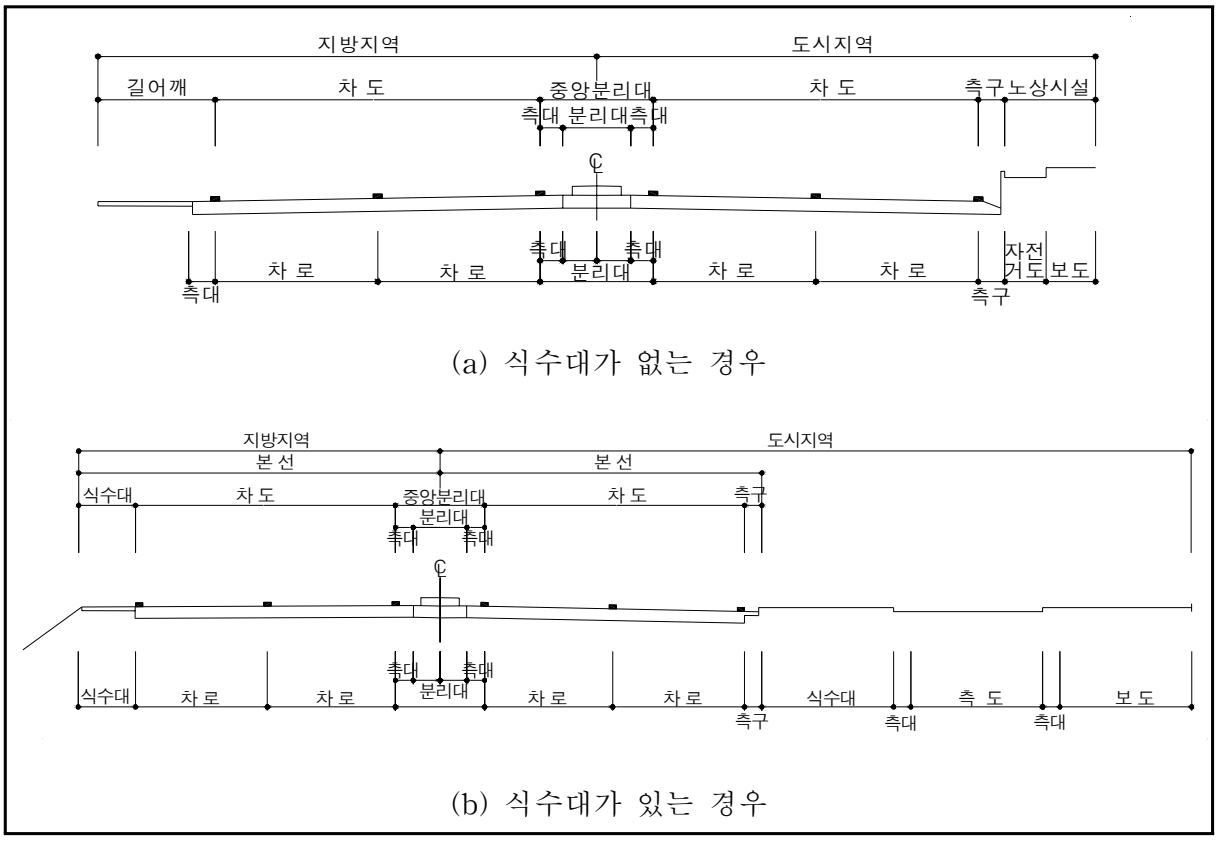
구 분	설계요소
차도	자동차가 통행하는 부분
노변지역	길어깨, 배수시설, 기타 노변 시설
교통분리시설	중앙분리대, 측도

2.5.2 횡단 구성 요소

횡단구성은 일반적으로 도로시설기준에 따라 차로수를 산정 구성하며 택지개발 지구내 설계시 교통영향평가서를 참조 차로폭 및 차로수 산정



[그림 2.6] 지방지역 도로의 횡단면 요소



[그림 2.7] 횡단 구성 요소와 조합의 예

2.5.3 차도 및 차로(도로의구조·시설기준에관한규칙 제10조)

(1) 차도의 구성

차도는 자동차 통행에 이용하려는 목적으로 설치된 도로의 부분(자전거 전용도로 제외)이며, 다음과 같이 구분된다.

• 직진차로 • 회전차로 • 변속차로 • 오르막차로 • 양보차로

(2) 차로 폭

차로의 폭은 차선의 중심선에서 인접한 차선의 중심선까지로 하며, 도로 구분, 설계속도 및 지역에 따라 아래표의 폭 이상으로 한다.

<표 2.17> 도로의 구분에 따른 차로 폭

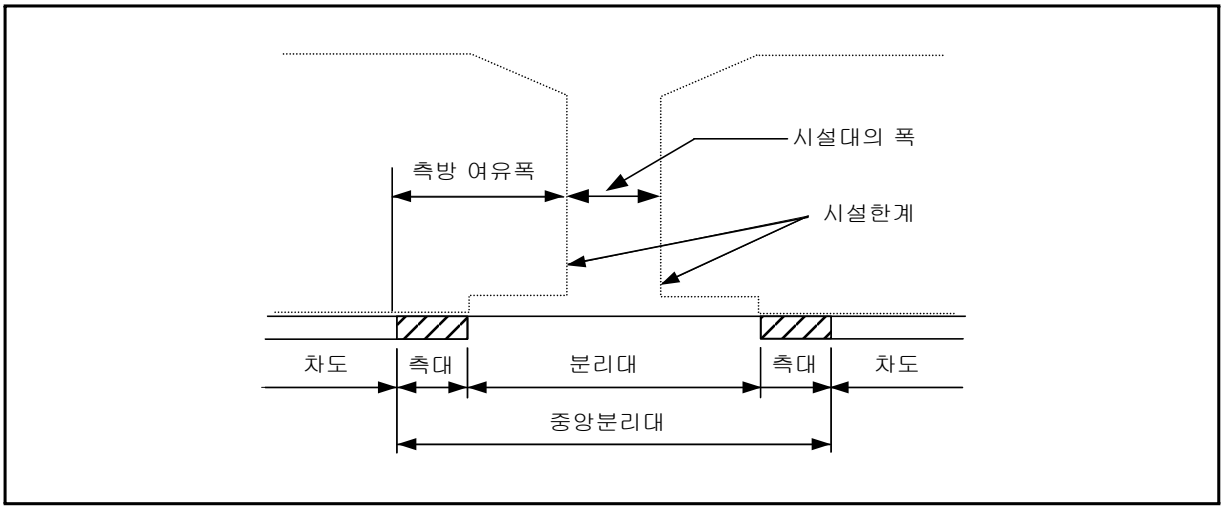
도로의 구분			차로의 최소폭(m)	
			지방지역	도시지역
고속도로			3.50	3.50
일반도로	설계속도	80km/h이상	3.50	3.25
		70km/h이상	3.25	3.25
		60km/h이상	3.25	3.00
		60km/h미만	3.00	3.00

주) 회전차로의 폭은 3m 이상을 원칙으로 하되, 필요한 경우에는 2.75m 이상으로 할 수 있음.

2.5.4 중앙분리대(도로의구조·시설기준에관한규칙 제11조)

도로에는 차로를 통행의 방향별로 분리하기 위하여 분리대를 설치하거나 노면표시를 한다. 중앙분리대의 분리대는 연석 기타 이와 유사한 공작물로 도로의 다른 부분과 구분되도록 설치한다.

(1) 중앙분리대의 구성



[그림 2.8] 중앙분리대의 구성

(2) 중앙분리대의 폭

<표 2.18> 중앙분리대의 표준 폭

(단위 : m)

도로의 구분		표준 폭
고속도로		3.0
도시고속도로		2.0
일반도로	지방부	1.5
	도시부	1.0
교차로에서 중앙분리대를 좌회전 차로로 활용할 경우		최소 3.5 권장 4.0
광폭 분리대		12 이상 최소 10
식재를 고려한 광폭 분리대 (이때의 분리대 횡단경사는 1:4 이상)		18

중앙분리대에는 측대를 설치하는데, 측대의 폭은 설계속도가 80km/h 이상인 경우는 0.5m 이상으로, 80km/h 미만인 경우는 0.25m 이상으로 한다.

중앙분리대의 분리대에 노상시설을 설치하는 경우 중앙분리대의 폭은 시설한계가 확보되도록 정해야 한다.

차로를 왕복방향별로 분리하기 위하여 노면표시를 하는 경우 각 노면표시의 중심 간의 간격은 0.5m 이상으로 한다.

2.5.5 길어깨(도로의구조·시설기준에관한규칙 제12조)

(1) 길어깨의 구성 및 분류

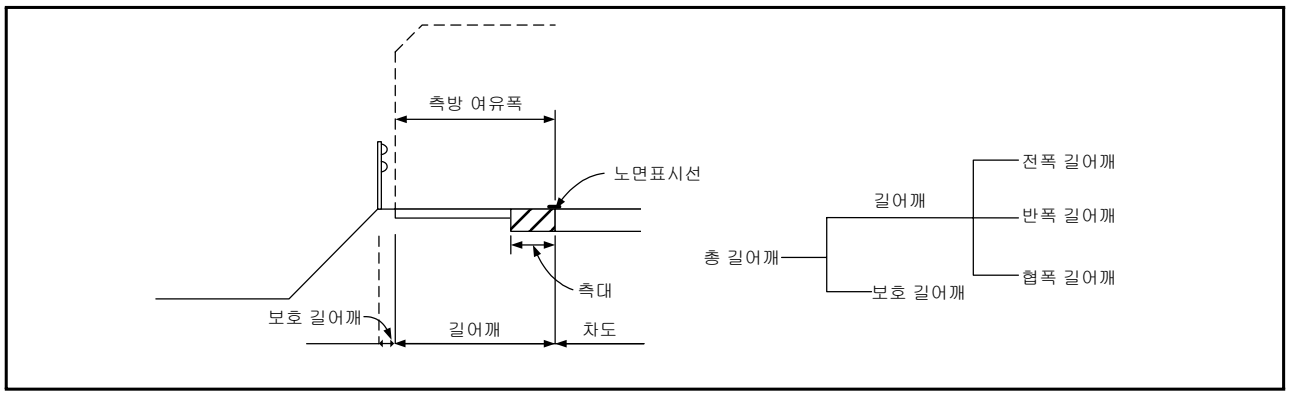
길어깨는 아래 그림과 같이 구성되며, 일반적인 길어깨와 보호 길어깨로 나누어진다.

(2) 길어깨의 폭

<표 2.19> 우측 길어깨의 최소 폭

(단위 : m)

도로의 구분			우측 길어깨의 최소 폭	
			지 방 지 역	도 시 지 역
고 속 도 로			3.00	2.00
일 반 도 로	설계 속도 (km/h)	80 이상	2.00	1.50
		60 ~ 80	1.50	1.00
		60 미만	1.00	0.75



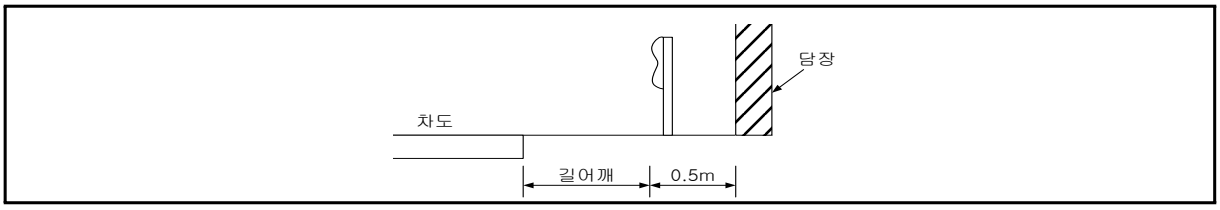
[그림 2.9] 길어깨의 구성 및 분류

<표 2.20> 좌측 길어깨의 최소폭

(단위 : m)

도로의 구분			좌측 길어깨의 최소 폭
고 속 도 로			1.00
일 반 도 로	설계속도(km/h)	80 이상	0.75
		80 미만	0.50

길어깨에 접하여 담장 등의 수직 구조물이 설치될 경우, 유효 길어깨에서 0.5m 이상의 측방 여유를 확보하여 가드 레일의 휨에 대한 공간을 확보해야 한다.



[그림 2.10] 길어깨 측방 여유폭의 확보

(3) 길어깨의 생략 또는 축소

다음의 경우에는 우측 길어깨를 축소, 생략할 수 있다.

- 도시지역의 시가지 도로에 정차대 설치시
- 일반도로 또는 시가지 가로에 보도 등을 설치하는 경우
- 장대교량 또는 터널에서 공사비 관계로 길어깨를 줄이는 경우가 많으나 용량감소에 따른 교통정체, 교통안전 등을 고려해야 하며, 특히 고속도로에서는 길어깨 폭을 줄이는 것에 신중을 기해야 함

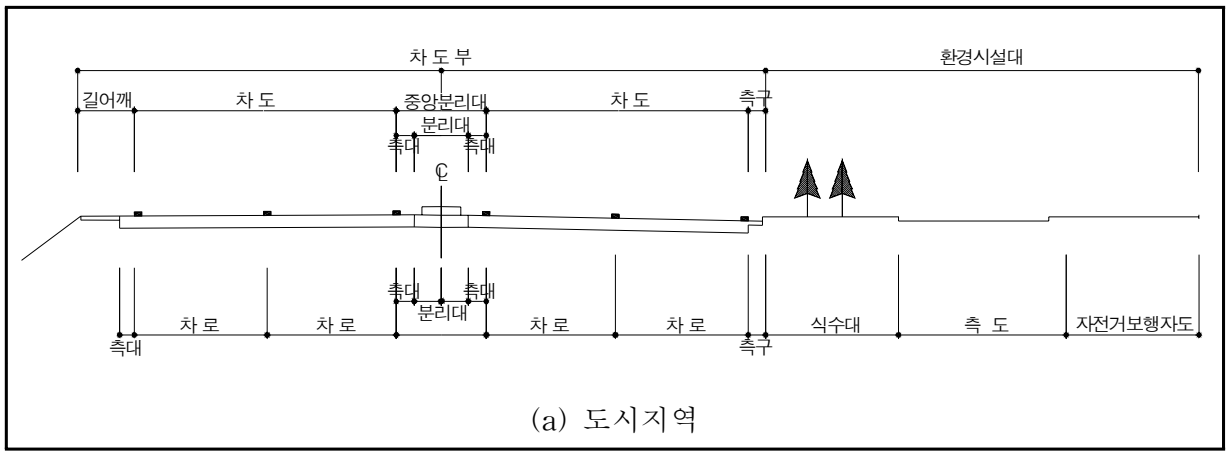
(4) 길어깨의 측대

<표 2.21> 길어깨 측대 폭원

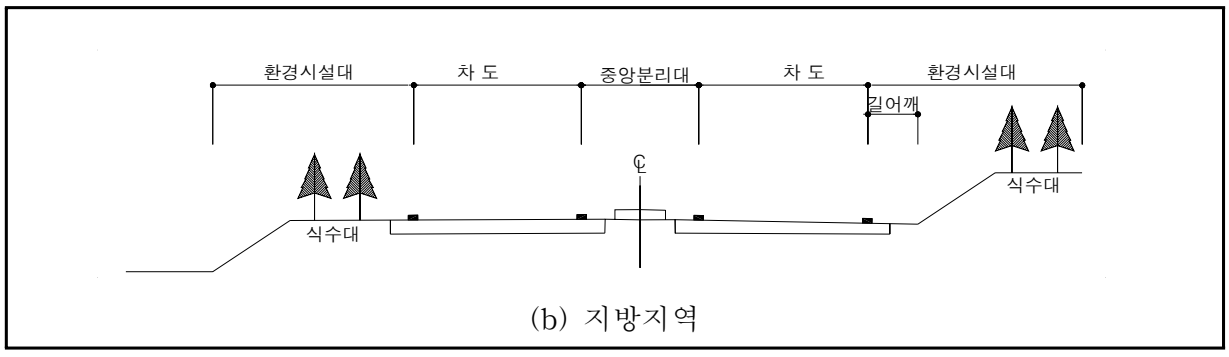
구 분	측대폭원	비 고
80km 이상	0.5m 이상	
80km 미만	0.25m 이상	

2.5.6 환경시설대(도로의구조·시설기준에관한규칙 제42조)

교통량이 많은 도로 주변의 주거지역, 정숙을 요하는 시설이나 공공시설 등이 위치한 지역 및 환경의 보존을 위하여 필요한 지역에는 도로의 바깥쪽에 환경시설대 또는 방음시설을 설치한다.



(a) 도시지역



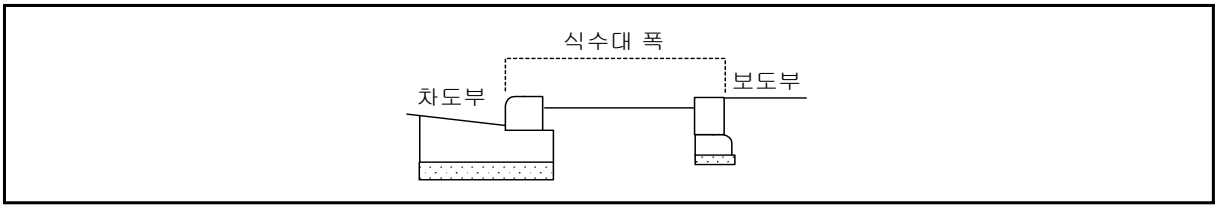
(b) 지방지역

[그림 2.11] 환경시설대 설치

2.5.7 식수대의 설치

- 식수대의 구조

식수대의 폭은 1.5m를 표준으로 하나 1.0m까지 줄일 수 있다. 식수대의 폭을 결정하는 데는 나무의 종류, 배치 및 기타 횡단구성 요소와 균형 등을 고려한다.



[그림 2.12] 식수대 단면

2.5.8 주·정차대(도로의구조·시설기준에관한규칙 제14조)

(1) 주·정차대의 설치

도시지역 집산도로에 있어서는 정차로 인한 본선 교통의 지체가 크기 때문에 정차대의 효과가 높다. 그러므로 정차대를 별도로 설치하는 것이 바람직하다.

또 정차대를 설치하지 않는 경우에는 버스나 택시의 정차로 인하여 통과자동차의 장애가 예상되기 때문에 버스정차대나 택시정차대를 설치 할 필요가 있다. 일반도로에 대해서도 마을 앞이나 노선시외버스 정류장에는 가능하면 버스정차대를 두는 것이 바람직하다.

(2) 주·정차대 폭과 구조

주·정차대의 표준폭은 2.5m로 한다. 그러나 통과교통량이 많을 경우 안전을 고려하여 3.0m 이상이 바람직하다.

(3) 주·정차대 운용

주·정차대의 본래의 목적은 일시적인 정차용이며, 상황에 따라 여러 가지 운용이 가능하다. 주차를 금지시켜 일시적인 정차만으로 사용할 때에는 자전거, 원동기 등이 이 정차대를 이용할 수 있는 이점도 있다.

교차로 부근에서는 주차는 물론 정차행위가 교통소통에 지장을 주므로 교차로 유출부에서는 정차대 폭을 이용하여 부가차선을 설치하는 것이 좋다.

2.5.9 자전거도로(도로의구조·시설기준에관한규칙 제15조)

(1) 개 요

안전하고 원활한 교통의 확보를 위하여 자전거와 자동차 및 보행자의 통행을 분리할 필요가 있는 경우에 자전거도로를 설치한다.

자전거도로의 설치 목적은 다음과 같다.

1) 자전거 전용도로 : 자전거만이 통행할 수 있도록 분리대·연석, 기타 이와 유사한 시설물로 차도 및 보도와 구분하여 설치되는 자전거도로
2) 자전거·보행자 겸용도로 : 자전거 외에 보행자도 통행할 수 있도록 분리대·연석, 기타 이와 유사한 시설물로 차도와 구분하거나 별도로 설치되는 자전거도로
3) 자전거·자동차 겸용도로 : 자전거 외에 자동차도 일시 통행할 수 있도록 차도에 노면표시로 구분하여 설치되는 자전거도로

(2) 자전거도로 등의 설치 기준

1) 통행량 산정

$$\text{자전거 도로의 1차선당 표준통행용량} = \frac{\text{자전거간 거리}}{\text{자전거 주행속도}} \times \text{보정계수}$$

2) 설계속도

자전거 도로별 표준설계속도는 <표 2.22>를 기준으로 한다.

<표 2.22> 자전거도로 표준 설계속도

구 분	표준설계속도(km/hr)
자전거 전용도로	30
자전거 보행자 겸용도로	20
자전거 자동차 겸용도로	20

3) 자전거 도로폭

자전거 도로 1차로의 최소폭은 1.1m 이상으로 하고, 부득이한 경우는 0.9m 이상으로 할 수 있다.

4) 자전거 경사로

고가교나 지하도에는 폭 0.15m 이상의 자전거 경사소를 설치하여야 하며, 높이가 3m 이상일 경우에는 높이 3m 마다 1.2m 이상의 평면구간을 설치하여야 한다.

5) 정지시거

<표 2.23> 자전거 도로 정지시거 규정

구 분	설계속도(km/hr)	정지시거(m)
평 지	30 이상	30 이상
	20	15 이상
	10	10 이상

6) 곡선반경

<표 2.24> 자전거 도로 곡선반경

설계속도(km/hr)	최소곡선반경(m)	비 고
30 이상	24	
20	17	
10	10	

7) 종단경사

<표 2.25> 자전거 도로 종단경사

종단경사(%)	제한길이(m)	비 고
7	90	
6	120	
5	160	
4	220	
3 이하	제한 없음	

8) 자전거 도로등에 노상시설을 설치하는 경우에 자전거 도로의 높이(건축한계)는 2.5m 이상으로 한다.

2.5.10 보도(도로의구조·시설기준에관한규칙 제16조,건교부 보도설치및 관리지침)

(1) 개 요

- 보도는 보행자의 안전하고 괘적한 통행을 보장하는 구조 및 시설이 되도록 한다.
- 보도는 보행자의 통해 우경로를 따라 연속성을 유지하고, 산책, 공원 연결도로 등 휴식 공간으로 활용되는 장소에는 편의시설 등을 설치할 수 있다.

(2) 보도의 폭

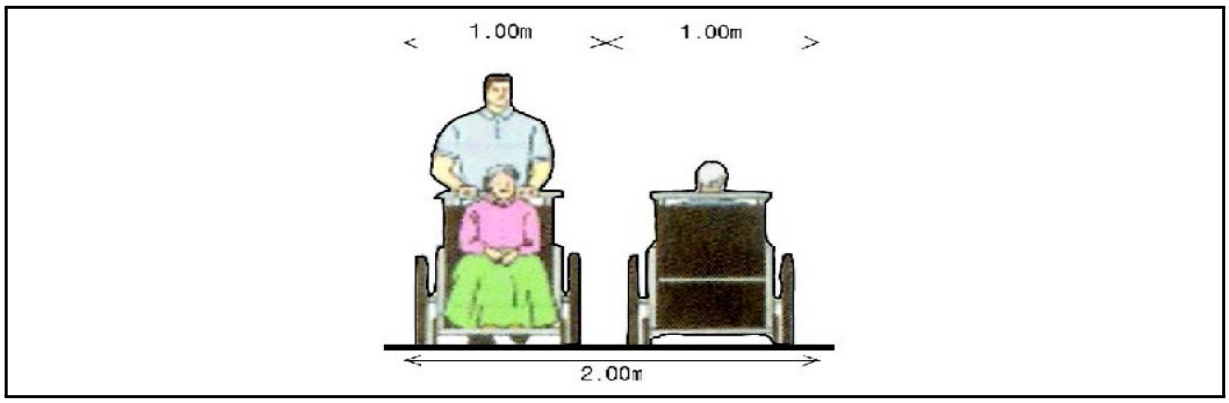
<표 2.26> 보도의 최소 폭

(단위 : m)

구 분		보도의 최소 폭
지방지역의 도로		1.50
도시지역	간선도로	3.00
	집산도로	2.25
	국지도로	1.50

「도로의 구조 시설기준에에 관한 규칙」에서 최소폭을 1.5m로 규정하고 있으나, 장애인 등의 통행 안전성을 감안하여 보도의 최소 유효폭은 2.0m를 확보하는 것이 바람직하다. 단 주변 지형여건, 지장물 등으로 2.0m의 폭 확보가 곤란한 경우에는 1.5m까지 유효보도폭을 축소할 수 있다

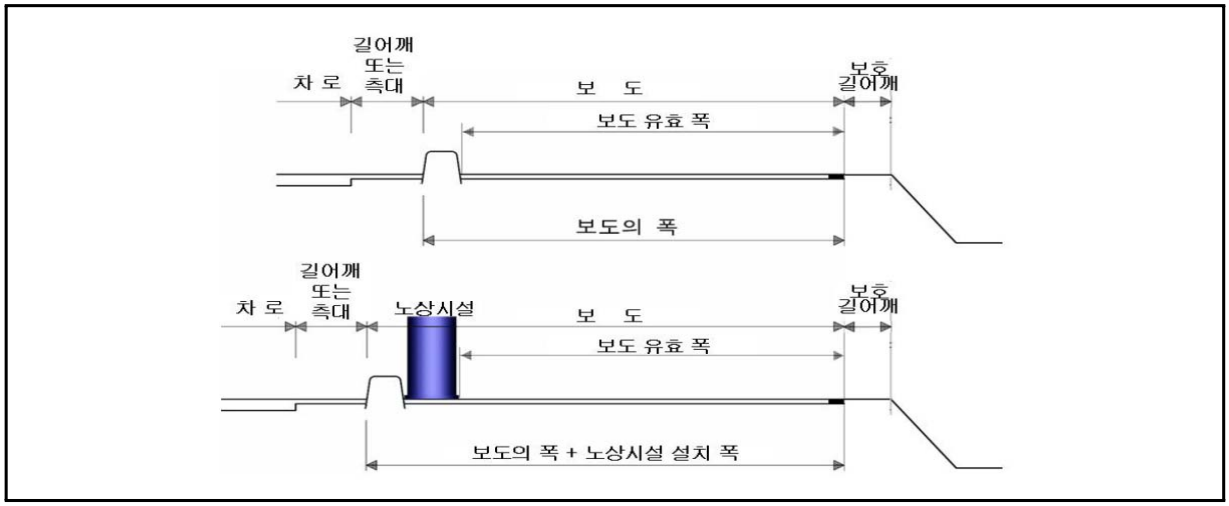
보도에 노상시설을 설치하는 경우 아래표에 제시된 노상시설 설치에 의한 장애폭을 더한 값으로 한다. 단 도시계획이나 주변지장물 등으로 인하여 부득이하다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니한다.



[그림 2.13] 보도의 최소폭원

<표 2.27> 보도노상시설 설치에 대한 장애정도

노상시설	장애정도(m)	노상시설	장애정도(m)
가로등	0.8 ~ 1.0	휴지통	0.9
교통신호등 지주	0.9 ~ 1.2	지하철환기구	0.8
교통안전표지판	0.6 ~ 1.8	가로수	0.9 ~ 1.2
우체통	1.0 ~ 1.1	가로수보호지주	1.5
공중전화박스	1.2	신문가판대	1.2 ~ 2.0



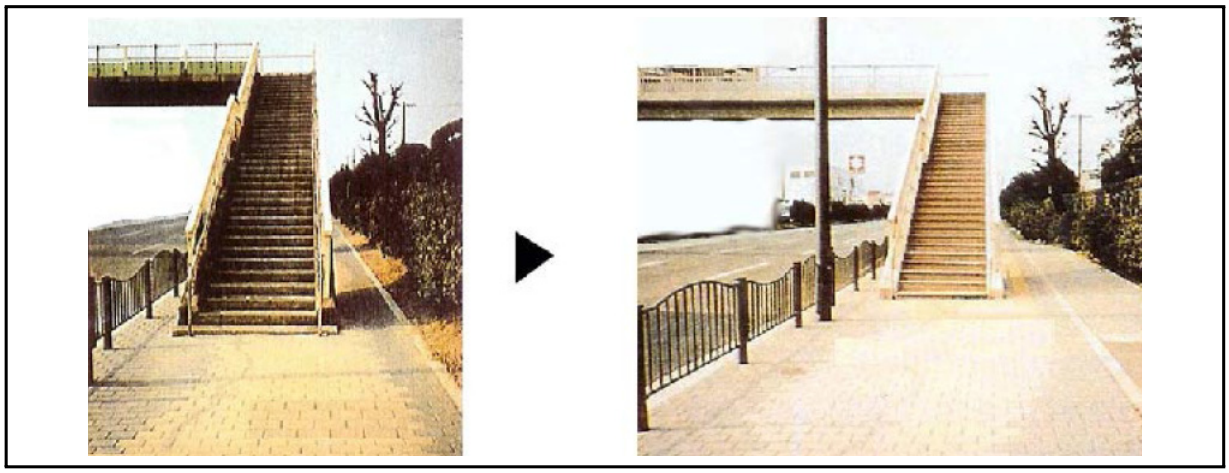
[그림 2.14] 보도와 노상시설 관계

(3) 보도폭의 결정시 고려사항

- 보도의 폭은 도로의 구분별 최소폭 이외에 가로수를 식재하는 경우 1.0m를 추가로 확보해야 하며, 가로수 이외의 노상시설에 대하여도 <표 2.27>의 장애폭을 추가로 확보

해야 함

- 보도육교가 설치되는 경우 계단과 램프 또는 엘리베이터가 설치되는 공간에 대하여 추가로 폭원을 확보한다.(기본계획단계에서 필히 고려)
- 보도육교 계단 및 램프의 설치 위치에서 보도에 인접하여 주택부지 또는 상가용지 등이 있을 경우는 완충녹지 등이 있는 경우와 달리 실제 구조물 설치가 불가능함



[그림 2.15] 횡단육교에 따른 유효보도폭원 설치

(4) 보차도 경계석 일반적 설치 예

구 분	제 품	높이기준	비 고
광로,대로	콘크리트, 화강석	300 cm	
중로	콘크리트, 화강석	250 cm	
소로	콘크리트, 화강석	200 cm	

2.6 도로선형

2.6.1 개요

도로 선형은 도로의 중심선이 입체적으로 그리는 연속된 형상으로서 평면적으로 본 도로중심선의 형상을 평면선형, 종단면으로 본 도로중심선의 형상을 종단선형이라 한다. 도로의 선형은 해당 도로의 설계속도에 주로 좌우된다.

또한, 도로의 선형 설계는 도로의 기능성, 안전성, 효율성, 환경성 및 경제성 등이 종합적으로 고려될 수 있도록 한다.

2.6.2 시거

(1) 정지 시거

<표 2.28> 도로조건에 따른 설계속도별 정지시거

설계속도 (km/h)	노면 습윤 상태		노면 건조 상태		노면 동결 상태	
	f	정지시거(m)	f	정지시거(m)	f	정지시거(m)
120	0.28	215	0.54	190		
110	0.28	185	0.55	165		
100	0.29	155	0.56	140		
90	0.30	130	0.57	120		
80	0.30	110	0.58	100		
70	0.31	95	0.59	85	0.15	140
60	0.32	75	0.60	70	0.15	100
50	0.34	55	0.61	55	0.15	70
40	0.37	40	0.63	40	0.15	45
30	0.44	30	0.64	30	0.15	25
20	0.44	20	0.65	20	0.15	25

$$D = 0.694V + \frac{V^2}{254f}$$

여기서, D = 정지시거 (m)

V = 자동차의 속도 (km/h)

f = 노면상태에 따른 종방향 미끄럼 마찰계수

- 터널내 정지시거마찰계수를 노면 건조 상태의 값으로 적용한다.
- 도로의 종단경사를 고려시

$$D = 0.694V + \frac{V^2}{254(f \pm s/100)}$$

여기서, s = 종단경사(%)

2.6.3 평면선형

도로의 평면선형은 주행의 안전성, 쾌적성, 연속성과 환경성, 경제성 등을 고려하여 설계되어야 한다.

평면선형은 도로의 설계속도에 따라 직선, 원곡선, 완화곡선으로 구성된다.

(1) 평면곡선반경의 적용

<표 2.29> 설계속도별 최소 평면곡선반경

설 계 속 도 (km/h)	횡방향미끄럼 마찰계수	최 소 평 면 곡 선 반 경 (m)		
		최대 편경사 6%	최대 편경사 7%	최대 편경사 8%
120	0.10	710	670	630
110	0.10	600	560	530
100	0.11	460	440	420
90	0.11	380	360	340
80	0.12	280	265	250
70	0.13	200	190	180
60	0.14	140	135	130
50	0.16	90	85	80
40	0.16	60	55	50
30	0.16	30	30	30
20	0.16	15	15	15

평면곡선부를 주행하는 자동차가 횡방향으로 미끄러지지 않을 조건의 평면곡선반경, 설계속도, 횡방향미끄럼 마찰계수 및 편경사의 관련식이다.

i : 편경사

f : 횡방향미끄럼마찰계수

V : 설계속도

(2) 평면 곡선의 길이

<표 2.30> 설계속도별 최소 평면곡선 길이

설계속도(km/h)	최 소 평 면 곡 선 길 이 (m)	
	도로의 교각이 5°미만인 경우	도로의 교각이 5°이상인 경우
120	700/θ	140
110	650/θ	130
100	550/θ	110
90	500/θ	100
80	450/θ	90
70	400/θ	80
60	350/θ	70
50	300/θ	60
40	250/θ	50
30	200/θ	40
20	150/θ	30

주) θ는 도로 교각의 값(°)이며, 2°미만인 경우에는 2°로 한다.

$$L = \frac{t}{3.6} \cdot V$$

여기서, L : 평면곡선 길이(m)

t : 주행시간(4 초)

V : 자동차 속도(km/h)

2.6.4 종단선형(도로의구조·시설기준에관한규칙 제24,26조)

(1) 종단경사

차도의 종단경사는 도로의 구분,지형상황과 설계속도에 따라 다음표의 비율 이하로 하여야 하며, 배수를 고려 최저 0.3%이상 계획하도록 한다.

<표 2.31> 설계속도별 종단경사 기준

설계속도	고속도로		간선도로		집산도로 연결로		국지도로	
(km/h)	평지	산지	평지	산지	평지	산지	평지	산지
120	3	4						
110	3	5						
100	3	5	3	6				
90	4	6	4	6				
80	4	6	4	7	6	9		
70			5	7	7	10		
60			5	8	7	10	7	13
50			5	8	7	10	7	14
40			6	9	7	11	7	15
30					7	12	8	16
20							8	16

(2) 종단곡선

1) 차도의 종단경사가 변경되는 부분에는 종단곡선을 설치하여야 한다. 이 경우 종단곡선의 길이는 제2항의 규정에 의한 종단곡선의 변화비율에 의하여 산정한 길이와 종단곡선의 길이중 큰 값의 길이 이상이어야 한다.

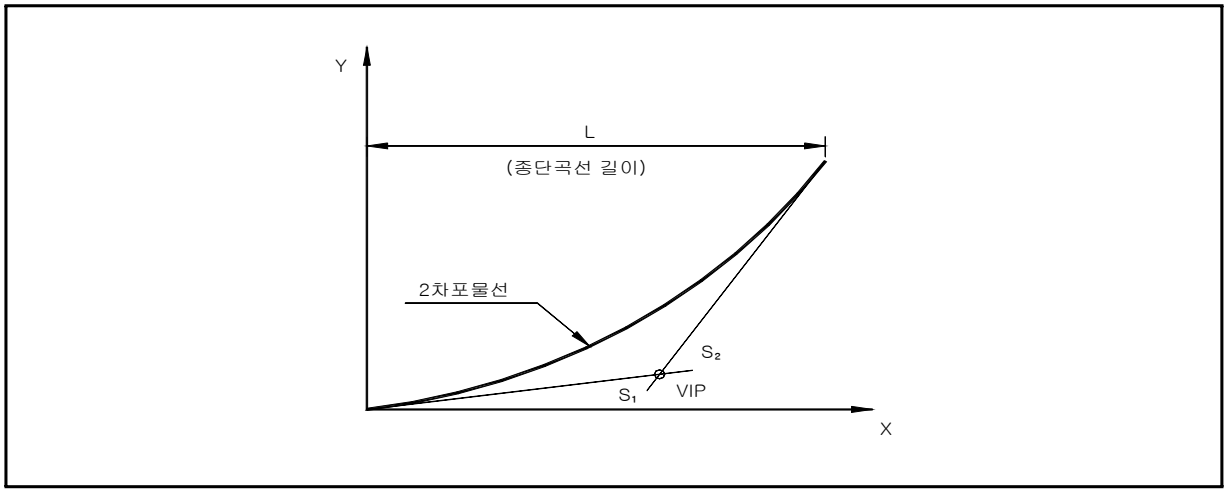
2) 종단곡선의 크기표시

$$K = \frac{K_r}{100} = \frac{L}{(|s_2 - s_1|) \times 100} = \frac{L}{S}$$

여기서, K : 종단곡선 변화비율(m/%)

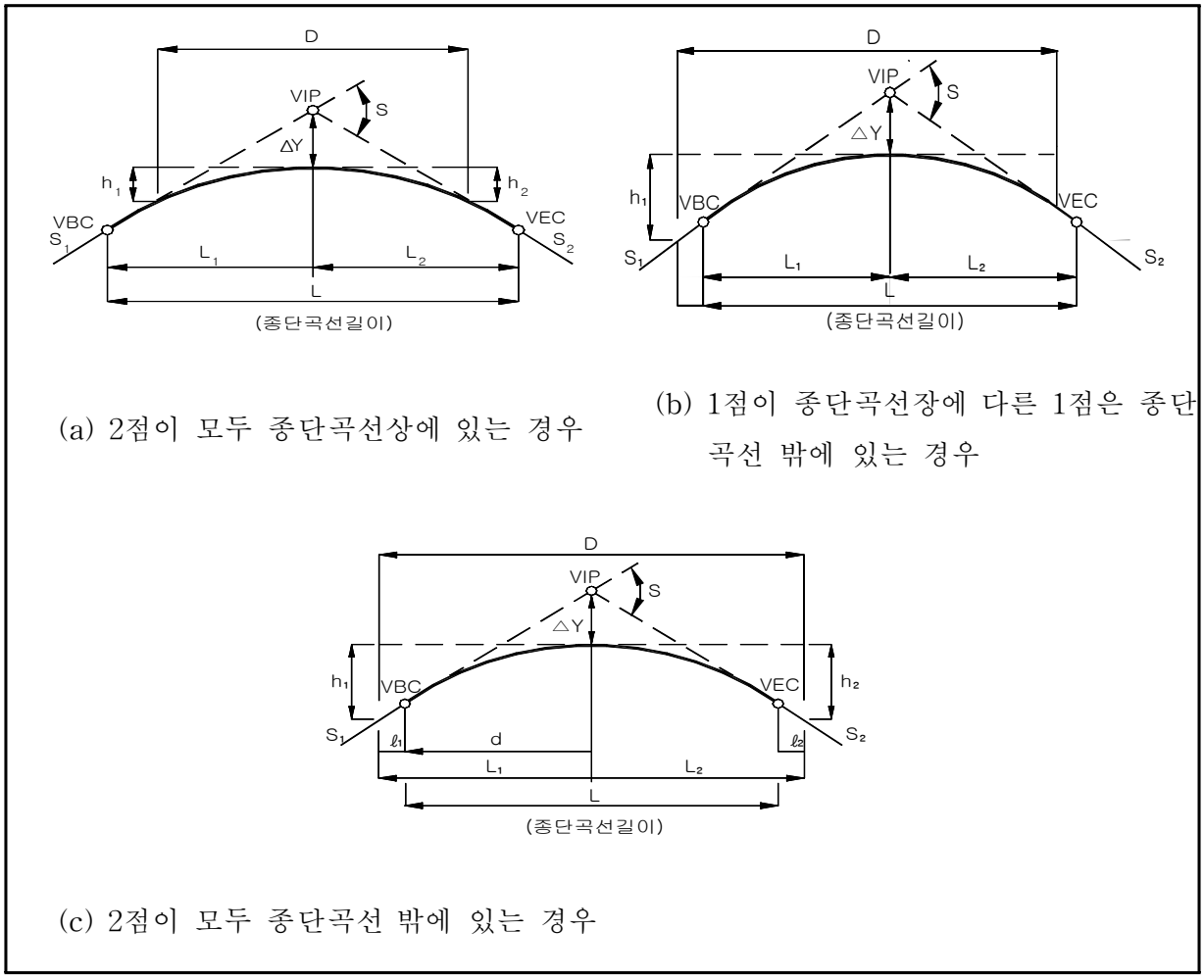
L : 종단곡선 길이(m)

S : 종단경사의 대수차($|s_2 - s_1|$)(%)



[그림 2.16] 종단곡선의 크기 표시

3) 볼록 종단곡선 길이의 계산



(a) 2점이 모두 종단곡선상에 있는 경우

(b) 1점이 종단곡선장에 다른 1점은 종단곡선 밖에 있는 경우

(c) 2점이 모두 종단곡선 밖에 있는 경우

[그림 2.17] 볼록 종단곡선에서의 시거

<표 2.32> 볼록 종단곡선 길이의 계산

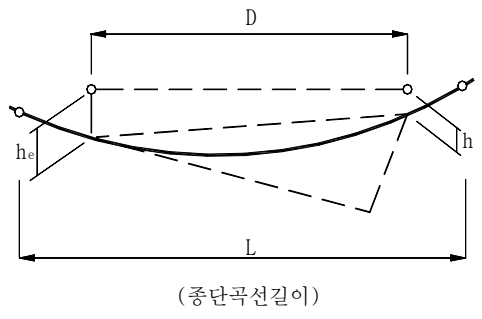
파라메터	정지시거 고려시	앞지르기시거 고려시
눈높이 (h_1)	1.0m	1.0m
물체높이 (h_2)	0.15m	1.25m
D>L 경우	$L = 2D - \frac{385}{S}$	$L = 2D - \frac{897}{S}$
D<L 경우	$L = \frac{S \cdot D^2}{385}$	$L = \frac{S \cdot D^2}{897}$

4) 오목 종단곡선 길이의 계산

- 오목 종단곡선의 길이를 결정하는 데 고려해야 할 사항은 전조등 시거, 승차감, 배수 등이며, 이 중에서 전조등 시거와 지하차도의 시거 확보가 중요하다.
  자동차가 밤에 오목 종단곡선을 운행할 때 운전자가 볼 수 있는 범위는 전조등이 밝히는 범위에 국한된다. 오목 종단곡선의 최소 길이 L을 구하기 위하여 자동차로부터 전조등이 밝히는 거리 D, 전조등 높이 h, 전조등의 조명각 Θ의 관계를 나타낸다.

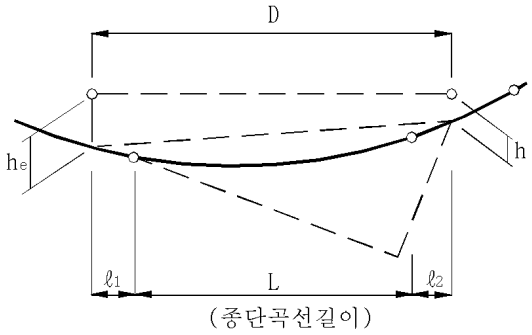
<표 2.33> 전조등 야간 투시를 고려한오목 종단곡선 길이 계산

파라메터	전조등 야간투시 고려시
전조등 높이 (h_1)	1.0m
전조등 조명각 (Θ)	1°
D>L 경우	$L = 2D - \frac{120 + 3.5D}{S}$
D<L 경우	$L = \frac{S \cdot D^2}{120 + 3.5D}$



(종단곡선길이)

(a) 2점이 종단곡선상에 있는 경우



(종단곡선길이)

(b) 2점이 종단곡선 밖에 있는 경우

[그림 2.18] 오목 종단곡선에서의 시거(전조등 야간투시의 경우)

- 지하차도의 오목 종단곡선에서는 상부구조물에 의해서 시계가 차단되고 시거가 어느 정도 짧아진다. 이와 같은 적절한 시거와 시설한계에 필요한 오목 종단곡선의 길이는

<표 2.34> 지하차도의 오목 종단곡선길이 계산

파라메터	지하차도 시거 고려시
D>L 경우	$L = 2D\frac{800}{S}(C - \frac{h_1 + h_2}{2})$
D<L 경우	$L = \frac{S \cdot D^2}{800}(C - \frac{h_1 + h_2}{2})^{-1}$

주) 이 방정식은 (C+E)가 60m이하일 경우에만 유효

5) 설계속도별 최소 종단곡선 변화비율 및 최소길이

- 볼록형: 정점부 정지시거가 확보 되도록 종단곡선길이 설치
- 오목형: 야간 전조등으로 비추어 정지시거를 확보할 수 있도록 종단곡선길이 설치

<표 2.35> 설계속도별 종단곡선 변화율 및 길이

설계속도(km/h)	종단곡선의 형태	종단곡선 최소변화 비율(m/%)	종단곡선 최소 길이(m)
120	볼록곡선	200	100
	오목곡선	70	
100	볼록곡선	100	85
	오목곡선	50	
90	볼록곡선	75	75
	오목곡선	40	
80	볼록곡선	50	70
	오목곡선	35	
70	볼록곡선	30	60
	오목곡선	25	
60	볼록곡선	20	50
	오목곡선	20	
50	볼록곡선	10	40
	오목곡선	12	
40	볼록곡선	5	35
	오목곡선	7	
30	볼록곡선	3	25
	오목곡선	4	
20	볼록곡선	1	20
	오목곡선	2	

2.6.5 교차로 접속부 종단경사

(1) 교차로 접속부 완경사 설치

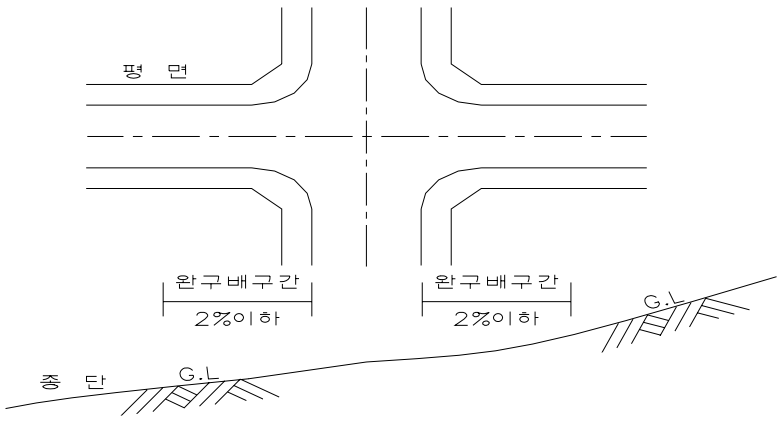
- 교차로 접속부는 일시정지 후 출발하는 빈도가 매우 높기 때문에, 차량이 용이하게 정지·출발할 수 있는 종단경사가 2%이하로 하고, 완경사 길이는 도로의 기능에 따라 다음 값 이상으로 한다.

  단, 도로종단 지점의 변화지점에는 종단곡선을 설치하되 교차로의 경우 주간선 1방향만 종단경사를 설치한다.

<표 2.36> 교차로 접속부의 완경사 구간 최소길이

구 분		폭원 (m)	완경사구간의 최소길이(m)	비 고
주간선도로	광로3류 대로1류	40 35	40 40	
보조간선도로	대로2류 대로3류	30 25	35 35	
집산도로	중로1류 중로2류 중로3류	20 15 12	15 15 15	
국지도로	소류1류 소로2류 소로3류	10 8 6	10 10 10	

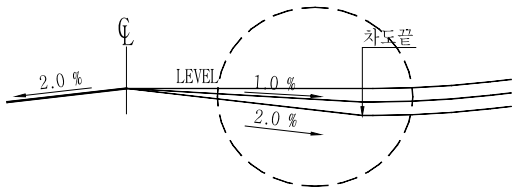
자료 : 도시계획도로의 계획 및 설계기준(2권) (건설교통부 : 200쪽)



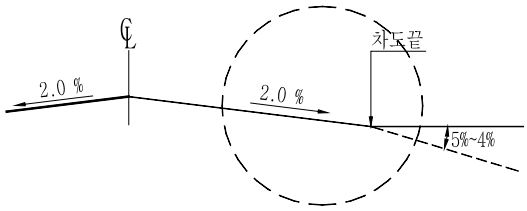
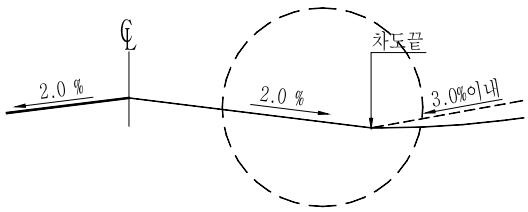
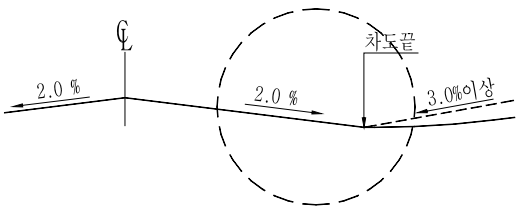
[그림 2.19] 완경사 구간 설치 예시도

(2) 주도로 횡단선형과 부도로 종단선형 관계

- 교차로 구간의 종단선형 계획시 횡단경사를 고려하지 않은 종단계획으로 주도로와 부도로의 종단상 단차발생 또는 완경사 구간 미 설치등으로 포장공사 중 단차발생, 노면배수 불량, 시공조잡등의 문제가 발생하므로 교차로구간 종단선형 설계기법을 적용하여 주행의 쾌적성, 안전성, 노면배수처리의 원활을 도모하도록 하여야 한다.

부도로의 접속등급	주도로의 횡단경사	단 면 도
동급도로	LEVEL	
대로이상 또는 1등급차	-1.0 %	
2등급차	-1.5 %	
3등급차이상 부도로의 직진성이 없다 주도로의 규모와 중요도가 크다 부도로의 구배가완경사(3%이내)	-2.0 %	

[그림 2.20] 주도로의 횡단경사 결정방법

구 분	접 속 방 법	단 면 도
주도로 부도로의 차이가 2% 이내일 경우	종단곡선 또는 완경사구간을 생략하고 주도로 횡단끝지점에 그대로 접속	
주도로 부도로가 2~4% 차이나고 부도로 종단경사가 ±3% 이내일 경우	부도로 끝부분에 종단곡선 설치	
주도로 부도로가 2%이상 차이나고 부도로 종단경사가 ±3% 이상	부도로에 완경사구간 설치 완경사는 ±3%이내, 길이는 도로에 따라 10~40m 이상	

[그림 2.21] 부도로 종단선형의 접속방법

2.7 평면곡선부의 편경사(도로의구조·시설기준에관한규칙 제20조)

2.7.1 개요

차도의 평면 곡선부에는 도로가 위치하는 지역, 적설 정도, 설계속도, 평면 곡선반경 및 지역 상황에 따라 최대 편경사를 둔다.

(1) 최대 편경사

<표 2.37> 적용 최대 편경사

설계속도(km/h)		최대 편경사(%)
지방지역	적설 지역	6
	기타 지역	8
도시지역		6
연 결 로		8

그러나 다음의 경우에는 편경사를 두지 않는다.

- 평면 곡선 반경을 고려하여 편경사가 필요없는 경우
- 설계속도가 60km/h 이하인 도시지역의 도로에서 도로 주변과의 접근과 다른 도로와의 접속을 위하여 편경사 설치가 곤란한 경우

(2) 평면 곡선반경과 편경사

1) 일반지역 도로

<표 2.38> 평면곡선반경에 따른 편경사 (최대 편경사 = 6%)

설계속도 (km/h)	NC	2%	3%	4%	5%	6%
120	6,900 이상	6,900~3,840	3,840~2,470	2,470~1,610	1,610~1,050	1,050~710
110	5,800 이상	5,800~3,230	3,230~2,070	2,070~1,360	1,360~880	880~600
100	4,800 이상	4,800~2,650	2,650~1,690	1,690~1,070	1,070~690	690~460
90	3,900 이상	3,900~2,150	2,150~1,370	1,370~880	880~560	560~380
80	3,100 이상	3,100~1,680	1,680~1,060	1,060~670	670~420	420~280
70	2,300 이상	2,300~1,280	1,280~800	800~490	490~310	310~200
60	1,700 이상	1,700~940	940~580	580~350	350~220	220~140
50	1,200 이상	1,200~650	650~400	400~230	230~140	140~90
40	800 이상	800~420	420~260	260~150	150~90	90~60
30	400 이상	400~240	240~150	150~85	85~50	50~30
20	200 이상	200~110	110~65	65~35	35~25	25~15

2)도시지역도로

도시지역 내 도로에서는 편경사를 설치하되 편경사를 생략할 수 있는 평면곡선반경으로 설계하는 것이 바람직하다.

<표 2.39> 도시지역 도로의 편경사와 평면곡선반경의 관계

편경사의 값 (%)	평 면 곡 선 반 경 (m)				
	60km/h	50km/h	40km/h	30km/h	20km/h
6	140 이상 145 미만	90 이상 95 미만	60 이상 63 미만	30 이상 32 미만	15 이상 16 미만
5	145 이상 155 미만	95 이상 100 미만	63 이상 65 미만	32 이상 35 미만	16 이상 17 미만
4	155 이상 165 미만	100 이상 110 미만	65 이상 70 미만	35 이상 38 미만	17 이상 18 미만
3	165 이상 175 미만	110 이상 115 미만	70 이상 75 미만	38 이상 40 미만	18 이상 19 미만
2	175 이상 240 미만	115 이상 155 미만	75 이상 90 미만	40 이상 55 미만	19 이상 25 미만
NC	240 이상	155 이상	90 이상	55 이상	25 이상

주) NC는 표준횡단경사 적용 (편경사 생략)

2.7.2 편경사의 접속 설치

(1) 편경사의 접속 설치율

<표 2.40> 편경사의 접속 설치율

설계속도(km/h) / 국별	120	110	100	90	80	70	60	50
AASHTO (1994)	1/250	1/238	1/222	1/210	1/200	1/182	1/167	1/150
일 본	1/200	-	1/175	-	1/150	-	1/125	1/115
우리나라 적용기준	1/200	1/185	1/175	1/160	1/150	1/135	1/125	1/115

(2) 편경사의 설치 길이

$$L_s = \frac{B \times \Delta i}{q}$$

여기서, Ls = 편경사의 설치 길이(m)

B = 기준선에서 편경사가 설치되는 곳까지의 폭(m)

Δi = 횡단경사 값의 변화량(%/100)

q = 편경사 접속 설치율(m/m)

(3) 차로 수에 따른 편경사 접속 설치 길이의 보정

<표 2.41> 차로 수에 따른 편경사 접속 설치 길이의 보정계수

편경사가 설치되는 차로 수	접속설치 길이의 보정계수
3	1.25
4	1.50
5	1.75
6	2.00

2.7.3 편경사 설치 방법

(1) 기준점 선정

도로상에 편경사를 설치하기 위해서는 다음 네 가지 방법이 사용되고 있다.

1) 도로중심선 표고를 기준으로 양측차로 표고를 결정하는 방법
2) 안쪽 차로를 기준으로 도로 전체 표고를 결정하는 방법
3) 바깥쪽 차로를 기준으로 도로 전체 표고를 결정하는 방법
4) 한쪽 방향으로만 횡단경사가 설치된 도로의 바깥 차로를 기준으로 도로 전체 표고를 결정하는 방법

(2)편경사 구간별 구성

1) 설계속도와 평면곡선반경에 따른 편경사(i)의 크기 선정
2) 설계속도에 따른 편경사 접속 설치율(q) 선정
3) 편경사 접속 설치 구간(TL)의 산정

TL = 표준 횡단 경사 변화 구간 +편경사 변화구간(L)

4) 편경사 변화구간(L)의 산정
5) 변화 길이 전체에 설치될 최대의 편경사를 보간법으로 변화시켜 편경사를 작성하고 측점별 편경사도 산출

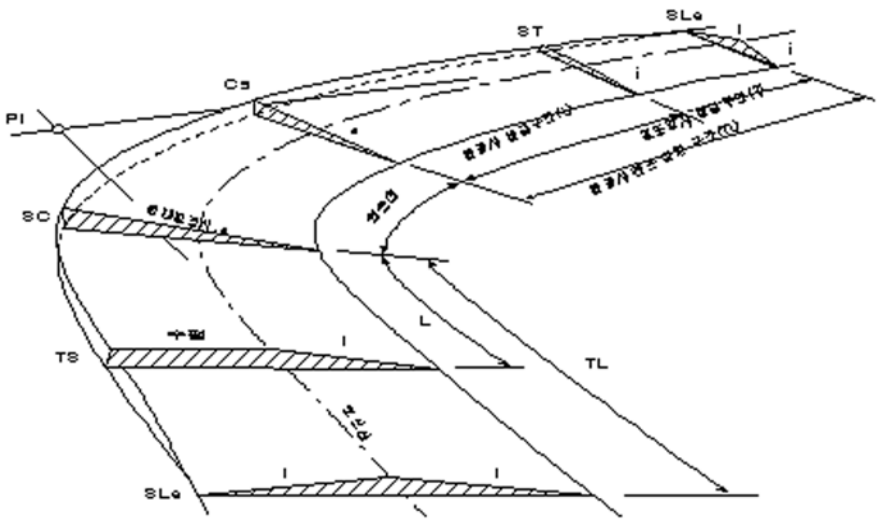
<표 2.42> 편경사의 구간별 구성

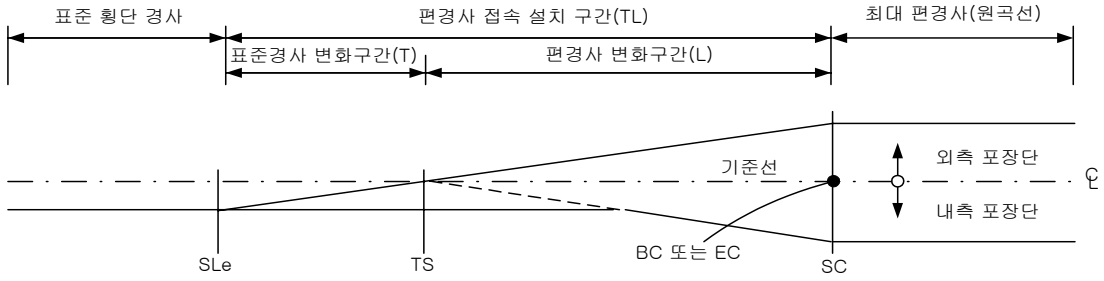
구간		편경사의 구성별 과정
직선구간		표준 횡단경사만을 갖는 직선부
편경사 접속 설치구간 (TL)	표준경사 변화구간 (T)	도로의 직선부 표준 횡단경사의 바깥쪽 차로 횡단경사를 어느 정도 길이로 내어서 0으로 함
	편경사 변화구간(L)	안쪽 차로는 도로의 정상 횡단경사를 유지하고 바깥쪽 차로는 계속 기울기를 높여 정상 횡단경사 유지
		바깥 차로와 안쪽 차로의 횡단경사가 모두 정상 횡단경사가 된 후 계속해서 경사를 높여 최대 편경사 유지
평면곡선구간		최대 편경사가 유지되는 곡선부

6) 완화곡선의 길이가 상당히 길어질 경우, 편경사의 변화속도가 낮아 경사가 작은 구간(표준 횡단경사 구간~역 표준 횡단경사 구간)은 노면 배수가 원활치 못하므로, 그 구간의 편경사 변화 속도를 높여야 한다. 즉 그 구간의 편경사 접속 설치율이 1/250 이하이면 그 구간의 편경사 접속 설치율을 1/250으로 높여야 한다.

이때, 배수를 고려하여 편경사 접속설치율을 1/250으로 한 편경사 접속설치 길이를 TL' 이라 표기한다.

아래 그림은 일반적인 편경사의 설치 방법을 그림으로 나타낸 것이다.





주) PI : 두 직선부 도로 중심선의 교차점

TS/ST : 직선구간과 완화곡선 구간의 전이 시점

SC/CS : 완화곡선 구간과 곡선부의 전이 시점(BC 또는 EC)

SLe : 편경사 접속설치 구간의 시점 — TL : 편경사 접속 설치 구간

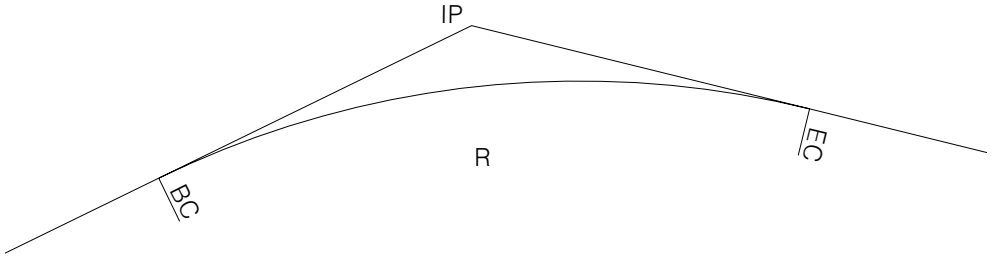
T : 표준경사 변화구간 — i : 표준횡단경사(%)

L : 편경사 변화구간 — e : 편경사(%)

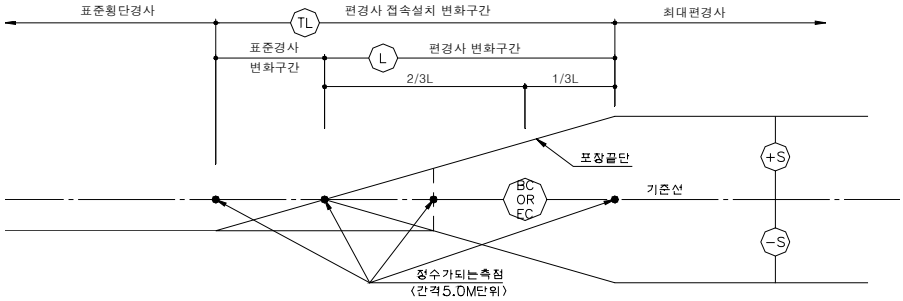
(3) 편경사 설치방법 예

<사례 1> 직선-원곡선-직선의 경우 편경사 설치

• 평 면 선 형



• 편경사 설치도



[예제1] 설계속도 80km/h의 4차로 도로로서 평면곡선반경 R=1,800m이며, 평면곡선 길이 300m일 때 편경사 설치 방법

ⅰ) 해당 노선에 적용될 최대 편경사를 6%로 한다.

ⅱ) <표 2.36>에서 설치될 최대 편경사는 2%이다.

ⅲ) 편경사 접속설치율 q=1/150 적용

ⅳ) 편경사 접속설치구간 산정

- 편경사 설치폭 : B=7.75m
- 횡단경사의 변화량 : △i=4%
- 편경사 접속 설치를 위한 변화구간 총길이 (TL)

$$TL = \frac{W \cdot \triangle i}{q} = 7.75 \times 0.04 \div \frac{1}{150} = 46.5 \fallingdotseq 47m$$

ⅳ) 편경사 변화구간 길이 산정(L)

- 편경사 변화 크기 : △i=2%
- 편경사 변화구간

$$L = \frac{B \cdot \triangle i}{q} = 7.75 \times 0.02 \div \frac{1}{150} = 23.25 \fallingdotseq 24\,m$$

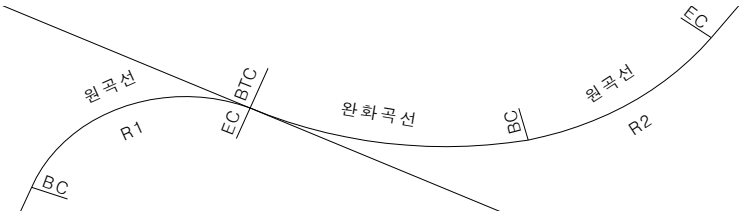
- 평면곡선 내의 편경사 접속설치구간

  L/3=24÷3=8m

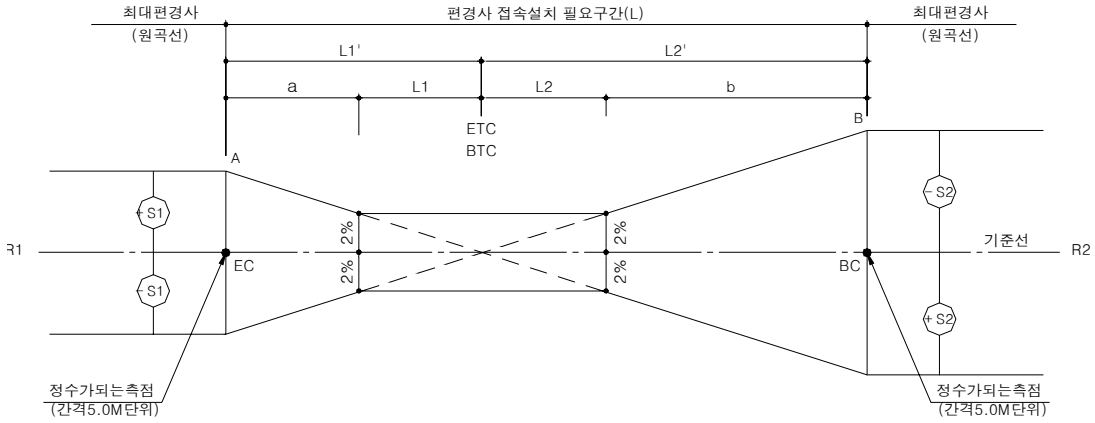
ⅴ) 편경사 접속 설치 길이는 직선구간에서 39m, 평면곡선부에서 8m로 총 47m로 하되 보간법에 의하여 일률적으로 편경사 설치

<사례 2> 원곡선-완화곡선이 배향인 경우

• **평 면 선 형**



• **편경사 설치도**



[예제2] 설계속도 80km/h의 4차로 도로로서 평면곡선반경 R=1,500m이며, 원곡선구간과 R=500m인 원곡선의 시점에 설치된 완화곡선이 배향하는 경우 편경사 설치방법

ⅰ) 설치될 최대편경사는 <표2.36>에 의해 다음과 같다.
R_1=1,500m일 때 : 3%
R_2=500m일 때 : 5%

ⅱ) 편경사 접속설치율 q=1/150 적용

ⅲ) 편경사 접속 설치구간 산정
- 편경사 설치폭 : B=7.75m
- 횡단경사의 변화량 : △i=8%
- 편경사 접속설치 필요구간

$$L = i_1 + i_2 \times B \times \frac{1}{q} = (0.03+0.05) \times 7.75 \div \frac{1}{150} = 93\text{m}$$

ⅳ) 곡선의 편경사 변화구간 길이(L)의 1/3인 a값 계산

$$a = \frac{1}{3} \times \frac{B\triangle i}{q} = \frac{1}{3} \times 7.75 \times 0.03 \div \frac{1}{150} = 11.6 \fallingdotseq 12\text{m}$$

• 곡선의 시점에 평면곡선반경 R=500m, 길이 90m인 완화곡선이 설치된 경우

ⅴ) a+b=102m로 편경사 접속설치 필요구간(L=93m)보다 크므로 편경사 접속설치길이는 R_1=1,500m 원곡선구간에서 12m 완화곡선구간에서 90m, 총 102m로 하되 보간법에 의하여 일률적으로 편경사 설치

• 곡선의 시점에 평면곡선반경 R_2=500m, 길이 70m의 완화곡선이 설치된 경우

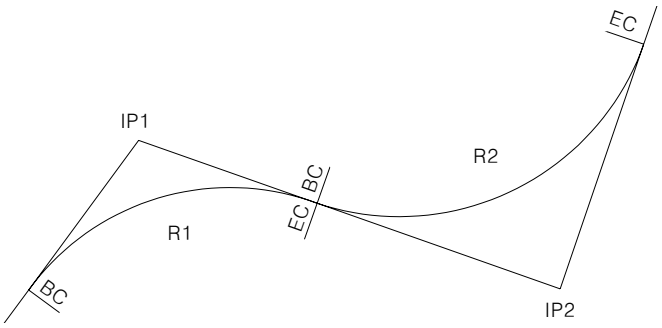
ⅵ) a+b=82m로 편경사 접속설치 필요구간(L=93m)보다 짧으므로 R_1=1,500m인 원곡선부와 R_2=500m인 원곡선부에 편경사 접속설치를 위한 길이의 부족분(c)을 확보한다.

$$C = \frac{(L-(a+b))}{2} = \frac{(93-82)}{2} = 5.5 \fallingdotseq 6\text{m}$$

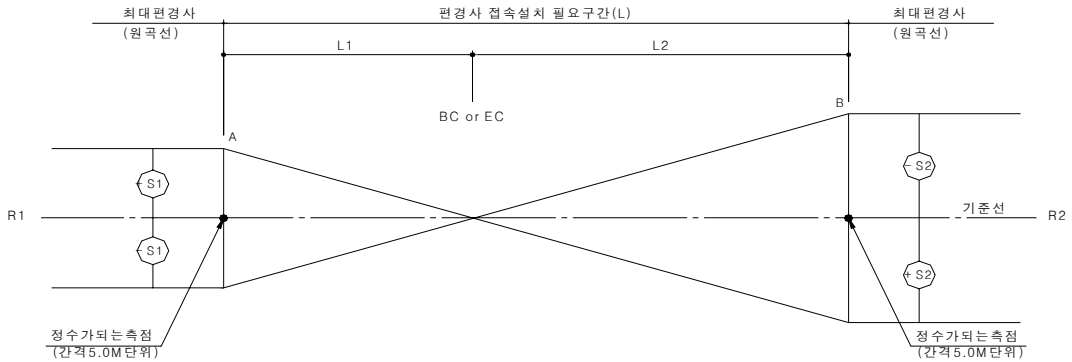
ⅶ) 편경사 접속설치 길이는 R_1=1,500m인 원곡선구간에 18m(12+6m), 완화곡선구간에 70m, R_2=500m인 원곡선구간에 6m를 합한 총 94m구간으로 하되 보간법에 의하여 일률적으로 편경사 설치

<사례 3> 원곡선-원곡선이 배향인 경우

• 평 면 선 형



• 편경사 설치도



[예제3] 설계속도 80km/h의 4차로 도로로서 평면곡선반경 R_1=1,500m인 곡선과 R_2=1,000m인 곡선이 배향하는 경우 편경사 설치 방법

ⅰ) 설치될 최대편경사는 <표 2.36>에 의해 다음과 같다.

R_1=1,500m일 때 : 3%

R_2=1,000m일 때 : 4%

ⅱ) 편경사 접속 설치율 q=1/150 적용

ⅲ) 편경사 접속 설치구간 산정

- 편경사 설치 폭 : B=7.75m

- R_1=1,500일 때의 $L_1 = 0.03 \times 7.75 \div \frac{1}{150} = 34.9 \fallingdotseq 35m$

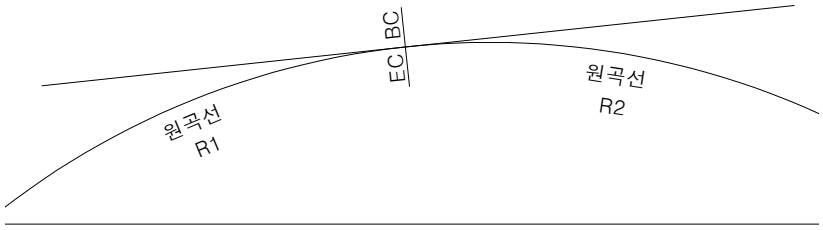
- R_2=1,000일 때의 $L_2 = 0.04 \times 7.75 \div \frac{1}{150} = 46.5 \fallingdotseq 47m$

- $L = (0.03 + 0.04) \times 7.75 \div \frac{1}{150} = 81.4 \fallingdotseq 82m$

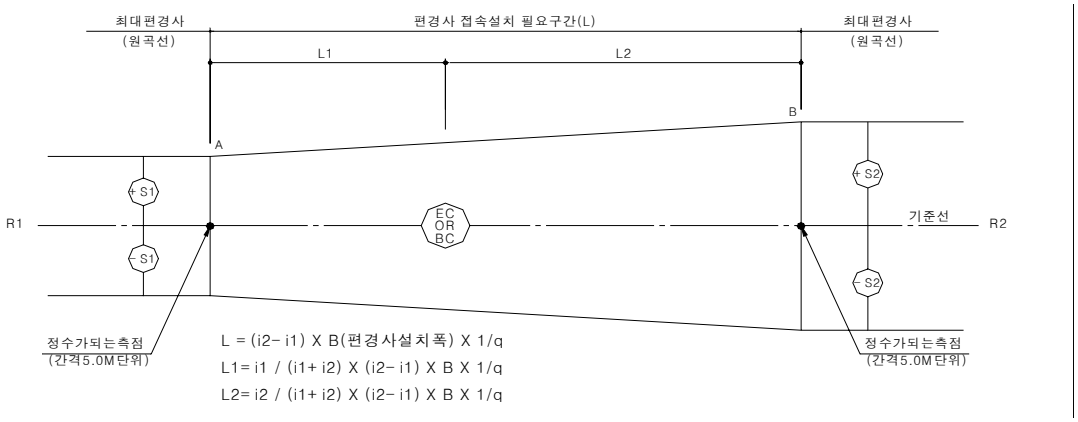
ⅳ) 편경사 접속설치 길이는 R_1=1,500m인 곡선측에 35m, R_2=1,000m인 곡선 측에 47m를 합한 총 82m로 하되, 보간법에 의하여 일률적으로 편경사 설치

<사례 4> 원곡선-원곡선이 복합곡선인 경우

• 평 면 선 형



• 편경사 설치도



[예제4] 설계속도 80km/h의 4차로 도로로서 평면곡선반경 R_1=1,500m인 곡선과 R_2=1,000m인 곡선이 복합하는 경우 편경사 설치방법

ⅰ) 설치될 최대 편경사는 <표 2.36>에 의해 다음과 같다.

R_1=1,500m일 때 : 3%

R_2=1,000m일 때 : 4%

ⅱ) 편경사 접속 설치율 q=1/150 적용

ⅲ) 편경사 접속 설치구간 산정

- 편경사 설치 폭 : B=7.75m

- R_1=1,500일 때의 $L_1 = \frac{0.03}{0.07} \times 0.01 \times 7.75 \div \frac{1}{150} = 4.9 \fallingdotseq 5\text{m}$

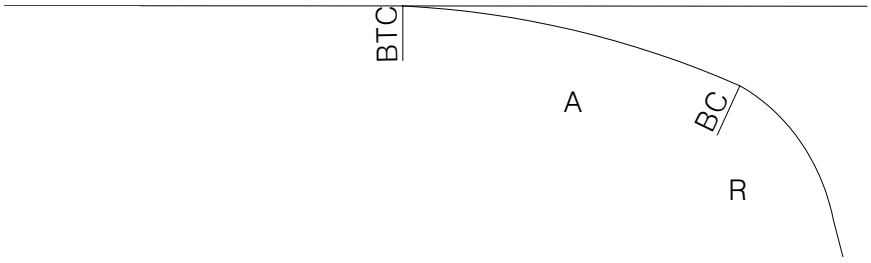
- R_2=1,000일 때의 $L_2 = \frac{0.04}{0.07} \times 0.01 \times 7.75 \div \frac{1}{150} = 6.6 \fallingdotseq 7\text{m}$

- $L = (0.04 - 0.03) \times 7.75 \div \frac{1}{150} = 11.6 \fallingdotseq 12\text{m}$

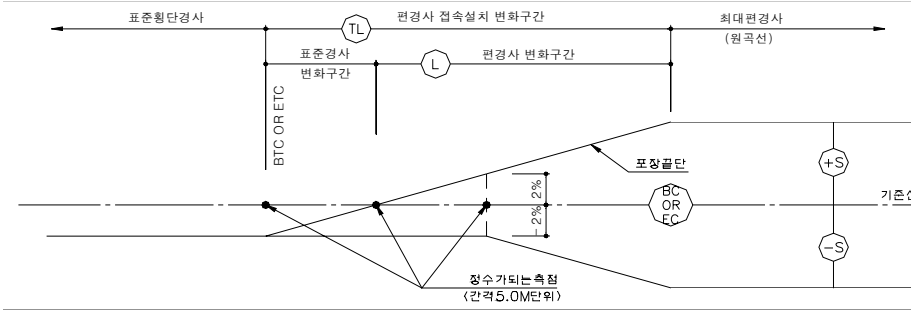
ⅳ) 편경사 접속설치 길이는 R_1=1,500m인 곡선측에 5m, R_2=1,000m인 곡선측 7m를 합한 총 12m로 하되, 보간법에 의하여 일률적으로 편경사 설치

<사례 5> 직선-완화곡선-원곡선인 경우 편경사 설치

• 평 면 선 형



• 편경사 설치도 (TL≦완화곡선 길이≦TL′인 경우)



- TL : 필요한 편경사 접속설치 길이
- TL′: 배수를 고려한 편경사 접속설치 길이 (편경사 접속설치율 1/250)

[예제5-1] 설계속도 80km/h의 4차로 도로로서 평면곡선반경 R=400m이며 원곡선의 시종점부에 길이가 120m인 완화곡선의 설치된 경우 편경사 설치방법

ⅰ) 최대편경사를 6%로 한다.

ⅱ) 편경사 접속 설치율 q=1/150 적용

ⅲ) 편경사 접속설치 구간 산정

- 편경사 설치 폭 : B=7.0+0.5+0.25=7.75m
- 횡단경사의 변화량 : -2%→6%이므로 △i=8%
- 편경사 접속설치를 위한 변화구간 총길이 (TL)

$$TL = \frac{B \cdot \triangle i}{q} = 7.75 \times 0.08 \div \frac{1}{150} = 93m$$

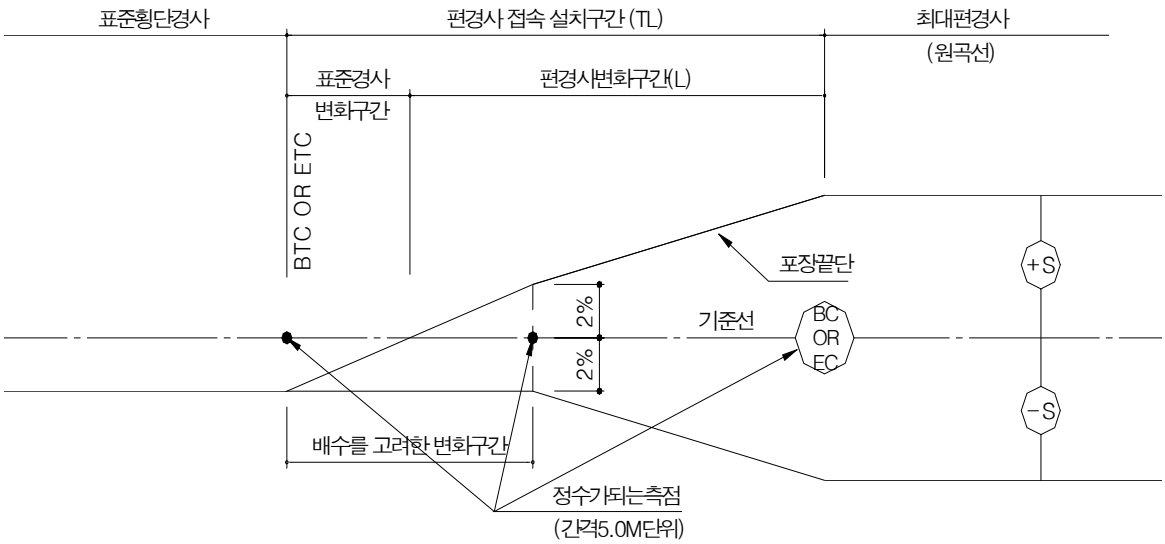
- 배수를 고려한 편경사 접속 설치율(1/250)에 의한 변화구간 총길이(TL′)

$$TL' = \frac{B \cdot \triangle i}{q} = 7.75 \times 0.08 \div \frac{1}{250} = 155m$$

완화곡선의 길이가 120m로서 편경사 접속 설치율 1/150과 1/250에 의한 길이 사이에 있으므로 편경사를 완화곡선부 전 구간에 걸쳐 일률적으로 설치한다.

ⅳ) 완화곡선의 시종점부에서부터 횡단경사를 변화시켜 원곡선의 시종점부에서 최대편경사가 되도록 설치한다.

• 편경사 설치도 (완화곡선 길이≧TL′인 경우)



[예제5-2] 설계속도 80km/h의 4차로 도로로서 평면곡선반경 R=1,000m, 완화곡선 길이가 180m일 때의 편경사 설치방법

ⅰ) 최대편경사를 4%로 한다.

ⅱ) 편경사 접속설치율 q=1/150 적용

ⅲ) 편경사 접속설치 구간 산정

- 편경사 설치 폭 : B=7.75m
- 횡단경사의 변화량 : △i=6%
- 완화곡선 전길이에 걸쳐 일률적으로 편경사를 설치할 경우의 편경사 접속설치율

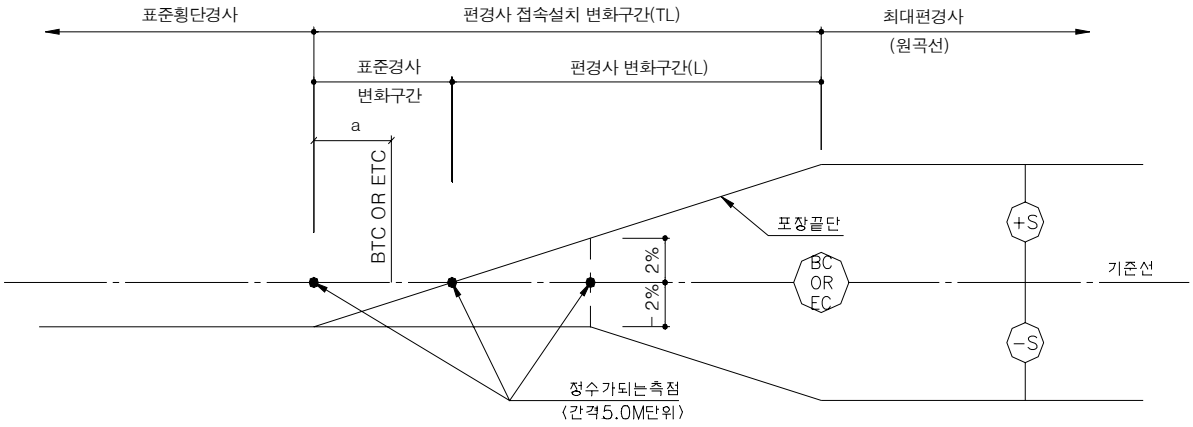
$$q = \frac{B \cdot \triangle i}{TL} = \frac{7.75 \times 0.06}{180} = 1/387$$

- 배수를 고려할 때 낮은 경사구간(표준 횡단경사에서 역표준 횡단경사까지)의 편경사 접속 설치율에 대한 보정이 필요함.

ⅳ) 낮은 경사구간의 편경사 변화길이를 80m로 제한하여 변화시킨다.

ⅴ) 나머지 100m 구간에서 역표준 횡단경사에서 최대 편경사까지 일률적으로 변화시키도록 한다.

• 편경사 설치도 (완화곡선 길이≦TL인 경우)



주) a = TL-완화곡선 길이

[예제5-3] 설계속도 80km/h의 4차로 도로로서 평면곡선반경 R=400m, 원곡선의 시종점부에 길이가 80m인 완화곡선이 설치된 경우 편경사 설치 방법

ⅰ) 최대편경사를 6%로 한다.

ⅱ) 편경사 접속 설치율 q=1/150 적용

ⅲ) 편경사 접속설치 구간 산정

- 편경사 설치 폭 : B=7.75m
- 횡단경사의 변화량 : △i=8%
- 편경사 접속설치를 위한 변화구간의 총길이 (TL)

$$TL = \frac{B \cdot \triangle i}{q} = 7.75 \times 0.08 \div \frac{1}{150} = 93m$$

완화곡선길이가 80m이므로 편경사 접속 설치율을 직선부에서도 확보하여야 한다.

- 편경사 변화구간 길이 (L)

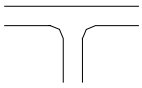
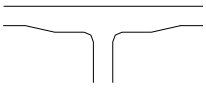
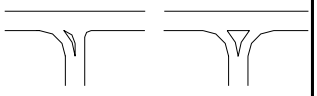
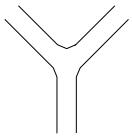
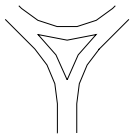
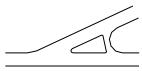
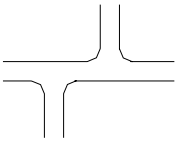
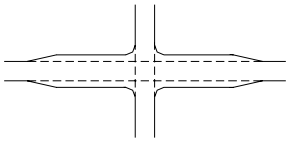
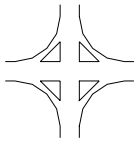
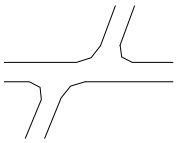
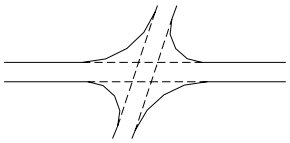
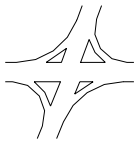
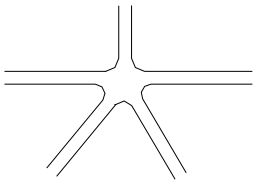
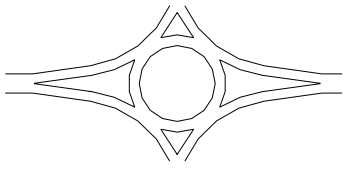
$$L = \frac{B \cdot \triangle i}{q} = 7.75 \times 0.06 \div \frac{1}{150} = 70m$$

ⅳ) 완화곡선의 길이가 TL보다 작고 L보다는 크므로, 횡단경사 변화량에 대한 접속설치의 총 변화구간 길이(TL)가 부족한 만큼 직선구간에 확보하여 편경사를 설치하여야 한다.

2.8 평면교차

2.8.1 평면교차의 형태(도로의구조·시설기준에관한규칙 제31조)

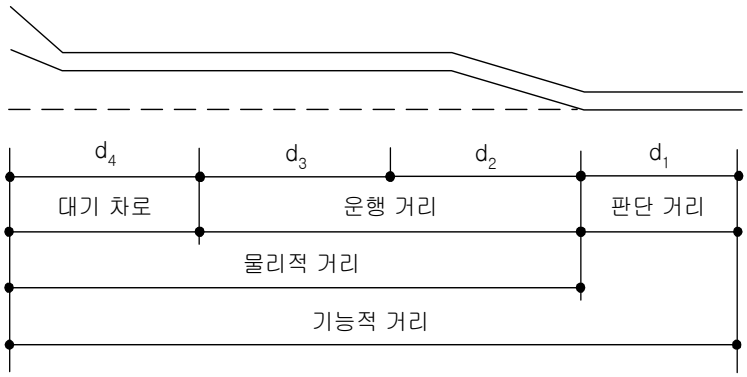
평면교차는 교차하는 갈래 수, 교차각 및 교차 위치에 따라 구분된다. 여기서 갈래라 함은 교차로의 중심을 기준으로 할 때 바깥 방향으로 뻗어나간 도로의 수를 말하며, 일반적으로 형태에 따른 구분은 아래와 같다.

세 갈래 교차로	T형	 미확폭 교차로	 확폭 교차로	 단순 유출입 (단순 접속)
	Y형	 미확폭 교차로	 확폭 교차로	 도류화
네 갈래 교차로	직각	 엇갈림	 확폭 교차로	 도류화
	사각	 엇갈림	 확폭 교차로	 도류화
기 타		 기형(여러 갈래) 교차로	 로 터 리	

[그림 2.22] 평면교차의 형태

2.8.2 평면교차 설계

(1) 기능적 거리의 산정

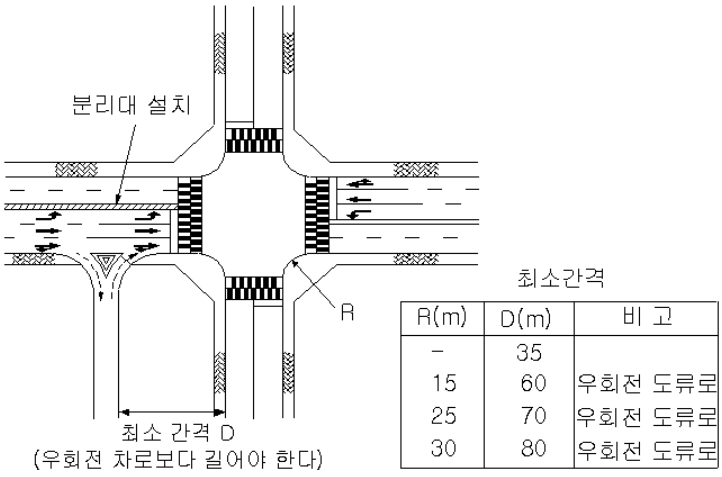


[그림 2.23] 교차로의 기능적 영향권을 구성하는 요소

<표 2.43> 판단 및 운행 거리

속도(km/h)	운행거리(m)	판단 및 운행거리(m)	비고
50	70(50)	100(65)	( )는 최소치 적용시의 값임.
55	90(65)	130(80)	
65	115(85)	160(100)	
70	140(105)	190(125)	
80	170(125)	230(145)	
90	205(150)	165(170)	

(2) 최소 설치 간격



최소간격

R(m)	D(m)	비 고
-	35	
15	60	우회전 도류로
25	70	우회전 도류로
30	80	우회전 도류로

[그림 2.24] 교차로에 인접한 부도로의 최소 설치 간격

2.8.3 도류화

도류화(channelization)는 자동차와 보행자를 안전하고 질서 있게 이동시킬 목적으로 교통섬, 노면표시 등을 이용하여 상충하는 교통류를 분리시키거나 규제하여 명확한 통행경로를 지시해주는 것을 말한다.

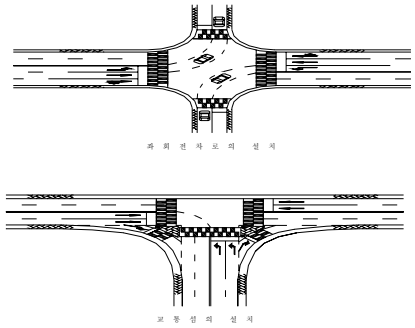
(1) 도류화의 목적

- 두개 이상의 자동차 경로가 교차하지 않도록 통행 경로를 제공
- 자동차가 합류, 분류 및 교차하는 위치와 각도를 조정
- 교차로 면적을 줄임으로써 자동차 간의 상충 면적을 줄임
- 자동차가 진행해야 할 경로를 명확히 제공
- 주된 이동류에게 통행우선권을 제공
- 보행자 안전지대의 장소 제공
- 분리된 회전차로는 회전 자동차의 대기 장소를 제공
- 교통제어시설을 잘 보이는 곳에 설치하기 위한 장소를 제공
- 불합리한 교통류의 진행을 금지 또는 지정된 방향으로 통제
- 자동차의 통행속도를 안전한 정도로 통제

(2) 도류화 설치방법

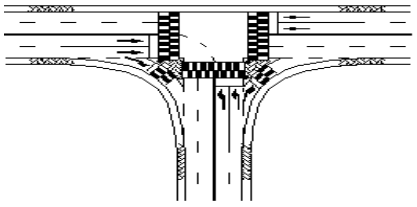
1) 기하구조와 교통관제방법이 조화를 이루도록 한다.

• 신호교차로에서 분리된 좌회전 차로의 사용은 신호주기의 변동을 줌으로써 그 효과를 크게 증진시킨다. 이는 시간별로 변화하는 교통패턴을 반영시키는 운영의 조정을 쉽게 하며, 대향차로의 좌회전을 안전하게 하는데도 유리하다.



좌회전차로의 설치

• 교통섬은 정지표지나 양보표지를 위한 적합한 장소를 제공할 뿐만 아니라 정지선에 위치한 운전자의 시거 내에 있도록 한다. 우회전 차로를 설치하는 것은 우회전을 하기 위하여 대기하는 자동차들로 인하여 생기는 불필요한 지체를 없앤다.

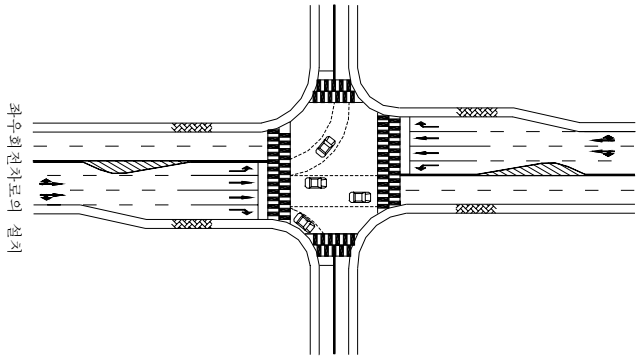


교통섬의 설치

[그림 2.25] 기하구조와 교통관제

2) 서로 다른 교통류는 분리한다.

- 높은 속도를 갖는 지방부에서는 고속 추돌사고의 잠재성을 줄이기 위하여 회전 교통량에 관계없이 별도의 좌·우회전 차로를 설치함으로써 직진(통과) 자동차와 감속 자동차를 분리시켜야 한다.
- 낮은 속도의 지방부 도로나 도시부 가로에서의 좌회전 차로는 직진 자동차와 대기 자동차를 분리시킴으로써 직진 자동차와 충돌 없이 좌회전 교통류가 좌회전 신호를 기다리거나 대향 차로의 차도간격을 선택할 수 있도록 한다.

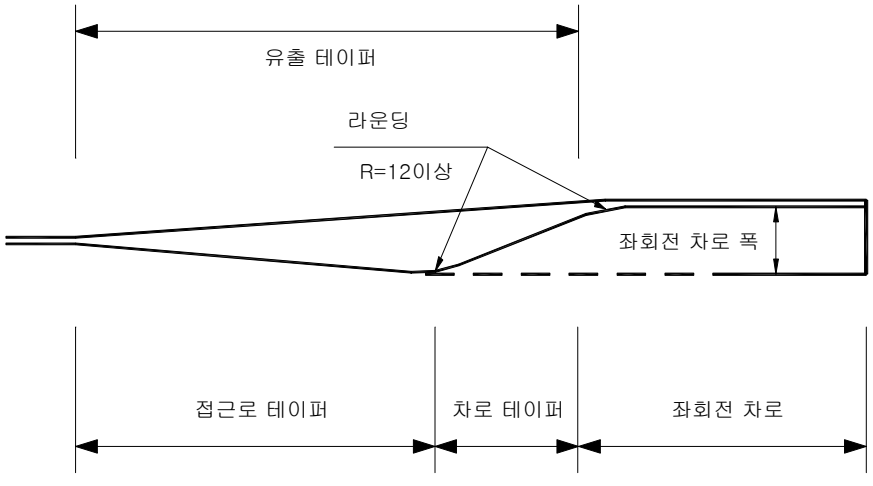


[그림 2.26] 교통류 분리

2.8.4 좌회전 차로

(1) 설치방법

본선 교통류에서 좌회전 자동차의 영향을 제거하기 위하여 좌회전 차로를 직진 차로와 분리하여 설치하는 것으로 본선 차로폭과 같은 폭으로 하는 것이 바람직하지만, 교차로에서 전체 폭의 증가를 최대한 억제하기 위하여 부가차로를 설치하는 경우에는 직진 차로폭을 3.0m까지 축소할 수 있다.



[그림 2.27] 좌회전 차로의 구성

(2) 좌회전 차로의 길이

<표 2.44> 좌회전 차로의 감속 길이(l)

설계속도 (km/h)	감속 거리(l)	
	기준치	최소치
80	125	80
70	95	65
60	70	45
50	50	35
40	30	20
30	20	15

주) • 기준치 $a=2.0m/sec^2$

• 최소치 $a=3.0m/sec^2$

• 좌회전 차로의 최소 설치 길이는 다음 식에 의한다.

$$L = 1.5\times N\times S + \ell - T \geq 2.0\times N\times S$$

여기서,

L = 좌회전 대기 차로의 길이

N = 좌회전 자동차의 수

(신호 1주기당 또는 비신호시 1분간 도착 자동차)

S = 자동차 길이 (7.0m)

ℓ = 감속 길이

T = 차로 테이퍼 길이

(3) 차로 테이퍼

최소 비율은 AASHTO에서 적용하는 폭과 길이의 비율을 설계속도 50km/h 이하에서는 1 : 8, 설계속도 60km/h 이상에서는 1 : 15를 사용한다. 다만, 시가지 등에서 용지 폭의 제약이 심한 경우 등에는 그 값을 1 : 4까지 사용할 수 있다.

(4) 접근로 테이퍼

<표 2.45> 설계속도에 따른 테이퍼 비율

설계속도(km/h)		80	70	60	50	40	30
테이퍼 비율	기준값	1/55	1/50	1/40	1/35	1/30	1/20
	최소값	1/25	1/20	1/20	1/15	1/10	1/8

2.8.5 교차로 가각부의 처리

도로의 교차각 및 도로의 폭에 따른 가각의 길이는 다음 표의 값을 기준으로 한다.

<표 2.46> 평면 교차부 가각 길이

교차각도	도로너비	40	35	30	25	20	15	12	10	8	6	비고
90° 전후	40	12	10	10	10	10	8	6	-	-	-	
	35	10	10	10	10	10	8	6	-	-	-	
	30	10	10	10	10	10	8	6	5	-	-	
	25	10	10	10	10	10	8	6	5	-	-	
	20	10	10	10	10	10	8	6	5	5	5	
	15	8	8	8	8	8	8	6	5	5	5	
	12	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	
	10	-	-	5	5	5	5	5	5	5	5	
	8	-	-	-	-	5	5	5	5	5	5	
	6	-	-	-	-	5	5	5	5	5	5	
60° 전후	40	15	12	12	12	12	10	8	6	-	-	
	35	12	12	12	12	12	10	8	6	-	-	
	30	12	12	12	12	12	10	8	6	-	-	
	25	12	12	12	12	12	10	8	6	-	-	
	20	12	12	12	12	12	10	8	6	6	6	
	15	10	10	10	10	10	10	8	6	6	6	
	12	8	8	8	8	8	8	8	6	6	6	
	10	6	6	6	6	6	6	8	6	6	6	
	8	-	-	-	-	6	6	6	6	6	6	
	6	-	-	-	-	6	6	6	6	6	6	
120° 전후	40	8	8	8	8	8	6	5	-	-	-	
	35	8	8	8	8	8	6	5	-	-	-	
	30	8	8	8	8	8	6	5	4	-	-	
	25	8	8	8	8	8	6	5	4	-	-	
	20	8	8	8	8	8	6	5	4	4	4	
	15	6	6	6	6	6	6	5	4	4	4	
	12	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	
	10	-	-	4	4	4	4	4	4	4	4	
	8	-	-	-	-	4	4	4	4	4	4	
	6	-	-	-	-	4	4	4	4	4	4	

<표 2.47> 노즈 오프셋 및 셋백의 최소값

(단위 : m)

구분 \ 설계속도	80km/h	60km/h	40~50 km/h
S1	2.00	1.50	1.00
S2	1.00	0.75	0.50
O1	1.50	1.00	0.50
O2	1.00	0.75	0.50

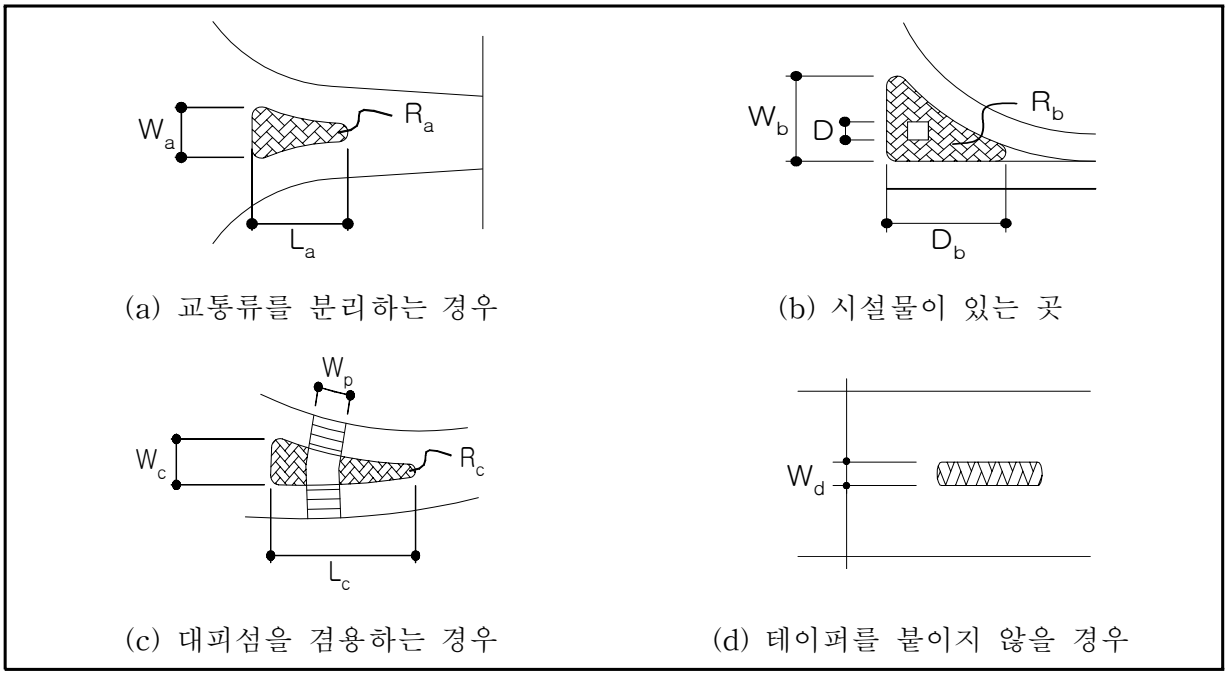
<표 2.48> 선단의 최소 곡선 변경

(단위 : m)

6Ri	Ro	Rn
0.5~1.0	0.5	0.5~1.50

일반적으로 이 지점을 노오즈(nose), 차로와의 수직 거리를 오프셋(offset)이라 하며, 차로와 평행하게 이격된 거리를 셋백(set back)이라 하고 이렇게 구성된 삼각형 모양의 모서리 부분은 선단이라 한다.

분리대와 같이 장방형의 긴 형태로 구성된 경우는 상기의 경우와 다소 다른 특성을 갖게 되며 그 형태와 각 제원의 최소값은 [그림 2.28]과 같다.



(a) 교통류를 분리하는 경우 (b) 시설물이 있는 곳

(c) 대피섬을 겸용하는 경우 (d) 테이퍼를 붙이지 않을 경우

주) D : 시설물 폭, Wp : 횡단보도 폭

[그림 2.28] 분리대의 형태 및 제원

<표 2.49> 분리대 형태에 따른 각 제원의 최소값

(단위 : m)

구 분	기 호	도시지역	지방지역
교통류 분리	Wa	1.0	1.5
	La	3.0	5.0
	Ra	0.3	0.5
시설물 설치	Wb	1.5	2.0
	Lb (Wp+1.0)	4.0	5.0
	Rb	0.5	0.5
	면적(㎡)	5.0	7.0
대피섬 겸용	Wc (D+1.0)	1.0	1.5
	Lc	5.0	5.0
테이퍼를 붙이지 않은 분리대 폭	Wd	1.0	1.5

(1) 연석의 설치

연석 설치의 목적은 교통섬을 차로와 분리시키기 위해서는 일반적으로 연석을 많이 사용하는데, 시선유도와 함께 그 것이 둘러싸고 있는 보도, 교통섬, 분리대 등을 자동차의 충돌, 접촉이나 우수에 의한 파손으로부터 방호하기 위해 설치한다.

(2) 유도 차로

교차로 내에서 좌회전 차로의 주행위치와 대기위치를 명확히 하는 경우나 교통류가 교차로 내에서 굴곡하는 등 변형하는 경우에 유도차선에 의해 자동차를 유도한다. 좌회전 자동차는 교통의 원활한 소통과 안전에 큰 영향을 주며 특히 대향 직진 자동차와 교차하므로 자동차 상호간의 안전이 가장 큰 문제 중의 하나이다. 이러한 문제를 해결하려면 좌회전 자동차의 궤적에 따라 그 주행 위치를 명시하고 좌회전 자동차에게 대향 직진 자동차가 통과할 때 대기할 위치를 명시해 둘 필요가 있다. 이를 위하여 교차로 내에 유도 차로를 설치하여 좌회전 자동차의 주행 및 대기위치를 명확히 한다.

(3) 다른 도로와의 연결

1) 연결 허가의 금지구간

- 곡선반경이 280m(2차로 도로의 경우에는 140m) 미만인 경우 곡선구간의 안쪽 차로의 중심선에서 장애물까지의 거리가 다음의 <표 2.50>에 나타난 거리보다 부족하여 시거가 불량한 곡선의 내측 구간
- 종단경사가 평지에서 5%, 산지에서 8%(2차로 도로의 경우 평지 6%, 산지 8%)를 초과하는 구간. 단, 오르막 차로가 설치된 구간에 대하여는 연결 가능
- 교차로 주변 연결로 등의 설치 제한거리 이내의 구간

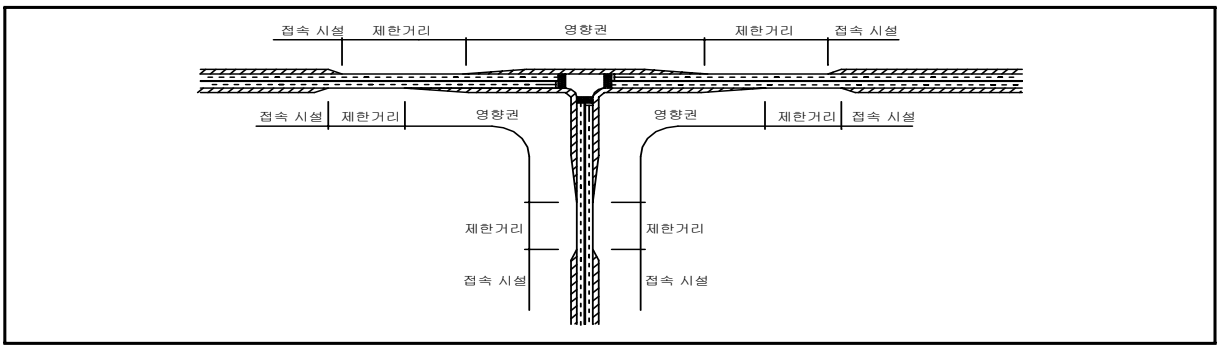
- 터널, 암거 등 시거가 차단되는 시설물로부터 500m 이내의 구간
- 교량 등의 시설물과 근접되어 변속차로를 설치할 수 없는 구간
- 버스정차대, 측도 등 주민 편의 시설이 설치되어 이를 옮겨 설치하는 경우 주민 통행에 위험이 예상되는 구간

2) 연결로의 포장

연결로는 접속되는 도로의 포장과 동일한 강도를 유지할 수 있는 두께 및 재료로 포장을 하며, 노면 배수에 지장이 없도록 횡단경사가 접속되는 도로와 동일하거나 그 도로보다 완만하게 포장하여야 한다.

3) 변속차로의 설치

변속차로는 3.25m 이상의 폭으로 설치하며, 테이퍼와 사업부지에 접하는 변속차로의 접속부는 최소곡선반경 15m 이상 설치



[그림 2.29] 교차로 주변의 영향권 및 설치 제한거리

<표 2.50> 교차로 주변의 연결로 등의 설치 제한거리

(단위 : m)

구 분	4차로 이상	2차로
교차로 영향권(변속차로, 회전차로 등의 도류화 시설이 설치된 구역 또는 도류화 시설의 설치 예정 구역) 으로부터 연결로 등 접속시설의 설치 제한 거리	60	45

주) 도류화가 안된 교차로는 도류화 계획에 따라 교차로 영향권을 산출하여 설치

<표 2.51> 곡선구간의 곡선반경 및 장애물까지의 최소거리

(단위 : m)

구 분	4차로 이상				2차로		
곡선반경	260	240	220	200	120	100	80
최소 거리	7.5	8	8.5	9	7	8	9

주) 최소 거리는 곡선 구간의 안쪽 차로 중심선에서 장애물까지의 최소 거리

<표2.52> 변속차로의 최소 길이

(단위 : m)

시 설	주차 대수 (가구 수)	변속차로의 길이 (테이퍼의 길이 제외)		테이퍼의 길이	
		감속차선	가속차선	감속부	가속부
1. 공단진입로 등	-	45 (30)	90 (65)	15 (10)	30 (20)
2. 휴게소·주유소 등	-	45 (30)	90 (65)	15 (10)	30 (20)
3. 자동차정비업소 등	-	30 (20)	60 (40)	10 (10)	20 (20)
4. 사도·농로·마을진입로 기타 이와 유사한 교통용 통로 등	-	20 (15)	40 (30)	10 (10)	20 (20)
5. 판매시설 및 일반음식점 등	10대 이하	20 (15)	40 (30)	10 (10)	20 (20)
	11~30대	30 (20)	60 (40)	10 (10)	20 (20)
	31대 이상	45 (30)	90 (65)	15 (10)	30 (20)
6. 주차장·운수시설·의료시설 ·운동시설·관람시설·집회 시설 및 위락시설 등	30대 이하	30 (20)	60 (40)	10 (10)	20 (20)
	31대 이상	45 (30)	90 (65)	15 (10)	30 (20)
7. 공장·숙박시설·업무시설 · 근린시설 및 기타시설	20대 이하	20 (15)	40 (30)	10 (10)	20 (20)
	21~50대	30 (20)	60 (40)	10 (10)	20 (20)
	51대 이상	45 (30)	90 (65)	15 (10)	30 (20)
8. 주택 진입로 등	(5가구 이하)	-	-	도로 모서리의 곡선화 (곡선반경 : 3m)	
	(100가구 이하)	30 (20)	60 (40)	10 (10)	20 (20)
	(101가구 이상)	45 (30)	90 (65)	15 (10)	30 (20)

주 • 설계속도 80km/h, 4차선 이상 기준임. 다만, ( )는 60km/h, 기준.

• 연결로가 인접되어 변속차로가 중복된 경우 중복된 차로의 길이는 주차 대수를 합산하여 그 합산된 주차 대수에 해당하는 길이로 하고, 주차 대수를 적용할 수 없는 시설물과 중복되는 경우에는 그 중 큰 값을 기준으로 함.

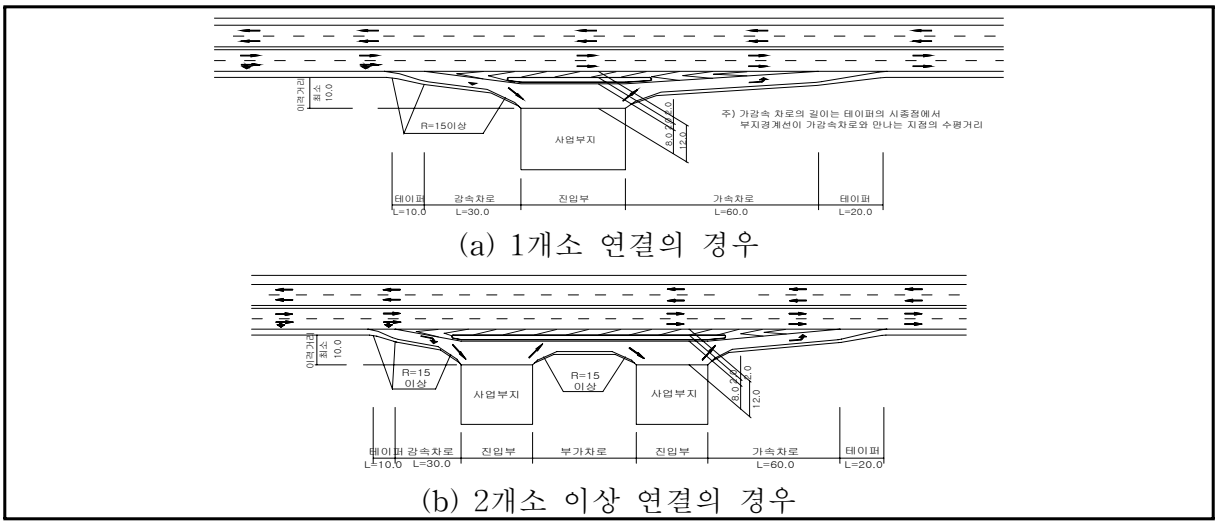
4) 배수시설물의 설치

- 길어깨의 바깥쪽에 연석 설치
- 기존의 배수체계를 저해하지 아니하도록 연결
- 우수나 오수가 별도의 시설물로 격자형 철제뚜껑이 있는 유효폭 30㎝ 이상, 유효깊이 60㎝ 이상의 U형 콘크리트 측구

5) 분리대

- 변속차로의 진출입부를 제외한 분리대 설치(화단, 가드레일)
- 높이 0.3m 이상 폭원 1.0m 이상으로 하고 배수시설물 설치

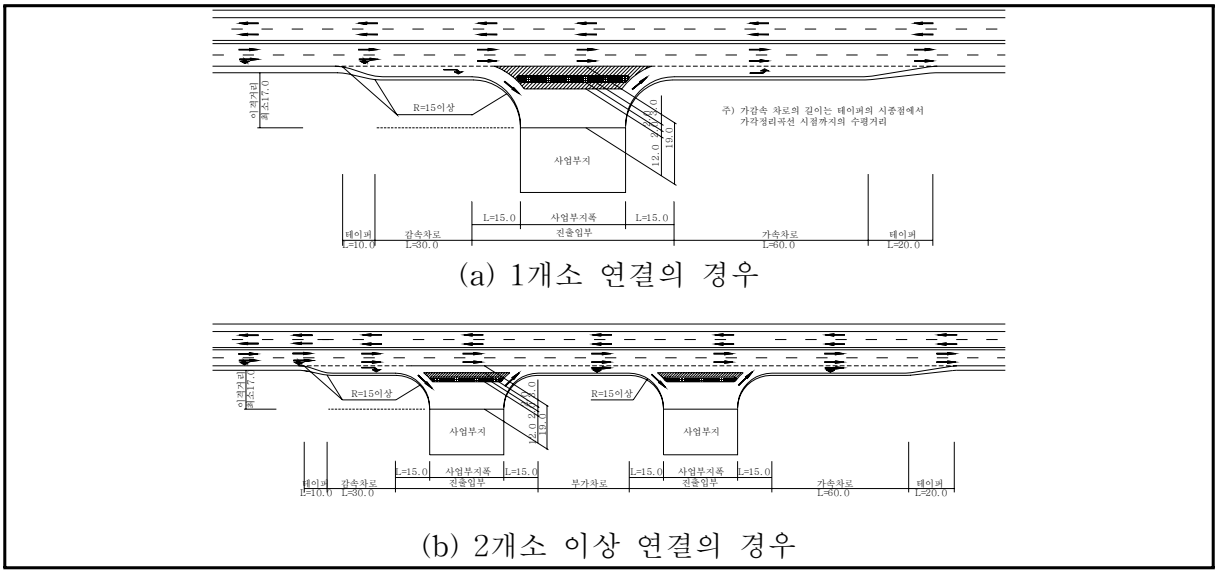
6) 연결로 설치방법(직접식, 평행식)



(a) 1개소 연결의 경우

(b) 2개소 이상 연결의 경우

[그림 2.30] 직접식 변속차로 설치



(a) 1개소 연결의 경우

(b) 2개소 이상 연결의 경우

[그림 2.31] 평행식 변속차로 설치

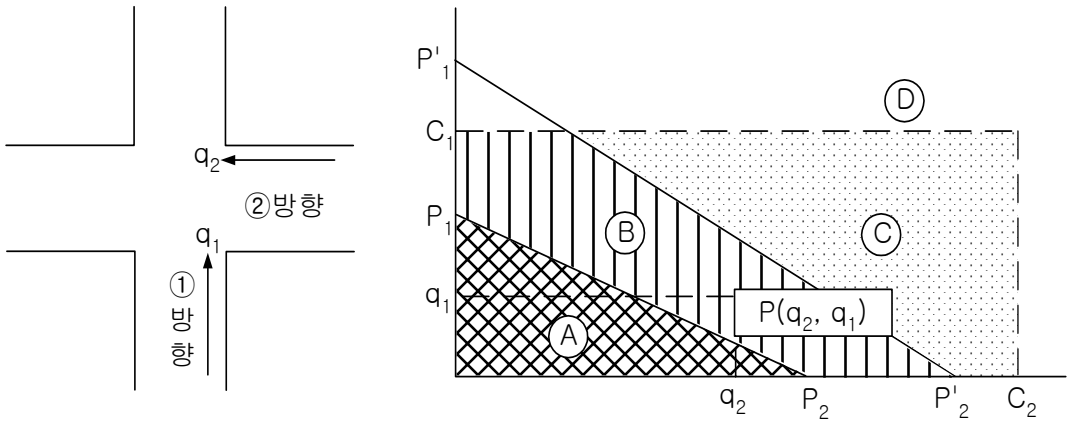
2.9 입체교차(도로의구조·시설기준에관한규칙 제32조)

2.9.1 교통량과 입체교차의 관계

주간선도로에서 부득이 평면교차를 허용하는 경우에는 신호기를 설치하지 않고도 본선의 교통류가 교차하는 교통에 의해 방해받는 일이 없이 교차부의 처리가 가능한지의 여부가 판단기준이 된다. 즉, 횡단 또는 회전하는 교통량이 본선의 교통량보다 많은 경우에는 적절한 운영이 기대되기 어려우므로 입체교차로 한다.

교차하는 도로 상호의 교통량 조합이 신호 교차점의 교통용량으로부터 산정해서 신호에 의하여 처리될 수 있는 범위를 초과하는 경우는 입체교차로 한다.

[그림2.32]는 4갈래 교차로로 접근하는 단로부와 신호 교차점에서의 용량관계를 나타낸 것으로, 입체교차 시설은 영역 C에서 필요하다. 그림에서의 영역 A, B, C, D에 대한 설명은 다음과 같다.



q_1, q_2 : ①, ② 방향의 설계시간 교통량 (대/시)

C_1, C_2 : ①, ② 방향의 단로부 교통용량 (대/시)

P_1, P_2 : ①, ② 방향의 회전차로를 부가하지 않은 경우의 녹색 1시간당 유입부 교통용량 (대/녹색시간)

P_1', P_2': ①, ② 방향의 회전차로를 부가한 경우 녹색 1시간당 유입부 교통용량 (대/녹색시간)

[그림 2.32] 4갈래 교차로의 용량 관계

- 영역 A ①, ② 양방향 모두 회전차로의 부가없이 신호처리 할 수 있는 영역으로서 다음 3직선으로 둘러 싸인 범위

$$x=0,\ y=0,\ \frac{x}{P_2}+\frac{y}{P_1}=1$$

단, $X \le C_2,\ y \le C_1$

- 영역 B 회전차로를 부가하여 신호처리 할 수 있는 영역으로 다음 직선에 둘러싸인 범위

$$x=0,\ y=0,\ \frac{x}{P_2}+\frac{y}{P_1}=1,\ \frac{x}{P_2'}+\frac{y}{P_1'}=1$$

단, $X \le C_2,\ y \le C_1$

- 영역 C 입체교차 또는 직진 부가차로가 아니면 처리되지 않는 영역으로 다음 직선에 둘러싸인 범위에서 영역 A, B를 제외한 영역

$$X=0,\ X=C_2,\ y \le C_1$$

- 영역 D 교차점 개량으로 교통처리능력을 초과하므로 단로부의 확폭 또는 추가 도로계획을 필요로 하는 영역으로 제1상한내 A, B, C를 제외한 영역

(1) 단순 입체교차 설계

1) 단순 입체교차의 형식

단순 입체교차는 교차부에 단순한 지하차도나 고가차도를 설치하여 일정 방향의 교통류를 분리시키고 지상부는 일반적인 평면교차를 형성시키는 입체교차 시설을 말한다. 도시 내 도로의 단순 입체교차의 형식으로는 용지의 제약과 경제적 이유로 용지면적이 적게 드는 다이아몬드형 또는 그 변형이 바람직하다.

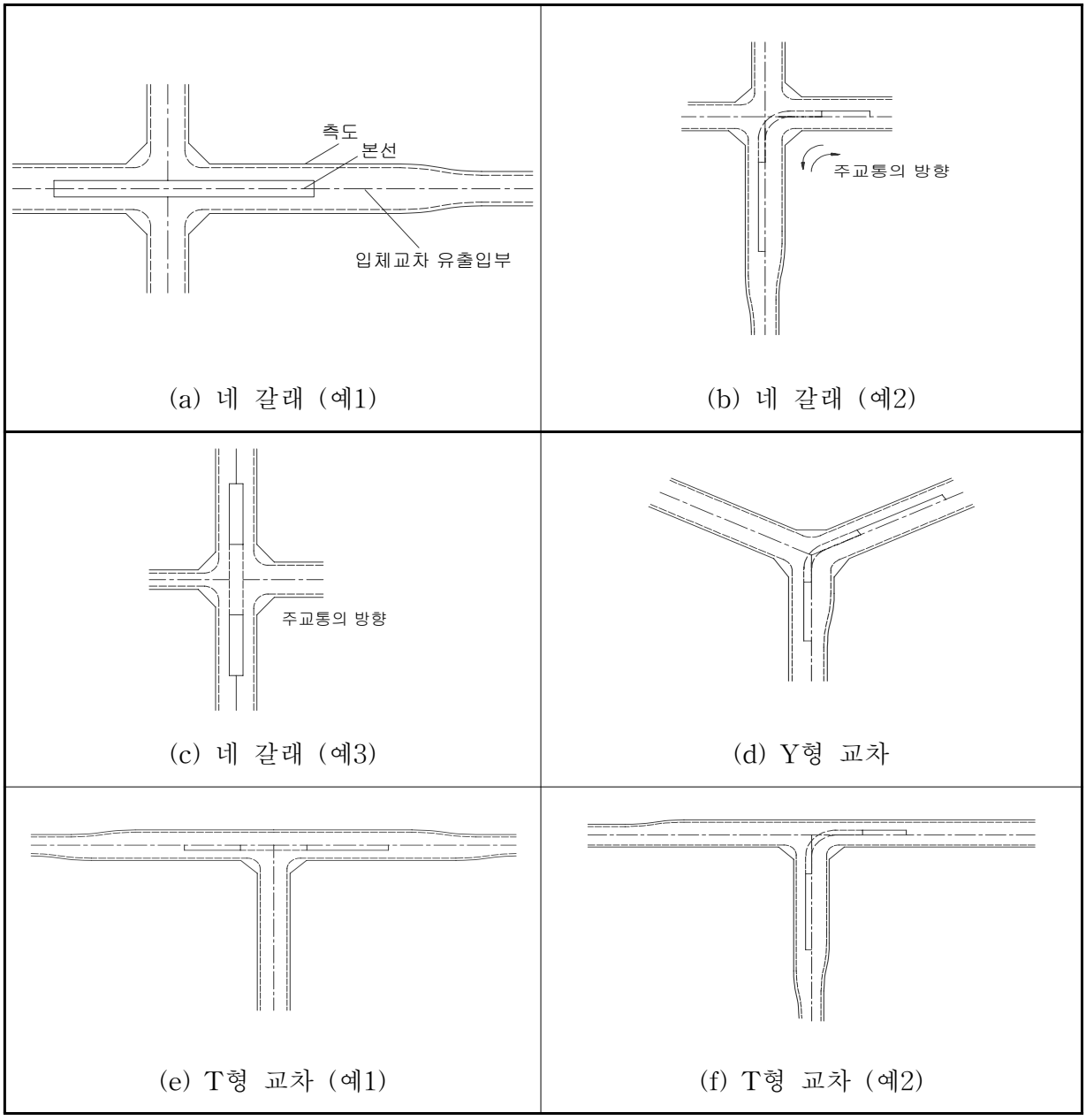
2) 단순 입체교차의 본선

본선의 횡단구성, 평면선형, 종단선형 등의 모든 요소는 일반 도로의 기준에 따르는 것으로 한다. 종단곡선은 넓은 폭의 교차로를 횡단하는 경우나 수 개소의 교차로를 연속하여 입체교차하는 경우 이외에는 경사진 도로 구간을 짧게 하기 위해 하나의 곡선으로 처리한다.

- 시공면에서 지하차도의 경우에는 옹벽 및 교대설치, 굴착을 위한 지장물의 이설, 흙막이 공사 등에 의해서 공기가 길어지고, 공사비 추가 소요가 우려됨
- 공용개시 후의 유지관리 측면에서 보면 지하차도의 경우에는 배수가 불량하게 되기 쉬워 세심한 관리가 필요하며 유지관리비가 많이 소요
- 미관상 또는 생활・환경면에서는 지하차도가 유리

교차부 시설한계는 우회전 내측에서 자동차 주행에 지장을 초래하지 않고 횡단보도를 위한 여유를 확보하도록 정해야 한다.

고가차도의 경우 접속부에서 옹벽구간의 길이는 미관, 평면도로의 이용 및 경제성 판단으로 정해진다. 보행자나 자동차는 평면부를 횡단하는 것이 가능하며, 원칙적으로 입체부 본선에 보도나 자전거도로를 추가로 설치할 필요는 없다.



(a) 네 갈래 (예1)　(b) 네 갈래 (예2)

(c) 네 갈래 (예3)　(d) Y형 교차

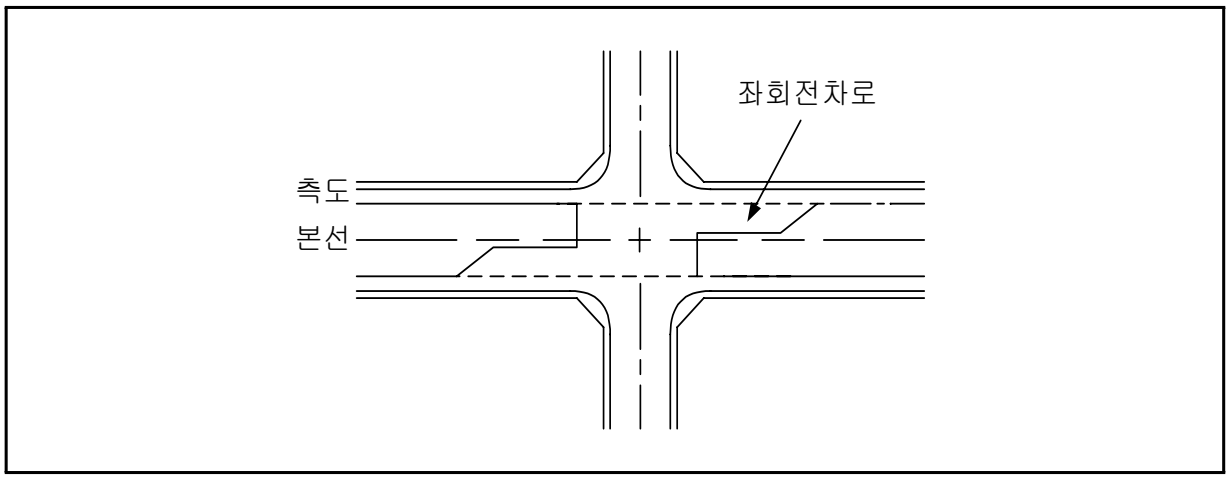
(e) T형 교차 (예1)　(f) T형 교차 (예2)

[그림 2.33] 단순 입체교차의 형식

3) 단순 입체교차의 측도

측도의 횡단구성, 평면선형, 종단선형 등의 모든 요소는 일반도로의 기준을 따르는 것으로 하며, 그 폭은 교차부에서 좌우회전 교통량에 의해 결정해야 한다. 특히 측도의 차로수는 앞장에서 언급한 차로수 균형원칙에 의해 결정한다.

측도와 교차로는 평면교차를 원칙으로 한다. 따라서 좌회전차로, 우회전차로 등의 모든 기준에 대해서 평면교차의 기준에 따른다. 특히, 교차로에서 좌・우회전 교통량이 상당할 것으로 예상될 때에는 [그림 2.34]와 같이 교차부에 좌회전 차로를 확보하여야 한다.



[그림 2.34] 입체교차 평면에서의 좌회전차로 경우

4) 입체화 계획

입체화하는 방향은 교통류의 원활한 처리, 지형, 주변 토지이용 상황, 가로망 형태, 도시 시설의 상황 및 건설비 등을 종합적으로 비교 검토하여 정한다. 입체교차 구조물의 설치는 상위의 교통류를 원활하게 처리하기 위하여 주교통, 즉 가장 교통량이 많은 방향을 정지없이 통과시키는 것을 원칙으로 하지만, 기술적으로 주교통을 정지없이 통과시킬 수 없는 경우 등 주교통의 동선을 방해하는 교통방향을 정지없이 통과시키는 편이 유리할 때도 있으므로 충분한 검토가 요구된다.

입체교차 본선 중 한쪽을 생략하는 경우에는 합류부에서 자동차의 원활한 합류가 이루어지도록 차로수를 증가시키거나 분리대를 설치하는 등의 조치를 취한다.

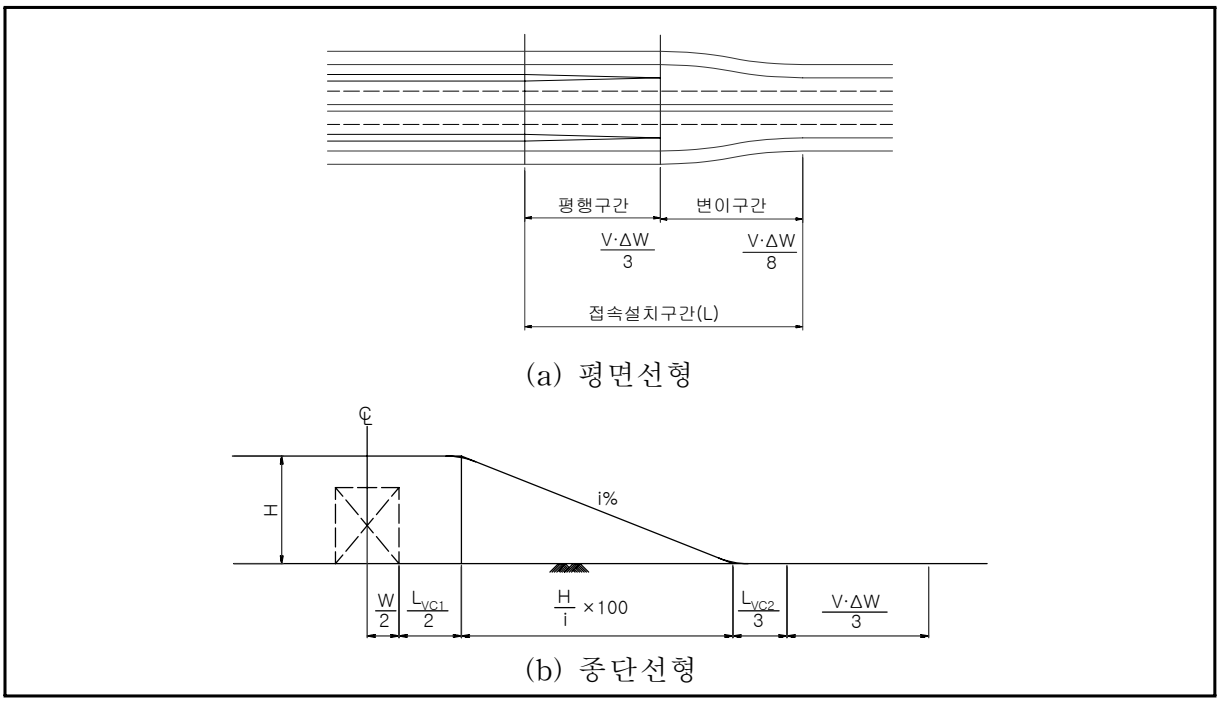
5) 입체교차 유출입부

입체교차 유출입부라 함은 본선이 측도와 접속하는 부분을 말하는데 여기서 교통의 분합류가 이루어진다. 따라서 교통류의 혼란이 일어나기 쉬우므로 계획에 있어서는 세심한 주의가 필요하다.

- 입체교차 유출입부에서의 확폭 설치는 안전하고 원활한 교통류가 확보되도록 완만한 곡선의 연속으로 처리
- 입체교차 유출입부에 있어서는 자동차의 유도성을 고려하여 교통류를 원활하게 처리해야 함 일반적으로 입체교차부에서는 본선보다 차로수가 많게 되므로 차로의 확폭구간을 설치하는 것이 통례이다. [그림2.35]에서의 측도와 본선의 평행구간의 길이 L에 대해서는 분합류의 안전과 원활한 교통처리를 위하여 적당한 길이를 확보한다.

  입체교차의 유출입부 접속길이는 다음 식에 의해 산정한다.

$$L = \frac{W}{2} + (\frac{H}{i} \times 100) + \frac{1}{2}(L_{VC1} + L_{VC2}) + \frac{V \cdot \Delta W}{3}$$



[그림 2.35] 입체교차 유출입부의 접속

여기서, L : 교차도로 중심선으로부터 확폭구간 길이
W : 교차도로 폭원
H/i×100 : 종단경사 구간 길이
Lvc_1 : 凸부 종단곡선장
Lvc_2 : 凹부 종단곡선장
H : 교차도로의 고저차
i : 종단경사
(V · ΔW)/3 : 측도의 변이구간 길이
V : 설계속도
ΔW : 변이폭원

유출입부에서 일반적으로 교통사고가 빈발하는 경향이 있는데, 자동차 주행의 안전성을 확보하기 위하여 입체교차의 식별을 빠르게 하고, 또 시선유도에 대한 조치를 강구하기 위해 다음과 같은 방법을 고려한다.

- 유도성이 좋은 안내표지를 설치한다.
- 분리대를 식별하기 쉬운 구조로 하고, 교통분리 및 노면표시를 충분히 길게 함
- 유색포장 등으로 교통류를 분리
- 지하차도의 경우, 종단방향의 유도성을 좋게 하기 위해 가로등 높이를 본선 노면에 맞추어 설치

2.9.2 인터체인지 계획

(1) 인터체인지 지역별 최소간격

<표 2.53> 인터체인지 지역별 최소간격

지역	표준간격(km)
대도시 고속도로	2~5
대도시 주변 주요공업지역	5~10
소도시가 존재하고 있는 평야	15~25
지방촌락, 산간지	20~30

(2) 인터체인지 표준 설치수

<표 2.54> 인터체인지 표준 설치수

도시인구(1,000명)	1노선당 인터체인지 표준설치수
100 미만	1
100~300 미만	1~2
300~500 미만	2~3
500 이상	3

(3) 타시설과의 관계

<표 2.55> 인터체인지와 타시설과의 관계

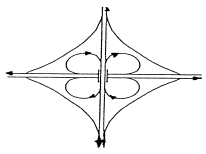
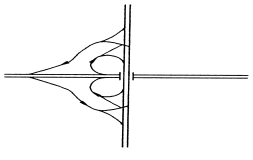
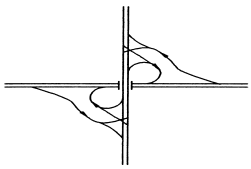
시설의 명칭	최소간격(km)
인터체인지 상호간	2
인터체인지와 휴게소	2
인터체인지와 주차장	1
인터체인지와 버스정류장	1
인터체인지와 터널	2

(4) 입체교차 방식

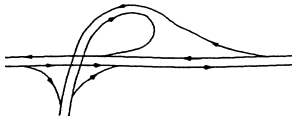
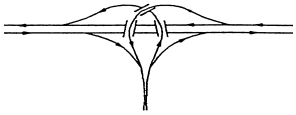
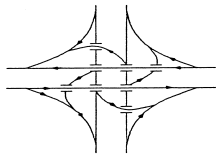
1) 완전입체교차 : 클로우버형, 직결형 또는 준직결형, 트롬펫형

2) 불완전입체교차 : 다이아몬드형, 불완전크로바형, 로타리형, 교차점입체교차(지하차도 또는 고가차도)

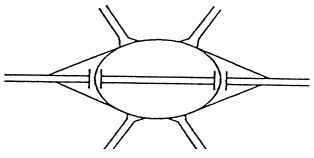
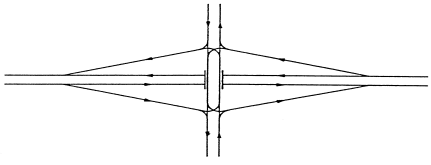
3) 입체교차로의 예

<table>
<tr><td>  </td><td>   </td></tr>
<tr><td><완전클로버형></td><td><불완전 클로버형></td></tr>
<tr><td>• 장점
– 구조물이 단순하여 시공용이

• 단점
– 용지 면적 과다 소요
– 엇갈림 현상 발생
– 교통 용량 저하
– 도시부에서는 적용 불가능</td><td>• 장점
– 용량 증대
– 완전 클로버형으로 개량 용이

• 단점
– 우회 거리 과다
– 용지 소요 면적 과다
– 공사비가 많이 소요</td></tr>
<tr><td>  </td><td>   </td></tr>
<tr><td><트럼펫형></td><td><직 결 형></td></tr>
<tr><td>• 장점
– 요금 징수소를 한곳에 설치
– 유료 도로에 적합

• 단점
– 우회 거리 과다</td><td>• 장점
– 엇갈림이 발생하지 않음
– 교통 용량 증대
– 고속도로 상호간 교차에 적합

• 단점
– 구조물을 많이 설치
– 공사비가 고가이고 공사가 복잡</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td><로터리형></td><td><다이아몬드형></td></tr>
<tr><td>• 장점
– 교통량이 적은 5지 이상 교차로에 적용

• 단점
– 교통량이 많은 도로에는 부적절
– 엇갈림 현상 발생</td><td>• 장점
– 용지 면적 적게 소요
– 공사비 저렴
– 짧은 우회 거리

• 단점
– 2개의 평면 교차로 인접
– 병목 현상 발생</td></tr>
</table>

2.9.3 도로의 교차방법(도로의구조·시설기준에관한규칙 제30조~제32조, 제35조 국도의 노선계획·설계지침 제5조)

(1) 평면교차와 그 접속기준

1) 도로의 교차는 특별한 경우를 제외하고는 4갈래 이하로 하여야 한다.

2) 교차하는 도로의 교차각은 직각에 가깝게 하여야 한다.

3) 교차로의 종단경사는 3% 이하이어야 한다. 다만, 주변지장물과 경제성을 고려하여 필요하다고 인정되는 경우에는 6% 이하로 할 수 있다.

4) 평면으로 교차하거나 접속하는 구간에서는 필요에 따라 회전차로, 변속차로, 교통섬 등의 도류화 시설을 설치하여야 한다.

5) 교차로에서 좌회전차로가 필요한 경우에는 직진차로와 분리하여 이를 설치하여야 한다.

(2) 입체교차

1) 고속도로나 주간선도로의 기능을 가진 도로가 다른 도로와 교차하는 경우 그 교차로는 입체교차로 하여야 한다. 다만 교통량 및 지형상황 등을 고려하여 부득이하다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니하다.

2) 고속도로 또는 주간선도로가 아닌 도로가 서로 교차하는 경우로서 교통의 원활한 처리를 위하여 필요하다고 인정되는 경우 그 교차로는 입체교차로 할 수 있다.

(3) 국도의 교차방법

1) 주간선도로 및 보조간선도로와 다른 도로를 연결하는 방법은 다음을 원칙으로 한다.

① 주간선도로(1)과 다른 도로와의 연결은 입체교차를 원칙으로 하며, 지방도급 미만의 도로와 연결은 가급적 피하여 교차로수를 최소화 한다.

② 주간선도로(2)과 다른 도로와의 연결은 가급적 평면교차를 원칙으로 하며, 도로의 소통능력 향상과 기능 확보를 위하여 필요시에는 입체교차로 할 수 있다.

③ 보조간선도로와 주간선도로를 제외한 다른 도로와의 연결은 평면교차를 원칙으로 하며 평면교차로 간격은 0.5~1km를 기준으로 하되 가급적 1km 이상으로 한다.

④ 계획노선의 시·종점부가 잦은 신호교차로에 의한 교차로로 형성되어 있는 노선과 연결되는 경우에는 평면교차로로 계획한다.

⑤ 평면교차로의 형태와 구조 등은 본선 교통의 흐름에 지장이 최소화 되도록 하고 보행자를 보호할 수 있도록 계획하여야 하며 좌·우회전차선, 가·감속차선을 충분한 길이로 계획한다.

⑥ 계획노선에 여러 개의 기존마을 진입로, 가로망이 빈번하게 접속·교차되는 경우에는 수개의 진입로, 가로망 등을 집산·접속처리 함으로써 교차를 최소화한다.

⑦ 교차부에 설치되는 구조물(암거, 교량, 지하차도 등)의 폭과 경간장은 교차노선의 장래 확장계획을 감안하여 충분한 크기로 계획한다.

⑧ 불완전입체시설은 장래 교통량 증가추이와 통상 계획노선의 차량주행속도가 설계속도보다 큰 현실을 감안하여 가·감속 차선길이를 충분히 확보한다.

(4) 각 도로간 교차방법

<표 2.56> 각 도로간 교차방법

구분	고속도로	주간선 도로	보조간선 도로	집산도로	국지도로
고속도로	완전입체교차	완전입체교차 또는 불완전입체교차	△	×	×
주간선 도 로		불완전입체교차 또는 도류화된 평면교차	도류화된 입체교차	△	×
보조간선 도 로			도류화된 평면교차 또는 일반평면교차	일반평면교차	△
국지도로					일반평면교차

주) △ : 교차는 불가하나 접속은 가능, × : 교차 및 접속 불가

2.9.4 철도와의 교차원칙

(1) 도로와 철도의 교차는 입체교차를 원칙으로 한다. 다만, 주변지장물이나 기존의 교차형식 등으로 인하여 부득이하다고 인정하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(2) 위 단서에 의해 도로와 철도가 평면교차하는 경우, 그 도로의 구조는 다음 각호의 기준에 의한다.

1) 철도와의 교차각을 45도 이상으로 할 것

2) 건널목의 양측에서 각각 30m 이내의 구간(건널목 부분을 포함한다.)은 직선으로 하고, 그 구간 도로의 종단경사는 3% 이하로 한다. 다만, 주변지장물과 기존 도로의 현황을 고려하여 부득이 하다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니하다.

3) 건널목 앞쪽 5미터 지점의 도로중심선상 1미터의 높이에서 가장 멀리 떨어진 선로의 중심선을 볼 수 있는 곳까지의 거리를 선로방향으로 측정한 길이(이하 “가시구간의 길이”라 한다)는 철도차량의 최고속도에 따라 다음 <표 2.57>의 길이 이상으로 한다. 다만, 건널목차단기, 기타 보안설비가 설치되는 구간에 있어서는 그러하지 아니하다.

<표 2.57> 속도별 가시구간 최소길이

건널목에서의 철도차량의 최고속도(km/hr)	가시구간의 최소길이(m)
50 미만	110
50 이상 70 미만	160
70 이상 80 미만	200
80 이상 90 미만	230
90 이상 100 미만	260
100 이상 110 미만	300
110 이상	350

2.9.5 교차로의 소요면적 기준(가로망계획수립에관한지침)

<표 2.58> 교차로 소요면적

교 차 형 식	소 요 면 적	비 고
완전클로버	100,000㎡ 이상	
불완전클로버	50,000㎡ 이상	곡선반경, 가·감속차선의 길이 등 교차로의 세부시설 기준은 "도로의 구조·시설기준에 관한 규칙"과 동 규정해설 및 지침에 따른다.
다이아몬드	35,000㎡ 이상	
트럼펫	50,000㎡ 이상	
로우터리(입체교차)	70,000㎡ 이상	
로우터리(평면교차)	10,000~50,000㎡ 이상	

(1) 상기교차로 시설은 국토의계획및이용에관한법률상 교통광장으로 시설결정한다.

(2) 도로시설의 설계 또는 집행책임부서가 교통량, 지형 및 도로변의 여건 등을 심안하여 기술검토한 결과에 따라 별도의 교차형식과 소요면적을 제시한 경우는 이에 따른다.

(3) 평면교차시 도로모퉁이변의 처리 기준은 도시계획시설의결정·구조및설치기준에관한규칙 제14조의 기준을 적용한다.

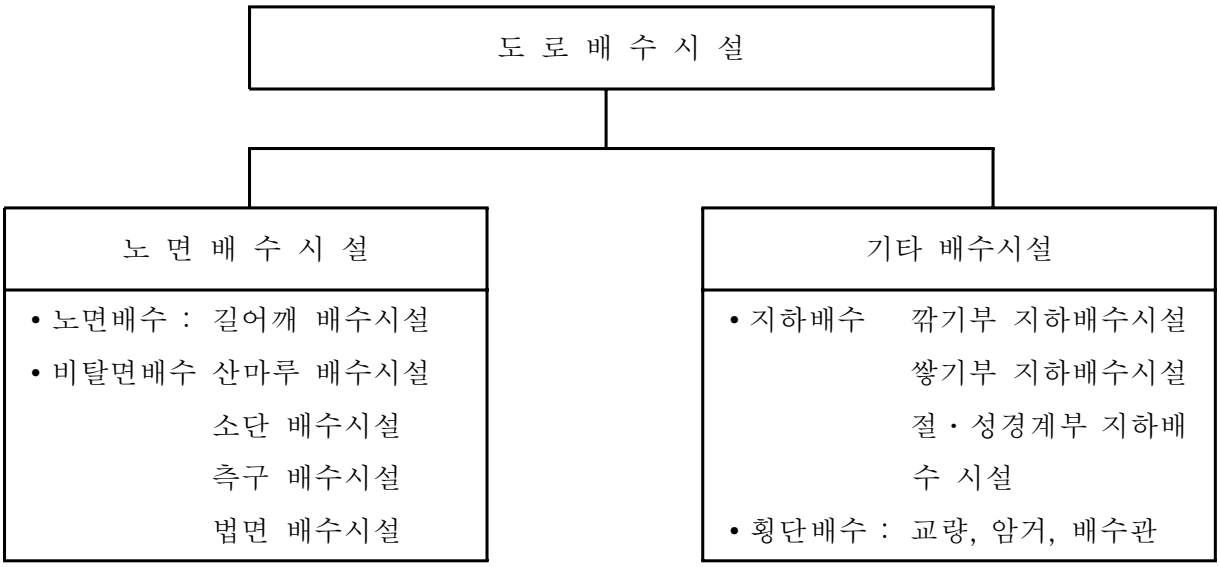
2.10 도로 배수 및 횡단구조물 설계기준

2.10.1 배수시설 적용 기준

- 본 규정은 일반적인 도로계획시 적용 기준으로 지구내 도로 현 지형의 상황, 기상, 시설조건 등을 충분히 고려하여 건설 후 청소, 보수점검 등 유지관리 편의를 고려한 배수구조물 계획을

수립하였다.

- 「도로배수시설 설계 및 유지관리 지침(2003.12, 건설교통부)」을 적용하였다.
- 도로 설계시 적용될 배수시설로는 다음의 명확한 용도분류를 거쳐 설계에 반영한다.



(1) 수문조사 및 설계강우 확률 빈도「도로배수시설 설계 및 유지관리 지침(2003.12)」

<표 2.59> 설계강우강도 확률빈도

구분	교 량	암거 및 배수관 (도심지, 집단가옥 등)	노면 및 쌓기부・깎기부 비탈면 배수시설	측도 및 도로 인접지 배수시설	집수정 등 배수구조물 간 접속부
설계 적용 빈도	하천정비기본계획상의 계획빈도를 따른다. 단, 하천정비기본계획이 미 수립된 경우 하천 관련기관과 협의하여 결정하거나 하천설계기준에 따라 적용한다.	25년 (50년)	10년	10년	접속하는 시설물 중 빈도가 큰 값 적용

주) 산지, 계곡부 등 집중호우 발생 예상지역은 필요에 따라 설계빈도를 발주처와 협의하여 결정할 수 있다.

(2) 통로암거 설치기준

<표 2.60> 규모별 통로암거 설치기준

구 분	내 용
4.5 × 4.5	대형차량 통행 또는 장래 통행가능성 있는 곳
4.0 × 4.0	위의 규정에서 부득이 축소해야 할 경우
3.5 × 3.5	차량통행이 없는 곳 또는 인접지에 우회도로가 있는 곳

중 점 검 토 사 항
• 수문조사를 통한 배수단면을 결정하고 유지관리에 적합하도록 위치를 선정하여 충분한 규격과 형식을 갖도록 설계 • 횡배수관 및 암거의 최소규격은 PIPE ø1,000, BOX 2.0×2.0 이상 사용 • 설치의 필요성 및 위치, 형식 등의 조사 - 수문자료의 수집 - 강우량, 계획홍수위 산정(최근 기상대 자료 활용)

2.11 환경친화적 도로건설

2.11.1 개요

자연 환경 보전에 대한 관심이 갈수록 고조되고 있으며 생태계를 잘 보전하려는 노력이 계속되고 있다. 도로를 건설할 때에는 자연과의 조화를 중요한 목표로 인식하고, 도로 주변의 자연 파괴를 최소화해야 한다.

자연과의 조화를 위한 환경도로를 건설하기 위해서는 도로계획과 설계에 관련된 모든 사람이 자연을 충분히 이해하고, 자연환경을 보전・창출하기 위한 구체적인 방법을 마련하기 위한 노력을 계속해야 한다.

2.11.2 도로가 자연에 미치는 영향

(1) 식물에 대한 직접적인 영향

도로를 건설할 때에는 그 규모에 따라 차이는 있지만 일정량 이상의 토지가 필요하다. 이는 도로 용지 뿐만 아니라 도로건설에 필요한 자재 적재를 위한 것도 있다. 이 때 이들 토지에 자라고 있던 식물들은 공사와 더불어 제거하게 된다.

(2) 동물에 대한 직접적인 영향

동물의 생활・행동권 내에 도로 시설이 출현했을 경우, 생활권과 행동권이 분단되어 물과 먹이 환경, 번식지 등에 접근하기 어려워 진다. 도로의 건설로 서식지를 분단당한 동물은 생

활을 유지하기 위해 새로운 서식지를 찾아 어쩔 수 없이 이동하거나, 또는 위험을 무릅쓰고 도로를 횡단하려 한다. 동물이 도로를 횡단할 경우 자동차와의 충돌사고를 일으킬 가능성이 높으며, 이때 동물이 죽게되는 경우가 대부분이다.

(3) 각 환경요소에 대한 영향

1) 대기 및 기상

도로가 건설되면 일조 조건이 변화하거나 바람의 흐름이 변화하여 영향 지역 내의 기온·습도 등 기후의 변화와 대기오염물질(아황산가스, 질소산화물)의 증가로 도로와 접한 수목의 고사와 2차적으로 임연(林緣) 군락의 변화를 초래한다.

2) 수자원 환경

도로 시설이 출현하면 수맥이 단절되거나 지하 수위가 변화하는 등, 수자원 환경이 변화할 수 있다. 모든 생명체는 물에 의존하여 생활하고 있으므로 수자원 환경이 심하게 변화할 경우, 기존의 생명체가 멸종되거나 일부 동물이 다른 지역으로 생활권을 이동해야 하는 상황이 발생될 수도 있다. 특히 산간 지역에 도로가 건설될 경우 그 주변의 작은 습지 등에서 이러한 영향은 심화된다.

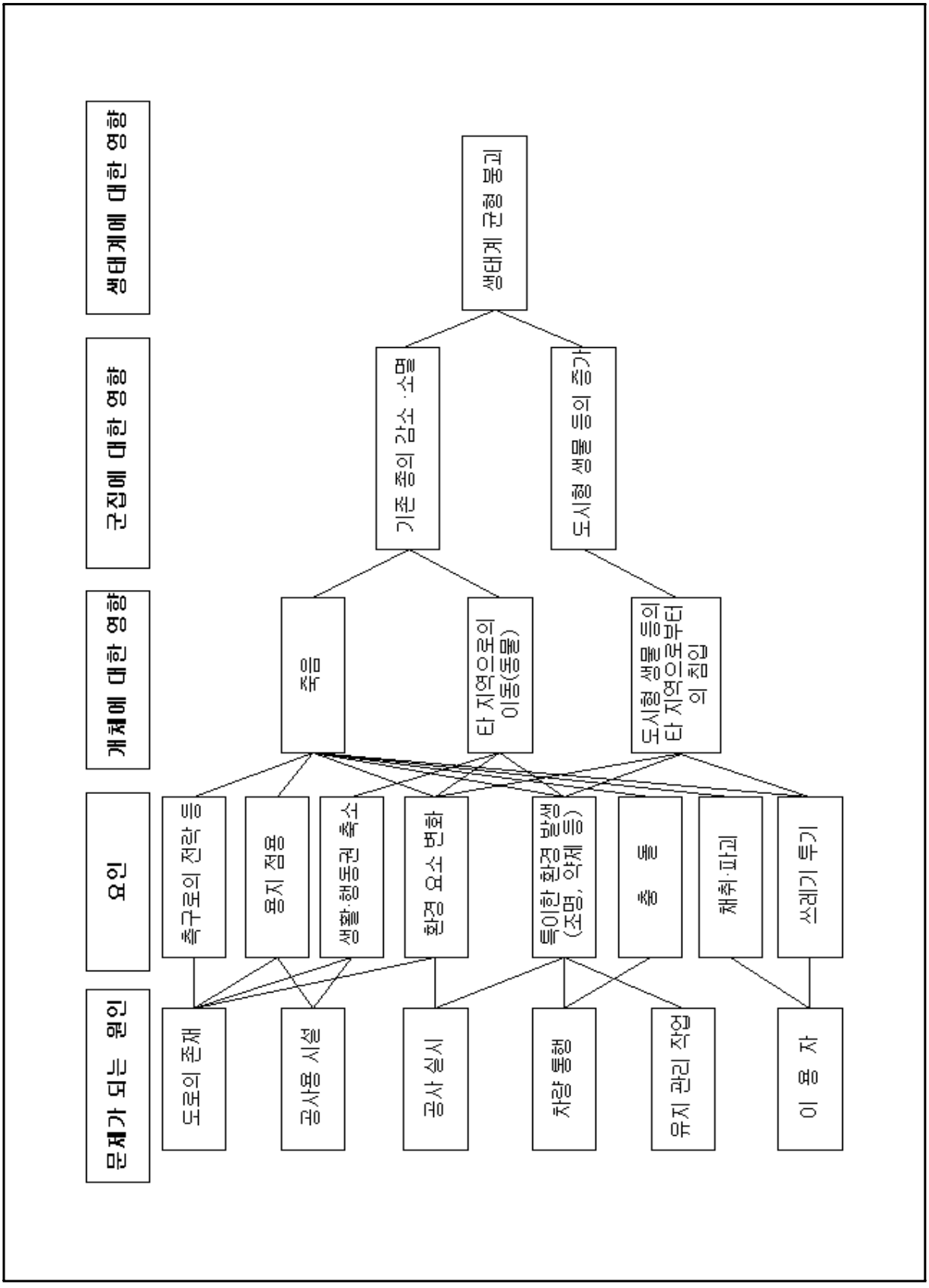
3) 토양

도로건설시 제거된 표토의 부적절한 관리는 유실에 따른 주변 하천의 오염을 유발하여 결국 수서생물의 서식에 영향을 초래한다. 또한, 심각한 영향은 아니나 타 지역에서 유입된 성토재(토양)는 이질의 식물 종자나 토양미생물을 포함하고 있어 그 지역에 평형을 이루던 생태계의 균형을 변화시킬 수 있다.

(4) 생태계 전체로의 영향 확대

앞에서 살펴본 몇 가지 영향은 단기적이고, 미시적인 것으로, 자연의 일부에 해당하는 영향이었다. 그러나 생태계 전체를 고려했을 때, 그 일부의 문제가 다른 생명체 전체에 영향을 미치고, 결국에는 생태계 전체에까지 영향을 주게 된다.

도로의 건설로 환경에 미치게 될 영향은 직접적으로는 식물의 경우 고사, 동물의 경우 충돌사나 타 지역으로의 이동을 생각할 수 있다. 개체에 대한 영향이 거듭되면 종군에 영향을 미치고, 전체적으로 종을 유지할 수 없을 정도로 개체수가 감소하면 그 생물종은 그 지역에서 생존할 수 없게 된다. 한 종이 그 지역에서 소멸되면 거기에 의존하여 생활했던 생명체에도 영향을 미친다. 그리고 먹이사슬로 연결되어 있는 생명체에게로 점차 영향을 미쳐 시간이 지나면서 점차 그 영향이 확대된다. 이때 도로 주변의 열악한 환경 속에서도 생존할 수 있는 새로운 종의 침입이 시작되어 기존에 서식하고 있던 생명체의 수는 감소하고, 새로운 종이 증가하는 현상이 발생한다. 그 결과 생태계의 균형이 파괴된다. [그림2.40]은 도로가 자연 환경에 미치는 영향을 각 단계별로 나타낸 것이다.



[그림 2.36] 도로가 자연환경에 미치는 영향

2.11.3 환경도로 건설 기법

(1) 도로 구조의 형태와 형식

도로 구조의 세부사항을 검토할 때는 자연환경에 미치는 영향에 대해 배려하고, 가능한 변화가 적은 형태・형식을 채택한다.

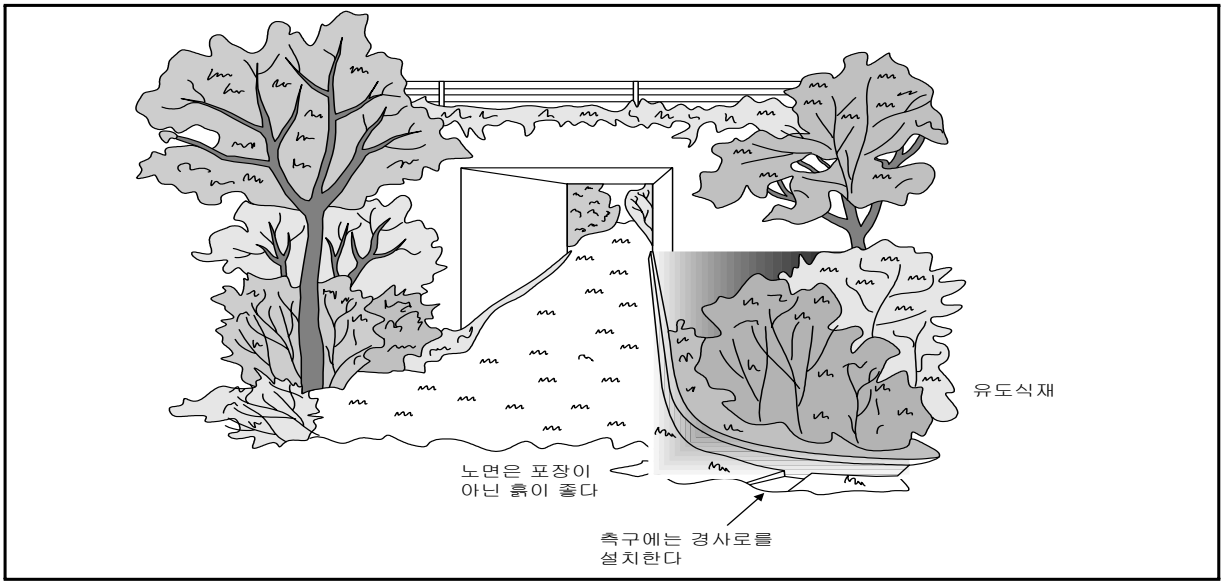
(2) 동물의 이동 경로 확보

동물의 이동 통로를 확보하기 위한 방법으로는 다음과 같은 것들이 있다.

- 박스 칼버트
- 파이프 칼버트
- 소동물을 위한 횡단 유도로
- 교량 구조
- 오버브릿지
- 조류를 위한 횡단 유도 식재

(3) 박스 칼버트

도로가 수로나 작은 도로와 교차할 때에 설치하는 박스 칼버트(박스형 지하도)는 본래의 역할에 그치지 않고 너구리, 족제비, 담비, 야생 토끼 등 중형 포유류의 이동에 자주 이용되는 것으로 알려져 있다. 환경도로를 건설할 때에는 원래의 역할과 더불어 주변에 서식하는 동물의 이동을 고려한 박스 칼버트를 적당한 곳에 설치하는 것이 바람직하다.



[그림 2.37] 박스 칼버트 구조

1) 설치위치

박스 칼버트는 야생동물이 이용했을 것으로 여겨지는 동물용 길을 연결시키는 형태로 설치하는 것이 가장 이상적이다.

2) 설치시 유의 사항

① 도로 주변의 숲과 박스 칼버트의 거리를 짧게 하여 동물이 마음놓고 이용할 수 있도록 인접 사면에 유도 식재를 한다.

② 사슴과 멧돼지가 이용할 수 있도록 하기 위해서는 폭, 높이 모두 4m 이상 필요하다.

③ 노면은 흙이 좋다.

④ 너구리와 족제비 등은 박스 칼버트에 병설된 측구를 자주 이용하기 때문에 경사로를 설치하여 이들 동물의 이동이 수월하도록 배려한다.

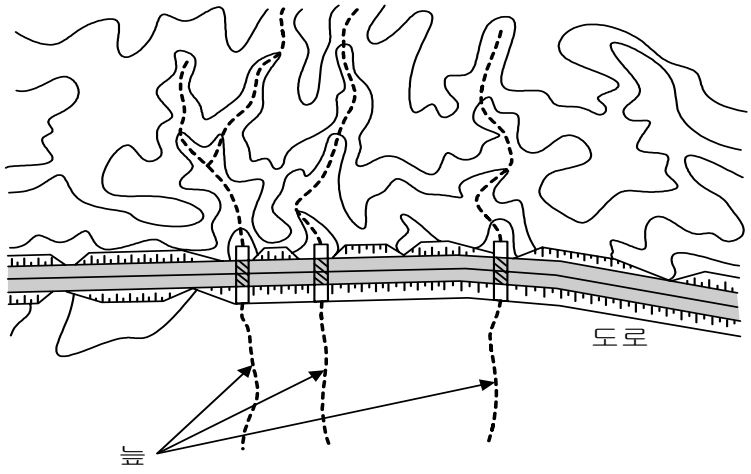
⑤ 측구내 수량이 많지 않을 경우에는 동물이 다리를 적시지 않고 통행할 수 있도록 측구 바닥에 작은 단을 설치하는 방법도 효과적이다.

(4) 파이프 칼버트

배수형 파이프 칼버트는 너구리, 담비, 족제비 등 중소형 동물의 이용로로 이용되고 있다고 한다. 박스 칼버트와 함께 동물의 이동을 고려하여 적당한 장소에 설치하는 것이 바람직하다.

1) 설치위치

작은 규모의 늪을 따라 연결시키면 효과적이다.



늪을 따라 이동 경로를 설치하는 경우가 많으므로 이들이 연결되도록 설치한다.

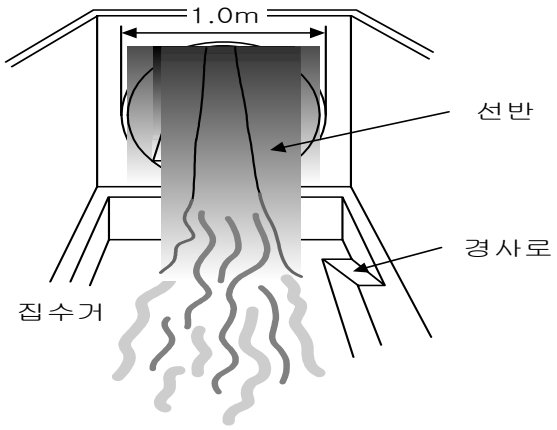
[그림 2.38] 파이프 칼버트의 설치 위치

2) 설치시 유의사항

① 배수 겸용일 경우에는 파이프 속에 선반을 설치하여 동물이 다리를 적시지 않고도 통과할 수 있도록 한다.

② 파이프의 출입구가 되는 집수구에는 동물이 이용하기 쉽게 계단 모양의 선반이나 슬로프를 설치할 필요가 있다.

③ 크기는 파이프의 길이에 따라 다른데, 너구리 등 중형 표유류의 이용까지 고려한다면 최저 직경 1m 이상이 필요하다.



너구리, 족제비, 담비, 거북이류, 개구리류 등을 대상으로 한 파이프 칼버트

[그림 2.39] 파이프 칼버트의 크기와 구조

(5) 교량 구조

일반적으로 야생 동물은 이동하기 쉽고 수중 생활의 역할도 수행하는 늪과 계곡지형을 이동 경로로 즐겨 활용한다. 따라서 노선이 늪이나 계곡지형 등을 통과할 때에는 교량 구조를 채택함으로써 이러한 자연 환경을 가능한 보전하는 것이 바람직하다.

(6) 오버브릿지

보행자용 횡단교도 원숭이, 너구리, 여우, 야생 토끼 등이 이용하는 것으로 확인되어, 야생 동물이 이용할 것도 고려하여 횡단교를 적절한 장소에 설치하는 것이 바람직하다.

1) 설치위치

박스 칼버트가 주로 계곡 부분이나 저지대의 동물용 길로 이용되는데 반해 오버브릿지는 능선이나 대지(臺地) 등의 동물용 길로 이용된다.

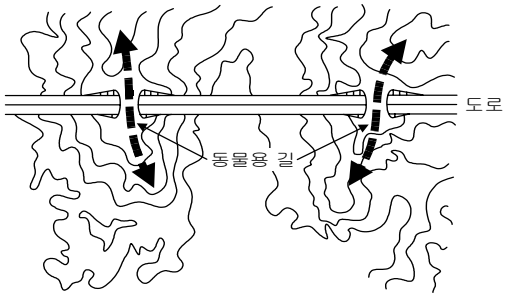
2) 설치시 유의사항

① 오버브릿지의 크기는 동물 전용인 경우, 대상 종(種)의 크기를 고려하여 측면을 안심하고 이용할 수 있도록 벽구조를 취하는 것이 좋다.

② 노면은 흙이 좋다.

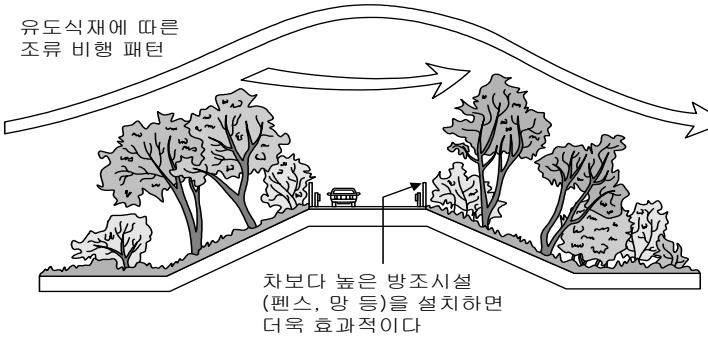
③ 주변이 트여 있어 전망이 좋은 장소에는 동물이 안심하고 오버브릿지를 이용할 수 있도록 주위에 유도 식재를 심는다.

④ 보행자 겸용인 경우에는 측구 및 식재 용지를 두어 식재지를 확보할 수 있다.



능선이나 대지(臺地)의 동물용 길을 연결하는 장소에 설치하는 것이 바람직하다

[그림 2.40] 오버브릿지 설치 위치



[그림 2.41] 조류를 위한 횡단 유도 식재 구조

(7) 조류를 위한 횡단 유도 식재

1) 설치위치

조류의 경우도 포유류와 마찬가지로 이전부터 빈번하게 이동했던 장소 또는 수림대가 근접했던 장소를 선택하여 유도 식재를 한다.

2) 설치시 유의사항

① 유도식재는 길어깨 부위까지 나무를 심도록 하고, 식재 밀도를 높일 필요가 있다. 이 때, 키가 큰 나무를 심어 높은 위치에서 비행하도록 유도함으로써 충돌을 방지할 수 있다.

② 수종은 원칙적으로 기존의 종을 사용한다.

2.11.4 동물 침입 방지를 위한 배려

(1) 침입방지 울타리

침입방지 울타리를 설치할 때에는 충돌이 자주 발생할 가능성이 있는 지역을 선정하고, 대상 종(種)에 맞는 울타리를 설치한다. 침입방지 울타리와 함께 대상 종이 도로를 횡단할 수 있는 동물에 대해서는 특별한 대책이 필요하다.

1) 대형동물을 대상으로 한 경우(사슴, 노루 등)

① 유의사항

사슴 등과 같은 동물은 도약력이 뛰어나므로 2.5m 이상 높이의 울타리가 필요하다. 지방에 따라서는 눈이 쌓여 울타리가 묻힐 가능성도 고려해야 한다.

② 설치위치

고속도로의 성토부에서는 일반적으로 출입방지 울타리를 사면의 끝에 설치하는데, 대부분의 동물은 사면 환경을 적극적으로 이용하고자 하기 때문에 경우에 따라서는 경사가 시작되는 부분에 설치하는 것도 검토한다.

2) 중형 동물을 대상으로 했을 경우(멧돼지, 너구리 등)

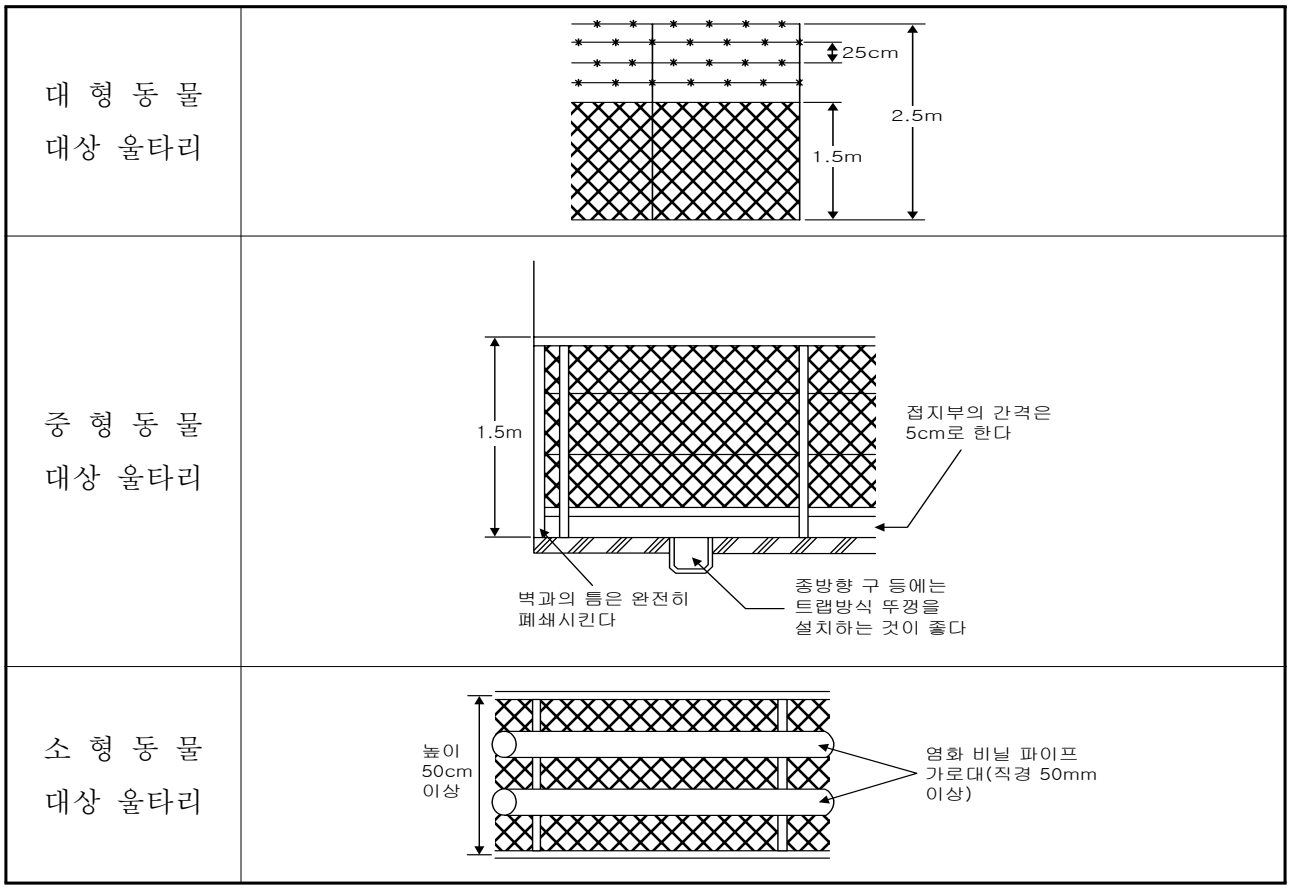
① 유의사항

멧돼지, 너구리, 야생 토끼 등과 같은 중형 포유류는 1.5m 정도로 침입을 방지할 수 있다. 그러나, 지면을 파고 잠입하는 경우가 있기 때문에 울타리 밑부분의 간격을 5cm 이하로 하거나, 접지면을 콘크리트로 하는 것이 바람직하다.

② 설치위치

대형 포유류를 대상으로 했을 경우에 준한다.

3) 소형 동물을 대상으로 했을 경우 (다람쥐류, 족제비, 거북이류, 개구리류 등)

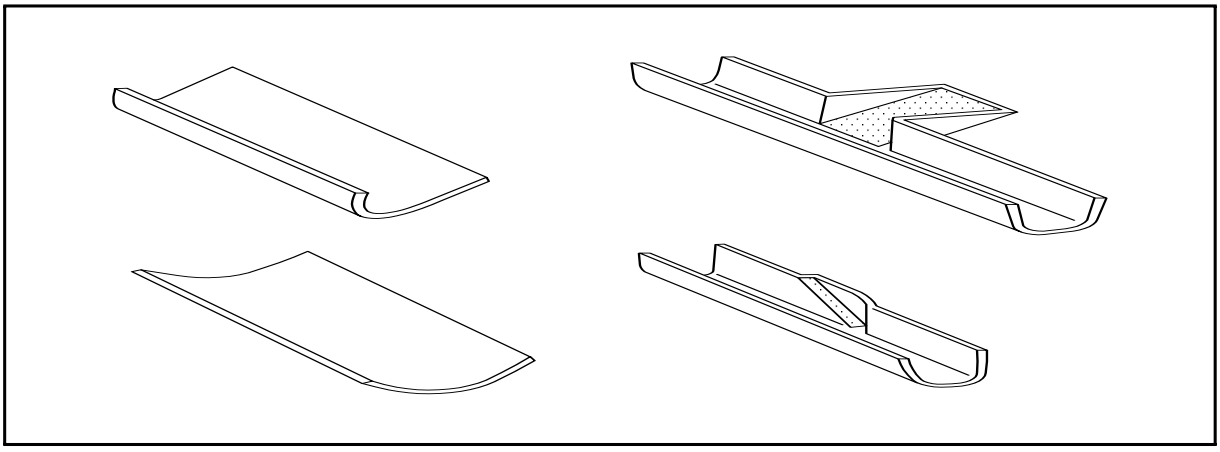


[그림 2.42] 침입방지 울타리 예

2.11.5 측구 등에 대한 배려

측구 등의 구조를 검토할 때는 가능한 소형 동물이 낙하하지 않는 구조로 하거나 낙하해도 쉽게 탈출할 수 있는 구조를 채택한다.

도로 가장자리에 설치되는 측구와 집수거 등의 부대 설비로 두더지류나 도마뱀 등 소동물이 낙하하여 탈출할 수 없어 폐사하는 경우가 있다. 이러한 동물보호를 목적으로 뚜껑을 덮는 방안과 떨어져도 자력으로 탈출할 수 있는 구조를 검토하는 것이 바람직하다. [그림 2.43]에 나타낸 슬로프 부착형 측구에서는 슬로프 각도를 일반적으로 35~40° 정도 주고 있다. 또한, 슬로프에 요철을 두면 탈출하기가 더 쉬울 것이다.



[그림 2.43] 소동물이 자력으로 탈출할 수 있는 측구 구조

2.11.6 도로조명, 전조등의 영향 저감을 위한 배려

주변의 자연 환경 상황에 따라서는 도로 조명이나 전조등 빛이 도로 바깥으로 새어 나와 동물에게 영향을 끼치는 경우가 있다. 이 경우, 빛이 도로 바깥으로 새어 나오지 않는 등구를 사용하거나 유인이 적은 조명을 채택하고, 차광벽을 설치할 것을 검토한다.

2.11.7 대체 서식지 정비

습지와 그 인근 및 산림을 서식지로 하는 양서・파충류는 도로용지나 공사용지로 인해 그 번식지를 상실하게 되면, 이동성이 낮은 이들 동물들은 매우 치명적이 될 수 있다. 그러므로 이러한 종이 서식하는 지역을 부득이하게 도로가 통과해야 하는 경우에는 대체 서식환경을 정비하는 것이 바람직하다. 양서류, 파충류 뿐만 아니라 기타 종에도 이러한 문제가 있을 경우 같은 배려를 할 수 있다.

대체 서식지를 정비할 때에는 대상 동물의 서식환경을 충분히 검토하여 그 동물이 서식하는데 필요한 환경 요소나 먹이 등에 관련된 생명체의 상황도 포함하여 가능한 원래의 서식지에 가까운 상태로 만드는 것이 중요하다. 기복이 심한 지형, 일조조건, 수심, 식생 등을 폭 넓게 고려하여 안정적인 서식지를 만들 필요가 있다. 또 이전할 곳의 주변환경에 큰 변화가 없도록 배려할

필요도 있다.

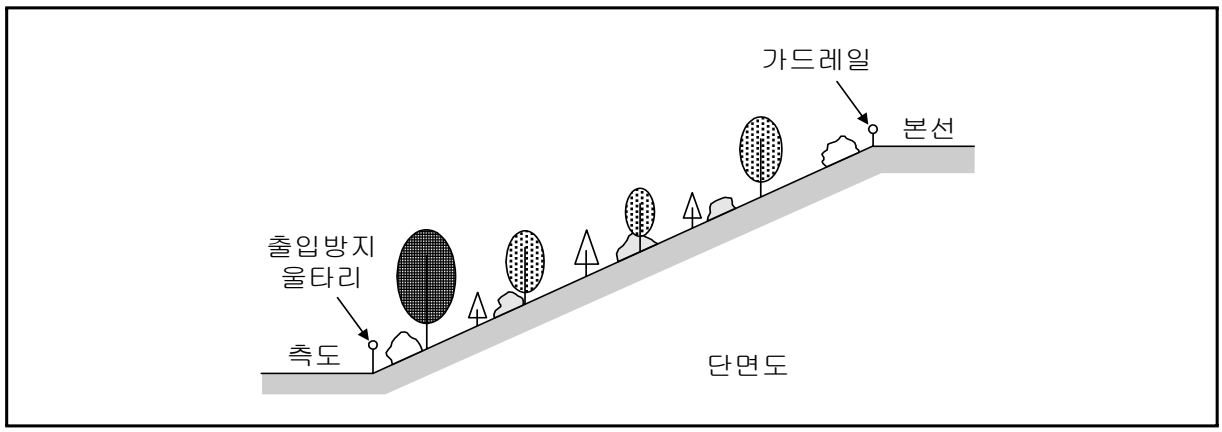
생명체의 서식 환경은 아직 알려지지 않은 점도 많으므로, 대체 서식지를 정비할 때는 이상과 같은 점까지도 고려하여 세심하게 대응해야 한다.

2.11.8 표토의 복원 활용

표토는 물리적으로는 생명체가 살아가는 데 필요한 통기성과 보습성이 풍부하고, 화학적으로는 생물에게 필요한 유기질과 기타 유효 성분을 포함하며, 생물적으로는 지역 특유의 토양 동물, 식물의 종자, 동물의 알 등을 많이 포함하고 있어야 한다. 그러므로 현지의 환경을 보전하는데 있어 표토의 기능이 중요하며, 사면 등에 현지의 표토를 복원 활용하는 것이 바람직하다.

2.11.9 이식

희귀종이나 주요 종은 도로 구조 등을 검토하여 가능한 한 현 상태대로 보전하도록 최선을 다하는 것이 바람직한데, 부득이하게 그 지역이 도로 건설지로 결정되었다면 가능한 이식하여 그 종을 보호・보전하는 것이 바람직하다. 이 경우 이식 대상 종이 성장하는데 필요한 환경조건을 충분히 고려하여 전문가의 지도하에 세심한 배려를 하도록 한다. 아울러 이식한 후의 유지・관리도 중요하므로 주의할 필요가 있다.



[그림 2.44] 사면 식재 예

2.11.10 사면 경사 완화와 고목(高木) 식재

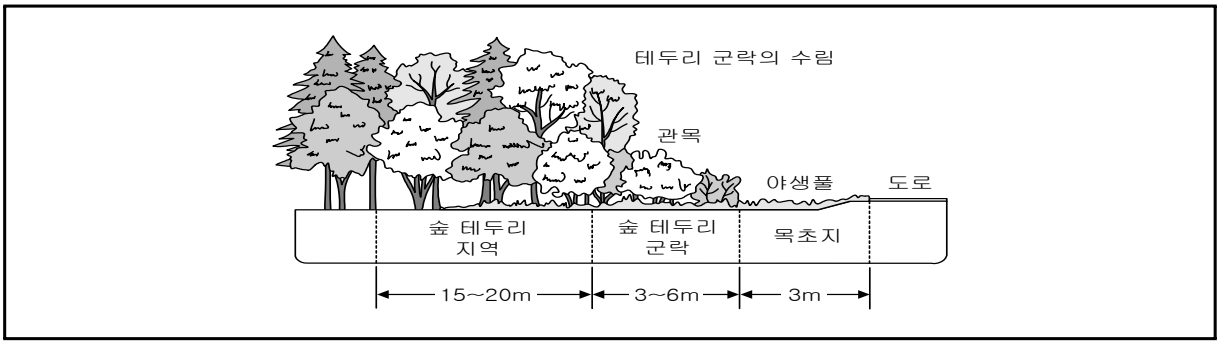
주변의 식생을 가능한 파괴시키지 않으려면 도로의 사면을 가능한 짧게 하는 공법을 채택하게 되는데, 이 경우에는 사면의 경사가 급하여 고목을 심을 수가 없다. 경우에 따라서는 사면의 폭을 확대시켜서라도 경사를 완화시켜 입목(立木)을 심을 수 있게 하고, 주변환경과 잘 조화를 이루도록 하는 것이 바람직하다.

식재는 자연림이 이루는 계층을 고려하여 고・중・저 세 단계의 높이를 섞어 심는 것이 좋다.

2.11.11 방어 식재

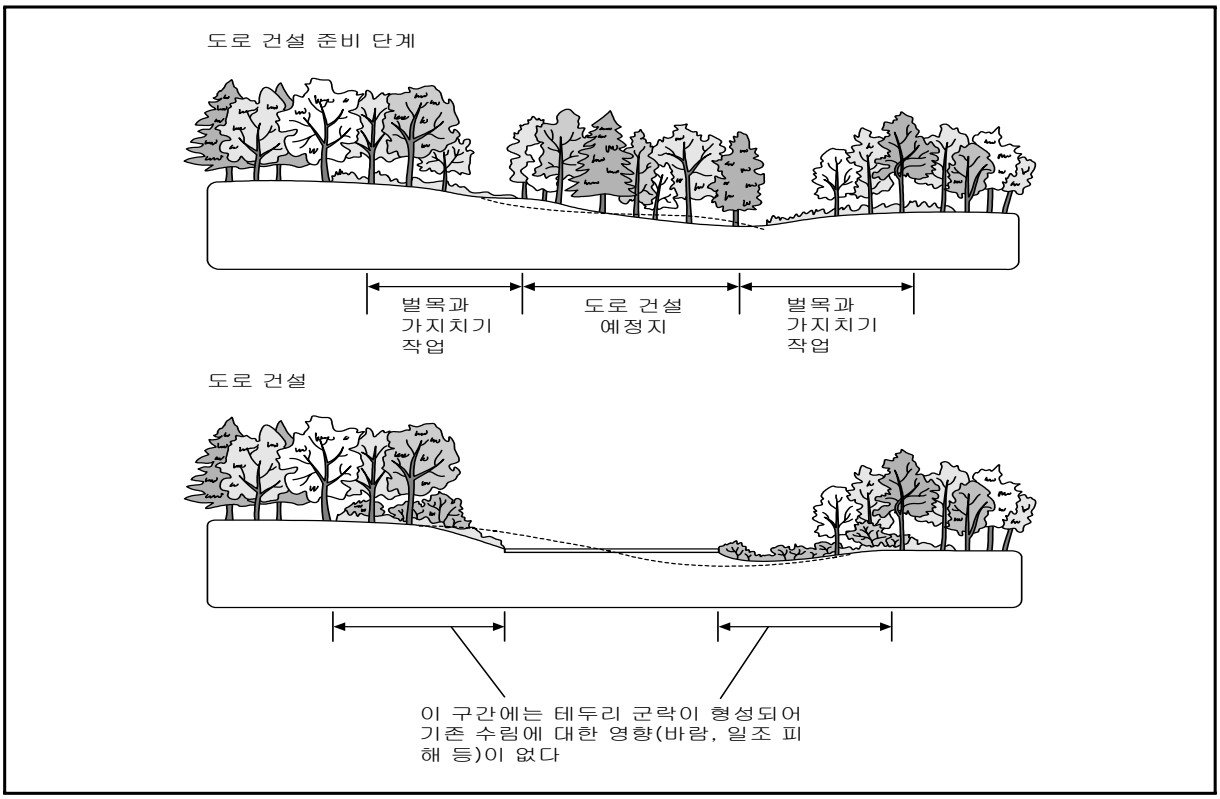
도로를 건설하여 숲이 벌채되면 기후(기온, 습도, 일조 등)가 변화하고, 폐쇄되었던 임관(林冠)이

개방되어 임내(林內)에 강한 태양광선이나 바람의 영향이 미친다. 따라서 수목의 고사나 임상식생(林床植生)의 변화가 일어난다. 이는 동물에 있어서도 서식환경의 변화를 초래한다.



[그림 2.45] 도로와 인접해 있는 방어군락 구조

이러한 변화로부터 식물군락의 영향을 줄이기 위해서는 도로변으로 성장속도가 빠른 오리나무과, 자작나무과, 버드나무과 등의 수목을 식재하여 벌개(伐開)된 임연(林緣)을 덮는다.



[그림 2.46] 방어군락 형성을 촉진시키는 도로건설 방법

또한, 공사전에 단계적으로 노선부분의 산림을 벌채하여 향후 도로에 접할 부분에 임연식생의 생장을 촉진시키는 방법도 있다.

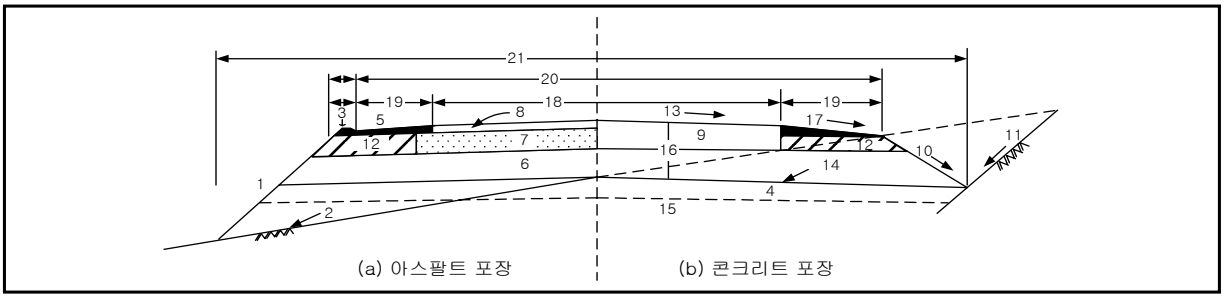
3. 포장 설계

3.1 총 론

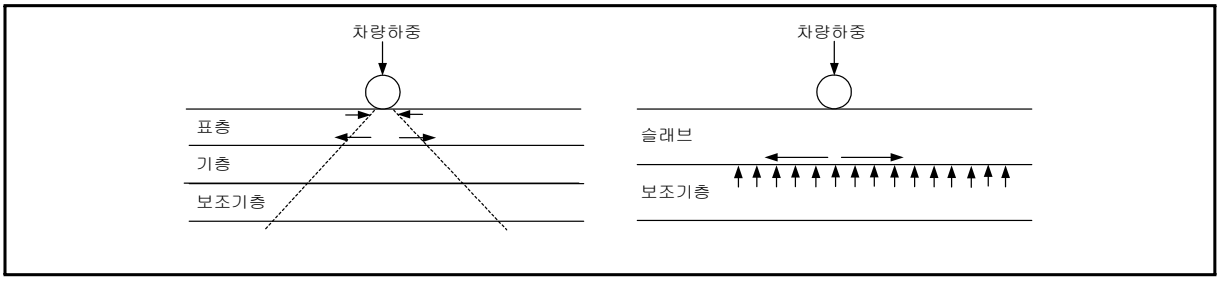
3.1.1 도로 포장의 종류

도로 포장은 크게 아스팔트 콘크리트 포장과 시멘트 콘크리트 포장으로 구분할 수 있다. (이하 아스팔트 포장과 콘크리트 포장으로 칭한다.)

아스팔트 포장은 표층, 기층, 보조기층 등으로 구분되며 하중재하에 의해서 생기는 응력을 각층에 분산시키는 구조를 갖고 있다. 각층 구성과 두께는 역학적 균형을 유지하고 교통하중에 충분히 견딜 수 있어야 한다. 콘크리트 포장은 콘크리트 슬래브 자체가 빔과 같이 거동하여 교통하중에 의해 발생되는 응력을 휨저항으로 지지하는 포장형식이다.



번호	명 칭	번호	명 칭
1	성토 사면	12	길어깨 기층
2	원 지반 경사	13	노면 경사
3	연석	14	노상
4	동상방지층 또는 필터층	15	노체 흙
5	길어깨 표면	16	포장 구조체
6	보조기층	17	길어깨 경사
7	기층	18	주행 차로
8	표층	19	길어깨
9	포장 슬래브	20	차도
10	성토면 경사	21	도로 부지
11	절토면 경사		



[그림 3.1] 포장단면과 하중재하 후 거동

3.1.2 도로 포장 관련 약어표기

AASHO (American Association of State Highway Officials, 미국도로교통공무원협의회 전신)

AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials, 미국도로교통공무원협의회)

AC (Asphalt Concrete Pavement, 아스팔트 콘크리트)

ACI (American Concrete Institute, 미국 콘크리트 협회)

AI (Asphalt Institute, 미국 아스팔트 협회)

a_i (Layer Coefficient, 상대강도계수)

ASTM (American Society for Testing and Materials, 미국재료시험협회)

CBR (California Bearing Ratio, 캘리포니아 지지력비)

CRCP (Continuously Reinforced Concrete Pavement, 연속철근 콘크리트포장)

DBST (Double Bituminous Surface Treatment, 이중역청표면처리공법)

DOT (Department of Transportation, 미국교통국)

DS (Dynamic Stability, 동적안정성)

ESAL (Equivalent Single Axle Load, 등가단축하중)

FHWA (Federal Highway Administration, 미연방도로교통협회)

FWD (Falling Weight Deflectometer, 포장구조진단기)

JCP (Jointed Concrete Pavement, 줄눈 콘크리트포장)

JRCP (Jointed Reinforced Concrete Pavement, 줄눈 철근보강 콘크리트포장)

MR (Resilient Modulus, 회복탄성계수)

NCHRP (National Cooperative Highway Research Program, 미연방도로연구프로그램)

NDT (Nondestructive Testing, 비파괴시험)

NJDOT (New Jersey Department of Transportation, 뉴저지교통국)

PCA (Portland Cement Association, 미국 시멘트 협회)

PCC (Portland Cement Concrete, 포틀랜드시멘트콘크리트)

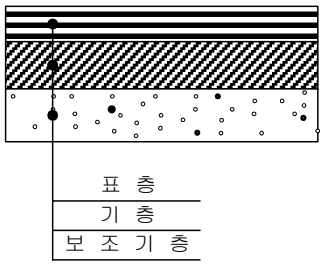
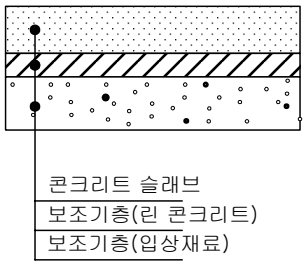
PMS (Pavement Management System, 포장유지관리체계)

PSI (Present Serviceability Index, 포장서비스지수)

3.2 포장형식의 선정 및 설계 입력 변수

3.2.1 포장형식별 특징

<표 3.1> 포장형식별 특징

구 분	아스팔트 포장	시멘트 콘크리트 포장
단 면		
구 조 특 성	• 포장층이 일체로 교통하중을 지지하고 노상에 윤하중 분포 • 포장두께는 교통하중과 노상지지력에 근거하여 설계 • 기층 또는 보조기층에도 큰 응력이 작용 • 반복되는 교통하중 및 중차량 교통하중에 민감	• 콘크리트 슬래브 자체로 교통하중 및 온도변화에 대해 지지 • 슬래브에 불규칙한 균열 방지를 위해 가로 수축줄눈을 4~6m 간격으로 설치 • 골재 맞물림 작용 및 다웰바를 통해 슬래브간 하중 전달
시 공 성	• 신속성 간편성 측면에서 유리 • 단계 시공방식에서 유리	• 시공시 장기간 양생필요 • 줄눈설치 및 콘크리트 양생 등 공종이 많음
내 구 성	• 중차량이 많은 도로에서 rutting 발생	• 중차량에 대한 적응도 양호
유 지 관 리	• 부분보수 용이 • 잦은 보수로 교통소통에 지장 초래 • 보수 시기가 늦어지면 큰하자 발생	• 줄눈부의 정기적인 유지보수 필요 • 연속 철근 콘크리트 포장에 비해 국부적인 파손 보수가 용이
이용성 및 적용도로	• 평탄성 및 승차감 양호 • 소음이 적음 • 교통량이 적은 도로, 시가지 도로	• 소음이 많음 • 줄눈설치로 승차감 불량 • 중차량이 많은 도로

3.2.2 설계 입력 변수

(1) 일반사항

본 편람에서는 미국 AASHTO 설계법을 근간으로 입력 변수에 대하여 기술하였다.

AASHTO 설계법은 50년대 말 미국 일리노이주에서 실시한 AASHO 도로시험결과를 바탕으로 만들어진 것으로 아스팔트 포장은 1972년 Interim Guide가 나오고 1986년에 본 설계법이 완성되었으며 1993년도에 덧씌우기 부분이 개정되었다. 콘크리트 포장은 1981년에 Interim Guide가 나오고 1986년에 본 설계법이 완성되었으며 1993년에 덧씌우기 부분이 개정되었다.

각 설계법 별 입력변수는 다음과 같다.

입력변수 / 포장종류	'72 Guide '81 Guide	'86 Guide '93 Guide (덧씌우기만 '86 Guide와 다름)
아스팔트 포장	지역계수(R) 노상지지력(SSV)	신뢰도($Z_R \times S_0$) 회복탄성계수(M_R)
콘크리트 포장	휨강도(S_C') 탄성계수(E_C) 노상지지력계수(K) 하중전달계수(J)	휨강도(S_C'), 탄성계수(E_C), 노상지지력계수(K), 하중전달계수(J), 신뢰도($Z_R \times S_0$), 배수계수(C_d)

(2) 서비스 능력과 공용성

서비스 능력과 공용성의 개념은 1960년대 초 AASHTO 도로시험에서 제시한 개념으로서 도로이용자가 주행시 느끼는 쾌적성 등을 정량화하는 척도이다.

1) 서비스 능력

포장의 서비스 능력은 어느 시점에서 포장이 이용자에게 제공하는 기능 및 구조적 손상도의 크기이며 측정시 서비스 지수로 표시된다.

측정시 서비스 지수(PSI ; Present Serviceability Index)는 평탄성과 손상도, 즉 균열(cracking)과 팻칭(patching) 정도 그리고 아스팔트 포장에서의 소성변형 등을 그 포장의 사용수명(service life)동안의 특정시기에 측정할 수 있다.

2) 공용성

① 공용성의 정의

포장 공용성은 포장체가 가지고 있는 물리적 능력을 수치화 한 것으로 기능적 공용성(functional performance), 구조적 공용성(structural performance) 및 안전적 공용성으로 구분할 수 있다.

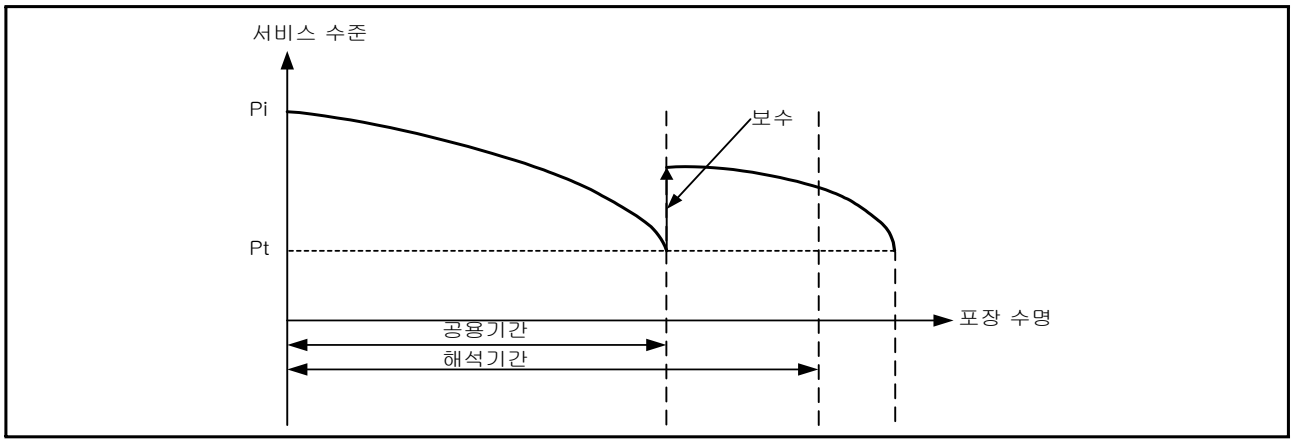
② 공용기간과 해석기간

공용기간(performance period)이란 초기포장구조가 덧씌우기 이상의 보수를 필요로 하기 바로 전까지의 기간을 말한다. 또한 보수작업 시행 사이의 기간을 의미하기도 한다.

해석기간(analysis period)은 해석대상이 되는 동안의 기간, 즉 어떠한 설계정책이 보증할 수 있는 시간의 범위이다. 해석기간은 과거에 설계자가 사용했던 설계수명(design life) 기간과 유사하다.

<표 3.2> AASHTO의 해석 기간 추천 값

교통량	해석기간 (년)
도시부 교통량 많은 지역	30 ~ 50
지방부 교통량 많은 지역	20 ~ 50
교통량 적은 지역	15 ~ 25
비포장 교통량 많은 지역	10 ~ 20



[그림 3.2] 공용기간과 해석기간

국내에서는 공용기간과 해석기간에 대한 구분을 두지 않고 일괄적으로 설계기간을 아스팔트 10년, 콘크리트 20년으로 하지만 향후에는 공용기간과 해석기간에 대한 구분이 필요하다.

3) 측정 서비스 지수

① 측정 서비스 지수(PSI)의 크기는 0~5의 값으로 정의된다.

② 포장 설계를 위해서는 다음과 같이 초기와 최종 서비스 지수를 결정해야 한다.

- 초기 서비스 지수(P0 ; Initial Serviceability Index) : 아스팔트 포장(4.2), 콘크리트포장(4.5).
- 최종 서비스 지수(Pt ; Terminal Serviceability Index) : 중요도로(2.5~3.0), 중요치 않은 도로 (2.0)을 적용한다. 또한 경제적 관점에서 볼 때 초기 비용이 적게 소요되는 저

급도로에 대하여서는 Pt=1.5를 적용할 수 있다

(3) 교통량

설계를 위해서는 대상 도로의 설계기간 동안에 설계차로를 통과하는 전체 혼합 교통량을 8.2톤 등가단축하중 교통량으로 환산하여 적용한다.

혼합 교통량을 8.2톤 등가단축하중 통과횟수(ESAL ; Equivalent Single Axle Load)로 표시하는 것은 AASHTO 도로시험 결과에 의한 것이다.

따라서 설계자는 교통조건을 만족하는 포장설계를 위해서 설계대상 도로를 해석기간 동안 통과하는 예상 총 혼합 교통량(mixed traffic)을 추정하여 이것을 표준 등가단축 하중 통과횟수로 환산하여야 하며 그런 다음 설계차로 교통량을 방향별, 차로별 분포를 고려하여 결정하여야 한다.

1) 표준 등가단축하중

도로를 실제 통행하는 혼합교통은 서로 다른 축 형식과 축 배열 그리고 축 하중 분포를 가지는 차량군으로 구성되기 때문에 포장설계를 위한 설계차로 교통량을 결정하기 위해서는 하나의 공통분모를 기준으로 하여 표준화시켜 변환하여야 한다.

등가단축하중계수는 설계포장형식(아스팔트 또는 콘크리트), 두께 및 최종 서비스 지수(Pt), 축 배열 형식과 함수관계를 가지며 이는 임의 포장구조에 대한 임의 선정된 표준 단축하중의 1회 통과당 피해도와 동일 포장구조에 임의 크기를 가지는 하중의 1회 통과에 따른 피해도의 비로서 아래와 같이 정의된다.

$$\mathrm{ESALF} = \frac{\text{임의 축하중의 손상도}}{\text{18kips 단축하중의 손상도}} = \frac{W_{18}}{W_i}$$

① 아스팔트 포장

$$\mathrm{ESALF} = \frac{(L_1+L_2)^{4.79}}{(18+1)^{4.79}\,L_2^{4.33}} \cdot \frac{10^{\frac{G_t}{\beta_{18}}}}{10^{\frac{G_t}{\beta_i}}} \quad \cdots\cdots \text{식(3.1)}$$

여기서, L_1 : 축하중(kips)

L_2 : 축형식(단축=1, 복축=2)

$$G_t = \log_{10}\left[\frac{4.2-p_t}{4.2-1.5}\right]$$

$$\beta = 0.4 + \frac{0.081(L_1+L_2)^{3.23}}{(\overline{SN}+1)^{5.19}L_2^{3.23}}$$

② 콘크리트 포장

$$ESALF = \frac{(L_1 + L_2)^{4.62}}{(18+1)^{4.62} L_2^{3.28}} \cdot \frac{10^{\frac{G_t}{\beta_{18}}}}{10^{\frac{G_t}{\beta_i}}} \quad \cdots\cdots \text{식(3.2)}$$

국내의 8.2톤 단축하중계수는 한국건설기술연구원이 1987년 실측 조사하여 산정한 결과치를 이용하며 아스팔트 포장 및 콘크리트 포장에 대한 차종별 8.2톤 등가단축하중계수는 <표 3.3>, <표 3.4>, <표 3.5>와 같다.

<표 3.3> 차종, 포장구조 및 도로등급별 평균 ESALF 산정결과

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">차 종</th><th rowspan="2">차축구성</th><th colspan="4">전체평균 ESALF</th><th colspan="2">고속국도 ESALF</th><th colspan="2">일반국도
+지방도평균
ESALF</th></tr>
<tr><th colspan="2">가요성</th><th colspan="2">강성</th><th>가요성</th><th>강성</th><th>가요성</th><th>강성</th></tr>
<tr><td colspan="2">승용차</td><td>2A4T</td><td colspan="2">0.0002</td><td colspan="2">0.0001</td><td>0.0002</td><td>0.0001</td><td>0.0002</td><td>0.0002</td></tr>
<tr><td rowspan="3">버스</td><td rowspan="2">소형</td><td>2A4T</td><td colspan="2">0.001</td><td colspan="2">0.001</td><td>0.001</td><td>0.0004</td><td>0.001</td><td>0.001</td></tr>
<tr><td>2A6T</td><td colspan="2">0.001</td><td colspan="2">0.001</td><td>0.001</td><td>0.001</td><td>0.001</td><td>0.001</td></tr>
<tr><td>보통</td><td>2A6T</td><td colspan="2">0.852</td><td colspan="2">0.839</td><td>1.403</td><td>1.041</td><td>0.762</td><td>0.746</td></tr>
<tr><td rowspan="3">트럭</td><td>소형</td><td>2A4T</td><td colspan="2">0.004</td><td colspan="2">0.004</td><td>0.015</td><td>0.015</td><td>0.001</td><td>0.001</td></tr>
<tr><td>보통</td><td>2A6T</td><td>0.613</td><td rowspan="2">1.122</td><td>0.616</td><td rowspan="2">1.638</td><td>0.781</td><td>0.783</td><td>0.602</td><td>0.605</td></tr>
<tr><td>대형</td><td>3A10T</td><td>2.047</td><td>3.417</td><td>1.472</td><td>2.407</td><td>2.392</td><td>4.022</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">트렉터+
세미트레일러</td><td>4A이하</td><td>1.690</td><td rowspan="4">2.130</td><td>2.320</td><td rowspan="4">3.266</td><td>1.734</td><td>2.399</td><td>1.547</td><td>2.068</td></tr>
<tr><td>5A</td><td>1.815</td><td>3.072</td><td>1.292</td><td>2.139</td><td>2.422</td><td>4.156</td></tr>
<tr><td>6A이상</td><td>0.858</td><td>1.533</td><td>0.471</td><td>0.756</td><td>1.676</td><td>3.173</td></tr>
<tr><td colspan="2">트럭트레일러</td><td>5A이하</td><td>3.288</td><td>4.472</td><td>2.977</td><td>4.022</td><td>3.768</td><td>5.165</td></tr>
</table>

<표 3.4> 아스팔트포장에 대한 차종별 8.2톤 등가단축하중계수(전체평균)

차 종		차축구성	Pt	SN						
				1	2	3	4	5	6	평균
승용차		2A4T	2.0	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
			2.5	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002
			3.0	0.001	0.001	0.0004	0.0002	0.0002	0.0001	0.0003
버스	소형	2A4T	2.0	0.001	0.001	0.001	0.0005	0.0004	0.0004	0.0005
			2.5	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0005	0.0004	0.001
			3.0	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.0005	0.001
	소형	2A6T	2.0	0.001	0.001	0.001	0.0005	0.0004	0.0004	0.0005
			2.5	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0005	0.0004	0.001
			3.0	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.0005	0.001
	보통	2A6T	2.0	0.834	0.843	0.846	0.839	0.834	0.832	0.838
			2.5	0.837	0.860	0.872	0.852	0.838	0.833	0.849
			3.0	0.841	0.891	0.921	0.879	0.846	0.835	0.869
트럭	소형	2A4T	2.0	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
			2.5	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004
			3.0	0.006	0.007	0.005	0.004	0.004	0.004	0.005
	보통	2A6T	2.0	0.646	0.643	0.629	0.614	0.616	0.624	0.629
			2.5	0.647	0.643	0.614	0.584	0.584	0.601	0.612
			3.0	0.648	0.647	0.608	0.556	0.551	0.573	0.597
	대형	3A10T	2.0	2.208	2.187	2.123	2.073	2.081	2.116	2.131
			2.5	2.205	2.161	2.034	1.932	1.946	2.012	2.048
			3.0	2.201	2.135	1.950	1.792	1.802	1.896	1.963
트렉터+ 세미트레일러		4A이하	2.0	1.715	1.719	1.702	1.681	1.682	1.692	1.699
			2.5	1.718	1.733	1.703	1.651	1.648	1.668	1.687
			3.0	1.723	1.764	1.736	1.632	1.611	1.638	1.684
		5A	2.0	1.832	1.840	1.827	1.801	1.796	1.804	1.817
			2.5	1.836	1.861	1.842	1.781	1.763	1.777	1.810
			3.0	1.842	1.903	1.898	1.782	1.733	1.746	1.817
		6A이상	2.0	0.765	0.799	0.827	0.812	0.788	0.773	0.794
			2.5	0.775	0.860	0.933	0.891	0.830	0.794	0.847
			3.0	0.789	0.960	1.115	1.016	0.892	0.824	0.933
트럭트레일러		5A이하	2.0	3.359	3.353	3.321	3.291	3.298	3.319	3.323
			2.5	3.359	3.351	3.289	3.222	3.232	3.273	3.288
			3.0	3.360	3.358	3.278	3.158	3.156	3.216	3.254

<표 3.5> 콘크리트포장에 대한 차종별 8.2톤 등가단축하중계수(전체평균)

차 종		차축구성	Pt	D(㎝)									
				15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	평균
승 용 차		2A4T	2.0	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
			2.5	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
			3.0	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
버스	소형	2A4T	2.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
			2.5	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
			3.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	소형	2A6T	2.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.001
			2.5	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.001
			3.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0005	0.0005	0.0005	0.001
	보통	2A6T	2.0	0.843	0.838	0.837	0.836	0.837	0.837	0.837	0.837	0.837	0.838
			2.5	0.852	0.841	0.836	0.836	0.836	0.837	0.837	0.837	0.837	0.839
			3.0	0.865	0.844	0.837	0.836	0.836	0.836	0.837	0.837	0.837	0.841
트럭	소형	2A4T	2.0	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
			2.5	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
			3.0	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
	보통	2A6T	2.0	0.621	0.615	0.617	0.622	0.627	0.629	0.631	0.632	0.632	0.625
			2.5	0.609	0.595	0.599	0.610	0.619	0.625	0.628	0.630	0.631	0.616
			3.0	0.597	0.572	0.579	0.596	0.610	0.619	0.625	0.628	0.630	0.606
	대형	3A10T	2.0	3.531	3.450	3.462	3.523	3.585	3.632	3.665	3.687	3.700	3.582
			2.5	3.316	3.152	3.177	3.301	3.430	3.530	3.599	3.645	3.674	3.425
			3.0	3.066	2.815	2.855	3.047	3.249	3.407	3.520	3.594	3.642	3.244
트렉터+세미트레일러		4A 이하	2.0	2.342	2.312	2.328	2.359	2.384	2.399	2.407	2.411	2.413	2.373
			2.5	2.260	2.196	2.227	2.293	2.346	2.378	2.396	2.405	2.410	2.323
			3.0	2.166	2.062	2.109	2.212	2.299	2.352	2.381	2.397	2.405	2.265
		5A	2.0	3.114	3.068	3.091	3.139	3.179	3.205	3.221	3.229	3.234	3.164
			2.5	2.971	2.874	2.921	3.021	3.106	3.162	3.196	3.215	3.226	3.007
			3.0	2.806	2.652	2.723	2.881	3.017	3.109	3.165	3.197	3.215	2.974
		6A 이상	2.0	1.540	1.527	1.532	1.541	1.547	1.550	1.551	1.552	1.553	1.544
			2.5	1.527	1.498	1.508	1.527	1.539	1.546	1.549	1.551	1.552	1.533
			3.0	1.518	1.465	1.479	1.509	1.530	1.541	1.547	1.550	1.551	1.521
트럭트레일러		5A 이하	2.0	4.514	4.458	4.487	4.549	4.599	4.629	4.645	4.653	4.657	4.577
			2.5	4.346	4.229	4.288	4.416	4.522	4.587	4.622	4.641	4.650	4.478
			3.0	4.153	3.967	4.055	4.256	4.427	4.534	4.593	4.624	4.641	4.361

2) 교통량의 산정

설계차로에 대한 교통량은 다음 식을 적용하여 결정한다.

$$W_{8.2} = D_D \times D_L \times \overline{W_{8.2}}$$

여기서, $W_{8.2}$: 설계 교통량

D_D : 방향분배계수

D_L : 차로분배계수

$\overline{W}_{8.2}$: 해석 기간 동안의 대상 계획도로의 양방향 누가 ESAL 교통량

방향분배계수(D_D)의 값은 일반적으로 0.50(50%) 이상을 원칙으로 하며, 한 방향으로 차로통행이 편중된 교통량이 많은 차로에 대한 ESAL 교통량을 기준으로 하고, 이런 경우 방향분배계수의 값은 차량이 많은 방향과 차량이 적은 방향에 대하여 0.30~0.70 범위로 한다. 방향분배계수 값은 2차로 도로에는 0.5이상을, 4차로 이상의 도로에는 0.40~0.45를 적용하는 것이 일반적이다.

차로분배계수(D_L)는 한 방향이 2차로 이상일 경우 차로별 교통량 분포비율을 나타내는 것으로 우리나라의 경우 대부분의 도로가 용량에 근접된 상태로 운영되고 있음을 고려하여야 할 것이다. 따라서 차로분배계수의 적용은 차로별 관측자료에 의하여 적용하는 것이 바람직하다. AASHTO에서 권고하고 있는 차로분배계수의 값은 <표 3.6>과 같다.

<표 3.6> AASHTO 차로분배계수 권장값

편도차로	DL (%)	적용
1	100	1.0
2	80 - 100	0.8 - 1.0
3	60 - 80	0.6 - 0.8
4	50 - 75	0.5 - 0.75

(4) 환경

포장 공용성과 포장 구조 설계에 관련되는 주요 환경인자로 온도와 강우의 영향을 반영한다. 이들은 노상토의 동결 융해 및 배수효과에 영향을 주는 기상 요소이므로 설계자는 이들로 인한 포장구조의 수축팽창과 동상현상 등의 메커니즘을 면밀히 분석하여 포장에 대하여 결함을 일으키는 요인을 미리 제거하거나, 포장구조 설계요소로 주의 깊게 고려해야 한다.

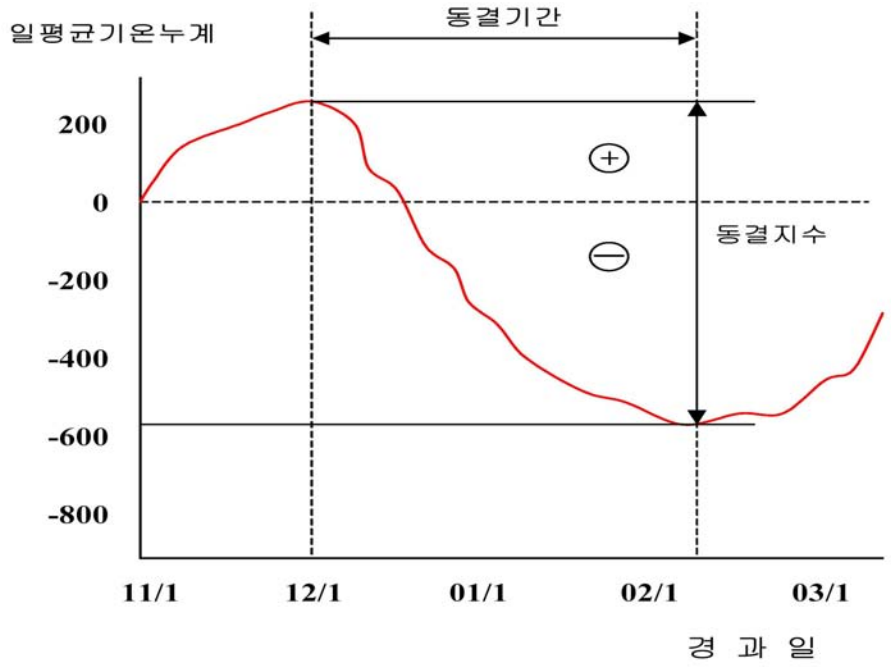
1) 동결지수

동결지수(frost index)는 포장내의 동결관입깊이를 산정하기 위한 대표적 척도로서, 포장구조와 노상토를 동결시키는 대기온도의 강도와 지속기간의 누가영향으로 표시된다. 동결지수

의 단위는 ℃・일이며, [그림3.3]과 같이 어느 동결 계절 동안의 누가 온도・일에 대한 시간 곡선상의 최고점과 최저점의 차이로 나타낸다. 동결지수의 산정은 대상 지역의 인근측후소에서 관측한 일평균대기온도의 크기와 지속기간에 대한 30년 기록을 토대로 한다.

도로포장의 동결심도를 결정하는데 사용하는 값을 설계동결지수라고 하는데 설계동결지수의 산정은 대상 지역의 인근 측후소에서 관측한 30년간의 기상자료에서 추위가 가장 심하였던 3년간(즉, 동결지수의 최대 3년치)의 평균동결지수로 정한다. 만일 30년간의 기상자료가 없으면 최근 10년간의 최대동결지수를 설계동결지수로 산정할 수 있다.

동결지수는 측후소 위치에서 관측한 값을 토대로 한 것이므로, 설계노선의 표고에 대한 보정은 식(3.3)을 이용하여 계산한다.



[그림 3.3] 동결지수 결정방법

$$\text{수정동결지수(℃·일)} = \text{동결지수} + 0.5 \times \text{동결기간} \times \frac{\text{표고차}(m)}{100}$$ 1) ····· 식(3.3)

여기서, 표고차(m) = 설계노선최고표고(m) − 측후소지반고(m)

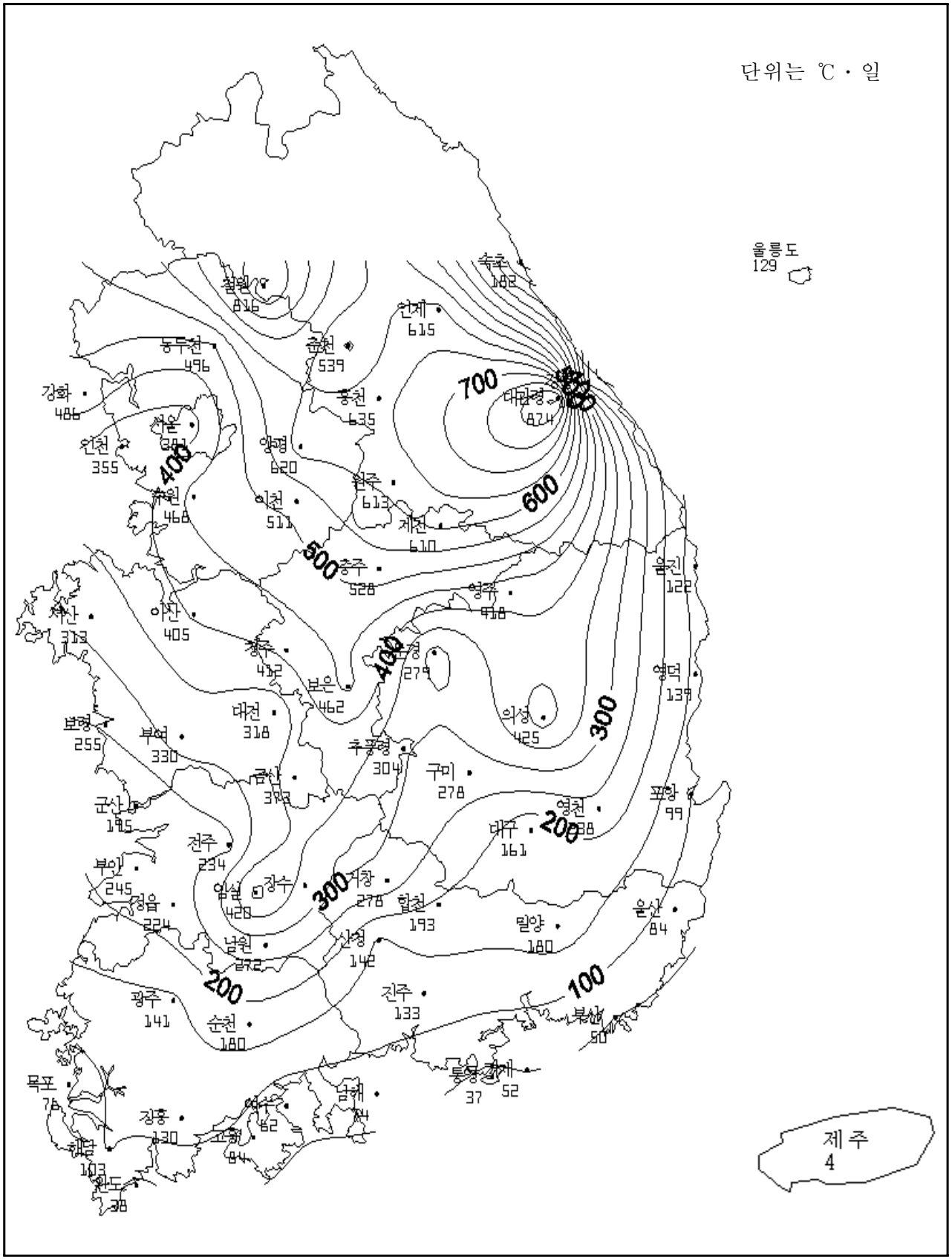
이와 같이 산출된 수정동결지수를 동결심도 산정모델에 적용하여 해당지역의 설계 동결깊이를 결정하게 된다.

1) 동결지수가 °F· 일 경우는 다음 식 적용·

수정동결지수 °F· 일 = 동결지수 + 0.9 × 동결기간 × $\frac{\text{표고차}(m)}{100}$

<표 3.7> 지역별 동결지수 및 동결기간

지 역	측후소 지반고(m)	동결지수 (℃・일)	동결기간 (일)	지 역	측후소 지반고(m)	동결지수 (℃・일)	동결기간 (일)
속초	17.6	181.6	66	합천	32.1	193.0	62
대관령	842.0	873.8	127	거창	224.9	278.2	74
춘천	74.0	539.0	92	영천	91.3	237.8	64
강릉	26.0	167.2	57	구미	45.5	278.1	76
서울	85.5	380.9	80	의성	73.0	425.2	78
인천	68.9	354.7	78	영덕	40.5	138.8	57
원주	149.8	613.0	94	문경	172.1	279.4	55
울릉도	221.1	129.3	32	영주	208.0	417.8	77
수원	36.9	468.4	79	성산포	17.5	-	-
충주	69.4	528.4	89	고흥	60.0	83.5	49
서산	26.4	313.2	76	해남	22.1	102.6	49
울진	49.5	121.6	57	장흥	43.0	130.1	52
청주	59.0	411.6	78	순천	74.0	179.9	64
대전	67.2	317.7	68	남원	89.6	272.4	67
추풍령	245.9	303.9	78	정읍	40.5	223.9	61
포항	2.5	98.5	52	임실	244.0	420.3	86
군산	26.3	194.9	61	부안	7.0	244.7	61
대구	57.8	160.9	54	금산	170.7	372.5	77
전주	51.2	233.5	61	부여	16.0	330.0	74
울산	31.5	83.6	46	보령	15.1	254.8	76
광주	73.9	141.4	55	아산	24.5	405.4	78
부산	69.2	49.6	27	보은	170.0	461.7	76
통영	25.0	37.4	27	제천	264.4	610.2	91
목포	36.5	75.6	33	홍천	141.0	635.4	98
여수	67.0	62.2	31	인제	199.7	614.5	91
완도	37.5	38.1	26	이천	68.5	511.0	89
제주	22.0	4.1	3	양평	49.0	619.7	91
남해	49.8	74.3	38	강화	46.4	486.2	89
거제	41.5	52.1	39	진주	21.5	132.8	51
산청	141.8	141.8	49	서귀포	51.9	-	-
밀양	12.5	180.2	62	철원	154.9	685.0	109



[그림 3.4] 전국동결지수선도

설계동결지수를 구하기 위하여 <표 3.7> 에서 표고 100m를 기준으로 하여 해당좌표의 동결지수를 제시하였으므로, 이 표에서 해당 지역의 동결지수를 간편하게 구할 수 있다.

<표 3.8> 좌표별 전국동결지수

(단위 : ℃・일)

북위(radian) / 동경(radian)		34			35					36	
		0.40	0.63	0.83	0.02	0.22	0.41	0.61	0.80	0.03	0.23
126	0.4	77	99	94	121	151	184	213	228	240	264
	0.6	66	120	122	133	158	196	236	245	235	277
	0.8	60	123	139	142	160	208	247	256	256	316
127	0.0	73	126	146	158	185	233	261	257	286	343
	0.2	68	106	133	173	216	271	317	271	301	332
	0.4	53	70	50	158	210	268	319	315	328	337
	0.6	42	61	92	135	176	219	264	294	323	348
	0.8	36	62	91	120	143	158	221	265	289	318
128	0.0	29	56	84	116	142	155	210	246	257	254
	0.2	20	42	69	108	150	180	215	234	265	282
	0.4	11	30	48	95	142	180	201	215	271	322
	0.6	5	25	52	90	137	182	196	182	261	360
	0.8	-	19	44	76	122	179	195	198	264	347
129	0.0	-	10	29	50	91	138	168	194	245	286
	0.2	-	-	16	35	65	99	128	154	185	211
	0.4	-	-	-	25	47	72	93	112	126	150

주) 표고 100m 기준

<표 3.8> 좌표별 전국동결지수(계속)

(단위 : ℃ · 일)

북위(radian) / 동경(radian)		36			37					38	
		0.42	0.62	0.81	0.01	0.20	0.43	0.63	0.82	0.02	0.21
126	0.4	294	320	343	368	387	416	478	501	491	484
	0.6	315	345	368	388	394	377	431	473	481	480
	0.8	353	379	405	425	431	399	403	444	469	477
127	0.0	374	404	440	463	487	441	410	451	472	478
	0.2	366	411	453	483	505	505	493	493	493	487
	0.4	356	421	468	499	519	586	579	545	520	500
	0.6	397	444	484	522	552	621	615	569	534	509
	0.8	383	426	480	545	577	612	617	582	548	514
128	0.0	305	343	431	522	569	597	605	592	568	512
	0.2	285	280	377	477	536	559	564	558	550	465
	0.4	337	339	373	429	477	506	508	481	426	346
	0.6	401	373	368	389	417	443	449	386	312	220
	0.8	385	359	342	342	351	358	357	276	221	178
129	0.0	308	303	290	282	277	260	214	161	152	139
	0.2	226	226	218	208	200	180	151	125	113	108
	0.4	162	163	156	143	142	131	114	99	90	87

주) 표고 100m 기준

2) 동상방지층두께 산출 계산 예

[사례]

『안동에 설계노선의 최대표고가 150m인 도로를 건설하고자 한다. 동상방지층 두께를 구하시오.』

- 조건 : 포장단면(표층 5cm, 기층 20cm, 보조기층 30cm),
노상토의 함수비 w=15%, 보조기층의 함수비 w=7%,
보조기층 재료의 건조단위중량 $\gamma_d = 2.16 g/cm^3$

① 도표를 이용한 계산법

(가) 동결지수

안동의 좌표는 북위 36。 33′, 동경 128。 43′이므로 이를 radian값으로 환산하면 북위 36.55, 동경 128.72가 된다. 표 3.7에서 해당좌표에 대한 동결지수를 보간법으로 구할 수 있으나 동결심도에 큰 영향을 미치지 않으므로 가장 가까운 좌표인 북위 36.62, 동경 128.8에서의 동결지수를 구하면 동결지수는 359℃・일이 구하여진다. 표고를 보정하기 위한 수정동결지수는 앞의 식(3.3)으로부터 구할 수 있다.

식(3.3)에서 동결기간은 가까운 측후소 3개소의 평균값 또는 가장 가까운 측후소의 동결기간을 사용하며, 이는 동결지수에 미치는 영향이 크지 않으므로 가장 가까운 측후소의 동결기간을 사용하는 것이다. 여기서는 가장 가까운 측후소인 영주의 동결기간이 표 3.5에서 77일이므로 수정동결지수는 다음과 같이 구한다.

$$수정동결지수 = 359 + 0.5 \times 77 \times \frac{(150-100)}{100} = 378℃\cdot일$$

(나) 동상방지층두께

상기에서 구한 동결지수가 378℃・일로 나왔으므로 미공병단에서 제시된 도표를 활용하기 위해서는 화씨의 동결지수로 변환해야 한다. 동결지수는 일평균기온과 임의의 기준온도와의 차이를 1일의 기간으로 곱한 값이며, 화씨로 표시된 동결지수를 구하기 위해서는 섭씨로 구한 동결지수에 1.8을 곱하면 된다. 그러므로 화씨로 표시된 동결지수로 변환하면 680°F・일을 구할 수 있다. 보조기층의 함수비는 7%, 건조단위중량이 $2.16 g/cm^3$이므로 [그림 3.5]에서 완전방지법에 의한 동결심도는 115cm로 산출된다. 노상동결관입허용법에 의한 동결심도는 [그림 3.5]의 도표를 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$c = a - p = 115 - 25\,(표층\ 5cm,\ 기층\ 20cm) = 90cm$$

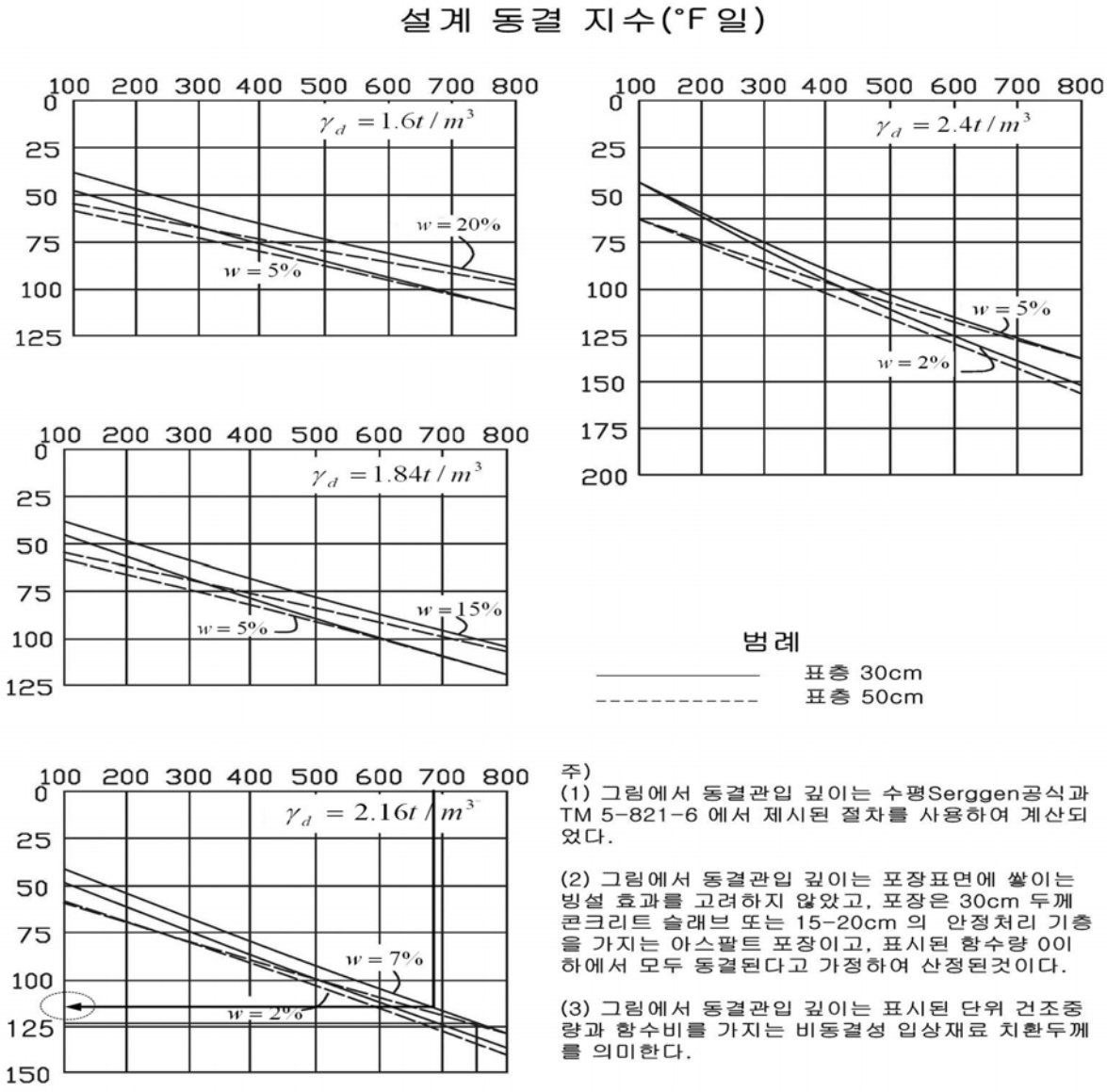
여기서, c : 비동결성 재료 치환 최대깊이(cm)

a : 설계 동결관입깊이(cm)

p : 콘크리트포장의 슬래브두께 또는 아스팔트포장의 아스팔트 혼합물층

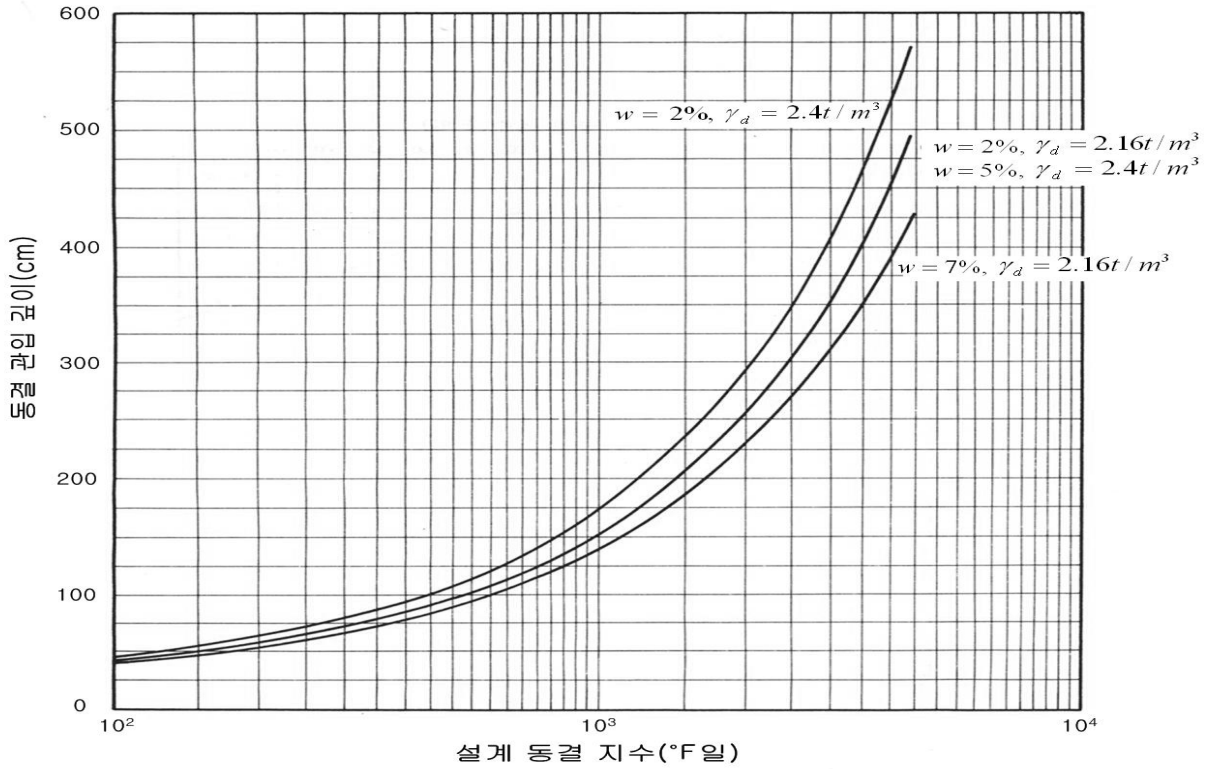
$$r = \frac{\text{두께(cm)}\ \text{노상토의함수비}(w_s)}{\text{보조기층의함수비}(w_b)} = 15/7 = 2.1$$

r=2.1이므로 중차량 교통량이 많은 곳에서 r값은 2.0보다 큰 경우 2.0을 적용한다. 여기서, 중차량 통과지역은 대형차(화물차, 버스, 특수자동차)교통량이 1일 1방향 1,000대이상인 지역을 말한다. [그림 3.9]의 도표에서 c=90cm의 연직선과 r=2.0선의 만나는 점의 좌측값인 비동결성 재료층의 두께 b=60cm를 얻을 수 있다. 동상방지층의 두께는 비동결성재료층의 두께 60cm에서 보조기층의 두께 30cm를 뺀 30cm이다. 따라서, 노상동결관입허용법에 의한 동결심도는 85cm (p+b=25+60)이다.



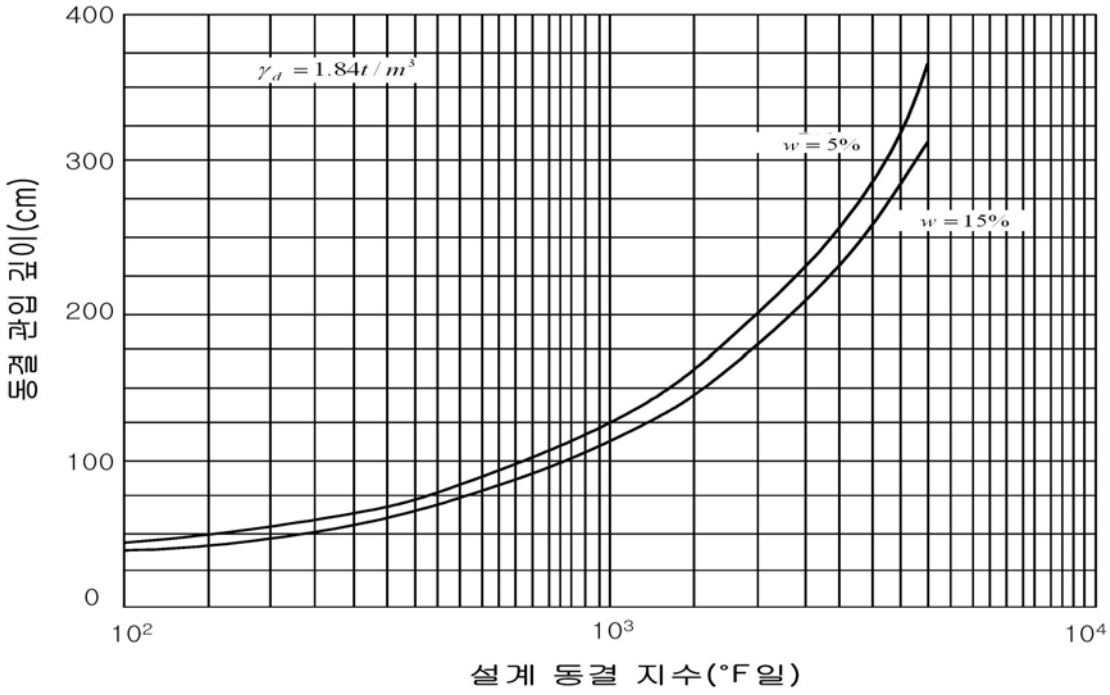
(a) 설계동결지수 800°F · 일 이하의 경우

[그림 3.5] 동결관입깊이와 설계동결지수 상관 도표(1)



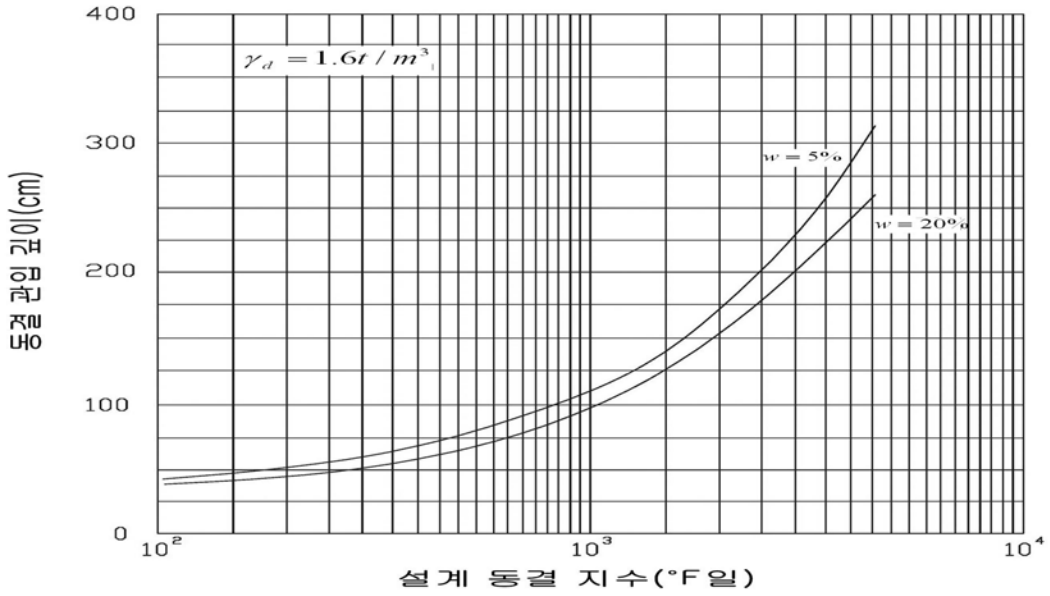
(b) 설계동결지수 800°F · 일 이상의 경우

[그림 3.6] 동결관입깊이와 설계동결지수 상관 도표(2)



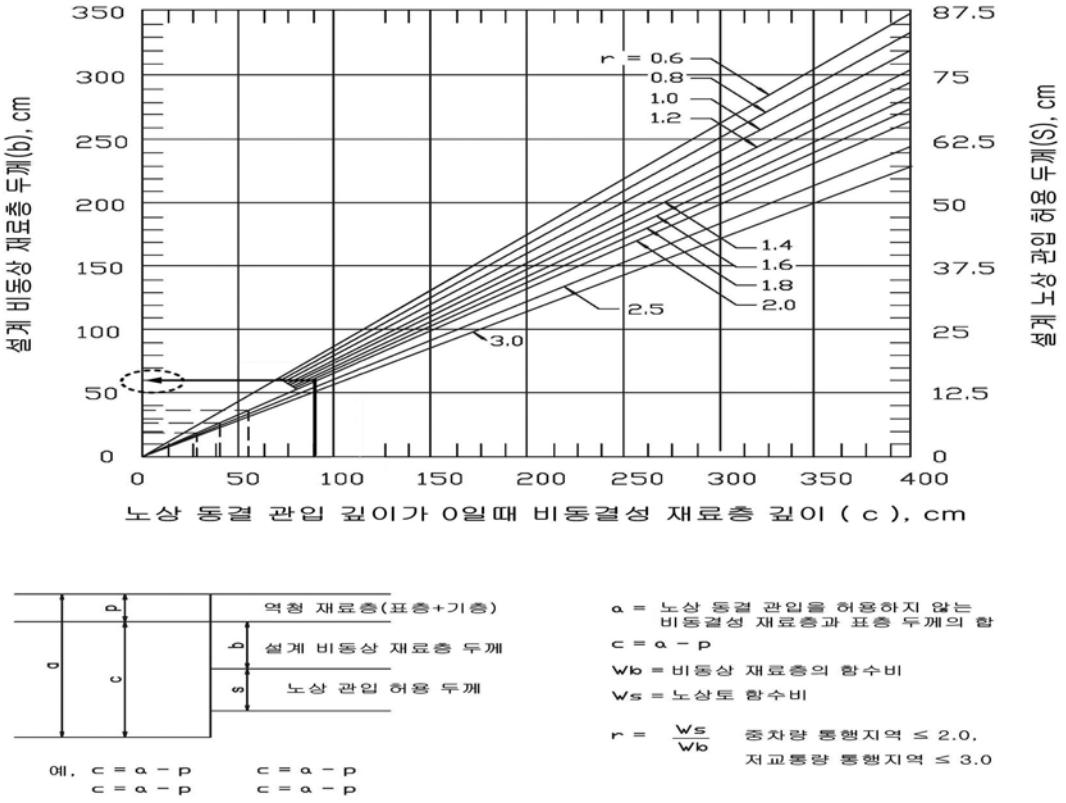
(c) 설계동결지수 800°F · 일 이상의 경우

[그림 3.7] 동결관입깊이와 설계동결지수 상관 도표(3)



(d) 설계동결지수 800°F・일 이상의 경우

[그림 3.8] 동결관입깊이와 설계동결지수 상관 도표(4)



[그림 3.9] 노상동결관입허용법에 의한 설계비동결성 재료층 두께 결정 도표

② 간편계산법

미공병단에서 제시된 비동결성 재료층두께 결정도표를 활용하기 위해서는 섭씨의 동결지수를 화씨의 동결지수로 변환해야 한다. <표 3.9>에서는 동결지수를 화씨로의 단위변환 없이 바로 사용할 수 있도록 하기 위해서 보조기층의 함수비와 건조단위중량이 7%, 2.16g/cm³일 때의 완전방지법에 의한 동결심도를 구하였다.

<표 3.9> 완전방지법에 의한 동결심도

동결지수 (℃・일)	200	250	300	350	400	450	500	550	600
동결심도 (cm)	76	88	100	109	118	126	133	139	144
동결지수 (℃・일)	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050
동결심도 (cm)	148	152	156	160	164	168	172	175	180

자료 : 보조기층 함수비 7%, 건조단위중량 2.16g/cm³

노상동결관입허용법에 의한 동결심도를 간편하게 계산할 수 있도록 <표 3.10>에 제시하였다.

<표 3.10> 노상동결관입허용법에 의한 동결심도

r(Ws/Wb)	동결심도, z(cm)
1.6	0.71a+0.29p
1.8	0.69a+0.31p
2.0	0.66a+0.34p
2.5	0.61a+0.39p
3.0	0.58a+0.42p

주)
- a : 완전방지법에 의한 동결심도(cm)
- p : 콘크리트포장의 슬래브두께 또는 아스팔트포장의 아스팔트 혼합물층 두께(cm)
- Ws, Wb : 노상, 보조기층의 함수비
- r(Ws/Wb) : 중차량 통행지역은 2.0이하, 저교통량 통행지역은 3.0이하

앞의 문제를 간편 계산법으로 계산하면 378℃・일에 해당하는 완전방지법에 의한 동결심도는 표 3.8에서 다음과 같이 114.04cm로 계산되며, 소수점이하는 안전측으로 설계하기 위하여 절상을 하면 115cm로 구할 수 있다.

$$a = 109 + \frac{(118-109)}{(400-350)} \times (378-350) = 114.04\text{cm} \rightarrow 115\text{cm}$$

노상동결관입허용법에 의한 동결심도는 <표 3.10>에서 r=2.0일 때 동결심도는 다음과 같이 구할 수 있다.

$z = 0.66 \times 115 + 0.34 \times 25 \fallingdotseq 85cm$

따라서, 동결심도는 85cm로 구할 수 있다.

r=2.3일 경우에는 <표3.10>에서 r=2.0일 때 z=85cm와 r=2.5일 때 z=80cm로부터 다음과 같이 보간하여 동결심도는 82 cm로 구할 수 있다.

$$z = 85 + \frac{(80-85)}{(2.5-2.0)} \times (2.3-2.0) = 82cm$$

(5) 신뢰도 및 표준편차

AASHTO 설계법에서는 도로의 기능에 따라 신뢰도의 값을 <표 3.11>의 값과 같이 제시하고 있다.

<표 3.11> 도로 기능별 신뢰도 추천값

도로기능 분류	신뢰도(%)	
	도시부	지방부
고속도로	85 ~ 99.9	80 ~ 99.9
주요간선도로	80 ~ 99	75 ~ 95
연결로	80 ~ 95	75 ~ 95
국지도로	50 ~ 80	50 ~ 80

공용성분포의 표준편차는 일반적으로 0.3~0.4의 값을 사용(아스팔트 포장:0.34~0.39, 콘크리트포장 : 0.44~0.49)

(6) 노상

노상의 강도는 포장설계의 중요한 입력변수이다. AASHTO 잠정지침이나 TA 설계법에서는 노상강도를 CBR로 표현하고 있으나 개정된 AASHTO 설계법(1986)에서는 노상의 강도를 회복탄성계수(MR ; Resilient Modulus)로 표현하고 있다. 회복탄성계수는 흙의 탄성적 성질을 표시하는 하나의 지표이며, 흙은 탄성적으로 비선형적인 특성을 가지고 있다.

1) CBR 시험법

CBR 시험은 다음 순서로 행한다.

① 시료의 채취방법

흙쌓기의 노상이 완료된 후부터 포장설계를 할 경우에는 우기 및 동결융해기를 피해 노상면에서 50cm이상 깊은 곳에서 상기한 바와 같이 시료를 채취해서 실험실에 보낸다.

땅깎기 부분에 있어서는 노상면에서 50cm 이상 깊은 곳에서 흐트러진 상태의 흙을 채취해서 시험실에 보낸다. 노상면 밑으로 1m 정도 사이에서 토질이 변화하고 있는 경우에는 각 층의 흙을 채취해서 시험실에 보낸다.

현 자갈길 위에 포장할 경우에는 땅깎기부에 준하여 행하면 된다.

② CBR 시험

채취한 노상토는 19mm이상의 골재를 제외하고 현장함수비 상태로 CBR 몰드에 5층으로 나누어 넣고 각층 56회씩 다지고 4일 수침후의 CBR을 구한다. 시험절차는 KSF 2320에 준한다.

③ 설계 CBR의 결정

예비조사 및 CBR 시험의 결과로부터 균일한 포장두께로 시공할 구간을 결정한다.

이 구간내의 각 지점의 CBR 중 현저히 다른 값을 제외하고 식(3.4)로써 설계 CBR을 결정한다.

$$\text{설계CBR} = \text{각 지점의 CBR평균} - \left(\frac{\text{CBR최대치} - \text{CBR최소치}}{d_2}\right) \quad \cdots\cdots \text{식(3.4)}$$

여기서, d_2는 <표 3.12>의 계수이다.

<표 3.12> 설계 CBR계산용 계수

계수(n)	d_2
2	1.41
3	1.91
4	2.24
5	2.48
6	2.67
7	2.83
8	2.96
9	3.08
10이상	3.18

구해진 계산 CBR은 절사하여 설계 CBR을 구하고 <표 3.13>에 따라 적용한다.

<표 3.13> 설계 CBR과 계산 CBR의 관계

설계 CBR	계산 CBR
2	2≤ CBR <3
3	3≤ CBR <4
4	4≤ CBR <6
6	6≤ CBR <8
8	8≤ CBR <12
12	12≤ CBR <20
20	CBR ≥20

④ 노상지지력 보정

노상이 깊이 방향으로 토질이 다른 몇 개의 층을 이루고 있는 경우(가령, 노상층에 동상방지층을 시공한 경우)에는 노상층 1m 사이의 평균 CBR을 구하여 그 지점의 CBR로 한다.

포장구성 단면도

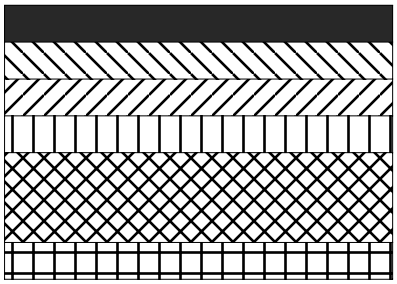


표 층	(밀입도∅19m/m)
중간층	(조립도∅19m/m)
기 층	(BB-2)
보조기층	(쇄석40m/m)
동상방지층 (쇄석 80m/m) ⇒ h_1	노상 (H=1.0M)
노상토 ⇒ h_2	

CBR은다음과 같이 계산된다.

$$CBR_m = \left(\frac{h_1 \cdot CBR_1^{1/3} + h_2 \cdot CBR_2^{1/3} + \cdots + h_n \cdot CBR_n^{1/3}}{100} \right)^3$$

여기서, CBR_m : 그 지점의 CBR(%)

CBR_n : n층의 CBR(%)

hn : n층의 두께(cm)

$h_1 + h_2 + \cdots + hn = 100\,(cm)$

본 편람에서는 위의 CBR 계산방법으로 설계 예(1)'과 같이 단면의 과대설계를 최소화하였다.

2) 노상지지력계수(SSV)

설계 기본식의 입력변수의 하나인 노상지지력계수는 설계 포장층이 설치될 노상의 지지 강도 또는 지지 용량을 표시하는 가상적 척도로서, AASHO 도로시험을 통해서 개발된 지표이다.

AASHO 도로시험에서의 노상토는 평균 CBR 값이 2.89(표준편차 = 1.0, 변동계수 = 34.6%), 다짐밀도가 약 80%인 노상 조건을 가지며, 플랜트 배합 아스팔트 콘크리트 두께가 11.25cm (즉, SN = 0.176×11.25 = 2.98)이고 최종 서비스 지수가 2.0일 때 설계 기본식으로서는 8.2톤 단축하중을 2.5회/일(20년 동안 18,250회) 통과시킬 수 있는 지지용량을 가진다. 이것을 SSV=3.0으로 지정하여 평가 기준점으로 하였고, AASHO 도로시험에서 포장층에 대한 노상토 영향을 극소화시킬 수 있는 상당한 두께의 쇄석기층을 가지고, 또한 SN = 1.98, Pt=2.0일 때 8.2톤 단축하중을 1000대/일(20년 동안 7,300,000회) 통과시킬 수 있음이 평가되었다. 이것을 두번째 기준점으로 하여 SSV=10으로 정하였다. 이 두개의 점, 즉 3.0과 10.0 사이에서 SSV는 로그 직선관계가 성립한다고 가정하여 AASHO 도로시험에서의 노상 지지조건과 다

른 지지조건에 대한, 8.2톤 등가하중 통과횟수에 대한 보정식은 다음 관계를 가진다.

$$\log_{10}(W_{8.2}) = \log_{10}(\overline{W_{8.2}}) + 0.372(SSV - 3.0) \quad \cdots\cdots \text{식(3.5)}$$

여기서,

$\overline{W_{8.2}}$ = AASHO 도로시험에서 얻어진 경험식으로 산정되는 8.2톤 등가단축하중 통과 횟수

노상지지력계수 산정은 노상토의 지지강도를 나타내는 CBR, R값, 군지수, 회복탄성계수와 같은 강도 정수와 상관시켜 결정한다.

(7) 재료조건

1) 상대강도계수

아스팔트 포장층의 재료조건은 <표 3.14>의 a_i값, 즉 상대강도 계수로 반영한다.

<표 3.14> 재료별 상대강도 계수

층 별	공법・재료	품 질 규 격	상대강도계수 (cm 당)
표층 (a_1)	아스팔트 콘크리트	마샬안정도 500kg 이상 마샬안정도 750kg 이상	0.145 0.157
기층 (a_2)	아스팔트 안정처리 시멘트 안정처리 린 콘크리트 입상재료 (석산쇄석) 입상재료 (하상골재쇄석)	마샬안정도 350kg 이상 1축압축강도(7일) 30kg/㎠ 이상 1축압축강도(7일) 50kg/㎠ 이상 CBR 80 이상 CBR 80 이상	0.110 0.075 0.080 0.055 0.053
보조기층 (a_3)	막자갈 (강모래+자갈) 석산쇄석 고로 슬래그	CBR 30 이상 CBR 80 이상 CBR 30 이상	0.034 0.051 0.034

주) PMA, SMA, 캠크리트, 길소나이트 및 각종 개질 아스팔트를 사용할 경우의 상대강도계수는 이에 대한 연구결과가 없으므로 잠정적으로 위의 표에 준한다.

2) 콘크리트 탄성계수(E_C)

콘크리트 탄성계수는 시험에 의해 구하거나 또는 압축강도로부터 다음 식을 이용하여 간접적으로 구할 수 있다.

$$E_C(kg/cm^2) = 15{,}000\sqrt{f_{28}}$$

여기서, E_C = 콘크리트 탄성계수(kg/cm^2)

f_{28} = 콘크리트 압축강도(kg/cm^2)

3) 콘크리트 휨강도(S_C)

콘크리트 휨강도는 28일 강도로서 삼분점 하중(third point loading) 시험을 실시하여 구하며 KSF 2403(시험실에서 콘크리트의 압축 및 휨강도 시험용 공시체 제작·양생 방법) 또는 KSF 2408(콘크리트의 휨강도 시험 방법 : 단순보의 3등분 점하중법)에서 제시하는 시험방법을 따른다. 만약 시방규정을 사용하고자 할 때는 배합강도를 사용한다.

<표 3.15> 콘크리트 형식별 포장 하중전달계수

구분		아스팔트 길어깨	콘크리트 길어깨 (타이바로 연결)
JCP 또는 JRCP	다웰바 사용	3.2	2.5 ~ 3.1
	다웰바가 없을 경우	3.8 ~ 4.4	3.6 ~ 4.2
CRCP		2.9 ~ 3.2	2.3 ~ 2.9

(8) 하중전달계수(J-factor)

하중전달계수는 줄눈, 균열 또는 포장과 길어깨 사이 등 콘크리트 포장 슬래브의 불연속 지점에서 하중전달 능력을 나타내는 계수로서, 하중 전달이 잘 될수록 작은 값을 사용한다. AASHTO에서 추천하는 포장의 형태별 하중전달계수는 <표 3.15>와 같다.

하중전달계수는 주어진 하중에서 콘크리트에 발생하는 응력에 비례한다. 따라서 하중전달계수가 클수록 콘크리트 응력도 크며, 결과적으로 설계될 슬래브 두께는 커진다. <표 3.15>에서 CRCP의 경우 하중전달계수가 JCP나 JRCP의 경우보다 작으므로 같은 조건에서 슬래브 두께를 약간 줄일 수 있음을 알 수 있다.

(9) 배수계수(Cd)

배수조건이 포장수명에 미치는 영향을 나타내는 계수로서 계획된 배수시설에 대해 설계자가 주관적인 판단에 의해 결정한다. 배수계수는 배수조건이 좋을수록 큰 값을 사용한다. AASHTO에서 추천하는 배수계수는 <표 3.16>~<표 3.17>과 같으며 이는 AASHTO 도로시험의 배수계수를 1.0으로 보고 상대적으로 작성된 표이다.

<표 3.16> 아스팔트포장의 입상기층과 보조기층재료에 대한 배수계수(mi)

배수상태	포장체가 물의 포화상태에 있는 시간			
	1 %이하	1-5 %	5-25 %	25 %이상
매우 우수	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
우수	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
보통	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
불량	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
매우불량	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

<표 3.17> 콘크리트 포장설계를 위한 배수계수(Cd)

배수상태	포장체가 물의 포화상태에 있는 시간			
	1 %이하	1-5 %	5-25 %	25 %이상
매우 우수	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
우수	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
보통	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
불량	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
매우불량	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

(10) 지역계수(R)

지역계수는 포장이 시공되는 지역의 기후조건을 반영하기 위한 척도로서, AASHO 도로시험과 다른 기후적, 환경적 조건을 포장설계에 고려하기 위해 제시되었다.

실무 적용치는 아래와 같다.

① 대전 이남 지역 : 1.5

② 서울 북부 지역 및 기타 표고 500m 이상 지역 : 2.5

③ 기타 지역 : 2.0

3.3 아스팔트 포장

3.3.1 개 요

본 장에서는 국내에서 가장 널리 사용되고 있는 아스팔트 포장에 관한 설계방법을 제시하고자 하며 가열혼합공법에 의한 표층을 가지는 밀입도 아스팔트 포장에 관련된 사항만을 다룬다.

밀입도 아스팔트 포장재료 이외의 재료 및 공법에 대한 설계기준은 제시되어 있지 않으므로 이들 재료를 사용하여 설계 할 경우에는 관련 전문가와 협의하여 결정하며, 추후 지속적인 연구를 통하여 이들 재료에 대한 설계기준을 제시하여야 한다.

본 장의 구성은 크게 아스팔트 포장의 구조, 포장층의 구성에 대한 소개와 포장의 두께 결정방법에 대하여 ' AASHTO 설계법(72,86)과 TA법에 대하여 소개하고 아스팔트 포장 구조의 설계예를 제시하였다.

3.3.2 아스팔트 포장의 종류

아스팔트 포장은 사용하는 바인더(결합재)의 종류 또는 공법에 의한 구분, 기능에 의한 구분, 사용장소에 의한 구분이 있으며 해당 내용은 다음과 같다.

사용하는 바인더(결합재)의 종류 또는 공법에 의한 분류로는 수지(樹脂)와 고무를 첨가한 개질 아스팔트와 세미블로운 아스팔트 포장, 구스아스팔트, 로울드 아스팔트 포장 등이 있으며 필요한 층의 두께를 전부 아스팔트 혼합물로 구성하여 노상 위에 직접 아스팔트 혼합물을 두는 전단면(full-depth) 아스팔트 포장이 있다.

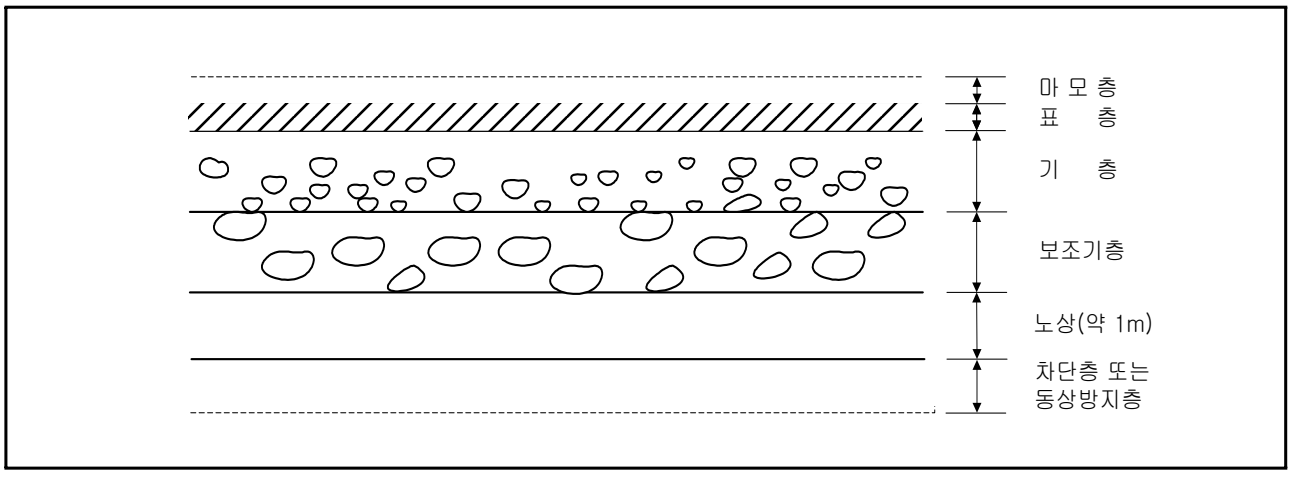
개질 아스팔트는 첨가되는 고무와 수지의 종류에 따라 다양하게 구분되는데 이에 대한 상세한 내용은 본 편람 '3.5 개질 아스팔트 포장 공법'을 참조한다.

3.3.3 아스팔트 포장의 구성

신설 아스팔트 포장 구조를 설계하기 위한 절차는 미국 AASHO 도로시험으로부터 얻어진 경험적 관계식과 관련이론을 보충한 '72 AASHTO 설계법과 단지내 포장에서 사용되는 TA법을 토대로 하였다.

일반적으로 아스팔트 포장이라 함은 골재를 역청재료와 결합시켜 만든 표층이 있는 포장을 말하며 종류가 다른 표층, 기층 및 보조기층으로 이루어지며 노상이 연약한 경우에는 노상토가 보조기층에 침입하는 것을 방지하기 위해 모래, 막자갈, 암버럭 등으로 차단층(filter layer)을 둔다. 또한 표층 위에 미끄럼과 마모를 방지하기 위해 3cm 전후의 마모층(wearing course)을 둘 수도 있으며, 이때 이 층은 포장구조의 계산에는 포함시키지 않는다.

아스팔트 포장의 일반적인 구조와 각 층의 명칭은 [그림 3.10]과 같다.



[그림 3.10] 아스팔트 포장의 구성과 각 층의 명칭

(1) 포장층의 구성

1) 표층

① 포장의 최상부에 있으며, 교통하중 일부지지 하부층에 전달.

② 빗물에의한 표면수 침투 방지

2) 기층

① 하중을 분산시켜 보조기층에 전달

② 일반적으로 BB-2 아스팔트

3) 보조기층

① 보조기층은 안정처리 또는 비안정처리된 입상재료를 전압하거나 적정한 혼화재료로서 안정처리한 토사층으로 구성된다.

② 보조기층은 기층과 함께 표층과 노상의 중간에 위치하여 표층과 기층을 통해 전달되는 교통하중을 분산시켜 노상에 전달하는 역할을 하고 있다.

③ 노상토의 세립자가 기층으로 침입하는 것을 방지하는 기능

④ 동결작용에 의한 손상을 최소화하는 기능

4) 동상방지층

① 노상의 토질이 동결할 염려가 있는 경우에 동결심도와 포장두께의 차이만큼 노상의 상부에 동상방지층을 설치

② 동상방지층은 포장을 동결로부터 보호하여야 하며 따라서 그 재료는 자갈 또는 모래와 같은 비동결 재료로서 동결에 의한 분리현상이 생기지 않는 것이어야 한다.

5) 노상

① 노상은 포장층의 기초로서 포장에 작용하는 모든 하중을 최종적으로 지지해야 하는 면이다.

② 노상은 상부의 다층구조의 포장층을 통하여 전달되는 응력에 의해서 노상층에서 과잉변형 또는 변위를 일으키지 않는 최적지지조건을 제공할 수 있어야 한다.

③ 노상면에서 균등한 지지력을 얻기 위하여 노상층상부의 일정두께를 하나의 층으로 해서 해로운 동결작용의 영향을 완화시키거나 동상방지층을 또는 노상층의 세립토사가 보조기층에 침입하는 것을 방지하기 위하여 차단층을 설치할 수 있다.

3.3.4 포장구조 설계법의 비교 검토

(1) 도로의 포장설계방법은 이론적,경험적,통계적인 방법등 많은 설계방법이 제안되고 있으나 AASHTO(SN법) 설계법과 TA(일본도로협회 설계방법) 설계법이 국내에 널리 적용되고 있으며 일반적인 도로설계시 AASHTO(SN법) 설계법을 주로 사용한다.

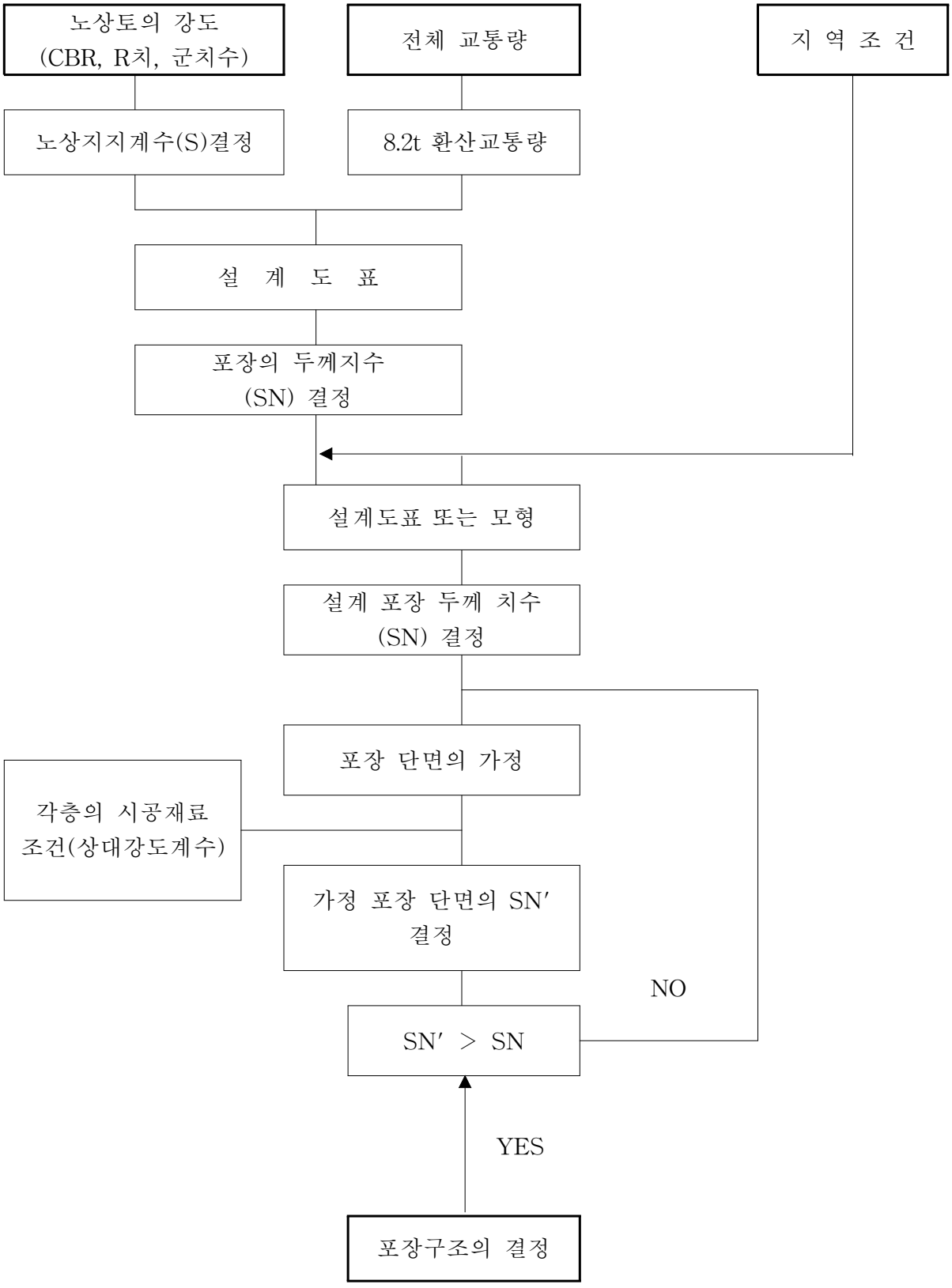
(2) 설계법 비교

<표 3.18> 아스팔트 포장 설계법 비교

설 계 법	AASHTO 설계법	TA설계법
제정기관	• 미국주도로교통 공무원 협회(1972)	• 일본도로협회 (1978)
교통조건	• 설계기간내 예상되는 8.2TON환산단축하중 누가통과 횟수	• 공용개시 10년후 대형차 1방향 교통량(L~D교통)
토질조건	• 노상지지계수(S)	• 설계 CBR
환경조건	• 지역계수(R)을 고려하여 포장두께 지수에 반영	• 동결깊이(Z)를 고려
재료조건	• 상대강도계수 • SN	• 등치환산계수 • TA
포장두께	• 시공성과 유지보수를 고려하여 각층의 최소두께를 규정	• 필요로 하는 포장의 전체두께 규정
특 징	• 노상의 조건으로 지지력(S)을 설정하여 토질시험치와 상관관계에서 구한다. • 포장체의 강도가 정량화 되었으며 환경조건이 포장체 강도에 영향을 미친다. • 최종 서비스지수를 고려하여 도로의 등급을 줄 수 있다.	• 교통량 구분은 각 지점의 실측치를 기초로 하여 대형차 교통량과 윤하중 환산통과수의 관계를 구하고 실제 설계에서는 대형차 교통량에 의해 설계할 수 있도록 하고 있다. • 포장체의 강도를 정량화. • 환경조건으로 동결깊이(Z)를 고려하였다.
장 점	• 차종별 내지 축별 하중을 단위하중으로 환산하므로 하중의 신뢰도가 있다. • 서비스지수 개념의 도입으로 포장설계가 실용적이며 합리적이다. • 대형차량의 통행이 많은 도로에서 포장구조가 안전.	• 교통량 분석이 간편. • 단지내 도로에서 교통량분석이 어려울 경우 통상 유사한 단지의 교통량을 적용하여 계산된 대형차 혼입률에 어느 정도의 신뢰성을 가질 수 있음. • 연계도로가 없는 단지내 도로의 교통량 추정도 가능하다.
단 점	• 교통량 분석이 복잡. • 단지내 도로내지 미개발 도로에 대한 연계도로의 경우 교통량 분석 신뢰도가 떨어짐.	• 차종별 환산하중이 없으므로 포장파괴에 관여하는 하중의 신뢰도가 떨어짐. • 서비스지수 개념이 없어 승용차 고려 불가능 • 교통량 분석이 간편하나 교통량의 변화가 크고 차형이 중형화 되면 비경제적이다.

3.3.5 AASHTO 72 설계법

(1)설계 절차도



(2) 설계 입력변수

1) 최종 서비스 지수(Pt)

<표 3.19> 최종 서비스 지수

구 분	최종서비스지수(P_t)	비 고
간선도로 또는 지방도급 이상의 주요도로	2.5	
군도 이하의 대형차량이 많지 않은 도로	2.0	

자료 :「아스팔트 포장 설계・시공요령」, 한국도로교통협회, 1997년

2) 해석기간 선정

<표 3.20> 포장 해석기간

도 로 조 건	해 석 기 간 (년)
교통량이 많은 도시부 도로	30 ~ 50
교통량이 많은 지방부 도로	20 ~ 50
교통량이 적은 포장도로	15 ~ 25
비포장 교통량 많은 도로	10 ~ 20

자료 :「도로설계편람」, 건설교통부, 2000년

3) 지역계수(R_f)

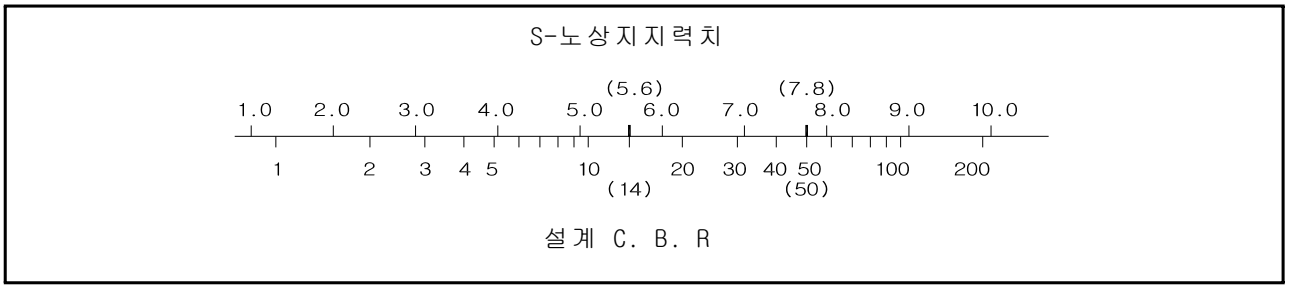
<표 3.21> 지역계수 기준

위 치	지역계수(R_f)	비 고
대전 이남 지역	1.5	
대전 이북 ~ 서울 이남 지역	2.0	
서울 이북 또는 표고 500m 이상 지역	2.5	

자료 :「도로설계편람」, 건설교통부, 2000년

4) 노상 지지력 계수(*SSV*)

- 노상 지지력 계수는 미국 Utah주 도로국에서 개발하여 세계적으로 통용되고 있는 CBR과 지지력 계수(*SSV*)의 상관관계 도표 또는 관계식을 이용하여 산출한다.
  - 노 상 SSV = $3.8\log CBR + 1.3$
  - 보조기층 SSV = $3.8\log CBR + 1.3$



[그림 3.11]노상 지지력 계수 도표 (SSV)

5) 상대강도계수(A_i)

<표 3.22> 재료별 상대강도 계수

구 분	재 료	상대강도계수(A_i)	시방규정 강도특성
표 층	아스팔트 콘크리트	0.157	마샬 안정도 750kg이상
		0.145	마샬 안정도 500kg이상
기 층	아스팔트 안정처리	0.110	마샬 안정도 350k이상
	입상재료(쇄석골재)	0.055	CBR 80이상
보조기층	쇄석골재	0.051	CBR 50이상

자료 : 「아스팔트 포장 설계·시공 요령」, 한국도로교통협회, 1997년

6) 교통량

포장설계에서 적용하는 장래 예상 혼합 교통량은 장래 교통 수요를 토대로 하여 공용기간에 걸친 양방향 차종별 등가단축하중 누가 교통량을 산정함으로서 결정한다.

①. 18kips(8.2ton) 등가단축하중(ESAL)

② 아스팔트 포장, 최종서비스 지수(P_t)=2.5일때 차종별 18kips(8.2ton) 등가단축하중계수

<표 3.23>차종별 18kips 등가단축하중계수

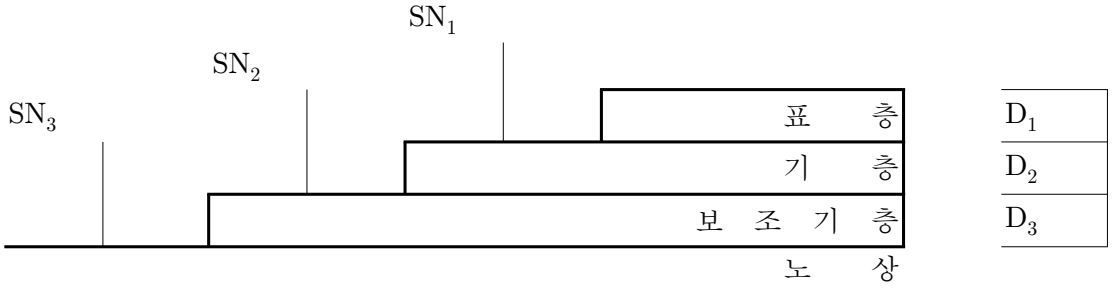
차 종	승용차	버 스		화 물 차				비 고
		소형	보통	소형	보통	대형	특수	
환산계수	0.000	0.001	0.758	0.001	0.601	2.394	2.349	

자료 : 「아스팔트 포장 설계·시공 요령」, 한국도로교통협회, 1997년

(3) 포장단면 설계

- 아스팔트 포장 구조는 층으로 구성되므로 층별 개념(Multi Layered System)에 의하여 층별 두께를 산정해야 한다. 우선 노상면에서 필요한 소요 SN치를 기본설계식, 또는 적용

도표로써 산정하고, 동일한 방법으로 각 보조기층과 기층의 상면에서의 필요한 소요SN치를 산정한다. 각 층에 요구되는 소요 SN치의 차이로부터 소요층의 최대허용두께를 결정할 수 있다.



- 표층의 두께 $D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$ $SN_1 = a_1 \times D_1^* \geq SN_1$
- 기층의 두께 $D_2^* \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2}$ $SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$
- 보조기층의 두께 $D_3^* \geq \frac{\{SN_3 - (SN_1 + SN_2^*)\}}{a_3}$

여기서, a_1, a_2, a_3 : 각 층의 상대강도계수

D_1, D_2, D_3 : 각층의 소요두께 (cm)

SN_1, SN_2, SN_3 : 소요 SN치

D_1^*, D_2^*, D_3^* : 각 층의 설계두께 (cm)

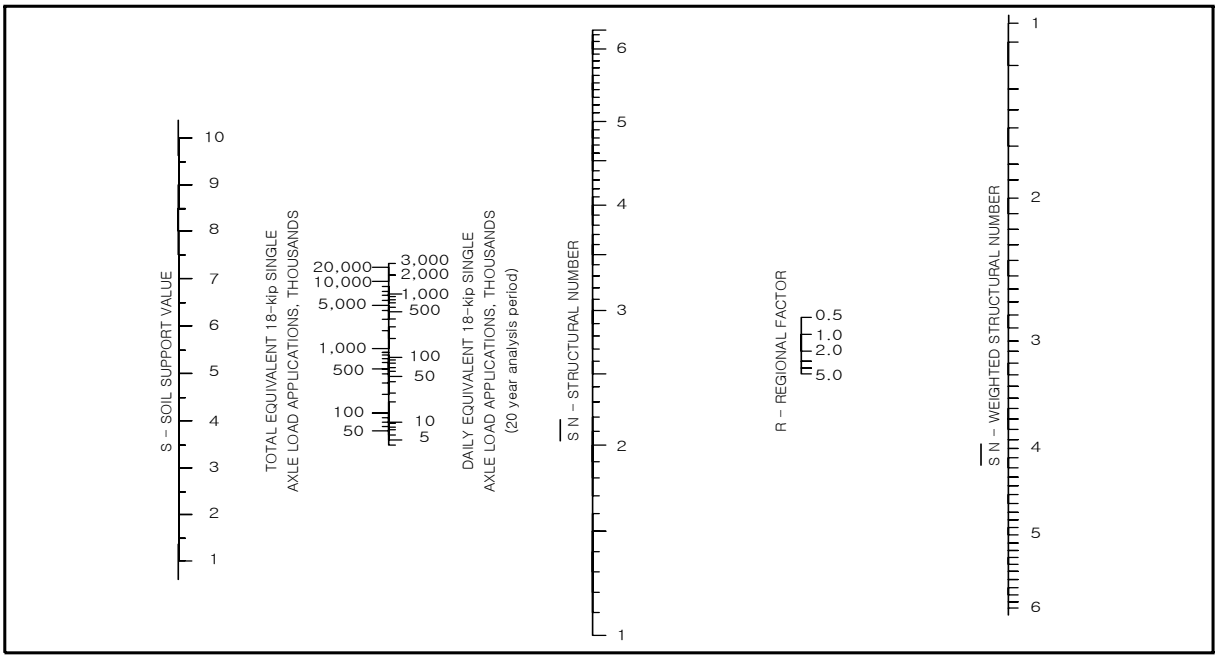
SN_1^*, SN_2^*, SN_3^* : 각 층의 설계포장두께 지수

<표 3.24> 포장층별 최소 두께 치수(아스팔트포장 설계・시공 요령, 한국도로교통협회, 1997년)

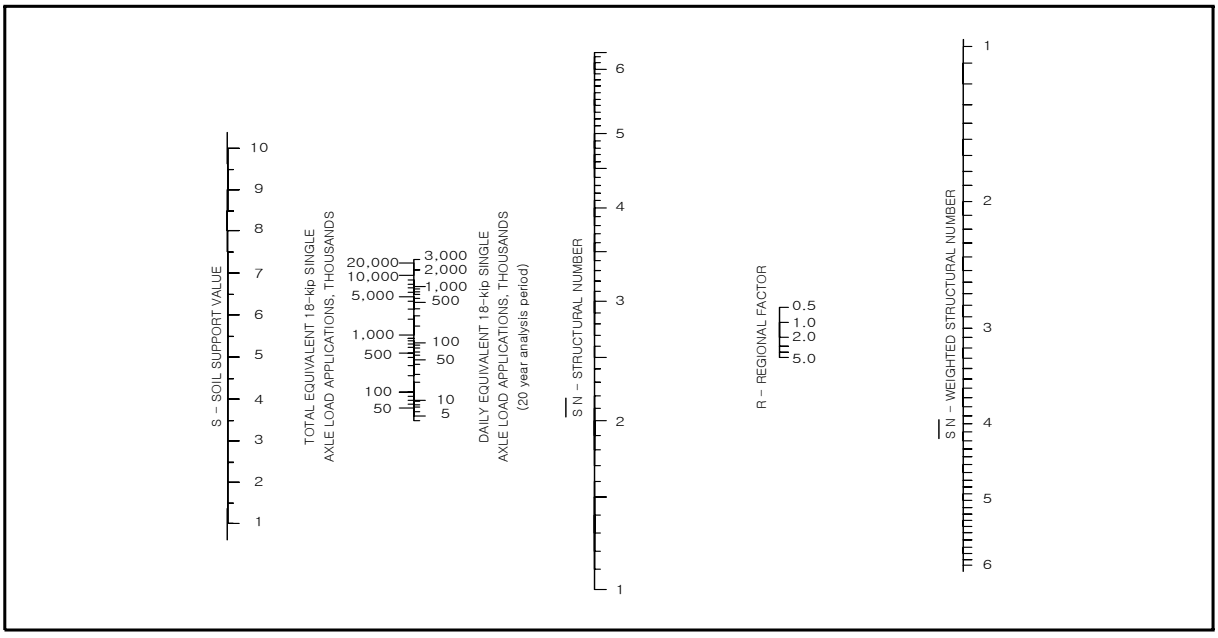
층 종 류		두 께(cm)	비 고
아스팔트 콘크리트 표층		5	
아스팔트 안정처리기층 (보조기층 위)		5	
린 콘크리트 보조기층		15	
아스팔트 콘크리트 기층		10	
입상재료 기층		15	
쇄석보조 기층	모래/자갈선택층 위에 부설되는 경우	15	
	모래선택층 위에 부설되는 경우	20	
비선별 모래/자갈 보조기층		20	
슬래그 보조기층		20	
시멘트 또는 토사약액처리 보조기층		20	

(4) 소요 SN(Structural Number) 산정

SN은 포장 각 층의 두께와 구성재료의 실험적 상관관계를 나타내는 지수로써 도로를 공용시켜 서비스지수가 P_t이하로 저하할 때의 축하중 통과횟수 및 포장두께 지수와의 관계를 나타내는 것으로 차선당 환산교통량, 지역계수, 노상지지력계수 등의 변수로 구성된 아스팔트 포장구조 설계도표를 이용하여 산출한다.



[그림 3.12] 아스팔트 포장설계도표(Pt=2.0)



[그림 3.13] 아스팔트 포장설계도표(Pt=2.5)

3.3.6 AASHTO '86 포장 설계법

AASHTO '86 설계법은 잠정지침과 근본적으로 동일하나 신뢰도 개념의 도입, 노상조건 산정시 회복탄성계수(M_R)의 사용, 환경 및 배수에 대한 고려 등 중요한 차이점이 있다.
AASHTO '86 설계법의 설계 기본식은 다음과 같다.

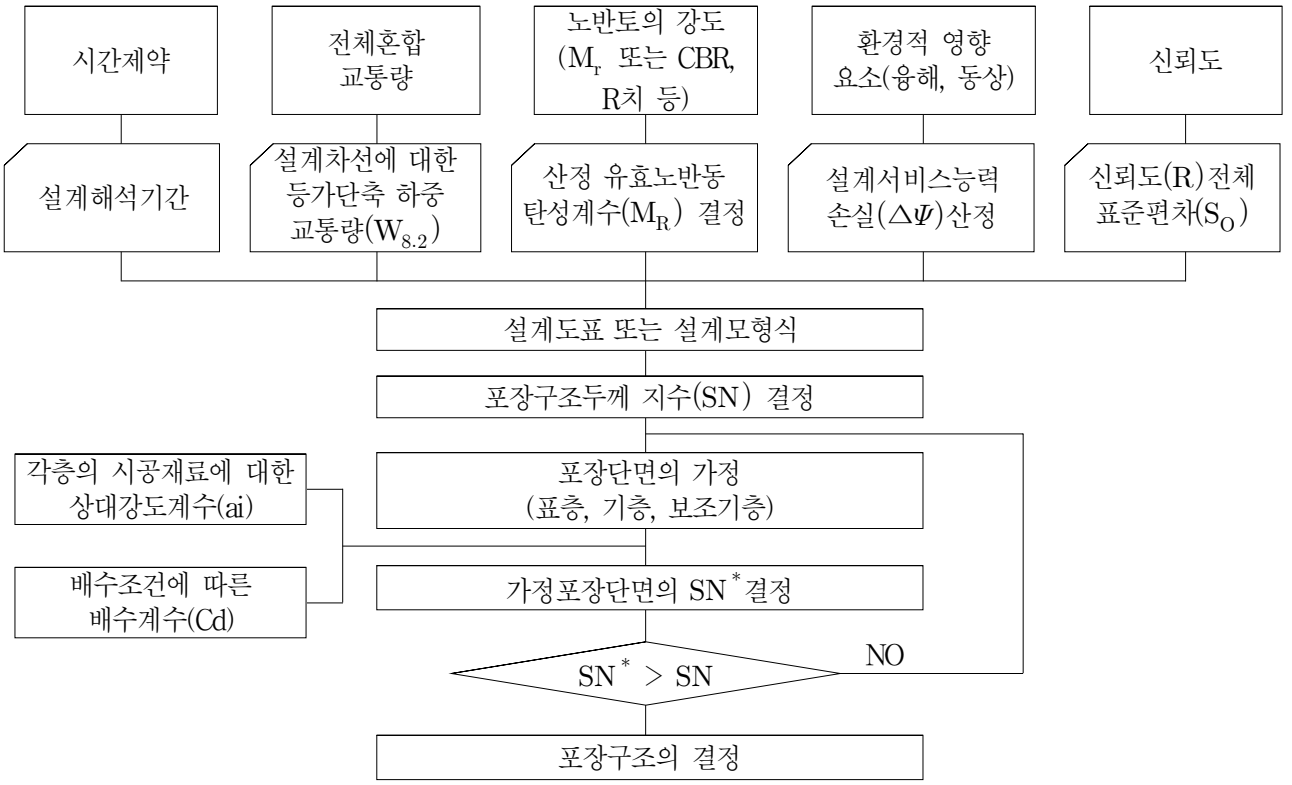
$$\log_{10}(W_{8.2}) = Z_R \times S + 9.36 \times \log(SN+1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left[\frac{\triangle \Psi}{4.2-1.5}\right]}{0.4 + \frac{1.94}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log M_R - 5.4$$

여기서, $W_{8.2}$: 설계공용기간 동안의 8.2톤 등가단축하중의 누가통과횟수
Z_R : 표준 정규 편차
S_O : 교통량 예측과 공용성 예측에 대한 표준 오차
$\triangle \Psi$: 초기 서비스 지수와 최정 설계 서비스 지수와의 차
SN : 포장두께 지수로서 다음과 같은 식으로 표시된다.

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

여기서, a_i = $_i$ 번째 층의 상대강도 계수, D_i = $_i$번째 층의 두께(m)
m_i = $_i$ 번째 층의 배수계수, M_R : 회복 탄성계수 (kg/m^3)

따라서 AASHTO '86 설계법의 주요 입력변수는 $W_{8.2}$, Z_R, $\triangle \Psi$, M_R, a_i, D_i, m_i이다.
이들 입력변수 결정법과 소요두께 결정법은 [그림 3.14]와 같은 흐름도에 따른다.



[그림 3.14] AASHTO '86 설계법에 의한 가요성 포장설계 흐름도

(1) 시간 제약

포장설계에 있어서 포장구조에 대한 시간적 제약사항으로 공용기간과 해석기간에 대한 고려를 해야 한다.

AASHTO 잠정지침에는 해석기간만 정의하였는데 AASHTO '86 설계법에서는 공용기간과 해석기간을 구분하여 보수계획을 감안한 단계 건설(Stage Construction) 설계개념을 정립시켰다. 공용기간(Performance Period)이란 초기 포장구조가 보수를 필요로 하기 바로 전까지의 기간을 말하고 해석기간(Analysis Period)이란 해석대상이 되는 기간, 즉 어떤 설계정책이 보증할 수 있는 시간의 범위인데 수명-주기비용을 고려하여 해석기간을 설정한다. 일반적으로 해석기간은 20년으로 설계하고 있으나, 도로의 기능조건에 따라 수명-주기비용을 고려하여 해석기간을 설정한다. 해석기간을 설정하기 위한 일반적인 지침은 <표 3.20>에 따른다.

(2) 교통 조건

교통조건은 3.2.2(3) 절차에 따른다.

(3) 노상 조건

실내 회복탄성계수 시험을 실시, 계절적인 노반상태를 고려한 회복탄성계수와 상대적 손상의 합성효과를 고려하여 유효노반 회복탄성계수를 [그림 3.15]의 예와 같이 구한다. 회복탄성계수의 계절적인 변동을 결정하는 방법은 회복탄성계수와 함수비 사이의 관계를 실험으로 구하는 방법과 기존 포장에서 측정한 처짐을 이용하여 각 계절에 대한 회복탄성계수를 역산하는 방법이 있다.

대부분의 관련기관들은 현재 회복탄성계수를 결정할 수 있는 시험장비를 갖추고 있지 못하므로 CBR, R-Value로 회복탄성계수를 추정할 수 있는 관계식들이 제안되어 사용되고 있다. 이들을 소개하면 다음과 같다.

① Heukedlom과 Klomp는 동적 다짐에 의한 CBR과 현장 회복탄성계수와의 관계를 다음 식과 같이 제안하였는데 이것은 수침 CBR이 10 이하인 세립토에 매우 적합한 것으로 알려져 있다.

$$M_R(kg/cm^2) = 100\ CBR \quad \cdots\cdots \text{식(3.6)}$$

② 미국 아스팔트 협회에서는 M_R과 R-Value와의 관계를 다음 식과 같이 제안하였다.

$$M_R(kg/cm^2) = A + B \times (R-Value) \quad \cdots\cdots \text{식(3.7)}$$

여기에 $A = 54 \sim 81$

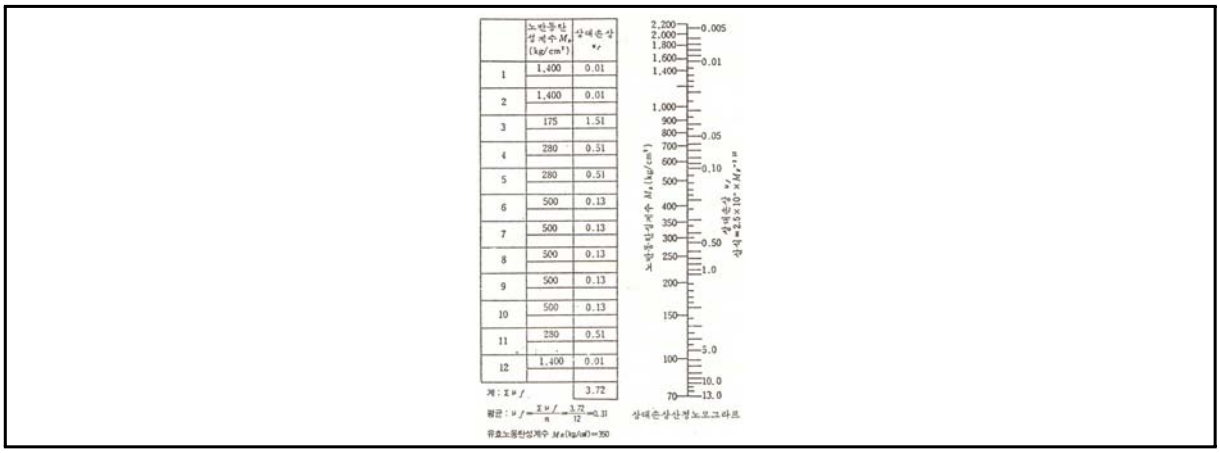
$B = 26 \sim 39$

R-Value가 20 이하인 세립토에는 다음 식을 사용한다.

$$M_R = 70 + 39 \times (R-Value) \quad \cdots\cdots \text{식(3.8)}$$

③ NCHRP 128에서는 노상토가 양호하다고 판단될 때의 회복탄성계수는 700kg/cm²정도

이다. 이 210~700kg/cm² 범위에서는 R-Value는 10~45이고 CBR은 2~10 범위를 나타낸다고 보고하였다.



[그림 3.15] 가요성 포장에 대한 유효노반 회복탄성계수 산정예

(4) 환경 조건

본 설계법에서 환경조건은 노반의 팽창과 동상을 고려하며 이것을 서비스 능력의 손실로 입력한다. 즉 초기 서비스지수(P_O)와 최종 서비스지수(P_t)와의 차로부터 설계 서비스 능력손실을 결정한 것으로 서비스지수는 0(사용불가능한 도로)에서 5(완전한 이상적 도로) 범위로서 AASHTO 도로시험에서 관찰된 P_O값은 가요성 포장 4.2, 강성포장 4.5였다. 최종 서비스지수(P_t)는 주요 도로설계시 2.5 이상, 교통량이 적은 도로설계시 2.0 이상을 기준으로 하여 노반의 팽창과 동상에 의한 서비스 능력손실을 고려, 결정한다.

(5) 신뢰도 및 표준편차

예상교통량과 예상 공용성의 편차를 고려하기 위해 다음과 같은 신뢰도와 전체 표준편차를 결정한다.

1) 도로기능에 따라 <표 3.11>의 범위로 신뢰도를 결정한다.

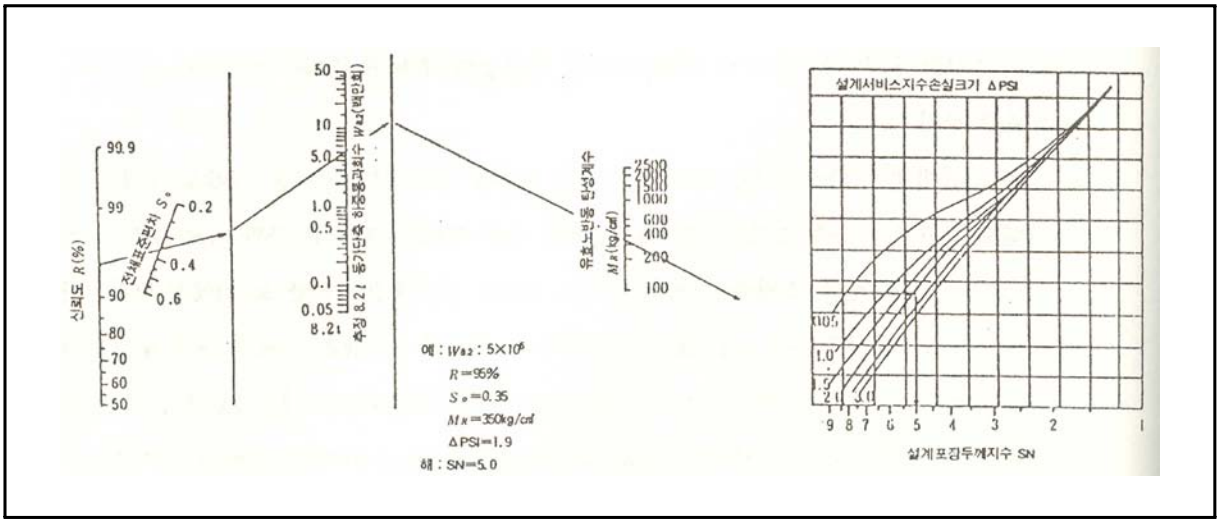
2) 현장조건을 대표하는 표준편차를 선택한다. AASHO 도로시험에서 얻어낸 S_O값은 교통오차를 포함시키지 않았을 때 강성포장 0.25, 가요성포장 0.35로 이 오차는 강성과 가요성 포장에서 각각 0.35와 0.45인 전체 표준편차에 해당한다.

(6) 포장두께 지수 (SN) 결정

[그림 3.16]의 가요성 포장 설계도표에 의하여 설계포장 두께지수(Structural Number, SN)를 구한다.

$$\log(W_{8.2}) = Z_R \times S_O + 9.36\ \log(SN+1) - 0.2$$

$$+ \frac{\log[\triangle\Psi/(4.2-1.5)]}{0.4+1094/(SN+1)^{5.19}} + 2.32\ \log(M_R) - 5.4$$



[그림 3.16] 가요성 포장 설계 도표

(7) 포장 두께 지수

현장 재료의 입수가능성 및 경제성 등을 고려하여 포장층의 구성과 두게를 가정하고 다음 식으로 가정된 포장단면의 포장두께 지수를 식(3.9)로 구한다.

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3 + \cdots \quad \text{식(3.9)}$$

여기서, a_1, a_2, a_3 : 표층, 기층, 보조기층의 상대강도계수

D_1, D_2, D_3 : 표층, 기층, 보조기층의 설계 두께(cm)

m_1, m_2, m_3 : 기층, 보조기층의 배수 계수

(8) 포장의 구조적 특성

포장의 구조적 특성으로 예상포장 공용성에 대한 배수의 영향을 고려하여야 한다. 가요성 포장에 있어서 배수 수준은 수정된 상대강도계수를 사용하여 예측한다. 유효 상대 계수가 클수록 보다 우수한 배수조건에 도움이 된다.

상대강도계수에 대한 수정계수는 mi 값으로 표시하며 상대강도 ai 및 두께 Di와 함께 식(3.9)와 같이 포장두께지수(SN) 방정식을 구한다. 이 식에서 아스팔트 콘크리트 표층에 대한 배수효과는 고려하지 않았다.

<표 3.16>은 배수계수(mi)값을 제시한 것으로 이것은 배수상태와 포장구조가 거의 포화 상태에 있는 1년 동안의 시간 비율에 따라 결정된다.

이 시간비율은 년간 평균 강우량과 배수조건에 의해 현저하게 좌우되며 AASHO 도로시험에서는 상대비교를 하기 위하여 mi 값을 재료의 종류에 관계없이 1.0으로 하였다. 배수의 영향을 고려하기 위하여 식(3.9)의 mi 값 즉, 배수계수는 <표 3.16>을 참고로 산출하여 식(3.9)에 대입한다.

(9) 재료 조건

포장층의 재료조건은 식(3.9)의 ai값, 즉 상대강도 계수로 반영한다. 이것은 포장 각층의 재료 특성을 나타내는 탄성계수, CBR, K치 등을 각 층별로 구해 다음과 같은 구분에 의해 [그림 3.16]~[그림 3.21]에 따라 구한다.

현재에 있어 우리나라 층재료 물성에 대한 이용할 수 있는 대표적 시험값이 확립되어있지 않은 관계로 설계에 적용될 수 있는 외국에서 시험된 대표적 재료에 대한 대응상대강도계수 산정기준을 제하면 다음과 같다.

1) 아스팔트 콘크리트 표층의 상대강도계수(a_1)

[그림 3.17]은 20℃에서의 밀입도의 아스팔트 콘크리트 탄성계수(E_{AC})와 상대강도계수의 상관관계를 나타낸 것이고, [그림 3.18]은 상대강도계수 그리고 아스팔트 콘크리트의 탄성계수 및 마샬 안정도의 관계를 표시하는 도표(nomograph)이다. 이 도표에서 아스팔트 콘크리트 탄성계수(또는 회복탄성계수)가 32,000kg/cm^2(450,000 psi) 또는 상대강도계수가 0.44 이상인 경우에는 주의를 요해야 한다.

탄성계수가 클수록 아스팔트 콘크리트가 강하고, 휨에 대한 저항력은 증대되지만, 온도나 피로균열이 발생할 확률이 커진다.

2) 입상기층 재료의 상대강도 계수(a_2)

[그림 3.19]는 입상기층 재료에 관련된 강도지수(CBR, R값, M_R 등)로부터 대응 상대강도 계수를 산정할 수 있는 상관 도표로서, 미국의 4개 기관에서 입상기층 재료에 대한 실험결과를 토대로 하고, 다음과 같은 AASHO 도로시험에서 적용한 값을 기준으로 하여 작성한 것이다.

(a_2) = 0.55 E_{BS} = 2,100kg/cm^2 (30,000 psi)

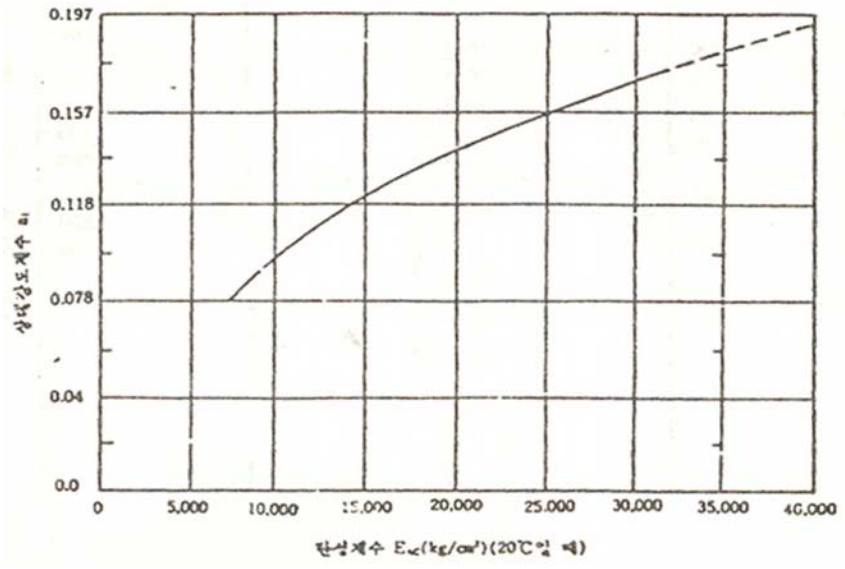
CBR = 100 (개략 추정값) R값 = 85 (개략 추정값)

3) 입상 보조기층 재료의 상대강소 계수(a_3)

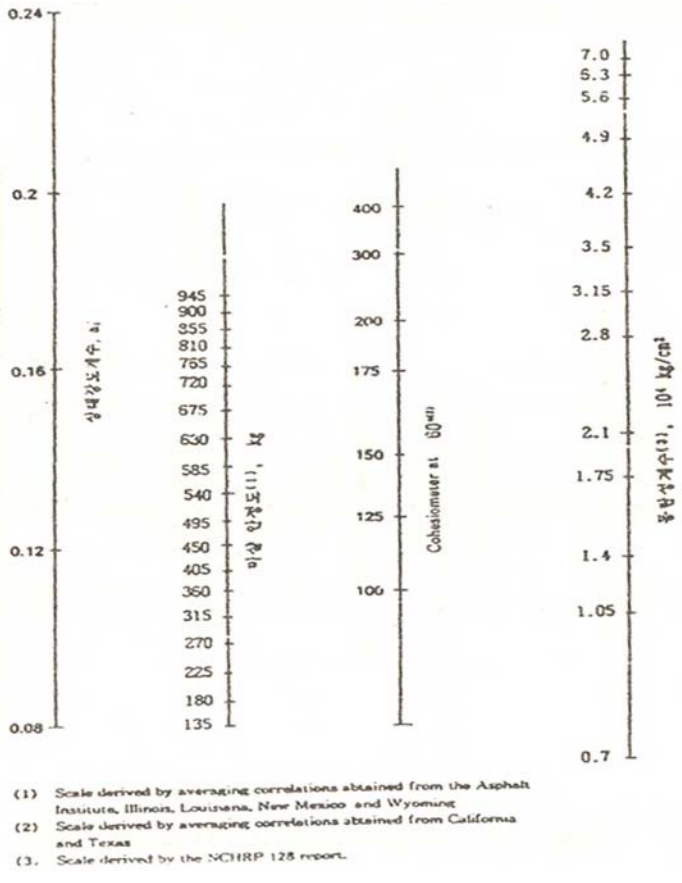
[그림 3.20]은 입상 보조기층 재료에 관련된 강도지수(CBR, R값, Mr 등)로부터 대응 상대강도계수를 산정할 수 있는 상관 도료포서, 미국의 4개 기관에서 입상 보조기층 재료에 대한 실험결과를 토대로 하고, 다음과 같은 AASHTO 도로시험에서 적용한 값을 기준하여 작성된 것이다.

(a_3) = 0.043 E_{BS} = 1,000kg/cm^2 (15,000 psi)

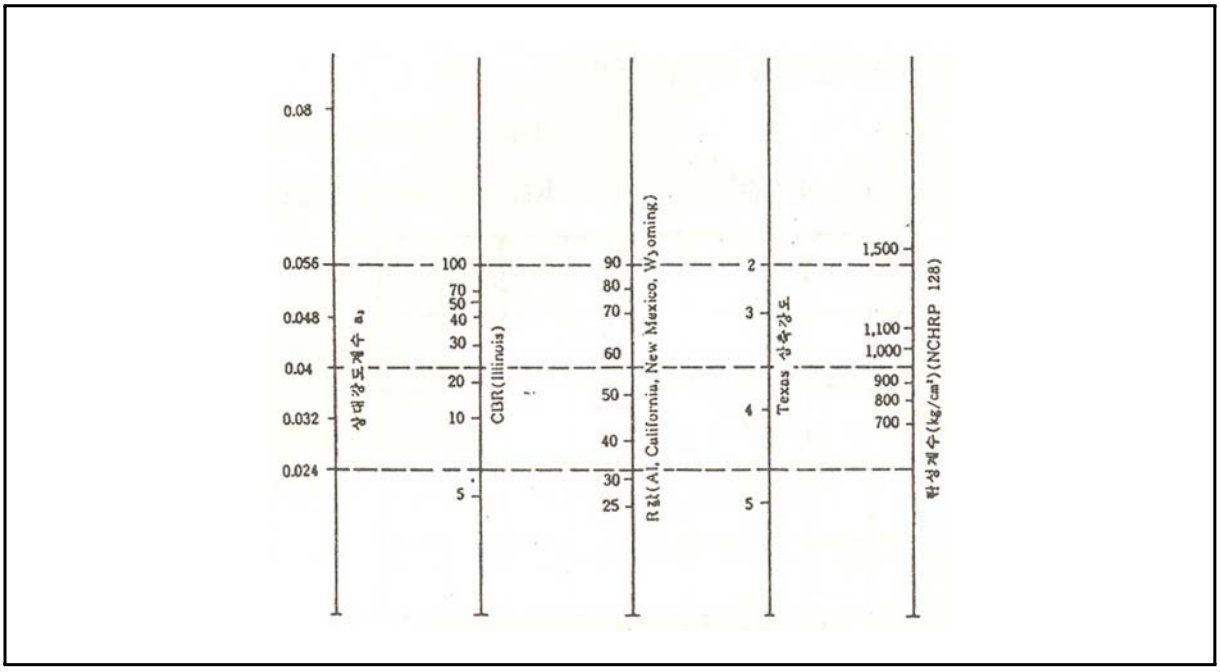
CBR = 30 (개략 추정값) R값 = 60 (개략 추정값)



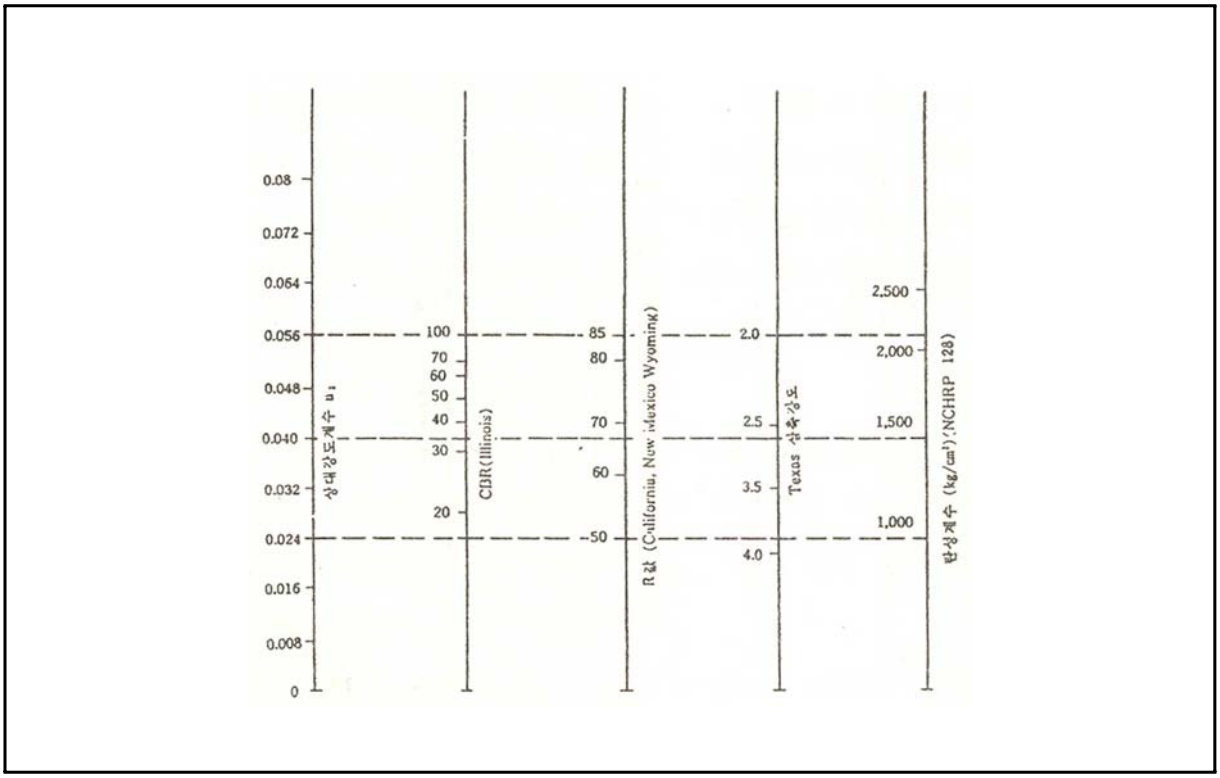
[그림 3.17] 아스팔트 콘크리트 표층의 상대강도계수(a_1)-탄성계수(E_{AC}) 상관도표



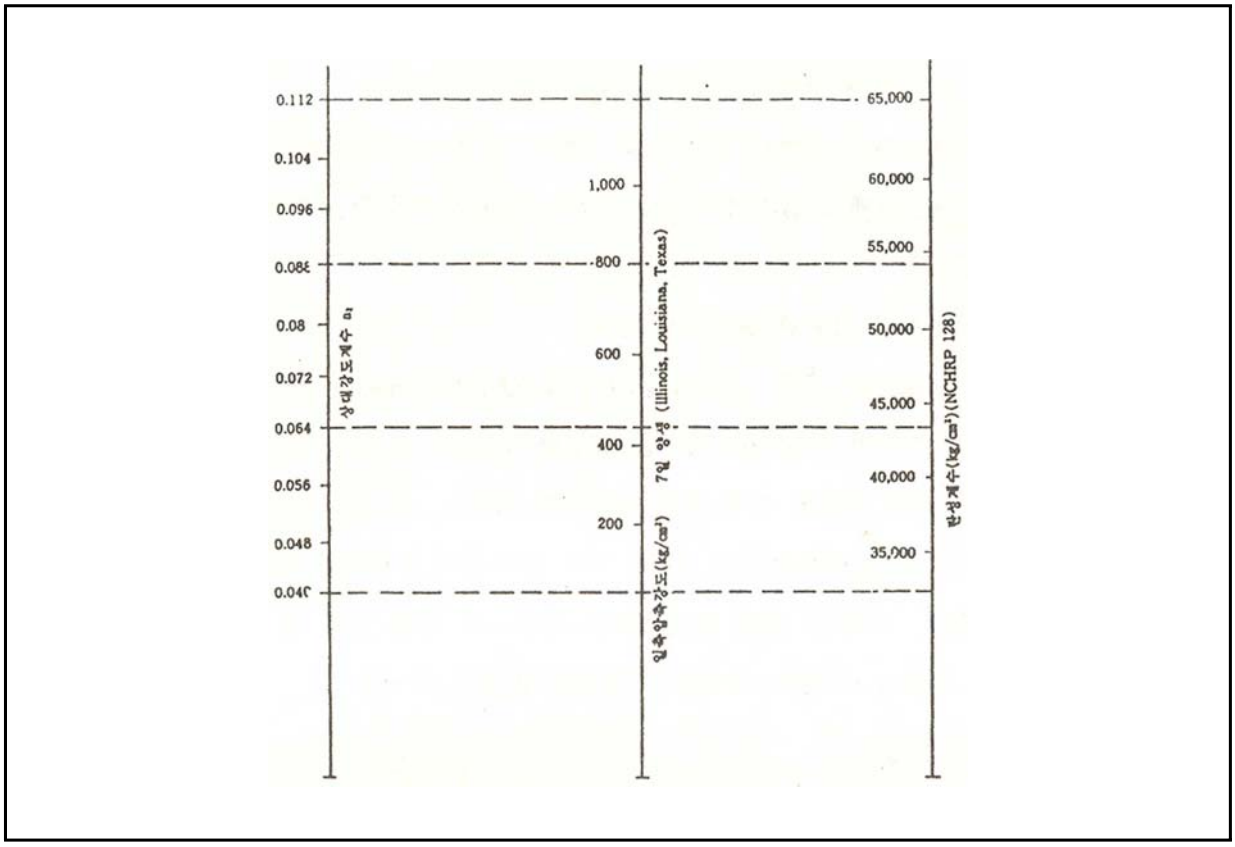
[그림 3.18] 표층 재료의 강도에 따른 a_1의 변동



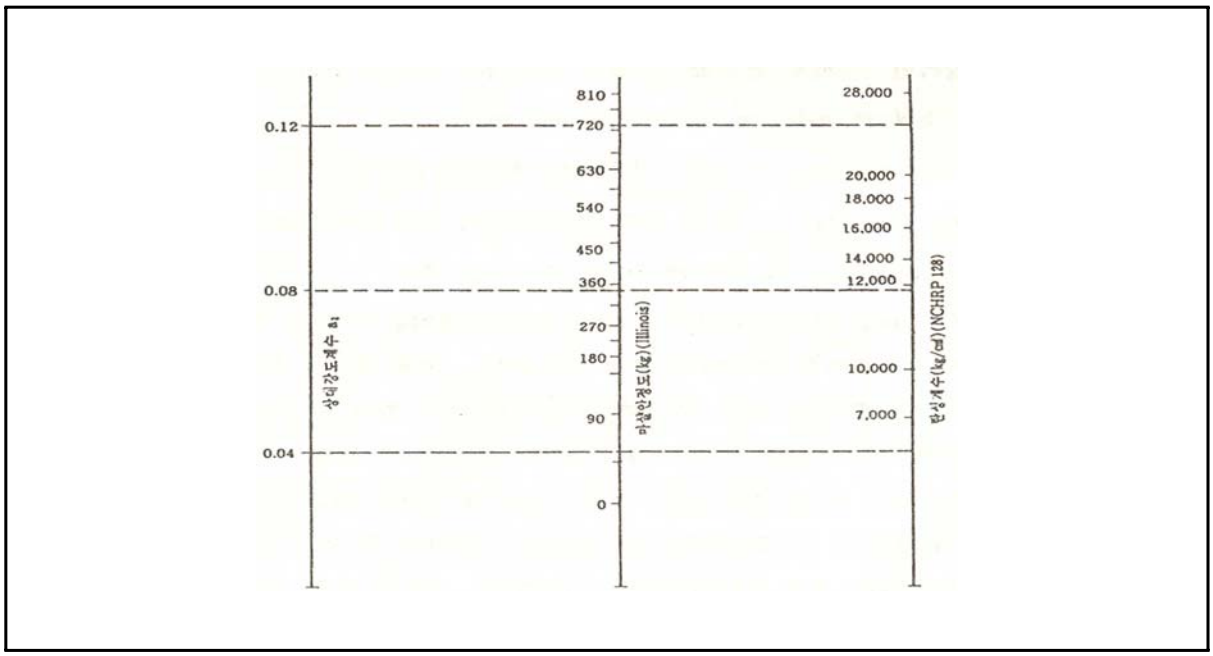
[그림 3.19] 입상기층 재료의 강도에 따른 a_2의 변동



[그림 3.20] 입상 보조기층 재료의 강도에 따른 a_3의 변동



[그림 3.21] 시멘트 안정처리 기층재료의 강도에 따른 a_2의 변동



[그림 3.22] 역청 안정처리 기층재료의 강도에 따른 a_2의 변동

(4) 시멘트 안정처리 기층의 상대강도 계수

[그림 3.21]은 시멘트 안정처리 기층의 탄성계수(E_{BS}) 또는 7일 양생 일축압축강도로부터 시멘트 안정처리 기층재료에 대한 상대강도 계수를 산정할 수 있는 도표이다.

(5) 역청 안정처리 기층의 상대강도 계수

[그림 3.22]는 역청 안정처리 기층의 탄성계수(E_{BS})와 마샬안정도로부터 역청 안정처리 기층의 상대강도 계수를 산정할 수 있는 도표이다.

(6) 포장 각 층의 재료별 적용 표준 상대강도 계수

<표 3.22>는 포장구성 각층에 사용되는 재료 품질조건을 기준으로 하여 포장 각 층 두께산정에 일반적으로 적용될 수 있는 상대강도 계수를 표시한 것이다.

(10) 층 두께의 산정

초기 포장구조에 대한 설계 SN치를 결정하고 각 층을 합성하여 설계 SN치에 적합한 하중을 제공할 수 있는 일련의 포장층 두께를 계산한다.

SN을 표층, 기층, 보조기층의 실질적인 두께로 환산할 수 있는 기본식은 다음과 같다.

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

여기서, a_1, a_2, a_3 = 표층, 기층, 보조기층의 상대강도계수

D_1, D_2, D_3 = 표층, 기층, 보조기층의 설계두께(cm)

m_2, m_3 = 기층과 보조기층의 배수계수

(11) 포장층 해석

가요성 포장의 포장구조는 층으로 구성되며 층별개념에 의한 설계를 한다.

하부층의 지지력에 따라 각 층에 적용할 수 있는 강도를 이용하여 소요 SN치를 계산한다.

그러나 탄성계수가 2,800kg/cm² 이상인 보조기층이나 기층재료에 대하여는 이 방법을 이용할 수 없으며, 최소실용두께와 경제성을 고려하여 설계한다.

포장구조는 [그림 3.23]에 나타낸 원칙에 따라서 설계해야 한다.

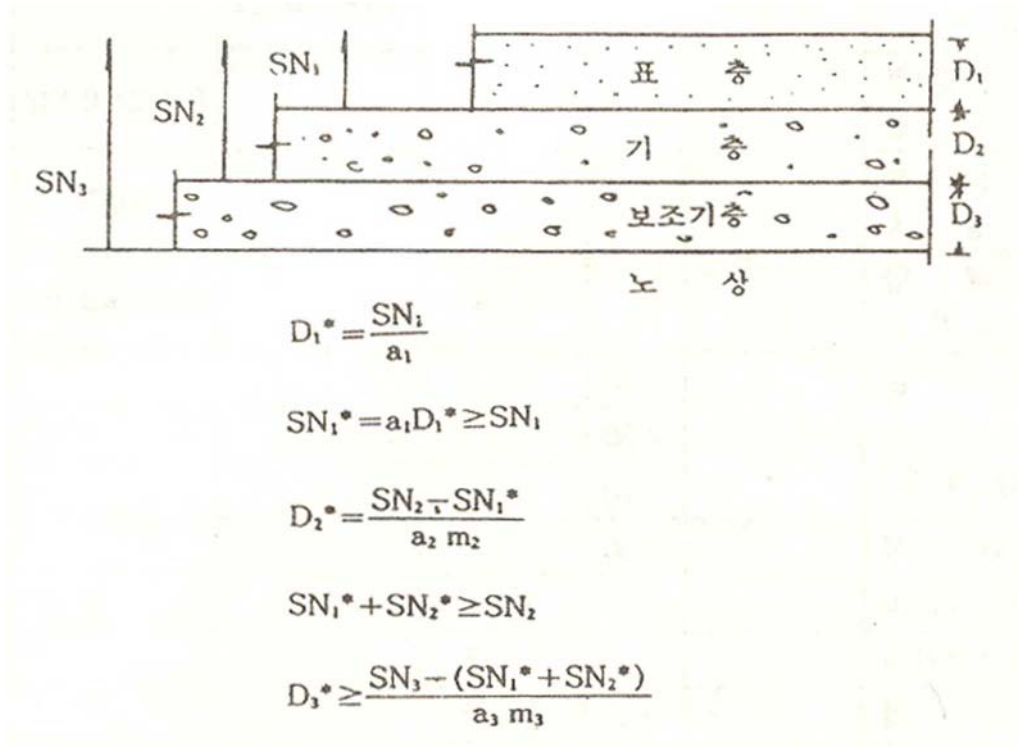
우선 노반에 필요한 SN치를 계산하고 같은 방법으로 각 층에 적용할 수 있는 강도를 이용하여 보조기층과 기층에 필요한 SN치를 계산한다. 각 층에 요구되는 계산 SN치의 차이에 따라 어느 층의 최대 허용두께를 구할 수 있다.

예를 들면 보조기층 재료의 최대허용 포장두께 지수는 노반에 필요한 SN치에서 보조기층에 필요한 SN치를 공제한 값과 같다.

이와 같은 방법으로 다른 층의 SN치를 계산한다. 각 층의 두께는 [그림 3.23]에 따라 결정한다.

그러나 탄성계수가 2,800kg/cm² 이상인 보조기층이나 기층위에 놓이는 층의 SN을 결정하는 데는 이 방법을 이용할 수 없다.

이와 같이 재료의 탄성계수가 높은 층 위에 놓이는 층의 두께는 최소실용두께와 경제성을 고려하여 설정해야 한다.



$$D_1^* = \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1^* = a_1 D_1^* \geq SN_1$$

$$D_2^* = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 m_2}$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3}$$

[그림 3.23] 층 해석방법에 의한 포장 층 두께 결정 순서

(12) 단계 건설(stage construction)

포장설계에 있어서 예상 공용기간이 설계 해석기간에 이르지 못하는 경우에는 보수 또는 덧씌우기를 고려한 단계건설을 계획하여야 한다.

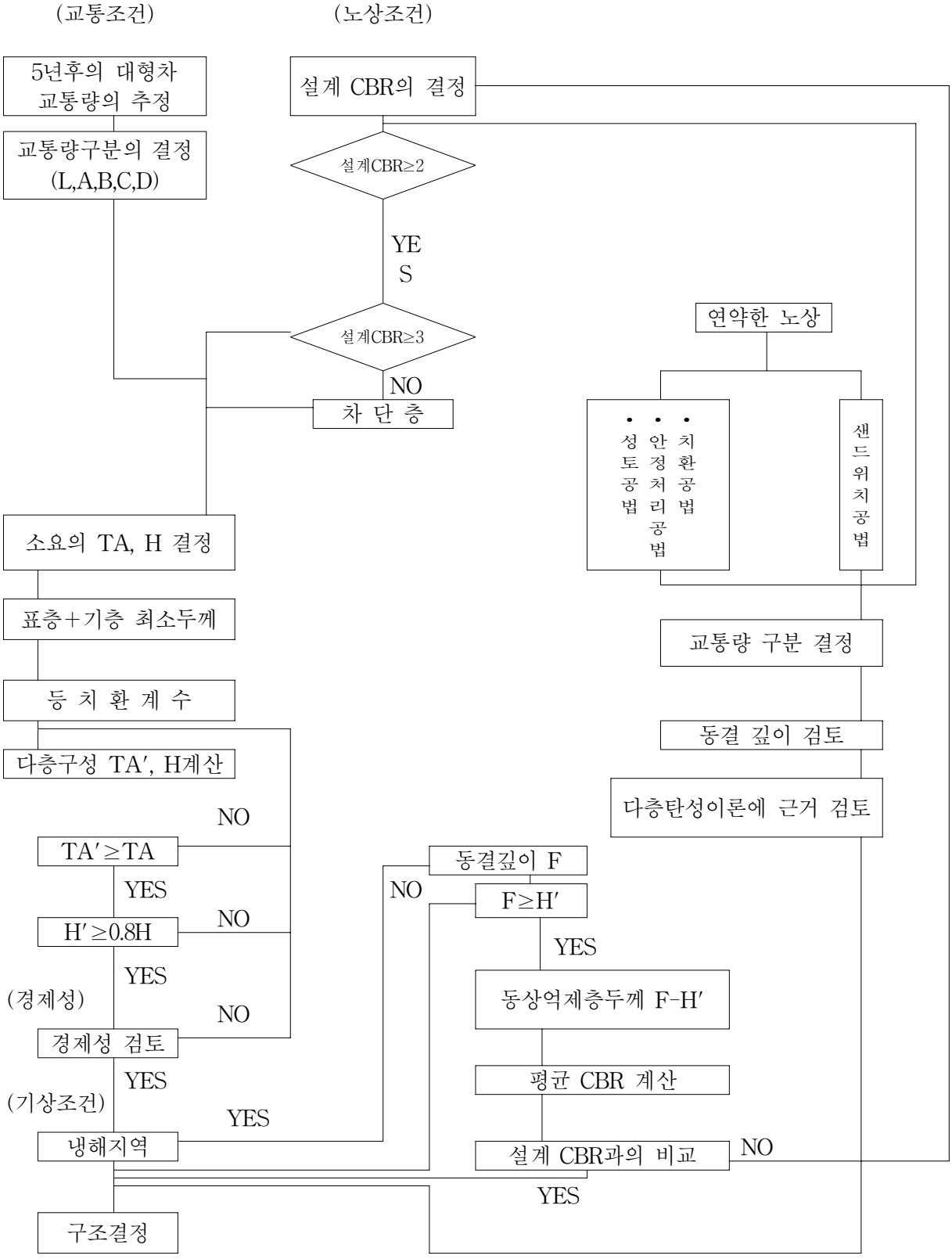
단계건설의 대안은 각 대안에 대한 최소 공용기간상의 제약조건들을 검토하고, 수명-주기 경제분석에 의하여 실시하는 것이 좋다.

특히, 해석기간이 20년 이상인 경우에 실질적인 최대 공용기간이 20년 미만이라면 설계시 복구(rehabilitation)가 계획된 단계건설을 고려해야 할 것이다.

수명-주기 경제분석이 필요한 경우 더욱 단계건설을 고려해야 하며, 이에 따라서 초기 포장구조의 두께 설계와 추후 덧씌우기 두께를 적절히 조정할 수 있게 된다.

3.3.7 TA 설계법

(1) 설계 절차도



(2) 교통량

1) 교통량의 구분

TA 설계법에서는 공용개시 10년 후 대형차(1일 1방향) 통과교통량에 따라 다음과 같이 5단계로 구분하고 있다. 여기에서 대형차 교통량은 버스와 중・대형 화물차 이상의 합으로 한다.

<표 3.25> 교통량의 구분 규정

교 통 량 의 구 분	대 형 차 교 통 량 (대/일, 1방향)
L	100 미만
A	100 ~ 250 미만
B	250 ~ 1,000 미만
C	1,000 ~ 3,000 미만
D	3,000 이상

자료 : 아스팔트포장 설계・시공 요령, 한국도로교통협회, 1997년

(3) 포장단면 설계

1) TA와 포장 총두께의 목표값

포장두께의 목표값은 노상의 지지력 계수를 이용하거나 설계 CBR을 이용하여 산정할 수 있는데, 본 지구에서는 설계 CBR을 사용하여 목표값을 산정한다. 앞에서 구한 계산 CBR을 절사하여 설계 CBR을 구한다. 절사는 <표 3.13>에 의한다.

2) 포장층의 최소두께

<표 3.26> 표층 및 중간층의 최소두께

교통량의 구분	표층+중간층의 최소두께(㎝)	비 고
L , A	5	
B	10 (5)	
C	15 (10)	
D	20 (15)	

자료 : 아스팔트포장 설계・시공 요령, 한국도로교통협회, 1997년

※ ( )안은 기층에 역청안정처리 한 경우

<표 3.27> 기층 및 보조기층의 최소두께

공법・재료	1층의 최소두께	비 고
역청안정처리	굵은 골재 최대입경의 2배이고 5 cm	
그 밖의 재료	굵은 골재 최대입경의 3배이고 10 cm	

자료 : 아스팔트포장 설계・시공 요령, 한국도로교통협회, 1997년)

3) 등치 환산 계수

<표 3.28> 등치환산 계수 적용기준

층종류	공 법 · 재 료	조 건	등치환산계수
표 층 중 간 층	표층, 중간기층가열 아스팔트 혼합물		1.00
기 층	역청 안정 처리	가열 혼합 : 안정도 350㎏ 이상	0.80
		상온 혼합 : 안정도 250kg 이상	0.55
	시멘트 안정처리	일축압측강도(7일) 30㎏/㎠	0.55
	석회 안정처리	일축압축강도(10일) 10㎏/㎠	0.45
	입도조정쇄석, 입도조정 고로슬래그	수정 CBR 80이상	0.35
	수경성 입도조정 고로슬래그	수정 CBR 80이상 일축압축강도(14일) 12㎏/㎠이상	0.55
보조기층	막부순돌, 고로슬래그, 모래 등	수정 CBR 30이상	0.25
		수정 CBR 20이상 30미만	0.20
	시멘트 안정처리	일축압축강도(7일) 10㎏/㎠	0.25
	석회 안정처리	일축압축강도(10일) 7㎏/㎠	0.25

자료 : 아스팔트포장 설계 · 시공 요령, 한국도로교통협회, 1997년

3.3.8 설계 예

(1) AASHTO 설계방법(광주광역시 택지지구(대로))

1) 교통조건

① 년평균일교통량(AADT)

년도	년 평 균 일 교 통 량(AADT)								비 고
	승용차	버 스		트 럭			특 수	계	
		소형	대형	소형	보통	대형			
2008	11049	891	439	1141	609	461	114	14704	
2017	12390	999	493	1280	683	516	128	16489	공용10
2027	14072	1134	560	1453	776	586	148	18729	공용20

② 18kips 단축하중환산교통량

년도	18kips 단축하중환산교통량								년간 교통량 ($\times10^6$)	누계 교통량 ($\times10^6$)
	승용차	버 스		트 럭			특수	계		
		소형	대형	소형	보통	대형				
2008	1.105	0.891	372.711	4.564	372.708	1103.634	275.766	2131.379	0.777953	0.777953
2017	1.239	0.999	418.557	5.120	417.996	1235.304	309.632	2388.847	0.871929	8.235502
2027	1.4072	1.134	475.440	5.812	474.912	1402.884	358.012	2719.601	0.992654	15.677133

③ 설계차로에 대한 교통량

$$DTN = W_{18} \times DD \times DL$$

여기서, DTN : 설계차선교통하중

W_{18} : 누적 18Kips 등가교통하중

DD : 방향분배계수 (0.5)

DL : 차로분배계수 (4차선 : 0.625, 3차선 : 0.7, 2차선 : 0.9)

구 분	편도 1차로	편도 2차로	편도 3차로	편도 4차로	비 고
기 준(DL)	100%	80-100%	60-80%	50-70%	
적 용	100%	90%	70%	0.625%	

공용개시후 설계차로 교통량은 아래와 같다.

구분 \ 년도	18Kpis등가차선교통량		설계차선교통량		비 고
	2017년 (개통10년)	2027년 (개통20년)	2017년 (개통10년)	2027년 (개통20년)	
대 로 2 류	8,235,502	15,677,133	2,882,426	5,486,997	0.5×0.7

2) 노상조건

① C.B.R치 선정 기준

• 각 지점별 C.B.R 결과치(절토부)

조사번호	TP-3	TP-4	TP-5	비 고
C.B.R(%)	11.5	11.6	11.1	

② 설계 C.B.R 결정

(가) 극단적인 CBR의 기관판정

가) 최대치가 극단적으로 클 경우

$$-\gamma = \frac{(Xn)-(Xn-1)}{(Xn)-(X1)} = \frac{11.6-11.5}{11.6-11.1} = 0.200 < 0.941 \quad \therefore OK$$

나) 최소치가 극단적으로 작은 경우

$$-\gamma = \frac{(X_2-X_1)}{(X_n-X_1)} = \frac{11.5-11.1}{11.6-11.1} = 0.800 > 0.941 \quad \therefore OK$$

X_n : CBR 최대치

Xn - 1 : CBR 2번째 최대치

X_1 : CBR 최소치

X_2 : CBR 2번째 최소치

(나) 취사 선택의 판정기준 γ (n, 0.05)의 값

n	3	4	5	6	7	8	9	10이상
γ (n,0.05)	0.941	0.765	0.642	0.560	0.507	0.468	0.437	0.412

(다) 설계 CBR 결정(노상층내에 동상층을 계획시에는 재료별 계산치 산출 적용)

가) 평균 CBR = (11.5+11.6+11.1)/3 = 11.40

나) 설계 CBR = 평균 CBR - [(CBR최대치-CBR최소치)/d2]

= 11.40 - [(11.6-11.1)/1.91]

= 11.14 ≒ 11.0%

③ 노상지지력 계수

(가) 노상지지력치(S)는 설계 CBR에 의거 [그림 3.11]으로부터 구한다.

(나) S = 3.8logCBR + 1.3

노 상 : 5.26 보조기층 : 6.91

(다) 각층별 지지력계수

구 분	설계CBR(%)	지지력계수(S)
노 상	11	5.26
보조기층(석산쇄석)	30	6.91
입도조정기층(석산쇄석)	50	7.76

3) 포장구조 설계

포장 구조설계의 해석기간은 20년을 기준으로 하고 공용기간은 아스팔트 포장의 경제성 및 내구성을 감안하여 10년으로 설계하였다.

① 서비스 지수(Serviceability Index)

(가) AASHTO에서 포장의 공용성 평가 방법으로 도입한 것으로서 노면의 상태에 따라 서비스지수를 5~1까지 5개 단계로 구분한다. 포장당시(가장 완벽한 노면상태)를 5.0으로 보나 AASHTO 도로시험시 측정된 공용초기의 서비스지수는 가요성 포장에서는 4.2, 강성 포장에서는 4.5이었다.

(나) '86지수에서는 포장초기와 공용기간후의 서비스지수의 차 △Psi를 설계에 반영하나 잠정지침에서는 공용기간 후의 최종 서비스지수(Terminal Serviceability Indes : Pt)

를 얼마로 할 것인가를 설계자가 정하도록 하고 있으며 공용의 한계를 2.5, 파괴점을 1.5로 정하였다. 일반적으로 최종 서비스 지수값은 중요도로에서는 Pt = 2.5 저급도로에서 2.0을 사용하고 있으며 본 사업지구에서는 2.5를 적용하였다.

② 지역계수 (Regional Factor)

지역계수는 <표 3.21>에 따라 대전이남지역 1.5 적용

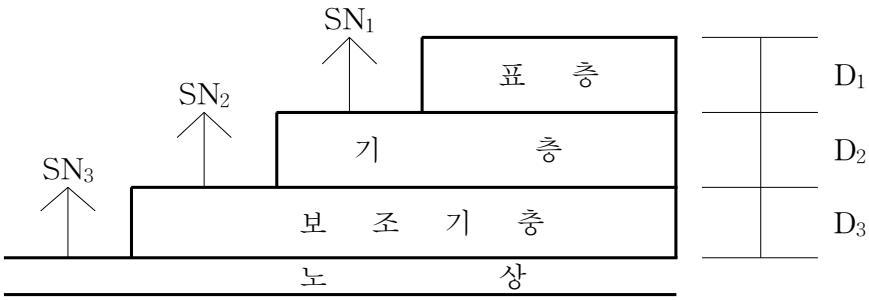
③ 포장층 상대강도 계수

본 설계에서 포장재료의 상대강도계수로서 다음 표의 값을 사용하는 것으로 하였다

<표 3.29> 포장재료별 상대강도계수

구 분	표 층 (A.C)	기 층(B.B)	입도조정기층 (석산쇄석)	보조기층 (석산쇄석)
강도계수	0.145	0.110	0.055	0.034
시험규정	안정도 500kg이상	안정도 350kg이상	CBR50이상	CBR30이상

4) 포장두께계산



$D_1^* = \frac{SN_1}{a_1}$ $\quad SN_1 = a_1 D_1^* > SN_1$

$D_2^* = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2}$ $\quad SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$

$D_3^* = \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3}$

D^* : 설계두께
SN^* : 설계SN치
SN : 소요SN치

포장구조는 상기 그림과 같이 층별로 소요 SN치를 만족하도록 설계해야 한다.
우선 노반에 필요한 SN치를 계산하고 같은 방법으로 각층에 적용할 수 있는 강도를 이용하여 보조기층과 기층에 필요한 SN치를 계산하고 각층에 요구되는 SN치의 차에 따라 각층의 최소두께를 구한다.

① 소요 SN 계산 (Structural Number : SN)

SN은 포장 각층의 두께와 구성재료의 실험적 상관관계를 나타내는 지수로서 도로를 공용시켜 서비스지수가 2.5이하로 저하할때의 축하중 통과회수 및 포장 두께가 지수와의 관계를 나타내는 것이며, 앞에서 구한 S값, 지역계수 및 환산교통량에 의하여 AASHTO의 포장설계을 위한 기본설계식을 프로그램에서 포장층별 소요SN값을 구하였다.

