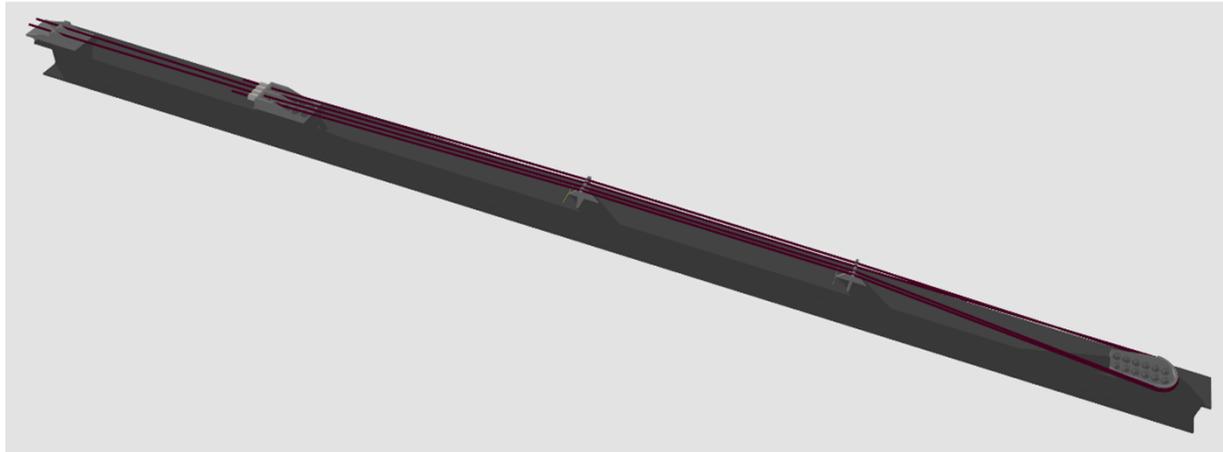


TK 흠막이 공법 기술설명



목 차

01

기술개요

TK 엄지말뚝 공법 개요
흙막이 지지구조
TK 엄지말뚝 구조
TK 엄지말뚝 효과
균등 프리스트레싱의 문제점

02

기술검증

TK 엄지말뚝 적용효과
TK 엄지말뚝 실험
TK 엄지말뚝 구성품 해석

03

현장 적용

TK 엄지말뚝 적용 현황
(1) 안성물류센터
(2) 고덕 연료전지 발전소
(3) 인천 서구 마전동 판매시설
(4) 화성 오토랜드
(5) 음성 오류리 물류센터
(6) 천안 백석동 판매시설
(7) 동명근린 체육공원
(8) 동탄 신동교회
(9) 사창리 물류센터
(10) 청주 Hynix

04

경제성 분석

TK 엄지말뚝 공사비 비교
TK 엄지말뚝 공사기간 비교



용도

흙막이 벽체용 엄지말뚝



적용처

10m 미만의 굴착깊이를 가지며 버팀보나 지중앵커의 설치가 곤란한 현장



원리

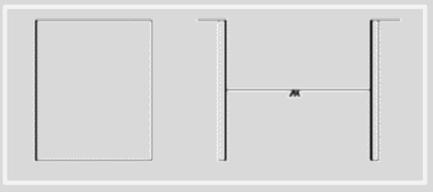
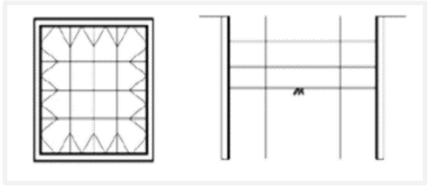
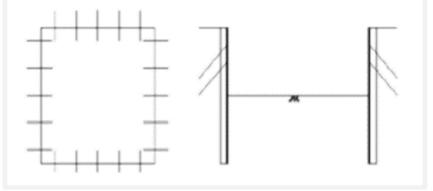
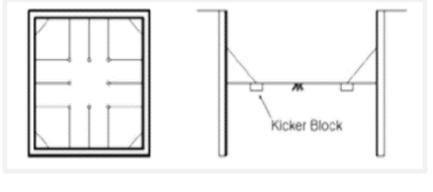
엄지말뚝 배면측에 프리스트레싱을 통해 토압에 의한 캔틸레버 변위를 억제



차별성

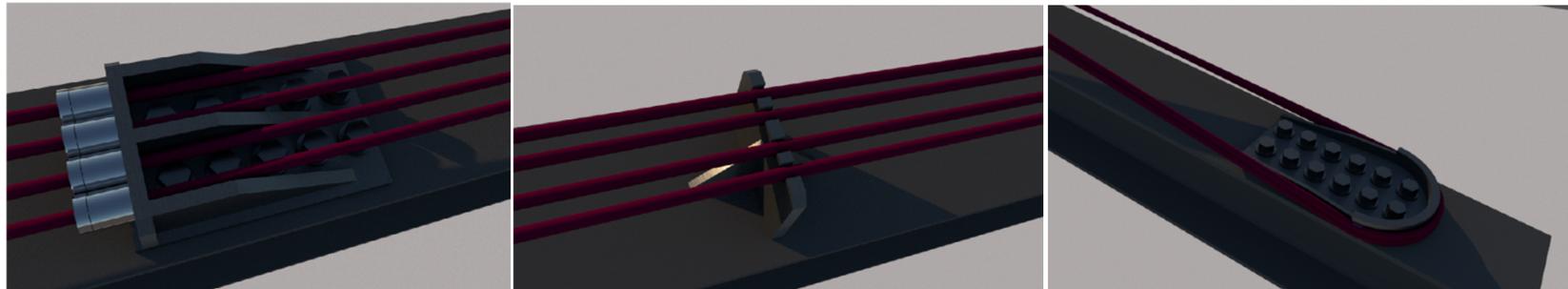
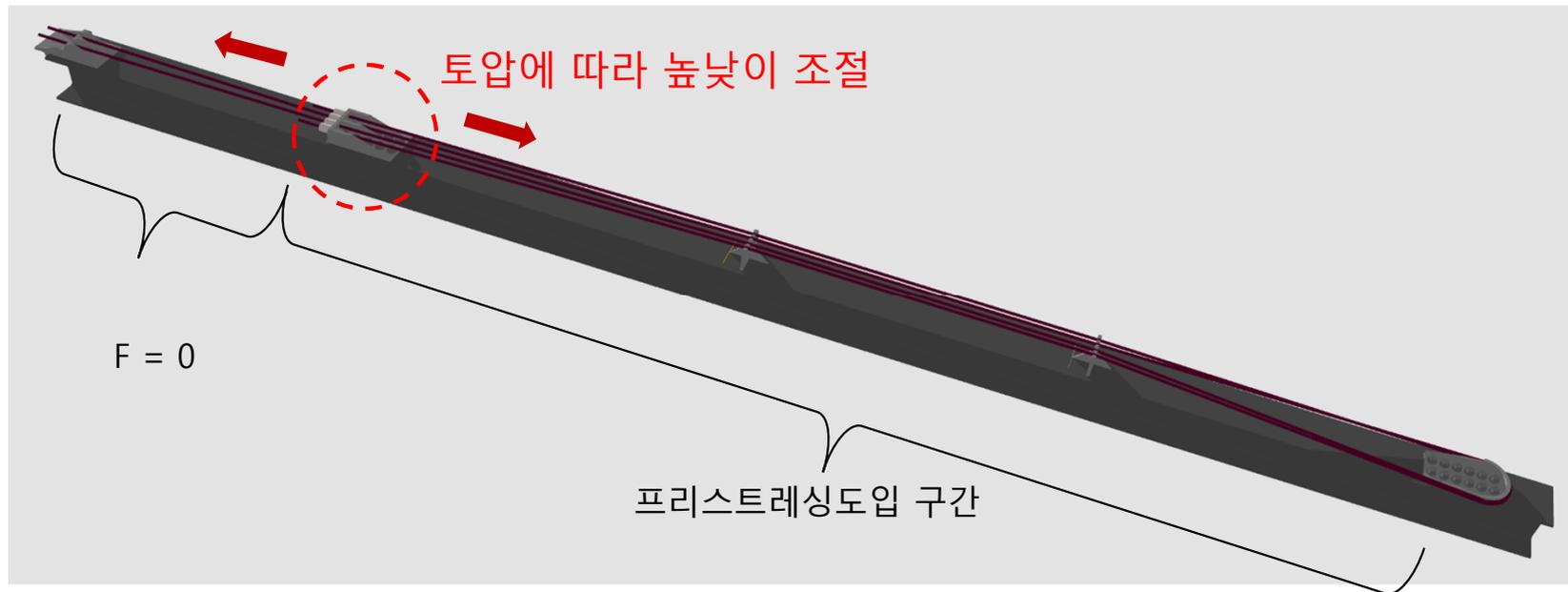
프리스트레싱 크기를 깊이별로 토압 모멘트 수준에 맞춰 다단계로 조절하여 종래 기술의 배부름 현상 및 좌굴영향 제거

■ 흙막이 지지구조별 특징

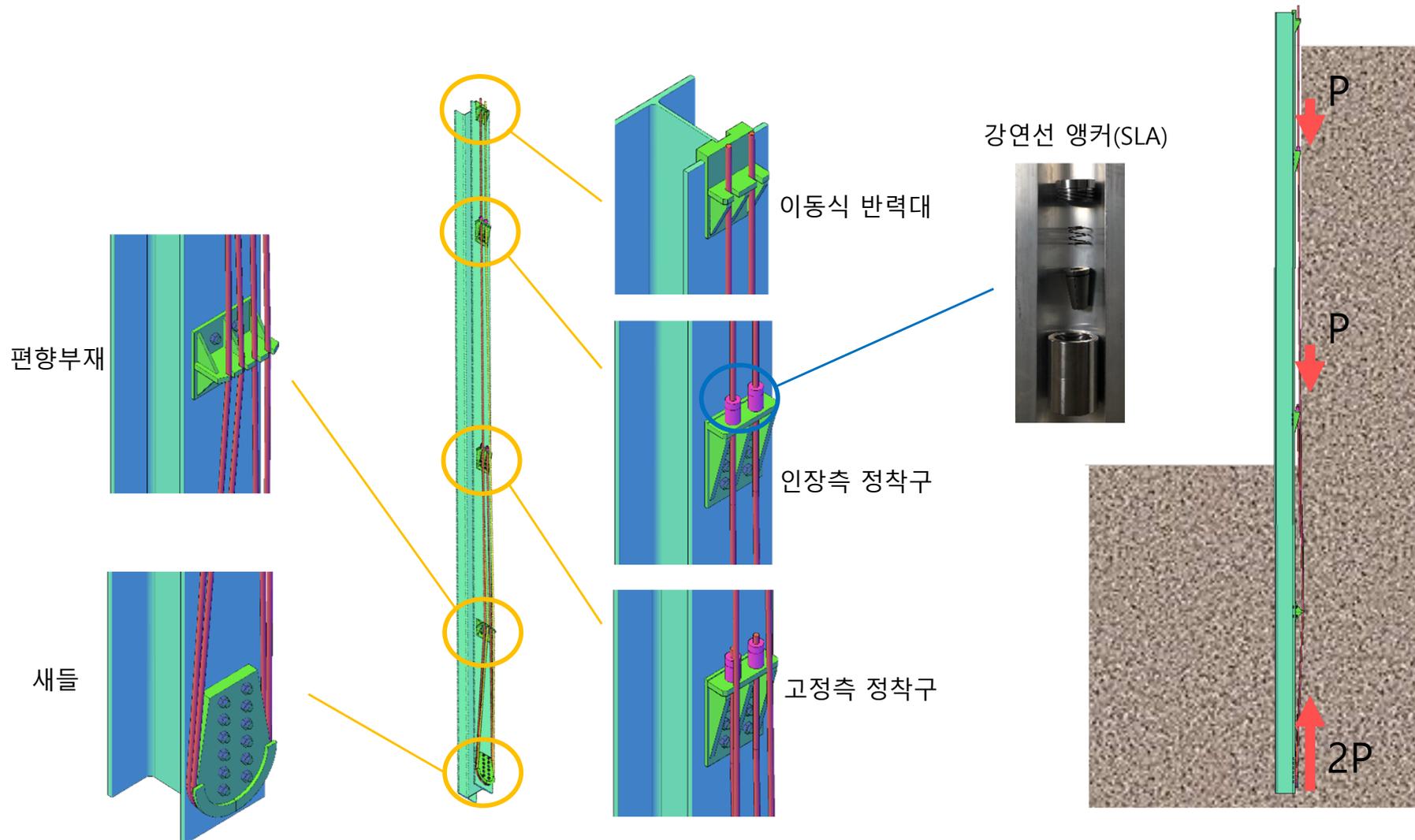
공법	개념도	장점	단점	적용예
자립식		<ul style="list-style-type: none"> • 빠른 굴착속도 (공기 단축) • 개방된 작업공간 (품질, 안전) 	<ul style="list-style-type: none"> • 굴착 깊이 제한 	
버팀보		<ul style="list-style-type: none"> • 내부공간 작은 경우 경제적 • 주변 제약 없고 깊은 굴착 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 굴착 속도 낮음 • 작업 공간 간섭 • 내부공간 큰 경우 비경제적 	
지반앵커		<ul style="list-style-type: none"> • 내부 공간 큰 경우 경제적 • 깊은 굴착 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 굴착 속도 낮음 • 주변 지반 침범 	
레이커		<ul style="list-style-type: none"> • 자립식 굴착깊이 증가 효과 	<ul style="list-style-type: none"> • 굴착 속도 보통 • 작업 공간 간섭 	

