가산동 345-48 데이터센터 신축공사 지하안전영향평가 보고서〔최종〕

2021. 11

아시아신탁㈜

지하안전영향평가 보고서(최종)

[가산동 345-48 데이터센터 신축공사]



2021. 11

아시아신탁(주)

제 출 문

아시아신탁(주) 귀중

귀사에서 의뢰하신 「가산동 345-48 데이터센터 신축공사」에 대한 지하안전영향평가 과업을 완료하고 그 결과를 종합 분석 검토하여 보고서로 제출합니다.

2021. 11

서울시 구로구 디지털로27길 24
811호(구로동,벽산디지털밸리1차)
시 지 이 엔 씨 주 식 회 사
대 표 이 사 장 혁 수

◈ 목 차 ◈

제1장 요약문

1.1 사업의 내용 ····· 1-1
1.1.1 사업의 배경 및 목적 ····· 1-1
1.1.2 사업개요 ····· 1-2
1.1.3 구조물 개요 ····· 1-3
1.1.4 가시설 설계현황 ····· 1-4
1.1.5 구조물 현황 ····· 1-7
1.1.6 지하매설물 현황 ····· 1-9
1.2 지반 및 지질 현황 ····· 1-14
1.2.1 지반조사 위치 선정 ····· 1-14
1.2.2 현장조사 및 시험 ····· 1-16
1.2.3 물리탐사 및 검층 ····· 1-17
1.2.4 시추 조사 ····· 1-19
1.2.5 물리탐사 결과 ····· 1-23
1.2.6 설계지반정수 산정 ····· 1-24
1.3 지하수 변화에 의한 영향 ····· 1-29
1.3.1 지하수 수리특성 분석 ····· 1-29
1.3.2 현장 지하수 조사 ····· 1-33
1.3.3 광역지하수 흐름 분석 ····· 1-40
1.3.4 단계별 굴착에 따른 지하수위 검토 ····· 1-48
1.4 지반안정성 ····· 1-67
1.4.1 수치해석에 의한 지반안정성 ····· 1-67
1.4.2 경험식에 의한 지반안정성 ····· 1-84
1.4.3 탄 · 소성보 해석에 의한 지반안전성 ····· 1-85
1.5 지하안전확보방안 ····· 1-89
1.5.1 계측 계획 ····· 1-89
1.5.2 지반침하 취약구간 선정 ····· 1-93
1.5.3 보강 및 차수방안 ····· 1-95

1.6 종합결론 ·····1-97
1.6.1 종합 평가 및 결론 ·····1-97
1.7 사후지하안전영향조사 시기 ·····1-100
1.7.1 사후지하안전영향조사 내용 ·····1-100
1.7.2 조사시기 선정 및 수행시기 ·····1-101

제2장 대상 사업의 개요

2.1 사업의 배경 및 목적 ·····2-1
2.1.1 사업의 배경 ·····2-1
2.1.2 사업의 목적 ·····2-1
2.2 사업 현황 ·····2-2
2.2.1 사업 개요 ·····2-2
2.2.2 구조물 개요 ·····2-3
2.2.3 굴착계획 현황 ·····2-5
2.2.4 최대 굴착깊이 산정 ·····2-12
2.3 지하안전영향평가 실시 근거 ·····2-13
2.3.1 지하안전영향평가 실시 기준 ·····2-13
2.3.2 지하안전영향평가 제출 일자 ·····2-13
2.2.3 지하안전영향평가 추진 경위 ·····2-14

제3장 대상지역의 설정

3.1 대상지역 현황 ·····3-1
3.1.1 지하수 변화에 의한 영향 검토를 위한 대상지역 설정 ·····3-1
3.1.2 지반안전성 검토를 위한 대상지역 설정 ·····3-5
3.2 평가대상 시설물 ·····3-13
3.2.1 일반 현황 ·····3-13
3.2.2 구조물 현황 ·····3-14
3.2.3 지하매설물 현황 ·····3-29

제4장 지반 및 지질현황

4.1 조사현황 ····· 4-1
4.1.1 지반조사 위치 선정 ····· 4-1
4.1.2 현장조사 및 시험 ····· 4-2
4.1.3 물리탐사 및 검층 ····· 4-3
4.2 조사결과 ····· 4-5
4.2.1 문헌조사 ····· 4-5
4.2.2 시추조사 ····· 4-8
4.2.3 현장 및 실내시험 결과 ····· 4-13
4.2.4 물리탐사 ····· 4-27
4.2.5 인근시추 자료 분석 ····· 4-53
4.2.6 구지형 분석 ····· 4-67
4.3 설계지반정수 ····· 4-69
4.3.1 설계지반정수 산정 개요 ····· 4-69
4.3.2 문헌조사 및 경험식에 의한 설계정수 ····· 4-69
4.3.3 설계사례 ····· 4-79
4.3.4 설계지반정수 산정 ····· 4-80

제5장 지하수 변화에 의한 영향검토

5.1 지하수 수리특성 분석 ····· 5-1
5.1.1 검토내용 ····· 5-1
5.1.2 검토방법 ····· 5-1
5.1.3 기존자료 분석 ····· 5-1
5.1.4 현장 지하수 조사 및 지층별 투수계수 선정 ····· 5-11
5.1.5 설계지하수위 ····· 5-22
5.2 광역지하수 흐름 분석 ····· 5-32
5.2.1 평가방법 ····· 5-32
5.2.2 굴착공사에 따른 광역지하수 흐름 분석 ····· 5-37
5.2.3 광역지하수 유동 평가 결과 분석 ····· 5-61

5.3 침투해석에 의한 지하수 흐름 분석 ·····5-62
5.31 평가 방법 ·····5-62
5.3.2 해석 조건 ·····5-63
5.3.3 해석 결과 ·····5-70

제6장 지반 안정성 검토

6.1 수치해석에 의한 지반안전성 ·····6-1
6.1.1 평가방법 ·····6-1
6.1.2 평가결과 ·····6-14
6.2 경험식에 의한 지반안전성 ·····6-57
6.2.1 평가방법 ·····6-57
6.2.2 평가결과 ·····6-58
6.3 탄 · 소성보 해석에 의한 지반안전성 ·····6-59
6.3.1 평가방법 ·····6-59
6.3.2 평가 결과 ·····6-63
6.4 종합 검토 결과 ·····6-69
6.4.1 지반안정성 검토 결과 ·····6-69
6.4.2 평가 결과 ·····6-74

제7장 지하안전확보방안 수립

7.1 계측계획 ·····7-1
7.1.1 계측기 설치계획 ·····7-1
7.1.2 사고 및 계측관리기준 초과시 대응방안 ·····7-15
7.2 지반침하 취약구간 보강 및 차수방안 ·····7-19
7.2.1 지반침하 취약구간 선정 ·····7-19
7.2.2 보강 및 차수방안 ·····7-21
7.3 현장 안전관리 방안 ·····7-26
7.3.1 공사장 지하수 및 토사 유출 관리 방안 ·····7-26
7.3.2 공동 보강 및 관리 방안 ·····7-27
7.3.3 중점 현장 안전관리 방안 ·····7-28

제8장 종합평가 및 결론

8.1 지하안전영향평가 결과 ····· 8-1
8.1.1 지하수 변화에 의한 영향 ····· 8-1
8.1.2 지반안전성 ····· 8-2
8.2 종합결론 ····· 8-7

제9장 사후지하안전영향 조사시기

9.1 조사 개요 ····· 9-1
9.2 조사 내용 ····· 9-2
9.3 조사 시기 ····· 9-3
9.3.1 공정계획에 따른 조사시기 검토 ····· 9-3
9.3.2 조사시기 선정 및 수행 시기 ····· 9-4

제10장 부 록

10.1 참여인원 인적사항 ····· 부록1-1
10.2 지반조사 자료 ····· 부록2-1
10.3 용어해설 ····· 부록3-1
10.4 수치해석 검토자료 ····· 부록4-1
10.5 참고문헌 ····· 부록5-1
10.6 계약서 ····· 부록6-1
10.7 설계도서 ····· 부록7-1
10.8 보완의견 조치계획 ····· 부록8-1

제11장 셀프체크리스트 및 요약표

11.1 요약표 ····· 11-1
11.2 지하안전영향평가 체크리스트 ····· 11-13

- 협의내용 반영결과 통보서

PART
01

요 약 문

1.1 사업의 내용

1.2 지반 및 지질 현황

1.3 지하수 변화에 의한 영향

1.4 지반안정성

1.5 지하안전확보방안

1.6 종합결론

1.7 사후지하안전영향조사 시기

1.1 사업의 내용

1.1.1 사업의 배경 및 목적

- 『가산동 345-48 데이터센터 신축공사』는 부지 주변으로 구로세관비즈니스센터, 하일초등학교, 서울두산초등학교, 대륭테크노 타운1차, 연서초등학교, 독산근린공원, 철산공원 등이 위치하며, 교통망으로는 서부간선도로, 강남순환로, 제2경인고속도로, 디지털로, 시흥대로, 지하철 1호선 독산역 등이 과업부지에 인접하여 위치하고 있으며, 2021년 09월 개통인 서부간선 지하차도가 시공중에 있다.

- 또한, 당 현장은 2021년 06월 현재 서울특별시 금천구 가산동 345-48, 22번지 일원에 지하5층 / 지상10층 규모의 방송통신시설(데이터센터)로 계획되어 있다.

- 본 사업부지의 동측에는 “가산디지털2로(폭 약 15.0m)”, “상업시설”이 위치하고 있으며, 서측에는 “서부간선도로(왕복6차선, 폭 약 30.0m)” “서부간선지하차도”, “안양천”이 위치하고, 남측 및 북측에는 “업무/상업시설”이 위치하고, 인접부지에 공사중인 현장이 위치하고 있다.
  지하굴착공사로 인한 주변 도로 및 인접부지의 안정성 확보 여부 확인을 위해 『가산동 345-48 데이터센터 신축공사』의 지하안전영향평가를 수행하였다.

- 지하안전영향평가는 관련 법령을 고려하여 지반조건을 반영한 지하수 영향에 대한 평가, 지반안전성 등을 검토할 때 굴착으로 인한 운영 중인 토목시설물, 주변건물, 지하매설물 등의 안전성 확보를 판단하기 위한 부분에 주안점을 두고 평가를 수행하였다.

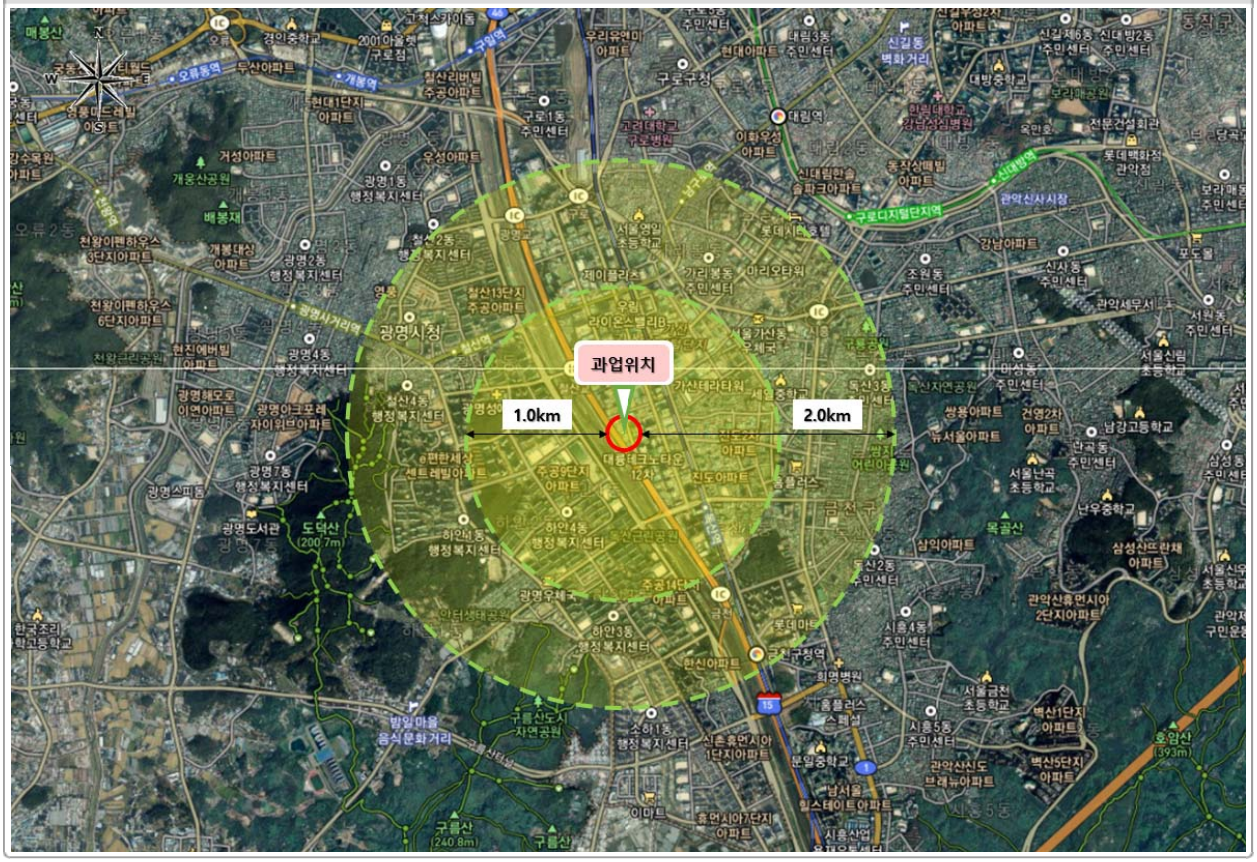
- 본 사업을 수행하기 위한 최대굴착심도가 34.23m(EL.-23.86m~EL.+10.37m)로 20m 이상 계획되어 지하안전영향평가 실시의 근거가 되었다.

1.1 사업의 내용

1.1.2 사업개요

- 사 업 명 : 가산동 345-48 데이터센터 신축공사
- 위 치 : 서울특별시 금천구 가산동 345-48
- 대 지 면 적 : 4,442.00㎡
- 건 축 면 적 : 2,487.25㎡
- 지 역/지 구 : 도시지역, 준공업지역 일단의 공업용지 조성사업지역, 가로구역별 최고높이 제한지역, 대공방어협조구역 해발 194M, 과밀억제권역
- 용 도 : 방송통신시설(데이터센터)
- 지하개발사업자 : 아시아신탁(주)
- 승 인 기 관 : 금천구청
- 공 사 기 간 : 2022.02.~2024.04. (총공사기간 약26개월) / 2022.02.~2023.09. (지하층 약 20개월)
- 사 업 비 : 3,145억원 / 85억원 (총공사비/토목공사비)
- 건 축 규 모 : 지하 5층, 지상 10층
- 기준 Level: EL.(+)10.20m = G.L(±)0.0m
- 최대 굴착깊이 : 34.23m (EL.(-)23.86m~EL.(+)10.37m, GL(+)0.17m~GL(-)34.06m)

사업부지 위치도



1.1.3 구조물 개요

표 1.1 신축건물 건축개요

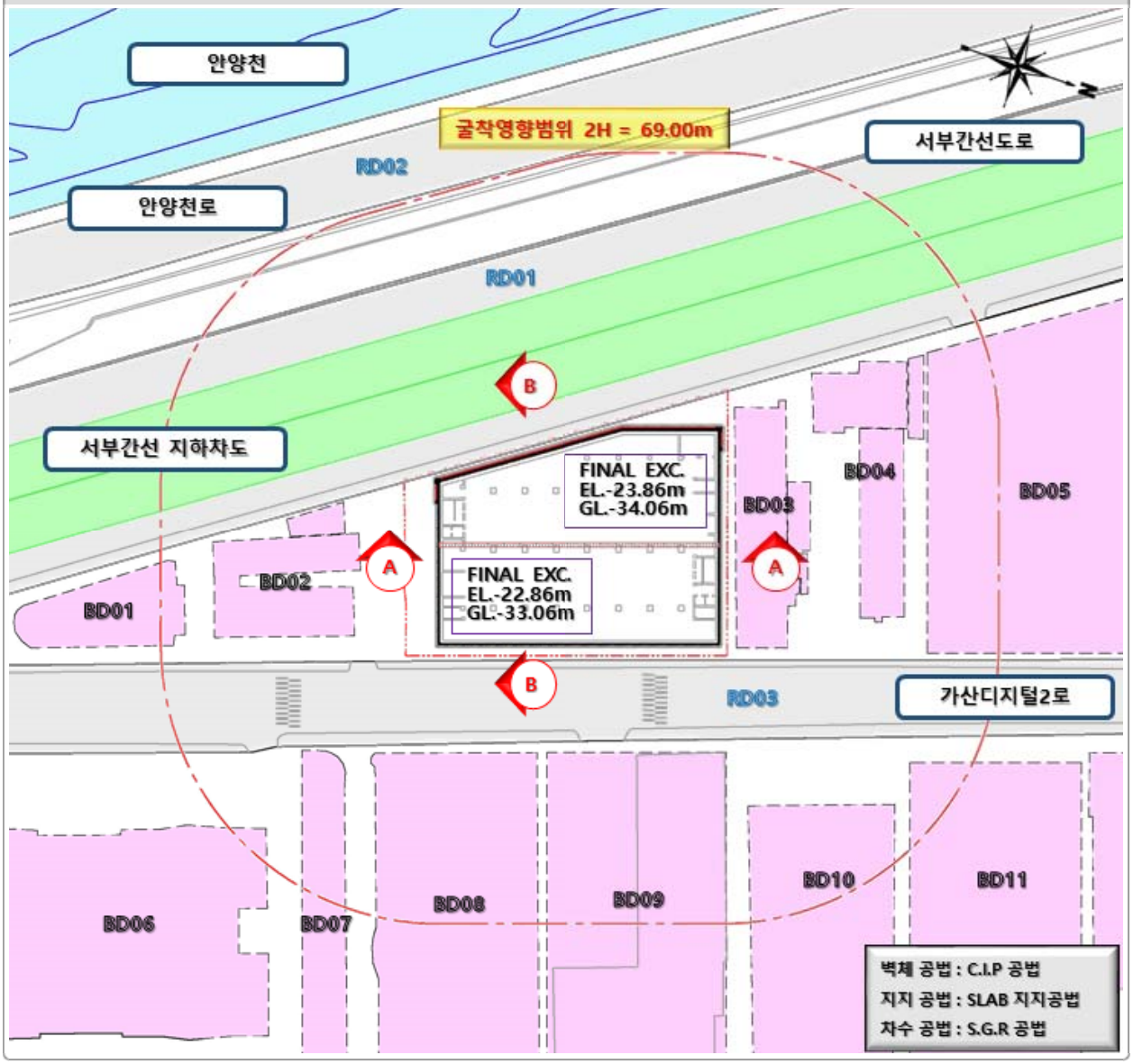
구 분	내 용
사업명	가산동 345-48 데이터센터 신축공사
대지위치	서울특별시 금천구 가산동 345-48
지역지구	도시지역, 준공업지역 일단의 공업용지 조성사업지역, 가로구역별 최고높이 제한지역, 대공방어협조구역 해발 194M, 과밀억제권역
주요용도	방송통신시설(데이터센터)
대지면적	4,442.00㎡
건축면적	2,487.25㎡
연면적	36,566.761㎡
건폐율	55.99%
용적률	450.68%
규 모	지하5층, 지상10층
최고높이	80.0m
구 조	지상 : 철근콘크리트 / 지하 : SRC 구조

조 감 도



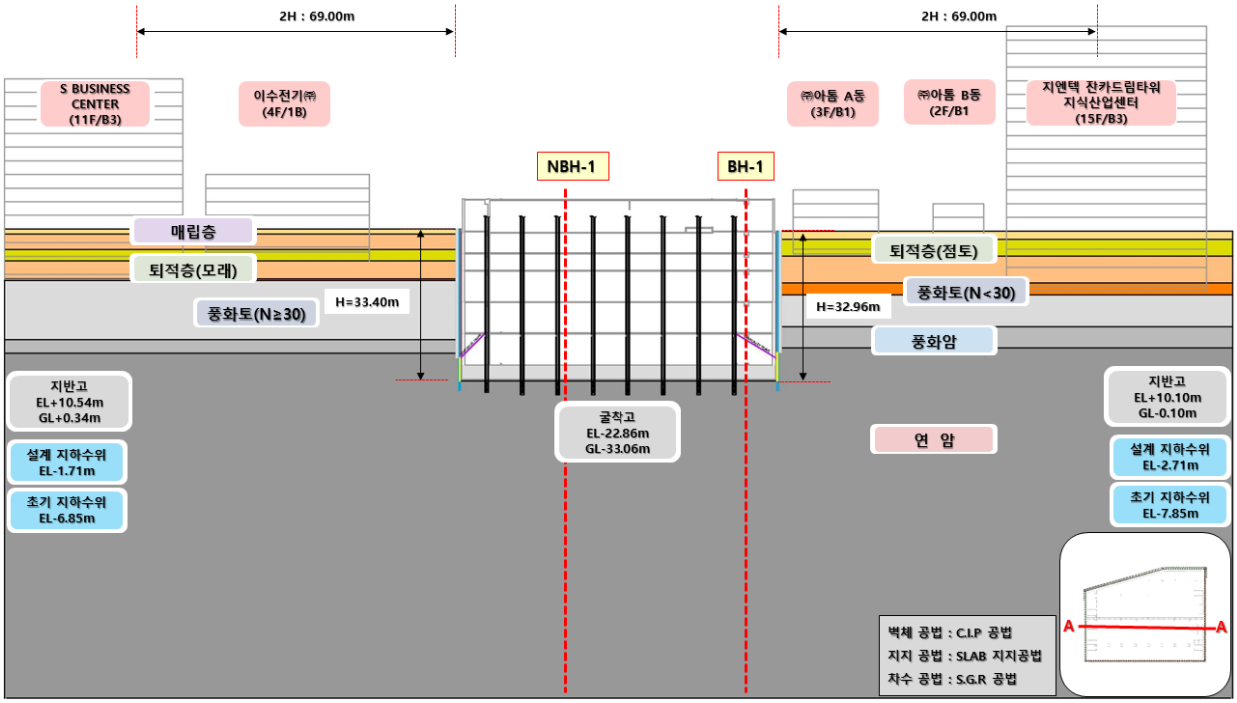
1.1.4 가시설 설계현황

흙막이 공법 평면도



1.1 사업의 내용

흙막이 공법 단면도 A–A

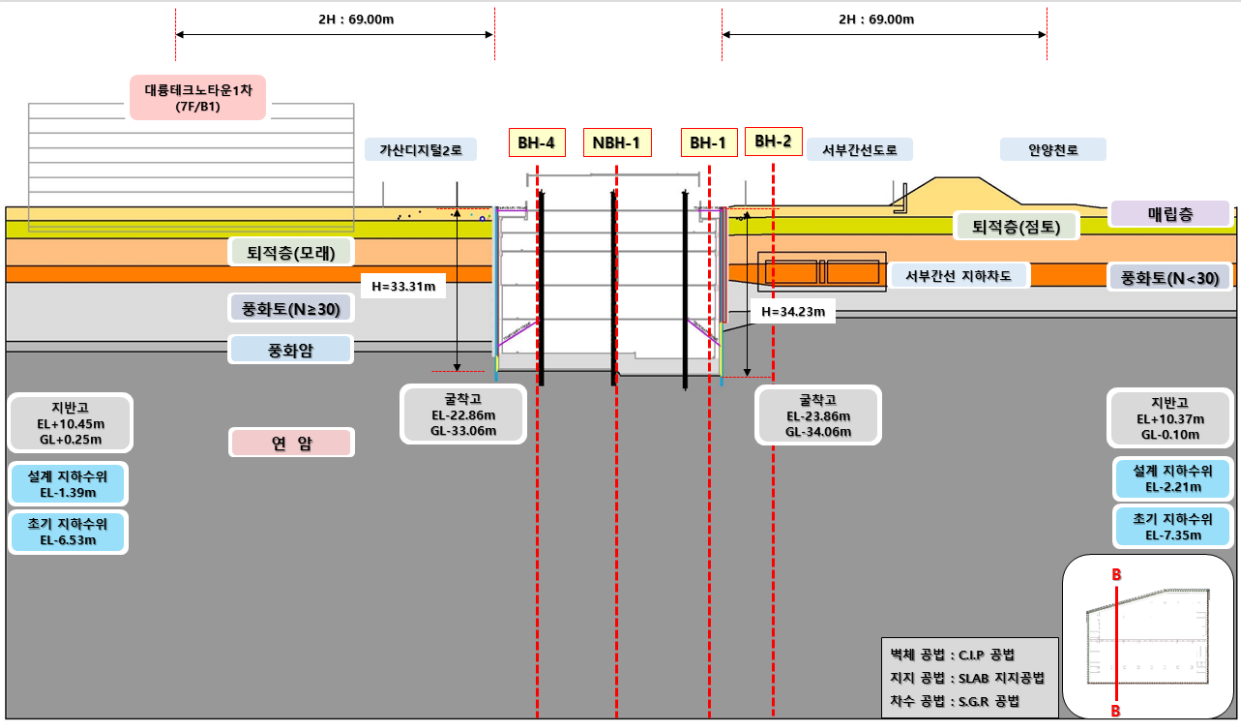


검토결과

- 굴착깊이는 32.96~33.40m로 계획되어 있으며, 매립층, 퇴적층(점토), 퇴적층(모래), 퇴적층(자갈), 풍화토, 풍화암, 기반암(연암) 순으로 지층이 분포함.
- 단면도 A–A 좌우측은 인접대지로 구성되어 있어 굴착영향범위내 지하매설물은 위치하지 않는 것으로 확인됨.
- 흙막이벽체는 C.I.P 공법, 차수공법은 S.G.R 공법을 적용함.
- 지지형식으로는 슬라브 지지공법으로 계획함.

1.1 사업의 내용

흙막이 공법 단면도 B-B



검토결과

- 굴착깊이는 33.31~34.23m로 계획되어 있으며, 매립층, 퇴적층(점토), 퇴적층(모래), 퇴적층(자갈), 풍화토, 풍화암, 기반암(연암) 순으로 지층이 분포함.
- 흙막이벽체는 C.I.P 공법(부지 서측의 서부간선도로 및 안양천에 인접한 구간은 C.I.P공법을 2열로 적용), 차수공법은 S.G.R 공법을 적용함.
- 지지형식으로는 슬라브 지지공법으로 계획함.

최대 굴착깊이 산정

표 2.1 최대 굴착깊이 검토결과

검토 위치		원지반표고 (EL.+)	굴착심도 검토결과(m)		굴착깊이(m)	비 고
			EL.(-)	GL.(-)		
단면 A-A	좌측	10.54	22.86	33.06	33.40	-
	우측	10.10	22.86	33.06	32.96	-
단면 B-B	좌측	10.45	22.86	33.06	33.31	-
	우측	10.37	23.86	34.06	34.23	-

주1) 기준 Level; EL.(+)10.20m = G.L(±)0.0m

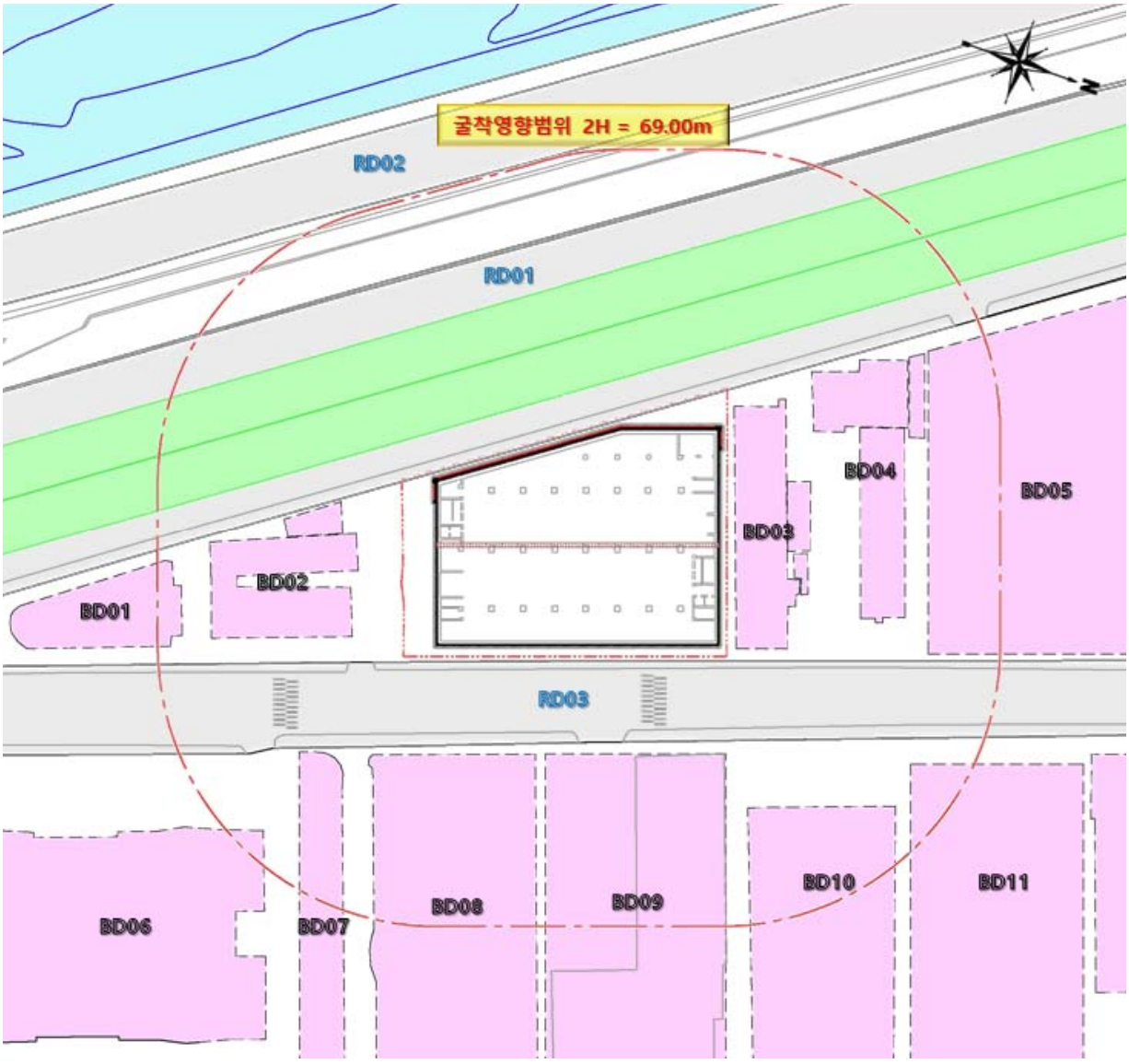
검토결과

· 굴착계획평면도 및 단면도 검토결과 원지반에서 최대 굴착심도는 단면B-B 우측에서 34.23m(GL.(-)34.06m(EL.(-)23.86m)로 확인됨.

⇨ 굴착깊이 34.23m(EL.(-)23.86m)를 최대 굴착깊이로 선정하여 지하안전영향평가를 수행함.

1.1.5 구조물 현황

굴착영향범위내 인접건물 현황 평면도



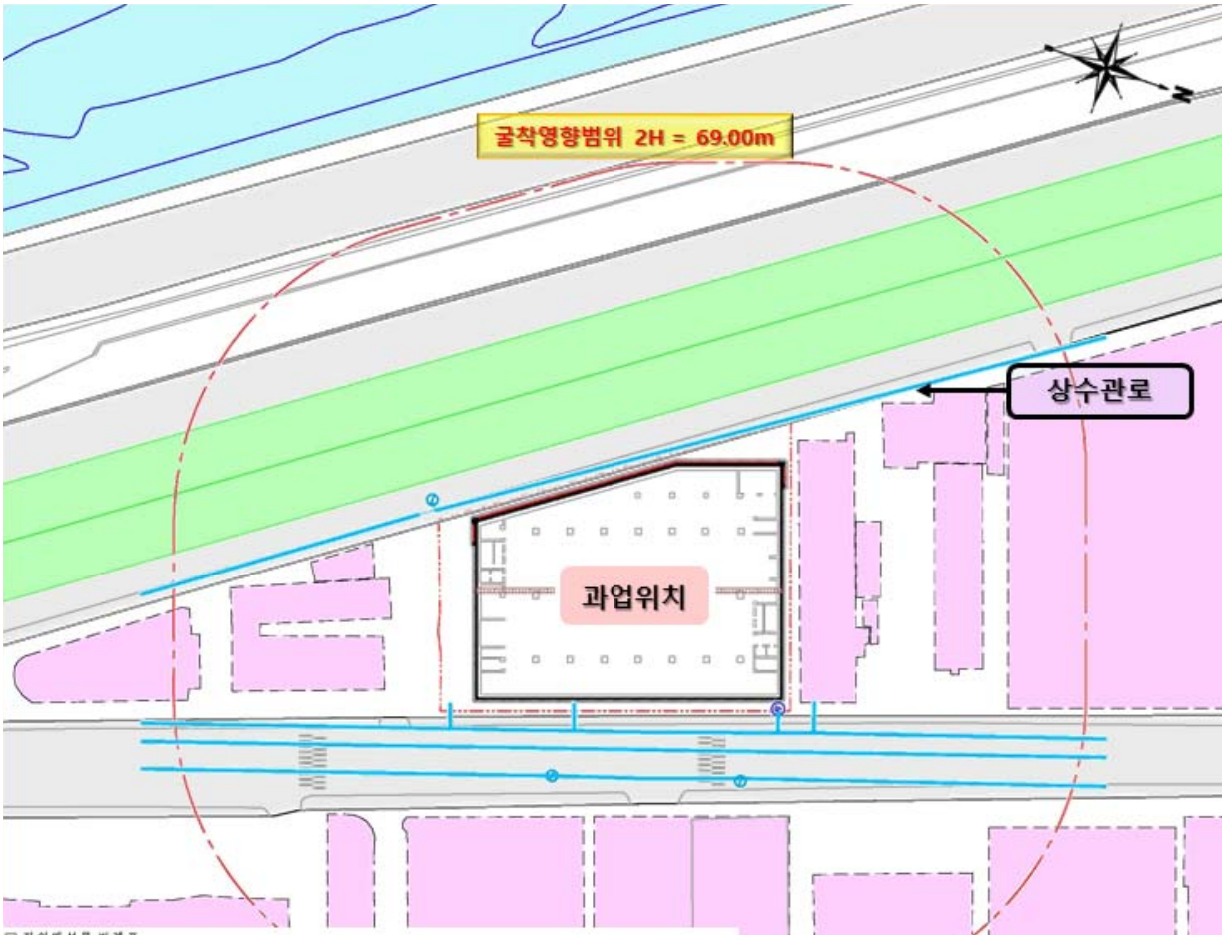
1.1 사업의 내용

검토결과	• 당 현장은 2021년 6월 기준 일부 철거된 상태이다. • 인근 도로 가산디지털2로는 균열이 일부분에서 발견되나 전체적인 상태는 양호한 것으로 판단된다. • RD01의 서부간선도로는 차량 통행량이 많은 것으로 조사되었으며, 당 현장과 서측으로 인접하여 위치하므로 지하층 굴착시 침하나 균열을 방지하기 위해 C.I.P 2열 배치는 적정한 것으로 판단됨. 그러나 우기시 안양천 등의 복합적인 안정성 저하요인을 고려하여 계측강화를 하여야 할 것으로 판단된다. • 2021년 09월에 개통되는 서부간선 지하차도는 인접한 서부간선도로 지하에 위치하는 것으로 확인하였으며, 착공전 관련기관과 협의를 진행 후 시공하여야 할 것으로 판단된다. • 인접한 공사현장(BD05, BD09, BD11)은 당 현장 착공시 지하층 굴착을 완료하거나 지상층 공사를 진행하는 것으로 조사되어 동시굴착에 따른 영향은 없을 것으로 판단된다. • 부지 서측에 서부간선도로와 안양천을 두고 산책로가 있어 인적 왕래가 활발한 것으로 조사되었다. • 굴착영향범위 내의 구조물들은 전체적으로 상태는 양호한 것으로 판단된다. • 시공자는 금회 조사된 내용을 참고하여 착공전 시설물에 대한 상세 조사를 수행하여야 하며, 시설물의 안전등급 조사 결과 D등급 이하의 시설물인 것으로 확인된 건물에 대해서는 별도의 안전성 검토 및 안전성 확보방안을 수립하여야 한다. • 굴착영향범위 내 건축물 및 시설물 등에 대한 상태·현황 등에 대한 조사결과 기존 균열, 침하 및 파손 등이 확인된 경우, 그 결과를 건물 소유주 및 관리주체에게 굴착공사 전에 통지하여 추후 굴착으로 인한 피해 발생여부를 확인 할 수 있도록 조치를 취하여야 한다. • 본 사업의 지하층 골조 구조물 완료 전 평가서에 기재되지 않은 인접지역의 굴착이 발생할 경우 해당 사업 및 본 사업에 위해한 요인이 될 수 있으므로, 사업시행 우선순위에 따른 이해관계를 검토하여 해당되는 자가 그에 맞는 별도의 안전성 검토를 수행하여 안전성을 확보한 후 사업을 진행하여야 한다.

1.1.6 지하매설물 현황

- 착공 전 검토범위 내 변경 및 신설된 지하매설물에 대하여 조사 하여야 하며, 조사결과 기존 조사 현황과 상이한 지하매설물에 대하여 안전성 검토를 수행 하여야한다.
- 굴착영향범위 내 하수관로 등에 대하여 착공 전 CCTV 조사를 실시하고, 관파손, 누수 등 결함 발견 시 지하매설물 관리자와 협의하여 보수·보강 등 사전 조치 방안, 조치 시기 등을 구체적으로 제시 하여야하여야 하며, 착공전 시설물 관리자와 조치방안을 협의하여야 한다.
- 또한, 지하개발사업자가 지하층 공사 완료후 굴착영향범위내 지하매설물 CCTV 조사를 수행하여 착공 전후에 대한 차이를 분석하고, CCTV 조사결과 발견된 이상징후(공동발생, 지반침하가 우려될 경우)에 대해서는 지하매설물 관리자와 조치방안 등을 협의하여야 한다.
- 사업구간에 분포하는 각종 지하매설물에 대한 조사결과 분포현황은 다음과 같다.

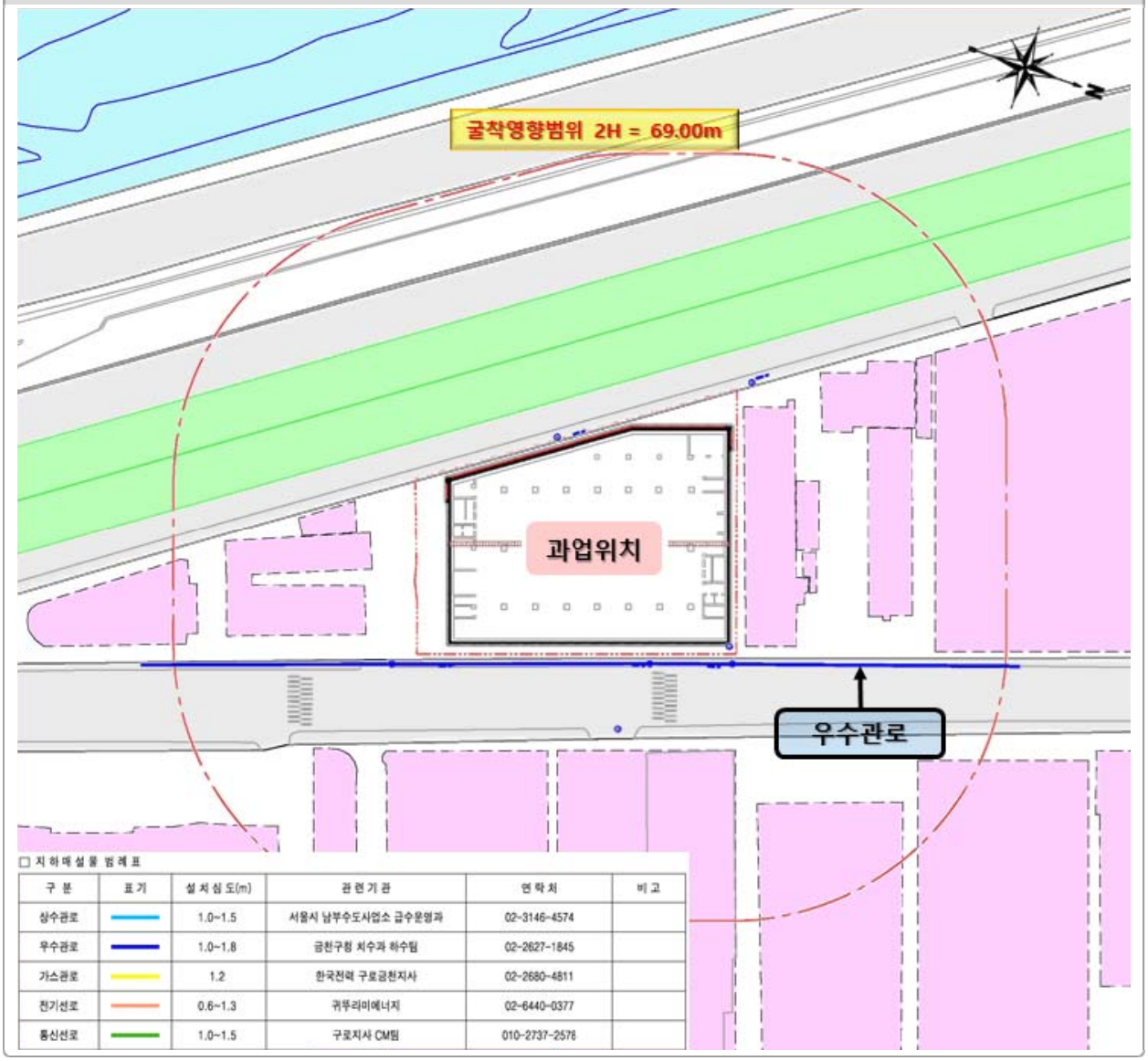
상수관로 매설물 현황도



□ 지하매설물 범례표

구 분	표 기	설치심도(m)	관련기관	연락처	비 고
상수관로		1.0~1.5	서울시 남부수도사업소 급수운영과	02-3146-4574	
우수관로		1.0~1.8	금천구청 치수과 하수팀	02-2627-1845	
가스관로		1.2	한국전력 구로금천지사	02-2680-4811	
전기선로		0.6~1.3	귀뚜리미에너지	02-6440-0377	
통신선로		1.0~1.5	구로지사 CM팀	010-2737-2578	

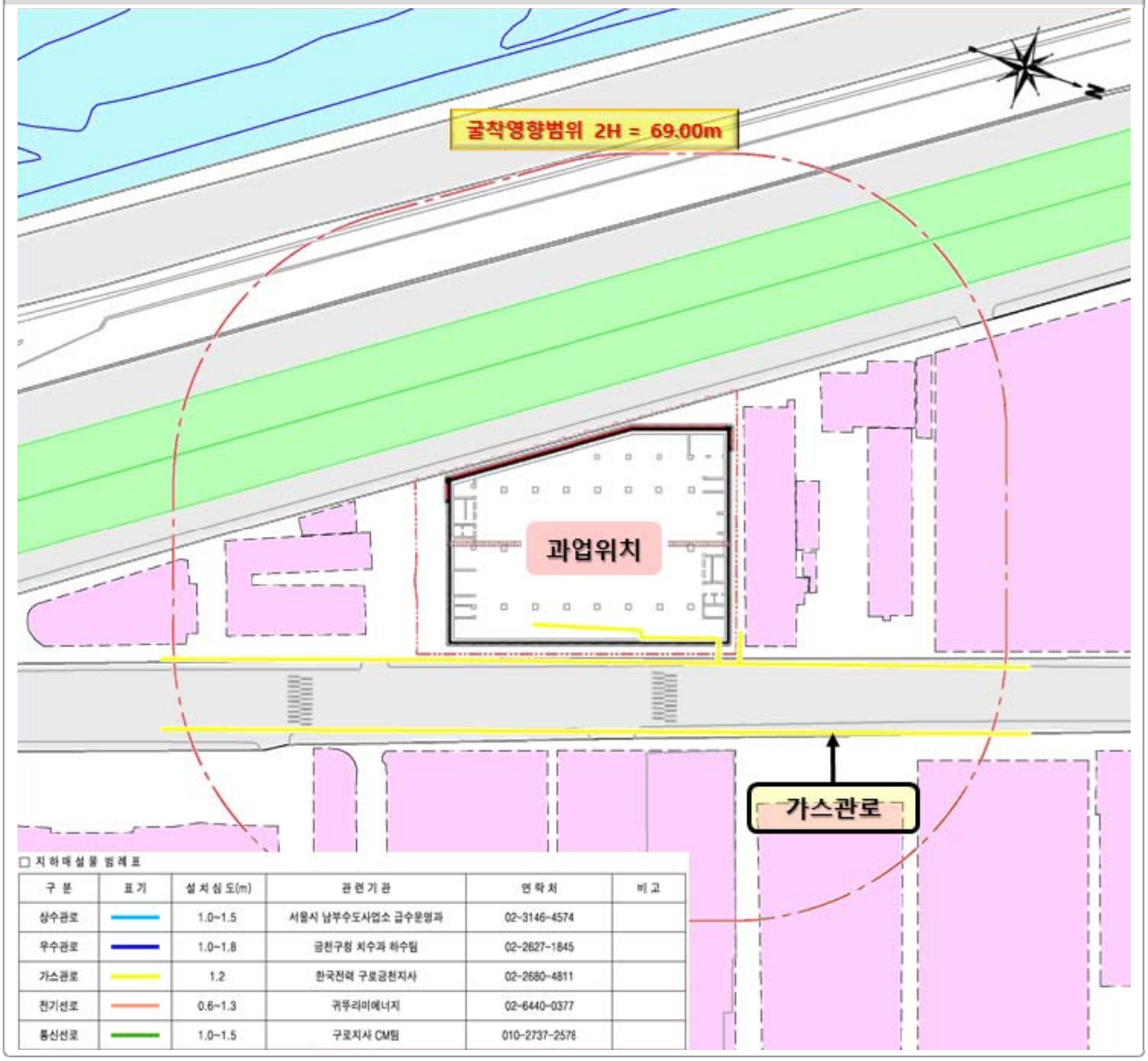
우수관로 매설물 현황도



구 분	표 기	설치심도(m)	관련기관	연락처	비 고
상수관로		1.0~1.5	서울시 남부수도사업소 급수운영과	02-3146-4574	
우수관로		1.0~1.8	금천구청 치수과 하수팀	02-2627-1845	
가스관로		1.2	한국전력 구로금천지사	02-2680-4811	
전기선로		0.6~1.3	귀뚜리미에너지	02-6440-0377	
통신선로		1.0~1.5	구로지사 CM팀	010-2737-2578	

1.1 사업의 내용

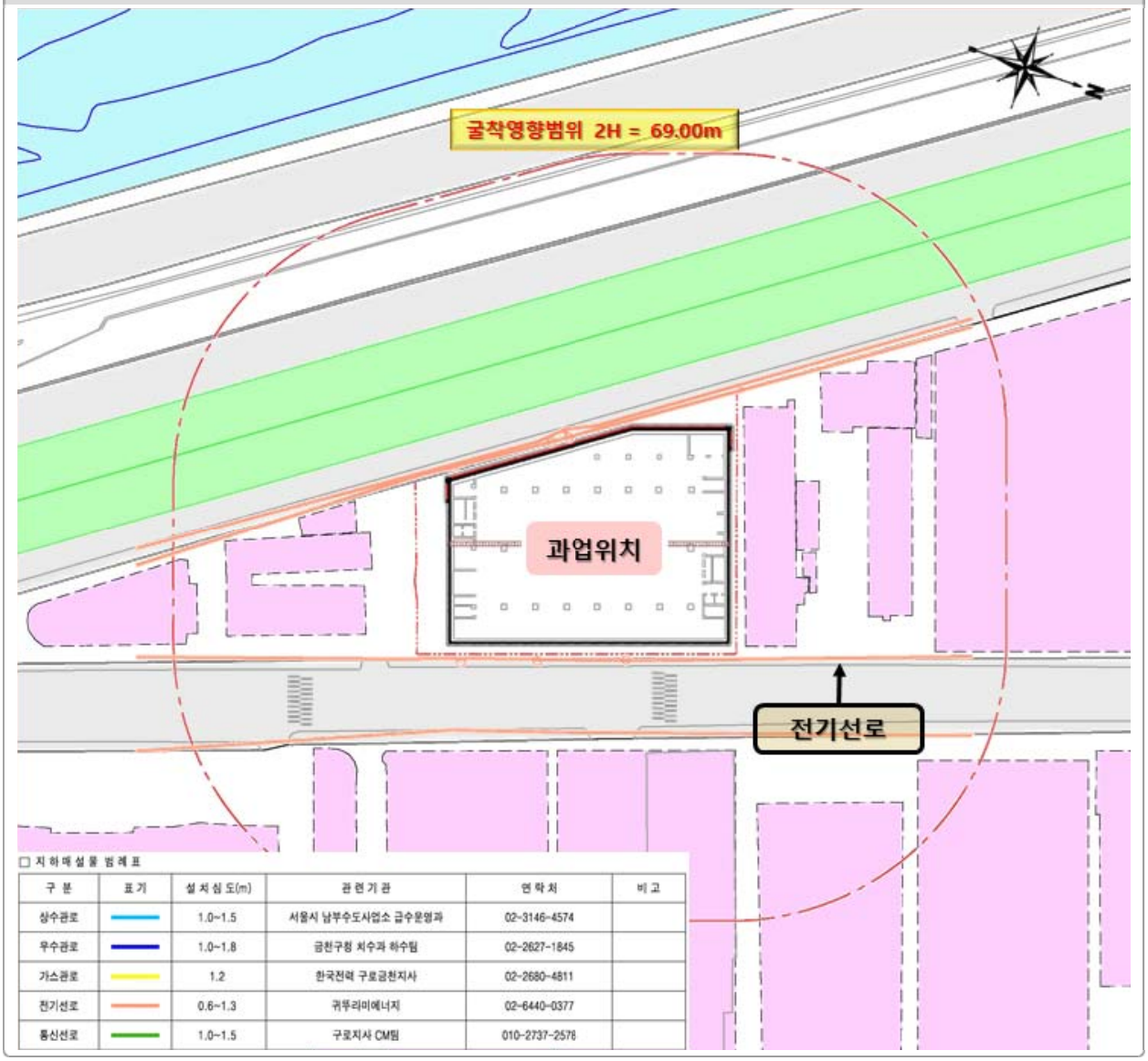
가스관로 매설물 현황도



구 분	표 기	설치심도(m)	관련기관	연락처	비 고
상수관로		1.0~1.5	서울시 남부수도사업소 급수운영과	02-3146-4574	
우수관로		1.0~1.8	금천구청 치수과 하수팀	02-2627-1845	
가스관로		1.2	한국전력 구로금천지사	02-2680-4811	
전기선로		0.6~1.3	귀뚜리미에너지	02-6440-0377	
통신선로		1.0~1.5	구로지사 CM팀	010-2737-2578	

1.1 사업의 내용

전기선로 매설물 현황도



□ 지하매설물 범례표

구 분	표 기	설치심도(m)	관련기관	연락처	비 고
상수관로		1.0~1.5	서울시 남부수도사업소 급수운영과	02-3146-4574	
우수관로		1.0~1.8	금천구청 치수과 하수팀	02-2627-1845	
가스관로		1.2	한국전력 구로금천지사	02-2680-4811	
전기선로		0.6~1.3	귀뚜리미에너지	02-6440-0377	
통신선로		1.0~1.5	구로지사 CM팀	010-2737-2578	

통신선로 매설물 현황도

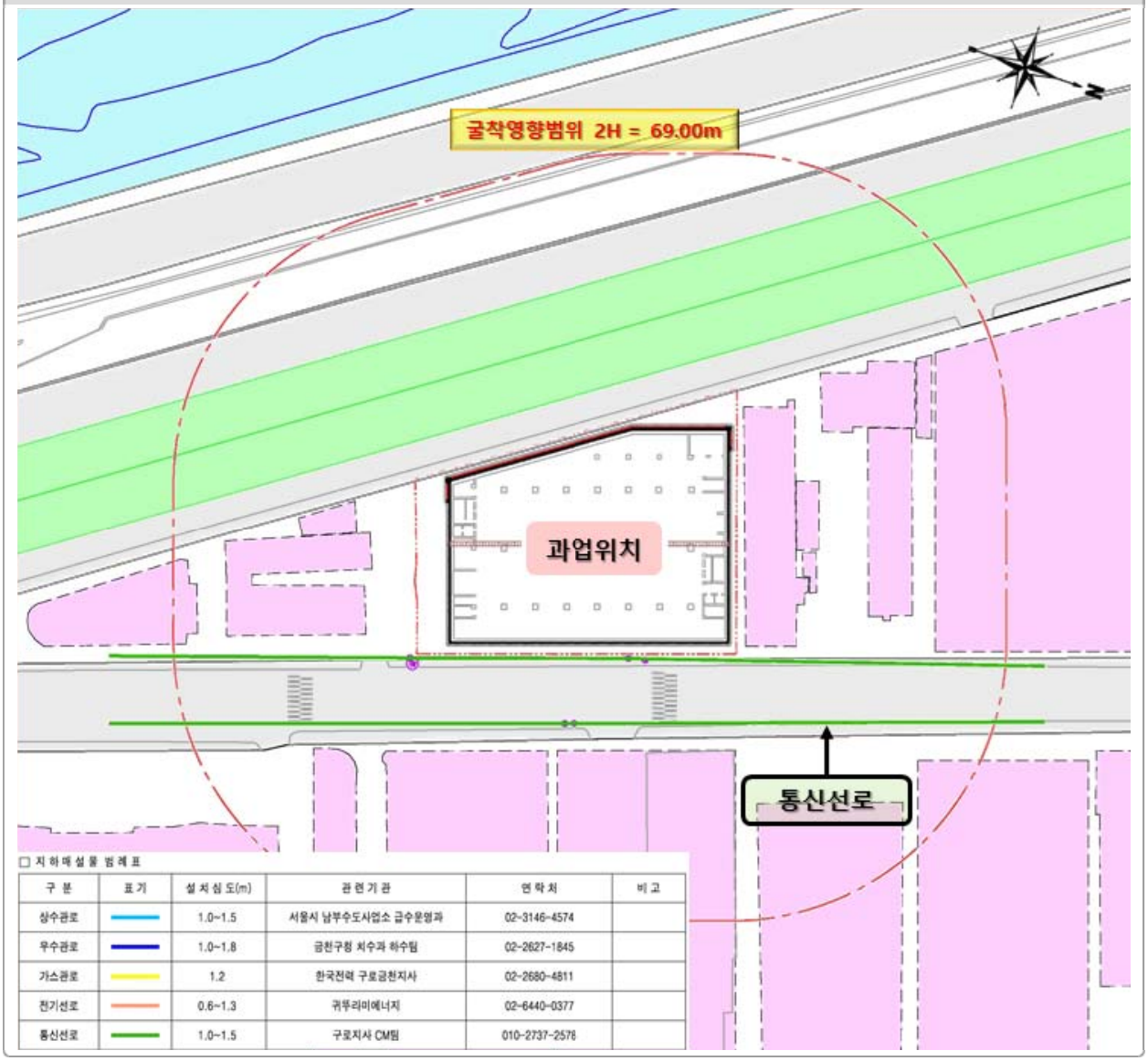


표 1.2 지하매설물 조사 및 관련기관

구 분	규격 (mm)	설치심도 (m)	최소 이격거리 (m)	관련기관	비 고
상수관로	D50~D500	1.0~1.5	1.0	서울시 남부수도사업소 급수운영과 (02-3146-4574)	
우수관로	D450~D600	1.0~1.8	1.0	금천구청 치수과 하수팀 (02-2627-1845)	합류식
가스관로	D80	1.2	0.6	한국전력 구로금천지사 (02-2680-4811)	
전기선로	D325	0.6~1.3	0.5	귀뚜라미에너지 (02-6440-0377)	
통신선로	D50~100	1.0~1.5	0.8	구로지사 CM팀 (010-2737-2578)	

1.2 지반 및 지질 현황

1.2.1 지반조사 위치 선정

☑ 시추조사 위치도

- 본 과업지역에 대한 시추조사 위치도는 다음과 같이 부지의 배치와 규모를 고려하여 1차 지반조사에서 5공, 2차 지반조사에서 1공, 총 6공의 시추를 수행하였다.
- 시추위치는 구조물의 위치 및 흙막이 벽체 설치구간을 고려하여 지반조사 설계기준에 따라 시추공간 간격을 50m 이내로 하여 계획하여 시추조사를 완료하였다.