포 장 구 조 계 산(대로)

◈ 보정동결지수(F.일)= 328.0
동결지수 302.0
동결기간 80.0
지반고 70.9
계획지점의 가장높은지점의표고 106.4
보정동결지수=동결지수±0.9*동결기간*표고차/100

◈ CBR(노상) = 11
SSV=3.8LOG10CBR+1.3 5.26
◈ CBR(입도조정기층) = 50
SSV=3.8LOG10CBR+1.3 7.76
◈ CBR(보조기층) = 30
SSV=3.8LOG10CBR+1.3 6.91
◈ RF(지역계수) 1.5 대전이남:1.5 서울북부,표고500m이상:2.5 기타지역:2.0
◈ PT(최종서비스지수) 2.5 주요도로:2.5 군도이하소규모도로:2.0

◈ 포장두께 산정(공용식)

$$LOG_{10}(W_{18}) = 9.36 \times LOG_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{Gt}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + LOG_{10}\left(\frac{1}{Rf}\right) + 0.372(SSV - 3.0)$$

$$Gt = LOG_{10}\left(\frac{4.2 - Pt}{4.2 - 1.5}\right)$$

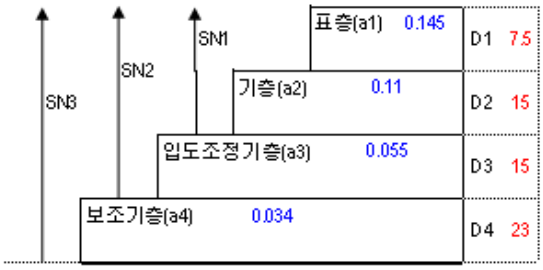
▣ 2016년(목표년도)

LOG W = 6.45

SN1 = 2.55 일때 ∴ LOG W' = 6.45 ----- OK ! 0
SN2 = 2.89 일때 ∴ LOG W' = 6.45 ----- OK ! 0
SN3 = 3.65 일때 ∴ LOG W' = 6.45 ----- OK ! 0

TRY&METHOD	4.950137385	+	-0.104359481	+	-0.176091259	+	1.77072	= 6.44 (SN1)
TRY&METHOD	5.321928268	+	-0.1489572	+	-0.176091259	+	1.45452	= 6.45 (SN2)
TRY&METHOD	6.047359639	+	-0.258983485	+	-0.176091259	+	0.84072	= 6.45 (SN3)

표 층	마샬안정도 500kg 이상	0.145
	마샬안정도 750kg 이상	0.157
기 층	아스팔트	0.11
	시멘트	0.075
	린콘크리트	0.08
	입상재료(석산)	0.055
	입상재료(하상)	0.053
보조기층	막자갈	0.034
	석산쇄석	0.034
	고로스래그	0.034



동상방지층 0
포장두께 60

포장두께 산정

층구분	강도계수	소요SN	설계SN	포장두께	차이
표층	0.145		1.0875	7.5	
기층	0.11		1.65	15	
SN1		2.55	2.738	22.5	0.1875
입도조정기층	0.055		0.825	15	
SN2		2.89	3.563		0.8725
보조기층	0.034		0.765	22.5	
SN3		3.65	4.3275		0.8775

SN=a1*D1+a2*D2+a3*D3+a4*D4

② 포장단면

AASHTO법에 의해 계산된 포장두께는 다음과 같다.

표 층 (아스콘 # 78)		8	60
기 층 (아스콘 # 467)		15	
입도조정기층 (쇄석 Ø40m/m이하)		15	
보 조 기 층 (쇄석 Ø80m/m이하)		22	

(2) TA법에 의한 설계 예

1) 교통량 산정

공용개시 10년 후인 2017년의 1일 1방향 교통량을 설계교통량으로 산정한다.

교통량 / 노선명	1일 양방향 교통량					1일 1방향 교 통 량	교통구분
	대형버스	보통트럭	대형트럭	특수트럭	계		
대3류 중1류	903	1,084	-	-	1,987	934	B
중2류	208	250	-	-	458	229	A
대원로	1,014	3,137	2,572	-	6,723	3,362	D

2) TA와 포장 총두께의 목표값

계산 CBR을 <표 3.13>에 의해 절사하면 본 지구의 설계 CBR값은 8%

설 계 C B R	L 교 통		A 교 통		B 교 통		C 교 통		D 교 통	
	TA	두 께	TA	두 께	TA	두 께	TA	두 께	TA	두 께
2	17	52	21	61	29	74	39	90	51	105
3	15	41	19	48	26	58	35	70	45	83
4	14	35	18	41	24	49	32	59	41	70
6	12	27	16	32	21	38	28	47	37	55
8	11	23	14	27	19	32	26	39	34	46
12	-	-	13	21	17	26	23	31	30	36
20이상	-	-	-	-	-	-	20	23	26	27

3) 포장단면 결정

층 별	재 료	등치환산 계 수	중1류		비 고
			H(cm)	TA	
표 층	아스팔트 콘크리트	1.00	5	5	
중 간 층	아스팔트 콘크리트	1.00	6	6	
기 층	역청안정처리	0.80	10	8	
보조기층	쇄 석	0.25	20	5	
계			41	24	O.K
목표값			32	17	B교통

3.4. 콘크리트 포장

3.4.1 개 요

본 장에서는 콘크리트 포장에 관한 설계법을 제시하였다. 먼저 콘크리트 포장의 구조, 포장층의 구성에 대한 소개를 하였고 길어깨 포장, 연결로 포장, 다음으로 줄눈 설계에 대한 내용이 있으며 끝으로 '81 AASHTO 설계지침을 적용한 콘크리트 포장 구조설계의 실례를 제시하였다.

콘크리트 포장에 대한 '86 AASHTO 지침을 국내설계에 그대로 적용하기에는 현실적으로 여러 가지 입력변수 등이 한국 실정에 맞도록 정립되지 않았기 때문에 어려운 점이 있으므로, 본 편람에서는 AASHTO 잠정지침('81년 개정판)을 기준으로 하였다. 다만 연속철근 콘크리트 포장의 경우에는 '86 AASHTO 지침을 기준으로 하였다.

3.4.2 콘크리트 포장의 종류

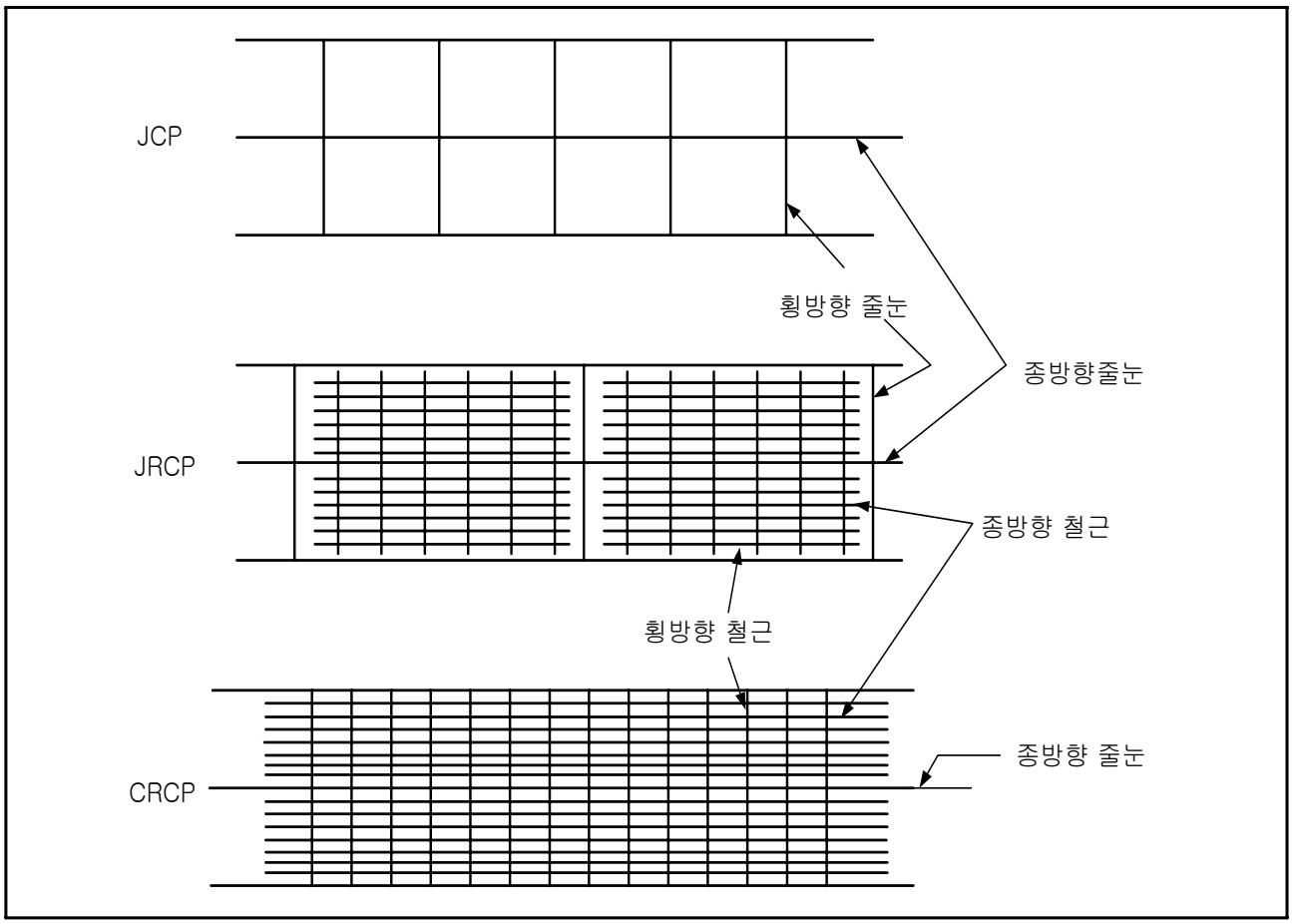
(1) JCP(Jointed Concrete Pavement)

(2) JRCP(Jointed Reinforced Concrete Pavement)

(3) CRCP(Continously Reinforced Concrete Pavement)

(4) PCP(Prestresed Concrete Pavement)

(5) RCCP(Roller Compacted Concrete Pavement)



[그림 3.24] 콘크리트 포장 구조의 종류(2차로 도로)

3.4.3 콘크리트 포장의 특징

(1) JCP

1) 일정한 간격으로 가로줄눈을 설치하여 줄눈하단부에서만 균열발생 유도

2) 도웰바 와 타이바 를 이용하여 하중전달

(2) JRCP

1) JCP의 줄눈부를 감소시키기 위해 개발

2) 줄눈 이외의 부분에서 균열을 어느정도 허용

3) 규열의 확대를 방지키 위해 종방향 철근 사용

(3) CRCP

1) 횡방향줄눈을 완전히 제거

2) 균열발생 허용

3) 종방향 철근을 이용 균열의 확대를 방지, 폭과 간격규제

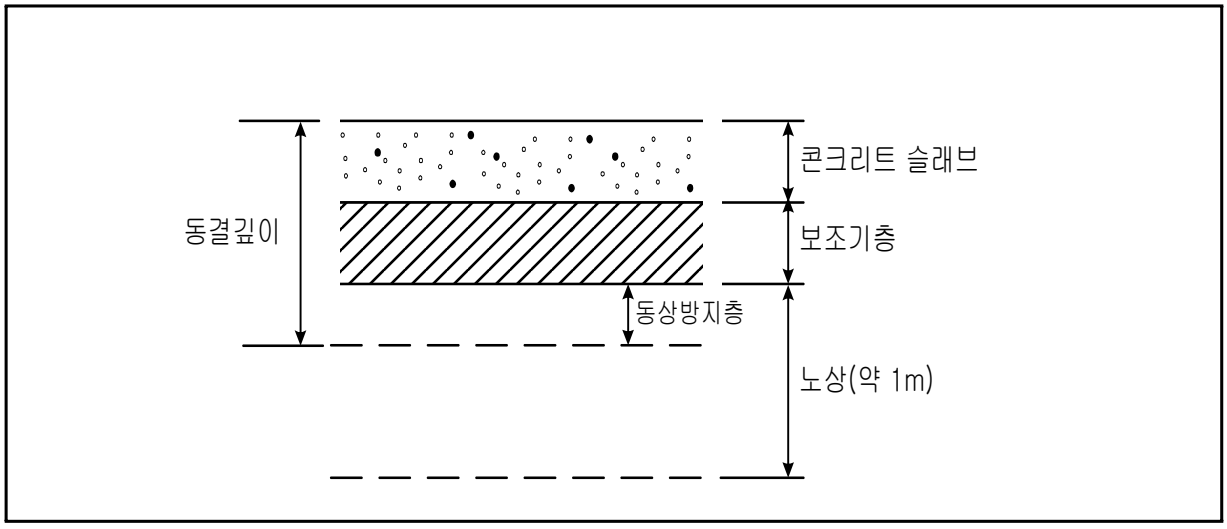
4) 철근량은 콘크리트 단면적의 0.5~0.7%

3.4.4 구조 설계

(1) 개요

콘크리트 포장은 [그림 3.25]와 같이 콘크리트 슬래브, 보조기층, 노상으로 구성되어 있었다. 국내 고속도로의 경우에는 보조기층 재료로 입상재료 대신에 린콘크리트를 이용하고 하부에 동상방지층을 두고 있다.

설계절차는 콘크리트 슬래브(PCC ; Portland Cement Concrete)의 두께를 결정하는 과정을 말한다. 또한 슬래브의 동일한 지지력을 확보하기 위한 보조기층의 처리방안, 형태, 두께 결정에 관한 사항을 언급한다.



[그림 3.25] 콘크리트 포장의 구성

콘크리트 포장은 표층이 받는 하중을 기층 및 보조기층을 통해 넓게 분산시켜 노상층이 받는 하중을 줄여주는 아스팔트 포장과는 달리 콘크리트 슬래브의 휨 저항에 의해 대부분의 하중을 지지하는 포장이다. 그러므로 슬래브의 두께는 하중에 충분히 저항할 수 있을 정도로 하여야 한다. 또한 균열은 콘크리트 포장에서 필연적으로 발생하는데 이러한 균열을 줄눈의 설치로 발생위치를 인위적으로 조절하고 줄눈 부위를 다웰바나 타이바로 보강할 필요가 있다. 콘크리트 슬래브와 보조기층을 합한 총 두께가 동결 깊이보다 작은 경우에는 부족한 만큼 노상층의 상부에 동상방지층을 설치하여야 한다. 포장층(슬래브와 보조기층)이 동결 깊이보다 큰 경우는 따로 동상방지층을 둘 필요가 없다.

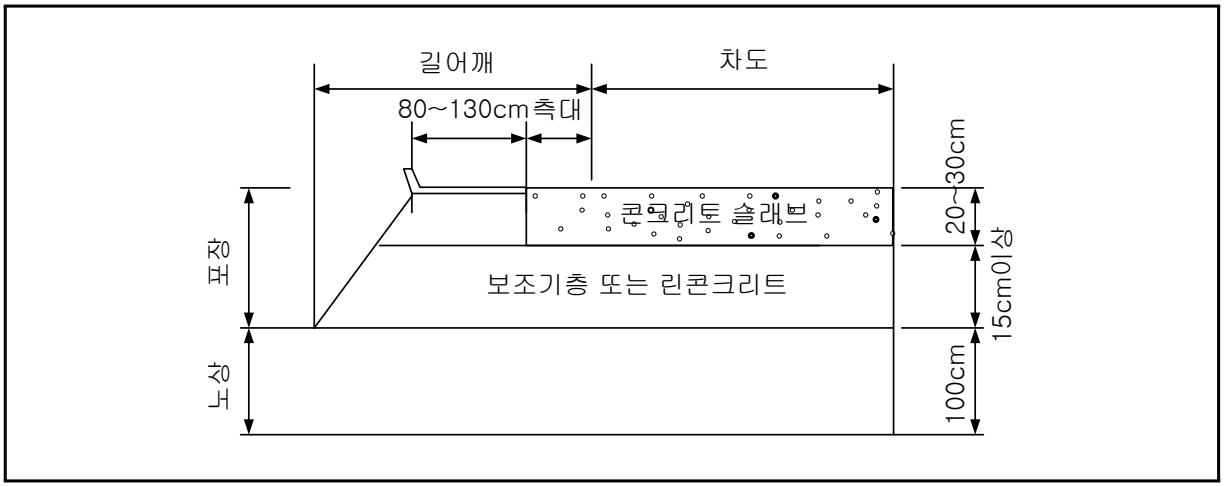
(2) 구조설명

1) 콘크리트 포장 슬래브

포장 슬래브는 기본적으로 콘크리트 슬래브와 하중전달 장치, 줄눈재로 구성된다.

구성 재료는 공용기간 동안 받게되는 교통하중과 환경영향에 의한 손상을 충분히 지지할 수 있는 강도와 내구성을 가지는 것이어야 하며 '도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙', '도로

포장 설계・시공지침'에서 정하는 규정에 부합되는 것이어야 한다.



[그림 3.26] 콘크리트 포장의 횡단면 구성(국도의 경우)

2) 보조기층

콘크리트 포장 구조에서의 보조기층은 노상과 콘크리트 슬래브 사이에 놓이며 한 개 또는 그 이상의 입상재료나 안정처리 재료의 다짐작업으로 구성된다.

보조기층의 설치 목적은 다음과 같다.

① 안정적이고 지속적인 균등 지지력 확보

② 노상반력계수(k)의 증대

③ 동상으로 인한 영향 경감

④ 콘크리트 슬래브의 줄눈, 균열부에서의 펌핑 현상 방지

⑤ 폴팅(faulting)과 균열의 감소

⑥ 시공장비의 작업공간 제공

보조기층은 안정처리를 하거나 하지 않을 수 있으며 보조기층의 마무리 폭은 [그림 3.26]에서 보는 바와 같이 콘크리트 슬래브의 양측으로 각각 90cm 정도 더 넓게 한다. 그 이유는 다음과 같다.

① 포장 단부, 측면 거푸집 및 슬립폼 페이버의 트랙 지지대 확보

② 팽창성 흙의 사용이나 동상현상에 의해 포장단부에 발생하는 불균일 팽창 방지

③ 길어깨 포장에 대한 보조기층으로의 역할

④ 표층의 평탄성 확보

보조기층 포설여유폭에 대한 각국의 확보기준은 <표 3.30>과 같다.

<표 3.30> 보조기층의 포설여유폭 비교

구 분	여유폭
PCA	0.6m 이상
영국 콘크리트 포장지침	슬립폼 : 1.00m 거푸집 : 0.35m
AASHTO	0.3 ~ 0.9m
일본콘크리트 포장요강	0.5m 이상
도로 포장 설계시공지침	0.5 ~ 1.0m

보조기층용 재료로는 입도조정쇄석, 입도조정 슬래그, 수경성 입도조정 슬래그, 시멘트 안정처리 재료 및 역청 안정처리 재료 등을 사용한다.

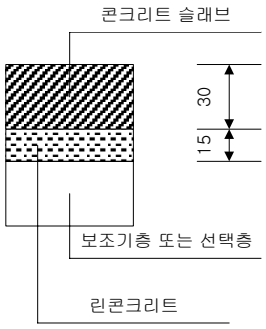
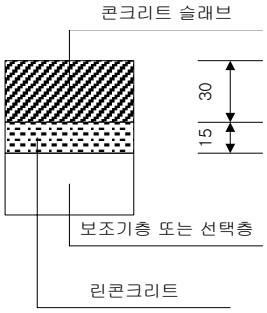
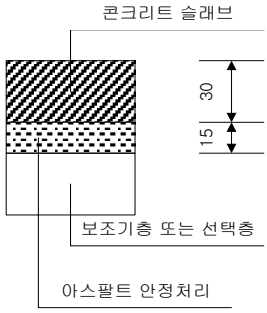
시멘트 안정처리 첨가재료에는 보통 포틀랜드 시멘트, 고로시멘트, 플라이애쉬 시멘트 및 실리카 시멘트 중 어느 한가지를 사용, 그 배합은 6일양생 1일 수침후의 일축압축 강도가 20kg/cm² 가 되도록 결정한다.

보조기층에 입도조정쇄석 및 입도조정 슬래그 등의 입상재료를 사용하는 경우에는 최대 입경을 40mm이하로 하고, 수정 CBR은 80이상, 0.425mm(No. 40)체 통과분은 소성지수가 4이하이어야 한다. 수정 CBR과 소성지수가 규정에 합격하지 않는 재료에 있어서도 시험보조기층에 의한 지지력이 확인 가능한 경우 수정 CBR이 45이상, 0.425mm(No. 40)체 통과분의 소성지수가 6이하의 재료로서 사용이 가능하다. 또 이 경우에는 0.425mm(No. 40)체 통과량이 10%이하의 재료에는 소성지수가 10까지 사용이 가능하다.

포장구조의 만족할 만한 공용성을 확보하기 위해서는 노상 또는 보조기층의 위나 그 속에 물이 고이는 것을 방지해야 한다. 배수 목적상 필요할 경우는 보조기층을 포장 단부보다 50~100cm 밖으로 빼든가 비탈면까지 포설하도록 한다.

중간층으로는 린콘크리트 또는 아스팔트 처리층이 있으며 각 공법에 대한 비교가 아래 <표 3.31>에 제시되어 있다. 국내에서는 이들 공법중 공사비, 시공경험, 장비수급 측면에서 린콘크리트 건식공법을 선정하고 있다.

<표 3.31> 보조기층 공법 비교

구분		Lean 콘크리트		아스팔트 안정처리
		습식	건식	
포장단면				
1) 휨강도		σ_{bk}= 7.5kg/cm² 이상	σ_{bk}= 7.2kg/cm² 이상	-
2) 시멘트량		150kg/cm³	185kg/cm³	-
3) 혼 합		배치프랜트	노상혼합, 프랜트혼합	믹싱프랜트
4) 혼화재		3% 이내	-	-
5) 함수량		배합설계에 의함	골재+시멘트 혼합 중량의 6%	-
6) 운 반		덤프트럭	덤프트럭	덤프트럭
7) 포 설		슬립폼 페이버	휘니샤, 슬립폼페이버	휘니샤
8) 다 짐		-	진동, 타이어, 텐덤로라	타이어, 텐덤, 머캐덤로라
9) 양 생		피막양생제 살포 (10일 양생기간, 빙점이하 금지)	습윤상태	포설다짐후 즉시 교통개방
10) 장단점	공사비	보통	저렴함	고가
	양생기간	길다	보통	짧다
	지지력	우수	보통	보통
	시공장비	슬래브와 동일장비 사용으로 공기연장 (B/P와 페이버 대수 추가 소요)	휘니샤 사용으로 장비 수급 용이	A/P 및 포설다짐 장비 추가 소요

3) 노상

노상은 포장층(슬래브와 보조기층)의 기초가 되는 흙의 부분으로 노상면 아래 약 1m 두께의 층을 말한다. 노상의 지지력은 평판재하시험 또는 CBR 시험에 의하여 판정하며 노상토의 설계 CBR이 2 이하인 경우에는 지지력 증가를 위해 연약지반 처리를 해야 한다.

노상이 깊이방향으로 토질이 다른 몇 개의 층을 이루고 있는 경우에는 '도로 포장 설계·시공 지침'의 제1편 2.4.4에 나타난 방법과 KS F2320에 준하여 노상면에서 깊이 1m까지의 평균설계 CBR을 구하여 그 지점의 설계 CBR로 한다.

(3) 설계 절차

1) 기본 설계식

여기에서 제시되는 기본 설계식은 AASHO 도로시험에서 정립된 서비스 능력-공용성 개념(3.2.2(2) 서비스 능력과 공용성' 참조)을 기초로 만들어진 경험적 공용 방정식으로서 다음과 같다.

$$\log_{10}(W_{8.2}) = 7.35\times\log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{G_t}{1.0+\frac{1.624\times10^7}{(D+1)^{8.46}}}$$

$$+(4.22-0.32P_t)\log_{10}\left[\left(\frac{S'_c}{215.63J}\right)\frac{[D^{0.75}-1.132]}{[D^{0.75}-\frac{18.42}{(\frac{E_c}{K_c})^{0.25}}]}\right]$$

여기서,

$W_{8.2}$: 설계기간 동안의 8.2톤 등가단축하중(ESAL)의 설계 차로당 누가 통과횟수

P_t : 설계 최종 서비스 지수

J : 콘크리트 포장형식에 따른 연속성을 반영하는 하중전달계수

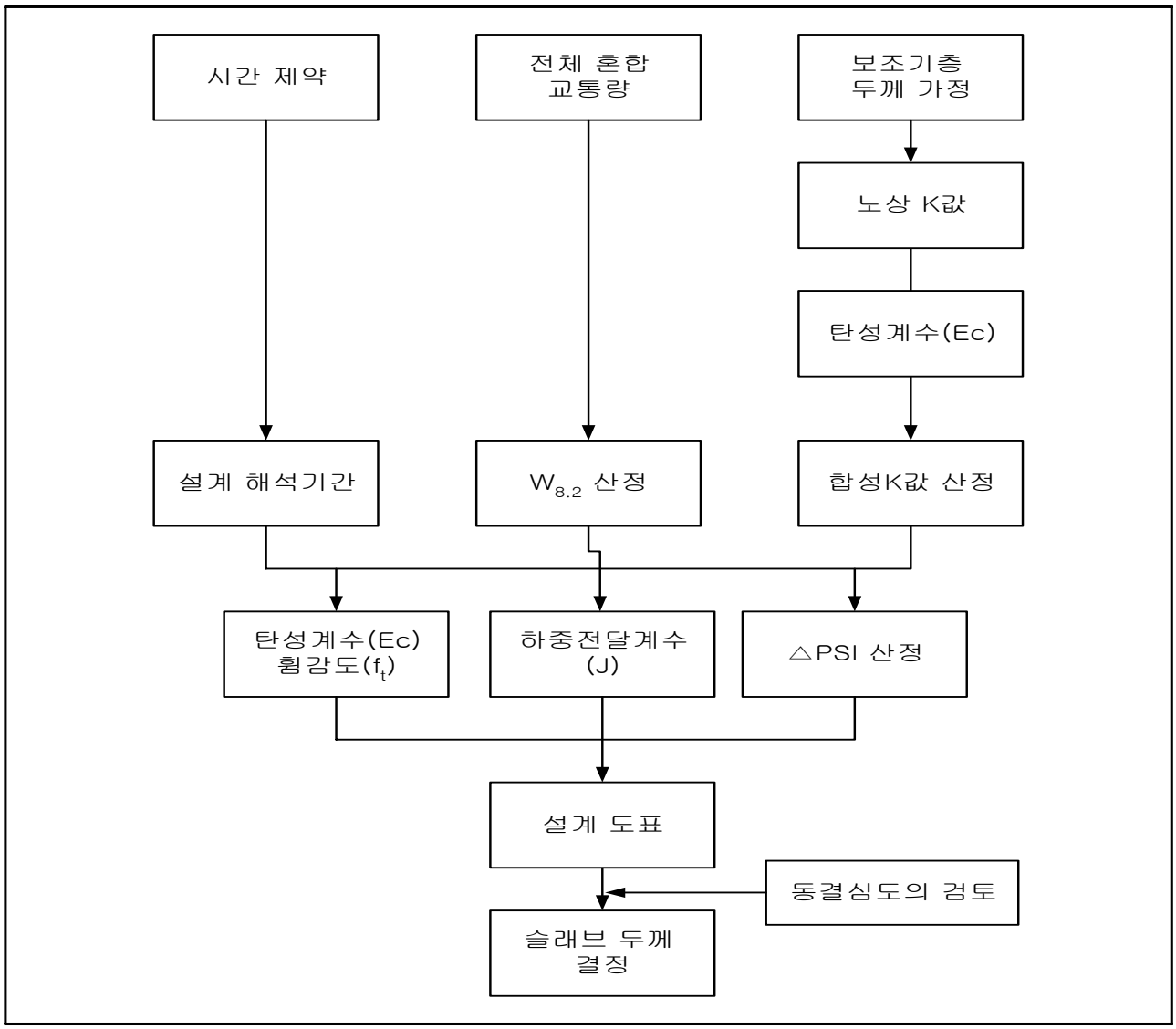
E_C : 콘크리트 슬래브 설계 탄성계수(psi)

K_C : 콘크리트 슬래브의 접속면에서의 노상반력계수(pci)

D : 포장 슬래브 두께(inches)

S'_c : 설계하고자 하는 콘크리트 휨강도(psi)

G_t : $\log_{10}(\frac{4.5-P_t}{4.5-1.5})$로 표시되며, 임의 시점(최종서비스 지수를 가지는 시점)에 이어 P_t=1.5인 경우의 최대 서비스 능력 손실량에 대한 서비스 능력의 손실량 비율을 나타내는 함수



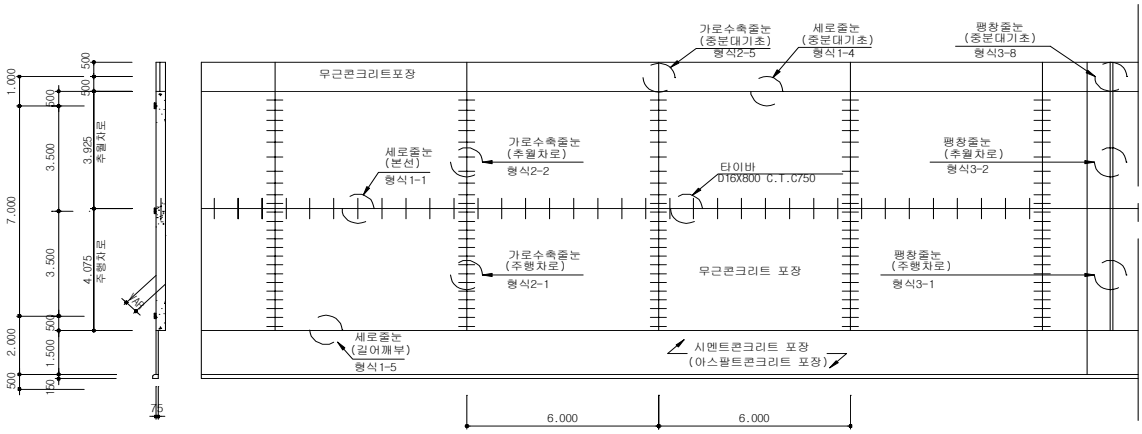
[그림 3.27] 콘크리트 포장설계 흐름도

3.4.5 줄눈의 설계

콘크리트 포장의 줄눈은 포장의 팽창과 수축을 수용함으로써 온도 및 습도 등 환경 변화, 마찰 그리고 시공에 의하여 발생하는 응력을 가능한 완화시키기 위하여 설치하는 것으로 형식상 가로 줄눈, 세로 줄눈, 시공 줄눈으로 나뉘며 기능상 수축, 팽창 줄눈, 시공 줄눈으로 나뉜다. 콘크리트 포장 줄눈의 일반도는 [그림 3.28]과 같다.

(1) 수축줄눈

횡방향 수축줄눈 또는 맹줄눈(dummy joint)은 수분, 온도 그리고 마찰에 의해 발행하는 긴장력을 완화시켜 균열을 억제하기 위하여 설치한다. 이러한 수축줄눈을 설치하지 않는다면 포장의 표층에는 불규칙한 균열이 발생하게 된다.



(a) 평 면 도

(b) 종 단 면 도

주) 세로줄눈 형식 1-5는 길어깨포장형식이 시멘트콘크리트 포장일 때 적용

[그림 3.28] 콘크리트 포장 줄눈 일반도(양방향 4차로)

1) 횡방향 수축줄눈

횡방향 수축줄눈의 간격은 여러가지 요소에 따라 다르나 그 중 가장 중요한 요소는 슬래브의 두께이며 슬래브의 보강 여부, 콘크리트의 온도 팽창계수, 콘크리트 경화시 온도와 슬래브 활동을 구속하는 보조기층 면의 마찰저항 등과 관련된다.

2) 종방향 수축줄눈

종방향 줄눈은 보통 차로를 구분하는 위치에 설치하지만, 시공법도 고려하여 결정하는 것이 좋다. 종방향 줄눈 간격은 4.5m 이상으로 하지 않는 편이 종방향 균열 방지상 좋다. 가능한 한 차량이 종방향 줄눈부를 주행하지 않게 차로 구획선의 위치 등을 고려하여 종방향 줄눈 간격을 결정함이 좋다.

종방향 줄눈의 폭은 6~13mm, 깊이는 단면6의 1/3이어야 하며, 채움재의 깊이는 채움폭, 채움재의 재질에 따라 다소 차이가 있으나 채움부의 최소 길이는 10mm 이상을 원칙으로 한다. 또한 종방향 줄눈의 저면에 약 50mm의 삼각형 목재 또는 L형 플라스틱재 등을 설치해서 콘크리트 슬래브의 단면을 감소시켜 줄눈의 위치에 균열이 생기도록 유도할 수도 있다.

(2) 팽창 줄눈

팽창줄눈의 주된 기능은 슬래브 크기 변화에 의해 발생되는 압축응력으로 인한 손상이 악화되는 것을 억제하는 것과 인접 구조물로 압력이 전달되는 것을 방지하는데 있다.

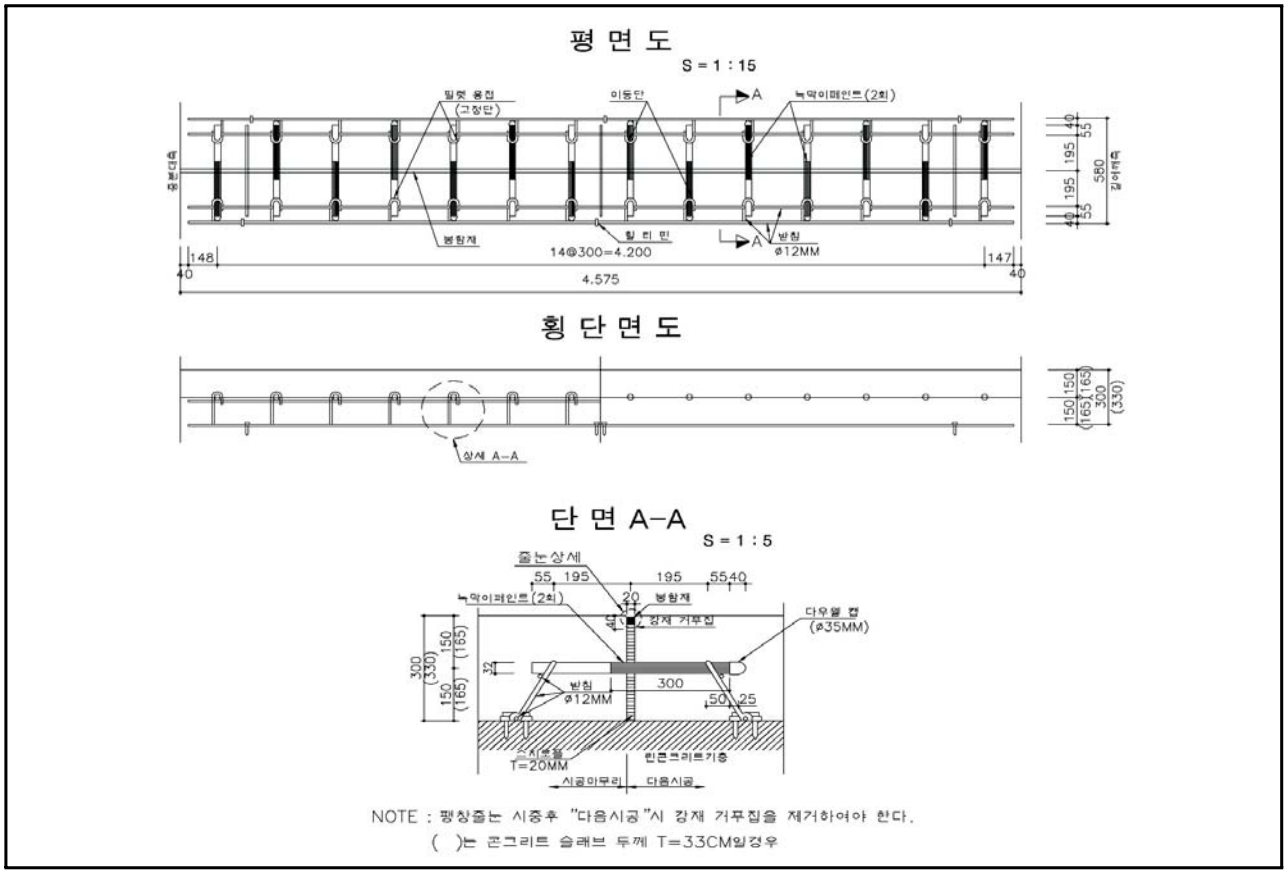
<표 3.31> 횡방향 팽창줄눈 간격의 표준값

시공시기 / 슬래브두께 (cm)	10 ~ 5월	6 ~ 9월
15, 20	60 ~ 120(M)	120 ~ 240(M)
25 이상	120 ~ 240	240 ~ 480

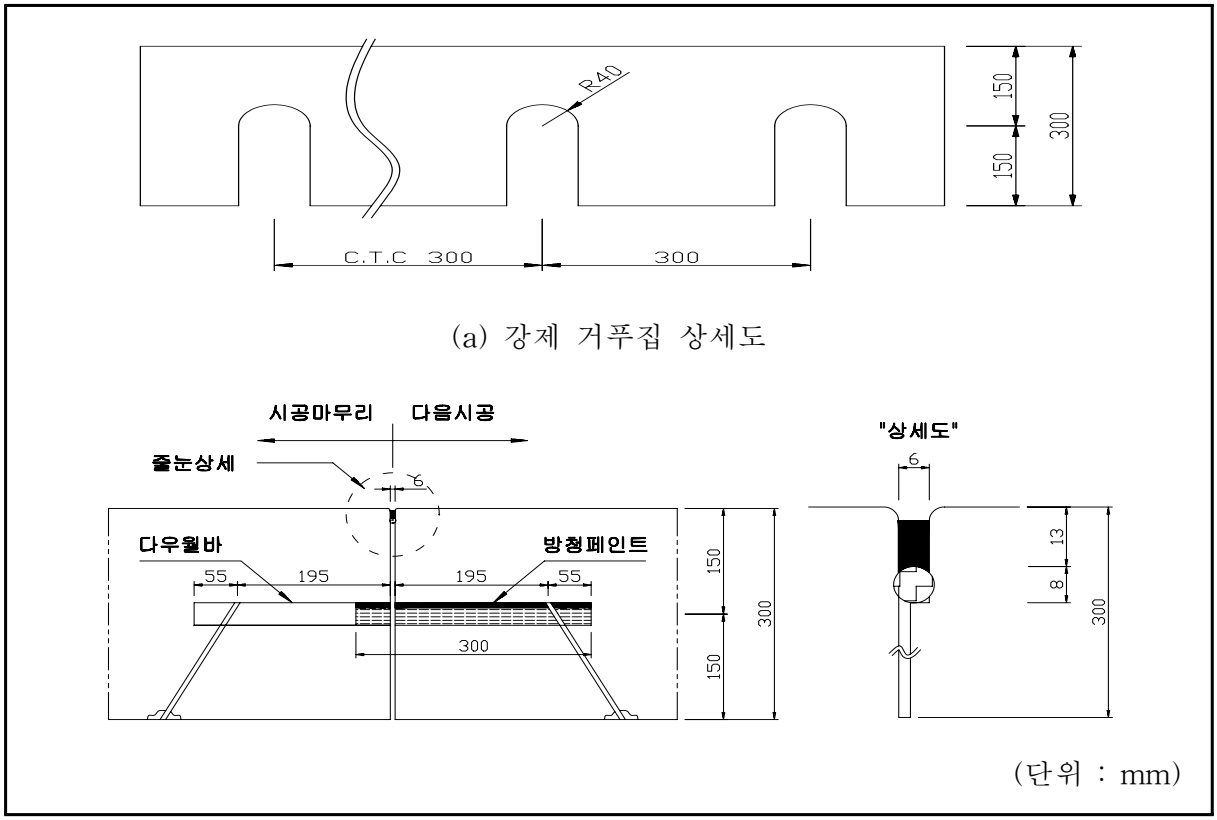
횡방향 줄눈 간격은 이론적으로 정확히 결정할 수 없고, <표 3.32>의 값을 적용하면 횡방향 팽창줄눈 폭을 25mm 정도로 할 수 있다는 경험을 기초로 한 것이며 팽창줄눈의 설치 개수는 비용, 시공 난이성, 공용성 문제를 고려하여 되도록 최소한으로 줄인다.

(3) 시공줄눈

시공줄눈이란 1일 포설 종료시나 강우 등에 의해서 시공을 중지할 때에 설치하는 줄눈이다. 시공줄눈의 위치는 수축줄눈의 예정 위치에 설치하는 것이 좋으며 이 경우는 맞댄형의 수축줄눈이 된다. 또한 강우와 기계고장 등에 따라 수축줄눈의 예정위치에 설치하는 것이 가능하지 않을 때는 수축줄눈에서 3m 이상 떨어진 위치에 맞댄형의 줄눈구조로 한다. [그림 3.30]은 시공줄눈의 설계 예를 보여주고 있다.



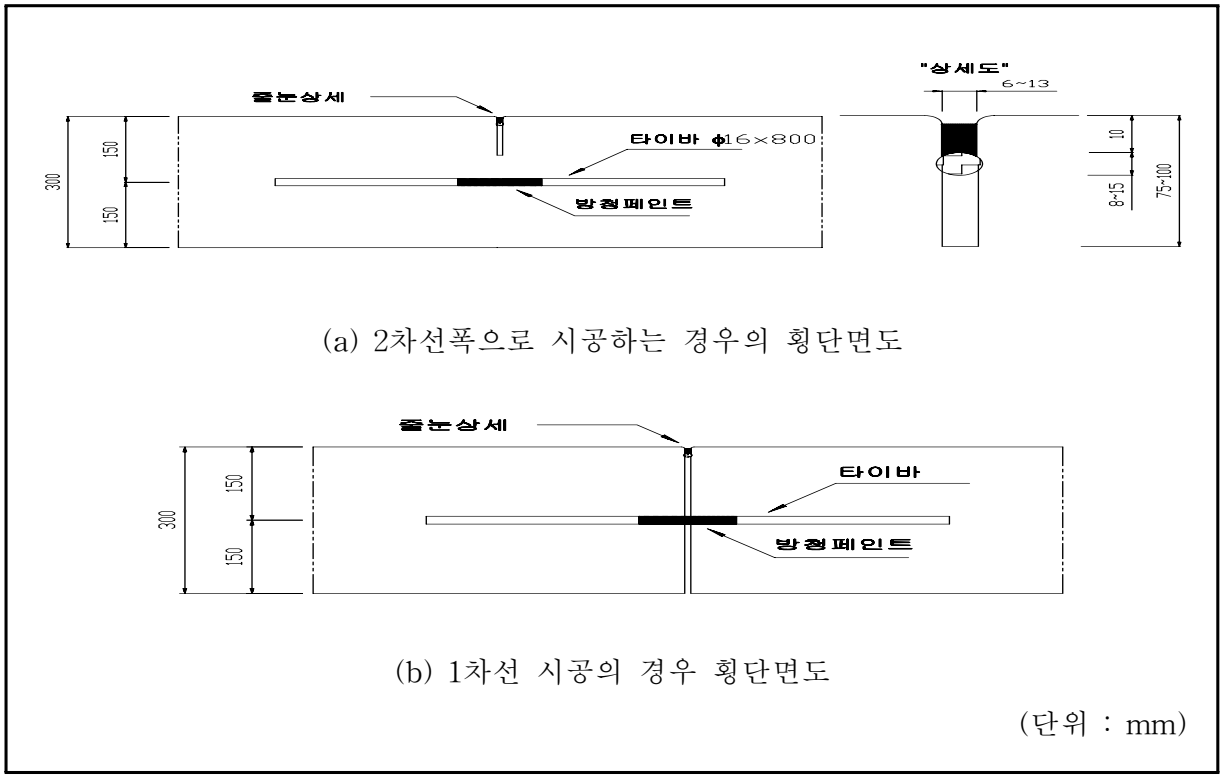
[그림 3.29] 가로 팽창줄눈 설계 예



(a) 강제 거푸집 상세도

(단위 : mm)

[그림 3.30] 시공줄눈 설계 예

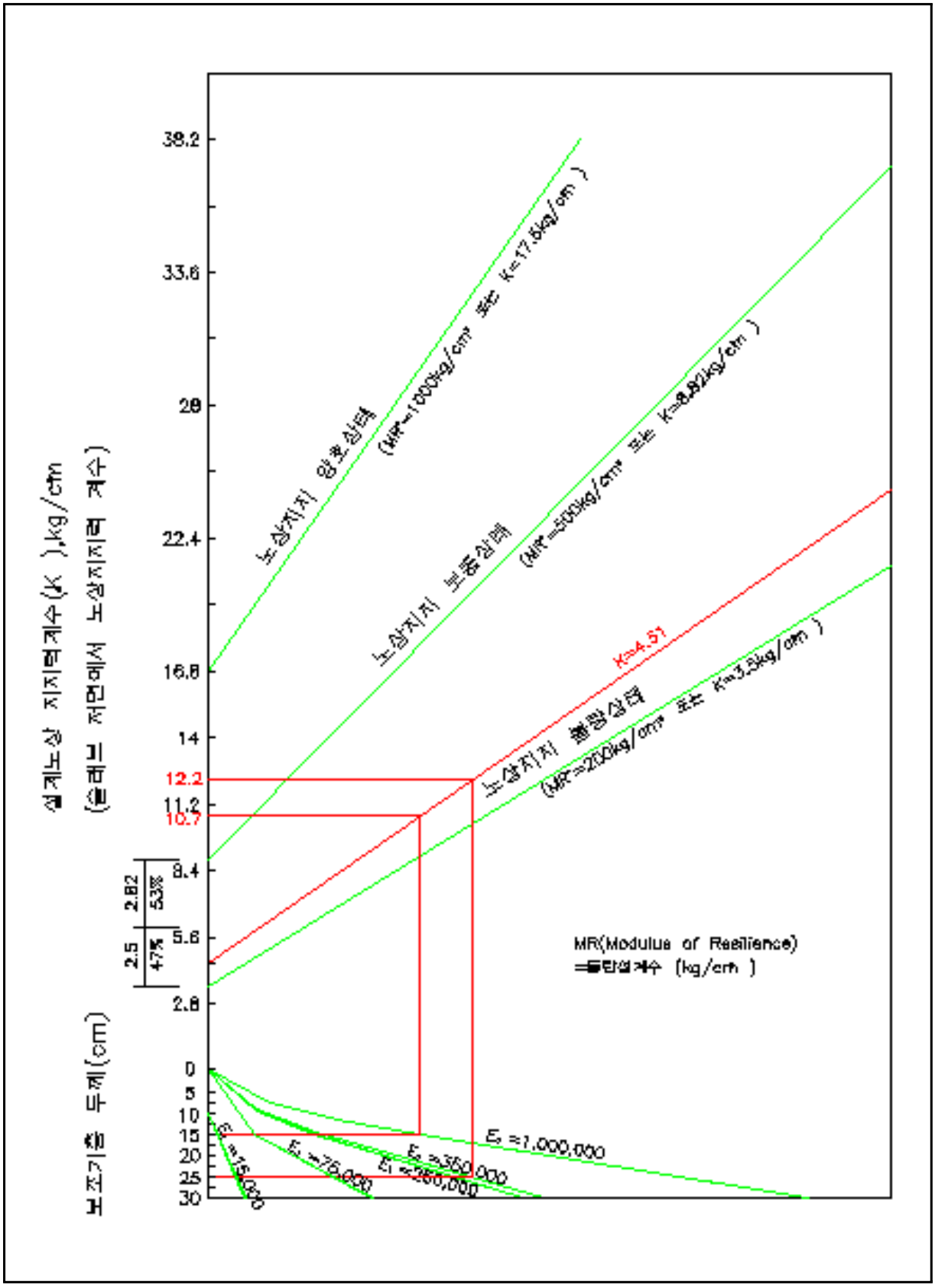


(a) 2차선폭으로 시공하는 경우의 횡단면도

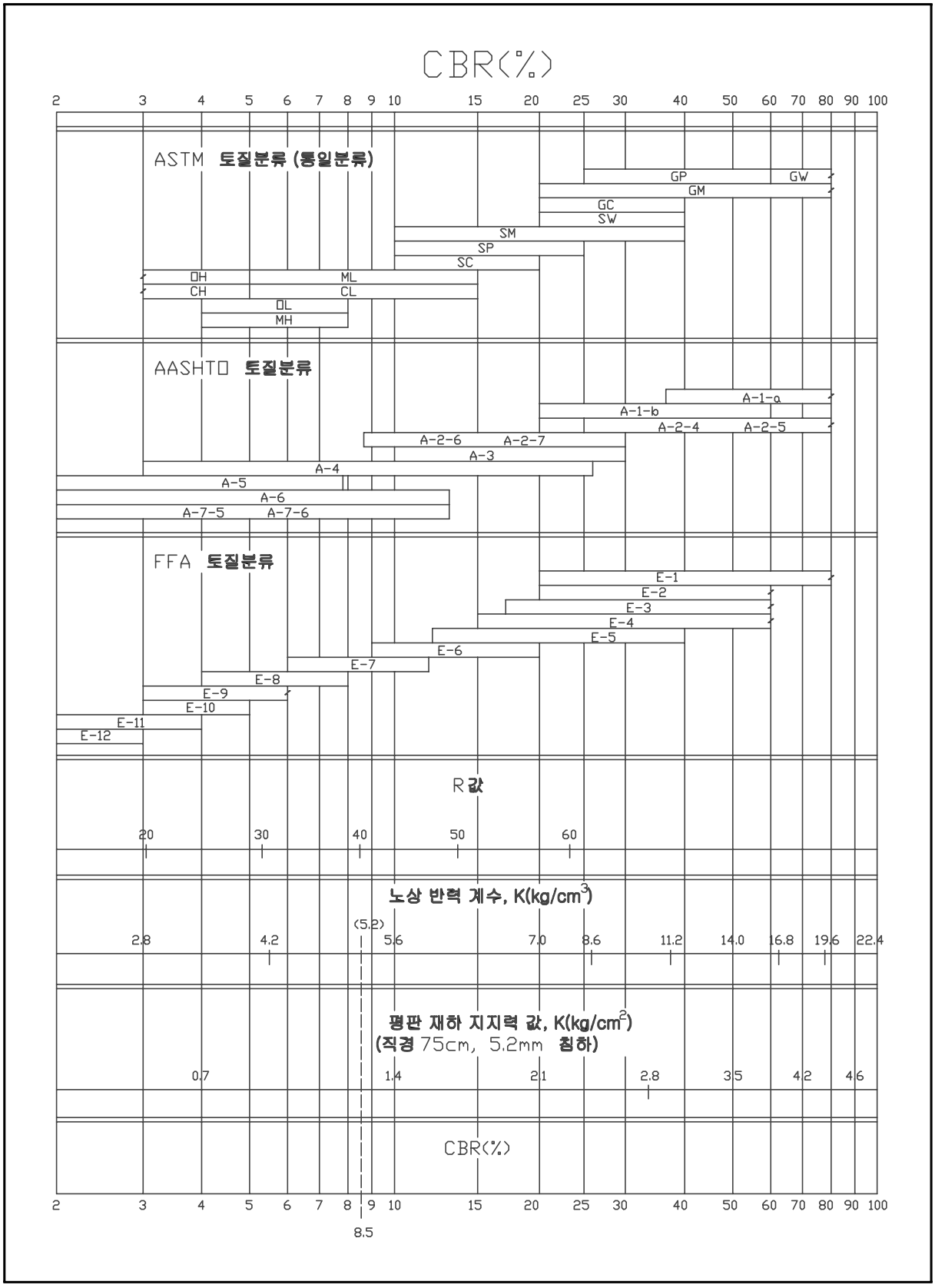
(b) 1차선 시공의 경우 횡단면도

(단위 : mm)

[그림 3.31] 세로줄눈의 설계 예



[그림3.32] 복합 K치(composite K-value) 산정 도표



[그림3.33] 토질분류에 의한 CBR법

3.4.8 설계 예 (1)

본 설계 예는 국내 고속국도에서 사용중인 콘크리트 포장 설계법을 기준으로 하였으며 무근 콘크리트 포장(무근 콘크리트 포장)으로 가정하였다.

(1) 시간제약

초기 강성포장구조의 최대공용기간(서비스수명)을 20년으로 하며 전체 해석기간에 대해서는 보수를 계획한 단계건설을 고려하여야 한다.

(2) 교통량

① 설계 적용지역의 일평균교통량과 축하중 자료를 기준하여 추정한 포장수명의 첫해 2방향 8.2t 등가단축하중(ESAL) 교통량은 357,000이고 연간교통량 증가율은 3%이다.

② 방향분배계수(DD) : 50%

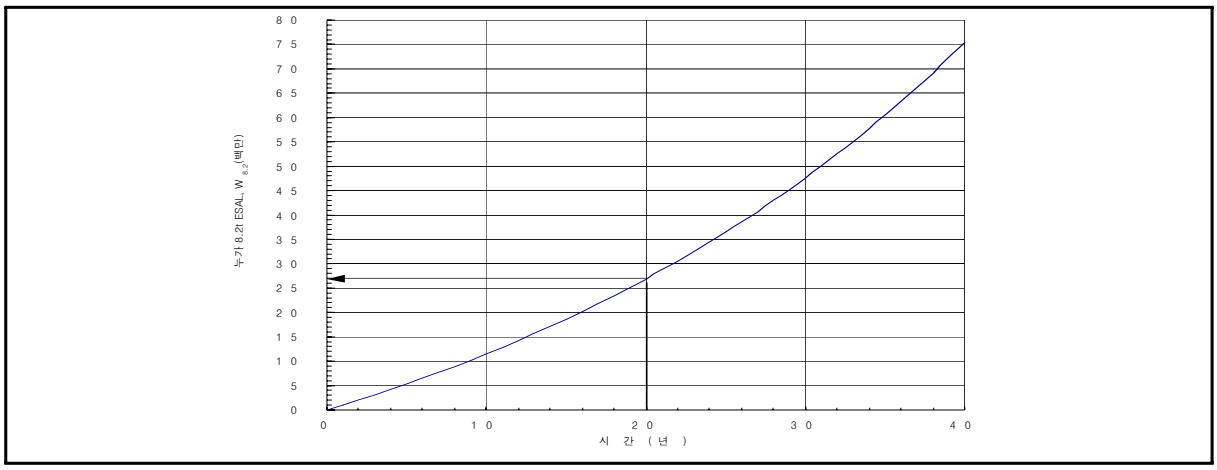
③ 차로분배계수(DL) : 60% (일방향 3차로로 가정)

④ 첫해의 설계차로에 대한 교통량

$W_{8.2}$=357,000×0.6×0.5 =107,100 ESAL

⑤ 설계교통량(누가 8.2t ESAL)

[그림 3.34]는 해석기간 20년에 대하여 누가 8.2t ESAL 교통량을 도시한 것으로 장래교통량($W_{8.2}$)의 곡선과 방정식은 증가율 3%의 지수함수로 가정하여 나타낸 것이다. [그림 3.34]를 통하여 구한 최대공용기간 20년에서의 교통량은 27×106 ESAL이다.



[그림 3.34] 시간에 따른 누가 교통량

(3) 환경적 영향

토질 및 기후조건을 고려하기 위하여 설계구간 약 300m당 1공씩 보링 조사한 결과 전노선에 걸쳐 유사한 토질로 구성되어 있으므로 포장단면은 전구간에 대하여 한가지 단면으로 설계한다.

(4) 서비스 능력

교통량과 도로의 기능분류에 의하면 최종 서비스능력(Pt)은 2.5로 하고 초기 서비스능력(P0)

을 4.5로 하면 전체설계 서비스능력 손실량은 다음과 같다.

$\Delta\Psi = p_0 - p_t = 4.5 - 2.5 = 2.0$

(5) 유효 노상반력계수(K)

유효 노상반력계수(K)는 KSF 2320에서 제시하는 실험법을 따르며 그에 따른 노상 CBR값을 구한다. [그림 3.33]을 이용하여 구해진 노상 CBR에 해당하는 K값을 구하며 [그림 3.32]에서 해당되는 설계 노상지지력계수(KC)를 구한다. 본 예제의 경우 실험에 의한 노상 CBR값은 9.0, 이에 해당하는 K값은 5.3Kg/cm²이고, 린콘크리트를 15cm로 가정하여 설계 노상지지력계수(KC)값을 산정하면 [그림 3.32]에 의해서 12.2kg/cm³ (440pci)가 된다.

기층으로 린콘크리트를 적용할 경우는 위와 같은 방법을 중복 적용하여 노상지지력계수를 산정한다. 보조기층별 강성 범위는 <표 3.33>과 같다.

(6) 포장층 재료특성

포틀랜드 시멘트콘크리트 : E_C = 2.8×105 kg/cm² (4×106psi)

보조기층 : ESB = 70,306 kg/cm² (1,000,000psi)

<표 3.33> 보조기층별 강성 범위

재 료	강성범위	
	psi	kg/cm²
입상재료	8,000 - 20,000	563 - 1,408
시멘트처리기층	500,000 - 1,000,000	35,200 - 70,400
빈배합콘크리트층	1,000,000 - 3,000,000	70,400 - 211,200
소일시멘트	400,000 - 900,000	28,160 - 63,360
아스팔트처리기층	350,000 - 1,000,000	24,640 - 70,400
아스팔트 에밀존 처리기층	40,000 - 300,000	2,816 - 21,120

(7) 콘크리트 휨강도

콘크리트 휨강도 시험법에 의한 포틀랜드시멘트 콘크리트의 파괴계수는 45kg/cm² (640psi)이다. 이 값은 3등분 재하 시험법에 따라 공시체의 28일 강도를 시험한 결과이다. 여기서, 안전율을 1.3을 적용하여 실제 적용 휨강도는 35kg/cm² (500psi)이다.

(8) 하중전달

포장은 연결 PCC 노견이 설치된 철근 콘크리트 포장으로 설계한다. 하중전달을 위해 줄눈에 다웰바를 설치한다. 이러한 조건에 있어서의 하중전달계수(J)는 3.2로 가정한다.

(9) 슬래브 두께 산정

이 예제의 경우 노모그래프로부터 또는 기본식으로부터 슬래브 두께는 11inch(27.9cm)으로

산출되었으며 시공성을 고려하여 28cm로 한다.

(10) 동결심도 산정

1) 설계조건

- 노상토의 함수비(w_s) = 20%
- 보조기층의 함수비(w_b) = 5%
- r = 20/5 = 4.0이므로 r = 3.0
- 구조설계에 의한 포장단면

슬래브 : 28 cm 린콘크리트 : 15 cm

2) 수정동결 지수 산정

적용측후소	지반고(m)	최대계획고(m)
서 울	85.5	138.7
동결지수(°F·일)	동결기간(일)	수정동결지수(°F·일)
727	61	756

수정동결지수 (°F·일)

$$= \text{동결지수} + 0.9 \times \text{동결기간} \times \frac{\text{표고차(m)}}{100} = 727 + 0.9 \times 61 \times \frac{138.7 - 85.5}{100}$$

= 756 (°F·일)

3) 최대동결 관입깊이(a) 산정

- 수정동결지수와 동결관입깊이 상관관계 도표 [그림 3.5]를 이용
- 수정동결지수 : 756 °F·일
- 건조단위중량 γ_d : 1.60 t/㎥
- 함수비 : 20%
- 최대동결 관입깊이(a) : 88cm

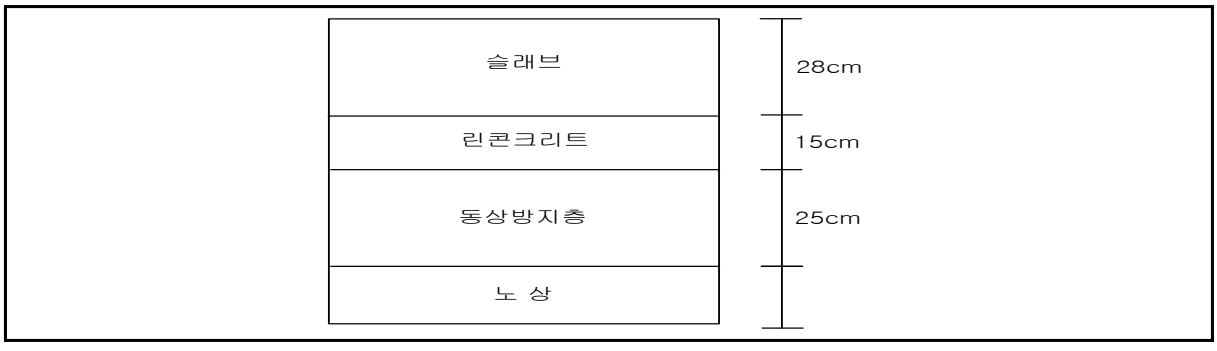
4) 비동결성 재료층 두께(b) 산정

- 최대동결 관입깊이(a)에서 표층두께(p)를 제외한 값(c)과, 비동결성 재료층두께(b)와의 상관도표 [그림 3.9]로 부터 산정

a = 88 cm p = 43 cm c = 45 cm b = 25 cm

적용동결심도(p+b) = 68 cm

5) 동상방지층 = 적용동결심도 - 포장두께(슬래브+린콘크리트) = 68 - (28+15)= 25cm



3.4.9 설계 예(2)

(1) 교통량

1) 년도별, 차종별 교통량

년도	AADT	승용차	버스		화물차			합계
			소형	보통	소형	중형	대형	
	구성비	0.4544	0.0993	0.0109	0.1455	0.1202	0.1697	1
2005	12,488	5,675	1,240	136	1,817	1,501	2,119	12,488
2006	13,180	5,989	1,309	144	1,918	1,584	2,237	13,180
2007	13,911	6,321	1,381	152	2,024	1,672	2,361	13,911
2008	14,681	6,671	1,458	160	2,136	1,765	2,491	14,681
2009	15,495	7,041	1,539	169	2,254	1,862	2,629	15,495
2010	16,293	7,404	1,618	178	2,317	1,958	2,765	16,293
2011	17,133	7,785	1,701	187	2,493	2,059	2,907	17,133
2012	18,015	8,186	1,789	196	2,621	2,165	3,057	18,015
2013	18,944	8,608	1,881	206	2,756	2,277	3,215	18,944
2014	19,920	9,052	1,978	217	2,898	2,394	3,380	19,920
2015	20,926	9,509	2,078	228	3,045	2,515	3,551	20,926
2016	21,984	9,989	2,183	240	3,199	2,642	3,731	21,984
2017	23,095	10,494	2,293	252	3,360	2,776	3,919	23,095
2018	24,261	11,024	2,409	264	3,530	2,916	4,117	24,261
2019	25,487	11,581	2,531	278	3,708	3,064	4,325	25,487
2020	26,787	12,172	2,660	292	3,897	3,220	4,546	26,787
2021	28,152	12,792	2,795	307	4,096	3,384	4,777	28,152
2022	29,587	13,444	2,938	322	4,305	3,556	5,021	29,587
2023	31,095	14,130	3,088	339	4,524	3,738	5,277	31,095
2024	32,680	14,850	3,245	356	4,755	3,928	5,546	32,680

2) 차종별 8.2ton 등가단축하중 환산 교통량

년도	승용차	버스		화물차			합계	년교통량 ($\times 10^6$)	누가등가교통량($\times 10^6$)
		소형	보통	소형	중형	대형			
환산계수	0.0001	0.001	0.758	0.001	0.601	2.394			
2005	0.5675	1.2401	103.1805	1.8170	902.1548	5,073.5050	6,082.4649	2.2201	12.2134
2006	0.5989	1.3088	108.8977	1.9177	952.1422	5,354.6227	6,419.4880	2.3431	14.4335
2007	0.6321	1.3813	114.9316	2.0240	1,004.8994	5,651.3168	6,775.1852	2.4729	16.7766
2008	0.6671	1.4579	121.2998	2.1361	1,060.5799	5,964.4505	7,150.5913	2.6100	19.2495
2009	0.7041	1.5386	128.0209	2.2545	1,119.3455	6,294.9345	7,546.798	2.7546	21.8595
2010	0.7404	1.6179	134.6172	2.3707	1,177.0195	6,619.2792	7,935.6448	2.8965	24.6141
2011	0.7785	1.7013	141.5533	2.4928	1,237.6551	6,960.3357	8,344.5266	3.0458	27.5106
2012	0.8186	1.7889	148.8468	2.6212	1,301.4354	7,318.9649	8,774.4759	3.2027	30.5563
2013	0.8608	1.8811	156.5160	2.7563	1,368.4915	7,696.0725	9,226.5782	3.3677	33.7590
2014	0.9052	1.9780	164.5805	2.8983	1,439.0026	8,092.6104	9,701.9750	3.5412	37.1267
2015	0.9509	2.0780	172.8968	3.0448	1,511.7162	8,501.5342	10,192.2208	3.7202	40.6679
2016	0.9989	2.1830	181.6334	3.1986	1,588.1040	8,931.1211	10,707.2390	3.9081	44.3881
2017	1.0494	2.2933	190.8114	3.3603	1,668.3517	9,382.4153	11,248.2814	4.1056	48.2962
2018	1.1024	2.4092	200.4532	3.5300	1,752.6544	9,856.5136	11,816.6629	4.3131	52.4019
2019	1.1581	2.5309	210.5822	3.7084	1,841.2169	10,354.5684	12,413.7649	4.5310	56.7149
2020	1.2172	2.6599	221.3161	3.8974	1,935.0677	10,882.3630	13,046.5212	4.7620	61.2460
2021	1.2792	2.7955	232.5970	4.0961	2,033.7022	11,437.0604	13,711.5305	5.0047	66.0079
2022	1.3444	2.9380	244.4530	4.3049	2,137.3644	12,020.0319	14,410.4366	5.2598	71.0127
2023	1.4130	3.0877	256.9133	4.5243	2,246.3105	12,632.7188	15,144.9676	5.5279	76.2725
2024	1.4850	3.2451	270.0087	4.7549	2,360.8097	13,276.6356	15,916.9391	5.8097	81.8004

3) 차로당 누계 등가교통량(ESAL)

예정공용 개시 후 설계차로 교통량 및 8.2ton 환산누계 교통량은 다음 표와 같다.

포장형식	계획년도	일교통량 (대/일)	환산누계 교통량 ($\times 10^6$)	설계차로 교통하중 DTN ($\times 10^6$)	비 고
콘크리트	2024년	32,680	81.8004	40.4912	

DTN = 환산누계 교통량 × 0.55 × 0.9 (방향분배계수 : 0.55, 차로분배계수 : 0.9)

(2) 지역계수

지역계수는 <표 3.21>에서 '대전 이북~서울 이남'의 경우로 2.0을 적용한다.

(3) 공용식에 의한 포장두께 산정

공용식에 의한 포장두께 산정을 위한 설계조건은 다음과 같다.

1) 회복탄성계수(M_R) : 45 kg/㎠ (640 psi)

2) 콘크리트 휨강도 : 33.8 kg/㎠ (480psi)

3) 콘크리트 탄성계수 : 2.8×10^5 kg/㎠

(4×10^6 psi)

4) 하중전달계수(J) : 3.2

5) 설계노상반력계수 : 11.7 kg/㎤

$$\log_{10}(W_{8.2}) = 7.35\times\log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{G_t}{1.0+\frac{1.624\times10^7}{(D+1)^{8.46}}}$$

$$+(4.22-0.32P_t)\log_{10}\left[\left(\frac{S'_c}{215.63J}\right)\frac{[D^{0.75}-1.132]}{\left[D^{0.75}-\frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{K_c}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

W = 81.8004×106×Dd×DL=40.4912×106

∴ log W = 7.607

D = 30.43 cm (11.98 inch) 일때,

log W′ = 7.607 OK!

∴ 슬래브 두께는 D = 30.5 ≒ 31 cm (12 inch)

3.5 개질 아스팔트 포장 공법

3.5.1 개요

개질 아스팔트는 포장용 석유아스팔트의 성질을 포장의 내구성 향상을 목적으로 개선한 것이다. 이들에는 아스팔트에 고무, 수지 등의 고분자재료를 첨가해서 성능을 개선시킨 아스팔트 및 촉매제를 이용한 개질 아스팔트가 있다. 개질 아스팔트는 적용목적 및 적용 대상 장소의 특성을 고려하여 결정해야 한다.

3.5.2 개질 아스팔트의 종류

아스팔트를 개질하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있으며 사용하는 개질재의 종류와 개질방식

에 따라 개질 아스팔트의 특성변화가 매우 크다고 하겠다. 개질 아스팔트 종류에는 개질방식에 따라 고분자 개질 아스팔트와 화학적 개질 아스팔트, 그리고 산화 아스팔트로 크게 구분할 수 있으며, 생산방식에 따라서도 사전배합(pre-mix) 생산형태와 현장배합(plant-mix)생산형태로 구분할 수 있다.

<표 3.34> 고무 및 열가소성 수지혼입 아스팔트의 표준성상

종류 / 항목	I 형		II 형
	50 - 70	70 - 90	
침 입 도 1/100mm	50이상 70이하	70이상 90이하	40이상
연 화 점 ℃	50.0 - 60.0	48.0 - 58.0	56.0 - 70.0
신 도 (7℃) cm	20이상	50이상	30이상
신 도 (15℃) cm	-	-	30이상
인 화 점 ℃	260이상	260이상	280이상
박막가열질량 변화율 %	0.6이하	0.6이하	0.6이하
박막가열 침입도 잔류율 %	55이상	55이상	65이상
터 프 니 스 kg.cm	60이상	50이상	80이상
티 네 이 시 티 kg.cm	30이상	25이상	40이상

3.5.3 개질방식에 의한 분류

(1) 고분자 개질 아스팔트 (PMA ; Polymer Modified Asphalt)

기존 아스팔트에 SBS, PE, EVA등의 고분자를 혼합하여 성능을 향상시킨 제품으로 전 세계적으로 가장 널리 사용되고 있는 개질아스팔트이며 개질재료에 의해 두 가지로 분류될 수 있다.

(2) 화학적 개질 아스팔트

금속원소가 함유된 촉매제를 사용하여 아스팔트를 화학적으로 산화시키거나 또는 포설후 대기와의 산화를 촉진시킴으로서 아스팔트의 경화를 급속히 진전시키는 개질방식으로 소성변형에 대한 저항성은 우수하나 균열에 취약한 특성과 사용시에 악취 발생 등의 문제점을 갖고 있어 현재에는 제한적인 용도에서만 사용되고 있다.

(3) 산화 아스팔트

아스팔트를 고온에서 공기와 접촉시켜 침입도를 감소시키고 연화점을 상승시킴으로서 소성변형에 대한 저항성을 향상시키는 방법으로 아스팔트내 스티프니스(stiffness)가 증가하여 균열에는 취약한 단점을 가진다.

<표 3.35> 세미블로운 아스팔트의 규격

항 목	규 격 치
점 도 (60 ℃) poise	10,000-2,000
점 도 (180 ℃) cSt	200 이하
박 막 가 열 질 량 변 화 율 %	0.6 이하
침 입 도 (25℃) 1/10mm	40 이하
삼 염 화 에 탄 가 용 분 %	99.0 이하
인 화 점 (L.O.C) ℃	260 이상
밀 도 (15℃) g/㎤	1,000 이상
점도비 (60℃)(박막가열후/가열전)	5 이하

3.5.4 생산방식에 의한 분류

(1) 사전배합(Pre-Mix) 생산방식

아스팔트 공급자가 아스팔트를 공급하기 전에 미리 생산 공장에서 개질시킨 후에 수요자인 아스콘사에 개질 아스팔트를 직접 공급하는 방식으로 ,주로 SBS, PE, EVA종류의 고분자 개질 아스팔트들이 이 방식으로 생산, 공급되고 있다.

(2) 현장배합(plant-mix) 생산방식

아스콘 플랜트에서 골재와 아스팔트가 혼합될 때 개질재를 함께 투입하는 방식으로 별도의 투입시설을 믹서에 설치해야 한다. 소량 포장 생산에 많이 사용되며 주로 SBR Latex, 길소나이트, 섬유질, 금속촉매제 등에 의한 생산시에 많이 적용되고 있다.

3.5.5 개질재의 종류

개질 아스팔트의 물성 및 성능은 사용되는 개질재의 종류에 따라 차이가 매우 크며, 사용목적 및 사용되는 개질재의 물리적, 화학적 성질에 따라 아래와 같이 분류할 수 있다.

(1) 고분자 개질 아스팔트의 특성

전 세계적으로 사용되고 있는 개질 아스팔트의 대부분이 고분자 개질 아스팔트이며 사용되는 고분자의 종류와 배합조건에 따라 다양한 물성과 성능을 가질 수 있어 여러 목적의 용도로 널리 사용되고 있다. 미국, 유럽등 선진국에서는 교통하중이 상대적으로 많은 공항포장의 경우 대부분이 고분자 개질 아스팔트로 포장을 하고 있으며, 중차량 도로 및 교량, 그리고 특수 용도의 배수성 포장은 물론이고 독일 포장공법인 SMA (Stone Mastic Asphalt) 포장시에도 일반 아스팔트 대신에 고분자 개질 아스팔트를 사용하는 예가 늘고 있다.

<표 3.36> 아스팔트 개질재 종류

구 분	개 질 재 종 류
고분자 개질재	• 열경화성 고무 : 천연고무, 합성고무(SBR Latex, 폴리클로로프렌 Latex 등) • 열가소성 중합체 : 스틸렌블록공중합체(SBS, SEBS, SIS 등) • 열가소성 수지 : 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP), 에틸렌 비닐 아세테이트 (Ethylene Vinyl Acetate, EVA) 등
첨가성 개질재	• 길소나이트, TLA(Trinidad Lake Asphalt)등 • 섬유질(Cellulose Fiber), 카아본블랙, 유황, 실리콘(Silicon), 석회(Lime) 등
화학 촉매제	• 켐크리트(Chemcrete), 무기산, 기타 금속촉매제(Fe, Mn, Co, Cu 등)

(2) 배수성 포장 공법

1) 개요

배수성 포장은 1980년대 초 벨기에를 중심으로 보급되고 있는 포장 공법이다. 배수성 포장은 차도를 대상으로 기층 이하의 강도가 저하하지 않도록 기층이하로 물이 침투하지 않는 구조를 갖는 포장으로서 보도를 대상으로 하여 노면의 빗물을 기층이하로 침투시키는 투수성 포장공법과 구분된다.

2) 포장 구성

배수성 포장의 구성은 표층 또는 표층과 기층에 배수성 포장용 아스팔트 혼합물을 적용하고, 그 하부층이 불투수층이고 빗물 등이 포장내부에 정체되지 않는 구성으로 한다. 표준적인 포장의 구성 예는 [그림 3.35]와 같이 (a)는 노견에 배수하는 경우, (b)는 측구가 있는 경우이다.

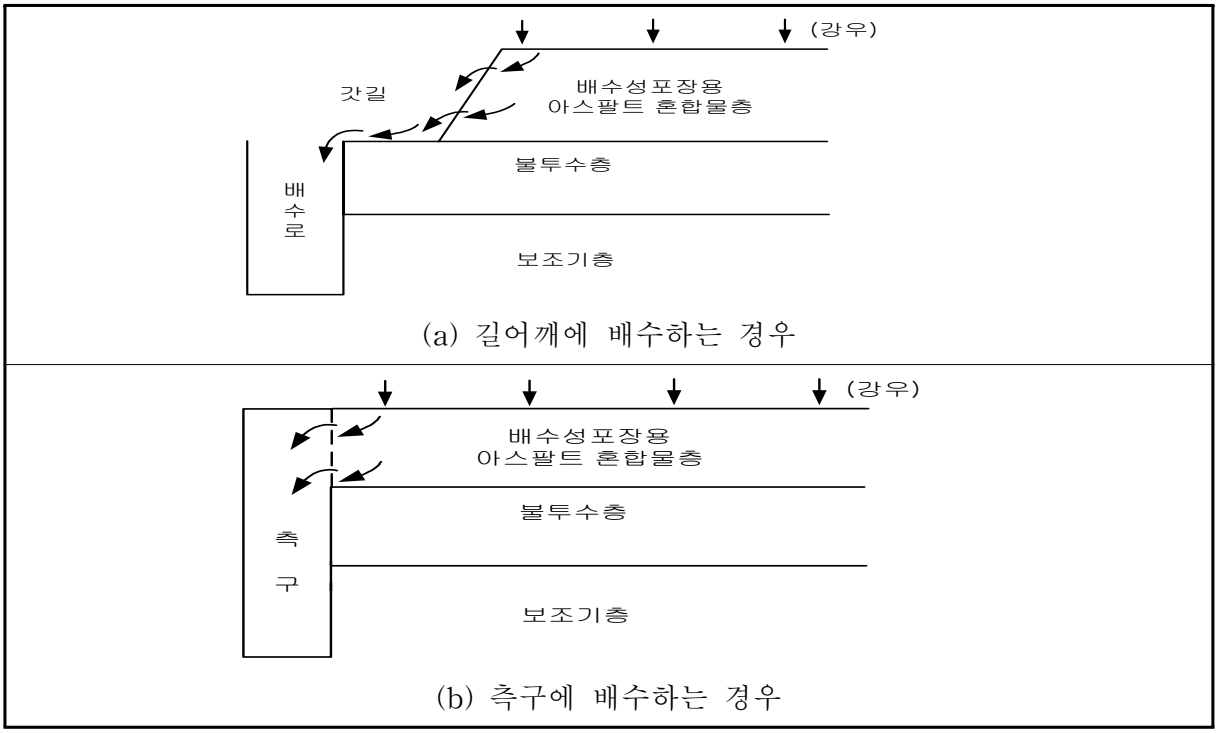
3) 재료 및 배합

배수성 포장용 아스팔트 혼합물은 공극율이 크기 때문에 특히 내구성에 대하여 유의하지 않으면 안된다. 적용개소, 교통량을 고려하고, 일반적으로 개질 아스팔트를 사용하는데 더욱 아스팔트의 피막두께를 확보하기 위하여 식물성섬유 등의 첨가재를 병용하는 경우가 있다.

① 결합재

배수성 혼합물의 안정성 및 내구성 저하방지를 위해 사용되는 결합재에는 아래와 같은 것이 있다.

- 일반 아스팔트
- 개질 아스팔트
- 일반 아스팔트+천연 아스팔트+식물성 섬유
- 일반 아스팔트+식물성 섬유
- 개질 아스팔트+식물성 섬유
- 고점도 특수 개질 아스팔트



[그림 3.35] 표준적인 포장의 구성 예

② 골 재

배수성 포장은 개립도 혼합물을 적용하므로 그 혼합물의 매트릭스를 구성하게 되는 굵은 골재의 역할이 중요하다. 그러므로 골재의 마모 감량, 연석 함유량, 골재의 형상 등이 골재 선정의 가장 중요한 요소로 평가되고 있다.

<표 3.37> 배수성 포장에 사용하는 아스팔트의 요구사항

항 목	요 구 성 능
내비산성	배수성 포장용 아스팔트 혼합물은, 세립분이 적기 때문에 결합력에 의한 강도는 기대되지 않는다. 따라서, 혼합물의 안정도를 확보하기 위하여 골재를 강하게 부착하는 성능이 필요하고, 터프니스・티네시티가 큰 아스팔트가 요구된다.
내후성	배수성 포장용 아스팔트 혼합물은 공극이 크기 때문에 햇빛, 또는 공기의 영향을 받기 쉽다. 이러한 것을 방지하기 위하여 아스팔트의 피복두께를 어느 정도 확보할 필요가 있으며, 이에 점도가 큰 아스팔트가 요구된다.
내박리성	포장 내부로 빗물이 통과하기 때문에, 골재와 아스팔트의 부착과 동시에 피복두께를 두껍게 할 필요가 있다. 이에 골재와의 부착강도가 큰 아스팔트가 요구된다.
내유동성	중교통 도로에 사용하는 경우 동적안정도가 커야하기 때문에 연화점, 60℃점도, 터프니스·티네시티가 큰 아스팔트가 요구된다.

③ 배수성 혼합물의 배합

배수성 혼합물은 내구성, 즉 내유동성, 내마모성, 내노화성을 확보하는 것은 물론 기능적인 측면에서 배수 능력을 확보해야 하므로 틈막힘 또는 틈 이그러짐이 없어야 한다. 그러나, 일반적으로 배수성 포장의 다양한 능력 평가조건을 단순화하여 평가하는데 내구성은 휠 트래킹 시험 및 마샬시험, 기능성은 공극률의 확보에서 찾고 있다.

배수성 아스팔트용 골재입도는 '아스팔트포장 설계・시공 지침(1997)' 을 만족하여야 한다.

<표 3.38> 배수성 포장용 개질 아스팔트의 규격

항 목	물 성 치
침 입 도 (25℃) 1/10㎜	40 이상
연 화 점 (℃)	80 이상
신 도 (15℃)	50 이상
박 막 가 열 중 량 변 화 율 (%)	0.6 이상
박 막 가 열 침 입 도 잔 유 율 (%)	65 이상
터 프 니 스 (kg・㎝)	200 이상
테 너 시 티 (kg・㎝)	150 이상
60℃ 점 도 (poise)	200,000 이상

④ 배합설계

혼합물의 배합설계는 규정된 골재의 입도분포 범위내에서 목표 공극률(20% 정도)을 얻을 수 있는 수준(하한입도, 중앙입도, 상한입도)을 결정하고, 이 골재 입도 분포특성을 기준으로 아스팔트의 양을 조절하여 내구성 및 아스팔트의 흐름 손실율을 측정한다.

일반적으로 내구성은 로스엔젤레스 마모시험기를 이용하는데 시험시편을 마샬 공시체 규모로 제작하고 로스엔젤레스 마모시험기를 이용해서 배수성 혼합물의 강도특성을 평가한다. 로스엔젤레스 마모시험기에 공시체 1개를 넣고(철구는 넣지 않는다) 30~33rpm의 회전속도로 300회전한 후의 공시체 손상율을 계산한다.

아스팔트의 흐름 손실율은 아스팔트 혼합물을 특정용기에 넣어 일정한 온도조건에서 방치할 때 아스팔트가 용기에 흘러내린 정도를 판정하게 된다.

이와 같이 결정된 아스팔트 함량을 기준으로 배수성 혼합물을 생산하며, 배수성 혼합물의 품질기준은 '아스팔트포장 설계・시공 지침(1997)'과 같다.

4) 시 공

배수성 포장은 고점도의 결합재를 사용하므로 혼합물의 온도가 일반 혼합물에 비해 높아 온도

관리에 충분히 주의해야 한다. 배수성 혼합물 표층 바로 아래층은 밀입도 아스팔트층 등을 두어 어느 정도의 방수 성능 확보와 함께 구조적으로 안정성을 확보토록 하여야 한다. 택코우트는 방수를 고려함과 아울러 견고한 부착력을 얻을 수 있는 고무성분이 첨가된 유제를 사용하며 그 살포량은 0.4ℓ/㎡ 정도로 한다. 온도관리 및 다짐에 관한 주의사항은 다음과 같다.

① 고점도의 아스팔트 특수 결합재를 사용하므로 높은 온도관리가 필요하며 저온에서는 바람직한 온도관리가 어려우므로 주의해야 한다.

<표 3.39> 배수성 아스팔트 혼합물용 골재의 입도

체 크 기	통과중량백분율(%)	
	골재최대입경 13㎜	골재최대입경 19㎜
26.5㎜		100
19㎜	100	95 ~ 100
13.2㎜	92 ~ 100	53 ~ 78
9.5㎜	62 ~ 81	35 ~ 62
4.75㎜ (No.4)	10 ~ 31	
2.36㎜ (No.8)	10 ~ 21	
300㎛ (No.50)	3 ~ 12	
75㎛ (No.200)	2 ~ 7	
아스팔트 함량	4.5% 이상	

<표 3.40> 배수성 아스팔트 혼합물의 품질기준

항 목	품 질 기 준
다짐횟수 (회)	50
공극률 (%)	20 이상
마샬안정도 (kg)	500 이상
흐름치 (1/100 cm)	20 - 40
잔류안정도 (%)	75 이상
투수계수 (cm/sec)	-
동적안정도 (회/mm)	3000 이상

② 높은 공극 조건을 갖고 있으므로 포설 및 전압 중 식기 쉬우므로 다짐 기계의 전압시기, 편성 및 전압횟수 등은 반드시 시험시공으로 결정하는 것이 좋으며, 과전압이나 재료취급불량 등으로 배수능력 및 내구성이 저하되지 않도록 해야 한다. 일반적으로 혼합물의 다짐에 타이어 로울러는 사용치 않는다.

<표 3.41> 배수성 혼합물의 생산 및 시공온도

구 분		범 위 (℃)
생산	골재	170 - 185
	아스팔트	170 - 185
	혼합시	170 - 180
시공	포설 온도	155 - 170
	1차 다짐	145 - 160
	2차 다짐	70 - 90

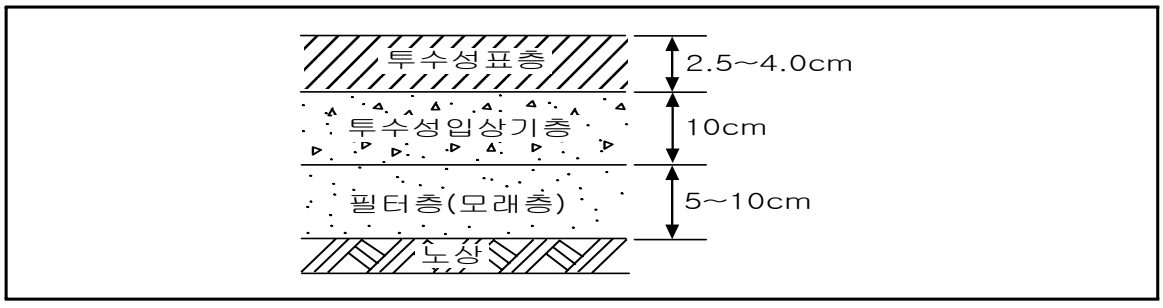
5) 배수성 포장의 유지관리

배수성 포장의 유지관리는 우선 그 기능의 지속적 확보와 장기적으로 내구성 확보로 나누어 볼 수 있다. 구조적인 내구성을 위해서는 배수성 포장용 아스팔트 결합재의 고급화가 우선적으로 요구되며 또한 골재의 물성 및 형상면에서 최적화가 요구된다고 할 수 있다. 아울러 스파이크 장착 차량이나 스노우체인 착용 차량에 대한 통행 제한을 검토하는 것도 필요하다.

(3) 투수성 포장 공법

1) 개요

투수성포장이란 포장체를 통하여 빗물을 노상에 침투시켜 흙속으로 환원시키는 기능을 갖는 포장을 말한다. 이 포장은 보도와 경교통이 통과하는 차도 및 주차장, 구내포장 등에 이용된다. 투수성 아스팔트 혼합물은 10-2cm/sec 정도의 높은 투수계수를 갖는 아스팔트 혼합물로서 일반적으로 공극률을 높이기 위하여 잔골재를 거의 포함하지 않는 비교적 단립도를 주체로 하는 개립도 혼합물이다. 그림은 투수성 보도포장 단면구조의 예가 있다.



[그림 3.36] 투수성 보도포장 단면구조 예

2) 재료 및 배합

① 필터층용 재료

필터층 재료에는 모래를 사용한다. 그의 입도로서는 별도로 규정된 것은 없으나 다만 0.074mm(No.200)체 통과분이 6%이하가 바람직하다.

또한 필터층은 빗물이 흙속에 침투할 때 필터의 기능과 같이 연약한 노상토가 보조기층

이나 기층속으로 침입하는 것을 방지하기 위해 두는 것이다. 또한 필터층의 투수계수는 10^{-4}cm/sec이상의 모래를 사용하는 것이 좋다.

② 보조기층 및 기층재료

보도용 기층재료에는 쇄석 또는 단립도 부순돌을 사용한다. 일반적으로 최대 입경 19mm 또는 30mm의 것이 좋다. 또한 그의 품질은 수정 CBR 20이상, PI 6이하이어야 한다.

③ 투수성 혼합물

투수성 포장의 표층용 아스팔트 혼합물에 사용하는 아스팔트, 골재 등은 통상적인 표층용 아스팔트 혼합물과 같은 규격을 갖는 것으로 한다.

④ 투수성 포장에서는 가로방향 및 세로방향 줄눈과 구조물 접속부가 특히 포장의 약점이 되는 일이 있으므로 충분히 다져 밀착시켜야 한다.

⑤ 마무리면은 투수시험을 실시하여 투수기능을 수시로 확인하는 것이 좋다.

<표 3.42> 투수성 아스팔트 혼합물의 배합치

체 크 기	기 층 용	표 층 용
	통과중량백분율 (%)	
20 mm	100	
25 mm	95 - 100	
19 mm	-	100
13 mm	90 - 100	95 - 100
10 mm	25 - 85	-
4.75 mm (No. 4)	10 - 45	20 - 36
2.36 mm (No. 8)	10 - 25	12 - 25
0.30 mm (No.50)	4 - 16	5 -13
0.074 mm (No.200)	2 - 7	3 - 6
아스팔트량 (%)	2.5 - 4.5	3.5 - 5.5

<표 3.43> 투수성 아스팔트 혼합물의 마샬기준치

층 별 / 항 목	표 층		기 층
	보 도	차 도	
안 정 도 (kg)	400 이상	500 이상	-
플로우값 (1/100)	20 - 40		
공 극 율 (%)	12 이상		
포 화 도 (%)	40 - 55		-
투수계수 (cm/sec)	1.0 - 10 이상		

(4) 라텍스 콘크리트포장 공법

라텍스 콘크리트(LMC : Latex - ModifiedConcrete)포장은 콘크리트에 폴리머 라텍스(latex)를 첨가하여 혼합하는 방법으로서 폴리머 라텍스는 수성 라텍스 페인트 용액이지만 특별히 콘크리트에서도 쓰인다. 라텍스 콘크리트는 페이스트(paste)안에서 연속적인 폴리머 막을 형성하고 이러한 막이 인장강도에 영향을 미치게 된다.

1) 라텍스 콘크리트 포장의 특징

라텍스 콘크리트 포장은 포틀랜드 시멘트 콘크리트에 라텍스 계열 폴리머를 첨가해서 만들어진 콘크리트로서 50%의 물과 50%의 고분자를 섞어 라텍스를 만들고 이렇게 제조된 라텍스와 콘크리트를 혼합하여 포장을 만들며 콘크리트 특징은 다음과 같다.

① 유동성 및 점착력 증가

② 미세균열의 충진효과로 균열확산 억제

③ 침투성 감소로 방수효과 우수

④ 휨, 인장강도 증가로 내구성 증진

⑤ 보통콘크리트와 동일한 역학적 거동

<표 3.44> 라텍스 콘크리트 포장의 국내・외 기준

	국 내	국 외	적용 방안
단위 시멘트량	400kg/㎥	390 kg/㎥	국내 적용
라텍스 사용량	시멘트의 15%	시멘트의 15%	동일
W/C	35%	최대 40 %	국내 적용
공기량	4.5±1.5%	최대 6.5%	국내 적용
슬럼프	23±3cm	10~15cm	검토 후 적용

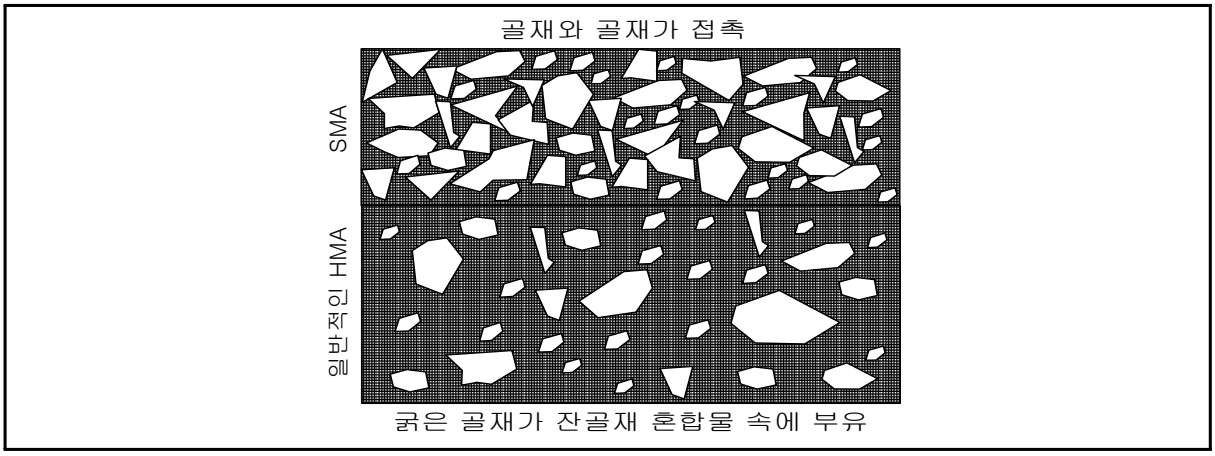
위와 같은 특징을 갖는 라텍스 콘크리트 포장은 일반적으로 덧씌우기나 팻칭의 용도로서 특히, 교면포장에 많이 쓰이고 있다.

2) 라텍스 콘크리트 포장의 국내·외 비교

라텍스 콘크리트 포장의 국내·외 기준을 보면 <표 3.44>와 같으며 향후 실내실험 및 시험포장을 통하여 적정한 배합기준을 작성해야 한다.

(5) 쇄석 매트릭스 아스팔트 포장 공법

1) 개 요



[그림 3.37] 일반 아스팔트와 쇄석 매트릭스 아스팔트 비교

쇄석 매트릭스 아스팔트(SMA)는 골재의 입도 특성을 최적 맞물림 상태로 하여 내유동성을 극대로 한 것으로, 내유동성 뿐만 아니라 내구성면에서도 그 우수함이 밝혀져 1894년부터 독일에서는 포장 표준공법으로 채택되고 있으며, 미연방도로국(FHWA)에서도 SMA에 대한 우수성을 인정하고 현재 미국에서의 시험적용 및 평가 사업중의 하나로 선정하여 각주정부에 이를 소개 보급하고 있다. 국내에서도 일부 시험적용하고 있으며 향후 이에 대한 세부적인 규정 설정 연구를 수행해야 하며 본 편람에서는 현재 사용하고 있는 규정을 요약하였다.

2) 특성

쇄석 매트릭스 아스팔트는 깬 굵은골재, 깬 잔골재, 채움재, 아스팔트 시멘트 및 안정첨가제의 혼합물이다. 안정첨가제는 아스팔트 시멘트의 유출을 방지하기 위하여 사용되며, 대표적으로 섬유 또는 폴리머로 되어 있다.

3) 재료 및 배합

① 재료

(가) 아스팔트

아스팔트는 침입도 등급 60~70의 것을 사용하며 KS M 2201규격에 적합하여야 한다.

<표 3.45> 굵은골재 품질기준

항목	시험방법	기준
비중 (표면건조)	KS F 2503	2.5이상
흡수량 (%)	KS F 2503	2.0이하
마모감량 (%)	KS F 2508	30이하
안정성 시험 감량 (%)	KS F 2507	(황산나트륨) 12이하
피막박리시험에 의한 피복면적 (%)	KS F 2355	95이상
편평 및 세장편 함유량 (%)	*	20이하

<표 3.46> 혼합물의 품질기준

항 목	기 준
아스팔트 함량 (%)	6 이상
안 정 도 (kg)	650 이상
공 극 률 (%)	4-5
골 재 간 극 률 (%)	17 이상
흐 름 값 (1/100cm)	20-40
드래인 다운 시험치 (%)	0.3 이하

주) 4.75mm체에 남는 골재를 대상으로 세장석편은 폭에 비하여 길이가 3배 이상인 것이며 편평석편은 두께에 대한 폭의 비가 3배 이상인 것.

(나) 골 재

굵은 골재는 <표 3.45>의 기준에 합격하는 것이어야 하며, 잔골재 중 자연 모래는 사용치 않는 것을 원칙으로 한다.

(다) 채움재

채움재는 KS F 3501 (포장용 채움재)에 적합해야 하며, 사용시에는 충분히 건조된 것이어야 하며 덩어리 상태로 있어서는 안된다.

(라) 섬유 첨가재

섬유첨가재는 쇄석 매트릭스 아스팔트에 사용되도록 생산된 것으로 섬유에 일정량의 아스팔트를 첨가하여 낱알형태로 생산된 것을 원칙적으로 사용한다.

② 골재의 입도

굵은 골재, 잔골재 및 채움재를 혼합한 혼합골재 입도는 <표 3.46>을 표준으로 한다.

③ 쇄석 매트릭스 아스팔트 혼합물 품질기준

SMA 표층용 혼합물은 KS F 2377 (마샬시험기를 사용한 역청 혼합물의 소성흐름에 대한 저항성 시험방법)(양면 각 50회 다짐)에 의한 안정도 시험과 드레인 다운시험을 하였을 때 기준치에 합격하는 것이어야 한다.

3.6 특수개소 포장

3.6.1 개요

(1) 교면 포장

1) 개 요

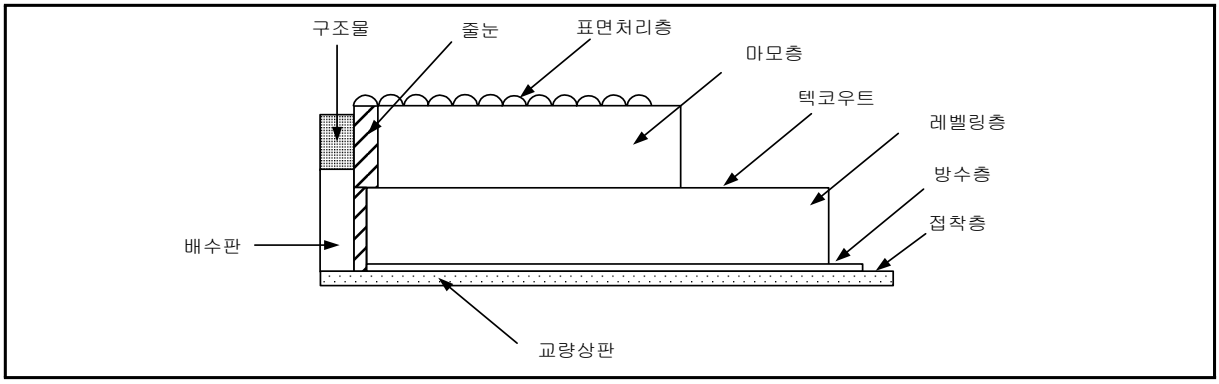
교면 포장은 교통하중에 의한 충격, 기상변화, 빗물과 제설용 염화물의 침투 등에 의한 교량 상판의 부식을 최소화하여 교량의 내하력 손실을 방지하고 동시에 통행 차량의 쾌적한 주행성을 확보하기 위해 포장 재료로 교량 상판 위를 덧씌우는 방법이다. 이러한 교면 포장은 상

판보호를 위한 방수가 특히 중요하다.

2) 포장의 구성

일반적으로 교면 포장 재료는 밀도가 높고 공극률과 투수성이 낮도록 배합 설계되며, 단층 구조나 2층 구조로 이루어진다. 단층구조의 경우 포장의 두께는 4-8cm 정도이고 2층의 경우 상층이 3-4cm, 하층이 3-5cm 두께를 갖는 것이 일반적이다.

일반적인 2층 교면 포장의 구조는 [그림 3.38]과 같다.



[그림 3.38] 2층 교면 포장의 구조

<표 3.47> 방수재의 재료별 기본특성

구 분	침투계 방수층	도막계 방수층		시트계 방수층	포장계 방수층
		용제형	가열형		
조 성	유기화합물계 및 무기화합물계	클로로프렌을 용제에 용해	아스팔트 및 합성고무	부직포에 고무아스팔트를 함유	경질 아스팔트와 골재로 구성되는 아스팔트 혼합물
두 께	-	0.4-1.0mm	1.0-1.5mm	1.5-4.0mm	15-25mm
주 요 특 성	• 반영구적 • 내한, 내열성 우수 • 내산, 내염성 우수 • 내마모성 증진	• 방수성 우수 • 내한, 내열성 우수 • 아스팔트 접착력 우수 • 진동에 내성 • 내산, 내염성 우수		• 균일한 방수 • 내구성 우수 • 내산, 내염성 우수 • 자체 점착성 • 자기보수성	• 균일한 방수 • 접착력 우수 • 부풀음 현상 발생우려 없음
분 석	• 시공이 간편 • 방수성 우수 • 고강도 콘크리트 슬래브 • 보수용이 • 비교적 저가	• 시공이 복잡 • 방수성 우수 • 부풀음 현상발생 우려 • 균열에 대처 • 보수가 곤란 • 비교적 고가		• 시공이 용이 • 방수성 균일 • 방수성 우수 • 균열에 대처 • 자기보수성 • 비교적 고가	• 시공이 용이 • 방수성 우수 • 균열에 대처 • 하층으로 작용하여 포장층의 역할 수행

3) 교면 포장의 종류

교면 포장으로서는 가열 아스팔트 혼합물, 구스 아스팔트 혼합물, 개질 아스팔트 및 특수 결합재료를 이용하며, 교량의 종류 및 형태, 교통 및 기후 환경을 고려하여 적합한 것을 선정한다.

① 가열아스팔트 포장

일반적으로 교량 슬래브의 요철을 고려하여 두께 5-8cm가 좋다. 요철이 큰 경우에는 레벨링층(평균두께 3-4cm)을 둘 필요가 있으며 이 레벨링 층에는 토페카, 수정토페카, 밀입도 아스팔트 혼합물, 구스 아스팔트 혼합물 등이 사용된다.

강상판 등에서 여름철에 온도가 상승하여 혼합물이 유동할 염려가 있을 경우에는 재료의 선택, 배합 등에 충분한 주의를 하여야 한다.

② 구스 아스팔트 포장

구스 아스팔트 포장은 고온에서 구스 아스팔트 혼합물을 유입시키므로 온도저하에 의한 체적수축을 수반하여 구조물과의 접촉면에 간극이 생기기 쉬우므로 이 부분에는 미리 간격을 두었다가 줄눈재를 주입하거나 블로운 아스팔트, 모래, 석분의 혼합물 등을 채워 넣어야 한다.

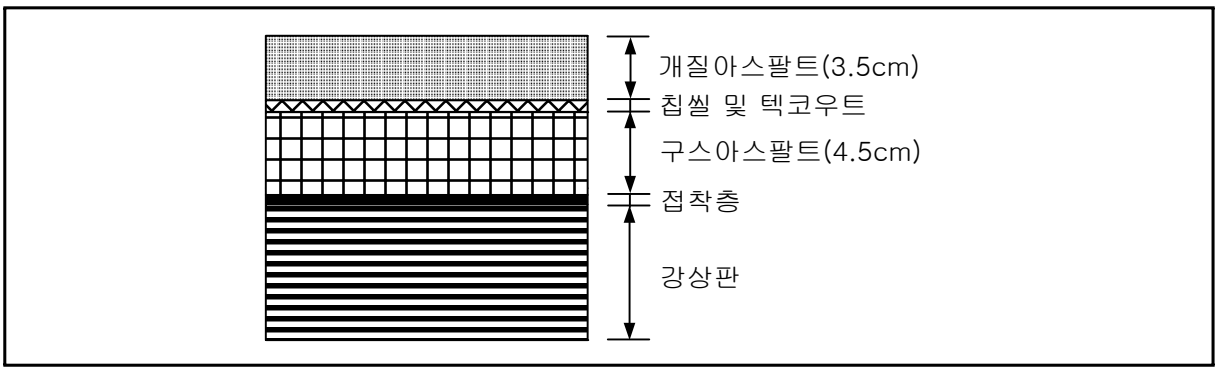
강상판 위에 포장을 할 때에는 택코우트로서 고무혼입 유화 아스팔트 등을 0.1-0.3 ℓ/㎡ 정도 사용하는 것이 좋다.

③ 고무혼입 아스팔트 포장

고무와 슬래브와의 부착성과 마모 및 변형에 대한 저항성을 기대하는 포장으로서 고무의 혼합 및 포설 조건만이 상이하고 나머지는 가열 혼합식 아스팔트 포장에 따른다. 첨가재료 SBS, SBR등의 개질재가 사용된다.

④ LMC 포장

LMC(Latex Modified Concrete)포장은 포틀랜드 시멘트 콘크리트에 Latex를 첨가해서 만들어진 콘크리트로서 50%의 물과 50%의 고분자를 섞어 라텍스를 만들고 이렇게 제조된 라텍스와 콘크리트를 혼합하여 LMC포장을 만든다.



[그림 3.39] 구스 아스팔트 포장의 시공예

(2) 버스정차대 및 주차장 포장

1) 버스정차대

① 버스 정류차로

(가) 버스 정류차선의 포장은 정류 차량의 브레이크 작용과 제설 염화물 또는 차량에서 떨어지는 유류 등에 의한 화학적 작용에 대한 내구성을 가지는 포장형식을 선택하는 것이 바람직하다.

(나) 콘크리트 포장을 적용하는 경우, 콘크리트 슬래브 두께는 최소 20cm로서 철망 또는 철근으로 보강한 줄눈 무근 콘크리트 포장 구조 (JCP)가 바람직하다.

(다) 아스팔트 포장을 적용하는 경우 표층 두께는 최소 7cm, SN=3.5이상을 기준으로 하여 구조단면을 결정한다.

(라) 기층 또는 보조기층 두께는 최소 15cm와 배수층 또는 지하 배수시설이 고려되어야 하고, 표면배수를 위하여 최소 2%의 횡단경사 설치가 바람직하다.

② 승강장

(가) 승강장 포장형식은 보도용 블럭포장, 아스팔트 포장, 콘크리트 포장을 적용할 수 있으며 특히 미관, 내구성 등이 요구되는 경우 소요용도에 적합한 포장형식을 선택하여도 좋다.

(나) 승강장 포장면은 표면수가 아래층으로 관입되지 않도록 3% 정도의 횡단경사를 설계하여야 한다.

(다) 포장 구조단면 구성은 [그림 3.40]~[그림 3.42]를 표준단면으로 적용하면 좋다.

[그림 3.40] 아스팔트 포장 표준 단면 - 승강장

[그림 3.41] 콘크리트 포장 표준 단면 - 승강장

[그림 3.42] 보도용 포장 표준 단면 - 승강장

2) 주차장

① 주차장은 주요 이용차종과 교통량, 유지관리 그리고 시공성을 고려하여 적정의 표준 형식을 선택하고, 포장구조는 <표 3.48>을 기준으로 하여 적절히 결정한다.

② 기층과 보조기층 두께는 최소 15cm이상유지하고, 적정의 지하배수를 위한 배수층 또는 배수시설이 필요하다.

(주) <표 3.48>의 경차량 이용 주차장은 공용기간동안 예상통행 ESAL이 100,000 이하 수준이고, 중차량 이용 주차장은 ESAL=100,000~500,000 수준을 토대로 결정된 값이다. 특히, 중차량 이용빈도가 큰 주차장의 포장은 콘크리트 포장으로 설계하는 것이 바람직하다.

<표 3.48> 주차장 포장구조 산정 적용 기준치

(단위 : cm)

구분	아스팔트 포장		줄눈 콘크리트 포장 (슬래브 두께)
	표층	설계 SN (TA)	
경차량 이용 주차장	7.5	2.5 (15)	15
중차량 이용 주차장	10	3.5 (20)	20

(3) 보도 포장

1) 개요

보도, 자전거 보행자 전용도로, 보행자 전용도로, 공원 내 도로, 광장 등 주로 보행자용으로 쓰이는 도로 및 광장을 보행자계 도로라 하고, 여기에 포설되는 포장을 보도포장이라 한다. 보도포장은 이를 적용하는 장소에 따라 일반부와 교량부로 구분한다.

<표 3.49> 보도포장의 분류

포장구조	표층에 의한 분류	사 용 재 료
아스팔트 혼합물계 포장	가열 아스팔트 혼합물	아스팔트 혼합물(밀입도, 세립도)
	칼라포장	안료, 칼라골재
	투수성 포장	개립도 아스팔트 혼합물
수지계 혼합물 포장	칼라포장	석유수지, 칼라골재, 안료
	합성수지 혼합물 포장	에폭시수지, 자연석, 세라믹스
시멘트콘크리트계 포장	콘크리트 포장	콘크리트, 투수성 콘크리트
블록계 포장	콘크리트 판 포장	보도용 콘크리트판 의석(擬石) 콘크리트 판 물 씻기 콘크리트 판
	인터록킹 블록 포장	인터록킹 블록
	아스팔트 블록 포장	아스팔트 블록
	벽돌 포장	벽돌
2층구조계 포장	타일 포장	석질 타일, 자기질 타일
	천연석 포장	천연석편
기타 포장	상온 도포식 포장	에폭시 수지, 아크릴 수지
	거푸집식 칼라 포장	콘크리트, 안료, 아크릴 수지, 천연골재

2) 보도포장의 선정

보도포장의 구조 및 포장의 종류는 그 용도, 경관, 질감 등을 고려하여 선정한다.

표층재료는 보행성과 같은 본래의 기능을 가지는 동시에 색깔, 조형, 질감 등도 고려하여 선정한다. 또한 표층은 보행자의 안전을 위해 충분한 미끄럼 저항성을 갖고 있어야 한다.

3) 일반부 보도포장

① 포장의 구조

보도포장의 구조는 일반적으로 표층, 기층, 노상으로 구성된다.

(가) 표 층

보도포장의 표층은 교통하중을 지지하는 층으로 이용되는 경우와 교통하중은 기층 이하의 구조로 지지시키고, 표층은 미관용으로 하는 경우가 있다. 어느 경우나 표층은 직접 하중과 접하는 부분이므로 내구성과 안전성이 좋은 것으로 할 필요가 있다.

(나) 기 층

기층재료는 원칙적으로 쇄석을 사용한다. 시공에 있어서는 노상의 강도를 고려하여 노상을 교란시키지 않도록 하여야 한다.

(다) 노 상

보도포장의 노상은 충분한 지지력을 갖고, 물이 침투하여도 약화되지 않는 것이 이상적이다. 그러나 일반적으로 포장의 두께가 얇기 때문에 시공할 때 교란되어 지지력이 저하하는 일이 있으므로 주의하지 않으면 안된다.

또한 한냉지역에서 동상(凍上)의 염려가 있는 장소에서는 노상의 일부로 두께 15cm 이상의 동상방지층을 둔다.

② 포장의 구성

포장의 구성은 다음과 같은 설계구분(구분Ⅰ, 구분Ⅱ)에 따라 결정한다.

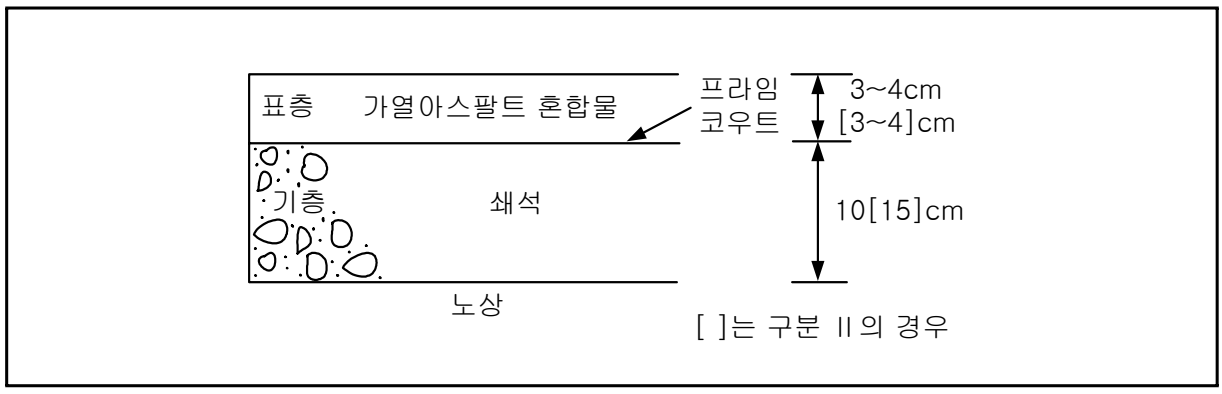
- 구분Ⅰ: 보행자, 자전거의 교통에 쓰이는 보도, 자전거도
- 구분Ⅱ: 보행자나 자전거 이외에 공원이나 상점가 등에서 최대적재량 4 t이하의 관리용 차량이나 한정된 일반차량이 통행하는 보도

보도포장으로서 대표적인 포장의 구성을 아래에 기술한다.

(가) 아스팔트 혼합물에 의한 포장

구분Ⅰ의 경우에는 쇄석을 사용하여 두께 10cm의 기층을 두고, 그 위에 표층으로 가열 아스팔트 혼합물로 두께 3~4cm의 표층을 둔다. 구분Ⅱ의 경우에는 쇄석을 사용하여 두께 15cm의 기층을 두고, 그 위에 가열 아스팔트 혼합물로 두께 3~4cm의 표층을 둔다([그림 3.43] 참조).

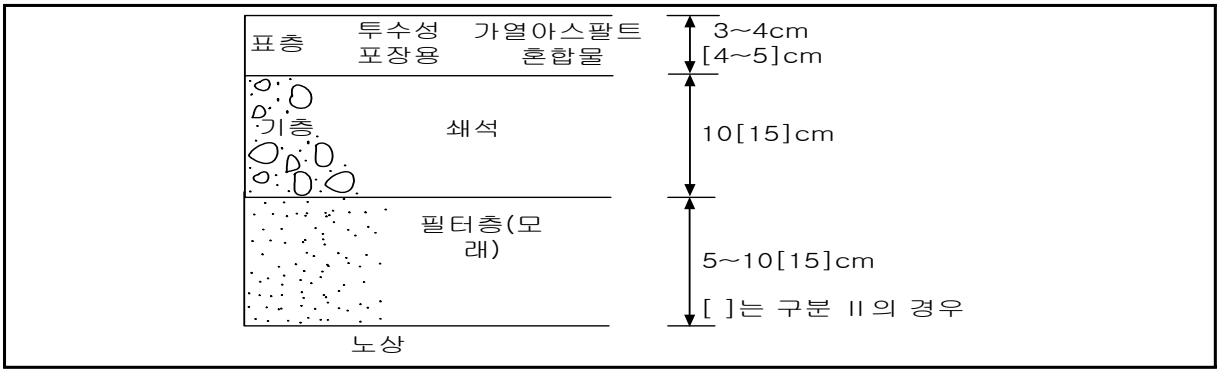
또한 석유수지(탈색 바인다)를 이용한 가열 혼합물에 의한 수지계 혼합물포장도 사용된다.



[그림 3.43] 가열 아스팔트 혼합물에 의한 포장구성

(나) 투수성 포장용 가열 아스팔트 혼합물에 의한 포장

일반적인 포장구성은 [그림 3.44]와 같다.

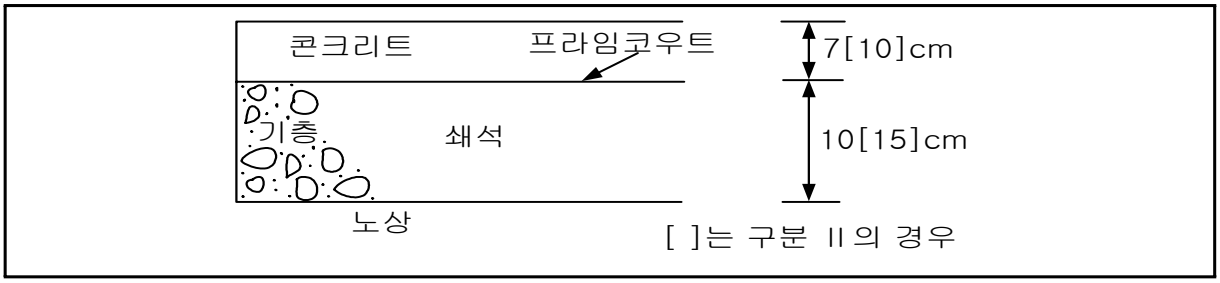


[그림 3.44] 투수성 포장용 가열 아스팔트 혼합물에 의한 포장구성

기층면의 프라임코우트는 투수기능을 해치므로 시행하지 않는다.

(다) 콘크리트에 의한 포장

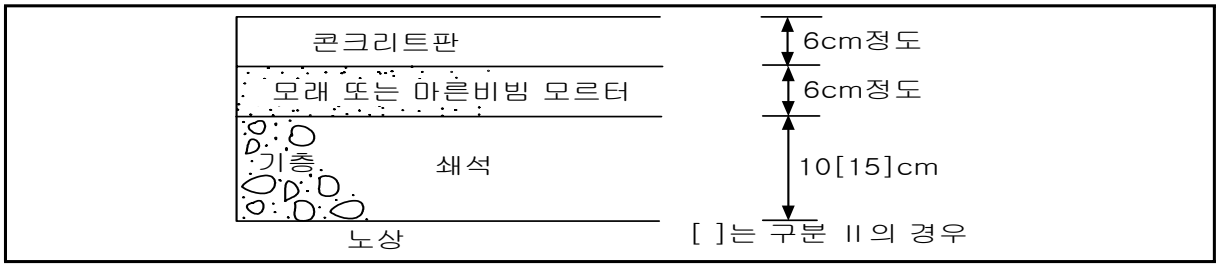
일반적인 포장구성은 [그림 3.45]와 같다. 기층 위에는 유화 아스팔트를 살포한다. 수축줄눈 간격은 폭이 1m 미만의 경우는 3m, 1m 이상의 경우는 5m를 표준으로 하고, 시공줄눈 구조로 한다. 팽창줄눈 간격은 30m를 표준으로 하고, 폭의 변화점, 구배의 변화점에 두며 맞댄줄눈으로 한다.



[그림 3.45] 콘크리트에 의한 포장구성

(라) 콘크리트 판에 의한 포장

일반적인 포장구성은 [그림 3.46]과 같다.

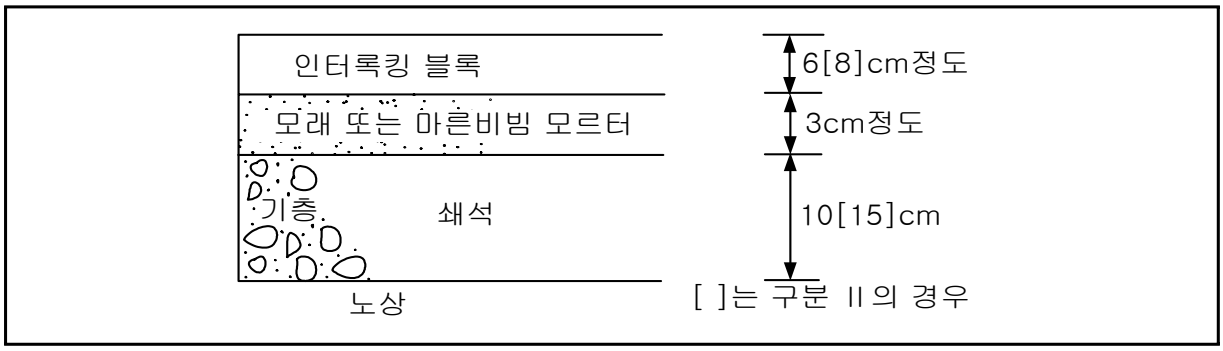


[그림 3.46] 콘크리트판에 의한 포장구성

(마) 인터록킹 블록에 의한 포장

구분 I 의 경우는 기층으로 쇄석을 두께 10cm 둔 위에 모래를 3cm 정도 포설하고, 그 위에

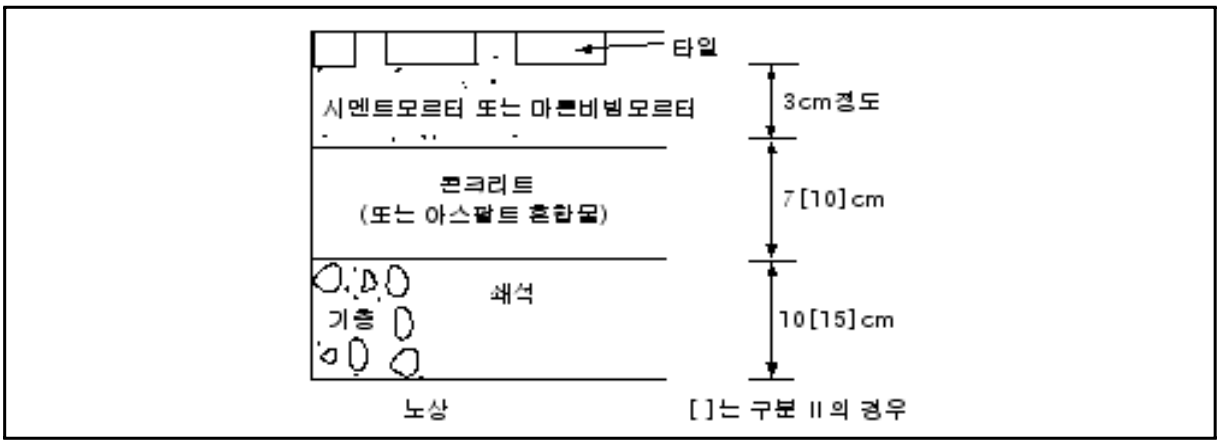
표층으로 두께 6cm의 인터록킹 블록을 깐다. 구분Ⅱ의 경우는 기층으로 크러셔런을 두께 15cm 둔 위에 모래를 3cm 정도 깔고, 그 위에 표층으로서 두께 8cm의 인터록킹 블록을 깐다.([그림 3.47] 참조)



[그림 3.47] 인터록킹 블록에 의한 포장구성

(바) 타일 등 미장재에 의한 포장

일반적인 포장구성은 [그림 3.48]과 같다.



[그림 3.48] 타일과 같은 미장재에 의한 포장구성

(사) 상온 도포식 포장

주행성, 색깔 등을 목적으로 수지계 바인다재료를 사용한 상온 혼합물에 의한 칼라포장을 가열 아스팔트 혼합물 또는 콘크리트 포장 위에 0.5~1.0cm의 두께로 시공한다.

4) 교량의 보도포장

① 교량 보도부의 포장

(가) 가열 아스팔트 혼합물 포장

보도부분이 시멘트 콘크리트 슬래브 위의 경우는 <표 3.46>에 있는 가열 아스팔트 혼합물에 의한 포장을 실시한다. 보도부분이 강상판인 경우에는 방수성을 고려하여 구스 아스팔트 포장에 의한 포장을 실시하는 경우가 많다. 가열 아스팔트 혼합물을 사용하는 경우는 물의

침투가 예상되므로 보호대책으로서 교면포장과 같이 방수층을 설치하는 것이 바람직하다.

(나) 각종 블록에 의한 포장

교량의 보도부분은 일반적으로 다짐이 어렵고, 또한 경관을 고려하여 각종 블록에 의한 포장을 시공하는 경우가 많다. 이 경우의 포장구성은 일반부 보도포장에 준하여 실시한다.

(다) 수지계 바인다에 의한 포장

강상판의 보도부분에 포장면을 착색하거나 미끄럼 방지효과를 얻기 위하여 아크릴계 수지, 열경화성 수지(우레탄, 에폭시 수지 등)와 같은 수지계 바인다를 사용하여 강상판면에 직접 박층으로 포장을 시행하기도 한다.

② 보도교의 포장

포장표면에 칼라를 내기 위하여 혼합물의 제조에 있어 석유수지를 사용하거나 안료, 천연 또는 인공의 칼라골재를 사용하는 방법이 있다. 또한 이들의 포장표면을 연마하여 혼합물의 속 무늬를 내는 방법이 있다.

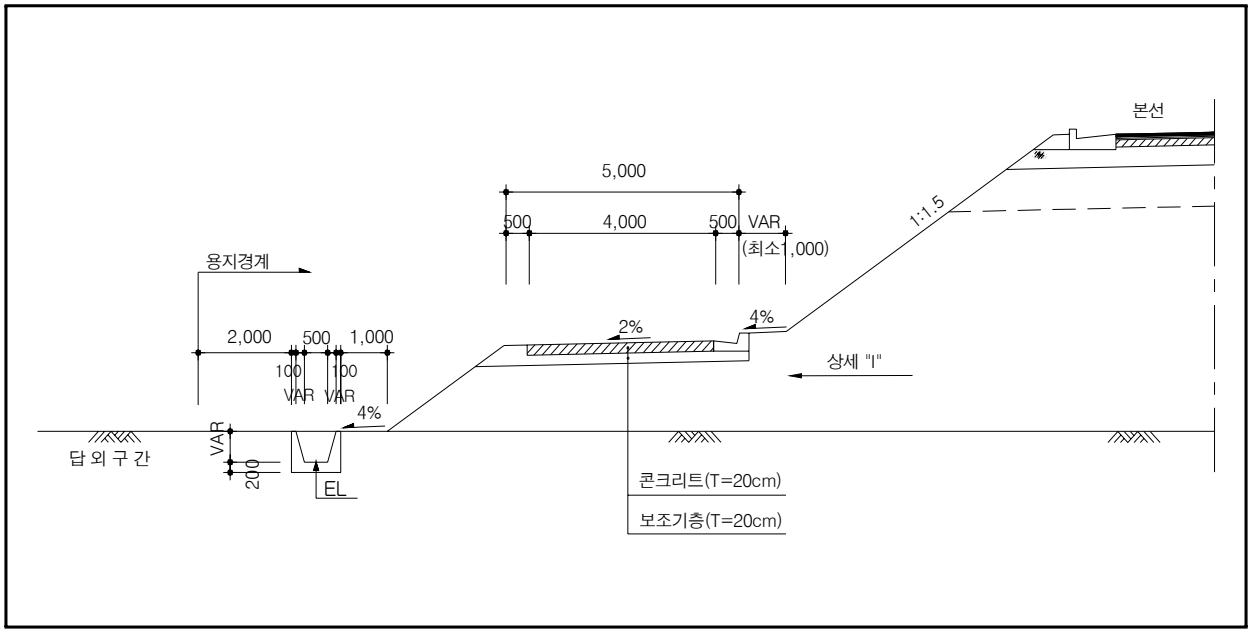
5) 그 밖의 고려사항

보도포장은 지역의 특성이나 생활환경과의 조화를 고려하여 설계, 시공하여야 한다. 자전거도나 지하도의 보도포장 등 특정한 목적과 장소에 포설되는 포장에 대해서는 일반적인 구조, 표층재료의 선정방법 외에 배수구조나 시인성(視認性) 등을 함께 검토한다.

(4) 측도(부체도로)설치(국도건설 실무요령 2005. 3 건설교통부 참조)

1) 이설시는 B=5.0m를 표준으로 하되 접속도로 현장여건 등을 종합적으로 검토하여 반영한다. (단, 지방도 및 농어촌도로 등은 관계기관과 협의하여 폭을 결정한다.)

2) 측도(부체도로)의 일반적 폭원 구성



[그림3.49] 부체도로 설치 예

4. 교통안전시설

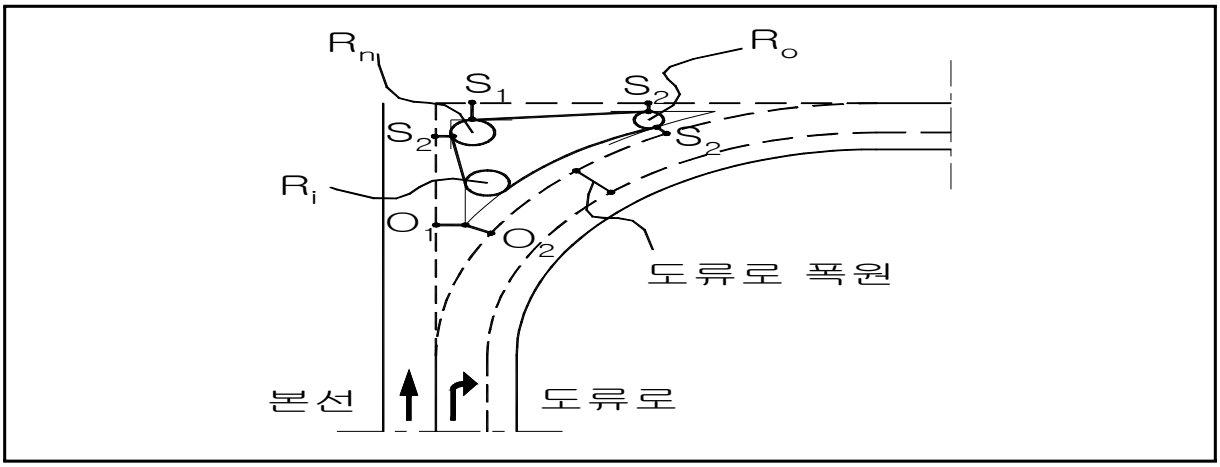
교통안전시설에 관해 별도로 정하지 않은 세부 사항에 대해서는 건설교통부 발행 “도로의 구조·시설기준에 관한 규칙” 및 “도로안전시설 설치 및 관리 지침”에 따른다.

4.1 교통섬 (Traffic Island)

(1) 일반적으로 교통섬의 최소 크기는 보행자의 대피장소에 필요하다고 인정되는 9㎡ 이상이 되어야 하지만, 용지 폭원 등의 제약으로 부득이한 경우에도 도시부는 5㎡ 이상, 지방부는 7㎡ 이상의 면적이 확보되어야 한다.

(2) 교통섬의 정확한 제원을 산정하기 위해서는 우선 본선과 도류로가 분기되어 각각의 차로에서 일정간격(직거리)을 유지하는 지점을 선정하는 것이 가장 중요한데, 이 지점을 노즈(nose)라고 하며, 차로와의 수직거리를 옵셋(offset), 차로와 평행하게 이격된 거리를 셋백(set back)이라 하고 이렇게 구성된 삼각형 모양의 모서리 부분은 선단이라 한다.

(3) 이러한 교통섬의 구성을 위한 각각의 최소값은 해당도로의 기능, 해당 교차로가 위치하는 지역, 본선의 설계속도, 교통섬의 크기에 따라 그 최소값에 차이가 있으며, 각각의 최소값은 다음과 같다.



[그림 4.1] 교통섬의 구성

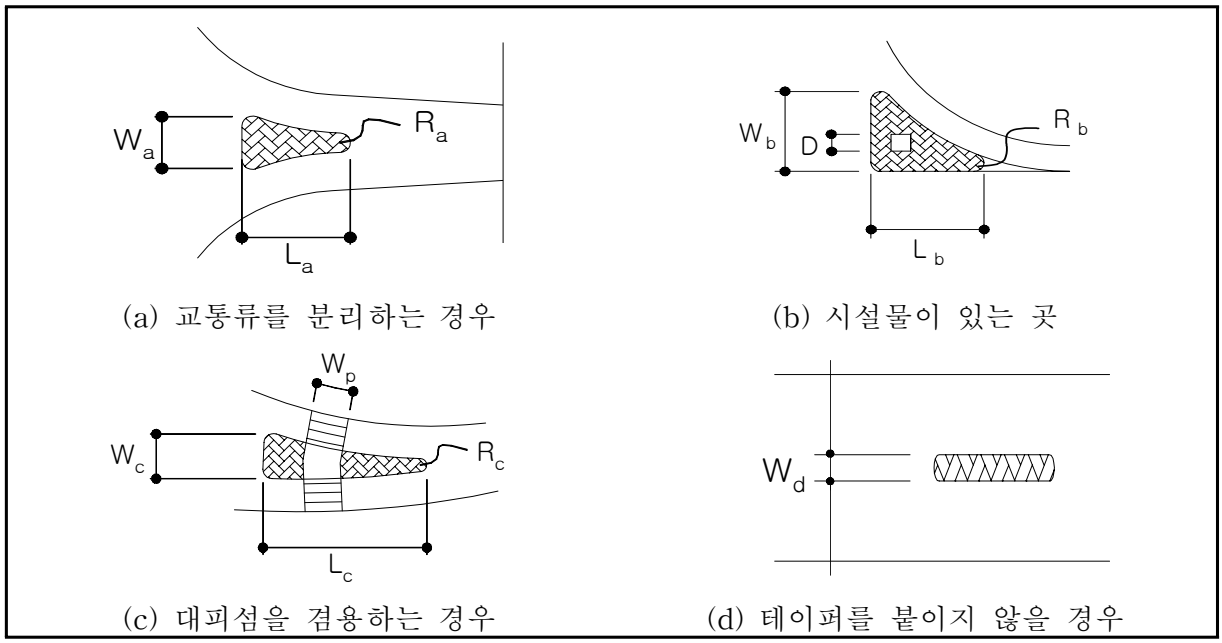
<표 4.1> 노즈 옵셋 및 셋백의 최소값(단위: m)

구분 \ 설계속도	80km/h	60km/h	40~50km/h
S_1	2.00	1.50	1.00
S_2	1.00	0.75	0.50
O_1	1.50	1.00	0.50
O_2	1.00	0.75	0.50

<표 4.2> 선단의 최소 곡선 변경(단위: m)

R_i	R_o	R_n
0.5~1.0	0.5	0.5~1.50

(4) 한편, 분리대와 같이 장방형의 긴 형태로 구성된 경우는 상기의 경우와 다소 다른 특성을 갖게 되며 그 형태와 각 제원의 최소값은 <표 4.3>과 같다.



[그림 4.2] 분리대의 형태

<표 4.3> 분리대 형태에 따른 각 제원의 최소값

(단위: m)

구 분	기 호	도시지역	지방지역
(a) 교통류 분리	W_a	1.0	1.5
	L_a	3.0	5.0
	R_a	0.3	0.5
(b) 시설물 설치	W_b	1.5	2.0
	L_b(D+1.0)	4.0	5.0
	R_b	0.5	0.5
	면적(㎡)	5.0	7.0
(c) 대피섬 겸용	W_c(W_p+1.0)	1.0	1.5
	R_c	0.5	0.5
	L_c	5.0	5.0
(d) 테이퍼를 붙이지 않은 분리대 폭	W_d	1.0	1.5

4.2 방호울타리

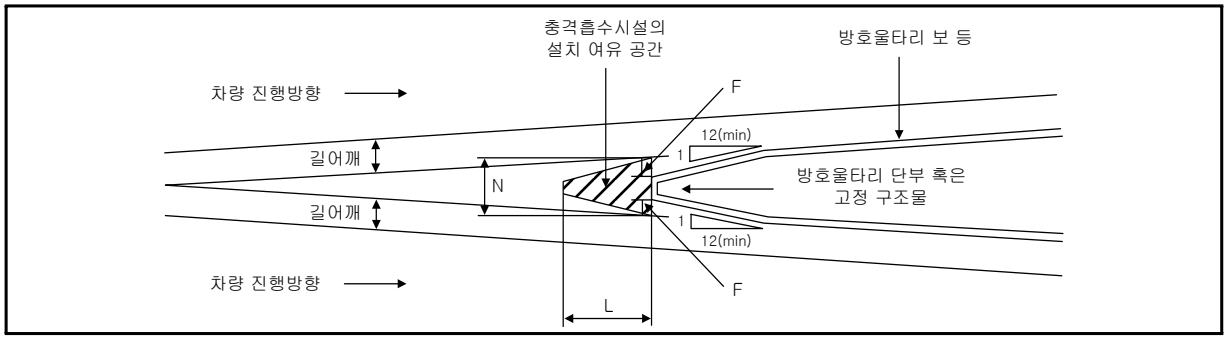
(1) 연결로 출구 분기점에 설치하는 경우

비교적 충돌 속도가 높은 지점이므로 차량의 충격에너지를 흡수할 수 있는 길이와 폭을 유지시켜야 한다. 헥스폼 샌드위치, 하이드로셀 샌드위치 등이 있으며, 모래채움통 역시 설계속도에 맞춰 설치가 가능하다. 또한 폭이 5m 이상인 지역에서는 불노즈형 충격흡수시설도 설치 가능하다.

(2) 방호울타리 단부에 설치하는 경우

(3) 도로표지판, 조명시설 등의 각종 지주에 설치하는 경우

충돌 후에도 비교적 유지보수가 간편한 가드레일 형식의 충격 흡수시설을 설치하는 것이 바람직하며, 또 폭이 좁은 곳에 설치할 수 있는 하이드로셀 클러스터 같은 시설도 고려할 수 있다.



[그림 4.3] 연결로 출구 분기점에서의 시설 설치 여유 공간

4.3 표지병

4.3.1 설치장소

(1) 도로의 중앙선, 길가장자리 구역선, 노상장애물, 안전지대, 급곡선부, 터널, 차선의 감소, 분리 또는 합류구간, 통행로의 변경구간, 교통섬, 인터체인지 고어지역 등 선형 유도 또는 도로환경변화에 대한 운전자의 인식을 높일 필요가 있는 구간에서 도로교통 여건에 적합하게 설치한다.

(2) 횡단보도 앞부분 및 교차로 정지선 앞부분 등 도로의 가로방향으로 설치할 경우에는 기능상 혼란을 주고, 타이어 파손으로 인한 교통사고위험이 있으므로 가로 방향 사용을 금지한다.

4.3.2 형상

(1) 표지병은 제 기능을 발휘할 수 있는 다양한 형상을 사용할 수 있으나, 일정지역, 일정구간에서는 동일형상을 사용하여 통일성을 유지해야 한다.

(2) 표지병의 높이는 최대 30㎜로 현장 여건에 적합한 높이로 설치한다.

4.3.3 설치간격

(1) 도로에 설치되는 표지병은 도로의 선형을 따라 자연스럽게 각도가 주어져야 하며 인위적으로 각도를 주어 설치하지 않아야 한다.

(2) 표지병의 설치간격은 보조하는 노면표시의 유형과 설치장소에 따라 <표 4.4>와 같이 설치한다.

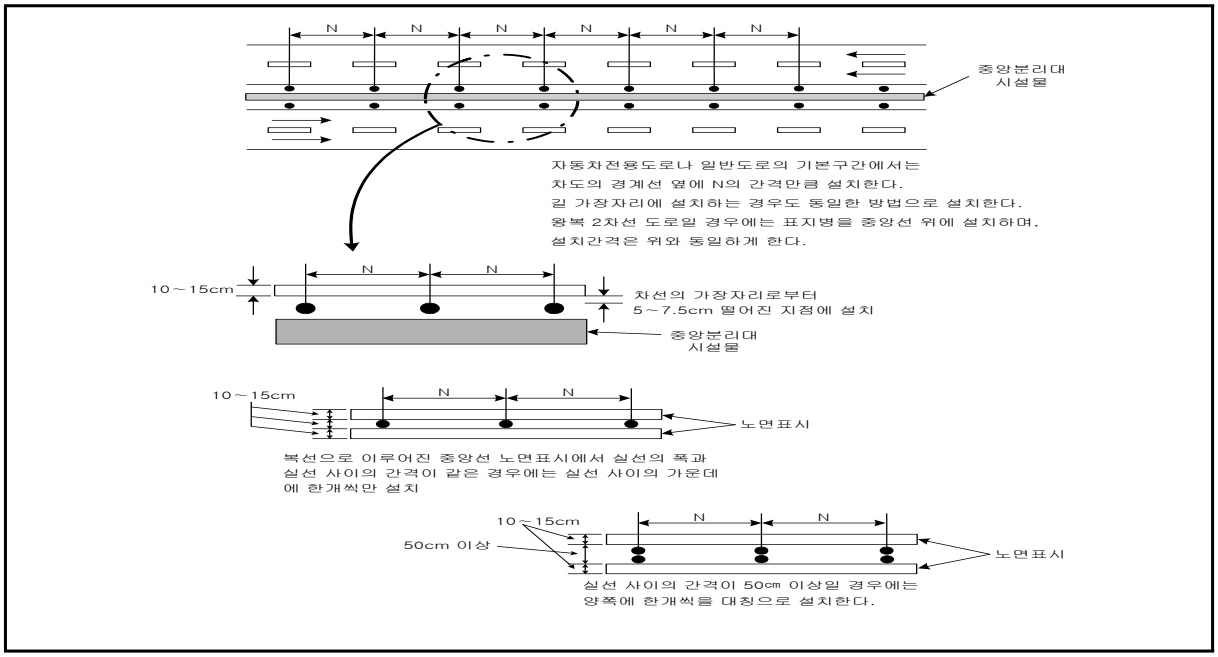
(3) 직선부에서의 표지병 설치간격은 경찰청 발행『교통안전시설실무편람』의 노면표시 설치기준 중 차선의 점선기준에 준한다.

(4) 곡선부에서는 기하구조상 시계에 장애가 있을 때에는 연속적으로 4개 이상이 보일 수 있도록 설치한다.

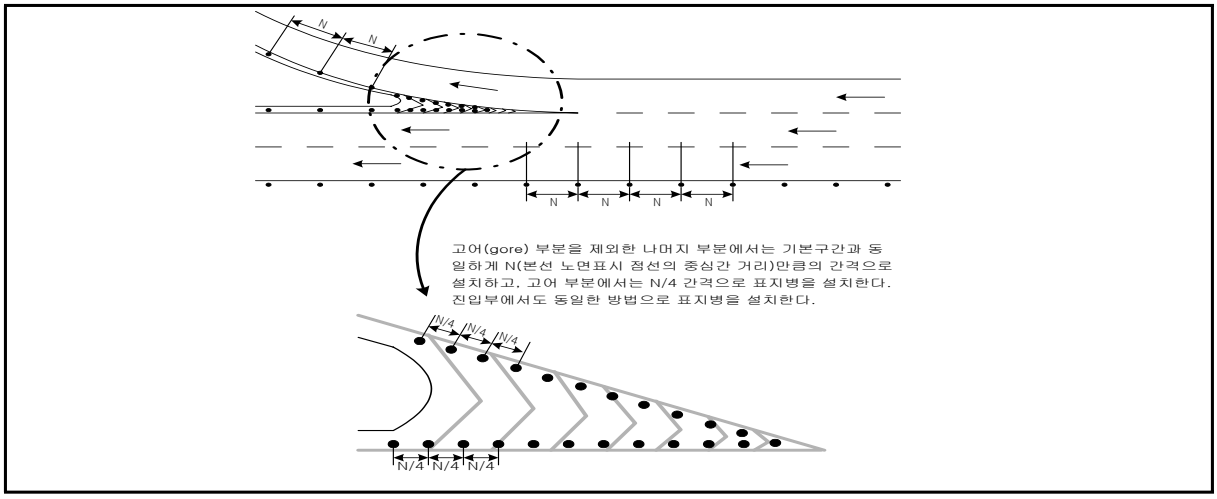
<표 4.4> 표지병 최소설치간격

구 분		설치간격	비 고
직선부	시가지도로	1N(8m)	• 공학적 판단에 의해 조정 가능
	지방도로	1N(13m)	• 공학적 판단에 의해 조정 가능
	전용도로	1N(20m)	• 공학적 판단에 의해 조정 가능
	편도1차로	N/2	• 간격은 도로구분별로 달리 적용
곡선부		N/4~N/2	• 반경의 크기에 따라 공학적 판단하에 설치
진·출입 연결로 고어부		N/4	• 미국 FHWA 기준 적용
교차로 좌회전 차로		N/2	• 미국 FHWA 기준 적용

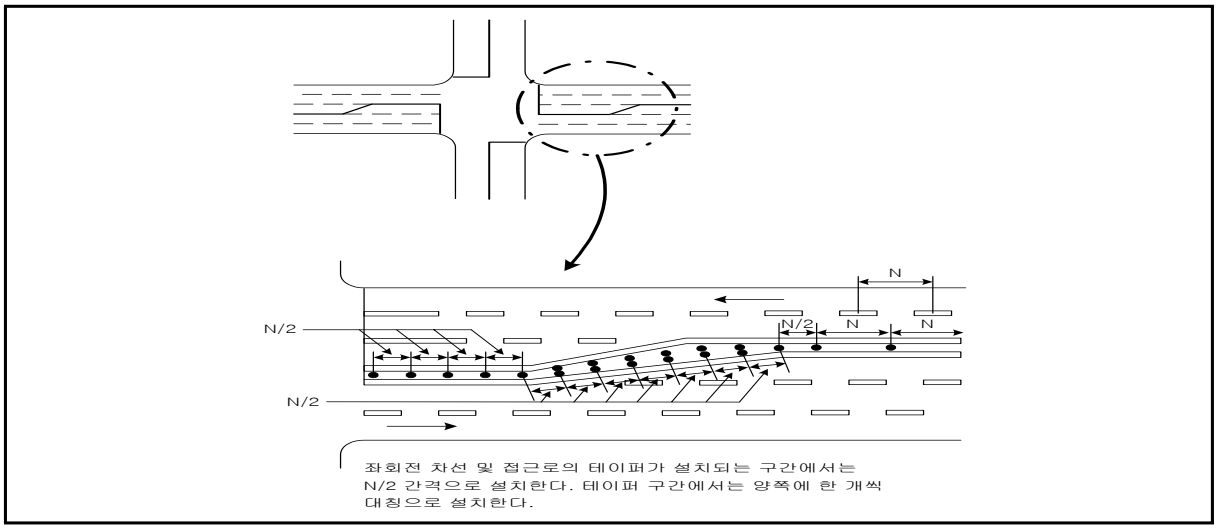
4.3.4 설치방법



[그림 4.4] 일반구간 표지병 설치 방법



[그림 4.5] 인터체인지 유출부 표지병 설치방법



[그림 4.6] 회전차로 구간 표지병 설치방법

4.4 미끄럼 방지 포장

4.4.1 설치장소

(1) 기존의 노면마찰계수가 도로교통 조건보다 낮아서 위험한 구간

(2) 도로의 선형에 있어서 전·후 선형의 연속성이 이루어지지 않아 주행속도의 차이가 20km/h 이상인 구간의 변화구간

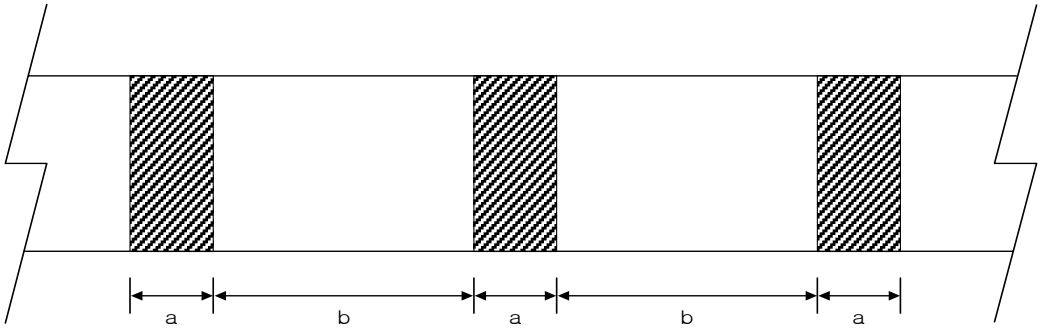
(3) 기타 사고발생의 위험이 높아 미끄럼 방지 포장을 설치하는 것이 효과가 있다고 인정되는 구간

(4) 미끄럼 방지 포장의 설치는 효과가 있다고 판단되는 장소에만 설치하며, 비효과적인 장소까지 무분별한 설치는 피한다.

4.4.2 형상

(1) 해당 구간의 노면 전체를 처리하는 전면처리와 일정 간격을 띄워 부분처리 하는 이격식으로 구분되며, 이격식은 1-3 방식, 3-6 방식으로 나누어진다.

(2) 미끄럼 방지 포장의 적용 형상은 노면마찰계수를 높이기 위한 경우에는 전면처리를 원칙으로 한다. 이격식은 사고위험구간이나 감속유도 등 경각심을 주기위한 목적으로 사용하되, 적용구간을 최소로 한다.



형 식	a(설치 폭)	b(띄움 폭)
1-3 방식	1m	3m
3-6 방식	3m	6m

[그림 4.7] 이격식 미끄럼방지포장의 설치 형상(1-3, 3-6 방식)

4.4.3 길이

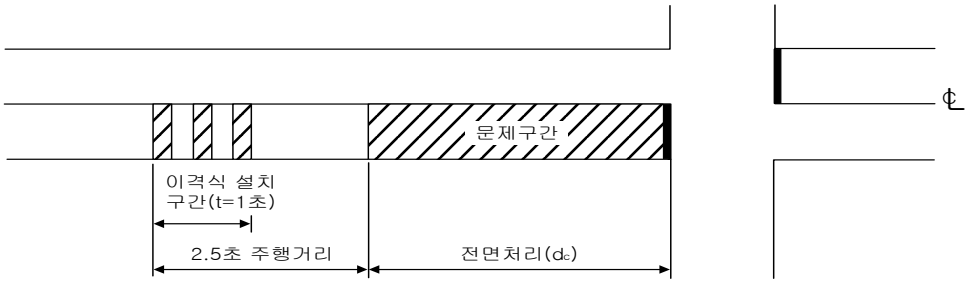
(1) 직선구간

1) 설계속도로부터 여유있게 정지할 수 있는 거리(<표 4.5> 참조)를 최소 길이로 하되 시거 또는 대기 차량의 길이를 고려하여 연장할 수 있다.

<표 4.5> 교차로나 횡단보도 접근부의 미끄럼방지포장 최소길이(dc)

(단위: m)

내리막 경사(%) / 속도(km/h)	0	2	4	6	8
40	20	20	20	20	25
60	45	50	55	55	60
80	85	90	100	105	115
100	140	150	160	175	190
120	205	220	240	260	285



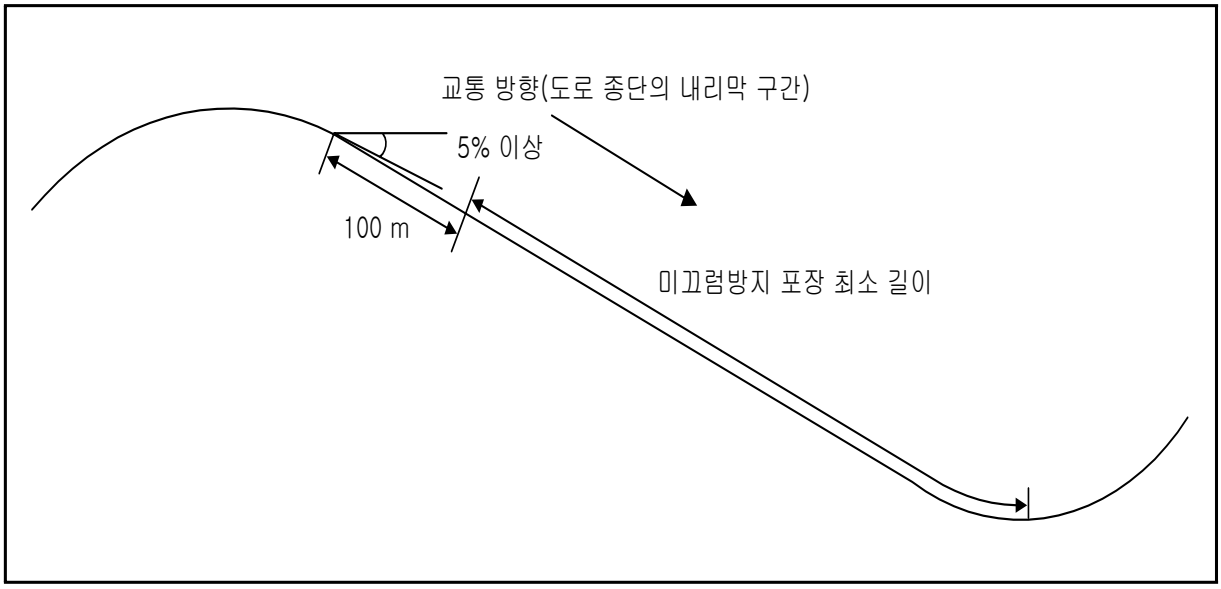
주 : 문제구간은 교차로, 횡단보도, 버스정차장, 철도건널목 등의 접근부를 말함.

$$d_{app} = \frac{V \cdot t}{3.6}$$

$$d_c = \frac{V^2}{254(f - i/100)}$$

[그림 4.8] 교차로나 횡단보도 접근부의 미끄럼방지포장의 설치 예

2) 내리막 경사 전체에 전면처리 포장하는 것이 좋으나, 부득이한 경우 내리막 종단경사의 시점 5% 이상의 경사가 되는 지점부터 100m 내려간 지점에서 내리막 경사가 끝나는 지점까지 도로관리청이 도로조건을 고려하여 필요하다고 판단되는 길이를 최소 길이로 하여 미끄럼방지포장을 설치한다. ([그림 4.9] 참조)



[그림 4.9] 내리막 경사에서의 미끄럼방지포장 최소 설치길이

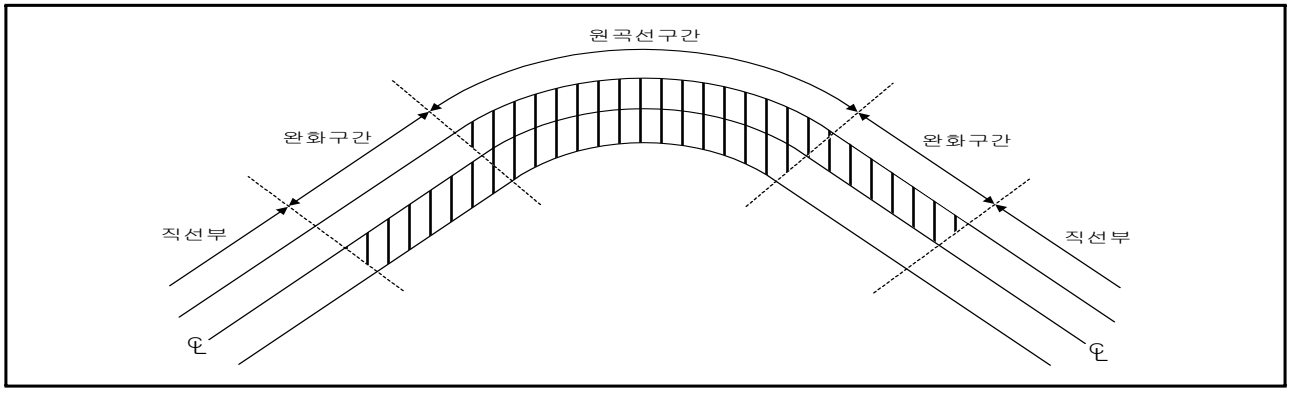
(2) 곡선구간

1) 완화구간인 경우 진입부 구간에 전면처리하고, 사전에 경각심을 주기 위한 이격식 처리

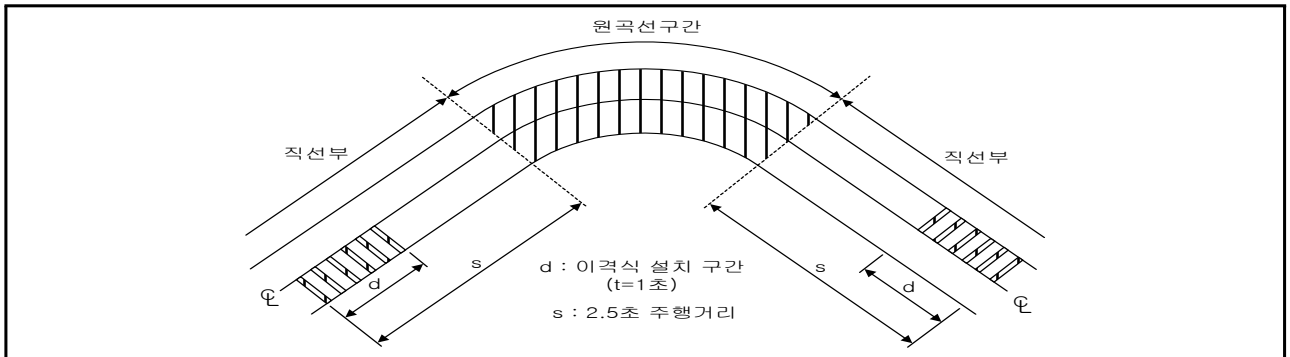
는 하지 않는다. ([그림 4.10]) 참조

2) 완화구간이 없거나 불분명한 경우에는 원곡선 구간에만 전면처리하고, 곡선구간의 진입부인 직선구간에는 주의 환기시킬 목적으로 필요에 따라 이격식을 적용할 수 있다. ([그림 4.11] 참조)

3) 곡선구간에 미끄럼방지포장을 설치한 경우에는 전방 50~200m범위 내 도로우측에 미끄러운 도로표지를 병설하여 운전자에게 경각심을 주도록 한다.



[그림 4.10] 완화구간이 있는 곡선구간에서의 미끄럼방지포장 설치



주행속도(km/h)	이격식 처리방식	s(m)	d(m)
60	1:3 방식	40	15
70		50	20
80	3:6 방식	55	22
90		60	25
100		70	30

[그림 4.11] 원곡선과 직선구간이 만나는 구간에서의 미끄럼방지포장

4) 미끄럼방지 포장의 적용현장은 노면마찰계수를 높이기 위한 경우에는 전면처리를 원칙으로 한다. 이 격식은 사고위험구간이나 감속유도 등 경각심을 주기위한 목적으로 사용하되, 적용구간을 최소로 한다.

4.5 과속방지시설

4.5.1 설치장소

(1) 학교앞, 유치원, 어린이 놀이터, 근린공원, 마을통과지점 등으로 차량의 속도를 저속으로 규제할 필요가 있는 구간

(2) 보・차도의 구분이 없는 도로로서 보행자가 많거나 어린이의 놀이로 교통사고 위험이 있다고 판단되는 도로

(3) 공동주택, 근린상업시설, 학교, 병원, 종교시설 등 차량의 출입이 많아 속도규제가 필요하다고 판단되는 구간

(4) 속도를 30km/h 이하로 제한할 필요가 있다고 인정되는 도로

4.5.2 설치위치

(1) 과속방지턱의 설치 위치

1) 교차로 및 도로의 굴곡 지점으로부터 30m 이내

2) 도로 오목 종단 곡선부의 끝으로부터 30m 이내

3) 최대경사 변화 지점으로부터 20m 이내(10% 이상 경사시)

4) 최대제한속도 30km/h 시 적정 연속설치 간격은 35m

5) 최대제한속도 20km/h 시 적정 연속설치 간격은 20m

6) 최대제한속도 40km/h 시 적정 연속설치 간격은 90m

(2) 과속방지턱의 설치를 금하는 위치

1) 교차로로부터 15m 이내

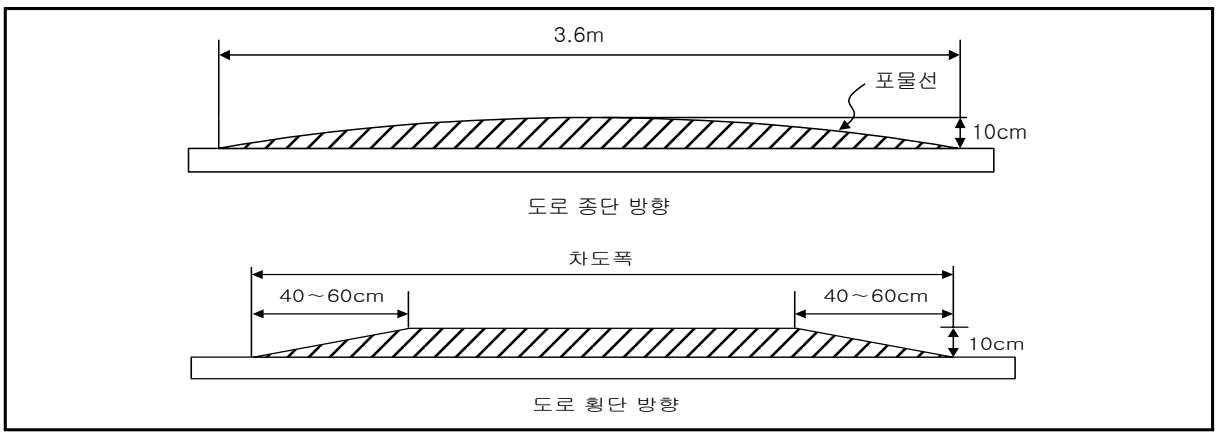
2) 건널목으로부터 20m 이내

3) 버스정류장으로부터 20m 이내

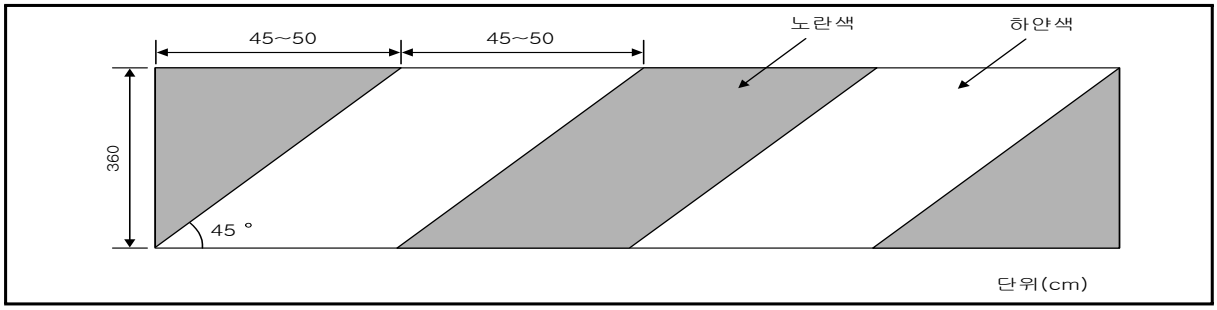
4) 교량, 지하도, 터널, 어두운 곳 등

5) 연도의 진입이 방해되는 곳 또는 맨홀 등의 작업 차량 진입을 방해하는 장소

4.5.3 구조



[그림 4.12] 일반적인 과속방지턱의 형상 및 제원



[그림 4.13] 과속방지턱의 표면 도색

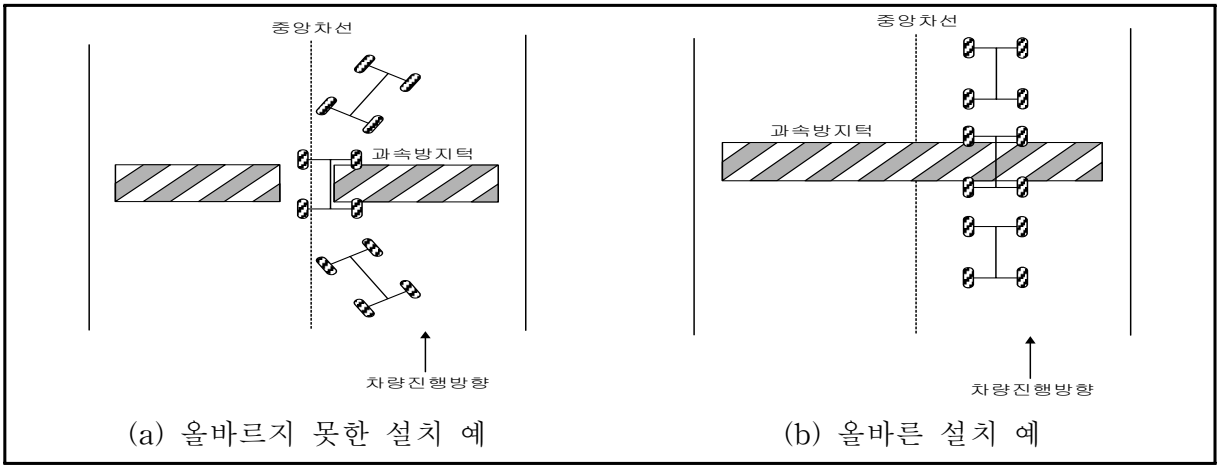
4.5.4 설치시 유의사항

(1) 통행 안전을 위하여 사전에 과속방지턱의 위치를 알리는 과속방지턱표지를 설치해야 한다.

(2) 과속방지턱은 차도 전폭에 걸쳐서 도로 폭에 직각으로 설치한다. 다만, 차도에 L형 측구 등 배수 시설이 포함된 경우에는 이를 제외한 포장폭을 대상으로 한다.

(3) 양방향 도로에서 과속방지턱을 설치할 경우에는 방향별로 도로 편측에만 설치하거나 설치 위치를 달리하는 경우를 금한다.

(4) 도로의 중앙차선을 중심으로 일정한 간격을 비우는 설치를 금한다.



(a) 올바르지 못한 설치 예 (b) 올바른 설치 예

[그림 4.14] 과속방지턱의 설치 예

4.6 방호울타리

(1) 보도 등에 설치하는 경우

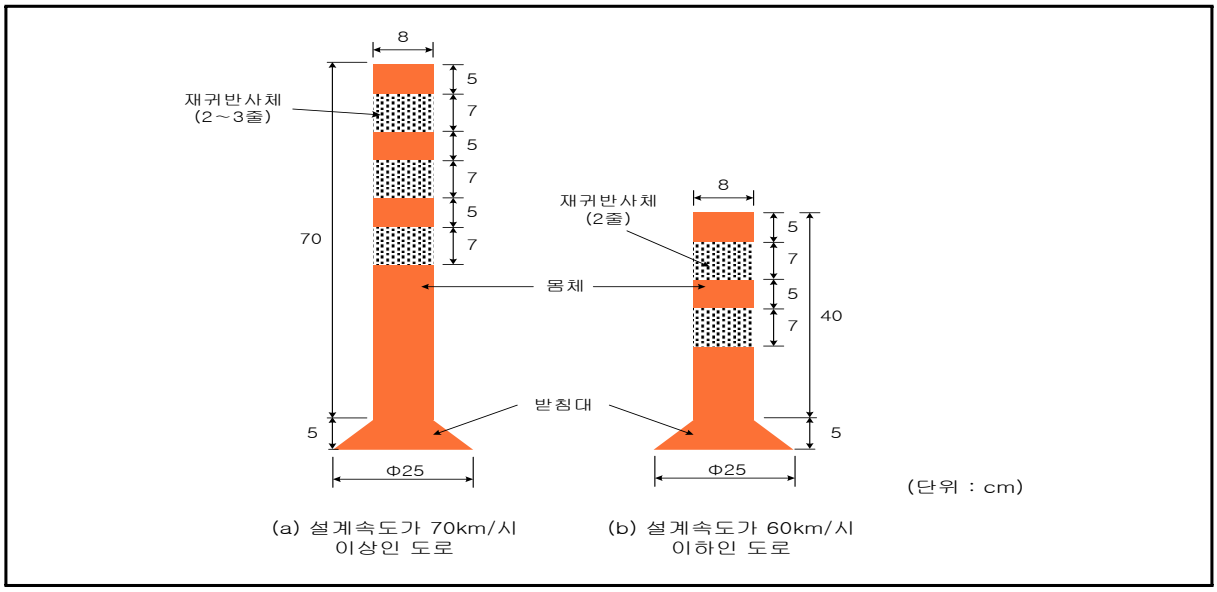
1) 차량이 차도 밖으로 벗어남을 방지하고 보행자 등을 차량으로부터 보호하기 위하여 필요한 구간

2) 간이보도의 신설, 보행자의 횡단 방지 등을 위해 필요한 구간

3) 보행자, 자전거 등이 길 밖으로 추락하는 것을 막기 위한 구간

4.7 시선유도봉

4.7.1 형상



[그림 4.15] 시선유도봉의 형상 예시도

4.7.2 설치위치

차선과의 이격거리는 도로 횡단상으로 최소 50cm 이상을 띄워 차선 밖 측대가 유지되도록 설치하며, 표지병과 중복하여 설치하지 않는 것을 원칙으로 한다.

4.7.3 설치간격

(1) 중앙분리대용 방호울타리가 시작되는 지점 : 2~10m

(2) 교각 및 교대 주위 : 2~3m

(3) 충돌위험시설 전방의 예고구간 및 여유공간 : 5~10m

(4) 지하차도, 고가도로, 터널 및 유출로 전방등 차선이 분리되는 안전지대나 충돌 위험 시설물 앞 : 3~5m

(5) 공사구간에서의 임시 차선 대용 : 2~3m

(6) 진행방향을 혼동하여 중앙선을 넘어 역주행할 우려가 있는 구간 : 3~5m

4.8 도로반사경

4.8.1 설치 장소

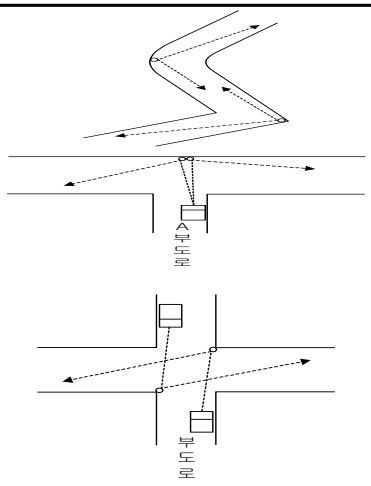
산악지대의 굴곡부, 곡선반경이 작은 곳, 도로의 구조·시설에 관한 규칙에 규정된 설계속도에 따른 시거가 확보되지 못한 곳, 좌우의 시거가 충분히 확보되지 못한 교차로나 건널목에 설치한다.

<표 4.8> 차량의 속도와 시거의 관계

차량의 속도(km/h)		시거(m)
1차로	30	60
	20	40
2차로 이상	50	55
	40	40
	30	30
	20	20

4.8.2 설치 높이

경면 하단에서 노면까지의 높이는 2.5m를 표준으로 한다. 또한, 주의판을 설치할 때는 보행자의 통행에 방해가 되지 않도록 한다.



(1) 굴곡부, 굴절부
굴곡부와 굴절부의 바깥쪽으로 내민 곳에 설치한다.

(2) T형 교차로
A도로(부도로)에서 볼 때, 정면에 설치한다.

(3) 십자교차로
주도로의 우측 전방의 모서리에 설치한다.
우측방향도 확인할 필요가 있을 경우 좌측 전방의 모서리에 설치하거나 이면경으로 설치한다.

[그림 4.16] 도로반사경 설치의 예

4.9 장애인 안전시설

4.9.1 턱낮추기 및 연석경사로

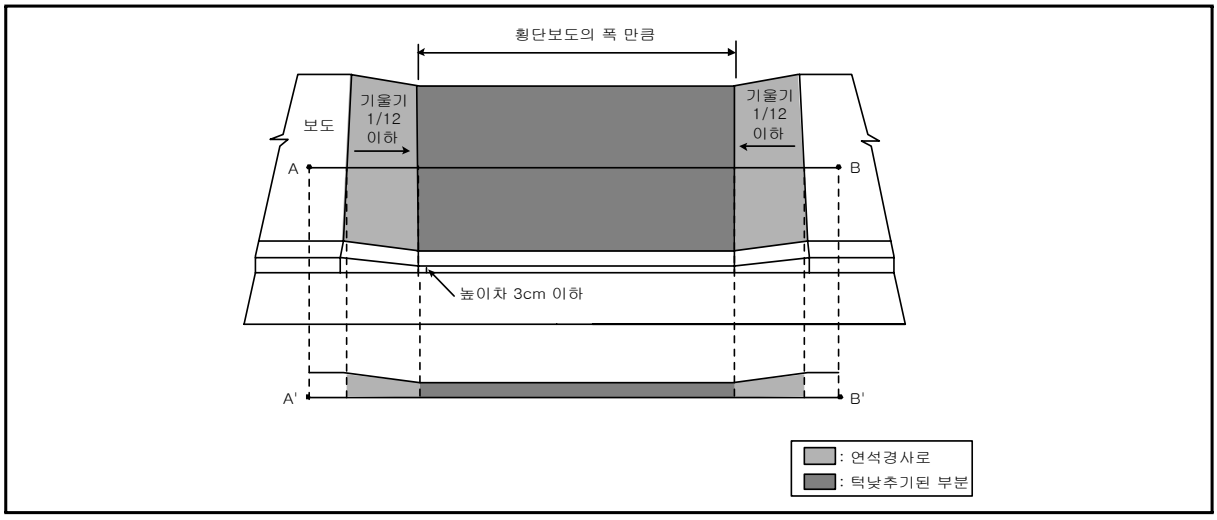
(1) 연석경사로의 유효폭은 횡단보도와 같은 폭으로 한다. 부득이한 경우, 연석경사로의 유효폭은 0.9m 이상으로 한다.

(2) 연석경사로의 기울기는 20분의 1 이하가 바람직하며, 최대 12분의 1 이하로 한다. 유형Ⅱ의 경우, 경사로 옆면의 기울기는 10분의 1 이하로 한다.

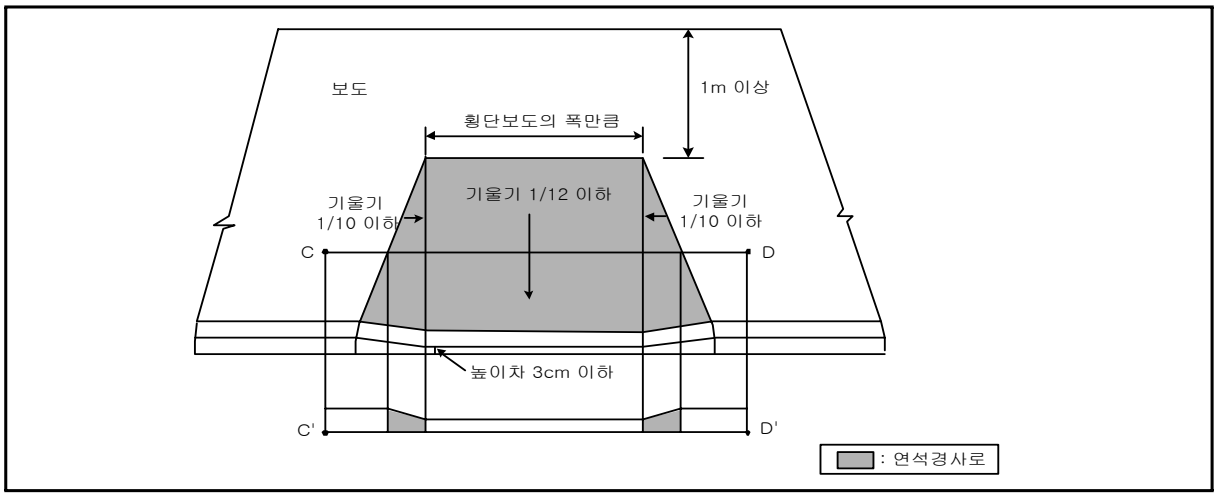
(3) 연석경사로 기울기의 방향은 보행자의 통행동선의 방향과 일치하도록 한다.

(4) 턱낮추기를 하는 경우, 보도 등과 차도의 경계구간은 높이차를 3cm 이하로 하며, 배수 문제를 고려한다.

(5) 연석경사로의 바닥표면은 미끄러지지 아니하는 재질로 평탄하게 마무리 하며, 보도 등의 질감과 달리할 수 있다.



[그림 4.17] 턱 낮추기 유형 Ⅰ : 상세표준도



[그림 4.18] 턱 낮추기 유형 Ⅱ : 상세표준도

4.9.2 장애인용 유도블럭

(1) 설치근거

유도용 블럭은 시각장애자가 통상의 보행상태에서 발뒤에 촉감적으로 블럭의 존재와 대략적인 형상을 확인할 수 있고, 또한 정해진 정보를 판독할 수 있도록 그 표면에 돌기를 붙인 것으로 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규정」 제30조(교통안전시설등) 및 「도로안전시설 설치편람」(건교부)에 따라 설치하였다.

(2) 설 치 장 소

1) 도로의 횡단보도 및 일시대기용 안전분리대

2) 보도와 차도의 교차지점(경계)

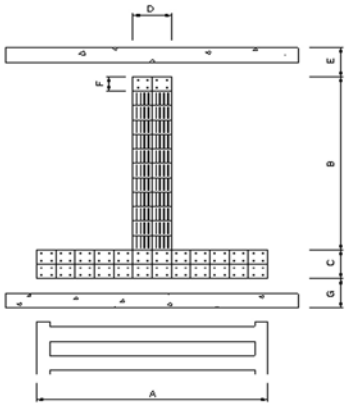
3) 공공이용시설, 지상 · 지하경사로 등의 출입구

4) 버스정류장

(3) 설 치 기 준

1) 도로의 횡단보도

일반 구간



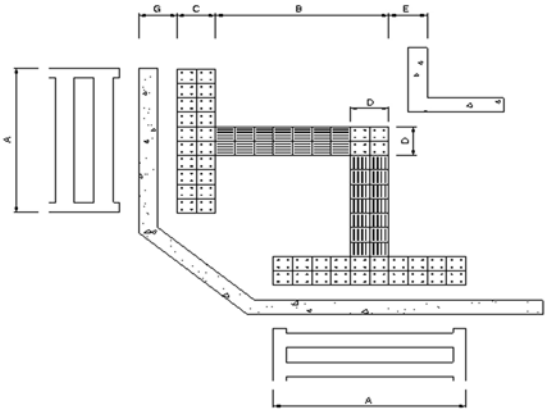
A : 횡단보도의 폭

B : 보도의 폭원에 따라 결정

C : 감지용 점형블럭(W=60㎝)

D : 유도용 선형블럭(W=60㎝)

교차점 구간



E : W=60㎝

F : 감지용 점형블럭(W=30㎝)

G : W=30㎝

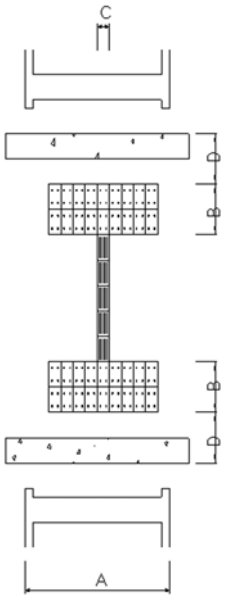
2) 일시 대기용 안전분리대

A : 횡단보도의 폭

B : 감지용 점형블럭(W=60㎝)

C : 유도용 선형블럭(W=60㎝)

D : W=30㎝



3) 보도와 차도의 2교차지점

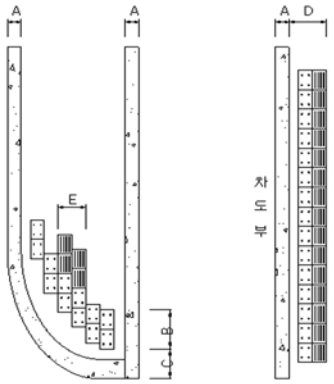
A : W=30㎝

B : 감지용 점형블럭(W=60㎝)

C : 경계석으로부터(W=30㎝)

D : 감지용 점형블럭 + 유도용 선형블럭(W=60㎝)

E : 유도용 선형브럭(W=60㎝)



4) 지상(지하)경사로, 계단

A : 유도용 선형블럭(W=60㎝)

B : 유도용 선형블럭(W=60㎝)

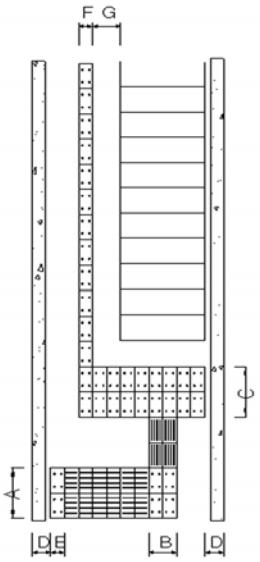
C : 감지용 점형블럭(W=60㎝)

D : W=30㎝

E : 감지용 점형블럭(W=30㎝)

F : 감지용 점형블럭(W=30㎝)

G : W=50㎝



5) 공공시설입구

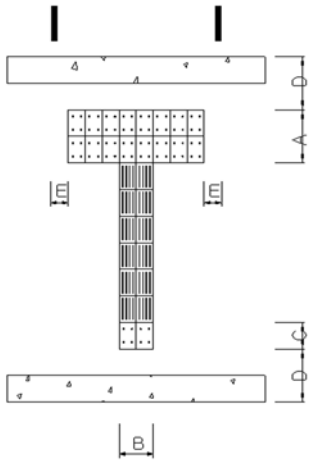
A : 감지용 점형블럭(W=60㎝)

B : 유도용 선형블럭(W=60㎝)

C : 감지용 점형블럭(W=30㎝)

D : W=30㎝

E : W=30㎝



4.10 Hump식 횡단보도

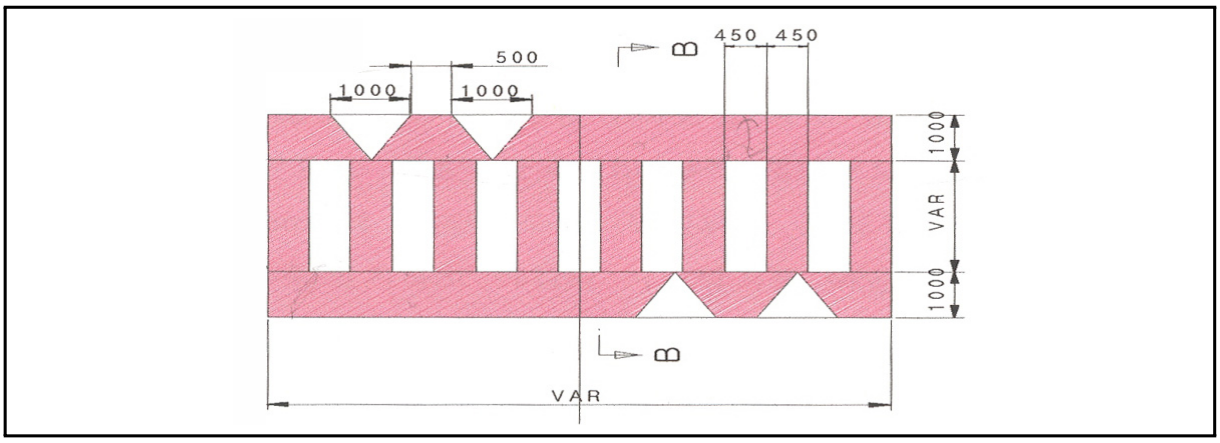
4.10.1 형태 및 설치장소

Hump의 경사(턱) 부분과 횡단보도 부분을 각각 다른 색상 및 재질(암적색 아스콘 및 보도블럭)로 설치하거나 Hump의 경사 부분과 횡단보도 부분 전체를 암적색 아스콘(및 횡단보도 노면표시)으로 설치하되 설치장소는 30km/hr로 속도제한할 장소로서 초등학교에 인접한 이면도로나 편도 2차로 이하의 도로 또는 단지내 도로에 설치한다.

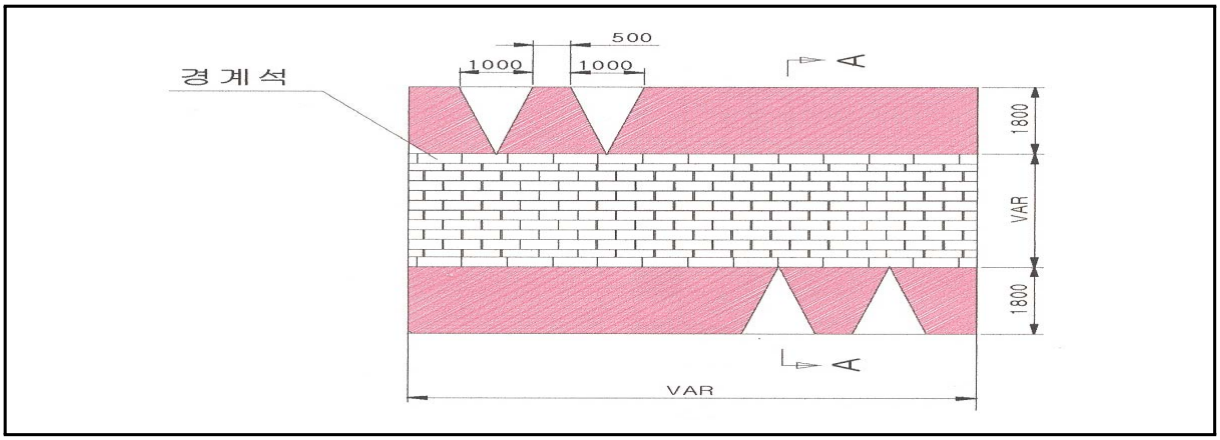
4.10.2 횡단보도의 폭 및 높이

어린이 보호구역 내 횡단보도의 폭은 횡단보행자 수 등을 고려하되 Hump나 횡단보도나 일반횡단보도의 폭은 6m 이상으로 하여 충분한 보행공간을 확보한다. 단, 6m 미만의 도로상황에 따라 설치할 수 있다.

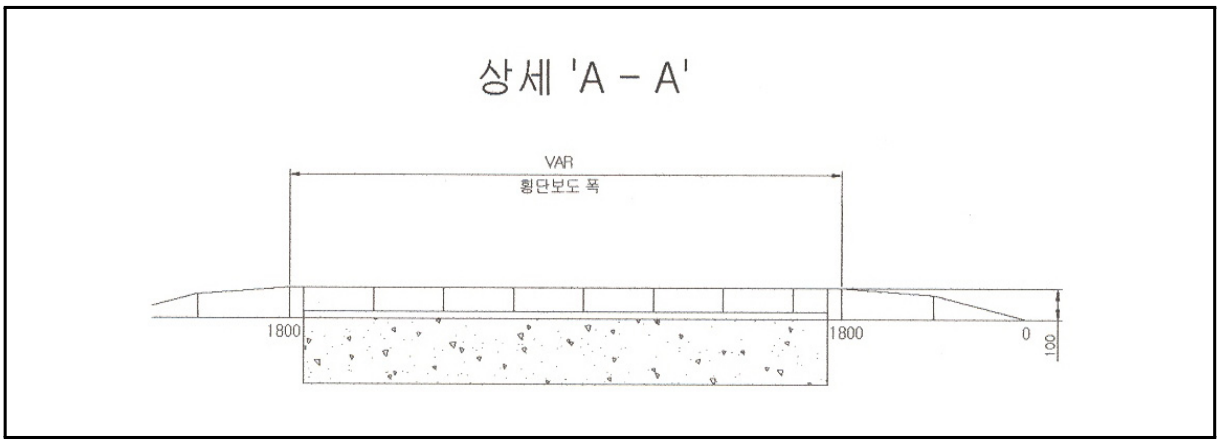
Hump식 횡단보도는 보행자가 보도에서 바로 건널 수 있도록 일반적으로10cm, 단, 6m 미만의 국지도로는 7.5m로 보도와 연이어 설치하고 배수파이프 처리 등으로 배수처리를 하고 요철부 없이 보도와 횡단보도를 연결하여 평탄성을 유지하도록 하여야 한다.



[그림 4.19] 아스팔트 HUMP 설치단면 예



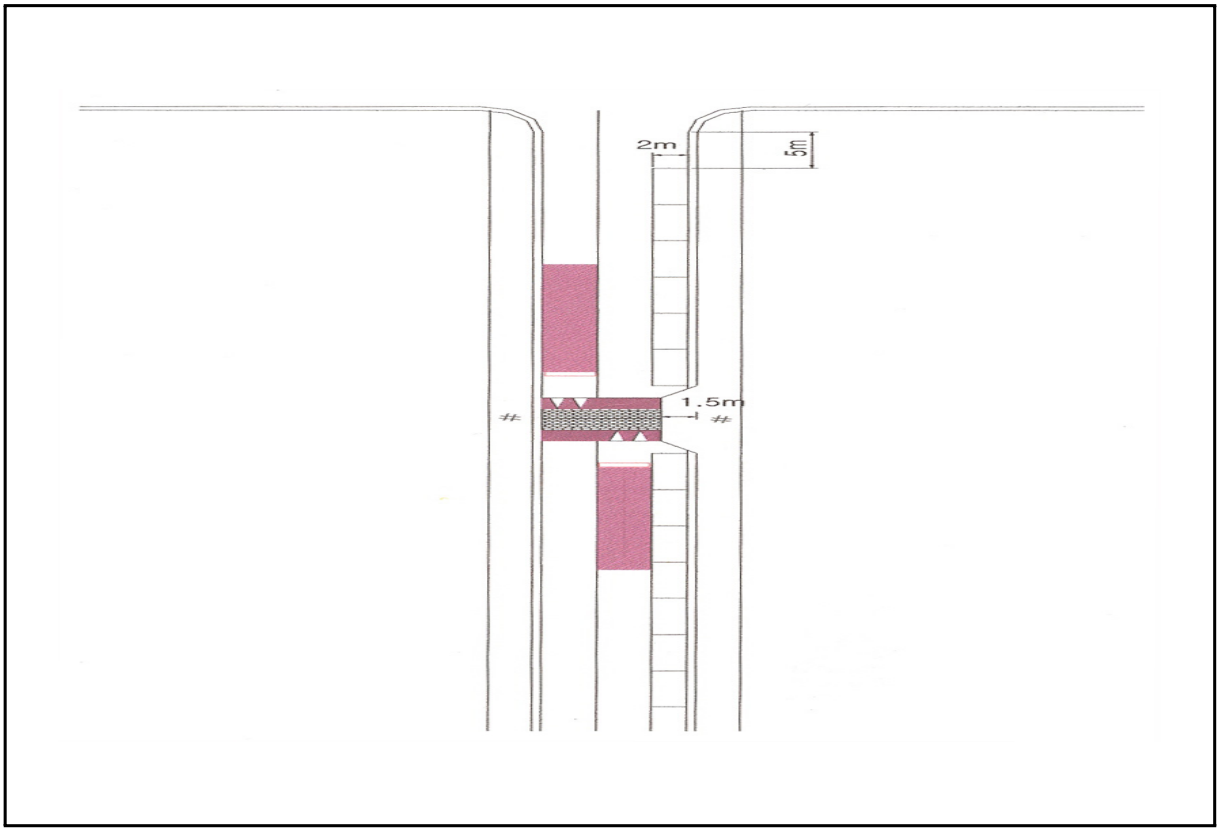
[그림 4.20] 보도블럭 HUMP 설치단면 예



[그림 4.21] HUMP 설치횡단면 예

4.10.3 보도확장

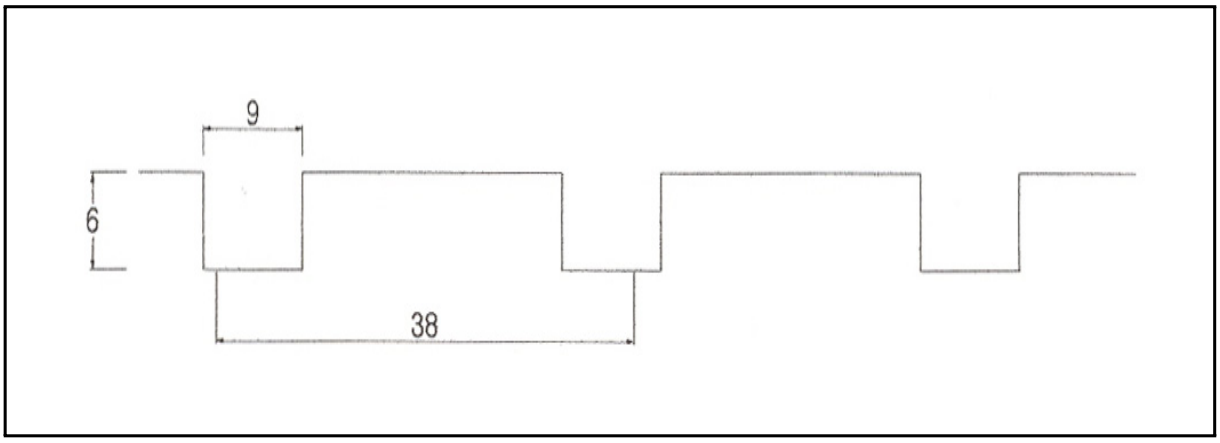
횡단거리 단축, 과속방지, 주차공간 확보 등의 효과가 기대되는 방안으로 도로구간에 Hump식 횡단보도를 설치할 경우에는 Hump식 횡단보도와 연결되는 보도부분을 직진차로와 연결하여 설치하고 야간의 사고방지를 위한 표식, 볼라드 등의 안전시설물을 설치한다.



[그림 4.22] HUMP식 횡단면도 설치 방안

4.11 그루빙(Grooving)

콘크리트 포장도로에 사용하는 횡방향 그루빙의 경우 제동거리의 단축, 수막현상 억제, 배수경로 제공, 조면조직 회복 등의 효과와 함께 운전자의 주의환기의 효과가 있으므로 경사로구간이나, 기하구조 변경구간(횡단보도, 속도저감시설) 전방에 설치하며, 곡선부에는 설치하지 않는다.



[그림 4.23] 그루빙 적용규격의 사례

4.12 교통관리구간의 설정

교통통제를 위한 교통관리구간은 주의구간, 완화구간, 완충구간, 작업구간, 종결구간 등 5개 구간으로 세분한다.

(1) 주의구간

운전자들이 전방의 교통상황 변화를 사전에 인식할 수 있도록 확보하는 구간

(2) 완화구간(도류화 구간)

진행중인 차로를 변화시키는 구간으로 공사중인 해당 차로의 전방으로부터 일정거리를 두어 주행차로를 차단하는 구간

(3) 완충구간

운전자가 주의표지를 보지 못했거나 차로 변경을 하지 못한 경우 공사장 충돌을 방지하기 위한 구간(교통 및 작업자 보호)

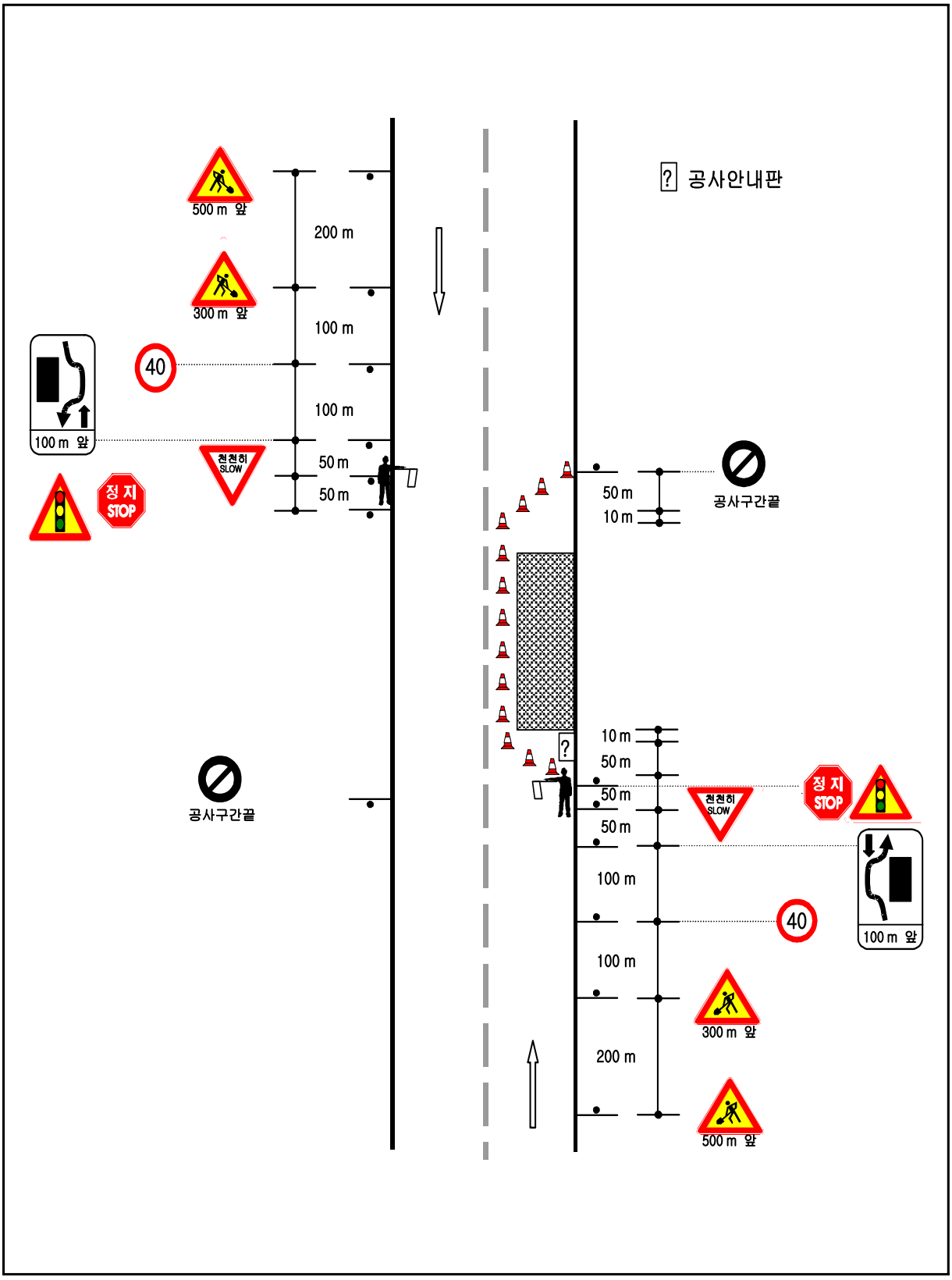
(3) 작업구간

공사(작업)가 이루어지는 해당구간(완충구간과 작업구간을 합쳐서 활동구간이라고도함)

(4) 종결구간(도류화 구간)

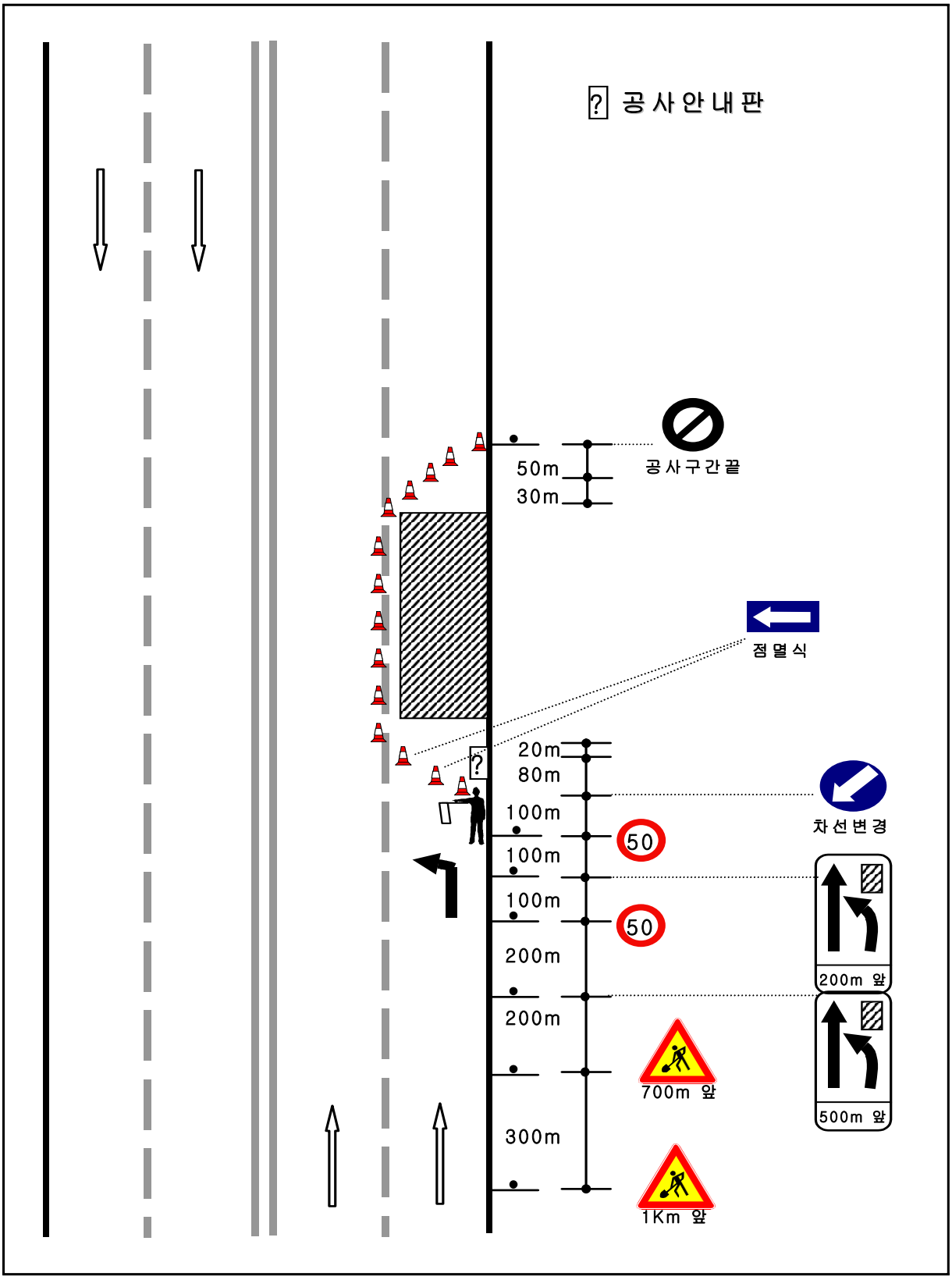
작업구간을 통과하여 공사 이전의 정상적인 주행 차로로 복귀하는데 소요되는 구간

(5) 공사구간 교통처리(2차로 구간)



[그림 4.24] 2차로 도로 공사구간의 교통 처리 계획 예

(6)공사구간 교통처리(4차로구간)



[그림 4.25] 4차로 도로 공사구간의 교통 처리 계획 예

5. 기타사항

5.1 도시 기반시설물 설치 기초자료

5.1.1 검토배경

지구 환경영향평가, 교통영향평가 및 협의 조건반영 등으로 지하차도, 교량, 보도육교, 생태통로 등 많은 도시기반 구조물과 보도가 설치되고 있으나, 기본계획시 이들 시설물의 실제 제원에 대한 충분한 검토가 이루어지지 않을 경우 상위계획인 토지이용계획 및 수용계획과 사업비에 많은 변경이 수반되거나, 동 시설물의 유지관리를 담당할 관련지자체와의 협의에 어려움이 발생함.

따라서 기본계획 수립시 설계 제반요소 들에 대하여 충분히 검토하여 실제 설계와 근접한 제원 및 형식을 결정한 후 사업성 분석 및 토지이용계획을 수립함이 필요한바, 각 구조물별로 설계의 최소규정과 실시설계에서 빈번히 발생하는 문제점을 분석하여 향후 계획 및 설계의 참고자료로 활용코자 함.

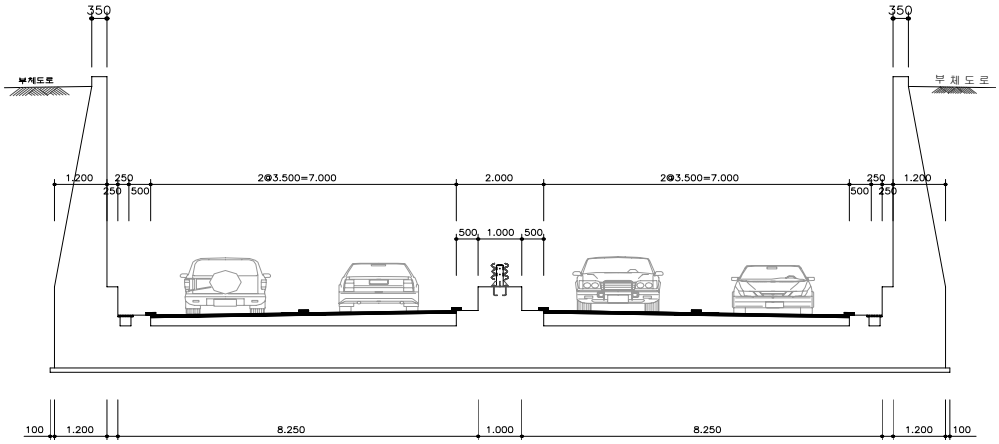
[그림 5.1] 광주○○지구 보도육교

5.1.2 지하차도 설치의 기준

(1) 구조물 설치에 따른 도로폭의 결정

1) 지하차도의 횡단구성

벽체 - 헌치 - (배수로 - 측대) - 길어깨 - 차로 - 중앙분리대 - 차로 - 길어깨 - (측대 - 배수로) - 헌치 - 벽체



[그림 5.2] 지하차도 설치필요 폭원

2) 구성요소별 소요규격

① 벽체노출부 : 0.35m (상단노출부 가드레일 설치)

② 측　　대 : 0.5m (설계속도 80km/h 이상), 0.25m(설계속도 80km/h 미만)

③ 길 어 깨 : 0.5m 이상

④ 차　　로 : 설계속도에 따라 3.0 ~ 3.5m

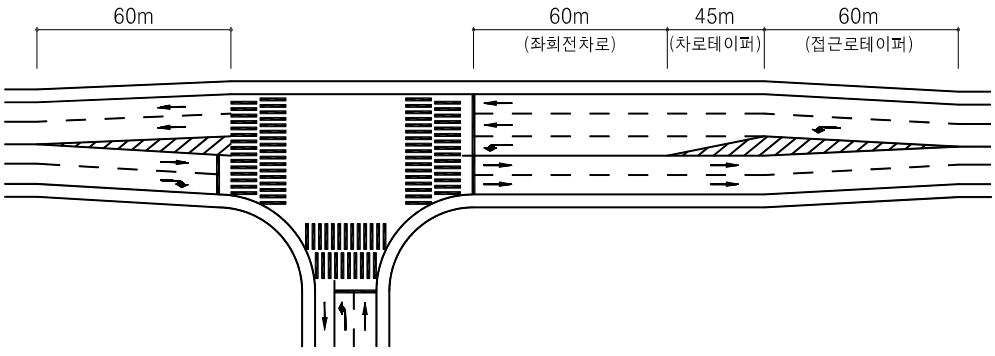
⑤ 중앙분리대 : 2.0m (분리대<1.0m> + 측대<1.0m>)

⑥ 중앙분리대가 없을 경우 차선표시 : 각 노면표시 중심간격 0.5미터 이상

(2) 지하차도 연장 결정

1) 지하차도 본선구간 연장의 결정요인

교차로구간(교차로, 횡단보도, U턴구간, 안전지대) 및 좌회전 대기차로



[그림 5.3] 좌회전차로의 설치 사례

2) 지하차도 경사로 연장의 결정요인

설치심도, 경사로 설치, 인근교차로(좌회전 대기차로, 위빙거리) 및 접속도로 현황

(3) 지하차도의 설치심도

1) 지하차도 바닥면에서 상부도로면까지의 높이

● 지하차도 시설한계 + 바닥횡단경사 + 지하차도상부 슬래브 + 상부 토피고

2) 구성요소별 소요규격

① 지하차도 시설한계 : 4.5m (포장면의 보수등을 고려하여 5.0m이상 권장)

② 지하차도 바닥횡단경사 : 2 %

③ 지하차도 상부 슬래브 : 규격에 따라 결정 (1.0 ~1.5m 정도)

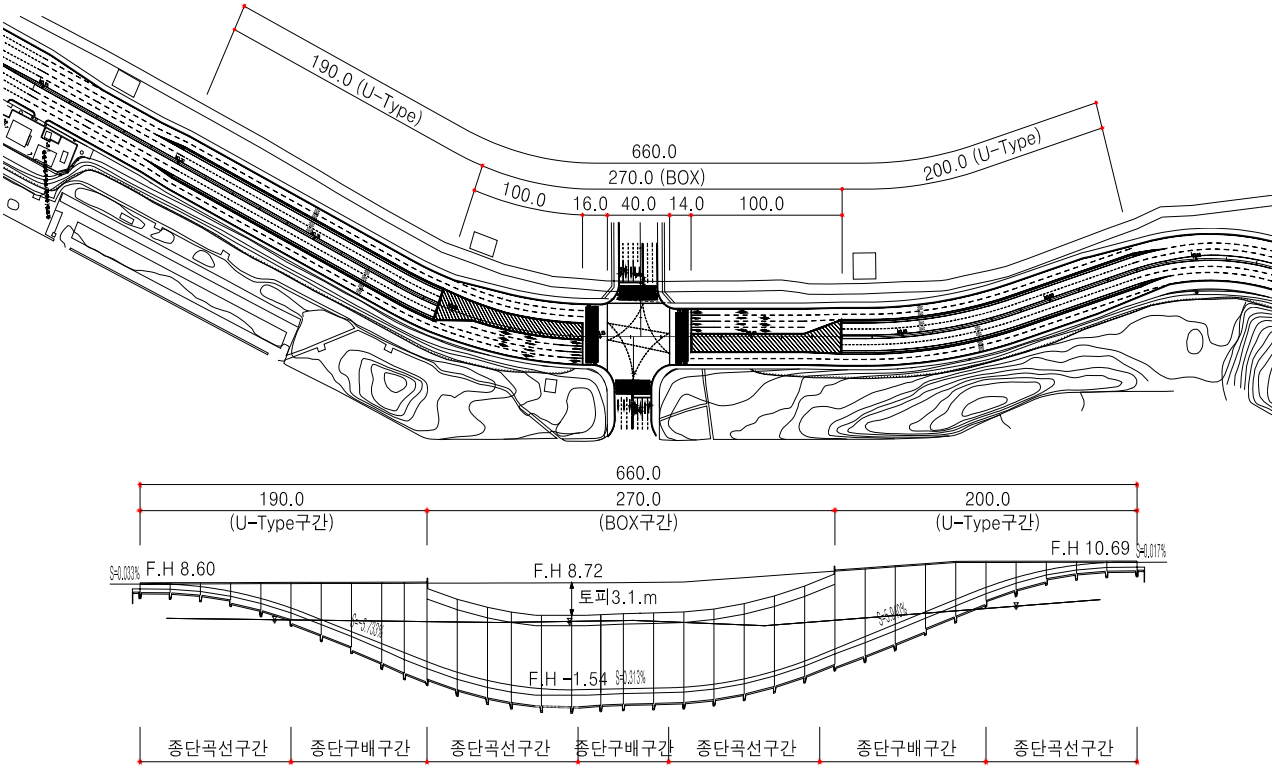
④ 지하차도 상부의 최소 토피고 : 상부 매설물과 포장두께를 감안하여 결정

※ 지하차도 상부에 수도, 하수도, 공동구 기타 도시계획시설의 설치가 필요한 지역은 4m 이상(도시계획시설의 결정· 구조 및 설치기준에 관한 규칙 제 17조)

(4) 경사로의 설치

1) 차도의 종단구성

종단곡선 + 종단경사 + 종단곡선 + 지하차도 + 종단곡선 + 종단경사 + 종단곡선



[그림 5.4] 지하차도 종단구성 사례

2) 구성요소별 규격

① 차도의 종단곡선

차도의 종단은 법규상 도로의 등급별로 정해진 종단경사를 만족하고 종단경사가 변경되는 부분에는 종단곡선을 설치하여야 하므로 단순히 설치심도에 대한 종단경사만 고려할 경우 실제보다 적은 경사로 연장이 산정됨

<표 5.1> 도로구분에 따른 설계속도 규정

도로의 구분		설계속도(킬로미터/시간)		
		지방지역		도시지역
		평지	산지	
고속도로		120	100	100
일반도로	주간선도로	80	60	80
	보조간선도로	70	50	60
	집산도로	60	40	50
	국지도로	50	40	40

※ 지형상황 및 경제성 등을 고려하여 필요한 경우에는 위 표의 속도에서 시속 20킬로미터 범위안의 속도를 뺀 속도를 설계속도로 할 수 있다.

<표 5.2> 차도의 종단경사

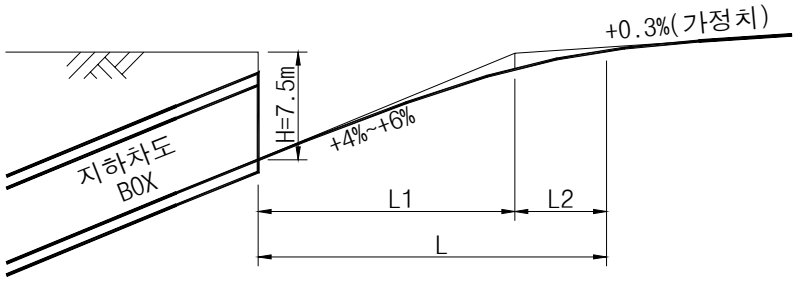
최대종단경사(%)								
설계속도 (킬로미터/시간)	고속도로		간선도로		집산도로 및 연결로		국지도로	
	평지	산지	평지	산지	평지	산지	평지	산지
120	3	4						
110	3	5						
100	3	5	3	6				
90	4	6	4	6				
80	4	6	4	7	6	9		
70			5	7	7	10		
60			5	8	7	10	7	13
50			5	8	7	10	7	14
40			6	9	7	11	7	15
30					7	12	8	16
20							8	16

※ 지형상황, 주변지장물 및 경제성을 고려하여 필요하고 인정되는 경우에는 위 표의 비율에 1%를 더한 값 이하로 할 수 있다.

② 개략적인 경사로의 길이

(가) 평지인 간선도로기준

(나) 설치심도 : 최소토피고(약1.5m) 및 통과높이(5.0m)를 고려하여 u-type의 시점 심도를 7.5m를 기준으로할 경우

설계속도	종단경사	종단경사 변화율	종단경사 조건에 의한 최소시거	접속길이 (L1)	시거(L2)	총경사길이 (L1+L2)
80	4%	30	111	188	56	244
70	5%	25	118	151	59	210
60	5%	15	71	151	36	187
50	5%	8	38	151	19	170
40	6%	4	23	125.2	12	137
개요도						

5.1.2 교량의 설치기준

(1) 하천교량에서 홍수위와 경간장의 결정 기준

1) 경간장 결정기준

① 교량의 경간장 결정

경간장 $L=20+0.005Q < 70\text{m}$

② 단, 산간협곡이라든지 그 밖의 하천상황, 지형의 상황 등에 의해 치수상 지장이 없다고 인정되는 경우는 제외, 여기서 L은 경간장(m)이고 Q는 계획홍수량(㎥/sec)임

③ 소형하천에서의 교량의 경간장 결정

(가) 계획홍수량 500 ㎥/sec 미만, 하천폭 30m 미만 하천의 경우 : 12.5m 이상

(나) 계획홍수량 500 ㎥/sec 미만, 하천폭 30m 이상 하천의 경우 : 15m 이상

(다) 계획홍수량 500 ㎥/sec~2000 ㎥/sec 인 하천의 경우 : 20m 이상

(라) 주운을 고려해야할 경우는 주운에 필요한 최소 경간장 이상

④ 부득이한 경우의 교량의 경간장 결정

하천의 상황 및 지형학적 특성상 위에서 제시된 경간장 확보가 어려운 경우 치수에 지장이 없다면, 교각 설치에 따른 하천폭 감소율(설치된 교각폭의 합계/설계홍수위에 있어서의 수면의 폭)이 5%를 초과하지 않는 범위 내에서 경간장을 조정할 수 있음.

2) 홍수위 결정기준

① 홍수위가 택지조성에 미치는 영향

교량의 교좌면은 홍수위에서 다리밑 공간을 보탠값 이상에 설치되어야 하므로 교량상부 포장면은 하천홍수위 만을 고려한 제방보다 더 높은 위치에 설치되며, 교량상부와 제방상단 사이에 단차발생 요인이 있음

② 교량 포장면의 높이

교량표면 = 계획홍수위 + 다리밑 공간 + 교좌장치 + 상부구조 + 포장면

③ 홍수위 및 다리밑 공간

계획홍수량 (m^3/sec)	다리밑 공간(m)
200 이하	0.6 이상
200~500	0.8이상
500~2,000	1.0이상
2,000~5,000	1.2이상
5,000~10,000	1.5이상
10,000이상	2.0이상

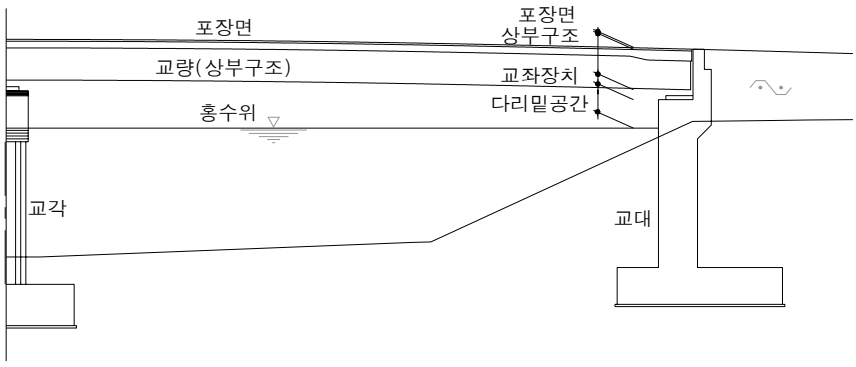
④ 교좌장치 : 교좌장치 형식에 따라 다르나 통상 40cm 내외

⑤ 상부구조(슬래브포함) : 상부구조 형식과 경간장에 따라 다름

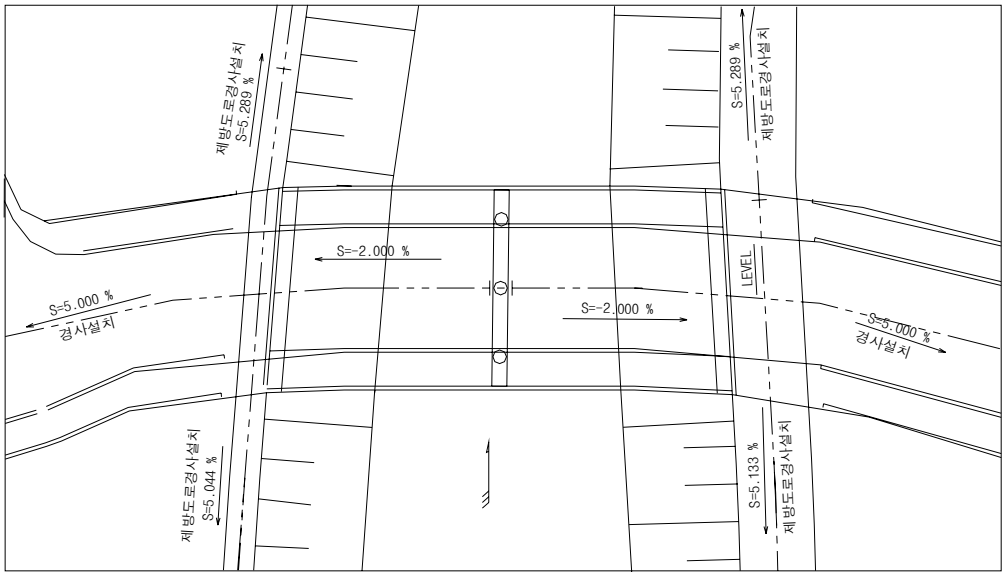
교량형식	RC SLAB	RC 라멘	PSC 형교	프리플렉스	강교
경간장	13m	13m	30m	40m	50m
교량본체	1.0	1.0	2.25	1.7	2.75

※ 상부구조의 제원(두께)는 경간장 및 세부 교량형식, 하중조건에 따라 많은차이가 있으며 위 제원은 단순 참고용임

⑥ 포장면 : 8cm 내외(아스콘)



[그림 5.5] 홍수위와 다리밑 공간



[그림 5.6] 교량과 제방도로의 단차발생

(2) 차도횡단 교량에서 형하공간 확보와 접속도로의 설치

1) 형하공간 결정기준

① 형하공간이 구조물에 미치는 영향

하부의 이용여건별 교량의 형하공간과 교량규격(상부구조 두께)에 따라 접속경사로의 연장이 결정됨

② 차도교량에서 교량 포장면의 높이

교량표면 = 형하공간 + 상부구조 + 포장면

③ 형하공간 : 5m 이상

※ 다리 밑 공간은 다리 밑의 교차조건에 필요한 공간과 유지관리에 필요한 공간을 관련시설 및 설계기준에 따라 합리적으로 정해야 하는데 고속도로 건설공사 설계기준 및 하천 시설기준 등에 의하면 교차조건이 도로인 경우에는 4.7m 이상 가급적 5m 이상으로 함(도로교 설계기준)

④ 상부구조(슬래브포함) 및 포장면 : 홍수위 결정기준 참고

2) 접속경사로 설계기준

- 지하차도의 경사로 설치기준 참고

3) 도로에 교각이 설치되는 경우

- 도로폭원의 확보

교각의 직경 및 주변 안전시설을 고려한 여유 공간 확보 필요

교각설치부위에서의 도로폭 확대 필요

5.1.3 보도육교의 설치기준

(1) 형하공간과 장애자의 통행을 고려한 램프의 설치

1) 형하공간 결정기준

① 형하공간이 구조물에 미치는 영향

형하공간에 따라 경사로 및 계단의 연장이 결정됨

② 차도횡단 육교에서 육교 포장면의 높이

교량표면 = 형하공간 + 도로횡단경사 + 상부구조 + 포장면

③ 형하공간 : 5m 이상

④ 횡단경사 : 2 % (도로중앙부 BOX단면 축소시 고려제외)

⑤ 상부구조 : 형식에 따라 다르나 강상자형(STEEL BOX GIRDER)의 경우 1.5m 내외

⑥ 포 장 면 : 8cm 이상

2) 법령별 경사로 설치기준(육교의 경우)

① 도시계획시설의결정· 구조 및 설치기준에 관한 규칙(제15조 (입체)횡단보도)

경사로의 기울기 : 18분의 1 이하,

단 지형상 곤란한 경우에는 12분의 1까지 완화 가능

② 장애인·노인·임산부 등의 편의증진 보장에 관한 법률시행규칙(제2조 1항 별표1)

경사로의 기울기 : 12분의 1이하

단, 바닥면으로부터 높이 0.75미터이내마다 수평면으로 된 참을 설치

3) 경사로의 설치

① 현재까지 장애인법에 의한 경사 1/12을 만족하는 경우 설치 및 협의 가능했으나 보도육교가 법상 도시계획 시설이므로 도시계획 기준이상이 요구되며,

② 기준 미 충족 시 민원소지 있음

(2) 계단 및 램프의 설치공간 확보

1) 경사로 및 계단의 연장 결정

① 6차로 및 보도가 있는 경우로 도로폭 30m인 경우 (차도폭 : 24m, 보도폭 : 6m)

② 보도육교의 높이

H = 6.6m (형하공간 5m, 주형 1.5m, 포장 0.06m)

③ 도시계획기준에 의한 경사로 길이산정 (경사로 1/18)

L = 6.6m x 18 = 118.8 m

④ 장애인법에 의한 경사로 길이산정 (경사로 1/12)

L = 6.6m x 12 + 8(6.6/0.75) x 1.5 = 91.2m

⑤ 계단의 연장 산정

L = 44(6.6m/0.15m) x 0.30 + 1.5 = 14.7m

2) 계단 및 경사로의 폭

① 계단 및 경사로의 최소폭 : 1.5m 이상

(단 계단 및 경사로 폭의 합계는 육교 본선폭 이상이어야 함)

② 계단 및 경사로의 설계폭 : 2.5m(순폭 2.2m + 난간 0.3m)

③ 장애인용 엘리베이터 : 폭 3.0m, 깊이 2.7m 이상

3) 계단 및 경사로의 설치를 위한 공간 확보

① 절곡형 경사로 설치시(경사1/18) : 보도에서 폭 5.2m, 연장 60.9m 점유 필요

(경사로는 길이가 크므로 직선형으로 배치 불가능하고 절곡형 설치필요)

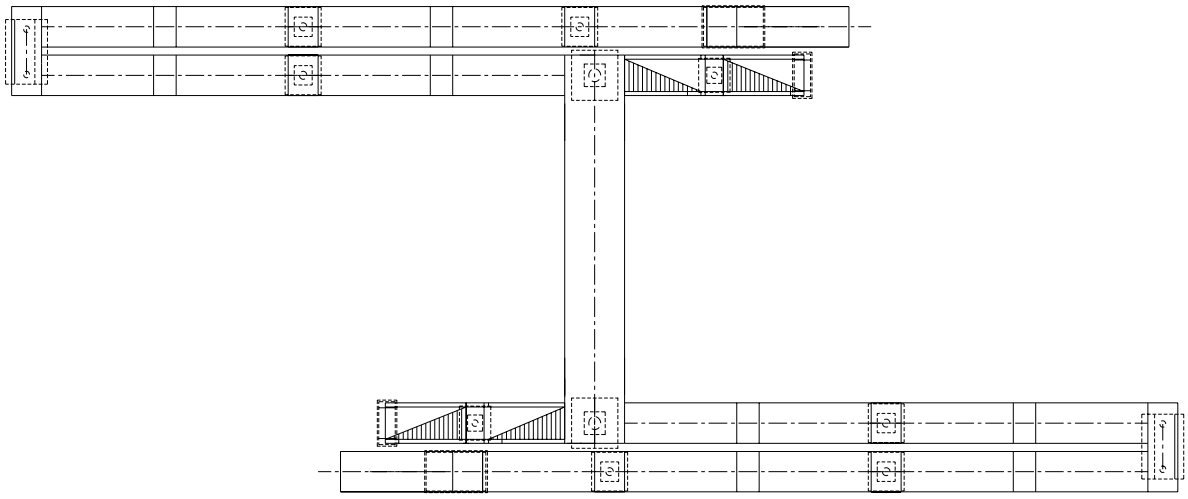
② 절곡형 경사로 설치시(경사1/12) : 보도에서 폭 5.2m, 연장 47.1m 점유 필요

(경사로는 길이가 크므로 직선형으로 배치 불가능하고 절곡형 설치필요)

③ 엘리베이터 설치시 : 보도에서 폭 2.7m, 연장 3.0m 점유 필요

④ 계단 설치시 : 보도에서 폭 2.5m, 연장 14.7m 점유 필요

⑤ 장애인의 통행을 고려한 경사로 또는 엘리베이터 설치의 경우 보도계획에 점유공간을 반영해야하며, 엘리베이터의 경우 유지관리를 담당할 지자체와의 협의가 필요함



[그림 5.7] 램프 형식의 보도육교

5.1.4 생태통로의 설치기준

(1) 차도횡단시 형하공간 및 접속통로 설치 부지확보

1) 폭원 결정 기준

- 육교형 통로설치시 중앙부 최소 폭은 30m 이상으로 하되 부득이한 경우 그 이하로 설치가능하며, 입출구부는 넓게 조성 <환경친화적 도로건설지침, 건교부>

2) 형하공간 결정기준

① 형하공간이 구조물에 미치는 영향

형하공간에 따라 접속되는 경사로의 연장이 결정됨

② 차도횡단 생태교량에서 교량상면의 높이

교량표면 = 형하공간 + 도로횡단경사 + 상부구조 + 식재를 고려한 토피

③ 형하공간, 도로횡단경사, 상부구조 : 차도횡단교량 참고

④ 토　　피 : 1.5m~2.0m 이상

3) 접속통로의 설치

① 형하공간이 구조물에 미치는 영향

형하공간에 따라 접속되는 경사로(동물이동통로 토공구간)의 연장이 결정됨

② 평지를 연결하는 생태교량

양측이 산지인 경우 설치에 큰 문제점이 없으나 편측이 평면인 근린공원이고 반대측이 산지인 경우 또는 평지인 근린공원을 연결하는 생태교량의 경우 근린공원측 접속통로 설치시 교량상단에서 근린공원까지 단차를 처리하는 부지(길이 및 폭)가 필요함.

③ 생태통로의 경사면 처리

대부분의 생태이동통로가 동물 뿐 아니라 등산로 등 주민도 같이 이용할 구조물로 돌계단 설치 등을 고려할 경우도 최소한의 접속통로 연장은 필요함.

(가) 교량상면의 높이 : 형하공간(5.0m) + 도로횡단경사(0.2m) + 상부구조(1.0m) 식재를 고려한 토피 (1.5m) = 7.7m

(나) 경사면의길이 : 30.8m(계단식 경사로 기준인 25%경사 적용시)

(다) 경사면의 폭 : 통로폭 + 사면조성(11.6m)

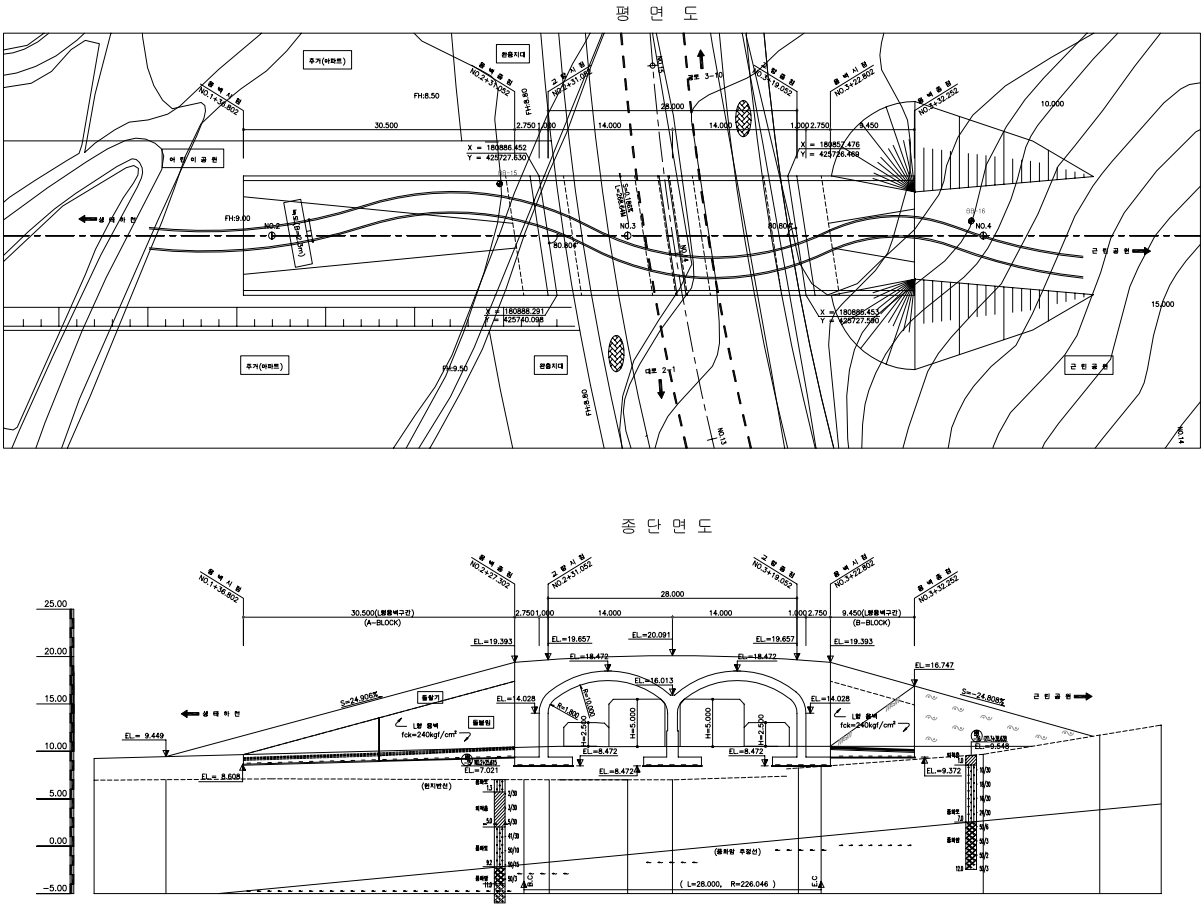
※ 높이의 하부 1/2은 옹벽으로 상부1/2은 녹지사면 조성시

4) 평지연결 생태통로(교량) 설치의 문제점

① 편측이 평지인 경우 경사로 설치에 많은 부지가 소요되므로 연결되는 근린공원등 이용에 많은 제약이 있음

② 생태통로 주변이 주택부지인 경우 날개옹벽의 설치는 미관 및 부지 이용면에서 매우 불합리하며, 완만한 토공으로 계획시 상당한 부지의 확보가 필요함

③ 따라서 양측산지인 경우를 제외하고, 평지와 산지 또는 평지와 평지를 연결하는 생태교량의 설치는 현실적으로 곤란하므로 기본계획시 신중한 검토 필요



[그림 5.8] 편측이 평지인 경우 생태통로 설치

5) 도로에 교각이 설치되는 경우

- 도로폭원의 확보

생태교량의 경우 상부 식재용 토피설치에 따른 누수의 우려가 있어 교좌장치, 신축이음 등이 설치되는 각종 형교(GIRDER)의 선택이 곤란하므로 장지간 교량 가설에 어려움이 있으며, RC라멘식 교량의 설치시 교각의 두께 및 주변 안전시설을 고려한 여유공간 확보가 필요하므로 교각설치부위에서의 도로폭 확대 필요

5.2 검토결론

지하차도, 교량, 보도육교 및 생태통로 및 보도 등 도시기반 시설물은 공사후 지자체 및 국가기관 등에서 관리하게 되는 구조물로 도로의 재개설 또는 확폭 등 수명까지 안전성과 내구성은 물론 원활한 기능을 유지할 수 있도록 제 설계규정의 준수와 유지관리를 담당할 관련지자체 등의 의견을 수렴하여 설계하도록 요구받고 있음.

또한 이들 구조물은 전체사업비와 토지의 이용계획 및 설계・공사일정 등에 미치는 영향이 크고

실시설계시 상세검토 결과에 따라 상위계획의 변경을 필요로 할 경우가 있으므로, 기본계획시 제반요소들에 대하여 충분히 검토하여 실제 설계와 근접한 제원 및 형식을 결정한 후 사업성 분석 및 토지이용계획을 수립함이 필요함.

다만 위에 제시한 기준이 모든 지구에 적용되는 절대적인 것은 아니며 설치여건과 관련기관 협의 및 설계결과에 따라 가감 조정될 여지가 있음을 고려하여야 함.

(1) 기본계획시 규정을 준수한 설계에 기초하여 사업비 판단 및 토지이용계획, 수용계획결정

(2) 지하차도, 고가차도에서 연장 및 도로폭의 결정시 종·횡단 구성요소 고려

(3) 보도육교의 설치시 계단, 경사로 등 설치 가능성 판단

(4) 경관 및 미관을 고려한 구조물의 설치시 지형여건을 고려한 계획 필요

(5) 가로수와 구조물의 설치를 고려한 보도계획

빈 면

Ⅵ. 구 조

<구조물 계획>

1. 총칙
2. 구조물 계획
3. 교량 구조물
4. 도로 구조물
5. 수리 구조물
6. 계측 및 유지관리

<구조물 설계일반>

1. 일반사항
2. 설계하중
3. 설계방법 및 안전율
4. 사용재료
5. 구조세목
6. 교량 내진 설계기준
7. 지하공동구 내진 설계기준
8. 구조물 해석

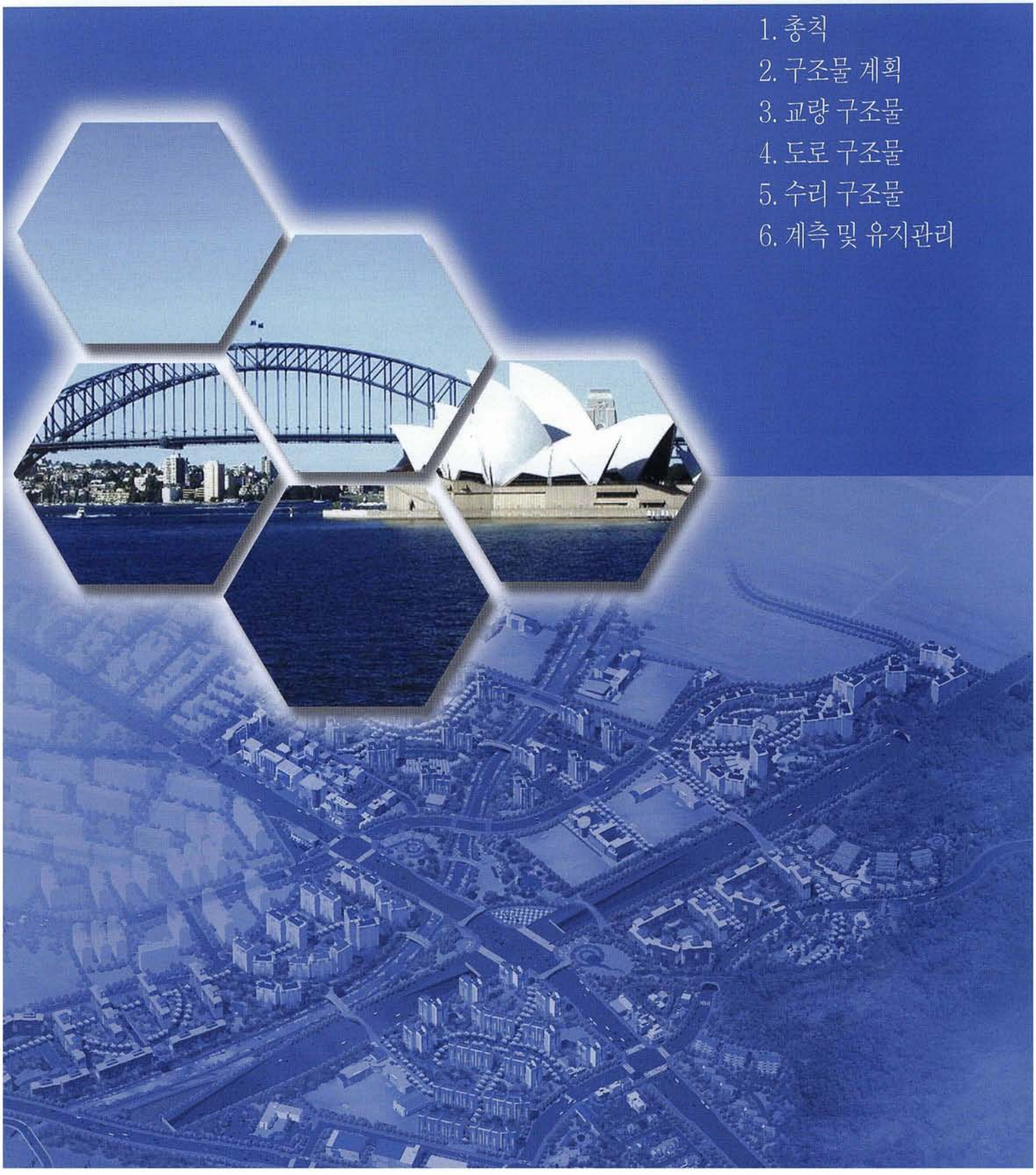
<구조물 설계실무>

1. 교량 구조물
2. 도로 구조물
3. 수리 구조물

빈 면

구조물 계획

1. 총칙
2. 구조물 계획
3. 교량 구조물
4. 도로 구조물
5. 수리 구조물
6. 계측 및 유지관리



빈 면

제1장 구조물 계획

1. 총 칙

1.1 적용범위

(1) 택지조성 공사시 발생되는 교량, 도로, 수리 등 관련시설물은 종류가 많고 다양하여, 적용빈도가 높은 구조물 위주로 적용하였으므로 유사한 형식의 시설물에는 적용 가능한 범주에서 준용하여 적용토록 한다.

(2) 본 편람은 시설물 관련법규, 설계기준 및 지침의 설계 또는 실무 보조 자료로서 활용함을 목적으로 한다.

1.2 용어의 정의

(1) 본 실무 편람에 사용되는 용어는 콘크리트 구조설계기준 및 도로교 설계기준에 사용된 용어를 우선 적용하였다.

(2) 상기 설계기준에 언급되지 않은 용어는 시설물관련 설계기준 및 지침의 내용에 따른다.

1.3 관련규준

(1) 본 편람의 구조물분야 작성시 근거가 된 관련규준들은 아래와 같다. 그리고 구조물 설계와 관련하여 본 편람에 나타나지 않는 사항들은 시설물 관련법규, 기준 및 지침에 따라야 하며, 설계 전반에 대해 통일성 및 동일한 구조물 내하수준유지, 합리적이고 경제적인 구조물 설계가 되도록 설계적정기준을 설정하여 적용하여야 한다.

(2) 관련법규

- 도로법(2005.8)
- 하천법, 시행령, 시행규칙(2005.8, 2004.7, 2005.3)
- 수도법 시행령(2003.6)
- 자연 환경보전법(2005.8)
- 환경·교통·재해 등에 관한 영향평가법(2005.5)
- 대기환경보전법(2005.3)
- 수질환경보전법(2005.3)
- 소음·진동규제법(2004.12)
- 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙(2004.12)

- 도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(2004.12)
- 장애인·노인·임산부등의 편의증진 보장에 관한 법률, 시행령, 시행규칙 (2005.3, 2005.6, 1999.6)
- 수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙(1999.7)
- 주택건설기준 등에 관한 규정(2005.6)
- 소방기본법 시행령, 시행규칙(2005.7, 2004.5)

(3) 관련기준

- 콘크리트구조설계기준(2003, 건설교통부)
- 도로교설계기준(2005, 건설교통부)
- 도로설계기준(2001, 건설교통부)
- 하천설계기준(2005, 건설교통부)
- 상수도시설기준(2004, 환경부)
- 하수도시설기준(1998, 환경부)
- 구조물기초 설계기준(1987, 건설교통부)
- 지하공동구 내진설계기준(2004, 건설교통부)

(4) 관련지침

- 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침(2000, 건설교통부)
- 도로교 하부구조 설계지침(1997, 건설교통부)
- 강도로교 상세부 설계지침(1997, 건설교통부)
- 보도설치 및 관리지침(2004, 건설교통부)
- 생태통로 설치 및 관리지침(2003, 환경부)
- 환경친화적인 도로건설지침(2004, 건설교통부)
- 도로터널 방재시설 설치지침(2004, 건설교통부)

1.4 구성 체계

본 편람의 구조물분야는 계획, 설계일반 및 설계실무로 크게 세 가지 형태로 구분되어 있으며, 각 단계별 구성내용은 다음과 같다.

1.4.1 계획

구조물에 대한 설치기준, 조건 및 제한사항 등 구조물 계획단계에서 필요한 전반적인 사항에 대해 정리하였다.

1.4.2 설계일반

구조물의 안전성, 사용성 및 내구성을 확보하기 위해 적용되어야 할 설계하중, 재료 및 설계법 등 구조물을 설계하기 위해 필요한 기술적 사항을 정리하였다.

1.4.3 설계실무

택지조성 공사시 적용빈도가 높은 구조물에 대한 설계예제를 작성하여 설계흐름의 파악이 용이하도록 하였으며, 유사한 형태의 구조물 설계에도 참고할 수 있도록 구성하였다.

구조물 설계의 기술적 사항에 대해서는 유사한 편람이나 서적들이 많이 있어 참고하기 용이한 점이 있으므로, 본 편람에서는 구조물 설계시 적용되어야 할 법규나 기준에 대해서 각 구조물별로 일목요연하게 구분 정리하여, 특히 구조물 계획단계에서의 활용도를 높이고자 하였다.

2. 구조물 계획

2.1 기본사항

구조물 계획은 다음과 같은 요소를 종합적으로 비교 검토하여 수행한다.

2.1.1 경제성

초기투자비와 유지관리비를 고려한 형식선정 및 단면의 최적설계가 되도록 한다.

2.1.1 시공성

주변지형 여건 및 현황에 적합한 시공법과 시공계획을 수립하며, 작업공간 확보와 민원 최소화가 되도록 한다.

2.1.1 안전성

공용기간 내 안전에 대한 신뢰성과 내구성이 확보되어야 한다.

2.1.1 미관성

주위 경관과의 조화가 양호하고 조형미를 갖춘 구조로 한다.

2.1.1 장・단점

구조물별로 2가지 이상의 형식에 대해 장・단점을 분석하여, 가능한 최적 형식이 도출될 수 있도록 한다.

2.2 영향평가

2.2.1 개요

각종 영향평가는 「환경・교통・재해등에 관한 영향평가법, 시행령 및 시행규칙」에 근거하여 수행된다.

환경, 교통, 재해 또는 인구에 미치는 영향이 큰 사업에 대한 계획을 수립, 시행함에 있어서 당해 사업이 미칠 영향을 미리 평가, 검토하여 건전하고 지속가능한 개발이 되도록 함으로써 쾌적하고 안전한 국민생활을 도모함을 목적으로 한다.

그러나 현재 4대 영향평가에 대해 환경을 제외한 3대 영향평가의 폐지가 추진되고 있으며, 환경영향평가의 경우 평가항목의 개선도 이루어질 전망이므로, 해당사업 시행시 본 편람내용과 다소 상이할 수 있어 영향평가 변경이나 개정사항을 확인한 후 사업을 수행해야 한다.

2.2.2 영향평가의 분류

(1) 환경영향평가 (관계기관 : 환경부)

환경보호 행정의 사전 배려의 원칙에 입각하여 각종 개발사업의 시행으로 인한 환경오염을 사전에 예방하기 위한 수단으로서, 사업계획을 수립하고 시행함에 있어서 미리 당해사업이 환경에 미칠 영향을 예측, 분석하여 환경영향을 줄일 수 있는 방안을 강구하여, 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발을 통한 쾌적한 환경 유지를 목적으로 한다.

(2) 교통영향평가 (관계기관 : 건설교통부)

일정규모 이상의 사업시행이나 시설의 설치로 인하여 예상되는 유발 교통량을 예측분석하고 교통대책을 강구하여 해당사업지 및 주변지역의 교통여건을 향상시켜 도시교통의 원활한 소통에 기여함을 목적으로 한다.

(3) 재해영향평가 (관계기관 : 행정자치부)

개발계획이 수립, 입안되는 과정에서 해당개발사업이 유역의 치수능력에 미치는 영향을 사전에 평가하고, 홍수 등의 재해요인을 분석하여 그 요인을 최소화하는 방향으로 계획 추진을 목적으로 한다.

(4) 인구영향평가(관계기관 : 건설교통부)

개발계획을 수립함에 있어 그 사업이 인구의 집중 또는 증가에 미칠 영향을 미리 예측, 평가하여 과도한 인구집중 또는 증가로 인한 악영향의 제거나 완화를 목적으로 한다.

2.2.3 영향평가 대상

각 영향평가의 대상은 「환경·교통·재해 등에 관한 영향평가법 시행령」 제2조 3항에 근거하며, 해당 영향평가의 주요 대상사업범위는 다음과 같다.

(1) 환경영향평가분야

1) 도시의 개발

① 도시개발법 제2조 1항 2호의 규정에 의한 도시개발사업 중 면적이 25만㎡ 이상인것

② 도시 및 주거환경정비법 제2조 2호의 규정에 의한 정비사업(주거환경개선사업을 제외한다)중 면적이 30만㎡ 이상인 것

③ 주택법 제16조의 규정에 의한 대지조성사업 중 면적이 30만㎡ 이상인 것

④ 택지개발촉진법 제7조 1항의 규정에 의한 택지개발사업 또는 국민임대주택건설 등에 관한특별조치법 제2조 2호의 규정에 의한 국민임대주택단지 조성사업 중 면적이 30만㎡ 이상인 것

⑤ 하수도법 제2조 5호의 규정에 의한 하수종말처리시설의 설치공사 중 처리능력이 1일 10만㎥ 이상인 것

2) 산업입지 및 산업단지의 조성

① 산업입지 및 개발에 관한법률 제2조 제6호의 규정에 의한 산업단지개발사업 중 면적이

15만㎡ 이상인 것

② 도시개발법 제2조 1항 2호의 규정에 의한 도시개발사업으로서 공업용지조성사업중 면적이 15만㎡ 이상인 것

3) 도로의 건설

도로법 제2조 또는 제10조, 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제2조 13호의 규정에 의한 도로의 건설사업 중 다음사업

① 4㎞ 이상의 신설(국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제6조제1호의 규정에 의한 도시지역에서는 폭 25m 이상으로서 도로구역에 동법 제36조 1항 1호 라목의 규정에 의한 녹지지역이 3만㎡이상 포함되는 경우에 한한다.

다만, 도로법 제11조 1호의 규정에 의한 고속국도와 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령 제2조 2항의 규정에 의한 자동차전용도로 및 지하도로의 경우에는 그러하지 아니하다.)

② 2차로 이상으로서 10㎞ 이상의 확장

③ 신설과 확장이 함께있는 경우로서 다음식에 의하여 산출한 수치의 합이 1 이상인 것

(신설구간 길이의 합 / 4㎞) + (확장구간 길이의 합 / 10㎞)

4) 폐기물 처리시설 및 분뇨처리시설의 설치

① 폐기물관리법 제2조 7호의 규정에 의한 폐기물처리시설 중 다음 시설의 설치사업

(가) 최종처리시설 중 매립시설로서 조성면적이 30만㎡ 이상 또는 매립용적이 330만㎥이상인 것. 다만, 지정폐기물을 처리하는 시설의 경우에는 조성면적이 5만㎡ 이상 또는 매립용적이 25만㎥ 이상인 것

(나) 중간처리시설중 소각시설로서 처리능력이 1일 100톤 이상인 것

② 오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률 제2조 9호의 규정에 의한 분뇨처리시설의 설치로서 처리용량이 1일 100㎘ 이상인 것.

다만, 하수도법 제2조 5호의 규정에 의한 하수종말처리시설로 분뇨를 유입 처리하는 분뇨처리시설을 제외한다.

(2) 교통영향평가분야

1) 도시의 개발

① 도시개발법 제2조 1항 2호의 규정에 의한 도시개발사업

- 지방 교통영향 심의위원회 심의대상 : 부지면적 10만㎡ 이상

② 도시 및 주거환경정비법 제2조 2호 나목 및 라목의 규정에 의한 주택재개발사업 및 도시환경정비사업

- 지방 교통영향 심의위원회 심의대상 : 부지면적 10만㎡ 이상

③ 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제2조 6호의 규정에 의한 기반시설 중 다음의 시설에 관한 도시 계획시설사업

• 도로

지방 교통영향 심의위원회 심의대상 : 총길이 5㎞ 이상 신설노선 중 인터체인지·교차부분 및 다른 간선도로와의 접속부

④ 주택법 제16조의 규정에 의한 대지조성사업

• 지방 교통영향 심의위원회 심의대상 : 부지면적 10만㎡ 이상

⑤ 택지개발촉진법 제7조 1항의 규정에 의한 택지개발사업 또는 국민임대주택건설 등에 관한특별 조치법 제2조 2호의 규정에 의한 국민임대주택단지 조성사업

(가) 중앙 교통영향 심의위원회 심의대상 : 부지면적 300만㎡ 이상

(나) 지방 교통영향 심의위원회 심의대상 : 부지면적 10만㎡ 이상 300만㎡ 미만

⑥ 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제49조제1호의 규정에 의한 제1종 지구단위계획에 관한 도시 관리계획의 결정

• 지방 교통영향 심의위원회 심의대상 : 부지면적 5만㎡

2) 산업입지 및 산업단지의 조성

산업입지 및 개발에 관한 법률 제2조 6호의 규정에 의한 산업단지개발사업

① 중앙 교통영향 심의위원회 심의대상 : 부지면적 500만㎡ 이상

② 지방 교통영향 심의위원회 심의대상 : 부지면적 20만㎡ 이상 500만㎡ 미만

3) 도로의 건설

도로법 제11조의 규정에 의한 다음 도로의 건설

① 고속국도·일반국도

(가) 중앙 교통영향 심의위원회 심의대상 : 총길이 30㎞ 이상 신설노선 중 인터체인지·분기점·교차부분 및 다른 간선도로와의 접속부

(나) 지방 교통영향 심의위원회 심의대상 : 총길이 5㎞ 이상 신설노선 중 인터체인지·분기점·교차부분 및 다른 간선도로와의 접속부

② 특별시도·광역시도·지방도·시도·군도·구도

• 지방 교통영향 심의위원회 심의대상 : 총길이 5㎞ 이상 신설노선 중 인터체인지·교차부분 및 다른 간선도로와의 접속부

4) 민간투자사업

사회간접 자본시설에 대한 민간투자법 제2조 5호의 규정에 의한 민간투자사업

① 중앙 교통영향 심의위원회 심의대상 : 부지면적 300만㎡ 이상

② 지방 교통영향 심의위원회 심의대상 : 해당 사업 또는 시설규모 이상

(3) 재해영향평가분야

1) 도시의 개발

① 도시개발법 제2조 1항 2호의 규정에 의한 도시개발사업 중 면적이 30만㎡ 이상인것

② 도시 및 주거환경정비법 제2조 2호 나목 및 라목의 규정에 의한 주택재개발사업 및 도시환경정비사업 중 면적이 30만㎡ 이상인 것

③ 주택법 제16조의 규정에 의한 대지조성사업 중 면적이 30만㎡ 이상인 것

④ 택지개발촉진법 제7조 제1항의 규정에 의한 택지개발사업 또는 국민임대주택건설 등에 관한특별조치법 제2조 제2호의 규정에 의한 국민임대주택단지 조성사업 중 면적이 30만㎡ 이상인 것

2) 사업입지 및 산업단지의 조성

산업입지 및 개발에 관한법률 제2조 6호의 규정에 의한 산업단지 개발사업 중 면적이 30만㎡ 이상인 것

(4) 인구영향평가분야

1) 도시의 개발

① 도시개발법 제2조 1항 2호의 규정에 의한 도시개발사업으로서 그 면적이 100만㎡이상인 것. 다만, 토지이용계획상 공업지역 이 포함된 경우에는 면적이 30만㎡ 이상인 것으로 한다.

② 다음 각목의 1에 해당하는 택지조성사업으로서 그 면적이 100만㎡ 이상인 것

(가) 주택법 제16조의 규정에 의한 주택건설사업·대지조성사업

(나) 택지개발촉진법 제7조 제1항의 규정에 의한 택지개발사업 또는 국민임대주택건설등에 관한 특별조치법 제2조 2호의 규정에 의한 국민임대주택단지 조성사업

(다) 산업입지 및 개발에 관한 법률 제2조 제5호의 규정에 의한 산업단지 및 동법 제39조의 규정에 의한 특수지역에서의 주택지 조성사업

2) 산업입지 및 산업단지의 조성

산업입지 및 개발에 관한법률 제2조 6호의 규정에 의한 산업단지개발사업 및 동법 제39조의 규정에 의한 특수지역 개발사업으로 그 면적이 30만㎡ 이상인 것

2.2.4 구조물 계획시 고려사항

각 영향평가분야 중 구조물 설치와 관련하여 설계시 고려되어 반영되어야 할 분야는 환경영향평가분야이며, 환경분야 가운데 다음 사항을 고려하여 구조물 설계시 반영하여야 한다.

(1) 대기오염

1) 적용대상

공사 중 비산먼지에 의한 영향이 우려되는 곳으로 주거지역, 축사, 학교 및 농작물, 유실수, 특용작물 재배지역 등이 있으며, 대상사업은 「대기환경보전법 제28조」에 근거하며 다음과 같다.

<표 2.1> 적용대상

건설업 토목공사	구조물의 용적합계 1,000㎥ 이상, 공사면적 1,000㎡ 이상 또는 총연장 200m 이상에 한한다.

2) 적용기준

「대기환경보전법 제8조」 규정에 근거한 배출허용기준은 다음과 같다.

<표 2.2> 배출허용기준

비산먼지	0.5㎎/S㎥

3) 고려사항

① 「대기환경보전법 제28조 1항」의 규정에 의해 비산먼지 발생을 억제하기 위한 시설의 설치 및 필요한 조치를 하여야 한다.

② 보통 말뚝항타 등 시공현장 내에서의 먼지가 현장 밖으로 흩날리지 않도록 방진막 또는 방진벽 설치 등의 저감대책을 강구한다.

(2) 수질오염

1) 적용대상

상수보호구역, 교량설치지역 및 오수처리장 방류수계등을 대상으로 하며, 구조물 시공시 발생되는 부유물질이나 방류수의 오염도 적합성 여부를 판단한다.

2) 적용기준

「수질환경보전법 제32조」의 규정에 근거한 방류수 수질기준은 다음과 같다.

<표 2.3> 방류수 수질기준

구 분	적용기간 및 수질기준		
	2007.12.31까지	2008. 1. 1부터 2012.12.31까지	2013. 1. 1이후
생물화학적산소요구량(BOD) (㎎/ℓ)	30 이하	20 이하	10 이하
화학적산소요구량(COD) (㎎/ℓ)	40 이하	40 이하	40 이하
부유물질량(SS)(㎎/ℓ)	30 이하	20 이하	10 이하
총질소(T-N)(㎎/ℓ)	60 이하	40 이하	20 이하
총 인(T-P)(㎎/ℓ)	8 이하	4 이하	2 이하
총대장균군 (총대장균군수/㎖)	-	3,000 이하	3,000 이하

3) 고려사항

① 공사시 수질오염은 부유물질량 농도의 증가에 의할 때가 많으며, 일반적으로 침사지, 오염 확산 방지막 등의 대책을 강구한다.

② 오수정화시설에 있어서 정비, 점검, 청소 철저로 최적처리 효율을 유지토록 한다.

③ 상수원보호구역 횡단교량에는 유류, 유독 등의 운송차량이 전복 및 추락하여 상수원을 오염시킬 우려가 있는 경우 안전시설설치등의 대책을 수립하여야 한다.

(3) 소음・진동

1) 적용대상

「소음・진동 규제법 제28조」의 규정에 근거하여 소음・진동 규제지역의 범위는 다음과 같다.

① 국토의 계획 및 이용에 관한 법률의 규정에 의한 주거지역・상업지역 및 녹지지역

② 국토의 계획 및 이용에 관한 법률의 규정에 의한 준공업지역

③ 국토의 계획 및 이용에 관한 법률의 규정에 의한 취락지구 및 관광・휴양개발진흥지구 (관리지역에 한 한다.)

④ 의료법 제3조에 규정에 의한 종합병원 주변지역, 도서관 및 독서진흥법 제2조에 규정에 의한 공공도서관 주변지역 및 초・중등 교육법 제2조 또는 고등교육법 제2조에 규정에 의한 학교의 주변지역

⑤ 기타 환경부장관이 정온한 생활환경조성을 위하여 필요하다고 인정하여 지정・고시하는 지역

2) 적용기준

「소음・진동 규제법 제23조」의 규정에 근거한 생활 소음・진동의 규제기준은 다음과 같다.

① 생활소음 규제기준

<표 2.4> 생활 소음・진동의 규제기준

대상지역	시간별 / 소음원		아침, 저녁 (05:00-08:00, 18:00-22:00)	낮 (08:00-18:00)	밤 (22:00-05:00)
주거지역, 녹지지역, 관리지역 중 취락지구 및 관광・휴양개발진흥지구, 자연환경보전지역, 그밖의 지역 안에 소재한 학교・병원・공공도서관	확성기	옥외설치	70 이하	80 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	50 이하	55 이하	45 이하
	공장・사업장		50 이하	55 이하	45 이하
	공 사 장		65(60) 이하	70(65) 이하	55(50) 이하
그 밖의 지역	확성기	옥외설치	70 이하	80 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	60 이하	65 이하	55 이하
	공장・사업장		60 이하	65 이하	55 이하
	공 사 장		70(65) 이하	75(70) 이하	55(50) 이하

주) • 소음의 측정방법과 평가단위는 소음・진동공정시험방법에서 정하는 바에 따른다.
• 대상지역의 구분은 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 의한다.
• 규제기준치는 생활소음의 영향이 미치는 대상지역을 기준으로 하여 적용한다.
• 실외에 설치한 확성기의 사용은 1회 2분 이내, 15분 이상의 간격을 두어야 한다.
• 공사장의 소음규제기준은 주간의 경우 특정공사의 사전신고대상 기계・장비를 사용하는 작업시간이 1일 2시간 이하일 때는 +10dB을, 2시간 초과 4시간 이하일 때는 +5dB을 규제기준치에 보정한다.
• 발파소음의 경우 주간에 한하여 규제기준치(광산의 경우 사업장 규제기준)에 +10dB을 보정한다.
• ( )는 2009년 1월 1일부터 적용한다.

② 생활 진동 규제기준

<표 2.5> 생활 진동 규제기준

시 간 별 / 대상지역	주 간 (06:00-22:00)	심 야 (22:00-06:00)
주거지역, 녹지지역, 관리지역 중 취락지구 및 관광·휴양개발진흥지구, 자연환경보전지역, 그밖의 지역 안에 소재한 학교·병원·공공도서관	65 이하	60 이하
그 밖의 지역	70 이하	65 이하

주) • 진동의 측정방법과 평가단위는 소음·진동공정시험방법에서 정하는 바에 따른다.
• 대상지역의 구분은 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 의한다.
• 규제기준치는 생활진동의 영향이 미치는 대상지역을 기준으로 하여 적용한다.
• 공사장의 진동규제기준은 주간의 경우 특정공사의 사전신고대상 기계·장비를 사용하는 작업시간이 1일 2시간 이하일 때는 +10dB을, 2시간 초과 4시간 이하일 때는 +5dB을 규제기준치에 보정한다.
• 발파진동의 경우 주간에 한하여 규제기준치에 +10dB을 보정한다.

③ 특정 공사의 사전신고대상 기계·장비의 종류

- 항타기·항발기 또는 항타항발기 (압입식 항타항발기를 제외한다.)
- 공기압축기(공기토출량이 분당 2.83㎥ 이상의 이동식인 것에 한한다.)
- 병타기
- 건축물 파괴용 강구
- 굴삭기
- 로우더
- 로울러
- 콘크리트 펌프
- 착암기
- 브레이커(휴대용을 제외한다.)
- 발전기
- 압쇄기
- 콘크리트 절단기

3) 고려사항

공사시 기계·장비등에 의해 발생되는 소음·진동이 허용기준치를 초과하는 경우 시공법을 저소음, 저진동공법으로 변경하는 것을 포함하여, 방음 또는 방진시설의 설치등의 대책을 강구하여야 한다.

2.3 관계기관 협의

(1) 구조물을 계획함에 있어 기능(폭원, 경간장 등)이나 미관(형식, 조형미)측면에 대해 관계기관 및 지자체의 의견을 수렴하고, 그 의견이 타당하다고 인정되는 때에는 이를 반영하여 공사시행 중 변경되는 일이 없도록 한다. 다만, 구조물의 안정성, 시공성, 설치기준 등에 따라

반영이 곤란한 경우에는 미리 이러한 사항을 충분히 설명 및 협의하여 공사시행 중 민원발생이나 지자체 또는 관계기관의 승인이 거부되는 일이 없도록 한다.

(2) 구조물의 건설에 따라 주변에 미치는 영향을 파악하고 민원발생의 소지가 있는 부분에 대해서는 이를 최소화할 수 있는 대안을 검토한다.

(3) 구조물 설치 및 설계 관련기관과 충분한 협의를 수행한다.

2.4 조사계획

2.4.1 구조물의 조사

(1) 개요

조사의 기본 방침으로서는 합리적인 또는 경제적인 계획, 설계, 시공을 하기 위하여 필요한 조건을 명확히 하는 것으로 구조물의 규모, 중요성 및 가설지점의 상황 등을 충분히 고려한 후, 공학적으로 필요한 정도, 내용을 갖는 것이어야 한다.

구조물은 계획과 설계, 제작과 가설로부터 유지 또는 보수까지를 포함하는 광범위한 내용으로 되어 있는데, 구조물의 계획, 설계, 시공시 잘못된 조사에 의해 공기 및 공사비 등에 차질을 가져오는 경우가 종종 있으므로 사전 조사가 절대적으로 중요하다.

(2) 조사내용과 조사목적

조사의 내용은 교량의 규모에 따라 다른데, 교량계획에 필요한 조사 내용으로서는 조사의 종류 표에 나타내었다.

조사가 불충분한 경우 공사단계에 커다란 변경을 하는 일이 없도록 교량의 규모에 맞는 조사계획을 사전에 세우는 일이 필요하다. 특히, 기초의 조사가 불충분하여 커다란 변경을 해야 하는 경우가 종종 발생하기 때문에 기초 조사시 보링(boring)의 간격 및 심도는 특히 신중하게 결정할 필요가 있다.

(3) 조사의 흐름

구조물을 계획하는데 있어서의 조사는 크게 나누어, 예비조사와 본조사로 나뉘고, 본 조사는 구조물의 설치구역을 대상으로, 1차 조사, 2차 조사와 현지의 진척도에 맞게 나누어진다.

계획, 설계, 시공의 각 단계에서의 필요한 조사사를 흐름도로 표시하면 다음 그림과 같다. 구조물의 계획에서 시공까지 각 단계별로 크게 계획조사, 설계조사, 시공조사를 해야 하며 계획, 설계, 시공의 각 단계에 관련된 조사를 살펴보면 다음과 같다.

① 계획단계

가설지점, 구조물의 규모와 구조형식 등을 결정하기 위해서 필요한 조사이다.

② 설계단계

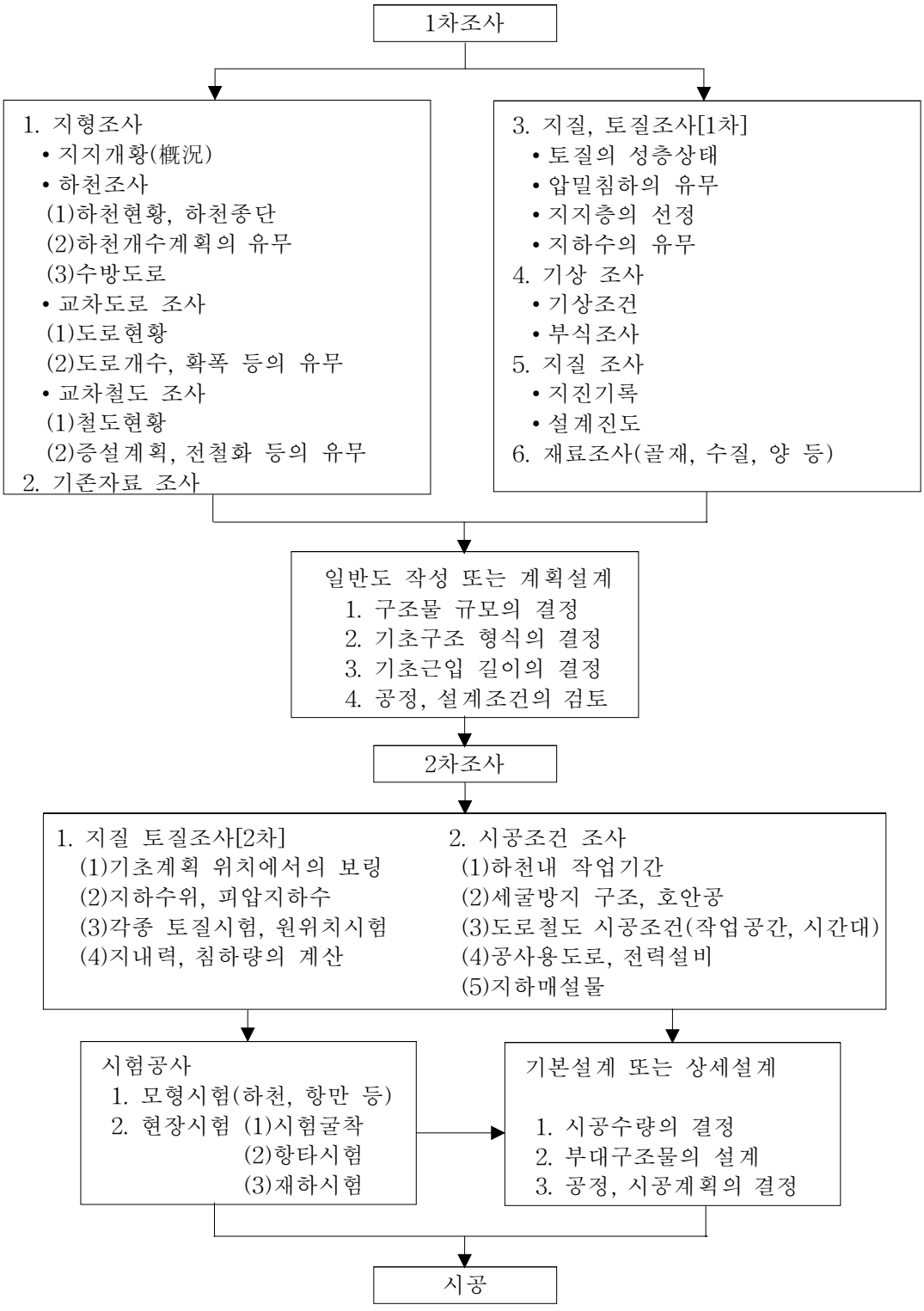
계획조사의 결과를 바탕으로 결정된 조건 아래서 공사 발주에 필요한 구조물의 설계도를 작성하기 위한 조사이다.

③ 시공단계

상세 설계된 결과를 가지고 시공에 앞서 행하는 조사로 설계에 적용된 조건이 현장에 적합 한지를 조사 확인하기 위한 것과 시공상 문제가 될 점들을 공사에 앞서 미리 파악하기 위한 것이 있다.

<표 2.6> 조사의 종류

조사종류	조 사 내 용	조 사 목 적
지형조사	• 지형도 작성	• 구조물 위치 및 규모 결정
지질조사	• 지질역사, 지질자료 수집 • 지질도 작성 • 물리탐사	• 구조물 위치 및 규모 결정 • 하부공 위치선정과 구조계획
교차도로 조사	• 교차도로, 철도 등의 폭원, 교량높이, 건축한계, 횡단구조, 종단구배 등의 상황 및 장래계획 조사 • 지하매설물의 조사	• 구조물 시설 규모 및 시공방법의 선정
하천조사	• 하천횡단형상 • 유량, 유속, 고수위, 저수위, 하천구배 등의 형상 및 장래계획 조사 • 항해선박의 조사	• 경간분할, 다리밑 공간, 교각형상, 기초, 근입깊이의 선정 • 시공시기, 시공방법의 선정 • 월류방지 소요단면의 결정 • 경간분할, 교각형상, 시공방법의 결정, 충돌하중의 결정
바다, 하천, 늪의 조사	• 조수위, 파고, 조류조사 • 항해선박의 조사	• 계획고의 선정 • 수압, 시공시기, 시공방법의 선정 • 경간분할, 교각형상, 충돌하중의 결정
토질조사	• 보링 • 표준관입시험 • 토질시험 • 테스트 핏트 • Pressure Meter 테스트 • 지하수위 측정	• 하부공의 설계 • 지지층의 선정, 허용지내력의 결정 • 흙의 단위중량결정, 내부마찰각, 점착력의 결정 • 압밀침하량의 산정 • 시공방법의 선정
지진조사	• 지진기록, 지진피해 기록의 조사 • 지반상시 미진동측정 • 지진기반의 확인	• 설계진도의 결정
기상조사	• 기상관측 기록의 조사 (풍속, 온도, 강설, 천후)	• 온도변화의 결정, 풍하중, 설하중의 결정 • 피복두께의 선정, 재료의 선정, 시공시기 및 방법의 선정
구조물 첨가물 조사	• 구조물위치의 지하매설물조사 • 상수도, 하수도, 전력, 통신선 등의 신설계획 조사	• 첨가물의 치수, 중량의 결정
부식조사	• 기존구조물의 부식상황 조사 • 유기물 조사, pH조사 • 도료에 대한 시험	• 사용재료의 선정 • 방청방법의 결정
재료조사	• 콘크리트용 골재 및 물의 품질과 물량조사	• 재료의 선정 및 적산
시공조사	• 재료운반로의 현황조사	• 운반될 최대부재의 결정 • 공사용 도로계획



주) • 지형, 지질의 변화가 심한 가교지점 및 기초의 규모가 대단히 큰 경우에 대해서는 상당수의 보링을 실시하고, 지층의 넓이, 흐름등을 명확히 할 필요가 있음.
• 필요에 따라 시공조건 조사는 1차조사만으로 하는 경우가 있음

[그림 2.1] 조사계통 흐름도

2.4.2 시험

(1) 시험방법 및 대상

1) 지반을 구성하는 흙은 다른 토목재료에 비해서 아주 복잡하므로 본 조사를 실시할 때에는 하부구조의 형식이나 규모 등에 따라 적절한 시험방법을 선택하지 않으면 안 된다.

2) 또한 실시설계시 대상지반의 시험결과는 종합적으로 판단하여 구조물 설계시 최대한 반영되어야 한다.

3) 본 조사에서 시행되는 시험방법과 대상지반에서 구해지는 사항과의 관계는 <표 2.7>과 같다.

<표 2.7> 조사방법과 조사사항과의 관계

시 험 방 법	시험방법의 분류	대상지반의 종류	시료의 흐트러짐(○) 않흐트러짐(×)	조사 위치	조 사 사 항
1. 보링	1)로타리보링	모든지반		원위치	토질, 층두께,
	2)오가보링	점성토,사질토		원위치	심도,지하수위
	3)왓슈보링	연약점성토, 연약사질토		원위치	
2. 샘플링	1)코아튜브	모든지반	(○)	원위치	시료채취,RQD(암)
	2)고정피스톤식 신월샘플러	연약점성토, 사질토	(×)	원위치	시표채취
	3)데니손샘플러	경질점성토	(×)	원위치	시표채취
	4)샌드샘플러	사질토	(×)	원위치	시표채취
	5)호일샘플러	연약점성토	(×)	원위치	시표채취
	6)삼중관식 샘플러	사질토	(×)	원위치	시표채취
	7)블록샘플링	점성토, 암	(×)	원위치	시표채취
3. 사운딩	1)표준관입시험	사질토,점성토		원위치	N치, 시료채취
	2)베인전단시험	연약점성토		원위치	전단강도
	3)정적 콘 관입 시험	연약점성토, 사질토		원위치	콘 지지력
	4)스웨덴식 샘플링	사질토,점성토		원위치	관입저항치

<표 2.7> 조사방법과 조사사항과의 관계(계속)

시 험 방 법	조사방법의 분류	대상지반의 종류	시료의 흐트러짐(○) 않흐트러짐(×)	조사 위치	조 사 사 항
4 토질 및	1)물리특성시험	모든지반	(○)	실내	입도, 컨시스턴시,
암석시험			(×)		밀도, 함수비
	2)일축압축시험	점성토, 암	(×)	실내	일축압축강도,
					변형계수
	3)삼축압축시험	모든지반	(×)	실내	점착력, 전단저항각,
					변형계수
	4)직접전단시험	사질토,점성토	(×)	실내	전단저항각,변형계수
	5)압밀시험	점성토	(×)	실내	압축지수, 압밀계수,
					압밀항복응력
	6)초음파	암	(×)	실내	초음파 전파속도
	전파시험				
	7)크리프시험	암	(×)	실내	크리프계수
	8)침수붕괴도 시험	암	(×)	실내	침수 붕괴도
5.지하수	1)지하수위측정	모든지반		원위치	지하수위
조사	2)간극수압측정	모든지반		원위치	간극수압
	3)유향,유속측정	모든지반			유향, 유속
	4)투수시험	모든지반		원위치	투수계수
				실내	
	5)호일샘플러	연약점성토	(×)	원위치	시표채취
	6)삼중관식	사질토	(×)	원위치	시표채취
	샘플러				
	7)블록샘플링	점성토, 암	(×)	원위치	시표채취

<표 2.7> 조사방법과 조사사항과의 관계(계속)

시 험 방 법	시험방법의 분류	대상지반의 종류	시료의 흐트러짐(○) 않흐트러짐(×)	조사 위치	조 사 사 항
6. 재하	1)지반의 평판	모든지반		원위치	연직지지력,
시험	재하시험				지반반력계수
	2)공내수형	모든지반		원위치	변형계수
	재하시험				
	3)말뚝의 연직	모든지반		원위치	연직지지력, 말뚝의
	재하시험				축방향 스프링정수
	4)말뚝의 수평	모든지반		원위치	지반반력계수
	재하시험				
	5)말뚝의 인발	모든지반		원위치	인발 저항력
	시험				
	6)블록전단시험	암		원위치	점착력, 전단저항각
7. 물리탐사	1)탄성파 탐사	모든지반		원위치	탄성파속도,지질구조
및	2)음파 탐사	모든지반		원위치	탄성파속도,지질구조
물리검층	3)전기 탐사	모든지반		원위치	지질구조, 지하수위
	4)속도 검층	모든지반		원위치	탄성파속도,지질구조
	5)PS 검층	모든지반		원위치	탄성파속도,지질구조
	6)전기 검층	모든지반		원위치	지하수위, 지질구조
	7)밀도 검층	모든지반		원위치	밀도, 지질구조

(2) 물리탐사 및 물리검층

물리탐사 및 물리 검층 중 주로 쓰이는 것을 다음 표에 요약하였다.

이들의 탐사 및 검층으로 측정되는 각종 물리량은 지반의 역학적, 공학적 성질을 그대로 나타낸 것이 아니고 어디까지나 전체의 지반 상태를 나타내는 것임을 인식하고 조사를 병용해서 그의 해석에 틀림이 없도록 함이 대단히 중요하다.

<표 2.8> 물리탐사 및 물리검층 방법

구 분	측정방법	측정항목	조 사 사 항
물리탐사법 (지표탐사법)	탄성파 탐사	탄성파 속도	지질구조, 기초의 깊이, 지반의 상대적 (硬軟)
	음파 탐사	음향 임피던스	해저지형, 지질구조
	전기 탐사	자연전위, 방사능	지질구조, 지하수위
	기 타	자기량, 방사능	
물리검층법 (공내탐사법)	속도 검증	P파 속도	지층구성, 지반의 상대적경도
	PS 검층	P파 속도, S파 속도	지층구성, 지반의 동적 성질, 지반의 상대적 경연
	전기 검층	자연전위, 비저항	지층구성, 대수층
	밀도 검층	γ선 강도	지층구성, 밀도
	기 타	열중성자, 수온	함수비, 지하수의 용출

3. 교량구조물

3.1 일반교량

3.1.1 구조 및 시설기준

(1) 관련법규

1) 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 (2004.12)

① 제1조 (목적)

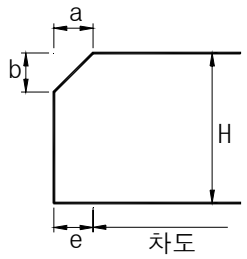
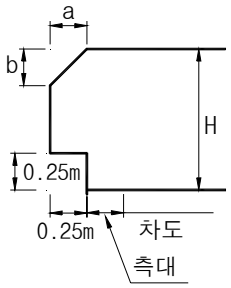
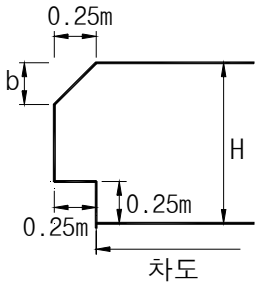
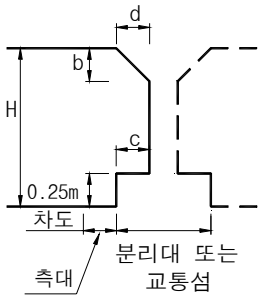
도로법 제39조의 규정에 의하여 도로의 구조 및 시설에 적용되는 최소한의 기준을 규정한다.

② 제17조 (시설한계)

차도, 보도 및 자전거도로의 시설한계의 경우 도로의 종단경사 및 횡단경사를 고려하여 시설한계를 확보하여야 한다.

③ 차도 및 보도등의 시설한계(제17조 관련)

<표 3.1> 차도의 시설한계

차도에 접속하여 길어깨가 있는 도로		차도에 접속하여 길어깨가 설치되어 있지 아니한 도로	차도중 또는 중앙분리대안에 분리대 또는 교통섬이 있는 도로
터널 및 100m 이상인 교량을 제외한 도로의 차도	터널 및 100m 이상인 교량의 차도		
			

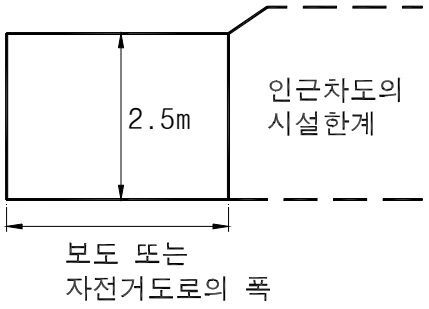
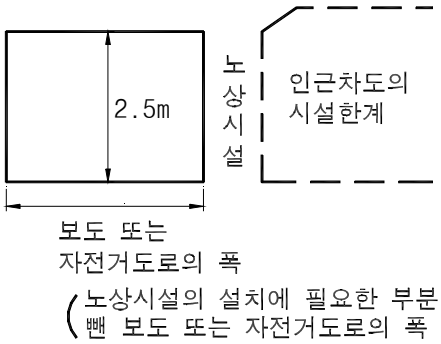
- a 및 e : 차도에 접속하는 길어깨의 폭, 다만, a가 1m를 초과하는 경우에는 1m로 한다.
- b : H(4m 미만인 경우에는 4m)에서 4m를 뺀 값
- c 및 d : 분리대와 관계가 있는 것에 있어서는 도로의 구분에 따라 각각 다음 표에서 정하는 값으로 하고, 교통섬과 관계가 있는 것에 있어서는 c는 0.25m, d는 0.5m로 한다.

<표 3.2> 시설한계 (단위 : m)

구 분	c	d
고속도로	0.25 이상 0.50 이하	0.75 이상 1.00 이하
도시고속도로	0.25	0.75
일반도로	0.25	0.5

• 통과높이(H)는 4.5m로 한다. 다만, 집산도로 또는 국지도로에 있어서 지형 상황 등으로 인하여 부득이하다고 인정되는 경우에는 4.2m(대형자동차의 교통량이 현저히 적고 그 도로의 부근에 대형자동차가 우회할 수 있는 도로가 있는 경우에는 3m)로 할 수 있다.

<표 3.3> 보도 및 자전거도로의 시설한계

노상시설을 설치하지 아니한 보도 및 자전거도로	노상시설을 설치하는 보도 및 자전거도로
	

④ 제35조 (철도와의 교차)

(가) 도로와 철도의 교차는 입체교차를 원칙으로 한다. 다만, 주변지장물이나 기존의 교차형식 등으로 인하여 부득이하다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니한다.

(나) 철도를 횡단하여 교량을 가설하는 경우에는 철도의 확장 및 보수와 제설 등을 위한 충분한 경간장을 확보하여야 하며, 교량의 난간부에 방호울타리 등을 설치하여야 한다.

⑤ 제43조 (교량 등)

(가) 교량 등의 도로구조물은 하중조건 및 내진성 등을 고려하여 설치하여야 한다.

(나) 교량에는 그 유지·관리를 위하여 필요한 교량점검로 및 계측시설 등의 부대시설을 설치하여야 한다.

(2) 관련기준

1) 도로교 설계기준 (2005) 건설교통부

① 구조규격

교량의 폭원 구성, 시설한계, 선형 등의 구조규격은「도로의 구조·시설기준에 관한 규칙」에 따른다.

② 교차조건

(가) 교차지점에서 가교위치, 지간분할, 교각위치, 교각형상, 다리 밑 공간 등은 관계기관

과 충분히 협의하여 정한다.

(나) 도로의 경우에는 4.5m 이상으로 하되, 동계 적설에 의한 한계높이의 감소 또는 포장 덧씌우기 등이 예상되는 경우에는 4.7m 이상으로 하는 것이 바람직하다.

(다) 하천인 경우에는 계획홍수량에 따라 다음 표의 값을 표준으로 하되, 하상 변동에의한 수위상승과 만곡부의 수위상승, 수리계산 오차 등을 고려하여 제방여유고 이상을 확보한다.

<표 3.4> 하천에서의 다리 밑 공간

계획홍수량(㎥/s)	다리 밑 공간(m)
200 이하	0.6 이상
200 ~ 500	0.8 이상
500 ~ 2,000	1.0 이상
2,000 ~ 5,000	1.2 이상
5,000 ~ 10,000	1.5 이상
10,000 이상	2.0 이상

- 하천에서의 다리 밑 공간은 교량설치를 감안하여 산정한 홍수위로부터 교각이나 교대 중 가장 낮은 교각(교대)에서 교량 상부구조를 받치고 있는 받침장치 하단부까지 높이를 뜻하며 받침장치가 콘크리트에 묻혀있을 경우 콘크리트 상단높이까지를 말하며 교대와 교각이 여러 개일 경우 이들 중 가장 낮은 지점의 높이를 말한다.

2) 하천설계기준 (2005) 건설교통부

① 설치위치

(가) 부득이 한 경우를 제외하고는 제체 내에는 교대 등 교량에 관련된 하천점용시설물을 설치하지 말아야 한다.

(나) 교각의 유하방향 투영 면적이 전 하폭에 걸치게 되는 교량을 계획하지 않아야 한다.

② 계획고

(가) 교량의 계획고는 제방고보다 낮아서는 안 된다.

(나) 상류에서 다수의 이송잡물이 떠내려올 가능성이 있는 하천에서는 교량의 계획고는 제방고보다 충분히 높게 결정해야 하며, 교량에 유지관리 통로를 비롯한 교량·교각·교대 점검시설이 있을 경우 이에 대한 여유고도 확보하여야 한다.

(다) 주운수로에 설치된 교량의 다리 밑 공간높이(형하고) 결정은 수로를 항해하는 선박의 형태 및 적재된 화물형태를 기초로 계산하여야 한다. 특히 콘테이너선인 경우 콘

테이너 규모가 형하고 설정에 결정적인 요인이 되고 있으므로 이를 반영하여 결정하여야 한다.

③ 경간장

(가) 교량의 길이는 하천폭 이상이어야 한다.

(나) 경간장은 산간 협착부라든지 그 외 하천의 상황, 지형의 상황 등에 따라 치수상 지장이 없다고 인정되는 경우를 제외하고는 다음 식으로 얻어지는 값 이상으로 한다. 단, 그 값이 70m를 넘는 경우에는 70m로 한다. 그러나, 제방법면 처음 교각까지의 측경간장은 그 값이 50m를 넘는 경우에는 50m로 한다.

$L = 20 + 0.005Q$

여기서 L은 경간장(m)이고 Q는 계획홍수량(㎥/s)이다.

(다) 다음의 각 항목에 해당하는 교량의 경간장은 하천관리상 큰 지장을 줄 우려가 없다고 인정될 때는 상기 규정에 관계없이 다음 각 호에서 제시하는 값 이상으로 할 수 있다.

가) 계획홍수량이 500㎥/sec 미만이고 하천폭이 30m 미만인 하천일 경우 12.5m 이상

나) 계획홍수량이 500㎥/sec 미만이고 하천폭이 30m 이상인 하천일 경우 15m 이상

다) 계획홍수량이 500~2,000㎥/sec 인 하천일 경우 20m 이상

라) 계획하폭 25m 이하인 경우 하폭의 5% 이내에서 교각을 설치할 수 있음.

마) 주운을 고려해야 할 경우는 주운에 필요한 최소 경간장 이상

(라) 단, 하천의 상황 및 지형학적 특성상 상기에서 제시된 경간장 확보가 어려운 경우, 치수에 지장이 없다면 교각 설치에 따른 하천폭 감소율(설치된 교각폭의 합계/설계홍수위에 있어서의 수면의 폭)이 5%를 초과하지 않는 범위내에서 경간장을 조정할 수 있다.

④ 교각의 심도

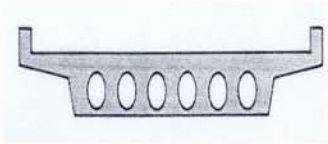
(가) 암반기초에 설치하는 경우를 제외하고는 신설교량의 교각은 세굴평가로 산정되는 심도 이하에서 설치해야 한다.

(나) 고수부지 교각기초의 심도는 세굴량 산정과 횡방향 유로 이동을 검토하여 결정한다.

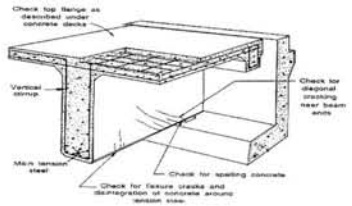
3.1.2 일반사항

(1) 교량 구조 형식별 분류

<표1.13> 교량 구조 형식별 분류

구분		개 요	현황사진 및 단면도(예)	적정지간	횡단조건	형식선정조건	특 징
철근콘크리트교	라멘교	• 신축이음이 없고 강결구조로 내진저항이 크며, 단순경간의 경우 15m 이내의 경간에 널리 사용되며 보의 높이를 줄일 수 있어 소하천 및 형고의 제약을 받는 곳에 적용성이 높다.		10m~15m	도로 및 소하천 횡단	• 보높이를 줄일 수 있으므로 형고의 제약을 받는 곳에 설치 • 형하고 10m 이하 • 선형 및 교폭 변화구간 설치가능 • 가설시 지반조건 및 형하공간 이용제약	• 지진시 안정성 양호 • 주행성 양호 (신축이음이 없다) • 유지관리 양호 (교량받침 등이 없다) • 부등침하시 균열 발생 우려 • 형하고가 10m 이상인 곳에는 1~2m 피토고를 두는 것이 유리 • 처짐과 균열의 영향이 크므로 15m 이상 경간은 가급적 자제
	π형라멘교	• 주로 고속도로상의 오버브리지와 같이 거더 아래의 고속도로 횡단교량과 같은 형하공간을 비교적 크게 잡고 싶은 경우 또는 깊은 계곡에 가설되는 단경간 중소 교량에 적용성이 높다.		20m~25m	도로 및 소하천 횡단	• 도로 횡단 (절토부) • 보높이를 줄일 수 있으므로 형고의 제약을 받는 곳에 설치 • 형하고 10m 이하 • 선형제약 (직선구간) • 가설시 지반조건 및 형하공간 이용제약	• 교각을 설치하지 않아 시계 확보 유리 • 거더 및 슬래브와 기둥이 일체로 강결 • 지진시 안정성 양호 • 주행성 양호 (신축이음이 없다) • 유지관리 양호 (교량받침 등이 없다) • 부등침하시 균열 발생 우려 • 연속성에 의해 구조물을 일체로 제작
	슬래브교	• 단면이 비효율적이나 시공이 간편하여 15m이내의 경간에서 사용되며 보 높이를 줄일 수 있다.		10m~15m	도로 및 소하천 횡단	• 도로 및 소하천 (폭 10m ~ 15m) 횡단 • 보높이를 줄일 수 있으므로 형고의 제약을 받는 곳에 설치 • 형하고 10m 이하 • 선형 및 교폭 변화구간 설치가능 • 가설시 지반조건 및 형하공간 이용제약	• 주행성 불량 (단경간) • 하부구조의 부등침하시 비교적 안전 • 사각의 영향이 적은 75° 이내로 계획하는 것이 구조적으로 유리
	중공슬래브교	• 단면의 효율을 높이기 위해 콘크리트 슬래브 내부를 원형이나 구형 등으로 속을 비움으로써 중량도 줄일 수 있으므로 30m 경간까지 사용할 수 있다.		10m~20m	도로 및 소하천 횡단	• 단순슬래브에서 지간이 길어 자중감소가 필요한 경우 • 형하고 10m 이하 • 가설시 지반조건 및 형하공간 이용제약	• 주행성 불량 (단경간) • RC SLAB 보다 자중이 25% 정도 감소 • 시공성 불량 • 균열발생의 우려
	PSC빔교	• 주로 프리스트레싱을 도입하여 경간을 30m까지 이용하고 있으며 국내에서는 I형빔을 사용하여 포스트텐션에 의해 제작하고 있다.		25m~35m	도로 및 하천 횡단	• 도로 및 하천, 계곡부 횡단 • 미관이 중요시 되지않는 교량 • 동바리 설치가 곤란한 지역 • 시공성 확보 및 공기단축 필요시	• 소음·진동 등 주행성 양호 • 지반조건에 관계없이 시공가능(지보공이 필요없다) • 미관 다소 불량 • 공장제작으로 품질이 우수

<표1.13> 교량 구조 형식별 분류

구분		개 요	현 황 사 진 및 단 면 도 (예)	적정지간	횡단조건	형 식 선 정 조 건	특 징
철근콘크리트교	T형교	• 교량상판과 철근콘크리트 보를 일체로 하는 구조로 40m경간까지 사용할 수 있으며 단경간교에 유리하며 프리캐스트로 제작시 공사기간을 단축할 수 있다.		30m~40m	도로 및 하천 횡단	• 하천 및 도로횡단으로 미관고려 구간 • 교량의 평면 계획이 자유로움	• 구조물의 형태가 단순화 되고, 웨브 사이의 공간이 트여 밑에서도 시원한 미관을 줌 • 유지관리 양호 • 시공성 양호 • Type-1 : 복부의 두께가 얇고 형고는 높은 형태, 복부의 하단부 폭은 0.8~1.5m, 주형의 형고비가 1/12 ~ 1/15정도가 경제적, • Type-2 : 복부의 두께가 크고 형고는 낮은 형태, 복부의 하단부 폭은 1.5m이상, 주형의 형고비가 1/17 ~ 1/25정도가 경제적
	프리플랙스빔교	• 프리플랙스 합성형은 일반 강합성형과 프리스트레스 콘크리트형의 요소를 동시에 갖춘 절충구조로서 강재와 콘크리트의 재료적 특성을 최대한 이용한 형식으로 타형식 구조물에 비해 지간과 형고의 비를 최소화 시킬 수 있어 경제하고 세련된 세장미를 보여주고 있다. 또한 형하공간을 확보함으로써 Clearance의 제한을 받는 도시형 구조물, 하천횡단 교량에 적합하다.		30m~45m	도로 및 하천 횡단	• 도심지 도로의 형하공간 확보가 어려운 구간 • 선형제약 (직선구간) • 유지관리 비용을 절감하고자 할때 • 공사기간을 단축하고자 할때(시공의 용이성)	• 가설시 지반조건에 제약이 없으며 형하공간 활용 • 미관이 양호하고 형하공간 확보에 유리 • 주형의 형고비가 1/30 ~ 1/40 정도가 경제적 • 공장제작으로 품질이 우수 • 유지관리 양호 (내구성과 내부식성) • 일반 강형이나 콘크리트형에 비해 안정성 확보
강교	플레이트거더교	• I형 강재를 병렬로 배치하고 상판을 콘크리트 타설하는 강합성 형식이 주로 사용되고 있으며 I형의 Built-up 부재로 사용하므로 웨브 및 플랜지의 조합에 따라 단면성능을 높일 수 있고 횡형이나 브레이싱 등을 단순화 할 수 있으므로 미관을 향상시키기에 적합하다.		35m~45m	도로 및 하천 횡단	• 중·소하천, 계곡부 횡단 • 형하고 20m~30m • 선형제약(직선구간, 큰곡선 구간)	• 가설시 지반조건에 제약이 없으며 형하공간 활용 • 미관 보통 • 소음·진동등 주행성 불량 • 주형의 형고비가 1/20 ~ 1/22 정도가 경제적 • 평면선형 : 비틀림 강성이 작으므로 가급적 직선구간에 설치 • 사각 : 사각이 심하면 부반력 발생 및 보의 부등휨에 의한 비틀림 발생으로 슬래브 파손이 우려되므로 가급적 50° 이하로 계획
	강상자형교	• 강재상자형 단면을 사용하고 그 위에 콘크리트를 합성시키는 형식으로 국내 강교의 대부분을 차지하고 있다. 사용지간장 65m 이내가 적합하다. • 강재상자형 단면형상은 구형, 제형, 그리고 상부가 개방된 형태가 있으며, 강재부식에대한 정기적인 도장이 필요함. • 곡선교, 계곡 통과부, 장대span을 요구하는 장소 등에 적용성이 매우 뛰어나다		40m~65m	도로 및 소하천 횡단	• 대하천, 계곡부 및 도로횡단으로 미관고려 구간 • 형하고 제약없음 • 선형 및 교폭 변화구간 설치가능, 형하공간 활용 • 가설시 지반조건에 제약이 없으며 • 기초의 심도가 깊은 곳	• 경관이 단순명료하여 미관 양호 • 공장제작으로 품질관리 양호 • 유지관리 불량 • 소음·진동등 주행성 불량 • 주형의 형고비가 1/20 ~ 1/25 정도가 경제적 • 강재의 운반을 고려하여 주형폭을 3m 이내로 계획 • 해수등의 영향으로 강재의 부식이 특히 우려되는 지역 설치 제한

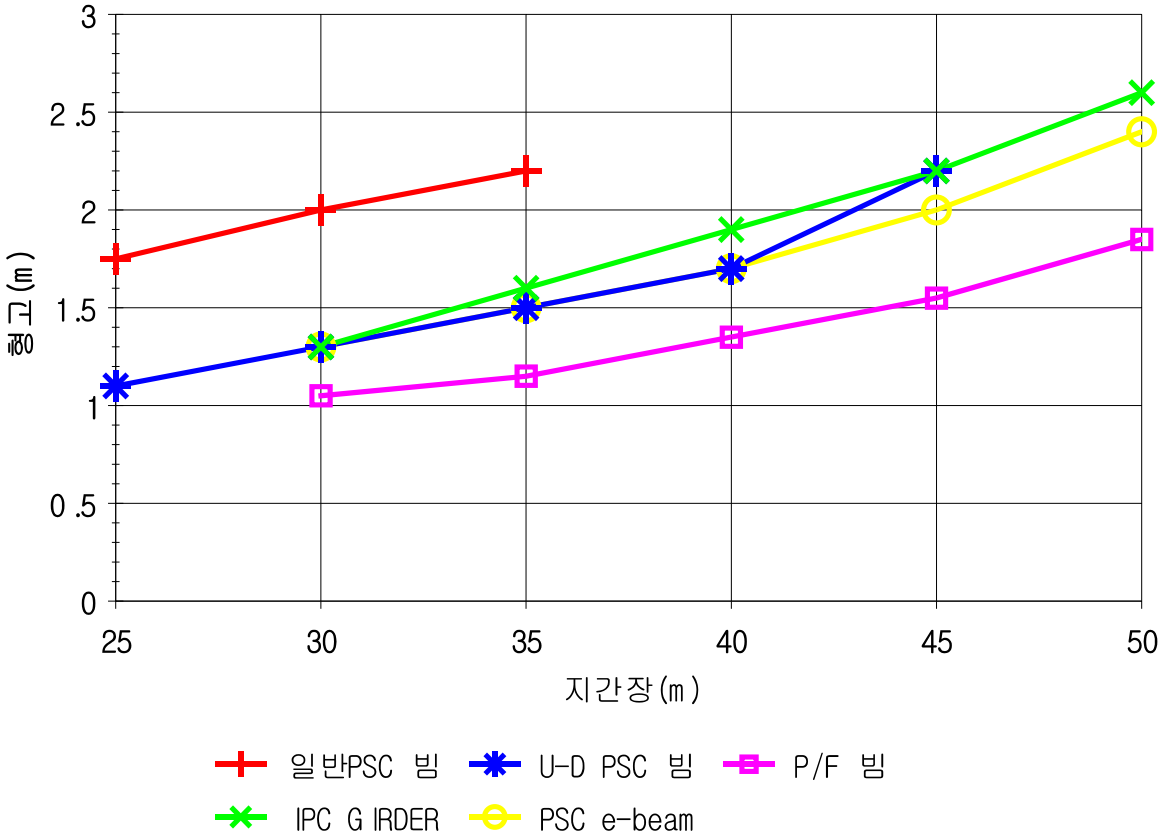
(2) 표준적용 지간

<표 3.6> 표준적용 지간

형 식		지간 50m	지간 100m	지간 150m	곡선 여부 주구조	곡선 여부 교면	형 고	비고
상로강교	트러스아치, 파이프아치				×	○	1/6.5	
	강 관 아 치				×	○	1/6.5	
	랭거트러스				×	○	1/6.5	
	랭 거 거 더				×	○	1/6.5	
	단순트러스				×	○	1/8	
	연속트러스				×	○	1/10	
	연속합성박스				○	○	1/25	
	연 속 박 스				○	○	1/20	
	단 순 박 스				○	○	1/20	
	단순합성거더				○	○	1/18	
	연속합성거더				○	○	1/22	
	연 속 거 더				○	○	1/20	
	절 단 합 성 보				○	○	1/18	
	단순H형강보				×	○	1/20	
	사 장 교				×	×		
중하로강교	트 러 스 아 치				×	×	1/6.5	
	강 판 아 치				×	×	1/6.5	
	랭 거 트 러 스				×	×	1/6.5	
	랭 거 거 더				×	×	1/6.5	
	단 순 트 러 스				×	×	1/8	
	연 속 트 러 스				×	×	1/10	
	단 순 거 더				○	×	1/17	
	연 속 거 더				○	×	1/17	
PSC교	연 속 박 스 (캔틸레버공법)				○	○	1/17	
	연 속 박 스				○	○	1/22	
	단순합성거더				×	○	1/15	
	연속합성거더				×	○	1/17.5	
	단 순 거 더				×	○	1/17.5	
	연 속 거 더				×	○	1/20	
	단 순 박 스				○	○	1/20	
	속 빈 슬 래 브				○	○	1/22	
	프 리 텐 션 보				×	○	1/15	
	π 형 라 멘				○	○	1/32	
	(중 앙 경 간)	( )						
RC교	속 빈 슬 래 브				○	○	1/20	
	라 멘				○	○	1/12	

※ 아치형식의 형고비는 Sag-ratio를 표시함.
※ 곡선 여부에서 주구조의 ○표는 교량구조물 곡선에 따라 구부린 것.
×표는 교량구조물 곡선에 따라 구부리지 않은 것.
교면의 ○표는 브라킷 등을 사용하여 노면 구조만을 곡선으로 한 것.
×표는 곡선이 되지 않은 것.

(3) PSC BEAM 지간장-형고 비교



[그림 3.1] PSC BEAM 지간장-형고 비교

<표 3.7> 공간 경간장별 BEAM 형고

BEAM 종류 / 경간장(m)	일반PSC BEAM	IPC GIRDER	UP-DOWN BEAM	PSC E-BEAM	PREFLEX BEAM
25	1.75	-	1.1	-	-
30	2.0	1.3	1.3	1.3	1.05
35	2.2	1.6	1.5	1.5	1.15
40	-	1.9	1.7	1.7	1.35
45	-	2.2	2.2	2.0	1.55
50	-	2.6	-	2.4	1.85

※ PREFLEX BEAM교는 바닥판 두께를 포함한 높이임.

3.1.3 설계절차

(1) 조사단계

교량의 합리적이고 경제적인 계획, 설계, 시공이 이루어질 수 있도록 기본조사를 실시하여야 하며, 실측도작성, 가설위치, 교장, 다리 밑 공간, 경간장 및 구조형식 등을 결정하는데 필요한 사항을 조사한다.

조사의 내용은 "2.4 조사계획"을 참고하도록 하며, 조사의 주요사항은 다음과 같다.

1) 지형, 지질, 지진 및 기상
2) 인근구조물 및 매설물
3) 하천의 계획홍수량과 홍수위
4) 하상변화
5) 접속도로와의 관계
6) 교통상태
7) 소음, 진동, 지하수위, 재료, 시공성 등

이 조사단계는 설계 초기단계에 수행되나, 설계단계 또는 설계심의 후 추가조사가 요구되는 경우에는 재조사를 실시하여 설계 반영토록 한다.

(2) 계획단계

교량의 계획단계에서는교량가설지점, 교량의 등급, 기본치수, 구조형식 등을 결정한다. 교량에 대해 경제성, 시공성, 안전성, 미관성, 유지관리 등 각각의 장・단점을 비교 검토하여 결정하여야 하며, 고려되어야 할 주요사항들은 다음과 같다.

① 지간구성

(가) 상부구조형식, 사용재료 등을 고려하여 적정지간 계획
(나) 하상까지의 수심, 지형 등과 기초지반 상태를 고려하여 지간 계획
(다) 계획홍수위 및 홍수량을 고려하여 적정지간을 계획하고 홍수시 수위상승으로 기존제방에 미치는 영향을 최소화
(라) 교차시설(도로, 철도 등)이 갖는 적정폭을 고려하여 지간 계획
(마) 주변 경관과 조화를 고려하여 지간 구성

② 상부구조 형식

(가) 하중 종류, 크기, 하부구조에 미치는 영향을 고려
(나) 승차감을 고려, 가능하면 연속구조로 계획
(다) 교차시설(도로, 철도 등)을 고려, 적정 형하고를 유지할 수 있도록 계획
(라) 제작, 가설 등을 고려, 적정 형식을 계획
(마) 내구성과 유지관리 등을 고려, 적정 구조형식 계획
(바) 신축이음은 상부구조 형식 및 연장, 사용재료 등을 고려하여 선정

③ 하부구조 및 기초형식

(가) 상부구조 형식, 폭, 사용재료, 하중크기 등을 고려하여 하부구조 및 기초형식 계획

(나) 내진설계를 고려, 상・하부구조 연결부(내진받침, 면진받침, 강결구조 등)를 검토

(다) 지지층까지 심도, 지반상태 등을 고려, 기초형식 계획

(라) 하부구조는 하천 흐름에 방해가 되지 않도록 계획

(마) 자재, 장비의 운반 및 진입, 공사방법 등을 고려, 적정 구조형식 계획

(바) 홍수에 의한 세굴, 손상 등을 고려, 적정 구조형식 계획

(사) 받침은 하중 크기, 상부구조 형식, 지간구성 등을 고려, 선정

④ 공법선정

(가) 계획시설물의 규모, 위치 및 지형, 지질, 동원가능 장비 성능, 수효, 가설 제작장 설치 가능 여부, 공사소요기간, 가설공사비 등을 검토하여 계획

(나) 주변시설, 인근 주민에 미치는 소음, 진동, 교통 혼잡을 최소화할 수 있는 공법 결정

(다) 하천공사 중 토사유출 등에 의한 주변 오염 여부

(3) 설계단계

교량의 설계단계에서는 교량의 안전성, 사용목적과의 적합성, 시공 및 유지관리의 용이성, 경제성, 주변 환경과의 조화 등을 고려해야 한다.

특히, 구조물의 강도, 변형, 안정 등을 검토하여 안전도 및 사용성을 확보하여야 하며, 다음과 같은 사항을 확정하고 상세설계를 수행한다.

① 설계기준

(가) 소요차로, 폭원구성, 구조물 연장

(나) 구조물 설계방법과 내진설계 등급

(다) 계획홍수량 및 계획홍수위

(라) 설계하중의 종류, 크기 및 부가하중

(마) 사용재료의 종류 및 특성(재질, 강도)

(바) 관련된 설계기준, 시방서, 지침, 편람 등의 규정

② 공법검토

앞의 계획단계에서 ④ 공법선정과 동일한 방법으로 검토한다.

③ 구조설계

(가) 조사 및 계획업무 결과로 선정된 최적의 구조형식에 따라 상부구조, 하부구조, 기초구조의 단면을 설정하고, 구조물의 안전성, 내구성, 사용성 등을 검토한 후 상세설계

(나) 관련 시방서 및 규정, 지침에 따라 세부사항 검토 후 설계

(다) 구조물의 각 단면을 상세하게 선정하고, 관련 설계기준에 규정된 해석방법으로 모델링하여 구조계산에 필요한 단면계수를 산출

(라) 주하중 및 부가하중을 선정하고, 최대단면력이 산출되도록 하중재하 위치 및 하중조합 결정

(마) 지지력 계산은 구조물 형식, 형태를 고려, 계산방법 결정

(바) 설계방법에 따른 하중계수, 강도감소계수 등을 적용

(사) 시공방법 및 순서를 고려하여 구조계산 수행

(아) 산출된 최대단면력(휨모멘트, 축력, 전단력, 비틀림모멘트)에 대한 안전성, 내구성, 사용성 등을 검토・확인

(자) 상부구조의 처짐, 하부구조의 전도 및 활동, 기초구조의 지지력, 변위 등을 검토

(차) 구조물에 국부적으로 작용하는 하중 및 단면력을 산정하고, 안전성을 확인

(카) 사장교, 현수교와 같은 특수교량은 풍하중에 대한 안정성을 반드시 검토

(타) 강도설계 및 피로설계에 따른 상세사항을 관련 기준에 따라 설계

(파) 하중집중부에 대한 상세설계를 관련 기준에 따라 설계

(하) 받침부와 상하구조물 연결구조를 상세히 검토하여 설계

가) 온도변화에 따른 구조물의 변위 및 구조물 단면력을 상세히 검토하여 설계

나) 구조계산에 따른 전산프로그램은 검증된 것을 사용

다) 구조계산이 필요한 가시설물을 상세히 검토하여 설계

④ 교면포장설계

(가) 상부구조 형식을 고려하여 적정 포장방법 고려

(나) 소음, 진동과 승차감을 고려 선정

(다) 추정 교통량, 기후 등을 기초하여 설계

(라) 차량하중에 의한 충격과 우수 등 기상조건을 고려, 교면 구조물이 보호될 수 있도록 설계

(마) 교면 구조물과 부착성이 좋고 반복되는 휨응력에 견딜 수 있도록 마모층과 방수층을 설계

(바) 도로와의 연결부, 갓길 등의 포장은 차량, 폭우에 의해 세굴 또는 파손되지 않도록 설계

(사) 소성변형을 고려, 적정 포장공법 설계

⑤ 부대시설설계

(가) 도로 조명기준 등에 의해 가로등 간격, 높이, 밝기 등을 검토

(나) 난간, 방호책, 중앙분리대, 경계석 등의 크기, 재질을 검토하여, 교량의 안전기능을 확보하도록 설계

(다) 교명주 등은 발주처와 협의하여 위치, 크기, 재료를 결정

(라) 다음의 유지관리시설을 검토하여 계획

가) 점검통로 및 교각 안전난간

나) 조명 및 환기시설

다) 계측기기

라) 기타 유지관리에 필요한 시설

3.1.4 기본계획

(1) 개요

교량의 계획은 조사의 내용을 바탕으로 한 외부적인 제조건과 시공성, 유지관리, 경제성, 안전성 및 미관 등을 고려하여 교량가설지점과 구조형식, 규모 등을 결정하여야 한다.

그리고 다음 각 요건을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

1) 가설위치와 노선선형조건

2) 외적 제반조건

3) 구조적 안전성과 경제성

4) 주행 안전성과 쾌적성

5) 시공성과 유지관리의 용이성

6) 관계기관 협의내용 및 민원사항

(2) 교량형식 선정

1) 형식결정

교량형식 선정은 기본적으로 현장여건에 부합되고, 구조적 안전성이 확보된 상태에서 설계기준 및 시설기준의 범위 내에서 총건설비용(유지관리비 포함)이 최소가 되도록 하며, 다음 사항들을 고려하여 교량형식을 선정한다.

① 설계, 시공 및 경제적으로 유리한 계획조건에 적합한 형식

② 교량연장과 경간장, 하부구조의 위치와 방향, 다리 밑 공간 등에 적합한 형식

③ 구조상 안전해야 함은 물론 상부와 하부의 공사비가 조화를 이루어 경제성이 있는 형식

④ 공사비가 비슷할 경우에는 시공성, 미관 등에 유리한 형식

⑤ 택지내 가설되는 교량은 가급적 미관을 고려하여 주위의 경관과 균형을 이루는 형식

2) 경간분할

교량은 구조형식에 따라 적용지간이 다르므로, 합리적인 경간분할에 다른 구조형식을 채택해야 하며, 다음과 같은 사항들을 고려하여 경간분할 한다.

① 수리측면 고려사항

(가) 계획홍수량과 하천폭에 따라 적용되어야할 최소경간장 이상을 유수흐름의 직각방향으로 확보하도록 한다.

(나) 유속 및 하상이 급변하는 지역과 유심부에는 가급적 교각을 두지 않는다.

(다) 유목, 유빙이 많은 하천에서는 교각수를 줄이고, 이들이 걸리지 않도록 부대시설 설

치에 주의를 요한다.

(라) 저수로 지역에서는 경간을 크게 분할한다.

(마) 동일 하천에 교량이 평행할 때는 경간분할을 같게 하거나 하나씩 건너뛰는 형식으로 한다.

② 경제성 측면 고려사항

(가) 상부구조와 하부구조의 공사비가 비슷할 경우 일반적으로 경제성이 향상된다.

(나) 연속교일 경우 측경간을 중앙경간보다 작게 분할하는 것이 유리함.

(다) 기초지반이 불리할 경우 하부구조 공사비가 크게 증가할 수 있으므로 장경간으로 분할하는 것이 유리함.

③ 미관측면 고려사항

(가) 연속교는 중앙경간을 측경간보다 크게 분할하면 시각적 안정감이 향상된다.

(나) 3경간일 때는 경간비율이 3 : 5 : 3, 4경간일 때는 3 : 4 : 4 : 3이 많이 채택된다.

(다) 교장이 길고 지형이 평탄할 경우 등경간이 좋다.

3) 상부구조 형식

교량의 상부구조 형식을 선정할 때에는 경제성, 안전성, 시공성이 좋고 주변경관과 조화된 구조물이어야 하며, 다음 조건들을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

① 구조적 측면

(가) 교량가설 최적위치 선정

(나) 교량의 외적 제요건 만족

(다) 구조상 안전성 및 경제성

(라) 시공의 확실성, 용이성 및 공사기간 고려

(마) 단순한 형상과 저렴하고 용이한 유지보수

② 미적 측면

(가) 주변 경관 및 구조물과의 조화

(나) 구조의 형식미

소음이나 진동 등의 환경조건이 문제가 되는 지역에서는 강교 보다 철근콘크리트교나 프리스트레스트 콘크리트교가 많이 채택되고 있다.

4) 하부구조 형식

하부구조 형식은 상부구조 형식의 특징, 가설공법 및 계획 등을 서로 연관시켜 구조적 안전성, 경제성, 교량 입지조건에 따른 시공의 안전성 및 간편성, 교량미관 및 유지관리 측면 등을 고려하여 하부구조 형식을 선정하여야 한다.

① 교량하부구조의 기초형식 선정은 기초지반의 지질조건, 수심, 유속, 상부구조형식 등과 아래의 중점사항을 고려하여 선정하여야 한다.

(가) 하천변 지반여건

(나) 수상구간에서의 시공성

(다) 구조적인 안전성 확보

(라) 지진 및 온도변화에 의한 수평력 저항

(마) 세굴의 영향

(바) 유수저항계수가 작은 단면 선택

(사) 측방유동에 관한 검토

② 하부 구조물 설치에 따른 수위상승의 영향을 검토하여야 한다.

(3) 교량의 구조물시설기준

교량의 구조시설기준은 “3.1.1 구조 및 시설기준” 내용을 참고하도록 한다.

(4) 환경 및 미관 고려

1) 환경

교량형식 선정시에는 다음 사항에 대해 가교지점이 주위 환경에 미치는 영향을 충분히 검토한 후 형식을 결정하여야 한다.

① 공사 중 진동, 소음, 수질오염 등의 영향

② 완성 후 교량이 주위환경에 미치는 소음, 진동 및 수리적 변동 등의 영향

③ 자연과 어우러진 환경친화성 여부

2) 미관

교량을 계획, 설계할 경우에는 가설지점의 의미와 아름다움을 나타낼 수 있는 형태를 검토하며, 구조물과 주위경관과의 조화, 구조물의 형태 및 규모, 구조물의 질감 및 색채를 고려하는 것이 바람직하다.

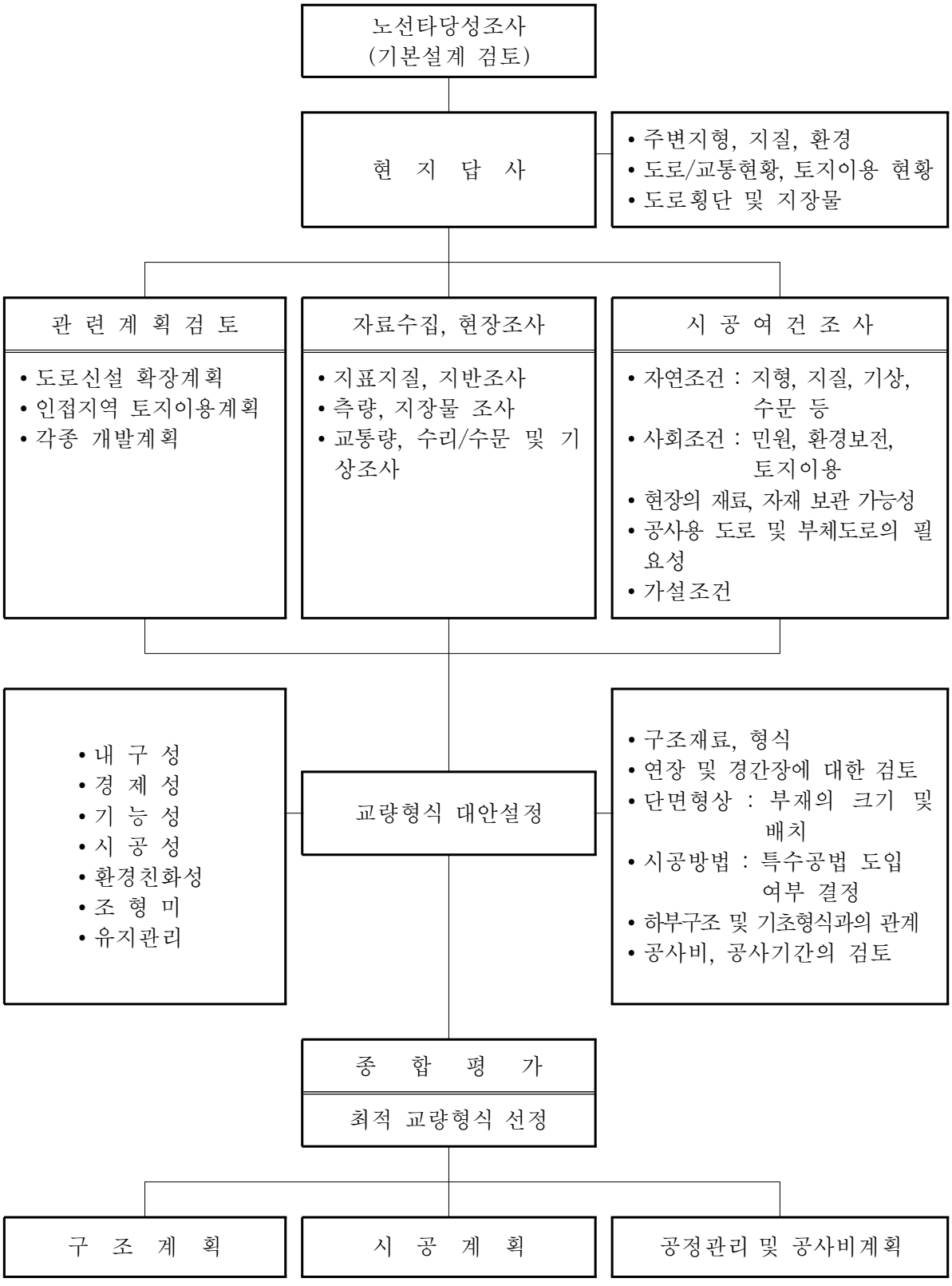
(5) 기타사항

1) 과업특성에 맞는 신기술·신공법 및 특정공법, 특정제품 등을 설계에 반영하고자 할 경우 그 효과, 시공성, 경제성, 적용사례, 유지관리상 문제점 등을 종합적으로 검토한 후 자문회의 또는 기술심의 결과 적정한 것으로 판단되는 경우에 한하여 설계에 반영하도록 한다.

2) 구조물 계획시 영향평가 대상사업의 경우 영향평가의 결과를 토대로 영향을 최소화하는 대책을 검토하여 제시하고 설계에 반영하여야 한다.

3) 교량을 주행성 개선과 신축이음의 유지관리향상 및 설치여건 등으로 다경간 장대연속교로 계획할 경우 과다한 지진 수평력이 발생되므로 지진력을 받침부의 비선형 거동으로 에너지를 흡수하여 소산 및 분산시킬 수 있는 면진장치 적용을 검토하여 그 결과가 안전하고 경제적인 경우 설계에 반영하도록 하며, 이때 활하중이나 풍하중에 의한 영향으로 상부구조에 과도한 변위나 진동을 발생시키지 않는 면진받침을 적용하여야 한다.

(6) 교량계획 흐름도



[그림 3.2] 교량계획 흐름도

3.2 고가차도

3.2.1 구조 및 시설기준

(1) 관련법규

1) 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 (2004.12)

① 제1조(목적), 제17조(시설한계) 및 별표(차도 및 보도 등의 시설한계), 제35조(철도와의 교차) 및 제43조(교량 등)의 사항은 “3.1 일반교량”의 내용을 참고하도록 한다.

② 제32조(입체교차)

(가) 고속도로나 주간선도로의 기능을 가진 도로가 다른 도로와 교차하는 경우 그 교차로는 입체교차로 하여야 한다. 다만, 교통량 및 지형상황 등을 고려하여 부득이하다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니하다.

(나) 고속도로 또는 주간선도로가 아닌 도로가 서로 교차하는 경우로서 교통의 원활한 처리를 위하여 필요하다고 인정되는 경우 그 교차로는 입체교차로 할 수 있다.

③ 제33조 (입체교차의 연결로)

(가) 연결로의 차로폭, 길어깨폭 및 중앙분리대의 폭은 다음 표의 폭 이상으로 한다. 다만, 교량 등의 구조물로 인하여 부득이한 경우에는 괄호안의 폭까지 이를 줄일 수 있다.

<표 3.8> 입체교차의 최소폭

횡단면 구성요소 / 연결로 기준	최소 차로폭 (1m)	길어깨의 최소폭(m)					중앙분리대 최소폭 (m)
		1방향 1차로		1방향 2차로	양방향 2차로	가감속 차로	
		오른쪽	왼쪽	오른쪽·왼쪽		오른쪽	
A기준	3.50	2.50	1.50	1.50	2.50	1.50	2.50(2.00)
B기준	3.25	1.50	0.75	0.75	0.75	1.00	2.00(1.50)
C기준	3.25	1.00	0.75	0.50	0.50	1.00	1.50(1.00)

- 각 기준의 정의

  A기준 : 길어깨에 대형자동차가 정차한 경우 세미트레일러가 통과할 수 있는 기준

  B기준 : 길어깨에 소형자동차가 정차한 경우 세미트레일러가 통과할 수 있는 기준

  C기준 : 길어깨에 정차한 자동차가 없는 경우 세미트레일러가 통과할 수 있는 기준

- 도로등급별 적용기준

<표 3.9> 도로등급별 적용기준

상급도로의 도로등급		적용되는 연결로의 기준
고속도로	지방지역	A기준 또는 B기준
	도시지역	B기준 또는 C기준
일반도로		B기준 또는

(나) 연결로의 형식은 오른쪽 진출입을 원칙으로 한다. 이 경우 진출입의 연속성 및 일관성이 유지되도록 하여야 한다.

④ 제35조 (철도와의 교차)

(가) 도로와 철도의 교차는 입체교차를 원칙으로 한다. 다만, 주변지장물이나 기존의 교차형식 등으로 인하여 부득이하다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니하다.

(나) 철도를 횡단하여 교량을 가설하는 경우에는 철도의 확장 및 보수와 제설 등을 위한 충분한 경간장을 확보하여야 하며, 교량의 난간부에 방호울타리 등을 설치하여야 한다.

2) 도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 (2004. 12)

① 제1조 (목적)

국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제43조의 규정에 의한 도시계획시설의 결정·구조 및 설치의 기준과 동법시행령 제2조의 규정에 의한 기반시설의 세분 및 범위에 관한 사항을 규정한다.

② 제16조 (지하도로 및 고가도로의 결정기준)

지하도로 및 고가도로의 결정기준은 다음과 같다.

(가) 다음 항목에 해당하는 지역에 설치할 것

가) 지상교통의 원활한 소통을 위하여 토지를 입체적으로 이용할 필요가 있는 지역

나) 주변 토지이용계획상 인구집중이 예상되는 지역으로서 교통의 원활한 처리를 위하여 지하 또는 공중에 도로를 설치할 필요가 있는 지역

다) 운동장·공연장·시장 등 다수의 주민이 이용하는 시설이 있는 지역으로서 교통의 원활한 처리를 위하여 지하 또는 공중에 도로를 설치할 필요가 있는 지역

(나) 광역도시계획·도시기본계획·도시관리계획 및 도시·주거환경정비 기본계획과 부합되는지의 여부를 고려할 것

(다) 교통정비 기본계획 등 교통시설의 설치에 관한 계획을 고려할 것

(라) 기존의 도로·지하도로·고가도로·역광장 등 인접시설과의 기능상의 유기적 연계성을 고려할 것

③ 제17조 (지하도로 및 고가도로의 구조 및 설치기준)

지하도로 및 고가도로의 구조 및 설치기준은 다음과 같다.

(가) 장래의 도로의 확장가능성 등을 고려하여 지하·지상 및 공중의 도로망에 대한 도시관리계획을 수립한 후 이에 따라 설치할 것

(나) 수도공급설비·하수도·공동구 그 밖의 도시계획시설의 설치가 계획되어 있거나 필요하다고 인정되는 구간에는 지표면으로부터 4m 이내에 지하도로를 설치하지 아니할 것

(다) 주변건축물의 안전을 충분히 고려할 것

(2) 관련기준

1) 도로교 설계기준(2005) - 건설교통부

"3.1 일반교량"의 내용을 참고하도록 한다.

2) 도로설계기준(2001) - 건설교통부

① 입체교차의 구조

(가) 입체교차의 구조형식 선택은 탁월한 교통의 흐름을 원활히 함과 아울러 연도에 주는 영향에도 배려하여야 한다.

(나) 입체교차 및 이것에 접속하는 구간의 차로수는 그 전후 구간의 차로수, 교통의 흐름의 집산상황, 기타를 고려하여 결정하여야 한다.

(다) 인터체인지 또는 교차점 입체교차의 설계는 입체교차 하는 도로상호의 설계조건에 따르는 것 외에 램프 또는 연결측도에서의 안전, 원활한 교통처리를 고려하여야 한다. 이때 필요에 따라서 보행자, 자전거와 자동차를 분리시키는 것에 대하여도 검토하여야 한다.

② 입체교차의 형식 및 계획

(가) 형식

도시 내 도로의 단순 입체교차의 형식으로는 용지의 제약과 경제적인 이유로 용지 면적이 적게 드는 형식으로 선정하여야 한다.

(나) 입체화 계획

가) 입체화하는 방향은 교통류의 원활한 처리, 지형, 주변지역의 토지이용 상황, 가로망의 형태, 도시 시설의 상황 및 건설비등을 종합적으로 비교검토 하여 정해야 한다.

나) 도시 내 하나의 입체교차로와 다른 입체교차로 사이에 차량의 엇갈림 현상(weaving)이 생기게 되므로 충분한 위빙구간 길이를 확보하도록 계획하여야 한다.

③ 철도와의 입체교차

(가) 입체교차는 쌍방의 평면선형이 좋은 지점으로 한다.

(나) 입체교차 설계시는 시설한계, 시거, 배수, 방호시설, 연도의 이용 등에 특히 주의하여야 한다.

(다) 도로가 지하로 통과될 때는 장래에도 소정의 시설한계가 확보될 수 있도록 포장의

덧씌우기 등을 감안하여야 한다.

(라) 입체 교차부에서 지상이나 지하로 통과할 때 도로에 중단곡선 또는 평면곡선을 넣을 때는 충분한 시거가 확보되도록 하여야 한다.

(마) 도로가 지하로 통과될 때 교차부 도로의 종단곡선이 凹형으로 되어 있을 때는 거기에 물이 고이지 않는 구조로 하고, 凹형으로 되어있지 않아도 지상으로 통과하는 철도 등으로부터의 배수가 노면에 집중적으로 떨어지지 않도록 배수설비를 하여야 한다.

3.2.2 설계절차

(1) 조사단계

고가차도의 합리적이고 경제적인 계획, 설계, 시공이 이루어질 수 있도록 기본조사를 실시하여야 하며, 실측도 작성, 가설위치, 교장, 다리 밑 공간, 경간장 및 구조형식 등을 결정하는데 필요한 사항을 조사한다.

조사의 내용은 "2.4 조사계획"을 참고하도록 하며, 조사의 주요사항은 다음과 같다.

① 지장물 조사

구조물 설치 위치 및 시공상 저촉되는 구간에 대해서 각종 지하매설물 및 지상시설물의 저촉여부를 조사한다.

② 교통량 및 교통시설 조사

구조물 설치지역 주변 가로망 현황과 지하 및 고가차도, 보도육교, 지하철 등 기타 교통관련시설을 조사한다.

③ 소음・진동 조사

구조물 설치시 또는 설치 후 발생되는 소음・진동으로 민원의 소지가 예상되는 곳에는 소음・진동 현황을 조사 및 예측하여 이에 대한 대책을 수립하여 설계에 반영한다.

④ 기타

(가) 기 수립된 배수계획 등 배수시설을 조사한다.

(나) 구조물 설치에 따른 주변시설에 미치는 경관상의 문제, 민원문제등을 조사검토 한다.

이 조사단계는 설계 초기단계에 수행되나, 설계단계 또는 설계심의 후 추가조사가 요구되는 경우에는 재조사를 실시하여 설계반영토록 한다.

(2) 계획단계

고가차도의 계획단계에서는고가차도 가설지점, 교량의 등급, 기본치수, 구조형식 등을 결정한다. 고가차도에 대해 경제성, 시공성, 안전성, 미관성, 유지관리 등 각각의 장・단점을 비교 검토하여 결정하여야 하며, 고려되어야 할 주요사항들은 다음과 같다.

① 지간구성

(가) 상부구조형식, 사용재료 등을 고려하여 적정지간 계획

(나) 교차시설(도로, 철도 등)의 횡단구성, 시설한계 및 지장물등 시설현황과 기초지반 상

태를 고려하여 지간 계획

(다) 시공중 가설단계별 교통흐름을 고려하여 지간 계획

(라) 주변 경관과 조화를 고려하여 지간 구성

② 상부구조 형식

(가) 하중 종류, 크기, 하부구조에 미치는 영향을 고려

(나) 승차감을 고려, 가능하면 연속구조로 계획

(다) 교차시설(도로, 철도 등)을 고려, 적정 형하고를 유지할 수 있도록 계획

(라) 제작, 가설 등을 고려, 적정 형식을 계획

(마) 내구성과 유지관리 등을 고려, 적정 구조형식 계획

(바) 신축이음은 상부구조 형식 및 연장, 사용재료 등을 고려하여 선정

③ 하부구조 및 기초형식

(가) 상부구조 형식, 폭, 사용재료, 하중 크기 등을 고려하여 하부구조 및 기초형식 계획

(나) 내진설계를 고려, 상・하부구조 연결부(내진받침, 면진받침, 강결구조등)를 검토

(다) 지지층까지 심도, 지반상태 등을 고려, 기초형식 계획

(라) 하부구조는 지장물과 저촉되지 않도록 계획

(마) 자재, 장비의 운반 및 진입, 공사방법 등을 고려, 적정 구조형식 계획

(바) 받침은 하중 크기, 상부구조 형식, 지간구성 등을 고려, 선정

④ 공법선정

(가) 계획시설물의 규모, 위치 및 지형, 지질, 동원가능 장비 성능, 수효, 가설 제작장 설치 가능 여부, 공사소요기간, 가설공사비 등을 검토하여 계획

(나) 공사중과 운영시 주변시설에 미치는 영향을 검토하여 민원을 최소화하고, 인근 주민에 미치는 소음, 진동, 교통 혼잡을 최소화할 수 있는 공법 결정

(다) 또한 공법에 따른 환경오염 및 가설방법도 자세히 비교 검토

(3) 설계단계

고가차도의 설계단계에서는 교량의 안전성, 사용목적과의 적합성, 시공 및 유지관리의 용이성, 경제성, 환경과의 조화 등을 고려해야 한다.

특히, 구조물의 강도, 변형, 안정 등을 검토하여 안전도 및 사용성을 확보하여야 하며, 다음과 같은 사항을 확정하고 상세설계를 수행한다.

① 설계기준

(가) 소요차로, 폭원구성, 구조물 연장

(나) 구조물 설계방법과 내진설계 등급

(다) 교차시설에 따른 다리 밑 공간 등에 대한 시설한계

(라) 설계하중의 종류, 크기 및 부가하중

(마) 사용재료의 종류 및 특성(재질, 강도)

(바) 관련된 설계기준, 시방서, 지침, 편람 등의 규정

② 공법검토

앞의 계획단계에서 ④ 공법선정과 동일한 방법으로 검토한다.

③ 구조설계

(가) 조사 및 계획업무 결과로 선정된 최적의 구조형식에 따라 상부구조, 하부구조, 기초구조의 단면을 설정하고, 구조물의 안전성, 내구성, 사용성 등을 검토한 후 상세설계

(나) 관련 시방서 및 규정, 지침에 따라 세부사항 검토 후 설계

(다) 구조물의 각 단면을 상세하게 선정하고, 관련 설계기준에 규정된 해석방법으로 모델링하여 구조계산에 필요한 단면계수를 산출

(라) 주하중 및 부가하중을 선정하고, 최대단면력이 산출되도록 하중재하 위치 및 하중조합 결정

(마) 지지력 계산은 구조물 형식, 형태를 고려, 계산방법 결정

(바) 시공방법에 따라 구조물에 발생하는 응력변화를 고려하여 구조계산 수행

(사) 설계방법에 따른 하중계수, 강도감소계수 등을 적용

(아) 산출된 최대단면력(휨모멘트, 축력, 전단력, 비틀림모멘트)에 대한 안전성, 내구성, 사용성 등을 검토・확인

(자) 상부구조의 처짐, 하부구조의 전도 및 활동, 기초구조의 지지력, 변위 등을 검토

(차) 구조물에 국부적으로 작용하는 하중 및 단면력을 산정하고, 안전성을 확인

(카) 교좌장치 및 신축이음은 필요한 크기 및 용량을 구조계산 결과에 의해 선정하며, 유지관리를 고려하여 설계

(타) 내진설계를 적용하도록 하며, 특히 낙교방지를 검토하여 설계반영

(파) 내진설계에 따른 수평력에 저항 할 수 있는 교좌장치를 선정하고, 상부구조와 교좌장치, 교좌장치와 하부구조의 연결부분을 상세히 구조검토 하여 설계

(하) 강구조물의 설계시에는 반드시 피로를 고려하여 구조물을 설계하며, 피로응력에 대한 검토를 반드시 시행

가) 강구조물은 구조물의 운반을 고려하여 1개 운반 부재의 크기 및 중량을 정하여 이에 따라 강구조물 이음부를 설계

나) 강구조물의 제작, 가조립, 도장, 운반, 현장조립, 가설등에 대한 유의사항을 명시

다) 강도설계 및 피로설계에 따른 상세사항을 관련 기준에 따라 설계

라) 하중집중부에 대한 상세설계를 관련 기준에 따라 설계

마) 온도변화에 따른 구조물의 변위 및 구조물 단면력을 상세히 검토하여 설계

바) 구조계산에 따른 전산프로그램은 검증된 것을 사용

사) 구조계산이 필요한 가시설물을 상세히 검토하여 설계

④ 교면포장설계

(가) 상부구조 형식을 고려하여 적정 포장방법 고려

(나) 소음, 진동과 승차감을 고려 선정

(다) 추정 교통량, 기후 등을 기초하여 설계

(라) 차량하중에 의한 충격과 우수 등 기상조건을 고려, 교면 구조물이 보호될 수 있도록 설계

(마) 교면 구조물과 부착성이 좋고 반복되는 휨응력에 견딜 수 있도록 마모층과 방수층을 설계

(바) 도로와의 연결부, 갓길 등의 포장은 차량, 폭우에의해 세굴 또는 파손되지 않도록 설계

(사) 소성변형을 고려, 적정 포장공법 설계

⑤ 부대시설설계

(가) 도로 조명기준 등에 의해 가로등 간격, 높이, 밝기 등을 검토

(나) 난간, 방호책, 중앙분리대, 경계석 등의 크기, 재질을 검토하여, 교량의 안전기능을 확보하도록 설계

(다) 교명주 등은 발주처와 협의하여 위치, 크기, 재료를 결정

(라) 다음의 유지관리시설을 검토하여 계획

가) 점검통로 및 교각 안전난간

나) 조명 및 환기시설

다) 계측기기

라) 기타 유지관리에 필요한 시설

3.2.3 기본계획

(1) 개요

고가차도의 계획은 조사의 내용을 바탕으로 한 외부적인 제조건과 시공성, 유지관리, 경제성, 안전성 및 미관 등을 고려하여 고가차도 가설지점과 구조형식, 규모 등을 결정하여야 한다. 그리고 다음 각 요건을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

1) 가설위치와 노선선형조건

2) 외적 제반조건

3) 구조적 안전성과 경제성

4) 주행 안전성과 쾌적성

5) 시공성과 유지관리의 용이성

6) 관계기관 협의내용 및 민원사항

(2) 고가차도 형식선정

1) 형식결정

고가차도의 형식선정은 기본적으로 현장여건에 부합되고, 구조적 안전성이 확보된 상태에서 설계기준 및 시설기준의 범위내에서 총건설비용(유지관리비 포함)이 최소가 되도록 하며, 다음사항들을 고려하여 교량형식을 선정한다.

① 구조상 안전하고 경제성 측면에서 유리한 방식

② 건축한계, 다리 밑 공간 등 시설기준에 적합한 형식

③ 공사중과 운영시 주변시설물에 미치는 영향이 적어 민원을 최소화 할 수 있는 형식

④ 주변시설물 및 경관과 조화를 이루고 유지관리 측면에 유리한 형식

⑤ 공법에 따른 가시설 설치유무 등 시공성 측면에 유리한 형식

2) 경간분할

고가차도로서 교량은 구조형식에 따라 적용지간이 다르므로, 합리적인 경간분할에 다른 구조형식을 채택해야 하며, 다음과 같은 사항들을 고려하여 경간분할 한다.

① 시설한계, 도로 구성 및 지장물 등 시설현황을 충분히 고려하여야 한다.

② 하부조건이 도로인 경우 교각설치에 따른 교통흐름 방해 및 사고유발에 유의해야 한다.

③ 하부도로를 주행하는 운전자의 시거확보를 고려하여 교량연장 및 경간구성을 결정한다.

④ 시공 중 가설단계별 교통흐름을 고려하여야 한다.

3) 상부구조 형식

고가차도의 상부구조 형식을 선정할 때에는 경제성, 안전성, 시공성이 좋고 주변경관과 조화된 구조물이어야 하며, 다음 조건들을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

① 구조적 측면

(가) 하중 종류, 크기, 하부구조에 미치는 영향

(나) 교량가설 최적위치 선정

(다) 구조상 안전성, 내구성 및 경제성

(라) 제작, 가설 등의 시공상 확실성, 용이성 및 공사기간 고려

(마) 단순한 형상과 저렴하고 용이한 유지보수

② 미적 측면

(가) 주변 경관 및 구조물과의 조화

(나) 구조의 형식미

소음이나 진동 등의 환경조건이 문제가 되는 지역에서는 강교 보다 철근콘크리트교나 프리스트레스트 콘크리트교가 많이 채택되고 있다.

4) 하부구조 형식

고가차도의 하부구조 형식을 선정할 때는 시공성, 경제성, 안전성 및 미관등 다음 조건들을 종합적으로 고려하여 선정하여야 한다.

① 상부구조의 형식, 규모 및 가설공법

② 구조적 안전성, 내구성 및 유지관리

③ 지진 및 온도변화에 의한 수평력 저항

④ 기초형식의 선정은 기초지반의 지질조건, 지하매설물 상태 고려

(3) 고가차도의 구조물시설기준

고가차도의 구조시설기준은 "3.2.1 구조 및 시설기준" 내용을 참고하도록 한다.

(4) 교통처리 계획

상부 및 하부 구조물 공사시 발생될 수 있는 교통문제를 예상하여 이를 감안한 공사중 교통처리 계획을 수립하여 설계 반영한다.

(5) 환경 및 미관 고려

1) 환경

① 사업시행에 의해 환경에 미치는 영향을 검토하여 환경영향을 최소화하는 대책을 수립하여 설계 반영한다.

② 공사 중 소음, 진동, 먼지 및 교통혼잡 등에 의해 발생 가능한 민원을 예측하여 방음 및 방진계획 등을 설계에 반영한다.

③ 완성 후 교량이 주위환경에 미치는 소음 및 진동 등의 영향

2) 미관

① 주변시설과 계획시설물의 경관상 조화, 구조물의 형태 및 규모, 구조물의 질감 및 색채를 고려하여 계획한다.

② 교량을 계획, 설계할 경우에는 가설지점의 의미와 아름다움을 나타낼 수 있는 형태가 되도록 계획한다.

(6) 기타사항

1) 과업특성에 맞는 신기술·신공법 및 특정공법, 특정제품 등을 설계에 반영하고자 할 경우 그 효과, 시공성, 경제성, 적용사례, 유지관리상 문제점 등을 종합적으로 검토한 후 자문회의 또는 기술심의 결과 적정한 것으로 판단되는 경우에 한하여 설계에 반영하도록 한다.

2) 구조물 계획시 영향평가 대상사업의 경우 영향평가의 결과를 토대로 영향을 최소화하는 대책을 검토하여 제시하고 설계에 반영하여야 한다.

3) 교량을 주행성 개선과 신축이음의 유지관리향상 및 설치여건 등으로 다경간 장대연속교로 계획할 경우 과다한 지진 수평력이 발생되므로 지진력을 받침부의 비선형 거동으로 에너지를 흡수하여 소산 및 분산시킬 수 있는 면진장치 적용을 검토하여 그 결과가 안전하고 경제적인 경우 설계에 반영하도록 하며, 이때 활하중이나 풍하중에 의한 영향으로 상부구조에 과도한 변위나 진동을 발생시키지 않는 면진받침을 적용하여야 한다.

3.3 보도육교

3.3.1 구조 및 시설 기준

(1) 관련법규

1) 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 (2004.12)

① 제16조 (보도)

- 보도의 폭은 보행자의 통행량을 고려하여 결정하되, 다음 표의 폭 이상으로 하여야 한다.