- 변위 제어를 위해 필요한 부분에만 프리스트레싱을 도입함으로써 좌굴장을 줄이고 배부름 및 배면 꺼짐 현상 방지

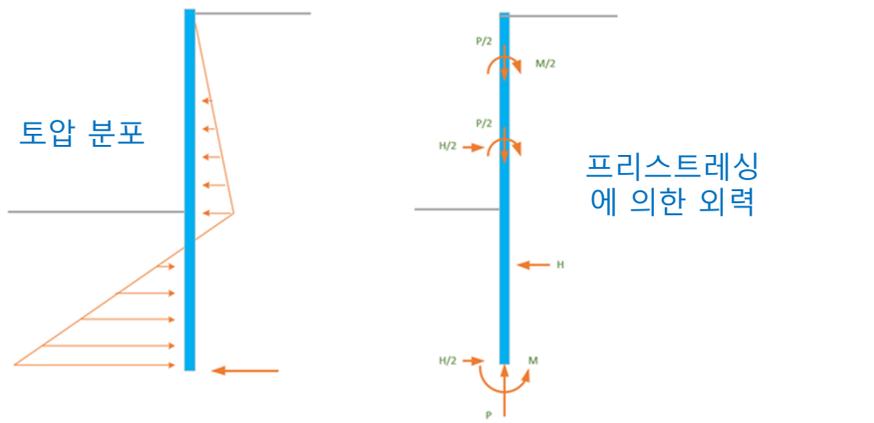
* 2가닥의 강연선 사용



- 새들, 편향부재, 반력대, 정착구 등을 활용하여 구간별 프리스트레싱력 차등 도입 구현



- 토압에 의해 발생하는 모멘트 상쇄 위해 구간별 차등 프리스트레싱 도입하여 변위를 제어

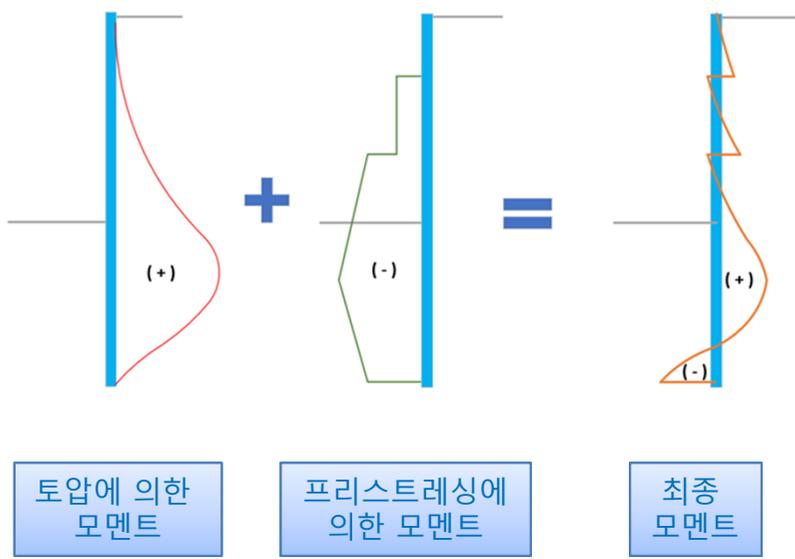


기존자립식 엄지말뚝

: 상단 배면측으로 과다한 변위가 발생

TK엄지말뚝

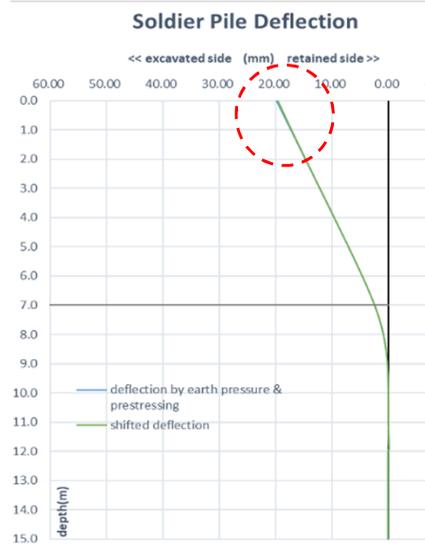
: 상단 및 중간부 발생 변위 효과적 제어



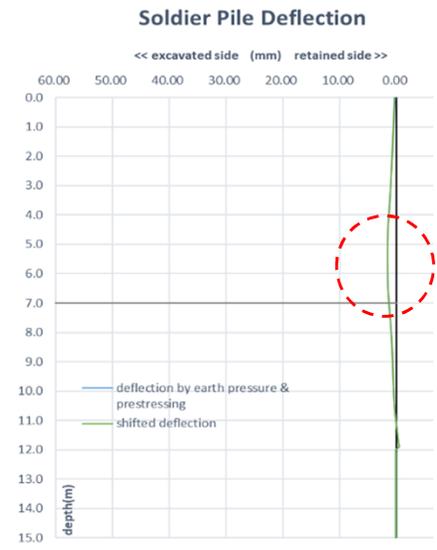
토압에 의한 모멘트 (+)

프리스트레싱에 의한 모멘트 (-)

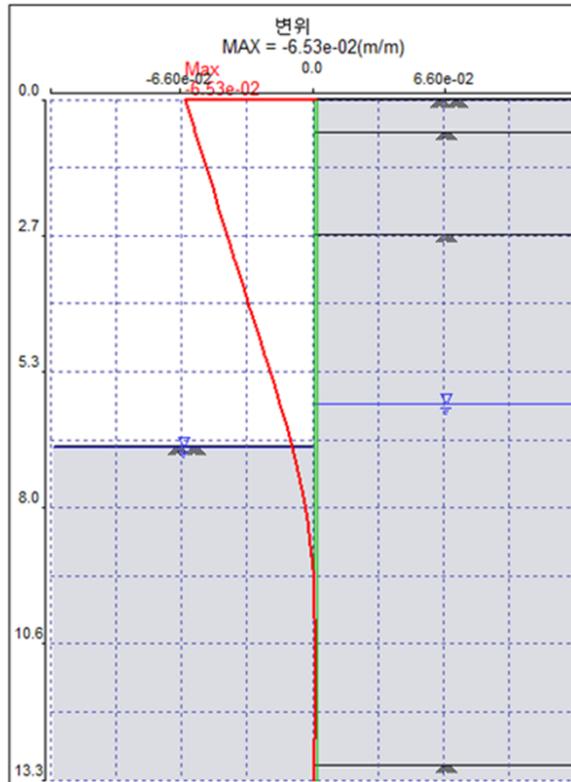
최종 모멘트 (+)



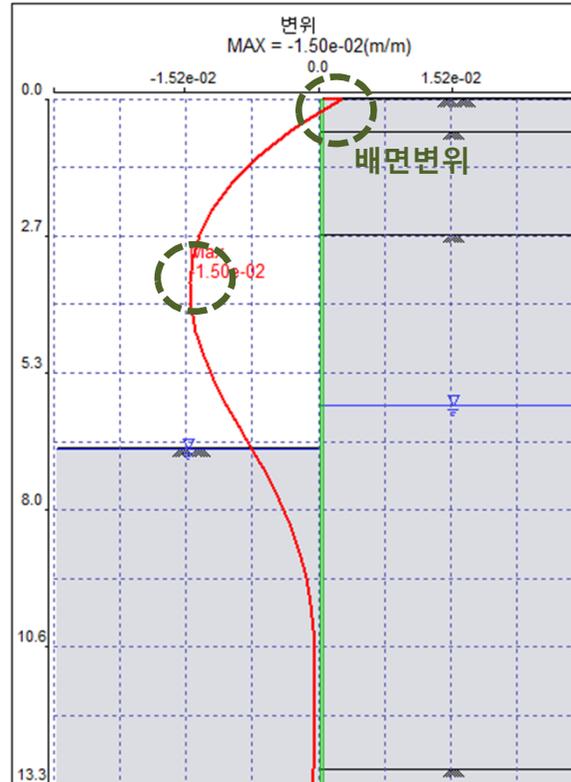
자립식 엄지말뚝



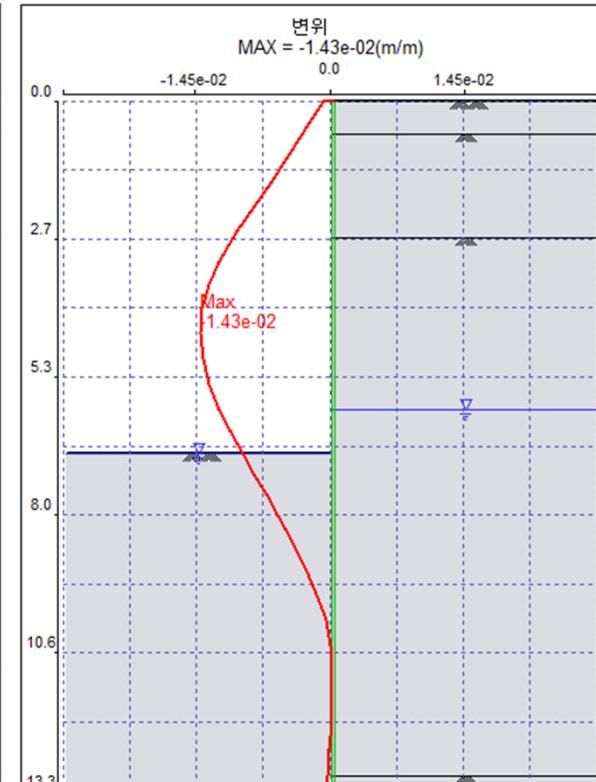
TK 엄지말뚝



일반자립 엄지말뚝

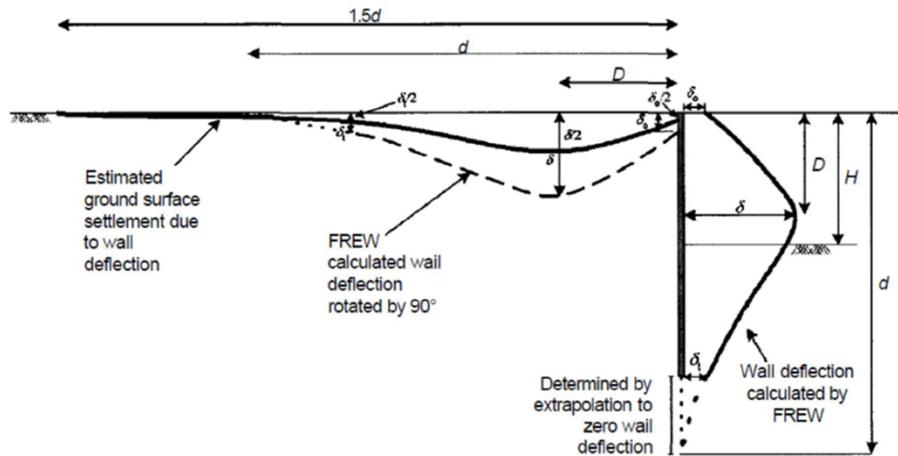


타 자립식 공법



TK엄지말뚝

동일 조건으로 검토시 타 자립공법의 배면측으로 변위가 발생하며, 배부름이 증가하는 현상이 발생



흙막이 벽체 하부 변위는 배면측
인접 도로 등의 침하를 유발

배부름 현상

좌굴장



좌굴장



엄지말뚝 상부의 불필요한 프리스트레싱은
좌굴을 고려한 허용응력 감소를 가져옴

좌굴 문제

※ 실제 설계사례에서는 좌굴을 고려한 허용응력 감소를 고려하지만 프리스트레싱에 의한 축응력 자체를 계산하지 않는 오류가 있음

■ 실험을 통하여 긴장력의 손실량 등을 계측하여 현장 적용성 향상

- H-PILE : 길이 8m, 높이 300mm
- 강연선(15.2mm) 2개소 긴장



새들

편향부재

정착구

SLA



새들

편향부재

비부착
강연선

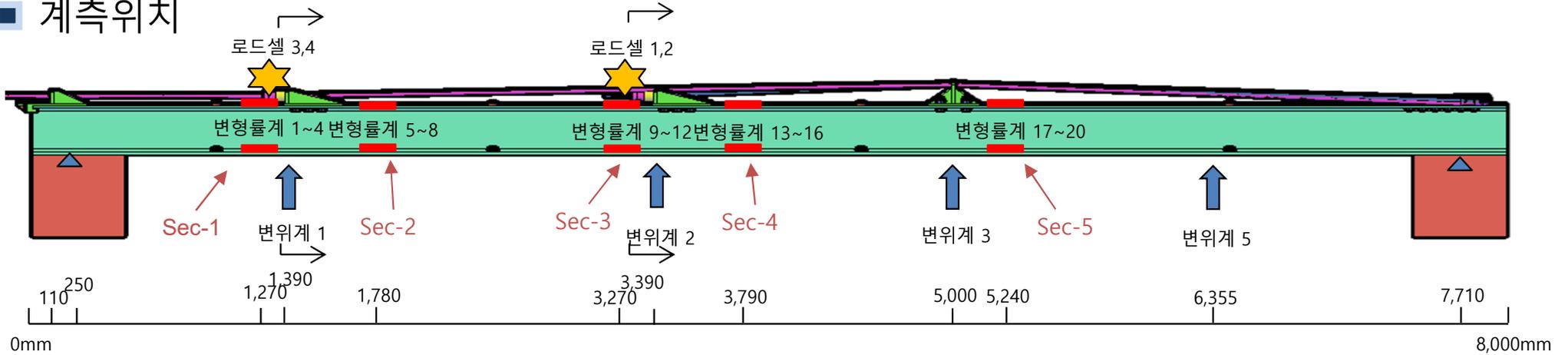
SLA

정착구

H형강

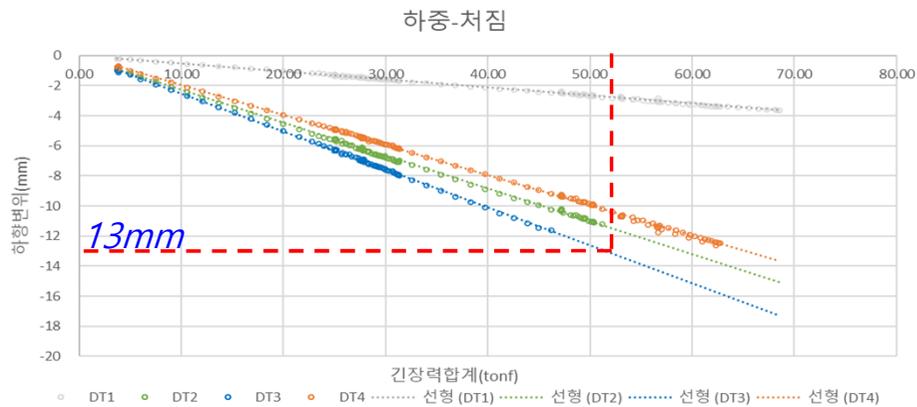
인장잭

■ 계측위치



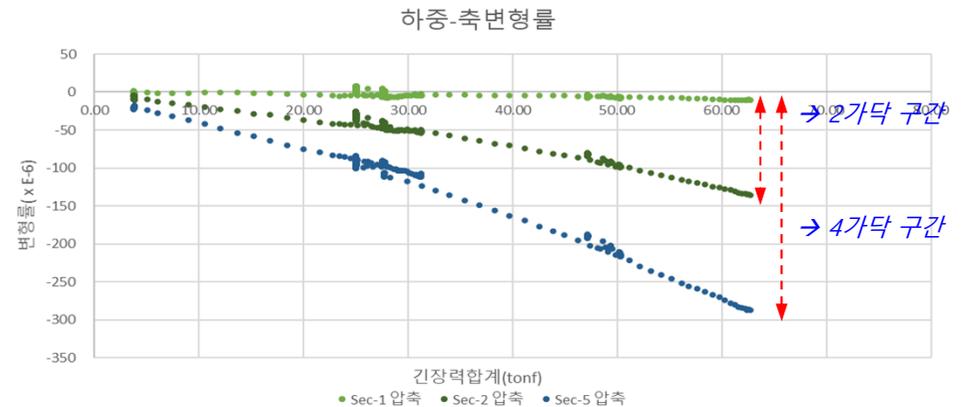
■ 변위

- 하중 52톤에서 13mm 변위 발생
: 계산(15mm) 대비 유사



■ 변형률

- 강선 2가닥 구간 대비 강선 4가닥 구간에서 2배의 변형률 발생 (각각 2P 및 4P 도입 확인)