지반조사 위치도(포털사이트 위성지도)



1.2 지반 및 지질 현황

지반조사 위치도



구분	조사위치		표고 (EL.(+) m)	굴진심도 (G.L(−) m)	시추공경	비 고
	X 좌표	Y 좌표				
BH-1	541,250.06	189,591.39	10.05	27.0	NX	1차조사 (2020년 2월)
BH-2	541,214.37	189,618.07	10.35	23.5	NX	
BH-3	541,240.64	189,628.44	10.10	30.0	NX	
BH-4	541,226.24	189,651.56	10.07	30.0	NX	
BH-5	541,268.39	189,645.85	10.50	27.0	NX	
NBH-1	541,221.38	189,636.05	10.25	40.0	NX	2차조사 (2021년 4월)

1.2.2 현장조사 및 시험

☑ **지반 및 지질현황 파악을 위한 조사내용은 다음과 같음**

- 본 지반조사는 서울특별시 금천구 가산동 345-48번지에 위치한 "가산동 345-48 데이터센터 신축공사" 현장에 총 6개소의 시추조사 및 원위치시험(표준관입시험) 등을 수행함으로서 부지내 지층의 구성상태 및 지하수위, 기반암의 분포상태를 조사하고, 전체지반(토층 및 암층)의 제반 물리적, 역학적 특성을 파악하여 본 사업에 필요한 자료를 제공함으로서 합리적이고 안정성이 확보된 설계 및 시공이 되도록 하는데 그 목적이 있다.
- 이러한 목적을 위한 1차 지반조사는 2020년 02월 01일에 현장시험에 착수하여 2020년 02월 16일에 성과분석 및 보고서 작성을 완료하였으며, 2차 추가 지반조사는 2021년 03월 23일에 현장시험에 착수하여 2021년 04월 02일에 성과분석 및 보고서 작성을 완료 하였다.
- 지반조사 항목 및 수량은 다음 표와 같다.

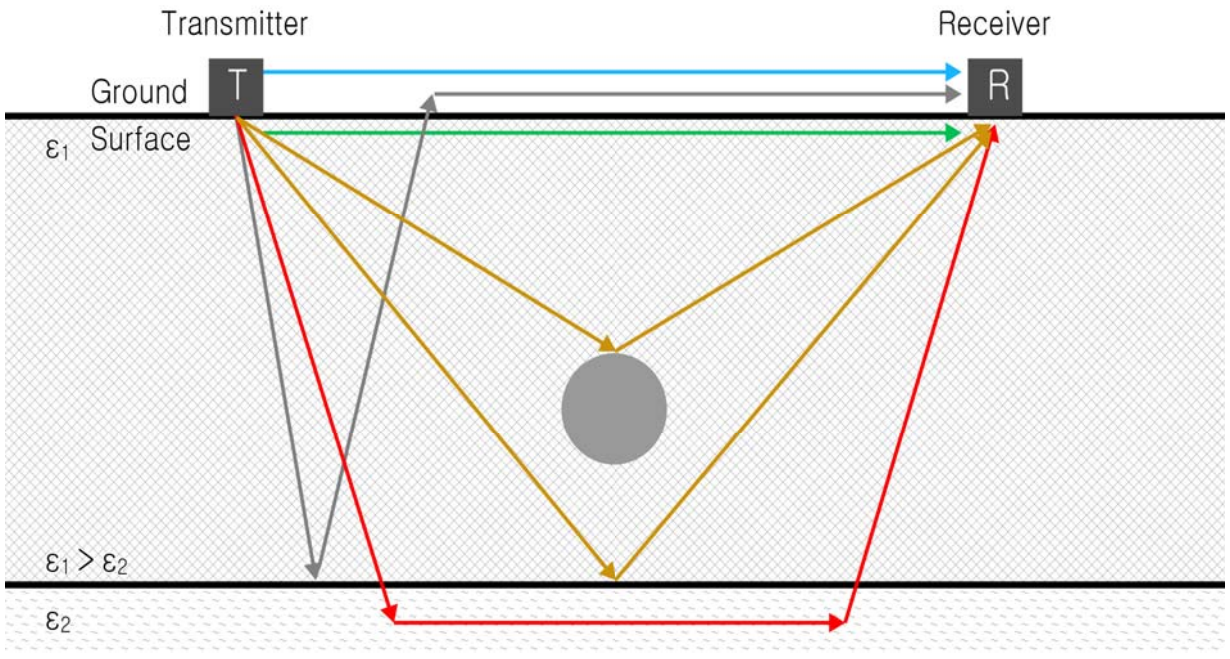
조 사 항 목		조 사 목 적	수 량
현장조사	시추조사	지층별 분포 및 구조물 기초 지지층 파악	6
	지하수위측정	조사지역 지하수위 분포 파악	6
현장시험	표준관입시험	시료채취 및 N값을 이용한 지반의 특성 추정	154
	공내하향식탄성파탐사	지층별 내진특성 파악	1
	공내전단시험	풍화대층의 강도특성 파악	4
	공내재하시험	풍화대층의 변형특성(탄성계수 및 변형계수) 파악	4
	투수시험	토사층 투수계수 파악	7
	수압시험	기반암 투수계수/Lugeon치 파악	2
	양수시험	대수층 수리상수를 파악 지하수의 수위 및 유동의 변화 예측	1
	순간충격시험		1
	유향 · 유속시험		1
실내시험	토질시험	각 지층의 특성을 파악하여 자료를 제공을 목적으로 실시	6
	암석시험	암석의 특성을 파악하여 자료를 제공을 목적으로 실시	2

1.2.3 물리탐사 및 검층

☑ 조사 원리 및 방법

- GPR 탐사는 10 MHz ~ 수 GHz의 레이다파 영역에 속하는 전자기파를 지하에 송신한 후, 유전율(permittivity)이 다른 매질 내 경계면에서 산란되는 전자기파를 수신함으로써 전자기파의 반사 강도, 파형, 위상 등을 분석한다. GPR 탐사는 주로 지표에서 이루어지며 특별한 목적을 위하여 시추공에서 수행하는 경우도 있다. GPR 탐사는 다양한 안테나 배열로 수행할 수 있지만, 대개 Bistatic 구조의 송 · 수신 안테나를 통해 주로 반사법 탐사가 이용된다.
- GPR 탐사 시, 전자기파는 송신 안테나에서 공기와 지하 매질로 전파되어 수신 안테나에 도달하게 된다. 이때 수신 안테나에 탐지된 전자기파는 공기를 통해 직접 전파되어 온 공기파(air wave), 지표면 하부를 통해 직접 전파되어 온 표면파(surface wave), 지하 매질 경계에서 반사되어 온 반사파(reflected wave) 등이 섞여 들어온다. 이러한 전자기파는 수신 안테나에서 대개 공기파, 표면파 그리고 반사파의 순서로 탐지된다. 반사법 탐사의 경우 안테나의 offset (송 · 수신 안테나 이격거리)이 보통 수십 cm ~ 수 m 정도로 가까우므로 공기파는 표면파와 중첩된 형태로 나타날 수 있다. 이로 인해 반사법 탐사에서 표면파가 반사파에 비해 펄스폭이 넓고 복잡한 파형 양상을 가질 가능성이 있다. 다음 그림은 전자기파의 다양한 전파경로를 파선 형태로 도시한 것이다.

GPR탐사 시 얻어지는 전자기파의 파선 경로 모식도



1.2 지반 및 지질 현황

☑ 탐사장비

– 차량형 3D GPR(NM GPR) 탐사장비

장비 전경	
	① 견인차량 ② 트레일러(안테나 모듈+ 자료수집장치) ③ 안테나 Pod ④ 라인스캔 카메라 ⑤ 3방향 카메라(좌·우·후) ⑥ 듀얼 GPS+자이로

– 핸드형 3D GPR(Latro GPR) 탐사장비

장비 전경		
		① 자료취득 태블릿 ② 카드(자료수집장치) ③ 안테나 ④ 에어리어스캔 카메라 ⑤ GPS

☑ 소프트웨어

- Radar Portal Control (자료취득 및 분석 프로그램)

	Software Specifications
RPC_Road	· NM GPR 및 LATRO 3D GPR 탐사장비 데이터 취득 및 분석 가능
	· GPS와 GPR device, 3방향 카메라, 라인 스캔 카메라, DMI 등이 프로그램과 연동
	· 간단한 조작으로 프로그램 구동 및 화면 전환
	· 평면, 종단면, 횡단면의 GPR data 등이 한 화면에서 확인 가능

1.2.4 시추 조사

☑ 시추공별 지층분석

• 조사지역에 대한 지반의 지층 구성상태 등을 확인하기 위하여 시추조사를 수행하였으며, 시추조사에 의한 지층분석 결과는 다음과 같다.

공 번	심도 (m)	층두께 (m)	토층 및 토질 분류		N치	TCR (%)	RQD (%)
BH-1	0.0~1.8	1.8	매립층	실트질 모래	12/30	-	-
	1.8~5.4	3.6	퇴적층 (점토)	실트질 점토	3/30~8/30	-	-
	5.4~11.4	6.0	퇴적층 (모래)	모래, 자갈섞인 모래	14/30~26/30	-	-
	11.4~21.0	9.6	풍화토	실트질모래	17/30~50/13	-	-
	21.0~25.6	4.6	풍화암	굴진 및 타격시 실트질 모래로 분해	50/7~50/3	-	-
	25.6~27.0	1.4	연 암	편마암	-	-	-
BH-2	0.0~2.0	2.0	매립층	자갈섞인 실트질 모래	10/30	-	-
	2.0~5.5	3.5	퇴적층 (점토)	실트질 점토	2/30~8/30	-	-
	5.5~11.4	5.9	퇴적층 (모래)	자갈섞인 모래	15/30~42/30	-	-
	11.4~21.0	9.6	풍화토	실트질 모래	11/30~50/23	-	-
	21.0~22.4	1.4	풍화암	굴진 및 타격시 실트질 모래로 분해	50/7~50/4	-	-
	22.4~23.5	1.1	연 암	편마암	-	-	-
BH-3	0.0~5.7	5.7	매립층	점토질모래, 자갈섞인 모래	2/30~50/15	-	-
	-	-	퇴적층 (점토)	-	-	-	-
	5.7~11.6	5.9	퇴적층 (모래)	자갈섞인 모래	21/30~36/30	-	-
	11.6~25.5	13.9	풍화토	실트질 모래	11/30~50/13	-	-
	25.5~27.2	1.7	풍화암	굴진 및 타격시 실트질 모래로 분해	50/5~50/3	-	-
	27.2~30.0	2.8	연 암	편마암	(100/0~61)	-	-

1.2 지반 및 지질 현황

공 번	심도 (m)	층두께 (m)	토층 및 토질 분류		N치	TCR (%)	RQD (%)
BH-4	0.0~2.4	2.4	매립층	실트질 모래	5/30~7/30	-	-
	2.4~6.0	3.6	퇴적층 (점토)	모래질 실트, 점토질 실트	3/30~8/30	-	-
	6.0~11.6	5.6	퇴적층 (모래)	자갈섞인 모래	22/30~34/30	-	-
	11.6~27.0	15.4	풍화토	실트질 모래	14/30~50/12	-	-
	27.0~29.0	2.0	풍화암	굴진 및 타격시 실트질 모래로 분해	50/8~50/3	-	-
	29.0~30.0	1.0	연 암	편마암	-	(100)	(0~61)
BH-5	0.0~1.9	1.9	매립층	실트질 모래	7/30	-	-
	1.9~5.5	3.6	퇴적층 (점토)	실트질 점토	2/30~6/30	-	-
	5.5~11.4	5.9	퇴적층 (모래)	모래, 자갈섞인 모래	14/30~35/30	-	-
	11.4~21.0	9.6	풍화토	실트질 모래	17/30~50/14	-	-
	21.0~25.7	4.7	풍화암	굴진 및 타격시 실트질 모래로 분해	50/9~50/3	-	-
	25.7~27.0	1.3	연 암	편마암	-	-	-
NBH-1	0.0~0.8	0.8	매립층	자갈섞인 실트질 모래	-	-	-
	0.8~4.2	3.4	퇴적층 (모래)	실트질 모래	7/30	-	-
	4.2~6.7	2.5	퇴적층 (점토)	실트질 점토	8/30~10/30	-	-
	6.7~10.7	4.0	퇴적층 (자갈)	모래섞인 자갈	25/30~50/19	-	-
	10.7~24.0	13.3	풍화토	실트질 모래	27/30~50/12	-	-
	24.0~27.0	3.0	풍화암	굴진 및 타격시 실트질 모래로 분해	50/7~50/2	-	-
	27.0~40.0	13.0	연 암	편마암	-	(70~95)	(16~48)

1.2 지반 및 지질 현황

☑ 지층별 분포특성 분석결과

매립토

- 본 지층은 인위적으로 형성된 지층으로 지표로부터 0.8~5.7m의 층후로 전지점에 분포함
- 황갈색의 자갈섞인 실트질 모래 내지 점토질모래로 구성되며, ∅0.5~3.0cm 자갈 포함되어 있으며 NBH-1 시추공에서 심도 0.0~0.3m구간에 아스콘(상부 20cm) 및 콘크리트(하부 10cm) 포장층이 나타남
- 표준관입시험결과 N=2/30~50/15 범위로 매우느슨~매우조밀한 상대밀도를 나타냄

퇴적층(점토)

- 본 지층은 매립층 하부에 분포하며, GL.(-) 1.8~6.0m에서 2.5~3.6m의 층후로 분포함
- 황갈색, 암갈색의 실트질점토(CH), 모래질 실트(ML)로 구성됨
- 표준관입시험 결과 2/30~10/30 범위로 연약~보통견고한 연경도를 나타냄

퇴적층(모래)

- 본 지층은 점토층 하부에 분포하며, GL.(-) 5.4~8.6m에서 1.3~3.4m의 층후로 분포함
- 회갈색의 중립질 모래로 구성
- 표준관입시험 결과 N=14/30~18/30 범위로 느슨~보통조밀한 상대밀도를 나타냄

퇴적층(자갈층)

- 본 지층은 주로 모래층 하부에 분포하며, GL.(-) 5.5~11.6m에서 2.8~5.9m의 층후로 전지점에 분포
- 갈색, 회갈색의 자갈섞인 모래 및 모래섞인 자갈로 구성되며, 일부구간에서 자갈이 우세함. ∅1.0~5.0cm 자갈 포함
- 표준관입시험 결과 N=15/30~50/19으로 보통조밀~조밀한 상대밀도를 나타냄

풍화토층

- 기반암이 장기간동안 풍화, 변질작용을 받아 완전 풍화되어 원지반에 잔류하고 있는 지층으로 GL.(-) 11.4~11.6m에서 9.6~15.4m의 층후로 전지점에 분포
- 암청색, 암갈색의 실트질 모래로 구성
- 표준관입시험결과 N=11/30~50/12 범위로 보통조밀~매우조밀한 상대밀도를 나타냄

1.2 지반 및 지질 현황

풍화암층

- 기반암의 풍화대로서 풍화토층과 연암층의 중간 상태에 해당, 타격에 의해 실트질 모래로 분쇄
- 표준관입시험 N=50/10 이하인 지층으로 GL.(-) 21.0~27.0m에서 1.4~4.7m의 층후로 전지점에 분포
- 암갈색을 띠며, 표준관입시험결과 N=50/9~50/2 범위로 매우조밀함

연암층

- 기반암인 편마암의 연암층으로 전지점에서 GL.(-) 22.4~29.0m에서 출현 확인함
- 전반적으로 심한풍화(HW)~약간풍화(SW) 양상을 보이며, 약함(W)~보통강함(MS)의 강도를 보임
- BH-3에서 채취된 코아의 TCR과 RQD는 각각 100%, 0~61%로 매우불량~양호의 암질상태를 나타냄
- 부분적 or 전체적으로 절리(수직 절리 포함) 및 파쇄 매우 발달, Loss 구간 발생됨.
- 본 구간의 연암층의 암질지수(RQD)에 의한 등급은 Ⅳ ~ Ⅴ등급을 나타냄.

결과활용	· 지층분포상태 파악 ⇨ 조사지역 전체적인 지층분포현황을 통한 구조물의 설계 자료 제공 · 교란시료 채취 ⇨ 실내토질시험을 통한 흙의 분류 및 물리적 특성 파악 · 현장원위치시험 실시 ⇨ 표준관입시험을 통한 지층별 공학적 특성 유추 · 주상도 작성 ⇨ 토성 분류 및 구조물 설계에 활용

1.2.5 물리탐사 결과

• 과업부지 차도와 인도를 대상으로 차량형 3D GPR탐사 6측선(1,340m)m, 핸드형 3D GPR탐사 3측선(590m)를 수행하였으며 탐사결과는 아래와 같다.

GPR 탐사결과



검토결과

· 3D GPR 분석결과, 굴착영향범위 내 구간에서 공동 등의 이상대에 의한 반응은 분석되지 않았다.

· GPR탐사 결과는 착공전 시설물 관리자와 조치 방안 등을 협의하여야 한다.

· 종합분석결과, 과업부지의 굴착영향범위 내 차도 및 인도 구간의 지반상태는 전반적으로 양호하며, 공동의 분포는 확인되지 않았다. 그러나, 추후 굴착공사 진행에 따른 인위적인 압력으로 인하여 공동 발생 등의 변화가 발생할 수 있으므로 주기적인 관찰 및 관리가 필요하다.

1.2.6 설계지반정수 산정

경험식에 의한 강도정수 산정결과

표 1.3 경험식에 의한 점착력 산정결과(kPa)

구 분	N치	Terzaghi & Peck	Dunham	Ohsaki	범 위	평균
매립층	11	13.4	14.3	9.5	9.5~14.3	12.4
퇴적토(점토)	5	6.1	6.5	6.5	6.1~6.5	6.4
퇴적토(모래)	24	29.3	31.2	16.0	16.0~31.2	25.5
풍화토(N<30)	20	24.4	26.0	14.0	14.0~26.0	21.5
풍화토(N≥30)	46	56.1	59.7	27.0	27.0~59.7	47.6
풍화암	50	61.0	64.9	29.0	29.0~64.9	51.6

표 1.4 경험식에 의한 내부마찰각 산정결과(°)

구 분	N치	Ohsaki	Dunham	Peck	도로교	범 위	평균
매립층	11	26.5	31.5	30.3	27.8	26.5~31.5	29.0
퇴적토(점토)	5	22.7	27.7	28.5	23.7	22.7~28.5	25.7
퇴적토(모래)	24	32.0	37.0	34.2	34.0	32.0~37.0	34.3
풍화토(N<30)	20	30.5	35.5	33.0	32.3	30.5~35.5	32.8
풍화토(N≥30)	46	38.5	43.5	40.8	41.3	38.5~43.5	41.0
풍화암	50	39.5	44.5	42.0	42.4	39.5~44.5	42.1

표 1.5 경험식에 의한 변형계수 산정결과(MPa)

구 분	N치	Schmertmann	Hisatake	Bowles	도로교시방서	범 위	평균
매립층	11	13.2	12.5	20.4	30.8	12.5~30.8	19.2
퇴적토(점토)	5	6.0	9.5	13.2	14.0	6.0~14.0	10.7
퇴적토(모래)	24	28.8	19.0	36.0	67.2	19.0~67.2	37.8
풍화토(N<30)	20	24.0	17.0	31.2	56.0	17.0~56.0	32.1
풍화토(N≥30)	46	55.2	30.0	62.4	128.8	30.0~128.8	69.1
풍화암	50	60.0	32.0	67.2	140.0	32.0~140.0	74.8

1.2 지반 및 지질 현황

설계지반정수 산정

표 1.6 단위중량(kN/㎥) 선정결과 및 선정사유

지 층	지층구성	N값	문헌자료	설계적용사례	시험값	적용
매립층	자갈섞인 실트질 모래	11	17.0~20.0	18.0	–	18.0
퇴적토(점토)	실트질 점토, 점토질 실트	5	16.0~18.0	17.0	–	17.0
퇴적토(모래)	자갈섞인 실트질 모래 모래섞인 실트질 자갈	24	17.0~20.0	18.0	–	18.0
풍화토(N<30)	실트질 모래	20	17.0~20.0	19.0	–	19.0
풍화토(N≥30)	실트질 모래	46	17.0~20.0		–	19.0
풍화암	굴진시 실트 및 모래로 분해됨	50	20.0~22.0	21.0	–	20.0
기반암(연암)	편마암	–	23.0~25.0	28.0	26.685	26.0

표 1.7 점착력(kPa) 선정결과 및 선정사유

지 층	지층구성	N값	문헌자료	설계적용사례	경험식(평균)	시험값	적용
매립층	자갈섞인 실트질 모래	11	0.0~30.0	0.0	9.5~14.3 (12.4)	18.9	18.0
퇴적토(점토)	실트질 점토, 점토질 실트	5	15.0~50.0	20.0	6.1~6.5 (6.4)	–	24.0
퇴적토(모래)	자갈섞인 실트질 모래 모래섞인 실트질 자갈	24	0.0~30.0	0.0	16.0~31.2 (25.5)	22.3	22.0
풍화토(N<30)	실트질 모래	20	0.0~100.0	19.8	14.0~26.0 (21.5)	16.40	16.0
풍화토(N≥30)	실트질 모래	46	0.0~100.0		27.0~59.7 (47.6	–	20.0
풍화암	굴진시 실트 및 모래로 분해됨	50	100.0~300.0	26.7	29.0~64.9 (51.6)	30.58	30.0
기반암(연암)	편마암	–	300.0~600.0	50.0	–	–	130.0

표 1.8 마찰각(°) 선정결과

지 층	지층구성	N값	문헌자료	설계적용사례	경험식(평균)	시험값	적용
매립층	자갈섞인 실트질 모래	11	25.0~30.0	25.0	26.5~31.5 (29.0)	27.5	27.0
퇴적토(점토)	실트질 점토, 점토질 실트	5	10.0~20.0	10.0	22.7~28.5 (25.7)	–	0.0
퇴적토(모래)	자갈섞인 실트질 모래 모래섞인 실트질 자갈	24	25.0~30.0	28.0	32.0~37.0 (34.3)	24.7	24.0
풍화토(N<30)	실트질 모래	20	25.0~30.0	27.0	30.5~35.5 (32.8)	26.20	26.0
풍화토(N≥30)	실트질 모래	46	25.0~30.0		38.5~43.5 (41.0)	–	28.0
풍화암	굴진시 실트 및 모래로 분해됨	50	30.0~35.0	31.0	39.5~44.5 (42.1)	31.51	31.0
기반암(연암)	편마암	–	30.0~40.0	35.0	–	–	33.0

표 1.9 변형계수(MPa) 선정결과

지 층	지층구성	N값	문헌자료	경험식(평균)	설계적용사례	시험값	적용
매립층	자갈섞인 실트질 모래	11	10.0~24.0	12.5~30.8 (19.2)	15.0	5.23	5.0
퇴적토(점토)	실트질 점토, 점토질 실트	5	5.0~10.0	6.0~14.0 (10.7)	5.0	–	5.0
퇴적토(모래)	자갈섞인 실트질 모래 모래섞인 실트질 자갈	24	17.0~28.0	19.0~67.2 (37.8)	20.0	7.17	7.0
풍화토(N<30)	실트질 모래	20	35.0~55.0	17.0~56.0 (32.1)	35.0	–	24.0
풍화토(N≥30)	실트질 모래	46	35.0~55.0	30.0~128.8 (69.1)		66.9	66.0
풍화암	굴진시 실트 및 모래로 분해됨	50	100.0~400.0	32.0~140.0 (74.8)	234.0	192~275	190.0
기반암(연암)	편마암	–	200~1,000	–	786.0	2,030	2,030.0

표 1.10 포아송비 선정결과

지 층	지층구성	N값	문헌자료	설계적용사례	시험값	적용
매립층	자갈섞인 실트질 모래	11	0.25~0.40	0.35	–	0.38
퇴적토(점토)	실트질 점토, 점토질 실트	5	0.20~0.50	0.40	–	0.39
퇴적토(모래)	자갈섞인 실트질 모래 모래섞인 실트질 자갈	24	0.25~0.40	0.35	–	0.35
풍화토(N<30)	실트질 모래	20	0.30~0.45	0.30	–	0.34
풍화토(N≥30)	실트질 모래	46	0.30~0.45		–	0.34
풍화암	굴진시 실트 및 모래로 분해됨	50	0.28~0.40	0.28	–	0.33
기반암(연암)	편마암	–	0.25~0.30	0.25	–	0.28

표 1.11 투수계수(cm/sec) 선정결과

지층	구성성분	문헌자료	인근 설계사례	현장시험 값	적용
매립층	자갈섞인 실트질 모래	1.0×10^{-3} ~ 1.0×10^{-5}	9.24×10^{-4}	–	1.8×10^{-3}
퇴적층(점토)	실트질 점토	1.0×10^{-4} ~ 1.0×10^{-6}	1.00×10^{-4}	2.04×10^{-4}	2.0×10^{-4}
퇴적층(모래)	실트질 모래 및 모래섞인 자갈	1.0×10^{-3} ~ 1.0×10^{-5}	4.54×10^{-4}	1.61×10^{-3} ~ 5.68×10^{-4}	1.6×10^{-3}
풍화토(N<30)	실트질 모래	1.0×10^{-3} ~ 1.0×10^{-5}	7.68×10^{-5}	2.71×10^{-4}	2.7×10^{-4}
풍화토(N≥30)	실트질 모래	1.0×10^{-3} ~ 1.0×10^{-5}		3.16×10^{-4}	3.1×10^{-4}
풍화암	실트질 모래 및 암편	$1.0\times10^{-0}3$ ~ 1.0×10^{-05}	2.45×10^{-4}	4.18×10^{-5}	4.2×10^{-5}
연 암	편마암류	1.0×10^{-4} ~ 1.0×10^{-9}	8.70×10^{-5}	5.97×10^{-5} ~ 2.43×10^{-5}	5.9×10^{-5}
차수그라우팅	–	–		–	1.0×10^{-5}

표 1.12 수평지반반력계수 산정결과

지 층	Hukuoka경험식 (kN/㎥)	Soletanche Table (kN/㎥)	인근설계적용K_h (kN/㎥)	설계적용K_h (kN/㎥)
매립층	18,293	18,000	13,280	18,000
퇴적층(점토)	13,282	11,500	10,790	11,000
퇴적층(모래)	25,110	26,500	18,290	25,000
풍화토(N<30)	23,318	27,500	27,500	23,000
풍화토(N≥30)	33,827	30,000		30,000
풍화암	33,800	39,500	39,500	33,000
기반암(연암)	–	58,000	58,000	58,000

☑ 지층별 설계지반정수 산정요약

표 1.13 설계지반정수 산정결과 요약

지층	γ (단위중량) (kN/㎥)	c(점착력) (kPa)	ϕ (내부마찰각) (°)	변형계수 (MPa)	지반반력계수 (kN/㎥)	v (포아송비)	투수계수 (cm/s)
매립층	18.0	**18.0***	**27.0***	**5.0***	18,000	0.38	**1.8×10^{-3}***
퇴적층(점토)	17.0	24.0	0.0	5.0	11,000	0.39	**2.0×10^{-4}***
퇴적층(모래)	18.0	**22.0***	**24.0***	**7.0***	25,000	0.35	**1.6×10^{-3}***
풍화토(N<30)	19.0	**16.0***	**26.0***	24.0	23,000	0.34	**2.7×10^{-4}***
풍화토(N≥30)	19.0	20.0	28.0	**66.0***	30,000	0.34	**3.1×10^{-4}***
풍화암	20.0	**30.0***	**31.0***	**190.0***	33,000	0.33	**4.2×10^{-5}***
기반암(연암)	**26.0***	130.0	33.0	**2,030.0***	58,000	0.28	**5.9×10^{-5}***

* "1차_금천구 가산동 345-48번지 지식산업센터 신축개발사업부지 지반조사보고서" 및 "2차_가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사보고서" 시험값 적용

1.3 지하수 변화에 의한 영향

1.3.1 지하수 수리특성 분석

☑ 지하수 변동량 조사

관측망 조사 위치

- 과업지역에서 가장 근접하여 위치하는 것으로 조사된 국가지하수관측망 2개소, 보조지하수관측망 3개소 및 하천수위관측망 1개소의 연간 변동량을 조사하였으며, 조사위치는 다음과 같다.

국가 및 보조 지하수 관측망 위치



표 1.14 지하수 관측소 정보

지하수 관측소		표고 EL.(+)m	위치	이격거리	비고
국가지하수	광명 철산	11.16	경기도 광명시 철산동 15	2.6km	
	광명 소하	14.47	경기도 광명시 소하동 1346	2.6km	
보조지하수	구로구청	13.15	서울특별시 구로구 구로동 435	2.8km	
	안천중학교	12.96	서울특별시 금천구 독산동 1089	1.3km	
	군인아파트	22.38	서울특별시 금천구 독산동 1011-26	1.5km	
하천수위	서울시(오금교)	-	서울특별시 양천구 신정동 오금교	4.3km	

검토결과

· 과업위치 인근에서 유효한 지하수 관측자료를 획득할 수 있는 지하수 관측망은 광명 철산, 광명 소하 국가지하수, 구로구청, 안천중학교, 군인아파트 보조지하수관측망과 서울시(오금교) 수위관측소로 확인됨

⇨ 설계 지하수위 산정을 위한 기초자료로 활용

1.3 지하수 변화에 의한 영향

☑ 하천수위 관측망 조사

• 과업위치에서 가장 인접한 하천수위 관축소인 서울시(오금교) 관측소를 분석하였으며, 조사 결과는 다음과 같다.

하천수위 관측소(오금교) 위치



검토결과	· 과업지역 인근 하천수위 관측망인 서울시(오금교) 관측소 하천수위 변화를 조사하였고 최고수위는 5.91m 최저수위는 0.77m로 연간 변동폭은 5.14m로 확인되었다. ➜하천수위 연간변동폭은 5.14m로 조사됨

1.3 지하수 변화에 의한 영향

☑ 인접하천 수위변동 조사

- 하천수위는 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)의 제공된 관측자료를 인용하여 사업부지 인접한 안양천의 서울시(오금교), 서울시(시흥대교)의 최근 3년간(2018~2020년) 관측된 일평균 수위자료를 활용하였다.
- 검토결과 서울시(오금교)의 최근 3년 중 연중 하천수위 변동폭은 0.7754m~5.9146m로 나타났으며, 2020년 08월 06일에 최고 하천수위 EL.(+)5.9146m, 최저 하천수위 EL.(+)0.7754m로 하천수위 변동 폭(최고-최저)은 5.3192m로 나타났다.
- 서울(시흥대교)의 최근 3년 중 연중 하천수위 변동폭은 0.4446m~1.9921m로 나타났으며, 2020년 08월 06일에 최고 하천수위 EL.(+)1.9921m, 최저 하천수위 EL.(+)0.4446m로 하천수위 변동 폭(최고-최저)은 1.5475m로 나타났다.

검토결과	· 과업지역 인접하천의 3년(2018년~2020년)간의 일수위자료 검토결과 최대변동폭 5.3192m로 조사됨 ➜침투해석을 통한 지하수위 상승고 검토결과와 비교하여 최대값을 연간 변동폭으로 적용

☑ 인접하천 계획 홍수위 조사

- 인접하천의 계획 홍수위 조사를 위해 안양천 하천기본계획(변경)보고서를 참고하였으며, 사업부지 인근의 제방고(우안)는 EL.+15.74m이며, 계획홍수위는 EL.+14.61m로 조사되었다.
- 사업부지에서 인접하천는 약 60.0m 이격되어 있으며, 제방고(우안)과 계획홍수위 조사결과 1.13m의 제방 여유고를 확보하는 것으로 계획되어있다.

검토결과	· 과업지역 인접하천의 하천기본계획 검토결과 과업지역에서 제방까지의 이격거리는 약 60.0m이며, 1.13m의 제방 여유고를 확보한 것으로 조사되었으며, 하천범람에 의한 사업부지 지하수위에 영향은 미미한 것으로 사료됨

1.3 지하수 변화에 의한 영향

☑ 지하수위 및 인근 관측소 조사결과

표 5.1 관측자료에 의한 조사결과

구 분		표고 EL.(+)m	최고		최저		변동폭 (m)
			EL.(+)m	GL.(−)m	EL.(+)m	GL.(−)m	
국가 관측망	광명 철산	11.16	5.51	5.65	4.72	6.44	0.79
	광명 소하	14.47	8.83	5.64	8.44	6.03	0.39
보조 관측망	구로구청	13.15	−0.22	13.37	−2.29	15.44	2.07
	안천중학교	12.96	9.83	3.13	7.51	5.45	2.32
	군인아파트	22.38	13.72	8.66	9.53	12.85	4.19
하천수위	서울시(오금교)	–	5.91	–	0.77	–	5.14
	서울시(시흥대교)	–	0.44	–	1.99	–	1.55

검토결과

· 과업지역 인근 관측자료를 통한 연간 지하수위 및 하천수위의 변동폭 조사결과 하천수위 관측소(오금교)에서 5.14m로 가장 큰 것으로 조사됨

➜침투해석을 통한 지하수위 상승고 검토결과와 비교하여 최대값을 연간 변동폭으로 적용

1.3.2 현장 지하수 조사

☑ 지하수위 분포

• 지하수위 측정은 24~72시간 경과한 뒤에 지하수위를 측정하였다. 지반조사 시 수행한 장기 지하수위 측정결과는 다음과 같다.

시험목적	· 지하수위 분포 현황을 파악하기 위하여 시추공 내에서 지하수위를 측정함 · 시추공 내의 지하수위를 측정하여 기초 굴착 시 배수처리대책, 침투류 해석, 조사지역에 대한 전체적인 지하수위 분포 상태 등을 파악하기 위해 실시함

표 4.1 지하수위 측정 결과

공 번	표고 (E.L(+)m)	지하수위 (24시간) G.L(−)m	지하수위 (48시간) G.L(−)m	지하수위(72시간)		분포 지층	조사 일자
				G.L(−)m	E.L(−)m		
BH−1	10.05	17.00 (17.15)	17.50 (17.65)	17.90 (18.05)	7.85	풍화토	20.02.03
BH−2	10.35	16.80 (16.65)	17.40 (17.25)	17.70 (17.55)	7.35	풍화토	20.02.03
BH−3	10.10	16.60 (16.70)	17.00 (17.10)	17.30 (17.40)	7.20	풍화토	20.02.01
BH−4	10.07	16.00 (16.13)	16.40 (16.53)	16.60 (16.73)	6.53	풍화토	20.02.02
BH−5	10.50	15.50 (15.20)	15.80 (15.50)	15.90 (15.60)	5.40	풍화토	20.02.02
NBH−1	10.25	16.80 (16.75)	17.00 (16.95)	17.10 (17.05)	6.85	풍화토	21.03.23

주1) 기준 Level; EL.(+)10.20m = G.L(±)0.0m

주2) ( )의 GL값은 기준 Level로부터 산정함

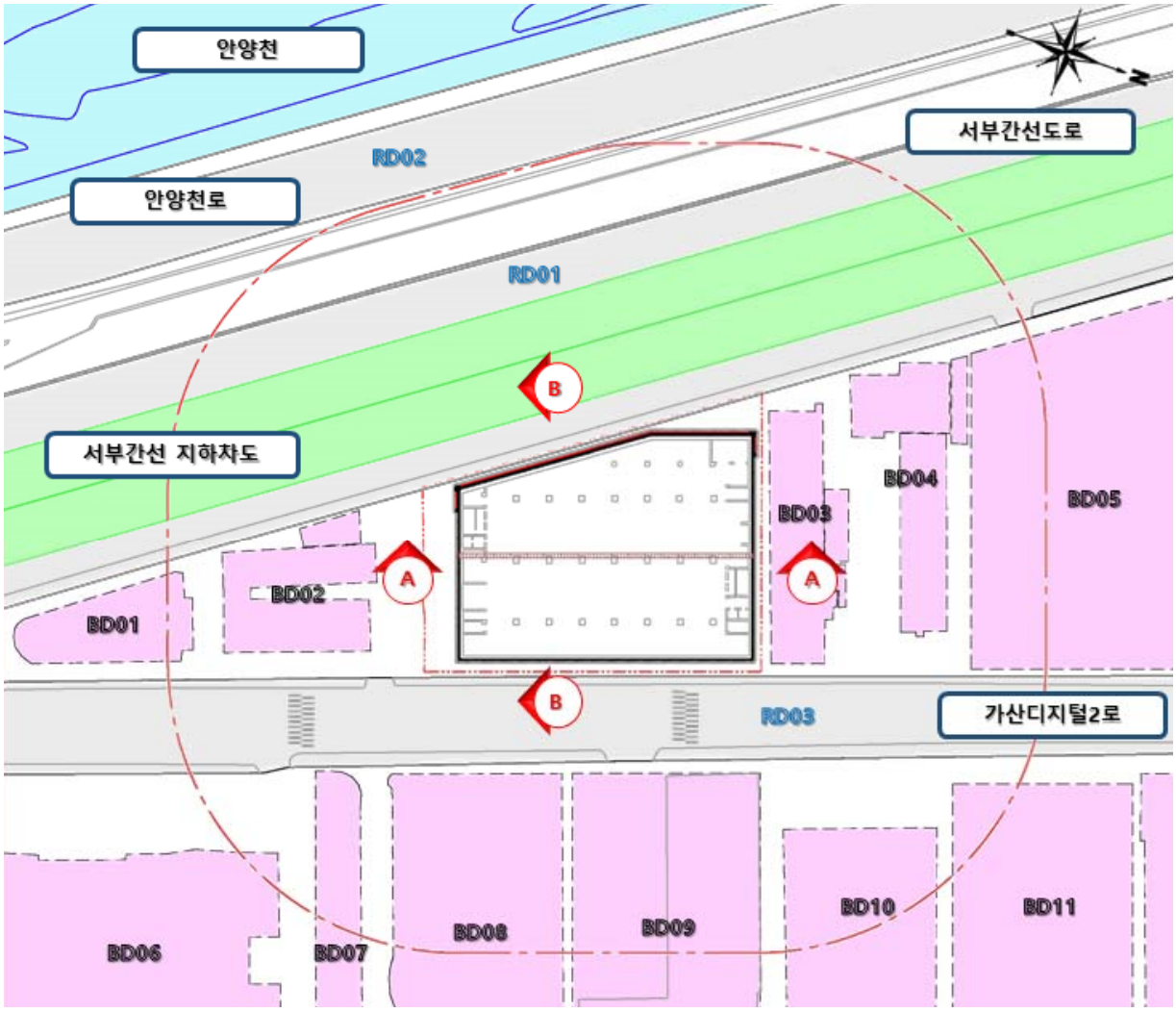
검토결과	· 본 조사지역의 지하수위는 지반조사시 지표면 기준 G.L(−) 15.90 ~ 17.90m (E.L(−) 5.40 ~ 7.85m) 범위로 분포하며 풍화토층 내에 수위가 존재하고 있는 것으로 나타남 · 측정된 공내지하수위는 조사시기에 해당하는 일시적인 것이며 공내지하수위는 계절의 변화, 강우량, 주변지역의 토공작업 등에 따른 지하수유출과 같은 요인으로 인하여 변화 될 수 있다는 점에 유의함.

1.3 지하수 변화에 의한 영향

☑ 강우에 따른 지하수위 상승고 산정

- 사업대상 부지의 초기지하수위 산정에 사용되는 강우강도는 기상청에서 제시한 과거 50년간 실측값을 토대로 산정하였다(http://www.kma.go.kr).
- 사업부지에서 가장 근접한 서울 기상관측소의 50년간의 일강수량 발생일을 검색하여 최대강수량 발생일을 분석하였다.
- 검토결과 서울 기상관측소에 과거 50년간 관측된 최대 강수량은 1998년 8월 8일의 332.8mm/day이고, 이날을 기점으로 30일 강우량을 반영하여 30일간 강우강도를 적용하였다.
- 강우에 따른 지하수위 상승고를 산정하기 위해 각 대표단면에 대하여 침투해석을 수행하였다.
- 본 사업부지는 대규모 사업로 각 해석 단면의 공내 지하수위 측정 결과 값으로 침투해석에 적용하는 초기지하수위로 선정하였고, 각 단면별 위치 및 모델링은 아래와 같다.

해석 단면 위치



1.3 지하수 변화에 의한 영향

■ 해석단면 A-A

지하수위 상승해석 단면도

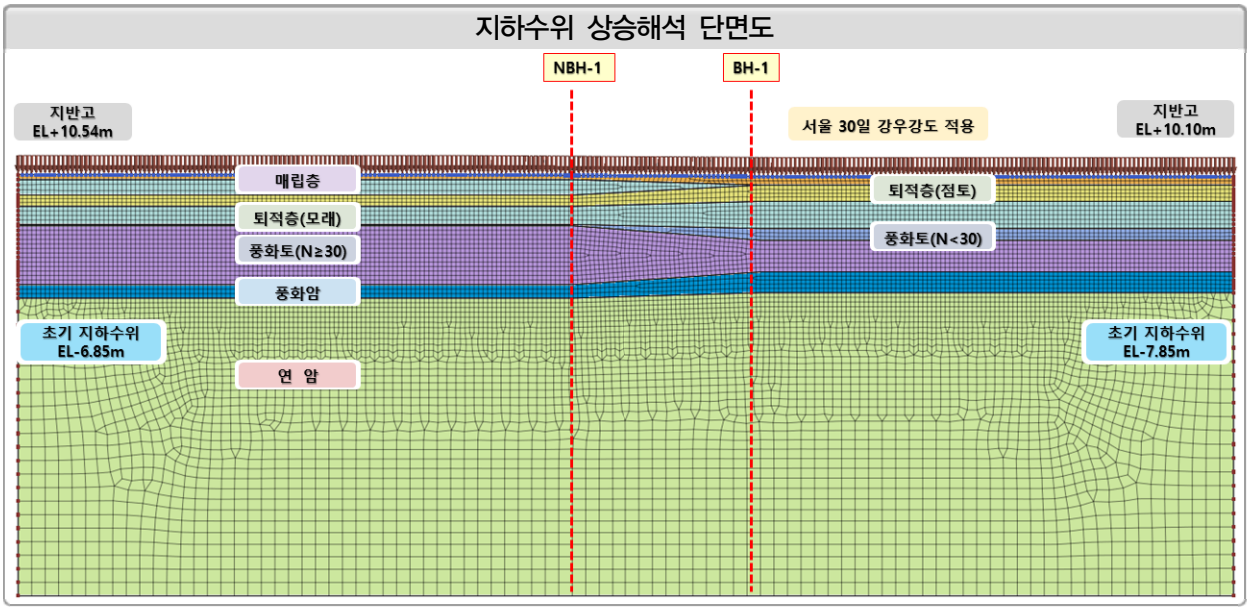
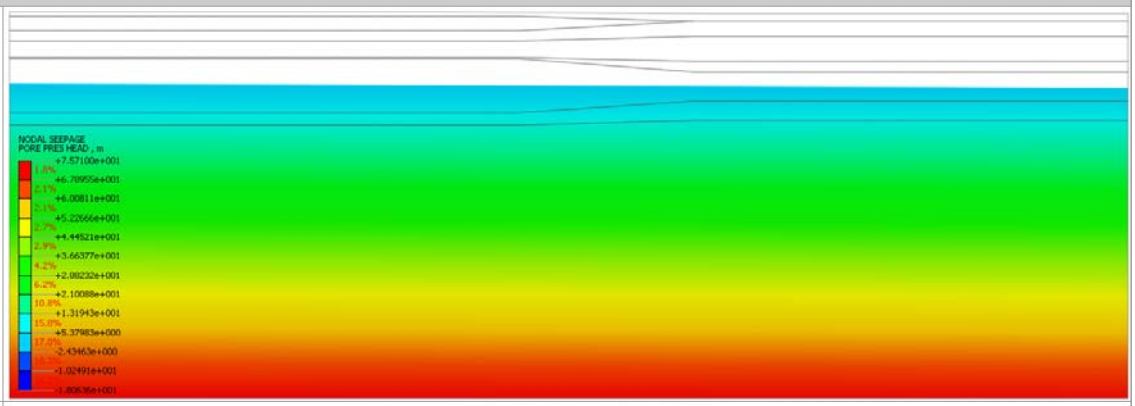
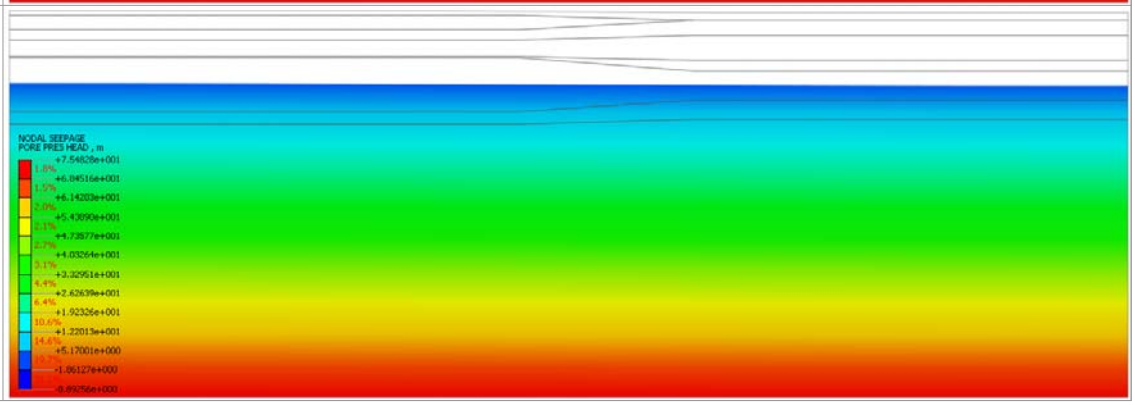


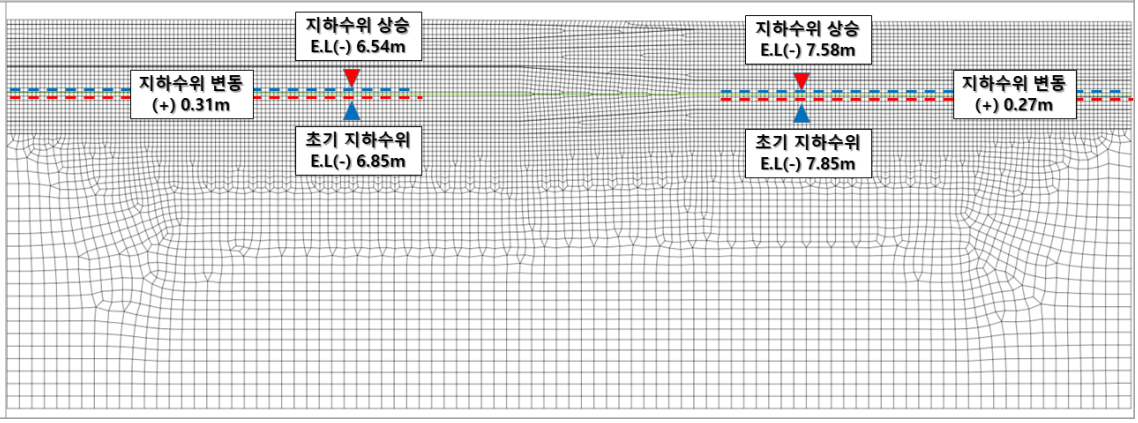
표 1.15 단면 A-A 침투해석 결과

단면 A-A	
초기 지하수위	
강우강도 적용 (120일)	

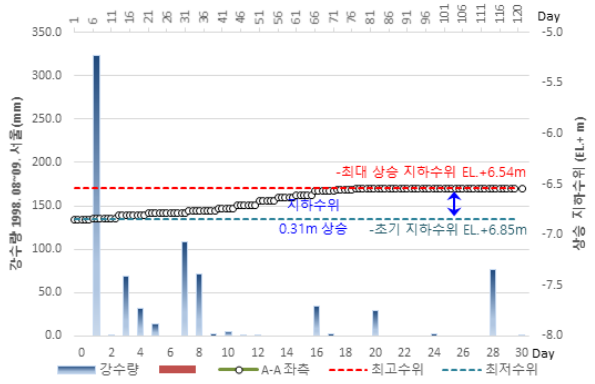
1.3 지하수 변화에 의한 영향

단면 A–A

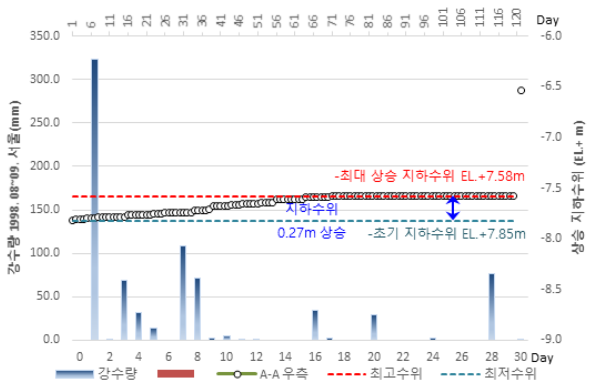
강우강도 적용 (120일)



단면 A–A 좌측



단면 A–A 우측



해석단면 B–B

지하수위 상승해석 단면도

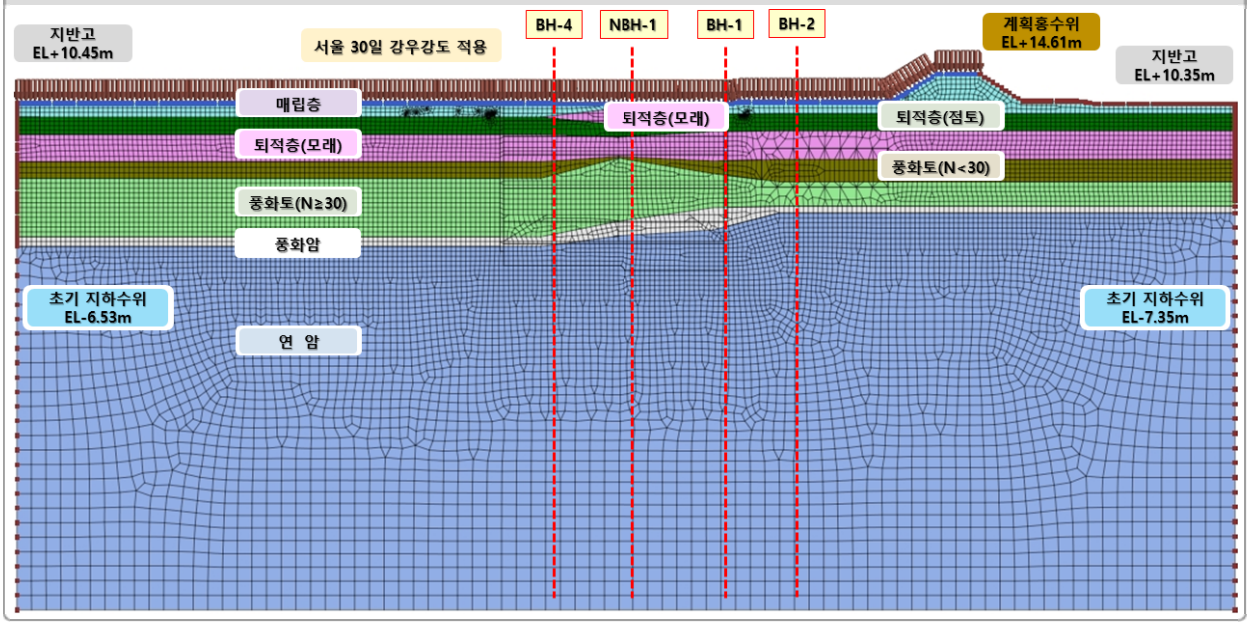
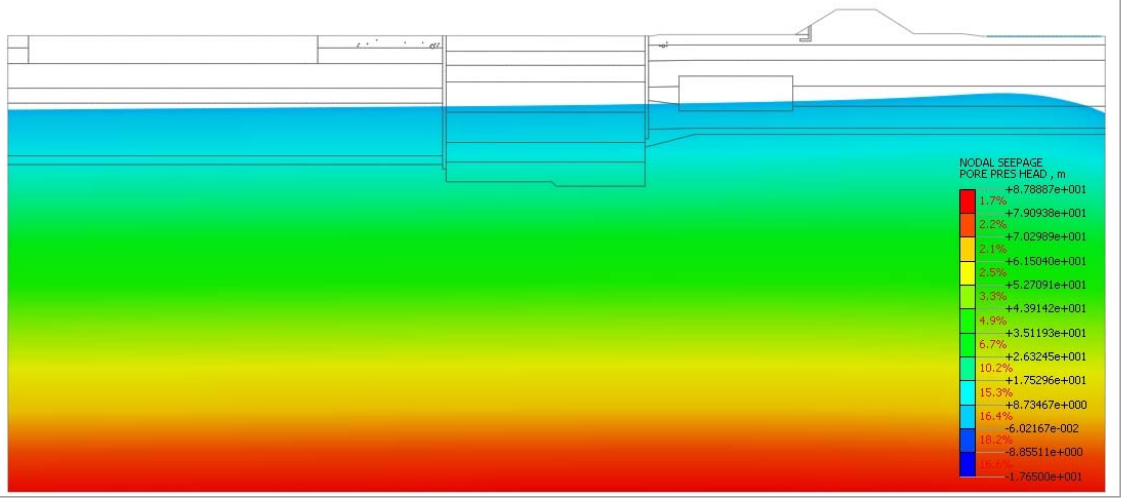
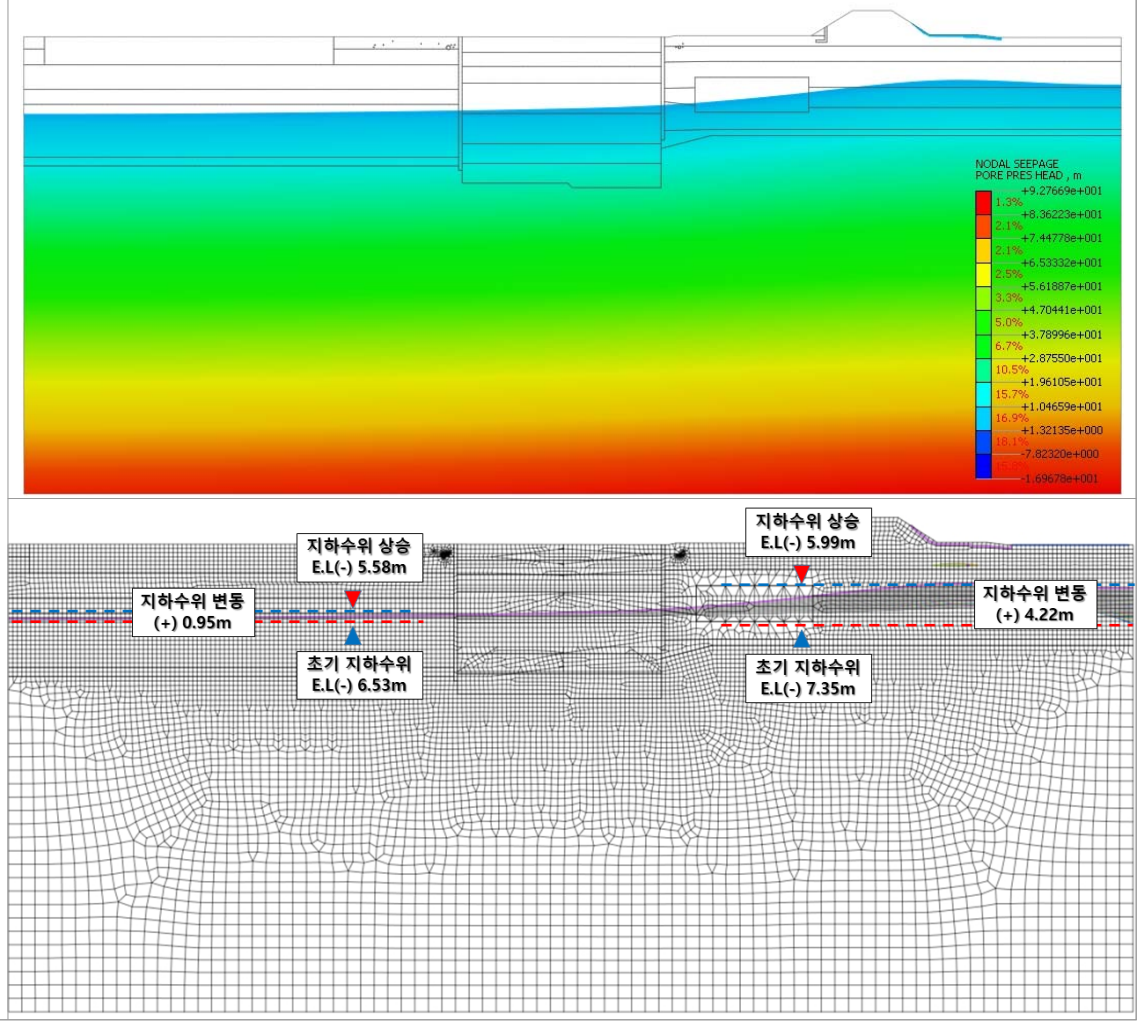
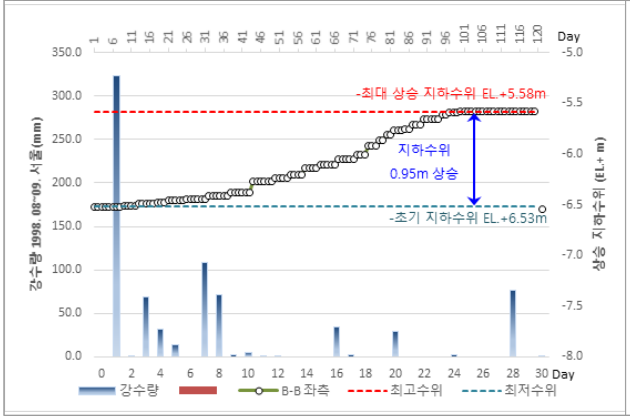
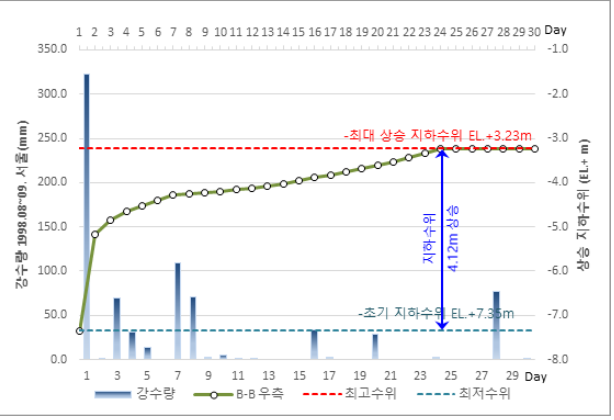


표 1.16 단면 B–B 침투해석 결과

단면 B–B	
초기 지하수위	

단면 B–B	
강우강도 적용 (120일)	

1.3 지하수 변화에 의한 영향

단면 B–B 좌측	단면 B–B 우측
	

침투해석 상승검토 결과

표 1.17 단면별 침투해석 결과

구 분	지하수위 상승고(m)		비고
	좌측	우측	
단면 A–A	0.31	0.27	
단면 B–B	0.95	4.12	

검토결과

- 대규모 사업으로 각 해석단면 시추공의 공내 지하수위를 초기지하수위로 해석하였고, 50년간 관측된 최대 강수량을 기점으로 120일을 강우강도로 적용한 결과 0.27~4.12m의 상승변화를 확인하였다.
- 단면 B–B 우측은 상승수위 검토시 인접하천인 안양천의 홍수위인 EL+14.61m를 해석시 반영하여 사업구간의 상승수위를 확인하였다.

