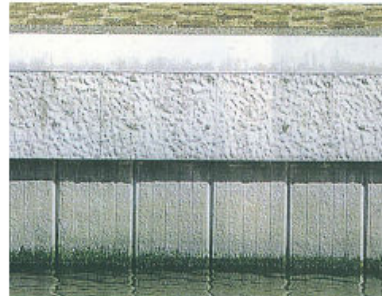


합성형 벽체파일을 이용한 지하차도 공법

Underpass using Steel-Composite Pretensioned High-Strength Concrete Pile Wall

▶ 정부예산 절감정책에 가장 적합한 공법 ◀



하림콘크리트

하림콘크리트

○ 지하차도 벽체에서 일반적으로 시공하는 RC 구조 벽체의 경우

- ▶ 현장에서 흙막이용 가시설을 설치하고 터파기 후 거푸집을 설치한 뒤 콘크리트를 타설하여 벽체를 완성하기 때문에 품질편차가 심하고 상당한 공기가 소요될 뿐 아니라 가시설 비용이 과다 소요되어 비경제적입니다.

○ 합성형 벽체파일을 이용한 지하차도 공법은 해외(일본)에서 검증된 신기술로

- ▶ 공장에서 제작된 강합성 PHC파일 (사각형)로 보링 후 항타하여 연속벽체를 형성하므로 흙막이 겸용은 물론 영구적 구조물로 이용하는 공법입니다. 본 공법은 기존 공법에 비해 시공성, 안전성, 환경성, 유지 관리성 등이 우수할 뿐 아니라 특히 공사비 절감 및 공기 단축을 획기적으로 개선할 수 있는 공법입니다.

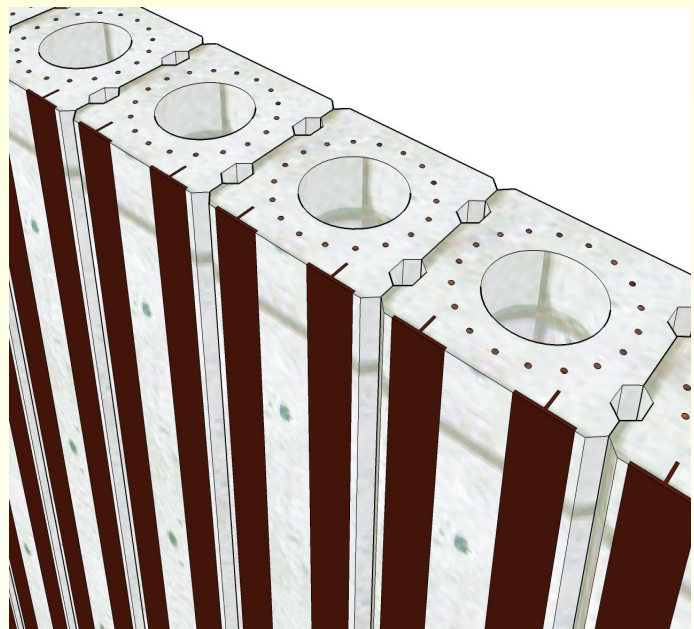
CONTENTS

합성형 벽체파일

1. 개 요
2. 특 징
3. 제작 방법
4. 적용 사례
5. 벽체파일 제원
6. 단면특성
7. 설계방법
8. 항타시공
9. 성능평가

합성형 벽체파일 지하차도 공법

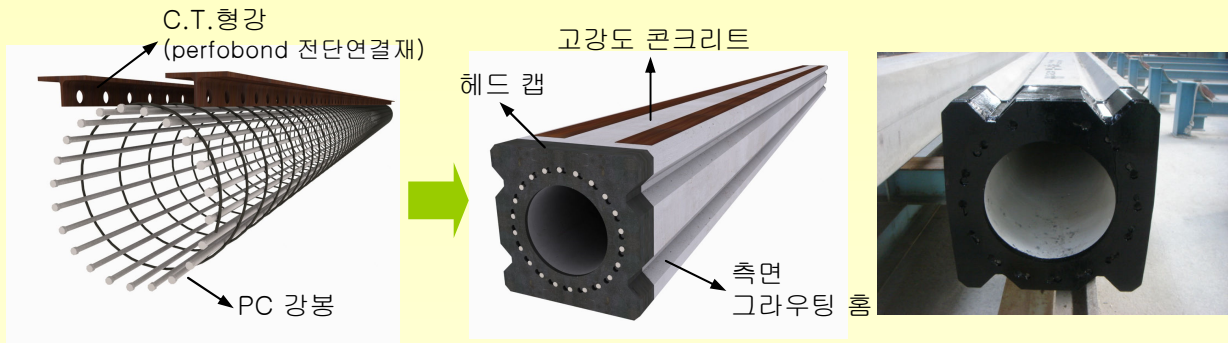
1. 개 요
2. 특 징
3. 시공 방법
4. 시공 상세
5. 공법 비교
6. 기술개발
7. 특허 출원
8. 벽체파일 제작공장



합성형 벽체파일

개 요

합성형 벽체파일은 PHC파일과 유사하게 원심성형 방식으로 제작한 **고강도 콘크리트** ($f_{ck}=80\text{MPa}$)에 **C.T. 형강**이 합성된 **사각형 파일**으로서 프리텐션 방식으로 긴장력을 가하여 횡하중을 효율적으로 지지할 수 있도록 개발하여 주로 지하차도, 교대, 옹벽 등 토압을 지지하는 벽체로 사용 할 수 있음



[합성형 벽체파일]