하중이력

- Dead 앵커(DA2): 15톤 긴장 중 3톤 마찰 손실 → 정착 후 추가 손실 없음 : 최종 도입력 12톤
- Live 앵커(LA2): 15톤 긴장 중 손실 없음 → 정착 후 3톤 정착 손실 : 최종 도입력 12톤

* 강연선 파단강도 : 25톤

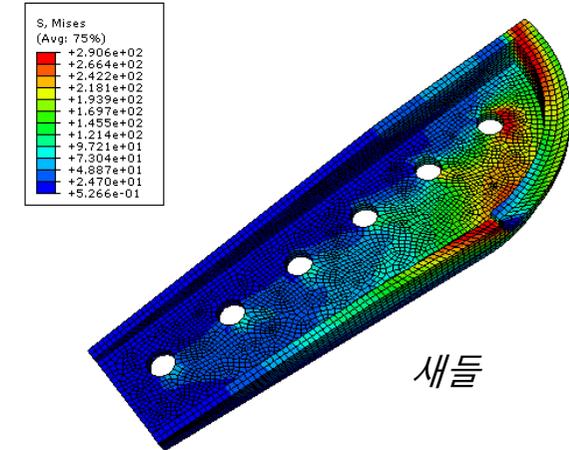
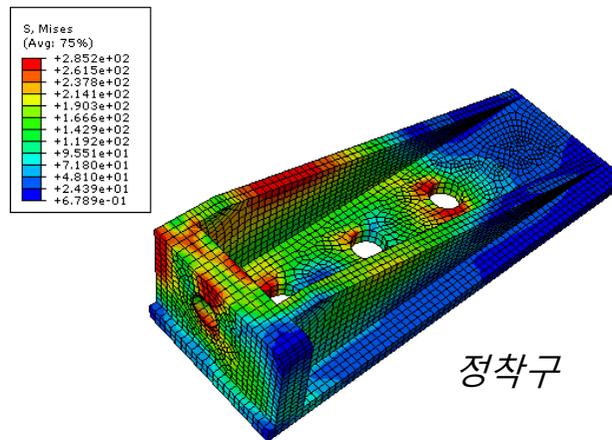
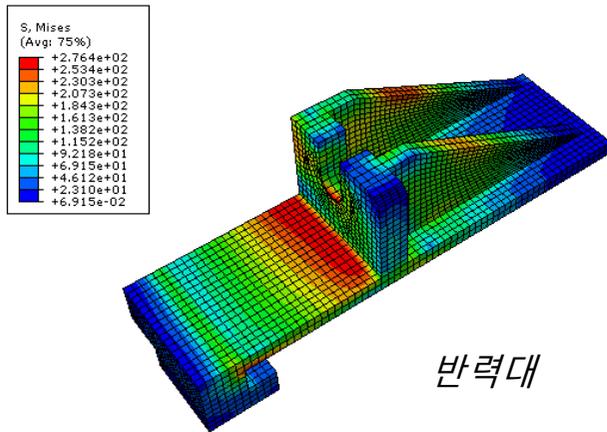


구분	긴장		정착	
	계측반력	손실량	계측반력	손실량
Dead 앵커	12톤	3톤	12톤	0톤
Live 앵커	15톤	0톤	12톤	3톤

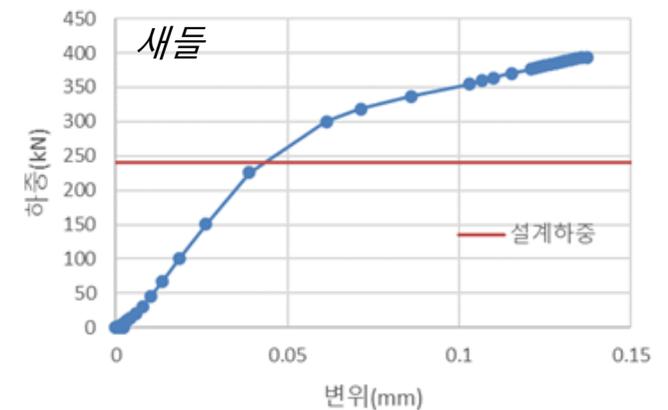
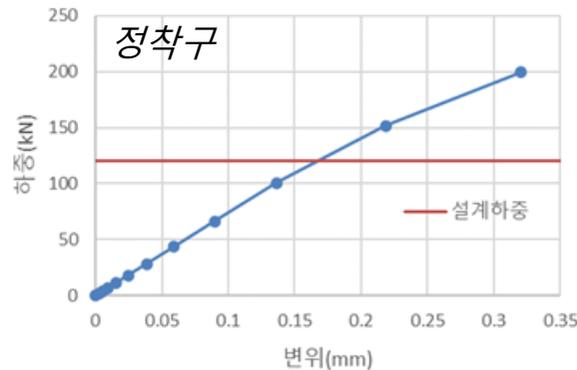
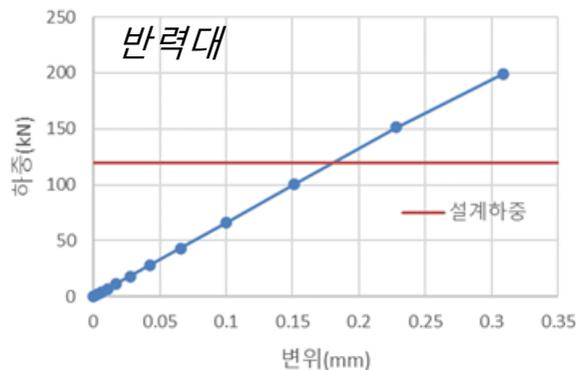
→ 지간이 길어질 수록 강연선의 늘음량이 커지므로 정착손실율은 저감될 것으로 예상되나,
15톤 긴장 시 도입 긴장력 12톤으로 설계

TK 엄지말뚝 구성품(반력대, 정착구, 새들) 상세 해석

- 1/2 모델 작성 : 솔리드 요소 사용
- 설계하중(120kN) 이상의 하중 작용
- 설계하중 이상의 강도 보유 확인
- : 설계하중 2배 초과 시에도 인장강도 이하의 응력 발생



< 설계 하중 작용 시 응력분포도 >



< 하중-변위 곡선 >

■ 용인하이닉스 Y1-PH1 지반을 근거로 검토

- • H350x350x12/19 사용시 9.6M 가능
 - 지반이 양호하여 350빔일때 9.6m가 가능하나, 상재하중이나 수위가 있을 경우는 면밀한 검토가 필요함
 - 자립빔이 각자 거동하므로 배면측 또는 굴착면측의 상부에 하중분산등의 효과를 줄 수 있는 띠장을 1열 일시적으로 설치하는것이 안전에 유리하다고 판단됨
 - 본공법의 구조계산과 계측결과는 비교적 유사하게 나오고 있으나, 최대 8.0m (H350x350x12x19) 굴착 실적 있음.
 - 별첨 : 9.6m 구조계산서

[검토 모델]

설계요약

1. 측면압축

부재	위치	구분	단위	단면검토			판정
				발생(필요)량	허용(적용)량	발생/허용량	
TK-PILE H 350x350x12/19	-	휨응력	MPa	69.963	206.650	33.856%	O.K
		압축응력	MPa	4.214	214.737	1.963%	O.K
		전단응력	MPa	24.276	135.000	17.982%	O.K
		합성응력	안전율	0.359	1.000	35.926%	O.K
		수평변위	mm	24.243	28.800	84.176%	O.K
		지지력	kN	73.290	529.866	13.832%	O.K

2. 흙막이벽체설계

부재	구간 (m)	구분	단위	단면검토			판정
				발생(필요)량	허용(적용)량	발생/허용량	
토류판(60T)	0.00 ~ 9.60	휨응력	MPa	6.094	13.500	45.138%	O.K
		전단응력	MPa	0.260	1.050	24.761%	O.K
		두께검토	mm	40.311	60.000	67.185%	O.K

3. 흙막이벽체 수평변위

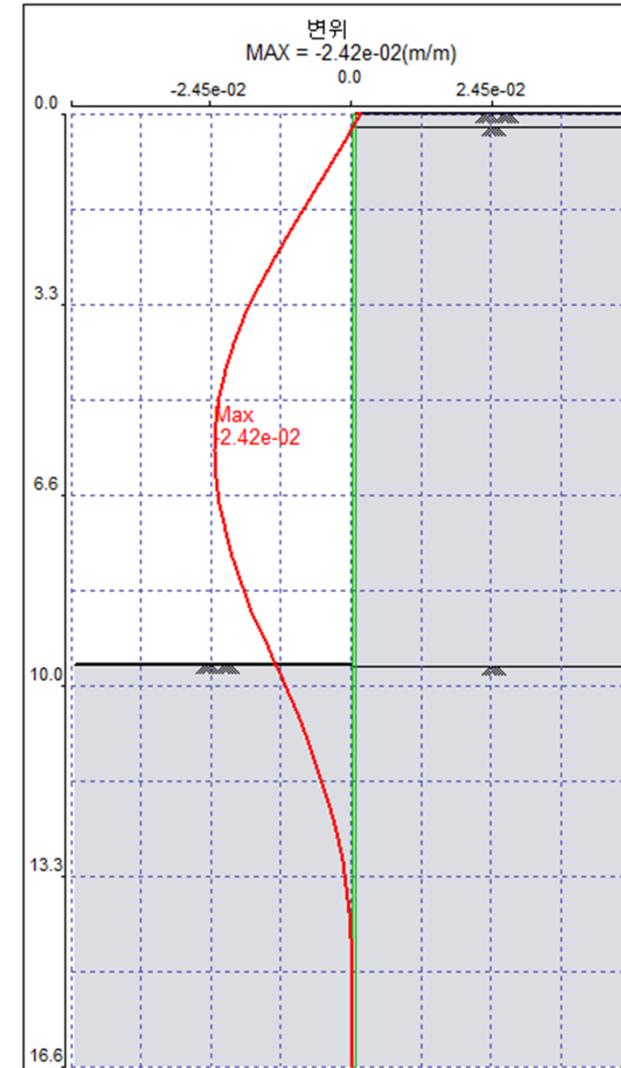
부재	위치	구분	단위	수평변위			판정
				발생(필요)량	허용(적용)량	발생/허용량	
TK-PILE	0.0~16.6	최대변위	mm	24.243	28.800	84.176%	O.K
전체 구간	0.0~16.6	최대변위	mm	24.243	28.800	84.176%	O.K

* 최대 굴착깊이 9.6 m, 허용수평변위 0.003 H

4. 굴착지면의 안전성

부재	구분	단위	단면검토			판정	
			발생(필요)량	허용(적용)량	발생/허용량		
-	근입장	최종굴착단계	안전율	2.056	1.200	171.299%	O.K
		최종굴착전단계	안전율	-	-	-	-
	보일링	안전율	-	-	-	-	
	히빙	안전율	-	-	-	-	

[검토 요약]

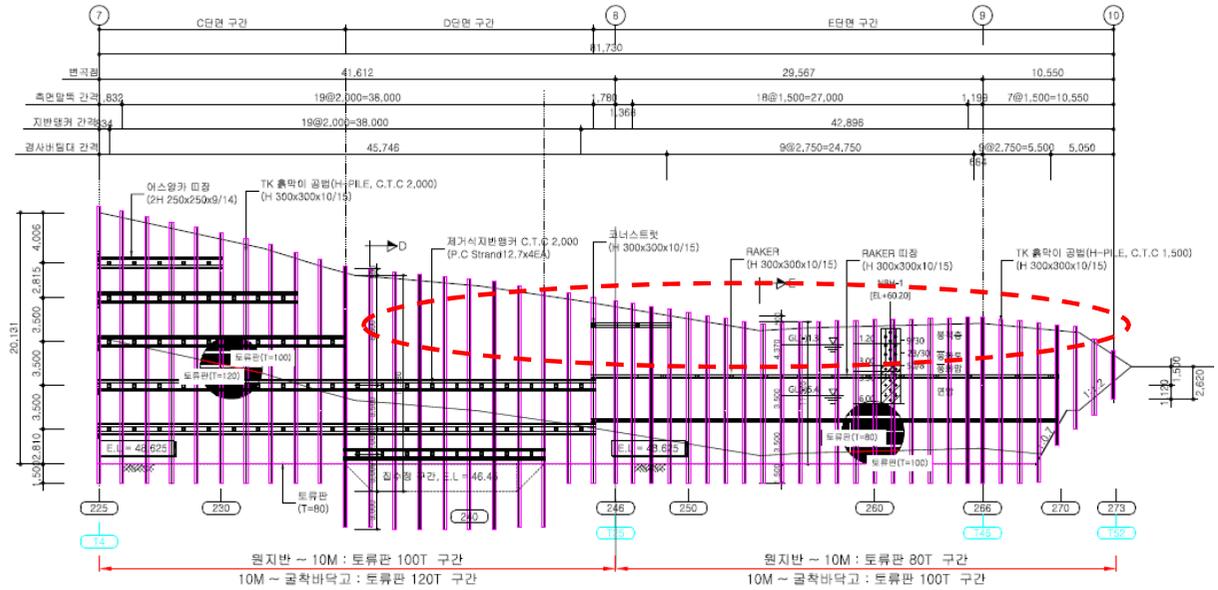
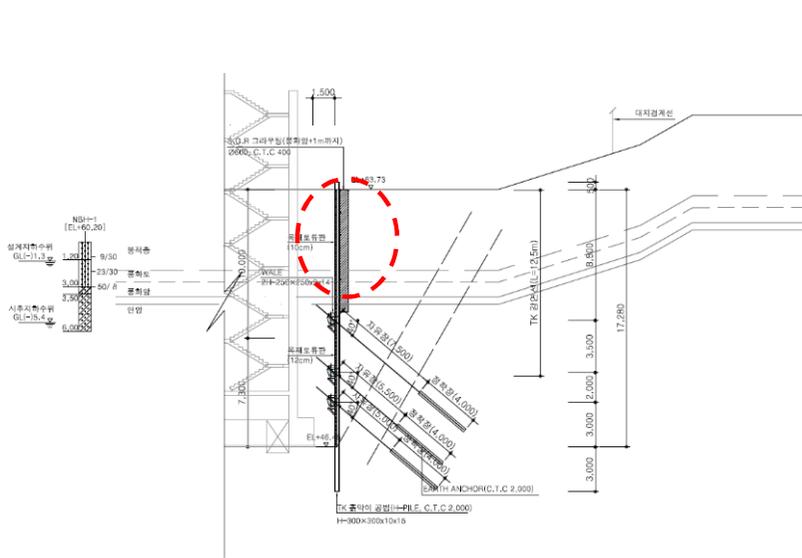


