

고속도로 터널의 수직갱, 사갱 설계 및 시공

장은식((주) 대우엔지니어링, 상무), 오인석((주) 대우엔지니어링, 과장)

1. 머릿말

90년대 들어서 급증하는 교통수요에 대비하고 물류 수송로 확보를 위하여 한국도로공사에서는 전국을 격자형으로 잇는 고속도로망을 계획하고 이를 추진 중에 있다. 고속도로 계획시 산악지역이 70%인 국내의 지형 여건을 감안할 때 서비스 수준의 향상을 위한 도로설계기준의 강화, 자연환경 보호, 주행시간 단축을 위하여 장대터널의 설치는 불가피 해졌다.

장대터널은 특성상 환기, 방재 및 공기단축의 문제가 수반되어 이의 해결을 위하여 수직갱·사갱의 필요성이 검토되어 왔으며 90년 대구-춘천간 고속도로 설계시 죽령터널에 수직갱을 이용한 환기 방식이 도입된 이래 수직갱 및 사갱에 대한 수요는 꾸준히 증가하고 있는 상황이다.

국내에서는 처음으로 99년 12월 영동고속도로의 둔내터널이 수직갱 송배기 환기방식으로 설계·시공되어 개통되었으며, 이 터널의 설계 및 시공에 Turn Key로 참여한 경험을 바탕으로 수직갱, 사갱의 설계 및 시공에 대하여 살펴보고자 한다.

2. 장대터널에서의 수직갱 및 사갱

2.1 용도

수직갱·사갱은 장대터널에서 환기용, 방재용, 작업용 등으로 다음과 같이 사용된다.

- 환기용 : 도로터널에서는 운행차량의 배기가스를 터널 밖으로 배출 또는 희석시켜 터널내의 교통환경을 확보하기 위하여 환기설비를 계획한다. 장대터널의 경우 터널 입출구로부터의 공기 유출입 만으로는 터널내의 오염농도를 허용 수준 이하로 유지 할 수 없는 경우 터널 중간에서 오염된 공기를 배출하고 신선한 공기를 유입할 수 있도록 환기통로를 계획한다.
- 방재용 : 터널 내에서의 화재 또는 사고시 운전자의 대피 또는 구급차, 소방차의 진출입을 위하여 터널 중간에 비상통로를 계획할 필요가 있다. 일방향 병렬터널에서는 터널내 사고시 횡갱을 통하여 다른 터널로 대피 가능하나 양방향 대면교통 터널의 경우는 비상시의 안전을 위하여 방재용 터널을 심도있게 검토할 필요가 있다.
- 작업용 : 터널은 일반적으로 양 갱구로부터 굴착하지만 연장이 긴 경우나 특별히 지반조

건이 나쁜 경우, 또는 민원이 발생할 우려가 있을 때에는 터널 중간에 작업갱을 설치하고 공구를 분할해서 시공하는 것이 유리하다.

2.2 수직갱·사갱의 특성

터널 설계시 수직갱이나 사갱을 적용할 경우에는 지질, 지형 및 시공성을 충분히 검토한 후 용도

〈표 2-1〉 작업갱으로서의 수직갱과 사갱

| 구분 | 수직갱 | 사갱 |
|---------|----------------|-----------------------|
| 준비기간 | 길다 | 짧다 |
| 구배 | 90° | 7°~14° |
| 연장 | 짧다 | 길다 |
| 운반시간 | 짧다 | 길다 |
| 버력반출 능력 | 단속적으로 작다 | 벨트 컨베이어 이용시 크다 |
| 작업성 | 굴착과 복공 연속작업 가능 | 굴착과 복공 작업 병행가능하나 능률저하 |
| 출수의 영향 | 크다 | 작다 |
| 안전관리 | 중요 | 약간중요 |

〈표 3-1〉 수직갱·사갱 설계시 지반조사 항목

| 조사항목 | 조사내용 및 설계적용 |
|----------|--|
| 지표지질조사 | · 지질분포 현황 단층, 절리등을 파악하여 수직갱 위치 선정에 이용 · 암반 불연속면의 방향 및 특성을 파악하여 해석자료로 이용 |
| 시추조사 | · 토질층, 기반암층의 분포상태 파악하여 공법선정시 이용 · RQD, TCR, 절리상태, 풍화상태를 평가하여 암반분류시 이용 · 시료채취후 실내시험 실시 · 지하수위 조사후 수리해석자료로 이용 |
| 현장 | 수압파쇄 시험 · 최대, 최소 주응력의 방향판단 · 축압계수 Ko를 산정하여 해석시 입력 정수로 이용 |
| | 공내재하 시험 · 암반의 탄성계수 및 변형계수를 측정하여 해석시 입력정수로 이용 |
| 조사 및 | Televiwer 및 BIPS탐사 · 암반의 불연속면의 방향, 간격, 강도 등을 정확히 조사하여 수직갱 굴착공법, 지보패턴 및 해석시에 이용 · 단층이나 연약대 파악하여 수직갱 위치 계획시 이용 |
| | 수압시험 · 암반의 투수성 파악 |
| 시험 | 투수시험 · 토질의 투수성 파악 |
| | 표준관입 시험 · 토질층을 분류하고 물성치 추정치 이용 |
| 실내 시험 | 전기비저항 탐사 · 지층분포 상태 파악 및 지표 지질 조사보완 · 지하수위 판단 |
| | 토질시험 · 토질의 물리적, 역학적 특성을 파악하여 각종해석자료로 이용 |
| | 암석시험 · 암석의 물리적, 역학적 특성을 파악하여 각종 해석자료로 이용 |
| 절리면 전단시험 | · 대표적인 불연속면(절리면)에 대한 전단시험을 통하여 점착력, 내부마찰각, 수직강도, 전단강도를 측정하여 해석자료로 이용 |
| | 광물분석 · 구성광물 분석을 통한 물성치 선정 |

에 맞도록 수직갱이나 사갱을 선택하게 된다. 일반적으로 사갱이 시공성이나 안전성 면에서 유리하나 연장이 길어지는 경우가 많다. 〈표 2.1〉은 작업갱으로서의 수직갱과 사갱의 특성이다.