특 징

구조성능

- 고강도 콘크리트($f_{ck}=80\text{MPa}$)에 긴장력을 가하여 횡에 대한 저항력 극대화
- C.T.형강과 벽체파일을 Perfobond 전단연결재로 합성시켜 구조성능 증대
- 사각형 형상으로 휨강성이 크기 때문에 수평변위가 작음
- 공장에서 Autoclave 양생 과정을 통하여 제작하여 품질 우수

시공성

- 가설 구조물과 본 구조물을 겸용하여 공기단축 가능
→ 벽체파일 내측에 노출된 C.T.형강을 통하여 띠장 등 가설 구조물 연결
- 중굴공법 등 천공 후 시공하여 저소음, 저진동 시공 가능
- 벽체파일 측면 연결부는 그라우팅하여 배면으로부터의 누수 억제 가능

경제성

- 지하차도 공법에서 가설 구조물의 사용이 최소화되어 경제성 향상
- 고강도 콘크리트에 긴장력을 가하여 강널말뚝, 강관말뚝 대비 경제성 우수
- 공장에서 대량 생산이 가능하여 자재비 절감 가능
- 원심성형 방식으로 제작하여 수밀성이 우수하여 방수 및 방식 처리 불필요

합성형 벽체파일

제작 방법

(1) 원심성형 방식에 의한 제작

합성형 벽체파일은 공장에서 원심성형 방식으로 제작하며 상압 증기양생, Autoclave 고온고압 증기양생 등을 거쳐 고품질의 고강도 강합성 콘크리트 파일을 대량으로 생산 가능함



① 이형강봉 및 나선철망 배근



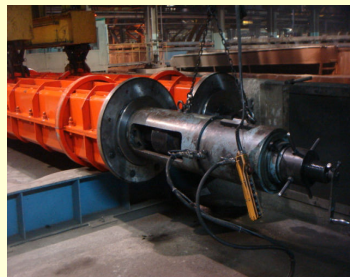
② 헤드캡 설치



③ 콘크리트 투입



④ 몰드 조립



⑤ 이형강봉 긴장



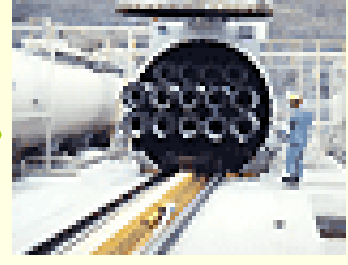
⑥ 원심성형



⑦ 상압 증기양생



⑧ 탈형 및 긴장력 도입



⑨ 고온고압 증기양생

(2) 합성형 벽체파일



[합성형 벽체파일]



[벽체파일에 합성된 C.T.형강]



[합성형 벽체파일 마크]

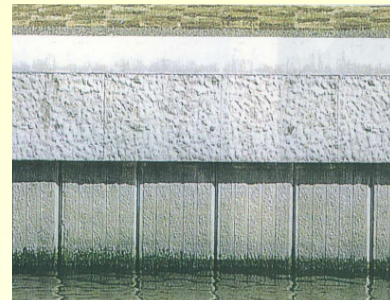
합성형 벽체파일

적용 사례

(1) 지하차도 또는 도로 옹벽 (일본 사례)



(2) 하천/해안 구조물 (일본 사례)



(3) 기타 (일본 사례)

- 지하저수지
- 조정지



합성형 벽체파일

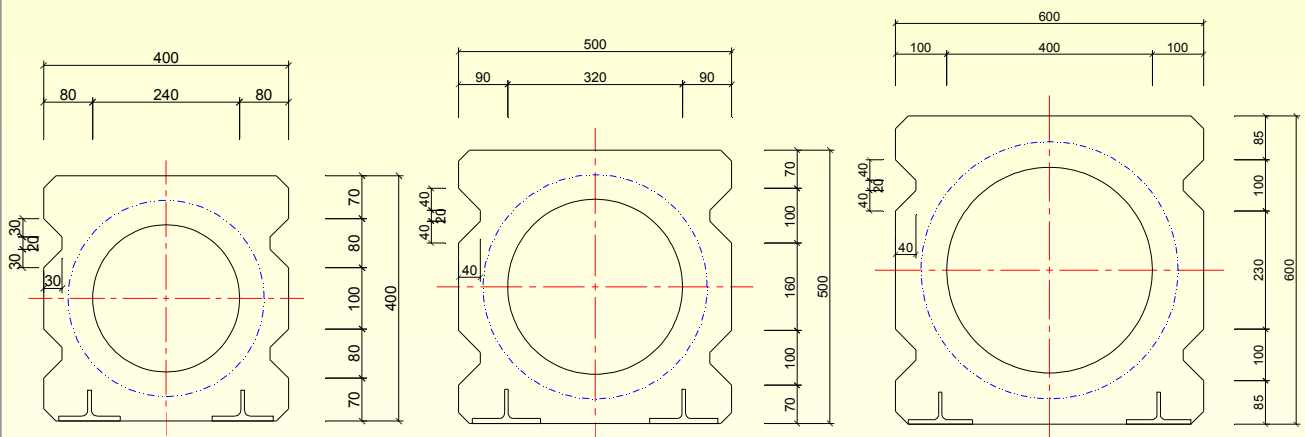
벽체파일 제원

(1) 단면제원

벽체파일 단면	C.T. 형강	두께	내경	중량 (tonf/m)	종류	이형강봉
D=400mm	100x50mm	t=80mm	240mm	0.25	B종	Φ9.2 × 16개
					C종	Φ11.0 × 14개
D=500mm	125x62.5mm	t=90mm	320mm	0.38	B종	Φ11.0 × 16개
					C종	Φ11.0 × 22개
D=600mm	125x62.5mm	t=100mm	400mm	0.53	B종	Φ11.0 × 24개
					C종	Φ11.0 × 28개