1.3 지하수 변화에 의한 영향

요약문 I

☑ 지하수위 상승을 고려한 설계 지하수위 선정 결과

• 국가 지하수 관측망, 보조 지하수 관측망 자료조사를 통한 지하수의 변동폭과 50년 빈도의 최대 강수량을 반영한 침투해석 결과 값을 종합적으로 고려하여 최대 지하수위 상승고를 결정하였다.

표 1.18 지하수위 상승폭 결정

구 분			변동폭(m)	비 고
지하수 관측망 조사	국가 관측망	광명 철산	0.79	지하수 관측망 조사의 보조관측망 및 침투해석 결과를 고려하여 보수적으로 변동폭 5.14m를 적용
		광명 소하	0.39	
	보조 관측망	구로구청	2.07	
		안천중학교	2.32	
		군인아파트	4.19	
	하천 관측망	서울시 오금교	**5.14**	
		서울시 시흥대교	1.55	
강수량을 고려한 침투해석 결과			4.12	

• 본 과업구간에 대한 지반조사 결과 측정된 가장 보수적인 관측 지하수위에서 지하수위 상승폭 결정에 따른 설계 지하수위 검토결과는 아래의 표와 같다.

표 1.19 설계적용 지하수위 산정 결과

구 분		단면표고 EL.(+)m	관측지하수위 EL.(−)m	최대변동폭 (m)	설계 지하수위		비고
					EL.(−)m	GL.(−)m	
단면 A–A	좌측	10.54	6.85	5.14	1.71	11.91	각 단면별 지하수위 최대 변동폭 적용
	우측	10.10	7.85	5.14	2.71	12.91	
단면 B–B	좌측	10.45	6.53	5.14	1.39	11.59	
	우측	10.35	7.35	5.14	2.21	12.41	

주1) 기준 Level; EL.(+)10.20m = G.L(±)0.0m

주2) 설계지하수위 G.L값은 기준 Level로부터 산정함

1.3.3 광역지하수 흐름 분석

☑ 평가개요 및 목적

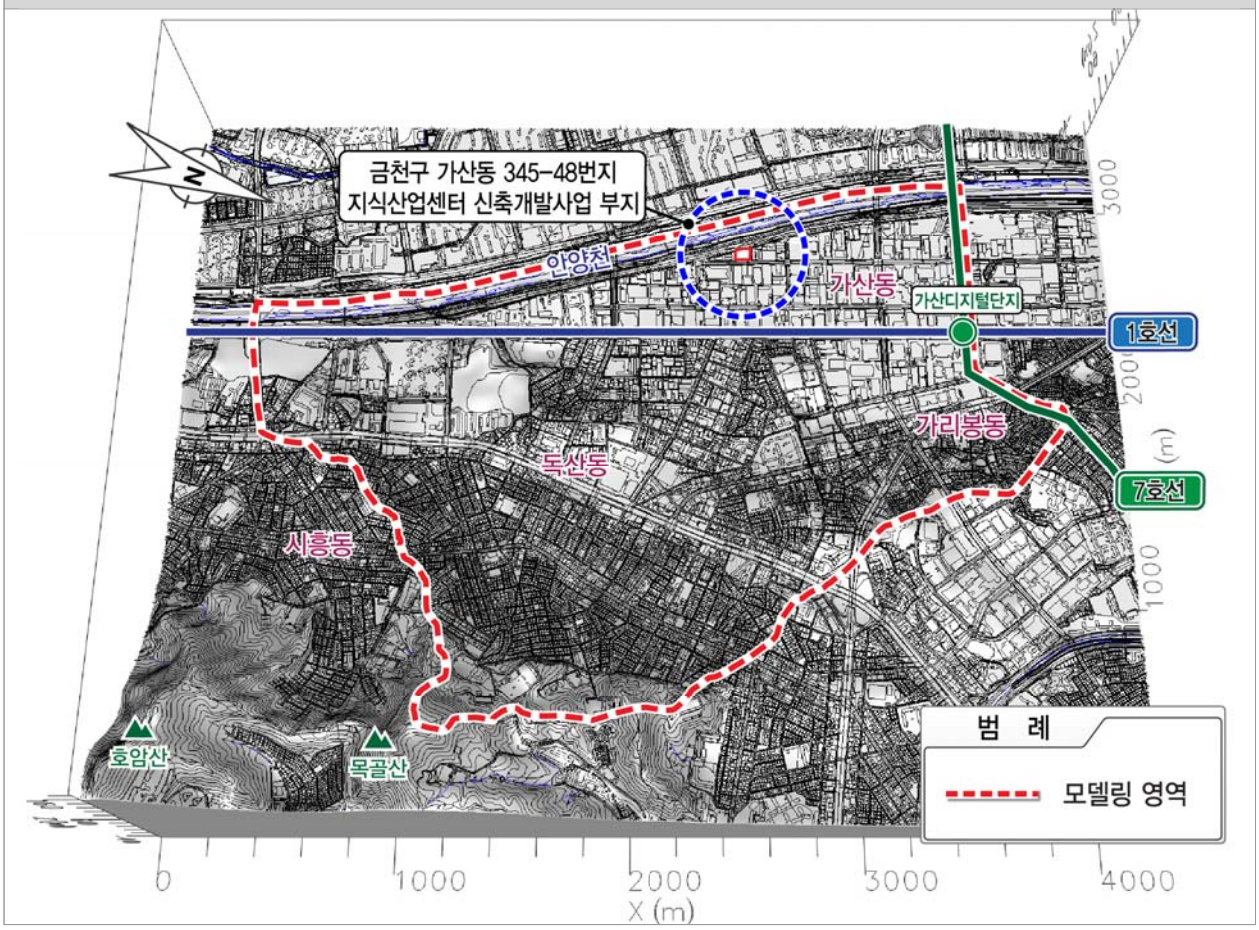
- 국내의 지형적인 특성 상 지하 공간 활용을 극대화하기 위해 지하구조물 건설 등을 통해 국토의 효율적인 발전을 도모하고 있지만, 이러한 지하구조물 건설에 따라 지하수 관련 환경 문제가 대두되어 이는 결국 환경갈등으로 이어지고 있다.
- 인위적인 지반 절토 및 굴착은 수리적으로 지하수가 배출되는 역할을 하므로, 굴착구간 주변 지하수계에서는 자연상태의 지하수 흐름이 교란되고, 지하수위 저하가 초래되어 주변 수리/수문 환경에 직 · 간접적인 영향을 미칠 수 있으며, 특히, 지하수 유출 정도에 따라서는 장기적으로 지반침하나 생태계의 변화 등 굴착구간 주변의 환경에 심각한 악영향을 초래할 수 있다.
- 따라서, 지하 굴착이 인근 인근에 미치는 환경적 영향을 정확하게 평가하기 위해서는 굴착 구간에 따른 지하수 유출의 정량적 평가 및 예측이 필수적으로 요구되며(김남훈, 2009), 이를 위해 3차원 지하수 수치 모델의 사용이 불가피하다.
- 금회 모델링 분석은 서울특별시 가산동 345-48번지 일원 지식산업센터 신축개발사업 중 지하 굴착 공사가 주변 지하수계에 미치는 영향을 정량적으로 평가하고자 수행되었으며, 이를 통해 굴착으로 인해 저하된 지하수위의 회복시기를 예측/분석하고, 흙막이공법 및 차수그라우팅 적용에 따른 공사구간 내 유입량 분석을 통해 흙막이벽체의 차수효과를 검증하였다.

☑ 모델설계

1) 모델영역 설정

- 지하수 유동 모델에서 가장 먼저 수행해야할 단계는 유역 내 지형 및 수계 등을 활용 및 분석하여 모델링을 수행하기 위한 모의 대상 영역을 설정하는 것이다.
- 과업지역은 행정구역상 서울특별시 금천구 가산동 345-48번지 일원에 해당하며, 굴착 구간은 데이터센터 신축개발사업 현장이다.
- 과업부지의 서쪽으로는 안양천이 북류하여 한강으로 합류하고, 북쪽으로는 도림천이 서류하여 안양천과 합류한다. 동남쪽으로는 목골산이 위치하고 있다.
- 과업부지에 인접하여 동-서 방향으로 가로지르는 지하철 7호선이 지하로 운행중에 있으며, 남-북 방향으로 지하철 1호선이 운행중이나 지상에 위치한다.
- 모델의 영역은 굴착 구간을 중심으로 발생하는 지하수 흐름의 변화, 지하수위 강하 범위 등을 고려하여, 과업부지 서쪽의 안양천, 북쪽의 도림천, 동남쪽의 목골산이 모두 포함되도록 가로 4,180 × 세로 3,280m로 충분히 넓게 설정하였으며, 지하수 분수령으로 적용할 수 있는 능선과 지하철 노선, 하천을 기준으로 모델경계를 설정하였다.

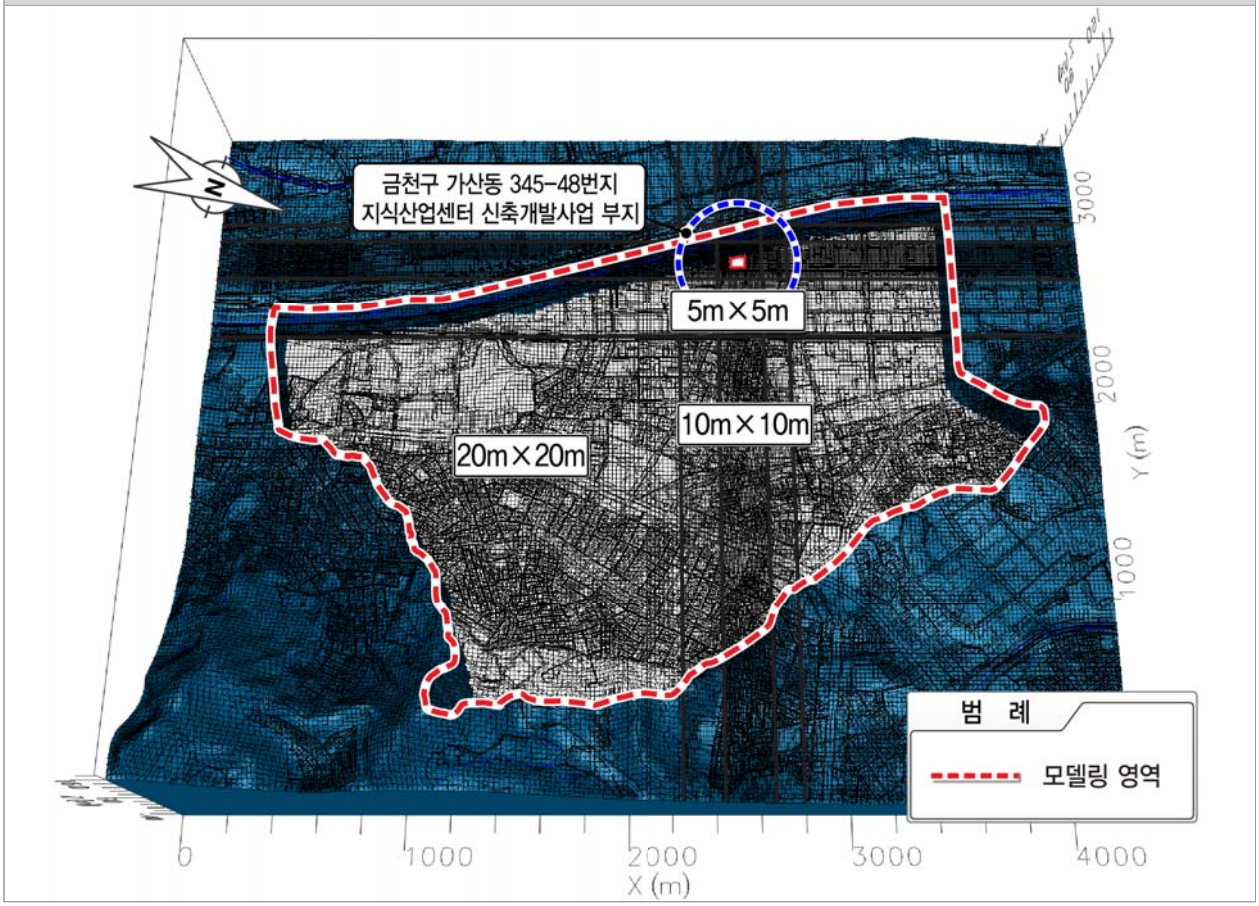
모 델 영 역



2) 격자망 구성

- 지하수 유동 모델을 적용할 때 가장 중요한 단계는 격자망을 설계하는 단계이다. 일반적으로 격자가 세격자(조밀한 격자)일수록 보다 정확한 해를 구할 수 있다. 따라서, 정확한 답을 구하고자 하는 구간은 세격자를, 세부적인 해답이 필요하지 않은 구간은 조격자를 설정한다.
- FDM, IFDM, FEM 등 개개의 수치방법은 그 자체의 특성이 있기 때문에 이를 최대한 고려해서 격자를 설정해야 한다. 특히, 지하지질구조에 따른 경계면은 정확히 파악할 수가 없기 때문에 이로 인한 오차는 불가피하다.
- 본 모델의 격자망(grid)은 257행 × 203열 × 4층, 총 208,684개의 블록으로 구성하였다. 본 수치모델링의 주요 분석대상인 지식산업센터 신축개발사업 부지는 지하수 유동 체계 특성을 정밀하게 모사하기 위하여 각 셀(cell)의 크기는 5m × 5m의 세격자망(fine grid)으로 생성하였다.
- 사업부지 외 지역은 10m, 20m의 조격자로 설정하여 격자 세분화에 따른 계산 오차를 최소한으로 줄이고자 하였으며, 동시에 전산시간을 줄이는 등의 모델의 효율성을 제고하였다.

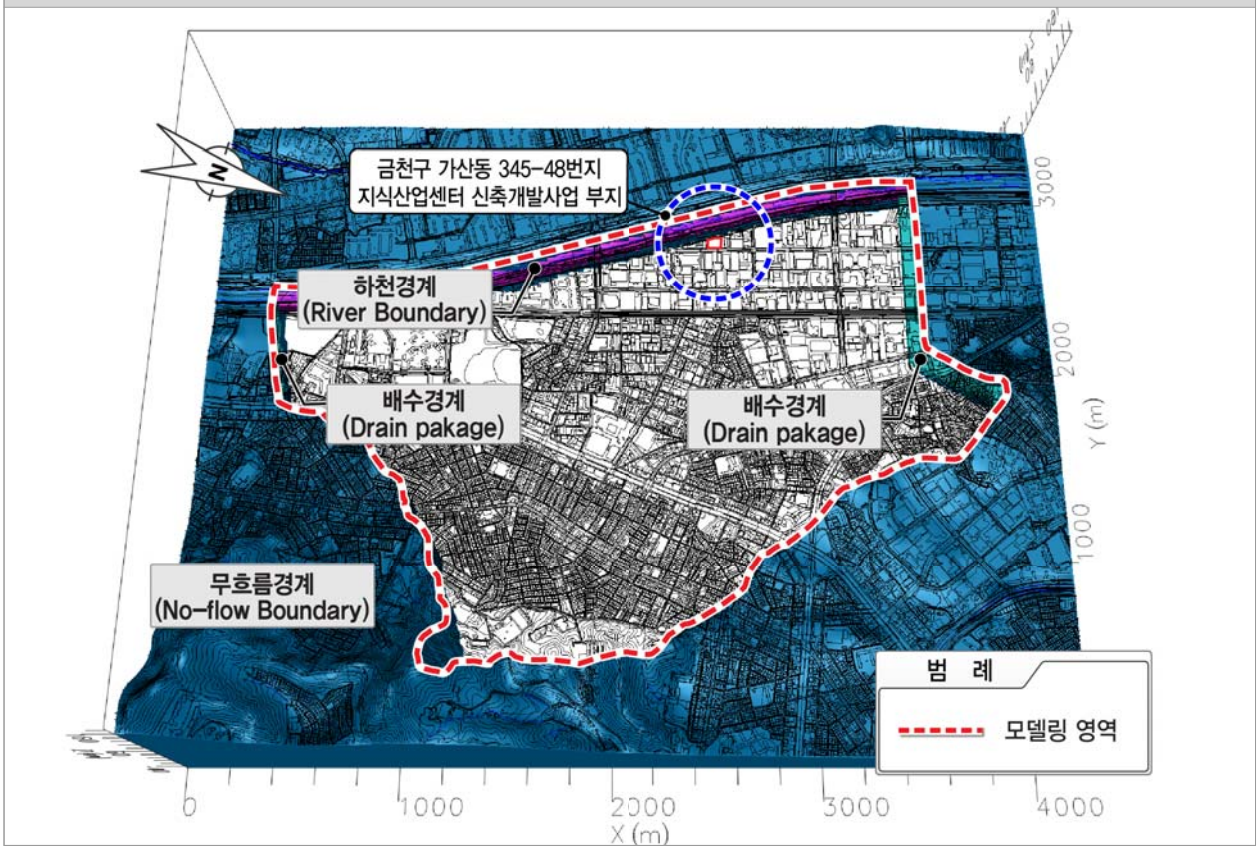
모 델 격 자 망



3) 경계조건 설정

- 경계조건(Boundary Condition)은 모사하려는 영역의 수리적인 경계를 이용하여 도출해내며, 경계면들에 수두(head)와 전도계수(conductance) 등의 종속변수 값을 입력하는 형태로서 지하수계를 합리적으로 모사하는데 있어 필요한 추가 정보를 제공한다. 반면에 합리적이지 못한 경계조건은 현존하는 지하수계의 양상을 비현실적으로 왜곡하여 모사하기 때문에 경계조건 설정은 면밀한 검토가 요구되는 중요 사항이라고 할 수 있다.
- 과업유역 내에 분포하는 지하철 7호선 및 역사는 지속적인 지하수 유출 발생으로 인한 인위적인 수두손실이 발생하였을 것이므로, 이를 모델에 반영하기 위해 배수경계(Drain pakage)로 설정하였다.
- 목골산의 계곡부로부터 발원한 소하천은 도심지를 가로질러 서쪽의 안양천으로 배출되며, 복개천의 형태로 존재하므로 배수경계(Drain pakage)로 설정하였다.
- 서쪽에 위치하여 북류하는 안양천은 하천경계(RIVER Boundary)로 설정하였다.
- 과업부지의 서쪽에 분포하는 안양천과 과업부지 남동쪽에 위치한 목골산, 과업부지 주변의 지하철 노선 외곽은 사업부지의 굴착으로 인한 지하수의 영향이 발생하지 않는 무흐름 경계(No flow boundary)로 설정하여, 경계 외부는 모델에서 계산이 되지 않도록 하여 모델의 효율성을 제고하였다.

경 계 조 건



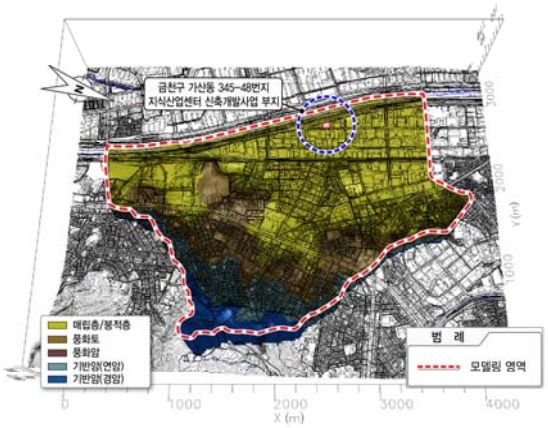
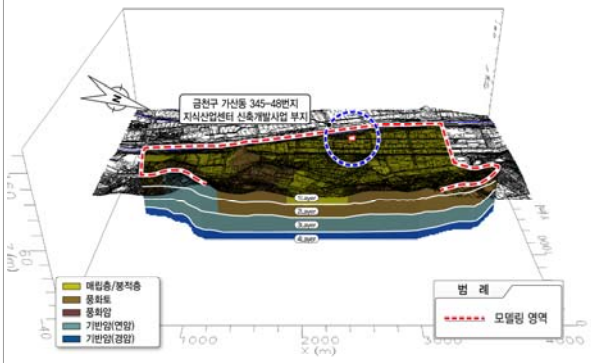
4) 수리지질조건 설정

- 과업지역은 편마암류를 기반암으로 그 상부에 기반암인 편마암의 풍화암과 점토, 모래, 자갈로 구성된 매립토, 퇴적층 등의 미고결층이 분포하고 있다.
- 현장 시추조사, 수문 지질도 등의 자료를 분석하여 모델영역 내 수리전도도 분포지역을 4개로 구역화(Zoning)하였다.
- 각 지층의 수리전도도는 현장시험 값으로 획득한 값을 초기 입력 값으로 활용하였고, 암종별 비산출율과 공극율 등은 양수시험 및 기타 문헌을 검토하여 적용하였다. 정류보정단계에서 경험값 및 문헌 값 등을 고려하여, 각 지층별 수리지질인자의 최적값을 산출하였다.
- 모델보정을 통해 도심지의 함양량은 연평균 강수량의 0.25%에 해당하는 3.2mm/yr, 그 외 지역은 지표 비폭 형태 및 지형의 특성에 따라 연평균 강수량의 14.60%~15.85%인 186.0~202.0mm/yr을 적용하였다.

1.3 지하수 변화에 의한 영향

표 1.20 보정과 최적의 수리지질인자 결정

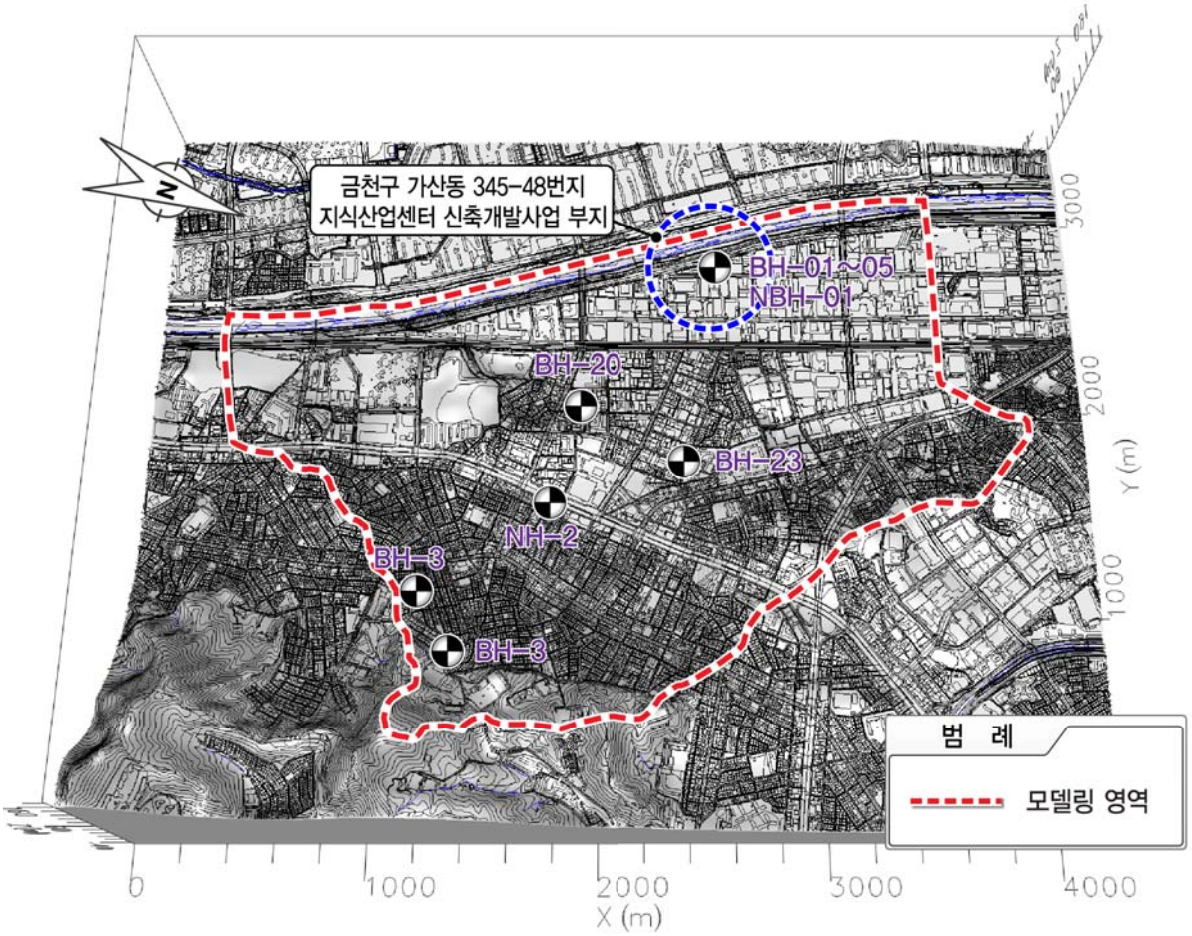
구 분	수리전도도 (cm/sec)	비저류계수 (Ss)	비산출율 (Sy)	유효공극율 (ne)	함양량 (mm/year)
매립토/붕적토	9.11E-04	0.2	0.20	0.25	3.2~202.0
풍화대	2.94E-04	5.0E-02	0.05	0.15	
기반암(연암)	5.97E-05	6.25E-03	0.01	0.10	
기반암(경암)	8.50E-06	1.00E-03	0.01	0.05	

수리전도도 평면분포	수리전도도 단면분포
	

5) 관측정 설정

- 모델 수행으로 획득한 모델 결과치가 현재 지하수계를 합리적으로 모사했는지에 대한 정량적인 평가를 위해서는 우선 현장에서 실제로 측정한 지하수위 자료의 획득이 우선시 되어야 한다.
- 본 사업을 위한 지반조사 시 수행한 시추조사공(BH-01~05, NBH-01)에서 측정한 지하수위를 과업부지의 관측정 수위 값으로 활용하였다.
- 또한, 광역모델에서 국부적인 지하수위 관측자료만 사용 시, 모델 결과에 대한 신뢰도가 저하될 수 있으므로 신뢰도를 제고하기 위해, 모델 영역 내 보조지하수관측망 1개소(관측소명 : 두산아파트)를 활용 하려 했으나 자료가 제공되지 않아 기시추된 자료 5개소를 혼합하여 총 10개소의 지하수위 자료를 활용하였다.

지하수위 관측정 위치



1.3 지하수 변화에 의한 영향

요약문 I

☑ 단계별 굴착심도에 따른 지하수위 강하량 및 유입량

- 굴착단계에 따라 투수성이 불량한 기반암(연암) 구간의 굴착심도가 깊어지면서 수위강하량은 최대 9.16m까지 증가하였다.
- 굴착완료 후, 방수공사를 즉각 수행함에 따라 굴착 후 6개월 이내에 수위가 50%까지 회복되었고, 6년 이내에 96%까지 회복되었다.
- 0.5m 수위강하가 발생하는 영향거리는 굴착 단계에 따라 점차 증가하며, 굴착 완료 후 점차 감소하다가 굴착완료 6년 이내에 굴착경계 내외부에서 전부 소멸되는 것으로 예측되었다.
- 여기서 분석된 수위강하량은 굴착바닥면을 포함하여 굴착구간 전체에 대한 굴착단계별 최대 수위강하량 값으로, 실제 시공 시 굴착바닥으로부터 유입되는 지하수는 모두 양수처리 될 것이므로 이를 현장 수위강하량 값으로 적용하기에는 무리가 있다.

표 1.21 굴착단계별 지하수위 강하량 및 지하수 유입량

굴착단계	굴착기간(일)	지하수위 강하량(m)		지하수 영향거리(m)		비 고
		흙막이벽체 미적용	흙막이벽체 적용	차수 미적용	차수 적용	
1~2	200	-	-	-	-	굴착 25%
5~6	400	5.14	2.73	31	12	굴착 75%
7~8	600	13.29	9.16	75	56	굴착 100%
굴착 후 6개월		6.21	4.57	92	70	
굴착 후 3년		1.51	0.98	108	57	
굴착 후 6년		0.68	0.41	71	-	

☑ 공사구간 내 지하수 유입량 분석

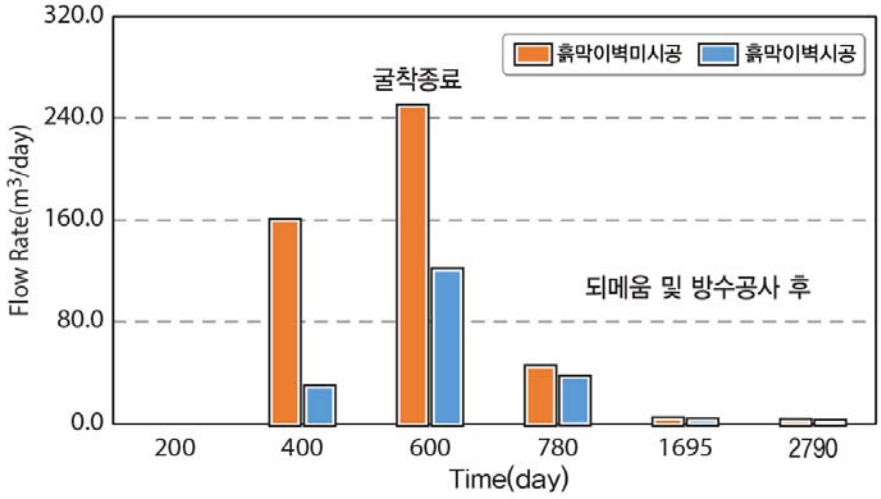
- 금회 분석에서는 굴착단계에 따른 공사 구간 내로의 지하수 유입량을 분석하였으며, 유입량 분석은 구획별 유량분석 프로그램인 ZoneBudget을 이용하여 지하수량의 변화를 경시별로 예측하였다.
- 공사구간 내 지하수 유입량은 굴착바닥면(지층)의 투수성, 굴착심도 등에 따라 달라진다.
- 흙막이벽체 미 시공 시, 굴착공사에 따른 지하수 유입량은 최대 245.5㎥/day에 달하며, 굴착공사 이후 지하 공간의 외벽 및 바닥면 차수에 따라 최대 0.7㎥/day로 급격히 감소하는 것으로 나타났다.
- 흙막이벽체를 시공할 경우, 지하수 유입량은 최대 32.1~126.8㎥/day로 감소하며, 약 48.4~79.8%(굴착 중)의 차수효율을 나타내어 차수효과는 양호한 편인 것으로 판단된다.

1.3 지하수 변화에 의한 영향

표 1.22 지하수 유입량 분석

굴착단계	지하수 유입량(㎥/일)		굴착중 차수효과(%)
	흙막이벽체 미적용 시	흙막이벽체 시공 시	
1~2	–	–	–
5~6	158.9	32.1	79.8
7~8	245.5	126.8	48.4
굴착 후 6개월	45.4	35.4	22.0
굴착 후 3년	3.4	2.7	21.1
굴착 후 6년	0.7	0.6	12.8

지하수 유입량 변화



☑ 평가결과 종합

- 금회 지하수 유동 해석은 서울시 가산동 345-48번지 지식산업센터 신축개발사업 중 굴착공사로 인해 발생할 수 있는 주변 지하수계의 영향을 정량적으로 평가하기 위해 수행되었다.

- 굴착에 따른 지하수위 강하량(관리기준에 의거한 관측지점)은 최대 4.49m로 나타났으며, 굴착 완료 후 6년 이내에 약 89%까지 회복되는 것으로 예측되었다.

- 굴착 중 지하수 유입량은 최대 126.8㎥/일, 굴착 완료 이후 0.60㎥/day로 분석되었다.

- 기존 지하수 이용시설의 지하수위 강하량은 굴착에 따라 최대 0.97m가 하강하는 것으로 나타났으나, 굴착 완료 이후 점차 회복되는 경향을 보이며, 굴착 완료 후 6년 이내에 초기 수위의 70% 이상 회복되는 것으로 예측되었음으로 주변 지하수 시설에 미치는 영향은 크지 않아 별도의 지하수 이용 대책 수립은 필요하지 않을 것으로 판단된다.

1.3 지하수 변화에 의한 영향

1.3.4 단계별 굴착에 따른 지하수위 검토

- A-A 단면(기준 Level E.L(+)10.20m=G.L±0.0m)
  - 벽체상단레벨 : 지표현황 좌측 E.L(+)10.54m, 우측 E.L(+)10.10m에 위치
  - 설계지하수위 : 지표현황 좌측 E.L(-)1.71m, 우측 E.L(-)2.71m에 위치

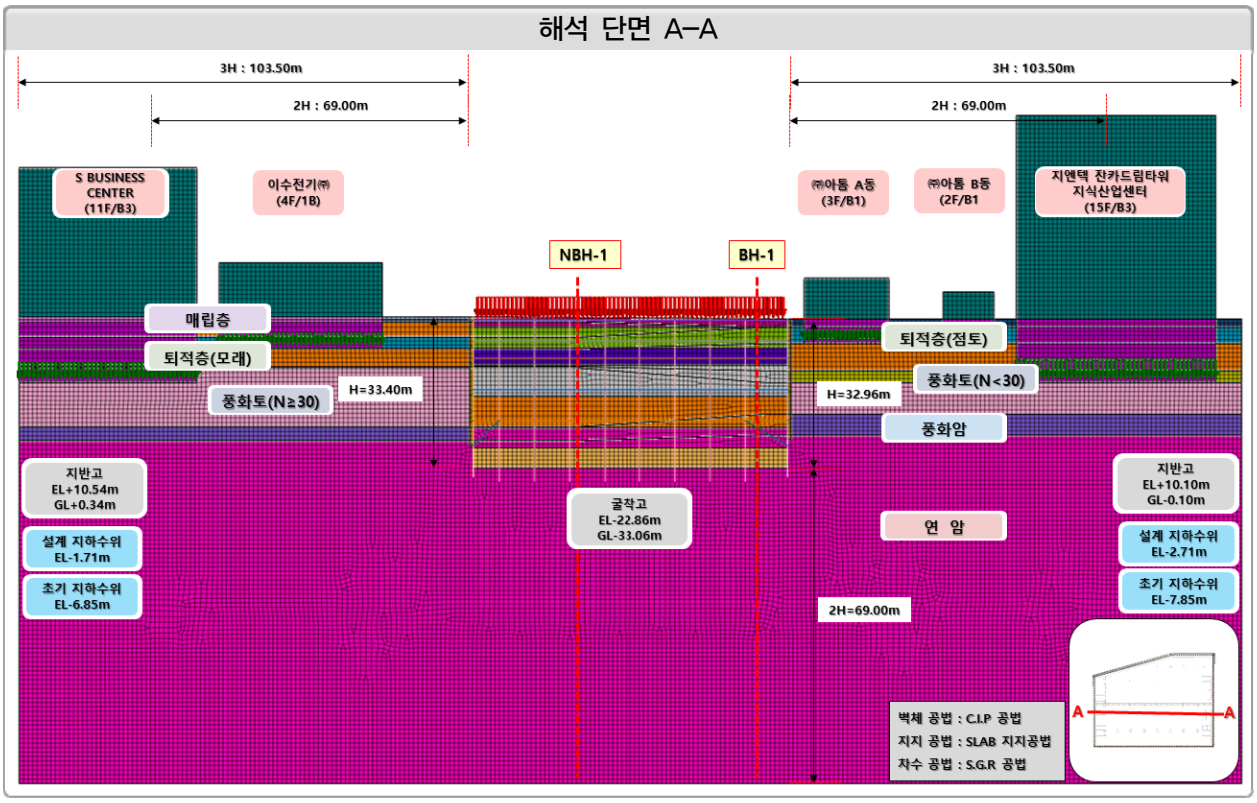
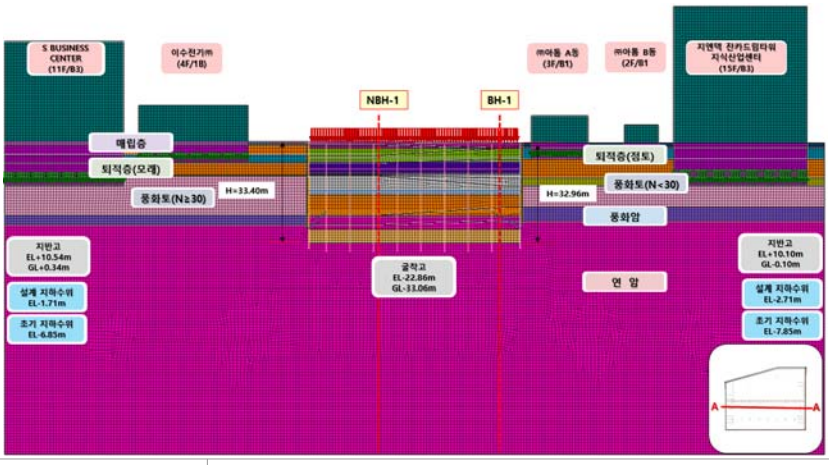


표 6.1 해석단면 현황

가시설 높이		가시설 벽체	인접건물	인접구조물	지하매설물	인접도로
좌측	우측					
33.40m	32.96m	C.I.P (∅600, C.T.C 600)	S BUSINESS CENTER(11F/B3), 이수전기(주)(4F/B1), ㈜아톰 A동(3F/B1), ㈜아톰 B동(2F/B1), 지엔텍 잔카드림타워 지식산업센터 (15F/B3)	-	-	-

1.3 지하수 변화에 의한 영향

표 6.2 해석단면 적용 하중

용도		적용하중 (kN/m²)	하중재하 모식도
도로하중		12.7	
건축물	최상층	16.0	
	지상층	14.0	
	지상1층	15.0	
	지하층	30.0	

• 좌측
  −. S−BUSINESS CENTER(11F/B3) = 247.0kN/㎡
    → 지하3층(30.0kN/㎡×3층)
      + 지상1층(15.0kN/㎡)
      + 지상층(2~10층 14.0kN/㎡×8층)
      + 최상층(16.0kN/㎡)
  −. 이수전기(주)(4F/B1) = 103.0kN/㎡
    → 지하1층(30.0kN/㎡×1층)
      + 지상1층(15.0kN/㎡)
      + 지상층(2~3층 14.0kN/㎡×2층)
      + 최상층(16.0kN/㎡)

• 우측
  −. ㈜아톰 A동(3F/B1) = 75.0kN/㎡
    → 지하1층(30.0kN/㎡×1층)
      + 지상1층(15.0kN/㎡)
      + 지상층(2층 14.0kN/㎡×1층)
      + 최상층(16.0kN/㎡)
  −. ㈜아톰 B동(2F/B1) = 61.0kN/㎡
    → 지하1층(30.0kN/㎡×1층)
      + 지상1층(15.0kN/㎡)
      + 최상층(16.0kN/㎡)
  −. 지엔텍 잔카드림타워 지식산업센터(15F/B3)
      = 117.0kN/㎡
    → 지하1층(30.0kN/㎡×3층)
      + 지상1층(15.0kN/㎡)
      + 지상층(2~14층 14.0kN/㎡×13층)
      + 최상층(16.0kN/㎡)

1.3 지하수 변화에 의한 영향

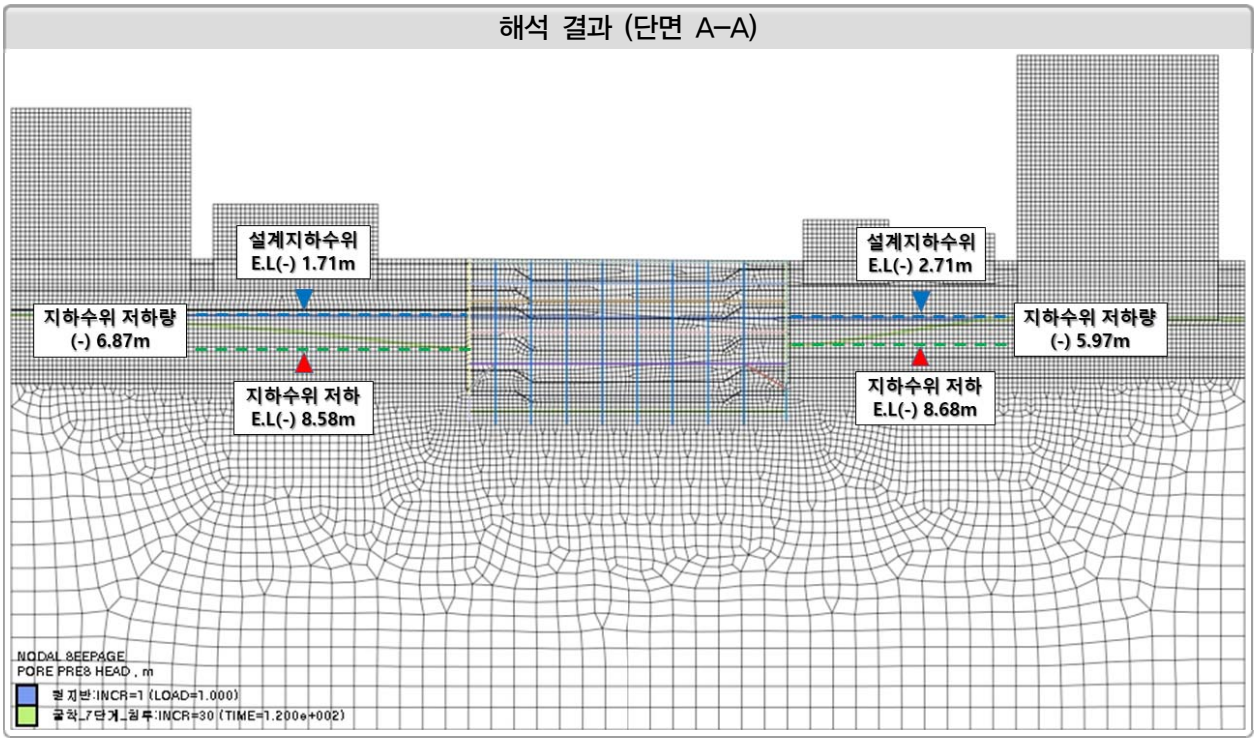


표 1.23 단면 A-A 구간 지하수위 변화

구 분	지하수위 저하량(m)								굴착단계별 유입량 (m^3/day/m)		
	좌 측				우 측				벽체		굴착면
	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m	좌측	우측	
초기수위	-	-	1.71	11.91	-	-	2.71	12.91	-	-	-
1단 굴착	-	-	1.71	11.91	-	-	2.71	12.91	-	-	-
2단 굴착	-	-	1.71	11.91	-	-	2.71	12.91	-	-	-
3단 굴착	-	-	1.71	11.91	-	-	2.71	12.91	-	-	-
4단 굴착	2.03	2.03	3.74	13.94	1.72	1.72	4.43	14.63	0.01	0.03	0.66
5단 굴착	1.40	3.43	5.14	15.34	1.09	2.81	5.52	15.72	0.10	0.07	0.60
6단 굴착	1.87	5.30	7.01	17.21	1.90	4.71	7.42	17.62	0.20	0.18	0.68
7단 굴착	1.57	6.87	8.58	18.78	1.26	5.97	8.68	18.88	0.23	0.21	0.72

주1) 기준 Level: E.L(+)10.20m = G.L±0.0m

주2) 각 단계별 30일 굴착 소요기간중 최대 유입량을 고려함.

표 1.24 단면 A-A 구간 일별 지하수위 변화

구 분	일별 지하수위 저하량(m)							
	좌 측(굴착 4단계)				좌 측(굴착 5단계)			
	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m
1일	0.24	0.24	1.95	12.15	0.03	0.03	3.77	13.97
2일	0.16	0.40	2.11	12.31	0.03	0.07	3.81	14.01
3일	0.32	0.72	2.43	12.63	0.05	0.12	3.86	14.06
4일	0.04	0.76	2.47	12.67	0.05	0.17	3.91	14.11
5일	0.05	0.81	2.52	12.72	0.05	0.22	3.97	14.17
6일	0.05	0.86	2.57	12.77	0.07	0.29	4.03	14.23
7일	0.05	0.91	2.62	12.82	0.07	0.36	4.10	14.30
8일	0.07	0.98	2.69	12.89	0.10	0.46	4.20	14.40
9일	0.05	1.03	2.74	12.94	0.18	0.64	4.38	14.58
10일	0.07	1.10	2.81	13.01	0.02	0.66	4.40	14.60
11일	0.07	1.17	2.88	13.08	0.02	0.68	4.43	14.63
12일	0.07	1.25	2.96	13.16	0.02	0.71	4.45	14.65
13일	0.08	1.32	3.03	13.23	0.02	0.73	4.48	14.68
14일	0.08	1.40	3.11	13.31	0.03	0.76	4.50	14.70
15일	0.07	1.47	3.18	13.38	0.03	0.79	4.53	14.73
16일	0.22	1.69	3.40	13.60	0.03	0.82	4.56	14.76
17일	0.01	1.70	3.41	13.61	0.03	0.84	4.59	14.79
18일	0.02	1.72	3.43	13.63	0.03	0.88	4.62	14.82
19일	0.02	1.74	3.45	13.65	0.03	0.91	4.65	14.85
20일	0.02	1.77	3.48	13.68	0.04	0.94	4.69	14.89
21일	0.02	1.79	3.50	13.70	0.03	0.97	4.72	14.92
22일	0.02	1.82	3.53	13.73	0.04	1.02	4.76	14.96
23일	0.03	1.84	3.55	13.75	0.04	1.05	4.79	14.99
24일	0.03	1.87	3.58	13.78	0.05	1.10	4.84	15.04
25일	0.03	1.89	3.60	13.80	0.04	1.14	4.88	15.08
26일	0.03	1.92	3.63	13.83	0.05	1.19	4.93	15.13
27일	0.03	1.95	3.66	13.86	0.04	1.23	4.98	15.18
28일	0.03	1.98	3.69	13.89	0.06	1.29	5.03	15.23
29일	0.03	2.01	3.72	13.92	0.05	1.33	5.08	15.28
30일	0.03	2.03	3.74	13.94	0.06	1.39	5.14	15.34
최대 일별 지하수위 저하량			0.32				0.18	

1.3 지하수 변화에 의한 영향

구 분	일별 지하수위 저하량(m)							
	좌 측(굴착 6단계)				좌 측(굴착 7단계)			
	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m
1일	0.27	0.27	5.41	15.61	0.06	0.06	7.07	17.27
2일	0.03	0.30	5.44	15.64	0.08	0.14	7.14	17.34
3일	0.04	0.34	5.48	15.68	0.24	0.37	7.38	17.58
4일	0.04	0.38	5.51	15.71	0.02	0.40	7.40	17.60
5일	0.04	0.42	5.55	15.75	0.02	0.42	7.43	17.63
6일	0.04	0.46	5.60	15.80	0.03	0.44	7.45	17.65
7일	0.05	0.51	5.65	15.85	0.03	0.47	7.48	17.68
8일	0.05	0.56	5.70	15.90	0.03	0.50	7.51	17.71
9일	0.06	0.62	5.76	15.96	0.03	0.53	7.54	17.74
10일	0.06	0.68	5.82	16.02	0.03	0.57	7.57	17.77
11일	0.07	0.75	5.89	16.09	0.04	0.60	7.61	17.81
12일	0.08	0.83	5.97	16.17	0.04	0.64	7.65	17.85
13일	0.08	0.91	6.05	16.25	0.04	0.68	7.69	17.89
14일	0.09	1.00	6.14	16.34	0.04	0.72	7.73	17.93
15일	0.22	1.23	6.36	16.56	0.05	0.77	7.78	17.98
16일	0.06	1.29	6.42	16.62	0.05	0.82	7.83	18.03
17일	0.02	1.31	6.45	16.65	0.06	0.88	7.88	18.08
18일	0.03	1.34	6.47	16.67	0.06	0.94	7.95	18.15
19일	0.03	1.37	6.50	16.70	0.07	1.01	8.01	18.21
20일	0.03	1.40	6.54	16.74	0.07	1.08	8.08	18.28
21일	0.03	1.43	6.57	16.77	0.06	1.14	8.15	18.35
22일	0.04	1.47	6.61	16.81	0.25	1.39	8.39	18.59
23일	0.04	1.51	6.64	16.84	0.01	1.40	8.41	18.61
24일	0.04	1.55	6.68	16.88	0.02	1.42	8.43	18.63
25일	0.04	1.59	6.73	16.93	0.02	1.44	8.45	18.65
26일	0.05	1.64	6.78	16.98	0.02	1.47	8.47	18.67
27일	0.05	1.69	6.83	17.03	0.02	1.49	8.50	18.70
28일	0.06	1.75	6.88	17.08	0.03	1.52	8.53	18.73
29일	0.06	1.81	6.94	17.14	0.03	1.55	8.55	18.75
30일	0.06	1.87	7.01	17.21	0.03	1.58	8.58	18.78
최대 일별 지하수위 저하량			0.27				0.25	

1.3 지하수 변화에 의한 영향

구 분	일별 지하수위 저하량(m)							
	우 측(굴착 4단계)				우 측(굴착 5단계)			
	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m
1일	0.20	0.20	2.91	13.11	0.01	0.01	4.44	14.64
2일	0.15	0.35	3.06	13.26	0.02	0.04	4.46	14.66
3일	0.14	0.50	3.21	13.41	0.03	0.07	4.50	14.70
4일	0.11	0.61	3.32	13.52	0.03	0.10	4.53	14.73
5일	0.07	0.68	3.39	13.59	0.03	0.13	4.56	14.76
6일	0.05	0.73	3.44	13.64	0.04	0.17	4.60	14.80
7일	0.05	0.77	3.48	13.68	0.04	0.21	4.64	14.84
8일	0.05	0.83	3.54	13.74	0.04	0.25	4.68	14.88
9일	0.05	0.88	3.59	13.79	0.04	0.29	4.72	14.92
10일	0.06	0.94	3.65	13.85	0.04	0.33	4.76	14.96
11일	0.06	0.99	3.70	13.90	0.05	0.38	4.80	15.00
12일	0.06	1.05	3.76	13.96	0.04	0.42	4.85	15.05
13일	0.06	1.10	3.81	14.01	0.04	0.46	4.89	15.09
14일	0.06	1.16	3.87	14.07	0.05	0.51	4.94	15.14
15일	0.05	1.21	3.92	14.12	0.04	0.55	4.98	15.18
16일	0.06	1.27	3.98	14.18	0.06	0.61	5.03	15.23
17일	0.05	1.31	4.02	14.22	0.05	0.66	5.08	15.28
18일	0.06	1.37	4.08	14.28	0.18	0.84	5.26	15.46
19일	0.04	1.41	4.12	14.32	0.01	0.85	5.27	15.47
20일	0.06	1.47	4.18	14.38	0.02	0.87	5.29	15.49
21일	0.04	1.51	4.22	14.42	0.02	0.89	5.31	15.51
22일	0.04	1.55	4.26	14.46	0.02	0.91	5.33	15.53
23일	0.02	1.57	4.28	14.48	0.02	0.93	5.35	15.55
24일	0.02	1.59	4.30	14.50	0.02	0.95	5.37	15.57
25일	0.02	1.61	4.32	14.52	0.02	0.97	5.39	15.59
26일	0.02	1.63	4.34	14.54	0.02	0.99	5.42	15.62
27일	0.02	1.65	4.36	14.56	0.02	1.01	5.44	15.64
28일	0.02	1.67	4.38	14.58	0.03	1.04	5.47	15.67
29일	0.02	1.70	4.41	14.61	0.02	1.06	5.49	15.69
30일	0.02	1.72	4.43	14.63	0.03	1.09	5.52	15.72
최대 일별 지하수위 저하량			0.20				0.18	

1.3 지하수 변화에 의한 영향

구 분	일별 지하수위 저하량(m)							
	우 측(굴착 6단계)				우 측(굴착 7단계)			
	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m
1일	0.08	0.08	5.60	15.80	0.03	0.03	7.45	17.65
2일	0.07	0.15	5.67	15.87	0.03	0.06	7.48	17.68
3일	0.08	0.22	5.74	15.94	0.03	0.09	7.51	17.71
4일	0.08	0.31	5.83	16.03	0.04	0.12	7.54	17.74
5일	0.09	0.40	5.92	16.12	0.04	0.16	7.58	17.78
6일	0.10	0.50	6.02	16.22	0.04	0.20	7.62	17.82
7일	0.26	0.76	6.28	16.48	0.05	0.25	7.67	17.87
8일	0.03	0.78	6.30	16.50	0.05	0.30	7.72	17.92
9일	0.03	0.81	6.33	16.53	0.05	0.35	7.77	17.97
10일	0.03	0.84	6.36	16.56	0.06	0.41	7.83	18.03
11일	0.03	0.88	6.40	16.60	0.06	0.47	7.89	18.09
12일	0.04	0.92	6.43	16.63	0.06	0.53	7.95	18.15
13일	0.04	0.96	6.48	16.68	0.07	0.60	8.02	18.22
14일	0.04	1.00	6.52	16.72	0.22	0.82	8.24	18.44
15일	0.05	1.05	6.57	16.77	0.02	0.84	8.26	18.46
16일	0.04	1.09	6.61	16.81	0.02	0.86	8.28	18.48
17일	0.06	1.15	6.66	16.86	0.02	0.88	8.30	18.50
18일	0.06	1.20	6.72	16.92	0.02	0.91	8.33	18.53
19일	0.06	1.27	6.79	16.99	0.02	0.93	8.35	18.55
20일	0.07	1.34	6.85	17.05	0.02	0.96	8.38	18.58
21일	0.07	1.41	6.93	17.13	0.02	0.98	8.40	18.60
22일	0.08	1.48	7.00	17.20	0.03	1.01	8.43	18.63
23일	0.23	1.71	7.23	17.43	0.03	1.03	8.45	18.65
24일	0.03	1.74	7.26	17.46	0.03	1.06	8.48	18.68
25일	0.03	1.76	7.28	17.48	0.02	1.09	8.51	18.71
26일	0.03	1.79	7.31	17.51	0.03	1.12	8.54	18.74
27일	0.03	1.82	7.33	17.53	0.03	1.15	8.57	18.77
28일	0.03	1.84	7.36	17.56	0.04	1.19	8.61	18.81
29일	0.03	1.87	7.39	17.59	0.03	1.22	8.64	18.84
30일	0.03	1.90	7.42	17.62	0.04	1.26	8.68	18.88
최대 일별 지하수위 저하량			0.26				0.22	