3. 지반조사

수직갱이나 사갱을 환기용으로 이용시에는 환기 효율, 작업용인 경우 지상에서의 접근성을 우선적으로 고려하여 위치를 계획하여야 하나, 지반조건에 따라 터널 전체의 공사비나 공기에 영향을 미치므로 사전 조사를 충분히 수행하여 위치 및 공법을 선정하여야 하며 시공시 발생할 수 있는 문제에 대비하여야 한다. 〈표 3.1〉에는 수직갱 설계시 필요한 지반조사 항목을 나타내었다.

4. 수직갱의 설계 및 시공

4.1 수직갱의 설계

4.1.1 위치 선정

수직갱의 위치는 환기나 방재용 일 때 환기설비 및 환기효율에 미치는 영향이 크고 작업용인 경우 터널전체의 공기 및 공사비에 큰 영향을 미치므로 위치 선정시 신중한 검토가 필요하다. 두 경우 모두 시공성, 경제성, 유지관리면에서 수직갱의 높이가 낮은 것이 유리하다. 환기용인 경우는 지하 환기소와 접속되고 공사용인 경우 작업용 횡갱터널과 접속되므로 지반조사결과를 검토하여 지형, 지질이 양호한 곳을 우선하여 선정할 필요가 있다. 환기용 수직갱에서는 터널 이용시 오염된 공기가 지속적으로 배출되므로 민원 및 주변환경에 미치는 영향도 아울러 고려해야 한다.

4.1.2 단면의 결정

환기용 수직갱은 소요환기량 및 갱내의 허용풍

속을 고려하여 이를 만족할 수 있는 크기로 계획하여야 하며 작업용은 소요 운반량을 처리하기 위한 버킷이 충분히 승강할 수 있도록 단면을 계획한다.

작업용 수직갱의 경우는 버력반출 설비, 양수관, 환기관, 급기관, 각종 배선류 및 운반기자재의 크기를 고려해서 결정한다. 반입 기자재에서 중요한 것은 점보드릴, 적재장비, 배터리차, 스틸폼, 지보공, 콘크리트 등이다. 기계류의 반입을 위해서는 분해시 최대 외형 크기를 고려하고 상반지보공, 궤도용 레일등이 수직갱 하부에서 본 터널로 반입될 수 있도록 수직갱과 연락갱의 접합부는 구조등을 함께 검토할 필요가 있다. 일반적으로 작업갱은 상기의 기계 및 자재반입을 고려하여 최소한 내경 6m정도가 필요하다. 수직갱의 형상은 심도가 깊을 때에는 토압을 고려하여 원형으로 하는 것이 좋고 얇은 경우 구형단면으로 하는 것이 좋다.

4.1.3 지보공

수직갱의 지보공은 지질, 단면형상, 크기, 심도, 시공방법, 복공의 타설시기 등에 따라 결정된다. 수평터널과 마찬가지로 지보공은 슛크리트나, 록볼트를 사용하고 필요시 강지보공을 병용한다. 슛크리트 두께나 록볼트 갯수를 결정하는데 있어서 일반적으로 적용할 수 있는 기준은 없으므로 현재까지 국내외의 설계 및 시공실적을 감안하여 슛크리트 두께 및 록볼트 길이, 간격을 검토한 후 3차원 안정해석 결과를 통하여 지보패턴을 결정한다.

4.1.4 복공

- 복공 두께 : 복공에 작용하는 토압 및 수압을 고려하여 결정해야 하나, 토압 및 수압을 산정하는 명확한 방법이 없으므로 정확한 두께를 결정하는 것은 어려운 실정이다. 일반적으로