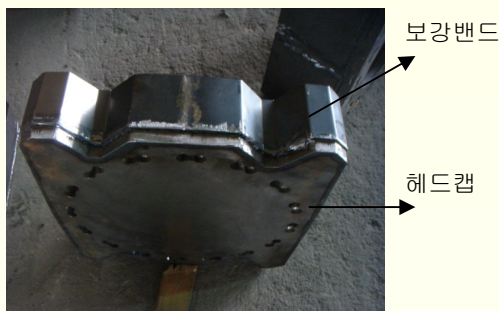
a) B종은 유효프리스트레스 응력이 8MPa이며 C종은 유효 프리스트레스 응력이 10MPa임

b) 자립식 옹벽으로 시공하는 경우에는 C.T.형강이 필요하지 않을 수 있음



[벽체파일 단면제원]

(2) 헤드캡 제원



[헤드캡]

벽체파일 단면	종류	헤드캡 두께	보강밴드	
			길이	두께
D=400mm	B종	19mm	90mm	2.3mm
	C종	19mm		
D=500mm	B종	22mm	90mm	2.3mm
	C종	22mm		
D=600mm	B종	22mm	90mm	2.3mm
	C종	25mm		

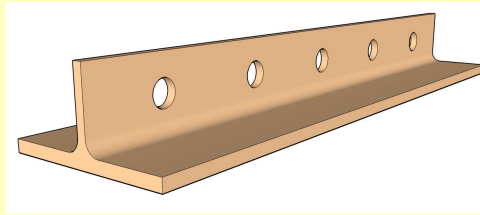
a) 헤드캡 및 보강밴드는 SS400 강재 적용

합성형 벽체파일

(3) C.T.형강 제원 (perforbond 전단연결재로 벽체파일과 합성)



[몰드에 설치된 C.T.형강]



천공 홀 직경 = 20~30mm
홀간 간격 = 100mm

C.T.형강 제원 : 100x50mm (D400mm)
125x62.5mm (D500 & 600mm)

단면 특성

(1) 벽체파일 단면 특성값 (C.T.형강이 있는 경우)

C.T. 형강은 벽체파일에서 굴착 내측에 있으며 토압이 작용할 경우에 C.T.형강은 벽체파일의 압축측에 위치함
유효 단면계수는 C.T.형강이 위치한 벽체파일의 압축측과 C.T.형강이 없는 인장측의 값이 달라짐

벽체파일 단면			C.T.형강	A_c (cm ²)	A_e (cm ²)	I_e (cm ⁴)	Z_e (cm ³)	
유효폭	두께	종류					C.T.형강 있는면 (압축측)	C.T.형강 반대면 (인장측)
D=400mm	t=80mm	B종	100x50mm	948	1,123	216,649	12,074	9,822
		C종			1,136	218,299	12,151	9,907
D=500mm	t=90mm	B종	125x62.5mm	1,446	1,690	519,647	22,402	19,086
		C종			1,719	525,808	22,801	19,470
D=600mm	t=100mm	B종	125x62.5mm	2,043	2,326	1,030,104	36,468	32,449
		C종			2,345	1,036,138	36,796	32,767

설계 방법

(1) 벽체파일 허용응력

벽체파일은 설계압축강도(f_{ck}) 80MPa인 프리스트레스 콘크리트이며 허용응력 검토를 수행한다.

콘크리트 허용휨압축응력(f_{ca})	콘크리트 허용휨인장응력(f_{ta})	콘크리트 허용전단응력(τ_a)	콘크리트 탄성계수
36 MPa	2.2 MPa	1.2 MPa	4×10^4 MPa

- a) 콘크리트 허용휨압축응력 (콘크리트 설계기준, 2003) : $f_{ca} = 0.45 \times f_{ck}$
- b) 콘크리트 허용휨압축응력 (콘크리트 설계기준, 2003) : $f_{ta} = 0.25 \times \sqrt{f_{ck}}$
- c) 콘크리트 허용전단응력 (콘크리트 설계기준, 2003) : $\tau_a = 0.25 \times \sqrt{f_{ck}}$ (확인필요)

(2) 휨모멘트 및 축력에 대한 검토

사용하중 상태에서 벽체파일에 작용하는 휨모멘트와 축력에 대하여 다음과 같이 응력 검토를 수행한다.

$$\text{벽체파일 압축측 검토 : } \sigma_{ce} + \frac{M}{Z_e} + \frac{P}{A_e} \leq \sigma_{ca}$$

$$\text{벽체파일 인장측 검토 : } \sigma_{te} \leq \sigma_{ce} - \frac{M}{Z_e} + \frac{P}{A_e}$$

여기서, M = 벽체파일에 작용하는 모멘트

P = 벽체파일에 작용하는 축력

σ_{ce} = 벽체파일의 유효 프리스트레스 응력 (B종: 8 MPa / C종: 10 MPa)

Z_e = 벽체파일의 환산 유효 단면계수

(압축측에만 C.T.형강이 있으므로 압축측과 인장측에서 Z_e 값이 달라짐)

A_e = 벽체파일의 환산 유효 단면적

(3) 전단력에 대한 검토

사용하중 상태에서 벽체파일에 작용하는 전단력에 대하여 다음과 같이 응력 검토를 수행한다.