[발생 변위]

No.	공사명	최대 자립높이	시공기간	비고
1	안성 아레나스 물류센터	8.0m	2021. ~ 2023. 07	완료 (인접 건물로 인해 최상단 어스앵커 적용 불가 → 상부 자립식 적용)
2	고덕 연료전지 발전소	4.6m	2022. 12 ~ 2023. 03	완료 (부지경계가 인접하여 어스앵커 적용 불가 → 전체 자립식 적용)
3	인천서구 마전동 판매시설	6.3m	2023. 01 ~ 2023. 03	완료 (한쪽은 임야, 반대쪽은 도로로 편토압을 받는 부지에 레이커 2개단 제거 → 자립식 병용)
4	화성 오토랜드 주유소	5.1m	2023. 03 ~	완료 (4개면 전체 자립식 적용)
5	음성 오류리 물류센터	5.1m	2023.05 ~	지하안전영향평가 완료
6	천안 백석동 1050 판매시설	4.8m	2023.06 ~	지하안전영향평가 완료

No.	공사명	최대 자립높이	시공기간	비고
7	화성오토랜드 프레스공장	7.4m	2023. ~ 2024. 5	완료 (공기 절대부족으로 인한 전공정 자립공법)
8	화성오토랜드 차체공장	6.3m	2023. ~ 2024. 5	완료 (공기 절대부족으로 인한 전공정 자립공법)
9	동명근린체육공원 주차장공사	6.0m	2024. 12 ~ 2025	터파기완료 (공기절감, 공사비절감)
10	청주 하이닉스 FAB동	8.0m	2024.5 ~	터파기 완료 (공기절감)
11	청주 하이닉스 CUB동	5.3m	2024.5 ~	터파기 완료 (공기절감)
12	동탄 신동교회 신축공사	4.8m	2024.10 ~	터파기 완료 (공기절감, 에스앵커 불가)
13	청주 하이닉스 EDB	3.9m	2025. 2 ~	터파기 완료
14	화성 양감 물류센터	6.4m		지하안전영향평가중
15	여수 TW바이오매스 열병합 발전	6.4m	2025. 2~	터파기중
16	SK하이닉스 용인클러스터1기 FAB동	8.3m	2025. 4 ~	터파기중
17	SK하이닉스 용인캠퍼스 FAB1기 신축공사 내 지원시설	9.0m	2025. 7 ~	터파기중

- 인접 건물로 인해 최상단 어스앵커 설치 불가 → 상부 자립식 적용



- 시공 과정

① 엄지말뚝 조립



② 천공 및 파일 삽입



③ 긴장력 도입



④ 굴착 및 토류판 설치



- 시공 중 계측

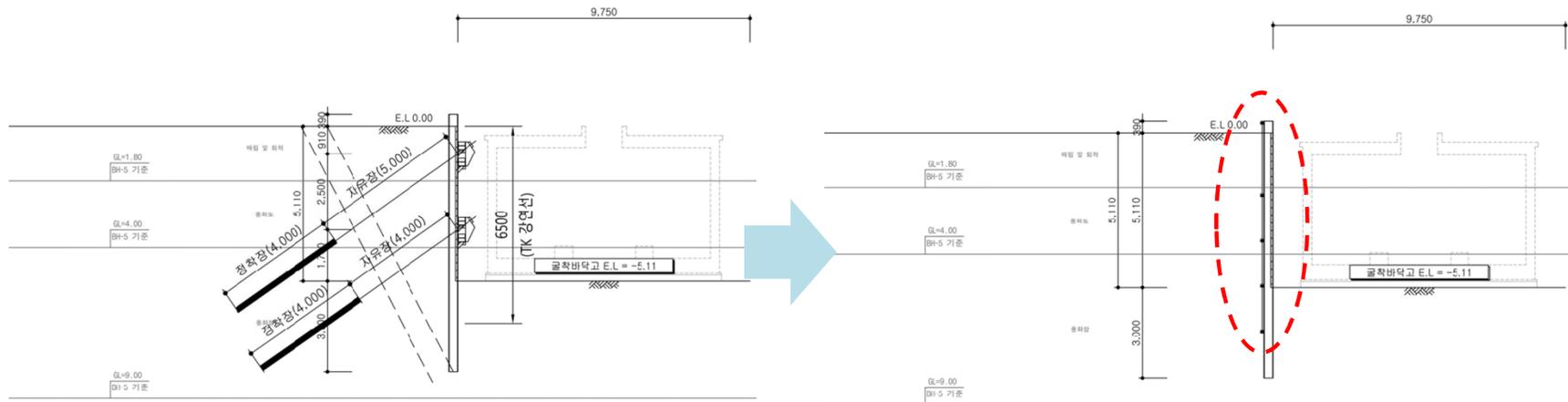
- 지중경사계(2개소), 지하수위계(1개소), 지표침하계(2개소), 하중계(2개소), 변형률계(2개소)



구분	변위		응력		침하량	
	1	2	1	2	1	2
계측	14.3mm	10.7mm	106MPa	117MPa	11mm	11mm
허용치	26mm	24mm	197MPa	197MPa	15mm	15mm
판정	OK	OK	OK	OK	OK	OK

< 최종 굴착 시 변위 >

- 부지경계 인접하여 어스앵커 설치 불가
→ 전체 자립식 적용

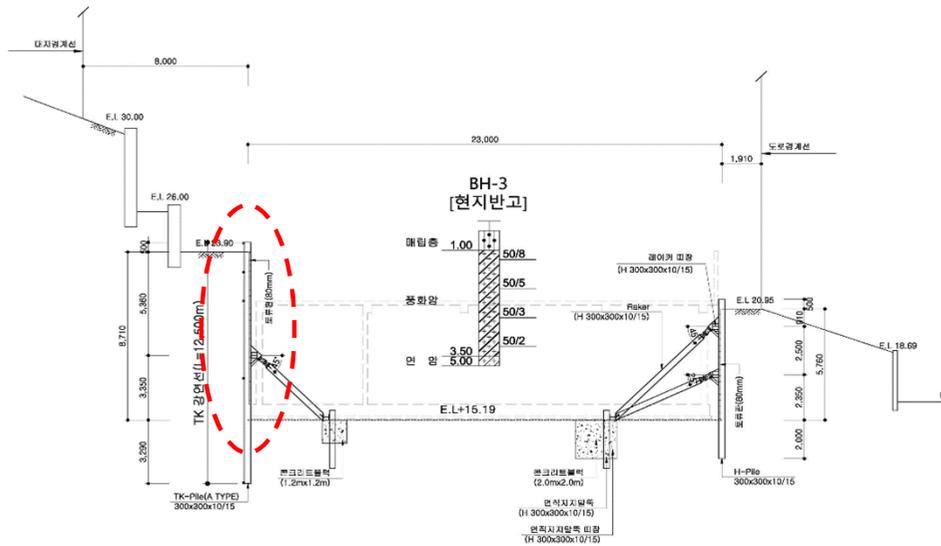


개선효과

1. 공사비 감소 85%
2. 공사기간 단축 60%
3. 구조물 품질개선



- 레이커 3단 ➡ 레이커 1단 + 자립식 병용



설계변경 이유

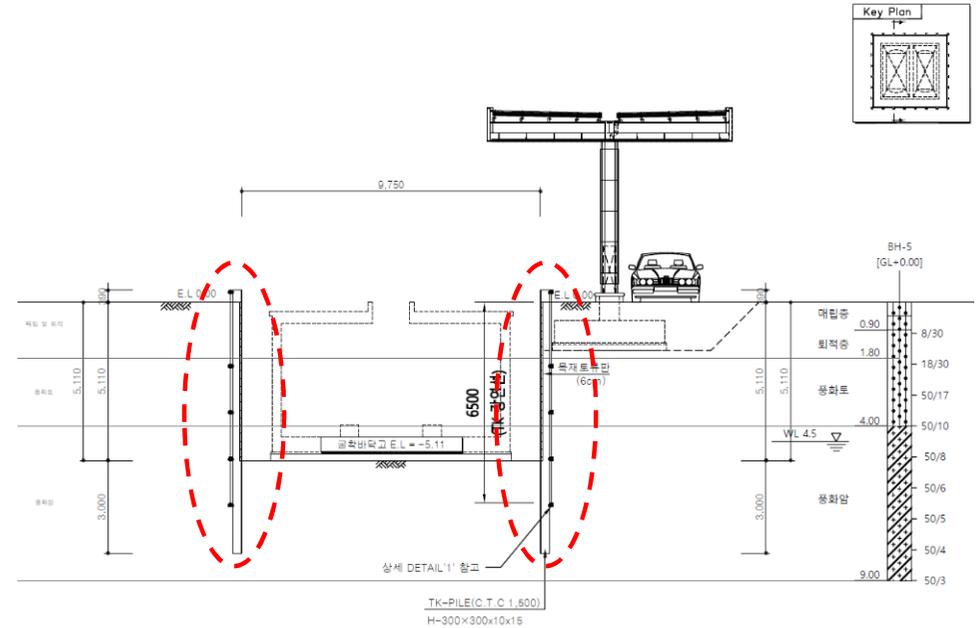
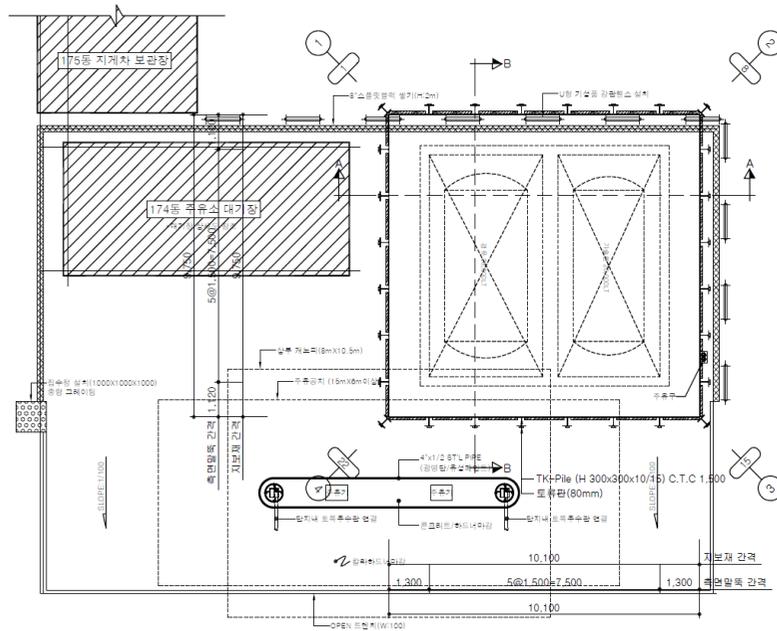
1. 좌측 편토압을 받는 구간에 앵커시공이 불가
 2. 레이커 3단 시공시 토공작업이 난이
 3. 구조물시공 조잡이 우려
- * 자립식을 병용하고 1단레이커로 변경