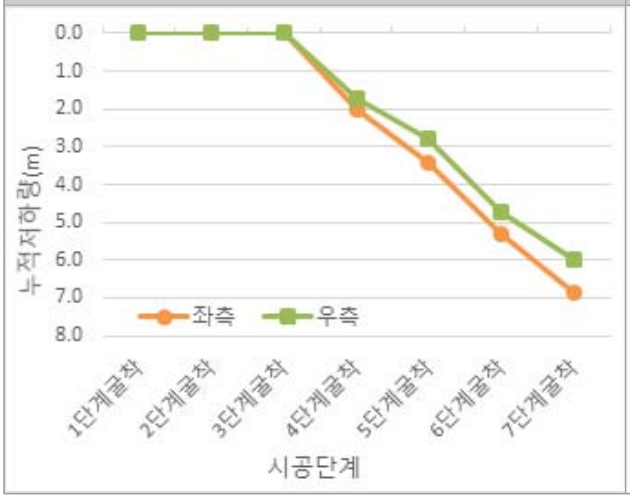
1.3 지하수 변화에 의한 영향

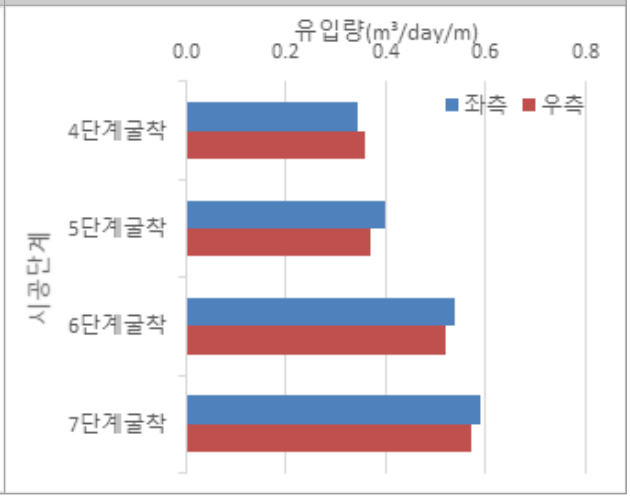
표 1.25 단면 A-A 구간 탄성침하량 검토 결과

구분	지하수위저하량(m)	탄성침하량(mm)	허용침하량(mm)	판 정
좌측	6.87	13.21	25.0	O.K
우측	5.97	11.11		O.K

표 1.26 단면 A-A 구간 단계별 누적 지하수위 저하량 및 유입량 그래프

누적 지하수위 저하량	지하수 유입량





1.3 지하수 변화에 의한 영향

B–B 단면(기준 Level E.L(+)10.20m=G.L±0.0m)

- 벽체상단레벨 : 지표현황 좌측 E.L(+)10.45m, 우측 E.L(+)10.37m에 위치
- 설계지하수위 : 지표현황 좌측 E.L(–)1.39m, 우측 E.L(–)2.21m에 위치

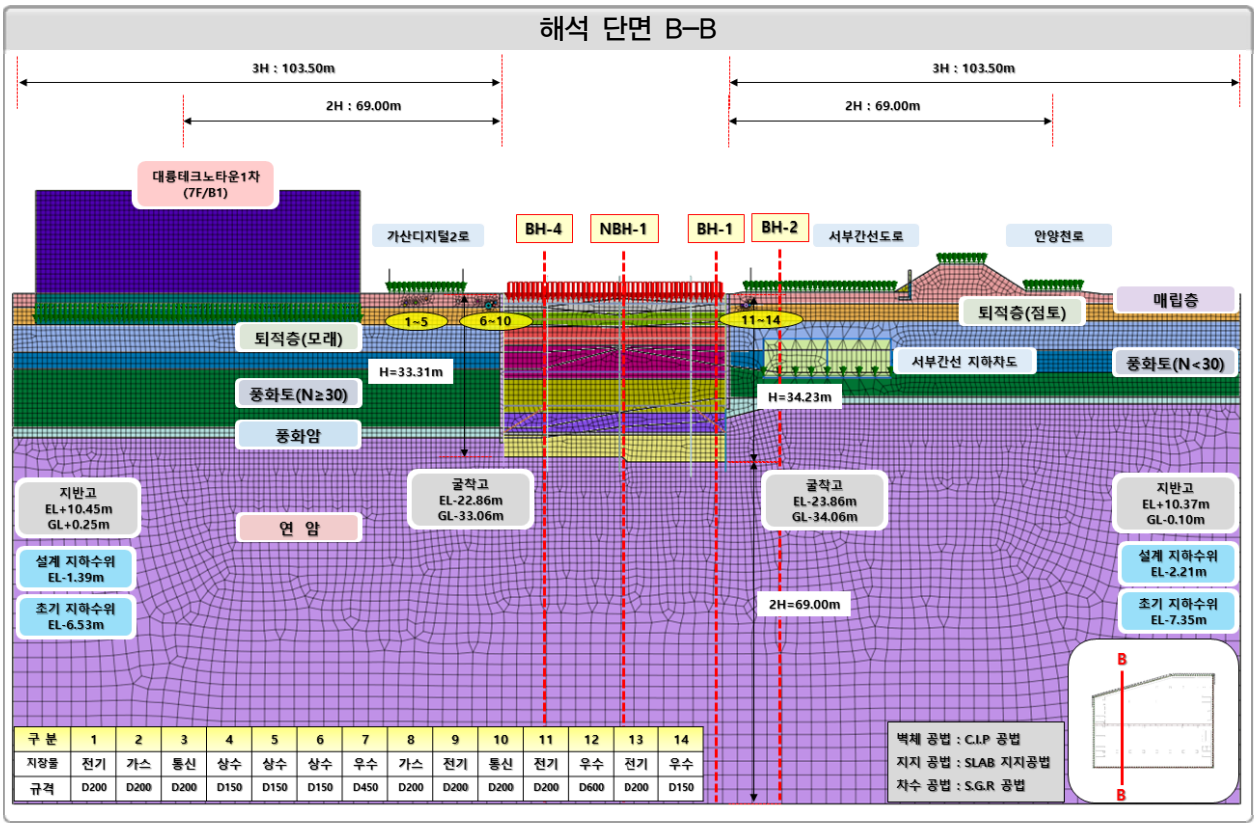
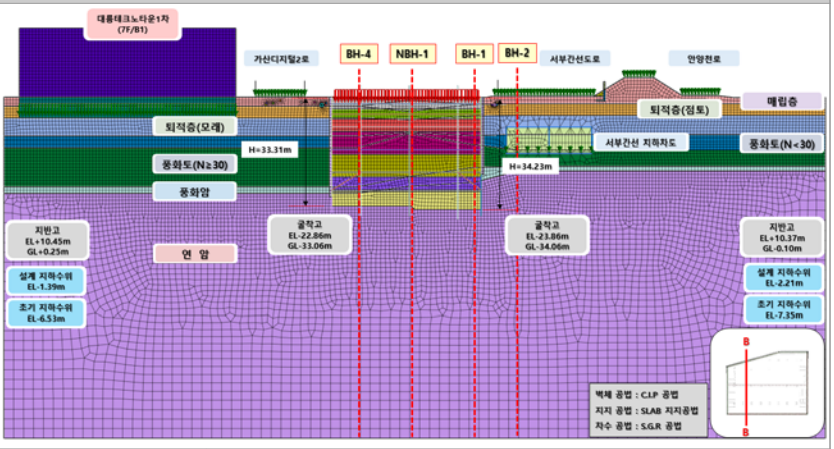


표 6.1 해석단면 현황

가시설 높이		가시설 벽체	인접건물	인접구조물	지하매설물	인접도로
좌측	우측					
33.31m	34.23m	C.I.P (∅600, C.T.C 600)	대룡테크노타운 1차(7F/B1)	서부간선 지하차도	상수관로 우수관로 전기선로 통신선로 가스관로	서부간선도로 (30.0m) 가산디지털2로 (15.0m)

1.3 지하수 변화에 의한 영향

표 6.1 해석단면 적용 하중

용도		적용하중 (kN/m²)	하중재하 모식도
도로하중		12.7	
건축물	최상층	16.0	
	지상층	14.0	
	지상1층	15.0	
	지하층	30.0	

- 좌측
  - –. 대륭테크노타운 1차(7F/B1) = 131.0kN/㎡
    → 지하2층(30.0kN/㎡×1층)
    + 지상1층(15.0kN/㎡)
    + 지상층(2~6층 14.0kN/㎡×5층)
    + 최상층(16.0kN/㎡)
  - –. 가산디지털2로 = 12.7 kN/㎡

- 우측
  - –. 서부간선도로 = 12.7 kN/㎡
  - –. 서부간선 지하차도 = 12.7 kN/㎡

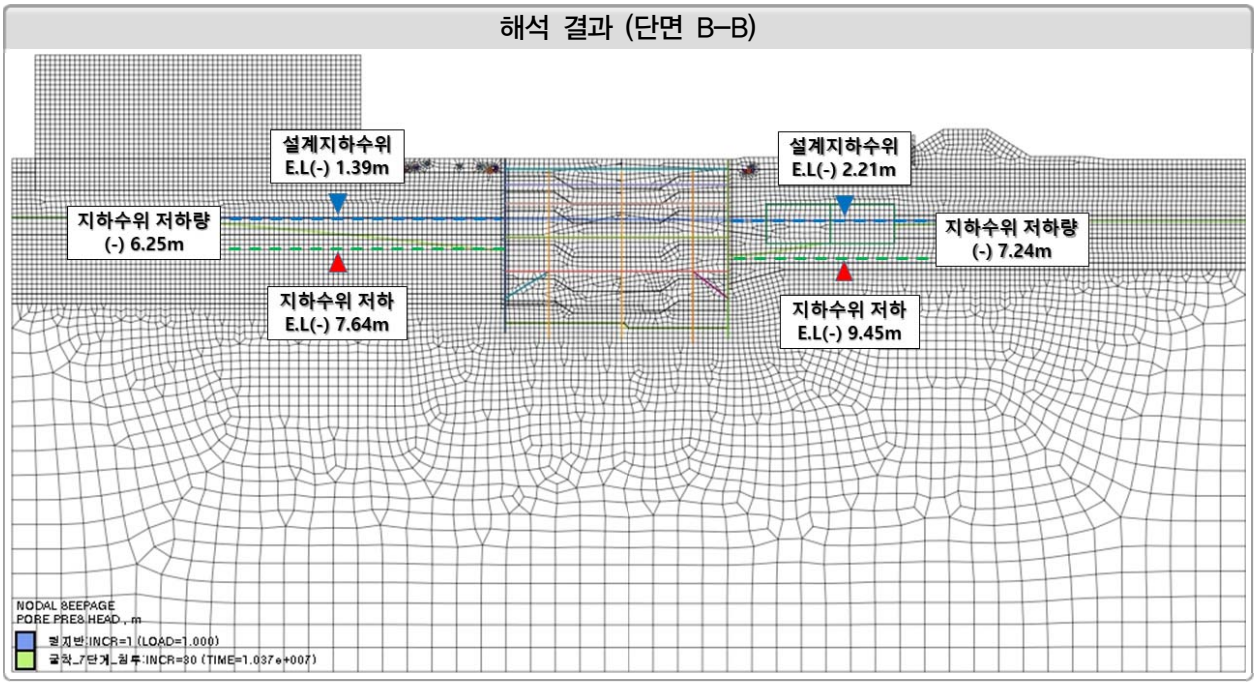


표 1.27 단면 B-B 구간 지하수위 변화

구 분	지하수위 저하량(m)								굴착단계별 유입량 (m^3/day/m)		
	좌 측				우 측				벽체		굴착면
	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m	좌측	우측	
초기수위	-	-	1.39	11.59	-	-	2.21	12.41	-	-	-
1단 굴착	-	-	1.39	11.59	-	-	2.21	12.41	-	-	-
2단 굴착	-	-	1.39	11.59	-	-	2.21	12.41	-	-	-
3단 굴착	-	-	1.39	11.59	-	-	2.21	12.41	-	-	-
4단 굴착	1.94	1.94	3.33	13.53	2.60	2.60	4.81	15.01	0.03	0.01	0.68
5단 굴착	1.52	3.46	4.85	15.05	1.63	4.23	6.44	16.64	0.12	0.07	0.46
6단 굴착	0.96	4.42	5.81	16.01	2.04	6.27	8.48	18.68	0.12	0.23	0.54
7단 굴착	1.83	6.25	7.64	17.84	0.97	7.24	9.45	19.65	0.28	0.24	0.60

주1) 기준 Level: E.L(+)10.20m = G.L±0.0m

주2) 각 단계별 30일 굴착 소요기간중 최대 유입량을 고려함.

표 1.28 단면 B–B 구간 일별 지하수위 변화

구 분	일별 지하수위 저하량(m)							
	좌 측(굴착 4단계)				좌 측(굴착 5단계)			
	단계별	누적	EL.(–)m	GL.(–)m	단계별	누적	EL.(–)m	GL.(–)m
1일	0.12	0.12	1.51	11.71	0.15	0.15	3.48	13.68
2일	0.09	0.21	1.60	11.80	0.08	0.23	3.56	13.76
3일	0.10	0.31	1.70	11.90	0.03	0.26	3.59	13.79
4일	0.10	0.41	1.80	12.00	0.04	0.30	3.63	13.83
5일	0.11	0.51	1.90	12.10	0.05	0.34	3.67	13.87
6일	0.11	0.62	2.01	12.21	0.04	0.39	3.72	13.92
7일	0.11	0.73	2.12	12.32	0.05	0.44	3.77	13.97
8일	0.09	0.82	2.21	12.41	0.05	0.49	3.81	14.01
9일	0.13	0.96	2.35	12.55	0.06	0.54	3.87	14.07
10일	0.07	1.03	2.42	12.62	0.05	0.59	3.92	14.12
11일	0.04	1.07	2.46	12.66	0.05	0.64	3.97	14.17
12일	0.04	1.11	2.50	12.70	0.06	0.71	4.04	14.24
13일	0.05	1.16	2.55	12.75	0.05	0.76	4.09	14.29
14일	0.04	1.20	2.59	12.79	0.07	0.83	4.15	14.35
15일	0.05	1.25	2.64	12.84	0.05	0.88	4.21	14.41
16일	0.05	1.30	2.69	12.89	0.07	0.95	4.28	14.48
17일	0.05	1.34	2.73	12.93	0.05	1.00	4.33	14.53
18일	0.05	1.40	2.79	12.99	0.07	1.07	4.40	14.60
19일	0.05	1.44	2.83	13.03	0.05	1.12	4.45	14.65
20일	0.05	1.49	2.88	13.08	0.07	1.20	4.53	14.73
21일	0.05	1.54	2.93	13.13	0.05	1.25	4.58	14.78
22일	0.04	1.59	2.98	13.18	0.06	1.31	4.64	14.84
23일	0.05	1.63	3.02	13.22	0.02	1.33	4.66	14.86
24일	0.05	1.68	3.07	13.27	0.02	1.36	4.68	14.88
25일	0.04	1.73	3.12	13.32	0.03	1.38	4.71	14.91
26일	0.04	1.77	3.16	13.36	0.03	1.41	4.74	14.94
27일	0.04	1.81	3.20	13.40	0.03	1.44	4.76	14.96
28일	0.04	1.86	3.25	13.45	0.03	1.46	4.79	14.99
29일	0.04	1.90	3.29	13.49	0.03	1.49	4.82	15.02
30일	0.04	1.94	3.33	13.53	0.03	1.52	4.85	15.05
최대 일별 지하수위 저하량			0.13				0.15	

1.3 지하수 변화에 의한 영향

구 분	일별 지하수위 저하량(m)							
	좌 측(굴착 6단계)				좌 측(굴착 7단계)			
	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m
1일	0.01	0.01	4.86	15.06	0.05	0.05	5.86	16.06
2일	0.02	0.03	4.88	15.08	0.05	0.11	5.92	16.12
3일	0.02	0.06	4.90	15.10	0.06	0.16	5.97	16.17
4일	0.03	0.08	4.93	15.13	0.06	0.22	6.03	16.23
5일	0.03	0.11	4.96	15.16	0.06	0.28	6.09	16.29
6일	0.03	0.14	4.98	15.18	0.08	0.36	6.17	16.37
7일	0.03	0.17	5.02	15.22	0.08	0.43	6.25	16.45
8일	0.03	0.20	5.04	15.24	0.08	0.52	6.33	16.53
9일	0.04	0.23	5.08	15.28	0.10	0.62	6.43	16.63
10일	0.03	0.26	5.11	15.31	0.23	0.85	6.66	16.86
11일	0.03	0.30	5.14	15.34	0.02	0.87	6.68	16.88
12일	0.04	0.33	5.18	15.38	0.02	0.89	6.70	16.90
13일	0.03	0.37	5.22	15.42	0.03	0.92	6.73	16.93
14일	0.04	0.41	5.26	15.46	0.03	0.95	6.76	16.96
15일	0.03	0.44	5.29	15.49	0.03	0.98	6.79	16.99
16일	0.04	0.48	5.33	15.53	0.03	1.01	6.82	17.02
17일	0.03	0.52	5.37	15.57	0.04	1.04	6.85	17.05
18일	0.04	0.56	5.41	15.61	0.04	1.08	6.89	17.09
19일	0.04	0.60	5.45	15.65	0.03	1.12	6.93	17.13
20일	0.18	0.79	5.63	15.83	0.05	1.16	6.97	17.17
21일	0.01	0.80	5.64	15.84	0.04	1.20	7.01	17.21
22일	0.01	0.81	5.66	15.86	0.05	1.25	7.06	17.26
23일	0.02	0.83	5.68	15.88	0.04	1.30	7.11	17.31
24일	0.02	0.85	5.69	15.89	0.06	1.35	7.16	17.36
25일	0.02	0.86	5.71	15.91	0.05	1.40	7.21	17.41
26일	0.02	0.88	5.73	15.93	0.06	1.47	7.28	17.48
27일	0.02	0.90	5.75	15.95	0.05	1.52	7.33	17.53
28일	0.02	0.92	5.77	15.97	0.07	1.60	7.41	17.61
29일	0.02	0.94	5.79	15.99	0.07	1.66	7.47	17.67
30일	0.02	0.96	5.81	16.01	0.16	1.83	7.64	17.84
최대 일별 지하수위 저하량			0.18				0.23	

1.3 지하수 변화에 의한 영향

구 분	일별 지하수위 저하량(m)							
	우 측(굴착 4단계)				우 측(굴착 5단계)			
	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m
1일	0.44	0.44	2.65	12.85	0.07	0.07	4.88	15.08
2일	0.09	0.53	2.74	12.94	0.06	0.12	4.94	15.14
3일	0.10	0.63	2.84	13.04	0.08	0.20	5.01	15.21
4일	0.11	0.75	2.96	13.16	0.06	0.27	5.08	15.28
5일	0.13	0.88	3.09	13.29	0.08	0.35	5.16	15.36
6일	0.14	1.02	3.23	13.43	0.06	0.41	5.22	15.42
7일	0.16	1.18	3.39	13.59	0.08	0.48	5.30	15.50
8일	0.13	1.31	3.52	13.72	0.06	0.54	5.35	15.55
9일	0.14	1.45	3.66	13.86	0.10	0.64	5.45	15.65
10일	0.07	1.52	3.73	13.93	0.07	0.71	5.52	15.72
11일	0.07	1.59	3.80	14.00	0.08	0.79	5.60	15.80
12일	0.07	1.65	3.86	14.06	0.05	0.83	5.64	15.84
13일	0.07	1.72	3.93	14.13	0.03	0.87	5.68	15.88
14일	0.06	1.78	3.99	14.19	0.04	0.91	5.72	15.92
15일	0.06	1.84	4.05	14.25	0.04	0.95	5.76	15.96
16일	0.07	1.92	4.13	14.33	0.04	0.99	5.80	16.00
17일	0.06	1.97	4.18	14.38	0.04	1.02	5.83	16.03
18일	0.07	2.05	4.26	14.46	0.05	1.07	5.88	16.08
19일	0.06	2.11	4.32	14.52	0.04	1.11	5.92	16.12
20일	0.06	2.17	4.38	14.58	0.06	1.16	5.97	16.17
21일	0.08	2.25	4.46	14.66	0.04	1.21	6.02	16.22
22일	0.06	2.30	4.51	14.71	0.04	1.25	6.06	16.26
23일	0.06	2.36	4.57	14.77	0.06	1.31	6.12	16.32
24일	0.05	2.41	4.62	14.82	0.04	1.35	6.16	16.36
25일	0.03	2.44	4.65	14.85	0.04	1.39	6.20	16.40
26일	0.03	2.47	4.68	14.88	0.06	1.45	6.26	16.46
27일	0.04	2.51	4.72	14.92	0.04	1.49	6.30	16.50
28일	0.03	2.54	4.75	14.95	0.04	1.54	6.35	16.55
29일	0.03	2.57	4.78	14.98	0.05	1.58	6.39	16.59
30일	0.03	2.60	4.81	15.01	0.05	1.63	6.44	16.64
최대 일별 지하수위 저하량			0.44				0.10	

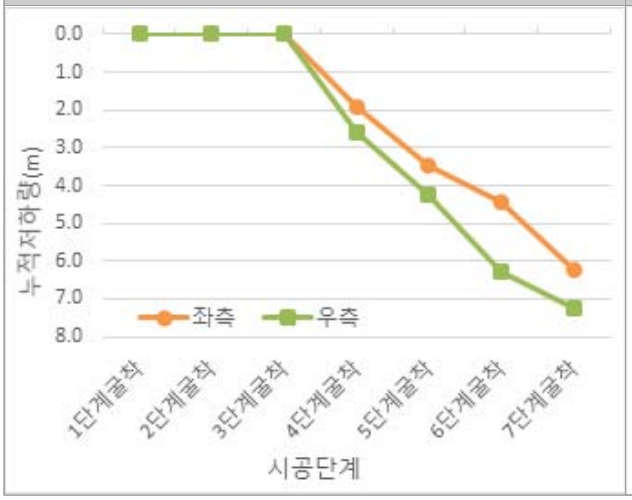
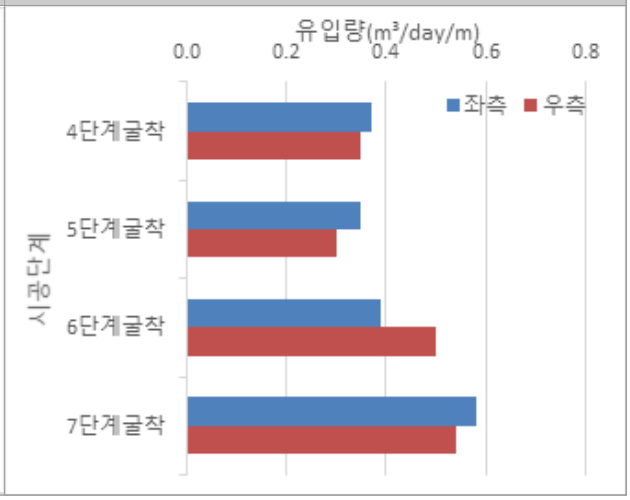
1.3 지하수 변화에 의한 영향

구 분	일별 지하수위 저하량(m)							
	우 측(굴착 6단계)				우 측(굴착 7단계)			
	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m
1일	0.13	0.13	6.57	16.77	0.02	0.02	8.50	18.70
2일	0.08	0.21	6.65	16.85	0.02	0.04	8.52	18.72
3일	0.08	0.28	6.72	16.92	0.03	0.06	8.54	18.74
4일	0.10	0.38	6.82	17.02	0.03	0.09	8.57	18.77
5일	0.17	0.55	6.99	17.19	0.02	0.11	8.59	18.79
6일	0.11	0.67	7.11	17.31	0.03	0.14	8.62	18.82
7일	0.12	0.79	7.23	17.43	0.03	0.18	8.65	18.85
8일	0.11	0.90	7.34	17.54	0.03	0.21	8.69	18.89
9일	0.10	1.00	7.44	17.64	0.04	0.24	8.72	18.92
10일	0.04	1.04	7.48	17.68	0.04	0.28	8.76	18.96
11일	0.03	1.07	7.51	17.71	0.04	0.32	8.80	19.00
12일	0.04	1.11	7.55	17.75	0.04	0.36	8.84	19.04
13일	0.04	1.15	7.59	17.79	0.05	0.41	8.89	19.09
14일	0.05	1.20	7.64	17.84	0.04	0.45	8.93	19.13
15일	0.04	1.24	7.68	17.88	0.05	0.50	8.98	19.18
16일	0.06	1.30	7.74	17.94	0.04	0.55	9.03	19.23
17일	0.05	1.35	7.79	17.99	0.10	0.65	9.13	19.33
18일	0.07	1.42	7.86	18.06	0.16	0.80	9.28	19.48
19일	0.06	1.48	7.92	18.12	0.02	0.82	9.30	19.50
20일	0.11	1.58	8.02	18.22	0.01	0.83	9.31	19.51
21일	0.08	1.66	8.10	18.30	0.01	0.85	9.33	19.53
22일	0.10	1.76	8.20	18.40	0.01	0.86	9.34	19.54
23일	0.19	1.95	8.39	18.59	0.01	0.87	9.35	19.55
24일	0.01	1.95	8.39	18.59	0.01	0.88	9.36	19.56
25일	0.01	1.96	8.40	18.60	0.01	0.90	9.38	19.58
26일	0.01	1.98	8.42	18.62	0.01	0.91	9.39	19.59
27일	0.01	1.99	8.43	18.63	0.01	0.92	9.40	19.60
28일	0.01	2.01	8.45	18.65	0.01	0.94	9.42	19.62
29일	0.02	2.02	8.46	18.66	0.01	0.95	9.43	19.63
30일	0.02	2.04	8.48	18.68	0.02	0.97	9.45	19.65
최대 일별 지하수위 저하량			0.19				0.16	

표 1.29 단면 B-B 구간 탄성침하량 검토 결과

구분	지하수위저하량(m)	탄성침하량(mm)	허용침하량(mm)	판 정
좌측	6.25	11.75	25.0	O.K
우측	7.24	14.10		O.K

표 1.30 단면 B-B 구간 단계별 누적 지하수위 저하량 및 유입량 그래프

누적 지하수위 저하량	지하수 유입량
	

1.3 지하수 변화에 의한 영향

☑ 굴착에 따른 지하수 유입량 산정

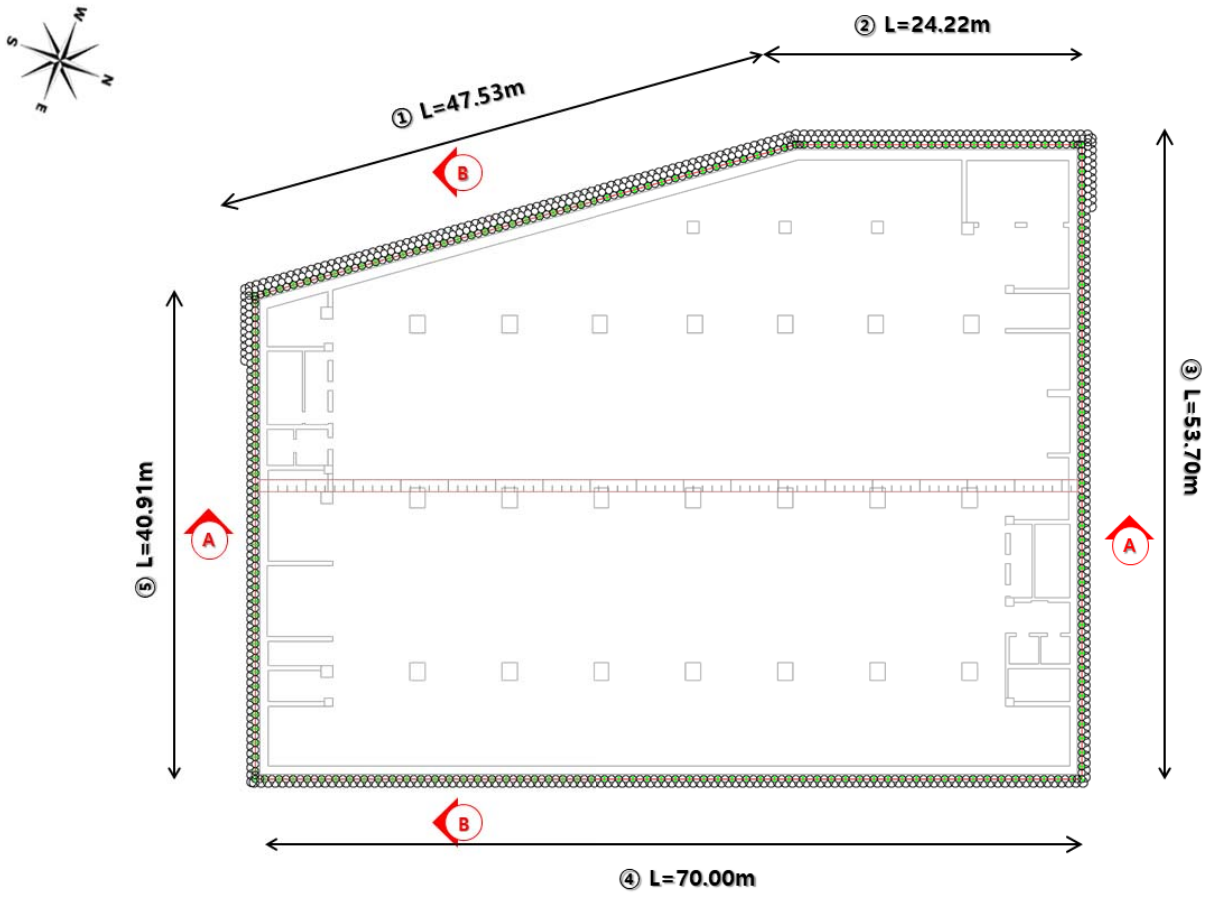
- 시공단계별 유입량 검토 결과 단면별 최대 단위유입량에 적용연장을 반영하여 굴착에 따른 지하수 유입량을 산정하여 지하수 처리계획에 반영하였다.
- 굴착에 따른 지하수 유입량 산정결과는 다음과 같다.

표 1.31 굴착 저면 유입량 산정을 위한 해석단면별 면적비 산정

구 분	굴착면적(㎡)	해석단면 폭(m)	적용연장(m)	비고
단면 A–A	3,466.18	70.20	49.38	적용연장 = 굴착면적 / 해석단면 폭
단면 B–B		46.61	74.37	

표 1.32 굴착 벽체 유입량 산정을 위한 주변장 선정

굴착 벽체 유립량 주변장 구분평면도



구 분	좌측 주변장(m)	우측 주변장(m)	적용 주변장(m)	비고
단면 A–A	40.91	53.70	94.61	–
단면 B–B	70.00	71.75	141.75	–

표 1.33 적용연장을 고려한 굴착단계별 지하수 유입량 산정

시공단계	구 분		단위유입량 (m^3/day/m)	적용연장(주변장) (m)	유입량 (m^3/day)	단계별 유입량 (m^3/day)
1단 굴착	단면A–A	벽체	0.00	94.61	0.00	0.00
		굴착면	0.00	49.38	0.00	
	단면B–B	벽체	0.00	141.75	0.00	0.00
		굴착면	0.00	74.37	0.00	
2단 굴착	단면A–A	벽체	0.00	94.61	0.00	0.00
		굴착면	0.00	49.38	0.00	
	단면B–B	벽체	0.00	141.75	0.00	0.00
		굴착면	0.00	74.37	0.00	
3단 굴착	단면A–A	벽체	0.00	94.61	0.00	0.00
		굴착면	0.00	49.38	0.00	
	단면B–B	벽체	0.00	141.75	0.00	0.00
		굴착면	0.00	74.37	0.00	
4단 굴착	단면A–A	벽체	0.04	94.61	3.78	36.38
		굴착면	0.66	49.38	32.59	
	단면B–B	벽체	0.04	141.75	5.67	56.24
		굴착면	0.68	74.37	50.57	
5단 굴착	단면A–A	벽체	0.17	94.61	16.08	45.71
		굴착면	0.60	49.38	29.63	
	단면B–B	벽체	0.19	141.75	26.93	61.14
		굴착면	0.46	74.37	34.21	
6단 굴착	단면A–A	벽체	0.38	94.61	35.95	69.53
		굴착면	0.68	49.38	33.58	
	단면B–B	벽체	0.35	141.75	49.61	89.77
		굴착면	0.54	74.37	40.16	
7단 굴착	단면A–A	벽체	0.44	94.61	41.63	77.18
		굴착면	0.72	49.38	35.55	
	단면B–B	벽체	0.52	141.75	73.71	118.33
		굴착면	0.60	74.37	44.62	

표 1.34 최대 지하수 유입량 검토 결과

구 분	단위유입량 (m^3/day/m)	적용연장(주변장) (m)	최대 유입량 (m^3/day)	적용 지하수 유입량 (m^3/day)
단면 A–A 벽체	0.44	94.61	41.63*	159.96
단면 B–B 벽체	0.52	141.75	73.71*	
굴착면 바닥	0.60	74.37	44.62**	

*) 단면별 최대 벽체 유입량

**) 최대 바닥 유입량(단면A–A, B–B 중 최대유입량)

- 침투해석을 통한 굴착에 따른 발생 가능한 최대 유입량은 159.96㎥/day로 나타났다.
- 굴착에 따른 지하수 유입량은 해석결과의 유입량을 산정한 것으로 실제 지층 조건 및 지하수위 조건에 따라 상이하게 나타날 수 있다.
- 투수계수 적용에 따른 대상지역의 지하수 유입이 예상 유입량보다 초과되었을 때는 굴착면으로 유입되는 지하수는 집수 후 처리해야 하며, 착공전 이에 따른 상세 지하수 처리 계획을 수립하여 원활한 공사가 진행될 수 있도록 해야 한다.

1.3 지하수 변화에 의한 영향

요약문 I

☑ 지하수 변화에 의한 영향 평가

- 지하수 변화에 의한 영향 평가는 사업부지의 세부 굴착계획을 고려하여 대표단면에 대한 MIDAS GTS NX 해석 프로그램을 이용한 침투류 해석을 수행하였으며, 굴착에 따른 인접 지반의 지하수위 저하량 및 굴착저면에 대한 지하수 유입량을 분석하였다.
- 굴착에 따른 지하수변화를 수치해석으로 평가하는 것은 정밀시공을 전제로 하는 것이므로, 흙막이 벽체의 차수성 확보를 위해 철저한 시공관리가 필요하다.

표 1.35 단면별 지하수위 저하 요약

구 분		지하수위 저하량(m)					적용 지하수 유입량 (m^3/day)
		EL.(–)m	GL.(–)m	단계별 최대저하량	일별 최대저하량	누적 저하량	
단면 A–A	좌측	8.58	18.78	2.03	0.32	6.87	159.96
	우측	8.68	18.88	1.90	0.26	5.97	
단면 B–B	좌측	7.64	17.84	1.94	0.23	6.25	
	우측	9.45	19.65	2.60	0.44	7.24	

검토결과

· 지하수위 저하 검토결과 최대 7.24m, 발생하는 유입량은 159.96㎥/day로 검토되었다.
· 일별 지하수위 저하량 검토시 최대 0.44m로 지하수위 계측관리 기준내로 검토되었다.
· 검토된 지하수위 저하량 및 유출량은 설계도서에 따른 단계별 굴착심도를 준수하였을 때를 모사한 결과 이므로 실제 시공시에도 이를 준수하여 과굴착으로 인한 지하수위의 급격한 저하나 침하가 발생하지 않도록 주의 시공하여야 한다.
· 또한, 예상 유입량의 두배 이상을 처리할 수 있는 용량의 펌프시설을 갖추어 유입량 과다 발생시에도 문제없이 배수가 되도록 기계분야 등의 전문가의 검증을 받아야 한다.

☑ 장기지하수위 관측계획

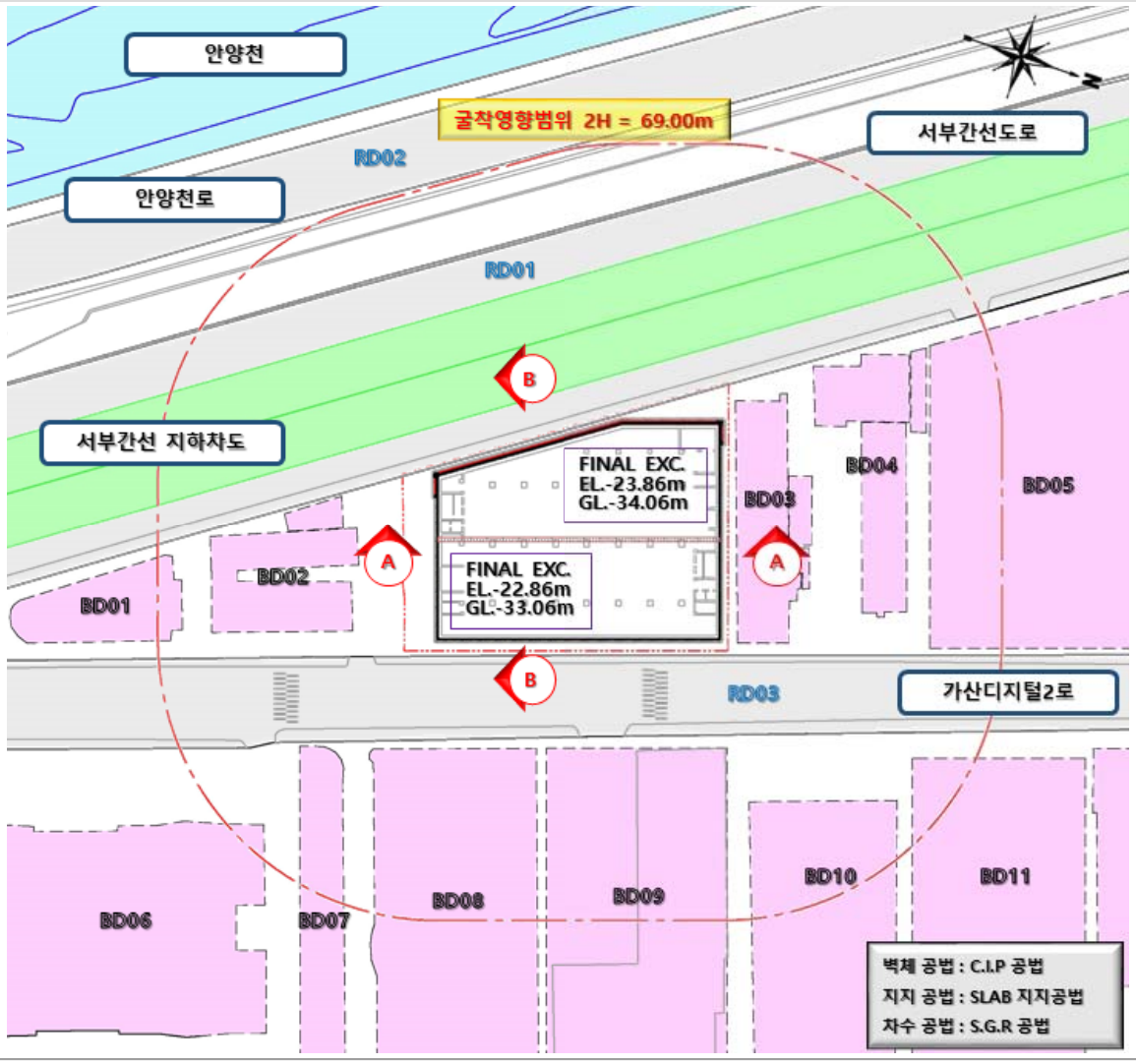
- 사업부지 굴착에 따른 지하수 하강량과 지하외벽 완성 후의 지하수위 회복량을 모니터링하기 위해서는 굴착 완료 후에도 장기간 지하수위 변화를 관측하는 것으로 계획하였다.
- 사업부지 지하수위 계측구간 중 상대적으로 지하수위 저하가 가장 크게 발생한 사업부지 서측구간에 계획된 지하수위계는 건축물 준공시 까지 지하수위 측정을 수행하여 장기 지하수위 변화에 대한 관측 및 분석이 필요할 것으로 판단된다.

1.4 지반안정성

1.4.1 수치해석에 의한 지반안정성

☑ 단면별 구조검토

해석 단면 위치도



☑ 2차원 유한요소해석 검토 결과

단면 A-A

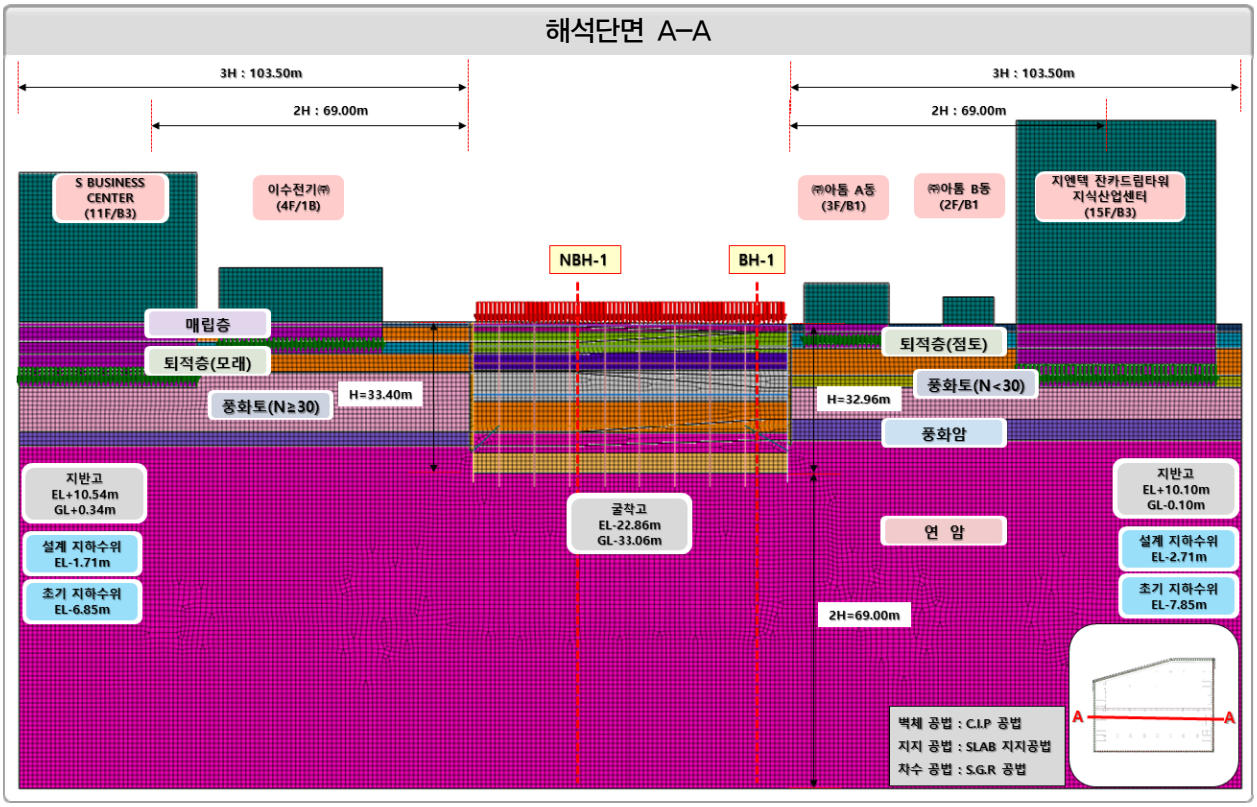


표 1.36 가시설 벽체 수평변위 검토 결과

구 분		C.I.P					비고
		굴착심도 (m)	발생 변위량 (mm)	허용 변위량 (mm)	발생치 /허용치	안전성 평가	
좌측	1단굴착	2.24	12.66	66.80	18.96%	O.K	
	2단굴착	6.84	17.42		26.07%	O.K	
	3단굴착	10.64	18.90		28.29%	O.K	
	4단굴착	17.24	22.49		33.67%	O.K	
	5단굴착	24.14	22.16		33.17%	O.K	
	6단굴착	28.90	22.28		33.36%	O.K	
	7단굴착	33.40	23.31		34.89%	O.K	
	슬라브 및 벽체 타설	33.40	23.74		35.53%	O.K	
	역 RAKER 해체	33.40	23.49		35.16%	O.K	
우측	1단굴착	1.80	11.08	65.92	16.81%	O.K	
	2단굴착	6.40	19.81		30.05%	O.K	
	3단굴착	10.20	23.16		35.13%	O.K	
	4단굴착	16.80	29.96		45.44%	O.K	
	5단굴착	23.70	31.44		47.70%	O.K	
	6단굴착	28.46	31.84		48.31%	O.K	
	7단굴착	32.96	31.80		48.25%	O.K	
	슬라브 및 벽체 타설	32.96	31.83		48.28%	O.K	
	역 RAKER 해체	32.96	31.82		48.28%	O.K	

표 1.37 C.I.P 검토 결과

구 분	C.I.P 검토						
	휨모멘트 (kN · m)	발생치 /허용치	전단력 (kN)	발생치 /허용치	압축력(kN)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	222.08 〈 1,331.3	16.7%	210.69 〈 1,241.3	17.0%	609.35 〈 1,319.5	46.2%	O.K
우측	205.72 〈 1,331.3	15.5%	210.58 〈 1,241.3	17.0%	627.24 〈 1,319.5	47.5%	O.K

표 1.38 SIDE PILE 응력 검토 결과

구 분	SIDE PILE 검토						
	휨응력 (MPa)	발생치 /허용치	전단응력 (MPa)	발생치 /허용치	압축응력(MPa)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	100.71 〈 270.77	37.2%	18.98 〈 180.00	10.5%	68.91 〈 225.75	30.5%	O.K
우측	127.32 〈 270.77	47.0%	21.03 〈 180.00	11.7%	76.40 〈 225.75	33.8%	O.K

표 1.39 RAKER 응력 검토 결과

구 분	RAKER 검토						
	휨응력 (MPa)	발생치 /허용치	전단응력 (MPa)	발생치 /허용치	압축응력(MPa)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	37.47 〈 262.50	14.3%	2.07 〈 180.00	1.2%	28.32 〈 211.40	13.4%	O.K
우측	26.33 〈 262.50	10.0%	2.05 〈 180.00	1.1%	20.07 〈 211.40	9.5%	O.K

인접건물 및 구조물

표 1.40 인접건물 및 구조물 침하량 검토 결과

구 분		연직변위 (mm)		폭 (m)	부등 침하량 (mm)	허용 침하량 (mm)	각변위	비고
		근단	원단					
A-L	S BUSINESS CENTER	2.84	2.27	49.21	0.57	25.00	1/86,333 〈 1/500	O.K
	이수전기(주)	8.99	3.37	31.00	5.62	25.00	1/5,516 〈 1/500	O.K
A-R	㈜아톰 A동	11.43	7.06	18.70	4.37	25.00	1/4,279 〈 1/500	O.K
	㈜아톰 B동	4.04	2.41	11.17	1.63	25.00	1/6,853 〈 1/500	O.K
	잔카드 드림타워 지식산업센터	1.61	0.97	44.30	0.64	25.00	1/69,219 〈 1/500	O.K

단면 B-B

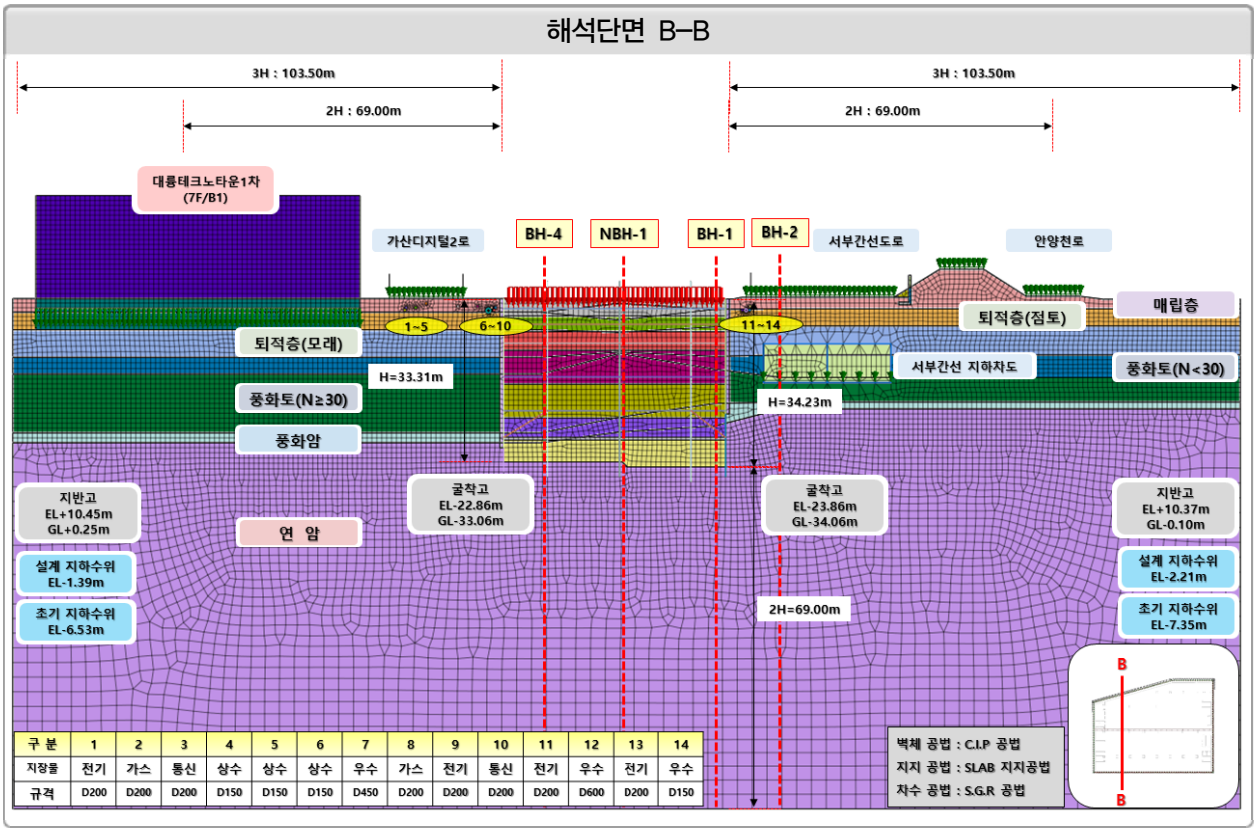


표 1.41 가시설 벽체 수평변위 검토 결과

구 분		C.I.P					비고
		굴착심도 (m)	발생 변위량 (mm)	허용 변위량 (mm)	발생치 /허용치	안전성 평가	
좌측	1단굴착	3.55	32.24	66.62	48.40%	O.K	
	2단굴착	6.75	30.26		45.42%	O.K	
	3단굴착	10.55	30.62		45.96%	O.K	
	4단굴착	17.15	32.12		48.21%	O.K	
	5단굴착	24.05	33.12		49.71%	O.K	
	6단굴착	28.81	32.65		49.02%	O.K	
	7단굴착	33.31	33.28		49.95%	O.K	
	슬라브 및 벽체 타설	33.31	34.21		51.36%	O.K	
	역 RAKER 해체	33.31	33.54		50.34%	O.K	
우측	1단굴착	3.47	31.74	68.46	46.36%	O.K	
	2단굴착	6.67	28.25		41.26%	O.K	
	3단굴착	10.47	26.83		39.18%	O.K	
	4단굴착	17.17	24.60		35.94%	O.K	
	5단굴착	23.97	23.84		34.82%	O.K	
	6단굴착	28.73	23.81		34.77%	O.K	
	7단굴착	34.23	24.28		35.47%	O.K	
	슬라브 및 벽체 타설	34.23	23.93		34.95%	O.K	
	역 RAKER 해체	34.23	24.15		35.28%	O.K	

표 1.42 C.I.P 검토 결과

구 분	C.I.P 검토						
	휨모멘트 (kN · m)	발생치 /허용치	전단력 (kN)	발생치 /허용치	압축력(kN)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	277.03 〈 1,331.3	20.8%	306.22 〈 1,241.3	24.7%	625.44 〈 1,319.5	47.4%	O.K
우측	234.12 〈 1,331.3	17.6%	197.49 〈 1,241.3	15.9%	554.58 〈 1,319.5	42.0%	O.K

표 1.43 SIDE PILE 응력 검토 결과

구 분	SIDE PILE 검토						
	휨응력 (MPa)	발생치 /허용치	전단응력 (MPa)	발생치 /허용치	압축응력(MPa)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	122.05 〈 295.34	41.3%	20.88 〈 180.00	11.6%	90.87 〈 275.53	33.0%	O.K
우측	77.29 〈 242.51	31.9%	21.31 〈 180.00	11.8%	56.33 〈 167.90	33.5%	O.K

표 1.44 RAKER 응력 검토 결과

구 분	RAKER 검토						
	휨응력 (MPa)	발생치 /허용치	전단응력 (MPa)	발생치 /허용치	압축응력(MPa)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	52.84 〈 262.50	20.1%	2.81 〈 180.00	1.6%	45.86 〈 211.40	21.7%	O.K
우측	35.47 〈 262.50	13.5%	1.51 〈 180.00	0.8%	30.42 〈 211.40	14.4%	O.K

인접건물 및 구조물

표 1.45 인접건물 및 구조물 침하량 검토 결과

구 분		연직변위 (mm)		폭 (m)	부등 침하량 (mm)	허용 침하량 (mm)	각변위	비고
		근단	원단					
B-L	대륭테크노타운 1차	8.31	0.38	43.17	7.93	25.00	1/5,444 〈 1/500	O.K
B-R	서부간선 지하차도	3.74	0.30	25.99	3.44	25.00	1/7,555 〈 1/500	O.K
	옹벽	2.18	2.72	2.5	4.90	25.00	1/510 〈 1/500	O.K

표 1.46 지하매설물 침하량 검토 결과

구 분		침하량 (mm)			비고	구 분	침하량 (mm)			비고
B-L	전기선로-1	14.66	〈	25.00	O.K	상수관로-3	14.59	〈	25.00	O.K
	가스관로-1	15.02	〈	25.00	O.K	우수관로-1	10.49	〈	25.00	O.K
	통신선로-1	15.77	〈	25.00	O.K	가스관로-2	9.43	〈	25.00	O.K
	상수관로-1	16.93	〈	25.00	O.K	전기선로-2	7.88	〈	25.00	O.K
	상수관로-2	17.41	〈	25.00	O.K	통신선로-2	7.32	〈	25.00	O.K
B-R	전기선로-1	7.51	〈	25.00	O.K	전기선로-2	8.29	〈	25.00	O.K
	우수관로-1	8.08	〈	25.00	O.K	상수관로-1	8.55	〈	25.00	O.K

표 1.47 인접도로 침하량 검토 결과

구 분		연직변위 (mm)		폭 (m)	부등 침하량 (mm)	허용 침하량 (mm)	각변위			비고
		근단	원단							
B-L	가산디지털2로	17.62	14.79	15.00	2.83	25.00	1/5,300	〈	1/500	O.K
B-R	서부간선도로	9.09	2.61	30.00	6.48	25.00	1/4,630	〈	1/500	O.K

1.4 지반안정성

☑ 3차원 지반안정성 검토

해석개요

- 유한요소해석 프로그램인 Midas GTS NX 프로그램을 이용하여 3차원 모델링을 통해 지반 및 흙막이 가시설, 사업부지의 인접건물 및 주변 지장물을 모델링 하였으며, 굴착에 따른 우각부 안정성을 검토함.
- 해석 모델의 지하수위는 지하수 변화에 의한 영향 평가 결과의 지하수위 상승량 및 저하량을 적용함.
- 인접한 시공중인 건물의 하중은 당 현장 착공시 대부분 준공이 완료될 시점으로 판단하여 전체 건물 하중으로 적용함.