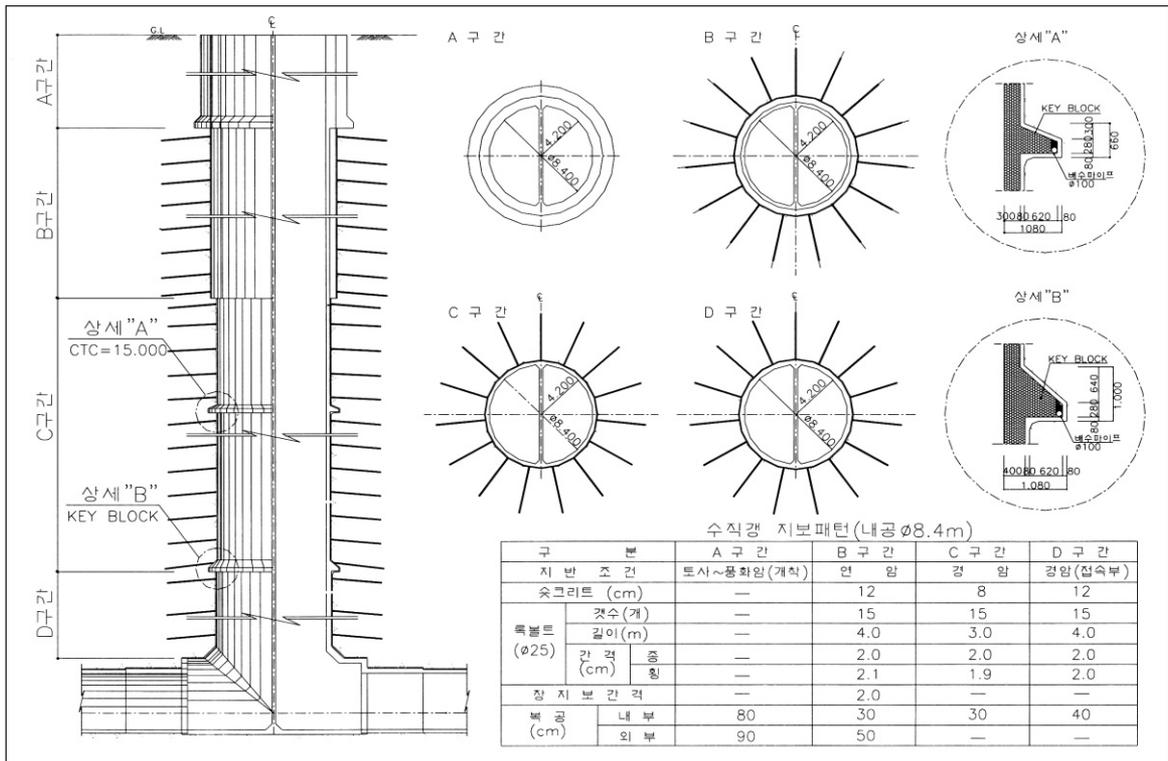


그림4-1. 수직갱 계획도

복공 설계시에는 다음 4가지 경우를 고려하여 설계한다. (<그림 4-1>참조)

A구간 : 토사 - 풍화암층, 굴착공사시 시설대의 연직하중, 수평토압 및 수압작용

B구간 : 연암층, 수평토압 및 수압 작용

C구간 : 경암층, 1차 지보재가 외력지지

D구간 : 경암층, 지하 환기소와 연결

- 전단 Key : 슛크리트와 복공 사이에 방수 Sheet를 설치하는 경우 지반과의 마찰력을 고려하기 어려우므로 복공의 자중이 수직갱과 환기터널의 접합부에 집중되지 않도록 전단 Key를 설치하여 하중을 분산시켜야 한다. 전단 Key는 시공완료후 뿐 아니라 시공시의

복공 하중도 지지해야 하므로 시공방법 및 타설 속도를 고려하여 전단 Key의 크기 및 간격을 결정해야 한다.

- 접합부 : 지하환기소 터널과 수직갱이 연결되는 접합부는 응력집중을 고려하여 설계하여야 하며 상이한 단면이 3차원적으로 접합되므로 철근 배근시 취약부가 생기지 않도록 계획하여야 한다. <그림 4-2>에는 복공접합부의 해석결과 및 철근배근 계획을 보여준다.

4.1.5 방·배수공

수직갱 내부로 누수시 환기를 위한 찬공기로 인하여 결빙이 발생하는 경우 콘크리트 손상 및 낙빙으로 인한 안전사고의 우려가 있고, 수직갱 깊이가 깊을 때에는 정수압이 작용하여 수압이 과대하게 작용하게 되므로 수직갱 주변에 방·배수 시설을 계획하여야 한다. <그림 4-3>과 같이 복공과 슛크리트면 사이에 방수 Sheet와 부직포를 설치하고 수직갱 주변에 Ring모양의 유공관과 수직관으로 본선 배수로에 연결하여 배수한다.

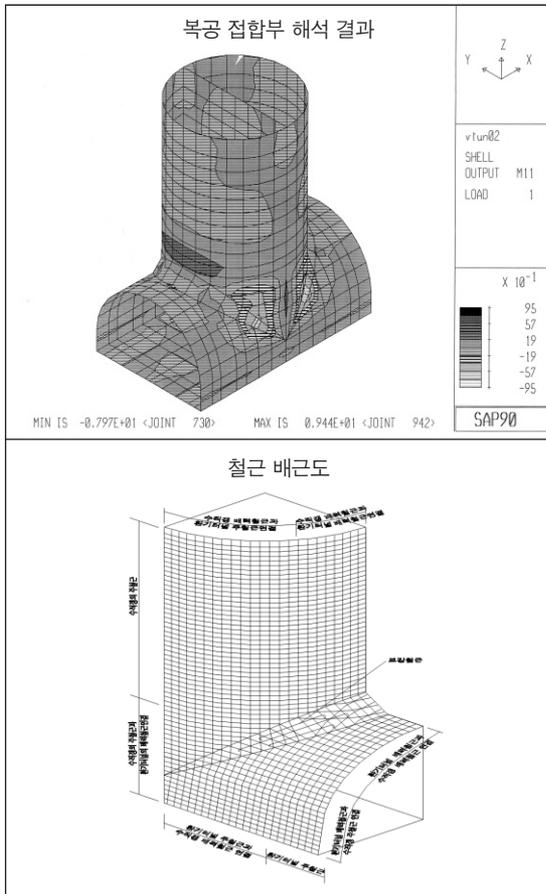
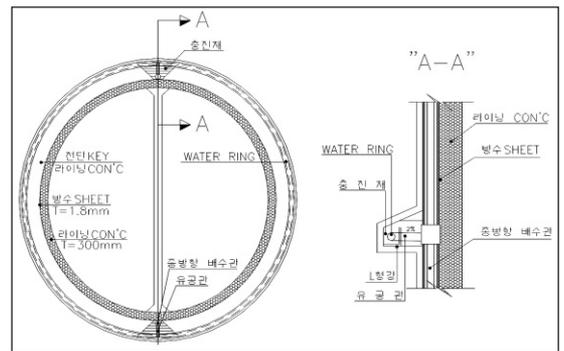


그림4-2. 복공접합부 설계



4.1.6 3차원 해석

터널이 교차하는 구간이나 환기터널과 수직갱이 만나는 구간과 같이 응력 거동이 3차원적으로 발생하는 지역은 국부적인 응력 집중이나 이완 영역의 확장등으로 소성영역의 확대 가능성이 있는 부

분으로 2차원적 해석으로는 이를 반영하는데 제한이 있다. 따라서 3차원 해석용 프로그램을 이용한 안정 해석이 필요하다.