개선효과

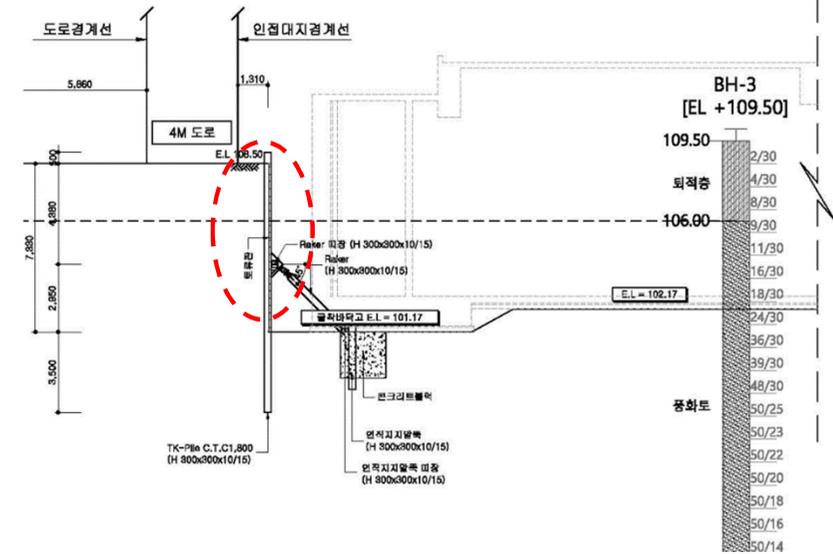
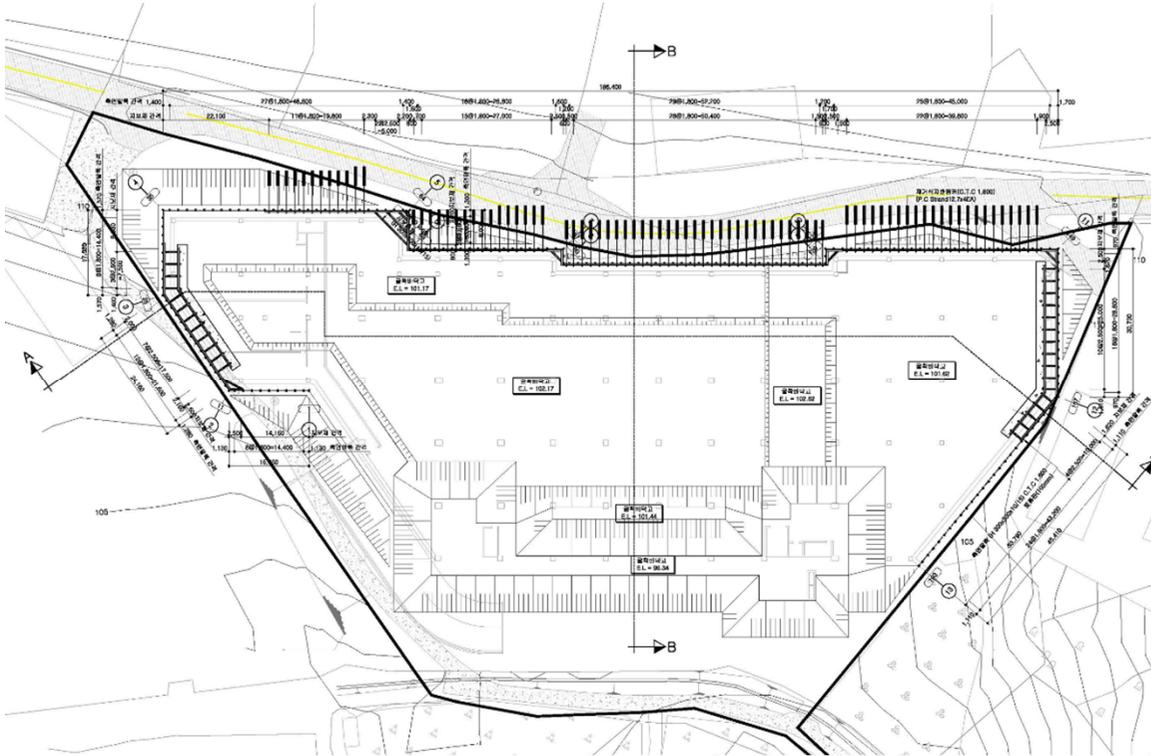
1. 공사비 감소 90%
2. 공사기간 단축 70%
3. 구조물 품질개선



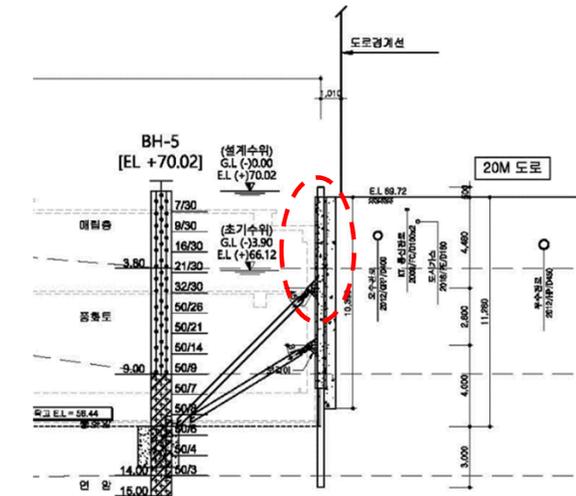
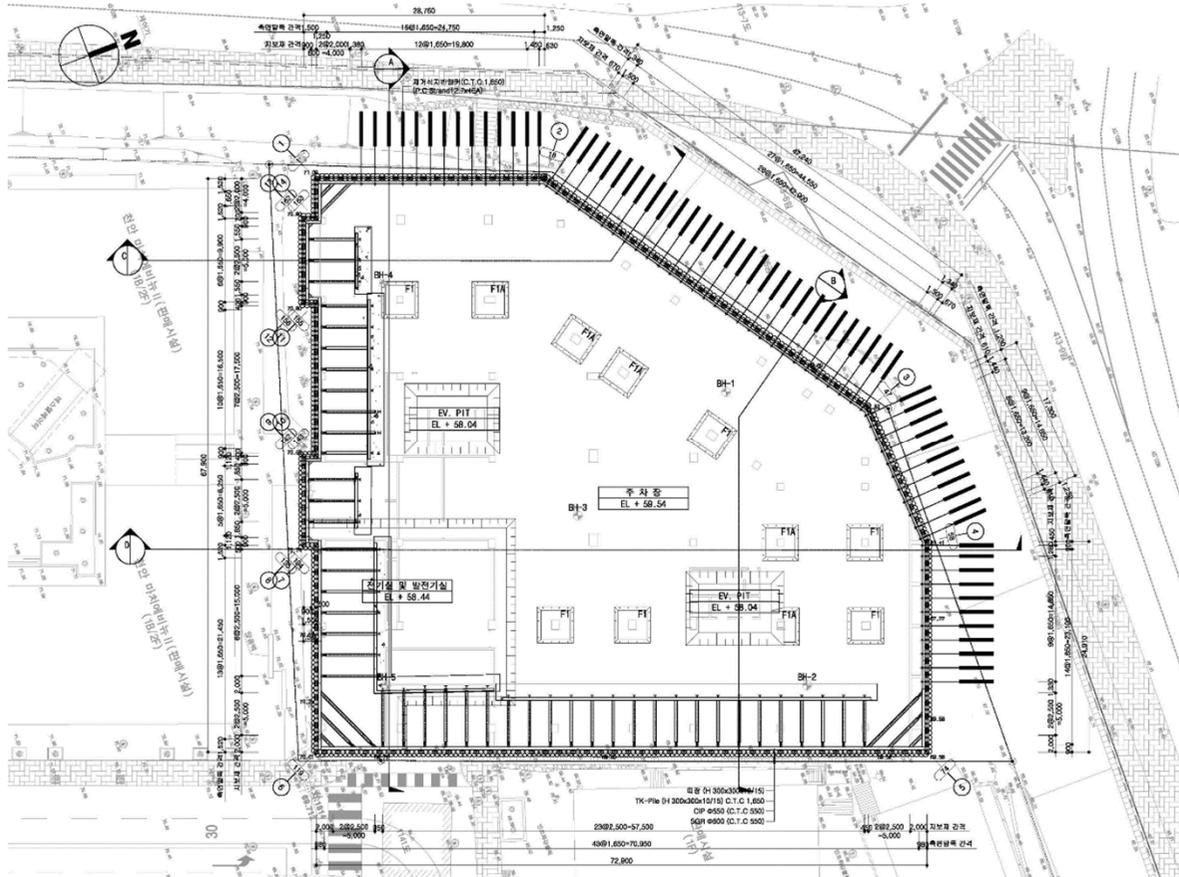
- 직사각형 부지 4개면 전체에 TK 엄지말뚝 적용 (공기단축 목적)



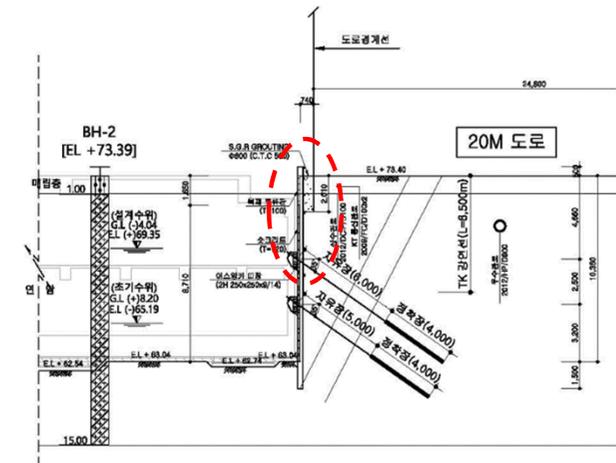
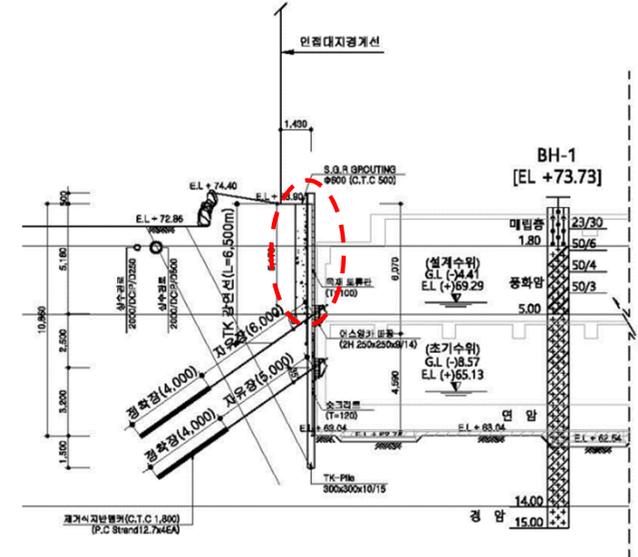
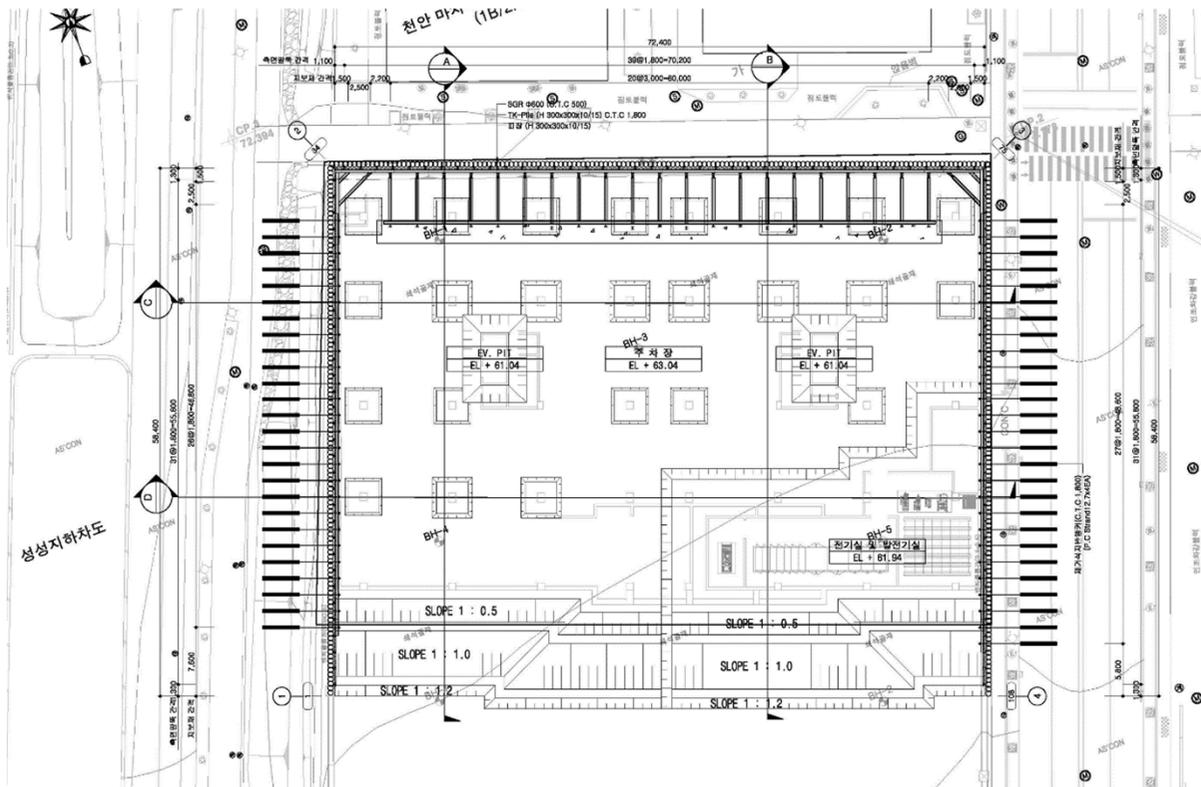
- 레이커 1단 + 자립식 병용