<표 3.10> 보도의 최소폭

구 분		보도의 최소폭(m)
지방지역의 도로		1.50
도시지역의 도로	간선도로	3.00
	집산도로	2.25
	국지도로	1.50

② 제17조 (시설한계)

- 차도 및 보도 등의 시설한계는 "3.1 일반교량"의 내용을 참고하도록 한다.

2) 도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 (2004.12)

① 제15조 (횡단보도)

(가) 횡단보도는 평면횡단보도로 하여야 한다. 다만, 도로의 효율성을 높이기 위하여 필요하거나 주변여건상 평면횡단보도의 설치가 곤란한 경우에는 자동차전용도로·주간선도로· 철도건널목 등에 입체횡단보도를 설치할 수 있다.

(나) 입체횡단보도의 구조 및 설치기준은 다음과 같다.

가) 폭은 다음의 기준에 의할 것

㉮ 1분당 보행자수가 80인 미만인 경우 : 1.5m 이상

㉯ 1분당 보행자수가 80인 이상 120인 미만인 경우 : 2.25m 이상

㉰ 1분당 보행자수가 120인 이상 160인 미만인 경우 : 3.0m 이상

㉱ 1분당 보행자수가 160인 이상 200인 미만인 경우 : 3.75m 이상

㉲ 1분당 보행자수가 200인 이상 240인 미만인 경우 : 4.5m 이상

나) 계단부의 단높이는 15㎝(지형·지물 등 주변여건상 부득이한 경우에는 18㎝) 이하로 하고, 단폭은 30㎝(지형·지물 등 주변여건상 부득이 한 경우에는 26㎝) 이상으로 할 것

다) 보도교의 높이가 3m를 초과하는 경우에는 계단폭 이상(직계단인 경우에는 1.2m 이상)인 계단참을 설치할 것. 다만, 지형·지물 등 주변여건상 부득이 한 경우에는 그러하지 아니하다.

라) 계단이 아닌 경사로의 기울기는 18분의 1 이하로 할 것. 다만, 지형상 곤란한 경우에는 12분의 1까지 완화할 수 있다.

마) 보도교의 양옆에는 높이 1m 이상의 난간을 설치하고, 각 계단모서리의 발디딤 부분에는 미끄럼 방지처리를 하며, 오르내리는 부분과 보도교의 윗부분에는 한국산업규격의 도로조명기준에 의한 조명시설을 설치할 것

(다) 지형여건 등으로 불가피한 경우 집산도로·국지도로 및 특수도로에 설치하는 횡단보도의 설치기준은 도로교통 안전에 지장이 없는 범위 안에서 도시계획위원회(당해 도시계획시설사업의 실시계획 인가권자에게 소속된 위원회를 말한다)의 심의를 거쳐 이를 완화할 수 있다.

3) 장애인·노인·임산부등의 편의증진 보장에 관한 법률 (2005.3)

① 제7조 (대상시설)

편의시설을 설치하여야 하는 대상은 다음과 같다.

(가) 공원

(나) 공공건물 및 공중이용시설

(다) 공동주택

(라) 통신시설

(마) 기타 장애인등의 편의를 위하여 편의시설의 설치가 필요한 건물·시설 및 그 부대시설

4) 장애인·노인·임산부등의 편의증진 보장에 관한 법률 시행령 (2005.6)

① 대상시설별 편의시설의 종류 및 설치기준 (제4조 관련)

(가) 장애인등의 통행이 가능한 지하도 및 육교 등

가) 주변에 횡단보도가 설치되어 있지 아니한 지하도 및 육교는 장애인등의 이용에 편리한 구조로 설치하여야 한다.

나) 지하도 및 육교의 출입구 부근에는 점자블록을 설치하여야 한다.

5) 장애인・노인・임산부등의 편의증진 보장에 관한 법률 시행규칙(1999.6)

① 편의시설의 구조·재질 등에 관한 세부기준(제2조제1항관련)

(가) 장애인등의 통행이 가능한 보도 및 접근로

가) 유효폭 및 활동 공간

- 보도 또는 접근로의 유효폭은 1.2m 이상으로 하여야 한다.

(나) 지하도 및 육교

가) 장애인용 승강설비

- 지하도 또는 육교에는 완만한 경사로로써 계단을 갈음하거나 계단과 장애인용 승강기, 장애인용 에스컬레이터, 휠체어리프트 또는 경사로를 함께 설치할 수 있다.

나) 손잡이

- 지하도 또는 육교에 별도의 장애인용 승강설비 없이 계단만 설치하는 경우에는 계단의 양측면에 손잡이를 연속하여 설치한다.

(다) 장애인등의 통행이 가능한 계단

가) 계단의 형태

㉮ 계단은 직선 또는 꺾임형태로 설치할 수 있다.

㉯ 바닥면으로부터 높이 1.8m 이내마다 휴식을 할 수 있도록 수평면으로 된 참을 설치할 수 있다.

나) 유효폭

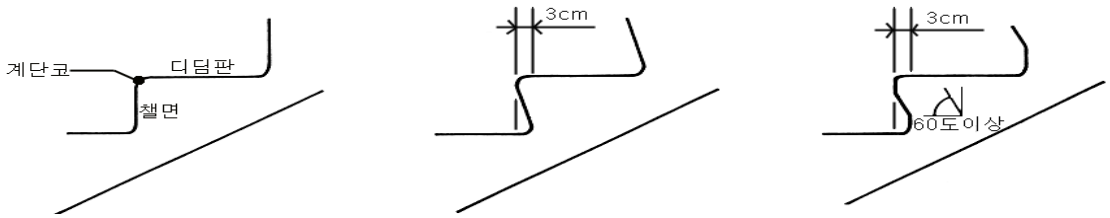
- 계단 및 참의 유효폭은 1.2m 이상으로 하여야 한다.

다) 디딤판과 챌면

㉮ 계단에는 챌면을 반드시 설치하여야 한다.

㉯ 디딤판의 너비는 0.28m 이상, 챌면의 높이는 0.18m 이하로 하되, 동일한 계단(참을 설치하는 경우에는 참까지의 계단을 말한다)에서 디딤판의 너비와 챌면의 높이는 균일하게 하여야 한다.

㉰ 디딤판의 끝부분에 아래의 그림과 같이 발끝이나 목발의 끝이 걸리지 아니하도록 챌면의 기울기는 디딤판의 수평면으로부터 60° 이상으로 하여야 하며, 계단코는 3㎝ 이상 돌출하여서는 아니 된다.



[그림 3.3] 챌면의 기울기, 계단코

라) 손잡이 및 점자표지판

㉮ 계단의 측면에는 손잡이를 연속하여 설치하여야 한다.

㉯ 경사면에 설치된 손잡이의 끝부분에는 0.3m 이상의 수평손잡이를 설치하여야 한다.

㉰ 손잡이의 양끝부분 및 굴절부분에는 층수, 위치등을 나타내는 점자표지판을 부착하여야 한다.

마) 재질과 마감

㉮ 계단의 바닥표면은 미끄러지지 아니하는 재질로 평탄하게 마감할 수 있다.

㉯ 개단코에는 줄눈넣기를 하거나 경질고무류 등의 미끄럼 방지재로 마감하여야 한다.

다만, 바닥표면 전체를 미끄러지지 아니하는 재질로 마감한 경우에는 그러하지 아니하다.

㉰ 계단이 시작되는 지점과 끝나는 지점의 0.3m 전면에는 점형블록을 설치하거나 시각장애인이 감지할 수 있도록 바닥재의 질감 등을 달리하여야 한다.

바) 기타 설비

㉮ 계단의 측면에 난간을 설치하는 경우에는 난간하부에 바닥면으로부터 높이 2㎝ 이상의 추락방지턱을 설치할 수 있다.

㉯ 계단코의 색상은 계단의 바닥재색상과 달리 할 수 있다.

(다) 경사로

가) 유효폭 및 활동공간

㉮ 경사로의 유효폭은 1.2m 이상으로 하여야 한다.

㉯ 바닥면으로부터 높이 0.7m 이내마다 휴식을 할 수 있도록 수평면으로 된 참을 설치하여야 한다.

㉰ 경사로의 시작과 끝, 굴절부분 및 참에는 1.5m×1.5m 이상의 활동공간을 확보하여야 한다.

나) 기울기

- 경사로의 기울기는 1/12 이하로 하여야 한다.

다) 손잡이

㉮ 경사로의 길이가 1.8m 이상이거나 높이가 0.15m이상인 경우에는 양측면에 손잡이를 연속하여 설치하여야 한다.

㉯ 손잡이를 설치하는 경우에는 경사로의 시작과 끝부분에 수평손잡이를 0.3m 이상 연장하여 설치하여야 한다.

라) 재질과 마감

㉮ 경사로의 바닥표면은 잘 미끄러지지 아니하는 재질로 평탄하게 마감하여야 한다.

㉯ 양측면에는 휠체어의 바퀴가 경사로 밖으로 미끄러져 나가지 아니하도록 5㎝ 이상의 추락방지턱 또는 측벽을 설치할 수 있다.

㉰ 휠체어의 벽면충돌에 따른 충격을 완화하기 위하여 벽에 매트를 부착할 수 있다.

(2) 관련기준

1) 보도설치 및 관리지침 (2004) - 건설교통부

① 입체횡단보도

(가) 입체횡단보도는 보행자의 통행안전을 확보할 수 있는 구조를 가져야 한다.

(나) 자동차 전용도로 및 철도 횡단부분의 도로에는 반드시 입체횡단보도를 설치하고, 일반도로 가운데 시간당 6,000명 이상이 통행하는 도시지역 도로와 지방지역 도로 중

교통 및 도로상황, 보행자 안전 및 경제성 등을 감안하여 입체횡단보도를 설치한다.

(다) 횡단보도육교와 지하횡단보도의 선정은 교통영향, 주변 환경과의 조화, 시공조건, 유지관리 및 방범 등을 고려하여 결정한다.

3.3.2 설계절차

(1) 조사단계

보도육교의 합리적이고 경제적인 계획, 설계, 시공이 이루어질 수 있도록 기본조사를 실시하여야 하며, 실측도작성, 가설위치, 입체형식, 다리 밑 공간, 경간장 및 구조형식 등을 결정하는데 필요한 사항을 조사한다.

조사의 내용은 "2.4 조사계획"을 참고하도록 하며, 조사의 주요사항은 다음과 같다.

1) 지장물 조사

보도육교 설치위치 및 시공상 저촉되는 구간에 대해서 각종 지하매설물 및 지상시설물의 저촉여부를 조사한다.

2) 교통량 및 교통시설 조사

구조물 설치지역 주변 가로망 현황과 지하 및 고가차도, 보도육교, 지하철 등 기타 교통관련시설을 조사한다.

3) 관련계획 자료조사

현재 개발계획이 수립 또는 추진중에 있어 직·간접적으로 영향을 미칠수 있는 주요 계획내용을 조사 분석한다.

4) 기타

구조물 설계에 따른 주변시설에 미치는 경관상의 문제, 민원문제 등을 조사 검토 한다.

(2) 계획단계

보도육교의 계획단계에서는 보도육교 가설지점, 입체형식, 기본치수, 구조형식 등을 결정한다. 보도육교에 대해 경제성, 시공성, 안전성, 미관성, 유지관리 등 각각의 장·단점을 비교 검토하여 결정하여야 하며, 고려되어야 할 주요사항들은 다음과 같다.

1) 위치선정

① 지형 및 경제성 등을 고려하여 최적위치를 선정

② 평상시 횡단자수가 상당히 많은 곳

③ 차도부 폭원이 25m 이상으로 중간 대기장소가 없는 곳

④ 해당지역의 관할 행정기관의 의견 및 주민의견 고려

2) 입체형식의 선정

① 보도육교와 지하보도와의 장·단점을 비교 검토하여 결정

② 지형, 연도의 토지이용 상황, 관련계획 등을 충분히 검토

③ 보행자 등이 이용하기 쉬운 형식으로 계획

3) 지간구성

① 상부구조형식, 사용재료 등을 고려하여 적정지간 계획

② 교차시설(도로, 철도 등)의 횡단구성, 시설한계 및 지장물등 시설현황과 기초지반 상태를 고려하여 지간 계획

③ 시공중 가설단계별 교통흐름을 고려하여 지간 계획

④ 주변 경관과 조화를 고려하여 지간 구성

4) 상부구조 형식

① 보행자의 안전성 및 쾌적성 고려

② 구조적 안전성이 확보되고 경제성 측면에서 유리한 형식으로 계획

③ 유지관리 및 보수가 용이하고 저렴한 형식으로 계획

④ 구조물 전체에 대한 균형과 미관을 고려

⑤ 교차시설을 고려하여 적정 형하고를 유지할 수 있도록 계획

⑥ 제작, 가설 등을 고려, 적정 형식을 계획

5) 하부구조 및 기초형식

① 상부 구조물의 하중규모 및 형식 고려

② 시공 중 교통상황 및 상부 구조물의 가설방법 고려

③ 유지관리 및 보수시 용이성 고려

④ 지반조건에 적합하고, 역학적으로 안전하며, 확실히 시공될 수 있는 기초형식으로 계획

⑤ 하부구조는 지장물과 저촉되지 않도록 계획

6) 공법선정

① 계획시설물의 규모, 위치 및 지형, 지질, 동원가능 장비 성능, 수효, 가설 제작장 설치 가능 여부, 공사소요기간, 가설공사비 등을 검토하여 계획

② 주변시설, 인근 주민에 미치는 소음, 진동, 교통 혼잡을 최소화할 수 있는 공법 결정

(3) 설계단계

보도육교의 안전성, 사용목적과의 적합성, 시공 및 유지관리의 용이성, 경제성, 주변시설과의 조화 등을 고려해야 한다.

특히, 구조물의 강도, 변형, 안정 등을 검토하여 안전도 및 사용성을 확보하여야 하며, 다음과 같은 사항을 확정하고 상세설계를 수행한다.

1) 설계기준

① 폭원, 연장, 계단의 형태 및 폭원, 경사로 구배 및 폭원

② 구조물 설계방법

③ 교차시설에 따른 다리 밑 공간 등에 대한 시설한계

④ 설계하중의 종류, 크기 및 부가하중

⑤ 사용재료의 종류 및 특성(재질, 강도)

⑥ 관련된 설계기준, 시방서, 지침, 편람 등의 규정

2) 공법검토

앞의 계획단계에서 6) 공법선정과 동일한 방법으로 검토한다.

3) 구조설계

① 조사 및 계획업무 결과로 선정된 최적의 구조형식에 따라 상부구조, 하부구조, 기초구조의 단면을 설정하고, 구조물의 안전성, 내구성, 사용성 등을 검토한 후 상세설계

② 활하중에 의한 주거더의 처짐이 허용최대 처짐 이하가 되도록 설계

③ 공용시 보행자에게 불안감, 불쾌감을 주지않도록 진동 및 진폭을 고려하여 설계

④ 관련 시방서 및 규정, 지침에 따라 세부사항 검토 후 설계

⑤ 구조물의 각 단면을 상세하게 선정하고, 관련 설계기준에 규정된 해석방법으로 모델링하여 구조계산에 필요한 단면계수를 산출

⑥ 주하중 및 부가하중을 선정하고, 최대단면력이 산출되도록 하중재하 위치 및 하중조합 결정

⑦ 지지력 계산은 구조물 형식, 형태를 고려, 계산방법 결정

⑧ 산출된 최대단면력(휨모멘트, 축력, 전단력, 비틀림모멘트)에 대한 안전성, 내구성, 사용성 등을 검토・확인

⑨ 강도설계 및 피로설계에 따른 상세사항을 관련 기준에 따라 설계

⑩ 구조계산에 따른 전산프로그램은 검증된 것을 사용

4) 부대시설 설계

① 난간은 재질, 내구성 등을 검토하여 보행자의 안전 확보뿐만 아니라 외관이 우수하도록 설계

② 바닥 마감재는 미끄럼 방지기능, 보행감, 내구연한 및 시공성 등를 비교 검토

③ 가로등은 도로 조명기준에 의해 설치위치, 높이, 밝기 등을 검토

3.3.3 기본계획

(1) 개요

보도육교의 계획은 조사의 내용을 바탕으로 한 외부적인 제조건과 시공성, 유지관리, 경제성, 안전성 및 미관 등을 고려하여 보도육교 가설지점과 구조형식, 규모 등을 결정하여야 한다. 그리고 다음 각 요건을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

1) 가설위치와 입체횡단 제조건

2) 외적 제반조건

3) 구조적 안전성과 경제성

4) 보행자의 안전성과 쾌적성

5) 시공성과 유지관리의 용이성

6) 관계기관 협의내용 및 민원사항

(2) 위치 선정

보도육교의 설치위치는 지형, 횡단조건 및 경제성 등을 고려하여 최적위치를 선정해야 하며, 일반도로나 신호기가 없는 교차점에 있어서 입체 횡단시설 설치가 우선시 되는 곳은 다음과 같다.

1) 횡단자들이 대기할 수 있는 충분한 폭원을 가진 중앙분리대 또는 중간 대기장소가 없는 차도부 폭원이 25m 이상의 도로를 횡단하는 경우

2) 횡단자수가 평상시 상당히 많은 경우

3) 연속 고속주행이 가능한 도로를 횡단하는 경우

4) 횡단자를 자동차 교통으로부터 완전히 분리해야 횡단자의 안전 확보가 가능할 경우

그리고 보도육교의 설치는 해당지역의 관할행정기관의 의견을 참조하여 계획토록 한다.

(3) 입체형식 선정

입체횡단 시설인 보도육교와 지하보도에 대해 지형, 연도의 토지이용상황 및 지하의 이용상황, 계획 등과 관련하여 장·단점을 충분히 비교검토한 후 적정 입체형식을 선정한다.

입체횡단 시설의 형식은 보행자등이 이용하기 쉬운 형식을 선정하는 것이 필요하며, 보도육교와 지하보도를 비교하면 일반적으로 다음과 같은 장·단점이 있다.

<표 3.11> 입체횡단 시설의 형식 선정

구 분	보도육교	지하보도
이용 편리성	×	○
악천후시 쾌적성	×	○
방 범	○	
미 관	×	○
연도에의 영향	×	○
건 설 비	○	×
유 지 관 리	○	×
시 공 성	○	×

(4) 보도육교 형식선정

1) 형식결정

보도육교의 형식선정은 기본적으로 현장여건에 부합되고, 구조적 안전성이 확보된 상태에서 설계기준 및 시설기준의 범위 내에서 총건설비용(유지관리비 포함)이 최소가 되도록 하며,

다음사항들을 고려하여 교량형식을 선정한다.

① 구조상 안전하고 경제성 측면에서 유리한 방식

② 건축한계, 다리 밑 공간 등의 시설기준에 적합한 형식

③ 공사중 주변시설물이나 인근주민에 미치는 영향이 적어 민원을 최소화 할 수 있는 형식

④ 주변시설물 및 경관과 조화를 이루고 유지관리 측면에 유리한 형식

2) 상부구조 형식

보도육교의 상부구조 형식을 선정할 때에는 경제성, 안전성, 시공성 및 보행자의 이용성이 좋고 주변경관과 조화를 이루어야 하므로, 다음 조건들을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

① 본체, 계단 또는 경사로의 최적위치선정 및 시설한계 고려

② 보도육교의 외부적 제조건 만족

③ 구조적 안전성 및 경제성

④ 시공의 확실성, 용이성 및 공사기간 고려

⑤ 구조물 전체에 대한 균형미 등 미관 고려

⑥ 보행자의 안전성 및 쾌적성 고려

3) 하부구조 형식

보도육교의 하부구조 형식은 상부구조형식의 특징, 가설방법 등과 연관시켜 구조적 안전성, 경제성, 시공의 안전성 및 용이성, 미관, 유지관리 측면이 고려되야 하므로, 다음 조건을 종합적으로 고려하여 결정한다.

① 상부구조의 하중규모 및 형식 고려

② 시공중 교통소통 및 상부구조물의 가설 고려

③ 구조적 안전성, 내구성, 유지관리 및 보수시 용이성

④ 기초형식의 선정은 기초지반의 지질조건, 지하매설물 상태 고려

(5) 보도육교의 구조물시설기준

보도육교의 구조시설기준은 “3.3.1 구조 및 시설기준” 내용을 참고하도록 한다.

(6) 교통처리 계획

상부 및 하부 구조물 공사시 발생될 수 있는 교통문제를 예상하여 이를 감안한 공사중 교통처리 계획을 수립하여 설계 반영한다.

(7) 경관 고려

1) 보도육교의 형상

교량은 구조적 안전성이 확보되는 조건하에서 교량 자체의 조형미가 있어야 하고, 재료와 형상이 주변 환경에 어울리도록 계획하여야 하며 고려사항은 다음과 같다.

① 현장여건 및 주위환경

② 교량 종단선형과 경간 구성상 장애요인

③ 사용재료

④ 가설방법, 시공성 및 경제성

2) 주변 경관과의 조화

보도육교 설계시 가능한 아름답고 우하한 구조물로서 주변 경관과 조화를 이루도록 계획하여야 하며 고려사항은 다음과 같다.

① 특별한 규칙성의 선형사용

② 단순, 명료성을 부각시키며, 불필요한 장식이나 부속물은 배제

③ 적정 비례 배분 사용

(8) 경사로 및 승강기[E/V] 비교 검토

<표 3.12> 경사로 및 승강기[E/V] 비교 검토

구 분	비 교 1 안	비 교 2 안
시설형식	승강기 (E/V)	경사로 (도움식12%)
장 단 점	• 시설물 점용면적 최소로 지장물 이설 최소 • 노약자 및 장애우 들의 이용성측면에서 양호하고 지역주민의 편의성증대로 기대효과가 큼 • 시공성 양호 • 공사비 저렴 • 하부구조 설치개소 감소로 기존 보도를 최대한 활용할 수 있어 환경침해 최소화 가능 • 장애인협회 민원발생 해소 • 유지관리 불리 • 보행자 대량이동 다소 불리	• 보행자 진출입이 원활할 수 있도록 보도와 연계성 고려해야하나 접근성 불리 • 시설물 점용면적 증대 • 하부구조 설치개소 증가로 인한 지하매설물이설 및 시공중 안전관리 확보 필요 • 협소한 보도폭에 설치되므로 가로등, 전신주등의 지상구조물 이설 필요 • 노약자 및 장애우들 이용시 과다한 경사로 연장으로 반드시 도움이 필요하고 이용이 불편 • 장애인협회 민원발생 우려 • 공사비 고가 • 자전거 통행 가능 • 유지관리 양호 • 보행인 대량이동 양호

3.4 생태통로

3.4.1 구조 및 시설기준

(1) 관련법규

1) 자연환경 보전법 (2005.8)

① 제2조 (정의)

"생태통로"라 함은 도로, 댐, 수중보, 하구언 등으로 인하여 야생동·식물의 서식지가 단절되거나 훼손 또는 파괴되는 것을 방지하고 야생동·식물의 이동 등 생태계의 연속성 유지를 위하여 설치하는 인공 구조물·식생 등의 생태적 공간을 말한다.

② 제45조 (생태통로의 설치 등)

국가 또는 지방자치단체는 개발사업등을 시행하거나 인·허가등을 함에 있어서 야생동·식물의 이동 및 생태계 연속성이 단절되지 아니하도록 생태통로 설치등의 필요한 조치를 하거나 하게 하여야 한다.

2) 도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 (2004.12)

① 제8조 (환경·생태계 및 경관 등의 보호)

도시계획시설결정을 하는 때에는 환경·생태계 및 경관의 훼손을 최소화하여야 하며, 역사적·문화적 또는 향토적 의의가 있는 지역을 보전할 수 있도록 하여야 한다.

② 제12조 (도로의 구조 및 설치에 관한 일반적 기준)

녹지지역·관리지역·농림지역 및 자연환경 보전지역에는 녹지·우량농지·산림의 훼손과 생태계 파괴를 최소화하기 위하여 환경 친화적으로 설치하고, 향후 시·군의 개발여건을 고려할 것

(2) 관련기준

1) 생태통로 설치 및 관리지침 (2003) - 환경부

2) 환경친화적인 도로건설 지침 (2004) - 건설교통부

3) 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침 (2000) - 건설교통부

3.4.2 필요성 검토

사업의 성격 및 주변 환경을 파악하여 도로로인해 단절된 서식지를 연결하는 생태통로가 필요한지에 대해 검토한다.

(1) 자연환경 파악

1) 대상지역에 대한 현황파악은 생태통로의 필요성과 관련하여 그 지역의 자연환경을 충분히 이해하기 위한 조사로서 문헌조사와 현장조사를 실시한다.

2) 문헌조사는 문헌으로부터 얻을 수 있는 모든 생물중, 특히 법정보호종이나 고유한 생태계에 대한 자료, 기타 법적·행정적 자료를 수집 정리한다.

3) 현장조사는 자연환경을 정확히 파악하기 위해서는 필수적이며, 식물·동물 및 여러 가지

환경요소에 대해 조사한다. 특히, 동물의 주요이동경로를 확인하는 것이 생태통로의 위치선정에 매우 주요한 역할을 하게 된다.

(2) 단절현황 파악

사업 시행으로 인한 단절의 영향을 가장 크게 받는 생물 또는 환경요소를 찾아내고, 그 중 회복 가능성과 보존의 가치가 높은 지역을 파악해야 한다.

(3) 생태통로 필요성 판단

1) 생태계의 단절 정도가 심하다고 확인된 지역에 대하여 여러 항목을 평가하여 최종적으로 생태 통로가 필요한지 여부를 판단해야 한다.

2) 각 단절지에 대한 생태통로의 필요성을 검토하는 내용은 다음 표와 같다.

<표 3.13> 생태통로 필요성 판단

검토요소	검 토 사 항	통로조성	복구조치[2)]
원서식지의 양적변화	면적감소로 원식생 유지가 어려움	○	①④⑦
	원 서식지가 2개 이상으로 분할	○	⑤⑦
	숲틈(gap)형성으로 내부식생 제거 또는 감소		⑤⑦
	위 경우 '연결 가능한 서식지'가 주변에 존재[1)]	○	④
원서식지의 질적변화	보호필요 주변 서식지의 소멸, 감소, 절단	○	①⑤
	보호필요 서식지 내부에 사람 통행로 신설, 확장, 시설설치 등 부정적 요인이 유발되는 경우		①③⑥⑦
	사업으로 서식지가 절단 또는 단편화되어 생태적 기능을 유지할 수 없는 경우		①③⑤⑥⑦
	위 경우 '연결 가능한 서식지'가 주변에 존재[1)]	○	④
동물 이동성	기존 야생동물 이동로가 훼손	○	①⑧
	소음, 빛 등 이동동물에 대한 위협요소 발생		②③④⑤
훼손 서식지 복구 가능성	기존의 복구방안으로는 복구조치가 불가능	○	①⑨
	사업 운영 이후 생태계 회복에 장기간 소요		①③
	사업으로 발생하는 서식지 피해요소를 완전히 제거하는 것이 불가능한 경우		①
	위 경우 '연결 가능한 서식지'가 주변에 존재[1)]	○	⑧

※ ○ : 생태통로의 설치를 적극적으로 검토할 필요가 있는 경우

주) 1. '연결가능한 서식지' : 단절된 서식지 주변에서 공사 이전 상태의 생태계 구조와 기능을 유지하고 있는 서식지

2. 복구조치 : ① 도로 변경 또는 우회, ② 토지변경 최소화, ③ 주변으로부터의 영향요인 제거, ④ 기존 서식지 면적 확대, ⑤ 주변 서식지와 질적 유사성 강화, ⑥ 가드레일 설치, ⑦ 비포장화, ⑧ 은폐 식생 조성, ⑨ 대체서식처 조성

3.4.3 설치 계획

사업시행에 따라 생태계의 단절이 발생할 경우 우선적으로 사업부지 변경, 사업축소, 보존지역 설정 등의 사업계획 변경에 대한 대안을 검토하고, 대안 마련이 곤란할 경우 생태통로 설치를 고려한다.

(1) 대책검토

기존 생태계의 변환을 최소화 하도록 도로구조를 세부적으로 검토하고 개선방향을 다음과 같이 모색한다.

1) 고성토부 교량화 구조 형성으로 법면축소 및 이동경로 확보
2) 법면경사 완화 및 관목식재을 통한 환경개선
3) 절토법면의 선형개량 및 식재를 통한 환경개선
4) 종단선형 개선을 통한 법면 최소화
5) 사면 절토시 생태계에 심각한 영향이 우려되는 곳의 터널공법 적용으로 생태계 단절 최소화
6) 높은 교량화 구조로 하여 생태계에 대한 영향 최소화

(2) 위치 및 형태 결정

1) 위치 결정

① 생물학적 고려사항

<표 3.14> 생물학적 고려사항

항 목	주요 고려 사항
주요대상 동물파악	• 사업 대상지의 우점동물 파악 - 특정 종을 위하여 이동통로를 설치하는 경우 사업지역에 나타난 다른 종은 참고사항으로 활용 • 자연환경보전법 제2조 및 제3조에 규정된 동물은 특정종을 위한 이동통로 설치사업의 경우에도 보전 방안 강구 필요 • 주요 대상 동물의 서식지 특성 파악 - 기존 이동로의 특징 - 선호하는 먹이, 서식지 특성 및 행동권 혹은 세력권
기 존 이동로 파 악	• 기존 이동로의 위치 및 개수 조사 • 기존 이동로를 이용한 흔적이 있는 종 파악 • 기존 이동로의 훼손 가능성 파악 - 자연적인 훼손 가능성 (산사태, 식물 피복 등) - 사업 시행에 의한 훼손 가능성 - 인간의 간섭 여부 (사람통행, 주변도로 등)

<표 3.14> 생물학적 고려사항(계속)

항 목	주요 고려 사항
주변부와 연결방안 고 려	• 주변 서식지와의 생태적 연속성 검토 - 내부 서식지(core)가 주변 서식지(edge)보다 큰 곳 - 연결시 전체적인 서식지 네트워크 형성 및 생태적 연속성 유지 가능 여부 - 연결서식지 중간의 징검돌 생태계(stepping stone) 존재여부 - 기존 이동로와의 연결 가능성 - 국·공립공원 또는 생태계 보전지역과의 연결여부 • 동물 이동의 장애물 존재 여부 및 제거 가능성 - 서식지 내부에 인간이 왕래하는 도로가 없거나, 있는 경우 폐쇄가 가능한지 여부 - 직선으로 연결이 가능한지 여부 - 연결 서식지간 이동을 방해하는 도로가 없거나 제거 가능한 곳 • 주변 서식지의 토지 소유권 파악
개발계획 및 경관 생태학적 분석필요	• 향후 주변지역의 개발 계획, 특히 주변지역이 도시화된 경우 도로 및 택지 개발사업의 시행계획 파악 필요 • GIS기법을 이용한 경관 생태학적 기능 평가를 통하여 여러 개의 통로를 설치하여 종합적 생태계 복원 시도

② 지형 및 건설관련 고려사항

(가) 도로의 수평적 굴곡이 심하지 않은 것이 타당

(나) 도로의 종단구배에 따른 차량의 소음, 불빛 등의 영향 최소화

(다) 공사중 환경훼손 최소화

(라) 구조물 유지, 보수, 관리를 위한 접근성과 유지관리 용이성

(마) 구조물 설치시 가도 설치 가능 여부

(바) 구조물의 안정성이 확보되는 토질상태 여부

(사) 지형조건에 따른 시공성, 경제성 및 설치가능 여부

(아) 구조물설치 후 생태계의 연결성 양호 여부

③ 효율성

(가) 차량통행량이 많은 지역을 우선시 한다.

(나) 법정 보호종이나 보전가치가 있는 종이 이용하거나 이용 빈도가 높은 지역을 우선시 한다.

(다) 설치 후 주변지역의 개발계획이나 인간간섭 정도가 적은 곳이 유리하다.

2) 종류 결정

생태통로는 크게 선형, 육교형, 터널형의 3가지 형태로 나눌 수 있으며 각각의 종류가 선정되는 기준은 다음 표와 같다.

<표 3.15> 생태통로 형식 선정 기준

사업지역	해당지역 특징	선형	육교형	터널형
개활지/경작지/하천	도로/철도변, 하천변 이용 가능	○		
	서식지간 지표면상 직선 연결 가능	○		
	작은 서식지들 간을 지표면 연결 가능	○		
	사업지역과 주변 지역간 구분/보호 필요	○		
산지/계곡	절토지역간 거리가 넓다		○	
	절토지가 깊다		○	
	지표면으로 이동이 불가능		○	
	지상에 장애물/오염원 등이 있음		○	
	서식지간 거리가 넓다		○	
중·소하천/산지/계곡	지상연결이 곤란하다			○
	사업이 중·소 하천위을 횡단			○
	사업으로 배수로/개울 등이 폐쇄 가능			○
	기존 이동로 위로 인공시설(도로) 통과			○
	이동거리가 짧다			○
	지상에 장애물/오염원 등이 있음			○
	인간의 통행/영향이 빈번함			○
	사업지역 아래로 서식지가 인접			○

3) 크기 결정

생토통로의 크기는 각각의 형태와 이용하는 주요 대상동물의 종류, 주변의 지질 및 토목공학적인 환경, 외부의 영향 등에 의해 결정된다.

생태통로의 크기를 결정할 때 필요한 주요 고려 사항은 다음 표와 같다.

<표 3.16> 생태통로의 크기 결정시 고려 사항

항 목	주요 고려 사항
주요 대상 동물의 특성고려	• 기존 이동로 특성 파악 • 연결 대상 서식지간 거리는 가능한 짧고, 직선을 유지 • 주요 대상 동물종의 먹이종이 서식 가능하여야 함 • 통로 안에 서식하는 특성을 지닌 종의 경우 이들의 서식이 가능한 크기여야 함 • 통로의 길이가 길수록 폭은 넓게 함
주변부 처리	• 통로 주변부에 동물들이 자연스럽게 접근하도록 식재 등 처리가 가능한 공간이 있어야 함
외부영향	• 장마, 홍수, 토사유출 등에 대한 대비책을 고려함 • 외래종의 이입을 가능한 회피할 수 있도록 함 • 기타 소음, 빛, 포식자 등 외부 영향을 최소화 함

3.4.4 구조물 형태별 고려사항

(1) 터널형 통로

야생동물의 이동이 용이하고 물을 먹을 수 있는 계곡형태의 지형이나 수계의 경우 터널형 통로가 적합하며, 터널형 통로의 형태별 설계 고려사항은 다음과 같다.

1) 박스형 암거

① 설치위치

(가) 도로 건설을 위해 성토된 계곡부나 평지

(나) 도로가 수로나 소로와 교차하는 곳으로 횡단거리가 짧고 서식지가 인접한 곳

(다) 야생동물이 이용하고 있거나 차량과의 충돌이 빈번한 곳

② 대상동물

(가) 대형·중형·소형 포유류, 일부조류, 양서·파충류 등

(나) 멧돼지, 노루, 고라니, 너구리, 삵, 족재비, 꿩 등

③ 규모 및 재질

(가) 콘크리트 BOX형으로 제작하고, 바닥은 흙이나 자갈 등을 채운다.

(나) 내공단면은 최소 2×2m 크기로 제작하고, 대형 포유류의 원활한 이용을 위해서는 4×4m 이상으로 한다.

(다) 횡단거리가 길수록 내공단면을 증가

④ 기타사항

(가) 인접 법면에 주변의 식생과 연결하는 유도식재를 하여 동물이 불안감없이 접근하도록 한다.

(나) BOX암거의 위쪽은 도로로 부터의 소음과 빛을 차단할 수 있는 식재를 한다.

(다) BOX암거 양쪽에 배수 및 소동물의 이동을 위해 배수로나 도랑을 설치한다.

(라) 수계에 설치된 암거는 물을 싫어하는 동물도 이동할 수 있도록 선반형 또는 계단형 통로를 설치한다.

2) 파이프형 암거

① 설치위치

(가) 도로 건설을 위해 성토된 계곡부나 평지

(나) 농수로나 개울에 대해 수위차가 적은 곳

(다) 야생동물이 이용하고 있거나 차량과의 충돌이 빈번한 곳

(라) 소형동물에게 중요한 서식지를 연결할 필요가 있는 곳

② 대상동물

(가) 중형·소형 포유류, 일부조류, 양서·파충류 등

(나) 박스형 암거에 비해 주로 소형동물이 이용하도록 한다.

③ 규모 및 재질

(가) 콘크리트, 플라스틱 또는 금속재질을 이용하여 소형파이프 형태로 제작한다.

(나) 바닥은 흙이나 자갈, 낙엽 등을 이용한다.

(다) 파이프형 암거의 종류별 규모

<표 3.17> 파이프형 암거의 종류별 규모

입구 형태	횡단 거리와 입구의 최저 구경	
	횡단거리	최저 구경
○ 구형	1 ~ 20m	내경 100cm
	21 ~ 30m	내경 120cm
	30 ~ 50m	내경 150cm
□ 상자형	1 ~ 20m	폭 100cm, 높이 75cm
	20 ~ 50m	폭 200cm, 높이 175cm
⌓ 반원형	1 ~ 30m	폭 120cm, 높이 90cm
	30 ~ 50m	폭 180cm, 높이 120cm
	50m 이상	폭 200cm, 높이 140cm

④ 기타사항

- 박스형 암거와 동일

(2) 육교형 통로

산등성이나 평지에서 야생동물을 이용하는 길을 연결하기위해 설치하며, 육교형 통로의 설계 고려사항은 다음과 같다.

1) 설치위치

① 도로 건설을 위해 양쪽 모두 깊게 절토되어 산등성이나 고산지대가 단절되어 동물이 이동하기 어려운 곳

② 주변 지형이 도로보다 높아 하부통로 설치가 불가능한 곳

③ 넓은 면적의 보호구역이 단절되거나 생태적 가치가 우수하여 설치의 필요성이 높은 지역에 주로 이용

④ 소형동물에게 중요한 서식지를 연결할 필요가 있는 곳

2) 대상동물

① 대부분의 동물이 이용 가능

② 보호해야할 특정 중·대형 동물의 이동을 보장해야 할 경우 적합

3) 규모 및 재질

① 교량형 구조물로 설치하며 상부에 식생을 조성할수 있도록 한다.

② 폭은 최소 30m이상으로 하고, 가능한 50m이상 유지가 바람직하다.

③ 육교 상부에는 자연상태와 유사하게 유지할 수 있도록 하며, 식재된 식생의 안정적인 생육보장과 배수의 용이성을 확보한다.

④ 생태통로 양측의 펜스나 방음벽의 높이는 최소 2m정도를 유지하고, 목재와 같이 불빛이 반사가 적고 주변환경에 친화적인 소재를 사용한다.

4) 기타사항

① 주변이 트인 지역을 선택하여 동물이 불안감을 느끼지 않고 건널 수 있도록 설치한다.

② 생태통로 입구와 출구에는 유도 및 은폐가 가능한 식생을 조성한다.

③ 육교형 통로가 절개지에 설치되는 경우 환경 친화적인 사면녹화 및 안정화로 절개지를 복구하는 방안 마련이 필요하다.

(3) 선형 통로

선형통로에는 생울타리, 방풍림 및 조류를 위한 횡단유도식재가 있다.

3.4.5 구조물 기본계획

생태통로의 구조물은 터널형 콘크리트 구조물과 육교형 교량 구조물로 크게 구분된다.

이들 각 구조물에 대한 기본계획은 본 편람 내 해당구조물의 형식에 따라 그 내용을 참고 하도록 한다.

해당 구조물에 대한 기본조사 내용을 바탕으로 외부적인 제조건과 시공성, 경제성, 안전성, 유지관리 및 미관을 고려하여 구조물 계획을 하여야 하며, 교차조건에 따른 시설기준도 만족시켜야한다.

3.5 부대시설

3.5.1 교량 받침

(1) 개 요

교량 받침은 상부구조의 하중을 하부구조에 전달하고, 온도변화나 탄성변형에 의한 상하부간의 상대변위 및 상부구조의 회전변형을 흡수하여 교량의 기능을 정상적으로 발휘하도록 하는 시설물이다.

각각의 교량마다 최적의 받침을 단적으로 규정하기는 어려우나 일반적인 검토범위 (기능성, 내구성, 경제성, 유지관리 및 시공의 용이성)내에서 적합한 교량받침을 선정하여 효율적인 설계가 되도록 하여야 한다.

(2) 교량받침 선정시 고려사항

1) 선정의 기본방향

① 상황변동(온도, 하중, 진동 등)에 따라 기능발휘가 정상적일 것

② 고강도, 고경도, 내마모, 내식성이 우수한 재료로 제작

③ 설치, 시공이 용이한 구조

④ 유지보수 및 관리가 용이한 구조

2) 선정시 고려사항

① 상부구조 반력의 크기

② 이동방향과 회전방향과의 관계

③ 소요 이동량과 회전량

④ 교량의 길이 및 폭

⑤ 상·하부구조의 형식과 특성 및 기초지반의 특성

⑥ 받침의 특성 및 경제성

(3) 교량받침 설계시 고려사항

1) 고정받침 설치위치

① 고정하중 반력이 큰 지점

② 수평반력 저항에 유리한 지점

③ 가동받침의 이동을 작게 할 수 있는 지점

④ 종단구배가 있는 교량에서 낮은 지점

2) 가동받침 설치위치

① 신축에 대한 이동량이 양방향에 균등 배분되도록 설치

② 곡선교나 횡방향의 강성이 큰 사교의 경우 가동지점에 걸리는 이동과 회전을 모두 구속하지 않도록 설치

3) 사교의 받침배치

① 사교의 경우 가동받침의 이동방향과 회전방향이 일치하지 않으므로 전방향 회전이 가능한 받침을 사용하는 것이 좋다.

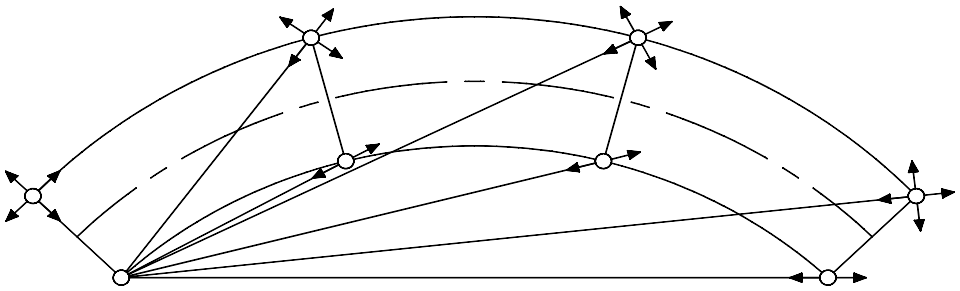
② 일방향 가동받침의 가동방향 배치는 다음 방법을 따른다.

<표 3.18> 사교의 가동 방향별 받침배치

구 분	교축 방향 고정	교축직각 방향 고정
슬래브교	사각방향	교축방향
기타교량	교축직각방향	교축방향

4) 곡선교의 받침배치

① 가동방향을 고정받침에서 방사상의 현방향으로 설치하는 경우

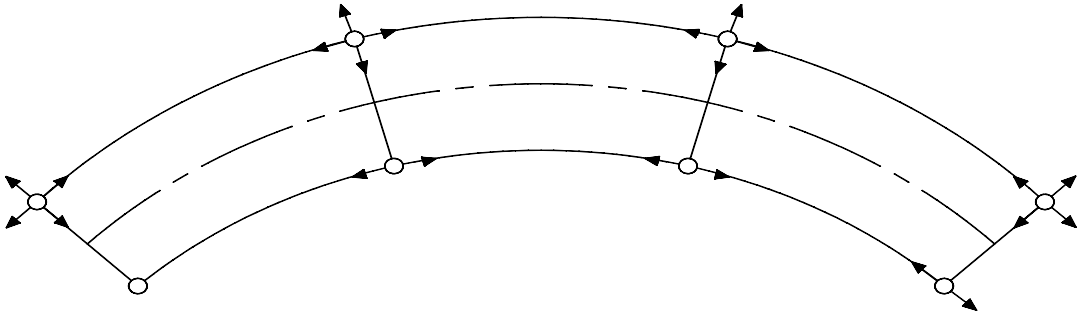


[그림 3.4] 방사상의 현방향으로 설치하는 경우

・신축방향 : 고정점과의 현방향 ・회전방향 : 교량받침선에 직각방향

; 신축방향이 교량 진행방향과 다르므로 교량 연결부인 신축이음장치의 설계에 주의를 기울여야 한다.

② 가동방향을 곡선반경에 대해 접선방향으로 설치하는 경우



[그림 3.5] 곡선반경에 대해 접선방향으로 설치하는 경우

・신축방향 : 교량진행 접선방향 ・회전방향 : 교량받침선에 직각방향

; 온도변화에 의한 수평반력이상 상·하부 구조에 영향을 주므로 설계시 온도변화에 따른 부정정력과 반력산정에 유의하여야 한다.

(4) 받침부 설계시 고려사항

1) 최소연단거리 확보

받침연단과 하부구조 정부연단사이의 거리는 다음 값 이상으로 한다.

S(cm) = 20 + 0.5L (L : 지간길이(m), 들보지간 100m이하의 경우)

2) 받침부는 상부하중의 집중점 이므로 fck=60MPa이상의 무수축 몰탈을 사용한다.

(5) 기타 고려사항

1) 받침은 수평으로 설치하도록 한다.

2) 교량받침의 점검, 보수, 교체등을 위해 주형하면에서 교좌면까지의 높이를 40cm이상 확보토록 한다.

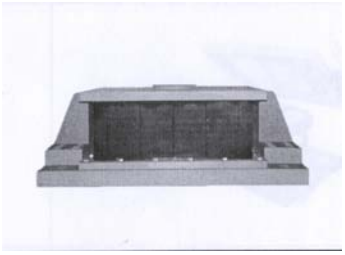
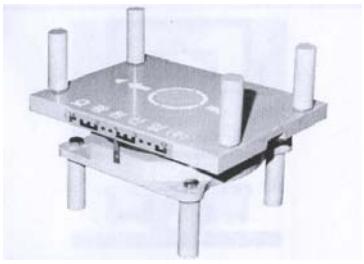
3) 종단경사가 급한 부분은 상판구조 저판에 쐐기형 Leveling Steel Plate를 설치토록 한다.

4) 일반적으로 교량받침의 종방향 허용신축량은 ±50mm가 기준이나, 장대교의 경우 신축량이 50mm를 훨씬 초과하는 경우가 많으므로 받침규격 선정시 받침설치 위치의 신축량을 계산하여 이를 반영하여야 한다.

(6) 교량받침의 종류별 특성

1) 일반받침

<표 3.19> 일반받침

구 분	탄 성 받 침	디스크 받침	POT 받침
형 상			
구 성	• Chloroporene계의 합성고무	• 몸 체 : 강재(SM490) • 지 압 판 : 폴리우레탄 및 PTFE	• 몸 체 : 주강(LMnSc2A), 강재 (WSW 508) • 지압판 : 천연고무 및 PTFE
변 형 요 소	• 수평이동 : 고무판의 전단변형 • 회 전 : 고무판의 전단회전	• 수평이동 : PTFE의 미끄러짐 • 회 전 : 폴리우레탄의 압축회전	• 수평이동 : PTFE의 미끄러짐 • 회 전 : 고무판의 압축회전
용 도	• 과거 소교량에 사용되었으나 고무층의 개선으로 대용량에도 적용 • 특히 사교, 곡선교, 넓은 폭의 Slab 교에 사용	• 받침의 크기가 작고 하중 완충 및 회전, 이동량이 우수해 콘크리트 거더교 및 강교 등 다양한 형식의 교량에 적용됨 • 확폭 교량, 곡선교량에서도 적용성이 우수하고, 다 경간 연속에서도 적합	• 사교, 곡선교, 넓은 폭의 Slab 및 Girder에 사용 • 이동량이 큰 곳에 적용
사 용 범 위	• 이동량 : 80mm 이하 • 반 력 : 1,000Tonf 이하	• 이동량 : 2,000mm 이하 • 반 력 : 5,000Tonf 이하	• 이동량 : 250mm 이하 • 반 력 : 5,000Tonf 이하
장 점	• 설치 및 유지관리 용이 • 임의 형상으로 제작 가능 • 모든 방향으로 회전 및 신축 가능 • 사교에서 둔각부의 큰 반력에 의한 고무받침의 탄성변위로 부반력을 방지 • 지진력 분산효과가 우수하여 하부구조 지진력 경감가능	• 회전기능 우수 (전방향으로 가능) • 회전이 큰 곳, 종단구배 교량 및 회전방향이 이동방향과 일치하지 않은 곳 등에 사용할 때 유리 • 제작 및 설치 및 유지보수 용이 • 내진구조로 큰 수평력에 저항 • 내구성 및 미관이 우수해서 단지내 교량 및 교통량이 많은 교량에도 적합 • 부반력 저항 가능	• 회전에 따른 하중의 편심이 적어 유리 • 반력이 커질수록 다른 받침의 종류보다 경제성 증가 • 윤활유 주입으로 수명을 늘릴 수 있으며 고온과 저온에서 특성이 좋아짐
단 점	• 고하중용으로는 면적이 커지고, 지간이 길어지면 이동량 확보를 위하여 두께가 증가됨.	• 지진력 분산을 위해서 부가 장치를 적용하여 다점고정 및 면진기능 수행	• 허용 수평력이 작다. • 지진지 별도의 Damper 혹은 낙교방지 시설이 필요

2) 면진받침의 개요

진동수(고유주기)가 같거나 유사한 물체들은 공진현상을 일으키게 되는데, 지진력은 공진현상에 따라 쉽게 구조물을 뒤흔들어 피해를 주게 된다. 구조물의 고유주기를 인위적으로 길게 하여 지진과 구조물과의 공진을 막고, 감쇠능력의 증대를 통해 지진력 이 구조물에 상대적으로 약하게 전달되도록 하는 것이 면진설계이며 이러한 면진설계 에 사용되는 교량받침을 말한다.

① 지진 하중 전달 - 상,하부 지진격리에 의한 모든 교각 하중흡수 후 분배.

② 거동형상 - 비선형 거동.

③ 지진수평력 - 대부분의 지진 수평력이 흡수 소산되므로 지진수평력이 상당량 저하됨.

④ 구조물의 주기 - 상,하부구조의 지진격리에 의한 구조물의 고유주기가 장 주기임.

⑤ 응답가속도 계수 - 응답가속도계수는 현저히 감소됨.

⑥ 하부구조물 설계 - 많은 양의 지진 수평력이 흡수 소산 됨으로 대부분 상시 설계로도 지진시 구조적인 문제가 없음.

3.5.2 신축이음 장치

(1) 개 요

신축이음장치는 교량내 상부구조간 연결 또는 교량과 도로 토공부를 연결하는 주요부분 으로 주행성과 밀접한 관계가 있으며, 설계 및 시공의 결함은 주행자에게 불쾌감이나 위협감을 줄 뿐만 아니라 교량구조에도 악영향을 미치게 된다.

그리고 신축이음장치를 적용함에 있어서 가장 중요한 설계조건으로는 교축방향으로의 온도변화, 콘크리트의 크리프 및 건조수축에 의한 신축량과 상부구조의 회전변위, 처짐량 그리고 설치 및 부가 여유량 등이다. 이에 따라 적합한 신축이음장치의 종류를 결정해야 하며, 시공시에는 정확한 유간을 유지하는 것이 중요하다.

(2) 선정시 고려사항

1) 교량의 종류에 따른 설치적합여부 고려

2) 교량의 신축이동량을 수용할 수 있는 구조

3) 중차량의 통과횟수가 많은 경우는 내구성이 큰 구조 고려

4) 교면의 평탄성 유지

5) 배수성 및 수밀성이 우수한 구조

6) 구조가 단순하고 유지보수가 용이한 구조

(3) 신축량 산정

1) 기본 신축량

상부구조의 온도변화, 처짐, 콘크리트의 크리프 및 건조수축, 프리스트레스에 의한 부재의 탄성변형 등에 의해 생기는 이동량으로 온도변화와 선팽창계수는 다음과 같다.

<표 3.20> 교량별 온도변화와 선팽창계수

교량 종류	온도변화		선팽창계수
	보통 지방	한냉한 지방	
PSC교, RC교	-5℃ ~ +35℃	-15℃ ~ +35℃	1.0×10^{-5}
강교(상로교)	-10℃ ~ +40℃	-20℃ ~ +40℃	1.2×10^{-5}
강교(하로교 및 강바닥판교)	-10℃ ~ +50℃	-20℃ ~ +40℃	1.2×10^{-5}

2) 여유량

기본 신축량 외에 설치할 때의 오차와 하부구조의 예상 밖의 변위 등에 대처할 수 있도록 여유량을 다음과 같이 고려한다.

① 신축장 100m 이하 : 설치여유량(기본신축량×20%) + 부가여유량(10mm)

② 신축장 100m 이상 : 설치여유량(10mm) + 부가여유량(20mm)

여기서, 신축장은 신축하는 거더의 길이이며 일반받침의 경우는 고정단으로 부터의 거리, 면진받침의 경우에는 교량의 중심에서 부터의 거리이다.

3) 신축이동량

신축이동량은 기본신축량 과 여유량의 합으로 하며, 대기온도 15℃기준으로 설치시 유간과 신축이동량을 계산한다.

(4) 사교에서의 신축이음장치 적용

1) 문제점

① 사교에 대한 적응성이 불량한 형식 선정시 하자가 발생

② 사각방향 수평전단변위에 의해 신축이음장치가 파손

2) 적용방법

① 사교에서는 다음과 같이 계산된 전단변형량과 교축방향 신축량을 동시에 만족하는 신축이음장치 형식과 규격을 사용

② 전단변형에 대한 적응성이 불량한 고무판 형식(에이스, 트랜스플렉스 형식) 사용은 가급적 지양

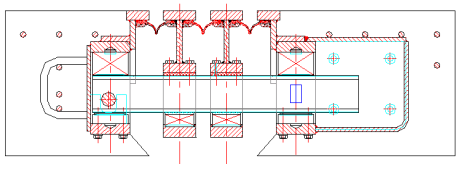
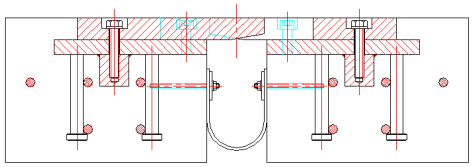
③ 강핑거 형식과 레일 형식은 사각을 감안하여 주문 제작 설치

<표 3.21> 받침 설치 방향에 따른 전단 변형량

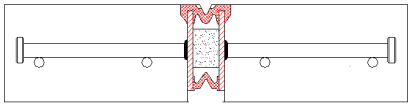
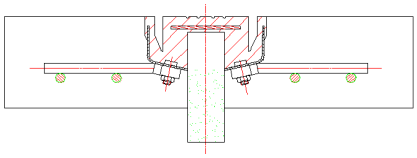
조 건	전 단 변 형 량 (mm)			비 고
	맞댐, 고무판, 레일형식		강핑거 형식	
	P.S.C교	RC교		
고정단에서 가동 받침의 이동방향을 교축 직각 방향 설치시	0.7L×CosΘ +0.8B	0.5L×CosΘ +0.8B	0.8B	L:신축장(m) B:폭원(m)
고정단에서 가동받침의 이동방향을 사각방향 설치시	0.7L×CosΘ +0.4B	0.5L×CosΘ +0.4B	0.4B	

(5) 신축이음장치의 종류별 특성

<표 3.22> 신축이음장치 비교표1 (레일 및 핑거 조인트)

구 분	RAIL JOINT	FINGER JOINT
형 상		
재 질	강재Support Beam + 강재 Rail + Rubber Seal + Control Box	Steel Finger+Rubber Sheet
신 축 기 능	Spherical Bearing의 회전과 Elast. Bearing의 탄성변위 및 미끄럼에 의한 Beam의 신축작용	강 핑거의 캔틸레버식 핑거 사이 신축또는 강겹침에 의해 슬라이딩하면서 신축작용
신축량 범위	80 ~ 1280 mm	50 ~ 500 mm
장 점	• Rubber Seal 간격이 일정하여 주행성이 우수하며 신축량이 크고 회전변위가 큰 장대교량에서도 유리하다 • 주요 구성요소가 강재로 되어 있어 내구수명이 우수하다. • Rubber Seal은 이음새가 없어 방수기능은 완벽하다. • 정밀 시공이 요구되나, 정밀 시공 후에는 유지관리 및 보수문제가 거의 없다.	• 주행성이 우수하다. • 방수시트의 이음매가 없어 방수기능이 우수하다. • 강재로 내구수명이 좋다. • 사교나 곡교의 경우 교폭방향의 신축에 의해 핑거가 서로 맞물리지 않도록 충분히 고려하여야 한다. • 부분통제만으로 보수가 가능하므로 유지관리는 비교적 용이하다. • Block-Out 깊이가 상대적으로 작다
단 점	• 레일의 간격이 클때 소음 다소발생 • 블럭아웃 깊이와 너비가 크다. • 설계시 블럭아웃을 충분히 고려한 설계가 필요함.	• 교량의 회전에 따른 핑거의 돌출로 주행성이 나빠질 수 있다. • 캔틸레버식에서는 이물질이 방수시트에 쌓여 방수기능 상실, 정기적인 청소
주의사항	• 정밀시공이 요구되며 단부보강 문제도 고려하여야 하므로 전문업체와의 설계단계로부터의 상담이 요망된다. • 강교시 필히 설계 단계부터 제품특성에 맞는 블럭아웃과 보강이 필요	• 레벨조정 및 방수처리등 설치가 까다롭다. • 로파일 1M 단위 분할 조립후 실리콘처리로 콘크리트 접촉면과 핑거스판사이의 방수처리 요함.
설치현황	• 한국도로공사 및 각 지방국토 관리청 등 많은 시공사례가 있고, 최근 교량의 장대화 및 제품의 내구성/방수성에 대한 중요성의 요구에 따라 사용이 증가하고 있다.	• 보수, 교체공사가 용이하므로, 교통이 혼잡한 도심 고가차도 등에 널리 사용되고 있다.

<표 3.23> 신축이음장치 비교표2 (MONOCELL 및 NB 조인트)

구 분	MONOCELL JOINT	NB JOINT
형 상		
재 질	Rubber	Rubber + 강판
신 축 기 능	고무의 각 방향에 대한 변형으로 신축작용	고무와 강판이 일체로 제작되어 고무의 변형으로 신축작용 (앵커볼트가 본체 하부에 좌우로 보트로 연결되어 일체 구조로 되어 있다.)
신축량 범위	20~60mm	35 ~ 120 mm
장 점	• 신축발생부가 고무로만 되어있어 TF,NB 조인트에 비해 각 방향의 신축성이 우수하다. • 차륜의 접지면이 고무로 되어 주행성이 우수. • Block-out이 상대적으로 작다.	• TransFlex의 단점을 보완 개선한 제품이다. • 표면의 고무층을 두껍게 하여 완충능력과 내구성을 증대시켰다 • 표면적이 적고 표면에 앵커볼트 구멍이 없어 Transflex형보다는 내마모성과 방수성이 우수하다. • 표면이 고무이므로 주행성이 좋고 유간에 흡음재를 설치하면 충격흡수 및 방음효과를 증대시킨다.
단 점	• 내구수명이 짧다. • 고무만으로 차륜하중을 지지하는 형태로 신축량이 상당히 제한적임. • 강판보강이 없어 고무의 파손빈도가 잦다. • 무수축 콘크리트와 엽철판사이에 탄성고무가 위치하여 고무변형으로 틈 발생.	• 내구수명이 짧다. • 완벽한 방수가 어렵다. • 앙카정착 너트부의 용접이 떨어질 경우 심한 소음 발생 • 정착부분의 하자발생시 콘크리트를 깨고 보수해야 함.
주의사항	• 소교량에 적합하며, 60mm이상의 신축량에는 적용 불가능. • 정기적인 유지관리 필요.	• 소교량에 적합하며 신축량이 큰 교량(100mm이상)은 피하는 것이 좋다. • 정기적인 유지관리 필요
설치현황	• 가격이 저렴하여 초기비용은 적으나 잦은 유지보수를 고려할 경우 강재 신축장치에 비해 경제적이지 않음.	• TransFlex Joint의 단점을 보완하여 개발되어 현재 소교량에는 가장 널리 쓰이고 있다.

3.5.3 교면포장

(1) 교면포장 선정 및 설계시 고려사항

1) 과도한 처짐이나 진동에 대한 저항성 확보

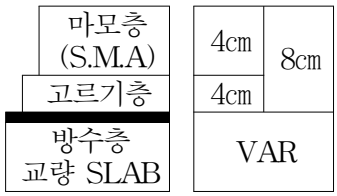
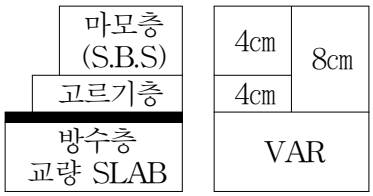
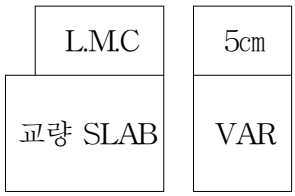
2) 중차량에 대한 내유동성 확보

3) 습윤 및 동결조건에서의 내구성 확보

4) 장수명 및 유지보수를 고려한 교면포장 선정

(2) 교면포장 비교표

<표 3.24> 교면포장 비교표

구분	S.M.A (Stone Mastic Asphalt)	S.B.S (Styrene Butadienc Styrene)	L.M.C
단면도			
특징	• 내유동성 탁월 • 내구성 양호 • 초기 포장비 다소 고가, 장기적으로 저렴 • 우천시 노면반사 적어 주행 안전성 유리 • 유지관리비 저렴 (수명 2배 이상) • 국부적 파손 보수 다소 불리 (재료 구득 곤란) • 추가설비 필요	• 소성변형 저항성 증가 • 피로균열 저항성 강화 • 내구성 증대 및 신축성 강화 • 방수효과 우수 • 겨울철 유연성 유지 • 고온에서 탄성 유지 • 포장수명 연장 및 포장두께감소 효과 • 유지관리비 저렴 (수명 2배 이상) • 추가 설비가 필요 없고 재료 구득이 쉽다.	• 강도 및 밀도증진 • 교량바닥판 단면력증대 • 균열 억제 • 방수효과 탁월로 별도의 교면방수 불필요 • 유지관리 양호 • 시공이 다소 번거로움 (바닥판 양생후 별도 타설) • 초기투자비 고가

(3) 강상판 교량 하부층에 Guss 아스팔트를 적용할 수 있으나 내유동성 확보에 어려움이 있기 때문에 반드시 Guss 혼합물 성능 평가 기준을 반영하여야 함.

(4) 교면포장 물량이 적은 경우 진동이 심하지 않은 단경간교(경간 30m미만의 라멘교, 슬래브교)에 일반 토공부의 포장을 적용할 수 있다.

3.5.4 교면 방수

교면방수는 상판의 공해 및 우수침투에 의한 콘크리트 및 철근의 부식을 방지하기 위해 실시한다. 교면방수로서는 도막식 방수와 침투식 방수 등이 있으며 이를 비교・검토하여 시공성, 주변환경, 경제성이 있는 방수형식을 선정한다.

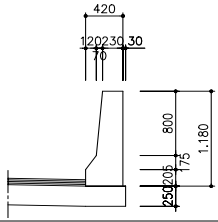
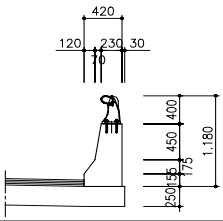
<표 3.25> 각종 방수공법의 특성 및 장단점

구 분	ASPHALT 방수 (열공법)	SHEET 방수 (냉공법)	도막방수 (냉공법)	MORTAR 방수
장 점	• 많은 시공실적이 있다. • 비교적 가격이 저렴. • 외상에 대하여 안전. • 시공면이 건조하며 접착성이 좋다.	• 작업이 용이하다. • 내구성, 내후성, 내약품성이 좋다. • 신장력이 크다. • 외압에 대하여 강하다. • 공기가 짧다.	• 연속방수가 가능하다. • 신정성이 좋다. • 접착력이 크다. • 공기가 짧다. • 내구성, 내후성, 내약품성이 좋다.	• 경제적이다. • 시공이 용이하다. • 다소의 습기에도 시공이 가능하다.
단 점	• 열처리를 요한다. • 악취가 발생한다. • 시공면의 건조가 필요하다. • 방수층의 보호가 필요하다. • 공기가 길어진다.	• 비교적 고가이다. • 방수층의 보호가 필요하다.	• 비교적 고가이다. • 방수층의 보호가 필요하다. • 외상에 대하여 약하다. • 두께가 일정하지 않다. • 시공실적이 좋다.	• 시공시 열련이 필요하다. • 방수층 자체에 균열이 생긴다.

3.5.5 교량용 방호 울타리

교량용 방호 울타리는 도로의 특성에 따라 난간겸용 차량 방호 울타리로 설계하며, 방호 울타리의 형식은 콘크리트 방호벽 및 콘크리트 방호벽 + 가드레일 형식에 대해 교량의 높이, 연장 및 교차조건에 따라 구분 적용한다.

<표 3.26> 교량용 방호 울타리

구 분	콘크리트 방호벽	콘크리트 방호벽 + 가드레일
단면도		
특징	• 미관 보통 • 시공 용이 • 유지관리 용이 • 충돌시 차량 궤적 복원성 우수 • 공사비 저렴	• 미관양호 • 도로밖 전망성 확보 유리 • 가드레일 유지관리 필요 • 충돌시 차량 궤적 복원성 다소 떨어짐. • 공사비 보통
적 용 구 간	• 주변경관의 조망이 필요치 않은 지역에 가설되는 교량 • 차량이 교량밑으로 추락할시 제2차 사고등이 유발될수 있는 지역 : 도로및 철도횡단구간 등 • 수자원 보호구역을 관통하는 지역 • 적설 .한냉지역이 아닌곳에 적용 • 100m이하 소교량에 적용 • 터널과 터널사이 골짜기에 위치한 소교량(횡풍압력 작용)	• 주변경관의 조망이 필요한 지역에 가설되는 교량 • 적설 .한냉지역 교량에 확대적용 • 500m이상 장대교에 적용 • 교량-토공-교량이 연속되는 경우에 적용

3.5.6 방음벽

방음벽은 소음의 전달과정에서 소음을 감쇠시켜 주변지역의 전반적인 소음분포를 일정기준 이하로 낮추는 소음저감대책용 장벽형태의 구조물을 말한다.

<표 3.27> 방음벽 비교표1 (칼라방음벽 및 알루미늄방음벽)

구 분		칼라방음벽	알루미늄방음벽
사 진 현 황			
재 질		전면판 : 아연도강판 후면판 : 아연도강판	전면판 : 알루미늄 후면판 : 아연도강판
타 입		펀칭타입 (정전 분체도장)	갤러리타입 (무도장, 일면칼라, 양면칼라)
방 음 효 과		난입사 소음에 효관적임.	상향입사 소음에 효과적임.
장 단 점	운전자측	무광 분체도장을 사용 빛 반사가 되지않아 운전자의 시야 보호가능 및 안정감을 주어 안전운전에 기여함.	햇빛, 자동차 불빛 등에 인한 반사가 운전자의 시야를 피로하게 하고 알루미늄 자체의 단조로움으로 지루함을 주어 안전운전을 저하시킴.
	주민측	다양한 색상표현이 가능하여 쾌적하고 밝은 분위기를 창출할 수 있어 주민들의 만족도가 높음.	획일적인 알루미늄자체(회색류)의 단조로운 색상으로 도시미관을 해쳐 주민들에게 불쾌감을 줌.
유지관리		전면판의 흡음구가 타공으로 되어 표면이 매끄럽고 전, 후면판에 정전분체도장을 함으로 부식 발생이 안되며 유지관리가 유리함.	전면판이 갤러리타입으로 표면이 울퉁불퉁하며 전, 후면판에 도장처리가 되지않아 부식이 쉽게 발생되어 유지관리가 불리함.

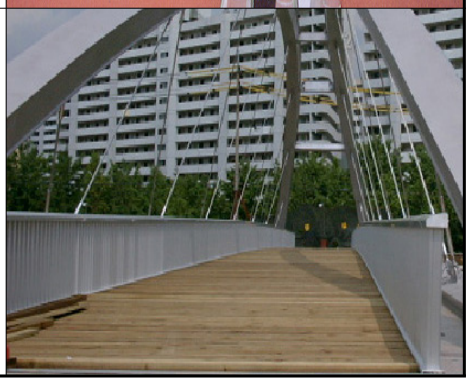
<표 3.28> 방음벽 비교표2 (투명방음벽 및 목재방음벽)

구 분		투명방음벽	목재방음벽
사 진 현 황			
재 질		PMMA, PC외 다수	목재 미송
타 입		투명	흡음형(무도장), 반사형(무도장)
방 음 효 과		반사효과만 있음.	방음효과 우수
장 단 점	운전 자측	시야확보, 채광의 유리한면도 있지만, 햇빛 및 자동차 불빛 등으로 인한 방음판에 현휘가 발생 운전자에게 심리적 불안감을 줄 수 있다.	주행중 자연미를 느끼면서 운전 할 수 있어 안전운행에 큰 도움이 됨.
	주민 측	초기에는 투명도가 뛰어나 일조권, 가시거리 확보 등의 장점이 있으나 매연, 먼지 등의 오염으로 투명도가 떨어져 주민들에게 불쾌감을 줌.	금속재질의 딱딱하고 차가운 느낌을 주지 않고 주거환경과 조화를 이룰 수 있어 주민들의 만족도가 높음.
유지관리		재질의 특성상 충격에 매우 약하며 투명도가 급격히 떨어져 지속적인 청소와 교체작업이 필요함.	방음 목재에 가압 방부처리를 실시하였으나, 시간이 지나면서 목재에 금이가고 산성비등 오염물질에 약해 썩는 경우가 발생하여 지속적인 관리가 필요함.

3.5.7 바닥 마감재

• 보도육교 교면포장재로써는 일반적으로 화강석, 칼라콘크리트, 고무탄성재, 목재 등이 사용된다.

<표 3.29> 보도육교 교면포장재

재 료	장 . 단점	사진 현황
화강석	• 유지 관리 유리 • 시공 사례 많음 • 미관이 양호(고급스런 분위기)	
칼라 콘크리트	• 자연스런 바닥 질감 연출 • 줄눈에 의한 미끄럼 방지효과 • 동절기 시공 불리(보양 필요)	
고무 탄성재	• 탄성재질로 보행감이 좋음 • 영하 5℃까지 시공 가능 • 별도의 하지작업(몰탈 45mm) 필요 • 내구성(특히 변색등에)불리	
목재	• 자연친화적이다 • 타 재료에 비해 미관이 우수 • 공기 과다 소요 • 유지 관리가 어렵다	

3.5.8 승강기

<표 3.30> 승강기

구 분	LOOP 방식	스크류 및 너트 방식	간접유압방식 (실린더+로프식)
개 요	• 로프(강선)을 이용하여 CAR를 상승 및 하강시키는 방식	• 정밀가공 열처리된 강봉을 스크류식 나사형에 너트를 체결, 스크류의 회전으로 CAR를 상승 및 하강시키는 방식	• 간접유압방식인 유압 실린더와 로프(강선)를 이용하여 CAR를 상승 및 하강시키는 방식
사진현황	 	 	
설치면적	2.58m×3.2m (2.45×3.15)	2.8m×3.2m (2.5×2.6)	3.4m×3.8m (2.8×3.2) 기계실 옥외 별도설치 (3.4×1.5)
장 .단점	• 기존의 로프방식을 개선하여 별도의 기계실 불필요하나 시설 점용면적 다소 증대 • 속도가 빠름 : 9m/min ~60m/min (속도조절 가능) • 승강높이에 무관하게 설치 • 기계적 소음이 거의 없음 • CAR의 자중 증대로 모터용량이 크고 전력소모가 많음 • 와이어로프 절단시 추락위험 없으나 탑승객의 공포감, 불안감 조성 우려 • 설치가격 다소 고가 • 유지관리비용 다소 고가 • 지하철 역사에 다수 설치 • 승강기의 제어능력(가속 및 감속능력)이 좋음 • 수입 구동부로 인한 승강기 단가 상승	• 스크류형 나사에 황동 너트를 끼운 방식으로서 추락방지를 위해 CAR의 상하부 스크류에 너트를 끼워 2중의 안전장치와 4열의 로프방식 병행의 3중 단전장치로 안전사고 예방 강화 • 별도의 기계실 없이 시설상부에 설치 • 시설점용면적 최소 • 운행거리 제한 (수직고 12m) • 속도가 느림 : 9m/min ~12m/min(장애인 승강기 속도 기준 :9m/min 이하) • 유지관리비용 저렴 • 시공실적 적음 • 산업자원부 승강기 설치기준 미흡으로 사용검사 보류상태	• 중량물의 운반에 적합 • 속도가 빠름 : 9m/min ~60m/min(속도조절 가능) • 시공실적 많음 • CAR의 자중 증대로 모터용량이 크고 전력소모 많음 • 겨울철 유압류가 냉각되어 정상운행을 위한 온도상승 필요 • 외부에 별도의 기계실 필요하므로 시설 점용면적 증대 • 설치가격 저렴 • 유지관리비용 고가 • 와이어로프 절단시 추락위험 없으나 탑승객의 공포감, 불안감 조성 우려 • 실린더를 사용하므로 행정거리와 속도에 한계가 있다 • 유비상시 도어구출로 가능

3.5.9 교량배수

(1) 배수구 배치 기준

1) 배수구의 배치는 교각 상면에 물이 떨어지지 않는 곳에 두도록 하며, 횡단육교에서는 가급적 배수구를 교량내에 두지 않도록 한다.

2) 배수구의 간격은 원칙적으로 집수구 통수능력에 따른 수리 검토를 실시하여 간격을 결정하여야 하며 원칙적으로 20m 이하로 한다.

3) 종단곡선이 오목하게 된 경우, 중앙에 반드시 배수구를 설치하여야 한다.

4) 완화곡선 구간 및 S곡선구간의 변곡점 부근에 생기는 횡단구배가 수평 또는 수직에 가까운 곳에는 차도 양측에서 배수구를 설치하여야 한다.

5) 교량 신축장치의 상류측에는 반드시 배수구를 설치하여야 한다.

(2) 배수관의 형상 및 치수

1) 배수관의 단면은 원칙적으로 원형으로 하고, 내경은 150mm 이상, 계획배수량의 3배를 유하시킬 수 있는 단면으로 계획한다.

2) 배수관의 굴곡부의 갯수는 될 수 있는대로 적게하고, 굴곡부에 뚜껑을 붙여 청소 가능하도록 설치한다.

3) 하천용 배수구 설치시 거더 하단부에서 20㎝이상 돌출 시켜야 한다.

(3) 배수관 굴곡 막힘방지

1) 배수관의 단면은 원칙적으로 원형으로 하고 규격은 배수 용량을 검토하여 결정하되 내경이 최소 150㎜이상으로 한다.

2) 종배수관 설계의 굴곡부 갯수는 될 수 있는 대로 적게하고 거더의 높이를 고려하여 가급적 큰 경사를 적용하여 배수관 굴곡부 막힘 현상을 방지하도록 하여야 하며, 부득이 종배수관을 완만한 경사로 설치하거나 모래, 토사 등 유입으로 배수관 굴곡부 막힘이 예상되는 경우는 종배수관 규격을 가급적 크게 하거나 굴곡부에 뚜껑붙인 청소공을 설치하도록 한다.

(4) 육교형 배수관 형식을 적용해야 하는 경우

1) 도로 및 철도를 횡단하는 경우

2) 농경지 통과구간

3) 강풍시 비산으로 인해 인접가옥에 피해가 우려되는 경우

4) 하천제방 등에 직접 낙수되어 세굴이 우려되는 경우

5) 하천구간중 수질보호를 위해 직접 낙수하는 것이 바람직하지 않다고 판단되는 경우

6) 기타 설계자가 필요하다고 판단하는 구간

(5) 교량용 배수관 하부지반의 세굴방지대책

육교용 배수관의 하단부에는 필요한 경우 유도수로(토사 또는 콘크리트 측구)를 설치하여 배수관을 인접수로에 연결하고, 지형여건상 유도수로가 불필요한 경우 또는 설치가 곤란한 경우에는 콘크리트 물받이 설치

(6) 교량상판 배수처리공법

1) 유공관을 이용한 교량상판배수 처리공법

2) 교량포장 및 바닥판 손상방지를 위한 침투수 배수처리공법

3) 스프링형 드레인 배수시스템

4) 와이어메쉬를 이용한 배수시스템 등

4. 도로 구조물

4.1 지하차도

4.1.1 구조 및 시설기준

(1) 관련법규

1) 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 (2004.12)

제1조(목적), 제17조(시설한계), 제32조(입체교차), 제35조(철도와의 교차), 별표(차도 및 보도의 시설한계) 의 사항에 대해 “3.1 일반교량 및 3.2 고가차도”의 내용을 참고하도록 한다.

① 제41조 (터널의 환기시설 등)

(가) 터널에는 안전하고 원활한 교통소통을 위하여 필요하다고 인정되는 경우에는 도로의 계획교통량, 설계속도 및 터널길이 등을 고려하여 환기시설 및 조명시설을 설치하여야 한다.

(나) 화재 기타 사고로 인하여 교통에 위험한 상황이 발생될 우려가 있는 터널에는 통신시설, 경보시설, 소화시설 기타 비상용시설을 설치하여야 한다.

(다) 터널안의 일산화탄소 및 질소산화물의 농도는 다음 표의 농도 이하가 되도록 하여야 하며, 환기시의 터널안 풍속이 초속 10미터를 초과하지 아니하도록 환기시설을 설치하여야 한다.

<표 4.1> 터널안의 일산화탄소 및 질소산화물의 농도 기준

구 분	농 도
일산화탄소	100 ppm
질소산화물	25 ppm

2) 도시계획 시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(2004.12)

제1조(목적), 제16조(지하도로 및 고가도로의 결정기준), 제17조(지하도로 및 고가도로의 구조 및 설치기준)의 사항에 대해 “3.2 고가차도”의 내용을 참고하도록 한다.

(2) 관련기준

1) 도로설계기준 (2001) - 건설교통부

입체교차의 구조, 형식 및 계획의 사항에 대해 “3.2 고가차도”의 내용을 참고하도록 한다.

2) 도로터널 방재시설 설치지침 (2004) - 건설교통부

① 일반사항

(가) 터널방재시설은 사고예방, 초기대응, 피난대피, 소화 및 구조활동, 사고확대방지를 기본목적으로 한다.

(나) 터널과 유사하게 지하에 자동차의 통행에 사용되며 차로로 구성된 지하차도 등과 같은 구조물은 터널과 동일한 방재시설의 설치를 계획하여야 한다.

② 방재시설의 분류

(가) 소화설비

소화기구, 옥내소화전설비, 물분무시설

(나) 경보설비

비상경보설비, 자동화재 탐지설비, 비상방송설비, 비상전화, CCTV, 라디오 재방송설비, 정보표지판

(다) 피난설비

비상조명등, 유도표지판, 피난대피시설

(라) 소화활동설비

제연설비, 무선통신 보조설비, 연결송수관 설비, 비상콘센트 설비

(마) 비상전원설비

무정전 전원설비, 비상발전설비

③ 방재시설 설치계획

(가) 방재시설 적용기준 (지방지역의 일방통행 터널적용)

<표 4.2> 방재시설 적용기준 (지방지역의 일방통행 터널적용)

방재시설 \ 터널연장(m)		1등급 (3,000 이상	2등급 (1,000 이상)	3등급 (500이상)	4등급 (500 미만)	비 고
소화 설비	소화기구	○	○	○	○	
	옥내소화전설비	○	○			
	물 분무설비	△				△:터널연장이 3,000m이상으로 연평균일교통량과 터널연장의 곱이 90×10^3 대・km/day・tube 이상인 터널에 대해서 권장설비로 함
경보 설비	비상경보설비	○	○	○		
	자동화재탐지설비	○	○			
	비상방송설비	○	○	○		
	비상전화	○	○	○		
	CCTV	○	○			
	라디오재방송설비	○	○	○	△	△:터널연장이 200 m이상인 4등급 터널은 권장설비로 함.
	정보표시판	○	○			
피난 설비	비상조명등	○	○	○	○(1)	(1):4등급 터널은 터널연장이 200 m이상인 경우에 설치함.
	유도표지판	○	○	○		
	피난대피시설 피난연락갱	○	○	○		
	피난대피시설 비상주차대	○	○			
소화 활동 설비	제연설비	○	○			
	무선통신보조설비	○	○	○	△	△:4등급 터널의 경우, 라디오재방송설비가 설치되는 경우에 병용하여 설치함.
	연결송수관설비	○	○			
	비상콘센트설비	○	○	○		
비상전원설비	무정전전원설비	○	○	○	○(1)	(1):4등급 터널은 방재시설이 설치되는 경우에 시설별로 설치함.
	비상발전설비	○	○			

<범례> ○ 기본설비 : 해당터널에 반듯이 설치하여야 하는 설비

△ 권장설비 : 설치의 필요성을 검토하여 필요시 설치하는 설비

(나) 방재시설 적용기준 (대면통행 및 도시지역의 일방통행 터널적용)

<표 4.3> 방재시설 적용기준 (대면통행 및 도시지역의 일방통행 터널적용)

방재시설 \ 터널연장(m)			1등급 (3000 이상)	2등급 (1000 이상)	3등급 (500 이상)	4등급 (500 미만)	비 고
소화설비	소화기구		○	○	○	○	
	옥내소화전설비		○	○			
	물 분무설비		△				△:터널연장이 3,000m이상으로연평균일교통량과 터널연장의 곱이 60×10^3 대・km/day・tube이상인 터널에 대해서 권장설비로 함.
경보설비	비상경보설비		○	○	○		
	자동화재탐지설비		○	○	○		
	비상방송설비		○	○	○		
	비상전화		○	○	○		
	CCTV		○	○	○		
	라디오재방송설비		○	○	○	△	△:터널연장이 200 m이상인 4등급 터널은 권장설비로 함.
	정보표시판		○	○			
피난설비	비상조명등		○	○	○	○(1)	(1):4등급 터널은 터널연장이 200 m이상인 경우에 설치함.
	유도표지판		○	○	○		
	피난대피시설	피난연락갱	○	○	○		도시지역의 일방통행터널에 해당함.
		피난갱	○(1)	△(2)			(1):대면통행터널과 피난연락갱의 설치가 불가능한 일방통행 터널로 터널 위험도가 2.0를 초과하는 터널에 설치 (2):대면통행 터널과 정체가 심할 것으로 예상되는 피난연락갱 설치가 불가능한 일방통행터널에 권장설비로 함.
		피난대피소	○(1)	△(2)			
		비상주차대	○	○			
소화활동설비	제연설비		○	○	○		대면통행 또는 정체가 심할 것으로 예상되는 일방통행 터널
	무선통신보조설비		○	○	○	△	△:4등급 터널의 경우, 라디오재방송설비가 설치되는 경우에 병용하여 설치함.
	연결송수관설비		○	○			
	비상콘센트설비		○	○	○		
비상전원설비	무정전전원설비		○	○	○	○(1)	(1):4등급 터널은 방재시설이 설치되는 경우에 시설별로 설치함.
	비상발전설비		○	○	○		

<범례> ○ 기본설비 : 해당터널에 반듯이 설치하여야 하는 설비
△ 권장설비 : 설치의 필요성을 검토하여 필요시 설치하는 설비

(다) 방재시설 설치위치 및 설치간격

<표 4.4> 방재시설 설치위치 및 설치간격

방 재 시 설			설치위치와 설치방법	설치간격
소화설비	소 화 기 구		주행차로 측벽에 격납상자를 설치하고 그 내부에 2개 1조로 하여 격납(대면통행 터널은 양측벽)	50 m이내
	옥내소화전 설비		주행차로 측벽설치	50 m이내
	물분무설비		측벽설치(도로면 전체에 균일하게 방수되도록 한다)	물분무 헤드 간격 : 4~5m 방수구역 : 50 m이내
경보설비	비상경보설비		소화기 또는 소화전함에 병설	
	화재탐지기		화재탐지기 최적성능을 확보할 수 있는 위치	환기방식별 필요인식 범위
	비상방송설비		측벽설치(피난연락갱, 피난대피소, 피난갱, 비상주차대 설치)	50 m이내
	비상전화		피난대피시설(피난연락갱, 피난대피소, 피난갱, 비상주차대 설치)에 설치	250 m이내
	CCTV		측벽설치(피난대피시설 및 터널 전구간 감시가 가능하도록 설치함.)	200~400m간격
	라디오재방송설비		터널 전구간에서 청취 가능하도록 설치	
	정보표시판		터널입구 정보표지판 : 터널전방 500 m이내	
			차로이용규제신호등	400~500 m간격
피난설비	비상조명등		야간 점등회로를 이용하여 설치	
	유도표지판	A	피난대피시설 부근	
		B	피난대피시설이 설치된 측벽설치	피난대피시설간에 최소 4개소 이상
	피난대피시설	피난연락갱	쌍굴터널(차단문 설치)	250~300 m이내
		피난갱	본선터널과 평행하게 설치하는 것을 원칙으로 함.	
		피난대피소	본선터널의 측벽이나 하부에 안전공간을 확보하여 설치	250~300 m이내
		비상주차대	주행차선 갓길, 대면통행 터널은 양측벽	
소화활동설비	제연설비		환기설비와 병용	
	무선통신보조설비		라디오 재방송 설비와 병용	
	연결송수관설비		송수구 : 터널입출구부, 방수구 : 옥내소화전설비와 병설	50 m이내
	비상콘센트설비		소화전함에 병설	50 m이내
비상전원설비	무정전 전원설비		시설별 설치	시설별
	비상발전설비		별도로 구획된 실내에 설치	

(라) 터널특성별 권장 환기방식

<표 4.5> 터널특성별 권장 환기방식

통행방식 및 교통류	터널길이	화재시 적용 환기방식 및 방법
대면통행 터널 및 정체빈도가 높을 것으로 예상되는 도시지역의 일방통행 터널	500 m 이하	• 자연환기방식
	500~1,000 m미만	• 기계환기방식 적용
	1,000 m이상	• 횡류 또는 반횡류 환기방식 • 2,000 m이상의 터널은 배연능력을 향상하기 위해서 대배기구 방식을 권장한다. • 약 800 m이내의 간격으로 집중배기가 가능한 시설을 설치하여 배연능력을 향상할수 있는 방안을 강구할 것을 권장함.
지방지역의 일방통행 터널	500 m미만	• 자연환기방식
	500~1,000 m미만	• 터널위험도 2이하 : 자연환기방식 • 터널위험도 2초과 : 기계환기방식 적용
	1,000~5,000 m미만	• 기계환기방식 적용
	5,000 m이상	• 기계환기방식 적용 • 집중배기방식이나 대배기구 방식에 의한 배연능력 향상방안 강구하는 것이 바람직함

4.1.2 설계절차

(1) 조사단계

지하차도의 합리적이고 경제적인 계획, 설계, 시공이 이루어질 수 있도록 기본조사를 실시하여야 하며, 실측도작성, 가설위치, 종단선형, BOX구간 및 U-Type구간의 연장, 구조형식 등을 결정하는데 필요한 사항을 조사한다.

조사의 내용은 “2.4 조사계획”을 참고하도록 하며, 조사의 주요사항은 다음과 같다.

1) 지장물 조사

구조물 설치 위치 및 시공상 저촉되는 구간에 대해서 각종 지하매설물 및 지상시설물의 저촉여부를 조사한다.

2) 교통량 및 교통시설 조사

구조물 설치지역 주변 가로망 현황과 지하 및 고가차도, 보도육교, 지하철 등 기타 교통관련 시설을 조사한다.

3) 관련계획 자료조사

현재 개발계획이 수립 또는 추진중에 있어 직·간접적으로 영향을 미칠수 있는 주요 계획내용을 조사 분석한다.

4) 소음・진동 조사

구조물 설치시 또는 설치 후 발생되는 소음・진동으로 민원의 소지가 예상되는 곳에는 소음・진동 현황을 조사 및 예측하여 이에 대한 대책을 수립하여 설계에 반영한다.

5) 기타

① 기 수립된 배수계획 등 배수시설을 조사한다.

② 구조물 설치에 따른 주변시설에 미치는 경관상의 문제, 민원문제등을 조사검토 한다.

이 조사단계는 설계 초기단계에 수행되나, 설계단계 또는 설계심의 후 추가조사가 요구되는 경우에는 재조사를 실시하여 설계반영토록 한다.

(2) 계획단계

지하차도의 계획단계에서는지하차도 가설지점, BOX구간 및 U-Type구간의 연장, 기본치수, 구조형식 등을 결정한다. 지하차도에 대해 경제성, 시공성, 안전성, 미관성, 유지관리 등 각각의 장・단점을 비교 검토하여 결정하여야 하며, 고려되어야 할 주요사항들은 다음과 같다.

1) BOX 구조물 형식

① 도로 횡단구성 및 시설한계를 고려하여 적정 내공단면 계획

② 환기성능, 소음, 대향차로 전조등 차단효과 등을 고려하여 단면구성을 계획

③ 최소내공단면 확보, 경제성, 시공성 등을 고려하여 단면계획

④ 유지관리용 통로 및 방재시설 유지공간을 고려하여 횡단면을 계획

⑤ 신축이음은 온도, 건조수축 뿐만 아니라 부등침하의 영향 등을 고려하여 설치하는 것으로 검토

⑥ 내장재는 조명효과, 시각환경, 소음 및 불연성 등을 고려하여 계획

2) U-Type 구조물 형식

① 수평변위에 대하여 BOX구간과의 접속원활 및 구조적으로 안전하도록 계획

② 방수효과, 경제성 및 유지관리 측면을 고려하여 계획

③ 신축이음은 온도, 건조수축뿐만 아니라 부등침하도 고려

④ 내장재는 조명효과, 시각환경, 소음 및 불연성 등을 고려하여 계획

3) 공법선정

① 구조물의 규모, 위치 및 지형, 지질, 동원가능장비 성능, 수효, 공사소요기간, 가설공사

비 등을 검토하여 계획

② 주변시설에 미치는 영향을 검토하여 민원을 최소화하고, 인근 주민에 미치는 소음, 진동, 교차조건에 따른 교통 혼잡 최소화 및 시공시 안전성 확보 등을 고려하여 공법 결정

③ 또한 공법에 따른 환경오염 및 가시설, 가교 등의 가설방법도 자세히 비교 검토

(3) 설계단계

지하차도의 설계단계에서는 구조물의 안전성, 사용목적과의 적합성, 시공 및 유지관리의 용이성, 경제성, 미관 등을 고려해야 한다.

특히, 구조물의 강도, 변형, 안정 등을 검토하여 안전성 및 사용성을 확보하여야 하며, 다음과 같은 사항을 확정하고 상세설계를 수행한다.

1) 설계기준

① 소요차로 및 횡단구성에 의한 내공단면

② 구조물 설계방법과 내진설계 방법

③ 설계하중의 종류, 부가하중 및 하중조합

④ 사용재료의 종류 및 특성(재질, 강도)

⑤ 관련된 설계기준, 시방서, 지침, 편람 등의 규정

2) 공법검토

앞의 계획단계에서 3) 공법선정과 동일한 방법으로 검토한다.

3) 구조설계

① 조사 및 계획업무 결과로 선정된 최적의 구조형식에 따라 지하차도 BOX부 및 U-Type부의 구조의 단면을 설정하고, 구조물의 안전성, 내구성, 사용성 등을 검토한 후 상세설계

② 관련 시방서 및 규정, 지침에 따라 세부사항 검토 후 설계

③ 구조물의 각 단면을 상세하게 선정하고, 관련 설계기준에 규정된 해석방법으로 모델링하여 구조계산에 필요한 단면계수를 산출

④ 주하중 및 부가하중을 선정하고, 최대단면력이 산출되도록 하중재하 위치 및 하중조합 결정

⑤ 지지력 계산은 구조물 형식, 형태를 고려, 계산방법 결정

⑥ 시공방법에 따라 구조물에 발생하는 응력변화를 고려하여 구조계산 수행

⑦ 설계방법에 따른 하중계수, 강도감소계수 등을 적용

⑧ 산출된 최대단면력(휨모멘트, 축력, 전단력, 비틀림모멘트)에 대한 안전성, 내구성, 사용성 등을 검토・확인

⑨ 지하수위을 조사하여 구조물에 미치는 양압력을 설계에 반영

⑩ 구조물에 국부적으로 작용하는 하중 및 단면력을 산정하고, 안전성을 확인

⑪ 사용성설계 및 피로설계에 따른 상세사항을 관련 기준에 따라 설계

⑫ 온도변화에 따른 구조물의 변위 및 구조물 단면력을 상세히 검토하여 설계

⑬ 구조계산에 따른 전산프로그램은 검증된 것을 사용

⑭ 구조계산이 필요한 가시설물을 상세히 검토하여 설계

4) 기타 설계반영 사항

① 지하차도의 배수처리는 되도록 자연배수로 하며, 부득이한 경우 주변에서 유입되는 우수 및 지하수가 원활히 배제될 수 있도록 유입관로시설과 집수정시설 등을 검토하여 설계에 반영

② 온도변화에 따른 신축에 의한 횡방향균열을 고려하여 구조물 최대길이, 신축이음종류 등을 상세히 설계

③ 지하차도 환기시설의 필요여부를 검토하여 설계에 반영

④ 지하수에 대한 적정한 방수공법을 비교 검토하여 설계에 반영

⑤ 지반의 부등침하 발생 가능성을 검토하고 가능성이 있을 경우 부등침하의 영향을 고려하여 설계

⑥ 화재를 비롯한 재해발생을 고려하여 안전시설, 비상전화, 소화기의 설치를 검토

⑦ 제방송의 수신과 이동통신시설의 사용가능 여부를 검토

⑧ 구조물 벽면의 미관을 고려하여 문양 등을 설계에 반영

4.1.3 기본계획

(1) 개요

지하차도의 계획은 조사의 내용을 바탕으로 한 외부적인 제조건과 시공성, 유지관리, 경제성, 안전성 및 미관 등을 고려하여 지하차도 가설지점, BOX구간 및 U-Type구간의 연장, 구조형식, 규모 등을 결정하여야 한다. 그리고 다음 각 요건을 종합적으로 고려하여 결정하도록 한다.

1) 가설위치와 평면·종단 선형조건

2) 외적 제반조건

3) 구조적 안전성과 경제성

4) 주행 안전성, 쾌적성 및 이용의 편리성

5) 시공성과 유지관리의 용이성

6) 관계기관 협의내용 및 민원사항

(2) 지하차도 규모결정

1) 규모결정 요소

지하차도의 규모를 결정하는 요소를 정리하면 다음과 같다.

<표 4.6> 지하차도의 규모를 결정하는 요소

구 분	구성 요소		규모 결정 요소
지하차도 규모 결정요소	횡 단 구 성		• 차로수 및 차로폭 • 중앙 분리대 • 측대 및 측구 • 길 어 깨 • 보 도
	종 단 구 성	BOX구간의 연장	• 지하차도 상부를 통과하는 도로의 차도폭 • 횡단보도 폭 • U-TURN 차로 폭 • 횡단보도와 U-TURN차로의 안전이격거리 • U-TURN차로의 안전지대 폭 • 좌회전 대기차로의 길이
		U-Type구간의 연장	• 설계속도에 따른 종단경사와 종단곡선 • BOX구간의 토피 • 지하차도의 내공높이
	기 타		• 부력방지시설 • 집 수 정

2) 도로의 구조 및 시설

지하차도 구간의 설계속도, 종단 및 평면 선형, 차로 및 길어깨 폭, 시설한계, 횡단경사, 시거 등의 결정은 「도로의 구조·시설기준에 관한 규칙」에 따르도록 한다.

3) 교차로와 인접시 적정이격거리

지하차도 유출입부에 인접하여 교차로가 있는 경우 교통흐름이 교차로에서 단절되지 않도록 지하차도 유출입부에서 교차로까지 적정거리를 유지해야하며 이를 위하여 다음과 같은 요소를 고려해야 한다.

① 유출부에서 좌회전하기 위하여 대기하는 길이

② 지하차도 차로에서 측도 차로로 위빙하는 거리

③ 측도에서 지하차도 차로로 위빙하는 거리

지하차도에서 인접 교차로의 정지선까지의 거리가 위 요소들을 비교하여 큰 값 이상 확보하여야 한다.

4) 횡단 구성

지하차도의 횡단구성은 「도로의 구조·시설기준에 관한 규칙」에 따라 차로수, 차로폭 등을 결정하여야 하며 다음 사항에 대해서도 고려하여 계획하여야 한다.

① 지하차도 내에 편경사가 설치되는 경우 중앙분리대에 측구가 설치되므로 측구의 폭을 고려하여 중앙분리대의 폭을 결정하여야 한다.

② 우측 길어깨는 측대와 측구를 합한 값으로 측구의 폭은 수리계산을 통하여 결정하고 측대를 포함한 길어깨의 폭을 정하여야 한다.

③ 지하차도의 유지관리를 위하여 보도을 설치할 경우 보도의 최소폭은 1m로 한다.

5) BOX구간의 연장 결정

지하차도 BOX구간의 연장은 지형조건과 입체교차(도로, 철도 등)조건에 따라 달라지며 교차대상에 대해 시설범위 및 조건, 구조적 안정성 등에 영향이 미치지 않도록 BOX구간의 연장을 계획하여야 한다.

지하차도의 입체교차 조건이 도로인 경우 BOX구간의 연장은 다음 각 요소들의 크기를 합한 총길이 이상으로 한다.

① U-TURN 차선과 구조물 사이의 안전지대 폭

② U-TURN 차선폭

③ 좌회전 교통량을 고려한 대기공간

④ 정지선과 횡단보도 간격

⑤ U-TURN 차선과 횡단보도의 적정 이격거리

⑥ 횡단보도 폭

⑦ 횡단보도간 간격(교차로의 폭)

6) BOX구간의 토피

지하차도 BOX구간의 토피는 다음사항을 고려하여 결정한다.

① 양쪽 단부의 토피는 동상방지층을 제외한 포장두께 이상

② 지하매설물이 횡단하는 경우 관로의 필요토피, 경사를 고려한 매설공간 및 여유공간(0.3m)을 합한 두께 이상

③ 수도공급설비·하수도·공동구 그 밖의 도시계획시설의 설치가 계획되어 있거나 필요하다고 인정되는 구간에는 4m 이상

(3) 형식 선정

지하차도의 형식선정은 현장여건에 부합되고 구조적 안전성이 확보된 상태에서 설계기준 및 시설기준의 범위내에서 총건설비용(유지관리비포함)이 최소가 되도록하며, 경제성, 기능성, 유지관리 및 주변경관과 조화 등을 고려하여 지하차도의 형식을 선정한다.

1) BOX 구조물 형식

BOX 구조물의 형식은 시공성, 경제성, 기능성, 유지관리 및 미관 등을 고려하여야 하며 다음 조건을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

① 하중 종류, 크기, 구조물 안정에 미치는 영향

② 내공단면 계획시 도로 횡단구성 및 시설한계 고려

③ 연장 계획시 입체교차대상의 시설범위 및 구조적 안정성 고려

④ 구조상 안전성, 경제성, 유지관리 및 미관 고려

⑤ 환기성능, 소음, 대향차로 전조등 차단효과 및 주행자의 개방감 등을 고려

⑥ 유지관리용 통로 및 방재시설 유지공간을 고려하여 횡단면을 계획

2) U-Type 구조물 형식

U-Type 구조물의 형식은 안전성, 경제성 및 유지관리 등을 고려해야 하며 다음 조건을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

① 하중 종류, 크기, 구조물 안정에 미치는 영향

② 시공성, 경제성 및 유지관리측면 고려

③ 주변경관과의 조화 및 미관 고려

④ 지하수의 간극수압에 의한 양압력에 대한 안정성 고려

⑤ 수평변위, 방수효과 및 BOX구간과의 접속처리 고려

⑥ 신축이음은 온도, 건조수축뿐만 아니라 부등침하도 고려

(4) 지하차도의 구조물시설기준

지하차도의 구조시설기준은 “4.1.1 구조 및 시설기준” 내용을 참고하도록 한다.

(5) 시공방법 계획

지하차도 건설시 시공방법은 주변현황, 입체교차조건, 시공성, 교통처리, 안전성 및 경제성을 고려하여 선정하며 일반적으로 시공되어지는 방법들은 다음과 같다.

1) 개착공법

① OPEN터파기 방식으로 시공하며 주변에 건물이나 지장물이 없고, 지하수 및 교통처리 등의 문제가 없을 경우 적용한다.

② 시공이 용이하고 공사비가 저렴하다.

2) 가시설 흙막이공법

① 개착공법으로서 토류벽 흙막이 후 굴착하며, 필요시 교통처리를 위해 복공을 실시하는 방법으로 입체교차조건이 도로인 경우로서 도로의 중요도가 낮거나 교통량이 비교적 적어 교통처리가 양호한 경우 주로 적용한다.

② 시공성 및 경제성 측면에서 비교적 양호하다.

③ 지반굴착 후 토류벽의 수평변위에 의한 주변지반의 침하 등 시공시 안전성에 유의하여야 한다.

④ 도심지의 경우 말뚝의 항타, 인발에 대한 소음·진동 등 환경문제에 대한 대책을 세워야 한다.

⑤ 지하수의 영향을 받는 구간에는 차수공법을 검토하여 적용한다.

3) 비개착공법

① 비개착공법은 입체교차 시설물을 지하로 굴착하여 횡단하는 공법으로 입체교차 조건이 도로의 경우 도로의 중요도가 높거나 교통량이 많아 교통처리가 곤란할 때 적용하며, 입체교차조건이 철도의 경우 열차운행이 빈번한 구간이나 열차의 안전운행에 영향을 주는 구간에 주로 적용한다.

② 입체교차 시설물의 안전성, 공사기간의 단축 및 경제성 등을 고려하여 적용을 검토한다.

③ 정밀한 시공이 필요하며 공사비가 일반적으로 고가이다.

④ 철도를 지하횡단시 보통 토피가 작은 경우가 많아 궤도에 영향을 주기 쉽기 때문에 노반의 침하나 궤도변위를 억제하며 열차의 안전운행에 지장을 주지 않고 안전하게 시공할 수 있는 비개착공법을 선정해야 한다.

⑤ 비개착 공법에는 Front/Jacking공법, Pipe/Roof공법, Messer Shield 공법, PCR공법, URT공법, JES공법, NTR공법 및 TRM공법 등 다양하므로 공법선정시 안전성과 경제성은 물론 현장여건과 부합되는 적정공법을 선정해야 한다.

(6) 환경 및 미관 고려

1) 환경

① 사업시행에 의해 환경에 미치는 영향을 검토하여 환경영향을 최소화하는 대책을 수립하여 설계 반영한다.

② 공사 중 소음, 진동, 먼지 및 교통혼잡 등에 의해 발생 가능한 민원을 예측하여 교통처리, 방음 및 방진계획 등을 설계에 반영한다.

2) 미관

① 주변시설과 계획시설물의 경관상 조화, 유출입부의 조형화 및 색채 등를 고려하여 계획한다.

② 지하차도 내부의 미관, 시각환경 및 조명효과 향상 등을 고려하여 내장재 적용을 계획한다.

(7) 환기 및 방재

1) 환기

① 지하차도내 환기검토는 「도로의 구조·시설기준에 관한 규칙」 제41조(터널의 환기시설)의 내용에 준하여 검토한다.

② 환기설비는 지하차도의 길이, 입지조건, 교통조건, 환경조건 등에 따라 환기방식이 결정되며 효과적이고 경제적인 방법이 되도록 충분한 조사와 검토 후 결정한다.

③ 환기방식은 크게 자연환기와 기계환기 방식으로 대별되며 지하차도의 연장이 500m이하인 경우 자연환기식을 적용하고, 500m이상일 경우 기계환기방식을 검토하여 설계 반영한다.

2) 방재

① 지하차도의 방재시설은 「도로터널 방재시설 설치지침」에 따르며 터널과 동일 한 방재시설의 설치를 계획한다.

② 지하차도내 재해발생시 차량 및 인명의 안전확보를 위해 신속한 감지와 상황전파로 구난체계 구축을 위한 필수시설을 계획한다.

(8) 기타사항

1) 배수설비

① 설치일반

(가) 지하차도에 유입되는 강우 및 지하수 등의 배수처리가 자연배수로 불가능한 경우에는 배수구를 집수정과 연결시켜 배수펌프로 강제 배출시키며 배수펌프는 자동으로 작동하도록 한다.

(나) 집수정의 크기는 유입수량 및 펌프의 용량에 의해 결정되나 배수효과 및 청소, 유지관리 등을 고려하여 최소 면적 및 기계실을 폭 4m×6m로 하고 집수정의 깊이는 2.0m이상으로 한다.

(다) 집수구에는 침사조를 설치하여야 하며 배수펌프는 잠수형으로 하며 펌프용량은 강우 및 지하수의 유입량으로 산정하여 결정하며 펌프의 고장 및 수리를 위해 예비 펌프를 1대 추가하여 설치하도록 한다.

② 집수정 용량 계산

(가) 집수정 용량계산은 하수도설계기준에 의해 원칙적으로 합리식을 사용하도록 한다.

(나) 집수면적은 지하차도 BOX 구간을 제외한 연장과 노면폭으로 하며 인근 노면수의 유입을 고려한다.

(다) 지하차도의 우수 유출량 산정의 확률년수는 10년 확률빈도를 적용한다.

(라) 집수정의 용량은 하수도 기본계획재정비 보고서의 지역별 강우량을 고려하여 강우강도식으로 구한다.

(마) 집수용량 :

$$Q = C \cdot I \cdot A \ (㎥/sec)$$

여기서, C = 유출계수 (0.9적용), I = 강우강도 (mm/hr)

A = 집수면적 (㎢)

(바) 강우강도 공식 :

가) 간선 하수관거 ($C \cdot A \geq 12ha$)

$$I_{10} = \frac{651.1}{\sqrt{t} + 1.014} mm/hr$$

나) 지선 하수관거 ($C \cdot A < 12ha$)

$$I_5 = \frac{554.3}{\sqrt{t}+1.003} mm/hr$$

(사) 도달시간 :

$$t = \frac{0.0662 \times L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

여기서, L = 집수구역으로부터 가장 먼 지점까지의 유로거리

S = 평균경사 (%)

③ 집수조의 크기

집수조의 크기는 배수량을 30분 이상 저수할 수 있어야 한다. 집수조에 설치되는 침사조는 사람이 자유롭게 청소할 수 있는 크기로 하고 집수조 전 용량의 20~30% 크기로 한다.

④ 배수펌프

배수펌프 형식은 배수용 수중모타 펌프로 하며 펌프용량을 유입량으로 산정하고, 고장 및 수리를 위해 예비펌프를 1대 추가하여 설치한다.

2) 내 장

① 내장의 목적

(가) 조명효과를 크게하고 지하차도안의 시각환경을 양호하게 유지

(나) 지하차도의 벽면의 미관향상

(다) 지하차도안의 소음을 흡수

② 내장 구비조건

(가) 내장은 터널 단면의 감소를 최소화하면서 좁은 범위에 시공할 수 있을 것

(나) 내장표면의 반사율은 장기적으로 양호할 것

(다) 내장표면은 매연 등의 오염물이 부착되지 않고 또한 부착된 오염물은 물로 청소하기 쉬울 것

(라) 내장은 구조상 어느정도 이상의 강도와 내식성 및 내후성을 가지고 있고, 미관이 양호할 것

(마) 내화성이 양호할 것

(바) 흡음 내장은 흡음률이 높을 것

(사) 경제적인 시공과 유지가 가능할 것

3) 조명설비

① 지하차도내의 기본조명은 운전자가 안전하고 쾌적하게 주행할 수 있는 밝기가 필요하다. 조명설계에서는 노면의 평균휘도, 휘도균일도, 눈부심, 유도성 등의 도로 조명 요건을 고려하여야 한다.

② 지하차도의 입·출구부는 운전자가 빛의 밝기에 대한 적응이 늦어질 수 있으므로 설계속도, 지하차도 BOX구간의 연장, 접속도로 및 지하차도의 선형, 야외휘도 등의 고려하

여 조명시설을 하도록 한다.

4.2 암 거

4.2.1 구조 및 시설기준

(1) 관련법규

1) 도시계획시설의결정·구조 및 설치기준에 관한규칙(2004.12)

① 제80조 (공동구의 결정기준)

공동구를 설치할 경우 공동구에 수용되는 시설의 설치현황, 장기수요 예측 및 경제적 타당성과 주변시설물에 미치는 영향을 충분히 조사·검토하여야 한다.

② 제81조 (공동구의 구조 및 설치기준)

(가) 작업원의 안전을 위하여 내부점검과 작업을 위한 출입구는 원칙적으로 지상에 입체형으로 설치하도록 하고, 재료반입구 및 환기구는 비상시의 출입이 가능하도록 할 것. 이 경우 출입구·재료반입구 및 환기구는 도로교통에 영향을 주지 아니하도록 차도를 피하여 설치하고, 교차로 등에서의 시야확보에 지장이 없도록 하여야 한다.

(나) 공동구에 수용되는 시설의 기능을 유지하고 훼손 및 장해를 방지하는 등 공동구에 수용되는 시설의 원활한 유지·관리를 위하여 필요한 경우에는 공동구 안에 중간벽을 설치할 것

(다) 공동구는 가능한 한 도로의 선형과 일치되도록 설치하고, 도로의 여건에 따라 조정할 것

(라) 공동구가 교차되는 부분의 구조물은 입체화할 것

(마) 공동구안에서 분기가 되는 곳은 공동구에 수용되는 시설의 유지·관리를 원활하게 할 수 있도록 작업공간과 점검통로를 충분히 확보하여야 하며, 공동구에 수용되는 시설이 서로 교차되지 아니하도록 할 것

(2) 관련기준

1) 도로설계기준 (2001) - 건설교통부

암거를 설계할시 적용되는 사용재료, 적용하중, 설계상 유의점 및 기초 부분에 대해 “7.2 암거”의 내용을 참고하도록 한다.

4.2.2 암거의 분류

(1) 설치위치에 의한 분류

1) 도로·철도 횡단 암거

도로 또는 철도 하부를 횡방향으로 통과하는 암거로 통로암거, 수로암거(배수암거, 하수암거) 등이 있다.

2) 댐 제체를 횡단하는 암거

3) 도로·철도 종방향으로 설치하는 암거

도로 또는 철도의 중앙 또는 양측으로 도로나 철도를 따라 설치되는 암거로 배수암거, 차집암거, 공동구 등이 있다.

4) 복개 암거

도로를 확폭하거나 기타의 목적으로 소하천을 통과시키는 암거

(2) 사용목적에 의한 분류

1) 배수처리를 위한 암거

농업용수, 소하천, 생활용수(상·하수), 우수 등을 처리하기 위하여 설치하는 암거

2) 생활편익시설을 위한 암거

생활편익 시설을 보호할 목적으로 설치하는 공동구, 전력구, 통신구, 상수도, 하수도 등의 지하 매설 시설물

3) 사람 및 동물 이동 편익을 위한 암거

이동통로를 제공할 목적으로 설치되는 통로암거, 생태통로(동물 이동로), 지하보도 및 출입구 등

(3) 구조형식에 의한 분류

1) 구조형태에 의한 분류 : 박스형암거, 문형암거, 아치형암거, 관형암거

2) BOX개수에 의한 분류 : 1련 암거, 2련 암거, 3련 암거 등

3) 제작방법에 의한 분류 : 프리캐스트(precast) 암거, 현장타설 암거

4.2.3 기본 계획

(1) 선형계획

1) 평면선형

① 교차 또는 횡단의 경우

(가) 도로, 철도 및 하천(수로)의 상황에 적합하고 암거의 평면선형이 교차시설의 중심선형과 평면교차 각이 직각에 가깝게 되도록 계획한다.

(나) 도로나 철도에 매설되는 암거의 경우 부득이 평행 또는 사각으로 설치되는 경우가 많으며, 이 경우 암거 시·종점부 사각 처리에 주의하여 계획한다.

(다) 사각을 이루는 박스형암거, 아치형암거 및 문형암거의 단부는 편측토압을 받아 안정성검토 및 단부보강 등이 필요하게 되며, 특히 연약지반에 설치되는 경우는 그 영향이 현저하게 크므로 평면선형을 교차시설과 직각으로 하는 것이 바람직하다.

② 주변현황 고려

(가) 통로암거는 접속도로의 평면선형에 부합되는 선형으로 계획하고, 수로암거는 가급적 각이 생기지 않고 곡선으로 배치하는 것이 수리적인 측면에서 유리하다.

(나) 단면이 2가지 이상의 암거가 한곳에 접속하는 경우 유수흐름이 원활하게 이루어질

수 있도록 계획한다.

(다) 2련 이상인 암거의 경우에는 암거내 유입수량을 감안하여 30~50m 간격으로 중간 벽체를 터주는 것이 유지관리 및 수리적인 측면에서 바람직하다.

(라) 평면선형 계획시 다음과 같은 주변현황을 고려한다.

가) 현재 매설되어있거나 장차 매설 예정인 암거 주위의 지하 매설물

나) 기존 구조물과의 근접시공 여부

다) 도심지의 경우 암거 시공시 교통처리

2) 종단선형

① 암거의 종단경사

(가) 암거의 종단경사는 사용목적에 따른 시설기준을 검토하여 최소경사 및 최대경사 범위 내에서 결정한다.

(나) 수로암거의 종단경사는 암거설치 위치의 수로 저면고를 기준으로 결정한다.

(다) 최소의 동수구배는 0.3% 이상으로 한다.

(라) 지형상 수로의 동수구배가 급하여 내공단면을 확대할 필요가 있을 경우 낙차공을 설치하여 수로의 경사를 줄이는 것이 시공성 및 경제성 측면에서 유리하다.

(마) 배수암거의 경우 기준이상으로 종단경사가 심한 경우는 암거내부 바닥에 계단을 설치하여 유속을 줄이는 시설을 할 필요가 있다.

(바) 대단위 단지내에 도로 종방향으로 설치하는 암거는 노면 또는 생활폐수에서 유입되는 토사에 의한 통수단면 축소를 막기 위해 침사지를 계획하여야 하며, 침사지 설치 구간에는 진입이 가능하도록 맨홀을 설치하여야 한다.

② 주변현황 고려

(가) 통로암거는 접속도로의 종단선형에 부합되도록 계획하고, 수로암거는 유출부에서 낙차에 의한 세굴이 발생하지 않도록 계획하여야 한다.

(나) 암거의 하부에 기존시설물이 있는 경우는 암거의 영향으로 인한 기존시설물의 안전여부를 검토하도록 하고, 암거의 상부에 기존시설물이 있는 경우는 계획단계에서 암거 시공시 기존 시설물의 처리방안을 강구하여야 한다.

(2) 내공단면 결정

1) 통로 암거

① 도로의 건축한계 이상이어야 한다.

② 필요한 경우 배수시설과 매설관(통신, 전기, 가스, 상·하수도관)등의 설치 공간을 확보해야 한다.

③ 도로와 개수로가 병행할 경우 도로의 건축한계 및 수로 통수단면을 유지한다.

④ 참고로 한국도로공사에서 적용하고 있는 통로암거의 표준규격은 다음과 같다.

<표 4.7> 통로암거의 표준규격

통로암거규격	적 용 기 준
4.5m × 4.5m	현재 대형차량이 통행하고 있거나, 장차 통행 가능성이 있는 곳
4.0m × 4.0m	위의 규정에서 부득이 축소해야 할 경우
3.5m × 3.5m	산간지대에서 차량의 통행이 없는 곳, 또는 위의 기준에 만족하는 우회도로가 있는곳
3.0m × 3.0m	위의 기준 외에 부득이한 곳

2) 수로 암거

① 계획유량, 계획홍수량을 통과시킬 수 있는 단면이상이어야 한다.

② 내공 높이는 (H.W.L + 여유고) 이상이어야 한다.

③ 침사지를 두는 경우 토사 유출량을 산정하여 높이를 결정한다.

3) 지하보도

① 보도에 대한 건축한계 이상 확보한다.

② 전기, 조명 등 기타 제반시설을 설치할 수 있는 공간을 확보 하여야 한다.

4) 공동구

① 수용시설의 최저높이 이상(H=2.1m)으로 한다.

② 수용시설의 폭 및 유지관리를 위한 통로폭(0.8~1.0m)이상을 확보한다.

(3) 암거의 형식선정

암거의 형식은 가설되는 위치 및 목적에 따른 조건들을 만족시키는 범위 내에서 내공단면의 크기, 기초지반의 상태, 시공성, 경제성 등을 고려하여 선정하여야 하며 보통의 경우 다음과 같이 암거의 형식을 선정한다.

<표 4.8> 암거의 형식 선정

형 식	적 용기 준	순경간 or 내경(∅)	토피 두께	비 고
관형 암거	직접기초	1.0 ~ 4.5m	0.6 ~ 30.0m	
박스형 암거	직접기초	2.0 ~ 14.0m	0.5 ~ 15.0m	
문형 암거	직접기초	8.0 ~ 17.0m	-	
	말뚝기초	12.0 ~ 17.0m	-	각도가 직각인 경우
아치형 암거	직접기초	2.0 ~ 14.0m	15.0m	

(4) 기초의 계획

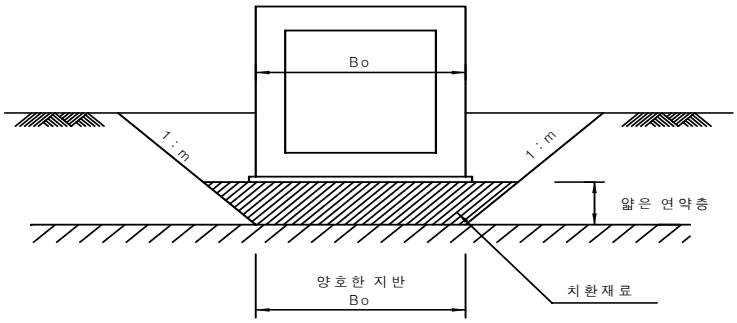
1) 암거의 기초

직접기초를 원칙으로 한다.

2) 연약지반상의 암거

① 암거시공 전에 선재하, 배수공법 등에 의해 지반개량을 하여야 한다.

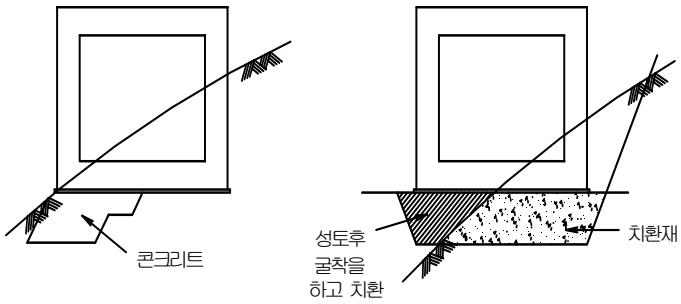
② 연약층이 얕을 때는 그림과 같이 연약층을 제거하고 양질의 토사로 치환하며 지하수가 있는 경우는 알맞게 섞은 쇄석 등 양질의 것을 사용한다.



[그림 4.1] 연약층이 얕을 때

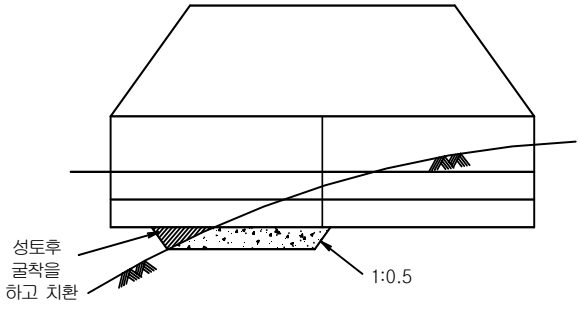
3) 지반이 경사진 경우

① 지지층이 횡방향으로 경사져 있어 부등침하의 염려가 있을 때는 이를 방지하기 위해 그림과 같이 버림콘크리트, 치환기초 등을 고려해야 한다.



[그림 4.2] 지반이 횡방향으로 경사진 경우

② 지반이 종방향으로 경사진 경우에는 그림과 같이 치환기초 등을 사용하여 부등침하 방지를 고려해야 한다.



[그림 4.3] 지반이 종방향으로 경사진 경우

(5) 기타 암거설계시 유의사항

1) 연약 지반에 설치하는 암거는 신축이음을 두지 않는 것이 부등침하에 대해 유리한 면이 있으나 이 경우 종방향 구조해석을 수행하여 종방향으로 배치되는 암거의 배력 철근을 보강하여야 한다.
2) 도로 확장에 따라 도로횡단 암거를 기존 암거에 연결하는 경우, 성토에 의해 신설 암거가 침하되어 신설 암거와 기존 암거 사이에 종방향으로 부등 침하가 발생하므로 이 경우에도 종방향 검토를 수행하여 접합부 부근의 안전을 확인하도록 한다.
3) 수로암거의 경우 유속이 빠르거나, 자갈 및 호박돌의 유입 가능성이 있어 세굴의 염려가 큰 경우에는 수로 바닥에 버림 콘크리트의 타설을 고려하여야 한다.
4) 암거설치장소가 연약지반이어서 시공 후 침하가 예상되는 경우에는 암거를 예상침하량 만큼 더올림해서 설치한다.
5) 암거의 침하는 공용 후에도 장기간에 걸쳐 계속되므로, 더올림으로 장기간의 침하에 대처하지 못하고 장래 암거의 기능에 장애를 끼칠 염려가 있을 때에는 암거의 내공 높이에 여유를 두어야 한다.
6) 암거 설치 후 시공 중 암거의 소요강도 확보 이전 또는 토피에 따른 노면활하중 조건 등 설계조건과 상이한 상태에서 공사차량의 통행이 이루어질 경우 균열 등 구조물의 하자발생 원인이 되므로 이를 고려하여 설계반영하거나, 공사시방서에 공사 중 제한사항을 명기토록 한다.

4.3 부대시설

4.3.1 신축이음

(1) 개 요

1) 신축이음은 온도변화에 의한 신축, 콘크리트 재령에 따른 건조수축과 활하중에 의한 구조물의 이동을 원활하게 수용하기 위하여 구조물의 서로 접하는 양면을 절연하여 CON′C의 팽창, 수축, 진동에 의한 구조물의 변위에 적응할 수 있게 두어야 한다.
2) 개착식 지하BOX 구조물은 지중에 구축되므로 온도의 급격한 변화에 의한 신축이음은 그러하지 않더라도 건조수축과 태양에 의한 온도변화를 감안하는 경우, 연약지반으로 인한 부등침하등의 영향등을 고려하여 신축이음을 설치하는 것이 바람직하다. 특히 접합부는 상이한 설계조건 및 외부온도 변화의 영향등에 따라 발생할 수 있는 구조적으로 다른 거동과 힘을 흡수 또는 통과시킬 수 있도록 설계 되어야하며 접합부에는 신축이음을 둘 수 있다. 신축이음은 교통량의 증가, 미흡한 시공관리 및 유지관리의 소홀로 인하여 파손이 빈번한 반면에 보강이 어렵다. 또한 JOINT의 파손은 구조물의 기능성을 저하시킬뿐 아니라 승차감이 현저히 떨어지고 교통사고의 원인이 되기도하며 잦은 유지보수로

인하여 교통체증을 유발시킨다. 따라서 구조물형식, 지역조건 및 신축량을 고려하여 최적의 신축장치가 되도록 설계하고 정밀시공을 통하여 내구성, 평탄성, 수밀성 등이 확보되도록 해야한다.

(2) 파손원인

일반적으로 신축이음장치의 파손원인은 복합적으로 발생하며 각각을 분리하여 분류하기는 어려우나 일반적인 사항을 열거하면 다음과 같다.

1) 씰재 : 백업재의 탈락 및 파손(노면 청소불량으로 이토 및 오물압입)
2) 차도부의 방수 미흡(누수)
3) JOINT 연결 부위 방수 미흡(누수)
4) 차량에 의한 충격, 반복하중으로 이음부 파손
5) 이상신축에 의한 파손
6) 중차량(과적차량) 통행시 단부 부상으로 인한 파손

(3) 신축이음 위치

암거 구조일 경우 외기에 접하는 부분의 신축이음은 15.0m/1개소이하로 설치하는 것이 바람직하다.

(4) 신축량 검토

신축량이라 함은 온도변화에 의한 신축량과 건조수축에 의한 신축량의 합이다.

1) 온도변화에 의한 신축량

일반적으로 온도변화에 의한 신축량이 가장 큰 부분을 차지한다.

온도변화에 의한 신축량 △Lt 은 다음과 같다.

$$\triangle Lt = \alpha \cdot L \cdot \triangle t$$

여기서, α : 선팽창 계수 (1.0×10^{-5})

L : 신 축 장

$\triangle t$: 온도변화 (±20℃)

2) 콘크리트의 건조수축에 의한 신축량

일반적으로 워커빌리티를 확보하기 위하여 수화작용에 필요한 수량보다 많은 물이 사용된다. 따라서 수화하고 남은 수분이 자유수로 콘크리트에 머물러 있다가 콘크리트가 대기중에 방치될 때 증발한다. 그 결과 콘크리트는 건조수축을 일으킨다. 일반적으로 건조수축량은 단위수량, 단위시멘트량, 철근량, 구조물의 종류등 많은 인자에 의해 달라지며 설계기준에 제시한 건조수축 변형률 15×10^{-5}을 적용하였다.

$$\triangle Lsh = \varepsilon sh \cdot L$$

여기서, εsh : 건조수축 변형률 (-15×10^{-5})

$$\therefore \Sigma\triangle L = \triangle Lt + \triangle Lsh$$

(5) 신축이음부 보강설계

신축이음의 파손원인은 위에서 나열한 바와 같이 여러 가지 복합적 원인에 의해 발생한다. 따라서 구조계가 변화하는 U-TYPE 과 BOX TYPE 및 U-TYPE 바닥슬래브 신축이음 연결부에 대하여 최대한의 파손원인을 감소시키고 보다 합리적인 보강대책방안을 수립한다.

4.3.2 방수설계

철근 콘크리트 구조물인 BOX, U-TYPE 및 집수정이 지하수위에 접하는 경우, 콘크리트 자체의 투수성 및 이음부를 통한 지하수 침투가 예상되며 이는 내구성 저하 및 각종 설비의 기능 감소등이 유발될 우려가 있으므로 방수 대책을 수립하여 누수를 방지하여야 한다.

<표 4.9> 지하방수시설비교표

구 분	벤토나이트 방수공법	ASP 쉬트 방수공법	도막 방수공법	아스팔트 방수공법
개 요	광물질인 벤토나이트가 물과 반응, 젤화되면서 방수층을 형성하는 공법이며 벤토나이트 매트와 벤토나이트쉬트 2가지가 있음	플라스틱이나합성고무로 성형된 쉬트를 접착재로 부착하여 방수층을 형성하는 공법	현장에서 직접 액상의 역청질 또는 고분자 재료를도포하여 이음부 없는 방수층을 형성하는 공법	멤브레인 방수 중 가장 오랜 역사를 지니고 있는공법
시공법	소디움벤토나이트로 구성된 매트나 쉬트형태를 방수 바탕면에서 못과 와샤로 고정 설치	방수바탕면에 접착제를 이용하거나 가열용융 시켜 접착 또는 쉬트상호간 융착하여 하지면과 분리된 방수층을 형성	현장에서 주재와 경화재 2성분을 혼합 또는 용제형, 수용형 1성분 타입의 액상을 도포함으로써 방수층을 형성	열공법 상온공법등이 있으며 용융한 아스팔트 펠트 및 루핑 등을 번갈아가며 적층
작업성	· 별도의 부자재를 이용하여 방수바탕면에 고정 · 저온에서는 보조재를 이용 방수시공이 가능	· 이음매 처리에 주의 · 쉬트끼리는 최소 10㎝ 이상을 겹쳐서 시공 · 작업성 용이	· 바탕처리가 중요 · 프라이머 도포시 선택이 중요 · 용제형은 화기나 환기에 주의 · 건조 또는 경화전까지 보호 양생이 필요	· 아스팔트 가열요구 · 적층하며 방수층을 형성하므로 공정이 복잡함 · 화재 환기에 특별히 주의를 요한다
장 점	· 온도와 관계없이 시공가능 · 콘크리트와 화학적인 반응이 없다. · 인체에 무해하며 화기 위험이 없다.	· 시공이 용이하고 신속하다. · 내약품성 등이 비교적 양호하다. · 온도 변화에 안정 · 구조물 수축·팽창에 적응력이 좋다.	· 적층 용법으로 품질에 안정감이 있다. · 복잡한 구조물 시공에 용이하다.	· 오래된 공법으로 품질에 안정감이 있다. · 적층 공법으로 방수층이 견고하다. · 모체면과의 들뜸 현상이 없다.

<표 4.9> 지하방수시설비교표(계속)

구 분	벤토나이트 방수공법	ASP 쉬트 방수공법	도막 방수공법	아스팔트 방수공법
단 점	· 누수로 인한 방수층이 유실되거나 처짐 현상이 발생할 수 있다. · 접착제가 없어 못·와샤 등으로 고정 작업을 하는데 모체에 손상 우려가 있다. · 자재 보관시 습기나 비를 맞았을 경우 물성의 변화가 일어날 수 있다.	· 시트 이음부 시공시 정밀 작업이 필요하다. · 연질 제품으로 내충격성에 약하다. · 시트 이음매 부위의 누수 위험이 많다.	· 균일한 두께의 도막 형성이 불가능하다. · 기포현상이 생긴다. · 2액형일 경우 배합에 문제가 발생하여 물성 변화를 일으킬수 있다. · 적층공법으로 공기가 길다.	· 현장에서 끓이는 공법으로 화재 위험이 있다. · 적층공법으로 공기가 길다. · 신장율이 약하여 모체 거동 대응에 미약하다. · 벽체 시공에 어려움이 많다. · 저온에서 시공이 곤란하다.

4.3.3 지수재

지하차도와 같은 철근 콘크리트 구조물은 지하수면 이하에 위치하기 때문에 부분방수 또는 완전방수공법을 채택하여 1차적으로 방수에 대비한다. 그러나 시공 Joint 등의 Hair Crack을 통한 2차 누수를 방지하기 위하여 지수재를 사용한다.

<표 1.48> 지수재 비교표

구 분	벤토나이트 지수재	고무팽창 지수재	P.V.C 지수재
재료 특성	천연산 소디움 벤토나이트	친수성 가황고무	염화비닐 수지
특 성	• 온도에 의한 영향이 없다. • 내화학성 양호 • 복잡한 구조물에 유리 • 시공성이 용이	• 내화학성 양호 • 복잡한 구조물에 유리 • 시공성이 용이 • 관통 PIPE 부위에 유리	• 저온에서 작업시 주의 요함. • 내화학성 양호 • 단순구조물에 유리 • 시공성 불량
장 점	• 수화팽창시 형태의 변화로 인하여2차 효과(Sealing효과)가 탁월하다. • 무기재료로 이루어져 영구적인 효과를 나타낸다.	• 수화팽창시에도 제품형태를 유지하므로 노출부위에도 적용가능 • CON'C 구조물이외의 적용대상폭이 넓다.	• 제품의 견고성이 좋다. • 자재비가 저렴하다.

<표 1.48> 지수재 비교표(계속)

구 분	벤토나이트 지수재	고무팽창 지수재	P.V.C 지수재
단 점	• 우기시 조기수화팽창을 지연하기 위한 보양책이 요구된다. • CON′C로 매몰되지 않는 노출부위에 대한 시공은 바람직하지 않다.	• 유기물질로 이루어져 지속적인 지수효과를 보장할 수 없다. • 탄성체로 이루어져 시공시 그 정밀도를 보장할 수 없다. • CON′C 균열에 대한 보완성능이 미흡하다.	• 지수(방수)재라기 보다는 CON′C 구조물의 계목 차수재이다. • 지수효율을 보장할 수 없다. • 시공이 복잡하고 인건비가 비교적 고가
적 용	• CON′C 관련 시설물에 적합한 전문 지수재 • CON′C 구조물의 다양한 공극, 크랙 및 균열에 대한 Sealing 효과가 크다.	• 제품 특성상 폭넓은 적용성을 갖추고 있으나 기계적 강도를 요구하거나 노출부위에 대한 연계부의 지수재로 적용이 바람직	• 지하고가 깊지 않은 일반구조물의 지수재로 바람직

5. 수리 구조물

5.1 저수조

5.1.1 구조 및 설치기준

(1) 관련법규

1) 수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙

① [별표 1] 저수조설치기준 (제3조 관련)

(가) 저수조의 윗부분은 건축물 등으로부터 100cm 이상 떨어져야 하며, 그 밖의 부분은 60cm 이상의 간격을 띄울 것

(나) 물의 유출구는 유입구의 반대편 밑부분에 설치하되, 바닥의 침전물이 유출되지 아니하도록 저수조의 바닥에서 띄워서 설치하고, 물칸막이 등을 설치하여 저수조안의 물이 고이지 아니하도록 할 것

(다) 각 변의 길이가 90cm 이상인 사각형 맨홀 또는 지름이 90cm 이상인 원형 맨홀을 1개 이상 설치하여 청소를 위한 사람이나 장비의 출입이 원활하도록 하여야 하고, 맨홀을 통하여 먼지 기타 이물질이 유입되지 아니하도록 할 것. 다만, 5m³ 이하의 소

규모 저수조의 맨홀은 각변 또는 지름을 60cm 이상으로 할 수 있다.

(라) 침전찌꺼기의 배출구를 저수조의 맨밑부분에 설치하고, 저수조의 바닥은 배출구를 향하여 1/100 이상의 경사를 두어 설치하는 등 배출이 쉬운 구조로 할 것

(마) 청소·위생점검 및 보수 등 유지관리를 위하여 1개의 저수조를 2이상의 부분으로 구획하거나 저수조를 2개 이상 설치할 것. 다만, $5m^3$ 이하의 소규모 저수조의 경우에는 그러하지 아니하다.

(바) 저수조에 물이 일정수준 이상 넘거나 일정수준 이하로 줄 때 울리는 경보장치를 설치하고, 그 수신기는 관리실에 설치할 것

(사) 건축물 또는 시설 외부의 땅 밑에 저수조를 설치하는 경우에는 분뇨·쓰레기 등의 유해물질로부터 5m 이상 띄워서 설치하여야 하며, 맨홀 주위에 다른 사람이 함부로 접근하지 못하도록 장치할 것. 다만, 부득이하게 저수조를 유해물질로부터 5m 이상 띄워서 설치하지 못하는 경우에는 저수조의 주위에 차단벽을 설치하여야 한다.

(아) 저수조 및 저수조에 설치하는 사다리 등의 재질은 섬유보강플라스틱·스테인리스스틸·콘크리트 등의 내식성재료를 사용할 것

(자) 저수조안의 공기정화를 위한 통기관과 물의 수위조절을 위한 월류관을 설치하고, 관을 통하여 벌레 등 오염물질이 유입되지 아니하도록 할 것

2) 주택건설기준 등에 관한 규정 (2005.6)

① 제35조 (비상급수시설)

(가) 공동주택을 건설하는 주택단지에는 먹는 물 관리법 제5조의 규정에 의한 먹는 물의 수질기준에 적합한 비상용수를 공급할 수 있는 지하양수시설 또는 지하저수조시설을 설치하여야 한다.

(나) 제1항의 규정에 의한 지하양수시설 및 지하저수조는 다음 각호의 구분에 의한 설치기준을 갖추어야 한다.

가) 지하양수시설

㉮ 1일에 당해 주택단지의 매 세대당 0.2톤(시·군지역은 0.1톤) 이상의 수량을 양수할 수 있을 것

㉯ 양수에 필요한 비상전원과 이에 의하여 가동될 수 있는 펌프를 설치할 것

㉰ 당해 양수시설에는 매 세대당 0.3톤 이상을 저수할 수 있는 지하저수조(제43조 제6항의 규정에 의한 기준에 적합하여야 한다)를 함께 설치할 것

나) 지하저수조

㉮ 고가수조 저수량(매 세대당 0.5톤까지 산입한다)을 포함하여 매 세대당 1.5톤(시·군지역은 1톤, 독신자용 주택은 0.5톤) 이상의 수량을 저수할 수 있을 것

㉯ 50세대(독신자용 주택은 100세대)당 1대 이상의 수동식 펌프를 설치하거나 양수에

필요한 비상전원과 이에 의하여 가동될 수 있는 펌프를 설치할 것

㈐ 먹는 물을 당해 저수조를 거쳐 각 세대에 공급할 수 있도록 설치할 것

② 제43조 (급·배수시설)

(가) 주택에 설치하는 음용수의 급수조 및 저수조는 다음 각호의 기준에 접합하여야 한다.

가) 급수조 및 저수조의 재료는 수질을 오염시키지 아니하는 재료나 위생에 지장이 없는 것으로서 내구성이 있는 도금·녹막이 처리 또는 피막처리를 한 재료를 사용할 것

나) 급수조 및 저수조의 구조는 청소 등 관리가 쉬워야 하고, 음용수외의 다른 물질이 들어갈 수 없도록 할 것

3) 소방기본법 시행규칙 (2004.5)

① [별표3] 소방용수시설의 설치기준 (제6조제2항관련)

(가) 공통기준

가) 국토의계획 및 이용에 관한 법률 제36조 제1항 제1호의 규정에의한 주거지역·상업지역 및 공업지역에 설치하는 경우 : 소방대상물과의 수평거리를 100미터 이하가 되도록 할 것

나) 가목 외의 지역에 설치하는 경우 : 소방대상물과의 수평거리를 140미터 이하가 되도록 할 것

(나) 소방용수시설별 설치기준

가) 소화전의 설치기준 : 상수도와 연결하여 지하식 또는 지상식의 구조로 하고, 소방용호스와 연결하는 소화전의 연결금속구의 구경은 65밀리미터로 할 것

나) 급수탑의 설치기준 : 급수배관의 구경은 100밀리미터 이상으로 하고, 개폐밸브는 지상에서 1.5미터 이상 1.7미터 이하의 위치에 설치하도록 할 것

(다) 저수조의 설치기준

가) 지면으로부터의 낙차가 4.5미터 이하일 것

나) 흡수부분의 수심이 0.5미터 이상일 것

다) 소방펌프자동차가 쉽게 접근할 수 있도록 할 것

라) 흡수에 지장이 없도록 토사 및 쓰레기 등을 제거할 수 있는 설비를 갖출 것

마) 흡수관의 투입구가 사각형의 경우에는 한 변의 길이가 60센티미터 이상, 원형의 경우에는 지름이 60센티미터 이상일 것

바) 저수조에 물을 공급하는 방법은 상수에 연결하여 자동으로 급수되는 구조일 것

5.1.2 저수조의 종류

저수조의 설치 위치에 따라 지하저수조, 지상저수조, 고가저수조로 나누어지며 고층건물에서는 중간수조를 설치하기도 한다.

(1) 지하저수조

지표면 밑이나 건축물 지하층에 설치하는 것으로, 대부분 건축물의 기존 저수조는 이런 방식으로 설치되어 있다.

이러한 지하저수조의 기존 저수조는 비상용수나 소방용수까지 저수하기 위하여 설치된 것으로 대체적으로 용량이 크며 저수조의 위생관리가 법제화되기 이전에 청소나 유지관리를 염두에 두지 않고 설치된 것으로 오염되기 쉽고 보수를 하기 어려운 여러 가지 문제점이 발생되고 있다.

이와 같은 문제점을 보완하기 위하여 현행 수도법에서는 지하저수조는 점검이나 보수가 용이한 2중구조로 설치하도록 규정되어 있다.

(2) 지상저수조

지표면상이나 지상 건축물의 바닥 위에 설치하는 것으로 저수조의 주변이나 바닥과 상부가 모두 보일 수 있게 설치하여야 하기 때문에 6면 관리방식이라고도 하는데 이런 저수조는 점검이나 보수가 용이하므로 앞으로 설치되는 모든 저수조는 이러한 방식으로 설치하는 것이 바람직하다.

(3) 고가저수조

지하 또는 지상저수조의 담겨진 물을 건물옥상에 설치된 저수조에 양수하여 중력을 이용하여 각층에 급수하기 위하여 설치한 저수조로서 대부분의 건축물에는 고가수조가 설치되어 있다.

(4) 중간수조

고층건물에서는 수압을 조절하기 위하여 건물 중간층에 중간수조를 설치하고 있다.

(5) 기타 저수조

1) 부저수조

수도 본관의 수압에 영향을 주지 않기 위하여 수도본관과 저수조의 중간에 설치하는 저수조이다.

2) 압력수조

압력수조는 입지여건상 고가수조를 설치할 수 없을 경우 또는 고가수조를 설치하지 아니하고 압력탱크를 설치하여 공기압력을 이용하여 각 층에 급수하기 위하여 설치하는 저수조이나 우리나라에서는 압력수조는 거의 설치하지 않고 있다.

3) 가정용 소형수조

저수조 위생관리에 대한 법적 규제를 받지 않는 소형 주택이나 소형 건축물 옥상에 수돗물의 안정적 급수를 위하여 설치한 소형수조로서 지하저수조를 설치하지 않고 상수배수관에서 고가저수조에 직결로 연결되어 있다.

5.1.3 기본계획

(1) 일반사항

1) 저수조는 「수도법」제3조 제22호에 규정하는 상수도시설 중 급수장치에 해당하는 시설이다.

2) 저수조 설비에 대해서는 법규에 의하여 안전한 물을 적정하게 공급하기 위한 것이지만, 구조와 재질에 따라 수돗물이 오염될 가능성이 있으므로 설계, 시공 또는 유지관리에 대해서는 구조나 재질상의 안전을 기해야 하니 유해물질로 인하여 수돗물이 오염되지 않도록 충분히 고려해야 한다.

(2) 저수조의 위치 선정

저수조의 설치위치는 밝고 환기가 잘 되며 관리하기 쉬운 곳을 선정하여야 한다. 특히 지하저수조에는 분뇨정화조, 하수받이 등 오수원에 접근되지 않도록 그 위치결정에 유의하여야 한다.

(3) 유효저수량의 결정

1) 저수조를 설치할 때에는 건축물의 설치기준 등에 관한 규칙 제11 및 주택건설기준 등에 관한 규정 제35조에서 정하고 있는 용량기준에 합당한 유효저수량을 계산하여 설치하여야 한다.

2) 저수조의 유효저수량이란 저수조의 월류관 밑으로 실제 물을 담을 수 있는 저수조의 용량을 말하는 것이며, 지하저수조 및 고가수조 등 저수조의 유효저수량을 합산한 것을 유효저수량의 합계라고 한다.

(4) 저수조 구조 및 재질

저수조의 구조와 재질은 다음 사항에 따라야 한다.

1) 보수점검 및 유지관리가 용이할 것

① 저수조는 외부에서 보수와 점검을 용이하고 안전하게 할 수 있어야 하며 저수조의 형상이 육면체일 경우 저수조의 외면은 건축물 또는 기타 부분과의 간격이 상부는 100cm 이상, 그 외 부분은 60cm 이상 공간을 확보해야 한다.

② 저수조를 지하에 설치할 경우는 건물의 지하층에 설치하는 것이 일반적이며 지하층이 없는 경우는 저수조실을 만들어 그 안에 설치하도록 하고 주위에 공간을 확보하여 외부에서 보수와 점검이 용이하게 하여야 한다.

③ 지하저수조는 위생상 유해한 액체나 물질을 저류 또는 처리하는 시설(분뇨정화조, 배수관, 도로측구, 연못 등)로부터 5m 이상 떨어지게 설치하여야 하며, 부득이 5m 미만에 설치할 경우는 저수조실 외에 별도의 콘크리트 중간벽 등 특별한 조치를 취하고 저수조 주변 점검용 공간이 확보되도록 하여야 한다.

④ 저수조의 상부에 기계류를 설치하는 일은 피해야 한다. 부득이 펌프, 보일러, 공기정화기 등 기계를 설치하는 경우 받침대를 설치하는 등 별도의 조치가 필요하다.

⑤ 저수조는 내부의 보수 및 점검이 용이하도록 맨홀(원형은 직경 90cm 이상, 사각형은 한변의 길이가 90cm 이상. 다만, 5톤 이하 저수조는 60cm 이상)을 1개 이상 설치하도록 하며 맨홀의 형태는 청소용구의 출입이 용이하도록 사각형이 바람직하다.

(가) 맨홀 입구는 주위보다 10cm 이상 높게 턱을 만들고 뚜껑은 덮어씌우는 밀폐식으로 하여 외부에서 유해물질이 들어가지 않게 하여야 하며, 반드시 잠금장치를 하여야 한다.

(나) 저수조의 천장 상부는 1/100 이상의 경사를 주어 청소수 및 오수 등이 정체되지 않도록 하여야 한다.

⑥ 저수조는 청소를 용이하게 할 수 있도록 하여야 한다.

(가) 저수조에서 배수관을 설치하며 간접배수가 되도록 한다.

(나) 저수조 내부바닥에는 배수구(홈)를 적당한 위치에 설치하고 바닥에 1/100 이상 경사를 두어 배수시 잔류수가 남지 않도록 한다.

2) 충분한 강도가 있고 내구성이 강할 것

① 저수조는 수질에 영향을 주지 않는 내식성 재료로서 수밀성이 확보되어야 하며 충분한 강도가 있어야 한다.

② 저수조의 재질은 조류증식을 방지할 수 있는 제품을 사용하여야 하며, 될 수 있는대로 내부에 보강재를 설치하지 않는 것이 바람직하다.

③ 저수조에는 만수・감수 경보장치를 설치하며 그 수신기는 관리실 등에 설치한다.

④ 철근콘크리트 구조체의 경우에는 인체에 해가 없는 도료로 도장하거나 인체에 유해한 물질이 용출되지 않는 재질로 라이닝 하여야 한다.

3) 저수조 내의 물이 오염되지 않을 것

① 저수조의 천장 바닥 또는 배관 설치시 저수조는 외부로부터 위생상 유해한 물질이 들어가지 않도록 설치하여야 하며 건축물의 상판이나 외벽 등을 이용하여 설치해서는 안된다.

② 저수조내의 월류구는 유입구보다 낮게 설치하여 역류가 되지 않도록 공산을 확보하여야 한다.

③ 저수조에는 공기소통을 위한 통기관을 설치하며 먼지, 기타 위생상 유해한 물질이 유입되지 않도록 방충망을 설치한다. 월류관은 유입량이 충분히 배출될 수 있는 관경으로 하며 외부수가 역류되지 않도록 간격을 두어 간접 배수가 되도록 한다.

④ 저수조의 유입구와 유출구는 마주보는 위치에 설치하여 수조내의 물이 정체 또는 체류수가 생기는 일이 없도록 하며 저수조가 큰 경우에는 도류벽을 설치하는 것에 바람직하다.

⑤ 저수조는 점검, 청소, 보수시에 단수가 되지 않도록 1조를 2개 이상으로 수획하는 구조로 하던지 2조의 저수조를 설치하여야 하며, 각각 독립된 기능을 갖도록 하여야 한다.

⑥ 상수도시설의 점검, 보수, 돌발사고 등에 대비하기 위하여 필요한 적정용량은 1일 사용량을 기준으로 하는 것이 바람직하나 천재지변, 전시, 기타 특별한 지역적 여건을 고려하여 확대할 수 있다

⑦ 지하저수조에 소화용수의 송수관을 설치할 때에는 유출관 하단에 설치하도록 하되 소

화용수를 송수할 때 지하저수조로의 역류를 방지하기 위하여 반드시 역지밸브 등을 부착하여야 한다.

⑧ 상수도 시설의 보수 등으로 단수되었을 때 노후관로로 유입된 오수나 이물질이 다시 통수할 때에 저수조로 유입되는 것을 방지하기 위하여 저수조 유입관에 배출용 밸브로 설치하여 재통수할 때에 유입관 밸브를 잠그고 배출밸브를 열어 단수시 급수관에 유입된 오수를 배출시킨 후 깨끗한 물을 저수조에 유입하도록 하는 것이 바람직하다.

(5) 고가수조의 설치

1) 고가수조의 높이는 건축물 최상부의 급수전으로부터 상부 7mm이상의 위치를 수조의 저수위로 한다. 그러나, 건축물 최상부에 수세변소가 있는 경우에는 그 세정변에서 상부 10mm이상의 위치를 수조의 저수위로 하여야 한다.

2) 고가수조에는 급수용 외의 다른 배관설비를 직접 연결해서는 안 된다. 부득이 소화용구를 고가수조에 연결하는 경우에는 배출관 상단에 설치하여야 한다.

3) 고가수조의 유효용량은 1일 사용량의 1/10 정도를 표준으로 하고 있으나 유효용량이 너무 적은 경우에는 단위 시간당 양수량이 많게 되거나 저수조내의 수면에 큰 변동이 생길 때 수면 자동제어 장치에 의하여 펌프운전에 지장을 줄 우려가 있을 때에는 유효용량을 확대할 필요가 있다.

4) 고가수조의 배수관은 고가수조의 내부 청소를 신속 용이하게 할 수 있도록 수조의 최저부에 설치한다.

5) 고가수조 수조내의 청소, 보수 또는 기타 사정으로 단수가 될 경우가 있으므로 수조를 2개 이상으로 구획(칸막이)하든지 다른 고가수조와 배관 연결하여 단수가 되지 않도록 하는 것이 바람직하다. 또한, 한·냉지에서는 동결방지를 위해 유입·유출관 등에 방한시설이 필요하다.

6) 급수관에는 저수조로 유입하는 유입구에 볼탑을 부착시키고, 고가수조에는 볼탑 대신 수조의 수위에 따라 자동적으로 전기회로가 개폐하여 양수펌프가 작동하는 플로트 스위치(float switch)나 수면 자동제어장치를 부착한다.

7) 고층부의 양수관 하부에는 지수전이나 제수밸브를 부착하여야 한다.

(6) 부속 설비와 기기

1) 저수조 외부 부착물

① 수도본관 밸브

수도본관에서 지하 저수조에 들어가는 급수관을 개폐하는 밸브로서 수동이나 기구를 사용하여 조작함

② 계량기

청소할 때 본관 유입밸브를 막은 상태와 만수 상태의 기록을 가지고 그 탱크의 저수량을 확인

2) 저수조 내부 부착물

① 볼탑

저수조의 저수량을 조절하는 장치

② 정수위변

볼탑과 같이 유입수의 조정역할을 함

③ 양수펌프

(가) 지하 저수조의 물을 고가수조에 양수하기 위하여 설치된 펌프

(나) 흡수관에 양수펌프를 직결시키는 것은 절대로 피하고 반드시 저수조에 물을 받은 뒤 펌프 양수하도록 하여야 한다.

④ 전극봉

전극기에 3~5개의 길이가 다른 스텐레스봉이 각각 부착되어 있어 저수량을 조절하는 역할과 만수, 감수의 표시와 경보의 작용을 하고 있다. 이 경보 수신기는 관리실에 설치하여야 한다.

3) 저수조 본체 부착물

① 맨홀

(가) 맨홀의 크기는 청소 또는 점검을 위하여 사람이나 장비의 출입이 용이하도록 각 변의 길이가 90cm 이상인 사각형 또는 지름이 90cm 이상인 원형 맨홀을 1개 이상 설치하여야 한다. 다만, 5톤 이하의 저수조는 60cm 이상으로 할 수 있다.

(나) 저수조 바닥보다 10cm 이상의 턱을 만들고 뒤집어 씌우는 뚜껑이어야 한다.

(다) 외부의 먼지나 오염물질이 스며들지 않도록 하기 위하여 고무박킹 등으로 밀폐하여야 하며 2중구조로 하는 것이 더욱 바람직하다.

(라) 관리책임자 외의 사람이 함부로 열지 못하게 하기 위하여 잠금장치를 하여 평상시에는 반드시 잠그도록 한다.

② 사다리

스텐레스 등 내식성 재료를 사용하며 견고하게 부착하여야 한다.

③ 통기관

(가) 저수조내의 담겨진 상수의 변질을 방지하기 위하여 설치하는 통기관 역시 내식성 재료를 사용하여야 하며 저수조의 측면(옆)으로 설치하지 않고 상층 외부로 뽑아내야 한다.

(나) 외부의 관단부는 먼지, 빗물 등이 침입하지 못하도록 하기 위하여 지층을 향하여 수직이 되도록 설치하여야 하며, 반드시 방충망(2mm)이 장착되어야 한다.

(다) 저수조와 접속되는 부분은 틈이 생기지 않도록 밀착되어야 하며, 수밀성이 확보되어야 한다.

④ 월류관

(가) 월류관은 저수조내의 수위가 일정수준 이상을 넘지 못하도록 하기 위하여 설치하는 것으로 월류관 말단부가 잘못 접속하면 저수조의 수질을 오염시키는 원인이 되기도 하므로 주의하여야 한다.

(나) 관 말단부는 절대로 배수관과 직접 연결해서는 안 되고 적어도 15cm 이상의 공간을 띄우고 설치하여야 하며, 통기관과 마찬가지로 반드시 방충망을 설치하여야 한다.

(다) 월류관경은 급수관경의 2배 이상으로 여유있게 하는 것이 바람직하며, 급수관의 급수구 하단으로부터 적어도 급수관경의 2배 이상의 간격을 두어(토수구 공간) 월류관을 설치하여야 한다.

5.2 가압장

5.2.1 가압장 계획

(1) 가압장 위치 선정

일반적으로 가압장의 위치는 관로부설계획, 수수 배수지의 H.W.L과의 관계 등을 고려하여 양정고가 가능한 낮고 잔류수두를 최대한 유지할 수 있는 지형적인 조건을 갖춘 곳이어야 하며, 건설비, 유지관리비 측면에서도 경제적이어야 한다.

(2) 가압방식 검토

송수관로 중간 가압장의 가압방식은 직결가압방식(라인가압)과 흡수정 가압방식으로 크게 대별할 수 있다. 각기 방식별로 장·단점이 있으므로 요구되는 조건과 설비규모, 경제성, 펌프 운영방식, 펌프장 설치조건 등을 고려하여 채택하는 것이 바람직하다.

<표 5.1> 가압방식

구분	1안(직결 가압식)	2안(흡수정 가압식)	3안(직결+흡수정 가압식)
장점	• 흡수정이 필요치 않아 구조물이 간단 • 부속설비가 적음 • 배관에 직결됨으로 펌프내에 만수를 위한 진공펌프설비가 필요없음 • 설비가 비교적 간단하여 무인화 및 자동화가 유리	• LINE가압방식보다 송수에 있어 안정적임 • 운전시 유량 및 수압변동에 대한 대응 용이 • 흡수정에서 어느 정도 유량조정이 가능하므로 캐비테이션 발생을 방지 • 시설의 신뢰성이 높음	• 흡수정과 배관을 이용하므로 물량의 변화에 따라 송수에 있어 안정적임 • 구조물이 간단하고 부지를 적게 차지함

<표 5.1> 가압방식(계속)

구분	1안(직결 가압식)	2안(흡수정 가압식)	3안(직결+흡수정 가압식)
단점	• 흡수정을 이용한 방식보다 송수에 있어 안정적이지 못함 • 펌프설치지점의 부수압 발생시 캐비테이션이 발생으로 펌프 손상 • 유량 및 수압변동에 의한 운전이 어려움	• 흡수정의 수위가 펌프 중심면보다 낮을 경우 펌프내 만수를 위한 진공펌프 설비가 필요 • 설비가 비교적 복잡하고 유지관리가 어려움 • 흡수정의 월류사고 위험이 있음	• 흡수정 방식에다 직결식을 추가함으로서 시설이 다소 복잡

5.2.2 가압장 설계

(1) 설계기준

1) 가압장은 관망해석 결과에 따라 계획 배수지 등과 연계해서 계획하고, 또한 펌프 양정은 송수계통 및 양정검토에 의하여 결정함

2) 가압장 설계기준은 상수도 시설기준(2004. 환경부제정)을 근간으로 시설용량(m^3/일), 펌프설치 대수, 펌프형식, 펌프실구조 등을 정함

(2) 시설계획

1) 용량계획

가압장에 대한 용량계획은 설계기준에 의거하여 시설용량, 펌프기종, 펌프용량, 펌프대수 등을 결정함

2) 펌프장 구체계획

① 펌프장 구체

펌프장 구체는 펌프실, 전기실, 사무실 등으로 구성되어 있고, 다음과 같은 조건을 만족시킬 수 있도록 수립한다.

(가) 펌프장의 규모는 충분한 관리공간을 확보할 수 있는 크기로 설치

(나) 펌프장의 구조는 소음, 진동에 대한 영향을 고려

(다) 펌프의 유지관리를 위하여 차량의 평면출입이 될 수 있게 하고 크레인을 이용하여 작업성이 용이하도록 계획

(라) 구조는 철근콘크리트조로서 방수를 하여야 한다.

(마) 펌프질 구체평면은 펌프실과 배관실 및 출입구를 확보해야 한다.

(바) 펌프실내 배수는 부지내 우수 배수계통으로 가능한 자연유하로 배수되도록 하여야

하며, 부득이한 경우에는 펌프실내에 호퍼를 설치하고 트레인 펌프를 2대 이상 설치한다.

(사) 펌프배관은 압력 손실을 최소화할 수 있도록 설계하고, 모든 주위 배관은 내식성 자재로 한다.

(아) 흡입관은 관내에 공기의 정체부가 없도록 설치하고, 확대부에 수동밸브를 설치한다.

(자) 토출관측은 확대부 이후에 신축관, 완폐역지변, 전동밸브, 수동밸브 등을 설치하여야 하며, 조작 및 유지관리가 용이하도록 배치한다.

② 펌프실

(가) 펌프의 배치

펌프실은 기계 반입구, 펌프를 분해·조립하는 장소, 공기, 보수점검에 필요한 통로, 배관, 배관 지지대, 배수구, 전선구, 실내배수, 환기, 조명, 분해용 기중기 등을 고려하여 결정한다.

(나) 송수펌프 배관의 기본 System

가) 송수펌프의 운전 및 유지관리가 용이하게 될 수 있을 뿐 아니라 펌프장의 건설비 등을 고려하여 가장 합리적인 계획이 되어야 한다.

나) 흡입관의 유속은 1.2~1.0m/sec 정도로 하고 Cavitation 문제에 안전하도록 계획한다.

다) 토출측에는 수충격을 방지하기 위하여 완폐형 역지변 또는 이와 동등의 기능을 갖는 기기를 설치하며 전동변과 수동제수변을 설치하여 유지관리가 용이하도록 계획한다.

라) 펌프의 기초

펌프 기초는 펌프 모타의 진동으로 부등침하 및 지하수의 유입방지 등을 고려하여 결정한다.

(3) 펌프장 방음·방진대책

1) 방음대책

① 소음 원인

(가) 펌프 및 전동기의 회전 진동음

(나) 보조 기기류(기어펌프, 진공펌프, 압축기, 환기휀 등)의 운전음

(다) 펌프의 캐비테이션 진동

(라) 배관계통에서 발생하는 유속 급변에 의한 수충격음

② 소음방지 대책

(가) 펌프 운전시 캐비테이션을 일으키는 체절 양정과 유량범위의 운전을 피함

(나) 펌프 모타의 소음을 85dB 이하로 제작, 설계되도록 가급적 느린 회전수의 펌프 모타를 선정하여 시방서에 명기한다.

(다) 토출 본관에 수충격 방지설비를 설치하여 관내 압력강화 및 상습을 방지하여 수충격 음을 저감한다.

2) 방진대책

① 펌프의 기초는 Mat기초로 하여 바닥에서 진동을 흡수시켜 구조물에 영향이 없도록 한다.

② 펌프 기초 중량을 기계하중의 3배 이상으로 하여 대지에 접속시킨다.

③ 토출 본관에 수충격방지를 위해 콘트롤 밸브를 설치하여 관내 수압 변동폭을 대폭 줄인다.

(4) 가압펌프 기종 선정

설계방침, 건설관리 조건 등을 고려하여 건설비, 관리비, 성능 등을 비교하여 결정함

1) 기종 선정시 고려사항

① 기기의 내구성, 신뢰성

② Energy 절약 및 부지면적의 최소화

③ 내마모성, 내부식성

④ 운전조작, 유지관리의 용이성

⑤ 과거의 운전실적

⑥ 선진국의 사용 실태

⑦ 공해 및 주변 환경에 미치는 영향

⑧ 고효율의 기계장비 및 자동화에 적합한 기종 선정

5.3 오수 펌프장

5.3.1 오수 펌프장 계획

(1) 위치 선정시 고려사항

1) 하수발생지역의 지형적 조건, 경사방향 등을 고려하여 오수간선 관거의 노선이 자연유하가 가능한 지역

2) 압송관로가 최소가 되는 지역

3) 홍수시 침수의 피해가 없는 지역

4) 냄새 또는 소음으로 인한 주변지역의 환경에 미치는 영향이 최소가 되는 지역

5) 부지 취득이 용이한 지역

6) 시공 및 유지관리가 용이한 지역

(2) 펌프장 형식 선정

<표 5.2> 펌프장 형식 선정

구 분	맨 홀 형	간 이 형	표 준 형	비고
개 요	원형 또는 각형의 맨홀 형식으로 수중펌프 설치하고 지상에 조작반 설치한 형태	지하층 및 지상층 구조로 펌프실, 흡수정 및 전기실, 간단한 스크린설비 설치하여 표준형의 시설을 간략화한 형태	지하 및 지상층 구조로 침사설비와 펌프장 설비로 구성되며 펌프실, 흡수정 및 전기실, 사무실 등 정석적인 설비를 갖춘 형태	개 요
적 용 규 모	소규모	중·소규모	중·대규모	
소 요 부 지 면 적	$10m^2$	$40m^2(200m^2)$	$100m^2(500m^2)$	
운 전	무 인	무 인	무 인	
장 · 단 점	• 경제적 • 도로상에 설치시 부지확보 불필요 • 민원발생소지 적음 • 펌프대수 및 흡수정 용량 확보 불리 • 유지관리 불리 • 보수·확장이 불리 • 옥외 조작반의 시설보호 미흡	• 표준형에 비해 경제적 • 흡수정 용량에 따라 펌프 운영이 용이 • 소규모 부지 확보 필요 • 시설을 보호 및 관리 수월 • 표준형에 비해 민원발생 소지 적음	• 비경제적 • 정석적인 시설 및 운영을 함 • 소요부지면적이 커짐 • 시설관리 및 운영이 가장 좋음 • 민원발생소지가 큼	

(3) 펌프형식 선정

펌프의 형식은 펌프실의 규모 및 유지관리 등에 큰 영향을 미치므로 각 펌프의 특성을 충분히 검토한 다음 그 사용목적에 적합한 펌프모타를 선정하여야 하며, 하수량 및 양정고가 수시로 변동되므로 흡입실 양정, 토출량, 이물질에 의한 고장, 부식 및 마모의 정도 등이 고려되어야 한다.

5.3.2 오수 펌프장 설계

(1) 계획하수량 산정

1) 계획하수량은 시설물 용량을 결정하는 요소로서 하수의 배제방식에 따라 다르게 산정된다.

① 분류식 지역 : 생활오수량, 공장폐수량, 기타 오수량, 지하수량

② 합류식 지역 : (생활오수량, 공장폐수량, 기타 오수량, 지하수량)의 3배

2) 발생원별 오수산정방법은 다음과 같다.

① 생활 오수량 : 처리인구(인) × 생활 오수량 원단위(ℓ/인・일)

② 공장 폐수량 : 공장부지 면적(ha) × 부지 면적당 원단위(ℓ/ha)

③ 기타 오수량 : 사업계획상의 오수 발생량 검토 반영

④ 지 하 수 량 : 일 최대 오수량의 15%

(2) 구조물 설계

1) 흡수정

① 흡수정은 하수의 유입과 펌프의 흡입이 원활하도록 결정한다.

② 펌프 저류조 바닥고는 L.W.L 보다 낮게 하여 펌프 가동에 무리가 없도록 한다.

③ 바닥면 모서리는 드레인 피트 등을 설치하여 흡수정 청소시 편리성을 도모한다.

④ 오수 유입부에는 스크린을 설치하여 파쇄기 고장시에 대비하고 사다리를 설치하여 스크린 탈착이 용이하게 한다.

⑤ 스크린에는 흡수정 바닥으로 계단을 설치하여 낙조에 의한 구조물 바닥이 패이지 않도록함은 물론 청소시 흡수정 바닥으로 진출입이 용이하도록 한다.

⑥ 내부에는 방수를 실시하여 오수 유출에 의한 주변 토양 및 지하수가 오염되지 않도록 한다.

2) 배관실

① 배관실은 펌프 토출배관이 배치되며 수중펌프를 지지하는 기능을 한다. 펌프가 설치되는 개구부는 그레이팅을 설치하여 안전성을 도모한다.

② 배관실에는 흡수정에서 발생하는 오수의 냄새와 습기를 제거할 목적으로 베르누이식 흡출기를 설치한다.

③ 또한, 펌프 토출압 및 수충압에 안전하도록 콘크리트 보호공 및 배관에 앵커링을 설치한다.

④ 벽체 외부에는 방수를 실시하여 지하수 유입을 차단한다.

3) 전기실

① 전기실을 설치하여 전기판넬과 계장설비 등이 보호되도록 한다.

② 전기실 슬라브의 펌프설치위치에 개구부를 설치하여 펌프수리시 편리하도록 하며, 계단실을 설치하여 배관실 유출입이 가능토록 한다.

③ 전기실 상부에는 모노레일 호이스트를 설치하여 펌프 및 배관류의 반출입이 편리하도록 한다.

④ 또한 모든 개구부는 모따기를 실시하고 보강철근을 두어 균열이 방지되도록 한다.

5.4 수문

5.4.1 수문 계획시 고려사항

(1) 수문은 조석의 역류방지, 내수배제, 각종 용수의 취수 등을 목적으로 제방을 절개하거나 본류로 유입되는 지류를 횡단하여 설치하는 구조물이다.

(2) 수문은 계획 홍수위 (고조구간에서는 계획 고수위) 이하의 유수작용에 대한 안전한 구조가 되도록 설계한다.

(3) 수문의 설치위치는 설치목적과 하천관리상의 지장유무에 따라 신중히 결정해야 하며 만곡부, 하도단면이 협소한 장소, 하상이 불안정한 장소 등은 피하는 것이 좋다.

(4) 바닥높이는 설치목적에 따라 다르며, 장래의 하상변동 상황, 하상고와 수로의 바닥높이를 고려하여 결정한다.

(5) 취수를 목적으로 할 경우에는 각막의 취수목적에 따라 결정되지만 장래의 하상변동에 대해서는 고려하여야 한다.

(6) 배수를 목적으로 할 경우에는 배수하는 하천의 하상고를 고려하여 결정한다.

(7) 수문의 설치방향은 제방법선에 직각으로 최대한 간단한 구조가 되도록 한다.

5.4.2 수문 설계

(1) 단면 및 설계 유속

1) 수문의 단면은 유속, 유량조절, 배수 등 설치목적에 따라 결정한다.

2) 토사 등의 배제에 지장이 없는 통관의 단면은 원칙적으로 내경을 60cm 이상(가능하면 1m 이상)으로 한다.

3) 수문의 관내 설계 유속은 토사침전을 방지하기 위한 목적으로 결정하며, 수문의 형식, 집수구역 등을 고려하여 결정하여야 한다.

4) 배수문의 설계유속은 토사침전을 방지하기 위하여 관내유속은 2~3m/sec를 표준으로 하고, 최소 유속은 1m/sec 보다 크게 하는 것이 바람직하다.

(2) 본체

1) 수문의 본체는 상판, 보기둥, 조작대, 문기둥, 문짝 등으로 구성되며, 통문과 본체는 암거, 문기둥, 조작대, 차수벽 등으로 구성된다.
일반적으로 수문, 통문, 통관의 본체는 문짝을 제외하고 철근콘크리트구조로 하는 것을 원칙으로 한다.

2) 형식은 기초지반, 공사비, 시공성을 고려하여 결정하며, 본체형식은 흐름에 지장을 주지 않도록 설계해야 한다.

3) 수문본체의 단면형태는 사각형, U자형 및 역T자형이 있다.

(3) 문기둥

1) 문기둥의 높이는 문짝을 완전히 열었을 때 문짝 하단부까지의 높이, 문짝의 높이, 관리를 위한 여유고를 더한 값으로 한다.

(4) 문틀 및 문짝

1) 문틀 및 문짝은 예상되는 하중에 대해 안전할 것
2) 충분한 수밀성을 가질 것
3) 개폐가 용이할 것
4) 내구성이 클 것
5) 유해한 진동이 생기지 않을 것
6) 보수에 편리할 것

(5) 흉벽 및 날개벽

1) 흉벽은 수문의 본체와 제방내 토립자의 이동 및 유출을 방지함과 동시에 날개벽의 파손 등에 의한 제방의 붕괴를 방지할 수 있는 구조를 설계해야 한다.
2) 흉벽의 구조형식은 중력식, 역T형식, 부벽식 등이 있으며 일반적으로 역T형식이 적용된다.
3) 흉벽은 본체와 일체구조로 수문의 제외지에 설치하며, 흉벽 상단은 계획제방단면내로 한다.
4) 날개벽은 본체와 분리된 철근콘크리트구조로 한다.
5) 날개벽 상단부는 계획제방단면에 일치시킨다.

(6) 차수공

제방과의 접촉면을 따라 발생하는 침투수의 침투경로를 길게하기 위해 적절한 차수공을 설치해야 한다.

(7) 수밀공 및 개폐장치

1) 수밀공

① 수밀재는 교체가 용이해야 하고, 내구성이 큰것이어야 한다.
② 문짝의 수밀부는 일반적으로 스텐레스강판, 동합금판, 고무로 설치한다.

2) 개폐장치

① 수문의 개폐장치는 예상되는 전하중에 대하여 안전, 수밀성이 확보되어야 하며, 충분한 내구성을 가지고 있어야 하며, 유지관리의 편의성이 있어야 한다.
② 수문의 개폐장치의 형식 및 구조는 사용조건과 설치조건에 적합하도록 선정하여 설치하여야 한다.

6. 계측 및 유지 관리

6.1 계측 관리

6.1.1 계측 기본 개념

(1) 구조물의 거동, 손상을 [• 자동적 • 연속적 • 객관적] 으로 모니터링하고 통제

(2) 계측된 자료를 [• 관리 • 분석 • 평가] 하여 구조물의 안정성 및 판단지침 제공

6.1.2 계측의 필요성

(1) 정량적 구조거동 자료를 바탕으로 보수·보강 대책 및 효율적인 유지관리안 마련

(2) 초기거동치의 확보를 통한 신뢰성 있는 안전성 평가

(3) 실제 구조물의 거동상태를 정확히 반영할 수 있는 정확한 해석모델의 구현

(4) 측정된 자료를 초기의 구조설계 및 해석치와 비교·검토한 후, 교량의 상태판정을 지속적으로 수행하는데 이용

(5) 구조물의 손상을 초기에 파악하여 인적, 물적 손식에 대한 예방 가능

(6) 공용간 예방 유지관리로 총기대비용(Total Life Cycle Cost : LCC) 감소

(7) 준공직후 실제 구조물의 설계 안전도 확보 여부의 검증필요

(8) 향후 유사 구조물의 해석, 설계, 시공 및 유지관리 기술개발의 기초자료 확보

6.1.3 계측의 구비조건

(1) 구조거동 계측 (가속도, 응력, 경사 등)

(2) 기상환경 조건 계측 (지진, 태풍, 온도변화 등)

(3) 안전성 평가 관련 정보 제공

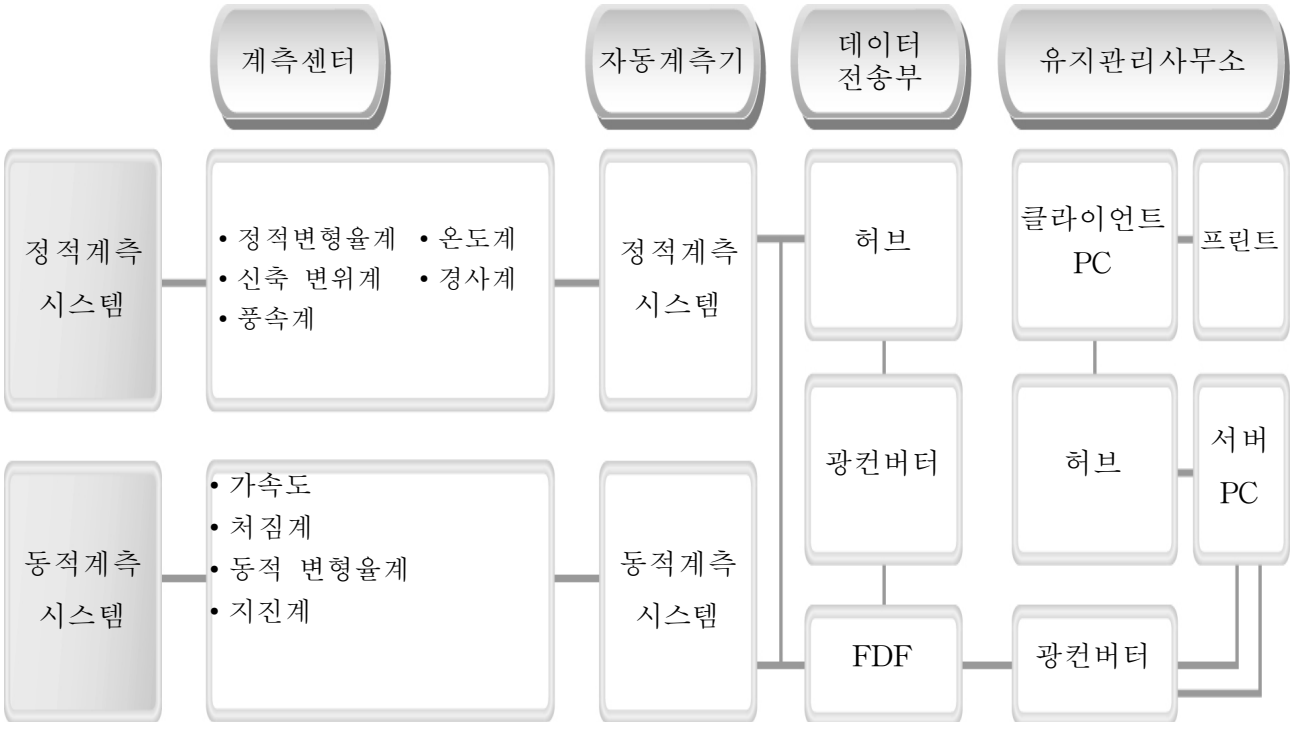
(4) 시스템의 구축 및 유지관리 대책

6.1.4 계측의 목적 및 주요 고려사항

<표 6.1> 계측의 목적 및 주요 고려사항

목 적	주요 고려사항
• 위험요인 사전예보 기능으로 인명·재산 손실 방지 • 설계의 예측값과 비교 평가하여 설계의 적정성 확인 및 대체방안 수립 • 계측자료의 D/B 구축을 통해 기술개발 유도 • 부실시공 방지 및 시공단계별 안전도 검토 • 통행의 안전성 확보 및 교통관리 원활화 • 내구성 평가를 위한 유용한 정보제공 및 자료축적	• 구조물의 거동, 손상을 자동적, 연속적으로 관측하는 시스템 구축 • 시공중, 공용 기간동안 구조물의 안전성을 확인할 수 있는 구조물관리 체계 구축 • 향후 유사 구조물의 해석, 설계, 시공 및 유지관리 기술개발의 기초자료 확보

6.1.5 계측 시스템 구성도



[그림 6.1] 계측 시스템 구성도

6.1.6 단계별 계측

<표 6.2> 단계별 계측

구 분	내 용	운 영 방 안
시 공 중 계 측	• 시공중 시공정밀도를 검증하고 긴급상황에 대한 경보발령 및 대처 방안 수립 • 시공중 오차발생 원인을 분석하고, 오차보정을 통해 시공 정밀도 유지	현장측량, 수동 및 자동계측
초 기 치 계 측	• 구조물 완공직후의 초기상태 확인 및 검증재하시험을 통한 구조성능 평가 • 시공완성도 및 설계 가정인자의 적합성 확인 • 유지관리를 위한 초기자료 확보	현장측량, 수동 및 자동계측
유지관리 계 측	• 구조물의 장기거동특성 파악 • 상시계측을 통해 구조물 거동변화 파악 및 손상예측 기본 자료 제공 • 예방차원의 유지관리로서 구조안전성 확보 및 유지관리 효율성 제고	관리주체에서 자동 계측 시스템 운영

6.1.7 계측 시스템 적용 범위

<표 6.3> 계측 시스템 적용 범위

구 분		목 적	비 고
시공관리 계측		• 일정한 안전율 확보를 위해 시공시에 발생할 수 있는 손상을 인지하지 못한다면 공용기간 중 치명적인 영향을 미칠 수 있으므로 반드시 수행	
초기치 계측		• 사업시행자(발주처)에 건전한 구조물 확인 및 인도 • 공용기간 중 유지관리의 기준을 사업시행자에게 제공 필요	
유지관리 계측	계측기 설 치	• 시공관리 및 초기치 계측기유지, 주요 계측기 추가설치 보호 조치 • 각종 계측기의 사양, 위치, 설치 목적 등의 정보기록 유지 필요	
	시스템 구 축	• 사업시행자 관리대상 주요 구조물 유지관리 시스템이 선행되어야 함 • 유지관리 시스템 소프트웨어, 하드웨어의 통일, 합리적인 통합시스템이 선결됨 • 사업수행 방식의 허점으로 인해 계측장비 사양의 통일성 결여 • 유지보수 가능한 소프트웨어 제작 장기구상	관리주체에서 자동계측시스템 운영

6.2 유지관리

6.2.1 적용범위

모든 시설물의 유지관리를 시행함에 있어서 관리방법, 일상 유지보수 공법 등의 내용에 대하여 체계적이고 일괄적인 운용을 도모하기 위하여 필요한 일반적이고 기본적인 사항을 규정한다. 기타 특수한 구조물이나 별도의 기술이 필요한 경우에는 적절한 보정을 통하여 준용한다. 본 지침서에서 정하지 않은 사항들은 다음 기준이나 법규를 따른다.

(1) 도로교 표준시방서

(2) 콘크리트 표준시방서

(3) 시설물의 안전관리에 관련 각종 요령 및 지침

(4) 건설교통부가 발행한 구조물관련 각종 요령 및 지침

6.2.2 유지관리의 목적

시설물의 유지관리란 건설된 시설물이 제기능을 유지하기 위하여 수시점검, 일상점검 및 정기점검을 통하여 사전에 유해요인을 제거하고, 손상된 부분을 원상복구하여 당초 건설된 상태를 유지함과 동시에 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량과 추가시설을 함으로서 이용자의 편의와 안정을 도모하기 위한 목적으로 시행하는 것이다.

6.2.3 유지관리의 방침수립

시설물의 유지관리 업무를 효과적이고 적합한 방법을 통하여 경제적으로 수행하기 위해서는 다음과 같은 운영방침을 수립해야 한다

(1) 시설물에 대한 지속적인 점검과 사전정비를 효과적이며 체계적인 방법으로 실시하여 시설물의 기능을 보존하고 이용자의 안전과 편의를 도모하도록 한다.

(2) 주시설의 관리를 최우선으로 하고, 부속 시설물도 예방정비를 철저히 하여 시설물의 피해가 확대되는 것을 방지한다.

(3) 시설물 정비를 효과적으로 수행하기 위하여는 보수의 타당성을 사전에 분히 판단한 후 적정한 규모와 경제적인 방법으로 적기에 시행한다.

(4) 예산 집행상 차질이 없도록 명확한 년, 월, 주간 작업계획하에 일일 인력동원, 자재투입, 작업운영 등 철저한 작업계획을 수립하여 예산낭비 요인이 발생하지 않도록 한다.

(5) 작업원의 이직현상과 동원의 어려움을 해소하고 능력있고 성실한 필수작업 요원들을 고정 확보하여 운영할 수 있도록 하는 유지관리반의 정예화가 필요하다.

(6) 기존시설에 대하여 새로운 방법에 의한 개량과 규격 및 기준을 변경할 때는 현재 시행되는 모든 기준에 부합되어야 하며, 관리책임부서 및 관련기관과 협의 후 조치한다.

6.2.4 유지관리절차

시설물을 유지관리함에 있어서 정확한 현 보유강도나 안정성 파악, 급격한 기능저하를 가져올 우려가 있는 변형누수 등의 결함을 조기에 파악하여 적절한 대책을 수립하는 것이 매우 중요하다. 시설물 유지관리는 정량적으로 기준화된 것이 아니므로 경험적 판단을 요하는 경우가 많으나 적절하고 객관적인 평가가 이루어지기 위해서는 시설물별 점검기준 및 평가·판정기준을 마련하여 각 기준에 따라 유지관리를 시행하는 것이 바람직하다

한편, 새로운 형식의 특수구조물에 결함이 나타난 경우에는 경험의 부족으로 향후의 예측이 불가능한 경우가 있으므로 전문기술자의 자문을 구하여야 한다.

유지관리를 적절히 하기 위해서는 다음과 같은 절차에 따라 수행하는 것이 바람직하다.

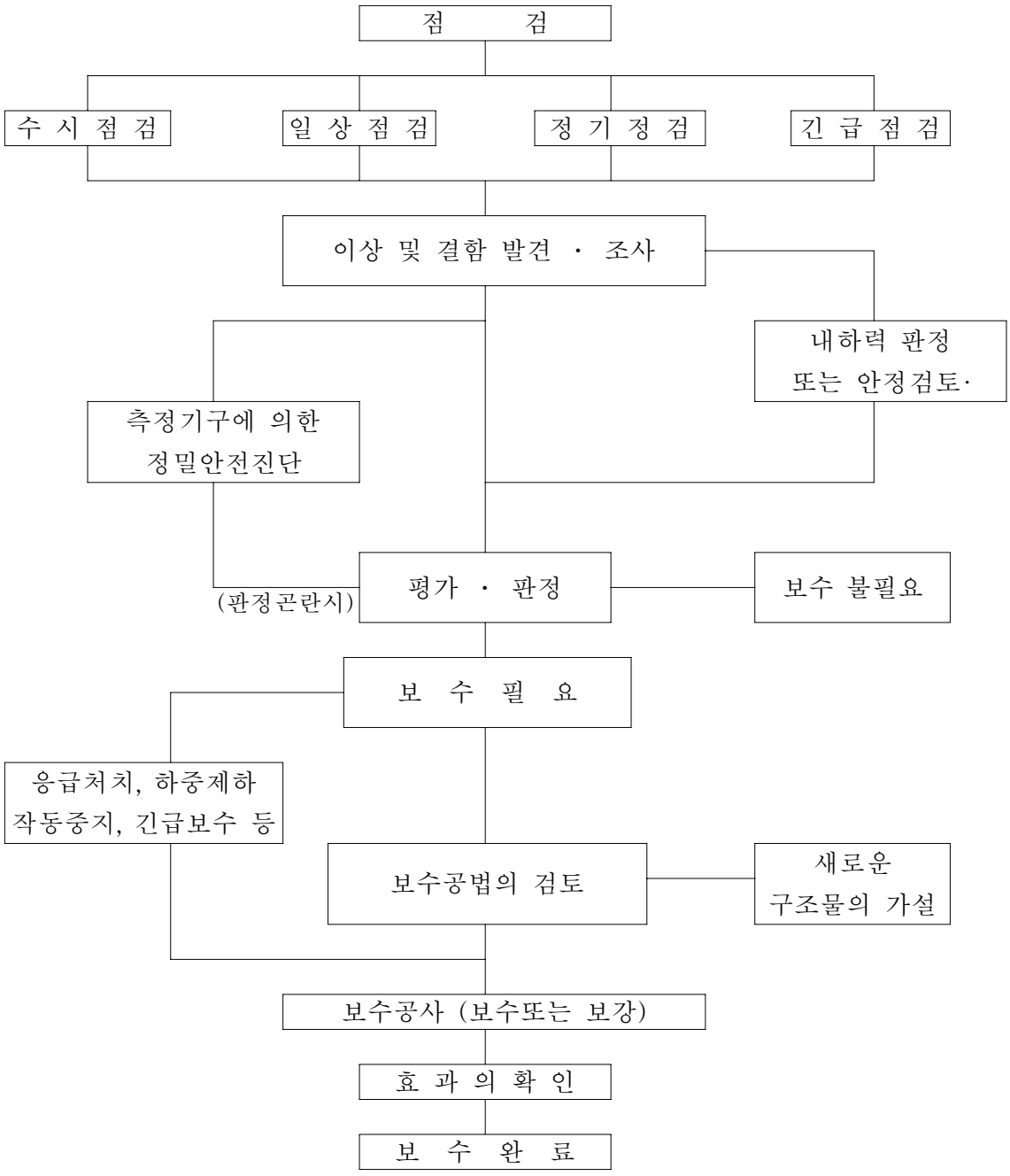
(1) 시설물별 적절한 유지관리계획을 작성한다

(2) 유지관리자는 유지관리계획에 따라 시설물의 점검을 실시하며, 점검은 점검표에 따라 실시한다.

(3) 점검결과에 따라 발견된 결함의 진행성 여부, 발생시기, 결함의 형태나 발생위치와 그 원인과 장해추이를 정확히 평가·판정한다.

(4) 점검결과에 의한 평가·판정 후 적절한 대책을 수립하여야 한다.

6.2.5 유지관리 흐름



[그림 6.2] 유지관리 흐름도

6.2.6 유지관리계획

- 시설물의 유지관리자는 시설물의 특성, 규모 등을 고려한 장기유지관리 기준을 마련 하고 그 기준에 따라 매년 유지관리계획을 수립하여 계획에 따라 적절한 유지관리를 행하여야 한다.
- 유지관리는 초기 점검에 의한 시설물의 현상평가로부터 시작된다. 이 점검을 행할 때에는 당

해 시설물의 계획, 설계, 시공의 기록을 이용하는 것이 점검내용을 정하는 데에 매우 유용하다. 특히, 기록의 신뢰성이 높은 경우에는 점검내용을 상당히 줄일 수 있다. 기록은 유지관리 단계별로 매우 유용하게 이용되므로 기록을 적절히 정리하여 보관하여야 한다.

- 새로 신설되는 시설물의 경우 유지관리를 고려하여 계획, 설계, 시공을 행하면 유지관리가 매우 용이하게 된다. 특히, 유지관리를 위한 점검설비 등을 건설당시 적절히 설치하거나 기존 시설물에도 점검설비 등을 미리 설치하면 유지관리업무에 매우 유용하게 활용할 수 있다

(1) 점검계획

시설물의 준공후 유지관리자는 수시점검 또는 정기적인 점검계획을 수립 하여 계획에 따라 적절히 점검을 시행하여, 점검계획을 수립할 때는 다음과 같은 사항들이 고려되어야 한다

1) 시설물의 점검계획을 수립하기 위해서는 점검대상 시설물의 종류, 범위, 점검항목 및 점검방법과 점검시 사용장비 및 점검에 필요한 가설물에 대한 사전검토가 요구된다.
2) 점검대상 시설물에 대한 적절한 점검을 위해서는 대상시설물의 설계자료와 과거의 열화실태, 보수 및 보상실태 등을 충분히 파악할 필요가 있다.
3) 점검계획은 시설물이나 부재의 중요도, 제3자에의 영향도, 내구년한 등 시설물이 갖는 구조적 특성을 미리 파악하여 점검계획 수립시 이를 고려할 필요가 있다.
4) 시설물의 종류에 따라 점검이 곤란한 경우가 많기 때문에 점검자는 유지관리의 난이도를 고려하여 점검계획을 수립한다.
5) 점검자는 시설물의 점검시 시설물의 변형 및 결함을 미리 예측하고, 점검시 구체적인 점검 방법과 빈도를 결정하고, 점검시의 주변환경 등을 고려하여야 한다.
6) 점검시에는 시설물별 점검표를 작성하여 점검표에 의한 조사가 실시되도록 하여야 한다.

(2) 점검의 종류

1) 수시점검

수시점검은 유지관리자 또는 관리주체의 일상적인 유지관리 업무로 육안을 이용하여 일일점검 또는 필요하다고 판단되는 때에 수시로 실시하는 부정기 점검이다.

2) 일상점검

일상점검은 손상을 조기에 발견하기 위해 육안을 이용하여 정기적으로 실시하는 점검으로 가능한 시설물에 근접하여 점검하고, 손상판정기준에 따른 상태 등급을 기록한다.

3) 정기점검(초기점검 포함)

정기점검은 시설물의 안전성을 확보하기 위하여 정기적으로 실시하는 정밀육안 점검 및 장비를 이용한 점검을 말하며 손상부위 및 손상종류, 손상의 정도 등 손상 상세사항 을 그림 또는 도면에 기록한다. 초기점검은 시설물관리대장에 기록되는 첫 번째 시설물 의 정기점검으로 신설구조물의 경우 준공후 90일이내에 시행토록 한다. 초기점검 내용은 구조물 상태의 판단 및 구조물의 문제점 또는 문제가능성이 있는 구조부위를 확인하고 기록하여 추후 특별

한 주의를 필요로 하는 사항에 대하여 점검중에 평가하여야 한다.

4) 긴급점검

긴급점검은 태풍, 집중호우, 폭설 등의 재해가 발생한 경우, 긴급한 손상이 발견된 때 또는 관리주체가 필요하다고 판단하는 경우에 실시하는 모든 점검을 말하며, 필요한 경 우에는 장비나 기계 기구를 사용하여 실시한다.

5) 정밀안전진단

정밀안전진단은 특별히 선정된 시설물의 외관상태, 내구성, 내화성 및 안전도의 파악을 위해 실시되며, 정밀육안조사와 장비조사 및 현장시험을 통하여 조사·측정 평가하여 보수·보강 등의 방법을 제시한다.

(3) 점검 시설물

점검종류별 점검대상 시설물은 다음과 같다.

1) 수시점검 : 유지관리가 필요한 모든 시설물을 대상으로 한다.

2) 일상점검 : 유지관리가 필요한 모든 시설물을 대상으로 한다.

3) 정기점검 : 시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령에서 정한 1, 2종 시설물과 관리주체가 필요하다고 판단하는 시설물을 대상으로 한다.

4) 긴급점검 : 태풍, 집중호우, 폭설 등의 재해가 발생한 경우, 긴급한 손상이 발견된 때 또는 관리주체가 필요하다고 판단하는 시설물을 대상으로 한다.

5) 정밀안전진단 : 관리주체가 안전점검을 실시한 결과 시설물의 재해예방 및 안전성 확보 등을 위하여 필요하다고 판단하는 시설물과 “시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령”에서 정하는 시설물을 대상으로 한다.

(4) 점검 시기

1) 수시점검 : 1일 점검 또는 관리주체가 필요하다고 판단에 따라 임의로 실시한다

2) 일상점검 : 분기별 1회 이상 실시하고 “시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령”이 정하는 시기에 따라 실시하는 것으로 한다.

3) 정기점검 : 2년에 1회 이상 실시한다. 다만, 교량은 매년 1회 이상, 건축물은 3년에 1회 이상으로 한다.

4) 긴급점검 : 태풍, 집중호우, 폭설 등의 재해가 발생한 경우, 긴급한 손상이 발견된 때 관리주체의 판단에 따라 실시하거나 또는 관계행정 기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에게 긴급점검을 요청할 때 실시한다.

5) 정밀안전진단 : 관리주체가 필요하다고 인정한 경우에 실시한다. 단, “시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령”이 정하는 시설물은 정기적으로 실시한다.

(5) 점검원의 자격

시설물의 안전점검을 실시할 수 있는 점검원의 자격은 “시설물의 안전 관리에 관한 특별법

시행령"이 정한 자격자 이상으로 한다.

"시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령"에서 명시한 점검원의 자격을 갖춘 자로서 건설교통부장관이 인정하는 안전점검 및 정밀안전진단 교육을 이수한자를 말한다

6.2.7 유지관리 법령검토

● 다음사항은 시설물의 안전관리에 관한 특별법령에 의거한 유지관리 개요임.

<표 6.4> 유지관리 법령 개요

항 목	내 용	비 고
비 용	• 안전점검 및 정밀안전진단에 소요되는 비용은 관리주체가 부담한다. • 시공자 귀책사유로 인한 정밀안전진단은 시공자가 부담한다.	제2장 1절 제2장 비용의 부담
설계도서	• 시설물의 설계자 및 시공자는 설계도서 등 관련서류를 시행청에 제출하여야 하며 대통령령이 정하는 중요한 보수, 보강의 경우에도 또한 같다.	제2장 제2절 제17조 설계도서 등의 보존의무
유지관리 방 법	• 시설물의 유지관리방법은 다음과 같다. -유지관리 장비 -유지관리 조직 -매년 소요되는 유지관리 비용 -안전점검시의 점검항목 및 점검비용 -기타유지관리에 필요한 사항 등	시행규칙 제21조 유지관리 방법
정밀안전 진단대상	• 도로시설 중 특수교량(현수교, 사장교, 아치교 및 최대 경간장이 50m이상인 교량을 말한다)과 연장 1천미터 이상의 터널	시행규칙 제1조 안전점검 및 정밀안전진단 지침
안전점검 및 정밀안전 진단지침	• 육안검사에 의한 결함의 종류, 보고방법 및 평가방법 등에 관한 사항 • 결함부위의 확장방법에 관한 사항 • 시설물의 결함 원인 분석에 관한 사항 • 시설물의 상태에 관한 평가기준 및 평가방법에 관한 사항 • 시설물 하중 내하력이 평가방법에 관한 사항	시행규칙 제10조 안전점검 및 정밀안전진단 지침
장비	• 육안검사 : 돋보기, 망원경, 카메라, 비디오카메라 및 균열폭 측정 현미경 • 비파괴 검사 -반발경도 측정기 -음파에 의한 측정방비 : 망치, 체인 -초음파에 의한 측정장비 • 자기감응검사 : 콘크리트피복 측정 장비 • 전기에 의한 부식검사 -콘크리트 전기저항 측정장치(Resistivity) -전위차 측정 장치(Half Celi Potential)	시행규칙 제14조 장비

빈 면

구조물 설계일반

1. 일반사항
2. 설계하중
3. 설계방법 및 안전율
4. 사용재료
5. 구조세목
6. 교량 내진 설계기준
7. 지하공동구 내진 설계기준
8. 구조물 해석

빈 면

제2장 구조물 설계일반

1. 일반사항

1.1. 적용 기준

본 설계에 적용하는 표준시방서 및 설계기준은 구조물 설계 수행시 설계 전반에 대한 가능한 한 도내에서의 통일성 및 동일한 구조물 내하수준 유지, 합리적이고 경제적인 구조물 설계를 도모하고자 설계 적정기준을 설정하여 적용하되, 주요 구조물설계 기준은 다음과 같다.

(1) 도로교 설계기준 ····· 건설교통부
(2) 도로교 표준시방서 ····· 건설교통부
(3) 콘크리트 구조설계기준 ····· 건설교통부
(4) 콘크리트 표준시방서 ····· 건설교통부
(5) 도로설계편람 ····· 건설교통부
(6) 도로설계요령 ····· 한국도로공사
(7) 도로설계기준 ····· 건설교통부
(8) 구조물 기초설계기준 ····· 건설교통부
(9) 기타 건설교통부에서 제정한 관련시방서 ····· 건설교통부

본 설계편람에 규정하지 않은 사항은 상기의 시방서 혹은 지침에 의하되 그 인용근거를 명시하도록 한다.

1.2. 교량의 설계등급

「도로교 설계기준」에 의한다.

(1) DB-24로 설계하는 교량을 1등교, DB-18로 설계하는 교량을 2등교, DB-13.5로 설계하는 교량을 3등교로 한다.
(2) 고속도로 및 자동차 전용도로상의 교량은 1등교로 한다. 다만, 교통량이 많고 중차량의 통과가 불가피한 도로, 국방상 중요한 도로상에 가설하는 교량, 장대교량은 1등교로 할 수 있다.
(3) 일반국도, 특별시도와 지방도상의 교통량이 적은 교량은 2등교로 한다. 또한, 시도 및 군도 중에서 중요한 도로상에 가설하는 교량은 원칙적으로 2등교로 한다.
(4) 산간벽지에 있는 지방도와 시도 및 군도 중에서 교통량이 극히 적은 곳에 가설하는 교량은 3등교로 한다.

2. 설계하중

2.1 하중의 종류

설계에 있어서는 다음 하중을 고려한다.

2.1.1 주하중(P)

(1) 고정하중(D)

(2) 활하중(L)

(3) 충격(I)

(4) 프리스트레스(PS)

(5) 콘크리트 크리프의 영향(CR)

(6) 콘크리트 건조수축의 영향(SH)

(7) 토압(H)

(8) 수압(F)

(9) 부력 또는 양압력(B)

2.2.2 부하중(S)

(10) 풍하중(W)

(11) 온도변화의 영향(T)

(12) 지진의 영향(E)

2.2.3 주하중에 상당하는 특수하중(PP)

(13) 설하중(SW)

(14) 지반변동의 영향(GD)

(15) 지점이동의 영향(SD)

(16) 파압(WP)

(17) 원심하중(CF)

2.2.4 부하중에 상당하는 특수하중(PA)

(18) 제동하중(BK)

(19) 가설시하중(ER)

(20) 충돌하중(CO)

(21) 기타

2.2 고정하중

고정하중의 산출시 단위질량은 다음값을 기준으로 하되, 실하중이 명백한 것은 그 값을 사용한다.

<표 2.1> 재료의 단위질량

(단위 : kg/㎥)

재 료	단 위 질 량	재 료	단 위 질 량
강재, 주강, 단강	7,850	콘 크 리 트	2,350
주 철	7,250	시멘트모르터	2,150
알 미 늄	2,800	목 재	800
철근콘크리트	2,500	역청재 (방수용)	1,100
프리스트레스 콘 크 리 트	2,500	아스팔트포장	2,300

<표 2.2> 흙의 단위질량

(단위 : kg/㎥)

재 료	단 위 질 량	재 료	단 위 질 량
지 하 수 위 이 상	1,800	뒷채움 (ø= 35°)	2,000
지 하 수 위 이 하	1,000	뒷채움 (ø= 30°)	1,900

2.3 활하중

2.3.1 지상 구조물

자동차 하중, 즉 표준트럭하중(DB하중) 또는 차선하중(DL하중)을 고려하고, 목적물상 군사용 시설물로서 이용될 소지가 있는 경우 전차하중 (TANK 하중)을 고려하여야 한다. 보도가 있는 경우 군중하중을 고려한다.

(1) 바닥판과 바닥틀을 설계하는 경우의 활하중

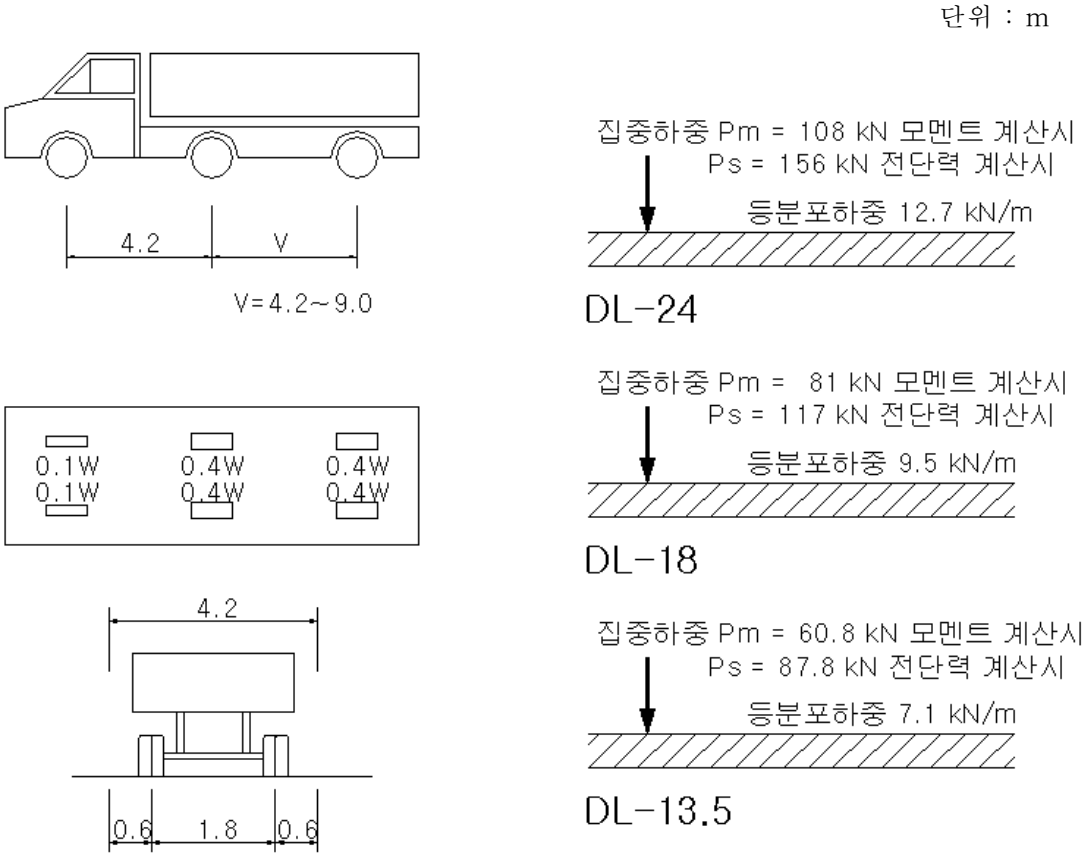
1) 차도부분에는 DB하중 <표 2.3> 및 [그림2.1]을 재하한다. DB하중은 한 개의 교량에 대하여 종방향으로는 차로당 1대를 원칙으로 하고, 횡방향으로는 재하 가능한 대수를 재하하되 설계부재에 최대응력이 일어나도록 재하한다. 교축 직각방향으로 볼 때, DB하중의 최외측 차륜중심의 재하위치는 차도부분의 단부로부터 300mm로 한다. 지간이 특히 긴 세로보나 슬래브교는 DL 하중으로도 검토하여 불리한 응력을 주는 하중을 사용하여 설계한다.

<표 2.3> DB하중

교량등급	하중등급	중량 W(kN)	총하중 1.8W(kN)	전륜하중 0.1W(kN)	후륜하중 0.4W(kN)
1 등교	DB-24	240	432	24	96
2 등교	DB-18	180	324	18	72
3 등교	DB-13.5	135	243	13.5	54

2) 보도 등에는 5×10^{-3} MPa의 등분포하중을 재하한다.

3) 궤도에는 궤도의 차량하중과 DB하중 가운데 설계부재에 불리한 응력을 주는 것을 재하한다. 궤도의 차량은 차량 수에 제한이 없는 것으로 보고 설계부재에 가장 불리한 응력을 주도록 재하한다. 차량의 점유폭과 하중은 해당 궤도의 규정을 따른다.



[그림 2.1] DB 및 DL하중

4) 차륜의 접지면은 DB하중의 각 차륜에 대해 면적이 $\frac{12500}{9}P(mm^2)$인 하나의 직사각형으로 간주하며 이 직사각형의 폭과 길이의 비는 2.5 : 1 로 한다. 여기서, P는 차륜의 중량(kN)이다. 접지압은 접지면에 균일하게 분포하는 것으로 가정한다.

(2) 주거더를 설계하는 경우의 활하중

1) 차도부분에는 교축방향으로 차로당 1대의 DB하중 또는 1차로분의 DL하중 가운데 설계부재에 불리한 응력을 주는것을 재하한다.

2) DB하중이나 DL하중의 점유폭은 3m로 본다. 설계시에 이 하중은 원칙적으로 표준차로폭 3.6m 안에 두어야 한다.

3) 연석간의 교폭 W_C에 따른 설계차로의 수는 N은 <표 2.4>에 따라 결정한다. 이에 따른 설계차로폭 W는 다음과 같이 정한다.

$$W = \frac{W_C}{N} \leq 3.6m$$

<표 2.4> 차로 수

W_C의 범위(m)	N	W_C의 범위(m)	N
$6.0 \leq W_C < 9.1$	2	$23.8 \leq W_C < 27.4$	7
$9.1 \leq W_C < 12.8$	3	$27.4 \leq W_C < 31.1$	8
$12.8 \leq W_C < 16.4$	4	$31.1 \leq W_C < 34.7$	9
$16.4 \leq W_C < 20.1$	5	$34.7 \leq W_C < 38.4$	10
$20.1 \leq W_C < 23.8$	6		

4) 차도부분에서 DB하중이나 DL하중은 3)항에서 계산된 설계차로폭 W의 크기에 따라 교축직각방향으로 설계차로폭마다 차로를 침범하지 않는 범위 내에서 설계부재에 가장 불리한 응력을 발생시키도록 동시 재하한다.

5) 다만 곡선의 영향을 고려하여 차량의 편심재하에 대한 설계가 중요한 교량에서는 3)항에서 규정한 표준차로폭이나 설계차로폭에 관계없이 DB하중이나 DL하중을 표준점유폭인 3m마다 연속시켜서 설계차로 수 이내로 최대의 편심효과가 일어 날 수 있도록 재하한다.

6) 어느 설계부재의 최대응력이 3차로 이상의 활하중 동시재하로 인해 발생하는 경우에는 그 활하중 응력을 다음 백분율로 감소시킨다.

3차로 90%

4차로 이상 75%

가로보에 대한 하중의 감소율은 주트러스나 주거더의 경우와 마찬가지로 취하는데, 가로보에 최대응력을 일으키게 하는 하중이 놓이는 차로폭을 써서 그 감소율을 정하여햐 한다.

7) 연속보에서 DL하중으로 최대 부모멘트를 구할 때는 고려하는 지점의 좌우 두 지간에 [그림 2.1]에 표시된 등분포 차로하중과 두 지간에서 가장 불리한 위치에 같은 크기의 집중하중을 각각 두어야 하며, 한 지간 건너씩 등분포 차로하중을 재하 하여야 한다. 한편, 어떤 단면의 최대 정모멘트를 구할 때는 차로하중을 최대 정모멘트가 발생하도록 불연속으로 재하하고, 고려하고 있는 단면의 위치에 한 개의 집중 하중을 놓는다.

8) 보도 등에는 <표 2.5>의 등분포하중을 재하한다.

<표 2.5> 보도 등에 재하하는 등분포하중

지간장 L(m)	$L \leq 80$	$80 < L \leq 130$	L> 130
하중(MPa)	3.5×10^{-3}	$(4.3-0.01L)\times10^{-3}$	3.0×10^{-3}

9) 궤도에는 궤도의 차량하중과 DB 또는 DL하중 가운데 설계부재에 불리한 응력을 일으키게 하는 것을 재하한다. 궤도의 차량은 차량 수에 제한이 없는 것으로 보고 점유폭과 하중은 해당 궤도의 규정에 따른다.

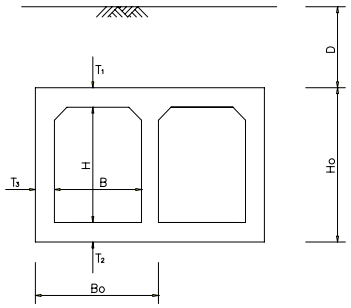
2.3.2 지하구조물의 노면 활하중

(1) 암거 상면의 토피 및 포장층 두께 (m)

• Bo : 암거폭(다련 BOX인 경우 외측 1BOX의 폭) (m)

(2) 노면활하중이 1.0 tf/㎡ 이하일 때는 1.0 tf/㎡으로 한다.

(3) D/Bo ≥ 0.5



<표 2.6> 노면활하중 (D/Bo ≥ 0.5)

토피두께 (D, m)	노면활하중 (P_{V1} ,kN/m^2)	비 고
1.0	39.0	• 토피의 중간 값은 노면활하중 상위의 값을 적용
1.5	25.0	
2.0	18.0	
2.5	14.0	
3.0	11.0	
3.5이상	10.0	

(4) D/Bo 〈 0.5

<표 2.7> 노면활하중 (D/Bo 〈 0.5)

D/B_o	노면활하중 ($P_{V1}\times D$, kN/m^2)	비 고
0.1	17.0	• D/B_o의 중간 값은 $P_{V1}\times D$의 상위 값을 적용 • 노면활하중(P_{V1})은 표의 값을 D로 나누어 구함.
0.2	27.0	
0.3	33.0	
0.4이상	36.0	

(5) 토피고 1.0m이내인 경우 이동하중으로 재하하고 상부 슬래브는 바닥판 기준을 따라 설계한다.

※ 상기 노면 활하중 값의 기준은 DB-24이므로 DB-18 적용시는 별도로 검토하여 적용되어야 한다.

2.4 충 격

활하중은 충격을 일으키는 것으로 본다.

그러나, 보도 등에 재하하는 등분포 하중, 현수교의 주케이블 및 보강형에 작용하는 활하중에 대하여서는 충격을 고려하지 아니한다.

(1) 상부구조의 충격계수는 다음 식으로 산출하며 0.3을 초과할 수 없다

$$\text{충격계수} : i = \frac{15}{40+L} \leq 0.3$$

(2) 하부구조의 설계에 사용하는 상부구조 반력에는 활하중에 의한 충격을 고려하지 않아도 된다. 그러나 받침부 및 콘크리트 또는 강재로 된 기둥형의 교각 또는 이와 유사한 경량의 구체를 가지는 하부구조의 구체부분에는 이것을 고려한다.

2.5 토 압

2.5.1 적용방법

토압은 벽면에 작용하는 분포하중으로 하여 Coulomb의 토압공식을 적용함을 원칙으로 하나, 교대, 역 T형 옹벽 또는 부벽식 옹벽과 같이 토압이 뒷굽에서부터 위로 연직하게 세운 가상면에 작용하는 안정계산과 같은경우 Rankine 토압을 사용한다.

2.5.2 토압강도

(1) 가동벽 (주동토압) : 교대, 옹벽

1) 점성토 : $Pa = Ka \cdot (q + r \cdot h) - 2 \cdot c \cdot \sqrt{Ka}$

2) 사질토 : $Pa = Ka \cdot (q + r \cdot h)$

(2) 고정벽 (정지토압) : 우물통, 날개벽, 라멘, 암거 등에 적용

$$Ps = Ks \cdot (q + r \cdot h)$$

여기서,
- Pa : 주동토압강도 (kN/m^2)
- Ps : 정지토압강도 (kN/m^2)
- q : 노면 활하중 (kN/m^2)
- r : 흙의 단위중량 (kN/m^3)
- h : 토압이 작용하는 깊이 (m)
- Ka : 주동토압 계수
- Ks : 정지토압 계수

※ q(토압활하중) 적용하는 경우

- 암거 및 지중 라멘인 경우 : q는 P_{VI}를 적용
- 옹벽 및 교대인 경우 : q는 과재하중 $10kN/m^2$를 적용

(3) 토압계수

1) Coulomb 토압계수 : 단면설계시 적용

$$Ka = \frac{\cos^2(\phi-\theta)}{\cos^2\theta\cdot\cos(\theta+\delta)\cdot[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\times\sin(\phi-\alpha)}{\cos(\theta+\delta)\times\cos(\theta-\alpha)}}]^2}$$

$$Kp = \frac{\cos^2(\phi+\theta)}{\cos^2\theta\cdot\cos(\theta+\delta)\cdot[1-\sqrt{\frac{\sin(\phi-\delta)\times\sin(\phi+\alpha)}{\cos(\theta+\delta)\times\cos(\theta-\alpha)}}]^2}$$

2) Rankine 토압계수 : 안정검토시 적용

$$Ka = \cos\alpha\cdot\frac{\cos\alpha-\sqrt{\cos^2\alpha-\cos^2\phi}}{\cos\alpha+\sqrt{\cos^2\alpha-\cos^2\phi}}$$

$$Kp = \cos\alpha\cdot\frac{\cos\alpha+\sqrt{\cos^2\alpha-\cos^2\phi}}{\cos\alpha-\sqrt{\cos^2\alpha-\cos^2\phi}}$$

여기서, Ka : 주동토압 계수

Kp : 수동토압 계수

ø : 흙의 전단 저항각

α : 지표면과 수평면이 이루는 각

Θ : 벽배면과 연직면이 이루는 각

δ : 벽배면과 흙사이의 벽면 마찰각 (ø/3)

3) 정지토압계수 (Ko)

Ko = 1 - sinø 로 구하는 것을 기본으로 한다.

여기서, 내부마찰각(ø) 값은 구조물 뒷채움으로 사용하고자하는 재료의 토질조사시험 (실내·실외시험)의 결과를 이용하여 내부마찰각을 적용토록 하며, 토질시험을 하지 않는 경우에는 다음 값을 참고 할 수 있다.

<표 2.8> 토압계산에 사용되는 일반적인 흙의 단위질량과 내부마찰각

흙의 종류	단위질량(ton/m³)		내부마찰각(°)	비고
	일 반	수 중		
모래 및 모래자갈	2.0	1.0	35	점착력은 고려치 않음
사 질 토	1.9	1.0	30	〃

2.6 부력 및 양압력

(1) 부력 혹은 양압력은 연직방향으로 작용하는 것으로 하고 구조물에 가장 불리 하도록 재하시킨다.

(2) 부력 혹은 양압력의 작용을 받는 구조물의 안정에 대한 안전율은 1.2 이상이 되어야 한다.

2.7 풍하중

2.7.1 정적설계를 위한 풍하중

(1) 구조물의 정적설계를 위한 단위면적당 작용하는 풍하중 p(MPa)는 설계기준 풍속 V_d(m/s), 공기밀도 ρ(=1.225 kg/m^3) 항력계수 C_d 및 거스트 응력계수 G 를 사용하여 다음식에 의하여 구한다.

$$p = 5 \times 10^{-7} \rho V_d^2 C_d G$$

여기서, 항력계수 C_d는 기존 문헌, 실험, 해석 등의 합리적인 방법으로 산정하며, 거스트 응답계수 G는 풍속의 순간적인 변동의 영향을 보정하기 위한 계수이다.

(2) 설계기준풍속은 대상지역의 상황을 고려하여 합리적으로 결정한 10분 평균풍속으로 대상지역의 풍속자료가 가용치 못한 경우에는 고도 안정을 위하여 다음식을 사용할 수 있다.

$$V_d = 1.925 \left[\frac{z}{z_G} \right]^a V_{10} \ , \ z \geq z_b$$

$$= 1.925 \left[\frac{z_b}{z_G} \right]^a V_{10} \ , \ z < z_b$$

1) 지역별 기본 풍속

기본풍속(V_{10})이란 재현기간 100년에 해당하는 개활지에서의 지상 10m의 10분 평균 풍속을 말한다.

<표 2.9> 지역별 기본풍속

구분	지역	지명	기본풍속(m/s)
Ⅰ	내륙	서울, 대구, 대전, 춘천, 청주, 수원, 추풍령, 전주, 익산, 진주, 광주	30
Ⅱ	서해안	서산, 인천	35
Ⅲ	서남해안 남해안 동남해안	군산 여수, 충무, 부산 포항, 울산	40
Ⅳ	동해안 제주지역 특수지역	속초, 강릉 제주, 서귀포 목포	45
Ⅴ		울릉도	50

2) 지표조도구분에 의한 a, Z_G, Z_b의 값

<표 2.10> 지표조도구분에 의한 a, Z_G, Z_b의 값

지표 조도구분	지표상황	a	Z_G(m)	Z_b(m)	조도
Ⅰ	.해상, 해안	0.12	500	5	작다 ⇑ ⇓ 크다
Ⅱ	.개활지, 농지, 전원 .수목과 저층건축물이 산재하여 있는 지역	0.16	600	10	
Ⅲ	.수목과 저층건축물이 밀집하여 있는 지역 .중, 고층 건물이 산재하여 있는 지역 .완만한 구릉지	0.22	700	15	
Ⅳ	.중, 고층 건물이 밀집하여 있는 지역 .기복이 심한 구릉지	0.29	700	30	

(3) 항력계수(C_d)

<표 2.11> 항력계수(C_d)

구 분		기 준 값
교량 (도로교설계기준)	판형교(충복Ⅰ형단면, π형단면,상자형단면)	2.1 - 0.1 (B/D) $1 \leq$ B/D < 8 1.3 $8 \geq$B/D
	각형	1.6
	원형	0.8
표지판 (표지관련 규정집)	지주	0.7
	판	1.2

(4) 거스트계수(G)

변동풍속의 표준편차와 평균풍속의 비를 난류강도라 하는데 이것이 커질수록 거스트 응답은 커지게 되며, 일반 교량에서는 해상풍을 상정하여 1.9를 표준으로 한다.

2.7.2 일반 중소지간의 교량

(1) 플레이트거더교

<표 2.12> 플레이트거더교의 풍하중 (kN/m)

단면형상	풍하중
$1 \leq B/D < 8$	$(4.0 - 2.0\frac{B}{D})D \geq 6$
$8 \leq B/D$	$2.4\ D \geq 6$

여기서, B : 교량 총폭(m)

D : 교량 총높이(m)

(2) 2주구 트러스

1) 풍상측의 유효연직투영면적 $1m^2$당 풍하중

<표 2.13> 2주구 트러스에 작용하는 풍하중(MPa)

트러스	활하중 재하시 활하중 비재하시	$1.25 \times 10^{-3} / \sqrt{\phi}$ $2.5 \times 10^{-3} / \sqrt{\phi}$
교량의 바닥판	활하중 재하시 활하중 비재하시	1.5×10^{-3} 3.0×10^{-3}

단, $0.1 \leq \phi \leq 0.6$

여기서, ϕ : 트러스의 충실률(트러스 외곽 면적에 대한 트러스 투영면적의 비)

2) 풍상측 현재의 교축방행의 길이 $1m$당 풍하중

<표 2.14> 표준적인 2주구 트러스의 풍하중(kN/m)

현 재		풍 하 중
재하현	활하중 재하시 활하중 비재하시	$1.5 + 1.5D + 1.25\sqrt{\lambda h} \geq 6.0$ $3.0D + 2.5\sqrt{\lambda h} \geq 6.0$
비재하현	활하중 재하시 활하중 비재하시	$1.25\sqrt{\lambda h} \geq 3.0$ $2.5\sqrt{\lambda h} \geq 3.0$

단, $7 \leq \lambda/h \leq 40$

여기서, D : 교량 바닥판의 총높이(m)

다만, 교축직각 수평방향에서 보아 현재와 중복되는 부분의 높이는 포함하지 않는다.

h : 현재의 높이(m)

λ : 하현재 중심에서 상현재 중심까지의 주구 높이(m)

(3) 기타형식의 교량

<표 2.15> 기타형식의 교량 부재에 작용하는 풍하중(MPa)

부재의 단면형상		풍 하 중	
		풍상측 부재	풍하측 부재
원 형	활하중 재하시 활하중 비재하시	0.75×10^{-3} 1.5×10^{-3}	0.75×10^{-3} 1.5×10^{-3}
각 형	활하중 재하시 활하중 비재하시	1.5×10^{-3} 3.0×10^{-3}	0.75×10^{-3} 1.5×10^{-3}

활하중이 재하될 때에는 교면상 1.5m의 위치에서 1,500 N/m의 풍하중이 활하중에 대하여 작용하는 것으로 본다.

2.7.3 하부구조에 작용하는 풍하중

교축직각방향 및 교축방향에 작용하는 수평하중으로 하며 동시에 2방향으로는 작용하지 않는 것으로 한다. 풍하중의 크기는 풍향방향의 유효 연직투영면적에 대하여 다음 값으로 한다.

<표 2.16> 하부구조에 작용하는 풍하중(MPa)

구체의 단면형상		풍하중
원형 및 트랙형	활하중 재하시	0.75×10^{-3}
	활하중 비재하시	1.5×10^{-3}
각형	활하중 재하시	1.5×10^{-3}
	활하중 비재하시	3.0×10^{-3}

3. 설계방법 및 안전율

3.1 허용응력 설계법

철근 콘크리트를 탄성체로 보고 재료에 적합한 안전율을 고려한 허용응력을 사용하여 설계하는 방법

3.1.1 하중조합 및 증가계수

(1) 강 교

<표 3.1> 강교에서의 하중조합 및 증가계수

하 중 조 합		증가계수
1	주하중 + 주하중에 해당하는 특수하중 + 온도변화의 영향	1.15
2	주하중 + 주하중에 해당하는 특수하중 + 풍하중	1.25
3	주하중 + 주하중에 해당하는 특수하중 + 온도변화의 영향 + 풍하중	1.35
4	주하중 + 주하중에 해당하는 특수하중 + 풍하중 + 제동하중	1.25
5	주하중 + 주하중에 해당하는 특수하중 + 충돌하중	1.70
6	풍하중만 고려할 때	1.20
7	제동하중만 고려할 때	1.20
8	활하중 및 충격 이외의 주하중 + 지진의 영향	1.50
9	가설시 하중	1.25

주) • 가설시 하중의 경우, 특히 가설기간이 길거나 신공법으로 가설되는 교량에 대해서는 허용응력을 증가시키지 않는다.

(2) 콘크리트교

<표 3.2> 콘크리트교에서의 하중조합 및 증가계수

하 중 조 합		증가계수
1	주하중 + 주하중에 해당하는 특수하중 + 온도변화의 영향	1.15
2	주하중 + 주하중에 해당하는 특수하중 + 풍하중	1.25
3	주하중 + 주하중에 해당하는 특수하중 + 온도변화의 영향 + 풍하중	1.35
4	주하중 + 주하중에 해당하는 특수하중 + 풍하중 + 제동하중	1.25
5	주하중 + 주하중에 해당하는 특수하중 + 충돌하중	1.50
6	풍하중만 고려할 때	1.20
7	활하중 및 충격 이외의 주하중 + 지진의 영향	1.33
8	가설시 하중	1.25

주) • 가설시 하중에 대해서는 (1)항의 규정에 따른다.

3.2 강도 설계법(교량)

설계하중이 작용하여 부재가 파괴될 때에 콘크리트 압축응력 분포를 알아내어 이에 맞도록 적합한 하중율(LOAD FACTOR)을 갖고 설계하는 방법

3.2.1 설계하중 조합

(1) 주요 하중 조합의 하중계수

$U=1.3D+2.15(L+I)+1.3CF+1.7H+1.3Q$ ····· 식(3.1)

$U=1.3D+1.7H+1.3Q+1.3W$ ····· 식(3.2)

$U=1.3D+1.3(L+I)+1.3CF+1.7H+1.3Q+1.3(0.5W+WL+BK)$ ····· 식(3.3)

$U=1.3D+1.3(L+I)+1.3CF+1.7H+1.3Q+1.3G$ ····· 식(3.4)

$U=1.25D+1.65H+1.25Q+1.25W+1.25G$ ····· 식(3.5)

$U=1.25D+1.25(L+I)+1.25CF+1.65H+1.25Q+1.25(0.5W+WL+BK)+1.25G$ ····· 식(3.6)

$U=D+H+Q+E$ ····· 식(3.7)

$U=1.3D+1.3(L+I)+1.3CF+1.7H+1.3Q+1.3CO$ ····· 식(3.8)

$U=1.2D+1.55H+1.2Q+1.2W+1.2CO$ ····· 식(3.9)

여기서, D = 고정하중 또는 이에 따른 단면력

L = 활하중 또는 이에 따른 단면력

I = 충격 또는 이에 따른 단면력

H = 토압 또는 이에 따른 단면력

W = 풍하중 또는 이에 따른 단면력

WL = 차량활하중에 작용하는 풍하중 또는 이에 따른 단면력
BK = 제동하중 또는 이에 따른 단면력
E = 지진의 영향 또는 이에 따른 단면력
CF = 원심하중 또는 이에 따른 단면력
CO = 충돌하중 또는 이에 따른 단면력
G = 부등침하, 크리프, 건조수축, 제작 또는 시공시 치수의 착오, 습도변화 또는 온도변화등으로 인한 팽창 또는 수축변형으로 유발된 변형력 또는 이에 따른 단면력
Q = 부력 또는 양압력, 수압, 파압 등이 하중 또는 이에 따른 단면력

(2) 특수 하중조합의 하중계수

1) 2,3등교의 설계에서 초과하중에 대하여 검토하는 경우

$U=1.3D+2.85(L+I)$ ····· 식(3.10)

2) 특별과하중(탱크, 특수중차량 등)에 대하여 검토하는 경우

$U=1.3D+1.3(L+I)+1.3CF+1.7H+1.3Q$ ····· 식(3.11)

(3) 식 (3.1)에서 충격을 고려한 차량활하중과 보도 등의 군중하중의 하중조합에 의해서 외측 주거더를 설계할 때는 활하중계수를 2.15대신 1.65로 하여 설계한다. 다만 이때의 설계강도는 활하중계수를 2.15로 한 차량 활하중만에 의한 값보다 작아서는 안된다. 이 경우에 있어서 바닥판 슬래브를 설계할 때는 활하중계수를 2.15 대신 1.3으로 한다.

(4) (1)항의 모든 하중조합에서 각 경우에 대한 고정하중계수와 토압하중 계수는 각각 다음표에 제시한 값을 사용하여야 한다.

<표 3.3>주요하중조합에서 고정하중계수와 토압하중계수를 바꾸어 설계하는 경우

구 분	고 정 하 중 계 수	토 압 하 중 계 수	
식	기둥설계시 최소 축하중 및 최대 모멘트 또는 최대 편심에 대하여 설계할경우	라멘구조에서 횡토압에 의해 정모멘트를 검토하는 경우	연직토압의 경우
3.1 ~ 3.4 3.7 ~ 3.8 3.10 ~ 3.11	1.00	0.65	1.50
3.5 ~ 3.6	0.95	0.65	1.45
3.9	0.90	0.80	1.40

(5) 기초를 설계할 경우 토압이나 말뚝하중 등에는 하중계수에 의한 하중증가를 시키지 않는다. 또한, 전도, 활동 등에 대한 안전율을 사용하며 구조물 기초의 안정성을 검토하는 경우에는 하중계수를 사용하지 않는다.

3.3 강도 설계법(지하구조물)

구조물 및 구조부재는 모든 단면에서 이 기준에서 정한 하중과 힘의 조합에 의하여 계산한 소요강도 이상의 설계강도를 갖도록 설계해야 한다.

3.3.1 설계하중 조합

(1) 철근콘크리트 구조물을 설계할 때 아래에 제시된 하중계수와 하중조합을 모두 고려하여 해당 구조물에 작용하는 최대 소요강도에 대하여 만족하도록 설계해야한다.

(2) 다음 3)에서 8)까지 규정에서 나열된 하중조합에서 지하구조물과 같이 고정하중이 지배적인 구조물은 식 중의 1.4D항의 D대신에 1.1D를 대입하여야 한다.

(3) 고정하중(D)과 활하중(L)이 작용하는 경우 식(3.12)에 따라야 한다.

$$U=1.4D+1.7L \quad \cdots\cdots \text{식(3.12)}$$

(4) 고정하중(D), 활하중(L) 및 풍하중(W)이 작용하는 경우 식(3.12)이외에도 식(3.13)와 식(3.14)을 고려하여야 한다.

$$U=0.75(1.4D+1.7L+1.7W) \quad \cdots\cdots \text{식(3.13)}$$

$$U=0.9D+1.3W \quad \cdots\cdots \text{식(3.14)}$$

(5) 고정하중(D), 활하중(L) 및 지진하중(E)이 작용하는 경우 식(3.12)이외에도 식(3.15)와 식(3.16)을 고려하여야 한다.

$$U=0.75(1.4D+1.7L+1.8E) \quad \cdots\cdots \text{식(3.15)}$$

$$U=0.9D+1.3W \quad \cdots\cdots \text{식(3.16)}$$

(6) 고정하중(D), 활하중(L) 그리고 횡방향 토압과 지하수압(H)이 작용하는 경우 식(3.12)이외에도 식(3.17)과 식(3.18)을 고려하여야 한다.

$$U=1.4D+1.7L+1.8H \quad \cdots\cdots \text{식(3.17)}$$

$$U=0.9D+1.8H \quad \cdots\cdots \text{식(3.18)}$$

1) 활하중(L)은 영(0)일 때도 반드시 고려하여 식(3.17)에 따라 검토하여야 한다.

2) 지하구조물 등에서 시공 중 또는 시공 후 횡토압이 실제보다 작게 작용하여 구조물에 불리하게 작용하는 경우에는 실제 감소된 토압과 하중계수가 1이하는 값을 사용하여 검토하여야 한다.

3) 지하구조물의 상부 슬래브에 연직으로 작용하는 흙과 지하수 하중에 대해서는 고정하중에 대한 하중계수를 적용한다.

(7) 고정하중(D), 활하중(L) 및 유체압(F)이 작용하는 경우 식(3.12)이외에도 식(3.19)과 식(3.20)에 따라야 하며, 이때 유체압은 밀도와 작용높이가 확실하게 알 수 있는 경우에만 한정적으로 적용할 수 있으며, 지하구조물에 대한 지하수압은 앞의 (6)의 규정에 따라야 한다.

U=1.4D+1.7L+1.5F ····· 식(3.19)

U=0.9D+1.5F ····· 식(3.20)

(8) 고정하중(D), 활하중(L) 그리고 부등침하, 크리프, 건조수축 또는 온도변화 등이 작용하는 경우 식 (3.12)이외에도 식(3.21)과 식(3.22)을 고려하여야 한다.

U=0.75(1.4D+1.7L+1.5T) ····· 식(3.21)

U=1.4D+1.5T ····· 식(3.22)

여기서 T는 부등침하, 크리프, 건조수축 또는 온도변화에 의하여 발생되는 단면력을 말한다.

(9) 구조물에 충격의 영향이 작용하는 경우 활하중(L)을 충격효과(I)가 포함된 (L+I)로 대체하여 상기 식들을 적용하여야 한다.

3.4 사용성 검토

구조물 또는 부재가 설계 내용 기간중 충분한 기능과 성능을 유지하기 위하여 사용 하중하에서 균열을 검토하여야 한다.

3.4.1 균열의 제한

(1) 허용 균열폭

1) 허용균열폭 Wa는 구조물의 사용목적, 소요내구성, 환경조건, 부재의 조건 등을 고려하여 정하여야 한다.

2) 강재의 부식에 대한 콘크리트의 허용균열폭은 일반적으로 피복두께 및 강재의 종류에 따라서 다음 표에 따라야 한다. 다만, 다음표에 적용될수 있는 피복두께는 100mm 이하를 표준으로 한다.

3) 물을 저장하는 수조 등과 같은 수밀성을 요구하는 구조물의 허용균열폭은 0.2mm이다. 다만 부식성 또는 고부식성 환경에 노출되어 있으면서 수밀성을 요구하는 구조물의 허용균열폭은 0.13mm이다.

<표 3.4> 허용균열폭 Wa(mm)

강재의 종류	강재의 부식에 대한 환경조건			
	건조한 환경	일반 환경	부식성 환경	극심한 부식성 환경
철근	$0.006t_c$	$0.005t_c$	$0.004t_c$	$0.0035t_c$
PS 강재	$0.005t_c$	$0.004t_c$	-	-

여기서 t_c : 최외단 철근의 표면과 콘크리트 표면사이의 콘크리트 최소피복두께(mm)

(2) 균열의 검토

1) 휨모멘트 및 축력에 의한 콘크리트의 인장응력이 콘크리트의 설계 인장강도의 60%보다 작을 경우에는 휨균열을 검토하지 않아도 된다.

2) 인장철근의 설계하중강도가 300MPa이상인 경우에는 사용하중에 의한 휨균열폭은 다음식에 의하여 구하고, 균열폭이 허용균열폭(Wa) 이하가 되도록 하여야 한다.

$$w = 1.08\, R f_s \sqrt[3]{d_c A} \times 10^{-5}$$

여기서, R : 단면의 주철근의 도심으로부터 중립축까지의 거리의 비, 보에 대한 값은 1.2, 슬래브에 대한 값은 1.35를 취하여도 좋다.

fs : 사용하중에서 계산된 철근의 응력(MPa), 개략적인 균열 상태를 알고자 하는 경우는 0.6fy를 취하여 검토할 수 있다.

dc : 최대 인장연단에서 이 연단에 가장 가까이 놓여있는 인장철근 중심까지의 거리(mm)

A : 주인장 철근 주위의 인장부 콘크리트 단면적을 철근의 개수로 나눈 콘크리트 유효인장면적(mm^2)

3) 전단균열, 비틀림 균열의 검토가 필요한 경우에는 적절한 방법에 따라 검토해야한다.

3.4.2 처짐의 제한

(1) 처짐 계산에 의하여 더 작은 두께를 사용하여도 유해하지 않다는 검토를 한 경우를 제외하고, 큰 처짐에 의하여 손상되기 쉬운 칸막이벽이나 기타 구조물을 지지하지 않는 1방향 구조물의 경우 다음표에 정한 최소 두께를 적용하여야 한다.

<표 3.5> 처짐을 계산하지 않는 경우의 보 또는 1방향 슬래브의 최소 두께

부 재	최소두께 , h			
	단순지지	1단 연속	양단 연속	캔틸레버
	큰 처짐에 의해 손상되기 쉬운 칸막이벽이나 기타 구조물을지지 또는 부착하지 않은 부재			
· 1방향 슬래브	ℓ / 20	ℓ / 24	ℓ / 28	ℓ / 10
· 보 · 리브가 있는 1방향 슬래브	ℓ / 16	ℓ / 18.5	ℓ / 21	ℓ / 8

(2) 상기 표의 값은 일반콘크리트 (Wc=2,300kg/m^3)와 설계기준항복강도 400MPa 철근을 사용한 부재에 대한 값이며 다른 조건에 대해서는 그 값을 다음과 같이 수정하여야 한다.

1) 1,500~2,000 kg/m³ 범위의 단위체적질량을 갖는 구조용 경량콘크리트에 대해서는 계산된 h값에 (1.65-0.00031Wc)를 곱해야 하나, 1.09보다 작지 않아야 한다.
2) fy가 400MPa이외인 경우는 계산된 h값에 (0.43+fy/700)를 곱하여야 한다.

4. 사용재료

4.1 콘크리트

4.1.1 콘크리트 재료

(1) 시멘트는 원칙적으로 KS L 5201, KS L 5204, KS L 5210, KS L 5211, KS L 5401에 적합한 것이어야 한다.
(2) 물은 기름, 산, 염류, 유기물 등의 유해물을 포함하지 않은 것으로 한다.
(3) 잔 골재는 깨끗하고 강하며 내구적이고, 적절한 입도를 가지며 먼지, 흙, 유기불순물, 염소이온 등의 유해물을 함유하여서는 안 된다.
(4) 굵은 골재는 깨끗하고 강하며 내구적이고, 적절한 입도를 가지며 얇은 석면, 길다란 석면, 유기불순물, 염소화 이온 등의 유해물을 함유하여서는 안 된다.
(5) 혼화제로 사용할 AE제, 감수제, AE감수제 및 고성능 AE감수제는 KS F 2560에 적합한 것이라야 한다.

4.1.2 콘크리트

사용하는 콘크리트는 설계기준강도가 원칙적으로 표에 나타낸 값 이상이어야 한다.

<표 4.1> 콘크리트의 최저 설계기준강도(MPa)

부재의 종류		최저설계기준강도
무근콘크리트부재		18
철근콘크리트부재		21
프리스트레스 콘크리트 부재	프리텐션 방식	35
	포스트텐션 방식	30

4.2 강재

강재는 표의 규격에 적합한 것을 표준으로 한다.

<표 4.2> 표준으로 하는 강재

강재의 종류	규 격		강 재 기 호
1. 구조용 강재	KS D 3503	일반구조용 압연강재	SS400
	KS D 3515	용접구조용 압연강재	SM400,SM490, SM490Y, SM520, SM570
	KS D 3529	용접구조용 내후성 열간 압연강재	SMA400, SMA490, SMA570
2. 강 관	KS D 3566	일반구조용 탄소강관	STK400, STK490, STK500
	KS D 4602	강관말뚝	STK400, STK490, STK500
	KS D 4605	강관시트파일	SKY41, SKY50
3. 접합용 강재	KS D 1010	마찰접합용 고장력 6각볼트, 6각너트, 평와셔의 세트	F8T, F10T
4. 용접재료	KS D 7004	연강용 피복 아크 용접봉	
	KS D 7006	고장력강용 피복 아크 용접봉	
	KS D 7024	서브머지드 아크 용접용 강선 및 용제	
5. 주단용품	KS D 3710	탄소강 단강품	SF490A, SF540A
	KS D 4101	탄소주강품	SC450
	KS D 4106	용접구조용 주강품	SCW410, SCW480
	KS D 4102	구조용 고장력 탄소강 및 저합금강 주강품	LMnSC1A, LMnSC2A
	KS D 3752	기계구조용 탄소강재	SM35C, SM45C
	KS D 4301	회주철품	GC250
	KS D 4302	구상 흑연주철품	GCD400
6. 선재・선재 2차제품	KS D 3509	피아노 선재	PWR
	KS D 3510	경강선	
	KS D 3514	와이어 로프	
	KS D 3556	피아노선	
	KS D 3559	경강 선재	HSWR
	KS D 7002	PC 강선 및 PC 스트랜드	원형선SWPC1, 이형선SWPD1, 2연선SWPC2, 이형3연선SWPD3, 7연선SWPC7, 19연선SWPC19
7. 봉 강	KS D 3504	철근콘크리트용 봉강	SD30, SD35, SD40
	KS D 3505	PC 강봉	A종 1호 SBPR 785/930 A종 2호 SBPR 785/1030 B종 1호 SBPR 930/1080 B종 2호 SBPR 930/1180

주) • 이표의 PC는 용어상으로는 PS이나 KS규격의 명칭을 그대로 표기한 것임.

4.3 설계물리상수

4.3.1 콘크리트

(1) 탄성계수

1) 콘크리트의 압축강도가 30 MPa 이하인 경우로서 단위질량 Wc의 값이 1,450~2,500 kg/m^3 인 콘크리트의 탄성계수는 다음식에 따라 구할 수 있다.

$$E_c = 0.043\, W_c^{1.5} \sqrt{f_{ck}}\,(MPa)$$

다만, 보통골재를 사용한 콘크리트 ($W_c = 2{,}300 kg/m^3$)에서는

$E_c = 4{,}700 \sqrt{f_{ck}}\,(MPa)$ 를 사용해도 좋다.

2) 콘크리트의 압축강도가 30 MPa를 초과하는 경우로서 단위질량 Wc의 값이 1,450~2,500 kg/m^3 인 콘크리트의 탄성계수는 다음식에 따라 구할 수 있다.

$$E_c = 0.03\, W_c^{1.5} \sqrt{f_{ck}} + 7{,}700\,(MPa)$$

다만, 보통골재를 사용한 콘크리트 ($W_c = 2{,}300 kg/m^3$)에서는

$E_c = 3{,}300 \sqrt{f_{ck}} + 7{,}700\,(MPa)$를 사용해도 좋다.

(2) 전단탄성계수

$$Gc = \frac{E_c}{2(1+\nu)}$$

여기서, G_c : 콘크리트의 전단탄성계수 (MPa)

E_c : 콘크리트의 탄성계수 (MPa)

ν : 포아송비

(3) 콘크리트의 포와송비는 실험에 의하여 결정되지 않는 경우에는 일반적으로 1/6로 가정한다.

(4) 콘크리트의 크리프

1) 콘크리트의 크리프 변형률은 다음식으로 표시된다.

$$\epsilon_{c\sigma} = \frac{f_c(t')}{E_{ci}} \phi(t, t')$$

2) 프리스트레스의 감소량 및 부정정력을 계산할 경우의 콘크리트의 크리프계수는 다음값을 표준으로 한다.

<표 4.3> 콘크리트의 크리프계수

지속하중을 재하할 때의 콘크리트의 재령(일)		4~7	14	28	90	365
크리프계수	조강시멘트사용	3.8	3.2	2.8	2.0	1.1
	보통시멘트사용	4.0	3.4	3.0	2.2	1.3

(5) 콘크리트의 건조수축

프리스트레스의 감소량을 계산할 경우의 콘크리트의 건조수축률은 다음값을 표준으로 한다.

<표 4.4> 콘크리트의 건조수축률

프리스트레스를 도입할 때의 콘크리트의 재령(일)	4~7	28	90	365
건조수축률	27×10^{-5}	20×10^{-5}	14×10^{-5}	7×10^{-5}

4.3.2 강재

(1) 설계계산에 사용하는 강재의 물리상수 값은 표의 값을 사용한다.

<표 4.5> 설계계산에 사용하는 강재의 물리상수

종 류	물리상수의 값
강과 주강의 탄성계수	210,000 MPa
철근의 탄성계수	200,000 MPa
PS강선, PS강연선, PS강봉의 탄성계수	200,000 MPa
주철의 탄성계수	100,000 MPa
강의 전단탄성계수	81,000 MPa
강과 주강의 포아송비	0.3
주철의 포아송비	0.25

(2) 프리스트레스의 감소량을 산출하는 경우에 PS강재의 겉보기 릴랙세이션률은 다음표의 값을 표준으로 한다. 다만, PS강재가 고온의 영향을 받는 경우에는 PS강재의 겉보기 릴랙세이션률은 다음표의 값에 2%를 가산하는 것을 원칙으로 한다.

<표 4.6> PS강재의 겉보기 릴랙세이션률(%)

PS 강재의 종류	겉보기 릴랙세이션률
PS강선, PS강연선	5
PS강봉	3

(3) (2)항에 따르기 힘든 경우에는 PS강재의 인장응력에 따라 측정된 릴랙세이션률에서 콘크리트의 크리프, 건조수축 등의 영향을 고려하여 별도로 PS강재의 겉보기 릴랙세이션률을 정하여야 한다.

5. 구조세목

5.1 형상 및 부재치수

(1) 복부의 폭은 철근, PS강재 및 PS강재의 정착구를 배치하기에 충분하도록 표의 값 이상으로 해야한다.

<표 5.1> 복부의 최소폭(mm)

보의 종류	복부의 최소폭
현장타설 철근콘크리트 보	250
현장타설 프리스트레스트 콘크리트 보	150
프리캐스트 보	150

(2) 가로보의 복부 및 격벽의 최소폭은 200mm로 한다.

(3) 복부폭과 플랜지 두께를 변화시킬 경우에는 1/5보다 완만한 경사로 하여야 한다. 그러나 1/5이상의 급한 경사로 설계한 경우에는 1/5이하의 완만한 경사이내의 단면만 유효한 것으로 본다. 다만 시공상 헌치를 두는 경우에는 이를 적용하지 않는다.

(4) 부재의 접합부 등 응력집중이 발생될 것으로 예상되는 곳에는 헌치를 두어야 한다. 다만 접합부의 두께가 현저하게 다를 경우에는 두께가 완만하게 변하도록 설계하여야 한다.

5.2 철근피복 기준

5.2.1 철근 피복두께 정의

횡철근이 주철근을 감싸고 있는 경우에 스터럽, 띠철근 또는 나선철근 등의 최외측 철근으로부터 콘크리트 표면까지의 두께를 말한다.

5.2.2 철근 피복두께를 두는 이유

(1) 철근의 산화 방지

(2) 내화구조로 만들기 위해

(3) 부착응력 확보

5.2.3 피복두께

(1) 수중에서 타설하는 콘크리트 : 100mm

(2) 흙에 접하여 콘크리트를 친 후 영구히 흙에 묻혀 있거나 수중에 있는 콘크리트 : 80mm

(3) 흙에 접하거나 외기에 노출되는 콘크리트

1) 주철근 : 60mm

2) 스터럽, 띠철근, 나선철근 : 40mm

(4) 기상조건이 양호한 곳에서의 콘크리트 바닥판 슬래브

1) 상단철근 : 50mm

2) 하단철근 : 30mm

(5) 부식에 대한 적극적인 방지책이 없고 제빙염에 자주 노출되는 콘크리트 바닥판 슬래브

1) 상단철근 : 70mm

2) 하단철근 : 30mm

(6) 콘크리트가 흙에 접해있지 않거나 외기에 노출되어 있지 않는 경우

1) 주철근 : 40mm

2) 스터럽, 띠철근, 나선철근 : 30mm

(7) 콘크리트 타설시부터 흙에 접해 있거나 또는 영구적으로 흙에 접해 있는 콘크리트 파일 : 60mm

5.2.4 기타

(1) 피복두께는 철근지름 이상이어야 한다. 또한 다발철근을 사용할 경우에는 다발철근의 등가지름 이상이어야 하나 60mm 보다 크게 할 필요는 없다. 다만, 흙에 접하여 콘크리트를 타설하여 영구히 흙에 묻혀있는 경우에는 피복두께를 80mm 이상, 수중에서 콘크리트를 친 경우에는 100mm 이상으로 하여야 한다.

(2) 부식이나 염해 등에 영향을 받는 콘크리트는 피복 콘크리트의 밀도와 수밀성을 증가시키는 방법 또는 다른 방법으로 부식방지성능을 적절히 증가시켜야 한다. 부식을 방지하는 다른 방법으로는 에폭시 도막철근, 특수콘크리트 피복 그리고 불투수막을 사용하거나 또는 이들을 조합하는 방법 등을 들 수 있다.

(3) 장차 연장될 목적으로 표면에 노출되는 철근은 부식으로부터 보호되도록 조치를 취하여야 한다.

5.3 철근비 기준

5.3.1 휨부재의 최소철근량

(1) 해석에 의하여 인장철근 보강이 요구되는 휨부재의 모든 단면에 대하여 5.3.1 (2)에 규정된 내용을 제외하고는 철근의 단면적 As는 아래식에 의해 계산된 값 중에서 큰 값 이상으로 하여야 한다.

$$A_{s,\min} = \frac{0.25\sqrt{f_{ck}}}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,\min} = \frac{1.4}{f_y} b_w d$$

(2) 정정구조물로서 플랜지가 인장 상태인 T형 단면에 대하여 철근의 단면적 $A_{s,mim}$은 아래 식에 의해 계산되는 값과 위 식에서 bw를 플랜지의 폭으로 하여 계산되는 철근 단면적의 값 중에서 작은 값 이상으로 하여야 한다.

$$A_{s,\min} = \frac{0.5\sqrt{f_{ck}}}{f_y} b_w d$$

(3) 부재의 모든 단면에서 해석상 필요한 철근량 보다 1/3 이상 인장철근이 더 배근되는 경우에는 5.3.1 (1), 5.3.1 (2)의 규정을 적용하지 않을 수 있다.

(4) 구조용 슬래브와 기초판에서의 철근의 최대 간격은 슬래브 두께의 3배와 400mm중에서 작은 값을 초과하지 않도록 하여야 한다.

5.3.2 압축부재의 축방향 철근

(1) 압축부재의 축방향 철근량은 기둥 전체 단면적의 1% 이상 8% 이하 이어야 한다. 그리고 축방향 철근은 철근배치가 원형일 경우에는 6개 이상, 사각형일 경우에는 4개 이상으로 배근 되어야 한다. 이때 철근의 크기는 D16 이상이어야 한다.

(2) 하중에 의해 요구되는 단면보다 큰 단면으로 설계된 압축부재에서는 감소된 유효단면적을 사용하여도 된다. 이때 감소된 유효 콘크리트 단면적은 총단면적의 1/2이상이고, 축하중을 지지하기 위해 1%의 축방향 철근을 요구하는 단면적 이상이어야 한다.

5.4 철근의 정착길이

5.4.1 인장을 받는 이형철근의 정착길이

정착길이 ℓ_d(mm)는 기본 정착길이에 보정계수를 곱하여 구하며, 이때 $\ell_d \geq 300$mm 라야 한다.

(1) 기본정착길이에 의한 산정

<표 5.2> 기본정착길이에 의한 산정

구 분		내 용	
기 본 정착길이	D35 이하의 철근	$\ell_d = \frac{0.6\ d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}}$ 여기서, d_b=철근의 지름	
보정계수	철근지름 / 조 건	D19이하의 철근과 이형철선	D22이상의 철근

<표 5.2> 기본정착길이에 의한 산정(계속)

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th></th></tr>
<tr><td rowspan="3">보정계수</td><td>정착되거나 이어지는 철근 순간격이 d_b이상이고 피복두께도 d_b이상이면서 ℓ_d전구간에 설계기준에 규정된 최소철근량 이상의 스터럽 또는 띠철근을 배근한 경우 또는 정착되거나 이어지는 철근 순간격이 $2d_b$이상이고 피복 두께가 d_b 이상인 경우</td><td>0.8 $\alpha\beta\lambda$</td><td>$\alpha\beta\lambda$</td></tr>
<tr><td>기 타</td><td>1.2 $\alpha\beta\lambda$</td><td>1.5 $\alpha\beta\lambda$</td></tr>
<tr><td colspan="3">① α = 철근 배근 위치계수
(가) 상부철근(정착길이 또는 이음부 아래 30cm 넘게 굳지 않은 콘크리트 타설된 수평 철근) ····· 1.3
(나) 기타 철근 ····· 1.0
② β = 에폭시 도막 계수
(가) 덮개가 $3d_b$미만인 또는 순간격이 $6d_b$미만인 에폭시 도막철근 또는 철선 ····· 1.5
(나) 기타 에폭시 도막철근 또는 철선 ····· 1.2
(다) 도막되지 않은 철근 ····· 1.0
③ λ = 경량 콘크리트 계수
(가) f_{sp}가 주어지지 않는 경량 콘크리트 ····· 1.3
(나) f_{sp}가 주어진 경량 콘크리트 ····· $\frac{\sqrt{f_{ck}}}{1.76f_{sp}} \geq 1.0$
(다) 일반 콘크리트 ····· 1.0
④ 에폭시 도막철근이 상부 철근인 경우에는 상부철근의 보정계수 α와 에폭시 도막 계수 β의 곱 $\alpha \cdot \beta$를 1.7보다 클 필요는 없다.</td></tr>
</table>

(2) 공식에 의한 정착길이 산정

<표 5.3> 공식에 의한 정착길이 산정

구 분		내 용
기 본 정착길이	D35 이하의 철근	$\ell_d = \frac{0.90 d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \frac{\alpha\beta\gamma\lambda}{\left(\frac{c+k_{tr}}{d_b}\right)}$ 위 식에서 $\frac{c+k_{tr}}{d_b}$은 2.5이하이어야 함
보정계수	① α = 철근 지름계수 (가) D19이하의 철근과 이형철선 ····· 0.8 (나) D22 이상의 철근 ····· 1.0 ② c = 피복두께 또는 철근간격 c는 철근 또는 철선의 중심으로부터 콘크리트 표면까지의 거리로 나타낸 피복두께 또는 철근 또는 철선의 중심간 거리의 1/2중 작은 값을 사용하여 mm 단위로 나타낸다. K_{tr} = 횡방향 철근 치수 $\frac{A_{tr} f_{yt}}{10.7_{sn}}$ 횡방향 철근이 배근되어 있더라도 설계를 간편하게 하기 위해 K_{tr} = 0로 사용할 수 있다.	

※ 콘크리트 구조설계기준(2003)과 도로교설계기준(2005)에는 인장이형철근의 정착길이는 기 본 정착길이에 보정계수를 고려하는 방법과 공식에 의해 계산하는 방법 두가지가 제시되어 있으며 선택적으로 적용하도록 규정하고 있다.

이 두 가지 방법 중 보정계수를 고려하는 방법은 실무에서 적용을 간편하게 하기위한것으로서 값이 다소 보수적이다.

따라서, 철근의 다양한 배근조건(지름, 간격, 강도 등)을 고려해 계산되어 합리적이며, 경제성과 시공성 측면 제고를 위하여 인장이형철근의 정착길이는 공식에 의한 계산방법을 적용토록 한다.

5.4.2 압축을 받는 이형철근의 정착길이

기본 정착길이에 보정 계수를 곱하여 구해야 하며, 이때 $\ell d \geq 200mm$ 이라야 한다.

<표 5.4> 압축을 받는 이형철근의 정착길이

구 분		내 용
기 본 정 착 길 이		$\ell d = \frac{0.25\, d_b\, f_y}{\sqrt{f_{ck}}}$ 단, $0.04 d_b f_y$ 이상이라야 함.
보정계수	해석결과 소요되는 철근량 이상을 배근한 경우	$\frac{\text{소요As}}{\text{배근As}}$
	지름이 6mm 이상이고 피치가 100mm 이하인 나선 철근으로 둘러쌓인 압축이형철근의 경우	0.75

6. 교량 내진 설계기준

6.1 내진설계의 기본방침

6.1.1 내진설계 기준의 기본 개념

설계기준은 다음의 기본 개념에 기초를 두고 있다.

(1) 인명피해를 최소화 한다.

(2) 지진시 교량 부재들의 부분적인 피해는 허용하나 전체적으로 붕괴는 방지한다.

(3) 지진시 가능한 한 교량의 기본 기능은 발휘할 수 있게 한다.

(4) 교량의 정상수명 기간내에 설계지진력이 발생할 가능성은 희박하다.

(5) 설계기준은 국내 전역에 적용한다.

6.1.2 내진 구조 계획

내진구조계획의 목표는 지진시 발생하는 구조물의 변형과 부재력에 적절히 대응할수 있도록 구조적 안정성과 경제성의 양 측면을 동시에 만족하는 교량 설계를 도모 하는데 있다. 초기 계획 단계에서의 내진 구조계획은 교량의 기하학적 형상, 상하부구조형식, 사용재료 특성, 부재간 연결상태 등을 종합적으로 고려하여 지진하중에대한 효율성을 제고토록 하여야 하는바, 조건이 허락하는 한도내에서 다음 기본 조건을 만족하도록 한다.

(1) 단순성

지진하중에 의한 상부 관성력을 직접적이고도 명확한 하중경로를 통하여 하부구조 및 지반으로 전달할 수 있는 구조물이 되도록 하여야 한다.

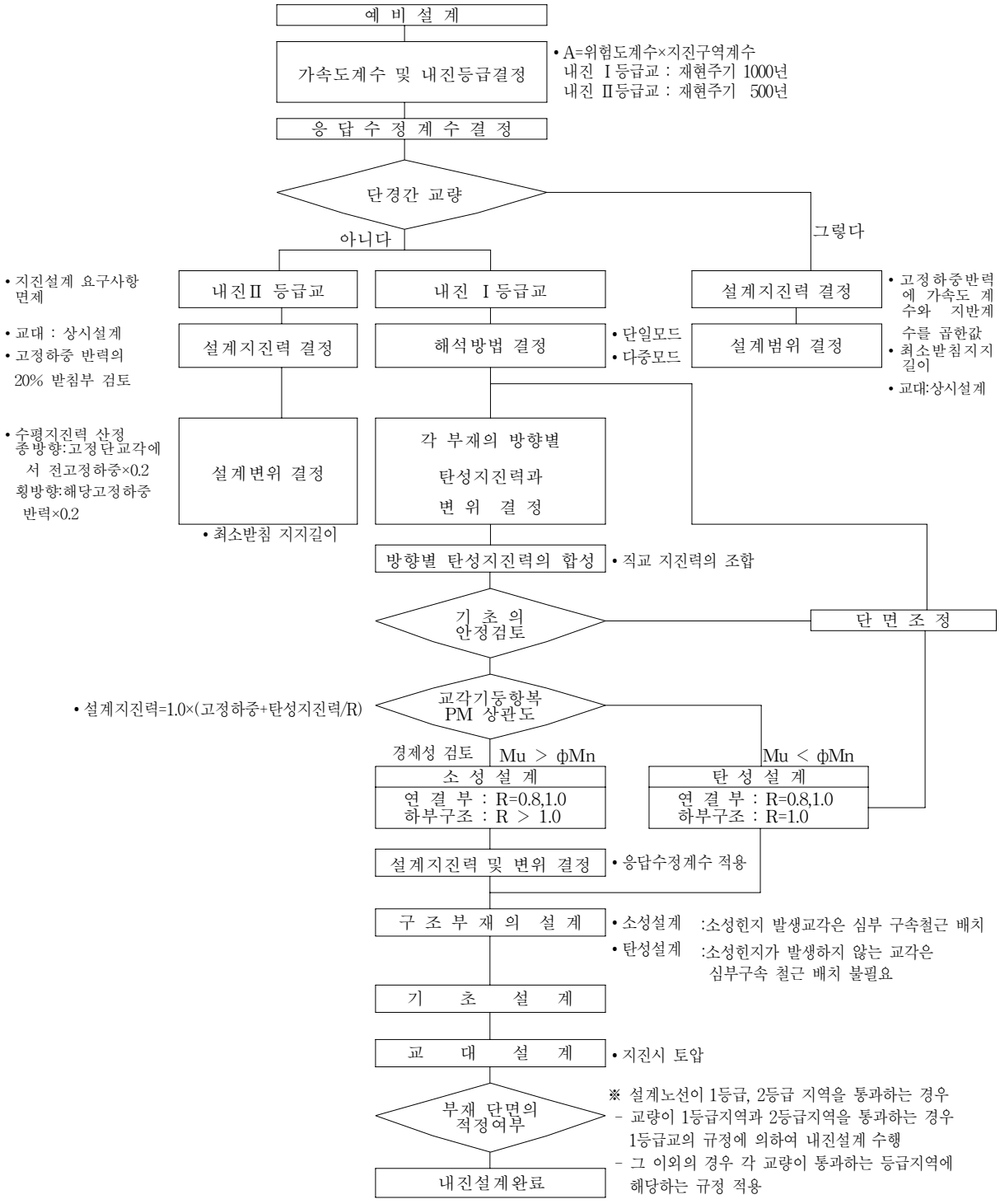
(2) 대칭성

지진시 구조부재의 수직축에 대한 비틀림을 최소화할 수 있도록 교량의 기하학적 대칭성 및 경계조건의 대칭성, 질량중심과 강성중심의 일치성을 확보토록 한다.

(3) 완전성 및 연속성

지진하중의 효율적 분산을 위하여 부재 강성의 연속성 및 연결부의 강성을 고려한 구조계획, 낙교방지계획(연단거리 확보) 및 하부구조의 연성도(Ductility)의 확보가 필요하다.

6.1.3 내진설계 흐름도



[그림 6.1] 내진설계 흐름도

6.2 가속도계수

6.2.1 가속도 계수 결정

지진가속도 계수 A = 위험도 계수 × 지진구역 계수

<표 6.1> 지진구역 구분

지진구역	행 정 구 역	
Ⅰ	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시
	도	경기도, 강원도 남부(1), 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부(2)
Ⅱ	도	강원도 북부(3), 전라남도 남서부(4), 제주도

주) (1) 강원도 남부 (군, 시) : 영월, 정선, 삼척시, 강릉시, 동해시, 원주시, 태백시
(2) 전라남도 북동부 (군, 시) : 장성, 담양, 곡성, 구례, 장흥, 보성, 여천, 화순, 광양시, 나주시, 여천시, 여수시. 순천시
(3) 강원도 북부 (군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천시, 속초시
(4) 전라남도 남서부 (군, 시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥, 함평, 목포시
(5) 행정구역의 경계를 통과하는 교량의 경우에는 구역계수가 큰 값을 적용한다.

<표 6.2> 지진구역 계수 (재현주기 500년에 해당)

지 진 구 역	Ⅰ	Ⅱ
구 역 계 수	0.11	0.07

<표 6.3> 위 험 도 계 수

재현주기 (년)	500	1000
위험도 계수, I	1	1.4

6.3 내진등급과 설계지진수준

<표 6.3> 도로교의 내진등급과 설계지진

내진등급	교 량	설계지진의 평균재현주기
내진Ⅰ등급교	• 고속도로, 자동차전용도로, 특별시도, 광역시도 또는 일반국도상의 교량 • 지방도, 시도 및 군도 중 지역의 방재계획상 필요한 도로에 건설된 교량, 해당도로의 일일 계획교통량을 기준으로 판단했을 때 중요한 교량 • 내진Ⅰ등급교가 건설되는 도로위를 넘어가는 고가교량	1000년
내진Ⅱ등급교	• 내진Ⅰ등급교에 속하지 않는 교량	500년

6.4 지반의 분류

지반의 영향은 교량의 지진하중을 결정하는데 고려되어야 한다.

표에 명시된 지반계수 S 는 지반의 분류에 정의된 지반종류에 근거를 두었다.

<표 6.4> 지반계수

지반 계수	지 반 종 류			
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
S	1.0	1.2	1.5	2.0

<표 6.5> 지반의 분류

지반 종류	지반 계수	지반종류의 호칭	지표면 아래 30m 토층에 대한 평균값		
			전단파 속도 (m/s)	표준관입시험 (N치(1))	비 배 수 전단강도(kPa)
Ⅰ	1.0	경암지반 보통암지반	760 이상	-	-
Ⅱ	1.2	매우 조밀한 토사지반 또는 연암지반	360에서 760	> 50	> 100
Ⅲ	1.5	단단한 토사지반	180에서 360	15에서 50	50에서 100
Ⅳ	2.0	연약한 토사지반	180 미만	< 15	< 50
Ⅴ	-	부지 고유의 특성평가가 요구되는 지반			

주) (1) 비점착성 토층만을 고려한 평균 N치

6.5 응답수정계수

6.5.1 응답수정계수

<표 6.6> 응답수정계수

하 부 구 조 (R)	계수	연 결 부 분 (R)	계수
벽식 교각	2	상부구조와 교대	0.8
철근콘크리트 말뚝가구(Bent) 1. 수직말뚝만 사용한 경우 2. 한 개이상의 경사 말뚝을 사용한 경우	 3 2	상부구조의 한 지간내 신축이음	0.8
단주(single column)	3	기둥, 교각 또는 말뚝가구와 캡빔 또는 상부 구조	1.0
강재 또는 합성강재와 콘크리트 말뚝가구 1. 수직말뚝만 사용한 경우 2. 한 개이상의 경사 말뚝을 사용한 경우	 5 3	기둥 또는 교각과 기초	1.0
다주가구	5		

6.5.2 응답수정계수의 적용

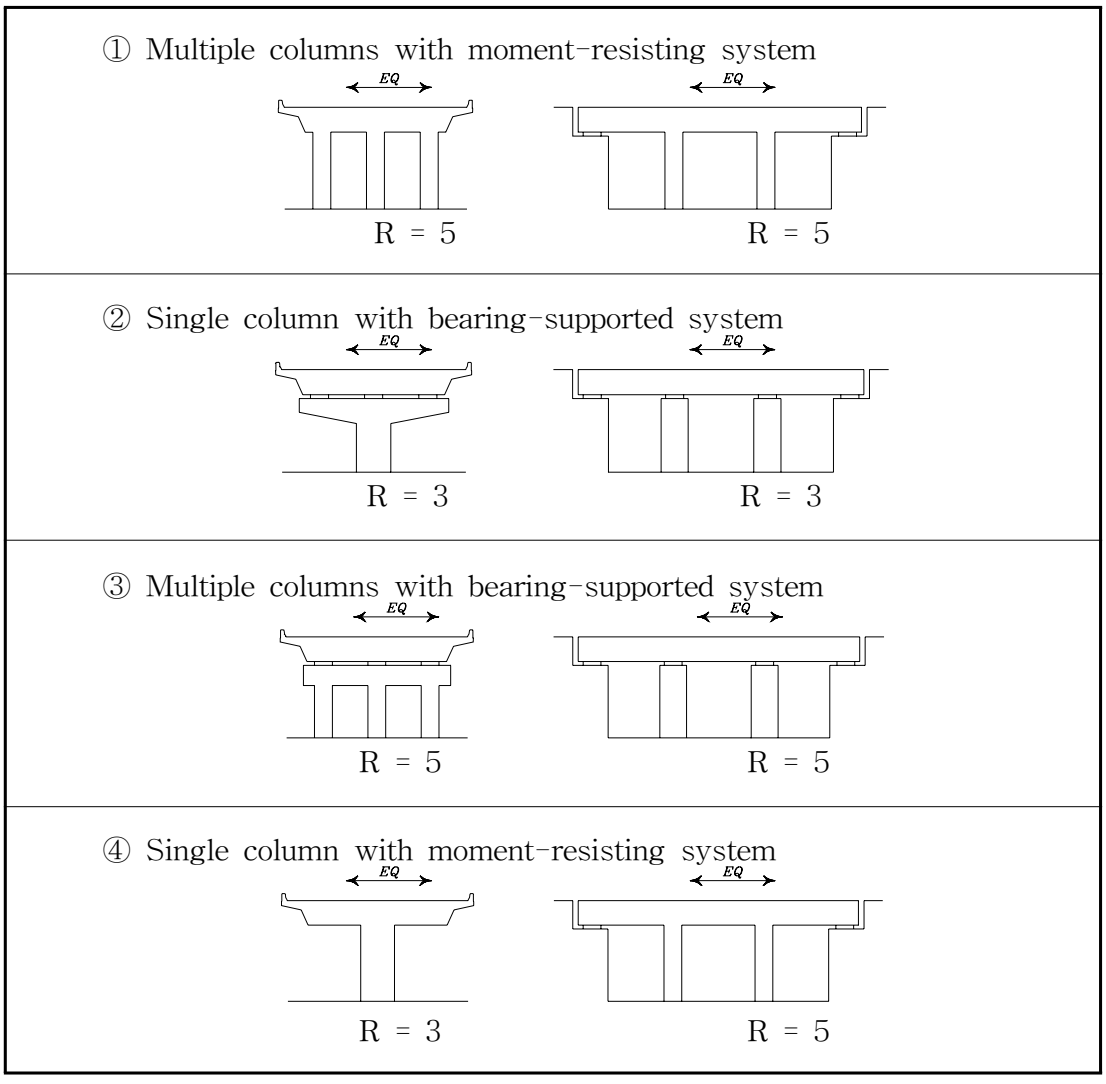
(1) 소성설계를 수행하는 경우 교량 각 부재와 연결부분에 대한 설계 지진력은탄성 지진력을 응답수정계수로 나눈 값으로 한다. 단, 하부구조의 경우 축방향력과 전단력은 응답수정계수로 나누지 않는다.

(2) 소성설계 요건을 충족시키지 못하는 경우 하부구조와 연결부분에 대한 응답수정계수는 각각 1.0과 0.8을 넘지 못한다.

(3) 벽식 교각의 약축방향은 기둥규정을 적용하여 설계할 수 있다. 이때 응답수정 계수 R은 단일기둥의 값을 적용할 수 있다.

(4) 응답수정계수 R은 하부구조의 양 직교축방향에 대해 모두 적용한다.

(5) 방향별 응답수정계수(R) 적용기준



[그림 6.2] 방향별 응답수정계수(R) 적용기준

6.6 해석 및 설계에 대한 규정

6.6.1 탄성 지진 응답계수(m번째 진동모드)

탄성 지진 응답 계수 $C_{sm} = \frac{1.2AS}{T_m^{2/3}} \leq 2.5A$ ($T_m \leqq 4sec$)

$$C_{sm} = \frac{3AS}{T_m^{4/3}} \leq 2.5A \quad (T_m > 4sec)$$

(중력가속도 g에 대한 무차원계수)

여기서, A : 지진 가속도 계수

S : 지반 특성에 대한 무차원 계수

T : 고유치 해석 또는 다른 적합한 방법에 의하여 결정된 교량의 주기

6.6.2 내진해석방법

<표 6.2> 내진해석방법

해 석 방 법		주 요 특 성
응답 스펙트럼 해석법	단일 모드 해석법	• 구조물의 형상이 단순하여 기본모드가 구조물의 동적거동을 대표할 수 있는 경우 • 교량의 기본 주기로부터 탄성지진력 및 변위를 예측 • 동역학에 대한 깊은 지식이 없어도 쉽게 적용가능한 간략한 해석법이며 수계산이 가능 • 형상이 단순한 단순교나 연속교에 적용 가능 • 일반적으로 다른 해석법에 비해 응답값이 크게 산정됨. • 구조물의 형상이 복잡하여 기본모드 이외의 모드들에 의한 영향이 큰 경우는 적용이 어려움.
	다중 모드 해석법	• 기본모드 이외의 모드들이 구조물의 동적거동에 대한 기여도가 큰 경우에 사용 • 여러개의 진동모드가 구조물 전체의 거동에 기여 • 선형해석프로그램을 이용하여 해석 • 일반적으로 중간정도 지간의 연속교에 적용하며 해석모델을 잘 선택 할 경우, 장대교와 특수교량에도 적용 가능 • 시간이력해석법에 비해 시간과 노력을 적게 들이고도 정밀한 해석 결과를 얻을 수 있음 • 기하학적인 형상이 복잡하여 직교좌표축으로 모드를 분리하기 힘든 교량에 대해서는 적절한 응답값을 기대하기 어려움
시간이력 해석법		• 하중의 지속기간이 짧을 경우 • 모드간의 구분이 명확하지 않아 Coupling 모드가 나타나기 쉬운 경우 • 높은 안전성이 요구되어 비선형 해석을 필요로 하는 경우 • 입력 데이터로 실측된 지진파형이나 인공파형이 필요 • 선형 혹은 비선형 해석 프로그램을 이용하여 해석 • 응답해석에 필요한 모드의 갯수가 많을 경우 효과적 (모드중첩법) • 동적 비선형 해석 가능(직접분석법) • 예상되는 지반운동을 정확히 예측하기가 어렵기 때문에 기존의 지진기록이나 합성된 지진기록을 사용하여야 하므로 해석 및 결과 분석에 많은 시간과 노력이 필요

6.6.3 단경간교의 설계 규정

(1) 상부구조와 교대사이의 연결부 설계하중은 다음과 같다.

HE= A · RD · S

A = 설계 가속도 계수

RD = 고정하중 반력

S = 지반계수

HE = 설계수평 지진력

(2) 최소 받침지지길이 확보

6.6.4 - (2)항의 최소 받침 지지길이를 확보 하도록 한다.

(3) 지진구역 Ⅱ에 위치하는 내진 Ⅱ등급교의 설계지진력은 다음과 같다.

1) 지진구역 Ⅱ에 위치하는 내진Ⅱ등급교에서 상부구조와 하부구조를 연결하는 교량받침이나 기계장치는 고정하중의 20%에 해당되는 수평지진력이 구속방향으로 작용한다고 보고 이에 저항하도록 설계하여야 한다.

2) 종방향으로 구속되어 있을 경우 종방향의 수평지진력에 사용되는 고정하중은 상부구조의 각 세그멘트의 고정하중으로 정의 된다.

3) 횡방향으로 구속되어 있을 경우 횡방향의 수평지진력에 사용되는 고정하중은 그 교량받침에서의 고정하중 반력으로 정의 된다.

6.6.4 설계 지진력

(1) 설계지진력

1) 구조부재 및 연결부의 설계지진력

① 적용대상

- 상부구조, 상부구조의 신축이음 및 상부구조와 하부구조 상단 사이의 연결부
- 하부구조 상단으로부터 기둥이나 교각하단까지

(후팅, 말뚝머리 및 말뚝은 포함하지 않음)

② 상부구조와 교대의 연결요소

③ 설계지진력 = 탄성지진력 / R

④ 설계지진력의 조합

최대하중 = 1.0 (D + B + F + H + EM)

D = 고정하중, B = 부력, F = 유체압, H = 횡토압, EM = 설계지진력

⑤ 설계지진력이 포함된 하중조합은 전체하중조합과 함께 사용해야 한다.

⑥ 허용응력 설계법을 사용할 경우 강구조물은 1.5 철근콘크리트 구조물 1.33의 할증계수를 사용할 수 있다.

2) 기초의 설계지진력

① 확대기초, 말뚝머리 및 말뚝을 포함하는 기초

설계지진력 = 탄성지진력 / 0.5R

② 말뚝가구

설계지진력 = 탄성지진력 / R

③ 설계지진력의 조합

최대하중 = 1.0 (D + B + F + H + EF)

D = 고정하중, B = 부력, F = 유체압, H = 횡토압, EF = 설계지진력

④ 설계지진력이 포함된 하중조합은 전체하중 조합과 함께 사용해야 한다.

(2) 설계변위

1) 내진 I 등급교 및 지진구역 I 에 위치하는 내진Ⅱ등급교

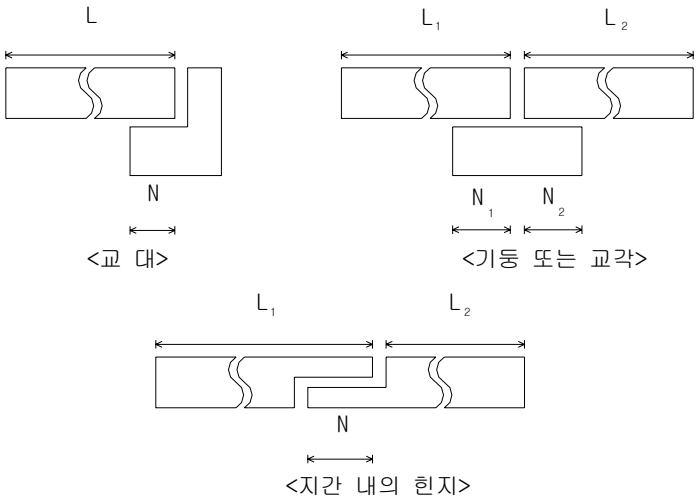
① 최소받침 지지길이

$$N = (200 + 1.67L + 6.66H) (1 + 0.000125\Theta^2) (mm)$$

여기서,

L : 인접 신축이음부까지 또는 교량단부까지의 거리 (m)

다만, 지간내에 힌지가 있는 경우의 L은 힌지 좌·우측방향의거리인 L1과 L2의 합으로 한다. [그림 6.3]참조



[그림 6.3] 최소 받침 지지 길이

- 신축이음 또는 교량 상판의 단부

H : 다음 각 경우에 대한 평균 높이 (m)

교대 … 인접 신축이음부의 교량상부를 지지하는 기둥의 평균 높이 단경간교의 평균높이는 0으로 한다.

기둥 또는 교각 … 기둥 또는 교각의 평균높이

간 내의 힌지 … 인접하는 양측 기둥 또는 교각의 평균높이

Θ : 받침선과 교축직각방향의 사잇각(도)

② 내진해석으로부터 구한 탄성지진변위

두값 중에서 큰값을 설계변위로 한다.

2) 단경간교 및 지진구역Ⅱ에 위치하는 내진Ⅱ등급교

최소받침지지 길이 이상으로 한다.

3) 교량의 여유간격

지진시에 교량과 교대 혹은 인접하는 교량간의충돌에 의한 주요구조부재의 손상을 방지하고, 설계시 고려된 내진성능이 충분히 발휘될 수 있도록 하기 위하여 교량의 단부에는 여유간격을 설치한다.

$$\Delta l_i = d + \Delta l_s + \Delta l_c + 0.4\Delta l_t$$

여기서, Δl_i : 교량의 여유간격 (mm)

d : 지반에 대한 상부구조의 총변위 (mm)

Δl_s : 콘크리트의 건조수축에 의한 이동량 (mm)

Δl_c : 콘크리트의 크리프에 의한 이동량 (mm)

Δl_t : 온도변화로 인한 이동량 (mm)

단, 교량의 여유간격은 여유량을 고려한 가동받침의 이동량보다는 커야 한다.

또한, 교축직각방향의 지진시 변위에 의한 인접교량 및 주요구조부재간의 충돌가능성이 있을 때는 이를 방지하기 위한 여유간격을 설치한다.

(3) 지반의 액상화 평가

1) 액상화 검토에 필요한 기본적인 자료

① 지질 및 지형에 대한 자료

② 입도분포, 밀도, 지하수위

③ 변형률수준에 따른 각 지층의 전단탄성계수와 감쇠비

④ 현장시험(표준관입시험, 콘관입시험, 탄성파 시험)이나 실내시험(반복전단시험) 자료

⑤ 설계지진 규모(최대 지반가속도와 지속시간)

2) 액상화에 대한 안전율

① 현장시험을 이용한 액상화 평가의 기준 안전율은 1.5

② 실내시험을 이용한 액상화 평가의 기준 안전율은 1.0

$$FS_L = \frac{v_l}{v_d}$$

여기서, v_l : 설계지진(지진규모)에 상응하는 등가의 반복횟수에서 액상화를 일으키는 평균반복전단응력

v_d : 설계지진에 상응하는 등가의 평균반복전단응력

3) v_l은 불교란시료의 실내 반복전단시험이나 현장시험(예: 표준관입시험)결과로부터 결정할 수 있다.

4) v_d는 Seed와 Idriss(1971)의 간편법으로 산정한다. 이때 지반응답해석을 이용하며 지진규모는 6.5로 한다.

5) 현장시험을 이용한 액상화 평가의 안전율이 1.5 미만일 경우에만 실내시험을 이용한 액상화 평가를 추가로 수행한다.

6.7 기초 및 교대 내진설계

6.7.1 기초

(1) 조 사

지진구역 Ⅰ에서는, 평상시 설계에 필요한 조사이외에 지진에 대한 ① 사면불안정, ② 액상화, ③ 성토의 침하, ④ 수평토압 증가와 관련된 지진피해 가능성 판단과 내진설계에 필요한 조사를 추가하여야 한다.

(2) 기초설계시 고려사항

1) 지진이 발생하는 동안에 일어나는 지반의 강도와 강성의 변화

2) 기초의 상승

지진의 반복하중에서 지반의 강도가 심하게 감소하지 않는 경우에는 선단지지 군말뚝수의 1/2 까지, 기초 바닥판 접촉면적의 1/2까지는 일시적으로 지반과 분리되는 것을 허용한다.

3) 말뚝의 횡하중

수평방향의 강성을 계산할 때는 말뚝을 탄성체로 간주하고 Winkler의 탄성 기초 해석법 또는 탄성연속체 해석방법 및 등가 캔틸레버개념을 이용한다. 그러나 연약점토와 사질토에서 큰수평력이 발생하는 경우에는 지반의 비선형 반력을 고려할 수 있는 말뚝의 p-y 곡선을 사용한 설계를 하여야 한다.

4) 지반과 말뚝의 상호작용

자유장 지진의 지반운동과 말뚝 사이의 상호작용결과 나타나는 교량 구조물의 관성효과로 인한 횡하중을 고려한다.

5) 기초의 침하량

구조물 설계시에는 기초가 침하 하더라도 교량 구조물이 지진에 견딜 수 있도록 하여야 한다.

6.7.2 교대

(1) Mononobe-Okabe 토압공식

교대에 작용하는 지진에 의한 토압계산은 Mononobe-Okabe에 의해 개발된 의사-정적 해석 방법을 적용한다.

1) 주동토압계수

$$K_{AE}=\frac{\cos^2(\psi-\theta+\beta)}{\cos\theta\cdot\cos^2\beta\cos(\delta+\beta+\theta)\cdot[1+\sqrt{\frac{\sin(\psi+\delta)\cdot\sin(\psi-\theta-i)}{\cos(\delta+\beta+\theta)\cdot\cos(i-\beta)}}\,]^2}$$

2) 수동토압 계수

$$K_{PE}=\frac{\cos^2(\psi-\theta+\beta)}{\cos\theta\cdot\cos^2\beta\cos(\delta-\beta+\theta)\cdot[1-\sqrt{\frac{\sin(\psi-\delta)\cdot\sin(\psi-\theta+i)}{\cos(\delta-\beta+\theta)\cdot\cos(i-\beta)}}\,]^2}$$

Θ = tan-1 {Kh/(1-Kv)}

δ = 흙과 교대사이의 마찰각

I = 뒷채움흙 경사각

β = 교대 배면과 연직면의 사이각

3) 작용점

지진시 토압은 교대 배면에 균등하게 분포하고, 그 합력은 교대 높이의 ½에작용하는 것으로 가정한다.

(2) 독립식 교대

1) 교축방향 변위 허용시

수평지진계수 : Kh = 0.5A,

수평예상변위 : δ = 250A (mm)

2) 교축방향 변위 구속시

수평지진계수 : Kh = 1.5A

(3) 일체식 교대

1) 일체식 교대는 지진시 큰 상부 관성력이 뒷채움 흙에 전달되므로 과다한 상대 변위가 발생하지 않도록 적절한 수동저항력을 갖도록 설계한다.

2) 교대뒷채움흙의 강성과 근입된 기초 강성을 조합하여 내진설계 과정에 따라 설계한다.

6.8 구조 세목

6.8.1 강교 설계

(1) 적용대상

구조용 강재 기둥과 연결부의 설계 및 시공에 적용한다.

(2) 설계법

허용응력 설계법과 하중계수 설계법을 사용할 수 있으며 허용응력 설계법을 따를 경우 허용응력을 50% 증가 시킨다.

(3) P-△효과의 고려

P-△효과로 인한 2차 휨을 고려하여 축방향 응력과 휨응력을 계산할 때 모든 축방향 하중을 받는 부재는 도로교 설계기준에 의거하여 설계한다.

6.8.2 콘크리트교 설계

(1) 적용대상

일체로 현장치기되는 기둥, 교각의 확대기초, 연결부의 설계와 시공

(2) 설계법

허용응력설계법 또는 하중계수 설계법을 사용할 수 있으며 허용응력 설계법에 따를 경우 허용응력을 33% 증가 시키다.

(3) 소성힌지에서의 심부구속 횡방향 철근 배치

1) 원형기둥의 나선 철근비

$$\rho_s = 0.45 \cdot \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] \cdot \frac{f_{ck}}{f_y} \quad \cdots\cdots \text{식(6.1)}$$

$$\rho_s = 0.12 \cdot \frac{f_{ck}}{f_y} \quad \cdots\cdots \text{식(6.2)}$$

식(6.1), 식(6.2)중 큰값으로 한다.

원형후프띠철근을 용접 또는 기계적 연결장치 등으로 연결하거나 보강띠철근을 추가하여 정착단에서 슬립이 발생하지 않게 함으로써 나선철근과 동등한 심부구속효과를 발휘할 수 있다면 원형 띠철근량의 계산은 나선철근식을 사용할 수 있다.

2) 사각형 기둥의 띠철근량

$$A_{sh} = 0.30 \cdot a \cdot h_c \cdot \frac{fck}{fy} \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] \quad \cdots\cdots \text{식(6.3)}$$

$$A_{sh} = 0.12 \cdot a \cdot h_c \cdot \frac{f_{ck}}{f_y} \quad \cdots\cdots \text{식(6.4)}$$

식(6.3), 식(6.4) 중 큰값으로 한다.

여기서, a : 띠철근의 수직간격, 최대 150mm

Ac : 기둥 심부의 면적(mm^2)

Ag : 기둥의 총단면적(mm^2)

Ash : 수직간격이 a이고, 심부의 단면치수가 hc인 단면을 가로지르는 보강띠철근(cross ties)을 포함하는 횡방향 철근의 총 단면적(mm^2) 직사각형 기

둥의 두 주축 모두에 대하여 별도로 계산하여야 한다

fck : 콘크리트의 설계기준강도(MPa)

fy : 띠철근 또는 나선철근의 항복강도(MPa)

hc : 띠철근 기둥의 고려하는 방향으로 심부의 단면 치수(mm)

ρ_s : 콘크리트 심부 전체의 부피에 대한 나선철근의 부피의 비 (나선철근의 끝에서 끝까지)

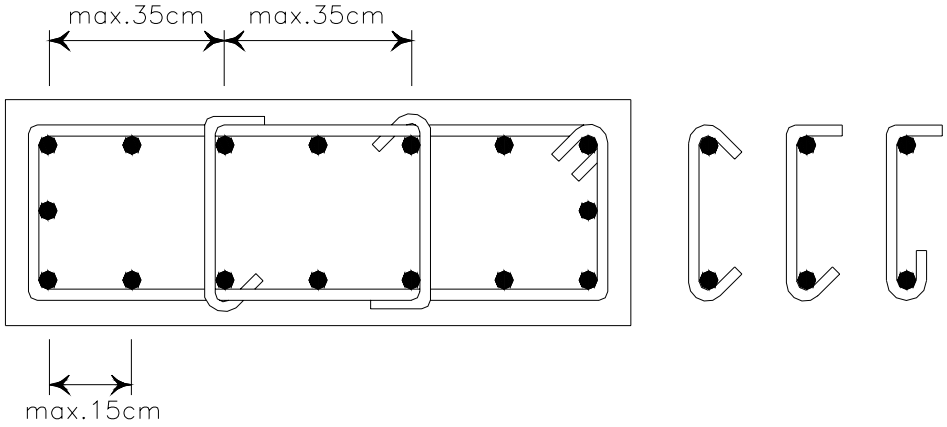
(4) 심부 구속철근의 내진 상세

1) 횡방향 철근으로 하나 또는 중복된 후프띠철근을 사용 할수 있으며, 후프띠철근과 같은 크기의 보강 띠철근(cross ties)을 사용할 수 있다. 보강 띠철근은 그 양단이 외측 축방향 철근에 걸리게 하여야 한다. 단, 나선 또는 원형 띠철근을 사용 할 경우 결속철근은 심부 구속철근으로 계산 하여서는 안된다.

2) 보강 띠철근은 하나의 연속된 철근으로 한쪽 단에 135°이상의 갈고리를 갖고, 다른쪽 단에 90°이상의 갈고리를 갖도록 하여야 한다. 이때, 135°갈고리는 띠철근 지름의 6배와 80mm중 큰값 이상의 연장길이를 가져야 하며 90° 갈고리는 띠철근 지름의 6배 이상의 연장길이를 가져야 한다. 갈고리는 외측축방향 철근에 걸리게 하여야 하며, 보강띠철근을 연속적으로 같은 축방향철근에 걸리게 할 경우 90°갈고리가 연달아 걸리지 않도록 연속된 보강띠철 근의 양단을 바꿔주어야 한다.

3) 후프띠철근은 외측 축방향 철근들을 감싸는 폐합띠철근 형태이거나 또는 나선철근과 유사하게 연속적으로 감은 연속띠철근 형태로 사용 할 수 있다. 폐합띠철근 형태는 양단에 띠철근 지름의 6배와 80mm중 큰 값이상의 연장길이를 갖는 135°갈고리를 가져야 한다. 연속 띠철근 형태는 양단의 띠철근 지 름의 6배와 80mm중 큰값 이상의 연장길이를 갖는 135°갈고리를 가져야 하며 이 갈고리는 축방향 철근에 걸리게 한다.

4) 심부구속 사각형 띠철근의 내진 상세



[그림 6.4] 심부구속 사각형 띠철근의 내진 상세

① 축방향 철근이 2열 이상으로 배근된 경우 최외곽 축방향 철근을 감싸는 후프띠철근만 사용하는것을 원칙으로 한다.

② 소성힌지 구간에서 축방향 철근의 이음은 가급적 피하도록 하고 불가피하게 이음을 해야하는 경우에는 겹이음이나 용접이음보다는 기계적 연결장치를 사용토록하며, 이음위치는 가능한한 최대 모우멘트의 작용위치를 피하도록한다.

(5) 횡방향 철근의 배근 범위

1) 심부구속을 위한 횡방향 철근은 기둥의 상부와 하부에 설치하며 설치구간은기둥의 최대단면 치수, 기둥 순높이의 1/6, 450mm중 가장 큰 값 이상어야 한다.
횡방향 철근은 인접부재와 연결면으로부터 기둥 치수의 0.5배 까지 연장해서 설치해야하나 그 길이가 380mm 보다 작아서는 안된다.

2) 말뚝가구의 말뚝 상단에서의 구속을 위한 횡방향 철근은 기둥에 대해 규정된 것과 같은 구간에 설치한다. 말뚝하단에서는 모멘트 고정점에서 말뚝지름의 3배 길이 만큼 내려간 위치로부터 진흙선에서 말뚝 지름의 1배와 450mm중 큰값 이상의 길이만큼 올라간 위치까지의 구간에 횡방향 철근을 설치해야 한다.

3) 철근의 최대간격은 부재 최소 단면치수의 1/4 또는 축방향철근지름의 6배중 작은 값을 초과 해서는 안된다.

4) 위 항에서 규정된 횡방향으로 구속된 부분에서는 나선철근 겹이음은 허용되지않는다. 이 부분의 나선철근연결은 완전 용접겹이음으로 해야 한다.

6.8.3 철근콘크리트 기둥의 축방향 철근에 관한 최소 규정

소성영역이 예상되는 기둥의 상부와 하부에서 기둥의 최대단면치수, 기둥순높이의 1/6, 450mm 중 가장 큰값으로 결정되는 구간에 배근되는 축방향철근은 전체 철근 중 1/2 이상이 연속철근(단일철근 또는 기계적으로 연결된 철근)이어야 한다.

6.9 지진격리교량의 설계

6.9.1 내진설계의 기본방침

(1) 내진설계 기준의 기본 개념

지진격리설계는 수평지진력에 의한 지진시 교량의 응답을 줄일 목적으로, 주로 상부구조와 하부구조 사이에, 지진격리받침을 적용하여 설계기준에서 요구하는 내진성을 확보하는 방법이다.

다음 사항을 충분히 검토하여야 한다.

1) 지진격리설계의 적용은 교량의 장주기화 혹은 지진에너지흡수성능 향상효과를 상시와 지진시의 양측면에서 검토한 후에 판단해야 한다. 특히, 다음의 조건에 해당되는 경우에는 지진격리설계를 적용하지 않는 것으로 한다.

① 하부구조가 유연하고 고유주기가 긴 교량

② 기초주변의 지반이 연약하고 지진격리설계의 적용에 따른 교량 고유주기의 증가로 지반과 교량의 공진가능성이 있는 경우

③ 받침에 부반력이 발생하는 경우

2) 교량의 장주기화로 인한 지진시 상부구조의 변위가 교량의 기능에 악영향을 주지 않도록 해야 한다.

3) 지진격리받침은 역학적 거동이 명확한 범위에서 사용하여야 한다. 또한 지진시의 반복적인 횡변위와 상하진동에 대하여 안정적으로 거동하여야 한다.

6.9.2 지진격리교량의 가속도계수

일반교량의 내진설계에 사용되는 가속도계수가 지진격리교량의 내진설계에도 동일하게 사용된다.

6.9.3 지진격리교량의 내진등급과 설계지진수준

지진격리교량의 내진등급과 설계지진수준은 일반교량의 규정과 동일하다.

6.9.4 지진격리교량의 지반계수

표에 명시된 지반계수 Si 는 지반의 분류에 정의된 지반종류에 근거를 두었다.

<표 6.8> 지진격리교량의 지반계수(Si)

지반 계수	지 반 종 류			
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
S_i	1.0	1.5	2.0	2.7

<표 6.9> 지반의 분류

지반 종류	지반 계수	지반종류의 호칭	지표면 아래 30m 토층에 대한 평균값		
			전단파 속도 (m/s)	표준관입시험 (N치(1))	비 배 수 전단강도(kPa)
Ⅰ	1.0	경암지반 보통암지반	760 이상	-	-
Ⅱ	1.5	매우 조밀한 토사지반 또는 연암지반	360에서 760	> 50	> 100
Ⅲ	2.0	단단한 토사지반	180에서 360	15에서 50	50에서 100
Ⅳ	2.7	연약한 토사지반	180 미만	< 15	< 50
Ⅴ	-	부지 고유의 특성평가가 요구되는 지반			

주) (1) 비점착성 토층만을 고려한 평균 N치

6.9.5 응답수정계수

(1) 지진격리교량의 응답수정계수(Ri)

<표 6.10> 지진격리교량의 응답수정계수(Ri)

하 부 구 조 (R_i)	계수	연 결 부 분 (R_i)	계수
벽식 교각	1.5	상부구조와 교대	0.8
철근콘크리트 말뚝가구(Bent) 1. 수직말뚝만 사용한 경우 2. 한 개이상의 경사 말뚝을 사용한 경우	 1.5 1.5	상부구조의 한 지간내 신축이음	0.8
단주(single column)	1.5	기둥, 교각 또는 말뚝가구와 캡빔 또는 상부 구조	1.0
강재 또는 합성강재와 콘크리트 말뚝가구 1. 수직말뚝만 사용한 경우 2. 한 개이상의 경사 말뚝을 사용한 경우	 2.5 1.5	기둥 또는 교각과 기초	1.0
다주가구	2.5		

(2) 응답수정계수의 적용

지진격리교량의 응답수정계수의 적용은 일반교량의 규정과 동일하다.

6.9.6 해석방법

(1) 해석방법

1) 등가정적하중법

$$F_e = C_s W$$

$$C_s = \frac{K_{eff} \times d}{W} = \frac{A \times S_i}{T_{eff} \times B} \leq 2.5A$$

$$d = \frac{250 \times A \times S_i \times T_{eff}}{B}$$

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{eff} \times g}}$$

여기서, F_e : 등가지진력

W : 상부구조물의 총중량

C_s : 탄성지진응답계수

d : 지반에 대한 상부구조의 총변위

T_{eff} : 유효주기

K_{eff} : 지진격리받침의 유효강성

<표 2.43> 지진격리교량의 감쇠계수(B)

지진격리교량의 감쇠계수	지진격리시스템의 등가감쇠비 $\beta(\%)$				
	≤2	5	10	20	30
B	0.8	1.0	1.2	1.5	1.7

2) 단일모드스펙트럼해석법

$$p_e(x) = w(x) C_s$$

여기서, $p_e(x)$: 등가정적 지진하중의 단위길이당 하중강도

w : 상부구조의 단위길이당 고정하중

C_s : 탄성지진응답계수

3) 다중모드스펙트럼해석법

$$C_{si} = \frac{A \times S_i}{T_i} \qquad (T_i \le 0.8 T_{eff})$$

$$C_{si} = \frac{A \times S_i}{T_i B} \qquad (T_i > 0.8 T_{eff})$$

여기서, C_{si} : i번째 모드의 탄성지진응답계수

T_i : i번째 모드의 주기

4) 시간이력해석법

① 지진격리받침의 비선형 특성을 고려하여야 한다.

② 시간이력해석을 위한 지진입력 시간이력은 감쇠율 5%에 대한 설계지반응답스펙트럼에 부합되도록 실제 기록된 지진운동을 작성하여 사용해야 한다.

③ 작성된 시간이력이 설계지반 응답스펙트럼에 부합되기 위해서는 작성된 시간이력의 평균 응답스펙트럼이 다음 요건을 만족해야 한다.

(가) 시간이력의 응답스펙트럼 값이 설계지반 응답스펙트럼값보다 낮은 주기의 수는 5개 이하이고 낮은 정도는 10%이내이어야 한다.

(나) 시간이력의 응답스펙트럼을 계산하는 주기의 간격은 스펙트럼 값의 변화가 10%이상 되지 않을 정도로 충분히 작아야 한다.

④ 시간이력의 지속시간은 10~25초 또 강진구간 지속시간은 6~10초가 되도록 하여야 한다.

⑤ 두방향 이상의 시간이력을 동시에 고려할 경우, 각 직교방향의 시간이력은 통계학적으로 독립되어야 한다. 여기서, 두 시간이력 사이의 시작시간 차이를 고려하여 계산된 상관계수함수의 최대절대값이 0.3을 넘지 않는다면 두 시간이력은 통계학적으로 독립이라고 잔주할 수 있다.

⑥ 7쌍 미만의 지반운동시간이력에 의한 해석 결과로부터 얻어진 응답치의 최대값 혹은 7

쌍 이상의 해석결과로부터 얻어진 평균값을 설계값으로 한다.

6.9.7 기타 요구조건

(1) 상시 수평력 안정성

1) 지진격리받침은 풍하중, 원심력, 제동력, 온도변위에 의한 하중을 포함하는 모든 상시 수평력 조합에 안정적으로 거동하도록 설계되어야 한다.

2) 지진격리받침 탄성중합체의 최대전단변형율은 상시 70%, 지진시 200%이내 이어야 한다.

(2) 수직력 안정성

지진격리받침은 수평변위가 없는 상태에서 고정하중과 활하중을 더한 수직하중에 대하여 최소한 3 이상의 안전율을 제공하여야 한다. 또한 1.2배의 고정하중, 지진하중으로 인한 수직 하중, 그리고 횡방향 변위로 인한 전도하중의 합에 대하여 안정적으로 거동하도록 설계하여야 한다. 여기서 전도하중을 계산할 때의 횡방향 변위는 옵셋변위와 설계지진에 의한 설계변위의 2.0배와 같다.

(3) 회전성능

지진격리받침의 회전성능은 고정하중, 활하중, 시공오차의 영향을 포함하여야 하고, 여기서 고려되는 시공오차의 설계회전각은 0.005 rad보다 작아서는 안된다.

7. 지하공동구 내진 설계기준

7.1 내진설계의 기본방침

7.1.1 내진설계 기준의 기본 개념

설계기준은 다음의 기본 개념에 기초를 두고 있다.

(1) 지진시 구조물의 기능이 마비됨으로 인한 사회적 간접피해 및 재산피해를 최소화 한다.

(2) 지진시 구조물의 부분적인 피해는 허용하나 내부시설물의 피해는 방지한다.

(3) 지진시 가능한 한 지하공동구의 기본 기능은 발휘할 수 있게 한다.

(4) 인명 피해를 최소화한다.

(5) 설계기준은 국내 전역에 적용한다.

7.1.2 내진설계 흐름도

(1) 건설지점의 선정

(2) 구조물의 중요도에 따른 등급결정

(3) 건설지점의 지반조사

(4) 구조형식 및 단면가정

(5) 지진응답해석법의 결정

(6) 설계하중의 산정

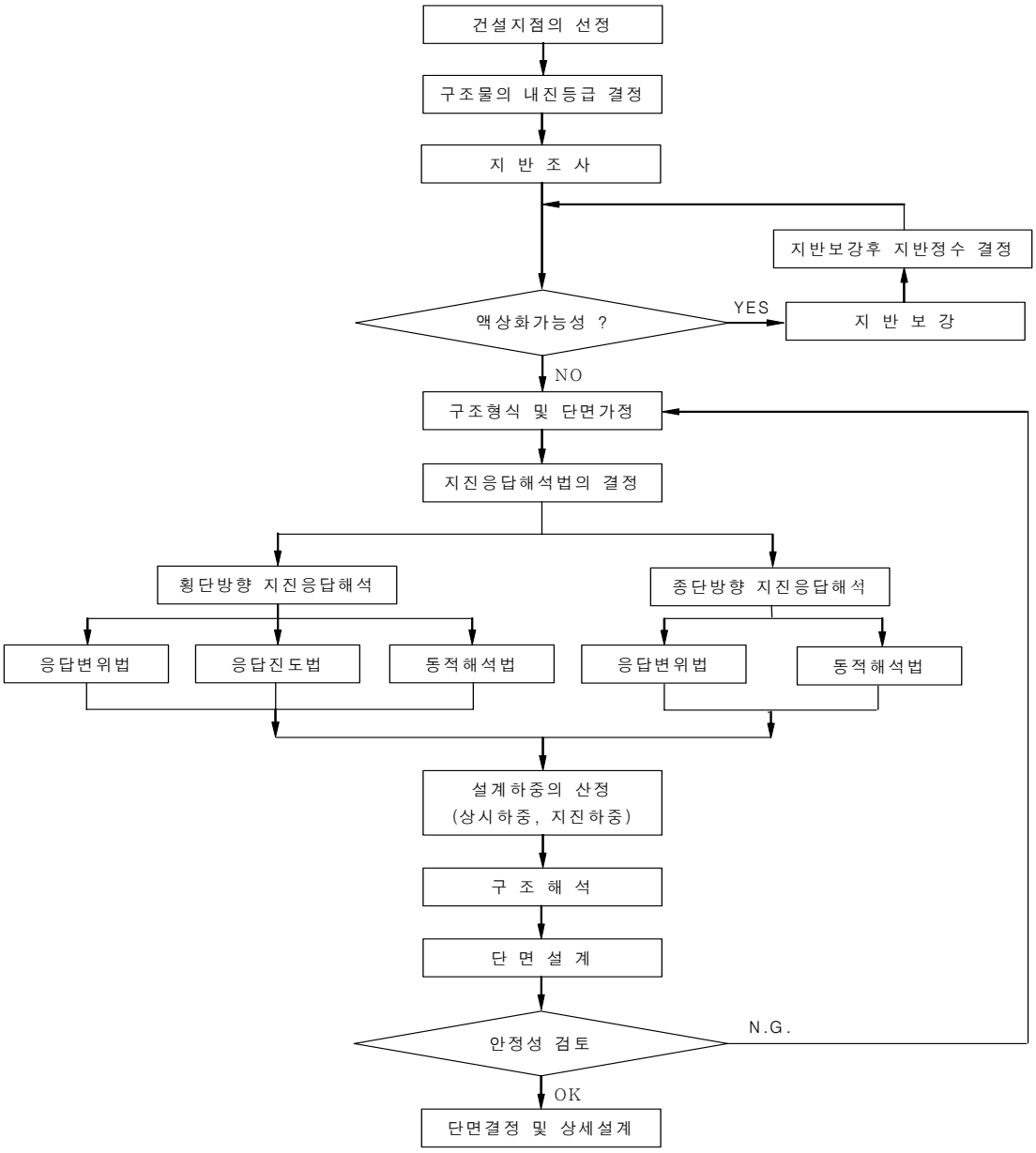
(7) 구조해석

(8) 단면설계

(9) 안정성 검토

(10) 단면결정 및 세부설계

본 설계기준의 내진설계절차에서는 지반의 액상화를 허용하지 않으며 콘크리트 구조물은 강도설계법에 따라 설계하는 것을 원칙으로 한다. 액상화가 발생 가능한 경우에는 액상화 방지대책을 통해 액상화 가능성을 차단하고 내진설계를 실시한다.



[그림 7.1] 내진설계 흐름도

7.2 설계지반운동

지하공동구의 내진설계에 있어서 지진하중의 산정을 위한 설계응답스펙트럼을 결정하기 위해서는 먼저 건설지점의 지진재해도와 구조물의 성능목표에 따른 지역계수(Z)와 위험도계수(I)를 정한다. 그리고 기반지반의 분류에 명시된 기준에 따라 설계기반면을 결정하고 기반지반에 대한 지반분류를 수행해야 한다. 마지막으로 분류된 기반지반의 종류와 지진구역에 따른 지진계수(C_a 및 C_v)를 구하여 설계응답스펙트럼을 결정한다. 동적해석법을 적용할 경우 설계가속도응답스펙트럼에 준하는 가속도 시간이력을 작성하여 사용하여야 하며, "7.2.3 가속도 시간이력"에 제시된 요건을 만족하여야 한다.

7.2.1 기반면 설계지반운동 수준

<표 7.1> 지진구역 구분

지진구역	행 정 구 역	
Ⅰ	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시
	도	경기도, 강원도 남부(1), 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부(2)
Ⅱ	도	강원도 북부(3), 전라남도 남서부(4), 제주도

주) (1) 강원도 남부 (군, 시) : 영월, 정선, 삼척시, 강릉시, 동해시, 원주시, 태백시
(2) 전라남도 북동부 (군, 시) : 장성, 담양, 곡성, 구례, 장흥, 보성, 여천, 화순, 광양시, 나주시, 여천시, 여수시. 순천시
(3) 강원도 북부 (군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천시, 속초시
(4) 전라남도 남서부 (군, 시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥, 함평, 목포시
(5) 행정구역의 경계를 통과하는 교량의 경우에는 구역계수가 큰 값을 적용한다.

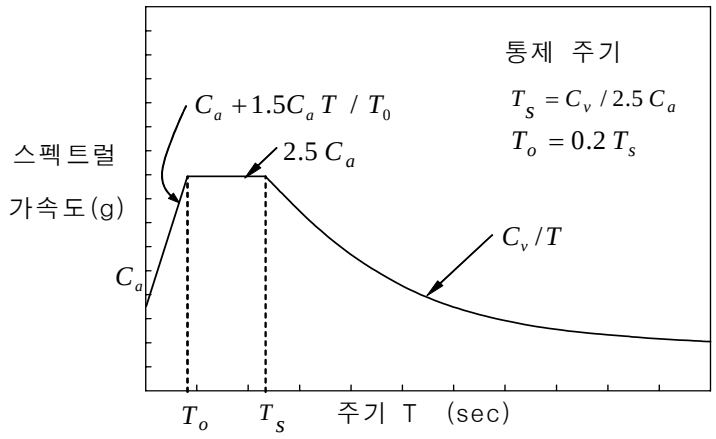
<표 7.2> 지진구역 계수 (재현주기 500년에 해당)

지 진 구 역	Ⅰ	Ⅱ
구 역 계 수	0.11	0.07

<표 7.3> 위 험 도 계 수

재현주기 (년)	50	100	200	500	1000	2400
위험도 계수, Ⅰ	0.4	0.57	0.73	1	1.4	2.0

7.2.2 기반면에서의 설계응답스펙트럼



[그림 7.2] 설계가속도응답스펙트럼의 형상 (5% 감쇠비)

지진계수 C_a 및 C_v

<표 7.4> 지진계수 C_a 및 C_v

지반종류	지진계수 C_a		지진계수 C_v	
	지진구역 Ⅰ	지진구역 Ⅱ	지진구역 Ⅰ	지진구역 Ⅱ
S_A	0.09	0.05	0.09	0.05
S_B	0.11	0.07	0.11	0.07
S_C	0.13	0.08	0.18	0.11
S_D	0.16	0.11	0.23	0.16
S_E	0.22	0.17	0.37	0.23

7.2.3 가속도 시간이력

동적해석을 위한 기반면에서 가속도 시간이력은 설계가속도응답 스펙트럼에 상응하도록 작성하여야 하며 다음 조건을 만족하여야 한다.

(1) 지진지속시간과 강진지속시간은 아래표의 조건을 만족해야 한다.

(2) 시간이력의 개수는 설계응답 스펙트럼을 만족하기 위하여 10개 이상의 가속도 시간이력을 사용해야 한다.

(3) 가속도 시간이력을 이용하여 구한 5% 감쇠비에 대한 메디안 가속도응답 스펙트럼이 지하공동구 구조물의 지진응답에 영향을 주는 주요 진동수범위에서 설계가속도응답스펙트럼보다 크거나 같도록 해야 한다. 이때 지하공동구 구조물의 지진응답에 영향을 주는 주요 진동수(f)의 범위는 $0 < f \leqq \frac{2}{T_{Dg}}$이다.

<표 2.48> 가속도 시간이력의 지진 지속시간 및 강진 지속시간 요구조건

성능목표	지진 지속시간	강진 지속시간
기능수행수준	11초 이상	5초 이상
붕괴방지수준	18초 이상	7초 이상

7.3 지반의 분류

건설지점에 대한 지반조사 결과를 이용하여 지하공동구 구조물의 바닥면 보다 깊은 위치에 지진입력의 기준점이 되는 기반면을 정한다. 분류된 기반지반은 기반면에 대한 설계가속도응답스펙트럼을 결정할 때 사용한다.

<표 2.49> 기반지반의 분류

지반 종류	지반종류의 호칭	상부 30.5m에 대한 평균 지반특성		
		전단파속도 (m/sec)	표준관입시험 N값 (blow/foot)	비배수 전단강도, s_u (kPa)
S_A	경암지반	1500 초과	-	-
S_B	보통암지반	760 ~ 1500		
S_C	매우 조밀한 토사지반 및 연암지반	360 ~ 760	> 50	> 100
S_D	단단한 토사지반	180 ~ 360	15 ~ 50	50 ~ 100
S_E	연약한 토사지반	180 미만	< 15	< 50
S_F	부지 고유의 특성평가가 요구되는 지반			

7.4 설계하중 및 하중조합

7.4.1 설계하중

지하공동구의 내진설계시 고려해야 하는 설계하중은 다음과 같다.

(1) 고정하중 (D)

(2) 활하중 (L)

(3) 토압 (P)

(4) 수압 (H)

(5) 부력 (Q)

(6) 지진하중 (E)

여기서 지진하중(E)은 수평동토압(EE)과 주면전단력(ES) 및 구조물의 관성력(EI)을 합한 하중이다.

7.4.2 하중조합

지하공동구의 내진설계시 내진성능목표를 만족하기 위하여 다음과 같은 하중조합을 사용하여 설계하도록 한다.

(1) 기능수행수준

기능수행수준에 대한 하중조합은 다음과 같다.

$$U = 0.75\ (1.4D+1.7L+1.8P+1.8H+1.8Q+1.8E)$$

그리고 고정하중이 지배적인 지하공동구에 대해서는 고정하중(D)을 10% 할증하여 적용하며 이때 활하중(L)이 영(0)인 경우도 고려한다.

(2) 붕괴방지수준

붕괴방지수준에 대한 하중조합은 다음 중에서 하나를 택하여 수행할 수 있다.

1) 다음 하중조합에 대하여 선형탄성해석에 의해 구조해석을 수행하고 강도설계법에 의하여 단면을 설계하면 붕괴방지수준의 성능을 확보한 것으로 한다.

$$U = 1.0(D+L+P+H+Q+E)$$

2) 지진하중에 대하여 응답수정계수(R)를 적용한 다음의 하중조합에 대하여 강도설계법에 의해 설계한다. 구조해석은 선형탄성해석에 의해 수행한다.

$$U = 1.0(D+L+P+H+Q+\frac{1}{R}E)$$

3) 응답수정계수(R)는 휨모멘트 계산에는 3.0 을 적용하며 축력과 전단력 계산에는 1.0을 적용한다. 이식을 적용할 때는 반드시 본 설계기준에 명시된 내진설계 구조상세를 따라야만 붕괴방지수준의 성능을 확보한 것으로 한다.

7.5 지진응답해석법

지하공동구의 지진응답해석은 설계단면의 횡단방향과 종단방향에 대해 각각 수행되어야 한다.

<표 7.7> 지하공동구의 지진응답해석법

지진응답해석 단면	지진응답해석법	지진입력 성분
횡단방향	응답변위법	수평성분
	응답진도법	
	동적해석법	
종단방향	응답변위법	수평 및 수직성분
	동적해석법	

박스단면인 경우 위표의 해석방법 중 설계결과의 보수성과 설계자의 편리성을 고려하여 응답변위법을 적용함을 원칙으로 한다. 단, 설계자의 판단에 따라 응답변위법보다 정밀한 해석방법(응답진도법 또는 동적해석법)을 적용할 수 있다.

분기지점, 환기구, 작업구의 지진응답해석은 설계자의 판단에 따라 위표에 제시된 방법 중 하나를 적용할 수 있다. 각 해석방법은 안전측 해석결과가 확보될 수 있는 범위에서 설계자의 판단에 따르며 구조물 거동의 3차원 효과를 고려하여야 한다.

7.6 박스단면의 응답변위법에 의한 해석

7.6.1 표층지반의 설계고유주기 산정

기반면에서 지표면 사이 지반인 표층지반의 설계고유주기T_{Dg}는

$$T_{Dg} = 4\sum_{i=1}^{n}\frac{H_i}{V_{SDi}}\,(\mathrm{sec})$$

여기서, T_{Dg} : 표층지반의 설계고유주기 (sec)

H_i : 제 i층의 두께 (m)

V_{Si} : 제 i층의 설계전단파속도 (m/sec)

n : 기반면과 지표면 사이 수평층상지반의 개수

1) 점성토층의 경우

$$V_{Si} = 100\,(N_i)^{1/3} \quad (1 \le N_i \le 25) \quad (\mathrm{m/sec})$$

2) 사질토층의 경우

$$V_{Si} = 80\,(N_i)^{1/3} \quad (1 \le N_i \le 50) \quad (\mathrm{m/sec})$$

설계전단파속도는 기능수행수준 지진입력인 경우에는 전단탄성파속도와 동일한 값을 사용한다. 그러나 붕괴방지수준 지진입력인 경우에는 지반의 비선형거동에 의한 지반강성감소를 고려하여 아래식과 같이 수정한다.

3) 붕괴방지수준 지진입력

$$V_{SDi} = 0.8\,V_{Si} \quad (V_{Si} < 300\,\mathrm{m/sec})$$

$$V_{SDi} = 1.0\,V_{Si} \quad (V_{Si} \ge 300\,\mathrm{m/sec})$$

7.6.2 횡단방향의 지진응답해석

(1) 구조해석모델 작성 및 하중재하

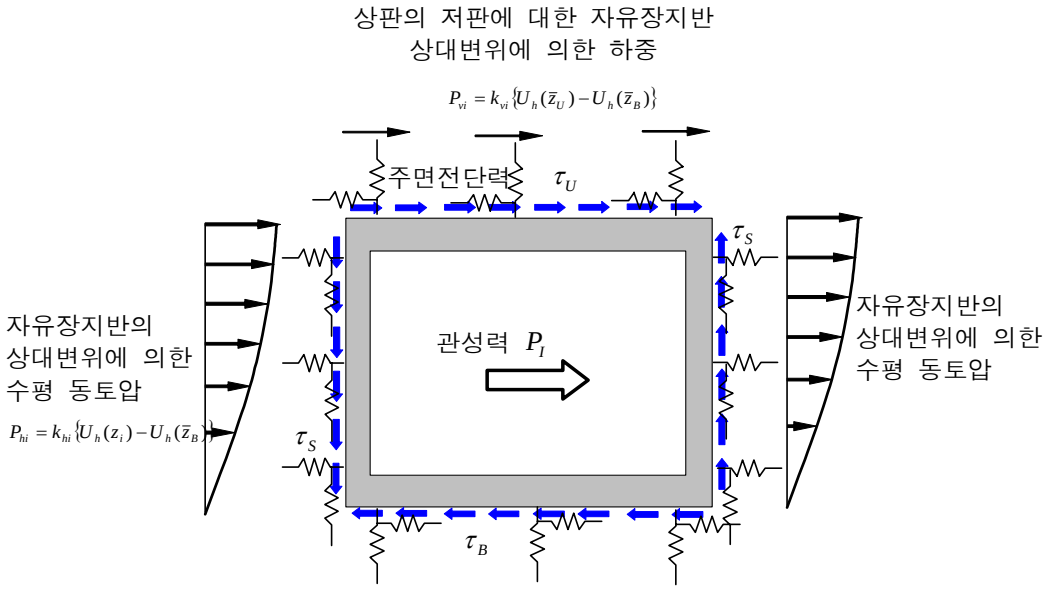
구조해석모형은 다음 기준에 따라 작성한다.

1) 구조물의 거동은 종단방향 단위길이에 대하여 구조물 단면중심을 따라 등가의 보요소로 표현한다.

2) 보요소의 길이는 수평 동토압의 실제분포를 정확하게 반영할 수 있도록 30cm 이하가 되도록 한다.

3) 지반의 영향은 보요소의 절점에 부착된 전단스프링과 연직스프링으로 나타낸다.

4) 지진하중은 측벽과 상판에 자유장지반의 상대변위를 스프링 원단에 강제변위로 작용하는 수평 동토압 하중, 구조물 전체에 작용되는 주면전단력 및 관성력 하중으로 구성된다.



[그림 7.3] 응답변위법에 의한 횡단방향 지진응답해석시 지진하중

(2) 자유장지반 절대가속도 및 상대변위의 최대진폭 산정

구조물의 부재력이 최대가 되도록 하는 자유장 표층지반의 지진응답은 응답스펙트럼해석법 또는 동적해석법(시간이력해석법 또는 주파수영역해석법)을 사용하여 계산한다. 단, 지하공동구가 건설되는 위치에서 지층강성의 수직변화가 큰 경우 설계자의 판단에 따라 동적해석법을 사용해야 한다.

1) 응답스펙트럼해석법

① 표층지반에서 절대가속도 응답의 가속도계수는

$$A_h(z) = A_h' + \frac{4}{\pi}(S_a - A_h') \cdot \cos\left(\frac{\pi z}{2H}\right) (\text{무차원})$$

여기서, $A_h(z)$: 지표면으로부터 깊이z에서의 수평방향 가속도계수 (무차원)

z : 지표면으로부터의 깊이 (m)

H : 전체 표층지반의 깊이 (m)

S_a : 기반면의 설계지진입력에 의한 표층지반의 스펙트럴 가속도로서 설

계가속도응답스펙트럼의 형상에서 주기 $T = T_{Dg}$ 일 때 가속도 스펙트럼 값 (g)

A_h': 기반면에서 설계수평지진계수 $A_h' = C_a \cdot I$ (무차원)

② 기반면 변위에 대한 표층지반 수평상대변위의 최대진폭은

$$U_h(z) = \frac{2}{\pi^2} \cdot S_v \cdot T_{Dg} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2H} z\right) \quad \text{(m)}$$

여기서, $U_h(z)$: 지표면으로부터 깊이 z에서의 수평 상대변위의 최대진폭

S_v : 표층지반의 설계응답속도 $S_v = \frac{T_D g}{2\pi} \cdot g \cdot S_a$ (m/sec)

여기서 g는 중력가속도로서 9.807 $\mathrm{m/sec^2}$이다.

2) 동적해석법

수직으로 입사하는 지진파의 평행층상 반무한 지반에 대한 일차원 파동전파이론에 따라 표층지반의 절대가속도와 기반면에 대한 상대변위의 수직분포함수를 결정한다. 동적해석방법으로 전단빌딩해석모형을 사용한 선형 또는 비선형 시간이력해석법과 전달함수법 또는 동적강성행렬법을 사용한 주파수영역해석법이 사용될 수 있다. 주파수영역해석법을 사용할 경우 지반의 비선형거동은 등가선형화기법을 이용하여 고려한다. 최대응답의 수직분포는 구조물에 가장 불리한 시점에 대한 표층응답의 분포함수 또는 각 표층응답의 최대응답 분포함수를 사용한다.

(3) 공동 지반에 대한 지반반력계수 산정

구조물이 설치될 위치의 지반을 제거한 지반(공동 지반)에 대한 지반반력계수는 각종 지반조사 및 시험 결과에 의해 얻어진 변형계수와 기초의 재하폭 등의 영향을 고려하여 정하는 것을 원칙으로 한다.

(4) 지진하중 산정

1) 지진시 수평 동토압 하중 (EE)

$$P_{hi} = k_{hi} \{U_h(z_i) - U_h(\bar{z}_B)\} \quad \text{(N/m)}$$

$$P_{vi} = k_{vi} \{U_h(\bar{z}_U) - U_h(\bar{z}_B)\} \quad \text{(N/m)}$$

여기서, P_{hi} : 측벽의 절점 i에 작용되는 수평 동토압의 등가하중 (N/m)

P_{vi} : 상판의 절점 i에 작용되는 수평 동토압의 등가하중 (N/m)

k_{hi} : 절점 i의 연직방향(측벽) 스프링요소 지반반력계수 (N/m)

k_{vi} : 절점 i의 전단방향(상판) 스프링요소 지반반력계수 (N/m)

z_i : 절점 i의 z좌표 (m)

$\bar{z}_B$: 저판 도심의 z좌표 (m)

$\bar{z}_U$: 상판 도심의 z좌표 (m)

2) 주면전단력 (ES)

$$\tau_U = \left(\frac{G_S}{\pi H}\right) \cdot S_v \cdot T_{Dg} \cdot \sin\left(\frac{\pi z_U}{2H}\right) (\mathrm{Pa})$$

$$\tau_B = \left(\frac{G_S}{\pi H}\right) \cdot S_v \cdot T_{Dg} \cdot \sin\left(\frac{\pi z_B}{2H}\right) (\mathrm{Pa})$$

$$\tau_S = \frac{(\tau_U + \tau_B)}{2} (\mathrm{Pa})$$

여기서, τ_U : 지진시 상판에 작용하는 주면전단력 (Pa)

τ_B : 지진시 저판에 작용하는 주면전단력 (Pa)

τ_S : 지진시 측벽에 작용하는 주면전단력 (Pa)

S_v : 기반면의 설계지진입력에 의한 표층지반의 스펙트럴 속도 (m/sec)

T_{Dg} : 표층지반의 고유주기 (sec)

z_U : 지표면에서 상판까지의 깊이 (m)

z_B : 지표면에서 저판까지의 깊이 (m)

H : 표층지반의 깊이 (m)

G_S : 지하공동구 구체를 포함하는 지층의 평균 전단탄성계수

$G_S = \rho_s \cdot (V_{SS})^2$ (Pa)

여기서, ρ_s : 지반의 질량밀도 (kg/m^3)

V_{SS} : 지하공동구 구체를 포함하는 지층의 평균 설계전단파속도 (m/sec)

3) 구조물의 관성력 (EI)

$$P_I = W_{str} \cdot A_{hav} (\mathrm{N/m}) \quad \cdots\cdots \text{식(7.1)}$$

여기서, W_{str} : 종단방향 단위길이(1 m)에 대한 지하공동구 구조체의 중량 (N/m)

A_{hav} : 설계수평지진계수로서 식 (7.1)에 상판, 저판, 벽체(측벽 또는 내벽) 도심의 좌표를 대입하여 계산 (무차원)

7.6.3 종단방향의 지진응답해석

(1) 지반진동의 설계파장

지진으로 인한 종단방향 지반진동의 설계파장은 다음 식으로부터 구한다.

$$L = \frac{2L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}(\mathrm{m})$$

$$L_1 = T_D g \cdot V_{DS}(\mathrm{m}),\ L_2 = T_{Dg} \cdot V_{BS}(\mathrm{m})$$

여기서, L : 종단방향 지반진동의 설계파장 (m)

V_{BS} : 기반지반의 전단파속도(m/sec)

V_{DS} : 표층지반의 설계전단파속도로

$$V_{DS} = \frac{4H}{T_{Dg}}(\mathrm{m/sec})$$

(2) 종단방향 자유장지반 변위의 최대진폭 산정

지하공동구 구조물 중심에서 자유장지반 수평변위(U_h)의 최대진폭은

$$U_h = \frac{2}{\pi^2} S_v \cdot T_{Dg} \cdot \cos\left(\frac{\pi z_c}{2H}\right)$$

여기서, z_c : 지표면에서 구조물 중심까지의 거리 (m)이다.

그리고 자유장지반의 수직변위(U_v)는 수평변위의 50%를 사용한다.

$$U_v = \frac{1}{2} U_h$$

(3) 지반의 강성계수 산정

지하공동구의 종단방향, 종단방향과 직교하는 수평면내 및 연직면내 변위에 대한 지반의 강성계수는 다음 식에 의해 산정한다.

$$k_1 = C_1 \cdot G_{eq}$$

$$k_2 = C_2 \cdot G_{eq}$$

$$k_3 = C_3 \cdot G_{eq}$$

여기서, C_1, C_2, C_3은 지반의 강성계수 k_1, k_2, k_3에 대한 정수로서 실험 등의 조사결과를 기초로 정하며, 일반적으로 $C_1 = C_2 = 1.0$, $C_3 = 3.0$을 사용한다. 그리고 G_{eq}는 지반의 동적 전단탄성계수로서 종단방향 검토시 표층지반 전체의 평균치를 사용한다.

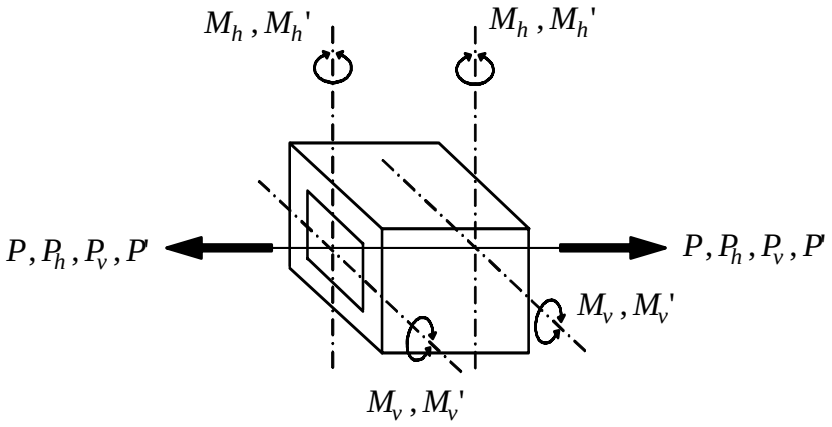
$$G_{eq} = \rho_{seq} \cdot (V_{DS})^2$$

여기서, ρ_{seq} : 표층지반의 환산단위체적중량으로

$$\rho_{seq} = \frac{1}{H}\sum_{i=1}^{n} \rho_{si} \cdot H_i \text{ 이며 } V_{DS}$$

는 표층지반의 설계전단파속도이다.

(4) 단면력의 산정



[그림 7.4] 종단방향 지진응답해석에 의한 단면력

1) 수평면 내 및 수직면 내의 지반진동에 의한 축력과 휨모멘트를 위그림과 같이 나타낼 수 있으며, 지하공동구의 이음부를 제외한 단면력은 다음 식들로 산정할 수 있다.

$$P_h = \alpha_1 \cdot \xi_1 \cdot \frac{\pi E_c \cdot A}{L} \cdot U_h$$

$$P_v = \alpha_1 \cdot \xi_1 \cdot \frac{\pi E_c \cdot A}{L} \cdot \frac{U_h + U_v}{2}$$

$$M_h = \alpha_2 \cdot \xi_2 \cdot \frac{4\pi^2 E_c \cdot I_h}{L^2} \cdot U_h$$

$$M_v = \alpha_3 \cdot \xi_3 \cdot \frac{4\pi^2 E_c \cdot I_v}{L^2} \cdot U_v$$

여기서, P_h , P_v : 수평면내 및 연직면내의 지반진동에 의한 축력 (N/m)

M_h , M_v : 수평면내 및 연직면내의 지반진동에 의한 휨모멘트 (N-m/m)

E_c : 콘크리트의 탄성계수 (Pa)

A : 지하공동구 단면적 (m^2)

L : 지반진동의 설계파장 (m)

I_h , I_v : 지하공동구 수평면 내 및 연직면내 단면 2차모멘트 (m^4)

U_h , U_v : 지하공동구 중심위치의 깊이에서 지반진동의 수평방향 및 연직방향의 변위진폭 (m)

ξ_1, ξ_2,ξ_3 : 종단방향 신축이음에 의한 단면력 저감계수로서 30m 표준간격으로 신축이음이 설치된 경우 다음 식으로 계산한다. 40m 이상인 경우의 저감계수는 1이다. 30m 이하인 경우에는 30m에 대한 저

감계수를 사용한다. 30~40m인 경우에는 선형함수로 보간하여 저감계수를 계산한다.

$$\xi_1 = \frac{900}{(L)^{1.8}} \text{ (무차원)}$$

$$\xi_2 = \frac{1.16 \cdot 10^6}{(L)^{3.6}} + 890(\lambda_2)^{3.7} \text{ (무차원)}$$

$$\xi_3 = \frac{5.31 \cdot 10^5}{(L)^{3.7}} + 145(\lambda_3)^{2.9} \text{ (무차원)}$$

α_1, α_2, α_3 : 지하공동구 종단방향에 직교하는 수평면 내 및 연직면내 지반에 발생하는 변위가 구조물에 전달되는 전달률로서 다음 식으로 계산한다.

$$\alpha_1 = \frac{1}{1+(\frac{2\pi}{\lambda_1 \cdot L'})^2} \quad \text{(무차원)}$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{1+(\frac{2\pi}{\lambda_2 \cdot L})^4} \quad \text{(무차원)}$$

$$\alpha_3 = \frac{1}{1+(\frac{2\pi}{\lambda_3 \cdot L})^4} \quad \text{(무차원)}$$

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{k_1}{E_c \cdot A}}, \quad \lambda_2 = \sqrt[4]{\frac{k_2}{E_c \cdot I_h}}, \quad \lambda_3 = \sqrt[4]{\frac{k_3}{E_c \cdot I_v}} \quad \text{(1/m)}$$

$$L' = \sqrt{2}\, L \quad \text{(m)}$$

2) 축력과 휨모멘트를 동시에 받는 지하공동구 단면의 응력을 구하기 위해 지진입력방향 및 위상관계 등을 고려하여 위에서 계산된 단면력을 다음과 같이 합성한다.

① 수평면내의 경우 :

$$P_h' = \frac{1}{\sqrt{2}} P, \quad M_h' = \frac{1}{\sqrt{2}} M_h$$

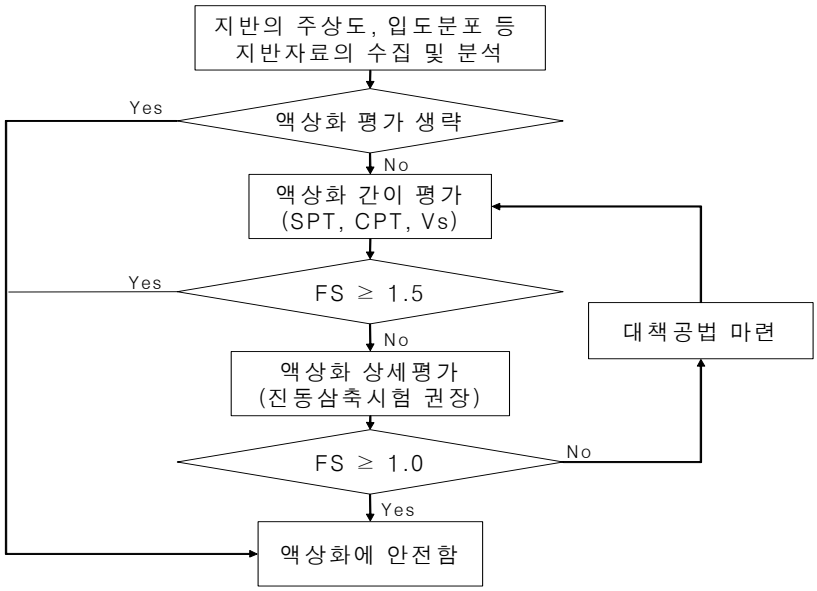
② 연직면내의 경우 :

$$P_v' = \frac{1}{\sqrt{2}} P, \quad M_v' = \frac{1}{\sqrt{2}} M_v$$

여기서, $P = \sqrt{2(P_h)^2 + 2(P_v)^2}$ 이다.

7.7 액상화 평가 및 액상화 방지대책

7.7.1 국내에 적합한 액상화 평가방법



[그림 7.5] 국내에 적합한 액상화 평가방법의 흐름도

(1) 액상화 평가시 기본적인 자료

1) 지질 및 지형에 대한 자료
2) 입도분포, 밀도, 지하수위
3) 변형률수준에 따른 각 지층의 전단탄성계수와 감쇠비
4) 현장시험이나 실내시험자료
5) 설계 지진규모 (최대 지반가속도와 지속시간)

(2) 액상화 평가 생략 여부 판단

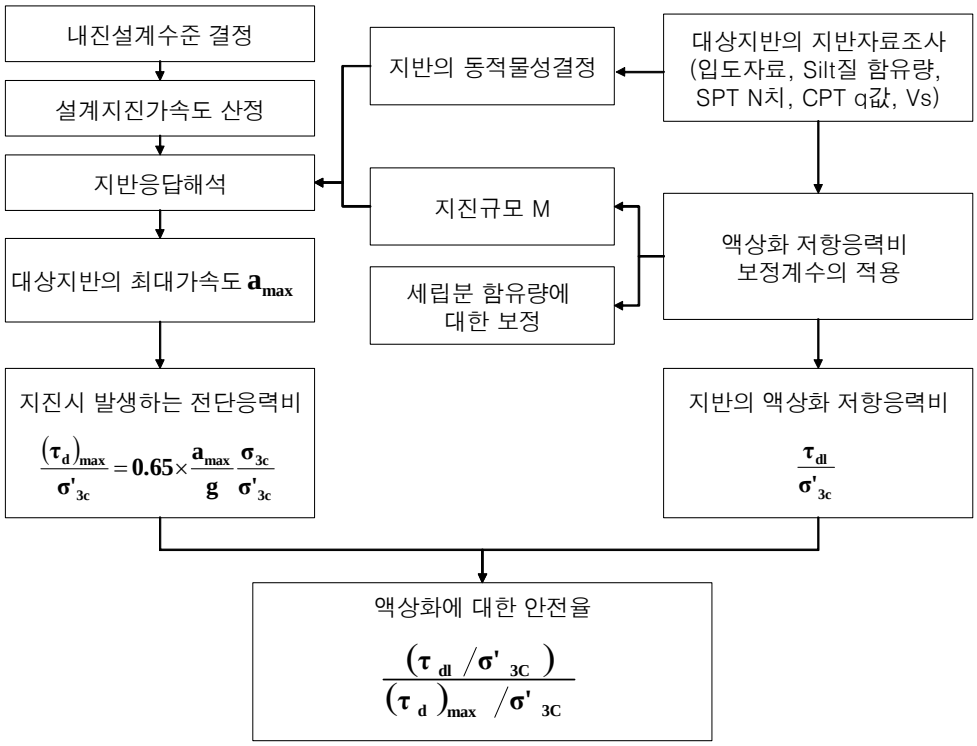
다음의 경우에는 액상화 평가를 생략한다.

1) 지하수위 위의 지반
2) 주상도상의 표준관입 저항치(N)가 20이상인 지반
3) 대상지반 심도가 20m 이상인 지반
4) 소성지수(PI)가 10이상이고 점토성분이 20%이상인 지반
5) 세립토 함유량이 35%이상인 경우
6) 상대밀도가 80%이상인 지반
7) 지반분류가 S_A ~ S_B인 지반
8) 대상 지반의 입도분포곡선을 작성하였을 때, 액상화가 발생 가능한 입도분포영역 외에

분포할 때

(3) 액상화 간이평가

지하공동구 내진설계를 위한 액상화 간이평가는 수정 Seed와 Idriss방법을 사용하며 지반응답해석을 이용한 전단응력비와 액상화 저항응력비에 대한 안전율을 기준으로 한다.



[그림 7.6] 액상화 간이평가 흐름도(수정 Seed와 Idriss 방법)

1) 지반의 동적물성 결정

지반의 동적 물성에 대해 보유하고 있는 자료가 없을 경우, 경험적 상관관계에 의해 추정된 변형률 수준별 정규화 전단탄성계수($G/G_{\max}$)와 감쇠비(D)를 결정한다.

2) 액상화 저항응력비 산정시 보정계수의 적용

SPT, CPT, 탄성파시험 등의 결과는 유효상재압, 작업자의 숙련도, 시험장비의 효율, 현장상태 등과 같이 여러 조건에 따라서 값의 차이가 발생하므로, 이에 대한 보정을 수행한다.

3) 세립분 함유량에 대한 보정

세립분 함유량에 따라 액상화 저항응력비가 증가하므로 그에 대한 보정을 한다.

4) 지진규모 고려

지진의 규모는 지진에너지를 표현하는 정량적인 양이므로 국내 기준 지진규모를 6.5로 적용하여 보정한다.

5) 지반응답해석을 통한 대상지반의 최대 가속도 산정

일반적으로 실지진기록 및 인공지진 시간이력을 이용하여 지반응답해석을 수행한다. 이때 외국의 실지진기록을 수정하여 이용할 수 있으며, 여기에 안전한 내진성능평가를 위해서 해당지역의 특성을 반영하는 인공적인 지진기록을 사용한다.

6) 지진시 발생하는 전단응력비 산정

$$\frac{(\tau_d)_{\max}}{\sigma'_{3c}} = 0.65 \cdot \frac{a_{\max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{3c}}{\sigma'_{3c}}$$

여기서, $a_{\max}$: 최대가속도

g : 중력가속도

σ_{3c} : 액상화를 평가하고자 하는 지점에서의 총 상재압

σ'_{3c} : 액상화를 평가하고자 하는 지점에서의 유효 상재압

7) 지반의 액상화 저항응력비 산정

현장시험을 통해 산정한 SPT의 N값, CPT의 q값 또는 탄성파시험의 전단파속도 V_{s1}를 이용하여 액상화 저항응력비(τ_{dl}/σ'_{3c})를 산정한다.

8) 액상화 안전율 평가

액상화 안전율은 식 (1)와 같이 지반의 액상화 저항응력비(τ_{dl}/σ'_{3c})와 지진시 발생하는 전단응력비($(\tau_d)_{\max}/\sigma'_{3c}$)의 비를 통해 산정한다. 안전율 산정을 통한 액상화 평가는 다음과 같다.

① 액상화 간이평가의 기준 안전율은 1.5이다. 안전율이 1.5이상인 경우, 액상화에 대해 안전한 것으로 판정한다.

② 액상화 간이평가의 기준 안전율 1.5 미만인 경우, 액상화 상세평가를 수행한다.

$$F_S = \frac{\tau_{dl}/\sigma'_{3c}}{(\tau_d)_{\max}/\sigma'_{3c}} \quad \cdots\cdots \text{식(1)}$$

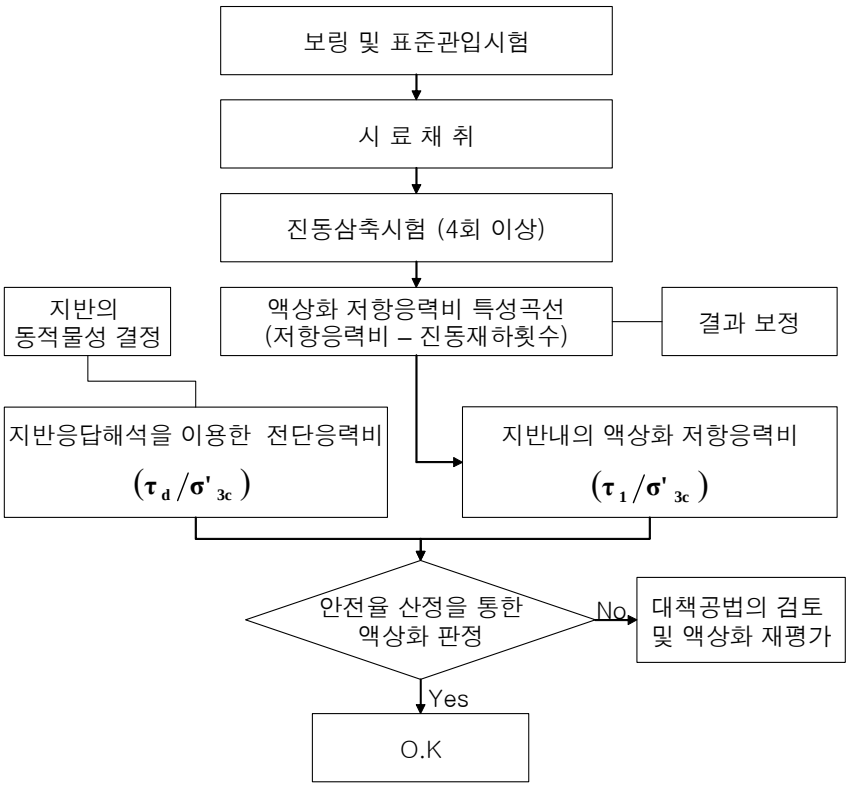
여기서, τ_{dl}/σ'_{3c} : 액상화 저항응력비

$(\tau_d)_{\max}/\sigma'_{3c}$: 지진력을 표현한 전단응력비

σ'_{3c} : 액상화를 평가하고자 하는 지점의 유효 상재압

(4) 액상화 상세평가

액상화 간이 평가를 실시하여 안전율이 1.5미만일 경우 액상화 상세평가를 실시한다. 지하공동구 내진설계를 위한 액상화 상세평가는 지반응답해석을 이용한 전단응력비와 실내 진동삼축시험을 이용한 액상화 저항응력비에 대한 안전율을 기준으로 한다.



[그림 7.7] 지반의 액상화 상세평가 흐름도

1) 액상화 저항응력비 특성 곡선의 산정

액상화 저항응력비 특성 곡선 산정방법은 다음과 같다.

① 액상화 저항응력비를 산정하기 위해서 필요한 액상화 저항응력비 특성곡선은 진동삼축시험 결과로부터 진동재하횟수에 따라 산정한다.

② 액상화 저항응력비 특성 곡선은 전단응력비를 변화시켜가며 4회 이상의 진동 삼축시험을 통해 산정한다.

2) 액상화 저항응력비 특성 곡선의 보정

액상화 저항응력비 특성곡선에 이용되는 진동삼축시험 결과는 현장상태를 고려하기 위하여 보정을 수행한다.

3) 지반의 동적물성의 결정

액상화 상세평가시 이용되는 지반의 동적물성은 간이평가와 달리 실내실험에 의해 결정한다.

4) 지반의 액상화 저항응력비 산정

액상화 저항응력비는 액상화 저항응력비 특성곡선에서 규정된 지진규모에 해당하는 진동재하횟수의 값으로부터 산정한다. 이때에 국내 기준 지진규모에 해당하는 액상화 발생재하횟수는 10회를 통상적으로 사용한다.