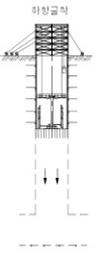
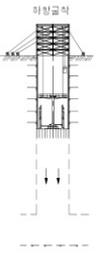
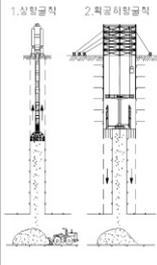
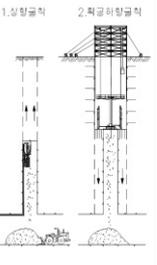
현재 3차원 해석을 위한 지반 물성치는 2차원 수치해석에서의 기존 적용 사례와 현장·실내시험 결과를 이용하여 합리적으로 결정된 값을 사용하며 축압계수는 3차원 해석의 특성상 심도별로 다르게 나타나겠지만 현장에서의 수압과쇄 시험의 결과를 이용하여 합리적으로 결정 사용한다. 3차원 안정 해석에서 절리의 입체적 교차 영향을 반영하기 위해서는 3차원 불연속체 모델 해석이 필요하며 연속체 해석에서는 2차원 해석과 같은 제한이 존재한다.

4.2 수직갱의 시공

4.2.1 굴착

수직갱을 터널의 작업갱으로 이용 시에는 본선터널 굴착과 병행해서 지상으로부터 수직갱을 시공하여 수직갱과 본선터널의 버력을 지상으로 반출하는 공법을 적용한다. 그러나 환기용으로 수직갱을 계획하는 경우에는 본선터널 완공 후 상향굴착으로 도갱을 형성하고, 하향으로 확공 굴착하면서

〈표 4-1〉 수직갱 굴착공법

| 구분 | 전단면 하향굴착공법 (Down Method) | | 도갱확장공법 (Up and Down Method) | |
|--------|---|---|--|---|
| | Short Step 공법 | NATM 공법 | R.B.M 공법 | R.C 공법 |
| 공법 개요도 |  |  |  |  |
| 시방 공법 | 1Step을 지질에 따라 1.2~3.0m로 굴착한 후 즉시 그 부분에 복공을 행하는 방법이다. | 지반에 따라 1굴진장을 1.2~3.0m로 굴착한 후 Shotcrete와 Rock Bolt로 굴착면을 보강하는 방법이다. | 지상에서 유도공 천공 후 Reamer를 부착하여 상향굴착하고 발파 굴착으로 하향 확공하는 방법이다. | 지하에 Raise Climber에 의한 상향 굴착 후 발파 굴착으로 하향 확공하는 방법이다. |
| 특징 | 버력을 지상으로 운반 처리 | 좌동 | 버력을 낙하시켜 기굴착한 본선을 통해 반출 | 좌동 |
| | 본선터널과 병행해서 수직갱 시공 가능 | 좌동 | 본선터널 굴착 후 수직갱 시공 가능 | 좌동 |
| | 지반이 불량한 경우를 제외하고는 지보공이 필요 없음. | 지반변화에 대처가 용이하고 주변압반의 이완을 줄이고 암반자체를 지보재로 이용 | R. B. M 설치를 위한 진입로 필요 | 지상 접근로가 없어도 시공가능 |
| | 굴착과 복공이 단시간에 행해지므로 토양에 대하여 안전하고 작업 능률이 좋다. | 수직갱 굴착을 완료한 후에 복공에 시공한다. | 기계에 의한 연속 작업으로 시공이 빠르고 안전 | 도갱 굴착시 낙석의 위험성 상존 |
| | 1Cycle 중에 복공을 하므로 Batch Plant 필요 | Batch Plant가 불필요하므로 가설비가 비교적 간단하다. | 도갱굴착시 지반상태를 파악하여 확공 굴착시 대처가능 | 좌동 |

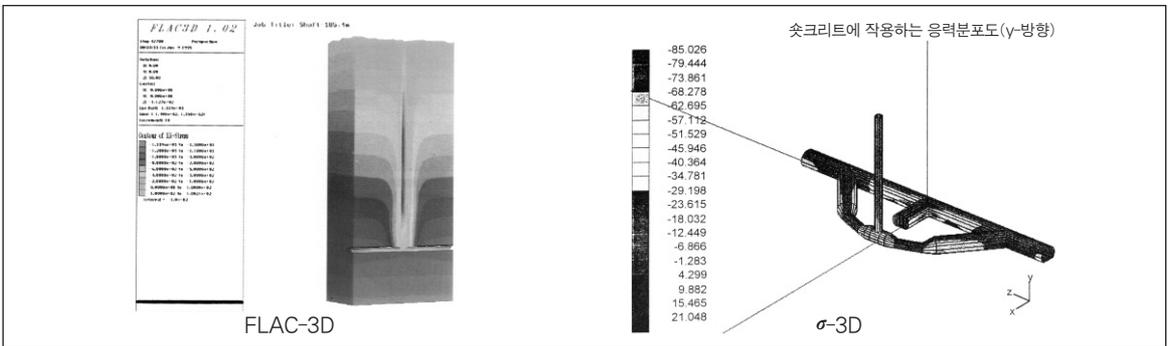


그림4-4. 3차원 해석 결과

버력을 하부로 낙하시켜 본선을 통해 반출하는 공법을 적용할 수 있다. 이 방법은 지상으로의 버력 반출이 여의치 않고 공기 상에 문제가 되지 않을 경우 적절한 공법이다. 확공 굴착 시에는 하향 굴착 공법 중 지반조건 및 주변여건에 적합한 공법을 적용한다. <표 4-1>에는 수직갱 굴착시 적용 가능한 공법들을 정리하였다.