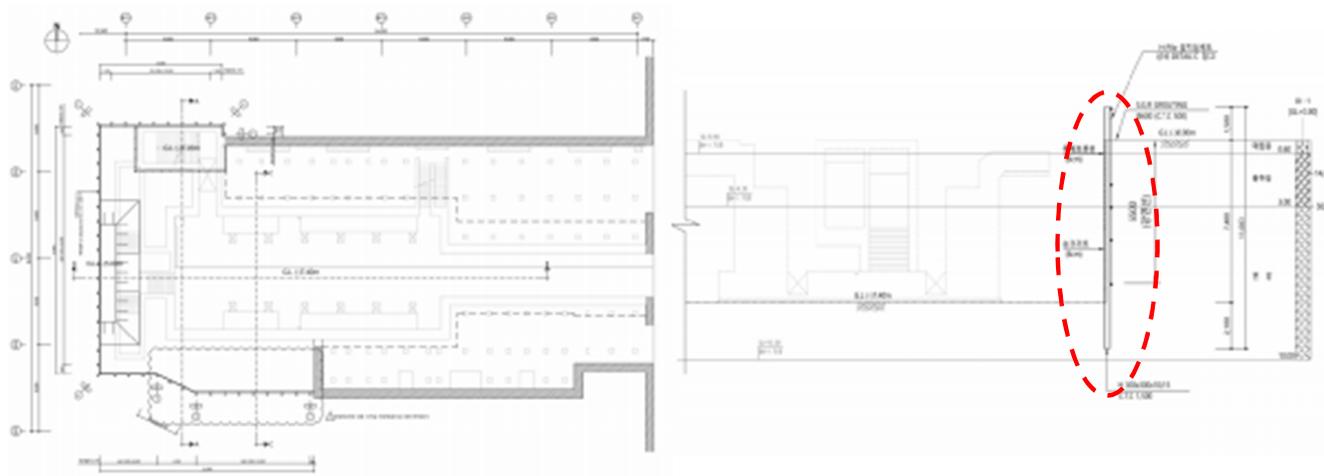
- 어스앵커 또는 레이커 2단 + 자립식 병용



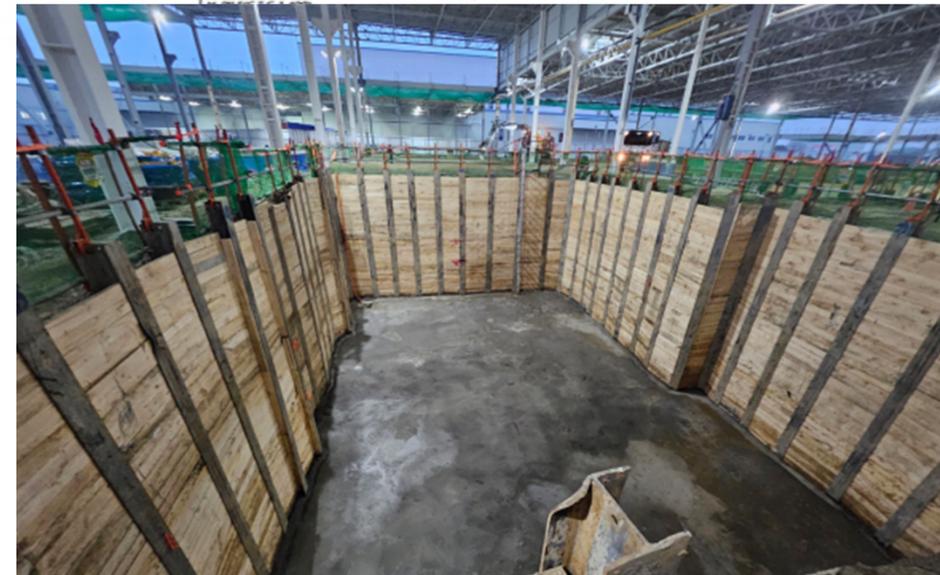
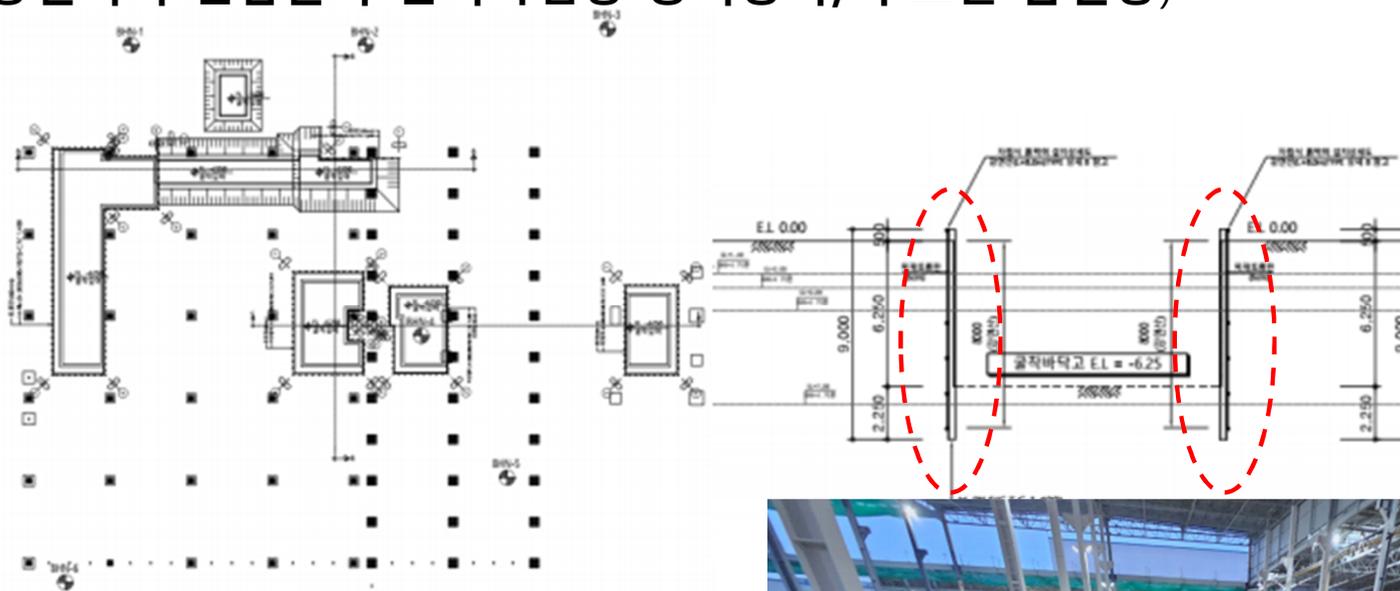
- 어스앵커 2단 + 자립식 병용



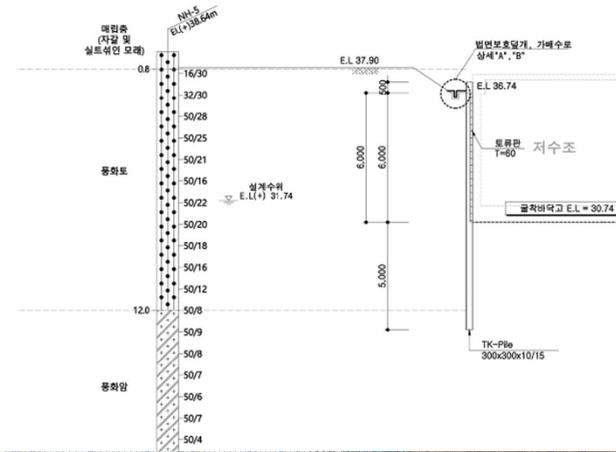
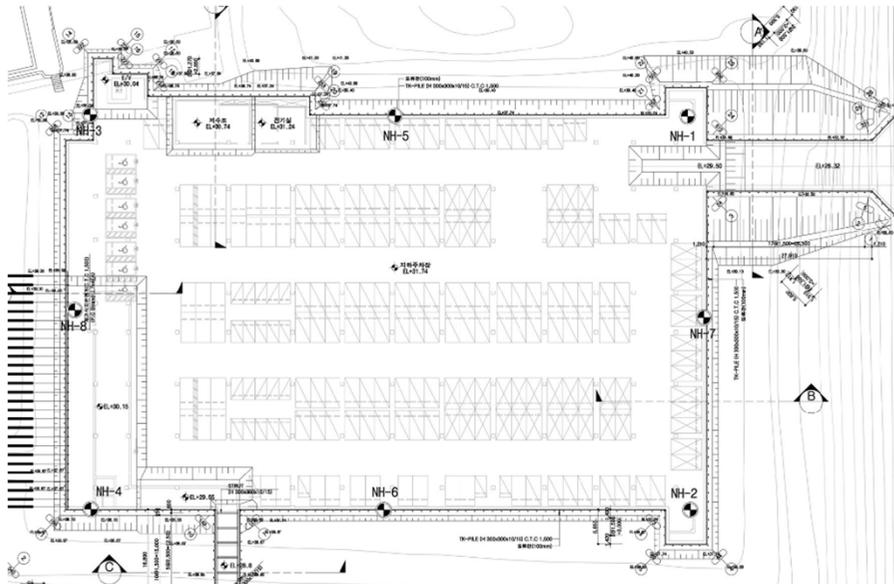
- 구조물 개선구간 3면 TK 엄지말뚝 적용
(지보공설치시 연암굴착 인력작업등 공기증가, 구조물 품질등)



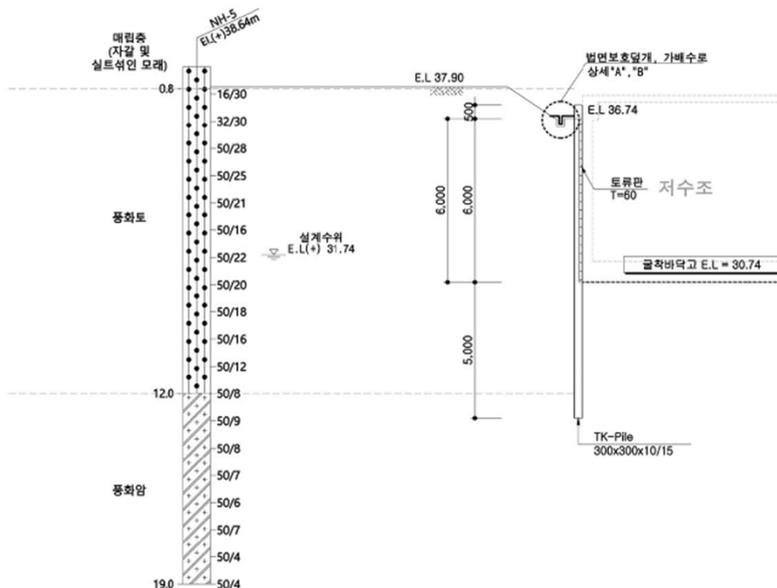
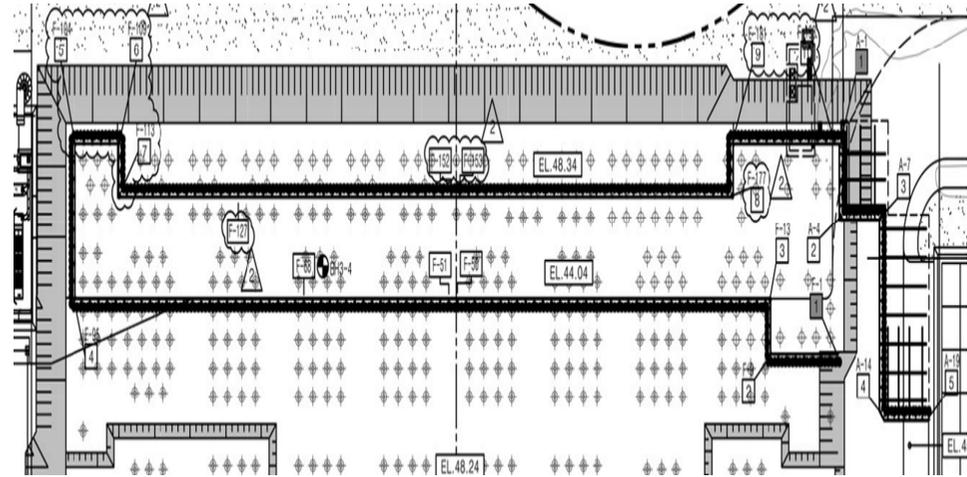
- 직사각형 부지 5곳 TK 엄지말뚝 적용
(9M상부에 지붕이 있는 상태로 6M+3M 부분연결시공)
(지보공설치시 연암굴착 인력작업등 공기증가, 구조물 품질등)



- 넓은 지하주차장 공사로 TK 엄지말뚝 + 일부 E/A
(공기단축 공사비 절감)



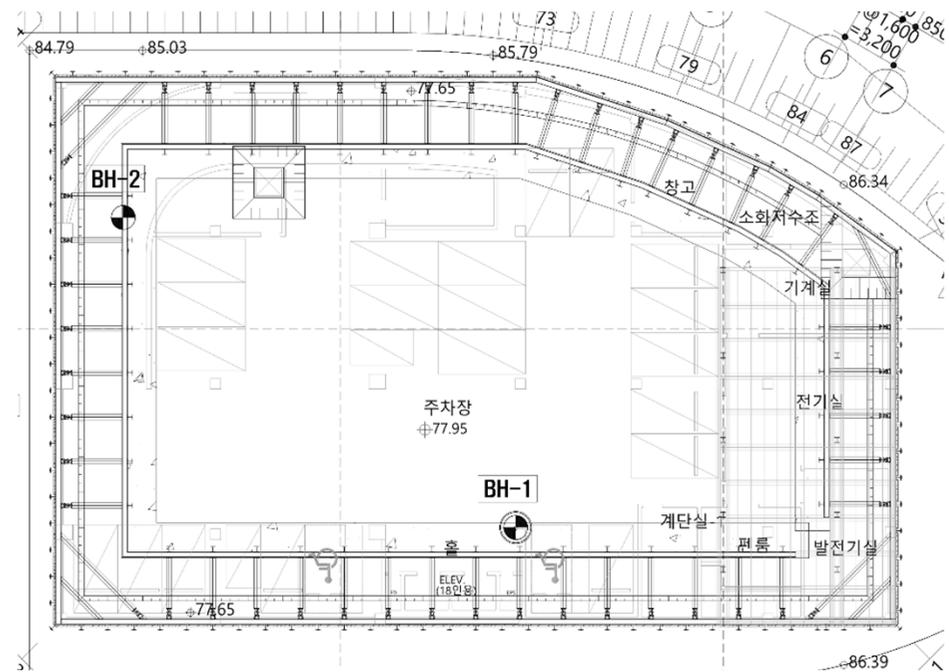
- 6.0m TK 엄지말뚝 적용
(H-300 설계 및 시공, 지하공사 간섭
없이 공기단축 및 품질개선)



(13) 동탄 신동교회

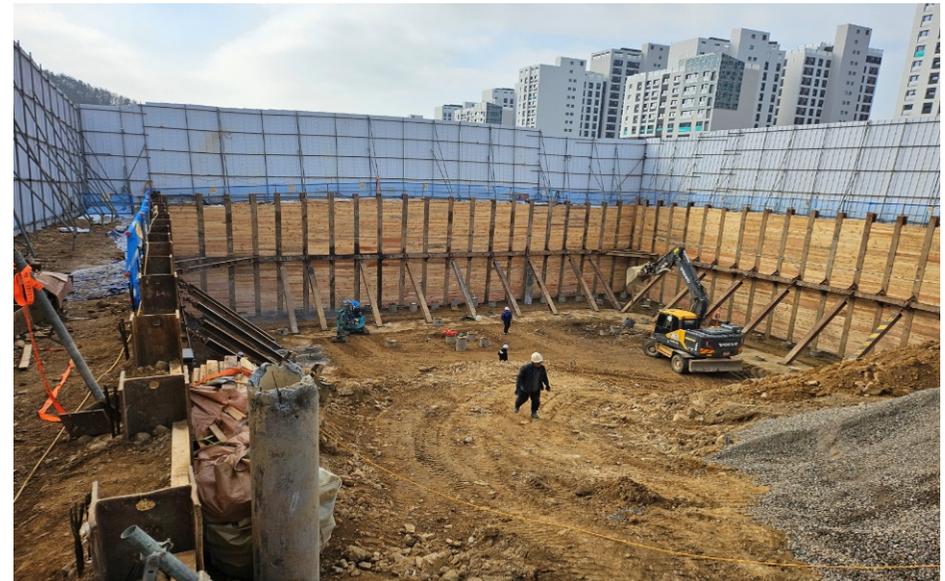
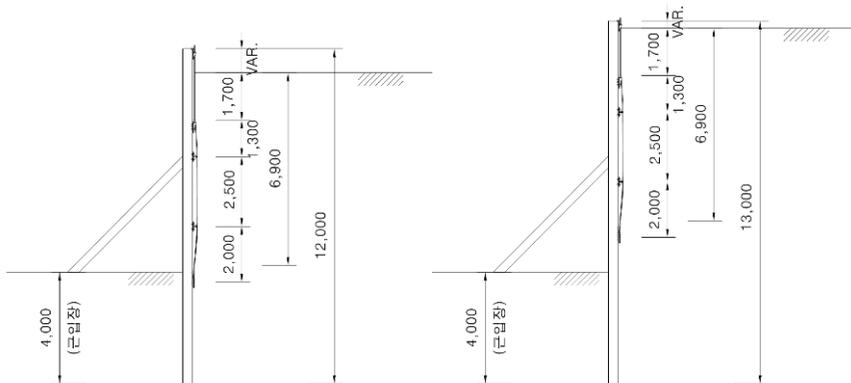
3. 현장 적용