5) 지반응답해석을 통한 전단응력비 산정

전단응력비를 산정하기 위해서 간이평가와 같이 지반응답해석을 수행한다.

6) 안전율 산정을 통한 액상화 안전율 검토

① 액상화 상세평가시 기준 안전율은 1.0이다. 안전율이 1.0이상인 경우, 액상화에 대해 안전한 것으로 판정한다.

② 액상화 상세평가 기준 안전율 1.0미만인 경우, 액상화 대책공법 시행후 액상화 발생가능성여부를 재평가한다.

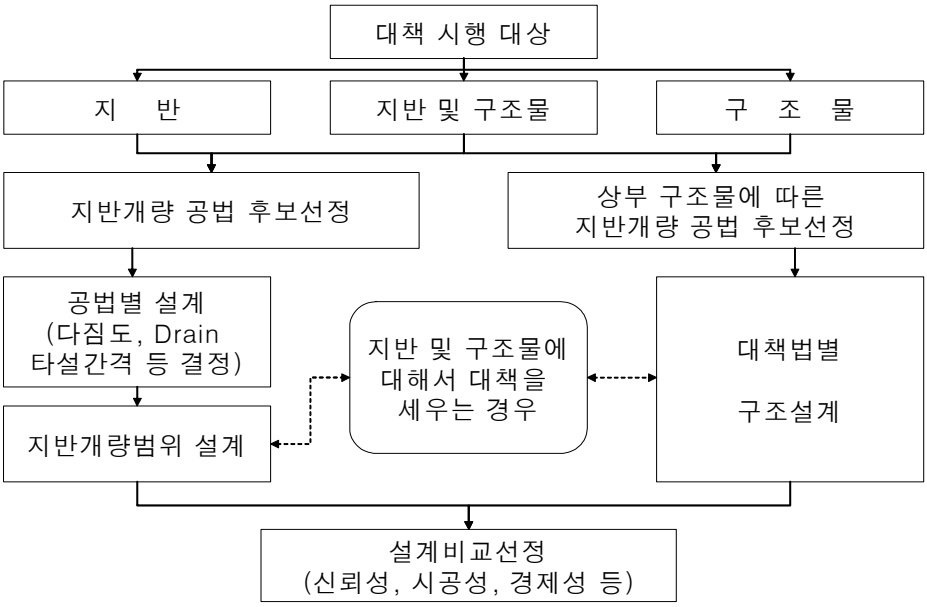
$$F_S = \frac{\tau_l / \sigma'_{3c}}{\tau_d / \sigma'_{3c}}$$

여기서, τ_l/σ_{3c}' : 액상화 저항응력비

τ_d/σ_{3c}' : 지진력을 표현한 전단응력비

7.7.2 지반의 액상화 대책공법

(1) 액상화 대책 검토절차



[그림 7.8] 액상화 대책의 검토절차

(2) 액상화 대책공법의 종류

액상화 현상은 주로 느슨한 모래지반, 지하수위, 그리고 진동이라는 세 가지 요소에 의해 발생하며 대책공법은 이 중 하나의 요소를 감소시켜 액상화 발생을 억제하는 것이다.

7.8 콘크리트박스의 상세설계

7.8.1 콘크리트 박스 단면설계

(1) 박스형상

지하공동구의 단면은 내진성능을 향상하기 위하여 가능한 한 단순한 대칭형상을 갖도록 하여 구조물의 저항중심과 하중의 작용중심을 일치시키도록 배려한다. 또한 형상이나 단면의 크기에서 갑작스런 변화를 두지 않도록 한다.

(2) 부재단면형상

부재 단면은 상판, 측벽, 저판의 판형으로 하되 그 두께차이가 현저히 크지 않도록 한다. 또한 필요에 따라 접합부에는 헌치를 두어 휨 및 전단의 지지능력을 향상시킨다.

(3) 부재최소치수

벽체 및 슬래브의 최소치수 두께는 200mm 이상으로 한다.

7.8.2 철근배근설계

붕괴방지수준에 대한 설계시에 응답수정계수(R)를 3으로 적용하여 감소된 지진하중을 사용할 때는 본 항에 명시된 철근배근설계를 수행하므로 충분한 소성거동을 확보하도록 한다.

(1) 주철근의 이음 및 정착

1) 주철근의 이음

① 주철근의 이음은 부재 접합부에서 단면 높이의 1.5배 범위 밖에 설치하는 것을 원칙으로 한다. 부득이하게 그 범위 내에 주철근의 이음을 설치할 경우에는 가능한 한 겹침이음 대신 용접이나 커플러 등에 의하되, 교번 응력에 의해 주철근의 모재가 소성화해도 소요의 이음 성능을 확보할 수 있어야 한다.

② 동일 단면에 설치하는 이음의 수는 2개의 철근에 대해서 1개 이하로 한다.

2) 주철근의 정착

주철근의 정착은 인장 응력을 받지 않는 콘크리트에 하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 가로방향철근

1) 배력철근

① 배력철근은 종방향 지진해석에 의한 소요단면력을 충분히 지지할 수 있도록 설계한다.

② 배력철근량은 최소한 주철근량의 1/5이상을 사용한다.

③ 배력철근의 이음은 콘크리트구조설계기준 8.6항(건설교통부, 2003) 철근의 이음 기준에 부합하도록 한다.

2) 보강철근

① 가로방향 보강철근으로는 폐합 스터럽, 띠철근을 사용하는 것으로 한다.

② 다음의 범위에는 각 부재의 소성 힌지가 되는 구간에 배치된 가로방향 철근과 같은 량의 스터럽 또는 띠철근을 배치하는 것으로 한다.

(가) 상판 및 저판 슬래브는 부재 접합부에서 단면 높이의 1.5배까지 범위내로 한다.

(나) 벽체는 부재 접합부 하단에서 단면 크기의 2배까지 범위내로 한다.

3) 스터럽의 배치 및 정착

① 스터럽은 주철근을 확실하게 감싸서 내부의 콘크리트를 충분히 구속하는 것으로 한다.

② 상판 및 저판 슬래브의 스터럽은 다음과 같이 배치하는 것으로 한다.

(가) 단부는 135°이상으로 구부려 주철근에 걸어 정착하거나, 또는 주철근을 둘러싼 폐합형으로 정착하는 것으로 한다. 스터럽은 이음없이 하나의 철근으로 조립하는 것이 원칙이나, 부득이한 경우 적절한 형상의 두개의 철근을 겹이음, 용접, 커플러 등에 의해 폐합형으로 조립할 수 있다.

(나) 스터럽의 배치 간격은 축 방향 철근 직경의 12배 이하로, 또 부재 단면의 짧은 변 치수의 1/2 이하로 한다.

4) 띠철근의 배치 및 정착

① 띠철근 단부는 띠철근의 인장강도를 전달할 수 있도록 용접하거나 연속된 나선철근형식으로 한다. 그러나 띠철근 단부를 135°이상으로 구부려 내부의 콘크리트에 정착하는 경우에는 그러하지 않아도 된다. 띠철근은 이음없이 하나의 철근으로 조립하는 것이 원칙이나, 부득이한 경우 적절한 형상의 두개의 철근을 겹이음, 용접, 커플러 등에 의해 폐합형으로 조립할 수 있다.

② 띠철근의 부재 축방향의 간격은 부재 단면의 짧은 변 치수의 1/2 이하, 또 축방향 철근 직경의 12배 이하로 한다. 또한 띠철근의 가로방향 간격은 띠철근 직경의 48배 이하로 하고, 띠철근의 간격이 이것을 초과하는 경우에는 중간 띠철근을 배치한다.

(3) 부재접합부설계

벽체와 슬래브의 접합부는 인접 부재가 성능을 발휘하는데 필요한 내력 및 강성을 확보하여야 한다.

(4) 철근의 피복두께

철근의 최소피복두께는 콘크리트구조설계기준 5.4항(건설교통부, 2003)에 따른다.

7.8.3 기타상세설계

(1) 신축이음

지하공동구의 종단방향으로 지반조건에 따라 30~100m 간격의 신축이음을 둔다. 특히 공동구 계획 시 원칙적으로 단층대를 통과하지 않도록 해야 하나, 부득이하게 통과할 경우에는 신축이음을 설치하여 상대 변위를 흡수하도록 한다. 신축이음간의 구조체 콘크리트 공사는 시공연결부에서 누수가 발생하지 않도록 일체식으로 콘크리트를 타설한다. 신축이음부에서는 지수장치를 설치하여 방수가 되도록 한다.

(2) 내부시설설계

내부시설물로서 상수도, 전력케이블, 통신케이블, 가스관, 온방용관 등의 설치는 지하공동구 구조체에 고정되어 지진시에도 충분히 지지되도록 한다. 지진시에는 고정하중에 추가하여 관성력에 의한 지진하중에 대하여도 안전하도록 설계한다.

(3) 부대시설설계

부대시설로서 조명, 환기, 배수시설 등은 지하공동구에 고정되어 설치되는 위치에서 지진시에도 충분히 지지되도록 한다. 지진시에는 고정하중에 추가하여 관성력에 의한 지진하중에 대하여도 안전하도록 설계한다.

8. 구조물 해석

8.1 일반사항

교량설계란 주어진 하중에 대하여 교량이 파괴되지 않도록 재료, 구조 등을 결정하는 것이다. 따라서, 적절히 가정한 설계하중에 대하여 교량의 거동을 해석하는 것이 설계에 있어서 중요한 부분이다.

최근에 와서 교량구조에 대한 이해가 증가하고 복잡한 계산을 수행할 수 있는 컴퓨터 및 응용프로그램이 널리 보급됨에 따라 교량의 구조거동 해석에 여러 가지의 방법을 적용할 수 있게 되었다. 특히, 다양한 컴퓨터 프로그램이 교량해석용으로 사용되고 있으며, 단순한 공식에서 유한요소법에 이르기까지 다양한 해석법이 프로그램에 사용되고 있다.

교량에 작용하는 활하중은 주로 차량하중, 즉 이동하중이다. 따라서, 교량을 설계하기 위해서는각 부재의 거동에 미치는 영향(즉, 변위, 응력, 변형율 등)이 가장 크게 되는 하중의 위치를 찾고 그에 따른 거동을 해석하여야 한다. 이를 위해서는 영향선(influence line)과 포락선(envelop line)이 필요하며, 이에 대한 개념을 각종 참고문헌을 참조하여 충분히 이해해야만 한다.

8.2 해석방법

해석방법은 교량형식, 평면형태, 지지형식 등에 따라 여러 해석방법이 적용될 수 있으며 <표 8.1>에는 조건별로 각 해석방법의 적용성을 비교하여 제시하였다. 또한 이러한 해석방법은 2차원 및 3차원 해석방법으로 분류할 수도 있다. 2차원 해석방법에서는 교량 상판을 판이나 또는 상호연결된 격자로 이상화한다. 판해석을 하는 경우에는 직교성 판방정식을 Fourier급수에 의하여 해석하거나, 유한차분법에 의해 해석할 수 있다. 또한 판이론에 의거한 설계도표를 이용하여 근사해석을 할 수도 있다.

판을 이산화된 유한 크기의 삼각형 또는 사각형의 요소들이 조합된 것으로 모형화하는 유한요소법을 사용하여 교량을 해석할 수 있다. 이 방법에서는 유한요소들이 각 절점에서 연결된 것으로 간주하고 주어진 하중 및 반력과 이에 대응되는 절점변위간의 시스템방정식을 구성하고 이를 해석하여 미지의 절점변위를 구한다. 응력과 변형율은 이 결과에 기초하여 해석될 수 있다. 교량축

을 따라 교량지간과 같은 길이를 가진 종방향의 대판으로 교량이 구성된 것으로 가정하는 유한대판법도 유한요소의 일종으로 볼 수 있다. 유한요소법은 3차원해석에 사용될 수 있고, 가장 일반적이고 강력한 전산해석법이며 복잡한 문제에 대해서는 이것이 거의 유일한 방법이 될 수도 있다. 그러나 유한요소법은 요소의 수가 증가함에 따라 계산시간이 증가하여 비경제적일 수도 있다. 따라서, 보다 간단한 문제에 대해서는 다른 방법들이 효율적일 수 있으므로 설계자는 대상교량의 특성에 따라 적절한 해석방법을 선택하여야만 한다.

교량을 상호연결된 보가 강결된 절점에 의하여 연결된 것으로 근사화하는 방법도 일반적이다. 2차원 상판의 경우는 격자해석이 되고, 3차원의 경우는 입체뼈대해석이 된다. 이들 방법은 구조해석의 강성도법에 기준하여 쉽게 전산화할 수 있다.

교량의 동적거동을 해석하기 위하여 구조요소의 강성도, 질량 및 감쇠특성을 모델링하여야 한다. 해석시 사용하는 최소자유도수는 필요한 고유진동수의 개수와 가정된 모드의 정확도를 바탕으로 결정한다. 해석모델과 해석방법의 정확도는 조화있게 고려되어야 한다.

일반적으로 차량이나 풍하중으로 인한 진동의 해석은 교량설계에서 고려하지 않고 있다. 차량이 교량을 통과할 때에는 정적인 상태가 아니지만, 교량을 따라서 차량하중을 여러 위치에 정적으로 재하하여 해석하고 동적효과는 이동차량에 의하여 발생한 동적응답에 관한 충격계수를 적용하여 고려한다. 그러나 유연도가 큰 교량이나 교량의 움직임에 의해서 진동이 발생하는 교량의 길고 가는 부재에서는 동적하중효과가 충격계수를 고려한 허용치를 초과할 수 있다. 진동이 문제가 되는 대부분의 교량에서는 구조물 자체의 자연감쇠력은 매우 작은 것으로 알려져 있다. 따라서 유연도가 큰 연속교량은 특히 진동에 취약한 구조적 특성을 가질 수 있으므로 이동 활하중에 대한 동적해석이 필요하게 된다.

<표 8.1> 교량의 해석방법

구조조건 \ 해석방법		직교성 판이론	직교성 판이론 -설계도표	유한요소	유한대판	격자해석	입체뼈대	유한차분
상판형식	슬 래 브	○	○	○	○	○		○
	중공슬래브	○	○	○	○	○		○
	슬래브-보			○	○	○		
	합 성	○	○	○	○	○		○
	직 교 성	○	○	○	○	○		○
	박 스			○	○	△	○	
평면형태	직 교	○	○	○	○	○	○	○
	사 교			○		○	○	○
	곡 선 교	○		○	○	○	○	○
	임의형태			○		○	○	○
지지형식	단순지지	○	○	○	○	○	○	○
	연속지지	○		○	○	○	○	○
	임의지지			○		○	○	○

8.3 해석 프로그램

전술한 바와 같이, 최근 컴퓨터의 눈부신 발전과 더불어 유한요소법의 이론에 기초한 응용구조해석프로그램이 사용자 위주의 편리한 기법으로 개발됨에 따라 많은 설계자들은 전산화 구조해석을 수행하고 있다. 그러나 대부분의 프로그램은 특정한 가정에 기초하여 작성되었기 때문에 각각의 특성이 있으며 설계자들은 이들 특성을 정확히 파악하고 실무에 적용하여야 할 것이다. 특히, 전산화 구조해석의 결과는 무조건 옳다라는 판단을 하는 경우가 많은데, 유한요소법에 의한 해석의 경우 대상교량의 구조거동에 기초한 구조해석 모델링과 사용 요소(element)에 따라 그 결과의 신뢰성 여부가 다르게 되므로 주의를 기울여야 한다.

이와 같이 구조물의 거동과 해석 및 설계이론에 대한 확실하고 올바른 이해 없이 단순히 응용프로그램의 기교적인 기법만을 익혀 전산화 구조해석을 수행하는 것은 특별히 주의하여야 한다. 또한 구조모델링 방법이나 입력자료에 대한 올바른 검증과 출력결과의 확실한 평가가 없이 컴퓨터 출력결과만 맹신하여서는 안되며 고전적인 구조해석법 또는 다른 전산화 구조해석방법 등으로 재검토하여 확인후 사용하는 것이 바람직하다.

<표 8.2>에는 현재 전산화 구조해석 및 설계에서 흔히 사용하고 있는 상용화된 응용프로그램의 일부 특징에 대해 간략히 비교하여 나타내었다. 전술한 바와 같이 각 응용프로그램은 나름대로의 특성이 있으므로 설계자는 설계하고자 하는 대상교량의 해석 및 설계목적에 따라 각 응용프로그램의 특성에 대한 면밀한 검토를 바탕으로 적절한 프로그램을 이용하여 해석 및 설계를 수행하여야 한다. 또한 일반 설계실무에서 자체적으로 개발하거나 일반적으로 통용되고 있는 소규모 응용프로그램은 신뢰받을 수 있는 학회나 공인 검증기관을 통해 검증을 수행하는 것이 바람직하며 향후 인증제도를 구축하는 방향으로 추진되어야 할 것이다.

<표 8.2> 구조해석 및 설계 응용프로그램의 개략 비교

프로그램	주 요 기 능	비고
ABAQUS	• 선형・비선형 정적 해석, 동적해석 • Transient 비선형 동적해석 • 크리프와 건조수축 해석, 구조진동해석, Fracture mechanics	범 용 설계지원
ADINA	• 2차원, 3차원 선형, 비선형 해석, 접촉문제 해석, 좌굴해석 • 균열 진행을 수반한 파괴해석 • Small & large deformation, Large strain • 온도를 고려한 탄・소성 및 크리프 해석	범 용
ANSYS	• 콘크리트 재료 및 요소의 비선형 해석 • 동적해석, 좌굴해석 및 최적설계 모듈 포함	범 용 설계지원

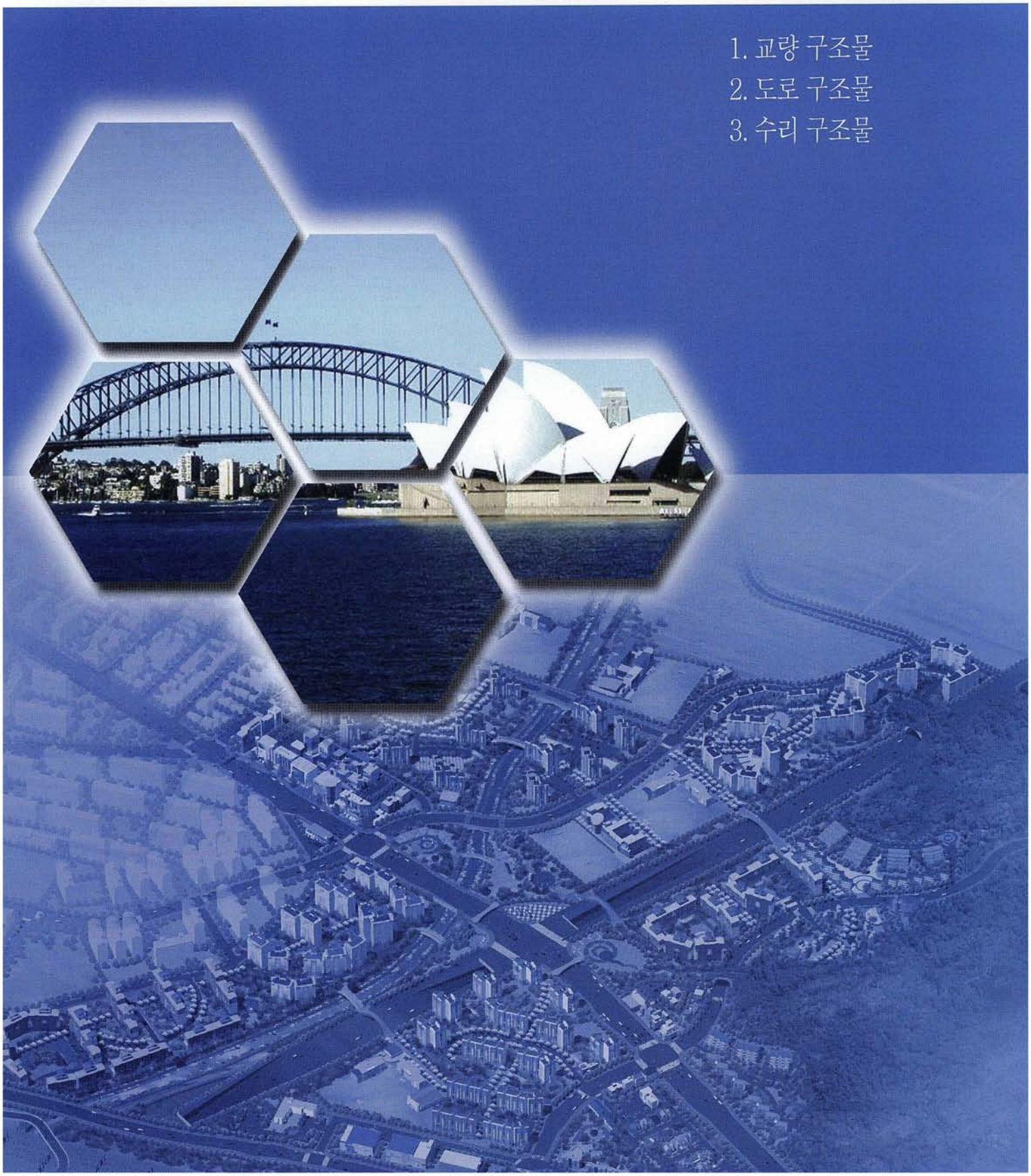
<표 8.2> 구조해석 및 설계 응용프로그램의 개략 비교(계속)

프로그램	주 요 기 능	비고
DIANA	• 콘크리트 및 암반의 균열해석, RC 및 PSC 구조물의 파괴거동 해석 • 장대교량의 동적 비선형 해석, 교량의 시공단계별 해석 • 항만구조물의 내진 해석 • 콘크리트 수화열에 의한 온도 및 균열분포 해석 • 크리프 및 건조수축 해석, 부착 거동을 고려한 철근 및 텐던모델링	범 용 설계지원
GT-STRUDL	• 선형 동적해석, 비선형 정적해석 • 철골 및 콘크리트 구조설계(부재 최적설계, 물량산출)	범 용
LUSAS	• 선형, 비선형 해석 • 시간에 따른 응력 및 변위해석, 비선형-동적해석 • 고유치 해석(좌굴해석, 내진・내풍해석), 피로해석(S-N Curve)	범 용
MARC	• 비선형 접촉해석, Material Library(소성재료, 비금속재료, polymer 등) • 열응력해석, 진동해석, 콘크리트의 균열해석	범 용
MIDAS	• 정·동적해석, P-Delta 해석 • 한국강구조 기준과 AISC(ASD, LRFD)기준에 대한 설계기능	범 용 설계지원
NASTRAN	• 선형 정적해석, 진동해석, 비선형 해석 • 공탄성해석(static aeroelastic, dynamic aeroelastic, flutter 해석) • Adaptive 해석, 설계최적화 • 대형구조물 해석	범 용 설계지원
NISA	• 선형・비선형 정적 해석, 동적해석 • 구조최적설계	범 용 설계지원
RM	• PSC-BOX교량 (FCM, MSS, ILM, FSM공법 등)해석 • 장대교량 해석 및 Steel box 교량해석, 시공 단계별 해석 • 단면 물성치 자동계산, 크리프와 건조수축 해석 • 동적해석, 좌굴해석	교량전용 설계지원
SAP2000	• 하중조합, 이동하중(DB, DL, 철도)에 의한 교량해석 • 비선형 해석(Isolator, Damper, Gap, Hook요소) • 미국, 영국, 캐나다, 유럽기준에 따른 RC 및 철골부재 설계	범 용 설계지원
SFRAME	• 시공단계별 PSC segment 해석	교량전용
TANGO	• 강교량, 콘크리트교량, 강합성교, 사장교 해석 • AASHTO, OHBDC 이동하중 산정, ACI-209, CEB-FIP 기준고려	교량전용

빈 면

구조물 설계실무

1. 교량 구조물
2. 도로 구조물
3. 수리 구조물



빈 면

제3장 구조물 설계실무

1. 교량 구조물

1.1 교량 형식

(1) STEEL - 플레이트 거더교, 상자형교

(2) R.C - 슬래브교, T형교, 박스거더교, 라멘교

(3) P.S.C - 합성거더교, 슬래브, 박스교(MSS, ILM)

1.2 형식별 주요 고려사항

1.2.1 플레이트 거더

(1) 형식 결정시 유의사항

1) 평면선형 : 비틀림 강성이 작으므로 가급적 직선구간에 설치

2) 종단선형 : 종단선형에는 제약이 거의 없기 때문에 종곡선 구간에도 적용 가능하다.

3) 사각 : 사각이 심하면 부반력 발생, 보의 부등휨에 의한 비틀림 발생으로 슬래브의 파손이 우려되므로 일반적 기준으로 50°이하로 계획한다.

(2) 지간의 구성

1) 비합성 연속보 : 35~60m, 형고비(h/L) = 1/20

2) 합 성 연속보 : 40~70m, 형고비(h/L) = 1/22

(3) 플레이트거더교의 구조형식

주거더 간격은 철근콘크리트 바닥판의 지간이 되는 경우가 많다. 주거더 간격을 크게 하면 철근콘크리트 바닥판이 두꺼워져 바닥판에 의한 자중이 커진다. 또 주거더 간격을 작게 해서 주거더의 개수를 늘리면 강재중량이 커져 비경제적이다. 따라서 주거더 간격과 바닥판의 관계에 대한 분석을 통해 경제적인 간격과 단면을 결정하여야 한다.

(4) 일반제원의 계획

1) 주거더의 개수 및 배치

일반적으로 복부의 높이를 높게 하여 주거더의 개수를 적게 하는 것이 강재의 중량을 줄일 수 있으므로 경제적이라고 하지만 주거더의 개수와 배치에 있어서는 다음의 사항을 유의하여야 한다.

① 철근콘크리트 바닥판의 경우 중차량의 증가에 기인하는 파손 사례를 감안하면 지지거더의 간격을 최대 3m 정도로 하고, 대형차량 통행시의 바퀴의 위치가 바닥판 지간의

중앙부근이 되지 않도록 거더를 배치하는 것이 바람직하다.

② 바닥판의 캔틸레버부에는 큰 휨모멘트가 가해지므로 캔틸레버부를 길게 하지 않는 것이 좋다. 그러나 캔틸레버부를 너무 작게하면 빗물이 직접 주거더에 닿게 되므로 통상적으로 캔틸레버부의 길이를 1.0~1.5m 정도로 하는 것이 좋다.

③ 바닥판의 캔틸레버부와 중간부의 배근이 연속성을 유지할 수 있는 거더의 배치가 바람직하다.

④ 병렬거더의 경우 각 거더의 강성이 거의 같도록 하는 배치가 좋다. 즉 각 거더가 받는 휨모멘트가 비슷한 크기가 되어 같은 단면의 거더를 이용하는 것이 제작 상에도 유리하다.

⑤ 배수 시설이 주거더 위에 놓이지 않도록 한다.

⑥ 교량 부속물과의 배치를 미리 고려한다.

2) 복부의 높이

주로 휨모멘트에 대한 플랜지의 응력에 의해 단면이 결정되며, 복부판의 전단응력은 거더의 높이가 낮은 경우 연속 거더의 지점 부근을 제외하고 비교적 여유가 있다. 따라서 저항 휨모멘트에 대해 기여가 적은 복부판의 단면적을 적게 하고 복부판의 높이를 크게 하는 것이 경제적이라고 하지만, 복부판의 높이는 교량의 교차조건에 따라 교하공간의 제약에 지배되는 경우가 많다.

3) 강재의 중량

강교는 강재의 중량이 경제성과 직결되므로 제원의 계획시 고려 대상으로 삼아야 한다.

(5) 주거더의 설계

1) 복부판

① 복부판은 가능한 한 용접이음을 하지 않고 하나의 판으로 할 것.

② 복부판의 두께가 얇으면 2단 이상의 수평보강재를 두어야 하므로 용접량이 많아져 용접변형을 일으킬 우려가 있으므로 너무 얇은 판을 사용하지 않도록 할 것.

2) 플랜지

① [도・설 3.8.2.1 플레이트거더의 휨응력] 및 [도・설 3.3.2.1 구조용강재의 허용응력]의 규정을 만족할 것.

② 압축플랜지는 [도・설 3.4.2.2 압축력을 받는 자유돌출판]의 규정을 만족할 것.

③ 인장플랜지는 강재 종류에 관계없이 자유 돌출부 폭의 1/16 이상을 판두께로 할 것.

⑤ 합성거더의 경우 전단연결재가 설치되는 플랜지의 두께는 [도・설 3.8 플레이트거더]에서 규정하는 것 외에 [도・설 3.9.6 강재 주거더의 플랜지 두께]에 따라 10mm 이상으로 할 것.

⑥ 플랜지 폭은 바닥판의 지간장의 산출과 관계가 있으므로 주의할 것.([도・설 3.6.1.3 바닥판의 지간] 참조)

⑦ 플랜지 폭은 복부판 높이의 1/3 정도를 최대로 함. 이는 플랜지 폭을 복부판 높이에 비해 매우 크게 할 경우 전단지연에 의해 플랜지 단면의 응력분포가 균일하지 않을 우려가 있기 때문임.

⑧ 플랜지의 최소폭은 200mm로 함. 또 복부판 높이의 1/5 정도 이상으로 하는 것이 좋음.

⑨ 통상의 I거더의 경우 플랜지의 최대 두께는 40mm 정도로 함

⑩ 다주거더의 경우 각 거더의 플랜지는 가능한 한 두께를 통일하는 것이 바람직함. 주거더 플랜지는 그 저항모멘트가 작용휨모멘트를 포함하도록 단면변화를 시키는데, 이 경우 판두께를 동일하게 하고, 판의 폭을 변화시키는 것이 좋으며, 판두께와 판폭을 동시에 변화시키는 것은 휨모멘트가 급변하는 곳 등 부득이한 곳에 제한적으로 사용함.

판두께는 가능한 얇게 하고 판폭을 충분히 크게 하여 단면을 선택하도록 함. 또 단면변화점에서는 응력의 흐름을 원활하게 하기 위해 판폭, 판두께 모두 1/5 보다 완만하게 단면변화(taper)를 시킴

3) 보강재

① 하중 집중점의 보강재

(가) 플레이트거더의 지점 및 가로보, 세로보, 수직브레이싱 등의 연결부와 같은 집중하중점에는 반드시 보강재를 설치하여야 한다.

(나) 보강재와 복부판의 연결은 보강재가 집중하중 전부를 받는 것으로 보고 설계하여야 한다.

(다) 지점상의 보강재는 양쪽에 대칭으로 설치하도록 하고 상·하연 플랜지까지 연장시키는 것을 원칙으로 한다.

② 수직보강재

(가) 가로보, 수직브레이싱 사이를 가능한 등간격으로 하고 보강재 배치를 가정한다.

(나) 등간격으로 배치를 가정한 구간에서는 휨응력의 최대, 전단응력의 최대가 되는 판넬에 대해 [도·설 3.8.5.1 수직보강재의 간격]에 따라 조사한다. 이 조건을 만족하지 않는 경우에는 분할 수를 증가하여 재검토한다.

이 경우 주의하여야 할 사항은 다음과 같다.

가) 단부에 촘촘하게 배치하는 것은 피한다.

나) 거더의 이음위치와의 관계에 주의한다.

다) 복부판의 용접이음은 수직보강재로부터 100mm 이상 떨어진 위치로 한다.

③ 수평보강재

수평보강재는 복부판의 좌굴강도를 높이고 복부판두께가 비경제적으로 두꺼워지지 않도록 하는 역할을 하지만, 제작 측면에서는 수평보강재의 단수를 다단으로 하고 복부판 두께를 줄이는 것은 바람직하지 않다.

(6) 중간수직브레이싱 및 단부수직브레이싱의 설계

1) 중간수직브레이싱의 설계

중간수직브레이싱은 다음과 같은 기능을 갖는 것으로 고려한다.

① 주거더의 전도를 방지하고 안정시키며, 주거더를 계산시의 모델대로 보로서 거동하도록 하는 역할을 한다.

② 주거더의 상대변위를 억제하고 바닥판을 보호함과 동시에 하중분배작용에 기여한다. 단 분배가로보를 사용하는 경우 수직브레이싱에 의한 분배효과는 잉여내력으로 계산에 포함시키지 않는다.

③ 횡하중에 대해 주거더, 수평브레이싱 및 중간수직브레이싱에 의한 평면트러스계를 형성한다.

④ 가설시의 위치결정에 필요한 부재이다.

2) 단부수직브레이싱의 설계

단부수직브레이싱은 다음과 같은 기능을 갖는 것으로 고려한다.

① 주거더의 위치를 확보하고 비틀림변형을 구속한다. 즉, 연직하중, 수평하중 등에 의해 주거더에 가해지는 비틀림모멘트를 받침위치에서 연직력의 성분으로 변환한다.

② 통상 교량 단부의 바닥판을 두껍게 증가시켜 단부수직브레이싱의 상현재와 결합시키지만 이 상현재는 윤하중을 지지할 수 있도록 설계한다.

이러한 기능을 충분히 발휘하기 위해서는 충복(充腹)형식의 단부가로보가 강성이 큰 경우가 좋지만 경제성, 교대위치의 도장이 어렵기 때문에 작업성을 고려하여 수직브레이싱 형식을 선택한다.

수직브레이싱의 형식으로는 V형과 역V형이 있으나 단부수직브레이싱의 경우에는 윤하중을 부담하기 때문에 역V형의 방법이 효과적이다. 어떤 경우에도 상현재는 구형강(溝形鋼) 등을 이용하고, 슬래브와 일치되도록 바닥판과 결합시킨다.

또 횡하중에 대해 단부수직브레이싱을 설계하는 것 외에, 위에 기술한 단부수직브레이싱의 상현재는 DB하중을 지지할 수 있는 단면을 선택한다.

(7) 수평브레이싱의 설계

수평브레이싱은 다음과 같은 기능을 갖는 것으로 고려한다.

1) 지진하중, 풍하중 등의 수평하중을 지점까지 전달한다.

2) 가설시의 위치 결정재 이다.

3) 하부플랜지의 횡방향 진동을 방지한다.

4) 주거더와 공동으로 일종의 준상자형거더를 형성한다.

통상적으로 1)의 기능에 대해 해석되어 설계되지만 바닥판 또는 수직브레이싱 등이 수평브레이싱의 기능을 갖는 있는 경우에는 생략해도 관계없는 경우가 있다. 일반적으로 상로플레이트거더에서는 주거더가 강상판 또는 철근콘크리트 바닥판과 결합되어있어 횡방향 좌굴 등의 변형에 견딜 수 있을 때에는 상부수평브레이싱을 생략할 수 있다.

또한 지간장 25m 이하이면서 튼튼한 수직브레이싱이 있는 경우 하부수평브레이싱도 생략할 수 있다.

수평브레이싱의 형식 선정 상의 기본은 다음과 같다.

① 지간 전장에 걸쳐 적어도 1열의 수평브레이싱을 배치할 것. 단부 부근에만 설치하는 것은 바람직하지 않음.

② 주거더가 3개 이상인 경우 적어도 2열의 수평브레이싱을 배치할 것.

③ 지점부근은 수평하중을 모든 받침에 균등하게 분산시키는 것으로 할 것.

(8) 받침부의 설계

받침부의 설계상 주의 사항은 다음과 같다.

1) 소울플레이트와 주거더 하부플랜지 및 단부보강재와의 치수관계에 주의 할 것.

2) 주거더의 구배 및 처짐회전각과 받침의 허용회전량의 크기에 주의할 것.

3) 소울플레이트의 용접비이드, 세트볼트 등이 받침에 닿지 않게 치수를 검토할 것.

4) 폭원이 큰 교량의 경우 교축지각방향의 온도변화의 영향에 대해서도 고려할 것.

5) 소울플레이트의 두께는 최소두께를 22mm로 할 것.

1.2.2 상자형교

(1) 일반사항

통상 박스거더교(상자형교)는 지간장 40~80m의 교량에 적용된다. 이 경우 보통은 철근콘크리트 바닥판을 사용하지만 지간이 80m 이상으로 되면 강바닥판이 이용되는 경우가 많다. 강바닥판박스거더교에서는 단일박스의 경우 캔틸레버부를 길게 하고, 병렬박스거더교의 경우에는 주거더의 간격을 넓게 하는 것이 경제적이다. 박스거더교의 설계에 있어서는 제작, 가설에 대한 배려를 염두에 둘 필요가 있다. 이는 일반적으로 단면이 I형거더에 비해 크고, 수송이나 가설법에 따라 형상 등이 결정되는 경우가 많기 때문이다. 또 구조강도 상에서도 완성상태에 이르기까지 안전성을 충분히 검토하는 것이 요구된다. 즉, 박스거더의 강성이 큰 점이 특징이지만 그 반면 전형적인 박판구조물로서 응력분포의 불균일, 변형의 증대, 혹은 국부좌굴의 불안정성 등의 악영향을 일으키기 쉬워 그와 같은 현상을 방지하는 기본적인 조건을 구비하도록 설계시점에 고려하여야 한다.

거더높이가 매우 높은 박스단면형상은 박스거더로서의 특징을 상실하기 때문에 그다지 이용되지 않지만 연속거더 중간지점 등에서 특수한 사정이 있는 경우에 이용된다. 극단적으로 편평한 박스단면형상은 거더의 높이가 제한되는 경우에 이용되며, 단면변형이나 플랜지의 유효폭의 문제에 관해 충분한 검토가 필요하다.

박스단면형상의 결정에는 수송상의 제한도 고려할 필요가 있다.

(2) 주거더의 설계

주거더의 설계는 통상의 I형단면 플레이트거더에 준하여도 좋으나 플랜지의 설계시에는 다

음의 조건을 고려한다.

1) [도・설 3.8.2.1 플레이트거더의 휨응력]에 따라 계산된 인장응력 및 압축응력이 [도・설 3.3.2.1 구조용 강재의 허용응력]의 “표3.3.1 및 표3.3.4”에 규정되는 허용응력을 초과하지 않을 것
2) [도・설 3.8.2.1 플레이트거더의 휨응력] 식 (3.8.1)의 단면2차모멘트 산정시 전단지연을 고려해 [도・설 3.8.3.4 플랜지의 유효폭]을 적용한다.
3) [도・설 3.3.2.1 구조용 강재의 허용응력]에 규정되어있는 바와 같이 박스거더는 충분한 횡방향 강성을 갖고 있기 때문에 휨허용응력은 인장허용응력과 같은 값을 이용하는 것이 좋다.
4) 압축플랜지의 판두께는 [도・설 3.4.2 압축응력을 받는 판 및 보강판]의 규정을 만족할 것. 단 충분한 보강재를 배치할 때는 고정단 거리 b로서 복부판 중심간격을 대신하여 이용하는 것이 좋다.
5) 압축플랜지는 좌굴에 대해 충분한 안전성을 가져야 한다. 따라서 용접에 의한 초기 뒤틀림이나 잔류응력의 영향을 피하기 위해 판두께를 크게 하고, 보강재의 수를 작게 하는 것이 바람직하다.
6) 인장플랜지의 판두께는 [도・설 3.8.3.2 박스거더의 플랜지 두께]의 박스거더의 인장플랜지의 규정에 의해 $b/80$ 이상으로 한다. 단 b에 대해서는 압축플랜지와 같은 형태로 생각해도 좋다.
7) 바닥판이 합성된 박스거더의 전단연결재 설치 플랜지는 I단면 플레이트거더에 준해도 된다.
8) 하부플랜지의 돌출길이는 바닥판 지보공의 지지용에 100~150mm 정도 늘려 잡는 것이 보통이지만 지보공이 필요하지 않은 경우에는 용접변형을 고려하여 복부판 외면에서 15~30mm 정도 짧게 하는 것이 좋다.
9) 부재축을 통하여 플랜지의 두께가 변하는 경우에는 복부판의 용접과 내부 보강판의 제작 및 용접을 고려하여 내부면을 동일면에 일치시키도록 하는 것을 원칙으로 한다.

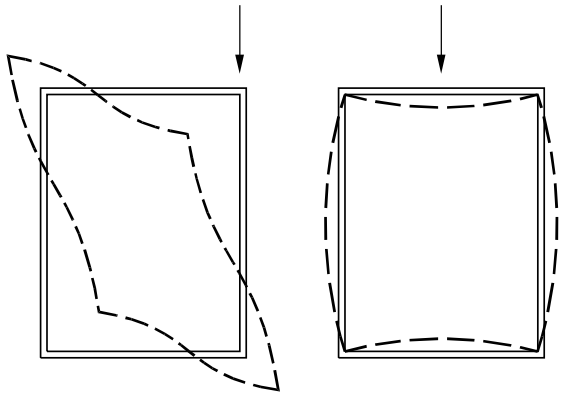
(3) 보강재의 설계

1) [도・설 3.4.2.2 압축응력을 받는 자유돌출판], [도・설 3.4.2.3 압축응력을 받는 보강된 판]의 판두께, [도・설 3.4.2.4 보강재]에 근거하여 보강재 간격, 소요강성, 강종 등을 선정한다.
2) 강바닥판에 대해서는 보통 종리브, 횡리브도 응력계산으로부터 단면을 결정한다. 이 경우 횡리브의 강도를 [도・설 3.4.2.4 보강재]의 “식(3.4.5)”에 의해 계산하면 과대한 것이 되므로 강바닥판에 대해서는 이를 적용하지 않는다.
3) 종횡보강재의 교차점에서는 돌림용접을 한다.

(4) 다이아프램의 설계

1) 다이아프램의 효과

하중(주로 활하중)이 거더에 편심으로 작용하기도 하고 윤하중이 직접 플랜지에 작용하는 경우를 생각하면 거더단면은 원래의 형상을 유지하지 못하고 [그림 1.1]과 같이 변형을 일으킨다. 이를 약칭하여 단면변형이라고 한다. 이와 같은 단면변형을 일으키면 박스거더는 현저하게 강성의 저하와 국부응력의 증대를 초래하여 본래의 박스거더의 특성을 상실하게 된다. 따라서 이와 같은 일이 발생하지 않도록 충분한 강성을 갖는 다이아프램을 적당한 간격으로 배치할 필요가 있다.



[그림 1.1] 박스거더의 단면변형

다이아프램의 효과를 요약하면 다음과 같다.

① 단면형상을 유지한다.

② 강성을 증대시켜 응력을 감소시킨다.

③ 국부 집중하중을 원활하게 거더에 전달한다.

2) 중간다이아프램의 소요간격 및 강도

다이아프램의 설계에 관해 [도・설 3.8.8.1 수직브레이싱]의 “(1)”에서 규정하는 대로 지점에는 수직 브레이싱을 설치 할 것, 또“(2)”에서 I단면 플레이트거더의 규정 “중간 수직 브레이싱은 6m 또는 플랜지 폭의 30배 이내의 간격으로 설치 할 것”을 준용하도록 강조한다.

박스거더의 단면형상을 유지하기 위해 적당한 간격으로 중간 다이아프램을 설치하여야 한다. 또 가로보 및 브라킷 설치부에는 작용력의 전달을 원활하게 하기 위해 중간 다이아프램을 설치한다.

(5) 받침부의 설계

구조모델의 가정과 실제 시공의 차이를 가능한 한 적게 한다고 하는 의미에서, 특히, 받침의 수는 그것이 교량 전체의 전도에 관하여 안전한 범위에서 가능한 적은 것이 좋다. 예를 들어 박스거더 병렬교에서는 1박스에 1개의 받침으로 하는 구조는 비틀림에 대한 고정모멘트를 지점 위의 가로보의 휨강성으로 받게 되므로 부의 반력을 대폭 경감하는 효과가 있고, 또 받

침 시공시의 오차에 따른 구조상의 불안을 해소할 수 있다.

받침은 시공성을 위해 소요 작업 높이를 확보하여야 한다.

1.2.3 슬래브교

(1) 일반사항

일반적으로 교량의 상판슬래브는 종・횡방향으로 주부재에 의해 지지되며 차량의 주행면이 되므로 평탄한 상태를 유지하여야 하며, 반복재하되는 교통하중에 의한 휨과 전단에 대한 저항강도를 발휘하여야 한다. 반면 슬래브교는 상대되는 2변이 자유스런 직사각형 판을 주구조로 한 교량이다.

3~7.5m 정도의 짧은 지간에 대해서는 1방향 슬래브교가 경제적이며 10m 정도까지도 사용되고 있다. 속빈슬래브교는 10~15m 정도까지의 지간에 사용되며, 경우에 따라 직사각형 모양의 속빈슬래브교를 사용하기도 한다. 연속 슬래브교에서는 지간길이를 20~30m 정도까지 가설할 수 있다.

1) 단면 계획시 고려사항

① 경제성을 높이기 위해 캔틸레버 부분을 길게 할 수 있으나, 상판 가장자리의 단면력이 커지므로 이에 대한 구조해석이 필요하고 교량받침 배치에 신중하여야 한다.

② 연속슬래브 구조에서는 지점부에 헌치를 두거나 이에 상응하는 철근 보강이 필요하나 일반적으로 적절한 헌치를 두는 것이 구조적으로 유리하다.

③ 교량 계획시 사각이 없도록 교량을 직교로 설계하는 것이 좋으나 불가피하게 사각이 요구될 때에는 가급적 영향이 적은 75°이내로 계획함이 구조적으로 유리하다.

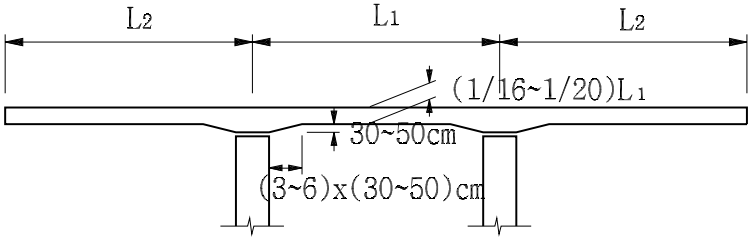
④ 적용지간의 범위는 단지간에서 5~15m, 연속교에서 10~30m 정도이다.

2) 슬래브 두께 결정

형고는 구조형식・지간・사각에 따라 다르며 [도・설 4.4.9.5]의 규정과 같이 처짐을 제한할 수 있는 최소두께 이상이어야 한다. 또한 구조물 계획시 고려되어야 할 h/L(슬래브 두께/지간길이)의 비는 기존에 설계된 슬래브 교량에 대하여 조사한 결과 1/16 ~ 1/20 정도가 적당한 것으로 알려져 있다. [도로설계실무편람 1.1].

3) 헌치크기 결정

교각부는 일반구간보다 단면력이 커서 교량 전체에 걸쳐 슬래브 두께를 증가시킬 경우 경제적 손실이 커지므로 경제적인 설계를 위해서 일반적으로 교각부에는 헌치를 설치한다. 헌치의 크기는 단면적 크기에 의해 결정되므로 일괄적으로 그 크기를 결정할 수는 없으며, 헌치구간도 설치구간을 길게 할 경우 교각부의 강성이 커져 정모멘트의 감소효과가 나타난다. 설계자가 어느정도의 구간에 걸쳐 헌치를 둘 것인가를 각 구조물에 따라서 적절하게 결정하여야 하나 [그림 1.2]와 같이 일반적으로 헌치의 크기는 일반 구간보다 30~50cm 더 크게 하고 헌치길이는 일반구간의 1/3~1/6 정도가 적당하다.



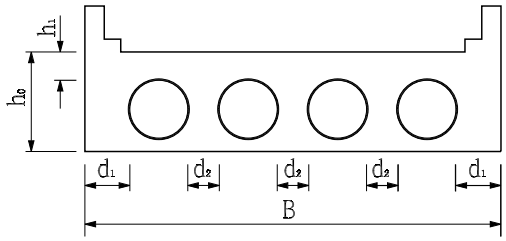
[그림 1.2] 헌치 크기의 결정

(2) 설계일반

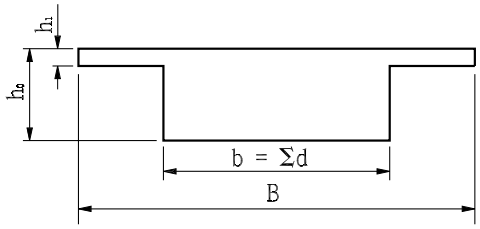
1) 슬래브교의 단면력은 설계하중에서 고려되는 DB하중과 DL하중을 동시에 고려하여 그 중에서 최대의 단면력으로 설계하여야 하며, 슬래브교 난간에 작용하는 축방향력 및 차량방호책에 작용하는 충돌하중 영향을 고려하여야 하는 바 이는 [도로안전시설 설치 및 관리지침-교량용 방호울타리편]을 참조하도록 한다.

2) 속빈슬래브교를 제외한 슬래브교에서 선형받침이나 이와 근사한 형상으로 지지되는 교량의 경우 전단력에 대한 검토를 생략할 수 있는데, 이는 선형 또는 이와 근사한 형상으로 지지된 속빈슬래브교를 제외한 슬래브교는 반력이 받침선상에 분포되어 작용하므로 일반적으로 전단력에 대하여 안전하기 때문이다.

3) 속빈슬래브교의 전단력 검토는 설계계산을 쉽게 할 수 있도록 콘크리트 부분의 폭의 총합과 동일한 복부폭을 갖는 T형보의 단면으로 간주해도 좋다. [그림 1.3]의 속빈슬래브교 가상 T형 단면은 전단응력 검토시에만 사용하며, 이 단면에 발생하는 전단력의 크기는 다음절의 구조해석에서 제시하는 해석방법에 의해 결정된다.



(a) 속빈 슬래브교의 단면형상



(b) 가상 T형단면

[그림 1.3] 속빈슬래브교의 가상 T형 단면

여기서, h_1 : 속빈부분상의 최소두께(cm)

h_0 : 슬래브의 두께(cm)

d_1 : 속빈부분과 슬래브측면의 최소폭(cm)

d_2 : 속빈부분간의 최소폭(cm)

B : 슬래브의 전폭

b : 환산복부폭(cm)

(3) 구조해석

1) 구조해석 일반

① 슬래브교의 단면력은 원칙적으로 판이론에 의한 실용적 방법을 이용하여 프레임해석을 실시하여 계산한다. 단 연속 슬래브교, 라멘 슬래브교와 같이 지지조건이 복잡한 경우 또는 곡선교와 사교 같은 경우에는 격자이론과 유한요소법 등에 의하여 해석하여도 좋으나, 간단한 유한대판법 해석은 사용하지 않는 것이 바람직하다. 속빈슬래브교는 이방성판으로 단면력을 계산하는 것이 바람직하지만, [도・설 4.8.4]에 규정된 최소치수 규정을 만족하는 경우 등방성판으로 보고 단면력을 계산하여도 좋다. 또 KS F4204에 규정된 슬래브교용 프리스트레스트 콘크리트보를 사용한 슬래브교와 같이 프리캐스트보를 나란히 놓은 슬래브교에서 보의 직각방향으로 프리스트레스를 도입하여 필요한 강성을 갖도록 설계한 경우에는 등방성판으로 보고 단면력을 계산하여도 좋다.

② 보도, 차도 구별이 없고 차도쪽 캔틸레버 부분의 내민 길이가 0.25m이하인 슬래브교는 캔틸레버 부분이 없는 슬래브교 처럼 단면력을 산정하여도 좋으며 캔틸레버 부분이 있는 슬래브교의 구조해석은 캔틸레버 부분에 작용하는 하중 및 강성의 영향을 고려하여 [도・설 4.7]의 바닥판 규정에 따라 설계하여야 한다.

③ 지점반력과 받침선 방향의 단면력은 받침 종류, 받침 간격 및 사각 등에 의하여 그 분포가 변화하기 때문에 이를 고려하여 계산하여야 한다.

2) 슬래브교의 지간 및 휨모멘트

① 고정하중에 의한 휨모멘트는 하중이 슬래브 전면에 일정하게 분포된 것으로 간주하여 계산하지만, 덮개, 난간 등 편재하중의 영향을 무시할 수 없는 경우에는 재하위치의 영향을 고려하여 휨모멘트를 계산하여야 한다. [도・설 4.8.3.2]

② 캔틸레버판이 있거나 또는 받침 종류, 받침 간격, 사각으로 인하여 지점반력과 받침선 방향의 단면력 분포가 변화하는 경우에 대하여 단면력을 계산할 때에는 슬래브교의 지간을 직슬래브교에서는 받침중심간격인l_n으로 하고, 사각 45°이상의 경사슬래브교에서는 식 (1.1)로 결정한다. 그러나 사각이 75°이상인 경우에는 사각의 영향이 작으므로 경사지간l_s를 슬래브의 전체폭으로 나눈 값(l_s/B)에 관계없이 지간l은 경사지간l_s로 하여

도 좋으며 l_s/B가 작아짐에 따라 본문에 규정된 지간에 따라 설계하면 과대 휨모멘트에 대하여 설계할 수 있기 때문에l_s/B가 0.5이하가 될 때에는 판 이론에 따라 해석하는 것이 좋다.

$l = l_s \qquad (l_s/B) \geq 1.5$ 식(1.1)

$l = (l_s + l_n)/2 \qquad (l_s/B) < 1.5$

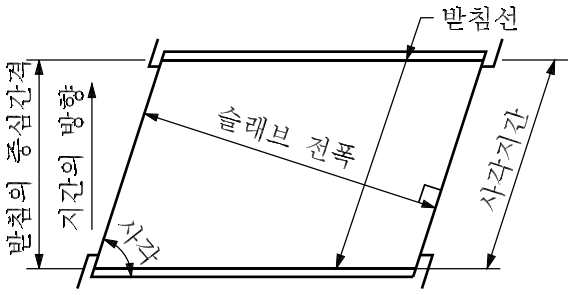
여기서, l : 슬래브의 지간

l_s : 경사지간(m)

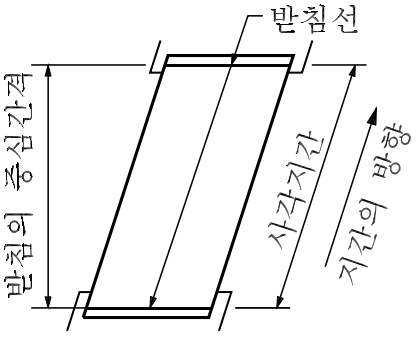
l_n : 받침의 중심간격(m)

B : 슬래브의 폭(m)

ϕ : 사각



(a) l_s/B<1.5인 경우



(b) l_s/B≥1.5인 경우

[그림 1.4] 경사슬래브교의 지간방향

1.2.4 T형교

(1) 설계일반

T형교는 주형의 부등 처짐이나 비틀림 변형이 바닥판, 받침 구조에 나쁜 영향을 주는 수가 있으므로 주형 직각방향의 강성을 높이기 위하여 가로보를 두는 것을 원칙으로 한다. 사각

이 45°미만인 경우 가로보를 주형의 직각방향으로 두지만 이 때 비틀림변형에 대한 충분한 검토가 필요하다. 또 사각이 45°이상인 경우 가로보는 받침선에 평행하게 설치하는 것이 좋다. 중간가로보의 설치는 [도・설 4.2.2.8(2)]의 규정을 따른다.

T형교는 주형과 가로보로 이루어진 격자구조로 볼 수 있기 때문에 격자이론에 의하여 단면력을 계산하는 것을 원칙으로 한다. 다만 직교 혹은 사각이 70°보다 큰 사교에서 바닥판의 지간이 짧고 판구조로 볼 수 있는 단면형상의 교량에 대하여는 직교이방성 판이론에 따라 단면력을 계산하여도 무방하다.

또한 보도, 차도 구별이 없는 경우, 보도, 차도의 구별이 있어도 보도가 양측에 설치된 경우, 캔틸레버 슬래브의 내민 길이가 주형 간격의 1/2 이하인 경우, 그리고 상기 설계일반에 규정된 것처럼 가로보가 설치된 경우에는 다음과 같은 방법에 따라 주형의 단면력을 계산할 수 있다.

(2) 구조해석

T형교를 격자이론에 의하여 해석하면 비틀림모멘트가 생기게 되는데 그 대부분은 변형적합 비틀림모멘트이다. 또 비틀림균열 발생 이후의 비틀림강성은 발생 전의 1/10정도로 저하되어 균열 발생 이후의 비틀림거동을 추정하기가 매우 어렵게 된다. 이러한 점을 고려하여 격자구조이론에 의하여 T형교의 단면력을 계산한 경우에는 주형 및 가로보의 비틀림 강성을 무시하고 해석할 수 있다. 그러나 사각이 70°미만인 사교의 경우에는 비틀림의 영향이 크게 나타나므로 비틀림강성을 고려하여 격자구조이론에 의하여 해석을 수행하고 비틀림에 대한 검토를 하도록 한다. 또 단면력을 계산할 때에 가로보 플랜지의 유효폭은 전단면이 유효한 것으로 보며, 응력계산을 할 때는 가로보 플랜지의 유효폭은 도로교 설계기준의 플랜지 유효폭에 대한 규정을 따르도록 한다.

1.2.5 박스거더교

(1) 일반사항

철근 콘크리트 박스거더 교량은 노선에 평면곡선이 도입되어 비틀림저항이 크게 요구되는 경우 유리하다. 인터체인지의 램프에 설치되는 교량은 곡선반경이 작은 평면곡선이 요구되는 관계로 콘크리트 박스교량을 채용하며 이 경우 박스 단면 전체가 비틀림에 저항하는 것으로 설계한다.

교량설계시 교량의 미관과 조형미를 고려하여 종종 경사형 웨브와 헌치형 거더가 사용되기도 하며 박스의 하부 모서리를 완만한 곡선으로 처리하여 상판 박스 거더가 너무 육중해 보이지 않도록 하기도 한다. 상부구조를 하부구조와 일체식으로 시공하면 시공효율 뿐만 아니라 미관과 조형미도 수려해지고 교각 캡핑을 박스 내부에 설치할 수 있으며 교각을 상부구조와 직접연결식으로 처리할 수도 있다.

일반적인 적용 경간장은 40m내외로서 보높이와 경간장의 비는 보통 0.055가 적용되고 있다.

헌치형의 박스구조로 할 경우 보높이와 경간장의 비는 최소 0.05, 최대 0.08 정도를 적용한다.

(2) 설계 일반 및 구조해석

단일박스 거더교와 다중박스 거더교는 박스 거더부의 전단면을 하나의 거더로 보고 단면력을 계산하는 것이 보통이다. 그러나 교량의 전폭과 지간의 비가 0.5 이상인 비교적 교폭이 넓은 다중박스 거더교는 직교 이방성 판이론이나 격자이론에 의해 단면력을 계산하는 것이 좋다. 편재하중에 의한 비틀림 모멘트에 대하여는 이로 인한 전단응력과 휨인장력을 검사해 보아야 한다. 다주형 박스 거더교는 주형의 비틀림 강성이 크고 하중분배도 좋기 때문에 원칙적으로 격자이론에 의해 단면력을 계산하여야 한다. 그러나 교량의 전폭과 지간의 비가 0.5이상인 다주형 박스 거더교에서 소정위치에 격벽을 둘 경우에는 주재하하중을 교량의 차도부에 만재하고 계산한 단면력을 주형의 수로 나누어서 구한 단면력으로 각 주형을 설계하여도 좋다. 단 단일박스거더교 및 다중박스거더교에서 사각이 70° 를 넘으면 격자이론에 따르지 않고 보이론에 따라 해석해도 좋다[도・설 4.10.3].

다주형박스거더교에 박스거더를 결합하는 가로보를 두지 않으면 교축직각방향의 강성이 작아지고 하중분배작용이 좋지 않게 되어 거더간의 휨의 차이 및 비틀림에 의하여 바닥판에 큰 모멘트가 생기게 된다. 따라서 지점이외에 지간 내에도 가로보 및 격벽을 두는 것을 원칙으로 한다. 지간내에 가로보 및 격벽을 둘 경우 일반적으로 지간 중앙에 배치하는 것이 효과가 크지만 지간이 길 때에는 40m정도의 간격으로 배치하는 것이 좋다. 단일박스거더교 및 다중박스거더교에 대하여도 지점이외에 1지간에 1개 이상의 격벽을 두도록 한다.

박스거더교의 전단응력 계산에 쓰이는 복부폭은 복부의 축선에 직각방향의 복부폭을 사용한다. 예를 들면 경사진 복부의 경우에는 전단흐름에 직각방향의 폭을 사용하면 된다.

복부폭이 플랜지 두께의 4배를 넘거나 보강 리브가 있는 박스거더교 등에 대하여는 플랜지에 생기는 수평전단응력에 대하여 검토하는 것이 좋다[도・설 4.10.2].

하부 플랜지와 복부의 응력은 박스거더를 상하 플랜지와 복부로 구성된 라멘구조로 보고 해석하여도 좋다[도・설 4.10.4].

1.2.6 라멘교

라멘교의 용이한 가설을 위해서는 설계전 다음과 같은 사항에 유의하여야 한다.

- 지반고와 계획고 차가 10m이상인 곳에는 피토고를 두어 계획하는 것이 바람직하다.
- 처짐 및 균열의 영향이 크므로 15m이내의 경간에 사용하여야 한다.

(1) 설계일반

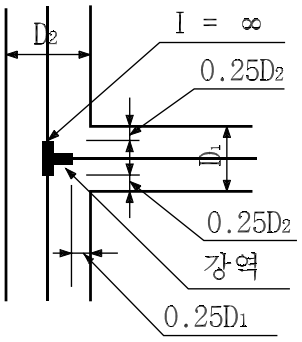
라멘교는 주형과 기둥이 강결된 것으로 설계하며, 슬래브교, T형교, 박스거더교 등의 단면형상의 고유 사항에 대해서는 도로교 설계기준과 콘크리트구조 설계기준의 해당 규정에 따른다. 그러나 라멘교 기둥 및 벽에 토압이나 수압이 작용하는 경우에는 [도・설 제5장] 하부구조편의 관련 규정을 적용하여 설계하여야 한다.

(2) 구조해석

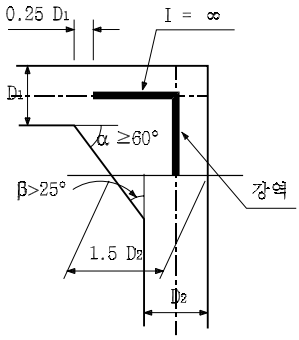
1) 구조해석으로 단면력을 계산할 때의 라멘축선은 콘크리트 전단면을 유효로 하는 부재단면의 도심축선에 일치시키는 것을 원칙으로 한다.

2) 기둥 축선의 하단은 기둥이 기초구조와 일체로 강결된 경우에는 기초구조의 상면으로 하고 힌지구조에 결합되어 있는 경우에는 힌지의 중심으로 한다. 기초의 침하 또는 회전이 무시될 수 없다고 생각되는 경우에는 기초를 등가 스프링으로 치환하여 해석하는 것이 바람직하다.

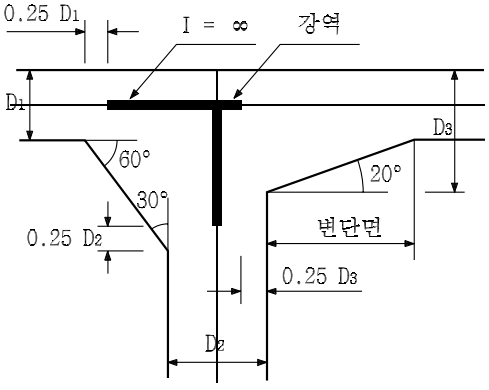
3) 기둥과 보의 절점부에 특히 큰 헌치가 있는 경우나 보부재 또는 기둥부재의 부재두께가 매우 큰 경우에는 강역의 영향을 무시할 수 없다. 이와 같은 경우에는 일반적으로 아래의 방법으로 구하는 강역([그림 1.5]참조)을 고려하여 라멘구조해석을 행하는 것이 바람직하다.



(a) 등단면인 경우



(b) 변단면인 경우(1)



(c) 변단면인 경우(2)

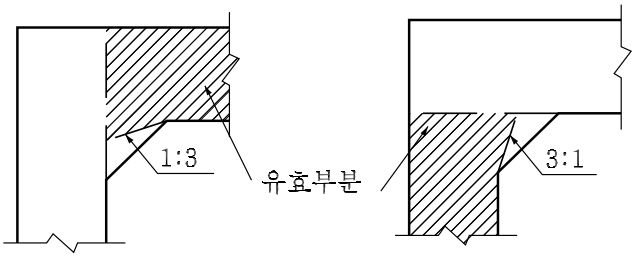
[그림 1.5] 라멘교 절점부에서의 강역

(3) 라멘 부재 절점부

1) 라멘부재의 절점부는 이에 접속하는 부재 상호간에 단면력이 확실하게 전달되도록 하여

야 한다.

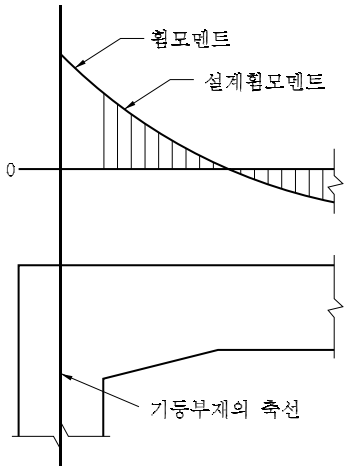
2) 라멘의 절점 즉 부재들의 접합부에는 매우 큰 모멘트와 전단력이 작용한다. 그러므로 절점부는 접합되는 부재들이 서로 단면력을 확실하게 전달할 수 있도록 모서리에 헌치를 두어 이 부분의 모멘트는 증가시키고 경간 모멘트는 감소시키도록 한다. 절점부에서 수평부재의 모멘트에 대한 위험단면은 [그림 1.6]과 같이 연직부재의 전면으로 간주하며, 연직부재의 위험단면은 수평부재의 하면으로 본다.



(a) 보 부재 (b) 기둥 부재

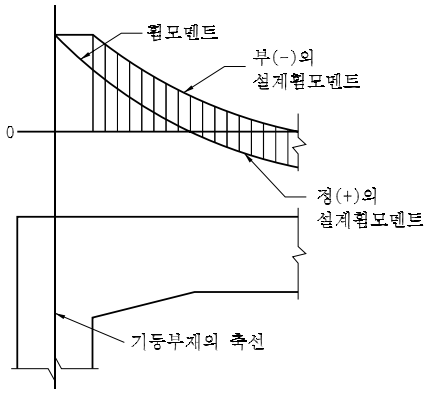
[그림 1.6] 헌치의 유효부분

라멘 절점부의 설계휨 모멘트는 다음과 같이 취하도록 규정되어 있다[도・설 4.12.4]. 즉 헌치나 단면변화의 영향을 고려하여 라멘을 해석한 경우에는 설계모멘트로서 [그림 1.7](a)와 같이 연직부재 전면의 모멘트를 사용한다. 균일단면으로 보고 라멘을 해석한 경우에는 [그림 1.7](b)와 같이 기둥 중심선의 모멘트를 설계 모멘트로 본다. 즉 균일단면으로 보고 계산한 모멘트도를 [그림 1.7](b) 처럼 오른쪽으로 이동시킨 모멘트도를 설계에 사용한다.



(a) 헌치와 단면변화의 영향을 고려해서하는 경우향을 무시

[그림 1.7] 수평부재의 모멘트에 대한 위험단면



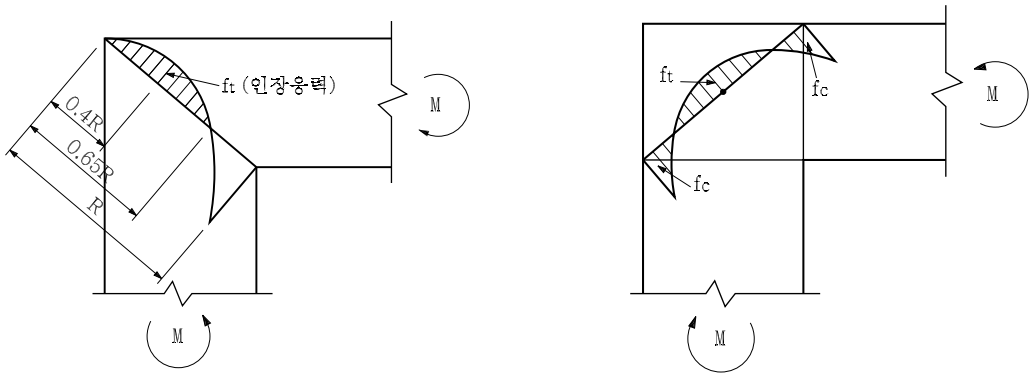
(b) 헌치와 단면변화의 영향을 무시하고 해석하는 경우

[그림 3.7] 수평부재의 모멘트에 대한 위험단면

3) 절점부의 모서리에는 휨모멘트의 작용방향에 따라 균열이 발생하려는 경향이 있으므로 철근을 보강하여야 한다[도・설 4.12.5].

[그림 1.8](a)에서 보여주는 휨모멘트가 단절점부에 작용하는 경우에는 대각선방향의 단면에 인장응력 f_t가 생긴다. 이 인장응력에 대하여 모멘트에 저항하는 철근을 배치하여야 한다. 또 절점부에서 [그림 3.8](b)와 같은 휨모멘트가 작용하면, 절점부 대각선 방향으로 인장응력이 작용하므로 큰 휨모멘트가 작용하는 경우에는 경사각방향으로 철근을 배치해서 보강하는 것이 좋다.

절점부에는 많은 철근이 교차해서 배치되기 때문에 주철근의 이음은 가능한 한 두지 않는 것이 좋다. 절점부에서 접합되는 부재들의 주철근이 절점부에서 끝날 경우에는 갈고리를 붙여서 정착하는 것이 좋다.



(a) 외측인장의 경우 (b) 내측인장의 경우

[그림 1.8] 라멘 단 절점부에 생기는 인장응력

1.2.7 PSC 합성거더교

(1) 설계시 유의사항

1) 일반적으로 PSC 합성거더는 직선이므로 곡선평면상에 설치할 경우는 지간중앙부 캔틸레버 길이의 확장으로 인하여 외측 거더에 과대한 하중이 재하될 우려가 있으므로 이에 대한 충분한 검토가 필요하다.

2) 캔틸레버의 길이(외측 거더 중앙에서 바닥판 끝단까지의 거리)는 거더간 거리의 ½이하로 하는 것이 좋으며, 캔틸레버에 과대한 고정하중이나 특수하중이 재하될 경우에는 주거더의 충분한 검토가 필요하다.

3) 가능한 내·외측 거더의 응력이 비슷하게 될 수 있도록 단면계획의 충분한 검토가 필요하다.

4) 지점부에서는 바닥판을 연속처리 할 경우 일어나는 부모멘트의 영향을 고려하여 바닥판에 종방향 철근을 배근하여 균열을 최소화시킨다.

5) 받침 중심간 거리 및 좌표산정시와 받침 상면에 소울플레이트(Sole Plate)를 부착할 경우에는 반드시 교량의 종단구배를 고려하여야 한다.

6) 교량의 진입부 또는 경간 내부 바닥판의 연속성이 단절되는 곳의 바닥판은 격벽이나 다른 적절한 방법으로 지지를 시키는 것이 좋다. 이때 격벽은 트럭 윤하중에 의해 발생되는 휨모멘트와 전단력을 지지할 수 있을 정도로 설계되어야 한다[도·설 4.7.5.6].

7) 연속바닥판에 프리스트레스를 도입하는 경우에는 프리스트레싱에 의해 생기는 부정정 휨모멘트를 고려해야 한다. 다만, 부정정 휨모멘트가 작게 일어나도록 PS강재를 배치하는 경우에는 이 부정정 휨모멘트를 무시할 수 있다[도·설 4.7.5.8].

(2) PS강연선의 검토

PS강연선의 배치형상 및 응력에 대하여 다음과 같은 방법으로 검토한다.

1) 강연선의 배치 : PS강연선의 배치로부터 길이를 구하고 이로부터 각 강선별 강선배치 포물선 함수를 얻는다. 이를 이용하여 각 강선별 주거더 중심으로부터의 거리에 따른 거더 하단에서의 강선 높이를 산출하여 강선의 배치형상을 얻는다.

2) PS강연선의 인장력 : PS강연선은 긴장시의 응력과의 차이는 무시할 수 있으므로 초기 손실이 일어 난 후에 가장 큰 응력을 받는다고 볼 수 있다. 따라서 초기 손실인 PS강연선과 쉬스 사이의 마찰에 의한 영향, PS강연선의 활동에 의한 영향, 콘크리트의 탄성변형에 의한 영향을 강선의 긴장순서별로 계산하여 PS강연선의 인장력을 계산한다. 이때 이 값이 강선의 허용인장력보다 작은지 검토해야 한다.

(3) 수평전단설계

합성거더교에서의 주거더와 바닥판의 결합은 전단철근이 연결재의 역할을 하게된다. 우선은 전단철근의 극한전단력을 바탕으로 전단응력을 구한 뒤 허용치 이내에 있는지 검토한다.

(4) 사인장 파괴 검토

PSC 거더는 휨 이외의 다른 원인에 의한 파괴에 대해서도 안전해야 한다. 그러한 파괴는 휨파괴보다 더 위험할지도 모르며, 또 갑작스럽게 예고 없이 일어날 지도 모른다. 사인장 파괴라고 불리는 휨전단 파괴가 그것이다. 또한 거더는 축방향으로 비틀림을 받는 수도 있다. 이 비틀림모멘트가 콘크리트에 사인장 응력을 증가시킨다.

(5) 처짐

발생하는 모든 휨모멘트를 고려하여 처짐값을 구한다. 우선 프리스트레스에 의해 발생하는 모멘트를 계산하고, 내측 거더, 외측 거더에 대하여 고정하중에 의한 처짐(하향), 프리스트레스에 의한 처짐(상향), 활하중에 의한 처짐(하향)을 계산한다. 그 결과가 허용처짐값 이내에 드는지 검토한다.

(6) 정착장치의 위치

1) 정착장치의 위치는 각 설계단면에 소요 프리스트레스가 충분히 분포되어 도입될 수 있도록 택하여야 한다. 이때의 프리스트레스의 분포는 정착장치에서 33°40′(tanβ=⅔)의 방향으로 분포하는 것으로 가정한다.

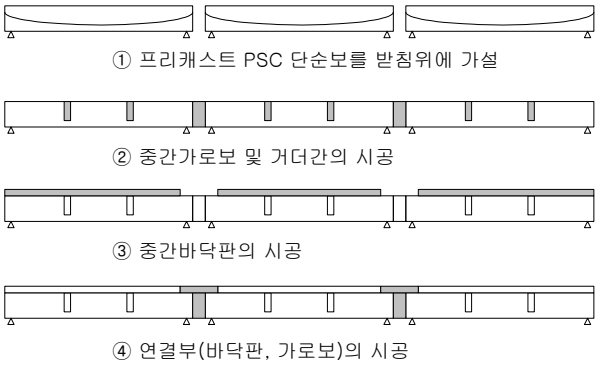
2) 부재의 중간부에 정착장치를 설치하는 경우는 원칙적으로 활하중에 의한 응력 변동이 작은 곳으로서 중립축에 가까운 위치로 하고 동시에 가능한 한 중간 격벽의 위치를 택하여야 한다.

3) 정착장치는 거더의 복부에 두는 것을 원칙으로 하고, 부득이 상부플랜지, 하부플랜지 혹은 복부단면에 붙여서 정착하는 경우에는 정착장치 부근에 생기는 인장응력에 대해 충분히 보강한다. 그리고 포스트텐션 방식의 프리캐스트 거더 등으로서 PS강연선을 구부려 올려 상부플랜지 상단에 정착하는 경우 구부려 올린 강연선은 전길이의 1/2 이하의 개수로 한다. 또한 거더 단부의 도심선과 프리 스트레스의 합력이 될 수 있는 한 일치될 수 있도록 하기 위하여 거더 단부에 있어서의 정착장치는 그 도심선에 대해 균등하게 배치하는 것이 좋다.

(7) 단순보의 바닥판 연속처리

PSC 합성 거더교를 연속교 형식으로 할 경우 교각위의 거더 접합구간을 현장타설 콘크리트로 연결하게 되며 일반적인 시공순서는 [그림 1.9]와 같다.

연속교 형식으로 할 경우 연결부의 지점은 2개의 받침으로 지지하는 형식을 원칙으로 한다.



[그림 1.9] PSC 합성거더교 시공순서

지점상의 연속처리부를 검토할 때는 주형 연결 후에 작용하는 하중에 의한 단면력을 사용하며, 고정하중 작용시는 원칙적으로 정(+)의 휨모멘트가 작용하지 않는 상태로 하는 것이 바람직하다. 그리고 단순교로 제작설치된 PSC 거더가 연속화된 구조시스템으로 해석된 경우, 주형 연결전에는 단순보로서, 연결후에는 탄성받침을 갖는 연속보로서 구한 단면력으로 산정할 수 있다. 단, 정(+)의 휨모멘트는 연속보로서 구한 수치를 10% 증가시키는 것으로 한다. 그리고 주형 연결후에 생기는 크리프 및 건조수축에 의한 2차응력은 단면에 불리하게 작용할 때만 고려한다.

1.2.8 PSC 슬래브교

(1) 설계시 유의사항

PSC 슬래브교의 설계시에는 사각이 없도록 교량연장을 길게 함이 좋으나 불가피하게 사각이 요구될 경우 가급적 영향이 적은 20°이내로 계획함이 구조적으로 유리하다. 또 캔틸레버 부분을 길게 하면 다소의 경제성을 높일 수 있으나, 캔틸레버의 영향을 감안한 구조계산시에는 주판의 가장자리가 불리해지므로 이에 대한 구조해석이 필요하고 교좌장치의 배치에 신중하여야 한다. 신축이음장치와 교좌장치는 가능한 한 배제하는 것이 유리하며, 단일 경간 슬래브구조로 하는 경우에는 라멘교로 하는 것이 여러 가지로 편리하며 연속 슬래브구조로 하는 경우에는 지점부에 헌치를 두거나 이에 상응하는 철근보강이 필요하나 일반적으로는 적절한 헌치를 두는 것이 구조적으로 유리하다.

(2) 구조해석

슬래브교의 해석은 판이론에 따라 수행하는 것을 원칙으로 한다. 그러나 연속 슬래브교, 라멘 슬래브교 등과 같이 지지조건이 복잡한 경우 혹은 곡선교, 사교와 같은 경우에는 격자이론과 유한요소법 등에 의해 해석하여도 좋으나, 간단한 유한대판법으로는 구조해석을 하지 말아야 한다.

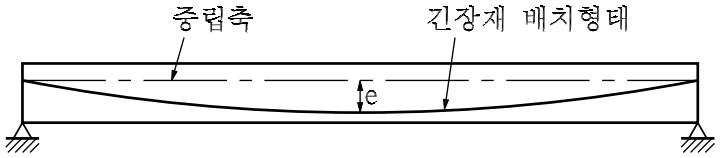
(3) PS강재의 배치

1) 포스트텐션 방식의 PSC 슬래브에서 PS강재 배치는 주로 포물선 형상을 사용하며 단순지지보에서의 PS강재 배치는 지간 중앙부에 최대의 효과를 가져 올 수 있도록 하나의

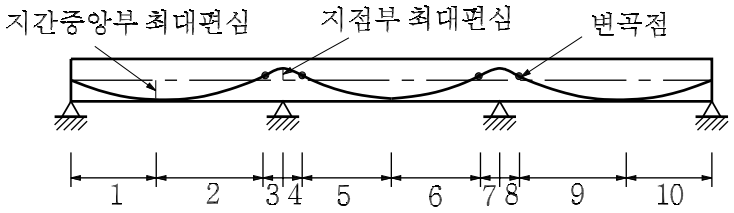
포물선 곡선으로 배치한다.

2) PS강재의 최소반지름 규정은 쉬스를 사용할 때 쉬스 지름의 100배를 사용하고 긴장재 쉬스관의 곡률반경은 6m 이상으로 하되 부득이한 경우 3m 이상을 사용하며 이때는 콘크리트 내에 구속철근을 배치하여야 한다.

3) 일반적으로 PS강재 배치형상을 단순보와 연속보로 구분하여 예시하면 다음과 같다.



(a) 단순보의 PS강재 배치



(b) 3연속 경간에서의 PS강재 배치

[그림 1.10] PS강재 배치 형상

1.2.9 MSS공법에 의한 PSC 박스거더교

(1) 개설

1) 개요

대형장비를 사용하므로 상부구조와 교각설계시 장비중량을 반드시 고려해야 하며, 시공단계별 구조해석을 실시해야 한다. 또한 교량구조물 뿐만 아니라 이동식 비계 자체도 시공단계별 구조해석을 실시하여 시공중 안전성 및 안정성을 확보해야 한다.

2) 계획시 유의사항

이동식 비계공법은 기본적으로 동바리 시공을 전제로 한 계획과 차이가 없지만 다음 항목을 고려할 필요가 있다.

① 단면형상에는 중공슬래브교, T형 거더교, 박스거더교 등 특별한 제약이 없지만, 기계화 시공의 효율성을 높이고 급속 시공을 꾀하기 위해서는 동일단면이 연속해 있을 필요가 있다. 이동식 비계공법은 대형 기계장비를 사용하므로, 동바리 공법 등 지상식 비계 시공과 비교할 경우 초기 투자비가 막대하기 때문에 교장이 길어야 경제성이 있다. 외국의 실적으로 볼 때 일반적으로 동바리 공법으로 시공이 가능한 평이한 조건에서 15경간 정도 이상의 경간수가 하부이동식 비계를 선정하는 경계선으로 파악되고 있다.

② 적용 경간, 적용 교폭은 비계보의 강성, 주 유압잭 등 가설장비의 능력에 의해 결정되

지만, 일반적으로 하부이동식 비계로 시공되는 교량의 경간길이는 30~60m 범위이고, 60m 이상인 교량의 경우에는 이동식 비계의 장비제작비가 증가하므로 비 경제적이 될 수도 있지만, 현장사정상 채택하는 경우에는 중간에 가지주(假支柱) 등을 설치하고 사용한다. 이동식 비계를 사용하여 시공하는 교량의 교폭은 20m 이하의 범위로 적당한데, 이는 교폭이 지나치게 커지면 교량 상부구조 자중이 커지고, 이동식 비계의 제작비가 증가하기 때문이다.

③ 이동식 비계공법은 시공속도, 교하교통에 대한 안전성 등의 측면에서 볼 때 우수하므로 이러한 점도 계획시 충분히 고려되어야 한다.

(2) 하중

1) 하중조건

이동식 비계에 의해서 가설되는 연속교의 단면력 계산시 고려할 하중은 다음과 같다.

① 콘크리트 상부 자중에 의한 등분포하중(Wd)

② 이동식 비계자중에 의한 후방지지점 반력(Pg)

③ 타설된 콘크리트 자중에 의한 후방지지점 반력(Pc)

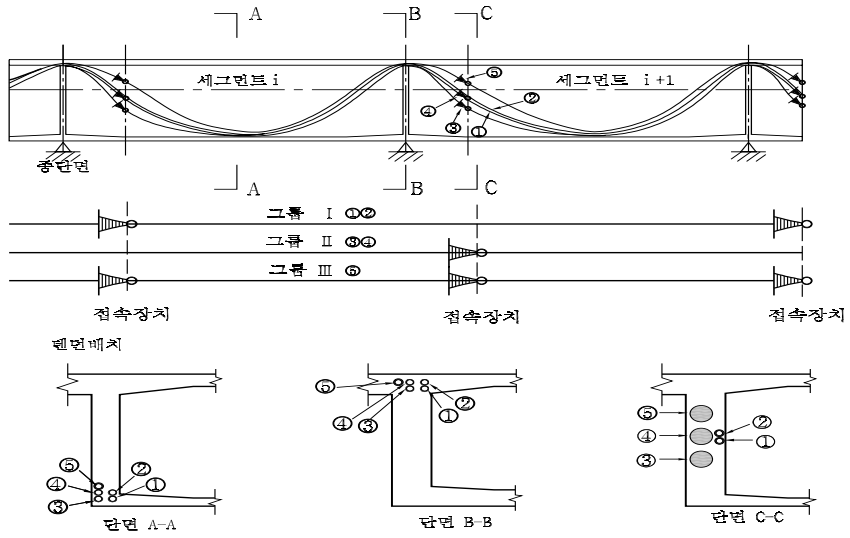
2) 크리프 및 건조수축

크리프 및 건조수축에 대한 사항은 이동식 비계공법의 공정을 참조해서 시간의 영향을 고려한다.

(3) PS강재 배치

이동식 비계공법을 사용하는 교량의 상부구조에 대한 PS강재 배치방법은 한 경간씩 현장타설하는 동바리 공법의 경우와 유사하다. PS강재를 배치하는 두 가지 유형과 각 유형별 특성은 다음과 같다.

1) 유형 1 : 텐던 일부만 시공이음부에서 정착시키고 나머지는 연속으로 배치하는 방법

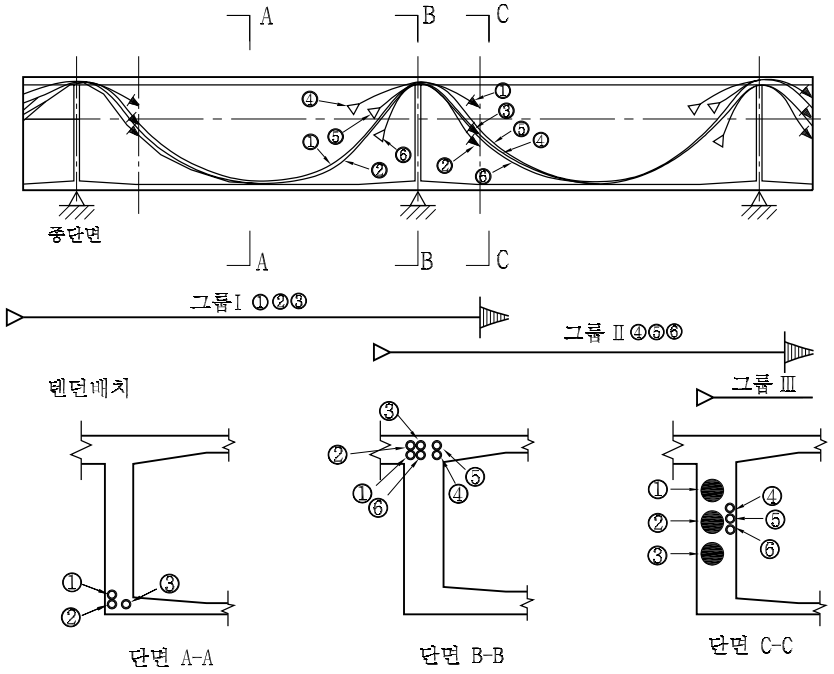


[그림 1.11] 유형 1의 텐던 배치방법

[그림 1.11]에서 볼 수 있는 바와 같이 텐던의 일부는 시공이음부에서 정착시키고 연결구로 연결접속시키며, 일부는 연속 배치하는 방법이다.

이 방법은 시공이음부에서 정착력이 작은 장점이 있다. 중간지점부 근처에서의 복부두께는 약간 증가시켜야 하지만 2열 정착하는 경우보다는 복부두께를 감소시킬 수 있다. 비계를 제거할 때 텐던 일부에 긴장력이 도입되어 있지 않은 상태이므로 시공단계에서의 극한강도, 균열, 변형 등에 대한 안전도를 검사해야만 한다.

2) 유형 2 : 지점부위에서 텐던을 엇갈리게 중복 배치하는 방법



[그림 1.12] 유형 2의 텐던 배치방법

[그림 1.12]에서 볼 수 있는 바와 같이 중간지점부에서 엇갈리게 배치하는 방법으로서 다음의 두 가지 정착구역 배치법이 있다.

① 방법 1 : 인장정착구(live anchor)를 시공이음 표면에 두고 다음 경간 프리스트레스를 위한 고정정착구(dead anchor)를 시공이음부 뒤쪽 복부속에 배치한다. 이 방법으로 하면 복부두께 증가를 대부분 피할 수 있다. 다음 경간을 위한 모든 텐던이 기 시공된 경간지점부에 묻혀져야만 한다. 여기서, 도·설 4.15.6.4 (2)의 규정에 의해 동일 단면위치에 종방향 포스트텐션닝 긴장재의 50% 이상의 이음부가 있어서는 안되나 단지 개념적인 설명을 위해 이 규정과 다르게 [그림 1.11]이 제시되어 있음을 주지하기 바란다.

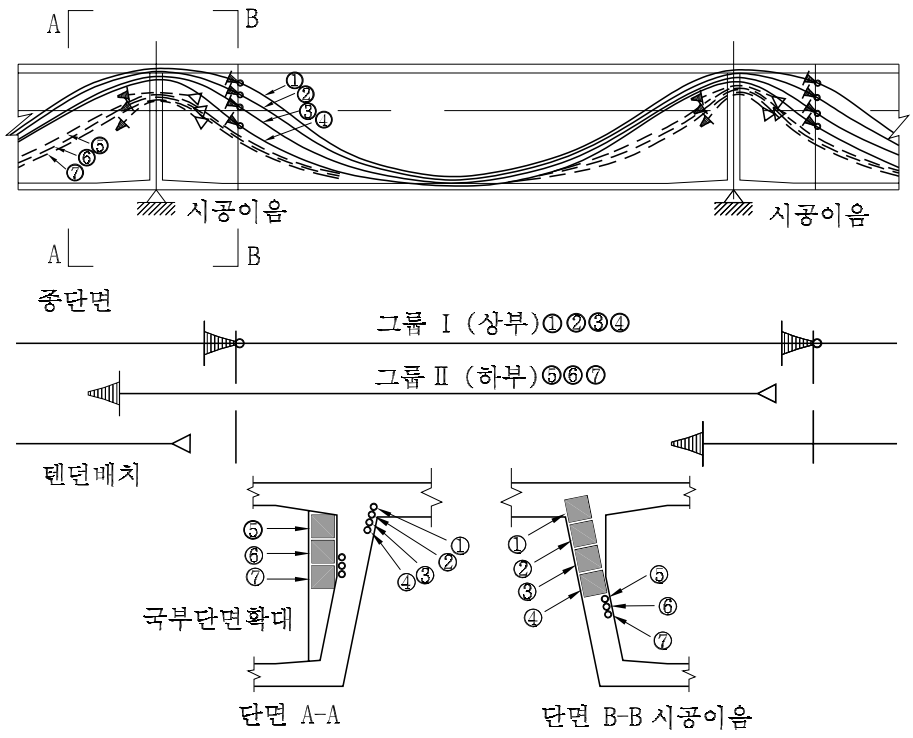
② 방법 2 : 지점을 중심으로 시공이음부와 반대쪽에 돌출부(build-out)를 만들어서 덕트를 묻은 뒤 시공하는 방법이다. PS강재는 필요한 시기에 언제든지 밀어 넣거나

빼는 방법으로배치할 수 있다. 정착구는 시공후에도 접근가능하므로 그라우팅 하기 전에 2차 프리스트레스를 실시할 수도 있다.

전술한 두 가지 방법에 있어서 모든 텐던은 비계를 제거하기 전에 긴장된다. 연결구는 필요없으며 엇갈리게 중복 배치되는 길이가 충분할 경우에는 지점 근처의 프리스트레스 힘은 두배가 된다. 특히, “방법 2”를 사용하면 프리스트레스 단계를 자유로이 조절할 수 있으므로 크리프와 건조수축에 의한 프리스트레스 손실을 상당히 감소시킬 수 있다. “방법 1”의 주된 단점은 아직 시작되지 않은 경간을 위한 텐던이 기시공 경간에 일체로 묻혀져야만 한다는 것이다. “방법 2”의 경우는 복부의 돌출부를 사용하여 엇갈리게 중복 배치하는 텐던부위의 상세가 상당히 복잡해질 수도 있다.

그러나 이동식 비계공법의 특징인 기계화 시공측면에서는 시공이음부에만 정착구를 설치하는 유형 1 보다 시공성이 떨어진다.

3) 유형 3 : 혼합 배치 방법



[그림 1.13] 유형 3의 텐던 배치방법

전술한 세 가지 유형을 자유로이 조합하면 [그림 1.13]과 같이 혼합된 방식의 텐던 배치를 할 수도 있다. 텐던 배치를 단순하면서도 효율적으로 배치하면 마찰손실을 충분히 감소시킬 수 있으나 내부 거푸집 형태를 일률적으로 하는 것에 대해 충분히 고려해야만 한다.

(4) 처짐(캠버) 곡선

이동식 비계로 연속교를 분할 시공하는 경우에는 시공단계별로 처짐관리가 이루어져야 한다. 프리스트레스 및 크리프에 의한 처짐값은 각 시공단계마다 계산해야 한다. 일반적으로 고려해야 하는 처짐은 다음과 같다.

1) 이동식 비계의 자중에 의한 비계보의 처짐
2) 교량 상부구조의 자중에 의한 비계보의 처짐
3) 후방 지지현수재 지점반력에 의한 비계보 및 교량 상부구조의 처짐
4) 분할 시공시 교량 상부구조의 자중에 의한 교량 상부구조의 처짐
5) 프리스트레스 및 크리프에 의한 교량 상부구조의 처짐

따라서, 이동식 비계공법을 적용하는 교량일 경우에는 매 시공단계마다 전술한 처짐값을 모두 고려한 처짐도를 작성하고, 이에 상응하는 캠버도를 작성하여 이동식 비계의 외부거푸집을 이 캠버도에 맞춰 유압잭 등으로 설치할 수 있어야 한다.

1.2.10 ILM공법에 의한 PSC 박스거더교

(1) 개설

연속압출공법으로 시공하는 교량에 있어서 부재단면의 응력검토 뿐만 아니라 압출시공 중의 박스거더의 안정, 즉 전도 및 활동에 대한 안전도를 검토해야만 한다. 전도 및 활동은 직접 낙교로 이어지는 문제이므로 충분히 현지상황을 고려하여 안전성을 확인해야만 한다. 시공시 박스거더의 안전성, 경제성 등의 관점에서 볼 때 일반적으로 3경간 이상의 연속교에 적용하는 것이 바람직하다.

압출 최대경간길이는 압출시 선단부에서 발생하는 휨모멘트를 감소시키는 방법에 따라 결정되는 것으로 이는 압출노즈의 길이, 가교각의 사용유무에 따라 경제성이 좌우되므로 교량설계시 신중하게 검토하여야 한다.

(2) 기본설계

1) 선형 : 연속압출공법으로 시공하는 교량의 경우, 박스거더 하면이 압출시공시 미끄럼받침 위의 동일평면을 통과해야 하므로 박스거더 하면의 선형은 직선 또는 단일 원곡선이어야 한다. 도로교의 경우 평면선형에 대해서 곡률반경이 작을 뿐만 아니라 횡단구배 및 크로소이드 곡선이 들어간 교량이 많다. 또한 종단구배가 클 수도 있으며 심지어 교량구간 내에서 종단구배가 변화할 수도 있다. 따라서 연속압출공법의 적용시 교량선형에의 대처가 가능한지를 우선적으로 검토해야 한다.

① 평면선형 : 평면선형이 직선 또는 단일 원곡선인 경우 아무런 문제가 없으나, 교량이 크로소이드 곡선 구간 또는 크로소이드 곡선과 원곡선의 조합된 구간에 가설될 경우, 평면상에 가상 원곡선을 설치해 평면곡선과의 차를

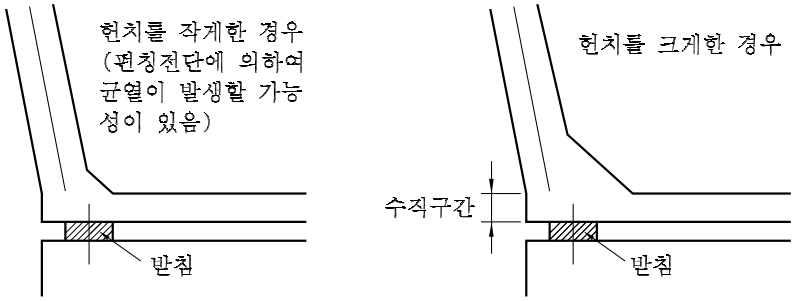
바닥판의 캔틸레버부에서 조정한다. 평면곡선과의 차의 크기는 크로소이드 파라메타(A)의 크기 및 곡률반경(R)의 크기, 크로소이드 곡선구간의 길이 등에 의해 영향을 받는다.

② 종단구배 : 교량 압출구간 전체의 종단구배가 일정한 직선이거나 압출구간의 종단곡선이 단일 원곡선이면 종단곡선에 따라 압출하면 된다. 그러나 교량구간의 종단구배가 직선에서 원곡선으로 변화하거나 하면, 근사원호 곡선으로 대처해 종단선형과의 차가 포장 오차범위 내에 있게 하거나 바닥판 두께의 국부적인 미소증가 조정에 의해 대처하여야 한다. 이러한 경우 이외에는 종단곡선의 위치를 미세조정하든지 그렇지 못할 경우에는 연속압출공법을 선택하지 않는 것이 바람직하다.

2) 경간분할 : 일반적으로 동바리 공법에 의해 연속교를 가설할 경우 이상적인 경간분할은 단부 경간과 내부 중앙경간과의 비가 약 1:1.2 정도이다. 그러나 연속압출공법으로 연속교를 가설할 경우에는 이상적으로 경간분할을 해도 시공시의 캔틸레버부 길이 등에 의해 형고 등 단면제원이 결정되며, 연속압출공법에서도 측경간 길이를 압출가설시와 가설후의 최대 단면력 감소에 따른 공사비 절감 등을 고려할 때 연속교량의 경제적인 측경간 비율인 $0.75l \sim 0.80l$로 결정하는 것이 바람직하다.

3) 단면형태 : 연속압출공법에 적용하는 박스거더의 단면형상은 일반적으로 단일박스 단면을 사용하지만 특별한 조건하에서는 2중박스 단면, 더블 T형 단면 등을 사용하며, 거푸집 전용에 유리하게끔 대개는 전단면을 동일한 외형으로 사용한다. 박스거더의 단면형상은 압출시공시의 받침위치 및 반력을 고려하여 정하며, 전단면이 받침 위를 통과하므로 전단면에 대하여 받침 위의 단면으로서 검토한다.

받침중심선과 복부중심선은 일치시키는 것이 원칙이나 시공조건에 따라서 이것이 불가능한 경우에는 헌치를 크게 하는 등, 받침의 반력에 의해 하부플랜지에 과대한 응력이 발생하지 않도록 헌치의 크기·형상 등을 검토할 필요가 있다([그림 3.13] 참조). 박스거더 하단부의 측면은 횡방향 가이드가 기능을 발휘할 수 있도록 수직구간을 설치하는 것이 바람직하다. 한편, 비대칭 단면의 경우 압출시공 중의 비틀림에 대한 검토뿐만 아니라 받침에 하중의 편심이 발생할 수도 있으므로 이에 대한 검토도 있어야 한다.



[그림 1.14] 헌치의 형상

4) 형고 : 일반적으로 연속압출공법으로 가설하는 교량의 단면높이는 동바리공법으로 가설하는 교량의 단면높이(형고비 = 18~23)보다 약간 높으며, 실시예를 보아도 대부분 형고비가 15~17로 되어 있다. 이것은 가설시 휨모멘트가 매우 크므로 가설용 PS강재를 효율적으로 사용하기 위해 형고를 높게 하는 것이 경제적으로 되기 때문이라고 판단된다. 일반적으로 경간이 길어질수록 형고비는 작아지며, 경간이 짧아질수록 형고비가 커진다.

5) 단면제원

① 바닥판 및 하부플랜지 : 바닥판의 두께는 도·설의 관련 시방규정을 고려하여 결정하여야 하며, 바닥판에 배치하는 횡방향 PS강재와 1차 PS강재와의 관계, 1차 PS강재 중 일부를 중간에 정착하는 경우에 필요한 연결용 정착장치의 크기 등을 고려해서 결정한다. 최악의 재하상태에 대해 바닥판중 캔틸레버 고정단부에서 허용범위 이상의 균열이 발생하지 않도록 횡방향 PS강재를 배치하든지 캔틸레버 고정단부의 두께를 크게 하든지 하는 등의 조치를 강구하여야 한다. 하부플랜지의 두께는 사용하는 1차 PS강재의 크기, 1차 PS강재 중 일부를 중간에 정착하는 경우에 필요한 연결용 정착장치의 크기 등을 고려해서 결정한다. 일반적으로 바닥판 및 하부플랜지의 단면두께 고려시 여기에 정착시키는 1차 압출용 텐던 규격은 큰 규격보다 작은 규격을 여러 개 배치하는 것이 구조적으로 유리하다.

② 복부 : 연속압출공법에서는 완성계의 경간중앙 부근의 단면에서도 압출시공시에는 교각을 통과하기 때문에 상당히 큰 전단력이 발생하게 된다. 또한 지점 부근의 단면에서도 압출시공시에는 2차 PS강재를 배치하여 대처하도록 한다. 복부의 두께를 두껍게 하여 대처하는 것은 고정하중을 증가시키고 전단력을 증가시키므로 그다지 좋은 방법은 아니다. 따라서 복부의 두께는 수직 PS강재를 배치할 경우

수직 PS강재의 필요량 및 수직 PS강재와 2차 PS강재, 바닥판 배치용 PS강재와의 상호관계 등을 고려하여 결정하여야 한다.

2. 도로구조물

2.1 구조물의 종류

도로구조물은 지하차도,암거,옹벽의 설계에 적용한다.

2.2 구조물별 주요고려사항

2.2.1 지하차도

(1) 계획시 유의 사항

지하차도에 보행자 통로를 계획할 경우 노약자 및 장애인을 위하여 계단없는 경사로 및 엘리베이터의 설치 등을 고려하여야 하며 불가피하게 계단을 설치하여야 할 경우 난간에 보조 손잡이 설치 및 계단폭 일부를 자전거, 핸드카, 유모차 등이 다닐수 있도록 계획한다.

1) 도로와 교차하는 지하차도

① 교통량과 서비스 수준에 대해서는 주변 도로망과의 균형을 잃지 않도록 해야 한다.

② 지하차도 부근에 용량이 낮은 평면교차가 있는 경우는 평면교차점에 교통 규제를 하거나 평면교차를 입체화 하도록 한다.

③ 지하차도와 인근 주요교차점 사이에 생기는 분기, 합류, 위빙 등과 같은 복잡한 교통현상에 대해 검토해야 한다.

④ 입체교차의 구조 형식 (지하차도 또는 고가차도)은 지형, 지질, 경제성, 시공의 난이도, 주변 경관과의 조화, 환경, 유지관리 등에 대해 종합적으로 검토한다. 일반적으로 지하차도가 공사비, 공기 및 유지관리 측면에서 불리하나 미관과 환경면에서는 유리하다.

2) 철도와 교차하는 지하차도

① 일반적으로 철도와 교차하는 곳의 지하차도 계획은 구조물이 완공되면 간단하게 변경하는 것이 곤란하다. 따라서 지하차도 계획시에는 도로, 철도 쌍방의 현황을 충분히 파악하는 것은 물론이고 철도청과 협의하는 한편 장래 계획을 충분히 검토하여 지하차도 계획을 결정해야 한다.

② 철도와 지하차도는 당해 지역뿐이 아니라 도로 전체의 균형이 잡힌 계획을 세워야 한다.

(2) 설계

1) 일반사항

① 구조물은 그 목적에 적합하고 안전하며 또한 경제적인 것이라야 한다.

그러므로 구조설계자는 공인된 이론, 실험결과 및 과거의 경험을 토대로하여 구조물이 받는 각종 하중, 온도변화, 기상작용, 지진의 영향, 지반의 지지력 등에 알맞은 사용재료, 구조물의 형태, 재료의 강도 또는 허용응력, 구조세목 등을 정하여 구조물을 설계해야 한다.

② 철근 콘크리트 부재는 강도설계법의 규정에 따라 설계하는 것을 원칙으로 하되, 허용응력 설계법의 규정에 따라 설계할 수도 있다.

③ 사용하중이 작용할 때의 응력이 규정된 허용응력의 값으로 제한되는 경우에는 허용응력 설계법에 의한 설계는 강도설계법의 강도 및 사용성 요구조건을 만족시킨다고 가정하여도 좋다.

2) 본선의 차로수

본선의 차로수는 자동차 주행의 안전성을 확보하는 뜻에서 편도 2차로 이상으로하는 것이 원칙이다. 만약 부득이한 사정으로 편도 1차로로 할 경우에는 고장차를 대피시킬 수 있는 길어깨를 포함한 폭으로 한다.

3) 측도의 차로수

① 측도의 폭은 적어도 1차로외에 정차대를 포함한 폭 이상으로 하여야 한다.

② 측도의 차로수는 5)의 차로수 균형의 원칙에 따라야 한다.

③ 측도와 교차로는 평면 교차로 한다. 따라서 좌회전차로, 우회전차로 등의 제 기준에 대하여는 평면교차에 따른다.

4) 유출입부

지하차도 유출입부라 함은 본선이 측도와 접속하는 부분 근처를 말하는데 여기서 교통의 분합류가 이루어진다. 따라서 교통류의 혼란이 일어나기 쉬우므로 계획에 있어서는 세심한 주의가 필요하다.

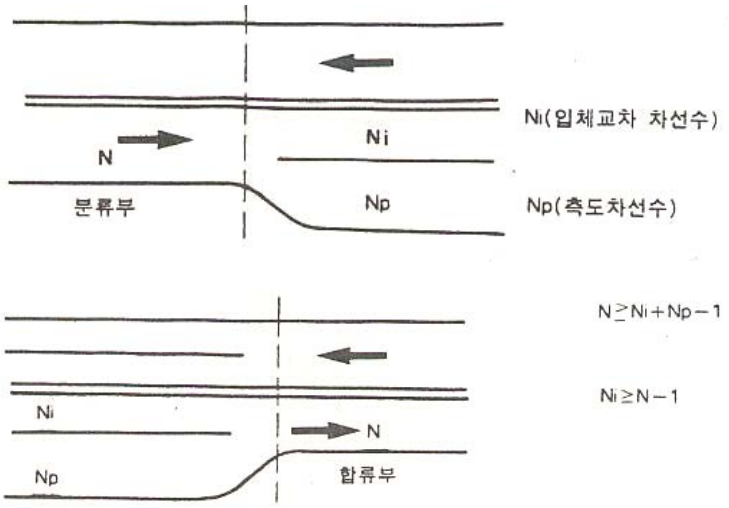
① 지하차도 유출입부에서의 확폭의 설치는 안전하고 원활한 교통류가 확보 되도록 완만한 곡선의 연속으로 처리한다.

② 지하차도 유출입부에 있어서는 자동차의 유도성을 고려하여 교통류의 원활을 기하도록 하여야 한다.

③ 측도와 본선의 평행구간의 길이"L"에 대하여는 분합류의 안전하고 원활한 교통처리를 위하여 적당한 길이를 확보하도록 한다.

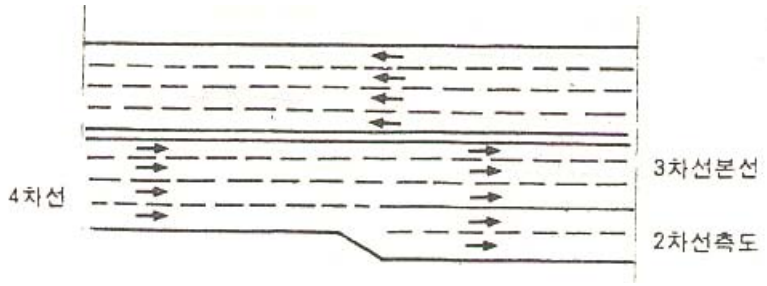
5) 차로수 균형의 원칙

지하차도 및 이에 접속하는 분합류 구간의 차로수는 균형이 유지되어야 하며 이관계는 다음 그림과 같다.



[그림 2.1] 차로수 균형의 원칙

분합류에서는 분류한 후의 차로수가 분류하기전의 차로수보다 1차로가 더 많아야 한다. 예를 들어 편도 4차로의 도로에 지하차도를 설치할 경우 본선의 차로수는 분류하기전의 차로수보다 한번에 1차로 이상 줄어들 수 없으므로 최소한 3차로로 하여야 하며 측도는 분리한 후의 차로수가 분류전의 차로수보다 1차로가 많아야 하므로 5차로에서는 본선차로수 3차로를 감하면 2차로로 건설되어야 한다. 이를 도시하면 다음과 같다.



[그림 2.2] 분류부 차로수 구성도

합류부에서는 합류한 후의 차로수가 합류하기 전의 차로수보다 1차로 이상 줄어서는 안된다. 예를 들어 지하차도와 고가차도의 본선이 편도 3차로이고 측도가 편도 2차로일 때 합류부의 차로는 최소한 편도 4차로로 건설되어야 한다.

2.2.2 암거

(1) 설계 일반사항

1) 지반조건 : 과도한 부등침하 또는 구조물과 주변지반의 상대침하가 발생할 우려가 없는 지반

2) 사용재료 및 성토재의 물성치

① 사용재료

(가) 콘크리트

암거에 사용하는 콘크리트의 최소 설계기준강도는 철근 콘크리트는 24MPa, 기초콘크리트는 16MPa을 적용한다.

(나) 철 근

가) 항복강도 : fy = 300 MPa (SD 30)이상

나) 탄성계수 : Es = 200000.0 M9Pa

②흙

<표 2.1> 흙의 단위중량과 내부마찰각

구 분	단위중량(kN/m^3)	내부마찰각(°)
흙 (성토재)	19.0	30
흙 (뒷채움)	20.0	35

(2) 암거의 설계에 사용되는 하중

1) 고정하중

$$Wt = \gamma_C \cdot T_1$$

Wt : 상부슬래브 자중 (MPa)

γ_c : 철근콘크리트 단위중량 (kN/m^3)

T1 : 상부슬래브 두께 (mm)

고정하중은 일반적으로 다음과 같은 단위중량을 기준으로 구한다. 고정하중의 크기를 정확하게 산정할 수 있는 경우에는 그 값을 적용한다.

<표 3.2> 재료의 단위중량

(단위 : kN/㎥)

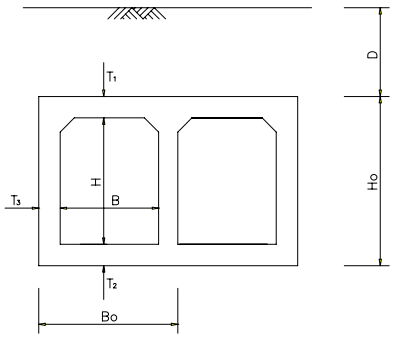
재 료	단 위 중 량	재 료	단 위 중 량
철근콘크리트	25.0	아스팔트포장	23.0
콘 크 리 트	23.5		
시멘트모르터	21.5		
역 청 재 (방수용)	11.0		

2) 활하중

- 암거 상면의 토피 및 포장층 두께 (m)

  Bo : 암거폭(다련 BOX인 경우 외측 1BOX의 폭) (m)

- 노면활하중이 10.0 kN/m^2 이하일 때는 10.0 kN/m^2로 한다.



① D/Bo ≥ 0.5

<표 2.3> 노면 활하중 (D/Bo ≥ 0.5)

토피두께 (D, m)	노면활하중 (P_{V1} ,kN/m^2)	비 고
1.0	39.0	• 토피의 중간 값은 노면활하중 상위의 값을 적용
1.5	25.0	
2.0	18.0	
2.5	14.0	
3.0	11.0	
3.5이상	10.0	

② D/Bo 〈 0.5

<표 2.4> 노면 활하중 (D/Bo < 0.5)

D/B_o	노면활하중 (P_{V1}×D,kN/m^2)	비 고
0.1	17.0	• D/B_o의 중간 값은 P_{V1}×D의 상위 값을 적용
0.2	27.0	
0.3	33.0	• 노면활하중(P_{V1})은 표의 값을 D로 나누어 구함.
0.4이상	36.0	

③ 토피고 1.0m이내인 경우 이동하중으로 재하하고 상부 슬래브는 바닥판 기준을 따라 설계한다.

- 상기 노면 활하중 값의 기준은 DB-24이므로 DB-18 적용시는 별도로 검토하여 적용되어야 한다.

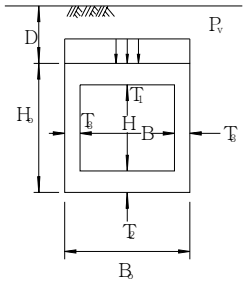
3) 토 압

① 연직토압

토피고 10.0m 초과시 현장여건을 고려하여 별도의 설계를 하여야 하며 이때 기초지반상태(강성기초여부)조건에 따라 할증계수(α) 적용방법에 대해 별도검토 하여야 한다.

암거의 상면에 작용하는 연직토압은 다음 식을 근거로 하여 산출한다.

$$Pv = \alpha \cdot \gamma \cdot D$$



여기서, Pv : 암거 윗면에 작용하는 연직토압 (kN/m^2)

γ : 암거 상부의 흙의 단위체적중량 (kN/m^3)

D : 암거의 토피두께 (m)

Bo : 암거의 외측 폭 (m)

α : 암거근입 특성에 따른 계수

$\alpha = 1+0.2\ (D/Bo) \leq 1.15$

단, 절토부에 암거를 설치할 경우는 $\alpha = 1.0$으로 한다.

② 수평토압

암거에 작용하는 수평토압은 암거의 강성을 고려하여 정지토압을 적용한다.

$$P_H = P_h + P_{hl} = K_O \times \gamma \times Z + K_O \times q$$

P_H : 깊이 Z에 대한 정지토압 (kN/m^2)

γ : 뒷채움재의 단위중량 (kN/m^3)

Z : P_H가 벽면에 작용하는 깊이 (m)

Ko : 정지토압 계수 (Ko = 1-sinø)

q : 과재하중 (kN/m^2)

ø : 흙의 내부 마찰각(°)

4) 수 압

암거의 뒷채움 재료는 배수가 용이한 노상(SB-1) 재료를 적용하여 수압에 의한영향을 배제하고 접속 날개벽에서 배수처리토록 할 경우 수압에 의한 영향은 미미하므로 수압작용을 무시한다.

$$P_H = \gamma_w \cdot h$$

γ_w : 물의 단위중량 (kN/m^3)

h : 수면에서의 깊이 (m)

5) 지진하중

암거에 대한 지진의 영향은 암거 중량과 흙의 중량이 비슷하여 암거와 주변흙이 근사한 거동을 하게 되므로, 지반이 연약하여 액상화 현상이 예상되거나 활성단층을 가로 지르는 경우를 제외하고는 고려할 필요가 없다.

6) 지반반력

암거저면의 지반 반력(q)는 다음식으로 구한다.

$q = qd + ql + qv + qw + ql'$

q : 저면에 작용하는 지반반력 (kN/m^2)

qd : 상부 슬래브 및 벽체 자중에 의한 지반반력 (kN/m^2)

ql : 노면 활하중에 의한 지반반력 (kN/m^2)

qv : 상부 슬래브에 작용하는 연직토압에 의한 지반반력 (kN/m^2)

qw : 종방향 단위길이당 암거내의 물의 자중에 의한 지반반력 (kN/m^2)

- 수로암거일 경우 적용 (내공면적의 80%)

ql′ : 암거 저판에 작용하는 윤하중에 의한 지반반력 (kN/m^2)

- 통로암거일 경우 적용

설계단면 계산시 저판의 자중은 지반반력과 상쇄되므로 저판의 자중을 무시한다.

(3) 각종 암거 설계상 유의점

1) 부재의 최소두께

부재단면의 최소두께는 철근피복, 굵은골재 최대치수, 시공성 등을 감안하여300mm이상이어야 한다

2) 부재단면력 계산

① 구조해석시 부재 축선은 전단면을 유효로한 부재단면의 도심을 연결한 선으로 하는 것이 원칙이나 일반적인 암거의 경우 헌치에 의한 단면변화의 영향이 작으므로 단면 변화의 영향을 무시하고 거더의 축선을 직선으로 본다.

단, 책임기술자의 판단에 따라 단면의 변화가 매우 심하다고 판단될 경우에는 축선변화의 영향을 유효부분으로 간주할 수 있다.

② 응력을 검사할 때 헌치의 유효부분은 접합되는 부재에 설치된 헌치높이의 1/3을 해당 부재의 유효부분으로 간주할 수 있다.

③ 받침부면에서 단면력의 산정

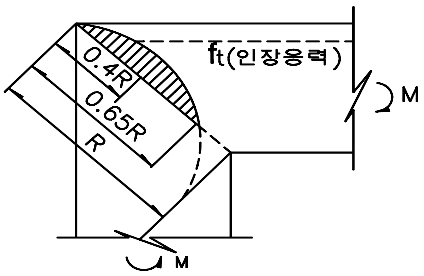
가) 헌치의 영향을 고려할 경우 받침부 면에서 부재의 단면을 산정하기 위한 휨 모멘트의 값은 보에 있어서 기둥 전면의 휨모멘트, 기둥의 경우 보의 상 . 하면 위치의 휨모멘트를 사용할 수 있다.

나) 헌치의 영향을 무시하고 구조해석을 할 경우는 절점 휨모멘트를 기둥 내측 또는 보의 단부까지 이동시켜 구한 값을 사용할 수 있다.

3) 우각부(단절점부) 보강

① 외측인장 휨모멘트가 작용하는 경우

(가) 외측인장 휨모멘트가 단절점부에 작용하는 경우에는, 대각선 방향의 단면에 인장응력 f_t가 발생하므로 이 인장응력에 대하여 보강철근을 배치하여야 한다.



[그림 2.4] 외측인장 휨모멘트가 작용한 경우의 응력분포

(나) 인장응력의 최대값 $f_{t,\max}$는 다음식에 의해 구해도 좋다.

$$f_{t,\max} = \frac{5M_O}{R^2 \cdot w}$$

여기서, $f_{t,\max}$: 인장응력의 최대값 (MPa)

Mo : 절점휨모멘트 (N-mm)

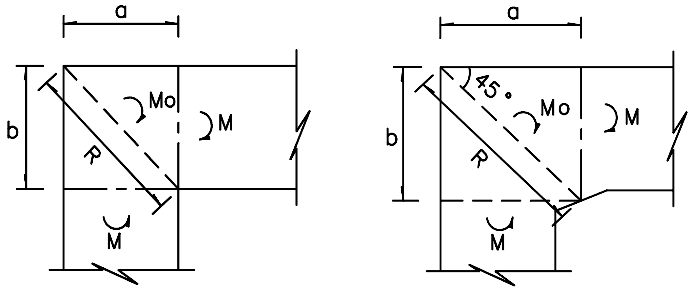
R : 절점부 대각선 길이(mm)

$R^2 = a^2 + b^2$

a : 연직방향부재의 폭(mm)

b : 수평방향부재의 높이(mm)

w : 절점부의 구조물 폭(mm)



(a) 헌치가 없는 경우 (b) 헌치가 있는 경우

[그림 2.5] 단절점부의 응력의 검사를 위한 단면

(다) 계수하중에 의해 대각선 방향의 단면에 생기는 인장응력 f_t가 $\sqrt{f_{ck}}/3$을 초과하는 경우는 철근으로 보강하여야 한다.

인장응력 f_t에 대한 보강 철근량은 다음식에 의해 구해도 좋다.

$$As = \frac{2 \cdot Mo}{R \cdot f_{sa}}$$

여기서, As : 외측인장에 대한 보강철근량(mm^2)

f_{sa} : 보강철근의 허용응력(MPa)

② 내측인장 모멘트가 작용하는 경우

(가) 단절점부에 내측인장 휨모멘트가 작용하는 경우에는 대각선방향으로 다음그림과 같은 응력상태가 되어, 압축응력의 합력의 작용에 의해 균열이 발생하므로 대각선방향으로 철근을 배치하여 보강하여야 한다.

(나) 이 경우 인장력의 합력T는 다음식에 의해 구해도 좋다.

$$T = \sqrt{2} \cdot T_H$$

여기서, T : 대각선방향의 인장력의 합력(N)

T_H : 수평부재 또는 연직부재에 작용하는 인장력의 합력(N)

③ 단절점부의 철근의 배치

단절점부에서는 절점부에서 결합하는 부재의 주철근량의 적어도 1/2은 외측에 연해서 배치하는 것이 좋다.

4) 사용성 검토

① 처 짐

부재의 최소두께(300mm)가 처짐계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께를 초과하므로 생략한다.

② 균열의 검토

인장철근의 설계기준 항복강도가 300MPa이상인 경우에는 사용하중에 의한 휨 균열폭은 허용균열폭 w_a이하가 되도록 하여야 한다.

(가) 균열폭 계산

$$w = 1.08 \cdot \beta_c \cdot f_s \sqrt[3]{d_c \cdot A} \times 10^{-5} \ (mm)$$

$$\beta_c = \frac{\text{단면의 인장부 연단으로부터 중립축까지의 거리}}{\text{단면의 주철근 도심으로부터 중립축까지의 거리}}$$

f_s : 사용하중에서 계산된 철근의 응력(MPa)

dc : 최대인장연단에서 이 연단에 가장 가까이 놓여 있는 철근중심까지의 콘크리트 피복두께(mm)

A : 주인장 철근 주위의 인장부 콘크리트 단면적을 철근의 개수로 나눈 유효인장 단면적(mm^2)

여기서, fs는 휨모멘트를 철근의 단면적과 내부모멘트 팔길이를 곱한 값으로 나누어 구하여야 한다. 이러한 계산대신에 철근의 설계기준 항복강도 fy의 60%를 취할 수 있다.

(나) 허용균열폭

$w_a = 0.004 \cdot t_c$ (부식성 환경일 때)

w_a : 허용균열폭(mm)

t_c : 최외단 철근의 표면과 콘크리트 표면사이의 거리(mm)

(4) 기초의 설계

1) 암거의 기초는 직접기초를 원칙으로 한다.

2) 연약지반에 암거를 설치할 경우는 암거 시공전에 선재하, 배수공법 등에 의해 지반 개량을 하여야 한다.

3) 연약층이 얕을 때는 연약층을 제거하고 양질의 토사로 치환한다. 지하수가 있는 경우는 알맞게 섞은 쇄석 등 양질의 것을 사용한다.

4) 지지층이 횡방향으로 경사져 있어 부등침하의 염려가 있을 때는 이를 방지하기 위해 버림콘크리트, 치환 기초 등을 고려해야 한다.

3. 수리 구조물

3.1 구조물의 종류

수문

3.2 구조물별 주요 고려사항

3.2.1 수문

(1) 수문은 계획홍수위(고조구간에서는 계획고수위) 이하의 유수작용에 대한 안전한 구조가 되도록 설계한다.

(2) 수문의 설치위치는 설치목적과 하천관리상의 지장유무에 따라 신중히 결정해야 한다.

(3) 바닥높이는 설치목적에 따라 다르며, 장래의 하상변동 상황, 하상고와 수로의 바닥높이를 고려하여 결정한다.

(4) 수문의 설치방향은 제방법선에 직각으로 최대한 간단한 구조가 되도록 한다.

(5) 수문의 설치위치는 설치목적과 하천관리상의 지장유무에 따라 신중히 결정해야 한다. 만곡부, 하도단면이 협소한 장소, 하상이 불안정한 장소 등은 피하는 것이 좋다.

(6) 수문의 단면은 취수, 유량조절, 배수 등 설치목적에 따라 결정한다.

(7) 토사 등의 배제에 지장이 없는 통관의 단면은 원칙적으로 내경을 60 cm 이상(가능하면 1 m 이상)으로 한다.

(8) 수문의 관내 설계유속은 토사침전을 방지하기 위한 목적으로 결정하며, 수문의 형식, 집수구역 등을 고려하여 결정하여야 한다.

(9) 배수문의 관내 설계유속은 토사침전을 방지하기 위하여 관내 유속은 2~3 m/sec를 표준으로 하고, 최소유속은 1 m/sec보다 크게 하는 것이 바람직하다. 및 유지관리를 통합 검토 후 선정하여야 한다.

Ⅶ. 상수도

1. 총설
2. 상수도시설
3. 배수시설계획
4. 배수지
5. 배수관
6. 부속설비
7. 가압장
8. 관망유량계산
9. 설계 예
10. 용어정리

빈 면

Ⅶ. 상 수 도

1. 총 설

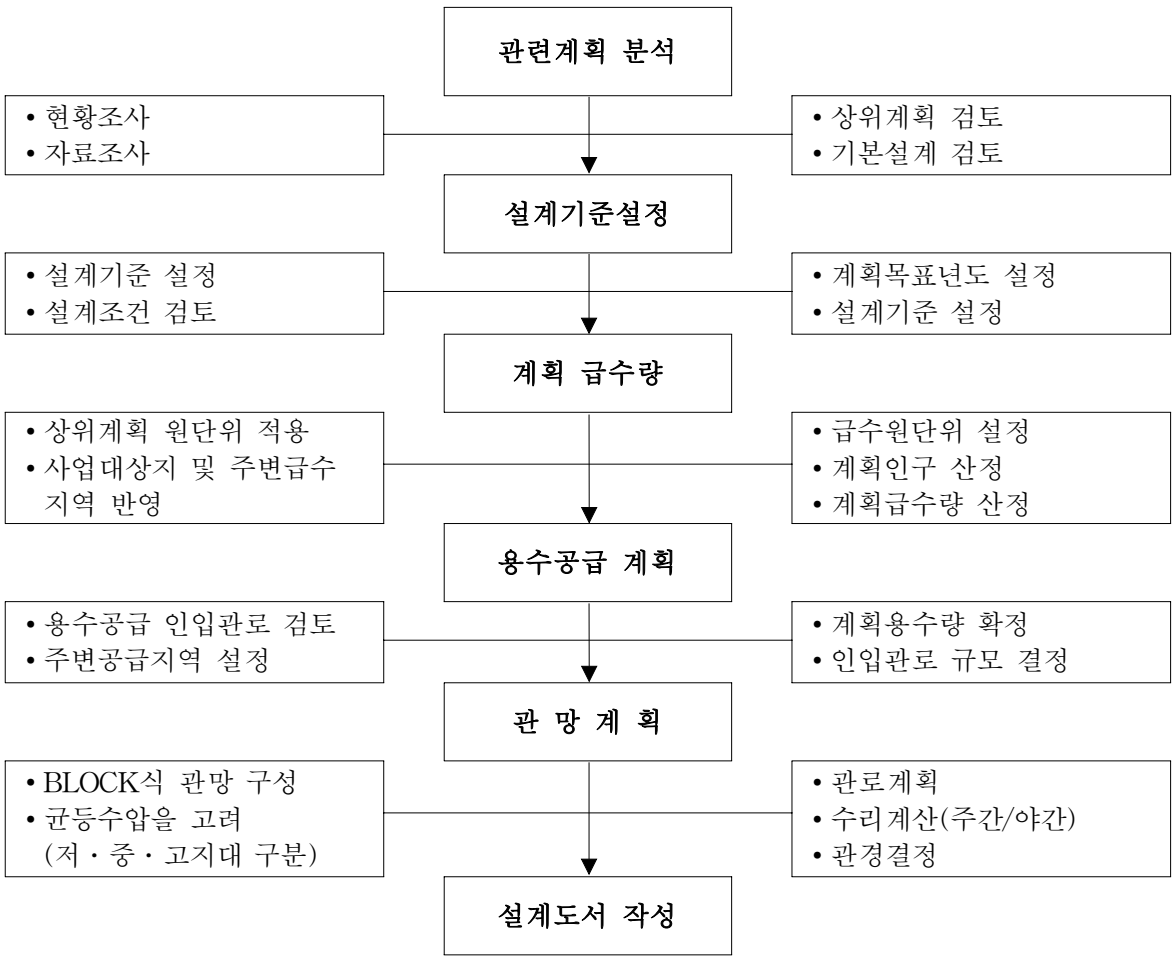
1.1 상수도의 목적

(1) 공중위생의 향상과 생활환경의 개선에 이바지 한다.

(2) 깨끗하고 저렴한 물을 풍부하게 이용 할 수 있도록 공급하는 것.

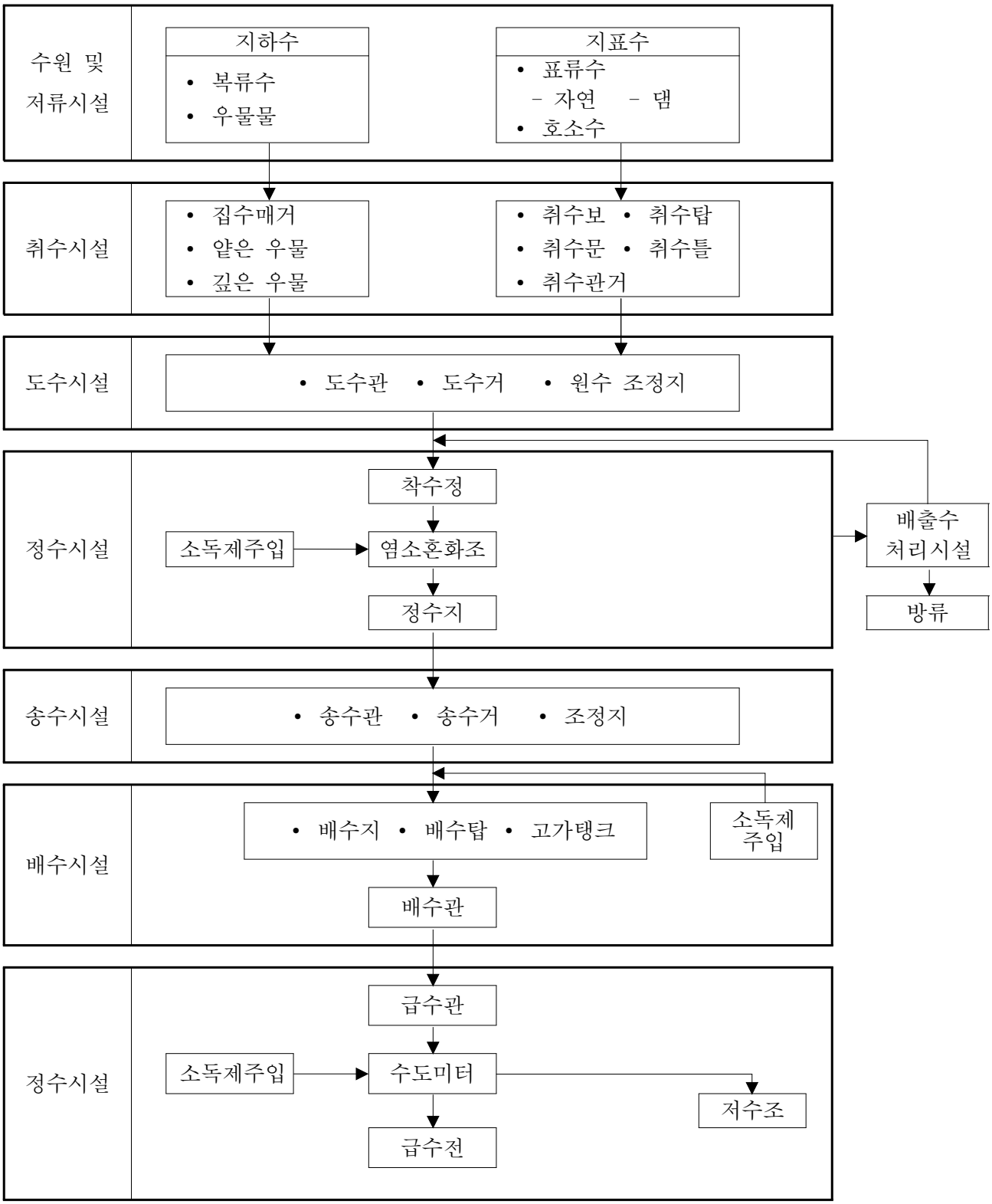
(3) 상수도시설은 합리적인 건설비와 유지관리비를 투자하여 수요자에게 질적으로 안전하고 양적으로 충분한 물을 공급한다.

1.2 상수도 설계의 절차도



[그림 1.1] 상수도 설계의 절차도

1.3 상수도 계통도

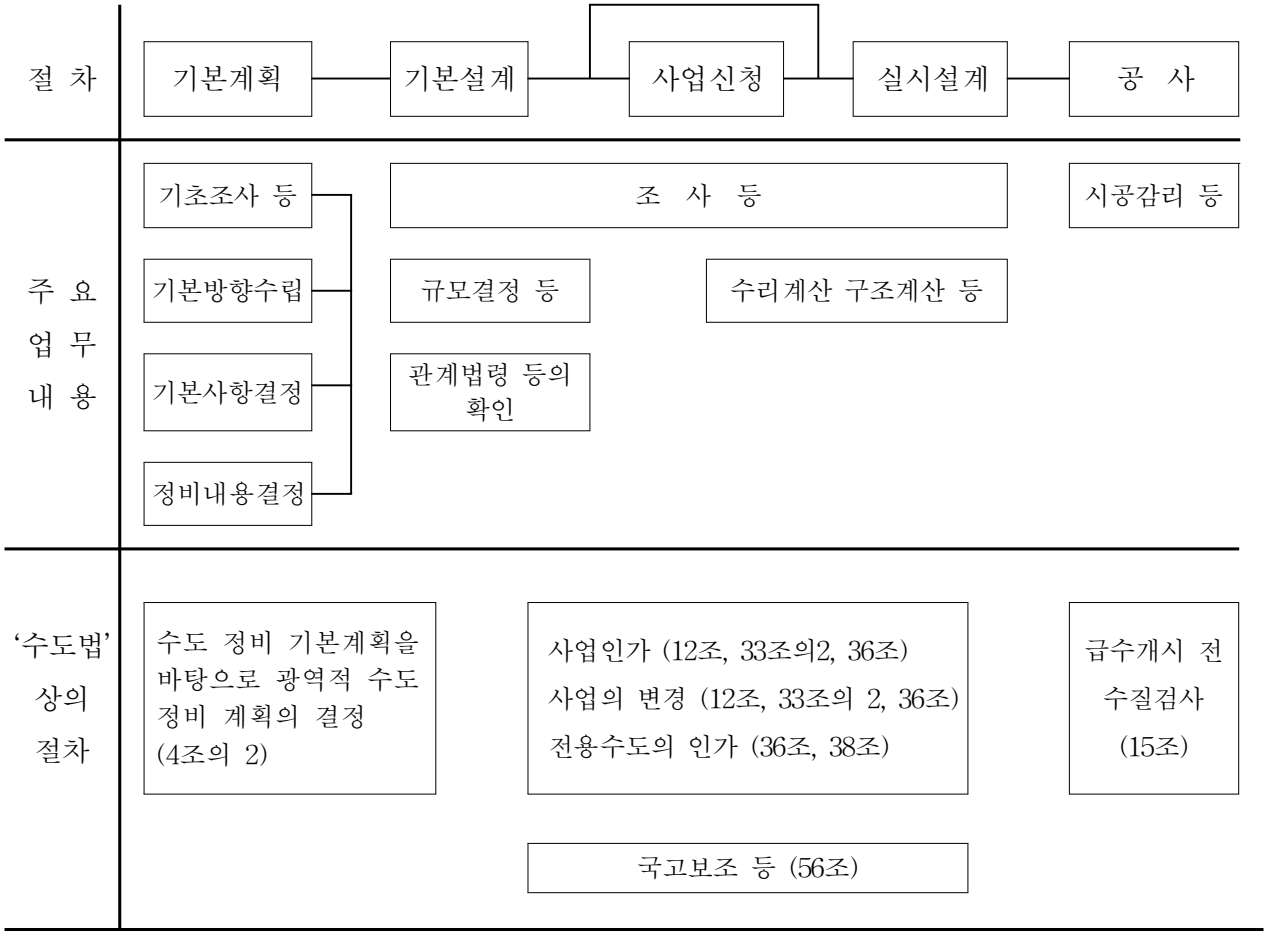


[그림 1.2] 상수도 계통도

1.4 상수도시설을 계획할 때의 기본적인 개념

(1) 「수도법 시행규칙」 제6조의 '시설기준'은 상수도로서 구비해야 되는 최소한의 기능을 정함.

(2) 상수도 시설의 기본계획 및 정비절차



[그림 1.3] 상수도 시설의 기본계획 및 정비절차

1.5 기본계획

1.5.1 기본계획 수립할 때의 고려사항

(1) 수량의 안정성 확보

(2) 수질적인 안전성의 확보

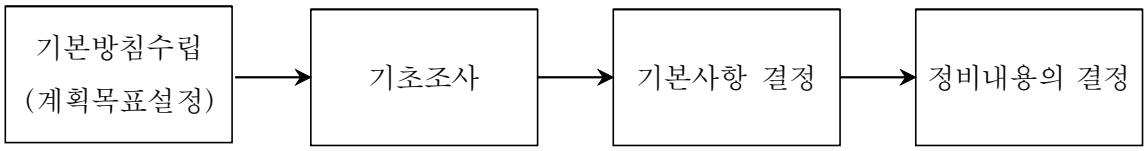
(3) 적정한 수압의 확보

(4) 지진 등의 비상대책

(5) 시설의 개량과 갱신

(6) 환경대책

1.5.2 기본계획 수립절차



[그림 1.4] 기본계획 수립절차

1.5.3 기본방침 수립시 고려사항

(1) 급수구역에 관한 사항

(2) 상수도정비 기본계획 등 상위계획과의 일치성에 관한 사항

(3) 급수서비스 향상에 관한 사항

(4) 갈수, 지진 등 비상시의 대비책에 관한 사항

(5) 유지관리에 관한 사항

(6) 환경에 관한 사항

(7) 경영에 관한 사항

1.5.4 기초조사

(1) 급수구역의 결정에 필요한 기초 자료의 수집과 조사

행정구역내의 자연적·사회적 조건 및 이와 관련된 장래의 계획을 파악한다.

특히 토지이용도, 지역별 물 수요현황 및 장래의 전망에 대하여 조사한다.

(2) 급수량 결정에 필요한 기초 자료의 수집과 관련 계획 등의 조사

물 수요에 관련된 계획, 예를들면, 도시정비에 관한 계획, 주택건설에 관한 계획, 공업입지에 관한 계획, 하수도의 정비에 관한 계획 등을 조사한다.

(3) 종합적인 상위계획 및 관련 상수도사업계획 또는 상수도용수공급계획에 대한 조사

「상수도정비기본구상」이나 「상수도정비계획」 등 종합적인 계획이 결정되어 있는 경우에는 이를 고려해야한다. 그 계획내용, 예를들면, 물 수급에 관한 장기적인 전망, 상수도의 정비에 관한 기본적인 방침 등에 대하여 충분히 검토해야 한다.

(4) 상수도시설의 위치 및 구조 결정에 필요한 자연적, 사회적 조건의 조사

1) 자연적 조건에 관한 조사

① 지형, 지질 등에 관한 조사

② 재해기록의 조사

2) 입지조건에 관한 조사

3) 토지이용계획 등에 관한 조사

① 지역지정 등에 관한 조사

② 개발계획 등에 관한 조사

(5) 유사하거나 동일한 규모의 기존 상수도시설 및 그 관리실적에 대한 자료수집과 조사

(6) 각종 수원에 대한 이수의 가능성과 수량 및 수질 조사

1) 수량에 대한 조사

2) 수질에 대한 조사

(7) 개량하거나 갱신해야 할 시설의 범위와 시기를 결정하기 위한 현재 보유시설의 평가

(8) 공해방지 및 자연환경보전을 도모하기 위한 환경영향평가의 조사

1.5.5 기본사항의 결정

(1) 계획목표년도 : 계획수립시부터 15~20년간을 표준으로 한다.

장래예측의 확실성, 시설정비의 합리성, 경영상황 등을 기초로 한다.

(2) 계획급수구역 : 계획년도까지 배수관을 매설하여 급수하고자 하는 구역으로 한다.

합리적인 시설의 건설과 유지관리가 가능하며 다른 상수도사업이나 간이상수도사업 등과의 통합도 포함하여 광역적인 관점에서 검토한다.

(3) 계획급수인구 : 계획 급수구역 내의 인구에 계획급수보급률을 곱하여 결정한다.

1) 시계열경향분석에 의한 장래인구의 추계

① 연평균인구 증감수와 증감률에 의한 방법

② 수정지수 곡선식에 의한 방법

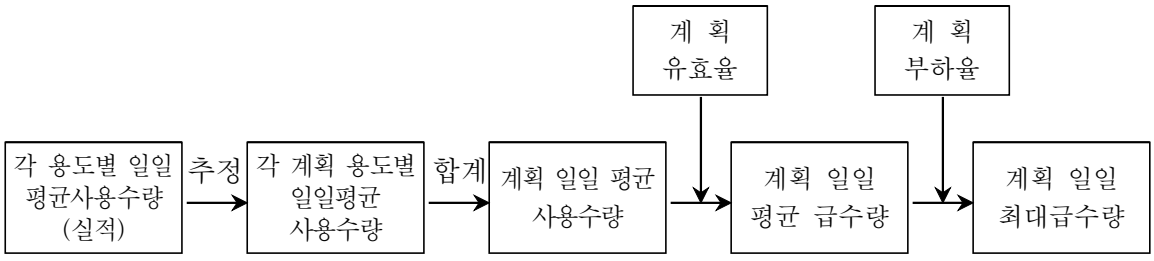
③ 베기 곡선식에 의한 방법

④ 이론 곡선식(logistic curve)에 의한 방법

2) 요인별 분석에 의한 장래인구의 추계

추계의 기준으로 되는 인구에 인구변동요인인 출생, 사망, 전출, 전입을 가감하여 추계하는 방법이다. 이 방법은 총인구 외에 연령별 인구를 추계할 수 있으며 인구이동을 요인의 하나 로서 파악하기 때문에 지역별 인구추계에도 적합하다.

(4) 계획급수량 : 원칙적으로 용도별 사용수량을 기초로 하여 결정한다.



자료 : 상수도시설기준, 환경부, 2004, P.19

[그림 1.5] 계획급수량의 산정절차

1.5.6 정비내용의 결정

(1) 시설의 전체적인 합리성 등을 감안하여 사업의 내용, 공정, 개괄적인 사업비 산정

(2) 기본계획수립에 관련된 주된 법률

1) 수도 전반에 관련되는 법률

① 수도법

2) 물 수요에 관련되는 법률

① 국토기본법

② 국토의 계획 및 이용에 관한 법률

③ 도시개발법

④ 도시재개발법

⑤ 수도권정비 계획법

⑥ 농어촌정비법

⑦ 도시 및 주거환경정비법

⑧ 산림법

3) 수원에 관련된 법률

① 하천법

② 한국수자원공사법

③ 댐건설 및 주변지역 등에 관한법률

④ 전원개발에 관한 특례법

⑤ 상수원 관리규칙

⑥ 환경정책기본법

⑦ 수질환경보전법

⑧ 한강수계상수원 수질개선 및 주민지원 등에 관한법률

⑨ 낙동강수계 물 관리 및 주민지원 등에 관한법률

⑩ 금강수계 물 관리 및 주민지원 등에 관한법률

⑪ 영산강·섬진강수계 물 관리 및 주민지원 등에 관한법률

4) 수도시설의 건설에 관한 법률

① 하천법

② 도로법

③ 자연공원법

④ 문화재보호법

⑤ 건축법

⑥ 건설사업 기본법

⑦ 건설기술 관리법

⑧ 소음・진동규제법

⑨ 환경・교통・재해 등에 관한 영향평가법

⑩ 수질환경보존법

⑪ 재해구호법

⑫ 폐기물관리법

⑬ 주택건설기준 등에 관한규정

5) 사업경영에 관련되는 법률

① 지방재정법

② 지방공기업법

③ 보조금등의 예산 및 관리에 관한법률

6) 기타

① 지방자치법

② 산업안전보건법

③ 소방법

④ 하수도법

⑤ 제조물책임법 등

1.5.7 급수안정성 확보를 위한 기본절차

(1) 급수의 수량적인 안정성(안정급수)의 확보

(2) 수로시설 전체로서 균형이 잡힌 여유를 확보

(3) 기본적인 고려사항

1) 수량적인 저류・조정기능을 높인다.

2) 종합적인 용수 운용기능을 높인다.

3) 예비능력의 보유 등

(4) 구체적인 대책

1) 수원의 다계통화・복수화

2) 원수조정지의 설치

3) 정수장에서의 예비용량 확보

4) 조정지・배수지의 용량증대

5) 관로의 루프화・복수계통화

6) 간선관로의 상호연결시설 보유

7) 사업자간 상호연결시설 보유

8) 평상시와 비상시의 수운용 시뮬레이션에 의한 시설규모 결정

9) 기타

2. 상수도 시설

2.1 수원 및 저수시설

2.1.1 수원

(1) 수원의 종류

1) 지표수

① 하천수

② 호소수

③ 저수지수

2) 지하수

① 복류수

② 우물물(지하수)

③ 용천수

3) 기타

① 빗물

② 해수

(2) 수원의 선정

1) 수원으로서의 구비요건을 갖추어야 한다.

2) 수리권 확보가 가능한 곳이어야 한다.

3) 상수도시설의 건설 및 유지관리가 용이하며 안전하고 확실해야 한다.

4) 상수도시설의 건설비 및 유지관리비가 가능한 저렴해야 한다.

5) 장래의 확장을 고려할 때 유리한 곳이어야 한다.

6) 상수원 보호구역의 지정, 수질의 오염방지 및 관리에 무리가 없는 지점이어야 한다.

(3) 수원의 구비요건

1) 수량이 풍부해야 한다.

2) 수질이 좋아야 한다.

3) 가능한 한 높은 곳에 위치해야 한다.

4) 수돗물 소비지에서 가까운 곳에 위치해야 한다.

2.1.2 빗물이용시설

(1) 『수도법』상에 빗물을 모아 생활용수, 조경용수, 공업용수 등으로 이용할 수 있도록 처리하는 시설물을 말한다.

(2) 종합운동장, 실내체육관 등 지붕 면적(2,400㎡ 이상)이 넓은 시설물에 설치한다.

(3) 빗물이용시설의 갖추어야할 시설

1) 지붕에 떨어지는 빗물을 모을 수 있는 집수시설

2) 비가 내리기 시작한 후 처음 내린 빗물을 배제할 수 있는 시설이거나 빗물에 섞여있는 이물질을 제거할 수 있는 여과장치 등 처리시설

3) 처리시설에서 처리된 빗물을 일정기간 저장할 수 있는 빗물 저류조

4) 처리된 빗물을 화장실 등 빗물을 사용하는 곳으로 운송 할 수 있는 펌프, 송수관, 배수관 등 송・배수시설

2.1.3 저수시설

(1) 저수시설의 형태상 분류

1) 댐 : 계곡 또는 하천을 콘크리트나 토석 등에 의해 구조물로 막고 풍수시 하천수를 저류하고 방류량을 조절하여 하천수를 효과적으로 이용한다.

2) 호소 : 호소에서 하천에 유출하는 유출구에 가동보나 수문을 설치하고 호소수위를 인위적으로 변동시켜 이의 상하한 범위를 유효저수용량으로 할 수 있다.

3) 유수지 : 과거에는 치수 측면에서만 생각했던 유수지를 이용하여 유수지 바닥을 깊이 파는 등에 의하여 이수용량을 확보할 수 있다.

4) 하구둑 : 과거에는 바닷물이 강물과 혼합됨으로써 이용할 수 없었던 하천수를 하구 부근에 둑을 설치함으로써 이용할 수 있도록 한다.

5) 저수지 : 본래 농업용으로 만들었으나 준설 등의 재개발에 의하여 상수도용으로 사용할 수 있다.

6) 지하댐 : 지하의 대수층 내에 차수벽을 설치하여 상부에서 흐르는 지하수를 막아서 저류하는 동시에 하부에서 스며드는 바닷물의 침입을 막는다.

(2) 저수시설의 개량과 갱신

1) 저수지의 입지조건이나 지질조건, 경제성 등을 고려하여 적절한 유입토사 대책을 강구한다.

2) 댐 등의 공작물을 계측 데이터나 조사 자료를 근거로 검토하고 필요한 보수와 보강 등을 시행하여 누수를 방지하고 시설기준에 적합하도록 한다.

3) 부속기기류는 일상점검이나 보수할 때에 조작성이나 신뢰성을 손상하지 않도록 개량하거나 갱신한다.

(3) 저수시설을 계획시 조사사항

1) 수문

2) 지형 및 지질

3) 물이용상황

4) 수질

5) 퇴사

6) 보상 등

7) 환경영향

8) 기타

(4) 저수시설의 유효저수량 결정

1) 유효저수량은 계획기준년에 있어서 물수지(저수시설 지점의 하천유량과 계획 취수량과의 차)를 계산하여 결정한다.

2) 물수지 계산에서는 계획취수량을 확실하게 취수할 수 있어야 하며 또한 하천유수의 정상적인 기능유지에 지장을 주지 않아야 한다.

3) 추운 지방에서는 취수지점 결빙으로 인한 영향을 고려한다.

2.2 취수시설

2.2.1 기본사항

(1) 취수시설을 수원의 종류와 관계없이 연간을 통하여 계획취수량을 확실하게 취수해야 한다.

(2) 취수시설은 원수로서 수질이 양호해야 하며 장래에는 오염될 우려가 없는 지점에 설치해야 한다.

(3) 취수시설은 홍수시 등의 악조건에도 유지관리가 안전하고 또한 용이하게 할 수 있어야 한다.

2.2.2 계획취수량

- 계획1일최대급수량 + 기타 필요한 작업용수를 포함한 손실수량 (10%)

2.2.3 취수시설의 선정

(1) 하천수를 수원으로 하는 경우

1) 취수보 : 하천을 막아 계획 취수위를 확보하여 안정된 취수를 가능하게 하기 위한 시설로서, 둑의 본체, 취수구·침사지 등이 일체가 되어 기능을 한다.

2) 취수탑 : 하천의 수심이 일정한 깊이 이상인 지점에 설치하면 연간 안정적인 취수가 가능함. 취수구를 상하에 설치하여 수위에 따라 좋은 수질을 선택취수 할 수 있다.

3) 취수문 : 취수구 시설에서 스크린, 수문 또는 수위조절관(stop log)을 설치하여 일체가 되어 작동하게 된다.

4) 취수관거 : 취수구부를 복단면 하천의 바닥 호안에 설치하여 표류수를 취수하고 관거부를 통하여 제내지로 도수하는 시설이다.

(2) 호소, 댐을 수원으로 하는 경우

1) 취수탑(고정식) : 호소나 댐의 대량취수 시설로서 많이 사용된다.
취수구의 배치를 고려하면 선택취수가 가능하다.

2) 취수탑(가동식) : 저수지 등 수심이 특히 깊고, 일반적인 철근콘크리트조의 취수탑을 축조하기 곤란한 경우에 많이 사용된다.

3) 취수문 : 취수구 시설에는 스크린・수문 또는 수위조절판(stop log)등으로 구성되며, 유사시설 등과 일체가 되어 작동한다.

4) 취수틀 : 호소의 중・소량 취수시설로 많이 사용된다. 구조가 간단하고 시공도 비교적 용이하다. 수중에 설치되므로 호소의 표면수는 취수할 수 없다.

(3) 지하수(복류수 포함)의 취수

1) 집수매거 : 제내지, 제외지, 구 하천부지 등의 복류수를 취수하는 시설이다.

2) 얕은 우물 : 제내지 또는 제외지에 설치한다. 우물을 파거나 케이싱을 박아 넣은 것이 있다. 바닥 또는 측면으로 추수된다.

3) 깊은 우물 : 피압지하수를 양수하며, 케이싱의 구경은 150~400㎜의 것이 많다. 양수방법은 거의가 수중모터펌프에 의한다.

(4) 취수예정지점 및 그 주변 조사항목

1) 유량 및 수위 등의 하천상황

2) 하천정비 기본계획 등

3) 이수 상황

4) 지형 및 지질

5) 수질 등

6) 환경영향

2.3 도수시설

2.3.1 기본사항

(1) 도수시설은 취수시설에서 취수한 원수를 정수시설까지 끌어들이는 시설로 도수관, 도수거, 펌프설비 등으로 구성

(2) 적절한 노선의 선정, 시설의 내진성 및 내구성의 확보

(3) 장래의 시설교체에 관해서도 검토

(4) 계측제어설비를 설치하여 이들 자료는 연속적으로 축적 정리

2.3.2 계획도수량은 계획취수량을 기준

2.3.3 도수방식

취수원에서 정수장까지의 고저관계, 계획도수량의 대소, 노선의 입지조건, 건설비, 유지관리비 등을 종합적으로 비교 검토한다.

2.3.4 도수노선의 선정

(1) 몇 개의 노선에 대하여 건설비등의 경제성, 유지관리의 난이도 등을 비교・검토하고 종합적으로 판단하여 결정한다.

(2) 원칙적으로 공공도로 또는 수도용지로 한다.

(3) 수평이나 수직방향의 급격한 굴곡을 피하고, 어떤 경우라도 최소 동수선 이하가 되도록 노선을 선정한다.

2.4 정수시설

2.4.1 기본사항

(1) 정수시설은 수도시설의 중추시설이며, 정수처리방법과 정수시설의 선정 및 유지관리는 수도시스템 전반에 직접적 영향을 미친다.

(2) 수도계획 전체와 연계하여 입지조건, 정수처리방법, 건설조건 및 유지관리에 대해서도 충분히 조사하고 계획해야 한다.

(3) 조사항목

1) 시설규모
2) 수원확보
3) 원수수질과 정수수질의 관리목표
4) 정수처리방법과 정수시설의 선정
5) 정수시설 위치
6) 환경에 대한 배려
7) 재해나 사고에 대한 안전성과 안정성 확보
8) 시설개량과 갱신

2.4.2 계획정수량

- 계획1일최대급수량에 작업용수와 기타 용수고려

2.5 송수시설

2.5.1 기본사항

(1) 정수장에서 배수지까지 송수하는 시설이다.

(2) 송수관, 송수펌프, 조정지 및 밸브 등의 부속설비로 구성한다.

(3) 송수시설은 평상시의 안정급수는 물론, 사고시나 갈수 등의 비상시에도 수요자의 생활에 현저한 지장을 미치지 않을 정도의 안정성을 갖는 것이 바람직하다.

2.5.2 계획송수량

- 계획1일최대급수량을 기준으로 한다.

2.5.3 송수방식

(1) 정수장과 배수지와의 표고차, 계획송수량의 다소 및 노선의 입지조건을 비교 검토하여 가장 바람직한 방식을 결정 한다.

(2) 송수는 관수로로 하는 것을 원칙으로 하되 개수로로 할 경우에는 터널 또는 수밀성의 암거로 한다.

3. 배수 시설계획

3.1 기본사항

3.1.1 배수지 등의 적정배치와 용량의 적정화

(1) 배치에 관해서는 가급적 급수구역의 근방이나 중앙에 가깝고 배수상 유리한 높은 장소가 있으면 그러한 장소를 선정하여 배치한다.

(2) 용량에 대해서는 시간변동 조정용량, 비상시 대처용량, 소화용수량 등을 고려하여 계획1일 최대급수량의 12시간분 이상을 표준으로 하여야하며 배수구역의 물 사용형태, 지역의 특성, 시설의 규모, 수도시설의 전반적 배치상황 등을 종합적으로 검토한다.

(3) 구조에 대해서는 내구성, 내진성, 수밀성 등을 확보하도록 충분히 고려한다.

3.1.2 배수관의 정비

(1) 일반사항

1) 관내에서 부압이 생기지 않도록 필요한 조치를 강구한다.

2) 적절한 관종 및 조인트를 선택해야 하며 필요에 따라서 부식방지하기 위한 조치를 강구한다. 또한 내진성을 강화한다.

3) 비상시에도 단수 등 급수에 대한 영향을 가능한 한 최소화할 수 있도록 밸브를 설치하는 등 필요한 조치를 강구한다.

4) 지역의 특성과 상황에 따라 직결급수의 범위를 확대하는 것 등을 고려하여 최소 동수압을 결정한다. 또한 수압의 기준점은 지표면상으로 한다.

5) 매설심도에 대해서는 동결심도, 차량하중, 유지관리의 용이성, 공사비용의 절감 및 환경문제 등을 고려하여 설정한다.

(2) 배수본관

1) 단순한 수지상 배관으로 하지 말고 가능한 상호 연결된 관망형태로 구성한다.

2) 통수능력은 분담하는 배수구역내의 물 수요에 대응할 수 있을 뿐만이 아니라 비상시 등을 시뮬레이션(simulation)에 의하여 인접 배수구역에 보급할 수 있도록 여유를 갖는 것이 바람직하다.

3) 배수지가 서로 다른 배수계통의 배수본관과 상호 연결하여 평상시나 비상시에 계통상호간의 수량을 소통할 수 있도록 한다.

4) 중요한 배수본관은 배수시설의 신뢰성을 높이기 위하여 2계통 이상으로 하는 등의 대책을 강구하는 것이 바람직하다.

5) 인접된 수도사업자의 배수본관이나 송수관과 상호 연결하여 비상시에 상호융통할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

(3) 배수지관

1) 지형과 지세에 적합하고 적당한 넓이를 지닌 배수블록을 형성하도록 한다. 또한 관말 등에 물이 정체될 우려가 있는 관망배치는 되도록 피한다.

2) 인접된 블록간을 연결하는 배수지관에는 밸브를 설치하여 물의 흐름을 차단함과 동시에 상호 융통할 수 있도록 한다.

3) 급수관을 분기하는 지점에서 배수관내의 최소동수압은 150kPa(약 1.53kgf/㎠)이상의 적정한 수압을 확보한다. 다만 지형조건에 따라 국소적으로 이 값을 밑도는 경우가 있더라도 급수에 지장이 없도록 조치되는 경우에는 문제가 없다.

4) 급수관을 분기하는 지점에서 배수관내의 최대정수압은 700kPa(약 7.1kgf/㎠)이 넘지 않도록 한다. 다만 지형조건으로부터 국소적으로 이 값을 넘는 경우가 있더라도 급수에 지장이 없도록 감압밸브를 설치하는 등의 조치가 되어 있는 경우에는 문제가 없다.

3.1.3 부속설비의 정비

차단용 밸브, 제어용 밸브, 공기밸브, 감압밸브, 배수설비, 소화전, 유량계, 등의 적절한 작동으로 배수관의 기능을 유효하게 발휘할 수 있다. 따라서 목적에 적합한 것을 선정하고 이를 배수관의 적절한 장소에 설치해야 하며 수량과 수압 등의 정보에 대해서는 이것을 적절히 관리하는 설비를 설치하는 것이 바람직하다.

(1) 펌프설비의 정비

1) 펌프의 용량, 대수 및 형식은 수요량의 시간적 변동 및 사용조건에 따라 안정되게 배수할 수 있는 것으로 한다.

2) 펌프에는 예비기를 반드시 설치해야 한다. 다만, 펌프가 정지되었을 때에도 급수에 지장이 없는 경우에는 그러하지 않는다.

3) 펌프의 급정지에 의하여 수격작용이 발생할 우려가 있을 경우에는 수격을 경감하기 위하여 필요한 조치를 강구한다.

3.1.4 수질의 유지

(1) 배수지 등

1) 배수지를 정비하고 용량을 적정화하여 과대한 체류시간이 되지 않도록 한다. 장기간 체류함으로써 수질이 나빠지거나 트리할로메탄 등의 소독부산물이 증가하는 경우가 있으므로 배수구역의 규모나 관망의 상황에 따른 용량으로 한다.

2) 체류수나 단락류가 발생하지 않도록 유입부나 유출부의 위치를 적절하게 정해야 하며 필요에 따라 격벽이나 도류벽 등을 설치한다.

3) 정수에 접하는 관로 및 철물 등 부속설비는 수질에 나쁜 영향을 미치지 않는 재질

과 도장재를 사용한다.

4) 배수지의 내면에 대한 방수 및 방식도장으로서는 수질에 나쁜 영향을 미치지 않는 재질을 사용한다.

(2) 배수관

1) 관경을 적정하게 하여 과대한 체류시간이 발생하지 않도록 한다.

2) 관망을 구성하지 못하고 있는 배수지관의 관말은 물의 정체에 의한 수질악화를 초래할 우려가 있으므로 방류설비를 설치한다.

3) 배수관의 내면이 라이닝 되지 않은 것은 물론, 시간이 경과함에 따라 도장이나 라이닝이 노후화된 관로는 녹 등에 의한 적수발생의 가능성이 높기 때문에 교체 매설 등을 검토하여 계획적으로 개량하고 갱신한다.

4) 공사나 그 밖의 요인으로 인하여 배수지관 내에 토사 등 협잡물이 혼입되지 않도록 수질유지에 만전을 기해야 한다.

3.1.5 관로의 정보관리

정보관리는 정확하고 신속하게 처리할 수 있어야 하고 추가나 보정이 용이하며 장기적으로 안정되게 보관할 수 있는 것이 좋다. 또한 취급이 용이하고 체계적으로 정비되어 있는 것도 중요하다. 관리방법으로서는 관리도면, 마이크로필름, 도면전산화 시스템 등이 있다.

3.2 배수구역의 설정

3.2.1 현황파악의 용이성

(1) 감시기기를 적절하게 설치할 수 있으므로 수운용정보(유량, 수압, 유향, 수질 등)를 쉽게 파악할 수 있다. 또한 정보수집과 관리 및 분석 등이 용이하다.

(2) 물의 수요변동을 지역별로 파악할 수 있으므로 수요예측이 용이하다.

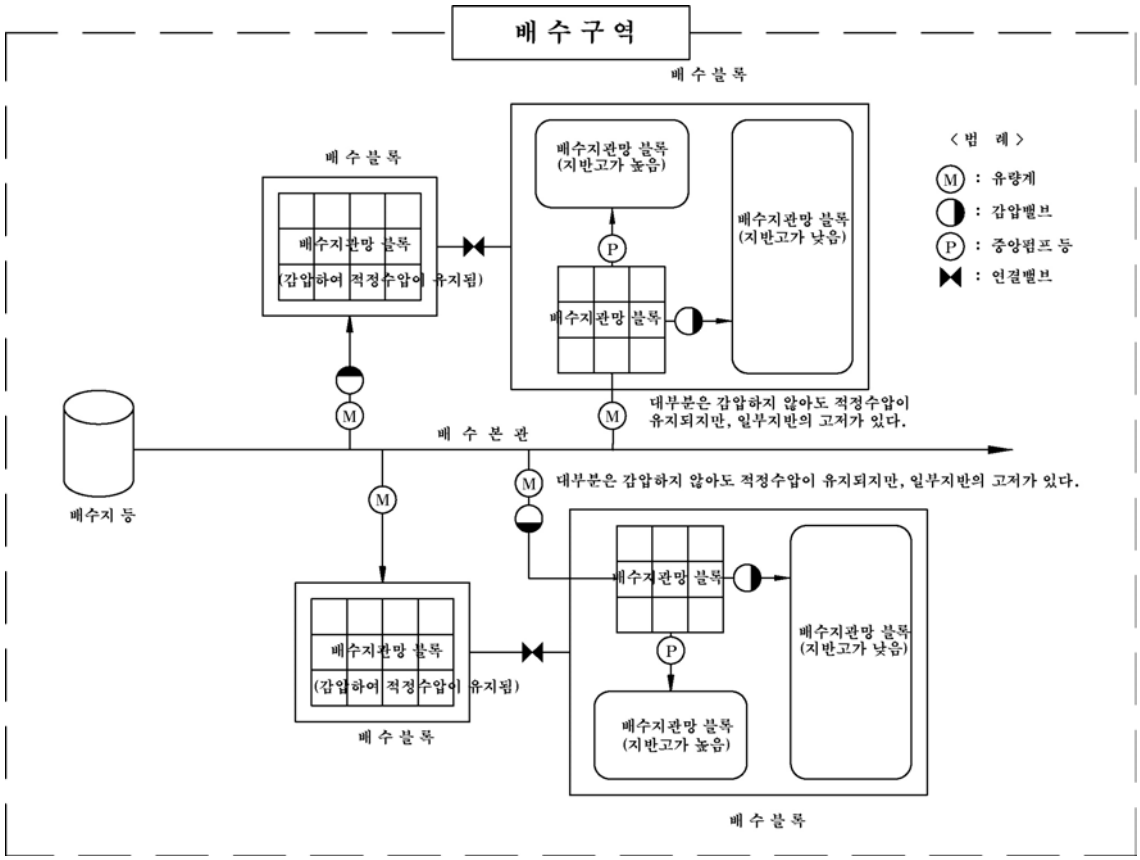
(3) 신설, 개량, 교체 등의 배수관 정비를 계획적으로 할 수 있다.

3.2.2 평상시의 배수관리와 유지관리의 수준향상

(1) 수압관리, 수량관리, 수질관리가 용이하다.

(2) 감압구역이나 가압구역을 합리적으로 설정할 수 있고, 감압이나 가압에 필요하여 설치된 설비들을 효율적으로 운용하며 에너지를 절약할 수 있다.

(3) 누수지점과 누수량 파악이 용이하며, 효율적으로 누수를 조사할 수 있다. 특히 누수수리에 따른 단수구역을 최소화할 수가 있다.



자료 : 상수도시설기준, 환경부, 2004, P.694

[그림 3.1] 배수구역 블록화의 개념도

3.2.3 비상시의 대응능력 향상

(1) 블록간에 상호 융통할 수 있으므로 재해나 사고 등에 대처하기 쉽다.

(2) 재해나 사고 등의 영향범위를 극소화할 수 있으며 그 영향범위도 쉽게 파악할 수 있다. 또한 미리 재해나 사고시의 영향을 예측할 수 있다.

(3) 재해나 사고 등을 조기에 복구할 수 있다.

3.2.4 기타

(1) 수압과 수량을 충분히 관리할 수 있기 때문에 직결급수제도를 도입하고 확대하기가 용이하다.

(2) 블록별 사용수량을 파악함으로써 배수량 분석 등에 효과를 발휘한다.

3.3 계획배수량

3.3.1 계획1일평균급수량

(1) 계획1일최대급수량의 70~85%로 산정한다.

(2) 계획1인1일평균급수량 = $\frac{\text{계획1인1일평균사용수량}}{\text{계획유효율}}$

(3) 계획1일평균급수량 = 계획1인1일평균급수량 × 계획급수인구

(4) 계획유효율

1) 급·배수관 정비계획 등을 반영하여 설정하는 것으로 하지만, 계획적으로 누수방지대책을 진행시키는 등에 의하여 95% 정도의 장래목표치로 하는 것이 바람직하다.

2) 배수제어나 배수계통의 분할상황, 직결급수의 범위, 시설의 노후화 정도 등에도 영향을 받으므로 이들을 고려하여 설정한다.

3.3.2 계획1일최대급수량

(1) 배수지의 유효용량 결정시에 사용한다.

(2) 계획1인1일최대급수량 = $\frac{\text{계획1인1일평균급수량}}{\text{계획부하율}}$

(3) 계획1일최대급수량 = 계획1인1일최대급수량 × 계획급수인구

(4) 계획부하율

1) 급수량 변동의 크기를 나타내는 것이며 일반적으로 소규모의 도시일수록 낮아지며 도시규모가 커짐에 따라 높아지는 경향이 있다.

2) 도시규모에 따라 변하는 외에 도시의 성격, 기상조건 등에 의해서도 좌우된다.

3) 장기적 경향을 파악해야하고 과거의 실적치(70~80% 범위)와 급수인구 규모별 부하율을 참조하며, 다른 유사한 도시와 비교하고 기상에 의한 변동조건도 충분히 고려하여 계획치를 결정해야 한다.

3.3.3 계획시간최대배수량

(1) 배수관의 관경결정시와 단지 인입관경 결정시에 기초가 되는 수량이다.

1) $q = K \times \frac{Q}{24}$

q : 계획시간최대배수량(㎥/h)

Q : 계획1일최대급수량(㎥/d)

$\frac{Q}{24}$: 시간평균배수량(㎥/h)

K : 시간계수 (계획시간최대배수량의 시간 평균배수량에 대한 비율)

- K (시간계수)는 현재까지의 실적 또는 유사지역의 실적을 조사하여 결정한다.

2) 급수원단위

- 용도별 표준분류

용도별로 분류하여 용도마다 추계한다.

<표 3.1> 용도별 표준 분류표

대분류	중분류	소분류	적 용
생활용수	일반가정용	가사용	가사전용(일반주택, 공동주택, 공용수전)
		가사겸영업용	가사전용 외에 일반상점 등 영업용을 겸하는 것 (점포달린 주택 등)
업무용수	관공서용	관공서용	학교, 병원, 공장을 제외한 국가·지방공공단체 등의 기관
		공중용	공중화장실, 공중 음수전, 분수대 등
		기타	관공서 이외의 비영리 시설에서 다른 용도의 분류에 속하지 않은 것
	학교용	학교용	학교, 유치원, 각종 전문학교 등
	병원	병원	병원, 산후조리원, 진료소 등
	사무소용	사무소용	회사, 기타 법인, 단체, 개인의 사무에 사용되는 것
	영업용	영업용	호텔, 여관, 백화점, 슈퍼마켓, 일반영업용에서 주거를 별도로 하는 것, 카바레, 요정 등 특수음식점, 요리음식점, 경양식점, 결혼식장, 사우나, 버스, 택시회사의 세차용, 극장, 오락장 등
		공중욕탕용	
공업용수	공장용	공장용	
기타	기타	기타	선박급수, 다른 수도사업자에 분수 등
			상수도사업용수, 수도계량기의 불감수량 등

자료 : 상수도시설기준, 환경부, 2004, P.32

(2) 생활용수

1) 생활용수 사용수량은 원칙으로 일반가정에서 사용하는 수량이지만, 이중에는 가사용수와 가사겸 영업용수를 포함하여 취급한다. 시계열경향분석, 요인별 분석, 사용목적별 분석 등의 추계방법으로부터 적절한 방법을 선택하여 조합시킨다.

2) 세대구성 인원과 1인1일사용수량

<표 3.2> 세대구성 인원과 1인1일사용수량의 추이

년 도	종 별	1975	1980	1985	1990	1995	비 고
K 시	세대구성인원(인/세대)	3.07	2.81	2.77	2.65	2.50	
	1인1일사용수량(L/인 · d)	189	197	225	259	260	생활용 원단위
O 시	세대구성인원(인/세대)	3.06	2.82	2.70	2.50	2.36	
	1인1일사용수량(L/인 · d)	193	206	228	263	266	
S 시	세대구성인원(인/세대)	2.77	2.72	2.68	2.55	2.41	
	1인1일사용수량(L/인 · d)	128	159	178	194	202	가사용 원단위
T 시	세대구성인원(인/세대)	2.75	2.69	2.62	2.48	2.35	
	1인1일사용수량(L/인 · d)	338	321	335	364	366	

자료 : 상수도시설기준, 환경부, 2004, P.33

<표 3.3> 세대구성 인원별 1인1일사용수량(L/m · d)

인 원	1	2	3	4	5	6	평 균
K 시	270	242	220	204	181	164	222
N 시	329	272	242	220	196	203	175(7인 이상)
S 시	235	226	209	191	172	176	214

자료 : 상수도시설기준, 환경부, 2004, P.33

(2) 업무 · 영업용수

1) 사무소, 관공서, 학교, 병원, 호텔 등 각종 도시 활동에서 사용되는 수량으로 물 사용형태도 다양하다. 또한 관광도시, 학원도시 등의 도시특성이나 지역의 기후조건, 그리고 사회적 · 경제적 동향의 영향을 민감하게 받는다.

2) 각 도시의 업태별 원단위조사

<표 3.4> 업태별 원단위

업태 / 도시		청사 · 사무소	학교	병원	호텔	음식점	백화점	슈퍼마켓
물사용량	면적당(L/㎡ · d)	81	8.3	22.4	24.2	20.5	21.8	12.4
	종업원1인당(L/인 · d)	127.0	40.0	-	-	57.8	-	-
	테이블당(L/T · d)	-	-	1290	2002	-	-	-
비고			풀장용수제외 직원 + 학생수					

자료 : 상수도시설기준, 환경부, 2004, P.35

(3) 공장용수

1) 공장의 종류별로 종업원 수, 제조품의 출하액, 공장건수 등과 사용수량과의 관계를 사용하는 것이 많다.

2) 공장용수의 수요에 큰 영향을 미치는 국가나 지방자치단체의 각종 계획, 공업단지 조성·정비 등의 개발계획, 앞으로의 산업구조 변화, 기존 시가지에서 공장입지 제한의 여부를 검토한다.

(4) 기타 용수

1) 분수량에 대해서는 물을 받는 상수도 사업자의 장래계획과 충분히 조정한다.

2) 선박 급수량에 대해서는 항만계획과의 관계를 조정한다.

3) 상기 이외에 관해서도 적절히 장래 수량을 파악한다.

3.4 시간계수

(1) 계획시간최대배수량을 산정할 때의 시간계수는 현재까지의 실적 또는 유사지역의 실적을 조사하여 결정한다.

(2) 급수구역 내의 주야간의 인구변동, 공장, 사업소 등에 의한 사용형태, 또한 관광지 등의 계절적 인구이동에 의하여 변화하며 1일최대급수량이 클수록 작아지는 경향이 있다. 따라서 각 도시나 배수블록의 물 사용실태를 조사한 실적이나 유사한 도시의 실적을 근거로 하여 시간계수를 적용하는 것이 바람직하다.

3.5 소화용수량

(1) 소방법시행규칙 [1992.9.19. 내무부령 제 572호 전문개정] 제 46조에 의하면 소화전을 설치하는 배수관의 관경 및 설치간격이 정해져 있는데, 이 기준에 맞추어 시설을 설치하면 소규모 상

수도나 소량을 배수하고 있는 지역에서는 배수관 용량이 과대해져서 비경제적이며 또한 관내 유속이 현저히 작아지며 수질이 악화될 우려가 있다.

(2) 화재시에 소방용수는 소화전 이외에 방화수조 및 하천이나 호소 등의 자연수를 이용 할 수 있으므로 이를 고려하면서 소화전을 배치한다.

(3) 150㎜ 이상의 배수관에 장치하는 것은 배수관의 동일 계통에 설치되어 있는 소화전중 몇 개의 소화전을 동시에 개전한 경우에도 그 각각의 소정의 급수능력을 발휘할 수 있도록 정한 것이다.

(4) 인구, 기상조건, 건폐율, 건축물의 구조 등에 의하여 변하기 때문에 다음사항을 고려하고, 호텔이나 여관 등이 많은 도시에서는 특별히 이러한 사항을 감안하여 정한다.

1) 시가지 : 건축물이 밀집된 지역 중 평균건폐율이 10% 이상인 곳이 연속된 구역에서 그 구역 내의 인구가 10,000명 이상인 곳

2) 밀집지 : 건축물이 밀집된 지역 중 평균건폐율이 10% 이상인 곳이 연속된 구역에서 그 구역 내의 인구가 100명 이상 10,000명 미만인 곳

3) 기타지역 : 평균건폐율이 10% 미만인 산재된 주거지역, 인구 100명 미만인 집락

(5) 도시의 성격, 소방시설, 인구밀도, 내화성 건축물의 비율, 기상조건 등을 고려한다. 상수도 이외에도 소방용수 이용가능량, 도로정비의 양부, 가연성 건축물의 비율, 화재가 발생하기 쉬운 시설의 유무 등을 기준으로 하여 소화용수량을 배려한다.

(6) 배수지가 담당할 계획급수구역내의 계획급수인구가 5만 명 이하인 경우

1) 배수지 용량 설계시 소화용수량

소규모 상수도에서는 소화용수량의 일반배수량에 대한 비율이 높다.

<표 3.5> 배수지 용량에 가산할 인구별 소화용수량

인구(만 명)	소화용수량(㎥)	인구(만 명) (만명이하는사사오입한것임)	소화용수량(㎥)
0.5 이하	50	3 이하	300
1 이하	100	4 이하	350
2 이하	200	5 이하	400

자료 : 상수도시설기준, 환경부, 2004, P.697

2) 배수관 용량 설계시 소화용수량

계획1일최대급수시의 시간 평균배수량에 소화용수량을 가산한 수량으로 한다.

<표 3.6> 계획1일최대급수량에 가산할 인구별 소화용수량

인구(만 명)	소화용수량(㎥)	인구(만 명)	소화용수량(㎥)
0.5 미만	1 이상	6 미만	8 이상
1 미만	2 이상	7 미만	8 이상
2 미만	4 이상	8 미만	9 이상
3 미만	5 이상	9 미만	9 이상
4 미만	6 이상	10 미만	10 이상
5 미만	7 이상		

자료 : 상수도시설기준, 환경부, 2004, P.697

(7) 소화전 한 개의 방수량은 1㎥/min 이상을 기준으로 한다.

1) 시가지에서 동시 개전하는 소화전의 수는 1전당 방수량을 1㎥/min으로 한다.

2) 1화점에 동시 개전수는 적어도 5전이 집중 방수하도록 하고 구역 내 급수인구 40,000명 이상인 경우에는 화점을 분할하여 생각한다.

3) 방수가능량 1㎥/min급의 소화전을 2기 확보하는 것보다도 1기로 2배의 방수량을 확보하는 쪽이 유리한 경우도 있다.

4) 소규모 수도 등에서는 소화전 1전의 방수량을 1㎥/min, 동시 개방하는 소화전 1전을 표준으로 한다.

5) 화재시의 동수압은 동력소방펌프를 사용하는 경우에도 화점(원칙으로서 최말단 소화전의 위치) 에서 정압인 동시에 배수관내에 항상 정압을 유지해야 한다.

3.6 배수시설의 배치

(1) 배수구역내의 지형과 지세에 적합하게 한다.

1) 물이 갖는 위치에너지를 최대한으로 활용하고 전력비 등을 절감하여 에너지를 절약할 수 있도록 배치하는 것이 가장 이상적이다.

2) 일정한 배수량에 대하여 배수하는 거리를 짧게 할수록 배수관경을 작게할 수 있다.

3) 배수구역의 근방 또는 중앙부 및 중앙부에 가까운 적당한 높은 장소가 있으면, 거기에 배수지 등을 설치하여 자연유하식으로 배수하는 것이 합리적이다.

4) 배수시설의 배치계획에서는 각 사업자의 장기계획 등을 고려하고 배수시설의 장래를 전망한 다음에 지형과 지세에 적합한 것으로 한다.

(2) 관망을 정비하기 위하여 배수관을 적정하게 배치한다.

1) 각 배수구역에 필요한 수량을 적정한 수압으로 보내며 또한 배수지관망에 합리적으로 접속할 수 있도록 배치한다.

2) 내구성이 뛰어난 관종 및 조인트를 선정하여 내진성을 강화하고 연약지반이나 불안정 지

반에는 가능한 한 매설을 피하는 것이 바람직하다.

3) 배수지관망은 배수본관으로부터 분기된 관이 네트워크상으로 구성되며 또 급수장치를 통하여 배수지관망 블록 중의 수요자에게 직접 급수하는 것이다.

(3) 합리적이고 경제적으로 시설을 운용할 수 있도록 한다.

1) 평상시에 각 배수구역내에서 물수요의 상황에 따라 각 배수구역 상호간에 수운용이 합리적이고 경제적으로 실현될 수 있도록 배치한다.

2) 수운용에서는 정보를 1개소에 수집하여 관리하는 정보관리설비, 밸브의 원격제어장치, 정보수집을 위한 텔레미터 등의 정비가 필요하지만, 이들 설비를 정비하는 범위는 수도시설의 규모 등을 배려하여 검토한다.

(4) 유지관리가 용이하고 관리비가 경제적이어야 한다.

(5) 인접하는 다른 수도사업자 등의 배수본관이나 송수관과 비상 연결관을 연결하는 것이 바람직하다.

3.7 배수방식의 선정

(1) 배수지등과 배수구역의 표고에 따라 자연유하식과 펌프가압식 및 병용식으로 나누어진다.

(2) 자연유하식

1) 펌프가압식에 비하여 정전에 의한 영향이 거의 없고 급수의 안정성 면에서 우수하다.

2) 배수구역내에 또는 그 가까이 적당한 높은 장소를 얻을 수 있을 때에는 건설비와 유지관리비 등의 경제성을 고려하여 자연유하식으로 하는 것이 원칙이다.

3) 배수본관의 파손 등의 경우에 단수조치를 지체하게 되면, 배수지등에서는 지내의 물이 유출되어 필요저수량이 없어지거나, 배수본관에 접해 있는 가옥에 2차 재해를 발생시킬 우려도 있으므로 긴급차단밸브를 설치하는 등 적절한 대책을 강구한다.

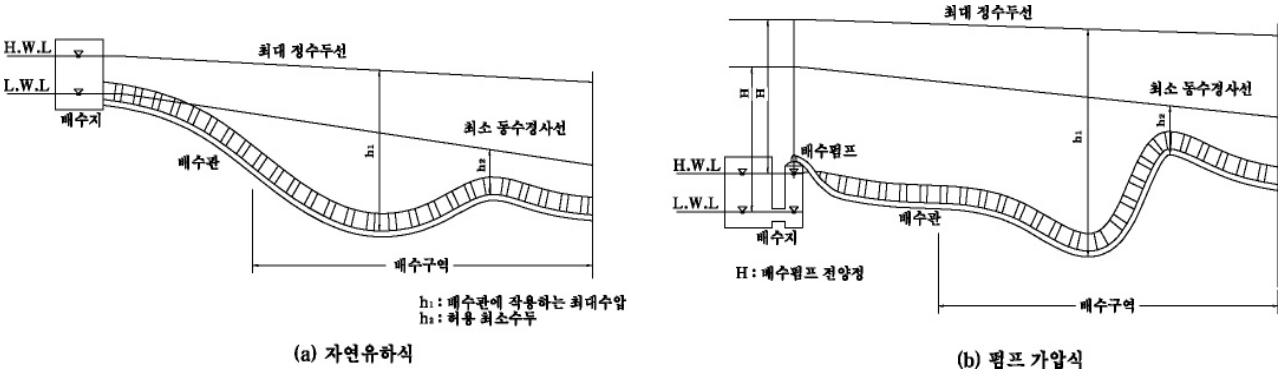
(3) 펌프가압식

1) 배수구역내의 수요량 변동에 따른 수량과 수압의 조정이 가능하지만, 정전시의 대책으로서 자가발전설비를 설치하는 것이 필요한 경우도 있다.

2) 배수구역내의 한정된 높은 곳에 대해서는 별도 가압펌프를 설치하여 배수하는 방법이 유효하다.

3) 낮은 곳에 대해서는 수압이 과대해지는 경우도 있어서 급·배수관의 파손이나 누수가 많아지는 경향이 있기 때문에 감압밸브 등을 설치하여 수압을 조정하는 방식이 유효하다.

(4) 병용식은 배수구역에 대하여 지세를 이용할 수 있는 지역에 대해서는 자연유하식으로 공급하고 수압이 부족한 지역에 대해서는 지세를 이용할 수 있는 펌프설비를 설치하여 펌프가압식으로 공급하는 방식이다. 또한 펌프가압식이라도 야간 등 사용량이 적은 시간대에는 자연유하식으로 공급할 수 있는 경우도 있다.



자료 : 상수도시설기준, 환경부, 2004, P.701

[그림 3.2] 배수방식의 종류

3.8 배수시설의 개량 및 갱신

3.8.1 배수시설의 개량 및 갱신 시기

(1) 시설의 경년화 등에 따라 기능이 현저하게 열화된 경우

(2) 수요증가에 따라 시설능력을 증강해야 할 경우

(3) 내진진단 등에 의하여 내진성능상의 문제가 생긴 경우

(4) 계측제어설비에 새로운 기술을 필요로 하는 경우

(5) 보수점검 및 유지관리의 효율성이나 용이성이 현저히 저하된 경우

(6) 기타, 수도사업자의 실정에 의한 것

3.8.2 관로교체 및 갱생공법

(1) 교체공법

1) 매설관공법

2) 기존관내 매설공법

(2) 갱생공법

1) 합성수지관 삽입공법

2) 피복재관내 장착공법

3) 모르타르 라이닝공법

4) 에폭시수지도료 라이닝공법

3.9 직결급수

3.9.1 배수압력의 증가

(1) 배수지에서 펌프가압식인 경우 : 배수펌프의 양정을 상승시키는 방법이다.

(2) 배수지에서 자연유하식인 경우 또는 배수펌프의 양정을 변경 할 수 없는 경우 : 시점의

압력을 증가시킬 수 없는 경우로서 배수관을 개량하거나 교체함으로써 손실수두를 줄여서 동수압을 확보하는 방법이다.

(3) 배수관로의 도중에 가압설비를 설치하여 특정지역을 가압하는 경우 : 블록별로 직결 직압식으로 급수하는데 유효한 방법이다.

3.9.2 노후관의 개량과 교체

3.9.3 배수블록의 적정화

3.9.4 소구경 배수지관의 개량이나 교체

3.9.5 안정급수의 확보

3.9.6 상수관종 선정은 해당지자체의 요구관종을 확인 및 협의 후 결정한다.

4. 배수지

4.1 총 칙

(1) 배수지는 정수장에서 송수를 받아 해당 배수구역의 수요량에 따라 배수하기 위한 저류지로서 배수량의 시간변동을 조절하는 기능과 함께 배수지로부터 상류 측의 사고 발생 시 등 비상시에도 일정한 수량과 수압을 유지할 수 있는 기능을 갖는다.

(2) 배수구역의 중앙부 또는 그곳에 되도록 가까운 곳에 또 지형과 지질에 따라 안전하게 배려된 위치에 설치하며 적당한 표고차가 있으면 자연유하식의 배수가 가능하고 표고차가 없으면 펌프가압식으로 배수한다.

(3) 배수지 1개소에만 의존하는 배수는 지형과 지세조건에 따라서는 적정한 배수압력의 확보가 어려운 경우가 많으며 비상시에 대응하기 어려운 경우도 있다. 지역의 특성, 배수관망의 구성 등을 고려하나 다음에 복수의 배수지를 분산 배치하는 것도 필요하다.

(4) 설치형식은 지상식, 지하식 및 반지하식이 있다. 지상부에서의 시공이나 용지취득이 곤란한 경우 또는 주위의 환경을 보호하는 터널식이 이용되고 있는 경우도 있다.

4.2 구조 및 형상

(1) 구조적으로나 위생적으로 안전하고 충분한 내구성과 내진성 및 수밀성을 가져야 한다.

(2) 한랭지나 혹서지에서도 수온을 유지할 필요가 있는 경우에는 적당한 보온대책을 강구해야 한다.

(3) 지하수위가 높은 장소에 축조할 경우에는 부력에 의한 부상을 방지하기 위하여 적당한 대책을 강구해야 한다.

(4) 지수는 2가지이상 으로 하는 것을 원칙으로 한다.

4.3 용량

(1) 유효용량은 시간변동조정용량으로 6~12시간분과 비상시의 대처용량으로서 배수지보다 상류 측의 비상대처수량 (갈수, 수질사고, 시설사고 등) 및 배수지보다 하류 측의 비상대처수량 (재해시 응급급수, 시설사고 등)과 소화용수량을 감안하여 6~24시간분 정도 확보하는 것이 바람직하다.

(2) 시간변동조정용량

1) 계획1일최대급수량일 때의 시간평균배수량을 초과하는 시간배수량을 시간마다 누계 하여 구한다.

2) 결정방법으로는 면적법, 누가곡선법 등이 상용되고 있지만, 신설하는 경우의 용량 결정에는 지금까지의 실적 또는 시설이 유사한 다른 수도사업자의 실적을 참고하여 정한다.

(3) 비상시의 대처용량은 갈수, 수질사고, 시설사고, 지진 등 재해시의 비상급수에 일정한 시간동안 대처하는 수량이다.

(4) 소화용수량은 일반적으로 12시간분 이상 용량에 포함되어 있지만, 소규모수도에서는 소화용수량의 일반배수량에 대한 비율도 높으므로 3.5 소화용수량에서 설명한 바와 같이 별도로 소화용수량을 가산하여 배수지 용량을 결정한다.

(5) 배수지 유효용량은 시간변동 조정용량, 비상시 대처용량, 소화용수량 등이 기본이지만, 배수구역에서의 물 사용형태, 시설의 규모 및 시설을 개량하거나 갱신할 때의 용량확보, 유지관리에 따른 작업수량, 야간무인화 등 장래의 노동조건 변화에 따른 여러가지 제약 등을 관해서도 검토하여 필요에 따라 배수지 용량에 반영시킨다.

4.4 위치와 높이

(1) 배수지는 부득이한 경우 외에는 급수지역의 중앙 가까이 설치한다.

(2) 자연유하식 배수지의 표고는 최소동수압이 확보되는 높이여야 한다.

(3) 급수구역 내에서 지반의 고저차가 심할 경우에는 고지구, 저지구 또는 고지구, 중지구, 저지구의 2~3개 급수구역으로 분할하여 각 구역마다 배수지를 만들거나 감압밸브 또는 가압펌프를 설치한다.

1) 급수구역내의 표고차가 30m 이상이고 지역이 넓을 경우에는 배수지의 급수구역을 최대표고차 25~30m 이내를 하나의 급수구역으로 되도록 구분하여 분할한다.

2) 고저차가 심하더라도 그 지역이 비교적 작은 범위일 경우에는 별도의 배수지를 만들지 않고 저지구에는 감압밸브를 설치하여 일정수압 이하로 압력을 낮추고, 고지구에는 가압펌프를 설치하여 일정수압 이상으로 수압을 상승시키는 편이 경제적일 수 있다.

(4) 배수지는 붕괴의 우려가 있는 비탈의 상부나 하부 가까이는 피해야 하며 부득이 비탈면에

설치할 때에는 말뚝기초를 하거나 비탈면 보호를 충분히 해야 한다.

4.5 유효수심과 수위

(1) 배수지의 유효수심은 고수위(H.W.L)와 저수위(L.W.L)와의 수위차를 의미하며, 너무 얕으면 소요용량에 대하여 넓은 부지면적을 필요로 하고 너무 깊으면 면적은 좁아도 되지만 구조면에서나 시공면에서 내진성과 수밀성에 문제가 생긴다. 따라서 경제성도 고려하여 3~6m 정도를 표준으로 한다.

(2) 자연유하식의 경우에는 배수지의 저수위는 배수구역내 배수관의 최소동수압이 계획시간 최대배수량일 때에도 각 수도사업자의 설정수압을 하회하지 않도록 한다. 또한 배수지의 고수위는 배수관에 걸리는 최대정수압이 관종별로 규정된 최고사용수압을 초과하지 않도록 정한다. 배수지의 유효수심이 큰 경우에는 배수구역 내에 배수관의 동수압을 적정한 범위로 유지하기 위하여 제어용 밸브로 조정한다.

(3) 펌프가압식인 경우에는 펌프의 토출압을 조정함으로써 배수구역내의 동수압을 용이하게 설정수압으로 유지할 수 있으므로 유효수심과 소요동수압과의 사이에는 직접적인 관계가 없다. 배수펌프의 소요양정은 배수지의 저수위를 기준으로 배수관 말단의 동수압이 설정수압으로 되도록 정한다.

4.6 여유고와 바닥공사

(1) 고수위에서 정수지의 상부슬래브까지는 30㎝ 이상의 여유고를 둔다.

(2) 바닥은 저수위보다 15㎝ 이상 낮게 해야 한다.

(3) 바닥은 필요에 따라 배수하기 위하여 적당한 경사를 둔다.

4.7 유입관, 유출관 및 우회관

(1) 지내의 물이 정체되지 않도록 지의 형상과 구조를 고려하여 유입관과 유출관의 위치와 개수를 정한다.

(2) 저수위 이하의 물은 어떠한 경우에도 유출관으로 유출되지 않도록 배치한다.

(3) 관이 배수지의 벽체를 관통하는 곳은 수밀성에 주의하고 벽의 외측 근처에 필요에 따라 신축 이음관을 설치한다.

(4) 유입관과 유출관에는 각각 제수밸브를 설치한다.

(5) 유출관에는 필요에 따라 긴급차단밸브를 설치한다.

(6) 배수지의 유입부에 월류 웨어를 설치하거나 낙하유입방식 또는 체크밸브를 설치한다.

(7) 유입관과 유출관의 유량을 조절하는 경우에는 유량조정밸브를 설치하며 유입관의 상단부에는

공기밸브를 설치하는 것이 바람직하다.

(8) 배수지가 1지인 경우에는 우회관을 반드시 설치해야 하며 우회관에는 차단용 밸브를 설치한다.

4.8 월류관과 배수설비

4.8.1 월류설비

(1) 고수위에 설치하고 나팔관 또는 웨어로 한다.

(2) 월류능력은 지의 면적, 여유고 및 유입량을 고려하여 정한다.

(3) 월류설비의 방류지점 고수위는 배수지의 월류수위보다 낮게 한다.

4.8.2 배수설비

(1) 배수지 바닥의 최저부에 배수관을 설치하고 제수밸브도 설치한다.

(2) 배수관의 구경은 저수위 이하의 수량과 배출시간을 고려하여 결정한다.

(3) 배수관 토출구의 고수위는 배수지의 최저부보다 낮게 한다. 전량을 자연배수할 수 없는 경우에는 배수실을 설치하여 펌프로 배수할 수 있도록 한다.

4.9 환기장치, 맨홀 및 검수구

(1) 환기장치는 검수실 등에 설치한다.

(2) 송수량의 변동에 해당하는 공기량이 자유롭게 출입할 수 있는 단면적을 갖도록 한다.

(3) 외부로부터 빗물, 먼지 및 작은 동물 등이 들어가지 못하는 구조로 한다.

4.10 수위계, 채수설비등

(1) 배수지에는 수위계와 검수설비 등을 설치하고 필요에 따라 수위계와 연결 작동하는 경보장치와 유량계를 설치한다.

(2) 배수지는 체류시간이 비교적 길기 때문에 유입측과 유출 측에서는 수온, pH, 잔류염소농도 등이 서로 다른 경우가 있다. 이 때문에 유입지점과 유출지점의 부근에는 채수설비를 설치하여 수질을 감시한다.

4.11 추가염소소독설비

(1) 배수시설에서는 배수지 관망의 말단에 이르는 수요자 급수전에서 잔류염소농도를 기준대로 유지하는 것이 필요하다.

(2) 송·배수관의 연장 및 배수지의 용량과의 관계로부터 체류시간이 길고 잔류염소가 현저히 감소할 것으로 예측되는 경우에는, 배수지 또는 배수관의 도중 등에 추가염소 소독설비가

필요하다.

(3) 염소제로는 여러가지가 있지만, 일반적으로 배수지나 배수관은 민가에 근접해 있는 것이 많기 때문에 위험방지 및 취급의 용이성으로부터 차아염소산나트륨용액을 사용하는 설비가 바람직하다.

4.12 배수지의 상부이용

(1) 배수지의 구조 및 강도가 이용하는 시설에 대하여 안전해야 한다. 배수지 상부에는 복토, 산책로, 수목, 관리동 등이 축조되는데 배수지의 구조가 이들의 하중에 대하여 충분히 안전해야 한다.

(2) 시설을 건설할 때에는 기존 구조물에 손상을 주거나 또는 정수를 오염시키지 않도록 해야 한다. 또한 공사구역을 한정하여 상수도시설의 운영 및 관리에 지장이 없도록 한다.

(3) 시설의 이용개시에 앞서 설치주체와 관리협약을 체결하여 유지관리에 만전을 기한다.

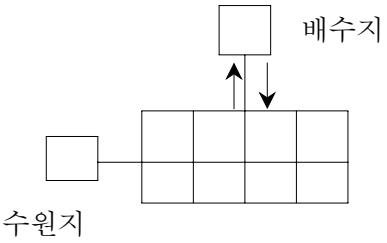
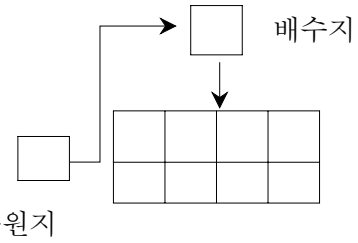
1) 설치주체가 수행할 유지관리의 범위와 책무
2) 시설이 상수도시설 위에 설치되어 있다는 것을 이용자에게 주지시킴
3) 수도사업자에 의한 일시적 이용제한
4) 시설의 관리에 관한 수질오염 방지 조치
5) 시설의 유지공사에 관한 사항
6) 시설이용에 따른 민원처리에 관한 사항

4.13 배수지위치선정시 고려사항

(1) 도시계획과의 단계별 사업 연계성
(2) 자연유하식 배수방식 가능성
(3) 균등 급수의 가능성
(4) 경제적, 안정적 급수 용이성
(5) 급수량 조절 및 적정수압 유지 가능성
(6) 기초 지반의 견고성
(7) 장래확장 부지의 확보성
(8) 건설비, 유지관리비 등을 고려한 경제성
(9) 단위 급수구역의 BLOCK화

4.14 배수방식 비교

<표 4.1> 직·간접 배수방식의 비교

구 분	직 접 배 수 방 식	간 접 배 수 방 식
특 징	 • 수원지에서 급수구역으로 직접 일 최대 생산량을 공급하며, 일 최대 생산량으로 부족한 시간 최대 수요 시에는 야간급수시 남는 양을 배수지에 저수시켜 수요량을 충족시킴으로 수요의 시간적 변화에 대처한다. • 복잡한 배수계통이 아닌, (소수의 수원, 급수범위가 좁고 급수구역의 지반고 차이가 심하지 않은 곳) 적은 용량의 소도시에 적합	 • 수원지에서 일 최대 생산량을 일단 배수지로 모두 송수하여 급수구역으로 급수되며, 수요의 시간적 변화에 대처하는 방법은 직접배수방식과 같다. • 복잡한 배수계통(다수의 수원, 급수범위가 넓고 급수구역의 지반고 차이가 심한 곳(대도시)에서 배수계통을 분할할 수 있어 장래 확장 시에도 배수계통 분할 등 운영용이
배수지의 활 용	• 배수지의 전용량이 급수구역의 시간적 수요변화에 대하여 신속한 대처가 다소 늦어 배수지 전용량의 충분한 활용이 어렵다.	• 배수지로 일단 모두 송수되므로 배수지 전용량의 활용이 가능하다.
송·배수 관로이용	• 송·배수관로가 동일관로 이용으로 관경이 간접배수 방식에 비해 작다. • 송·배수관로가 급수구역에 직접 연결되어 있어 급수구역 수요의 급격한 증감시 배수지 기능 저하	• 송·배수관로의 분리로 배수관경이 다소 커지며, 송수관로는 별도 매설하여야 한다. • 송수관로가 배수지에 직접 연결되므로 배수지 기능은 저하되지 않는다.

5. 배수관

5.1 총 칙

(1) 배수관에는 덕타일주철관, 강관, 스테인리스강관, 경질염화 비닐관 및 수도용 폴리에틸렌관 등을 사용하는데 이들을 선정할 때에는 수압과 외압에 대한 안전성, 환경조건, 시공조건을 고려하여 최적인 것을 선정한다.

(2) 안전성은 오로지 수압과 외압에 의하여 좌우되므로 어느 것에나 견딜 수 있는 강도를 갖는 관종과 토피로 한다.

1) 수압으로서는 관로의 최대정수압과 수격압을 고려한다.

2) 외압으로서는 토압 및 노면하중, 지진력 등을 고려한다.

3) 외력 중에서 지진력에 의하여 큰 피해가 발생할 것으로 예상되는 지역에서는 진도, 관로의 구조특성, 주변의 지반특성 등을 고려한 관로의 피해를 예측하여 위험도가 크다고 평가되는 경우에는 내진성이 높은 재료의 관종 및 조인트를 선정하고 또한 이형관 등을 포함한 관로시스템 전체를 적절한 내진설계로 한다.

(3) 환경조건으로서는 매설장소의 지질상황이 중요한데, 지질상황에 따라서는 특수한 조인트나 시공방법의 검토 또는 이형관 보호공, 전식이나 기타 부식 방지공에 관하여 고려한다.

(4) 시공방법의 검토 또는 이형관 보호공, 전식이나 기타 부식 방지공에 관하여 고려한다.

(5) 개량이나 교체의 목적이나 장래 계획에 대한 적합성과 함께 현장의 환경조건이나 시공조건 등에 대한 적응성에 대하여 충분히 검토하여 최적의 공법을 채택한다.

(6) 경제적 설계는 관의 재료비, 공사비 및 펌프설비 외에 매설심도나 장래 유지관리비의 대소를 고려하여 수행한다.

5.2 관 종

(1) 관 재질에 의하여 물이 오염될 우려가 없어야 하다.

(2) 내압과 외압에 대하여 안전해야 한다.

(3) 매설조건에 적합해야 한다.

(4) 매설환경에 적합한 시공성을 지녀야 한다.

<표 5.1> 수도관으로 사용되는 관종의 특징

재질별	장 점	단 점
덕타일 주철관	(1) 강도가 크고 내구성이 있다. (2) 강인성이 뛰어나고 충격에 강하다. (3) 이음에 신축 휨성이 있고 관이 지반의 변동에 유연하다. (4) 시공이 좋다. (5) 이음의 종류가 풍부하다.	(1) 중량이 비교적 무겁다. (2) 이음의 종류에 따라서는 이형관 보호공을 필요로 한다. (3) 내외의 방식면이 손상되면 부식되기 쉽다.
강관	(1) 강도다 크고 내구성이 있다. (2) 강인성이 뛰어나고 충격에 강하다. (3) 용접이음에 의해 일체화가 가능, 지반의 변동에는 장대한 관로로서 유연하다. (4) 가공성이 좋다. (5) 라이닝(lining)의 종류가 풍부하다.	(1) 용접이음은 숙련공이나 특수한 공구를 필요로 한다. (2) 전식에 대하여 고려해야 한다. (3) 내외의 방식면이 손상되면 부식되기 쉽다.
경질염화 비닐관	(1) 내식성이 뛰어나다. (2) 중량이 가볍고 시공이 좋다. (3) 가공성이 좋다. (4) 내면조도가 변화하지 않는다. (5) 고무윤형은 조인트의 신축성이 있고, 관이 지반변동에 유연하게 대응 할 수 있다.	(1) 저온 시에 내충격성이 저하된다. (2) 특정 유기용제 및 열, 자외선에 약하다. (3) 표면에 상처가 생기면 강도가 저하된다. (4) 조인트의 종류에 따라 이형관 보호공을 필요로 한다.
수도용 폴리에틸렌관	(1) 내식성에 우수하다. (2) 중량이 가볍고 시공성이 좋다. (3) 융착접속으로 일체화할 수 있고, 관체에 유연성이 있으므로 관로가 지반변동에 유연하게 대응할 수 있다. (4) 가공성이 좋다. (5) 내면조도가 변하지 않는다.	(1) 열이나 자외선에 약하다. (2) 유기용제에 의한 침투에 조심해야 한다. (3) 융착접속으로는 우천시나 용천수지반에서의 시공이 곤란하다. (4) 융착접속은 컨트롤러나 특수공구를 필요로 한다.
스테인리스 강관	(1) 강도가 크고 내구성이 있다. (2) 내식성이 우수하다. (3) 강인성이 뛰어나고 충격에 강하다. (4) 라이닝이나 도장을 필요로 하지 않는다.	(1) 용접접속에 시간이 걸린다. (2) 이종금속과의 절연처리를 필요로 한다.

자료 : 상수도시설기준, 환경부, 2004, P.169

<표 5.2> 관종별 시험수압

관종 \ 관경 및 시험방법	호칭지름(㎜)	시험수압(MPa(kgf/㎠)		
		1종관	2종관	3종관
덕타일주철관 (KS D 4311)	300 이하	7(71.4)	6(61.2)	5(5.10)
	350 ~ 600	6(6.12)	5(51.0)	4(40.8)
	700 ~ 1000	5(5.10)	4(40.8)	3.2(32.6)
	1100 ~ 2000	4(40.8)	3.2(32.6)	2.5(25.5)
	2100 ~ 2600	3.2(32.6)	2.5(25.5)	1.8(18.4)
덕타일주철이형관 (KS D 4308)	호칭지름(㎜)	수압시험(MPa(kgf/㎠)		
	300 이하	3.0(30.6)		
	350 ~ 600	2.5(25.5)		
	700 ~ 1200	2.0(20.4)		
	1500 ~ 2600	1.0(10.2)		
상수도용 도복장강관 (KS D 3565)	종류의 기호	수압시험(MPa(kgf/㎠)		
	STWW 290	2.5(25.5)		
	STWW 370	3.4(35.7)		
	STWW 400 호칭두께 A	2.5(25.5)		
	STWW 400 호칭두께 B	2.0(20.4)		
상수도용 도복장강관이형관 (KS D 3578)	종류의 기호	최고허용압력(MPa(kgf/㎠)		
	F 12	1.2(12.5)		
	F 15	1.5(15.3)		
	F 20	2.0(20.4)		
수도용 에폭시수지분체 내외면 코팅 강관(KS D 3608)	최고허용압력 1.0MPa(10.2kgf/㎠)			
수도용 폴리에틸렌분체 라이닝강관(KS D 3619)	정수두 100m 이하			
수도용 폴리에틸레관 (KS M 3408)	사용압력 0.75MPa(7.6kgf/㎠), 수압시험 2.5MPa(25.5kgf/㎠)			
수도용 폴리에틸렌이음관 (KS M 3411)	수압시험 2.5MPa(25.5kgf/㎠)			
수도용 경질 염화비닐관 (KS M 3401)	사용압력 0.75MPa(7.65kgf/㎠)이하, 수압시험 4MPa(40.8kgf/㎠)이하			
수도용 경질 염화비닐 이음관 (KS M 3402)	수압시험 4MPa(40.8kgf/㎠)이하			
일반배관용 스테인리스 강관 (KS D 3595)	사용압력 1.0MPa(10.2kgf/㎠)			

자료 : 상수도시설기준, 환경부, 2004, P.170

5.3 수 압

(1) 급수관을 분기하는 지점에서 배수관의 최소동수압은 150kPa(약 1.53kgf/㎠)이상을 확보 한다.

1) 2층 건물에의 직결급수를 가능하게 하기 위해서는 배수관의 최소동수압은 150kPa~200kPa(약 1.53kgf/㎠~2.04kgf/㎠)를 표준으로 한다.

2) 저수조에 대한 위생상의 문제나 에너지를 유효하게 이용하기 위하여 직결급수의 범위를 확대할 경우에는 수도사업자가 스스로 급수구역 내에 건축물의 분포나 지역특성을 고려하여, 직결급수대상의 범위와 배수관의 최소동수압을 결정해야 한다.

3) 3층, 4층 및 5층에 대한 표준최소동수압은 각각 200~250, 250~300 및 300~350kPa 이다.

4) 2층 건물에 직결직압식으로 급수하기 위하여 수도사업자가 현시점에서 보장할 최저 서비스수준으로 급수관 분기지점에서 최소동수압을 150kPa로 하였지만, 지형조건으로 부터 국소적으로 150kPa를 밑도는 경우가 있더라도 급수에 지장이 없도록 조치되어 있는 경우에는 문제가 없다.

5) 소방용수 이용에 대해서도 소화전을 사용하고 있을 경우에는 배수관내에 정압이 확보되어야 하는 것은 필요하지만, 화재시에도 100kPa 정도의 최소동수압을 유지할 수 있다면 이상적이다.

6) 동수압의 상향조정은 배수관망 중에 노후관이 혼재되어 있을 경우에는 누수사고가 발생하거나 누수량이 증가될 우려가 있으므로 배수관 정비를 착실히 진행시키는 것과 함께 급수관도 정비하여 관로전체를 고수압에 견딜 수 있도록 개량하거나 교체해야 한다.

(2) 급수관을 분기하는 지점에서 배수관의 최대정수압은 700kPa(약 7.1kgf/㎠)초과하지 않아야 한다.

1) 배수관으로 사용되는 일반적인 관종인 덕타일주철관 및 강관, 스테인리스강관은 1.00MPa (약 10.2kgf/㎠), 경질염화비닐관이나 수도용 폴리에틸렌관은 0.75MPa(약7.6 kgf/㎠)로 되어 있다.

2) 이들 관종이 혼재되어 있으므로 최대정수압으로서는 현재 사용되고 있는 급수장치로 보호하는 관점에서 허용할 수 있는 수치로서 700kPa(약 7.1kgf/㎠)를 설정하였다.

3) 지형조건으로부터 국소적으로 이 값을 초과하는 경우가 있더라도 급수에 지장이 없도록 조치된 경우에는 가능하며, 이러한 경우에는 덕타일주철관, 강관 등을 채택하도록 검토할 필요가 있다.

4) 직결급수범위의 확대에 따른 최소동수압의 상승을 고려하여 최대동수압은 최고를 600kPa (약 6.12kgf/㎠)정도까지로 하는 것이 바람직하다.

5.4 관 경

(1) 관로의 동수압은 평상시에는 그 구역에 필요한 최소동수압 이상으로 유지되도록 하며, 또한 수압분포를 가능한 한 균등하게 되도록 결정한다.

1) 평상시의 배수관의 최소동수압은 급수지역의 특성에 따라 계획하고 또한 화재시에도 모든 배수관에 정(+)압을 유지하며 전체 급수지역의 각 구역에 현저한 수압저하가 없도록 계획한다.

2) 관경을 산정하는 방법은 우선 3.3 계획배수량을 참조하고, 평상시의 사용량에 대한 수리계산을 하여 최소동수압이 5.3 수압으로 설정된 계획최소동수압을 만족하도록 관경을 산정한다.

3) 화재시에 대한 수리계산을 하여 화재시의 최소동수압이 정(+)압을 유지한다는 것을 확인해야 한다.

4) 관경을 결정할 경우에는 급수구역내의 동수압 분포가 가능한 한 균등하도록 계획하는 것이 기본이지만, 지반의 고저가 심한 곳에서는 지반의 표고를 자세히 조사하여 계획 최소동수압을 유지할 수 있도록 한다.

5) 관내의 수질악화 등 유지관리면에서 관내유속도 고려해야 한다.

(2) 배수관의 최소관경

1) 단구소화전을 설치하는 배수관의 최소관경은 도시 주거지역에는 150㎜ 이상을 원칙으로 하고 업무지구에서는 200㎜ 이상을 원칙으로 한다.

2) 소화전을 설치하지 않는 경우나 산재된 주거지역에는 80㎜를 최소관경으로 할 수 있다.

5.5 매설위치 및 깊이

(1) 공공도로에 관을 매설하는 경우에는『도로법』및 관계법령에 따라야 하며 도로관리자의 허가조건 또는 협약에 따른다.『도로법시행령』에서는 토피의 표준은 120㎝로 규정되어 있지만 수관교 부착부의 제방횡단개소나 다른 매설물과 교차관계 등으로 토피를 표준 또는 규정치까지 얻지 못하는 경우에는 도로관리자 또는 하천관리자와 협의한 다음에 토피를 60㎝까지 감소할 수 있다.

(2) 배수관은 다른 지하매설물과 교차 또는 인접하여 매설할 때에는 적어도 30㎝ 이상의 간격을 두어야 한다.

(3) 한랭지에서 관의 매설깊이는 동결심도보다도 깊게 한다.

<표 5.3> 지역별 매설심도

구 분	A 지역		B 지역		C 지역	
	심도	지 역	심도	지 역	심도	지 역
도로부	1.2m 이상					
보도부	1.2m	서울, 인천, 수원, 춘천, 충주, 청주, 제천 등 중부권	1.0m	대전, 천안, 안동 등 대전권	0.9m	강릉, 대구, 부산, 군산, 광주, 전주, 목포 등 남부 영동권

자료 : 토목설계지침, 대한주택공사, 2005, P.114

5.6 신축조인트

(1) 신축자재가 아닌 조인트를 사용하는 관로 등에는 20~30m마다 신축조인트를 설치하고 연약지반이나 구조물과의 접합부(tie-in point) 등 부등침하의 우려가 있는 장소에는 휨성이 큰 신축조인트를 설치한다.

(2) 매설되는 수도용 도복장강관의 관로부에는 별도의 신축이음관이 필요하지 않으나 제수밸브, 펌프 등 관로의 중간에 자유단이 발생하는 경우에는 밸브실 내에 신축이음관을 설치하고 밸브실 통과부에는 관의 축 방향으로 변위될 수 있게 하되 외부지하수 등이 침입할 수 없는 구조로 한다.

5.7 관의 기초

(1) 매설관의 기초는 지반의 상태와 지층을 사전에 조사하여 사용관종을 선정하고 최적의 공법을 채택한다.

1) 기초의 형상

① 덕타일주철관의 기초는 원칙적으로 평평한 밑바닥으로 하고 특별한 기초는 필요하지 않다.

② 강관도 통상의 토질과 토피이면 특별한 기초를 필요로 하지 않지만, 굴착바닥이 딱딱한 암반인 경우이거나 자갈 등을 포함한 지반인 경우에는 관의 단면방향 응력이나 변형을 저감시킬 목적으로 모래 채움을 한다.

③ 경질염화비닐관과 수도용 폴리에틸렌관은 원칙적으로 굴착바닥에 0.10m 이상의 모래 또는 양질토를 채운다.

2) 관의 밑바닥 지지각은 지반상태나 되메우기 흙의 종류 및 기초의 지지각을 감안하여 결정한다.

(2) 관을 매설할 때의 다짐이 적절하게 이루어지도록 되메우기 흙을 선정한다.

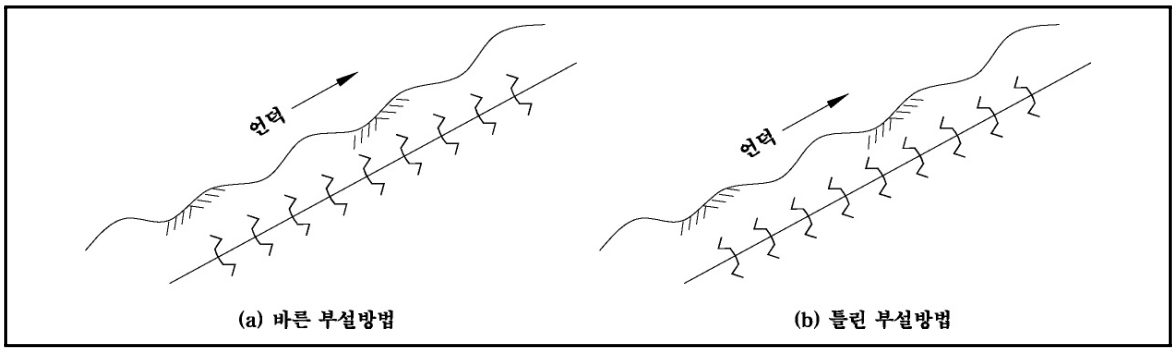
(3) 견고한 지반과 연약지반이 단층으로 접해 있을 때와 관의 한쪽이 구조물에 고정되어 있을 경우에는 부등침하를 대비하여 알맞은 시공법, 관종, 신축이음을 사용한다.

5.8 관의매설

5.8.1 관매설의 상식

(1) 수도관은 지형이 낮은 곳에서 높은 곳으로 향하여 매설을 하는 것을 원칙으로 하며, 관내부의 유체의 흐름방향과는 관계가 없다.

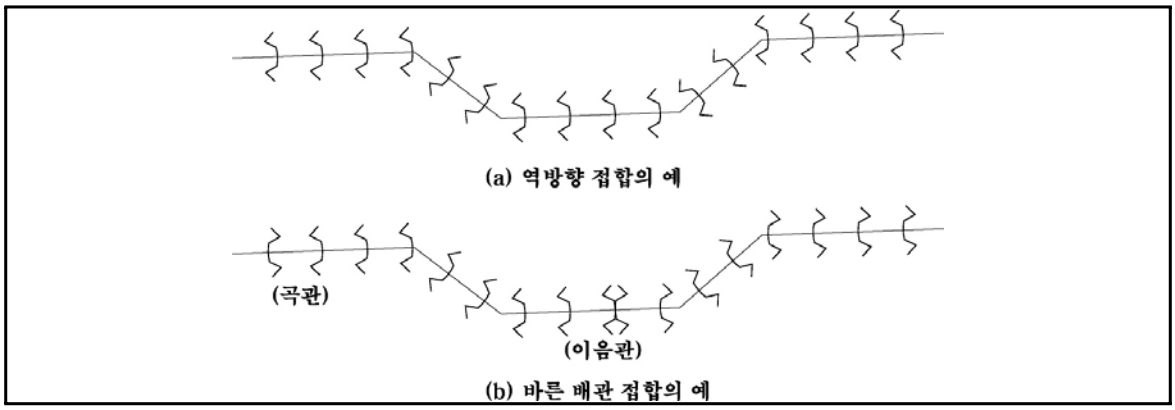
관 매설을 역방향으로 즉, 높은 지형에서 낮은 곳으로 접합하면 관의 무게가 낮은 쪽으로 향하게 되어 빠져 나갈 염려가 있으므로 완전 접합이 힘들다. 대부분이 정상적인 방향, 즉, 낮은 곳에서 높은 곳을 향하여 접합하고, 일부를 역방향으로 접합시키는 경우를 종종 볼 수 있는데 이것도 좋지 않다.



[그림 5.1] 관 매설 바른 방법

(2) 타이튼 조인트의 경우 역방향으로 되면 고무링을 삽입하기가 어렵다. 메커니컬 조인트의 경우도 역방향접합을 피하여야 한다.

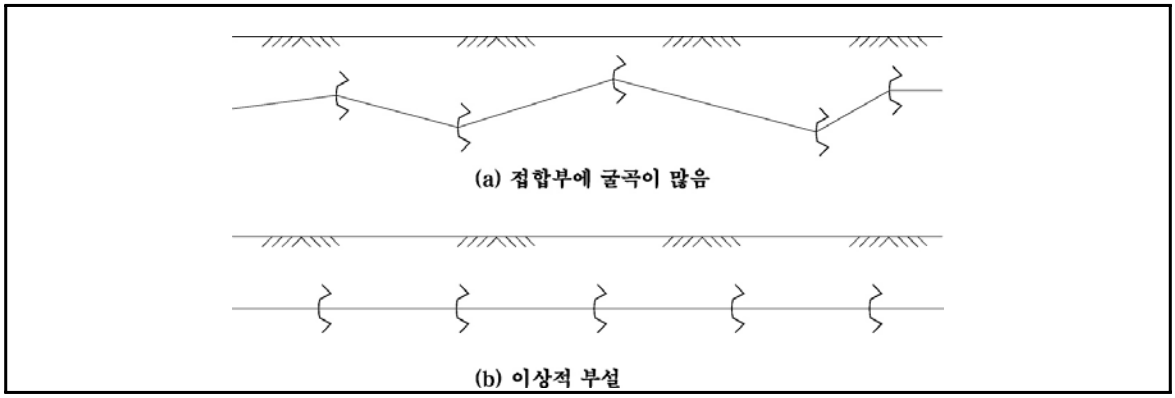
역방향접합을 하면 수구와 삽구의 사이가 생기기 쉽고 소량의 누수는 지층으로 흘러가 사고발견이 불가능하다.



[그림 5.2] 역접합의 예

5.8.2 매설관축의 경사

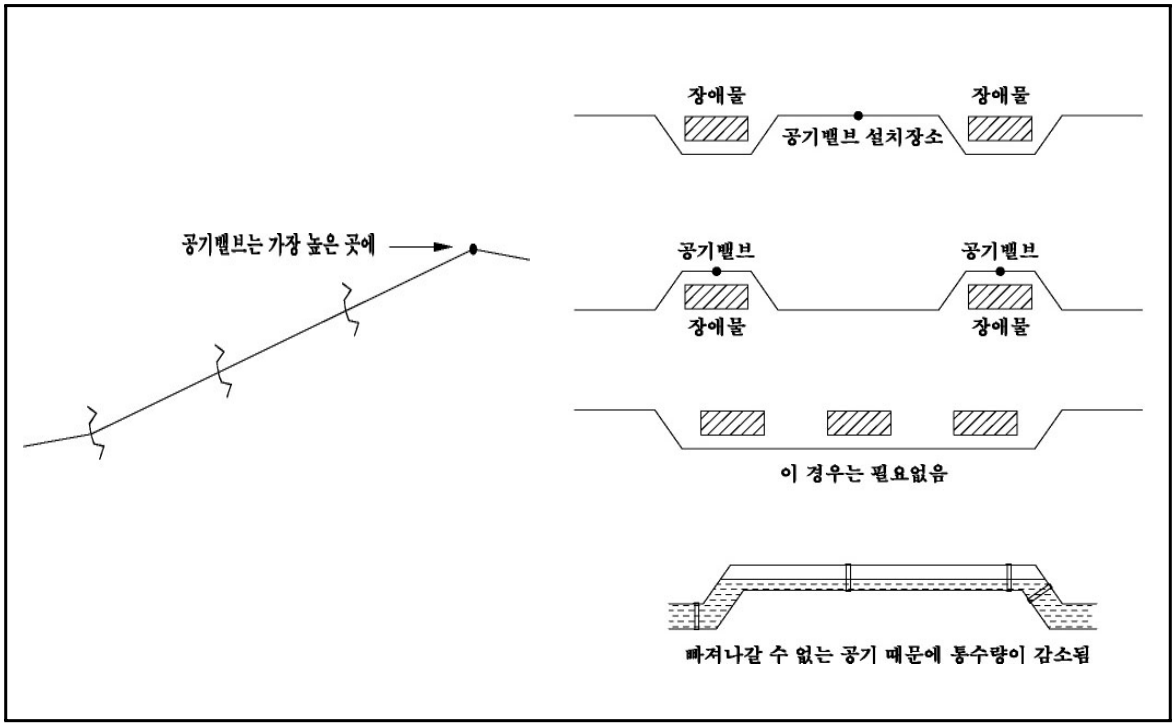
통수할 때 관내의 공기가 배제될 수 있도록 매설관축의 경사를 주의하여 시공한다. 매설시 위에서 볼 때 관의 좌우의 굴곡은 잘 보이지 않으므로 이것이 심하게 되며 공기의 배제가 힘들게 된다.



[그림 5.3] 이상적인 매설

5.8.3 공기밸브의 설치

암거, 기타매설물 때문에 수도관을 상부에 매설시공할 때는 공기변 또는 급수전을 분기하여 설치하고 수도관내의 공기를 배제 하여야 한다. 특히 주의할 것은 매설시공후 처음으로 통수 할 때는 서서히 통수하여야 한다. 통수할 때 일어나는 수압충격(WATER HAMMER)은 보통 수압의 4~8배가 더 크다. 공기밸브의 설치 장소는 대략 다음과 같다.



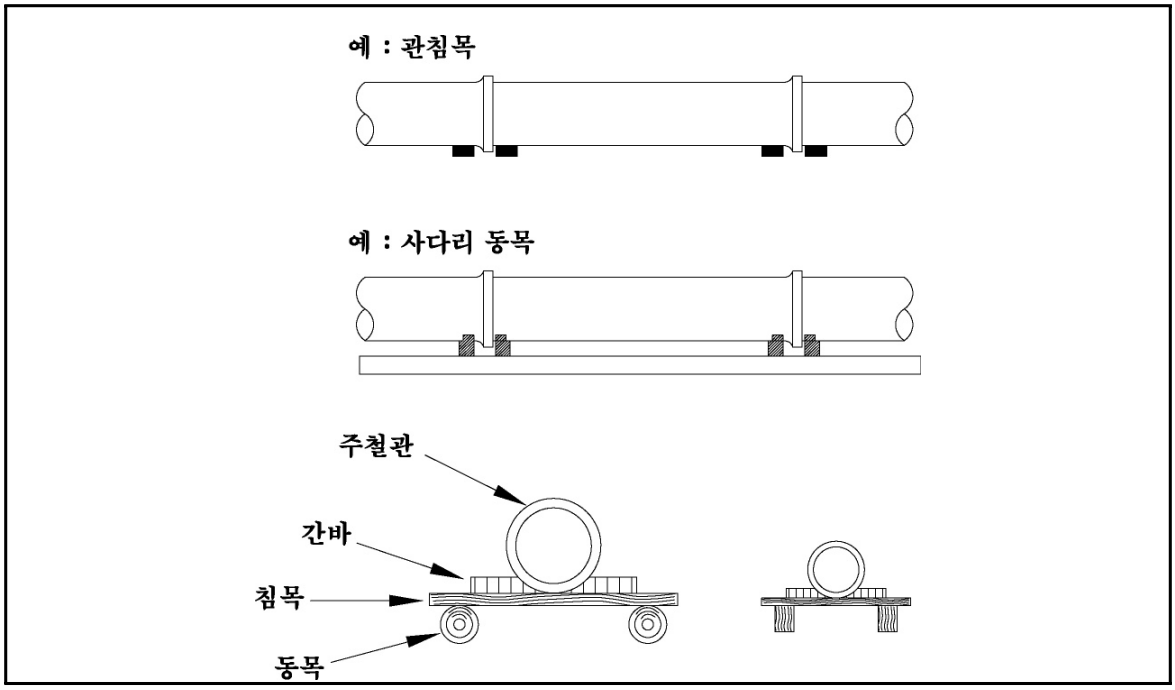
[그림 5.4] 공기밸브의 설치

5.8.4 자갈이 많은 지대에서의 매설

자갈이 많거나 또는 암석이 많은 지대에서는 부등침하 및 천칭작용을 일으킬 염려가 많다. 따라서 관의 상부는 언제나 토사를 골고루 하여 매설하고, 돌로 받치거나 또는 돌이 직접 닿지 않도록 하여야 한다.

5.8.5 연약지반에서의 매설

연약지반에서 매설할 때는 관 호칭지름의 대소를 불문하고 언제나 관침목으로 받쳐 부등침하를 방지하여야 한다. 또한 관침목만으로 부등침하의 염려가 있으면 사다리동목을 시공하여야 한다.



[그림 5.5] 연약지반에서의 매설

5.9 이형관 보호

(1) 관내수압은 안전성을 고려하여 최대정수압에 수격압을 더한 것으로 한다.

(2) 덕타일주철관 및 경질염화비닐관의 이형관 보호에는 원칙적으로 콘크리트블록으로 보호한다. 다만, 소구경관로에서 관외주면의 구속력을 충분히 기대할 수 있는 경우에는 이탈방지압륜 등을 사용한다.

(3) 용접이음의 강관·스테인리스강관 및 융착조인트의 수도용 폴리에틸렌관에는 이형관 보호 등을 경감 또는 생략할 수 있다. 다만 신축조인트가 불평균력을 억제하기 위한 유효길이의 범위 내에 설치되어 있는 경우에는 콘크리트블록 등으로 보호한다.

5.10 관로의 표지

(1) 매설관의 오인을 피하기 위하여 매설 관에는 원칙적으로 수도사업자명, 매설년도, 관종 등을 명시한 테이프를 부착하고 관경에 따라 되메우기할 때에 적절한 깊이에 테이프 또는 시트매설을 병행한다.

(2) 상수관표시 비닐테이프는 폭 10㎝×두께 91㎜이상의 내구성이 있는 밝은 청색의 비닐테이프로서 흑색으로 “상수관주의”라는 글자가 연속적으로 인쇄되어 있어야 한다. 단, 비금속관인 경우에는 동합금선이 내장된 비닐테이프를 사용한다.

5.11 전식 및 부식방지

(1) 전식의 위험이 있는 철도 가까이에 금속관을 매설할 때에는 충분한 상황을 조사하여 전식을 방지하기 위한 적절한 조치를 취한다.

(2) 부식성이 강한 토양, 산이나 염수 등의 침식이 있을 수 있는 지역에 관을 매설할 때에는 상황을 조사한 다음에 관종을 선정하고 적절한 방식대책을 취한다.

(3) 관의 콘크리트 관통부, 이종토양간의 매설부 및 이종금속간의 접속부에는 매크로부식이 발생하지 않도록 적절한 조치를 취한다.

5.12 수압시험

(1) 관로를 매설한 다음에는 원칙적으로 수압시험 또는 기밀시험(산소압축시험)으로 수밀성과 안전성을 확인한다.

(2) 관 자체의 수밀성과 내압성은 공장의 수압시험 등에 의하여 확인한다.

(3) 관로의 접합, 부속설비의 설치, 콘크리트블록의 방호 등의 시공이 종료된 다음, 매설된 관로 전체의 수밀성과 안전성을 확인하기 위하여 수압시험을 실시한다.

(4) 물을 주입하기에 앞서 어느 정도 관로를 임시로 되메워서 관로가 수압시험 중에 이동하는 것을 막아야 한다. 또한 수압시험에서는 급격한 가압으로 관로를 파괴하는 일이 없도록 충분한 시간을 두고 천천히 충수해야 한다.

(5) 관로에 물을 주입할 경우에는 관내의 공기를 배제하면서 천천히 주입해야 하며 충수 중에 공기밸브 등에서 공기가 배제되고 있는지 또는 관로에 이상이 있는지를 확인해야 하며 누수장소에는 적절한 지수조치를 강구한다.

(6) 관로에 충수한 다음 하루 정도 경과하고 나서 시험하는 것이 바람직하다. 일정수압 까지 가압한 다음 일정시간(24시간 정도)을 유지하고, 그 사이 관로의 이상 유무와 압력 변화를 조사한다. 시험수압, 유지시간 및 허용압력 저하량에 대해서는 사용수압, 관종, 조인트의 구조, 관로연장, 부속설비의 상황 및 시공조건 등을 고려하여 적절한 수치를 설정한다.

(7) 중대관경의 메커니컬조인트의 관에 대해서는 되메우기 전에 테스트밴드로 조인트부의 수밀성을 검사함으로써 관로의 수압시험으로 대신하는 경우가 있다

(8) 용접이음구조의 강관인 경우에는 용접부에 대하여 방사선 투과검사 또는 초음파 탐상 시험을 실시함으로써 수압시험을 대신하는 경우도 있다.

(9) 수압시험을 시행한 다음 그 결과에 따라 적절한 조치를 취한다.

6. 부속 설비

6.1 총 칙

(1) 차단용밸브, 제어용밸브, 공기밸브, 감압밸브, 소화전, 배수설비, 유량계, 수압계, 맨홀 등으로 분류된다. 이들 부속설비는 배수구역내의 물 수요에 따라 배수관과 일체가 되어 적정한 수량과 수압 및 수질을 확보할 수 있도록 기능을 한다. 소화전은 화재시의 소화용에 적절히 대응할 수 있어야 한다.

(2) 이들 부속설비들은 각각 재료, 제조방법, 규격치수, 강도 및 내외면의 도장을 달리하고 있으므로, 위생성도 고려하여 배수관과 같은 기준을 만족하는 것을 선정하여 사용한다. 소화전에 대해서는 물에 접하는 면적이 작으므로 이 조건이 엄격하게 적용되지는 않는다.

(3) 부속설비를 설치하는 계획에 대해서는 배수본관과 배수지관의 배치, 배수구역내의 지형, 지세, 물수요 등을 고려하여 가장 적절한 것을 적절한 장소에 배치한다.

(4) 장기간 사용된 부속설비는 습동부의 마모, 물과 접촉부 도장의 노후, 기타에 기능이 저하됨으로써 안정급수를 저해하는 요인으로 되는 경우가 있다. 이러한 부속설비는 적당한 시기에 개량하거나 교체함으로써 그 기능을 회복하거나 향상시켜야 한다.

(5) 매설심도를 얕게 할 경우에는 부속설비도 이에 맞는 규격의 것을 사용해야 한다.

(6) 밸브 등을 설치하는 방식으로서는 플랜지 이음접합이 일반적이지만, 플랜지면에 홈이 없는 평패킹만을 사용하는 조인트방식과, 플랜지면에 홈이 있고 수밀성이 양호한 조인트방식이 있으며, 수밀성이 양호한 후자를 사용하는 것이 바람직하다.

6.2 차단용 밸브와 제어용 밸브

(1) 도·송·배수관의 시점, 종점, 분기장소, 연결관, 주요한 이토관, 중요한 역사이펀부, 교량, 철도횡단 등에는 원칙적으로 제수밸브를 설치한다.

1) 관로가 길 경우에는 1~3㎞마다 설치하는 것이 바람직하다.

2) 표고차가 크고 긴 사면의 상부 및 하부에는 반드시 설치한다.

(2) 제수밸브실은 도로의 종류별, 배관의 구경별 및 현장의 설치조건에 따라 소형, 중형, 대형으로 구분하며 밸브실 전후 관로의 안정성을 확보한다.

1) 일반적으로 관경 400㎜ 이상의 배수본관밸브에 대하여서는 밸브실을 설치하지만, 교통량이 많은 장소, 자동차가 통과하는 도로 밑에 밸브실을 설치하는 경우에는 이들의 조건을 견딜 수 있게 견고한 구조로 한다.

2) 밸브실은 밸브를 교체할 수 있는 구조로 하며 맨홀에는 내식성의 사다리를 고정설치 하여 점검이나 정비를 위하여 안전하게 출입할 수 있도록 한다.

3) 밸브의 개폐조작을 쉽게 하기 위하여 스핀들의 위치에 밸브키대를 연장할 수 있도록 정확하게 고정시켜 둔다. 맨홀뚜껑은 변형되거나 설치상태가 불량하면 소음의 원인으로 되기 때문에, 그런 일이 발생하지 않는 구조와 방법으로 설치한다.

4) 관경 350㎜ 이하의 밸브에는 보호통을 사용하며 밸브의 주위에 깬 자갈기초 등의 공사를 하고 그 위에 보호통을 놓고 되메운 다음 충분히 다짐을 하며 밸브 보호통이 경사져서 밸브를 개폐하는데 지장을 초래하지 않도록 한다.

<표 6.1> 밸브실의 설치기준

구 분	밸브실명	적용관경(㎜)	적 용 장 소	기 타
소 형	밸 브 보 호 통	D80 ~ 300	• 보도 및 폭이 좁은 도로 • 도로 폭 6m 이하로서 중차량 통행이 빈번하지 않은 도로	제수밸브실의 규격은 제수밸브의 치수에 의함.
중 형	원 형 밸 브 실	D80 ~ 300	• 도로 폭 15m 이하인 도로 • 소형 밸브실 설치가 곤란한 경우	
대 형	구 형 밸 브 실(A)	D80 ~ 250	• 도로폭 20m 이상인 차도	
	구 형 밸 브 실(B)	D300 ~ 600	• D 400㎜ 이상의 제수밸브 설치시 • 도로폭 20m 이상 차도에 D300㎜인 제수밸브 설치시	
	구 형 밸 브 실(C)	D700 이상	• D 700㎜ 이상 제수밸브 설치	제수밸브실의 규격은 버터플라이 밸브의 치수에 의함.
기 타	이토 및 공기밸브실	D80 ~ 300	• 도로폭 15m 이하인 도로	

자료 : 상수도시설기준, 환경부, 2004, P.192

주) • 밸브실의 표준도는 많이 사용되고 있는 제수밸브실의 규격을 기준으로 하였음.
• 상수도용 밸브실의 뚜껑(KS D 6021) 및 틀은 개량원형뚜껑 및 틀이 생산될 때까지 기존 철뚜껑과 병행사용 가능.

(3) 제수밸브실은 설치 및 유지관리가 용이하도록 충분한 공간을 확보하며 이상 수압이 발생하였을때 즉시 감지하기 위한 수압계의 설치와 배수 및 점검을 위한 설비를 갖추어야 한다.

1) 밸브실은 밸브와 일체구조로 되어 중량이 커지기 때문에 가능한 한 지반이 양호한 장소를 선정하여 설치한다.

2) 부득이하게 연약지반이나 액상화가 우려되는 사질지반 등에 설치할 때에는 기초공사를 하거나 지반을 개량한다. 특히 밸브실 부근의 관로는 지반의 부등침하나 액상화 될 때에 밸

브실과는 다른 거동을 보이며, 사고가 발생할 가능성이 크므로 적절한 대책으로 강구하여 관로의 안정성을 확보한다.

(4) 밸브는 수질에 영향을 주지 않아야 한다.

1) 밸브에 사용되는 도장에 대해서는 도포막으로서의 특성이 뛰어나고 수질에 영향을 미치지 않는 도료를 사용해야 한다.

2) 밸브의 도장으로서는 에폭시수지 분체도장, 에폭시수지 도장 등이 있다.

3) 관경 350㎜ 이하의 제수밸브로서는 유로에 홈이 없으며 밸브박스에는 에폭시수지 분체도장을 하고 밸브본체에 고무시트를 붙인 소프트실 밸브 등이 있다.

6.3 공기밸브

(1) 설치목적은 관내의 공기를 배제하거나 흡인하기 위해서이다.

(2) 관로의 종단도상에서 상향돌출부의 상단에 설치해야 하지만 제수밸브의 중간에 상향 돌출부가 없는 경우에는 높은 쪽의 제수밸브 바로 밑에 설치한다.

(3) 관경 400㎜ 이상의 관에는 반드시 쌍구 공기밸브 또는 급속 공기밸브를, 관경 350㎜의 관에 대해서는 단구 공기밸브를 설치한다.

1) 단위시간에 있어서의 흡·배기량의 대소에 따라 급속 공기밸브, 쌍구 공기밸브 및 단구 공기밸브로 나누어진다.

2) 관경800㎜ 이상의 대구경관에는 맨홀용의 T자관뚜껑을 이용하여, 그 뚜껑의 상부에 공기밸브를 설치하면 맨홀을 겸할 수 있으므로 유지관리상 편리하다.

3) 동수경사선상에 설치된 터널 입·출구 등에는 공기배제용의 입상관을 설치하는 것이 바람직하다.

(4) 공기밸브는 필요에 따라 보수용의 제수밸브를 설치한다.

(5) 매설관에 설치하는 공기밸브에는 밸브실을 설치하며, 밸브실의 구조는 견고하고 밸브를 관리하기 용이한 구조로 한다.

(6) 한랭지에 대해서는 적절한 동결방지대책을 강구한다.

<표 6.2> 쌍구 및 급속 공기밸브 적용구경

쌍구 공기밸브		급속 공기밸브	
구경(㎜)	관경(㎜)	구경(㎜)	관경(㎜)
80	400 ~ 600	80	400 ~ 600
100	600 ~ 900	100	600 ~ 900
150	900 이상	150	900 이상
200	1,600 이상	200	1,600 이상

자료 : 상수도시설기준, 환경부, 2004, P.194

6.4 소화전

(1) 배수지관에 설치하여 화재 발생시에 소방용수를 이용하는 시설로서의 기능을 다하는 것을 목적으로 한다.

1) 관내수를 배수할 때의 흡기와 충수할 때의 배기 및 배수관의 수질유지를 위한 배수설비로서도 이용되기 때문에, 이러한 사용목적을 고려하여 적당한 곳에 설치한다.

2) 도로폭이 넓고 배수지관을 도로의 양측에 매설하는 경우에는 소화전의 위치가 서로 대체 사용이 가능하도록 설치한다. 개개의 소화전을 설치하는 위치에 대해서는 소방부서와 사전에 협의해야 한다.

(2) 도로의 교차점이나 분기점 부근으로 소방 활동에 편리한 지점에 설치하고 도로연변의 건축물 상황 등을 고려하여 100~200m 간격으로 설치한다.

(3) 단구 소화전은 관경 150㎜ 이상의 배수관에, 쌍구 소화전은 관경 300㎜ 이상의 배수관에 설치한다.

(4) 관경 300㎜ 이상의 큰 관으로 급수분담구역이 넓은 관에 소화전을 설치할 경우에는 보수용 밸브를 설치하는 것이 더욱 필요하다.

(5) 한랭지나 적설지에서는 부동식의 지상식 소화전을 사용하며, 지하식 소화전을 사용하는 경우에는 동결방지대책을 강구한다.

(6) 소화전의 토출구 구경은 원칙적으로 63.5㎜로 하나 특수한 소방펌프를 사용할 경우에는 예외로 할 수 있다.

<표 6.3> 시가지 또는 밀집지의 방화대상물로부터 1개의 소화전에 이르는 거리(m)

평균풍속 / 용도지역	연간 평균 풍속이 4m/s 미만인 곳	연간 평균 풍속이 4m/s 이상인 곳
근린상업지역, 상업지역 공업지역, 공업전용지역	100	80
그 밖의 용지지역 및 용도지역이 정해지지 않은 지역	120	100

자료 : 상수도시설기준, 환경부, 2004, P.742

6.5 감압밸브와 안전밸브

6.5.1 감압밸브

(1) 수압제어용 밸브의 제어범위를 초과하는 수압을 감압하여 배수구역 내에서 적정 동수압을 유지하는 것이다.

(2) 관로의 감압조건에 적합한 기능을 가져야 한다.

(3) 콘(cone)밸브, 니들(needle)밸브, 슬리브(sleeve)밸브 등은 수동 또는 전동으로 개도를 조정하여 감압하는 밸브이지만, 자동수압 조정기구를 부가하여 2차측의 압력을 검지함으로

써 압력을 줄일 수 있다.

(4) 감압밸브는 동일구경의 우회관로를 설치한다.

6.5.2 안전밸브

(1) 수리조건에 따라 배수펌프의 유입측이나 유출측 등 수격작용이 일어나기 쉬운 개소에 설치한다.

(2) 펌프가압으로 배수할 경우에는 펌프가 급정지되거나 급기동할 경우 또는 배수관의 제수밸브를 급히 폐쇄할 경우나 그 밖의 원인으로 배수관내에 큰 수격작용이 일어날 경우에 배수관의 손상을 방지하기 위하여 설치하는 것이다.

6.6 유량계와 수압계

(1) 본관시점, 주요 분기지점 등에 설치한다.

1) 유량계의 설치지점

① 배수본관의 시점 및 주요한 분기지점

② 배수블록의 입구지점

③ 인접한 다른 계통의 배수구역 및 배수블록에의 연결지점

2) 수압계의 설치지점

① 유량계의 설치지점

② 지세상으로 높은 지점과 낮은 지점

③ 그 밖에 수압 관리상 필요한 지점

(2) 필요에 따라 유량·수압의 정보를 관리하는 설비를 설치한다.

6.7 배수설비(이토관)

(1) 관을 매설하였을 때에 관의 바닥에 남은 이토나 모래 등 협잡물을 배출하고 관내에 발생한 탁질수의 배제와 공사 및 사고 등 비상시나 평소의 유지관리상 관내의 청소와 정체수의 배제 등을 목적으로 설치한다.

(2) 수도관로의 종단면도상에서 하향굴곡부의 하단으로 적당한 배수로, 하수관거 또는 하천 등이 있는 지점의 부근을 선정하여 배수설비를 설치한다.

1) 배수설비는 도·송·배수본관에만 설치하고 배수지관에 대하여서의 배수를 소화전에 의존하는 경우도 있지만 소화전 만으로서는 모든 협잡물들을 배출할 수 없기 때문에 와권식 T자관과 소화전을 사용하여 수질보전을 한층 충실하게 할 필요가 있다.

2) 제수밸브와 제수밸브 사이에 적어도 한 개는 설치하는 것이 바람직하다.

3) 배수관로의 토출구는 수로 등에서의 오수역류를 방지하지 위하여 수로 등의 고수위 보다 높은 위치에 설치한다.

(3) 배수설비의 관경은 도수관경의 1/2~1/4로 하고 가능하면 치수가 큰 것을 택한다.
(4) 소구경관에서는 이토관 대신 T자관을 사용할 때도 있다.
(5) 방류수면이 관저보다 높은 경우에는 이토관과 토출구의 도중에 배수실을 설치한다.
(6) 토출구 부근의 호안은 방류수에 침식되거나 파괴되지 않도록 견고하게 축조한다.

6.8 맨홀과 점검구

6.8.1 맨홀

(1) 관경 800㎜ 이상의 관로에 대해서는 관로의 시공과 유지관리시의 내부 누수공의 확인이나 검사와 보수를 위하여 필요한 장소에 설치한다.
(2) 설치지점은 공기밸브의 설치지점이 일반적이지만, 강관 접합부의 용접이나 도장을 할 때에는 관내의 강제배기 등을 위하여 필요에 따라 공기밸브 이외의 지점에 설치한다.
(3) 맨홀의 T자관 크기는 대개 직경 600㎜로 충분하다

6.8.2 관경 800㎜ 미만의 관에도 대형관의 맨홀설치방법에 준하여 점검구를 둠으로써 시공 및 유지 관리할 때에 관로내부에 감시카메라 등을 삽입하여 내부 상태를 점검·확인할 수 있고 기존관로의 보수나 갱생에도 활용할 수 있다.

6.9 급수관

(1) 급수관은 충분한 강도를 가지며 내식성이 크고 수질에 나쁜 영향을 주지 않는 재질의 것이라야 한다.
(2) 계획사용수량
1) 급수관의 관경, 저수조 용량 등 급수장치 계통의 주요 제원을 계획할 때의 기초가 되는 것으로, 건물의 용도나 면적, 물의 사용용도, 사용인원수, 급수기구의 수 등을 고려한 다음에 1인 1일 사용수량, 또는 각 급수기구의 용도별 사용수량과 이들의 동시 사용률을 고려한 수량을 표준으로 한다.
2) 저수조를 만들어 급수하는 경우에는 사용수량의 시간적 변화나 저수조의 용량을 감안하여 정한다.
(3) 관경은 배수관의 계획최소동수압에서도 계획사용수량을 충분히 공급할 수 있는 크기로 하며 편의상 50㎜ 이하의 관경을 취급한다.
(4) 관종은 시멘트라이닝 덕타일주철관, 경질염화비닐관, 폴리에틸렌관 등이며 이외에도 스테인리스강관 등이 있다 특히 접합부는 취약하므로 접합부는 간단하고 확실한 구조와 기능을 갖는 것이어야 한다.

<표 6.4> 건물의 종류별 단위급수량·사용시간·사용인원표

건물종류	단위급수량 (1일당)	사용시간 (h/d)	특기사항	유효면적당 인원 등	비 고
단독주택	200 ~ 400L/인	10	거주자 1인당	0.16인/㎡	
공동주택	200 ~ 350L/인	15	거주자 1인당	0.16인/㎡	
독 신 아파트	400 ~ 600L/인	10	거주자 1인당		
관 공 서 사 무 소	60 ~ 100L/인	9	근무자 1인당	0.2인/㎡	남자 50L/인, 여자 100L/인 사원식당, 임대인 등은 제외
공 장	60 ~ 100L/인	작업시간 + 1	근무자 1인당	앉은 작업 0.3인/㎡ 서서하는 작업 0.1인/㎡	남자 50L/인, 여자 100L/인 사원식당, 샤워수량 등은 별도 가산
종합병원	1,500 ~ 3,500L/병상 30 ~ 60L/㎡	16	연면적 1㎡당		설비내용 등에 따라 상세하게 검토한다.
호텔 전체	500 ~ 6,000L/bed	12			설비내용 등에 따라 상세하게 검토한다.
호텔 객실	350 ~ 450L/bed	12			각 객실에만
요양소	500 ~ 800L/인	10			
다 방	20 ~ 35L/손님 55 ~ 130L점포(m)	10		점포 면적에는 주방면적 포함	주방에서 사용되는 수량이며, 화장실 세척용수 등은 별도 가산
음식점	55 ~ 130L/손님 110 ~ 530L점포(m)	10		점포 면적에는 주방면적 포함	상동 정상적으로는 한식, 경양식, 일식, 양식, 중화요리의 순
사원식당	25 ~ 50L/손님 80 ~ 140L점포(m)	10		점포 면적에는 주방면적 포함	상동
급식소	20 ~ 30L/식	10			상동
백화점, 슈퍼마켓	15 ~ 30L/㎡	10	연면적 1㎡당		작업원분과 공조용수를 포함

자료 : 상수도시설기준, 환경부, 2004, P.972

<표 6.4> 건물의 종류별 단위급수량・사용시간・사용인원표(계속)

건물종류	단위급수량 (1일당)	사용시간 (h/d)	특기사항	유효면적당 인원 등	비 고
초・중・고등학교	70 ~ 100L/인	9	(학생+직원) 1인당		교사와 직원 분들을 포함, 수영장 용수는 별도가산
대 학 강의동	2 ~ 4L/㎡	9	연면적 1㎡당		실험・연구용수는 별도 가산
극 장, 영화관	25 ~ 40L/인㎡ 0.2 ~ 0.3L/인	14	연면적 1㎡당		작업원분과 공조 용수를 포함
터미널 역	10L/1,000인	16	승객 1,000명당		열차급수와 세차용수 별도가산 종업원분과 약간의 임차분 포함
보통역	3L/1,000인	16	승객 1,000명당		
사원・교회	10L/인	2	참배자 1인당		상주자와 상근자 별도 가산
도서관	25L/인	6	열람자 1인당	0.4인/㎡	상근자분은 별도 가산

자료 : 상수도시설기준, 환경부, 2004, P.972

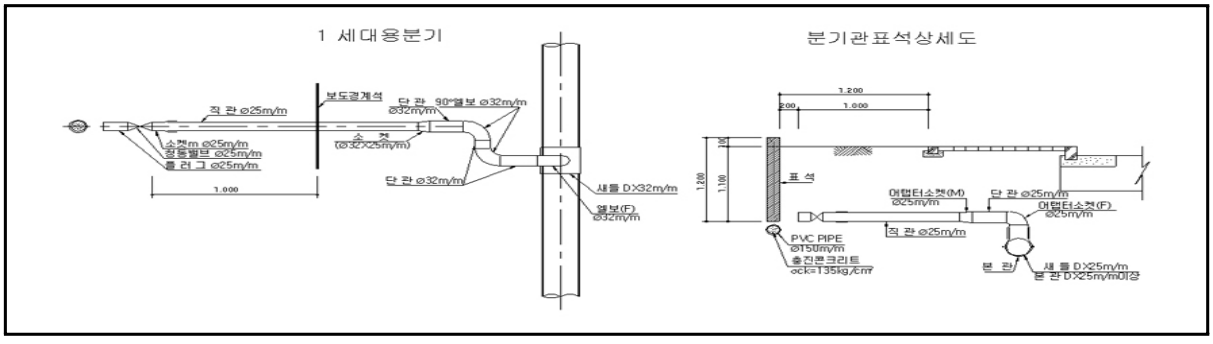
(5) 관의 분기

1) 배수관에서 급수관을 분기하기 위하여 천공하는 경우에는 배수관의 강도, 내면도포막 등에 나쁜 영향을 주지 않도록 한다.

2) 배수관에서 급수관을 분기하는 경우에는 배수관의 관종과 관경에 따라 분수전, 새들붙이 분수전, T자형관 또는 할정자관 등을 사용한다.

3) 급수관을 분수전 또는 새들붙이 분수전 등으로 분기할 경우에는 그 간격을 30㎝ 이상으로 한다.

4) 급수관을 T자형관 또는 할정자관으로 분기하는 경우에는 급수관의 관경은 배수관의 관경보다 작은 것으로 한다.



[그림 6.1] 분기관 상세도

(6) 배관

1) 급수관을 공공도로에 매설할 경우에는 도로관리자가 정한 점용위치와 깊이에 따라 배관해야 하며 다른 매설물과의 간격을 30㎝ 이상 확보한다.
2) 급수관을 매설하고 되메우기를 할 때에는 양질토 또는 모래를 사용하여 적절하게 다짐하여 관을 보호한다.
3) 수요자의 대지내에서 급수관의 매설위치는 지수전과 수도계량기 및 역류방지밸브 등의 설치와 유지관리에 알맞은 장소를 선정하고 대지내에서도 가능한 한 직선 배관이 되도록 한다.
4) 급수관의 매설은 가능한 한 배수관에서 분기하여 수도계량기 보호통까지 직선으로 배관해야 하나, 하수나 오수조 등에 의하여 수돗물이 오염될 우려가 있는 장소는 가능한 한 멀리 우회한다. 또 건물이나 콘크리트의 기초 아래를 횡단하는 배관은 피해야 한다.
5) 급수관을 지하층 또는 2층 이상에 배관할 경우에는 각 층마다 지수밸브와 함께 진공파괴 등의 역류방지밸브를 설치하고, 배관이 노출되는 부분에는 적당한 간격으로 건물을 고정시킨다.
6) 동결이나 결로의 우려가 있는 급수장치의 노출부분에 대해서는 적절한 방한조치나 결로방지조치를 강구한다.
7) 급수관이 개거를 횡단하는 경우에는 가능한 한 개거의 아래로 매설한다.
8) 중고층 건물에 직결급수하기 위한 건물내의 배관방식 선정과 가압급수설비는 보수관리, 위생성, 배수관에서의 영향 및 안정된 급수 등을 고려해야 한다.

(7) 매설심도

1) 도시의 지하매설물 규정에 매설심도가 정해져 있을 경우에는 그 규정을 따르나 정해져 있지 않을 경우에는 매설 장소의 토질, 하중, 충격 등을 충분히 고려하여 결정한다.
2) 일반적으로 공·사도에서 급수관의 매설심도는 60㎝ 이상으로 하는 것이 바람직하며, 특히 한랭지 에서는 급수관을 그 지방의 동결심도보다 더 깊게 매설한다.

7. 가압장

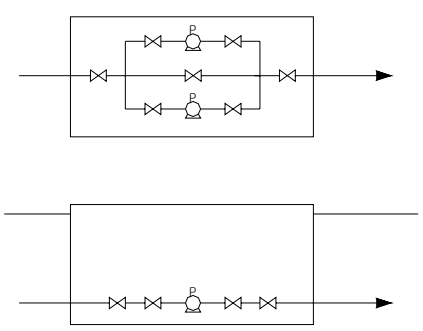
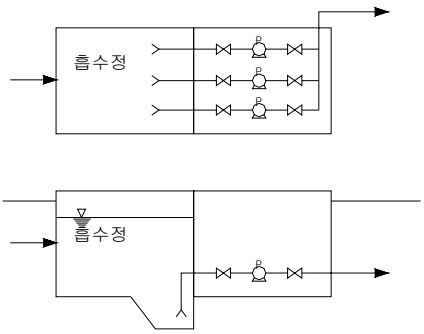
7.1 가압장 형식계획

(1) 배수지에서 배수지까지 송수하기 위한 방법으로 LINE가입 방식을 이용한 직결방식.

(2) 펌프실에 인접하여 흡수정을 설치하여 송수하는 흡수정 방식

(3) 펌프가압방식의 비교

<표 7.1> 펌프가압방식 비교

구분	직결가압식	흡수정설치 가압식
개 략 도		
개 요	• 유입원수의 잔류압력을 이용하기 위하여 소용량 가압방식으로 배관에 수중모터펌프를 직결하여 사용한다.	• 원수의 유입량 및 압력을 조절하는조절지 목적으로 흡수정을 설치하여 가압펌프의 안정성을 도모하는 방식으로 가장 많이 사용한다.
장 점	• 유입수의 잔류압력을 이용할 수 있으므로 동력비를 절감할 수 있다. • 흡수정을 설치하지 않아도 되므로 부지 및 토목구조물을 작게 할 수 있어 경제적이다.	• 일반적인 형식으로 시설 실적이 많다. • 구조적으로 견고하고 펌프성능의 안정성이 높다. • 분해 수리가 용이하다. • 펌프효율이 높다.
단 점	• 흡수정이 없이 관로에서 직접 흡입하므로 원수의 고형물 제거를 위한 스크린 설비의 설치가 곤란하여 고형물 유입에 대한 대비를 취수설비에 보완해야 한다.	• 흡수정의 설치로 부지가 많이 소요되며 토목구조물이 커지고 실양정이 크므로 동력 소모량이 많아 비경제적이다.

7.2 가압장 용량계획

7.2.1 가압장 계획

(1) 가압장의 시설수량은 배수지 시설용량에 맞추어 급수수요량을 배수지까지 송수 할 수 있는 용량으로 한다.

(2) 기타 필요수량을 포함한다.

7.2.2 펌프계획

(1) 가압구역의 일최대급수량에 소화용수량을 합한 량을 기준으로 송수펌프를 시설하여 구성배수지까지 이송토록 계획하였다.

(2) 펌프형식의 계획은 펌프장 입지 조건을 고려하여 계획하였으며, 목표연도 계획송수량을 처리할 수 있는 대수로 계획하였다.

(3) 펌프장 운영은 배수지의 수위에 따라 계획송수량을 이송할 수 있도록 계획하였다.

(4) 펌프설치대수는 상수도 시설기준을 만족시켰으며, 계획송수량에도 예비대수를 확보하여 시설의 안정성을 높이도록 계획하였다.

7.2.3 펌프대수결정

<표 7.2> 펌프대수의 결정

수 량 (㎥/day)	대수, ( )는 예비	대수 계
2,800 까지	1 (1)	2
2,500 ~ 10,000	2 (1)	3
9,000이상	3 (1)이상	4

7.2.4 가압펌프의 용량

(1) 가압펌프의 용량

일최대급수량과 소화용수량을 고려하여 계획

(2) 운전방식

1) 수동운전 : 전기제어반의 조작 스위치에서 이루어지도록 한다.

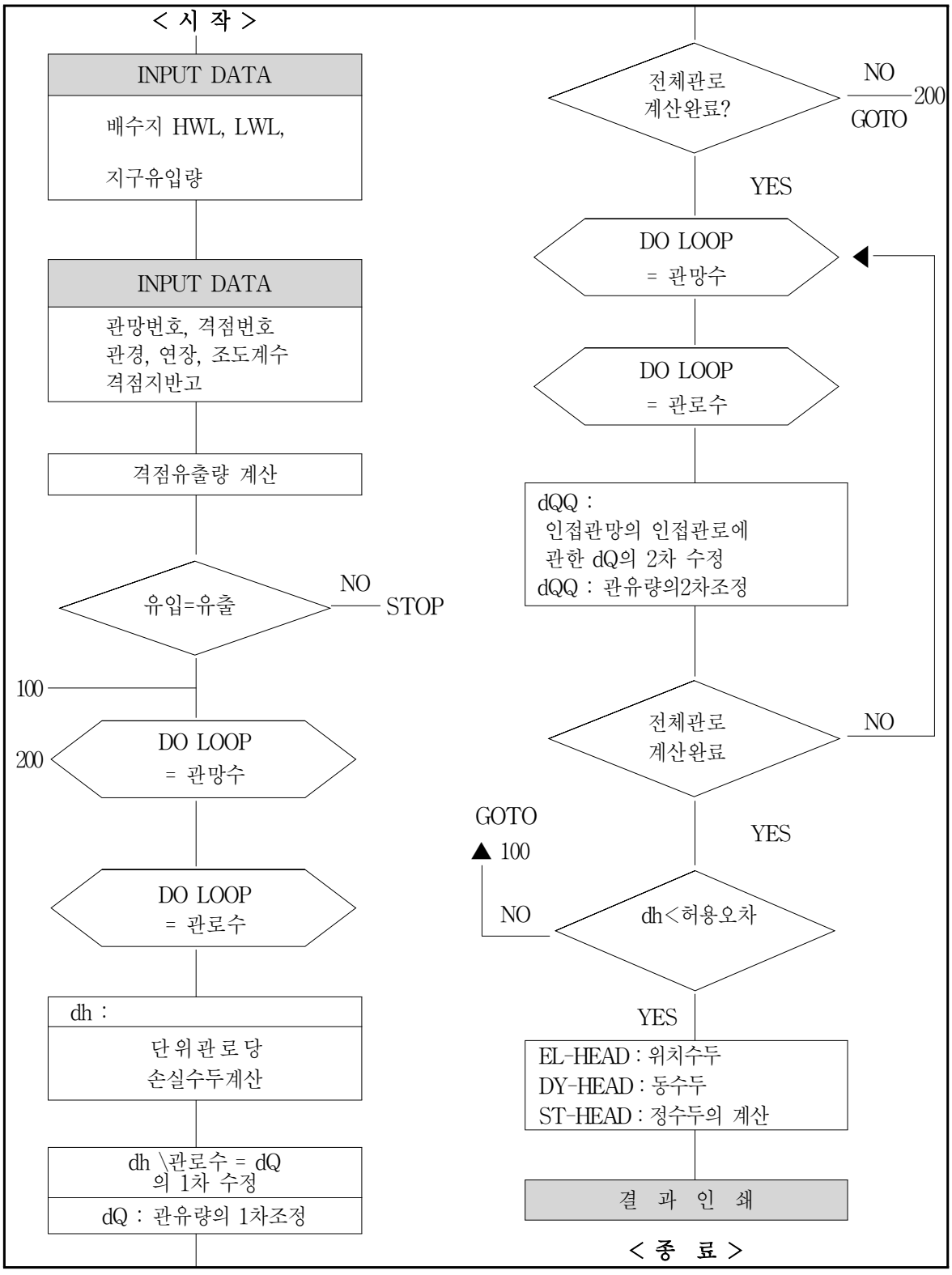
2) 자동운전 : 배수지 수위변화에 대하여 효율적으로 대처할 수 있도록 계획

7.2.5 가압펌프의 형식비교

<표 7.3> 가압펌프의 형식비교

기 종 항 목	다단터빈펌프	수중모터펌프
구 조	• 별도의 흡수정과 펌프실이 필요하지 않으며 펌프실만 있으면 설치할 수 있다. • 상부의 건축물이 필요하다.	• 별도의 흡수정과 펌프실이 필요하지 않으며 펌프실만 있으면 설치할 수 있다. • 별도의 건축물이 필요하지 않다.
장 점	• 수리, 점검이 용이하다. • 분해 점검이 용이하여 현장에서 수리가 가능하다. • 펌프 및 모터가 노출되어 있어 운전이 안정적이다.	• 펌프 및 모터가 수중에 있기 때문에 소음이 적다. • 펌프실의 규모가 작아서 토목구조물의 공사비를 절감할 수 있다.
단 점	• 펌프 및 모터가 노출되어 있어 소음이 크다. • 토목 구조물의 건설비가 상승한다.	• 고장시 수리, 점검이 어렵다. • 분해 점검을 현장에서 시행하기가 어렵다.

8. 관망유량계산



[그림 8.1] 상수도 관망수리 설계 (일반흐름도)

8.1 배수관망

(1) 배수관은 격자망으로 상호 연결하여 소위 관망을 형성하도록 계획하며 관망에서의 유량을 계산하여 각 관로의 관경을 구한다.

(2) 관경을 산정하는 동수압을 계산할 때에는 배수지, 배수탑 및 고가수조의 수위는 어느 것이나 저수위를 기준으로 한다.

8.2 관수로의 유량공식

(1) 우리나라에서 일반적으로 이용하고 있는 관수로의 유량공식은 하젠·윌리암스(Hazen·Williams)공식, 간기레·쿠터(Gangilet·Kutter)공식 등이 있지만, 이중 가장 대표적인 하젠·윌리암스공식을 사용한다.

(2) 하젠·윌리암스(Hazen·Williams)공식

1) $H = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot L$

2) $V = 0.84935 \cdot C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54}$

3) $Q = A \cdot V$

① H : 마찰손실수두(m)

② C : 유속계수

③ D : 관내경(m)

④ Q : 유량(㎥/s)

⑤ L : 연장(m)

⑥ V : 평균유속(m/s)

⑦ R : 경심 = D/4(m)

⑧ I : 동수경사 = H/L

⑨ A : 관단면적(㎡)

(3) 유속계수

1) C값은 관내면의 조도와 관로 중의 굴곡, 분기부 등의 수에 따라 다르다.

2) 새로운 관을 사용하는 설계에서는 굴곡부의 손실 등을 포함한 관로전체로서 C값은110, 직선부(굴곡부의 손실 등은 별도로 계산한다.) 만의 경우에 C값은 130이 적당하다.

3) 한편 기존에 설치된 관로의 정비 또는 개량시에 C값을 알아야 할 필요가 있다.

4) 이러한 경우에는 통수년수 및 수질의 영향에 따라 상당히 다르기 때문에 조사해야 한다.

<표 8.1> 설계시에 하젠・윌리암스공식의 C값

관 종	관종에 있어서의 C 값
모르타르라이닝주철관	110
도복장강관	110
경질염화비닐관	110
수도용 폴리에틸렌관	110
스테인리스강관	110

자료 : 상수도시설기준, 환경부, 2004, P.723

8.3 관망의 유량계산

(1) 유량법은 수위균형을 잡기 위한 요소를 유량에 두고, 유량을 수정함으로써 압력의 균형을 구하는 방법으로 일반적으로 하디・크로스(Hardy-Cross)법을 사용한다.

(2) 수위법은 절점에서의 압력을 가정하여 관로의 유량을 구하는 방법이다.

(3) 평상시의 유량계산

1) 배수관망의 배치 및 관경을 가정한다.

2) 배수구역을 가로나 지반의 고저 또는 인구밀도의 분포상태 등에 따라 적당하게 분할하여 각 관로의 분담배수구역을 가정한다.

3) 각 관로가 분담해야 할 계획시간 최대배수량을 정하고 그 배수량이 각 관로의 양단에서 1/2씩 집중하여 유출되는 것으로 가정하여 계산을 간소화시킨다.

4) 다량의 물을 사용하는 시설이 예상될 경우에는 급수량을 고려하여 별도로 유출점을 정하는 편이 합리적이다.

5) 관망의 유량계산에 따라 각 관로의 유량 및 손실수두를 구하며 이로부터 각 지점의 유효동수압을 산출한다.

6) 관망의 격자수는 적을수록 계산은 간단하다. 격자의 수가 많아질 경우에는 작은 관을 큰 관으로 합성하거나 또는 생략하여 골격으로 되는 관망에 대하여 계산하는 것이 편리하다.

7) 배수관의 손실수두 계산에는 마찰손실수두만을 고려하여 계산하더라도 무방하다.

(4) 화재시의 유량계산

1) 계획급수인구 100,000명을 넘는 경우에는 계획시간 최대배수량에 충분히 여유가 있으므로 평상시의 경우와 같이 계산한다.

2) 계획급수인구 100,000명 이하인 경우에는 각 관로가 분담하는 유량은 계획1일최대급수량과 소화용수량과의 합으로 하는 것이 바람직하다.

3) 소화용수량은 3.5 소화용수량과 6.4 소화전을 참조한다.

4) 소화용의 방수지점은 배수구역중 가장 조건이 나쁜 지역을 선정하여 1지구로는 불충분하다고 생각되는 경우에는 그 이외 지구에도 화재가 발생하는 것을 고려하여 수리계산을 한다.
5) 조건이 나쁜 지구는 일반적으로 배수지 또는 배수펌프장에서 먼 곳이나 높은 지대이고 평상시의 계산에서도 수압이 낮은 시가지 또는 밀집지가 대상으로 된다.
6) 관망이 형성되지 않는 곳, 즉 관망에서 분기된 배수관(분기관)의 유량 및 수압을 항상 고려해야 한다.

<표 8.2> 주철관내의 경제적유속 및 최대유량표

호 칭 이 름	단 면 적 ㎡	경 제 적			최 대	
		동구수배 h/sec	유 속 m/sec	유 량 ㎥/day	유 속 m/sec	유 량 ㎥/day
80㎜	0.0044	1.95	0.24	92	0.70	266
100	0.0079	3.00	0.36	245	0.94	642
150	0.0177	3.55	0.51	780	1.18	1,805
200	0.0314	3.55	0.61	1,654	1.36	3,689
250	0.0491	3.80	0.73	3,096	1.51	6,405
300	0.0707	3.80	0.82	5,008	1.66	10,140
350	0.0962	3.85	0.91	7,563	1.76	14,628
400	0.1257	3.90	1.00	10,860	1.82	18,765
500	0.1964	3.90	1.15	19,517	1.97	33,429
600	0.2827	3.80	1.27	31,017	2.03	49,583
700	0.3848	3.80	1.40	46,543	2.10	69,818
800	0.5026	3.95	1.56	67,754	2.14	92,947
900	0.6361	3.90	1.66	91,247	2.18	119,830
1000	0.7854	3.85	1.76	119,430	2.21	149,967
1100	0.9503					
1200	1.1310					

자료 : 덕타일주철관설계자료, 한국주철관, 2005년, P.318

9. 설계 예

9.1 설계조건

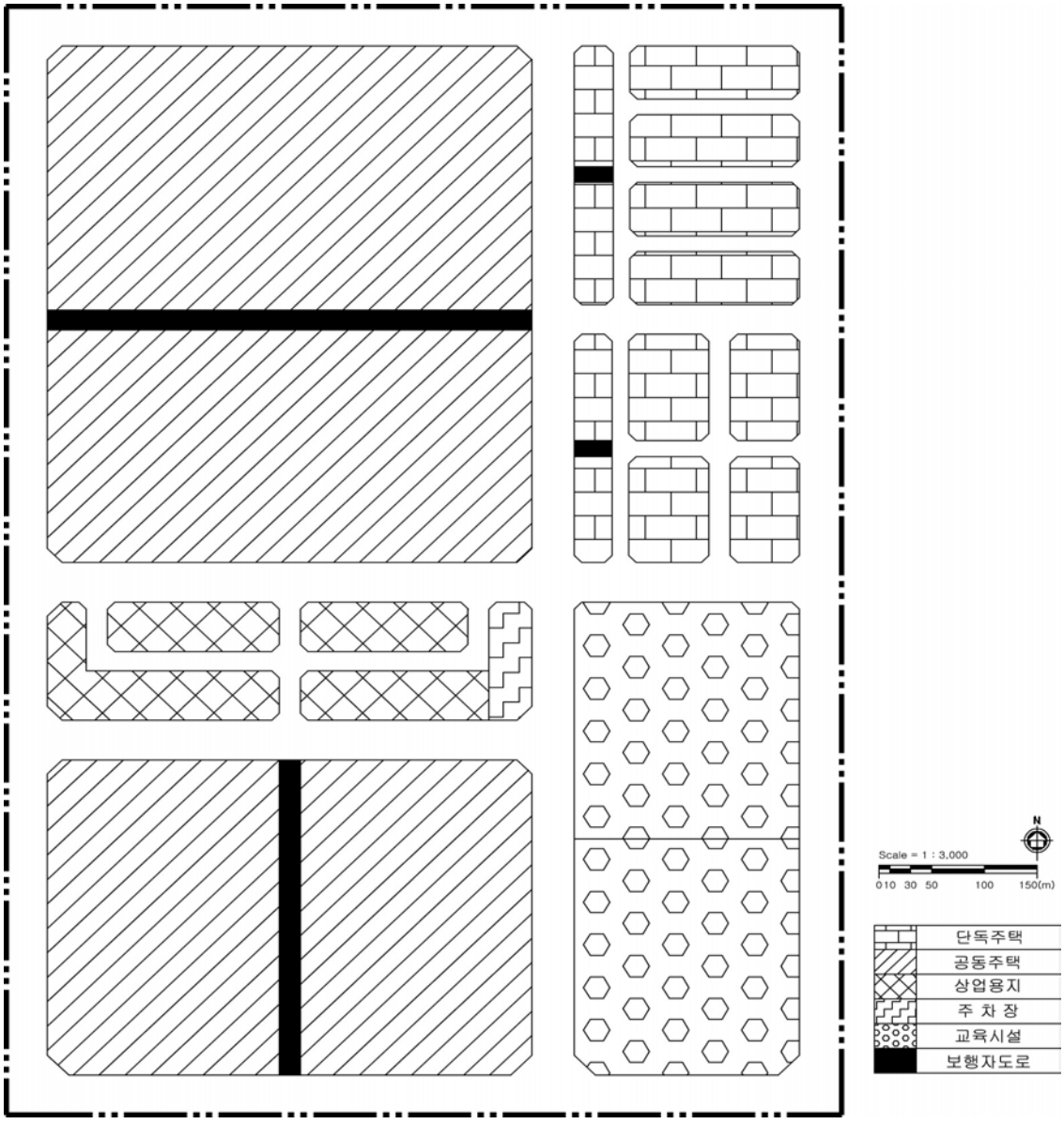
(1) 계획목표년도 : 2011년

(2) 계획급수면적 : 223,000 ㎡

(3) 계획급수인구 : 9,956 인

(4) 급수보급율 : 100 %

(5) 토지이용계획도



[그림 9.1] 토지이용 계획도

9.2 기본방향

(1) 상수도시설기준 및 ○○시 수도정비기본계획 반영

(2) ○○시 △△정수장에서 □□배수지에 공급된 기존관로(D=600㎜)에서 지구내 계획관로(D=350㎜)로 분기하여 공급토록 계획

(3) 배수관망은 균등 수압유지와 유지관리가 용이하도록 계획

9.3 설계순서

9.3.1 관망구성(격점형성)

(1) 관망해석

1) 배수관의 관경 설계시 계획급수량은 시간최대급수량과 소화용수량을 합한 양으로 해석

2) 배수관은 원칙적으로 격자망으로 상호 연결하여 관망형성

3) 관망에서의 유량을 계산하여 각 관로의 관경을 구한다.

(2) 관망의 유량 계산 방법

1) Hazen-Williams 공식에 의한 Hardy-Cross법을 적용하여 전산처리

2) Hazen-Williams 공식

$V = 0.35464 \cdot C \cdot D^{0.63} \cdot I^{0.54}$

$Q = 0.27853 \cdot C \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54}$

$D = 1.6258 \cdot C^{-0.38} \cdot Q^{0.38} \cdot I^{0.205}$

$I = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85}$

Q : 유량(m^3/sec)

A : 관의단면적(m^2)

V : 평균유속(m/sec)

I : 동수경사 (H/L)

D : 관내경(m)

H : 길이L(m)에 대한 마찰손실수두(m)

C : 유속계수

9.3.2 인구 및 급수량 산정

(1) 급수인구 산정

1) 공동주택 : 2,000 세대 × 3 인/세대 = 6,000 인

2) 단독주택 : 68 필지 × 4 세대/필지 × 3 인/세대 = 816 인

3) 상업시설 : 1,250 인

4) 학교시설 : 1,890 인

※ 상업 및 학교시설 인구는 교통영향평가 보고서 참조

(2) 급수량 산정

1) 급수량

<표 9.1> 급수량 자료

구 분	인 구	1인1일평균 급수량	1인1일최대 급수량	1일최대 급수량	시간최대 급수량
	인	ℓ/인/일	ℓ/인/일	Ton/일	Ton/일
공동주택	6,000	442	553	3,318	6,636
단독주택	816	442	553	445	902
상업시설	1,250	127	159	198	398
학교시설	1,890	40	50	95	189
계	9,956			4,062	8,125

- 1인1일최대급수량 : 1인1일평균급수량 × 1.25
- 시간최대급수량 : 1인1일최대급수량 × 2.00 (소도시 적용)
- 상업 및 학교시설 1인1일평균급수량은 [상수도시설기준, p35 업태별원단위] 참조

2) 소화용수량

인구가 10,000명 미만으로 2 ㎥/min 적용 [상수도시설기준, p697]

∴ 2 ㎥/min × 60분× 24시간 = 2,880 ㎥/일

3) 화재시 급수량

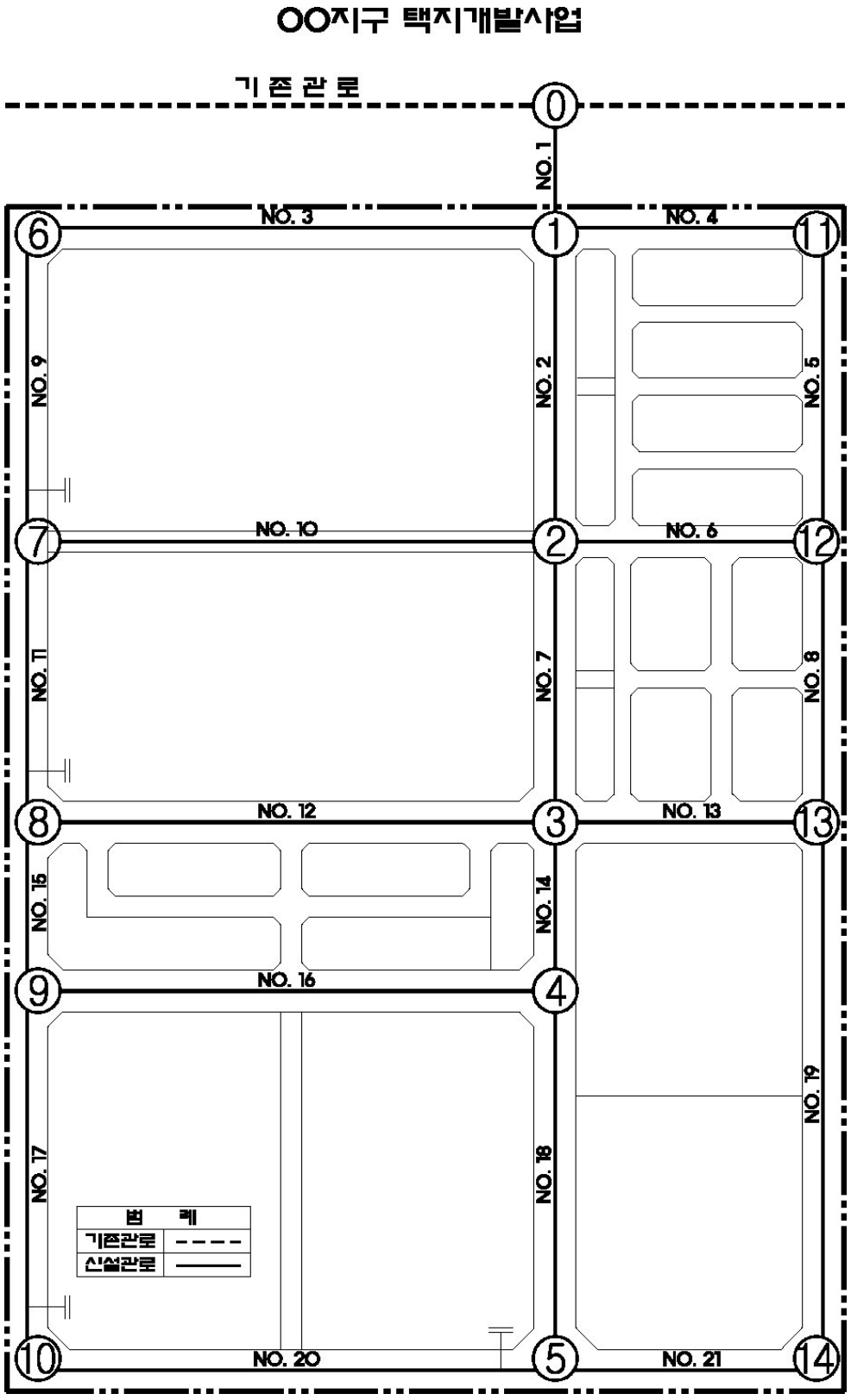
1일최대급수량 (4,062 ㎥/일) + 소화용수량 (2,880 ㎥/일) = 6,942 ㎥/일

4) 배수관 설계 급수량

화재시 급수량 〈 시간최대급수량 이므로 소화용수량 불필요

∴ 배수관설계시 급수량은 시간최대급수량 (8,125 ㎥/일) 적용

(3) 격점번호 및 관로번호



[그림 9.2] 격점번호 및 관로번호

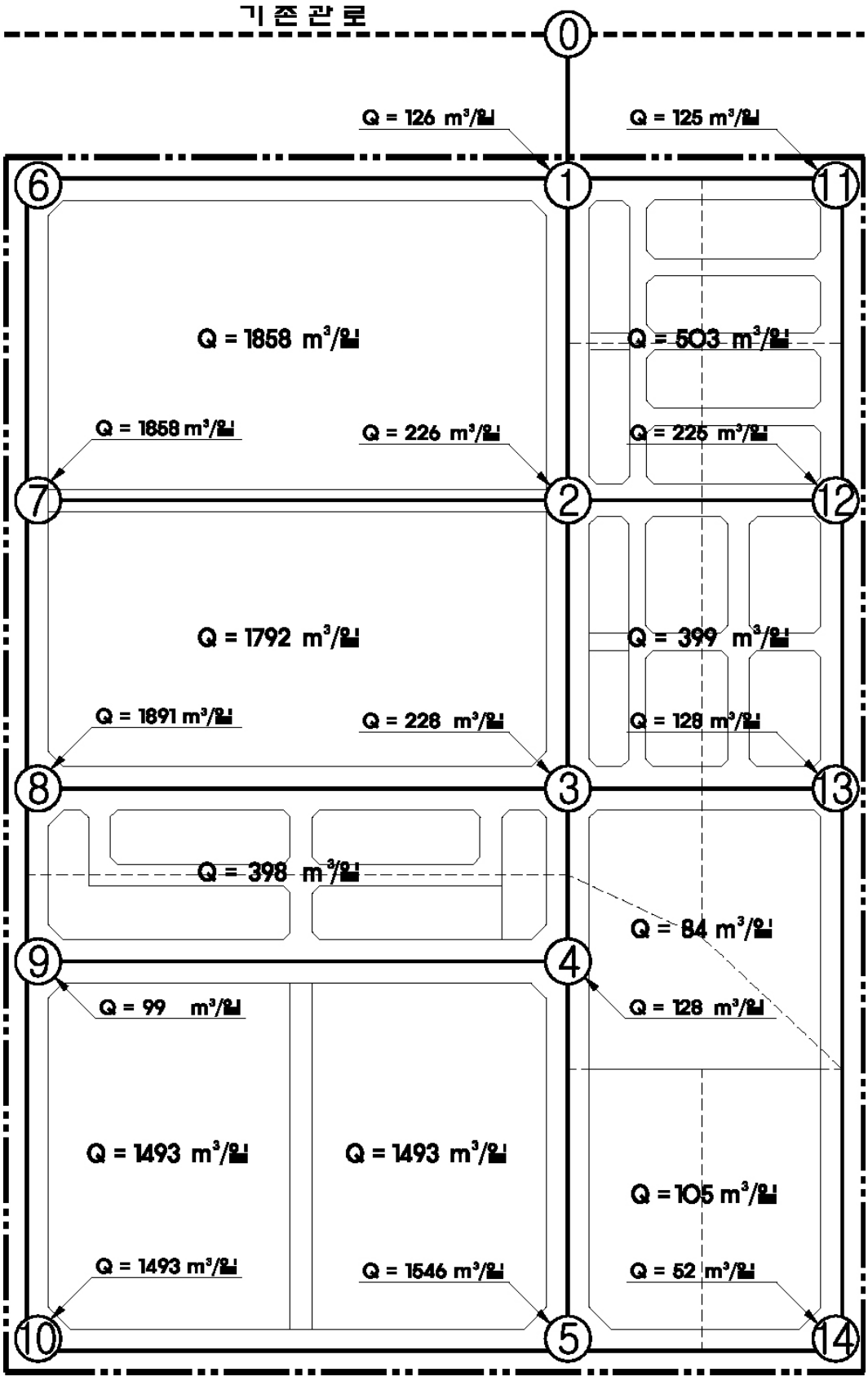
(4) 블록별 유량 및 격점유량 산정

<표 9.2> 블록별 유량 및 격점유량 산정

격 점	구 분	인 구	원단위	일최대급수량	시간최대급수량
		인	ℓ	Ton/일	Ton/일
1	단독주택	114	553	63	126
계		114		63	126
2	단독주택	114	553	63	126
	단독주택	90	553	50	100
계		204		113	226
3	단독주택	90	553	50	100
	상업시설	313	159	50	100
	학교시설	280	50	14	28
계		693		114	228
4	상업시설	313	159	50	100
	학교시설	280	50	14	28
계		603		64	128
5	공동주택	1,350	553	747	1,493
	학교시설	525	50	26	53
계		1,875		775	1,546
6	공동주택				
7	공동주택	1,680	553	929	1,858
계		1,680		929	1,858

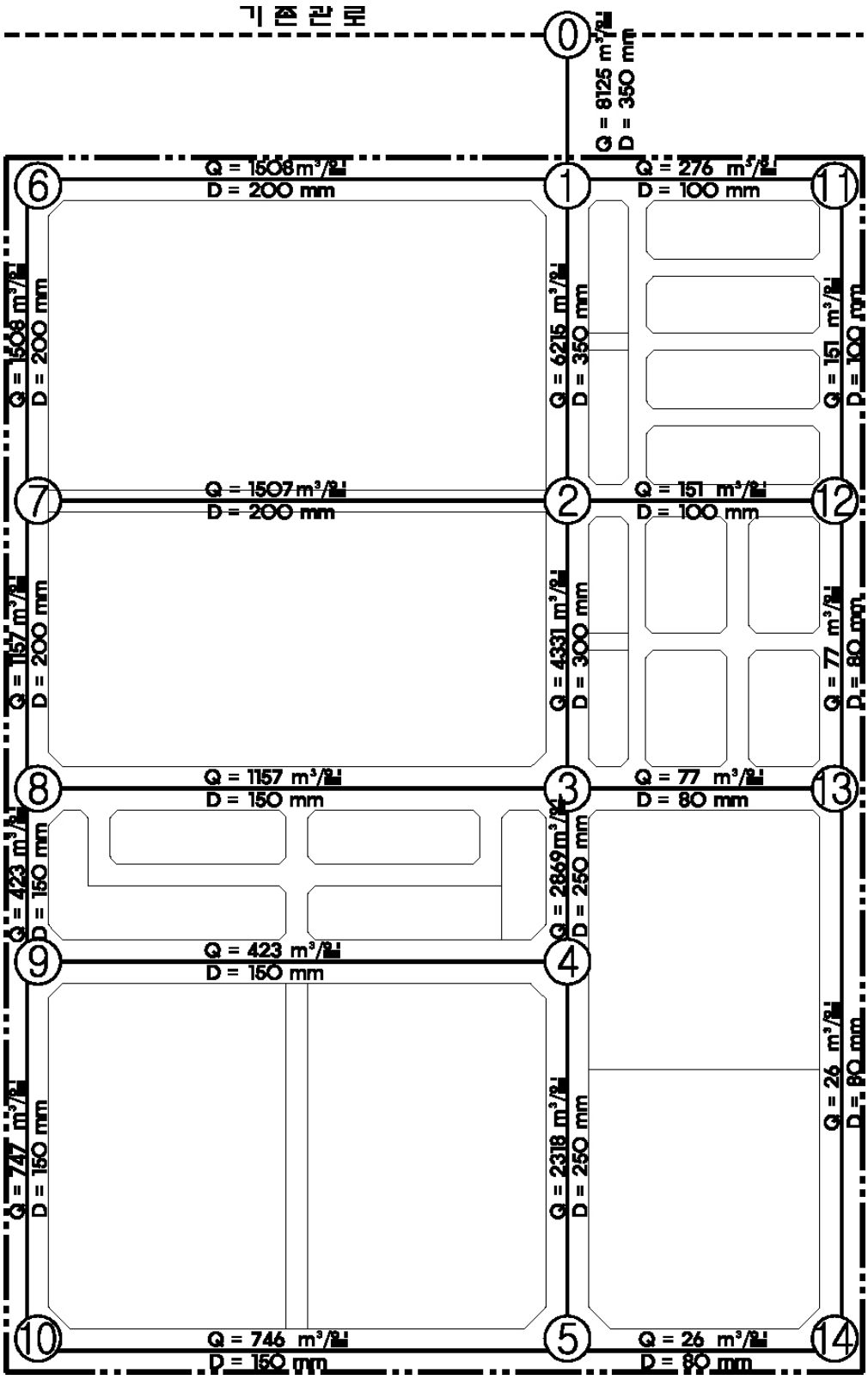
<표 9.3> 블록별 유량 및 격점유량 산정

격 점	구 분	인 구	원단위	일최대급수량	시간최대급수량
		인	ℓ	Ton/일	Ton/일
8	공동주택	1,620	553	896	1,792
	상업시설	313	159	50	99
계		1,933		946	1,891
9	상업시설	313	159	50	99
계		313		50	99
10	공동주택	1,350	553	747	1,493
계		1,350		747	1,493
11	단독주택	114	553	63	125
계		114		63	125
12	단독주택	114	553	63	126
	단독주택	90	553	50	99
계		204		103	225
13	단독주택	90	553	50	100
	학교시설	280	50	14	28
계		370		64	128
14	학교시설	525	50	26	52
계		525		26	52



[그림 9.3] 블록별 유량 및 격점유량

(5) 관로분담 유량 및 관경산정



[그림 9.4] 관로분담 유량 및 관경산정

(6) 관로분담 유량 및 관경산정 해석

1) 관망형성

관망계산은 관망의 격점수와 관로수에 직접 지배되기 때문에 실제 계산의 대상이 되는 기초관망은 간략화하여 격점 및 관망을 형성한다.

2) 블록별 시간최대급수량을 산정

평상시의 유량계산은 급수인구가 평등하게 계획시간최대급수량을 사용하는 것이므로 각 블록별 인구에 계획시간최대급수량을 곱하여 블록별 시간최대급수량을 산정한다.

3) 격점유량 산정

관망 계산시 유출조건의 경우의 수가 극히 많기 때문에 하나하나의 조건을 충족시키기는 불가능하므로 각 격점에서 균등하게 집중 유출되거나 공동주택지 경우에는 배수지 및 기존관로에서 가장 먼 격점에 집중시켜 격점유량을 산정한다.

4) 관로분담 유량을 산정

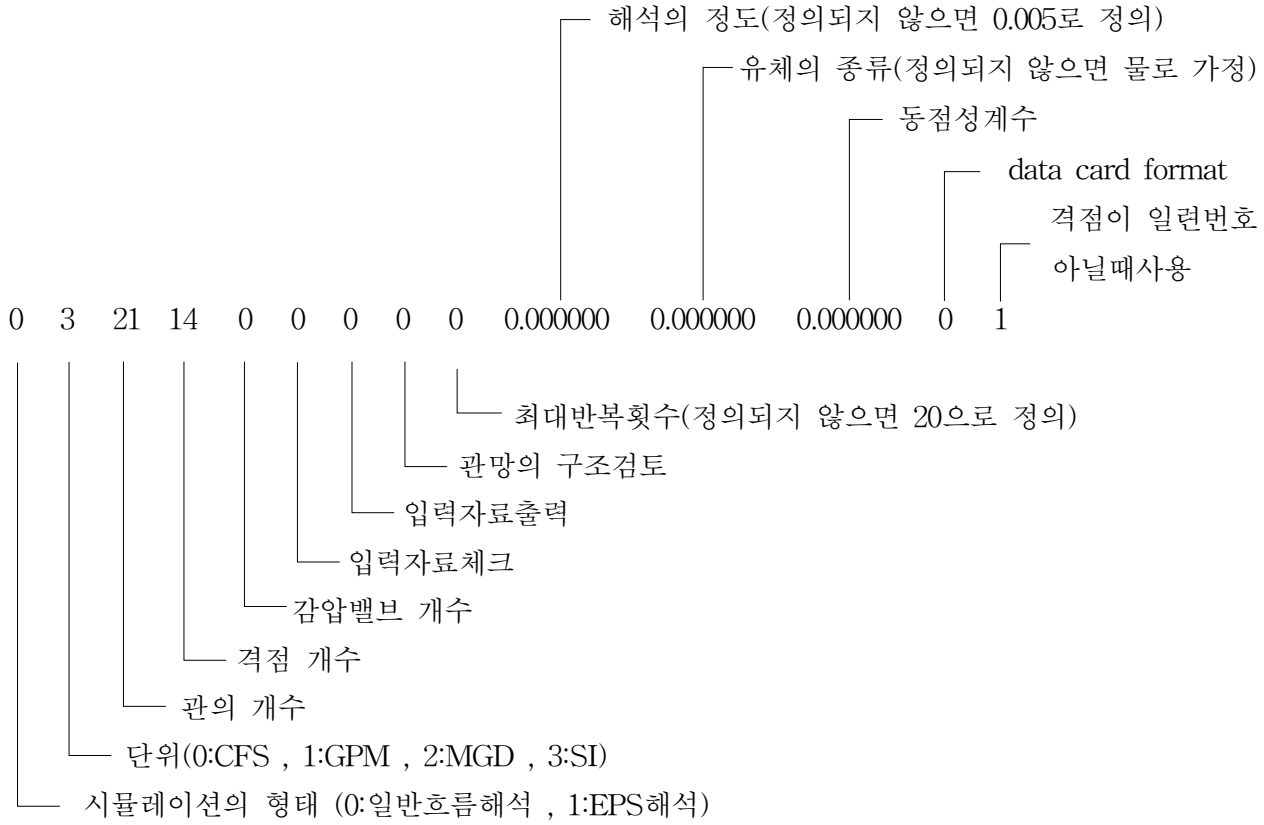
전 관로의 유량과 격점유량을 합하여 관로가 분담하는 유량을 산정한다.

5) 관경산정

관로분담 유량과 경제적 유량 및 유속 표에서 적정의 관경을 산정한다.

9.3.3 상수 PROGRAM 전산자료

(1) 상수수리계산 입력 데이터



(관의개폐)	(격점번호)		(관의연장)	(관경)	(유속계수)	(초기수두)	(관번호)
0	0	1	20.000	350.000	110.000	37.50	1
0	1	2	148.780	350.000	110.000		2
0	1	6	250.260	200.000	110.000		3
0	1	11	127.000	100.000	110.000		4
0	11	12	148.780	100.000	110.000		5
0	2	12	127.000	100.000	110.000		6
0	2	3	133.190	300.000	110.000		7
0	12	13	133.190	80.000	110.000		8
0	6	7	148.780	200.000	110.000		9
0	2	7	250.260	200.000	110.000		10
0	7	8	133.190	200.000	110.000		11
0	3	8	250.260	150.000	110.000		12
0	3	13	127.000	80.000	110.000		13
0	3	4	80.000	250.000	110.000		14

0	8	9	80.000	150.000	110.000	15
0	4	9	250.260	150.000	110.000	16
0	9	10	180.000	150.000	110.000	17
0	4	5	180.000	250.000	110.000	18
0	13	14	260.000	80.000	110.000	19
0	5	10	250.260	150.000	110.000	20
0	5	14	127.000	80.000	110.000	21

(격점유량)	(지반고)	(격점번호)
126.00	17.50	1
226.00	16.18	2
228.00	15.00	3
128.00	13.77	4
1546.00	11.00	5
0.00	20.00	6
1858.00	17.05	7
1891.00	14.36	8
99.00	13.16	9
1493.00	10.50	10
125.00	18.00	11
225.00	16.68	12
128.00	15.50	13
52.00	11.50	14

0 (Original Data 종료)

-2.(모든 입력자료 완료)

(2) 상수수리계산 출력자료

FLOWS ARE EXPRESSED IN CMD AND PRESSURES IN Kg/cm^2

A SUMMARY OF THE ORIGINAL DATA FOLLOWS

(관번호) PIPE NO.	(격점번호) NODE NOS.		(연장) LENGTH (METERS)	(관경) DIAMETER (MM)	(유속계수) ROUGHNESS	(기타손실) MINOR LOSS K	(초기수두) FIXED GRADE
1	0	1	20.0	350.0	110.0	.00	37.50
2	1	2	148.8	350.0	110.0	.00	
3	1	6	250.3	200.0	110.0	.00	
4	1	11	127.0	100.0	110.0	.00	
5	11	12	148.8	100.0	110.0	.00	
6	2	12	127.0	100.0	110.0	.00	
7	2	3	133.2	300.0	110.0	.00	
8	12	13	133.2	80.0	110.0	.00	
9	6	7	148.8	200.0	110.0	.00	
10	2	7	250.3	200.0	110.0	.00	
11	7	8	133.2	200.0	110.0	.00	
12	3	8	250.3	150.0	110.0	.00	
13	3	13	127.0	80.0	110.0	.00	
14	3	4	80.0	250.0	110.0	.00	
15	8	9	80.0	150.0	110.0	.00	
16	4	9	250.3	150.0	110.0	.00	
17	9	10	180.0	150.0	110.0	.00	
18	4	5	180.0	250.0	110.0	.00	
19	13	14	260.0	80.0	110.0	.00	
20	5	10	250.3	150.0	110.0	.00	
21	5	14	127.0	80.0	110.0	.00	

THE NUMBER OF JUNCTION NODES = 14 WHICH DOES NOT AGREE WITH INPUT DATA

(격점번호) JUNCTION NUMBER	(격점유량) DEMAND	(지반고) ELEVATION	(관망) CONNECTING PIPES			
1	126.00	17.50	1	2	3	4
2	226.00	16.18	2	6	7	10
3	228.00	15.00	7	12	13	14
4	128.00	13.77	14	16	18	
5	1546.00	11.00	18	20	21	
6	.00	20.00	3	9		
7	1858.00	17.05	9	10	11	
8	1891.00	14.36	11	12	15	
9	99.00	13.16	15	16	17	
10	1493.00	10.50	17	20		
11	125.00	18.00	4	5		
12	225.00	16.68	5	6	8	
13	128.00	15.50	8	13	19	
14	52.00	11.50	19	21		

OUTPUT SELECTION: ALL RESULTS ARE OUTPUT EACH PERIOD

THIS SYSTEM HAS 21 PIPES WITH 14 JUNCTIONS , 7 LOOPS AND 1 FGNS

THE RESULTS ARE OBTAINED AFTER 5 TRIALS WITH AN ACCURACY = .00075

(관번호) (격점번호) (관로분담유량) (손실수두) (펌프양정) (기타손실) (유속) (1000m당손실수두)

PIPE NO.	NODE NOS.		FLOWRATE	HEAD LOSS	PUMP HEAD	MINOR LOSS	VELOCITY	HL/1000
1	0	1	8125.00	.07	.00	.00	.98	3.7363
2	1	2	6161.99	.33	.00	.00	.74	2.2400
3	1	6	1563.53	.68	.00	.00	.58	2.7037
4	1	11	273.48	.40	.00	.00	.40	3.1418
5	11	12	148.48	.15	.00	.00	.22	1.0149
6	2	12	196.63	.22	.00	.00	.29	1.7065
7	2	3	4091.58	.30	.00	.00	.67	2.2248
8	12	13	120.10	.27	.00	.00	.28	2.0323
9	6	7	1563.53	.40	.00	.00	.58	2.7037
10	2	7	1647.78	.75	.00	.00	.61	2.9794
11	7	8	1353.32	.28	.00	.00	.50	2.0699
12	3	8	761.06	.72	.00	.00	.50	2.8969
13	3	13	102.07	.19	.00	.00	.24	1.5040
14	3	4	3000.46	.24	.00	.00	.71	3.0458
15	8	9	223.38	.02	.00	.00	.15	.2999
16	4	9	626.15	.51	.00	.00	.41	2.0191
17	9	10	750.53	.51	.00	.00	.49	2.8232
18	4	5	2246.31	.32	.00	.00	.53	1.7829
19	13	14	94.17	.34	.00	.00	.22	1.2958
20	5	10	742.47	.69	.00	.00	.49	2.7674
21	5	14	-42.17	-.04	.00	.00	-.10	-.2931

(격점번호) (격점유량) (격점수두) (지반고) (격점유압)

JUNCTION NUMBER	DEMAND	GRADE LINE	ELEVATION	PRESSURE
1	126.00	37.43	17.50	1.99
2	226.00	37.09	16.18	2.09
3	228.00	36.80	15.00	2.18
4	128.00	36.55	13.77	2.28
5	1546.00	36.23	11.00	2.52
6	.00	36.75	20.00	1.67
7	1858.00	36.35	17.05	1.93

8	1891.00	36.07	14.36	2.17
9	99.00	36.05	13.16	2.29
10	1493.00	35.54	10.50	2.50
11	125.00	37.03	18.00	1.90
12	225.00	36.88	16.68	2.02
13	128.00	36.60	15.50	2.11
14	52.00	36.27	11.50	2.48

THE NET SYSTEM DEMAND = 8125.00

SUMMARY OF INFLOWS(+) AND OUTFLOWS(-) FROM FIXED GRADE NODES

PIPE NUMBER	FLOWRATE
1	8125.00

THE NET FLOW INTO THE SYSTEM FROM FIXED GRADE NODES = 8125.00
THE NET FLOW OUT OF THE SYSTEM INTO FIXED GRADE NODES = .00

A SUMMARY OF CONDITIONS SPECIFIED FOR THE NEXT SIMULATION FOLLOWS

THE RESULTS ARE OBTAINED AFTER 1 TRIALS WITH AN ACCURACY = .00001

PIPE NO.	NODE NOS.		FLOWRATE	HEAD LOSS	PUMP HEAD	MINOR LOSS	VELOCITY	HL/1000
1	0	1	8125.00	.07	.00	.00	.98	3.7363
2	1	2	6162.00	.33	.00	.00	.74	2.2400
3	1	6	1563.54	.68	.00	.00	.58	2.7037
4	1	11	273.46	.40	.00	.00	.40	3.1415
5	11	12	148.46	.15	.00	.00	.22	1.0148
6	2	12	196.61	.22	.00	.00	.29	1.7062
7	2	3	4091.61	.30	.00	.00	.67	2.2248
8	12	13	120.07	.27	.00	.00	.28	2.0314
9	6	7	1563.54	.40	.00	.00	.58	2.7037
10	2	7	1647.79	.75	.00	.00	.61	2.9794
11	7	8	1353.32	.28	.00	.00	.50	2.0699
12	3	8	761.06	.72	.00	.00	.50	2.8969
13	3	13	102.04	.19	.00	.00	.23	1.5033
14	3	4	3000.50	.24	.00	.00	.71	3.0459
15	8	9	223.38	.02	.00	.00	.15	.3000
16	4	9	626.15	.51	.00	.00	.41	2.0191
17	9	10	750.53	.51	.00	.00	.49	2.8232
18	4	5	2246.35	.32	.00	.00	.53	1.7830
19	13	14	94.11	.34	.00	.00	.22	1.2944
20	5	10	742.47	.69	.00	.00	.49	2.7673
21	5	14	-42.11	-.04	.00	.00	-.10	-.2924

JUNCTION NUMBER	DEMAND	GRADE LINE	ELEVATION	PRESSURE
1	126.00	37.43	17.50	1.99
2	226.00	37.09	16.18	2.09

3	228.00	36.80	15.00	2.18
4	128.00	36.55	13.77	2.28
5	1546.00	36.23	11.00	2.52
6	.00	36.75	20.00	1.67
7	1858.00	36.35	17.05	1.93
8	1891.00	36.07	14.36	2.17
9	99.00	36.05	13.16	2.29
10	1493.00	35.54	10.50	2.50
11	125.00	37.03	18.00	1.90
12	225.00	36.88	16.68	2.02
13	128.00	36.60	15.50	2.11
14	52.00	36.27	11.50	2.48

THE NET SYSTEM DEMAND = 8125.00

SUMMARY OF INFLOWS(+) AND OUTFLOWS(-) FROM FIXED GRADE NODES

PIPE NUMBER	FLOWRATE
1	8125.00

THE NET FLOW INTO THE SYSTEM FROM FIXED GRADE NODES = 8125.00
THE NET FLOW OUT OF THE SYSTEM INTO FIXED GRADE NODES = .00

10. 용어정리

(1) 감압밸브

1) 관로도중에 설치하여 상류부의 고압수를 저압으로 하여 하류에 보내는 목적을 위하여 사용하는 밸브.

2) 예컨대 배수구역에는 고지구와 저지구가 있고 고지구에 필요한 수압이 저지구에는 높을 때 이것을 연결할 경우 감압밸브를 써서 수압을 저하시킨다.

(2) 계획급수구역(Area to be Served)

계획년도까지 배수관을 매설하여 급수할 구역

(3) 계획급수인구(Population to be Served)

계획년도에 있어서 급수인구

(4) 계획배수량(Proposed Quantity to be Distributed)

배수펌프나 배수관의 계획에 쓰이는 수량을 말하며, 일반적으로 평시의 계획시간최대급수량이나 화재시의 계획1일최대급수량에 소화용수를 가산한 수량 중 큰 수량을 채택한다.

(5) 계획송수량

정수지에서 배수구역까지 송수하는 계획수량

(6) 계획시간최대급수량(Proposed Hourly Maximum Consumption)

배수관 계획에 사용되는 시간최대급수량

(7) 계획용수량

관거계획에 채용되는 용수량, 보통 단위시간의 유량. ㎥/sec로 표시한다.

(8) 계획1일최대급수량(Proposed Daily Maximum Consumption)

수도시설의 규모를 결정하는데 사용되는 수량으로서 연간 1일최대정수량에서 정수장 사용수량을 감안한 수량

(9) 계획1일평균급수량(Proposed Mean Water per Day)

연간 총 송수량을 365일로 나눈 수량

(10) 계획정수량

정수시설의 규모결정에 쓰이는 수량을 말하며 계획1일최대급수량을 기준으로 함.

(11) 계획 취수량

수원에서 취수하는 계획수량이며 일반적으로 계획1일최대급수량의 110~115%를 취수함.

(12) 고가탱크

1) 높은 지대위에 설치한 수조, 배수구역의 부근에 배수지를 설치하는 적당한 높은 장소를 얻을 수 없고 또는 펌프직송을 피할 경우에 설치한다.

2) 용량은 1~2시간 정도의 분량으로 한다. 고가수조라고도 한다.

(13) 공공용수(Public Use)

일반 관공서, 학교, 병원, 병영의 급수, 도로의 분수, 살수, 하수세척용수, 소화용수 등의 일반 공공용수

(14) 공기밸브(Air Valve)

관로의 높은 곳에 설치하여 공기가 자동적으로 출입할 수 있도록 하는 밸브

(15) 관로(Pipe Line)

관으로 된 수로

(16) 관망(Pipe Net, Pipe Line Net)

그물 형상으로 조직된 관수로

(17) 급수전(Service Connection Tap)

급수관의 말단에 설치하는 수도꼭지

(18) 내부 라이닝(Inside lining)

부식을 방지할 목적으로 내면에 내산 또는 내 알칼리성 재료를 바르는 작업

(19) 도류벽

물을 정체하지 않고 흘리기 위하여 배수지 등의 내부에 설치하는 벽

(20) 도수

취수설비에서 정수장까지 원수를 보내는 것.

(21) 동수경사선

1) 수평기준면으로부터 수로(관로, 개수로)를 따라 고도수두와 압력수두의 합에 상당하는 높이의 점을 맺은 선을 동수경사(기울기)선 혹은 압력선이라 한다.

2) 개수로에 있어서는 수압이 정압분포를 하고 있으면 자유수면이 압력선과 일치한다. 압력선의 경사(기울기)를 동수경사(기울기)라 한다.

(22) 동수기울기(Hydraulic gradient)

관수로의 각 단면에 있어서 압력수두와 위치수두의 합을 연결한 선을 동수기울기선(Hydraulic gradient)이라 함.

(23) 마찰손실수두(Friction Head Loss)

관수로 또는 개수로 통과 중에 생기는 마찰에 의한 손실수두

(24) 배수관(Distribution Pipe)

배수지 또는 배수펌프를 기점으로 하여 급수장치까지 배수를 목적으로 매설한 관

(25) 배수시설(Water Distribution System)

1) 배수지 또는 배수펌프를 기점으로 하여 급수 장치까지의 시설

2) 배수지, 배수탑, 고가탱크, 배수관, 펌프 등

(26) 배수지(Distributing Reservoir Service Reservior)

정수를 저장하였다가 배수량의 시간적 변화를 조절하는 못

(27) 손실수두(Loss of Head, Head Loss)

단위중량의 물이 흐를 때 잃는 에너지의 양, 물이 흐를 때 손실수두가 생기는 원인은 마찰, 단면변화, 방향변화 및 장애물 등 때문이다.

(28) 송수관

정수장을 기점으로 하여 송수하기 위하여 매설된 관

(29) 송수시설

정수시설로부터 배수구역 시점까지 정수를 보내는 시설

(30) 스트레이너(Strainer)

1) 펌프의 흡입관의 하단 또는 관정의 측벽 채수부에 장치하여 자갈과 모래 또는 기타 잡물을 들어오지 못하게 하는 장치

2) 급속여과지의 여층하부여상에 설치하여 여수, 세척수를 균등하게 유출입 시키는 장치

(31) 시간최대급수량(Maximum Hourly Consumption)

1일을 통하여 시간당의 급수량이 최대의 것

(32) 실양정

펌프의 토출측 최고수위와 흡입측 최저수위와의 수위 차

(33) 안전밸브(Safety Valve)

이상 수압이 발생하였을 때 자동적으로 물을 배수하여 관로의 안전을 꾀하는 밸브

(34) 압력계

압력을 측정하는 계측기

(35) 압력관(Pressur pipe)

수로의 내면 전체에 걸쳐 수압이 작용하는 관로

(36) 압력수두

압력에 의하여 유지되는 물기둥의 높이

(37) 압력수로

내면전체에 수압을 받는 수로

(38) 압력여과기

급속여과기의 일종으로서 여과탱크를 밀폐하고 원수에 압력을 가하여 여과하는 여과기

(39) 압력탱크

물탱크중의 수량이 감소하여 수압이 떨어지면 매설 펌프가 자동적으로 작동하여 물을 퍼 올려 수압 및 수량을 회복하게 하는 탱크

(40) 양수기

수관에 장치하여 수량을 계량하는 계기

(41) 양수율

단위시간당 양수된 수량

(42) 양수정

삼각웨어 등을 설치하여 유량을 측정하는 우물

(43) 에어리프트 펌프

압축공기를 우물 안에 혹은 유사한 곳에 도입하여 물과 혼합시켜 물의 비중을 가볍게 하여 양수하는 펌프

(44) 에어콤프레서

공기를 압축하는 기계

(45) 엘보

소구경관에 사용되는 곡관

(46) 여과

물을 여과재로 사용하여 거르는 것.

(47) 여과속도

원수가 1일 또는 단위시간에 여과지의 사면을 통과하는 길이 또는 원수가 단위시간 내에 사면의 단위면적을 통과하는 양

(48) 여과수두

여과지 수면과 여과수 유출수면과의 수위 차

(49) 여과재

여과에 사용되는 재료

(50) 여과 지속시간

여과를 개시하여 여과를 계속할 수 없을 상태까지의 시간

(51) 역지밸브

관로에 설치하여 물의 역류하는 것을 막는 밸브

(52) 유속계수

오리피스로부터의 유출수맥에 있어서 축류단면의 평균유속이 완전유체라고 가정한 이론유속에 대한 비

(53) 유출계수(Coefficient of discharge)

오리피스, 웨어 등의 실제유량의 이론유량(가정 하에 이론적으로 구한 유량)에 대한 비

(54) 완속여과지

느린 속도로 여과를 행하는 못

(55) 원수

정수처리전의 물

(56) 이토관(Blow-off Pipe)

관로의 낮은 곳에 설치하여 관내의 토사를 배출하는데 사용되는 특수 T자관

(57) 이토밸브(Drain Valve, Blow-off Valve)

이토관에 붙은 밸브

(58) 이형관(Fitting)

관로의 곡선부에 설치하는 곡관, 관의 연결을 위한 T 및 Y자형 접속관 등을 총칭한 것

(59) 1인1일최대급수량

1일최대급수량을 1인당으로 나타낸 것.

(60) 1인1일평균급수량

1일평균급수량을 급수인구 1인당으로 환산한 것.

(61) 전양정

펌프에 의하여 물에 가해지는 모든 수두의 합계 즉 양정과 손실수두를 합산한 것.

(62) 정수지

여과수를 배수지에 양수할 경우에 여과지와 펌프장간에 설치하여 정수를 저장하여 여과 및 펌프 조작과의 조절을 하는 동시에 염소와 정수를 접촉케 하는 못

(63) 제수밸브(Valve)

통수량을 가감하거나 통수의 개폐를 위하여 관로에 설치하는 기기로 여러 가지 형태가 있음

(64) 취수

발전, 관개, 상수, 공업용수, 냉각용수 등 각기의 사용목적을 위하여 하천, 저수지, 해수를 취수구로부터 수로에 도입하는 것.

(65) 취수댐

하천의 물을 인수하기 위하여 축조한 낮은 댐

(66) 취수탑

하천, 저수지 또는 호소 등에서 취수하기 위하여 설치하는 탑 모양의 구조물

(67) 하디 크로스(Hardy-Cross)법

관망설계의 대표적인 방법, 처음 관망의 각분지점, 합류점에서의 연속조건을 만족시키도록 각 관로의 가정 유량을 정한다. 그 후 공식에 따라 각 관의 보정유량을 구한다. 이 경우에 인접 폐합관로의 보정유량의 영향이 있으므로 이러한 조작을 각 폐합관로에 관하여 몇 번이고 반복 계산하여 실제 값에 근사시킨다.

Ⅷ. 하수도

1. 총설
2. 우수배제계획
3. 오수배제계획
4. 관거시설
5. 펌프장
6. 하수처리시설
7. 설계 예
8. 용어설명

빈 면

Ⅷ. 하 수 도

1. 총 설

1.1 하수도 시설의 목적

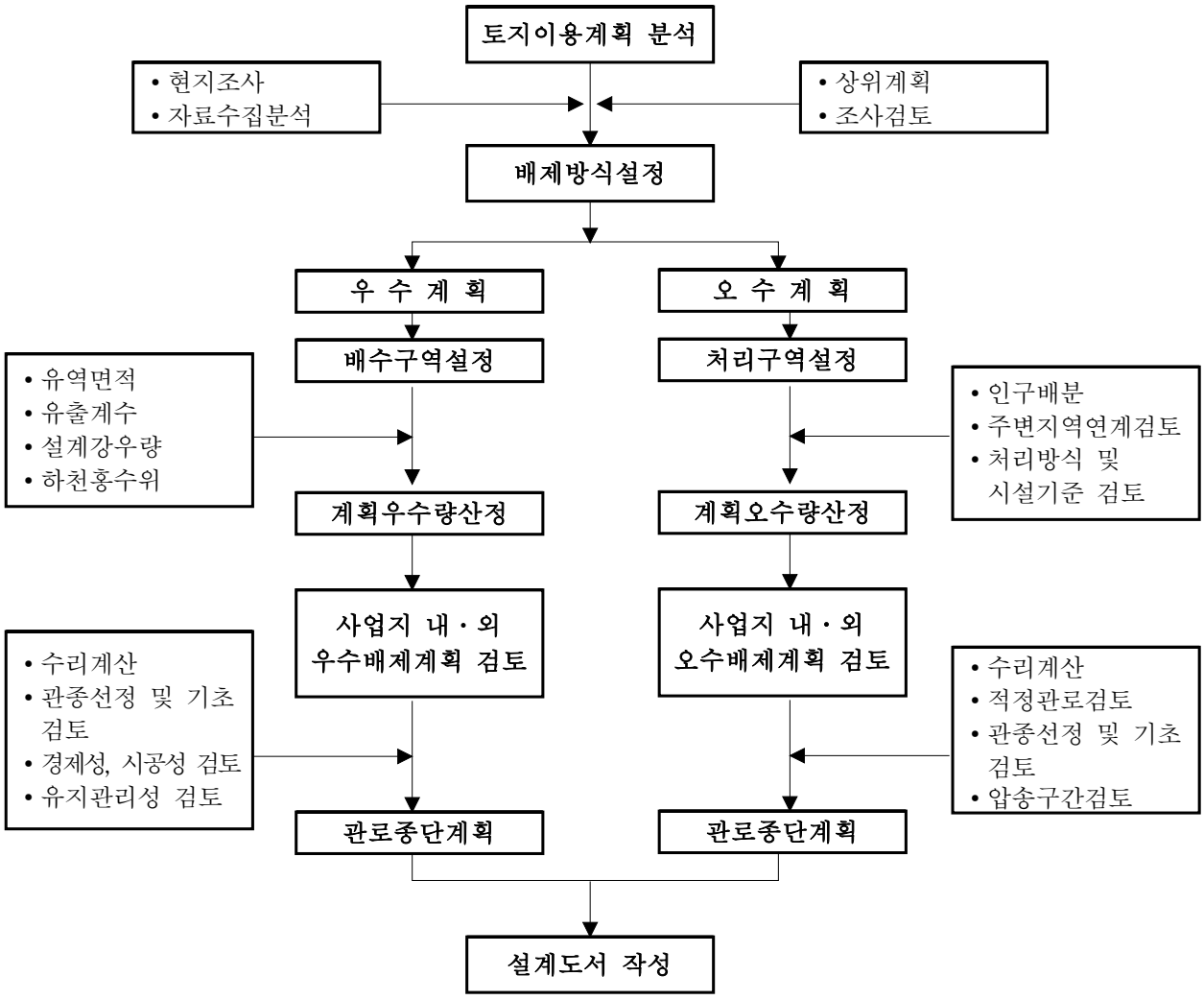
(1) 하수의 배제와 이에 따른 생활환경의 개선

(2) 침수방지

(3) 공공수역의 수질보전과 건전한 물 순환의 회복

(4) 지속 발전 가능한 도시구축에 기여

1.2 하수도 계획의 수립



1.3 기본방침

1.3.1 하수도계획의 수립

(1) 침수방지계획

(2) 수질보전계획

(3) 물 관리 및 재이용계획

(4) 슬러지처리 및 자원화 계획

1.3.2 하수도계획의 기본적 요건

(1) 침수에 의한 재해 방제의 역할로 우수·하수의 배제 및 처리·이용의 기능을 한다.

(2) 생활환경의 개선 및 수질보전의 역할로 슬러지처리·이용의 기능을 한다.

1.3.3 우수배제계획

(1) 시가지에서의 우수배제는 오수배제·처리와 함께 하수도 기능의 중요한 부문이나 우수배제는 단지 하수도 만에 의해 이루어지는 것이 아니므로 하천, 농업용 배수로 및 기타의 기존 수로와 함께 하수도를 포함한 종합적인 배수체계로서 고려 할 필요가 있다.

(2) 해당지역의 우수배제실태를 충분히 조사·정리하고 하천 및 농림관리자와 협의하여 하천법을 적용 또는 준용해야 할 것과, 농업용 배수로로서 관리해야 할 것 등을 명확히 하고, 그 이외의 것에 대해서는 공공하수도시설로 이용해야 할 것과 하수도정비에 따라 폐지해야 할 것 등으로 구분하여 기설하수도와 새로 계획된 하수도 등을 포함한 우수배제에 관한 종합적인 배수계획을 전제로 하여 지역적인 우수배제에 관한 하수도계획을 수립한다.

(3) 상습침수구역은 안전율을 감안하여 확률강우강도를 50년정도 상향을 고려한다.

(4) 하천이나 해양방류시 홍수위 영향과 backwater 영향을 고려한다.

(5) 하천방류시는 계획홍수위를 해안방류시의 하구계획조위는 과거 최고조위나 대조평균 만조위를 선정하는 것이 일반적이다

(6) 수리계산시 대형 블록인 경우 유역을 세분화하여 검토한다.

(7) 교통영향평가 및 지구단위 계획 등을 참조하여 진출입위치 확인 후 입구에 맨홀을 설치하여 공동주택의 우수배제시 인입 처리한다.

(8) 지구계변에 설치하는 외부유입 집수정은 낙엽수, 이물질이 우수배제에 지장을 줄 수 있으므로 스크린 설치는 가급적 설치하지 않는다.

1.3.4 하수처리·이용계획

(1) 수질환경기준과 하수도

1) 수질환경기준이 설정되어 있는 수역의 하수도계획은 해당수역 수질환경기준의 달성을 전제로하여 정한다.

2) 수질환경기준이 설정되어 있지않은 수역의 하수도계획은 물 이용상황에 따른 수질 환경기준을 예상하여 기준설정수역에 준하여 정한다.

(2) 하수도정비기본계획

하수도정비기본계획이 정해져 있는 관할구역내의 개별적인 하수도계획은 하수도정비기본계획에 적합한 것이어야 한다.

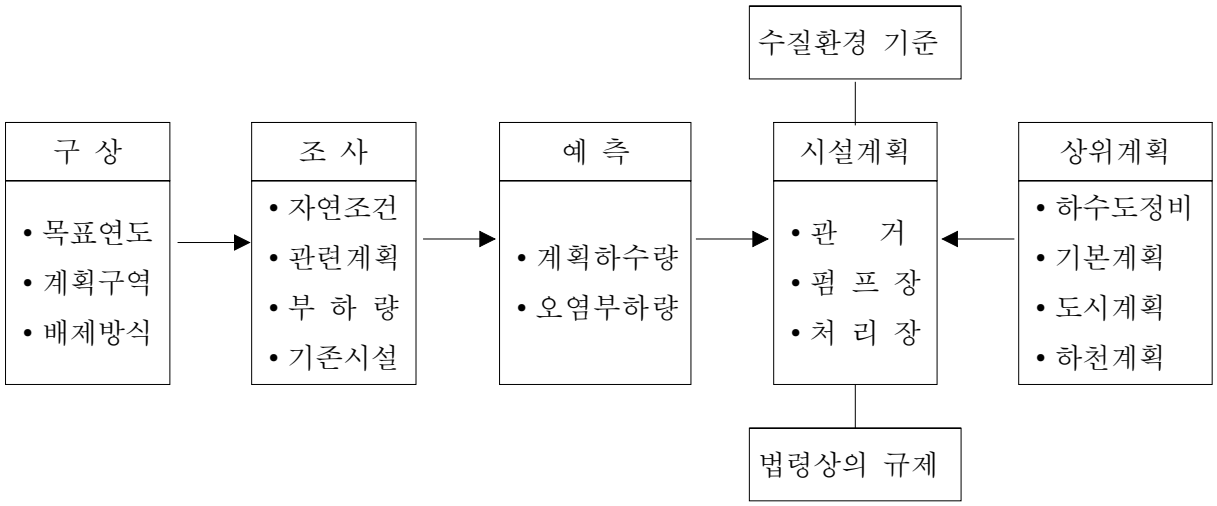
(3) 물 이용계획과 하수도

처리수를 계획적으로 순환 이용하는 경우의 하수도계획은 지역의 물 이용계획을 고려한다.

1.3.5 슬러지처리・이용계획

슬러지처리・이용에 관한 계획은 발생하는 슬러지 성상과 지역의 실정에 따라 슬러지가 가지고 있는 자원적 가치를 충분히 이용할 수 있도록 수립한다.

1.4 기본적 사항



자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.10

[그림 1.1] 하수도 계획의 절차

1.4.1 계획목표년도

(1) 원칙적으로 20년 정도로 한다.

(2) 시설의 내용연수 및 건설기간이 길고 특히 관거의 경우는 하수량의 증가에 따라 단계적으로 단면을 증가시키기가 곤란하기 때문에 장기적인 관거계획을 수립한다.

1.4.2 계획구역

(1) 하수도 계획구역은 원칙적으로 관할 행정구역 전체를 대상으로 하되, 자연 및 지역 조건을 충분히 고려하여 필요시에는 행정경계 이외구역도 광역적, 종합적으로 정한다.

(2) 계획구역은 원칙적으로 계획목표년도까지 시가화될 것이 예상되는 구역으로 한다.

(3) 공공수역의 수질보전 및 자연환경보전을 위하여 하수도정비를 필요로 하는 지역을 계획구역으로 한다.

(4) 새로운 시가지의 개발에 따른 하수도 계획구역은 기존시가지를 포함한 종합적인 하수도 계

획의 일환으로 수립한다.

(5) 처리구역은 지형여건, 시가화 상황 등을 고려하여 필요시 몇 개의 구역으로 분할할 수 있다.

(6) 처리구역의 경계는 자연유하에 의한 하수배제를 위해 배수구역 경계와 교차하지 않는 것을 원칙으로 하고, 처리구역외의 배수구역으로부터의 우수 유입을 고려하여 계획한다.

(7) 슬러지처리와 소규모처리장의 운영에 대해서는 필요시 광역적인 처리와 운전, 유지 관리가 가능하도록 시설 계획한다.

1.4.3 계획외수위

하천의 경우 해당 하천의 계획홍수위, 해역의 경우 삭망만조위로 한다.

1.4.4 하수도시설의 배치, 구조 및 기능

(1) 하수도시설의 배치, 구조 및 기능은 유지관리상의 조건, 지형 및 지질 등의 자연조건, 방류수역의 상황, 주변 환경조건, 시설의 단계적 정비계획, 시공상의 조건 및 건설비 등을 충분히 고려한다.

(2) 하수도시설의 용량은 필요에 따라 여유를 둔다.

(3) 하수도시설은 예측하기 어려운 사고 및 고장뿐만 아니라 보수 및 점검 시에도 시설로서의 일정한 기능을 유지할 수 있도록 필요에 따라 시설의 복수화를 고려한다.

(4) 관거, 펌프장 및 처리장의 시설계획은 오수의 양 및 질의 파악과 시설의 운전관리를 원활히 하기 위하여 적절한 계장설비를 설치한다.

1.4.5 배제방식

(1) 분류식과 합류식이 있으며 지역의 특성, 방류수역의 여건 등을 고려하여 배제방식을 정한다. 공공수역의 수질 오염방지상 하수도의 역할이 커지고 있기 때문에 우수에 의한 침수방지는 물론 공공수역의 수질오염방지를 위하여 원칙적으로 분류식이 바람직하다.

(2) 분류식

1) 오수와 우수를 별개의 관거 계통으로 배제하는 방식이다

2) 오수만을 처리장으로 수송하는 방식으로서 우천시에 오수를 수역으로 방류하는 일이 없으므로 수질 오염방지상 유리하다.

3) 재래의 우수배제시설이 비교적 정비되어 있는 지역에서는 이들의 시설을 유효하게 이용할 수가 있기 때문에 경제적으로 하수도의 보급을 추진할 수가 있다

(3) 합류식

1) 오수와 우수를 동일 관거 계통으로 배제하는 방식이다

2) 단일관거로 오수와 우수를 배제하기 때문에 침수피해의 다발지역이나 우수배제시설이 정비되어 있지 않은 지역에서는 유리한 배제방식이다.

<표 1.1> 배제방식의 비교

검 토 사 항		분 류 식	합 류 식
건설면	관로계획	우수와 오수를 별개의 관거에 배제하기 때문에 오수배제계획이 합리적이다.	우수를 신속하게 배수하기 위해서 지형조건에 적합한 관거망이 된다.
	시 공	오수관거와 우수관거와의 2계통을 동일도로에 매설하는 것은 매우 곤란하다. 오수관거에서는 소구경관거를 매설하므로 시공이 용이하지만, 관거의 경사가 급하면 매설깊이가 크게 된다.	대구경관거가 되면 좁은 도로에서의 매설에 어려움이 있다.
	건 설 비	오수관거와 우수관거의 2계통을 건설하는 경우는 비싸지만 오수관거만을 건설하는 경우는 가장 저렴하다.	대구경관거가 되면 1계통으로 건설되어 오수관거와 우수관거의 2계통을 건설하는 것보다는 저렴하지만 오수관거만을 건설하는 것보다는 비싸다.
유지관리면	관거오접	철저한 감시가 필요하다.	없음
	관거내 퇴적	관거내의 퇴적이 적다. 수세효과는 기대할 수 없다.	청천시에 수위가 낮고 유속이 적어 오물이 침전하기 쉽다. 그러나 우천시에 수세효과가 있기 때문에 관거내에 청소빈도가 낮을 수 있다.
	처리장으로의 토사유입	토사의 유입이 있지만 합류식 정도는 아니다.	우천시에 처리장으로 다량의 토사가 유입하여 장기간에 걸쳐 수로바닥, 침전지 및 슬러지 소화조 등에 퇴적한다.
	관거내의 보 수	오수관거 에서는 소구경관거에 의한 폐쇄의 우려가 있으나 청소는 비교적 용이하다. 측구가 있는 경우는 관리에 시간이 걸리고 불충분한 경우가 많다.	폐쇄의 염려가 없다. 검사 및 수리가 비교적 용이하다. 청소에 시간이 걸린다.
	기존수로의 관 리	기존의 측구를 존속할 경우는 관리자를 명확하게 할 필요가 있다. 수로부의 관리 및 미관상에 문제가 있다.	관리자가 불명확한 수로를 통폐합하고 우수배제계통을 하수도 관리자가 총괄하여 관리할 수 있다.
수질보전면	우천시의 월 류	없음	일정량 이상이 되면 우천시 오수가 월류한다.
	청천시의 월 류	없음	없음
	강우초기의 노면 세정수	노면의 오염물질이 포함된 세정수가 직접 하천 등으로 유입 된다.	시설의 일부를 개선 또는 개량하면 강우 초기의 오염된 우수를 수용해서 처리 할 수 있다.
환경면	쓰레기 등의 투 기	측구가 있는 경우나 우수관거에 개거가 있을 때는 쓰레기 등이 불법투기 되는 일이 있다.	없음
	토지이용	기존의 측구를 존속 할 경우는 뚜껑의 보수가 필요 하다.	기존의 측구를 폐지할 경우는 도로 폭을 유효하게 이용 할 수 있다.

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.14

1.4.6 토구

토구의 위치 및 구조는 방류수역의 수질 및 수량에 미치는 영향을 종합적으로 고려하여 결정한다.

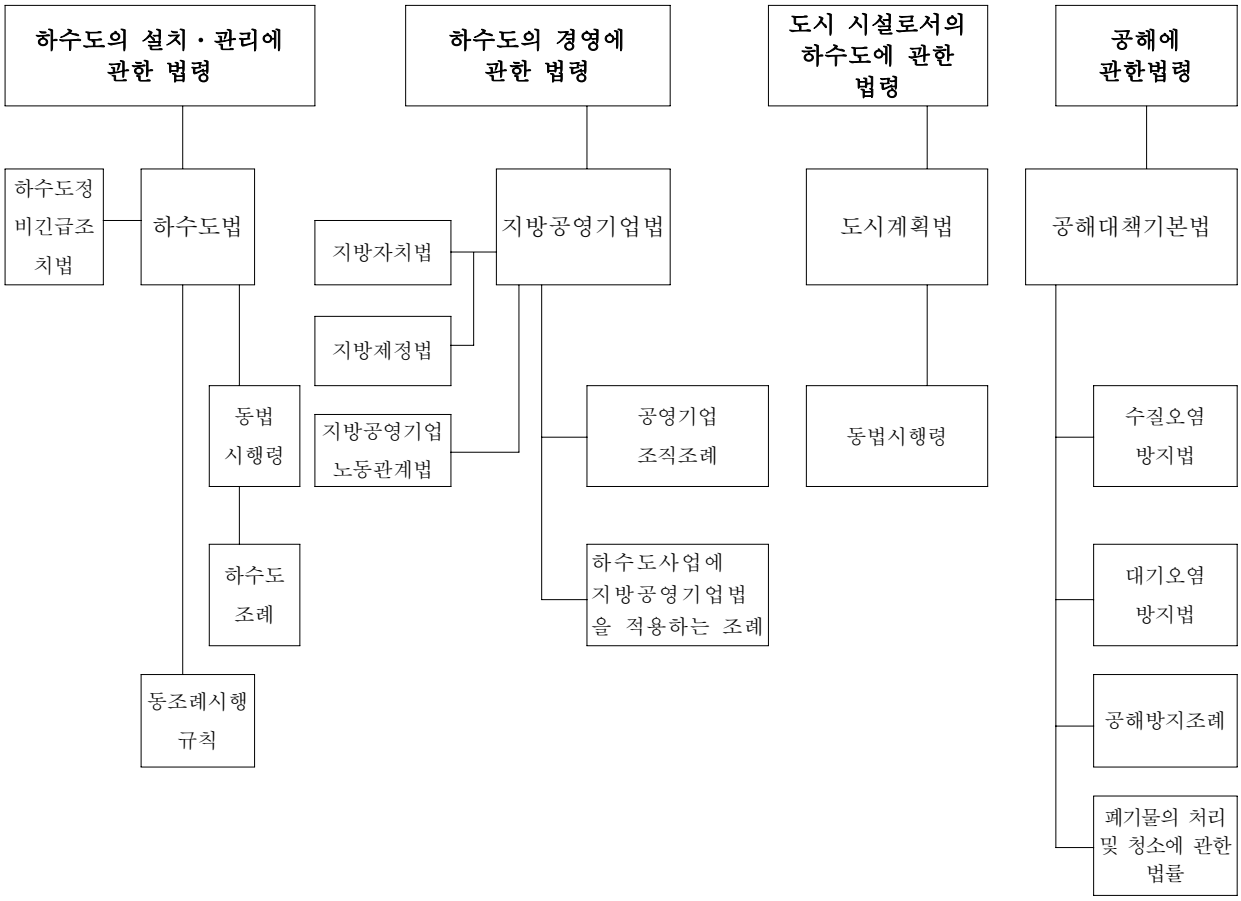
1.4.7 분뇨처리와 하수도

(1) 하수처리 구역 내에서 발생하는 수세분뇨는 관거 정비상황 등을 고려하여 하수관거에 투입하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 처리 구역 내에서 발생하는 수거식 분뇨도 하수처리장에서 전처리 후 합병처리하는 것을 원칙으로 한다.

1.4.8 법령상의 규제

하수도법 및 도시계획법 등과 이들 법령에 따른 시행령 및 조례와 환경정책기본법의 수질오염에 관한 환경기준 및 기타 환경관련 법규상의 규제에 대하여 충분히 고려한다.



자료 : 탐구문화서, P.6

[그림 1.2] 하수도 이론 설계 및 시공

1.5 조사

1.5.1 자연적 조건에 관한 조사

(1) 지형 및 지질

1) 지형도

2) 지질도 및 토질조사자료

3) 지하수위 및 지반침하상황 등

(2) 하천의 흐름상태

1) 조사지역내 수역의 유량 및 수위 등의 현황

2) 하천 및 기존배수로의 상황

3) 하천 및 수로의 종·횡단면도

4) 호소, 해역 등 수저의 지형, 이용 상황, 유속 및 유황

(3) 기상조건

1) 강우, 침수의 기록 및 침수피해상황

2) 펌프장 및 처리장 예정위치 부근에서의 풍향

3) 기온 등

1.5.2 관련계획에 관한 조사

(1) 장기계획

(2) 도시계획

1) 도시계획구역, 시가화 구역 및 시가화 조정구역

2) 토지이용계획

3) 도로계획

4) 구획정리, 주택단지 및 공업단지 등의 시가지개발계획

(3) 하천계획

1) 계획종·횡단면도

2) 계획홍수위 및 계획홍수량

3) 계획저수위 및 계획저수량

4) 기타 흐름상황 개선계획

(4) 기타 관련계획

1) 지하매설계획

2) 토지개량사업계획

3) 폐기물처리에 관한 계획

1.5.3 부하량에 관한 조사

(1) 발생 부하량 조사

1) 상수 급수량의 현황 및 계획
2) 공업용수의 현황 및 계획
3) 인구, 공장출하액, 농림 및 축산에 관한 통계자료
4) 주요 공장 및 사업장의 폐수량 및 수질조사
5) 관광오수에 관한 조사
6) 지하수에 관한 조사
7) 오염부하량 원단위에 관한 조사

(2) 방류수역의 허용부하량조사
1) 수질현황 및 수질측정시의 수량
2) 방류수역의 수질환경기준
3) 물의 이용현황 및 장래계획

1.5.4 기존시설에 관한 조사
(1) 지하매설물
(2) 기존 하수도시설
(3) 분뇨 및 축산폐수의 처리·처분현황
(4) 도로현황
(5) 기타 기존시설

1.5.5 하수의 자원화 및 시설의 유효이용에 관한 조사
(1) 처리수의 재이용
(2) 슬러지의 이용
(3) 시설의 다목적 이용

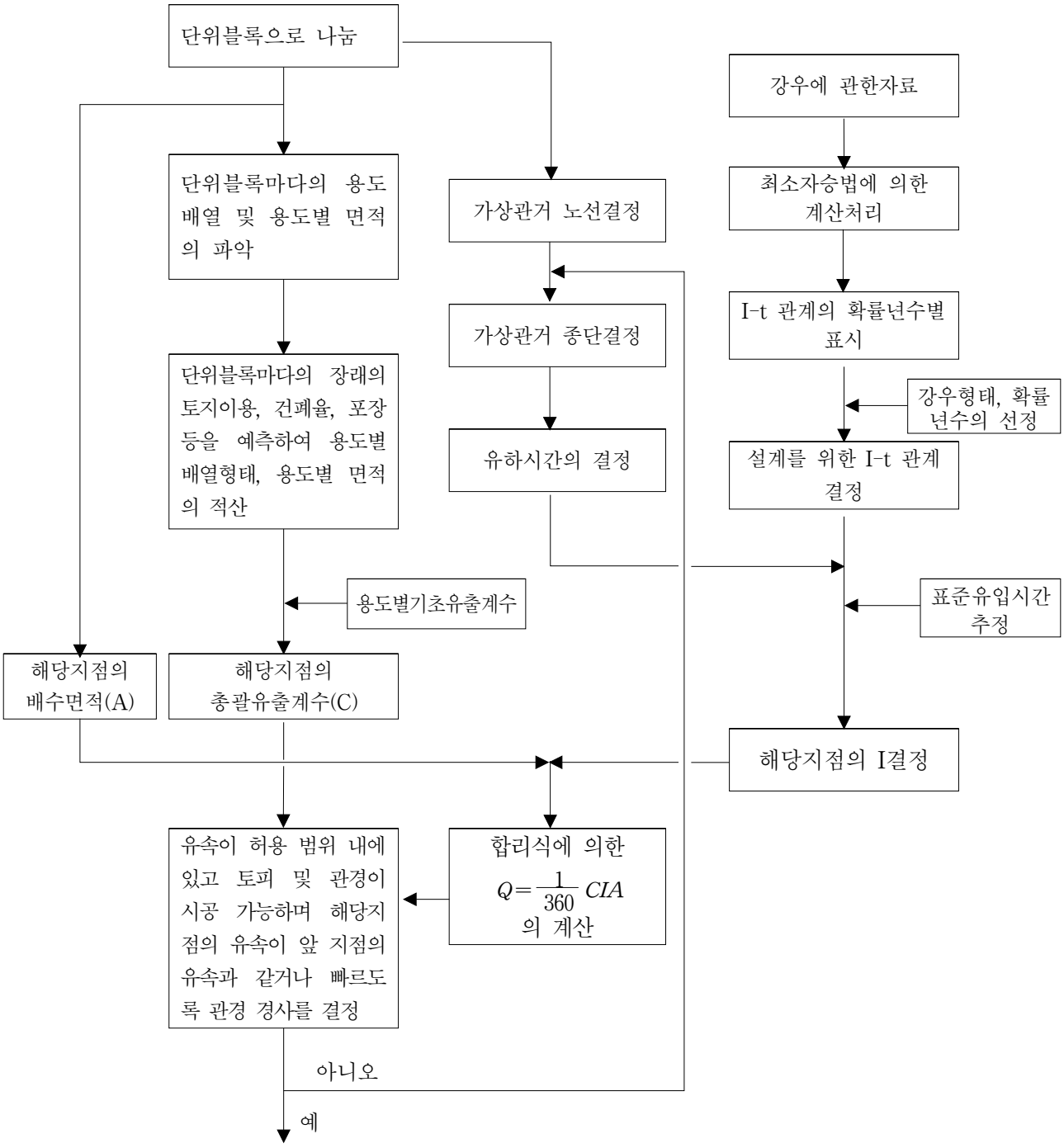
1.5.6 기타 필요한 조사
(1) 문화재 및 사적
(2) 지진

1.6 설계시 고려사항

(1) 하수도정비계획(변경포함) 수립여부 확인.
(2) 지구외 유입수처리여부 (특히 오수의 경우는 합류식 관거여부 확인)
(3) 가설흙막이시설 적용여부
(4) 지장물, 지하매설물 존재여부
(5) 하천 및 해안 방류시 문제점 검토
(6) 기타 교통처리계획 등

2. 우수배제계획

2.1 계획처리 계통도



자료 : 하수도시설기준, 2005, 환경부, P.29

[그림 2.1] 계획우수량 산정과정

2.2 계획우수량

2.2.1 우수유출량의 산정식

(1) 합리식

$$Q = \frac{1}{360} \cdot C \cdot I \cdot A$$

여기서, Q : 최대계획우수유출량 (㎥/sec)

C : 유출계수

I : 유달시간(t)내의 평균강우강도(㎜/hr)

A : 배수면적(ha)

(2) 강우강도 공식

1) 강우강도공식에서의 상수결정을 위한 엄밀한 계산은 강우지속시간으로 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 120분에 대응하는 최저 8조의 강우자료를 N년간(적어도 20년간 이상) 수집해, 확률계산을 통하여 동일 확률년치를 8조의 강우자료로부터 한 개씩 취하는 최소자승법에 의해 상수를 결정하는 방법이다.