4.2.2 복공

Short Step 공법 적용시에는 2~3m의 슬라이드폼을 사용하여 매 굴착시마다 복공을 시공하거나 그 외에는 수직갱 굴착을 완료한 후에 Slip Form 등을 사용하여 복공을 시공한다.

Slip Form은 별도의 비계없이 Rod를 바닥에서부터 연결시키며 Form에 설치된 유압 Jack으로 Form을 상향추진하며 복공을 24시간 연속적으로 타설하는 공법으로 Joint없이 시공가능하며 품질 관리에 유리하다. <그림4-5>에는 Slip Form을 이용한 복공시공 방법을 나타내었다.

4.2.3 용수처리

수직갱의 굴착은 용수의 증가에 따라서 시공능률, 안전성등이 현저히 저하된다. 따라서 용수가 많은 경우는 차수재 주입등의 보조 공법을 실시해

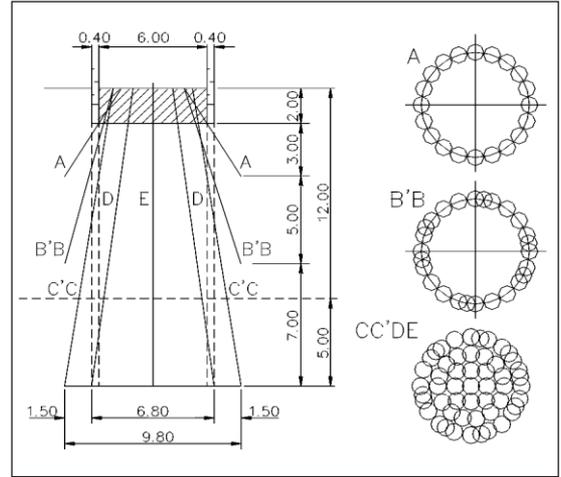


그림4-6. 차수 공법 적용예

서 용수량을 감소시킬 필요가 있다. <그림4-6>은 수직갱의 차수주입 예이다.

굴진중의 용수에 대해서는 막장에 웅덩이를 설치하여 수중펌프를 이용하여 배수하는 것이 용이한 배수방식이다. 수중펌프의 양정에 맞추어 중계 펌프자리를 설치하여 갱외로 펌핑한다.

4.2.4 운반설비

수직갱의 운반방식에는 Cage방식과 Skip방식 2가지가 있다. Cage방식은 함형의 Cage(Elevator)