3차원 유한요소 해석 모델링

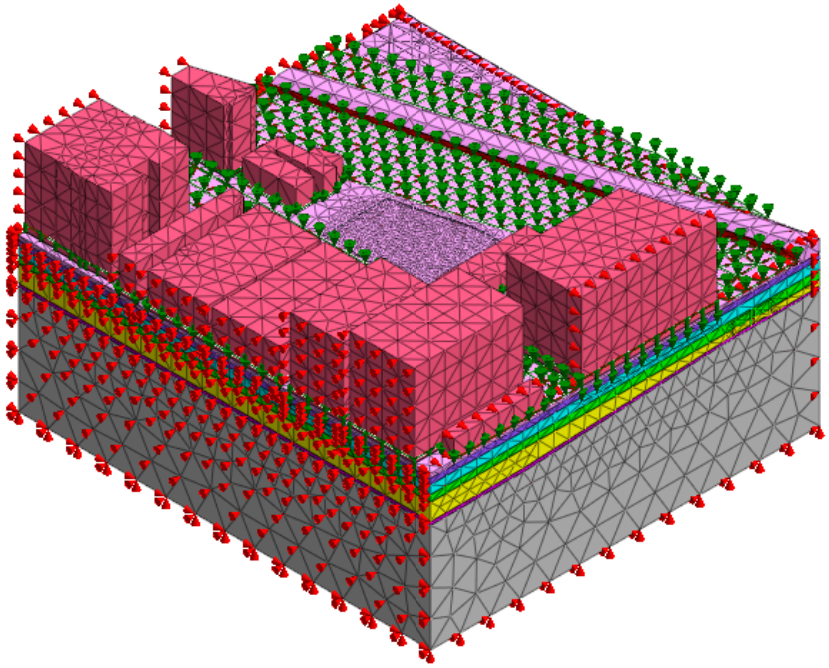


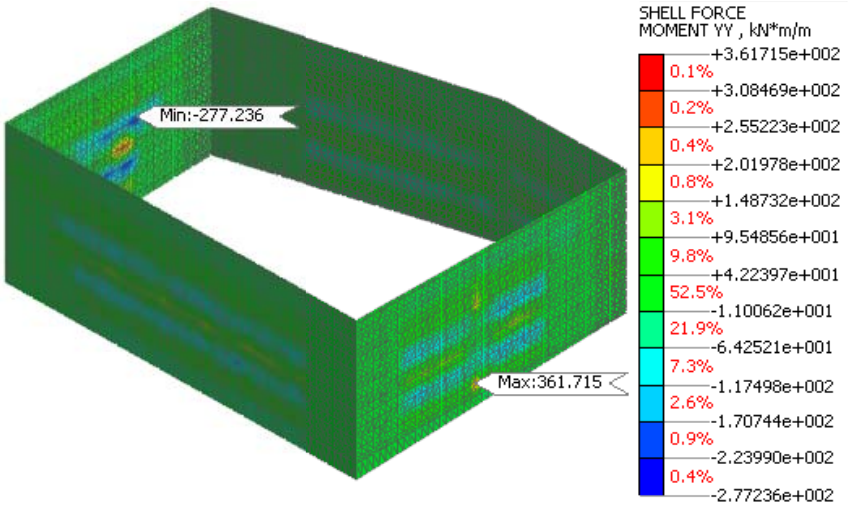
표 1.48 지반 안정성 검토결과

시공단계	수평변위 (mm)		연직변위 (mm)		비 고
	X	Y	침하량	허용치	
1단굴착	0.81	0.79	-0.93	25.00	O.K
2단굴착	3.80	4.12	-1.18	25.00	O.K
3단굴착	5.39	6.27	-1.45	25.00	O.K
4단굴착	16.26	13.18	-3.96	25.00	O.K
5단굴착	21.63	15.21	-6.88	25.00	O.K
6단굴착	21.87	15.84	-8.06	25.00	O.K
7단굴착	22.25	16.27	-9.80	25.00	O.K
벽체타설	22.25	16.25	-9.91	25.00	O.K
지하층 완료	22.20	16.11	-9.92	25.00	O.K
MAX	**22.25**	**16.27**	**-9.92**	**25.00**	**O.K**

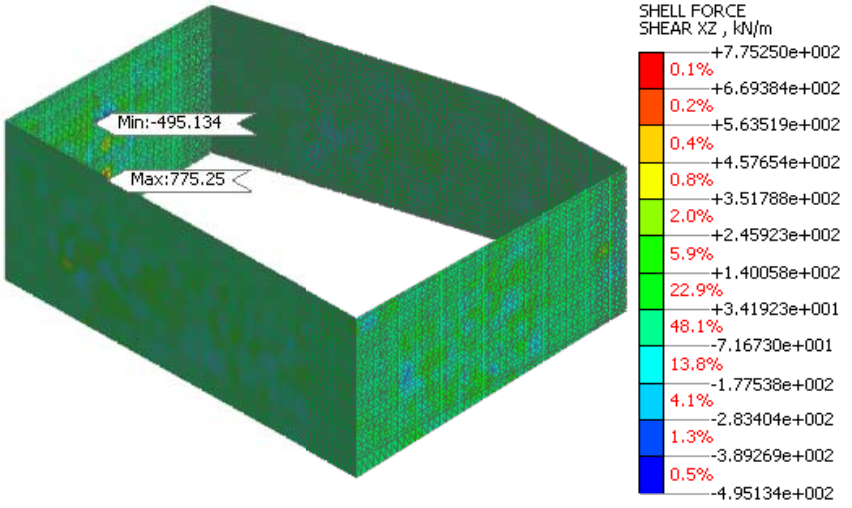
3차원 흙막이 벽체 해석결과(CIP)

3차원 해석결과

모멘트



전단력



축력

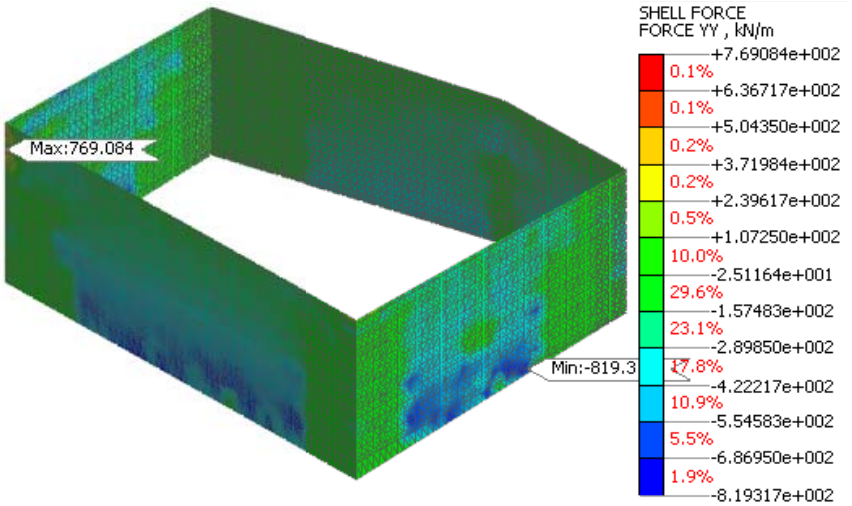


표 1.49 3차원 흙막이 벽체 검토결과(CIP)

시공단계	전체 벽체							비 고
	부재력			수평변위				
	모멘트 (kN · m)	전단력 (kN)	축력 (kN)	X변위 (mm)	Y변위 (mm)	굴착심도 (m)	허용수평변위 (0.002H) (mm)	
1단굴착	14.01	111.53	211.36	0.81	0.79	1.80		O.K
2단굴착	52.35	273.40	451.40	3.80	4.12	6.40		O.K
3단굴착	87.05	300.22	622.07	5.39	6.27	10.20		O.K
4단굴착	291.18	560.94	670.39	16.26	13.18	16.80		O.K
5단굴착	300.51	775.25	791.75	21.63	15.21	23.70	65.92	O.K
6단굴착	302.50	765.28	763.11	21.87	15.84	28.46		O.K
7단굴착	321.01	772.54	763.32	22.25	16.27	32.96		O.K
벽체타설	321.64	771.03	819.32	22.25	16.25	32.96		
지하층 완료	361.72	774.51	815.57	22.20	16.11	32.96		
MAX	**361.72**	**775.25**	**819.32**	**22.25**	**16.27**	**32.96**	**65.92**	**O.K**

표 1.50 흙막이 벽체(CIP) 부재력 검토결과

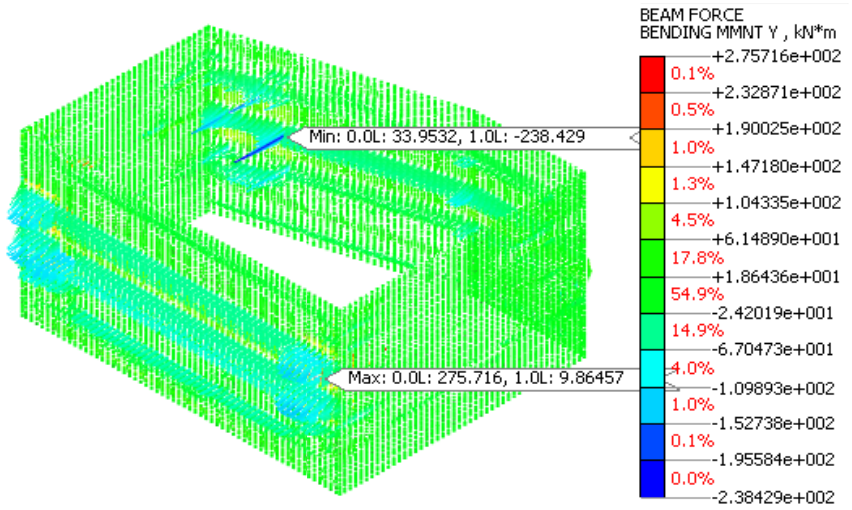
구 분	휨모멘트 (kN · m)			전단력 (kN)			축력 (kN)			안정성 평가
	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
CIP	361.72	1,331.3	27.17%	775.25	1,241.3	62.45%	819.32	1,319.5	62.09%	O.K

1.4 지반안정성

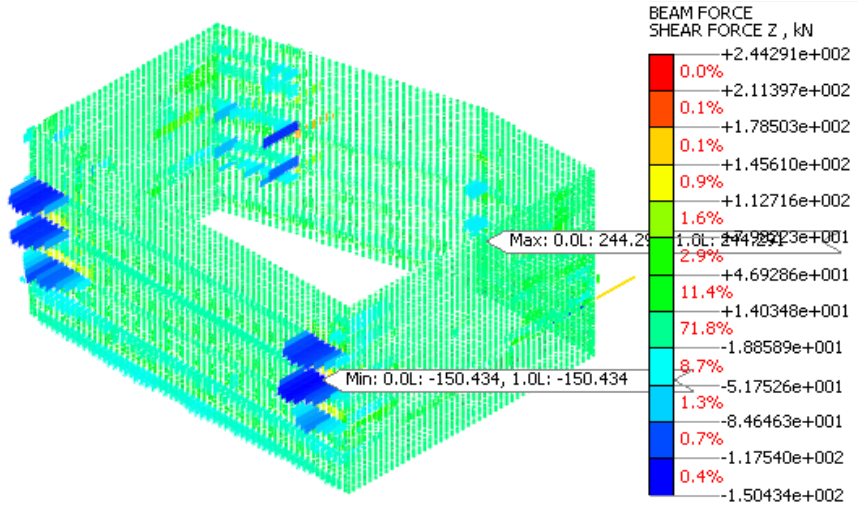
3차원 흙막이 벽체 해석결과(H-PILE)

3차원 해석결과

모멘트



전단력



축력

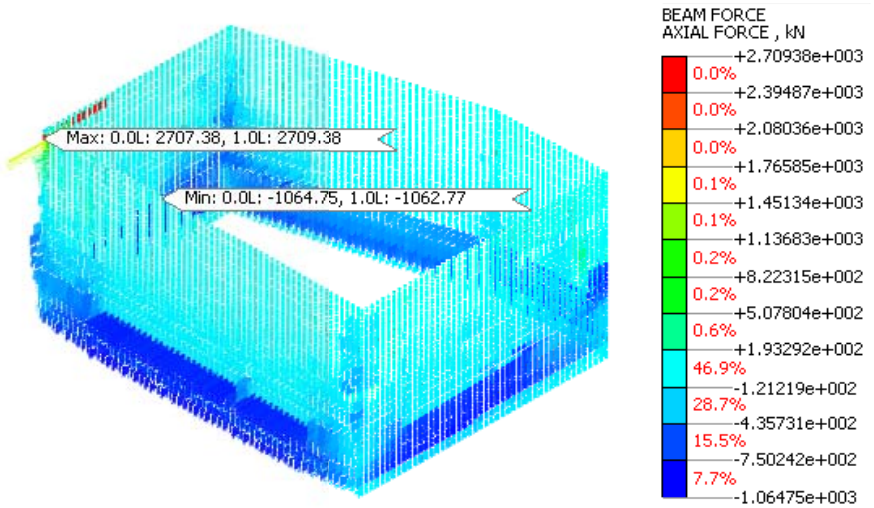


표 1.51 3차원 흙막이 벽체 검토결과(H-PILE)

시공단계	전체 벽체							비 고
	부재력			수평변위				
	모멘트 (kN · m)	전단력 (kN)	축력 (kN)	X변위 (mm)	Y변위 (mm)	굴착심도 (m)	허용수평변위 (0.002H) (mm)	
1단굴착	9.65	7.78	262.28	0.81	0.79	1.80		O.K
2단굴착	56.62	41.33	274.18	3.80	4.09	6.40		O.K
3단굴착	64.30	66.07	327.89	5.39	6.27	10.20		O.K
4단굴착	179.38	142.17	711.09	16.26	13.18	16.80		O.K
5단굴착	236.32	174.20	1195.61	21.63	15.21	23.70	65.92	O.K
6단굴착	249.19	177.43	1628.10	21.87	15.84	28.46		O.K
7단굴착	274.22	244.29	2389.86	22.25	16.27	32.96		O.K
벽체타설	275.72	243.38	2709.39	22.25	16.25	32.96		O.K
지하층 완료	275.33	223.25	2706.87	22.20	16.11	32.96		O.K
MAX	**275.72**	**244.29**	**2,709.39**	**22.25**	**16.27**	**32.96**	**65.92**	**O.K**

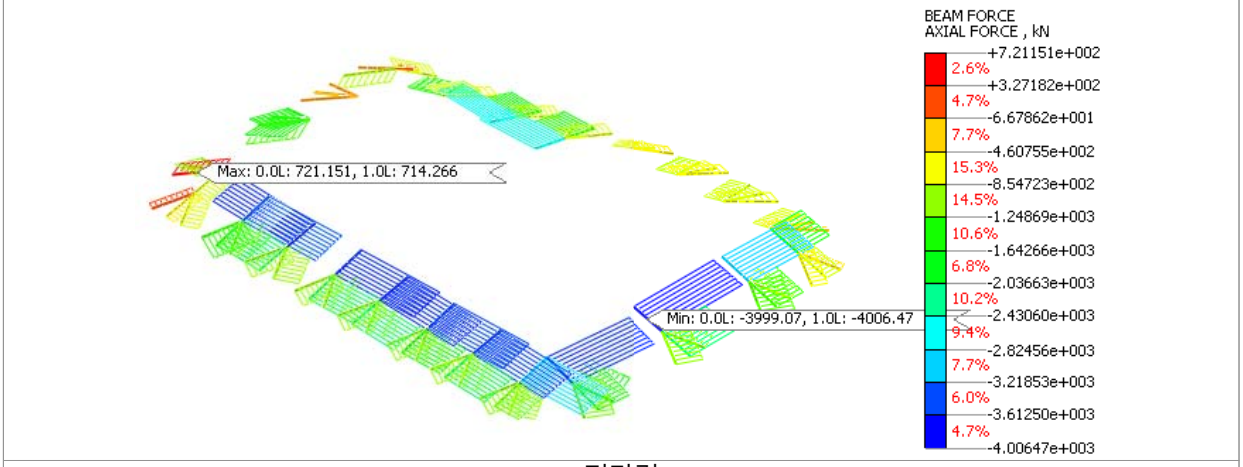
표 1.52 흙막이 벽체 부재력 검토결과

구 분	휨응력 (MPa)			전단응력 (MPa)			압축응력 (MPa)			안정성 평가
	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
H-PILE	71.93	270.77	26.56%	39.15	180.00	21.75%	94.98	225.75	42.07%	O.K

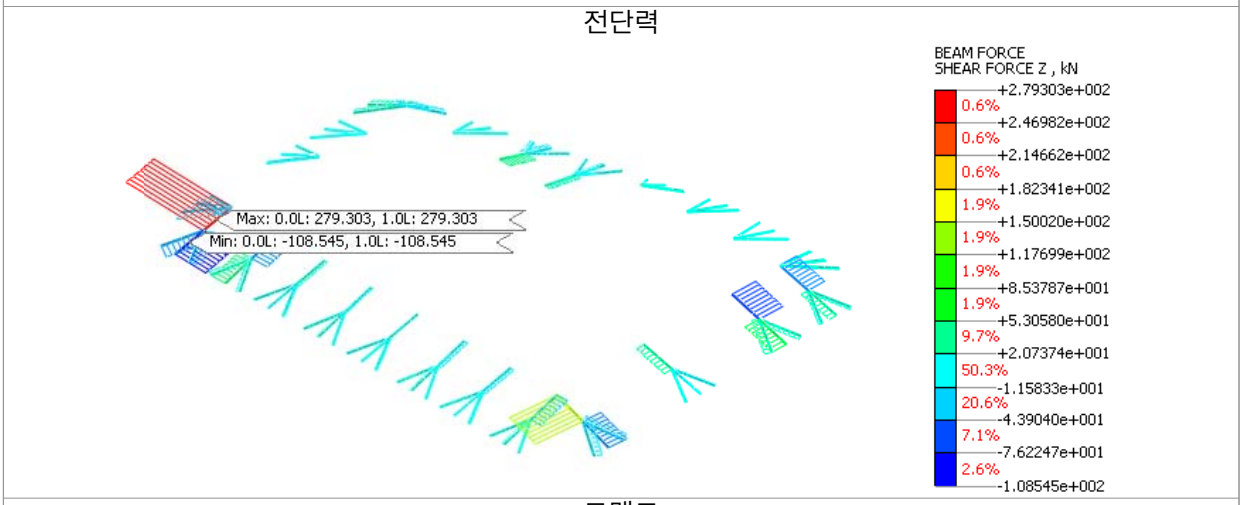
3차원 흙막이 지보재 해석결과(역 RAKER)

3차원 해석결과

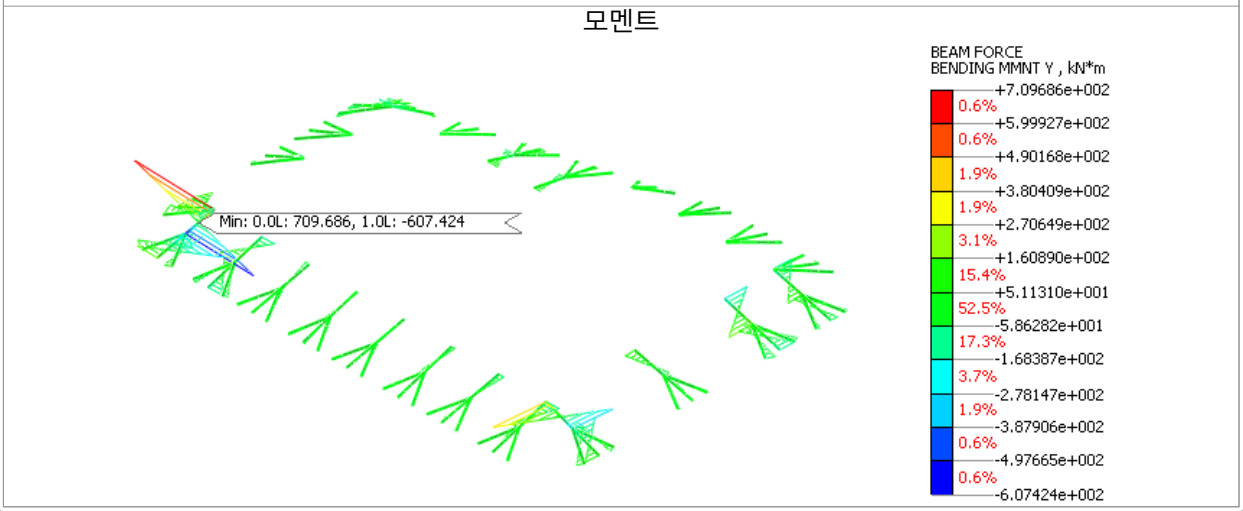
축력



전단력



모멘트



구 분	휨응력 (MPa)			전단응력 (MPa)			압축응력 (MPa)			안정성 평가
	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
역 RAKER	59.14	262.50	22.53%	17.34	180.00	9.63%	52.03	211.40	24.61%	O.K

3차원 인접지반 해석 결과

3차원 해석 인접구조물 현황

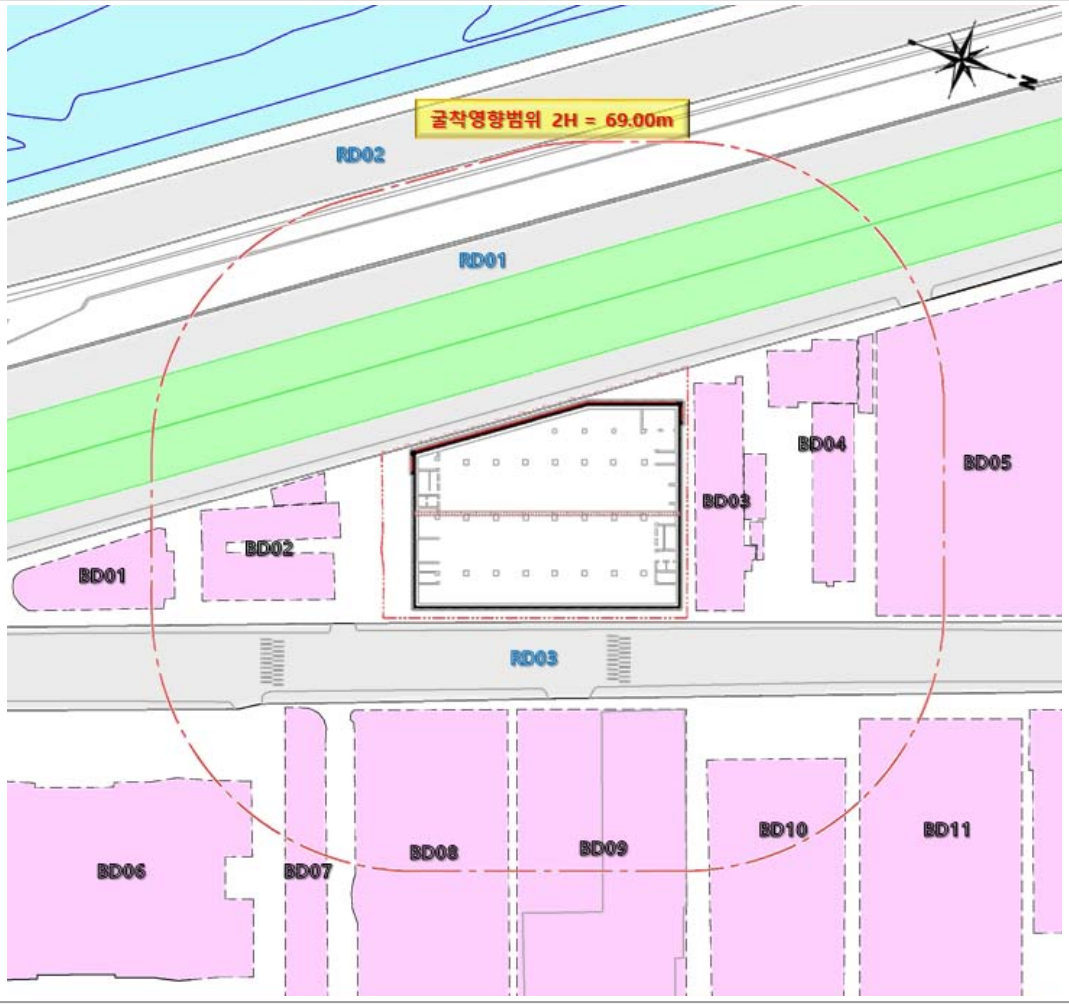


표 1.53 3차원 인접구조물 안정성 검토 결과

구분	건물명	침하량(mm)		허용침하	부등침하 검토		안전성 평가
		최대	최소		각변위	허용	
BD01	S비지니스센터	1.516	1.413	25mm	1/390,140	1/500	O.K
BD02	일진피앤에스	6.935	1.890	25mm	1/8,366	1/500	O.K
BD03	아톰 A동	7.900	4.647	25mm	1/15,374	1/500	O.K
BD04	아톰 B동	5.383	1.635	25mm	1/17,954	1/500	O.K
BD05	지엔텍 신축공사 현장	2.318	1.449	25mm	1/116,205	1/500	O.K
BD06	대륭테크노타운 12차	1.024	0.349	25mm	1/80,262	1/500	O.K

1.4 지반안정성

구분	건물명	침하량(mm)		허용침하	부등침하 검토		안전성 평가
		최대	최소		각변위	허용	
BD07	대륭테크노타운 1차	2.213	1.642	25mm	1/126,179	1/500	O.K
BD08	대륭테크노타운 1차	3.826	2.493	25mm	1/47,487	1/500	O.K
BD09	아르센타워 공사현장	3.887	3.258	25mm	1/137,560	1/500	O.K
BD10	르노삼성자동차 서부사업소	2.533	1.639	25mm	1/40,703	1/500	O.K
BD11	G밸리 더리브 신축공사 현장	1.552	0.492	25mm	1/78,528	1/500	O.K
BD12	서부간선 지하도로	2.742	0.289	25mm	1/66,850	1/500	O.K
RD01	서부간선도로	4.236	–	25mm	–	–	O.K
RD02	안양천로	2.095	–	25mm	–	–	O.K
RD03	가산디지털2로	9.640	–	25mm	–	–	O.K
관로1	상수관로	9.061	–	25mm	–	–	O.K
관로2	우수관로	7.323	–	25mm	–	–	O.K
관로3	가스관로	7.194	–	25mm	–	–	O.K
관로4	전기선로	7.223	–	25mm	–	–	O.K
관로5	통신선로	7.582	–	25mm	–	–	O.K

☑ 우각부 취약구간 안정성 검토

우각부 검토 위치

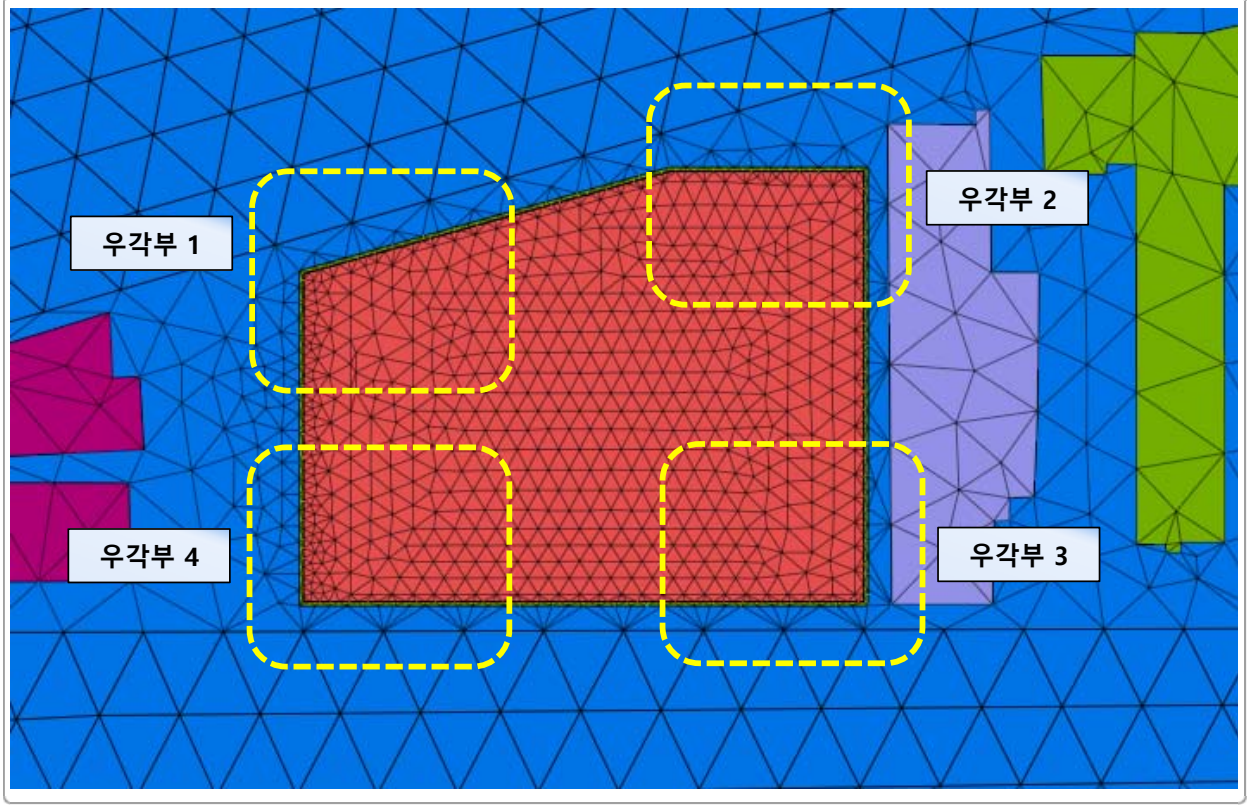


표 1.54 지반 안정성 검토결과(우각부 1)

시공단계	굴착심도 (m)	수평변위(mm)			비 고
		X	Y	허용수평변위(mm) (0.002H)	
1단굴착	1.80	0.63	0.79	65.92	O.K
2단굴착	6.40	2.59	4.09		O.K
3단굴착	10.20	5.18	6.27		O.K
4단굴착	16.80	16.26	13.18		O.K
5단굴착	23.70	21.63	14.67		O.K
6단굴착	28.46	21.87	15.06		O.K
7단굴착	32.96	22.25	15.39		O.K
벽체타설	32.96	22.25	15.38		O.K
지하층 완료	32.96	22.20	15.35		O.K
MAX	**32.96**	**22.25**	**15.39**	**65.92**	**O.K**

표 1.55 지반 안정성 검토결과(우각부 2)

시공단계	굴착심도 (m)	수평변위(mm)			비 고
		X	Y	허용수평변위(mm) (0.002H)	
1단굴착	1.80	0.81	0.49	65.92	O.K
2단굴착	6.40	3.80	1.68		O.K
3단굴착	10.20	5.35	2.21		O.K
4단굴착	16.80	15.28	4.87		O.K
5단굴착	23.70	16.83	5.26		O.K
6단굴착	28.46	17.02	5.33		O.K
7단굴착	32.96	17.39	5.48		O.K
벽체타설	32.96	17.40	5.48		O.K
지하층 완료	32.96	17.28	5.43		O.K
MAX	**32.96**	**17.40**	**5.48**	**65.92**	**O.K**

표 1.56 지반 안정성 검토결과(우각부 3)

시공단계	굴착심도 (m)	수평변위(mm)			비 고
		X	Y	허용수평변위(mm) (0.002H)	
1단굴착	1.80	0.81	0.64	65.92	O.K
2단굴착	6.40	3.25	2.57		O.K
3단굴착	10.20	5.39	3.98		O.K
4단굴착	16.80	15.79	13.05		O.K
5단굴착	23.70	16.27	14.11		O.K
6단굴착	28.46	16.39	14.69		O.K
7단굴착	32.96	16.75	15.12		O.K
벽체타설	32.96	16.75	15.11		O.K
지하층 완료	32.96	16.68	14.89		O.K
MAX	**32.96**	**16.75**	**15.12**	**65.92**	**O.K**

표 1.57 지반 안정성 검토결과(우각부 4)

시공단계	굴착심도 (m)	수평변위(mm)			비 고
		X	Y	허용수평변위(mm) (0.002H)	
1단굴착	1.80	0.60	0.63		O.K
2단굴착	6.40	2.53	2.24		O.K
3단굴착	10.20	4.60	3.59		O.K
4단굴착	16.80	15.63	12.84		O.K
5단굴착	23.70	19.45	15.21	65.92	O.K
6단굴착	28.46	19.54	15.84		O.K
7단굴착	32.96	19.79	16.27		O.K
벽체타설	32.96	19.77	16.25		O.K
지하층 완료	32.96	19.72	16.11		O.K
MAX	**32.96**	**19.79**	**16.27**	**65.92**	**O.K**

1.4.2 경험식에 의한 지반안정성

표 1.58 경험식에 의한 침하량 및 각변위 검토결과

구분		Peck			Mana & Clough			2차원 해석결과		
		최대 침하	부등 침하	각변위	최대 침하	부등 침하	각변위	최대 침하	부등 침하	각변위
A-L	S BUSINESS CENTER	55.05 –	55.05	1/894	16.52 –	16.52	1/2,980	2.84 2.27	0.57	1/86,333
	이수전기(주)	235.00 80.00	155.00	1/200	70.50 24.00	46.50	1/667	8.99 3.37	5.62	1/5,516
A-R	㈜아톰 A동	312.60 219.10	93.50	1/200	93.78 65.73	28.05	1/667	11.43 7.06	4.37	1/4,279
	㈜아톰 B동	159.15 103.30	55.85	1/200	47.75 30.99	16.76	1/667	4.04 2.41	1.63	1/6,853
	잔카드 드림타워 지식산업센터	78.30 –	78.30	1/566	23.49 –	23.49	1/1,886	1.61 0.97	0.64	1/69,219
B-L	대륭테크노타운 1차	188.10 –	188.10	1/230	56.43 –	56.43	1/765	8.31 0.38	7.93	1/5,444
	가산디지털2로	293.10	75.00	1/200	87.93 218.10	22.50	1/667	17.62 14.79	2.83	1/5,300
	전기선로-1	327.10	–	–	97.86	–	–	14.66	–	–
	가스관로-1	325.55	–	–	97.40	–	–	15.02	–	–
	통신선로-1	323.20	–	–	96.69	–	–	15.77	–	–
	상수관로-1	319.85	–	–	95.69	–	–	16.93	–	–
	상수관로-2	308.90	–	–	92.40	–	–	17.41	–	–
	상수관로-3	288.85	–	–	86.39	–	–	14.59	–	–
	우수관로-1	256.40	–	–	76.65	–	–	10.49	–	–
	가스관로-2	245.75	–	–	73.46	–	–	9.43	–	–
	전기선로-2	236.05	–	–	70.55	–	–	7.88	–	–
	통신선로-2	234.75	–	–	70.16	–	–	7.32	–	–
B-R	서부간선도로	308.95 158.95	150.00	1/200	95.24 49.00	46.24	1/649	9.09 2.61	6.48	1/4,630
	서부간선 지하차도	295.90 165.95	129.95	1/200	91.22 51.16	40.06	1/649	3.74 0.30	3.44	1/7,555
	옹벽	162.80 150.30	12.50	1/1,268	66.79 64.29	2.50	1/6,340	2.18 2.72	4.90	1/510
	전기선로-1	318.45	–	–	97.90	–	–	7.51	–	–
	우수관로-1	314.55	–	–	96.69	–	–	8.08	–	–
	전기선로-2	310.80	–	–	95.54	–	–	8.29	–	–
	상수관로-1	310.50	–	–	95.45	–	–	8.55	–	–

1.4.3 탄 · 소성보 해석 검토 결과

단면 A-A

표 1.59 C.I.P 검토 결과

구 분	C.I.P 검토						
	휨모멘트 (kN · m)	발생치 /허용치	전단력 (kN)	발생치 /허용치	압축력(kN)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	903.3 〈 1,331.3	67.9%	528.4 〈 1,241.3	42.6%	357.6 〈 1,319.5	27.1%	O.K
우측	843.4 〈 1,331.3	63.4%	501.7 〈 1,241.3	40.4%	345.8 〈 1,319.5	26.2%	O.K

표 1.60 SIDE PILE 응력 검토 결과

구 분	SIDE PILE 검토						
	휨응력 (MPa)	발생치 /허용치	전단응력 (MPa)	발생치 /허용치	압축응력(MPa)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	220.02 〈 270.77	81.3%	128.50 〈 180.00	71.4%	24.68 〈 225.75	10.9%	O.K
우측	235.65 〈 270.77	87.0%	88.19 〈 180.00	49.0%	23.86 〈 225.75	10.6%	O.K

표 1.61 역 RAKER 응력 검토 결과

구 분	역 RAKER 검토						
	휨응력 (MPa)	발생치 /허용치	전단응력 (MPa)	발생치 /허용치	압축응력(MPa)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	2.60 〈 262.50	1.0%	1.10 〈 180.00	0.6%	31.70 〈 211.40	15.0%	O.K
우측	2.60 〈 262.50	1.0%	1.10 〈 180.00	0.6%	19.40 〈 211.40	9.2%	O.K

표 1.62 측면말뚝 근입장 검토

구 분		근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN/m^2)	수동토압 모멘트 (kN/m^2)	근입부 안전율	적용 안전율	안정성 평가
최종 굴착단계	A-L	2.0	1,336.8	8,004.5	5.99	1.2	O.K
	A-R	2.0	1,154.0	8,004.5	6.94	1.2	O.K

표 1.63 흙막이벽체 수평변위 결과

시공단계	A-L				A-R				판정	비고
	굴착깊이 (m)	발생변위 (mm)	허용변위 (mm)	안전율	굴착깊이 (m)	발생변위 (mm)	허용변위 (mm)	안전율		
1단굴착	2.24	2.21	66.80	3.32%	1.80	1.95	65.92	2.96%	O.K	0.0020H
2단굴착	6.84	3.83		5.74%	6.40	3.50		5.32%	O.K	
3단굴착	10.64	5.16		7.73%	10.20	4.39		6.66%	O.K	
4단굴착	17.24	14.68		21.97%	16.80	16.35		24.80%	O.K	
5단굴착	24.14	41.68		62.40%	23.70	37.31		56.60%	O.K	
6단굴착	28.90	41.43		62.02%	28.46	34.77		52.74%	O.K	
7단굴착	33.40	40.23		60.22%	32.96	33.97		51.54%	O.K	
슬라브 및 벽체 타설	33.40	40.23		60.22%	32.96	33.97		51.54%	O.K	
역 RAKER 해체	33.40	40.19		60.16%	32.96	33.97		51.51%	O.K	
MAX	33.40	41.68	66.80	62.40%	32.96	37.31	65.92	56.60%	O.K	-

■ 단면 B-B

표 1.64 C.I.P 검토 결과

구 분	C.I.P 검토						
	휨모멘트 (kN · m)	발생치 /허용치	전단력 (kN)	발생치 /허용치	압축력(kN)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	1,032.7 〈 1,331.3	77.6%	623.3 〈 1,241.3	50.2%	384.8 〈 1,319.5	29.2%	O.K
우측	617.2 〈 1,331.3	46.4%	391.9 〈 1,241.3	31.6%	308.5 〈 1,319.5	23.4%	O.K

표 1.65 SIDE PILE 응력 검토 결과

구 분	SIDE PILE 검토						
	휨응력 (MPa)	발생치 /허용치	전단응력 (MPa)	발생치 /허용치	압축응력(MPa)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	226.70 〈 295.34	76.8%	61.81 〈 180.00	34.3%	21.51 〈 275.53	7.8%	O.K
우측	106.55 〈 242.51	43.9%	89.66 〈 180.00	49.8%	21.29 〈 167.90	12.7%	O.K

표 1.66 역 RAKER 응력 검토 결과

구 분	역 RAKER 검토							
	휨응력 (MPa)	발생치/허용치	전단응력 (MPa)	발생치/허용치	압축응력(MPa)	발생치/허용치	안전성 평가	
좌측	2.60 〈 262.50	1.0%	1.10 〈 180.00	0.6%	49.30 〈 211.40	23.3%	O.K	
우측	2.60 〈 262.50	1.0%	1.10 〈 180.00	0.6%	11.60 〈 211.40	5.5%	O.K	

표 1.67 측면말뚝 근입장 검토

구 분		근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN/m^2)	수동토압 모멘트 (kN/m^2)	근입부 안전율	적용 안전율	안정성 평가
최종 굴착단계	B-L	2.0	1,843.9	8,004.5	4.34	1.2	O.K
	B-R	2.0	740.0	8,673.0	11.72	1.2	O.K

표 1.68 흙막이벽체 수평변위 결과

시공단계	B-L				B-R				판정	비고
	굴착깊이 (m)	발생변위 (mm)	허용변위 (mm)	안전율	굴착깊이 (m)	발생변위 (mm)	허용변위 (mm)	안전율		
1단굴착	3.55	5.81	66.62	8.72%	3.47	5.44	68.46	7.95%	O.K	0.002H
2단굴착	6.75	4.56		6.84%	6.67	4.18		6.11%	O.K	
3단굴착	10.55	4.78		7.18%	10.47	4.22		6.17%	O.K	
4단굴착	17.15	19.57		29.38%	17.17	18.04		26.355	O.K	
5단굴착	24.05	55.01		82.58%	23.97	28.48		41.61%	O.K	
6단굴착	28.81	55.53		83.35%	28.73	25.14		36.73%	O.K	
7단굴착	33.31	53.79		80.74%	34.23	25.50		37.25%	O.K	
슬라브 및 벽체 타설	33.31	53.79		80.74%	34.23	25.50		37.25%	O.K	
역 RAKER 해체	33.31	53.74		80.67%	34.23	25.50		37.25%	O.K	
MAX	33.31	55.53	66.62	83.35%	34.23	28.48	68.46	37.25%	O.K	–

☑ 굴착저면 안전검토

- 굴착저면 안전은 최소 근입깊이의 확보여부와 히빙 및 파이핑의 발생가능성에 대하여 검토를 수행하여야 하며 굴착저면 또는 흙막이 벽체가 근입된 지층이 풍화암 이상의 단단한 지반으로 구성되어 있는 경우에는 히빙과 보일링에 대한 검토를 생략할 수 있다.
- 벽체의 근입깊이는 안전성 검토시 안전율은 1.2 이상이 되어야 하며 히빙이나 파이핑에 대하여도 안전한 깊이로 설치하여야 한다.

조 건			안전율	비 고
근입깊이			1.2	수동 및 주동토압에 의한 모멘트 비
굴착저부의 안전	보일링	가설 (단기)	1.5	사질토 대상 단기는 굴착시점을 기준으로 2년 미만임
		영구 (장기)	2.0	
	히빙		1.5	점성토

- 대상 사업지의 굴착저면은 풍화암반 및 기반암(연암반)의 단단한 지반으로 구성되어 있어 히빙과 보일링에 대한 안정성 검토를 생략하였다.

1.5 지하안전확보방안

1.5.1 계측 계획

☑ 계측기 위치계획(굴착공사)

지하안전영향평가 시 계측계획 방안

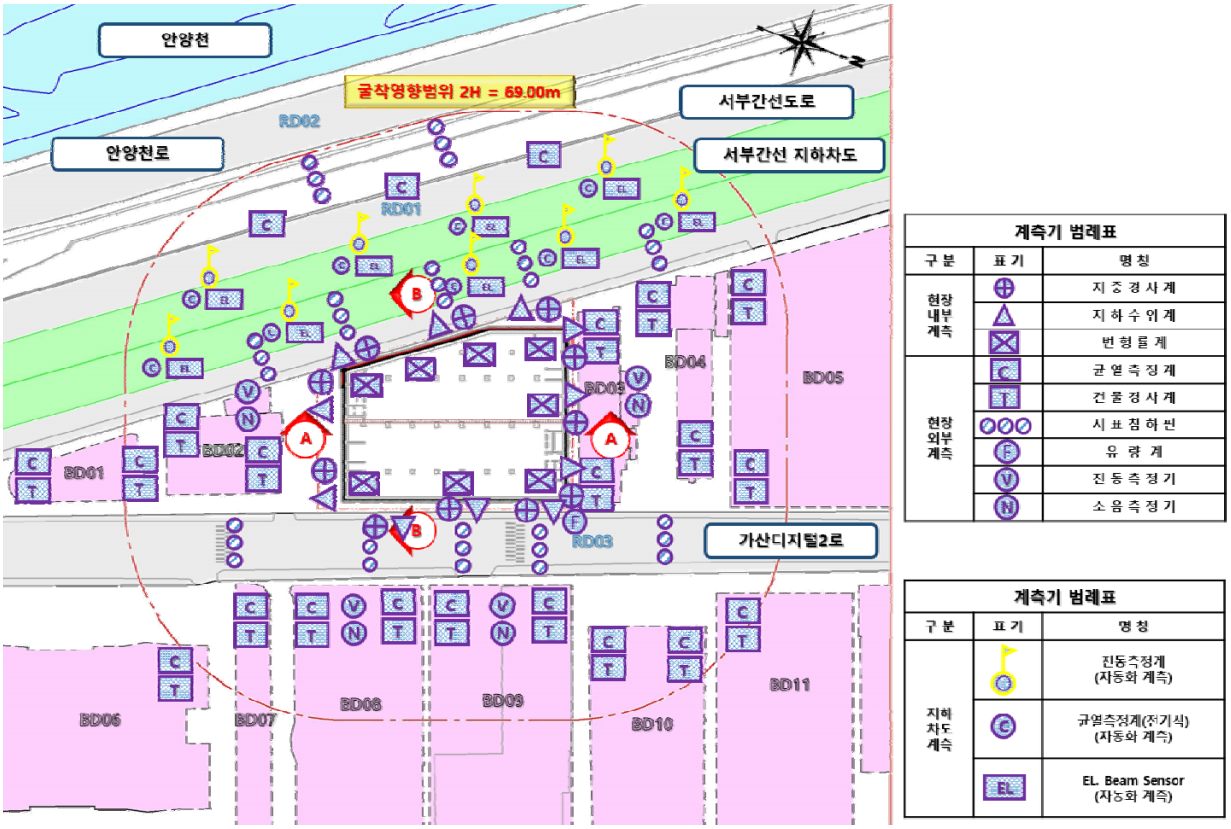


표 1.69 계측기 수량 현황

계측기기명	수량	비 고
지중경사계	11	· 설치간격 기준(50m이내) 준수 · 우각부 집중 계측
지하수위계	11	
변형률계	48	· 슬래브 및 가설부재 설치
건물경사계	21	· 굴착영향범위 내 시공완료 및 시공중 건물 설치 · 굴착영향범위 내 옹벽 설치
균열측정계	24	
지표침하계	12	· 인접도로 설치
유량계	1	· 배수펌프
진동측정기	4	· 현장 외부 건물 옥외 측정
소음측정기	4	
진동측정계	9	· 서부간선 지하차도 관련기관 협의 후 자동화 계측 장비 설치
균열측정계	9	
EL.Beam Sensor	9	

1.5 지하안전확보방안

☑ 본 과업 구간 계측관리 기준

표 7.1 본 과업구간 계측기 설치시기

구 분	계측기 설치시기
지중경사계	지반보강 그라우팅 실시후 또는 C.I.P 천공작업 이후
지하수위계	지층구성과 무관하게 지반보강 그라우팅 실시 후 (지반보강 그라우팅 이전에 설치시 수위계 Filter 막힘)
변형률계	슬래브 및 가설부재 설치 후
균열측정계	지층구성과 무관하게 C.I.P 천공작업 이전
건물경사계	지층구성과 무관하게 C.I.P 천공작업 이전
지표침하계	지층구성과 무관하게 C.I.P 천공작업 이전
진동측정계	서부간선 지하차도 관련기관과 협의 완료 후
균열측정계	서부간선 지하차도 관련기관과 협의 완료 후
EL.Beam Sensor	서부간선 지하차도 관련기관과 협의 완료 후

계측기 계측빈도

표 7.2 본 과업구간 계측기 계측빈도

계측항목	계측빈도			
	초기치 설정	굴착 공사중	해체 공사중	이상 발생시
지중경사계	계측관리 초기치 측정시기 및 빈도표 참조	2회/주	2회/주	수시계측
지하수위계		1회/일 이상	1회/일 이상	수시계측
변형률계		2회/주	2회/주	수시계측
지표침하계		2회/주	2회/주	수시계측
건물경사계		2회/주	2회/주	수시계측
균열측정계		2회/주	2회/주	수시계측
진동측정계		자동화 계측		
균열측정계		자동화 계측		
EL.Beam Sensor		자동화 계측		

*소음측정기 및 진동측정기는 공사장 소음 진동관리지침서(환경부)를 참조하여 실시하여야 한다.

1.5 지하안전확보방안

표 1.70 본 과업구간 지중경사계 단면별 벽체변위량 계측관리 기준 (단위:mm)

단면			1차 기준 (F:0.6)	2차 기준 (F:0.8)	3차 기준 (F:1.0)	비 고
단면A–A 좌측	일간 변위량	토사	2(7일간)	4(7일간)	10(7일간)	0.002H (H=최대굴착 깊이)
		암반	1(1일간)	2(1일간)	4(1일간)	
	최대변위량		40.08	53.44	66.80	
단면A–A 우측	일간 변위량	토사	2(7일간)	4(7일간)	10(7일간)	
		암반	1(1일간)	2(1일간)	4(1일간)	
	최대변위량		39.55	52.74	65.92	
단면B–B 좌측	일간 변위량	토사	2(7일간)	4(7일간)	10(7일간)	
		암반	1(1일간)	2(1일간)	4(1일간)	
	최대변위량		39.97	53.30	66.62	
단면B–B 우측	일간 변위량	토사	2(7일간)	4(7일간)	10(7일간)	
		암반	1(1일간)	2(1일간)	4(1일간)	
	최대변위량		41.09	54.78	68.48	

표 1.71 본 과업구간 지하수위계 누적수위 변화량 기준 (단위:m)

단면	1차 기준 (안전)	2차 기준 (주의)	3차 기준 (위험)	비 고
누적 수위변화량	4.00	6.00*	8.00	하천수위 (서울시 오금교) 최대 자연변동량 : 5.14m
일 수위변화량	0.50	0.75	1.00	

*) 자연변동량+1차관리기준을 적용시 9.14m로 3차 관리기준 8.0m를 초과하여, 1차관리 기준 및 3차관리기준 평균값을 적용함.

표 1.72 본 과업구간 지표침하계 관리 기준 (단위:mm)

단 면	1차 기준	2차 기준	3차 기준 (설계기준)	비 고
전 단 면	15.00	20.00	25.00	–

표 1.73 본 과업구간 변형률계 관리 기준(역타용 철골부재) (단위:MPa)

구 분	1차 기준 (안전) (3차 관리기준x0.6)	2차 기준 (3차 관리기준x0.8)	3차 기준 (설계기준)	비 고
지상1층 SLAB	104.62	139.50	174.37	SPS 구조계산결과 참조
지하1층 SLAB	104.62	139.50	174.37	
지하2층 SLAB	147.02	196.03	245.04	
지하3층 SLAB	165.04	220.06	275.07	
지하4층 SLAB	160.83	214.44	268.05	
지하4층 하부 역 RAKER	126.84	169.12	211.40	SPS 구조계산 결과와 탄소성 해석중 보수적인 허용값 적용

*) 역타용 각 층별 적용된 철골부재 중 허용 압축응력 기준임.

표 1.74 본 과업구간 건물경사계 관리 기준

구 분	1차 기준	2차 기준	3차 기준	비 고
각변위	1/1,000	1/850	1/500	-

표 1.75 본 과업구간 균열측정계 관리 기준

구 분	1차 기준	2차 기준	3차 기준	비 고
최대변위량	0.2	0.38	0.5	-

표 1.76 본 과업구간 유량계 관리 기준(단위:㎥/day))

구 분	1차 기준	2차 기준	3차 기준	비 고
지하수 유량 측정	95.98	127.97	159.96	-

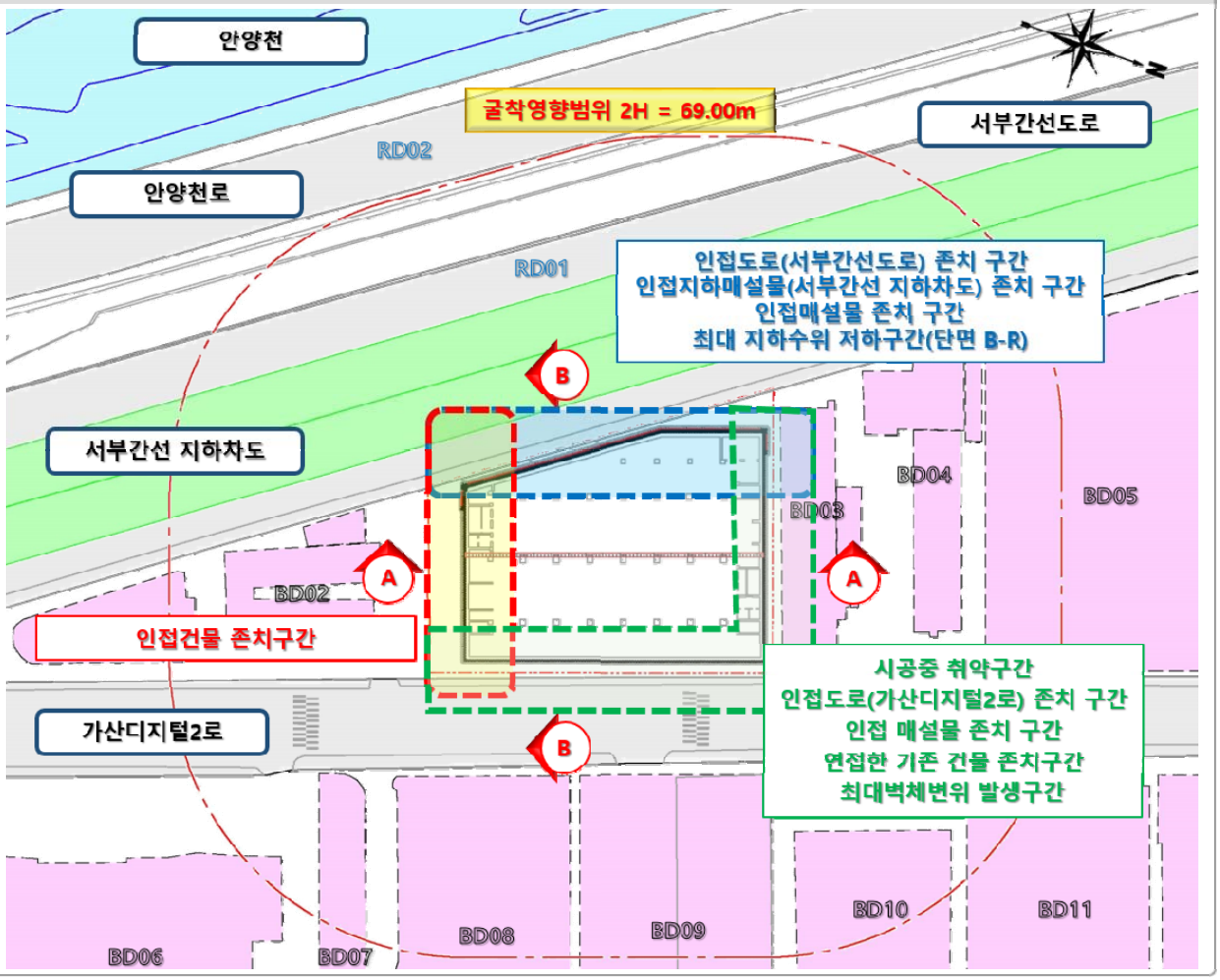
1.5.2 지반침하 취약구간 선정

- 과업구간 인근의 중점 · 주의관리대상 건물은 전단파괴영역내(45+ϕ/2, 보수적으로 ϕ=0)에 위치하거나 굴착영향범위 이내의 기존 구조물은 존재하지 않으나,
- 사업부지의 동측에는 “가산디지털2로(폭 약 15.0m)” , “상업시설”이 위치하고 있으며, 서측에는 “서부간선도로(왕복6차선, 폭 약 30.0m)” “서부간선지하차도”, “안양천”이 위치하고, 남측 및 북측에는 “업무/상업시설”이 위치하고, 인접부지에 공사중인 현장이 위치한다.
- 사업부지 주변의 도로는 공사중 장비 진출입로로 활용될 것을 고려하여 굴착 중 지반침하 취약구간으로 선정하여 공사 중 안정성을 확보함.
- 수치해석 검토 결과에 따른 취약구간 선정기준은 다음 표와 같다.