2) 강우강도공식의 형태

① Talbot형

$$I = \frac{a}{t+b}$$

② Sherman형

$$I = \frac{a}{t^{m}}$$

③ Hisano・Ishiguro형

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} \pm b}$$

④ Cleveland형

$$I = \frac{a}{t^{m}+b}$$

여기서, I : 강우강도(㎜/hr)

t : 강우지속시간(min)

a, b, m : 상수

<표 2.1> 확률강우량 공식

지 역	Rec. Yr.	확률강우강도(Rainfall)					
		5	10	20	30	50	100
인 천	27	$\frac{400}{\sqrt{t}+0.39}$	$\frac{474}{\sqrt{t}+0.34}$	$\frac{529}{\sqrt{t}+0.15}$	$\frac{9,826}{t+60}$	$\frac{10,504}{t+58}$	$\frac{11,371}{t+56}$
서 울	45	$\frac{544.3}{\sqrt{t}+1.003}$	$\frac{651.1}{\sqrt{t}+1.014}$	$\frac{569}{\sqrt{t}+0.11}$	$\frac{610}{\sqrt{t}+0.09}$	$\frac{660}{\sqrt{t}+0.05}$	$\frac{727}{\sqrt{t}+0.02}$
강 릉	21	$\frac{211}{t^{0.44}}$	$\frac{246}{t^{0.44}}$	$\frac{279}{t^{0.45}}$	$\frac{297}{t^{0.45}}$	$\frac{320}{t^{0.45}}$	$\frac{349}{t^{0.45}}$
추 풍 령	22	$\frac{4,634}{t+39}$	$\frac{5,376}{t+39}$	$\frac{6,064}{t+40}$	$\frac{6,452}{t+40}$	$\frac{6,929}{t+40}$	$\frac{7,559}{t+40}$
포 항	25	$\frac{347}{t^{0.57}}$	$\frac{423}{t^{0.58}}$	$\frac{498}{t^{0.59}}$	$\frac{542}{t^{0.60}}$	$\frac{599}{t^{0.61}}$	$\frac{676}{t^{0.62}}$
대 구	61	$\frac{4,856}{t+43}$	$\frac{5,656}{t+42}$	$\frac{6,394}{t+42}$	$\frac{6,809}{t+41}$	$\frac{7,319}{t+41}$	$\frac{7,988}{t+41}$
울 산	25	$\frac{285}{t^{0.45}}$	$\frac{312}{t^{0.43}}$	$\frac{333}{t^{0.41}}$	$\frac{344}{t^{0.40}}$	$\frac{356}{t^{0.39}}$	$\frac{371}{t^{0.38}}$
부 산	36	$\frac{455}{\sqrt{t}+1.11}$	$\frac{550}{\sqrt{t}+1.28}$	$\frac{641}{\sqrt{t}+1.40}$	$\frac{693}{\sqrt{t}+1.46}$	$\frac{757}{\sqrt{t}+1.51}$	$\frac{843}{\sqrt{t}+1.58}$
여 수	26	$\frac{362}{\sqrt{t}+0.27}$	$\frac{425}{\sqrt{t}+0.44}$	$\frac{486}{\sqrt{t}+0.60}$	$\frac{521}{\sqrt{t}+0.69}$	$\frac{565}{\sqrt{t}+0.80}$	$\frac{625}{\sqrt{t}+0.95}$
목 포	55	$\frac{331}{t^{0.51}}$	$\frac{375}{t^{0.51}}$	$\frac{413}{t^{0.51}}$	$\frac{434}{t^{0.51}}$	$\frac{458}{t^{0.51}}$	$\frac{489}{t^{0.50}}$
광 주	39	$\frac{433}{t^{0.54}}$	$\frac{465}{t^{0.53}}$	$\frac{436}{\sqrt{t}-0.21}$	$\frac{463}{\sqrt{t}-0.15}$	$\frac{496}{\sqrt{t}-0.08}$	$\frac{539}{\sqrt{t}}$
전 주	40	$\frac{416}{\sqrt{t}-0.35}$	$\frac{500}{\sqrt{t}-0.18}$	$\frac{10,069}{t+56}$	$\frac{10,885}{t+57}$	$\frac{11,911}{t+59}$	$\frac{13,300}{t+61}$

자료 : 토목설계지침, 대한주택공사, 2005, P.94

주) 강우강도공식의 형태는 원칙적으로 talbot형을 사용하고 있으며 관련 지자체등의 권장식이 있는 경우 선별 사용할 수 있다.

2.2.2 확률년수

(1) 원칙적으로 5~10년으로 한다.

(2) 확률 계산법으로서는 Thomas Plot법, Hazen Plot법 및 이와이법 등이 일반적으로 쓰이며 일반적으로 Thomas Plot법의 사용을 원칙으로 한다.

(3) 용도별 확률년수

1) 하천 : 50~100년

2) 단지내 주간선(박스) : 20년

3) 단지내 간선 및 지선 : 10년

2.2.3 유출계수

(1) 총괄유출계수의 산정식

$$C = \sum_{i=1}^{m} Ci \cdot Ai / \sum_{i=1}^{m} Ai$$

여기서, C : 총괄유출계수

Ci : i 번째 토지이용도별 기초유출계수

Ai : i 번째 토지이용도별 총면적

m : 토지이용도의 수

(2) 토지이용도별 기초유출계수

1) 토지이용도를 크게 나누면 침투역 및 불침투역의 두 가지가 있으며 전자는 토질이나 식생 등에 의해, 후자는 관거와의 접촉정도에 의하여 유출계수가 달라진다.

2) 토지이용형태는 다시 세분화되며 세분화된 기초표면형태의 유출계수를 기초 유출계수라 부른다.

<표 2.2> 토지이용도별 기초유출계수의 표준 값

표면형태	유출계수	표면형태	유출계수
지 붕	0.85 ~ 0.95	공 지	0.10 ~ 0.30
도 로	0.80 ~ 0.90	잔디, 수목이 많은 공원	0.05 ~ 0.25
기타 불투수면	0.75 ~ 0.85	경사가 완만한 산지	0.20 ~ 0.40
수 면	1.00	경사가 급한 산지	0.40 ~ 0.60

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.31

(3) 토지이용도별 총괄유출계수

1) 토지이용도별 구성은 불침투역에 대하여 용도지역별 건폐율, 도로율, 및 포장률 등에 의해 엄밀하게 결정될 수 있다.

2) 총괄유출계수 산정시 배수유역별로 세분화하여 산정한다.

<표 2.3> 토지이용별 총괄유출계수의 범위

토 지 이 용		유 출 계 수
상업지역	도심지역	0.70 ~ 0.95
	근린지역	0.50 ~ 0.70
주거지역	단독주택단지	0.30 ~ 0.50
	독립주택단지	0.40 ~ 0.60
	연립주택단지	0.60 ~ 0.75
	교외지역	0.25 ~ 0.40
	아파트	0.50 ~ 0.70
산업지역	산재지역	0.50 ~ 0.80
	밀집지역	0.60 ~ 0.90

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.31

<표 2.4> 토지용도에 적용되는 기초유출계수 범위

토 지 이 용		유 출 계 수 범 위
교 통 시 설 지		0.80 ~ 0.90
상업업무시설지		0.70 ~ 0.95
공 공 용 도 지		0.65 ~ 0.75
주 택 지		0.50 ~ 0.75
주거·상업혼합지		0.70 ~ 0.95
공 업 지		0.60 ~ 0.90
경 작 지		0.10 ~ 0.25
나 지		0.30 ~ 0.40
도시부양시설	조경수목식재지	0.10 ~ 0.25
	시 가 화 지 역	0.60 ~ 0.75
녹지 및 오픈스페이스		0.50 ~ 0.75

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.32

2.2.4 유달시간

(1) 유입시간과 유하시간을 합한 것이다.

(2) 유입시간

1) 최소단위 배수구의 지표면 특성을 고려하여 구한다.

<표 2.5> 유입시간의 표준 값

우리나라에서 일반적으로 사용되고 있는 유입시간		미 국 토 목 학 회	
인구밀도가 큰 지역	5분	완전포장 및 하수도가 완비된 밀집지구	5분
인구밀도가 적은 지역	10분		
간 선 우 수 관 거	5분	비교적 경사도가 적은 발전지구	10 ~ 15분
지 선 우 수 관 거	7 ~ 10분		
평 균	7분	평지내의 주택지구	20 ~ 30분

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.34

2) 유입시간의 산출식

① Kerby 식

$$t_1 = 1.44 \left(\frac{L \cdot n}{S^{1/2}} \right)^{0.467}$$

여기서, t_1 : 유입시간(min)

L : 지표면거리(m)

S : 지표면의 평균경사

n : 조도계수와 유사한 지체계수

<표 2.6> Kerby식에서의 n값

표 면 형 태	n
매끄러운 불투수표면(smooth impervious surface)	0.02
매끄러운 나대지(smooth are packed soil)	0.10
경작지나 기복이 있는 나대지(poor grass, culivated row crops or moderately bare surfaces)	0.20
활엽수(deciduous timberland)	0.50
초지 또는 잔디(pasture or average grass)	0.40
침엽수, 깊은 표토 층을 가진 활엽수림지대 (conifer timberland, deciduous timberland with deep forest litter, or dense grass)	0.80

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.35

② 스에이시(末石)식

$$t_1 = \left(\frac{n_e \cdot L}{S^{1/2} \cdot I^{2/3}} \right)^{3/5}$$

여기서, t_1 : 유입시간(min)

L : 지표면거리(m)

S : 지표면의 평균경사

n_e : 최소단위배수구역의 등가조도계수

I : 설계강우강도

(3) 유하시간

1) 최상류관거의 끝으로부터 하류관거의 어떤 지점까지의 거리를 계획유량에 대응한 유속으로 나누어 구하는 것을 원칙으로 한다.

2) 유하시간의 산출식

$$t_2 = \frac{L}{\alpha \cdot V}$$

여기서, t_2 : 유하시간(min)

L : 관거연장(m)

V : Manning공식에 의한 평균유속(m/sec)

α : 홍수의 이동속도에 대한 보정계수

<표 2.7> 보정계수

단 면 형 상	수 심(%)	보정계수(α)	비 고
정 사 각 형	80	1.25	Manning식을 이용하며, Kleitz · Seddon의 이론식에서 횡유입이 없는 것으로 하여 수치계산을 할 것 (n = 일정)
	50	1.33	
	20	1.48	
원 형	80	1.03	
	50	1.33	
	20	1.42	

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.36

2.2.5 배수면적

(1) 배수면적은 지형도를 기초로 도로, 철도 및 기존하천의 배치 등을 답사에 의해 충분히 조사하고 장래의 개발계획도 고려하여 정확히 구한다.

(2) 배수면적은 정확히 구할 수 있는 유일한 요소이며, 유량에 비례적으로 영향을 미치므로 신중히 검토한다.

2.3 우수관거계획

(1) 관거는 계획우수량을 기초로 계획한다.

(2) 관거의 배치는 수두손실을 최소화 하도록 고려하며 지형, 지질, 도로폭원 및 지하매설 등을 충분히 고려한다.

(3) 관거의 단면형상 및 경사는 관거내에 침전물이 퇴적하지 않도록 적당한 유속이 확보될 수 있게 정하도록 한다.

(4) 기존 배수로의 이용을 고려한다.

2.4 빗물펌프장계획

(1) 펌프장 위치의 선정 및 시설계획에 대해서는 입지조건 및 환경조건을 충분히 고려하여 계획한다.

(2) 우수 펌프는 계획우수량을 기초로 계획한다.

(3) 펌프장은 홍수시에 침수로 인해 기능이 정지하지 않도록 계획한다.

(4) 펌프장의 위치는 배수구역내로부터 하수를 합리적으로 집수 가능한 지점 및 방류 수역을 확보할 수 있는 곳으로 한다.

2.5 우수유출량의 저감계획

『소방방재청 재해영향평가 실무지침서 2005.4』

2.5.1 우수유출 저감계획

(1) 우수배제계획은 우수유출 첨두량에 대응하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 방류지점 수위의 영향을 받는 경우나 국지적인 기복이 있는 지역은 필요에 따라 등류 또는 부등류계산에 의하여 관거의 단면·종단계획을 수립한다.

(3) 밀집된 시가지는 계획된 단면으로 관거를 시공할 수 없거나 큰 관경으로 관거연장을 길게 하는 것보다 상류에 유출저감시설을 도입하여 우수배제를 계획한다.

2.5.2 우수유출 저감방법

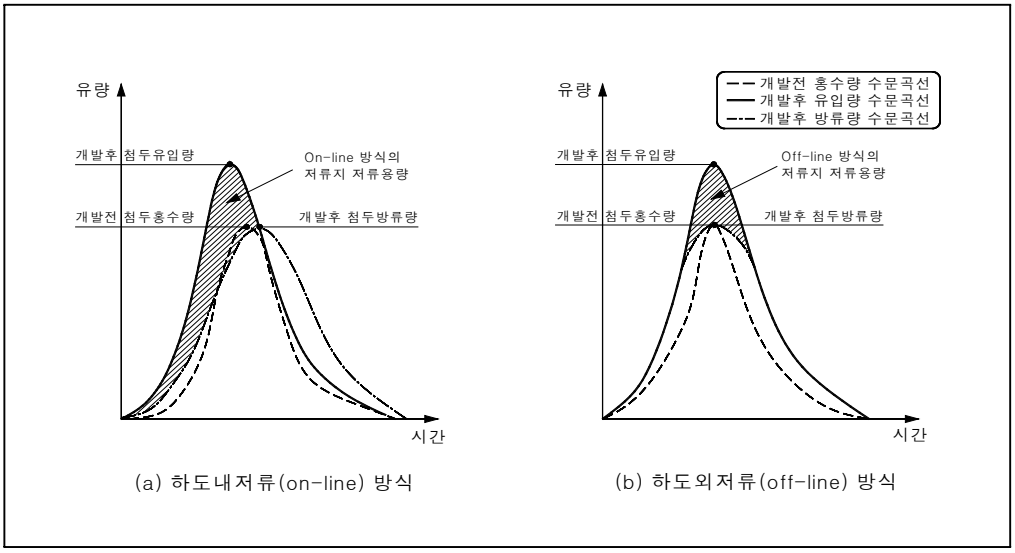
(1) 일반적으로 홍수유출량 저감시설의 형식은 저류형과 침투형으로 대별되며, 저류형 저감시설은 도시유역에서 유출되는 우수를 일정시설에 일시적으로 저장하여 홍수가 지난 후 조금씩 하류측으로 방류하는 시설이며, 침투형 저감시설은 우수가 지표면을 흐르거나 우·배수로를 통해 흐르는 과정에서 지하로 스며들게 하는 시설이다.

(2) 저류형 저감시설은 유역내 운동장, 주차장 등을 저류공간으로 활용하여 지표면 흐름상태의 유출수를 일시 저류시키는 방식인 현지 저류(on-site)와 유역출구에 설치되는 침사지 또는 저류지 등에 유출수를 저류시키는 방식인 유역출구 저류(off-site)로 구분된다.

(3) 침투형 저감시설은 기존 침투가능한 정원, 공원, 녹지 등을 이용하여 침투율을 증가시키거나, 불투수면의 구조개선, 우수관거의 구조개선 등을 통하여 침투율을 증가시키는 방법이며, 침투를 유도할 수 있도록 설계된 침투통, 침투트렌치, 침투측구 등도 이에 속한다.

(4) 현재 현지 저류시설 및 침투형 저감시설은 국내에 적용된 사례가 거의 없고, 구체적인 설치기준 및 설계 방법에 대한 기준이 미비하며, 저감량을 정량화하는 것이 곤란한 등의 문제점을 지니고 있다.

(5) 이에 따라 침투형 저감시설의 정량화 지표가 개발될 때까지 국내에서 보편화되어 있는 유역출구 저류시설인 저류지를 기본 저감시설의 형식으로 채택하고 추가적으로 침투형 저감시설을 최대한 적용하여야 한다.



[그림 2.2] 영구저류지의 홍수조절 방식

(6) 저감시설 형식 선정시에는 저감시설의 다목적 활용방안 및 유지관리 방안 등을 충분히 고려하여야 하며, 방안별 장·단점 검토를 통한 최적방안을 마련할 필요가 있으며, 이러한 절차를 통해 얻어지는 최적방안의 타당성을 근거로 제시하기 위해 방안별 장단점 분석과 최적방안 선정 사유를 기술하여야 한다.

(7) 추천된 저감시설의 형식인 영구저류지의 경우 홍수조절 방식에 따라 [그림 2.2]와 같이 하도내 저류(on-line) 방식과 하도외 저류(off-line) 방식으로 구분된다.

(8) 하도내 저류(on-line) 방식은 하천노선상에 저류지를 설치하여 모든 규모의 하천유량을 저류지로 유입시킨 후 비조절방식으로 자연방류시킴으로써 첨두홍수량을 감소시키고 첨두 발생시간을 지연시키는 방식인 반면, 하도외 저류(off-line) 방식은 하천노선의 측면에 저류지를 설치하여 개발후 홍수량이 개발전 첨두홍수량 이하인 경우의 하천유량은 그대로 유하시키고, 개발전 첨두홍수량을 초과하는 경우에는 초과분을 횡 월류웨어를 통하여 저류지로 유입시킨 후 하류부 하천의 홍수위가 저하되면 방류하는 방식이다.

<표 2.8> 홍수조절 방식별 장단점

방 식	장 점	단 점
하도내 저류 (on-line) 방 식	• 수리계산이 단순하므로 저감효과의 수리학적 안정성이 상대적으로 높음 • 유입과 배제가 동시에 이루어지므로 연속 홍수시 상대적으로 안정 • 항상 저류지로 유입되므로 모든 빈도에 대하여 저감 가능하고, 토사유출 제어가 가능 • 평상시 흐름이 존재하므로 자연스럽게 친수공간이 조성 • 저류지 홍수위를 저류지 제방고에 따라 높일 수 있으므로 저류지 깊이 증대에 의한 저류용량 증대가 가능	• 상대적으로 많은 면적이 소요되므로 토지이용 측면에서 비경제적 • 사업지구면적에 비하여 상류유역면적 비중이 큰 경우에는 저류지 규모가 지나치게 크게 결정되어 적용곤란 • 저류지로 활용빈도가 높기 때문에 청소 등과 같은 유지관리비가 높음 • 기존 하천을 일종의 댐으로 단절함에 따른 환경적 악영향 초래 • 홍수시 하류수위가 높아서 방류가 원활하지 않을 경우 규모 증대 영향이 높음
하도외 저류 (off-line) 방 식	• 상대적으로 적은 면적이 소요되므로 토지이용 측면에서 경제적 • 사업지구면적에 비하여 상류유역면적 비중이 큰 경우에도 저류지 규모가 지나치게 크게 결정되지 않음 • 저류지로 활용빈도가 낮기 때문에 청소 등과 같은 유지관리비가 낮음 • 기존 하천을 그대로 유지함에 따라 환경적 악영향 초래 가능성이 낮음 • 홍수시 하류수위가 높아서 방류가 원활하지 않을 경우에도 규모 증대 영향이 없음	• 수리계산이 복잡하므로 저감효과의 수리학적 안정성이 상대적으로 낮음 • 하류하천의 수위 하강 이전에는 저류하므로 연속 홍수시 저감기능 미미 • 웨어 마루고 이하는 유입되지 않으므로 마루고 결정시 추가 고려가 필요하고, 토사유출 제어가 곤란 • 평상시 흐름이 존재하지 않으므로 친수공간 조성이 곤란 • 저류지 홍수위가 월류수두의 표고를 초과하지 못하므로 저류지 깊이 증대에 의한 저류용량 증대가 곤란

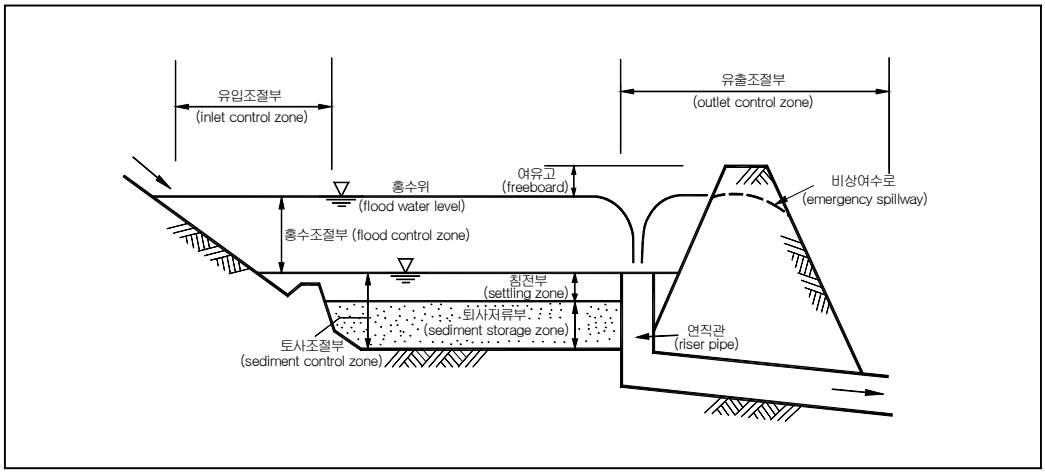
2.5.3 하도내저류(on-line) 방식의 영구저류지 제원 결정

(1) 침사지겸 저류지의 구성

1) 침사지는 [그림 2.3]과 같이 유입조절부(inlet control zone), 침전부(settling zone), 퇴사저류부(sediment storage zone), 유출조절부(outlet control zone)등으로 구성된다.

2) 재해영향평가의 개발 중 침사지는 토사유출량 저감 및 홍수유출량 저감 역할을 병행하는 경우가 대부분이다. 이와 같은 겸용 침사지에서 연직관을 주 여수로로 채택하는 경우에는 편의상 침사지의 바닥에서 침전부 상단까지를 토사조절부(sediment control zone), 침전부상단에서 홍수위까지를 홍수조절부(flood control zone)로 구분한다. 편의

상 침사지의 바닥에서 침전부상단까지를 토사조절부(sediment control zone), 침전부 상단에서에서 홍수위까지를 홍수조절부(flood control zone)로 구분한다.



[그림 2.3] 침사지겸 저류지의 구성

(2) 토사조절부 용량 결정 방법

1) 퇴적 토사량 결정

① 침사지겸 저류지내로 유입하는 퇴적대상 토사의 체적은 유역으로부터의 중량단위 토양침식량에 유사전달률을 곱하고 단위중량으로 나누어 산정한다.

② 설계안전 차원에서 침사지겸 저류지에 대해 산정된 퇴적 토사량 전량을 채택할 필요가 있다.

2) 포착 대상입경 및 개략 설계 유사포착률 결정

① 입도분포 곡선에서 포착 대상입경을 0.10, 0.20, 0.25㎜ 등으로 가정하고 이 보다 큰 입경은 모두 포착되고 이 보다 작은 입경은 모두 포착되지 않는다고 가정할 경우 개략 유사포착률을 산정한 다음 개략 유사포착률이 최소한 50% 이상 되는 입경을 포착 대상입경으로 결정한다.

② 이와 같은 개략 설계 유사포착률은 입도분포를 토대로 포착 대상입경을 결정하는데 사용됨과 아울러 실제 유사포착률의 하한치를 설정하게 되며, 실제 유사포착률은 침사지 면적이 결정된 후, 실제 유사포착률 계산을 통하여 재산정하여야 한다.

3) 침사지겸 저류지의 최소 소요수표면적 결정

① 침사지겸 저류지의 최소 소요수표면적 결정에는 토사조절부 설계대상 홍수량 및 토립자의 침강속도 등이 필요하다.

② 침사지겸 저류지의 경우는 토사조절부 설계대상 홍수량은 보수적인 측면에서 첨두유입량 기준을 적용하여야 한다.

③ 침사지겸 저류지로 유입되는 토립자의 침강속도는 크기가 0.1 ㎜ 이하의 미립자는 Stokes 법칙을 이용하고, 그 이상의 입자에 대해서는 통상 실험도표를 이용하여 산출한다.

④ 침사지겸 저류지에서의 토사유출량 포착을 위한 최소 소요수표면적은 Hazen 공식에 근거하여 추정한다.

4) 토사조절부 용량 결정

① 토사조절부의 용량 결정은 최소 소요수표면적 이상의 수표면적과 퇴사저류부의 깊이 조합을 설정하고 임시 구조물인 침사지겸 저류지의 특성을 고려하고, 홍수조절부의 조합 등을 고려한 후, 시행착오법을 통하여 결정하여야 한다.

② 침전부 깊이는 0.3 m 이상, 토사유출부의 폭(B)과 길이(L)의 비는 유사포착률 등을 고려하여 가급적 폭 1 : 길이 3 이상, 사면경사는 수직 1 : 수평 2 이상을 원칙으로 한다.

(3) 홍수조절부 용량 결정 방법

1) 홍수조절부의 용량은 토사조절부의 수표면적을 가정하고 이에 따른 토사조절부의 높이를 결정한 다음, 침사지겸 저류지의 나머지 공간을 활용한 저수지추적을 실시한 후 최적조합을 채택하게 된다.

2) 침사지겸 저류지의 규모와 방류시설 규모는 반비례 관계를 가지며, 침사지겸 저류지의 용량 결정시에는 침사지겸 저류지의 용량이 최대가 되는 강우지속기간인 임계지속기간을 적용하여야 하므로 시행착오법으로 최적 조합을 채택하여야 한다.

(4) 저류지의 제원 결정

1) 하도내 저류(on-line) 방식의 영구저류지 제원 결정은 방류구의 하류단을 토사조절부의 상단으로 하는 침사지의 홍수조절부 제원 결정 과정과 동일하다.

2) 방류구의 수위-방류능력 산정시에는 하류수위의 잠류영향을 고려하여야 한다.

3) 비상여수로 설치를 계획하여야 하며, 비상여수로 하류단에는 감세공 또는 바닥다짐공의 설치를 계획하여야 한다.

4) 환경친화적이고 다목적 이용이 가능한 저류지가 되도록 계획하여야 한다.

5) 영구저류지의 설치시기, 시설의 제원, 기본도면(평면, 단면, 배치도 등)을 제시하여야 한다.

2.5.4 하도외 저류(off-line)방식의 영구저류지 제원 결정

(1) 하도외 저류(off-line) 방식의 영구저류지 유입부는 횡 월류웨어형식을 주로 채택한다.

(2) 유입부 단면을 적절히 가정한 후 유역출구 및 사업지구 하류부의 첨두홍수량이 개발전 이하로 되는 조건을 만족시키며, 저류용량이 최대가 되는 지속기간에 해당하는 월류총량을 기준으로 유입부 단면 및 필요저류용량의 조합을 결정한다.

(3) 계획빈도 이하의 재현기간에 대해서도 충분한 저감이 되도록 고려하여야 한다.

(4) 환경친화적이고 다목적 이용이 가능한 저류지가 되도록 계획하여야 한다.

(5) 방류구는 자연배제를 원칙으로 하고 하류단에 자동수문(flap gate)의 설치를 계획한다.

(6) 영구저류지의 설치시기, 시설의 제원, 기본도면(평면, 단면, 배치도 등)을 제시하여야 한다.

2.6 도시공원내 저류시설

『건교부 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙 2005.12』

2.6.1 저류시설의 설치 및 관리기준

(1) 저류시설은 빗물을 일시적으로 모아 두었다가 바깥수위가 낮아진 후에 방류하기 위하여 설치하는 유입시설, 저류지, 방류시설 등의 일체의 시설을 말한다.

(2) 저류시설은 주변지형, 지질 및 수리·수문학적 조건 등을 종합적으로 고려하여 도시공원으로서의 기능과 방재시설로서의 기능을 모두 발휘할 수 있는 장소에 입지하도록 하여야 하며 가급적 자연유하가 가능한 곳에 입지하도록 한다. 이 경우 다음의 장소에는 설치하여서는 아니 된다.

1) 소공원 및 어린이공원

2) 붕괴위험지역, 경사가 심한 지역

3) 지표면 아래로 빗물이 침투될 경우 지반의 붕괴가 우려되거나 자연환경의 훼손이 심하게 예상되는 지역

4) 오수의 유입이 우려되는 지역

(3) 저류시설은「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」제30조 및「도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」제3조의 규정에 의하여 도시계획시설 중 저류시설로 중복 결정하여야 한다.

(4) 하나의 도시공원 안에 설치하는 저류시설부지의 면적비율은 해당 도시공원 전체면적의 50퍼센트 이하로 하여야 한다. 다만, 공원관리청이 수변공간조성 및 공원시설과의 겸용 등 불가피하다고 인정하는 경우와 기존의 저수지를 저류시설로 이용하는 경우에는 그러하지 아니한다.

(5) 하나의 저류시설부지 안에 설치하여야 하는 녹지(공원시설 중 조경시설과 상시저류 면적을 포함한다)의 면적은 당해 저류시설부지에 대하여 상시저류시설(친수공간을 조성하기 위하여 평상시에는 일정량의 물을 저류하고 강우시에는 저류지에 일시적으로 저류하도록 설계된 시설)은 60퍼센트 이상, 일시저류시설(평상시에는 건조 상태로 유지하고, 강우로 인해 유출이 있을 때만 일시적으로 저류하도록 설계된 시설)은 40퍼센트 이상이 되어야 한다.

(6) 저류시설은 공원의 풍치 및 미관을 해치지 아니하고 공원시설과 기능적·미관적으로 조화되도록 하고 이용자의 안전 등을 고려하여 저류장소와 저류용량을 정한다.

(7) 저류시설부지는 잔디밭·자연학습원·산책로·운동시설 및 광장 등의 기능을 가진 다목적 공간으로 조성하고 침수로 인한 피해가 적고 유지관리가 용이한 시설로 하여야 한다.

(8) 지상부 등 공원시설물의 유지관리는 공원관리자가 하고, 저류시설의 안전관리 등 시설물의 유지관리는 방재책임자가 담당한다. 이 경우 공원관리청은 관리방법 및 관리책임자의 지정 등 세부관리지침을 수립하여 관리책임 소재를 명확히 하여야 한다.

(9) 공원이용자의 안전을 확보하기 위하여 호우시 저류지의 수위측정과 이용자의 대피를 알릴 수 있는 사이렌 또는 스피커 등과 같은 감시 및 경보 시스템을 반드시 갖추어야 한다.

(10) 저류시설의 관리를 위하여 필요한 경우에는 관리실을 설치할 수 있다.

(11) 저류시설 안에는 수위표를 설치하고 우기 중에는 저류시설의 수위를 매시간 관측하여 기록하고 이를 저류시설의 저류한계수심·저류용량 및 허용방류량 등 수문자료로 활용한다.

(12) 공원관리사무소(저류시설관리실이 있는 경우에는 저류시설관리사무소를 말한다)에는 다음 각 호의 서류를 비치하여야 한다.

1) 설계 강우의 재현기간 및 강우강도에 관한 자료
2) 집수면적 및 저류시설의 위치도 및 설계도서
3) 저류시설의 저류용량, 여수로 제원, 수문제원, 비상펌프 토출능력을 기재한 대장 및 관련 자료
4) 저류시설의 저류한계수심, 허용방류량, 시설 저감량에 관한 자료
5) 기타 관련자료

(13) 저류시설의 관리자는 저류시설의 유지 보수 및 관리에 대한 업무를 수행하여야 한다.

2.7 실개울

『한국토지공사 생태복원 설계편람 2004. 12』

2.7.1 개요

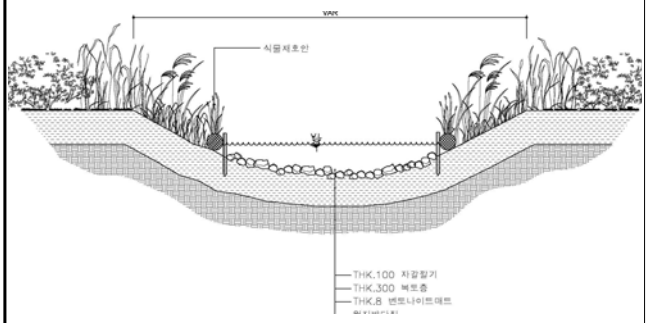
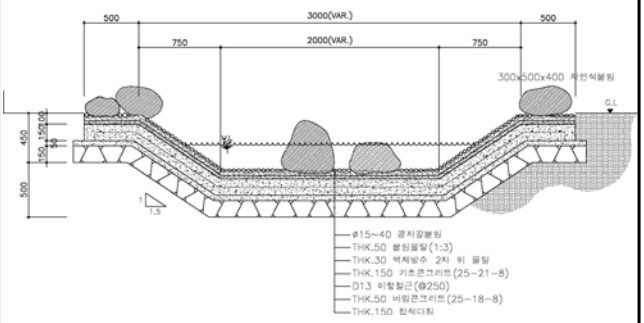
(1) 실개울은 폭이 좁은 개울로서 인간의 이용, 생물의 서식 등 다양한 목적으로 생활가까이에서 접할 수 있는 친수공간의 하나이다.

(2) 최근 실개울은 환경 친화적 단지조성을 위한 블루네트워크(Blue Network)의 한 요소이며 방화띠나 우수저류 공간으로써 재해방지 설비로 기능을 부여할 수 있으며 하천의 이·치수 기능이 없으므로 환경조성 하천으로 분류 될 수 있다.

2.7.2 실개울 유형

(1) 실개울의 유형은 조성형태에 따라 자연형, 인공형, 절충형으로 구분할 수 있으며, 지역의 특성, 친수공간 계획 및 경관계획, 주변의 토지이용 상황 등을 종합적으로 고려하여 도입 유형을 결정하며, 유량의 효율적 이용을 위하여 실개울 수계의 중·하반부에 생태연못을 조성하여 생물서식 및 친수공간으로 활용하기도 한다.

<표 2.9> 실개울의 유형

자연형 실개천	인공형 실개천
	
• 친환경적인 소재로 자연적인 실개천 연출에 적합함 • 호안의 사면안정과 다양한 종류의 식생대 조성에 효과적임 • 식생들의 공극과 수초대로 인한 수질정화 효과를 기대할 수 있음 • 시공초기 식물이 활착할 때까지 관수를 요함	• 콘크리트를 사용하여 식생대 조성이 불가 • 정형적인 형태의 실개천으로 도시의 이미지에 적합 • 유지관리가 용이하여 물놀이장 등에 적합

2.7.3 입지

(1) 대상지의 물리적, 사회적, 경제적, 생물학적 요소를 종합적으로 고려하되, 수공간의 수위유지에 필요한 수원을 확보할 수 있고, 인간의 이용 및 생물의 서식에 적합한 수질이 확보되어야 한다.

(2) 공원 및 주거지의 우수저류지, 오수처리장의 방류구 등을 복합적으로 이용할 수 있는 곳을 선정시 검토하며, 수리 수문상 안전하고, 어린이 등 이용자의 안전을 고려할 때 물놀이 구간은 경사를 완만하게 조성할 수 있는 여유부지가 있는 곳이 바람직하며, 자연발생적인 인근 생태계와의 연계가 가능하고, 친수 활동을 위한 주민의 접근이 양호하여야 한다.

(3) 또한, 자동차나 자전거, 보행등의 행위로부터 간섭을 적게 받되, 수공간의 관찰자나 관리자의 안정성이 확보될 수 있는 곳이어야 한다. 오염물질이 직접 유입되지 않으며, 수생식물은 적당한 태양광선의 공급이 필요하므로 대상지역이 건물이나 기존수목 등에 의해서 지나치게 그늘지지 않는 곳이어야 한다.

(4) 자원 절약적이고 지속적인 유지관리를 위해서는 산지에서 지속적으로 흘러내려오는 저수지, 저류지, 연못 및 개울이 있으며, 평시 유량이 풍부하고, 필요시 갈수기의 부족한 유량보충

을 위하여 일정한 유량을 지닌 구거, 단지나 우수 관로 또는 강제순환방식에 의한 일정 수량 및 수질 확보가 가능한 곳인지도 검토하여야 한다.

2.7.4 실개울 조성시 고려사항

<표 2.10> 실개울 조성시 고려사항

구 분	고 려 사 항
이용자 쾌적성	• 이용자의 행태와 편의성을 고려하여 친수활동에 적합한 시설로 설계 • 고령자 및 장애자, 어린이 등을 배려(경사로, 난간, 음성 및 시각정보 안내시설 등)
안 정 성	• 수변사고의 방지를 고려한 설계 • 수심이 깊거나 유속이 큰 장소, 추락 및 익사 등 사고발생의 우려가 있는 장소에는 시설설치를 지양 • 경사가 급할 경우에는 잘 미끄러지지 않는 소재를 사용
경 관 성	• 수공간의 자연성, 수변생태계, 지역의 특성과 조화되는 합리적 수변경관 창조 • 수공간이 지닌 현재의 자연환경, 지형, 녹지 등의 변화를 최소화
공학적 합리성	• 흐름의 소통에 장애물이 되지 않도록 함 • 강도, 내구성, 안정성 등 시설의 기능을 유지할 수 있는 구조로 설계 • 정화시설을 필수적으로 갖추는 것이 바람직 함
경제성 및 관리의 용이성	• 관리가 어려운 장소에서 시설은 지양 • 시설의 내구성과 유지관리의 용이성 관리 • 공사의 용이성과 절약공사 유도

2.7.5 실개울 유지유량 공급방안

대상지의 지리적 여건 및 주변현황을 고려하고 지속적이며 안정적인 용수공급과 유지관리, 수질, 경제성, 효율성 등을 종합적으로 비교 검토하여 유지유량 공급방안을 수립한다.

(1) 지하수

1) 지하수를 개발 이용하고자 할 경우 먼저 개발위치에 지하수영향 조사를 실시하여 지하수영향 조사서를 지자체의 장에게 제출하여야 한다.

2) 지하수영향 조사전 지역 지하수 개발업체를 통해 지하수 개발 공수, 지하수심도, 일 사용량 등 지하수 현황을 조사하고 그 결과를 바탕으로 지자체 하천계 담당자와 사전협의를 거쳐 유지용수로 사용하는 방안을 결정한다.

(2) 하천수 (복류수)

1) 대상지 주변 하천의 수질현황조사를 통해 수질분석 항목에 대해 수질오염 공정시험방법

을 적용하여 수질분석을 실시하여 3등급 이상의 양호한 수질 결과시 유지용수로 검토한다.

2) 하천수 취수 가능여부 협의(한국수자원공사 등 관리청)

3) 취수지 취수장 및 대상지까지 송수관로 매설과 원수대, 하천수계 물이용 부담금의 별도 지급 필요

(3) 광역상수도

1) 한국수자원공사의 광역상수도 노선조사(수도권은 1~6단계 원수가 팔당댐에서 취수하여 각 정수장으로 공급)하여 대상지 인근 통과여부, 관로의 관경, 분기시 지하매설물과 간섭관계 파악

2) 광역상수도 분기 등 관련 협의(한국수자원공사 등 관리청)

(4) 농업용수(양수장)

1) 농업기반공사와 년 단위 공급협약 처리(양수장 → 대상지)

2) 양수장에서 대상지까지의 송수관로 설치비용 별도 필요

3) 농업용수 특성상 용수공급시기가 4월부터 9월까지 공급되며 공급기간 중에도 기상조건(우기, 한발) 및 벼 생육시기에 따라 공급이 일정하지 않으므로 대상지의 상시유량확보에 어려움

(5) 우수(지표수)

1) 대상지가 산악지형으로 자체적으로 유역면적이 확보되는 경우

2) 함양지를 설치 : 재해시 안전성확보, 우수저장기능, 실개울 유지용수 공급, 침전조 기능

3) 산간지역이라는 유역의 특성상 T - N, T - P의 량이 높게 나타날 수 있으므로 함양지 유역내의 개발행위에 대한 제한, 유역의 비점오염원 파악 등 수질조사가 선행되어야 함.

(6) 중수 (하수 재 처리수)

1) 하수재처리수의 수질확보가 선행되어야 함(고도처리, T- P 2급수 이상)

2) 하수처리장에서 대상지까지의 가압시설 및 송수관로 설치 필요

2.7.6 실개울 목표유량 산정

실개울의 목표유량 산정은 경관, 친수 및 동식물의 생태유지를 위한 소요유량을 산정하며 하천유지유량 산정기준을 준용하고자 한다.

(1) 하천기능유지를 위한 목표유량 산정

1) 국내

① 하천 환경정비기법개발 기초조사연구(건설교통부, 1992) Q = 0.0069 × A(㎢)

② 하천 유지유량 결정방법의 개발 및 적용(한국수자원공사, 1995)

Q = 0.0028802 × A0.9529

2) 일본

① 유역면적 유지유량 관계 분석 Q = 0.008 × A0.941

② 하천 경관을 고려한 목표유량

(가) 수면폭(W) : 하천폭(B)와의 비율 고려 W/B 〉 0.2 적당

(나) 유 속(V) : 흐름이 느낄 정도

(다) 수 심(H) : 경관이 손상되지 않을 정도

(2) 하천경관을 고려한 목표유량

<표 2.11> 유지용수량산정 기준

구 분	유 지 용 수 량 산 정 기 준
수면폭	• 유량이 많고 적음에 대한 느낌은 수면이 차지하는 비율 등 대상간의 비율과 대상공간의 점용률에 의함 - 유량감을 느낄 수 있는 최소비율은 하천폭의 20%
유 속	• 유속의 크기에 따라 흐름의 느낌이 달라지며 경관적인 차원에서 흐름을 느낄 수 있는 유속이 적당 - 완만하게 흐름을 느끼는 유속(0.2m/sec이내)이 적당 - 도시를 관류하는 하천은 느긋한 흐름의 경관이 바람직
수 심	• 수심은 하상재료가 보이지 않고 대표어종이 살 수 있는 수심 - 대표어종에 따라 차이가 있으나 도시하천의 경우 대표어종은 피라미 같은 소형어종이 바람직하며, 이 경우 최소 10㎝이상 필요

자료 : 하천유지유량결정방법의 개발 및 적용, 수자원공사, 1995.

1) 수면폭

유량의 많고 적음에 대한 느낌은 수면이 차지하는 비율 등 대상간의 비율과 대상공간에 있어서의 점용률에 의한다. 이때 공간 비율의 지표로서 수면폭(W)과 하천폭(B)의 비(W/B)를 들 수 있으며 일반적으로 W/B가 0.2이상이면 유량감이 풍부하다는 평가를 얻을 수 있다.

2) 유속

유속에 따른 흐름의 상태이며 하천 이미지에 어울리는 흐름이미지를 설정하고 그것에 대응하는 목표 유속을 설정한다.

<표 2.12> 유속에 따른 흐름의 상태

유속(m/sec)	흐름의 상태
0 ~ 0.1	• 흐름을 느낄 수 없다. • 무풍 상태에서는 파문이 없으며 연안의 물체가 수면에 비친다.
0.1 ~ 0.2	• 매우 완만하다. 수면은 파가 일어나지 않는다. • 쓰레기가 흐르는 상태를 알 수 있다.
0.2 ~ 0.3	• 완만한 흐름, 흐르는 모습을 알 수 있다.
0.3 ~ 0.4	• 파가 발생한다. 흐르는 모습을 알 수 있다.
0.4 ~ 0.6	• 비교적 빠른 흐름, 파가 발생한다.
0.6 ~ 0.8	• 빠른 흐름, 파가 발생된다.
0.8 ~ 1.0	• 빠른 흐름, 파랑이 크게된다.
1.0 ~ 1.5	• 상당히 빠른 흐름, 급류에 가까우며 파랑이 급격하게 된다.
1.5 ~ 2.0	• 급류, 계류의 느낌을 가진다.

3) 수심

수심의 경우에는 극히 수심이 얕은 경우에는 유량감에 영향을 주며 하상 재질이 노출되면 경관이 훼손되기 때문에 하상재료 등이 어느 정도 감추어지는 정도의 수심 확보가 필요하다.

(3) 친수환경을 고려한 목표유량

<표 2.13> 친수환경을 고려한 유지유량 산정기준

구 분	유 지 유 량 산 정 기 준
수면폭	• 산책이나 물놀이 등을 위한 수면폭으로 지역 특성에 따라 설정하고 주민의 의견 반영과 여건 등을 고려 - 도시하천에 특별한 친수시설이 갖추어진 곳은 기능을 유지하도록 고려 - 일반적인 도시하천의 경우 경관에 필요한 수면폭 적용
유 속	• 유속도 친수의 종류에 따라 설정 - 물과의 접촉여부, 인근 친수시설의 기능을 고려 - 물과의 접촉이 있는 친수기능이 없을 경우 일반적으로 0.2m/sec를 적용
수 심	• 다양한 친수기능유지 고려 - 수영, 자연관찰등 기능 고찰 후 결정 - 어린이의 단순물놀이가 예상되는 경우 0.2m/sec가 적당 - 단순산책 등의 경우에는 이보다 얕아도 무관하나 최소 10㎝ 이상

(4) 생태계를 고려한 목표유량

<표 2.14> 생태계를 고려한 유지유량 산정기준

구 분	유 지 유 량 산 정 기 준
수면폭	• 수면폭은 수서생태 뿐만 아니라 육지생태(고수부지)까지 고려해야 함 - 육지생태계 유지가 중요한 경우 육지부의 수면 근접도를 고려 - 수서생태의 경우도 중요종의 서식특성을 고려해 수면폭 결정 - 생태적 특이성이 없는 일반적 도시하천의 경우 경관에 필요한 수면폭 이용
유 속	• 유속의 경우 중요수 생태계의 특성에 따라 결정 - 유속에 특히 영향을 받는 대표어종이 있는 경우 인위적 시설도 고려 - 일반적 도시하천의 경우 어느정도 흐름을 확보할 수 있는 유속(0.2m/sec)을 적용하되 - 도시하천의 경사도에 따라 유속이 다양하므로 전하천의 평균유속이 이에 근접토록 고려
수 심	• 대표어종의 생존과 이동이 가능한 수심이어야 하며 일반적으로 대표어종 성체몸높이의 5배 이상 확보가 바람직 - 피라미 및 버들치가 대표어종인 경우 최소 10㎝ 필요 - 대형어종인 경우 일부구간에 소(沼)를 고려하되 여울은 10㎝이상 유지

2.7.7 실개울 목표수질 설정

(1) 목표수질 영향인자

1) 관련법규

2) 수원의 수질현황

3) 이용성(접촉성, 경관성, 생태성)요구도

4) 지자체의 유지관리측면에서의 요구도

5) 친수공간 조성사례 등

(2) 수질 관련법규

1) 환경정책기본법 제10조 : 하천 수질환경기준, 호소 수질환경기준

2) 하수도법 제16조 : 하수처리장 방류수 기준

3) 수질환경보전법 제32조 : 폐수처리장 방류수 기준

4) 수도법 제3조 : 중수도 기준

2.7.8 설계시 고려사항

(1) 생태개울로서의 실개울

1) 지형에 맞추어 높은 곳의 벽천과 낮은 곳의 못 같은 수공간을 자연스럽게 연결시켜 설

계한다.

2) 실개울의 선형이나 단면을 되도록 주변부와 어울리게 그리고 자연의 형태와 가깝게 설계한다.

3) 되도록 한 쪽에는 녹지를 설계하여 다공질 공간을 조성한다.

4) 어린이들이 안전하게 이용하도록 바닥을 비탈지게 하되 얕게 설계한다.

5) 수변공간의 특성을 살려 물고기가 살 수 있는 웅덩이를 설계한다.

(2) 수경시설로의 실개울

1) 정형적 공간이나 포장면에 도입되는 수로는 인공미를 강조하는 직선형으로 설계하고 마감 재료는 가공된 재료를 주로 사용한다.

2) 자연형 공간이나 녹지 내에 도입되는 수로는 수초형, 자연석형, 석축형 등 자연미를 강조하는 자유곡선형으로 설계한다.

3) 급경사 수로는 낙차(cascade) 형태로 물거품이 나도록 거친 바닥처리가 유리하며, 물의 속도를 줄이기 위해 낙차공과 작은 연못을 병행하는 것이 좋다.

4) 완경사 수로는 수로 폭에 변화를 주는 방법으로 유속과 관련한 물 흐름의 다양한 경관을 연출할 수 있다.

5) 평균 물깊이는 3~4㎝가 적당하나 연출의도에 따라 달리할 수 있다.

6) 평지수로는 물 흐름의 연출보다는 수로의 선형, 마감(edge) 처리, 놀이적 이용에 중점을 둔다.

7) 유속이 빠르면 바닥이 유실되고 물의 단면적이 작아지므로 낙차공이나 물 흐름 방해석을 적절히 사용한다.

8) 지면의 부등침하로 인해 수로 구조물이 파손되는 경우를 고려하여 설계하되, 길이가 긴 경우에는 방수시트를 깔고 표면마감을 한다.

2.8 초기우수처리

『환경부 비점오염원 업무편람 2005.3』

2.8.1 비점오염원의 정의

비점오염원이라 함은 공장, 하수처리장, 건축물·축사 등과 같이 일정한 지점으로 오염물질을 배출하는 점오염원 이외에 불특정하게 오염물질을 배출하는 도시, 도로, 농지, 산지 등의 장소를 말한다.

2.8.2 비점오염원의 정의

(1) 점오염원은 오염물질의 유출경로가 명확하여 수집이 쉽고, 계절에 따른 영향이 상대적으로 적은 만큼 연중 발생량 예측이 가능하여 관거 및 처리장 등 처리시설의 설계와 유지·관리가 용이하다. (수질환경보전법상 공장, 사업장 등의 폐수 배출시설을 예로 들 수 있음)

(2) 반면 비점오염원은 오염물질의 유출 및 배출 경로가 명확하게 구분되지 않아 수집이 어렵고 발생량·배출량이 강수량 등 기상조건에 크게 좌우되기 때문에 처리 시설의 설계 및 유지관리가 어려움(농작물에 흡수되지 않고 농경지 표면에 남아있는 비료와 농약, 초지에 방목된 가축들의 배설물, 규제미만 가축사육 농가에서 배출되는 축산폐수, 빗물에 녹아 지표면을 흘러 하천으로 유입되는 대기오염물질, 합류식 하수관거에서 강우시 설계량을 초과하여 하천으로 흘러드는 오수·하수와 빗물의 혼합수 등이 있다.

(3) 점오염원과 비점오염원은 상대적 개념으로서, 공장을 예로 들면 관거를 통해 수집되어 수질오염 방지시설을 통해 처리되는 공장폐수를 배출하는 공정시설은 점오염원인데 반해, 그 외 처리를 거치지 않고 하천으로 유입되는 강우유출수를 배출하는 야적장 등 공장부지(敷地)는 비점오염원이다.

분류식 관거가 설치된 공장의 경우 강우로 인한 유출수가 분류식 관거를 통해 수집되나, 오수 및 하수관거를 통해 하수처리장으로 이송되는 다른 점오염물질과 달리 특별한 처리를 거치지 않고 하천으로 유입됨으로써 수질부하의 정도가 크므로 공장부지로부터의 강우유출수는 비점오염 차원에서 관리되는 것이 바람직함하다.

(4) 따라서 비점오염원은 점오염원처럼 특정화할 수 없고 각종 토지개발사업, 도시·산업지역 부지, 농경지, 산림 등 전국에 걸쳐 있어 오염원인자가 불명확한 경우가 많아 오염원인자 부담원칙에 의한 비용부과에 한계가 있다.

<표 2.15> 점오염원과 비점오염원의특성 비교

구 분	점오염원	비점오염원
배출원	공장, 가정하수, 분뇨처리장, 축산농가 등	대지, 도로, 논, 밭, 임야, 대기 중의 오염물질 등
특 징	• 인위적 • 배출지점이 특정·명확 • 관거를 통해 한 지점(주로 처리장)으로 집중적 배출 • 자연적 요인에 영향을 적게 받아 연중 배출량의 차이가 일정함 • 수집이 용이하고 처리효율이 높음	• 인위적 및 자연적 • 배출지점이 불특정·불명확 • 희석, 확산되면서 넓은 지역으로 배출 • 강우 등 자연적 요인에 따른 배출량의 변화가 심하여 예측이 곤란함 • 수집이 어렵고, 처리효율이 일정치 않음

2.8.3 비점오염물질의 종류

(1) 토사(Sediment)

1) 토사는 강우유출수의 많은 부분을 차지하는 오염물질로서, 광합성, 호흡, 성장, 생식에 장애를 일으킴으로써 수생생물에 치명적인 영향을 미칠 수 있다.

2) 토사와 함께 영양물질, 금속, 탄화수소 등을 비롯한 다른 오염물질이 흡착되어 같이 이동하며, 총부유물질(TSS)을 구성한다.

(2) 영양물질(Nutrients)

1) 질소·인과 같은 영양물질은 비료로 사용되는데, 종종 빗물에 의해 유출되어 조류의 성장을 촉진함으로써 하천·호소의 수질을 악화시킨다.

2) 주택 및 골프장의 잔디밭이나 농경지, 도시의 하수도에서 유출되어 하천으로 유입된다.

(3) 박테리아와 바이러스(Bacteria & Viruses)

1) 동물의 배설물과 하수도에서 월류된 배출수에서 검출되며 강우유출수에 포함된 고농도의 박테리아와 바이러스는 미국에서 하천·호소 폐쇄의 원인이 되기도 한다.

(4) 기름과 그리스(Oil & Grease)

1) 기름과 그리스는 적은 양으로도 수생 생물에 치명적일 수 있으며, 누출이나 차량전복 등 사고, 차량 세척, 폐기름의 무단 투기 과정에서 오염이 발생한다.

(5) 금속(Metals)

1) 납, 아연, 카드뮴, 구리, 니켈 등 중금속은 도시지역 강우유출수에서 흔히 검출되는 물질이며, 하천으로 유입되는 총금속물질량 중 50% 이상이 토사를 매개체로 하여 배출된다.

2) 금속물질은 수생태계에 치명적이며 생물농축이 일어나고 음용수 오염의 가능성이 있으므로 특별한 관리가 요구된다.

(6) 유기물질(Organics)

1) 밭, 논, 산림, 주거지역 등 광범위한 장소에서 유출되며, 특히 평소 하수관거를 흐르는 오수·하수에 포함되어 있던 유기물질이 약한 유속 등의 원인으로 관거 바닥에 침전되어 있다가 강우시 일시에 배출된다.

2) 접착제, 세척제, 용제(溶劑) 등의 인공적인 유기 화합물이 광범위하게 사용되고 부적절하게 저장되며 폐기되는 과정에서 발생한다.

(7) 살충제(Pesticides)

1) 제초제, 농약, 항 곰팡이제와 같은 살충제는 지침에 따라 살포하는 지역에서조차 치명적 수준으로 검출되고 있다.

2) 플랑크톤과 같은 수생물에 축적된 화합물은 먹이그물을 통해 생물농축을 일으켜 어류와 조류에게는 치명적인 결과를 초래할 수 있다.

(8) 협잡물(Gross Pollutants)

1) 건축공사장 및 사업장 등에서 발생하는 쓰레기, 잔재물, 부유물 등에는 중금속, 살충제, 박테리아 등이 포함될 수 있다.

2) 낙엽이나 잔디를 깎은 잔재물, 동물의 배설물, 투기된 쓰레기 등은 박테리아, 바이러스 등을 하천·호소로 운반하는 매개체가 되며 용존산소를 감소시켜 어류폐사의 원인이 되

기도 한다.

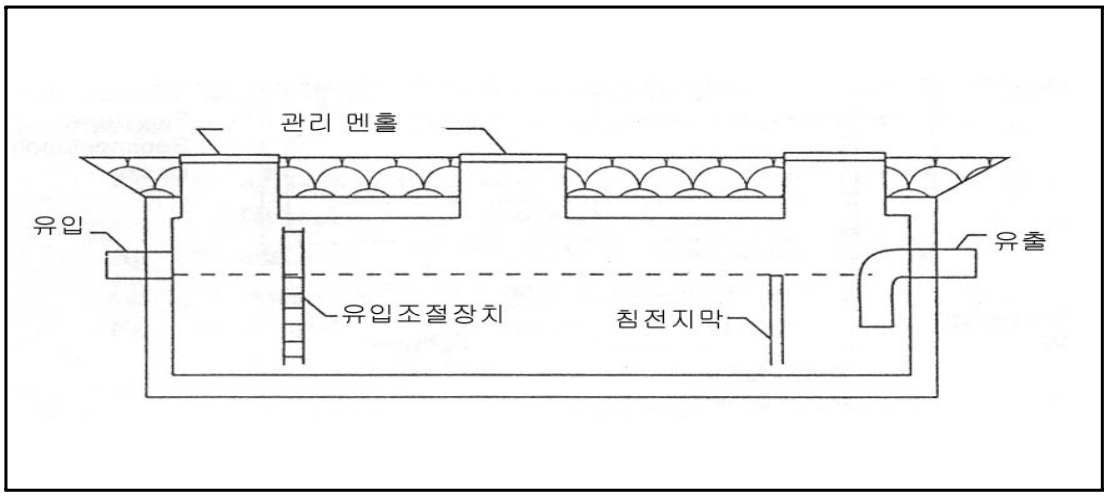
2.8.4 비점오염관리시설

(1) 지하저류

1) 지하저류는 우수저류시설을 지하에 설치하여, 지상부를 주차장, 공원 등 다른 용도로 이용할 수 있도록 구조화한 것으로 땅값이 비싼 시가지에 설치하는 것이 일반적이며, 홍수다발구역인 고밀도 주택가에서 사용하는 방법으로 주로 고층주택 및 큰 건물 등의 지하공간을 이용하여 설치한다.

2) 저류지의 수심은 경제적 이유뿐만 아니라 토사반출 등의 작업성을 고려하여 2m 미만으로 하는 것이 바람직하며, 지하저류시설의 설계에 있어서 가장 중요한 요소는 시설의 관리에 있다.

3) 유입토사의 확산을 방지하는 동시에 토사의 반출을 용이하게 하기 위해 토사의 퇴적장소를 정하고 시설의 기울기를 1/100 정도로 하며 배수구를 만드는 것이 필요하다.

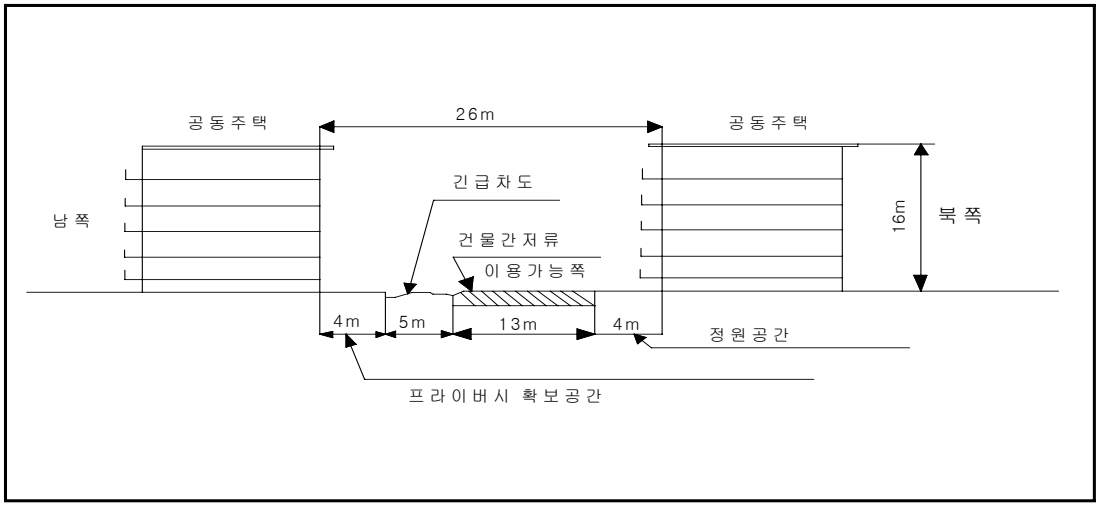


[그림 2.4] 그림 지하저류 개념도

(2) 건물간 저류

1) 연립주택 및 건물사이 공간을 지역 내 저류시설로 이용하는 경우는 긴급차량의 진입, 건축물의 보호, 아동에 대한 안전대책 및 유지관리 등을 종합적으로 고려하여 저류 가능량을 설정하도록 한다.

2) 일본에서는 보통 5층 건물의 경우 동간 간격을 26m로 보고 긴급차 진입 시 소요 폭 5m, 프라이버시 확보 공간 4m가 각각 소요되어 실제 저류지로 이용 가능한 폭은 13m 정도이며, 저류지의 수심은 과거 경험과 주거자에 대한 안전성 확보 등을 고려해서 30㎝를 표준으로 하고 있다.



[그림 2.5] 건물간 저류시설의 일반도

(3) 주차장 저류

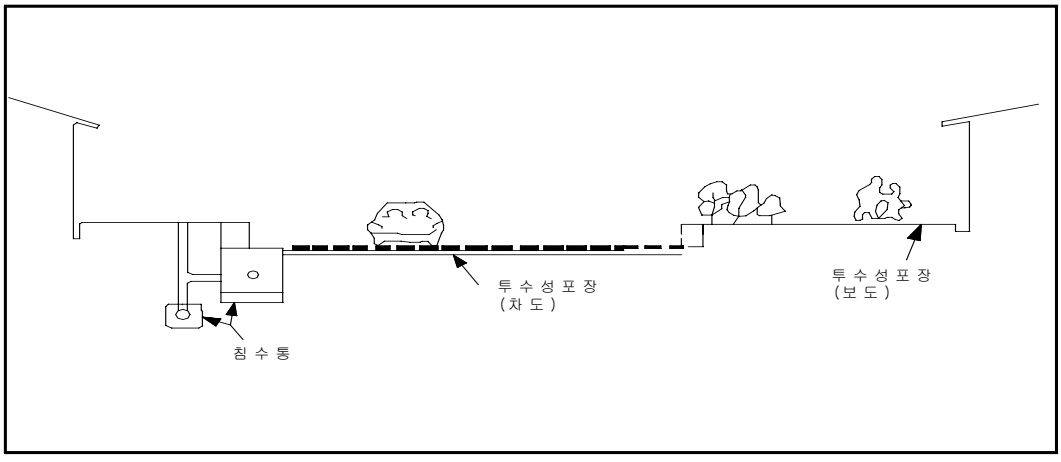
1) 주차장 저류를 설계하는데 있어서 자동차의 브레이크 장치가 잠기기 않도록 하고, 우수를 저류시킴으로 인해 주행에 지장을 주지 않도록 하며, 강우시 이용자들의 주차장 이용을 고려해서 저류수심은 약 10㎝ 이하로 제한한다.

2) 넓은 주차장에서 우수저류는 비교적 사용 빈도가 낮은 부분에 시행하여, 이용자들이 보행하는데 불편함이 없도록 보행로 부분의 높이를 높이는 등의 배려가 필요하다.

3) 일반적으로 주차장저류에는 두 가지 형태가 있다.

① 첫째, 배수구 부분에 오목면을 만들어 빗물을 저류하는 것으로 오리피스와 같은 것에 의해 하수도로 천천히 유입시키는 방법이다.

② 둘째, 포장면 가장자리에 수로를 만들고 초지와 모래를 깔아 채운 침투로를 만드는 방법인데, 이 방법의 장점은 공사비가 싸고, 경관상으로도 좋으며, 겨울에는 제설처리장으로 이용할 수 있다는 것이다.



[그림 2.6] 주차장 저류 개념도

(4) 공원 저류

1) 공원, 녹지 등을 저류시설로 이용하는 경우에는 공원의 기능, 이용자의 안전대책, 경관 등을 배려하여 저류장소 및 저류가능 용량을 결정한다.

2) 일본에서는 공원녹지의 면적을 개발면적의 약 3% 이상으로 규정하고 있으며, 비교적 대규모인 택지개발지구에는 근린공원과 아동공원을 계획토록 한다.

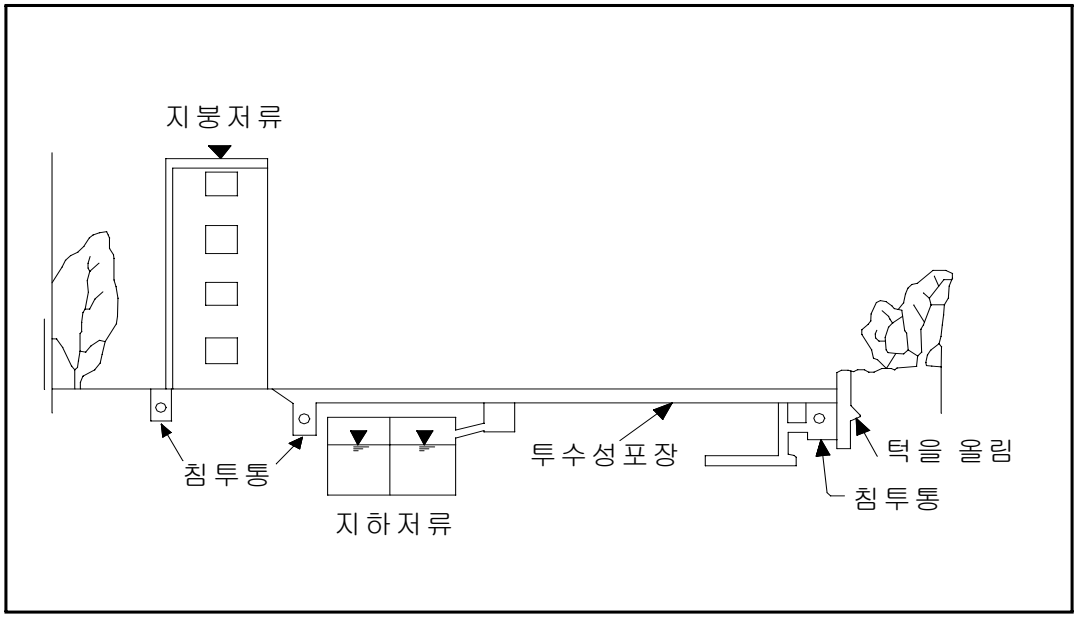
3) 아동공원은 아동 및 유아에 대한 안전성을 고려하여야 하므로, 저류형태는 얕은 굴착식을 원칙으로 하는 등 비교적 소규모로 제약이 많으나, 근린공원은 저류지 유효수심을 크게 할 수 있는 지역으로 치수효과가 크다.

(5) 교정 저류

1) 학교, 유치원 등의 옥외운동장을 지역내 저류시설로 이용하는 경우에는 학생에 대한 안전성을 고려하여 이용수심, 저류가능 용량을 설정해야 하며, 교정전체에 우수를 저류하는 방식으로 구조는 수심이 얕은 것이 원칙이다.

2) 강우 종료 후에는 신속히 기능을 회복하여야 하며, 이를 위해 운동장 토양입자가 세분되는 것을 방지하며 배수가 좋은 장소를 선택함과 동시에 운동장에 배수구를 설치해야 한다.

3) 또한 우기시 학생들의 등·하교길을 위해 보행로를 높이는 것이 중요하다.

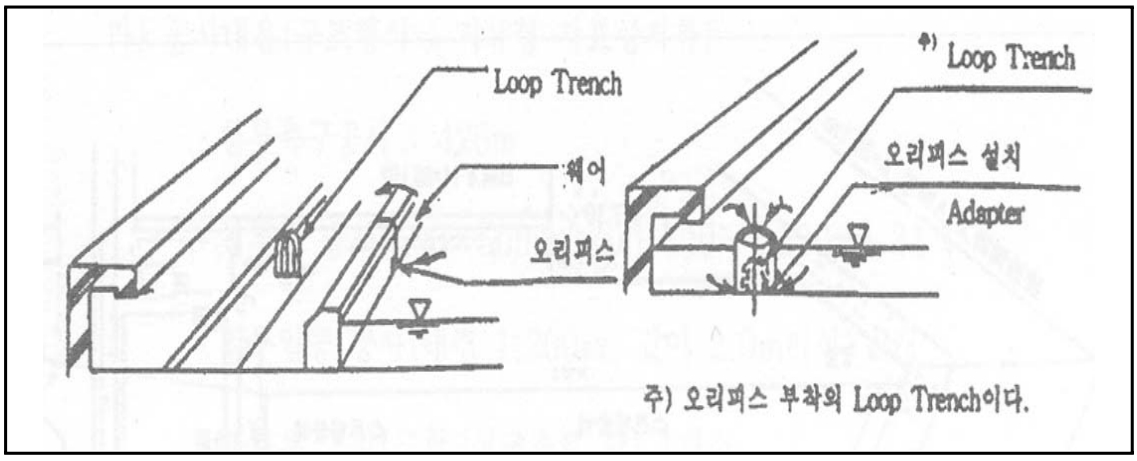


[그림 2.7] 교정 저류

(6) 지붕저류

1) 공동주택 등의 옥상을 지역 내 저류시설로 이용하는 경우에는 지붕방수 및 건축물의 기본 구조도의 영향을 배려해서 저류가능 용량을 산정한다.

2) 지붕의 저류 특성은 특히 도시형 홍수에 많은 피해를 입는 고밀도 시가화 지역에 대해 아주 효과적인 방법으로, 차량의 통행에 장애가 되지 않을 뿐만아니라 일반적으로 보이지 않는 곳에 설치되므로 외관상 및 안전성의 문제도 없다.
3) 지붕저류의 기본적인 구조는 지붕배수가 수평한 연립주택 등의 옥상에 웨어 및 우수저류장치 등을 설치하여 배수통으로의 유출량을 조정하는 것으로 저류시간은 일반적으로 24시간을 초과하지 않도록 한다.
4) 지붕저류시설은 설치할 때 저류된 우수의 하중문제, 쓰레기와 오물 등의 제거 및 동결문제 그리고 배수 연결부의 월류문제 뿐만 아니라 건물자체에 악영향을 줄 수 있으므로 충분한 검토를 거쳐야 한다.
5) 누수문제의 경우는 지붕에 방수처리를 하거나 2중층으로 설치하여 해결할 수 있으며, 보다 효율적인 우수저류를 위하여 정기적인 점검을 반드시 실시하여야 하며, 이때 낙엽이나 오물 등에 의한 배수관의 막힘 등이 없도록 하여야 한다.



[그림 2.8] 지붕 저류

(7) 투수성 포장

1) 투수성 포장은 우수를 직접 포장면으로 투수시켜 하부의 침투기능을 이용하는 시설이다.
2) 제거효율은 포장시설의 저장용량(저장층 깊이), 조의 표면적, 그리고 토양의 침투율 및 여과율에 따라 결정된다.
   ① 투수성 포장은 일반적으로 25~100㎜ 두께의 상부포장층(역청질 포장자재)과 25~50㎜의 굵은 모래층, 통과된 우수를 저장할 수 있는 쇄석층, 그리고 바닥의 여과섬유로 구성됨. 일부에서는 강우유출수를 집수하기 위한 유공관을 설치하여 지하로 침투시키지 않고 지표로 배출하는 경우도 있으며 이는 지하수를 보호할 수 있으나, 침투시스템과 같은 오염물질 제거효율을 가지지 못하는 단점이 있다.

② 강우유출수는 최대설계 강우 후 3일 안에 완전히 배수되어서 포장 하부토양이 건조되고 호기성 상태가 유지될 수 있도록 설계한다.

3) 투수성포장은 보도 및 자동차 통행이 적은 접근로, 주차장 등에 이용하는 것이 적절하며, 포장될 지역은 쇄석 저장층의 바닥에서 최대 지하수위까지 60~120㎝정도 이격 거리를 확보할 수 있는 평평한 지역이어야 하고, 포장하부의 토양은 침투성이 바람직하다.

(8) 소규모 장치형 시설

1) 스크린

① 스크린(bar racks and screens)은 비교적 큰 부유물이나 쓰레기 등을 제거하기 위해 주로 전 처리에 사용되는 방법이나, 최근에는 Microstrainer의 개발 등 스크리닝기술의 향상으로 하·폐수의 1차 처리단계에서도 이용된다.

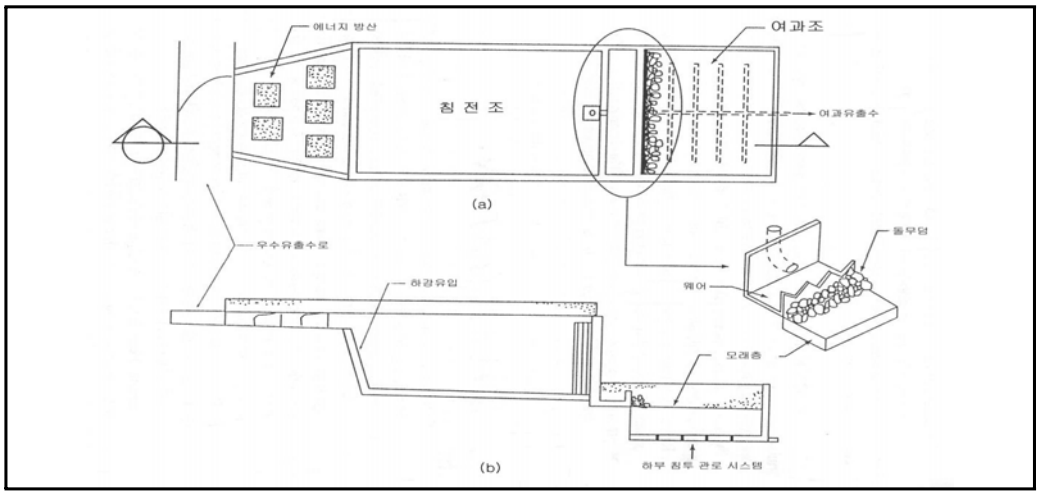
② 스크린의 종류로는 고정 스크린, 드럼스크린, 회전스크린 및 Microstrainer 등이 있으며, 부유물질의 제거에 가장 효과적이고 크기에 따라 부유 고형물도 제거할 수 있으나, 정기적으로 고형물을 제거해 주어야 한다.

2) 모래여과

① 모래여과(sand filter)는 무거운 고형물을 침전시키기 위한 집수 장치와 여과실로 구성되어 있는데, 강우유출수가 집수 장치로 유입되어 용량이 차면 모래가 채워진 여과실로 월류 되며 여재를 통과한 후 여과실 바닥의 유출관을 통해 배출된다.

② 오염물질 제거능력을 증가시키기 위해 자연적 또는 인위적인 저류시설과 조합하여 설계할 수 있다.

③ 전형적 체류시간은 4~6시간(Austin시, 1990)이나, 체류시간이 증가하면 일반적으로 제거 효율이 증가하며, 12,000㎡~323,000㎡ 정도의 배수유역 규모에 대해 적용이 가능하고 불투수성 지역을 처리하는데 사용된다.



[그림 2.9] 침전지를 겸한 모래여과 시스템

④ 제거율에 대한 주요 영향인자는 여과속도, 여과매체 및 체류시간이며, 평균적으로 부유물질은 85%, 질소는 35%, 용존 인은 40%, 대장균은 40%, 미량금속은 50~70%의 제거율을 보인다.

⑤ 모래여과는 일반적으로 유입구 부근에서 막힘 현상이 발생하므로, 표면 퇴적물질, 낙엽 찌꺼기, 잡다한 쓰레기 등에 대한 신속하고 정기적인 제거가 필요하다.

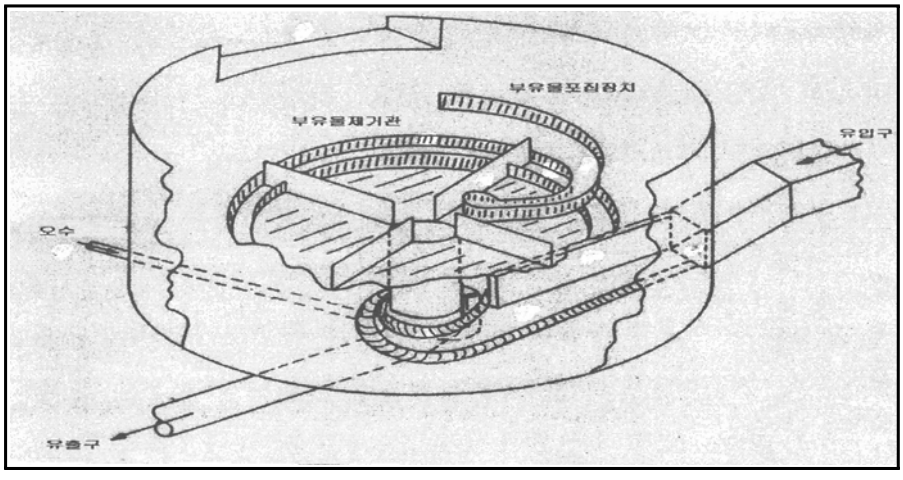
⑥ 일반적으로 모래여과는 소규모지역에 적합하며, 대규모 지역에서는 전처리로 사용이 가능하다.

3) 장치형 시설

① 외국에서는 비점오염저감을 위한 많은 장치형시설이 제품화되고 있으며, 주요 제품은 강우유출수의 물리적인 흐름을 이용하는 경우와 여과, 응집 등을 이용하는 경우로 대표적으로 Swirl Concentrators, Vortex Solids Separators, Stormceptor, Water Quality Inlets 등이 있다.

② Swirl은 강우 후 부유입자가 많은 우수의 수량과 수질관리에 이용되는데, Swirl은 움직이는 부분은 없지만 중앙회전로-웨어-방류수로로 구성되며, 오수가 Swirl 내부로 이동하는 동안에 흐름이 제어되고, 이때 형성된 소용돌이에 의해 고액이 분리되는 시설로서, Swirl은 합류식 하수거의 월류수 처리에 주로 이용된다.

③ 월류수가 Swirl로 유입되면 부유성 물질은 상부로 뜨고 무거운 고체는 바닥으로 가라앉아, 오염물이 제거된 월류수는 공공수역으로 배출되고, Swirl의 상부와 하부에서 포획된 오염물은 처리장으로 이송하여 처리한다.



[그림 2.10] Swirl 수처리 장치

④ Vortex도 Swirl과 비슷한 방식으로 강우 유출수나 합류식 하수관거의 유출수를 처리하는 방법인데, 강우유출수 및 합류식 하수관거의 월류수를 Vortex로 통과하게 함으로써 고형물과 비고형물이 분리되고, 분리된 고형물을 포함하고 있는 하부의 유출수는 처리시설로 이송된다.

⑤ Swirl concentrators/Vortex solids separators의 효과는 CSO고형물의 침전특성과 구조에서 생성되는 난류정도와 유속에 달려 있으며, 설치 여건에 따라서 고형물과 BOD를 60%이상 제거하지만, 효율은 유입수의 고형물크기와 비중에 따라 크게 차이가 남

⑥ Stormceptor는 중력에 의해 강우유출수로부터 침전성 및 부유성 오염물질을 제거하는 비점오염원 관리시설로 기존 맨홀 하부에 설치할 수 있으며, 집수유역의 면적 및 강수특성에 따라 다양한 규모 및 종류의 조합이 가능하다.

⑦ 주요 적용 대상지역은 도로, 상용주차장, 공항, 버스터미널, 기차역, 신규주택단지 등이다.

2.8.5 비점오염원관리시설 비교

<표 2.16> 비점오염원 관리시설의 비교

관리시설	장 점	단 점
저 류 조	• 강우유출수의 수질과 수량 모두를 조절할 수 있는 수단 • 재래의 홍수조절용 유수지 건설비의 10% 정도만 더 소요 • 기존의 유수지를 개선해 사용가능 • 침전물과 침전물에 흡착된 오염물질의 제거에 효과	• 비교적 대규모의 토지를 필요로 하므로 토지비용이 고가인 지역에는 적용 곤란 • 적절한 관리가 필요 • 용존성 오염물질은 제거효율 저조 • 침전물이 제거되지 않았을 경우 대규모 강우 후 침전물 재부상 우려 • 침전물 제거(준설)에 비교적 높은 비용 소요
연 못	• 고형물질 외에 용존성 오염물질 제거 가능 • 미관적으로 쾌적한 경관 제공 • 지역의 자산적, 효용적 가치 증가 • 관리 빈도가 낮음	• 이중목적 저류조보다 비용이 고가 • 대규모의 저류용량이 토지를 많이 요구 • 침전물 제거 등 준설에 비용이 소요
인공습지	• 식생습지는 일반적으로 연석이나 도로 시스템보다 설치비용이 저렴 • 도로 옆 습지는 비가 내리는 동안 자동차가 빗길에 미끄러지는 현상을 예방하면서 도로표면의 유수흐름을 방지 • 도로 옆 습지는 강우유출수를 더 잘 희석시키고 수질을 개선시키기 위해 침투도랑과 침투조와 함께 사용 가능 • 자연경관 개선의 효과를 가짐	• 식생습지는 많은 관리가 필요함(풀깎기, 식종, 잡쓰레기 제거 등) • 도로 옆 습지는 제설과 도로 밖 주차로 인한 손상이 있을 수 있음 • 습지가 있는 도로는 가로등이 필요하고 보도시스템으로는 부적합 • 습지는 배수성이 열악한 토양, 과다한 경사, 또는 중력식 배출구를 설치하지 못할 경우 사용 불가

<표 2.16> 비점오염원 관리시설의 비교(계속)

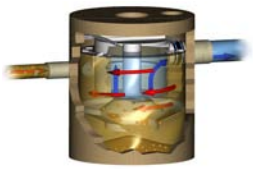
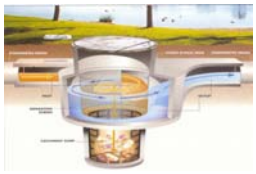
관리시설	장 점	단 점
침 투 조	• 지역의 홍수피크를 감소 • 지하수 재충전	• 부적절한 설계로 인한 실패가능성이 있고 관리요구가 높음 • 부적절하게 관리되면 냄새, 모기, 수렁 같은 불쾌감을 유발 • 침투방법은 고농도의 오염물질 부하나 침전물 부하를 처리하는 데에는 부적절 • 토양층 내에서 처리되지 않은 오염물질에 의해 지하수 오염 유발 가능 • 대규모 배수지역에는 부적합
침투도랑	• 도랑은 필요한 유량이나 월류빈도를 감소시키기 위해 강우유출수 하수거 시스템의 설계에 포함 가능 • 지역의 범람을 감소 • 자연적 배수시스템을 이용 • 지하수를 재충전 • 공간이 제한된 지역에서 사용가능 • 설계에 따라 관리가 용이	• 부적절한 설계, 오염물질 부하, 관리 소홀로 실패 가능 • 빈도 높은 관리 필요 • 침전물에 의한 막힘의 우려 있음 • 지하수 오염문제 유발 가능
유공포장	• 별도의 토지소요량이 없고 도랑 등의 운송시스템이 불필요 • 새로운 지역이나 기존개발지 모두에 적용 가능 • 우기 동안에는 미끄럼 방지 같은 안전성이 개선 • 배수를 위한 부대시설 불필요 • 현지의 자연적 물 흐름과 균형을 유지 • 고도의 강우유출수 오염조절 기능	• 막힌 유공성 포장면은 재생 어려움 • 동결과 해빙이 문제 유발 가능 • 지하수 오염의 위험 • 주차장 같은 소규모지역에서만 적용 가능
식생여과대	• 강우에너지로부터 토양을 보호함으로써 토양침식 감소 • 지표면 유수속도 감소, 집수시간 증가, 침투증가에 의해 강우유출수량 감소 • 유속이 감소됨에 따른 여과, 흡수 그리고 중력침전으로 부유성 침전물 제거 • 자연환경개선에도 효과	• 저장과 침투기능이 충분하지 못하여 수질개선 미흡 가능 • 오염물 제거에 필요한 이상적 환경이 유지되는 것을 조건으로 함 • 관리가 노동집약적임 • 오염물제거를 위한 최소너비가 필요하므로 일정규모의 토지가 필요함

<표 2.16> 비점오염원 관리시설의 비교(계속)

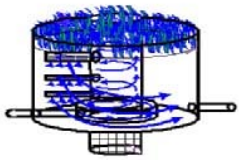
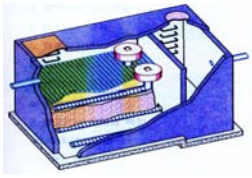
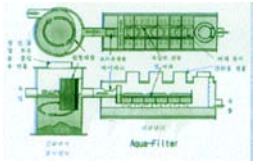
관리시설	장 점	단 점
식생수로	• 별도의 부지가 필요치 않음 • 강우에너지로부터 토양을 보호함으로써 토양침식 감소 • 유수속도 감소, 침투증가에 의해 강우유출수량 감소	• 저장과 침투가 충분하지 못하여 수질개선 미흡 가능 • 오염물 제거에 필요한 이상적 환경이 유지되는 것을 조건으로 함 • 경사가 급한 장소에는 적용이 불가능
stormfilter /sand filter	• 부유성 고형물과 고형물에 부착된 오염물질 제거 가능 • 모래뿐만 아니라 다양한 여재 적용이 가능 • 박테리아 및 조류 제거에도 효과 있음	• 대규모 배수지역에서는 부적합 • 정기적인 여재 교체가 필요 • 유입부에 전처리시설(침전) 필요 • 불투수성 지역에서 적용
수유입 장치	• 일반적으로 지하에 위치하므로 적은 지표공간에도 설치 가능 • 우수거를 대체할 수 있고 개조도 가능 • 다른 관리시설로 유입되기 전에 전처리 시설로도 이용 가능 • 관리를 위한 접근용이	• 오염물질 제거율이 제한 • 소규모 시설로서 수량조절은 불가능 • 설치비용이 비교적 높음 • 관리 빈도가 빈번
기타 장치형 시설	• 이 밖에 stormceptor, stormgate 같은 소형장치는 소규모 단지, 주차장, 사업장, 도로 등에서 사용이 가능함	
하수처리형 (응집·침전법)	• 하수처리형의 다른 시설보다 간단 • BOD, SS, T-P에 대해서는 신속한 처리효과를 얻을 수 있음 • 침전시간의 단축을 위한 초고속응집침전법의 개발로 소요부지를 줄일 수 있음 • 기술의 신뢰성이 확보되어 있음	• 유지관리인 확보 및 상시관리가 필요 • T-N에 대해서는 처리효과가 다소 떨어지는 것으로 알려져 있으므로 후속처리시설이 필요한 경우 있음 • 약품비 및 동력비 등 운전비가 소요 • 슬러지 발생에 따른 처분 문제 • 주민의 이해가 필요
기타 하수처리형 (접촉안정법, 폭기식라군법, 회전원판법 등)	• 비점오염원에 대해 직접 사용하기에는 강우특성 등에 따른 유량 및 수질의 변동부하가 심하므로 처리의 안전성면에서 비효율적이며 비경제적일 수 있음	

2.8.6 비점오염원 국내소개된 비점오염원 처리시설

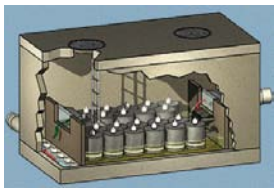
<표 2.17> 비점오염원 처리시설의 비교

시 설 명	DD (Downstream Defender)	CDS (Continuous Deflective Separation)
주처리 시설도		
주 처리원리	수동력학적 침전 + 부상분리	스크린 + 중력침전
주요시설	• 차집용 웨어 • DD(초기우수처리장치)	• 처리수조 • 차집용웨어 • 스크린, 오물수거망, 흡착포
국내실적	• 서울시내 2개 차고지 시공 및 관거정비, 교량, 단지, 항만 부문 다수 실시설계 반영 • 한강수계 비점오염 저감사업 운영 중	• 한강수계 하수관거 정비공사2,3,6공구 외 교량, 단지, 항만 부문 다수 실시설계 반영
처리대상 및 제거효율	• 미세침전물 및 부유물(Oil 등) • 150㎛ 직경입자 90%이상 제거 • BOD : ~30% • TSS : ~60% • T-N : ~20%, T-P : ~20% ** 침전물과 함께 중금속 다량제거	• 협잡물 및 Oil(흡착포필요)제거 • 150~300㎛직경입자 30%제거 • BOD 10~20% • TSS 20~40% • T-N - %, T-P - %
처리유량 및 부지소요	• 대 유량 처리에 적합 • 부지소요 적음	• 처리유량범위가 넓음 • 부지소요 적음
시공성	• Precast 제품으로 빠른 시공	• Precast 제품으로 빠른 시공
유지관리 항 목	• 퇴적물 및 부유물 준설	• 퇴적물 준설 • 스크린 세척(펌프 및 전기시설이 필요함) • 흡착포 교환
장 점	• 모터 및 기계적 구동장치 불필요 • 유지관리 가장 간편, 관리비저렴 • 설치시 지하 매설깊이에 영향 받지 않음 • 시공 후 소모품 발생 없음. • 처리유량범위가 탄력적이며, 시공성 우수 • 유출부 수위가 일시적으로 높아져 역류시 오염물 재유출 방지구조 • 다른 BMPs의 전처리시설로 연계가능하며, 가장 적은 설치면적 • 초과유량 안정적으로 우회시킬 수 있는 구조 • 해외에 사용실적 다수, 효과입증	• 처리유량범위가 탄력적이며, 시공성 우수 • 다른 BMPs의 전처리시설로 연계가능 • 광범위한 지역에 협잡물 제거에 효과적 • 시공비 저렴 • 미국, 호주 등에 사용 실적 다수
단 점	• 용존성 오염물질 제거 곤란 • T-N, T-P 제거 제한적	• 과도한 유입유속을 제어할 수 없어 처리효율 유동적이며 침전협잡물 재부상 가능성 • 주기적 흡착포 교환, 스크린세정 등 유지관리의 번거로움 • 지하 매설깊이가 깊을 경우 설치 및 유지관리 곤란 • 용존성 오염물질 제거 곤란 • T-N, T-P 제거 제한적

<표 2.17> 비점오염원 처리시설의 비교(계속)

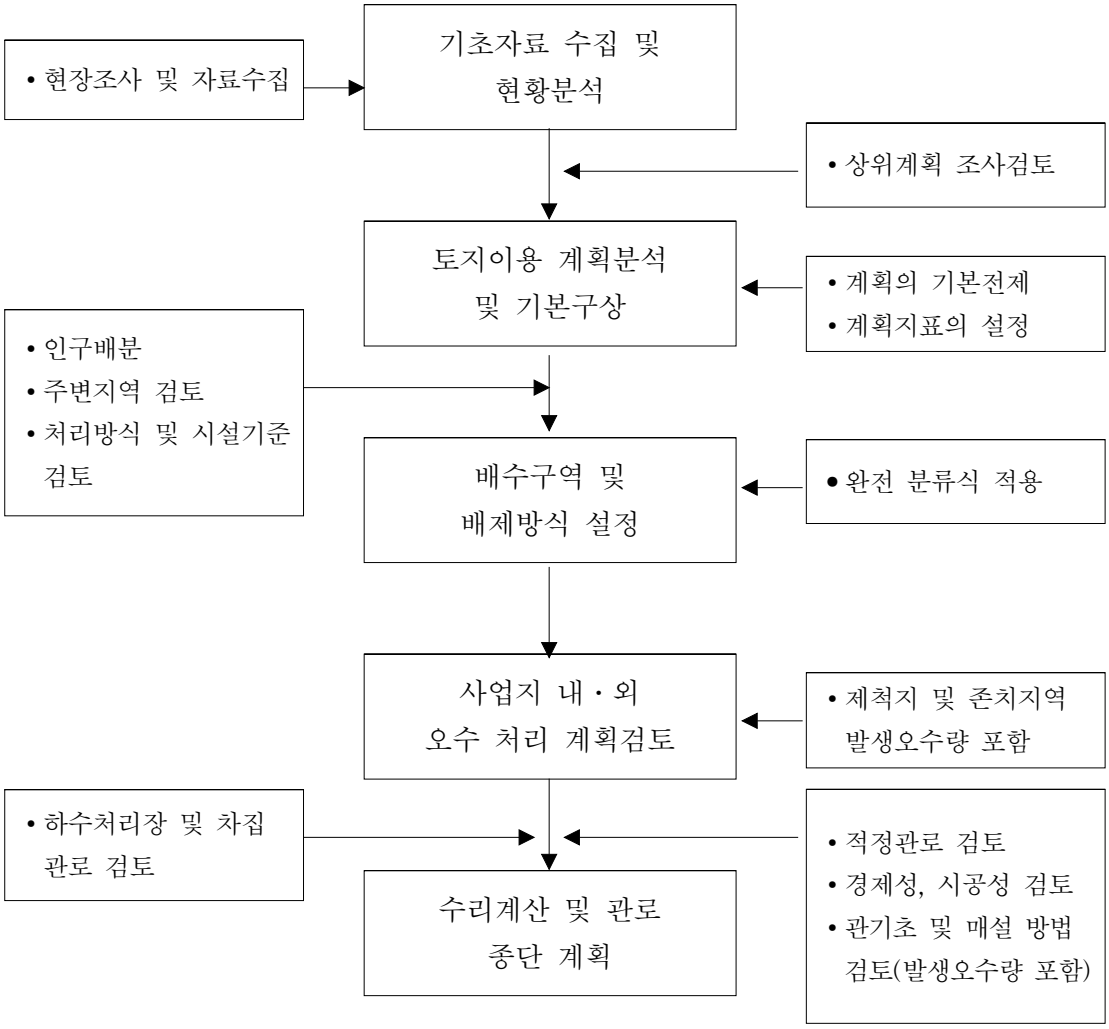
시 설 명	Stormsys	M-filter	아쿠아 필터
주처리 시설도			
주 처리원리	중력침전 + 여과	여과	중력침전 + 여과
주요시설	• 초기우수저류조(Catch basin) • 자연정화식맨홀(스크린, 식생대, 메디아층)	• 저류수조, 여과기, 필터층	• 1차처리장치(원형배플) • 2차처리장치(여과탱크, 필터재)
국내실적	• 곤지암천 유역 하천정화 등 가동 중 이외 다수 실시설계 반영	• 백사천 하상주차장 정화시설 가동 중. 이외 도로 다수 실시 설계 반영	• 한강수계 비점오염 저감사업 등 실시설계 반영 중
처리대상 및 제거효율	• 협잡물, 부유물 및 오염용존물질 • BOD 90% • TSS - % • T-N 90%, T-P 90%	• 부유물 및 오염용존물질 • BOD 50% • TSS - % • T-N 50%, T-P 50%	• 협잡물, 부유물 및 오염용존물질 • BOD 69% • TSS - % • T-N -%, T-P 51%
처리유량 및 부지소요	• 저유량에 적합 • 부지소요 대	• 저유량에 적합 • 부지소요 대	• 저유량에 적합 • 부지소요 대
시공성	• 별도의 토목구조물인 우수저류지 필요 • 시공 기간이 길게 소요	• 사각 토목구조물이 필요 • 토목공사로 긴 공기 • 시공 기간이 길게 소요	• 두개(1,2차 처리) 토목구조물이 필요 • 토목공사로 긴 공기 • 시공 기간이 길게 소요
유지관리 항 목	• 오물수거망 준설 • 저류조 준설 • 필터 있음(교체주기2년) • 식생관리	• 퇴적물 준설 • 여과기교체 • 필터 있음(교체주기 3년)	• 퇴적물 및 부유물 준설 • 필터 있음(교체주기 1년)
장 점	• 국내 신기술 • 수질정화 효과 가장 우수 • 상부식생에 의한 경관창출 효과	• 국내특허기술 • 여과를 이용한 업체 중 시공비 및 유지관리비 가장 저렴	• 경량구조로 시공성 우수 • 침사탱크로 전 처리하여 협잡물까지 제거 가능
단 점	• 별도의 우수저류조 설치로 토목구조물 건설비용 및 소요부지 증대, 시공비 및 유지관리비 가장 과다 • 자연정화식맨홀 폐색시에는 초기우수 월류 • 최적의 조건에서 효율기대, 점차 효율 급격히 떨어지며, 유지관리 미흡할 경우 혐오시설 우려. • 메디아층의 폐색 측정 곤란 • 지하 매설깊이가 깊을 경우 설치 및 유지관리 곤란 • 소모품 교환필요(독점적)	• 최적의 조건에서 효율기대, 점차 효율 급격히 떨어지며, 유지관리 미흡할 경우 혐오시설 우려. • 협잡물 유입에 무방비 • 내부 건조지역은 폐색 가속 우려 • 여과층의 폐색정도 측정 곤란 • 자체 저류기능으로 토목구조물 용적이 크고, 깊다. • 지하 매설깊이가 깊을 경우 설치 및 유지관리 곤란 • 소모품 교환필요(독점적)	• 최적의 조건에서 효율기대, 점차 효율 급격히 떨어지며, 유지관리 미흡할 경우 혐오시설 우려. • 여재사용기간이 짧다 • 여재층 전체 교환 필요 • 여과층의 폐색정도 측정 곤란 • 국내 반영(실시설계포함)실적이 거의 없음. • 지하 매설깊이가 깊을 경우 설치 및 유지관리 곤란 • 소모품 교환필요(독점적)

<표 2.17> 비점오염원 처리시설의 비교(계속)

시 설 명	Stormfilter	StormSolution	비 고
주 처리시설도			
주 처리원리	여과	다단침전 + 다단여과	
주요시설	• 유입조, 유입·유출 배출 • 필터카트리지, 하부집수관	• 유입조, 유입 스크린, 배출 • 필터카트리지	
국내실적	• 왕숙천 하천정화 등 가동 중 이외 실시설계 반영		
처리대상 및 제거효율	• 부유물 및 오염용존물질 • BOD -% • TSS 67% • T-N -%, T-P -%	• 부유물 및 오염용존물질 • BOD 80% • TSS 80% • T-N 80%, T-P 80%, 중금속 70%	
처리유량 및 부지소요	• 저유량에 적합 • 부지소요 대 • 높은 손실수두(약 70㎝)	• 저유량에 적합 • 부지소요 대 • 높은 손실수두	
시공성	• 설치 부지가 크고, 자재 및 시공비 고가 • 유지관리비 고가	• 설치 부지가 크고, 자재 및 시공비 고가 • 유지관리비 고가	
유지관리 항 목	• 퇴적물 준설 • 필터 있음(교체주기 1년)	• 퇴적물 준설 • 필터 있음(교체주기 3년)	
장 점	• 고급여재사용으로 정화능력 우수 • 카트리지 개별 교환 간편 • 다양한 종류의 카트리지로 수질정화에 따른 설계가능 • 미국에 사용실적 다수	• 처리수질이 매우 좋음 • 메디아교체시 카트리지 형태로 되어 있어 교체가 쉬움. • 무인운전이 가능하고 무동력 처리 시스템임 • 구조물이 지하에 매설되어 경관에 대한 영향이 없으며 대규모 단지의 도로노면수 처리를 위해 도로내 설치가능 • 구조물은 PRECAST 방식으로 시공이 용이함.	
단 점	• 토목구조물 건설비용 및 소요부지 증대, 시공비 및 유지관리비 과다 • 협잡물 유입에 무방비 • 유지관리 수시로 필요 • 손실수두가 크다(약 70㎝) • 메디아층의 폐색 측정 곤란 • 지하 매설깊이가 깊을 경우 설치 및 유지관리 곤란 • 소모품 교환필요(독점적)	• 토목구조물 건설비용 및 소요부지 증대, 시공비 및 유지관리비 과다 • 설치시 자연유하를 고려한 위치선정 필요(손실수두가 큼) • 동절기에는 처리효율이 다소 떨어진다 • 메디아를 교체해야 한다. • 지하 매설깊이가 깊을 경우 설치 및 유지관리 곤란 • 유지관리 수시로 필요	

3. 오수배제계획

3.1 오수처리 계통도



[그림 3.1] 오수처리 계통도

3.2 계획인구

3.2.1 계획총인구의 추정

(1) 계획구역내의 계획총인구는 국토종합개발계획 및 도시계획 등의 기본계획을 기초로 결정한다.

(2) 이와 같은 계획이 결정되지 않은 경우나 목표 연도의 인구가 정해지지 않은 경우에는 행정구역 단위별로 과거의 인구변동실적을 기초로 하여 계획구역의 성격에 따라 다음 방법 중 계획구역의 성격에 가장 잘 부합하는 방법 하나를 택하여 계획목표년도의 인구를 추정한다.

1) 연평균증가수에 의한 방법
2) 연평균증가율에 의한 방법
3) 지수함수곡선식에 의한 방법
4) Logistic곡선식에 의한 방법
5) 생잔모형에 의한 조성법

3.2.2 인구분포의 추정

(1) 계획구역내의 인구분포는 토지이용계획에 의한 인구밀도를 참고로 하여 계획총인구를 배분하여 정한다.

(2) 이미 결정되어 있는 용도지역에 인구를 수용할 수 없을 경우에는 용도지역이 확대될 것을 예상하여 계획구역을 재검토할 필요가 있다.

3.2.3 주간인구

(1) 주간인구의 유입이 현저히 큰 지역에 대해서는 주간인구를 고려한다.

(2) 인구는 일반적으로 상주인구(야간인구)를 의미하나 주간의 인구유입이 현저한 관광지역, 상업지역 등에서는 계획오수량의 추정에 큰 영향이 있으므로 주간인구를 고려할 필요가 있다.

(3) 주간인구는 사무소 및 사업장 등 취업자 수의 실적 또는 건물의 연면적당의 취업자 수 등을 근거로 추정한다.

(4) 관광지역에서는 계절에 따라 많은 관광객에 의한 오수량에 큰 변동이 있으므로 성수기의 이동인구를 고려하는것이 필요하다. 관광인구는 관광객의 숙박여부에 따라 과거실적, 숙박업소의 수용능력 및 관광 개발계획 등을 조사하여 추정한다.

3.3 계획오수량

3.3.1 생활오수량

(1) 생활오수량의 1인1일최대오수량은 계획목표년도에서 계획지역내 상수도 계획상의 1인1일최대급수량을 감안하여 결정한다.

(2) 용도지역별로 가정오수량과 영업오수량의 비율을 고려한다.

3.3.2 공장폐수량

(1) 공장용수 및 지하수 등을 사용하는 공장 및 사업소 중 폐수량이 많은 업체에 대해서는 개개의 폐수량조사를 기초로 장래의 확장이나 신설을 고려한다.

(2) 그 밖의 업체에 대해서는 출하액 당 용수량 또는 부지면적당 용수량을 기초로 결정한다.

3.3.3 지하수량은 1인1일최대오수량의 10~20%로 한다.

(1) 지하수 유입량은 환경부 하수도시설기준을 원칙으로 한다.

(2) 지형별 구분 필요시 저습지는 10%, 평지 및 구릉지는 5%로 적용한다.

3.3.4 계획1일최대오수량은 처리시설의 용량을 결정하는데 기초가 되는 수치로 1인1일최대오수

량에 계획인구를 곱한 후 여기에 공장폐수량, 지하수량 및 기타 배수량을 더한 것으로 한다.

3.3.5 계획1일평균오수량은 계획1일최대오수량의 70~80%를 표준으로 한다.

3.3.6 계획시간최대오수량은 계획1일최대오수량의 1시간당 수량의 1.3~1.8배를 표준으로 한다.

3.3.7 합류식에서 우천시 계획오수량은 원칙적으로 계획시간최대오수량의 3배 이상으로 한다.

3.4 계획오염부하량 및 계획유입수질

(1) 계획오염부하량은 생활오수, 영업오수, 공장폐수 및 관광오수 등의 오염부하량을 합한 값으로 한다.

(2) 하수의 계획유입수질은 계획오염부하량을 계획 1일 평균오수량으로 나눈 값으로 한다.

(3) 계획오염부하량의 산정에 있어서 대상 수질항목은 처리목표수질의 항목에 일치 시키는 것을 원칙으로 한다.

(4) 생활오수에 의한 오염부하량은 1인 1일당 오염부하량 원단위를 기초로 하여 정한다.

(5) 영업오수에 의한 오염부하량은 업무의 종류 및 오수의 특징 등을 감안하여 결정한다.

(6) 공장폐수에 의한 오염부하량

1) 폐수배출 부하량이 큰 공장에 대해서는 부하량을 실측하는 것이 바람직하다.

2) 실측치를 얻기 어려운 경우에 대해서는 업종별의 출하액당 오염부하량 원단위에 기초를 두고 추정한다.

(7) 관광오수에 의한 오염부하량은 당일관광과 숙박으로 나누어 각각의 원단위에서 추정한다.

(8) 가축폐수 등에 관한 오염부하량은 필요에 따라 고려한다.

3.5 처리방법

유입하수의 수량, 수질의 부하 및 그 변동, 방류수역의 유량, 물의 이용 상황, 수질환경 기준의 설정현황, 처리장의 입지조건 및 유지관리상의 조건 등에 의하여 정한다.

3.6 관거계획

(1) 오수관거는 계획시간최대오수량을 기준으로 계획한다.

(2) 합류식에서 하수의 차집관거는 우천시 계획오수량을 기준으로 계획한다.

(3) 분류식과 합류식이 공존하는 경우에는 원칙적으로 양 지역의 관거는 분리하여 계획한다. 부득이 합류시킬 경우에는 분류식지역의 오수관거는 합류식지역의 우수토실보다도 하류의 차집관거에 접속하여 합류관거에 접속하는 것은 피한다.

(4) 관거는 원칙적으로 암거로 하며, 수밀한 구조로 하여야 한다.

(5) 관거의 배치는 지형, 지질, 도로폭 및 지하매설물 등을 고려하여 정한다.
(6) 관거단면, 형상 및 경사는 관거내에 침전물이 퇴적하지 않도록 적당한 유속을 확보할 수 있도록 정한다.
(7) 관거의 역사이펀은 가능한 한 피하도록 계획한다.
(8) 오수관거와 우수관거가 교차하여 역사이펀을 피할 수 없는 경우에는 오수관거를 역사이펀으로 하는 것이 바람직하다.

3.7 펌프장계획

(1) 펌프장의 설치는 경제성, 시공성, 유지관리의 난이도 및 주변 환경에 미치는 영향을 종합적으로 검토하여 정한다.
(2) 오수펌프는 분류식인 경우는 계획시간최대오수량으로 하고, 합류식인 경우는 우천시 계획오수량으로 계획한다.
(3) 펌프장은 침수되지 않는 구조로 한다.
(4) 펌프장의 위치선정과 시설계획은 입지조건 및 주변의 환경조건을 충분히 고려하여 계획한다.

3.8 처리장계획

(1) 처리장은 건설비 및 유지관리비 등의 경제성, 유지관리의 난이도 및 확실성 등을 충분히 고려하여 정한다.
(2) 처리장위치는 방류수역의 물이용 상황 및 주변의 환경조건을 고려하여 정한다.
(3) 처리장의 부지면적은 장래 확장 및 향후의 고도처리계획 등을 예상하여 계획한다.
(4) 계획1일최대오수량을 기준으로 하여 계획한다.
(5) 이상 수위에서도 침수되지 않는 지반고에 설치하거나 또는 방호시설을 설치한다.
(6) 처리시설은 유지관리가 쉽고 확실하도록 계획하며, 주변의 환경조건에 대하여 충분히 고려한다.

3.9 처리수의 재이용 (중수도)

3.9.1 개요

(1) 중수도란 상수도와 하수도에 대응하는 용어로서 고도의 수질을 요하지 않는 용도의 용수를 공급하기 위한 시설이다
(2) 처리수의 재이용은 지역의 실정을 고려하여 처리된 하수를 그대로 방류하기보다는 수자원으로서 용수의 용도에 따라 사용하도록 한다.
(3) 처리수는 하천의 유지용수, 공업용수, 농업용수, 공원이나 골프장 등의 조경용수 및 건물의

수세식 화장실 세정수, 청소용수 등의 생활용수 등으로 적극 이용할 수 있다.

(4) 이외에도 융설용수, 히트펌프를 이용한 냉난방시스템의 열원 등의 이용방법이 있다.

3.9.2 용도

(1) 수세식 화장실 세정수

(2) 청소용수

(3) 소화용수

(4) 살수용수

(5) 조경용수

(6) 냉각탑용수

(7) 자동차 세차용수

(8) 하천의 유지용수

(9) 공업용수

(10) 농업용수

(11) 융설용수

3.9.3 필요성

(1) 지역적인 물 수급 압박완화 및 부족대처

(2) 하수도의 수량부하 경감 : 수계 방류 오염부하량 감소

(3) 수자원 절감 : 갈수시

(4) 절수 및 물이용 합리화 : 의식 고양

3.9.4 수원

(1) 냉각탑 블루스 (용수)

(2) 우수 (우수조정지수)

(3) 하수처리수

(4) 오염하천수

(5) 오염된 상수원

(6) 공업용 수도

(7) 기타 건축물의 잡 배수

3.9.5 수질목표

(1) 위생상 문제 발생이 없어야 한다.

(2) 사용상 지장 없고 불쾌감이 없어야 한다.

(3) 시설, 기구에 악영향이 없어야 한다.

(4) 수처리 기술의 안정성이 있어야 한다.

(5) 수질판정 지표가 있어야 한다.

(6) 건설비, 처리비용이 합리적이어야 한다.

3.9.6 문제점

(1) 기술상 문제

1) 수처리 기술의 안정성 확립

2) 관리수준의 확보 및 판정을 위한 지표가 있을 것

3) 시설· 설비의 장애

① 부식

(가) 문제 : 누수, 사용연수 단축

(나) 대책 : 재질선정, 부식억제제 사용

② 스케일

(가) 문제 : 열 교환 효율저하, 압력손실, 폐색, 저항증가

(나 대책 : 순환수의 농축배율조정, pH조정, 연화수 사용, 스케일 부착방지제 사용

③ 슬라임

(가) 문제 : 열교환 효율저하, 관로폐색

(나) 대책 : 미생물 번식 (pH, 수온, DO, 영양원) 요인 제거, 살균제 사용

④ 막힘

4) 슬러지 처리

① 소규모 : 슬러지 저류조에 일정기간 저류 후에 진공(vacuum)차로 반출 처분

② 중·대규모 : 탈수설비 → 반출 처분

5) 상수도, 중수도 배관의 오접합

① 준공시 완성검사를 엄격히 한다.

② 급수계통 간명한 system 설계

③ 배관재질 식별 : 상수도 - 주철관, 중수도 - 내식 동관

④ 관 도색 및 표지

(2) 위생상 문제

1) 오음, 오사용 : 색채 (중수도 - 청색, Tape감기), 문자(중수도 기입)

2) 병원 미생물 및 유해한 유기화합물 제거 : 세균, 바이러스 등 응집침전, 모래여과, 오존, A/C, Cl2 등 처리

3) 냉각탑의 물방울 비산에 대한 악영향

(3) 경제성 문제

수도 사용료 보다 처리비용이 비싸다.

3.9.7 수질기준

<표 3.1> 수질기준

구분	수세식 변소용수	살수용수[1)]	조경용수[2)]	세차・청소용수
대장균군수	검출되지 아니할 것	검출되지 아니할 것	검출되지 아니할 것	검출되지 아니할 것
잔류염소(결합)	0.2mg/l 이상일 것	0.2mg/l 이상일 것	-	0.2mg/l 이상일 것
외 관	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것
탁 도	2NTU를 넘지 아니할 것	2NTU를 넘지 아니할 것	2NTU를 넘지 아니할 것	2NTU를 넘지 아니할 것
생물학적 산소 요구량 (BOD)	10mg/l 를 넘지 아니할 것	10mg/l 를 넘지 아니할 것	10mg/l 를 넘지 아니할 것	10mg/l 를 넘지 아니할 것
냄 새	불쾌한 냄새가 나지 아니할 것	불쾌한 냄새가 나지 아니할 것	불쾌한 냄새가 나지 아니할 것	불쾌한 냄새가 나지 아니할 것
p H	5.8 ~ 8.5	5.8 ~ 8.5	5.8 ~ 8.5	5.8 ~ 8.5
색 도	20도를 넘지 아니할 것	-	-	20도를 넘지 아니할 것
화학적 산소요구량 (CODMn기준)	20mg/l 이상일 것	20mg/l 이상일 것	20mg/l 이상일 것	20mg/l 이상일 것

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.57

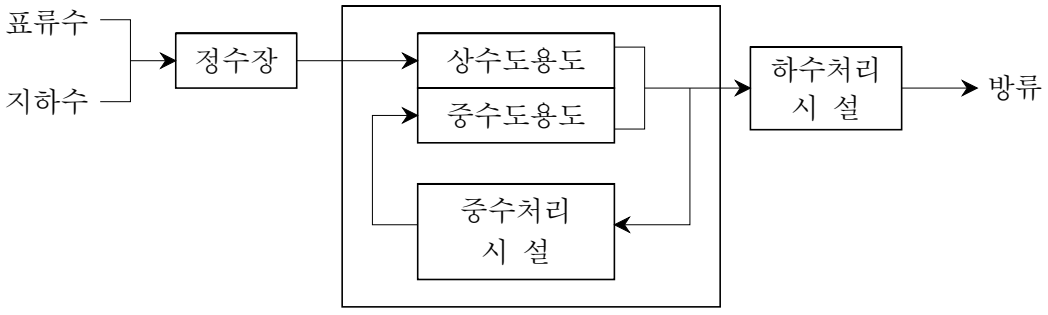
주) 1. 살수용수라 함은 도로 청소작업・건설공사 등을 하는 경우에 뿌리는 물로 이용되는 중수도를 말한다.

2. 조경용수라 함은 주택단지등의 인공연못・인공폭포・인공하천 및 분수등에 이용하는 중수도를 말한다.

3.9.8 중수도 처리방식 (하수처리수)

(1) 단독이용방식

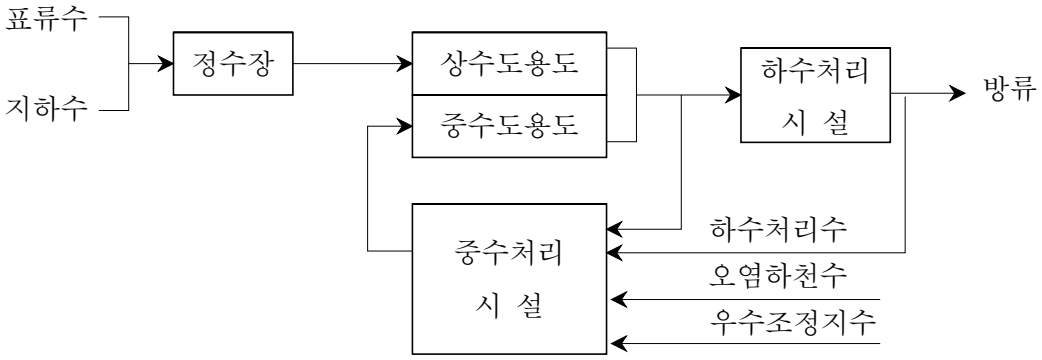
빌딩 내 잡용수를 순환 이용하는 방식



[그림 3.2] 단독이용 중수도 처리방식

(2) 복합이용방식

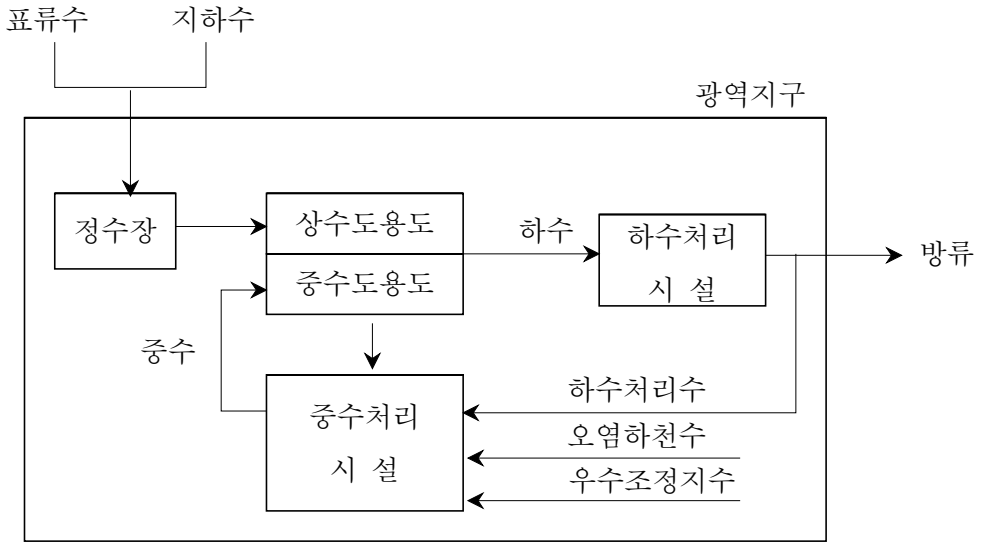
주택단지 등 공동으로 중수도 운영하는 방식



[그림 3.3] 주택단지 중수도 처리방식

(3) 공공이용방식

일정한 지역 내 주택 및 빌딩 등에 중수도를 공급하는 대규모 광역사업



[그림 3.4] 공공이용방식의 중수도 처리방식

3.9.9 중수도법 (설치의무자)

(1) 1,000 톤/일 이상 물 사용 공장 소유자

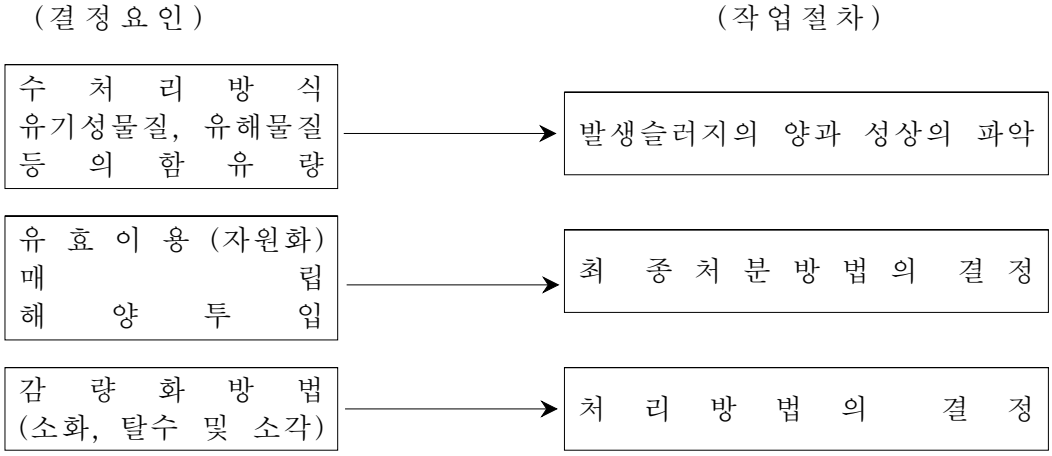
(2) 숙박, 목욕탕, 공중위생시설 500 톤/일 이상

(3) 300세대 이상 공동주택

(4) 지방자치단체 조례로 정하는 경우 (효율적인 물이용 필요시)

3.10 슬러지처리·이용계획

3.10.1 슬러지 처리·처분계획



자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.59

[그림 3.5] 슬러지 처리 계획

3.10.2 계획슬러지량은 계획1일최대오수량을 기준으로 발생하는 슬러지량을 말한다.

3.11 우천시 방류부하량의 저감대책

3.11.1 기존시설의 개선책

(1) 차집관거의 용량증대

(2) 차집관거의 개선

1) 차집관거 증설

2) 우회관 신설

(3) 차집방식의 개선 : 우수관거분리

(4) 우수토실의 개선

1) 우수토실 통폐합

2) 월류웨어의 높이 상향조정

(5) 분류화

1) 완전 분류화

2) 일부 분류화

(6) 침입수 대책

3.11.2 기타대책

(1) 우수유출량 억제

1) 저류

① 우수체수지

② 관내저류

③ 현지 저류

2) 우수유출량의 저감

① 침투

② 침투성 포장

3) 규제 : 토지이용 규제

(2) 발생원 억제

1) 노면청소

2) 관거청소

3) 우수받이 청소

4) Flushing

5) Screening

(3) 처리

1) 물리적 처리

① 우수침전지

② swirl regulator

③ 급속여과

2) 물리화학적 처리 : 응집침전등

3) 염소소독

4) 생물처리

3.12 시설의 다목적이용

(1) 처리장, 펌프장 등의 하수도 시설은 도시 가운데 귀중한 여유 공간으로서 활용한다.

(2) 관거시설에는 수위정보의 전달, 펌프장의 원격감시체제 등 하수도시설의 유지관리의 효율화를 목적으로 하여 광케이블 설치도 고려한다.

(3) 이용시설 선정시 고려사항

1) 하수도의 이미지를 높이는데 공헌할 수 있는 것

2) 공공시설로서 어울리는 내용인 것

3) 지역 및 주변주민에 공헌할 수 있는 것

<표 3.2> 하수도시설의 다목적 이용사례

이용의 대상	이용의 형태	사 례
처리장・펌프장	레크리에이션 시설 코뮤니티시설 방재시설 열이용시설 사무소 등	공원, 운동장, 테니스장 공회당 피난장소 눈 녹이는 시설 업무건물
관 거	정보통신망	광케이블

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.81

4. 관거시설

4.1 계획하수량

(1) 오수관거에는 계획시간최대오수량으로 한다.

(2) 우수관거에서는 계획우수량으로 한다.

(3) 합류식 관거에서는 계획시간최대오수량에 계획우수량을 합한 것으로 한다.

(4) 차집관거에서는 우천시 계획오수량으로 한다.

(5) 지역의 실정에 따라 계획하수량에 여유율을 둘 수 있다.

(6) 오수관거의 경우 계획시간 최대오수량에 대해

1) 소구경관거(250~600㎜)에서는 약 100%

2) 중구경관거(700~1,500㎜)에서는 약 50~100%

3) 대구경관거(1,650~3,000㎜)에서는 약 25~50% 정도의 여유율로 한다.

4.2 유량의 계산

4.2.1 Manning 공식

$$Q = A \cdot V \qquad V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

여기서, Q : 유량 (㎥/sec)

A : 유수의 단면적(㎡)

V : 유속(m/sec)

n : 조도계수

R : 경심(m)= A/P

P : 유수의 윤변(m)

I : 동수경사(분수 또는 소수)

4.2.2 Kutter 공식

$$Q = A \cdot V$$

$$V = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{I}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{I}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}} \cdot \sqrt{R \cdot I} = \frac{N.R}{\sqrt{R+D}}$$

여기서, $N : \left(23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{I}\right)\sqrt{I}$, $D : \left(23 + \frac{0.00155}{I}\right)n$

4.2.3 Hazen · Williams공식(압송의 경우)

$$Q = A \cdot V$$

$$V = 0.84935 \cdot C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54}$$

여기서, V : 평균유속(m/sec)

C : 유속계수

I : 동수경사(h/L)

h : 마찰손실수두(m)

<표 4.1> 관 재질에 따른 Manning식의 조도계수(n)

단 면	조도계수(n)
관 거	
시멘트관	0.011 ~ 0.015
벽돌	0.013 ~ 0.017
주철관	0.011 ~ 0.015
콘크리트	
매끄러운 표면	0.012 ~ 0.014
거친 표면	0.015 ~ 0.017
콘크리트	0.011 ~ 0.015
주름형의 금속관	
보통관	0.022 ~ 0.026
포장된 인버트	0.018 ~ 0.022
아스팔트 라이닝	0.011 ~ 0.015
플라스틱관(매끄러운 표면)	0.011 ~ 0.015
점토	
도관	0.011 ~ 0.015
깔판	0.013 ~ 0.017
개 거	
인공수로	
아스팔트	0.013 ~ 0.017
벽돌	0.012 ~ 0.018
콘크리트	0.011 ~ 0.020
자갈	0.020 ~ 0.035
식물	0.030 ~ 0.040

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.115

<표 4.2> Hazen · Williams 공식의 유속계수 C값

관 재 료	유 속 계 수(C)
주철관	
신관	130
5년 경과	120
10년 경과	110
20년 경과	90 ~ 100
30년 경과	75 ~ 90
강관(매설후 20년)	100
도장된 강판	130
원심력 철근 콘크리트관	130
PS 콘크리트관	130
경질염화비닐관	130
흄관(100㎜ 이하)	120 ~ 140
흄관(100 ~ 600㎜)	150

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.116

4.2.3 유속 및 경사 : 부득이한 경우에만 최대, 최소유속을 사용한다.

(1) 오수관거는 계획시간최대오수량에 대해 최소유속 0.6m/초, 최대유속 3.0m/초로 한다.

(2) 우수관거 및 합류관거는 계획하수량에 대해 최소유속 0.8m/초, 최대유속 3.0 m/초로 한다.

(3) 오수관거, 우수관거 및 합류관거에서의 이상적인 유속은 1.0~1.8 m/초 정도이다.

<표 4.3> 관경별 유속기울기 기준(Manning공식기준)

관경 D (㎜)	오수관거 최소기울기(‰) Vmin = 0.6m/sec	우수관거 최소기울기(‰) Vmin = 0.8m/sec	하수관거 한계기울기(‰) Vlim = 3.0m/sec
250	2.45	4.36	61.32
300	1.92	3.42	48.09
350	1.57	2.78	39.15
400	1.31	2.33	32.77
450	1.12	1.99	28.00
500	0.97	1.73	24.34
600	0.76	1.35	19.08
700	0.62	1.10	15.54
800	0.52	0.92	13.00
900	0.45	0.79	11.11
1,000	0.39	0.69	9.66

자료 : 토목설계지침, 대한주택공사, 2005, P.77

4.3 관거의 종류 및 단면

4.3.1 관거의 종류

(1) 철근콘크리트관

1) 원심력 철근콘크리트관

① 재질은 철근콘크리트관과 유사하며 원심력에 의해 굳혀 강도가 뛰어나므로 하수관거용으로 가장 많이 사용되고 있다.

② 흄관의 규격은 KS에서 그 사용 조건에 따라 보통관과 압력관으로 구별하고 있으며, 접합형상에 따라 A형, B형, C형, NC형으로 분류된다.

③ 이형관은 사용형태에 따라 T자관, Y자관, 곡관(U,V형)으로 구분된다.

④ 적합한 규격 및 형태는 매설장소의 하중조건 등에 따라 신중하게 결정해야 한다.

2) 코아식 프리스트레스트 콘크리트관(PC관)

① 콘크리트로 된 코아관 주위에 PC강선을 인장시켜 줌으로써 원주방향 및 관축방향 으로 압축응력을 작용하게 하여 내외압에 의해 발생하는 인장응력을 소멸시켜 상당히 큰 압력에서도 견딜 수 있게 만든 것이다.

② 안정성은 좋으나 가격이 원심력 철근콘크리트관보다 비싸 내외압이 크게 걸리는 장소에서 주로 사용된다.

③ 제작방법에 따라 원심력방식과 축전압방식이 규정되어 있고 소켓접합으로 한다.

3) 진동 및 전압철근콘크리트관(VR관)

① 로울러를 사용하여 콘크리트 표면을 접합하여 단단히 굳혀서 만든 철근콘크리트관으로 규격은 KS.에서 용도에 따라 보통관과 압력관으로 구별한다.

② 모양에 따라 A형, B형, C형으로 구분한다.

4) 철큰콘크리트관

① 거푸집에 조립철근과 콘크리트를 넣은 후 진동기 또는 이것과 동등한 효과를 얻을 수 있는 방법으로 다져서 제작한 철근콘크리트관을 말한다.

② KS에는 외압강도에 따라서 1종관, 2종관으로 구분되어 있다.

③ 현장타설 철근콘크리트관에 비하여 공사기간이 단축된다는 이점이 있다.

(2) 경질염화비닐관

1) 하수도용 고강성 경질염화비닐 이중벽 주름관

① 원형의 통파이프를 외부관과 내부관으로 생산하여 외부관을 캐터필러식의 금형이 연속적으로 O링 형상을 성형하여 제조한 관으로 매끄러운 안쪽 벽면과 주름진 바깥쪽면으로 구성되어 있다.

② 큰 하중을 요하는 곳에 사용가능하며 경량으로 시공성, 내화학성이 우수하고 KS규격에서는 1종(고강성용), 2종(일반용)으로 분류되어 있다.

③ 설계시 장기허용 변형율은 내경의 5% 이내로 한다.

2) 내충격용 하수도용 경질염화비닐관

① 경질염화비닐관의 재료에 충격 보강제를 추가 혼합한 관이며 경량으로 운반이 용이하다. 1종(HI-VGI, 고강성용), 2종(HI-VA2, 저강성용)이 있다.

② 설계시 장기허용 변형율은 내경의 5% 이내로 한다.

(3) 강화플라스틱 복합관 및 유리섬유복합관

1) 유리섬유, 불포화폴리에스테르, 골재를 주원료로 하며, 내·외면은 유리섬유 강화층이고, 중간층은 수지모르터 복합관이다

2) 규격은 공칭지름, 공칭압력 및 이음형태에 따라 분류한다.

3) 고강도로 내식성 및 시공성이 우수하다.

(4) 폴리에틸렌관

1) 폴리에틸렌 중합체를 주체로 한 고밀도 폴리에틸렌을 사용하여 압출 등의 방법에 의하여 성형하며, 가볍고 취급이 용이하여 시공성이 좋다

2) 또한 내산, 내알칼리성이 우수한 장점이 있지만, 특히 부력에 대한 대응과 되메우기시 다짐 등에 유의하여야 한다.

3) 설계시 장기허용변형율은 내경의 5% 이내로 한다.

4) KS를 획득하지 못함

5) 폐비닐등 재활용자재를 사용시 장기강도저하의 우려가 있으므로 설계 및 시공시 주의하여야 한다.

(5) 덕타일주철관

1) 내압성 및 내식성에 우수하다

2) 일반적으로 압력관, 처리장내의 연결관 및 송풍용관, 차집관거 등 다양한 용도로 쓰이고 있다.

(6) 파형강관

1) 용융아연도금된 강판을 스파이럴형으로 제작한 강관으로서 하수관거 중 아연도금을 한 파형강관은 우수관거용으로 사용되고 있다.

2) 파형강관에 폴리에틸렌수지, PVC 등으로 피복하여 내식성 및 내마모성을 증가시키면 오수관거용으로 사용할 수 있다.

(7) 폴리에스테르수지 콘크리트관

1) 레진(수지)와 모래, 자갈 등의 골재 및 충전(진)재, 보강재로 이루어진 관이며, 내산성이 우수하고 관의 노화가 적은 관재이다.

2) 관종은 이음 형상에 따라서 A형 및 B형으로 구분된다.

3) A형은 유연성을 갖는 컬러를 접속하는 이음구조이며, B형은 철근콘크리트관의 B형과 유사한 수구와 삽구를 갖는 이음구조가 된다.

(8) 제품화된 철근콘크리트 직사각형거 (PC암거)

1) 철근콘크리트 또는 프리스트레스트 콘크리트에 의한 공장제품으로 운반경로 및 시공조건에 따라 측벽, 상판, 바닥판 등으로 분할해서 제조하는 것이 가능하다.

2) 현장타설 철근콘크리트관에 비하여 공사기간이 단축된다는 이점이 있다.

(9) 현장타설 철근콘크리트관거 (RC암거)

1) 공장제품의 사용이 불가능한 경우, 큰 단면 및 특수한 단면을 하는 경우 및 특히 고강도를 필요로 하는 경우 등에는 현장에서 직접 타설하는 철근콘크리트관을 사용한다.

2) 단면과 형상은 원형 또는 직사각형을 표준으로 하고, 소규모 하수도에서는 원형 또는 계란형을 표준으로 한다.

3) 또한 원심력철근콘크리트관, 코아식 프리스트레스트 콘크리트관, 로울러전압 철근콘크리트관 및 철근콘크리트관의 하중계산은 흙두께가 극히 적은 경우나 3m 이상의 경우는 일단 점검해야만 하며, 최근의 노면하중 증대에 따른 관거에 대한 영향을 점검할 필요가 있다.

4.3.2 관거의 단면

(1) 원형

(2) 직사각형

(3) 말굽형

(4) 계란형

(5) 기타

4.4 최소관경 및 유효수심

4.4.1 최소관경

(1) 오수관거에서는 250 ㎜

(2) 우수관거 및 합류식관거에서는 450 ㎜로 한다.

4.4.2 유효수심

(1) 원형관 : 만류

(2) 장방형암거 : 비탈면고의 9할

(3) 개 거 : 적당한 여유고를 갖고 소정의 계획수량을 유하시킬 수 있는 충분한 단면

4.5 매설위치 및 깊이

4.5.1 매설위치

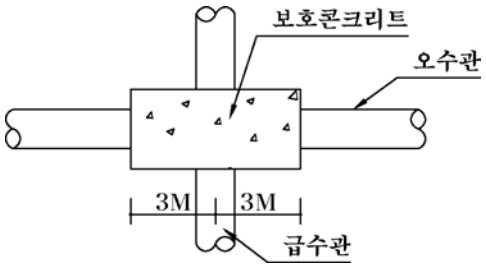
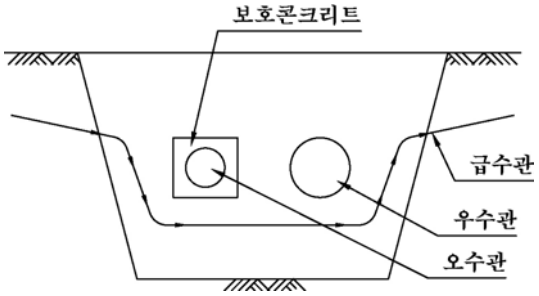
(1) 급수관, 오수관이 평행매설인 경우

1) 매설심도가 같은 경우 : 3.0m 이상 이격하여 매설

2) 매설심도가 다른 경우 : 1.8m 이상 이격하여 매설

(2) 급수관, 오수관이 교차되는 경우는 급수관 중심으로 양측으로 3.0m씩 보호콘크리트를 타설한다.

<표 4.4> 보호콘크리트 타설

평 면 도	단 면 도
	

자료 : 토목설계지침, 대한주택공사, 2005, P.79

4.5.2 매설심도

(1) 일반적인 경우

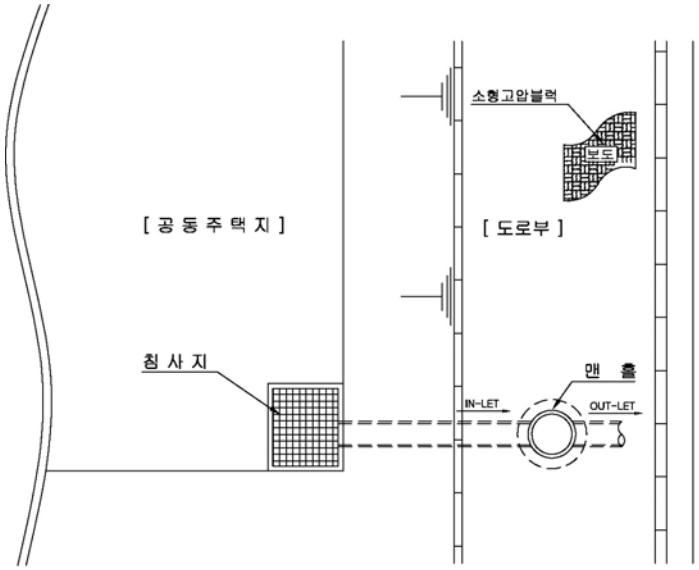
1) 도로부 : 관 상단으로부터 1.2m 이상

2) 보도부 : 관 상단으로부터 1.0m 이상

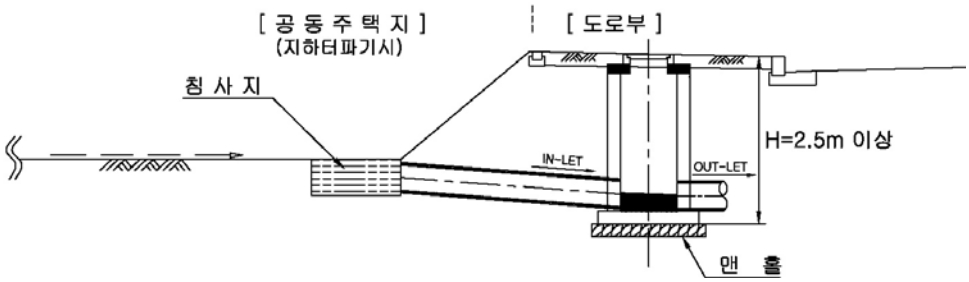
(2) 공동택지내 유입이 발생할 경우

블록내 유입맨홀을 H= 2.5m 이상으로 한다.

(3) 관로토피 과다구간 관종 선정시는 토압으로 인한 관 파손의 사례가 발생될 수 있으므로 관종선정시 토피과다구간은 외압강도에 강한 관종을 선정하고 구조계산을 행한다.



[그림 4.1] 공동주택지 매설심도



[그림 4.1] 공동주택지 매설심도(계속)

4.6 관거의 보호 및 기초공

4.6.1 외압에 대한 관거의 보호

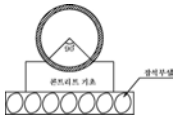
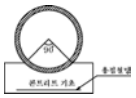
흙 두께 및 재하중이 관거의 내하력을 넘는 경우, 철도 밑을 횡단하는 경우 또는 하천을 횡단하는 경우 등에는 콘크리트 또는 철근콘크리트로 바깥둘레를 쌓아서 외압에 대하여 관거를 보호한다.

4.6.2 관거의 내면보호

관거의 내면이 마모 및 부식 등에 따른 손상의 위험이 있을 때에 내마모성, 내부식성 등에 우수한 재질의 관거를 사용하거나 관거의 내면을 적당한 방법에 의해 라이닝 또는 코팅을 해야 한다.

4.6.3 기초공

<표 4.5> 관종에 따른 기초

구 분	지 반 조 건	기 초 공	
강 성 관 • 콘크리트관	• 경질토 • 보통토	콘크리트 기 초	
	• 지 하 수 용출지반	콘크리트 기 초 + 잡 석	
	• 연약토	콘크리트 기 초 (용접철망)	
연 성 관 • 경질염화비닐관 • 주 철 관 • 강 관	• 경질토 • 보통토	모래기초	
	• 연약토	모래기초 + 콘크리트 (용접철망)	
관 기 초 공 통	• 암노출 지 반	모래기초	

자료 : 토목설계지침, 대한주택공사, 2005, P89

<표 4.6> 지반의 구분

지 반	대표적인 토질
경 질 토	경질점토, 역혼토 및 역혼사
보 통 토	모래, 로움(loam) 및 사질점토
연 약 토	실트(silt) 및 유기질토
극연약토	매우 연한 실트 및 유기질토

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.139

(1) 강성관거의 기초공

철근콘크리트관 등의 강성관거는 조건에 따라 모래, 쇄석(또는 자갈), 콘크리트 등으로 기초를 실시하며, 필요에 따라 이들을 조합한 기초를 실시한다. 단 지반이 양호한 경우에는 이들의 기초를 생략할 수가 있다.

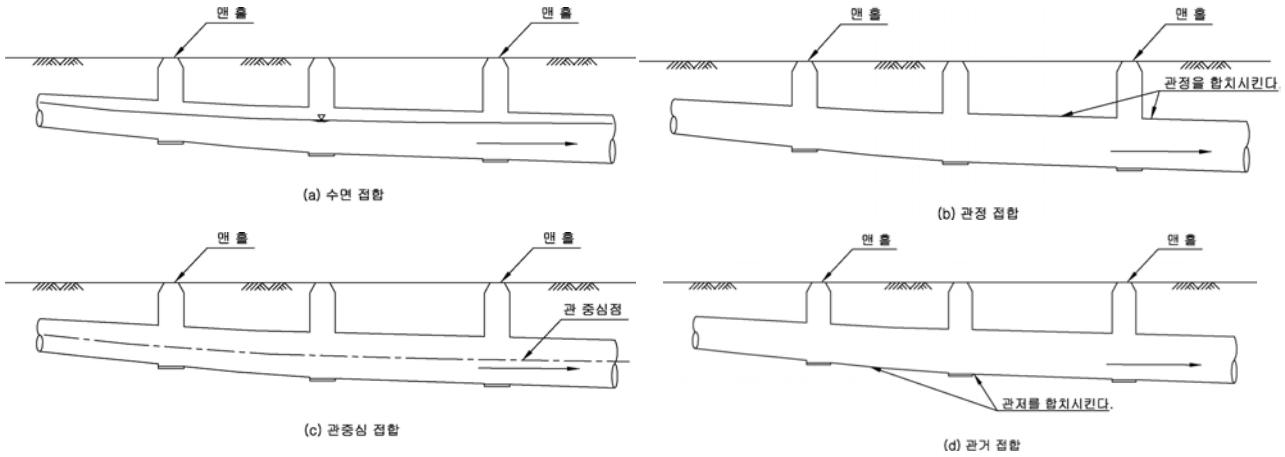
(2) 연성관거의 기초공

경질염화비닐관 등의 연성관거는 자유받침의 모래기초를 원칙으로 하며, 조건에 따라 말뚝기초 등을 설치한다.

4.7 관거의 접합과 연결

4.7.1 관거의 접합

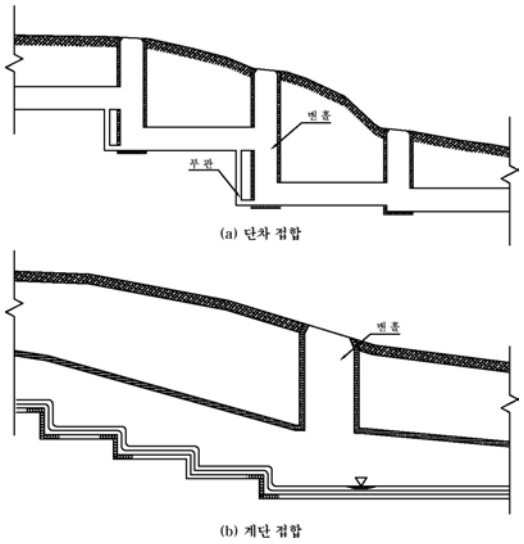
(1) 관거의 관경이 변화하는 경우 또는 2개의 관거가 합류하는 경우의 접합방법은 원칙적으로 수면접합 또는 관정접합으로 한다.



자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.149

[그림 4.2] 관거의 접합종류

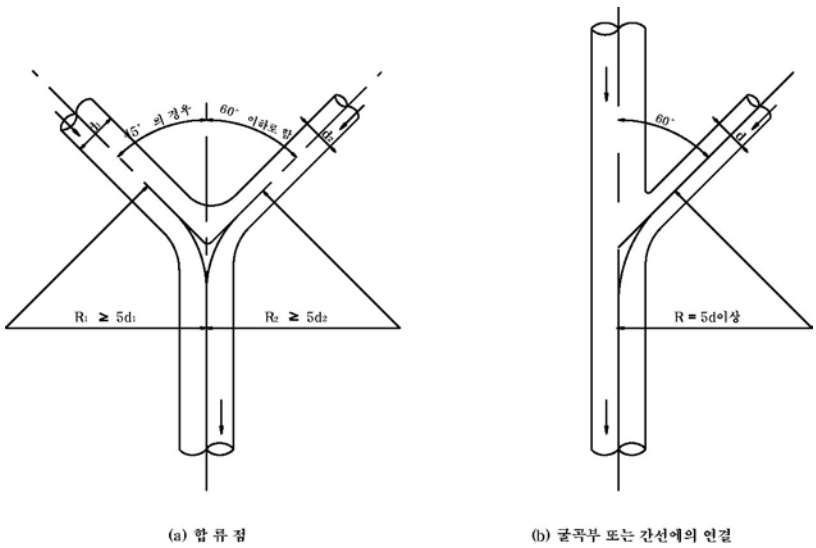
(2) 지표의 경사가 급한 경우에는 관경변화에 대한 유무에 관계없이 원칙적으로 지표의 경사에 따라서 단차접합 또는 계단접합으로 한다.



자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.15

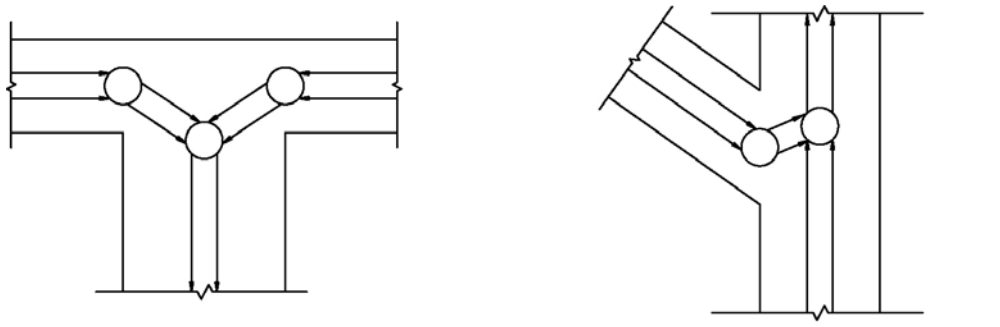
[그림 4.3] 지표의 경사가 급한 경우의 접합

(3) 2개의 관거가 합류하는 경우의 중심교각은 되도록 60도 이하로 하고 곡선을 갖고 합류하는 경우의 곡률반경은 내경의 5배 이상으로 한다.



자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.152

[그림 4.4] 관거가 합류할 때의 중심교각과 곡률반경



(a) 반대방향의 관거가 합류하여 곡절하는 경우

(b) 관거가 예각으로 곡절하는 경우

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.152

[그림 4.5] 관거가 곡절하는 경우

4.7.2 관거의 연결

(1) 관거의 연결은 수밀성 및 내구성이 있는 것으로 한다.

(2) 연약지반 등에서 관거와 맨홀 등이 강성이 높은 구조물과 접속하는 경우에는 필요에 따라 연성연결을 사용한다.

(3) 소켓연결

1) 시공이 쉽고 고무링이나 압축조인트를 사용하는 경우에는 배수가 곤란한 곳에서도 시공이 가능하며 수밀성도 높다.

2) 소켓용 관거의 운반시에는 소켓이 파손될 우려가 있으므로 주의가 요구된다.

3) 종래에는 연결부를 모르터로 충전하였으나 수중연결이 곤란하고 시공상 숙련을 필요로 하기 때문에 최근에는 모르터 대신에 고무링이나 합성수지제의 패킹을 사용한 압축조인트가 채용되고 있어 시공성, 수밀성 및 내구성이 향상되고 있다.

4) 소켓부분에 플라스틱부착 등으로 소켓고무링 접합의 효율성을 도모하기도 한다.

(4) 맞물림연결

1) 중구경 및 대구경의 시공이 쉽고 배수가 곤란한 곳에서도 시공이 가능하다.

2) 수밀성도 있지만 연결부의 관두께가 얇기 때문에 연결부가 약하고 연결시에 고무링이 이동하거나 꼬여서 벗겨지기 쉽고, 연결부에도 이것이 원인으로 누수 되는 수가 있다.

(5) 맞대기연결(수밀밴드 사용)

흄관의 칼라연결을 대체하는 방법으로서 수밀성이 크게 향상된 수밀밴드 등을 사용하여 시공한다.

(6) 충전재

1) 관거연결부의 수밀성을 유지하기 위해 연결에 충전하는 재료는 고착성, 지수성 및 내구

성이 뛰어나고 시공성이 좋은 것을 사용한다.

2) 보통 모르터가 사용되어 왔으나 강성이 있고 수축하기 쉬우며 균열이 일어나기 쉽다는 단점이 있으므로 콤포모르터로 하여 수밀성을 높일 수 있다.

3) 충전재는 토질조건 및 지하수위 등을 고려하여 선정해야 한다.

4) 부등침하를 피할 수 없는 지반에서는 충전재로는 연성의 재질이 좋고, 역청계인 것으로는 가열주입형이나 상온주입형을 사용한다. 이외에 두가지액을 혼합해서 사용하는 합성수지계의 상온주입형도 있다.

(7) 연성연결

1) 연성관사용의 경우

① 맨홀 등의 구조물과 관거와의 접속부분에 있어서 연결각도, 연결방향, 접합부 천공에 따른 관거 파손시

② 부등침하 등에 의한 편하중에 의한 관거의 손상사고시

2) 검토사항

① 내진성을 특히 필요로 하는 가의 여부

② 택지조성 등의 경우 성토구역 지반의 안정성

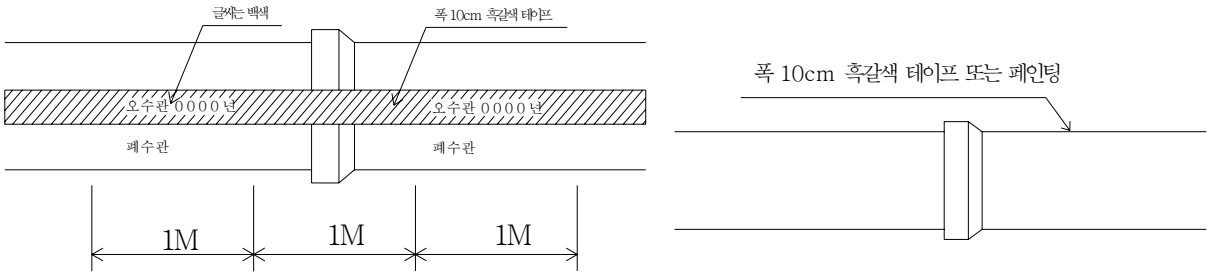
③ 연약지반 등의 경우 맨홀과 관거와의 부등침하

④ 관거의 중요성 여부

3) 대응책으로서는 이 같은 경우에 적용이 가능한 다양한 관거 형태의 개발과 더불어 접합부 이상 및 관 이음부 불량을 시공단계에서 개선하는 방안이 시급하다.

4) 연성관, 맨홀용 연성연결, 단관의 사용, 유동성 맨홀접속제, 합성수지계 접착충전제 및 수팽창 고무접속제 등이 있으며 그 외에 실트공사의 경우 연성세그먼트의 사용이 있다.

5) 채택시에는 연성, 수밀성, 내구성, 시공성 및 경제성 등을 종합적으로 검토하여야 한다.



[그림 4.6] 오수관로표시

4.7.4 수밀검사 및 CCTV 검사

매설된 하수관로에 대하여는 누수여부확인 내부접합 및 관거내의 퇴적상태, 오접 등을 확인하기 위하여 수밀검사, 내부검사를 아래 표와 같이 실시한다.

<표 4.7> 수밀검사 및 CCTV검사 방법

검 사 명	검 사 방 법	검 사 량
수밀검사	• 대상 : 오수관 • 방법 : 800㎜ 이상 : 육안검사 800㎜ 미만 : 하수도 시공관리지침에서정한 수밀검사 방법	전체 공사량의 50% 이상
내부검사	• 대상 : 우·오수관 및 BOX • 방법 : 800㎜ 이상 : 육안검사 800㎜ 미만 : CCTV에 의한 검사	전체 공사량

4.8 맨홀 및 우수토실

4.8.1 맨홀

(1) 설치장소

1) 기점

2) 관거의 방향이 변화하는 장소

3) 경사가 변화하는 장소

4) 관경이 변화하는 장소

5) 단차가 발생하는 장소

6) 관거가 합류하는 장소

7) 유지관리가 필요한 장소

(2) 맨홀 설치 간격

<표 4.8> 맨홀의 관경별 최대간격

관 경(㎜)	600이하	1,000이하	1,500이하	1,650이상
최대간격(m)	75	100	150	200

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.159

<표 4.9> 표준맨홀의 형상별 용도

명 칭	치수 및 형상	용 도
1호 맨홀	내경 900㎜ 원형	관거의 기점 및 600㎜이하의 관거 중간지점 또는 내경 400㎜까지의 관거 합류지점
2호 맨홀	내경 1,200㎜ 원형	내경 900㎜이하의 관거 중간지점 및 내경 600㎜이하의 관거 합류지점
3호 맨홀	내경 1,500㎜ 원형	내경 1,200㎜이하의 관거 중간지점 및 내경 800㎜이하의 관거 합류지점
4호 맨홀	내경 1,800㎜ 원형	내경 1,500㎜이하의 관거 중간지점 및 내경 900㎜이하의 관거 합류지점
5호 맨홀	내경 2,100㎜ 원형	내경 1,800㎜이하의 관거 중간지점

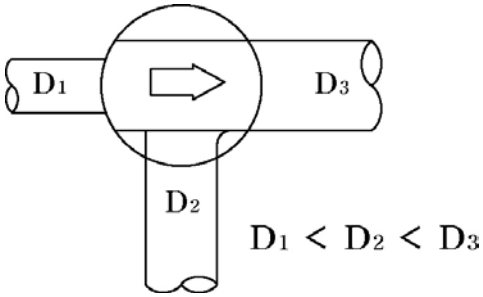
자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.160

<표 4.10> 특수맨홀의 형상별 용도

명 칭	치수 및 형상	용 도
특1호 맨홀	내부치수 600× 900㎜ 각형	흙두께가 특히 적은 경우, 다른 매설물 등의 관계 등으로 1호맨홀이 설치 안되는 경우
특2호 맨홀	내부치수 1,200× 1,200㎜ 각형	내경 1,000㎜이하의 관거 중간지점에서 원형맨홀이 설치 안되는 경우
특3호 맨홀	내부치수 1,400× 1,200㎜ 각형	내경 1,200㎜이하의 관거 중간지점에서 원형맨홀이 설치 안되는 경우
특4호 맨홀	내부치수 1,800× 1,200㎜ 각형	내경 1,500㎜이하의 관거 중간지점에서 원형맨홀이 설치 안되는 경우
특5호 맨홀	내부치수 D× 1,200㎜ 각형(D는 내경 + 인버트폭)	현장여건상 표준맨홀 및 특1,2,3호 맨홀이 설치 안 되는 경우에 600㎜ 이상의 흄관에 적용
현 장 타 설 관거용 맨홀	내경 900, 1,200㎜ 원형	직사각형거, 말굽형거 및 실드(shield)공법에 의한 하수관거의 중간지점
부관붙임 맨홀		관거의 단차가 0.6m 이상인 경우

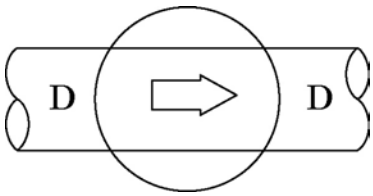
자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.160

<표 4.11> 합류맨홀의 선정표



관경	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1350	1500	1650	1800	2000
250																		
300		제 1호 맨홀																
350																		
400																		
450																		
500																		
600			제2호맨홀															
700																		
800																		
900																		
1000				제3호맨홀														
1100																		
1200				제4호맨홀														
1350																		
1500				제5호맨홀											특수 맨홀			
1650																		
1700																		
2000																		

<표 4.12> 중간맨홀



관 의 내 경(㎜)	명 칭	치수 및 형상
내경 ≤ 600	제 1호 맨홀	내경 900㎜ 원형
600 < 내경 ≤ 900	제 2호 맨홀	내경 1,200㎜ 원형
900 < 내경 ≤ 1,200	제 3호 맨홀	내경 1,500㎜ 원형
1,200 < 내경 ≤ 1,500	제 4호 맨홀	내경 1,800㎜ 원형
1,500 < 내경 ≤ 1,800	제 5호 맨홀	내경 2,100㎜ 원형

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.165

4.8.2 맨홀부속물

(1) 인버트

1) 인버트는 하류관거의 관경 및 경사와 동일하게 한다.

2) 인버트의 발 디딤부는 10~20%의 횡단경사를 둔다.

3) 인버트의 폭은 하류측 폭을 상류까지 같은 넓이로 연장한다.

4) 상류관과 인버트 저부의 단차는 3~10㎝ 정도를 확보한다.

(2) 발디딤부

1) 발 디딤부는 부식이 발생하지 않는 재질을 사용한다.

2) 발 디딤부는 이용하기에 편리하도록 설치하여야 한다.

(3) 맨홀뚜껑

1) 유지관리의 편리성 및 안전성을 고려하여 설치한다.

2) 차도 및 녹지부 : 회주철재

3) 보도부 : 칼라인조석

4.8.3 우수토실

(1) 우수토실을 설치하는 위치는 차집관거의 배치, 방류수면의 관계 및 방류지역의 주변 환경 등의 관계를 고려하여 선정한다.

(2) 우수토실에서 우수월류량은 계획하수량에서 우천시 계획오수량을 뺀 양으로 한다.

(3) 우수월류웨어의 웨어길이

$$L = \frac{Q}{1.8\,H^{3/2}}$$

여기서, L : 웨어(weir)길이(m)

Q : 우수월류량 (㎥/sec)

H : 월류수심(m)(웨어길이간의 평균값)

(4) 우수토실에는 출입구를 만들어 항상 월류웨어 또는 오수유출관거의 상태를 점검할 수 있도록 한다.

(5) 우수토실의 오수 유출관거에는 소정의 유량 이상은 흐르지 않도록 한다.

(6) 우수토실은 웨어형 이외에 수직오리피스, 기계식 수동수문 및 자동식수문, 볼텍스 밸브류 등을 사용할 수 있다.

4.9 우수조정지

4.9.1 위치

(1) 하류관거의 유하능력이 부족한 곳

(2) 하류지역의 펌프장 능력이 부족한 곳

(3) 방류수로의 유하능력이 부족한 곳

4.9.2 구조형식

(1) 댐식(제방높이 15m 미만)

(2) 굴착식

(3) 지하식

(4) 현지저류식

4.9.3 우수방류방식

(1) 우수조정지로부터의 우수방류방식은 인공조작에 의하지 않는 자연유하가 바람직하다.

(2) 굴착식 및 지하식에서는 방류지역 수로와의 수위관계 때문에 자연유하를 하는 것이 곤란한 경우 펌프 또는 수문에 의한 방류방식을 채택할 수 있다.

4.9.4 계획 강우의 확률년수

(1) 5~10년을 원칙으로 한다.

(2) 댐식의 경우 30~50년 범위에서 적절한 것으로 한다.

4.9.5 유입우수량의 산정

우수조정지에서 각 시간마다의 유입 우수량은 장시간 강우자료에 의한 강우강도 곡선에서 작성된 연평균 강우강도를 기초로 하여 산정한다.

4.9.6 조절용량의 산정

조절용량이란 계획강우에 따라 발생하는 첨두유량을 우수조정지로부터 하류로 허용되는 방류량까지 조절하기 위해 필요한 용량으로, 그 산정은 우수조절계산에 따른다.

4.9.7 방류관거

자유수면의 수로에서 계획방류량을 방류시킬 수 있는 것을 한다.

4.9.8 퇴사량

토지이용, 지형, 지질 및 유지관리방법 등을 고려하여 정한다.

4.10 개거의 종류와 단면

4.10.1 개거의 종류와 단면

(1) 무근콘크리트

(2) 돌쌓기

(3) 콘크리트블록 쌓기

(4) 철근콘크리트

(5) 철근콘크리트조립흙막이

4.10.2 개거의 단면

(1) 사다리꼴

(2) 직사각형

(3) 반원형

4.11 물받이 및 연결관

4.11.1 오수받이

(1) 설치 : 공공도로와 사유지 경계부근의 유지관리상 지장이 없는 장소에 설치한다.

(2) 형상 및 구조

1) 형상 및 재질

<표 4.13> 오수받이의 형상별 용도

명 칭		내 부 치 수	용 도
콘크리트제	1호 오수받이	내경 300㎜ 원형 또는 내경 300×300㎜ 각형	연결관 내경 150㎜, 물받이깊이 1.2m미만의 경우에 사용
	2호 오수받이	내경 500㎜ 원형 또는 내경 500×500㎜ 각형	연결관 내경 150㎜, 물받이깊이 0.7m이상의 경우에 사용
	3호 오수받이	내경 700㎜ 원형 또는 내경 700×700㎜ 각형	연결관 내경 200㎜이상인 곳에 사용
플라스틱제	경질염화비닐제 오수받이	내경 200㎜ 원형 내경 300㎜ 원형 내경 350㎜ 원형	연결관 내경 150㎜ 이하인 곳에 사용
	폴리프로필렌제 오수받이	내경 300㎜ 원형 내경 350㎜ 원형	연결관 내경 150㎜ 이하인 곳에 사용

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.189

2) 오수받이의 규격은 내경 30~70㎝, 깊이 70~100㎝ 정도로 한다.

3) 오수받이의 저부에는 인버트를 반드시 설치한다.

4) 오수받이 뚜껑은 주철제, 철근콘크리트제 및 그 외의 견고하고 내구성이 있는 재료로 만들어진 밀폐뚜껑으로 한다.

4.11.2 우수받이

(1) 설치

1) 도로 옆의 물이 모이기 쉬운 장소나 L형 측구의 유하방향 하단부에 반드시 설치한다. 단 횡단보도 및 출입구 앞에는 가급적 설치하지 않는 것이 좋다.

2) 우수받이의 설치위치는 보·차도의 구분이 있는 경우에는 그 경계로 하고, 보·차도의 구분이 없는 경우에는 도로와 사유지의 경계에 설치한다.

3) 노면배수의 우수받이 간격은 대략 10~30m 정도로 하나 도로폭 및 경사 등을 고려하여 적당한 간격으로 설치한다.

4) 우수받이는 협잡물 및 토사의 유입을 저감할 수 있는 방안을 고려하여야 한다.

(2) 형상 및 구조

1) 형상 및 재질

<표 4.14> 우수받이의 형상별 용도

명 칭	내 부 치 수	용 도
차도측 1호 우수받이	300 × 400㎜	L형 측구의 폭이 50㎝ 이하의 경우에 사용
차도측 2호 우수받이	300 × 800㎜	L형 측구의 폭이 50㎝ 이하의 경우에 사용 교차로나 도로의 종단경사가 큰 곳에 사용
보 도 측 우수받이	500 × 600㎜	도로의 종단경사가 급하지 않은 곳에 사용 차도측 1호 및 2호 우수받이 적용이 곤란한 곳에 사용

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.194

2) 우수받이의 규격은 내경 30~70㎝, 깊이 80~100㎝ 정도로 한다.

3) 우수받이의 저부에는 깊이 15㎝ 이상의 이토실을 반드시 설치한다.

4) 오수받이 뚜껑은 강제, 주철제, 철근콘크리트제 및 그 외의 견고하고 내구성이 있는 재질로 한다.

5) 우수받이는 표준형 이외에 협잡물 및 토사유입을 막기 위한 침사조 및 토사받이 등을 설치한 개량형 우수받이를 설치할 수 있다.

4.11.3 집수받이

개거와 암거를 접속하는 경우 및 횡단하수구 등에 설치한다.

<표 4.15> 집수받이의 형상별 용도

명 칭	내 부 치 수	용 도
1호 집수받이	300 × 400㎜	폭 300㎜까지의 U형 측구에 사용
2호 집수받이	450 × 450㎜	폭 300 ~ 450㎜까지의 U형 측구에 사용
3호 집수받이	450 × 450㎜	폭 450㎜까지의 U형 측구에 사용

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.196

4.11.4 우수연결관 매설

(1) 배치

1) 각도는 본관에 대하여 직각으로 매설하고 연결각도는 본관직경의 1/2이하인 경우는 90°로 연결하고 1/2이상인 경우는 가급적 근거리의 맨홀에 연결하되 맨홀이 없는 경우는 본관에 직각방향으로 매설하는 것을 원칙으로 하고, 본관 연결부의 접합은 흐름 방향에 대하여 60°로 설치한다.

2) 연결관의 기울기는 1%이상으로 한다.

3) 연결관은 본관의 중심선보다 상방 45°부근에 연결한다.

(2) 규격

1) 단지 내(일반) : 200㎜

2) 단지 내(지하주차장 상부) : 150㎜, 200㎜

3) 도시계획도로 : 200㎜, 250㎜

(3) 연결방법

1) 분기관사용

① 콘크리트관 : 접속관 사용

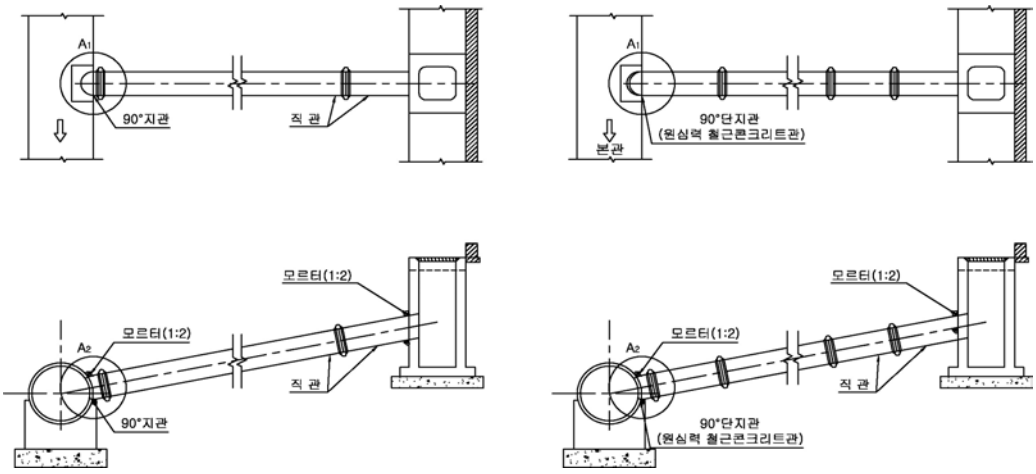
② 금속관 : 접속형 이형관 사용

2) 기계천공후 접속구 사용

곡선부위, 매설심도가 깊은 곳, 분기관의 자재수급 곤란 등 분기관이 사용이 곤란한 경우 본관에 기계 천공후 접속구를 사용하여 관 연결(설계시 위치 선정 후 개소수 반영)

① 연결관이 나선형금속관, PVC이중벽관인경우 : PVC제품

② 연결관이 콘크리트관인 경우 : 주철제품



자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.199

[그림 4.7] 관연결도의 예

4.11.5 우 · 오수 분기관 설치

(1) 소규모 필지 (단독주택, 준주거, 상업, 파출소, 주차장 등)

1) 분기대상 : 오수관

2) 분기방법

① 획지분할도, 지구단위계획 및 향후 건축물의 배치 등을 감안하여 1필지당 1개소를 분기한다.

② 분기관과 본관의 연결은 맨홀 접합을 원칙으로 하되, 연접한 2개 필지경계에 오수맨홀을 설치하여 가급적 맨홀 개소수를 줄일 수 있도록 고려한다.

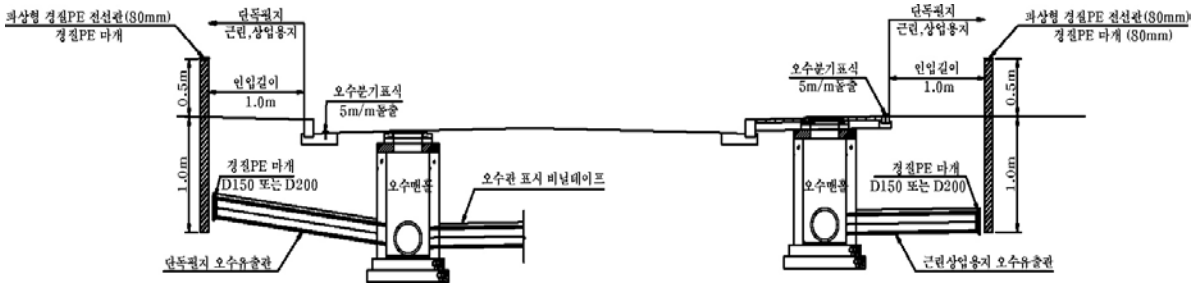
③ 분기관은 경계로부터 1m이상 필지내로 인입하고 말구는 경질PE마개로 폐쇄

3) 매설심도는 자연배수가 가능토록 하되, 매설심도는 1.0m로 한다.

4) 분기표지

① 매설위치 표시를 위해 분기관 말구에 전선관(파상형경질 PE관)을 설치하여 지반고 0.5m이상 노출한다.

② 분기관 상부의 L형측구 또는 보도경계석에는 분기표지를 설치한다.



자료 : 토목설계지침, 대한주택공사, 2005, P.86

[그림 4.8] 오수 분기표지 단면도

(2) 대규모 필지 (공동주택, 학교용지 등)

1) 분기대상

① 우수관

② 오수관

2) 분기방법

① 지구단위계획 및 향후 건축물의 배치, 조성계획, 유역면적 등을 감안하여 1필지당 1~2개소 이상 분기한다.

② 분기관은 경계로부터 5m이상 필지내로 인입하고 맨홀을 설치한다.

3) 매설심도

본관의 인입관저고 높이와 동일하게 하고 분기관의 기울기는 1%이상 유지한다.

4.12 역사이펀(Inverted syphon) 관거시설

4.12.1 설치위치

하수관거가 하천, 궤도, 지하철 등 이설 불가능한 지하매설물을 횡단하는 경우 역사이펀 (Inverted syphon)을 설치한다.

4.12.2 고려사항

(1) 장애물 양측에 수직으로 역사이펀실을 설치한다.

(2) 역사이펀 관거는 2계열 이상으로 하고 되도록 분리 설치한다.

(3) 관거는 수평으로 연결하는 U자형, 경사시켜 연결하는 V자형 구조로 역사이펀실로 연결한다.

(4) 역사이펀 전후 연결관은 피해가 일어나기 쉬운곳이므로 완경사로 하고 기초를 견고히 한다.

(5) 굴곡부는 상하부 모두 콘크리트 지지대에 정착시켜 이음탈출을 방지한다.

(6) 역사이펀은 Flexible 이음으로 한다.

(7) 연약지반의 역사이펀은 말뚝기초로 견고히 하고, 지반침하가 큰 장소는 메커니컬 이음 등을 설비한다.

(8) 관거의 유입·유출구는 손실수두가 적게 bell mouth형으로 한다.

$$H = iL + 1.5\frac{V^2}{2g} + 3 \sim 5cm$$

여기서, H : 손실수두(m)

i : 유속에 대한 동수경사

g : 중력가속도(980 cm/s^2)

L : 관거길이(m)

V : 관내유속(m/s)

(9) 관내유속은 토사침전이 없도록 상층유속보다 20~30% 증가시킨다.

(10) 역사이펀 관거의 흙두께는 하천관리자와 협의한다.

(11) 하저를 두꺼운 흙덮기로 횡단하므로 내부에서 검사·보수가 가능하도록 양단에 맨홀과 이토관을 설치한다.

(12) 역사이펀실에는 수문설비 및 0.5m 정도 깊이로 이토실을 설치한다. 역사이펀실 깊이 5m 이상인 경우 중간에 배수펌프 설치대를 둔다.

(13) V자형 역사이펀에는 장래 청소를 위해 wire rope를 설치한다.

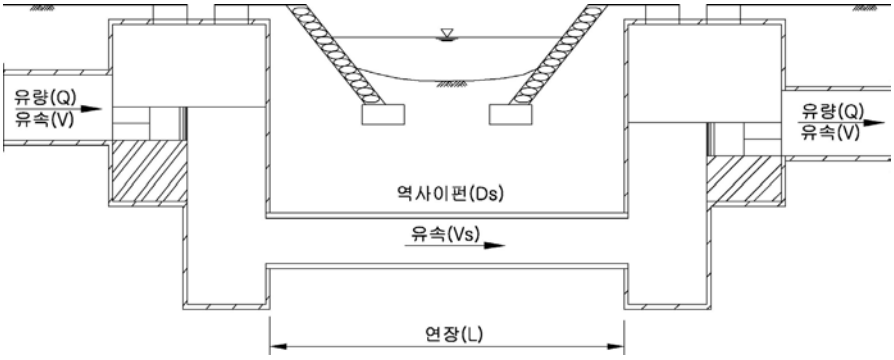
(14) 역사이펀 관거는 교대, 교각 등의 바로 밑은 피한다.

(15) 하천, 상수도, 철도, 가스 및 전선 cable 등이 매설관 밑을 횡단하는 경우 관리자와 협의후 방호시설한다.

(16) 매설심도, 연장, 제방횡단공법 등은 관계당국의 관리자와 충분히 협의 후 결정한다.

(17) 하저 횡단시 상류에 우수토실이 없는 경우 역사이펀 상류측의 재해방지를 위해 비상 방류관거를 설치한다.

(18) 호안 및 눈에 띄기 쉬운 곳에 표식을 설치한다.



[그림 4.9] 역사이펀

4.13 하수암거 유지관리 시설

4.13.1 수위조절공

(1) 설치대상

2련 이상의 하수암거로서 좌, 우측의 지선관로에서 유입되는 하수량이 달라 유량배분이 필요한 경우에 설치한다.

(2) 설치간격

1) 지선관로 연결부는 연결지점에서 5m 하류지점에 설치하고 하수유입이 없는 중간 구간에서는 40m마다 설치하되 3련 이상의 암거인 경우 동일한 단면에 설치되지 않도록 연속하여 5m 하류지점에 설치한다.

2) 단, 암거의 높이가 3.5m 이상인 경우 구조적으로 취약하지 않도록 수위조절공의 순 간격

이 암거 높이에 여유치 1.0m를 더한 값 이상이 되도록 암거높이+수위조절공폭 + 1.0m 하류지점에 설치한다.

(3) 설치규격

수위조절공 설치 폭은 1.5m를 기준으로 하고 설치높이는 구조계산결과에 따라 개구부 보강을 위해 추가하는 거어더 철근 등의 설치에 지장이 없는 범위 내에서 최대한 높은 폭으로 결정한다. (단 최소한 헌치부는 유지되어야 함.)

4.13.2 장비반입구

(1) 설치대상

1) 장비제원 및 작업량 등을 감안하여 2.0×2.0규격이상의 암거연장이 200m이상일 때에 설치함을 원칙으로 한다.

2) 다만, 다음의 경우에는 설치하지 아니한다.

① 지형적인 여건 등으로 보아 하천방류지점의 장비투입에 큰 지장이 없는 경우

② 유속저감을 위해 계속적으로 낙차공을 설치한 경우 등과 같이 암거 내에서 장비 이동이 사실상 불가한 경우

③ 기타 장비투입구 설치의 실효성을 기대하기 어려운 경우

(2) 설치간격

1) 설치대상 암거연장의 개략 중간지점에 1개소를 설치하되 2련 이상의 암거일 경우 각 단면마다 각각 설치함을 원칙으로 한다.

2) 다만, 설치대상 암거 연장이 1,000m 이상이 되거나 중간에 낙차공이 설치되어 장비통행이 단절되는 경우 등 추가 설치가 필요하다고 판단되는 경우 설치개소를 추가하고 위치를 적절히 조정할 수 있다.

(3) 설치규격

소형 로우더의 제원을 감안하고 집토된 흙을 장비를 사용하여 반출할 수 있도록 2.0m × 2.0m 규격으로 한다.

(4) 뚜껑설치

장비투입구 뚜껑은 중차량 통행에도 안전하도록 구조계산을 거쳐 재질 및 규격을 결정하여야 하고 또한 이탈 등의 문제가 발생하지 않도록 설계하여야 한다.

5 펌프장

5.1 펌프장의 종류

5.1.1 빗물펌프장

(1) 빗물펌프장은 우천시에 지반이 낮은 지역에서는 자연유하에 의해 우수를 배제할 수 없으므

로 배수구역내의 우수를 방류지역으로 배제할 수 있도록 설치하는 펌프장이다.

(2) 빗물펌프장의 설계빈도는 사업의 특성과 경제성 검토결과에 따라 조정할 수 있다.

<표 5.1> 국내외 빗물펌프장 확률규모 적용기준 및 현황

국 명	적 용 기 준	각 기관별 적용예	비 고
국 내	• 하천설계기준・해설[1)] : 20년 (주로 농경지 기준) 또는 비용-편익계산에 의하여 결정 • 농지개량사업계획 설계기준[2)] : 20년	• 서울시 : 20년 (83.6㎜/hr) • 부산시 : 30년 (71.9㎜/hr) • 울산시 : 30년 (77.9㎜/hr) • 대구시 : 기왕최대 • 농업진흥공사[3)] -익산・마산지구 : 20년 -부여・정동지구 : 20년	
일 본	• 하천시설기준 : 3 ~ 12년 • 하수도시설기준 : 10년	• 동 경 : 5년(50㎜/hr) • 오오사카 : 12년 (60㎜/hr) • 요코하마 : 10년 (60㎜/hr)	

주 1. 하천설계기준・해설 (2005, 한국수자원학회)

2. 농지개량사업 계획 설계기준, 배수편 (1983, 농수산부)

3. 농업진흥공사; 익산, 마산지구(1987.7), 부여 정동지구(1987.12)

5.1.2 중계펌프장

중계펌프장은 관로가 길 경우 관거의 매설깊이가 깊어져 비경제적으로 되는 경우 유입구역의 오수를 다음의 펌프장 또는 처리장으로 수송하는 목적을 가진 펌프장이다.

5.1.3 처리장내 펌프장

처리장내 펌프장은 유입하수를 자연유하로 처리해서 항상 하천이나 해역으로 방류시킬 수 있도록 설치한 펌프장이다.

5.2 계획하수량

<표 5.2> 펌프장시설의 계획하수량

하수배제방식	펌프장의 종류	계 획 하 수 량
분 류 식	중계펌프장 처리장내 펌프장	계획시간 최대오수량
	빗물펌프장	계획오수량
합 류 식	중계펌프장 처리장내 펌프장	우천시 계획오수량
	빗물펌프장	계획하수량 - 우천시 계획오수량

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.261

5.3 위치

(1) 빗물펌프장

되도록 방류수역에 가까이 위치하여, 펌프로부터 직접 방류할 수 있거나 방류관거를 사용하더라도 단거리인 것이 좋다.

(2) 중계펌프장

가능한 설치 수가 적게 되도록 그 위치를 정한다.

(3) 처리장내 펌프장

유입관거, 처리시설의 배치, 방류관거 등을 종합적으로 검토하고, 합리적인 배치계획에 기초하여 위치를 결정한다.

5.4 흡입수위

(1) 오수펌프의 흡입수위는 원칙적으로 유입관거의 일평균 오수량이 유입할 때의 수위로 정한다.

(2) 빗물펌프의 흡입수위로 유입관거의 계획하수량이 유입할 때의 수위로 정한다.

5.5 배출수위

(1) 빗물펌프장은 배수구역의 중요도에 따라 최고배출수위를 정한다.

(2) 중계펌프장 및 처리장내 펌프장은 각각의 계획에 의하여 정한다.

5.6 펌프시설

5.6.1 계획하수량과 대수

(1) 펌프의 설치대수는 계획오수량과 계획우수량에 대하여 각각 2~6대를 표준으로 한다.

<표 5.3> 오수펌프의 설치 예

펌프능력 / 설치대수	case	소	중	대
2대	1	-	1/2・Q×2대	-
3대	1	1/4・Q×2대	-	2/4・Q×1대
	2	1/6・Q×1대	2/6・Q×1대	3/6・Q×1대
4대	1	1/8・Q×2대	2/8・Q×1대	4/8・Q×1대
	2	1/8・Q×1대	2/8・Q×2대	3/8・Q×1대
5대	1	1/10・Q×2대	2/10・Q×2대	4/10・Q×1대
	2	1/13・Q×1대	12/13・Q×2대	4/13・Q×2대

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.291

주) • 계획오수량을 Q로 한다.

• case1, 2를 유입수량의 변동 폭 등에 의해 선택한다.

(2) 펌프대수는 계획오수량 및 계획우수량의 시간적 변동과 펌프의 성능을 기준으로 정하며, 수량의 변화가 현저한 경우에는 용량이 다른 펌프를 설치하도록 한다.

1) 펌프는 가능한 한 최고효율점 부근에서 운전하도록 대수 및 용량을 정한다.

2) 펌프의 설치대수는 유지관리상 가능한 한 적게 하고 동일용량의 것으로 한다.

3) 펌프는 용량이 클수록 효율이 높으므로 가능한 대용량의 것으로 한다.

4) 건설비를 절약하기 위해 예비는 가능한 한 대수를 적게 하고 소용량으로 한다.

5) 건설중의 일부 통수시나 청천시 등 수량이 적은 경우 또는 수량의 변화가 현저한 경우는 유지관리상 경제적으로 운전하기 위하여 용량이 다른 펌프를 설치하거나 동일용량의 펌프 회전수를 제어한다.

5.6.2 펌프 흡수조

(1) 수밀성 있는 철근콘크리트 구조로 한다.

(2) 합류식에서는 오수전용과 우수전용으로 구별해서 설치하는 것이 좋다.

(3) 종류 및 형식에 적합하게 배치하고 펌프고정부 위치로부터 수직 또는 수평으로 설치한다.

(4) 펌프 흡수조가 실내에 설치되고 펌프실 바닥면이 지반보다 낮은 경우에는 펌프 흡입부의 바닥판, 건물바닥 및 측벽 등은 일체로 하고, 수밀성 있는 구조로 한다.

(5) 펌프 흡입부의 상부에는 수밀성 있는 맨홀을 설치한다.

5.6.3 펌프의 구경

(1) 펌프의 흡입구경은 토출량과 펌프 흡입구 유속으로부터 구한다.

$$D = 146\ (\frac{Q}{V})^{1/2}$$

여기서, D : 펌프의 흡입구경(㎜)

Q : 펌프의 토출량(㎥/min)

V : 흡입구의 유속(m/sec)

(2) 흡입구의 유속은 펌프의 회전수 및 흡입 실양정 등을 고려하여 1.5~3.0m/s를 표준으로 한다.

(3) 펌프의 토출구경은 흡입구경, 전양정 및 비교회전도 등을 고려하여 정한다.

5.6.4 펌프의 전양정

(1) 펌프의 전양정은 실양정과 펌프에 부수된 흡입관, 토출관 및 밸브의 손실수두를 고려하여 정한다.

$$H = ha + hpv + ho$$

여기서, H : 전양전(m)

ha : 실양정(m)

hpv : 흡입 및 토출관의 손실수두의 합(m)

ho : 토출관 말단의 잔류속도수두(m)

(2) 실양정은 펌프의 흡입수위 및 배출수위의 변동, 범위, 계획하수량, 펌프특성, 사용목적 및 운전의 경제성 등을 고려하여 정한다.

5.6.5 펌프의산정

(1) 펌프는 계획조건에 가장 접합한 표준특성을 가지도록 비교 회전도를 정하여야 한다.

(2) 펌프는 흡입실제양정 및 토출량을 고려한다.

(3) 침수될 우려가 있는 곳이나 흡입실제양정이 큰 경우에는 입축형 혹은 수중형 으로 한다.

(4) 펌프는 내부에서 막힘이 없고, 부식 및 마모가 적으며, 분해하여 청소하기 쉬운 구조로 한다.

<표 5.4> 총양정에 대한 펌프의 형식

총 양 정(m)	형 식	펌 프 구 경(㎜)
5 이하	축 류 펌 프	400 이상
3 ~ 12	사 류 펌 프	400 이상
5 ~ 20	원심 사류 펌 프	300 이상
4 이상	원 심 펌 프	80 이상

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.300

(5) 비교회전도(Ns)와 펌프형식

$$N_S = N \times \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

여기서, N_S : 비교회전도

N : 펌프의 규정회전도(회/min)

Q : 펌프의 규정토출량(㎥/min)(양흡입의 경우에는 1/2로 한다.)

H : 펌프의 규정양정(m)(다단펌프의 경우에는 1단에 해당하는 양정)

<표 5.5> 펌프의 형식과 비교회전도(N_S)와의 관계

형	식	N_S
터 빈 펌 프	1단식 편흡입 및 양흡입형 다단식	100 ~ 250 100 ~ 250
원 심 펌 프	1단식 편흡입형 1단식 양흡입형 다단식	100 ~ 450 100 ~ 750 100 ~ 200
사 류 펌 프		700 ~ 1,200
축 류 펌 프		1,100 ~ 2,000

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.301

5.6.6 펌프의 축동력

$$P_S = \frac{Q \times p \times g \times H}{\eta} \times \frac{1}{100}$$

여기서, P_S : 펌프의 축동력(kW)

Q : 펌프의 토출량(㎥/sec)

p : 양정하는 물의 단위질량(kg/㎥)

(단, 하수의 경우는 1,000kg/㎥)

g : 중력가속도(9.8m/sec^2)

H : 펌프의 총양정(m)

η : 펌프의 효율

5.6.7 원동기 출력

$$P = \frac{P_S(1+a)}{\eta_b}$$

여기서, P : 원동기 출력(kW)

P_S : 펌프의 축동력(kW)

a : 여유율

η_b : 전달효율(직결의 경우 1.0)

<표 5.6> 원동기의 여유율(a)

전동기의 종류 / 펌프형식	전 동 기		내 연 기 관	
	A의 경우	B의 경우	A의 경우	B의 경우
원 심 펌 프	0.10	0.15	0.15	0.20
사 류 펌 프	0.15	0.20	0.25	0.30
축 류 펌 프	0.20	0.25	0.30	0.35

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.308

5.6.8 흡입실양정

(1) 펌프의 흡입실양정은 공동현상이 발생하지 않도록 펌프의 형식에 따라 가능한 한 작게 한다.

(2) 펌프의 흡입실양정 및 회전수는 공동현상을 피하기 위하여 토출량 및 전양정과의 관계를 충분히 고려하여 정한다.

6. 하수처리시설

6.1 하수처리시설 설치사업 추진시 관련사항

6.1.1 하수처리시설 설치사업 고려사항

(1) 하수도정비 기본계획 변경 관련

1) 하수처리시설 건설은 지자체 하수도정비기본계획에 따라 설치하도록 되어 있으며 (하수도법 제5조의2), 택지개발사업지구내 설치하는 자체 하수처리시설이더라도 택지개발사업과는 별도로 인허가(설치인가 및 공사시행허가 등)를 추진하도록 되어 있음.

2) 택지개발사업 추진으로 신규발생 하수처리를 위해 하수처리시설을 신설할 필요가 있는 경우 하수도정비 기본계획에 미반영되어 있는 경우가 대부분으로 하수처리시설 건설 사업은 하수도정비기본계획을 변경한 후 추진하여야 하나, 하수도정비기본계획 변경에 최소 15개월 이상(보고서 작성 : 9개월, 환경부 승인 : 6개월 이상), 하수처리시설 설치사업 추진에 최소 40~47개월 이상 (일반입찰공사인 경우) 소요되는 등 사업 추진기간이 장기간 소요. (약 56~62개월)

3) 따라서 하수처리시설을 신설하여야 할 경우에는 사업추진기간이 장기간 소요되는 점을 감안할 때 하수처리시설 설치사업은 사업추진 초기에 지자체 하수도 정비기본계획 변경 협의 등을 추진하여야 함.

(2) 환경영향평가 관련사항

1) 사업지구내 부지에 자체 하수처리시설을 설치할 경우 환경영향평가를 수행하여야 하나 (10만 톤 이상 : 환경영향평가, 10만 톤 미만 : 환경성검토), 사업지구내 환경영향 평가로 대체되어 별도 수행할 필요는 없음.

2) 사업지구내 환경영향평가를 수행한 경우라도 환경영향평가서에 하수처리시설의 내용이 미 수록되어 있는 경우는 기수행한 환경영향평가 협의내용을 변경하여야 함. (환경· 교통·재해 등에 관한 영향평가법 제24조 및 동법 시행령 제 24조)

6.1.2 하수처리시설 부지면적, 사업비, 사업추진기간

(1) 부지면적

1) 시설용량별 소유부지 면적

『주택단지 내 상수·오수발생량 원단위 산정 및 소요비용 연구, 2001. 07, 환경부, 한국토지공사』

$A = 6.084Q^{0.578}$

여기서, A : 면적(천㎡), Q : 시설용량(천 톤/일)

2) 상기 산정식은 하수처리시설의 시설용량에 대한 부지면적의 상관관계를 도출하기 위해

현재 가동 중인 총 172개 하수처리시설의 실제 부지면적을 기초로 시설용량별로 회귀분석을 하여 도출된 함수식이며 실제로는 단계적 증설, 처리장 주변여건 등을 감안하여 실제 부지면적을 조정하여 결정하고 있음.

(2) 사업비

1) 하수처리시설 총사업비

시설비, 시설부대경비(설계비, 시설부대비, 책임감리비), 용지보상비

2) 시설비 산정공식

「주택단지 내 상수·오수발생량 원단위 산정 및 소요비용 연구, 2001. 07, 환경부, 한국토지공사』

① 1만 톤/일 미만

$C = 125.07 \times Q^{0.537}$ + (하수관거 및 중계펌프장 설치비)

② 1만 톤/일 이상

$C = 62.55 \times Q^{0.619}$ + (하수관거 및 중계펌프장 설치비)

여기서, C : 공사비(백만 원), Q : 톤/일

(3) 사업추진기간

1) 일반입찰공사(실시설계 시공입찰) : 40~47개월 이상

① 설계 및 인허가 : 15개월 이상

(기본계획 4개월, 기본설계 2개월, 시/도 기본설계 자문 2개월, 실시설계 및 자문 4개월, 시/도 설치인가 및 공사시행허가 3개월)

② 공사입찰 및 업체선정 : 2개월

③ 하수처리시설 공사 : 공사규모에 따라 24~30개월(시운전 6개월 포함)

2) T.K입찰공사(설계시공 일괄입찰) : 46~52개월 이상

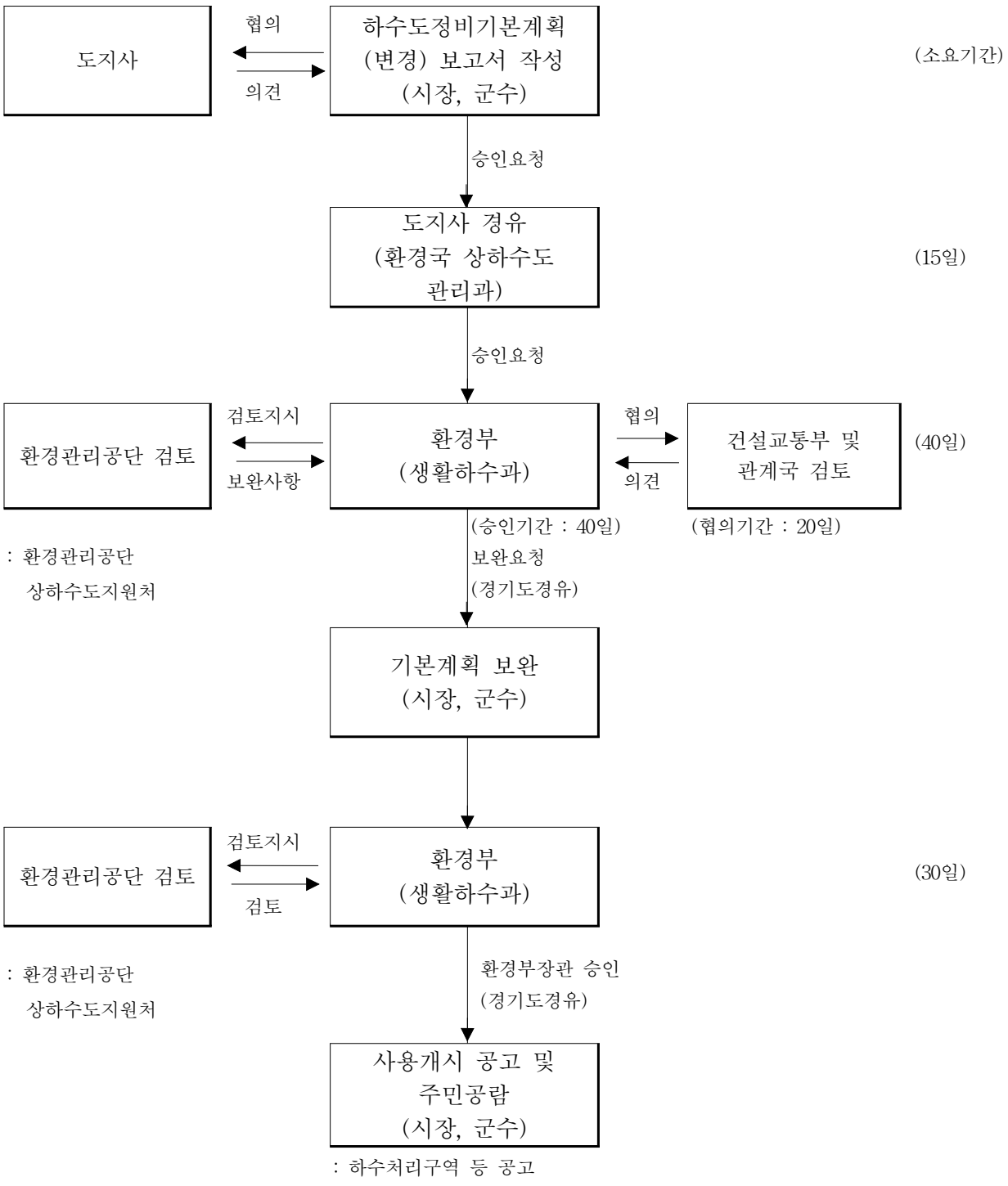
① 기본계획(입찰안내서 포함)및 인허가 : 12개월 이상

(기본계획 4개월, 시/도 기본계획 자문 2개월, 기본계획 보완 및 자문 4개월, 시/도 설치인가 3개월)

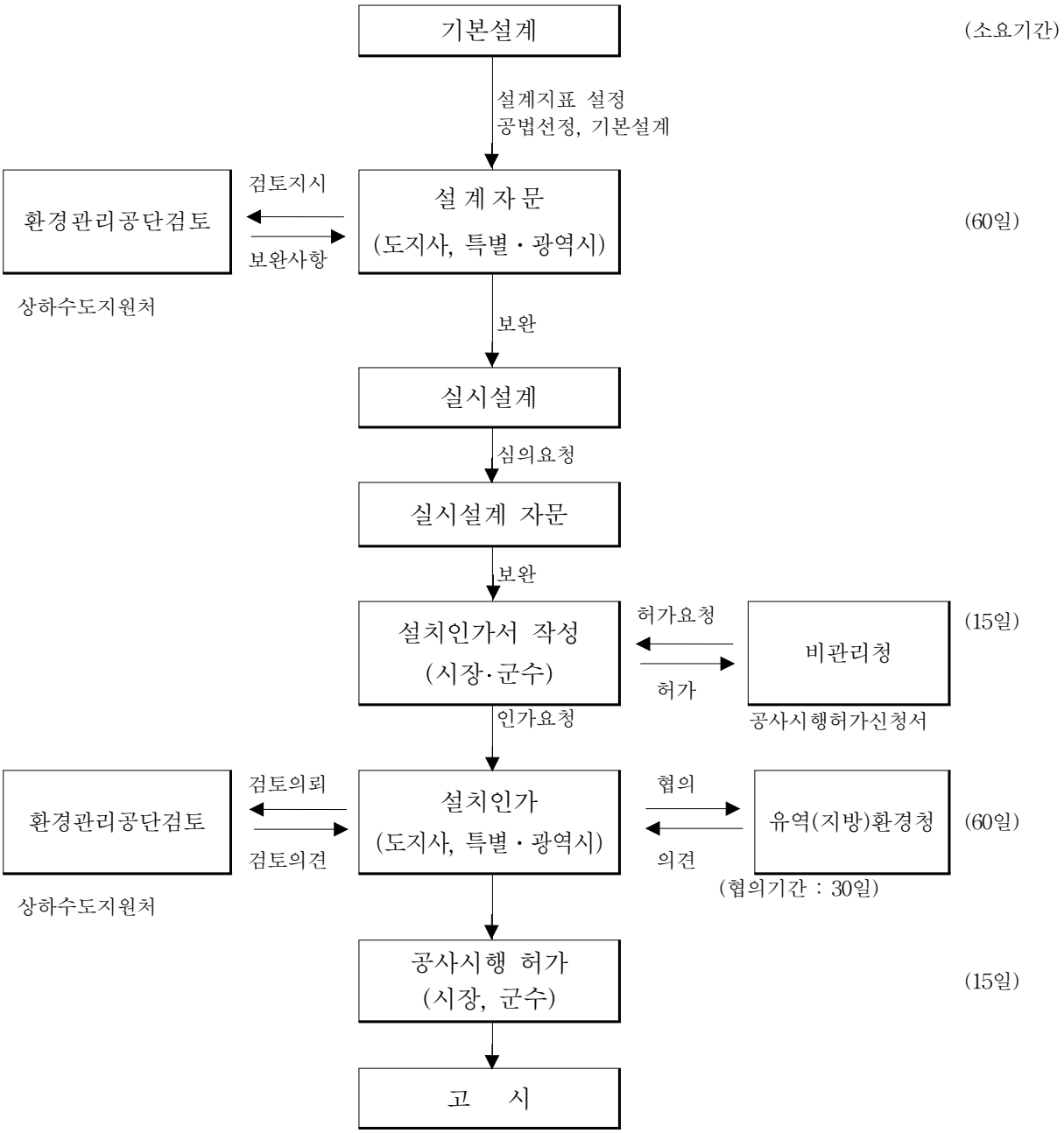
② T.K공사 입찰 : 10개월

(입찰공고 및 기본설계 4개월, 실시설계 적격자 선정 2개월, 실시설계도서 작성, 시/도 변경설치인가 및 공사시행허가 4개월)

3) 상기 사업추진기간은 기존하수처리시설 사업추진 사례를 조사, 분석한 사업추진 기간으로 정상적으로 사업추진되었을 경우의 최소소요기간으로 사업추진여건에 따라 변경될 수 있음.



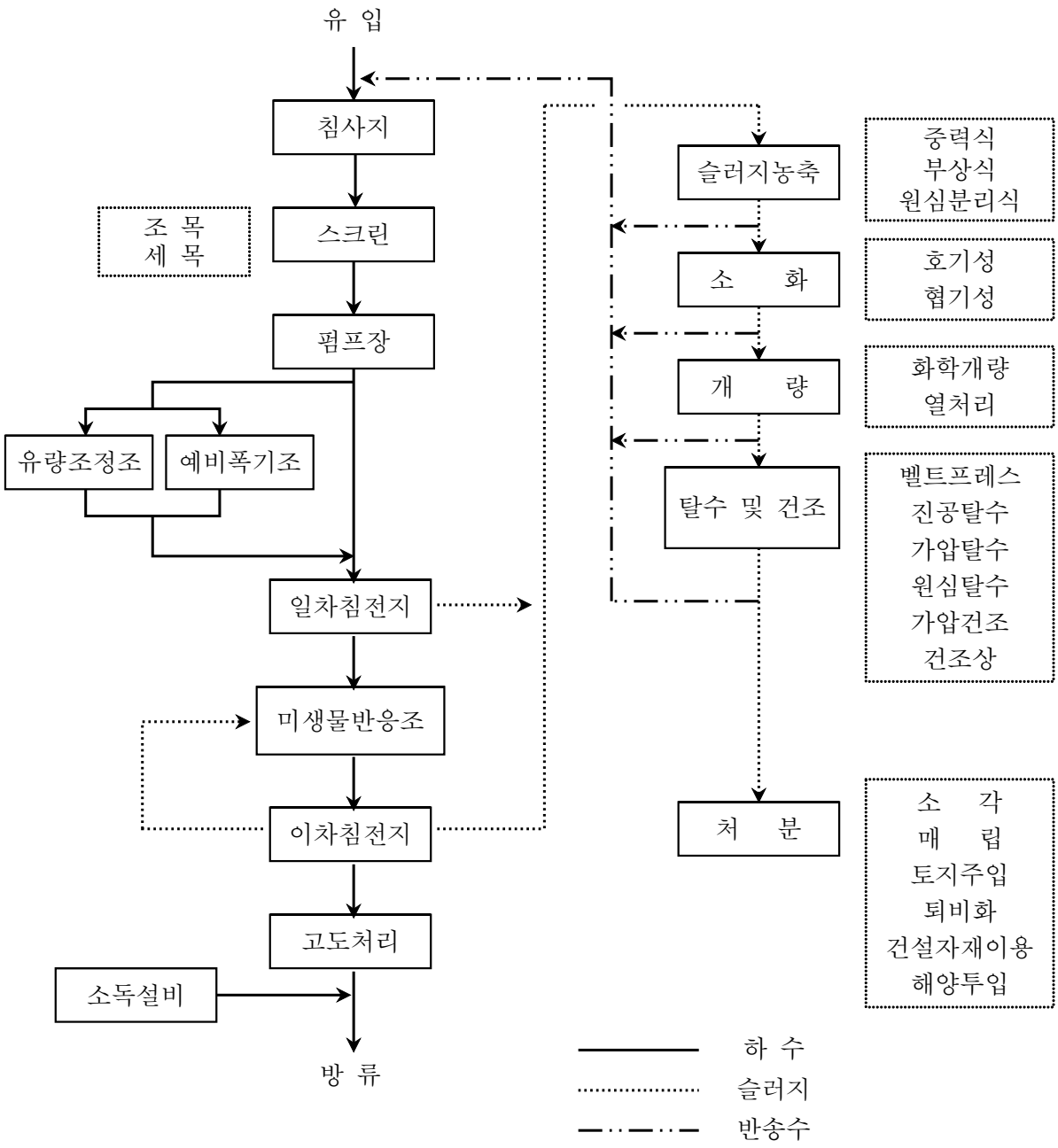
[그림 6.1] 하수도정비기본계획(변경) 절차



[그림 6.2] 하수처리시설 설치인가 절차

※ 설계·시공일괄입찰방식의 경우는 기본계획 및 입찰안내서의 설계자문후 설치인가를 받아야 하며 또한 실시설계를 완료한 후 변경설치인가를 받아야 함.

6.2 하수처리 흐름도



자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.353

[그림 6.3] 일반적인 하수처리의 흐름도의 예

6.3 계획하수량과 수질

<표 6.1> 계획하수량

구 분		계 획 하 수 량	
		분류식 하수도	합류식 하수도
1차침전지 까지	처리시설 (소독시설 포함)	계획1일최대오수량	계획1일최대오수량
	처리장내 연결관거	계획시간최대오수량	우천시계획오수량
2차침전지	처리시설	계획1일최대오수량	계획1일최대오수량
	처리장내 연결관거	계획시간최대오수량	계획시간최대오수량
고도처리	처리시설	계획1일최대오수량	계획1일최대오수량
	처리장내 연결관거	계획시간최대오수량	계획시간최대오수량

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.351

(1) 유입되는 하수의 수량과 수질은 사전에 충분히 조사하여 결정한다.

(2) 유입되는 하수의 수량과 수질변동에 대처하기 위해서 필요에 따라 유량조정조를 설치한다.

(3) 각 시설의 계획수량 및 평균유속

<표 6.2> 각 시설 계획수량과 평균유속

시 설 명		계 획 수 량	평 균 유 속
유 입 관 거		계 획 시 간 최 대 오 수 량	0.6 ~ 3.0m/초
스 크 린	수 동 식	-	0.3 ~ 0.45m/초
	자 동 식	-	0.45 ~ 0.6m/초 이상
침 사 지 유 입 관 거		계 획 시 간 최 대 오 수 량	1.0 m/초 이상
침 사 지 분 배 수 로		계 획 시 간 최 대 오 수 량	1.0 m/초 정도
침 사 지		계 획 시 간 최 대 오 수 량	0.3 m/초 정도
침 사 지 ~ 펌 프 장		계 획 시 간 최 대 오 수 량	1.0 m/초 정도
펌프장 ~ 펌프방류토구		계 획 시 간 최 대 오 수 량	1.0 m/초 정도
펌프방류토구 ~ 일차침전지		계 획 시 간 최 대 오 수 량	1.5 ~ 3.0 m/초 정도
일 차 침 전 지		계 획 일 최 대 오 수 량	0.3 m/초
일차침전지 ~ 반응조 관거		계 획 시 간 최 대 오 수 량	0.6 ~ 1.0 m/초
반응조 ~ 이차침전지관거		계획시간최대오수량 + 계획반송슬러지량	0.6 m/초 정도
이 차 침 전 지		계 획 일 최 대 오 수 량	0.3 m/초 이하
소 독 조		계 획 일 최 대 오 수 량	0.2 m/초 이하

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.359

6.4 침사지

6.4.1 침사지의 기능

(1) 하수중의 직경 0.2㎜이상의 비부패성 무기물 및 입자가 큰 부유물을 제거하여 방류수역의 오염 및 토사의 침전을 방지한다.

(2) 펌프 및 처리시설의 파손이나 빗물받이를 방지하여 처리작업을 원활히 하도록 펌프 및 처리시설 앞에 설치한다.

6.4.2 중력식 침사지

(1) 형상 및 지수 : 직사각형, 정사각형 등으로 하고, 지수는 2지 이상

(2) 구조

1) 수밀성 있는 철근콘크리트 구조

2) 저부경사 보통 1/100~2/100

3) 오수전용과 우수전용으로 구별하여 설치

(3) 평균유속으로 0.3m/s를 표준

(4) 체류시간은 30~60초를 표준

(5) 수심은 유효수심에 모래퇴적부의 깊이를 더함(수심의 10~30%, 최소 30㎝)

(6) 표면부하율

1) 오수침사지 : 1,800㎥/㎡ d

2) 우수침사지 : 3,600㎥/㎡ d

6.4.3 포기식 침사지

(1) 형상 및 지수 : 중력식 침사지에 준한다.

(2) 체류시간은 1~2분으로 한다.

(3) 유효수심은 2~3m, 여유고 50㎝를 표준으로 하고 침사지 바닥에는 깊이 30㎝이상의 모래퇴적부를 설치한다.

(4) 송기량은 하수량 1㎥에 대하여 1~2㎥/h의 비율을 표준으로 한다.

(5) 필요에 따라 소포장치를 설치한다.

6.4.4 원형침전지

(1) 지수 및 구조는 중력식 침사지에 준한다.

(2) 유입부는 와류가 자연적으로 형성될 수 있는 구조로 한다.

(3) 하부에는 침사 퇴적부를 설치한다.

6.5 스크린

(1) 침사지 앞에는 세목스크린, 침사지 뒤에는 미세목스크린을 설치하는 것을 원칙으로 하며, 대형하수처리장 또는 합류식인 경우와 같이 대형협잡물이 발생하는 경우는 조목스크린을 추가로 사용한다.

(2) 스크린 전후의 수위차 1.0m 이상에 대하여 충분한 강도를 가지는 것을 사용한다.

(3) 협잡물 제거장치는 오수용 및 우수용으로 구분하며, 스크린은 협잡물의 양 및 성상 등에 따라 적절한 방식을 사용한다.

(4) 인양장치는 기종(조목, 세목 및 미세목), 스크린협잡물의 양, 그 형상 스크린을 통과하는 하수량 등에 따라 큰 차가 있으며, 또 사용조건이 특히 나쁘므로 사용재료, 강도 등 여유를 보고 능력을 결정토록 하는 것이 안전하다.

(5) 스크린에서 인양된 협잡물은 컨베이어 등으로 한곳에 수집하여 조기에 처분한다.

(6) 소규모 또는 마을하수도에서 발생하는 협잡물은 협잡물 버킷으로 직접 수집하여 조기에 처분한다.

6.6 유량조정조

6.6.1 유량조정조의 기능

(1) 유입하수의 유량과 수질의 변동을 흡수해서 균등화

(2) 처리시설의 처리율을 높임

(3) 처리수질의 향상을 도모

6.6.2 용량

유입하수량 및 유입부하량의 시간변동을 고려하여 설정수량을 초과하는 수량을 일시 저류하도록 정한다.

6.6.3 조의형상 및 수

(1) 형상은 직사각형 또는 정사각형을 표준으로 한다.

(2) 조수는 부속기계설비의 점검 및 수리방식을 고려하여 정한다.

6.6.4 구조 및 수심

(1) 조는 무결한 철근콘크리트구조로 하고 부력에 대하여 안전한 구조로 한다.

(2) 유효수심은 3~5m를 표준으로 한다.

(3) 조 내부의 콘크리트 방식처리를 고려한다.

6.6.5 교반장치

조 내에 침전물의 발생을 방지하기 위해 교반장치를 설치한다.

6.6.6 유출설비

유량조정조의 유출수는 침사지에 반송하거나 펌프로 일차침전지 혹은 생물반응조에 송수한다.

6.7 침전지

6.7.1 침전지의 기능

(1) 고형물입자를 침전, 제거해서 하수를 정화하는 시설

(2) 일차침전지는 1차 처리 및 생물학적 처리를 위한 예비처리의 역할을 수행

(3) 이차침전지는 생물학적 처리에 의해 발생하는 슬러지와 처리수를 분리

6.7.2 일차침전지

(1) 형상 및 지수

1) 형상은 원형, 직사각형 또는 정사각형으로 한다.

2) 직사각형인 경우 폭과 길이의 비는 1 : 3 이상으로 하고, 폭과 깊이의 비는 1 : 1~2.25 : 1 정도로, 폭은 슬러지수집기의 폭을 고려하여 정한다. 원형 및 직사각형의 경우 폭과 깊이의 비는 6 : 1~12 : 1 정도로 한다.

3) 침전지 지수는 최소한 2지 이상으로 한다.

(2) 구조

1) 침전지는 수밀성 구조로 하며 부력에 대해서도 안전한 구조로 한다.

2) 슬러지를 제거시키기 위해 슬러지수집기를 설치한다.

3) 슬러지수집기를 설치하는 경우의 침전지 바닥 기울기는 직사각형에서는 1/100~2/100으로, 원형 및 정삼각형에서는 5/100~10/100으로 하고, 슬러지 호퍼(hopper)를 설치하며, 그 측벽의 기울기는 60°이상으로 한다.

4) 악취대책 및 지역특성을 고려하여 복개를 검토할 수 있다.

5) 초기운전대책으로 우회수로(by-pass line)의 설치를 검토할 수 있다.

(3) 표면부하율

1) 분류식 : 계획1일최대오수량 35~70㎥/㎡·d

2) 합류식 : 계획1일최대오수량 25~50㎥/㎡·d

(4) 유효수심은 2.5~4m를 표준으로 한다.

(5) 침전시간은 계획1일최대오수량에 대하여 표면부하율과 유효수심을 고려하여 정하며, 일반적으로 2~4시간으로 한다.

(6) 침전지 수면의 여유고는 40~60㎝ 정도로 한다.

(7) 정류설비

1) 직사각형 침전지와 같이 하수의 유입이 평행류인 경우에는 저류판 혹은 유공정류벽을 설치한다.

2) 원형 및 정사각형 침전지에서와 같이 하수의 유입이 방사류인 경우에는 유입구의 주변에 원통형 저류판을 설치한다.

(8) 유출설비 및 스컴제거기

1) 유출부분에는 월류웨어와 스컴저류판(Scum baffle), 스컴제거기를 설치한다.
2) 스컴저류판의 상단은 수면위 10㎝, 하단은 수면아래 30~40㎝ 가량 되도록 설치한다.
3) 월류웨어의 부하율은 일반적으로 250㎥/m·d 이하로 한다.

(9) 슬러지 수집기
1) 직사각형지의 경우에는 연쇄(Chain-flight)식이 좋다.
2) 원형지 및 정사각형지의 경우에는 회전식으로 한다.
3) 수집기의 이동속도는 침전된 슬러지가 교란되지 않을 정도로 한다.

(10) 슬러지 배출설비
1) 슬러지배출을 위해서 펌프를 사용한다.
2) 슬러지배출관은 주철관 또는 이와 동등이상의 기능을 갖는 재질의 관이어야 하며, 직경은 최소한 150㎜ 이상으로 한다.
3) 배출관은 폐쇄되기 쉬우므로 청소가 용이하도록 배관하여야 하고, 적당한 장소에 점검구 및 압력수세척배관을 설치한다.

6.7.3 2차 침전지

(1) 형상 및 지수
1) 형상은 원형, 직사각형 또는 정사각형으로 한다.
2) 직사각형인 경우, 폭과 길이의 비는 1 : 3 이상으로 하고, 폭과 깊이의 비는 1 : 1~2.25 : 1 정도로, 혹은 슬러지수집기의 폭을 고려하여 정한다. 원형 및 정사각형의 경우, 폭과 깊이의 비는 6 : 1~12 : 1 정도로 한다.
3) 침전지 지수는 최소한 2지 이상으로 한다.

(3) 표면부하율 계획 1일 최대오수량에 대하여 20~30㎥/㎡·d

(4) 이차침전지의 고형물부하율은 40~125㎏/㎡·d

(5) 유효수심은 2.5~4m를 표준으로 한다.

(6) 침전시간은 계획 1일 최대오수량에 따라 정하며 일반적으로 3~5시간으로 한다.

(7) 침전지 수면의 여유고는 40~60㎝ 정도로 한다.

(8) 정류설비
1) 직사각형 침전지와 같이 하수의 유입이 평행류인 경우에는 저류판 혹은 유공정류벽을 설치한다.
2) 원형 및 정사각형 침전지에서와 같이 하수의 유입이 방사류인 경우에는 유입구의 주변에 원통형 저류판을 설치한다.

(9) 유출설비 및 스컴제거기
1) 유출부분에는 월류웨어와 스컴저류판(scum baffle), 스컴제거기를 설치한다.

2) 스컴저류판의 상단은 수면위 10㎝, 하단은 수면아래 30~40㎝ 가량 되도록 설치한다.

3) 월류웨어의 부하율은 일반적으로 190㎥/m·d 이하로 한다.

4) 월류웨어 및 웨어수로에는 필요에 따라 조류증식 방지대책을 고려할 수 있다.

(10) 슬러지제거기

1) 직사각형지의 경우에는 연쇄식, 주행사이펀식을 이용하는 것이 좋다.

2) 원형지 또는 정사각형지의 경우에는 회전식으로 한다.

3) 슬러지수집기의 속도는 침전된 슬러지가 교란되지 않을 정도로 한다.

(11) 슬러지배출설비

1) 슬러지를 배출하기 위해서는 수위차를 이용하거나 펌프 또는 주행사이펀을 사용한다.

2) 슬러지를 배출하기 위한 관은 주철관 또는 이와 동등이상의 기능을 갖는 재질의 관이어야 하며 직경 150㎜ 이상으로 한다.

3) 배출관은 폐쇄되기가 쉬우므로 배관에 특히 유의하며, 적당한 곳에 청소구를 설치한다.

6.7.4 다층식 침전지

(1) 형상은 직사각형을 원칙으로 하며 평행류로 한다.

(2) 유입부 및 월류부에 대해서는 상하 각 층에 균등하게 유입하도록 한다.

(3) 유출설비는 월류웨어, 구멍난 관 등에 의하며 일차침전지의 유출설비는 월류웨어 방식으로 한다.

(4) 상하층 분할 슬래브(Slab) 단에 스컴이 부착될 염려가 있으므로 슬러지수집기로 제거하는 것이 좋다.

(5) 슬러지배출관은 수심이 커지므로 폐쇄에 대해 안전한 구조로 한다.

(6) 유효수면적인 상하층의 평면적의 합계로 한다.

6.8 활성슬러지법

6.8.1 활성슬러지법의 정화기능

(1) 활성슬러지는 하수에 공기를 불어넣고 교란시키면 각종의 미생물이 하수중의 유기물을 이용하여 증식하고 응집성의 플록을 형성하는것을 말한다.

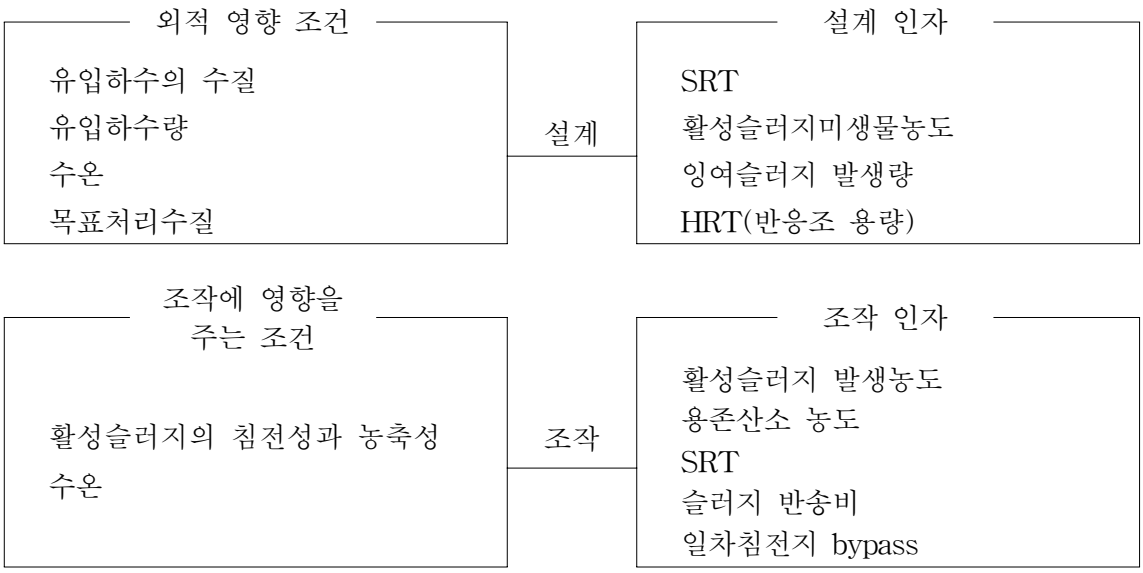
(2) 활성슬러지에 의한 유기물의 흡착

(3) 흡착된 유기물의 산화 및 동화

(4) 활성슬러지 플록의 침강 1분리

6.8.2 활성슬러지법의 설계인자

(1) 설계·조작인자에 영향을 미치는 조건

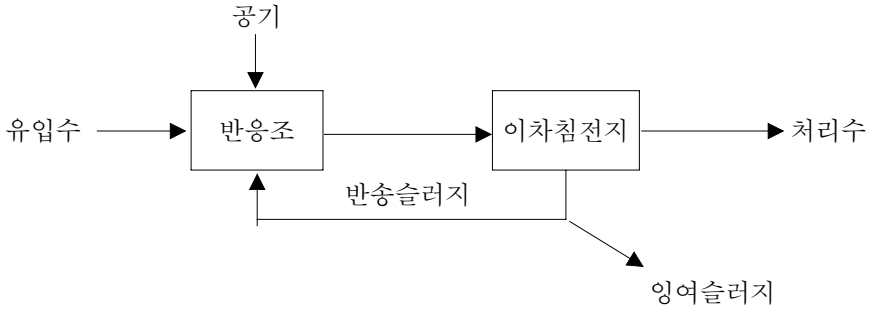


자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.403

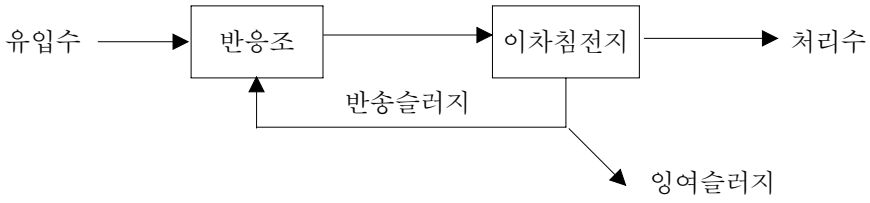
[그림 6.4] 활성슬러지법의 설계인자

(2) 반응조의 종류

1) 완전혼합형 반응조는 유입된 하수가 반응조내의 혼합액과 매우 빠른 시간에 혼합 될 수 있도록 형상, 하수의 유입방식, 산기장치 등을 설치한다.



[그림 6.5] 완전혼합형 반응조의 처리계통



[그림 6.6] 플러그흐름형 반응조의 처리계통

2) 플러그흐름형 반응조는 긴 장방형수로의 반응조로서 한쪽 끝으로부터 하수를 연속적으로 유입시켜 반응조 내 혼합액을 다른 쪽 끝으로 유출시키는 방식이다.

(3) SRT(고형물 체류시간)

1) 반응조, 이차침전지, 반송슬러지 등의 처리장내 존재하는 활성슬러지가 전체 시스템 내에 체제하는 시간을 의미한다.

2) $\text{SRT(일)} = \dfrac{\text{수처리 시스템 내에 존재하는 활성슬러지량(kg)}}{\text{하루에 시스템 외부로 배출되는 활성슬러지량(kg/일)}}$

(4) 유기물부하

1) F/M비 : 유기물량과 활성슬러지 미생물량의 비

$$\text{F/M비} = \frac{Q \cdot So}{X \times V} \ (\text{kgBOD/kgMLSS} \cdot \text{d})$$

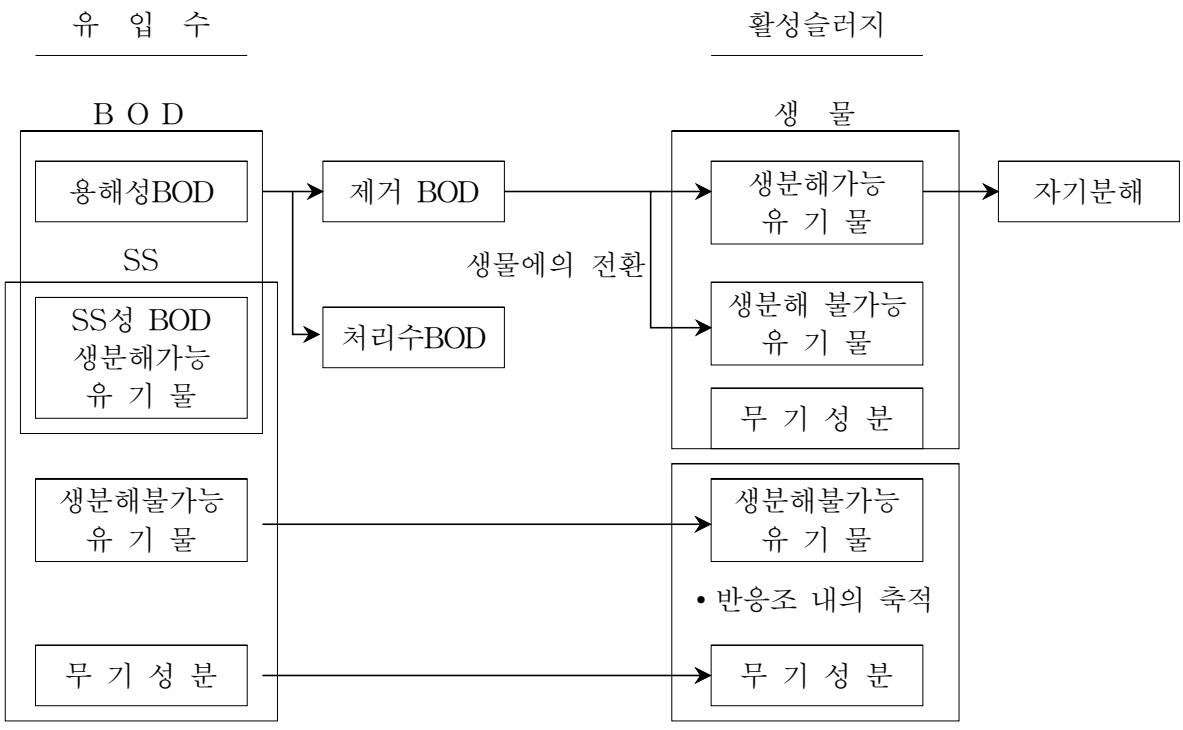
2) BOD 용적부하

$$\text{BOD 용적부하} = \frac{Q \cdot So}{V} \times 10^{-3} \ (\text{kgBOD/m}^3 \cdot \text{d})$$

3) 수리학적 체류시간(HRT)

$$\theta = \frac{V}{Q}$$ 여기서, θ : 반응조의 HRT(일)

(5) 미생물농도



[그림 6.7] 미생물 농도

(6) 잉여슬러지 발생량

유입수중의 용해성유기물로부터 전환된 활성슬러지와 유입수중의 고형물로부터 전환된 활성 슬러지량의 합계에서 활성슬러지 미생물의 내생호흡에 따른 자기 분해량을 뺀 값이다.

(7) 슬러지 침강성

1) 슬러지지료(SVI)는 활성슬러지의 침강성을 보여주는 지표

2) $SVI = \frac{SV_{30}(\%) \times 10,000}{MLSS\ 농도(mg/\ell)}$

여기서, SV_{30} : 용적 1ℓ의 메스실린더에 시료를 30분간 정체시킨 후의 침전슬러지량

(8) 포기장치

<표 6.3> 포기장치의 종류

	포기조의 종류	특 성
산기식	미세기포 산기식	매우 작거나 혹은 중간크기의 공기방울을 방출시키며 멤브레인이나 세라믹으로된 판, 관 및 플라스틱섬유관 또는 백(bag)으로 제작됨.
	조대기포 산기식	공기방울을 노즐, 밸브, 오리피스관(shear type)으로 방출하여 그 크기가 비교적 크다. 플라스틱에 체크밸브(check valve)를 설치한 경우도 있다.
	관통형(tubular)	수식으로 설치된 관통을 통해서 공기가 유출될 때 물과 혼합되는 전단력을 이용한 것으로 플라스틱재료나 금속제품 이다.
	제트(jet)형	노즐을 이용해 압축된 공기와 펌프로 양수된 물을 혼합시키고 분출시킨다.
기계식	방사류 지속 (20~60 rpm)	저속, 직경이 큰 터빈으로 수중에 부상 및 고정형(fixed-bridge)에 설치 가능하고 감속기어가 설치된다.
	축류형 고속전동기 (300~1,200 rpm)	고속, 직경이 적은 프로펠라식 사용 수중에 부상형 구조로 전동기에 직접 설치한다.
	브러시 로터 (brush rotor)	저속, 기어감속기 사용.

(9) 용존산소농도 및 필요산소량

1) 용존산소농도

하수처리장에서는 유입하수량 및 수질이 향상 변동하므로 안전한 운전을 행하기 위해서는 반응조 유출구에서 약 2~3㎎/ℓ의 DO농도를 유지하는 것이 바람직하다.

특히 질산화를 위해서는 반응조의 DO농도가 1㎎/ℓ이하가 되지 않도록 주의하여야 한다.

2) 필요산소량 (AOR)= $O_{D1}+O_{D2}+O_{D3}+O_{D4}$

여기서, O_{D1} : BOD의 산화에 필요한 산소량

O_{D2} : 내생 호흡에 필요한 산소량

O_{D3} : 질산화 반응에 필요한 산소량

O_{D4} : 용존산소농도의 유지에 필요한 산소량

6.8.3 활성슬러지법 처리방식

(1) 활성슬러지법

시설의 규모, 주변 환경조건, 경제성 등을 고려하여 적절한 방식을 선택한다.

활성슬러지법에는 그 처리 목적에 따라 여러 가지 방법이 실용화 되고 있다.

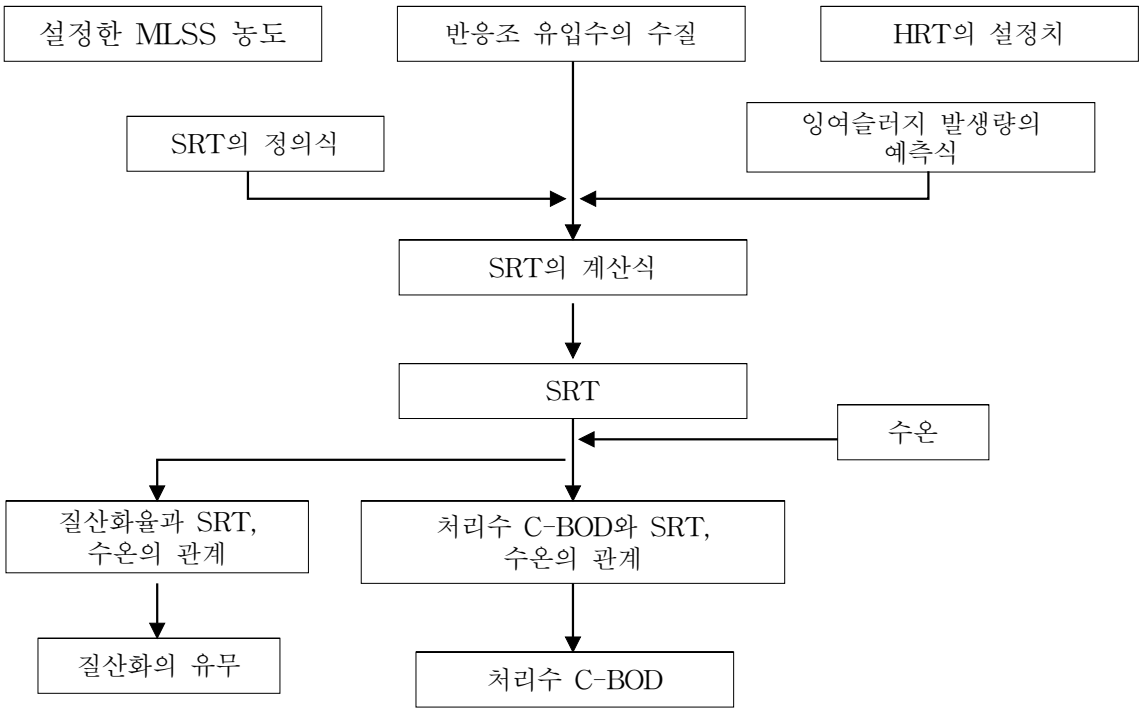
<표 6.4> 각종 활성슬러지법의 특징

처리방식	특 징	MLSS 농도 (㎎/ℓ)	F/M비 (kgBOD/kgSS일)	반응조의 수심(m)	반응조의 형상	HRT (시간)	SRT (일)	비고
표준활성 슬러지법	-	1,500 ~ 2,500	0.2 ~ 0.4	4~6	• 사각형 • 다단 완전 혼합형	6~8	3~6	
step aeration법	유입수를 반응조에 분할 유입시켜, 표준활성슬러지법과 동일한 F/M비에도 MLSS 농도를 높게 유지하여 반응조의 용량을 작게 함	1,000 ~ 1,500 (반응조후단)	표준활성 슬러지법과 동일함	표준활성 슬러지법과 동일함	표준활성 슬러지법과 동일함	4~6	3~6	
순산소 활성 슬러지법	높은 유기물부하와 높은 MLSS 농도를 가능하게 하기 위하여 산소에 의한 포기를 채용한 방법	3,000 ~ 4,000	0.3 ~ 0.6	4~6	• 사각형 • 다단 완전 혼합형	1.5 ~ 3	1.5 ~ 4	
장기 포기법	일차침전지를 생략하고, 유기물부하를 낮게 하여 잉여슬러지의 발생을 제한하는 방법	3,000 ~ 4,000	0.05 ~ 0.10	4~6	• 사각형 • 다단 완전 혼합형	16 ~24	13 ~50	일차 침전지 없음
산화구법	일차침전지를 생략하고, 유기물부하를 낮게 하며, 기계식교반기를 채용하여 운전관리를 용이하게 한 방법	3,000 ~ 4,000	0.03 ~ 0.05	1.5 ~ 4.5	• 장원형 • 무한수로 완전 혼합형	24 ~ 48	8 ~ 50	일차 침전지 없음
연속화 분식 활성 슬러지법	한 개의 반응조로 유입 반응, 침전, 배출의 각 기능을 행하는 활성슬러지법의 총칭	고부하형에서는 낮고 저부하형에서는 높음	고부하와 저부하가 있음	5~6	• 사각형 • 완전 혼합형 • 시간적인 플러그 흐름형	변화 폭이 큼	변화 폭이 큼	일차 침전지 없음

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.419

(2) 반응조설계

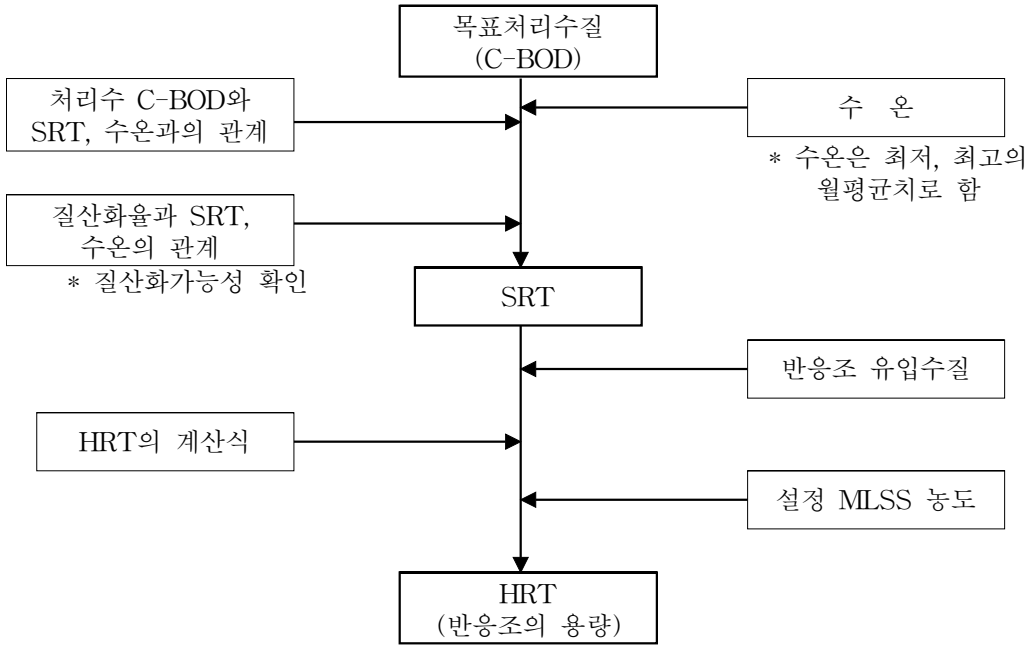
1) 반응조 기본적인 설계방안1



자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.402

[그림 6.8] 반응조 설계방법

2) 반응조의 기본적인 설계방안2 (HRT가 결정되면)



자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.421

[그림 6.9] 반응조 기본적인 설계방법

6.9 고도처리

6.9.1 정의

(1) 통상의 유기물제거를 주목적으로 하는 2차처리에서 얻어지는 처리수질 이상의 수질을 얻기 위해 행해지는 처리이다.

(2) 활성슬러지법 등에 의한 2차처리를 행한 후 부가적인 처리의 의미로 3차처리라는 용어를 사용한다.

(3) 근래에 들어 기술개발에 의하여 단독 공정으로도 2차처리 이상의 수질을 얻을 수 있어 고도처리 라는 용어를 사용한다.

6.9.2 고도처리 도입이유

(1) 방류수역의 수질환경기준의 달성

도시하천과 같이 고유유량이 적고 하수처리수로서 수량의 대부분이 점유되는 경우와 폐쇄성 수역 및 수질의 총량규제가 이루어지는 경우에는 방류수역의 수질환경기준 혹은 수질의 방류기준을 달성하기 위하여 BOD, COD, SS, 질소, 인 등을 대상으로 하는 고도처리가 필요하다.

(2) 폐쇄성 수역의 부영양화 방지

만의 안쪽 및 호소등과 같은 폐쇄성 수역에서는 적조 또는 수화(water bloom) 등 플랑크톤의 발생 등에 의한 이수상의 피해를 방지하기 위해서 그 원인이 되는 질소, 인의 유입부하량을 줄여야 할 필요가 있다. 이와 같은 폐쇄성 수역에 처리수를 방류하는 경우에는 질소, 인을 대상으로 하는 고도처리가 필요하게 된다.

(3) 방류수역의 이용도 향상

방류수역의 이수상의 이유에 의해 고도의 방류수질이 요구되는 경우가 있다. 고도처리의 제거 대상 물질은 부유물, 유기물, 영양염류 등이 있으며, 각각의 제거 대상 물질에 대하여 다양한 처리 방식이 존재한다.

(4) 처리수의 재이용

하수처리수의 재이용에는 수세용수, 살수용수로서의 이용과 조경용수로서의 이용이 있다. 재이용에는 그 이용 목적에 따라 처리대상 물질이 다르게 된다. 따라서 각 용도에 맞는 고도처리를 행하는 것이 필요하다.

6.9.3 설치시 고려사항

(1) 기존하수처리장에 고도처리시설을 설치하고자 할 때에는 기본설계 과정에서 처리장의 운영실태 정밀분석을 실시한 후 이를 근거로 사업추진방향 및 범위 등을 설계에 반영하고, 그 결과가 수록된 설계보고서를 설계자문 요청시 제시하여야 한다.

(2) 기존하수처리장의 고도처리시설 설치사업은 운전개선방식에 의한 추진방안을 우선적으로 검토하되 방류수수질기준 준수가 곤란한 경우 시설개량방식으로 추진하여야 한다.

(3) 기존하수처리장에 고도처리시설을 설치할 경우에는 하수처리장의 부지여건을 충분히 고려

하여 고도처리시설 설치계획을 수립하여야 한다.

(4) 기존하수처리장에 고도처리시설을 설치할 경우에는 기존 시설물 및 처리공정을 최대한 활용하여 중복투자가 발생되지 않도록 하여야 한다.

(5) 표준활성슬러지법이 설치된 기존처리장에 고도처리시설을 도입할 경우에는 개선대상 오염물질별 처리특성을 감안하여 효율적인 설계가 되도록 하여야 한다.

(6) 신설 하수처리장에 고도처리시설을 설치할 경우의 검토 사항도 기존 하수처리장에 고도처리시설을 설치할 때의 검토사항을 동일하게 적용한다.

6.9.4 처리방식의 선정

(1) 잔류 SS 및 잔류 용존유기물 제거공정

<표 6.5> 잔류SS 및 용존유기물 제거방법

구 분	공 법	비 고
잔류 SS 제거	급속여과법	
잔류 용존유기물 제거	막분리법	
	활성탄흡착법	
	오존산화법	

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.496

(2) 질산화공정

1) 단일단계 질산화공정

2) 분리단계 질산화공정

3) 공정의 선택은 기존처리장의 증설 또는 신처리장의 건설 여부, 방류수의 질소농도 규제기준, 계절별 또는 연중 규제기준의 설정 여부, 운전온도의 범위 및 경제성 등을 고려하여 결정하여야 한다.

(3) 인 제거 공정

<표 6.6> 인 제거 공정

구 분		공 법	비 고
화학적공정		응집제첨가활성슬러지법	
		정석탈인법	
생물학적공정	mainstream 공정	혐기호기조합법	
	sidestream 공정	반송슬러지탈인화학침전법	

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.497

(4) 질소제거공정

<표 6.7> 질소 제거 공정

구 분	공 법	비 고
탈질전자공여체에 의한 구분	순환식질산화탈질법	
	질산화내생탈질법	
	외부탄소원탈질법	
기 타	단계혐기호기법	
	연속회분식활성슬러지법	
	간헐포기법	
	산화구법	
	탈질생물막법	
	기타 공법	

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.497

(5) 질소, 인 동시제거

<표 6.8> 질소, 인 동시 제거

구 분		공 법	비 고
생물학적 공정	mainstream 공정	혐기무산소호기조합법	
		응집제병용형순환식질산화탈질법	
		응집제병용형질산화내생탈질법	
	sidestream 공정	반송슬러지탈질탈인화학침전법	

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.497

6.10 소독시설

6.10.1 소독의 목적

(1) 하수종말처리장에서 시행되는 소독의 목적은 처리 중에 생존할 우려가 있는 병원성세균을 사멸시켜 처리수의 위생적인 안정성을 높이는데 있다.

(2) 사람의 대변 1g에는 10^{12}마리 정도의 생물체가 존재하며 그중 총 대장균군수는 10^{7}~10^{9}마리, 분변성균은 10^{6}~10^{9}마리인 것으로 알려져 있다.

(3) 하수 내에는 각종 세균들이 대단히 많이 존재하므로 일반적인 하수처리과정에서 99%의 높은 율로 제거된다 하더라도 처리수에는 여전히 많은 수의 세균들이 존재하므로 결국 소독이 필요하다.

6.10.2 소독방법의 선택

(1) 물리적 방법

1) 가열

2) 자외선(UV)조사

3) 감마선 조사

4) X선 조사

(2) 화학적 방법

1) 할로겐족 산화제 :

액화염소, 차아염소산나트륨, 유기염소제, 이산화염소 등 각종 염화합물, 브롬

2) 비할로겐족 산화제 :

오존, 과망간산칼륨, 과산화수소

3) 금속 :

은이온, 동이온

4) 계면활성제

5) 이온교환제 :

이온교환수지, 이온교환막

(3) 소독방법 선택시 고려사항

1) 소독제의 물에 대한 용해도가 높을 것

2) 소독력이 강할 것

3) 잔류독성이 거의 없을 것

4) 경제적일 것

5) 안정적인 공급이 가능할 것

6) 주입조작 및 취급이 쉬울 것

(4) 소독방법의 선정 시 고려사항

1) 염소계 소독방법을 선정할 경우에는 THM문제를 해소할 수 있는 탈염소설비 등 대책을 강구한다.

2) 오존소독방법을 선정할 경우에는 잔여오존 해소대책 및 경제성 비교에 신중을 기하여야 한다.

3) 자외선소독을 선정할 경우에는 처리장의 시설용량을 감안하여 접촉방식과 비접촉방식중 시설비 및 유지관리비가 적게 소요되는 방식을 채택하여야 한다.

(5) 소독방법의 비교

<표 6.9> 소독방법의 비교

항목 / 살균설비	시설의 구성	장 점	단 점
UV	① 수로(구조물) ② UV 램프 ③ UV 모듈 지지대 ④ 자외선 강도 센서 ⑤ PLC 제어장치 ⑥ 유량조정 및 수위조절 장치 ⑦ 세척장치	① 자외선의 강한 살균력으로 바이러스에 대한 효과적으로 작용한다. ② 유량과 수질의 변동에 대해 적응력이 강하다. ③ 과학적으로 증명된 정밀한 처리 시스템이다. ④ 전력이 적게 소비되고 램프수가 적게 소요되므로 유지비가 낮다. ⑤ 접촉시간이 짧다(1~5초) ⑥ 화학적 부작용이 적어 안전 하다. ⑦ 전원의 제어가 용이하다. ⑧ 자동 모니터링으로 기록, 감시가 가능하다. ⑨ 인체에 위해성이 없다. ⑩ 설치가 용이하다. ⑪ pH변화에 관계없이 지속적인 살균이 가능하다.	① 잔류하지 않는다. ② 물이 혼탁하거나 탁도가 높으면 소독 능력에 영향을 미친다.
O_3	① 제진장치 ② 공기압축기 또는 송풍기 ③ 냉각장치 ④ 제습건조기 ⑤ 오존발생기 및 접축조 ⑥ 산기장치 ⑦ 잔류오존 파괴기 ⑧ 제어설비	① CI_2보다 더 강력한 산화제 이다. ② 저장시스템의 파괴로 인한 사고가 없다. ③ 생물학적 납분해성 유기물을 전환시킬 수 있다. ④ 모든 박테리아와 바이러스를 살균시킨다.	① 저장 할 수 없어 반드시 현장에서 생산해야 한다. ② 초기투자비 및 부속설비가 비싸다. ③ 소독의 잔류효과가 없다. ④ 가격이 고가이다.
ClO_2	① 발생기실 ② 아염소산나트륨 저장탱크 ③ 염소 또는 산 저장탱크 ④ 아염소산나트륨 조입펌프 ⑤ 염소 또는 산 주입펌프 ⑥ 공급수펌프 ⑦ 제어설비	① CI_2 보다 더 강력한산화제이다. ② Fe, Mn, H_2S, 페놀화합물 등을 산화 할 수 있다. ③ pH 변화에 따른 영향이 적다. ④ THM이 생성되지 않는다. ⑤ 잔류효과가 크다.	① 현장에서 제조되어야 한다. ② 공기 또는 일광과 접촉할 경우 분해된다. ③ 부산물에 의해 청색증이 유발될 수도 있다,

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.554

<표 6.9> 소독방법의 비교 (계속)

항목 / 살균설비	시설의 구성	장 점	단 점
CI_2	① 염소질 ② 염소중화질 ③ 염소주입기 ④ 염소기화기 ⑤ 염소콘테이너, hoist 및 계량저울 ⑥ 중화설비 ⑦ 염소노출설비 ⑧ 멸균수 공급펌프 ⑨ 배관설비(급수배관, 진공배관, 염소살균수배관) ⑩ 염소혼화지 ⑪ 제어설비	① 소독력이 강하다. ② 잔류효과가 크다 ③ 박테리아에 대해 효과적인 살균제이다. ④ 구입이 용이하고 가격이 저렴하다.	① 불쾌한 맛과 냄새를 수발한다. ② 바이러스에 대해서는 효과적이지 않다. ③ 인체에 위해성이 높다. ④ 불순물로 발암물질인 THM을 수발한다. ⑤ 유량변동에 대해 적응하기가 어렵다. ⑥ 접촉시간이 길다. (15 ~ 30분)
NaOCI	① 발생기실 ② 차아염소산나트륨 발생기 ③ 소금 및 자염저장탱크 ④ 차염주입펌프 ⑤ 공급수펌프 ⑥ 제어설비 ⑦ 탈염소설비 ⑧ 소금용 hoist ⑨ 염소접촉지	① 안전하다. ② 소독력이 강하다. ③ 잔류효과가 크다. ④ 박테리아에 대해 효과적인 살균제이다. ⑤ 유지비용이 저렴하다. ⑥ 벌킹현상도 제어할 수 있다. ⑦ 재활용수 소독도 겸할 수 있다. ⑧ 유량이나 탁도 변동에서 적응이 쉽다. ⑨ 소독효과의 결과 확인이 쉽다.	① 불쾌한 맛과 냄새를 수발한다. ② 바이러스에 대해서는 효과적이지 않다. ③ 극미량이지만 발암물질인 THM이 발생될 수도 있다. ④ 접촉시간이 길다. (10 ~ 15분)

자료 : 하수도시설기준, 환경부, 2005, P.554

7. 설계 예

7.1 우수설계

7.1.1 기본방향

(1) ○○시 하수도정비기본계획 및 하수도시설기준(환경부)에 의거하여 계획한다.

(2) 우수배제는 공공수역의 수질오염방지 및 하수도시설의 유지관리 등을 감안하여 분류식에 의한 자연배수로 계획한다.

(2) 사업지구의 우수배제는 자연유하식으로 차집한 후 ○○천으로 방류토록 한다.

7.1.2 우수계획

(1) 유역면적

총 유역면적 : 28.97ha

지구내 면적 : 22.30ha

지구외 면적 : 6.67ha

(2) 관망수리계산 적용기준

1) 우수유출량

우수유출량이라 함은 강우에 의한 우수량을 말하며 본 계획에서는 합리식을 적용

$$Q = \frac{1}{360} \times C \times I \times A$$

여기서, Q = 최대계획우수 유출량(m^3/sec)

C = 유출계수

I = 유달시간(t) 내의 평균강우강도 (㎜/hr)

A = 배수면적 (ha)

2) 강우강도 공식(I)

강우강도 공식은 ○○시 하수도정비 기본계획에서 사용한 강우강도 공식을 적용하여 확률년을 주간선은 20년, 간선은 10년, 지선은 5년으로 계획하였다. 간선과 지선 하수관거의 구분은 배수면적, 관경 및 지역의 중요도 등에 따라 다르나 본 계획에서는 다음과 같이 적용하였다.

- 지 선(5년) : $I = \frac{544.3}{\sqrt{t}+1.003}$ (600㎜이하)
- 간 선(10년) : $I = \frac{651.1}{\sqrt{t}+1.014}$ (700㎜이상)
- 주간선(20년) : $I = \frac{569}{\sqrt{t}+0.11}$ (BOX)

3) 유출계수(C)

유출계수는 토질 및 지표의 상태 등에 따라 차이가 있으므로 하수도시설기준의 용도지역별 유출계수를 적용하였다.

$$\text{• 평균유출계수} = \frac{\Sigma(\text{지표종류별면적} \times \text{종류별유출계수})}{\Sigma\text{지표종류별면적}}$$

<표 7.1> 용도지역별 유출계수

구 분	면적(ha)	유출계수	Σ지표종류별면적 × 종류별유출계수	평균유출계수	비고
공동주택	9.30	0.65	6.05		
단독주택	2.02	0.80	1.62		
상업용지	0.95	0.80	0.76		
주 차 장	0.12	0.85	0.10		
학 교	2.56	0.40	1.02		
도 로	7.35	0.85	6.25		
계	22.30		15.80	0.71	

4) 유달시간(T)

유달시간은 유입시간과 유하시간의 합으로서 유입시간은 최소단위 배수구의 사면거리, 구배등 사면특성을 고려하여 구하며, 유하시간은 관로의 유입부에서 관로의 유출부까지의 거리를 계획유량에 대응하는 유속으로 나누어 적용하였다.

$$T = T_1 + T_2$$

여기서, T : 유달시간

T_1 : 유입시간

T_2 : 유하시간

① 유입시간(T_1)

(가) 지구내

본 설계에서는 유입시간을 5~10분의 평균 7분으로 적용하였다.

(나) 지구외 산지

지구외 산지의 유입시간은 일반적으로 Kerby식을 적용한다.

$$t_1 = 1.44(\ell \cdot n/\sqrt{S})^{0.467}$$

여기서, T_1 : 유입시간 (min)

ℓ : 지표면거리(m)

n : 조도계수와 유사한 지체계수

S : 지표면의 평균경사 (%)

[1 구 역]

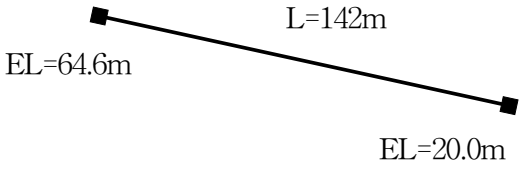
A = 3.80ha

L = 142m

산지이므로 Kerby식 적용

H = 64.6 - 20.0 = 44.6m

$T_1 = 1.44(142\times0.5/\sqrt{44.6/142.0})^{0.467} = 15.05(min)$



[2 구 역]

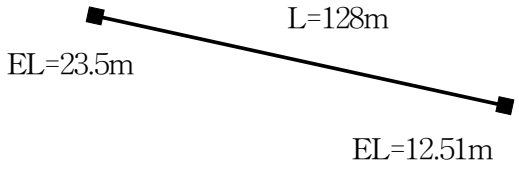
A = 2.87ha

L = 128m

산지이므로 Kerby식 적용

H = 23.5 - 12.51 = 10.99m

$T_1 = 1.44(128\times0.5/\sqrt{10.99/128.0})^{0.467} = 19.41(min)$



② 유하시간(T_2)

관거내의 유하시간은 관종별 경제적인 유속 및 관내의 퇴적방지 등을 고려하여 0.8~3.0m/sec로하고 가정유속의 산정은 하류로 갈수록 유속을 빠르게 하여 소류력이 커지도록 하고 구배는 완화 되도록 하였다.

$$T_2 = \frac{L}{60\cdot\alpha\cdot V}$$

여기서, T_2 : 유하시간 (min)

L : 관거연장 (m)

V : manning식에 의한 평균유속(m/sec)

α : 홍수의 이동에 대한 보정계수

5) 유량계산

① 지구외 유량

[1 구 역]

A1 노선으로 유입

지구외 유역면적 : 3.80ha

환산면적 : $3.80 \times \frac{0.50}{0.71} = 2.68$ha

유입시간 : 15.05min

강우강도 : $\frac{544.3}{\sqrt{15.05}+1.003} = 111.48$

유출계수 : 평균유출계수 0.71

우수유입량

Q = 1/360 C · I · A

= 1/360 × 0.71 × 111.48 × 3.80 = 0.84(m^3/sec)

[2 구 역]

A5 노선으로 유입

지구외 유역면적 : 2.87ha

환산면적 : $2.87 \times \frac{0.50}{0.71} = 2.02$ha

유입시간 : 19.41min

강우강도 : $\frac{544.3}{\sqrt{19.41}+1.003} = 100.64$

유출계수 : 평균유출계수 0.71

우수유입량

Q = 1/360 C · I · A

= 1/360 × 0.71 × 100.64 × 2.87 = 0.57(m^3/sec)

② 관거내 유량

원형관은 만관, 구형관거는 수심의 90%를 적용하였다.

Q = A · V

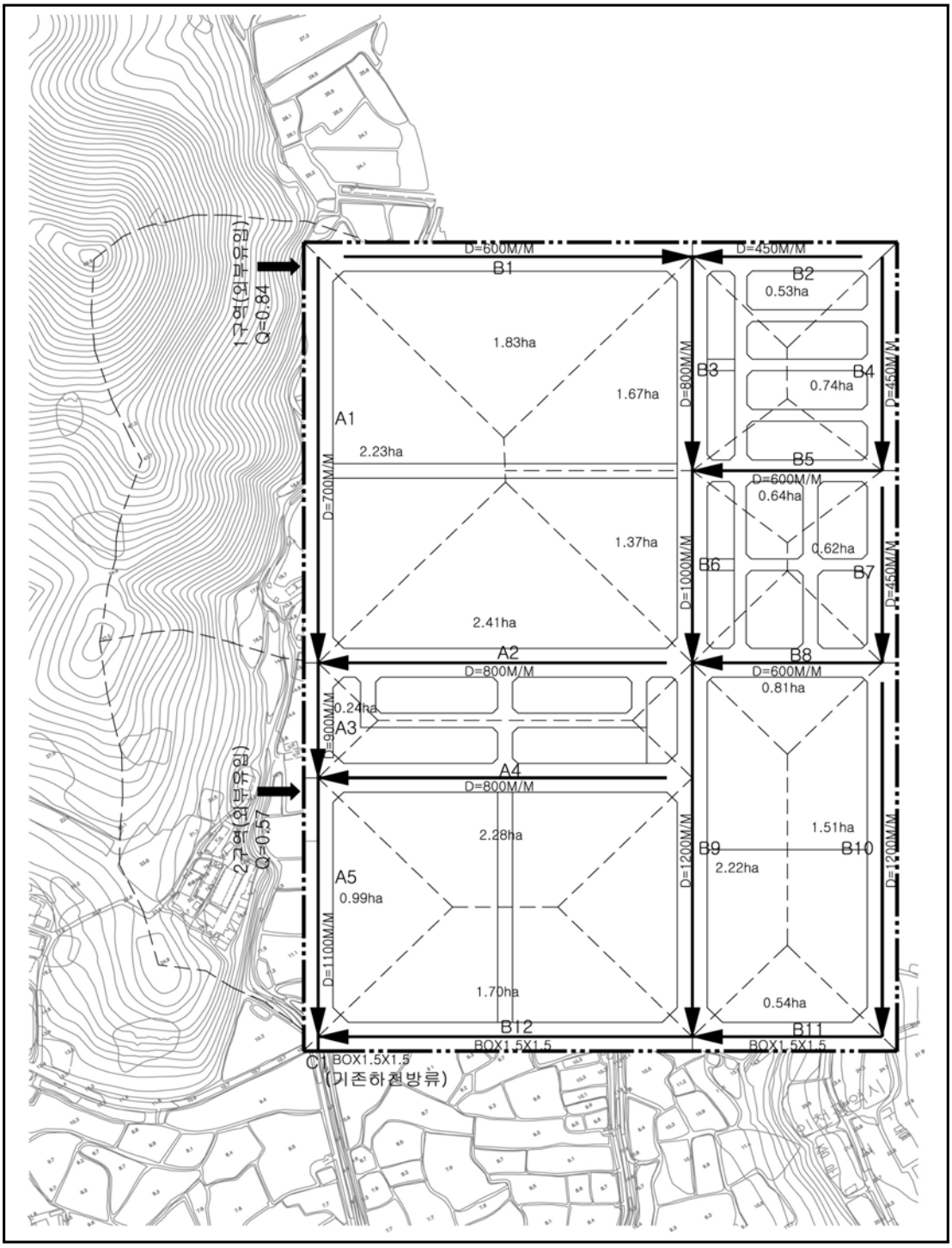
여기서, Q : 유량 (m^3/sec)

A : 유수의 단면적 (m^2)

V : 평균유속 (m/sec)

- 관거내 유속은 최소 0.8m/sec, 최대 3.0m/sec이하로 하고 부득이한 경우에는 맨홀에 낙차를 두어 조정하였다.
- 유속공식은 Kutter공식과 Manning공식이 있으나 본 설계에서는 일반적으로 하수관거에 적용되는 Manning공식을 적용하였다.

7.1.3 우수처리 계통도



[그림 7.1] 우수처리 계통도

7.1.4 우수PROGRAM 전산자료

우수 수리 계산 입력 데이터

과 업 명 :○○지구

강우 강도식 선정 : 3 ----------> 확률강우강도식 선정(서울지역)

1> Talbot 형 ---> I = a / (t + b)

2> Sherman 형 ---> I = a / t^n

3> Japanese 형 ---> I = a / (√t ±b)

강우 강도식 계수 :

1> I5 --> a, b = 544.3,1.003

2> I10 --> a, b = 651.1,1.014

3> I20 --> a, b = 569.0,0.11

강우 강도식 적용 (지, 간선 적용) :

1> 원형관: 0.3 - 0.6 ---> 1 ----------> 확률년수 5년 선택(지선)

0.7 - 1.35 ---> 2 ----------> 확률년수 10년 선택(간선)

2> B O X : 1@1.5x1.5 - 6@3.5x2.0 ---> 3 ----------> 확률년수 20년 선택(주간선)

유속 계산식 적용(<1>Manning's Law , <2>Kutter's Law)

1> 원형관 ---> 1

2> B O X ---> 1

조도계수 <n> :

1> 원형관: 0.3 - 1.2 ---> 0.013 ----------> 콘크리트관거 (0.011~0.015)

2> B O X : 1@1.5x1.5 - 7@3.5x3.5 ---> 0.015 ----------> 콘크리트암거 (0.011~0.020)

유속 계산 방법 : 2 ----------> 유효수심(원형관 : 만류, 장방형암거 : 9할)

1> 실유속 계산

2> 만류유속계산

관 접합 방법 선정 : 1 ------> 관경이 변화하거나 2개의 관거가 합류하는 경우 접합방법 선정

1> 관정접합

2> 관중심접합

평균 유출 계수 : 0.71 ----------> 지표종류별 평균유출계수
평균 유입 시간 (min) : 7.0 ----------> 우리나라 평균 유입시간
최대, 최소 유속 (m/sec): 3.0,0.8 ----------> 우수 및 합류관거 계획하수량 최대, 최저 유속
최소 토피 (m) : 1.0 ----------> 관 상단으로부터 최소 매설심도
관 최대, 최소관경 (m) : 1.2,0.45 ----------> 우수 및 합류관거 최대, 최소 관경

표준관경 및 두께 :

1> 원형관(m) ----------> 관경별 표준두께(흄관)

관경(D)	두께(T)
0.25	0.028
0.3	0.03
0.45	0.038
0.5	0.042
0.6	0.050
0.7	0.058
0.8	0.066
0.9	0.075
1.0	0.082
1.1	0.088
1.2	0.095

2> B O X (m)

@	폭	높이	두께
1	1.5	1.5	0.25
1	2.0	1.5	0.25
1	2.0	2.0	0.3
1	2.5	2.0	0.3
1	3.0	2.0	0.3
1	3.0	2.5	0.3
2	2.0	2.0	0.3
2	3.0	2.0	0.3
2	3.0	2.5	0.35
2	3.0	3.0	0.35
2	3.5	2.0	0.4

2	3.5	2.5	0.35
3	2.5	2.0	0.3
3	3.0	2.0	0.3
3	3.0	2.5	0.35
3	3.0	3.0	0.35
3	3.5	2.0	0.4
3	3.5	2.5	0.4
3	3.5	3.0	0.4
4	3.0	2.0	0.4
4	3.5	2.0	0.4
5	3.5	2.0	0.4

PART A (유역구분)

관로번호	유역면적	관로연장	계획고 (시・종점)		위치구분 (도로,블록명)	관로 제어 옵션 (C:유출계수,T:유입시간,O:유역면적)
A1 -A2	0.00	11.80	20.00	20.00	대로1-1	C0.5 T15.05 03.8
A2 -A4	2.23	281.97	20.00	14.36	X	
A3 -A4	2.41	250.26	15.00	14.36	X	
A4 -A7	0.24	80.00	14.36	13.16	X	
A5 -A7	2.28	250.26	13.77	13.16	X	
A6 -A7	0.00	9.60	13.16	13.16	X	C0.5 T19.41 02.87
A7 -C1	0.99	180.00	13.16	10.50	X	
B1 -B3	1.83	250.26	20.00	17.50	X	
B2 -B3	0.53	127.00	18.00	17.50	X	
B3 -B6	1.67	148.78	17.50	16.18	X	
B4 -B5	0.74	148.78	18.10	16.68	X	
B5 -B6	0.64	127.00	16.68	16.18	X	
B6 -B9	1.37	133.19	16.18	15.00	X	
B7 -B8	0.62	133.19	16.68	15.50	X	
B8 -B9	0.81	127.00	15.50	15.00	X	(L:관저고제어, V:유속제어)
B9 -B10	2.22	260.00	15.00	11.00	X	L8.70 V3.0
B10-B11	1.51	260.00	15.50	11.50	X	
B11-B12	0.54	127.00	11.50	11.00	X	
B12-C1	1.70	250.26	11.00	10.50	X	
C1 -OUT1	0.00	10.00	10.50	10.50	X	

우수 수리 계산 출력 자료

도로명	관로명	유입면적 관로유입 (ha)	유입면적 외부유입 (ha)	유입면적 누가면적 (ha)	관로연장 (m)	시간 유입시간 T1 (min)	시간 유하시간 T2 (min)	시간 유달시간 T (min)	누가평균 유출계수 (C)	발생유량 Q1(m3/S)	관 규 격 (m)	관단면적 (m2)	강우강도 (mm/hr)	계획유속 (m/sec)	계획유량 Q2(m3/S)	계획지반고 시점 (m)	계획지반고 종점 (m)	기울기 지반 (o/oo)	기울기 관로 (o/oo)	관정고 시점 (m)	관정고 종점 (m)	관저고 시점 (m)	관저고 종점 (m)	피복고 시점 (m)	피복고 종점 (m)	낙차 (m)
대로1-1	A A1 - A2	.00	3.80	3.80	11.80	15.05	.09	15.14	.50	.587	.60	.283	111.20	2.076	.587	20.00	20.00	.000	9.137	18.95	18.84	18.35	18.24	1.00	1.11	.00
X	A A2 - A4	2.23	.00	6.03	281.97	15.14	1.57	16.71	.58	1.225	.80	.503	127.62	3.000	1.508	20.00	14.36	20.002	13.002	18.84	13.29	18.04	12.49	1.09	1.00	1.88
X	A A3 - A4	2.41	.00	2.41	250.26	7.00	2.81	9.81	.71	.746	.80	.503	157.05	1.485	.746	15.00	14.36	2.557	3.187	13.93	13.14	13.13	12.34	1.00	1.16	.00
X	A A4 - A7	.24	.00	8.68	80.00	16.71	.44	17.16	.62	1.882	.90	.636	126.28	3.000	1.908	14.36	13.16	15.000	11.112	13.14	12.09	12.24	11.19	1.15	1.00	.16
X	A A5 - A7	2.28	.00	2.28	250.26	7.00	2.99	9.99	.71	.701	.80	.503	155.97	1.395	.701	13.77	13.16	2.437	2.813	12.70	12.00	11.90	11.20	1.00	1.09	.00
X	A A6 - A7	.00	2.87	2.87	9.60	19.41	.06	19.47	.50	.401	.45	.159	100.50	2.519	.401	13.16	13.16	.000	19.744	12.12	11.93	11.67	11.48	1.00	1.19	.00
X	A A7 - C1	.99	.00	14.82	180.00	19.47	1.00	20.47	.62	2.978	1.20	1.131	117.55	3.000	3.393	13.16	10.50	14.778	7.572	12.09	9.40	10.89	8.20	.98	1.00	1.32
X	B B1 - B3	1.83	.00	1.83	250.26	7.00	1.92	8.92	.71	.492	.60	.283	136.42	2.170	.614	20.00	17.50	9.990	9.990	18.95	16.45	18.35	15.85	1.00	1.00	.00
X	B B2 - B3	.53	.00	.53	127.00	7.00	1.88	8.88	.71	.143	.45	.159	136.65	1.125	.179	18.00	17.50	3.937	3.937	16.96	16.46	16.51	16.01	1.00	1.00	.00
X	B B3 - B6	1.67	.00	4.03	148.78	8.92	.99	9.92	.71	1.243	.80	.503	156.40	2.493	1.253	17.50	16.18	8.872	8.980	16.45	15.11	15.65	14.31	.98	1.00	.00
X	B B4 - B5	.74	.00	.74	148.78	7.00	1.42	8.42	.71	.203	.45	.159	139.42	1.751	.279	18.10	16.68	9.544	9.544	17.06	15.64	16.61	15.19	1.00	1.00	.00
X	B B5 - B6	.64	.00	1.38	127.00	8.42	1.54	9.95	.71	.356	.60	.283	130.92	1.379	.390	16.68	16.18	3.937	4.031	15.64	15.13	15.04	14.53	.99	1.00	.00
X	B B6 - B9	1.37	.00	6.78	133.19	9.95	.77	10.72	.71	2.030	1.00	.785	151.85	2.893	2.272	16.18	15.00	8.860	8.980	15.11	13.92	14.11	12.92	.98	1.00	.00
X	B B7 - B8	.62	.00	.62	133.19	7.00	1.32	8.32	.71	.171	.45	.159	140.04	1.687	.268	16.68	15.50	8.860	8.860	15.64	14.46	15.19	14.01	1.00	1.00	.00
X	B B8 - B9	.81	.00	1.43	127.00	8.32	1.54	9.85	.71	.371	.60	.283	131.42	1.379	.390	15.50	15.00	3.937	4.031	14.46	13.95	13.86	13.35	.99	1.00	.00
X	B B9 - B10	2.22	.00	10.43	260.00	10.72	1.44	12.16	.71	2.975	1.20	1.131	144.64	3.000	3.393	15.00	11.00	15.385	7.572	13.92	9.90	12.72	8.70	.99	1.00	2.04
X	B B10 - B11	1.51	.00	11.94	260.00	12.16	1.44	13.61	.71	3.260	1.20	1.131	138.45	3.000	3.393	15.50	11.50	15.385	7.572	9.90	7.94	8.70	6.74	5.50	3.47	.00
X	B B11 - B12	.54	.00	12.48	127.00	13.61	.82	14.43	.71	3.593	1@ 1.5 x 1.5	2.025	145.57	2.572	5.208	11.50	11.00	3.937	3.937	7.94	7.44	6.44	5.94	3.36	3.36	.00
X	B B12 - C1	1.70	.00	14.18	250.26	14.43	2.22	16.66	.71	3.797	1@ 1.5 x 1.5	2.025	135.77	1.875	3.797	11.00	10.50	1.998	2.092	7.44	6.91	5.94	5.41	3.36	3.39	.00
X	B C1 - OUT1	.00	.00	14.18	10.00	16.66	.09	16.74	.71	3.787	1@ 1.5 x 1.5	2.025	135.41	1.870	3.787	10.50	10.50	.000	2.081	6.91	6.89	5.41	5.39	3.39	3.41	.00

s

<표 7.2> 계획오수량 산정

구 분	인구 (인)	일최대급수량		일최대 생활오수량		지하수량		계	시간최대 오수량 (㎥/일)
		원단위 (ℓ/인)	급수량 (㎥/일)	원단위 (ℓ/인)	오수량 (㎥/일)	원단위 (ℓ/인)	지하수량 (㎥/일)		
공동주택	6,000	553	3,318	418	2,508	42	251	2,759	4,013
단독주택	816	553	445	418	341	42	34	375	546
상업시설	1,250	159	198	120	150	12	15	165	240
학교시설	1,890	50	95	38	72	4	7	79	115
계	9,956		4,062		3,071		307	3,378	4,914

(3) 관망수리계산

오수수리계산은 오수발생인구를 용도별로 구분하여 부지면적당 발생하는 오수량을 산출하고 계획관로가 분담하는 면적내의 오수발생인구를 산정 오수량을 산출하였다.

1) 유량계산

원형관은 만관, 구형관거는 수심의 90%를 적용하였다.

$$Q = A \cdot V$$

여기서, Q : 유량 (m^3/sec)

A : 유수의 단면적 (m^2)

V : 평균유속 (m/sec)

2) 유속

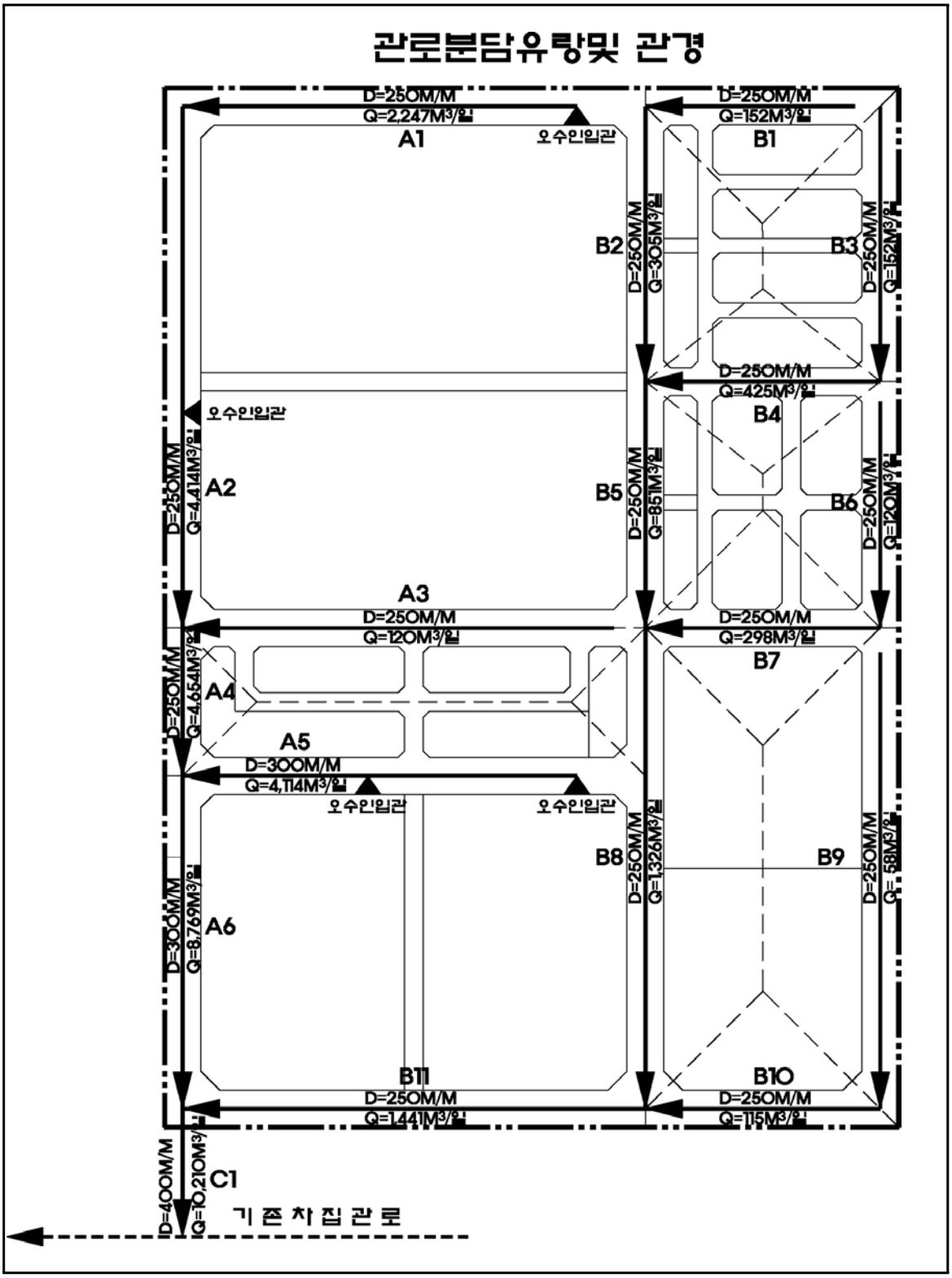
① 관거내 유속은 최소 0.6m/sec, 최대 3.0m/sec이하로 하고 부득이한 경우에는 맨홀에 낙차를 두어 조정하였다.

② 유속공식은 Kutter공식과 Manning공식이 있으나 본 설계에서는 일반적으로 하수관거에 적용되는 Manning공식을 적용하였다.

3) 관거의 매설위치

오수관거의 매설위치는 지하매설물의 종합적인 검토결과 중로 이상에서는 보도양측에 매설하는 것을 원칙으로 하고 보도가 없거나 부득이한 경우에는 차도에 매설하는 것으로 한다.

7.2.3 오수처리 계통도



[그림 7.2] 관로분담 유량 및 관경

7.2 오수설계

7.2.1 기본방향

(1) ○○시 하수도정비기본계획 및 하수도시설기준(환경부)에 의거하여 분류식으로 계획한다.

(2) 사업지구의 오수처리는 자연유하식으로 차집한 후 ○○천 우안LINE 차집관로에 유입 하수종말처리장에서 처리토록 한다.

7.2.2 오수계획

(1) 배제면적 : 223,000 ㎡

(2) 계획오수량 산정

지구내 1인 1일 최대오수량은 계획목표년도의 상수도 계획상의 1인 1일 최대급수량을 감안하여 산정한다.

1) 계획목표년도 : 2011년

2) 계획인구 추정

오수계획인구는 상수도계획에서 추정한 인구를 사용한다.

① 주거인구 : 6,816인 (공동 6,000 , 단독 816)

② 상업시설 : 1,250인

③ 학교시설 : 1,890인

3) 일 최대오수량은 일 최대급수량의 유수율84%, 오수전환율90%를 적용한다.

① 주거인구 : 418ℓ/인

② 상업시설 : 120ℓ/인

③ 학교시설 : 38ℓ/인

4) 지하수량

지하수량은 지하수위 및 토질상태, 관거의 재료, 접합구조와 시공상의 영향을 받으나 정확한 추정은 곤란하며 일반적인 유입범위는 10~20%이나 본 지구는 10%를 적용한다.

5) 계획1일최대오수량

계획1일최대오수량은 1인1일최대오수량에 계획인구를 곱한 후 지하수량을 가산한 것으로 한다.

6) 계획시간최대오수량

하수도시설기준(환경부)상 시간최대오수량 첨두계수는 계획 1일 최대오수량의 1.3~1.8 배로 명시되어 있으나 ○○시 하수도정비기본계획에 의거 1.5배로 한다.

7) 계획오수량 산정

7.2.4 오수 중계펌프장 계획

(1) 펌프용량 및 설치 대수

중계펌프장에 유입되는 오수는 시간별, 월별, 계절별로 유량의 변화가 많으므로 이에 대한 대처가 용이하고 펌프 운전의 용이성과 유지관리의 효율성이 고려되어야 함

<표 7.3> 펌프 운전 계획

구분 / 오수유입량		펌프형식	펌프구경 (㎜)	대당유량 (㎥/min)	전양정 (m)	펌프운전대수 (개)	총토출량 (㎥/min)	토출관경 (min)
일 평 균	2.54	수중모터펌프	D=200	3.10	40	● ◐ ◎	3.88	D=300
일 최 대	3.81					● ◐ ◎	4.65	
시간최대	6.09					● ● ◎	6.20	

주) ● 운전 ◐ 간헐운전 ◎ 예비

(2) 중계펌프장 용량 계산

1) 시설유량

시간최대 계획오수량 Q = 8,769 m^3/일 = 6.09 m^3/min

2) 펌프대수 및 용량 산정

- 펌프대수 : 6.09 m^3/min = 3.10 m^3/min × 2대 + 1대(예비)
- 펌프형식 : 수중포터 펌프
- 용량

$$D = 146\sqrt{Q/V}$$

여기서, D : 펌프 구경 (㎜)

Q : 펌프 토출량 (m^3/min)

V : 흡입구 유속 (m/sec)

3) 펌프의 전양정(H)

$$H = Ht + hl + \alpha$$

여기서, Ht : 실양정

hl : 손실수두

α : 여 유

Ht = 하수처리장 침사지 수위(시간최대) - 중계펌프장 수위(일평균)

= 16.60 - 10.50 = 6.1 m

$$hl = hl_1 + hl_2$$

여기서, hl_1 : 중계펌프장 손실수두(m)

hl_2 : 압송관로 손실수두(m)

① 중계펌프장 손실수두 (hl_1)

$hl_1 = \sum fi \times (V^2 / 2g)$

손실계수(fi) : $\sum fi = 3.22$

흡입부 : 0.06

CHECK VALVE : 1.0

BUTTERFLY VALVE : 0.2

곡관부 : 0.2

직관부 : (0.04 + 1 / 1000 × 0.25) × 10 / 0.25 = 1.76

유속 (V)

$V = 4Q / \pi D^2 = 4 \times 0.05 / \pi \times 0.25^2 = 1.02$ m/sec

$\therefore hl_1 = 3.22 \times \{ 1.02^2 / (2 \times 9.8) \} = 0.171$ m

② 압송관 관경 (D)

$Q = 0.102$ m^3/sec

$A = Q / V = 0.102 / (1 \sim 2) = 0.102 \sim 0.051$ m^2

$D = \sqrt{4 \times (0.102 \sim 0.051) / \pi} = 0.360 \sim 0.266 \fallingdotseq 300$ ㎜

관경검토 $V = Q / A = 0.102 / (0.3^2 \times \pi \times 0.20) = 1.80$ m/sec ∴ OK

③ 압송관로 손실수두 (hl_2)

- 적용공식 : Hazen William 공식

$hl_2 = 10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \times L$

여기서, C = 100

D = 300 ㎜

Q = 0.102 m^3/sec

L = 3000 m

$hl_2 = 10.666 \times 100^{-1.85} \times 0.3^{-4.87} \times 0.102^{1.85} \times 3000 = 32.92$ m

④ 전양정 (H)

$H = Ht + hl + \alpha = Ht + hl_1 + hl_2 + \alpha$

$= 6.10 + 0.717 + 32.92 + 0.610$

$= 39.80$ m $\fallingdotseq 40.00$ m

4) 전동기 출력

$$P = \frac{0.163 \times \gamma \times Q \times H}{\eta} \times (1 + \alpha)$$

여기서, P : 원동기 출력(KW)

H : 펌프의 전양정(m)

γ : 양수하는 물의 단위중량

η : 펌프의 효율

Q : 펌프의 토출량(m^3/sec)

α : 여 유

$$P = \frac{0.163 \times 1 \times 3.1 \times 40}{\eta} \times (1 + 0.15) \;=\; 30.99$$

$= 30.99 \div 0.7457 = 41.56 \fallingdotseq 42$ HP

5) 펌프 제원

85HP × φ200 × 3.10m^3 × 40.0m × 3대(예비1대)

(3) 중계펌프장 부지면적 산정예

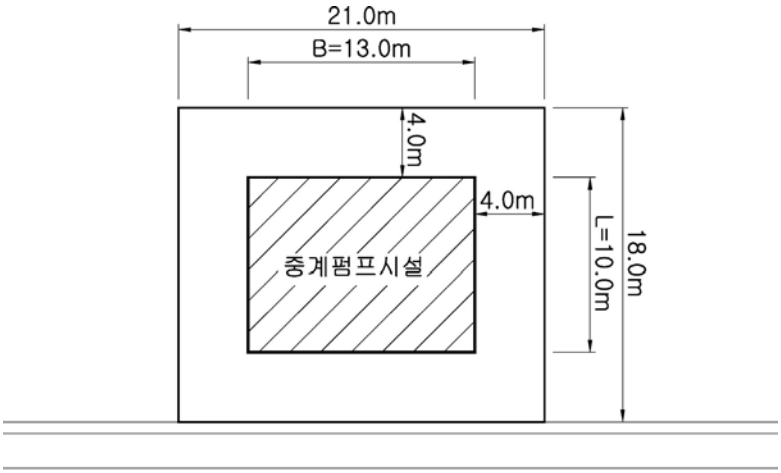
1) 시간최대 계획오수량

Q = 8,769m^3/일 = 366m^3/hr

2) 규격 : B-10.0m × L-13.0m × H-3.5m (유효수심 3.0m) (∵ 366m^3 < 390m^3)

3) 유지관리용 도로폭 4m로 계획

4) 시설면적 : 18.0m × 21.0m = 378m^2



[그림 7.3] 중계펌프장 부지면적 산정예

7.2.5 역사이펀 발생시 규모결정 예 (A4 - A5 합류관거에 발생시)

(1) 유역발생오수량(시간최대)

Q_1 = 8,769 m^3/일 = 0.10149 m^3/sec

(2) 계획단면 : 관거 D=400㎜ x 2열 만관 적용

(3) 유속: 상류측 관거 유속보다 20~30%증가(본 구간 20%증-하수도시설기준)

$V = 0.80 \times 1.2 = 0.96 m/\sec$

(4) 관경결정 : 2열 복수관 설치로 1개 관경에 대해 검토

$$Q = A \cdot V, \quad A = \frac{Q}{V} = \frac{(0.102/2)}{0.96} = 0.05313 m^2$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.05313}{\pi}} = 0.26m \Rightarrow 0.4m = 400mm$$

○ 수두차 계산

$$V = \sqrt{\frac{2gH}{1 + f_0 + \sum f_b + f\frac{L}{D}}}$$

여기서, H : 수두차 g : 중력가속도

f_0 : 입구손실계수 f_b : 굴곡부손실계수

f : 마찰손실계수 D : 관경 L : 관연장

$$\therefore \text{수두차} : \ H \geq \frac{V^2\left(1 + f_0 + \sum f_b + f \cdot \frac{L}{D}\right)}{2g}$$

$$\geq \frac{0.96^2\left(1 + 0.5 + 0.5 + \frac{124.6 \times 0.013^2}{0.4^{(1/3)}} \times \frac{15.0}{0.4}\right)}{2 \times 9.8}$$

$$\geq 0.144m$$

○ 통과유량 산정

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 0.4^2}{4} = 0.126 m^2$$

$$\therefore Q_2 = AV = (0.126 \times 2) \times 0.96 = 0.2413 m^3/\sec > Q_1 = 0.1015 m^3/\sec \quad O.K!$$

7.2.6 오수 수리계산 (직접계산자료)

(1) A6 (A4 - A5 합류관거)

1) 발생오수량

Q_1 = 8,769 m^3/일 = 0.10149 m^3/sec

2) 계획단면 : 관거 D=300m/m 만관 적용

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 0.30^2}{4} = 0.071 \ m^2$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{D}{4} = \frac{0.30}{4} = 0.075\ m$$

$n = 0.011$

I = 0.014778

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0.011} \times 0.075^{\frac{2}{3}} \times 0.014778^{\frac{1}{2}} = 1.965\ m/sec$$

$\therefore Q_2 = A \cdot V = 0.071 \times 1.965 = 0.1395\ m^3/sec > Q_1 = 0.10149\ m^3/sec$ -----OK

(2) B11 (B8 - B10 합류관거)

1) 발생오수량

$Q_1 = 1{,}441\ m^3/일 = 0.01668\ m^3/sec$

2) 계획단면 : 관거 D=300m/m 만관 적용

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 0.30^2}{4} = 0.071\ m^2$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{D}{4} = \frac{0.30}{4} = 0.075\ m$$

$n = 0.011$

I = 0.002014

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0.011} \times 0.075^{\frac{2}{3}} \times 0.002014^{\frac{1}{2}} = 0.726\ m/sec$$

$\therefore Q_2 = A \cdot V = 0.071 \times 0.726 = 0.0515 m^3/sec > Q_1 = 0.01668\ m^3/sec$ -----OK

(2) 하천 방류부 C1 (A6 - B11 합류관거)

1) 발생오수량

$Q_1 = 10{,}210\ m^3/일 = 0.11817\ m^3/sec$

2) 계획단면 : 관거 D=400m/m 만관 적용

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 0.40^2}{4} = 0.126\ m^2$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{D}{4} = \frac{0.40}{4} = 0.100\ m$$

$n = 0.011$

I = 0.002305

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0.011} \times 0.100^{\frac{2}{3}} \times 0.002305^{\frac{1}{2}} = 0.940\ m/sec$$

$\therefore Q_2 = A \cdot V = 0.126 \times 0.94 = 0.11844 m^3/sec > Q_1 = 0.11817\ m^3/sec$ -----OK

7.2.7 오수PROGRAM 전산자료

오수 수리 계산 입력 데이터

과 업 명 : ○○지구

유속 계산식 적용(<1>Manning's Law , <2>Kutter's Law)
1> 원형관 ---> 1
2> B O X ---> 1

조도계수 <n> :
1> 원형관: 0.25 - 1.2 ---> 0.011 ----------> 플라스틱관거 (0.011~0.015)

2> B O X : 1@1.5x1.5 - 7@3.5x3.5 ---> 0.015 ----------> 콘크리트암거 (0.011~0.020)

유속 계산 방법 : 2 ----------> 유효수심(원형관 : 만류, 장방형암거 : 9할)
1> 실유속계산
2> 만류유속계산

관 접합 방법 산정 : 1 ------> 관경이 변화하거나 2개의 관거가 합류하는 경우 접합방법 선정
1> 관정접합
2> 관중심접합

입력 DATA 의 종류 : 1 ------> 택지 내 생활오수량 산정시 계획목표년도의 인구를 추정하여 적용
1> 인구입력
2> 면적입력

용도별 인구밀도 (인/ha)
1> 고밀도(H) : 100.0
2> 중밀도(M) : 100.0
3> 저밀도(L) : 100.0

용도별 1인1일 최대오수량 (Liter/일.인) ----> 상수도 계획상의 1인1일 최대급수량을 감안하여 하수도 정비기본계획상의 유수율과 오수전환율을 적용
1> 고밀도(H) : 418.00
2> 중밀도(M) : 120.00
3> 저밀도(L) : 38.00

계획오수량 산정 (1일 최대오수량/24hr에 대하여)

1> 시최대오수량 : 1.50 ------> 계획1일 최대오수량의 1시간당 수량의 1.3~1.8배를 표준으로 하여 하수도정비기본계획상의 유수율과 오수전환율을 적용

2> 지하수유입량 : 0.10 ------> 건설교통부 하수도시설기준(1인1일최대오수량의 10~20%)을 원칙으로 하여 하수도정비기본계획상의 지표를 적용

최대, 최소 유속 (m/sec) : 3.0,0.6 ----------> 오수관거 계획시간최대오수량 최대, 최저 유속

최소 토피 (m) : 1.00 ----------> 관 상단으로부터 최소 매설심도

관 최대, 최소관경 (m) : 1.2,0.25 ----------> 오수관거 최대, 최소 관경

표준관경 및 두께 :

1> 원형관(m) ----------> 관경별 표준두께(PE관)

관경(D)	두께(T)
0.25	0.015
0.3	0.019
0.4	0.025
0.45	0.029
0.5	0.032
0.6	0.039
0.7	0.044
0.8	0.050
0.9	0.057
1.0	0.063
1.1	0.070
1.2	0.075

2> B O X (m)

@	폭	높이	두께
1	1.5	1.5	0.2
1	2.0	1.5	0.2
1	2.0	2.0	0.2
1	2.5	2.0	0.2

1	3.0	2.0	0.25
1	3.5	2.0	0.3
1	3.5	2.5	0.4
2	2.5	2.5	0.35
2	3.0	2.5	0.4
2	3.5	2.5	0.4
3	2.5	2.5	0.35
3	3.0	2.5	0.4
3	3.5	2.5	0.4
3	3.5	3.0	0.45
3	3.5	3.5	0.45
4	3.5	2.5	0.4
5	3.5	2.5	0.4
6	3.5	2.5	0.4

PART A (유역구분)

관로번호	상주인구 (인)	상근인구 (인)	이용인구 (인)	관로연장	계획고 (시・종점)		위치구분 (도로,블록명)	관로 제어 옵션 (D:관경제어)
A1 -A2	H3360.	M0.	L0.	250.26	17.50	16.00	대로1-1	
A2 -A4	H3240.	M0.	L0.	281.97	16.00	14.36	X	
A3 -A4	H0.	M626.	L0.	250.26	15.00	14.36	X	
A4 -A6	H0.	M624.	L0.	80.00	14.36	13.16	X	
A5 -A6	H5972.	M626.	L0.	250.26	13.77	13.16	X	
A6 -C1	H0.	M0.	L0.	180.00	13.16	10.50	X	
B1 -B2	H228.	M0.	L0.	127.00	18.00	17.50	X	
B2 -B5	H228.	M0.	L0.	148.78	17.50	16.18	X	
B3 -B4	H228.	M0.	L0.	148.78	18.00	16.68	X	
B4 -B5	H408.	M0.	L0.	127.00	16.68	16.18	X	
B5 -B8	H180.	M0.	L0.	133.19	16.18	15.00	X	
B6 -B7	H180.	M0.	L0.	133.19	16.68	15.50	X	
B7 -B8	H180.	M0.	L944.	127.00	15.50	15.00	X	
B8 -B11	H0.	M624.	L946.	260.00	15.00	11.00	X	
B9 -B10	H0.	M0.	L946.	260.00	15.50	11.50	X	
B10-B11	H0.	M0.	L944.	127.00	11.50	11.00	X	(D:관경제어)
B12-C1	H0.	M0.	L0.	250.26	11.00	10.50	X	D0.3
C1 -OUT1	H0.	M0.	L0.	69.24	10.50	10.50	X	

오수 수리 계산 출력 자료

도로명	관로명	인구				인구누계			일최대오수량(m3/d)	시간최대	지하수			관규격		계획지반고		기울기		관정고		관자고		피도고		낙차
		상주인구	상근인구	이웃인구	외부유입	상주인구	상근인구	이웃인구	관로	누계	오수량	유입량	발생유량	관로연장		계획유속	계획유량	시점	종점	지반	관로	시점	종점	시점	종점	시점	종점	
									(m3/sec)	(m3/sec)	(m3/sec)	(m3/sec)	Q1(m3/s)	(m)	(m)	(m/sec)	Q2(m3/s)	(m)	(m)	(o/oo)	(o/oo)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
X	1 A1 - A2	360.	0.	0.	0.	360.	0.	0.	1404.48	1404.48	.02438	.00163	.02601	250.26	.25	1.108	.05441	17.50	16.00	5.994	5.994	16.49	14.98	16.24	14.73	1.00	1.00	.00
X	1 A2 - A4	240.	0.	0.	0.	600.	0.	0.	1354.32	2758.80	.04790	.00319	.05109	281.97	.25	1.092	.05360	16.00	14.36	5.816	5.816	14.98	13.34	14.73	13.09	1.00	1.00	.00
X	1 A3 - A4	0.	626.	0.	0.	0.	626.	0.	75.12	75.12	.00130	.00009	.00139	250.26	.25	.724	.03554	15.00	14.36	2.557	2.557	13.98	13.34	13.73	13.09	1.00	1.00	.00
X	1 A4 - A6	0.	624.	0.	0.	600.	1250.	0.	74.88	2908.80	.05050	.00337	.05387	80.00	.25	1.754	.08607	14.36	13.16	15.000	15.000	13.34	12.14	13.09	11.89	1.00	1.00	.00
X	1 A5 - A6	972.	626.	0.	0.	972.	626.	0.	2571.42	2571.42	.04464	.00298	.04762	250.26	.30	.798	.05642	13.77	13.16	2.437	2.437	12.75	12.14	12.45	11.84	1.00	1.00	.00
X	1 A6 - C1	0.	0.	0.	0.	2572.	1876.	0.	.00	5480.22	.09514	.00634	.10149	180.00	.30	1.955	.13893	13.16	10.50	14.778	14.778	12.14	9.48	11.84	9.18	1.00	1.00	.00
X	1 B1 - B2	228.	0.	0.	0.	228.	0.	0.	95.30	95.30	.00165	.00011	.00176	127.00	.25	.898	.04410	18.00	17.50	3.937	3.937	16.99	16.49	16.74	16.24	1.00	1.00	.00
X	1 B2 - B5	228.	0.	0.	0.	456.	0.	0.	95.30	190.61	.00331	.00022	.00353	148.78	.25	1.349	.06620	17.50	16.18	8.872	8.872	16.49	15.16	16.24	14.91	1.00	1.00	.00
X	1 B3 - B4	228.	0.	0.	0.	228.	0.	0.	95.30	95.30	.00165	.00011	.00176	148.78	.25	1.349	.06620	18.00	16.68	8.872	8.872	16.99	15.66	16.74	15.41	1.00	1.00	.00
X	1 B4 - B5	408.	0.	0.	0.	636.	0.	0.	170.54	265.85	.00462	.00031	.00492	127.00	.25	.898	.04410	16.68	16.18	3.937	3.937	15.66	15.16	15.41	14.91	1.00	1.00	.00
X	1 B5 - B8	180.	0.	0.	0.	272.	0.	0.	75.24	531.70	.00923	.00062	.00985	133.19	.25	1.348	.06615	16.18	15.00	8.860	8.860	15.16	13.98	14.91	13.73	1.00	1.00	.00
X	1 B6 - B7	180.	0.	0.	0.	180.	0.	0.	75.24	75.24	.00131	.00009	.00139	133.19	.25	1.348	.06615	16.68	15.50	8.860	8.860	15.66	14.48	15.41	14.23	1.00	1.00	.00
X	1 B7 - B8	180.	0.	944.	0.	360.	0.	944.	111.11	186.35	.00324	.00022	.00345	127.00	.25	.898	.04410	15.50	15.00	3.937	3.937	14.48	13.98	14.23	13.73	1.00	1.00	.00
X	1 B8 - B11	0.	624.	946.	0.	632.	624.	1890.	146.70	828.88	.01439	.00096	.01535	260.00	.25	1.776	.08717	15.00	11.00	15.385	15.385	13.98	9.98	13.73	9.73	1.00	1.00	.00
X	1 B9 - B10	0.	0.	946.	0.	0.	0.	946.	35.95	35.95	.00062	.00004	.00067	260.00	.25	1.776	.08717	15.50	11.50	15.385	15.385	14.48	10.48	14.23	10.23	1.00	1.00	.00
X	1 B10 - B11	0.	0.	944.	0.	0.	0.	1890.	71.82	71.82	.00125	.00008	.00133	127.00	.25	.898	.04410	11.50	11.00	3.937	3.937	10.48	9.98	10.23	9.73	1.00	1.00	.00
X	1 B11 - C1	0.	0.	0.	0.	632.	624.	3780.	143.64	900.70	.01564	.00104	.01668	250.26	.30	.726	.05129	11.00	10.50	1.998	2.014	9.98	9.48	9.68	9.18	1.00	1.00	.00
X	1 C1 - OUT1	0.	0.	0.	0.	4204.	2500.	3780.	143.64	6880.91	.11078	.00739	.11817	69.24	.40	.940	.11817	10.50	10.50	.000	2.305	9.48	9.32	9.08	8.92	.99	1.15	.00

S

8. 용어설명

(1) 개거(Open ditch)

자유수면을 갖고 흐르는 수로단면으로 뚜껑이 없는 수로

(2) 개수로(Open channel)

1) 수리학적으로 유체가 대기에 접해 있는 자유수면을 갖고 흐르는 수로를 지칭

2) 수도관망과 같이 펌프 등에 의해 압력을 받아 흐르는 관수로에 대비되는 용어

(3) 간선(Main sewer)

하수관망에서 여러 개의 지선이 연결되는 주 하수관거를 뜻함

(4) 강성관(Rigid pipe)

1) 도관, 원심력 철근콘크리트관 등

2) 설계시 외력에 의한 처짐 등의 변형을 고려하지 않은 관

(5) 강우강도(Rainfall intensity)

단위시간의 강우량을 ㎜/h 단위로 표시한 것

(6) 계획시간 최대오수량

1) 계획목표년도에 있어서 1시간당 최대가 되는 계획오수량을 말한다.

2) 지하수량 및 공장배수량을 포함한다. 관로, 펌프장 등의 계획에 사용한다.

(7) 계획오수량(Design sanitary wastewater flow)

오수처리 계획에 있어서 관로, 펌프장, 처리장 등의 용량을 결정하기 위해 이용되는 오수량

(8) 계획우수량(Design stormwater flow)

우수배제계획을 수립하는 경우, 관로, 펌프장 등의 용량을 결정하기 위해 사용하는 우수 유출량을 말함. 산정공식으로서는 합리식 또는 실험식을 사용한다.

(9) 계획인구(Design population)

1) 하수처리에 있어서 계획오수량 산정의 기초가 되는 것

2) 계획구역에 관한 도시계획 및 기타 장기계획을 참고로 하여 계획목표년도의 발전 상황을 고려하여 산정한 계획구역내의 인구

(10) 계획하수량(Desisn sewage and stormwater flow)

1) 계획오수량과 계획우수량의 합을 말한다.

2) 하수도시설의 용량을 결정하기 위하여 쓰이는 하수량이다.

(11) 공공하수도(Public sewerage system)

1) 하수도법에 의하여 정해지는 하수도로서 동법에 의한 기준이 합치하고 건교부장관의 승인을 받은 것을 말한다.

2) 하수도법에 의하면 공공하수도라 함은 주로 시가지안의 하수를 배제, 처리하기 위하여 지방자치단체가 설치하는 하수도로서 대통령령이 정하는 규모 이상의 것을 말한다고 정의하고 있다.

(12) 관거(Pipe and culvert)

암거 및 개거를 총칭해서 말한다.

(13) 관거접합(Pipe connection)

관거의 지름, 기울기, 방향이 변하는 장소 및 관거가 합류하는 곳에 맨홀을 이용하여 관과 관을 연결하는 것을 말한다.

(14) 관수로(Pipe line)

물이 충만해서 흐르며 자유수면을 가지지 않은 수로로 개수로에 대비되는 용어

(15) 관저고(Sewer invert elevation)

수준기준면에서 관의 내면 하단까지의 높이

(16) 관저 접합(Pipe botton connection)

상류관과 하류관의 관저를 일치시키는 접합

(17) 관정 접합(Pipe top connection)

상류관과 하류관의 관정(내면상단)을 일치시키는 접합

(18) 관중심 접합(Pipe center connection)

상류관과 하류관의 관 중심을 일치시키는 접합

(19) 난류(Turbulent flow)

1) 유속이 어느 한계를 넘으면 물의 입자가 서로 혼합되어 흐트러져서 흐르는 흐름

2) 관수로의 경우에는 레이놀즈수(Re)가 4,000보다 클 때의 흐름이고, 개수로의 경우에는 레이놀즈수가 500보다 클 때의 흐름임.

(20) 노면 배수(Surface drainage)

강우시 도로면에 흐르는 물과 근접지대에서 도로면에 유입하는 물을 처리하는 것으로, 표면수는 일반적으로 도로측에 설치된 측구로 유하함.

(21) 누적곡선

강우량이나 유출량과 같은 수문량의 누가치를 종축으로 시간을 횡축으로 표시한 곡선

(22) 이토실(Sediment trap)

하수도 시설이 토사가 유입하는 것을 방지하기 위해 받이의 저부를 연결관의 관저보다 낮춰서 토사 등이 빠져 나가지 않도록 한 것을 말함. 이토실의 깊이는 통상 15㎝ 이상으로 한다.

(23) 단차접합

하수관거의 경사도가 매우 클 때 수세를 완화하기 위하여 도중에 단차를 두는 접합

(24) D・O(Dissolved Oxygen)

수중에 용해되어 있는 산소량을 ㎎/ℓ 로 표시한 것 - 용존산소와 같다.

(25) 맹암거

지하배수를 위해 땅속에 묻은 잡석 등으로 된 암거

(53) 알칼리제

물의 알칼리도를 높이거나 PH값을 조정하기 위하여 사용하는 약

(54) 암거(Culvert)

상부가 폐쇄된 수로, 특히 상자형의 것을 Box Culvert라 말함. 일반적으로 Culvert는 철도, 도로의 하부를 횡단하여 연결로로 사용되는 구조물을 지칭한다.

(55) 약품침전반

약품을 가하여 응결 침전케 하는 화학적인 처리방법

(56) 역사이펀(Inverted syphon)

하천, 철도, 도로의 밑에 하수도를 통과시킬 경우에 사용되는 역사이펀 압력관. 횡단하려고 하는 장애물의 양측에 수직으로 챔버(Chamber)를 설치하고 그 사이를 수평 또는 하향경사를 가진 수로로 연결한 구조이다.

(57) 연결관(Connection)

오수받이, 우수받이 또는 집수받이와 본관을 접속하기 위하여 매설하는 관

(58) 연성관(Flexible pipe)

외력에 대해 처짐 등의 변형을 일으키고 하중이 없어지면 형상이 복원되는 관

(59) 연수(Soft water)

경수가 아닌 물, 즉 마그네슘, 칼슘염이 수중에 용해되어 있는 양이 70㎎/ℓ (CaO로 환산)이하인 물($CaCO_3$로는 100㎎/ℓ 이하)

(60) 염소멸균

순염소 또는 클로르칼키로서 수중의 세균류를 사멸시키는 것

(61) 염소소비량

수중의 유기성 물질, 무기물질등으로 소비되는 염소량(일반적으로 1시간 접촉 중에 소비되는 염소량)

(62) 염소요구량

물에 염소제를 가해서 일정시간(일반적으로 1시간)접촉 후 유리염소를 남기기에 필요한 염소량

(63) 염소처리

1) 살균, 살조 및 유기물, 철, 망간, 암모니아 등을 제거할 목적으로 염소제를 물에 가하는 일의 총칭.

2) 유기물을 소독하여 부패작용을 지연 또는 산화시키기 위하여 폐수중에 염소를 가하는 것.

(64) 오수(Sanitary sewer)

일반가정, 사무소, 사업장(경작의 사업은 제외), 공장등에서 생활, 영업 및 생산활동에 의한 배수를 말한다.

(65) 오수관(Sanitary sewer pipe)

오수를 배제하기 위한 관을 말한다.

(26) 물받이(Inlet)

하수를 집수하여 연결관에 의해 관거에 유하시키기 위한 시설물을 말하며, 오수받이, 우수받이 및 집수받이로 나눌 수 있다.

(27) 맨닝공식(Manning formula)

일반적으로 개수로에 적용되는 평균유속공식의 하나로 수로의 경심을 R, 동수경사를 I, 조도계수를 n 이라 할 때 평균유속 V는 $V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot \cdot I^{1/2}$

(28) 배수(Drainage)

쓸모없이 되어 시설 밖으로 배출하는 우수, 오수 및 지하수 등을 말한다.

(29) 배수관(Drain pipe)

배수설비에서 배수관이란 옥내 및 옥외에서 발생하는 하수를 공공하수도로 배수하는 관을 말한다.

(30) 배수설비(House connection)

배수를 공공하수도로 유입시키기 위해 설치되는 건물 또는 부지내 등의 배수관거 및 부대설비의 총칭을 말한다.

(31) 배제방식(Collection system)

하수를 배제하기 위한 방식을 말하며, 우수와 오수를 동일관으로 배제하는 합류식과 우수와 오수를 각각의 관으로 배제하는 분류식이 있다.

(32) 베비트 공식(Babbit formula)

배수인구에 따른 시간 최대오수량을 구하는 공식. $M=5\div P^{1/2}$ (여기서 P는 1,000명 단위의 인구수)로 표시되는 Babbit계수 M을 최대오수량에 곱해서 시간최대오수량을 산출한다.

(33) 부관(Drop manhole fitting pipe)

맨홀에서 유입관과 유출관의 관저고차가 60㎝이상일 경우, 하수가 맨홀바닥에 직접 떨어지지 않고 맨홀바닥으로 조용히 흘러 들어가도록 별도로 설치한 관

(34) 부식(Corrosion)

주로 하수중의 유리탄산(Free CO_2), 산류 및 용존산소 등에 의하여 철제나 콘크리트가 산화되어 손상되는 것을 말한다.

(35) 분류식 하수도(Seperate sewer system)

빗물이 흐르는 우수거와 오수가 흐르는 오수거가 분리된 형식의 하수도

(36) 사이펀

관수로의 일부가 높은 개소를 넘기 위하여 그 부분의 수압이 대기압 이하로 되는 것. 그리고 최저수위가 절대압력의 영(수두에서 약 10㎝)보다는 높을 필요가 있다.

(37) 산기식

폭기탱크의 저부에 산기판 혹은 산기관을 설치하는 폭기방식

(38) 산기장치

미세한 세포를 수중에 분출시키는 장치

(39) 소켓연결(Socket joint)

1) 철근콘크리트관이나 도관에서 사용하는 연결방법중의 하나로 충진제를 채워 시공한다.

2) 고무링이나 압축조인트를 채용하여 시공성, 수밀성, 내구성을 높이고 있다.

(40) 손실수두(Head loss)

1) 단위중량의 물이 흐를 때 잃는 에너지의 양

2) 물이 흐를 때 손실 수두가 생기는 원인은 마찰, 단면변화, 방향변화 및 장애물 때문이다.

(41) 수구(Socket)

관의 이음부에서 소켓이 달린 쪽의 입구를 말한다.

(42) 수면접합(Water surface connection)

상류관과 하류관의 계획수위를 수리학적으로 일치시키는 방법에 의한 접합

(43) 수리특성곡선(Hydraulic characteristic curve)

관거내의 흐름 상태는 단면의 형상이나 수심정도에 따라서 유속 및 유량이 변하며 이 관계를 나타낸 곡선

(44) 스컴(Scum : 부사)

하수로부터 발생하는 가스 등에 의하여 수면에 뜨는 고형물의 취락

(45) 스크레이퍼

침전지로부터 침전된 고형물질을 제거하는 기기

(46) 슬라임

관내면, 저수탱크내면 등에 침적한 생물에 의한 물같은 물질

(47) 슬러지(오니)

탱크 또는 못에 침전한 원수 혹은 하수중의 고형물의 취락

(48) 슬러지

액성한계 이상의 수분을 포함하는 약품과 물과의 혼합체 혹은 슬러지와 물과의 혼합체

(49) 슬러지 건조상

슬러지를 일광에 건조하기 위하여 만든상

(50) 슬러지 농축

슬러지의 함수율을 적게 하는 방법

(51) C・O・D(Chemical Oxygen Demand)

주로 수중의 산화될 수 있는 유기물질이 K_2, Cr_2, O_7에 의하여 산화될 때 소비되는 산소량을 ㎎/ℓ 로 나타낸 것이다.(주로 하수도에서 쓰임)

(52) SS(Suspended Solids : 부유물질)

물속에 부유하고 있는 입경1μ이상의 물질

(66) 오수받이(House inlet)

오수받이 가정하수 또는 공장폐수를 본관에 연결하는 설비로 공공하수도의 시점 부분이다.

(67) 옥내 배수관(House drain)

가옥내 주방이나 위생기구에서 발생하는 하수를 옥외 하수도에 접속하는 관거

(68) 완전 월류웨어(Free weir)

하류측의 수위가 웨어높이 이하로, 하류측의 수위에 영향을 받지 않는 웨어

(69) 우수관거(Storm sewer)

우수를 배제하기 위한 관거

(70) 우수받이(Street inlet, storm water inlet)

도로측구 또는 가옥으로부터 유입하는 우수를 모아서 하수관거에 유입시키기 전에 설치하는 물받이

(71) 우수토실(Storm overflow chamber)

합류식 하수도에서 우천시에 일정량의 하수를 차집하여 하수처리장에 수송하고 나머지 하수를 하천등의 수역으로 방류하기 위한 웨어등의 시설

(72) 우천시 계획오수량(Design wet weather flow)

1) 합류식에서 우천시 하수량중 오수로서 차집하는 하수량으로 차집관거나 중계펌프장 및 처리장내 펌프장의 규모를 결정하기 위한 계획하수량

2) 통상 계획시간 최대오수량의 3배 이상으로 하는 경우가 많다.

(73) 유달시간(Time of concentration)

하수관거의 어느 지점의 우수량을 산출할 때 사용하는 유입시간과 유하시간의 합을 말한다.

(74) 유로연장

하천위의 한 지점에 대하여 그 지점으로부터 상류를 향하여 명확한 수로 형태가 있는 지점까지의 유로에 연한 거리. 일반적으로는 1/50,000지형도 상에서 하천의 표시가 되어 있는 지점까지의 연장을 말한다.

(75) 유수지

1) 저수지와 같이 홍수량의 일부를 일시 이곳에 저류하여 하류의 최대유량을 저감하기 위하여 이용되는 지역.

2) 하천 상류부의 범람구역은 모두 천연의 유수지로 간주하여야 할 것이다. 하천부근의 저습지를 선택하여 인공적으로 유수지로 하는 방법이 있다.

(76) 유입시간(Inlet time)

우수가 배수구역의 가장 원거리의 지점으로부터 관거에 유입할 때 까지의 시간

(77) 유출계수(Runoff coefficient)

강우량중에서 수로, 관거내 등으로 유출하는 우수량의 비율

(78) 유하시간(Inlet time)

관거에 유입한 하수가 관거내 어느 지점까지 유하하는데 소요되는 시간

(79) U형 측구(U-Shaped side ditch)

도로에 설치되는 측구의 일정으로 U형의 콘크리트 측구, 시공방법으로는 현장타설과 프리캐스트 제품 등이 있다.

(80) 인버트(Invert)

하수의 유하를 원활히 하기 위하여 맨홀 및 오수받이 등의 저부에 설치한 반원형의 수로를 말함.

(81) 일최대오수량(Maximum daily flow)

연간을 통해 가장 오수량이 많은 날의 오수량으로서 일반적으로는 여름에 발생하는 경우가 많다.

(82) 일평균오수량(Average daily flow)

일정기간의 오수량의 합계를 그 기간동안의 일수로 나눈 수량, 통상 1년간의 기간을 기준으로 하는 경우가 많다.

(83) 조도계수(Roughness coefficient)

유수에 접하는 수로 벽면의 거칠은 정도를 표시하는 계수

(84) 지체계수

지체현상을 나타내는 계수. 다음의 식으로 나타낸다.

tV/L, 여기에서 t : 강우지속시간, V : 관거내 평균유속, L : 관거연장. 이 값이 1보다 작을 때 지체현상이 일어난다. 또한 우수량 산정의 실험식 $Q = CRA\,n\sqrt{S/A}$ 에 있어서도 $n\sqrt{S/A}$ 를 지체계수라 한다.

(85) 지체현상

유달시간이 강우지속시간보다 큰 경우, 전 배수면적으로부터의 우수가 동시에 그 배수구역 내의 하수관거의 종단에 유입하는 것은 없다. 즉, 최 원격지점으로부터 우수가 최종으로 그곳을 통과할 때에는 하류측에서의 우수는 이미 그곳을 통과한 후이다. 이 현상을 말한다.

(86) 침사지

수로에 유입한 토사류를 침전시켜서 이를 제거하기 위한 곳

(87) 차집관거(Intercepting sewer)

합류식에서 청천시의 하수나 우천시 일정량의 하수를 차집하여 하수처리장으로 수송하기 위한 관거

(88) 측구(Gutter)

도로의 노면배수를 위하여 연석에 접하여 설치한 배수시설(L형측구, U형측구 등)

(89) 칼라연결(Collar joint)

칼라를 사용하여 관거를 연결하는 방법

(90) 토피(Cover)

지표면에서부터 매설하는 관거 바깥쪽 제일 윗부분까지의 덮개흙깊이를 말함.

(91) 펌프배수(Pumping drainage)

펌프를 이용하여 과잉수를 배제하는 것. 보통 토지의 경사가 낮아서 배수로를 굴착해도 자연배수가 곤란한 경우에 쓰임.

(92) 하수(Sewage and stormwater)

생활이나 사업에 기인하거나 수반되는 오수와 자연강우에 의한 우수를 말함.

(93) 하수도(Sewerage)

1) 하수를 배제하기 위해 설치되는 관거

2) 그 밖의 배수시설과 그것에 접속해서 하수를 처리하기 위해 설치되는 처리시설(정화조는 제외) 또는 그들의 시설을 보완하기 위해 설치되는 맨홀 시설, 그 밖의 시설의 총칭.

(94) 한계수심(Critical depth)

유량이 일정할 때는 비에너지가 최소, 비에너지가 일정할 때는 유량이 최대가 되는 때의 수심. 이때의 유량을 한계유량(Critical flow)이라고 유속을 한계유속(Critical velocity)이라 함.

(95) 합류

2개 이상의 관이 맨홀(또는 물받이)로 유입되는 것을 말함.

(96) 합류관거(Combined sewer)

오수와 우수를 동시에 배제하는 관거

(97) 합류식(Combined sewer system)

오수 및 우수를 동일 관거로 배제하는 방식을 말함.

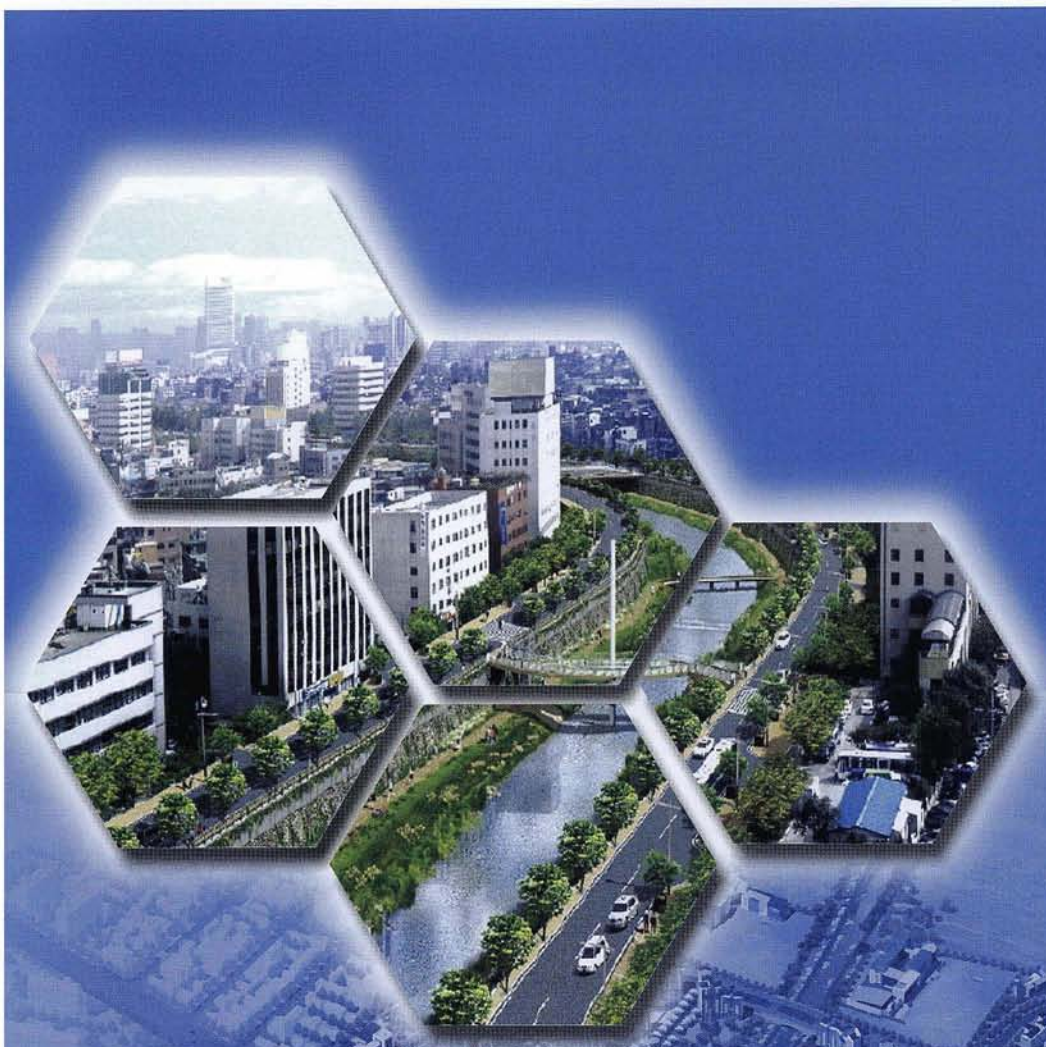
(98) 합리식(Rational formula)

1) 계획강우강도(I)와 유역면적(A) 및 유출계수(C)를 곱하여 유역의 공간 첨두홍수량을 산정하는 공식 $Q = C \cdot I \cdot A$ 이다.

2) 보통의 경우 소유역이면서 포장도가 높은 유역에서 많이 사용된다.

빈 면

Ⅸ. 하 천



〈총론〉
1. 총론

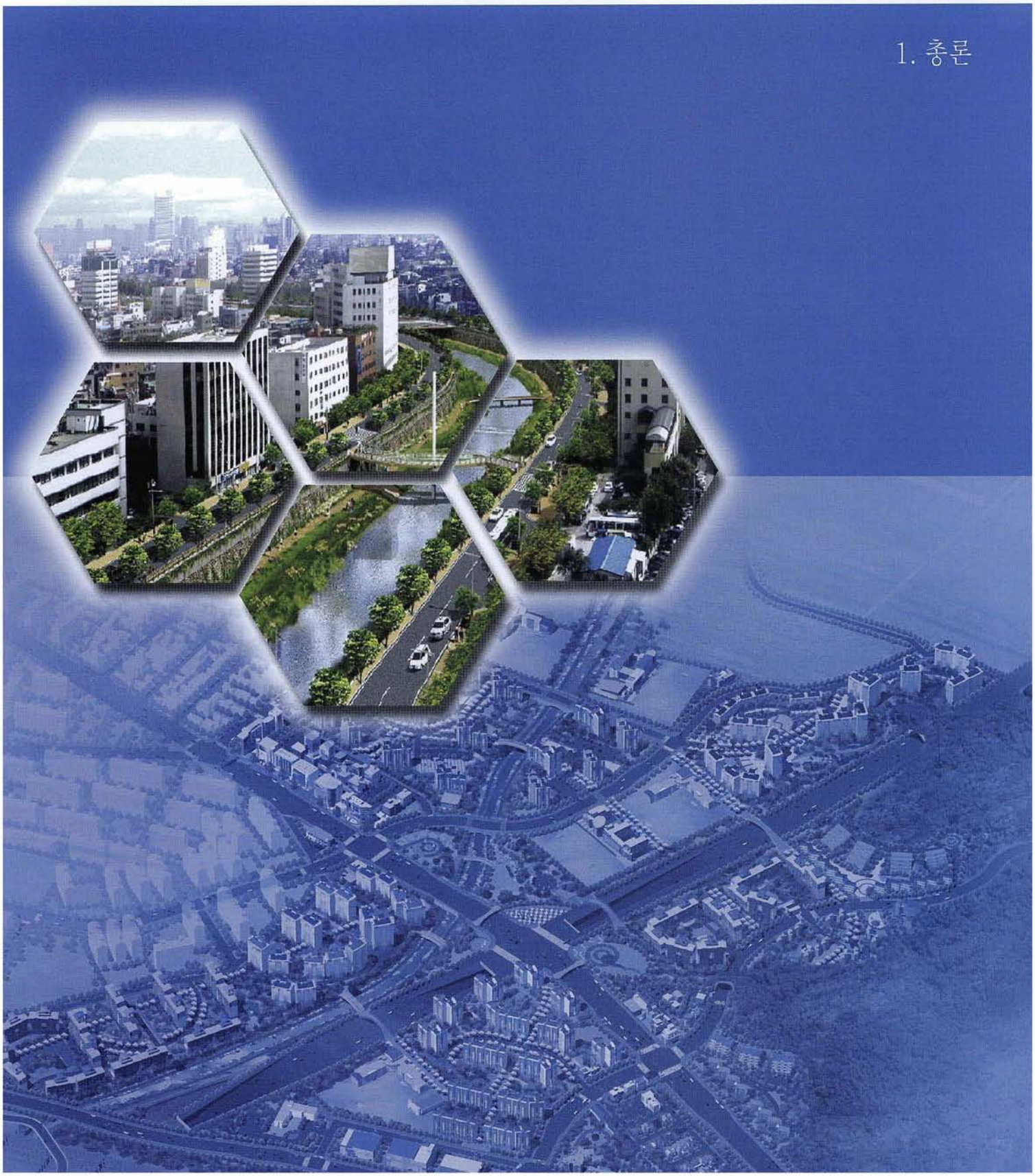
〈계획편〉
1. 설계수문량
2. 하도 계획

〈설계편〉
1. 제방
2. 호안
3. 하상유지시설
4. 보
5. 수문
6. 유수지
7. 하구시설
8. 자연형 하천설계
9. 기타시설물

빈 면

총 론

1. 총론



빈 면

Ⅰ. 총 론 편

1. 총 론

1.1 편람의 목적

본 편람은 주택조성공사 설계실무에 필요한 개략적 계획 기준과 정비 및 유지관리에 필요한 제반사항을 관련 법령과 지침 등을 근거로 정리·수록하여 택지조성사업을 위한 계획수립 및 설계시 실무자들이 현업에서 편리하게 활용할 수 있도록 하천에 관련된 제반사항의 방향을 제시하고자 함

1.2 적용범위

본 편람의 적용대상 하천은 국가하천, 지방1·2급 하천 및 소하천과 기타 하천 등으로 하천부속시설 및 하천과 관련된 구조물의 계획, 설계시 적용하는 일반적이고 기본적인 사항을 규정함

(1) 하천설계기준 : 국가하천, 지방1·2급 하천

(2) 소하천시설기준 : 소하천

<표 1.1> 하천설계기준과 소하천시설기준의 차이점

구 분	하 천 설 계 기 준		소 하 천 설 계 기 준
법 적	하천법의 적용을 받음		소하천정비법의 적용을 받음
	하천의 지정·관리	국가하천: 건설교통부 장관 지방하천: 특별·광역시장 또는 도지사가 지정·관리	시장·군수 또는 자치구의 구청장
	인허가 및 유지관리/관할구역	국가하천: 시·도지사 지방하천: 특별·광역시장 또는 도지사가 지정·관리	시장·군수 또는 자치구의 구청장
시설기준	대유역 대하천의 홍수예방을 위한 시설정비와 유지관리 및 수자원 이용측면의 설계·시공 관리에 중점을 둠		유역면적이 작고 경사가 급해 유속이 빠르며, 대부분 농어촌, 산간지방에 분포 재해예방과 이수 및 환경친환적인 기능의 확보차원의 정비
지형 및 수문·기상학적	하천법으로 지정된 하천의 중류 및 하류지역 하구의 넓은 지역		일반적으로 수원의 상류지역
개수실태	개수율이 높음		정비율이 낮음

1.3 하천관련 법규 및 정비 계획

1.3.1 하천정비기본계획

하천법 제17조 및 동 시행령 10조에 의거 해당하천 구간에 대한 하천의 관리, 이용, 보전, 개발 및 치수경제에 관련된 사항을 종합적으로 일관성 있게 조사, 분석하여 해당 하천정비기본계획 및 수자원종합개발의 지침으로 활용코자 하기 위함

• 하천법 제17조 : 하천정비기본계획

① 관리청은 그가 관리하는 하천에 대하여 대통령이 정하는 바에 의하여 하천의 정비에 관한 기본계획을 수립하여야 한다.

② 건설교통부장관은 제①항의 규정에도 불구하고 유역치수계획과 연계하여 수립할 필요가 있다고 인정하는 등의 경우에는 시·도지사가 관리청인 하천에 대한 하천정비 기본계획을 수립할 수 있다. 이 경우 미리 관리청인 시·도지사와 협의하여야 한다.

③ 하천정비기본계획은 10년 단위로 수립하되, 건설교통부 장관 또는 관리청은 하천정비 기본계획이 수립된 날부터 5년마다 그 타당성 여부를 검토하고 필요한 경우에는 하천정비기본계획을 변경하여야 한다.

④ 하천정비기본계획은 수해발생의 현황, 수자원개발·이용의 현황 및 하천환경 등을 고려하여 수계별로 수립하여야 한다.

⑤ 건설교통부 장관 또는 관리청은 하천정비기본계획을 수립하거나 변경하고자하는 때에는 미리 행정기관의 장과 협의한 후 하천관리위원회의 심의를 거쳐야 한다. 다만, 대통령령이 정하는 경미한 사항을 변경하고자 하는 때에는 그러하지 아니한다.

• 하천법 시행령 제10조 : 하천정비기본계획의 수립

(1) 법 제17조 1항 규정에 의한 하천정비기본계획은 다음의 사항이 포함되어야 한다.

(가) 하천의 개황에 관한 다음 각 목의 사항

1) 유역의 특성 및 일반현황　　2) 강우, 기상 및 수질 등 자연조건

3) 수해 및 가뭄피해현황　　4) 하천유수의 이용현황

5) 하천유역의 지형·지물 등을 파악하기 위한 측량기준점에 관한 사항

(나) 하천공사의 시행에 관한 다음 각 목의 사항

1) 기본홍수량(제방·댐·저류지·홍수조절지·방수로 등의 홍수방어시설에 의한 홍수조절계획을 반영하지 아니한 자연상태의 홍수량) 및 이의 배분에 관한 사항

2) 계획홍수량

3) 계획홍수위(계획홍수량에 해당하는 홍수위)

4) 계획하폭(계획홍수량의 소통에 필요한 양안사이의 거리)의 경계

(다) 하천예정지·하천구역 및 연안구역의 지정을 위한 조사

(라) 그 밖에 하천의 환경보전과 적절한 이용에 관한 사항

1.3.2 소하천 정비법

소하천 정비법 제6조 및 동 시행령 4조에 의거 해당 소하천 구간에 대한 정비・이용・관리및 보전에 관한 사항을 규정함으로써 재해를 예방하고 생활환경의 개선에 기여

• 소하천법 제6조 : 소하천정비 종합계획

① 관리청은 행정자치부령이 정하는 바에 의하여 소하천에 대한 정비방향의 지침이 될 소하천정비종합계획(이하 "종합계획"이라 한다)을 수립하여 특별시장・광역시장 또는 도지사(이하 "시・도지사"라 한다)의 승인을 얻어야 한다. 시・도지사는 종합계획을 승인한 때에는 그 결과를 행정자치부장관에게 제출하여야 하며, 행정자치부장관은 종합계획의 보완이 필요하다고 판단될 때에는 시・도지사에게 권고할 수 있다. [개정 99・8・31]

② 제1항의 규정에 의한 종합계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 소하천의 정비에 관한 기본방침
2. 수계별 소하천망의 구성
3. 재해예방 및 환경개선과 수질보전에 관한 사항
4. 소하천의 다목적 이용과 주민의 소득증대에 관한 사항
5. 기타 대통령령이 정하는 사항

③ 시・도지사는 제1항의 규정에 의한 종합계획을 승인하고자 할 때에는 다른 법률에 의하여 수립된 그 지역에 관한 개발계획과의 관련성 등을 검토하여야 한다. [개정 99・8・31]

④ 제1항 내지 제3항의 규정은 종합계획을 변경하는 경우에 이를 준용한다. 다만, 대통령령이 정하는 경미한 사항에 대하여는 그러하지 아니하다.

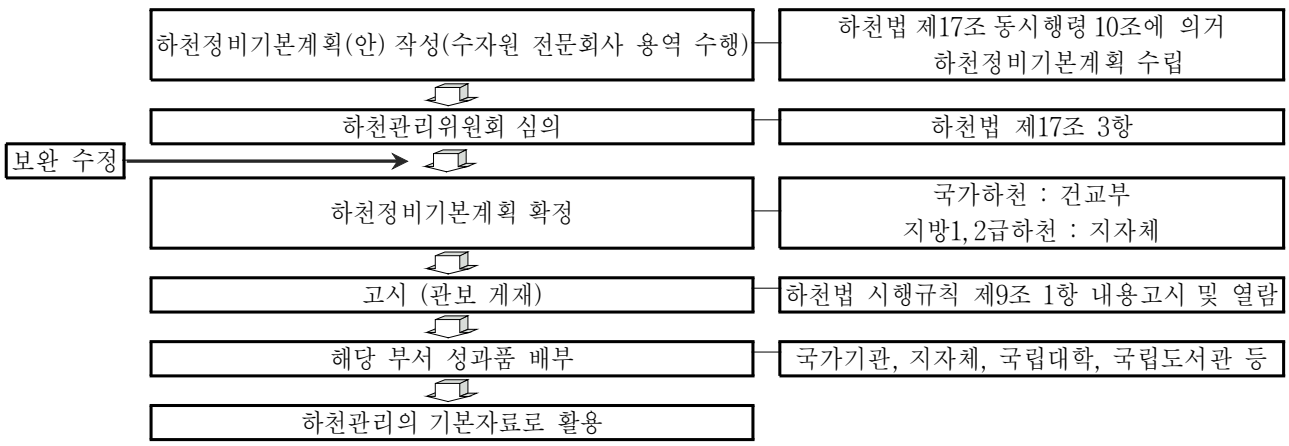
⑤ 관리청이 제1항의 규정에 의하여 종합계획을 수립하는 때에는 미리 대통령령이 정하는 지방환경관서의 장(이하 "지방환경관서의 장"이라 한다)과 협의하여야 한다. [신설 99・8・31]

1.3.3 하천정비기본(종합)계획 미수립 하천

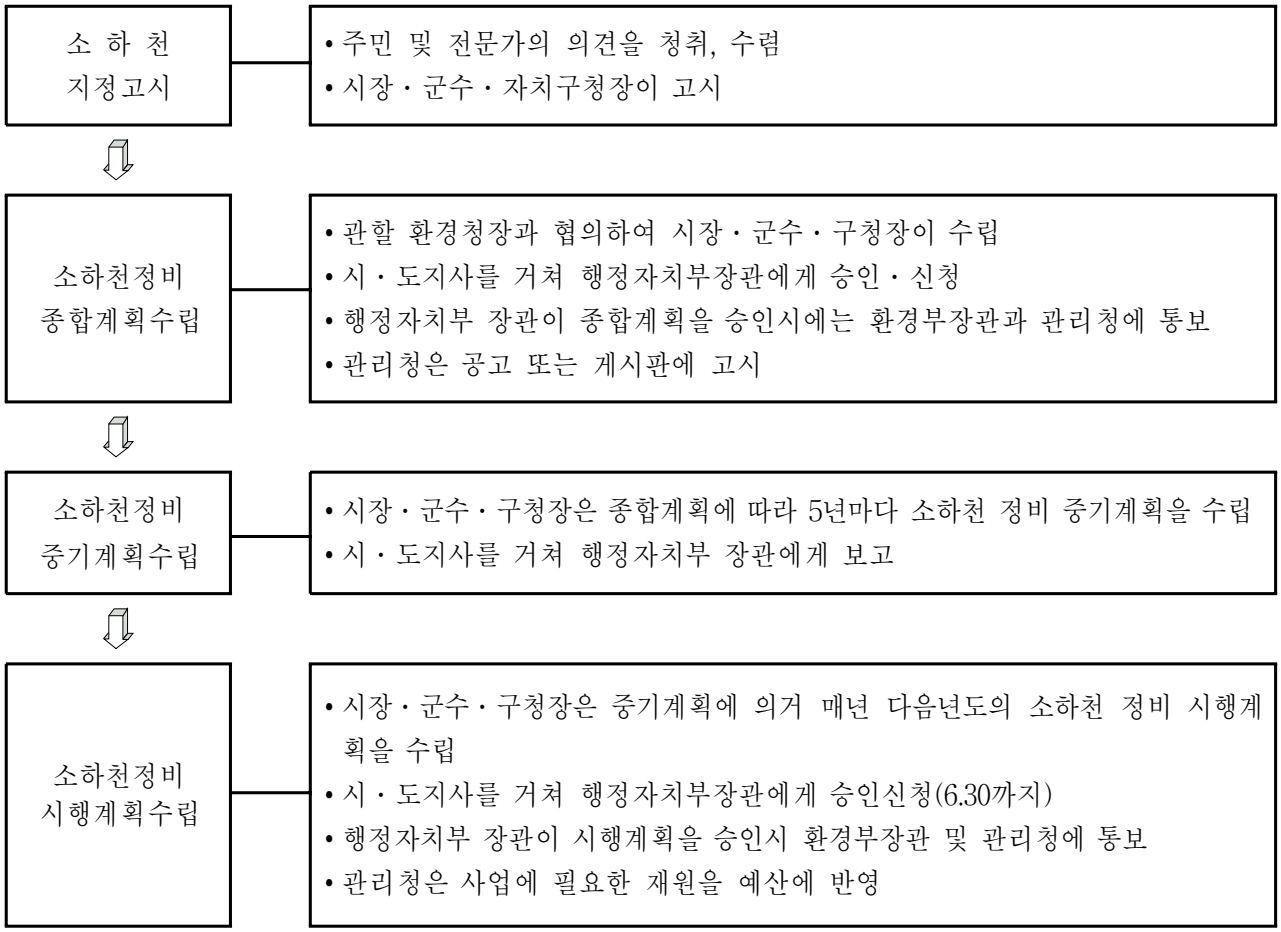
본 지침 및 하천설계기준, 소하천시설기준, 하천공사표준 시방서, 하천법 등에 따라 정비 계획을 수립함

1.4 기본계획 수립 행정절차

1.4.1 하천정비기본계획



1.4.2 소하천정비종합계획



1.5 유사 하천관련계획과의 비교

구 분	하천정비기본계획	유역종합치수계획	유 역 조 사
1. 목 적	• 하천의 관리, 이용, 보전, 개발 및 치수경제에 관련된 사항을 종합적으로 일관성 있게 조사, 분석하여 수자원 종합개발의 지침	• 유역내 다목적댐 및 치수전용 댐, 하천제방 및 유수지 등 각종 홍수방어시설의 구조적 대책 • 홍수터 관리, 홍수예경보체제 등의 비구조적대책 등을 종합적으로 고려 • 유역의 치수계획 수립·추진 및 최적연계운영	• 이·치수 및 환경·생태 등 주요 인자와 수자원 및 토지자원 등 자원 잠재력인자 및 인문·제도 등 개발환경인자 등에 대한 종합조사 • 장·단기 해당 하천유역의 종합적 개발 및 보존과 관리방안 도출 • 수자원 관련 정부정책 수립에 필요한 기본정보 제공 • 유역의 종합관리 방안 수립

1.5 유사 하천관련계획과의 비교(계속)

구 분	하천정비기본계획	유역종합치수계획	유 역 조 사
2. 내 용	• 하천측량 • 하천의 개황에 관한 사항 - 유역의 특성 및 일반현황 - 기초수문검토 - 하도특성 - 하천의 이용 및 환경현황 • 하천의 종합적인 정비방향 • 하천공사의 시행에 관한 사항 - 기본 및 계획홍수량 - 안정하상유지 - 계획홍수위 - 기초시설물 능력검토 - 하천시설물 설치방향 - 경제성 분석 • 기타 하천의 환경보전과 적절한 이용에 관한 사항	• 유역 기초자료조사 • 치수특성조사 및 분석 - 수문·치수시설조사 - 홍수피해현황 및 취약지구조사 - 홍수피해원인 및 치수계획상 문제점 분석 • 유역종합치수계획 수립 - 홍수량 산정 - 치수안전도 설정 - 홍수방어 대안 도출 및 평가 • 경제성 분석 - 최적 홍수방어 계획 수립 • 시행계획의 수립 • 유역관리계획 수립	• 기본방향 설정 • 기본현황조사 • 수문·수리조사 • 이수조사 - 이수시설 및 계획조사 - 물수지 현황조사 - 하천유지관리 유량조사 및 산정 • 치수조사 - 치수시설현황 및 계획조사 - 홍수피해 및 위험조사 - 치수시설물 운영체계 및 관리체계조사 • 환경·생태조사 • 수질·생태환경조사 - 토양오염조사 - 하천환경정비 현황조사 • 수자원개발사업의 효과 및 사후영향조사 • 바람직한 유역의 종합관리 방안
3. 관련자료등	• 하천정비기본계획 수립 및 하천대장작성 지침 • 하천정비기본계획 및 하천대장작성 표준화 방안	• 유역종합치수계획 수립 지침	• 수자원 장기종합개발계획

1.6 하천정비기본계획의 고시 및 변경 절차

1.6.1 하천법 제17조 제6항의 규정에 의하여 하천정비기본계획을 수립하거나 변경할 때에는 다음 사항을 관보 또는 공보에 고시하여야 하고, 하천정비기본계획 수립 및 변경시 고시 사항은 다음과 같음

(1) 수립 또는 변경의 목적

(2) 연평균 강우량 및 수자원 부존량

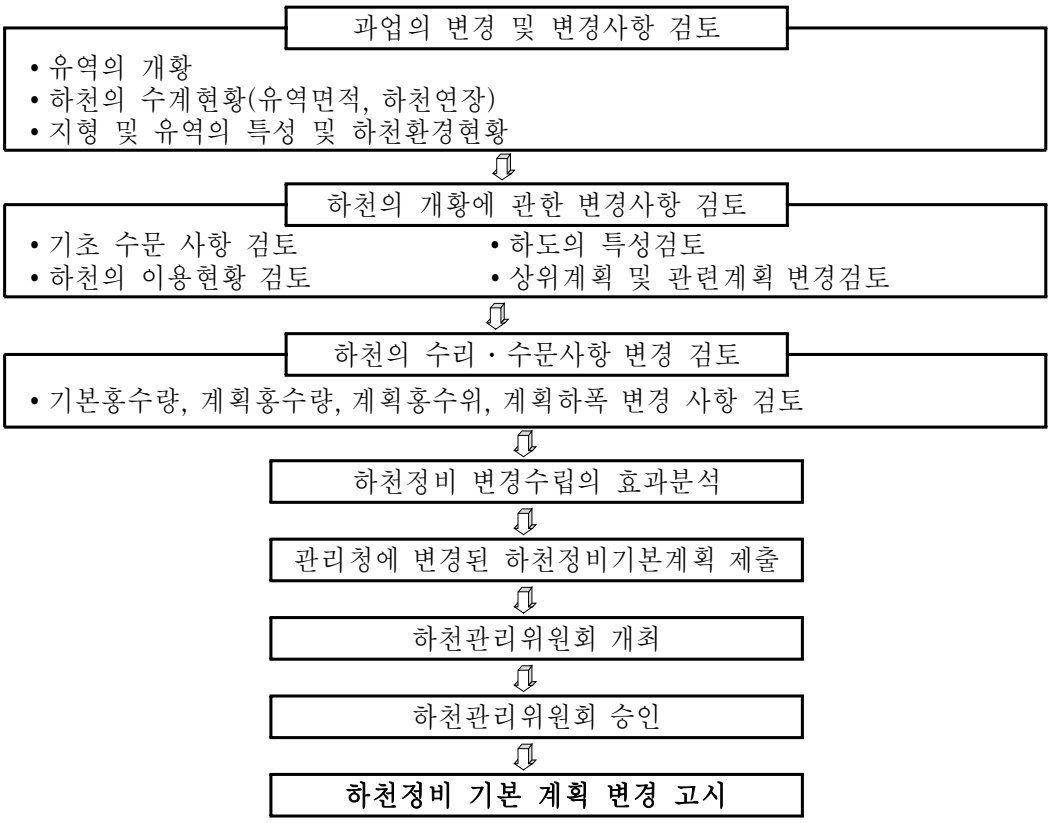
(3) 주요지점에서의 기본홍수량 · 계획홍수량 · 계획홍수위및 계획하폭

(4) 하천정비기본계획의 열람에 관한 사항

1.6.2 하천정비기본계획의 고시사항 중 2, 3호에 해당하는 사항이 택지조성사업으로 인하여 변동이 발생할 때에는 하천법 제17조 제5항 및 동법 시행령 제10조 제3항에 의거 다음에 해당하는 경미한 사항을 제외하고는 미리 관계 행정기관의 장과 협의한 후 하천관리위원회의 심의를 거쳐야 함

(1) 계획하폭을 100분의 10 이하의 범위 안에서 확장하고자 하는 때

(2) 주요한 지점에서의 계획홍수량을 100분 10이하의 범위 안에서 증가시키고자 하는 때



[그림 1.1] 하천정비 기본계획 변경수립 절차

1.7 관련계획 사항

(1) 과거 우수, 하수의 배수가 목적이었던 단순한 하천이 현재의 친수공간, 생태보전 등의 중요한 하천으로 역할이 강조되면서 하천단독의 개념에서 유역개념으로 전환됨

(2) 이에 하천정비 기본계획, 소하천정비종합계획, 유역종합치수계획, 국토종합이용계획, 수자원장기종합계획, 도시기본계획, 수도정비기본계획, 하수도정비 기본계획, 도로정비 기본계획 등이 종합적인 고려를 통한 하천의 개발 및 하도의 정비가 필요함

(3) 관련계획들의 상호 연관성을 고려하여 하천의 이용 및 개발이 이루어지며,

(4) 이러한 관련계획 사항을 바탕으로 택지조성사업을 수행함에 있어 하천설계시 검토・적용

하여야 할 상위계획 및 관련계획사항들에 대하여 알아보고자 함

1.7.1 하천정비기본계획의 하천구역 설정

(1) 일반사항

1) 하천관리청은 그가 관리하는 하천에 대한 행정사무를 원활하게 집행하기 위함 (하천법 제14조 및 하천법시행규칙 제6조의 규정에 의거)

2) 하천대장 부도의 축척은 1/5,000정도로 작성함을 원칙으로 함

(2) 하천구역의 효력

1) 어떤 특정 토지를 하천대장에 기재한다 하여 그 토지에 대한 권리의 창설이나 설·취득·변경 및 소멸의 효력이 발생하는 것은 아님

2) 따라서 하천관리청이 특정 토지를 하천대장에 등재하였다 하더라도 하천구역으로 되는지의 여부에 어떠한 영향을 미치는 것은 아님(대법원 1991. 10. 22 선고 90누9896 판결, 1997. 5. 16 선고 97다485 판결 등 참조)

(3) 하천구역의 정의

- 당연하천구역 : 지정절차를 거치지 않아도 되는 하천구역
- 지정하천구역 : 지정절차를 거쳐야만 되는 구역

1) 당연 하천구역 [하천법 제2조제1항 제2호가·나·다목]

① 하천의 물이 계속하여 흐르고 있는 토지 및 지형 [하천법 제2조 제1항 제2호 가목 前段]

② 당해 토지에 있어서 식물이 자라는 상황 기타의 상황이 매년 1회 이상 물이 흐른 흔적을 나타내고 있는 토지(대홍수 기타 자연현상에 의하여 일시적으로 그 상황을 나타내고 있는 토지를 제외한다)의 구역 [하천법 제2조제1항 제2호 가목 後段]

③ 하천부속물(하천법 제2조제1항 제3호 참조)의 부지인 토지의 구역 [하천법 제2조제1항 제2호 나목]

④ 제방(하천관리청이나 하천관리청으로부터 허가 또는 위탁을 받은 자가 설치한 것에 한함)이 있는 곳에 있어서는 그 제외지(堤外地), 제방으로부터 하천측의 토지를 말함) [하천법 제2조제1항 제2호 다목]

2) 지정 하천구역

① 제방이 없는 곳에서 홍수가 발생할 경우 예상되는 홍수량 소통에 필요한 토지로서 대통령령이 정하는 토지의 구역[하천법 제2조 제1항 제2호 라목(1) 및 시행령 제2조제1항]

- 계획홍수량의 소통에 필요한 양안(兩岸) 사이의 토지의 구역

② 대통령령이 정하는 제외지(堤外地)와 유사한 토지의 구역 중 가목에 해당하는 구역과 일체로 하여 관리할 필요가 있는 토지로서 하천법 제12조의 규정에 의한 하천관리청이 지정하는 토지의 구역 [하천법 제2조 제1항 제2호 라목(2) 및 시행령 제2조 제2항]

(가) 제방에 인접한 토지의 구역으로서 지형상 제방이 설치되어 있는 것과 동일한 형상을

이루고 있는 구역 중 제방보다 낮은 구역 [하천법시행령 제2조 제2항 제1호]

(나) 지형상 제방이 설치되어 있는 것과 동일한 형상을 이루고 있는 토지의 구역으로서 대안의 제방보다 낮은 구역 [하천법시행령 제2조 제2항 제2호]

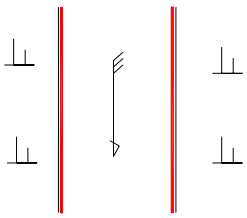
(다) 하천부속물에 의하여 가두어둘 수 있는 물의 최고수위선까지의 토지의 구역 [하천법시행령 제2조 제2항 제3호]

(라) 하천구역으로 둘러싸인 토지의 구역 [하천법시행령 제2조 제2항 제4호]

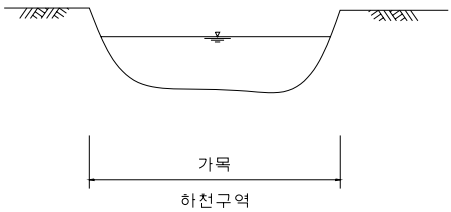
(4) 하천구역 결정 방법

- 하천구역은 하천을 구성하는 토지구역으로 하천의 종적길이인 하천구간에 대하여 하천의 횡적인 폭을 말함
- 하천구역의 결정은 현지의 지형, 식물이 자라는 상황, 침식 및 퇴적 등의 토지변동상황, 인근 주민들의 구전, 토지이용상태, 작물수확 상황 등을 조사하여 하천법 제2조제1항제2호에 해당하는 구역의 경계를 하천구역으로 결정(하천법 제2조 제1항 제2호 라목에 해당하는 구역에 대하여는 하천관리위원회의 심의를 받아 결정한 후 고시하여야 함)

1) 자연 그대로의 하천



평면도



단면도

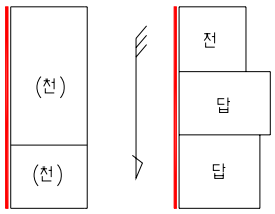
① 하천법 제2조제1항 제2호 가목에 해당하는 구역으로 정함

(가) 하천의 물이 계속하여 흐르고 있는 토지의 구역

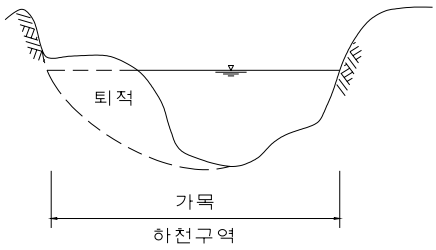
(나) 매년 1회 이상 물이 흐른 흔적을 나타내는 토지(대홍수 기타 자연현상에 의하여 일시적으로 그 상황을 나타내고 있는 토지의 구역을 제외한다)의 구역

② 위“①”의 “(나)” 구역의 결정은 기술적으로 그 경계를 정하기가 어려우므로 결정에 신중을 기해야 함

2) 사회통념상 원상복구가 어려울 정도로 포락되어 토지로서의 효용을 상실하여 사권이 소멸되었던 토지가 자연현상 등으로 퇴적되어 영농을 하고 있는 토지의 구역



평면도

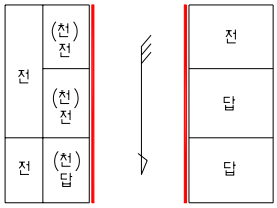


단면도

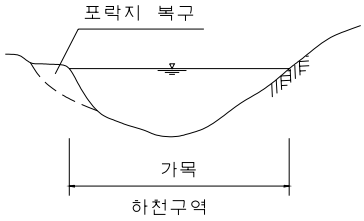
① 과거에 하천화 되었던 구역은 하천법 제2조제1항 제2호 가목에 해당하는 구역으로 하천구역에 포함됨

② 대법원 판례 84다카1072 : 1984. 11. 27. 선고
대법원 판례 91다31562 : 1992. 4. 10. 선고

3) 사회통념상 원상복구가 어렵지 않은 정도로 포락되었던 토지가 복구되어 영농을 하고 있는 토지의 구역



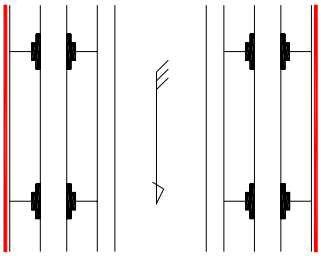
평면도



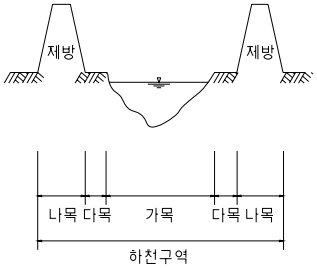
단면도

① 포락 후 하천화되지 않은 토지가 원상 복구된 경우에는 하천구역으로 보지 않음.