- 매립층의 9.0~10.0m TK엄지말뚝 + Raker 1단 적용 (E/A 불가지역으로 자립식 적용이 공기 및 공사비에 유리)

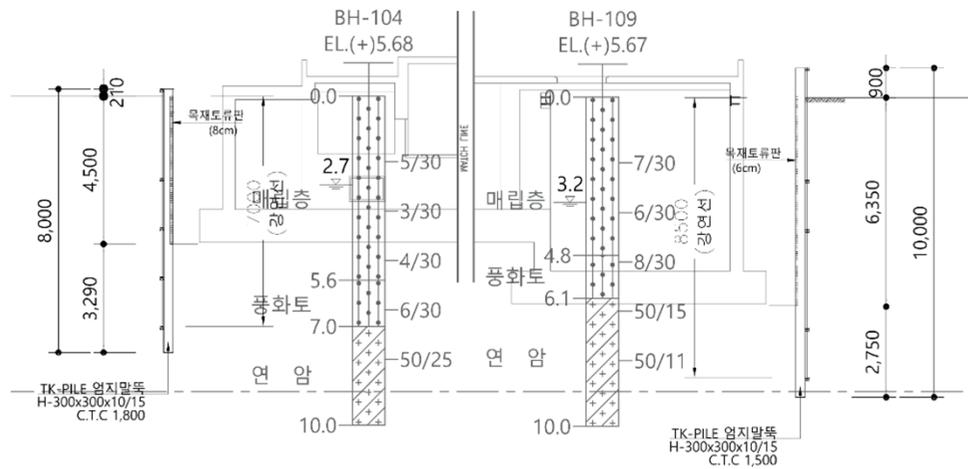
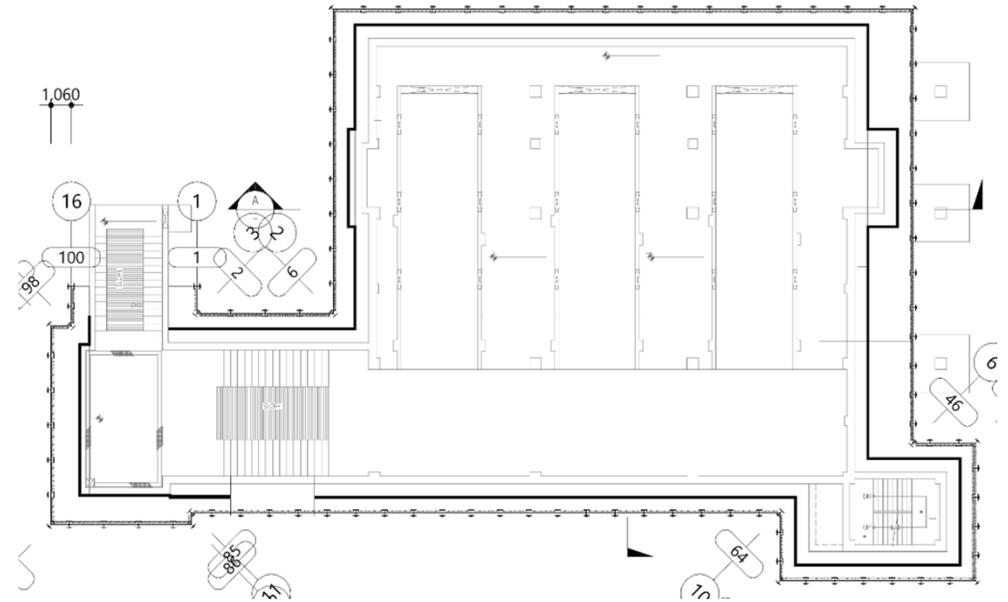


A타입(12.0m)

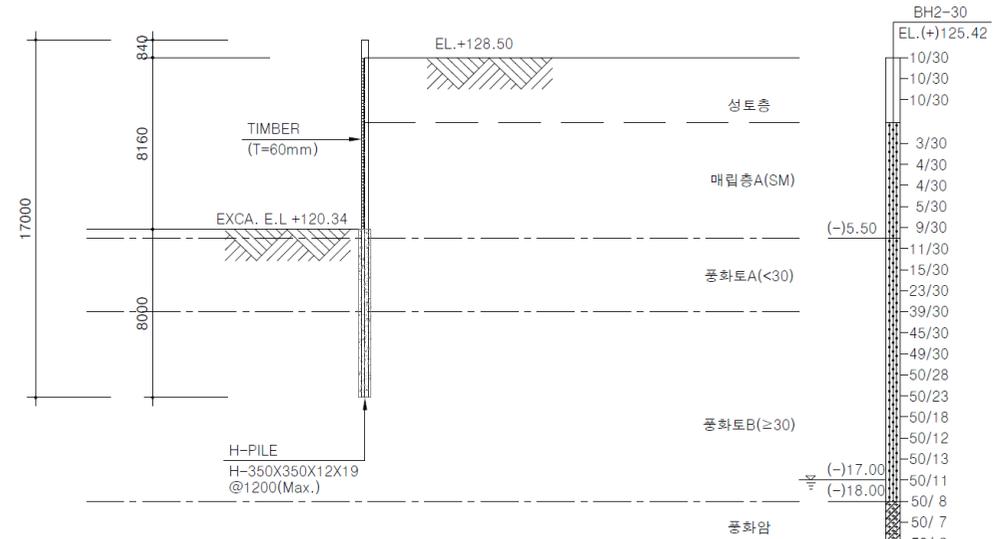
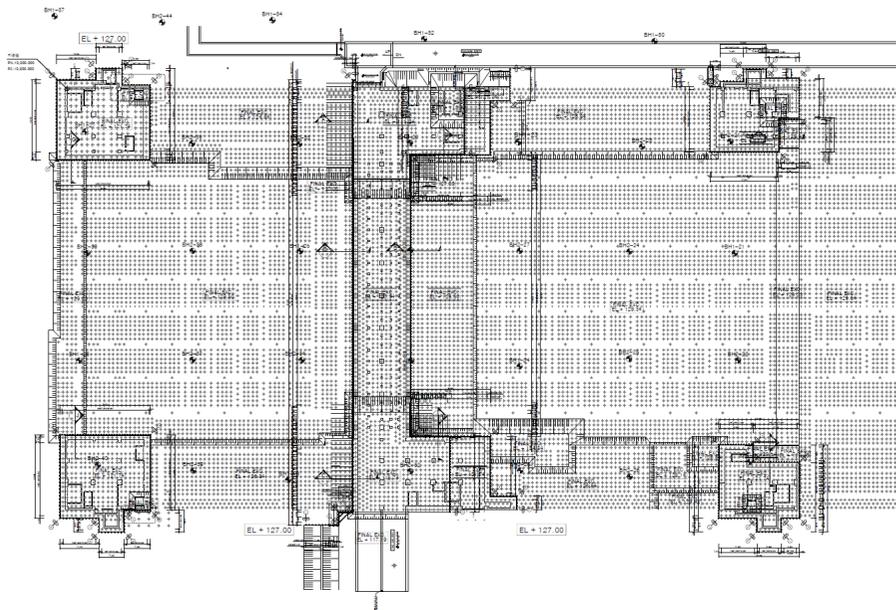
B타입(13.0m)



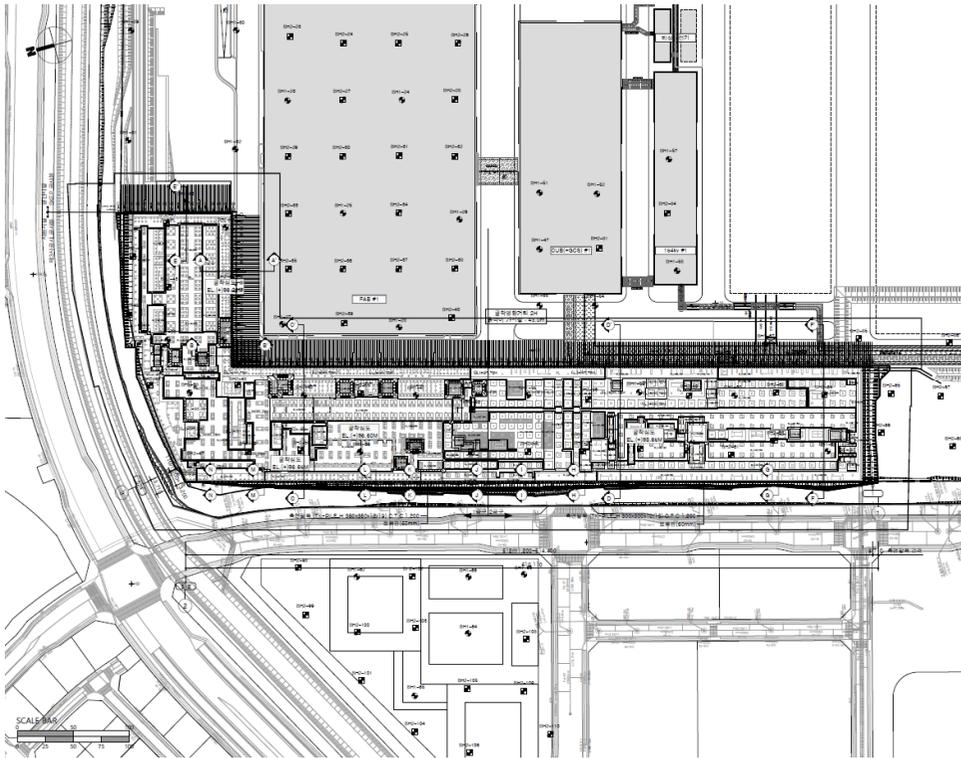
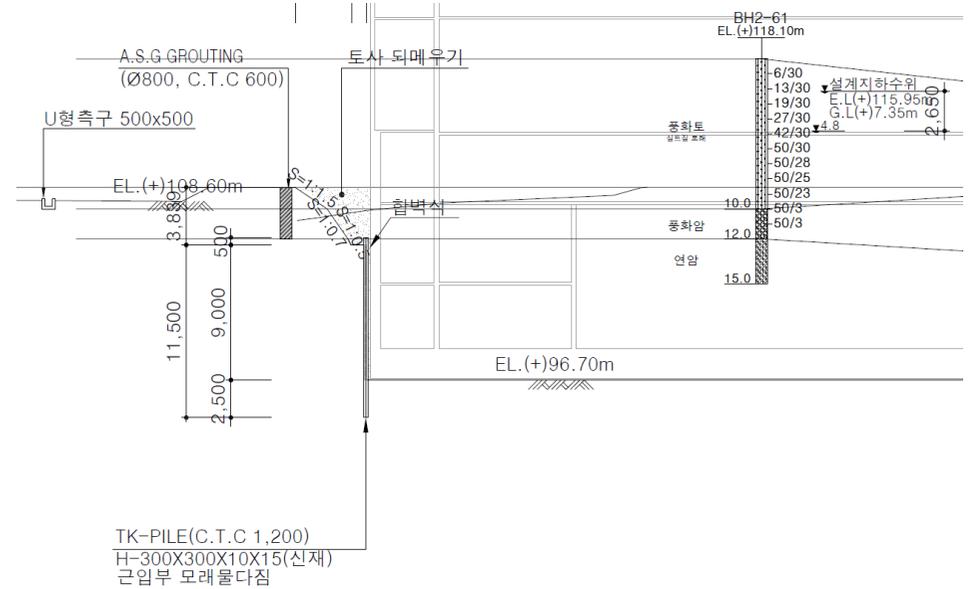
- 여수 산단내 4.5m ~ 7.5m TK 엄지말뚝 적용 (H-300 적용, 지보공 없어 공기단축)



- 용인클러스터1기 산단내 0.0m ~ 8.3m
TK 엄지말뚝 적용 (H-350 적용, 지보공
최소화로 공기단축)

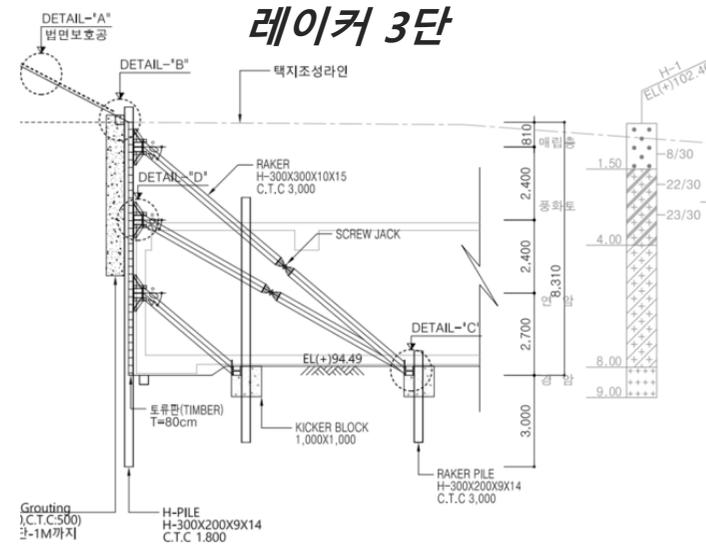
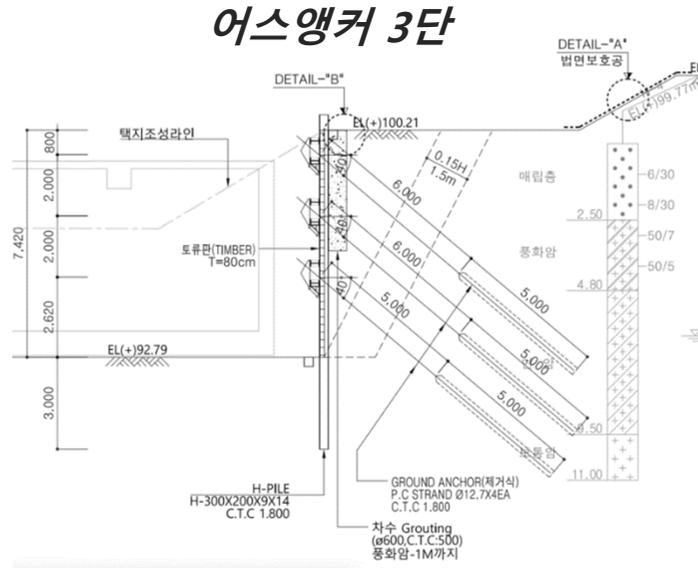