표 1.77 수치해석에 따른 취약구간 선정

구 분	지하수위 저하량(m)	최대 벽체변위량(mm)
A–A 좌측	6.87	41.68
A–A 우측	5.97	37.31
B–B 좌측	6.25	**55.53 (최대 벽체변위 구간)**
B–B 우측	**7.24(최대 저하량 구간)**	28.48

지반침하 취약구간 선정



1.5 지하안전확보방안

☑ 지반침하 취약구간 관리계획

공사 관리계획

표 1.78 굴착 공사 중 지반침하 취약구간 관리계획

구 분	지반침하 취약구간 관리 계획
건축물 안전점검	• 시공자는 굴착 공사 전 사업부지와 인접된 건축물에 대한 안전점검을 실시하여 건축물의 균열, 백태, 누수 등 구조물의 노후도 조사를 수행 • 공사 전, 공사 중, 공사 후 시공 단계별로 건축물의 안전성을 확인하여, 이상징후 발생 시 원인분석 및 즉시 대처가 가능 하도록 계획을 수립
하수관로 CCTV분석	• 시공자는 주변 하수관로 및 하수박스에 대하여 관계 기관과 협의하여 착공 전과 공사 완료 후 CCTV 조사를 실시하여 누수, 균열 등의 상태를 파악 • 착공 전 CCTV조사 결과 기존 우수관로 및 우수박스에 균열이 발생하여 굴착 공사 중 안전성 저하가 예상될 경우에는 해당구간에 대하여 지중경사계, 지하수위계, 지표침하계 등의 계측기를 추가로 설치하고 굴착공사 중에도 CCTV조사를 실시하여 관로의 상태 파악이 가능하도록 하여야 함
계측관리	• 지중경사계, 지하수위계에 대한 계측횟수를 1회/일로 하여 흙막이 벽체의 변위발생에 따른 대처가 즉시 가능하도록 하여야 함 • 굴착영역에 인접하여 있는 구조물에 대하여 건물경사계, 균열측정계 등을 계획하고 계측 빈도를 증가시켜 굴착 공사 중 침하, 부등침하에 대한 관리를 철저히 하여야 함
차수 그라우팅 품질관리	• 수치해석에 적용된 차수그라우팅 투수계수는 가설공사 표준시방서(국토교통부 2016)을 준수하여 1×10^{-5}cm/sec를 적용하였으므로 시공자는 시험시공 등을 수행하여 품질확보에 문제가 없는 것을 확인한 후 본 시공에 착수해야 함
소음/진동	• 공사 중 가설 휀스는 소음차단 효과가 우수한 제품을 적용하고 H-Pile 시공을 위한 천공 작업은 저소음/저진동 장비를 사용하여 소음·진동 영향을 최소화 하여야 함

1.5.3 보강 및 차수방안

- 검토 결과 모든 해석 구간에 대하여 허용 변위량의 90% 이하로 안전측으로 검토 되었다.
- 차수그라우팅은 착공전 시험시공을 통해 적정 차수성 확보 여부 및 지하수변화에 의한 영향 검토 시 적용된 투수계수를 확인 하여야 한다.
- 차수그라우팅 시험시공시 당 현장적용 차수공법의 투수계수(1.0×10^{-5}cm/sec)이상의 효과가 나타나지 못할 경우 승인기관의 장과 협의하여 차수그라우팅 공법을 변경 하여야 한다.
- 시험 주입시는 시험주입 계획서를 작성하여 감독관의 승인을 받아야 하며, 본 검토서에 적용한 성능에 미치지 못하는 경우 공법변경 또는 그에 맞는 지반안정성 해석을 수행한 후 착공하여야 한다.
- 주입시 주요 품질 확인 사항 및 주입후 효과 확인 사항은 다음과 같다.

  1) 시험 주입 중 품질 확인 사항

  – 현장 시험 주입은 대상지반에 적용하는 주입재 및 적용방법에 대한 확인 사항이므로, 목표한 효과가 발휘 될 수 있는 지를 확인하는 사항으로 다음의 2가지 경우를 관리 한다.

  ① 주입 상황을 파악하기 위하여 주입 시 주입량, 주입압 및 주입속도 등을 자동기록 장치로 기록하며, gel-time 및 주입 방식, 범위 등을 확인한다.

  ② 설계 내용이 현장과 일치하는지 여부를 판단한다.

  2) 시험 주입 후 품질 확인 사항

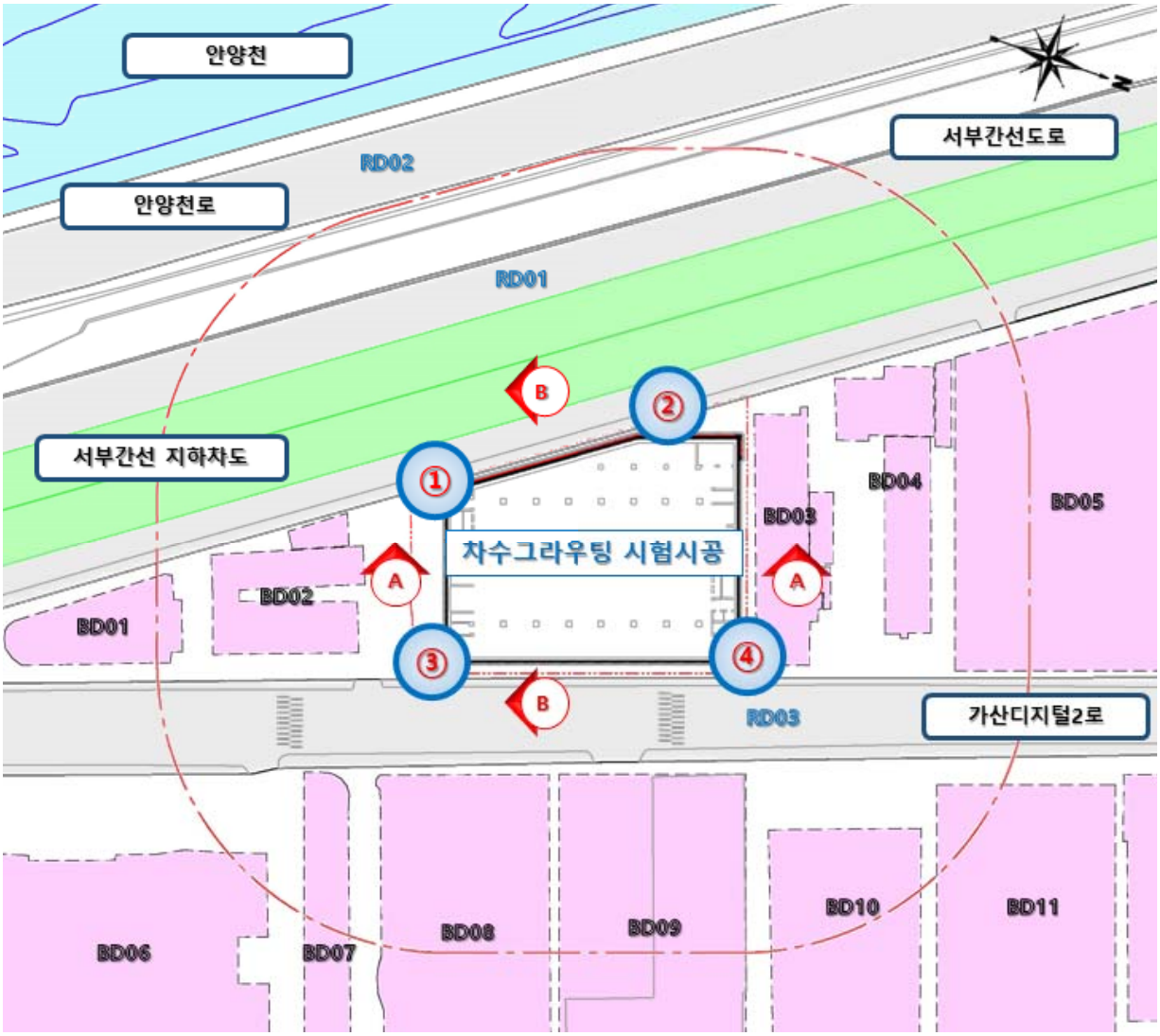
  – 주입시공에 의해 개량된 지반의 효과 확인 방법은 여러 가지 방법이 있으나, 일반적으로 차수공법의 직접적인 확인 방법으로 투수시험 및 시료 샘플링(채취), 터파기를 통한 반응시험 등이 있다.

  3) 투수성 확인 사항

  – 현장투수시험에 의해 투수계수를 확인하고, 본 검토서에 적용된 차수공의 투수계수인 10^{-5}cm/sec 이상 확보할 경우 주입효과가 있다고 판단해도 좋다
- 차수그라우팅 시험시공은 주입공 250개당 1회를 기준으로 하며, 당 현장 차수그라우팅은 약 400공으로 시험시공은 2회 시행이 기준이지만 인접한 서부간선도로 및 서부간선 지하차도, 지하매설물, 인접건물등 취약구간을 고려하여 총 4회 시행한다.
- 시험시공 위치는 아래 그림에 표시된 위치 또는 책임 감리원(감독원)이 지정하는 장소에 시행하되 원칙적으로는 계획 주입공의 일부를 이용하여야 함

1.5 지하안전확보방안

차수그라우팅 시험 시공 위치도



1.6 종합결론

1.6.1 종합 평가 및 결론

- 본 사업은 “서울특벽시 금천구 가산동 345-48번지 일원” 에 지하5층, 지상 10층 규모의 가산동 345-48 데이터센터 신축공사』 건설을 위한 지하안전영향평가를 수행하는데 그 목적이 있다.

- 과업 대상부지는 대지면적은 4,442.00㎡, 굴착면적은 3,479.83㎡로 최대 굴착심도가 G.L(-)34.23m로 ‘지하안전관리에 관한 특별법 제14조, 시행령 제13조’ 및 해당 령 [별표1]의 규정에 의하여 본 사업시행으로 인하여 주변지역에 미치는 영향을 평가하기 위하여 지하안전영향평가를 수행함.

- 본 사업 부지에 연접하여 있는 도로는 서부간선도로(30.0m), 가산디지털2로(15.0m)가 존재하며. 서측으로 서부간선 지하차도가 존재하며, 동/남/북측에는 기존건물 및 신축건물이 존재한다. 굴착공사 착수 시 당 현장 주변의 인접 건물 및 지반 현황 등을 재확인하여 지하안전영향평가서 작성 중 고려되지 못한 인접 지장물 및 구조물의 존치여부를 재확인하여야 한다.

- 이론적인 방법과 수치해석적인 방법으로 굴착영향거리를 검토한 결과 이론적인 방법이 가장 큰 값을 보여 2H에 해당하는 결과 값인 69.00m를 굴착영향범위로 결정하였다.

- 현장시추조사 결과 상부로부터 매립층, 퇴적층(점토, 모래), 풍화토, 풍화암, 연암순으로 지층구성이 이루어져 있으며 최종 굴착면은 주로 연암에 위치되며, 보일링이나 히빙이 발생할 가능성은 없을 것으로 판단된다.

- 설계 지하수위는 과업부지 주변 지하수위 관측정과 침투해석 결과를 고려하여 최대 지하수위 상승고 5.14m를 고려하여 각 단면별로 적용하여 안정성 검토를 수행하였다.

- 흙막이 벽체공법으로는 토사층 및 풍화암층에는 C.I.P공법(Ø600, C.T.C600)을 적용하였다. 지보공법으로는 지층상태는 양호하나 지하층 평면형상 및 고저차를 고려하여, 각 굴착단계별 굴착현장의 Rigid 거동을 유도하기 위해 슬래브지지 역타공법을 적용한 것은 안전성 확보 측면에서 적정한 것으로 판단된다. 차수그라우팅 공법으로는 S.G.R GROUTING 공법을 적용하였으며 현장시험을 통하여 평가서 작성시 적용된 투수계수 1.0×10^{-5}m/sec를 만족하여야 한다. 명기한 바와 같이 반드시 시험시공을 수행하여 설계목적 투수계수를 확보함을 확인한 이후 실제 시공에 임하여야 한다. 시험시공 결과 설계목적 투수계수를 확보하지 못하는 경우에는 추가적인 보강방안 및 공법변경을 고려하여야 한다.

1.6 종합결론

- 조사된 주변 현황, 지반조사결과 등을 바탕으로 지하수 변화에 의한 영향 분석을 실시하였으며, 초기 지하수위는 시추 공내에서 측정된 지하수위에서 연간 최대 변동폭을 고려하여 5.14m 상승시킨 보수적인 안전측으로 검토를 수행하였다. 굴착에 따른 지하수위 저하량 검토결과 최대 저하량은 단면B-B 우측에서 6.80m가 발생하는 것으로 검토되었으며 해당 위치에 대하여 차수그라우팅 시험시공을 하는 것으로 계획하였다.

- 지하수 영향 분석 결과를 반영하여 단계별 굴착을 고려한 지반안전성 검토를 실시하였다. 검토 방법으로는 탄소성해석법과 유한요소해석법을 사용하였으며, 두가지 해석법에 의한 각 구조물 및 지하매설물의 침하량 및 수평변위 검토결과 모두 허용치 이내를 보이며 안정성을 확보하는 것으로 검토되었다.

- 탄소성 해석과 유한요소해석결과 흙막이 벽체 적용에 따른 벽체공법의 강성과 지보공법의 강성차이로 인해 전단력, 모멘트 결과 값이 다소 상이하게 도출된 것으로 판단되나 두 해석 모두 부재력은 허용 안전율 이하로 유지되는 수준임을 감안할 때 흙막이 지지체의 안정성은 확보된 것으로 판단된다.

- 평가 결과는 지반조사 결과의 지층조건을 토대로 지반조사결과 및 문헌자료를 참고하여 결정한 지반정수를 이용하여 해석되었으므로, 시공 시 현장조건 및 지층조건이 본 평가서의 검토조건과 상이 하거나 변동이 있는 경우 재검토를 수행하여야 한다.

- 재검토 결과에 따라 벽체 및 차수그라우팅의 근입 심도 증가, 추가 보강재의 설치, 계측기의 추가 설치, 가시설 공법변경 등을 검토하여야 하며 적정한 추가보강계획을 수립하여 안정성 확보에 문제가 없도록 조치하여야 한다.
- 시추조사 미흡분 발생 또는 지반조사 결과의 신뢰성 확보를 위해 추가로 시추 조사를 시행하여 지층이 변화할 경우, 해당 지층에 맞게 각종 수치해석을 추가로 수행하여야 한다.

- 시공자는 흙막이 가시설 시공을 위한 반입자재의 경우 설계도서 및 시방기준에 적합한 자재가 사용될 수 있도록 품질확보방안(품질시험 등을 통한 적합자재 반입·사용 등) 수립하여 감리자 및 감독관의 승인을 득한후 시공하여야 한다.

- 지하수 변화에 의한 영향 및 지반안전성 평가결과 차수공을 계획대로 시공한다면 사업구간 굴착에 따른 지하수 저하 및 주변지반의 안전성 확보에는 문제가 없을 것으로 판단되어 추가적인 보강계획은 불필요할 것으로 사료된다. 그러나, 정확한 예측이 어려운 지반구조물의 특성상 육안관찰과 함께 주기적인 계측데이터를 활용하여 안전관리를 하여야 한다.
- 철저한 시공관리를 통해 시공 중 발생 가능한 리스크를 최소화하여야 하며, 이상 징후 발생 시

즉각적이고, 적극적인 대처를 통해 당 현장 및 주변 인접지반에 피해가 발생하지 않도록 노력하여야 한다.

- 암반구간은 Face mapping(현황도 조사)를 실시하여 암반의 상태에 따라 지보재의 간격, 길이 등을 감독원과 협의 후 조정해야 한다.

- 본 사업의 착공 당시 굴착영향범위 내 인접부지에서 시공 중인 현장이 있는 경우 해당 현장의 지하층 구조물 시공계획을 고려하여 상호간에 간섭이 발생할 때에는 동시굴착에 대한 안전성 검토를 수행하여 동시굴착으로 인한 추가 변위 발생 여부를 확인하여야 한다.

- 굴착영향범위 내 인접현장(BD9 아르센타원 공사현장)의 지하층 공사완료 후 동사업을 굴착하는 것으로 검토하였으나, 현지여건이 변경될 경우 인접현장 공정에 맞춰 3차원 해석을 포함한 지반안정성을 재검토하여 승인기관장의 승인 후 굴착공사를 시행할 수 있도록 하여야 한다.

- 또한, 본 과업의 굴착이 완료되고 지하층 골조구조물 공사가 완료되기 이전에 보고서에 기재되어 있지 않은 인접지역의 굴착이 발생할 경우 그에 맞는 안전성을 확보 후 사업을 진행하여야 한다.

- 현장조사 시 굴착영향범위 내 위치하는 주요 구조물 및 지하매설물에 대한 안정성 검토결과 굴착시공으로 인한 큰 위험요소는 없는 것으로 사료된다. 그러나, 시공자 및 사업자는 착공당시의 현황을 면밀하게 조사 및 재검토하여 굴착으로 인한 추가 위해요소가 발견될 시에는 적용된 공법의 적정성을 재검토하고 안정성 확보에 문제가 되지 않도록 적정한 처리대책을 수립하여 안전한 시공이 될 수 있도록 현장관리계획을 수립하여야 한다.

- 서부간선도로의 안전성 확보 여부 및 계측에 대한 세부계획에 대하여 시설물 관리기관(부서)과 사전협의를 수행하여야 하며, 그 결과를 반영하여야 한다.

- 또한, 착공 시 추가적으로 설치된 지하매설물의 존재 여부, 위치 및 심도 등에 대해 현장조사 및 관계기관과의 협의를 통해 반드시 확인하여 시공으로 인한 영향이 없는지 확인하여야 한다.

- 「가산동 345-48 데이터센터 신축공사」에 대한 지하안전영향평가 결과 현재 계획된 굴착공법 및 차수공법 적용 시 주변지반과 지하매설물의 안전성 확보에는 문제가 없을 것으로 사료된다.

1.7 사후지하안전영향조사 시기

1.7.1 사후지하안전영향조사 내용

☑ 사후지하안전영향조사 항목 및 방법

• 사후지하안전영향조사는 실시설계자료와 지하안전영향평가서를 기초자료로 하여 조사를 진행 하는 것을 전제로 하며, 설계기준 미준수 및 위험 구간 선정시 주요 고려사항에 대한 자료가 불충분 하거나 지하안전영향평가 수행전·중에 주변 여건 및 현장 여건 급변화시 추가 조사나 검토 등을 수행 하여야 한다. 사후 지하안전영향 주요 조사 내용은 다음과 같다.

표 1.1 사후지하안전영향조사 내용

조사항목	조사방법
1. 지반 및 지질현황	· 조사항목은 아래의 사항을 포함하되 대상 사업의 종류, 규모 및 지역 등이 지하안전에 미치는 영향 특성을 고려하여 적절히 파악할 수 있도록 설정한다. –지하안전영향평가 시 획득한 지반 및 지질 현황 자료 –지하물리탐사 (지표투과레이더탐사, 전기비저항탐사, 탄성파탐사 등)
2. 지하수 변화에 의한 영향	· 지하안전영향평가 시 획득한 지하수 자료 및 광역 지하수 흐름을 검토하고, 현장 시공중에 확인된 지하수 변화에 의한 영향이 지하안전영향평가 시 검토된 내용과 상이할 경우, 보완조사를 통해 지하수 변화에 의한 영향을 검토한다. · 지하수 관측망 자료 및 주변 계측자료 등을 분석하여 지하수 변화에 의한 영향검토에 활용 한다.
3. 지하안전확보 방안의 이행 여부	· 지하안전영향평가서의 지하안전확보방안을 분석하고 검토한다. · 시공현장의 굴착공사, 지반보강공사 등 공사내용이 현장에 적정하게 적용되고 시공되었는지 검토한다. · 수립된 계측계획이 터널 및 터파기 구간의 지반특성, 주변현황, 구조물 계획 등을 고려하여 공사 중과 운영 중 안전 확보에 문제가 없도록 수행되고 있는지 여부를 검토한다. · 계측계획 수립 시 파악된 지반조건 및 주변 여건의 변동요인 발생 시, 현장여건에 맞도록 계측항목, 계측수량, 계측빈도, 계측관리기준 등을 항목별로 서술한다.
4. 지반안전성	· 지하안전영향평가 시 수행한 지반안전성 검토 결과를 분석하고, 시공 중에 확인된 지반안전성이 지하안전영향평가 시 검토된 내용과 상이할 경우, 이러한 사항을 반영하여 사후지하안전영향조사를 실시하여야 한다. · 지중경사계, 지표침하계, 하중계, 균열 측정계 등을 통한 계측 결과를 검토하여 터널 또는 지하 20 미터 이상의 터파기 굴착공사에 따른 지반안전성과주변 시설물의 손상도, 주변 지반의 침하, 인접 매설물의 시공 전·후 현황 등 주변시설물의 영향을 검토하여야 한다. · 필요시, 수치해석에 의한 공학적 해석을 통해 지반안전성을 검토할 수 있다.

1.7.2 조사시기 선정 및 수행 시기

- 굴착에 따라 인접 구조물 및 매설물 등에 미치는 영향은 골조공사 시점부터 지하골조가 완료 시까지로 판단되므로 사후지하안전영향조사시기를 2022년 02월 ~ 2023년 09월까지로 선정하였다.
- 이는 예정공정에 따른 것으로 현장상황에 따라 공사기간을 확인하여 조사시기를 변경하여야 한다.

표 1.79 사후지하안전영향조사 시기

조사시기	선정사유
2022년 02월 (착공) ~ 2023년 09월 말(지하골조완료)	굴착이 시작되는 시점부터 지하층이 완료되는 기간까지 협의사항 이행여부 확인, 계측결과와 예측값을 상시 비교 · 분석하여 지하안전을 확보하기 위함

※ 사후지하안전영향조사 시기는 현장여건 및 공사계획이 조정될 경우 변경될 수 있음

- 사후지하안전영향조사서는 월간(최초보고서, 월간보고서, 최종보고서)으로 시기마다 제출하며, 착공시 지하안전영향평가서 및 협의내용 반영여부를 포함하여 최초보고서를 제출하고, 매월 시공현황 및 계측결과를 분석하여 월간보고서를 제출하며, 지하공사 완료 후 전체 조사된 내용을 포함하여 최종보고서를 제출하여야 한다.

표 1.80 사후지하안전영향조사서 제출시기

구 분	제출시기
최초조사서	굴착공사 착수 다음달 10일까지 제출 (단, 실시기간이 10일 이내인 경우는 그 다음달에 제출)
월간조사서	그 다음 달 10일까지 지난달의 사후지하안전영향조사 내용, 다만, 사후지하안전영향조사의 실시기간이 30일 이내인 경우는 제외한다.
최종조사서	종료일부터 15일 이내 사후지하안전영향조사서와 지하안전을 위하여 조치가 필요한 사실 및 조치내용

표 1.81 사후지하안전영향조사서 작성

구 분	최초보고서	월간보고서	최종보고서
1. 요약문			O
2. 대상사업의 개요	O (시공현황 포함)	O (시공현황 포함)	O
3. 대상지역의 설정	O		O
4. 지반 및 지질현황	O		O
5. 지하수 변화에 의한 영향 검토	O	O	O
6. 지반안전성 검토	O	O	O
7. 지하안전확보방안 적정성 및 이행여부 검토	O	O	O
8. 종합평가 및 결론	O		O
9. 부록	O (대행 계약서, 참여기술자 교육수료증, 전문기관 등록증)		O

PART
02

대상사업의 개요

2.1 사업의 배경 및 목적

2.2 사업 현황

2.3 지하안전영향평가 실시 근거

2.1 사업의 배경 및 목적

2.1.1 사업의 배경

- 『가산동 345-48 데이터센터 신축공사』는 부지 주변으로 구로세관비즈니스센터, 하일초등학교, 서울두산초등학교, 대륭테크노 타운1차, 연서초등학교, 독산근린공원, 철산공원 등이 위치하며, 교통망으로는 서부간선도로, 강남순환로, 제2경인고속도로, 디지털로, 시흥대로, 지하철 1호선 독산역 등이 과업부지에 인접하여 위치하고 있으며, 2021년 09월 개통인 서부간선 지하차도가 시공중에 있다.

- 또한, 당 현장은 2021년 06월 현재 서울특별시 금천구 가산동 345-48, 22번지 일원에 지하5층 / 지상10층 규모의 방송통신시설(데이터센터)로 계획되어 있다.

2.1.2 사업의 목적

- 본 사업부지의 동측에는 “가산디지털2로(폭 약 15.0m)” , “상업시설”이 위치하고 있으며, 서측에는 “서부간선도로(왕복6차선, 폭 약 30.0m)” “서부간선지하차도”, “안양천”이 위치하고, 남측 및 북측에는 “업무/상업시설”이 위치하고, 인접부지에 공사중인 현장이 위치하고 있다. 지하굴착공사로 인한 주변 도로 및 인접부지의 안정성 확보 여부 확인을 위해 『가산동 345-48 데이터센터 신축공사』의 지하안전영향평가를 수행하였다.

- 지하안전영향평가는 관련 법령을 고려하여 지반조건을 반영한 지하수 영향에 대한 평가, 지반안전성 등을 검토할 때 굴착으로 인한 운영 중인 토목시설물, 주변건물, 지하매설물 등의 안전성 확보를 판단하기 위한 부분에 주안점을 두고 평가를 수행하였다.

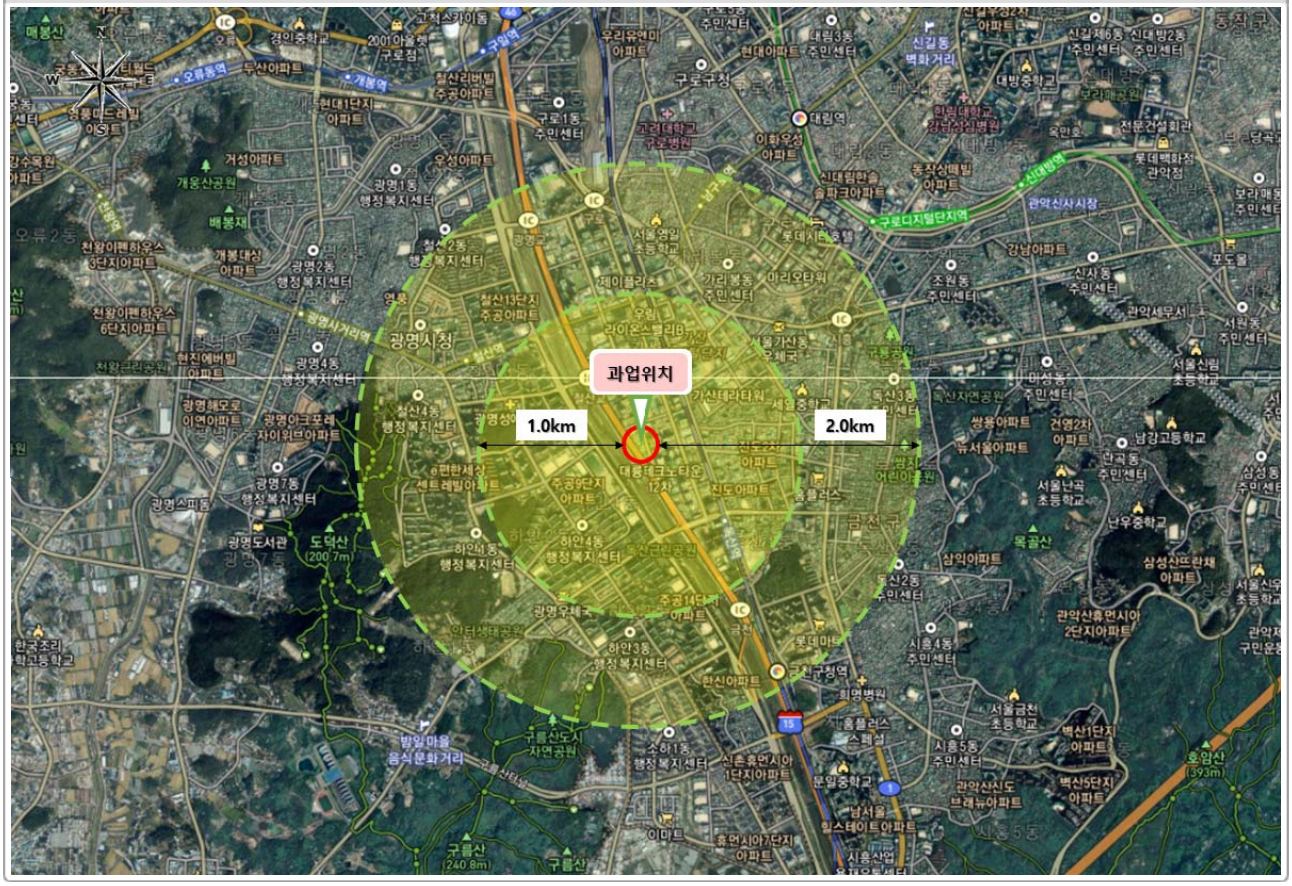
- 본 사업을 수행하기 위한 최대굴착심도가 34.23m(EL.-23.86m~EL.+10.37m)로 20m 이상 계획되어 지하안전영향평가 실시의 근거가 되었다.

2.2 사업 현황

2.2.1 사업 개요

- 사 업 명 : 가산동 345-48 데이터센터 신축공사
- 위 치 : 서울특별시 금천구 가산동 345-48
- 대 지 면 적 : 4,442.00㎡
- 건 축 면 적 : 2,487.25㎡
- 지 역/지 구 : 도시지역, 준공업지역 일단의 공업용지 조성사업지역, 가로구역별 최고높이 제한지역, 대공방어협조구역 해발 194M, 과밀억제권역
- 용 도 : 방송통신시설(데이터센터)
- 지하개발사업자 : 아시아신탁(주)
- 승 인 기 관 : 금천구청
- 공 사 기 간 : 2022.02.~2024.04. (총공사기간 약26개월) / 2022.02.~2023.09. (지하층 약 20개월)
- 사 업 비 : 3,145억원/85억원 (총공사비/토목공사비)
- 건 축 규 모 : 지하 5층, 지상 10층
- 기준 Level: EL.(+)10.20m = G.L(±)0.0m
- 최대 굴착깊이 : 34.23m (EL.(-)23.86m~EL.(+)10.37m, GL(+)0.17m~GL(-)34.06m)

사업부지 위치도



2.2.2 구조물 개요

표 2.1 신축건물 건축개요

구 분	내 용
사업명	가산동 345-48 데이터센터 신축공사
대지위치	서울특별시 금천구 가산동 345-48
지역지구	도시지역, 준공업지역 일단의 공업용지 조성사업지역, 가로구역별 최고높이 제한지역, 대공방어협조구역 해발 194M, 과밀억제권역
주요용도	방송통신시설(데이터센터)
대지면적	4,442.00㎡
건축면적	2,487.25㎡
연면적	36,566.761㎡
건폐율	55.99%
용적률	450.68%
규 모	지하5층, 지상10층
최고높이	80.0m
구 조	지상 : 철근콘크리트 / 지하 : SRC 구조

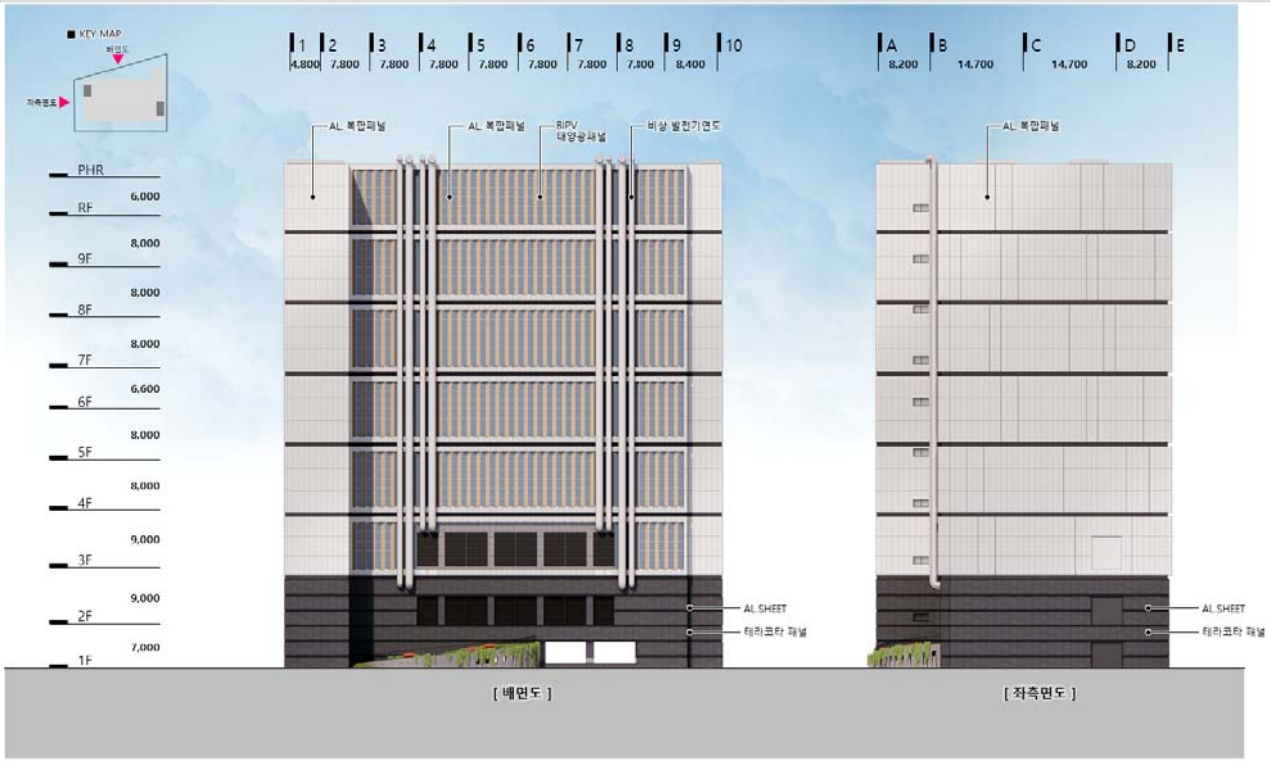
조 감 도

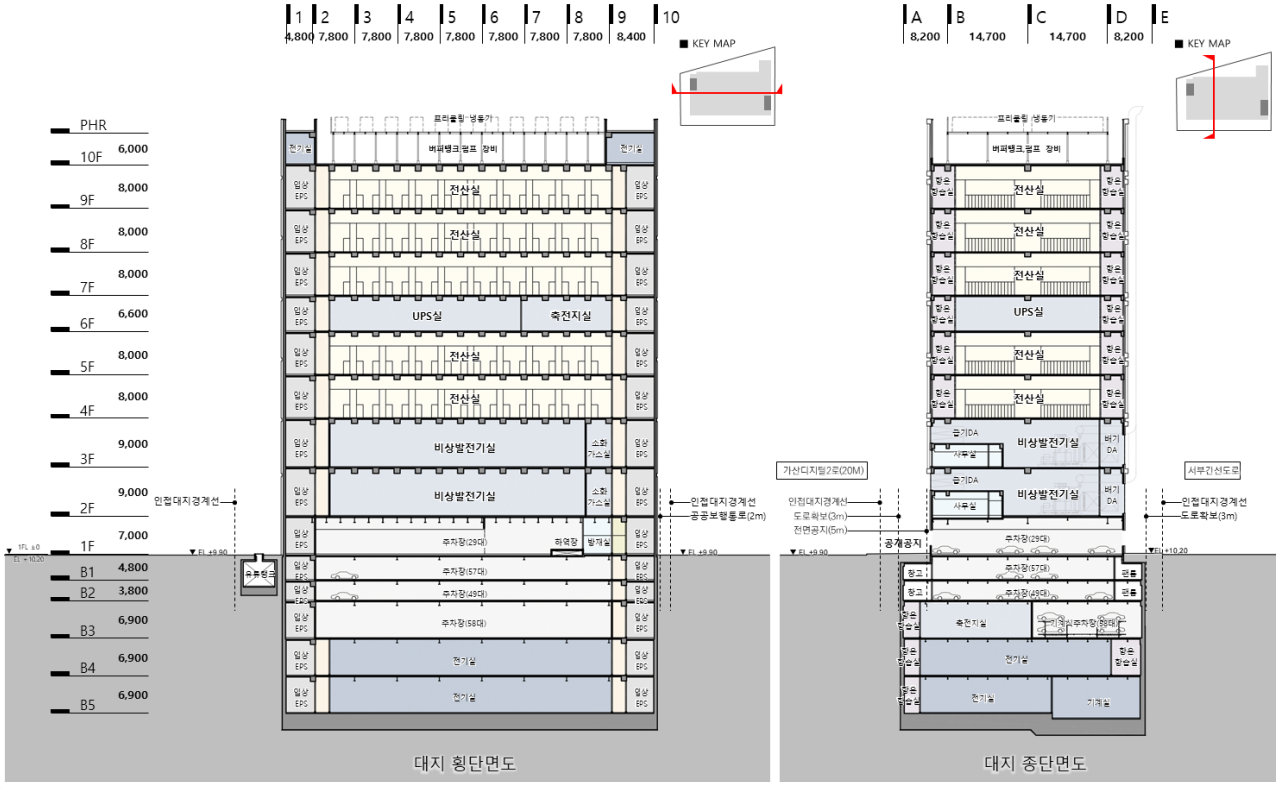


2.2 사업 현황

☑ 건축 단면도

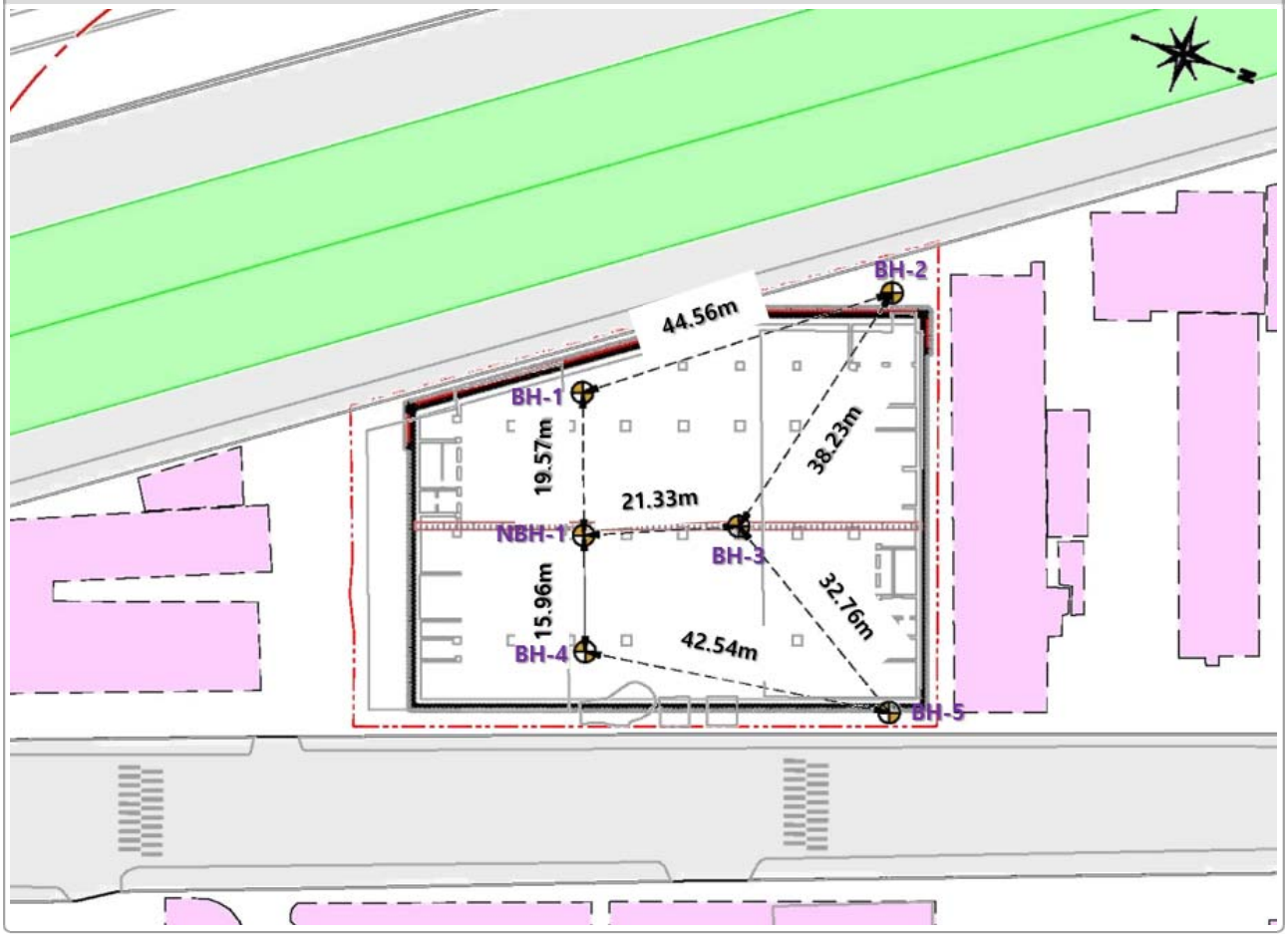
건축물 입면도



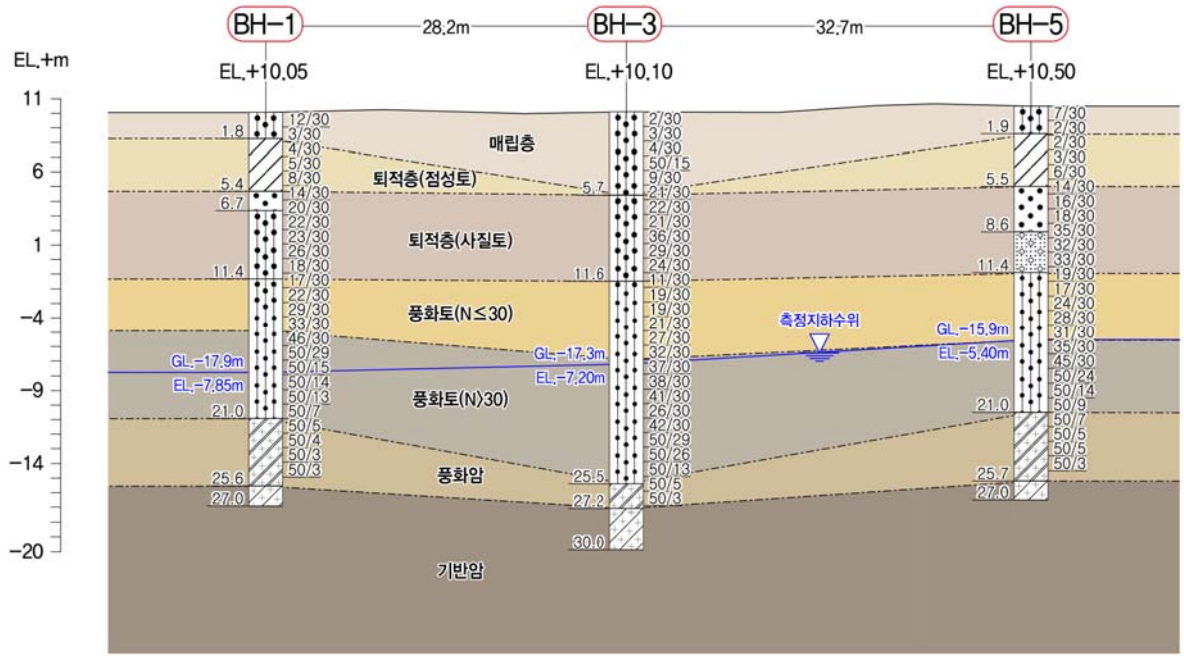


2.2.3 굴착계획 현황

지반조사 위치도

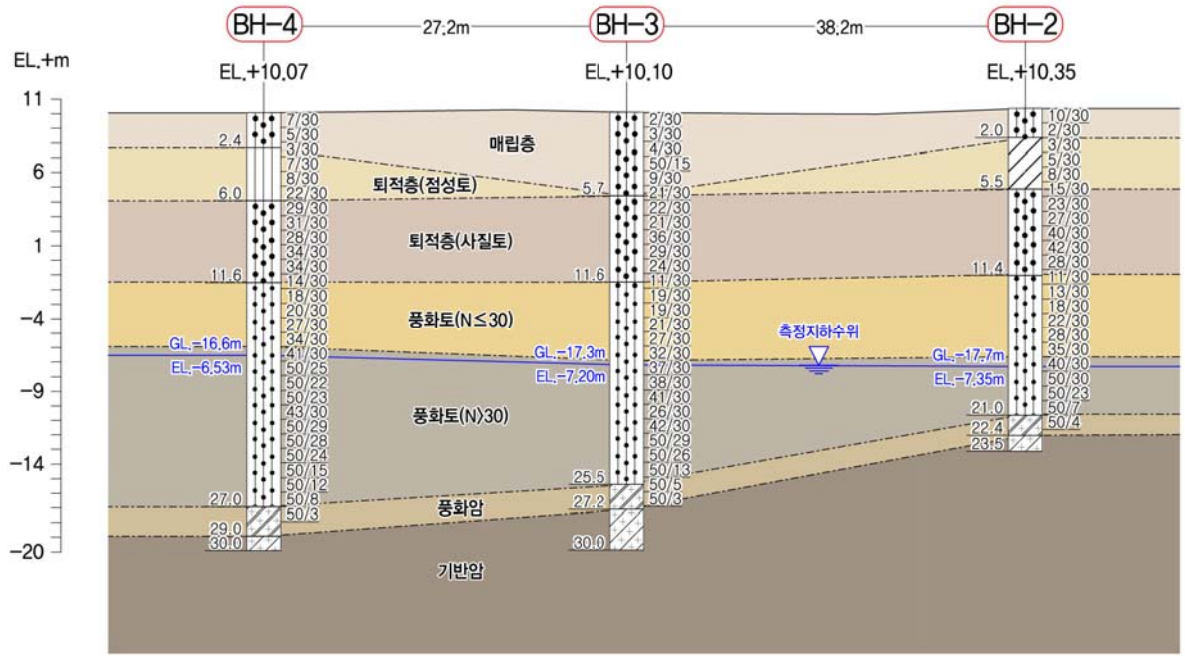


지층단면도(A–A′)



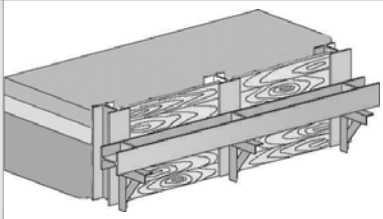
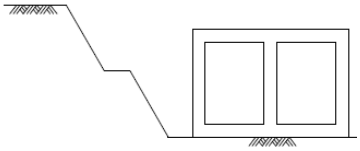
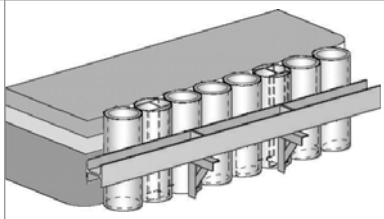
2.2 사업 현황

지층단면도(B–B′)



2.2 사업 현황

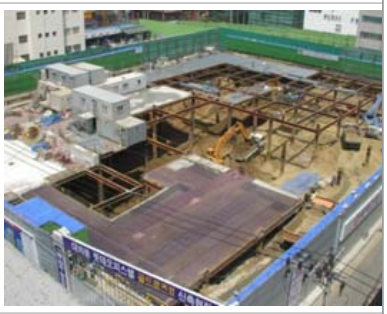
☑ 흙막이 벽체 공법 비교

구 분	H-Pile + 흙막이판	법면 개착공법(벽체 미적용)	C.I.P
공법 상세도			
공법 개요	· 천공하여 H형강 삽입 · 굴착하면서 흙막이판 설치	· 단순 토공작업으로 자연비탈면을 형성	· 천공기계로 소정의 깊이까지 천공 · H 형강및 철근 삽입 후 콘크리트 타설하여 현장타설말뚝 시공
장점	· 공사비 저렴 · 자재 재사용가능 · H-Pile 규격에 따라 소형장비사용 가능 · 소요공기 적음 · 시공숙련도 높음	· 큰 평면을 가지며 양호한 지반에서 굴착심도가 작을 경우 능률적이며 경제적임 · 기계시공으로 공기단축 가능 · 시공이 단순하여 안전성 확보 유리	· 벽체강성이 좋음 · 불규칙한 평면형상에도 적응성 좋음 · 인접구조물에 영향 적고 장비 소규모 · 시공숙련도 높음
단점	· 차수성이 낮음 · 토사유출 가능성 큼 · 흙막이판과 지반의 여굴로 주변지반 침하우려 · 민원발생빈도 높음	· 연약지반은 법면구배가 작게 되어 넓은 면적이 필요 · 굴착깊이가 클 경우 토공량이 증가하여 비경제적 · 지하수나 우수에 의한 법면붕괴 우려	· 기둥간 연결 불량, 수직도 문제로 보조차수 필요 · 암반층은 천공 어려움
안정성	· 벽체의 강성이 낮은편으로 흙막이벽체 역할을 할 수 있으나 벽체변형을 다소 허용해야 함 · 인접지반 침하발생 가능성 큼	· 법면 구배 조정으로 안정성 확보 유리 · 자연 비탈면 형성으로 인접지반 침하발생 최소화 가능	· 주열식 강성체로서 벽체 강성이 크므로 흙막이벽 역할을 충분히 할 수 있고, 도심지 근접시공에 유리함
적용			○

검토결과

· 평면상의 굴착규모와 최대굴착심도(34.23m) 및 굴착현장 주변의 주요 구조물을 고려시 타공법 대비 벽체강성이 우수한 C.I.P 공법의 적용은 타당한 것으로 판단되며, 서부간선도로 및 안양천에 인접한 부지 서측은 C.I.P 2열을 시공함으로써 안정성 확보에 유리할 것으로 판단된다.

☑ 흙막이 지지 공법 비교

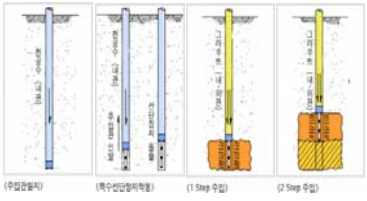
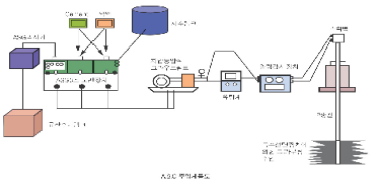
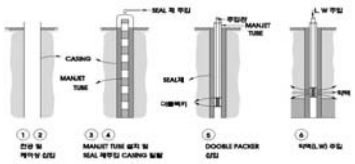
구 분	일반 STRUT 공법	그라운드 앵커공법	슬래브지지(역타) 공법
공법 개요	· 흙막이벽체 시공 및 필요한 위치에 중간 말뚝 설치 후 단계별 굴착 하면서 띠장 및 Strut을 설치하고 유압잭으로 버팀보에 선행하중을 가하면서 굴착하는 공법	· 단계별 굴착 하면서 띠장을 설치하고 소정의 위치에 그라운드 앵커를 설치하며 흙막이 벽체를 지지하며 굴착하는 공법	· 지중연속벽과 기둥을 지중에 먼저 시공한 후 지하층 슬래브를 상층부로부터 하부로 시공하여 이를 지지구조물로서 활용하는 공법
시공 사진			
적용 조건	· 굴착규모가 중규모 이하로써 평면형상이 사각형일 때 적용 · 외부용지의 여유가 없을 때 · 인접지에 대해 앵커 시공이 불가한 경우	· 굴착면적이 넓을 때 · 부지의 형상이 비정형일 때 · 앵커설치 구간에 인접건물 및 지장물이 존재하지 않을때 · 앵커를 정착할 수 있는 지반조건 확보가 가능할 때	· 굴착면적이 넓을 때 · 부지의 형상이 비정형일 때 · 도심지 공사로 소음·진동을 경감하고자 할 때
장 점	· 자재를 재사용 할 수 있으므로 경제적 · 시공후 보강이 용이함 · 비교적 변형이나 파괴를 조기에 판별 할 수 있음	· 굴착형상, 규모에 제약을 받지 않음 · 넓은 작업공간 확보로 시공성 향상 가능 · 굴착면적이 넓을수록 공사기간 단축 및 공사비 절감이 가능	· 안전성이 높다 · 인접구조물의 위해를 최소화할 수 있음 · 공사기간 절감이 가능
단 점	· 굴착면적이 크면 버팀대 자체의 비틀림, 이음부분의 죄굴우려 · 주변 지반 침하 발생 우려 · 굴착평면의 크기의 제한을 받음	· 인접대지 침범시 사용 동의가 필요 · 그라운드 앵커에 대한 엄격한 품질관리가 필요 · 지장물 간섭시 시공 불가	· 건축구조 설계 및 흙막이 벽체 설계가 동시에 진행되어야 함 · 엄격한 품질관리 및 복합적인 공정관리가 요구됨
적 용			○

검토결과

· 당 현장은 건축지하구조물 계획에 따라 부정형의 터파기가 계획됨.

· 사업부지 서측에 “서부간선도로” 및 “서부간선 지하차도”, 동측에 “가산디지털2로”가 위치하며, 남측/북측에 인접건물 및 신축건물이 위치함을 고려할때 흙막이 벽체의 Rigid 거동을 유도할 수 있는 슬라브 지지공법의 적용은 타당한 것으로 판단됨.

☑ 흙막이 차수 공법 비교

구분	SGR그라우팅	ASG 그라우팅	LW그라우팅
개요도			
공법 개요	· 지반을 천공하여 이중관 주입롯드에 특수선단장치(Rocket)를 결합시켜 대상지반에 유도공간을 형성시켜 Grout를 유도하면서 주입재를 주입하는 공법	· 항구적인 활성실리케이트약액(ASG)을 현장에서 직접 간단한 자동 실리케이트 제조플랜트를 이용하여 만들어서 차수 및 지반보강용 주입재로 사용하는 공법으로 주입재의 내구성을 매우 높인 공법.	· LW공법은 멘젯튜브 내로 packer를 장착하여 주입효율을 향상시키는 1.5shot 복합주입을 특징으로 하는 약액주입공법임.
장 점	· 취급이 간편하고 공사비 저렴 · 유도공간 형성으로 주입체 균질 · 지반교란 및 융기영향 적음 · 겔타임 조정이 가능 · 시공실적이 많음. · 장기간 경과시 내구성 저하	· 급결,완결의 이중관 롯드복합 주입형태 · 대상토질에 따라 Gel-Time 조절이 용이함 · 활성실리케이트 사용으로 지하수에 의한 용탈현상이 타공법에 비해 매우 적어 친환경적임	· 취급이 간편 · 더블팩커와 슬리브 이용시 주입재 침투성이 양호한 공법 · 슬리브 이용시 재주입이 가능한 공법 · 시공실적이 많음. · 장기간 경과시 내구성 저하
단 점	· 시멘트 주입시 선단장치 막힘 발생 · 저압 저속시 주입시간 길어짐 · 장기공사시 용탈현상 발생 가능 · 주입효과를 높이기 위한 관리가 어려움. · 지반강도 효과는 다소 미흡.	· 일반 공법에 비해 시공실적이 다소 적다	· 차수성이 불확실, 점토층 주입효과 다소 미흡 · 공극이 큰 자갈층, 조밀한 세립사, 실트질 점토층에서 시공성 불량 · 약액의 용탈현상으로 내구성 약함
적 용	○		

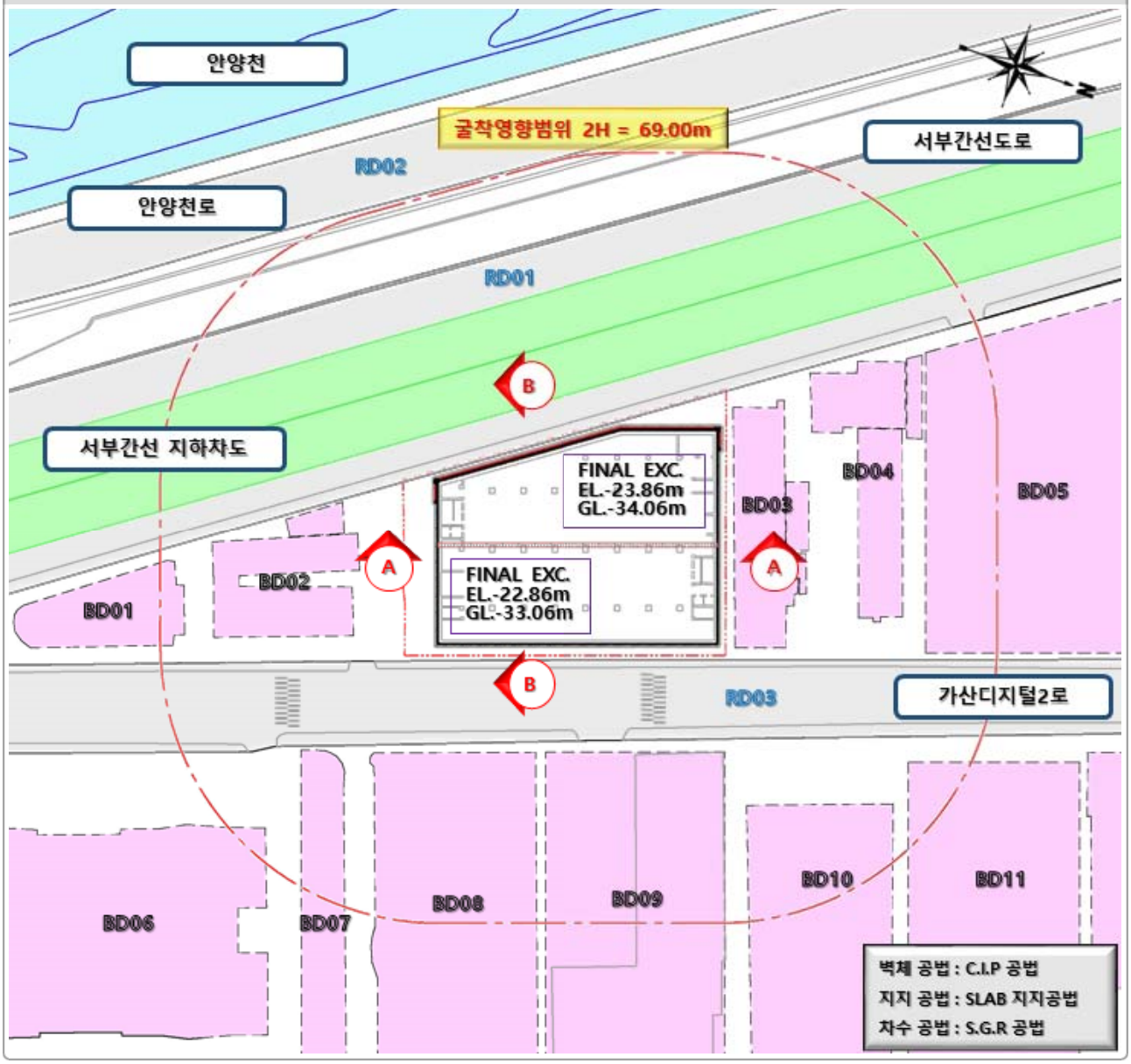
검토결과

· 당 현장의 지반조사결과 토사층이 지표면 이하 G.L-21.00~G.L-27.00m까지 분포하고, 지하수위는 지표면 이하 G.L-15.90m~G.L-17.90m에 위치하는 것으로 조사되었으며, 지표수 유입에 따른 지하수위 상승 및 인접한 하천(안양천)을 고려할 때 굴착 공사시 지하수 유입에 따른 인접 지하수위 저하를 방지하기 위해 흙막이 벽체 배면 차수공법 적용이 필요함.