4) 제방[하천관리청이나 하천관리청으로부터 허가 또는 위탁을 받은자가 설치한 것에 한하고, 허가 없이 설치한 민간제(民間堤)를 제외한다. 이하 같다] 이 있는 구역



평면도

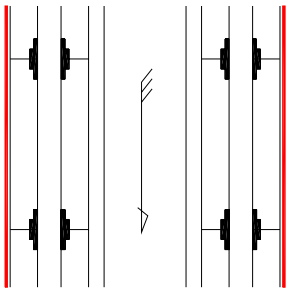


단면도

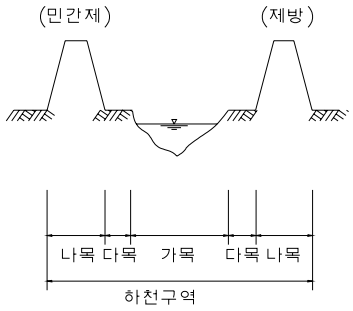
① 하천법 제2조제1항 제2호 가목 내지 다목에 해당하는 구역을 하천구역으로 정함

5) 사유지가 포락되어 포락지 경계선에 영농을 위한 민간제(民間堤)가 설치되어 있는 구역

(단, 기설 민간제(民間堤)가 당해 하천에서의 제방으로 역할이 충분한 경우)



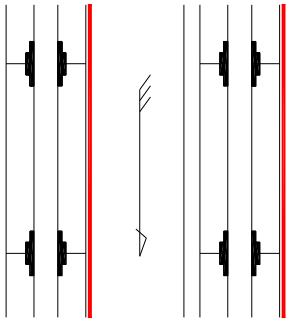
평면도



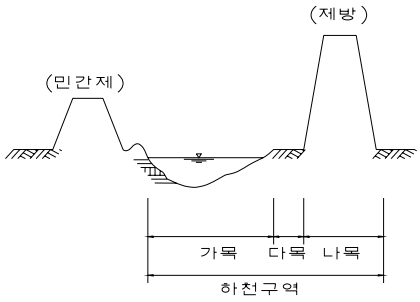
단면도

① 하천법 제30조 및 동법시행령 제20조의 규정에 의한 비관리청 하천공사시행허가 없이 설치한 제방이라도 당해 하천에서의 제방으로 역할이 충분한 경우에는 하천법 제2조제1항 제3호에 의거 설치자의 동의를 득할 것을 전제로 제내측 비탈끝(뒷비탈기슭)까지의 구역을 하천구역으로 정함

6) 위"5)"와 동일한 경우이나 기설 민간제(民間堤)가 홍수방어 역할이 불충분한 소규모의 경우



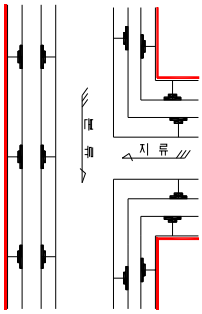
평면도



단면도

① 하천법 제30조 및 동법시행령 제20조의 규정에 의하여 허가를 득하지 아니한 기설 민간제(民間堤)가 임시 공작물의 형태인 경우에는 하천법 제2조 제1항 가목에 해당하는 구역을 하천구역으로 정함

7) 본류와 지류가 합류하는 부근의 토지

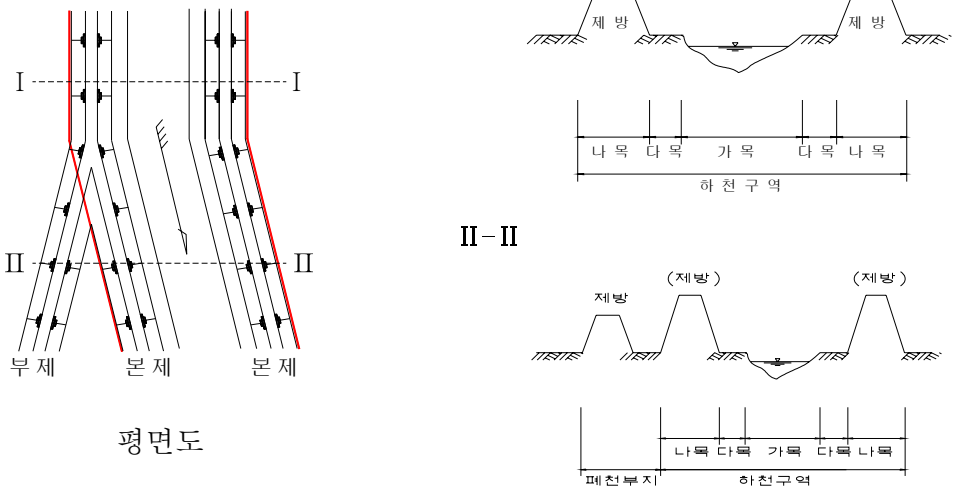


평면도

① 본류의 지류는 각각의 하천구역을 가지게 되는바, 본류 및 지류 공히 제내측 제방부지선(뒷비탈 기슭)까지 하천구역으로 정한다.

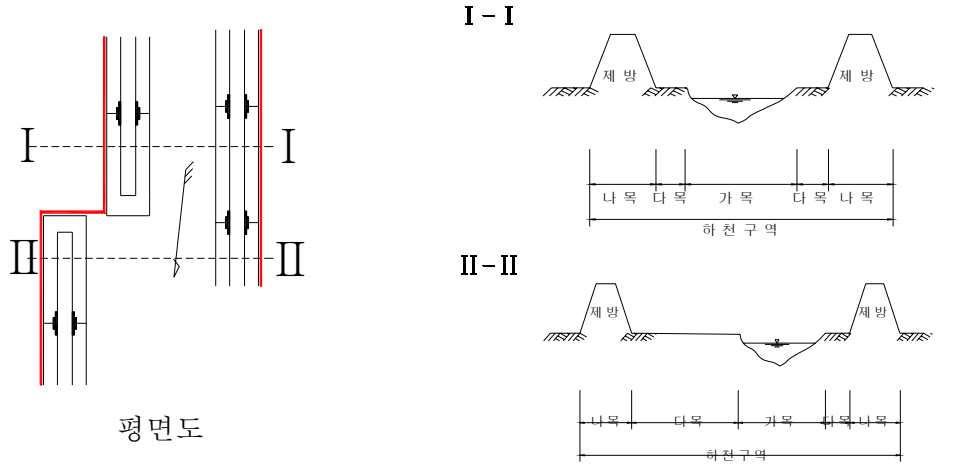
② 2이상의 하천이 합류되거나 분기되는 하천구간의 경계는 하천법 제8조제2항 및 동법시행령 제5조의 규정에 의하여 관계 하천관리청이 협의하여 정하도록 하고 있으므로 그 결과에 따라 본류와 지류에 대한 하천구역 경계선을 구분토록 함

8) 본제(本堤)와 부제(副堤)가 있는 구역



① 본제(本堤)를 기준으로 제방 부지선까지 하천구역으로 정하고 본제(本堤)로 인하여 신생된 토지에 대하여는 지적법 제3조(토지의 등록) 및 하천법 제78조(폐천부지 등의 양여)의 규정에 의하여 처리함

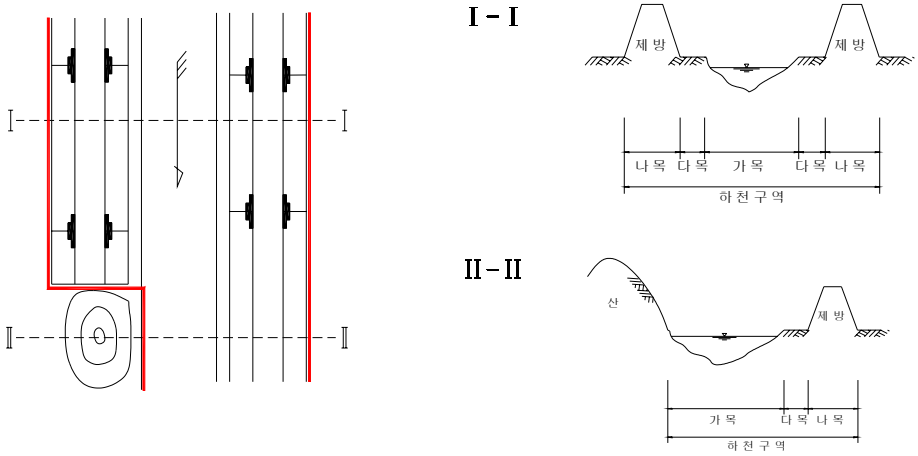
9) 개제(開堤)가 있는 장소의 토지의 구역



① Ⅰ－Ⅰ단면과 Ⅱ－Ⅱ단면에서 위 “4)”항을 적용하여 하천구역으로 정함

② 제방이 있는 구간과 없는 구간의 경계는 하천법 제8조제2항 및 동법시행령 제5조의 규정에 의하여 관계 하천관리청이 협의하여 정하도록 하고 있으므로 그 결과에 따라 현황도의 우안에서 Ⅰ－Ⅰ단면과 Ⅱ－Ⅱ단면의 경계선이 달라지게 됨

10) 제방이 있는 구역과 그 부근의 구역



평면도

① 현황도의 Ⅰ-Ⅰ단면은 “4)”항을, Ⅱ-Ⅱ단면은 “11)”항을 적용하여 하천구역으로 정함

② 제방이 있는 구간과 없는 구간의 경계는 하천법 제8조제2항 및 동법시행령 제5조의 규정에 의하여 관계 하천관리청이 협의하여 정하도록 하고 있으므로 그 결과에 따라 현황도의 우안에서 Ⅰ-Ⅰ단면과 Ⅱ-Ⅱ단면의 경계선이 달라지게 됨

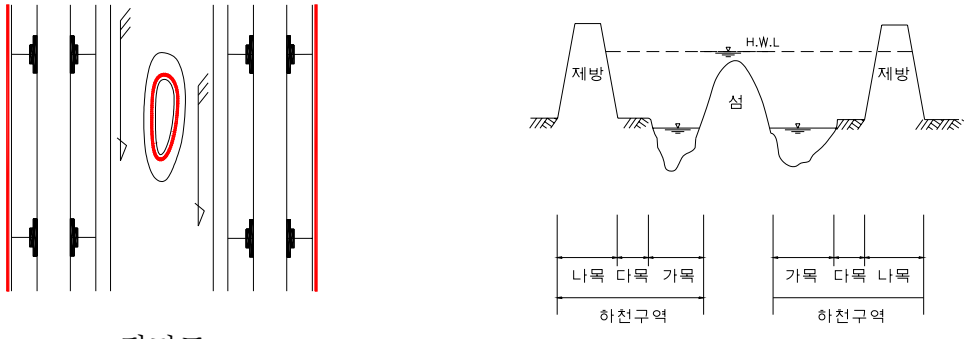
11) 하천의 양안 또는 어느 한쪽에 절벽 또는 급경사의 산지가 존재하여 제방의 역할을 하는 구역

평면도 단면도

① 하천법 제2조제1항 제2호 가목에 해당하는 구역으로 정한다.

② 기타내용은 “1)”항 참조

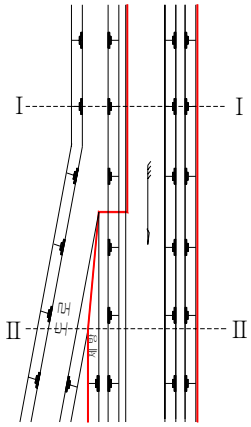
12) 하천에 존재하는 섬(島)의 경우



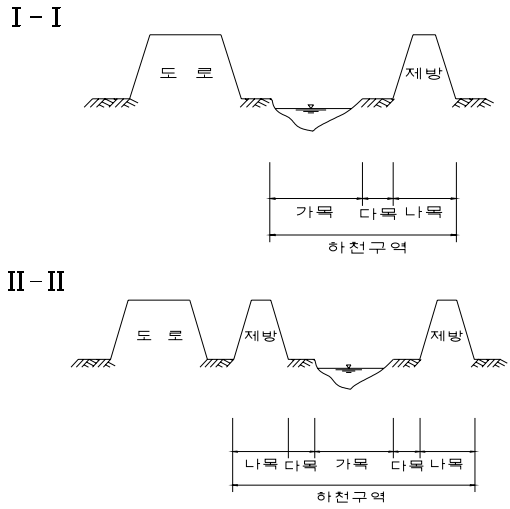
평면도 단면도

① 섬 주변에서의 하천구역의 경계는 하천법 제2조 제1항 가목에 해당하는 토지의 구역까지임.

13) 하천법시행령 제2조 제1호 및 제2호에 해당하는 토지의 구역(철도, 도로 등이 하천제방의 역할을 하는 구간)



평면도

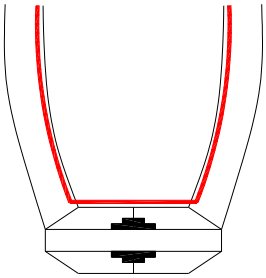


① 하천법 제2조제1항 제2호 라목의 규정에 의하여 지정한 구역을 하천구역으로 함

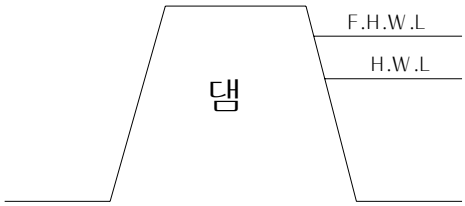
② 하천법 제8조제1항의 규정에 의하여 고시한 지역에 한하여 하천구역이 됨을 유의함

③ 제방의 단면을 보강하여 도로를 축조한 구간은 “4)”항 및 “10)”항을 적용

14) 하천법시행령 제2조제3호에 해당하는 토지의 구역(댐 저수지)



평면도



단면도

① 하천법 제2조제1항 제2호 라목의 규정에 의하여 하천구역으로 지정한 구역을 하천구역으로 함

② 댐 저수지에 있어서 하천구역은 댐건설 및 주변지역지원 등에 관한 법률 제12조의 규정에 의하여 고시한 지역 또는 하천법 제8조제1항 또는 하천법 제9조제4항의 규정에 의하여 고시한 지역에 한하여 하천구역이 됨을 유의

1.7.2 유역종합치수계획

(1) 개요

1) 계획홍수를 초과하는 규모에 대한 장기계획

2) 하도 및 유역에서 대응할 수 있는 최대 규모의 홍수량을 처리하는 계획

3) 일차원적인 치수대책에 비하여 한 단계 높은 이차원적인 치수대책(구조적 대책과 비구조적 대책 수립의 방재계획 포함)

4) 하천정비기본계획 ⇒ 하천의 종합적인 관리계획, 유역종합치수계획 ⇒ 치수사업의 종합계획

5) 홍수에 대한 교육, 방재, 복구 등 치수계획 총괄

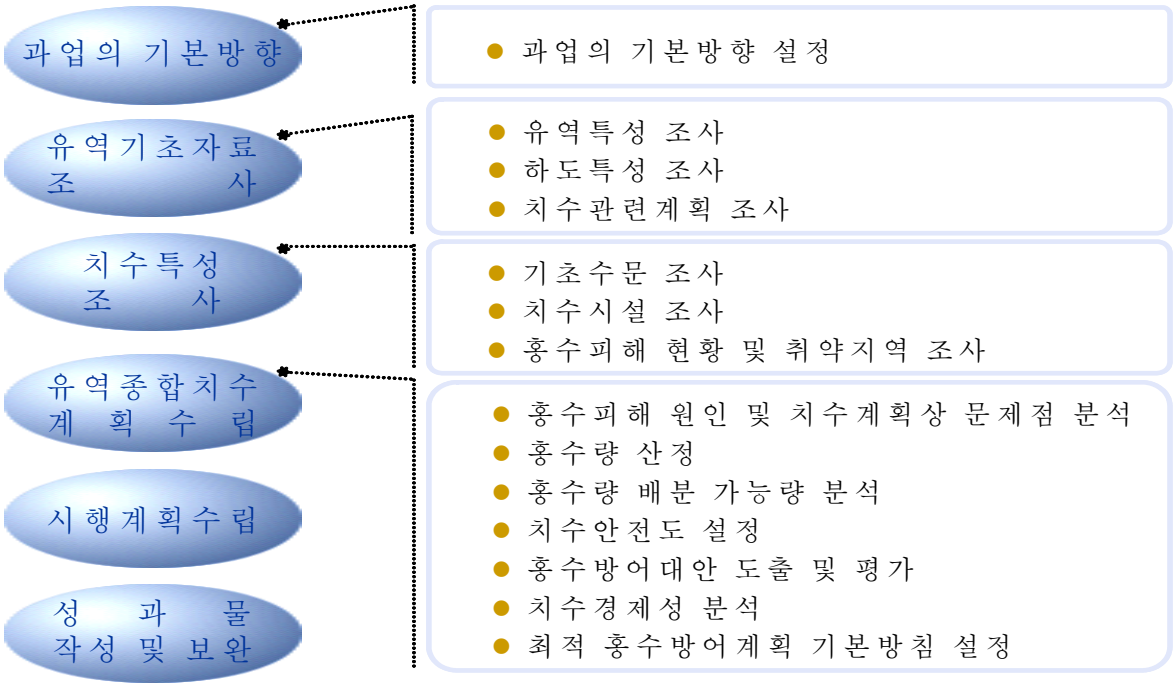
(2) 목적

1) 기존의 치수계획의 문제점(일부 국한된 홍수방어 시설에 과도한 부담)을 재검토 및 평가하여 홍수방어 시설간 최적 연계운영 등을 통하여 홍수저감능력 극대화

2) 홍수방어대안의 수리·수문학적 평가 및 치수경제성 분석을 통한 최적홍수방어의 계획을 수립하고, 이를 통한 일관된 유역 종합치수계획을 수립함

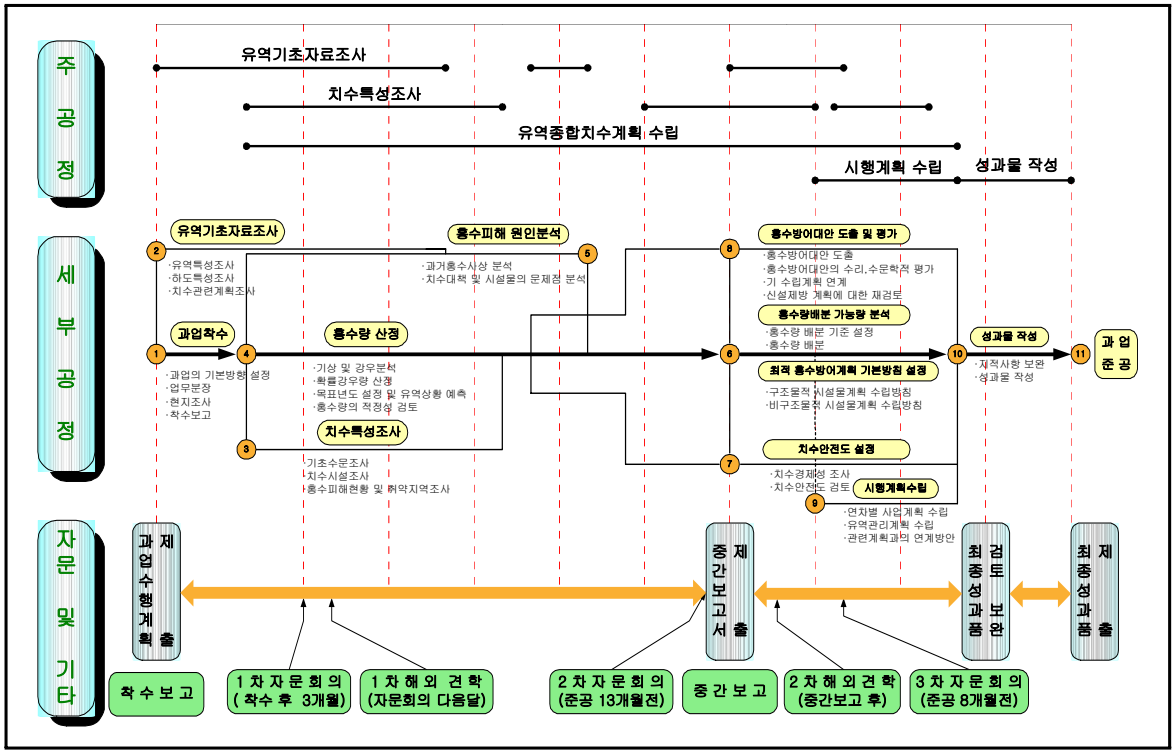
(3) 절차

1) 유역종합치수계획에서 최적홍수방어 대안을 결정하는 과정



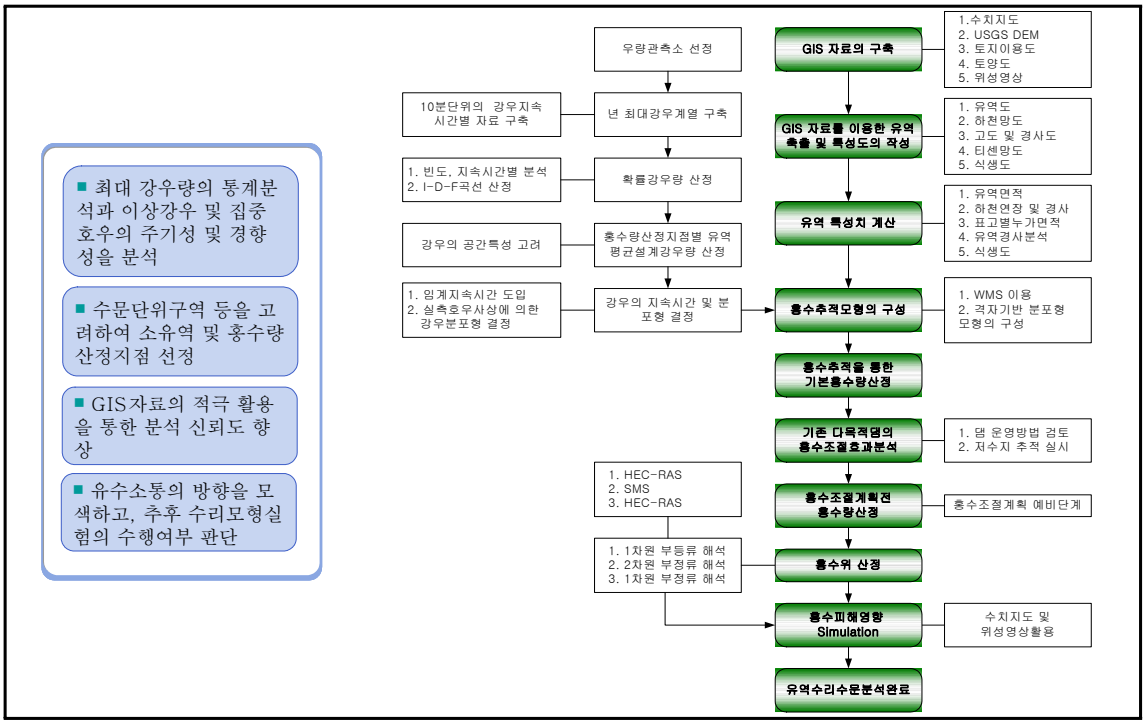
[그림 1.2] 유역종합치수계획 과업흐름도

2) 주공정에 해당하는 세부공정 종류 및 계획 과정



[그림 1.3] 유역종합치수계획의 주공정 및 세부공정 흐름도

3) 유역종합치수계획 수립사항 중 수리·수문(계획홍수량)과 구조물적 대책은 택지조성 사업시 적용·검토하여야 할 사항임



[그림 1.4] 유역의 수리·수문 분석 흐름도

1.7.3 국토종합계획

(1) 개요

1) 국토종합계획은 미래의 경제적, 사회적 변동에 대응하여 민족의 삶의 터전인 국토의 미래상과 장기적 발전방향을 종합적으로 설정

2) 국토의 이용, 개발, 보전에 관한 장기적·종합적인 정책방향을 설정하는 국가의 최상위 종합계획임

3) 국토종합계획에서는 인구와 산업의 배치, 기본시설의 공급, 국민생활환경의 개선, 국토자원의 관리 및 환경보전에 정책방향 등을 제시하고 있음

(2) 기본목표와 전략

1) 기본목표

- 더불어 잘사는「균형국토」: 지역간의 통합 지향
- 자연과 어우러진「녹색국토」: 개발과 환경의 통합 지향
- 지구촌으로 열린「개방국토」: 세계화의 통합 구현
- 민족이 화합하는「통일국토」: 남한과 북한의 조화로운 통합 지향

2) 기본전략

- 개방형 통합 국토축 형성
- 지역별 경쟁력 고도화
- 친환경적 국토관리 강화
- 고속교통·정보망 구축
- 선진생활공간 확립
- 문화·관광국토 구현
- 동북아 속의 남북한 교류협력기반 조성

(3) 시·도별 발전방향

- 서울 : 새천년 세계도시
- 부산 : 환태평양 국제해양 물류도시
- 대구 : 국제 섬유패션산업 메카
- 인천 : 동북아권 국제정보 교류 도시
- 광주 : 첨단산업·문화예술 중심 도시
- 대전 : 과학기술 중추도시
- 울산 : 자동차 및 21세기 신산업도시
- 경기도 : 지식산업 중심지역

(4) 추진계획

- 중앙정부 권한의 지방이양 추진

- 중앙정부와 지방자치 단체간 지역개발 협력체제 구축
- 법적기반 구축 및 조직체계의 정비
- 국토정책의 조정·통합 강화
- 건설기반 선진화로 부실공사의 사전방지 및 안정성 제고
- 국토계획 수립과 집행에 범국민적 참여 강화

1.7.4 수자원장기종합계획(Water Vision 2000)

(1) 개요

1) 건전한 물 활용과 안전하고 친근한 물 환경 조성

2) 지속 가능한 사회발전 실현을 기본이념으로 함

3) 수자원이용체제 구축과 홍수재해를 예방할 수 있는 유역종합치수관리체제 구축 및 인간과 자연이 어울려 사는 하천환경조성

4) 목표에 도달하기 위해 지역의 특성과 환경에 적합한 사업추진 전략과 중앙정부, 지자체 및 지역주민의 합의 형성을 통한 사업추진

5) 수자원 정보 공유와 기술개발을 바탕으로 한 사업추진전략을 제시

(2) 건전하고 안정된 물이용

1) 지속적인 수요관리 추진을 통한 물이용 안정성 확보

2) 효율적 수자원 이용과 수질관리로 물 이용량 증대

3) 안정적인 수자원 확보를 위한 신규 수원 개발

4) 가뭄 대비 위기대처 능력 향상을 위한 대책 추진

(3) 홍수에 강한 사회기반 형성

1) 하도에서 유역개념으로 치수기본계획의 전환

2) 홍수재해의 위험과 피해저감 정책의 지속적 추진

3) 지속 가능한 치수사업 추진

4) 홍수재해저감을 위한 제도적 방재 기술적용 추진

(4) 자연과 조화된 하천환경조성

1) 자연 친화적인 하천정비 추진

2) 하천환경의 보전과 복원사업 추진

3) 물 문화의 회복과 육성

4) 하천의 다목적 활용사업 추진

1.7.5 도시기본계획

(1) 개요

1) 도시기본계획은 한 도시의 가장 근간이 되는 계획

2) 도시의 한정된 자원을 효율적이고 합리적으로 활용

3) 도시의 환경적으로 건전하고 지속 가능하게 발전시킬 수 있는 장기적인 방향을 제시

4) 도시에 대한 다른 계획과 토지의 개발·정비·보전의 지침적 계획임

5) 도시계획법 3조에 의거하여 도시의 기본적인 공간구조와 장기발전방향을 제시하는 종합계획

6) 도시기본계획의 내용은 도시계획법 제7조와 동법 시행령 제12조에 근거하고 있음.

(2) 도시기본계획 부분별 내용

- 도시특성과 성격
- 계획의 목표와 도시지표 설정
- 도시공간구조의 설정
- 생활권 설정과 인구배분계획
- 토지이용계획
- 교통·물류계획
- 정보·통신계획
- 공공시설계획
- 산업개발계획
- 주거환경계획
- 환경보전계획
- 경관 및 미관계획
- 여가 및 공원녹지계획
- 사회개발계획
- 도시방재계획
- 재정계획
- 기타 필요한 사항

1.7.6 수도정비기본계획

(1) 개요

1) 수로시설정비 및 확장을 계획적으로 수행할 수 있도록 수도법 제4조의 규정에 의거하여 계획을 체계적으로 수립하여 공중위생의 향상과 생활환경의 개선을 목적으로 함

2) 지역의 장기적인 수요에 대처할 수 있는 20년 단위 계획을 수립함(계획기간은 10년을 원칙으로 하고, 5년 단위의 시행단계를 구분)

(2) 수도 정비시 고려사항

1) 기본사항 결정

① 계획 급수구역 결정 : 단계별 급수구역 범위

② 계획 급수인구 추정 : 단계별 계획인구 및 급수인구 산정

③ 계획 급수량 산정 : 생활용수, 공업용수량

④ 급수 수요량 추정 분석 및 원단위 추정

⑤ 급수 배분계획

2) 시설정비 및 확장계획

① 시설정비계획 : 기존시설(송수관로, 배수지, 가압장, 배수관로 등)에 대한 개량, 보수, 사용여부 분석

② 시설확장계획 : 기존시설 확장, 신설

3) 유지관리계획

① 유수율 향상계획 : 누수율 저감대책, 사고의 예방 및 조기수습 방안

② 노후시설 개량계획 : 노후관 교체, 관 세정 및 갱생

③ 중수도의 개발, 보급계획

4) 송·배수시설의 정비 및 확장계획

① 송·배수시설의 현황조사 ② 급수구역 분할계획

③ 배수지 및 가압장 진단 ④ 배수지 확장계획

⑤ 배수관망 계획

1.7.7 하수도정비 기본계획

(1) 개요

1) 하수도정비계획은 도시 재정비 계획의 관련지표를 중심으로 기존 하수도 시설을 분석하고, 이에 따른 종합적인 하수도 계획을 수립

2) 해당지역의 하수 행정기반 구축 및 투자의 효율성을 증진하기 위함

3) 하수처리장의 지속적인 유지관리와 함께 공중위생향상 및 방류수역의 수질환경보전을 도모하기 위함

(2) 하수도 정비시 고려 사항

1) 일반현황

① 지형 및 지질 ② 기상개황

③ 하천현황 ④ 침수지역현황

2) 기본계획 관련자료

① 토지이용 ② 인구현황

3) 종합계획

① 장래인구계획 ② 계획하수량 산정 ③ 오염부하량 및 수질

4) 하수 주요시설

① 계획우수 유출량 ② 강우강도 공식

③ 유출계수 ④ 유수지 및 빗물펌프장

⑤ 기존 하수처리장 용량 검토 및 증설계획

1.7.8 도로정비 기본계획

(1) 개요

1) 도로정비 기본계획은 날로 심각해지고 있는 교통문제의 해소와 이에 대응할 적정한 도로의 공급 및 정비계획 수립

2) 도로의 기능체계 재정립과 접속 위계 확보 및 투자순위결정과 장기적인 사업계획을 수립

3) 타 도로와의 연계성과 효율증대를 위한 도로사업 방안 및 도로운영체계 개선방안 등을 제시

4) 택지조성사업시 도로정비 기본계획에서 제시된 장래 도로 수요예측 및 도로건설계획 등

을 조사하여 하천내에 들어오거나 통과하는 도로의 경우 하천에 미치는 영향 등의 충분한 검토가 필요함

1.8 하천계획사항에 대한 조사

1.8.1 유역특성조사

(1) 개요

유역의 강수-유출간의 관계규명과 유출량 및 홍수량을 추정하는데 필요한 유역과 하천의 특성들을 개략적이며 총괄적으로 조사하기 위한 기준 제시

(2) 일반특성조사

1) 유역특성인자조사(면적, 유역평균경사, 유역의 방향성, 유역의 평균표고 등)

2) 유역형상조사 : 유출에 영향을 미치는 인자조사(유역의 형상의 분류 및 특징, 유역평균 폭, 유역형상계수, 유역밀집도 등)

3) 지형 및 지질조사

4) 토양 및 토질조사

5) 수계조사

(3) 기존자료 조사

1) 분석 대상유역에 대한 기존의 보고서, 관측기록 조사

2) 기상자료, 수문량 자료, 인문자료, 홍수흔적, 피해현황조사

(4) 관련계획조사

1) 치수 및 이수계획 조사

2) 국토이용 및 도시계획 조사

3) 하천환경계획 조사

1.8.2 강수량조사

(1) 개요

1) 하천 유역의 지상에서 강수량을 관측하고, 관측 결과를 조사 및 정리하기 위한 표준방법을 제시

2) 강수량 조사는 모든 수문 조사의 기본임을 인식하고 목적하는 바에 따라 가장 정확한 자료가 이용될 수 있도록 관측

3) 강수량 조사는 강우량, 적설량, 그리고 증발산량 등으로 나누어지며, 이용 목적에 따라 조사 범위 설정

4) 하천계획 또는 하천시설계획을 위하여 기존의 강수량 자료를 활용하기 위한 조사임.

1.8.3 수위조사

(1) 개요

1) 하천의 수위조사는 수위 그 자체가 필요한 경우

2) 하천유량을 얻기 위한 수단으로 측정

(2) 관측 및 설치장소

1) 정확한 하천수위를 산정할 수 있는 곳에 수위관측소 설치

2) 하천수위 변화양상을 파악할 수 있는 지점에 설치

3) 하천의 특별한 수리현상이 발생되는 곳에 설치

4) 하상변동현황, 유량변화 및 지형현황을 고려하여 설치

1.8.4 유량조사

(1) 개요

1) 일반하천의 유량 조사시는 홍수, 평수, 저수, 갈수시의 유량측정 방법과 감조하천의 유량측정 원칙을 정하여 유량 조사를 실시

2) 홍수관리 및 하천 상시유량관리, 수질관리에 적용되도록 상하류 또는 지류 측정값과 연관되어 이루어져야 함

(2) 관련설계기준 및 법규

1) 관련규정

① Guide to Hydrological Practices(WMO,1994), Data Acquisition and Processing, Analysis, Forecasting and Other Applications, WMO-No. 168

② 수문관측업무규정(건설교통부 훈령 제444호, 2003.12)

③ Measurement of Liquid Flow in Open Channel : Velocity-Area Methods, ISO 748

2) 법규

① 하천법 제18조(수문조사의 실시), 제19조(수자원자료의 정보화)

② 하천법시행령 제11조(수문조사의 내용 등), 제12조(수자원정보체계의 구축운영 등)

③ 기상업무법 시행규칙(과학기술부령 제00042호, 2002.12)

(3) 유량측정방법

<표 1.2> 하천 규모 및 유량별 유량측정 방법

하 천 규 모	유 량	유 량 측 정 방 법
중 소 하 천	갈 수 저 수 시	유속계법, 위어 측정법
	평 수 시	희석법, 유속계법
	홍 수 시	부자법
대 하 천	갈 수 저 수 시	유속계법, 희석법, 이동 초음파 유속계법
	평 수 시	유속계법
	홍 수 시	부자법, 전자파 표면 유속계법

1.8.5 지하수조사

(1) 개요

1) 지하수는 생활용수, 공업용수 및 농업용수 등 여러 목적으로 수자원으로 이용되고 있음.

2) 갈수시 하천유량의 유일한 공급원이 됨으로 수자원 부존량을 파악하여 하천관리나 수자원 확보차원에서 중요함

3) 지표 및 지하수 전체를 대상으로 한 물수지에 대한 파악이 이루어질 때에만 효율적인 지하수 이용방안이 수립될 수 있음.

(2) 관련법규

1) 법규

① 지하수법 제20조(수질검사 등)

② 수질환경보전법 제7조(수질오염공정시험방법)

2) 지하수조사의 목적과 범위

① 목적

(가) 지하수관리, 지하수개발, 지하수의 인공함량, 활동붕괴방지, 지반침하방지, 지하수 유입량·유출량의 추정, 건설공사에 따른 지하수대책 등을 위해 수립함

② 지하수 조사는 필수 및 권장 항목으로 다음 표와 같이 조사함

<표 1.3> 지하수조사의 목적과 조사항목

목적 / 조사항목	지하수 관리	지하수 개발	지하수 인공함양	지반침하 방지	지표수 환원량 추정	건설공사가 지하수에 미치는 영향
수리지질 및 토질	○	○	○	○	○	○
지하수위	○	○	○	○	○	○
우량	△					
하천수위 및 유량	△		△		○	△
증발량 및 침투량	△					
하천취배수량	△				○	
양수량	○	○	○	○	○	○
하천수수질			△		△	
지하수수질	○	○	○		△	△
지반고	△	△		○		△
토지이용실태	△			○		△

주) ○: 필수, △: 권장

1.8.6 유사 및 하상변동조사

(1) 개요

1) 하도계획이나 유사조절계획, 또는 하천 사방시설의 설계시 유사 및 하상변동조사를 시행할 때 필요한 표준적인 방법과 절차를 정함

2) 생산토사, 유출토사, 유송토사로 나눌 수 있음.

(2) 조사항목

1) 유사조사 항목으로는 토양유실량조사, 유사유출량조사, 하상변동조사, 하상재료조사가 있음

2) 토양유실량 조사는 통상 강우와 지표면 유출에 의해 지표면이 침식되어 그 자리를 떠나는 토양의 손실량을 추정

3) 하천내 유사유출량조사는 직접 실측하거나, 그 하천의 유사, 흐름, 하도 특성을 파악하여 경험적, 이론적 방법 등으로 추정

4) 하상변동 조사는 일정 기간 동안 한 하천 구간 내 하상과 제방에 쌓이거나 깎이는 유사량을 조사하는 것으로, 유역과 하천의 외적 변화에 따른 하천의 반응을 조사하는데 필수적인 사항임

5) 하상재료 조사는 하천의 유사량을 추정하거나 흐름의 저항 특성을 파악하는데 필수적인 사항으로, 현장에서 시료 채취와 실험실 분석을 통해 수행

1.8.7 하도조사

(1) 개요

1) 하천시설의 계획이나 설계 또는 하도계획을 수립하는데 있어 필요한 조사

2) 하도내 조사의 일반사항, 조도계수의 산정 및 하구조사

3) 하도 및 하구 계획이나 설계에서 필요로 하는 사항에 대하여 일반적인 조사방법과 구체적인 조사

(2) 조사내용

1) 하상재료 조사

2) 하상단면변화 조사

3) 조도계수 조사

4) 하구 조사(유량, 조위, 표사, 수질, 비사조사)

5) 하천·해안 지형 조사 등

1.8.8 내수 및 우수유출 조사

(1) 개요

1) 내수조사는 내수 배제계획과 내수 처리대책을 수립할 때 기본적으로 필요한 조사 내용

① 지형 및 지표조사 ② 배수계통 및 시설조사

③ 과거 침수기록 조사 ④ 방류하천 특성조사

⑤ 관련계획조사 ⑥ 침수지역 자산조사

2) 우수유출저감에 관한 기본계획 수립을 위한 조사항목

① 유역의 우수유출량 및 하천통수능력 ② 토지이용계획

③ 저류시설로 이용 가능한 주변의 시설 ④ 지하수위

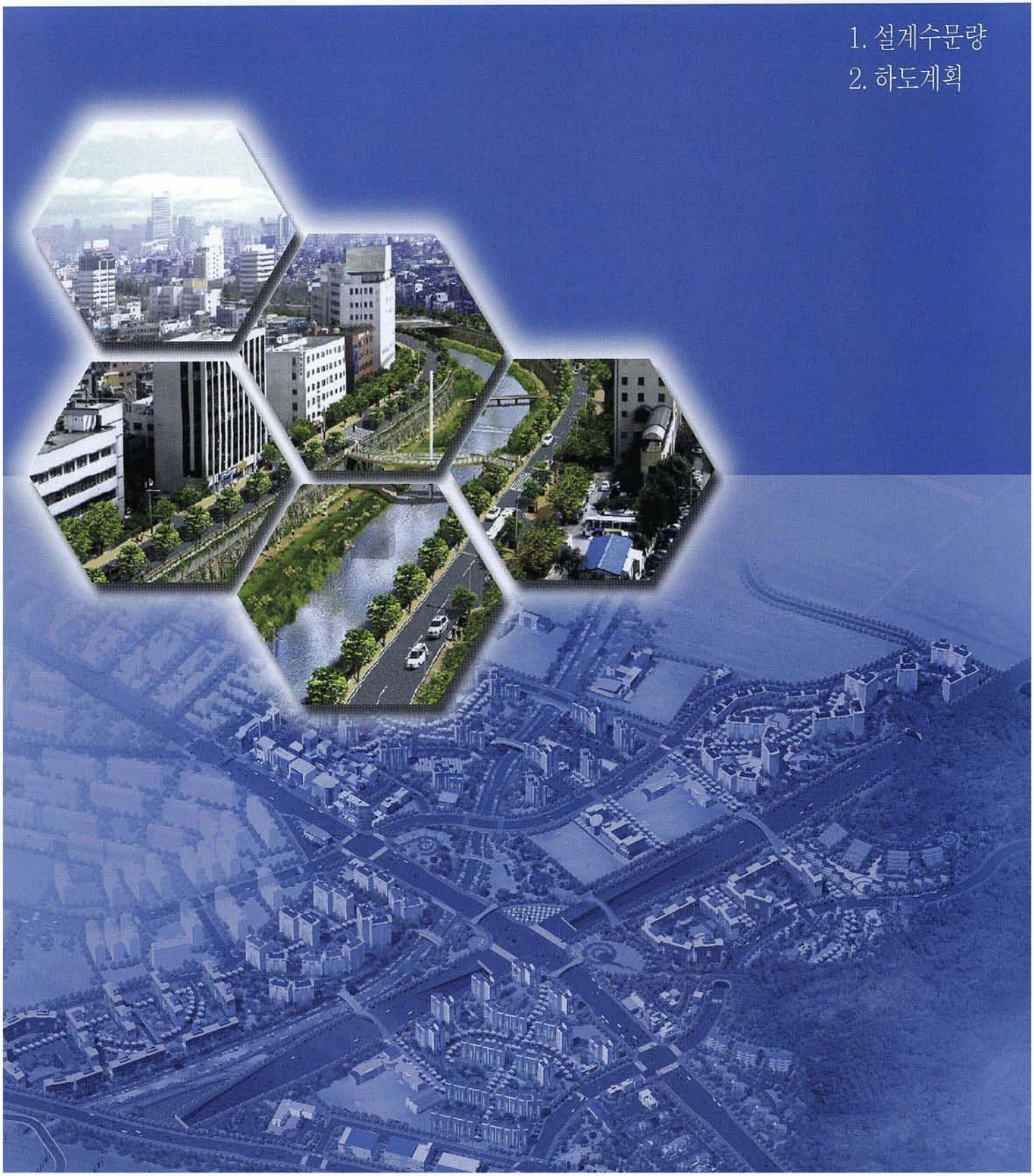
⑤ 장기적인 유출저감시설의 설치계획 ⑥ 유출저감시설 설치의 문제점 및 대책방안

1.9 유의사항

본 편람은 택지조성사업 관련 업무수행시 활용토록 각종 관련법령과 지침, 연구보고서 및 사례들을 참고로 하여 계획기준과 기법들을 정리·수록한 것임에 따라 모든 경우에 적합하다고 볼 수 없으므로 관련 법령과 제도적 기준 범위내에서 사업지구 특성과 여건에 따라 탄력적으로 적용해야 할 것이며, 본 편람 관련 각종 법령과 지침들을 2005. 12. 31일 기준으로 하였으며, 향후 제·개정되는 내용에 따라 보완하고자 함

계획편

1. 설계수문량
2. 하도계획



빈 면

Ⅱ. 계 획 편

1. 설계수문량

설계 수문량의 내용

1. 정의
2. 일반사항
3. 범위 및 내용
   - 용어정의
   - 홍수량 산정절차
   - 설계수문량의 추정개념
   - 설계수문량의 추정 세부사항
   - 설계수문량의 산정 프로그램 소개

본 장에서는 하천의 이수, 치수, 하천환경, 종합치수대책 및 수공구조물 설계 등에 기준이 되는 수문량의 계산·산정의 절차를 소개하며, 특히 설계홍수량을 결정하는 일반적인 사항(유효우량, 매개변수 추정, 유출 Model 등)을 제시하고 하도 및 유역의 특성에 맞는 적절한 방법을 이용할 수 있도록 특정 기준이나 방법, 기준을 제시 및 하천관련사업의 계획과 설계과정에 사용하는 빈도별 홍수량의 규모에 관한 통계적인 처리기법에 대한 표준적인 기술을 설명하였으며, 실무에서 사용하는 프로그램을 간략하게 언급하였음

1.1 설계수문량의 개요

(1) 이수, 치수, 그리고 하천환경을 위한 수자원 개발, 종합치수대책, 그리고 수공구조물 설계 등에 기본이 되는 설계홍수량을 결정하는 일반적인 사항을 제시하고 설계과정에 따라 적절한 방법을 이용할 수 있도록 특정한 기준이나 범위를 제시

(2) 설계수문량의 규모와 그 발생빈도에 관한 통계적 처리기법에 대한 표준적인 기준을 제시

1.2 용어의 정의 및 종류

(1) 수문학적 설계(수문설계) : 어떤 수자원 시스템에 수문사상(水文事象)이 미치는 영향을 평가

(2) 설계강우량 : 설계 홍수량 산정에 필요한 강우량

(3) 설계홍수량 : 홍수특성, 홍수빈도, 그리고 홍수피해 가능성과 사회 경제적 요인을 함께 고려한 후 최종적으로 어떤 수공구조물의 설계기준으로 채택하는 첨두유량

(4) 설계갈수량 : 하천에서 취수 및 저수관리, 저수로 유지관리, 하천 환경의 개선 및 유지 관리 등을 위해 설정한 갈수량

(5) 기본홍수량 : 어떤 하천이나 유역에서 인위적인 유역개발이나 유량조절시스템에 의해 조절되지 않고 자연상태의 홍수량 중에서 홍수조절이나 유역개발의 기본이 되는 홍수량

(6) 계획홍수량 : 하천, 유역개발, 홍수조절계획 등 각종 계획에 맞추어 이미 산정된 기본 홍수를 종합적으로 분석하여 합리적으로 배분하거나 조절할 수 있도록 각 계획기준점 에서 책정된 홍수량

(7) 가능최대강수량(Probable Maximum Precipitation ; PMP) : 어떤 지속기간에서 어느 특정 위치에 주어진 호우면적에 대해 연중 지정된 기간에 물리적으로 발생할 수 있는 이론상의 최대 추정 강수량

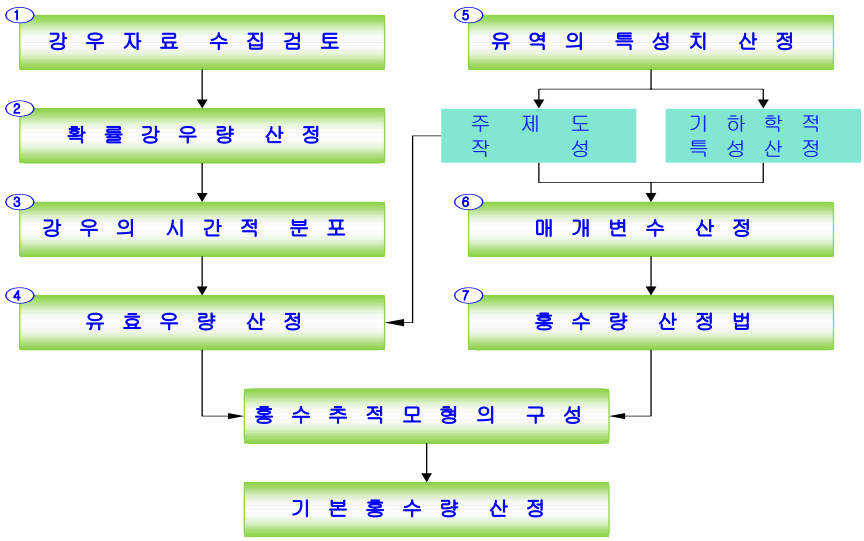
(8) 가능최대홍수량(Probable Maximum Flood ; PMF) : 가능최대강수량으로부터 발생되는 홍수량

(9) 추정 한계치(推定 限界値) : 최대로 가용한 수문정보를 바탕으로 하여 어떤 위치에서 발생 가능한 수문사상의 최대크기

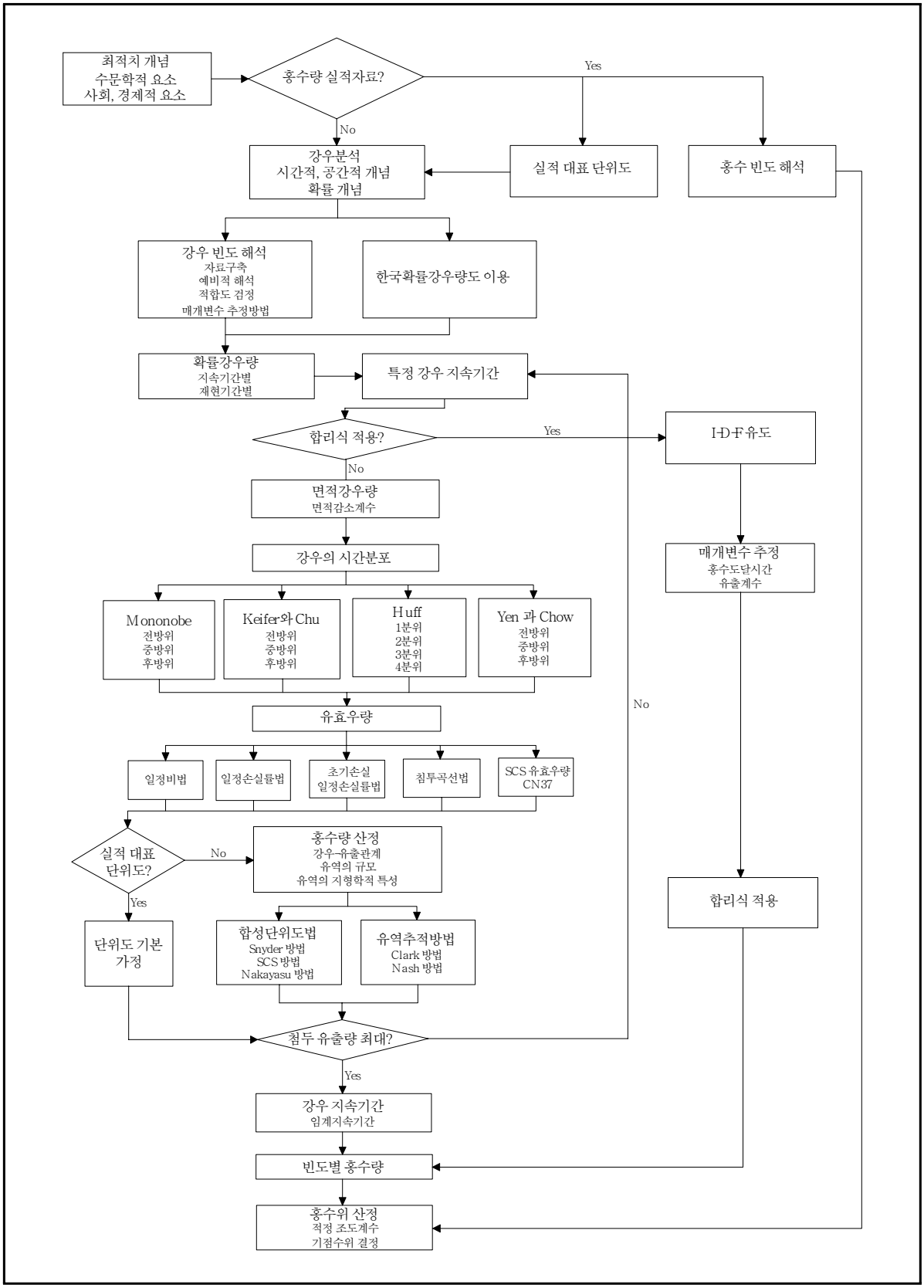
(10) 유역 반응시간 : 유역에 내리는 강우에 따라 첨두유량이 발생하는 시간적 특성이나 수리학적으로 유역에 어떠한 반응을 일으키는 시간

(11) 단위유량도(Unit Hydrograph) : 특정 단위시간 동안 균일한 강도로 유역 전반에 걸쳐 균등하게 내리는 단위 유효우량(1cm)으로 인하여 유역 출구에 발생하는 직접 유출량의 시간적 변화를 나타내는 곡선

1.3 홍수량 산정절차



[그림 1.1] 홍수량 산정절차 1 (전병호와 오경두, 2005)



[그림 1.2] 홍수량 산정 절차 2

1.4 설계 수문량의 추정개념

(1) 수공구조물의 분류

1) 소규모 수공구조물 : 파괴되어도 거의 인명손실이 없으며 피해액은 구조물을 대체하거나 수리비용 정도의 구조물

ex) 배수구, 도시우수관거, 공항배수시설, 도로 암거, 도시 우수 저류지, 소하천 제방, 소규모 댐의 여수로 및 부속시설 등

2) 중규모 수공구조물 : 파괴되었을 경우에 약간의 인명손실이 있을 수 있으며 피해액은 구조물 관리자나 소유자의 재정 능력 내에 있는 경우의 구조물

ex) 수력발전시설, 관개용수로, 중규모 댐과 저수지, 도시 홍수조절지, 철도, 암거 등

3) 대규모 수공구조물 : 파괴되었을 경우에 막대한 인명손실과 광범위한 피해가 초래되는 경우의 구조물

ex) 대규모 다목적 댐이나 조정지, 대하천 제방, 여수로, 대규모 관개수로, 하구둑 등

1.5 설계수문량의 추정 세부사항

1.5.1 설계수문량의 추정개념

(1) 수문설계 빈도

1) 수문 설계빈도의 결정은 추정한계치((Estimated Limiting Value ; ELV) 방법과 <표 1.1>의 주요 수공구조물의 설계빈도를 이용하여 결정

<표 1.1> 주요 수공구조물의 설계빈도

구 조 물 종 류	설 계 빈 도 (년)	비 고
배수시설	2~50	
배수로	20 이상	
방수로	20 이상	
배수제	20 이상	
배수문	20 이상	
배수펌프	20 이상	
유수지 및 저류지	20 이상	
하천제방		
국가 하천	100~200	
지방2급 하천	50~200	
홍수방어(조절)용		
저수지	50~SPF(표준설계홍수량)	
여수로	PMF(가능최대홍수량)	
제 방	10~SPF(표준설계홍수량)	

2) 추정한계치방법 : 설계빈도 이상에 대해서는 과거에 발생한 수문사상을 이용하여 수문기상학적으로 가능한 최대치를 추정하여 이용

3) 주요 수공구조물의 설계빈도는 구조물의 위치 및 여건, 경제적 상황에 따라 다양하게 변하므로 일률적으로 결정할 수 없으나 “하천치수경제조사”에서 제시한 방법으로 구조물별 설계빈도를 구할 수 있음

4) 배수시설의 설계빈도는 사업의 특성과 경제성 검토결과에 따라 조정할 수 있음

(2) 수문설계빈도의 선택

1) 수문학적 설계규모 : 수문설계자의 공학적 판단과 경험을 바탕으로 구조물의 종류, 중요도, 홍수지역의 개발정도 등을 감안하여 설계빈도를 선택

2) 설계빈도 선택시 유의사항

① 구조물의 중요도, 도시화 등 수문학적인 요소가 가장 중요하나, 사회적, 경제적인 요소에 따라 설계기준이 달라질 수 있음

② 따라서, 특정 수공구조물의 설계빈도를 일률적(100년 또는 200년)으로 결정하는 것은 바람직하지 않음

1.5.2 빈도해석에 의한 설계수문량의 추정

(1) 수문 자료수집과 정리

1) 통계적 해석을 위한 수문자료의 수집 범위는 해석목적, 해석방법, 자료수집의 용이성, 정리의 난이도 등을 고려하여 선정

2) 수집한 수문자료에 대하여 관측이나 기록상의 착오여부, 자료의 동질성, 일관성 및 적합성 등을 검정하고 결측치에 대해서는 보완 필요함

3) 기록된 자료는 경우에 따라 인근 유역의 장기간의 기록을 이용하여 추정된 값, 유역의 강우-유출 모형, 기록시작 이전의 역사적 기록의 자료 등을 이용하여 확장이 가능함

(2) 수문 자료수집과 정리 세부설명

1) 수문자료의 종류 : 강우량, 강설량, 증발량, 하천수위, 하천유량, 지하수위 등이 있으며, 광의의 수문자료에는 기온, 습도, 바람, 일조시간과 같은 기상자료도 포함

2) 기록 자료의 수집단계 : 관측조건, 관측방법, 관측지점 주변의 물리적 환경상태와 그 변화조사(즉 장소의 이전, 저수지, 제방과 같은 구조물의 설치, 토지이용변화, 벌채, 산불 및 도시화 등에 관한 조사가 필요)

3) 기록 자료의 정리 : 오측, 기록의 오기, 정리나 복사시의 오류 등과 같은 우연오차 또는 계통오차 외에 결측 등으로 기록이 불완전한 경우도 있으므로 직접 이용을 목적으로 한 자료 외에도 어떤 기간의 누계치, 평균치, 극치 등과 같은 자료를 동시에 수집

4) 조사지점 부근의 동종자료나 수집된 수문자료와 상관이 있는 다른 수문자료에 대해 서도 예비 자료로서 조사해 두는 것이 경우에 따라서는 필요

5) 공공기관 외에 기업체 또는 전문 연구기관 등에서 항구적 또는 잠정적으로 조사 또는 해석한 성과는 수집된 자료의 정확성을 확인하거나 검증용으로 활용

6) 관측된 수문자료는 그 양이 방대하므로 사용목적에 부합되는 자료만을 선정하여 처리과정을 거친 후 발표되나, 처리되지 않은 자료를 수집할 때에는 자료수, 기록기간, 결측여부, 기록의 정확도 등을 감안하고 종합적인 검토 후 사용함

7) 결측치가 발생하면 기록된 자료의 결측부분에 대한 추정이 필요하며, 무엇보다도 추정에 앞서 결측기간 동안의 인근지점의 기록을 검토하여 자료의 성향을 조사 필요

8) 강우량 결측치의 추정은 인근 관측지점의 기록이 동질성이 있고 정확히 관측되었다고 판단되면 산술평균법, 정상 연강수량 비율법, 등우선법, 회귀분석법 및 거리가중법(quadrant method) 등에 의하여 추정 가능함

ex) 하천유량이 결측치인 경우 : 인근지점의 동시 기록과 상관이 높으면 회귀분석을 통하여 결측치를 추정할 수 있고, 결측치를 추정하는 방법에는 추계학적인 방법을 사용

(3) 확률수문량의 추정

1) 수문량 빈도해석을 수행하는 경우 해석에 사용하는 자료는 동일한 환경조건하에서 발생되고, 자료 값 상호간 독립적이어야 하며, 자료의 크기가 가능한 한 많아야 함

2) 한 집단의 수문량 발생확률에 관한 해석은 자료의 선택, 확률도시, 적용 확률 분포형의 선정 및 매개변수 추정, 추정된 매개변수의 적합성 검토, 적용 확률분포형의 적합도 검정, 최적 확률분포형의 선정 및 재현기간별 확률 수문량의 추정 등의 항목에 따라 실시하는 것

(4) 확률수문량의 추정 세부설명

1) 발생확률해석을 위한 자료의 선택은 이상자료의 판단을 포함한 대상 자료의 정상성, 일관성, 무작위성 등의 검토를 통하여 이루어짐

2) 수문자료의 빈도해석에는 같은 기록에서 추출된 것이라도 기간의 취급방법, 기간의 길이에 따라 해석결과가 크게 다르게 될 수 있음

3) 수문빈도해석에 많이 쓰이는 확률분포는 정규분포, 2매개변수 대수정규분포, 3매 개변수 대수정규 분포, 2매개변수 Gamma 분포, 3매개변수 Gamma 분포, Gumbel (극치Ⅰ) 분포, General Extreme Value 분포, 2매개변수 Weibull 분포, 3매개변수 Weibull 분포, 2매개변수 대수 Gumbel 분포, 3매개변수 대수 Gumbel 분포, 4매개변수 Wakeby 분포, 5매개변수 Wakeby 분포 등임

4) 적용 확률분포형의 매개변수 추정방법으로는 최소자승법, 모멘트법, 최우도법, L-모멘트법 등이 있고, 여기서 모멘트법, 최우도법, 확률가중모멘트법이 널리 사용되고 있으며, L-모멘트법의 경우 매개변수 추정결과는 확률가중모멘트법의 결과와 동일함

- 각 매개변수의 추정법에서는 추정된 매개변수가 적용 확률분포형의 확률변수 및 매개변수 적합성 조건을 만족하는지 여부를 파악하여야 하며, 적합성 조건을 만족하지 못하는

경우에는 그 매개변수 추정법에 의한 확률분포형을 사용하지 않는 것이 바람직함

- 우리나라는 강우의 관측년수가 짧아 자료수가 충분하지 못하므로 모멘트법의 경우에는 극한치 또는 이상치에 지나치게 민감한 문제를 지니며, 최우도법은 수렴 문제와 자료수가 불충분할 경우에는 효율성이 낮으므로, 자료수나 극한치에 왜곡특성이 크게 나타나지 않는 확률가중모멘트법을 사용하는 것이 여러 가지 측면에서 타당할 것으로 판단됨
- 하지만, 확률가중모멘트법의 경우에는 자료를 크기순으로 나열하여 가장 큰 자료에 큰 가중치를 주기 때문에 재현기간이 큰 경우 모멘트법이나 최우도법보다 확률강우량이 크게 산정될 수도 있다는 점에 유의하여 확률분포형별 빈도해석 결과치를 비교·검토하는 것이 반드시 필요함

5) 지역빈도해석에서는 다른 통계분석과 마찬가지로 전반적인 검토를 통하여 오류나 비일관성에 대한 검증을 실시하여야 함

6) 지역빈도해석을 하기 위해 대상유역을 여러 개의 소유역으로 나누는데 있어서, 기본 가정은 각 소유역별로 소유역내의 자료분포가 같다는 것이다. 따라서, 소유역별로 자료계열이 수문학적인 동질성을 가지는 지를 평가하기 위하여 기준이 마련되어야 하며, 이러한 목적으로 이질성 척도를 산정함

(5) 빈도해석의 신뢰도

1) 빈도해석이 수행되면 실제 자료치들은 빈도곡선상이나 주변에 위치하게 되고, 실제 자료치들이 위치할 것으로 예상되는 빈도곡선을 기준으로 상하로 신뢰구간을 생각할 수 있으며 신뢰구간(confidence interval)의 상하한계치를 신뢰한계라 함

2) 표본수가 많으면 곡선을 정의하는 통계치의 정확도가 높아지므로 표본수가 증가하면 신뢰구간의 폭은 감소함(재현기간 또는 초과확률에 따라 신뢰구간의 폭은 다르게 됨)

3) 회귀식이나 확률모형에 의한 추정치는 실제 값과의 차이 즉 편차를 갖게 된다. 이들 편차의 제곱합을 평균하면 추정치의 분산 S_e^2를 얻게 되고 S_e를 표준추정오차 (standard error of estimate)라 함(S_e는 실제값에 대한 추정치의 표준편차의 척도)

(6) 이상치의 처리

1) 이상치(異常値, outlier)는 자료의 전체적인 경향으로부터 현저하게 벗어난 자료의 값임(이상치 자료의 포함여부는 빈도해석 결과에 영향을 미치며, 특히 자료수가 작을 때 큰 영향을 미침)

2) 이상치의 처리는 계측상의 문제를 제외하고는 실측 극한사상으로 포함하는 것을 원칙으로 함

3) 자료의 착오에 의한 고 이상치가 발생하는 경우에는 관측, 판독, 기록 및 검정 또는 수

정과정에서 발생했는지 면밀한 검토가 필요함

4) 유역조건 변화의 경우에는 자료가 동질성인지 조사해야 함 (ex : 산불, 도시화 및 대규모 저수지 건설 후에 이상홍수가 발생할 수 있기 때문임)

1.5.3 강우-유출관계분석에 의한 설계홍수량의 추정

(1) 기본홍수량과 계획홍수량

1) 기본홍수량은 과거 실측한 홍수량 자료를 이용하여 빈도해석하거나 실측강우 또는 설계강우에서 계산한 홍수수문곡선, 또는 수문경제-위험도 분석으로 산정한 홍수량 중에서 홍수조절계획의 기본이 되는 홍수량을 택함

2) 계획홍수량은 각종 설계에 활용되는 홍수량으로 관련계획과 유역개발계획이 서로 조화를 이루고 유역전체를 통해 일관성 있게 책정하는 것이 중요함

(2) 설계강우량

1) 수공구조물을 설계시 수문시스템의 입력자료로서 기본이 되는 설계강우량은 과거에 관측된 임의 지속시간의 강우자료를 빈도해석하여 확률강우량을 지점별로 나타내거나 면적 확률강우량, 강우강도-지속기간-빈도 관계식이나 곡선으로 표시하여 이용함

2) 수공구조물이 망라하여야 할 유역면적에 걸친 평균강우량 또는 강우깊이를 결정하기 위서는 지점 확률강우량을 면적 확률강우량으로 환산하여 적용함

① 지점 확률강우량은 관측된 강우자료가 충분하고 일관성 있게 관측된 지점에 대해서 산정한다. 국내에서 발간되고 있는 데이터베이스 자료는 고정시간 간격의 자료인 경우가 많으므로 자료사용에 주의를 요한다. 임의시간 자료 획득이 어려운 경우에는 고정시간간격 자료와 임의시간간격 자료와의 환산계수를 이용할 수 있음

② 확률강우량도는 지점별 확률강우량 값을 기초로 지도상에 동일한 강우량 값을 연속적으로 연결한 선, 즉 등우선을 나타낸 것으로서 수공구조물 설계에 많이 이용되는 재현기간과 지속기간별로 표시하는 것이 일반적이다. 이렇게 작성된 확률강우량도를 이용하면 미계측 지역의 설계강우량을 쉽게 뽑아낼 수 있을 뿐만 아니라 전국적으로 일관성 있게 수공구조물을 설계할 수 있고 실용적인 면에서 편리를 도모할 수 있음

③ 계획 대상지역에서 그 동안 관측된 강우자료가 부족하여 강우강도-지속기간-빈도 공식 또는 곡선이 개발되어 있지 않거나 기존에 개발된 지점이 지나치게 떨어져 있어 직접 이용하기가 어려운 지역은 사업계획에 따라 기존에 제시된 확률강우량공식 또는 확률강우량도를 이용할 수 있음

3) 상대적으로 자료 기록년수가 적은 유역 또는 미계측 지역의 설계강우량을 책정하거나 전국적으로 일관성 있게 수공구조물을 설계하기 위해서는 관련 부처에서 제시된 지역빈도해석한 결과 또는 확률강우량도를 이용할 수 있음

4) 설계강우의 지속기간은 대상유역 크기, 강우 지속기간 특성, 홍수유출 형태, 그리고 계획

대상 시설의 종류 등을 명확히 고려하여 결정하는 것을 원칙으로 하나, 설계하고자 하는 수공구조물의 주된 기능이 홍수방어(조절)인지 아니면 유량저류인지에 따라 구분하여 설계강우 지속기간을 책정함

① 홍수조절용 구조물의 지속기간 : 수공구조물이 홍수조절용인 경우, 주로 도시지역의 유수지와 홍수조절지, 도시하천 제방, 또는 소유역의 유량조절시설 등으로서 유역에 강우가 균등하게 내려 첨두홍수량에 기여하는 전체 유역면적의 유출특성을 나타내는 홍수도달시간 또는 집중시간을 계산하고 이 시간을 설계강우의 지속기간으로 함(단지 우수관거는 해당 소유역의 집중시간을 그대로 설계강우의 지속기간으로 함)

② 홍수저류용 구조물의 지속기간 : 홍수저류용 수공구조물을 설계하거나 도달시간이 큰 유역(주로 자연하천유역)에 수공구조물을 계획할 때는 단순히 첨두홍수량 뿐만 아니라 유출용적까지 고려할 필요가 있는 바, 과거에 유역에서 관측한 주요 강우사상(주로 80에서 200 이상)의 지속기간 특성을 분석하고 사업규모 및 특성을 검토하여 대표적인 지속기간을 결정하여 설계강우 지속기간으로 함

③ 임계지속기간

- 설계강우(design rainfall)는 특정 목적의 수공구조물 설계를 위하여 수문계에 입력으로서 제공되는 인위적인 강우사상(artificial rainfall event)으로 정의됨(특히, 강우는 유역응답을 유도하는 기본적인 변수이기 때문에 강우의 특성은 강우-유출과정에 있어서 매우 중요하며, 설계강우는 보통 재현기간, 지속기간, 강우량 또는 강우강도의 시간적 분포 등의 성분으로 기술됨)
- 첨두유량과 유수지 용량 산정에 영향을 미치는 주요한 인자로는 강우 지속기간을 들 수 있으며, 강우 지속기간은 최대 첨두유량과 최대 저류비(유수지에 저류되는 용적량/총유출용적량)를 발생하는 지속시간을 임계지속기간이라 하여 이에 관한 연구사례를 참조할 수 있음
- 유출의 관점에서 볼 때, 도달시간이 작은 유역의 경우 첨두유량은 강우용적보다는 강우의 첨두 강우강도에 의해 결정되고, 도달시간이 큰 유역의 경우는 첨두 강우강도와는 무관하고 강우용적에 의해 결정된다고 보고된 바 있음
- IDF 곡선에서 설계강우를 얻고자 할 때 지속기간의 결정은 중요한 사항이 되며, IDF 곡선에 관련되어 사용하는 설계강우의 적절한 지속기간을 임계 지속기간(critical duration)이라 정의한다면, 설계강우로부터 예측되는 유역의 첨두유량 및 유출수문곡선은 강우의 지속기간에 따라 변할 것이므로, 임계 지속기간은 배수시스템에 있어서 가장 큰 부하를 야기 시키는 지속기간이 될 것임

5) 수공구조물을 설계하고자 하는 유역에서 선택한 설계강우량을 가지고 유역 대표단위도나 합성단위도를 이용하여 설계홍수량을 합성하기 위해서는 강우의 시간분포, 즉 유출에

기여하는 설계 우량주상도를 결정하여 첨두홍수량이나 유출수문곡선을 산정함

① 설계강우의 시간분포 결정

- 설계강우의 시간적 분포 양상은 설계지역의 과거 강우자료로부터 강우 지속기간 동안에 총 강우량이 시간이 경과함에 따라 어떻게 분포하는가를 통계학적으로 분석하여 그 지역에 적합한 시간분포 모형을 만들면 수공구조물의 설계조건에 따라 결정
- 설계강우의 시간분포를 결정할 수 있는 방법은 여러 가지가 있으나 단순히 일반적인 시간분포 해석만을 연구하여 제시한 것을 분류하면 크게 다음과 같은 네 가지가 있다. 이 밖에 실제 유출 거동의 적합성을 검토하기 위해서는 실적강우의 시간분포를 이용하여 비교 검토할 필요가 있음
- 강우의 시간분포를 임의로 배열하는 것으로 일 최대우량을 가지고 모노노베 강우량 공식에 대입하여 총 강우량을 최대강우강도가 발생하는 위치에 따라 전방위형, 중앙집중형, 후방위형으로 나누고 시간별로 분포시키는 방법(이 방법은 과거 강우시간분포에 대한 연구 결과가 전혀 없을 때 단순히 일최대우량만을 임의로 시간 구간별로 나누어 적용하는 방법으로 시간별 강우의 지속특성을 반영하지 못하므로 시간강우자료가 없이 일강우자료만이 존재하는 경우나 Huff분포와 비교 및 검토하기 위한 경우 등에 주로 사용됨)
- 강우의 시간분포를 강우강도-지속기간-빈도 관계를 이용하여 수학적으로 모형화하는 방법
- 실측 강우량을 시간대별 누가곡선을 작성하여 이용하는 방법
- Pilgrim과 Cordery(1975)가 호주 시드니 지방에 대한 강우의 시간분포를 평균이동법을 이용하여 분석하여 제시한 방법

6) 넓은 유역에 대규모 수공구조물을 설계하기 위한 설계강우는 이동강우 또는 보통 타원형을 갖는 설계강우가 공간적으로 어떠한 등우선 형상을 갖고 유역에서 호우의 주된 이동방향은 어떠한 지를 결정하여 유역에 걸친 평균강우깊이를 구함

① 설계강우의 공간분포 결정

- 면적 확률강우량은 비교적 관측밀도가 높은 중소규모 유역(보통 1,000 이하)에 대해 특별히 개발된 면적우량 환산곡선을 이용하여 어떤 유역이나 면적에 걸친 평균강우깊이를 구할 수 있음(이와는 반대로 일반적으로 넓은 유역에 대규모 수공구조물을 설계하기 위한 설계호우는 가능최대강수량을 채택)
- 전이된 실제호우 또는 보통 타원형을 갖는 설계호우가 공간적으로 어떠한 등우선 형상을 갖는지를 결정하여 유역에 걸친 평균강우깊이를 구함(이와 같이 단일 강우사상보다는 유역에 내릴 일반화된 호우의 공간분포를 결정하기 위해서는 비교적 관측밀도가 높고 호우사상별 동시 강우자료가 체계적으로 측정된 지역이 있어야 가능함)

- 우리나라는 한강유역 텔레미터 우량관측소를 운영하여 동시 강우자료를 얻고 있으나, 전체적으로 우리나라를 대표할 만한 호우형상을 결정하기에는 불충분함

7) 대규모 수공구조물의 설계홍수량을 결정하기 위해서는 여러 가지 공학적 판단과 사회경제적인 여건을 고려하는 것이 보통이며 구조물의 파괴시 위험도와 중요성 기타 여건에 따라 설계강우로 설계빈도가 높은 확률강우량 뿐만 아니라 가능최대 강수량 또는 표준설계 호우를 채택하여 설계홍수량을 산정하거나 홍수량을 직접 빈도 해석하여 산정함

(3) 손실 우량과 유효 우량의 계산

1) 실적호우 또는 설계강우로부터 각종 유출계산모형으로 홍수계산을 하고자 할 경우 에는 총 우량주상도로부터 손실우량을 분리하여 유효우량 주상도를 작성할 필요가 있다. 대부분의 강우-유출 모형은 총 강우중의 유효우량과 이로 인한 유역출구에서의 직접유출량 간의 관계를 계산하는 모형이며 총 홍수량은 모형으로 계산된 직접유출량에 적절히 추산된 기저유량을 합하여 계산함

2) 홍수유출계산을 위해서는 모형의 입력이 되는 유효우량의 시간적 분포를 표시하는 유효우량주상도를 총 우량주상도로부터 작성하여야 함

3) 강우손실량의 계산에 의한 유효우량의 산정은 일정비법, 일정손실률법, 초기손실- 일정손실률법, 침투곡선법 및 표준강우-유출관계곡선법 등의 방법을 사용할 수 있다. 이때 대상유역에 적용할 방법의 선정은 대상유역에서 이미 발생한 호우의 강우·유출자료를 정밀 분석하여 이루어져야 함

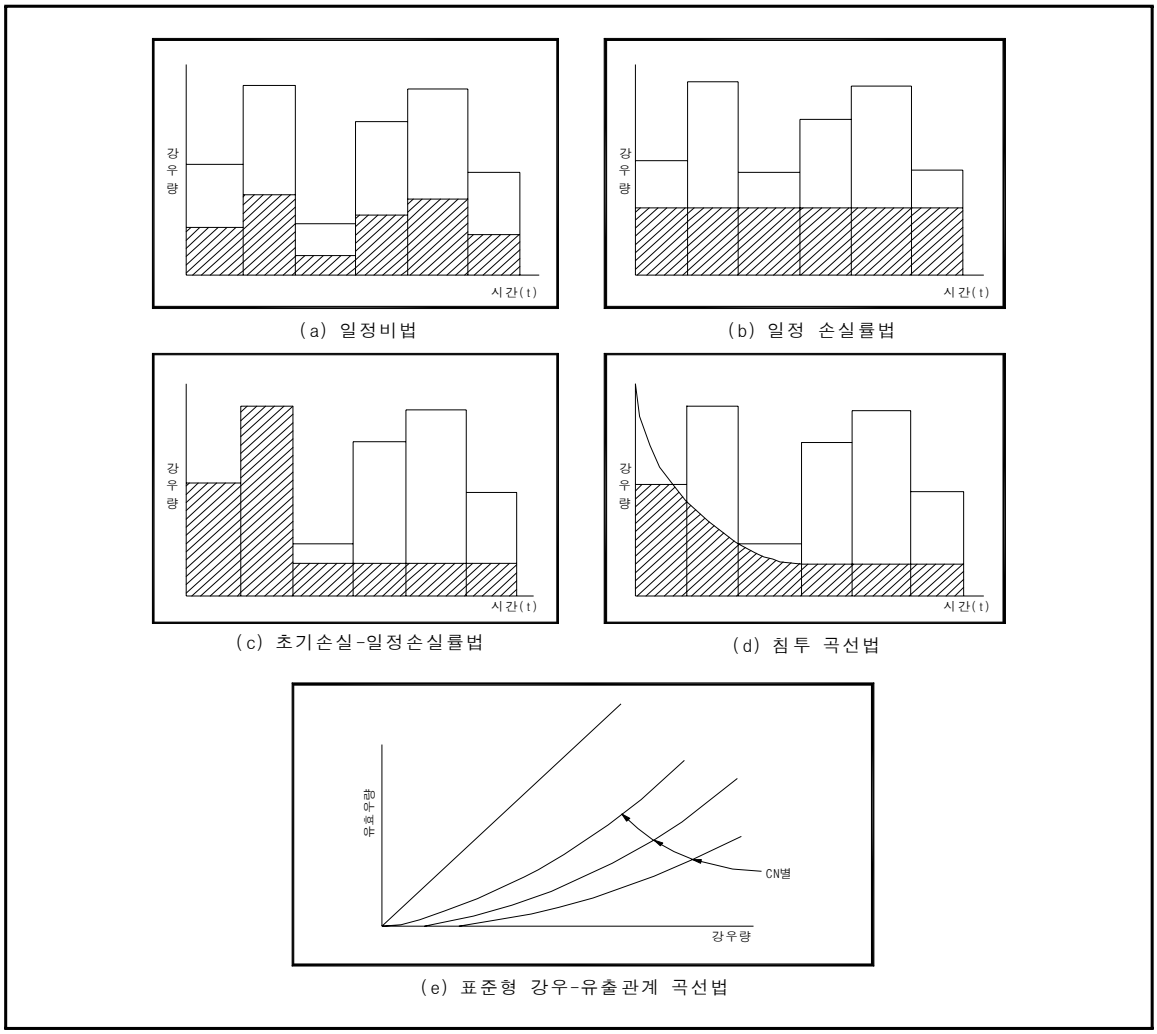
① 유효우량 산정방법은 아래와 같은 5가지 방법

- 일정비법(constant fraction method) : [그림 1.3] 의 (a)에서 볼 수 있는 바와 같이 시간구간별 강우량의 일정비가 손실되고 나머지가 유효우량이 된다고 가정하는 것으로 유출계수(runoff coefficient)와 같은 개념으로 유효우량을 계산하는 방법임(이 방법은 과다한 선행강우로 인해 유역의 지표면이 거의 포화되어 있을 경우에는 비교적 정확한 결과를 주는 것으로 알려져 있음)
- 일정 손실률법(constant loss rate method) : [그림 1.3] 의 (b)에서 보는바와 같이 강우기간 동안의 손실률 또는 침투능이 일정하다고 가정하는 방법으로 F-index방법과 동일한 개념을 가짐(이 방법은 유역의 선행토양함수량이 많고 큰 호우를 대상으로 하는 설계에 적절한 방법)
- 초기손실-일정 손실률법(initial loss-constant loss rate method) : [그림 1.3] 의 (c)에서 보는바와 같이 유역의 토양수분 미흡량이 초기침투량으로 충족될 때까지는 유출이 발생하지 않으며 초기손실이 발생한 이후에는 일정율로 손실된다고 가정하는 방법으로 유역이 비교적 건조한 상태에 있을 경우 적절한 방법임
- 침투 곡선법(infiltration curve method) : [그림 1.3] 의 (d)에서 보는바와 같이 강우가

계속됨에 따라 토양의 침투율이 감소하는 특성을 표시하는 Horton, Holtan, Philip등의 침투능 곡선으로 시간구간별 손실량을 계산하는 방법으로 이론적으로는 합리적인 방법이나 유역의 상태에 맞는 침투능 곡선의 계산이 어려움

- 표준 강우-유출관계 곡선법(standard rainfall-runoff relation curve method)

- [그림 1.3] 의 (e)에서 보는바와 같이 광범위한 수문관측자료의 분석으로 유역의 유출특성 조건에 따른 강우량과 유출량의 관계를 설정해 둠으로써 특정 강우량이 발생했을 경우의 유출량을 산정하는 방법임
- 이 방법에 속하는 가장 대표적인 방법은 미국 토양보존국의 유효우량 산정법으로 유역의 토양형, 식생 피복형 및 처리상태 등의 유출특성과 선행 토양함수조건 등을 고려하는 객관성이 높은 것으로 알려져 있으며 미국내 유역에서는 광범위한 검정이 이루어 졌으나 다른 지역 하천유역에서의 신뢰도는 추가적인 검정이 필요함



[그림 1.3] 유효우량 산정방법의 분류

② 미국 토양보존국의 유효우량 산정방법

- 유역의 선행토양함수조건
  - 유역의 유출능력은 선행토양함수조건에 크게 영향을 받는다. 미국 토양보존국(US Soil Conservation Service)에서는 유역의 선행토양함수조건(Antecedent Soil Moisture Condition; AMC)을 5일 선행강수량의 크기에 따라 AMC-Ⅰ,AMC-Ⅱ, AMC-Ⅲ의 세 가지로 분류함
  - <표 1.2> 에서 우리나라의 경우 비성수기는 대략 10월~5월, 성수기는 6월~9월로 간주할 수 있으며 AMC-Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ의 순으로 토양의 수분함유량이 크므로 유역의 유출률은 높은 것임을 알 수 있음

<표 1.2> 선행토양함수조건의 분류

AMC	5일 선행강수량(mm)	
	비성수기	성수기
Ⅰ	< 13	< 36
Ⅱ	13 - 28	36 - 53
Ⅲ	> 28	> 53

- 미국 토양보존국에서는 유역의 식생피복형 및 처리상태, 처리상태별 침투조건 및 토양형 등에 따라 장기간 동안의 조사분석 결과를 이용하여 유출곡선지수를 결정한 바 있으며 <표 1.3> 와 <표 1.4> 는 각각 AMC-Ⅱ 조건하에서 농경지역 및 삼림지역, 도시지역에 대한 유출곡선지수(CN, Curve Number)값임
- <표 1.4> 와 <표 1.5> 는 AMC-Ⅱ 조건하에서의 토양형-식생피복별 유출곡선지수를 표시하며 유역의 선행토양함수조건이 AMC-Ⅰ 또는 AMC-Ⅲ일 경우는 유출곡선지수를 변경시켜 주어야 한다. AMC-Ⅰ은 AMC-Ⅲ 의 경우보다 5일 선행강우량이 작으므로 침투량이 많아 유출률은 작아질 것이며 AMC-Ⅲ는 반대로 유출률이 커지는 경우가 된다. 미국 토양보존국에서는 이를 감안하여 <표 1.6> 와 같이 CN값의 환산표를 작성하였으며 이를 식으로 표시하면 다음과 같음

$$CN(\mathrm{I}) = \frac{4.2\,CN(\mathrm{II})}{10 - 0.058\,CN(\mathrm{II})} \qquad \text{식(1)}$$

$$CN(\mathrm{III}) = \frac{23\,CN(\mathrm{II})}{10 + 0.13\,CN(\mathrm{II})} \qquad \text{식(2)}$$

여기서 CN(Ⅰ), CN(Ⅱ), CN(Ⅲ)는 각각 AMC-Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ 조건하에서의 유출곡선지수

③ 우리나라 토양의 수문학적 토양군을 <표 1.3>과 같이 분류할 수 있음

- 토성, 배수등급, 투수성, 투수저해토층의 유무 및 출현 깊이 등 침투수량을 지배하는 요인들을 적용함

- 토양특성별로 각 1~4점을 배점하고 총점이 13점 이상인 토양군을 A군, 12~11점을 B군, 10~8점은 C군, 그리고 7점 이하는 D군으로 분류함

<표 1.3> 토양의 수문학적 토양군으로의 분류 기준

흙의 특성	흙의 특성에 따른 점수			
	4	3	2	1
토성속	사질(사력질) - 자갈이 많은 사양질(역질)	사양질 - 미사사양질	식양질 - 자갈이 많은 사양질(식양질)	미사식양질 - 식질
배수등급	매우 양호	약간 양호	약간 불량	불량
투수성 (cm/hour)	매우 빠름, 빠름 (> 12.0)	약간 빠름 (12 ~ 6.0)	약간 느림 (6.0 ~ 0.5)	느림, 매우느림 (< 0.5)
투수저해토층의 유무 및 출현 깊이(cm)	존재하지 않음	100 ~ 50	50 ~ 25	25 이하
토양 수문군	A (>13)	B (12 ~ 11)	C (10 ~ 8)	D (<7)

<표 1.4> 농경지역 및 삼림지역의 유출곡선지수

식생피복 및 토지이용 상태	피목처리상태	토양의 수문학적 조건	토양형			
			A	B	C	D
휴경지(fallow)		-	77	86	91	94
이랑 경작지 (row crops)	경사경작(straight row)	배수나쁨	72	81	88	91
	경사경작	배수좋음	67	78	85	89
	등고선 경작(contoured)	배수나쁨	70	79	84	88
	등고선 경작	배수좋음	65	75	82	86
	등고선, 테라스 경작	배수나쁨	66	74	80	82
	등고선, 테라스 경작	배수좋음	62	71	78	81
조밀경작지 (small grains)	경사 경작	배수나쁨	65	76	84	88
	경사 경작	배수좋음	63	75	83	87
	등고선 경작	배수나쁨	63	74	82	85
	등고선 경작	배수좋음	61	73	81	84
	등고선, 테라스 경작	배수나쁨	61	72	79	82
	등고선, 테라스 경작	배수좋음	59	70	78	81
콩과식물 (close-seeded legumes) 또는 윤번초지(rotation meadow)	경사경작	배수나쁨	66	77	85	89
	경사경작	배수좋음	58	72	81	85
	등고선 경작	배수나쁨	64	75	83	85
	등고선 경작	배수좋음	55	69	78	83
	등고선 테라스 경작	배수나쁨	63	73	80	83
	등고선 테라스 경작	배수좋음	51	67	76	80
목초지(pasture) 또는 목장(range)	등고선 경작	배수나쁨	68	79	86	89
	등고선 경작	배수보통	49	69	79	84
	등고선 경작	배수좋음	39	61	74	80
		배수나쁨	47	67	81	88
		배수보통	25	59	75	83
		배수좋음	6	35	70	79

<표 1.4> 농경지역 및 삼림지역의 유출곡선지수 (계속)

식생피복 및 토지이용 상태	피 목 처 리 상 태	토양의 수문학적 조건	토 양 형			
			A	B	C	D
초지(meadow)		배수좋음	30	58	71	78
삼림(woods)		배수나쁨	45	66	77	83
		배수보통	36	60	73	79
		배수좋음	25	55	70	77
관목숲(forests)	매우 듬성 듬성	-	56	75	86	91
농가(farmsteads)		-	59	74	82	86

주) • 본 표는 AMC-Ⅱ 조건하의 값이므로 AMC-Ⅰ 및 AMC-Ⅲ의 조건의 값을 얻기 위해서는 <표 1.6> 또는 식 (1) 및 (2)를 참조

• 농경지역 및 삼림지역의 유출곡선지수는 미국의 농경지역 및 삼림지역 상황과 한국의 농경지역 및 삼림지역 상태가 같지 않음을 감안하여 주의깊게 사용해야 한다.

<표 1.5> 도시지역의 유출곡선지수

피 복 상 태	평균불투수율 (%)	토 양 형			
		A	B	C	D
<완전히 개발된 도시지역> (식생처리 됨)					
개활지(잔디, 공원, 골프장, 묘지 등)					
나쁜 상태(초지 피복률이 50% 이하)	-	68	79	86	89
보통 상태(초지 피복률이 50- 75%)	-	49	69	79	84
양호한 상태(초지 피복률이 75% 이상)	-	39	61	74	80
불투수 지역: 포장된 주차장, 지붕, 접근로(도로 경계선을 포함하지 않음)	-	98	98	98	98
도로와 길:					
포장된 곡선길과 우수거(도로 경계선을 포함하지 않음)	-	98	98	98	98
포장길, 배수로(도로 경계선을 포함)	-	83	89	92	93
자갈길(도로 경계선을 포함)	-	76	85	89	91
흙길(도로 경계선을 포함)	-	72	82	87	89
도시 지역: 상업 및 사무실 지역	85	89	92	94	95
공업 지역	72	81	88	91	93

<표 1.5> 도시지역의 유출곡선지수 (계속)

피 복 상 태	평균불투수율 (%)	토 양 형			
		A	B	C	D
주거지역(구획지 크기에 따라):					
150 평 이하	65	77	85	90	92
300 평	38	61	75	83	87
400 평	30	57	72	81	86
600 평	25	54	70	80	85
1,220 평	20	51	68	79	84
1,440 평	12	46	65	77	82
<개발중인 도시지역>		77	86	91	94

주) • 본 표는 AMC-Ⅱ 조건하의 값이므로 AMC-Ⅰ 및 AMC-Ⅲ의 조건의 값을 얻기 위해서는 <표 1.6> 또는 식 (1) 및 (2)를 참조해야 함

• 도시지역의 유출곡선지수는 미국의 도시지역 상황과 한국의 도시지역 특성이 다름을 감안하여 주의깊게 사용해야 함

<표 1.6> AMC조건별 유출곡선지수간의 관계

AMCⅡ	AMCⅠ	AMCⅢ	AMCⅡ	AMCⅠ	AMCⅢ
100	100	100	60	40	78
99	97	100	59	39	77
98	94	99	58	38	76
97	91	99	57	37	75
96	89	99	56	36	75
95	87	98	55	35	74
94	85	98	54	34	73
93	83	98	53	33	72
92	81	97	52	32	71
91	80	97	51	31	70
90	78	96	50	31	70
89	76	96	49	30	69
88	75	95	48	29	68
87	73	95	47	28	67
86	72	94	46	27	66
85	70	94	45	26	65
84	68	93	44	25	64
83	67	93	43	25	63
82	66	92	42	24	62
81	64	92	41	23	61

<표 1.6> AMC조건별 유출곡선지수간의 관계 (계속)

AMCⅡ	AMC Ⅰ	AMCⅢ	AMCⅡ	AMC Ⅰ	AMCⅢ
80	63	91	40	22	60
79	62	91	39	21	59
78	60	90	38	21	58
77	59	89	37	20	57
76	58	89	36	19	56
75	57	88	35	18	55
74	55	88	34	18	54
73	54	87	33	17	53
72	53	86	32	16	52
71	52	86	31	16	51
70	51	85	30	15	50
69	50	84	:	:	:
68	48	84	25	12	43
67	47	83	20	9	37
66	46	82	15	6	30
65	45	82	10	4	22
64	44	81	5	2	13
63	43	80	0	0	0
62	42	79			
61	41	78			

(4) 유역의 반응시간

1) 유역 반응시간을 나타내는 인자는 주로 집중시간, 지체시간, 기저시간, 평형상태 도달 시간, 유달시간, 그리고 담수발생시간 등

2) 유역의 도달시간을 결정하기 위해서는 유역의 특성에 따라 하도흐름이 지배적인 경우, 지표면 흐름이 지배적인 경우 및 하도와 지표면 흐름이 복합된 경우로 구분하여 결정하되, 하도경사, 유역면적, 토지이용조건 등을 감안하여 적절한 공식을 선정하여 사용할 수 있음

3) 자연하천 및 도시하천 유역에 따라 경험적으로 제시된 유역 지체시간 산정공식을 이용하되 유역의 수리·수문학적 특성을 감안하여 적절한 공식을 선정

① 합리식을 이용하여 도시우수관망 등을 설계할 때는 설계호우의 지속기간을 결정하기 위해 추정된 유역 도달시간이 필요하며, 유역의 합성단위도를 유도할 때는 지체시간을 추정함

② Kinematic Wave 홍수추적법에서는 유역 도달시간과 거의 유사한 평형 시간을 결정해

야 하고, 하도에서 Muskingum방법으로 홍수를 추적할 때는 유달시간, Clark방법에 의해 수문곡선을 합성하고자 할 때에는 저류상수, 침투능-유출 해석에서는 저류되는 시간, 그리고 홍수빈도 해석에서는 첨두도달시간이 각각 필요하다. 전체적으로 수문분석이나 설계에는 주로 이용되는 도달시간과 지체시간과 같은 시간 입력변수가 필요함

③ 도달시간 또는 집중시간을 정의하는 방법에는 두 가지가 있음(첫째는 유역의 물리적 특성을 가지고 첨두유량을 산정하는데 대단히 중요한 인자로서 유역에서 수리학적으로 가장 먼 곳에 내린 물 입자가 유역 출구점(또는 설계지점)까지 도달하는 데 걸리는 시간이다. 둘째는 어떤 유역에서 관측된 강우와 유출수문곡선을 바탕으로 유효우량이 끝나는 점에서 직접유출 수문곡선 하강부 곡선의 변곡점까지 취한 시간을 말함)

④ 지체시간은 어떤 유효우량주상도의 중심과 첨두유량 발생시간의 시간차 또는 유효우량과 첨두유량이 발생하는 시간 간격으로 정의되고, 흐름의 평균유속에 대한 흐름길이의 비로 특성 지을 수 있으며 유역의 형상, 본류의 하도경사, 하도의 형상, 그리고 호우형상에 의해 달라지는 특성을 고려함

⑤ 유역 반응시간은 흐름영역과 하도가 어떠한 형상을 하고 있는가에 따라 입력자료가 달라지게 되고, 통상 지표면 유출시스템이나 도시지역과 같은 우수관망 시스템, 그리고 하도와 같은 수로시스템으로 구분하여 경험적으로 개발된 방법을 사용함

⑥ 도달시간 또는 집중시간을 결정하는 공식을 이용하는 경우 <표 1.7> 및<표 1.8> 에서 검토된 내용을 감안하여 해당유역에 적절한 공식을 선정함(국립방재연구소, 1998)

<표 1.7> 자연하천 유역에 대한 도달시간 공식

공 식 명 (발표년도)	공 식 (Tc, min)	제한사항 또는 비고
Kirpich 공식 (1940)	$Tc= 3.976L^{0.77}S^{-0.385}$ L= 유역의 최장하천길이(km) S= 유역의 평균경사(H/L, m/m) H= 유역출구점과 본류 최원점까지의 표고차	지표면 흐름이 지배적인 농경지 소유역, 하도경사가 3~5%, 유역면적 0.453km^2 이하
Kerby 공식 (1959)	$Tc= 36.264(L \cdot N)^{0.467}/S^{0.2335}$ L= 유로의 최원점부터 하천유입부분까지의 직선거리(km) S= 유로의 평균경사(m/m) N= 유역의 조도를 나타내는 상수	불투수성 완만한 표면 N=0.02 나지의 비포장표면 N=0.10 초지가 없는 나지의 거친표면 N=0.20 초지로 구성된 표면 N=0.40 낙엽으로 덮힌 수목지역 N=0.60 초지와 산림이 우거진 표면 N=0.80

<표 1.7> 자연하천 유역에 대한 도달시간 공식 (계속)

공식명 (발표년도)	공 식 (Tc, min)	제한사항 또는 비고
Johnstone and Cross 공식 (1949)	$Tc= (282/r^2)(L/S)^{0.5}$ L= 본류 유로길이(mi) S= 본류 유로평균경사(H/L, ft/mi) r= 하천형태에 따른 지류인자	25 ~ 1,624 mi^2의 유역면적
Kraven 공식	$T_c= 0.444LS^{-0.515}$ L= 유로길이(km) S= 유로경사(H/L, m/m)	지표면 흐름이 지배적인 중하류, 하도경사가 1/200 이하인 유역
Rziha 공식	$Tc= 0.833LS^{-0.6}$ L= 유로길이(km) S= 유역의 평균경사(H/L, m/m)	지표면 흐름이 지배적인 상류, 하도경사 1/200 이상인 유역
California Culvert Practice 공식 (1942)	$Tc= 60[11.9L^3/H]^{0.385}$ L= 최장 유로길이(mi) H= 상류 분할점과 출구의 표고차(ft)	산지 소유역
SCS Lag 공식 (1975)	$T_c=[100L^{0.8}\{(1000/CN)-9\}^{0.7}]/[1900S^{0.5}]$ L= 최장 흐름경로(ft) CN= SCS 유출곡선지수 S= 유역평균경사(%)	주로 농경지 유역에 적용, 0.8km^2이하의 도시유역도 적용 가능, 도시 불투수지역에서는 T_c= 1.67×유역지체시간

주) 도달시간(T_c)의 단위 : 분(min)

<표 1.8> 도시하천 유역에 대한 도달시간 공식

공 식 명	공 식 (t, min)		제한사항, 비고
Kerby 공식 (1949)	$t = 36.264(rL^{1.5}/H^{0.5})^{0.467}$ L : 흐름 경로 길이(km) H : 표고차(m) r : 포장지역	0.02	L이 0.4km 이하인 도시유역 유역면적 0.04km^2 이하, 하도경사는 1% 이하인 유역
	거칠은 나대지	0.10	
	거칠고 풀이 없는 지역	0.30	
	잔디	0.40	
	나무나 풀이 빽빽한 지역	0.80	

<표 1.8> 도시하천 유역에 대한 도달시간 공식 (계속)

공 식 명	공 식 (t, min)	제한사항, 비고
Izzard 공식 (1945)	$t=[41.025(0.0007I+c)L^{0.33}]/[S^{1/3}I^{2/3}]$ I : 강우강도(in/hr) c : 지체상수 L : 흐름경로길이(ft) S : 흐름경로경사(ft/ft) r : 하천형태에 따른 지류인자	지체상수(c) = 평평한 포장지역 : 0.007 콘크리트 포장지역 : 0.012 자갈포장지역 : 0.017 잘려진 잔디밭 : 0.046 조밀한 진디밭 : 0.060
Kinematic Wave 공식 (1965, 1973)	$t=0.94L^{0.6}n^{0.6}/[I^{0.4}S^{0.3}]$ L : 지표면 흐름길이(ft) n : Manning의 조도계수 I : 강우강도(in/hr) S : 지표면 흐름경사(ft/ft)	개발지역의 지표면 유출해석에 이용
FAA (Federal Aviation Agency) 공식 (1970)	$t=1.8(1.1-C)L^{0.5}/S^{0.333}$ L : 지표면 흐름길이(ft) C : 합리식 유출계수 S : 지표면 흐름경사(%)	주로 공항지역에 이용할 수 있도록 미 공병단에서 개발, 도시지역에서도 이용, 지표면 흐름영역에 적용
SCS평균유속 공식(1975)	$t=1/60\sum L/V$ L : 지표면 흐름길이(ft) V : 표면상태에 따른 평균유속(ft/sec)	지표면 상태에 따라 평균유속을 산정하여 도달시간 계산

주) 도달시간(T_c)의 단위 : 분(min)

⑦ 도달시간 또는 집중시간 결정 공식을 국내에 적용한 결과는 아래와 같으므로 공식 선정 시 이를 참고함

- Kerby 공식과 Kinematic wave 공식은 대상유역에서 과다한 값을 나타내는 경향을 보이고 있고, Kraven 공식, Rziha 공식, Kirpich 공식은 대상유역에서 과소한 값을 나타내는 경향을 보이고 있는 반면 나머지 4개 공식(SCS Lag 공식, SCS 평균유속공식, Izzard 공식, FAA 공식)은 대상유역에 따라 과다 혹은 과소한 경향을 보임
- Kerby 공식은 유로연장이 약 360m인 지표면유출을 대상으로 개발된 공식이기 때문에 전 유역에 걸쳐 홍수도달시간 변화율이 매우 큰 값을 나타내고 있으며, Kinematic wave 공식은 소규모 도시유역의 지표면 유출을 위하여 개발된 공식으로 변화율이 비교적 큰 값을 나타냄
- Kraven 공식과 Rziha 공식은 하도경사가 각각 1/200 이하 및 이상인 자연하천 유역, 그리고 Kipich 공식은 유역면적이 1.25~112.0 에이커인 자연하천 소유역을 대상으로 개발된 공식이기 때문에 전 유역에서 홍수도달시간 변화율이 과소한 값을 보이고 있

으며, 개발정도에 따른 도달시간의 변화를 나타낼 수 없는 문제점을 갖고 있음

- 도시하천 유역을 위하여 개발된 Izzard 공식과 공항지역에 적용할 수 있도록 개발된 미국연방항공청(FAA) 공식, 그리고 SCS의 평균유속 공식은 유역에 따라 홍수도달시간의 변화율이 변함
- 유역면적이 2,000 에이커 이하인 자연하천유역과 도시유역을 대상으로 개발된 공식인 SCS공식의 지체시간 산정식은 유역에 따라 홍수도달시간의 변화율이 변하고 있으나 타 공식에 비하여 홍수도달시간의 변화율이 작은 값을 보임

⑧ 하도 흐름이 지배적인 유역에서의 유역 도달시간은 일반 수리학에서 개수로 평균유속 공식을 이용하여 하도 길이를 유속으로 나눔으로써 쉽게 구할 수 있음(이때 적용될 수 있는 평균유속공식은 Manning 공식 또는 Chezy 공식 등을 사용하며, 주된 하도가 도시 우수관거일 때는 적절한 Hazen-Williams 공식과 같은 경험공식을 사용하여 유속을 계산)

⑨ 지표면 흐름이 지배적인 유역에서의 도달시간은 주로 지표면의 지형학적 요소(지표면 경사 S, 지표면 흐름길이 L 등)와 저항계수(합리식의 유출계수 C, Manning의 조도계수 n 등), 그리고 유역에 내리는 강우강도의 영향을 감안하되, 흐름에 적용될 수 있는 도달공식은 주로 자연하천 유역에서 사용하는 공식을 이용함

⑩ 하도와 지표면 흐름이 복합된 유역은 하도와 지표면 흐름이 중요한 역할을 하는 유역에 적용될 수 있는 공식을 사용함

⑪ 유역 지체시간은 유효우량 중심과 직접유출량 중심 사이의 시간차(T1), 또는 유효우량 중심과 직접유출량의 첨두 발생시간 사이의 시간차(Tp)로 정의하며, 제시된 제한사항 등을 감안하여 적절한 공식을 산정함

⑫ 지체시간 공식을 국내 적용한 결과에 대한 검토사항

- 산정된 지체시간은 공식에 따라 큰 편차를 나타내고 있으며, 유역의 특성에 따라서도 지체시간은 큰 차이를 보임
- 지체시간은 중규모 이상의 하천유역을 대상으로 유도되었으며, 유역에 따라 공식의 계수값이 크게 다르기 때문에 유역크기와 공식에 따라 큰 차이를 보임
- Snyder 공식은 유역면적이 10~1,000 mi^2, Clark 공식과 Linsley 공식은 유역면적이 250~1,700 mi^2인 자연하천유역을 대상으로 유도된 공식들임
- 도시유역을 대상으로 유도된 Eagleson 공식과 Rao와 Delleur 공식들도 도시유역에의 적용시 공식에 대한 검증이 필요함

⑬ 국내 하천유역 또는 실험유역에서 지속적이고 정도 높은 강우, 유출자료의 실측과 분석을 통하여 도출된 공식은 수자원기술자의 판단을 통하여 사용할 수 있음

<표 1.9> 자연 및 도시하천 유역에 대한 지체시간 공식

공식명 (발표년도)	공 식 (Tl, Tp, hr)	제한사항 또는 비고
Snyder(1938)	$T_p = C_t (L_{ca} L)^{0.3}$	Ct는 1.8에서 2.2, 유역면적 10에서 1,000mi^2에 적용 (미국 Appalachian 유역)
Linsley(1945)	$T_l = KL (A/S_c)^{1/2}$ $T_p = C_t (L_{ca} L)^{0.3}$	유역면적 250에서 1,700mi^2에 적용 Ct는 0.3에서 1.2를 가짐
Clark(1945)	$T_l = KLS_c^{-1/2}$	K는 0.8에서 2.2를 가짐
Eagleson(1962)	$T_p = 0.667L_{ca}\ n\ R_h^{-2/3}\ S_a^{-1/2}$	Snyder 공식을 하천특성에 맞게 수정
SCS(1975)	$T_p = \{L_w^{0.8}(1{,}000/CN-9)^{0.7}\}/\{1900\ S_o^{1/2}\}$	농경지 유역과 2,000acres 이하의 도시유역에 적용가능. SCS TR-55 참조
Rao와 Delleur (1974)	$T_l = 0.78A^{0.496}L^{0.073}S^{-0.075}(1 + I_A)^{-1.289}$ $T_l = 0.78A^{0.542}S^{-0.081}(1 + I_A)^{-1.21}$ $T_l = 0.803A^{0.512}(1 + I_A)^{-1.433}$	도시유역 대상

주) A : 유역면적(mi^2), CN : SCS 유출곡선지수, I_A : 해당유역에서 불투수면적비
K : 상수, L : 본류의 하도길이(mi), Lca : 하류 관측점에서 본류를 따라 유역 중심에 가장 가까운 본류상의 점까지 측정한 거리(mi), Lw : 유역의 수리학적 길이(ft), n : Manning의 조도계수, R_h : 주우수관의 가중 동수반경(ft), S : 유역 출구점과 최원점의 표고차를 하도길이로 나눈 유역평균경사(H/L, ft/mi), Sa : 주우수관의 가중 경사(ft/ft), Sc : 유역 출구점과 최원점의 표고차를 본류길이로 나눈 본류 평균경사(H/L, ft/mi), So : 유역평균경사(%)

(5) 설계 강우에 의한 설계홍수량의 산정

1) 설계홍수량을 산정하려면 이미 결정된 설계강우를 가지고 강우-유출관계를 나타내는 적당한 홍수유출모형을 이용해서 홍수수문곡선을 계산하는 방법을 이용함

2) 설계홍수량을 추정하는 방법

① 어떤 수공구조물을 설계하거나 하도계획, 내수처리계획, 그리고 홍수방어계획 등을 수립할 때 충분히 관측된 홍수량 자료가 있을 때는 간단히 순간 최대홍수량을 빈도해석하여 해당지점의 기본홍수를 쉽게 산정 하는 방법

② 앞에서와 같은 기준에 따라 이미 결정한 설계강우를 가지고 강우-유출관계를 나타내는 적당한 홍수유출모형을 이용해서 홍수 수문곡선을 계산하는 방법

3) 도시지역 배수구역에 대한 설계홍수량은 유역의 크기에 따라 합리식 또는 수정합리식,

영국 도로연구소(BRRL)방법, MOUSE-KOREA모형, SWMM모형 및 ILLUDAS 모형 등을 이용하여 산정함

4) 중소규모 자연하천 유역의 설계홍수량은 단위유량도법, Snyder의 합성단위유량도법, 미국토양보전국의 합성단위유량도법, Clark의 유역추적법 등을 사용하여 산정

5) 대규모 자연하천 유역의 설계홍수량을 산정하기 위해서는 하천유역을 적절히 분할하고 분할된 소유역별로 설계 홍수 수문곡선을 계산한 후 하천망에 대한 홍수추적에 의하여 설계홍수량을 산정

6) 동일 수계비 하천간, 타 수계에서의 유사한 유역상황의 하천간의 설계홍수량 규모의 조정이 필요한 경우 비유량도($m^3/s/km^2$) 및 본류와 지류와의 설계홍수량에 대한 밸런스 검토 등을 통하여 설계홍수량에 대한 밸런스를 조정할 수 있음

① 설계홍수량을 추정하는 방법 중 어느 것을 사용하느냐는 주로 대상지역의 특성, 수문자료의 양과 질, 구조물의 중요도, 그리고 연구결과의 이용 가능성에 따라 좌우됨(국내에서 현재까지 관측된 홍수량 자료에 비해 설계강우를 책정할 수 있는 강우자료는 비교적 정확도도 높고 충분할 뿐만 아니라 그 연구결과도 다양하고 체계적이어서 설계강우를 가지고 설계홍수량을 산정 하는 방법을 많이 이용함)

② 한편 과거에 관측된 홍수자료를 가지고 통계적으로 설계홍수량을 얻을 수 있는 빈도해석 방법이나 절차 등에 대해서는 건설교통부에서 수행한 설계홍수 추정지침서(수자원관리기법개발연구조사 별책부록, 건설부, 1993)를 참고할 수 있음

③ 합리식에 사용되는 유출계수는 유역의 형상, 지표면 피복상태, 식생 피복상태 및 개발상황 등을 감안하여 결정하는 것으로 하나, 자연하천 유역 및 토지이용에 따른 유출계수는 <표 1.10> ~ <표 1.11> 을 적용함

<표 1.10> 토지 이용도에 따른 합리식의 유출계수 범위*1(Ponce, 1989)

<table>
<tr><th colspan="2">토 지 이 용</th><th>기본유출계수C</th><th colspan="3">토 지 이 용</th><th>기본유출계수C</th></tr>
<tr><td rowspan="2">상업
지역</td><td rowspan="2">도심지역
근린지역</td><td rowspan="2">0.70-0.95
0.50-0.70</td><td colspan="3">차도 및 보도</td><td>0.75-0.85</td></tr>
<tr><td colspan="3">지붕</td><td>0.75-0.95</td></tr>
<tr><td rowspan="6">주거
지역</td><td rowspan="6">단독주택*2
독립주택단지
연립주택단지
교외지역
아파트</td><td rowspan="6">0.30-0.50
0.40-0.60
0.60-0.75
0.25-0.40
0.50-0.70</td><td rowspan="6">잔
디</td><td rowspan="3">사
질
토</td><td>평탄지</td><td>0.05-0.10</td></tr>
<tr><td>평균</td><td>0.10-0.15</td></tr>
<tr><td>경사지</td><td>0.15-0.20</td></tr>
<tr><td rowspan="3">중
토</td><td>평탄지</td><td>0.13-0.17</td></tr>
<tr><td>평균</td><td>0.18-0.22</td></tr>
<tr><td>경사지</td><td>0.25-0.35</td></tr>
</table>

<표 1.10> 토지 이용도에 따른 합리식의 유출계수 범위*1(Ponce, 1989) (계속)

토 지 이 용		기본유출계수C	토 지 이 용			기본유출계수C
산업 지역	산재지역	0.50-0.80	농경지	나지	평탄한 곳	0.30-0.60
	밀집지역	0.60-0.90			거친곳	0.20-0.50
공원, 묘역		0.10-0.25		경작지	사질토	작물 있음	0.30-0.60
운동장		0.20-0.35				작물 없음	0.20-0.50
철로		0.20-0.40			점토	작물 있음	0.20-0.40
미개발지역		0.10-0.30				작물 없음	0.10-0.25
도로	아스팔트	0.70-0.95			관개 중인 답		0.70-0.80
	콘크리트	0.80-0.95		초지	사질토		0.15-0.45
	벽돌	0.70-0.85			점토		0.05-0.25
			산지*3	급경사 산지			0.40-0.80
				완경사 산지			0.30-0.70

주) • 유출계수는 재현기간 5-10년에 적용되므로 재현기간이 이보다 길 경우에는 Ponce(1989, Engineering Hydrology)등의 보정그래프를 활용함
• 단독주택인 경우 미국의 주거사항과 한국의 주거사항이 같지 않으므로 유출계수 추정시 주의를 요함
• 산지의 경우 유출계수 추정시 현장조건을 감안한 판단이 필요하며, 유역면적이 작은 지역에서는 비교적 큰 유출계수를 사용하고 유역면적이 큰 지역에서는 비교적 적은 유출계수를 사용하여 홍수량이 과소 또는 과다 추정되지 않도록 유의함

<표 1.11> 합리식 유출계수의 지형과 지질에 따른 보정 (Stephenson, 1981)

지 표 상 황	보정치 : 가감량
나 지 초 지 경 작 지 삼 림	경사 < 5% : -0.05 경사 > 10% : +0.05 재현기간 < 20yr : -0.05 재현기간 > 50yr : +0.05 연평균 강수량 < 600 mm : -0.03 연평균 강수량 > 900 mm : +0.03

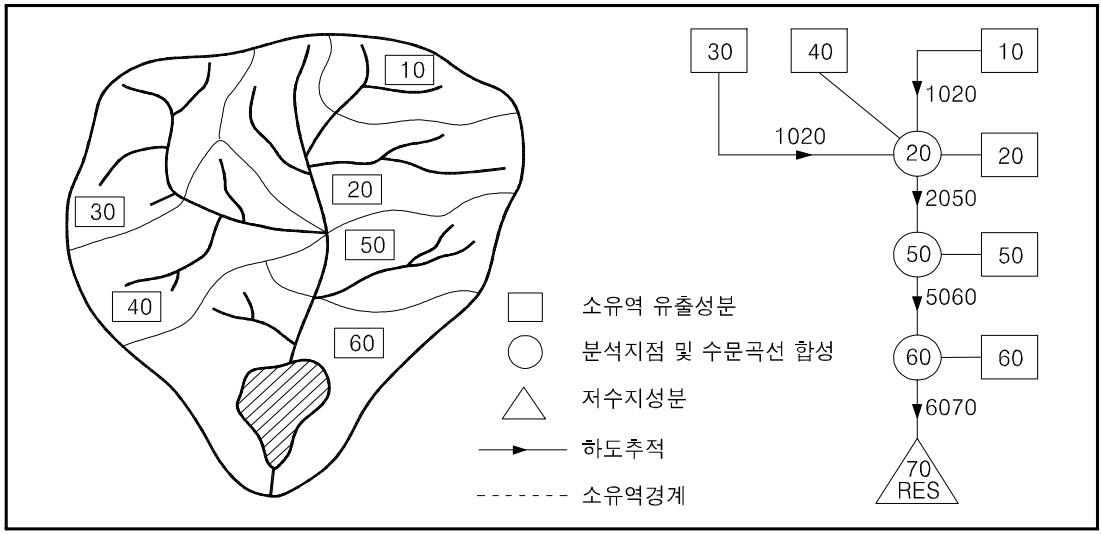
④ 유출계수의 값에 대해서는 특히 유역의 개발로 인하여 큰 변화를 받는 일이 많다. 따라서 계획치로 채용하는 유출계수는 개수시점에서 예상되는 개발계획 등을 충분히 고려함

1.6 홍수량 산정 프로그램 소개

(1) HEC-1 모형

1) HEC-1 모형은 강우에 의한 지표면 유출을 분석하기 위해 설계된 단일사상(Single event) 강우-유출 모형임

2) HEC-1 모형은 소유역별 홍수량 산정, 하도추적 및 저수지 추적, 홍수수문 곡선의 합성등으로 유출을 분석함



[그림 1.5] HEC-1 모형의 분석 모식도

HEC-1 모형의 주요 입력 인자-1

ID 소양강댐 200년 홍수빈도 홍수량 산정 ☜ 작업 제목	
*DIAGRAM	☜ 계산 모식도 출력
*LIST	☜ 입력자료 출력(echo printing)
IT 60 24AUG99 1000 121	☜ 계산 시간입력(60분), 수문곡선 좌표길이(121개)
IN 60 24AUG99 1000	☜ 입력자료 시간간견(60분), 시작일·월·년 및 시각
IM	☜ Metric 단위 채택
IO 5 0	☜ 전체 출력 제어
PG IBR_P 582	☜ 인북천 유역의 2일 지점평균확률강우량(mm)
PG NRR_P 600	☜ 내린천 유역의 2일 지점평균확률강우량(mm)
PG SYD_P 568	☜ 소양강댐 자체 유역의 2일 지점평균확률강우량(mm)
PG NUL_P 0	☜ 면적감소계수를 적용하기 위한 Dummy 관측소이므로 강우량 0.0mm
PG HUFCC 0	☜ Huff 강우분포 ☜ PC Card로 누가하는 것이 PI Card에 비해 편리
PC 1.039 1.832 2.565 3.347 4.225 5.206 6.273 7.399 8.553 9.711	
PC10.858 11.988 13.112 14.250 15.431 16.695 18.084 19.644 21.418 23.446	

HEC-1 모형의 주요 입력 인자-1 (계속)

PC25.761 28.385 31.329 34.591 38.156 41.996 46.068 50.320 54.689 59.106
PC63.496 67.784 71.901 75.779 79.336 82.618 85.510 88.035 90.202 92.040
PC93.592 94.913 96.062 97.090 98.030 98.881 99.582 100.000 ☜ 누가강우분포(%)
VS SYD_I SYD_R SYD_R ☜ 사용자 지정 출력 지점명, 계산 결과를 한줄로 출력 가능
VV 2.11 2.11 7.11 ☜ V.RR 형태에서 V는 변수로 2는 유량, 7은 수위
KK INBUK ☜ 계산 지점명
KM 인북천 유출량 산정 ☜ 지점 설명문
BA 923.8 ☜ 유역면적(Km^2) ☞ BF Card는 동일 조건이면 한번만 출력
BF -0.12 -0.1 1.15 ☜ 기저유량, 초기비유량($m^3/sec/km^2$), 첨두와 변곡점유량의 비
PR HUFCC ☜ 해당 관축소의 Huff 강우분포 채택 감수부 경사
PW 1 ☜ 강우분포 가중치
PT IBR_P NUL_P ☜ 가중치가 부여될 총강우량 지정 우량관측소
PW 0.895 0.105 ☜ 가중치, Dummy 관측소를 이용하여 면적감소계수(0.895) 반영
LS 0 78.3 ☜ SCS 유효우량 산정의 추 ☞ 48hr 면적확률강우량으로 변환
UC 5.51 6.30 ☜ Clark 단위도의 도달시간(Tc, hr), 저류상수(K, hr)
KK NARIN
KM 내린천 유출량 산정
BA1069.3
PR HUFCC
PW 1

HEC-1 모형의 주요 입력 인자-2

PT NRR_P NUL_P
PW 0.895 0.105
LS 0 84.5
UC 6.68 7.23
KK IBNRS
KM 인북천과 내린천 유출량 합성
HC 2 ☜ 수문곡선 2개 합성
KK IN_SY
KM 인북천과 내린천의 유출량 소양강댐으로 하도추적
RM 1 0.77 0.2 ☜ Muskingum 홍수추적의 구간수, 저류상수, 가중계수
KK SYDSI
KM 소양강댐 자체유역 유출량 산정
BA 709.9
PR HUFCC
PW 1

HEC-1 모형의 주요 입력 인자-2 (계속)

PT	STD_P	NUL_P								
PW	0.895	0.105								
LS	0	87.7								
UC	1.37	1.81								
KK	SYD_I									
KM	소양강댐 유출량 합성									
HC	2									
KO	1	2								☜ 구간 출력 제어
KK	SYD_R									
KM	소양강댐 저수지추적									
RS	1	ELEV	185.5	0						☜ 저수지홍수추적의 구간수, 초기조건 종류, 초기조건
SV	0	27461	83481	140599	198815	268129	318540	380050	442657	506363
SV	571166	637067	704066	762629	772163	841906	911649			☜ 저류용량(103m^3)
SQ	0	43.0	211.0	393.0	655.5	1062.0	1495.5	1968.0	2479.0	3028.0
SQ	3615.0	4240.0	4901.5	5500.0	5500.0	5500.0	5500.0			☜ 유출량(m^3/sec)
SE	185.5	186.0	187.0	188.0	189.0	190.0	191.0	192.0	193.0	194.0
SE	195.0	196.0	197.0	197.86	198.0	199.0	200.0			☜ 저수위(EL.m)
KO	1	2								☞ 저류용량-유출량-저수위 관계는 순대대로 입력
ZZ										☜ 작업종료

(2) HEC-HMS(Hydrologic Modeling System) 모형

1) HEC-1 모형의 windows 버전임

2) HEC-HMS를 이용한 모의는 수문요소(hydrologic)들로 구성된 유역을 표현하는 것임

- 수문요소 : 소유역, 하도구간, 저수지, 합류점, 분류점, 수원점, 함몰점

3) HEC-HMS는 격자형 강우자료를 사용하는 조건이 ModClark 방법임(이 방법은 유역출구점으로의 유효우량의 전이와 선형저수지를 통한 추적 등으로 직접유출을 산정할 수 있는 Clark의 개념적 유출모형(Clark, 1945)을 이용

4) HEC-HMS 실행 순서

① 기존 프로젝트를 열거나 또는 새로운 프로젝트를 시작

② Basim Model을 열고 관련 데이터를 입력

③ Precipitation Model을 열고 관련 데이터를 입력

④ Control Specifications를 열고 관련 데이터를 입력

⑤ 실행의 조합을 구성한 후 실행

⑥ 결과를 고찰

⑦ 프로젝트를 저장하고 종료함

HEC-HMS 계산 조건

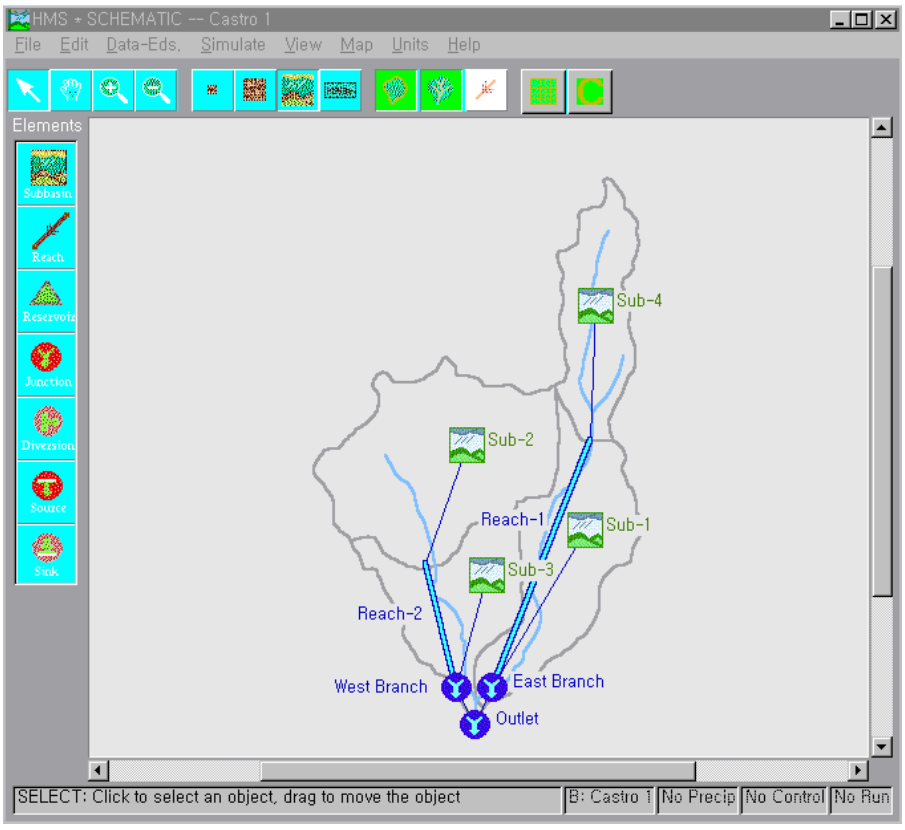
○ 손실(losses)
- Initial and constant
- Deficit/constant
- Green & Ampt
- SCS Curve No.
- Gridded Curve No.

○ 변환(transform)
- ModClark
- Kinematic wave
- Clark unit hydrograph
- SCS dimensionless unit hydrograph
- User specified unit hydrograph

○ 기저유량(base flow)
- Exponential recession
- Constant monthly

○ 추적(routing)
- Lag
- Muskingum
- Modified Puls
- Muskingum Cunge

○ 강수(precipitation)
- Grid-based precipitation
- Import hyetograph
- Specify gage weights
- Inverse-distance gage weighing
- Frequency-based design storm



[그림 1.6] HEC-HMS 기본 모식도

2. 하도계획

하도계획의 내용

1. 정의 및 적용범위
2. 일반사항
3. 범위 및 내용
   - 용어의 정의 및 종류
   - 하도계획 관련자료 검토
   - 하도계획의 기본 방침
   - 하도계획 수립의 기본방향 및 절차
   - 계획홍수위 결정
   - 평면계획
   - 종단계획
   - 횡단계획
   - 신설하천계획
   - 지류합류계획
   - 하구처리계획
   - 홍수위 분석 프로그램 소개

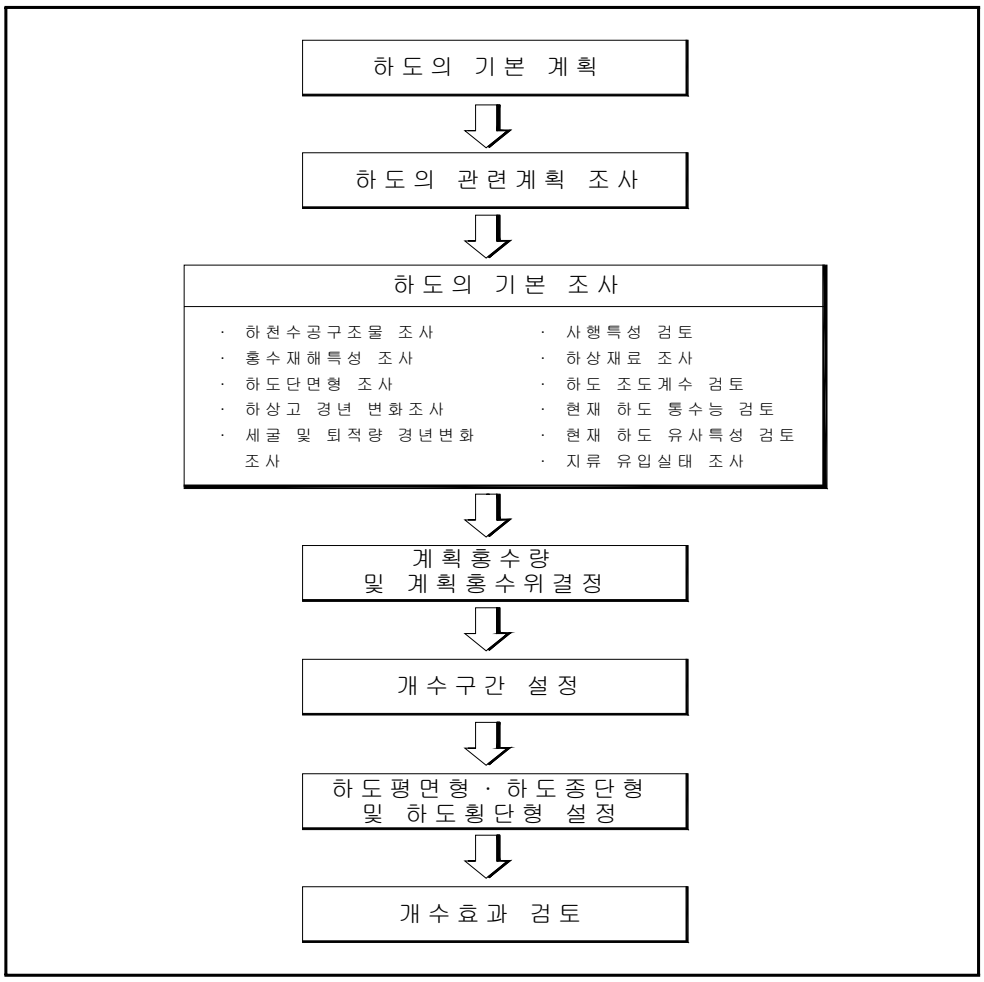
본 장에서는 수문량(홍수량)을 안전하게 소통할 수 있도록 하도를 계획하는 방법 및 기준을 제시하였으며, 또한 이와 더불어 토지의 이용증진, 자연환경보전 및 토지이용의 효율성을 증대시킬 수 있도록 하도의 평면형, 종단형, 횡단형을 계획하여 개수함으로써 하천에서 요구되는 치수기능, 이수기능, 환경기능의 조화를 바탕으로 하도 및 하구 계획을 수립함

2.1 정의 및 적용범위

(1) 계획홍수량 이하의 유량을 안전하게 소통할 수 있고 유송토사에 대해 안정된 하상을 유지할 수 있도록 함

(2) 또한, 토지이용도 증진, 자연환경 보전 그리고 하천 인접지역 토지이용의 효율성을 증대시킬 수 있도록 하천유역개발계획에 따라 수립 함

(3) 하천에서 요구되는 치수기능, 이수기능, 환경기능의 조화를 바탕으로 하도 및 하구 계획을 수립



[그림 2.1] 하도 계획의 순서

2.2 용어의 정의 및 종류

(1) 하도 : 평상시 혹은 홍수시 유수가 유하하는 공간이면서 수생생태가 서식하는 공간

(2) 저수로 : 평상시 물이 흐르는 공간

(3) 고수부지 : 하도내의 저수로 및 호안부를 제외한 나머지 부분의 총칭

(4) 하안 : 하도 내 수면이 비탈면과 접하는 선적인 개념으로서의 영역

(5) 하상 : 하도 내에 있어서 유수가 흘러가는 바닥 부분

(6) 안정하도 : 하천이나 수로가 장기간에 걸쳐 세굴과 퇴적을 반복한 후 하상경사와 단면의 크기 및 형상이 일정한 상태로 유지되고, 바닥면의 토사공급과 토사 유송율이 같아져서 안정상태를 유지하는 하도

(7) 평형하천 : 하나의 하천구간 상류에서 유입되는 유사량과 하류로 유출되는 유사량이 같아 그 하천구간에서 퇴적이나 침식이 어느 한 방향으로 계속되지 않고 하상의 상

승이나 저하가 거의 일어나지 않는 하천

(8) 평형하상(안정하상) : 평형하천에서의 하상상태를 말하며, 임의의 하도구간 내에서 유사의 유입과 유출이 평형을 이루어 하상세굴이나 퇴적의 경년변화가 거의 없는 하상

(9) 신설하천 : 홍수 소통단면을 증대하거나 홍수량을 전환하여 소통시키기 위한 방안으로 건설되는 새로운 하천으로, 주로 첩수로와 방수로(또는 분수로)로 구분

1) 첩수로 : 현저하게 사행되었거나 굴곡된 하도를 절개하여 짧게 연결한 수로

2) 방수로 : 현 하도의 하폭을 확대할 수 없거나 개수구간을 단축할 목적으로 하천유로에서 분기하여 신설하천을 건설하고 직접 바다나 다른 하천 또는 원래의 하천으로 유입시키는 수로

(10) 홍수터 : 자연하천이나 무제부 하천구간에서 홍수시 물이 흐르는 구역

(11) 범람원 : 무제부 또는 유제부구간에서 홍수범람으로 인해 발생하는 제·내외지내 침수구역

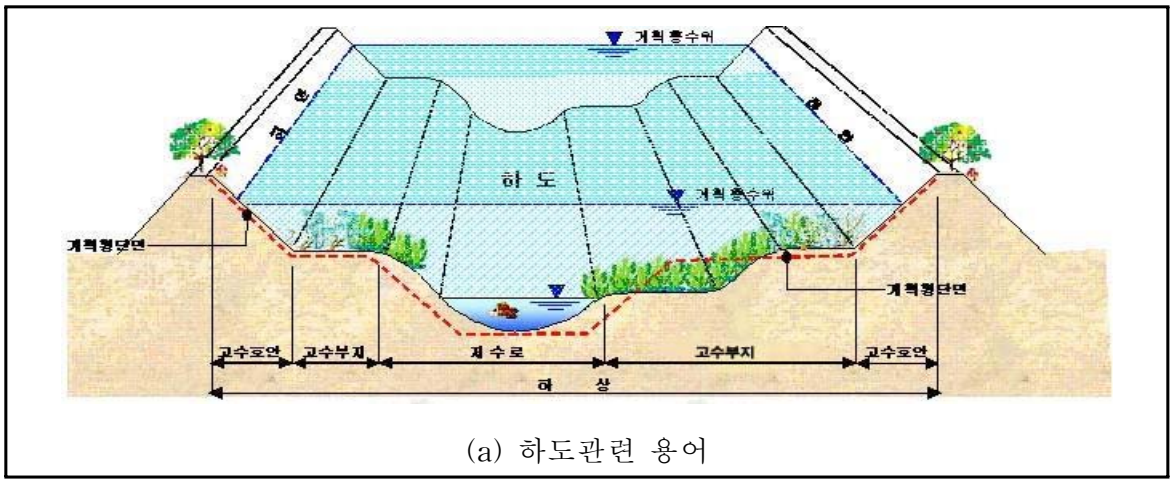
(12) 놀둑(霞堤) : 상하류 제방높이 보다 낮거나 불연속 구간을 두어 홍수시 유수의 범람을 허용하는 제방

(13) 하구 : 하천수가 바다나 호수 또는 다른 하천으로 흘러 들어가는 어귀

(14) 하안방어선 : 제방의 안전성과 저수로의 안정성을 확보하기 위해서, 어떠한 구조적 대책(저수로호안, 하안침식방지공)을 강구할 필요가 있는 하도계획 상의 선

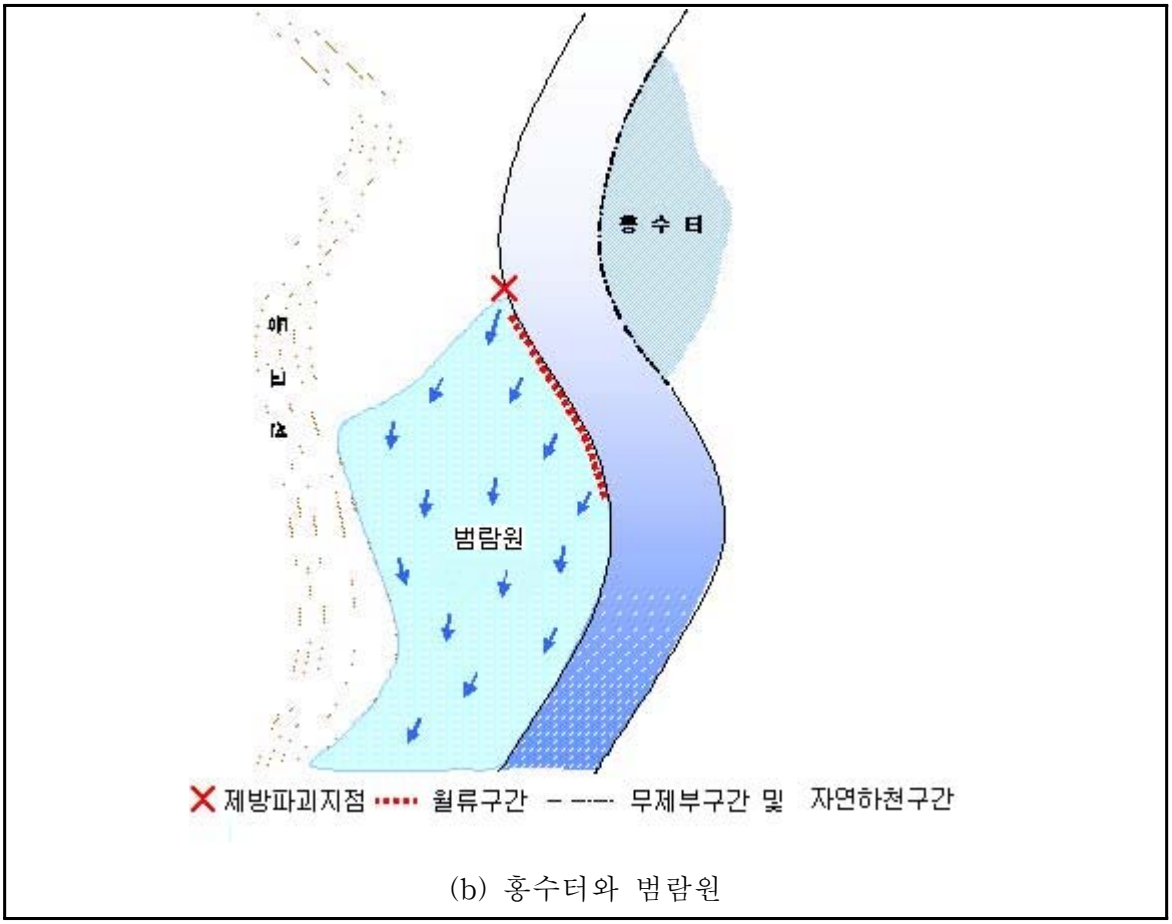
(15) 제방방어선 : 제방방어의 관점에서 그어지는 선으로서 한 번의 홍수로 인해 침식될 가능성이 있는 고수부지폭을 제방 앞비탈 끝에서부터 이은 선으로, 고수호안 쪽으로 더 이상의 저수로 침식을 허용하지 않도록 하는 선

(16) 저수로 하안관리선 : 저수로의 안정이라는 관점에서 그어지는 선으로서 저수로 형상을 안정적으로 유지 가능하게 하는 저수로 평면형으로서, 고수부지의 이용현황, 그 외의 여러 가지 상황을 포함하여 작성된 저수로 관리차원의 선



(a) 하도관련 용어

[그림 2.2] 하도계획상 용어와 개념도



(b) 홍수터와 범람원

[그림 2.2] 하도계획상 용어와 개념도(계속)

2.3 하도계획 관련자료 검토

(1) 하도계획의 기본 방향을 결정하기 이전에 유역특성 조사, 하천환경 조사가 선행되어야 하며 기존 자료를 충분히 검토하여야 함

1) 유역특성 조사를 통하여 해당 유역에 적합한 하도계획수립의 기본방향을 고찰

2) 하천환경 조사를 통하여 식생, 어류 등에 대한 자세한 정보를 얻도록 하며, 이를 이용하여 자연 친화적 하천설계, 하천복원, 또는 하천보존을 위한 방향설정에 활용함

(2) 하도내 수위계산 및 안정하도의 설계를 위하여 하도 및 하구조사, 유사 조사, 수공구조물 조사와 홍수재해원인조사를 실시하여야 함

1) 유사 조사의 유사 조사를 통하여 하상재료, 세굴·퇴사량, 유사특성 등에 대한 상세 자료를 취득하며, 이들을 이용하여 안정하도 설계의 근거로 활용

2) 하도 조사의 하도 및 하구 조사를 통하여 하도단면, 하상고, 사행특성, 조도계수 등에 대한 상세 자료를 취득하며, 이를 이용하여 안정하도설계 및 수위를 계산

3) 취수보, 통수문, 하상유지시설, 제방, 수제, 교량, 복개하천구간 등 각종 수공구조물의

실태를 조사하여, 하도계획 수립과 관련하여 발생할 수 있는 구조적 문제점을 파악

4) 홍수 재해 사전예방을 도모할 수 있는 하도계획을 위하여 과거 홍수피해 발생시의 수리・수문특성, 홍수침수상황, 홍수피해의 원인 및 특성을 파악

(3) 하도내 통수능을 조사하여 기존 하도에 대한 소통능력을 검토한 후에 단면의 축소나 확장 계획을 실시하여야 함

1) 현 하도 단면특성을 이용하여 등류 또는 부등류 계산에 의해 하도의 소통능력을 검토

2) 부등류 계산은 대조평균만조위, 홍수기 만조위 자료, 하류단 단면의 수위-유량관계 등을 검토하여 계획홍수량을 포함한 여러 가지 홍수량에 대해 기점홍수위를 설정한 후에 하도 소통능력을 판단

2.4 하도계획의 기본방침

2.4.1 기본개념

(1) 하도계획은 하천의 다양성을 충분히 고려하여 수립하되 홍수시 치수상으로 안전하고 가뭄시 이수에 지장을 초래하지 않도록 실시

(2) 하도계획은 건강한 물 순환을 보존하고 하천변 생태계와 상호 연계를 고려하여 수립

2.4.2 기본방침

(1) 하도계획은 하천에 흐르는 물에 대한 양적 및 질적인 안정성 확보, 총 경비(초기 투자비와 유지관리비)의 최소화, 자연환경이나 경관의 보존 및 회복과 하천이용과의 조화를 이루고 유역전체에 대한 건전성이 확보되도록 수립

(2) 하도계획은 장기적으로 안정하도가 되도록 하며, 계획홍수량을 안전하게 유하시키기 위해 하상 굴착, 제방 축조, 수제 등에 의한 하도 통수 단면적의 증대, 하도법선 (河道法線)의 수정, 첩수로(捷水路, cut-off) 등의 건설 등을 충분히 검토

(3) 하도계획시 하도 사행이나 여울과 소의 회복·창조 등을 통해 생물의 다양한 생식·생육 환경을 확보

(4) 하도계획은 기본적으로 자연의 하도기능 및 특성을 살리는 홍수방어계획이 되어야 하며, 크게 평면계획, 종단계획, 횡단계획으로 구성됨

(5) 하도계획 수립시 유의사항

1) 계획하폭에 여유가 있는 곳이라도 현 하천지형을 고려하여 하천부지를 최대한 활용

2) 직선화되고 획일화된 하도계획은 하지 않음

3) 하천의 구간별 활용용도 즉, 구간별로 신설하천, 하천보강, 자연친화적 하천, 또는 복원・보존구간 등 각 구간에 적합한 계획을 세우며, 단순한 치수 일변도의 하도 계획은 지양

① 하도계획은 홍수를 안전하게 유하시키는 것을 기본으로 하나, 치수만을 중시한 하도 직선화나 정규단면화와 같은 획일화된 계획을 수립 지양

② 하도계획은 다양한 하안 및 하상의 형태가 확보되도록 수립함

③ 하천 스스로의 힘(침식・운반・퇴적 작용)으로 하도가 형성되어 가는 자연 순응적 모습으로 가능한 한 현 상태의 하천형상을 보전하는 계획을 기본으로 하되, 어쩔 수 없이 수정하는 경우에도 원래 모습의 복원이 가능한 평면형, 종단형 및 횡단형을 예상한 계획 실시

④ 상・하류 방향이나 횡단 방향으로 연속된 생태환경의 확보나 주변과의 생태네트워크가 단절되지 않도록 하여 생물의 자유로운 이동 경로를 확보해야 함

⑤ 하천을 개수하고자 할 때는 하도의 변동특성을 고려하여야 하며, 어떻게 하면 자연의 힘에 거역하지 않으면서 가장 변화가 적은 안정된 하도를 설계하고 유지할 수 있는지를 검토

⑥ 구간별 하도계획의 주목적을 뚜렷이 설정하여, 신설 하천 계획, 하천보강계획, 자연친화적 하천계획, 또는 복원・보존계획 등 각각의 구간에 적합한 계획을 마련해야 함

2.4.3 하도계획 수립의 기본방향 및 절차

(1) 기본방향

1) 하도의 개수구간에 대하여 획일화된 하도계획이 아닌, 구간별 하도계획 설정

2) 하도 개수구간내 댐, 유수지 등 기존의 저류공간을 이용하거나 신설을 통하여 최대한 저류량을 확보토록 하며, 치수목적상 불가피한 경우에 한하여 신설하천을 계획

3) 제방법선은 치수상 안전하며 현재 및 과거의 하천모양을 고려하여 결정

4) 저수로 법선은 하안 방어선을 병용하여 결정하되, 현재의 저수로 평면형상을 감안하여 제방방어에 필요한 고수부지 폭, 저수로 안정화를 고려하여 하안 침식 방지가 필요한 장소에 하안 방어선을 적용

5) 현 횡단형상을 최대한 살릴 수 있는 방향으로 하도내 계획 횡단면 설정

6) 고수부지의 침수빈도를 처음부터 설정하여 저수로폭과 고수부지의 높이를 결정하는 것이 아니고 현재의 횡단형상을 최대한 살리도록 해야함

7) 계획하상 경사는 하상 안정을 고려하면서 하도단면 확보를 도모하기 위한 기준으로 설정

8) 하상 저하 경향이 있는 하천이나 하상 변동량이 큰 하천에서는 하천공작물의 영향 등을 고려하여 계획 하상고를 설정하며, 교각이나 호안을 설치할 경우에는 시설물의 설계기준이 되는 하상고를 설정할 필요가 있음

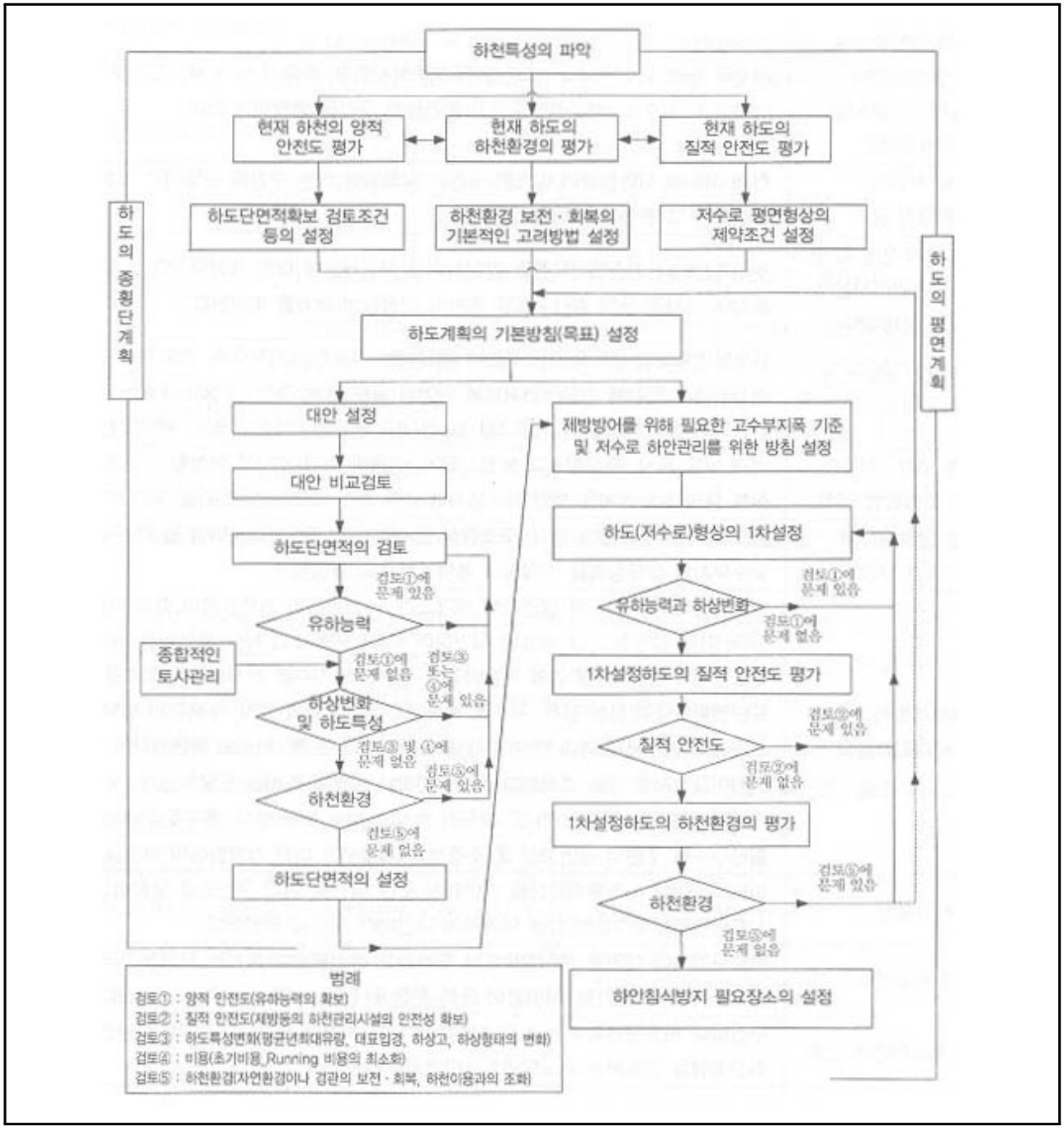
(2) 기본절차

1) 하도계획은 계획전체가 균형이 이루어질 때까지 각 단계를 반복 검토하여 수립

2) 설정한 평면, 종・횡단형 하에서 장기적으로 하도가 안정되도록 하도의 침식·세굴 ·퇴적을 방지·억제하기 위한 구조물(호안, 수제공, 대공 등), 하상안정화를 위한 횡단구조물(낙차공, 띠공 등과 같은 하상유지공)의 배치계획을 수립

3) 하천구조물의 배치는 평수시 및 홍수시 유수의 거동과 하상·하안 형상의 변화, 토질· 지질, 토사유송 등의 특성을 충분히 감안하여 배치(필요한 기능을 최소한의 규모로 발휘시킬 수 있는 대책을 검토하여 양호한 하천환경의 정비·보전을 충분히 고려한 배치를 강구)

4) 또한 개수효과 검토는 개수후 투자사업비와 경제효과와의 관계뿐만 아니라, 재해예방의 중요성, 개수공사 중 각 단계에서 나타나는 효과 등 고려해야 함



[그림 2.3] 하도계획 검토 흐름도

<표 2.1> 하도계획 검토 흐름도 상세 내용

구 분	내 용
하천특성의 파악	하천고유 특성을 아래의 관점에서 파악한다. ① 현재 하도특성(개수역사, 하도변천, 유황, 수리특성, 하상변동특성, 재해특성, 자연환경, 주변상황 등) ② 현재 유하능력(계획홍수위 이하의 유적에서의 유하능력, 저수로의 유하능력, 조도 등의 계산조건) ③ 하천환경특성(하천공간이용계획, 보전하여야 할 하천환경, 하천환경정보도 등)
현재 하천의 양적 안전도평가 (유하능력 부족장소와 요인의 파악)	저수로 또는 고수부지의 하도단면이 부족해서인가, 조도가 크기 때문인가를 장소마다 파악하고, 저수로 하도단면 증가가 불가능한 구간을 명확하게 한다.
현재 하도의 하천환경의 평가	현재 하도의 자연환경이 양호한 구간과 악화되어 있는 구간을 구별하고 악화되어 있는 경우에는 그 원인을 명확하게 한다.
현재 하도의 질적 안전도 평가 (제방 등 하천관리 시설의 안전상의 과제파악)	수리특성이나 기존재해특성을 감안하여 침식·세굴에 대한 제방의 안정성을 확보하는 동시에 낙차공 등의 횡단구조물 주변의 안정상의 과제를 파악한다.
하도단면확보 검토조건 등의 설정	하도단면확보의 검토를 이행하는데 해당하는 검토조건(기점수위, 조도계수, 사수역 등)을 설정하면서 동시에 하도단면확보에 있어서 교량 등의 하천구조물이나 하도단면유지를 감안하여 높이방향(굴착 하한고와 그 경사)과 횡방향 (저수로 폭)의 제약조건을 설정한다.
하천환경 보전·회복의 기본적인 고려방법 설정	현재 하도 중시, 특성장소의 보전·회복, 여울과 소가 조기에 형성될 저수로 환경의 보전·회복 등의 하도계획을 책정하는 동시에 기본적인 고려방법(목표)을 구간마다 설정한다.
저수로 평면형상의 제약조건 설정	중요도가 높은 교량의 교각, 구조상 문제없는 보 등, 고려하여야 할 하천구조물의 위치나 고수부지의 이용 상황을 파악하고 제약조건으로 설정한다.
하도계획의 기본방침(목표)설정	하도단면확보와 하도의 평면형상 제약조건, 하천환경의 기본방침과 함께 하도계획의 기본방침(목표)을 설정하고 그 목표에 의거하여 하도단면확보와 하도 평면형을 여러 안 작성한다. 하도단면확보는 하천환경의 기본방침에 근거하여 저수로 하상의 안정확보를 염두에 두고, 하도단면확보대책(하상 굴착, 저수로 확폭 외, 고수부지의 굴착, 수목군의 일부대체를 포함)과 그것에 의한 하천환경의 영향에 대해서 정리한다. 또한, 하도의 평면형상에 대해서는 주변의 토지이용·지형 등을 고려하고 하도단면확보 방법과 조정을 도모하면서, ① 횡단형상의 선택(단단면, 복단면, 복복단면) ② 확폭의 방식(center line 방식, 홍수주류방식) ③ 낙차공 등의 횡단구조물 주변의 평면형상 ④ 수충부나 세굴부에 대한 제방방어의 방침을 설정한다.

<표 2.1> 하도계획 검토 흐름도 상세 내용 (계속)

구 분	내 용
대 안 설 정	하도특성이나 하천환경특성을 감안해서 모든 하천을 여러 구간으로 분할하고 하도 단면확보의 기본방침에 의거하여 구간마다 대안을 작성한다.
대 안 비 교 검 토	하도구간마다 대안을 하천정보도에 도시하고 하천환경에 미치는 영향을 파악하는 동시에 하도굴착 후 하상안정, 제방방어 등의 관점에서 구간마다 최적안을 선정함
하도단면 확보단면의 검토	구간마다 하도단면 확보의 최적안에 대해 모든 하천을 통해 유하능력, 하상변화, 하도특성, 하천환경을 검토하고 하도단면 확보단면을 수정함
제방방어를 위해 필요한 고수부지폭 기준 및 저수로 하안관리를 위한 방침설정	제방방어선과 저수로 하안관리선의 검토에 해당하는 다음 방침을 설정함 ① 과거의 하안 재해사례를 근거로 홍수로 생길 수 있는 하안침식폭(필요한 고수부지폭의 기준)을 구하고 하도구간마다 제방방어선을 설정한다. ② 하도유지관리상, 저수로 평면형상의 변화를 억제할 필요가 있는가를 판단하고, 필요한 경우에는 유하능력상의 필요하도단면을 감안하여 유지관리, 하천환경을 고려하여 저수로 하안관리선의 설정방침을 정함
하도(저수로)형상의 1차 설정	저수로 평면형상설정의 기본방침 및 필요한 고수부지폭의 기준을 고려하여 하도(저수로)형상을 1차 설정하는 동시에 제방방어선과 저수로 하안관리선을 정함
1차 설정 하도의 질적 안전도평가	1차 설정 하도를 대상으로 질적 안전도의 종횡단 및 평면적인 분포에 유의하고 다음을 평가함 ① 하안 침식량(한번의 홍수시 발생하는 하안 침식량) ② 제방 앞비탈, 비탈끝의 침식・세굴에 대한 안전도 ③ 고수부지의 표면침식에 대한 안전도
1차 설정 하도의 하천환경의 평가	1차 설정하도를 대상으로 생물의 생육환경보전에 유의하여 평가함
하안 침식방지 필요장소의 설정	제방방어선과 저수로 하안관리선을 근거로 하안 침식방지가 필요한 장소를 설정한다. 더욱이, 「제방방어를 위해서 필요한 고수부지폭」, 「홍수시 하안침식 발생장소」, 「저수로와 제방의 질적 안전도의 평가결과」에서 하안 침식방지 필요장소의 중요도를 구분함 유지관리비를 포함한 총 사업비에 대해서 검토하고, 비용측면에서 문제가 있는 경우에는 하도(저수로)형상의 1차 설정 결과를 수정함

2.5 계획홍수위

(1) 계획홍수위 결정시 기본방침

1) 계획홍수위는 지류배수, 내배수, 하천횡단구조물 및 만곡부 영향을 고려하여 결정

2) 계획홍수위는 계획홍수량을 유하시킬 수 있는 하도의 종단형 및 횡단형을 고려하여 결정(설계홍수량, 하도의 종단형, 횡단형과 관련하여 정해지나, 제내지 지반고를 넘는 높이로 설정하는 것은 가능한 한 지양하도록 하며 기왕 홍수의 최대수위 이하로 설정하는 것이 바람직함)

3) 계획홍수위를 높게 설정할수록 내수배제, 지류처리 등에 어려운 문제가 발생할 수가 있음(가능하면 하폭을 증가시켜 계획홍수위를 낮게 하되, 과거에 발생한 홍수의 최고수위보다 낮게 취하는 것이 통례임-그러나 현재 하도의 하상고가 높거나 어쩔 수 없이 높게 취할 경우에는 내수배제와 지류처리 방안을 충분히 고려해야함)

① 계획홍수위 결정시의 고려사항

(가) 지류 배수 영향 : 대·중 하천 본류로 유입되는 지류의 수위변화 상황을 파악하여 배수영향으로 본류 홍수위가 상승하거나 지류에 영향을 미치는 경우에는 배수영향 정도, 배수영향 구간 등에 대해 검토

(나) 내배수 영향 : 본류 하천으로 유입되는 내수로 인하여 본류 수위가 크게 상승할 경우는 제내지의 지반고, 배수상황, 그리고 내수처리 방식 등을 고려하여 계획홍수위를 산정

(다) 하천 횡단구조물 영향 : 하천을 횡단 또는 종단으로 가로막는 교량 교각, 보 등과 같은 구조물이 수위상승에 영향을 미치는 경우 이를 조사하여 계획홍수위에 반영

(라) 만곡부 영향 : 만곡 정도가 심하거나 굴곡이 져서 사수역이 발생하여 수위상승이 우려되는 경우에는 이점을 고려하여 계획홍수위를 결정

② 지나치게 하도를 굴입 했을 때 어느 정도 소통능력을 증가시킬 수 있으나, 하류 하도구간에 지나치게 증가된 유량이 유입되어 하류제방의 안전을 위협할 수도 있으며 수계 전반에 대한 안전을 고려할 때 과도한 굴입 하도는 피하는 것이 좋음

(2) 계획홍수위 계산

1) 계획홍수위는 계획하도구간 및 그 상하류의 흐름이 상류 혹은 사류인지를 판별한 후, 등류, 부등류, 부정류 계산 등 하천 흐름에 적합한 방법을 사용하여 계산

2) 1차원 부등류 흐름계산에 있어서 도수, 분류·합류점, 교각, 낙차공 등에 의한 국부적인 수위상승이 예상되는 경우에는 각각의 경우에 알맞은 국부공식을 이용하여 계산

3) 하도 형상이 복잡하여, 흐름의 거동을 1차원으로는 취급할 수 없는 경우에는 필요에 따라 2차원 부정류 계산이나, 수리실험 등을 실시하는 것이 바람직함

① 하천을 대상으로 하는 평균유속공식은 계산목적, 하도 및 수리조건에 따라 적절히 선택하여 매닝(Manning)의 평균유속공식 또는 이것을 확장한 유속공식을 사용하며, 홍수는 하도 내에서는 일반적으로 시간에 따라 비교적 완만하게 변하므로 평균유속공식을 이용한 1차원 부등류 계산법을 많이 이용

② 평균유속공식을 이용한 부등류 계산은 사수역 처리, 수목군 취급 등도 고려

③ 상·하류의 단면 변화가 큰 장소나 지배단면 근처에서는 내삽단면을 설정하며, 단면특성이 판명되어 있을 때는 이를 직접 이용하고, 판명되어 있지 않는 경우는 양단 단면으로부터 내삽에 의해 작성

④ 하도내 수목군은 그 번식 정도에 따라 홍수위나 유황에 커다란 영향을 줌(수목군이 홍수류에 미치는 주된 수리현상은 수목군 번식 영역의 유속이 주위에 비해 현저하게 떨어지는 것, 수목군 내외의 흐름 간섭에 의해 수목군 주위의 유속이 수목군이 없을 때와 비교하여 유속이 떨어지는 것, 수목군의 하류에 수목군 내와 같이 유속이 떨어진 저유속 영역이 발생하는 것 등)

⑤ 빽빽이 자란 수목군이 존재하면, 수목군내가 사수역에 가까운 상태가 되어 실질적인 하도단면을 줄임과 동시에 주변 흐름과의 사이에 간섭효과를 일으키고, 흐름 전체의 저항이 증대됨

⑥ 수목군이 번식하는 하도에서 부등류 계산(수목군의 수리적인 영향을 검토)

(가) 사수역 혹은 이에 가까운 상태가 되는 수목군의 구역을 하도 단면으로부터 제외

(나) 사수역으로 간주되는 수목군의 하류에 형성되는 후류역도 사수역으로 설정

(다) 부등류 계산시 저수로나 고수부지 각각에 조도계수치를 부여하고, 흐름과 수목군의 경계에 간섭효과의 정도를 반영하는 등 통상의 부등류 계산보다 정확한 계산을 실시(이때 사용하는 계수에는 물리적 의미가 있으므로 이들을 설정할 때에는 각 계수가 가지는 물리적인 의미를 제대로 반영시키는 것이 중요)

(라) 조건에 따라서는 수목군 영역을 모두 사수역으로 설정하면, 수목군의 수리적 영향을 과대하게 평가해 버리는 경우가 있음(이러한 때는 사수역으로 설정하는 영역의 조절이나 저유속 영역이라도 수목군 영역내의 흐름을 고려하는 등의 대책을 강구)

⑦ 사류는 단면 급변부나 급경사 흐름은 하류로부터 상류로 계산하는 일반적인 상류와는 달리, 사류의 부등류 계산은 상류수위에 의해 규정되며, 또한 사류~상류 천이점 부근이나 지배단면이 나타나는 근처에서는 도수가 생기거나 계산이 불안정하게 되므로, 사류발생 구간에 대해서는 특별한 배려가 필요함

⑧ 또한 실제 하천에서의 사류 또는 이에 가까운 흐름은 하상형상의 사소한 공간적 변화에 대응하여 상류에 비해 격렬한 수면변동(시간적·공간적)을 일으키는 경우가 많기 때문에, 사류를 대상으로 한 부등류계산 결과를 이용하려면 부등류 계산에서는 평가할 수

없는 수면변동을 별도로 고려하는 것이 좋음

2.5.1 조도계수의 선정

(1) 평균유속공식에 사용되는 조도계수는 과거 홍수위, 유량관측 기록, 홍수흔적 자료 등을 바탕으로 홍수발생시 하도 단면에 대해 부등류 계산이나 등류계산, 하상재료를 이용하여 조도계수를 추산하거나 과거에 채택한 조도계수를 직접 이용하여 비교·검토하고, 하도 상황과 개수 후 상황을 고려하여 조도계수를 선정

(2) 하도 형상이 복단면 또는 복복단면이고 통수단면의 윤변이 서로 다른 하상재료로 되어 있거나 윤변 각 부분의 조도가 상이할 경우에는 평균치로서 등가조도를 사용

(3) 하도계획 수립에 이용하는 조도계수는 복단면 등의 횡단형, 하상재료, 하상형태, 식생상황 등으로부터 정함(이때에 고수부지와 저수로로 구분할 수 있는 복단면 하도에서는 일반적으로 고수부지의 조도계수와 저수로의 조도계수로 나누어 정함)

(4) 개수후의 하도 상황이 현재와 크게 다른 경우 혹은 기왕 홍수와 계획홍수의 규모가 크게 다른 경우에는 개수후의 하도 상황 등을 예상하여 적절히 정할 필요가 있음

1) 하도 개수 전후의 하도 상태와 조건이 변화되는 경우가 많고 홍수자료도 없는 경우가 많은 경우, 하상과 제방을 형성하는 하상재료 유형과 크기(주로 평균입경) 및 하도 단면 형태에 따라 경험적으로 결정하여 제시된 조도계수를 이용하는 것이 편리함

2) 갈수시나 평수시 흐름에서 저수로나 하상은 적은 유량에 비해 상대적으로 마찰효과가 커지므로 조도계수가 커지고, 홍수시 흐름은 큰 유량에 비해 상대적으로 적은 저항을 받아 조도계수가 작아짐

3) 하도계획을 수립할 때 채택하는 조도계수는 가능한 한 유량의 크기와 흐름에 따라 구분하여 검토

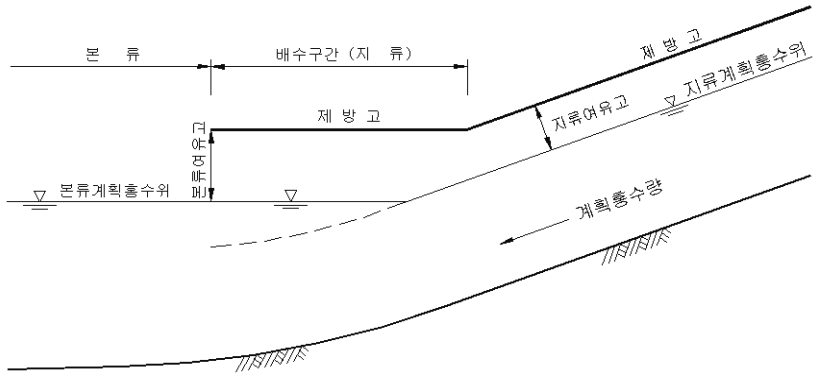
4) 조도계수 설정은 기왕 홍수 등을 해석하여 얻을 수 있는 조도계수와의 관계를 중시해 결정하는 것이 적절함

2.5.2 기점홍수위 결정

(1) 하구 계획홍수위 또는 배수효과가 있는 지류에서는 기본적으로 본류의 계획홍수위를 사용

(2) 단 본류 배수영향을 받는 지류에서의 기점홍수위는 본류 설계홍수량과 지류 설계홍수량의 관계(발생시간, 홍수량)를 살펴 다음과 같이 정함

1) 본류의 계획홍수량에 비해 지류의 계획홍수량이 아주 작을 경우에는 기점수위를 설정하는 것이 아니라 지류 계획홍수량에 대해 등류 계산을 하여 구한 수위와 본류 계획홍수위가 만나는 수위를 역으로 기점수위로 정함

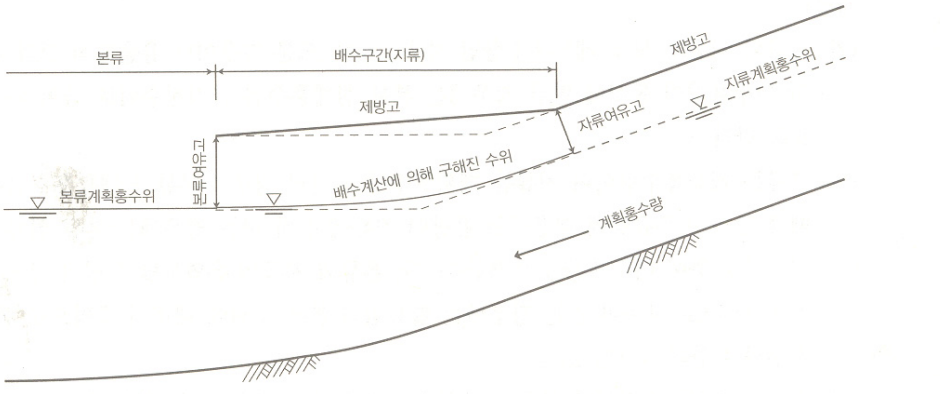


[그림 2.4] 본류에 비해 지류계획홍수량이 작은 경우

2) 본류와 지류의 첨두홍수량 발생시간의 관계에서 다음 3가지 경우로 구분하여 기점수위를 정함(최종적으로 어떠한 수위를 기점수위로 결정시 다음 3가지 경우를 비교 분석하여 정함)

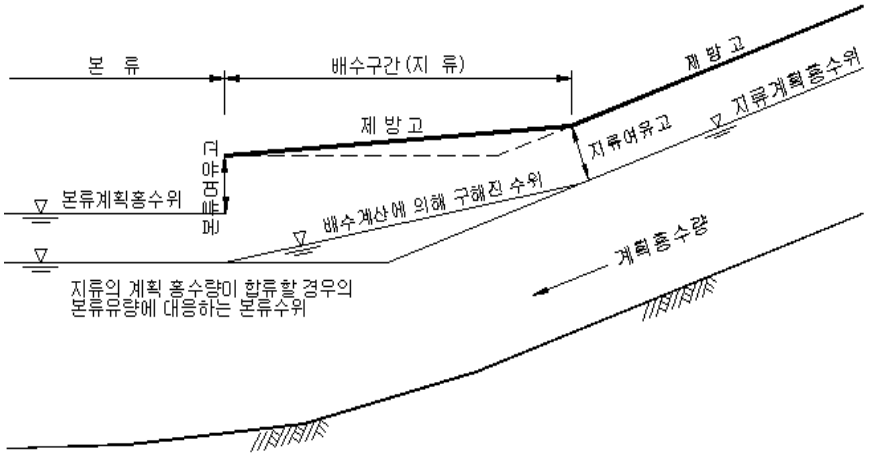
① 본류와 지류가 모두 계획홍수량인 경우 : 극히 드문 경우이나 유출해석 결과 본류와 지류의 첨두유량이 동시에 만날 경우에는 본류 설계홍수위를 기점수위로 하여 배수계산

② 본류는 계획홍수량이며 지류는 계획홍수량이 아닌 경우 : 본류가 계획홍수위에 도달했을 때 본류의 첨두유량에 대응하는 유량이 지류에 유하 하는 경우에는 본류 설계홍수위를 기점수위로 하여 배수계산을 수행함(단, 본류와 지류의 유역도달 특성이 극단적으로 차이가 나서 서로 상관이 없는 경우에는 합류점의 본류 수위에 대해서 수평으로 한 수위를 기점수위로 함)



[그림 2.5] 본류는 계획홍수량, 지류는 계획홍수량 미만인 경우

③ 지류는 계획홍수량이며 본류는 계획홍수량이 아닌 경우 : 지류로부터 계획홍수량이 합류할 때, 본류 유량에 대응하는 본류 수위를 기점홍수위로 하여 배수계산을 수행함(단, 본류의 계획홍수량에 비해 지류의 계획홍수량이 아주 작을 경우에는 상술한 기점 홍수위 결정 (2) 1)항을 준용함)



[그림 2.6] 본류는 계획홍수량이 아니고 지류가 계획홍수량인 경우

(3) 수공구조물에 의해 한계수심이 발생할 경우는 한계수심 또는 설계홍수위를 기점 홍수위로 결정함

(4) 하도가 급확대, 단락, 만곡, 또는 보·교각에 의해 수위변화가 일어나는 곳은 손실수두를 더하여 계산한 수위를 기점 홍수위로 결정함

(5) 사수역이 발생하는 곳은 유수단면적에서 사수역을 빼고 계산한 수위를 기점홍수위로 결정함

2.5.3 국부적 수위 상승 계산

(1) 평균유속공식을 사용할 수 없는 흐름의 상당수는 2차원 혹은 3차원적인 유황을 가지 지만, 계산의 간편함을 우선시켜 유효한 결과를 얻을 수도 있으나, 엄밀한 수위·유황 예측이 필요한 경우에는 수리실험이나 보다 고차원의 계산 등, 상세한 검토를 행하는 것이 바람직함

(2) 교각에 의한 수위상승을 추정하기 위해서는 D′Aubuisson 공식, Yarnell 공식이나 국내·외적으로 개발된 실험공식을 사용

2.6 평면계획

2.6.1 평면계획 수립기본방침

(1) 계획홍수량을 안전하게 소통할 수 있는 하폭을 기준으로 하도선형을 결정

(2) 저수로 법선 결정은 평수량 또는 풍수량을 유하 시킬 수 있는 단면으로 하며, 현재 하천의 유심선(流深線)의 경년변화 양상을 참고하여 유심선을 따라 사행형상으로 결정

(3) 하천변의 수충부, 습지, 사수역, 홍수터, 놀둑(霞堤) 등의 보존 및 도입에 유념하면서 계획을 수립

(4) 계획하도가 처리할 수 있는 홍수소통능력이 부족할 경우 신설하천을 건설하는 방안을 검토

2.6.2 하도선형 결정

(1) 현 하도를 중심으로 선형을 선정하고 홍수소통능력을 고려하여 필요하면 별도의 방수로나 첩수로 등 신설하천 선형과 비교·검토하여 최적으로 유지·관리할 수 있는 하도를 선정

(2) 하도법선은 가능한 흐름에 대해 원활한 형상이 되게 정하고 아래와 같은 고려사항의 종합적인 검토가 필요함

1) 현 하도가 충분한 하폭을 갖고 있는 구간일지라도 사수역에 의한 유수효과를 고려 한다면 사수역을 포함하는 하폭을 확보

2) 홍수시 유수방향과 수충(水衝) 위치를 검토하여 흐름에 대한 저항을 최소화하면서 유하할 수 있게 정함

① 급류하천에서는 직선에 가까운 형상으로 하는 경우가 많음

② 중소하천에서는 극단적인 S자 곡선을 피하고 전체적으로 평활한 형상으로 함

③ 대하천에서는 수충부를 고정하고 그 이외의 구간에 호안을 설치하지 않을 수도 있으므로 하천 그 자체의 사행에 따라 완만한 곡선으로 계획하는 것이 좋음

3) 제방이 설치된 하도 상류단에서 상류유역의 홍수유출량이 하도로 안전하게 유입될 수 있도록 배후지 지반고가 충분히 높은 지점, 도로, 산등을 따라 선형을 정함

① 현 하도 이용 방안과 인근 기존도로 및 철도 또는 계획도로를 이용하여 신설 하천을 건설하는 방안 등을 조합하여 몇 개의 대안을 설정하고 각각에 대하여 지형, 지질상의 합리성, 현재 및 장래의 토지이용, 행정구역, 용배수로 계통, 지하수위의 영향, 내수처리대책, 계획구간 상하류에 미치는 영향, 치수경제성, 하천경관, 하천이용, 하천생태계 보존 및 복원 그리고 개수후의 유지관리 등을 감안하여 최적 하도 선형을 선정해야 함

② 수충부 위치는 현 상태의 하도, 배후지의 지형 및 지질의 상황, 토지이용 상태 등을 고려하여 정하되 가능하면 수충부가 생기지 않도록 하여야 함 - 이 수충부는 주택밀집구역과 구 하천을 절개한 장소는 가능한 피하는 것이 좋음

③ 곡선부에서는 만곡 내측의 법선을 후퇴시켜 하폭을 넓게 하여 수충을 완화하는 것이 바람직함

④ 하도 법선형은 만곡이 적고 될 수 있는 한 원만한 곡선으로 함

⑤ 하도는 될 수 있는 한 인구밀집지역에서 멀리 떨어지게 함

⑥ 자연스럽게 제방의 역할을 할 수 있는 구간에서는 될 수 있는 한 그 상태를 유지

2.6.3 저수로 법선 결정

(1) 저수로 법선은 원칙적으로 현 하도를 중심으로 결정 - 저수로 법선은 현 하천의 유심선 (流深線)의 경년변화 양상을 참고하여 유심선을 따라 사행형상으로 결정하는 것이 바람직함

(2) 하천범람 구역이 넓은 대하천에서는 농경지, 하천환경관리 등과 같은 하천부지 이용 계획

에 따라 저수로 법선이 달라질 수 있으나, 최대한 자연상태의 유심선을 따라 결정하거나 수리모형실험 등을 통해 하상변화를 예측하여 결정해야 함

(3) 중·소하천에서 치수상 문제가 없는 한 저수호안을 설치하지 않고 저수로를 정비할 때는 최대한 현 하천의 유심선을 따라 저수로 법선을 결정

(4) 저수호안이 설치될 정도의 규모를 갖는 하천에서는 하천환경관리 측면에서 고려한 하천부지 이용방침에 따라 유심선을 중심으로 저수로 법선을 결정

1) 저수로 법선은 제방법선이 직선이나 이에 가까운 곡선으로 되었을 경우 보통 좌· 우안의 법선을 평행하게 함 - 반드시 제방법선과 평행하게 할 필요는 없고, 가능하면 제방에 접근하지 않도록 할 필요가 있음

2) 저수로 법선의 결정에 대해서는 하안방어선의 설정에 관한 사례를 참조하여 적극적 으로 도입하는 것을 검토해야 함

2.6.4 하안방어선 설정

(1) 종·횡단 및 평면계획 수립시에 하안방어선을 설정하여 '관리'차원의 하도계획을 검토 하는 것이 바람직함

(2) 하안방어선에는 고수부지 제방방어에 필요한 고수부지폭의 결정 및 저수로 하안관리선 설정으로 구성됨

1) 하안방어선 적용의 기본방침

① 하도의 형상은 가능한 한 현존의 하도형상을 유지하도록 것이 바람직함

② 향후의 하도계획에 있어서는 하도를 인위적으로 '계획'하여 그 형상이 변화하지 못하도록 인간이 구속하는 것이 아니라, 치수적인 문제가 없는 구간이거나 치수상 위험이 덜한 구간에 있어서는 자연의 자영작용(자연이 스스로의 힘으로 자신(하천)의 모습을 바꾸어 나가는 것)에 의하도록 하며, 이를 인간이 '관리'해 나가는 개념을 하도 기본계획에 적용하는 것이 바람직함

③ 계획유하능력을 만족하고 하상이 안정된 종·횡단 형상을 기본으로 하여 침식·세굴에 대한 제방의 방어와 필요에 따라서는 저수로의 평면형상 등의 안정화를 검토하여 하도형상과 하안방어선을 설정함

2) 하안방어선의 개념

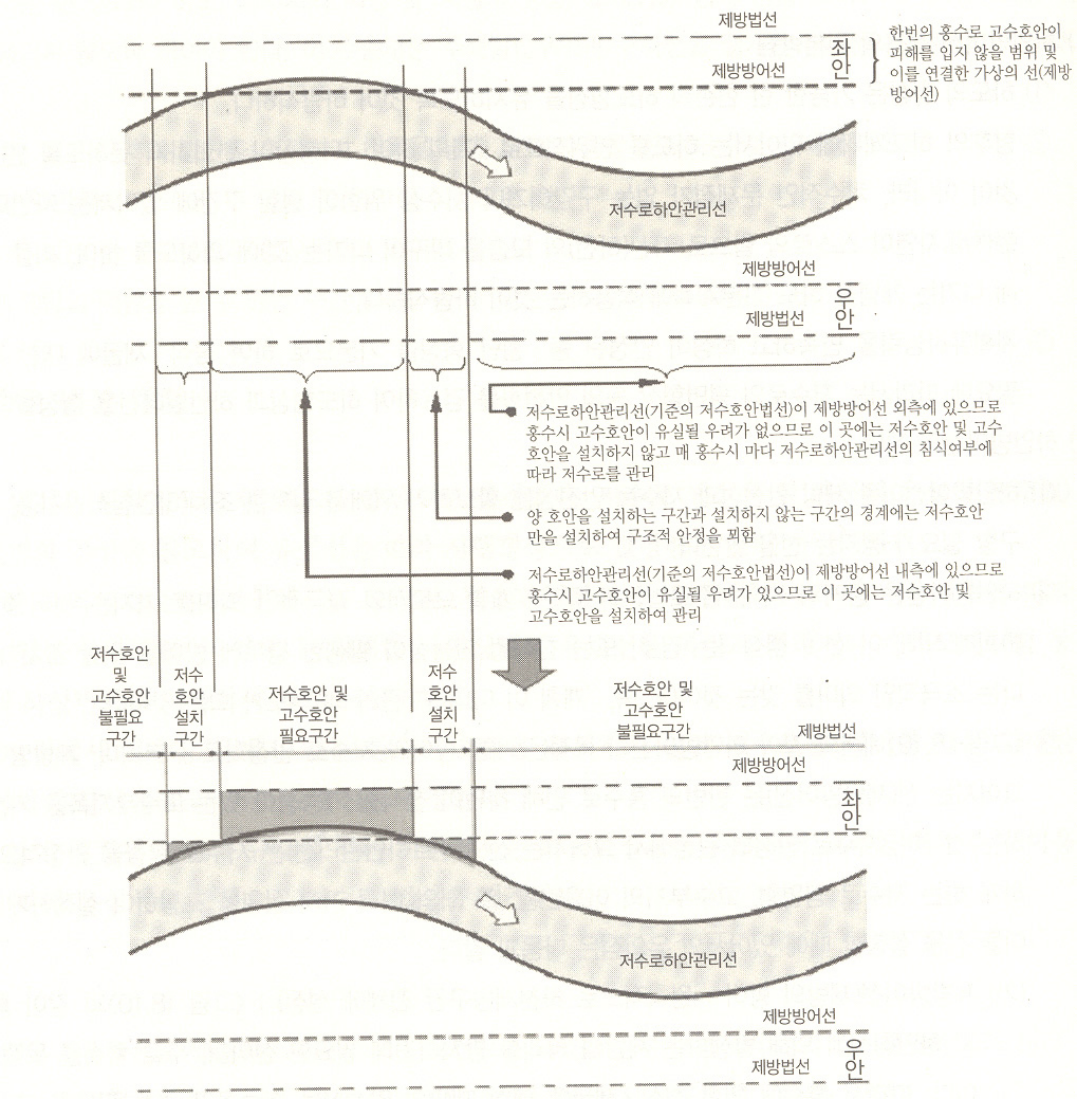
① 하안방어선이란 제방 안전성과 저수로 안전성을 확보하기 위해서 필요한 조치(하안침식방지공, 즉 호안)를 강구할 필요가 생기는 선을 말함

② 하안방어선은 종래의 계획저수로법선과 같은 '계획'으로서의 적극적인 의미를 가지는 것이 아니라, 하도의 변화에 의해 이 선이 침식되는 경우, 또는 침식될 가능성이 발생한 경우에 방어를 위한 조치가 필요하게 된다는 소극적인 의미를 갖는 것임(즉, '계획'이 아니라 '관리'의 척도가 됨)

③ [그림 2.7]에서와 같이 하안방어선의 목적은 제방 방어와 저수로 안정화로 구분되며, 제방방어의 관점에서 그어지는 선(제방방어선)은 한번의 홍수로 인해 하안이 침식될 가능성이 있는 고수부지폭을 기본적으로 설정하는 것이며, 저수로 안정의 관점에서 그어지는 선(저수로하안관리선)은 저수로 형상을 안정적으로 유지 가능하게 하는 저수로 평면형, 고수부지의 이용현황, 그 외의 여러 가지 상황을 포함하여 설정하게 되는 선임.

(가) 하안방어선 설정시 유의점

가) 제방방어선(제방의 방어 : 원칙적으로 하천제방구간 전체에 설정) : [그림 2.7]과 같이 홍수시 고수부지 하안침식에 의해 발생하는 제방의 파괴를 방지하기에 필요한 선이며, 주로 치수를 목적으로 하는 선(따라서 홍수에 의한 침식·세굴에 대한 제방의 안전성을 확보하기 위해 필요한 고수부지의 폭을 확보하는 것임



[그림 2.7] 하안방어선의 개념도

나) 이러한 고수부지 폭의 확보가 환경문제 등으로 불가능한 경우에는 제방방어 강도를 높이는 것 등으로 대응함

다) 저수로하안관리선(저수로 안정화 : 필요에 따라 설정) : 하도 내에 있어서 치수, 이수, 환경 등의 기능을 확보하기 위한 조치(저수호안)를 취할 필요가 있는 구간을 나타내는 것으로, 고수부지 이용이나 하안침식에 대한 제방보호의 관점에서 저수로 하안을 안정시키는 것을 목적으로 설정

④ 하안방어선은 단일의 목적이나 의미를 갖는 것이 아니라, 하도 및 홍수특성과 해당 구간의 하도상황에 따라 장소마다 다른 것이 보통이며, 하도 상황에 따라 유지관리방침, 조치 내용, 위험등급 등에 따라 설정 목표를 다르게 함

⑤ 하안방어선은 상기의 2가지 관점에서 그어진 선을 포함하여, 하도 상황, 홍수 유하특성, 하천환경특성, 하도관리 내용, 설치하는 시설의 강도 등을 고려하여 종합적으로 검토

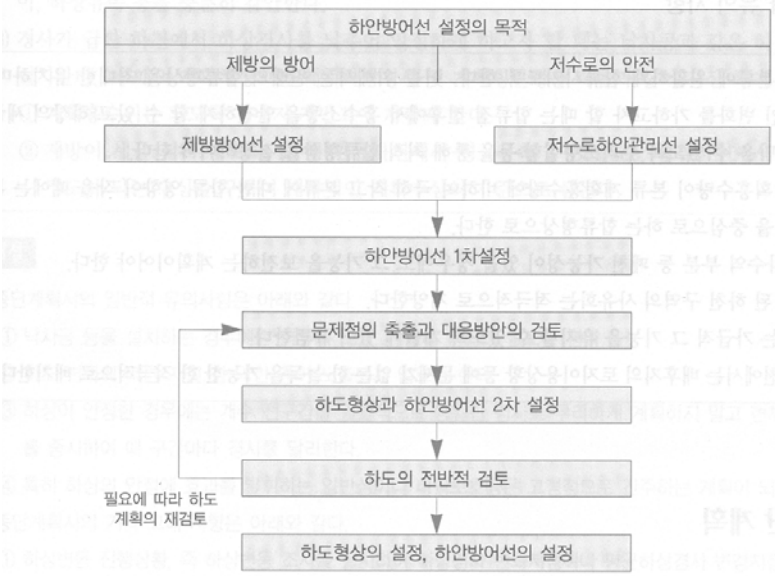
3) 하안방어선 검토흐름도

① 고수부지가 충분히 존재하고 유심부 고정의 필요성이 낮은 하도구간에서 설정되는 하안방어선은 하도형상의 관리라는 관점에서는 그다지 필요 없음

② 하안방어선은 하도형상의 최종적인 목표가 아니라 하도 환경특성이나 유지관리를 염두에 두고 설정과 운용을 도모할 필요 있음

③ 하도 횡단・평면형상의 검토에 있어서 제방 방어나 저수로 안정화를 검토함으로서 하도형상과 하안방어선을 설정

④ 하도형상과 하안방어선의 설정을 위한 검토흐름은 [그림 2.8] 과 같음.



[그림 2.8] 하안방어선의 검토흐름도

⑤ 하안침식방지 필요장소와 하도형상의 설정에 있어서는 현재 하도의 안정도, 저수로평면형상의 제약조건과 기본방침 및 필요 하도단면을 고려하며, 안전도라는 관점에서의 제방방어와 함께 저수로 하안의 안정화를 감안하고, 비용과 하천환경의 관점도 포함하여 검토

⑥ 종래의 계획저수로법선과 하안침식방지를 위한 필요장소(저수로하안관리선)를 비교 <표 2.2> 와 같음

<표 2.2> 종래의 계획저수로법선과 하안방어선의 비교

비교의 관점	종래 계획저수로법선	하 안 방 어 선
목 적	계획으로서의 형상목표가 되는 것으로, 적극적으로 그 형상이 되도록 하도 개수를 함	제방 안정성과 저수로 안정성을 확보하기 위한 관리 척도로서 설치하는 것으로, 형상적인 목표는 아님
설 정 장 소	일반적으로 설계유량을 소통시키기 위한 하도형상의 계획저수로의 어깨	고수부지의 폭이나 이용 상황 등의 요소에 의해 하안방어선의 등급이 다르며, 설정장소와 의미가 크게 다름
호안시설의 설 치	시설배치의 설치장소를 나타냄	하도형상의 관리를 위한 것이기 때문에 호안 설치의 장소와는 반드시 결부되는 것은 아님 호안 등의 홍수방어를 위한 조치가 필요한 경우에 있어서는 그 중요도를 나타냄
제방의 침식·세굴대책	필요한 고수부지폭을 만족시킴으로서 제방의 안전성을 확보	호안 등의 하안방어의 중요도를 고려하여 제방의 안정성을 확보함
인 허 가	고수부지의 점용, 교량 등의 구조물설치에 있어서의 기준	관리의 척도가 되나 필요에 따라서 별도로 검토

2.6.5 기타 유의사항

(1) 지류는 본류에 원활하게 합류시키도록 함(이를 위해서는 원래의 합류형상을 최대한 유지하며, 인위적인 변화를 가하고자 할 때는 합류점 전후에서 홍수소통을 안전하게 할 수 있고 하상의 세굴 퇴적을 막을 수 있도록 수리모형실험 등을 통해 최적 합류형상을 결정해야 함)

(2) 지류 계획홍수량이 본류 계획홍수량에 비하여 극히 작고 본류에 대한 합류 영향이 작을 때에는 본류 법선을 중심으로 하는 합류형상으로 함

(3) 습지, 사수역 부분 등 폐천 가능성이 있을 경우에도 그 기능을 보전하는 계획

(4) 폐천화된 하천 구역의 사유화는 적극적으로 지양

(5) 홍수터는 가급적 그 기능을 유지할 수 있도록 개발에 있어 유념

(6) 급류하천에서는 배후지의 토지이용상황 등에 문제가 없는 한 놀둑을 가능한 한 적극적으로 배치

2.7 종단계획

(1) 하도 종단형을 결정하기 위해서는 계획홍수량을 안전하게 소통할 수 있고 유수에 대해 안정된 하도가 유지될 수 있도록 함

(2) 하상변동을 예측하여 하도 종단형, 계획하상경사, 그리고 계획하상고를 결정하여 종단형을 계획하여야 함

(3) 하도 종단형은 하상유지가 필요한 구간, 이수와 치수, 그리고 하천환경, 경제성 등을 종합적으로 판단하여 결정

(4) 하상이 안정하지 못한 경우, 하상이 하강경향이 있는 경우, 급류하천 등에서 유속이 커서 하상세굴이 심각한 경우, 또는 불가피하게 첩수로에 의해 상하류보다 경사가 커지는 경우 등은 현재의 하상을 중시하여 치수상 명확히 유리하다고 판단된다면 호안이나 근고공을 정비하는 것보다는 낙차공 또는 띠공을 설치함

(5) 중소하천에서 단순히 홍수를 소통하는 단면보다는 생태계 보호, 어류의 서식처 제공, 그리고 하천경관을 유지하기 위해 하상 자체에 여울과 웅덩이를 설치하는 등 자연스러운 하도 종단형을 결정해야 함

(6) 계획하상경사는 계획하상고와 관련시켜 하상유지, 공사비 등을 고려하여 결정하지만, 일반적으로 현재 상태의 평형하상경사(또는 특별히 평균하상경사)를 따라 결정

(7) 계획하상고는 계획하상경사, 계획횡단형과 관련시켜 제내지 지반고를 고려하여 결정 하며, 하도 주변의 지하수위, 취수위, 지류 하상고, 암반 노출지점 하상고, 기존에 설치된 중요 구조물의 바닥높이, 하상유속 등을 충분히 감안함

(8) 경사가 급한 하천에서 하상경사를 낮추어 안정하게 하고자 할 때는 낙차공과 같은 하상유지공을 설치한다. 이때의 계획하상고는 계획하상경사 및 계획횡단형을 다음과 같이 시산 하여 결정함

1) 계획홍수위는 되도록 제내지 지반고에 가깝게 함

2) 제방이 세굴 되지 않도록 할 때 완류하천에서 평균유속 2~3 m/sec, 급류하천에서는 4 m/sec 정도가 되는 수심을 구하여 개략적인 계획수심의 기준으로 함

① 종단계획시의 일반적 유의사항

(가) 낙차공 등을 설치하는 경우에는 어류의 소상, 강하에 영향이 없도록 함

(나) 하도 변화에 따른 지질 상 약한 층이 노출되지 않도록 함

(다) 하상이 안정한 경우에는 개수 전 구간을 일률적으로 동일한 경사로 무리하게 계획하지 말고 현재의 하도 경사를 중시하여 매 구간마다 경사를 달리함

(라) 특히 하상의 안정에 효과를 발휘하는 암반상이나 바닥보호공은 고정점으로 간주하는 계획이 되도록 함

② 종단계획시의 기타 고려 사항

(가) 하상변동 진행상황, 즉 하상변동 조사를 실시하여 하상경사 변화지점이나 평균하상경사 변경지점을 파악

(나) 현 하상을 변경할 경우는 계획구간 상하류의 하상경사를 고려

(다) 상류에서 하류로 급변하는 하상경사는 점변 시킴

(라) 각 지점의 유사량이 거의 평형을 이루게 하여 최대한 세굴 및 퇴적현상이 발생하지 않도록 함

(마) 가능하면 하천환경을 고려한 하도 종단형을 선정

(바) 하도계획에 따라 현 하상을 의도적으로 변경할 때, 특히 첩수로 건설과 같이 하천의 일부를 개수할 경우는 계획구간 전후의 하상변화를 감안하여 결정함

(사) 일반하천에서 하상경사는 상류에서 하류로 연속하여 급경사 하상에서 완경사 하상이 될 수 있도록 점변 시키는 것으로 한다. 이렇게 함으로써 각 지점의 소류력이 거의 평형을 이루고, 하상세굴 및 퇴적현상이 일어나지 않거나 일어나도 하상변화에 큰 지장을 주지 않는 안정하도가 되도록 함

③ 안정하도의 설계 유의사항

(가) 유입각 : 곡선수로에 들어가는 유수의 유입각(흐름선과 곡선에 대한 탄젠트)은 일반적으로 최대 15°로 제한하고, 극한 상황에서는 25°까지를 검토하고, 유입각이 25°이상 되면 유지관리 문제가 증대되며, 45°에 근접하면 흐름이 튀게 되고 몇몇 하류 사행에 불안정한 현상이 발생하게 됨

(나) 하폭 : 현재까지 최적 하도 폭을 결정할 수 있는 관계식은 거의 없고, 최적 하도 폭을 결정하려면 개발하고자 하는 하천에서 안정단면이나 유사한 하천을 관찰하여, 그 판단과 경험을 고려하여 결정함

(다) 안정하상 설계 : 안정하상의 설계와 하상안정화를 위한 하상변동조사 사업은 평형하상이론에 따라 대상하천의 종횡단 및 지형측량, 안정하상 설계를 위한 지배유량의 결정, 하상의 종·횡단 및 평면변화 조사·분석과 일정 기간 동안의 하상 변동량 추정, 유사량 추정, 평형하상경사(고)의 추정, 그리고 하천구조물 안정성 검토 등에 따라 수행함

(라) 자연하천은 인위적인 변화를 주지 않거나 변화를 준 시간이 상당히 지나 다시 평형상태에 도달한 경우 일단은 평형하천으로 간주됨

(마) 하천유사 이송과 하상변화를 계산하는 방법을 하상변동 계산이라 하며, 이와 같은 계산을 할 수 있는 1차원 하상변동 예측모형으로는 HEC-6 모델과 MIKE11 모델 등이 있음

2.8 횡단계획

(1) 횡단계획은 가능한 한 하천 본래의 자연적인 모양이 나타날 수 있도록 하며, 필요한 경우에 한하여 복단면 또는 복복단면으로 하는 것을 기본으로 함

(2) 계획횡단형은 계획홍수량의 소통능력, 하도 종단형, 지형, 지질, 생물의 다양한 서식처 공간 등을 포함한 하천환경, 주변 토지이용상황, 하천부지 이용계획, 그리고 유지관리의 난이도 등을 고려하여 결정

(3) 급류하천이나 계획홍수량이 작은 하천에서는 일반적으로 단단면을 적용

(4) 계획하폭은 기본적으로 현재의 하천부지 및 하천이용계획에 대해 고려하여 결정하여야 하며, 계획홍수량에 따른 계획하폭 또는 관련공식을 참고로 하나 가능한 한 최대 폭을 확보하는 것이 좋음.

(5) 저수로 수로폭 및 고수부지 높이는 하도의 유지, 고수부지의 침수빈도 및 이용계획을 고려하여 결정

(6) 여울과 소의 확보는 중요한 요소이며, 설계가 가능한 여건 하에서는 적극적으로 설계에 도입함

1) 계획횡단형 설정

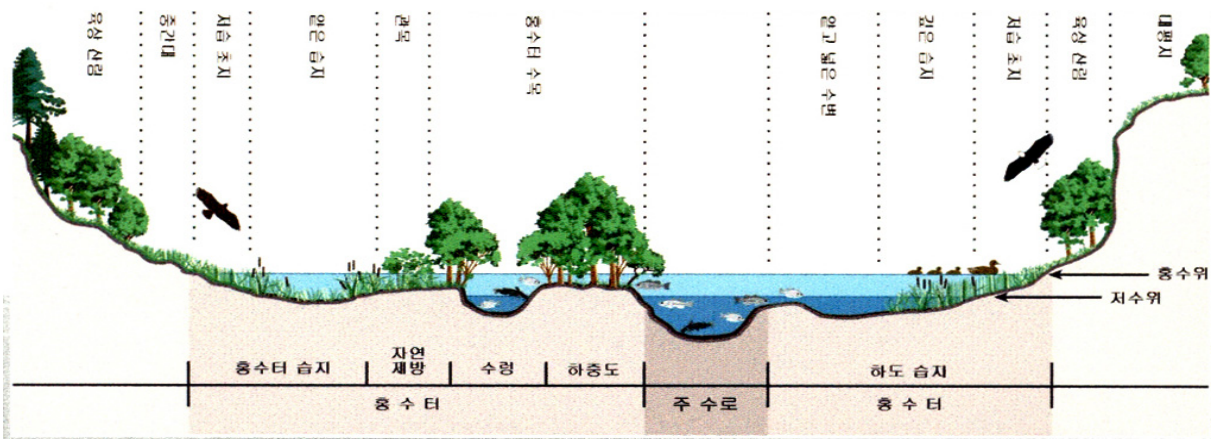
① 계획횡단형 결정시의 기본방침

(가) 기본적으로 계획횡단형은 [그림 2.9]에서 보는 바와 같이 가능한 한 하천 본래의 자연적인 모양이 나타날 수 있도록 하며, 고수부지의 활용, 제방의 안정성, 하천용수 확보 등 부득이 필요한 경우를 제외하고는 복단면 또는 복복단면으로 하지 않도록 함

(나) 하안의 모양 및 식생은 자연하천에 가깝게 이루어져야 함

(다) 생태적으로 가장 유리한 횡단면형은 웅덩이 꼴임

(라) 확보 가능한 한 하안의 기울기는 완만하게 취함



[그림 2.9] 자연적인 하도 모양

② 계획횡단형 설정에 있어서의 주의사항을 숙지하여 계획함

(가) 개수하천, 급류하천 및 평지하천과 같이 넓은 하도 내에 몇 개의 유로가 생성되어, 이 유로가 홍수량에 따라 변동할 경우는 저수로와 고수부지 또는 홍수터를 명확히 구분하여 설정하는 것이 하도의 유지관리나 하천부지이용 측면에서 곤란한 경우가 있음

(나) 계획홍수량이 작은 하천에서 하도 단면은 단순히 홍수소통만을 고려하는 것보다는 안정된 하상이 유지될 수 있도록 하는 것이 무엇보다 중요하며, 하천환경을 보전하고 유지하는 입장에서 호안이나 하상유지공 등과 같은 하천시설물에 의해 하상이나 단면형상이 변화될 수 있다는 점을 고려할 필요가 있음

(다) 저수로 횡단면형은 현재 상황을 중시하며, 인위적인 변화를 가하는 경우에도 물길 등 자연적인 형상을 확보

2) 계획하폭 설정

① 계획하폭 결정에 있어서 기존 하도범위를 우선적으로 고려

② 따라서 기존 하폭이 부족하면 넓히며, 기존 하폭이 충분한 경우라도 일부러 좁히지는 말아야 함

③ 계획홍수량 크기에 따른 계획하폭의 표준적인 기준은 <표 2.3> 와 같으며, 국내에서 사용되고 있는 하폭공식은 (식 1)~(식 3)과 같으나, 이들은 단지 하폭 계획규모를 판단하기 위한 기초적인 참고치로서 사용하도록 함

④ 하도 및 유역 상황에 맞는 적정 규모에 대해서는 기타 공식들을 사용하여 검토하는 것도 바람직하며, 이상에서 구해진 하폭과 현지 하천의 현황을 살피면서 계획하폭을 정함

(가) 계획홍수량에 따른 계획하폭

<표 2.3> 계획홍수량 크기에 따른 계획하폭 참고치

계획홍수량(m^3/sec)	하 폭 (m)
300	40 ~ 60
500	60 ~ 80
800	80 ~ 110
1,000	90 ~ 120
2,000	160 ~ 220
5,000	350 ~ 450
5,000 이상	계획홍수량을 안전하게 소통하고 안정하도를 유지할 수 있도록 적절히 결정하되 기존에 발표된 경험공식을 참고한다.

(나) 기타 계획하폭 공식

가) 일반적으로 대하천에 적용하는 공식

$$B = \alpha Q^{0.73}$$ 식(1)

여기서, B는 계획하폭(m), α는 하상경사(S)에 따른 계수(<표 2.4> 참조), Q는 계획홍수량(m^3/sec)

<표 2.4> 하상경사에 따른 α 값

하상경사 S	1/1,000	1/2,000	1/3,000	1/4,000	1/5,000
α	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45

나) 일반적으로 중소하천에 적용하는 공식

$$B = 1.698 \frac{A^{0.318}}{S^{0.5}} \quad \cdots\cdots \text{남부지방(호남, 영남)}$$ (식2a)

$$B = 1.303 \frac{A^{0.318}}{S^{0.5}} \quad \cdots\cdots \text{중부지방(경기, 강원, 충남북)}$$ (식2b)

여기서, B는 계획하폭(m), S는 하상경사, 그리고 A는 유역면적(km^2)

다) 한강유역 중소하천 공식

$$B = 0.619\left(\frac{Q}{\sqrt{S}}\right)^{0.528} + 3.14$$ (식3)

여기서, B는 계획하폭(m), Q는 계획홍수량(m^3/sec), S는 하상경사

(다) 저수로 수로폭 결정 및 고수부지 높이

가) 저수로 폭이나 고수부지 혹은 홍수터 높이 등 저수로 형상은 유지용수의 확보, 최저수심의 확보, 수로유지 등 하천의 주된 이용목적 등에 따라 다양한 형상을 가질 수 있으므로 평수량, 풍수량, 갈수량, 평균유량 등 하도 기능에 맞는 적절한 유량을 소통시킬 수 있는 폭과 높이를 기준으로 하며, 일반적으로 현재의 하도 상태를 중심으로 정함

나) 또한 최근에는 하천 홍수터 이용에 대한 요구가 커지고 하천환경이 하천의 중요한 기능으로 대두되고 있는 점을 감안함

2.9 신설하천 계획

(1) 하천 유출량이 증가하여 재산 및 인명피해와 같은 재해를 유발하고 있는 경우, 배수 관련 시설이나 홍수조절지와 같은 내수처리 대책만으로는 충분히 홍수를 소통시킬 수 없는 경우, 새로운 하천을 건설하여 홍수량을 전환하여 소통시키는 방안을 검토하여야 함

(2) 신설 하천 계획 순서

1) 계획홍수량 유량배분

2) 저수유량 유량배분 또는 분류개시유량 결정

3) 분류점 위치결정

4) 분류방식결정

5) 분류점의 제방 법선 및 구조물의 위치결정

(3) 신설 하천 계획은 수리모형실험을 실시하는 것을 원칙으로 함

1) 신설하천의 설정

① 신설하천을 계획할 때는 홍수를 안전하게 소통할 수 있도록 하고 주변 지하수위, 제내지의 내수처리대책도 충분히 고려

② 개수구간을 포함한 상·하류 측 상당 구간에 대해 하도 지형 및 지질, 하도 형상, 안정하상경사, 수공구조물, 하상재료, 그리고 유황 등 하상변동에 대한 기초조사를 하고, 설계된 새로운 하도에 대한 하상변동 예측계산을 반복함으로써 최적의 설계가 되도록 함

③ 방수로 건설에는 많은 사업비와 넓은 부지가 필요하고 종래에는 별다른 홍수피해가 없었던 지역에 홍수를 유발할 우려가 있기 때문에, 내수처리 대책, 홍수조절지 등과 같은 구조적 홍수조절대책에 대한 대안을 충분히 비교·검토하여, 경제적으로 타당하고 홍수소통이 안정적으로 이루어지도록 종합적인 검토가 필요

(가) 배분유량은 몇 가지 배분율을 가정하여 본류와 방수로 전체 개수비용 합계가 최소가 되는 대안을 선정

(나) 방수로 선형은 인구밀집지역에서 되도록 멀리 하여야 함

(다) 자연환경보전과 문화재 보호에도 유의하고, 토지이용과 수리권, 행정구역 등도 고려함

(라) 유량배분방식에 따라 신설하천에 평상시 물이 흐르지 않거나, 소량의 물이 흐르는 경우를 대비한 환경문제를 검토함

(마) 분류방식은 자연분류 또는 고정 위어 및 수문 등 구조물을 이용할 것인지를 결정하고, 구조물을 설치할 경우 본류 측에 설치할 것인지 아니면 방수로에 설치할 것인지 또는 양측에 모두 필요한지를 결정

(바) 방수로 구간의 종단형은 그 상·하류보다 급경사로 될 때가 많고 하상재료도 완전히 달라지기 때문에 유수에 의한 하상변동이 크므로 홍수 흐름에너지를 감소시킬 수 있는 방법을 충분히 검토하고, 동시에 방수로에 설치되는 교각, 호안 등의 기초깊이를 깊게 하는 등 구조물 안전대책을 신중히 검토하여야 함

(사) 홍수량을 분류할 목적으로 설계하는 방수로는 본류의 이수계획에 지장을 주지 않도록 갈수량을 분류하지 않는 것이 통례이지만, 풍수시의 정화용수 도입, 하천환경관리, 하천관리유량, 생태계 보호 등 비홍수기의 하천기능에 대해서도 검토하여야 함

2) 신설하천 설계

① 계획홍수량의 유량배분

(가) 계획홍수량 배분은 하천 분류계획의 기본으로서 이것을 어떻게 배분하느냐에 따라 분류방식, 분류구조물의 규모, 그리고 하도의 개수비용 등이 크게 달라지므로 신중하게 검토

(나) 유량배분은 본류 및 방수로의 소통능력, 배분된 유량에 대한 하도의 안정성, 그리고 소통능력을 증대시키는데 필요한 비용 등에 의해 결정

② 저수유량의 유량배분 또는 분류개시유량

(가) 저수유량의 유량배분은 상수, 공업용수 및 농업용수의 취수, 주운, 어업, 하천오염방지, 염수 침입방지, 경관 및 생태계 보호를 위해 본류 및 신설하천에 어느 정도의 유량을 유하 시킬 것인가에 따라 결정

(나) 본류나 신설하천 중 어느 한쪽이 평상시 유량이 전혀 필요 없을 때는, 그 하도는 홍수방수로로서 홍수시에만 물을 흘려보내는 경우가 있음(이때는 신설하천에 흘러 들어가는 분류개시유량을 결정하여야 하고, 분류개시유량은 분류점 부근 및 하류 상황, 내수배제, 염수 침입방지 등을 고려하여 결정)

③ 분류점의 위치

(가) 분류점에서는 하도 단면적이 증대하여 토사가 퇴적하는 경향이 있으므로 분류점 상류의 유속분포를 충분히 검토

(나) 분류점 부근에서는 사수역이 발생되지 않도록 한다. 사수역이 발생하면 하도 단면적은 줄어들고 그 곳에 토사가 퇴적하기 쉬워져서 유황을 불안정하게 할 수 있음

(다) 분류후의 유속분포는 가능하면 균등분포로 함

(라) 국부적인 세굴과 퇴적을 일으키지 않도록 함

(마) 만곡부의 수충부에서 분류하면 유속이 증대되어 심한 세굴을 일으키므로 바람직하지 않음.

④ 분류방식 : 자연분류와 고정위어 및 수문 등에 의한 분류로 나눌 수 있음

⑤ 분류점의 제방 법선 및 구조물의 위치 : 원칙적으로 수리모형실험을 통하여 결정하는 것이 가장 바람직함

2.10 지류 합류계획

(1) 합류점에 있어서의 수리적 거동과 합류하천의 특성을 검토하여 적절한 계획을 수립

(2) 지류 합류계획을 새롭게 수립하는 경우 수리모형실험을 실시하는 것을 원칙으로 함

1) 합류하천의 성격

① 지류가 합류하는 합류점에서는 합류하천의 유량, 유속 및 유출토사량의 영향을 받아 흐

름 특성과 하천형태 등이 변하게 됨(따라서 합류하천에서 나타나는 수리・수문 현상과 흐름 등에 관한 특성을 분석할 필요가 있음)

② 하천 합류점을 어떻게 하면 효과적으로 처리할 것인가는 하천개수공사에서 대단히 중요한 문제임(일반적으로 한 하천이 다른 하천에 비해 규모가 작은 경우는 비교적 간단하지만, 규모가 비슷한 경우는 합류점을 상하류에 대해 균형 있고 안정되게 조정하기가 매우 어려움)

③ 완류하천에서는 항로나 수로유지, 반대로 급류하천에서는 편류에 따른 하안 및 제방의 안전, 퇴사에 의한 내수배제 불량, 하류의 유수변화 등을 고려하여야 하며 특히, 홍수소통에 대해서도 고려함

④ 하천 합류점 형태는 토사 유송이 많은 급류와 비교적 적은 완류에서는 상당히 다름(일반적으로 급류하천에서 토사 유송이 많은 지류가 합류하는 경우 합류점에 소규모 선상지 위에 퇴적을 일으켜 본류를 압박하고 지류는 선상지 상류 측을 유하 하여 본류로 합류하는 경향이 있음)

⑤ 본류 및 지류의 유량에 따라 퇴적형상은 다소 변화하지만 대체적으로 본류 유수는 대안으로 밀리고 상류 수위상승을 일으키며 하류 유수 등이 변화함(완류하천에서는 대부분 합류점에서는 하폭이 넓어지므로 합류점 부근에는 기생사주가 발생하기 쉽고, 이 때문에 유심방향은 한쪽으로 치우치는 경우가 많아 결과적으로 국부세굴을 일으키는 경우가 많음)

2) 합류점 처리

① 합류하천의 하상을 동일하게 만든다. 합류점에서 본류와 지류의 하상경사가 현저하게 다를 경우는 다음과 같이 처리하여 두 하천의 경사를 될 수 있는 대로 비슷하게 함

(가) 분류제(가름둑 또는 배할제)를 길게 해서 급경사 하천을 완경사가 되게 합류시킴

(나) 급경사 하천의 합류점 부근에 낙차공을 설치하여 하상경사를 조절

(다) 하천을 우회하여 하류에서 합류시킴으로써 합류경사를 비슷하게 만듦

② 합류각도는 될 수 있으면 예각으로 해서 평행에 가깝게 합류시킴

(가) 지류를 우회하여 평행에 가깝도록 합류시키고, 도류제를 만들어 합류시 유심 방향으로 평행이 되게 함

(나) 합류점에서 지류가 본류에 비해 현저히 영향이 적은 경우는 비교적 간단하지만, 지류의 영향을 무시할 수 없을 때는 그 처리가 곤란한 경우가 많음으로 신중히 검토할 필요가 있음

(다) 합류점은 홍수의 소통, 내수 배제와 관련하여 검토하여야 하며, 급류하천에서는 제방 및 호안의 보호와 장래 유지관리 등을 고려하여야 함

(라) 하상이 다른 하천과 합류하는 경우는 가능한 한 여러 하천의 수리・수문상황이 같게

되도록 수정해 주어야 하며, 유수의 교란을 제거할 수 있도록 토사 세굴 및 퇴적 등을 방지할 수 있어야 함

3) 합류점의 조정

① 합류하천에서 본류와 지류의 흐름 특성과 하천형태가 다 같이 안정되어 있는 경우, 합류전 모든 하천의 하폭을 합한 것을 합류 후 하폭으로 하는 것이 바람직하나, 한쪽 하천에서 배출되는 토사량이 많은 경우에는 소류력을 증가시켜 하천 내 퇴적을 방지할 수 있도록 지류 하폭의 합보다 약간 좁게 하는 것이 좋음

② 하천규모와 흐름 특성 및 하천형태가 다른 하천이 합류하는 경우는 하상변동이 일어나서 홍수소통에 지장을 줄 뿐만 아니라 상호간에 홍수에 의한 현저한 간섭을 받게 됨

③ 이러한 경우는 가능한 한 이들을 분리시키는 것이 바람직하며, 분리가 곤란한 경우에는 합류점에 도류제를 설치하여 토사배출이 많은 하천의 흐름이 도류제를 따라 합류시킴

④ 지류 계획홍수량이 본류 계획홍수량에 비해 극히 작아서 본류에 미치는 합류의 영향이 작은 경우에는 본류의 법선을 중심으로 합류형상을 취하는 것이 일반적임

2.11 하구처리 계획

2.11.1 기본방침

(1) 하천과 바다 두 영역의 흐름 및 수리 조건을 충분히 고려하여 계획홍수량 이하의 유량을 안전하게 유하시키도록 함

(2) 하구처리계획은 고조나 쯔나미(지진에 의한 해수면상승) 등에 의한 재해를 방지하도록 계획되어야 함

(3) 필요에 따라서는 하천 이용범위를 증진시키고 하구와 해안 사이에 자연스럽게 조화를 이룰 수 있는 처리방식을 결정

(4) 하구의 처리를 위하여 하구처리방식, 하구의 하도계획, 하구의 하도처리계획 등을 결정

1) 하구처리계획의 주된 내용은 하구부의 하도계획과 고조대책으로 대별할 수 있음 (하도계획에서 수립할 주요내용은 도류제 등을 이용하여 하구막힘을 해소할 수 있는 대책, 즉 하구개량 공법에 대한 검토와 하구 계획홍수위를 결정하고 굴착 및 준설 등에 의한 하구처리계획을 말한다. 고조대책은 고조의 영향을 고려할 필요가 있는 지역에 한정되나 그 내용은 주로 계획제방고와 둑마루폭의 결정 등에 대해 검토하는 것임)

2) 하구는 하천과 바다와의 경계지역으로서 두 영역의 영향을 받으며, 하천상류와는 달리 여러 가지 복잡한 자연현상이 발생하게 됨(하천상류에서 유송되어 온 토사가 하구에 퇴적함으로써 사주가 발달하게 되며, 이로 인한 하천내의 수위가 상승하여 평상시에는 내수배제가 곤란해지거나 홍수시 하류가 범람할 위험이 발생함)

3) 하천수의 자연유하가 하구에서 저해되는 현상을 하구막힘이라고 하며, 하구막힘에 의해

발생되는 장해로는 제내지 침수와 내수배제 곤란, 주운 곤란, 어획고 감소, 그리고 환경문제 등을 들 수 있다. 하구막힘 현상이 발생하였을 때 도류제, 수문 및 암거를 설치하거나 막힌 하상을 굴착하거나 준설하여 이와 같은 장해를 제거하고자 하는 것을 하구개량이라 함

4) 하구 계획홍수위는 조석의 영향을 고려하여 결정함(하구 하도계획은 하천유량이나 조석변화 및 그 계절적 변화 등 복잡한 외력 하에서 안정되게 유지되도록 할 필요가 있다. 또한 하구처리는 하구에서 이루어지고 있는 자연의 조화를 크게 손상시키는 일이 없도록 하여야 한다. 하구처리계획은 필요에 따라 이론적인 검토뿐만 아니라 수리모형실험을 실시하여 정확한 수리현상을 파악할 필요가 있음)

2.11.2 하구처리방향

(1) 하구처리방식의 결정

1) 하천 전체 하도계획과 관련하여 하구 고유기능을 조화롭게 수행할 수 있고 경제적인 방식으로 함

2) 하천 주운 등에 지장을 주지 않도록 함

3) 장래 유지관리가 용이하여야 함

4) 상류 하천과 해안에 자연스럽게 조화를 이루도록 함

5) 효과적인 하천 이용에 손상을 주지 않도록 함

(2) 하구의 하도계획시 유의사항

1) 계획홍수량이 체류되지 않고 안전하게 소통되도록 결정

2) 장래 유지관리가 용이한 하도로 함

3) 갈수시 하구부근의 취수 및 이수에 지장이 없도록 함

4) 하구의 생태계 및 어류에 대한 환경문제를 최소화

5) 하구의 주운 및 지역개발(하구의 용수이용, 경관개발)을 고려

2.11.3 하구의 하도처리계획

(1) 하구의 하도처리계획은 하구 계획홍수위 결정, 하구 계획단면 결정, 하구처리대책 결정 및 하구막힘과 처리공법의 검토 등을 고려

(2) 하구의 하도처리계획은 각 하천이 갖고 있는 구체적인 조건을 고려하고 가장 현지 사정에 적합한 대책을 세워야 함

1) 충분한 현지조사와 자료해석을 통하여 구성된 안을 파악한 다음, 가능하면 수리모형실험을 통하여 하구의 하도처리대책을 사전에 충분히 검토 필요

2) 장래 하구의 확장을 고려한 하구의 하도 처리계획 필요

3) 염수 및 파랑침입, 해안침식, 하구 환경문제, 그리고 생태계 및 어류에 미치는 영향 등 부수적으로 발생할 수 있는 영향을 충분히 고려하고 장래에 이러한 문제가 발생할 경우

충분히 대응할 수 있도록 계획함

2.11.4 하구의 하도 계획홍수위 결정

(1) 태풍에 의한 폭풍해일 또는 지진해일의 내습이 예상되지 않는 지역은 계획홍수량이 유하할 때의 조위(즉, 대조평균만조위)와 하구의 제반 손실수두의 합을 기점홍수위로 하여 부등류 계산에 의해 각 지점별로 추정한 수위로 함

(2) 태풍에 의한 고조 및 파랑 또는 지진해일의 내습이 예상되어 이것을 고려할 필요가 있는 지역에서는 일반적으로 설치할 제방에 대해 안전하도록 함(이 경우에는 (계획제방고 = 계획홍수위 + 제방 여유고), (계획제방고 = 계획고조위 + 최대조위편차 + 파랑고) 중에서 높은 값을 계획제방고로 함)

1) 하구 계획홍수위를 결정함에 있어 필요한 검토사항은 계획홍수량이 유하 할 때의 조위, 부등류 계산의 출발지점과 기점홍수위, 출발지점에서 바다로 들어서면서 손실되는 제반 손실수두의 합계, 그리고 하구하도의 조도계수 등임

2) 계획홍수량이 유하 할 때의 조위 또는 하구 계획조위

① 하구조위와 홍수량은 서로 독립된 사상으로 생각함(따라서 계획홍수량과 만나는 조위는 계획홍수량에 관계없이 개수대상 지역의 중요도 따라 안전한 값을 채택)

② 하구계획조위의 결정법은 과거에 발생한 조위 중에서 발생원인을 명확히 조사하여 선정한 최고조위, 태풍 등에 의한 고조가 발생하지 않을 때는 대조평균만조위, 고조나 진파의 영향을 받을 때 대조평균만조위 + 최대조위편차(또는 고조 조위편차), 하구 조위기록과 유량기록이 충분할 때는 연최대조위에서 개수규모에 상당하는 확률수위, 그리고 홍수시 최대조위에서 개수규모에 상당하는 확률수위 중에서 선정

③ 현재 국내에서는 하구계획조위로서 과거 최고조위 또는 대조평균만조위를 선정하는 것이 일반적임(그러나 ⓐ의 독립된 사상, ⓑ의 연최대조위에서 개수규모에 상당하는 확률수위 등을 고려할 때 관측된 조위기록을 이용하여 개수계획 빈도에 해당하는 조위 빈도분석을 시행, 검토하여 ⓑ의 조위결정법 중에서 선정하는 것이 타당하다. 그리고 개수대상지역의 경제성, 중요도 등을 고려할 때 대조평균 만조위를 사용할 수 있다. 이 경우 충분한 검토가 수행됨)

3) 출발지점에서 바다로 유입되어 손실되는 제반 손실수두의 합계

① 하구 선단에서 홍수는 하도에서 바다로 유출되고 홍수에너지를 해저와의 마찰, 해수와의 혼합 및 확산 등에 의해 손실됨

② 현재는 이러한 에너지 손실수두를 정확히 계산하기가 쉽지 않아서 주로 하구 끝단에서의 하천수위와 그 외측 바다 사이의 에너지보존식은 '부등류 계산 출발지점의 하천수위 + 속도수두 = 조위 + 해저와의 마찰' 및 '해수와의 혼합 및 확산에 의한 손실수두'로 잡음(특히 출발지점의 전수두는 수리모형실험 등에 의해 구하고, (하구의 하천수위) =

(조위), (해저마찰 등의 제반 손실수두의 합계)≒(하천류의 속도수두)로 간주해서 계산해도 좋다. 즉 (출발지점의 전수두 = 조위 + 하천류의 속도수두)로 추정)

③ 부등류 계산 출발지점은 홍수시에 하도 흐름으로 간주할 수 있는 최하류 지점으로 함(하구에 도류제가 있어서 해저경사와 하도가 급변하지 않고 바다에 유출해서도 어느 정도의 구간 내에서 흐름이 하도와 같은 유황을 나타낼 때는 부등류 계산을 위한 최하류 출발지점은 정선(해수면과 해빈이 만나는 선) 밖에 설정하여야 한다. 이 방법에 대해서는 아직 확정적인 방법은 없지만 대체적으로 홍수시 염수쐐기가 미치지 않는 범위 내에 머무르도록 함)

2.11.5 하구 하도의 조도계수

(1) 하구범위는 일단 부등류 계산 출발지점에서 상류측으로 하구처리공이나 하구사주의 영향을 받아 하도가 급축소, 급확대, 또는 만곡되어 종횡단 및 평면형상이 본류 하류와 구별하여 생각할 필요가 있는 구간으로 함

(2) 하구하도의 조도계수는 홍수시 관측기록으로부터 Manning의 평균유속공식에 의해 역산한 값, 하구까지 연속되는 본류 하류의 조도계수, 하구의 평면 형상, 또는 비슷한 다른 하천에서 이용한 조도계수 값 등을 참고로 하여 결정하고 가능하면 수리모형실험으로 검정하는 것이 바람직함

(3) 하구하도의 제반 손실수두 가운데 특히 중요한 것은 하구에 형성되는 사주에 의한 유수저항을 어떻게 계획에 반영시키느냐는 것임(또한 사주가 씻겨나가기 전 단계의 흐름을 파악하는 것이 대단히 어려우므로 충분한 현지조사를 하고 수리모형실험에 의해 검정하여 결정할 필요가 있음)

2.11.6 하구 계획단면의 결정

(1) 계획홍수량의 소통에 충분한 단면이어야 함

(2) 하구처리공과 일체가 되고 장래의 유지관리가 쉬운 단면이어야 함

(3) 저수시에 하구부근의 취수 및 이수에 지장을 주지 않는 단면이어야 함

2.11.7 하구처리대책의 결정

(1) 하구처리대책을 결정하기 위해서는 해당 하구에서 발생되는 문제점을 정확히 파악하고 장래 개발이나 발전까지를 고려한 합리적인 대책을 계획(일반적으로 이용될 수 있는 하구처리방안은 도류제, 암거, 수문, 인공굴착 및 준설 등임)

(2) 갈수량의 보급, 제방고를 높이는 일, 방수로, 댐 건설, 유수지, 배수펌프, 하도굴착 등은 넓은 의미의 하구처리공법

1) 하구처리계획의 종합적 검토사항

① 하구의 수리특성 및 조사 : 하구의 수리현상을 파악하기 위한 기본적인 항목은 하구에서 발생하는 수리현상의 독립변량과 종속변량의 관계, 하구구조물의 유지관리 및 설계

시공 등과 관련된 시간할애 따른 지배적인 독립변량을 선택, 하천과 바다의 지형 및 거리 규모를 구분, 그리고 공학적 견지에서 바라본 규모 등이 중요

② 하구막힘과 처리공법 : 하구에서 발생하는 문제와 그 처리공법을 검토할 경우, 그것을 단계적으로 구분하여 정리하고 검토할 필요가 있다. 하구부에서 발생하는 문제를 크게 구분하여 보면, 크게 주운과 어업을 포함한 이수 및 치수, 하구의 환경문제로 나눌 수 있음

2) 하구처리공사를 시행하여 하구막힘이 해소되기는 하나 부수적으로 발생하는 치수상의 문제는 하도연장, 고조파랑의 침입, 또는 해안침식 또는 퇴적 등이 있을 수 있고, 이수상의 문제는 염분농도의 상승, 평수위와 지하수위의 저하, 어업의 영향, 또는 해안구조물이나 해안 부근의 수리구조물에 미치는 영향 등을 들 수 있다. 이상의 각 항목에 대해 구체적인 영향과 주요원인, 채택 가능한 처리공법 등을 나타내면 <표 2.5>와 같으며, 필요에 따라 이러한 제반 영향에 대한 각종 분석 및 검토를 수행할 필요가 있음

<표 2.5> 하구막힘 등에 의해 발생하는 문제점과 처리대책

주요문제점	영 향	현 상	주 요 원 인	처 리 공 법
제내지의 침수 배수 곤란 등에 미치는 영향	유출시의범람, 평수내수 배제의곤란	하도내 수위상승, 배수지점의 사주에 의한 매몰	하구막힘, 유출구의 통수 단면적 부족	도류제(치수목적),인공굴착, 암거, 수문, 방풍림, 방사림
선박 통행에 미치는 영향과 항만장애	화물량의 감소	하구 항로유지의 곤란과 불가능	하구막힘, 유출구(항로)수심, 폭의 불충분, 항로위치의 불안정	도류제(선박통행 목적), 인공굴착
어업에 미치는 영향	어획고의 감소	올라오는 어류량감소, 수질악화, 조업곤란, 위험성 증가	하구막힘 유출구 통수 단면적 불충분,유출구 위치의 불안정	도류제(선박통행 목적), 인공굴착, 수문
환경 악화	사회·경제 환경의 악화	수질악화, 쓰레기의 체류 및 퇴적, 고수부지 이용 불가능	하구부 통수단면적 부족	도류제, 인공굴착
이수에 미치는 영향	취수곤란 및 불능	취수지점에서 염분농도 상승, 취수위 저하, 지하수위 저하	하구부에서 사주의 소멸, 개구폭 및 수심 증대	취수지점 이설, 지표층 취수, 취수보의 설치
치수에 미치는 영향	유출시범람 해안침식 파랑 침입 고조 침입	수위상승 해안선의 변화 표사량의 변화 파랑 침입 고조 침입	하도연장, 개구폭 및 수심의 증대	하도굴착, 도류제에 의한 돌제, 이안제, 고조제, 고수부지조성 소파공, 방파제
하천, 해안구조물에 미치는 영향	구조물의 파손 및 붕괴, 부식	파랑침입 염수침입 유속증대	하구부에서 사주의 소멸, 개구폭 증대, 수로선의 변화	구조물의 이설 구조물의 보강 (소파공, 바닥다짐공, 부식방지)변화

3) 하구처리대책과 설치방향

① 도류제 : 하구처리공법 중에서 주로 이용되는 하구 도류제는 하천에서 유송 되어 온 토사가 퇴적되지 않도록 유도하거나 해안에서 파랑, 조류에 의해 운반되는 표사가 하구에 침입하는 것을 감소시키는 효과가 있고, 하구위치의 고정, 수로선의 안정, 하구의 수위유지 등 수리학적 안정을 도모할 수 있는 기능을 가지도록 설계함

② 암거 : 하구에 형성된 사주의 일부를 암거로 관통시키는 것으로 파랑이 직접 암거 내에 침입하지 않도록 선단에는 만곡부를 설치함(주로 소하천에 형성된 사주를 통해 유량이 흘러가도록 설치됨)

③ 수문 : 하구에 수문을 설치하여 수문 조작에 의한 씻겨내기(flush)와 파랑에 의한 구조물 전면의 세굴작용을 방지하면서 하구를 유지하는 것임

④ 인공굴착 및 준설 : 하구에 형성된 사주를 준설선, 굴착기 등에 의해 굴착하거나 준설하여 인공적으로 제거하는 방법임(이 방법을 이용할 때는 사주의 형성 상태와 홍수기를 감안하여 적당한 굴착 및 준설시기, 인공굴착량을 조사하여 결정할 필요가 있고 또한 사주를 제거하여 일정기간이 지나면 새로 형성될 수 있다는 점에 충분히 고려한 처리방안을 강구하여야 함)

⑤ 하구처리대책은 불안정한 하구를 안정화하는 데 주된 목적이 있지만, 한편으로 대책공사 실시 후에도 하구주변의 환경에 영향을 미치게 되고 시간이 지남에 따라 하구에서 멀리 떨어진 해변환경에 파급될 수도 있다는 점을 중요하게 여기고 유의하여야 함

2.11.8 고조구역에서 계획제방고 및 둑마루폭

(1) 계획고조위가 계획홍수위보다 높아서 고조의 영향을 받는 구역에서의 제방고는 '계획고조위 + 제방 +여유고' 또는 '계획고조위 + 파고 + 여유고' 중에서 높은 값을 택함

(2) 둑마루폭은 제방의 구조 및 그 제방에 연결된 제방의 둑마루폭을 고려함

1) 지반이 낮고 평탄한 도시의 중소하천에서 고조의 영향을 받는 구간에 설치할 제방을 설계할 때 (1)에 따라 결정한 제방고는 일반적으로 비경제적이고 도시 기능을 축소할 수가 있으므로 하구둑과 같은 수문으로 고조를 차단하는 계획이 세워질 수도 있다. 이럴 경우에는 수문 내측제방고는 수문을 막았을 때의 만수위에 여유고를 더한 높이로 하되 1)에 따라 산정한 제방고보다 높을 경우는 이 값으로 함

2) 고조의 영향을 받는 하구구간에 설치하는 제방은 월파를 고려하여 일반적으로 콘크리트나 이와 비슷한 불투수층으로 제방표면을 피복 하는 것이 좋다. 또는 제방을 넘는 물을 집수 하는 배수로를 설치할 필요가 있는 경우도 있음

2.12 홍수위 분석 프로그램(HEC-RAS와 HEC-2)

(1) 개요

1) HEC-RAS모형은 DOS용 이였던 HEC-2 모형을 Window화하고 다양한 기능들이 보완된 프로그램으로 현재 3.1버전까지 출시되었음
2) 자연하천이나 인공하천에서 정상류상태의 점변류 수면곡선을 계산토록 개발됨
3) 상류와 사류상태의 수면곡선을 1차원 수리분석을 통해서 가능하며,
4) 교량, 암거, 웨어, 홍수터의 구조물과 같은 여러 수공구조물의 영향을 수면곡선 계산에 반영 할 수 있음
5) 계산절차는 표준축자 계산법에 근거를 두고 있음
6) 수리계산 모듈
   ① 정상 부등류의 에너지방정식 및 운동량 방정식의 수치처리
   ② 다양한 수공구조물에 대한 처리
   ③ 부정류 계산
   ④ 이동상의 유사현상(교량의 세굴평가는 가능)
7) HEC-RAS의 활용범위
   ① 부등류(혼합류 및 Loop형 하천모델링 가능)
   ② 교량 및 암거구간의 배수위 계산
   ③ 교각의 세굴평가
   ④ 홍수터 잠식

(2) 기본방정식

- 에너지 방정식을 표준축자계산법으로 반복 계산

$$Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + he \quad \cdots\cdots ①$$

- 두 단면 사이의 에너지 손실(he)은 마찰손실과 확대·축소 손실로 구성

$$he = L\overline{S_f} + C\left|\frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g}\right| \quad \cdots\cdots ②$$

여기서, L : 유량가중 구간 길이, $\overline{S_f}$: 양단구간의 대표 마찰경사

C : 단면 확대/축소 손실계수

- 유량의 가중 구간길이

$$L = \frac{L_{lob} \cdot \overline{Q_{lob}} + L_{ch} \cdot \overline{Q_{ch}} + L_{rob} \cdot \overline{Q_{rob}}}{\overline{Q_{lob}} + \overline{Q_{ch}} + \overline{Q_{rob}}}$$

(3) 계산절차

1) 상류단면(또는 사류수면곡선을 계산한다면, 하류단면)에서의 수위를 가정

2) 가정된 수위에 근거해서 이에 상응하는 총 통수능과 속도수두를 계산

3) 위 단계에서 계산된 값을 이용하여 $\overline{S_f}$를 계산하고, 식②를 이용하여 he계산

4) 위 단계에서 계산된 값과 식①을 이용해서 수위계산

5) 계산된 수위와 가정된 값을 비교해서 이때, 오차가 허용범위 이내가 될 때까지 1)~5)단계의 과정을 반복 수행한다.

(4) 모형사용시의 제한사항

1) 흐름은 정상류(steady flow) ← 정상류 해석시만

2) 흐름은 점변류(gradually varied flow)

3) 흐름은 일차원(즉, 흐름방향 이외의 속도성분은 고려하지 않는다)

4) 하천수로의 경사 작음(1 : 10보다 작다)

(5) HEC-RAS와 HEC-2의 비교

항 목		HEC-2	HEC-RAS
총통수능의 계 산		• 사용자가 입력한 횡단면 좌표사이의 구간에 대한 부분 통수능(K)을 합산 ☞ 문제점 : 동일한 하천단면에서 입력좌표수에 따라 통수능이 다르게 계산	• 사용자 입력 횡단 좌표의 개수 관계없이 조도계수가 일정한 구간에 대한 부분 통수능을 합산
한계수심의 계 산		• 포물선 방법(Parabolic Method) : 허용오차 0.025y ☞ 단 점 : 국부 최소치들이 있는 경우 전역최소치를 찾을 수 없다.	• 포물선 방법과 Secant 방법 : 허용오차 0.01ft ☞ Secant 방법은 3개까지의 국부최소치를 찾아내어 최소치를 결정한다.
교량 수리 계산		• 특별교량(SB)방법과 보통교량(Normal Bridge)방법	• 다양한 해석방법
	SB 방법	• Low Flow의 경우 흐름단면 : 사다리꼴로 가정 • Low Flow의 경우 교각:하나의 등가교각을 사용 • Pressure Flow의 경우 흐름 단면적 : 사용자 입력자료 • Pressure Flow의 경우 : 교량의 상하류 모두 침수의 한 가지 경우 • 교량 상판의 저면 : 입력이 필요 없음	• Low Flow의 경우 흐름단면 : 실제 단면 사용 • Low Flow의 경우 교각 : 실제 교각을 사용 • Pressure Flow의 경우 흐름 단면적 : HEC-RAS 자체 계산 • Pressure Flow의 경우 : 상·하류 혹은 상류만 침수의 두 가지 경우 • 교량 상판의 저면 : 입력이 필요함
	NB 방법	• Low Flow나 High Flow의 경우 자동적으로 에너지 방법을 선택 • 6개의 단면 사용 • BT의 횡단좌표가 일치되어야 함	• 운동량이나 Yamell 방법을 선택하면 교각자료를 HEC-2의 BT/GR 카드에서 삭제하고 HEC-RAS에서 별도로 입력해야 한다. • HEC-RAS의 에너지 방법은 HEC-2의 Normal Bridge 방법과 동등 • 4개의 단면 사용 • BT의 횡단좌표가 일치되지 않아도 됨

(5) HEC-RAS와 HEC-2의 비교 (계속)

항 목	HEC-2	HEC-RAS
암 거 수리계산	• 미 연방고속도로국의 암거식 사용 • 단면형태 : BOX형 혹은 원형 • 다수의 암거 : 동일 형태와 크기	• 미 연방고속도로국의 암거식 사용 • 총 8가지 형태 • 다양한 형태와 크기
계산방법	• 혼합흐름 : 2번의 모델링으로 가능 • 단일하천과 3차까지의 지류만 가능 • 합류점에서 에너지 방법만 사용가능 • 횡단면 정의 좌표의 수 : 100 • 흐름영역(Flow Regime) : 여러번 수행 • Brideg/Culvert Opening : 누적 수행 • 운동량 방정식 적용(저유량) : Class B, C(A는 Yamell) • 비유효흐름 : Bank station	• 혼합흐름 : 1번의 모델링으로 가능 • 한 단면에서 다수의 교량과 암거의 처리 가능 • 운동량 방법에서 마찰력과 중력성분의 고려 가능 • 단일하천, 수지상 하천망, 고리형 하천만을 처리가능 • 합류점에서 에너지 방법이나 운동량 방법 사용가능 • 사수역을 다루는 다양한 방법 - Blocked Ineffective Flow Area - Normal Ineffective Flow Area - Blocked Obstructions • 횡단면 정의 좌표의 수 : 500 • 흐름영역(Flow Regime) : 상류, 사류, 혼합흐름 동시 수행 • Birgde/Culvert Opening : 각각 수행 • 운동량 방정식 적용(저유량) : Class A, B, C • 비유효흐름 : 단면상 장애물, 제방의 설정

설계편

1. 제방
2. 호안
3. 하상유지시설
4. 보
5. 수문
6. 유수지
7. 하구시설
8. 자연형 하천설계
9. 기타시설물

빈 면

Ⅲ. 설 계 편

1. 제 방

제방의 내용

1. 정의 및 개요
2. 일반사항
3. 범위 및 내용
   - 용어의 정의 및 종류
   - 제방고 결정 및 여유고 결정
   - 제방의 안정 및 누수 대책 검토
   - 제방의 안정관련 프로그램 소개

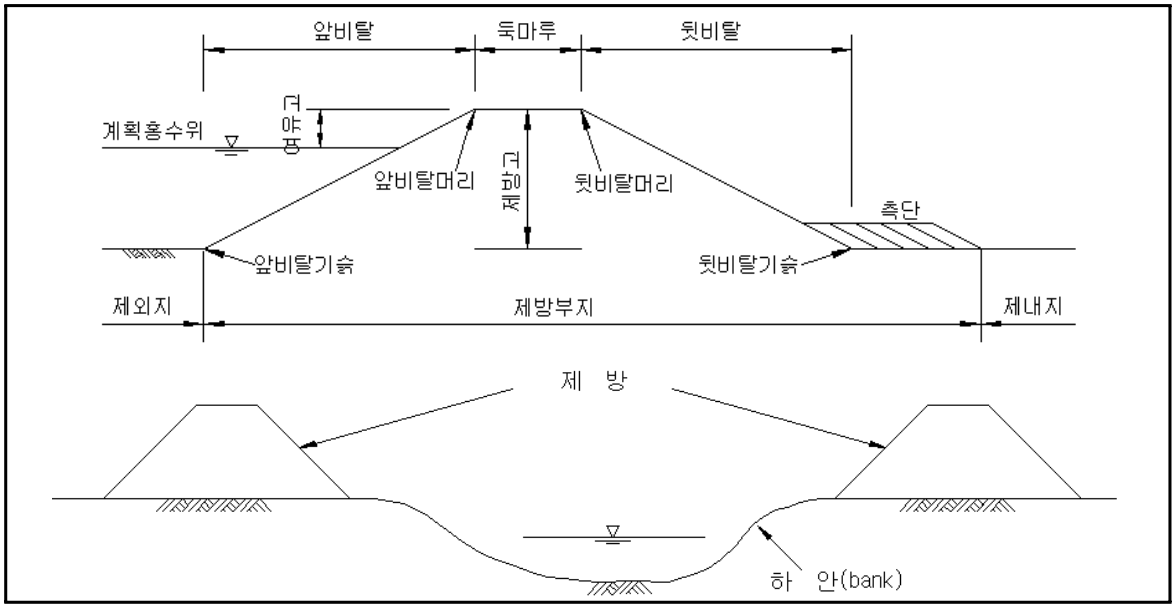
본 장에서는 홍수의 범람으로부터 국민의 재산과 인명을 보호하는 하천의 주요시설물인 제방의 정의, 명칭, 종류 등 일반적인 사항과 설계에 필요한 법선, 단면, 계획방법, 제방의 안정성 검토 및 부가시설 등 유지관리에 필요한 사항 등을 언급함

1.1 정의 및 개요

(1) 하천이나 해안, 호수, 늪의 물을 일정한 유로내로 제한해서 범람을 방지하는 구조물

(2) 본 편람에서 언급하는 제방은 평균높이가 0.6m 이상인 제방을 의미함

(3) 일반적인 제방의 구조와 명칭은 [그림1.1] 과 같고, 필요에 따라서 형태를 조정함



[그림 1.1] 제방단면의 구조와 명칭

1.2 일반사항

(1) 제방의 구조 및 명칭(그림 [1-1] 참고)

(2) 제방의 법선

1) 제방법선이란 제방의 앞비탈머리를 가로방향으로 연결한 선이고, 저수로 법선은 저수로와 고수부지가 만나는 점을 가로방향으로 연결한 선을 말함

2) 제방법선의 결정

① 하도계획에서 결정한(하천정비기본계획) 법선을 기준으로 토지이용 현황, 하도의 유황, 하도상태 및 공사비 등을 검토하여 부드러운 곡선형태가 되도록 결정

② 하천환경보전 및 관리적 측면을 고려하여 결정

③ 완류 하천에서는 하천의 직선화 지양

④ 급류 하천에서는 유수가 하안에 충돌하지 않도록 계획

⑤ 경제적인 측면을 고려한 위치선정(연약지반을 피하고 견고한 불투수층에 설치)

⑥ 지류는 예각으로 합류시키고 치수적 측면을 고려한 도류제 설치

3) 저수로 법선 결정

① 자연환경 및 생태계보전, 친수공간 확보를 위하여 제방법선과의 관계를 토대로 현 상태의 저수로 형상을 가능한 한 유지

② 하도특성(사행특성, 수충부 위치, 기존호안 등)을 확인하고 저수로 유지를 위한 침식방지공을 검토하며 유지관리비를 고려한 저수로 특성을 파악 후 계획

(3) 제방의 재료

1) 제방의 재료는 일반적으로 흙을 사용(전단강도 및 투수특성 고려)

2) 제방 재료의 규정조건

① 통일분류법상 GM, GC, SM, SC, ML, CL 등과 같은 일정 정도 점토(C) 및 실트(M)와 같은 세립분을 함유한 토양 권장

② 재료의 최대 치수는 100 ㎜ 이내가 바람직함

③ 투수계수가 10^{-3}cm/sec이하의 흙 및 10^{-7}cm/sec이하의 흙을 적절히 혼합하여 사용

④ 하상재료의 사용을 원칙적으로 금하되 부득이한 경우 하상재료채취에 따른 하상변동, 평형하상경사의 변화 및 생태계에 미치는 영향을 종합검토 후 사용여부 협의

⑤ 활동방지를 위해 전단강도(내부마찰각, 점착력)가 커야 함

⑥ 굴착, 운반, 포설 및 다짐 등의 시공이 용이해야 함

⑦ 물에 용해되는 성분이나 풀 또는 나무뿌리 등의 유기물을 포함하지 않아야 함

⑧ 습윤이나 건조에 의한 팽창 및 수축이 크지 않아야 함

(4) 제방의 다짐

1) 제체 재료의 다짐기준

① KS F-2312의 규정에 따라 실시한 다짐시험결과 90 % 이상

② 구조물 주변의 다짐도는 95% 이상 및 누수에 대한 안전성 확보

③ 다짐은 장비 다짐을 하고, 현장여건을 고려한 다짐장비의 선정, 다짐횟수, 포설두께 등을 결정

2) 다짐 후 측정

① 다짐층 별로 1,000 ㎥마다, 길이 방향으로 500 m마다 1회 이상 실시

② 구조물주변은 50㎥당 1회 이상 실시

(5) 제방의 안정

1) 제방의 안정에 관한 일반사항

① 역학적인 안정성 평가는 기초지반의 압밀침하량 및 측방유동 등을 평가하여 외력과 저항력의 균형, 한계상태의 파괴조건에 근거하여 평가

② 제방의 파괴는 월류, 세굴, 누수 등에 의해 발생할 수 있으며, 이러한 현상들은 역학적으로 서로 다른 특성을 지님

③ 침투류 계산 방법은 정상 해석법과 비정상 해석법이 있으며, 비정상 해석법의 경우 포화·불포화 해석이 있으며 국내 제방 설계는 침투류 계산시 비정상 포화해석을 채택

④ 제방 활동에 대한 안정성은 비정상 침투류 계산 및 원호 활동법에 의한 안정 계산에 의해서 평가

⑤ 원호활동면 이외의 파괴면은 기초지반의 압밀침하량 및 측방유동 등을 평가하여 안정계산을 실시

⑥ 비정상 침투류 계산은 시간에 따라 변화하는 제방 수위를 외력으로 주어서 침윤면의 위치 및 수두 변화를 분석하는 것으로, 침윤면의 형상과 수두 분포로 부터 국부동수경사를 계산함

⑦ 제방 침하, 활동, 누수 등의 안정해석은 프로그램을 이용하여 해석함(“1.5 제방안정 관련 프로그램 소개” 참조)

2) 제방 누수에 대한 대책

① 제방의 누수는 외수위가 상승하여 제체 또는 지반을 통해 제내측으로 침투수가 유출하는 현상

② 제방누수는 제체를 침투해오는 제체누수와 지반을 침투해 오는 지반누수가 있음

③ 제체누수는 제체의 침윤선이 결정적인 요인이 되므로 침윤선을 낮추어 제체하부에 위치하도록 해야 하며, 지반누수가 있을 경우에는 적절한 대책공법을 강구

④ 지반의 투수성이 높은 경우에는 하천수위가 상승함으로써 침투압이 증가하여 제내지측 지반에 침투수가 용출하는 파이핑 현상에 대한 안정성을 검토

⑤ 제방에서의 누수는 비탈면 붕괴, 제방파괴 등의 원인이 되므로 적절한 대책 강구

⑥ 배수구조물의 설치는 제체누수의 주요 원인이 되므로 구조물 주변의 정기 점검을 수행하도록 하고, 누수가 우려되는 지점에 대하여는 적절한 대책을 강구함

3) 제방 활동에 대한 안정 대책

① 제방의 활동에 대한 안정해석은 침투류 계산에 의해서 얻어진 침윤면을 고려하여 원호활동법에 근거해 경사면 파괴에 대한 최소 안전율을 산출

② 원호 활동법에 의한 안정계산은 여러 방법이 제안되고 있지만, 그중 간편분할법을 원칙적으로 이용하고 필요시 기타 방법을 검토

③ 안전성의 검토에 고려되는 하중은 자중, 정수압, 간극수압 등으로 하고 이를 제방의 포화상태에 따라 적용함

④ 원호 활동법에 의한 안정계산은 계획홍수시 비정상 침투해석을 통한 침윤면을 고려하여 수위 급강하시의 안정성과 앞비탈 및 뒷비탈 경사면 파괴에 대한 안전율을 구함

⑤ 제체 상태에 따른 안전율은 제방 종방향의 인장균열 및 제체침투 등의 고려 유·무에 따라 아래 표와 같이 적용함

<표 1.1> 체제 상태에 따른 안전율

제 체 상 태	간 극 수 압 상 태	안 전 율
인장균열(crack) 미 고려시	간극수압을 고려하지 않는 경우	2.0 이상
	간극수압을 고려하는 경우	1.4 이상
인장균열(crack) 고려시	간극수압을 고려하지 않는 경우	1.8 이상
	간극수압을 고려하는 경우	1.3 이상

4) 제방 침하에 대한 검토

① 제방침하는 지반의 탄성침하, 압밀, 흙이 측방으로 부풀어 오르는 현상 등이 주요 원인으로 지반조사를 통해 압밀침하량을 산정하여 안전하고 경제적인 제방 설계

② 연약지반상에 제방을 축조하는 것은 가능한 피하는 것이 원칙

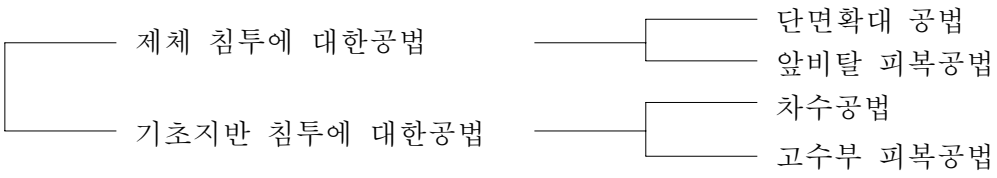
③ 부득이 연약지반에 축조하는 경우에는 지반조사를 통해 NX 규격(55mm, KS-3107)이상으로 자연시료를 채취·시험하여 침하량을 추정하고 대책공법을 결정

④ 연약지반상 구조물의 기초지반은 연약지반처리공법을 사용(말뚝기초 사용 지양)

⑤ 부득이 말뚝기초를 사용하는 경우 구조물의 부등침하, 공동발생, 파이핑, 히빙(heaving), 측방유동, 부마찰력 등에 대한 안전대책을 반드시 강구해야 함

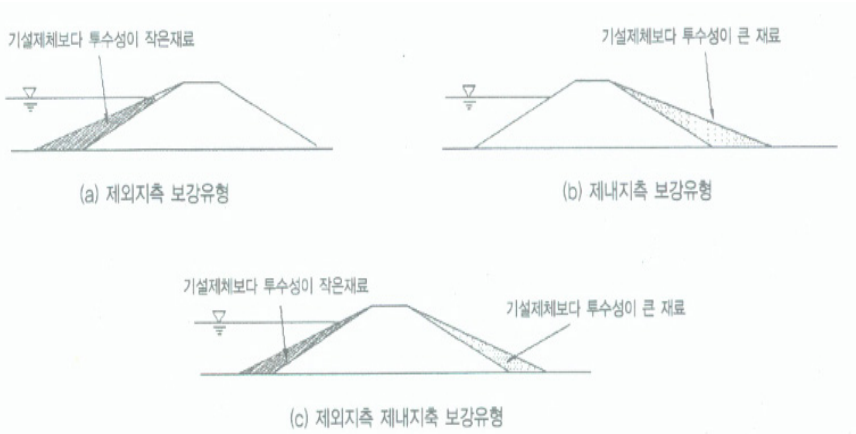
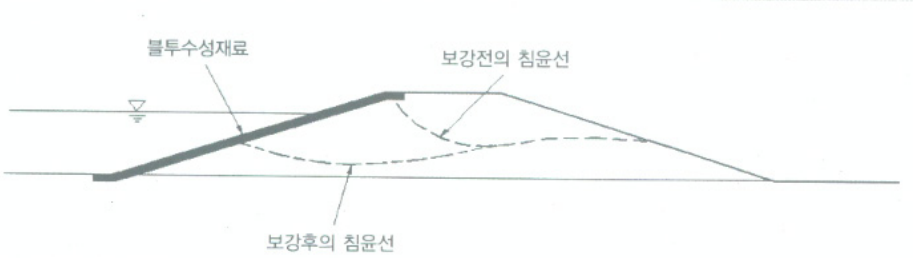
5) 침투에 대한 보강 공법의 설계

① 침투에 대한 보강공법은 하도특성에 따라 보강위치를 결정하고, 이에 따라 적절한 공법의 종류를 선택함

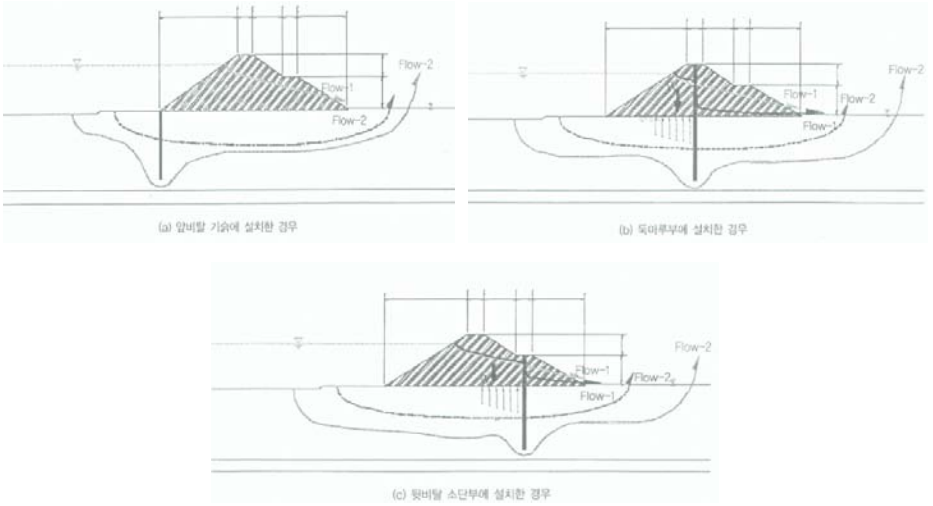
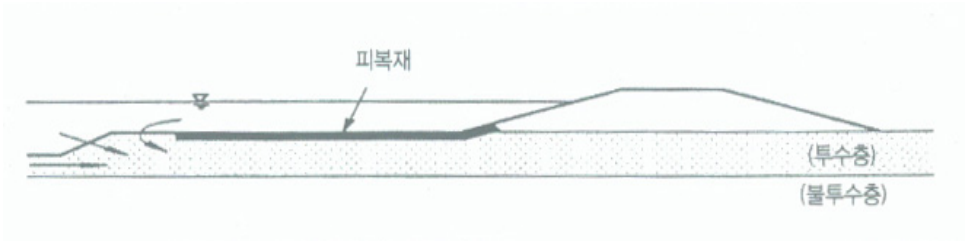


[그림 1.2] 침투유형별 보강공법

<표 1.2> 공법종류별 특징

공법의 종류	공 법 의 특 징
단면확대 공 법	• 제내·외측에 보강 성토하여 침투로 길이를 연장시켜 평균 동수경사를 저감시킴 • 비탈면 경사를 완만하게 하여 비탈면 파괴에 대한 안전성 향상 • 제내지측 보강, 제외지측 보강, 양측 보강 등의 유형으로 나뉨 • 제외측 보강은 하천구역내에서 적용 가능한 반면, 하적의 여유가 있는 경우로 한정됨 • 제내측 보강은 하적을 저해하는 요인이 없는 반면, 신설용지확보를 전제로 되는 경우에 한함 • 제내·외측 보강은 하적과 용지확보의 부담을 경감하기 위해 채택 
앞 비 탈 피복공법	• 제방의 앞비탈면으로부터 침투를 억제하기 위해 불투수성 재료로 피복하는 공법 • 제체내 침투를 억제함으로 홍수말기 수위 저하시 잔류수압에 따른 경사면 파괴의 방지에 효과 • 본 공법은 침투방지와 더불어 제방 세굴방지에도 효과적 

<표 1.2> 공법종류별 특징 (계속)

공법의 종류	공 법 의 특 징
차 수 공 법	• 차수벽은 침투길이를 증가시켜 침투압을 감소시키고, 설치위치(앞비탈 기슭, 둑마루부, 뒷비탈 소단부)에 따라 그 기능이 다소 차이가 남 • 앞비탈 기슭 - 기초지반 침투만 고려시 가장 경제적 - 양압력에 의한 제체 교란이 발생하지 않음 - 대형시공장비의 현장 진입이 용이하지 않음 • 둑마루부 - 발생양압력이 제방의 토피하중에 의해 그 영향이 최소화 - 상대적으로 차수벽 시공이 길어져 경제성 검토 요함 • 뒷비탈 소단부 - 둑마루부에 설치하는 것보다 경제적 - 양압력 및 차수벽 상단을 통한 소단부 누수에 대한 검토
	
고 수 부 피복공법	• 제외지측의 고수부지 표층을 불투수성 재료로 피복하여 침투유로를 연장하여 기초지반의 침투압을 저감시킴 • 제내지 뒷비탈 기슭에서의 침투에 대한 안전성을 향상시키는 공법 • 제방의 규모나 기초지반의 조건에 따라 피복길이나 두께를 변화시켜가며 침투계산과 안정계산을 반복적으로 행하여 적정규모 결정 • 피복공법 길이가 증가하면 고수부의 확보가 필요하므로, 치수면이나 환경면에서의 영향 및 이용계획에 대해서도 충분히 검토
	

[그림 1.3] 차수공법의 종류

<표 1.3> 차수공법의 종류별 특징

구분 \ 공법	S.C.W 공법	V.L.W 공법(특허품)
개 요	지반을 교란시켜 시멘트와 벤토나이트를 개량코저하는 심층 위치에 주입한 후 기계적인 방법으로 고결시키는 일종의 화학적 공법	지반속에 개량체를 공급하여 강제적으로 원위치토와 교반 혼합하여 흙과 개량체를 화학적으로 반응시켜 토질성상을 안정화함으로서 강도증가와 침하를 방지하기 위한 공법
주 입 재 료	시멘트 + 벤토나이트	저발열 시멘트 + 고화재
장 점	• 자체 토류벽 사용가능 • 벽체의 강성 확보 • 투수계수 : 1×10^{-6}cm/sec 이하	• 자체 토류벽 사용가능 • 저발열 시멘트를 사용하므로서 장기강도 발현율이 크다 • 수화열을 크게 저감시킬뿐만 아니라 염소이온에 대한 저항성이 상대적으로 커서 해양구조물 적용에 유리 • 투수계수 : 1×10^{-7}cm/sec 이하
단 점	• H-PILE 근입에 필요한 추가 장비투입에 따른 연약지반의 불안 • 교량 및 지하 지장물 구간 시공 불가 • 자갈, 전석층이 깊을시 시공 곤란 • 개량 전석층이 깊을시 정확도 불리	• 저발열 시멘트를 사용하므로서 초기강도 발현율 저하 • 교량 및 지하지장물 구간 시공 불가 • 전석, 자갈 깊을시 시공 곤란 • 개량심도 깊을시 정확도 불리
적 용 사 례	• 서울지하철 8-2공구	• 용인시 금오매립장 차수벽 공사 • 용인시 언남 비위생 매립장 차수벽 공사 • 포항시 연일 비위생 매립장 차수벽 공사 • 진안군 비위생 매립장 차수벽 공사 • 김해시 진영매립장 차수벽 공사 • 고령군(좌학제, 아치제) 차수벽 공사

<표 1.3> 차수공법의 종류별 특징 (계속)

구분 \ 공법	E.S.C 공법	D.W.M 공법
개 요	지반속에 개량체를 공급하여 강제적으로 원위치토와 혼합하여 흙과 개량체(토양안정화용 팽창성 경화재)를 화학적으로 반응시켜 토질성상을 안정화함으로서 강도증가와 지수성 향상 및 차수성을 확보할 수 있는 공법	심층교반 혼합기를 이용하여 소요심도까지 고화재를 저속으로 원지반토와 교반, 혼합하여 장기침하와 지반의 재연약화까지 방지되는 영구적인 고화체를 조성하는 건교부지정 신기술 공법
주 입 재 료	토양안정화용 팽창성 경화재	HEC 고화재
장 점	• 자체 토류벽으로 사용 가능할 정도로 강도 우수 • 입경이 미세한 경화재를 사용함으로 혼합율이 우수하고 장기강도 발현율이 크다. • Slime 발생이 적어 잔토처리 비용이 없다. • 투수계수 : 1×10^{-7}cm/sec 이하	• 롯드에 장착된 각도측정기를 이용한 확인시공으로 벽체형성의 정확성 확보 • 개량체는 침하, 변형방지가 완벽하고, 지수효과 탁월 • 토양내 유기산을 무력화시키는 중화제의 투입으로 장기강도 증가 • 투수계수 : 1×10^{-7}cm/sec 이하
단 점	• 베이스 머신이 자유롭게 운용할 수 있는 여유공간이 확보되어야 한다.	• 전석층 또는 호박돌 층에서 시공 곤란 • 지하지장물구간 시공 곤란
적 용 사 례	• 인제군 인제읍 쓰레기 매립장	• 내성천 담암제 • 신천 동락제 • 낙동제 • 기타 매립장 차수벽 등

<표 1.3> 계속

구분 \ 공법	L.W 그라우팅	J.S.P 공법	S.G.R 공법
개 요	지반내에 Cement 현탄액과 규산소다를 혼합주입시키는 공법으로 지반중의 큰 공극은 Cement 입자가 채우고, 작은 공극은 Gel 성질이 있는 Water Glass가 침투하여 Gel화하는 성질을 이용한 공법	Doubel Rod 선단에 Jetting Nozzle을 장착하여 경화재를 분사하면서 회전하고 노즐이 한바퀴반을 회전하면서 자동적으로 일정한 높이를 상승하며 연속적으로 반복하므로서 지반층에 원주상의 고결체를 조성하는 공법	지반 천공한 후 지중에 이중관ROD를 설치하고, 약액주입시에는 특수선단장치를 이용하여 저압주입방식으로 지반내에 미세한 공극까지도 주입재를 균일하게 주입하는 2.0SHOT방식의 약액주입 공법

<표 1.3> 계속

공법 / 구분	L.W 그라우팅	J.S.P 공법	S.G.R 공법
주입재료	시멘트 + 규산소다	시멘트 밀크(1:1) + 경화재	시멘트+규산소다+S.G.R약재
장 점	• 장비가 간단 • 토사, 사질토층에서 효과 양호 • 주입 Packer를 자유로이 상·하 이동하며 주입 • 시공 사례가 많다. • 투수계수 : 1×10^{-7}cm/sec 이하	• 개량후 지반강도 특출 • 기초 말뚝 조성형으로 모래층에서 확실 • 투수계수 : 1×10^{-6}cm/sec 이하	• 미세한 공극에 침투 용이 • 저압주입방식으로 원지반 조건을 유지(지반 불교란) • 유도공간을 이용하므로 모든 토질에 적용 가능 • 투수계수 : 1×10^{-6}cm/sec 이하
단 점	• Gel Time이 늦어 대수층이 지하수 유속이 빠른 지층에서는 시공 효과 불확실 • 주입 심도가 깊고 작업장소가 협소한 곳에서는 맨젯 튜브의 삽입에 작업 곤란	• 주입재가 지료부로 약 50% 유출되므로 주입재 손실이 큼 • 시공시 Slime 발생으로 작업장 오염 • 대공극 지층 및 지하수, 유속이 빠른 지층에서는 시공효과 불확실 • 주로 지반보강에 사용	• 대공극 지층 및 지하수 유속이 빠른 지층에서는 시공효과 불확실
적용사례	• 서울지하철 8-2공구 • 서울지하철 5-51공구 • 서울지하철 7-2공구 • 서울지하철 7-23공구 ＊＊＊J.C.M공법(Just selected Chemical grouting Method) 동일공법(상품권)＊＊＊	• 서울지하철 8-2공구 • 대구지하철 1-10공구 • 경의선 횡단 BOX 보강 공사 • 인천간선5거리 옹벽보강 공사	• 부산지하철에 다수 적용 • 서울지하철에 다수 적용 • 한전 전력구에 다수 적용

<표 1.3> 계속

구분 \ 공법	G.I.M 공법	SHEET-PILE	지하연속벽
개 요	지반 천공후 케이싱내로 선단장치가 장착된 이중관 ROD를 설치하여 저압주입(0~5kg/cm^2)으로 지반내 공극에 주입재를 균일하게 주입하는 2.0 SHOT 방식의 약액주입 공법	차수벽의 용도로 강성의 SHEET -PILE을 매몰시켜 차수벽을 형성시키는 공법	Hammer Grab 또는 Mill을 이용하여 원하는 심도까지 토사를 굴착하고 콘크리트를 타설하여 지하연속벽을 형성하여 가설 및 지하구조체로 사용할 수 있는 공법
주입재료	물+규산+G.I.M+G.I.M2호+시멘트	SHEET - PILE	벤토나이트 + 시멘트
장 점	• 저압주입방식으로 지반을 교란시키지 않고 원지반 조건을 유지시킨채 주입 안정성 양호 • 유속의 흐름이 빠른 자갈·전석층 및 모래층에 주입재의 유실없이 주입 가능 • 협소한 공간에도 작업 가능 경사 천공도 가능 • 투수계수 : 1×10^{-6}cm/sec 이하	• 기존의 SHEET-PILE을 이용하므로서 추가 억제 말뚝 필요 없음 • 추가공법이 없으므로 시공속도가 빠름 • 별도의 Plant 설치가 필요 없음	• 확실한 형태의 지하연속벽 보장 • 콘크리트 구조체로 사용이 가능 • 무진동, 무소음
단 점	• 숙련된 기능공 확보 • 터파기시 토류벽으로 사용은 안된다. • 2001. 11월에 선단장치에 대한 실용신안 등록된 공법	• 저부의 접촉면적이 작고 자중이 크지 않아 활동 Moment 저항에 불리 • 시공비가 높다 • 접합부의 처리에 따라 투수계수가 좌우됨 • 지층내부에 독립된 경암이 존재할 경우 수직도가 불리 • 시공시 표면의 손상이 발생하면 단기간내 부식 가능	• 대형 장비이므로 협소한 장소에서 작업이 불가능 • 타공법에 비해 공사기간이 길다 • 시공비가 높다 • 투수계수 : 1×10^{-6}cm/sec 이하
적용사례	• 증산지하차도 - 성산1교간 도로개설중 지반보강 공사 • 화서쓰레기 매립장 침출수 차수벽 설치공사 • 성내천 횡당 통신구 공사 • 구로승무역사 신축공사중 차수공사 • 성산대교 기초보수공사중 보강 그라우팅 공사	• 부산 생곡매립장 • 난지도 안정화 공사외 다수	• 광명시 지하철 7-25공구 • 여의도 쌍둥이 빌딩 • 부산지하철 2-5, 2-10 공구 • 무교동 골드스타 빌딩 공사

1.3 용어의 정의 및 종류

(1) 본제(main levee) : 제방 원래의 목적을 위해서 하도의 양안에 축조하는 연속제로서 가장 일반적인 형태

(2) 부제(secondary levee) : 부제는 본제가 파괴되었을 때를 대비하여 설치하는 제방으로서 본제보다 제방높이를 약간 낮게 설치

(3) 놀둑(open levee) : 제내지로 유수를 끌어들이기 위하여 제방을 분리하여 중첩시킨 것으로, 홍수지속시간이 짧은 급류하천이나 단기간의 침수에는 큰 영향을 받지 않는 지역에서 홍수조절을 목적으로 설치

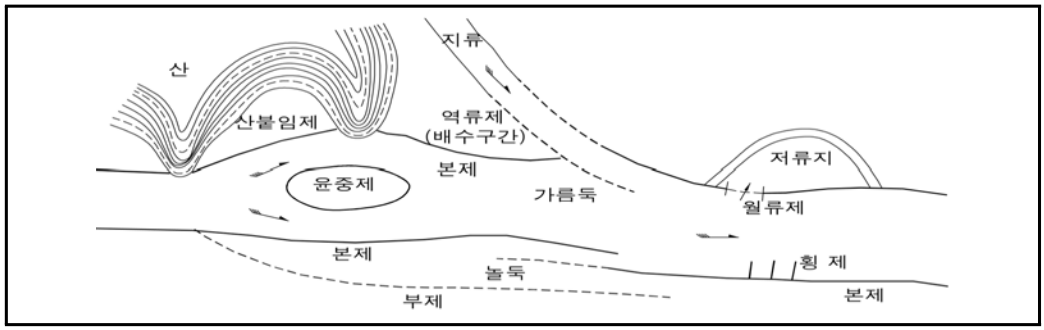
(4) 윤중제(둘레둑, ring levee) : 특정한 지역을 홍수로부터 보호하기 위하여 그 주변을 둘러 싸서 설치하는 제방

(5) 횡제(가로둑, cross levee, lateral levee) : 제외지를 유수지나 경작지로 이용하거나 유로를 고정시키기 위해 하천 중앙쪽으로 돌출시킨 제방

(6) 분류제(가름둑, separation levee) : 두 하천이 합류됨으로 발생하는 문제점(하상불안정)의 예방을 위해 두 하천이 분리하도록 설치하는 제방

(7) 월류제(overflow levee) : 하천수위가 일정 높이 이상이 되면 하도 밖으로 물이 넘치 도록 하기 위해 제방의 일부를 낮추어 설치한 제방임. 이는 홍수조절용 유수지, 일정 크기 이상의 홍수 때에만 흐르는 방수로 등의 유입구로 이용됨

(8) 역류제(back levee) : 지류가 본류에 합류할 때 지류에는 본류로 인한 배수가 발생하므로 배수의 영향이 미치는 범위까지 본류 제방을 연장하여 설치하는 제방

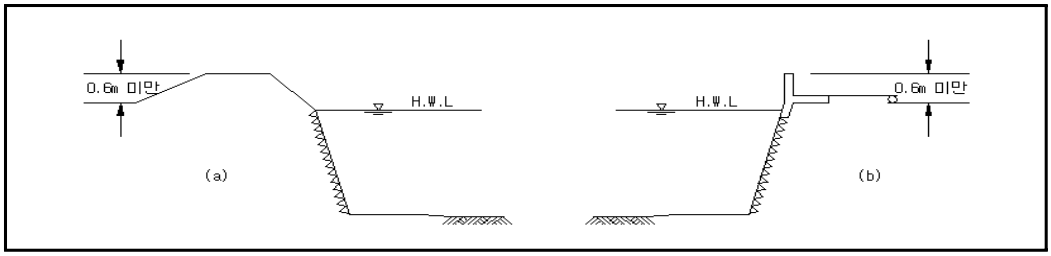


[그림 1.4] 제방의 종류

(9) 도류제(guide levee) : 하천의 합류점, 분류점, 놀둑의 끝부분, 하구 등에서 흐름방향 조정 및 파의 영향에 의한 하구의 퇴사를 억제하기 위해서 축조하는 제방

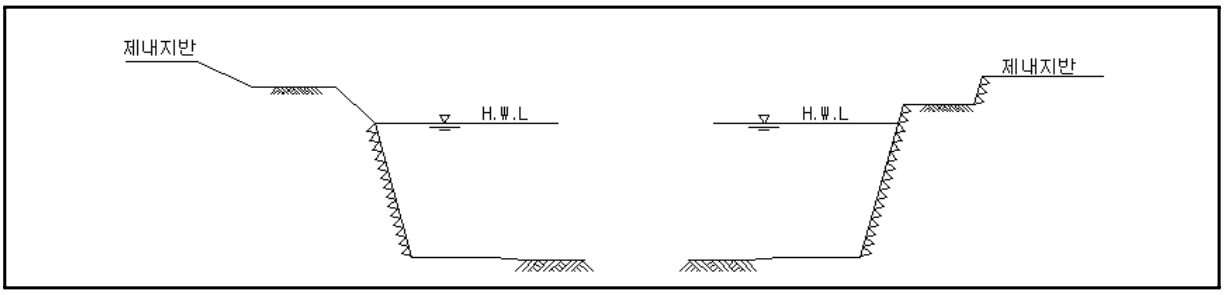
[그림 1.5] 도류제의 형태

(10) 굴입하도(堀入河道) : 하도의 일정구간을 평균적으로 보아 계획홍수위가 제내지반고 보다 낮거나 둑마루나 흉벽의 마루에서 제내지반까지의 높이가 0.6m 미만인 하도



[그림 1.6] 굴입하도

(11) 완전굴입하도(完全堀入河道) : 굴입하도 중 둑마루가 제내지반보다 낮은 하도

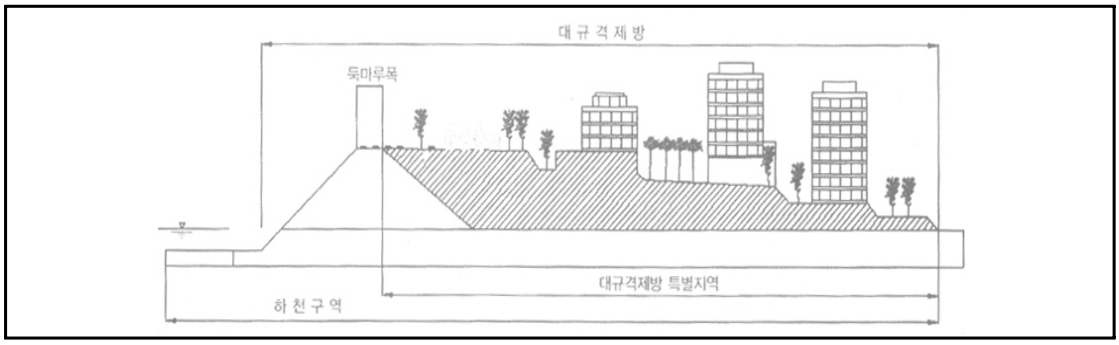


[그림 1.7] 완전 굴입하도

(12) 완성제방 : 계획홍수에 대한 구조적 안정성이 확보된 제방, 즉 필요한 여유고, 단면, 호안 등을 가진 제방

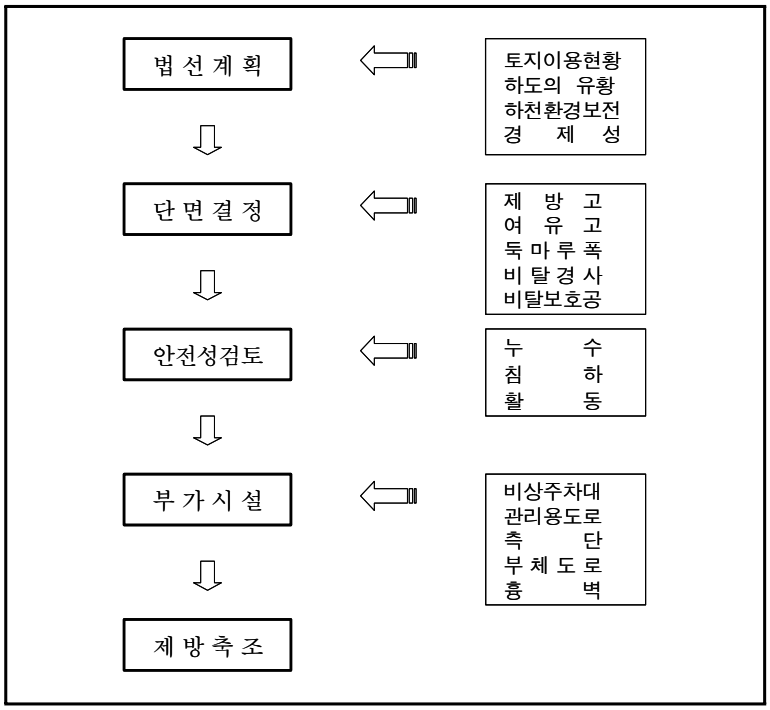
(13) 잠정제방 : 하천 개수공사시 점차적으로 홍수에 대한 안전도를 향상시키기 위하여 또는 예산 사정상 연차별 투자계획에 맞추기 위하여 축조된 제방으로서 아직 완성되지 않은 상태의 미완성 제방

(14) 대규격제방(Super Levee) : 주로 도시권하천의 제방 뒷비탈 구간의 폭이 매우 넓은 특별한 제방



[그림 1.8] 대규격제방의 형태

1.4 세부 설계



[그림 1.9] 설계 흐름도

(1) 설계일반

1) 하도와 제내지 상황, 사회경제적 여건, 하천환경, 축제재료 및 원지반 상태 등을 고려한 제방단면 결정 후 안정계산을 실시 안전율을 확보할 수 있는 최종단면 결정

2) 하상재료 사용과 같이 안정성이 확보되지 못할 경우 대책마련 및 제방단면의 제원을 수정하여 필요한 안정성 확보(구조물의 수리학적, 토질공학적 안정성 검토)

(2) 제방고

1) 제방고는 계획홍수위에 여유고를 더한 높이 이상(제방고≥계획홍수위+여유고)

2) 제내지반고가 계획홍수위보다 높고, 지형상황으로 보아 치수상 지장이 없다고 판단되는 구간에서는 예외

3) 호소제방 및 고조구간의 제방은 계획홍수위에 파랑의 영향을 고려하여 1)의 제방고보다 낮지 않도록 설계 ((계획홍수위+파랑의 영향)과 (계획홍수위+여유고)중 큰값)

<표 1.4> 제방별 제방고 결정방법

종 류	제방고 결정 방법	비 고
일 반 제 방	(계획홍수위+여유고) 이상	
호소제방 고조구간 제방	(계획홍수위+파랑의 영향), (계획홍수위+여유고) 중 큰 값	

주) 제내지가 계획홍수위보다 높고, 치수상 지장이 없다고 판단되는 구간은 예외

(3) 여유고

1) 여유고는 계획홍수량을 안전하게 소통시키기 위해서 하천에서 발생할 수 있는 여러 가지 불확실한 요소들에 대한 안전값으로 주어지는 여분의 제방높이

<표 1.5> 계획홍수량별 여유고

계획홍수량(m^3/sec)	여 유 고 (m)
200미만	0.6이상
200이상~500미만	0.8이상
500이상~2,000미만	1.0이상
2,000이상~5,000미만	1.2이상
5,000이상~10,000미만	1.5이상
10,000이상	2.0이상

주) 파랑고가 여유고 보다 높을 경우 파랑고 채택

2) 계획홍수량별 여유고는 일반하도에서의 최저치로서 실제 여유고는 하천과 제방의 중요도, 제내지 상황, 주변접속도로, 사회 및 경제적 여건 등을 고려하여 결정

3) <표 1.5>에서 제시된 여유고는 정확한 계산에 의한 것이 아니라 경험에 의해 정해진 값이므로 다음과 같은 사항을 고려하여 여유고 확보

① 안전율

(가) 제방의 유지

(나) 수문량의 불확실성

(다) 하도소통능력의 불확실성

② 하천지반의 변화

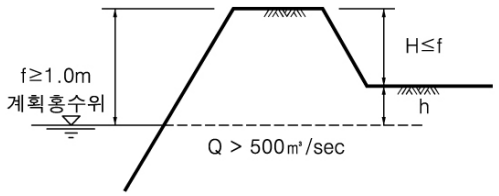
(가) 하도내의 토사퇴적

(나) 지반 침하

4) 여유고의 예외규정([그림 1.10] 참조)

① 굴입하도에서「치수상 지장이 없는 높이」를 해당 구간에 적용함에 계획홍수량이 500 m^3/sec 미만은 규정대로, 500 m^3/sec이상은 1.0 m 이상을 확보

② 계획홍수량 50 m^3/sec 이하, 제방고가 1.0 m 이하 하천에서는 0.3 m이상 확보



(a) 굴입하도의 여유고　　(b) 소규모하천의 여유고

여기서, H : 제내지반에서의 제방고 (m), h : 계획홍수위와 제내지반고의 차 (m)
f : 제방의 여유고 (m), Q : 계획홍수량(㎥/sec)

[그림 1.10] 여유고의 예외규정

(4) 둑마루폭

1) 제방의 둑마루폭의 결정 목적

① 침투수에 대한 안전의 확보

② 평상시의 하천순시

③ 홍수시의 방재활동

④ 친수 및 여가 공간 마련

<표 1.6> 계획홍수량별 둑마루폭

계획홍수량(m^3/sec)	둑마루폭(m)
200미만	4.0이상
200이상~5,000미만	5.0이상
5,000이상~10,000미만	6.0이상
10,000이상	7.0이상

2) 둑마루폭의 목적을 달성하기 위해서는 최소 4.0 m이상을 확보하고, 친수 및 여가공간 조성시에는 계획홍수량에 따른 최소폭보다 크게 함

3) <표 1.6>은 둑마루폭의 최소치를 나타낸 것으로 하천과 제방의 중요도, 제내지 상황, 사회경제적 여건, 둑마루의 이용성 등을 고려하여 결정

4) 둑마루 표면은 계획제방고에 일정량(두께 20cm 정도)의 보조기층재 등을 부설하여 차량 및 농기계의 이동으로 인한 제방 피해를 방지함(이용목적에 적합한 공법으로 포장)

5) 둑마루내 다짐층은 횡단경사를 3~6 %를 두어 원활한 배수가 이루어질 수 있도록 설계

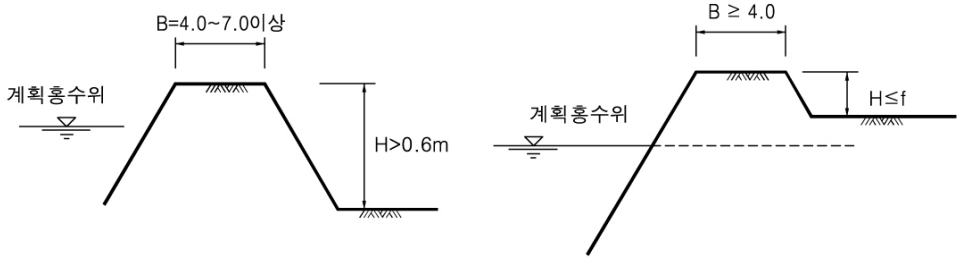
6) 둑마루폭의 예외규정

① 제내지반고가 계획홍수위보다 낮고 제방고가 0.6 m 이상일 때에 둑마루폭은 4.0 m이상, 제

방고가 여유고 이하일 때는 관리용 도로 폭의 결정방법에 의해 결정([그림 1.11] (a) 참조)

② 제내지반고가 계획홍수위보다 높고 지형상황 등으로 미루어 보아 치수상 지장이 없을 때 둑마루폭은 계획홍수량에 관계없이 4.0 m 이상([그림 1.11] (b) 참조)

③ 계획홍수량이 100 ㎥/sec미만이고 제방고가 0.3~1.2 m의 하천에서는 4.0 m이하도 허용



(a) 일반하천 (b) 굴입하도

여기서, H : 제내지반에서의 제방고(m), h : 계획홍수위와 제내지반고의 차(m)
f : 제방의 여유고(m), B : 둑마루폭(m), Q : 계획홍수량(m^3/sec)

[그림 1.11] 둑마루폭의 예외규정

(5) 비탈경사

1) 하천유수의 침투에 대해 1:3이상(제방고와 제내지반고가 0.6m 미만구간제외)의 비탈면으로 설계

2) 지형조건, 기존제방과 연결 등 부득이 1:3 보다 급하게 결정해야 하는 경우 제방 또는 지반의 토질조건, 홍수지속시간 등을 반드시 고려하여 비탈경사를 결정(흉벽구간 제외)

(6) 비탈면 보호공

1) 호안공을 시행하지 않는 구간에는 비탈면보호를 위하여 별도의 보호공을 설치

2) 비탈면 보호는 식생공을 원칙으로 하며 토질 및 현지여건 등을 고려한 공법 선정 (단, 제외측 홍수위 이하 및 제내측 수로는 호안공에서 적절한 공법 적용)

<표 1.7> 비탈면 종류에 따른 비탈면보호공법 종류

구 분		비 탈 면 보 호 공	추 천
성 토 면	제 내	줄떼, 평떼, Seed Spray, 거적떼, 식생매트	거 적 떼
	제 외	줄떼, Seed Spray, 거적떼, 식생매트	줄 떼
절 토 면	제 내	평떼, Seed Spray, 거적떼, 식생매트	거 적 떼
	제 외	평떼, Seed Spray, 거적떼, 식생매트	줄 떼

3) 제방둑마루의 표면수로 인한 비탈면의 침식이 우려되어 비탈면의 보강이 필요한 경우에는 줄떼나 거적떼보다는 평떼 또는 식생매트를 사용하여 침식으로부터 비탈면이 보호되도록 함

4) 축제재료에 따른 비탈면 특성 및 이에 상응하는 추천공법 선정

<표 1.8> 축제재료에 따른 비탈면 특성 및 비탈면보호공

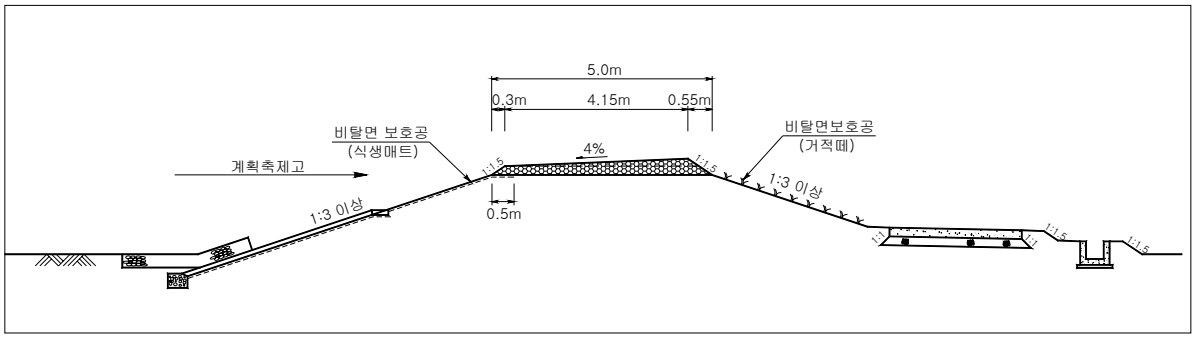
축제 재료	특 성	추 천 공 법
GM, SM	침식에 대한저항성이 작고, 식생의 초기활착이 어려움	식 생 매 트
GC, SC, ML, CL	침식에 대한 저항성이 크고, 식생의 초기활착이 용이함	평 떼

5) 다만, 도로겸용제방의 측구 및 도수로 등을 이용하여 별도의 비탈면 배수로 계획을 반영한 경우에는 줄떼나 거적떼만 설치함

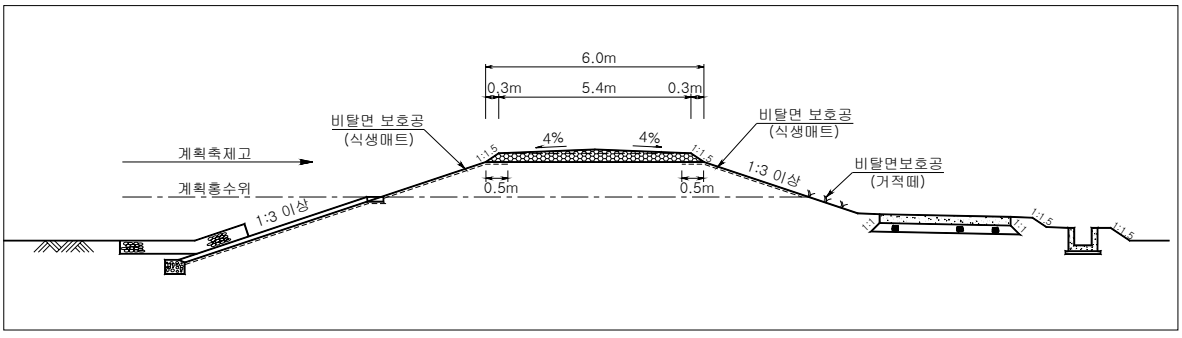
6) 제방의 성토비탈면은 다짐을 시행하여 안정을 도모함

7) 표준단면도

현지여건상 별도의 비탈면 침식방지가 필요하다고 판단되는 경우에 한함



[그림 1.12] 표준단면도폭(5.0m 이하, 편구배 구간)



[그림 1.13] 표준단면도폭(6.0m 이상, 양단구배 구간)

(7) 비상주차대

1) 제방의 유지관리와 긴급방재활동 등을 위하여 자동차가 교행할 수 있도록 약 300m마다 교행할 수 있는 공간을 확보(교행가능 공간 고려)

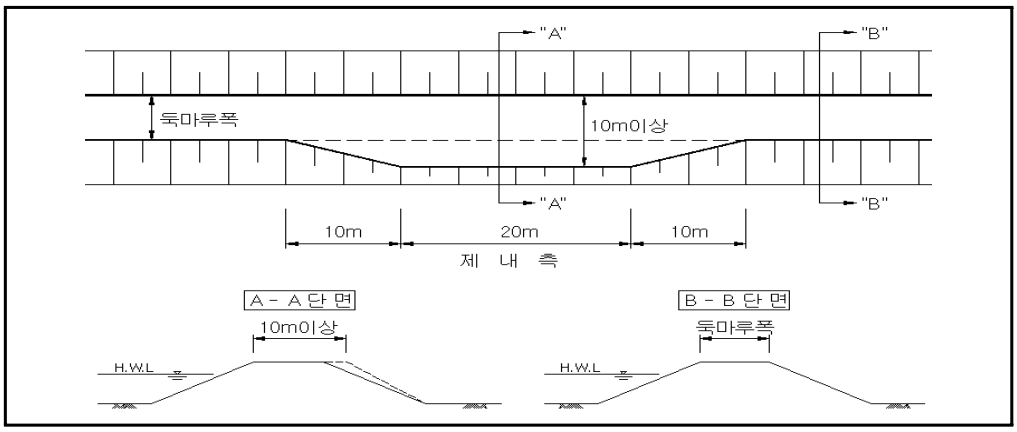
- 교행공간수 = 제방길이 ÷ 300 - 교행가능 공간수(부체도로 등)

(교행공간수는 소수점을 제외한 정수로 함)

2) 비상주차대는 [그림 1.14]규격으로 계획하되, 제내지측 비탈면경사는 1:2.0이상 확보되도록 계획함

3) 제방의 시·종점부가 산 또는 도로인 경우에는 필히 비상주차대를 시·종점부에 설치하여 접속부의 보강역할 및 방재용 차량의 회차 등이 가능하도록 계획

4) 비상주차대는 가능한 배수암거 위치에 설치하여 제방과 구조물 접속부에 대한 보강역할을 할 수 있도록 계획



[그림 1.14] 비상주차대 평면도 및 횡단면도

5) 관리용도로 및 부체도로를 설치하므로써 차량교행에 불편을 주지 않는다고 판단된 경우는 비상주차대를 계획하지 않아도 됨(현지여건을 고려하여 규모 조정)

(8) 관리용 도로

1) 하천의 순시, 홍수시의 방재활동 등을 위해 일반적으로 제방 둑마루 또는 제내지측 측단을 이용하여 관리용 도로 설치

2) 관리용도로는 방재활동에 지장이 없도록 제내지에서의 접근로, 둑마루에서의 교행공간을 확보할 수 있도록 계획

3) 관리용도로는 홍수시 제방의 응급복구용 도로로서 제내측 기존도로에서 제방까지 자동차 및 중장비 등이 신속히 접근할 수 있도록 하는 접근도로를 설치

4) 접근도로는 제방연장 약2 km 마다 1개소를 설치하고, 2 km이하의 짧은 구간은 최소 1개소를 설치하여 접근도로에서 제방 둑마루부까지 차량이 진입할 수 있도록 완경사의

부체도로를 설치

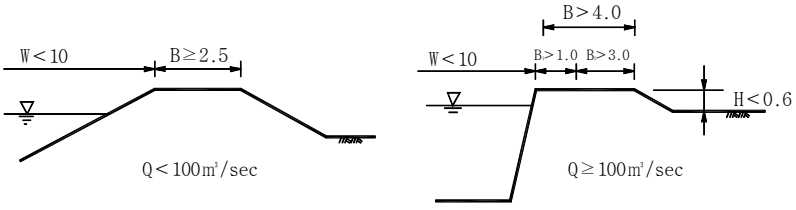
5) 기존도로를 최대한 활용하여 '관리용도로 계획망도'를 작성하여 종합적으로 설치

6) 예외 규정

① 계획홍수량이 100 m³/sec 미만이고 하천폭이 10 m 미만의 소규모 하천의 경우 자동차가 소통할 수 있는 최소 폭인 2.5 m 이상의 관리용 도로 필요

② 하천폭이 10 m 미만이고 제방고와 제내지반고의 차가 0.6 m 미만인 굴입하도의 하천에서는 좌우안의 어느 한쪽에 3 m 이상 다른 한쪽은 1.0 m 이상도 가능

③ 하천폭이 5 m 미만의 하천에서는 양안모두 1.0 m이상이면 됨



(a) 소규모하천 관리용 도로 (b) 굴입하도의 관리용 도로

여기서, H : 제내지반에서의 제방고(m), W : 하폭(m)
Q : 계획홍수량(m³/sec), B : 둑마루폭(m)

[그림 1.15] 관리용 도로 설치 예

(9) 측단

1) 측단은 제방의 안정, 뒷비탈의 유지보수, 제방의 인위적 훼손 방지, 경작용 장비 등의 통행, 비상용 토사의 비축, 생태 등을 위해 필요한 경우 제방 뒷기슭에 설치

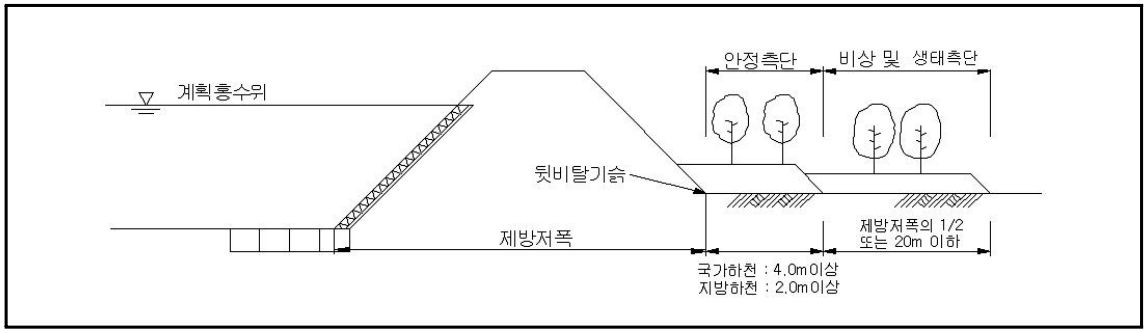
2) 측단은 안정측단, 비상측단, 생태측단으로 구분할 수 있고 현장여건을 감안하여 포괄적인 기능을 갖는 측단으로 설치

3) 안정측단은 생태측단의 역할도 할 수 있고 그 폭은 국가하천에는 4.0 m 이상, 지방하천에서는 2.0 m 이상으로 함

4) 비상측단의 폭은 제방부지(측단제외) 폭의 1/2 이하(최대 20 m)로 함

5) 제방상의 식수는 제방의 보호를 위해 원칙적으로 금함(치수상 지장이 없는 범위에서 가능)

6) 생태측단은 하천의 환경보전기능을 유지하기 위해 필요한 제방의 한 요소로서, 그 폭은 제방부지(측단제외) 폭의 1/2 이하(최대 20m)로 함



[그림 1.16] 측단의 설치 예

(10) 부체도로

1) 지방도 및 군도로 연결되는 도로는 현지여건에 맞추어 관련 설계기준에 따라 설계
2) 부체도로폭(B)은 4m를 기준으로 하며 현지여건에 따라 3~5m를 적용하되 교량에 연결되는 경우에는 차량의 운행 및 회전에 지장이 없도록 설계
3) 종단구배는 10% 이내로 계획하되 부득이한 경우 14% 이내로 설계
4) 제외·내측 포장은 모두 콘크리트 포장(T=20cm)으로 설계
5) 콘크리트포장(fck=210kg/㎠)에 5m간격으로 줄눈(콘크리트 컷팅)을 설치
6) 콘크리트포장의 분리막을 설치(비닐깔기)
7) 제외측 부체포도로의 설치방향은 하류쪽으로 내려가도록 계획함

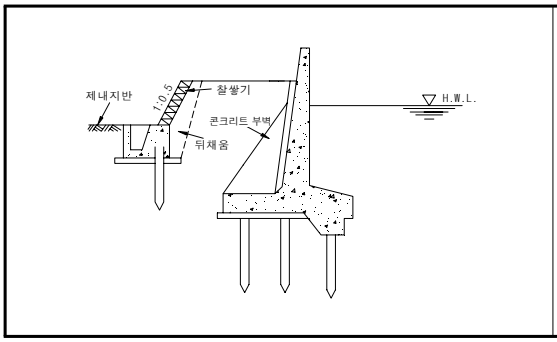
(11) 도로겸용제방 설계

1) 둑마루를 도로로 이용하는 경우에는 차로폭, 폭원구성, 다짐규정, 포장두께결정, 노면배수계획, 도로교통 안전시설물 등을 고려하여 도로설계기준에 의해 설계
2) 도로겸용제방 설계시 제방의 다짐규정은 도로설계기준에 맞추되, 성토재료에 대한 사항은 하천설계기준에서 제시하는 규정에 적합한 재료를 사용
3) 제외측 비탈면 계획홍수위까지의 호안설치 구간은 하천설계기준 및 하천공사 설계적용기준에 준함
4) 도로 포장 단면중에 골재층(보조기층, 동상방지층 등)은 투수층이므로 시설물의 안정성 확보를 위하여 하천정비기본계획상의 축제계획고 위에 설치되도록 계획

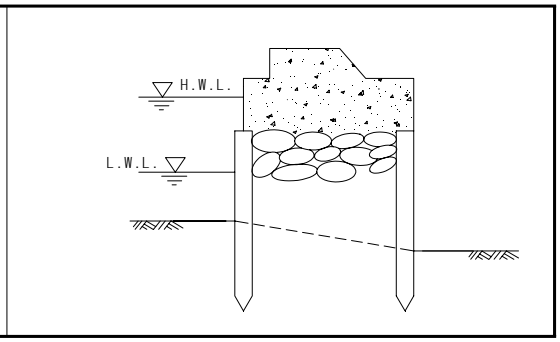
(12) 기타제방

1) 특수제방의 축조
   ① 토사로 축조가 곤란(용지문제, 제내지의 중요성, 하안의 이용 상태 등)하거나 부적당한 경우에는 콘크리트 옹벽, 널말뚝 등의 특수한 구조로 축조 가능([그림 1.17] ~ [그림 1.19] 참조)
   ② 흉벽을 설치하는 제방의 흉벽하단(벽면하단)은 계획홍수위 이상으로 함

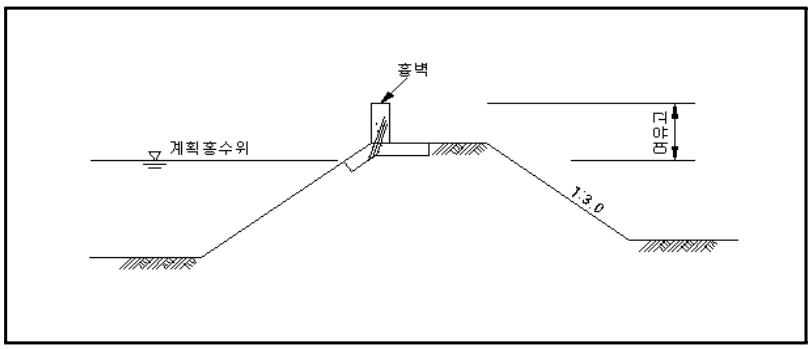
③ 현지 여건상 계획홍수위 이하에 하단부가 위치할 경우에는 여유고를 포함한 벽면의 높이가 1m를 넘지 않도록 함



[그림 1.17] 콘크리트 구조 제방의 예



[그림 1.18] 널말뚝 구조 제방의 예



[그림 1.19] 흉벽의 예

④ 흉벽 구조 중 특수제가 이용될 수 있는데 이는 계획홍수위(또는 계획고조위) 이상의 토제에 흉벽이 설치된 것임

⑤ 흉벽의 높이는 낮게 하는 것이 바람직하며 높게 하는 경우에도 1 m, 가능하면 80 cm 이하로 함

⑥ 흉벽의 높이를 낮게 하면 파압 등에 의한 흉벽의 전도에 대해서도 안전함

⑦ 자립식 구조의 특수제 및 흉벽 구조의 특수제는 모두 토지이용상의 제한, 또는 그 밖의 특별한 사정으로 부득이한 경우에 설치함

2) 호수제방의 축조

① 호수에서 파의 영향을 고려할 때는 호수에서의 풍속, 풍향, 수위 등에 대해서 과거의 자료를 수집하여 검토한 후 결정하고 수리모형실험에 의해 검정

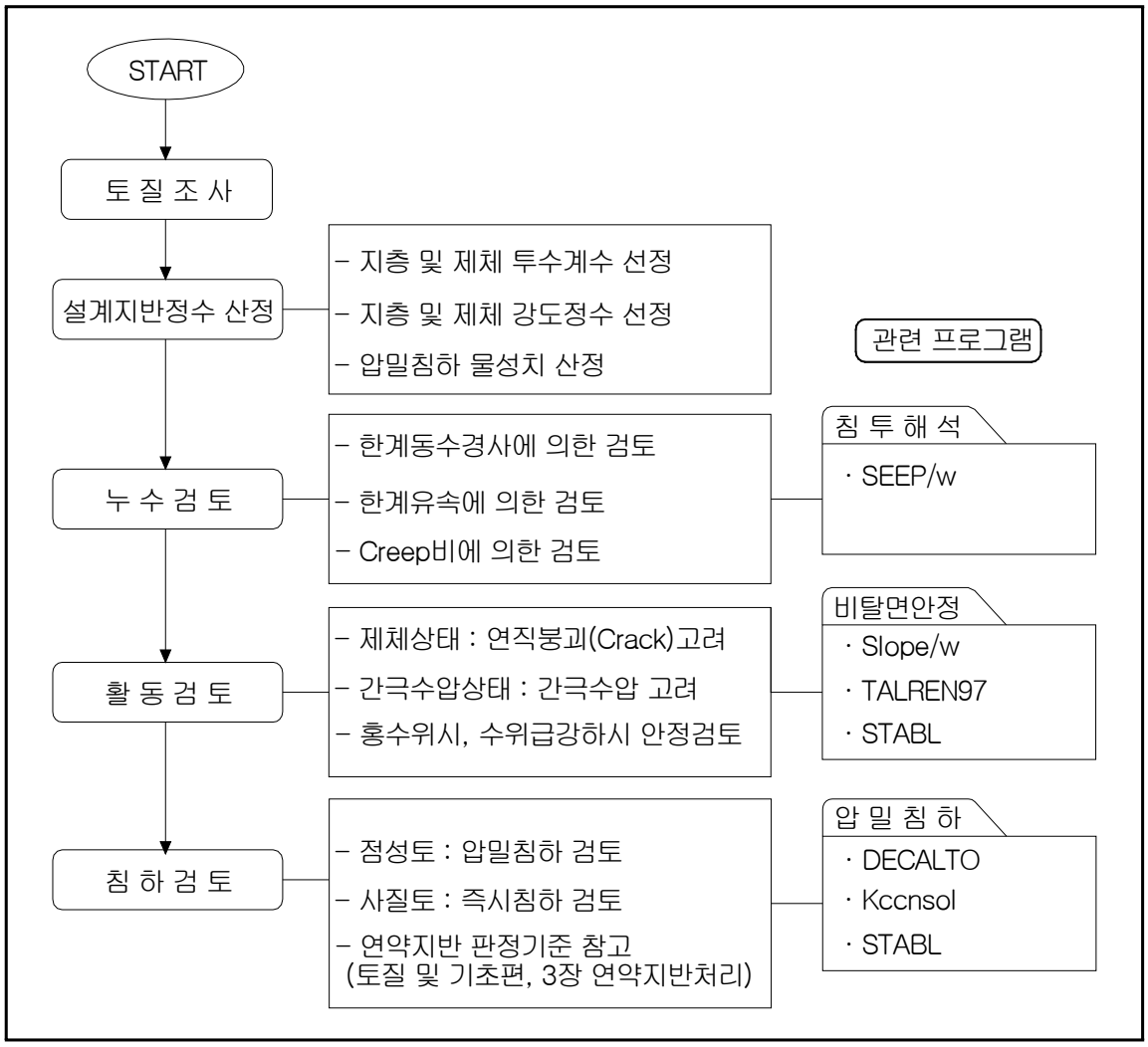
② 제방의 단면형 및 구조는 파고 등에 대한 안정계산 외에 제방의 유지관리의 측면도 고려해 결정

③ 여유고나 둑마루폭은 하천구간과는 달리 계획홍수량에 대응시켜서 규정 할 수 없으므

로 수리조건, 토질조건 등을 고려해서 4m 이상으로 결정

3) 고조제(高潮堤)는 호수제방과 마찬가지로 파랑의 영향에 대한 검토 이외에 과거 고조의 실태, 태풍과 조위의 관계 등에 대해서도 검토하여 설계

1.5 제방안정 관련 프로그램 소개



[그림 1.20] 제방 안정성 검토 흐름도

1.5.1 프로그램 소개

(1) 침투해석프로그램(SEEP/W)

1) 특　　징

- 유한요소법(FEM)
- 정상상태 및 비정상상태 흐름해석
- 2차원(축대칭 및 평면해석)

- 침윤선 및 유선망(Flow-Net) 작성
- 침투유량, 수압, 동수경사 해석

2) 적용이론

- Bishop의 간편법
- 기본적인 지배공식은 Darcy의 법칙
- 흙의 성질을 포함한 응력의 변화를 고려

(2) 비탈면안정프로그램(SLOPE/W)

1) 특 징

- 안전율 계산
- 간극수압 계산
- 파괴 활동면 계산

2) 적용이론

- 사면안정 검토에서는 절편법을 이용한 Bishop의 간편법

(3) 압밀침하해석프로그램(DECALTO)

1) 특 징

- 점성토층, 사질토층, 암반층의 압밀침하계산
- 사질토의 즉시침하, 풍화암층의 침하계산

2) 적용이론

- 일차압밀 이론

2. 호 안

호안의 내용

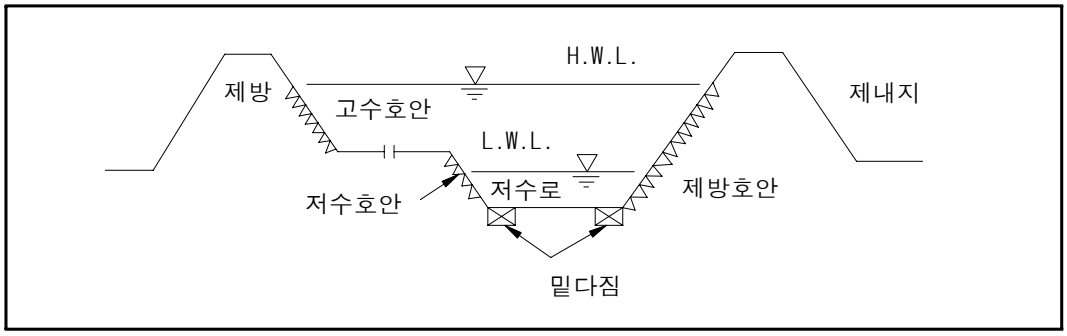
1. 정의 및 개요
2. 일반사항
3. 범위 및 내용
   - 용어의 정의 및 종류
   - 호안설계의 세부설계 내용
   - 비탈덮기의 종류 및 특징
   - 비탈멈춤(기초) 및 밑다짐 종류 및 특징
   - 호안파괴 원인 및 대책

본 장에서는 하천제방 및 하안을 유수에 의한 파괴와 침식으로부터 직접보호하기 위해 제방에 설치되는 호안의 종류 및 일반적인 사항과 설계에 필요한 공법 등의 결정방법 그리고 자연형 호안공법 및 호안 파괴의 원인 및 대처방안에 대해 언급하였음

2.1 정의 및 개요

(1) 제방 또는 하안을 유수에 의한 파괴와 침식으로부터 직접 보호하기 위해 제방 앞비탈에 설치하는 구조물

(2) 호안은 계획홍수위 이하 제방 및 하안에 설치함



[그림 2.1] 호안의 설치위치별 종류

2.2 일반사항

(1) 호안의 설계

1) 호안은 최소 경비로 최대목적을 달성할 수 있도록 호안구성요소(비탈덮기, 기초, 비탈멈춤, 밑다짐)의 적절한 조합으로 설치함

2) 호안설계시 고려사항

① 사용재료의 확보 용이성 ② 공사비의 절감

③ 시공상의 용이성 ④ 공사기간의 단축

⑤ 유수에 대한 조도(roughness) ⑥ 세굴에 대한 굴요성(掘撓性, flexibility)

⑦ 내마모성 ⑧ 내구성

(2) 호안 각 부분의 기능 및 역할

1) 비탈덮기 : 제방 또는 하안의 비탈면을 보호하기 위해 설치하는 것으로 하상의 수리조건, 설치 장소, 비탈면경사 등에 의해 종류 및 재료를 선정함

2) 기초 : 비탈덮기의 밑부분을 지지하기 위해 설치함

3) 비탈멈춤 : 비탈덮기의 활동과 비탈덮기 이면의 토사 유출을 방지하기 위해 설치함 (기초의 역할 가능)

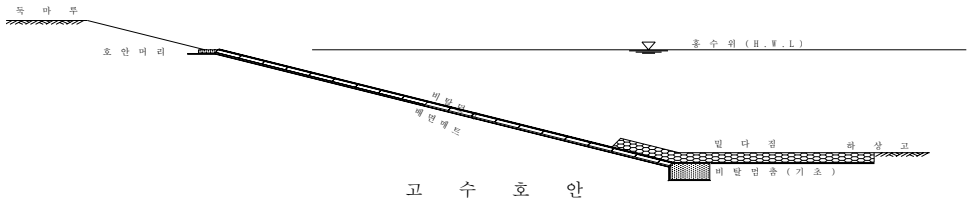
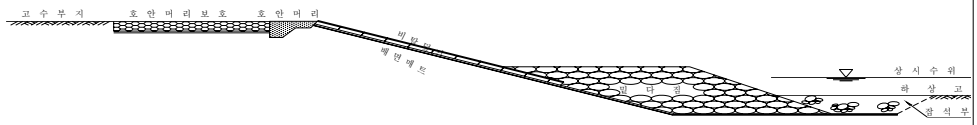
4) 밑다짐 : 비탈멈춤 앞쪽 하상에 설치하여 하상세굴을 방지함으로써 기초와 비탈덮기를 보호

5) 호안머리 : 비탈덮기의 상단을 견고하게 마무리하는 것

6) 호안머리 보호공 : 저수호안 상단과 고수부지를 접합 시키고 저수호안이 유수에 의해 이면에서 파괴하지 않도록 보호

(3) 호안의 종류(설치 위치별)

<표 2.1> 설치위치에 따른 호안의 종류 및 특징

호안의 종류	호 안 특 징	비고
고수호안	· 제방이 복단면일 경우 고수부지 위의 앞비탈을 보호하기 위해 설치함  고 수 호 안	
저수호안	· 저수로에 발생하는 난류를 방지하고 고수부지의 세굴방지를 위해 설치 · 평상시 및 홍수시 수중에 잠기므로 세굴에 대한 배려 필요  저 수 호 안	
제방호안	· 제방과 저수로 하안을 일체로 해서 보호해야 하는 경우에 설치 · 고수호안과 저수호안이 일체화된 것	

(4) 호안설치 위치와 연장

1) 호안의 설치위치, 연장 및 호안공법은 하도내의 수리현상, 세굴, 퇴적 등을 고려하여 결정

<표 2.2> 하도 분류별 수리특성 및 호안설치 연장

하 도	수 리 특 성			하 상 재 료	설치연장
	유속(m/sec)	소류력(t/m^2)	하상경사		
급 류 부	3.0 이상	1/150 이상	1/200 이상	굵은자갈이 대부분	전면설치
준급류부	3.0 ~ 2.0	1/150 ~1/200	1/200 ~1/1,000	모래자갈과 잔자갈이 소량존재	
준완류부	2.0 ~ 1.0	1/200 ~1/300	1/1,000 ~1/2,000	자갈과 모래혼합	부분설치
완 류 부	1.0 이하	1/300 이하	1/2,000 이하	주로 모래	

주) 완류 하천의 비수충구간은 식물자생 등을 고려한 환경호안을 우선하여 설계

2) 호안설치에 따라 수충부가 이동할 수 있으므로 호안 설치구간을 충분히 함

3) 호안설치 접합부는 조도의 차이로 인한 세굴이 발생할 수 있으므로 호안의 시점 및 종점의 접합부는 순응성(굴요성)이 좋은 재료의 호안 또는 띠장을 설치함

4) 도시하천에서 비탈경사가 1:2.0 이상일 때에는 수리특성에 관계없이 전구간에 설치(콘크리트 호안은 지양, 환경호안 채택)

5) 하천 구조물(교량, 보, 낙차공 등)의 호안 설치구간

① 대규모 하천 : 상·하류 각각 20m이상

② 소규모 하천 : 상·하류 각각 10m이상

- 대규모 하천은 계획홍수량(Q)이 5,000㎥/sec이상이거나 국가하천정도의 규모, 소규모 하천은 계획홍수량이 5,000㎥/sec미만이거나 지방하천정도의 규모를 말함

6) 고수부지의 포락이 예상·진행되어 제방의 안전에 영향 주는 구간에는 저수호안을 설치하고, 홍수시 저수호안의 침식 및 유실 방지를 위하여 호안머리보호공 설치

7) 수류의 충돌로 인해 파랑이 심하게 발생되는 합류부에 설치함

8) 기타 세굴 및 포락이 진행중이거나 예상되는 지점에 설치함

(5) 호안법선 결정

1) 호안법선은 하천의 개수계획(하천정비기본계획, 소하천정비종합계획)에 의해 정해지지만 설치시에 인근 하천과 하상 상태를 고려하여 계획법선의 타당성 검토

2) 저수호안법선은 저수시의 흐름방향에 적합하게 결정해야 하지만 홍수시에 유수는 직진 하는 경향이 있으므로 홍수시 흐름방향을 고려해서 결정

3) 보, 수문 등의 구조물에 연결되는 호안은 와류(渦流) 현상과 사수역이 발생하지 않도록 설계

4) 경제적 측면 고려(일반적으로 호안이 하천중심부로 나올수록 공사비가 높아지므로 법선형을 고려하여 제방쪽으로 들여서 설치하는 것이 경제적)

5) 급류하천에서 호안법선은 직선에 가까운 것이 좋으나 완류하천에서는 어느 정도의 굴곡이 수로유지상 필요함

2.3 용어 정의 및 종류

(1) 고수호안 : 하천이 복단면일 경우 고수부지 위의 앞비탈을 보호하기 위해 설치하는 호안

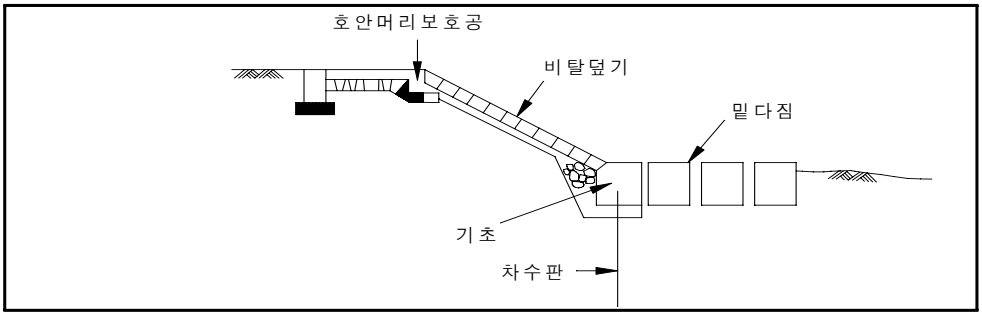
(2) 저수호안 : 저수로에 발생하는 난류를 방지하고, 고수부지의 세굴을 방지하기 위해 설치 하는 호안

(3) 제방호안 : 단단면하도, 고수부지 폭이 좁은 복단면 및 제방과 저수로 하안을 일체로 해서 보호해야 하는 경우 저수호안과 고수호안이 일체화된 호안

(4) 비탈덮기 : 유수, 유목 등에 대해 제방 또는 호안의 비탈면을 보호하기 위하여 설치 하는 것

(5) 기초 : 비탈덮기의 밑부분을 지지하기 위해 설치하는 것

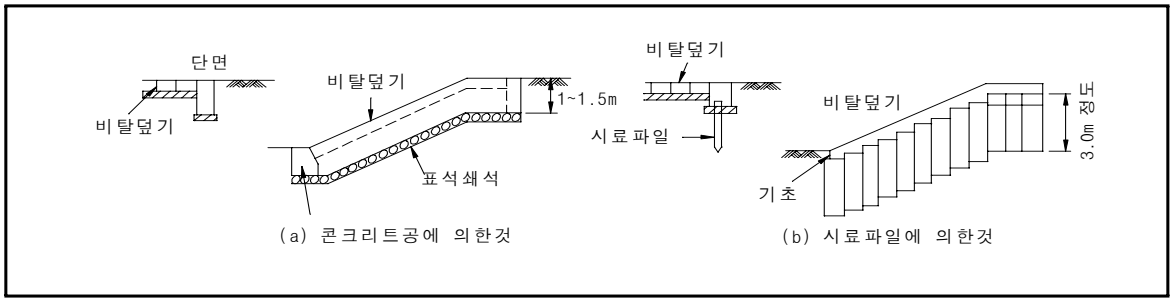
(6) 밑다짐 : 비탈멈춤 앞쪽 하상에 설치하여 하상세굴을 방지하고 기초와 비탈덮기를 보호 하기 위하여 설치하는 것



[그림 2.2] 호안의 구조

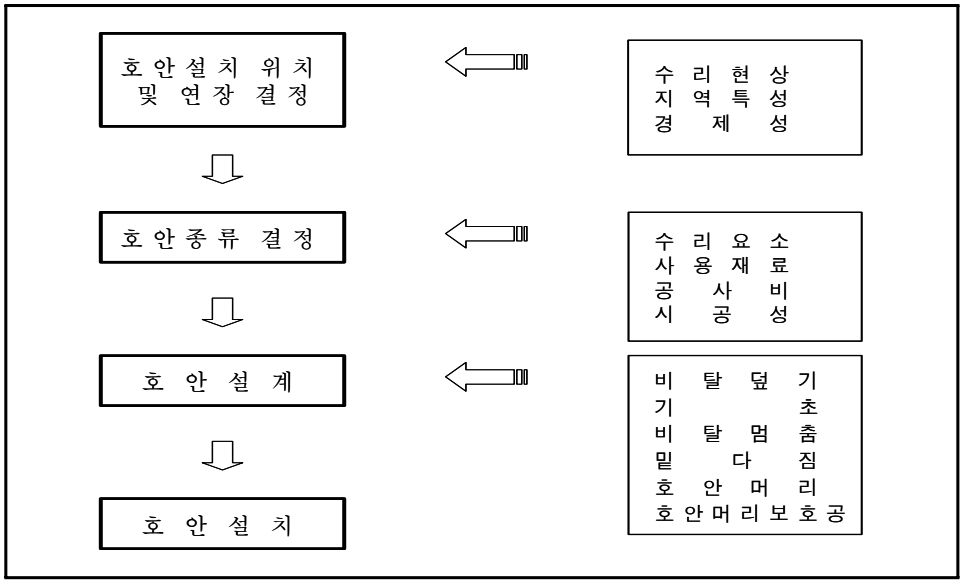
(7) 수충부 : 단면의 축소부, 만곡부의 바깥 제방과 같이 흐름에 의해 충격을 받는 지역

(8) 비탈멈춤 : 비탈덮기의 움직임을 막고 토사유출을 방지하기 위해 시공하는 것



[그림 2.3] 비탈멈춤공

2.4 세부 설계



[그림 2.4] 세부 설계 흐름도

(1) 비탈덮기

1) 비탈덮기의 종류, 설치장소의 수리조건, 지형 등을 고려한 호안 설치높이 결정 (설치 구간의 소류력 검토 후 호안의 종류 선택)

2) 제방둑마루까지 호안을 설치하는 경우

① 특별히 중요한 제방

② 파랑이 발생하는 장소

③ 급류하천(수면경사 1/200이상)

④ 제방높이 2.0m 미만의 산지부 계곡하천

⑤ 고조의 영향을 받는 하구부

⑥ 굴곡이 심한 만곡부 외안측

3) 기 제시된 소류력공식 등을 이용하여 소류력 검토 후 허용값에 맞는 공법 선정

<표 2.3> 호안종류별 허용소류력

호 안 의 종 류	허 용 소 류 력(kg/m^2)
평떼	2.0
바자안의 굵은 모래	1.0
바자안의 자갈	1.5
바자 (流水에 竝行 혹은 비스듬할 때)	6.0
섶 호안	7.0
돌붙임 (비탈 1:1, 두께 0.3m)	16.0
큰사석	24.0
돌쌓기(메쌓기)	60.0
콘크리트벽	60.0
틀 공	150.0 까지

주) Schoklitsch의 발표에 의함.