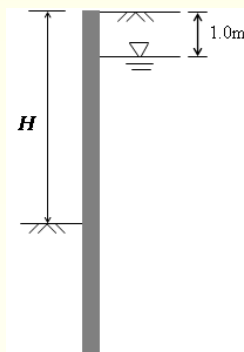
$$\frac{V}{A_e} \leq \tau_a$$

여기서, V = 벽체파일에 작용하는 모멘트

A_e = 벽체파일의 환산 유효 단면적

(4) 벽체파일 개략 적용범위 (자립식 벽체로 사용하는 경우)

벽체파일 단면		적용범위 (자립식 벽체, H)									
		1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m
D=400mm	B종										
	C종										
D=500mm	B종										
	C종										
D=600mm	B종										
	C종										



항타 시공

(1) 중굴공법 적용

합성형 벽체파일은 기본적으로 시공 가이드를 설치 한 다음 중굴공법을 이용하여 시공함



[시공 위치 천공]



[중굴공법 적용 항타시공]



[항타시공 완료]

(2) 천공 후 압입공법

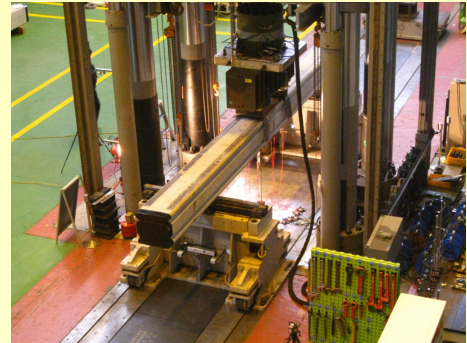
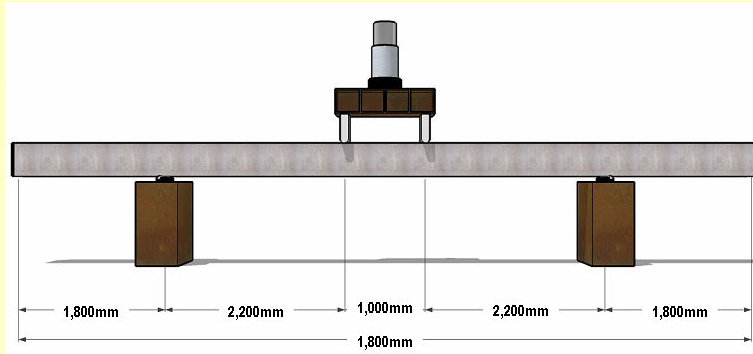


합성형 벽체파일

성능 평가

(1) 벽체파일 휨시험

벽체파일의 휨성능을 평가하기 위하여 KS F 4306 규정에 따라 2점 가력 휨시험을 수행함



[벽체파일 휨시험장치]

(2) 벽체파일 휨성능 검증

실험에서 얻어진 균열모멘트와 극한모멘트는 이론적으로 계산한 설계값 보다 큰 것으로 나타남

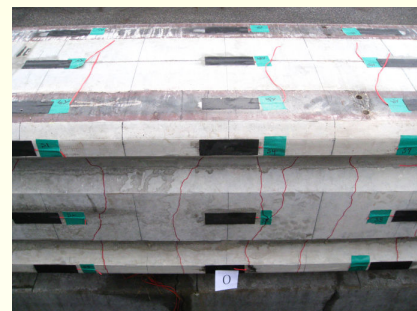
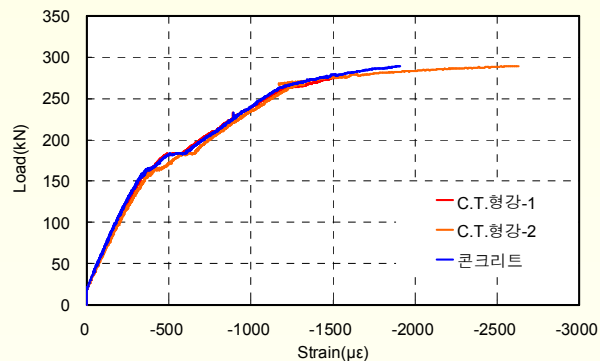
벽체파일 단면	C.T.형강	균열 모멘트 (M_{cr})			극한 모멘트 (M_u)		
		실험값	설계값	검토결과	실험값	설계값	검토결과
D=400mm C종	100x50mm	175.9 kN·m	163.4 kN·m	OK	333.3 kN·m	303.5 kN·m	OK
		188.8 kN·m			349.6 kN·m		
D=500mm B종	100x50mm	255.3 kN·m	254.9 kN·m	OK	479.6 kN·m	424.2 kN·m	OK
		257.8 kN·m			485.3 kN·m		



[균열 분포도]

(3) 합성효과 검증

콘크리트의 변형률과 C.T.형강의 변형률은 극한상태에 도달할 때까지 거의 동일한 값을 보여 perfobond 전단연결재로 콘크리트에 부착된 C.T.형강은 콘크리트와 합성거동을 보임을 확인함



[극한상태에서 콘크리트와 C.T.형강의 Slip 없음]

※ 향후 합성형 벽체파일을 납품하기 전에 휨시험 수행 후 시험결과 첨부 예정임

합성형 벽체파일 지하차도 공법

개 요

합성형 벽체파일을 지반에 향타하고 내부 굴착하여 지하차도 구조물을 구축하는 공법으로 벽체파일 자체를 가설 구조물 뿐만 아니라 본 구조물로 활용하기 때문에 기존 R.C. 지하차도 공법에 비하여 가설 흙막이 공정이 생략되기 때문에 공기를 절반 수준으로 줄일 수 있고 공사비 또한 절감할 수 있는 공법임.