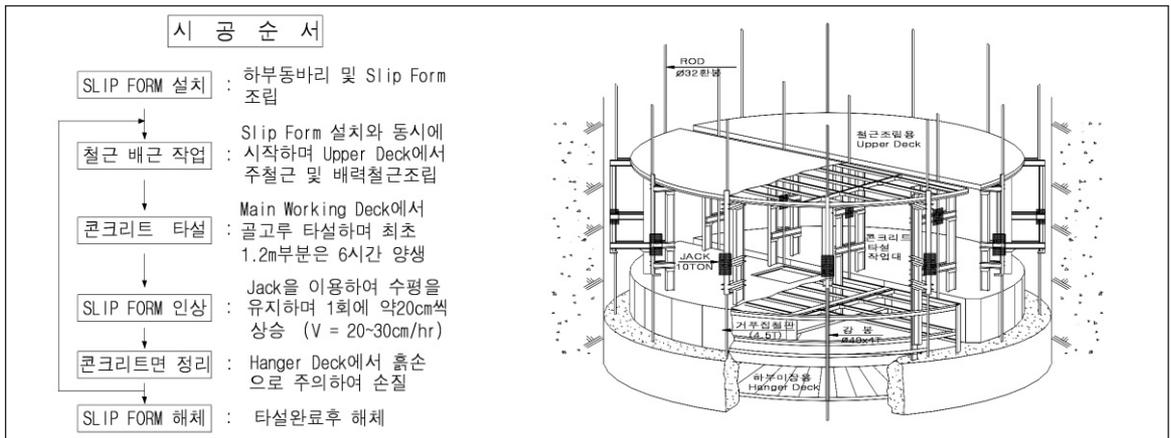


그림4-5. Slip Form을 이용한 복공시공

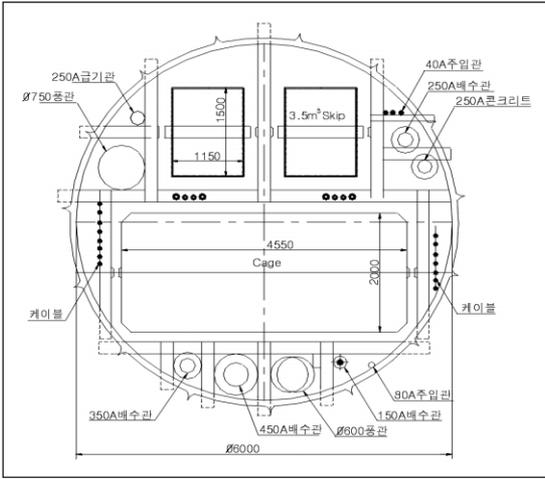


그림4-7. 작업용 수직갱 운반설비 배치도

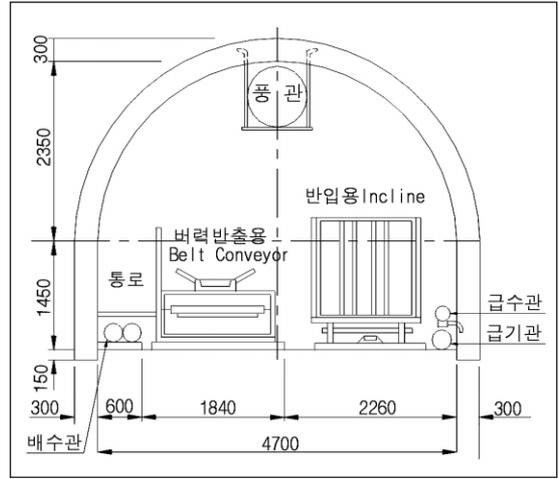


그림5-1. 작업용 사갱의 내공단면 예

에 버력 Bucket을 직접 신고 인원, 자재등도 같은 Cage로 운반된다. Skip방식은 Skip을 2개 사용해서 운전하기 때문에 인원, 자재등은 병설된 Cage로 운반한다. 일반의 작업용 수직갱에서는 안전성, 시공성을 고려한 Skip방식을 채용하는 예가 많다. Guide 방식은 Rope Guide 방식과 Rail Guide 방식이 있지만 작업 수직갱의 경우 수직갱 굴착시는 Rope Guide 방식, 본설비는 Rail Guide 방식이 채용되는 경우가 있다.

5. 사갱의 설계 및 시공

5.1 사갱의 설계

5.1.1 단면의 결정

사갱의 내공단면은 도로터널의 환기용량을 감안한 필요면적과 대피통로일 경우 원활히 대피할 수 있는 공간을 확보하여야 하며, 버력의 운반방식 및 반입되는 기계자재의 크기를 검토하고 급배수관, 공기 Duct, 작업용 통로(폭0.7m x 높이2m), 각종 배선등을 검토해서 정해야 한다. 실제로 급배수관 공기 Duct 등은 장래의 보수를 고려해서 배치하여야 한다. <그림 5-1>은 작업용 사갱의 내공단면 예이다.

5.1.2 지보공 및 복공

사갱에서 암반의 역학적인 조건은 수평터널의 조건과 크게 다를 바가 없다. 그러므로 수평터널의 지보패턴 방식을 따르는 것이 좋다. 지보공은 H형 강을 지반조건에 따라 0.9~1.5m간격으로 설치하고, 슛크리트의 두께는 5~15cm 정도, 록볼트의 길이 3.0m를 사용하는 경우가 많다. 복공두께는 일반적으로 0.3~0.4m로 한다.

5.1.3 방·배수공

수평터널에서와 마찬가지로 사갱에서도 방·배수 설계는 중요하다. 일반적인 NATM터널에서 사용하고 있는 2겹 방수를 시행하는 것이 좋다. 사갱 하부 측면이나 중앙에 배수로를 설치하고 본선 배수관에 연결하여 배수한다. 사갱저부에는 집수정을 설치하는 것이 바람직하다.

5.1.4 구배

작업갱으로서의 사갱의 구배는 급할수록 사갱연장이 짧아지지만 시공 및 운반작업이 어렵게 된다. 따라서 운반방식에 의해 적당한 구배가 정해져야 한다. Belt Conveyor 방식은 버력의 미끄러짐이나 전도의 한계로부터 정해진다. 최대 18° 정도까

지 가능하지만 안전성을 고려해서 1/4(14°)가 표준으로 되고 있다.

Incline방식은 Belt Conveyor 방식보다 구배는 급해도 되지만 권양기 능력을 고려하고 버력의 쏟아짐 등 안전성, 효율성을 고려해서 1/4을 표준으로 하고 있다.

Tire방식의 경우는 Dump Truck의 주행성을 고려해서 될 수 있는 한 완만한 것이 좋지만 반대로 연장이 길어지므로 1/8(약7°)정도로 하고 있다.

5.2 사갱의 시공

5.2.1 시공방법

작업갱으로서의 사갱의 경우에 수평터널로부터 상향으로 굴착하는 경우보다 지표에서부터 굴착하는 예가 많다. 이 경우 버력 반출 방식에는 Rail방식과 Tire방식이 있다.

환기용으로 40~50° 정도의 급구배인 경우 하부의 수평터널로부터 버력반출용의 선진도갱을 Alimak등에 의해 상향으로 굴착완료후 확공을 상부로부터 Rail방식으로 하는 경우가 많다.

5.2.2 굴착

작업갱의 경우 단면은 20m² 정도가 되며 특별히 저반조건이 나쁜경우를 제외하고는 전단면 굴착공법을 주로 사용하고 있다. 굴착방법은 수평터널과 크게 다를바가 없으나 하방향 굴진이므로 막장부분에 용수처리가 고려되어야 한다. 천공은 Rail이나 Tire방식 모두 Jumbo Drill이나 Leg Drill을 사용하게 된다.

버력적재는 수평터널에서 사용하는 Truck Shovel을 사용하는 경우가 많다. Rock Shovel과 같은 Rail방식의 버력 적재의 경우 14~16° 정도에서 이동이 가능하지만 미끄럼에 주의할 필요가 있다. 버력반출은 본갱이 타이어 방식의 경우는 사갱도 타이어 방식을 많이 사용하고 Dump Truck을 많이 사용한다. 사갱의 버력처리 능율은 적재보다 운반에 좌우되기 때문에 운반방식은 연장등을 고

려해서 능율이 좋은 것을 선정한다.

지보공의 설치하는 사갱의 구배에 직각방향, 연직방향과 그 중간방향의 3가지가 있다. 사갱의 구배나 하중의 상태를 고려해서 판단하지만 통상은 중간에 설치한다.