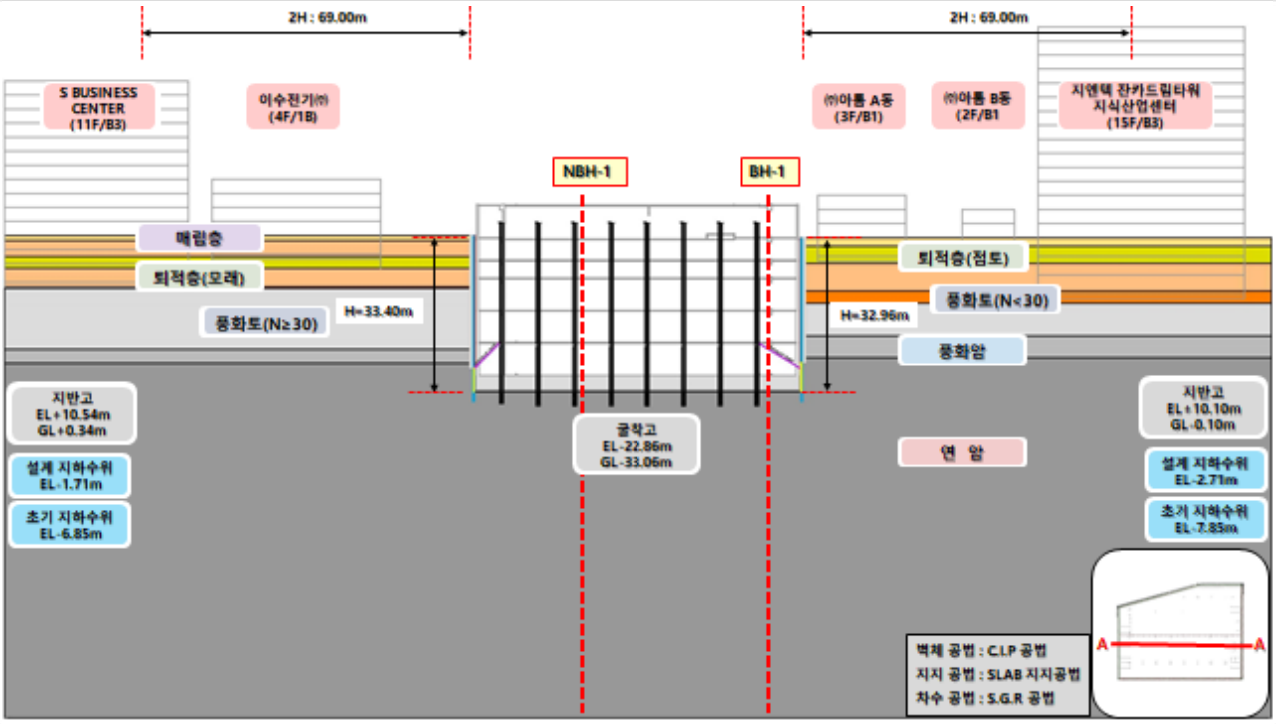
· 굴착 흙막이 벽체 전 주면으로 지반을 보강하여 안전성 확보, 차수 효과 측면 및 경제성이 우수한 S.G.R Grouting을 적용하는 것은 타당한 것으로 판단됨.

2.2 사업 현황

흙막이 공법 평면도



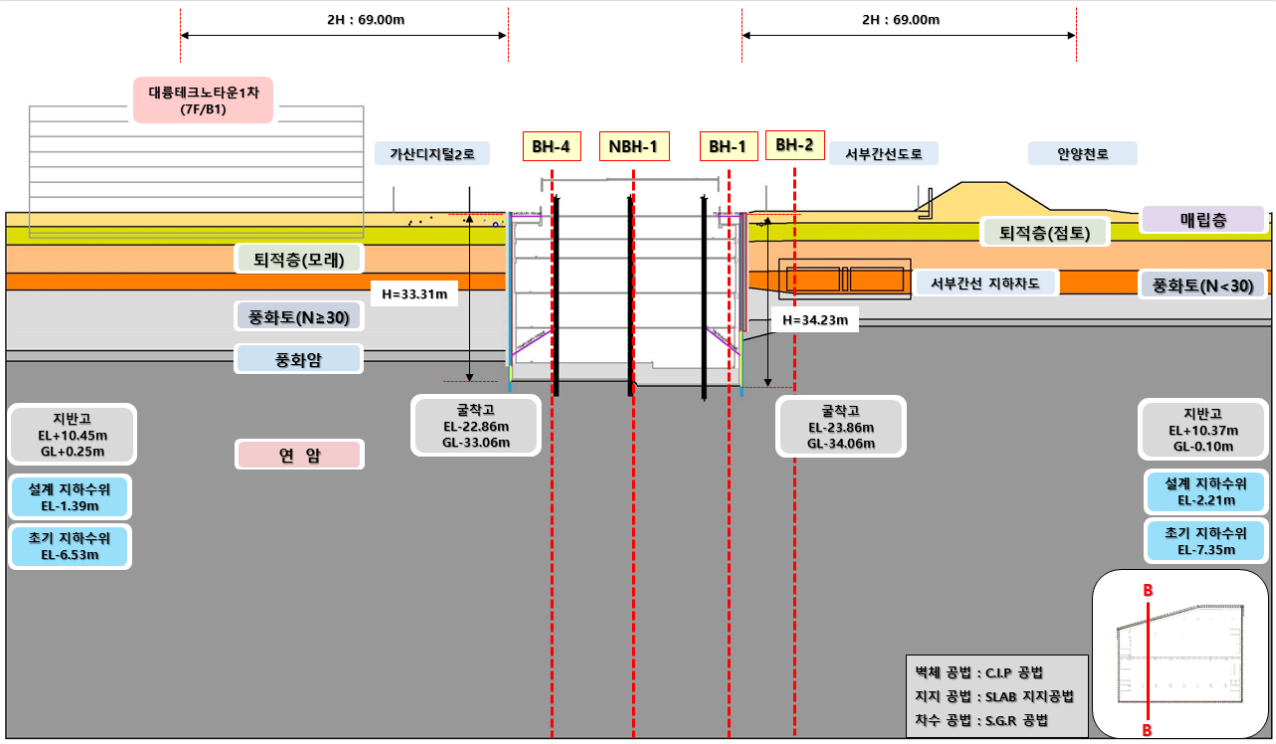
흙막이 공법 단면도 A-A



검토결과

- 굴착깊이는 32.96~33.40m로 계획되어 있으며, 매립층, 퇴적층(점토), 퇴적층(모래), 퇴적층(자갈), 풍화토, 풍화암, 기반암(연암) 순으로 지층이 분포함.
- 단면도 A-A 좌우측은 인접대지로 구성되어 있어 굴착영향범위내 지하매설물은 위치하지 않는 것으로 확인됨.
- 흙막이벽체는 C.I.P 공법, 차수공법은 S.G.R 공법을 적용함.
- 지지형식으로는 슬라브 지지공법으로 계획함.

흙막이 공법 단면도 B–B



검토결과

- 굴착깊이는 33.31~34.23m로 계획되어 있으며, 매립층, 퇴적층(점토), 퇴적층(모래), 퇴적층(자갈), 풍화토, 풍화암, 기반암(연암) 순으로 지층이 분포함.
- 흙막이벽체는 C.I.P 공법(부지 서측의 서부간선도로 및 안양천에 인접한 구간은 C.I.P공법을 2열로 적용), 차수공법은 S.G.R 공법을 적용함.
- 지지형식으로는 슬라브 지지공법으로 계획함.

2.2.4 최대 굴착깊이 산정

표 2.2 최대 굴착깊이 검토결과

검토 위치		원지반표고 (EL.+)	굴착심도 검토결과(m)		굴착깊이(m)	비 고
			EL.(–)	GL.(–)		
단면 A–A	좌측	10.54	22.86	33.06	33.40	–
	우측	10.10	22.86	33.06	32.96	–
단면 B–B	좌측	10.45	22.86	33.06	33.31	–
	우측	10.37	23.86	34.06	34.23	–

주1) 기준 Level; EL.(+)10.20m = G.L(±)0.0m

검토결과

· 굴착계획평면도 및 단면도 검토결과 원지반에서 최대 굴착심도는 단면B–B 우측에서 34.23m(GL.(–)34.06m(EL.(–)23.86m)로 확인됨.

⇨ 굴착깊이 34.23m(EL.(–)23.86m)를 최대 굴착깊이로 선정하여 지하안전영향평가를 수행함.

2.3 지하안전영향평가 실시 근거

2.3.1 지하안전영향평가 실시 기준

• 본 사업은 지하 5층, 지상 10층의 구조물로 건축물에 해당하는 시설물이며, 굴착심도는 34.23m로 '지하안전관리에 관한 특별법 제14조 및 동법 시행령 제13조 제1항' 에 따라 지하안전영향평가 대상 사업임.

표 2.1 지하안전영향평가 실시 근거

구 분	내 용	비 고
지하안전관리에 관한 특별법 제14조	제14조(지하안전영향평가의 실시 등) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사업 중 대통령령으로 정하는 규모 이상의 지하 굴착공사를 수반하는 사업(이하 "지하안전영향평가 대상사업" 이라 한다)을 하려는 지하개발사업자는 지하안전영향평가를 실시하여야 한다.	
지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제13조	제13조(지하안전영향평가 대상사업의 규모 등) ① 법 제14조 제2항 각호 외의 부분에서 "대통령령으로 정하는 규모 이상의 지하 굴착공사를 수반하는 사업" 이란 다음 각 호의 사업을 말한다. 1. 굴착깊이(공사 지역 내 굴착깊이가 다른 경우에는 최대 굴착깊이를 말한다.)가 20미터 이상인 굴착공사를 수반하는 사업 ② 법 제14조 제1항 제16호에서 "대통령령으로 정하는 시설" 이란 "건축법" 제2조 제1항 제2호의 건축물을 말한다.	최대 굴착심도 34.23m
건축법	제2조(정의) 2. "건축물" 이란 토지에 정착하는 공작물 중 지붕과 기둥 또는 벽이 있는 것과 이에 딸린 시설물, 지하나 고가의 공작물에 설치하는 사무소/공연장/점포/차고/창고, 그밖에 대통령령으로 정하는 것을 말한다.	

2.3.2 지하안전영향평가 제출 일자

• 본 사업은 「건축법」 제2조 제1항 제2호에 따른 건축물 설치사업에 해당하므로 협의 요청시기는 「지하안전관리에 관한 특별법」 제15조 및 동법 시행령[별표 1] 규정에 의거하여 「건축법」 제11조 제1항에 따른 건축허가 전에 수행한다.

표 2.3 지하안전영향평가 협의시기

구 분	내 용	비 고
지하안전관리에 관한 특별법	제15조 (지하안전평향평가서의 작성 및 협의 요청 등) ① 승인 등을 받아야 하는 지하개발 사업자가 지하안전영향평가 대상사업에 대한 승인을 요청할 때에는 지하안전영향평가에 관한 평가서(이하 "지하안전영향평사서" 라 한다) 및 사업계획서 등 필요한 자료를 첨부하여 승인기관의 장에게 제출하여야 하고, 승인기관의 장은 승인 등을 허가 전에 국토부장관에게 협의를 요청하여야 한다.	

표 2.4 대상사업의 종류 및 범위와 협의요청시기(법 제14조 및 시행령 별표1에 의거)

구 분	관련 내용	비 고
대상사업의 구분	16. 기타	
대상사업의 종류 및 범위	「건축법」 제2조제1항제2호에 따른 건축물 설치사업	
협의요청시기	「건축법」 제11조제1항에 따른 건축허가 전	

2.2.3 지하안전영향평가 추진 경위

- 지하안전영향평가 실시 기간 : 21.05.31~21.07.14
- 지하안전영향평가 실시 범위
  - 지반조사, 지하수 조사, 지하매설물 조사
  - 상기 제공된 자료를 토대로 지하수 변화에 의한 영향평가, 지반안전성 평가 등 정량적인 지하안전영향평가를 수행함

표 2.5 지하안전영향평가 실시기간

구 분		기 간	비 고
지반조사	예비조사	2020년 01월 20일 ~ 2020년 01월 21일	1차 조사
		2021년 03월 20일 ~ 2021년 03월 22일	2차 조사
	조사 계획수립	2020년 01월 23일 ~ 2020년 01월 31일	1차 조사
		2021년 03월 23일 ~ 2021년 03월 23일	2차 조사
	시추 및 현장시험	2020년 02월 01일 ~ 2020년 11월 03일	1차 조사
		2021년 03월 23일 ~ 2021년 03월 23일	2차 조사
	실내시험	2020년 02월 03일 ~ 2020년 02월 11일	1차 조사
		2021년 03월 24일 ~ 2021년 04월 01일	2차 조사
	성과분석 및 보고서작성	2020년 02월 04일 ~ 2020년 02월 16일	1차 조사
		2021년 03월 24일 ~ 2021년 04월 02일	2차 조사
현황분석 및 현장답사		2020년 03월 16일 ~ 2020년 03월 16일	사진촬영 및 육안관찰 (1차 조사)
		2021년 06월 03일 ~ 2021년 06월 03일	사진촬영 및 육안관찰 (2차 조사)
지하안전영향평가서 작성		2020년 05월 31일 ~ 2021년 07월 14일	
지하안전영향평가서 제출		2021년 07월 15일	

PART
03

대상지역의 설정

3.1 평가대상 지역 설정

3.2 평가대상 시설물

3.1 대상지역 현황

3.1.1 지하수 변화에 의한 영향 검토를 위한 대상지역 설정

☑ 평가개요 및 목적

- 사업구간은 상부에 매립층, 퇴적층(점토, 모래), 풍화토 등의 토사층이 분포하므로 굴착에 따라 지하수가 유입되어 주변 토사의 유실 등으로 인한 인접 지반과 시설물, 지하매설물에 영향을 미칠 수 있다.
- 본 과업에서는 지하수 변화에 의한 영향을 확인하기 위해 지하수 흐름분석과 지하수 저하량 검토로 구분하였다.
- 지하수 흐름분석은 Visual Modflow 3D 해석프로그램을 이용해 사업구간의 지하수 변화 특성을 분석하였다.
  - 광역 지하수흐름 분석 : 유역경계를 기준으로 지형 및 하천, 지하 구조물 분포를 고려한 광역 분석
  - 사업부지 지하수흐름 분석 : 사업부지 구간 집중 분석
- 지하수 저하량 검토는 사업부지의 세부 굴착계획을 고려하여 대표단면을 선정한 후 MIDAS GTS NX 프로그램을 이용해 침투류 해석을 수행하고 최대 지하수위 저하량을 검토하였다.

☑ 해석적용 프로그램

프로그램 개요

- MODFLOW(Mcdonald and Harbaugh, 1984)는 미국지질조사소(US, Geological Survey)에서 유한차분법을 적용하여 개발한 3차원 지하수 유동해석 프로그램.
- 모듈구조로 구성되어 있어 사용자가 지하수계를 독립적으로 특성화 시킬 수 있음.
- 지하수 흐름은 격자 중심의 유한차분법을 이용하여 피압, 자유면 및 복합형 모두 모사가능.
- 지하수 이용, 지하함양, 증발산, 하천 등과 같은 외부요인에 의한 영향도 모사 가능.
- 유한차분의 연산법은 SIP(Strongly limplicit Procedure), SOR(Slice- successive OverRelation) 및 PCG2 (Preconditioned Conjugate Gradient)등을 이용.
- 3차원 지하수 유동 방정식

$$\frac{\partial}{\partial x}(K_{xx}\frac{\partial h}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(K_{yy}\frac{\partial h}{\partial y})+\frac{\partial}{\partial z}(K_{zz}\frac{\partial h}{\partial z})+W=S_s\frac{\partial h}{\partial t}$$

여기서, K_{xx}, K_{yy}, K_{zz} : x,y,z축 방향의 투수계수

h : 수두, t : 시간

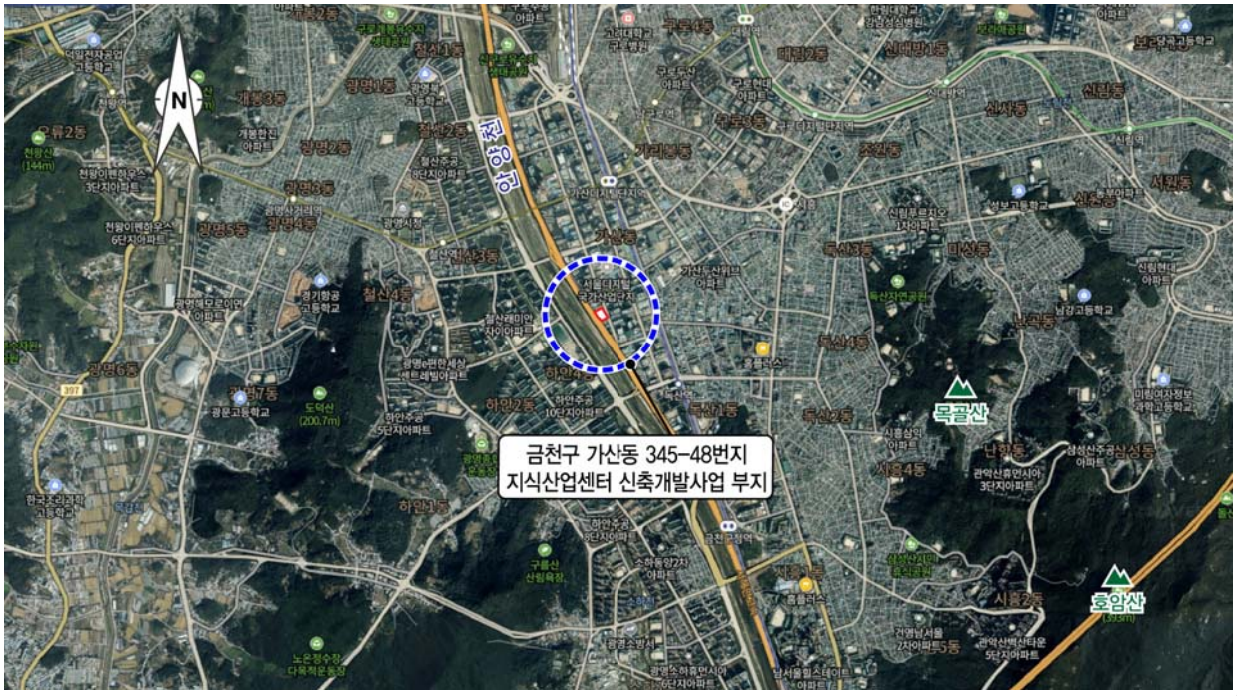
W : 단위체적 내에서의 흐름 S_s : 다공성 매체의 비저류계수

☑ 광역 지하수 흐름 분석을 위한 영향범위 설정

- 사업부지 주변 산계와 하천 등 수계 현황은 다음과 같다.
  - 주요 산계 : 과업지역 서쪽으로 안양천이 북류하여 한강에 합류하고, 동쪽에는 목골산이 위치하며 북쪽에는 구로천이 서류하여 안양천과 합류함
- 사업부지가 위치한 서울시 금천구 가산동 일대는 서울 도심지에 해당되어 건축 구조물과 지하철 노선 및 역사 등이 다수 분포하고 있다.

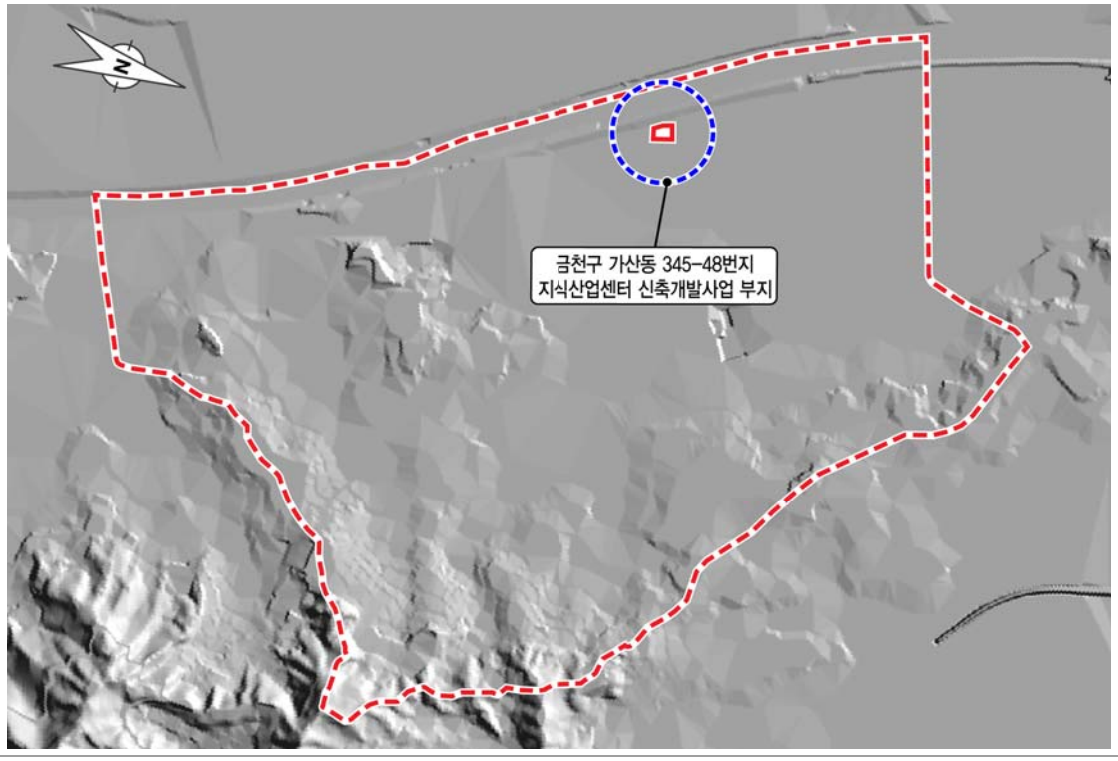
3.1 대상지역 현황

사업부지 주변 현황 분석



• 수치지형도를 활용한 DEM(수치표고모델) 분석결과, 사업구간의 동쪽 목골산이 고도가 높고, 안양천이 위치한 서쪽이 낮게 형성되어 광역적인 지하수 흐름은 주로 동쪽에서 서쪽이 될 것으로 보인다.

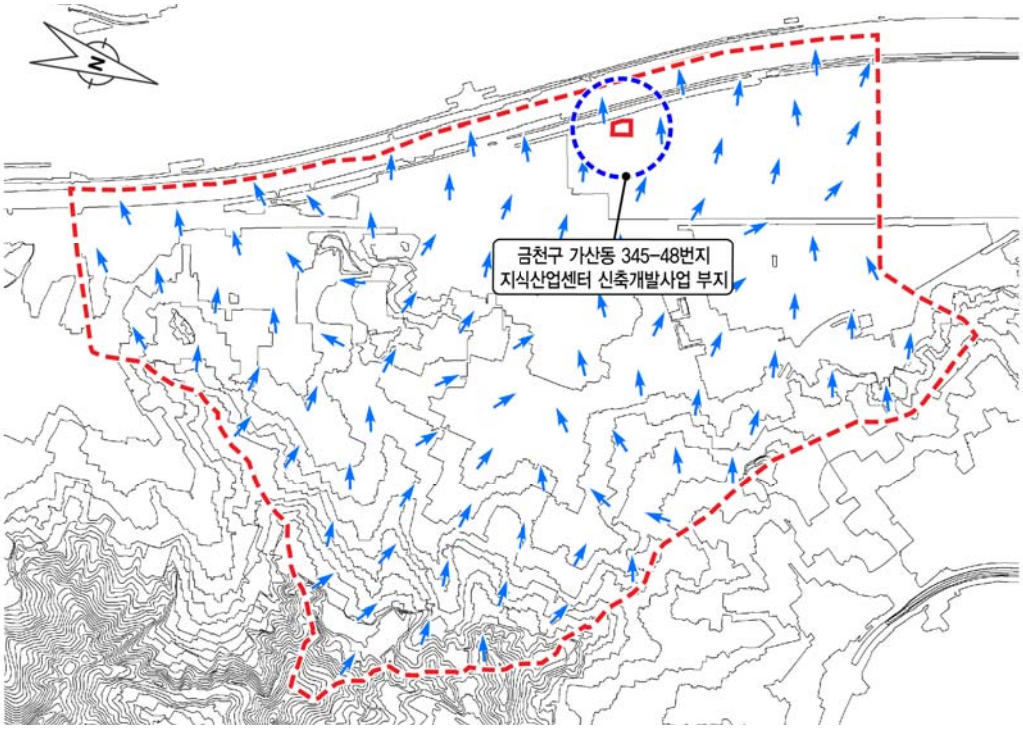
DEM분석을 통한 지형고도 분석



• 지형분석 결과, 지하수 흐름은 동쪽의 목골산에서 수두구배를 따라 저지대로 흐른뒤, 서쪽의 안양천 방향으로 유도될 것으로 판단된다.

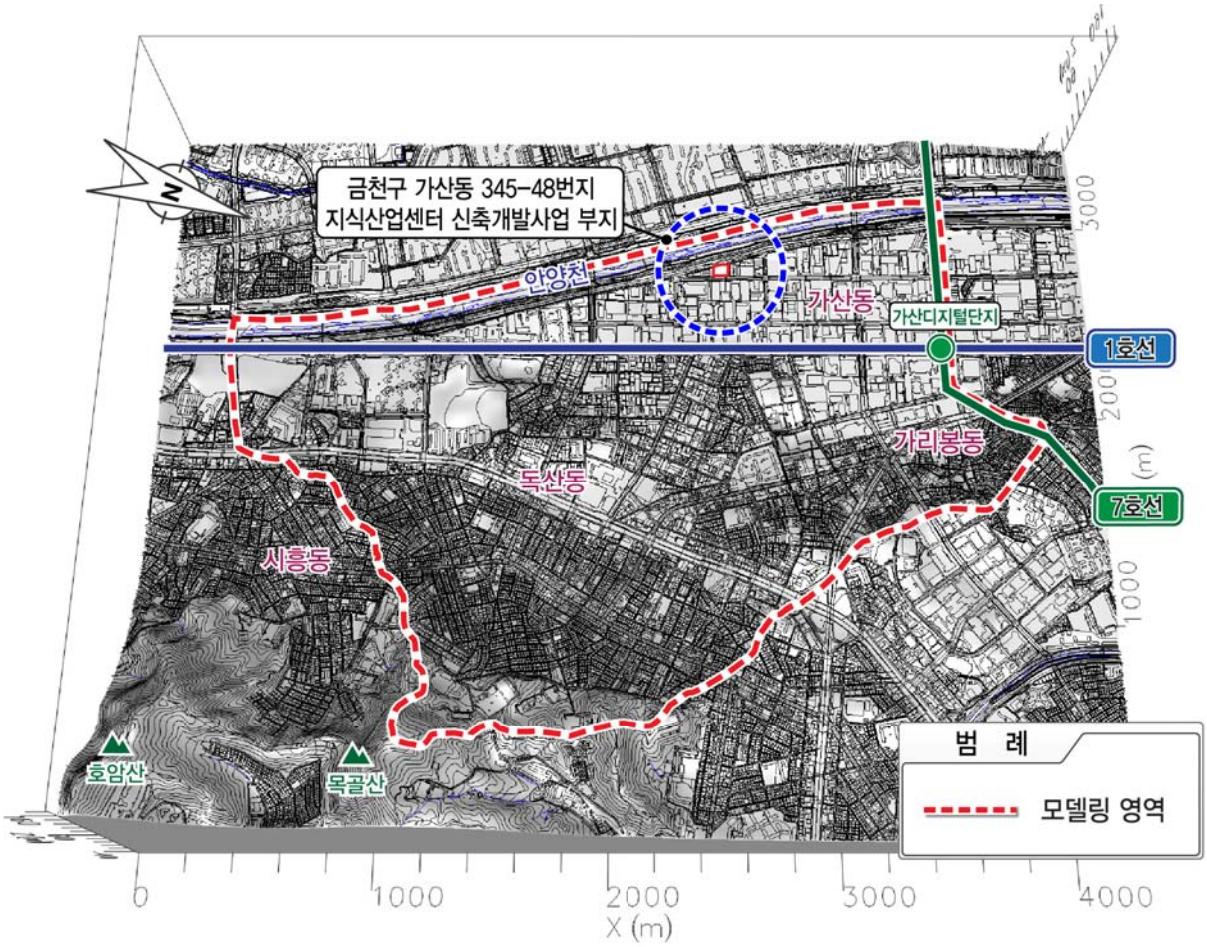
3.1 대상지역 현황

지형고도를 이용한 지하수 흐름 방향 분석



- 과업부지는 도시화에 따라 전반적으로 높은 산지는 분포하지 않는 것으로 파악되었다. 단, 과업부지의 동쪽 목골산과 안양천, 지하철이 분포하고 있어, 이를 따라 지하수 흐름이 나뉠 것으로 예상된다.
- 따라서, 과업부지의 동쪽의 목골산 및 구릉성 지형 능선부를 따라 모델의 북쪽 지하철 7호선과 서쪽의 안양천을 경계로 설정하였다.
- 지하철 노선의 경우, 지하철 노선 주변으로부터 지하철 노선 또는 역사로 지하수가 항시 배출되기 때문에 지하수 유출에 의한 인위적인 수두 손실이 발생한다. 따라서, 사업부지의 굴착에 의한 영향보다 지하철 노선의 수두 손실에 의한 영향이 우세할 것이므로 과업지역 북쪽의 지하철 7호선을 북쪽 경계로 설정하였으며, 남쪽은 고지형도에서 확인한 결과 하천이 위치하고 현재는 복개되어 배수경계로 입력하였다.

광역 지하수 모의 영역 설정



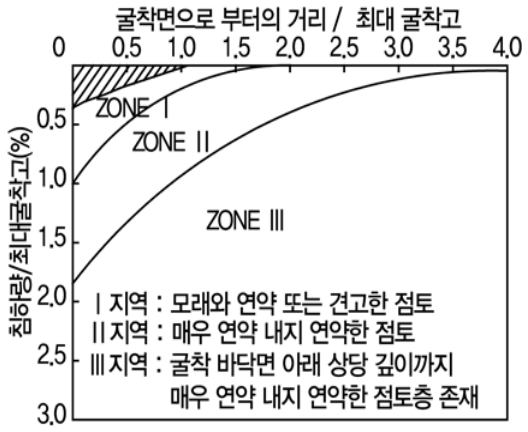
3.1.2 지반안전성 검토를 위한 대상지역 설정

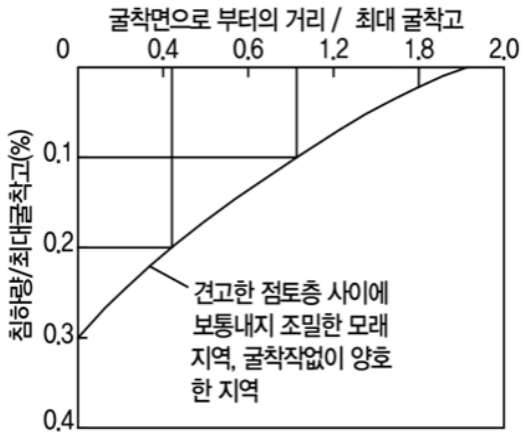
☑ 이론식 및 경험적 추정 방법

Peck(1969)의 곡선

- Peck은 현장에서 시공되고 있는 가시설 벽체 인접지반에 대해 현장 계측결과로부터 지반조건별 굴착심도에 따른 거리비로 침하량 분포를 제시하였다.
- Peck의 곡선은 다음과 같이 지반조건별로 Ⅰ~Ⅲ지역으로 구분하였다.
  - Ⅰ 지역 : 모래와 연약 또는 견고한 점토
  - Ⅱ 지역 : 매우 연약 내지 연약한 점토
  - Ⅲ 지역 : 굴착 바닥면 아래 상당 깊이까지 매우 연약 내지 연약한 점토층 존재
- 제시된 지반조건 중 사업구간의 지반조건은 Ⅰ지역에 해당한다.
- Peck 곡선의 Ⅰ지역조건에서 최대 침하량은 「굴착면으로 부터의 거리/최대 굴착고」 비 2.0에서 최대 침하량비 1.0을 제시하고 있으므로 안전측 평가를 위해 최대 침하량 조건의 굴착면으로 부터 거리를 굴착영향 거리로 적용하였다.
- 사업구간은 최대 굴착심도 34.23m로 계획되었으며 최대 굴착고에서 기반암(연암)층이 분포하고 있는 지층특성을 보이고 있다.
- 토사층은 사질토 및 점토층의 특성을 보이고 있다.

지반 침하 영향거리 예측(Peck, 1969), p.부록5-69 참조



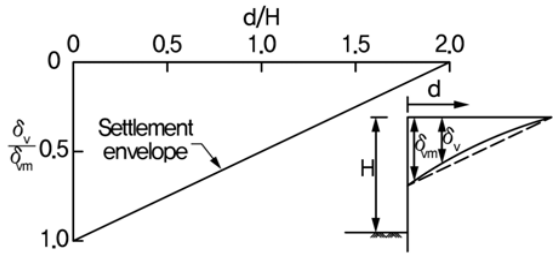


- 과업지역의 지층구조를 보았을 때 Peck의 지반침하 영향거리 예측곡선에서 ZONE Ⅰ 영역 (모래와 연약 또는 견고한 점토)에 속하는 지층특성을 가지고 있는 것으로 확인되었다.
- 따라서, Peck에 의한 굴착영향거리 산정 시 보수적인 안전측으로 ZONE Ⅰ 영역에서의 굴착면으로 부터의 최대거리인 2H(H:최대굴착고)를 적용하면 68.46m(34.23×2.0)가 된다.

Mana & Clough (1990)의 방법

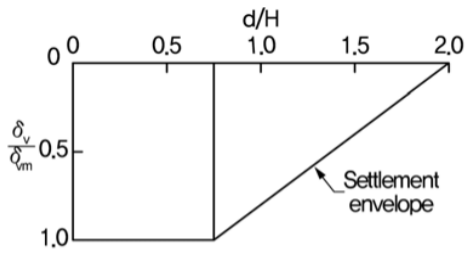
- Clough 등은 굴착을 시행했을 경우 흙막이벽체 배면에서의 거리별 침하량을 지반조건별 현장측정결과 및 유한 요소법으로 구하여 제시하였다.
- Clough 등에서 제시한 지반조건은 모래지반, 연약내지 중간정도의 점토지반 및 굳은 점토지반으로 구분하였다.
- 앞서 Peck의 경험식에서 검토한 바와 같이 본 과업구간의 지층은 최대굴착심도 가까이 연암층이 분포하고 있는 지층특성을 보이고 있다.
- 상부의 토사층은 사질토 및 점토층의 특성을 나타내고 있다.
- 따라서, 사질토 및 점토층이 나타나는 지반특성을 가지므로 Clough에 의해서 제안된 지반 침하 영향거리 예측에서 전체가 모래지반인 거동특성을 보일 것으로 예측된다.
- Clough 곡선의 모래지반 조건에서 최대 침하량은 「흙막이 벽체로부터의 거리/굴착깊이」 비 2.0에서 최대 침하량비 1.0을 제시하고 있으므로 안전측 평가를 위해 최대 침하량 조건의 흙막이 벽체로부터 거리를 굴착영향 거리로 적용하였다.
- 사업구간은 최대 굴착심도 34.23m로 계획되었으며 영향거리/굴착깊이 비를 2.0 적용 시 최대영향거리는 68.46m(34.23×2.0)로 산정되었다.

지반침하 영향거리 예측(Clough,1990), p.부록5-70 참조



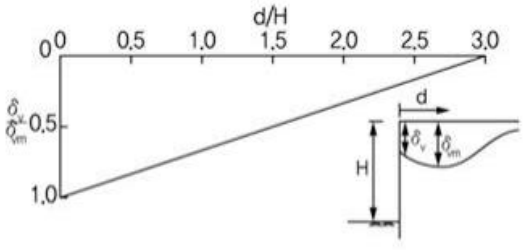
여기서, H : 굴착깊이, d : 흙막이벽체로부터의 거리
δ_{vm} : 최대 침하량, δ_v : 거리별 침하량

모래지반



여기서, H : 굴착깊이, d : 흙막이벽체로부터의 거리
δ_{vm} : 최대 침하량, δ_v : 거리별 침하량

연약 내지 중간 정도의 점토지반



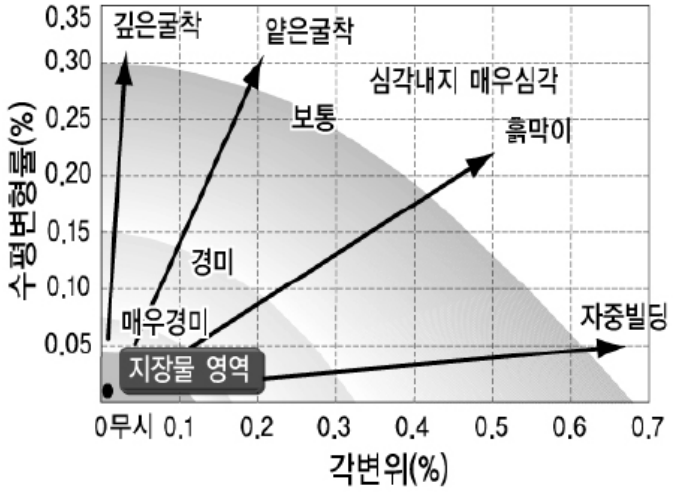
여기서, H : 굴착깊이, d : 흙막이벽체로부터의 거리
δ_{vm} : 최대 침하량, δ_v : 거리별 침하량

굳은 점토지반

☑ 수치해석을 통한 굴착영향거리 산정시 기준 침하량 적용 근거

구조물 손상평가 도표를 이용한 기준선정

각변위와 수평변형률과의 관계를 이용한 구조물 손상평가방법(Boscardin & Cording, 1989)



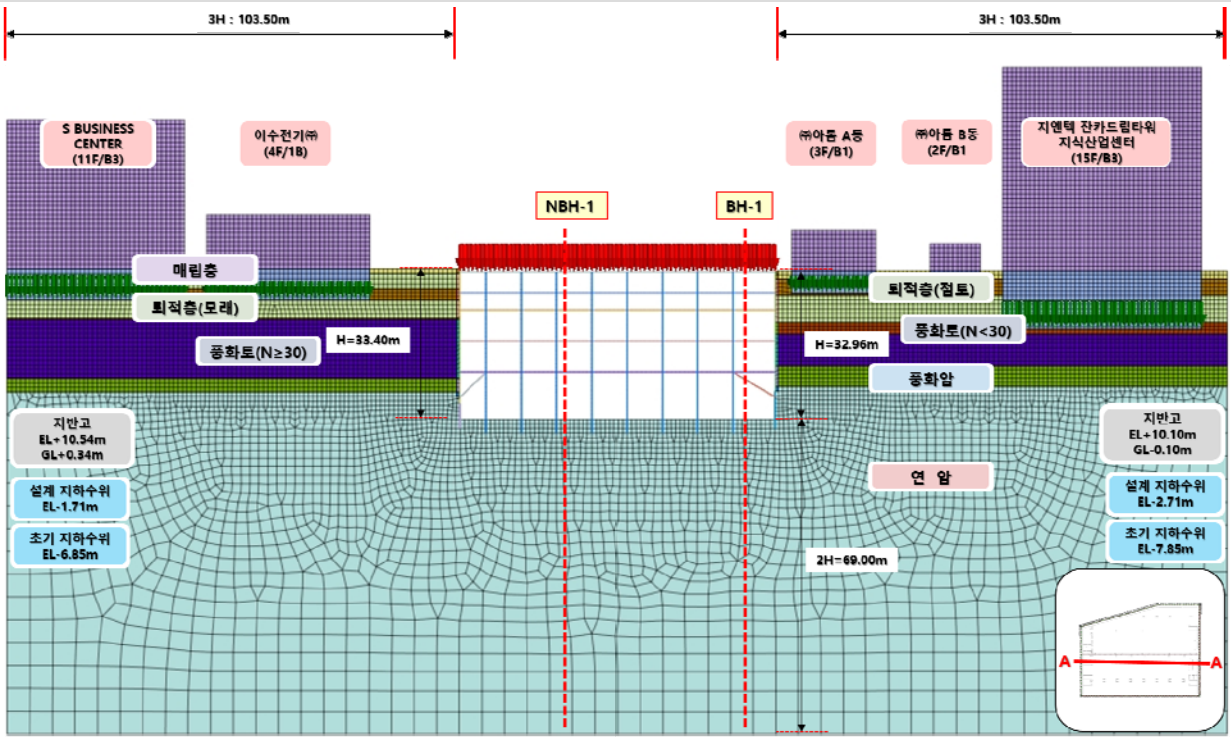
- Boscardin & Cording(1989)의 도표에 따르면 상부구조물의 각변위 0.25%까지는 부등침하로 인해 구조물에 미치는 영향이 경미한 것으로 평가할 수 있다.
- 각변위 0.25%는 수평거리 1m당 최대 부등침하량이 2.5mm가 발생하였을 때를 의미한다.
- 흙막이 벽체로부터 거리가 증가함에 따라 최대침하량 발생지점 이후 침하량은 감소하는 경향을 나타내며 일정구간 이후에는 수렴하는 모습을 나타낸다.
- 그러므로, 침하 발생량이 2.5mm인 지점 이후로는 지반의 부등침하로 인한 상부구조물의 안정성에 미치는 영향은 미미할 것으로 사료된다.
- 따라서, 수치해석을 통한 굴착영향범위 산정시 지표침하량 2.5mm를 기준으로 하여 부등침하로 인한 구조물의 안정성 검토가 필요한 굴착영향거리를 지표침하량 2.5mm이상 발생구간으로 선정하였다.

☑ 수치해석에 의한 방법

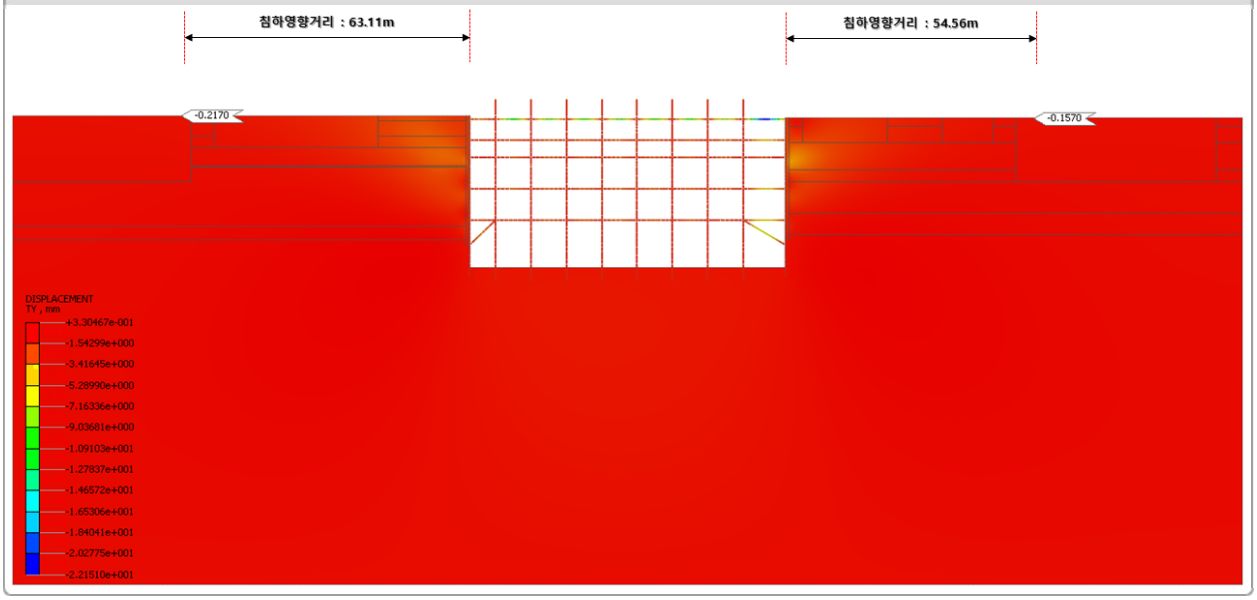
해석개요 및 방법

- 사업구간 중 지반조건이 가장 불리하고 최대 굴착심도 구간을 대표단면으로 해석을 수행함
- 인접구조물을 적용하여 모델링을 수행할 경우 인접구조물 하중으로 인해 침하발생 경향 분석이 어려우므로 인접구조물은 모델링에서 제외함.

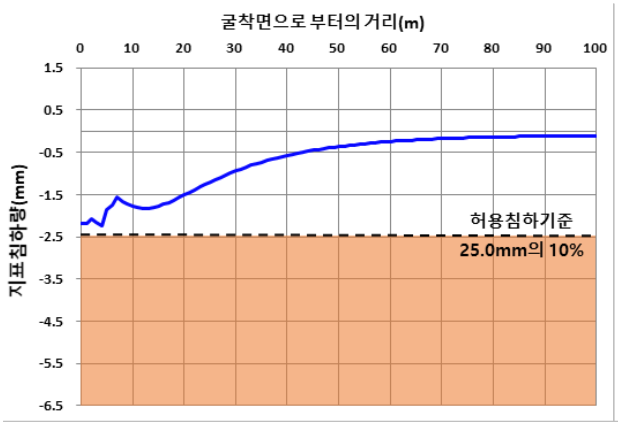
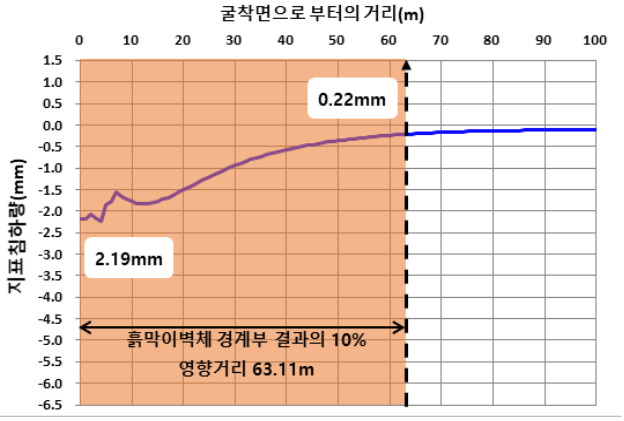
굴착에 의한 영향범위 산정을 위한 해석 단면 (A-A)



SECTION A-A 해석결과

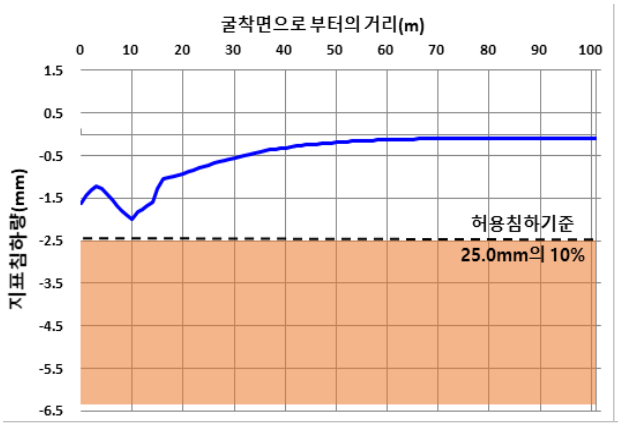
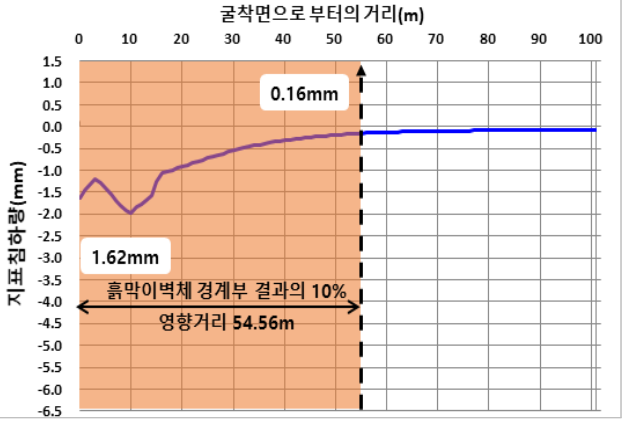


단면 A-A 좌측 검토 결과

① 침하량 허용기준에 따른 산정 결과	② 침하곡선 수렴범위 산정 결과
	

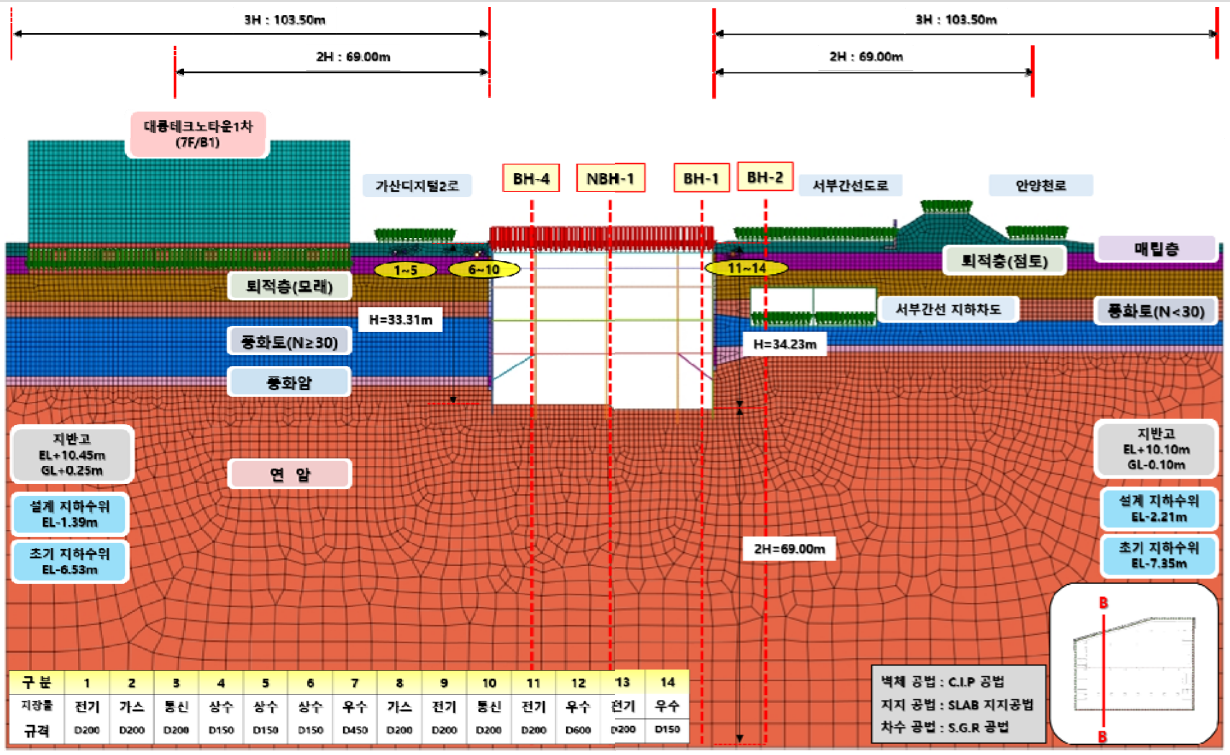
- 침하량 허용기준에 따른 침하영향범위 산정결과 흙막이 벽체 배면으로부터의 최대침하는 2.19mm로 허용침하기준(25.0mm의 10%)인 2.50mm내로 검토됨.
- 침하곡선 수렴범위 산정결과 굴착면으로부터 약 63.11m 지점에서 경계부 결과의 10% 이내인 0.22mm의 침하를 확인하였으며, 이후 지점부터는 점진적으로 수렴하는 것으로 판단됨.
- 침하곡선의 수렴 및 미수렴에 따른 영향범위 검토 결과 단면 A-A의 좌측구간은 63.11m 지점으로 검토됨.

단면 A-A 우측 검토 결과

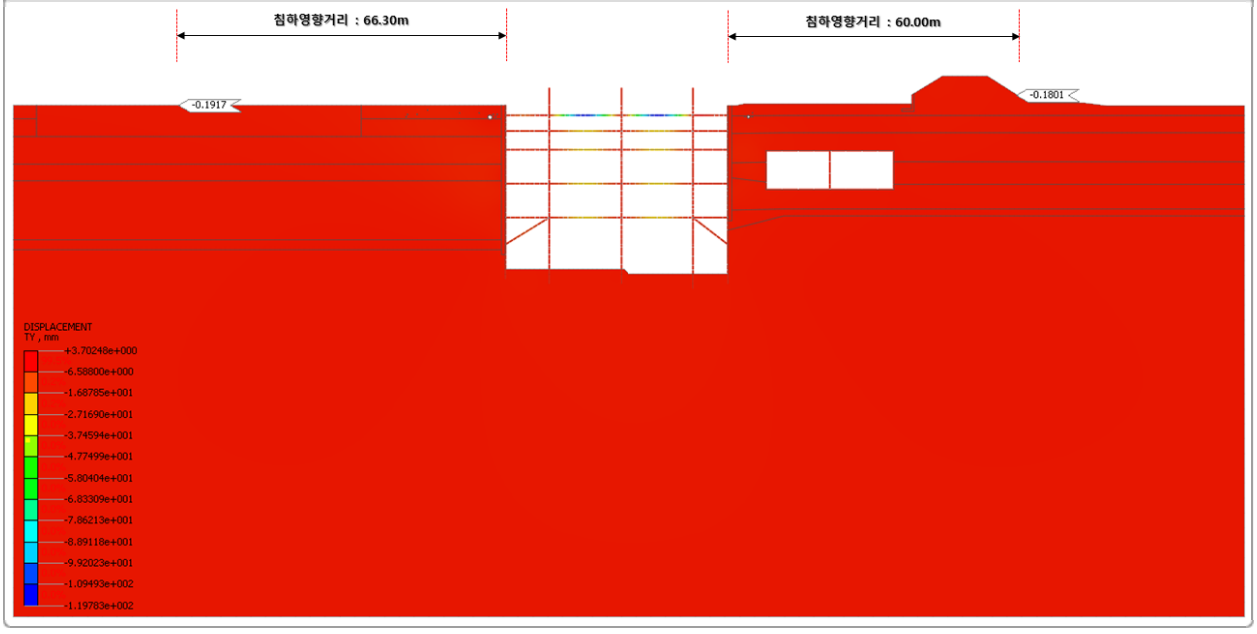
① 침하량 허용기준에 따른 산정 결과	② 침하곡선 수렴범위 산정 결과
	

- 침하량 허용기준에 따른 침하영향범위 산정결과 흙막이 벽체 배면으로부터 9.61m 이격된 지점의 최대침하는 1.98mm로 허용침하기준(25.0mm의 10%)인 2.50mm내로 검토됨.
- 침하곡선 수렴범위 산정결과 굴착면으로부터 약 54.56m 지점에서 경계부 결과의 10% 이내인 0.16mm의 침하를 확인하였으며, 이후 지점부터는 점진적으로 수렴하는 것으로 판단됨.
- 침하곡선의 수렴 및 미수렴에 따른 영향범위 검토 결과 단면 A-A의 우측구간은 54.56m 지점으로 검토됨.