현장여건에 따라 합성형 벽체파일 향타시공 후 상부슬래브를 타설하고 내부를 굴착하는 Top-Down 공법으로 시공할 수도 있으므로 차량통행 제한을 최소화할 수 있음



[U-type 구간]



[Box 구간]

특 징

구조적 측면

- 벽체파일은 모멘트와 압축력이 동시에 작용하는 Box 구간에서 구조적인 성능이 매우 우수함
- 벽체파일은 휨강성이 커서 U-type 구간에서 수평변위가 매우 작음

시공적 측면

- 벽체파일을 가설 벽체와 영구 벽체로 사용하기 때문에 공기단축 가능
- 굴착 폭이 작으며 Top-Down 시공이 가능하여 교통통제 최소화 가능
- 벽체파일에 합성시킨 C.T.형강을 통하여 타 부재와 접합이 용이
 - C.T.형강을 통하여 띠장 등 가설 구조물 연결함
 - C.T.형강에 전단 스티드 등을 용접하여 하부슬래브와 연결함
- 저소음 중굴공법으로 시공하여 근입깊이 등 시공 정밀도 확보
- 연결부 그라우팅을 통하여 시공 중 벽체 연결부를 통한 누수 방지

경제적 측면

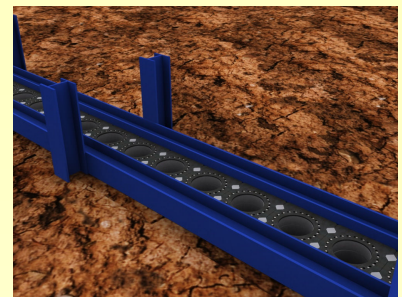
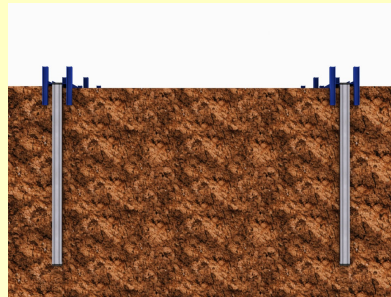
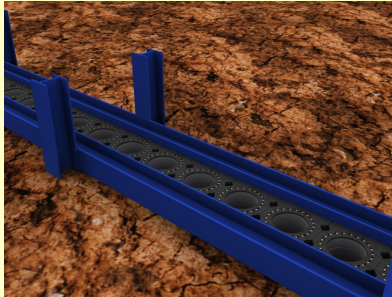
- 지하차도 공법에서 가설 구조물의 사용이 최소화되어 경제성 향상
- R.C.공법 대비 굴착 폭이 감소되어 용지보상 및 토공량 절감
- 공장에서 생산하는 고강도 프리캐스트 제품이므로 자재비 절감 가능

합성형 벽체파일 지하차도 공법

시공 방법

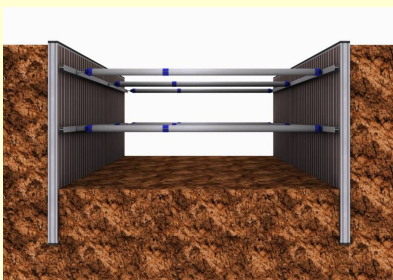
(1) 벽체파일 항타시공

시공가이드를 설치하고 충굴공법으로 벽체파일을 항타시공한 후 연결부 홈을 그라우팅 충전

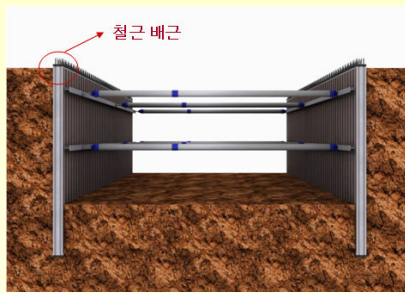


(2) U-type 구간 시공

U-type 구간은 내부에 버팀보를 설치하면서 시공하며 자립식 벽체파일로 구조적인 안정성 확보가 어려운 경우 어스앵커도 설치할 수 있음



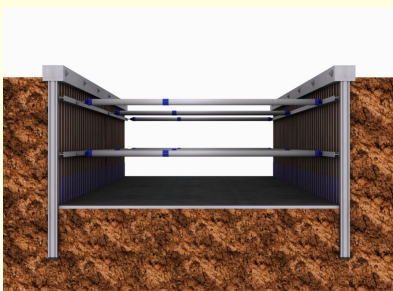
① 내부 굴착 및 버팀보 설치



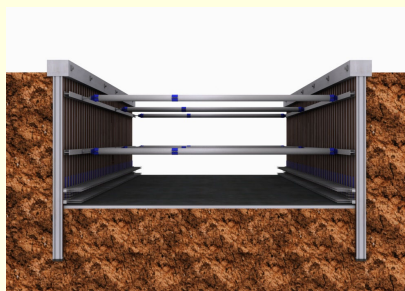
② 두부정리 및 철근연결



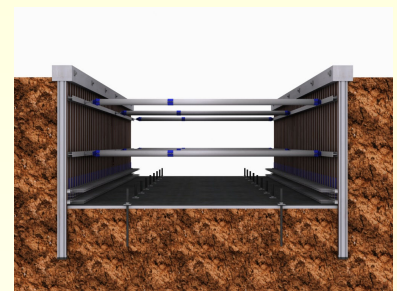
③ 어스앵커 설치 (필요한 경우만)