4) 비탈덮기의 경사 및 비탈덮기 구조와 높이 설계

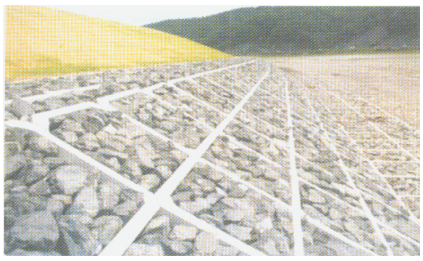
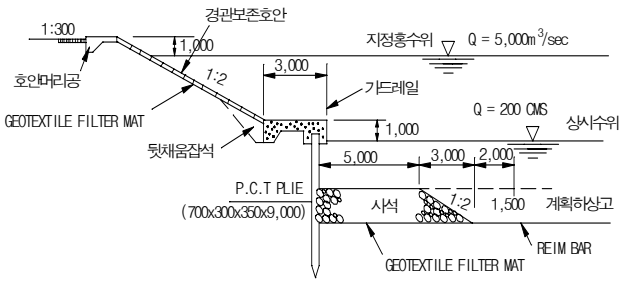
<표 2.4> 비탈덮기 구조와 높이에 따른 비탈경사

비탈덮기 구조		비탈덮기 연직높이(m)	비탈경사	비 고
식 생 공		사면안정 규모	1 : 2.0 이상	
돌 쌓 기 콘크리트블록쌓기	찰 쌓 기	3 이상 ~ 5 미만	1 : 0.5 이상	
		3 미만	1 : 0.3 이상	
	메 쌓 기	3 미만	1 : 1.0 이상	
돌 붙 임 콘크리트블록붙임	찰 쌓 기	-	1 : 1.5 이상	
	메 쌓 기	3 미만	1 : 2.0 이상	
돌망태 붙임 콘크리트 붙임		3 이상	1 : 2.0 이상	
		3 미만	1 : 1.5 이상	
콘크리트 방틀		-	1 : 1.5 이상	

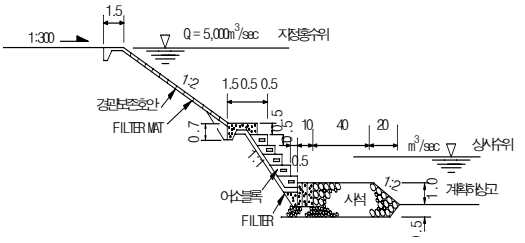
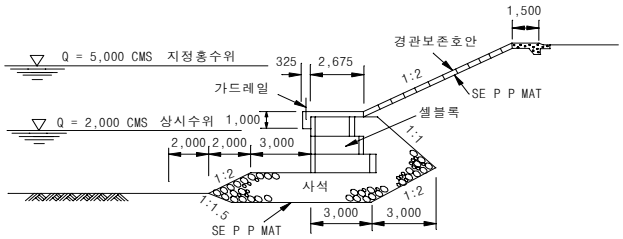
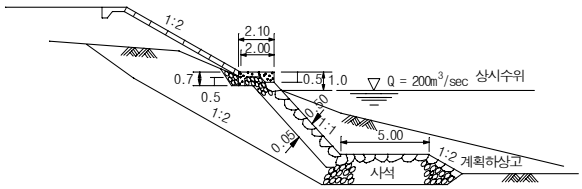
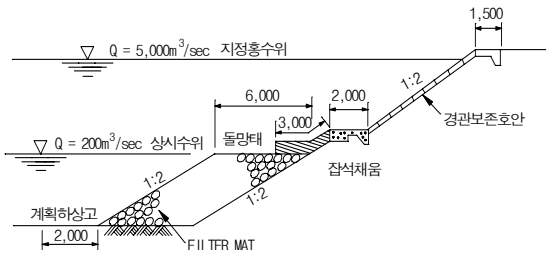
주) 하천설계기준 2005. 건설교통부

5) 대표적인 비탈덮기의 종류 및 특징

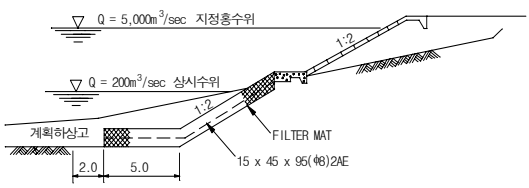
<표 2.5> 대표적인 비탈덮기의 종류, 특징 및 시공예

종 류	장 점	단 점	비 고
식 생 공	· 식물재를 이용한 친환경 공법 · 경제성 및 유지관리 유리	· 비수충부 구간에 설치가능 · 단기적(활착기간) 유실대책 필요 · 지역적 특성에 맞는 식생의 제한	
돌채움 비탈 방틀공	· 유속 및 소류력이 큰 구간에 설치	· 급경사(1:2 이하)에 사용제한 · 유지 · 관리 비용 많이 듬	
			
콘크리트붙임 및 블록공	· 가장 보편적으로 사용 · 유지 · 보수 용이	· 배면토사유출시 파괴 및 유실우려 · 자연환경에 악영향	
파 일 공	· 조석의 영향을 많이 받아 상시 수위 변화가 많은구간에 적합 · 비탈덮기와 기초의 기능 동시 발휘	-	
			

<표 2.5> 대표적인 비탈덮기의 종류, 특징 및 시공예 (계속)

종 류	장 점	단 점	비 고
어소콘크리크 블록공	· 호안의 치수적기능 및 생물의 서식처 기능 겸비	–	
			
콘크리트셀 블록공	· 비탈덮기와 기초의 기능 동시 발휘	· 기초지반의 침하가 발생되지 않는 구간에 설치	
			
돌붙임, 돌쌓기공	· 비탈경사가 급한(1:1이상)호안에 사용 · 유속 및 소류력이 큰 구간에 사용	· 재료비가 비쌈 · 재료의 확보가 어려움	
			
사 석 공	· 수심이 깊고 세굴이 많이 발생하는 지역에 사용 · 설치장소의 유속에 따라 사석두께(중량) 유동적	· 재료비가 비쌈	
			

<표 2.5> 대표적인 비탈덮기의 종류, 특징 및 시공예 (계속)

종 류	장 점	단 점	비고
돌 망 태	· 표면의 조도가 크고, 굴요성이 우수하여 작업이 용이함 · 급류하천, 응급공사, 임시공사에 많이 사용 · 내구성이 우수	· 철선부 위 오물질로 미관불량 · 재료의 확보가 어려움	
			
다공질 호안	· 다양한 재료를 이용해 비탈면 보호 · 유속에 따른 피복재의 종류 선정 · 시공의 간편성으로 공기단축	· 유속이 빠를시 유실 가능성 있음 · 와류 및 국부적인 유속에 대해 보완	

6) 호안재료별 공법종류 및 특징

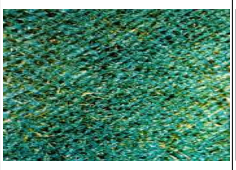
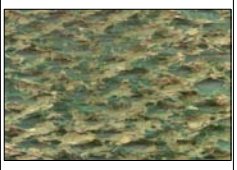
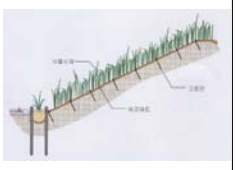
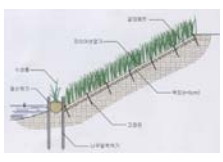
<표 2.6> 호안재료별 공법종류 및 특징(자연재료활용호안공법)

종류 / 구분	1. 타원형돌망태	2. 사각형돌망태	3. 돌붙임 (1:1 이하)	4. 거석쌓기 (1:1 이상)	5. 조경석 쌓기
조감도					
안정성	허용유속(m/s)	허용유속(m/s)	허용유속(m/s)	허용유속(m/s)	허용유속(m/s)
	5.0	5.0	4.0	7.0	7.0
	허용소류력(kg/㎡)	허용소류력(kg/㎡)	허용소류력(kg/㎡)	허용소류력(kg/㎡)	허용소류력(kg/㎡)
	20	20	20	60	20

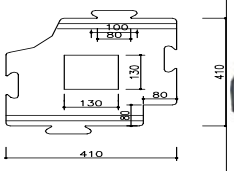
<표 2.6> 호안재료별 공법종류 및 특징(자연재료활용호안공법) (계속)

구분 \ 종류	1. 타원형돌망태	2. 사각형돌망태	3. 돌붙임 (1:1 이하)	4. 거석쌓기 (1:1 이상)	5. 조경석 쌓기
특 징	-	-	• 돌을 사용하므로 내구성이 우수하고, 수충부에 적합하며, 미관은 비교적 양호	• 돌을 사용하므로 내구성이 우수하고, 수충부에 적합하며, 미관은 비교적 양호	• 적당한 간격으로 석재를 배치하여 호안공사를 하는 공법으로 비탈경사가 1:1보다 급한 경우에 사용
장 점	• 굴요성 • 시공사례 풍부	• 복토 후 식재가능 • 세굴에 의한 굴요성 극대화 • 최적단면 사용으로 자연자원 활용의극대화 • 큰 투수성으로 인한 배면 수압 극소화 • 구조적인 형태로 인한 내마모성, 재료의 내구성 극대화	• 내구성이 좋다. • 유속이 비교적 빠른 하천에 적합 • 시공성 양호	• 내구성이 좋다. • 유속이 비교적 빠른 하천에 적합 • 시공성 양호	• 내구성이 강함 • 하천구조물의 안정성 확보 • 공사방법에 따라 하천에 다양한 경관을 제공
단 점	• 식생곤란 • 채움돌 구입이 어려움	• 홍수시 비닐 등 부유물질 등이 걸릴 우려가 있음. • 채움돌 구입이 어려움	• 재료구득이 어려움. • 상대적으로 공사비 고가	• 재료구득이 어려움. • 배면토사 흡출 등에 의한 붕괴 우려	• 시공기술자의 시공 능력에 따라 공사품질 차이가 현저함
검 토	• 호안 밑다짐용 활용 • 준 급류부 하천에 적합 • 1:1.5~2.0경사	• 도심지를 제외한 농촌지역 하천의 고수호안으로 적합함. • 준 급류부 하천에 적합 • 1:1.5~2.0경사	• 유속이 빠른 중소규모 하천의 고수호안으로 적합 • 준 급류부 하천에 적합 • 1:1.5~2.0경사	• 유속이 빠른 소규모 하천의 고수호안으로 적합 • 준 급류부 하천에 적합 • 1:0.5~1.0경사	• 도심지 구간의 준급류부 하천에 적합 • 도심구간 하천에 적합 • 1:1.0경사
적 용	• 중소규모 하천	• 중소규모 하천	• 중소규모 하천	• 소규모 하천	• 소규모 하천

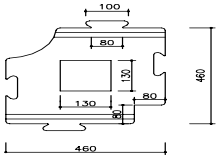
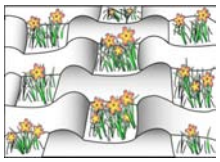
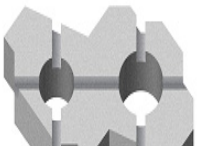
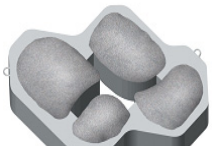
<표 2.7> 호안재료별 공법종류 및 특징(식생재료(매트형)호안공법)

구분 \ 종류	1. 떼붙임	2. 그린매트	3. 자연식생매트	4. 에코매트	5. 갈대매트
조감도					
안정성	허 용 유 속(m/s)	허 용 유 속(m/s)	허 용 유 속(m/s)	허 용 유 속(m/s)	허 용 유 속(m/s)
	-	3.0 이하	3.0 이하	5.0 이하	3.0 이하
	허용소류력(kg/㎡)	허용소류력(kg/㎡)	허용소류력(kg/㎡)	허용소류력(kg/㎡)	허용소류력(kg/㎡)
	-	15 이하	15 이하	15 이하	-
장 점	• 조기시공 가능 • 경제성 우수 • 재료구득 용이	• 인체와 토양에 무해한 특수 나일론 원료 • 공극률 90%이상의 입체적 구조 • 식물과 매트, 지표면이 하나의 식생대로 조성되어 법면의 침식방지와 재해예방 • 가볍고 탄력있어 시공 용이 • 경제성이 우수함	• 시공성 및 경제성이 비교적 저렴 • 소재의 탄력성으로 유수의 충격을 흡수하여 사면을 보호 • 친환경소재로 폐기물이 전혀 없음 • 양호한 식생환경 조성	• 유속이 비교적 빠른 수변의 침식방지 • 유수와 함께 떠내려오는 미사를 흡착하므로 별도의 복토공사 불필요 • 매트부에 의한 침식방지효과로 토립자의 흡출방지	• 기존 포기심기에 비해 활착율이 높고 뿌리 엉김이 활발하여 호안의 침식 및 세굴 예방에 유리 • 귀화식물 침입에 의한 피해를 최소화
단 점	• 유속이 큰 곳에 불리함	• 유속이 큰 곳에 불리함	• 유속이 큰 곳에 불리함	• 시드스프레이 녹화로 수종 및 시공시기에 제약이 따름	• 유속이 큰 곳에는 적용 불가능
검 토	• 제외지사면 상단부의 물이 닿지 않는 곳, 제내지 사면부에 적합	• 하안침식방지를 위한 밑다짐공 필요 • 수생공간 확보 • 완류부 하천에 적합 • 1:2.0~3.0경사	• 하안침식방지를 위한 밑다짐공 필요 • 수생공간 확보 • 완류부 하천에 적합 • 1:2.0~3.0경사	• 완류부 자연형하천 조성에 적합 • 수생공간 확보 • 완류부 하천에 적합 • 1:2.0~5.0경사	• 완류부 자연형하천 조성에 적합 • 고수부지 식생에 적합 • 완류부 하천에 적합 • 1:3.0~5.0경사
적 용	• 중소규모 하천의 제외지사면 상단부	• 하구부 구간 • 대규모 하천	• 대규모 하천	• 중소규모 하천	• 중소규모 하천

<표 2.8> 호안재료별 공법종류 및 특징(콘크리트블럭호안공법)

구분 \ 종류	1. 헥사그린블럭	2. 환경식생블럭	3. 생태블럭 1형	4. 생태블럭 3형	5. 환경블럭
조감도					
안정성	허 용 유 속(m/s)	허 용 유 속(m/s)	허 용 유 속(m/s)	허 용 유 속(m/s)	허 용 유 속(m/s)
	3.0 이상	5	5	5	5
	허용소류력(kg/㎡)	허용소류력(kg/㎡)	허용소류력(kg/㎡)	허용소류력(kg/㎡)	허용소류력(kg/㎡)
	20 이상	20 이하	20 이하	20 이하	20 이하
특 징	• 특허 제 0417199호	• 실용신안 제0235681호	• 실용신안 제0274527호	• 실용신안 제0219116호	• 의장등록 제0320116호
장 점	• 홍수작용시 6면접합 부중 3면으로 분산 • 7개의 돌기로 조도계수증가로 유속완화 • 구조적 안정성과 많은 식생공간확보 • 7개의 자연석돌기로 폭기현상 발생, 수질의 자정기능제고 • 벌집구조상 만곡부 시공이 용이	• 상하좌우 인터로킹 및 유속감소턱 특수구조로 안전도가 높음 • 부분적인 블럭 이탈시 블럭 교체 용이 • 자생적 식생활착으로 수질정화 기능과 유속저감 효과	• 제품내 공극은 물론 연결부 공극에도 토사를 충진시켜 원지반과의 연속성 확보 • 블럭간의 연결 일체화로 굴요성 및 안정성 탁월	• 하천의 선형변화에 따른 종단, 횡단커브에 대한 적용성 • 시공 완료 후 계단형상이 되므로 친수성 뛰어남	• 중량이 가벼워 시공이 용이 • 블럭간의 맞물림 작용으로 홍수시 호안보호 효과 극대화
단 점	• 중량이 크므로 장비시공 • 공사비 다소 고가	• 일부 블럭이탈시 연속적인 이탈우려 • 만곡부 시공 불리 • 급류부에 불리	• 공사비 다소 고가	• 공사비 다소 고가	• 급격한 곡선부는 몰탈처리
검 토	• 침식방지에 효과가 큼 • 자중에 의한 안정화 • 준 급류하천에 적합 • 1:2.0~3.0경사	• 블럭간 연결성 취약 • 수세 감세효과 • 준 완류부하천에 적합 • 1:1.5~2.0경사	• 굴요성 • 자중에 의한 안정성 • 준 완류부하천에 적합 • 1:1.0~2.0경사	• 굴요성 • 만곡부 호안 유리 • 준 완류부하천에 적합 • 1:1.0~2.0경사	• 일부 블럭 이탈시 연속적인 이탈우려 • 만곡부 호안 불리 • 완류부 하천에 적합 • 1:1.5~2.0경사
적 용	• 대규모 하천	• 중소규모 하천	• 중소규모 하천 • 대규모 하천	• 중소규모 하천	• 중소규모 하천

<표 2.8> 호안재료별 공법종류 및 특징(콘크리트블럭호안공법) (계속)

종류 / 구분	6. 황토환경블럭	7. 환경심볼블럭	8. 친환경형 자연생태 섬유틀공	9. 수로형식생블럭	10. 자연형식생블럭
조감도					
안정성	허 용 유 속(m/s)	허 용 유 속(m/s)	허 용 유 속(m/s)	허 용 유 속(m/s)	허 용 유 속(m/s)
	5	5.0 이하	5	2.5	2.5
	허용소류력(㎏/㎡)	허용소류력(㎏/㎡)	허용소류력(㎏/㎡)	허용소류력(㎏/㎡)	허용소류력(㎏/㎡)
	20 이하	20 이하	20 이하	20 이하	20 이하
특 징	• 실용신안(제0235681호),조성물특허(황토소재)	• 실용신안 제0324954호, 의장 제0342101호	• 건설신기술 167호,발명특허 0290334호	• 의장등록 제0339300호	• 의장등록제 0339299호
장 점	• 상하좌우 인터로킹 및 유속감소턱 특수구조로 안전도가 높음 • 천연소재로 하천자연환경복원 • 무독성 천연재료로 수중새태계 보호 및 복원 • 황토본래의 색상과 질감으로 주변환경과의 조화	• 상부에 필요한 문양 삽입 • 중량이 가벼워 시공용이 • 블럭간 맞물려 엇갈리게 설치되어 구조적 안전도가 높음	• 상하좌우 전면이 일체로 연결시공 되어 침식과 세굴에 저항력이 큼 • 주변자연환경과 조화된 식생사면 조성 • 어패류,조류,곤충류 등 수변동식물 서식환경 조성	• 맞물림구조로 구조적으로 안전 • 블럭상부에 수로형성으로 표면수를 효과적으로 분산 • 충분한 식생공간이 확보됨.	• 연결볼트로 블럭의 일체화 • 충분한 식생공간이 확보됨. • 하천의 식생대 조성으로 하천환경복원
단 점	• 일부 블럭이탈시 연속적인 이탈우려 • 재료비 다소 고가 • 급류부에 불리	• 일부 블럭이탈시 연속적인 이탈우려 • 만곡부 시공 불리 • 급류부에 불리	• 시공시 레미콘 트럭 출입용 도로 필요 • 소량시공 곤란(섬유제 가공)	• 일부 블럭이탈시 연속적인 이탈우려	• 시공비 다소 고가
검 토	• 블럭간 연결성 취약 • 독특한 소재(황토) 사용 • 준완류부 하천에 적합 • 1:1.5~2.0경사	• 지역적 특성의 문양 삽입(홍보효과) • 블럭간 연결성 취약 • 준 완류부 하천에 적합 • 1:1.5~2.0경사	• 유지보수 곤란 • 일체성 • 완류부 하천에 적합 • 1:1.5~2.0경사	• 블럭간 연결성 취약 • 수세 감세효과 • 완류부 하천에 적합 • 1:1.5~2.0경사	• 굴요성 확보 • 자중에 의한 안정성 • 준 급류부 하천에 적합 • 1:1.5~2.0경사
적 용	• 중소규모 하천	• 중소규모하천	• 중소규모 하천	• 중소규모 하천	• 중소규모 하천 • 대규모 하천

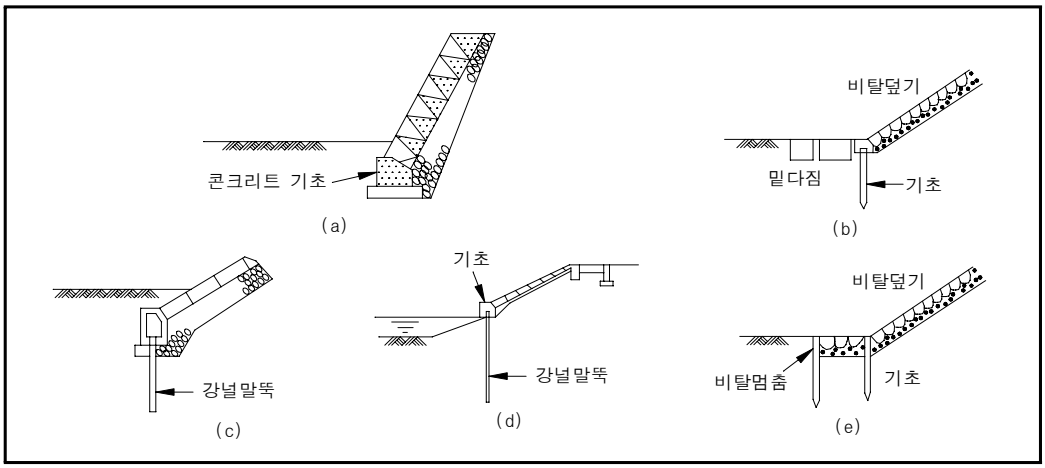
<표 2.9> 호안재료별 공법종류 및 특징(다공질콘크리트블럭호안공법)

구분 \ 종류	1. 지오그린셀	2. 지오그린 생태옹벽블럭	3. 그린피아생태블럭	4. 그린피아옹벽블럭	5. 호안생태블럭 I 형
조감도					
안정성	허 용 유 속(m/s)	허 용 유 속(m/s)	허 용 유 속(m/s)	허 용 유 속(m/s)	허 용 유 속(m/s)
	4.0 이하	5.0 이하	5	7	6.0 이하
	허용소류력(kg/㎡)	허용소류력(kg/㎡)	허용소류력(kg/㎡)	허용소류력(kg/㎡)	허용소류력(kg/㎡)
	24 이하	60 이하	20	50 이하	20 이하
특 징	• 특허 제0322869호, 신기술 제1190호	• 특허 제0322868호, 신기술 제1190호	• 실용신안 제 0324510호	• 실용신안 제0324510호,의장 제0349133호	• 실용신안등록, 의장등록
장 점	• 전면녹화 • 상하좌우 인터로킹 특수구조로 안전도 높음 • 우수한 통기성이 건강한 토양을 형성 • 전면녹화에 의한 풀의 완충력에 의해 계안침식 및 세굴방지 효과	• 저수호안 및 친수성 확보 • 하천 수충부 세굴방지 및 침식방지 • 어소블럭 공간의 어류 산란처 및 서식처제공 수상 육상 생태먹이사슬 연계	• 블럭간 맞물려 엇갈리게 설치되어 구조적 안전도가 높음 • 전면녹화가능으로 자연친화적공간 조성 • 미세한 다공형성으로 물의 흡수력 뛰어남 • 공기의 소통이 원활하여 생태유리	• 엇갈리게 고정핀으로 설치하여 안전도 높음 • 어소공간으로 인하여 서식,산란장소 제공 • 다공성구조로 미생물의 활착이 가능하여 수질정화 기능과 라운딩처리로 유속의 저감효과	• 1개당 1㎡의 대형블럭이므로 시공성우수 • 충분한 식생공간확보 • 서식산란처 제공하여 생태계복원
단 점	• 식생의 시기에 따른 공기조절 필요 • 전면녹화를 위한 녹화공정작업 필요	• 식생식물의 초기관리 필요(관수) • 가격 고가	• 일부 블럭이탈시 연속적인 이탈우려 • 만곡부 시공 불리 • 급류부에 불리	• 공사비 고가	• 일부 블럭 일탈시 연속적인 이탈 우려
검 토	• 양호한 식생환경 조성 • 동결에 대한 안정성 확보 • 준급류부 하천에 적합 • 1:1.5~2.0경사	• 통수단면 유리 • 동결에 대한 안정성 확보 • 준급류부 하천에 적합 • 1:0.3~0.5경사	• 동결에 대한 안정성 • 식생환경 양호 • 완류부 하천에 적합 • 1:1.5~2.0경사	• 다공성매질 사용으로 식물활착 효과 큼 • 동결에 대한 안정성 • 완류부 하천에 적합 • 1:1.5~2.0경사	• 건식블럭 • 식생공간 충분 • 급류부 하천에 적합 • 1:1.5~2.0경사
적 용	• 중소규모 하천	• 중소규모 하천	• 중소규모 하천	• 중소규모 하천	• 중소규모 하천 • 대규모 하천

(2) 비탈멈춤(기초)

1) 비탈덮기의 종류, 하천의 경사, 수충 및 하상세굴 등을 고려하여 설계

2) 지반이 양호할 때에는 직접기초로, 연약할 때는 말뚝 기초나 강널말뚝 등을 적용



[그림 2.5] 비탈멈춤(기초)의 시공 예

3) 기초와 밑다짐의 병행시는 밑다짐이 이동함에 따라 기초가 파괴될 우려가 있으므로 분리 설치하도록 함

4) 기초의 바닥 깊이는 계획하상에서 최소50cm 이상으로 유지(중소하천은 0.5m이상, 대하천은 1.0m이상)

5) 기초바닥 깊이를 더 깊게 해야 하는 곳

① 수충부로서 깊은 세굴이 예상되는 곳

② 보 및 낙차공, 교량 등의 상·하류

③ 첩수로, 방수로 등 하상저하가 예상되는 곳

④ 홍수시 일시적인 세굴 깊이가 1.0m 이상인 곳

- 단, 비탈멈춤공(기초)과 밑다짐공(돌망태 등)의 병행설치시는 근입 깊이를 최소화할 수 있음

6) 홍수시 일시적 세굴 깊이를 고려하여 결정

<표 2.10> 하상재료 및 유속에 따른 홍수시 일시적 세굴 깊이

하 상 재 료	홍수시 하안의 유속			비 고
	3m/sec 이상	2~3m/sec	2m/sec 미만	
조약돌 이상의 입경	1.0m	0.5m	-	조약돌 : 10cm~15cm
자갈 정도의 입경	1.5m	1.0m	0.5m	자갈 : 2cm~7.5cm
잔자갈 정도의 입경	-	1.5m	1.0m	잔자갈 : 0.2cm~1.5cm

7) 기초의 형상은 비탈덮기를 지지하도록 장방형 단면으로 설치하고, 세굴에 의한 파괴가 예상되는 곳은 직방향의 직사각형 구조로도 가능

8) 직접기초는 무근구조를 원칙으로 하며, 경우에 따라서 철근을 배근(주철근 - D16, 배력근 - D13, 철근 중심거리 20cm간격)

9) 현장타설이 곤란할 경우에는 외부에서 제작가능(침하 등을 고려하여 기초지면에 잡석 등을 부설)

(3) 밑다짐

1) 밑다짐은 제방 및 비탈덮기의 안정에 중요한 역할을 하므로 전구간에 설치함(하상변동조사, 현지조사, 주민탐문 등을 통하여 퇴적구간(하천 합류부, 하폭의 급확대 구간, 비수충구간 등)은 제외)

2) 밑다짐의 조건

① 소류력에 견딜 것

② 하상변화에 대해 순응성(굴요성)을 가질 것

③ 시공이 용이할 것

④ 내구성이 좋을 것

3) 밑다짐의 폭은 하상의 수리특성, 세굴, 침하정도 등으로 결정

① 급류 및 준급류 하천 : 4m 이상

② 하상변동이 심한 대하천 : 10~20m

③ 완류 및 준완류부, 소하천 : 2~12m

<표 2.11> 홍수시 유속에 따른 밑다짐 폭

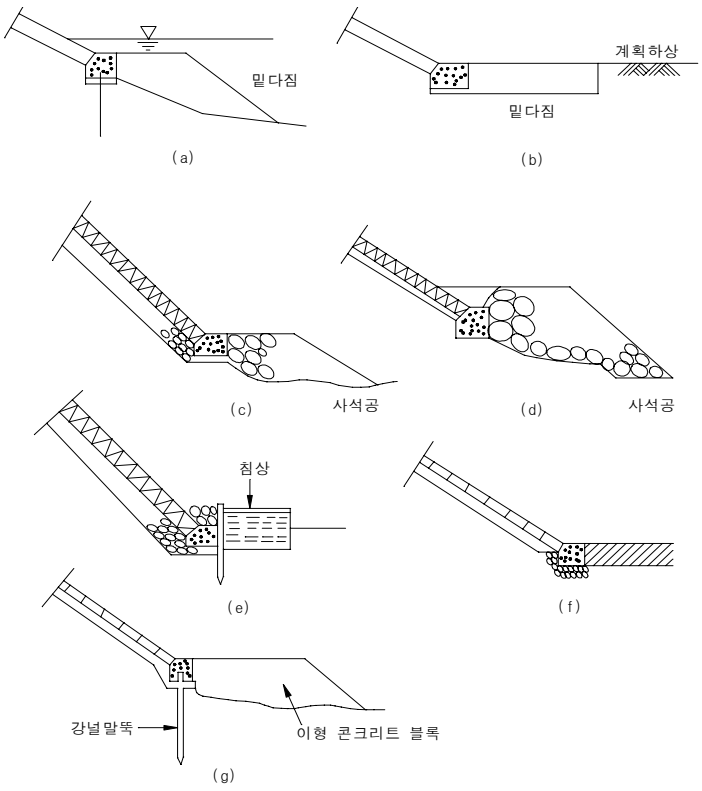
구 분	홍수시 단면평균 유속		
	2m/sec 미만	2~4m/sec	4m/sec 이상
밑 다 짐 의 폭	2~10m	4~12m	6m 이상

4) 밑다짐의 상단높이는 계획하상고(현 하상고가 계획하상고보다 낮을 경우에는 현 하상고) 이하로 설계(저수로 폭이 좁은 하천에서는 예외)

5) 밑다짐의 종류 및 특징

<표 2.12> 밑다짐의 종류 및 특징

종 류	장 점	단 점	비 고
콘크리트 블럭공	• 내구성, 굴요성 우수 • 3단이상, 최소 30kg/개 이상으로 블록을 결속하여 치수적으로 유리	• 하천생태계 및 경관에 불리 • 공사비가 비싸다(최소폭3m, 블록상단 높이는 계획하상고 이하)	
사 석 공	• 시공이 간단 • 내구성, 굴요성이 우수 • 수심이 깊고 세굴이 발생하는 지역에 설치	• 재료의 확보가 어려움 • 공사비가 비싸다	
돌망태공	• 굴요성이 우수하고, 작업이 용이함 • 비탈덮기를 연장하여 밑다짐 겸용 • 내구성이 우수	• 철선부 위 오물질 및 이물질로 우수 소통을 저해 • 재료확보에 어려움	
침상공 (방틀공)	• 수리특성에 맞는 다양한 재료 • 하상변동 및 침식이 심한 육상 및 수중에 시공가능	• 곡선부 및 이음부의 밀착이 어려움	

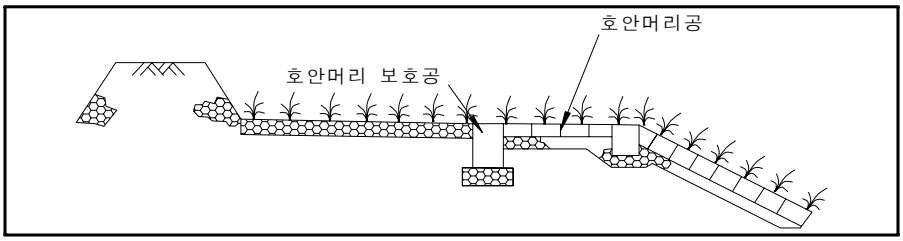


밑다짐 시공사례

[그림 2.6] 밑다짐의 시공 예

(4) 호안머리공(호안머리 보호공)

1) 홍수시 유수에 의한 저수호안의 침식을 방지하기 위해 호안머리 및 호안머리 보호공을 설치함
2) 홍수시 큰 유속은 호안머리 및 호안머리 보호공의 유실 및 기초공의 파괴를 유발 하므로 저수호안의 천단부분을 보호하기 위해 설치함
3) 호안머리공의 공법은 기초공 또는 비탈멈춤공과 같은 종류의 공법 적용
4) 호안머리공의 두께는 기초공의 두께와 동일하게 함(홍수시 안정 고려)
5) 호안머리공의 폭은 1~2m, 호안머리 보호공은 1.5~2m로 설치(하도특성을 고려하여 설계)



[그림 2.7] 호안머리 및 보호공

(5) 필터매트

1) 홍수시 유수에 의한 배면토사의 유출에 따른 공동발생을 방지하여 호안 및 제방의 파괴를 방지하기 위해 설치
2) 홍수후 잔류수를 원활히 배수시켜 제방 및 호안의 안정 확보
3) 비탈덮기, 밑다짐, 세굴방지용 구조물(사석 등)의 배면에 설치함
4) 제방・호안 성격, 현장조건에 따라서 설치조건 변경

(6) 파괴원인과 대책

1) 호안은 세굴에 의해 기초부분이 파괴되고 점차 호안전체로 확대됨
   - 하상변동 양상을 조사해서 기초부분이 세굴에 안전하도록 기초밑 깊이, 밑다짐 공법 등을 설치함
2) 홍수시 감수속도가 빠른 하천, 조수간만의 차가 큰 감조 하천, 선박이나 바람에 의해 큰 파랑이 발생하는 하천 등에 설치한 호안(수위강하시의 잔류간극수압에 의해 호안의 이음눈 등에서 뒤채움 토사가 유출되어 공동이 발생하고 이로 인해 비탈덮기가 파괴되는 사례가 많음)
   - 뒤채움 재료는 여러 크기의 입자를 고루 분포시켜 적절한 입도를 유지할 수 있도록 함
3) 경사가 급한 호안에서는 토압이나 수압에 의한 붕괴가 많이 발생함(감수속도가 빠르거나 간만의 차가 큰 감조부에서는 토압이나 수압에 의한 붕괴의 위험이 높음)

- 파괴원인 분석을 통해 적정 제방 경사, 호안형태 및 제방단면 결정

4) 급류하천에서 유수에 의한 비탈덮기의 파괴가 많이 발생
   ① 돌붙임이나 콘크리트 블럭 붙임공에 너무 작은 사석이나 블럭을 사용하지 않음
   ② 찰붙임에서는 이음눈이 약점이 되기 때문에 채움 콘크리트 및 이음눈 모르타르를 꽉 채워 시공함
   ③ 비탈덮기면 일부분의 파괴가 전체에 미치지 않도록 종단방향에 10~20m 간격으로 구조이음눈을 설치, 콘크리트의 규준틀에는 종횡단 방향에 구조이음눈을 설치함
5) 호안 양단부에서는 세굴이 발생하는 경우가 많고 이로 인해 비탈덮기 이면의 토사가 유출되어 파괴됨
   ① 호안법선과 연장이 적당하지 않거나, 종래의 호안과 신설된 호안의 유수에 대한 강도가 다른 것이므로 법선, 연장 및 강도를 충분히 고려
   ② 신설한 호안과 종래의 호안사이에 완화구간을 두고 조도를 크게 함
6) 저수호안의 법선이 심하게 만곡되어 있는 부분에서는 유수의 직진성으로 인해 호안비탈머리부분이 세굴되는 경우
   - 이러한 세굴을 방지하기 위해서 호안머리 보호공을 설치한다.
7) 연속된 호안의 중간에 급격히 비탈경사를 변화시키거나 밑다짐을 하지 않으면 그 변화점 부근은 위험하게 됨
   - 비탈경사를 변화시키지 않고 밑다짐을 설치하며 부득이 도중에 구조를 변화시킬 때에는 급격한 변화를 피해 완만하게 변화시킴
8) 호안이 교량이나 암거 등의 구조물과 연결되는 구간에서는 구조물의 되메우기 구간이 느슨하여 파괴되면서 호안이 붕괴되는 경우가 발생
   ① 구조물 배면의 되메우기 구간과 구조물 전후(특히 직상류) 구간에서는 구조물이 제외지로 돌출(암거 및 교대 등)되지 않도록 설계
   ② 구조물에 접한 호안 배면에 필터매트 등을 설치하여 토사 등의 유출을 방지

3. 하상유지시설

하상유지시설의 내용

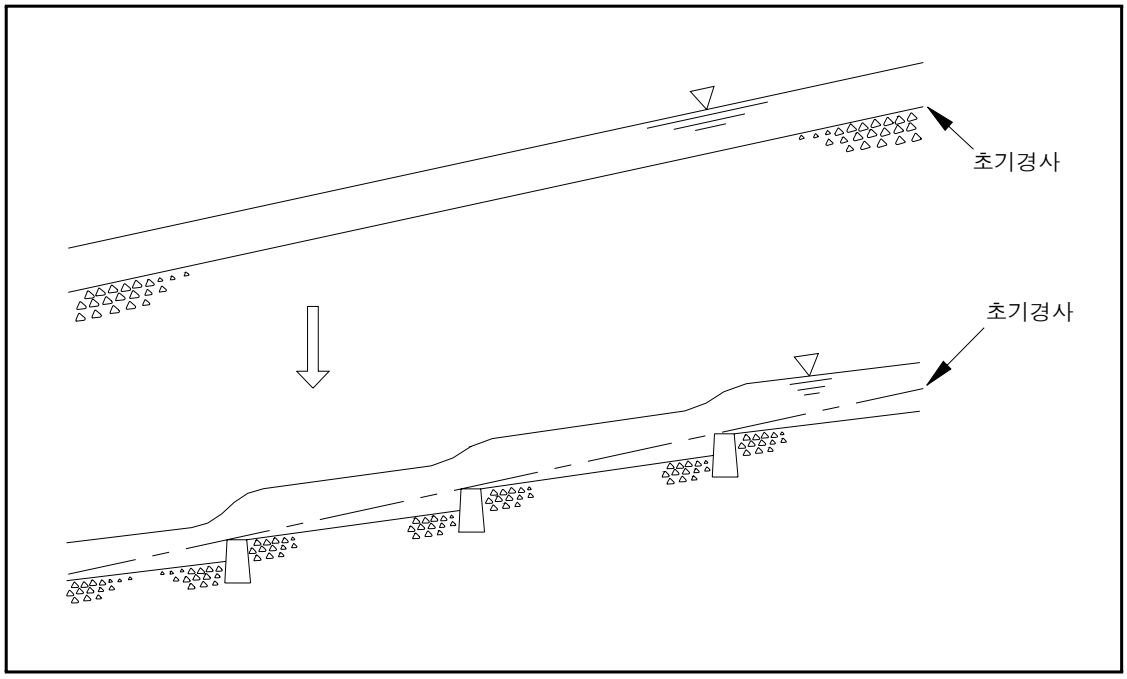
1. 정의 및 개요
2. 일반사항
3. 범위 및 내용
   - 용어의 정의 및 종류
   - 하상유지시설 세부 설계

본 장에서는 유수에 의한 하상의 세·퇴굴로 인한 불안정한 하상을 안정화시켜 치수, 이수 및 하천환경에 유리한 하천을 계획하기 위해 하상세굴, 하상저하 및 국부세굴을 방지하거나 구조물의 보호를 위하여 설치하는 하상유지시설에 관한 일반적인 사항과 설계기준을 제시하였음

3.1 정의 및 개요

(1) 하상경사를 완화시켜 현재 하상을 유지하기 위한 시설물

(2) 하천의 종단과 횡단형상을 유지하기 위한 하상유지시설에 대한 표준적인 설계기준 제시



[그림 3.1] 하상유지시설 설치로 인한 하상경사 변화

3.2 일반사항

(1) 시설물 설치목적

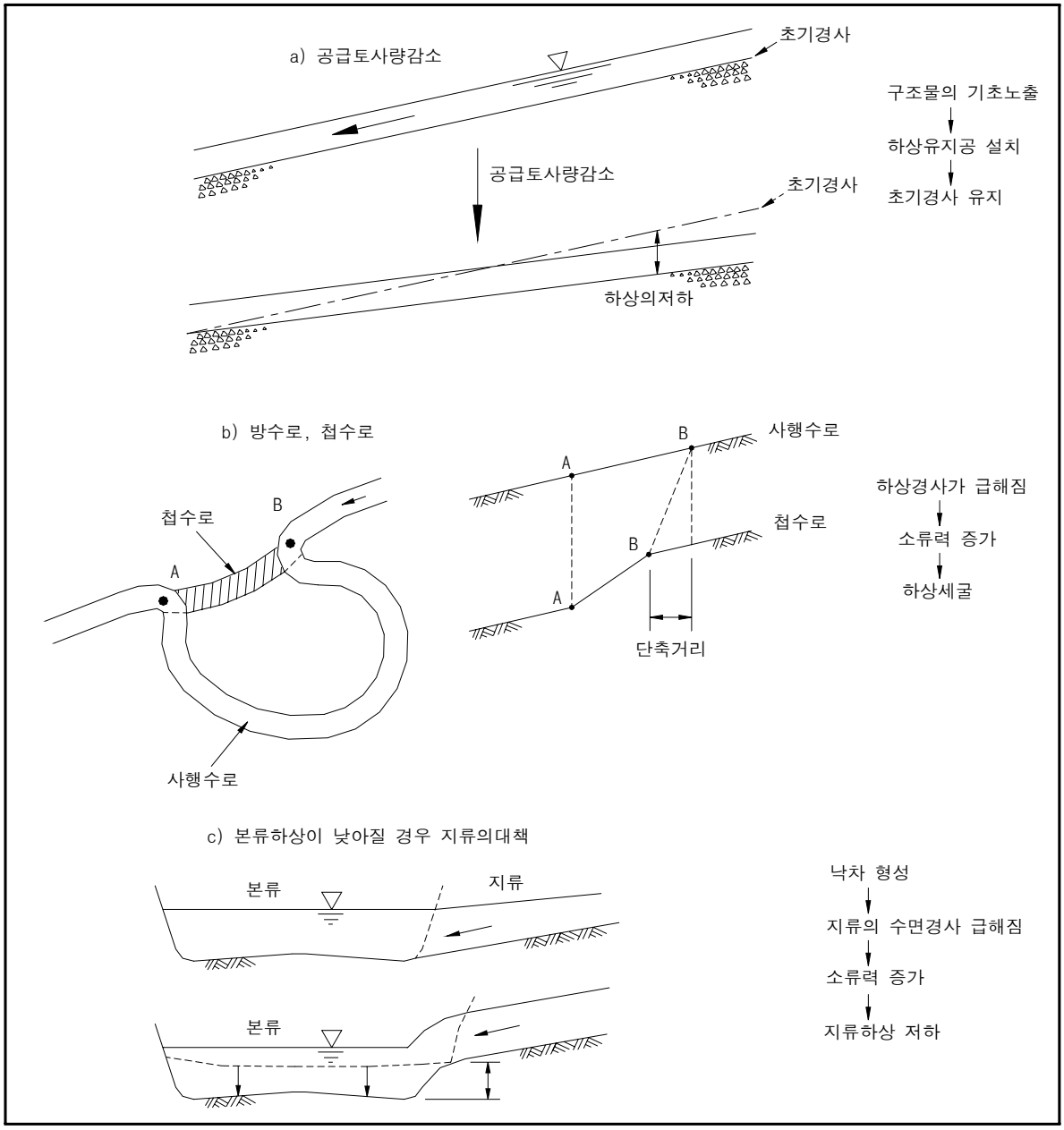
1) 하상세굴의 방지

① 하천의 인위적 유로변경(첩수로, 방수로 등)이나 하류부의 대규모 준설공사 시에는 하상경사와 하천 폭의 변화에 의해 유속 및 소류력 증대

② 수리요소(유속, 소류력) 증가에 따른 하상 평형이 파괴되어 하상이 세굴됨

2) 하상저하의 방지

① 댐과 같은 구조물이 상류에 설치되면 토사 공급이 감소되어 하상저하의 원인이 됨



[그림 3.2] 하상저하의 원인

3) 국부세굴의 방지 목적

① 만곡부 등에서 발생하는 국부적인 세굴에 대한 대책으로 설치

② 대공은 유수의 집중과 난류의 발생을 감소시켜 국부적인 세굴을 방지함

4) 구조물의 보호

① 하상경사의 완화로 유속을 감소시켜 교각 등의 하천구조물 및 고수부지를 보호함

(2) 하상유지시설의 종류 및 구조

1) 하상유지시설의 종류, 구조 및 특징은 다음과 같음

<표 3.1> 하상유지시설의 종류 및 특징

종 류	특 징	비 고
낙 차 공	• 일반적으로 콘크리트 구조 • 하상경사의 완화를 목적으로 낙차를 가지도록 한 것 	
대 공	• 콘크리트구조보다 굴요성 구조(홍수에 따라 구조 재검토) • 하상저하가 심한곳에 계획하상의 유지를 위해 설치 	
경사낙차공	• 하상경사를 완만히(1:10~30)하여 유수의 점진적 변화 유도 • 유속 저감, 수심 증가, 어류이동(어도) 가능 등의 기능 	

(3) 설계시 유의사항

1) 하상유지시설 설치후의 하상은 설치전의 하상보다 낮은 곳에서 안정되므로 물받이와 바닥보호공은 하상변동계산에서 얻어진 안정 후의 하상에 설치해야 함

2) 하상유지시설의 직상·하류에 소용돌이로 인한 국부적인 세굴이 발생하므로 상·하류에 바닥보호공을 설치하여 세굴을 방지함

3) 하천환경 측면에서 주변 경관과의 조화를 충분히 고려하여 설계함

4) 하상유지시설을 연속적으로 설치할 경우 하상유지시설의 설치간격은 다음과 같이 구함

① 하폭이 좁은 경우

$$L = h / (S - So)$$

또는 대략적으로 다음 식을 이용한다.

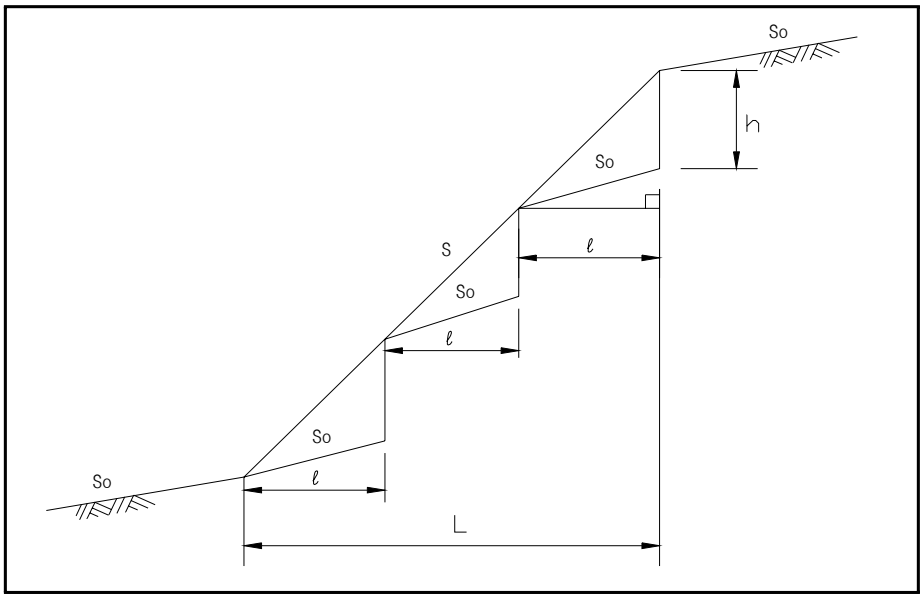
$$L = (1.5 \sim 2.0) / S$$

② 하폭이 넓은 경우

$$L = (1.5 \sim 2.0)\ b$$

여기서, L : 하상유지시설의 간격, h : 하상유지시설의 높이

S : 현재의 하상 경사, So : 계획하상경사, b : 하폭



[그림 3.3] 하상유지시설의 배치

5) 하상유지시설은 하천이 직선이고 평상시와 홍수시의 흐름방향이 일치하는 위치에 설치함 (만곡부 등은 설치를 금함)

6) 흐름방향이 다소 변하는 곳에 설치할 때는 홍수시의 중심선을 기준으로 설치

7) 설치위치(저수로, 고수부지, 하도전체 등)에 따라 하상유지시설의 규모가 각각 다르므로 종합적인 검토를 하여 계획함

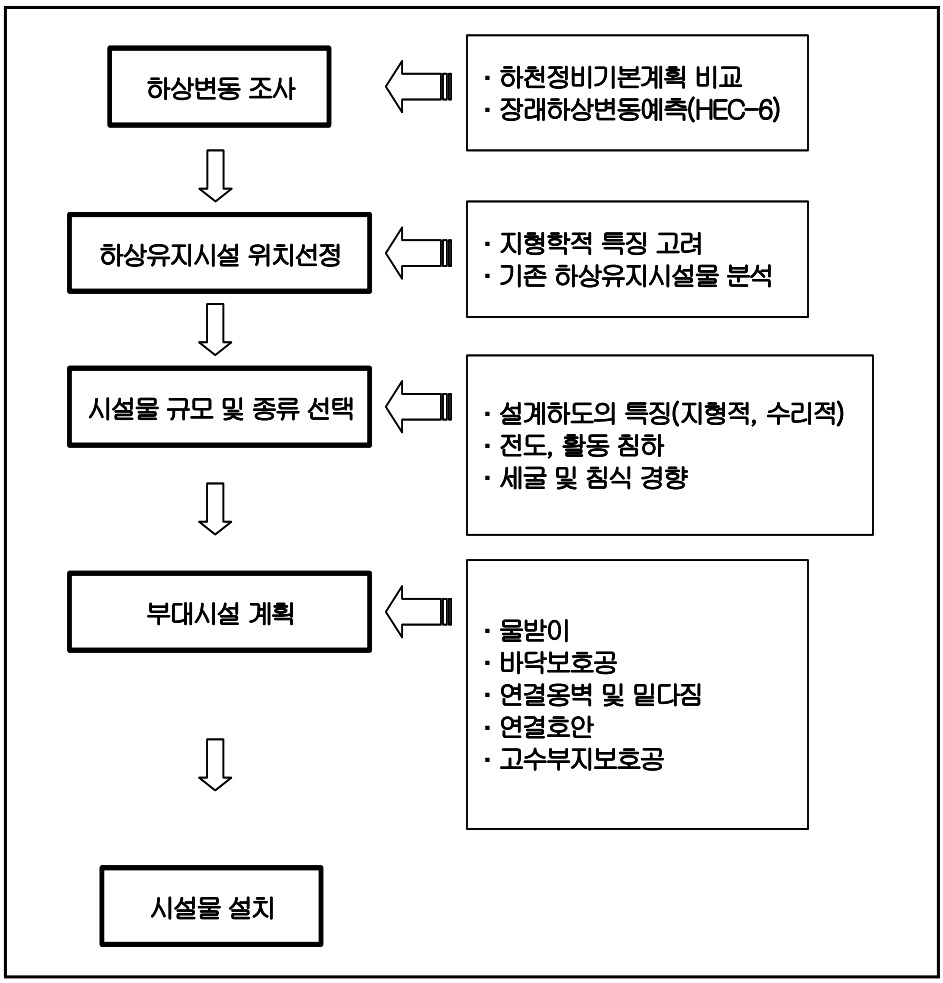
3.3 용어 정의 및 종류

(1) 낙차공 : 하상경사를 완화하기 위하여 보통 50 cm 이상의 낙차를 둔 하상유지시설

(2) 경사낙차공 : 하상의 경사를 완만하게 하기 위하여 설치하며 주로 돌과 목재를 이용한 시설

(3) 대공(대공, 띠공) : 하상의 저하가 심한 경우에 하상이 계획하상고 이하가 되지 않도록 하기 위해 설치하며, 낙차가 없거나 매우 작은(보통 50 cm 미만) 하상유지시설

3.4 세부 설계



[그림 3.4] 하상유지공 설치 흐름도

(1) 본체

1) 하상유지시설의 본체는 상류측 하도의 하상고를 유지하기 위한 시설로서 전도, 활동, 침하에 대해 안정하도록 설계함

2) 하상유지시설의 평면 형태에 따른 특성은 다음과 같음

<표 3.2> 하상유지시설의 평면형태 및 특징

형 태	특 징	비고
직 선 형	• 다른 형태에 비해 하도형상 유지에 가장 효율적 • 시설물 바로 아랫부분 하안에 세굴 발생 • 치수상 지장이 적고 공사비도 싸다	
경 사 형	• 하천의 만곡부에 사용(상·하류의 유향 일치) • 직선부에 사용하면 하류 우안에 유수가 집중하여 하안이 침식되므로 주의	
굴 절 형	• 유심을 하천 중앙부로 향하게 하여 하상유지시설 아래 양안의 세굴을 방지하는 목적으로 설치함 • 하도중앙으로 유수가 집중하여 중앙부에 세굴 발생으로 그로 인한 하류 하상 및 바닥보호공의 유지가 어려움 • 하류에는 세굴된 토사가 퇴적되어 하도의 유지가 곤란해지므로 이에 대한 보호대책이 필요함	
원 호 형	• 굴절형과 마찬가지로 하안의 세굴방지를 위해 설치함 • 하상유지시설 하류에 유수가 집중하여 세굴이 발생하므로 바닥보호공의 유지 및 보호대책 강구	

3) 둑마루 높이를 높게 하여 하안부의 침식을 방지하는 형태는 시설물 주변에 소용돌이가 발생하여 국부세굴이 발생되므로 수리모형실험에 의해 최적형상이 얻어진 경우 외에는 하상유지시설 본체의 횡단형상은 수평으로 함

4) 하상유지시설의 폭, 하류측 비탈면 경사 및 상류측 비탈면 경사는 수리적 현상, 하상세굴, 낙차의 높이를 고려하여 결정함

5) 본체 둑마루 폭은 콘크리트 구조나 석조일 경우에는 최소한 1m로 함

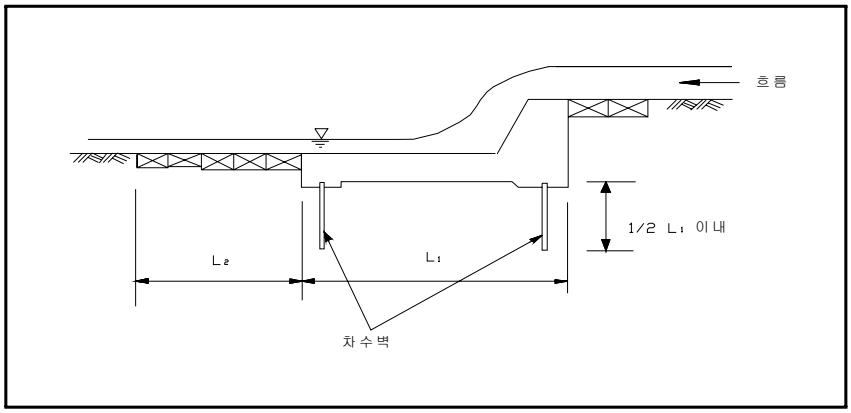
6) 본체(하류)의 비탈면 경사는 1:0.5 보다 완만하게, 소음(물의 낙하)을 방지할 목적으로 1:1 보다 완만한 경사로 설계(세굴에 대한 검토 필요)

7) 상류측 비탈면 경사는 1:0~1:0.5로 함

8) 차수벽은 일반적으로 하상유지시설 본체 하부의 파이핑을 방지하기 위해 설치함

8) 차수벽의 깊이는 차수벽 간격의 1/2 이내로 하며 1/2 이상의 길이가 되는 경우에는 물받이 길이 늘림

9) 강널말뚝을 사용하는 경우에는 최저 2m로 함



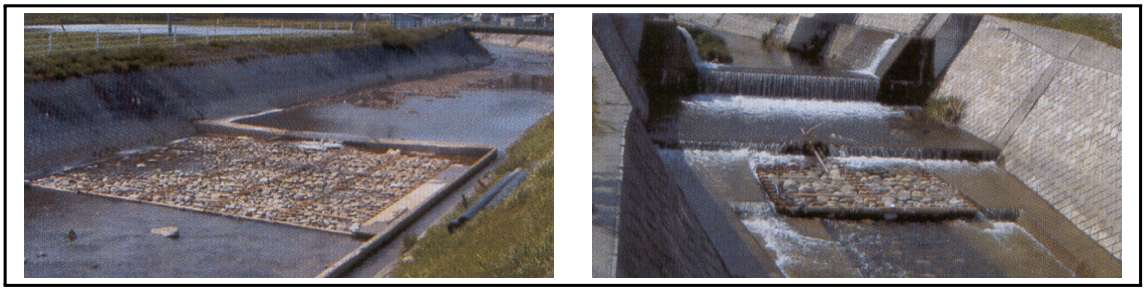
[그림 3.5] 차수벽의 깊이

(2) 물받이

1) 물받이는 도수를 발생시켜 유수의 세력을 완화시킬 목적으로 설치
2) 물받이는 유수의 난류현상, 빠른유속, 침식작용 및 양압력의 영향으로 자연재료보다는 본체와 일체화된 콘크리트 구조를 사용하는 것이 바람직함
3) 물받이는 세굴을 방지할 수 있는 길이(완경사 하천은 낙차의 2~3배 또는 바닥보호공의 1/3 정도)로 결정함
4) 감세공은 낙차로 인해 발생하는 에너지를 감소시키기 위해 설치 함
5) 물받이의 두께는 양압력에 견딜 수 있는 중량(최소 35cm)을 가지도록 설계

(3) 바닥보호공

1) 상류측 바닥보호공은 하상유지시설 직상류에서 발생하는 국부세굴을 방지하여 하상유지시설 본체를 보호함



[그림 3.6] 바닥보호공 시공사례

2) 하류측 바닥보호공의 기능

① 유수의 난류현상을 감소시켜 하류의 국부세굴을 방지하고 본체 및 물받이를 보호
② 홍수시 하류하도의 변동에 따라 변형되어 본체 및 물받이를 보호

③ 하류하도의 하상저하에 따라 발생하는 구조물과 하상의 표고차를 줄임

3) 바닥보호공은 굴요성 구조로 설계함(돌망태, 블록공, 사석 등을 종방향으로 설치)

4) 하상유지시설 시공시 현하상이 바닥보호공 높이보다 높은 경우 하류하상 전체를 굴착하지 않고 적당한 구간까지 굴착하여 현재 하도에 접합되도록 함

5) 상류바닥보호공의 길이는 계획홍수위시 상류바닥보호공 지점에서의 수심보다 길게 함

6) 하류바닥보호공의 길이는 경험식 등에 의해 결정하기도 함(계획홍수위 발생시 하류바닥 보호공 지점에서의 수심 3~5배)

7) 큰 하천이나 하류측 하상이 복잡한 경우에는 수리모형실험 등에 의해 결정

8) 국립건설시험소(1995)에서 실험을 통해 제안한 공식을 참고함(직류하천에 적용)

$$L_2 = \alpha\, q^a H^b D_{50}^c \qquad H \leq 2m$$

여기서, L_2 : 바닥 보호공 길이(m)　　q : 단위폭당 유량(m^3/sec/m)

H : 하상유지공 높이(m)　　D_{50} : 하상토사의 중앙입경(mm)

α, a, b, c : 계수

<표 3.3> 바닥보호공 길이산정 공식의 계수값

구　　분	α	a	b	c
상 류 측	2.9055	0.7099	0.4237	- 0.2207
하 류 측	4.1506	0.6075	0.3797	- 0.1678

(4) 연결 옹벽 및 밑다짐

1) 하상유지시설 주위의 하안을 보호하기 위해 본체와 물받이 부분에서는 연결옹벽을 설치 하고 그 외의 부분에서는 연결호안을 설치

2) 바닥보호공 하류의 옹벽 및 호안 전면에 밑다짐을 설치하여 세굴로부터 보호

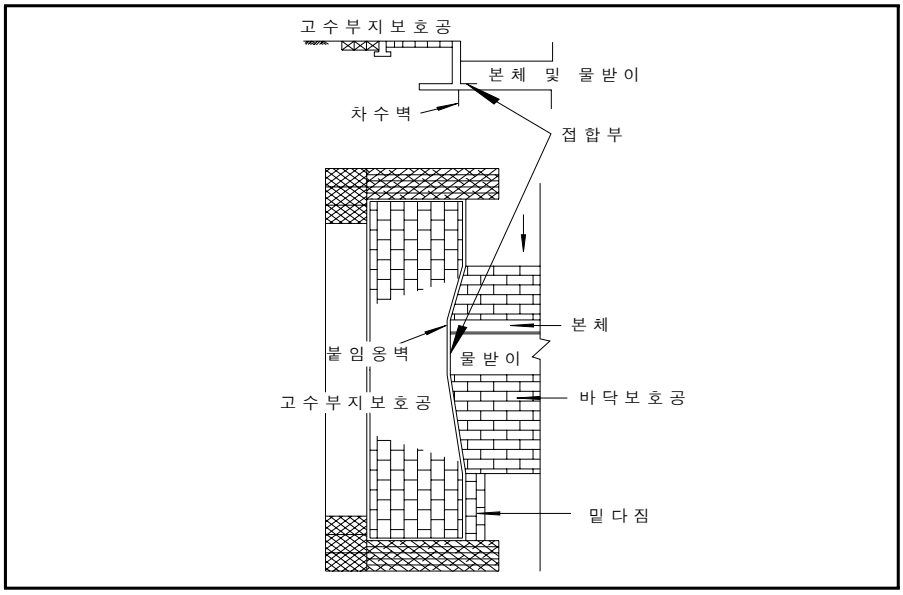
3) 하상유지시설을 저수로와 고수부지에 하나의 구조로 설치하는 경우 양끝은 제방의 중심부분까지 연장하고 제방사면은 수직으로 설치하는 것을 지양

4) 연결옹벽은 물받이를 포함한 본체와 그 상·하류에 설치하여 저수호안과 접속함

5) 바닥보호공 하류의 연결옹벽 전면에는 밑다짐을 설치

6) 완류하천에서는 하안부의 세굴이 긴 구간에 걸쳐 발생하므로 반드시 밑다짐을 설치

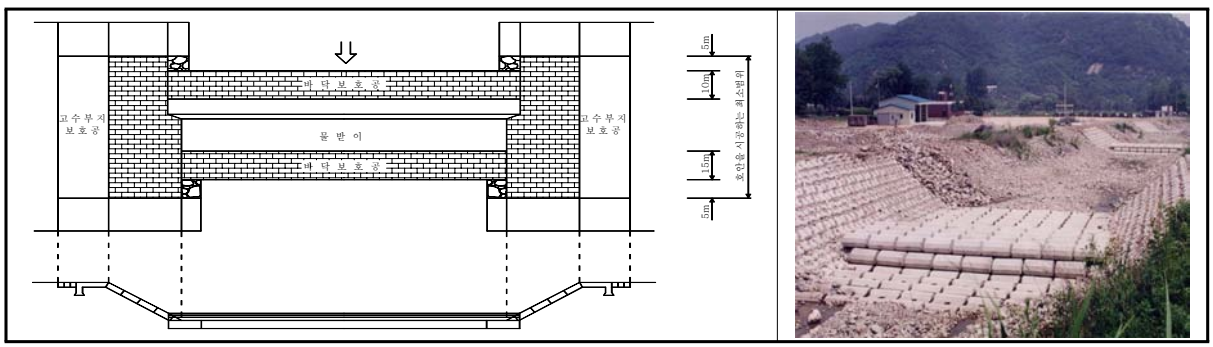
7) 상류하도의 하상저하량이 커지는 경우에는 상류호안에 밑다짐공을 설치



[그림 3.7] 연결옹벽의 설치 예

(5) 연결호안

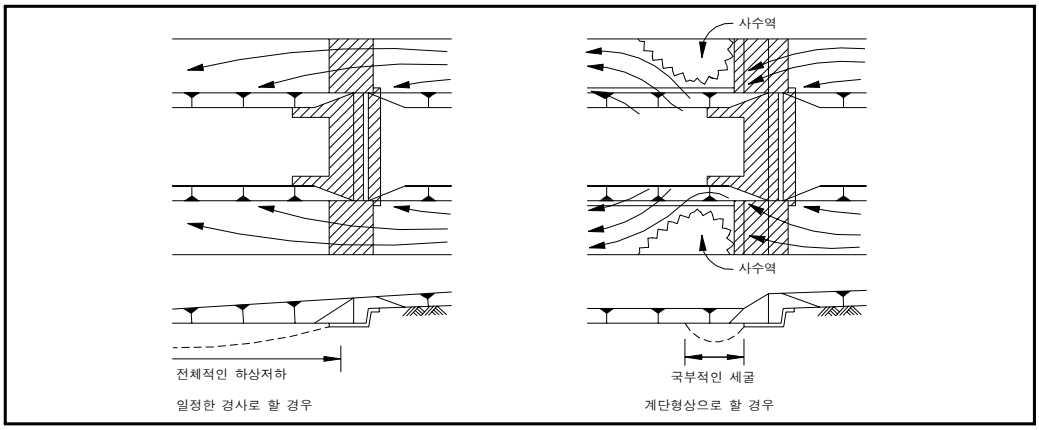
1) 하상유지시설 상·하류의 하안부분 세굴을 방지하기 위해 설치함
2) 흐름의 작용에 대해 하안 및 제방의 세굴을 방지할 수 있는 구조로 설치함
3) 지질 등의 상황에 의해 세굴 및 치수상의 지장이 없으면 설치하지 않음
4) 저수로 하안의 호안 높이는 저수로의 호안 높이로 함
5) 제방 호안 높이는 계획홍수위 이상, 유수가 현저하게 변화되는 구간은 제방 높이로 함
6) 상류측은 본체의 상류끝에서 10m 지점 또는 바닥보호공의 상류끝에서 5m 지점중 상류가 되는 지점까지, 하류측은 물받이의 하류끝 15m 지점 또는 바닥보호공 하류끝 5m 지점 중 하류가 되는 지점 이상으로 설치함
7) 굴요성 구조의 하상유지시설은 그 자체가 바닥보호공으로 간주되므로 호안의 범위는 하상유지시설 상·하류 끝에서 각각 5m 이상으로 설치함



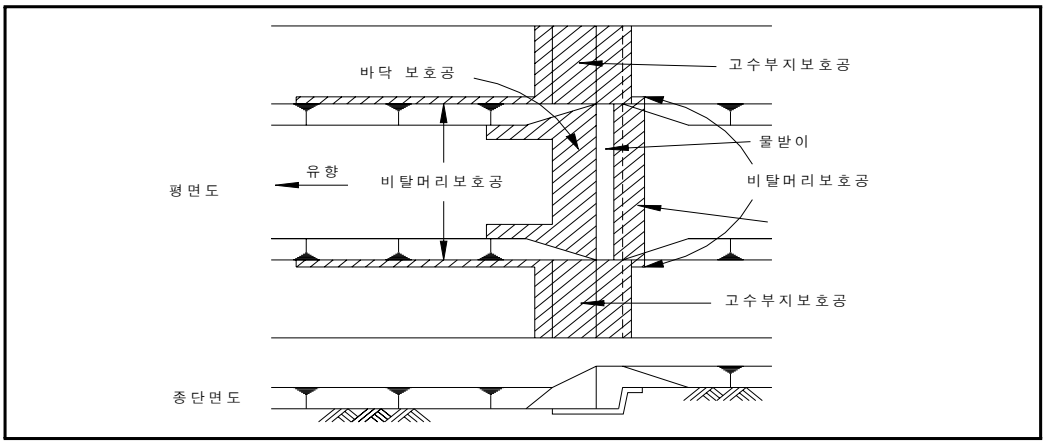
[그림 3.8] 연결호안의 설치구간

(6) 고수부지 보호공

1) 고수부지 보호공은 고수부지의 침식을 방지하기 위해 설치하고, 비탈머리 보호공은 비탈머리 부분의 세굴을 방지하기 위해 설치함
2) 바닥보호공과 같이 주변의 세굴에 따라 변화하고 유수를 감세시키기 위해 적절한 조도를 가진 구조가 바람직함
3) 낙차공 주변에는 사람이 많이 모이는 경향이 있으므로 고수부지 보호공은 친수성의 증대를 위해 환경적인 면도 고려함
4) 복단면 하도에 낙차공을 설치할 경우 주변 수리현상을 검토하여 결정함



[그림 3.9] 고수부지 보호공 형상에 의한 흐름의 변화



[그림 3.10] 계단형상의 고수부지 보호공의 설치 예

5) 고수부지 보호공의 설치 폭은 10 m 이상을 표준으로 하며 고수부지 보호공을 설치하지 않는 범위가 제방의 비탈끝까지 대략 15 m 이내가 될 때에는 제방의 비탈 끝까지 연속하여 설치함
6) 고수부지에 낙차가 발생하는 경우에는 별도의 검토가 필요함

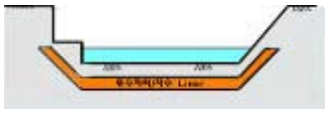
(7) 하도의 차수공

1) 하천의 차수는 원칙적으로 하지 않으며 부득이한 경우에 한해서 할 수 있음

2) 하천차수는 바닥차수와 벽차수 등으로 나눌 수 있는데 지반 조건상 지하침투가 많고 하천의 유지유량 확보 및 생태 경관적인 유량의 부족으로 인한 평상시 하천의 기능유지가 곤란한 경우에 한해서 실시할 수 있음

3) 차수공법 실행시 지하수맥을 차단하지 말아야 하며, 하천의 생태·환경적인 지장을 최대한 줄일 수 있는 방향으로 실시하여야 함

<표 3.4> 차수공법 검토

구 분	라이너설치공법	차수벽공법	라이너+차수벽공법
개념도			
기능성	• 하상에 별도층을 설치하여 라이너층으로 투수저하 또는 차수목적	• 하천 좌우 지반에 별도의 차수벽을 설치하여 하상지반을 포화 시킨 후 차수벽의 지하수 유출 방지	• 라이너와 차수벽의 기능을 복합적으로 적용함
기 대 효 과	• 라이너층의 재료특성에 따라 기대효과가 다름	• 차수벽의 횡적 연속성과 차수벽 하부의 지반의 투수성에 따라 기대효과가 다름 • 하상지반의 장기적인 투수성 저하로 예측	• 두 공법의 병행으로 타공법에 비해 기대효과는 다소 유리함
시공성	• 일반적으로 단순공정에 따라 시공성이 유리하나, 라이너층의 재료에 따라 시공방법의 상세한 시방이 요구됨	• 차수벽공법에 따라 시공성에 차이가 있고, 근접구조물의 영향에 대하여서도 고려하여야함	• 시공성에 있어서는 두 공법의 병행으로 다소 복잡한 공정에 의한 시공요구
경제성	• 공기가 비교적 짧고, 공사비가 저렴하여 경제적이나, 라이너재료에 따른 경제성검토가 요구됨	• 시공장비의 수급에 따라 공기에 영향을 미치며, QA/QC의 철저한 관리로 다소 경제적인 측면에서는 불리함	• 공정이 복잡하고, 확실한 침투저하/차수를 도모 할 수 있다는 장점은 있으나 비경제적임
문제점	• 라이너층의 재료특성에 따라 환경적인 측면의 검토가 요구됨 • 라이너층 보호를 위하여 하상보다 깊은 심도에 설치, 굴토시 주변지반의 안정성 확보필요	• 차수벽의 완전한 차수효과의 신뢰성이 부족함 • 차수벽 설치시 주변 구조물에 영향을 줌 • 차수벽 하부지반의 절리특성 등에 대한 상세한 검토가 요구됨	• 두공법의 병행으로 인해 공정이 복잡함
검 토 사 항	• 라이너재료특성 • 라이너층후의 영향. • 하천좌우에 대한 라이너설치 높이 • 유속에 따른 하상유실	• 차수벽의 투수특성 • 하상지반의 투수특성 • 차수벽 선단지반의 지질학적 불연속면에 대한 수리특성	• 두 공법에 대한 모든 검토사항 • 공사비절감

1) 차수공법 선정

① 차수층 공법 선정

현지 토사의 활용 가능성, 생태계에 영향을 미치지 않는 자연재료의 사용여부 및 환경친화적인 공법의 가능성, Liner층 파손시 유지관리의 용이성 등을 감안하여 차수층 공법을 선정함

<표 3.5> 차수층 공법의 종류 및 특징

구 분	자연재료	혼합토	고화토	콘크리트	차수매트
사용재료	점토질모래(SC) 점토질자갈(GC)	현지토+벤토나이트+GCL 6mm	현지토+시멘트+벤토나이트+고화제	콘크리트	차수매트
시공성	• 다짐이 용이 • 재료구입 용이 • 현지토 활용 • 시공성이 우수	• 현지토와 직접 혼합 공정으로 시공이 용이 • 다짐공정 복잡	• 현지토와 직접 혼합 공정으로 시공이 용이 • 고화재 살포공정 필요	• 시공성 양호 • 양생공정 복잡	• 시공이 다소 복잡 • 호안 결합부 시공 복잡
장점	• 자연토이므로 재료만 있으면 이상적임 • 재료비 저렴 • 친환경적임	• 점토재질시 침수성에 강함 • 현지토와 동일한 시공가능	• 현지 토성과 관계없이 시공가능 • 현지토와 동일한 시공가능 • 원지반토와 이온교환 가능	• 시공이 간단 • 재료구득 용이	• 재료구득 용이 • 현지토와 동일한 시공 가능
단점	• 홍수시 차수층 유실 우려	• 현지토 사용곤란 • 홍수시 차수층 유실 우려 • 지하수 누출시 차수층 하부 유실	• 다짐공정 복잡 • 재료구입이 곤란 • 자체 균열에 의한 외부유출	• 가격이 고가 • 자연식생 유지불가 • 생태계 단절	• 홍수시 차수층 유실 우려 • 하상변동에 대비한 별도공정 필요

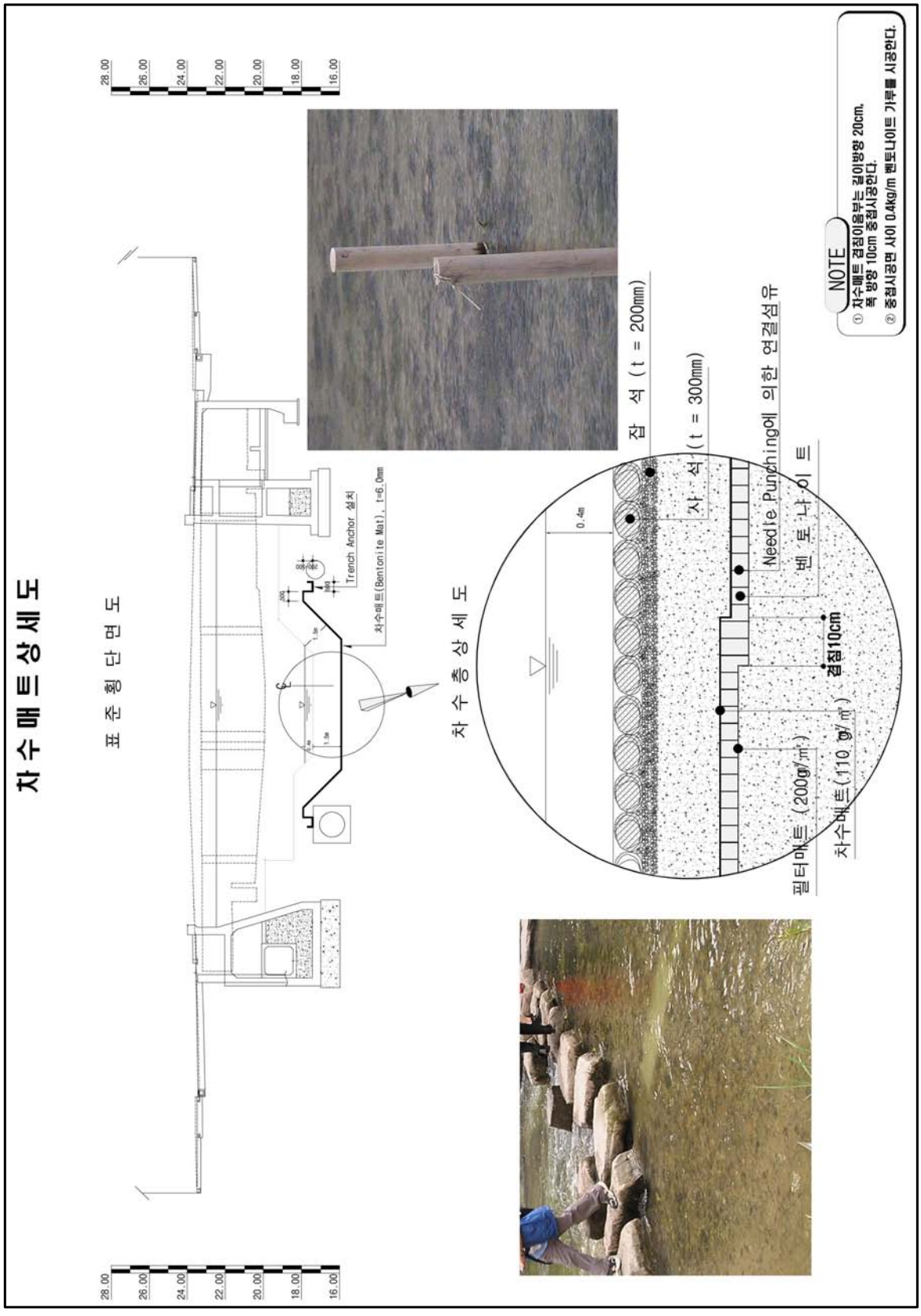
②차수벽 공법 선정

현장시공성이 뛰어나고 시공속도가 빠르며, 구근형성이 뛰어난 공법을 채택함

<표 3.6> 차수벽 공법의 종류 및 특징

공 법	고압분사(S.Q.J)	SHEET PILE	D.W.M/S.C.W
특 성	• 현장시공성 우수 • 판넬식 벽체조성이 가능 (특허공법) • 강재에 비해 환경친화적	• 현장시공성 저하 • 바이브로햄머 타입시 근접 기둥 파일기초에 변형 유발 • 강재부식으로 지하수 오염 발생	• 대형장비로 시공성 불리 • 개량범위내 지하수 부재시 탈수로 교반 곤란 및 차수벽체 의 기능 및 품질저하

2) 차수공법 시공 예(청계천 차수 설계도)



4. 보

보의 내용

1. 정의 및 개요
2. 일반사항
3. 범위 및 내용
   - 용어의 정의 및 종류
   - 보 세부 설계

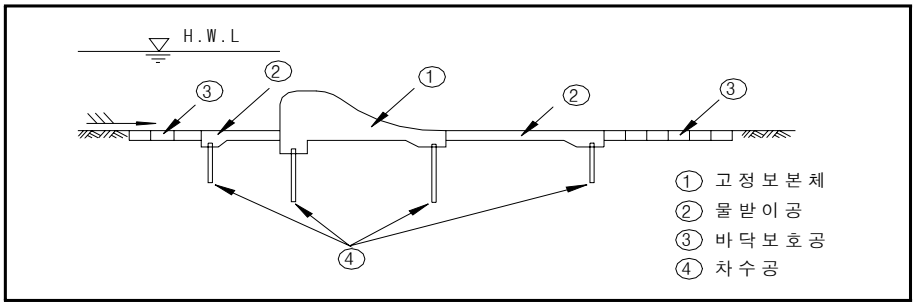
본 장에서는 하천의 일정한 수위를 유지하고, 역류 방지를 위하여 하천을 횡단하여 설치하는 보에 관한 설치장소, 종류 및 형식 등의 표준적인 설계기준을 제시하였음

4.1 정의 및 개요

(1) 수위를 높여 수심을 유지하거나 또는 역류를 방지하기 위하여 하천을 횡단하여 설치하는 보(洑)의 표준적인 기준을 제시

(2) 자연이 가진 다양성을 존중하여 생태계가 고립되지 않도록 물과 강변 식물의 상호 연계가 구현되도록 함

(3) 자연 친화적 보의 설치에 있어 본 장에서 제시된 내용을 참조하여 해당 하천의 특성에 따라 설계기준과 공법을 탄력적으로 적용함



[그림 4.1] 고정보의 구조 및 구성요소

4.2 일반사항

(1) 보의 설치기준

1) 계획홍수위 이하 수위의 유수 작용에 대하여 안전한 구조로 하여야 함

2) 홍수유하를 방해하지 않고 부근의 하안 및 하천시설물의 구조 및 세굴방지에 대하여 적절히 배려된 구조로 함

3) 보의 형상 및 설치방향은 유수의 방향을 고려하여 결정하고, 하천특성을 고려한 형식 및 종류를 선택하여야 함

4) 계획홍수량이 크고 하상경사가 급하거나 하상재료의 입경이 굵은 하천구간에서 자동수문 등과 같은 전도식 수문의 설치는 신중히 검토

5) 계획담수위가 제방의 원지반고보다 높을 때에는 제방의 누수대책 및 습윤화 방지대책을 수립

(2) 보의 설치위치 선정

1) 보의 위치는 설치목적, 환경성, 경제성, 시공성, 유지관리 등에 가장 유리한 지점을 선정하여 설치함

2) 용수공급지에 도수하는데 필요한 취수위가 확보되고, 유수의 주된 흐름이 취수구에 가까운 지점

3) 하안이 안정되어 있고, 하천 수로가 직선상태로 유속의 변화가 적어 유수에 의한 하상변화가 작은 지점

4) 상하류의 영향이 적은 지점

5) 기초지반이 양호한 지점

6) 구조상 안전하고 공사비가 적은 지점

7) 계획홍수량을 유하시키는데 필요한 하폭을 가진 지점

8) 유지관리가 용이한 지점

9) 보로 인해 상류측 수위가 상승하여 하상에 여러 가지 역효과가 발생될 수 있으므로 그 영향을 검토하여 결정

10) 만곡부에는 가급적 보를 설치하지 않음(부득이 설치할 경우 만곡부 하류에 설치)

(3) 보의 종류 및 형식의 선정

<표 4.1> 보의 특성에 따른 분류

종 류	특 성	비 고
고 정 보	· 수문이 설치되지 않고 본체와 부대시설로 이루어진 보 · 홍수시 수위상승에 영향을 줌 · 주로 소하천에 많이 설치 · 본체가 콘크리트 구조로 되어있어 내구성이 강함 · 하천특성에 따라 굴요성 재료(돌망태, 블럭)로 본체를 구성	
가 동 보	· 보마루에 수문을 설치하여 수위조절을 가능하게 만든 보 · 홍수시 수위영향이 고정보에 비해 거의 없음 · 하천특성에 따라 수문의 종류 선택가능 · 유지관리비가 많이 듬	

<표 4.2> 가동보 방식에 따른 분류

구 분	자 동 수 문	전 도 게 이 트	고 무 보
재 질	철 판	철 판	고 무
작 동	· 수압, 유압을 이용하여 수문 작동	· 유압을 이용하여 본체를 기립	· 밀폐된 고무튜브에 공기를 공급, 배출하여 기립 및 도복
조 작 방 법	· 수위감지센서에 의해 자동 개·폐됨 · 위급시 수동으로 개·폐 가능	· 수위감지센서에 의해 자동 개·폐됨 · 위급시 수동으로 개·폐 가능	· 결정수위계에 의해 자동 개·폐됨
장 점	· 적정담수량 확보 용이 · 토사 및 퇴적오니가 쌓이지 않음	· 홍수시 수문이 바닥에 도복되어 이물질이 걸리지 않아 통수단면이 커짐	· 하천전체의 거리를 한 개의 수문으로 설치가능 · 홍수시 단면적이 커서 물의 흐름이 원활 · 외관 경관이 수려함
단 점	· 홍수시 수문에 이물질이 걸려 통수단면 축소됨 · 동력원(전기)이 필요함	· 평상시 토사 및 오니의 퇴적 발생 · 동력원(전기)이 필요함	· 정전시 수문 작동 불가능 · 날카로운 모서리등에 의해 고무터짐현상 발생 · 동력원(전기)이 필요함
시 공 예			

1) 보의 종류와 형식의 선정시 홍수위 변동, 저류부의 퇴적, 수질개선, 생물 및 미생물의 이동, 식생보전, 하천의 자정능력 증대 등을 고려함
2) 소하천에서는 자연친화적인 재료로 완경사 저수위낙차보, 경사낙차공 등을 우선 계획
3) 중규모 이상의 하천에서는 원칙적으로 가동보 및 복합형보로 설치
4) 기존 고정보를 자동수문으로 개량시 수문설치 절개구간은 홍수시를 대비하여 양안으로 부터 충분히 떨어져야 함

(4) 보마루 표고의 결정

1) 보마루 표고는 하천의 계획단면적을 충분히 확보하고 각종 소요 용수량을 지장 없이 취수할 수 있도록 취수구 수위 또는 보의 목적에 따른 수위를 근거로 결정함

2) 보마루 표고는 홍수시 홍수소통에 지장이 없고 하천의 계획단면적이 확보되도록 설치해야 하며 다음 식에 의해 보마루 표고를 결정함

보마루 표고 = 계획취수위 - ((갈수량 - 취수량)의 월류수심) + 여유고

3) 일반적으로 농업용수공급을 목적으로 할 경우에는 하천유량이 적으므로 위의 식에서 월류수심을 무시하여도 상관없으며 여유고는 보통 10~15cm 정도를 취함

4) 복합형보에서는 가동보와 고정보의 마루표고를 동일하게 하는 것이 원칙이나, 경우에 따라서는 고정보의 마루표고를 높게 함

5) 가동보의 바닥표고(sill 표고)는 원칙적으로 계획하상고와 일치시킴

6) 배사구는 취수구 앞부분에 퇴적한 토사를 배제하고 수로를 유지하여 취수를 용이하게 하기 위해서 배수구보다 일반적으로 0.5~1.0m 정도 낮게 설치

7) 배사구는 평수시에도 토사를 배제하기 때문에 배사구의 수로부에 경사를 줌

4.3 용어 정의 및 종류

(1) 보 : 각종 용수의 취수, 주운 등을 위하여 수위를 높이고 조수의 역류를 방지하기 위하여 하천의 횡단방향으로 설치하여 제방의 기능을 갖지 않는 시설

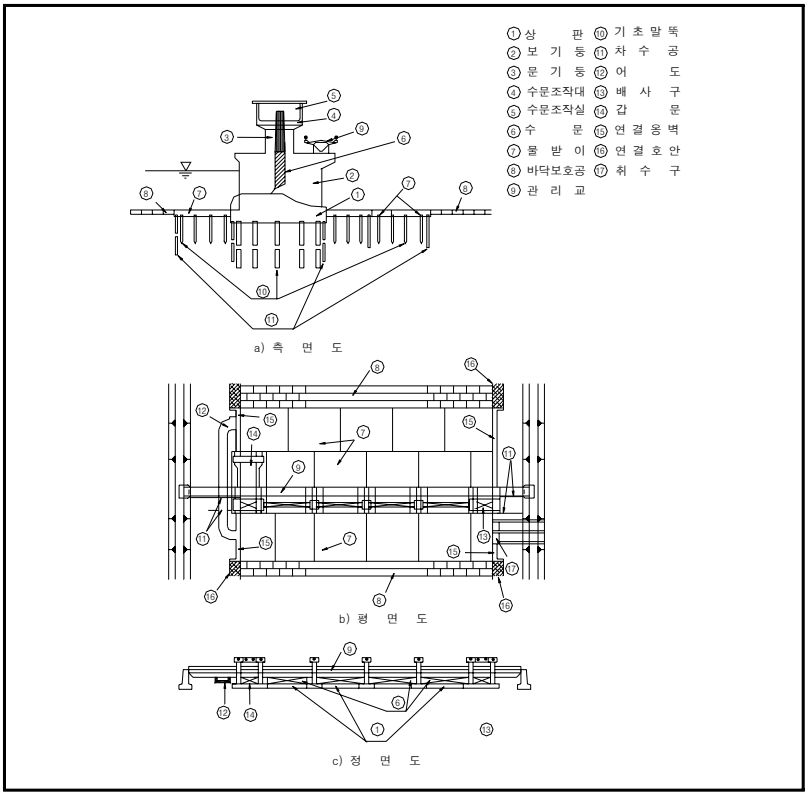
(2) 취수보 : 하천의 수위를 조절하여 생활용수, 공업용수, 발전용수 등을 취수하기 위하여 설치하는 보

(3) 분류보 : 하천의 홍수를 조절하고 저수를 유지하기 위해 하천의 분류점 부근에 설치하여 유량을 조절 또는 분류함으로써 수위를 조절하는 보

(4) 방조보 : 하구 또는 감조구간에 설치하여 조수의 역류를 방지하고 유수의 정상적인 기능을 유지하기 위하여 설치하는 보로서 하구둑은 여기에 속함

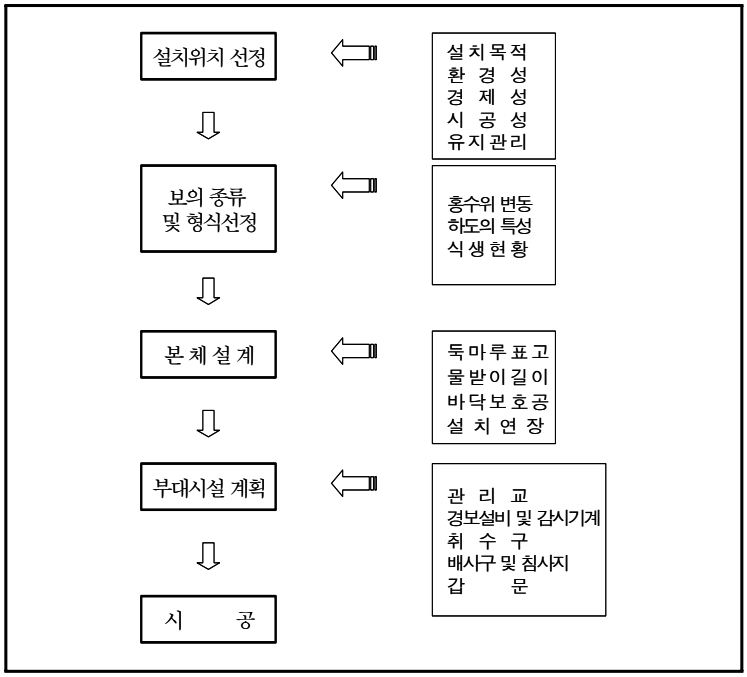
(5) 가동보 : 수문에 의해서 수위의 조절이 가능한 보로 크게 배사구와 배수구로 이루어짐.

(6) 고정보 : 수문이 설치되지 않고 보 본체와 부대시설로 이루어지는 보로 소하천에 많이 설치됨



[그림 4.2] 인양식 수문 가동보의 구조 및 구성요소

4.4 세부 설계



[그림 4.3] 세부 설계 흐름도

(1) 고정보

1) 고정보의 단면결정

① 고정보의 본체는 일반적으로 콘크리트 구조로 하지만 하상변동이 심한 장소에서는 하천관리상 굴요성 재료(돌망태, 콘크리트 블록구조 등)도 사용함

② 단면형상은 사다리꼴 단면(상류측은 연직 하류측을 큰 기울기)이 일반적이며 역학적인 안정조건을 만족시키는 동시에 수리학적으로 유리한 단면으로 함

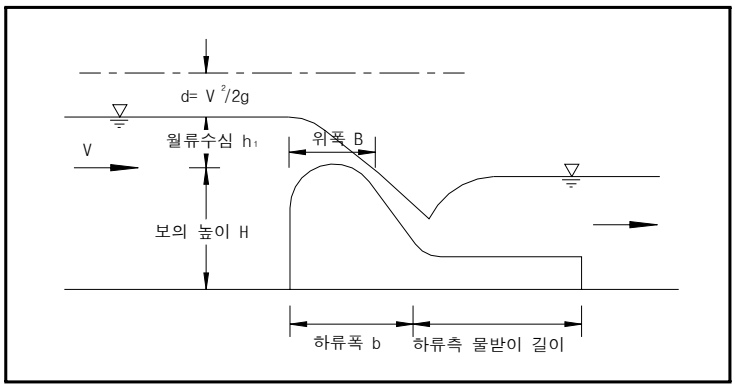
③ 고정보의 위폭(B)과 아래폭(b)은 블라이(Bligh)공식(Khosla 등, 1954)을 이용하여 결정함

$$\text{위폭}(B) = \frac{h_1}{\sqrt{\gamma}}$$

$$\text{아래폭}(b) = \frac{(H + h_1 + d)}{\sqrt{\gamma}}$$

여기서, γ : 콘크리트의 비중(보통 2.3)　　H : 보의 높이(m)

h_1 : 보 정상의 최대월류수심(m)　d : 접근유속 수두(m)



[그림 4.4]　고정보의 단면

④ 돌과 자갈이 많이 유하하는 곳에서는 상류측면을 완만하게 하고 하류측 경사면을 급하게 하여 유하하는 돌과 자갈에 의한 파괴를 방지함

⑤ 유세를 약화시키기 위해 하류경사면 비탈 끝에 곡선을 만들지 않고 월류하는 물을 물받이에 수직으로 낙하시킴

⑥ 고정보의 안전을 검토하기 위해서는 보의 상하류 수위차에 의한 침투수의 침투길이와 외력에 의한 본체의 전도, 활동, 침하 등을 고려해야 함

⑦ 고정보의 월류부에는 돌기를 설치하여 폭기를 유도함

2) 물받이

① 보의 직하류의 침식작용(월류에 의한 소용돌이 및 세류 영향)으로부터 보를 보호하기 위해 물받이를 설치하며 바닥보호공을 병용하여 설치하는 것이 바람직

② 하류측 물받이 길이 설계는 블라이(Bligh)공식 또는 건설부 국립건설시험소에서 제안한 다음의 공식(건설부 국립건설시험소, 1991)을 이용함

(가) 블라이(Bligh) 공식

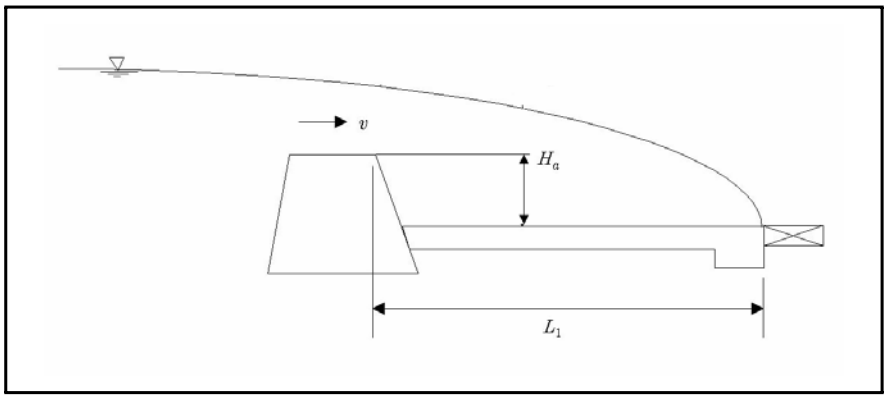
$$L_1 = 0.6 \cdot C\sqrt{H_a}$$

여기서, L_1 : 하류측 물받이 길이(m), H_a : 하류측 물받이 상판에서 보마루까지의 높이(m),

C : 블라이(Bligh) 계수

<표 4.3> 블라이(Bligh) 계수

하상토의 상태	블라이(Bligh) 계수
극미립사 또는 이토 (0.1~ 0.005mm)	18
가는 모래 (0.25 ~ 0.1mm)	15
굵은 모래 (1.00 ~ 0.5mm)	12
자갈과 모래의 혼합	9
호박돌, 자갈	4~6



[그림 4.5] 하류측 물받이 길이

(나) 국립건설시험소 공식

$$L_1 = 4.05\ H^{0.316} q^{0.514} D_{50}^{-0.325}$$

여기서, L_1 : 물받이 길이(m)

H : 보마루표고부터 물받이 상단표고까지 높이(m)

q : 단위폭당 유량($m^3/\sec/m$)

D : 하상토사의 중앙입경(D_{50}은 50% 통과입경)

③ 하류측 물받이의 두께 산정

$$T = \frac{4 \cdot (\Delta h - h_f)}{3 \cdot (r-1)}$$

여기서, T : 물받이의 두께(m) r : 물받이 재료의 비중,

Δh : 상하류의 수위차(m) h_f : 손실수두(m)

④ 일반적으로 상류측 물받이의 길이는 3~5m 정도, 두께는 하류측 물받이 두께의 1/2~1/3 정도로 함(보의 높이가 2~3m 정도이고 퇴사가 예상되는 곳은 제외)

3) 바닥보호공

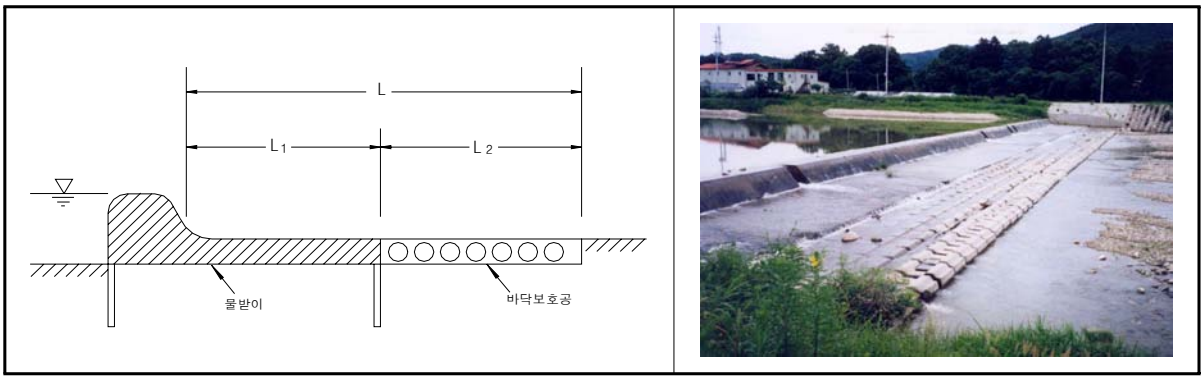
① 바닥보호공은 유속을 약화시켜 하상의 세굴을 방지하고 보의 본체 및 물받이를 보호하기 위해서 설치함

② 바닥보호공은 가능하면 조도가 다른 2종류 이상의 재료(콘크리트 블록, 사석, 돌망태 등)를 사용하여 유속을 서서히 감소시켜 흐름을 원활하게 하는 것이 바람직함

③ 바닥보호공의 길이는 블라이 공식을 사용하여 산정함

$$L_2 = 0.66C \cdot f \cdot (H_a \cdot q)^{1/2} - L_1$$

여기서, f : 안전율(가동보 = 1.5, 고정보 = 1.0)



[그림 4.6] 하류측 바닥보호공 길이

④ 만곡하천의 경우에도 블라이 공식을 사용하여 바닥보호공의 길이를 산정하나 이차류(secondary flow)등의 흐름이 매우 복잡하기 때문에 충분한 안전율을 고려하여 산정함

(2) 가동보

1) 경간길이 및 가동부

① 가동보의 경간길이는 인접한 보기둥의 중심선간 거리이며, <표 4.4>의 값 이상을 표준으로 하고 하천상황, 지형상황, 경제성, 시공성 등을 고려하여 결정함

<표 4.4> 계획홍수량과 경간길이

계 획 홍 수 량 (m^3/ sec)	경 간 길 이 (m)
500 미만	15
500 이상 2,000 미만	20
2,000 이상 4,000 미만	30
4,000 이상	40

② 보의 가동부 전체길이가 30 m 미만인 보에서 계획홍수량이 500 ㎥/s 미만일 경우에는 가동부의 경간길이를 12.5 m 이상으로 함

③ 높이가 2m 이하이고 가동부가 전도식인 경우에는 ②에 해당하는 경우를 제외하고 문짝의 종길이와 횡길이의 비를 1/10이상(15 m 미만은 15m)으로 함

④ 배사구의 기능을 가진 가동부에 있어서 계획홍수량이 2,000 ㎥/s 이상인 경우는 계획홍수량에 따른 경간길이의 1/2 이상(15 m 이상)으로 2,000 ㎥/sec 이하인 경우는 경간길이를 12.5 m 까지 할 수 있으나 보의 전체길이를 평균한 경간길이가 <표 4.4>보다 작아서는 안됨

⑤ 경간길이가 40 m 이상일 경우는 유심부 이외의 경간길이를 30 m 이상으로 할 수 있으나 보의 전체길이를 평균한 경간길이가 <표 4.4>보다 작아서는 안됨

2) 물받이 및 바닥보호공

① 가동보의 물받이와 바닥보호공은 고정보와 같은 방법으로 설계하되 그 길이는 일반적으로 고정보의 물받이 및 바닥보호공 길이의 50% 정도로 하면 됨

② 가동보의 물받이와 상판과의 연결부는 수밀성이 있고 부등침하에 대응 가능한 구조로 함

3) 상판

① 상판은 상부하중을 지지하고 문짝의 수밀성을 확보하여야 함

② 보기둥 사이에서 물받이의 역할을 할 수 있는 구조로 설계함

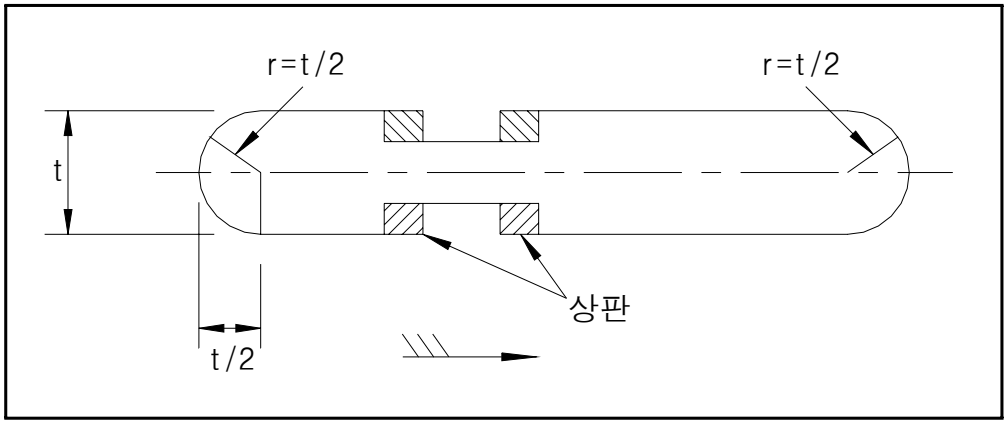
4) 보기둥

① 보기둥은 상부하중과 홍수시 유수의 수압을 안전하게 상판에 전달하는 구조로 설계함

② 보기둥의 높이는 수문조작에 충분한 높이로 해야 하며, 인양식인 경우 「홍수위 + 수문높이 + 여유고 + 교량높이」로, 전도식인 경우 「수문마루표고 + 여유고」로 함

③ 보기둥의 두께는 관리교의 폭, 수문의 치수, 권양기의 치수 및 역학적 안정 등을 고려해서 결정함(일반적으로 1.5~3.0m 정도)

④ 보기둥의 단면은 유수의 저항을 적게 받도록 양쪽 끝부분을 반원형으로 함



[그림 4.7] 보기둥의 단면

5) 문기둥

① 문기둥은 상부하중을 안전하게 보기둥에 전달할 수 있는 구조로 설계하여야 하며, 문기둥의 단면은 문틈, 문짝 조작용 계단 등을 고려하여 정함

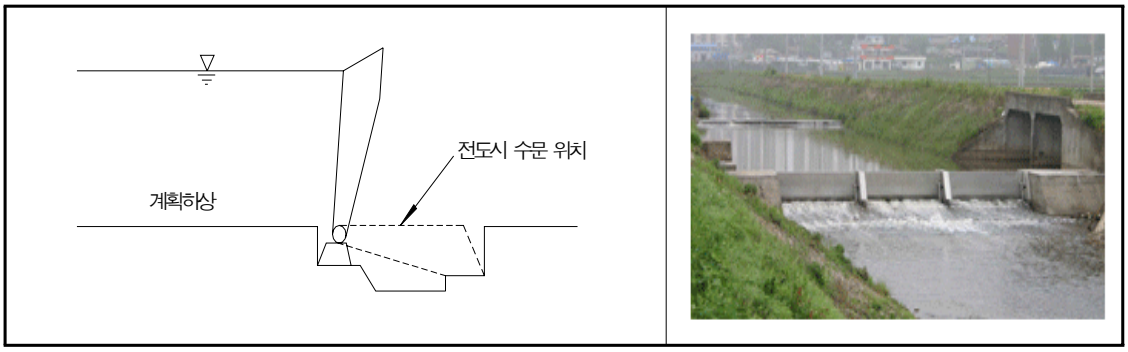
② 문기둥의 높이는 문짝을 완전히 열었을 때 문짝하단의 높이와 문짝의 높이에 개폐장치의 구조, 개폐속도 등을 고려한 여유고를 더해서 결정(여유고 1.0m 미만)

6) 문짝

① 가동보의 문짝은 개폐가 확실하고 완전한 수밀성을 가지고 홍수 소통에 지장을 주지 않는 구조가 되도록 설계

② 문짝에는 인양식과 전도식이 있으며 전도식일 경우에는 [그림 4.8]과 같이 전도시의 상단높이는 가동보 기초부(상판 포함)의 높이 이하로 함

③ 중요하천은 원칙적으로 인양식으로 하고 그 설치기준은 수문의 기준을 따름



[그림 4.8] 개량식보의 형상

④ 가동보의 수문 부근에 토사의 퇴적을 피하기 위해 수문의 고정부에 볼록부(凸)낙차를 설치할 필요가 있는 경우 볼록부의 상단을 계획하상으로 함

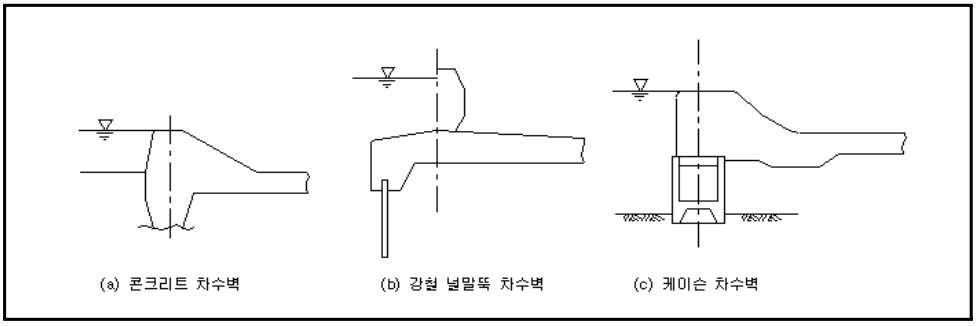
⑤ 전도식은 하상여건에 따라 개량식보(강제 전도식보)와 고무보(rubber 보)로 설치하고, 일정한 수위 이상이 되면 문짝이 자동적으로 넘어져서 홍수 소통단면을 확보하는 구조

로 설계되어야 함

7) 차수벽

① 투수성 지반의 보는 파이핑(piping)현상이 일어나지 않도록 충분한 투수로 길이를 확보하고 투수량이 많을 때는 이를 방지할 수 있도록 차수벽을 설치함

② 콘크리트, 강철 널말뚝, 케이슨 등을 사용하여 차수벽을 설치하고 수위차에 의해 생기는 침투수의 동수경사를 감소시켜 토사의 유동과 흡출을 방지하는 구조로 설계함



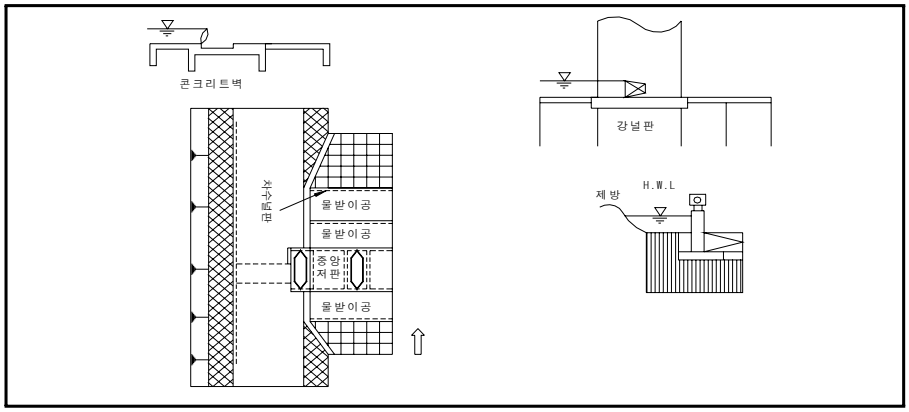
[그림 4.9] 차수벽의 종류

③ 투수로의 길이는 일반적으로 블라이(Bligh) 공식(Khosla 등, 1954)으로 결정함

$$l \geq C \cdot \triangle H$$

여기서, l : 투수로 길이(m) C : 블라이 계수 ΔH : 상하류의 수위차(m)

④ 차수벽은 일반적으로 상판, 물받이 하부, 제방에 보가 연결되는 부분 및 상하류 접속옹벽의 저판하부 등에 설치함



[그림 4.10] 차수벽의 설치

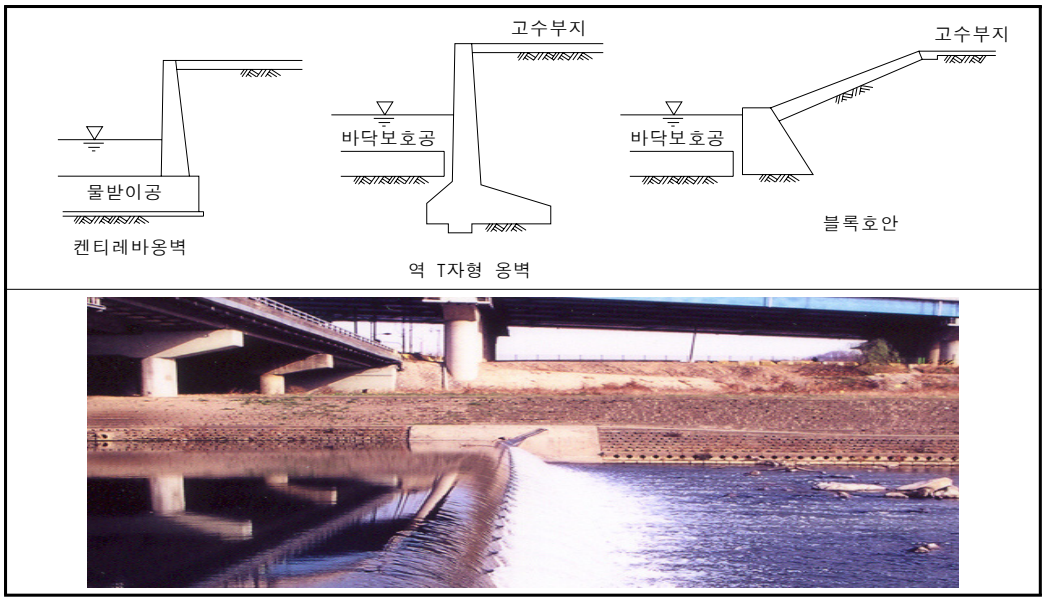
8) 연결호안

① 보에 연결하는 호안은 유수의 작용에 의해 제방 또는 하안이 세굴되는 것을 방지하는 구조로 설계

② 보에 연결되는 하안 또는 제방에는 이를 보호하는 옹벽이 설치되어야 함

③ 옹벽은 물받이 구간까지 점확대, 점축소 단면이 되도록 배치하고 연결부는 수리상 안전해야 함(보의 구조, 제방법선의 선형, 보와 연결부의 선형, 어도, 배사구, 갑문의 유무와 그 위치 등에 따라 다름)

④ 홍수시 유수가 고수부지를 흐르는 경우 고수부지가 세굴되기 쉬우므로 구조물 주변에 콘크리트 블럭, 콘크리트 상판 등을 설치하여 보호함(조도급변 금지)



[그림 4.11] 연결호안

9) 부대시설

① 관리교(가동보의 수문이 인양식일 경우)

(가) 관리교는 보기둥이 교각으로 설치되므로 관리교의 경간길이는 보기둥 설치에 준함

(나) 일상의 점검정비 또는 조작을 목적으로 하는 경우 관리교의 폭은 1.5~2.0 m, 설계하중은 200~300 kg/cm^2 정도로 함

(다) 계획홍수량이 약 2,000 m^3/s 이상의 중요구간에는 유지관리를 고려하여 설치(관리교의 폭은 3.0~3.5 m, 설계자동차하중은 14.0 t)

② 경보설비 및 CCTV

(가) 보의 직하류 400~500 m 정도의 범위 및 수문 등의 조작에 의해 30분간에 30㎝ 이상 수위가 상승하는 중요구간에는 경보설비를 설치

(나) 보의 직하류 구간을 감시하기 위해 필요에 따라 CCTV 설치가 바람직함

③ 취수구

(가) 취수구는 취수기능을 충분히 발휘할 수 있어야 하고 구조적으로 유수에 안전해야 하며 관리에 편리하도록 위치, 구조, 수위 등을 결정함

(나) 취수구는 원칙적으로 취수보의 직상류에 설치하고 토사가 소류되기 쉬운 위치에 설치

(다) 원칙적으로 양안 취수는 피하는 것으로 함

(라) 취수유속은 0.6~1.0 m/s 정도를 표준으로 함

(마) 체(screen)는 취수구의 제수문 바로 앞에 설치

(바) 지형이 허용하는 한 취수정을 설치하는 것이 바람직

(사) 취수구의 턱높이는 기왕의 최대갈수위에 의해 결정하며 수심을 H라고 하면 턱높이는 0.4H 이상으로 하는 것이 바람직

(아) 취수구의 폭과 취수량, 취수유속, 유입수심의 관계

$$b = \frac{Q}{H \cdot V}$$

여기서 b : 취수구의 폭(m) H : 취수수심(m),
V : 취수유속(m/s) Q : 계획최대취수량(m^3/s)

④ 배사구 및 침사지

(가) 배사구의 규모 및 설치위치는 평상시에 보 상류에서는 토사가 퇴적되지 않고 보 하류에 대한 토사공급의 기능을 확보할 수 있도록 결정

(나) 하천의 흐름에 따라서 취수되는 물과 함께 토사가 유입되어 수로에 퇴적, 용수소통 장애, 경지에 유입하여 지장을 주는 유입토사를 침전시켜 배제하기 위해 침사지를 설치

(다) 침사도랑의 바닥기울기는 지형에 따라 다르지만 지금까지의 사례에 비추어 1/20~1/70으로 하고 관개용 침사지에서는 1/50 내외를 표준으로 함

(라) 침사지내에 침전된 토사를 자연배사할 때는 침사도랑의 바닥기울기, 침사도랑 말단에서 배사관까지의 이동부, 배사관 입구와의 높이차 및 배사관 연결각은 물론 배사유량과 배사관의 단면형과의 관계를 적절히 고려함

(마) 침사지에서 침사도랑의 최소길이는 결정 식

$$L = k\frac{H}{V_g}u$$

여기서 L : 침사도랑의 길이 (m)
k : 안전계수 (1.5~2.0)
H : 침사도랑의 평균수심 (m)
u : 침사도랑의 평균유속 (m/s)
Vg : 최소침전 입경의 한계침강속도 (m/s)

(바) 침사지의 폭은 수심 H, 유속 V, 취수량 Q에 의하여 B=Q/(H · V)(m)로 결정

⑤ 갑문

(가) 보를 설치하여 하천을 주운으로 이용할 경우에는 갑문을 배사구 근처의 유심부에 설치하고, 갑문의 폭과 길이는 운행하는 선박이나 바지선의 종류, 크기 및 척수에 따라 결정

(나) 갑문의 폭과 길이는 결정 식

유효폭 = 대상 선박 폭 + 배열수 + 여유폭

유효길이 = 대상 선박의 길이 + 종방향 척수 + 여유길이

(다) 갑문에는 필요에 따라 급배수 설비, 계류 설비, 보안 설비, 개폐장치 등을 설치 운영해야 함

5. 수　문

수문의 내용

1. 정의 및 개요
2. 일반사항
3. 범위 및 내용
   - 용어의 정의 및 종류
   - 수문의 세부 설계
   - 수문의 유지관리계획

본 장에서는 내수배제, 역류방지 및 각종 용수의 취수를 위해 하천 또는 제방에 설치하는 수문의 구조, 수문설치에 관한 제반사항에 대하여 제시하였음

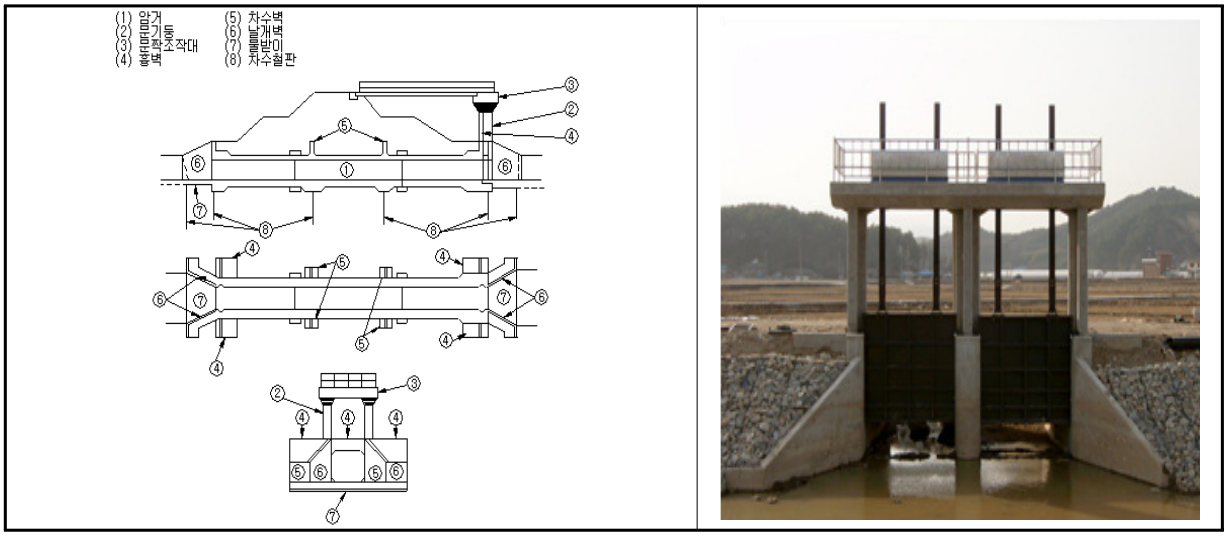
5.1 정의 및 개요

(1) 수문설계에 관한 표준적인 사항에 대해 기술

(2) 수문은 내수배제, 역류방지 및 각종 용수의 취수를 위해 하천 또는 제방에 설치하는 구조물

(3) 수문은 제방의 기능을 가지고 있는 것을 말함

(4) 일반적인 수문의 구조와 명칭은 [그림5.1]과 같고, 필요에 따라서 형태를 조정함



[그림 5.1] 수문의 구조와 명칭

5.2 일반사항

(1) 수문은 계획홍수위(고조구간에서는 계획고수위) 이하의 유수작용에 대한 안전한 구조가 되도록 설계

(2) 계획 홍수위 이하의 흐름, 하안, 구조물 등에 영향을 미치지 않고 수문에 접속한 하상 이나 고수부지 등의 세굴을 방지 할 수 있는 구조가 되도록 설계

(3) 수문의 설계시 그 설치목적과 필요성을 명확히 하고 전체적인 하천계획과 시공성, 경제성, 환경성 등을 고려해 제방구조에 영향을 주지 않도록 설계

(4) 수문의 분류

1) 목적에 의한 분류

① 배수문 : 제내지의 하수 및 우수를 배제하기 위해 또는 외수의 침입을 방지하는 동시에 본류수위 강하시 제내의 배수를 목적으로 설치하는 것

② 용수 취수문 : 관개용수, 공업용수 또는 생활용수를 취수하기 위해 제방에 설치하는 것 (통수량이 적어 통문의 형태가 많음)

③ 역수문 : 보통 지류의 하류부에 설치되며 본류의 역류를 방지하고 지류 자체의 과대한 치수시설을 하지 않고 그 범람을 방지하고자 설치하는 것

④ 역조 수문 : 하천의 감조부에서 염수피해를 방지하기 위해 본류 또는 지류를 횡단해서 설치하는 수문(일반적으로 규모가 크게 되므로 홍수소통에도 큰 지장이 없도록 하는 동시에 간만조시에 그 목적을 달성할 수 있도록 설계)

⑤ 통선 수문 : 주운을 주목적으로 설치하는 것(내·외해 또는 상·하류의 수위차가 있는 구간에 주운을 위해 설치한 것은 별도로 갑문이라 함)

⑥ 유량조절 수문 : 본류의 중·상류에서 지류의 분류량을 조절하기 위해 설치하는 수문

⑦ 육갑수문 : 도로 또는 철도로 인하여 하천제방을 계획상 필요한 높이로 축조할 수 없는 경우에 그 부분에 한해서 육갑구조로 만든 것

2) 형식에 의한 분류

① 단경간 수문 : 통수단면이 하나인 수문

② 다경간 수문 : 배수, 역류방지, 주운, 분류유량조절 등을 목적으로 경간의 길이를 같거나 다르게 설계한 수문

3) 구조에 의한 분류

① Sluice gate

② Rolling gate

③ Tainter gate

④ Drum gate

4) 형상에 의한 분류

① 수문 : 본류를 횡단하거나 본류로 유입되는 지류를 횡단하여 제방을 분리시키는 형태로 설치한 문짝을 가진 구조물

② 통문 : 제방을 관통하여 설치한 사각형 단면의 문짝을 가진 구조물

③ 통관 : 제방을 관통하여 설치한 원형 단면의 문짝을 가진 구조물

(5) 설치위치

1) 수문의 설치위치는 설치목적과 하천관리상의 지장유무에 따라 신중히 결정함

2) 만곡부, 하도단면이 협소한 장소, 하상이 불안정한 장소 등은 피함

3) 수문설치위치 결정시 고려사항

① 수충부나 연약지반은 피하고 하상이 안정된 지점을 선정

② 고수부지가 넓은 지점은 홍수에 의한 토사의 퇴적이 많아 수로 또는 통관이 매몰되기 쉽고 유지관리가 곤란하므로 설치위치로서는 적절치 않음

③ 하폭이 급변하지 않고 유수에 의한 세굴과 퇴적 또는 하상의 저하 등이 적은 지점을 선정

④ 교량 등의 구조물 부근은 피함

⑤ 배수가 목적일 경우는 제내지반 중에서 가장 낮은 지점을 선택

⑥ 취수가 목적일 경우는 본류의 하상이 안정된 지점을 선택(요안부(凹岸部)에서는 저수로가 제방에 가까운 곳에 설치, 철안부(凸岸部)에서는 토사의 퇴적이 발생하기 쉽고 용수취입구에 토사의 유입이 많으므로 가능한 피함)

⑦ 수문은 제방의 안전, 수문의 조작, 유지관리 측면에서 수를 적게 하는 것이 바람직(인접한 것은 통합시킴)

(6) 바닥높이 결정시 고려사항

1) 취수를 목적으로 할 경우에는 각각의 취수목적에 따라 결정되지만 장래의 하상변동에 대해서도 고려

2) 배수를 목적으로 할 경우에는 배수하는 하천의 하상고와 수로의 바닥높이를 고려하여 결정

3) 일반적인 고려사항

① 취수문 근처에서는 하상저하에 의해 취수가 곤란해지는 경우가 많으므로 취수문을 설치전 과거의 하상변동을 조사하여 장래의 하상저하의 가능성에 대해 충분히 검토함(바닥높이가 너무 낮으면 취수량이 과다해질 우려가 있음)

② 취수문의 바닥높이는 제내지반고, 수로의 바닥표고, 본류의 갈수위, 하상고 및 취수보의 높이 등을 고려하여 결정

③ 본류의 갈수위가 제내수로의 표고보다 낮은 경우에는 취수구의 위치를 상류에 설치하

거나 보를 설치하여 수위를 상승시키는 등의 방법을 고려

④ 하상변동이 심한 경우와 하상저하의 경향이 있는 하천에서는 안전을 위해 바닥높이를 낮추는 것이 바람직

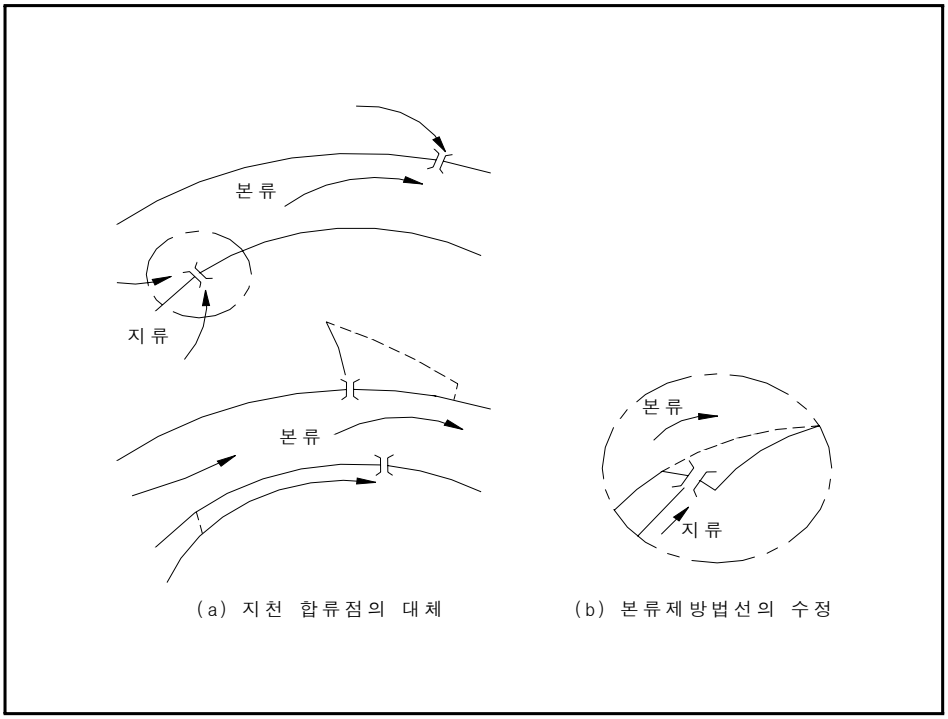
⑤ 연결되는 배수하천의 하상고, 수로바닥표고, 장래의 하천개수계획 등을 검토하여 개수 후에 그 기능이 충분히 유지될 수 있도록 바닥고를 결정(바닥이 낮으면 토사침전에 의한 유효단면적 감소, 높으면 배수능력 감소 및 제내측 완전배수 불가능)

(7) 수문의 설치방향

1) 제방의 안전을 고려하여 구조상 복잡성과 시공상의 어려움을 피함

2) 가능한 한 제방법선에 직각으로 최대한 간단한 구조가 되도록 설치

3) 본류유향 및 지류유향을 고려하여 결정



[그림 5.2] 수문의 방향과 본류 유향과의 관계

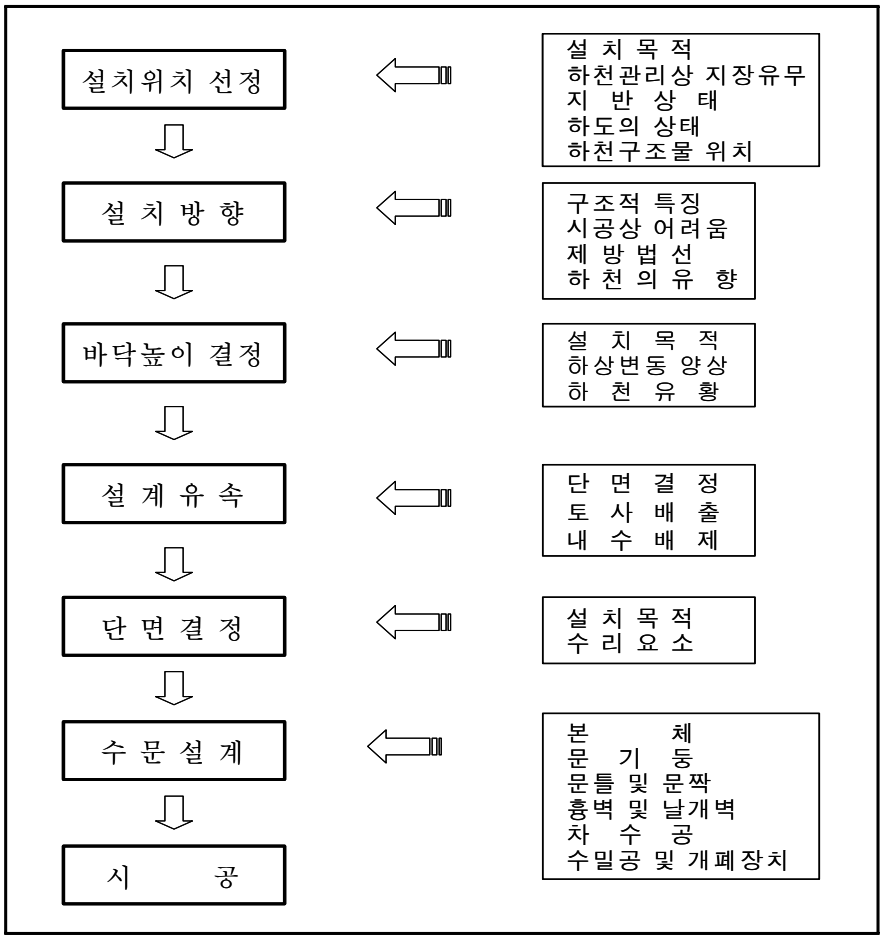
5.3 용어 정의 및 종류

(1) 수문 : 조석의 역류방지, 내수배제, 각종 용수의 취수 등을 목적으로 제방을 절개하거나 본류로 유입되는 지류를 횡단하여 설치하는 구조물

(2) 통문 : 제방을 관통하여 설치한 사각형 단면의 문짝을 가진 구조물

(3) 통관 : 제방을 관통하여 설치한 원형 단면의 문짝을 가진 구조물

5.4 세부 설계



[그림 5.3] 설계 흐름도

(1) 단면 및 설계유속

1) 단면결정(목적에 따라 결정)

① 취수가 목적인 경우 취수계획상 과대하지 않는 범위내에서 갈수시에도 계획취수량을 확보할 수 있는 단면으로 설계

② 배수가 목적인 경우 집수면적내의 강우량, 본류와 내수의 유출특성 등을 이용한 유출해석을 통하여 결정된 계획배수량을 배제할 수 있는 단면으로 설계

③ 유량조절이 목적이면 유량과 유속에 의해 결정

④ 홍수조절이 목적이면 홍수량과 수문상하류의 홍수시 내·외수위 및 홍수량을 소통시킬 수 있는 수문의 개방도 등에 의해 결정

⑤ 통관의 경우 작은 직경의 암거구조로 설치되어 토사나 이물질을 배제하기 어려우므로 배수 또는 취수량에 관계없이 가능한 큰 것으로 설치

⑥ 배수를 위한 수문의 단면결정은 여러 가지 단면을 가정하여 각각의 크기에 대한 내수

위 계산결과가 최고수위 허용값 이하가 되는 크기로 결정

⑦ 실용적으로 <표 5.1> 과 같은 표준값(단면적)을 사용함

<표 5.1> 단면의 표준값 (단위 : m^2)

구 분	집수구역 (ha)	수 로 하 상 경 사		
		1/5,000 이하	1/5,000~1/1,500	1/1,500이상
통 문 통 관	100 이내	약 0.6	약 1.25	약 2.3
수 문	1000이내	약 6.0	약 10.0	약 15.0
수 문	5000이내	약 20.0	약 33.0	-

2) 설계유속

① 배수문의 관내 설계유속은 토사침전을 방지하기 위하여 관내 최소유속은 1m/sec보다 크게 하는 것이 바람직

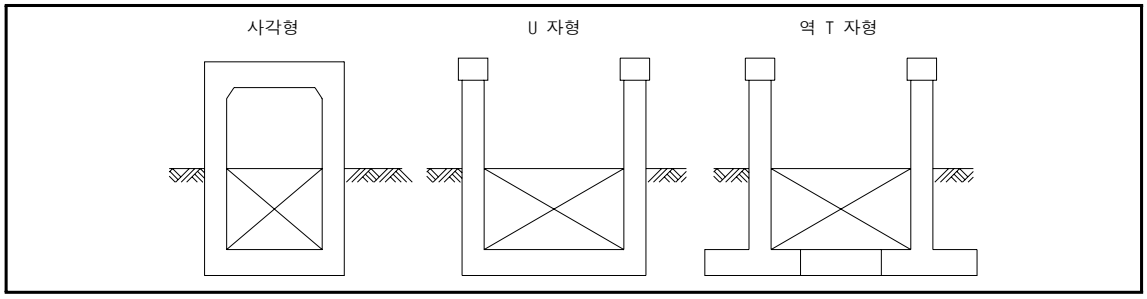
② 평지부 하천에서 관내 설계유속을 통상 1~2 m/sec로 하고, 합리식 등에 의해 최대유량을 기준으로 단면을 결정하는 소규모유역에서는 3.5 m/sec정도로 함

③ 일반적으로 토사의 침전방지 등을 고려해서 2~3 m/sec의 관내유속을 표준으로 함

(2) 본체

1) 수문의 본체는 상판, 보기둥, 조작대, 문기둥, 문짝 등으로 구성되며 통문과 통관의 본체는 암거, 문기둥, 조작대, 차수벽 등으로 구성됨

2) 수문본체의 형식은 [그림 5.4]와 같으며 형식은 기초지반, 공사비, 시공성 등을 고려하여 결정(소규모는 사각형, 대규모는 역T자형, 중규모는 U자형으로 하는 경우가 많음)

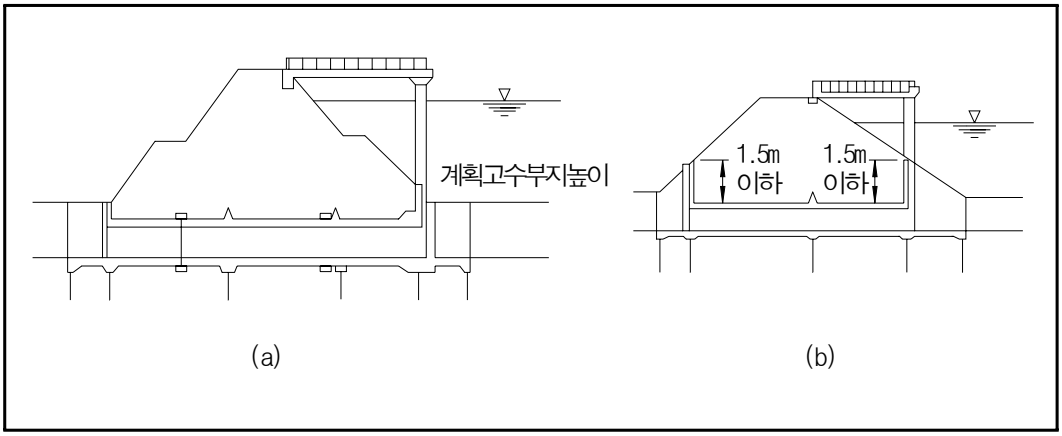


[그림 5.4] 수문 본체의 단면형

3) 본체 형식은 흐름에 지장을 주지 않도록 설계

4) 암거의 길이는 원칙적으로 계획제방단면의 제외지 비탈끝에서 제내지 비탈끝까지로 설계

5) 계획제방단면 안에 암거를 설치해야 할 경우 암거의 윗부분에서 흉벽 윗부분까지의 높이가 1.5m 이하가 되도록 함



[그림 5.5] 암거의 설치 종단면도

6) 암거의 길이가 30m 이상이 되는 경우는 반드시 부등침하에 대한 구조검토를 시행하여야 함

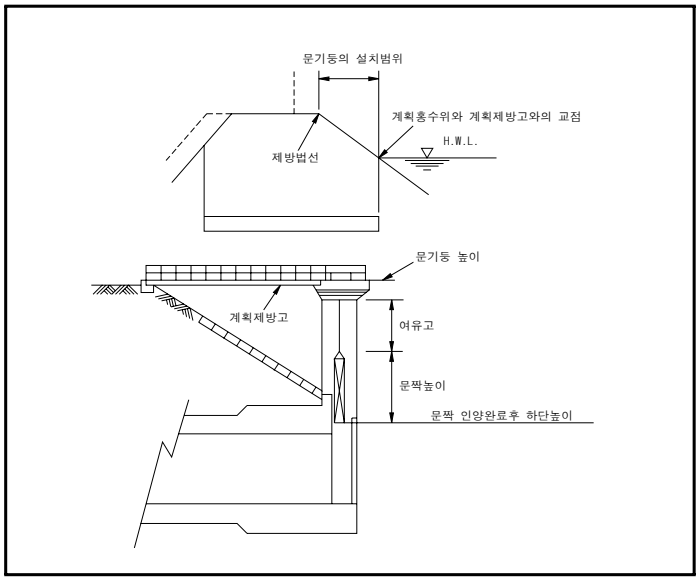
7) 이음매를 설치할 필요가 있는 경우는 종방향 구조계산을 실시하여 설치하도록 하며 이음매를 암거의 중앙부근에 설치하는 것은 피하도록 함

(3) 문기둥

1) 수문문기둥의 높이는 문짝을 완전히 열었을 때 문짝 하단부까지의 높이, 문짝의 높이, 관리를 위한 여유고를 더한 값으로 함

2) 수문 문기둥의 여유고는 문짝의 제작 설치사양과 유지관리성을 고려하여 정함

3) 문기둥의 높이는 위에서 언급한 높이와 계획제방고에 관리교의 형고를 더하여 조작대의 두께를 뺀 값과 비교하여 큰 값으로 결정함



[그림 5.6] 문기둥 높이

(4) 문틀 및 문짝

1) 수문 문짝의 설계시 고려사항

① 예상되는 하중에 대해 안전할 것　② 충분한 수밀성을 가질 것

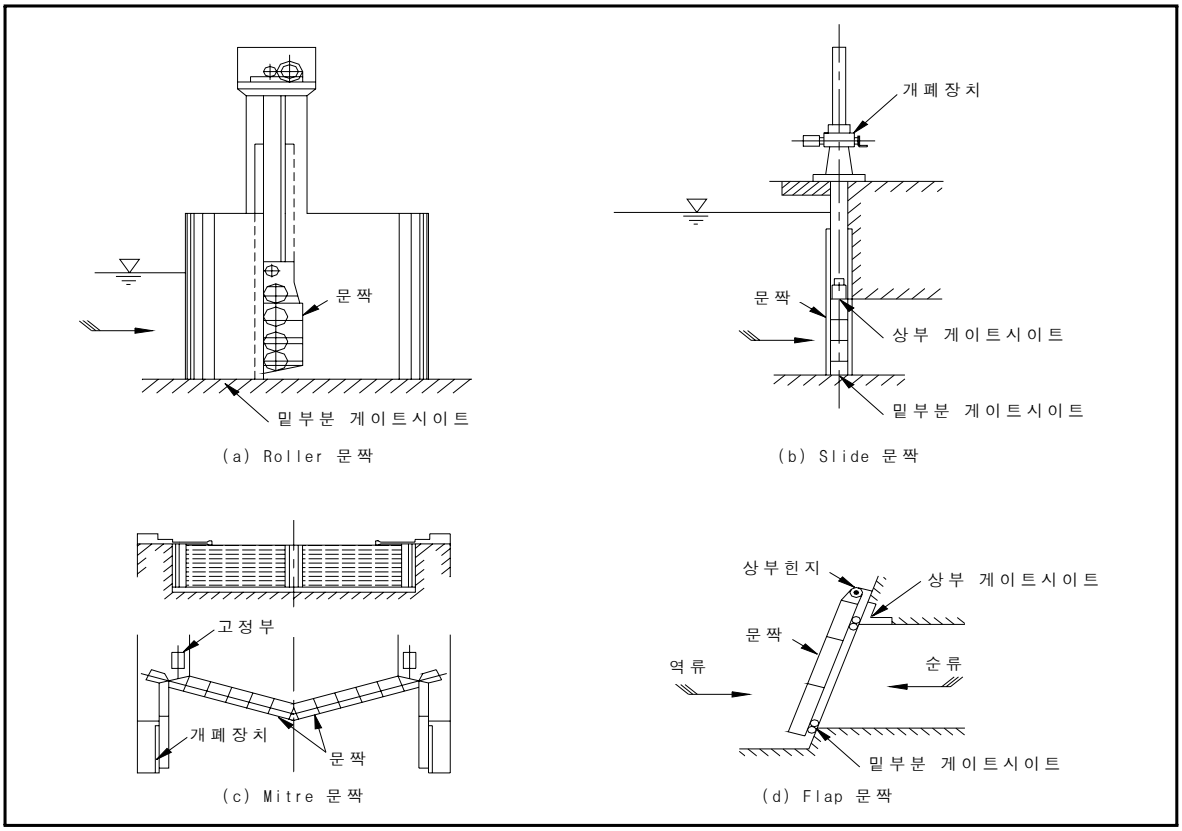
③ 개폐가 용이할 것　④ 내구성이 클 것

⑤ 유해한 진동이 생기지 않을 것　⑥ 보수에 편리할 것

2) 일반적으로 수문의 문짝은 강구조로 설계하는 것이 원칙이며, 이용되는 문짝의 종류를 크게 분류하면 <표 5.2>와 같으며 그 형태는 [그림 5.7]과 같음

<표 5.2> 문짝의 종류 및 특징

종	류	재 료	개 폐 방 식	특 징
인양식 문짝	슬라이드형 문짝	강재 또는 강재와 목재의 혼합	Spindle방식 Rack 방식 Wire Rope Chain 방식 유압식 방식	1) 조작이 확실 2) 설치비용많음
인양식 문짝	롤러형 문짝			
Flap 문짝			자 동	1) 불완전개폐의 가능성 있음 2) 설치비용저렴
Mitre 문짝			자 동	



[그림 5.7] 문짝의 형태

3) 조작의 확실성은 인양식 문짝이 가장 뛰어나며 Flap 문짝과 Mitre 문짝은 인공적인 조작이 필요치 않는 대신 사소한 유하물에 의해서도 불완전 개폐 또는 개폐불능이 발생될 수 있음

4) 인양식 문짝의 개폐장치는 문짝의 종류, 크기, 사용목적, 사용빈도 및 설치장소를 충분히 고려하여 결정함

<표 5.3> 개폐장치의 형식선정

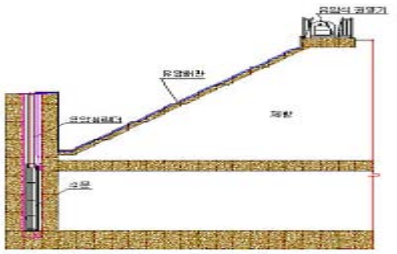
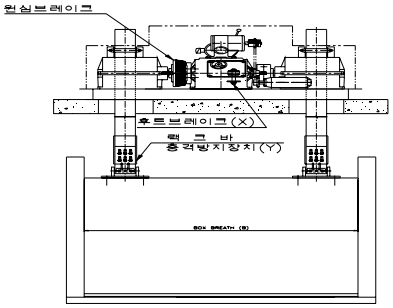
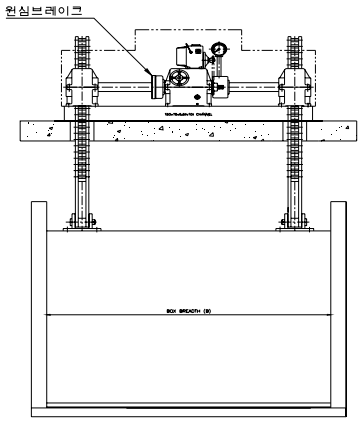
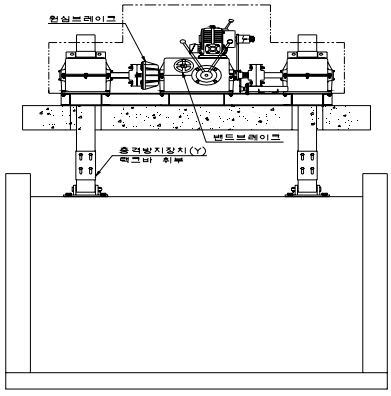
문짝의 종류	규 모	개 폐 장 치 의 형 식			
		Wire Rope Chain 방식	Spindle 방식	Rack 방식	유압식방식
롤러형 문짝	중 형 소 형	○ △	△ ○	△ ○	○ △
슬라이드형 문짝	중 형 소 형	△ ×	○ ○	○ ○	△ ×

주) ● ○ : 채택하여 이용하기에 적당한 형식
● △ : 경우에 따라 채택하여 이용하는 것이 가능한 방식
● × : 채택하여 이용하기에 부적절한 형식

5) 치수상 중요한 하천에서는 인양식 문짝을 사용하는 것을 원칙으로 하고, Flap 문짝 또는 Mitre 문짝은 다음의 조건을 모두 만족하는 경우에 한정함
① 불완전 개폐를 일으킬 위험이 없다고 인정되는 장소
② 단기간 불완전 개폐가 되어도 치수상 지장이 없다고 인정되는 장소
③ 인양식 문짝으로 할 경우에 배출시 개폐조작의 시기를 놓칠 우려가 있고 그 조작과 관리상 매우 곤란하다고 인정되는 장소 등

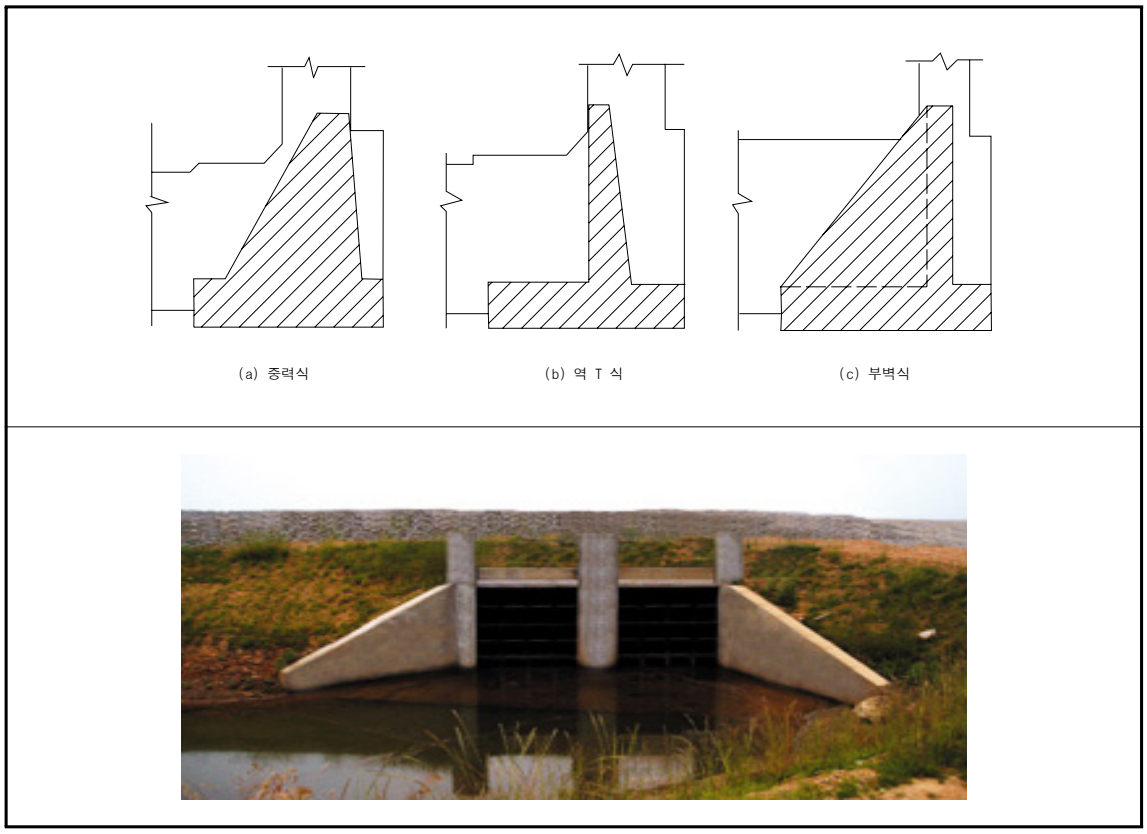
6) Flap문짝의 개폐장치인 권양기는 <표 5.4>과 같은 성능을 비교하여 문짝의 개폐를 확실하게 할 수 있는 형식을 선정함

<표 5.4> 개폐장치의 특성

구 분	유 압 type	핀 잭 type
일반도		
형 식	• 전동 및 수동 유압식 권양장치로 부터 동력을 전달받아 유압실린더에 의해 개폐되는 구조	• 권양기는 폐문시 문비자중에 의하여 문비가 하강, 개문시 상승만 되도록 하는 역회전방지 및 일방향 회전이 가능한 로울러베어링과 캠을 이용한 수문개폐장치
유지관리	• 별도의 오일이 필요없음	• 권양기 내부에 구리스 주입
기계효율	• 권양기 크기에 비하여 권양 능력이 큼 • 현재까지의 중량급 권양장치 중 크기에 비례해 작동력이 큼	• 부하가 작은 곳에는 볼 베어링을 사용하고, 부하가 큰 곳은 부시를 사용하여 효율과 내구성을 높임
특 징	• 한대의 권양장치로 수문 여러대를 제어 가능 • 권양효율에 비해 권양기의 크기가 작아 관리가 용이	• 과부하시 모타 회전력이 권양기에 전달되지 않음 • 정전으로 인한 수동개폐시 수문의 개폐시간을 단축할 수 있음
구 분	파 워 잭 type	하 이 잭 type
일 반 도		
형 식	• 1단축에 볼베어링을 이용한 밴드브레이크를 취부하고 핸드레바를 상하 작동하여 수문을 개폐하는 권양기	• 베벨기어 3치합 방식에 의한 양방향구동 하이잭식 고속권양기
유지관리	• 권양기가 밀폐형으로 내부에 기어 오일 주입	• 기어 및 축에 구리스 주입
기계효율	• 기어축 지지용 볼베어링을 사용하여 회전축 마찰계수를 감소시켜 기계효율이 좋음	• 회전속도가 빠르고 부하가 작은 곳에는 볼베링을 사용, 부하가 큰 곳은 부시를 사용
특 징	• 외수위가 높아도 강제 폐문이 가능 • 홍수때 수동폐문시 긴급차단 및 응급조치가 가능	• 양방향 인양장치 방식으로 수동인양속도가 파워잭, 핀잭에 비하여 다소 빠름

(5) 흉벽 및 날개벽

1) 흉벽의 구조형식은 중력식, 역T자식, 부벽식 등이 있으나 역T자식이 보편적으로 널리 쓰임



[그림 5.8] 흉벽의 구조형식

2) 흉벽은 본체와 일체구조로 수문의 제외지에 설치하며, 흉벽 상단은 계획제방단면 내로 함

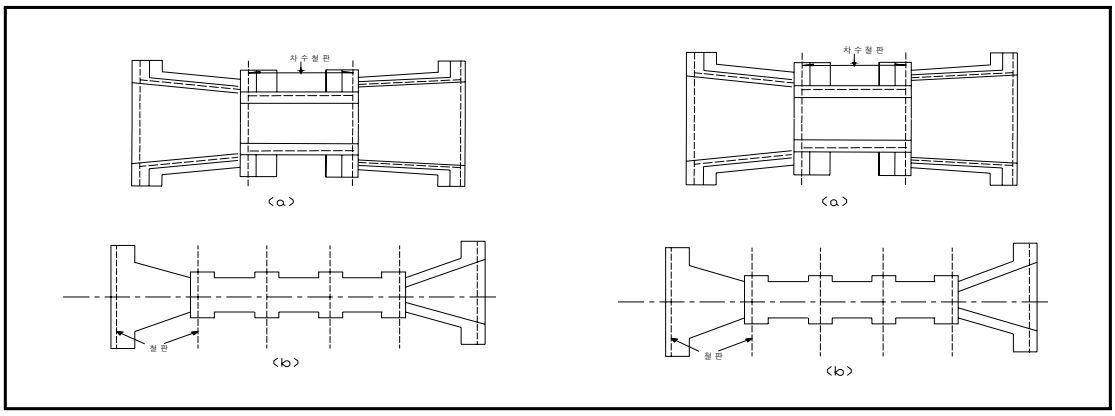
3) 날개벽은 본체와 분리된 철근콘크리트 구조로 함

4) 날개벽 상단부는 계획제방단면에 일치시킴

(6) 차수공

1) 수문의 차수널말뚝은 각각 [그림 5.9]와 같이 배치하며 그 재료는 경제성, 시공성, 내구성 등을 고려하여 선택하며 그 깊이, 길이, 설치위치는 파이핑 현상이 일어나지 않도록 검토하여 결정

2) 통문, 통관에는 침투수류에 의해 암거 주변에 파이핑이 생기는 것을 막기 위해 폭 1.0 m 이상, 하부폭은 2.0m 이상으로 하고 두께 35 cm 이상의 콘크리트 차수벽을 설치해야 하며 제방단면이 크고 암거의 길이가 30m이상인 경우에는 차수벽을 2개 이상 설치함



[그림 5.9] 차수공의 배치

(7) 수밀공 및 개폐장치

1) 수밀공

① 문짝의 수밀부는 일반적으로 스테인레스 강판, 동합금판, 고무로 설치함

② 수밀고무는 간단히 교체될 수 있는 것으로, 개폐시 큰 마찰력을 주지 않으며, 어느 정도의 처짐에 대해 수밀을 유지할 수 있고, 내구성이 큰 것

2) 개폐장치

① 수문의 개폐장치는 전하중에 대하여 안전·수밀성이 확보되어야 하며, 충분한 내구성을 가지고 있어야 하며 유지관리의 편의성을 가지고 있어야 함

② 수문의 개폐장치의 형식 및 구조는 사용조건과 설치조건에 적합하도록 선정하여 설치

(8) 유지관리

1) 수문 등의 저판에 균열이 생겨 누수 되거나 제방에 구멍이 뚫여 함몰된 것은 수문이 노후된 경우에 볼 수 있으므로 즉시 철거하고 개축함

2) 홍수기 전 문짝의 조작기구 상태를 조사하여 동절기에 수리할 것은 수리해야 함

3) 내연기관인 경우 실린더내의 기름이 없어지면 녹슬기 쉬우므로 적어도 한달에 한번은 운전을 함

4) 개폐장치가 실외형인 경우 절연저항을 항상 점검해 두어야 하며 부대호안, 밑다짐은 손상이 발생하면 즉시 수리하여야 함

5) 차수용 고무는 5년에 1회 정도로 대체하도록 하는 것이 바람직

6) 기계류의 윤활유는 경화되지 않도록 하고, 기타의 기름칠은 일반기계류와 같은 조치가 필요함

7) 제방과의 접촉부분의 홈에 유의하고 또 두더지, 들쥐, 지렁이 등에 의해 발생된 구멍은 비록 적은 것이라도 반드시 막아야 함

8) 홍수 후 수문을 점검하고 문짝, 문틀 등 시설에 부착된 이 물질은 반드시 제거함

6. 유 수 지

유수지의 내용

1. 정의 및 개요
2. 일반사항
3. 범위 및 내용
   - 용어의 정의 및 종류
   - 유수지 세부 설계

본 장에서는 홍수시 제내지에 내린 강우의 유출에 의해 발생하는 저지대 침수를 방지하는 시설 중 유수지의 설치위치, 처리방식, 경제적인 규모 및 부대시설의 설계에 대하여 제시하였음

6.1 정의 및 개요

홍수시 제내지에 내린 강우의 유출에 위해 발생하는 제내지 저지대 침수방지 시설 중 유수(저류)지의 설계 기준을 제시

6.2 일반사항

(1) 유수지 설계시 계획빈도의 홍수량에 의하여 제내지가 침수되지 않도록 설계

(2) 도시구간 등에서 설계시 환경을 고려한 설계

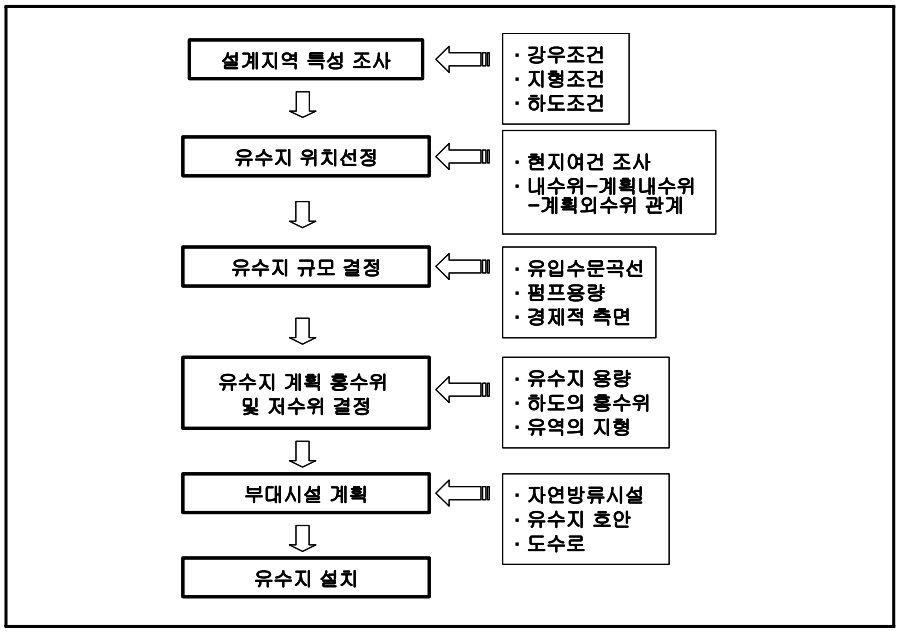
6.3 용어 정의 및 종류

(1) 유수지 : 본류 수위의 상승으로 제내지에 내린 강우의 자연배제가 되지 못할 때 제내지의 유출을 강제 배재 시키기 위해 물을 집수하는 장소

(2) 내수침수현상 : 홍수에 의해 본류수위(외수위)가 상승함에 따라 제내지 빗물이 자연배수 되지 못하고 저류되어 있거나 상습적으로 침수되는 현상

(3) 자연방류시설 : 평상시의 하수와 홍수시 본류 하천의 수위가 유수지의 계획홍수위에 도달할 때까지 유수지를 거치지 않고 유수지 유입량을 직접 배수본류 하천으로 방류하기 위한 시설물

6.4 세부 설계



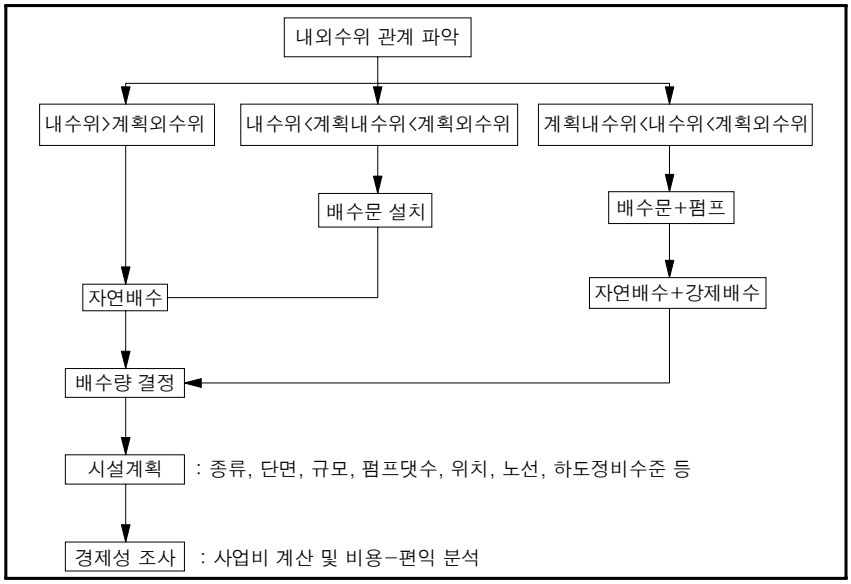
[그림 6.1] 설계 흐름도

(1) 배수처리 방식

1) 배수처리 방식은 현지여건을 조사하여 결정

2) 배수처리 방식은 [내수위 - 계획내수위(유수지의 계획홍수위)-계획외수위(본류수위)]의 관계를 고려하여 결정

3) 상기 조건에 따라 자연배수 및 강제배수의 방법 결정



[그림 6.2] 배수처리방식 결정 절차

(2) 규모 결정

1) 현지여건에 적합한 설계강우 및 유출모형에 의한 유입수문곡선 결정

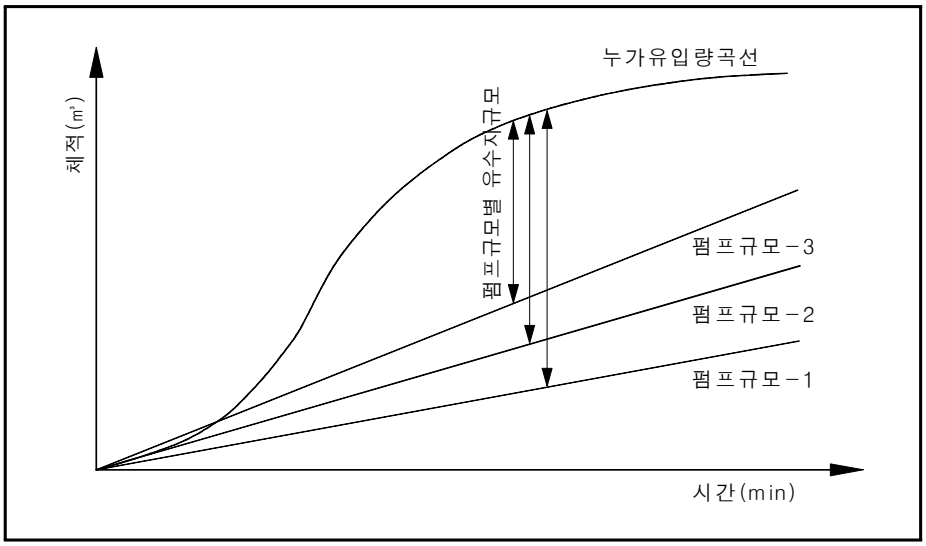
2) 강우지속시간별 수문곡선을 작성하여 임계지속시간 결정

3) 자연배수량을 제외한 누가유입 수문곡선 작성

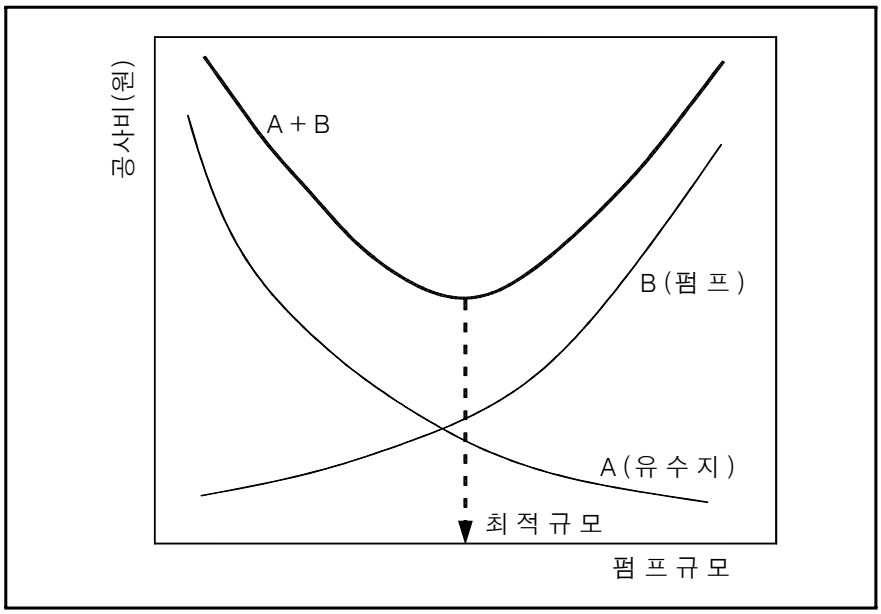
4) 여러 경우의 펌프용량을 가정하여 유수지 용량 결정

5) 유수지-펌프용량 관계곡선 작성

6) 가장 경제적인 유수지와 펌프용량 결정



[그림 6.3] 유수지-펌프용량 관계곡선(trade-off)



[그림 6.4] 최적규모 결정 방법

(3) 계획홍수위와 저수위

1) 유수지의 계획홍수위와 저수위는 유수지 용량, 유역의 지형, 하도의 계획홍수위, 평수위 등을 고려하여 결정
2) 유수지는 외수위가 높을 때는 수문을 닫아 계획 내수유입량을 충분히 저류할 수 있어야 하고 외수위가 낮아진 후에는 수문을 열어 내수유입량을 전량 배제
3) 유수지의 계획홍수위가 너무 높으면 유역내에서 배수효과가 발생하여 유역의 일부가 침수될 수 있으므로 유수지 용량과 유역의 지형 등을 고려한 계획홍수위결정
4) 보통 계획홍수위는 주변의 최저 지반고 보다 낮게 설정
5) 일반적으로 내수가 장시간 저류되어 있으면 악취가 발생하는 경우가 많으므로 홍수가 끝나면 신속히 배제할 수 있도록 유수지 저수위를 결정

(4) 자연방류시설

1) 자연방류시설의 방류구 위치, 배수량, 내외수위 관계 등을 고려하여 충분히 기능을 발휘할 수 있도록 계획
2) 유수지의 비탈면 하단에 설치되는 방류시설은 유수지로의 유입 배수시설을 고려하여 자연방류구에 접속시키며 자연방류 증가 및 유수지 조작이 유리하도록 함
3) 자연방류구의 규모는 내·외수위 상관성을 분석하여 유입 설계방류량을 충분히 소통시킬 수 있어야 하고 저지유역 간선배수시설의 시설규모 이상으로 설치
4) 자연방류구의 표고는 내수의 배제를 원활히 하고 장래의 확장이나 유지보수가 용이하도록 결정
5) 홍수시 하천의 수위가 내수위보다 높아져 외수가 제내지로 역류하는 것을 방지하기 위해 설치하는 수문은 시설비의 증가나 운영상의 불편이 있다하더라도 위험을 줄이기 위해 반드시 제외측에 설치함
6) 자연배수암거의 효율적 운용을 위해서 외수위와 방류구 위치에서 내수위를 비교할 수 있는 수위관측시설을 설치하고, 수위기록을 조정실에서 확인할 수 있는 시설도 설치

(5) 유수지 호안

1) 유수지 제방을 보호하기 위해 적절한 구조의 유수지 호안을 설치
2) 제방을 보호하기 위한 호안은 편람의 '호안' 규정에 따름
3) 유수지 호안은 생태기능을 보전할 수 있는 호안으로 설계

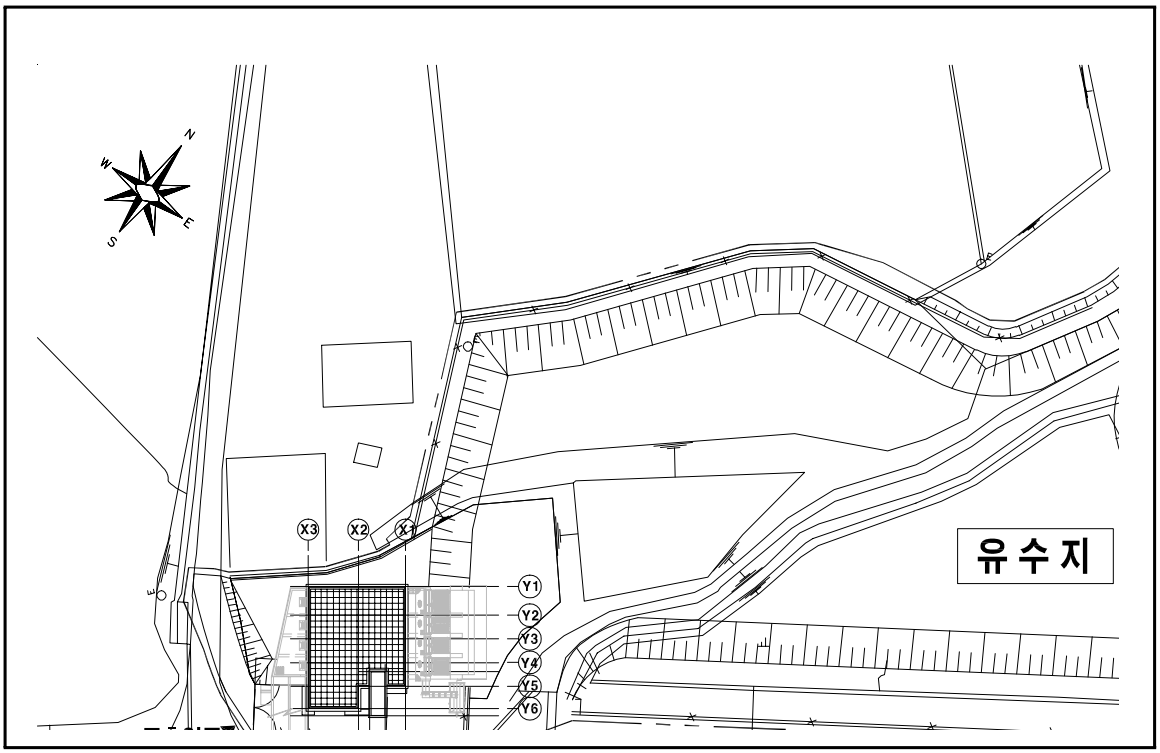
(6) 도수로

1) 유수지 내에 물이 장시간 동안 고여 있으면 악취가 발생하고 주위 환경에 나쁜 영향을 끼치므로 유입된 내수는 가능한 빨리 하천으로 방류
2) 유수지 바닥이 항상 건조한 상태를 유지할 수 있도록 유수지 바닥을 포장하거나 유수지 바닥에 도수로를 설치

6.5 유수지 설계

(1) 이길리 배수펌프장 및 유수지 설계

1) 위 치 : 강원도 철원군 동송읍 이길리(한탄강)



[그림 6.5] 이길리 배수펌프장 위치도

2) 설계지역 특성 조사 : 강우조건, 지형조건 그리고 하도 조건은<표 6.1>과 같음

<표 6.1> 설계지역 특성

구 분	내 용
설 계 빈 도	기상이변과 홍수피해가 빈번한 것을 고려하고, 편입 대비 비용을 고려하여 20년빈도 채택
강 우 강 도 식	1988년~2002년 강우 자료 이용
설계강우 지속시간	도달시간을 고려하여 강우지속시간을 2시간으로 채택
유 역 면 적	136.0 ha
유 출 모 형	소유역으로 지역특성이 균일하므로 R.R.L모형 채택
유 출 률 (C)	토지피복상태를 감안하여 유출률을 0.7로 산정
도 달 시 간	산지와 농경지를 감안하여 적절한 도달시간공식 적용
계 획 외 수 위	"한탄강 하천정비기본계획"에서의 계획홍수위 EL. 191.93m

3) 유수지 위치선정

① 이길리 유역의 유수는 한탄강 제방내에 설치되어 있는 배수구조물을 통하여 한탄강으로 직접 배수되고 있고 본류 제방 또한 완성제방인 점을 감안하여 외수에 대한 방어선은 현재와 같이 한탄강 제방으로 계획

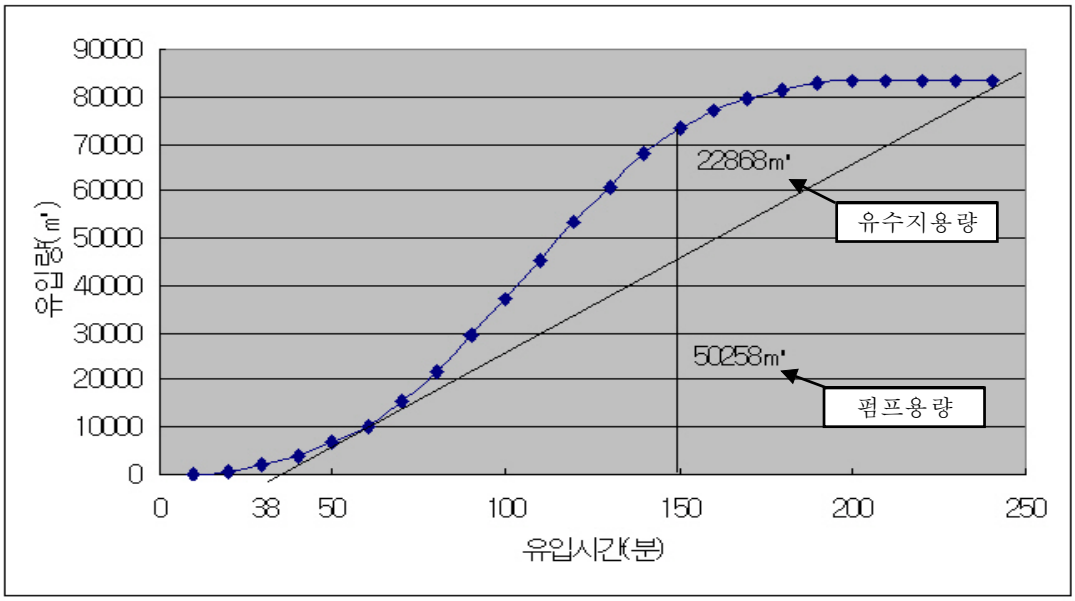
② 수문량에 의한 계획홍수량(계획내수위)과 기본계획에서의 계획외수위를 비교하여 최적의 배수처리계획을 채택함

4) 유수지 규모 결정

① 누가유입 수문곡선과 펌프용량을 감안하여 유수지규모를 결정하였음

② 편입 대비 비용을 감안하여 펌프용량, 유입수로, 배수갑문, 유수지, 보상비등 최적의 배수처리계획을 채택

③ 펌프용량 :Φ1,000m/m × 4대, 총토출량 450㎥/min



[그림 6.6] 이길리 배수펌프장 유수지-펌프용량 관계곡선

5) 유수지 계획

① 한탄강 유역에 비하여 배수펌프장의 유역 규모가 작음

② 내수유출 유역에 강우가 동시에 발생할 가능성 희박한 강우 비동시성 지역임

③ 자연 배수량이 전혀 없다는 가정하에 내수유역에서의 본류 유출량을 유수지와 배수펌프장이 감당하는 것으로 계획

④ 배수펌프 능력은 20년 빈도로 결정함

⑤ 이길리지구-기린천 하구 기존 배수암거를 통한 한탄강으로 배제

⑥ 개거식 유입수로를 정비하여 유수의 원활한 유입이 되도록 계획하였음

7. 하 구 시 설

하구시설의 내용

1. 개요
2. 일반사항
3. 범위 및 내용
   - 용어의 정의 및 종류
   - 하구시설 세부설계

본 장은 하천과 바다가 접하는 하천하구부에 대한 제반규정사항과 설계조건 및 하구 시설물에 대해 제시하였음

7.1 개요

(1) 바다로 직접 유입되는 하천의 시설물에 관한 설계 내용

(2) 하구시설인 하구둑, 배수문, 통선문(갑문), 하구제방, 하구호안, 도류제 등의 시설기준을 다룸

7.2 일반사항

(1) 하구시설에는 하구둑, 배수문, 통선문, 하구제방, 하구호안, 도류제 및 부대시설 등이 존재

(2) 하구시설은 하천과 바다, 양쪽의 조건을 충분히 고려한 하구수리학적 특성에 기초 하여 설계

(3) 수위변동과 기초 퇴적지질에 관한 자료를 충분히 조사 분석하고 인접 수역에 대한 환경영향을 고려하여 하구와 해안의 자연평형 유지

(4) 조석의 간만차가 심한 하구에서는 시설물의 수위변화에 따른 구조적 안정 및 조작 운용면에서의 원활을 기할 수 있도록 설계

(5) 하구에는 해수와 담수가 공존하고 또 오염물질이 밀집되는 곳이기 때문에 시설물 재료의 재질변화와 담수호의 오염에 대한 대책 강구

(6) 하구시설 건설시 유황변화, 토사퇴적 등 주변환경에 미치는 영향이 우려되므로 이를 감안하여 설계

7.3 용어 정의 및 종류

(1) 설계조위(設計潮位) : 구조물의 배치, 형식, 높이 등의 결정에 이용되는 조위로서 구조물이 가장 위험하게 되는 조위를 말함

(2) 평균해면 (Mean Sea Level)

: 어떤 기간의 해면의 높이를 그 기간의 평균해면이라 하며, 실용적으로는 1년간의 매 시

별 조위의 평균치인 연평균해면을 평균해면으로 함

(3) 기본수준면(약최저저조위, Datum Level)

: 한국 연안의 수심측정의 기준인 기본수준면은 약최저저조위로 연평균해면으로부터 주요 4개 분조 (M2, S2, O1, K1-조화상수)의 반조차의 합 만큼 내려간 면으로 정함

(4) 삭망평균만조위(High Water Level)

: 삭망의 날부터 전2일, 후4일 이내에 나타나는 각월의 최고만조위를 평균한 높이

(5) 삭망평균간조위(Lowest Water Level)

: 삭망의 날부터 전2일, 후4일 이내에 나타나는 각월의 최저간조위를 평균한 높이

(6) 약최고고조위 (Highest High Water)

: 평균해면에서 4개 주요 분조의 반조차의 합 만큼 올라간 해면의 높이

(7) 대조평균고조위(High Water Ordinary Spring Tide)

: 대조기의 평균고조위로서 평균해면에서 M2와 S2분조의 반조차의 합 만큼 올라간 해면의 높이

(8) 평균고조위(Mean High Water Level)

: 대・소조기의 평균고조위로서 평균해면에서 M2분조의 반조차 만큼 올라간 해면의 높이

(9) 소조평균고조위(High Water Ordinary Neap Tide)

: 소조기의 평균고조위로서 평균해면에서 M2와 S2분조의 반조차의 차 만큼 올라간 해면의 높이

(10) 소조평균저조위(Low Water Ordinary Neap Tide)

: 소조기의 평균저조위로서 평균해면에서 M2와 S2분조의 반조차의 차 만큼 내려간 해면의 높이

(11) 평균저조위(Low Water Ordinary Mean Tide)

: 대・소조기의 평균저조위로서 평균해면에서 M2분조의 반조차 만큼 내려간 해면의 높이

(12) 대조평균저조위(High Water Ordinary Spring Tide)

: 대조기의 평균저조위로서 평균해면에서 M2와 S2분조의 반조차의 합 만큼 내려간 해면의 높이

(13) 고극조위 (극고조위, Higher High Water)

: 극조위 혹은 최극조위는 조화 상수값에 의한 것이 아니라 조석관측데이터에서 통계적으로 월별 혹은 연간 가장높게 나온 조위(고극조위) 및 가장 낮게 나온 조위(저극조위)의 총칭

(14) 심해파 : 파의 운동이 저면의 영향을 받지 않는 상태의 파랑으로서 수심이 파장의 1/2보다 큰 경우의 중력파

(15) 천해파 : 파의 운동이 저면의 영향을 받는 상태의 파랑으로서 수심이 파장의 1/2 보다 작은 경우의 중력파

(16) 유의파(有義波) : 일정 관측시간 중의 전체 파랑 내에서 최고 파고부터 높이 순서로 정리하여 전체 파랑수의 상위 1/3의 파고와 그에 해당하는 주기의 산술평균값을 갖는 파랑

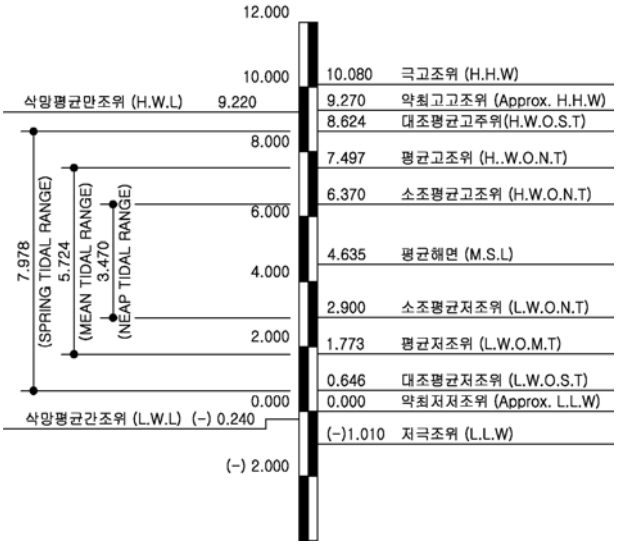
(17) 취송거리(吹送距離, fetch length) : 바람이 한 방향으로 불어오는 해면상의 수평거리

(18) 배수문 : 해수의 침입을 막고, 지구내 혹은 인접 배후지의 과잉수를 저조시에 바다로 배제하기 위한 시설

<표 7.1> 인천지역 조위표 (인천북항)

구 분		조 위	조 위 표
기왕고극조위 (EL : 5.445m)	Obs. H.H.W	DL. (+)10.080	
약 최고 고조위 (EL : 4.635m)	Approx. H.H.W	DL. (+) 9.270	
삭망평균 만조위	H.W.L	DL. (+) 9.220	
대조평균 만조위	H.W.O.S.T	DL. (+) 8.624	
평균 고조위	H.W.O.M.T	DL. (+) 7.497	
소조평균 고조위	H.W.O.N.T	DL. (+) 6.370	
평 균 해 면 (EL : 0.000m)	M.S.L	DL. (+) 4.635	
소조평균 저조위	L.W.O.N.T	DL. (+) 2.900	
평균 저조위	L.W.O.M.T	DL. (+) 1.773	
대조평균 저조위	L.W.O.S.T	DL. (+) 0.646	
약 최저 저조위	Approx. L.L.W	DL. (±) 0.000	

조 위 도
(인 천)



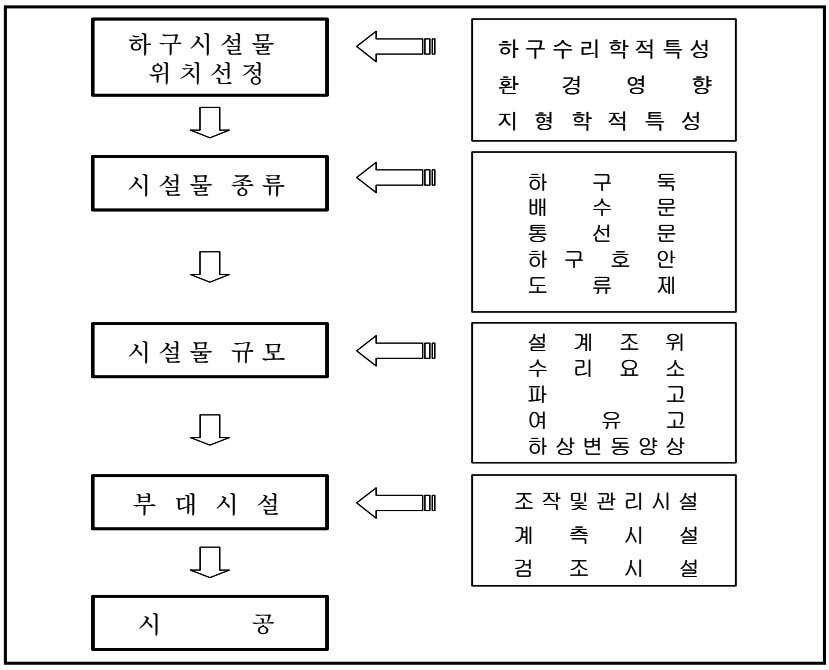
7.4 세부 설계

(1) 하구둑

1) 계획사항

① 하구둑은 하구역(河口域)에서 필요한 양질의 수자원을 확보하고 홍수범람의 피해를 줄이며 하구에 발달한 간석지(干潟地)를 개발하기 위하여 설치

② 하구둑의 위치는 하구수리(河口水理), 노선의 기초지반의 성질과 길이, 배수문의 위치 및 크기, 간척지의 조성, 둑의 체적과 재료공사 시행여건, 담수호의 수질, 교통수단의 개선, 용지(用地)의 사용계획, 공사비 등을 고려하여 결정



[그림 7.1] 설계 흐름도

③ 가정한 노선들에 대한 둑의 길이, 하상표고, 통수단면적 등의 지형조건을 검토하고 매립면적과 저수용량은 계획지구에서의 필요수량을 기준으로 설정

④ 조석량과 파랑의 처오름 높이 등을 분석하여 둑의 높이를 설정하고 기초지반의 토질 및 지질조사를 통해서 연약층의 두께와 토질의 역학적 성질을 분석

⑤ 하구둑의 축조로 생기는 담수호의 수질을 검토하고, 비용을 분석하여 오염처리시설의 종류와 처리방법을 결정

⑥ 하구에서의 도시발달의 추세를 분석하여 교통량의 집중을 막으면서도 양안간의 원활한 교통소통을 이룰 수 있도록 계획

⑦ 공사 도중 하구를 드나드는 선박의 항해에 제한 및 장해를 주지 않도록 설계

2) 둑마루 표고

① 하구둑의 둑마루는 파랑의 영향으로부터 시설물을 안전하게 보호할 수 있도록 충분한 높이로 설치하여 내항의 피해 발생 방지

② 둑마루 표고 산정 공식

둑마루 표고 = 설계조위 + 파고(또는 처오름 높이) + 여유고

3) 설계조위

① 산정방법

(가) 제1방법 : 기왕의 최고조위(高極潮位)

(나) 제2방법 : 대조평균고조위(H.W.O.S.T) + 기왕의 최대 조위편차(일반적으로 많이 사용)

(다) 제3방법 : 대조평균고조위 + 기왕의 이상 최대조위편차(발생회귀년도)

② 기상에 의한 조위편차

(가) 제1방법

$$\rho = \rho_1 + \rho_2 + \rho_3$$

여기서, ρ : 조위편차(cm), ρ_1 : 바람에 의한 편차(cm),

ρ_2 : 기압 강하에 의한 편차(cm), ρ_3 : 저기압 이동 속도에 의한 편차(cm)

가) 바람에 의한 편차

$$\rho_1 = 4.8 \times 10^{-2} \frac{F \cdot V^2}{h} \cos^2\Theta$$

여기서, F : 취송거리, V : 풍속(m/sec), h : 취송방향으로 측정한 평균수심 (m)

Θ : 풍향과 방조제에 대한 수선과 이루는 각

나) 기압강하에 의한 편차

$$\rho_2 = 0.991 \cdot \Delta\rho$$

여기서, $\Delta\rho$: 표준기압 (1,013 hPa)으로부터의 기압강하량(hPa)

다) 저기압 이동에 의한 편차

$$\rho_3 = \frac{\rho_2}{1-(\frac{V}{C})^2}$$

여기서, V : 저기압의 이동속도(m/sec), C : 장파 속도(m/sec),

g는 중력가속도(9.8 m/sec^2)

(나) 제2방법

$$\rho = a\ \Delta p + bU^2\cos\Theta$$

여기서, ρ : 조위편차(cm), Δp : 기압변화량(mb), U : 풍속(m/sec),

Θ : 기준방향에 대한 풍향의 각도, a와 b는 지역별계수

4) 파고의 산정

파랑 예측방법으로 유의파법, 파랑스펙트럼법, 수정 S.M.B법(Sverdrup-Munk-Bretschneider법) 등이 존재

① 유의파법 : 심해 및 천해에 적용

(가) S.M.B 법 : 풍역이 현저히 이동하지 않는 경우(계절풍)의 심해에 적용

(나) Wilson법 : 풍역이 이동하는 경우(태풍)의 심해에 적용

(다) Bretschneider법 : 풍역이동과 수심변동이 없는 경우의 천해에 적용

(라) 사카모토(坂本)·이지마(井島)법: 풍역이동과 수심변동이 있는 경우의 천해에 적용

② 파랑 스펙트럼법 : P.N.J법(Pierson-Neuman-James)법, Jonswap법 등이 있으며 일정해역, 일정풍속이 연속될 때 사용

③ 수정 S.M.B법 : 일정풍속이 연속될 때 사용

5) 처오름 높이 및 여유고

① 처오름 높이(跳波高, run up)

(가) 처오름 높이는 하구둑의 둑마루 높이를 결정하는 중요한 인자

(나) 제방 형상(단일사면, 복합사면), 설치위치, 해저경사, 입사파 특성 등에 좌우

② 여유고

(가) 하구둑의 여유고는 구조물의 중요도, 유지관리, 구조물의 설치지점의 지질과 축조재료, 구조물의 기능 등에 따라 결정(일반적으로 1.0 m 전후의 여유고)

(나) 하구둑의 침하의 주요 원인은 성토제 및 기초지반의 압밀 등에 의하여 발생하는 것으로 공사완료 후 3년간의 침하량을 가산하여 설계

6) 바닥다짐공

① 바닥다짐공은 파력을 감쇄하고 파랑 및 조류에 의한 세굴을 방지하여 피복공과 기초공을 보호

② 바닥다짐공은 바깥비탈 피복공의 비탈 끝 기초공의 앞면에 접속하는 위치에 설치하며 단독으로 침하될 수 있도록 피복공이나 기초공과 분리 설치

③ 세굴에 의한 바닥다짐공의 흐트러짐을 방지하기 위해서는 작은 깬돌, 섶다발, 매트리스 등을 부설하기도 함

④ 바닥다짐공 연장과 세굴심도의 계산은 '농지개량사업 계획설계기준 해면 간척편(농림수산부, 1991)의 규정에 따름

7) 최종물막이

① 최종물막이(끝막이)는 일반적으로 사석 및 돌망태에 의한 1차 물막이를 말하며, 공사방식에 따라 점축식(漸縮式), 점고식(漸高式) 및 점고점축병행식으로 분류

② 최종물막이 단계에서는 통수 단면적의 축소로 내외 수위차 및 조류속(潮流速)이 크게 증가되어 일반단계와는 다른 재료와 공법이 요구되며 위험기간을 최소로 단축하기 위하여 최대의 능력으로 단시일 내에 축제

③ 바닥턱(sill) 표고 결정

(가) 최종물막이 구간에서 바닥턱표고와 조류속과의 관계는 구간 길이가 일정할 때는 바닥턱표고가 높아짐에 따라 조류속은 점차 증가하다가 어느 표고이상이 되면 유출입 조석량도 줄고 유속도 감소됨

(나) 최종 물막이 구간의 바닥턱표고는 반드시 최대유속이 발생하는 표고 이하의 높이로

결정

(다) 바닥턱표고의 결정시 고려사항

- 최대 유속 발생표고보다 최소 1 m 이하로 결정
- 대조평균저조위(L.W.O.S.T) 이하로 결정
- 선박에서 해상작업을 할 수 있도록 하기 위해서는 대조평균만조면에서 흘수심(吃水深)의 확보(서해안은 평균해수면 7.0 m 이하)
- 사석 바닥턱공의 두께는 원지반에 매트리스를 부설한 후 2m 정도는 되어야 안전하므로 이를 고려하여 결정

④ 기설지구의 바닥턱표고에 대한 분석을 실시하여 결정

⑤ 최종물막이 구간의 연장 및 유속계산은 '농지개량사업 계획설계기준 해면간척편(농림수산부, 1991)의 제3장 설계'의 규정에 따름

(2) 배수문 및 갑문(통선문)

1) 배수문

① 배수문은 외해로부터 조수를 차단하고 강우시 해당유역으로부터 유입되는 계획홍수량을 배제 할 수 있는 규모로 결정

② 배수문은 하구둑 축조 후 유역으로부터 유출되는 물의 배제와 최종체절 기간중 발생하는 내외수위차와 최대유속을 저하시키기 위하여 설치

③ 배수문은 안전성이 확보되어야 하므로 기초지반, 풍향, 파랑, 표사(漂砂) 등의 입지조건과 유지관리의 편익을 고려하고 구조적 안전성을 검토하여 설치

④ 배수문 방류에 따른 세굴 또는 제방영향 등을 검토

⑤ 배수문은 계획홍수와 퇴사를 안전하게 처리할 수 있도록 계획

⑥ 배수문에는 문비를 설치하여 외수위가 높을 때는 문비를 닫아 외수(外水)가 제내측으로 침입하지 못하도록 하고 내수위가 높을 때는 문비를 열어 내수를 배재함

⑦ 배수문의 문비는 고장 및 유지관리를 감안하여 2중으로 설치 또는 비상문비 설치

2) 갑문(통선문)

① 갑문(통선문)은 수위가 서로 다른 두 수면 사이를 선박이 안전하게 통행하기 위해서 설치

② 갑문(통선문)의 규모 결정은 '항만 및 어항설계기준 제7편 와곽시설 제4장 갑문(한국항만협회, 2000)'에 준함

[그림 7.2] 금강하구둑의 배수문과 통선문

(3) 하구제방 및 하구호안

1) 하구제방

① 하구제방은 홍수류, 폭풍해일, 지진해일(tsunami), 파랑 등에 의한 침수와 파괴를 방지함과 동시에 하구에서의 토사침식을 방지하는 시설

② 하구제방은 일반 하천제방 및 하구수리의 특성이 동시에 나타나므로 설계규정은 '제방'의 설계에 준함

2) 하구호안

① 하구의 기존토지, 신규 매립지 등의 지반을 피복하여 홍수류 및 하구로 침입하는 고조, 지진해일, 파랑 등에 의한 세굴, 월파에 의한 파괴 등을 방지

② 배후로부터의 토압에 의한 육지의 붕괴를 방지하며 하구의 토사침식을 방지하는 시설

③ 하구호안은 일반 하천호안의 성질과 하구수리의 특성(수위의 잦은 변동)에 대비해야 하며, 염수와 하구오염수에 대한 호안 재료의 특수성을 고려하여야 함

④ 하구호안에 대한 규정은 '항만 및 어항설계기준 제7편 외곽시설 제7장 호안(한국항만협회, 2000)'에 준함

(4) 도류제(導流堤)

1) 일반사항

① 도류제는 하천에서 유송되어 온 토사가 퇴적되지 않도록 유도하거나 해안에서 파랑, 조석류 등에 의해서 운반되어 온 표사의 하구 침투를 막기 위한 것

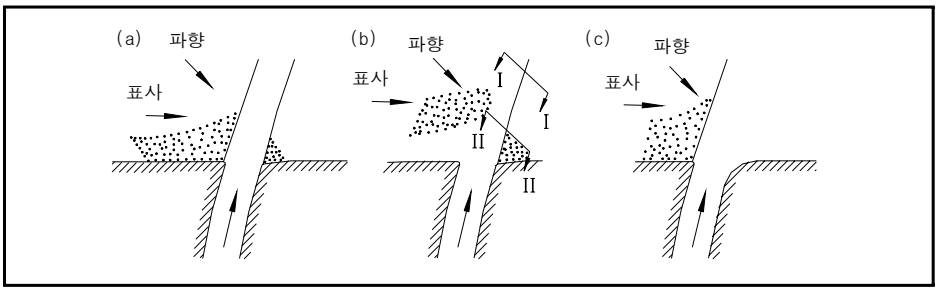
② 도류제는 하구위치의 고정, 수로선의 안정, 하구의 수위유지 등 수리학적 안정을 도모할 수 있는 기능을 갖도록 계획·설계

③ 설계시 위치선정, 설치방향과 길이, 폭과 높이, 투수정도, 제방의 재질과 재료의 확보방안, 바닥보호공과 쇄파공, 그리고 시공법과 시공순서 등을 검토함

④ 기타 도류제의 참고사항은 '항만 및 어하설계기준 제7편 외곽시설 제5장 매몰대책 시설(한국항만협회, 2000)'에 준함

2) 도류제 계획

① 도류제에는 하구의 양측으로 2개가 돌출된 경우와 하나 뿐인 경우가 있으며 후자의 경우에도 표사의 방향에 대해서 아래·위쪽에 설치 함 ([그림 7.3] 참조)



[그림 7.3] 도류제 설치형식

② 아래쪽에 설치한 것은 도류기능이 강하고, 위쪽의 것은 방사(防砂)효과가 뛰어나며, 양측 돌출의 도류제는 도류와 방사의 두 가지 효과를 나타냄

③ 탁월한 표사방향이 있는 경우에는 한쪽에 설치하고 계절적으로 표사방향이 변하는 곳에서는 양쪽에 설치

④ 표사량에 비해서 하천의 자체유량이 크고 퇴사를 소류하는 능력을 가진 경우는 표사방향의 아랫쪽에 1개의 도류제를 설치하면 해안변화는 적어짐

⑤ 표사량에 비해서 하천유량이 적을 때는 하천유량으로 퇴사를 소류하는 것은 곤란하므로, 1개의 도류제를 표사 이동 방향의 위쪽에 설치하여 방사효과 기대

⑥ 도류제의 방향은 파랑의 탁월 방향과 일정한 각도를 이루도록 함(각도가 적으면 정선(汀線, shoreline)에 직각 방향인 표사의 영향에 의해서 하구폐색 발생, 직각에 가까울 때는 도류제는 해안선의 수직선에 대해서 다소 기울어져야 함)

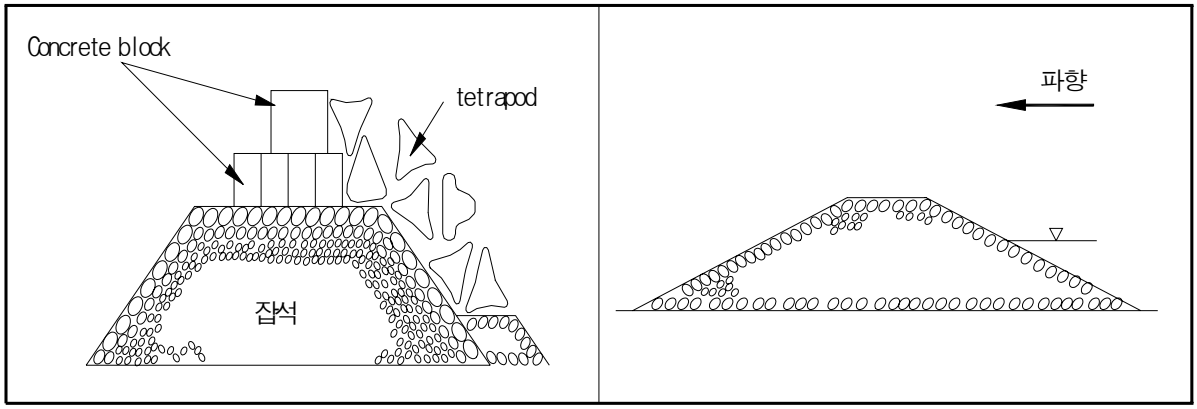
⑦ 도류제의 길이는 표사 이동이 심한 장소를 벗어날 때까지로 하는데, 대체로 정선으로부터 심해파 파장의 1/2 혹은 안정된 파곡(trough)까지 설치

⑧ 도류제의 높이는 충돌파의 처오름 높이를 표준으로 하는데, 충돌파 처오름 높이의 추산은 파랑해석에 근거

3) 도류제 구조

① 도류제는 하천의 유수(流水)를 도류(導流)하여 표사의 통과를 차단하는 기능을 하고, 폭풍시 파랑에 의해서 파괴되지 않는 구조로 설계

② 구조로서는 제방형, 방파제형, 내파구조의 하천수제형 등이 있는데, 파랑, 표사, 하천규모 등의 조건을 고려해서 도류제에 적합한 구조를 선택



(a) 방파제형 도류제 (b) 수제형 도류제

[그림 7.4] 도류제의 형식

③ 하구부 제방방식은 도류제의 접속구간에 한정되고, 다른 형식의 도류제의 주재료는 석재와 콘크리트 블록(콘크리트 블록은 테트라포드(TTP) 이외에 다른 특허 블록을 사용)

④ 도류제의 투수성이 과도하게 크면 하천수가 도류제를 투과하여 도류 효과를 감소시키므로 제체 내부는 세립의 석재를 포함시킴

(5) 주변에 미치는 영향

1) 유황(流況)변화

① 하구시설은 하천수와 해수의 유황(유향, 유속, 수심 등)을 변화시킬 수 있으므로 유황의 변화로 인한 환경영향 및 이권법(利權法) 문제를 예측하여 대처

② 유황의 변화는 유량의 변화와 생태계의 변화를 초래하고 특히 어장과 양식어업에 막대한 영향을 줌

③ 유황의 변화는 심한 세굴 및 퇴적현상을 국부적으로 발생시켜 기존시설물의 안정과 연안자원의 유지관리에 큰 피해를 초래할 수 있으므로 이에 대한 대비

2) 토사퇴적

① 하구시설의 설치로 인한 하구항 인근 연안에서의 토사퇴적 영향을 분석하여 대처함

② 서해안처럼 조석량(潮汐量)이 큰 경우 해수는 부유상태(浮游狀態)의 토사를 함유하며, 하구의 유속이 작아지고, 유수의 교란이 작아져 토사가 퇴적함

③ 토사퇴적의 정도를 나타내는 지표인 부유농도는 밀물 때보다 썰물 때 일반적으로 작은데, 이러한 현상은 특히 하천유량이 적을 때 현저하게 나타남

④ 하구둑 축조 후 홍수시의 문제

(가) 홍수시의 하구제방내외의 수위관계를 분석하여 배수문의 개폐시간을 적절히 조절 함

(나) 배수문 개방시 홍수가 하류로 방류됨에 토사도 하류로 수송되므로 밀물시 배수문 개방은 토사의 퇴적 원인이 되므로 배수문 조작운영을 효과적으로 할 것

3) 환경보전

① 담수호에는 유수가 정체되어 유역내 오염원으로부터 배출되는 부하량이 집적(集積)되므로 유역 내의 점오염원에는 오수처리시설을 갖추고 농경지와 같은 비점오염원에는 시비(施肥)관리와 물 관리를 통하여 배출부하량을 줄임

② 담수호는 이수장애를 발생하지 않을 정도의 염분농도를 유지함(허용염분농도는 농업용수(논벼-500 ppm, 밭작물-200 ppm), 생활용수-200 ppm, 공업용수-500 ppm)

③ 하구시설에는 어류와 조류 등의 생태계 변화를 최소화하는 조치를 강구

④ 하구에서의 오염물질의 집적을 막고 외해로의 확산을 유도하기 위해서는 도류제를 계획함

⑤ 하구항을 위한 방파제의 구조를 투수성 케이슨(caisson) 등으로 축조하면 어류서식처 역할과 위락공간으로서의 역할도 가능

(6) 부대시설

1) 조작 및 관리시설

① 수문, 어도 및 제염설비의 가동을 위한 조작실과 시설관리사무실, 관리인숙소 등은 위치, 규모, 현지여건 장래의 제반 조건 등을 고려하여 설계

2) 계측시설

① 기상관측시설 : 풍향계, 풍속계, 우량계, 증발계, 온도계 등을 설치하여 시설물의 조작·운용을 원활히 운용

② 매설시설 : 시설 구조물의 안전성을 도모하기 위하여 토압계, 간극(間隙)수압계 및 침하측정기 등을 설치하여 운용

③ 검조(檢潮)시설 : 배수문의 원활한 조작을 위하여 배수문의 내외측에 수위계, 자기검조계 및 간이검조척(檢潮尺)을 설치하여 수위를 기록

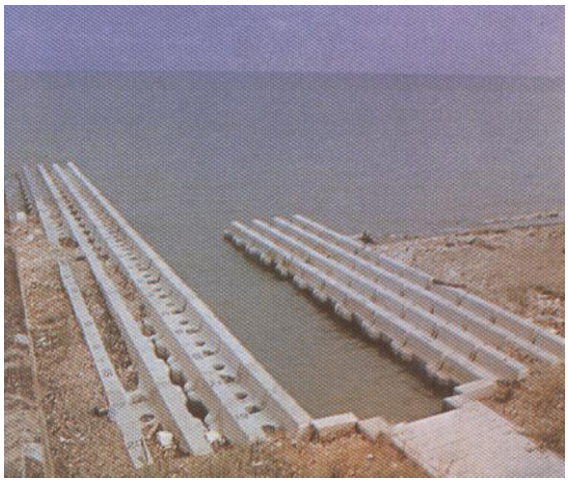
[그림 7.5] 방파제

[그림 7.6] 소파제

[그림 7.7] 돌출제

[그림 7.8] 해안선제방의 근고공

[그림 7.9] 이안제



[그림 7.10] 도류제

[그림 7.11] 해안선 피복공

[그림 7.12] 영흥도어장진입도로연육잠수교

[그림 7.13] 영흥도어장진입도로연육잠수교

7.5 하구시설 설계

7.5.1 녹산 수문과 녹산배수펌프장

(1) 사업의 목적

서낙동강은 낙동강 최하류단인 하구부 삼각주 지역에 위치한 지역으로 원래 낙동강 본류에서 분기되어 남해로 유출되는 낙동강의 파천이었으나,

1) 1934년 서낙동강의 분기점인 부산시 강서구 대저동에 대저제 및 대동제를 설치하여 낙동강 유역과 분리함
2) 서낙동강의 하구인 부산시 강서구 녹산동에 녹산수문을 설치하여 조류의 영향을 차단함
3) 현재에는 국가하천의 시점부인 대저수문까지 녹산수문의 상시만수위의 영향을 받는 저수지와 같은 기능을 하고 있는 하천임

   한편, 서낙동강이 위치한 부산, 경남지방일원은 태풍들의 주경로에 위치해 있고 태풍 진행방향의 우측인 위험반경에 위치하여 태풍으로 인한 피해가 많이 발생하고 있음
4) 기상, 지리적 요인에 의해 서낙동강 유역의 홍수피해는 대부분이 태풍을 동반한 집중호우에 의해 발생함
5) 홍수시 외조위의 상승으로 녹산수문을 차단하는 경우 서낙동강 전체 홍수량의 약 60% 정도를 차지하는 조만강 유역의 홍수량이 평강천과 맥도강의 배수영향을 미치게 되어, 이 지역의 침수피해를 가중시키는 원인이 됨
6) 낙동강치수대책의 일환으로 녹산배수펌프장외 2개소의 펌프장을 설치하여 홍수전 사전배제를 통하여 홍수피해를 저감시키고자 함

(2) 사업의 개요

1) 녹산수문

① 조류의 영향을 차단하고 하천을 저수지와 같은 기능을 가지게 함

② 녹산수문은 1934년 제1배수문을 건설하고 1992년 제2수문을 증설하였음

③ 제2수문의 증설은 그 동안 수문의 단면부족으로 인해 발생한 문제를 상당부분 해소하였으나 여전히 홍수시 서낙동강 본류의 높은 외수에 의해 빈번하게 침수피해를 입고 있으며 녹산수문의 증설로 인한 수위저감효과는 한계가 있음

③ 녹산수문 운영에 있어 가장 큰 문제점은 태풍발생시 수문개폐가 어려워 자연배수가 힘들며 특히 6월~9월의 홍수기와 태양의 기조력이 년중 최대로서 높은 조위의 영향으로 내수배제가 어려우며 홍수에 의한 내수위도 증가하여 서낙동강 유역에 빈번하게 침수피해가 발생함

<표 7.2> 녹산수문 시설개요 및 설계지역 특성

구 분	녹산제1수문	녹산제2수문	비 고
설 치 년 도	1934. 4	1992. 6	
시 행 청	농지개량조합	부산지방국토관리청	
수 문 규 모	10m×4m×10련	12m×6m×련	
수 문 중 량	15톤	30톤	
권 양 형 식	전동드럼 체인	전동드럼 와이어로프	
배 수 능 력	970 m^3/sec	670 m^3/sec	
바 닥 고	EL. -2.5m	EL. -3.5m	
수 혜 면 적	303.09km^2		
상 시 만 수 위	EL. -0.3m		모의초기수위
서낙동강 평수량	2.12 m3/sec		모의초기유량
평 균 대 조 위	EL. 0.060 ~ -1.060m		
평 균 조 위	EL. 0.337 ~ -0.797m		
평 균 소 조 위	EL. 0.074 ~ -0.534m		

2) 녹산배수펌프장

① 녹산수문에 의한 홍수 배제량에 한계점을 보완하고자 녹산배수펌프장을 계획하였음

② 녹산배수펌프장의 방수능력은 200m^3/sec이며 녹산배수펌프장에 의한 서낙동강 홍수처리량은 13.0×106 m^3로 29%를 차지함

③ 녹산배수펌프장의 운영으로 강우발생전 내수위를 EL.-0.3m에서 EL.-2.0m까지 강제배수함

④ 녹산수문의 수문운영 가능시간은 대조평균조위(EL. 0.60m~-1.06m)일 경우 3시간이며 배제 후 녹산수문 지점의 수위 및 자연배제량은 각각 EL. -0.80m, 5,729,920m^3으로써 이는 신설되는 녹산펌프장의 규모가 200m^3/sec일 경우 사전 강제 배제시간은 7시간에 해당함

⑤ 녹산펌프장의 규모는 200m^3/sec대해 24시간 사전 강제배수 할 경우 수위는 EL. -2.339m로 낮아지고, 저류가능량은 50,402,447m3 로 분석됨

8. 자연형 하천설계

자연형 하천설계의 내용

1. 정의 및 개요
2. 일반사항
3. 범위 및 내용
   - 용어의 정의 및 종류
   - 자연형 하천 세부설계
   - 자연형 하천 설계실례

본 장에서는 하천의 이수, 치수적 측면을 중시하던 기존의 하천정비 개념에서 자연과 함께하는 친환경적 하천으로 도모할 수 있는 자연형 하천 공법 및 시공사례에 관하여 제시하였음

8.1 정의 및 개요

(1) 정의

1) 하천의 자연성이란 하천의 환경 기능 중 수질정화 및 다양한 생물서식공간으로서의 기능을 말함

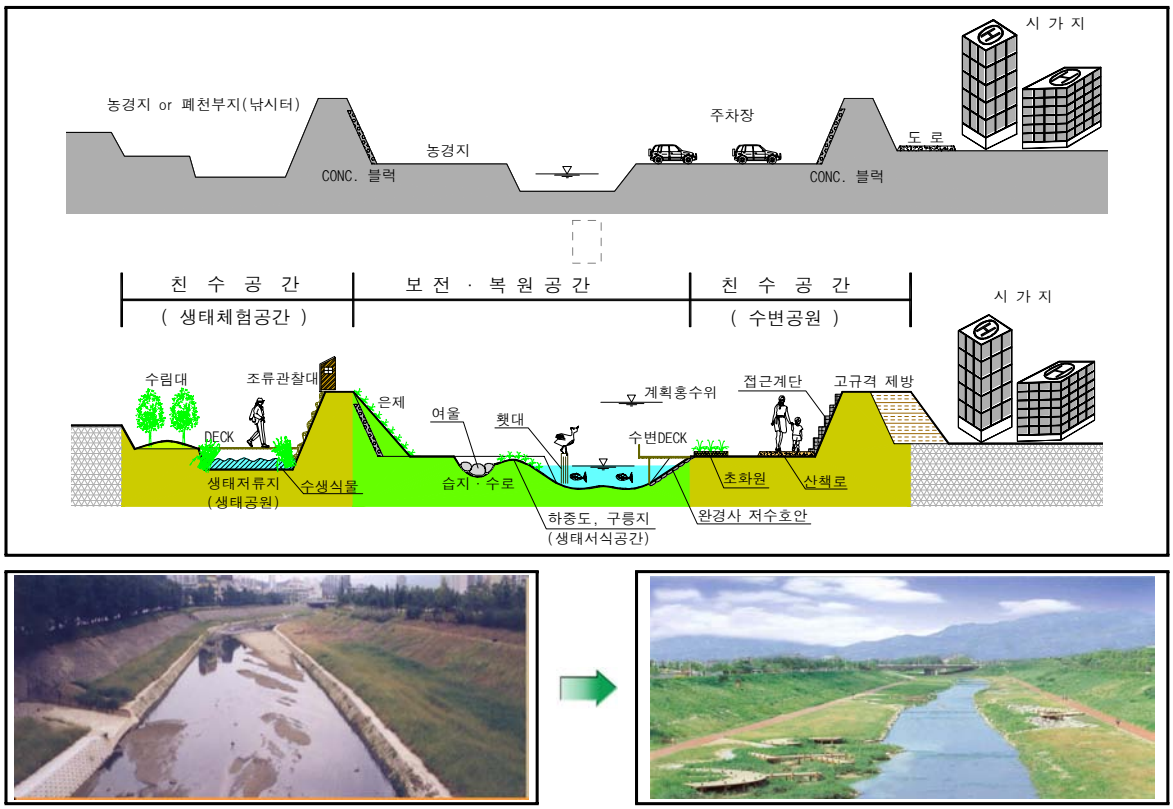
2) "그 하천이 지닌 본래의 자연성을 최대한 살릴 수 있도록 조성된 하천"을 말함 (이·치수 기능뿐만 아니라, 하천을 여러 오염원으로부터 보호하고 하천의 생태적 회복 및 인간의 삶의 질 향상을 위한 환경개선이 크게 강조되는 점이 기존의 하천개념과 구별됨)

3) 하천의 환경기능을 부분 또는 전체적으로 유지, 보전, 복원, 또는 창출하면서 치수와 같은 하천의 공학적 기능을 개선하는 하천정비사업임

(2) 자연형 하천의 개요

1) 오염된 하천의 치수기능을 유지, 증진하면서 하천의 자정능력을 높이도록 수역 및 호안, 둔치 등에 수초대, 식생대, 수생식물 식재, 자연하천정화시설 등을 설치함 (하천의 수질을 개선하고, 하천의 생태계를 보호 또는 회복·복원하는 "하천가꾸기 사업"이라 할 수 있음)

2) 자연이 가진 다양성의 존중, 하천의 자연조건을 규정하는 아름다운 강변과 물 순환의 보전 및 창출, 생태계가 고립되지 않도록 물과 강변 식물의 상호 연계 구현



[그림 8.1] 자연형 하천환경정비사업 예

8.2 목적·적용범위·관련법규

(1) 목적

1) 홍수피해 저감과 함께 하천과 주변 지역의 자연생태계를 보전 또는 복원

2) 자연 생태 공간인 하천 안팎에 다양한 생물 서식 공간 확보

3) 친수기능을 부여함으로써 국민의 삶의 질 향상

4) 지역사회와 연계된 지속적인 하천관리

(2) 적용 범위

1) 하천법에 따른 하천유역의 정비, 하천정비기본계획 및 실시설계 등

2) 소하천정비법에 따른 소하천정비사업과 환경부 오염하천정화사업

3) 기타 하천과 관련한 각종 개발 사업관련

(3) 관련 법규

1) 하천법 제17조(하천정비기본계획)와 동시행령 제10조(하천정비기본계획의 수립), 제11조의2(하천유역종합치수계획의 수립)와 동법 시행령

2) 환경·교통·재해등에 관한 영향 평가법(법률 제07020호, 2003.12.30)

3) 소하천정비법(법률 제6656호, 2002.2.4)의 제6조(소하천정비종합계획의 수립)

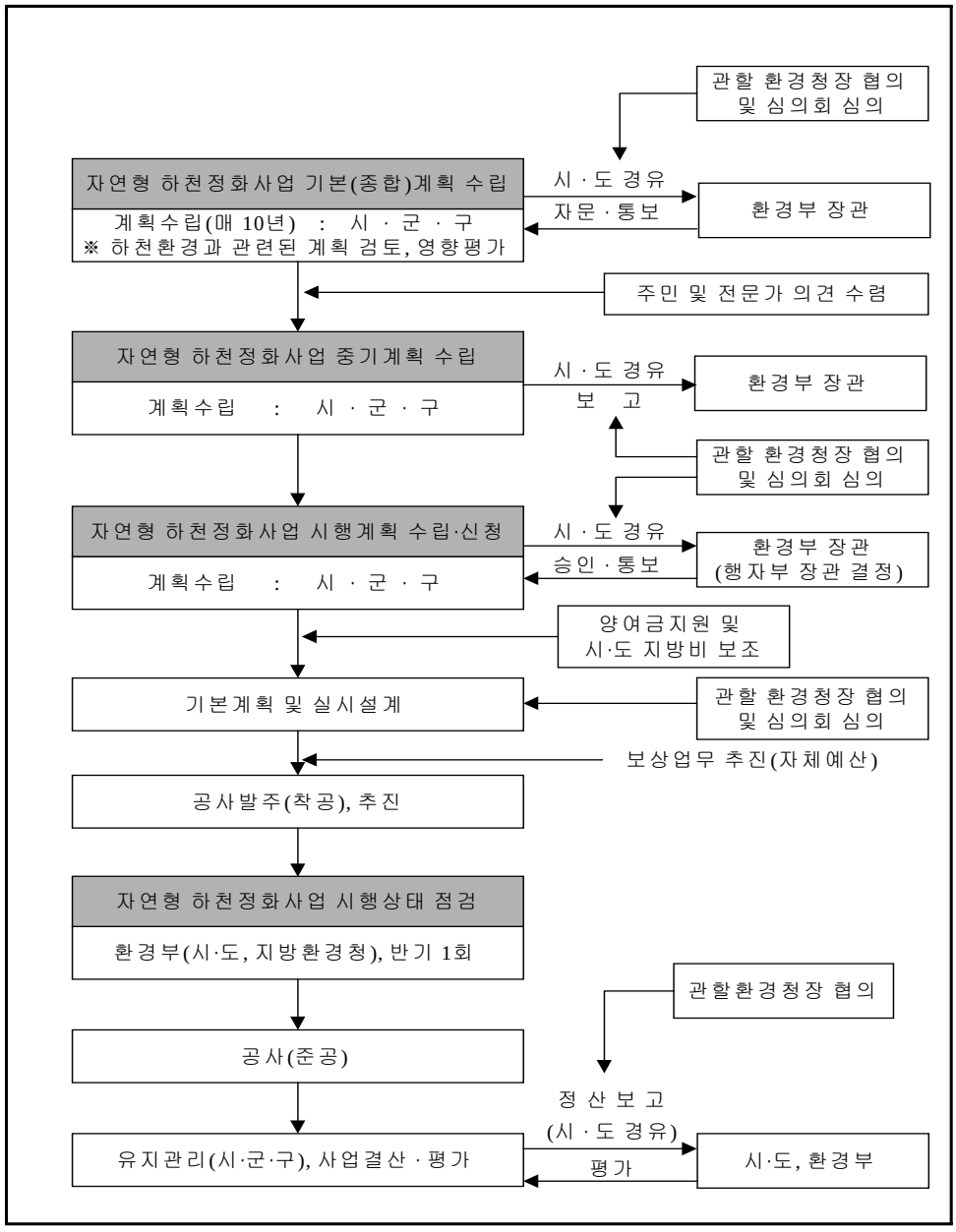
4) 수자원장기종합계획(건설교통부, 2001)의 '치수종합계획'과 '하천환경계획'

5) 하천설계기준 · 해설(한국수자원학회, 2005)

6) 하천공사표준시방서(한국수자원학회, 1999) 등

8.3 자연형 하천사업 추진 절차

(1) 자연형 하천사업은 조사, 계획, 설계, 시공, 유지관리, 점검, 평가 등 각 단계별로 체계적인 추진이 요구됨



[그림 8.2] 자연형 하천사업 행정절차 흐름도

(2) 자연형 하천사업 계획 수립시 착안사항

1) 유역환경과 하천환경의 현황, 하천환경에 관련된 계획을 파악함

2) 대상하천의 점·비점오염원의 산정과 하천수계에 미치는 영향을 고려

3) 자연형 하천정화사업의 목표를 설정하고 그 효과를 파악하기 위하여 수질, 수생동·식물 서식·분포 등의 지표를 설정함

4) 하천에 서식 생육하는 생물생태와 하천의 물리적 환경과 생물생태와의 관계를 고려 (어떤 물리환경에서 어떤 생물이 어떻게 서식·생육하는지를 알고, 하천의 물리환경 변화가 생물의 서식·생육에 미치는 영향 파악)

5) 불규칙적인 형상의 하천수로에서 수리, 흐름에 의한 하천수로의 형상 변화, 식생의 분포와 하천의 지형의 형성에 미치는 영향 등을 고려

6) 대상하천에 자연형 하천정화공법 등 적합한 하천정화사업 뿐만 아니라 재해방지 대책도 마련해야 함

① 자연하천정화시설(접촉산화시설 등), 인공습지, 수생식물지를 이용한 하천정화, 저류지·장치형 관리시설·식생여과대 등 비점오염물질 저감시설 설치

② 자연형 하천정화공법 적용시 유속 및 소류력, 압력강도, 하천의 만곡, 횡단구조물 유무 등을 설치장소에 따라 검토

8.4 일반사항

8.4.1 자연형 하천계획의 기본 개념

(1) 자연보전 요소, 하천수변 식생과 하천경관의 보전 및 향상을 위한 하천환경정비 및 관리가 되도록 함

(2) 치수 및 이수 목적상 하천정비가 필요한 하천에서 가급적 하천환경이 크게 훼손되지 않고 자연상태의 하천 모습에 가깝게 유지되도록 함

(3) 하천정비기본계획(치수 및 이수기능 향상)이나 소하천 정비종합계획에 따라 이미 정비하였거나 정비가 진행중인 하천의 경우에도 치수관리상 허용하는 범위 내에서 자연보전 기능을 되살릴 수 있도록 함

(4) 자연형 하천계획은 결국 하천환경 요소를 복원 또는 유지하도록 하는 새로운 형태의 하천정비와 유지·관리에 관련된 하천계획이 이루어져야 함

8.4.2 자연형 하천가꾸기의 목적 및 범위

(1) 우리나라 하천의 특성에 적합한 구조와 안정성을 갖추면서 하천 생태계와 조화를 이루며, 친수성 및 경관 등 하천의 환경기능을 향상시켜야 함

(2) 기존의 직강화, 콘크리트화, 획일화된 하천에서 치수와 이수 목적을 달성하면서 자연환경을 고려하여 자연 하천으로 되살리는 방법과 기술을 개발하여 적용함

(3) 하천환경의 보전 및 훼손된 하천환경의 복원을 위해서 대상 하천의 특성을 파악하여, 하천환경을 평가하는 방법을 개발하여 적용함

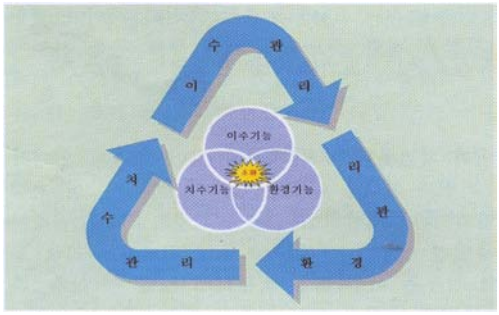
(4) 자연형 하천가꾸기는 지속적으로 자연형 하천공법을 개발하고, 개발된 공법들을 실제 하천에 적용할 수 있는 지침을 작성하여 제시하여야 함

(5) 하천의 수리, 수문, 수질, 형태, 생태계, 경관 등 각종 자료를 수집·분석하여 실제 하천사업과 연결시키고, 하천에서 실제 사용되는 각종 공법들(저수로 호안, 제방 사면, 여울과 웅덩이(沼), 보와 낙차공, 어도 등)을 포함하여야 함

(6) 저수호안, 여울-웅덩이(沼) 구조, 자연형 고수부지·제방, 자연형 하천공법의 개발· 시공, 바이오톱 조성, 자연형 수질 정화기법, 자연형 수제 등을 구체적으로 개발하여 적용함

8.4.3 자연형 하천정비의 기본 방향

(1) 하천의 제반 기능간의 조화된 체계적인 하천정비



1) 하천이 갖는 치수·이수·환경영향을 고려한 하천환경정비

2) 치수·이수에 하천환경 기능이 서로 조화를 이루도록 해야 함

[그림 8.3] 하천이 갖는 제반기능의 조화

(2) 하천이 갖는 자연성 유지 및 하천생태계의 보전과 복원

- 자연 친화적 하천관리는 우각호, 늪지, 배후습지, 홍수터 공간의 하도습지 등을 생태계 서식지 및 홍수 저류 공간으로 보존하고 복원하여 다양한 동식물이 서식할수 있도록 해야 함

(3) 수환경과 하천공간과의 일체화 정비 및 유지관리

- 하천관리는 수환경과 하천공간 관리를 동일개념으로 보아야 함

[그림 8.4] 자연하도습지내 생태서식 및 홍수저류공간(섬진강 본류)

(4) 주민과 지역사회의 요구에 부응하는 하천환경정비

- 하천환경정비는 유역전반의 장기적, 광역적인 관점에서 주민과 지역여건을 고려해야 함

(5) 정서함양을 위한 친수성 회복

1) 완경사 제방과 접근로 설치 등을 통해 하천변으로의 접근성, 활동성 및 안전성 등 하천의 이용측면을 고려한 설계

2) 하천 공간계획을 고려한 다양한 형태의 문화예술의 장과 건강을 위한 휴식공간을 제공할 수 있어야 함

(6) 거시적인 안목과 지속적인 유지관리

1) 하천구간만을 대상으로 하지말고 하천수계 전반에 걸친 거시적인 안목 필요

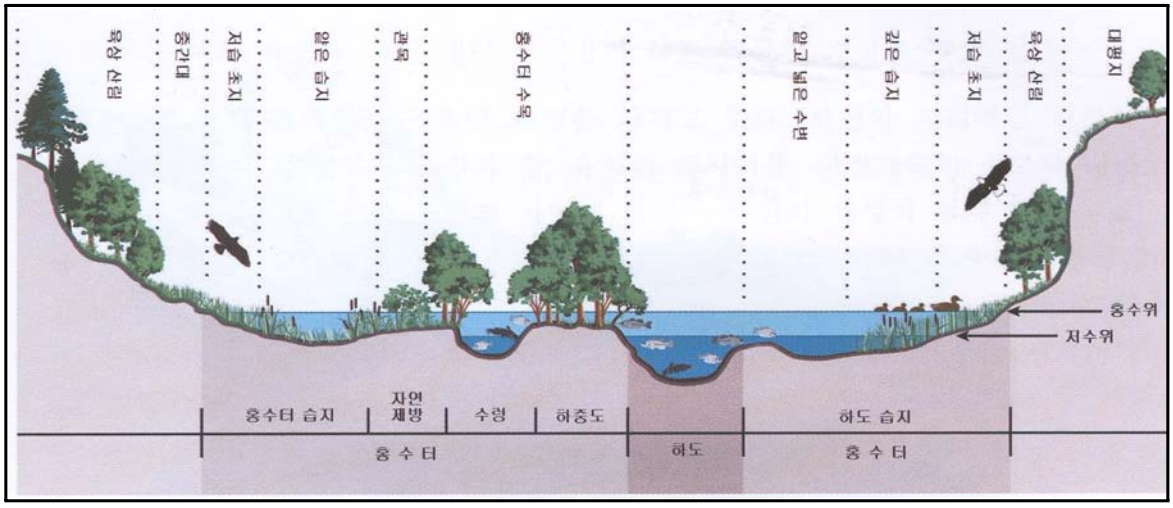
2) 충분한 검토와 계획을 거쳐 장기적인 유지관리가 가능하도록 해야 함

8.4.4 자연형 하천의 특성

(1) 자연형 하천은 흐름 방향으로 상류, 중류, 하류로 나누어짐(대체적인 특성은<표 8.1>참조)

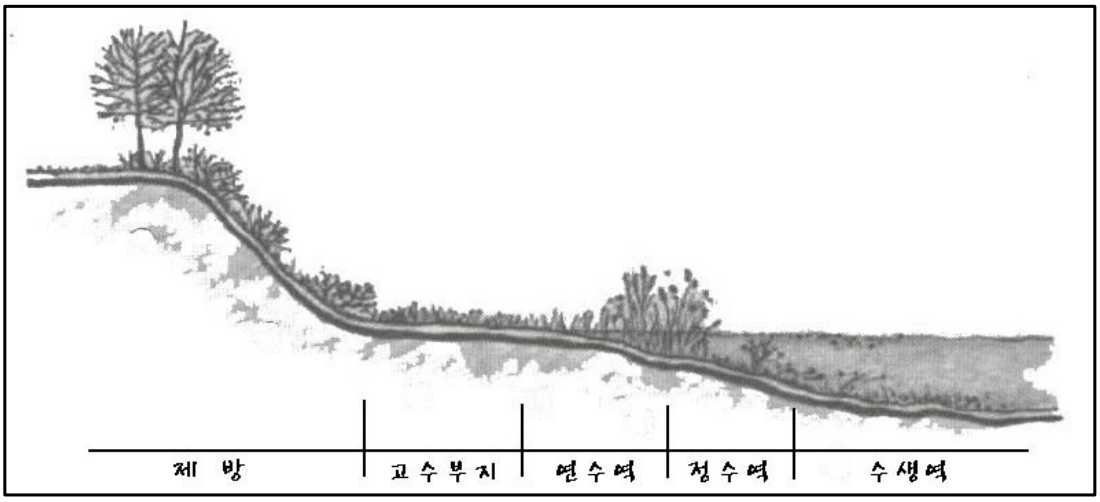
<표 8.1> 자연 하천의 종단 특성

하천의 형태	상 류	중 류	하 류
수 심	얕다	상 하류의 중간	깊다
유 역 지 형	가파르고 좁다	넓다	평평하다
하 도	짧고 꺾임이 많다	곡류와 직류가 함께 나타난다	심한 곡류
하 상 경 사	가파르다	상하류의 중간	완만
유 속	빠르다	상하류의 중간	느리다
유량의 변화	크다	적다	거의 없다
소 류 형 태	큰돌	자갈	모래, 진흙
소 류 정 도	많다	상하류의 중간	적다
침 식 형 태	하상침식	하안침식과 퇴적	퇴적
수 온	변화 적고 낮다	온도변화 있다	온도가 높다
용 존 산 소	많다	상하류의 중간	적다
염기와 양분	적다	상하류의 중간	많다
동식물의 종류	적다	많다	매우 많다



[그림 8.5] 전형적인 하천수변의 지형과 생태환경

(2) 하천은 여러 가지 생물체가 살고 있는 서식공간으로 자연형 하천설계를 위하여 횡단은 침수기간을 고려하여 수생역, 정수역, 연수역, 고수부지 등으로 세분하여 구분하기도 함



[그림 8.6] 하천수변 공간 구분

(3) 하천 식생의 횡단분포

하천식생은 하천 횡단면을 이루는 미지형 단위별로 공간적 분포가 다름

1) 수생식물역 (aquatic plant zone)

수생식물은 개방수면과 육상의 중간지대의 연안대에 형성된다. 연안대에 분포하는 수생식물은 일반적으로 관속이 있는 고등식물로 물속 또는 물위에서 생장하거나, 경엽부의 일부가 항상 물에 잠겨 있는 식물을 말함

2) 정수식물역 (emergent plant zone)

정수식물역은 하안이 직접 맞닿는 하안선을 중심으로 형성되며, 계절적 수위변동에 따

라 간헐적으로 물에 잠기는 지역이다. 이 지역에 출현하는 정수식물은 분류학적으로 대형수생 관속식물이 대부분이다. 뿌리와 줄기의 하부는 수중이나 포화된 토양층 속에 있으나 줄기와 잎의 대부분은 수면위에 있음

3) 하원식물역 (riparian meadow zone)

하원식물은 계절적 홍수에 의해 범람되면서 생성된 테라스상의 지반면위에 주로 초본류에 의해 피복되어 있다. 높은 지하수위에 따른 습한 토양 수분조건과 주기적인 범람에 내성이 있는 식물종으로 구성되며 미지형의 변화에 따라 종 조성이 달라짐

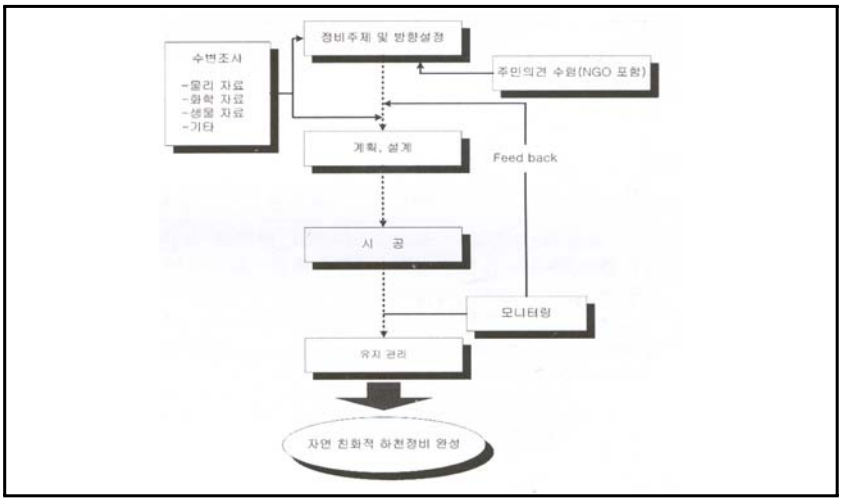
4) 하반림 (riparian woodland zone)

하반림은 하천의 영향을 받는 범위내에 형성된 수림을 말하며, 하반림을 구성하고 있는 수종은 주로 버드나무과의 버드나무류와 사시나무류로서 성장이 빠른 속성수이면서 수명은 짧음

8.4.5 자연형 하천가꾸기 내용

(1) 자연형 하천가꾸기의 일반적인 절차

1) 해당 유역의 하천정비 현황 및 문제점 검토
2) 하천정비관련 제도 및 법령을 검토하여 법적인 위상을 유지
3) 하천정비관련 기술 수준을 분석하여 활용
4) 하천의 수리·수문·수질·형태 특성을 분석
5) 하천 수생식물 특성, 어류 및 저서 생물 특성, 조류 및 육상 동물 특성, 그리고 토양의 물리화학적 특성 등과 같은 하천 생태계의 구조를 분석
6) 주로 식물 수질 정화능력평가 및 모형화 등과 같은 하천생태계의 기능을 분석
7) 하천경관 특성의 분석으로 하천경관단위의 조사・분석 포함



[그림 8.7] 자연친화적 하천정비 절차

(2) 하천 및 하천생태계 특성의 분석 및 조사

1) 하천의 수리・수문・수질・형태 분석을 위해, 저수로 계획에서 고려할 미시적 하상변동 분석, 여울-웅덩이(沼) 구조의 수리학적 검토, 시험 하천의 조사 및 분석, 폭기・라군・박층류에 의한 정화기법, 시험 하천의 수질 특성 분석

2) 생태계의 구조 및 기능은 하천 생태계의 구조, 기능 분석, 그리고 하천 경관 특성을 분석

(3) 해당 하천에 대해 하천 수량, 수질, 생태계, 경관 등 하천 환경을 평가

(4) 국내 하천에 적합한 자연형 저수로 호안공법을 적용하기 위해 어류 서식 및 피난처 조성 공법 개발(여울과 웅덩이(沼)), 자연형 고수부지・제방 조성 공법 검토, 그리고 개발된 공법의 수리적 안정성을 검토

(5) 상기 결과를 이용하여 자연형 하천 공법을 개발하고, 해당 하천에 대해 설계 결과를 반영하여 시공 및 유지관리하여 지속적으로 보완해야 함

(6) 국내에서 시험되고 있는 자연형 하천 공법 종류

1) 자연형 저수로 호안 공법

2) 자연형 보・낙차공

3) 다공질 블록 및 녹화 블럭 호안공법

4) 생물 이동통로(eco-corridor) 조성 공법

5) 어류 서식 및 피난처 조성 공법

6) 습지 및 바이오톱(biotope) 조성 공법

7) 자연형 수질 정화 기법

8.5 용어 정의 및 종류

(1) 간헐천(intermittent stream) : 바닥 투수와 물 공급을 초과하는 발산으로 인해 때때로 혹은 계절별로 흐름이 끊기는 하천

(2) 강턱 수위(bankfull stage) : 강턱(bank)에 꽉 차서 흐를 때의 수위 또는 강턱의 표고

(3) 강턱(bank) : 하도와 범람원의 경계가 되는 부분으로서 지형적으로 불연속적인 단면 형태가 나타나 하상과 현저한 차이를 보임

(4) 강턱유량(bankfull discharge) : 강턱에 꽉 흐르는 유량, 강턱 수위(bankfull stage)에 해당하는 유량, 전에는 만제 유량

(5) 개체군(population) : 어떤 공간을 차지하는 같은 종으로 이루어진 생물개체의 집단이며, 개념적으로 그 내부에서는 교배나 여러 가지 상호작용을 통해서 개체간에 밀접한 관계가 있으며 같은 종의 다른 개체군과는 격리된 지역집단으로 정의됨

(6) 고수부지(high-flow plain, floodplain) : 제방 안쪽으로 하도 양안에 상대적으로 높고 평탄한

충적지로서 통상 연 2-3회 침수가 발생하는 지역으로 제외지 홍수터를 토지 이용 측면에서 부르는 용어임

(7) 곡류 하천(meander stream) : 하도가 곡선을 이루는 하천으로, 만곡도가 1.5이상인 하천, 사행하천이라고도 함

(8) 공원 하천 : 하천의 친수 기능 개선을 위주로 정비한 하천, 특히 도시 하천의 공원화 사업에 의해 만들어지는 하천

(9) 교란(disturbance) : 기존의 생태계나 그 일부에 영향을 주는 물리적, 화학적, 생물적 요인 (가뭄, 홍수 등 자연적 교란과 물 오염, 하천개발 등 인위적 교란이 있음)

(10) 교호 사주(alternate bar) : 하천의 양안에 교대로 생기는 모래 둔덕

(11) 군락(community) : 종 조성에 바탕을 둔 생물군락 분류의 기본단위로 일반적으로 일정한 종 조성을 가지며 생육 조건이 같은 생물 개체군이 어떤 지역에 몰려 서식하는 것 (군집 이라고도 함)

(12) 기수역 : 바닷물과 민물이 교차하는 구역(하구의 수역을 말함)

(13) 대규모 서식처(macro-habitat) : 하천 수생 생물의 종단적 분포를 지배하는 하천구역(segment) 규모의 서식처(하천 구간(reach) 규모로서, 통상 하폭의 10~15배 정도임, 만곡 하도는 대표적인 대규모 서식처임)

(14) 대조 하천(reference stream) : 하천 복원과 같이 목표나 달성도가 조금은 불확실한 사업에서 참고가 되는 자연 상태나 자연 상태에 가까운 하천(하천복원 사업의 비전이나 목표를 결정하는데 기준이 될 수 있는 하천)

(15) 무생명 재료 : 생명력이 없는 재료로서 광물성 또는 합성 연료로 만든 재료와 목재를 말하며, 자연형 하천에서 무생명 재료의 사용은 생명 재료로는 하천의 안정성이 보장 되지 않는다고 판단되는 경우에 이용할 수 있는데 그 하천의 화학적 특성을 변경시키지 않아야 함

(16) 배후 습지(swamp/backmarsh) : 홍수시 자연 제방을 넘어 밀려온 물이 홍수가 끝나고 빠져 나오지 못해 형성된 얕은 습지(점토와 같은 미립토사가 쌓임)

(17) 부착 조류(periphyton) : 식물성 플랑크톤 중에서 규조류, 녹조류, 남조류 등 빛을

(18) 사주(sand bar) : 유수의 침식과 퇴적 작용에 의해 하도에 형성된 모래 둔덕(형성되는 위치에 따라 점 사주, 교호 사주, 지류 사주 등으로 구분함)

(19) 사행도(sinuosity) : 하천 사행의 정도를 표시하는 지표로서, 하도의 두 지점 간 사행 거리를 직선 거리로 나눈 값(만곡도라고도 함)

(20) 삼각주(delta) : 하천이 바다나 호소로 유입하면서 유속이 급감하여 운반하던 유사를 입구에 부채꼴 모양으로 쌓여 형성된 지형

(21) 샛강(side stream) : 하천의 주수로와 연결된 작은 수로, 보통 하중도 사이의 길고 좁은 수

로를 말함

(22) 생물 지표(biological indicator) : 종의 유무, 서식 밀도, 분산, 번식률 등 어느 생물종의 특성을 가지고 그 생물 시스템의 상태를 판단하는 기준

(23) 생태계(ecosystem) : 일정한 지역의 생물 공동체와 이들의 생명 유지의 근원이 되는 무기적(無機的) 환경이 서로 상호 의존 관계를 유지하면서 균형과 조화를 이루는 자연의 체계(생산자, 소비자, 분해자 및 무생물적 환경이 생태계를 구성하는 요소)

(24) 서식처(habitat diversity) : 한 생물체가 사는 곳과 생물적, 무생물적 그 주변(보통 먹이와 피난처 등 생식 조건을 포함함

(25) 소(pool) : 하도의 종방향으로 여울을 지나 수심이 점차 작아지면서 물의 흐름이 약해지는 곳(자연 하천에서는 보통 흐름 방향으로 여울과 소가 교대로 나타남)

(26) 소규모 서식처(micro habitat) : 수심, 유속, 기층, 피난처(cover) 등 서식처의 물리적 조건이 전체적으로 균일한 규모의 서식처, 개개 물고기들이 먹이 포식이나 산란을 위해 이용하는 작은 구역과 비슷한 크기임(통나무 걸린 곳, 강턱 깎인 곳, 하도 중앙의 자갈 사주, 큰 바위 뒤 등은 개별적인 소규모 서식처로서, 물고기들에게 모두 양호한 피난처 겸 서식처가 됨)

(27) 수변 : 하도, 강턱, 홍수터, 자연 제방과 인공 제방, 배후 습지, 기타 하천과 경관생태적으로 연속성이 있는 하천 회랑(stream corridor)

(28) 수생 서식처(aquatic habitat) : 하천이나 호소 등 물 속이나 물가의 서식처

(29) 수생역(aquatic zone) : 연중 360일 이상 물이 있는(침수) 곳으로 식물의 종류는 그들의 특성에 따라 뿌리를 땅속에 내리지 않는 부유 수생식물, 물 속에서 하상에 뿌리를 내리는 수생식물 또는 물속에 침수하여 살아가는 침수 수생식물, 부분적으로 침수하여 살아가는 식물 등으로 나눌 수 있음

(30) 수심연속선 : 어떤 하천에서 일정기간에 매일 수심을 측정하여 그 높이를 정리하거나 또는 수심빈도의 합으로서 물의 깊이는 수직으로, 수평은 365일 또는 임의 기간으로 표시함

(31) 어도(fishway, fish passage) : 하천의 상하류 연속성을 차단하는 댐, 보 등 인공 구조물에 물고기가 상하류로 이동할 수 있도록 고안된 시설

(32) 여울(riffle) : 하도의 종방향으로 소를 지나 수심이 점차 작아지면서 물의 흐름이 세지는 곳(여울의 길이는 소에 비해 짧음)

(33) 우각호(oxbow lake) : 사행하천의 사행이 계속되어 첩수로가 형성되면서 구 하도가 신하도와 분리되어 홍수터에 남아 생긴 소뿔 모양의 호수

(34) 유역(basin) : 하천의 어느 일정지점을 동일한 유출점으로 갖는 지표면의 범위를 말함, 한편, 수계(watershed)는 하구(바다와 만나는 본류 하천의 종점)를 기준으로 하였을 때

본류 하천의 유역에 속하는 하천의 총칭을 말함

(35) 자갈접촉산화공법 : 오염된 하천수나 하수를 박스 등에 충진된 자갈층을 통과시켜 자갈층 사이로 침전, 접촉, 산화 등의 작용으로 수질을 정화하는 공법

(36) 자연 유량(natural flow) : 토지 이용 등에 의해 수류 전환, 저류, 유입, 유출, 회귀 또는 변화가 일어나지 않은 자연 하천에서 특정 지점을 통과하는 유량

(37) 자연 친화적 하천정비(close-to-nature river improvement) : 하천의 환경기능을 부분 또는 전체적으로 유지, 보전, 또는 창출하면서 치수와 같은 하천의 공학적 기능을 개선하는 하천정비사업

(38) 자연형 하천공법(close-to-nature river technique) : 자연 재료를 이용하여 자연하천 형태와 가깝게 만드는 하천 공법(재료의 자연형과 형태의 자연형이 2대 핵심 개념으로 진행되고 있음)

(39) 저수로(lowflow channel) : 평상시에도 물이 흐르는 복단면으로 정비된 하천의 하도

(40) 저수호안(lowflow revetment) : 호안 중에서 특히 저수로의 비탈면을 보호할 목적으로 인위적으로 보강한 것

(41) 적응 관리(adaptive management) : 하천복원사업의 시행 결과 생태계 구조와 기능이나 하천 안정성 측면에서 원래 기대했던 성과가 나오지 않고 퇴행적 진행과정을 보이는 경우 그 사업을 부분적으로 수정하거나 보완하는 관리 방식

(42) 전이대(ecotone) : 서로 다른 생태계가 만나는 곳으로, 외부의 교란이 내부로 전달되는 것을 여과하는 완충대의 역할을 수행함(물가는 수생 생태계와 육상 생태계가 만나는 대표적인 전이대임)

(43) 점 사주(point bar) : 하천 만곡부의 안쪽에 형성되는 모래 둔덕

(44) 정수역(추수역, emergent zone) : 연중 185일 이상 물이 닿는 지역으로 평균수위와 고수위에 의해서 침수되고 저수위에 의해서 건천화되며, 이 구역을 흔히 갈대역이라고 하기도 함

(45) 제방 후퇴(set-back levee) : 하천생태 서식 공간의 확보 또는 홍수류 완화 등을 목적 으로 기존 홍수 소통 위주의 제방을 제내지 쪽으로 물러나 건설되는 이선제 또는 신규 완성제를 말함

(46) 중규모 서식처(meso habitat) : 여울, 소, 천수역, 샛강과 같은 하천 경사, 길이, 형태가 국부적으로 달라지는 규모의 서식처(통상 하폭 크기를 가짐)

(47) 지배 유량(dominant discharge) : 하천의 형태를 만드는데 지배적인 역할을 하는 가상적인 유량(하도형성유량(channel-forming discharge) 이라고도 하며, 보통 유효 유량(effective discharge)으로 나타냄)

(48) 천이(succession) : 어떤 일정한 장소에 존재하는 군집이 시간에 따라서 차례로 다른 군집으로 바뀌어 비교적 안정적인 극상을 향해 변화해 가는 현상(식물 군집은 최종적으로

동적 평형 상태인 극상에서 구조와 기능을 가지게 됨)

(49) 첩수로(short cut) : 홍수류가 잘 빠져나가기 위해 하천 정비나 기타의 목적으로 구부러진 하도를 가로질러 놓은 직선 수로

(50) 치수 안전도(foood safety factor) : 치수단위 구역에 현존하거나 장래 존재하게 될 인명, 자산, 사회기반시설 그리고 자연·문화·사회·경제 자원 등을 홍수로부터 방어하거나 피해를 저감할 수 있도록 설정한 기준 안전율을 말하며, 통상 피해 방지확률(%), 설계빈도(년), 또는 방어기준에 대한 상대적인 비율(%) 등으로 나타냄

(51) 친수 : 하천과 물에 대한 인간의 친밀감 또는 그러한 하천의 친수 기능은 생물 서식처, 수질 자정과 같이 하천의 환경 기능 중 하나임

(52) 커버(cover) : 어류 등 하천에 서식하는 생물의 피난 및 서석처 또는 잠자리, 양육지로 이용될 수 있는 장소(수생 서석처의 경우 부목, 큰 바위 뒤 소, 물가 등을 들 수 있음)

(53) 큰돌군(boulder cluster) : 하도내 큰 돌이 단독 또는 군을 이루어 평수나 갈수기 물의 흐름을 다양하게 하여 폭기 발생, 부착조류 등이 서식할 수 있는 돌 무더기

(54) 탄력(resilience) : 외부의 충격에 대해 생태계가 스스로 안정된 상태로 되돌아갈 수 있는 능력

(55) 평형 하상(equilibrium riverbed) : 평형 하천의 하상으로 침식과 퇴적이 균형을 이룬 하상

(56) 평형 하천(equilibrium stream) : 장노년기 하천에서 하천의 침식과 퇴적이 동적으로 균형을 이루는 하천

(57) 하곡(river valley) : 유수의 침식 작용에 의해 형성된 하천을 낀 계곡(침식의 정도가 클수록 V자형에서, U자형으로 하곡의 폭이 넓어짐)

(58) 하도 습지(backwater 또는 backswamp, 일본에서 완도라고 불림) : 하도에 연해 수제역과 육역 사이에 형성되어 넓고 얕은 폐쇄형 또는 반폐쇄형 습지로 곤충이나 치어 등 느린 유속을 선호하는 생물 서식공간에 해당함

(59) 하도(stream channel) : 평상시에 물이 흐르는 '물길' 하도와 홍수터는 하천의 2대 구성 요소임

(60) 하상 계수 : 하천의 한 지점에서 연간 최대 유량과 최소 유량의 비(보통 다년간 평균 값을 이용함)

(61) 하안 단구(river terrace) : 하천의 하방 침식이 다시 시작되어 하도가 깊게 깍이면서 과거 홍수터가 홍수시에도 범람하지 않는 높은 계단상 지형으로 변한 것

(62) 하안 식생(riparian vegetation) : 하천의 수체와 인접한 곳에서 주기적 또는 연속적으로 범람에 영향을 받는 식물 군집으로서, 육상 생태계와 수생 생태계를 연결하는 기능을 말함

(63) 하원역(riparian zone) : 정수역 바로 위, 즉 평균수위 윗부분에서 시작하여 홍수에 의해 침수의 영향을 받는 모든 육지구간이며, 이 구역은 또한 연중 185일 이내로 침수되는 구역과 30일 이내의 침수구역으로도 나눌 수 있으며, 이 두 구역의 주요 특징은 홍수에 의한 침수로 세굴된 곳에 웅덩이 또는 주 하도와 연결되는 작은 지류들이 있음

(64) 하중도(island) : 하도 내 침식과 퇴적 작용에 의해 형성된 모래섬으로 하천 생물의 귀중한 서식처 역할을 함(하중주(mid-channel bars)라고도 함)

(65) 하천 기능(river/stream function) : 하천이라는 한 시스템에서 각 요소와 다른 요소나 시스템 전체와의 상호 작용과 과정(하천의 기능은 전통적으로 이수, 치수, 그리고 환경등 세 가지로 구분되며, 앞의 두 기능은 공학적 기능이며, 세 번째 기능은 자연적 기능임)

(66) 하천 복원(stream restoration) : 치수사업, 기타 다른 목적의 하천 사업이나 불량한 유역관리에 의해 훼손된 생물 서식처, 자정, 경관과 친수성 등 하천의 환경적 기능을 되살리기 위해 하도와 하천변을 원래의 자연 상태에 가깝게 되돌리는 것

(67) 하천 연속체 개념(River Continuum Concept) : 유역이나 지형 규모의 차원에서 상류에서 하류로 가면서 어떻게 생물 집단이 달라지는가를 개념적으로 설명하는 것(하천 연속체 개념은 복잡한 하천 생태 관계를 간단히 개념적으로 제시한 것임)

(68) 하천 정비(channelization) : 하천의 홍수를 막을 목적으로 인위적으로 가다듬는 것(보통 제방 축조, 직강화, 홍수터 정리 등을 함 - 정비 활동이 하도에 국한되면 하도 정비라고 함)

(69) 하천 회랑(stream corridor) : 경관생태학 용어로서 지배적인 경관생태의 바탕(matrix) 보다는 규모가 작은 하도를 따라 형성된 국부적이고 띠 모양의 경관생태 부분(patch)

(70) 하천환경정보도(river environment information map) : 하천의 유역 및 환경특성을 종합적으로 관찰하고 해석하기 위하여 수변조사에서 수집, 정리된 정보를 도면상에 체계적으로 정리하여 가시화한 정보지도

(71) 허용유속(permissible velocity) : 세굴에 의해 강턱, 저수호안, 고수부지, 제방 등 하천과 하천 시설물의 안정에 영향을 주지 않는 유속

(72) 허용응력(permissible stress) : 세굴에 의해 강턱, 저수호안, 고수부지, 제방 등 하천과 하천시설물의 안정에 영향을 주지 않는 소류응력

(73) 호안(revetment) : 저수로나 하천의 자연적, 인공적 비탈면을 유수의 침식작용으로부터 보호할 목적으로 인위적으로 보강한 것

(74) 홍수터(floodplain) : 하도 양안의 상대적으로 높고 평탄한 충적지로서 홍수시에만 물이 잠기는 지역(범람원이라고도 함)

(75) 환경기능(environmental function) : 동식물 서식처 기능, 수질의 자정기능, 경관/친수기능 등 하천의 자연적 기능 서식처 기능은 대부분의 경우 자정과 경관기능을 자연적으로 포함하며, 따라서 하천의 환경기능은 곧 생태 서식처로서의 기능임

(76) 회복(rehabilitation) : 훼손된 하천의 생태계 구조와 기능이 자연적으로 살아나서 다시 지속될 수 있도록 형태적, 수문적으로 안정된 지형을 만들어 주는 것

8.6 자연형 하천의 설계 기초

8.6.1 자연형 하천의 설계 기초

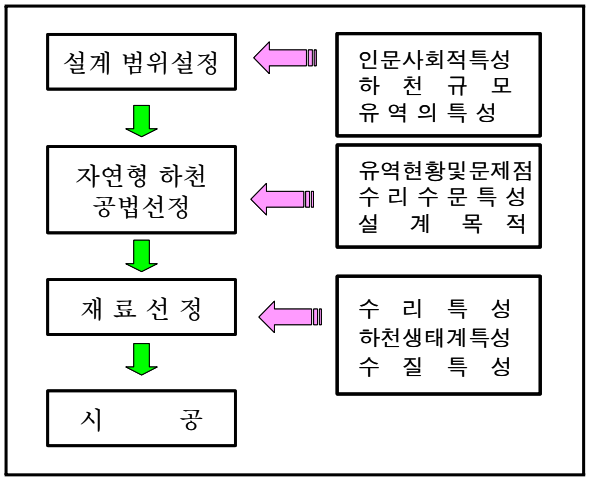
(1) 하천의 지형학적 자연성을 최대한 보장

1) 자연성 즉, 자연하천이 갖는 대표적인 특성인 다양성, 연속성, 개성, 역동성을 최대한 구현하도록 함

2) 자연형태별 또는 인문사회적 특성별로 다양하게 구분되나, 하천의 규모와 하천유역 (하상경사-산지하천, 평지하천)의 특성을 반영하여야 함

(2) 공간이 제한된 하천에서는 서식처구조를 개선하여 보완

1) 인위적인 구조물에 의한 일률적인 홍수제어가 아니라 하천 자체가 갖는 역학구조와 지형학적 특성에 따른 지체·저류효과로서 자연스럽게 조절되도록 하고 또한 풍부한 생태계가 유지되도록 함



[그림 8.8] 설계 흐름도

(3) 하천의 역동성을 통한 자연하천 조성

1) 자연하천설계시 처음부터 최종형태를 구현하기보다는 하천이 갖는 역동성에 의해 적응하는 과정을 고려하여 설계하여야 함

2) 계획된 홍수피해 저감효과를 제공하면서 하천이 갖는 역동성을 통하여 하천의 모습을 만들어 가면서 우선 하천 제반 특성이 정확히 파악되어야 하며, 하도의 홍수소통능력 평가 및 하도 안정성 평가가 올바르게 이루어져야 함

(4) 도시하천은 전원하천에 비해 주변토지이용에 대한 홍수로부터의 안전성이 우선적으로 보장되어야 함은 물론 도시민의 휴식 및 위락공간에 대한 요구를 반영하기 위해 하천의 생

태적 발전에 바람직하지 않은 시설물 등도 고려해야 함

8.6.2 설계유량 및 적용

(1) 설계유량

1) 설계홍수량과 치수안전도는 계획된 기준을 중심으로 설정하되 관련 계획을 반드시 검토하여야 함

2) 설계빈도 홍수량만을 고려하지 않고 설계대상에 따라 적절한 홍수량을 적용함

① 설계유량은 설계대상에 따라 설정되며, 이에 따라 설계 사항들을 해당하천에 적용되는 대상유량에 대해서도 검토되어야 함

② 그러나 계획빈도홍수량은 일률적으로 적용하지 않고 필요한 부분의 치수경제성에 따라 방어선 개념으로서 차별적으로 설정함

③ 하도형성유량 혹은 지배유량은 충적하천에서 장기 수문곡선에 따라 현재 하도형태를 생성하는 이론적인 유량으로서 하천지형의 형성 및 유지 측면에서 중요함

④ 하도형성유량은 충적하천에서 하천자체가 갖는 고유한 메카니즘을 설명하는 주요 인자로서 기본적인 종횡단 설계 및 평면형 설계에 중요한 기준이 됨

⑤ 하도형성유량을 산정하는 방법은 크게 강턱유량(bank-full discharge), 특정빈도유량, 유효유량으로 구분되며, 이중 결정방법 중 그 어느 것도 지형학적 중요성을 갖는 현장 지표를 이용한 확인 없이 하도형성유량을 가정해서는 안됨

⑥ 하상계수가 큰 국내의 경우 하도형태가 극단적인 홍수사상에 영향을 더 받을수 있으므로 세심한 주의가 필요함

⑦ 저수로는 하도형성유량을 기초로 조성한 후 적절한 규모로 스스로 적응하도록 하는 것이 바람직하며, 특히 단단면 하도의 경우는 충분한 하천구역설정으로 자체적인 여유를 가질 수 있도록 하는 것이 바람직함

⑧ 갈수량이나 평수량은 이수측면이나 어류생태계, 수질측면 등에서 중요한 설계유량이며, 특히 국내의 경우처럼 많은 하천이 갈수기에 건천화되는 경우 특히 적절한 유지용수확보는 하천생태계에 중요한 영향을 미침

⑨ 보통 생물학적 목적들을 달성하기 위해서는 저수흐름이 중요한 의미를 가지며, 이때 설계유량은 연중 생태학적으로 중요한 기간 동안 물고기의 산란장 또는 통로로서 필요한 수심과 유속을 제공해야 함

(2) 설계유량의 적용

1) 하도내 설치되는 구조물은 갈수량에서 설계빈도 홍수량까지 에너지 변화를 고려하여 에너지가 최대가 되는 유량에 대해 설계함

2) 설계유량만이 아니라 다양한 유량범위에 대하여 유사이송능력 평가 및 사업후 하도 안정성을 평가함

① 하도내의 주요 구조물들은 계획홍수사상들까지 견디어 낼 수 있도록 설계되어야 하며, 주요 홍수사상동안 발생할 수 있는 유사문제, 유송잡물의 퇴적, 세굴 및 침식, 식생의 씻겨 내려감 등의 영향이 검토되어야 함

② 일정 대상유량으로 설계된 사항들은 치수안정성을 위하여 치수계획빈도 홍수량까지 여러 유량에 대하여 검토되어야 함

8.6.3 하도특성 검토

(1) 현재 하도가 갖고 있는 고유특성을 상세 검토함으로써 구조물 설치 등 하도에 가해질 수도 있는 입력에 대한 하천의 반응을 예측할 수 있도록 해야 함

(2) 이러한 하도 특성은 서로 밀접하게 연관되어 있으며 하천시스템을 구성하고 있고, 몇몇 인자로부터 유추할 수 있으며, 다음과 같이 방법으로 일반적인 하도 특성을 검토함

<표 8.2> 하도특성 검토 항목 및 특성치

하도특성 파악을 위해 검토해야할 항목	특 성 값
① 홍수시의 수리량 : 홍수시의 유속, 소류력	① 하상경사
② 하도의 평균적인 규모 : 하폭, 수심, 경사	② 대표입경
③ 소규모 하상파의 형태와 흐름의 저항 : 유량변화와 소규모 하상파의 대응	③ 저수로내 평균수심
④ 유사의 거동형태와 양 : 각 입경별 이송형태와 하도형성에 미치는 역할	④ 에너지경사
⑤ 고수부지의 특성 : 고수부지 퇴적물의 성질, 홍수시 고수부지의 거동	⑤ 마찰속도
⑥ 하도의 평면형상 : 사행형태, 사주와 평면형상과의 관계, 하도침식위치와 침식속도, 하중도의 발생상황	⑥ 무차원소류력
⑦ 하도의 횡단형 : 세굴심, 홍수에 의한 횡단형 변화	⑦ 강폭수심비
⑧ 유황·수면변화특성 : 유황과 수위상황의 관계, 좌우안 수위차	⑧ 수심입경비
⑨ 하도의 종단형 변동형태 : 변동속도, 장갑화 형태	
⑩ 생태계 : 식물, 동물	
⑪ 인위적 작용에 의한 하도특성의 변화형태	
⑫ 하천의 경관	

(3) 무차원소류력(τ*R)은, 하도의 안정에 관련한 하상구성재료의 이동 용이성을 무차원화 해서 나타낸 것이며, 흐름의 하상구성재료에 미치는 소류력과 저항력과의 비로 나타냄

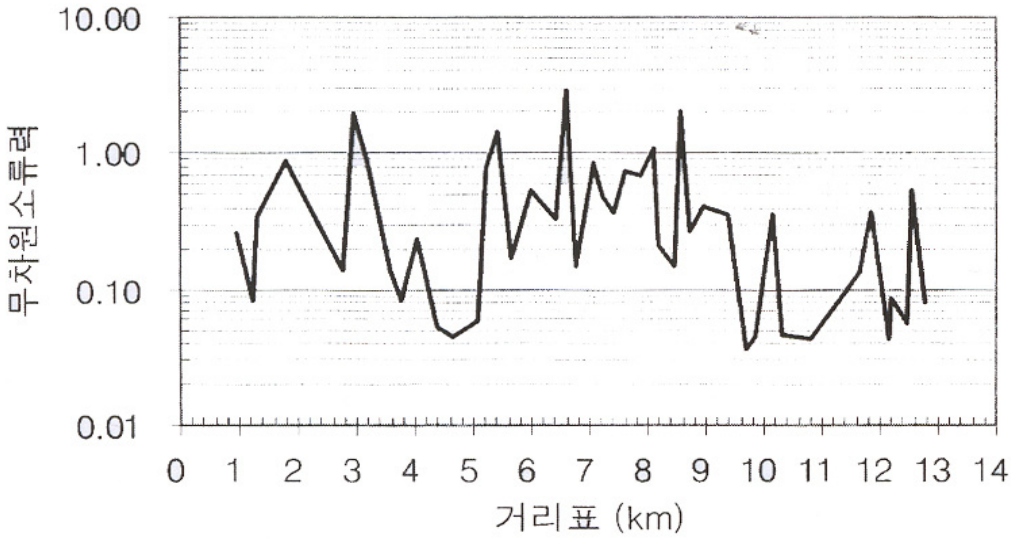
$$\tau_{*R} = u_*^2 / (s \cdot g \cdot d_R)$$

여기서, u_* : 마찰속도　　s : 하상구성재료의 수중비중(≒1.65)

d_R : 하상구성재료의 대표입경　　g : 중력의 가속도

(4) 산정한 무차원소류력 τ_{*R}과 마찰속도의 종단변화도를 작성하고, 그 종단도와 하상고의 종단변화도를 비교함으로써 하상고의 변화양상을 파악함

(5) [그림 8.9]는 안양천 살리기(2001)에서 이러한 특성치들을 이용하여 유사량과 하상의 거동 특성 등 하도안정에 관계하는 무차원소류력의 종단분포를 검토하고 학의천 합류부의 4.8km 부근에서는 하상거동이 소류형태가 지배하고 있다고 분석한 하도 특성 검토의 사례임



[그림 8.9] 무차원 소류력의 종단변화 사례(경기도 안양천)

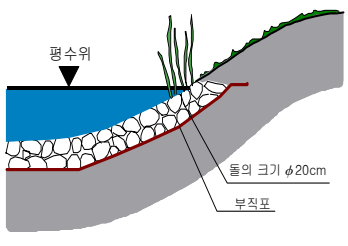
8.6.4 재료의 종류 및 시공법

(1) 무생명 재료 : 생명재료만으로 수리 안전성이 보장되지 않는다고 판단될 경우 하천의 화학적 특성을 변경시키지 않으며 동·식물계에 나쁜 영향을 미치지 않는 것을 사용 가능함

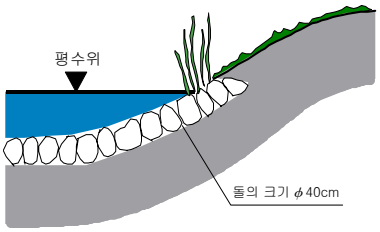
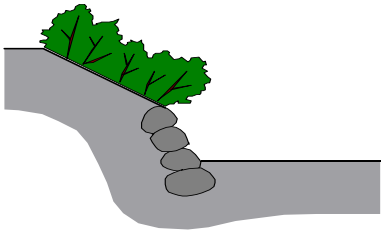
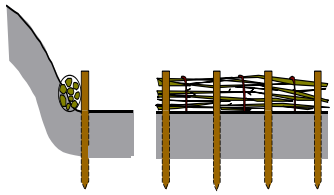
(2) 생명재료 : 하천단면의 안전을 도모함은 물론 자연에 가까운 생물의 서식처를 형성 하고 하천 자연경관을 이루는 요소가 됨(토목재료 가치, 유지관리 측면, 야생 동식물 서식처로서의 가치 및 하천의 물질 및 에너지대사에 미치는 영향력에 따라 구분)

1) 무생명 재료를 이용한 설계 공법

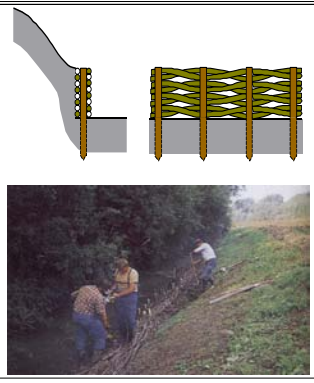
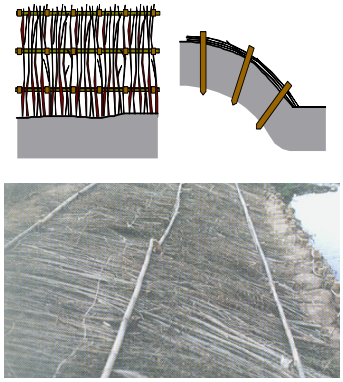
<표 8.3> 하도특성 검토 항목 및 특성치

종류및공법	공법특성 및 적용범위	표 준 도
돌붓기	• 굵은 자갈, 잘게 쪼갠 돌, 조약돌, 크게 쪼갠 돌들은 손 또는 기계를 이용하여 일정한 면적의 표면에 부어 고르는 공법 • 돌붓기의 정도는 연평균수위 위까지 올라오도록 설계 • 식재를 할 경우 흙채우기가 필요하며 가는 모래가 많은 경우 필터(부직포)를 깔아줌	

<표 8.3> 하도특성 검토 항목 및 특성치 (계속)

종류및공법	공법특성 및 적용범위	예 시 도
돌 놓 기	• 부순 거친 돌을 하상과 하안구역까지 일정한 높이로 어긋나게 놓는 것으로 돌과 돌사이의 큰 공간은 작은 돌을 이용하여 채우는 공법 • 돌놓기는 미생물, 어류 서식처를 제공하지 못할 경우가 많음 • 하상경사가 아주 급한 곳(산지하천의 상류 등) 또는 평지하천의 경우 시설물 주변 등에만 제한적으로 사용함	
메 쌓 기	• 네모난 형태로 다듬어진 돌을 축대 쌓는 모양으로 쌓는 공법 • 돌과 돌사이 틈이 거의 없기 때문에 식물체의 뿌리가 뻗을 수 없음 • 메쌓기는 하안에 이용하면 안전하나, 인건비와 시공비가 비싸며 생태학적으로 유리하지 못함	
자연석 포장재	• 자연석 포장재료를 깔기 위하여 기초(모래, 자갈 등)를 만들고 포장재와 포장재 사이에는 흙 또는 동질의 재료를 채워주는 방법	-
필 터	• 비닐 또는 섬유로 직조된 '부직포'를 말함 • 하천에서는 주재료의 보조재료로 주로 침전에 의한 침식방지용으로 쓰임 • 모든 필터는 천연섬유 또는 인공 섬유에 상관없이 물과 미생물의 소통을 원활히 하며, 하상바닥에 깊이 깔면 생물체의 서식공간에 방해를 주지 않음 • 필터 수명은 재료의 종류, 짜임새, 위에 덮이게 되는 물체의 종류에 따라 다름	-
원통형 잔나뭇가지 묶음 (섶단)	• 죽은 나뭇가지 또는 맹아력(萌芽力)이 없는 여러 종류의 잔나뭇가지를 원통형으로 묶어 이용하는 방법 • 지름은 약 20~40 cm를 갖는 묶음을 철사 또는 유연한 철근으로 묶어 하안 가장 밑부분에 놓고, 고정시키기 위한 말뚝을 박음 • 죽은 나뭇가지의 재활용으로 경제적이고 손쉽게 시공할 수 있는 장점은 있으나 수명이 짧기 때문에 하안의 어린 수목 식재를 함께 계획한 경우에 적당	

<표 8.3> 하도특성 검토 항목 및 특성치 (계속)

종류및공법	공법특성 및 적용범위	예 시 도
엮은 나무울타리·나뭇가지 엮기	• 0.3~0.5m 간격으로 나무 말뚝을 수직 또는 비스듬하게 박은 후 맹아력이 없는 잔나무 가지를 바구니 엮듯이 엮어주는 방법 • 잔나무 가지가 하상바닥 근처까지 닿아야 함 • 이 공법은 시공이 용이하나 재료의 수명이 짧기 때문에 하안 식재가 하안의 안전성을 보장하기 전까지의 침식방지에 적합함	
잔나뭇가지 덮기 (윗가지 덮기)	• 맹아력이 없는 재활용 나뭇가지들을 하안에 가지런히 늘어놓거나, 맹아력이 있는 잔가지를 묶어서 가지런히 늘어놓은 후 말뚝으로 고정시키는 방법 • 이 재료들은 일시적인 물의 침범에 강하나, 지속적인 효과를 기대하기 어려움 • 생명재료와의 혼합하여 시공시 자연형 하천설계의 기본원칙에 적합함	

주) 하천설계기준·해설(2005, 수자원학회)

2) 생명 재료를 이용한 설계 공법

하천의 수목과 초본류 식재계획으로 나눌 수 있음

① 하천 수목

(가) 하천수목은 하천변에 서식하는 교목 및 관목류를 말하며, 하천에는 평균수심선 바로 위로부터 물이 잘 닿지 않는 하안의 윗부분까지 여러 종류의 수목들이 분포함

(나) 하천수목의 공학적, 생태적 역할

가) 하천 수목의 뿌리구조가 침식방지, 땅굴을 파는 동물의 침입을 방지 및 하안 안정화에 도움이 됨

나) 하천수목은 그늘을 형성하여 유속을 방해하는 수생식물 및 기타 녹조류 등의 번성을 자연적으로 억제함

다) 그늘 형성은 또한 강한 햇빛으로 지나치게 뜨거워질 수 있는 수온을 낮춰 주기 때문에 어느 정도 수질악화를 방지함

라) 하천 수목은 자연적으로 어류 등과 같은 동식물의 서식처 역할을 함

마) 하천수목을 식재한 경우 유지관리비가 목초류를 파종한 경제적임

(다) 하천수목 선정시 고려사항

가) 침수기간이 짧은(연중 30일 이내) 육지구역, 고수부지에 살아갈 수 있는 수목의 주요 선택기준은 생태적, 경관적 효과보다 일시적인 침수에도 견딜 수 있는 그 하천의 자생종을 우선 고려하여 식재하는 것이 바람직함

나) 관목을 우선적으로 식재하는 것이 바람직하며, 침엽수는 식재하지 않는 것이 바람직함

다) 이 구역에 어린 수목을 식재할 경우 시공초기의 지표면의 침식방지를 위하여 키가 작은 다년생 초본류와 함께 파종하는 것이 바람직함

② 하천식재

(가) 하천구역내 나무를 심을 때에는 수종, 나무배치, 밀도 등을 확인하고, 하천관리상 지장이 발생하지 않도록 하여야 함

<표 8.4> 식재 계획

구 분	선 정 및 식 재 계 획	비 고
수 종	• 하천에 심을 나무는 하천에서 잘 서식할 수 있어야 하며, 나무를 심은 후의 환경개선 등을 고려하여 수종의 적합성을 판단하며, 그 하천에 적합한 수종을 선택해야 함	
수 형	• 나무의 형상은 수위상승과 많은 관계를 가지고 있다. 즉 지하고가 낮고, 수관면적이 큰 나무는 흐름의 작용을 받는 면적이 크기 때문에 수위상승이 크게 된다. 따라서 계획시에 성목의 나무 형태를 다음의 관점에서 검토한다. - 우리나라 하천에서 발견되는 주요한 수종 - 기상조건, 토양조건 등의 생육환경에서의 보다 적절한 수종 - 가지치기에 견디는 힘이 강한 수종 - 묘목에서 성목으로 성장하는 속도가 빠른 수종 - 건강하고 활력이 큰 수목 - 흐름중의 투영면적이 극단적으로 크지 않은 수종	
수 령	• 하천에 심는 나무는 흉고직경이 10cm이하, 수고 5m이하의 묘목을 원칙으로 함	
배치(밀도)	• 횡방향, 종방향 모두 하도 직선구간에서는 40m이상 2차원 해석결과 주위의 유속분포에 악영향을 미치지 않는다고 판단되는 경우 10m 이내로 2그루 식재 가능	

(나) 갈대류

가) 갈대류의 식재위치는 평균수심선의 2~3cm위로 연중 185일 이상 침수되는 정수역, 또는 갈대역에 식재

나) 갈대류의 역할

㉮ 갈대류는 수륙지역에 뿌리를 내려 하안의 침식방지 역할

㉯ 수면의 일부에 그늘을 형성

㉰ 다양한 동식물의 서식처 제공

㉱ 희귀한 또는 멸종위기에 있는 종들을 보호해 주는 역할

다) 갈대류는 하천의 자정능력을 증가시키며 하천의 경관 조성효과도 큼

라) 수위변동이 심한 곳, 수면 폭이 작은 소하천, 심한 그늘이 있는 곳, 유속이 심한 곳은 갈대의 식재를 피함

(다) 다년생 숙근류(비화본과)

가) 하천에서 다년생 숙근류의 식재 위치는 약 갈대역 부근

나) 갈대류나 수목의 식재를 하지 않아도 되는 구간에 다년생 숙근류 식재 가능 (경사가 심하지 않은 하안, 친수성을 요구하는 공간의 경관적 효과를 기대)

다) 적절한 수종으로는 터리풀, 털부처꽃, 참좁쌀풀, 머위 등이 적당함

라) 식재시 고려할 사항으로 하천에 저절로 이입되는 숙근류가 많으므로 많은 무리로 심지 않아야 함

(라) 다년생 화본과(초본류)

가) 다년생 화본과(초본류)는 잔디류를 말함

나) 하천 하안을 잔디로 덮는 것은 결코 자연에 가까운 방법이 아님

다) 시공이 쉽고 값이 싸며 유지관리비가 적게드는 방법중의 하나임

라) 적절한 종류의 선택기준으로 우선 침수에 잘 견디는 것과 키가 크게 자라지 않는 것이 관리에 유리

마) 뿌리가 있는 덩굴 또는 줄기가 앞서 나가는 식생이 형성되는 것이 지표면의 피복을 빠르게 하여 침식방지 효과가 높음

③ 수목식재 기준

- 수목식재 계획은 훼손된 하천환경의 복원
- 생태적 연속성 확보를 위한 추이대 조성과 하천공간의 자연성 회복, 경간 조성, 휴식처 제공 등의 목적으로 함
- 하천구역내 고수부지 및 제내측 폐천부지 정비계획구간 중 일부구간에 수목 식재함

(가) 수목식재의 위치 결정

가) 하천구역내 식재의 경우 치수적인 영향을 우선적으로 고려

나) 수리분석결과 유속이 느린 곳이나, 사수역, 유수와 관계없는 곳을 우선 선정

다) 주변 경관과의 조화가 될 수 있는 곳으로 결정함

(나) 수리적인 영향 검토

가) 수리분석결과를 토대로 수목식재에 따른 홍수위・유속・소류력 등의 변화를 검토

나) 치수적인 안정성을 확보한 후에 수목을 식재함

(다) 수목식재 관련법규

<표 8.5> 수목식재 관련법규

법 규	조 항	내 용	비 고
하 천 법	하천의 점용허가 등	• 관리청의 허가를 받아야 하는 사항 - 대통령령이 정하는 식물의 식재	제33조
	하천에 관한 금지행위	- 하천유수의 저류 또는 그 방향을 변경하는 행위	제71조
하천법 시행령	나무심기	• 건설교통부 장관이 관계행정기관의 장과 협의하여 정하는 기준에 적합한 수목은 식재 가능	제25조
	하천예정지 및 연안구역안에서의 행위허가	• 행위허가를 받지 않아도 되는 경미한 행위 - 이식이 용이한 관상용 식물의 식재	제31조
	권한의 위임	• 시·도지사 및 지방국토관리청장에게 위임 - 하천점용허가 및 이의 고시 - 하천예정지 및 연안구역에서의 행위허가	제57조
하천구역내 나무심기에 관한 기준	나무심기의 절차	• 하천구역내 나무를 심고자 하는 하천관리청은 계획을 수립하여 설계도서를 다음과 같이 작성 - 위치지형도(하천정비기본계획이 수립된 경우 부도를 이용) - 나무심기계획도(수목의 배치도가 포함된 평면도, 횡단면도, 나무관리 목표연도의 나무형상도) - 성목시를 고려한 수리계산서 • 설계도서를 작성한 하천관리청은 이의 적정여부를 입증하기 위하여 공신력 있는 연구기관의 검토를 받아야 함. • 하천구역내 심은 나무와 자생하고 있는 나무의 벌채 등 관리에도 적용	하천정비기본계획의 항공사진측량 평면도 활용 건설교통부하계 58170-339 1998년5월27일 시행

④ 하천구역내 나무심기 및 관리기준

(가) 치수상 고려사항

가) 제방에 미칠 위험요소 배제

나) 하천부속물에 미칠 악영향 배제

다) 나무의 전도 및 세굴 방지

라) 부러지거나 쓰러져 떠내려 간 나무로 인한 하류 하도의 폐색 방지와 하류부 교량의

교각 걸림에 따른 교량피해 방지

(나) 나무를 심을 수 없는 경우

<표 8.6> 나무를 심을 수 없는 경우

취약부문	치수안정성을 고려해서 나무를 심을 수 없는 구역	비 고
제 방 고	• 기존 제방의 홍수위에 대한 여유고가 하천설계기준에서 정하는 여유고의 1/5이하의 장소	치수안정성을 고려해서 나무를 심을 수 없는 구역에서는 양안 모두 나무를 심을 수 없다.
제방단면	• 제방단면이 부분적으로 협소하거나 제방마루폭이 좁은 곳	
제체강도	• 제체 또는 기초지반의 토질이 연약하고, 비탈붕괴, 슬라이딩, 급격한 침하 등이 발생한 흔적이 있거나 위험이 예상되는 곳 • 수충부의 신설 제방으로 완성후 3년 이하인 곳	
누 수	• 제체 도는 기초지반에서 누수발생 흔적이 있거나 개연성이 많은 곳	
수 충 부	• 홍수시 수충부로 제방, 저수호안 등이 파손되었거나 파손될 위험이 있는 곳	
세 굴	• 제방 부근의 하안이 세굴되어 있는 곳으로 호안 근고공이 세굴되어 있고, 수제 등이 파손되거나 기타 공작물의 돌출로 세굴이 예상되는 곳	
공사실시	• 홍수기중에 통문, 통관 등의 횡단 공작물의 시공을 위하여 제방을 절개한 곳 또는 공사시공에 따른 위험이 예상되는 경우	
공 작 물	• 취수보, 통문, 통관 등 제방횡단공작물 설치시기가 오래되었고, 부등침하, 누수 등으로 불의의 사고가 예상되는 곳	

(3) 수리계산 방법

1) 자연형 하천 계획 및 설계시 하천구역안의 나무 또는 나무 군락에 의한 통수단면적의 감소와 나무에 의한 흐름저항의 영향을 고려하여 수위와 유속을 계산

2) 이에 대한 상세한 수리 계산 방법은 「하천구역내 나무심기 및 관리에 관한 기준 (건설교통부, 1998)」을 참고

8.6.5 수변조사

(1) 수변조사 정의 및 목적

1) 수변조사는 하천의 환경기능을 하천정비사업에 반영하기 위하여 하천 생태계의 특성을 조사・분석하여 평가하는 것

2) 수변조사를 통해 하천 환경을 개선시킬 가능성과 필요성을 인식하고 대상하천의 보전과

복원에 대한 목적과 목표를 설정함

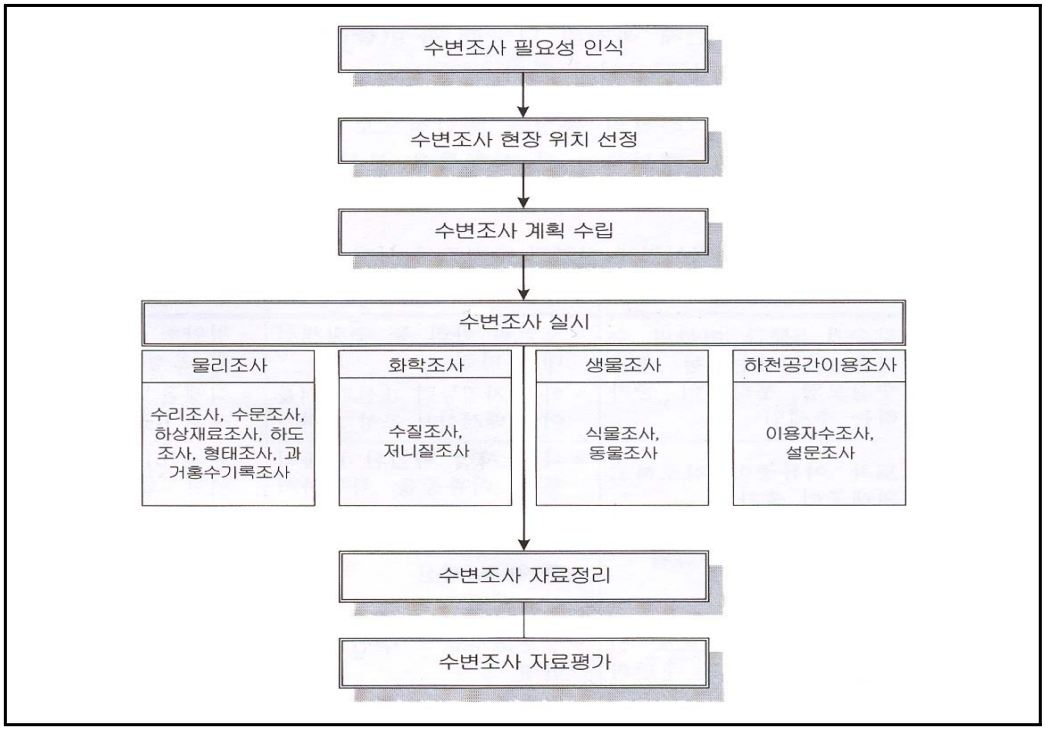
3) 하천정비사업에서 하천의 환경기능(생물서식처 보전, 친수공간 확보, 수질개선 등)을 반영하고자 할 때에는 현재 하천의 다양한 특성(물리, 화학, 생물, 공간이용)을 정확하게 파악하는 수변조사를 실시해야 함
4) 수변조사를 통해 현재 하천의 특성을 종합적으로 평가하여 보호해야 할 생물종과 보전해야 할 서식처 그리고 개선해야 할 사항들을 분석·평가하여 향후 이루어질 하천정비사업의 계획, 설계 및 시공단계에 반영하여야 함
5) 수변조사는 장기적인 관점에서 이용 가능한 자료를 체계적으로 수집·정리하여 향후 이루어질 수 있는 사업에서 활용 가능한 조사가 이루어져야 함

<표 8.7> 하천환경 정비사업에 반영된 수변조사 사례(경안천)

항 목	수변조사 결과	목 표 설 정	계획·설계·시공에 반영
수질조사	• 갈수기 5등급이하의 수질을 나타내는 등 최근 수질오염 부하량이 증가하는 추세임	• 오염원 관리 등 수질개선 대책 마련 • 하천 자정능력 개선과 더불어 생태서식처 조성 고려	• 경안천 하류에 생태습지원 조성 • 식생을 이용한 수질정화 시설 6곳 조성
생물조사	• 토착 어류종이 감소하고 외래종이 증가함 • 생태계 연속성이 단절되고 종구조가 단순화됨	• 과거 서식 확인된 12종의 토착 어류종을 복원하기 위한 서식처와 수질개선 • 생태통로 확보 및 이동제한 요소 개선	• 토착 어류종의 특성을 고려한 기법 적용(산란과 은신을 위한 거석, 여울과 소, 수제) • 어도 설치 및 완경사 제방 도입
하천공간 이용조사	• 고수부지 주차장으로 인해 경관훼손 및 주민의 친수성, 접근성이 제약됨 • 하천이용 설문조사 실시	• 설문조사로 주민의견을 반영 • 고수부지 주차장을 철거하고 생태서식처 조성	• 경안천 자생식생을 적극 도입하여 생태계를 복원함

(2) 수변조사 절차

1) 일반적으로 수변조사는 조사구역 또는 조사구간의 선정, 수변조사 계획 수립, 수변 조사 실시, 자료의 정리 및 평가단계 순으로 수행함
2) 각 항목별로 수변조사를 실시하여 조사된 자료를 정리·분석을 통해 도출된 결과를 종합하여 조사구간 및 대상하천을 평가하여 사업의 목적과 목표를 설정함



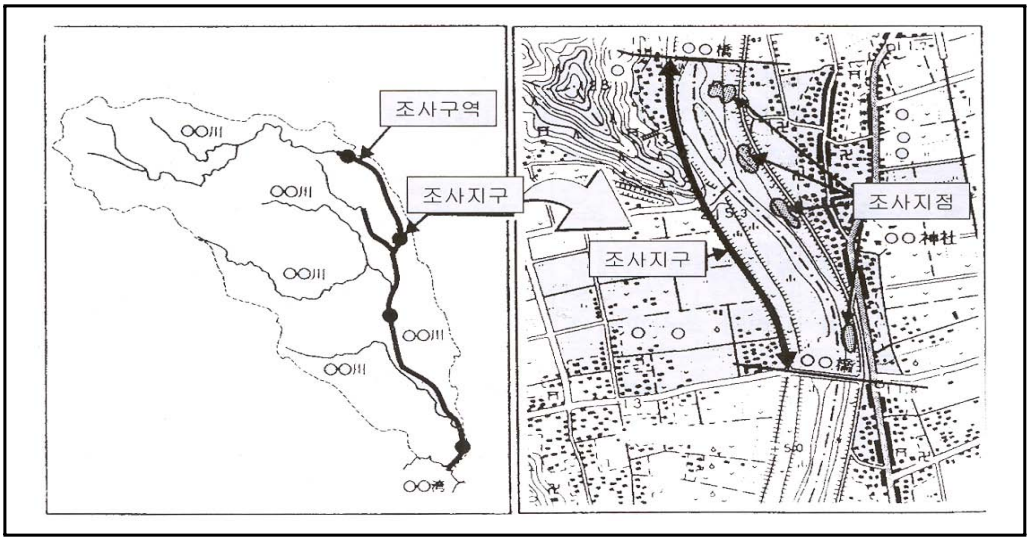
[그림 8.10] 수변조사 절차

(3) 대상하천의 선정 및 조사지역의 구분

1) 대상하천은 사업계획과 환경보전의 필요성에 따라 결정

2) 조사대상 하천의 지역구분은 공간적 위계에 따라 조사구역, 조사지구, 조사지점으로 구분

3) 조사지구는 대상하천의 특성을 대표적으로 나타낼 수 있는 구간으로 선정하며 조사 지점은 세부조사항목을 고려하여 선정함



[그림 8.11] 하천 수변조사의 조사지역 구분

(4) 수변조사 계획 수립

1) 수변조사는 여러 분야의 전문가들이 1년 이상의 장기조사를 수행하는 관계로 사업의 목적을 고려하여 효과적으로 조사가 진행되도록 계획을 수립해야 함

2) 사전조사를 통한 대상하천 및 조사지구의 특성 파악

3) 각 전문분야를 유기적으로 연계할 수 있는 전문가 그룹 구성

4) 사업의 목적을 고려한 조사항목과 일정 계획수립

<표 8.8> 수변조사 일정 계획(예)

항 목		실 시 기 간(월)												비 고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
물리조사	수 리	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	수 문	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	형 태													홍수기를 전후하여 2-3회 실시
	하 도	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	하상재료	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
화학조사	수 질	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	저 니 질		○		○		○		○		○			
생물조사	식 물		○		○		○		○		○			
	동 물		○		○		○		○		○			
하천공간 이용조사	이용자수		○		○		○		○		○			
	설문조사													하계 휴가철 중 시행

8.6.6 유지용수 확보방안

(1) 유지유량 산정 기준

하천관리를 위한 하천유지유량 또는 하천관리유량은 하천의 보전 및 복원 등을 위한 자연적 기능, 그리고 이수 관리와 하천환경관리를 바탕으로 하천 개발과 이용을 위한 인위적 기능을 유지하고 관리하는데 필요한 최소한의 하천유량이라 할 수 있다. 또한 하천법 제20조(하천유지유량)에 하천관리자는 유수의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 수량, 즉 하천유지유량을 설정하여 고시하도록 되어있다. 여기서 하천의 정상적인 기능과 상태라 함은 최소한의 갈수량, 하천수질보전, 하천생태계 보호, 하천 경관 보전, 염수침입 방지, 하구막힘 방지, 하천시설물 및 취수원 보호, 지하수위 유지와 같은 8가지 기능을 말한다. 하천유지유량은 일반적으로 자연갈수량과 하천의 자연적 기능을 유지하기 위한 유량 중 최대치로 산정한다.(「하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용(한국수자원공사, 1995)」)

따라서, 유지유량은 ①하천생태계, 경관, 친수를 고려한 필요유량 ②기 수립된 하천정비 기본계획에서 제시한 갈수량 ③이수유량 등을 비교·검토하여 적정유량으로 설정하여야 함

1) 하천생태계를 고려한 유지유량

하천 생태계에서 유량의 변화는 어류뿐만 아니라 하천의 모든 생물에 큰 영향을 미치며, 특히 어류의 서식처, 산란장, 산란한 알 등에는 유량의 변화가 치명적인 영향을 미치기 때문에 하천유지유량을 결정할 때에는 어류생태를 우선 고려하나, 하천 내 모든 어류를 고려한다는 것은 한계가 있으므로 우리가 흔히 접할 수 있고 쉽게 이해할 수 있는 대표어종을 선정하여 필요유량을 충족시켜 줌으로서 하천생태계를 보전하도록 하여야 한다. 하천 어류서식지 해석과 필요유량 산정 및 평가방법에는 다음의 4가지가 있음

① 경험적인 방법으로 과거 관측 유량의 유황분석을 통해 어류 서식에 적합한 일정비율의 유량을 결정하는 방법

② 현지 실측방법으로 하천에서 조사구간을 정해 어류와 수리·수문 변수간의 관계를 개발하여 산정하는 방법

③ 서식처 모의에 의한 방법으로 유량 규모에 따른 물리적 서식처의 변화를 고려할 뿐만 아니라 하천 유량 범위에 걸쳐 가용한 서식처의 양을 결정하기 위해 주어진 어종이 선호하는 서식처 선호도와 하천유량 정보를 결합하는 방법

④ 간편법으로 일부지점에 대해 어류가 물과 조화를 이루어 서식하는 하천 공간 시스템이 아닌 하도 부분의 통과 수로 역할만을 검토하는 방법. 즉, 하천 공간 시스템에 대한 전반적인 해석이라기보다는 특정구간 및 지점에서 어류의 이동에 필요한 수리·수문 조건을 산정하는 방법

일반적으로 생태계를 보전하는데 필요한 유량산정 방법은 네 번째 방법인 간편법을 주로 이용하며, 절차는 대상 하천에서 서식하는 대표어종의 선정, 서식처 수리조건의 결정, 지점 및 구간 설정, 그리고 필요유량의 산정 등의 절차를 통해 수행한다. 어류서식 환경은 여울과 웅덩이 등의 하천 상태, 어류와 관련된 유속, 수심, 하상재료, 어류의 이동, 하천 수질조건으로 수온, DO, pH, BOD 등이 고려되어야 한다. 이상과 같은 생태계를 고려한 유지유량 산정기준은 다음 표에 제시된 바와 같음

<표 8.9> 하천 생태계를 고려한 하천유지용수량 산정기준

구 분	유 지 용 수 량 산 정 기 준
수면폭	하천경관에 필요한 수면폭을 적용한다.
유 속	어느 정도 흐름을 확보할 수 있는 0.3m/s를 적용한다.
수 심	대표어종이 살 수 있도록 최소 0.2m의 보장이 필요하다.

자료 : 「친환경적 하천정비사업 정책연구 보고서」 건설교통부, 2005. 3

2) 하천경관을 고려한 유지유량

하천 경관을 고려한 유지유량이란 하천의 주요지점에서 경관을 유지하기 위하여 하천이 확보해야 할 수리학적 조건, 즉 수면폭, 유속 등을 만족시킬 수 있는 유량을 말한다. 또한 하천이나 하천변에 접근하는 사람으로 하여금 정서적으로 풍부하고 안정된 심적 감정을 갖도록 하는 유량이다. 유량변화에 따라서 수면폭, 유속, 수심, 하폭 등의 물리적인 요소가 경관에 미치는 영향이 커지므로 산정방법은 이를 바탕으로 하며 유속의 크기에 따른 흐름상태는 다음의 표에 제시된 바와 같음

<표 8.10> 유속의 크기에 따른 흐름의 상태

유속(m/sec)	흐 름 의 상 태
0.1 이하	흐름을 느낄 수 없다. 호안의 물체가 수면에 비친다.
0.1 - 0.2	매우 완만하고, 수면은 거의 파가 일어나지 않는다.
0.2 - 0.4	완만하게 느끼고 흐르는 모습을 알 수 있다.
0.4 - 0.6	비교적 빠른 흐름으로 파가 발생되며 유량감을 느낀다.
0.6 - 0.8	빠른 흐름으로 파가 발생한다.
0.8 - 1.0	빠른 흐름으로 파랑이 크게 된다.
1.0 - 1.5	상당히 빠른 흐름으로 급류에 가깝고 파랑이 급격하게 된다.
1.5 - 2.0	급류의 느낌을 가진다

자료 : 「친환경적 하천정비사업 정책연구 보고서」 건설교통부, 2005. 3

필요수심은 위에서 언급한 생태계를 고려한 유지유량 산정의 값을 보장하는 것이 적합하며, 급격한 경관 변화가 일어나지 않도록 주요 하상재료가 수면으로 드러나지 않는 수심을 확보하도록 고려하여야 한다. 유속은 하천의 형태 및 특성, 지역특성 그리고 사회문화적인 특성을 고려하여 하천의 이미지에 부합하는 유속을 검토하여야 하며, 하천경관을 고려한 유지유량 산정기준은 다음 표에 제시된 바와 같음

<표 8.11> 하천경관을 고려한 유지유량 산정기준

구 분	유 지 용 수 량 산 정 기 준
수면폭	유량이 많고 적음에 대한 느낌은 수면이 차지하는 비율 등 대상간의 비율과 대상공간의 점용율에 의한다. 이때 공간비율의 지표로써 수면폭(W)과 하천폭(B)의 비(W/B)를 들 수 있다. 유량감을 느낄 수 있는 최소비율은 하천폭의 20%이다.
유 속	각 하천별로의 특성을 고려하여 산정한다.
수 심	대표어종 및 대리어종을 고려하여 산정한다.

자료 : 「친환경적 하천정비사업 정책연구 보고서」 건설교통부, 2005.3

3) 친수를 고려한 필요유량

하천유지유량을 산정하기 위해서는 하천에서의 여가활동을 포함한 친수활동을 고려할 필요가 있으며, 친수활동의 종류 중에는 경관에 필요한 기준을 이용하면 타당한 산책과 신체가 물과 직접 접촉하는 물놀이, 수영이나 간접적으로 접촉하는 뱃놀이가 있다. 일반적으로 대상 하천의 특성에 따라 어린이들의 물놀이를 고려 대상으로 하여 산정하며, 친수를 고려한 유지유량 산정기준은 다음과 같음

<표 8.12> 친수를 고려한 유지유량 산정기준

구 분	유 지 용 수 량 산 정 기 준
수면폭	산책이나 물놀이 등이 가능한 수면폭으로 경관에 필요한 수면폭을 적용한다.
유 속	친수활동에 적합한 유속 0.2m/s을 적용한다.
수 심	어린이의 물놀이가 예상되는 지역이므로 수심 0.2m가 적당하고, 뱃놀이 등이 가능한 하천에 대하여는 각 하천별 특성에 맞게 고려하여야 한다.

자료 : 「친환경적 하천정비사업 정책연구 보고서」 건설교통부, 2005.3

4) 이수유량

대상 유역의 저수지, 호소수 및 하천수를 이용하고 있는 생활, 공업, 농업용수의 취수시설 등 이수관련 시설의 제원 및 용량을 조사하여 이수유량을 산정하여야 함

(2) 유지용수 확보방안

유지용수 확보방안은 시·공간적 대책으로 구분될 수 있다. 시간적으로는 장·단기적 대책으로 나눌 수 있고, 공간적으로는 기존·신규 수원의 개발 등으로 나눌 수 있음

하천수량의 확보대책 중 단기적 대책으로는 다른 수계에서 도수(導水)하는 방법, 지하수 개발, 처리수 재이용 등을 들 수 있으며, 장기적 대책으로는 수계가 위치하고 있는 유역에서 침투율을 증가시키는 방법, 유량확보용 저수지 건설 등을 들 수 있음

기존 수원 활용방법으로 현지처리 확대, 분류식 하수관거 확충, 하수처리장 방류수 활용, 기존 수리시설의 적정운영, 우수유출 저감시설 설치 등이 있고, 신규 수원 개발방법은 소규모 저수지 개발, 타 유역에서의 도수, 유역관리를 통한 함수량 증대 등이 있음

<표 8.13> 장·단기적 유지용수 확보방안

구 분	유 지 용 수 확 보 방 법	비 고
단기적 대책	• 다른 수계에서 도수(導水) • 지하시설물 등에서 유출되는 지하수를 이용 • 처리된 하수의 희석을 통해 하천유량을 증대	
장기적 대책	• 유역의 침투력을 증가시켜 자연저류력 증가 • 유량 확보용 저수지 건설	

1) 기존 수원 활용 방법

① 현지처리 확대

하천의 건천화 방지와 유지유량 확보를 위해 도시하천 상류지역에서 하수의 현지처리를 확대하여 처리수를 상류하천에 직접 방류하는 방안을 검토한다. 대부분의 도시 하수처리장은 하류에 위치하고 있으나, 이후 신규로 발생하는 상류지역의 하수는 현지처리를 통해 하천으로 방류하고, 장기적으로 도시하수처리장의 용량을 초과하는 경우 초과분에 대해서는 기존의 상류지역 유입분을 줄여 상류에서 처리하도록 유도함

② 분류식하수관거 확충

대부분의 도시에서 하수관거가 합류식으로 설치되어 있어 상류의 계곡수 및 지하수까지 하수처리장으로 유입되고 있다. 따라서 이를 상류지역부터 분류식으로 조속히 확충하여 상류에서 유입되는 계곡수와 우수가 하수처리장으로 유입되지 않고 하천유지유량으로 가능토록 함

③ 하수처리장 방류수 활용

각 도시는 하수처리장을 운영하고 있고 대부분 처리수을 하류지역에서 자연방류하고 있다. 이 방류수를 하천특성에 적합하게 고도처리하여 상류나 인근 하천으로 유입시켜 유지용수로 활용하는 방안을 고려해야한다. 하수처리수를 상류지역까지 이송하여 방류할 경우 건천화 방지와 유지용수 확보뿐만 아니라 하수처리에 대한 시민들의 인식도 제고될 것임

④ 기존 수리시설의 적정운영

도시하천이라도 이전에 각종 용수원으로 활용하던 저수지나 보가 있을 수 있다. 현재는 농업용 수로의 기능을 상실하여 생·공용수 등으로 공급하고 있는 경우 갈수기 유지용수의 이용가능성 분석과 의무방류 방안에 대한 검토가 필요하다. 유지용수 부족으로 하천생태계에 문제가 있을 경우 저수지의 준설을 통해 저수용량을 늘리거나 기존 타용도를 중수도 등으로 대체하고 긴급시 이용수를 유지용수로 활용하는 방안을 검토함

⑤ 우수유출 저감시설

장기적인 대책으로 지하수위를 상승시켜 비가오지 않더라도 지하에서 지표로 유출되는 지하수로써 하천의 최저유량(base flow)을 유지하도록 하는 것이다. 우수유출저감시설에 의해 우수를 평면적으로 처리하는 방법은 지하수를 함양시킬 뿐만 아니라 도시의 물순환 면에서도 귀중한 수자원을 만들어 내는 것이 되므로 도시의 수환경을 개선할 것으로 판단됨

2) 신규 수원 개발 방법

① 소규모 저수지 및 보의 개발

도시화가 진행된 하천은 중·대규모 저수지 등의 개발은 희박하나 지하수, 소규모 저수지 및 보 등의 개발 가능성은 있다. 특히 신체와 접촉하는 위락 및 친수용수로 활용되는 지점의 경우, 맑은 유지용수 확보를 위한 저수지 건설 및 하도내 일정수위를 유지하여 토양의 포화도를 높이고 지하수위를 상승시키는 보의 개발 같은 적극적인 유지용수 확보방안의 검토가 필요함

② 타 유역에서 도수

인근유역에 풍부한 수원이 있을 경우 유지용수 확보를 위한 타 유역에서의 도수도 가능하다. 그러나 도시하천의 경우 인근지역의 도수는 여러 가지 어려운 여건이 있을 수 있어 타 유역에서의 도수는 비용과 타 지자체 및 하천관리청과 협조 및 수환경 측면에서 정밀한 검토가 필요함

③ 유역관리를 통한 함수량 증대

도시유역에서는 표면의 불투수층이 증가함으로써 강우시 지하수 충진이 감소하게 되어 갈수기 기저유출량 감소로 인해 하천이 건천화 된다. 따라서 유역의 침투력을 증가시키거나 자연저류력을 증가시키는 등 유역관리를 통해 기저유출량을 증가시키는 방안을 이용할 수 있다. 유량확보를 위한 유역관리 방안은 그 외에 우수저류시설 설치 등 물에 관한 종합적인 접근방법을 모두 포함

<표 8.14> 유지용수 확보방안 비교

구 분	방 법	특성	
		장 점	단 점
신규수원 개발	상류에 저수지 축조	하천수질 개선 하천기능 유지	비용과다 관계자 동의 필요
	지하수 개발	하천수질 개선시 단독추진 가능	비용과다 수원확보 문제
하수처리수 재이용	도시하수처리장 방류수 상류 펌핑	하천수질 개선시 단독추진 가능	추가처리 필요 주민의 거부감 해소 필요
	상류에 마을단위 소규모 고도하수처리장 건설	하천수질 개선시 관내 지역 단독 추진 가능	기존 종말시스템과 연계 부족
상류 계곡수의 유입 확대	분류식 하수관거 설치	하천수질 개선, 하천기능 개선 하수처리장 안정화	비용과다 상류지자체 협조 필요
기존수원의 합리적 이용	기존용수원의 유지용수 방류	하천수질 개선 하천기능 개선	기존 수리권자 협조 필요 개체수원 공급가능 여부
타 유역에서 도수	인근유역에서 공급	하천수질 개선 하천기능 유지	비용과다 타지역 시민 동의 곤란
침투력 증가 등 유역관리	우수침투증진, 불투수층 제거 등	갈수기 유량 증대 수질 개선	상류 시군 협조 필요 가시적 효과 미미

자료 :「친환경적 하천정비사업 정책연구 보고서」건설교통부, 2005.3

8.7 자연형 하천 설계

8.7.1 제방 및 고수호안

(1) 개요

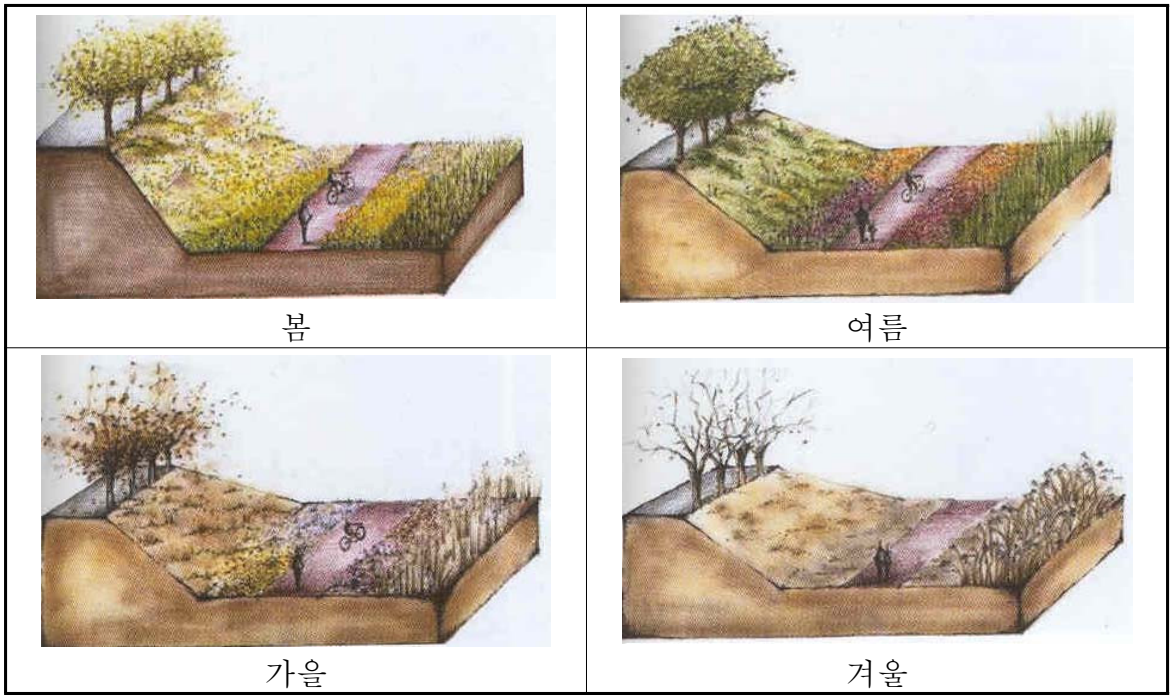
1) 제방은 본래의 안전한 홍수소통 기능뿐만 아니라 이용자 및 해당지역의 요구에 따라서 다양한 기능을 갖춘 제방형식이 필요함
2) 제방 및 고수호안은 치수기능을 우선으로 하되 생태·경관, 친수성, 개방성 등을 갖춘 제방형식이 요구됨
3) 통수능이 충분히 확보된 구간에 한하여 기존의 블록 고수호안은 존치하되 은제를 도입하여 완경사 제방화하는 방안을 강구할 수 있으며, 각 구역의 특성에 맞는 환경친화적인 호안형식을 도입하여 상호 조화되도록 하여야 함
4) 제방 축제시 제방 법선은 지형학적으로 하천구역을 최대한 포함하도록 설정하여 하도내 지체 및 저류효과를 증대시키도록 하여야 함
5) 제방축제로 인한 생태계 단절, 추이대 기능 저하 등 하천환경적 피해를 최소화하기 위하여 제방호안은 콘크리트 블록 등의 인공재료보다는 식생 등의 자연재료를 이용함
6) 법면경사는 하폭이 충분한 경우 1:3 이상으로 완경사화하여 생태기능을 극대화할 수 있도록 하여야 함

(2) 착안사항

1) 호안의 기울기를 완만하게 하여 물리적 안정성을 확보하고 다양한 식생대를 이루도록 함
2) 식생호안공법 등 생명재료를 우선 사용하여 자연에 가까운 생물서식처를 형성하고 수리안정성을 고려하여 석재 등을 사용할 때는 하천생태계에 나쁜 영향을 미치지 않도록 함
3) 투수성, 식생이 유지되는 자연형 호안(블럭)등을 설치함
4) 생물유형별로 서식조건을 파악하여 먹이 환경을 제공하고 번식처, 은신처, 피난처 등을 조성
5) 하천변 공공녹지와 하천생태계의 생태통로 확보

(3) 제방 및 고수호안 식재

1) 제방은 대부분 이동통로로 이용하고 있어서 귀화식물이나 답압에 강한 식물들이 우점 하고 있으므로, 제방부의 복원을 위한 식물로는 심근성 목본류나 자생초화류 등의 식재가 가능함
2) 고수호안은 제방과 연결된 상부는 제방과 연결하여 심근성 목본류를 식재하고, 제방 중단과 하단은 제방의 안전성을 위해 초본류 위주로 녹화하는 것이 바람직함
   ① 교목류 : 느티나무, 물푸레나무, 버드나무, 조팝나무, 싸리류, 신나무, 자귀나무, 귀룽 나무, 신나무, 보리수나무, 산사나무 등
   ② 관목류 : 갯버들, 꼬리조팝, 참조팝나무, 왕버들, 국수나무, 찔레나무
   ③ 초본류 : 억새, 띠, 물억새, 갈대, 사초류 등
   ④ 수생식물 : 갈대, 물억새, 고랭이류 등



[그림 8.12] 계절에 따른 자연형 하천변의 변화

8.7.2 저수호안

(1) 개요

1) 세굴에 대한 제방보호, 고수부지를 이용하기 위한 고수부지 정비, 또는 유로를 고정 하여 평상시 흐름을 확보하기 위해서 저수로를 인공적으로 정비하고 저수로를 보호 하기 위한 시설

2) 하천에 대해 요구되는 환경기능을 제고하기 위해서는 호안의 완경사화, 다공질화를 통하여 경관 및 생태적 서식처로서의 기능이 보완되어야 함

(2) 착안사항

1) 저수호안의 기울기를 완만하게 하여 물리적 안정성을 확보하고 다양한 식생대를 이루도록 함

2) 저수호안은 식생호안공법 등 생명재료를 우선 사용하여 자연에 가까운 생물서식처를 형성하고 수리 안정성을 고려하여 석재 등을 사용할 때는 하천생태계에 나쁜 영향을 미치지 않도록 함

3) 저수로의 폭은 가급적 원래 하천이 가지고 있던 정도를 유지하도록 하며, 훼손이 큰 지역이외에는 인위적인 변형을 최소화함

4) 여울과 소를 조성하여 용존산소량을 증가시키고, 경관개선 및 어류의 서식처를 제공 할 수 있도록 함

5) 하천생태환경 보전측면을 고려하여 흙, 나무, 식생블럭등 자연재료를 이용하되, 홍수시

유량 및 유속 증가로 인한 시설의 유실·파손 등에 대해서도 사전에 충분히 검토하여 꼭 필요한 부분에는 견고성 및 안정성도 고려하여 함

(3) 저수호안 설계

1) 수충부

① 유속 검토에 의해 수리적으로 안전한 호안 TYPE으로 계획

② 가급적 생태조건이 유리한 공법 선정

③ 알맞은 수변초 또는 수생식물 선정 및 배치

④ 개방성 및 호안의 적정 법면경사

⑤ 색도 및 경관 고려

2) 비수충부

① 수리적 안정성은 물론 가급적 생태조건이 유리한 공법 선정

② 수충부와의 경계부분 계획에 유의

③ 완경사 호안으로 개방성 확보

④ 접근이 용이하도록 계획

⑤ 색도 및 경관 고려

(4) 저수호안 및 수로식재

1) 저수호안

① 추수식물 : 갈대, 달뿌리풀, 줄부들, 애기부들, 콘고랭이, 창포, 꽃창포, 사초류 등

② 부엽식물 : 마름, 어리연, 물옥잠, 고랭이류

③ 수변식물 : 미나리, 미나리아재비, 고마리

2) 수로

① 부엽식물 : 마름, 수련, 연꽃, 자라풀, 어리연 등

② 부유식물 : 개구리밥, 생이가래, 부레옥잠 등

③ 수중식물 : 검정말, 나사말, 통발, 매화마름 등

(a) 사업 전

(b) 사업 후

[그림 8.13] 자연형 하천복원 전·후 저수로의 변화(양재천)

(5) 자연형 저수호안 공법의 유형

저수로 호안공법 유형	적 용 방 안
야면석누이기	수위 변동면이 형성되는 부위에 적용하며 접속부분에 식생을 피복할 수 있음. 상위 둑 안정화에 soil bioengineering systems and vegetative plantings이 이용되며 호안사면의 식생 재생을 촉진함
자연석+꺾꽂이 공법	사면에 바위를 놓기전 이나 사면을 다져주기 이전에 생가지(Live stakes)는 바위와의 사이를 잘 다져주어야 함. 평수위에서 홍수위까지 적용 가능함. Root systems은 soil base에 기초가 되는 미세한 입자의 유실을 방지하고 다공질 사석은 생물의 미소서식처를 제공함.
야자섬유 두루마리공법	식생의 초기생장을 증진하는 섬유 두루마리가 침전물들을 고정시킬 수 있어 침식으로부터 사면을 보호하는 야자 섬유로 짜여진 원통 모양의 보조재료를 사용함. 수변부의 식물생장증진을 위한 훌륭한 매개물로서의 역할 함. 제방의 만곡부에 적용하기 위한 유연성을 가지나 비용이 다소 많이 소요됨. 한계 수명은 4년에서 6년임.
꺾꽂이 공법	자른 생나무 가지의 뿌리를 흙 속에 잘 다지면 살은 뿌리는 자라서 흙과 결합하며, 토양유실과 수분증발을 막음. 복잡하지 않은 조건을 가진 지역에 효과적이며, 건설 기간이 제한되고 비용이 없을 때 사용. 다른 soil bioengineering techniques의 사이를 안정화
생나무섶단 공법	휴지기에 있는 버드나무 가지를 여러 개 뭉쳐 소세지 모양으로 엮고, 침식이 증가하거나 불안정한 사면에 얕은 홈을 파고 원통모양으로 엮은 가지를 묻음. 사면의 연속으로 사면 길이를 줄임. 사면의 경사를 만들때 배수를 용이하게 하고, 자연식생의 활착 필요시 이용

[그림 8.14] 저수로 호안공법의 유형

8.7.3 고수부지

(1) 개요

1) 자연적으로 형성된 하도변의 홍수터는 주기적인 침수에 따라 생물의 양호한 서식환경이 되기 때문에 자연발생적 생물서식기반 형성을 유도함

2) 횡단면의 형태가 평탄한 단단면을 이루어 하천 생태계를 단순화시켜 호안부에 인접한 고수부지 면을 낮추어 통수단면에 여유를 주면서 수제부도 넓게 할 수 있으며, 다양한 하천생태계를 재생시킬 수 있는 기반환경을 확보할 수 있도록 하여야 함

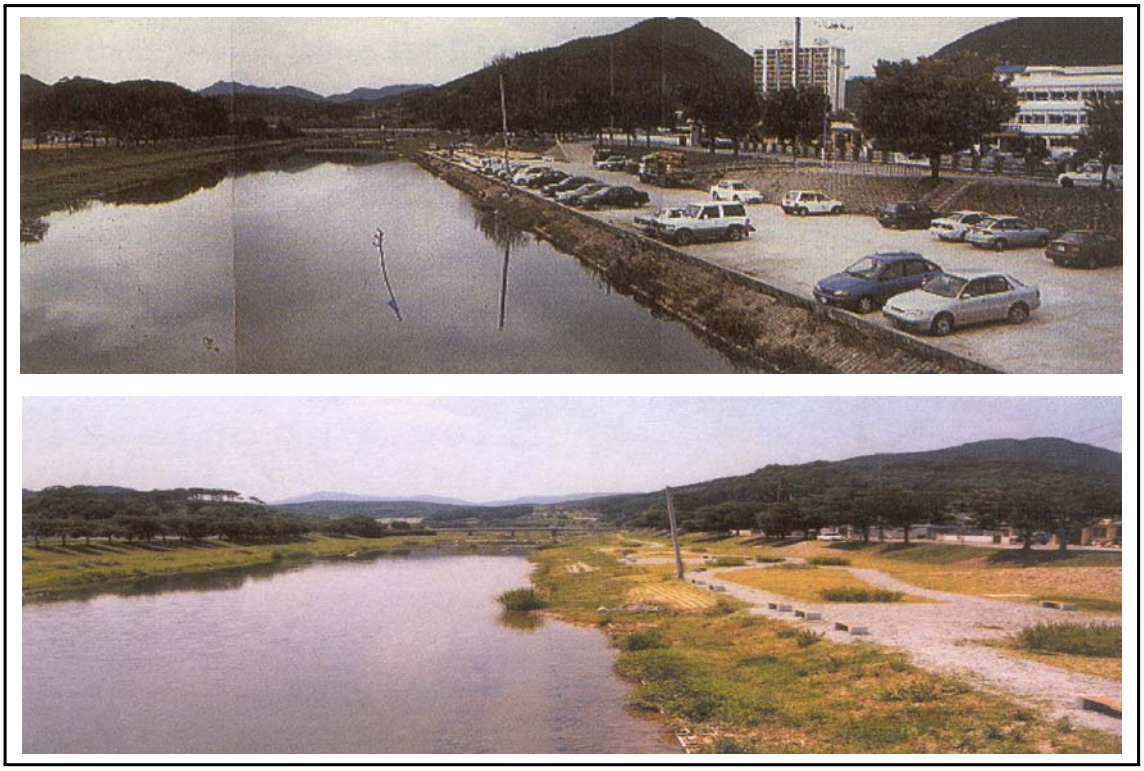
(2) 착안사항

1) 생물유형별로 서식조건을 파악하여 먹이 환경을 제공하고 번식처, 은신처, 피난처 등을 조성

2) 침수되는 정도에 따라 구분되는 각 식생대에 적합한 수종을 선택하고 치수 안전성을 검

토하여 수목을 식재함

3) 하천변 공공녹지와 하천생태계를 생태통로를 통해 연결
4) 고수부지에 나타나는 샛강, 웅덩이, 하도습지 등은 최대한 보존
5) 고수부지 조성시에는 침식 및 퇴적가능성을 충분히 검토하고 획일화되지 않도록 설계함
6) 고수부지는 경작지나 도로 등으로 활용하여 생태서식처를 파괴하는 이용을 배제해야 하며, 자연상태로 보전 또는 생태공원이나 생태학습장 등으로 조성하여 자연환경을 최대한 보전하는 방향으로 설계함
7) 샛강이나 하도 습지 등을 설계할 경우 설치 후 매몰되지 않도록 대상지역의 침식 및 퇴적양상 그리고 흐름유하 방향 등 제반 수리특성을 충분히 검토함



[그림 8.15] 고수부지 주차장을 생태공원으로 복원한 사례(전북 순창의 경천)

8) 고수부지 높이가 높은 경우에는 침수빈도가 감소하고 지하수위와의 상대적인 높이차가 증가하며 육생식물이 번성하고 수목이 나기 쉽게 된다. 고수부지의 높이가 낮은 경우 에는 침수빈도가 증가하고 퇴적과 침식이 일어나기 쉬우므로 초지가 형성되기 쉽게 됨
9) 고수부지의 높이는 이러한 특성을 충분히 고려하여 설정하고 가급적 인위적으로 조성하지 않는다. 또한 고수부지의 높이를 일률적으로 설계하는 것을 지양하고 높낮이를 유지하여 자연스럽게 하는 것이 바람직함

(3) 고수부지 식재

1) 토양유실이 예상되는 구간에는 침식을 완화할 수 있는 식물을 식재하여야 하고 습생 식물과 수생식물의 일부종의 식재가 가능함

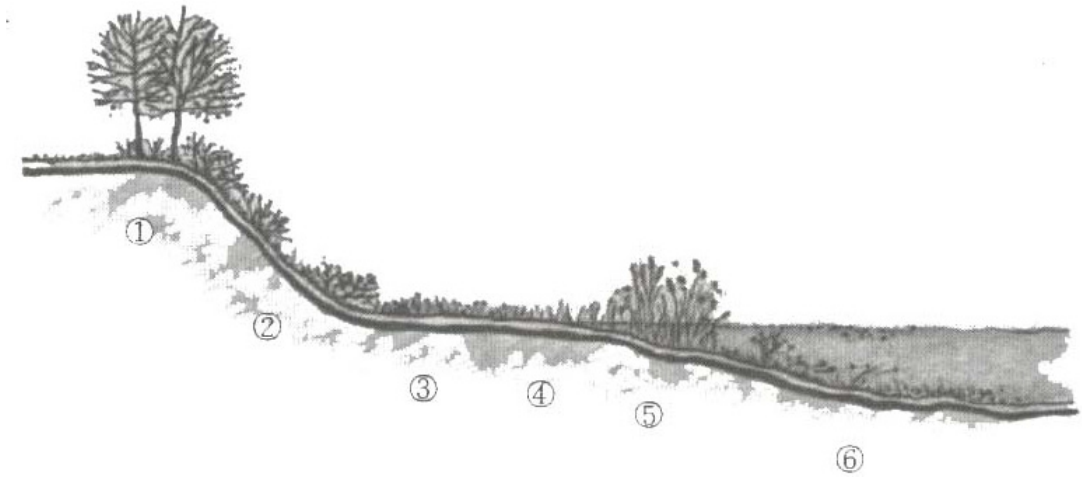
① 교목류 : 버드나무, 왕버들

② 관목류 : 갯버들, 키버들, 선버들, 용버들, 꼬리조팝나무 등

③ 초본류 : 억새, 쑥부쟁이, 원추리, 금불초, 수크령, 띠, 패랭이꽃, 속새, 사초류 등

④ 수생식물 : 갈대, 물억새, 달뿌리풀, 털부처꽃 등

<표 8.15> 하천수목식재 실례 (성남시 탄천)



식 재 위 치			수목 및 수변식물
제방부	①	제방부 또는 제방사면으로 자연하천의 배후지역이며, 건조 및 직사광선에 대응하는 식생의 조성이 필요	• 교·관목 벚나무, 귀룽나무, 조팝나무, 땅비싸리, 진달래, 화살나무
	②	제방사면 중단부를 중심으로 제방과 둔치의 연결지역	• 교·관목 신나무, 쉬땅나무, 용버들, 찔레꽃, 줄딸기, 꼬리조팝나무, 국수나무 • 수변식물 개미취, 띠, 수크렁, 쑥부쟁이, 억새, 원추리, 붓꽃, 개밀, 패랭이 꽃
고수부지	③	둔치부로 홍수시에만 물이 차고 평시에는 물이 없는 지역으로 중수위 침수의 영향지역	• 교·관목 선버들, 능수버들, 꼬리조팝나무 • 수변식물 괭이사초, 금불초, 물봉선, 갈풀, 자귀풀, 물억새, 석잠풀

<표 8.15> 하천수목식재 실례 (성남시 탄천) (계속)

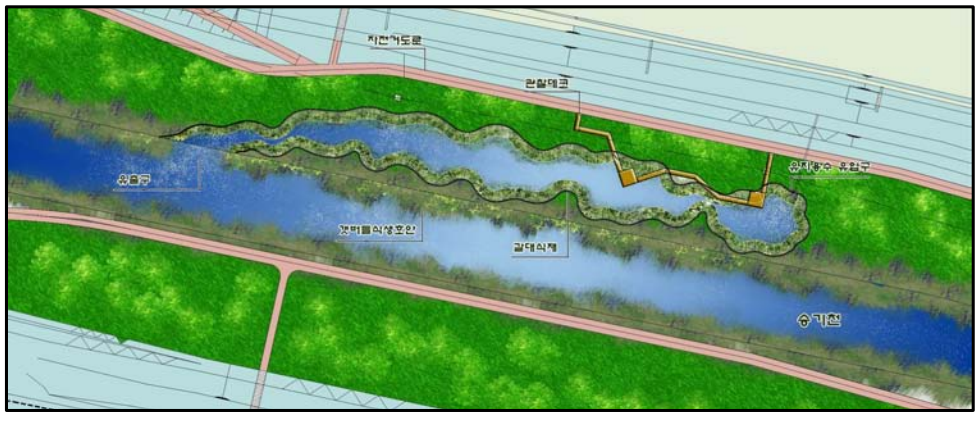
연수역	④	둔치부로 저수로변과 연속적으로 연결되는 지역으로 홍수시에만 물이 차고 평시에는 물이 없는 구간	• 교·관목 갯버들, 키버들 • 수변식물 달뿌리풀, 물억새, 털부처꽃, 소리쟁이, 부처꽃, 물레나물, 흰꽃여뀌, 개구리 자리, 사초류
정수역	⑤	하안부로 물과 맞닿는 구간으로 하천의 중수 및 어류서식에 가장 중요한 구간	• 정수식물(물밑의 흙속에 뿌리를 내리고 줄기와 잎을 수면상으로 추출하는 식물) 갈대, 부들, 줄풀, 큰고랭이, 창포, 흑삼릉, 세모고랭이, 달뿌리풀, 골풀 매자기
수생역	⑥	수중부로 항상 일정하게 물이 있는 구간	• 부엽식물(수중바닥에 뿌리를 내리고 줄기와 잎을 수면상으로 추출하는 식물) 마름, 수련, 노랑어리연꽃 • 부유식물(뿌리를 바닥에 내리지 않고, 수면에 떠있는 채 생활하는 식물) 개구리밥, 생이가래, 부레옥잠

8.7.4 습지

(1) 습지 조성을 통하여 흐르는 물과 토양층의 접촉이 이루어지고 식생이 활착하게 되면 하천의 자정능력이 대폭 개선 될 수 있음

(2) 수질정화 인공 습지는 수문 특성에 따라 자유수면 습지(surface flow wetlands), 여과습지(subsurface flow wetlands)로 분류되며 생활하수, 축산폐수, 산업폐수등을 연못 시스템이나 하수처리장에서 처리한 후 하천으로 방류되는 질소나 인을 제거하기 위해 이용함

(3) 자유수면 습지는 유입수가 저류하는 장소, 유입수의 침출을 막는 제방으로 구성



[그림 8.16] 습지 평면도 설계사례 (승기천)

(4) 고수부지에 인공습지를 조성하는 경우 홍수시 퇴적이나 세굴이 적게 일어나는 장소를 선정함

(5) 습지 설계인자

<표 8.16> 습지 설계인자 및 중요사항

중 요 설계인자	습지면적, 수온, 수심, 체류시간, 수리학적 부하율, 유입수와 처리수의 BOD, TN, TP농도 등
중 요 사 항	1) 적합한 설계모델 적용과 설계인자 값 선정 2) 유입수의 단기이동 방지 및 정체구간 해소 3) 수질정화에 최적인 습지생태 조성 4) 적절한 습지식물의 선정 5) 고수부지에 인공습지를 조성할 경우 홍수시 인공습지에 미치는 영향의 최소화

(6) 습지내 식재 계획

습지도입수종은 하천에 출현하는 수종 및 자생수종을 우선적으로 고려하여 선정하되 수목구입이 가능한 수종을 선정하는 것을 원칙

수 종 선 정 과 정	수 종 선 정 기 준
• 현장조사 및 문헌조사에 의한 분류 • 상위계획 설계 및 시공시 적용수종 • 자문회의 및 실무협의에 의한 선정	• 대상지 환경조건에 잘 적응하는 자생종 • 하천생태계 구성을 촉진하는 매개종 • 경관적,생태적특성에 의한 교육적가치가 높은 종

정수식물(Emergent plant)

- 부들(cattail), 갈대(reed), 애기부들, 고마리, 미나리, 달뿌리풀 등 (Reda, 1988)

식생여과지대(Vegetation Filter Strips)

- 하천에 이르기 전 단계에 육상생태계에서 소실된 영양소와 각종 오염물질들을 필터링하여 하천으로 유입되는 수질을 정화

[그림 8.17] 위치별 도입식물의 선정

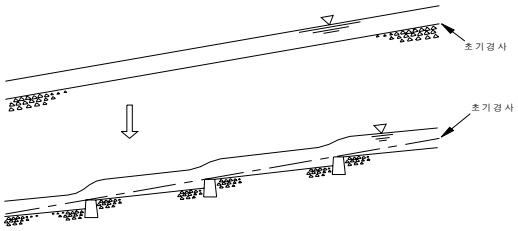
<표 8.17> 습지도입이 가능한 식물

구 분	특 성	도입가능한 식물	
		목 본 류	초 본 류
수 중 부	침수기간이 년 360일 이상 다양한 수생식물의 서식처 어류, 양서파충류, 수서무척추동물의 주요서식처	-	연, 개구리밥
하 안 부	물과 직접적으로 맞닿는 추수역구간으로 년 185일 이상의 침수가 있고 수위변동이 심한 지역 수위, 유속과 호안에 적용하는 외력에 크게 영향을 받음	-	갈대, 달뿌리꽃, 줄, 부들, 애기부들, 큰고랭이, 세모고랭이, 창포, 꽃창포, 노랑꽃창포, 매자기, 갈풀, 사초류, 미나리, 붓꽃
저 수 부	연간30일에서 150일이내의 침수구역으로서 평수시에도 유수의 영향을 받으며 식물이 쉽게 자연발생할 수 있는 구간 홍수시 침식 및 세굴의 영향을 크게 받으며 침수기간이 길어 습지 식생의 서식기반 형성	갯버들, 키버들	갈대, 달뿌리풀, 줄, 부들, 물억새, 창포, 꽃창포, 노랑꽃창포, 매자기, 사초류, 부처꽃, 털부처꽃
고 수 부	평수, 갈수시에는 유수의 영향을 받지않는 지역으로서 제방과 저수로사이의 평탄지1년에 30일 미만의 침수가 발생되는 지역	갯버들, 키버들, 찔레나무, 조팝나무	갈대, 달뿌리풀, 물억새, 띠, 수크령, 붓꽃, 꽃창포, 비비추, 털부처꽃, 금불초, 꽃범의 꼬리, 구절초, 쑥부쟁이, 감국
중 도	평수시에도 유수의 영향을 받으며 식물이 쉽게 자연발생할 수 있는 구간	갯버들, 키버들	갈대, 달뿌리풀, 물억새, 수크령, 붓꽃, 꽃창포, 털부처꽃

8.7.5 하상보호시설

(1) 개요

하상유지시설은 하상경사를 완화시켜 하천의 종단과 횡단현상을 유지하는데 목적이 있음



[그림 8.18] 하상유지시설 설치로 인한 하상의 변화

(2) 하상유지시설의 종류

1) 낙차공 : 하상경사를 완화하기 위하여 보통 50cm 이상의 낙차를 둔 하상유지시설

2) 경사낙차공 : 하상의 경사를 완만하게 하기 위하여 설치하며 주로 돌과 목재를 이용한 시설

3) 대공(띠공) : 하상의 저하가 심한 경우에 하상이 계획하상고 이하가 되지 않도록 하기 위해 설치하며, 낙차가 없거나 매우 작은(보통 50cm 미만) 하상유지시설

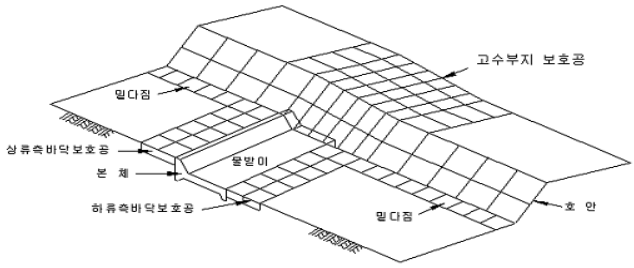
(3) 착안사항

1) 하상유지시설은 주위에서 발생하는 국부세굴을 방지할 수 있어야 하므로 세굴에 견디고 하상변동이 현저한 홍수시에도 구조물이 안전할 수 있도록 하상유지시설 본체 상·하류에 바닥보호공을 설치함

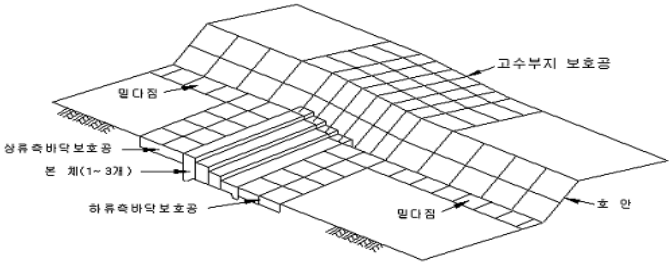
2) 하상유지시설을 저수로와 고수부지에 하나의 구조로 설치하는 경우는 양끝은 제방의 중심부분까지 연장하여야 하며 제방사면은 옹벽과 같이 수직으로 설치하는 것을 피함

3) 하상유지시설은 일반적으로 상하류 낙차를 일으키거나 하상유지시설 본체위에는 얕은 수심 흐름을 일으키며, 유수의 연속성을 끊고 어류의 이동 등을 방해한다. 따라서 하상유지시설은 하상의 안정을 도모하는 데 불가피한 경우에 한해 설치하는 것을 기본으로 한다. 하상유지시설을 설치하는 경우는 어도를 설치하거나 하상유지시설의 본체를 완경사 구조로 하는 등의 대책을 강구할 필요가 있음

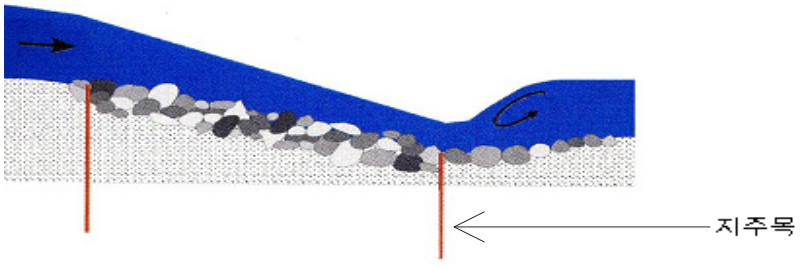
4) 하천환경의 보전 및 주위 경관을 고려하고 하천환경을 고려하여 자연형 재료를 우선 적용함



(a) 낙 차 공



(b) 대 공



(c) 경사낙차공(김혜주 등, 2003)

[그림 8.19] 하상유지시설 각 부분의 명칭

8.7.6 여울과 소

(1) 개요

1) 자연형 여울과 웅덩이(沼)의 설계는 기본적으로 자연하천의 여울과 웅덩이(沼)의 구조를 흉내내는 것임

2) 여울의 형태, 재료, 기능 등을 자연하천에 근사하도록 설계하며, 이때에 이용되는 방법은 자연하천에서 조사된 여울과 웅덩이(沼)의 통계적 특징을 이용함

(2) 착안사항

1) 여울과 소는 최대한 보전하며, 필요에 의해 조성할 경우 해당하천이 갖는 자연 상태의 여울·소 구조의 특성을 미리 파악하여 설계

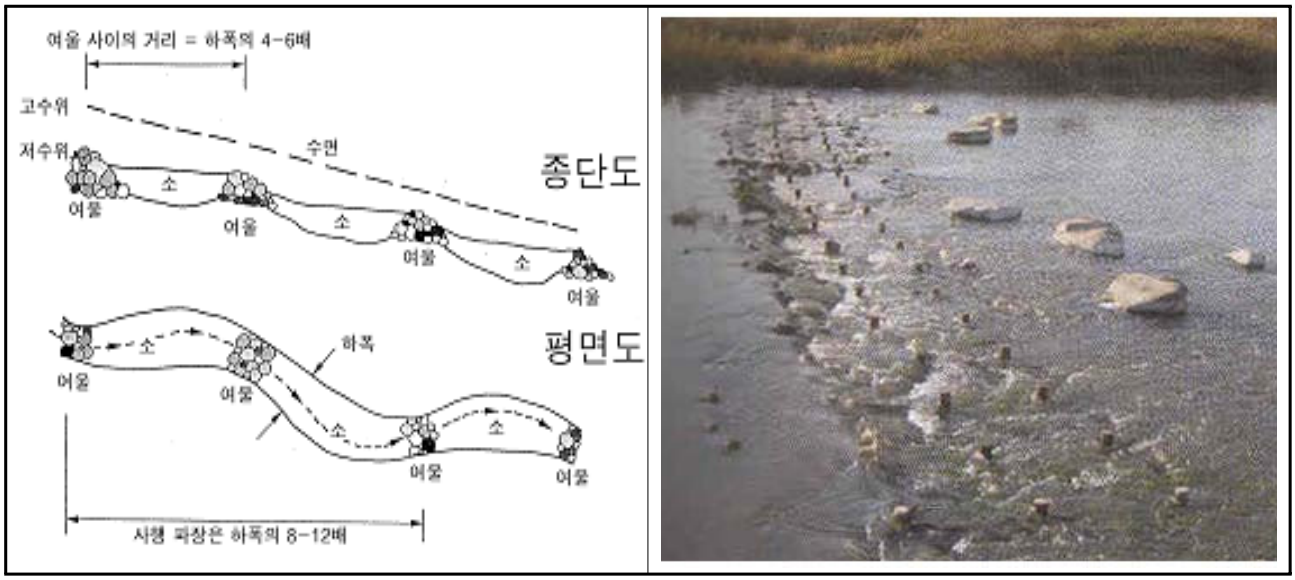
2) 유사공급이 적은 하천에서는 여울·소 구조의 조성이 필요함

3) 여울과 소 구조를 인위적으로 조성할 경우에는 해당하천이나 인근 유사 하천에 있는 자연 상태의 여울·소 구조의 특징을 미리 파악하여 설계함

4) 조성재료는 개수전 하천의 입도분포를 갖는 자연하천의 자갈 혼합사로 조성하거나 돌망태, 호박돌, 사석 등을 이용할 수 있음

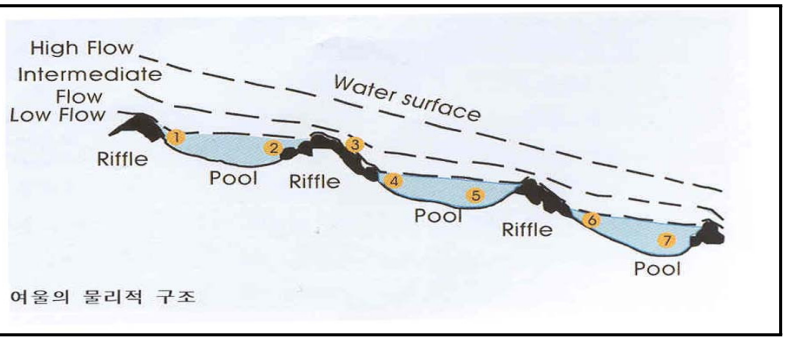
5) 소는 하도내에서 양안에 번갈아 나타나도록 하고 사행하천에서는 소는 만곡부에 위치하며 여울은 직선구간에 위치하도록 설계함

6) 유사 이송상태는 사업 전의 상황과 크게 다르지 않도록 하여야 하며, 유사의 이송상태가 달라지면 하도내의 여울·소 구조의 형성 및 유지양상이 달라짐

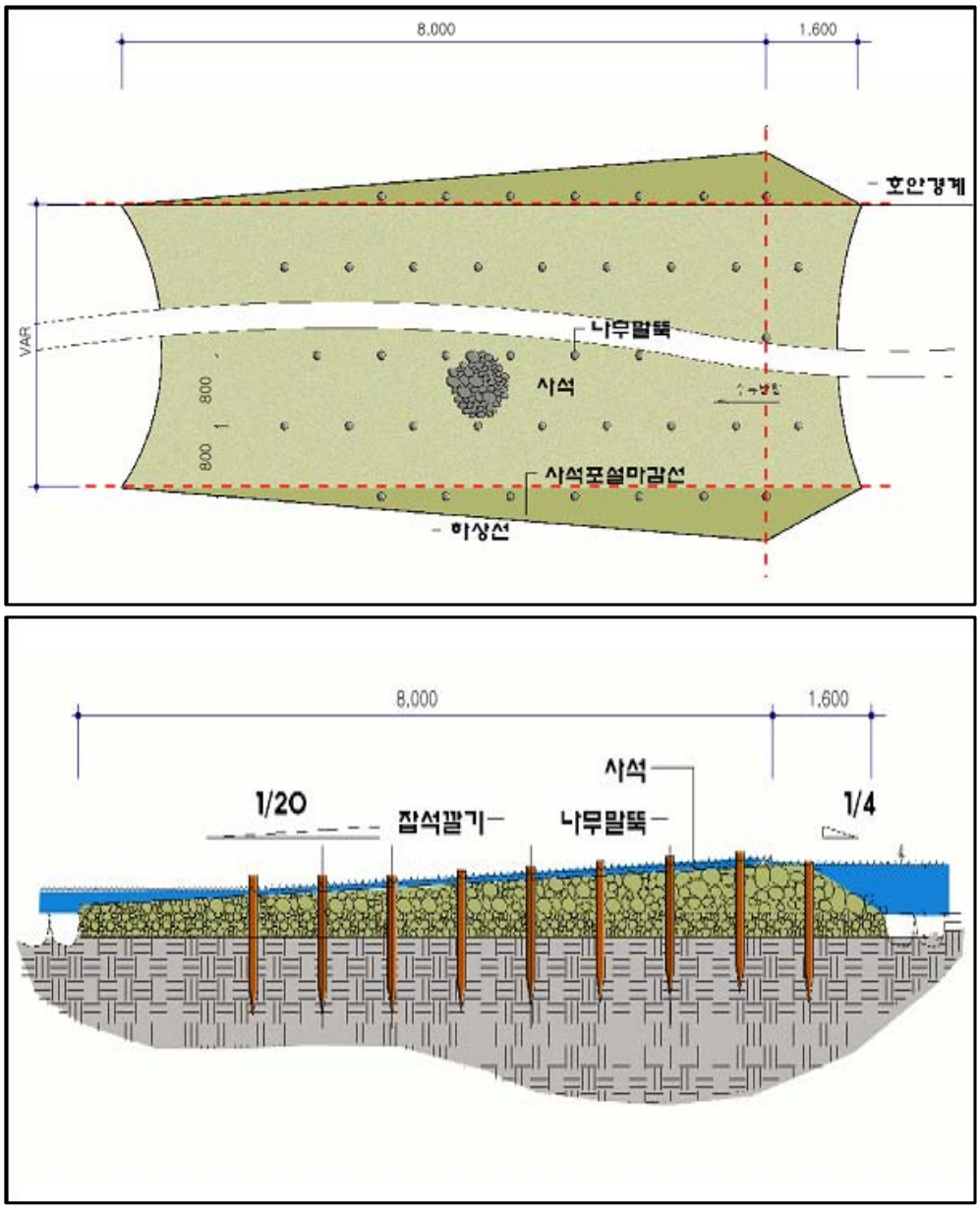


[그림 8.20] 여울과 소의 종단 및 평면 구조

①	동사리
②	버들치
③	돌마자, 밀어
④	모래무지, 피라미
⑤	누치
⑥	미꾸리, 메기
⑦	붕어, 잉어, 가물치



[그림 8.21] 여울의 물리적 구조에 따른 어류서식 분포



[그림 8.22] 평여울 설계사례(충남 성환천)

8.7.7 수제

(1) 개요

1) 수제란 흐름방향과 유속을 제어하여 하안 또는 제방을 유수에 의한 침식작용으로부터 보호하기 위해 호안 또는 하안 전면부에 설치하는 구조물임

2) 수제에 의해 하안과 하상에 역효과를 발생시키지 않고 하도유하능력을 충분하게 확보할 수 있도록 설계해야 함

3) 하천식생과 희귀종의 보호 또는 수생식물의 서식장소를 제공하는 등의 생태학적·친수환경적인 측면을 고려하여 설계하여야 함

(2) 설치목적

1) 하천의 침식 및 호안의 파손방지

2) 저수로 법선형의 수정 및 유로의 고정

3) 생태계의 보전 : 여울과 웅덩이 생성

4) 경관개선, 주운을 위한 수심 확보 및 유량의 확보

(3) 기능

1) 유로제어 기능 : 저수로를 수제에 의해 원활한 형상으로 고정

2) 하상세굴방지 기능 : 하도의 유하 능력을 충분히 확보하기 위함

3) 토사 퇴적 기능 : 흐름을 제방에서 멀리하고 토사의 퇴적을 유발하여 세굴을 방지함

4) 수위 상승 기능 : 유수의 유하폭을 좁혀서 저수시에도 수심확보 가능

(4) 수제의 종류

1) 구조상의 분류

① 투과수제

(가) 투과수제는 흐름의 일부가 수제본체를 투과할 수 있는 구조로 만들어진 것으로서 유수가 수제를 투과하는 과정에서 유속이 감소되고 토사의 침전이 촉진되어 하안이나 호안을 보호함

(나) 흐름에 대한 저항은 불투과 수제에 비해서 작으나 수제자체의 안정성은 뛰어나고 유지관리가 비교적 양호함

② 불투과 수제

(가) 흐름을 투과시키지 않으므로 흐름의 방향을 변화시켜 하안 또는 제방에 발생하는 수충을 줄 일 수 있으며 월류 유무에 따라 월류수제와 비월류수제로 구분됨

(나) 수제에 대한 저항이 커서 많이 파손되므로 하상의 현상유지, 유로 폭 제한 등 그 특성을 충분히 발휘할 수 있는 경우를 제외하고는 사용을 제한하는 것이 좋음

③ 혼용수제

(가) 두 가지 수제를 각각의 개별적으로 설치하면 그 효과를 얻지 못하는 경우가 많으므

로 투과수제와 불투과 수제를 혼용하여 사용하는 혼용수제가 많이 이용됨

2) 배치상의 분류

① 횡수제

(가) 흐름에 직각 또는 직각에 가까운 수제

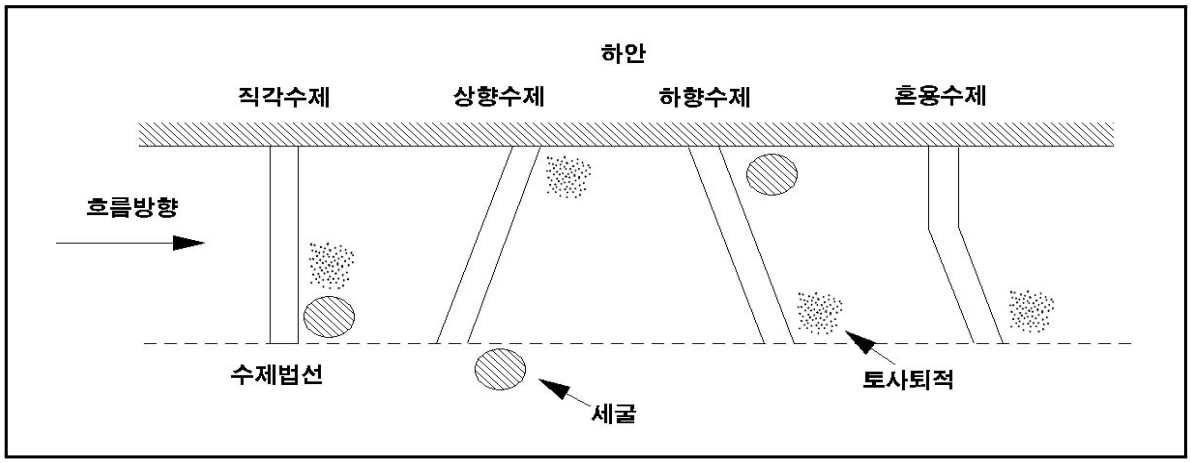
(나) 횡수제의 앞부분은 하상세굴 등에 의해 피해를 받기 쉽기 때문에 적절한 보호책의 일환으로 평행수제를 설치하는 경우도 있음

② 평형수제

유수에 거의 평형하게 설치되므로 유수의 확산을 막을수 있고 수로를 고정하는데 효과가 있고, 장래의 유지비와 수심증가에 따른 공사비 증가를 고려

③ 혼합형 수제(T형 수제)

횡수제의 경우는 앞부분이 격심한 수류의 영향을 받기 때문에 강화시킬 필요 있음



[그림 8.23] 수제의 방향

<표 8.18> 수제방향에 따른 장단점

구 분	상 향 수 제	직 각 수 제	하 향 수 제
장 점	• 수제의 하류측 하 안부에 토사의 퇴적 상태가 양호함 • 유수를 전방으로 밀어내는 힘이 크므로 제방 및 호안 보호에 효과적임	• 길이가 가장 짧고 공사비가 저렴함 • 완류하천의 감조부 등에서 효과적임	• 수제 앞부분에서의 흐름에 의한 수충력이 비교적 약함 • 완류부에서 용수 취수구의 유지와 선착장의 수심유지에 비교적 효과적임
단 점	• 수제 앞부분에서 수류에 대해 저항하게 되므로 세굴에 의해 수체자체가 손상될 위험이 큼	• 하향수제에 비해서 수제 하류의 세굴에 대한 영향이 적지만 상향수제에 비해서는 위험이 큼	• 월류에 의해 소용 돌이가 발생하기 쉬움 • 수제 하류에 세굴이 발생하기 쉬우므로 제방에 위험이 큼

(5) 설치위치

1) 유속이 강해서 하상유지공만으로 하상의 유지가 곤란하거나 세굴이 심한 장소 또는 수제를 설치함으로써 하상유지공을 간소화할 수 있거나 설치하지 않아도 되는 장소

2) 급류하천이나 대하천에서 수심이 깊은 수충부

3) 국부적인 수충부에서 흐름 방향을 유심방향으로 변환시키려는 장소

4) 흐름을 일정하게 고정시키려는 장소

5) 저수로를 고정시키려는 장소

6) 수제를 설치해도 치수와 이수에 지장이 없는 장소 중에서 하천의 환경을 개선하려는 장소 등에 설치함

[그림 8.24] 수제

8.7.8 어도

(1) 어도 설치목적 : 소상하려는 생물의 이동을 저해하는 시설물이 설치된 기존 시설물 (보)에 어도를 설치하여 물고기를 비롯한 수생동물의 이동 및 서식생태에 미치는 영향을 최소화하기 위함

(2) 어도 설치시 고려사항

1) 수리시설물 자체의 필요성 또는 낙차 축소 등을 고려해야 함

2) 어도 조건

① 소상어가 어도 입구 이외의 장소에 모여들지 않도록 하여야 함

② 어도 내에 진입한 모든 소상어가 신속하고 쉽고 안전하게 그 어도를 소상할 수 있어야 함

③ 어도 통과 후 안전하고 신속하게 하천상류로 소상할 수 있어야 함

④ 어류의 손상이나 피로를 피할 수 있어야 함

⑤ 구조가 간단하고 견고하며, 유지관리가 쉽고 비용이 절감될 수 있어야 함

3) 대상 동물의 설정

하천에서 소상의 필요성을 갖는 동물은 어류뿐만이 아니며, 그 외에 참게, 다슬기 등이 포함된다. 따라서 하천에 서식하는 어류 및 참게, 다슬기, 수서곤충 등의 동물들을 고려하여 어도를 설계하여야 함

4) 대상 동물의 소상시기

동절기를 제외한 3월부터 11월까지는 소상하고자 하는 동물이 어도를 이용할 수 있도록 계획하여야 함

(3) 어도의 기초이론

1) 물고기의 유영특성

① 물고기는 소상과 강하시에 흐름에 대한 정부의 지향성을 가짐

② 물고기의 소상은 하천흐름의 주류에서 유영력에 맞는 흐름을 따라 이동

③ 유영속도는 물고기가 헤엄쳐 나갈 수 있는 속도를 말하며, 이는 다시 장시간 지속하여 낼 수 있는 순항속도와 순간적으로 낼 수 있는 돌진속도로 구분한다. 어종에 따라 변이가 크지만 일반적으로 순항속도는 2~4BL/s 이고, 돌진속도는 10BL/s 정도이다. (BL은 체장, 어도를 설계할 때는 어도내 최대유속이 돌진 속도 이하여야 함)

④ 유영력은 유영속도에 하천의 유속을 합한 것

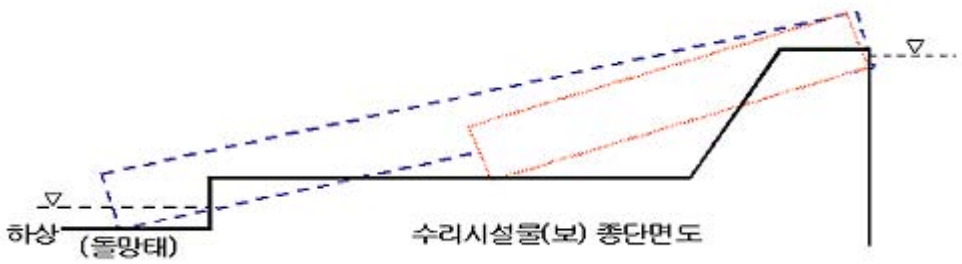
⑤ 사면 소상력은 소상중인 물고기가 경사면을 올라가는 능력으로 어종별 유영력에 따라 변화함

⑥ 물고기는 일반적으로 유영하고 장애물을 만났을 경우에만 도약

⑦ 물고기가 헤엄칠 때 꼬리치는 폭은 체장의 1/2을 넘지 못한다. 따라서 어도 내부의 구조물은 적당한 곡면을 이루어야 함

2) 어도의 기울기

① 모든 어도의 기울기는 1/20 보다 완만하게 조성하여야 하며, 특히 버티컬슬롯식 어도의 경우는 수리적인 특성을 감안하여 1/25의 기울기로 모형을 제시함



[그림 8.25] 수리시설물의 단면과 어도의 기울기에 따른 어도입구의 위치

② [그림 8.25] 는 어도의 기울기에 따라 어도 입구부의 위치를 보여주는 모식도이다. 일반적인 수리구조물의 단면에서 종단의 길이는 구조물의 높이에 따라 다르기는 하지만 높

이가 1m인 경우 길이는 약 10m 가까이 된다. 이때 어도의 기울기가 1/10 이라면 어도의 입구는 하류 하상의 수위에 맞추어지는 것이 아니라 수위보다 높은 위치에 조성되게 되어 입구부에 낙차가 발생한다. 어도의 기울기를 완만하게 하는 것은 어도에서의 유속을 감소시키기 위한 목적도 있지만 이와 같이 어도의 입구를 적절한 위치에 조성하는데도 중요하게 작용함

3) 어도의 폭

① 폭은 하천과 유로의 규모 및 유량을 고려하여 선정하고 어도의 형식별로 어도 내부의 수심과 유하 수량에 따라 조성하는 것을 기본으로 한다. 제시된 기본형의 어도 폭보다 크게 하기보다는 기본형의 어도를 2~3개 설치하는 것이 바람직함

② 양안의 퇴적이 많지 않다면 물고기의 이동을 조사하여 많은 쪽에 설치한다. 유량이 많아 수리시설물 하나에 여러 개의 어도를 조성하는 경우에는 양안을 중심으로 설치

4) 어도의 입구와 출구부

① 어도의 출구부는 어도형식에 따라 별도로 조성하여 출구부에 낙차가 발생하지 않고 유속이 빨라지지 않도록 유의

② 어도의 입구부는 어느 어도 형식이든지 2개 격벽 이상이 하류의 수위보다 아래에 위치하도록 길이가 충분해야 함

<표 8.19> 어도의 종류 및 주요특징

어 도 형 식 의 구 분	주 요 특 징	비 고
• 풀형식(Pool Type) - 계단식 (계단형, 노치형,노치+잠공형, 잠공형) - 버티컬슬롯식(Vertical Slot) - 아이스하버식(Ice Harbor)	풀이 계단식으로 연속되어 있음.	
• 수로형식(Channel Type) - 도벽식 - 인공하도식 - 데닐식(Denil)	낙차가 없이 연속된 유로형상	
• 조작형식(Operation Type) - 갑문식(Lock Gate)(갑문형, 볼랜드형) - 리프트(Lift)/엘리베이터식 - 트럭식(Truck)	시설이 인위적인 조작으로 작동.	