5.2.3 복공

복공두께는 30cm가 표준이고, Slide Form은 길이가 6~9m 정도를 사용해서 Con'c Pump로 타설한다. 사갱의 복공은 될 수 있는한 갱저부로부터 갱구로 향해서 순차적으로 타설한다. 또 지질이 연약한 경우나 용수가 많은 경우는 Invert Concrete를 시공한다.

5.3 운반 설비

5.3.1 운반방식

버력반출방식으로는 Belt Conveyor방식 Incline방식, Tire방식의 3종류가 있고 이의 특징은 다음 <표 5-1>과 같다.

- Belt Conveyor 방식 : Belt Conveyor는 일반적으로 900~1200mm 정도의 폭을 사용한다. 필요한반능력은 터널의 Cycle Time으로부터 산출되지만 일반적으로 300t/h 이상의 것을 사용한다.

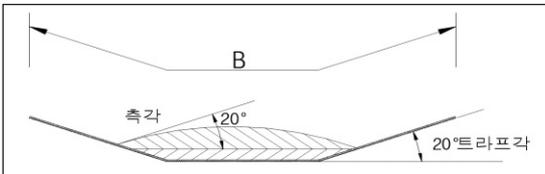
Belt Conveyor의 운반능력은 Belt폭과 속도로 결정되며 다음식으로 계산한다.

$$Q = \gamma \cdot 60k(0.9B - 0.05)2 \cdot V \cdot f1 \cdot f2$$

<표 5-1> 사갱에서의 버력반출방식

| 구분 | Belt Conveyor | Incline | Tire |
|-----------|------------------|--------------|---------------------|
| 버력반출 능력 | 양 호 | 거리가 길어지면 곤란 | 양 호 |
| 작업환경 | 양 호 | 안전성에 주의 필요 | 배기Gas, 노면보수 필요 |
| 갱저설비 | 흙바, 휘다, 크랫사등 대규모 | 적재설비 필요 | 간 단 |
| 갱외설비 | 흙 바, 적재설비 필요 | 흙바, 적재설비 필요 | 특별히 필요치않다 |
| 사갱구배 및 연장 | 1/4정도 | 1/4보다 약간 급구배 | 1/8~1/12.5, 연장 길어진다 |

- Q = 운반량(t/h)
- γ = 버력의 비중(운반중)
- k = 계수 0.12 (트라프각 20°, 측각 20° 일 때)
- B = Belt폭(m)
- V = Belt속도(m/min)
- f1 = 경사에 의한 속도보정 0.75(14° 일때)
- f2 = 크랏샤로부터 공급효율



또 Belt폭은 버력의 최대직경의 3배 정도가 일반적이다. Belt의 속도는 버력의 상태, Belt폭, Carrier의 구조등에 따라 다르지만 100m/min정도가 일반적이다. Belt Conveyor방식은 연속 운반이기 때문에 운반 능력은 일반적으로 Incline방식에 비해서 크다. 구배는 버력의 미끄러짐을 고려해서 18° 정도로 한다.

- Incline방식 : Incline은 Skip에 의한것과 버력광차를 끌어올리는 방법이 있다. 수송능력은 Belt Conveyor 방식에 비교해서 작다. 갱저 설비는 간소화 되고 설비비가 싼 장점이 있다.
- Tire 방식 : 본갱의 버력을 Dump Truck 으로 직접 갱외로 반출하는 경우는 갱저의 버력 적재 설비는 필요치 않다. 그러나 사갱연장이 긴 경우는 운반능율을 감안해서 사갱중간에 적당한 간격으로 대피소를 설치하고 특히 환기설비에 대해서는 용량, 방법등을 충분히 검토할 필요가 있다.

5.3.2 사갱의 공간배치

사갱의 배치는 버력운반방식, 콘크리트 운반방식에 따라 다르며 <그림 5-2>는 각 방식의 단면 배치 예를 보이고 있다.