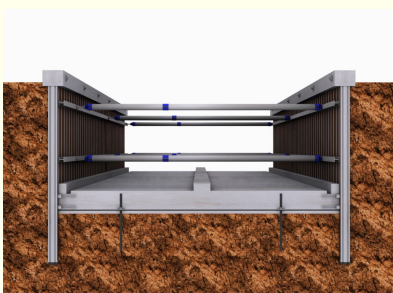
④ 버팀 콘크리트 및 방수시트 설치



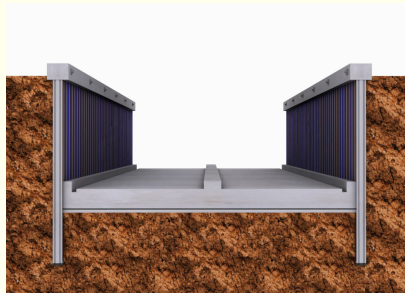
⑤ 하부슬래브 연결부 보강



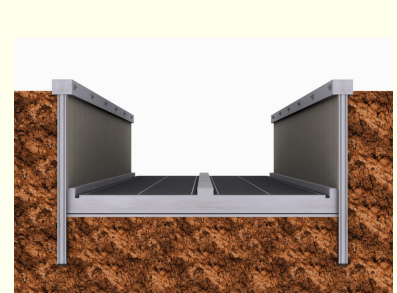
⑥ 부력앵커 설치



⑦ 하부 슬래브 타설



⑧ 버팀보 해체 및 벽체파일 방수철판 설치

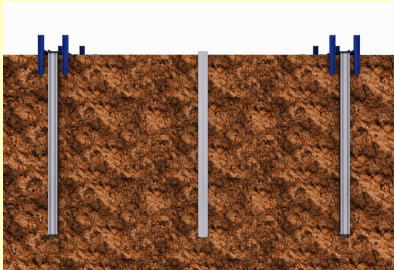


⑨ 내부마감 및 포장

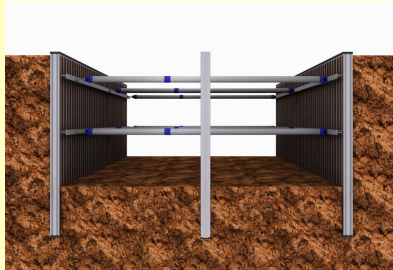
합성형 벽체파일 지하차도 공법

시공 방법

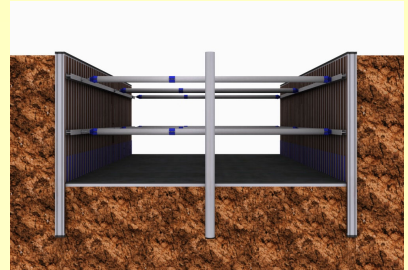
(3) Box 구간 시공 (Bottom-Up 시공)



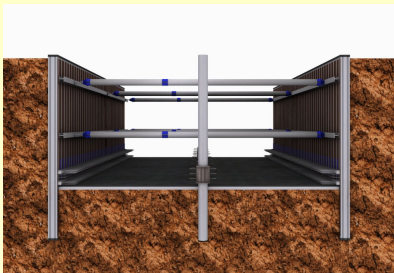
① 벽체파일 및 중간파일 설치



② 내부 굴착 및 버팀보 설치



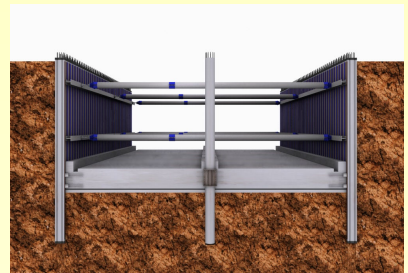
③ 버림 콘크리트 및 방수시트 설치



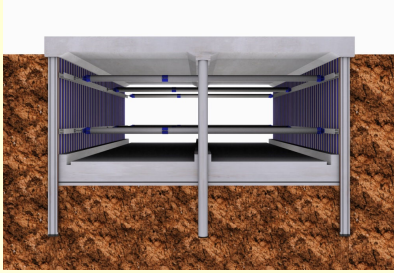
④ 하부슬래브 연결부 보강



⑤ 하부슬래브 타설



⑥ 두부정리 및 벽체파일 철근연결



⑦ 방수철판 및 상부슬래브 타설

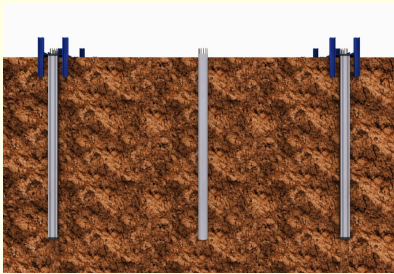


⑧ 내부마감 및 포장

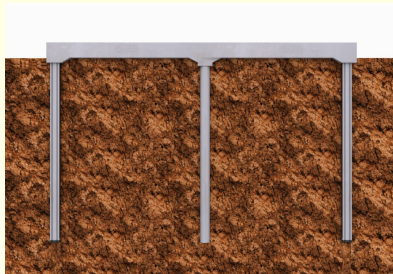


[참고] 경우에 따라 중간기둥은 콘크리트 현장타설 시공 가능

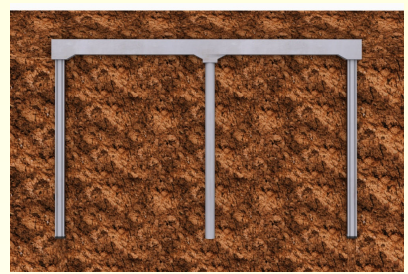
(4) Box 구간 시공 (Top-Down 시공)