(4) 어도의 종류

1) 어도의 형식은 크게 풀형식, 수로형식, 조작형식으로 구분

2) 풀형식은 계단식, 버티컬슬롯식, 아이스하버식

3) 수로형식은 도벽식, 인공하도식, 데닐식

4) 조작형식은 갑문식, 리프트식, 트럭식

(5) 어도 형식별 장단점

어도를 설치시 검토사항으로는 피라미, 뱀장어 등 모든 어종과 참게 등이 유영력에 관계없이 모두 이용할 수 있어야 하고, 경제성에 관계없이 모든 하천생물이 이용 가능해야 하며, 구조가 간단해 운영이 쉽고 홍수기에 하천 통수량에 영향을 주지 않아야 한다. 어도의 형식별 장단점을 비교해 보면 아래 <표 8.20> 과 같다.

<표 8.20> 어도형식별 장단점

형 식	장 점	단 점	비 고
계 단 식	구조 간단, 시공 간편, 시공비 저렴 및 유지관리 용이	어도내의 유황이 고르지 못함 풀내에 순환류가 발생할 수 있음 도약력, 유영력이 좋은 물고기만 이용하기 쉽다.	
아이스하버식	어도내의 유황이 고르다. 소상중인 물고기가 쉴 휴식공간을 따로 둘 필요가 없음	계단식보다는 구조가 복잡하여 현장 시공이 어렵다.	
인공하도식	모든 어종이 이용할 수 있음	설치할 장소가 마땅치 않다. 길이가 길어져서 공사비가 많이 든다.	
도 벽 식	구조가 간편하여 시공이 쉬움	유속이 빨라 적당한 수심을 확보하기 어렵다. 어도내 수심을 20cm 이상으로 할 경우수리시설물에서 배출되는 수량이 많아 용수손실이 크다. 어도내의 유속이 고르지 못하다.	
버티컬슬롯식	좁은 장소에 설치가 가능	구조가 복잡하고, 공사비가 많이 든다. 어도내 수심을 20cm 이상으로 할 경우수리시설물에서 배출되는 수량이 많아 용수손실이 크다. 다양한 물고기가 이용하기 어렵다. 경사를 1/25 이상으로 완만하게 하지 않을 경우 빠른 유속으로 어류이동이 제한된다.	

(6) 관계법령 : 수산자원보호령 제12조, 해양수산부 고시 제2005-4호 관련

(7) 어도 설계사례(국가하천 진위천)

1) 개요

① 금회 계획에서는 어류의 이동성을 확보하기 위해 현존하는 농업용 보에 어도를 설치하여 유영성 어류(잉어, 붕어, 참마자, 끄리, 치리)와 저서성 어류(모래무지, 얼룩동사리)가 함께 이용할 수 있도록 하였음.

② 어도를 신설하여 평상시에도 하천유지유량을 유하시켜 수질오염 저감 및 어류 및 저서무척추 동물의 생태통로로 활용할 수 있도록 계획하였음.

<표 8.21> 기존 보 현황

구 분	위 치	규 격 (B×H×L, m)	취 수 량 (㎥/day)	관리기관
회 화 보	평택시 서탄면 회화리(No.87+40)	0.8×0.95×195.0	2,500	평 택 시
금 각 보	평택시 서탄면 금각리(No.74+47)	5.5×3.0×191.0	152,300	농업기반공사

③ 상기 2개소의 보는 농업용수 취수용으로 설치되어 운영되어 왔으며, 현재 콘크리트 고정식으로 상·하류 어류 및 수중생물의 이동이 단절되어 하천생태계 보전측면에서 문제가 발생되고 있어, 하천의 생태적 연속성을 확보하기 위하여 어도 설치계획(보×2개소)을 수립함.

④ 금회 어도설치 계획에서는 하도 형태와 진위천의 출현 어류종을 고려하여 어도 설치계획을 수립하였음.

2) 어도설치의 적정성 검토 및 환경성 조사

① 어류설치의 적정성 검토

(가) 자연적으로 하천내 생물다양성의 증가라는 효과를 발휘할 수 있어야 함

(나) 어도의 설치는 보호어종의 개체군 유지를 위한 관리의 차원과 어족자원으로서의 경제성등을 고려하여 설치

(다) 어도설치시 어종들이 어도를 이용하기 위해서는 필요한 일정한 유속과 유량이 요구 됨

② 환경성 조사

진위천의 환경성 조사는「안성천수계 하천정비기본계획(2002. 12 서울청)」및「진위천 하천정비사업」시에 계절별로 조사하였음.

3) 주변환경 현황

① 생태계

(가) 우안 사주 습지에 버드나무, 애기부들, 갈대, 마름, 고마리 군집이 발달하였고, 회화보 하류에는 갈대 군집이 넓게 분포

(나) 10종의 어종이 서식하고 있고, 우점종은 붕어, 아우점종은 피라미로 관찰됨

(다) 한국특산어종인 얼룩동사리가 관찰됨

(라) 수생식물 군락을 중심으로 육상곤충류가 62종 출현

(마) 10종의 양서 파충류가 서식하고 있으며, 참개구리, 청개구리 순으로 우점도를 보이며, 하천생태계교란종인 붉은귀거북이 하천변에서 확인됨

(바) 꼬마물떼새, 개개비, 쇠물닭의 번식지로 이용되고 있으며, 법적보호종인 붉은배새매 출현

② 수질환경

(가) 진위천 본류내 하천수질등급(BOD기준) 2~3등급, 환경부 수질측정망(2004년 7월, 8월) 3~4등급으로 나타남

(나) 국가하천 오산천에서 유입되는 하천수질(BOD) 3~4등급으로 나타남

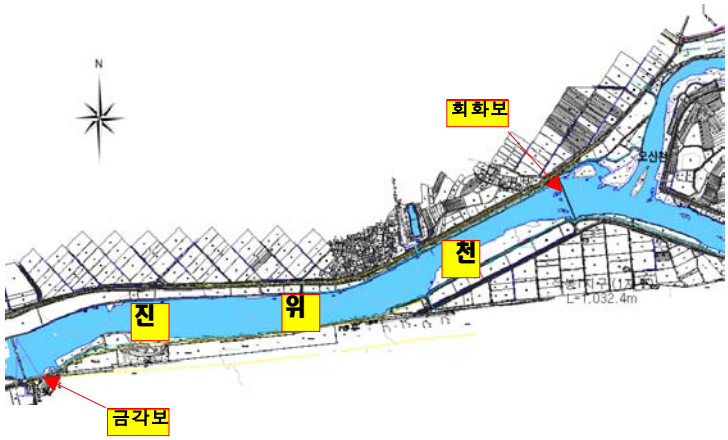
③ 수변환경

(가) 회화보 상류 우안에 사주습지 발달 및 개방수면의 물웅덩이 형성

(나) 회화보 직하류는 급여울 형성

(다) 상류 좌안측에 미공군부대가 위치하고 있음

(4) 자연도 평가 및 진위천 하천정비사업 설계 방향

구 간	오산천 유입부~금각보	평가항목	평 가	비 고
		I. 하천변 토지이용현황	2 농지와 주택단지 혼재	대부분 농경지
		II. 수질	3 2~3등급	오산천 3-4등급
		III. 하천특성	3 하중도, 미지형 발달	오산천 합류부
		IV. 식생구조	4 습생식물 위주로 발달	줄, 부들
		V. 생물서식처	5 생물종 다양성 우수	산란지 번식지
■ 설계방향	• 오산천 합류부 사주습지 보존 및 금각보 하류부 수질정화 습지조성 • 어류의 상·하류 이동을 위한 어도설치(회화보·금각보) • 제외지 농경지 소뚝제거 및 부체도로 제거 • 제내지 폐천부지 습지원 조성(서탄습지원)			

<표 8.22> 회화보 구간 특성

구분			내용
조사지역			오산천 유입부~금각보
어류	출현종수		10종
	서식처 현황		회화보 상류 하안의 사주 정수식물 습지, 정수역과 보 밑에 여울이 분포
	종특이성	우점종	붕어
		환경우수종	참마자, 모래무지, 얼룩동사리
		한국특산어종	얼룩동사리
		환경위해종	큰입우럭

<표 8.23> 금각보 구간 특징

구분			내용
조사지역			금각보~황구지교 하류
어류	출현종수		6종
	서식처 현황		황구지천 합류부 하류의 만곡부에 위치한 사주와 정수식물 습지가 주요 서식처임.(낚시 등 인간의 간섭이 심함)
	종특이성	우점종	치리
		환경우수종	모래무지, 얼룩동사리
		한국특산어종	얼룩동사리
		환경위해종	큰입우럭

(5) 보 현황 사진

1) 회화보

2) 금각보

(6) 어도선정(국가하천 진위천)

금회 진위천의 어도 형식 선정시 상기 각 형식별 장·단점을 검토한 결과 계단식, 도벽식 어도의 경우 구조가 간단하고 시공사례가 많으나, 모든 어종의 이동에 제약이 많은 것으로 보고되고 있으며, 자연형 어도의 경우 자연재료를 사용하여 인공하도 형태로 조성하는 친자연형 공법이나 현장시공방법에 따라 기능에 큰 차이가 있으므로, 모든 어류 및 저서생물의 이동이 가능하고 기존 보의 이수적인 안정성을 고려하여 아이스 하바식 어도로 결정하였음.

1) 회화보

① 위 치 : 평택시 서탄면 회화리

② 어도의 순폭 : 4.5m

③ 계단수 : 28개소

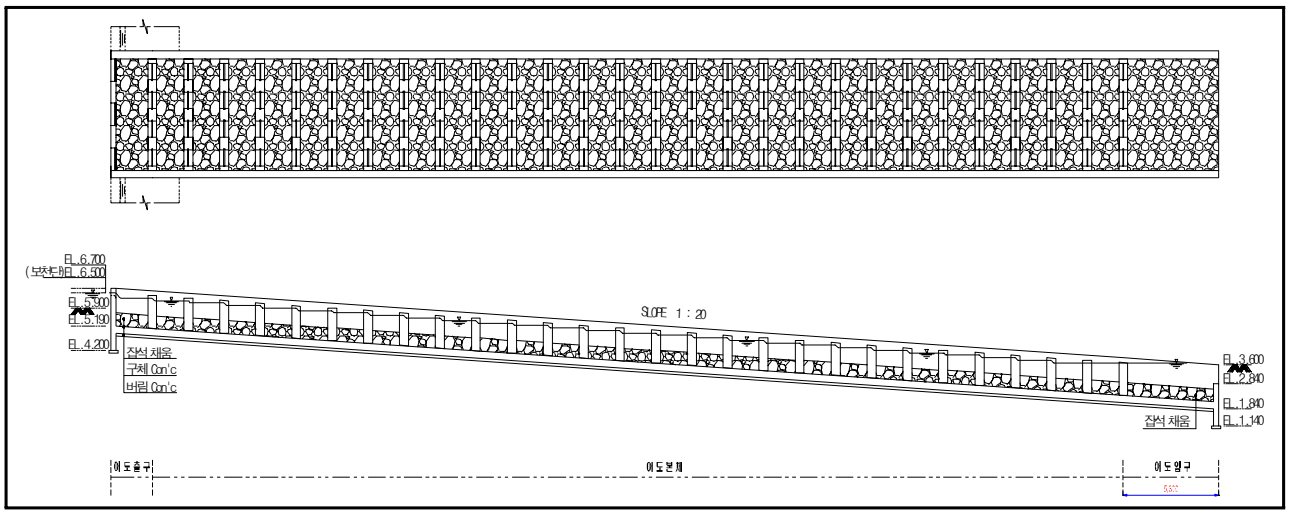
④ 어도의 길이 : 61.6m

⑤ 어류월류심 : 0.1m

⑥ 어류유인시설 : 하류측에 접근수로(Poll)

⑦ 회화보 어도유량(2개소, 0.53m^3/sec)의 계산

$$Q = \frac{2}{3} C \cdot b\sqrt{2g} \times H^{\frac{3}{2}} = \frac{2}{3} \times 0.63 \times 4.5 \times \sqrt{2 \times 9.8} \times 0.1^{\frac{3}{2}} = 0.265 m^3/s$$



[그림 8.26] 어도설치 계획 (진위천 회화보)

2) 금각보

① 위 치 : 평택시 서탄면 금각리

② 어도의 순폭 : 4.5m

③ 계단수 : 30개소

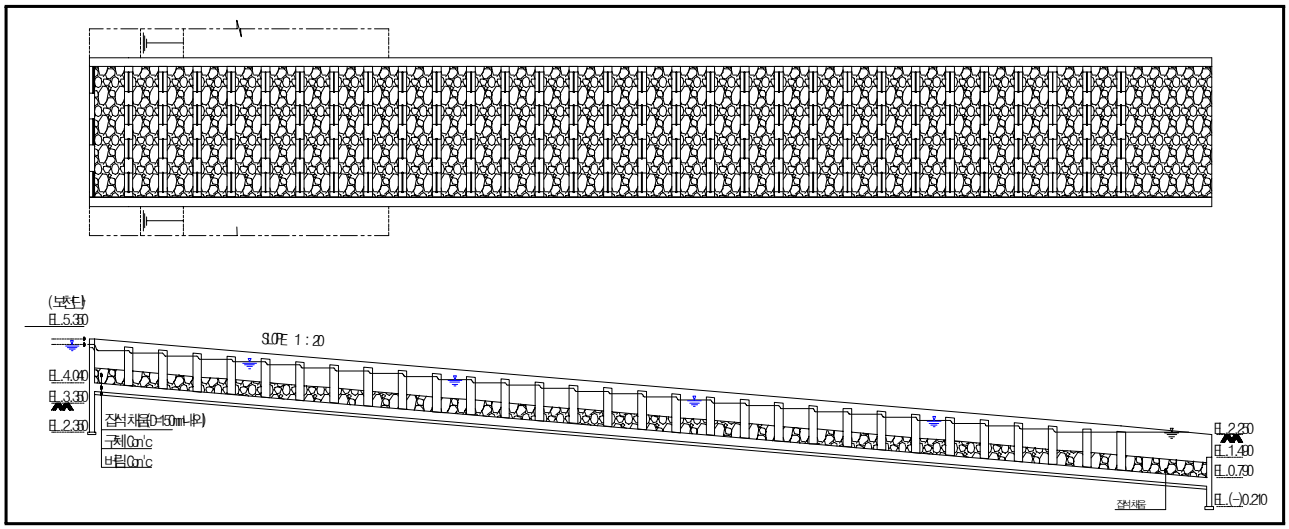
④ 어도의 길이 : 65.6m

⑤ 어류월류심 : 0.1m

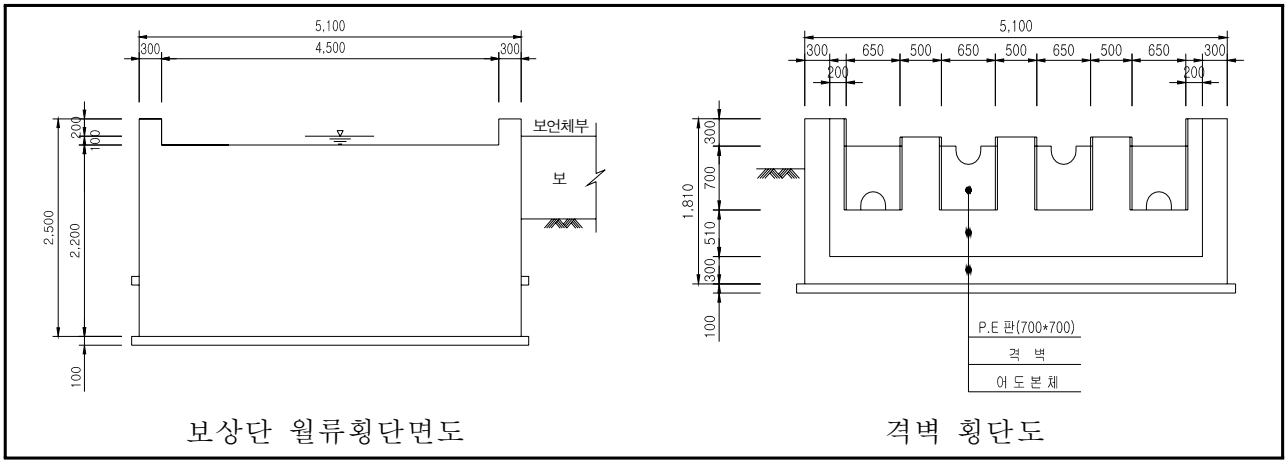
⑥ 하류측에 접근수로(Poll)

⑦ 금각보 어도유량(2개소, 0.52m³/s)의 계산

$$Q = \frac{2}{3} C \cdot b\sqrt{2g} \times H^{\frac{3}{2}} = \frac{2}{3} \times 0.62 \times 4.5 \times \sqrt{2 \times 9.8} \times 0.1^{\frac{3}{2}} = 0.26 m^3/s$$



[그림 8.27] 어도설치 계획 (진위천 금각보)



보상단 월류횡단면도 격벽 횡단도

[그림 8.28] 보상단 월류횡단면도 및 격벽 횡단도

<표 8.24> 어도제원

구 분	개 소	연 장 (m)	폭	경 사	비 고
회 화 보	2개소	61.6	5m×2개소	1/20	
금 각 보	2개소	65.6	5m×2개소	1/20	

① 아이스하버식 어도는 격벽에 비월류부를 설치하고 월류부 바닥에 비교적 큰 잠공을 설치하되, 격벽에 Norch와 잠공(Orfice)을 지그재그로 설치하여, 어류의 휴식공간을 제공하였으며, 또한 어도 바닥은 자연재료인 채움돌로 계획하였음.

② 어도의 유량계산은 금각보의 경우 막대한 농업용수 이용에 따른 보 하류부 유지용수 부족 문제점가이 발생하고 있어, 어도설치시 최소의 유지유량의 확보가 가능하도록 하였음.

(7) 유지관리계획 및 어도시공시 유의사항

1) 어도 시공시 유의사항

① 시공시기 : 어도는 생태계 보호를 위하여 시공하는 것이므로 수계에 서식하는 물고기의 산란시기를 피하여 시공

② 어도 주변의 훼손 방지 : 물고기는 아주 예민한 생물이므로 시공시에 주변의 식생, 바위, 여울, 소 등의 하천환경 및 하상변화가 가급적 적게 해야 함

③ 현장 정리 : 어도는 물고기가 이동하는 주요 통로임을 감안하여 이동하는 물고기에게 위협이 될 만한 철근, 거푸집 및 부속물 등이 어도 내부 및 주변에 남아 있지 않도록 청소를 한 후 통수

2) 유지관리계획

① 돌의 유하에 의한 파손 및 어도내부의 풀에 쌓이게 되는 자갈과 모래 등을 제거

② 1년 정도의 모니터링을 실시한 후에 그 결과를 활용하여 효과적인 운영 및 관리계획을 위한 자료로 활용

③ 어도의 운영은 어류 산란시기 및 이동시기 등을 고려하여 적절한 상태로 운영

④ 어도내부의 유량변동이 발생하지 않도록 항상 적절한 수량의 유하

⑤ 어도에서의 어로 행위 통제 및 하천제방 공사시 등의 경우에 어류 이동통로를 확보하며, 유사방지막 등의 설치시 어류 이동을 고려하여 통로를 우선 확보

8.7.9 하중도・거석・실개천

(1) 하중도

1) 개 요

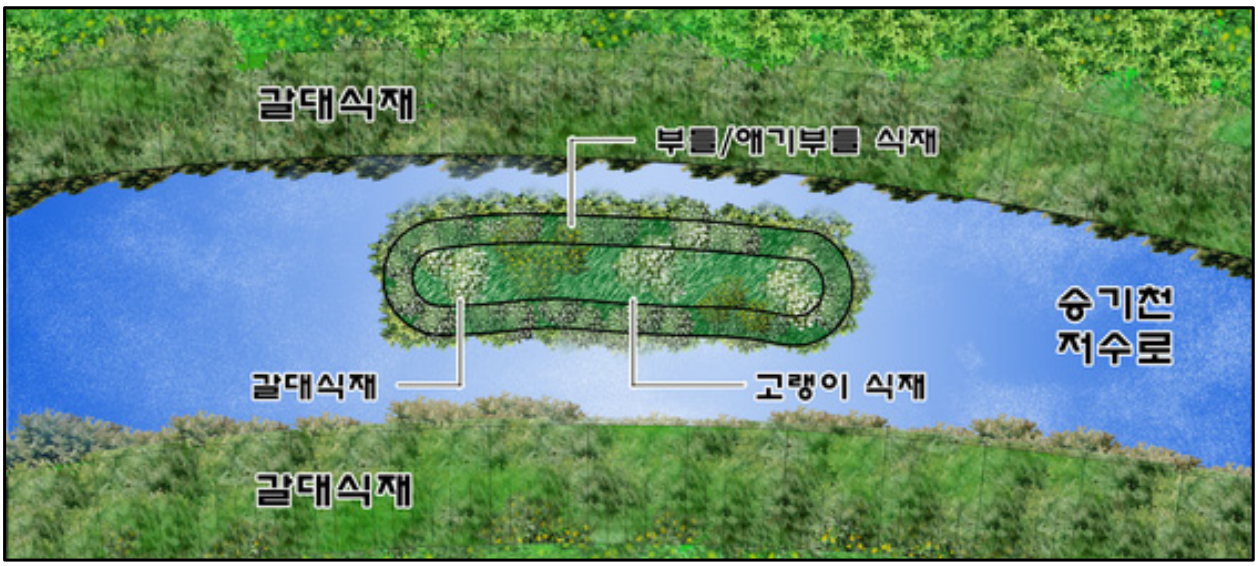
① 하중도는 본류와 지류가 만나는 합류점이나 비교적 유속이 느린 중규모 이상의 하천에 석재와 식생을 이용하여 조성하는데, 일반적으로 본류와의 흐름이 다른 우회수로가 생겨 생태적으로 양호한 서식환경을 지님

② 하중도는 하천의 중심부에 퇴적에 의해 발생하는 유역으로서 하도생물 통로의 수심확보 및 조류, 포유류, 곤충의 서식에 있어 간섭이 적은 안전한 서식장소 역할을 담당하는 지역

2) 적용방안

① 자연하천의 경우 다년간 퇴적되어 변하지 않는 고정사주부에 조성하는 것이 바람직함

② 인공적으로 조성되는 하중도는 과거의 하천지형을 우선적으로 고려하고 퇴적이 계획되는 지점에는 수리실험 등의 절차를 통하여 신중하게 위치와 형상을 결정하는 것이 요구됨



[그림 8.29] 하중도 설치계획도(인천광역시 승기천)

(2) 거석

1) 개요

① 하상의 군데군데에는 작은 범위 내에서 물의 흐름을 방해할 수 있는 돌(방해석)을 놓아 자연적으로 물질이 분산되어지게 하는 것이 바람직함

② 하도내에 각각 또는 밀집되어 놓여진 거석들은 국부세굴 및 유속을 감소시켜 은신처(cover)나 휴식공간(resting place)을 형성함으로써 다양한 물고기 종을 제공해 줌

③ 하도내에 배치되는 거석은 수제역의 침식 작용을 유발할 우려가 있으므로 양안에 너무 가깝게 배치하지 않도록 해야 하며, 배치되는 거석들은 물의 흐름에 저항을 최소화하고 안정성을 증대시키기 위해 흐름에 평행하게 장축으로 놓여져야 함

2) 적용방안

① 하도내에 거석놓기를 통해 여울과 소를 포함하는 다양한 서식처를 조성할 수 있음

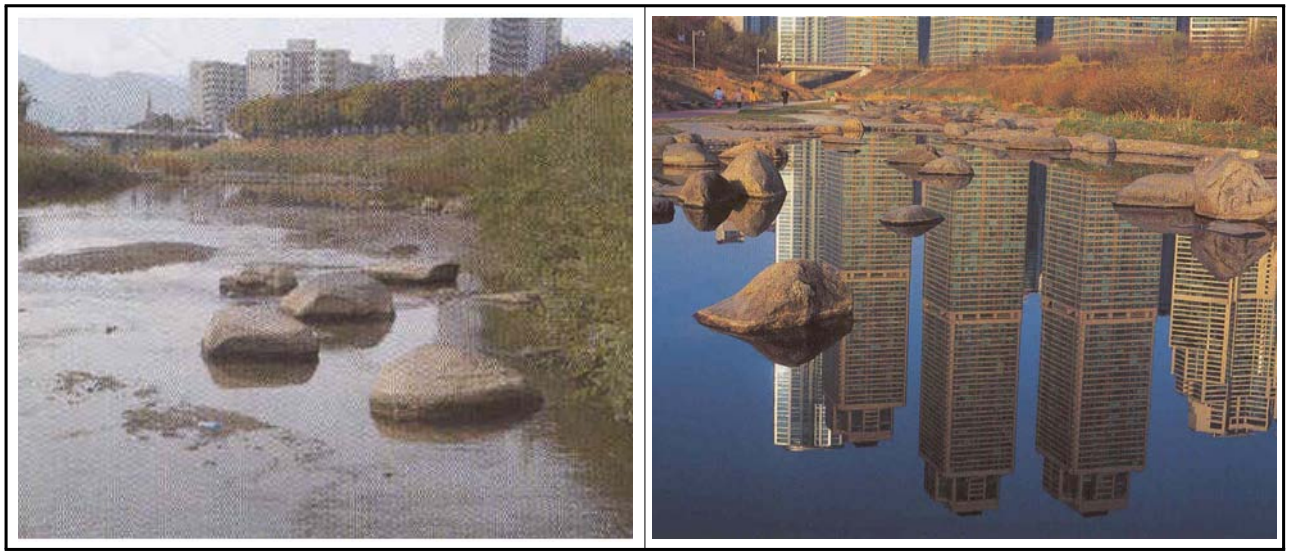
② 하도내 유속이 0.6m/sec이상 되는 구간에 적용하는 것이 바람직함

③ 거석공은 군집의 형태로 시공하는 것이 바람직하며, 독립거석은 매우 작은 하천에 효과적이며, 자갈하상을 가지며 하폭이 넓고 수심이 얕은 하천에 매우 효과적임

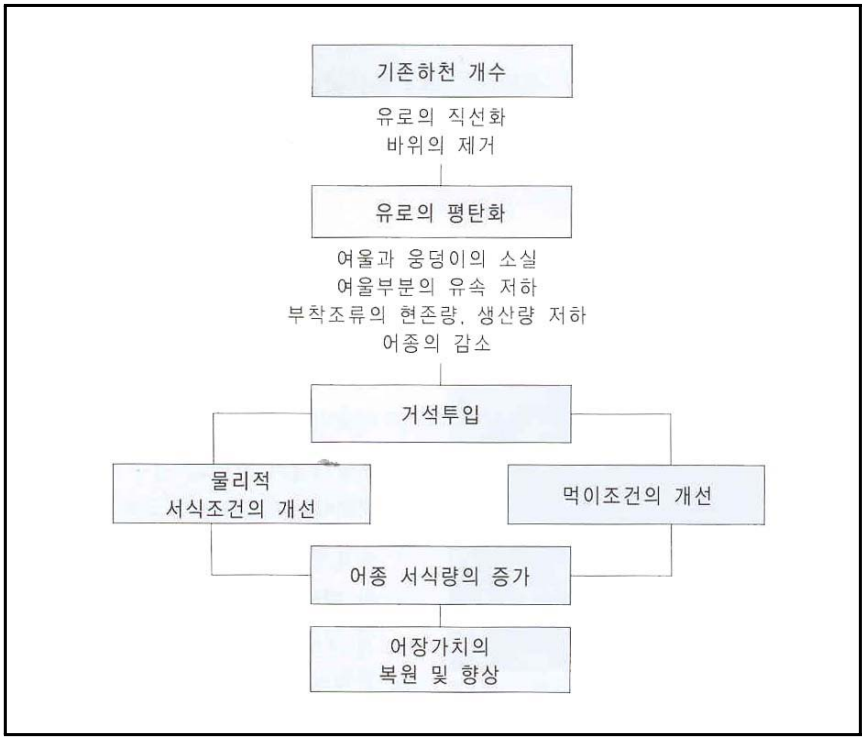
④ 하천에 피복을 제공하고 하상기질을 개선함으로서 수중생태계에 매우 유용

⑤ 모래하상을 가지는 하천에서는 거석이 매몰될 우려가 있으므로 적용하지 않는 것이 바람직하며, 설치시에는 유사에 대해 고려함

⑥ 하상저하나 상승이 발생하는 하천에 대해서는 적합하지 않으며, 유사량이 많은 하천 에서는 사주형성을 증가시키기도 함



[그림 8.30] 거석놓기(경기도 안양천)



[그림 8.31] 어류에 대한 거석투입효과의 생태공학적 흐름

(3) 실개천

1) 개요

① 실개천은 폭이 좁은 개울로서 인간의 이용, 생물의 서식 등 다양한 목적으로 생활공간 가까이에서 접할 수 있는 친수공간임

② 최근 실개천은 환경친화적 단지조성을 위한 블루네트워크(Blue Network)의 한 요소이며 방화띠나 우수저류 공간으로써 재해방지 설비로 기능을 부여할 수 있으며 하천의 이·치수 기능이 없으므로 환경조성 하천으로 분류될 수도 있음

[그림 8.32] 실개천 조성(생물서식처 마련)

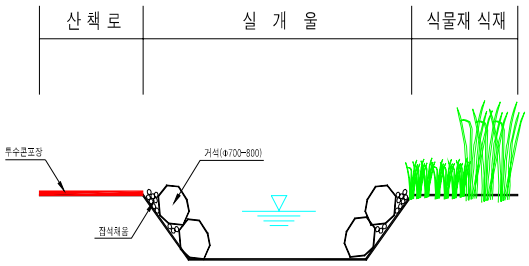
2) 입지

① 대상지의 물리적, 사회적, 경제적, 생물학적 요소를 종합적으로 고려하되, 수 공간의 수위유지에 필요한 수원을 확보할 수 있고, 인간의 이용 및 생물의 서식에 적합한 수질이 확보되어야함

② 공원 및 주거지의 우수저류지, 오수처리장의 방류구 등을 복합적으로 이용할 수 있는 곳을 선정하며, 수리 수문상 안전하고, 어린이 등 이용자의 안전을 고려할 때 물놀이 구간은 경사를 완만하게 조성할 수 있는 여유부지가 있는 곳이 바람직하며, 자연발생적인 인근 생태계와의 연계가 가능하고, 친수 활동을 위한 주민의 접근이 양호해야함

③ 또한, 자동차나 자전거, 보행 등의 행위로부터 간섭을 적게 받되, 수 공간의 관찰자나 관리자의 안정성이 확보될 수 있는 곳이어야 함

④ 실개천은 평상시 유지유량의 확보가 가능한 곳인지 또한 수질확보가 가능한 곳인지도 세밀히 검토되어야 함



3) 실개천 조성시 고려사항

<표 8.25> 실개천 조성시 고려사항

구 분	고 려 사 항
이 용 자 쾌 적 성	• 이용자의 행태와 편의성을 고려하여 친수활동에 적합한 시설로 설계 • 고령자 및 장애자, 어린이 등을 배려(경사로, 난간, 음성 및 시각정보 안내시설 등)
안 정 성	• 수변사고의 방지를 고려한 설계 • 수심이 깊거나 유속이 큰 장소, 추락 및 익사등 사고발생의 우려가 있는 장소에는 시설설치를 지양 • 경사가 급할 경우에는 잘 미끄러지지 않는 소재를 사용
경 관 성	• 자연성, 수변생태계, 지역의 특성과 조화되는 합리적 수변경관창조 • 수공간이 지닌 현재의 자연환경, 지형, 녹지 등의 변화를 최소화
공 학 적 합 리 성	• 흐름의 소통에 장애물이 되지 않도록 함 • 강도, 내구성, 안정성 등 시설의 기능을 유지할 수 있는 구조로 설계 • 정화시설을 필수적으로 갖추는 것이 바람직함
경제성 및 관리의 용이성	• 관리가 어려운 장소에서의 시설은 지양 • 시설의 내구성과 유지관리의 용이성 고려 • 공사의 용이성과 경제적인 시공 유도

4) 실개천 유형

① 실개천의 유형은 조성형태에 따라 자연형, 인공형, 절충형으로 구분할 수 있으며, 지역의 특성, 친수공간 계획 및 경관계획, 주변의 토지이용 상황 등을 종합적으로 고려하여 도입 유형을 결정

② 유량의 효율적 이용을 위하여 실개천 수계의 중·하반부에 생태연못을 조성하여 생물서식 및 친수공간으로 활용하기도 함

<표 8.26> 실개천 유형

구 분	고 려 사 항
자 연 형	• 주변의 자연경관이 우수하여 보전이 필요한 경우 • 공원, 녹지와 연계하여 물, 녹지의 축 형성이 필요한 경우 • 주변토지이용을 감안 적극적인 친수활동이나 시설이 크게 요구하지 않는 경우 • 수량, 수질이 양호하여 양서류 등 수변생물의 서식이 가능한 경우
인 공 형	• 주변토지이용을 감안 다양한 친수활동이 기대되는 경우 • 문화, 서비스 등 지구활동의 중앙을 연결하여 수변공간을 조성하는 경우 • 정비된 보행물, 도로와 대지가 인접하여 조경물, 건물 등과 경관적인 조화가 필요한 경우
절 충 형	• 인공형과 자연형 실개천 사이에 공간 기능 변화의 절충이 필요한 장소

8.7.10 지류 및 수로의 연속성 확보

(1) 지류 및 수로의 연속성 방안

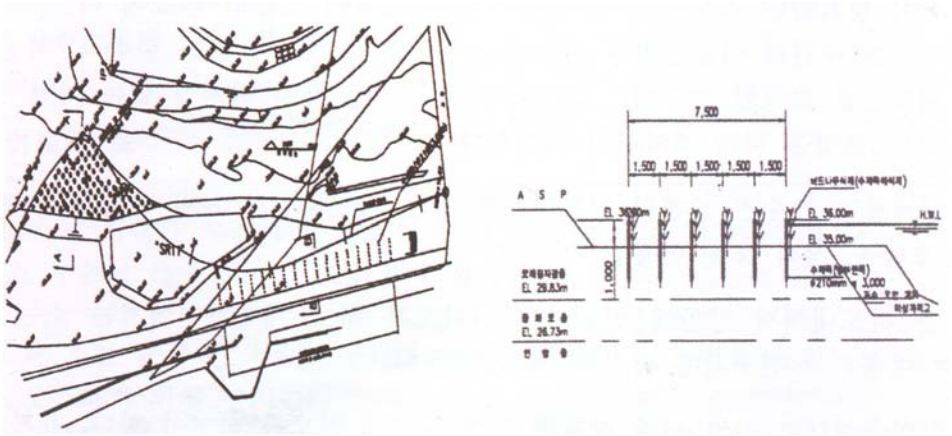
1) 하천과 연결된 지류 및 수로의 합류부분은 수면과 하상의 연속성을 확보해야함

2) 지천·수로와의 연결부에 낙차공을 설치하지 않을 수 없는 경우에는 어도설치 등 수행생물의 자유로운 이동을 확보함

3) 합류부에 설치되는 도류제는 본류와의 수위나 유속차이가 심하지 않을 때까지 본류의 유향을 따라 연장함으로써 지류를 자연스럽게 본류에 합류시킴

4) 합류부에서는 본류와 지천의 차이로 말미암아 퇴적이 발생하기 쉬우며, 퇴적이 유황에 불리한 영향을 미칠 경우 수제를 통하여 흐름을 집중시켜 퇴적을 방지하거나 도류제 를 통하여 본류로 합류시킬 수 있음

5) 수제나 도류제를 설치할 경우에는 반드시 충분한 수리학적 검토를 거쳐야 하며 수리 모형실험을 수행하여 검증된 설계안을 적용시키는 것이 바람직함



평면도/ 단면도(곤지암천 수계)

시공직후/시공 1년 6개월 후 (곤지암천 수계)

[그림 8.33] 지류 및 수로와 연속성 확보(곤지암천 수계)

8.7.11 수질정화기법

(1) 물리적 방법

<표 8.27> 물리적 방법의 종류 및 특징

정화방법	정 화 원 리	특 징
준 설	• 준설을 통해 하천 바닥의 오니, 저니등을 제거하여 정화하는 방법. • 쉬운 방법이긴 하나 수질 개선 측면에서 효과가 명확하지 않아, 확실한 수질 개선 효과가 있을 경우에 선정	• 준설되는 저질과 준설공법, 준설된 저니의 처리 측면을 고려

<표 8.27> 물리적 방법의 종류 및 특징(계속)

정화방법	정 화 원 리	특 징
스크린	• 각종 스크린을 통해 하천에 흐르는 대형 협잡물, 부유 고형물 등을 걸러내어 정화하는 방법. • 하천정화를 목적으로 단독으로 설치하기보다 보조용으로 설치.	• Micro-strainer, 회전 드럼, Bar-screen 방식이 이용.
도 수	• 수리권 또는 하천유지유량과의 조정이 가능한 하천에 실시. • 하천에서의 직접 도수방식 외에 유역내에 지하 저류지 혹은 도수용 수로 등이 확보되면 효과적.	• 도수량과 적정 시간을 결정하여 적용.
보전수로	• 보전수로는 깨끗한 하천수와 오염된 물을 분리할 목적으로 설치하는 것이다. 이 경우 분류(유로 전환)시킨 후 합류하는 하천의 수질 및 유황에 의하여 하천의 본래 유황을 악화시키지 않도록 한다.	• 수계 전체에 대한 수질보전계획과 위치 설정을 명확하게 하고 유지관리 체제가 마련되어야 한다.
대류언, 박층류, 하상구조물	• 여울의 정화기능을 높여서 소의 효율을 개선시킨 정화방법 • 자연하천에 비해서 수로폭을 넓히고 수심을 낮춘 박층류 조건에서 여울은 자갈표면적당 또는 하상면적당 유량이 적고, 상대적으로 느린 유속 조건이 형성되는 원리를 이용하여 정화. • 구조물에 의한 정화는 자정작용을 향상시킴과 동시에 하천의 생물량과 유기물의 접촉시간의 증가, 미립의 유기성 고형물의 포착과 분해 등 종합적 하천기능의 개선도 기대할 수 있다.	• 현재까지 실험적 성격의 연구가 진행중이며, 실제 하천에 적용된 사례는 거의 없음. <문제점> • 박층류 하천정화공법은 가능한 박층부를 확대 ·설치해야 하기 때문에 하천부지여건에 영향을 많이 받으므로, 저수로에 여유가 있으면 치수 및 개수사업과 병행하여 실시할 수 있다. <적용조건> • 수심 10cm, 유속 10cm/sec 전후, 수질 BOD5 15~20mg/l 이하의 조건에 적용

(2) 인공기법에 의한 방법

<표 8.28> 인공적 방법의 종류 및 특징

<table>
<tr><th>정화방법</th><th>정 화 원 리</th><th>특 징</th></tr>
<tr><td rowspan="3">(자 갈)
접 촉
산화법</td><td>○자갈이나 쇄석을 이용해서 인공적인 하상면을 증가시킨 후, 그 사이로 하천수를 통과시켜 오염수를 정화
○자갈의 공극 형성, 자갈 표면의 미생물작용이 주요 정화기구
○수평류식과 상향류식이 통용
○BOD5 15~20 ㎎/ℓ 정도의 하천수에 적절
○계획 제거율은 70~75% 정도를 설정하는 것이 일반적
○접촉재의 종류와 밀도 및 체류시간은 대상 수질과 오염수량 등을 고려
○대상 하천부지에서 충분한 자갈을 확보</td><td><문제점>
(a) BOD5 20 ㎎/ℓ 이상인 경우 폭기 등의 조치를 고려
(b) 폭기를 실시한 경우 SS의 제거율이 저하될 우려
(c) SS의 농도가 높거나 홍수시 접촉재(여재)가 폐쇄될 가능성
(d) 겨울철 수온이 낮은 경우 제거율 저하
(e) 제외지 설치시 홍수에 대한 대비책 필요</td></tr>
<tr><td colspan="2">※ 플라스틱 접촉산화법
- 정화원리는 자갈접촉산화법과 동일
- 접촉재의 종류(구형의 플라스틱 여재, 섬모상 여재, 부직포 등)에 따라 여러 가지 방법이 제안되는 실정임.
- 처리효율(특히 유기물의 제거)이 상대적으로 높으나, 여재의 가격이 고가</td></tr>
<tr><td colspan="2"><접촉침전> ⇒ <흡착> ⇒ <산화분해>
 </td></tr>
<tr><td>목 탄
정화법</td><td>○목재를 재이용한 목탄을 여재로, 목탄층(표면적이 매우 넓음) 내부에 하천수를 통수시켜 오염 하천수를 정화하는 방법(자갈접촉산화법과 유사)
<고려사항>
(가) 하천수의 SS가 낮아야 한다. 유입되는 하천수의 SS가 10 ㎎/ℓ를 초과하는 경우, 무기성일 경우는 전처리로서 SS를 제거할 필요가 있다. SS가 조류등 분해되기 쉬운 것일 경우 25 ㎎/ℓ 정도까지 적용 가능
(나) 용존산소 필요. 유기오염물의 산화·분해반응을 위해 산소 6-7 ㎎/ℓ가 필요. 이는 하천수중 용존산소의 80%에 해당
(다) BOD 농도가 높지 않아야 한다. 유기물은 여재내의 산화반응에 의해 수중의 용존산소를 소비하므로, 유기물의 농도가 높고 충분한 산소공급이 안되는 경우 혐기성 반응에 의한 오염부하의 용출, 악취발생, 처리시스템의 기능이 현저히 저하. 따라서 BOD 농도는 10 ㎎/ℓ 이하가 적당.</td><td>○목탄정화법은 공극의 폐쇄방지, 유기물 분해에 필요한 충분한 산소의 공급을 검토
<장점>
- 여재내에서 모래와 같은 무기물은 퇴적하여 공극을 폐쇄하나, 유기물은 미생물에 의해 산화, 감소되므로 유입량과 분해량의 균형에 의해 퇴적량은 일정하게 유지할 수 있는 장점
- 여재(목탄)의 특성에 따라 자갈접촉산화법에 비해 상대적 효율우수
- 질소 및 인에 대해서도 유효
- 자갈접촉산화법과 비교할 때 약 1/2정도의 시설면적이 필요
<단점>
- 무기 SS에 의해서 여재 막힘우려
- 여재 내 산소 소비에 의해 PO4-P가 용출
- 투수성 저하에 따른 단락류의 발생 및 처리효율이 감소된다.</td></tr>
<tr><td>D C F
공 법</td><td>○Densify(농축), Clarify(청정), Filtering(여과)의 합성어.
○부직포에 의한 여과작용 및 하강류의 생성에 의한 침전 촉진작용을 응용한 정화공법</td><td>○적용은 평수시(청천시) 유황을 대상으로 하며, 유속이 0.1~0.5 m/s 정도의 하도 및 수심 0.5 m 이상의 장소에 적용.
○슬러지 퇴적 및 홍수대책 필요.</td></tr>
</table>

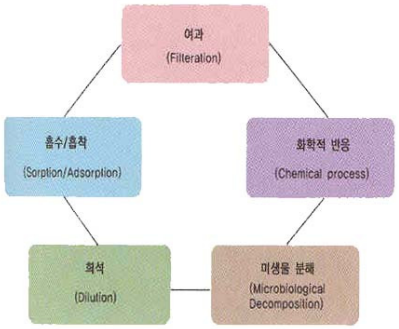
(3) 자연기법에 의한 방법

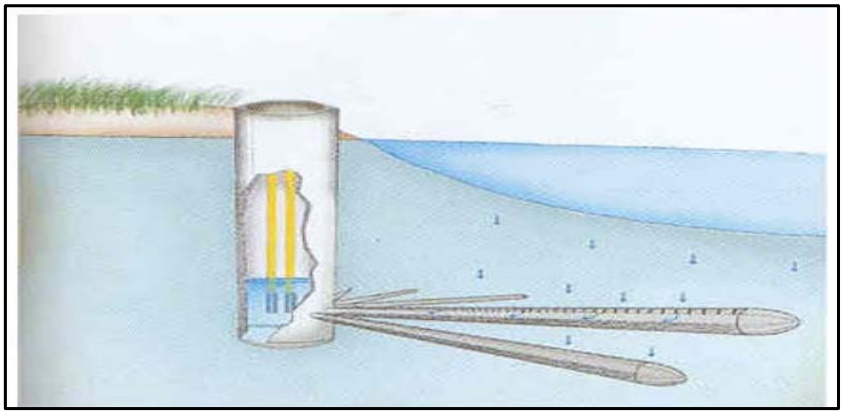
<표 8.29> 정화 방법별 정화원리와 특징

정 화 방 법	정 화 원 리	특 징
산 화 지	• 산화지 내에 하천수를 저류·분해하는 방법으로 정화. • BOD 등의 오염부하가 비교적 높은 원수를 대상, 최근 미량탄소나 영양염 제거를 위한 3차 처리시설로도 응용	• 외국의 경우 산화지는 농촌 및 소도시를 중심으로 가정하수를 처리하기 위해 많이 보급되었으나, 하천에의 응용은 미비. • 부지면적의 과대화, 주거환경에 미치는 영향, 기온저하에 따른 처리효율 저하, 과잉 번식한 조류의 유출 등에 대한 대책이 병행
토 양 처 리	• 토양이 가지는 흡착, 여과, 분해촉진, 식물섭취의 4가지 기능을 활용한 방법으로 유기물 외에 질산염, 인산염 등 무기이온의 제거도 기대할 수 있음.	<고려사항 및 문제점> • 대상수질에 따른 처리방법의 상이, 지하수 오염, 공극 폐쇄, 토양의 특성에 따른 영향이 큰 점.
침 투 수 로	• 토양처리와 산화지를 조합시킨 형태로 고수부지 등에 콘크리트 구조물을 설치하여 하천수를 통수시켜, 구조물내 생태계 및 토양으로 정화. <구조적 문제점> • 콘크리트 내 생태계의 유지, 토층내 하천수의 유하방법, 수두차, 투수계수, 침투면적의 산정방법 미정립.	<장점> • 간이굴착 등의 시공만으로 구조물을 설치할 수 있다는 점과 자연의 정화력을 이용한다는 점을 들 수 있다. <단점> • 슬러지의 제거 및 용해성 성분의 제거 곤란
식생정화법	• 갈대나 부레옥잠이 식재된 습지 및 수로에 평수시 고농도의 하천수를 통수시켜 입자성 성분의 흡착침전, 토양흡착, 질산화, 탈질화 등으로 수질을 정화. • 대상하천의 유입부에 자연적인 습지를 구축하고, 계절에 따라 갈대와 같은 수생식물이 풍부하고 취수부가 용이하게 설치될 수 있음	<장점> • 자연 식생을 그대로 이용할 수 있다. • 질화, 탈질을 통한 질소제거 및 토양 흡착에 의한 인의 제거 가능 • 빛의 차단에 의해서 실물 플랑크톤의 발생 억제 가능 <단점> • 정화기간이 식물의 생육기간에 한정 • 넓은 부지면적 필요 • 토양으로부터 COD나 NH4+-N의 용출우려
여울 및 소의 구조	• 여울/소 등의 인공적 설치에 의한 수질정화 및 생태계 보전을 모색하는 방법.	• 여울에서는 폭기, 산화, 침투에 의한 정화, 소에서는 침전작용을 통한 정화가 이루어짐.

(4) 기타방법

<표 8.30> 기타 방법의 종류 및 특징

정화방법	정 화 원 리	특 징
응집침전	• 황산반토, PAC 등의 응집제를 이용하여 부유물과 혼합하는 것으로 침전 효과를 촉진시켜 정화한다.	• SS 성분에 대한 제거효과는 높다. • 유입수질이 균일하지 않을 경우 운전관리가 어렵다. • 슬러지 처리, 약품비등 유지관리비가 많이 소요된다..
쟈리코정화	• 쇄석을 뭉쳐 만든 쟈리코는 극히 적은 공간과 자갈과 같은 정도의 대소공간이 존재하기 때문에 유속이 0~수 mm/s의 공간이 형성 • 오염물질은 상대유속차에 따라 고액분리가 촉진되어 정화. 퇴적슬러지는 미생물에 의해 분리되어 감량화가 촉진.	• 쟈리코 공극율 60~70%이고 (자갈의 1.5~2배), 역간의 2/3의 용량으로 제거 가능 • BOD, SS의 정화효과가 역간과 마찬가지로 크다 • 상부 이용이 가능
長毛여과	• 회전드럼 위에 설치된 여포에 의해 SS 성분을 여과함으로써 정화	• 작은 면적으로 가능. • 기계시설이 많다. • 슬러지의 발생량이 많다.
복류수정화	• 복류수를 펌프로 공급하여 하천수를 희석시키고, 하천수를 복류시켜 여과, 흡착 등의 효과를 이용한 방법	• 물리(희석, 침전), 물리화학(흡착)
하상여과 정 화	• 하상간극수을 통과하여 수질이 개선된 하천수를 하천의 수변에 설치돈 수평집수관을 연결한 수직집수정을 통해 양수하여 하천에 재투입함으로서 하천수직개선 및 하천유지용수로 사용하는 방법 	• 환경친화작인 공법(화약약품불필요, 슬러지 생성 없음) • 탈질에 의한 질소제거, 부영양화방지 • 흡착 및 세척에 의한 인처리 • 부가적인 오염물질의 제거 : 병원성 미생물, 환경호르몬, 소독부산물 등 • 건설비 및 유지관리비 저렴, 유지관리 용이(운전이 단순) • 부지면적이 적다(수직 우물통 면적만 소요) • 연간 2~3회의 홍수로 하상의 자연세척되어 상부 clogging이 해소 • 연중 계속적인 운영가능, 영구적으로 사용가능 • 하천의 건천화 방지가능



[그림 8.34] 하상여과법 모식도

8.7.12 생태복원

(1) 정의

생태복원은 자연적이거나 인위적인 간섭에 의하여 훼손된 중요한 서식처나 생물종을 훼손 이전 상태나 유사한 상태로 되돌리는 것을 의미(이동근 등, 2004)

(2) 용어의 정의

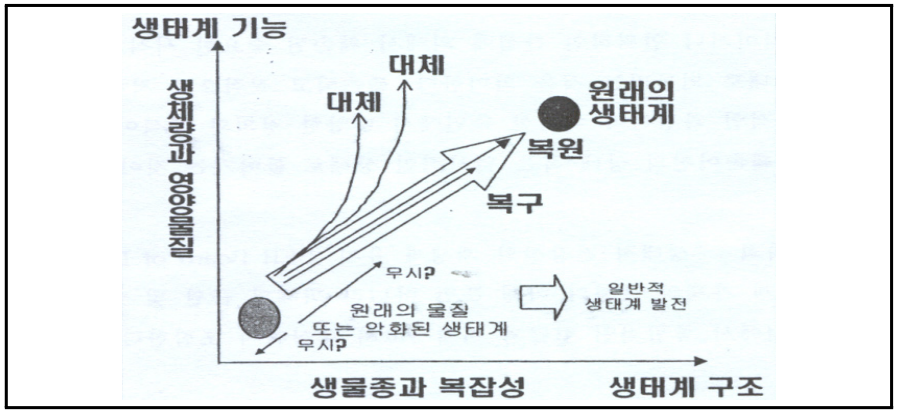
구 분	정 의 및 내 용
복원(Restoration)	• 훼손되기 이전의 상태로 되돌리는 것 • 교란이전의 상태로 정확히 돌아가기 위한 시도로 많은 시간과 비용이 소모되어 쉽지 않음
복구(Rehabilitation)	• 원래의 상태로 되돌리기 어려운 경우 원래의 자연상태와 유사한 것을 목적으로 하는 것
개선(Reclamation)	• 새로운 토지이용의 개념이 포함되어 있음 • 농사를 위해 적합한 생태로 토지를 만드는 것
저감(Mitigation)	• 오염이나 훼손을 완화시키거나 경감시키는 것
향상(Enhancement)	• 질이나 중요도, 매력 측면의 증진
대체(Replacement)	• 현재의 상태를 개선하기 위하여 다른 생태로 원래의 생태계를 대체하는 것 • 구조에 있어서는 간단할 수 있지만 보다 생산적일 수 있음 • 초지의 농업적 목초지 전환(높은 생산성을 보유)
개조(Remediation)	• 건강한 생태계 조성을 위해 개조하는 것으로 결과보다는 과정을 중요시 함
재생(Renewal/Redemption)	• 재이용 계획에서 유동성이 가능한 형태로 바꾸어 주는것

주) 자료출처 : Bradshaw, A.D&Chadwick,M.J.,1980;Bradshaw,A.D.,1997

(3) 생태복원의 단계와 유형

1) 생태복원은 기본적으로 외부의 영향에 의한 변화 이전의 단계로 돌아가는 것을 의미 하지만 그 변화의 정도와 현재의 조건 등에 따라 구분

2) 생태계가 자기자립적인 역할을 하기 위해서 필요한 두 축을 기능과 구조로 보았을 때 훼손된 생태계를 어느 수준까지 회복할 수 있느냐에 따라서 아래와 같이 구분됨



[그림 8.35] 생태복원의 단계와 유형

(4) 생태복원의 원칙

1) 대상지역의 생태적 특성을 존중하여 복원계획을 수립 시행함
2) 각 입지별로 유일한 생태적 특성을 인식하여 복원계획 수립시 반영
3) 다른 지역과 차별화 되는 자연적 특성을 우선적으로 고려
4) 적용하는 복원효과를 잘 검증할 수 있는 우선 순위 지역을 선정하여 복원계획을 시행
5) 적은 유지비용과 생태적으로 지속 가능한 복원방안을 모색
6) 도입되는 식생은 가능한 고유 식생을 우선적으로 사용
7) 개별적인 생물학적 구성요소보다 생태계의 전체적이며 스스로 유지되는 성질의 회복에 중점을 두도록 함

(5) 생태복원의 절차

1단계	• 대상지역의 여건분석 -주변지역과 대상지역에 관한 기존계획의 파악 -대상지역의 자연·문화적 특성을 광역적 자연성 맥락의 연계성 파악

2단계	• 부지현황조사 및 평가 -생태계 구조와 기능 파악 · 주변지역 생태계유형, 인접지역 서식처 · 대상지 물리적 조건 : 지형, 토양유형, 배수특성 등 · 서식처 형태, 특성, 조건, 접근도로, 인공구조물과 인간의 이용 -생태계의 중요성 평가 -생태적 연령, 자생종, 서식처의 크기, 연속성, 빈도, 다양성 등

3단계	• 복원목적의 설정 -일반적 고려사항 -현재 조건의 시사성 -복원여건과 장점의 수립 -복원목적과 현실성 있는 복원목적의 수립

4단계	• 세부복원 계획의 작성 -복원지역의 물리적 배치 -중요 서식처 보호 -향상시킬 서식처 및 새로운 서식처 결정 -인간의 접근과 영향 -훼손된 서식처의 복원을 위한 세부 복원계획 작성

5단계	• 시행・관리・모니터링의 실시 -복원계획의 수행, 시공 -관리계획수립 ・단기관리 : 서식처가 조성되는 동안 ・장기관리 : 서식처 운영 및 유지관리를 위해 필요한 주기적 관리 -모니터링

(6) 생태적 개념 도입

1) 기존 생태계의 적극적 활용

① 개념 : 양호한 수림대나 노거수 등의 육상생태계와 못・저습지 등의 수상생태계를 원형 보존 또는 활용하여 기존 생태계의 환경특성을 살리려는 계획기법을 말함

② 적용대상

(가) 육상생태계 : 녹지자연도 7등급(일반적으로 2차림이라 불리는 식생지구, 유령림으로 수령 20년의 식생) 이상의 양호한 수림대・노거수・보호수 등으로 택지개발계획이나 단지계획에서 원형으로 보존하도록 계획한 장소

(나) 수상생태계 : 하천・못・저습지 등으로 택지개발계획이나 단지계획에서 원형으로 보존하도록 계획한 장소

2) 생태적 배식

① 개념

(가) 자연형성 과정의 원리를 기반으로 일정지역의 생물양식을 복구하고 인위적 에너지를 극소화하여 자연성을 극대화시키는 식재방법

(나) 단지내의 지형・토양・수분・기후에 근거하고, 주변지역 10km 주위의 자연적인 식생천이단계 분석을 통하여 자생수종을 주로 설계함으로써 지역의 특성을 살리는 배식 방법

② 적용대상

(가) 자연지형 보존지 등 기존 생태계 및 인접녹지

(나) 생태공원

(다) 못・하천・저습지 등의 생물서식공간

(라) 생태동산 등의 생태녹화공간

3) 환경정화수 식재

① 환경정화수의 효과

(가) 대기오염물질 정화 : 환경정화수종은 대기중의 아황산가스나 먼지 등의 오염물질을 정화하며, 활엽수가 침엽수보다 오염물질 흡수능력이 우수함

(나) 소음방지 효과 : 도로 양쪽에 침엽수림대를 조성하고 중앙분리대에 조금 키가 큰 침엽수를 식재할 경우 자동차 소음의 75%, 트럭소음의 80%를 감소할 수 있으며, 중앙분리대에 나무가 없어도 승용차소음의 23%, 트럭소음의 50%를 감소할 수 있음

(다) 경관향상 : 기온과 습도 조절에 따른 기상완화, 방풍 및 방화 등의 기능, 도시미관을 아름답게 하는 기능 및 지역주민들의 정신적 안정에 기여함은 물론 야생동식물의 보호와 재해방지 효과 등이 있음

② 지역별 권장 환경정화수종

구 분		공장, 도로변과 같이 오염농도가 높은 곳에 알맞은 나무 종류	주택가 등 오염정도가 심하지 않은 곳에만 알맞은 나무 종류
전 국	교 목	은행나무,백합나무,야버즘나무,은단풍나무,가중나무,상수리나무,졸참나무,참느릅나누(8종)	느티나무,팽나무,오동나무,배롱나무,밤나무,백목련,벚나무,서어나무,칠엽수,회화나무,감나무,때죽나무,층층나무,자두나무(14종)
	관 목	무궁화,개나리,낙상홍,수수꽃다리,산수유(5종)	매화나무, 박태기나무, 자목련(3종)
남 부 지 방	교 목	소귀나무,가시나무류,태산목,녹나무,후박나무,먼나무,아왜나무(7종)	
	관 목	꽝꽝나무,사철나무,광나무,협죽도,차나무,팔손이,철쭉류(7종)	

4) 수질정화식물 식재

① 수변 식물군락의 역활

(가) 유기물의 분해, 유해물질의 흡수, 플랑크톤 억제 등 수질의 정화

(나) 조류・어류・곤충・패류 등 동물군락의 먹이와 서식환경 등을 제공

(다) 밀생한 근경에 의한 호안의 침식방지

(라) 수변의 자연 생태적 식물경관의 형성

② 수생식물의 분포형태

(가) 연안대 : 수변의 연안대는 육지와 수계를 연결하는 특수한 환경을 가진 식물 입지이며 비교적 좁은 공간에 다양한 식물사회가 성립하며, 진연안대로부터 상부연안대의 수변에는 주로 습생식물이, 하부연안대에는 육지 쪽에서부터 추수식물, 부엽식물 및 침수식물 등의 수생식물이 분포

(나) 수생식물 : 경엽과 뿌리가 완전히 물 속에서 자라거나, 뿌리가 줄기의 밑 부분이 수면 밑에서 자라는 식물로 추수식물・부유식물・침수식물이 있음

(다) 습생식물(습지식물) : 흙이나 공기가 늘 축축한 곳에서 나는 식물로 큰부들・창포・갈풀 등 대부분의 습생 식물은 추수식물대에서도 생육이 가능함

5) 조류유치 녹화

① 개념

(가) 조류가 좋아하는 숲이나 수반 등이 있는 조류와 공생하는 녹화로 야생조류가 단지내로 유입될 수 있도록 환경과 먹이를 제공하는 녹화공간

(나) 유사 개념으로는 조류공원이나 조류유치림 등이 있음

② 적용

(가) 기존 생태계 보존지(수림대・저습지・못・하천 등) 및 그 주변

(나) 근린공원・어린이 공원・완충녹지・동산 등의 생태거점공간

6) 생태적 식생유지관리

① 개념

(가) 해당부지의 생육환경에 적응한 들풀 등 자생식물의 생육을 허용함으로써 식물의 천이에 맡기는 관리 방안

② 적용

(가) 자연지형을 보존한 곳, 비탈면녹지 등

(나) 단지의 외곽녹지로 경관성 중요하지 않은 곳

(다) 생태공원 등의 생태적인 배식기법 적용 지역

(라) 주동의 뒤쪽 후미진 녹지

7) 투수성 포장설계

① 개념

(가) 투수콘크리트나 모래 등 공극이 있는 투수성 포장재료를 사용하여 빗물이 지하로 스며들 수 있도록 함으로써 토양수의 증발에 따른 기온의 저하, 토양미생물의 보전, 지하수함량에 의한 순환 재생, 미기후 조절, 수질, 오염저감, 수목 및 생물의 생육환경 조성등으로 환경보전의 효과를 꾀하는 설계

② 적용

(가) 놀이터, 운동장, 광장, 휴게소 등의 놀이・운동・휴게・보행공간

(7) 기존 수목의 활용

1) 식생조사

① 개념

(가) 택지개발사업 등 건설사업지구내의 활용가치가 높고 양호한 수림대와 보호수, 노거수 등의 기존 수목은 보존이나 이식 등으로 적극 활용하여 기존 자연환경의 특성을 살리도록 하여야 함

(나) 양호한 수림대나 보호수, 노거수 등은 되도록 지형과 수목을 원래의 위치에 살려서 건설사업에 반영하는 보존의 방법을 우선 고려함

(다) 사업계획에 따라 부득이 원래의 위치에 보존할 수 없는 수목 가운데 활용가치가 높은 수목은 사업지구내 공원・녹지나 단지로 이식하는 방법을 고려

② 활용계획 수립

(가) 보존이 필요한 지형, 수림대의 위치・면적과 특성 그리고 주요 수종・규격・수량, 보호수의 위치・수종・규격, 이식 대상수목의 수종・규격・위치・수량이 표기된 현황 등을 포함한 식생조사를 실시함

(나) 보존이 필요한 지형이나 수림대를 택지개발사업의 토지이용계획에 반영

(8) 다양한 생태녹화공간 조성

1) 식생이행대(Ecotone)

① 개념

(가) 숲과 들판의 경계부나 해안의 갯벌 등으로 생물다양성이 높은 지역

(나) 공원이나 단지외곽에 넓은 녹지대를 조성하고 자연의 숲과 같이 생물 상호간의 교류를 증진시키도록 계측구조의 군식을 위주로 조성한 공간

② 적용

(가) 공원이나 단지의 외곽녹지, 완충녹지, 자연지형 보존지의 인접녹지

(나) 생태공원의 인접녹지, 못・하천・저습지 등의 수상생태계 인접녹지

2) 벽면녹화

① 개념

(가) 각종 수직면의 구조물에 식재하여 좁은 공간, 즉 시각적으로 한정된 공간에 녹지를 확충하여 경관의 향상, 건물벽면온도의 완화, 표면의 반사광 방지, 차음 등의 효과를 기대하는 녹화 방법

② 녹화식물이 갖추어야 할 조건

(가) 녹화목적에 적합하고, 열악한 환경조건에 잘 견딜 수 있는 것

(나) 잎이나 꽃, 열매 등 관상적 가치가 뛰어난 것

(다) 수급 및 유지관리가 용이하고 가격이 저렴할 것

(9) 생물서식공간 조성

1) 생물서식지(Biotop)

① 개념

(가) 야생생물이 서식하고 이동하는데 도움이 되는 작은 면적의 공간단위

(나) 높은 균질성과 지리적으로 최소의 공간단위를 가짐

(다) 숲·가로수·습지·하천·화단 등의 다양한 규모·성질의 비오톱이 있음

(라) 개개의 비오톱 보다는 이들이 전체적으로 체계화되어야 함

② 적용

(가) 크기에 따른 유형

가) 핵 공 간 : 단지 중앙에 계획된 공원·동산·호수·저습지 등의 비오톱

나) 거점공간 : 생태연못·텃밭·과수원 등의 비오톱

(나) 서식환경에 따른 분류

가) 못 비오톱 : 기존 연못이나 생태고원

나) 습지 비오톱 : 기존 저습지

다) 초지 비오톱

라) 산림 비오톱 : 기존 산림 보존지

2) 생태통로(Eco-corridor)

① 개념

(가) 각각의 생물서식공간을 잇는 띠모양의 자연공간으로 두 개의 서식공간을 연결하여 생물의 이동을 가능하게 하는 생물의 이동통로

(나) 그 자체로 하나의 비오톱이 될 수 있음

② 적용(유형)

(가) 완벽한 생태통로 : 식생등이 연결되고 네발짐승이 이동할 수 있는 통로

(나) 징검다리식 생태통로 : 습지나 공원 등의 비오톱이 징검다리처럼 연결되어 새나 곤

충 등은 이동할 수 있지만, 네발짐승은 이동할 수 없는 통로

(다) 지형조건에 따라 터널형・육교형・박스형 등을 적용

3) 생태공원(Eco-park)

① 개념

(가) 자연관찰 및 학습을 위하여 공원녹지를 생태적으로 복원・보전하며, 이용자들이 식물・동물・곤충들이 자연환경 속에서 성장・활동하는 모습을 관찰할 수 잇도록 조성한 공원

② 원리 : 생태계 질서에 의하여 스스로 유지되도록 조성

(가) 생물학적 다양성 : 유전자・종・소생물권의 다양성으로 생태학적 안정성은 비례함

(나) 생태적 건전성 : 생태계내 자체 생산성을 유지함으로써 건전성을 확보

(다) 지속가능성 : 생물자원을 지속적으로 보전・재생하며, 생태적으로 영속성을 유지

(라) 최소의 에너지 투입 : 자연순환계를 형성하여 인위적인 에너지 투입을 최소화

4) 생태연못(Eco-pond)

① 개념

(가) 어류・잠자리・수초・새 등 모든 생물에게 필요한 서식공간으로, 주변에 동・식물이 풍부하여 다양한 생물상을 유지시키기는 등 생태적으로 순환체계를 이룰 수 있도록 조성한 물이 있는 공간

② 적용

(가) 생태공원의 못이나 저습지

(나) 단지의 낮은 부지로 입구가 관리소 주변

5) 생태개울

① 개념

(가) 자연의 하천처럼 물과 나무가 어우러진 어류・잠자리・새 등 모든 생물에게 필요한 서식공간으로, 주변에 동・식물이 이용할 수 있는 녹지를 가져 생태적으로 순환체계를 이룰 수 있는 물이 있는 공간

② 적용

(가) 근린공원이나 어린이공원 등의 저습지

(나) 생태공원내 저습지

(다) 긴 녹지에 붙여 계획된 보행자도로

8.8 하천환경정비사례

8.8.1 하천환경정비 기본방향

(1) 인간 중심의 하천정비에서 벗어난 인간과 자연이 공존할 수 있는 하천만들기

(2) 하천고유의 자연성 보존 및 회복

(3) 하천의 기능을 유지하면서 자연과 조화된 하천계획

(4) 지역의 특성 및 지역주민의 의견을 존중한 하천계획

(5) 하천의 변화과정을 고려한 수계 전체나 유역차원의 거시적인 관점의 하천계획

8.8.2 하천 환경정비 시행기법

(1) 물리적 다양성 확보를 위한 기법

1) 하천변의 육지와 수역이 만나는 장소는 물리적으로 다양한 입지조건이 분포함

2) 다양한 서식 환경별로 수생식물이나 어류, 양서류, 수서곤충등 다양한 서식지 존재

3) 확보기법 : 비오톱, 습지, 생태연못, 완드, 수제, 여울, 소, 하중도, 실개천, 추이대, 수림대 조성등의 방법도입

(2) 하천의 종적·횡적 연속성 확보기법

1) 하천은 상류에서 하구까지 연속된 공간임

2) 획일적인 정비 및 하천구역 개발로 인해 단절된 하천의 종적·횡적 연속성 확보

3) 확보기법 : 유역단위계획, 어도설치, 보 및 낙차공개량, 추이대, 생태통로, 완경사 호안 등의 방법도입

(3) 친수공간을 확보하기 위한 기법

1) 하천공간을 정비하여 쾌적성, 접근성, 오락성 등을 높임

2) 지역주민들의 정서함양 및 이용증진

3) 확보기법 : 접근로, 산책로확보, 조경식재, 자전거도로, 조류관찰대, 징검다리, 수변무대, 생태공원 조성 등의 방법도입

(4) 하천의 자정력 증대 방법

1) 하천의 콘크리트에 의한 개수 및 저수로 고착화, 하상정리 등으로 인한 하천자정 능력저하 및 수질악화된 상황임

2) 확보기법 : 식물재 수질정화, 습지, 여울 및 소, 생태연못, 하천부지확보등의 방법도입

(5) 천이·역사·문화등 하천고유특성 고려한 계획

1) 하천주변의 역사·문화탐방과 연계된 하천정비 필요

2) 하천의 고유생태 특성을 살린 하천정비 필요

8.8.3 하천환경정비사례

하천환경에 대한 연구 및 노력의 결과로<표 8.31> 과 같이 우리나라 하천정비 사업이 설계 및 시공이 되어 정비사업에 대한 모니터링이 시행중 임

<표 8.31> 하천환경 정비사례

하 천 명	주 요 정 비 내 용
양재천(1995)	· 10여 가지 유형의 호안공법 적용 · 자연복원, 친수공간, 수질정화시설 도입
오산천(1998)	· 14가지의 축제, 자연형 호안공법 채택 · 자연복원, 친수공간, 수질정화시설 도입 · 모니터링에 의한 공법의 적절성 판단
경안천(1999)	· 생태영향권 분석에 따른 주요 정비구간 설정 · 자연복원, 친수공간, 수질정화 시설 도입 · 모니터링에 의한 공법의 적절성 판단
경 천(2000)	· 주차장 철거 후 생물서식공간 조성 · 자연복원, 수질자정능력 회복 · 모니터링에 의한 공법의 적절성 판단
학의천(2001)	· 친수공간과 자연생태 공간이 조화를 이룬 쾌적한 하천공간 정비 · 자연복원, 친수공간, 수질정화시설 도입
성환천(2001)	· 자연친화적 정비기법 도입 · 자연복원, 친수공간, 수질자정능력 회복 · 하천정비 모범사례 선정 - 대전지방국토관리청
동복천(2002)	· 보존지역 설정에 의한 정비 최소화 · 자연복원, 친수공간, 수질자정능력 회복
황구지천(2003)	· 14개의 하도습지 및 폐천습지 조성 · 자연형 하천정비 기법 및 공법 도입 · 자연복원, 친수공간, 수질자정능력 회복 · 모니터링에 의한 공법의 적절성 판단
고양 난지공원 (한강)(2004)	· 구간설정에 의한 하천환경 정비 · 자연복원, 친수공간 도입
진위천(2005)	· 치수기능(축제, 더돋기, 천단보강, 구조물보강) · 하도정비(여과수로, 수질정화습지, 수질정화수로) · 환경정비공(폐천부지 활용, 습지원 활용, 수림대, 어도, 어류서서식처) · 지역의 환경을 고려한 하천정비사업 실시
영산강·지석천 (계획완료)	· 하천주변의 역사적 고대유적지 탐방과 연계된 계획 및 기존 유원지 복원 · 자연복원, 연속성확보, 친수공간 도입 · 하천지형의 변화를 고려한 계획
함평천 (계획완료)	· 함평천 고유의 다양한 생물서식처 및 생태통로 복원 · 도심지 및 축제공간의 환경보전유량 확보 · 계절별 종합 생태탐방 기반구축 및 운영방안 설정

8.8.4 하천환경정비 사례

(1) 학의천 (2001, 경기도 안양시)

1) 과업의 목적

① 안양천수계의 수질보전을 위한 학의천 전지역의 하천생태복원

② 인간과 자연이 조화된 친수공간을 제공

2) 사업구간 : 학의천 의왕시계~안양천 합류점(시범사업구간 제외), L=3.97㎞

3) 사업내용

① 자연형 저수로호안 설치 ② 공간정비 및 생태복원

③ 산책로 설치 및 징검여울 설치 ④ 생태학습원 조성 및 야생초 화원조성

⑤ 제방녹화 및 경관조성 ⑥ 학의천내 자생식물 및 수생식물의 식재계획

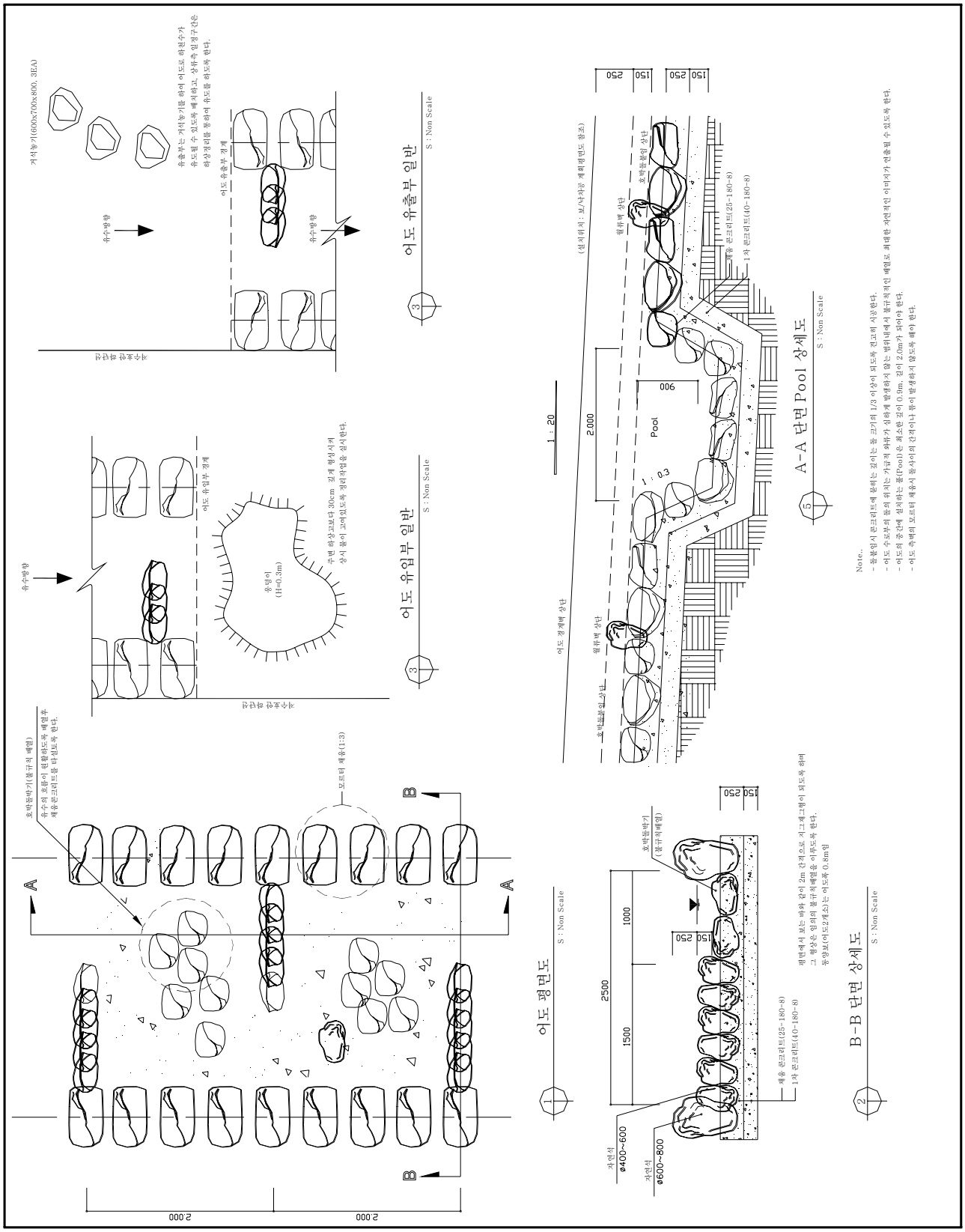
⑦ 학의천 주변과 연계한 친수기능 및 시설물 설치

4)구간별 공간계획

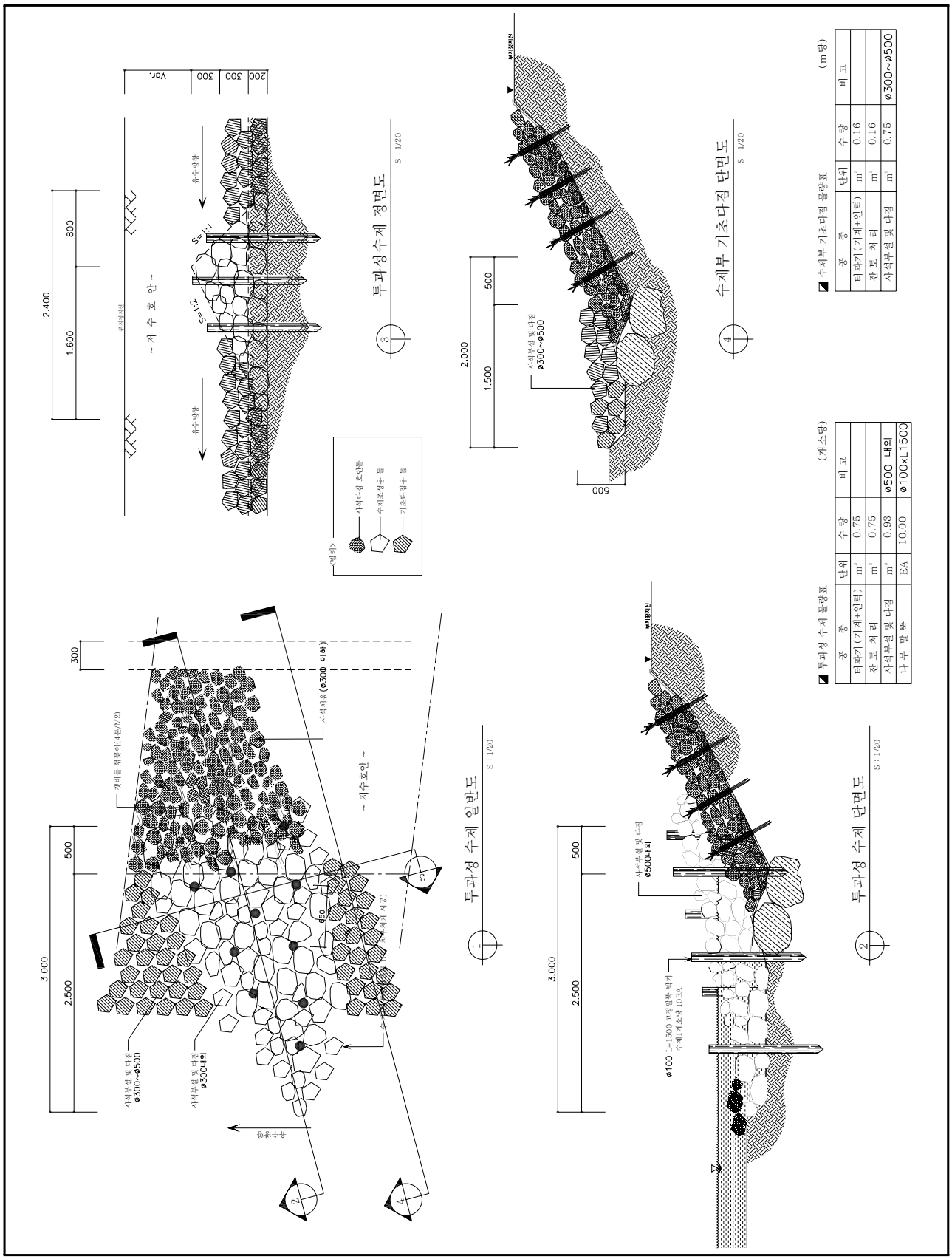
구 간	구역구분	현 황		계 획 방 향		도 입 시 설	
		좌 안	우 안	좌 안	우 안	좌 안	우 안
학의천합류점 ~ 학운교 No.0+00~No.7+50 (1구간~2구간)	자연복원 지구	• 자전거도로 • 콘크리트 블록호안 • 부흥초·중고교 • 우회도로	• 주공1단지 • 자전거도로 • 주민접근 저조	• 합류부 특성을 고려한 경관연출	• 자전거도로 연계 등 고려	• 야생초화원 조성	• 징검여울 조성 • 기존 자전거도로 연계설치
학운교~내비산교 No.7+50~ No.12+75 (3구간)	하천경관 지구	시범구간은 친수공간으로 정비					
내비산교~대한교 No.12+75 ~ No.22+50 (4구간~5구간)	자연복원 지구	• 부림초·고교 • 학운공원 • 건초식생 • 우안에비해 고수부지 넓음(20m)	• 우회도로 (수촌교,내비산교, 대한교) • 거주민 하천 접근 용이 • 고수부지폭 (13m)	• 낙차공, 보 철거후 자연석 낙차공계획 • 어도병행 설치 • 자연복원계획	• 친수공간 • 하중도 설치	• 산책로 조성 • 야생 초/화류 식재	• 완경사저수호안도입 (L = 80m) • 징검다리, 평여울
대한교~인덕원교 No.22+50 ~ No.39+00 (6구간~9구간)	친수활동 구역+ 생태계 복원구역	• 대한전선앞 주차장 • 고수부지 높게 형성 • 콘크리트 보 • 지하철용출수 방류	• 주거지역 • 주차장 • 고수부지가 높음 • 저수호안 일부 세굴	• 대한전선앞 주차장부지 철거후 생태학습원 조성 • 완경사 호안 • 콘크리트보 철거	• 관양·평촌 주민을 위한 친수공간조성 • 고수부지고 낮춤	• 저습지계획 • 콘크리트보 철거후계단식 낙차공 설치 • 친수공간조성 • 완경사저수호안계획 (L : 320m) • 하수처리수 방류	• 징검여울, 평여울 도입 • 어도설치 • 징검다리 • 완경사호안 도입 (L : 440m)
인덕원교~시경계 (10구간)	자연복원 지구	• 천변도로 설치 • 고수부지 공간 삭막	• 수질정화 시설 설치 • 주차장 • 수위유지보	• 자연하천 복원 • 산책로 설치	• 친수공간	• 진입계단 설치	• 평여울 • 징검다리

5) 주요 시설 설계

① 어 도


어도 평면도
S : Non Scale
어도 유입부 일반
S : Non Scale
어도 유출부 일반
S : Non Scale
B-B 단면 상세도
S : Non Scale
A-A 단면 Pool 상세도
S : Non Scale
Note.
- 돌붙임시 콘크리트에 사용하는 골재는 돌 크기의 1/3 이상이 되도록 권고해 사용한다.
- 어도 수로부의 물의 위치는 거급적 좌우가 상하게 발생하지 않는 방향이면서 불규칙적인 배열로 최대한 자연적인 이미지가 연출될 수 있도록 한다.
- 어도의 풍안에 설치하는 풀(Pool)은 최소한 깊이 0.9m, 길이 2.0m가 되어야 한다.
- 어도 측벽의 모르터 채움시 돌사이의 간격이나 뷰이 발생하지 않도록 해야 한다.

② 투과성수제



투과성 수제 물량표 (개소당)

공 종	단위	수 량	비 고
터파기(기계+인력)	m³	0.75	
잔 토 처 리	m³	0.75	
사석부설 및 다짐	m³	0.93	ø500 내외
나 무 말 뚝	EA	10.00	ø100xL1500

수제부 기초다짐 물량표 (m당)

공 종	단위	수 량	비 고
터파기(기계+인력)	m³	0.16	
잔 토 처 리	m³	0.16	
사석부설 및 다짐	m³	0.75	ø300~ø500

(2) 성환천 (2001, 대전지방국토관리청)

1) 사업위치

① 대상하천 : 성환천(지방2급, 안성천 1지류)

② 행정구역 : 충남 천안시 성환읍 일원

③ 관리청 : 천안시

2) 사업목적

① 안성천수계 치수사업의 일환으로 성환천 하류부 연안이 홍수위험에 노출되어 있음

② 연안 농경지 및 지역주민의 생활기반을 수해로부터 보호

③ 하천환경개선 및 하천 생태계를 고려한 계획 수립

3) 구간별 하천현황

제외지	○ 하 폭 : 70~150m ○ 고수부지 경작지 이용 및 경작에 의한 저수로 급사행 ○ 하류부 좌안 홍수위험에 노출
제내지	○ 가옥 및 소규모 공장 혼재 ○ 양안을 따라 넓은 경작지 형성 ○ 제방을 농로 및 진입도로로 이용중

- 하폭 70~75m
- 가옥 및 소규모 공장 혼재
- 우안으로 생활하수 유입

- 하폭 80~85m
- 하도내 고수부지를 경작지 이용
- 저수로 급사행

- 하폭 80~150m
- 하류부 좌안 무제부
- 하도내 고수부지를 경작지 이용

4) 자연친화적 관점의 하천환경 현황

관 점	하 천 현 황	관 점	하 천 현 황
흐름특성	• 완만한 경사를 가진 하천으로 하도 고정 • 경작지로 이용되고 있는 둔치와 급사행의 저수로 • 하상구조물, 저수로에 의한 종·횡단상의 연속성 상실	경 관	• 평탄한 농경지 등 평지를 흐르는 전원하천 • 가옥, 소규모 공장 등이 산재한 농경지하천
토지이용	• 하도내 고수부지는 대부분 경작지로 이용 • 경작지 이용 및 확대로 자연적 하도 사행 저해	수 질	• BOD기준 : 등급 외(15.3ml/l)를 나타냄 • 악취 발생으로 주민생활 불편
생 태 계	• 단순한 물리적 환경, 인위적 간섭으로 생물종 출현 빈약 • 희귀, 희소종 등 법적 보호종은 출현하지 않음	유지관리	• 지역 주민의 하도내 둔치의 농경지 이용으로 자연친화적 측면의 하천관리 미흡 • 하천부지의 점용 및 사유지 혼재로 유지관리 여건 미흡

5) 계획수립의 기본방향

① 현재의 지형지물 활용

- 안정성 확보 및 비용절감
  - 불필요한 호안 지양(비수충부 무호안)
  - 완경사호안 및 은제도입
  - 자연적 천이과정에 의한 변화 유도(저수호안 설치 지양)

② 물리적 환경의 다양성 확보

- 생태기능 고취
  - 물리적 서식환경 다양화(생물 서식환경의 다양성 추구)
  - 자연복원력에 의존하는 계획 수립
  - 하도습지, 하중도, 완도, 은제, 여울 등

③ 연속성 확보

- 하천 고유의 생태기능 회복
  - 단절된 하천 생태환경의 종단적, 횡단적 연속성 확보
  - 어도, 완경사호안, 보 개량 등 도입

④ 친수공간

- 삶의 질 향상

- 주민이용 구간에 친수시설 도입
- 자연학습장, 산책로, 간이체육시설 등

⑤ 수질

• 하천고유의 자정력 기대

- 하류 하수처리장의 방류수 재이용
- 하천 유지용수 유지 및 수질개선

6) 사업개요

① 치수기능(축제, 호안공, 구조물공)

② 환경기능(하도습지, 어도, 하중도, 여울)

7) 사업 후 현황

① 제방

(가) 치수안정성 확보(은제 : 호안 + 복토 + 식생)

(나) 생물서식공간 개선(무호안, 비탈경사 다양화)

(다) 횡단적 연속성 확보(완경사호안 - 1:3~1:4)

(라) 제방정단 : 자전거도로 이용

② 저수로

(가) 자연스런 사행 유도(저수로 비고정)

(나) 기존 저수로의 평면적 선형 최대한 유지

(다) 하천의 연속성 확보(완경사 - 1:5)

(라) 다양한 유수의 흐름으로 물리적 서식공간 다양화

③ 여울

(가) 흐름의 다양성 확보(평여울, 급여울 : 자연석재)

(나) 용존산소 공급에 의한 수질자정능력 향상

(다) 악취 감소로 인한 쾌적성 향상

(라) 조류의 섭식장소로 이용(어류 증가)

④ 어도 및 보개량

(가) 하천의 종단적 연속성 확보

(나) 흐름의 다양성 확보

(다) 수질개선 및 악취감소(용존산소 공급)

(라) 하상 안정화

(마) 경관 개선

⑤ 하도습지 및 하중도

(가) 다양한 물리적 서식환경 조성에 의한 종다양성 향상

(나) 흐름의 다양성 확보

(다) 인위적 간섭 최소화에 의한 자연적 천이 유도

(라) 다양한 생물의 은신, 산란, 서식 가능한 생태거점 역할

(마) 생태계 안정성 부여 및 경관 개선

⑥ 고수부지

(가) 하천부지내 경작 금지

(나) 자연적 천이에 의한 자연습지 및 물웅덩이 형성

(다) 자연성 높은 하천환경조성

(라) 생태계 안정성 부여 및 경관 개선

(마) 농경 등에 의한 비점오염원 감소

⑦ 친수공간

(가) 지역주민의 하천 이용도 높아짐

(나) 쾌적한 하천환경 제공

(다) 지역주민 및 지자체에 의한 쾌적한 하천환경 유지

⑧ 수질

(가) 하천 자정능력 향상에 의한 수질개선

(나) 하천주변의 악취 감소

(다) 하수처리장 차집관로 공사에 의한 오염원 유입 차단

(라) 지역주민의 하천 이용도 높아짐

8) 효과

① 치수적 안정성 확보

(가) 은제도입 : 하천의 안정성확보와 생물서식처 공급 등 두 가지 목표 동시 달성

(나) 무제부 구간 : 하천의 지형 및 흐름특성 파악에 의한 필요공간에 대해 설계 및 시공
→비용절감

② 생물의 양호한 서식공간 확보

완경사호안, 은제, 무호안, 습지 등 : 양호한 생물서식공간 및 하천의 자연성 유도

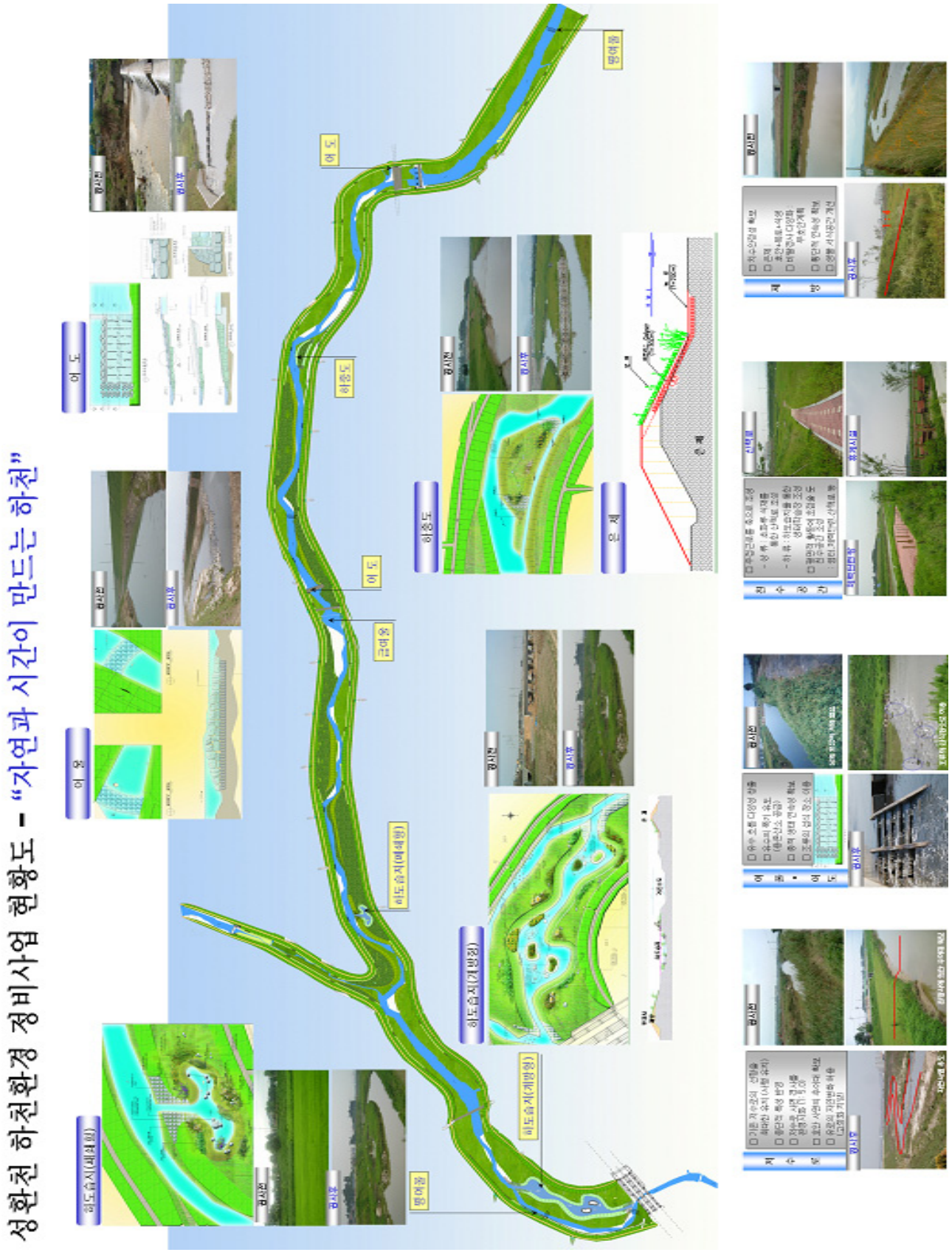
③ 인간과 자연의 조화 유도

주민이용이 많은 일부 구간에 대한 선택적인 친수공간 조성

④ 수질개선

하천 자정능력 향상 및 하수처리장 건설

• 사업 현황도


성환천 하천환경 정비사업 현황도 - "자연과 시간이 만드는 하천"
습지(예정)
습지(계획)
습지(계획)
여 울
여 도
여 도
하중도
하중도
여 도
여 울
습지(예정)
습지(계획)
습지(계획)
여 울
여 도
하중도
둔 제
여 울
여 도
하중도
둔 제
여 울
여 도
하중도
둔 제

- 성환천 하도습지 공사전·후

<공 사 전>

<공 사 후>

- 성환천 어룡교 상류 공사전·후

<공 사 전>

<공 사 후>

(3) 황구지천 (2002, 서울지방국토관리청)

1) 과업의 목적

① 치수·이수·환경이 조화된 하천환경정비

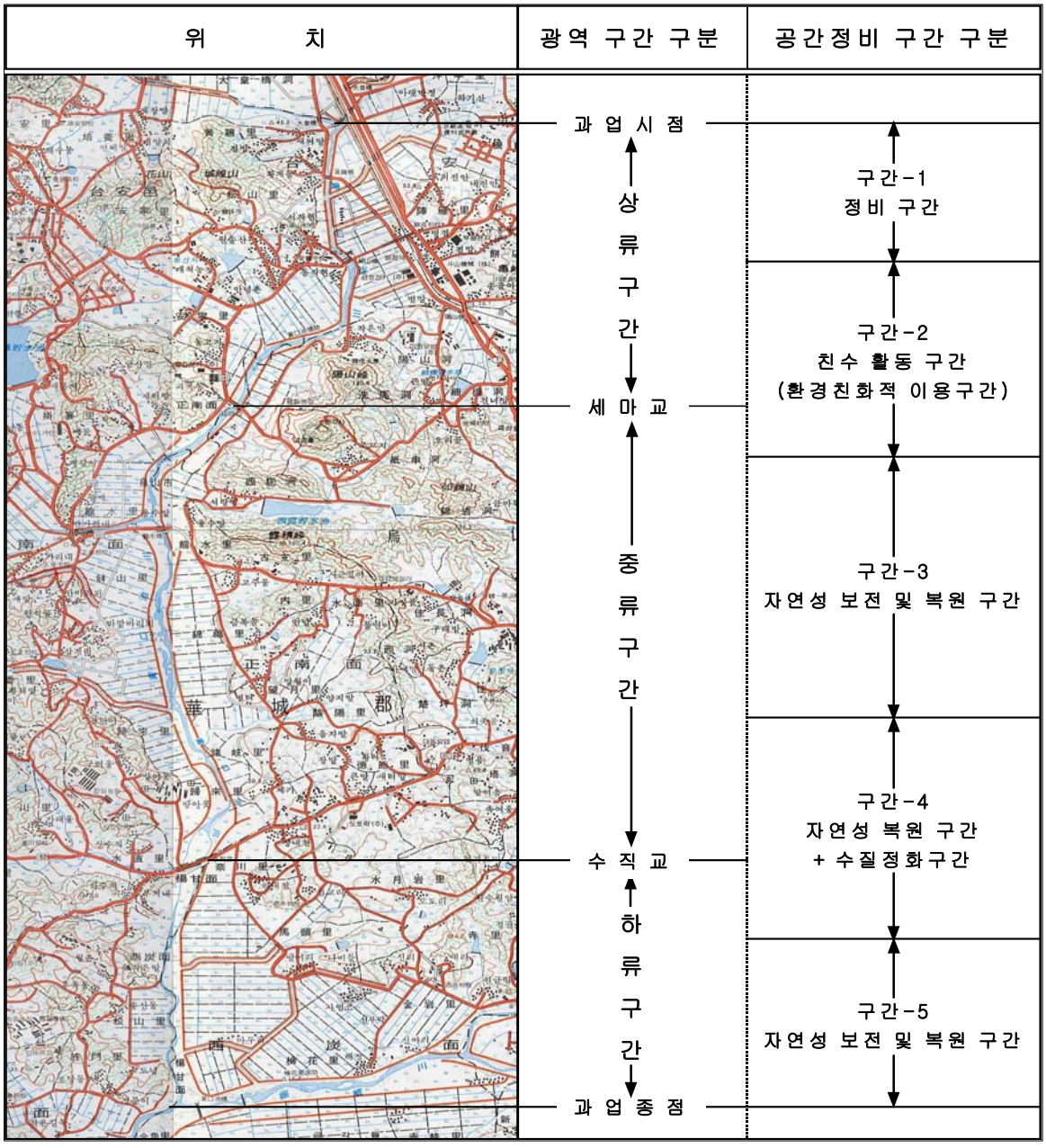
② 하천환경복원을 통한 생명력있는 하천 조성

2) 사업구간 : 국가하천 전구간 (L = 16.3km)

① 시 점 : 경기도 수원시 대황교동 원천리천 합류점

② 종 점 : 경기도 화성시 양감면 정문리 진위천 합류점

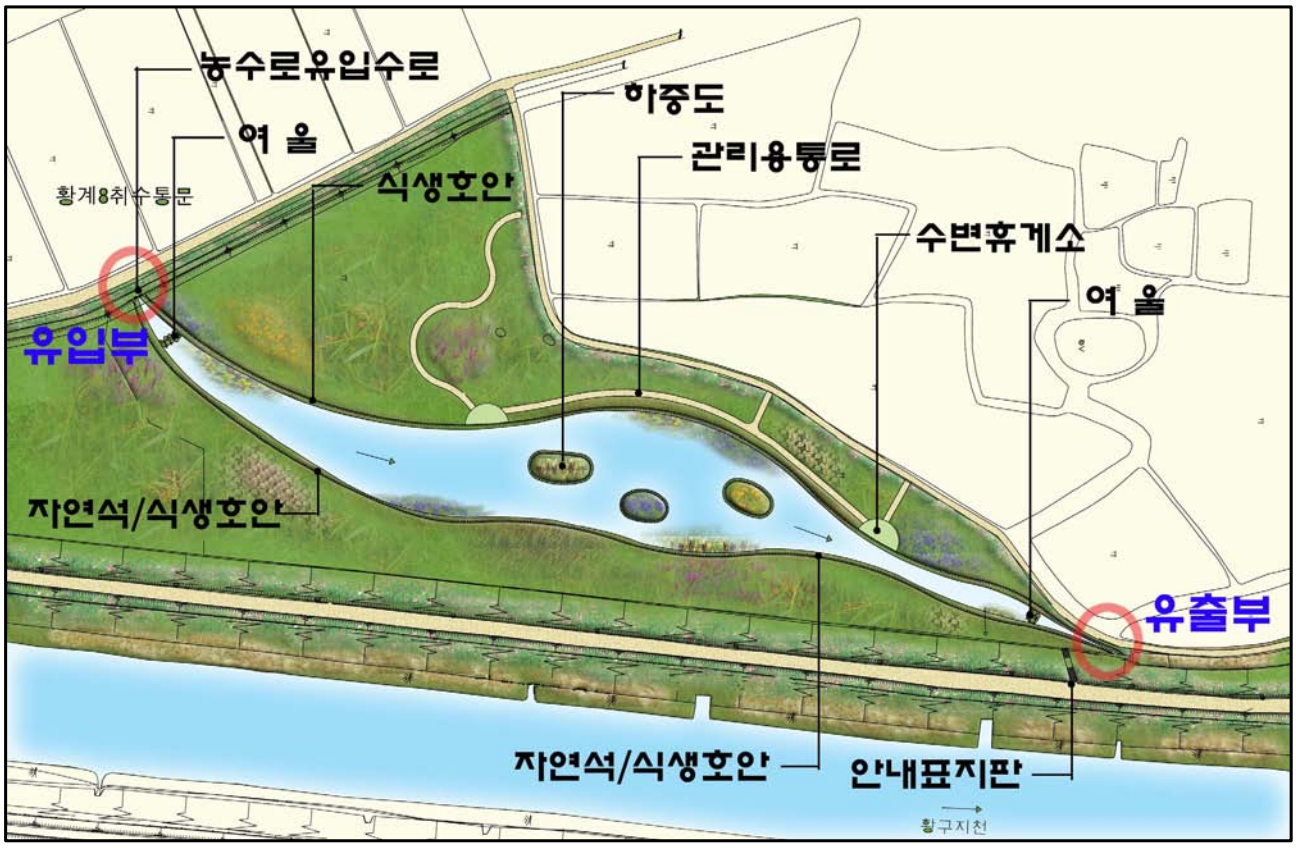
3) 과업구간 설정



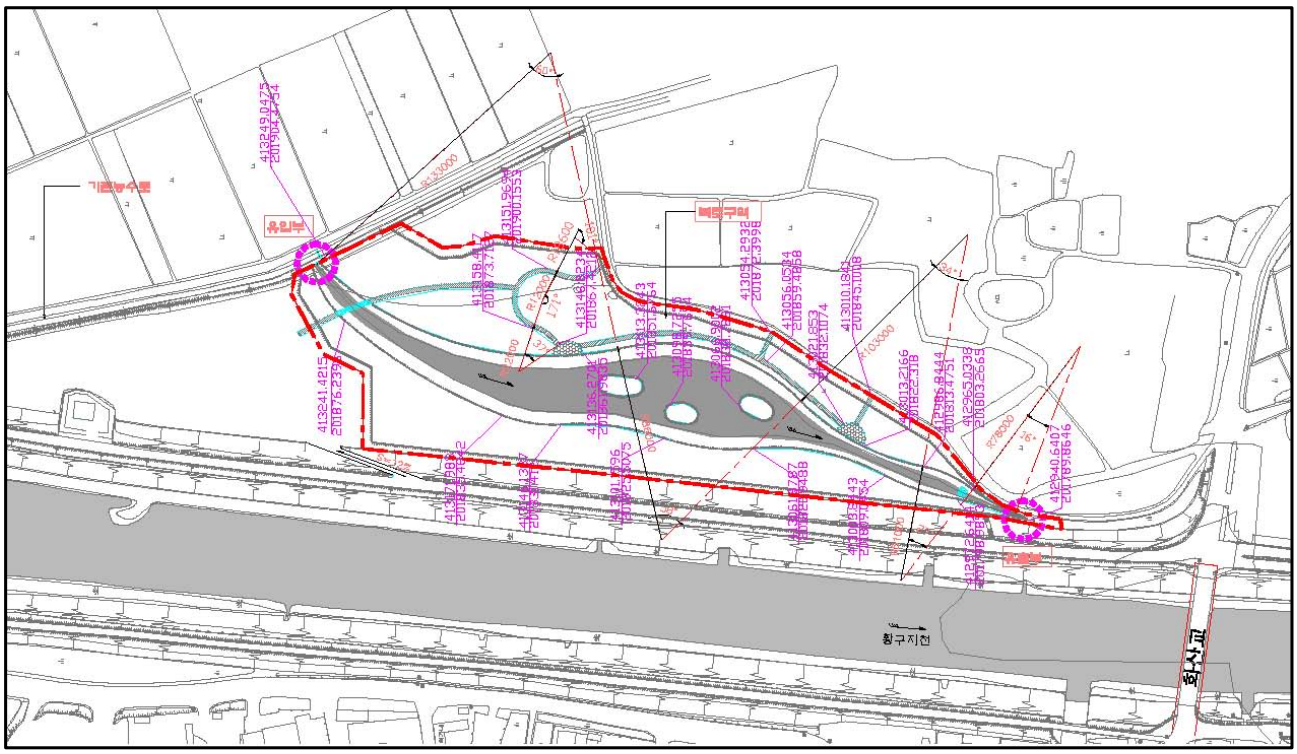
4) 주요 구간별 특성 및 환경정비 방향

구 분	현 황 및 특 성	정 비 방 향
상류구간	• 홍수시 통수능 부족 구간	• 축제계획(교량 2개소)
	• 여유고 부족 구간	• 보축계획
	• 수원하수처리장 방류수 유입(등외)	• 처리장 방류수질 등급 강화 제안
	• 대황교보, 안녕보, 양산보 어류이동 불가 및 유수정체로 오니토 퇴적	• 어도설치 및 보 개량
		• 오염된 저질층 준설 또는 제거 검토
	• 반정천(지방2급) 주변 농경지 침수	• 개수 계획 수립(합류점~상류 200m)
		• 생태정화수로 조성 및 계단식 낙차공 (어도 및 폭기 유도)
	• 좌안부에 활용 가능한 폐천부지 존재	• 폐천부지를 활용하여 수질정화습지 또는 생태습지원 조성
	• 개별오염수 유입(배수문, 배수통관)	• 하천환경 관리지침
	• 무제부 구간의 하천부지내 무단점용	• 고수호안 및 완충녹지 계획
중류구간	• 여유고 부족 구간	• 보축 계획
	• 획일적인 게다블럭 호안	• 완경사 복토 및 식재(은제 계획)
	• 발산보, 정림보, 귀래보, 제기리보 어류이동 불가 및 유수정체로 오니 퇴적	• 어도설치 및 보 개량
		• 오염된 저질층 준설 또는 제거 검토
	• 제방훼손부 또는 훼손 가능부	• 제방보호용 울타리 설치
	• 둑마루 폭 부족구간	• 관리용 통로 기능의 폭 확보
	• 만곡수충부 홍수시 제방안전도 저하	• 강성호안 계획 및 하도 조정 검토
	• 갈천(지방2급) 유입	• 생태습지원 유지용수로 계획
		• 생태정화수로 검토
	• 고수부지 경작	• 하도습지 및 소규모 구릉 조성계획
	• 저수호안의 포락 및 급경사로 추이대 기능 미미	• 강성호안공 및 기울기 완화
		• 식재를 통한 추이대 기능 복원
	• 하중주 발달	• 하중주 보전 및 생태거점 계획
하류구간	• 고수부지내 배수문 수로 형성	• 친자연형 실개천 계획
		• 실개천 유량확보를 위한 본류수 유입 계획
		• 고수부지와 실개천을 연계한 대단위 생태원 조성
	• 둑마루 폭 부족구간	• 관리용 통로 기능의 폭 확보
		• 보축계획(교량 1개소) : 진계율교
	• 사행발달 및 깊고 좁은 유로	• 사행 유지 및 완경사 저수호안 검토
	• 과거 이수용으로 사용하던 보	• 구조물 존치(화성시)
	• 배수장 배출수로	• 생태정화수로 계획
	• 다수의 사주 발달	• Biotope 등 생태서식처 기능 증진을 위한 계획 수립
		• 하도습지 등 생태서식처 기능 증진을 위한 계획 수립 및 보존
	• 제내지에 활용 가능한 폐천부지 보유	• 폐천부지를 활용하여 수질정화습지 및 생태습지원 조성

- 진안지구 습지



- 진안지구 습지 설계평면도



(4) 오산천 (2001, 서울지방국토관리청)

1) 과업의 목적

① 치수·이수·환경이 조화된 하천환경정비

② 하천환경복원을 통한 생명력있는 하천 조성

2) 사업범위

① 시점 : 경기도 화성시 동탄면 영천리(치동천 합류점)

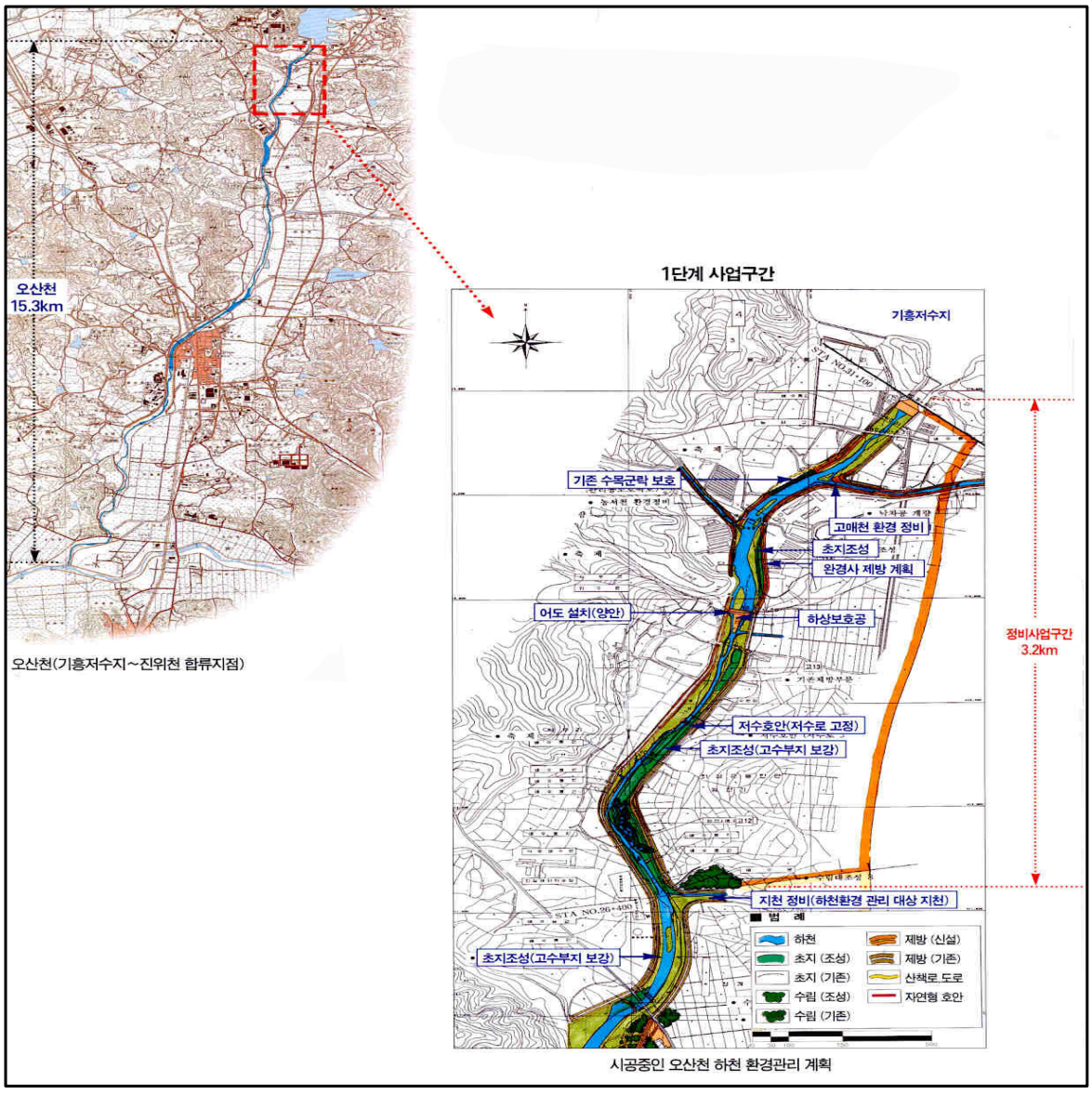
② 종점 : 경기도 평택시 서탄면 금암리(진위천 합류점)

3) 과업의 내용

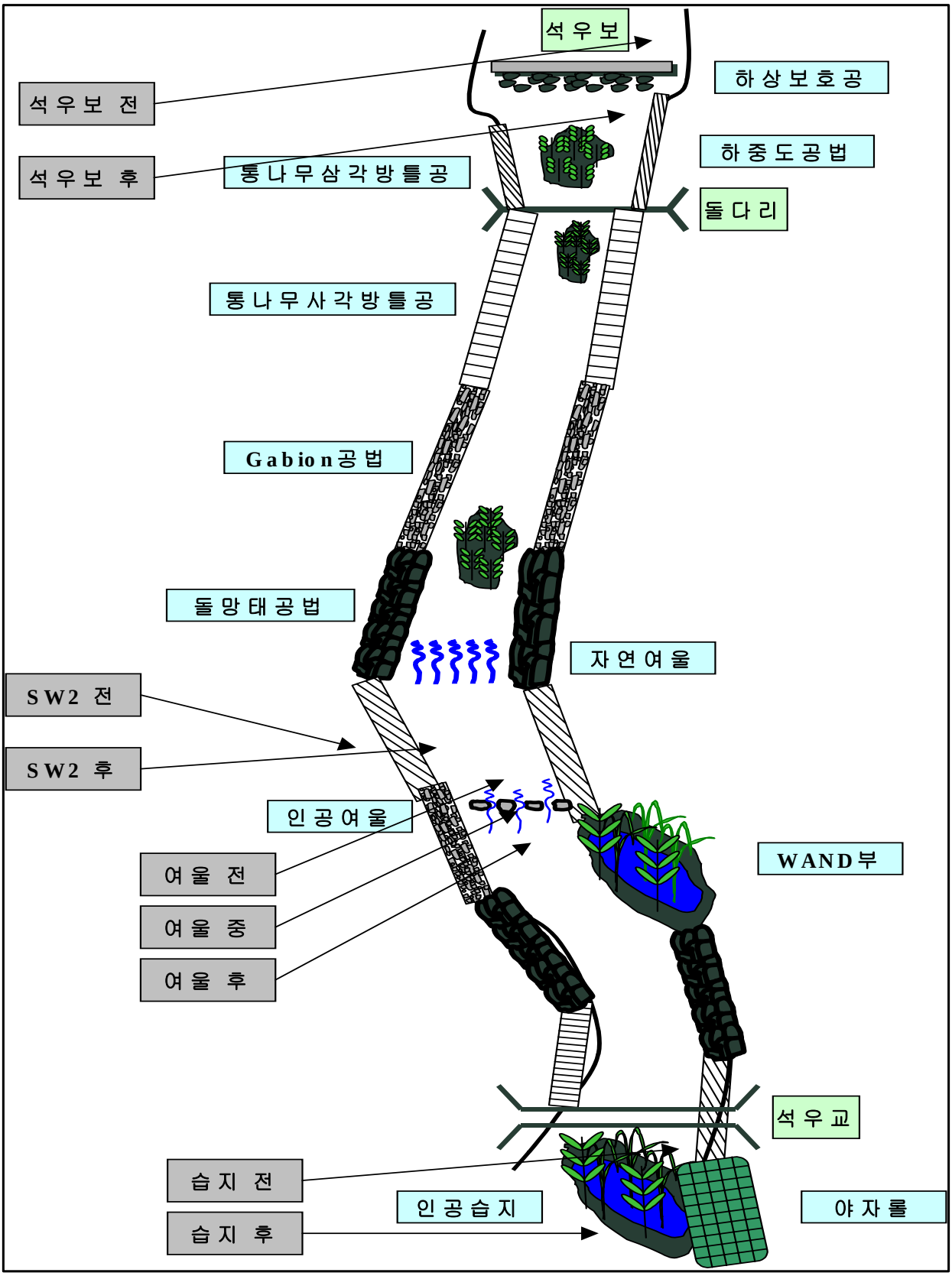
① 생태계 조사 및 하천환경여건 조사분석

② 하천 환경정비 실시설계 및 하천 환경 보전계획 수립

- 오산천 사업 위치도



- 오산천 하천환경정비 방향



(5) 진위천 (2005, 서울지방국토관리청)

1) 과업의 목적

① 치수적 안전도 확보 및 이수·환경에 조화된 하천환경복원

② 자연환경의 보전 및 생명력 있는 하천복원

③ 지역의 여건 및 주민이 참여가 가능한 하천공간조성

2) 사업범위

① 진위천 : 경기 평택시 서탄면 ~ 경기 평택시 오성면 (국가하천 전구간 L=18.0 km)

② 안성천 : 경기 평택시 팽성읍 ~ 경기 평택시 팽성읍 (국가하천 일부구간 L=2.10 km)

3) 사업주요내용

① 치수기능(축제, 더돋기, 천단보강, 구조물보강)

② 하도정비(여과수로, 수질정화습지, 수질정화수로)

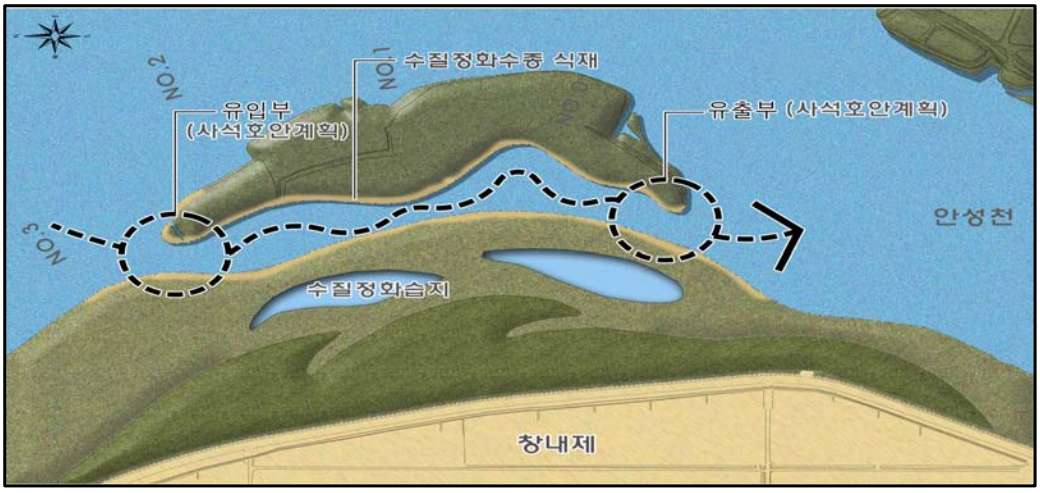
③ 환경정비공(폐천부지 활용, 습지원 활용, 수림대, 어도, 어류서식처 조성)

④ 지역의 환경을 고려한 하천정비사업 실시

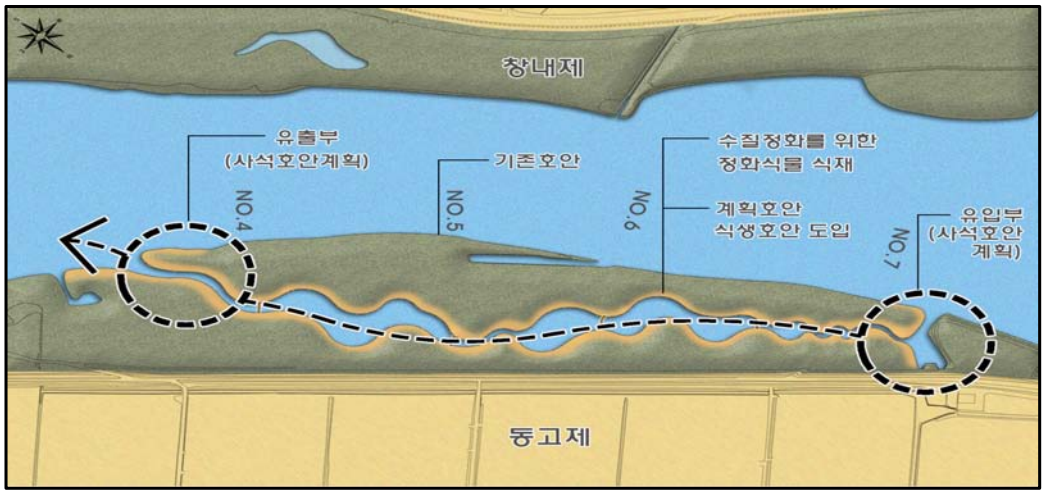
4) 과업위치도

5) 하도정비계획

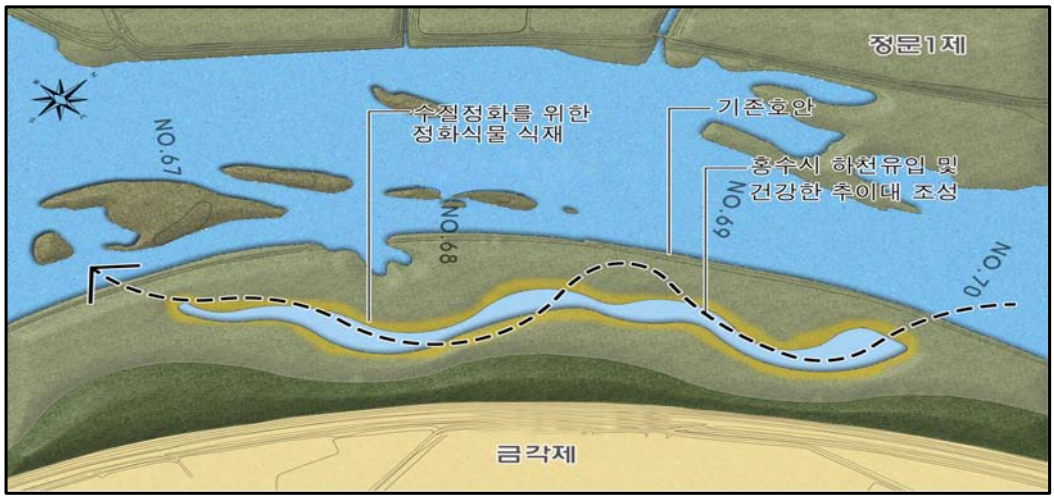
○ 여과수로



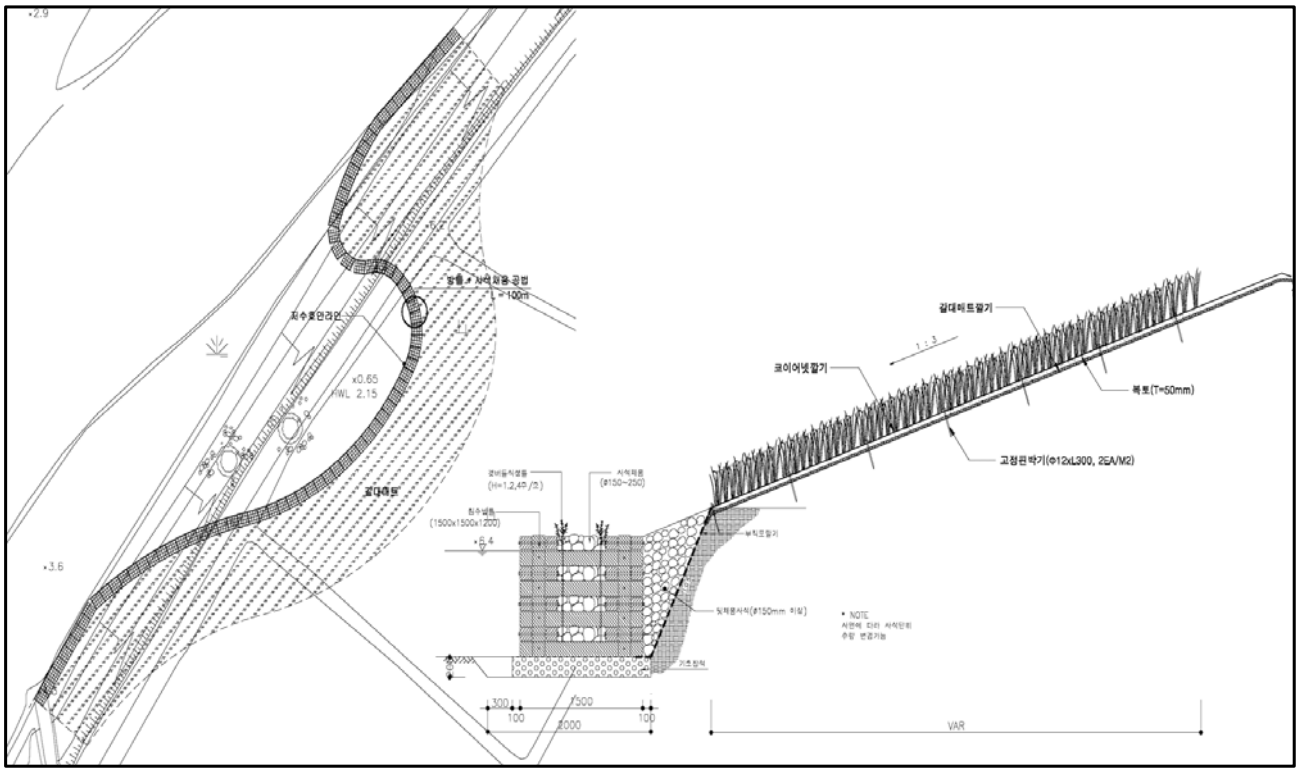
○ 수질정화수로



○ 수질정화습지

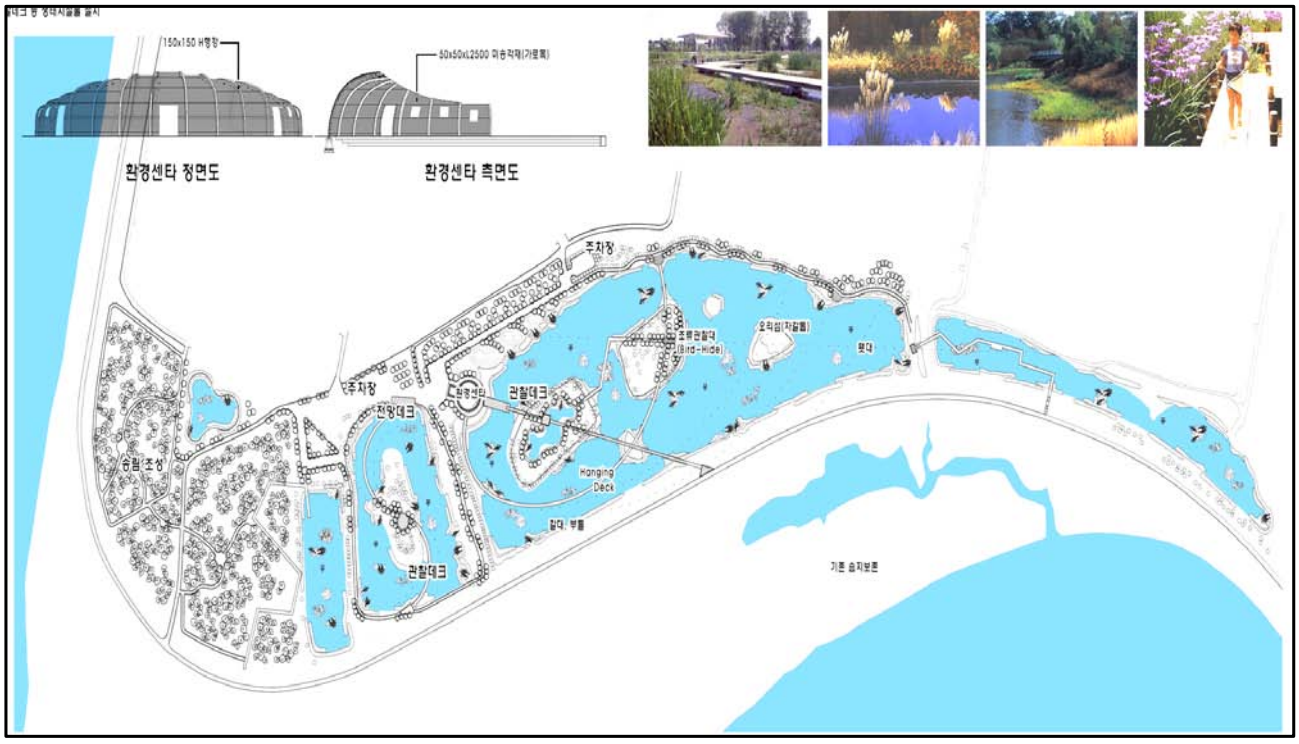


- 어류서식처

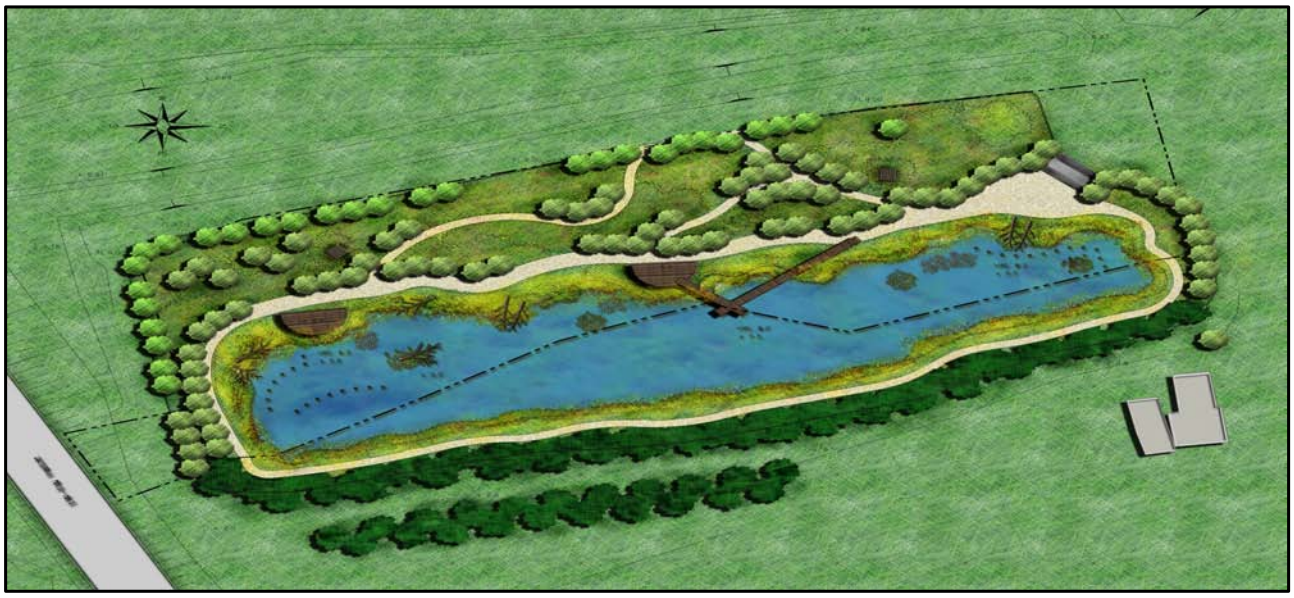


6) 폐천부지 활용방안

- 환경센터조성

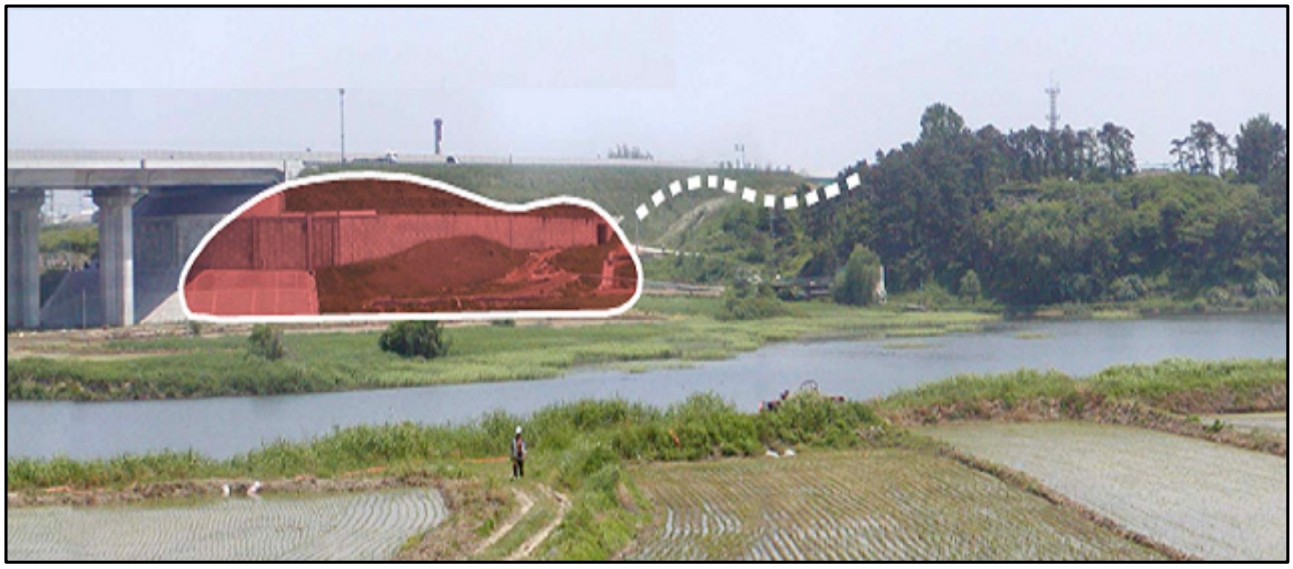


• 서탄습지원



7) 하천생태계 연결

• 수림대 조성



8.9 자연형 하천 유형별 공법

(1) 자연형 하천공법의 핵심은 형태의 자연형과 재료의 자연형

(2) 자연형 하천공법을 그 적용 위치와 기능에 따라 구분

1) 하도내 공법

2) 저수・고수호안 공법

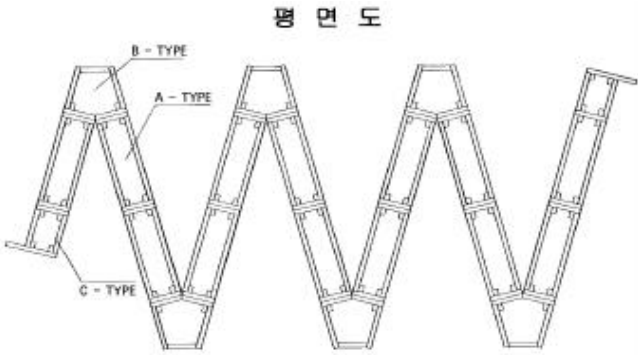
3) 천변습지 조성공법

<표 8.32> 하도계획 검토 흐름도 상세 내용

구 분		호안특성	사면경사	공법내용		
				비탈멈춤 (Toe)	비탈 덮기 (Slooe Preoaration)	식생재 피복공 (Veoetation Cover)
하도내 공법		V자형 여울	1:3~4	거석놓기	사석쌓기	-
		자연낙차보	-	잡석깔기	거석놓기	-
		나무말뚝+버드나무가지엮기 수제	1:1	버드나무류 가지 엮기	나무말뚝연이어 박기	버드나무류 가지 꺾꽂이
저수호안공법	사주부	윗가지 덮기 호안	1:3~4	나무말뚝박기 버드나무 가지 엮기	윗가지 덮기	물억새, 갈대 뗏장, 갈대망태
		섶단누이기 호안	1:2~3	섶단2단 누이기	녹색마대 쌓기	갈대 뗏장 갈대근경부
		나무말뚝+녹색마대 호안	1:2~3	나무말뚝 연이어 박기	녹색마대+ 야자섬유네트	갯버들 꺾꽂이 갈대 뗏장
		사석+C.R 호안	1:2~3	C.R+잡석채우기	J.N+사석쌓기	키버들 갯버들 꺾꽂이
	수충부	돌바구니 호안	1:1	사각돌바구니	시각돌바구니	갯버들 꺾꽂이
		사석쌓기 호안	1:2	사석깔기	사석쌓기	달뿌리풀
		녹색마대+돌망태	1:3	사석깔기+돌망태 평행나무말뚝박기	녹색마대+C.N 달뿌리풀 포기심기	달뿌리풀 포기심기
		돌망태+거석놓기	1:2	거석놓기+사석깔기 나무말뚝	C.N+사석쌓기 갯버들 꺾꽂이	갯버들 꺾꽂이
		나무방틀+갈대매트	1:3	나무방틀	갈대매트	갯버들, 갈대
	직선부	자연식생 재생형	1:2	-	-	갈대, 물억새 군락
		인위적인 식생하안	1:2	-	-	갈대 식재
		식생매트호안	1:1.5	사석깔기	식생매트	자연 식생
고수호안공법		고수호안(환경블럭)	-	기초 콘크리트	부직포+환경블럭+흙	평떼, 야생초화류
		고수 및 저수 호안 (어스박스)	-	기초 콘크리트	부직포+어스박스+흙	평떼, 야생초화류
천변습지조성		유입・유출부	1:2	타원형 돌망태 (40×80)	C.N+달뿌리풀	달뿌리풀 갯버들그루터기
		만곡부	1:4~8	C.R+나무말뚝	볏짚거적+갈대 근경부	부들, 갈대근경부 갈대 뗏장
		돌출부	1:2.5~4	C.R+나무말뚝	윗가지 덮기	물억새 포기심기

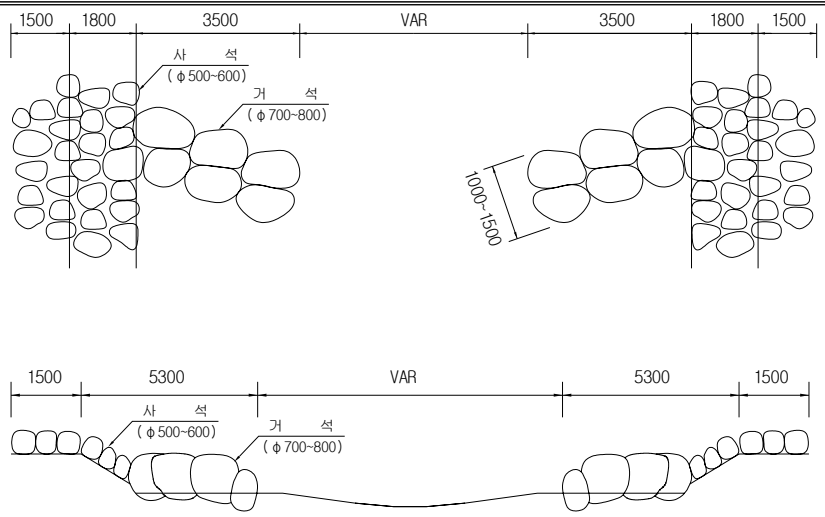
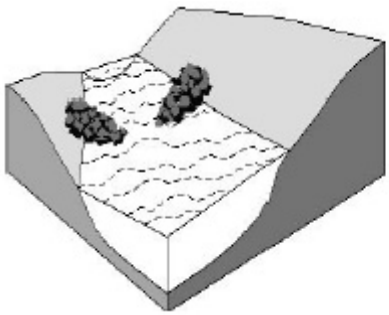
- C.R : Coir Roll(야자수섬유두루마리), C. N : Coir Net(야자섬유망), J.N : Jute Net(황마망), Gabion : 돌망태/사각돌바구니
- 주) 위의 공법들은 일부 산업재산권에 의해 보호를 받고 있으므로 그러한 공법들의 실제 적용시 유의하여야 함
- 자료 : 1) 하천복원가이드라인
  2) 지역여건을 고려한 자연형 호안공법의 선정방안 (국립방재연구소)

8.9.1 하도내 공법

<table>
<tr><td>구분</td><td>하도내 공법(자연형 래버린스 보, Labyrinth weir)</td></tr>
<tr><td>상세도</td><td>


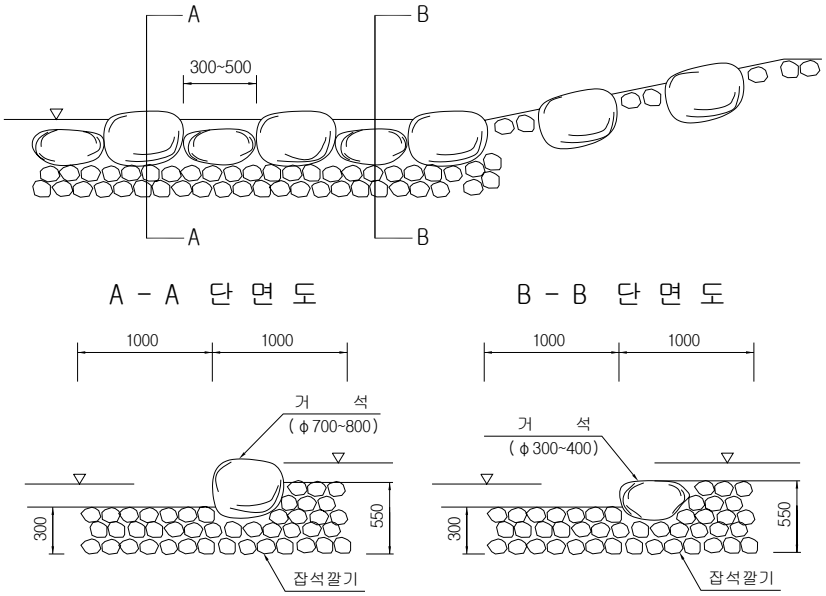
</td></tr>
<tr><td>시공사례</td><td>

</td></tr>
<tr><td>특성</td><td>
<table>
<tr><td>시공위치</td><td>수 충 부</td><td></td><td>비수충부</td><td>○</td><td>사 주 부</td><td></td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완 류</td><td>○</td><td>중 류</td><td>○</td><td>급 류</td><td>○</td></tr>
<tr><td>수리안정성 적용범위</td><td>평균유속</td><td></td><td></td><td>소 류 력</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>주요재료</td><td colspan="6">사석(ø300 ~ 500), 목재 또는 합성수지 각재</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>적용 및 유의사항</td><td>
• 자연형 래버린스 보는 평면형태를 연속적인 삼각형 또는 사각형으로 제작하여 제정 길이를 증가시켜 보를 월류하면서 높은 효율의 재폭기를 발생시키는 데 목적이 있다.
• 보의 상류 수위를 조절하는 보의 원래 목적을 유지하면서 기존의 직선형 보에 비해 큰 재폭기가 발생하여 하천의 용존산소를 증가시켜 수질 향상에 이바지한다.
• 콘크리트 재료가 아닌 목재 또는 합성수지 재료의 각재를 사용하여 보의 틀을 형성한 후 그 내부에 사석을 채워 보를 완성한다.
• 보의 내부에는 사석을 채우기 전에 부직포 등 방수재료를 설치하여 보의 수밀성을 확보한다.
• 보의 제정부에는 자연석을 부착하여 경관적인 요소를 살리며 월류수의 흐름을 분리시켜 높은 재폭기 효과를 갖게 한다.
• 보의 틀은 하상에 40cm이상 매설하고 보의 상류 쪽으로 하상재료를 채워 보가 전도 및 활동에 안정하도록 설치한다.
• 월류수가 낙하하는 보의 직하류에는 월류수로 인한 세굴 방지를 위해 사석을 설치한다.
</td></tr>
<tr><td>효과</td><td>
• 기존 보의 수위 조절 기능을 갖는 동시에 높은 재폭기 효과를 얻을 수 있다.
• 콘크리트 재료가 아닌 사석 등 자연형 재료를 사용하며 조립식으로 틀을 설치한 후 사석을 채우는 방법으로 시공되므로 공기가 단축되며 경제적이고 하천 환경에 대한 피해가 적다.
• 기존의 콘크리트 직선보에 비해 경관이 뛰어나다.
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>구분</td><td>하도내 공법(V형 여울)</td></tr>
<tr><td>상세도</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>시공사례</td><td>  </td></tr>
<tr><td>특성</td><td>
<table>
<tr><td>시공위치</td><td>수 충 부</td><td></td><td>비수충부</td><td>○</td><td>사 주 부</td><td></td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완 류</td><td></td><td>중 류</td><td>△</td><td>급 류</td><td>○</td></tr>
<tr><td>수리안정성 적용범위</td><td>평균유속</td><td></td><td></td><td>소 류 력</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>주요재료</td><td colspan="6">사석(ø500 ~ 600), 거석(ø700 ~ 800)</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>적용 및 유의사항</td><td>• V형 여울(일명 날개 수제)는 인공 여울의 한 형태이지만 하상의 전 부분에 설치하는 구조물이 아니고, 하안부분에서 하도 중앙까지의 일정 부분에만 설치된다.
• V형 여울 조성시에는 수류가 집중되는 하도 중앙부의 안정성에 유의하여야 하는데, 저수로 강턱 유속을 구하여 적정한 돌의 크기를 선정하여야 한다.
• 소의 서식처가 부족하여 물리적 서식처 다양성이 낮은 수로에 적용 가능하다.
• 호안 사면은 사석(ϕ500~600)을 쌓는다. 단 예상되는 세굴에 기초하여 크기가 결정되어야 한다.
• 유로방향으로 수류의 110° 각도로 거석(ϕ700~800)을 하도 중앙까지 양쪽에서 쌓는다. (하폭, 경사에 따라 길이나 높이를 조절하면 보처럼 되어 상류수위를 조절할 수 있다)
• 모래하상에서는 수제의 침식을 방지하기 위하여 필터층 또는 토목섬유(geotextile)를 수제 하단에 설치한다.
• 구조적 다양성과 굴곡을 만들기 위하여 연속적으로 설치될 수 있다.</td></tr>
<tr><td>효과</td><td>• V형 여울은 일반적인 여울의 하안 보호 효과와 동시에 주된 목적은 어류 서식처를 조성하는데 있다.
• 여울의 중앙 직하류부에는 수류가 집중되어 수심이 깊은 웅덩이가 형성된다. 이 웅덩이는 갈수시에 어류들의 서식처 또는 피난처로서의 역할을 하게 된다.</td></tr>
</table>

구분	하도내 공법(자연형 보)

상세도



시공사례

특성

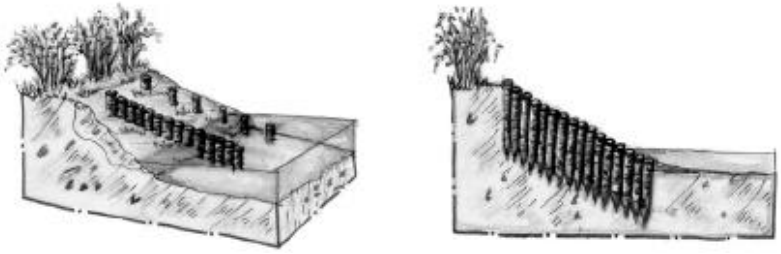
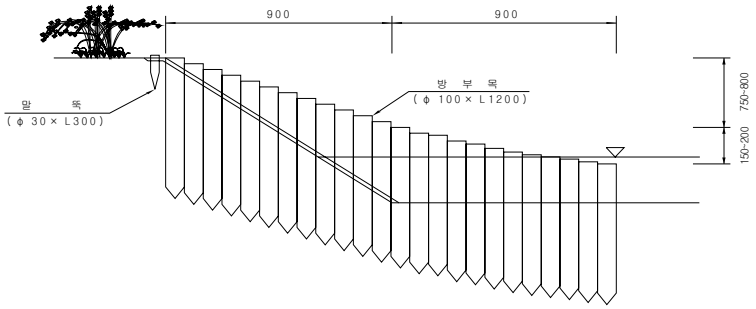
시공위치	수 충 부		비수충부	○	사 주 부	
하상경사	완 류		중 류	△	급 류	○
수리안정성 적용범위	평균유속			소 류 력		
주요재료	잡석, 거석(ø300 ~ 400, ø700 ~ 800)					

적용 및 유의사항

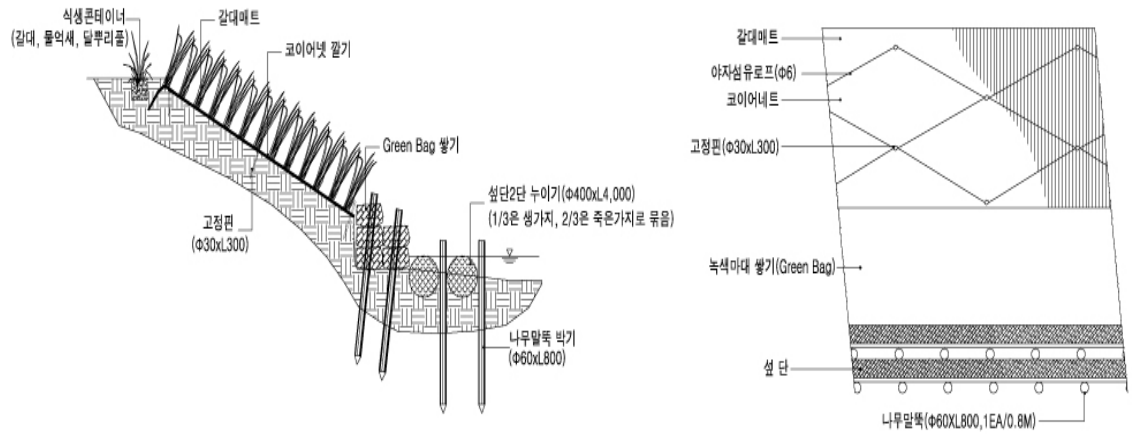
- 자연형 보는 홍수시 보다는 갈수시 또는 평수시에 수생 식물의 이동이 용이한 형태로서 고안해야 하고, 홍수시에 대해서는 안정성에 대해 고려해야 한다.
- 각종 용수의 취수, 수운 등을 위하여 수위를 높이기 위하여 하천을 횡단하여 설치하는 시설이다.
- 보의 형태는 직선형이 아닌 곡선형으로 설치하여 단조로움을 피하고, 어류의 통행에 지장이 없도록 높이를 조정한다.
- 하상은 터파기 후 높이 0.55 m, 길이 1 m 가량 잡석을 갈고, 거석(ϕ300 ~ 400)과 거석(ϕ700 ~ 800)을 0.3 ~ 0.5 m 간격으로 교대로 놓는다.
- 하류부에 V, U형태는 특별한 기능을 할 수 있지만 견고성에 신경을 써야 한다.
- 수류 방향의 직각으로 배열시에는 상류에 배수가 형성된다.
- 사선으로 배열시에는 하류부에 세굴과 퇴적 작용이 반복된다.

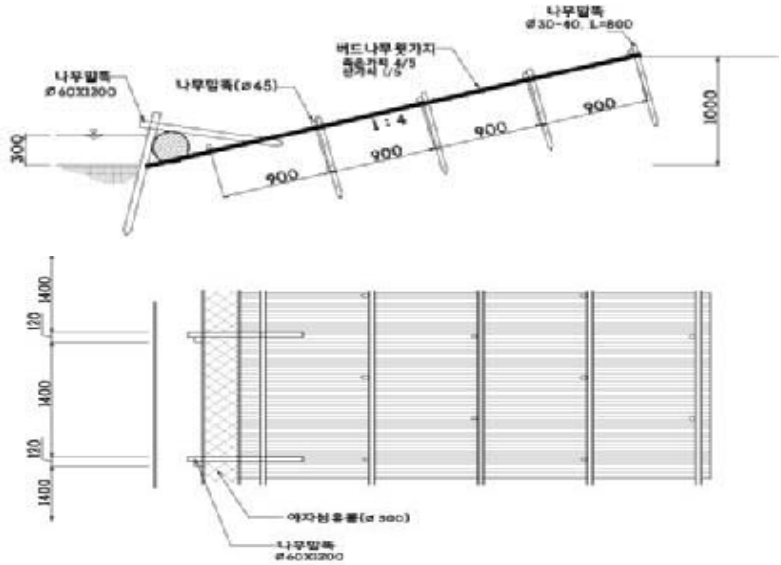
효과

- 단순한 수로에서는 구조적, 수리적으로 다양성을 갖춘다.
- 징검다리의 기능이 있으면 친수성을 높힌다.
- 상류부에 V, U형태는 하중주를 제공하고, 어류의 서식처, 휴식처, 이동통로로서의 역할을 한다.
- 양쪽보다 중앙부를 낮게 하면 집중된 저수위를 유지할 수 있다.

<table>
<tr><td>구분</td><td>하도내 공법(호안기능 병행 : 나무말뚝 수제 + 버드나무가지 엮기)</td></tr>
<tr><td>예시도</td><td>  </td></tr>
<tr><td>상세도</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>시공사례</td><td> </td></tr>
<tr><td>특성</td><td>
<table>
<tr><td>시공위치</td><td>수 충 부</td><td></td><td>비수충부</td><td>○</td><td>사 주 부</td><td></td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완 류</td><td></td><td>중 류</td><td>△</td><td>급 류</td><td>○</td></tr>
<tr><td>수리안정성 적용범위</td><td>평균유속</td><td colspan="2"></td><td>소 류 력</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>주요재료</td><td colspan="6">나무말뚝(ø60×L800, ø90×L900, ø100~200×L1,200)+C.N(ø5, 20×20)</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>적용 및 유의사항</td><td>• 강한 집중류가 직접 닿는 하안에 집중적인 침식이 예상되는 부위
• 살아있는 가지로 위가 직선으로 잘리고, 아래가 뾰족하게 잘리며, 가능한 굽지 않은 방부목(ø100~200 × L1,200)을 연이어 수류에 비스듬하게 수평축으로 10~30° 정도 기울어지게 줄을 지어 박고 줄간격을 1m로 한다.
• 단, 사면부는 분해 가능한 C.N(ø5, 20×20)을 깔고, 사면에 말뚝길이의 ⅔만으로 토양에 꽂는다.
• 중간수위선 아래로 최대 1 m까지 말뚝수제가 나와야 한다.
• 나무말뚝(ø60×L800, ø90×L900)을 0.6~1 m 간격으로 박고 그 사이에 둥근 끝을 가진 새싹이 날 수 있는 최소한 1.2 m 길이의 눈이 달린 버드나무류의 길고 탄력성이 있는 가지를 땅에 꽂고 바구니 만드는 방법으로 3단 엮는다.
• 1~2 m 길이와 3~8 cm 직경인 버드나무류 가지의 말뚝으로 수제의 높이는 보통 0.3~0.8 m이다.</td></tr>
<tr><td>효과</td><td>• 하안으로 향하는 유로의 방향을 하천중심부 방향으로 제어함으로써 하안의 국부적인 세굴을 방지한다.
• 유로의 사행이나 여울, 소의 조성이 가능하고 하상의 분급을 유도할 수 있어 수서생물의 서식처로써 기능할 수 있게 한다.
• 집중적으로 침식 위험이 있는 제방에 적용하면 파손으로부터 보호가능하며, 토양안정 효과가 높다.
• 버드나무류 가지의 생장에 녹화를 도모하고 또한 수면, 수중부의 다공질 공간은 어류, 수생곤충, 조류의 양호한 서식장소의 창출이 가능하다.</td></tr>
</table>

8.9.2 저수호안공법

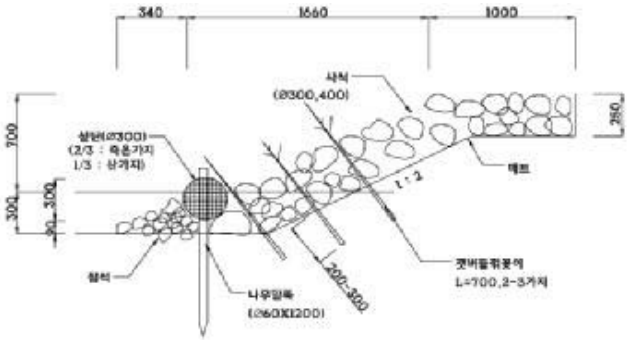
<table>
<tr><td>구분</td><td colspan="6">저수호안(섶단 호안+갈대매트)</td></tr>
<tr><td>상세도</td><td colspan="6"> 
</td></tr>
<tr><td>시공사례</td><td colspan="6"> </td></tr>
<tr><td rowspan="4">특성</td><td>시공위치</td><td>수 충 부</td><td></td><td>비수충부</td><td>○</td><td>사 주 부</td><td>○</td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완 류</td><td>○</td><td>중 류</td><td>○</td><td>급 류</td><td></td></tr>
<tr><td>수리안정성
적용범위</td><td>평균유속</td><td colspan="2">• 0.2m/sec 내외
• 수심 0.15m 내외</td><td>소 류 력</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>주요재료</td><td colspan="5">• 기단부 : 섶단2단 누이기 • 사면 : 녹색마대 쌓기(Green bag)
• 식재 : 갈대 뗏장, 갈대근경부</td></tr>
<tr><td>적용및유의사항</td><td colspan="6">• 표토를 제거하고 약 20개의 가지로 만든 섶단(ø40, 윗 부분 1/3은 생가지로, 아래 2/3는 죽은 가지로)은 각각의 길이 4m로, 1m마다 열처리한 아연도 철선으로 묶어준다
• 섶단을 놓을 도랑은 넓이 0.5m, 깊이는 섶단 직경의 2/3로 파고, 각 섶단의 끝을 약20~25cm 쯤 서로 맞물리게 놓는다.
• 각단을 고정하기 위해 나무말뚝(ø60×L800)을 약 80cm 정도의 간격으로 흐름 방향으로 박는다.
• 절토 사면부에는 분해 가능한 J.N(ø5, 20×20)을 깔고 핀(ø30×L300, 3개/m^2)으로 고정시킨 후 사석(ø300~400)을 채워놓고 사이사이에 자갈류(ø8~20cm, ø0.2~2cm)를 끼워놓고 유실을 방지하기 위해 포개어 쌓는다.
• 포갠 틈 사이에 토양에 직접 접하도록 갯버들(L900, 2~2개)을 꽂아 넣는다.
• 삽수길이는 지상부 15cm, 지하부 35cm가 확보 되도록 하고 지하부 10cm 부분에 환상박피한다. 선단부와 환상박피부는 1BA(3-indole butyric acid)를 사용한 고농도 순간 침지법으로 처리한다.</td></tr>
<tr><td>효과</td><td colspan="6">• 갈대 근경부가 활착하게 되면 하안의 침식, 세굴방지 효과가 나타나게 되며 정수식물군락의 형성으로 하천생태계의 재생에 매개역할을 하게 된다.
• 유속을 감소시켜 침전을 촉진시키며 범람시 줄기가 누워 통수단면을 확보해 준다.</td></tr>
</table>

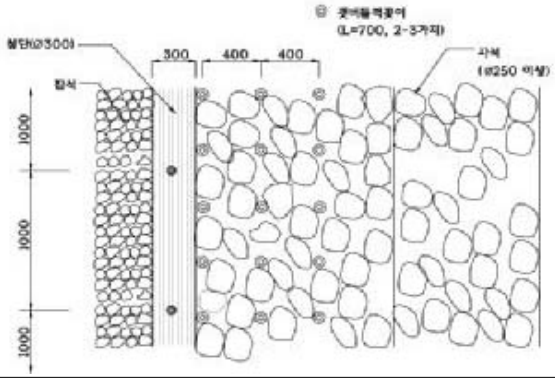
<table>
<tr><td>구분</td><td>하도내 공법(윗가지덮기 호안)</td></tr>
<tr><td>상
세
도</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>시
공
사
례</td><td>

</td></tr>
<tr><td>특
성</td><td>
<table>
<tr><td>시공위치</td><td>수 충 부</td><td></td><td>비 수 충 부</td><td></td><td>사 주 부</td><td>○</td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완 류</td><td>○</td><td>중 류</td><td>○</td><td>급 류</td><td></td></tr>
<tr><td>수리안정성
적용범위</td><td>평 균 유 속</td><td colspan="2">·0.15m/sec 내외
·수심 0.1m 내외</td><td>소 류 력</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>주요재료</td><td colspan="6">·기단부 : 나무말뚝 + 버드나무가지 엮기 ·사면 : 윗가지덮기(Wattling)
·식재 : 물억새, 갈대 뗏장, 갈대 망태</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>적
용
및
유
의
사
항</td><td>·유속이 느려 유사의 퇴적이 예상되는 구간에 적용한다.
·나무말뚝(ø60×L800, ø90×L900)을 0.3 ~ 0.8m의 간격으로 사면에 비스듬하게 박고, 쉽게 휠 수 있는 버드나무 가지를 3단으로 엮는다. 망의 높이는 0.3 ~ 0.8m이다.
·기단부에 원통형 갈대망태는 수면으로부터 5 ~ 7cm 나와야 하고, 고정시키기 위해 1m 길이의 나무말뚝을 깊이 박아 2 ~ 3cm 정도 수면에 나오게 한다.
·윗가지 덮기는 뿌리를 쉽게 뻗고, 곧고 길며, 탄력있는 다양한 버드나무류의 가지(L 1,000, THK30)정도의 길이를 사용하여 두겹 겹쳐서 짧고, 20cm 간격으로 생 가지와 마른 가지를 번갈아 덮어준다. 이 때 생 가지는 반드시 휘묻이 하여준다.
·평면 위에 2줄 혹은 여러 줄로 나무말뚝(ø45×L500)을 박고 0.1 ~ 0.2m 정도 토양 위로 나오도록 한다.
·말뚝 이면에 원목(ø45)으로 고정시키고, 각 나무말뚝을 아연도 철선(ø0.9:#20)으로 팽팽하게 연결한다.
·말뚝 사이의 간격은 사면의 기울기와 토양, 하천의 종류에 따라 0.7 ~ 1m 사이에서 결정한다.
·사면 상단부에 토양유실 방지와 안정화를 위해 J.N을 깔고 물억새, 갈대 Sod는 퇴적물 제거한 후에 0.5m 간격으로 식재하고 돌로 가볍게 눌러준다.</td></tr>
<tr><td>효
과</td><td>·윗가지 덮기는 법면의 보호공으로 자주 사용되어온 재래공법의 일종으로, 시공이 용이하며 쉽게 휘어지므로 하상재료가 사질인 종류·완류 하천에 적당하다.
·기타 다양한 종류의 습생식물의 식재가 가능하게 되며, 생물에 의해 다양한 서식환경의 창출이 기대된다.
·수림이 밀생하면 친수성이 떨어지게 되므로 적절한 벌채, 가지치기 등에 의해 친수성을 확보할 수 있도록 한다.</td></tr>
</table>

구분	저수호안 (사석 + 섶단+ 갯버들 호안)

상세도





시공사례

특성

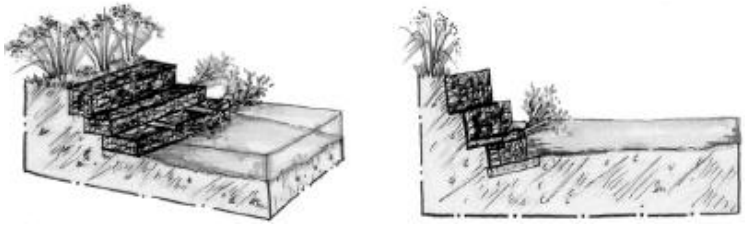
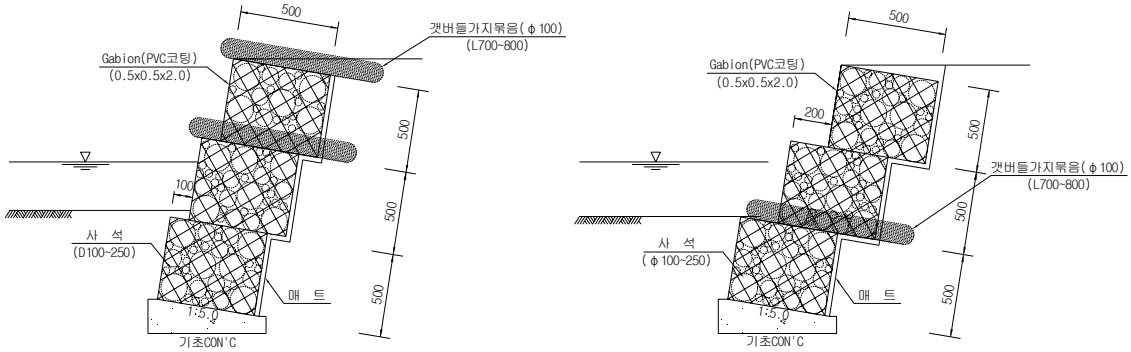
시공위치	수 충 부		비 수 충 부	○	사 주 부	○
하상경사	완 류	○	중 류	△	급 류	
수리안정성 적용범위	평 균 유 속			소 류 력		
주요재료	·기단부 : C.R(ø300×L4,000) + 방부목(ø60×L1,200) ·사면부 : J.N+사석(ø250이상)+갯버들, 키버들(4:1 혼합식재) ·식재 : 갯버들, 키버들(4:1 혼합식재)					

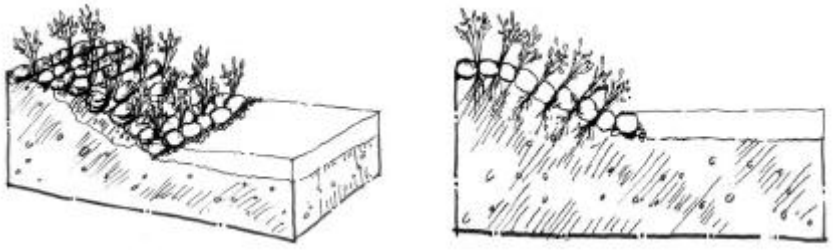
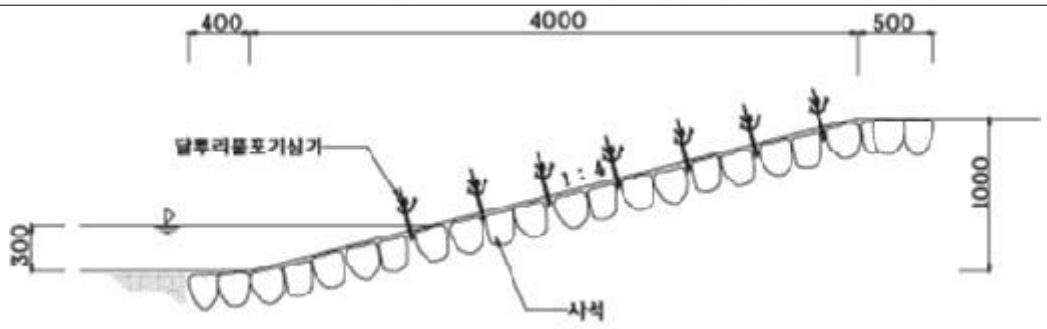
적용의 사 및 항

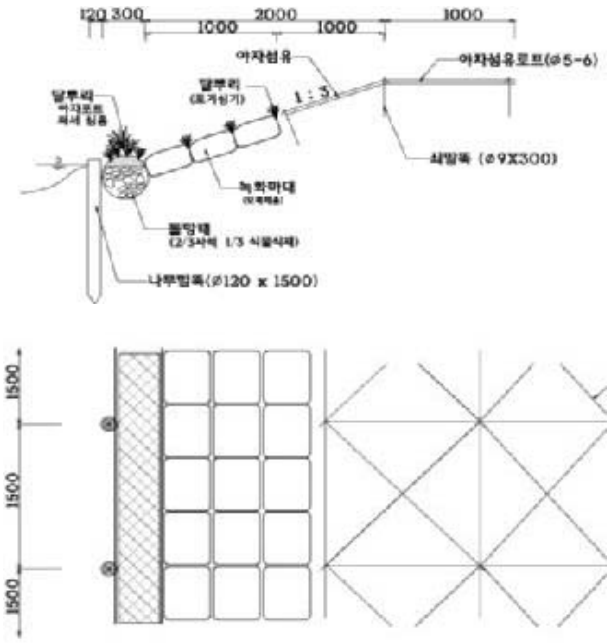
·하안 세굴 방지를 위해 기단부에는 호박돌(ø150 ~ 200)을 채워 놓고, 그 위에 C.R(ø300×L4,000)을 누이며, 방부목(ø60×L1,200)으로 ㄱ자형 틀을 짜서 1.5m 간격으로 세우고 C.R을 고정시킨다.
·절토사면부에는 분해 가능한 J.N(ø5, 20×20)을 깔고 핀(ø30×L300, 3개/m^2)으로 고정시킨 후 사석(ø250이상)을 채워놓고 사이사이에 자갈류(ø8 ~ 20cm, ø2 ~ 8cm, ø0.2 ~ 2cm)를 끼워놓고 유실을 방지하기 위해 포개어 쌓는다.
·포갠 틈 사이에 토양에 직접 접하도록 갯버들, 키버들(4:1 혼합식재)을 꽂아 넣는다.

효과

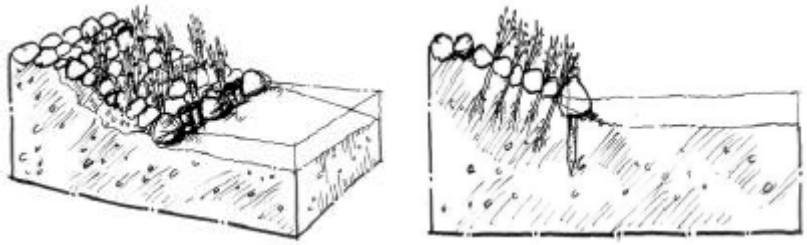
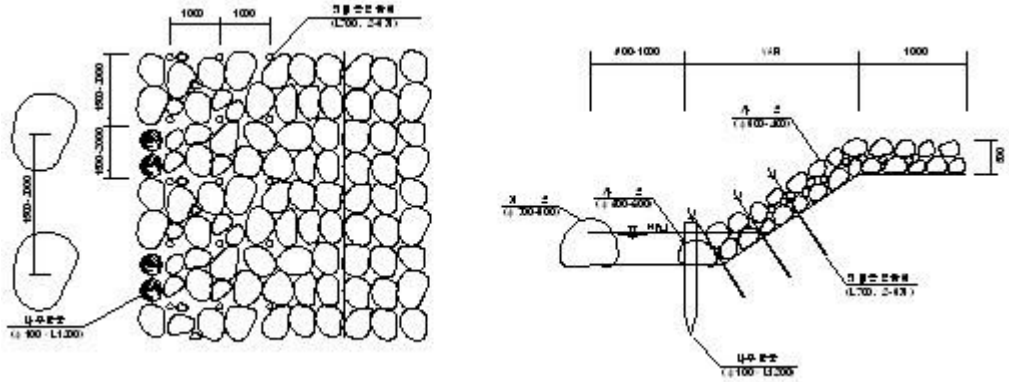
·ㄱ자형 나무말뚝은 야자섬유두루마리가 안정될 때까지 안정적으로 고정시켜 주며, 토양유실을 방지한다.
·다양한 정수식물의 발생기반이 되고, 후속적으로 수서곤충류와 어류의 양호한 서식환경이 될 수 있다.
·정수식물이 활착하게 되면 호안의 침식, 세굴방지 효과가 나타나게 되며 정수식물군락의 형성으로 하천 생태계의 재생에 매개역할을 하게 된다.
·유속을 감소시켜 침전을 촉진시키며 범람시 줄기가 누워 통수단면을 확보해 준다.

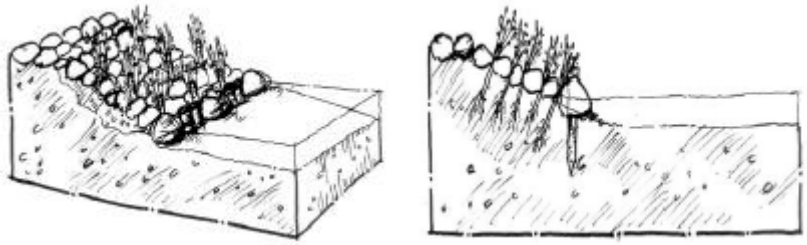
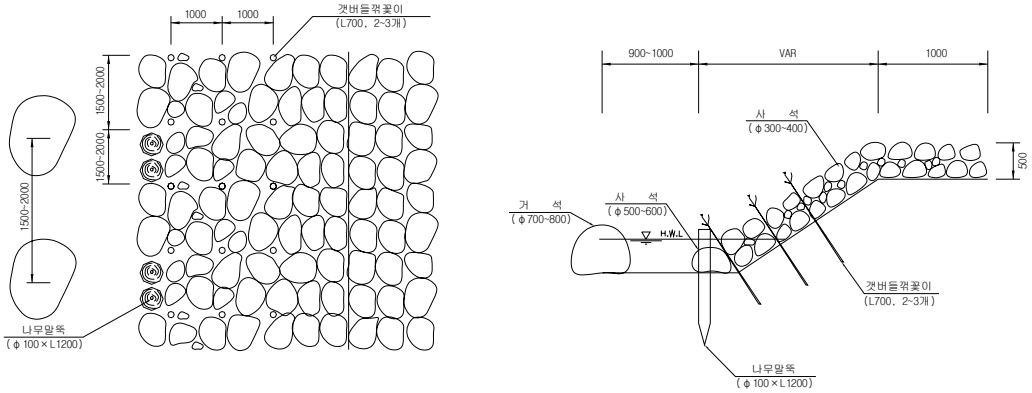
<table>
<tr><td>구분</td><td>저수호안 (돌바구니 호안)</td></tr>
<tr><td>예시도</td><td>  </td></tr>
<tr><td>상세도</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>시공사례</td><td> </td></tr>
<tr><td>특성</td><td>
<table>
<tr><td>시공위치</td><td>수 충 부</td><td>○</td><td>비 수 충 부</td><td></td><td>사 주 부</td><td></td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완 류</td><td></td><td>중 류</td><td></td><td>급 류</td><td>○</td></tr>
<tr><td>수리안정성 적용범위</td><td>평 균 유 속</td><td colspan="2"></td><td>소 류 력</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>주요재료</td><td colspan="6">·사석(ø150 ~ 200), 사각 돌바구니(ø450×L2,000), 부직포
·식재 : 갯버들 가지 묶음(ø100, L700 ~ 800)</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>적용 및 유의사항</td><td>·하천선형의 변화가 가장 심한 곳으로 하안경사가 비교적 급한 곳으로 사석보다는 돌망태가 치수적인 측면에서 유리하다.
·아연도금철선으로 촘촘하게 짠 격자모양의 사각바구니(0.5×0.5×2.0) 철망이 놓여지고 설치한 후에 물에 감기는 것을 막기 위하여 경우에 따라 필터구조가 필요하다.
·저수로 기단부에는 하안 세굴 방지를 위해 사석(ø150 ~ 200)을 채워 놓고, 철망에 돌과 자갈, 살아있는 가지물 혹은 잡목을 담아 완성된 사각 돌바구니(ø450×L2,000)를 부직포를 깐 사면부에 누이고 나무말뚝으로 고정시킨다.
·돌바구니 사이에 직경 10cm, 길이 50cm 정도의 PVC 파이프를 이용하여 갯버들 가지 묶음 (ø100, L700 ~ 800)을 수평으로 끼워 놓는다.</td></tr>
<tr><td>효과</td><td>·돌바구니 사이사이에는 갯버들을 꺾꽂이하여 호안의 안정성 향상과 생태계 보호를 도모한다.
·집중적으로 침식 위험이 있는 기단부에 적용하면 파손으로부터 보호가 가능하며, 토양안정 효과가 높다.
·기단부가 세굴로부터 보호된 호안부에 갈대 등을 식재하여 식생이 정착하고 환경이 안정됨에 따라 다른 많은 종류의 식생이 자연발생 가능하게 되며, 생물에 의한 양호하고 다양한 서식환경을 창출하게 된다.
·돌망태는 소류력에 의한 하상부의 세굴 저감효과와 다공질 공간을 확보한다.
·시공 후에 갯버들이 생장함에 따라 양호한 자연수림 경관을 이룰 수 있다.</td></tr>
</table>

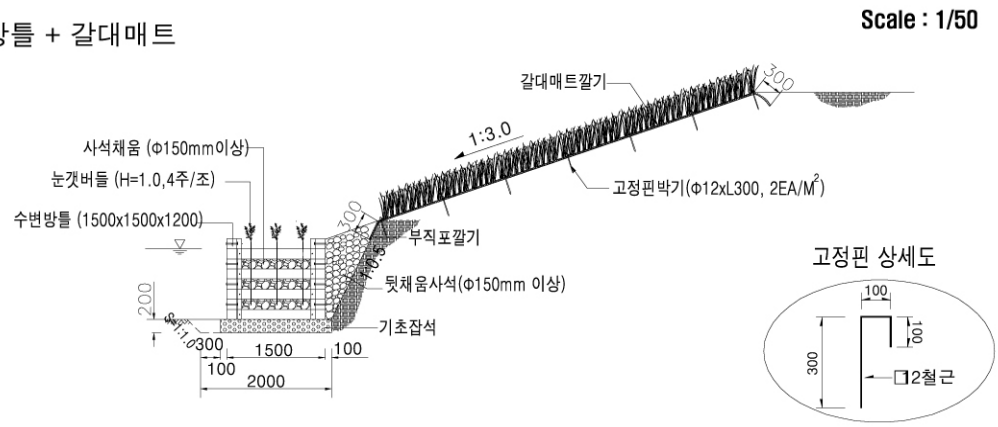
<table>
<tr><td>구분</td><td>저수호안 (사석쌓기 호안)</td></tr>
<tr><td>예시도</td><td>  </td></tr>
<tr><td>상세도</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>시공사례</td><td> </td></tr>
<tr><td>특성</td><td>
<table>
<tr><td>시공위치</td><td>수 충 부</td><td></td><td>비 수 충 부</td><td>○</td><td>사 주 부</td><td>△</td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완 류</td><td>△</td><td>중 류</td><td>○</td><td>급 류</td><td></td></tr>
<tr><td>수리안정성 적용범위</td><td>평 균 유 속</td><td colspan="2"></td><td>소 류 력</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>주요재료</td><td colspan="6">·기단부 : 나무말뚝(ø100×L1,200), 사석
·사면부 : 사석(ø250이상) + 달뿌리풀 포기심기</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>적용및유의사항</td><td>·사석쌓기 호안은 비수충부 공법으로 자연성을 강조하여 토양을 기타의 보호장치 없이 그대로 노출시키는 공법이다.
·하안의 경사가 1:4로 완만하고 하천의 선형상 유사와 퇴적이 기대되는 지점에 본 공법을 적용한다. 호안의 토양이 유실되더라도 기단부의 사석이 있어 더 이상의 세굴을 방지할 수 있다.
·호안의 기단부에 부직포를 깔고, 사석(ø250이상)을 채우고 사이사이에 자갈류(ø8 ~ 20cm, ø2 ~ 8cm, ø0.2 ~ 2cm)를 끼워놓고 유실을 방지하기 위해 포개어 쌓는다.
·포갠 틈 사이에 토양에 직접 접하도록 달뿌리풀 포기심기를 한다.</td></tr>
<tr><td>효과</td><td>·사석으로 메쌓기를 하여 경관과 친수성을 증진시킨다.
·빠른 유속을 완화시키고 돌과 하층토 사이의 밀접한 관계를 형성한다.
·석재사이에 사력질 등이 퇴적되면 자연적으로 초본류, 수생식물이 생장하여 녹음이 조성되어 양호한 하안이 창출된다.
·하안부의 세굴 저감 효과나 다공질 공간의 확보가 가능하다.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>구분</td><td>저수호안 (녹색마대 + 돌망태 호안)</td></tr>
<tr><td>상세도</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>시공사례</td><td>

</td></tr>
<tr><td>특성</td><td>
<table>
<tr><td>시공위치</td><td>수 충 부</td><td></td><td>비 수 충 부</td><td>○</td><td>사 주 부</td><td></td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완 류</td><td></td><td>중 류</td><td>△</td><td>급 류</td><td>○</td></tr>
<tr><td>수리안정성 적용범위</td><td>평 균 유 속</td><td colspan="2"></td><td>소 류 력</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>주요재료</td><td colspan="6">·기단부 : 돌망태(ø600×L2,000) + 나무말뚝(ø60×L800)
·사면부 : 녹색마대 + C.N
·식재 : 달뿌리풀 포기심기</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>적용및유의사항</td><td>·저수로 기단부에는 하안 세굴 방지를 위해 사석(ø150 ~ 200)을 채워 놓고 나무말뚝(ø60×L800)을 1.5m 간격으로 박고 돌망태(ø600×L2,000)를 가로놓는다.
·원통형 돌망태는 2/3는 사석을 채우고 1/3은 달뿌리풀을 식재하고 수면으로부터 5 ~ 7cm 나와야 한다.
·녹색마대(61cm×41cm, 100% Coir로 제작)에 모래나 굵은 토양을 채워 넣고, 호안사면부에 주머니를 3단 누인 뒤 말뚝(ø45×L800)으로 고정시키고, 마대 사이사이에 달뿌리풀을 토양과 직접 접하도록 포기심기를 한다.
·사면상단부(1:3)에는 분해 가능한 C.N(ø5, 20×20)을 깔고 핀(ø10×L500, 3개/m^2)과 야자섬유로프(ø5 ~ 6, 100% Coir)로 제작으로 고정시킨다.</td></tr>
<tr><td>효과</td><td>·달뿌리풀 등 정수식물을 식재하고 하안부에서 고수부지에 걸쳐 환경의 다양성을 높인다.
·식생의 안정된 활착을 도와주며, 군락을 형성하면 호안 보호효과가 생겨 침식을 조절한다.</td></tr>
</table>

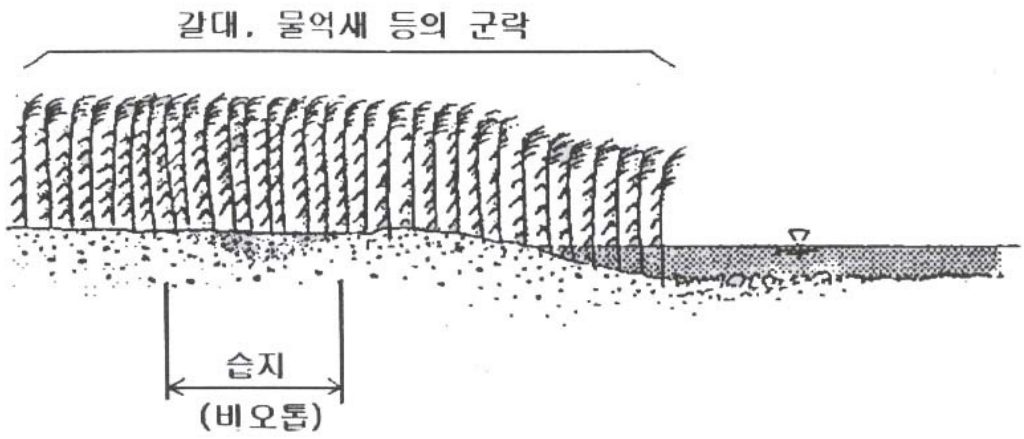
<table>
<tr><td>구분</td><td>저수호안 (사석 + 거석놓기 호안)</td></tr>
<tr><td>예시도</td><td>  </td></tr>
<tr><td>상세도</td><td>  </td></tr>
<tr><td>시공사례</td><td> </td></tr>
<tr><td>특성</td><td>
<table>
<tr><td>시공위치</td><td>수 충 부</td><td>○</td><td>비 수 충 부</td><td></td><td>사 주 부</td><td></td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완 류</td><td></td><td>중 류</td><td></td><td>급 류</td><td>○</td></tr>
<tr><td>수리안정성 적용범위</td><td>평 균 유 속</td><td colspan="2"></td><td>소 류 력</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>주요재료</td><td colspan="6">·기단부 : 거석(ø700 ~ 800), 사석(ø500 ~ 600), 나무말뚝(ø100×L1,200)
·사면부 : C.N(ø5, 20×20), 사석(ø300 ~ 400), 자갈류(ø8 ~ 20cm, ø2 ~ 8cm, ø0.2 ~ 2cm)
·식재 : 갯버들(L700, 2 ~ 3개)가지 꺾꽂이</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>적용및유의사항</td><td>·하도내에 거석(ø700 ~ 800)을 1.5 ~ 2m 간격으로 배치한다.
·기단부에는 사석을 깔고 그 위에 사석(ø500 ~ 600)과 나무말뚝(ø100×L1,200) 2 ~ 3개는 단차를 줘 0.6 ~ 1m 간격으로 번갈아 놓는다.
·사면부(1:2)는 분해 가능한 C.N(ø5, 20×20)을 깔고 핀(ø30×L300, 3개/m^2)으로 고정시킨 후 사석(ø300 ~ 400)을 채워놓고 사이사이에 자갈류(ø8 ~ 20cm, ø2 ~ 8cm, ø0.2 ~ 2cm)를 끼워놓고 유실을 방지하기 위해 포개어 쌓는다.
·포갠 틈 사이에 토양에 직접 접하도록 갯버들(L700, 2 ~ 3개) 가지를 꽂아 넣는다.
·시공 후에 사석 메쌓기 사이에서 녹색화가 진행된다.</td></tr>
<tr><td>효과</td><td>·사석 사이사이에는 갯버들을 꺾꽂이하여 하안의 안정성 향상과 생태계 보호를 도모한다.
·집중적으로 침식 위험이 있는 기단부에 적용하면 파손으로부터 보호가 가능하며, 토양안정 효과가 높다.
·하도내 거석에 의해 하도내의 수심과 유속이 다양하게 되어 생물상이 다양해진다.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>구분</td><td>저수호안 (사석 + 거석놓기 호안)</td></tr>
<tr><td>예시도</td><td>  </td></tr>
<tr><td>상세도</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>시공사례</td><td> </td></tr>
<tr><td>특성</td><td>
<table>
<tr><td>시공위치</td><td>수 충 부</td><td>○</td><td>비수충부</td><td></td><td>사 주 부</td><td></td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완 류</td><td></td><td>중 류</td><td></td><td>급 류</td><td>○</td></tr>
<tr><td>수리안정성 적용범위</td><td>평균유속</td><td colspan="2"></td><td>소 류 력</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>주요재료</td><td colspan="6">• 기단부 : 거석(ø700~800), 사석(ø500~600), 나무말뚝(ø100×L1,200)
• 사면부 : C.N(ø5, 20×20), 사석(ø300~400), 자갈류(ø8~20cm, ø2~8cm, ø0.2~2cm)
• 식재 : 갯버들(L700, 2~3개)가지 꺾꽂이</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>적용및유의사항</td><td>• 하도내에 거석(ø700~800)을 1.5~2m 간격으로 배치한다.
• 기단부에는 사석을 깔고 그 위에 사석(ø500~600)과 나무말뚝(ø100×L1,200) 2~3개는 단차를 줘 0.6~1m 간격으로 번갈아 놓는다.
• 사면부(1:2)는 분해 가능한 C.N(ø5, 20×20)을 깔고 핀(ø30×L300, 3개/m^2)으로 고정시킨 후 사석(ø300~400)을 채워놓고 사이사이에 자갈류(ø8~20cm, ø2~8cm, ø0.2~2cm)를 끼워놓고 유실을 방지하기 위해 포개어 쌓는다.
• 포갠 틈 사이에 토양에 직접 접하도록 갯버들(L700, 2~3개) 가지를 꽂아 넣는다.
• 시공 후에 사석 메쌓기 사이에서 녹색화가 진행된다.</td></tr>
<tr><td>효과</td><td>• 사석 사이사이에는 갯버들을 꺾꽂이하여 하안의 안정성 향상과 생태계 보호를 도모한다.
• 집중적으로 침식 위험이 있는 기단부에 적용하면 파손으로부터 보호가 가능하며, 토양안정 효과가 높다.
• 하도내 거석에 의해 하도내의 수심과 유속이 다양하게 되어 생물상이 다양해진다.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>구분</td><td>저수호안 (나무방틀+갈대매트 호안)</td></tr>
<tr><td>상세도</td><td>


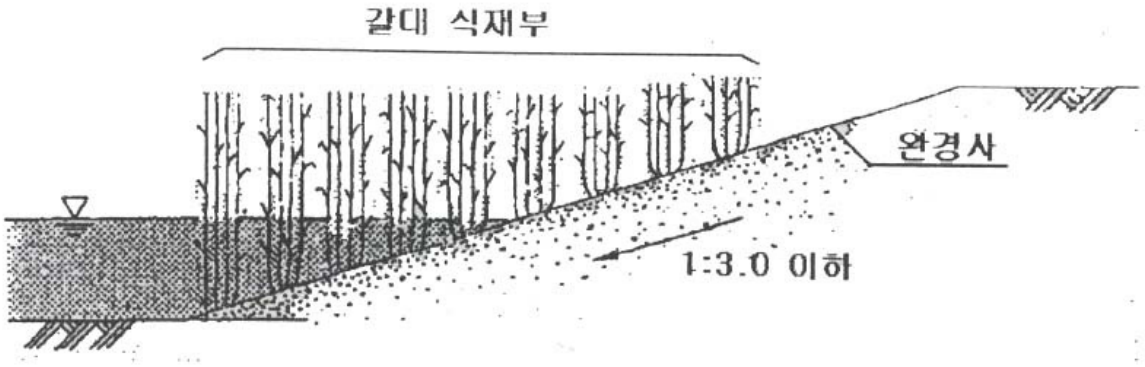
</td></tr>
<tr><td>시공사례</td><td>

</td></tr>
<tr><td>특성</td><td>
<table>
<tr><td>시공위치</td><td>수 충 부</td><td>○</td><td>비수충부</td><td></td><td>사 주 부</td><td></td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완 류</td><td></td><td>중 류</td><td></td><td>급 류</td><td>○</td></tr>
<tr><td>수리안정성 적용범위</td><td>평균유속</td><td colspan="2"></td><td>소 류 력</td><td colspan="2">10~60kg/m²</td></tr>
<tr><td>주요재료</td><td colspan="6">• 기단부 : 외송각재 방부목 1500×1500×600(900,1200)
• 식재 : 갯버들, 갈대, 줄, 노랑꽃 창포 등</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>적용및유의사항</td><td>• 수위의 상승이 격심한 구간으 부식의 진행이 빠르므로 나무방틀의 소재를 방부처리하는 등의 조치가 필요
• 돌의 크기가 너무 작으면 흡출에 의한 공극이 발생하므로 나무틀의 크기와 돌의 크기에 유의해야 함
• 홍수시 어류의 피난처 및 서식처 제공 가능</td></tr>
<tr><td>효과</td><td>• 수충부에 작용하는 소류력을 채움석의 통수성으로 완화
• 채움석의 다공질 공극은 어소(魚巢)의 기능과 수질의 자연 정화 기능을 촉진
• 친수공간 조성 및 미려한 도시 하천경관을 창출
• 현장설치 및 조립을 최소화하고 독립형으로 설치될 수 있으므로 경제적인 공법
• 독립형으로 사용할 수 있으므로 다양한 수변경관을 연출
• 부분 손상시 손상부위만을 보수, 교환이 가능하여 유지관리 용이</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>구분</td><td>저수호안 (자연 원형 하안 : 자연식행 재생형)</td></tr>
<tr><td>상
세
도</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>시
공
사
례</td><td> </td></tr>
<tr><td>특

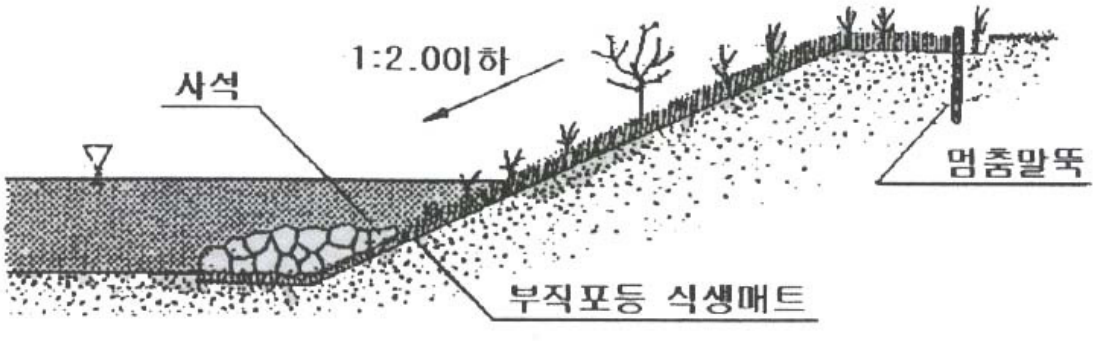
성</td><td>
<table>
<tr><td rowspan="2">적용비탈면</td><td>비탈 경사면</td><td>비탈면 높이</td><td>형 상</td></tr>
<tr><td>1:2이상</td><td>1.9m 이하</td><td>부정형</td></tr>
<tr><td rowspan="2">호안강도</td><td>하상경사</td><td>대상유속</td><td>유선과의 관계</td></tr>
<tr><td>완류</td><td>1.0m/s 이하</td><td>직선부, 사수부</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>적
용
및
유
의
사
항</td><td>• 홍수시 어류·곤충류의 피난처 및 산란처 제공가능
• 습생식물 활성화
• 조성시 식생이 단순화되지 않도록 고려할 필요가 있음
• 장소에 따라서는 정기적인 관리(벌채 등)가 필요</td></tr>
<tr><td>효

과</td><td>• 하도의 여유가 있는 장소에서는 일정 면적의 군락을 조성하여 보전·재생하는 것이 가능함
• 질소, 인의 흡착을 통한 수질정화 개선
• 대하천에서 하천원래의 모습을 재현
• 하안유속의 저감 및 하상재료의 세립화 가능</td></tr>
</table>

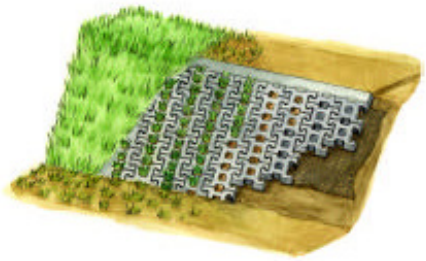
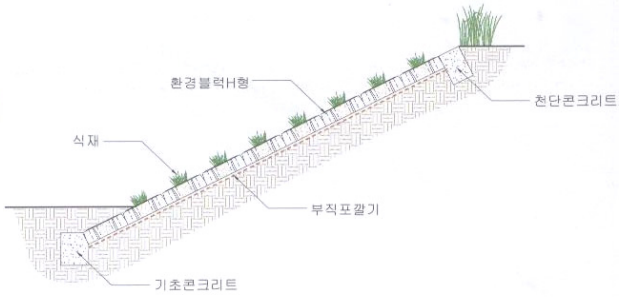
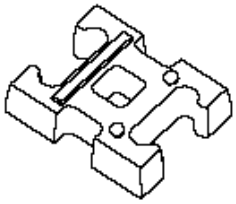
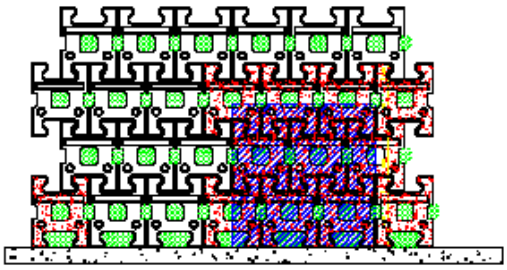
<table>
<tr><td>구분</td><td>저수호안 (인위적인 식생하안 : 갈대류 식재)</td></tr>
<tr><td>상
세
도</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>시
공
사
례</td><td> </td></tr>
<tr><td>특

성</td><td>
<table>
<tr><td rowspan="2">적용비탈면</td><td>비탈 경사면</td><td>비탈면 높이</td><td>형 상</td></tr>
<tr><td>1:2이상</td><td>4.0m 이하</td><td>준부정형,부정형</td></tr>
<tr><td rowspan="2">호안강도</td><td>하상경사</td><td>대상유속</td><td>유선과의 관계</td></tr>
<tr><td>완류</td><td>1.0m/s 이하</td><td>직선부, 사수부</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>적
용
및
유
의
사
항</td><td>• 홍수시 어류・곤충류의 피난처 및 산란처 제공가능
• 습생식물 활성화
• 식생이 단순화되지 않도록 고려할 필요가 있음
• 장소에 따라서는 정기적인 관리가 필요</td></tr>
<tr><td>효

과</td><td>• 하폭이 넓은 구간으로 사수부에 속하는 구간에서 적용 가능성이 있으며, 홍수유속을 고려하여 복토면 아래에 연결블록과 같은 은폐호안 등을 설치하여 보호할 필요성이 있는지를 검토하는 것이 좋음
• 질소, 인의 흡착을 통한 수질정화 개선
• 하안유속의 저감 및 하상재료의 세립화 가능</td></tr>
</table>

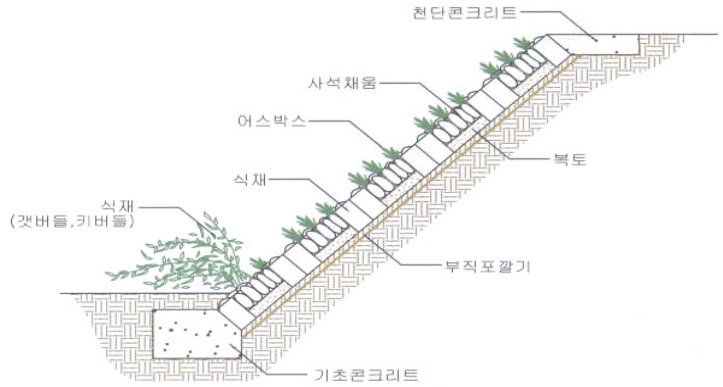
<table>
<tr><td>구분</td><td>저수호안 (식생매트 호안)</td></tr>
<tr><td>상세도</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>시공사례</td><td> </td></tr>
<tr><td>특성</td><td>
<table>
<tr><td rowspan="2">적용비탈면</td><td>비탈 경사면</td><td>비탈면 높이</td><td>형 상</td></tr>
<tr><td>1:1.5 이상</td><td>4.0m 이하</td><td>정형, 준부정형</td></tr>
<tr><td rowspan="2">호안강도</td><td>하상경사</td><td>대상유속</td><td>유선과의 관계</td></tr>
<tr><td>중류, 완류</td><td>3.0m/s 이하</td><td>직선부, 사수부</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>적용및유의사항</td><td>• 홍수시 어류·곤충류의 피난처 및 산란처 제공가능
• 부착조류 및 습생식물 활성화
• 구조가 유연성이 있어 적용범위가 넓음
• 시간의 경과에 따라 자연감이 증가하는 형태이므로 시공시기 및 경우에 따라서는 시공후의 대책이 필요함</td></tr>
<tr><td>효과</td><td>• 저수로의 높이가 높은 구간의 저수호안으로서 적용성이 매우 높음
• 갈대 등과 조합하여 사주 및 증주의 일부에 적용가능
• 하상부의 사석을 변화시킴으로써 수제와 유사한 변화를 꾀할 수 있음
• 식생이 활착되면, 하천의 서식처 및 식생이 양호해짐</td></tr>
</table>

8.9.3 고수호안공법

<table>
<tr><td>구분</td><td colspan="6">고수호안 (환경블럭 H형)</td></tr>
<tr><td>예시도</td><td colspan="6"> 

</td></tr>
<tr><td>상세도</td><td colspan="6"> 
 </td></tr>
<tr><td>시공사례</td><td colspan="6">
시공중 모습

식재모습(시드스프레이)

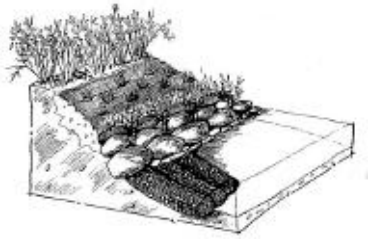
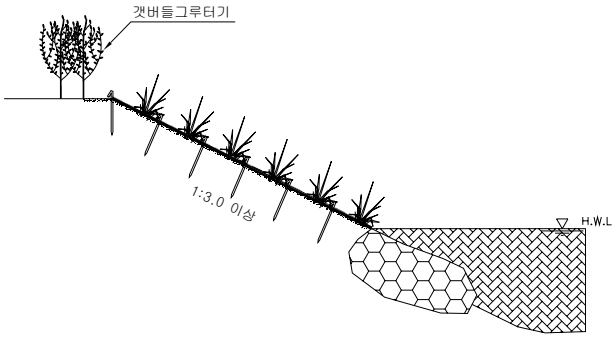
시공후 식물 활착된 모습</td></tr>
<tr><td>특성</td><td colspan="6"><table>
<tr><td>시공위치</td><td>수 충 부</td><td></td><td>비 수 충 부</td><td>○</td><td>사 주 부</td><td></td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완 류</td><td>○</td><td>중 류</td><td>○</td><td>급 류</td><td></td></tr>
<tr><td>수리안정성 적용범위</td><td>평 균 유 속</td><td colspan="2"></td><td>소 류 력</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>주요재료</td><td colspan="6">• 환경블럭 H형, 부직포
• 식재 : 씨드 스프레이, 평떼 및 야생초화류식재 등(수크렁, 새)</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>적용및유의사항</td><td colspan="6">• 하천 호안에 자연 친화적인 하천개수공사를 시공하는 경우 블록 사이에 식재를 하여 동·식물의 서식과 세굴을 방지함으로써 하천호안, 인공호수, 법면 등 생태공간 조성을 할 수 있다.
• 시공할 비탈면 또는 법면은 부석, 유해물질 등을 제거하고 평탄하게 시공될 수 있도록 면을 고르고 부직포는 블록 시공전 법면에 깔아주고 그 이음부는 20cm이상 유지하도록 한다.
• 밀림 또는 세굴을 고려하여 1~1.5m 정도 지중시공 또는 기초콘크리트를 타설하고, 유속, 법면경사를 고려하여 시공한다.
• 블록(400×500×120mm)은 미관을 고려하여 배치에 유의하고 밀착시공을 해야 하며, 곡선부 및 이음부 등 밀착이 어려운 곳에는 모르터로 틈메우기를 해야 한다.
• 블록은 하단에서부터 설치하되 블록간의 이탈이 없고 전체가 일체가 되도록 블록끼리 서로 물리게 시공한다.</td></tr>
<tr><td>효과</td><td colspan="6">• 홍수시에 발생할 수 있는 블록이탈현상을 방지할 수 있다.
• 다양한 식물의 사면녹화로 인해 하천의 경관 향상과 서식환경 제공, 기존 블록에 비해 식재 면적이 넓어 활착 및 생장률이 높다.
• 인부의 손으로 시공할만한 무게와 크기이므로 시공이 간편하고 다량생산이 가능하다.</td></tr>
</table>

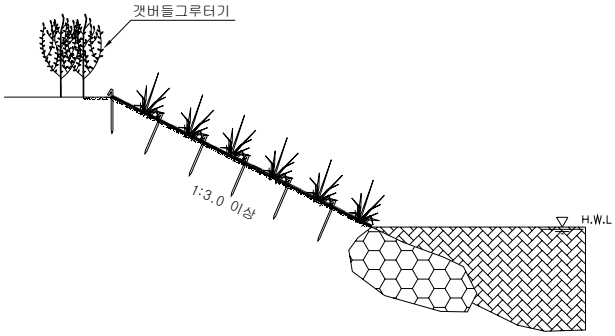
<table>
<tr><td>구분</td><td>고수 및 저수호안(어스박스)</td></tr>
<tr><td>예시도</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>시공사례</td><td>
시공직후 모습

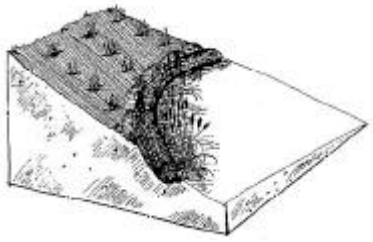
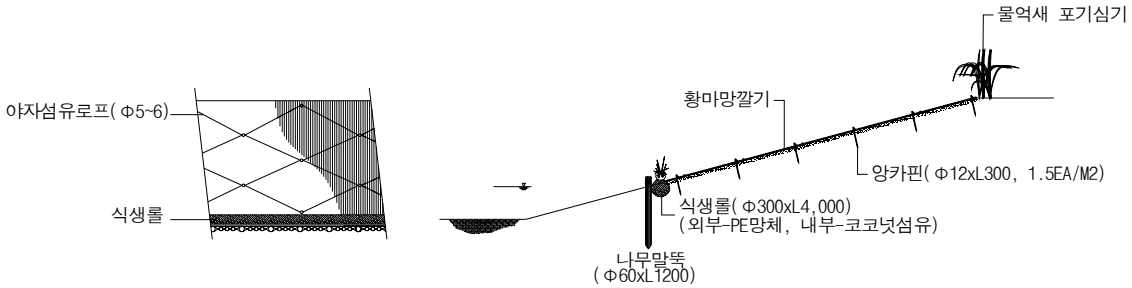
시공후 모습(식생활착)

굴곡부에 시공</td></tr>
<tr><td>특성</td><td>
<table>
<tr><td>시공위치</td><td>수 충 부</td><td></td><td>비수충부</td><td>○</td><td>사 주 부</td><td></td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완 류</td><td></td><td>중 류</td><td></td><td>급 류</td><td>○</td></tr>
<tr><td>수리안정성 적용범위</td><td>평균유속</td><td colspan="2"></td><td>소 류 력</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>주요재료</td><td colspan="6">• 어스박스, 부직포
• 식재 : 평떼 또는 야생초화류식재 등(수크령, 새)</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>적용및유의사항</td><td>• 종래의 콘크리트 호안블럭에서 벗어나 생태적 측면에서의 녹화기법과 치수적 안정성을 고려하여 호안 및 사면을 보호할 목적으로 개발된 하천호안 사면처리용 환경블럭이다.
• 시공할 비탈면 또는 법면은 평탄하게 시공될 수 있도록 면을 고르고 부직포는 블록 시공전 법면에 깔아주고 그 이음부는 20cm이상 유지하도록 한다.
• 밀림 또는 세굴을 고려하여 1~1.5m 정도 지중시공 또는 기초콘크리트를 타설하고, 유속, 법면경사를 고려하여 시공한다.
• 블록은 횡으로 1단씩 차례로 설치하는데 이 때 블록의 반 정도가 지반에 묻혀지도록 설치하며, 블록간 이탈이 없고 전체가 일체가 되도록 체결구(샤클체인)로 견고하게 결속한다. 체결부분 공극처리는 식생토 또는 몰탈마감으로 시행한다.</td></tr>
<tr><td>효과</td><td>• 블록 자체의 형태가 식물이나 자연석을 넣을 수 있는 형태로 하천호안, 법면 등에 다양하게 활용되며, 블록의 표면도 자연석붙임으로 처리해 시공 후 자연친화적인 경관을 연출한다.
• 블록은 체결구와 채움몰탈에 의해 사방으로 상호 연결함으로서 구조적으로 안전하다.
• 블록 내부는 식재 외에 돌을 채워 배수기능을 높이고 다공질 구조를 형성하여 생물의 서식처 제공과 사면의 세굴방지를 기할 수 있다.
• 하천호안, 인공호수, 법면 등에 구조적 안전성을 확보한 생태공간 조성에 활용한다.</td></tr>
</table>

8.9.3 천변습지 조성 공법

<table>
<tr><td>구분</td><td>천변 저습지 조성(유입・유출부)</td></tr>
<tr><td>예시도</td><td>  </td></tr>
<tr><td>상세도</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>시공사례</td><td> </td></tr>
<tr><td>특성</td><td>
<table>
<tr><td>시공위치</td><td>수 충 부</td><td>○</td><td>비수충부</td><td>○</td><td>사 주 부</td><td></td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완 류</td><td></td><td>중 류</td><td>△</td><td>급 류</td><td>○</td></tr>
<tr><td>수리안정성 적용범위</td><td>평균유속</td><td colspan="2"></td><td>소 류 력</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>주요재료</td><td colspan="6">• 기단부 : 사석(ø150~200), 타원형 돌망태(40×80)
• 사면부 : 사석(ø150~200), 자연석(400×500×600), C.N+달뿌리풀
• 식재 : 달뿌리풀, 갯버들그루터기</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>적용 및 유의사항</td><td>• 촘촘히 짠 격자모양 철망이 평행으로 놓여지고 그것을 설치한 후에 침하 하는 것을 막기 위해 경우에 따라 필터구조가 필요하다.
• 저수로 기단부에는 하안 세굴 방지를 위해 사석(ø150~200)을 채워 놓고 그 위에 타원형 돌망태(ø40×80)를 세로로 낀다.
• 사면부 하단에는 사석(ø150~200)을 깔고, 400×500×600의 가공하지 않은 자연석을 기단부에 자갈과 돌을 채워 3단 포개어 쌓는다.
• 포갠 틈사이에 토양으로 직접 채워서 메꾸고, 토양과 접하도록 갯버들 유목과 갈대나 달뿌리풀 등 정수식물의 근경부를 꽂아 넣는다.
• 사면부(1:2.5)에는 두께 4cm, 폭 0.6cm, 넓이 1m^{2}의 분해 가능한 C.N을 깔고 핀(ø10×L500, 3개/m^2)으로 고정시킨 후 달뿌리풀(4주/m^2)을 식재한다.
• 사면 상단부에는 갯버들 그루터기 (1본/m^2)를 지상부 25cm, 지하부 35cm 되게 심는다.</td></tr>
<tr><td>효과</td><td>• 돌망태 공법에 의해 기단부가 세굴로부터 보호된 호안부에 식재된 갯버들, 갈대가 생장함에 따라 자연적인 경관을 창출할 수 있다.
• 식생이 정착하고 환경이 안정됨에 따라 다른 많은 종류의 식생이 자연발생 가능하게 되며, 생물에 의한 서식환경을 창출하게 된다.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>구분</td><td>천변 저습지 조성(만곡부)</td></tr>
<tr><td>예시도</td><td> </td></tr>
<tr><td>상세도</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>시공사례</td><td> </td></tr>
<tr><td>특성</td><td>
<table>
<tr><td>시공위치</td><td>수 충 부</td><td></td><td>비수충부</td><td>○</td><td>사 주 부</td><td>○</td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완 류</td><td>○</td><td>중 류</td><td>△</td><td>급 류</td><td></td></tr>
<tr><td>수리안정성 적용범위</td><td>평균유속</td><td colspan="2"></td><td>소 류 력</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>주요재료</td><td colspan="6">• 기단부 : 나무말뚝(ø45×L800) + C.R
• 사면부 : 볏짚거적 + 갈대근경부
• 식재 : 부들, 갈대근경부, 갈대뗏장</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>적용및유의사항</td><td>• 적용대상은 완만한 경사로 된 얕은 만 호안이다.
• 시공시기는 휴면기를 지나고 생장을 시작하는 시기가 적당하다.
• 사면부의 경사는 돌출부에 접한 부위는 1:4, 가장 깊은 만곡부는 1:8이 될 수 있게 완만하게 연결시킨다.
• 기단부는 야자섬유 두루마리를 설치하고 나무말뚝(ø45×L800)을 1m 간격으로 박아 고정시킨다.
• 가장자리 부위에 부들뗏장을 이식한다.
• 사면부에는 갈대의 근경부를 식재하고 어린 싹의 보호를 위해 볏짚거적을 전면적으로 깔고 핀(ø12×L300, 3개/m^2)과 황마끈으로 고정시킨다.
• 인접 수중에는 물옥잠, 고랭이를 식재한다.</td></tr>
<tr><td>효과</td><td>• 하천의 유하능력을 배려하면서 저수호안을 직선적이지 않고 자연스러운 선형을 갖도록 함으로써 다양한 웅덩이나 소를 조성한다.
• 다양한 정수식물의 발생기반이 되고, 후속적으로 수서곤충류와 어류의 양호한 서식환경이 될 수 있다.
• 이에 의해 수변공간의 다양성이 높아지게 되는 것을 기대해 볼 수 있다.
• 형성된 소규모 웅덩이나 소는 생물의 서식을 위해 주기적인 물의 순환이 필요하다.</td></tr>
</table>

구분	천변 저습지 조성(돌출부)
예시도	
상세도	
시공사례	

특성

시공위치	수 충 부	○	비수충부	○	사 주 부	
하상경사	완 류	○	중 류	○	급 류	
수리안정성 적용범위	평균유속			소 류 력		
주요재료	• 기단부 : C.R, 나무말뚝(ø60×L1,200) • 사면부 : 윗가지 덮기 • 식재 : 물억새 포기심기 / 인접초지 : 털부처꽃, 금불초					

적용 및 유의사항

- 시공시기는 봄철, 식물의 생장이 활발하게 시작되기 전이 좋다.
- 원통형의 야자섬유 두루마리(ø300×L4,000)를 기단부에 설치하고 나무말뚝(ø60×L1,200)을 1m 간격으로 박아 고정시킨다.
- 1m당 약 20개의 버드나무 가지를 일렬로 바닥에 꽂는다. 가지의 길이는 최소 150cm로 새싹이 날 수 있는 것을 선택한다.
- 평면 위에 2줄 혹은 여러 줄로 나무말뚝(ø35×L500, ø60×L1,200)을 땅에 박아서 1~2cm 정도 땅 위로 나오도록 하고 야자섬유로프(ø5~6)로 고정시킨다.
- 윗가지덮기의 평면 위에 표토를 가볍게 덮는다.
- 사면상단부에는 두께 4cm, 폭 0.6cm, 넓이 1m^{2}의 분해 가능한 자연섬유(야자섬유)망을 깔고 핀(ø12×L300, 3개/m^2)으로 고정시킨 후 물억새 포기심기를 한다.

효과

- 버드나무가 성장함에 따라 덤불을 이룰 수 있으며, 이는 다양한 생물종의 서식처, 은신처가 될 수 있다.
- 윗가지 덮기는 법면의 보호공으로 자주 사용되어온 재래공법의 일종으로, 시공이 용이하며 쉽게 휘어지므로 하상재료가 사질인 중류·완류 하천에 특히 적당하다.
- 기타 다양한 종류의 습생식물의 식재가 가능하게 되며, 생물에 의해 다양한 서식환경의 창출이 기대된다.
- 수림이 밀생하면 접근성이 떨어지게 되므로 적절한 벌채, 가지치기 등에 의해 친수성을 확보할 수 있도록 한다.

9. 기타시설물

기타시설물의 내용

1. 정의 및 개요
2. 범위 및 내용
- 용어의 정의 및 종류
- 세굴평가 및 세굴방지공 설계
- 교량 세굴평가 및 설계

본 장에서는 하천시설물 설계에 필요한 세굴평가, 하천에 직·간접적으로 영향을 주는 교량의 계획, 설계 및 유지관리에 대한 일반적인 기준을 제시하였음

9.1 정의 및 개요

(1) 본 장은 아래와 같은 시설에 대하여 일반 및 설계에 대한 기준을 제시함

1) 하천시설물과 하천에 관련된 시설물 설계에 필요한 세굴평가 및 세굴방호공에 관한 방법과 기준

2) 하천의 고유목적과 기능에 관련이 되는 하천시설물은 아니더라도 하천에 직·간접으로 영향을 줄 수 있는 교량 등 하천점용시설물의 수리적 설계기준

(2) 위의 시설물에 대한 계획, 설계 및 유지관리시 본 장의 각 기준을 따라야 함

9.2 용어 정의 및 종류

(1) 하상상승과 하상저하 : 하천 상류로부터 장기간 동안 토사가 이동하여 하상에 퇴적되어 하상이 높아지는 현상을 하상상승이라 하며 하상저하는 상류로부터 토사공급이 부족 하여 하상이 저하되는 것

(2) 수축세굴 : 하천의 흐름 단면적이 자연 또는 인공적인 요인에 의하여 감소되어 통수 단면이 수축되고 따라서 이 구간에서 유속이 증가됨에 따라 제방이나 하상 재료의 이동량이 상부로부터의 유입량 보다 증가할 때 발생하는 현상

(3) 국부세굴 : 교각, 교대, 수제, 제방 등 장애물 주위에서 국부적으로 하상물질이 이동 하는 현상이며 정적 및 동적세굴로 구분되며 단기간의 하상변화로 취급 됨

(4) 횡방향 유로이동 : 자연적으로 발생되는 주 수로의 횡방향 이동으로 교각, 교대, 하천 구조물 설치에 따른 침식을 증가시키거나 교각에서 흐름 입사각의 변화를 주어 총 세굴량을 변화시킴

(5) 정적세굴 : 하상내 흐름의 소류력이 한계소류력 이하이어서 세굴 발생지점 상류로부터 세굴공

안으로 유사가 유입되지 않는 상태에서 세굴이 발생하여 세굴공에서는 국부적으로 유사 유출만 발생하여 세굴공의 깊이가 지속적으로 증가하다가 평형 세굴심에 도달 하게 되는 세굴

(6) 동적세굴 : 하상내 흐름의 소류력이 한계소류력 이상이어서 세굴공 상류부로부터 유사가 세굴공내로 유입되고 동시에 세굴공으로부터 유사가 하류부로 유출되어 세굴공의 깊이가 증가와 감소를 반복하면서 평형 세굴심에 도달되는 세굴

(7) 압력세굴 : 압력세굴은 교량이나 구조물이 물에 잠기는 경우 통수단면이 축소되어 유속 및 압력변화가 발생하여 세굴심도 증가하는데 이때의 세굴현상

[그림 9.1] 세굴에 의한 교량파괴

9.3 세부설계

(1) 세굴평가 및 세굴방호공

1) 세굴평가 적용범위

① 교량 등의 하천구조물 설치시 본 장의 기준을 적용하여 단기간 국부세굴을 포함한 각종 세굴에 대하여 평가하고 안전대책을 강구함

② 세굴평가의 적용범위는 제방 및 하상 안전에 영향을 미칠 수 있는 하천내 시설물임

2) 세굴평가

① 세굴평가는 조석의 유무에 따라 실시

(가) 조석의 영향을 받지 않는 하천내 장·단기간의 세굴 평가

(나) 하구언 등 조석의 영향을 받는 지역내 교량 등 하천시설물 설치에 따른 세굴을 평가

② 조석의 영향이 없는 경우 홍수사상의 선정 기준

<표 9.1> 홍수사상의 선정기준

홍수량(100년 빈도)	홍 수 사 상	비 고
200 m^3/sec 미만	50년빈도	
200 m^3/sec이상 2,000 m^3/sec 미만	100년이상 빈도	
2,000 m^3/sec 이상	500년 빈도	

③ 세굴평가를 위해서는 각종 세굴공식의 적용, 수리실험 및 실시간 현장계측 등을 적용함

④ 조석의 영향이 없는 경우의 세굴평가

(가) 홍수사상 선정

가) 교량설치에 따른 세굴 검토를 위한 빈도는 홍수량에 따름

나) 500년 빈도 홍수량을 결정하기 어려운 경우 100년 빈도 홍수량의 1.7배 유량을 500년 빈도 홍수량으로 사용 가능

(나) 수면형 결정

가) 최대세굴을 발생시킨다고 판단되는 유량에 대한 수면형을 결정

나) 수치모형을 사용할 경우 국내·외에서 널리 이용되는 모형을 선택하는 것이 바람직

다) 특정하천에 이용하려면 활용 가능한 검증자료의 유무를 확인하고, 검증자료가 있는 경우라면 검증을 거친 후 사용함

(다) 세굴량 산정 및 평가

가) 세굴량은 하상상승 및 하상저하, 수축세굴, 국부세굴로 구분하여 산정하고 이를 합한 것으로 함

나) 설치되는 교각의 폭이 3m 이상이고 홍수시의 수심이 9m 이상이거나 홍수시 유속이 3m/sec 이상일 경우에는 세굴 실험을 통하여 세굴량을 산정

다) 공식을 사용하는 경우일지라도 공식적용 상 어려움이 있거나 계산 결과에 대하여 불확실성이 큰 경우에는 세굴 실험을 통하여 세굴량을 산정

라) 수축세굴은 아래의 Laursen의 공식을 사용하여 세굴량을 산정(단면수축이 심하지 않은 교각주위의 세굴량 산정시 수축세굴 계산을 생략할 수 있음)

마) 흐름입사각이 교각이나 교대의 설치 방향과 일치하지 않는 경우에는 흐름입사각에 대하여 보정을 해야 함(사용되는 보정계수는 국부세굴 산출시의 보정계수를 사용)

$$y_s = y_2 - y_1,\ \frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^{6/7}\left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{k_1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^{k_2}$$

여기서, y_s : 수축세굴심(m), y_1 : 상류부 주수로의 평균수심(m)

y_2 : 수축단면의 평균수심(m)

Q_1 : 토사를 운송하는 상류부 수로의 유량(m^3/sec)

Q_2 : 수축부 수로의 유량(m^3/sec), W_1 : 상류부 수로의 폭(m)

W_2 : 수축부 수로의 폭(m), n_1 : 상류부 수로의 조도계수

n_2 : 수축부 수로의 조도계수, k_1, k_2 : 계수

바) 국부세굴공식을 이용하여 교각주위내 세굴량을 산정하는 경우 CSU 공식을 주로 이용함

사) CSU 공식의 불확실성을 감안하여 아래에서 제안된 공식 중 최소한 2개 이상으로 세굴량을 산출하고 세굴깊이와 세굴폭에 대한 평가를 실시한 후 세굴량 결정

아) CSU 공식

$$\frac{y_s}{y_1} = 2.0K_1K_2K_3K_4\left(\frac{a}{y_1}\right)^{0.65}Fr_1^{0.43}$$

여기서, y_s : 세굴심도(m), y_1 : 구조물설치 직상류부 수심(m)

K_1 : 교각형상에 대한 보정계수, K_2 : 흐름 입사각에 대한 보정계수

K_3 : 하상조건에 대한 보정계수, K_4 : 하상재료의 크기에 대한 보정계수

a : 교각의 폭(m), Fr_1 : 구조물 설치 직상류부의 Froude 수, 윗식에 사용된 계수값 K_1, K_2, K_3 는 <표 9.2>~<표 9.5> 에 의하여 각각 산정됨

<표 9.2> 교각형상에 따른 보정계수 (K_1)

교 각 형 상	K_1	비 고
직 사 각 형	1.1	
반 원 형	1.0	
원 통 형	1.0	
날 카 로 운 교 각	0.9	
원 통 그 룹	1.0	

<표 9.3> 흐름입사각에 대한 보정계수 (K_2)

흐름입사각(도)	L/a = 4	L/a = 8	L/a = 12
0	1.0	1.0	1.0
15	1.5	2.0	2.5
30	2.0	2.75	3.5
45	2.3	3.3	4.3
90	2.5	3.9	5.0

주) L = 교각 길이(m), a = 교각의 폭(m)

<표 9.4> 하상조건에 대한 보정계수(K_3)

하 상 조 건	사 구 높 이(m)	K_3	비 고
정 적 세 굴	N/A	1.1	
평탄하상 및 역사구흐름	N/A	1.1	
작 은 사 구	3 〉 H 〉 0.6	1.1	
중 간 사 구	9 〉 H 〉 3	1.1 ~1.2	
큰 사 구	H 〉 9	1.3	

주) H = 사구높이(m)

<표 9.5> 하상재료의 크기에 대한 보정계수(K_4)

종 류	D_{50} (㎜)	$D_{90}/D_{50}\geq$	최대유속	K_4
모 래	〈 2.0	-	-	1.0
자 갈	2 ~ 32	-	-	1.0
자 갈	32 ~ 64	4 ~ 3	$V_1 \leq 0.7Vc$	0.95
조 약 돌	64 ~ 250	3 ~ 2	$V_1 \leq 0.8Vc$	0.90
조 약 돌	250 ~ 500	2 ~ 1	$V_1 \leq 0.8Vc$	0.85
조 약 돌	〉 500	1	$V_1 \leq 0.9Vc$	0.80

자) Froehlich 공식

$$\frac{y_s}{b} = 0.32\Phi\left(\frac{b'}{b}\right)^{0.62}\left(\frac{y}{b}\right)^{0.46}Fr^{0.2}\left(\frac{b}{D_{50}}\right)^{0.08}+1$$

여기서, y_s : 세굴 심도(m), b : 교각의 폭(m)

Φ : 교각의 형상계수(사각형: 1.3, 원형: 1.0, 날카로운 교각: 0.7)

b' : 흐름의 접근각에 대한 직각방향의 투영교각 폭(m)

$b' = b \cdot \cos\alpha + L \cdot \sin\alpha$, L : 교각의 길이(m), α : 흐름 입사각

y : 구조물 설치 직상류부 수심(m), Fr : 구조물 설치 직상류부 Froude 수

D_{50} : 하상입자의 평균 입경(m)

차) Laursen 공식

$$\frac{b}{y} = 5.5\,\frac{y_s}{y}\left[\left(\frac{y_s}{11.5y}+1\right)^{1.7}-1\right]$$

여기서, b : 교각의 폭(m), y : 구조물 설치 직상류부 수심(m), y_s : 세굴 심도(m)

카) Neill 공식

$$\frac{y_s}{b} = 1.5\left(\frac{y}{b}\right)^{0.3}$$

여기서, y_s : 세굴 심도(m), b : 교각폭(m), y : 구조물 설치 직상류부 수심(m)

국내에서 해당하천에 제안된 공식이 있을 경우 이의 타당성을 검토한 후 사용함

⑤ 조석의 영향이 있는 경우의 세굴평가

(가) 수로반응의 잠재력 평가

가) 구조물 설치 지점의 조석 영향 규모, 횡단부 장기 안정성(연직 및 횡방향 안정성) 및 변화에 대한 수로의 반응에 대한 잠재력을 정성적으로 평가

나) 조석 영향의 규모는 하천구조물 설치 지점의 조석변동이 수리학적 미치는 영향을 평가함(동적인 조석류 관계를 이용)

다) 횡단부의 장기 안정성 및 변화는 조석, 폭풍해일, 홍수에 대하여 검토함

라) 상류의 홍수에 의하여 횡단부에 대한 주요한 위험이 일어난다면 100년 및 500년 빈도의 홍수에 의하여 해석함

마) 주요한 위험이 조석이나 폭풍해일에 의하여 일어난다면 100년 및 500년 빈도의 폭풍에 의하여 해석함

바) 어느 것인지 명백하지 않은 경우에는 두 경우를 모두 고려하여 세굴을 산정하고 그 결과를 비교함

(나) 수리학적 특성 산정

가) 교량 등의 하천 구조물 설치 지점의 100년 및 500년 빈도의 수리학적 특성을 산정

나) 수리학적 특성은 수리모형실험이나 부정류를 모의할 수 있는 모형을 사용하여 산정 (지형조건이나 수류현상을 감안하여 적절한 모형을 선정)

(다) 수면형 산정

조석의 영향을 받는 지역의 교량 및 구조물 설치 지점의 수면은 설계호우와 폭풍해일을 감안하여 비수축수로 및 수축수로로 구분하여 수면형을 산정

(라) 세굴량 산정 및 평가

가) 세굴량은 아래와 같은 세굴산정공식을 사용하여 산정하되 100년 빈도 홍수량이 2,000m³/sec 이상의 경우에는 원칙적으로 실험을 통하여 세굴량을 산정

나) 구조물에 대한 주요한 위험이 조석이나 폭풍·해일 등에 의하여 영향을 받는 경우 세굴량 산출을 위한 수리학적 인자를 아래와 같이 산정

다) 비수축 수로의 경우 :

$$Q_{max} = 3.14\frac{V}{T} \qquad V_{max} = \frac{Q_{max}}{A_c}$$

여기서, Q_{max} : 조석주기에서의 최대유량(m³/sec),

V : 고조위와 저조위사이의 물의 용적(m³)

T : 조석주기, V_{max} : Q_{max}일때의 최대평균유속(m/sec)

A_c : 평균조위에서의 횡단면적(m²)

라) 수축 수로의 경우 :

$$V_{max} = C_d(2g\Delta H)^{1/2} \qquad Q_{max} = A_c \cdot V_{max}$$

여기서, V_{max} : 유입구에서의 최대유속(m/sec),

Q_{max} : 유입구에서의 최대유량(m³/sec)

C_d : 유량계수, g : 중력가속도

ΔH : 유입구 혹은 수로의 만과 해양측 사이의 최대수면 표고차(m)

A_c : 평균조위에서의 횡단면적(m²)

(마) 세굴량 산정 및 평가절차는 조석의 영향이 없는 경우와 같은 과정을 거침

(2) 교량 등 하천점용 시설물

1) 설치 위치의 적정성 평가

① 교량 등 하천점용시설물 설치 위치의 적정성 평가 사항

(가) 수로면적이 충분하게 유지될 수 있는지에 대한 검토

(나) 교각간 또는 교대와 교각이 지나치게 근접하여 세굴공이 중복되어 있지 않은지에 대한 검토

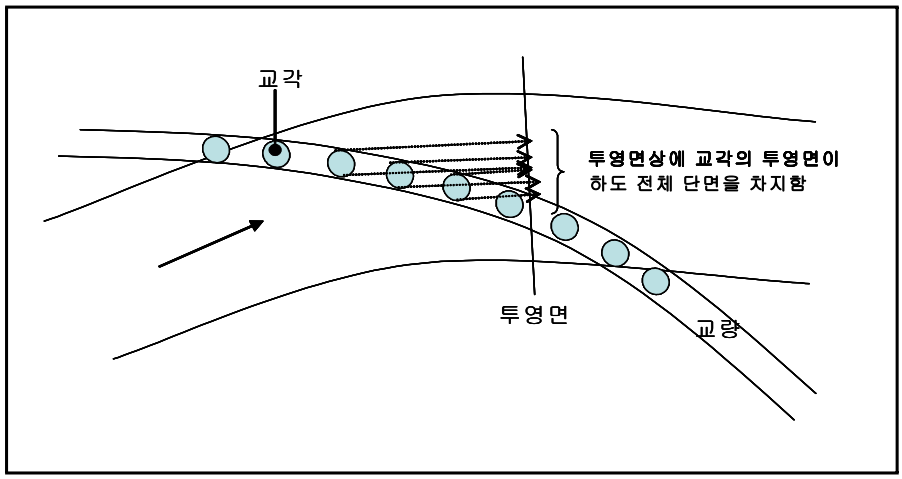
(다) 교대나 교각이 흐름에 적절히 정렬되고 수로 및 홍수터에 대하여 적절히 위치하고 있는지에 대한 검토

② 교대, 교각을 제방정규단면에 설치하면 제체 접속부에서의 누수 발생으로 인하여 제방의 안정성을 저해시키고 통수능의 감소로 치수에 어려움을 초래함

③ 교대 및 교각 위치는 제방의 제외지측 비탈끝에서 10m이상 이격(계획홍수량 500m³/sec 미만인 하천에서는 5m이상 이격)

④ 제방 정규단면에 교대 또는 교각을 설치할 경우에는 제방의 구조적 안정성이 확보될 수 있도록 충분한 검토와 대책 강구

⑤ 하천 종단방향으로 교각이 들어서 교각의 유하방향 투영면적이 전하폭에 걸치는 교량은 교각에 의한 홍수위 상승효과에 대해 수리모형실험이나 2차원 평면류 해석 등을 이용하여 면밀히 분석



[그림 9.2] 면밀한 해석이 요구되는 사례

2) 교량 등 하천점용 시설물 계획고 결정

① 하천을 횡단하는 교량 등 하천점용시설물의 높이는 충분한 여유고를 확보하여 제방의 안전에 영향을 미치지 않도록 함

② 교량의 계획고는 제방고보다 낮아서는 안됨

③ 상류에서 이송잡물이 떠내려 올 가능성이 있는 하천, 유지관리 통로, 교량점검시설이 있는 경우 교량 계획고를 충분히 검토하여 결정

④ 주운수로에 설치된 교량의 다리밑 공간높이(형하고: 桁下高) 결정은 수로를 항해하는 선박의 형태 및 적재된 화물형태를 기초로 계산함

⑤ 최근 설치되고 있는 교량점검용 영구시설물(교각, 교대나 형간의 유지보수를 위한 통로나 시설물)을 설치하는 경우에는 설계홍수위 이상으로 설치함

⑥ 홍수시 유목 등이 걸림으로 국부적인 수위상승 및 영구시설물들로 인한 홍수위 상승효과를 면밀히 분석하여 월류 여부에 따른 인접 호안의 강화방안 등을 반드시 검토하도록 함

⑦ 콘테이너 규모별 다리밑 공간높이에 관한 유럽에서의 추천 값(<표 9.6> 참조)

<표 9.6> 콘테이너 규모에 따른 다리밑 공간높이

(단위 : m)

선박 수송 콘테이너 층 수	수면에서의 평균 높이 (50% 초과 가능성)	공간높이의 추천 값	
		ECE 1)	PIANC 2)
2층	-	5.25	-
3층	7.20	7.00	7.50
4층	9.30	9.10	9.60

⑧ 교량의 계획고를 제방보다 낮게 해야할 경우 제방 및 교량의 안전과 치수에 문제가 없는지의 여부를 정밀하게 분석·검토한 후 신중하게 결정

⑨ 수문의 조작대, 하구언의 수문 등 유수단면적에 영향을 주는 구조물의 계획고는 교량의 계획고에 준하여 결정함

3) 교량의 경간장 결정

① 교량의 길이는 하천폭 이상이어야 함

② 경간장은 하천·지형의 상황 등에 따라 치수상 지장이 없는 곳을 제외하고 다음 식으로 얻어지는 값 이상으로 설계(70m를 넘는 경우 70m로 함)

$$L = 20 + 0.005Q$$

여기서, L : 경간장(m)　　Q : 계획홍수량(㎥/sec)

③ 다음에 해당하는 교량의 경간장은 하천관리상 큰 지장이 없다고 인정될 때 ②항의 규정에 관계없이 다음 각 호에서 제시하는 값 이상으로도 설계 가능

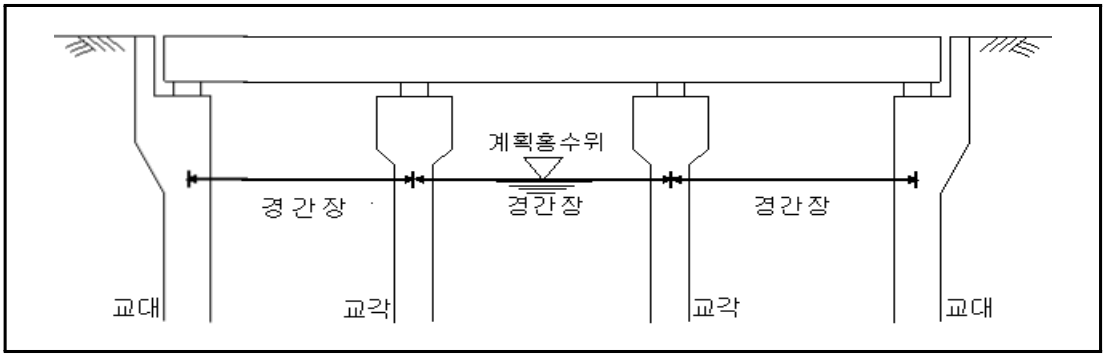
(가) 계획홍수량 500m³/sec 미만, 하천폭 30 m미만인 하천일 경우 12.5m이상

(나) 계획홍수량 500m³/sec 미만, 하천폭이 30 m이상인 하천일 경우 15m이상

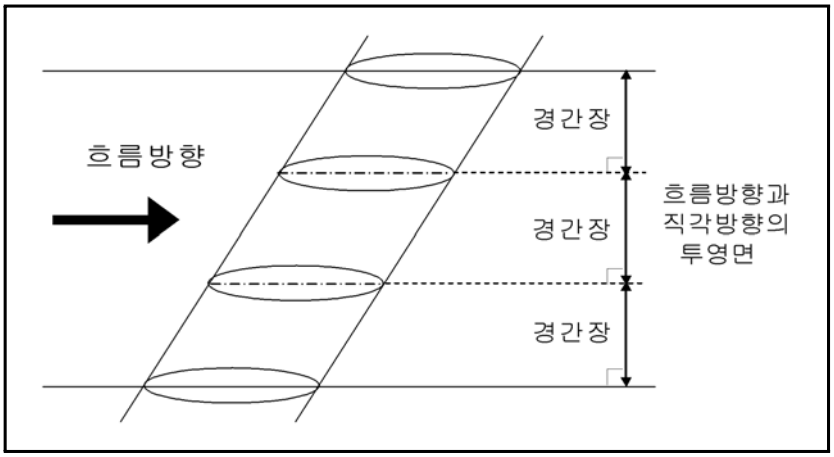
(다) 계획홍수량 500~2000m³/sec 인 하천일 경우 20 m이상

(라) 주운을 고려해야 할 경우는 주운에 필요한 최소 경간장 이상

④ 하천의 상황 및 지형학적 특성상 ②, ③에서 제시된 경간장 확보가 어려운 경우, 치수에 지장이 없다면 교각 설치에 따른 하천폭 감소율(설치된 교각폭의 합계/설계홍수위에 있어서의 수면의 폭)이 5%를 초과하지 않는 범위내에서 경간장 조정 가능



[그림 9.3] 일반 교량의 경간 길이



[그림 9.4] 사교의 경간 길이

4) 교각의 심도결정

① 암반기초에 설치하는 경우를 제외하고는 신설교량의 교각은 세굴평가로 산정되는 심도 이하까지 이르러 세굴에 대한 위험성이 없도록 설치

② 고수부지 교각기초 심도는 세굴량 산정과 횡방향 유로 이동을 검토하여 결정

5) 세굴방호공

① 교량 등의 하천구조물에서 세굴로 인한 손상과 파괴로부터 구조물을 보호하기 위하여 세굴방호공 설치

② 중요도가 큰 교량에 있어서 세굴방호공의 설치 유무 및 적정 크기에 대한 판단은 검증된 공식을 이용하거나 수리실험 또는 실시간 현장계측을 통하여 검토

③ 사석을 이용한 세굴방호공은 교각보호용 보조물로서 2년의 정기적 주기 및 계획홍수량의 80%가 넘는 홍수 발생 시마다 사석의 이동 여부를 확인하여 문제 발생 시 대책 강구

[그림 9.5] 교량 교각의 세굴보호공 시공 사례

④ 세굴방호를 위한 사석의 크기는 아래 공식 중 큰 값 또는 건설교통부의 승인을 받은 국내 공식 또는 직접 현장실험을 수행한 결과를 사용

(가) Isbash 공식

$$V_0 = C\sqrt{2gD_u\left(\frac{r_s - r}{r}\right)}\ \sqrt{\cos\beta - \sin\beta}$$

여기서, V_0: 구조물이 없는 상태에서의 접근유속(m/sec),

C : Isbash 계수(0.86~1.20)

g : 중력가속도 (m/sec^2), D_u : 사석의 크기(m), r_s: 사석의 단위중량(t/m^3),

r : 물의 단위중량(t/m^3), β : 흐름 입사각도

(나) Richardson 공식

$$D_{50} = \frac{0.692(KV)^2}{2g\left(\frac{r_s - r}{r}\right)}$$

여기서, D_{50} : 사석의 중앙입경(m),

K : 교각형상계수(원형교각 : 1.5, 사각형교각 : 1.7)

V : 구조물이 없는 상태에서의 접근유속(m/sec), g : 중력가속도(m/sec^2)

r_s : 사석의 단위중량(t/m^3), r : 물의 단위 중량(t/m^3)

6) 기존 교량의 세굴 취약성 평가

① 하상변화에 영향을 주는 구조물 설치시 영향권 내에 있는 기존 교량의 세굴 취약성 평가

② 기존교량의 세굴 취약성 평가시 검토사항

(가) 세굴 위험성 평가

(나) 세굴대책 수립여부 평가

(다) 세굴대책 수립의 위급성 평가

(라) 세굴위험 하천시설물의 관측 및 점검

(마) 세굴위험 하천시설물의 임시대책 제안

③ 기존교량의 세굴에 대한 위험성 여부의 평가는 공학적 판단 능력이 있는 수리, 지반, 구조 기술자의 합동 팀에 의하여 수행

④ 현장조건과 기존 공식을 적용하여 판단하여야 하고, 기존교량의 세굴에 대한 위험성 여부는 유량이 4,000 m^3/sec 이상일 경우에는 수리실험이나 실시간 현장계측을 통하여 아래와 같이 평가

(가) 낮은 위험도

(나) 세굴에 민감

(다) 세굴에 위험

⑤ 세굴 위험성 평가 결과를 활용하여 세굴 대책 수립 여부 및 필요일정 등을 평가

⑥ 수립된 세굴 대책이 어느 정도 위급한가에 대하여 평가하고 위급성 평가시 구조물의 사용빈도 등은 종전과 동일한 것으로 가정하되 큰 변화가 예상되는 경우에는 이를 감안

⑦ 세굴의 위험이 있는 하천시설물을 정기적 또는 비정기적 관측이나 점검에 관한 일정 또는 방법 등을 제시

⑧ 세굴의 위험이 있는 하천시설물에 대하여 보수하거나 제거할 수 있는 임시적인 대책을 제안(하천시설물의 점검 계획도 함께 고려)

X. 폐기물

1. 일반사항
2. 관련법규 및 기준
3. 수량산출
4. 위탁계약

빈 면

X. 폐 기 물

1. 일반사항

1.1 작성방안

(1) 대지조성공사 중 지장건축물 해체과정에서 발생되는 폐기물에 대한 설계기준을 검토하고 건설물 해체현장에 다른 차이가 나는 폐기물 수량을 실제 발생량에 근접할 수 있도록 개선방안을 수립

(2) 지장물철거 및 폐기물처리의 관련 업무를 체계적이고 적절한 방안으로 수행함에 있어 참조할 수 있는 건설폐기물 관리업무편람을 작성한다.

(3) 폐기물관련법에 한정하지 않고 건설관련법을 철저하게 분석하여 건설폐기물 문제가 근본적으로 해결될 수 있는 방안을 제시한다.

(4) 건설폐기물의 처리현황 및 법적 규제를 감안하여 공사현장의 건설폐기물의 흐름체계를 기술한다.

(5) 일목요연한 관리를 위하여 건설폐기물의 흐름을 파악할 수 있는 표준시스템을 구상하고, 적용방법을 도출한다.

1.2 용어의 정의

1.2.1 폐기물(폐기물 관리법 제2조)

쓰레기・연소재・오니・폐유・폐산・폐알카리・동물의사체 등 사람의 생활이나 사업의 활동에 필요하지 아니하게 된 물질

1.2.2 생활폐기물(폐기물 관리법 제2조)

사업장폐기물외의 폐기물 → 시장, 군수, 구청장이 기본적인 처리책임을 짐

1.2.3. 사업장폐기물(폐기물 관리법 제2조)

(1) 대기환경보전법・수질환경보전법 또는 소음・진동규제법의 규정에 의하여 배출시설을 설치 운영하는 사업장 기타 대통령령이 정하는 사업장에서 발생되는 폐기물

- 기타 대통령령이 정하는 사업장 : 건설사업 기본법에 의한 건설공사로 인하여 폐기물을 5톤(공사를 착공하는 때부터 완료하는 때까지 발생되는 폐기물의 양을 말한다.) 이상 배출되는 사업장

1.2.4 지정폐기물(폐기물 관리법 제2조)

사업장폐기물중 폐유・폐산 등 주변 환경을 오염시킬 수 있거나 감염성폐기물 등 인체에 위해를 줄 수 있는 유해한 물질로서 대통령령이 정하는 폐기물을 말한다.

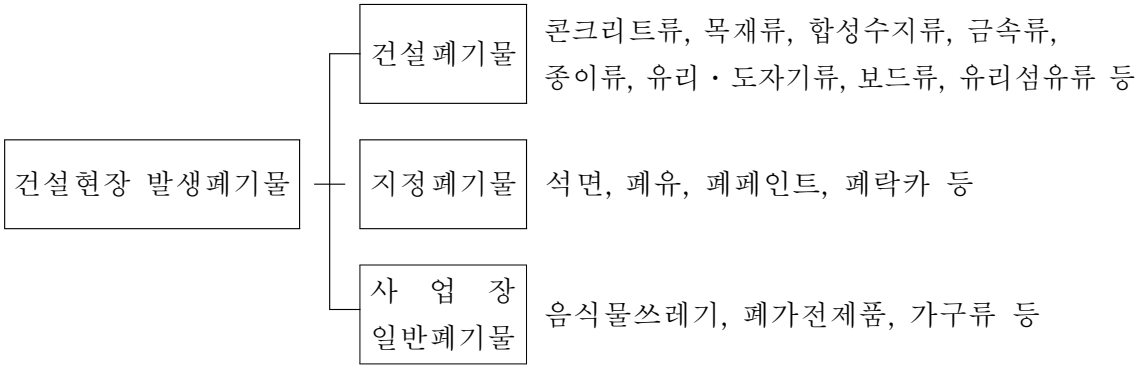
<표 1.2> 지정폐기물의 종류

구 분	세 부 대 상
특정시설 발생 폐기물	폐합성고무・수지등 폐합성고분자화합물
	오니류(폐수처리오니・공정오니)
	폐농약
부식성폐기물	폐산, 폐알칼리
유해물질함유폐기물	광재, 분진, 폐주물사 및 샌드블라스티폐사, 폐내화물 및 재벌구이전에 유약을 바른 도자기조각, 소각재, 안정화 또는 고형화처리물, 폐촉매, 폐흡착제 및 폐흡수제
폐유기용제	할로겐족 및 기타 폐유기용제
폐페인트 및 폐락카	
폐석면	• 석면의 제조・가공시 또는 공작물・건축물의 제거시 발생되는 것 (스레트 등 고형화되어 있어 비산될 우려가 없는 것을 제외한다.) • 스레트 등 고형화된 석면제품 등의 연마・절단・가공공정에서 발생된 부스러기 및 연마・절단・가공시설의 집진기에서 모아진 분진 • 석면의 제거작업에 사용된 비닐시트・방진마스크・작업복 등
폐유	기름성분 5% 이상인 것을 포함
폴리클로리에티드 비페닐함유 폐기물	액체상태의 것은 2ppm이상, 액체상태외의 것은 0.003ppm이상 함유한 것에 한함
폐유독물	
감염성폐기물	조직물류, 탈지면류, 폐합성수지류, 병리계폐기물, 손상성폐기물, 혼합감염성폐기물 등 의료기관, 보건소, 동물검역기관, 동물병원 등 환경부령이 정하는 기관에서 발생되는 것에 한함
기타 고시하는 물질	

1.2.5 건설폐기물(폐기물 관리법 제2조)

건설산업 기본법상 건설공사로 인하여 착공하는 때부터 완료하는 때까지 건설현장에서 발생되는 5톤 이상의 폐기물로서 대통령령이 정하는 것

<표 1.1> 건설현장 발생폐기물 종류



1.2.6 감염성폐기물(폐기물 관리법 제2조)

지정폐기물중 인체조직 등 적출물, 탈지면, 실험동물의 사체 등 의료기관이나 시험·검사 기관 등에서 배출되는 인체에 위해를 줄 수 있는 물질로서 대통령령이 정하는 폐기물

1.2.7 처리(폐기물 관리법 제2조)

폐기물의 소각·중화·파쇄·고형화 등에 의한 중간처리(재활용 포함)와 매립·해역배출 등에 의한 최종처리를 말함

(1) 환경부령이 정하는 폐기물처리시설외의 폐기물처리(폐기물 관리법 규칙 6조의3) - 발췌

1) 폐기물재활용신고자가 재활용 하는 경우

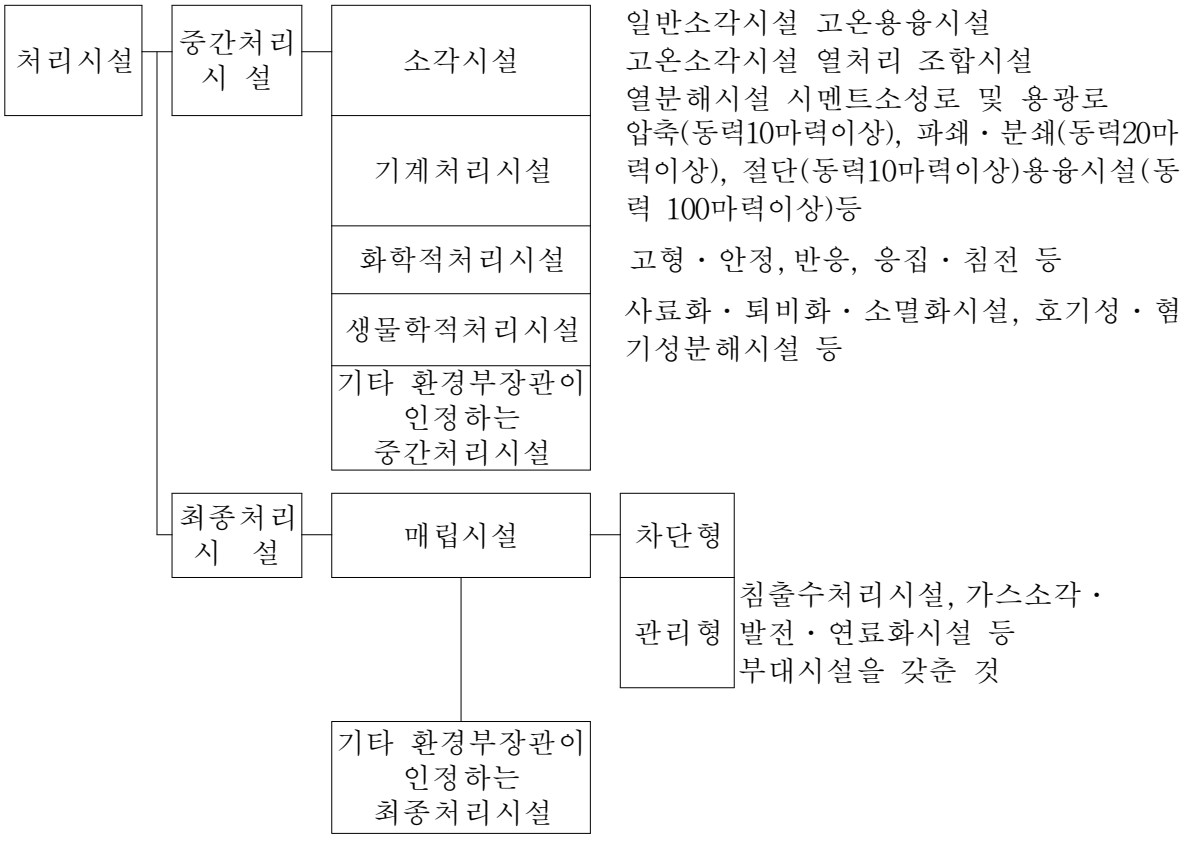
2) 폐기물을 압축·파쇄·분쇄·절단·용융 또는 사료화·퇴비화·소멸화 방법으로 처리하는 경우로서 폐기물처리시설 규모 미만의 시설에서 처리하는 경우

3) 페인트·기름·방부제 등이 묻어 있지 아니한 목재와 벌채·산지개간 또는 건설공사 등으로 발생한 나무뿌리·가지를 연료용(노천소각 제외)으로 사용하는 경우 등

1.2.8 폐기물처리업(폐기물 관리법 제62조)

폐기물처리시설을 갖추고 관할관청에 허가를 받아 다른 사람(사업장)의 폐기물을 수집·운반 및 처리하는 업

<표 1.3>폐기물처리시설의 종류(폐기물관리법 시행령 별표2)



(1) 폐기물처리업의 업종구분과 영업내용(폐기물 관리법 제26조)

1) 수집・운반업 : 폐기물을 수집하여 처리장소로 운반하는 영업

2) 중간처리업 : 폐기물 중간처리시설을 갖추고 폐기물을 소각・중화・파쇄・고형화 등의 방법에 의하여 중간처리(생활폐기물을 재활용하는 경우를 제외한다.)하는 영업

3) 최종처리업 : 폐기물 최종처리시설을 갖추고 폐기물을 매립 등(해역 배출을 제외한다)의 방법에 의하여 최종처리하는 방법

4) 종합처리업 : 중간처리 + 최종처리 하는 영업

1.2.9 폐기물처리시설(폐기물 관리법 제2조)

폐기물의 중간처리시설과 최종처리시설로서 대통령령이 정하는 시설

1.2.10 재활용(폐기물 관리법 제2조)

폐기물을 재사용・재생이용하거나 재사용・재생이용할 수 있는 상태로 만드는 활동 또는 폐기물로부터 환경부령이 정하는 기준에 따라 에너지이용합리화법 제2조 제1호의 규정에 의한 에너지를 회수하는 활동을 말함

1.2.11 재활용신고자(폐기물 관리법 제44조)

다른 사람의 사업장폐기물을 재활용하는 자로서 시・도지사에게 신고하여 필증을 교부 받은 자(재활용 개시 15일 전까지 신고)

1.2.12 지정부산물(자원의 절약과 재활용촉진에 관한법률 제2조)

토목・건축공사에서 부수적으로 생겨난 물질을 말한다.

2. 관련법규 및 기준

2.1. 관련법의 종류

(1) 폐기물관리법(이하 법이라 함) : 원재료서 이용이 불가능한 것(유해・위험물질 등)

(2) 건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률 : 건설폐기물을 친환경적으로 적정처리하고 자연골재의 대체 자원으로 효율적으로 활용할 수 있는 것

(3) 자원의 절약과 재활용촉진에 관한법률 : 원재료서 이용이 가능성이 있는 것(지정부산물)

2.2 폐기물 관리법

구 분	주 요 내 용
제1장 총칙 (1조~11조)	• 폐기물에 대한 정의(제2조) • 생활폐기물, 사업장폐기물, 지정폐기물로 분류(제2조) • 국가・자치단체・국민의 책무 부여(제4조, 제6조) • 폐기물의 투기금지(제7조) • 폐기물 공정시험방법(제11조)
제2장 폐기물의 배출 및 처리 (12조~25조)	• 폐기물 수집・운반・보관・처리기준(제12조) • 생활폐기물 처리(제13조) • 사업장폐기물배출자의 의무(제24조, 제25조) - 발생억제, 적정처리 의무 - 수탁처리능력 확인후 위탁계약 - 사업장폐기물배출자 신고 - 폐기물(간이)인계서 작성
제2장의2 지정폐기물 처리증명(25조의2~25조의6)	• 폐기물처리계획서 관할관청 제출(제25조의2) • 폐기물인계서 작성(제25조의2)
제3장 폐기물처리업 (26조~32조)	• 폐기물처리업 허가(제26조) • 폐기물처리시설의 설치・검사・관리 (제30조~ 제30조의3)
제4장 지도・감독 (39조~43조의6)	• 기술관리인 임명(제39조) • 폐기물처리담당자에 대한 교육(제40조) • 사업장폐기물관리대장의 기록・보존(제41조) • 폐기물배출 및 처리실적 보고(제42조의2) • 처리업자의 방치폐기물 처리이행보증(제43조의2)
제5장 보칙 (44조~58조)	• 폐기물재활용신고(제44조의2) • 폐기물처리시설의 사후관리(제47조)
제6장 벌칙 (58조의2~63조)	• 벌칙(제58조의2~제62조) • 과태료(제63조)

2.3 법 요지

폐기물의 발생을 최소화하고 발생된 폐기물은 우선적으로 재활용→소각→매립 순위에 따라 처리하는 것임

관리·처리순위	건설폐기물 규제내용 예
발생 억제·최소화 ↓ 재활용 ↓ 소 각 ↓ 매 립	- 종류별·성상별·처리유형별 분리배출 (폐기물발생 감소, 재활용 용이) - 건설폐재류 재활용 파쇄크기 100mm로 제한, 폐아스콘은 재생아스콘으로 재활용 (원자재로 재활용) - 재활용이 불가능한 소각대상 폐기물은 소각처리(매립의 최소화)

2.4 폐기물 관련법령

2.4.1 건폐법 주요 제개정요지

(1) 건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률 (2005. 3. 31개정)

1) 제정이유

일시에 다량 발생하는 건설폐기물을 친환경적으로 적정처리하고, 천연골재의 대체자원으로 활용가능한 양질의 순환골재 생산을 유도하여 국가자원의 효율적 이용은 물론 나아가 국민경제발전과 공공복리 증진에 기여하도록 하려는 것임.

2) 주요골자

① 발주자는 건설공사 건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 시책을 적극적으로 이행하기 위하여 건설폐기물의 처리대책을 강구하여 시행하도록 하고, 당해 건설공사에서 발생되는 건설폐기물의 분리배출, 보관, 처리, 재활용 등에 필요한 비용을 공사금액에 계상하도록 하며, 재활용에 관하여 필요한 사항을 공사시방서 등 계약서류에 명시하도록 함(건설폐기물 재활용 촉진에 관한법 제5조)

② 건설업자는 건설폐기물을 친환경적으로 적정처리하고, 재활용을 촉진하기 위하여 발주자가 요구하는 계약조건을 성실히 이행하여야 하며, 건설공사의 발주자 등 건설폐기물을 배출하는 자는 건설공사를 수행하는 과정에서 발생한 건설폐기물을 성상별·종류별로 분리하여 배출하도록 함(건설폐기물 재활용 촉진에 관한법 제6조)

③ 환경부장관은 건설폐기물을 친환경적으로 적정처리하고, 재활용을 촉진하기 위하여 건

설교통부장관과의 협의를 거치고 관계 중앙행정기관의 장 및 시·도지사의 의견을 들어 5년마다 재활용기본계획을 수립하고, 관계 중앙행정기관의 장 및 시·도지사는 기본계획의 연차별 시행계획을 수립·시행하도록 함(건설폐기물 재활용 촉진에 관한법 제8조)

④ 건설폐기물 처리업을 영위하고자 하는 자는 건설폐기물 처리 사업계획서를 시·도지사에게 제출하고, 시·도지사는 건설폐기물 처리사업계획서를 검토하고 그 적정 여부를 그 제출자에게 통보하며, 적정 통보를 받은 자는 시설·장비, 기술능력, 자본금 등 필요한 사항을 갖추어 시·도지사의 허가를 받도록 함(건설폐기물 재활용 촉진에 관한법 제21조)

⑤ 건설교통부장관은 환경부장관과 협의하여 건설폐기물의 재활용을 촉진하기 위하여 순환골재의 용도별 품질기준 및 설계·시공지침 등 필요한 기준을 정하고, 순환골재의 품질을 확보하기 위하여 인증을 부여할 수 있도록 함(건설폐기물 재활용 촉진에 관한법 제35조 및 제36조)

⑥ 건설공사의 발주자는 국가를 당사자로 하는 계약에 관한법률의 적용을 받는 건설공사 중 일정한 구조·규모 및 용도의 건설공사로서 순환골재의 사용이 의무화된 건설공사를 발주함에 있어 건설업자에게 품질기준에 적합한 순환골재를 사용하도록 하여야 함(건설폐기물 재활용 촉진에 관한법 제38조)

⑦ 건설폐기물 배출자는 당해 건설공사가 완료된 경우 건설폐기물의 처리 및 재활용실적을 관리하여야 하며, 그 실적을 당해 건설공사의 인·허가 또는 승인권자에게 제출하도록 함(건설폐기물 재활용 촉진에 관한법 제 40조)

⑧ 건설폐기물 처리업자가 시·도지사로부터 시설·장비 등을 갖추어 건설폐기물 처리업의 허가를 받은 후, 그 사용을 개시하기 위한 신고를 하기 전까지 공제조합에의 분담금 납부 또는 방치폐기물의 처리를 보증하는 보증보험 가입 등 방치폐기물 처리이행보증 조치를 취하도록 함(건설폐기물 재활용 촉진에 관한법 제42조)

(2) 건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률 시행령 (2004.12.31)

1) 제정이유

건설공사 등으로 인하여 발생한 건설폐기물을 친환경적으로 처리하고 재활용을 촉진하기 위하여 건설폐기물의 재활용촉진에 관한법률이 제정(법률 제7043호, 2003. 12. 31. 공포, 2005. 1. 1. 시행, 2005. 3. 31 개정 시행)됨에 따라 건설폐기물의 구체적인 종류, 건설폐기물을 처리하여 생산된 순환골재(순환골재)의 재활용용도 및 의무사용 건설공사의 범위 등 동법에서 위임한 사항과 그 시행에 관하여 필요한 사항을 정하려는 것임

2) 주요내용

① 건설폐기물 종류의 세분화(영 제2조 및 별표1)

건설폐기물의 종류를 폐콘크리트, 폐아스팔트콘크리트, 폐벽돌, 폐블럭, 폐목재, 건설오니(오니), 건설폐토석, 혼합건설폐기물 등 14종류로 구분함

② 순환골재의 재활용용도(영 제4조)

건설폐기물의 분리·선별·파쇄 등을 거쳐 생산된 순환골재의 재활용용도를 도로공사용, 저지대·연약지반을 메우는 성토용(성토용) 및 폐기물 처리시설중 매립시설의 복토용(복토용) 등으로 정함

③ 순환골재 의무사용 건설공사의 범위 설정(영 제5조)

순환골재의 사용을 촉진하기 위하여 법률에서 국가 또는 지방자치단체 등이 시행하는 건설공사중 대통령령이 정하는 건설공사에 순환골재를 의무적으로 사용하도록 함에 따라 도로법에 의한 도로중 4킬로미터 이상 도로의 신설·확장공사, 산업입지 및 개발에 관한 법률에 의한 산업단지 개발사업중 15만제곱미터 이상의 용지조성사업 등 6개 건설공사를 순환골재 의무사용 건설공사로 정함

④ 건설폐기물의 처리기준(영 제9조)

건설폐기물을 순환골재로 최대한 재활용하고 매립대상 건설폐기물의 양을 줄이기 위하여 재활용가능성, 소각가능성 등에 따라 구분하여 수집·운반 및 보관하고, 종류별 재활용용도에 적합하게 중간처리하도록 하는 등 건설폐기물의 처리기준을 정함

⑤ 건설폐기물 처리용역의 분리발주 등의 대상인 건설공사(영 제11조)

건설폐기물의 처리비용을 건설폐기물 처리업자에게 직접 지급하여 건설폐기물의 적정처리를 도모하고자 법률에서 국가 또는 지방자치단체 등이 시행하는 건설공사중 대통령령이 정하는 규모의 건설공사에 대하여 건설공사와 건설폐기물 처리용역을 분리발주하거나 공동계약에 의한 분담이행방식으로 발주하도록 함에 따라 그 대상을 건설폐기물의 발생량이 100톤 이상인 건설공사로 정함

⑥ 방치폐기물의 예방조치(영 제18조)

건설폐기물 처리업자가 방치폐기물을 발생시키는 것을 예방하기 위하여 환경부장관은 건설폐기물의 적정처리를 위한 기술지원 및 교육·홍보를 하고, 시·도지사는 건설폐기물 처리업자에 대한 건설폐기물 보관실태, 허용보관량 준수여부 등에 대한 지도·점검을 하도록 함.

⑦ 건설폐기물처리업자의 공제조합(영 제23조 내지 제26조)

건설폐기물 처리업자가 방치폐기물의 처리에 대한 보증 등을 위하여 설립하는 공제조합의 정관 기재사항, 보증한도, 보증대상을 정하는 등 공제조합의 설립·보증 및 운영에 관한 사항을 정함

⑧ 권한 등의 위임·위탁(영 제28조 및 제29조)

순환골재의 사용에 관한 권고 및 시정조치에 관한 환경부장관 또는 건설교통부장관의 권한을 시·도지사에게 위임하고, 순환골재의 생산·수요에 관한 정보의 제공 및 관리에 관한 환경부장관의 업무를 한국환경자원공사에 위탁하는 등 위임·위탁 사항을 정함

(3) 건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률 시행규칙 (2005. 1.19 제정, 2005. 7. 22 개정)

1) 제정이유

건설공사 등으로 인하여 발생한 건설폐기물을 친환경적으로 처리하고 재활용을 촉진하기 위하여「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」(법률 제7043호, 2003. 12. 31. 공포, 2005. 1. 1. 시행) 및 동법 시행령(대통령령 제18666호, 2004. 12. 31. 공포, 2005. 1. 1. 시행)이 제정됨에 따라 건설폐기물의 허용보관량의 산출방법 등 동법 및 동법 시행령에서 위임된 사항과 그 시행에 관하여 필요한 사항을 정하려는 것임

2) 주요내용

① 건설폐기물의 허용보관량 산출방법(제2조)

건설폐기물의 허용보관량을 수집·운반업자의 경우에는 승인을 얻은 임시보관장소의 보관용적에 비중 1.5를 곱하여 산출하고, 중간처리업자의 경우에는 1일 처리능력에 허가 받은 보관시설의 보관일수를 곱하여 산출하도록 함

② 임시보관장소의 승인기준(제4조제1항)

건설폐기물 수집·운반업자가 적재능력이 큰 차량으로 옮겨 싣기 위하여 설치하는 건설폐기물 임시보관장소에 대한 시·도지사의 승인기준을 시·도당 1개소, 보관용적 700세제곱미터 이하, 보관기일 10일 이내로 정함

③ 건설폐기물의 수집·운반, 보관 등에 대한 구체적인 기준 및 방법(제5조)

동일차량에 건설폐기물과 건설폐기물 외의 물건을 함께 싣지 못하도록 하고, 배출자가 사업장안에 건설폐기물을 보관할 수 있는 기한을 90일로 정하며, 건설공사 완료후에는 건설폐기물을 건설현장에 보관하지 아니하도록 하는 등 건설폐기물의 수집·운반, 보관등에 관한 구체적인 기준 및 방법을 정함

④ 건설폐기물 처리업자의 용역이행실적 신고 및 용역이행능력 공시의 절차(제6조 및 제7조)

건설폐기물 처리업자의 용역이행능력을 평가·공시하기 위하여 매년 2월 15일까지 건설폐기물 처리용역 이행실적보고서를「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」에 의하여 설립되는 협회에 제출하고, 협회의 건설폐기물 처리업자의 용역이행능력을 평가하여 매년 7월31일까지 일간신문 등에 공시하도록 함

⑤ 건설폐기물 처리업의 허가기준(제12조제1항 및 별표2)

수집·운반업의 경우에는 수집·운반차량 3대 이상 및 자본금 2천만원 이상 등을 갖추도록 하고, 중간처리업의 경우에는 1일 처리능력 600톤 이상인 파쇄·분쇄시설 및 자본금 5천만원 이상 등을 갖추도록 하는 등 건설폐기물 처리업의 허가기준을 정함

⑥ 건설폐기물 처리시설의 설치 및 관리기준(제21조)

파쇄·분쇄시설 등 건설폐기물 처리시설의 설치·운영에 따른 환경오염을 예방하고 건설폐기물을 양질의 순환골재로 생산하기 위하여 건설폐기물 처리시설의 바닥은 포장을 하도록 하고, 파쇄·분쇄시설은 투입·파쇄·이송·토출장치 및 분리·선별시설 등을 설치하도록 하는 등

건설폐기물 처리시설의 설치 및 관리기준을 구체적으로 정함

2.4.2 건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률시행지침

(1) 법령 기본구조

1) 「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」제3조제1항의 규정에 의거 동법은 「폐기물관리법」등 다른 법률에 대한 특별법으로 구성

① 동법은 건설폐기물의 파쇄처리에 의한 순환골재 생산・보급 등 재활용촉진에 초점을 맞춰 규정되어 있으므로,

② 동법에서 규정한 사항은 우선 적용하되, 건설폐기물의 최종처리, 소각처리 및 재활용신고 등 동법에서 규정하지 않은 사항은 폐기물관리법을 적용

2) 동법 시행규칙 부칙 제9조의 규정에서 동 법령의 규정과 중복되는 「폐기물관리법 시행규칙」의 규정은 삭제 또는 개정

① 다만, 「폐기물관리법 시행규칙」중 다른 폐기물과 관련되는 포괄적인 규정 등은 삭제되지 않았으므로 삭제되지 않은 규정 중 동법에서 규정한 사항은 동법을 우선적용

(2) 주요내용별 시행지침

1) 순환골재의무사용 건설공사의 범위(법 제2조제14호 및 시행령 제5조)

① 「도로법」상 도로중 4킬로미터 이상인 도로의 시설・확장공사 등 순환골재의무사용 건설공사의 포괄적인 대상을 규정

② 다만, 법 제38조제3항의 규정에 의거 순환골재의 구체적인 사용량 등에 대한 고시이후에 순환골재의무사용 규정 적용

• 순환골재 품질기준(법 제35조)이 고시되면 품질기준에 맞는 수요・공급조사후 고시

2) 재활용 시행계획의 통보 등(법 제8조 및 시행령 제8조)

① 환경부장관이 5년마다 수립하는 재활용 기본계획 수립('06.1예정)이후에 시・도지사 등의 연차별 시행계획 수립

3) 건설폐기물의 처리기준 등(시행령 제9조 및 시행규칙 제5조)

① 건설폐기물에 대한 수집・운반, 보관, 중간처리기준중 동 법령에서 정한 사항은 우선적용하되, 규정하지 않은 사항은 「폐기물관리법 시행령」제6조 및 동법시행규칙 관련규정 적용

② 건설폐재류의 중간처리기준은 2005.7.18 까지 「폐기물관리법 시행규칙」별표4 제5호라목(1)(나)의 규정을 적용

③ 중간처리기준의 최대직경에 대한 건교부와 협의결과에 따라 관련 규정 개정

4) 용역이행능력평가・공시(법 제14조, 시행령 제10조 및 시행규칙 제6조・제7조)

① 처리업자에 대한 용역이행능력평가 및 용역이행실적신고는 2006년부터 시행(시행규칙 부칙 제1조)

5) 건설폐기물의 처리용역의 발주(법 제15조 및 시행령 제11조)

① 종전「폐기물관리법 시행규칙」별표4 제5호가목(5)의 규정에서 5톤 이상의 건설폐기물은 모두 분리발주 대상이었으나,

② 동법에서는 위탁처리하는 건설폐기물 발생량이 2006. 12. 31까지는 500톤 이상인 경우, 2007.1.1부터는 100톤이상인 경우를 대상으로 함

- 다만, 분리발주 제도는 폐기물처리비용을 발주자가 처리업체에 직접 지급토록 함으로써 건설폐기물의 친환경적 적정처리와 양질의 순환골재 생산・보급을 촉진하기 위하여 규제개혁위원회에서 도입('00.9)한 제도이므로 관급공사에 대하여는 비대상인 경우에도 적극적인 분리발주 이행이 바람직

6) 배출자신고 등(법 제17조 및 시행규칙 제9조)

①「폐기물관리법」에 의한 배출자신고를 한 경우에는 동법에 의한 신고를 한 것으로 봄(시행규칙 부칙 제5조)

- 다만, 분리발주 대상인 경우 발주자만이 배출자가 될 수 있으므로 2005. 7. 18까지 다시 배출자신고를 하되, 동 기간내에 공사가 완료되어 배출 및 처리실적서를 제출한 경우 제외

② 2005.1.19부터는 동법에 의한 배출자신고를 하여야 하며, 동법에 의한 배출자신고를 한 경우 폐기물관리법에 의한 배출자신고를 한 것이므로「폐기물관리법」에 의한 별도의 신고대상이 아님(법 제3조제1항)

7) 건설폐기물 처리업의 허가 등(법 제21조 및 시행규칙 제12조)

①「폐기물관리법」에 의하여 건설폐기물을 영업대상으로 폐기물 처리업 허가를 받은 경우 동법에 의한 허가를 받은 것으로 봄(법 부칙 제2조)

- 다만, 2006.6.30까지 동법 허가기준에 적합한 시설 및 장비를 갖추어 변경허가를 받아야 함(자본금, 사업장부지 등은 제외)

② 시행규칙 시행당시「폐기물관리법」에 의한 사업계획 적정통보를 받은 경우 동법에 의한 적정통보를 받은 것으로 보되, 그 유효기간은 2008.6.30까지임(시행규칙 부칙 제7조)

- 다만, 사업계획만 제출하여 적정통보를 받지 않은 경우 동법에 의한 사업계획서를 다시 제출하여야 함

8) 건설폐기물 처리시설의 설치승인・신고(법 제27조 및 시행규칙 제16조)

①「폐기물관리법」에 의하여 설치승인을 얻은 건설폐기물 처리시설은 동법에 의한 설치승인을 얻은 것으로 봄(시행규칙 부칙 제6조)

- 다만,「폐기물관리법」에 의한 설치신고를 한 경우 2006.1.18까지 설치승인 신청서를 제출하되, 동 기간내에 사용종료 또는 폐쇄한 경우 제외

② 연구목적의 시설 등 「폐기물관리법」에서 설치·운영계획서만 제출한 시설은 동법에 의한 신고대상이 되었으므로 2006.1.18까지 설치신고서를 제출하되, 동 기간내에 사용종료된 경우 제외(시행규칙 부칙 제6조제3항)

9) 보고서 제출(법 제34조 및 시행규칙 제27조)

① 배출자 및 건설폐기물 처리업자가 제출하는 배출 및 처리실적 보고서 등은 다음년도 1월말까지 제출하도록 규정

10) 기타 경과규정

① 「폐기물관리법」에 의한 임시보관장소 승인을 얻은 경우 및 수집·운반증을 발급받은 경우 동법에 의한 효력 인정(시행규칙 부칙 제3조 및 제4조)

② 「폐기물관리법」에 의한 행정처분의 위반행위 중 동법에 의한 위반행위와 동일한 위반행위로 행정처분을 받은 경우 동법에 의한 행정처분을 받은 것으로 봄(시행규칙 부칙 제8조)

(3) 후속조치 계획

1) 건설폐기물 재활용기본계획 수립 : 2006. 2

2) 분담이행방식 발주대상 폐기물처리비용 고시

3) 순환골재 품질기준 협의(건교부 고시) : 2005. 2

4) 순환골재 품질인증제도 시행 : 2005. 8

5) 순환골재 의무사용량 등 고시 : 2005. 11

- 순환골재 고시 후 품질기준에 적합한 순환골재 생산·수요현황 조사하여 구체적인 의무사용량 등을 건교부와 공동고시

6) 협회허가 : 2005. 11

- 용역이행능력평가 등 정부업무 위탁 수행 가능한 법정협회 허가

7) 용역이행능력평가 업무처리지침 마련 : 2005. 11

2.4.3 폐기물 관리 법령

이 법은 폐기물의 발생을 최대한 억제하고 발생된 폐기물을 적정하게 처리함으로써 환경보전과 국민생활의 질적 향상에 이바지함을 목적으로 한다.

2.4.4 자원의 재활용 촉진에 관한 법령

이 법은 자원재활용을 촉진하여 폐기물을 적정하게 처리하고 자원을 효율적으로 이용하도록 함으로써 환경의 보전과 국민경제의 건전한 발전에 이바지함을 목적으로 한다.

2.4.5 건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법령

이 법은 건설공사 등으로 인하여 발생한 건설폐기물을 친환경적으로 적정처리하고 재활용을 촉진하여 국가자원의 효율적 이용은 물론 국민경제발전과 공공복리증진에 기여함을 목적으로 한다.

(1) 제3조 (다른 법률과의 관계)

1) 이 법중 건설폐기물을 친환경적으로 적정처리하고, 재활용을 촉진하기 위한 사항은 이 법을 다른 법률에 우선하여 적용하고, 이 법에서 규정되지 아니한 사항은 관계 법률의 규정을 적용한다.

2) 관계 중앙행정기관의 장은 이 법의 규정에 관한 내용으로 법령을 제정하거나, 개정하는 경우에는 미리 환경부장관 및 건설교통부장관과 협의하여야 한다.

3. 수량산출

3.1 발생원단위의 이해

3.1.1 발생원단위의 정의

(1) 건축부문 : 발생원단위 = $\frac{\text{건설폐기물 발생량(톤 or kg)}}{\text{신축공사바닥면적 또는 해체공사바닥면적(㎡)}}$

(2) 토목부문 : 사업별로 각 폐기물의 발생량을 산정(대표적인폐기물 : 폐아스팔트콘크리트, 임목폐기물 등)

3.2 발생원단위의 필요성

(1) 철거대상 건축물의 성상이 다양하고, 표준화 되지 않으므로 개별건축물의 해체시 발생되는 폐기물량을 산정하기 어려움

(2) 따라서 기왕의 자료로부터 건축물의 분류별로 철거시 발생되는 폐기물을 추정하여 건축물 바닥면적별 발생단위수량을 미리정함.

(3) 조사된 건축물 성상별 면적을 고려하여 개별 및 총 발생폐기물량을 예측함

3.3 원단위 적용의 한계성

(1) SAMPLE 건축물의 해체로부터 얻은 자료를 토대로 작성한 것으로 모든종류의 건축물에 대한 원단위 자료를 작성하기 어려움

(2) 기존 구가옥등은 정해진 표준성이 없음

(3) 따라서 폐기물 발생량을 간접적으로 예측할 수 있는 자료일뿐, 그 신뢰도에 대한 근원적인 문제를 가지고 있음

3.4 발생원 단위의 산출 방법

(1) 직접조사 방법

• 직접조사를 통해 현장계측으로 발생원단위 산출

(2) 간접추계 방법

1) 기존문헌의 자료를 수용하고 데이터를 정리하여 사용

2) 평균적인 적산설계의 자재투입량과 자재 손실율(할증율)을 파악하여 계산

(3) 건설폐기물 발생원단위 조사 방법 및 장 단점

방 법		장・단점	적용사례
간 접 추계방법 Indirect method	(1) 기존문헌의 원단위자료 사용	• 다양한 자료를 이용할 수 있음 • 폐기물 원단위 발생량이 자료에 따라 상당한 차이를 보임으로 인하여 선택이 어려움 • 공사종류별, 건축구조별 발생자료를 산출하기 어려운경우가 많음	시정개발 연구원과 아태환경 경영연구원의 원단위 자료 (1995년)
	(2) 자재투입량과 자재손실율 (할증율)에 의한 폐기물량 계산	• 각 현장에 특성에 가장 맞게 발생량 예측가능 • 이론적인 상황의 폐기물 발생량 이므로 실제발생량과 차이가날 가능성이 있음 • 자재손실율 및 중량환산계수의 정확한 적용이 어려움	
직 접 조사방법 Direct method	(3) 직접 계측	• 발생총량에 있어서 자료의 정확도가 매우 높음 • 많은 시간과 인력이 소요됨 • 폐기물이 혼합배출 될 경우 종류별 발생량 파악이 어려울 가능성이 있음	• 부천상동지구 발생 폐기물 재활용 처리방안에 관한연구(2000년 한국토지 공사, 한국건설 기술연구원) • 코오롱건설의 남산외인 아파트 해체 원단위

3.5 현행원단위

3.5.1 원단위 산정의 기준

(1) 폐기물 성상처리는 크게 콘크리트류, 철재 및 금속류, 혼합폐기물류, 생활폐기물로 구분하되 민원사항이 많은 혼합폐기물처리는 매립류, 목재소각류와 기타소각류로 구분하여 적용하도록 한다.

(2) 배출원단위는 톤 단위로 표시한다.

(3) 콘크리트류(가옥, 가옥부속물, 창고, 화장실, 공장, 공공건물 등)는 다음과 같이 적용한다.

1) 목조, 연화벽돌조 : 무근(20%), 시멘트・블럭류(80%)

2) 철근콘크리트조, 철골조 : 철근30cm이상(5%), 철근30cm미만(15%), 무근(40%), 시멘트・블럭류(40%)

3) 기타(담장, 마당, 보도블럭) : 시멘트・블럭류(100%)

(4) 철근, 무근 콘크리트류의 5%, 시멘트・블럭류의 10%는 매립물류로 추가적용.

(5) 혼합폐기물류는 다음과 같이 적용한다.

1) 매립류 : 콘크리트류의 발생매립류, 유리류, 기타

2) 목재류소각 : 목재류

3) 기타소각류 : 종이류, 플라스틱류, 섬유류

(6) 생활폐기물(냉장고, 가구류, 폐지류등 주민이 생활에 사용하던 것을 존치 또는 투기한 폐기물)은 별도 항목으로 추가계상

(7) 철재 및 금속류의 적용은 현장손실률을 적용하여 조정한다.

(8) 폐기물선별처리 및 분류는 다음과 같이 1차와 2차작업으로 나눈다.

1) 1차선별(건설장비 및 인력선별에 의한 성상별 분류)

① 건설업체 또는 철거업체

② 콘크리트류, 금속 및 철재류, 혼합폐기물, 생활폐기물

2) 2차선별(선별장비에 의한 혼합폐기물 분류)

① 폐기물 중간처리업체

② 매립폐기물, 목재류 소각폐기물, 기타 소각폐기물

3) 이때 선별・분류처리는 1차 및 2차 선별처리 업체의 업무분담을 고려하여 비율을 적용하되 현장상황에 따라 조정한다.

(9) 배출원의 단위는 현장여건 및 년도마다 따라 다를 수 있으므로, 필요시 설계담당의 회의를 통하여 보정계수를 정한다. (현 보정계수=1.0)

(10) 건설폐기물량 산출 : 건설폐기물량 = Σ(용도별 수량×용도별배출원단위×보정계수)

3.5.2 건설폐기물 처리 배출원단위 적용요령

(1) 건설폐기물의 일반적인 단위면적당 발생량의 산출은 실측 또는 설계도서 따라 산출함을 우선으로 하며, 배출원단위를 적용하여 산출할 수 있다.

(2) 폐기물 성상처리는 크게 콘크리트류, 철재 및 금속류, 혼합폐기물류, 생활폐기물로 구분하되,

(3) 콘크리트류에는 콘크리트, 벽돌, 파일, 모르터, 잡석 등이 포함

(4) 금속 및 철재류에는 철골량이 포함되어 있으며, 철골량은 실측에 의하여 별도 산정

(5) 혼합폐기물처리는 매립류, 목재소각류와 기타 소각류로 구분하여 적용하도록 하며, 건물의 사용과정에서 발생한 설비, 기구, 등의 잔존 폐기물이 포함

(6) 물량산출시 매년마다의 산출보정계수(현재 1.0적용)의 적용을 원칙으로 하되, 지구의 특성, 시공방법 및 공사현장의 여건에 따라 20%내에서 조정

(7) 물량정산은 발주비율에 의한 계근정산을 원칙으로 하며, 송장의 총물량은 토사 및 수분의 함유율에 따라 조정하여야 하며, 분뇨량처리 및 벌개제근, 설계시 계상되지 않은 물량미포함 지하구조물 및 매립쓰레기 등은 별도 정산

(8) 폐기물을 처리함에 있어 그 과정은 다음과 같다.

1) 1차선별 및 운반(건설장비 1대, 보통인부 2~5명)

2) 2차선별 및 분류(선별기에 의한 분류)

3) 폐기물 파쇄

4) 재활용재 야적

5) 매립지 운반, 소각 등

(9) 폐기물을 처리함에 있어 계근은 현장계근대 설치후 계근함을 원칙으로하며 그 비용을 반영한다. 이때 현장 보조원을 3명(사진촬영 폐기물감시 1명, 및 계근원 1명, 운반감시원 1명 등)을 둘 수 있으며 필요시 추가

(10) 폐기물처리업체는 폐기물 처리전에 발생물량을 체크하고, 설계량과의 물량 과다한 차이가 발생할 것으로 예상될 시, 객관적인 산출자료를 제출하고 수량 확인절차를 거친 후 처리

(11) 폐기물중 열경화성 폐합성수지는 소각하거나, 최대15㎝ 이하의 크기로 파쇄·절단 또는 용융한 후 관리형 매립시설에 매립해야 하므로 매립 또는 소각 등 폐기물처리시설의 현황을 조사하여 경제적인 방법으로 처리

(12) 일정량 이상의 임목폐기물(나무뿌리, 가지 등)은 폐기물관리법에 해당되는 경우 임목폐기물 재활용 신고필증을 득한자나 소각전문 처리업자에게 위탁처리

3.5.3 건축폐기물 배출원단위

(단위:톤/㎡)

구 분	형 식	단 위	콘크리트류					금속및 철재류	혼합폐기물			생활 폐기물	합계
			철 근 T=30cm 이상	철 근 T=30cm 미만	무 근 T=30cm 미만	시멘트 벽돌 블럭류	소계		매립류	목재류 소각	기타 소각류		
가 옥	목 조	㎡	0.0000	0.0000	0.1161	0.4644	0.5805	0.0006	0.0313	0.0935	0.0032	0.0150	0.7240
가 옥	연 와 벽 돌 조	㎡	0.0000	0.0000	0.2664	1.0657	1.3321	0.0010	0.1318	0.0968	0.0163	0.0150	1.5930
가 옥	철 근 콘 크 리 트 조	㎡	0.0608	0.1825	0.4868	0.4868	1.2170	0.0000	0.0848	0.0427	0.0086	0.0150	1.3680
가 옥	철 골 조	㎡	0.0428	0.1284	0.3425	0.3425	0.8561	0.0041	0.0508	0.0000	0.0000	0.0150	0.9260
가옥부속물	목 조	㎡	0.0000	0.0000	0.0502	0.2006	0.2508	0.0024	0.0189	0.0019	0.0000	0.0050	0.2790
가옥부속물	연 와 벽 돌 조	㎡	0.0000	0.0000	0.1870	0.7478	0.9348	0.0000	0.0552	0.0290	0.0000	0.0050	1.0240
가옥부속물	철 골 조	㎡	0.0105	0.0316	0.0844	0.0844	0.2109	0.0020	0.0111	0.0060	0.0230	0.0050	0.2580
창고,화장실	목 조	㎡	0.0000	0.0000	0.0796	0.3184	0.3981	0.0000	0.0270	0.0450	0.0000	0.0050	0.4750
창고,화장실	연 와 벽 돌 조	㎡	0.0000	0.0000	0.1296	0.5183	0.6479	0.0000	0.0341	0.0130	0.0280	0.0050	0.7280
창고,화장실	철 근 콘 크 리 트 조	㎡	0.0260	0.0779	0.2079	0.2079	0.5197	0.0150	0.0274	0.0000	0.0320	0.0050	0.5990
창고,화장실	철 골 조	㎡	0.0158	0.0475	0.1265	0.1265	0.3164	0.0130	0.0167	0.0150	0.0030	0.0050	0.3690
공 장	목 조	㎡	0.0000	0.0000	0.1161	0.4644	0.5805	0.0006	0.0313	0.0935	0.0032	0.0050	0.7140
공 장	연 와 벽 돌 조	㎡	0.0000	0.0000	0.2999	1.1994	1.4993	0.0020	0.0821	0.0200	0.0080	0.0050	1.6164

3.5.3 건축폐기물 배출원단위(계속)

(단위:톤/㎡)

구 분	형 식	단 위	콘크리트류					금속및 철재류	혼합폐기물			생활 폐기물	합계
			철 근 T=30cm 이상	철 근 T=30cm 미만	무 근 T=30cm 미만	시멘트 벽돌 블럭류	소계		매립류	목재류 소각	기타 소각류		
공 장	철 근 콘 크 리 트 조	㎡	0.0585	0.1756	0.4682	0.4682	1.1704	0.0000	0.0616	0.0000	0.0060	0.0050	1.2430
공 장	철 골 조	㎡	0.0428	0.1284	0.3425	0.3425	0.8561	0.0041	0.0508	0.0000	0.0000	0.0050	0.9160
공공건물	목 조	㎡	0.0000	0.0000	0.1161	0.4644	0.5805	0.0006	0.0313	0.0935	0.0032	0.0050	0.7140
공공건물	연 와 벽 돌 조	㎡	0.0000	0.0000	0.2773	1.1093	1.3866	0.0003	0.0765	0.0339	0.0347	0.0050	1.5370
공공건물	철 근 콘 크 리 트 조	㎡	0.0675	0.2024	0.5398	0.5398	1.3495	0.0000	0.0965	0.0000	0.0000	0.0050	1.4510
공공건물	철 골 조	㎡	0.0354	0.1062	0.2833	0.2833	0.7082	0.0102	0.0560	0.0042	0.0024	0.0050	0.7860
지 하 실	가옥,가옥부속물,창고	㎡	0.9224	1.3835	0.0000	0.0000	2.3059	0.0041	0.0848	0.0427	0.0086	0.0000	2.4461
지 하 실	공 장 , 공 공 건 물	㎡	1.5554	1.0369	0.0000	0.0000	2.5923	0.0041	0.0616	0.0000	0.0060	0.0000	2.6640
기 타	담 장 (벽 돌 H = 1 . 8)	m	0.0000	0.0000	0.0000	1.6769	1.6769	0.0000	0.1863	0.0000	0.0000	0.0000	1.8632
기 타	담장(브럭시멘트 H=1.8)	m	0.0000	0.0000	0.0000	0.9331	0.9331	0.0000	0.1037	0.0000	0.0000	0.0000	1.0368
기 타	담 장 (조 립 식 콘 크 리 트)	m	0.0000	0.0000	0.0000	0.2982	0.2982	0.0000	0.0331	0.0000	0.0000	0.0000	0.3313
기 타	마 당 (보 도 블 럭)	㎡	0.0000	0.0000	0.0000	0.1800	0.1800	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000	0.2000
기 타	마 당 (시 멘 트)	㎡	0.0000	0.0000	0.0000	0.4140	0.4140	0.0000	0.0460	0.0000	0.0000	0.0000	0.4600
기 타	비 닐 하 우 스	㎡	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0030	0.0000	0.0032
기 타	비 닐 하 우 스 (철 파 이 프)	㎡	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
기 타	비닐하우스(철파이프차광망)	㎡	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0035	0.0000	0.0037
기 타	비닐하우스(비닐철파이프차광망)	㎡	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0065	0.0000	0.0067
기 타	비닐하우스(비닐2겹철파이프차광망)	㎡	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0095	0.0000	0.0097
기 타	비 닐 하 우 스 (VH 철 파 이 프)	㎡	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002

3.6 신축폐기물 수량산출

3.6.1 자재의 할증량 부분을 폐기물로 계상

3.6.2 세부기준

성 상	종 류	할증율	폐기물 발생량
콘크리트류	흄관	2%	할증수량
	인터록킹 블록	4%	할증수량
	점토조립 블록	4%	할증수량
	화강석 경계석	3%	할증수량
	파일두부정리		(0.5m/본 파쇄)
	자동세륜기 철거		Conc 전량
	레미콘(철근)	1%	할증수량
	레미콘(무근)	2%	할증수량
아스콘 류	아스콘	2%	할증수량
목재류	합판3회		1/3
	합판4회		1/4
	합판6회		1/5

3.6.3 건축공사 신축폐기물 산출기준(참고 : 2005 건축견적기준)

(1) 폐기물의 물량산출은 각종 자재의 자재별 할증율을 기초로 하며, 일부 손료에의해 처리되는 항목의 손료경과 수량과 건축물의 형태구성을 위해 사용되는 소모성자재, 내역서에 반영된 보양재중 입주자가 제거하지 않는 품목을 포함하여 산출한다.

(2) 자재납품에 따른 부산물(포장재료, 파렛트, 반입용기등)은 자재납품자가 회수·처리토록 하므로 발주수량에 포함하지 아니한다.

(3) 산출방법 : 전체 연면적(주차장제외) × 발생량

(4) 건설폐기물 분류

분 류	내 용	발 생 량
종이류	벽지류, 보양재	0.074kg/㎡
합성수지류	각종 몰딩류(재료분리 및 걸레받이 포함), B.M.C류, P.V.C류, 폴리에틸렌필름, 륨카펫, 스티로폼류, 판상단열재, 소모성 자재류, 기타 단열재류, 홍보시설	0.385kg/㎡
목재류	내장용 합판 및 각재, 형틀용 자재류	1.694kg/㎡
폐콘크리트류	레미콘, 벽돌류, 석재류	13.065kg/㎡
	양중장비의 기초, 가설건물 기초, 파일두부정리	별산
보드류	시멘트판, 석고보드류, 석면판	0.187kg/㎡
금속류	앵글, 경량철골, 철망류, 각종 안내판	0.052kg/㎡
유리, 도자기류	각종 유리, 각종 타일, 테라죠타일	0.809kg/㎡
유리섬유류	유리면	0.019kg/㎡
계		29.248kg/㎡

주) 양중장비 및 가설건물에 발생되는 폐콘크리트 수량은 별도산출

3.7 원단위산출 적용예(○○지구)

3.7.1 철거수량 집계표

구 분		단위	건 축 폐기물	2 ~ 6층 폐기물	계	폐콘크리트류 재활용(50%)	비 고
폐콘크리트	철 근 (T=30㎝이상)	㎥	2,829.53	694.97	3,524.50	1,762.25	단위중량 : 2.4t/㎥
		ton	6,790.88	1,667.93	8,458.81	4,229.41	
	철 근 (T=30㎝이상)	㎥	4,769.83	2,024.24	6,794.07	3,397.04	단위중량 : 2.4t/㎥
		ton	11,447.60	4,858.18	16,305.78	8,152.89	
	무 근 (T=30㎝이상)	㎥	0.00	0.00	0.00	0.00	단위중량 : 2.3t/㎥
		ton	0.00				
	무 근 (T=30㎝이상)	㎥	6,954.46	5,667.76	12,622.22	6,311.11	단위중량 : 2.3t/㎥
		ton	15,995.28	13,035.87	29,031.15	14,515.58	

3.7.1 철거수량 집계표(계속)

구 분			단위	건 축 폐기물	2 ~ 6층 폐기물	계	폐콘크리트류 재활용(50%)	비 고
폐콘크리트	포장	무 근 (T=30㎝이상)	㎥	0.00	0.00	0.00	0.00	단위중량 : 2.3t/㎥
			ton	0.00				
	무근콘크리트 계		㎥	6,954.46	5,667.76	12,622.22	6,311.11	단위중량 : 2.3t/㎥
			ton	15,995.28	13,035.87	29,031.15	14,515.58	
	시멘트 벽돌블럭 류		㎥	32,385,89	7,810.61	40,196.50	20,098.25	단위중량 : 1.7t/㎥
			ton	55,056.02	13,278.04	68,334.06	34,167.03	
계			㎥	46,939.71	16,197.58	63,137.29	35,920.52	재활용 혼합 단위중량 : 1.7t/㎥ 재활용원부피 = 31,569㎥ 소할(철근/무근) = 22,941×15% = 3,441㎥
			ton	89,289.78	32,840.02	122,129.80	61,064.90	
보 도 블 럭			㎥					
			ton					
폐 아 스 콘			㎥	125.75		125.75		단위중량 : 2.3t/㎥
			ton	289.23		289.23		
석 축 헐 기			㎥			0.00		단위중량 : 2.4t/㎥
			ton			0.00		
금 속 철 재 류			ton	421.21	8.22	429.43		고재감
혼합폐기물	매 립 류		㎥	4,382.29	1,467.24	5,849.53		
			ton	6,573.44	2,200.87	8,774.31		
	목 재 소 각 류		㎥	4,776.86	1,571.55	6,348.41		
			ton	2,866.12	942.93	3,809.05		
	기 타 소 각 류		㎥	1,498.55	359.41	1,857.96		
			ton	899.13	215.65	1,114.78		
	계		㎥	10,657.70	3,894.83	14,552.53		
			ton	10,338.69	3,359.45	13,698.14		
생활폐기물			ton	581.87	359.09	940.96		
분 뇨 량			ton	1,238.65		1,238.65		
공장폐수량			ton	261.80		261.80		
폐공처리(농업용)			개소			225.00		D60, L = 50m
폐공처리(공업용)			개소			283.00		D25, L = 30m
강관비계(3개월)			㎡			14,814.00		
방진망 설치			㎡			14,814.00		
PE천막지 설치			㎡			9,339.00		
폐콘크리트류 평균 운반거리			m			2,065.90		철거가옥 → 크러셔장

3.7.2 지장물 보상자료(○○지구)

NO	연 번	지 번	지 장 물		수량	단위
00022 - 1	2035	10226000	가옥	시멘트블럭.시멘트기와지붕	52.2	㎡
00022 - 2	2036	10226000	가추1	시멘트블럭,스레이트지붕	12.2	㎡
00022 - 3	2037	10226000	축사1	시멘트블럭,스레이트지붕	37.5	㎡
00022 - 4	2038	10226000	화장실	시멘트블럭,스레이트지붕	2.04	㎡
00022 - 6	2040	10226000	차양	목재기둥.스레이트지붕	11.16	㎡
00022 - 7	2041	10226000	담장	조립식블럭	3	m
00022 - 8	2042	10226000	호두나무(17년)		1	주
00022 - 9	2043	10226000	은행나무(3년)		10	주
00022 - 16	2050	10226000	관정	가정용,지하수	1	개
00022 - 17	2051	10226000	장독대	시멘트블럭	7.5	㎡
00023 - 13	2064	10122000	비닐하우스	철파이프기둥,비닐피복	47.96	㎡
00023 - 14	2065	10122000	화장실	시멘트블럭조,슬라브지붕	3.75	㎡
00023 - 15	2066	10122000	장독대	시멘트블럭	12	㎡
00023 - 16	2067	10122000	우물	가정용	1	개
00023 - 17	2068	10122000	대문1	목재,스레이트지붕	1	식
00023 - 18	2069	10122000	대문2	철재	1	식
00023 - 19	2070	10122000	담장	조립식블럭	56	m
00023 - 20	2071	10122000	지하수관정	가정용	1	개
00023 - 21	2072	10122000	마당포장	시멘트포장	37.2	㎡
00023 - 22	2073	10122000	기름탱크	기름탱크(1400L)	1	식
00024 - 1	2086	10122000	가옥1층(차고,창고)	철근콘크리트조	60	㎡
00024 - 2	2087	10122000	가옥2층	철근콘크리트조	127.98	㎡
00024 - 3	2088	10122000	가옥3층	철근콘크리트조,슬라브지붕	75.21	㎡
00024 - 4	2089	10072000	발코니1	조적조,알미늄샷시	19.71	㎡
00024 - 5	2090	1072000	발코니2	조적조,알미늄샷시	27.45	㎡
00024 - 6	2091	1072000	발코니3	조적조스라브.알미늄TIT시	7.65	㎡
00028 - 9	2175	1072000	고추건조장1	목재,비닐피복	23.8	㎡
00028 - 10	2176	1072000	고추건조장2	목재(선반형),피복없음	18	㎡
00028 - 11	2177	1072000	지하수관정	기정용	2	개
00048 - 26	2620	10183000	마당포장	보도블럭포장	42.25	㎡
00049 - 4	2626	10182000	통로	목조,스FP트지붕	7.2	㎡
00049 - 5	2627	10182000	대문	목재기둥,목재대문	1	식
00049 - 6	2628	10182000	장독대	시멘트미장	9	㎡
00049 - 7	2629	10182000	화장실	콘크리트블럭.스페이트지붕	3	㎡
00050 - 11	2644	10164000	계사	철망,함석지붕	9.25	㎡
00050 - 12	2645	10164000	견사1	철망.스레트지붕	4.5	㎡
00050 - 13	2646	10164000	견사2	조립식벽체및지붕	2.5	㎡
00050 - 14	2647	10164000	철재계단	철재	3.5	㎡
00050 - 15	2648	10164000	비닐하우스1	철파이프,비닐피복	24.75	㎡
00050 - 16	2649	10164000	비닐하우스2	철파이프,비닐피복	48.5	㎡
00050 - 17	2650	10164000	건조실 및 정미실	시멘트블럭,시멘트기와	28.71	㎡
00050 - 18	2651	10164000	창고2	철파이프기둥.함석벽체및	28.16	㎡
00050 - 19	2652	10164000	차고	철파이프기둥,함석지붕	35.2	㎡
00050 - 20	2653	10164000	화장실	시멘트블럭,스라브지붕	4.5	㎡

3.7.3 건축 지장물 수량집계 (○○지구)

구 분	형 식	수 량	단 위	코드값	콘크리트류					아스콘	금속및 철재류	혼합폐기물			생 활 폐기물	합 계
					철 근 T=30cm 이 상	철 근 T=30cm 미 만	무 근 T=30cm 미 만	시멘트벽돌 블럭류	소 계			매립류	목재류 소각	기타 소각류		
가옥	목조	3,024.72	㎡	11	0.00	0.00	351.14	1404.56	1755.70	0.00	1.81	94.52	282.81	9.68	45.37	2189.90
가옥	연와벽돌조	10,216.92	㎡	12	0.00	0.00	2721.97	10887.89	13609.86	0.00	10.22	1346.69	989.00	166.54	153.25	16275.55
가옥	철근콘크리트조	26,222.87	㎡	13	1595.60	4786.79	12764.77	12764.77	31911.92	0.00	0.00	2222.39	1119.72	225.52	393.34	35872.89
가옥	철골조	2,501.22	㎡	14	107.07	321.21	856.56	856.56	2141.39	0.00	10.26	126.96	0.00	0.00	37.52	2316.13
가옥부속물	목조	3,320.91	㎡	21	0.00	0.00	166.58	666.31	832.88	0.00	7.97	62.77	6.31	0.00	16.60	926.53
가옥부속물	연와벽돌조	2,914.02	㎡	22	0.00	0.00	544.81	2179.22	2724.03	0.00	0.00	160.85	84.51	0.00	14.57	2983.96
가옥부속물	철골조	7,034.64	㎡	23	74.18	222.54	593.44	593.44	1483.61	0.00	14.07	78.08	42.21	161.80	35.17	1814.94
창고,화장실	목조	5,282.43	㎡	31	0.00	0.00	420.53	1682.14	2102.67	0.00	0.00	142.36	237.71	0.00	26.41	2509.15
창고,화장실	연와벽돌조	7,805.64	㎡	32	0.00	0.00	1011.45	4045.82	5057.27	0.00	0.00	266.17	101.47	218.56	39.03	5682.51
창고,화장실	철근콘크리트조	440.41	㎡	33	11.44	34.33	91.54	91.54	228.86	0.00	6.61	12.05	0.00	14.09	2.20	263.81
창고,화장실	철골조	16,496.88	㎡	34	260.94	782.82	2087.52	2087.52	5218.79	0.00	214.46	274.67	247.45	49.49	82.48	6087.35
컨테이너	철재	1,380.06	㎡	35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.90	6.90
공장	목조	290	㎡	41	0.00	0.00	33.67	134.66	168.33	0.00	0.17	9.06	27.12	0.93	1.45	207.06
공장	연와벽돌조	2,112.10	㎡	42	0.00	0.00	633.33	2533.32	3166.65	0.00	4.22	173.42	42.24	16.90	10.56	3414.00
공장	철근콘크리트조	7,095.20	㎡	43	415.21	1245.63	3321.69	3321.69	8304.22	0.00	0.00	437.06	0.00	42.57	35.48	8819.33
공장	철골조	6,818.41	㎡	44	291.88	875.63	2335.01	2335.01	5837.51	0.00	27.96	346.10	0.00	0.00	34.09	6245.66
공공건물	목조	53	㎡	51	0.00	0.00	6.15	24.61	30.76	0.00	0.03	1.66	4.96	0.17	0.27	37.84
공공건물	연와벽돌조	145.64	㎡	52	0.00	0.00	40.39	161.56	201.95	0.00	0.04	11.14	4.94	5.05	0.73	223.85
공공건물	철근콘크리트조	232.6	㎡	53	15.69	47.08	125.56	125.56	313.89	0.00	0.00	22.45	0.00	0.00	1.16	337.50
공공건물	철골조	873.51	㎡	54	30.93	92.80	247.46	247.46	618.64	0.00	8.91	48.89	3.67	2.10	4.37	686.58
지하실	가옥,가옥부속물,창고	5,552.43	㎡	61	5121.56	7681.79	0.00	0.00	12803.35	0.00	22.76	470.57	237.09	47.75	0.00	13581.52
지하실	공장,공공건물	105	㎡	62	163.32	108.87	0.00	0.00	272.19	0.00	0.43	6.47	0.00	0.63	0.00	279.72
기타	담장(벽돌 H=1.8)	1,549	m	63	0.00	0.00	0.00	2597.52	2597.52	0.00	0.00	288.58	0.00	0.00	0.00	2886.10
기타	담장(브럭시멘트 H=1.8)	2,846	m	64	0.00	0.00	0.00	2655.60	2655.60	0.00	0.00	295.13	0.00	0.00	0.00	2950.73
기타	담장(조립식콘크리트)	1,519.31	m	65	0.00	0.00	0.00	453.06	453.06	0.00	0.00	50.29	0.00	0.00	0.00	503.35
기타	마당(보도블럭)	9,887.31	㎡	66	0.00	0.00	0.00	1779.72	1779.72	0.00	0.00	197.75	0.00	0.00	0.00	1977.46
기타	마당(시멘트)	34,295	㎡	67	0.00	0.00	0.00	14198.13	14198.13	0.00	0.00	1577.57	0.00	0.00	0.00	15775.70
기타	비닐하우스	13,034.27	㎡	68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.21	0.00	0.00	39.10	0.00	44.32
기타	비닐하우스(철파이프)	742.47	㎡	69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
기타	비닐하우스 (철파이프차광망)	2,180.94	㎡	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87	0.00	0.00	7.63	0.00	8.51
기타	비닐하우스 (비닐철파이프차광망)	7,059.24	㎡	71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.82	0.00	0.00	45.89	0.00	48.71
기타	비닐하우스 (비닐2겹철파이프차광망)	4,918.45	㎡	72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.97	0.00	0.00	46.73	0.00	48.69
기타	비닐하우스 (VH철파이프)	0	㎡	73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
기타	대문(철재)	131	식	74	0.00	0.00	97.99	391.85	489.84	0.00	9.43	28.92	15.20	0.00	0.00	543.39
기타	물탱크,정화조류류(FRP)	184	개	75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.72	0.00	0.00	0.00	14.72
기타	우물	18	개소	76	0.00	0.00	233.82	0.00	233.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	233.82
기타	비석등 석물	19.44	톤	77	0.00	0.00	19.44	0.00	19.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.44
기타	P.V.C관	2587.98	m	78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.26
기타	모타	2	개	79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
기타	계량기, 전기시설	33	개	80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.17	0.00	0.00	0.00	0.50
기타	보일러,철탱크등	66	개	81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.60	1.32	0.00	0.00	0.00	7.92
기타	목재대문	18	식	83	0.00	0.00	2.71	10.83	13.54	0.00	0.13	1.02	0.10	0.00	0.00	14.80
기타	관정(가정용)	283	개소	84	0.00	0.00	56.60	0.00	56.60	0.00	16.98	1.42	0.00	0.00	0.00	75.00
기타	관정(농사용)	225	개소	85	0.00	0.00	67.50	0.00	67.50	0.00	18.00	1.13	0.00	0.00	0.00	86.63
기타	버섯 재배목등	362.17	톤	86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	362.17	0.00	0.00	362.17
기타	울타리(철재)	5186.83	m	87	0.00	0.00	0.00	103.74	103.74	0.00	25.93	0.00	0.00	0.00	0.00	129.67
기타	인삼재배 차양막	3906	㎡	88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	13.67	0.00	14.06
기타	전주	3	개	89	0.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50
기타	배수관	662.40	m	91	0.00	104.79	196.53	0.00	301.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	301.33
기타	콘크리트 계단	515.26	㎡	92	370.99	0.00	0.00	0.00	370.99	0.00	4.12	0.00	0.00	0.00	0.00	375.11
기타	철계단	115.12	㎡	93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.45	0.00	0.00	0.00	0.00	3.45
기타	마당 아스콘 포장	2629.40	㎡	94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	289.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	289.23
기타	간판	169.70	㎡	95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.55	1.70	0.00	0.00	0.00	4.24
기타	철재 외등	20	개	96	0.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	3.60
합 계					8458.81	16305.78	29031.15	68334.06	122129.79	289.23	429.43	8774.31	3809.05	1114.78	940.96	137487.57

3.7.4 토목지장물 수량집계 (○○지구)

공 종	아스콘 포장 깨기	아스콘 절단 (T=15㎝)	구조물 및 도로포장 깨기				흄관 철거	기존 호안 블럭	가드 레일 철거	신축 헐기 (깬돌량)	기존 난간 철거	비 고
			철 근 콘크리트(㎥)		무 근 콘크리트(㎥)							
	(㎡)	(m)	30㎝ 이상	30㎝ 미만	30㎝ 이상	30㎝ 미만	(㎡)	(㎡)	(m)	(㎡)	(㎡)	
석 축					1,890.91					928.67		
집수정						13.98						
U 형 측 구						792.93						
방호벽					36.55							
가 드 레 일									1,223.00			
옹 벽			2,950.22			272.73						
교 량			756.63									
기 존 난 간 철 거											38.604	
콘 크 리 트 포 장						2,500.20						
아스콘 포 장 (표층)	1,626.12	65.20										
아스콘 포 장 (기층)	3,252.23											
흄 관							49.79					
낙차보			40.19	15.33								
BOX 암 거			3.99	12.54								
호 안 블 럭					295.49	31.86		3,711.06				
계	4,878.35	65.20	3,751.03	27.87	2,222.95	3,611.70	49.79	3,711.06	1,223.00	928.67	38.604	

(1) 가옥 및 공장 철거시 브레이카 78%, 압쇄기 22% 적용
(가옥, 공장, 공공건물 : 12,390.16㎡ 2층건물 및 지하실 : 2,753.12㎡)
(2) 가추, 창고화장실, 기타 철거시 브레이카 100% 적용
(3) 형상별 면적 비율(철근콘크리트류 : 4,234,387㎡, 시멘트 벽돌류 : 19,785.359㎡)
1) 브레이카철거 : (철근 : 무근 = 18% : 82%)적용
2) 압쇄기철거 : (철근 : 무근 = 100% : 0%)적용

3.8 수목지장물 처리 방안(토목설계처 - 4511)

3.8.1 수목지장물 처리 방안

(1) 수목지장물 처리 시기

1) 조기 벌목 빛 뿌리뽑기에 따른 비산먼지 및 홍수피해 방지와, 본 공사 착공전 까지 환경보호를 위해 수목지장물의 처리는 택지조성공사와 본 공사(토공사)에 포함

2) 문화재 시굴조사를 위한 부분적 조기벌목 등이 필요한 경우는 그 범위를 제한하여 벌목만 시행하되, 뿌리뽑기는 문화재 시굴계획에 따름

(2) 현장재활용

1) 주목의 경우는 가능한 목재로 활용(현장내 활용 포함)토록하여 소각 등에 따른 환경오염을 예방하고 폐기물 처리비용을 절감토록 노력

2) 현장발생 수목폐기물(잔가지, 나무뿌리 및 폐기주목)은 톱밥이나 칩으로 생산하여 조경용 멀칭재료 사용 등 현장재활용을 우선으로 하고, 경제성과 현장여건 등에 따라 현장재활용이 곤란한 경우 위탁처리 재활용

3) 현재 벌목비는 주목의 80%를 재화로 인정하여 산정한 것이므로 주목을 현장재활용 하는 경우 벌목 비용 별도 반영

(3) 재선충 확산 방지

- 소나무 전염병 감염(우려) 지역의 벌목소나무가 적정한 처리 없이 무분별하게 장외 반출되어 산림환경을 악화 시키지 않도록 절차에 따른 처리방안 시행

3.8.2 재선충 우려지구 수목(벌채목)처리방안

(1) 재선충 이란

1) 재선충은 1㎜ 내외의 실 같은 모양의 선충으로 소나무 내부의 수분, 양분의 통로를 막아 나무를 말라 죽게하고, 치료제가 없어 일단 감염된 소나무는 100% 고사되는 치명적인 소나무 전염병임

2) 소나무재선충은 스스로 이동할 수 없어 매개충인 솔수염하늘소에 기생 하면서 이동하고, 매개충인 솔수염하늘소의 이동거리는 짧게는 100m 안팎 이지만 태풍 등을 만나면 3㎞ 정도까지 이동 가능

3) 재선충이 일단 소나무에 침입하면 급속히 증가하고, 크기가 작고 투명해서 육안으로 확인하기 매우 어려운 실정

(2) 감염목 주요증상

1) 소나무 잎이 우산살 모양으로 쳐지면서 죽어감

2) 감염된 소나무로부터 매개충이 탈출한 흔적(탈출공)이 있음

3) 소나무 표피가 지나치게 건조하고, 톱으로 베었을 때 송진이 전혀 없음

4) 붉게 죽은 소나무는 일단 모두 의심

(3) 재선충 피해현황

1988년 부산에서 처음 발견되어 2005년 10월 현재 51개 지역 약 5,111ha의 산림 피해 발생

(4) 전국 소나무류 반출금지구역 지정현황(2005. 11. 8 현재)

시 도	지 역
부 산	서구, 동구, 부산진구, 동래구, 북구, 해운대구, 사하구, 금정구, 강서구, 연제구, 수영구, 사상구, 기장군
대 구	북구, 달서구, 달성군
울 산	중구, 남구, 동구, 북구, 울주군
강 원	강릉시, 동해시
전 남	목포시, 영암군, 신안군
경 북	포항시, 경주시, 안동시, 구미시, 영천시, 경산시, 청도군, 칠곡군
경 남	김해시, 밀양시, 거제시, 양산시, 의령군, 함안군, 창녕군, 고성군, 하동군, 함양군, 남해군, 창원시, 마산시, 진주시, 사천시, 진해시, 통영시
제주도	제주시

주) 감염지구 및 반출금지구역은 수시로 변하므로 공사전 반드시 산림청의 최근자료 확인이 필요함

(5) 감염된 소나무의 일반적 처리기법

1) 벌채・훈증

말라죽은 소나무를 베어서 1~2㎥ 크기로 쌓아놓고 방제 약제(메타소디움)를 뿌린 후 비닐을 씌워 훈증함으로써 목질 내부에 있는 솔수염하늘소 유충을 죽임

2) 벌채・소각

소나무재선충병에 감염되어 죽은 나무를 베어서 태운다.

3) 벌채・파쇄

소나무재선충에 감염되어 죽은 소나무를 베어서 톱밥 또는 칩 제조기를 이용하여 1.5㎝이하의 크기로 분쇄함으로써 목질 내부의 매개충 유충을 죽임

4) 위생간벌

피해확산 우려지역의 고사목, 피압목 등의 매개충 서식지를 제거하여 미리 매개충의 서식지를 제거

(6) 재선충 감염(우려)지구의 벌목처리방안

1) 사업장별 이동제한

① 특별법(소나무재선충병 방제특별법)에 따른 반출금지구역 에서는 사업장외의 지역으로 이동이 금지됨

② 특별법에 따른 연접지역 및 일반지역에서는 소나무류의 벌채·굴취 허가 등을 제한하되, 허가 등이 불가피한 경우에는 "소나무류 이동제한 특별지침" 에 따른 확인절차를 엄격히 적용

③ 연접지역 및 일반지역에서 벌채·굴취 허가 등을 얻어 소나무류를 이동하는 경우에는 특별법 제13조 제4항, 동법 시행규칙 제8조 제4항 및 동 지침에 따라 극인찍기(생산확인표 발급)를 하여야 함

2) 반출금지구역 내에서의 처리지침(훈증처리목의 경우)

① 감염지역 해당 시·군·구 내에서 이동할 때

(가) 훈증처리목이 6월을 경과하였거나 관계공무원이 재선충병이 죽은 것을 확인한 경우에는 이동 가능

(나) 훈증처리목을 칩 공장 등으로 이동하여 즉시 1.5㎝ 미만으로 파쇄 또는 소각하여 이용하는 경우의 확인 및 조치사항

가) 차량으로 이동시 적재물을 포장하는 등 훼손 및 이동 등으로 인한 누락목의 발생 방지

나) 칩 공장 등에서 실제 1.5㎝ 미만으로 파쇄

다) 시장·군수·구청장이 경관 유지 등을 위하여 불가피하게 이동하는 경우에는 산림부서 담당공무원이 현장을 확인하여야 하며, 훈증결과가 의심 스러운 경우에는 즉각 소각 또는 파쇄

② 감염지역 해당 시·군·구 밖으로 이동할 때

(가) 산림부서의 담당공무원이 시료를 재취, 시·도 산림환경 관련 연구기관에 현미경 검사를 의뢰하여 재선충병의 미감염 확인 후 이동 조치

(나) 만약 재선충병의 감염이 확인되었을 때에는 즉시 소각·파쇄 및 훈증조치

(다) 매개충 우화기(5월~8월)에는 감염지역 해당 시·군·구 내외를 막론하고 훈증처리목 이동을 금지

3) 연접지역 및 일반지역에서의 처리지침

① 재선충병 미감염이 확인된 경우 다음에 따라 이동 조치

② 벌채목의 이동조치

(가) 반출금지구역 연접지역에서 도로개설, 택지개발 등 개발행위로 소나무류를 벌채 또는 굴취할 때에는 해당 지역 산림부서 담당공무원으로부터 재선충병 감염 여부를 확인받은 후 처리하여야 한다.

(나) 미감염 확인을 위하여 이동전에 극인찍기를 원칙으로 함, 다만, 칩·보드용 등으로

사용하기 위하여 이동하고자 하는 등 필요하다고 인정하는 경우에는 생산확인표 발급으로 갈음할 수 있음

(다) 극인찍기는 현장에서 대상목의 말구 또는 원구 단면에 “검” 자를 찍음

4) 관련 법령

① 소나무재선충병 방제특별법

(가) 제 10조(소나무류의 이동제한 등)

가) 반출금지구역에서는 다음 각 호의 행위를 금지한다.

나) 감염목인 입목의 이동

다) 훈증처리 후 6월이 경과되지 아니한 훈증처리목의 훼손 및 이동. 다만, 관계 공무원이 재선충이 죽은 것을 확인한 경우에는 그러하지 아니하다.

라) 감염목인 원목의 이동

마) 산지전용허가지 등에서 생산되는 소나무류의 사업장 외 이동

바) 굴취된 소나무류의 이동, 다만, 소나무류 조경수 및 분재는 재선충병 예방약제를 주사 하였거나 다른 예방조치를 하여 재선충병의 감염이 없다는 시·도 산림환경 관련 연구기관의 장의 확인증을 받은 후에는 그러하지 아니한다.

사) 산림소유자등은 감염목을 판매·이용할 수 없으며, 감염목을 보유하고 있거나 발견하였을 때에는 지체 없이 관할 시장·군수·구청장 및 국유림 관리소장에게 신고하여야 한다. 이 경우 신고를 받은 해당 기관에서는 제11조의 규정에 따라 감염목을 처리하여야 한다.

아) 반출금지구역 연접지역에서 도로개설, 택지개발 등 개발행위로 소나무류를 벌채 또는 굴취할 때에는 해당 지역 산림부서 담당공무원으로부터 재선충병 감염 여부를 확인받은 후 처리하여야 한다.

자) 제1항 제2호·제5호 및 제3항의 규정에 의한 확인에 관한 사항은 산림청장이 정한다.

차) 제3항의 규정에 의한 연접지역에서의 소나무류의 벌채 또는 굴취에 관한 세부사항은 농림부령으로 정한다.

(나) 제11조(방제)

가) 재선충병의 방제방법은 항공방제와 감염목 벌채로 하며, 그 밖의 방제방법에 관하여는 농림부령이 정하는 바에 의한다.

나) 항공방제는 피해발생지역 연접지역까지 확대하여 방제할 수 있다.

다) 벌채된 감염목은 훈증처리를 원칙으로 한다. 다만, 농림부령이 정하는 기준에 따라 파쇄 또는 소각처리할 수 있다.

라) 훈증, 파쇄 및 소각처리에 대한 새부방제 방법은 산림청장이 별도로 정한다.

마) 산림청장 또는 지방자치단체의 장은 방제작업을 실시 할 때 에는 실시 14일 전까지

다음 각 호의 사항을 공고하여야 한다.

㉮ 방제를 실시할 지역 및 일시

㉯ 방제대상 병해충의 종류

㉰ 방제의 방법과 내용

㉱ 그 밖에 방제와 관련하여 필요한 사항

② 소나무재선충병 방제특별법 시행규칙

• 제5조(반출금지구역 연접지역에서의 소나무류의 벌채 또는 굴취)

법 제10조 제3항의 규정에 따라 반출금지구역 연접지역(반출금지구역과 경계를 접하는 읍·면·동을 말한다)에서 소나무류를 벌채 또는 굴취한 자는 벌채 또는 굴취된 소나무류가 감염목이거나 감염우려목인 경우에는 산림병해충 담당공무원의 입회하에 이를 훈증, 파쇄 또는 소각처리하여야 한다.

3.8.3 기타

재선충 감염우려지구의 수목(벌채목)의 처리는 소나무 재선충병 방제특별법령 및 소나무류 이동제한 특별지침 등 산림청 관련지침에 따라 시행하되, 재선충 감염지구 및 이에 따른 처리방안 등은 지속적으로 개정 보완되고 있으므로 공사 시행전 반드시 최근의 지침 및 규정을 확인하여야 함.

(1) 참고기준

1) 소나무류 이동제한 특별지침(2005. 11, 산림청)

2) 소나무재선충병 방제특별법령 편람(2005. 9, 산림청)

4. 위탁계약

4.1 업무흐름도

단가조사	7일	
⇩		
용역발주의뢰	1일	용역집행결의서, 과업지시서
⇩		
입찰자료작성	2일	
⇩		
입찰공고	10일	입찰공고문
⇩		
입찰	1일	
⇩		
적격심사	7~14일	적격심사서, 폐기물수탁능력확인서
⇩		
계약체결	1일	

• 소요기간 : 여건에 따라 상이하나 30~40일정도 소요

4.1.1 단가조사 및 결정

물가지에 게재된 비용을 참조하고 지역여건에 따른 실거래 가격 및 견적가격 등을 조사하여『견적가격에 의한 가격조사 및 적용기준(기준1400-8047, '99.7.7)』에 의하여 설계가격을 정함

4.1.2 계약시기 및 방법

(1) 계약시기 : 공사착공전(사유 : 폐기물배출자 신고시 필요)

(2) 계약방법 : 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 적용(용역계약)

4.1.3 유의사항

(1) 처리가능 업자에게 위탁처리

1) 위탁처리 가능업종

종 류		처리가능 업종	비 고
처리	가연성폐기물	소각전문 중간처리업자 또는 종합처리업자	폐목재, 합성수지, 폐종이 등
	비가연성폐기물	건설폐기물 중간처리업자 또는 종합처리업자	폐콘크리트, 벽돌, 보드류 등
	기타 재활용가능 폐기물	재활용신고자	폐목재, 폐유리 등
수집·운반		수집·운반업자 (중간, 종합) 처리업자	처리업자는 처리를 위탁 받은 폐기물에 한하여 수집·운반 할 수 있음

2) 폐기물관련 업자(폐기물관리법 제26조 제4항, 법제44조 제2항)

① 수집·운반업자 : 폐기물을 수집하여 처리장소로 운반을 업으로 하는 자

② 중간처리업자 : 소각·파쇄 등(재활용 포함) 중간처리를 업으로 하는 자

③ 최종처리업자 : 매립 등의 방법에 의하여 최종처리를 업으로 하는 자

④ 종합처리업자 : 중간처리 + 최종처리

⑤ 재활용신고자 : 관할관청에 신고하고 다른 사업장폐기물을 재활용하는 자

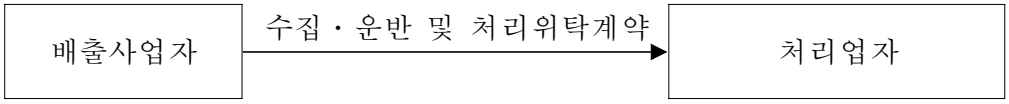
3) 최종처리업자는 중간처리(재활용기준 또는 매립기준에 맞게 처리) 능력이 없으므로 신축공사폐기물은 중간처리업자 또는 종합처리업자로 제한

4) 최종처리업자에게 위탁할 수 있는 경우는 사업부지내 과거매립된 폐기물을 현장에서 선별하여 매립하고자 하는 경우 등 중간처리가 필요 없는 폐기물

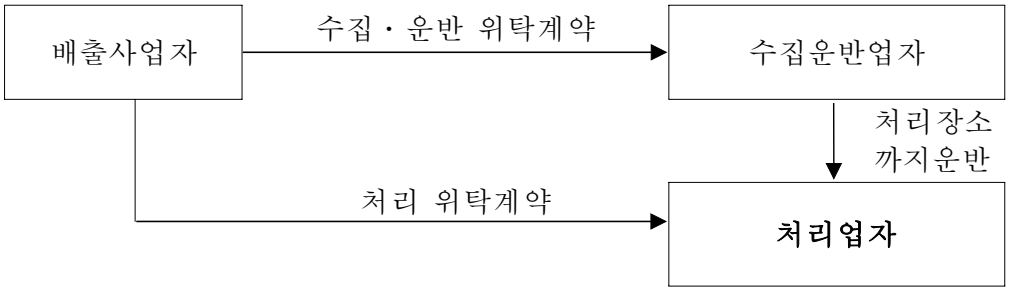
5) 수집·운반업자에게 폐기물처리까지 위탁할 수 없음

6) 중간처리, 최종처리, 종합처리, 재활용 업자에게 수집·운반까지 위탁할 수 있으나(2자간 계약), 현장발생 폐기물을 충분히 수집·운반할 수 없는 경우는 배출자, 처리업자, 운반업자 3자간 계약(하나의 계약서에 3자가 날인 하는 계약)을 하여야 함

① 2자간 계약(처리업자가 수집・운반 능력이 있는 경우)



② 3자간 계약(처리업자가 수집・운반 능력이 없는 경우)



주) 3자간 계약시 처리비용(단가)과 수집・운반비용(단가)은 분리하여야 함

(2) 영업구역 제한 지양

건설폐기물 처리업체의 영업구역 제한은 없으므로 입찰자격을 지역으로 제한하는 것은 가급적 지양하여야 하며, 먼 지역의 폐기물처리업자가 입찰하고자 하는 경우에는 아래사항이 위법임을 설명

1) 폐기물 운반이나 처리를 재위탁하거나 재위탁 받는 행위(폐기물관리법 시행규칙 별표6의2)
2) 위탁받은 폐기물을 배출자가 지정한 장소나 적정처리장소로 운반하지 아니하고 다른 장소에 보관하는 행위(폐기물관리법 시행규칙 별표6의2)
3) 1개의 폐기물 처리시설에 대하여 2개이상의 사업자가 허가 또는 승인을 받거나 신고하는 행위(폐기물관리법 시행규칙 별표6 비고11)

(3) 폐기물 수탁능력 확인(폐기물관리법 24조 제1항 제3호, 폐기물관리법 폐기물관리법시행규칙 9조의3)

1) 폐기물처리업체가 폐기물처리 기준에 적합하게 수집・운반・처리할 능력이 있는지를 확인 후 위탁하여야 함(미이행시 300만원이하 과태료 부과 폐기물관리법 시행규칙 별표6의2)
2) 확인방법 : 위탁처리업체로부터 징구한 다음의 서류를 토대로 확인
   ① 수탁처리능력확인서
   ② 폐기물 처리허가증 또는 폐기물 재활용신고필증
   ③ 방치 폐기물처리 이행보증을 확인할 수 있는 서류사본
3) 절　　차
   ① 적격심사시 서류 징구 및 확인
   ② 폐기물 배출자 신고서 및 지정폐기물 처리계획서에 첨부 관할관청 제출

③ 관련서류 3년간 보관

4.2 관리계획서 작성(수급업체 이행)

4.2.1 제출시기

수급업자가 가시설물 시공계획서 작성시 포함하여 감독원에게 제출

4.2.2 작성내용

(1) 발생 최소화 계획

1) 포장재・파렛트・용기 등 자재납품 부산물의 납품업자 회수

2) 토사혼입 방지 등

(2) 분리수거 계획

1) 책임자지정

2) 보관시설

① 보관시설의 규모・위치・설치 및 철거시기

② 폐기물을 담을 수 있는 마대 등

3) 수거방법

① 수거자(발생원인자, 공종별 하도급자)

② 수거시기(폐기물발생 당일)

③ 운반방법(마대에 담아 보관장소까지 운반)

④ 임시집하장소 지정 등

4) 수거교육 : 수거에 대한 안내간판 설치 및 공사관련자 교육 등

(3) 폐기물 위탁처리 관리계획

1) 폐기물 반출량 관리

2) 분리발주대상 이외의 발생 폐기물에 대한 처리

(4) 법적 행정사항 이행계획

1) 폐기물 배출자 신고, 처리실적보고

2) 폐기물 관리대장 기입・관리

3) 현장비치 서류 등

4.3 폐기물 위탁처리 관리

4.3.1 폐기물적 정처리 확인(폐기물관리법 제24조)

위탁한 폐기물이 불법투기방지 및 처리기준에 적합하게 처리하는지를 확인할 의무가 배출자에게 있음

(1) 건설폐기물 중간처리 기준(폐기물관리법 시행규칙 별표4)

1) 건설폐재류(1.2 용어정의 참조)를 재활용 하고자 하는 경우 최대직경 10cm이하, 이물질 함유량 1%이하

2) 매립장에 매립하고자 하는 경우

① 건설폐재류는 최대직경이 50cm이하

② 폐합성수지는 최대직경 15cm이하

③ 오니의 경우는 수분함량 85%이하

(2) 위법사례

1) 폐기물 처리업체가 허가 받은 장소·시설이외에서 폐기물을 처리하는 경우 (시설을 임대하여 폐기물 처리허가를 받는 경우는 위법이 아님)

2) 계약된 업체가 아닌 업체가 폐기물을 처리하는 경우

3) 폐기물을 위탁받은 성상 그대로 재 위탁(운반 포함)하는 경우

4) 폐기물 운반차량이 아닌 차량으로 운반하는 경우 등

< 참고문헌 >

<측량>

기본측량학 개론 : (2004) 동명사 유복모 , 측량&지형공간 정보학 : (1999) 아이티씨 이기부
지하시설물에 관한 국내외 법제연구 : (1999) 국토연구원 김영표, 진영환 , 지하시설을 전산화사업 감리사례 연구 : (2002) 국토연구원 김용표, 신동빈
지하시설물 관리 전산화를 위한 관련제도 정비방안 : (1997) 건설교통부 김영표, 최병남
지하시설물 조사 및 탐사방법과 비용발생요인 연구 : (1997) 건설교통부 김영표, 최병남
지하시설물도 전산화사업의 uis연계전략에 관한 연구 : (1999) 국토연구원 김영표, 진영환
지하시설물 측량의 정확도 향상방안 : (1999) 국토연구원 김영표, 진영환
지하시설물 관리시스템 개선방안연구 : (2003) 한국토지공사 , 지하시설물도 작성 세부지침(안) : (1998) 국립지리원

<토공>

토목설계지침 : (2005) 대한주택공사 , 국토건설공사 설계실무요령 : (2004) 건설교통부 , 단지계획・설계실무편람(Ⅱ)(설계편): (1994) 한국토지공사
도로설계요령 : (2002) 한국도로공사 , 토지이용계획을 고려한 경계옹벽의 구조형식 적용지침 : (2004) 대한주택공사
단지조성에 관한연구(건축시 잔토발생에 따른 단지계획고 관계를 중심으로) : (1991) 한국토지공사

<토질 및 기초>

구조물 기초설계기준 해설 : (2003) 건설교통부 , 도로설계편람 : (2000) 건설교통부 , 도로교 설계기준 해설(하부구조편) : (2001) (사)한국도로교통협회
도로교 설계기준 : (2005) (사)한국도로교통협회 , 말뚝기초설계 : 한국도로공사 , 지반공학시리즈 : (사)한국지반공학회
실무자를 위한 설계실무편람 : 전성기 , 토질역학 -이론과 응용- : 김상규 , 국도건설공사 설계실무요령 : (2004) 건설교통부
비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침 : (2005) 건설교통부 , 토목설계지침 : (2005) 대한주택공사
도로설계 실무편람 "토공 및 배수공편" : (1996) 한국도로공사 , 도로설계요령 "토공 및 배수편" : (2001) 한국도로공사
단지계획・설계 실무편람(Ⅱ)(설계편) : 한국토지공사 , 연약지반의 설계와 시공 : 이송 외 , 흙막이공 설계편람 : 서울특별시
서울특별시 지하철 건설본부 "도시철도기술자료집(2)" : 이성민 , 지반공학용어사전 : 박용원 외 , 도로교 표준시방서 : (1996) 건설교통부
Foundation Analysis and design(fifth edition) : Joseph E. Bowles , 도로옹벽 표준도 : (1998)건설교통부 , 지반조사 핸드북 : 박인식 역
전문시방서 : (2005) 대한주택공사 , 콘크리트구조설계기준 해설 : (2003) (사)한국콘크리트학회 , 흙막이 설계와 시공 : 오정환
Geosynthetic Design and Construction Guidlines : (1995) FHWA , 지반조사 및 토질시험 결과해석과 적용 : 손호웅 외 역

<도로>

도로의 구조・시설 기준에 관한 규칙 : (1999) 건설교통부 , 국도 기능분류 및 효율적 투자방안 연구 : (1999) 건설교통부
환경친화적 도로 건설 요령 : (1998) 건설교통부 , 환경영향평가법 관계 규정집 : (1997) 환경부 , 교통안전시설실무편람 : (1996) 경찰청
도로설계요령 : (2002) 한국도로공사 , 도로안전시설 설치편람 : (1989) 건설부 , 아스팔트 포장 설계・시공 요령 : (1997) 한국도로교통협회
AASHTO DESIGN PROCEDURES FOR NEW PAVEMENTS : (1994) FHWA , 도로설계실무편람 : 한국도로공사
도로공사 설계기준(수량 및 단가산출) : (1998) 건설교통부 , 동결심도 조사보고서 : (1989) 건설교통부

<구조>

(1) 관련법규

도로법 : (2005) , 하천법, 시행령, 시행규칙 : (2005, 2004, 2005) , 수도법 시행령 : (2003) , 자연환경보전법 : (2005)
환경·교통·재해 등에 관한 영향평가법 : (2005) , 대기환경보전법 : (2005) , 수질환경보전법 : (2005) , 소음·진동규제법 : (2004)
도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 : (2004) , 도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 : (2004) ,
장애인·노인·임산부등의 편의증진 보장에 관한 법률, 시행령, 시행규칙 : (2005, 2005, 1999) , 수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙 : (1999)
주택건설기준 등에 관한 규정 : (2005) , 소방기본법 시행령, 시행규칙 : (2005, 2004)

(2) 관련기준

콘크리트구조설계기준 : (2003) 건설교통부 , 도로교설계기준 : (2005) 건설교통부 , 도로설계기준 : (2001) 건설교통부
하천설계기준 : (2005) 건설교통부 , 상수도시설기준 : (2004) 환경부 , 하수도시설기준 : (1998) 환경부 , 구조물기초 설계기준 : (1987) 건설교통부
지하공동구 내진설계기준 : (2004) 건설교통부

(3) 관련지침

도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침 : (2000) 건설교통부 , 도로교 하부구조 설계지침 : (1997) 건설교통부
강도로교 상세부 설계지침 : (1997) 건설교통부 , 보도설치 및 관리지침 : (2004) 건설교통부 , 생태통로 설치 및 관리지침 : (2003) 환경부
환경친화적인 도로건설지침 : (2004) 건설교통부 , 도로터널 방재시설 설치지침 : (2004) 건설교통부

<상수도>

상수도시설기준 : (2004) 환경부 , 상수도 이론설계 및 시공 : (2002) 탐구문화사 , 상・하수도공학 : (2000) 보문당
단지계획・설계실무편람(Ⅱ)(설계편): (1994) 한국토지공사 , 토목설계지침 : (2005) 대한주택공사

<하수도>

하수도시설기준 : (2005) 환경부 , 하수도 이론설계 및 시공 : (2002) 탐구문화사 , 토목설계지침 : (2005) 대한주택공사
생태복원 설계편람 : (2004) 한국토지공사 , 비점오염원 관리 업무편람 : (2005) 환경부 , 재해영향평가 실무지침서 : (2005) 소방방재청
단지계획・설계실무편람(Ⅱ)(설계편): (1994) 한국토지공사

<하천>

하천설계기준 : (2002) 한국수자원학회 , 하천설계기준・해설 : (2005) 한국수자원학회 , 소하천 설계기준 : (1999) 국립방재연구소
하천정비기본계획수립 및 하천대장작성 지침 : (2004) 건설교통부 , 하천공사 설계적용기준 : (2005) 부산지방국토관리청
수해지역 저류지 확보 및 활용방안 연구 : (2000) 국립방재연구소 , 유역종합치수계획 수립 방법에 관한 웍샵 : (2005) 대한토목학회
2004 자연형 하천정비사업 정책연구 보고서 : (2005) 건설교통부 , 생태복원 설계편람 : (2004) 한국토지공사 , 조경계획・설계지침 : (2001) 대한주택공사
하천에서의 수자원 보호를 위한 어도 시설 표준설계・시공 등 표준모형개발 및 운영・관리제도 연구 : (2004) 해양수산부
新 하천법에 따른 단지내 하천정비 개선방안에 관한 연구 : (2001) 한국토지공사 , 하천제방의 설계・시공 및 유지관리 : (2005) 한국하천협회
진위천 하천정비사업 : (2005) 서울지방국토관리청 , 황구지천 하천환경정비사업 : (2003) 서울지방국토관리청
오산천 하천환경정비사업 : (2001) 서울지방국토관리청 , 경안천 하천환경정비사업 : (2001) 서울지방국토관리청
승기천 오염하천정비사업 : (2005) 인천광역시 , 하천복원가이드라인 : (2002) 환경부
지역여건을 고려한 자연형 호안공법의 선정방안 : (2001) 국립방재연구소 , 탄천 수질개선을 위한 종합계획설계 : (2004) 강남구
탄천 종합기본계획 : (2005) 성남시

<폐기물처리>

부천상동지구 발생 폐기물 재활용처리 방안에 관한 연구 : (2000) 한국토지공사, 한국건설기술연구원
건축물 폐재류의 적정처리 및 재활용 방안 : (1995) 서울시정개발 연구원
폐기물 관리법 : (1999) 환경부

참 여 자 명 단

분 야	대한주택공사		(주) 남원건설엔지니어링 남원건설기술연구소		
	직 위	성 명	직 위	성 명	
총괄	토목설계처장	임 익 택	부 사 장	한 상 현	
	택지설계팀장	배 명 제	이 사	황 태 하	
	도시조성팀장	조 태 연	부 장	이 주 남	
	토목기술팀장	김 태 룡			
	부 장	박 용 범			
	과 장	남 일 희			
측량및조사	차 장	조 명 제	부 장	이 호 영	
토공	차 장	김 철 호	과 장	한 상 문	
토질및기초	차 장	반 한 용	이 사	최 재 희	
도로	차 장	공 창 주	상 무	황 희 승	
구조	차 장	최 성 진	이 사	어 기 택	
상수도	차 장	정 경 영	부 장	정 문 원	
하수도	차 장	김 용 환	부 장	김 봉 철	
하천	차 장	김 용 환	이 사	임 종 성	
폐기물	차 장	김 철 호	부 장	이 주 남	
프로그램활용방안	차 장	최 기 희			

자 문 위 원

분 야	성 명	소속 · 직위	
총괄	정 철 호	(주) 청석엔지니어링 부사장	
	김 원 동	(주) 유경기술단 부회장	
토질및기초	신 은 철	인천대학교 토목환경 시스템공학과 교수	
도로	남 영 국	(주) 한맥기술 기술연구원장	
구조	구 민 세	인하대학교 토목환경공학과 교수	
상수도	이 영 규	국민대학교 건설시스템공학부 교수	
하수도			
하천			