- 용인클러스터1기 산단내 2.9m ~ 9.0m
TK 엄지말뚝 적용 (H-300~350 적용, 자
립으로 공기단축 및 건축품질 향상)

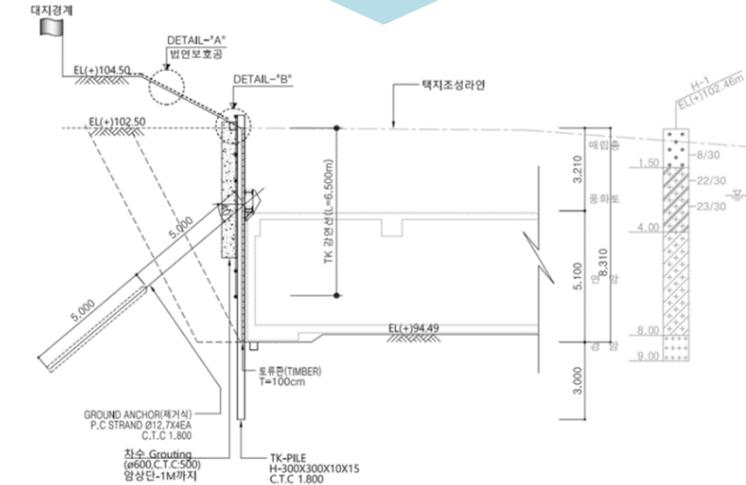
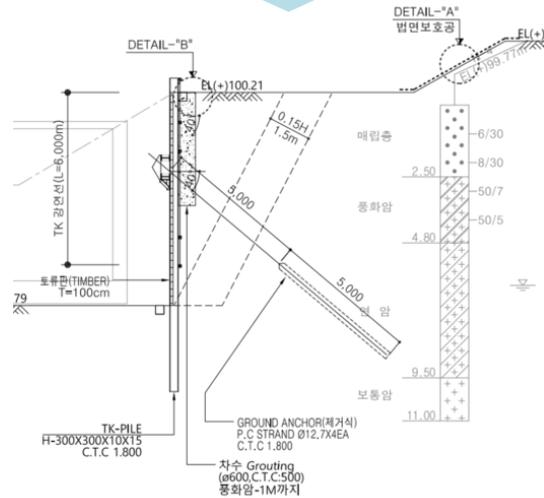


- 화성 동탄 공동주택 신축(현대건설) 설계 변경 검토

기존



개선



어스앵커 1단 + TK엄지말뚝

레이커 1단 + TK엄지말뚝

- 공사비 비교

[기존] 어스앵커 3단

: **1.38억 원**

[개선] 어스앵커 1단 + TK엄지말뚝

: **1.20억 원**

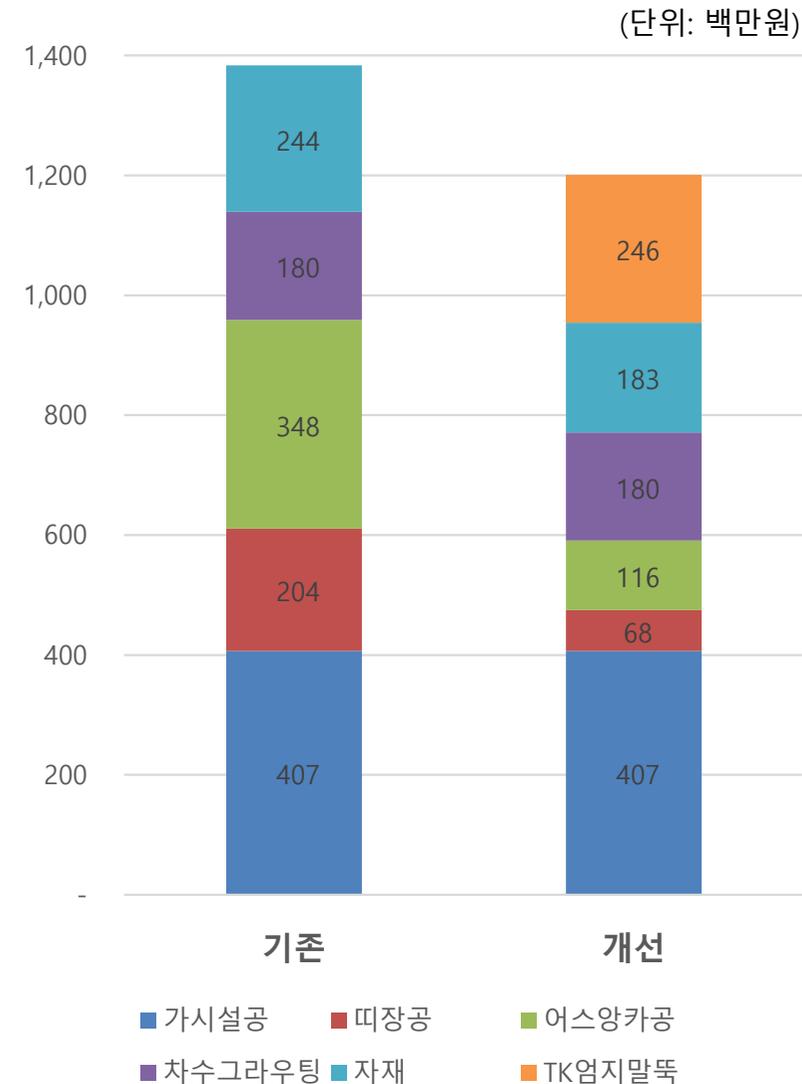
→ 공사비 13% 절감

* 어스앵커 2단 제거 효과

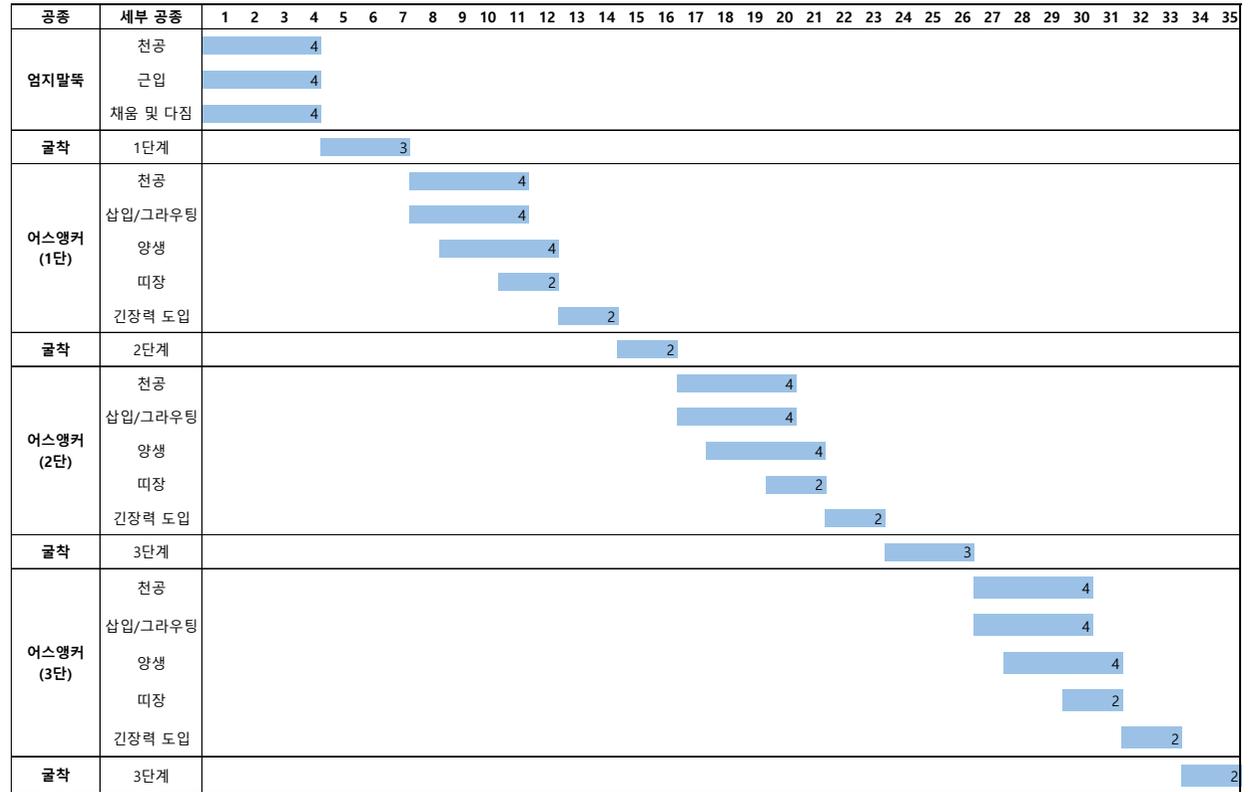
(세부내역 참고)

* 공기 단축에 의한 간접비용

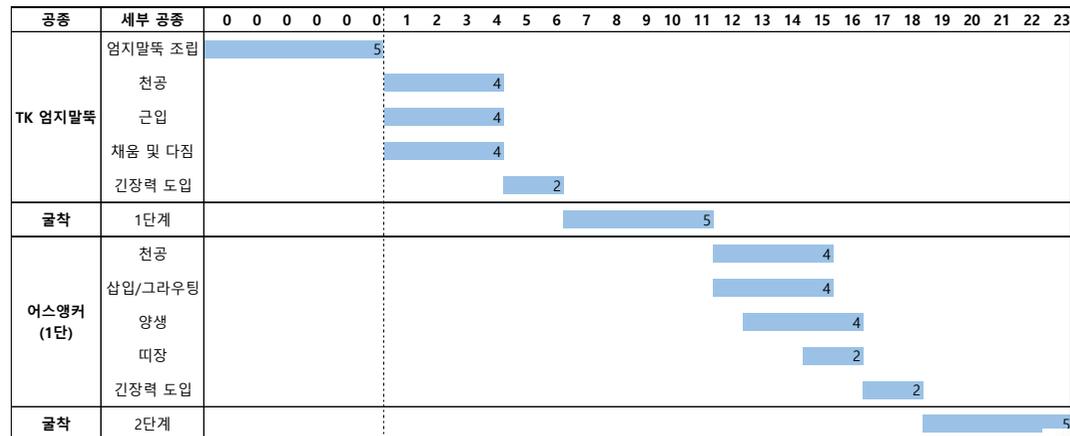
추가 감소 효과 기대



기존



개선



- 공사기간 비교

[기존] 어스앵커 3단

: 35일

[개선] 어스앵커 1단 + TK엄지말뚝

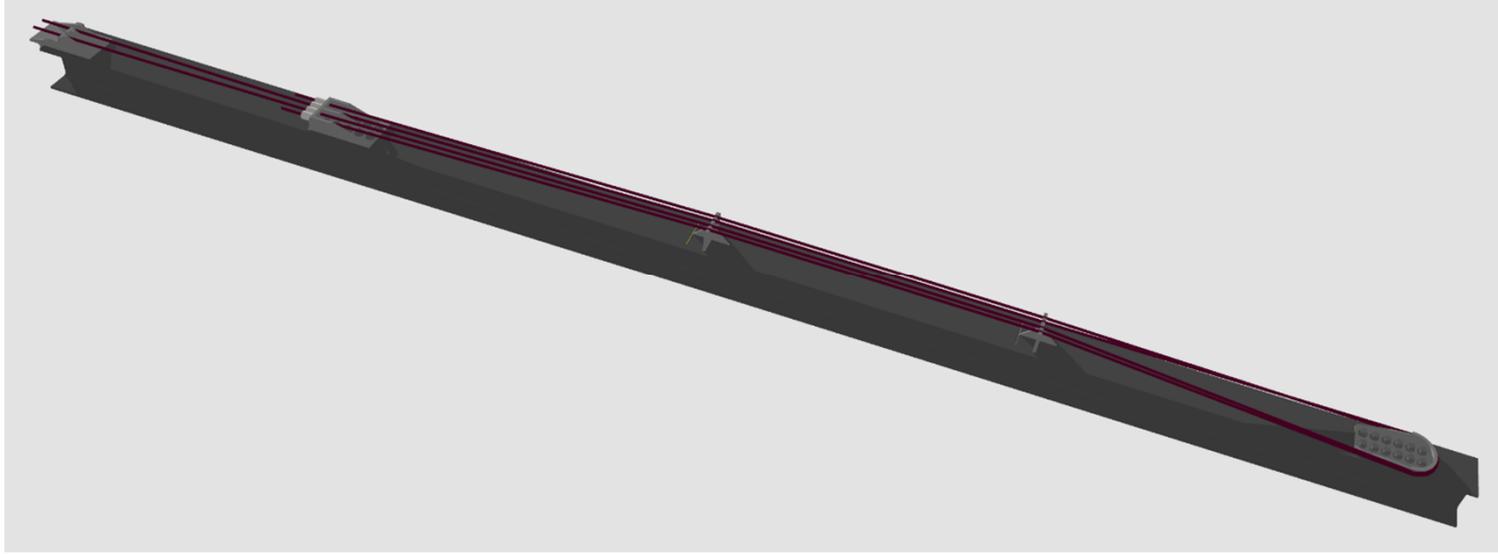
: 23일

→ 공사기간 34% 절감

* TK 엄지말뚝 조립은 별도로

이루어지므로 공기에

영향을 미치지 않음



감사합니다.

TK 흠막이 공법