① 두부정리 및 철근연결



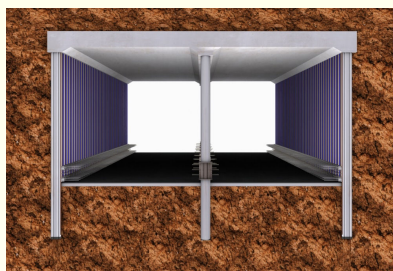
② 상부슬래브 설치



③ 방수 및 성토



④ 내부 굴착 및 방수철판 설치



⑤ 방수시트 및 하부슬래브 보강



⑥ 하부슬래브 타설 및 내부마감

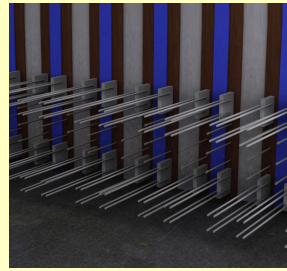
합성형 벽체파일 지하차도 공법

시공 상세

(1) 벽체파일과 하부슬래브 연결

벽체파일에 노출된 C.T.형강에 모멘트 플레이트와 전단 스터드를 용접하며 이를 통하여 하부슬래브와 연결

중간파일은 외부에 강관이 합성된 PHC파일을 사용하며 브라켓과 전단 스터드를 통하여 하부슬래브와 연결



[벽체파일-하부슬래브 연결]

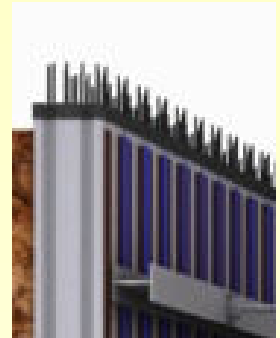
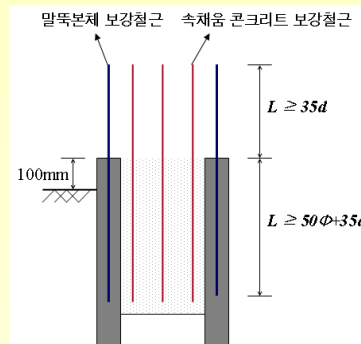


[중간파일-하부슬래브 연결]

(2) 벽체파일과 상부슬래브 연결

벽체파일과 상부슬래브의 연결은 기본적으로 도로교설계기준의 B방법을 이용하여 강결함

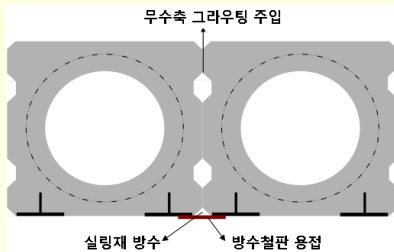
벽체파일과 상부슬래브의 강결을 위하여 벽체파일에는 이형강봉 외에 말뚝본체 보강철근을 매입 하고 이에 철근을 길이연결하여 상부슬래브 타설



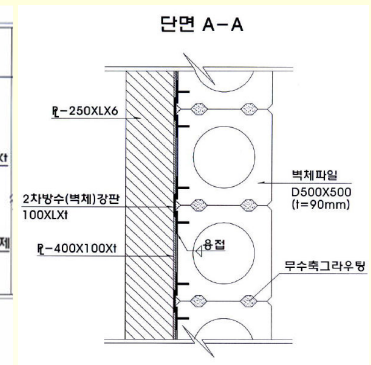
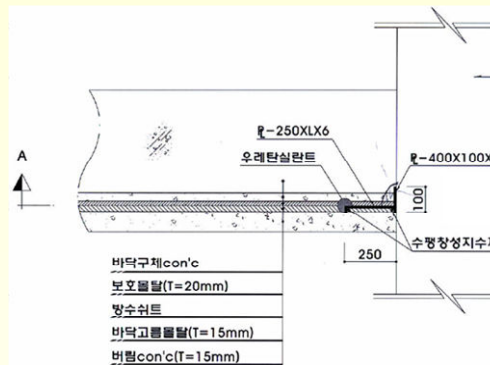
[B방법에 의한 벽체파일과 상부슬래브 연결]

(3) 벽체파일 방수

벽체파일과 벽체파일 연결부는 연결부 홈에 무수축 그라우팅을 충전하고 연결부 철판으로 용접하여 방수처리
벽체파일과 하부슬래브의 연결부는 방수쉬트를 보강판, 우레탄 실런트, 수평창성 지수재 등으로 보강

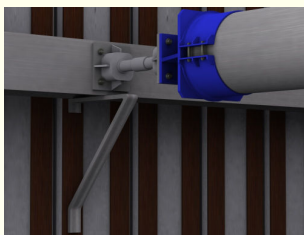


[벽체파일-벽체파일 연결부 방수]

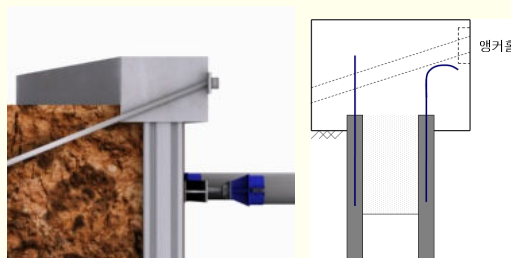


[벽체파일-하부슬래브체파일 연결부 방수]