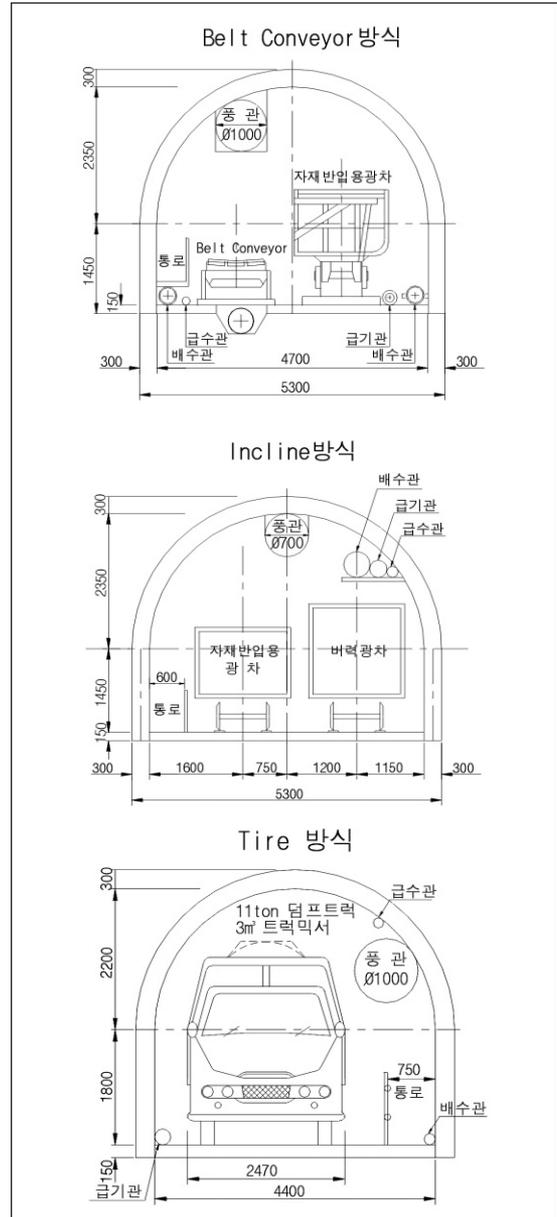


그림5-2. 사갱의 공간배치 예

6. 국내고속도로 수직갱·사갱 적용현황

현재까지 국내고속도로 터널에 수직갱·사갱을 설계에 반영한 현황은 다음과 같다

〈표 5-2〉 사갱에서의 버력반출방식

| 구분 | 터널 현황 | 수직갱·사갱 현황 | 공법 및 적용사유 |
|--------|-------|-----------|---|
| 둔내 터널 | | | <ul style="list-style-type: none"> • R.B.M + NATM확공 수직갱이 높아서 작업갱으로는 비효율적이며 지상에서 수직갱의 위치까지 기존의 영동고속도로에서 접근이 용이하므로 지상에 R.B.M기지를 설치하여 상향굴착후 하향 확공하며 버력을 하부의 본선터널로 처리. |
| 죽령 터널 | | | <ul style="list-style-type: none"> • R.C + NATM확공 수직갱이 높아서 작업갱으로는 비효율적이며 지상에서 수직갱으로의 접근이 어렵고 용지보상에 시간이 걸리므로 R.C에 의한 상향굴착 후 하향확공하며 버력은 하부의 본선 터널로 처리. |
| 차령 터널 | | | <ul style="list-style-type: none"> • NATM전단면 하향굴착 수직갱의 높이가 낮아서 특수한 공법을 적용하기보다는 지상에서 전단면으로 하향 발파굴착하는 공법을 적용하였으며 수직갱을 작업갱으로 이용하지 않음. |
| 육십령 터널 | | | <ul style="list-style-type: none"> • NATM확공 상향굴착 당초설계시에는 전기집진기 종류식으로 계획하였으나, 시공시 본선터널과 폐갱도가 교차하여 폐갱을 확공 굴착 후 사갱 송·배기 종류식으로 변경함. |

7. 맺는말

고속도로 터널에서 수직갱 송·배기 방식으로 설계된 둔내터널이 99년 12월 국내에서 처음으로

완공되어 운영중에 있으며 현재 설계, 시공중인 터널들을 고려할 때 고속도로 터널에서의 수직갱의 적용은 계속 증가할 전망이다.

수직갱의 시공방법은 앞에서의 국내 적용사례를

살펴보았듯이 터널에 주어진 조건에 따라 적합한 공법을 적용하는 것이 중요하다 하겠다. 수직갱은 환기 및 방재계획과 더불어 터널설계에서 중요한 요소가 되며 공사비 및 유지관리비에 큰 영향을 미치므로 시공방법뿐 아니라 터널의 전체적인 계획과 관련하여 수직갱을 설계하여야 한다.

따라서 지형 특성상 장대터널이 예상되는 구간에서는 선형계획 단계부터 터널의 환기, 방재, 시공계획과 관련하여 최적의 도로계획이 될 수 있도록 수직갱에 대한 심도 있는 검토가 이루어져야 하며 이를 위하여 기 운영중인 터널들의 환기효율 및 환기효과에 대한 조사, 자료의 축적 및 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

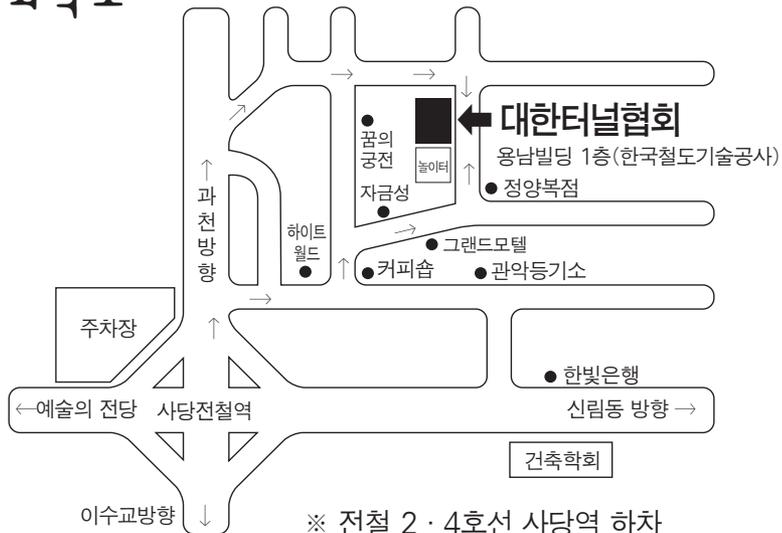
참고문헌

- 1) 建設産業調査會(昭和 63.9) 最新 トンネル工

法 機材便覽

- 2) 원기술(1991.11) 터널공사 설계시공 지침 및 동해설
- 3) 한국도로공사(1995.12) 영동고속도로 원주~강릉간 4차로 확장공사 (제6공구) 터널보고서
- 4) 한국도로공사(1993.11) 천안~공주~호남권 연결 고속도로 (천안~정안간) 건설공사 실시설계 터널보고서
- 5) 한국도로공사(1996.4) 중앙고속도로 영주~제천간 건설공사 (제3공구 : 수철~용부원) 터널보고서
- 6) 한국도로공사(1996.12) 대전~진주간 고속도로 대전~함양간 건설공사 실시설계 (제10공구 : 장계~서상)터널보고서
- 7) 선경컨소시엄(1997.12) 우면산터널건설 민자 유치사업 설계보고서

대한터널협회약도



(사)대한터널협회

우 151-080 서울특별시 관악구 남현동 602-25
Tel: (02) 598-3138 FAX: (02) 598-3139