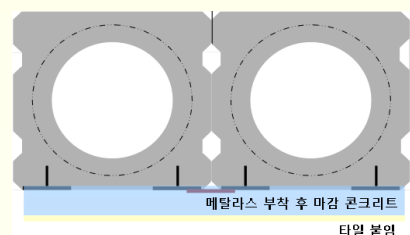
(4) 기타



[버팀보 설치]



[U-type 구간 상부 CAP 콘크리트에 어스앵커 설치]



[내부 마감]

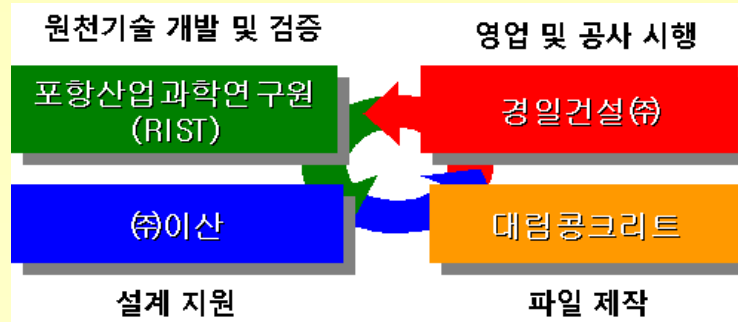
합성형 벽체파일 지하차도 공법

공법 비교

구분	기존 공법 (RC 구조)	신공법 (합성형 파일적용)
가시설	<ul style="list-style-type: none"> ◦ H-Pile 토류벽 + 토류판 + 복공판 ◦ 쉬트파일 + 복공판 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 가설 토류벽 불필요 (합성형 파일 적용) ※ 현장 여건에 따라 복공판 설치
경제성 (개략공사비)	17~24 백만원/m	14~18 백만원/m
공사기간	10 개월/500m	6 개월 이하/500m
굴착폭	23m (4차선)	19~20m (4차선)
교통차단 최소화	대응 불가	대응 가능 (현지 여건에 따라 TOP-DOWN 공법 적용)
방수공법	방수쉬트를 이용한 외벽방수	벽체파일 자체는 불투수성 부재 벽체파일 연결부 그라우팅 및 철판 용접 벽체파일-하부슬래브 연결부에는 방수쉬트 보강
벽체마감재	타일, 문양거푸집 등	다양한 내장재 시공 가능

합성형 벽체파일 지하차도 공법

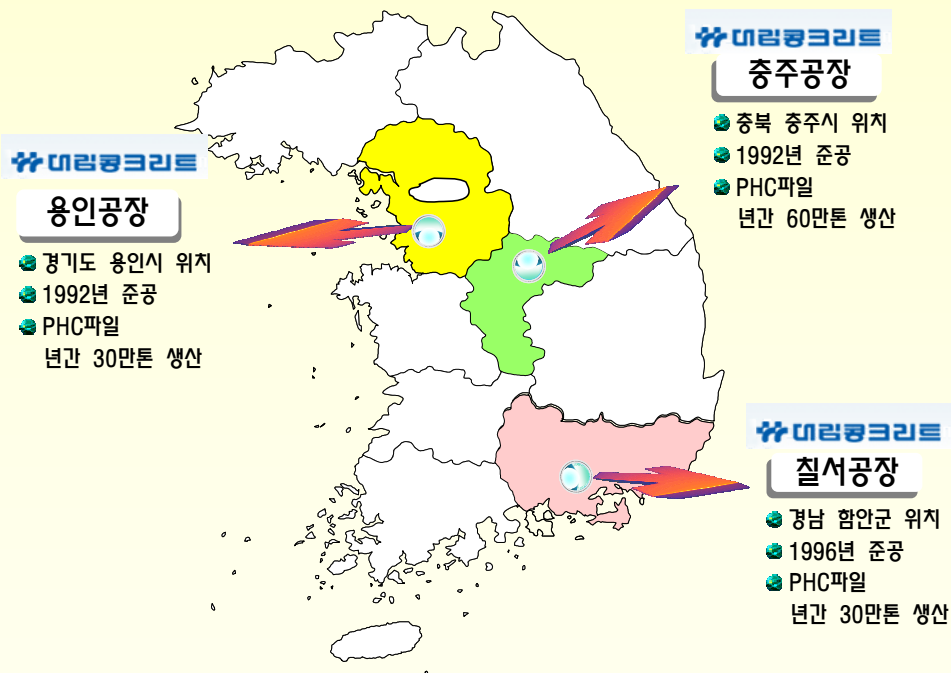
기술 개발



특허 출원

- 1) 흙막이 벽체용 합성파일 및 그것을 이용한 원심성형 방식의 흙막이 벽체 (출원번호 : 2008-0044836)
- 2) 원심성형 방식을 이용한 흙막이 벽체용 합성형 파일의 제작방법 (출원 예정)
- 3) 강합성 벽체파일을 이용한 지하차도의 시공방법 (출원 예정)

벽체파일 제작 공장



공법 문의

- RIST 강구조연구소 이종구 책임연구원 : TEL 031-370-9595 / E-mail : ljku@rist.re.kr
- 경일건설(주) 사업부 안종은 상무 : TEL 031-677-5500 / E-mail : kyungil3355@hanmail.net
- 대림공크리트 파일사업부 목진오 팀장 : TEL 02-311-3360 / E-mail : jomok@dcp.co.kr
- ㈜이산 구조부 김호철 상무 : TEL 031-389-0098 / E-mail : gujoo@isan.co.kr