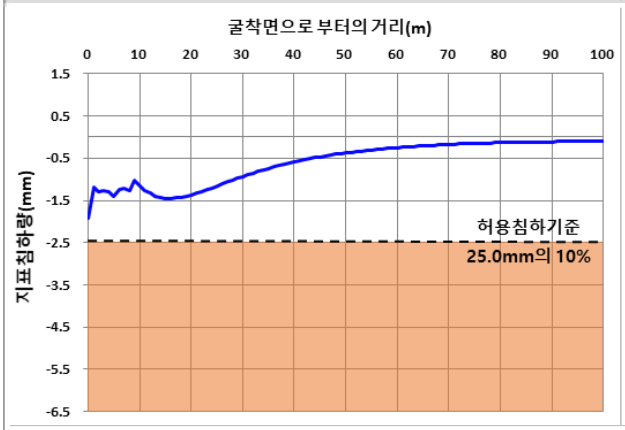
굴착에 의한 영향범위 산정을 위한 해석 단면 (B–B)



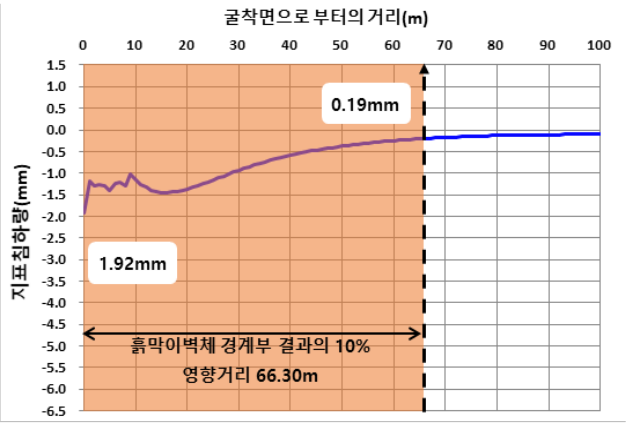
SECTION B–B 해석결과



① 침하량 허용기준에 따른 산정 결과



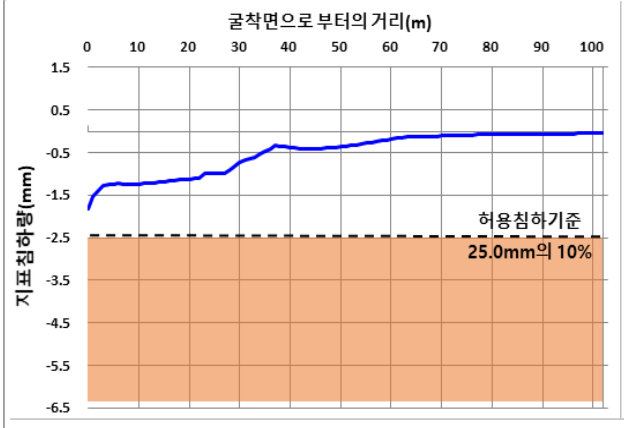
② 침하곡선 수렴범위 산정 결과



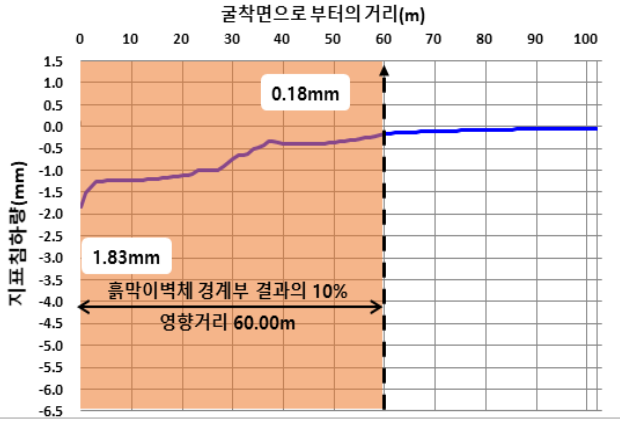
- 침하량 허용기준에 따른 침하영향범위 산정결과 흙막이 벽체 배면으로부터의 최대침하는 1.92mm로 허용침하기준(25.0mm의 10%)인 2.50mm내로 검토됨.
- 침하곡선 수렴범위 산정결과 굴착면으로부터 약 66.30m 지점에서 경계부 결과의 10% 이내인 0.19mm의 침하를 확인하였으며, 이후 지점부터는 점진적으로 수렴하는 것으로 판단됨.
- 침하곡선의 수렴 및 미수렴에 따른 영향범위 검토 결과 단면 B-B의 좌측구간은 66.30m 지점으로 검토됨.

단면 A-A 우측 검토 결과

① 침하량 허용기준에 따른 산정 결과



② 침하곡선 수렴범위 산정 결과



- 침하량 허용기준에 따른 침하영향범위 산정결과 흙막이 벽체 배면으로부터의 최대침하는 1.83mm로 허용침하기준(25.0mm의 10%)인 2.50mm내로 검토됨.
- 침하곡선 수렴범위 산정결과 굴착면으로부터 약 60.00m 지점에서 경계부 결과의 10% 이내인 0.18mm의 침하를 확인하였으며, 이후 지점부터는 점진적으로 수렴하는 것으로 판단됨.
- 침하곡선의 수렴 및 미수렴에 따른 영향범위 검토 결과 단면 B-B의 우측구간은 60.00m 지점으로 검토됨.

☑ 검토범위 설정

• 앞서 제시한 3가지 방법에 의하여 지반굴착 시 영향거리 산정방법을 요약하면 다음 표와 같다.

표 3.1 경험적 및 수치해석적 방법에 의한 영향거리 산정결과

구 분	적용사항	영향거리(m)	비 고
Peck(1969)의 방법	최대 굴착심도의 2배	68.46	
Clough(1990)의 방법	최대 굴착심도의 2배	68.46	
수치해석에 의한 방법	굴착경계부 침하량의 10%	66.30	지층현황 반영
영향거리 산정 결과	최대 굴착심도의 2배	69.00	보수적으로 최대값 적용

• 적용방법 및 지반조건에 따라 차이가 있으나 본 과업 지역의 지반특성(사질토 및 점성토)을 고려하면 경험적 방법에 의한 영향거리는 흙막이 벽체로부터 최대굴착심도(34.23m)의 2배인 68.46m로 산정되었으며, 수치해석 결과는 최대 66.30m인 것으로 나타났다.

• 본 검토에서는 안전측 검토를 위하여 산정된 영향거리 중 가장 최대값인 약 69.00m를 굴착으로 인한 수평영향 거리로 결정하였다.

검토결과

· 경험적 방법에 의한 굴착영향범위 산정결과 굴착심도의 2배인 68.46m로 산정됨
· 지층현황을 반영한 수치해석적 방법에 의한 굴착영향범위 산정결과 66.30m로 산정됨
⇨ 안전측 검토수행을 위해 보수적인 가장 큰 값 69.00m를 굴착영향범위로 산정하여 영역 내 위치하는 건물 및 지하매설물에 대한 안정성 검토를 수행

3.2 평가대상 시설물

3.2.1 일반 현황

• 사업구간의 인근에 위치한 평가대상 시설물에 대한 현황은 다음과 같다.

표 3.2 굴착영향범위 내 인접 현황

굴착구간	인접건물	인접 지하매설물	인접도로	지하구조물	기타
–	공장 및 업무시설 11개동	상수관로, 우수관로, 가스관로, 전기선로, 통신선로	서부간선도로, 안양천로, 가산디지털2로	서부간선 지하차도	–

• 사업구간은 철거 상태에 해당하며, 부지내 농작물 등은 없었고, 지하안전영향평가 대상시설물은 부지 동측, 서측, 북측의 공장단지 및 근린생활시설이 있으며 남측으로는 서부간선도로, 안양천이 있다. 대상 지역 인근의 현황은 다음과 같다.

굴착영향범위 내 인접 현황



3.2.2 구조물 현황

굴착영향범위내 인접건물 현황 평면도

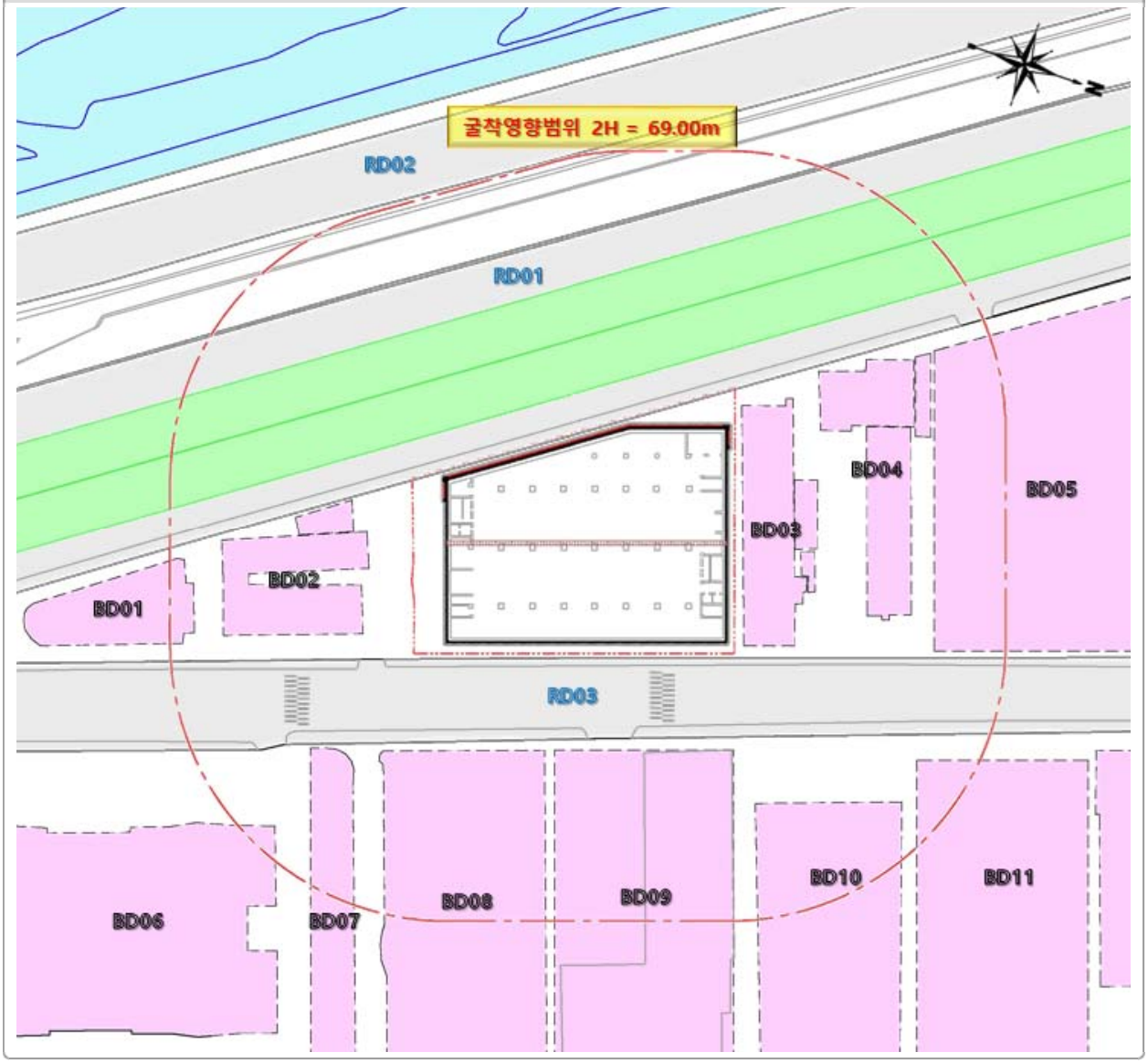


표 3.3 굴착영향범위 내 건물 및 도로현황

구 분	명 칭	층수 (지상/지하)	건물높이 (m)	구조	연면적 (㎡)	준공년도	이격거리 (m)
BD01	S비지니스센터	11/3	57.1	철근콘크리트	9,071.47	2015	57.8
BD02	일진피앤에스	4/1	13.2	철근콘크리트	2,945.19	1972	16.3
BD03	아톰 A동	3/1	–	철근콘크리트	2,064.88	1972	5.7
BD04	아톰 B동	2/1	–	철근콘크리트	1,019.19	1972	35.6
BD05	지엔텍 신축공사 현장	15/3 예정	69.3	철근콘크리트	23,453.84	–	51.0
BD06	대륭테크노타운 12차	15/3	63.6	철근콘크리트	88,012.58	2008	58.0
BD07	대륭테크노타운 1차	7/1	30.9	철근콘크리트	28,360.33	1998	27.3
BD08	대륭테크노타운 1차	7/1	30.9	철근콘크리트	28,360.33	1998	25.4
BD09	아르센타워 공사현장	–	–	–	–	–	26.7
BD10	르노삼성자동차 서부사업소	13/3	65.1	철근콘크리트	32,547.18	2012	42.7
BD11	G밸리 더리브 신축공사 현장	15/4 예정	–	철근콘크리트	34,688.15	–	63.1
RD01	서부간선도로	–	–	아스콘	–	–	5.5
RD02	안양천로	–	–	아스콘	–	–	46.4
RD03	가산디지털2로	–	–	아스콘	–	–	5.6

☑ 굴착영향범위 내 보안물건 육안조사 결과

표 3.4 굴착영향범위 내 보안건물 조사결과 요약

구 분	이격거리(m)	연식(년)	구조	육안조사 결과	조사결과 및 특이사항	비고
BD01	57.8	6	철근콘크리트	이상없음	· 지상 11층 지하 3층의 근린생활시설로 비교적 최근에 준공되었으며 상태가 양호한 것으로 판단됨.	A등급
BD02	16.3	49	철근콘크리트	이상없음	· 지상 4층 지하 1층의 구조물로 외관상 균열은 발견되지 않았으며 상태가 양호한 것으로 판단됨.	A등급
BD03	5.7	49	철근콘크리트	주의관찰	· 지상 3층 지하 1층의 구조물로 외관상 균열은 발견되지 않았으며 상태가 양호한 것으로 판단되나 당 현장과 연접하여 있으므로 주의가 필요할 것으로 판단됨.	B등급
BD04	35.6	49	철근콘크리트	이상없음	· 지상 2층 지하 1층의 구조물로 외관상 균열은 발견되지 않았으며 상태가 양호한 것으로 판단됨.	A등급
BD05	51.0	–	철근콘크리트	이상없음	· 2021년 6월 기준 지하공사는 완료된 상태임. · 2021년 10월에 준공으로 지하3층/지상15층의 철근콘크리트조 및 PC구조의 공장(지식산업센터), 근생시설, 기숙사로 계획되어 있음. · 당 사업부지 지하굴착 시 동시굴착은 없을 것으로 판단됨.	–
BD06	58.0	13	철근콘크리트	이상없음	· 지상 15층 지하 3층의 근린생활시설로 외관상 균열은 발견되지 않았으며 상태가 양호한 것으로 판단됨.	A등급
BD07	27.3	23	철근콘크리트	이상없음	· 지상 7층 지하 1층의 근린생활시설로 외관상 균열은 발견되지 않았으며 상태가 양호한 것으로 판단됨.	A등급
BD08	25.4	23	철근콘크리트	이상없음	· 지상 7층 지하 1층의 근린생활시설로 외관상 균열은 발견되지 않았으며 상태가 양호한 것으로 판단됨.	A등급
BD09	26.7	–	철근콘크리트	이상없음	· 2021년 6월 기준 지하 2층 굴착중인 상태임 · 2021년 9월 지하굴착 완료예정이며 2021년 08월 준공으로 지하4층/ 지상15층의 철근콘크리트조의 공장(지식산업센터)으로 계획되어 있음. · 당 사업부지 지하굴착 시 동시굴착은 없을 것으로 판단됨.	–

구 분	이격거리(m)	연식(년)	구조	육안조사 결과	조사결과 및 특이사항	비고
BD10	42.7	9	철근콘크리트	이상없음	· 지상 13층 지하 3층의 근린생활시설로 외관상 균열은 발견되지 않았으며 상태가 양호한 것으로 판단됨.	A등급
BD11	63.1	–	철근콘크리트	이상없음	· 2021년 6월 기준 지상층 공사중인 상태임. · 2022년 11월 준공으로 계획되어진 지하6층/지상13층의 철근콘크리트구조의 공장(지식산업센터)으로 계획되어 있음. · 당 사업부지 지하굴착 시 동시굴착은 없을 것으로 판단됨.	–
BD12	78.5	–	철근콘크리트	이상없음	· 지상 3층 지하 1층의 근린생활시설로 외관상 균열은 발견되지 않았으며 상태가 양호한 것으로 판단됨.	A등급
RD01	5.5	–	아스콘	주의관찰	· 외관상 균열은 발견되지 않았으나 차량 이동량이 많고 이격거리가 가까워 주의가 필요할 것으로 판단됨.	–
RD02	37.0	–	아스콘	이상없음	· 자전거도로는 칼라아스콘으로 포장되어 있었으며, 일부 횡방향의 균열이 관찰되었으나 침하등에 의한 것은 아닌 것으로 판단되며, 비교적 상태가 양호하였음. · 상부의 산책로는 출입이 통제되어 기존 아스콘 포장을 걷어낸 상태로 천막등으로 도로를 덮어놓은 것으로 보아 재포장 공사를 진행할 것으로 판단됨.	–
RD03	5.6	–	아스콘	주의관찰	· 일부 균열이 발견되나 구조적인 문제는 없을 것으로 판단됨.	–
L형 옹벽	35.0	–	스틸 토류판, 앙카	주의관찰	· 가설 옹벽으로 서부간선도로 지하차도 공사와 함께 정비작업을 하여 옹벽이 세워질 것으로 예상되며, 하중계, 지중경사계, 지하수위계, 지표침하핀 등을 2019년 6월에 설치하여 계측관리를 하고 있는 것으로 확인됨. · 영향범위 외의 지역은 일부 콘크리트로 포설된 구간도 있었으며, 서부간선도로의 시작점은 옹벽이 시공되어 점차 대상부지 쪽으로 옹벽시공이 진행되고 있는 것으로 판단됨.	–

표 3.5 굴착영향범위 내 건물 및 도로 조사 결과

BD01 : S비지니스센터	BD02 : 일진피앤에스
	 
BD03 : 아톰 A동	BD04 : 아톰 B동
	

표 3.6 굴착영향범위 내 건물 및 도로 조사 결과(계속)

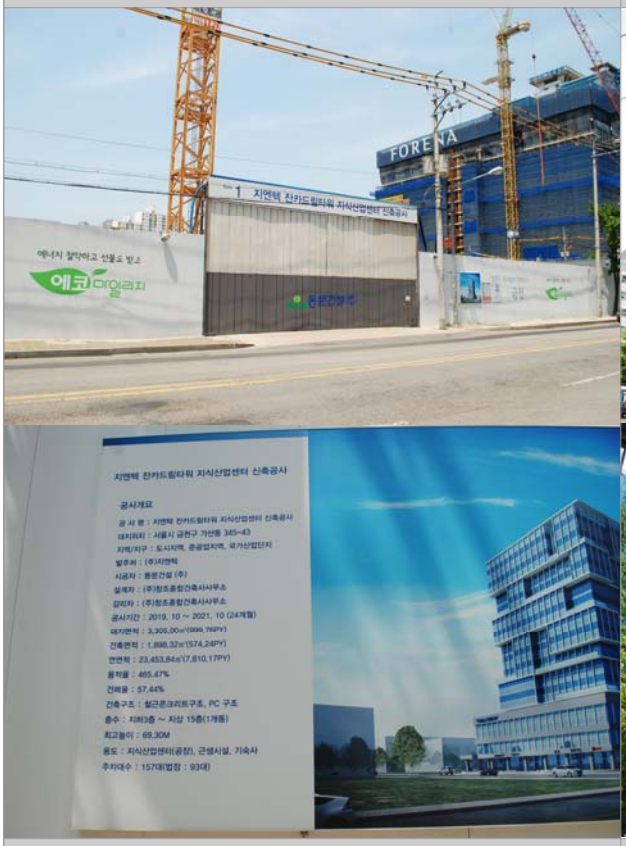
BD05 : 지엔텍 신축공사 현장	BD06 : 대륭테크노타운 12차
	
BD07 : 대륭테크노타운 1차	BD08 : 대륭테크노타운 1차
	

표 3.7 굴착영향범위 내 건물 및 도로 조사 결과(계속)

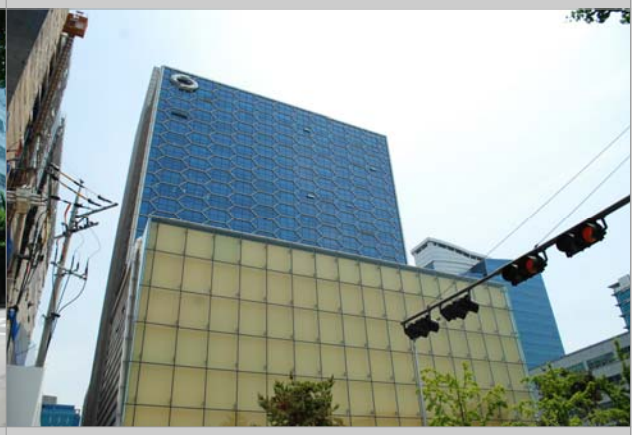
BD09 : 아르센타워 신축공사 현장	BD10 : 르노삼성자동차 서부사업소
	
BD11 : G밸리 더리브 신축공사 현장	RD01 : 서부간선도로
	
RD02 : 안양천로	
	
	

표 3.8 굴착영향범위 내 건물 및 도로 조사 결과(계속)

RD03 : 가산디지털2로




서부간선도로 옹벽






검토결과	• 육안조사 결과 당 사업지역은 서부간선도로, 서부간선지하차도, 안양천 인근으로 대상부지는 아직 철거되지 않은 상태로 조사되었다. • 인근 도로 가산디지털로2로는 균열이 일부분에서 발견되나 전체적인 상태는 양호한 것으로 판단된다. • RD01의 서부간선도로는 차량 통행량이 많은 것으로 조사되었으며, 당 현장과 서측으로 인접하여 위치하므로 지하층 굴착시 침하나 균열을 방지하기 위해 C.I.P 2열 배치는 적정한 것으로 판단됨. 그러나 우기시 안양천 등의 복합적인 안정성 저하요인을 고려하여 계측강화를 하여야 할 것으로 판단된다. • 2021년 09월에 개통되는 서부간선 지하차도는 인접한 서부간선도로 지하에 위치하는 것으로 확인하였으며, 착공전 관련기관과 협의를 진행 후 시공하여야 할 것으로 판단된다. • 인접한 공사현장(BD05, BD09, BD11)은 당 현장 착공시 지하층 굴착을 완료하거나 지상층 공사를 진행하는 것으로 조사되어 동시굴착에 따른 영향은 없을 것으로 판단된다. • 부지 서측에 서부간선도로와 안양천을 두고 산책로가 있어 인적 왕래가 활발한 것으로 조사되었다. • 굴착영향범위 내의 구조물들은 전체적으로 상태는 양호한 것으로 판단된다. • 시공자는 금회 조사된 내용을 참고하여 착공전 시설물에 대한 상세 조사를 수행하여야 하며, 시설물의 안전등급 조사 결과 D등급 이하의 시설물인 것으로 확인된 건물에 대해서는 별도의 안전성 검토 및 안전성 확보방안을 수립하여야 한다. • 굴착영향범위 내 건축물 및 시설물 등에 대한 상태·현황 등에 대한 조사결과 기존 균열, 침하 및 파손 등이 확인된 경우, 그 결과를 건물 소유주 및 관리주체에게 굴착공사 전에 통지하여 추후 굴착으로 인한 피해 발생여부를 확인 할 수 있도록 조치를 취하여야 한다. • 본 사업의 지하층 골조 구조물 완료 전 평가서에 기재되지 않은 인접지역의 굴착이 발생할 경우 해당 사업 및 본 사업에 위해한 요인이 될 수 있으므로, 사업시행 우선순위에 따른 이해관계를 검토하여 해당되는 자가 그에 맞는 별도의 안전성 검토를 수행하여 안전성을 확보한 후 사업을 진행하여야 한다.

3.2 평가대상 시설물

☑ 1종 및 2종 시설물 조사

- 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 의한 제1종, 제2종 시설물의 위치를 확인하였다.
- 시설물의 정보는 한국시설안전공단에서 제공하는 시설물정보관리종합시스템 (www.fms.or.kr)을 이용하였다.
- 과업지역이 속해있는 서울특별시 금천구 가산동에는 1종 시설물이 5개소, 2종 시설물이 5개소가 있는 것으로 조사되었다.
- 1종 및 2종 시설물에 대한 검색결과 및 확인결과 내용은 아래와 같다.

1종 시설물 검색결과

시설물 안전관리현황 정보공개



시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법에 따른 **국가 주요시설물(1,2,3종)**의 안전관리 현황 정보 중 시설물안전법시행령 제35조 및 시설물통합정보관리체계 운영규정(국토교통부 고시 제2018-46호)에 따라 **공공관리주체의 시설물**(공동주택 제외)의 안전등급 등 시설물 안전관리 현황 정보를 공개하는 화면입니다.

검색하고자 하는 **시설물의 위치** 또는 **시설물명**을 입력하세요.

시설물위치 : 서울특별시 | 금천구 **나머지주소** : 가산동
시설물종류 : 전체 | 전체 **종별** : 1종 **등급** : 전체
시설물명칭 : 차기진단일 ~ 검색

- 시설물별 안전등급은 점검진단일 기준의 등급으로 A(우수), B(양호), C(보통), D(미흡), E(불량)를 의미합니다.
- 준공 이후, 정밀안전점검 또는 정밀안전진단을 한번도 실시하지 않은 시설물은 정기안전점검 결과(양호/보통/불량)를 표시합니다.
- **시설물명을 클릭**해서 해당 시설물의 추가정보를 조회할 수 있습니다. (※ 차기점검진단일 범례 : ■ 정밀안전진단 ■ 정밀안전점검 ■ 정기안전점검)

No	시설물명	시설물구분	시설물종류	종별	최근 점검진단일	차기 점검진단일	등급	위치
1	7호선 (7183) 가산디지털단지역~철산역간 터널	터널	철도터널	1종	2020-06-30	2022-06-30	B등급	서울특별시 금천구
2	가산1배수문(이중)	하천	수문 및 통문	1종	2020-08-31	2021-05-22	B등급	서울특별시 금천구
3	가산1빗물펌프장	하천	배수펌프장	1종	2019-10-12	2021-10-12	B등급	서울특별시 금천구
4	가산2배수문(이중)	하천	수문 및 통문	1종	2020-08-31	2021-05-22	B등급	서울특별시 금천구
5	가산2빗물펌프장	하천	배수펌프장	1종	2019-10-12	2021-10-12	B등급	서울특별시 금천구

2종 시설물 검색결과

시설물 안전관리현황 정보공개



시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법에 따른 **국가 주요시설물(1,2,3종)**의 안전관리 현황 정보 중 시설물안전법시행령 제35조 및 시설물통합정보관리체계 운영규정(국토교통부 고시 제2018-46호)에 따라 **공공관리주체의 시설물**(공동주택 제외)의 안전등급 등 시설물 안전관리 현황 정보를 공개하는 화면입니다.

검색하고자 하는 **시설물의 위치** 또는 **시설물명**을 입력하세요.

시설물위치 : 서울특별시 | 금천구 **나머지주소** : 가산동
시설물종류 : 전체 | 전체 **종별** : 2종 **등급** : 전체
시설물명칭 : 차기진단일 ~ 검색

- 시설물별 안전등급은 점검진단일 기준의 등급으로 A(우수), B(양호), C(보통), D(미흡), E(불량)를 의미합니다.
- 준공 이후, 정밀안전점검 또는 정밀안전진단을 한번도 실시하지 않은 시설물은 정기안전점검 결과(양호/보통/불량)를 표시합니다.
- **시설물명을 클릭**해서 해당 시설물의 추가정보를 조회할 수 있습니다. (※ 차기점검진단일 범례 : ■ 정밀안전진단 ■ 정밀안전점검 ■ 정기안전점검)

No	시설물명	시설물구분	시설물종류	종별	최근 점검진단일	차기 점검진단일	등급	위치
1	7호선 (7182) 가산디지털단지 역사	건축물	철도역시설	2종	2018-11-26	2022-11-26	A등급	서울특별시 금천구
2	가산디지털단지역	건축물	철도역시설	2종	2019-12-09	2022-12-09	B등급	서울특별시 금천구
3	남부순환로 시흥방향 가리봉철도고가 지난 우측 옹벽	옹벽	도로옹벽	2종	2019-10-09	2021-10-09	B등급	서울특별시 금천구
4	수출의다리고가차도	교량	도로교량	2종	2020-10-15	2022-10-15	B등급	서울특별시 금천구
5	안양천제(금천구)	하천	제방	2종	2020-12-23	2022-12-23	B등급	서울특별시 금천구

3.2 평가대상 시설물

☑ 3종시설물 조사

• 3종 시설물에 대한 상세한 내용은 다음과 같다.

제3종 시설물의 범위(시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법)

표 3.9 제3종 시설물의 범위

구 분		대 상 범 위
토목시설물	교 량	· 준공 후 10년이 경과된 교량으로 – 「도로법」 상 도로교량 연장 20m 이상 ~ 100m 미만 교량 – 「농어촌도로정비법」 상 도로교량 연장 20m 이상 교량 – 비법정도로 상 도로교량 연장 20m 이상 교량 – 연장 100m 미만 철도교량
	터 널	· 준공 후 10년이 경과된 터널로 – 연장 300m 미만의 지방도, 시도, 군도 및 구도의 터널 – 농어촌도로의 터널 – 법 1,2종 시설물에 해당하지 않는 철도터널
	육 교	· 설치된 지 10년 이상 경과된 보도육교
	지하차도	· 설치된 지 10년 이상 경과된 연장 100m 미만의 지하차도
	기 타	· 그 밖에 건설공사를 통하여 만들어진 교량 · 터널 · 항만 · 댐 등 구조물과 그 부대시설로서 중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장이 재난예방을 위하여 안전관리가 필요한 것으로 인정하는 시설물
건축시설물	공동주택	· 준공 후 15년이 경과된 5층 이상 ~ 15층 이하 아파트 · 준공 후 15년이 경과된 연면적 660㎡초과, 4층 이하 연립주택
	공동주택 외 건축물	· 준공 후 15년이 경과된 연면적 1,000㎡ 이상 ~ 5,000㎡ 미만의 판매시설, 숙박시설, 운수시설, 문화 및 집회시설, 의료시설, 장례식장, 종교시설, 위락시설, 관광휴게시설, 수련시설, 노유자시설, 운동시설, 교육시설 · 준공 후 15년이 경과된 연면적 500㎡ 이상 ~ 1,000㎡ 미만의 문화 및 집회시설 중 공연장 및 집회장, 종교시설, 운동시설 · 준공 후 15년이 경과된 연면적 300㎡ 이상 ~ 1,000㎡ 미만의 위락시설, 관광휴게시설 · 준공 후 15년이 경과된 11층 이상 ~ 16층 미만 또는 연면적 5,000㎡ 이상 ~ 30,000㎡ 미만의 건축물 · 5,000㎡ 미만의 상가가 설치된 지하도상가(지하보도면적을 포함한다) · 준공 후 15년이 경과된 연면적 1,000㎡이상의 공공청사
	기 타	· 그 밖에 건설공사를 통하여 만들어진 건축물 등 구조물과 그 부대시설로서 중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장이 재난예방을 위하여 안전관리가 필요한 것으로 인정하는 시설물

3.2 평가대상 시설물

과업구간 내 3종 시설물 조사결과

3종 시설물 검색결과

시설물 안전관리현황 정보공개



시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법에 따른 **국가 주요시설물(1,2,3종)**의 안전관리 현황 정보 중 시설물안전법시행령 제35조 및 시설물통합정보관리체계 운영규정(국토교통부 고시 제2018-46호)에 따라 **공공관리주체의 시설물**(공동주택 제외)의 안전등급 등 시설물 안전관리 현황 정보를 공개하는 화면입니다.

검색하고자 하는 **시설물의 위치** 또는 **시설물명**을 입력하세요.

시설물위치 : 서울특별시 | 금천구 **나머지주소** : 가산동

시설물종류 : 전체 | 전체 **종별** : 3종 **등급** : 전체

시설물명칭 : 차기진단일 ~ 검색

- 시설물별 안전등급은 점검진단일 기준의 등급으로 A(우수), B(양호), C(보통), D(미흡), E(불량)를 의미합니다.
- 준공 이후, 정밀안전점검 또는 정밀안전진단을 한번도 실시하지 않은 시설물은 정기안전점검 결과(양호/보통/불량)를 표시합니다.
- **시설물명을 클릭**해서 해당 시설물의 추가정보를 조회할 수 있습니다. (※ 차기점검진단일 범례 : ■ 정밀안전진단 ■ 정밀안전점검 ■ 정기안전점검)

No	시설물명	시설물구분	시설물종류	종별	최근 점검진단일	차기 점검진단일	등급	위치
1	(주)신영와코루 E동	건축물	대형건축물	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
2	(주)신영와코루제3공장 B동	건축물	대형건축물	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
3	(주)천재교육 가동	건축물	대형건축물	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
4	JMS(K) A동	건축물	대형건축물	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
5	KEP전자(주)	건축물	대형건축물	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
6	S&T 중공업	건축물	대형건축물	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
7	가산고시원(가산동 142-5)	건축물	다중이용건축물	3종	2020-11-20		C등급	서울특별시 금천구
8	가산한내보도육교	교량	육교	3종	2020-12-16		B등급	서울특별시 금천구
9	고시원(가산동 139-12)	건축물	기타	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
10	고시원(가산동 141-18)	건축물	기타	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구

No	시설물명	시설물구분	시설물종류	종별	최근 점검진단일	차기 점검진단일	등급	위치
11	고시원(가산동 141-9)	건축물	기타	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
12	고시원(가산동 146-84)	건축물	기타	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
13	고시원(가산동 147-1)	건축물	기타	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
14	고시원(가산동 148-40)	건축물	기타	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
15	고시원(가산동 151-51)	건축물	기타	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
16	고시원(가산동 237-1)	건축물	기타	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
17	고시원(가산동 42-5)	건축물	기타	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
18	고시원(가산동 43-6)	건축물	기타	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
19	고시원(가산동 44-1)	건축물	기타	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
20	고시원(가산동 83-2)	건축물	기타	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구

No	시설물명	시설물구분	시설물종류	종별	최근 점검진단일	차기 점검진단일	등급	위치
21	고시원(가산동142-39)	건축물	기타	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
22	고시원(가산동142-42)	건축물	기타	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
23	고시원(가산동145-26)	건축물	기타	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
24	금천보도육교	교량	육교	3종	2020-12-16		B등급	서울특별시 금천구
25	대동 (1동)	건축물	대형건축물	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
26	대동아파트(담장)	기타	기타	3종	2018-12-14		C등급	서울특별시 금천구
27	대형건축물(가산동 326-4)	건축물	대형건축물	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
28	대형건축물(가산동 60-32)	건축물	대형건축물	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
29	로옴 코리아	건축물	대형건축물	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
30	롯데정보통신	건축물	대형건축물	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구

No	시설물명	시설물구분	시설물종류	종별	최근 점검진단일	차기 점검진단일	등급	위치
31	비엠아이	건축물	대형건축물	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
32	성호전자주식회사	건축물	대형건축물	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
33	세일로 빌딩 (A동)	건축물	대형건축물	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
34	영창실리콘(주)	건축물	대형건축물	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
35	일반건축물(가산동 142-5)	건축물	기타	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
36	일반건축물(가산동 60-6 C동)	건축물	기타	3종	2021-03-21		D등급	서울특별시 금천구
37	일반건축물(가산동60-6, A동)	건축물	대형건축물	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구
38	한진 P&C	건축물	대형건축물	3종	2021-03-19		C등급	서울특별시 금천구

• 과업구간이 속해 있는 서울특별시 금천구 가산동 내 3종 시설물에 대한 검색결과 3종 시설물에 해당하는 시설물은 38개소가 있는 것으로 확인되었다.

시설물의 안전등급(시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법)

표 3.10 시설물의 상태에 따른 안전등급

안 전 등 급	시설물의 상태
1. A (우수)	· 문제점이 없는 최상의 상태
2. B (양호)	· 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며, 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
3. C (보통)	· 주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
4. D (미흡)	· 주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수 · 보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
5. E (불량)	· 주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야하는 상태

☑ 주요시설물 조사결과

표 3.11 서울특별시 금천구 가산동내 주요시설물 현황

종별	시설물명	시설물 종류	위 치	이격거리	등급
1종 시설물	7호선 (7183) 가산디지털단지역~철산역간 터널	철도터널	가산동 547-9	1.0km	B등급
	가산1배수문(이중)	수문 및 통문	금천구 독산동 700	850m	B등급
	가산1빗물펌프장	배수펌프장	금천구 독산동 700	850m	B등급
	가산2배수문(이중)	수문 및 통문	금천구 독산동 700	850m	B등급
	가산2빗물펌프장	배수펌프장	금천구 독산동 700	850m	B등급
2종 시설물	7호선 (7182) 가산디지털단지 역사	철도역시설	금천구 가산동 371-28	1.1km	A등급
	가산디지털단지역	철도역시설	금천구 가산동 371-28	1.1km	B등급
	남부순환로 시흥방향 가리봉철도고가 지난 우측 옹벽	도로옹벽	금천구 가산동 505-11	1.8km	B등급
	수출의다리고가차도	도로교량	금천구 가산동 371-31	690m	B등급
	안양천제(금천구)	제방	-	45m	B등급
3종 시설물	(주)신영와코루 E동	대형건축물	금천구 가산동 345-54	540m	C등급
	(주)신영와코루제3공장 B동	대형건축물	금천구 가산동 345-54	540m	C등급
	(주)천재교육 가동	대형건축물	가삼동 60-28	800m	C등급
	JMS(K) A동	대형건축물	가산동 547-3	970m	C등급
	KEP전자(주)	대형건축물	가산동 371-28	930m	C등급
	S&T 중공업	대형건축물	가산동 371-36	800m	C등급
	가산고시원(가산동 142-5)	다중이용건축물	가산동 142-5	1.2km	C등급
	가산한내보도육교	육교	가산동 614-45	1.0km	B등급
	고시원(가산동 139-12)	기타	가산동 139-12	1.1km	C등급
	고시원(가산동 141-18)	기타	가산동 141-18	1.1km	C등급
	고시원(가산동 141-9)	기타	가산동 141-9	1.1km	C등급
	고시원(가산동 146-84)	기타	가산동 146-84	1.2km	C등급
	고시원(가산동 147-1)	기타	가산동 147-1	1.4km	C등급
	고시원(가산동 148-40)	기타	가산동 148-40	1.3km	C등급
	고시원(가산동 151-51)	기타	가산동 151-51	1.1km	C등급
	고시원(가산동 237-1)	기타	가산동 237-1	720m	C등급

3.2 평가대상 시설물

종별	시설물명	시설물 종류	위 치	이격거리	등급
3종 시설물	고시원(가산동 42-5)	기타	가산동 42-5	1.3km	C등급
	고시원(가산동 43-6)	기타	가산동 43-6	1.3km	C등급
	고시원(가산동 44-1)	기타	가산동 44-1	1.3km	C등급
	고시원(가산동 83-2)	기타	가산동 83-2	1.3km	C등급
	고시원(가산동142-39)	기타	가산동 142-39	1.1km	C등급
	고시원(가산동142-42)	기타	가산동 142-42	1.1km	C등급
	고시원(가산동145-26)	기타	가산동 145-26	1.1km	C등급
	금천보도육교	교량	가산동 338-3	220m	B등급
	대동 (1동)	건축물	가산동 327-18	250m	C등급
	대동아파트(담장)	기타	가산동 151-14	1.2km	C등급
	대형건축물(가산동 326-4)	건축물	가산동 326-4	260m	C등급
	대형건축물(가산동 60-32)	건축물	가산동 60-32	600m	C등급
	로옴 코리아	건축물	가산동 371-11	930m	C등급
	롯데정보통신	건축물	가산동 533-2	1.5km	C등급
	비엠아이	건축물	가산동 547-7	820m	C등급
	성호전자주식회사	건축물	가산동 459-9	1.4km	C등급
	세일로 빌딩 (A동)	건축물	가산동 219-8	530m	C등급
	영창실리콘(주)	건축물	가산동 481-7	1.5km	C등급
	일반건축물(가산동 142-5)	건축물	가산동 142-5	1.2km	C등급
	일반건축물(가산동 60-6 C동)	건축물	가산동 60-6	950m	D등급
	일반건축물(가산동60-6, A동)	건축물	가산동 60-6	950m	C등급
	한진 P&C	건축물	가산동 692	430m	C등급

• 과업구간이 속해 있는 서울특별시 금천구 가산동 345-48일원 인근의 주요시설물 총 48개소에 대하여 과업구간과의 이격거리를 확인한 결과 위치가 확인되는 모든 시설물 중 안양천제방은 사업부지 서측으로 약 45m이격되어 굴착영향범위내에 존치되는 것으로 나타났으며, 그 외의 시설물은 굴착영향범위 이상 이격되어 위치하고 있는 것으로 나타났다.

검토결과

· 과업구간 인근에 대한 시설물조사 결과 2종 시설물 중 안양천제방이 사업부지 서측에 약 45.0m 이격되어 존치 되는 것으로 확인 되었으며, 굴착영향범위내에 존치되어 지하층 굴착시 침하나 균열에 따른 안정성 저하에 대해 계측강화를 하여여 할 것으로 판단된다.

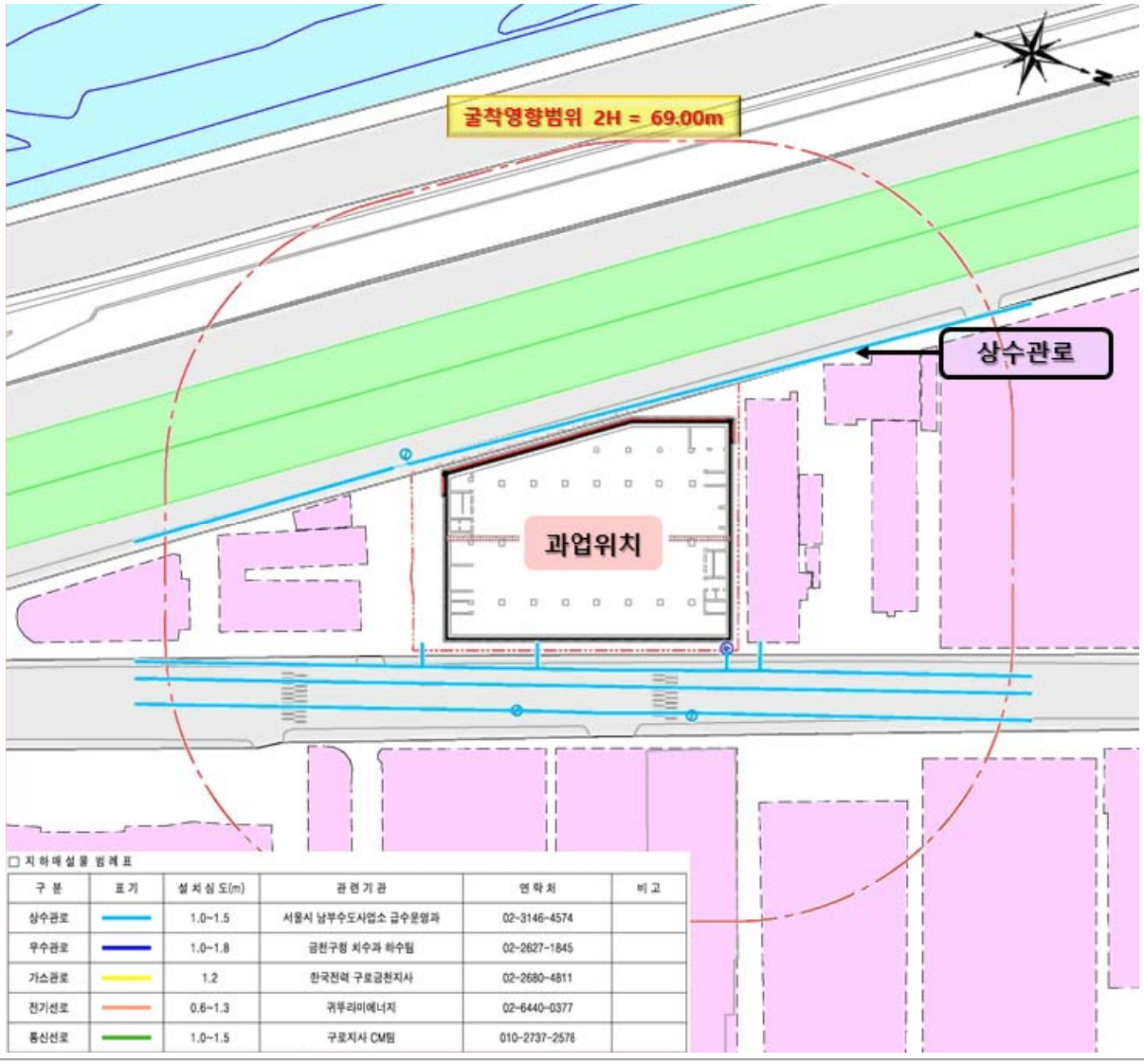
· 그 외의 1종, 2종 및 3종 시설물 확인결과 0.22~1.50km 이상 이격되어 있어 굴착영향범위 내 위치하는 주요시설물은 존재하지 않는 것으로 확인되었다.

3.2.3 지하매설물 현황

- 착공 전 검토범위 내 변경 및 신설된 지하매설물에 대하여 조사 하여야 하며, 조사결과 기존 조사 현황과 상이한 지하매설물에 대하여 안전성 검토를 수행 하여야한다.
- 굴착영향범위 내 하수관로 등에 대하여 착공 전 CCTV 조사를 실시하고, 관파손, 누수 등 결함 발견 시 지하매설물 관리자와 협의하여 보수·보강 등 사전 조치 방안, 조치 시기 등을 구체적으로 제시 하여야하여야 하며, 착공전 시설물 관리자와 조치방안을 협의하여야 한다.
- 또한, 지하개발사업자가 지하층 공사 완료후 굴착영향범위내 지하매설물 CCTV 조사를 수행하여 착공 전후에 대한 차이를 분석하고, CCTV 조사결과 발견된 이상징후(공동발생, 지반침하가 우려될 경우)에 대해서는 지하매설물 관리자와 조치방안 등을 협의하여야 한다.
- 사업구간에 분포하는 각종 지하매설물에 대한 조사결과 분포현황은 다음과 같다.

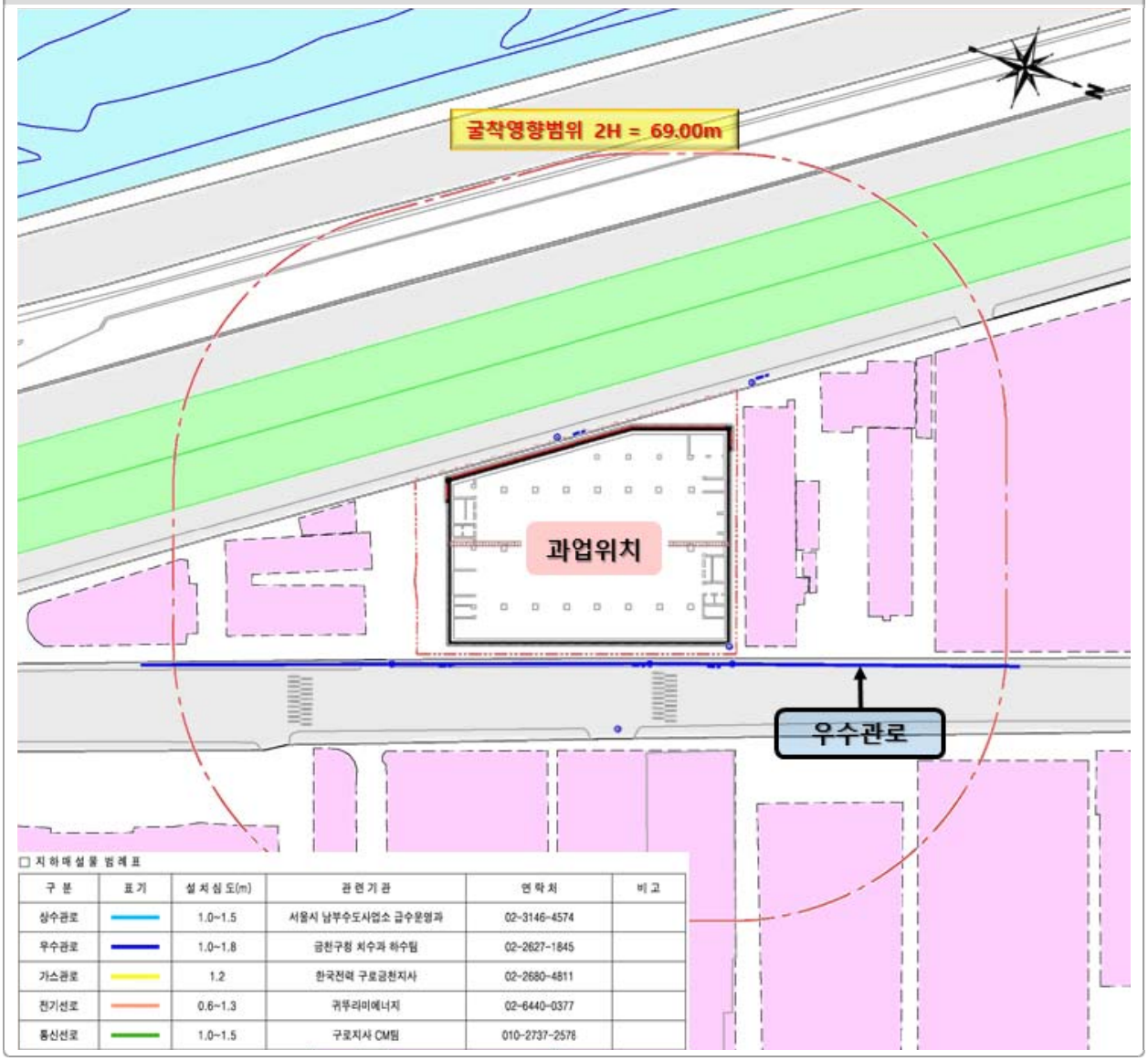
표 3.12 지하매설물 현황도

상수관로 매설물 현황도



구 분	표 기	설치심도(m)	관 련 기 관	연 락 처	비 고
상수관로		1.0~1.5	서울시 남부수도사업소 급수운영과	02-3146-4574	
우수관로		1.0~1.8	금천구청 치수과 하수팀	02-2627-1845	
가스관로		1.2	한국전력 구로금천지사	02-2680-4811	
전기선로		0.6~1.3	귀뚜라미에너지	02-6440-0377	
통신선로		1.0~1.5	구로지사 CM팀	010-2737-2578	

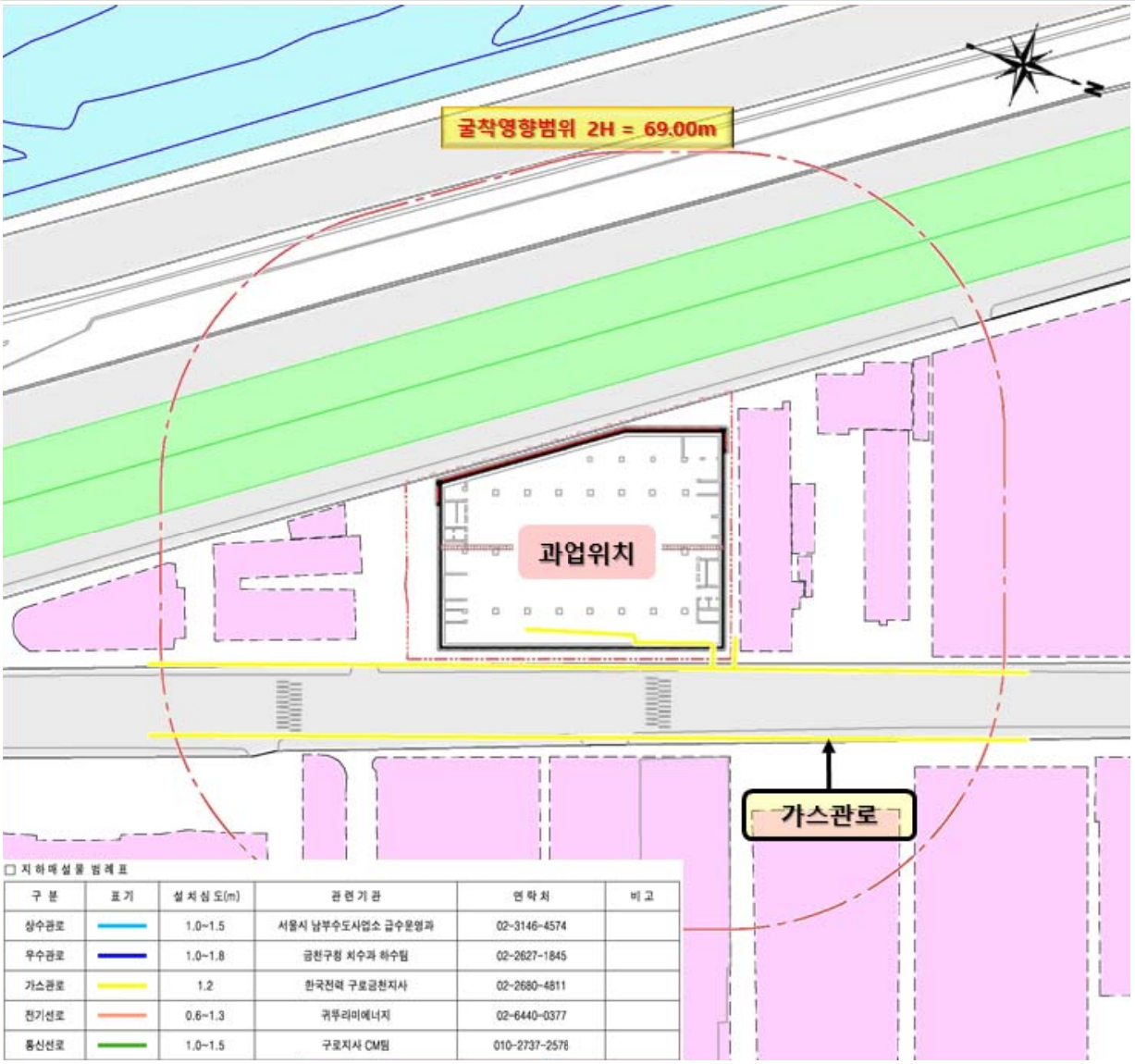
우수관로 매설물 현황도



□ 지하매설물 범례표

구 분	표 기	설치심도(m)	관련기관	연락처	비 고
상수관로		1.0~1.5	서울시 남부수도사업소 급수운영과	02-3146-4574	
우수관로		1.0~1.8	금천구청 치수과 하수팀	02-2627-1845	
가스관로		1.2	한국전력 구로금천지사	02-2680-4811	
전기선로		0.6~1.3	귀뚜리미에너지	02-6440-0377	
통신선로		1.0~1.5	구로지사 CM팀	010-2737-2578	

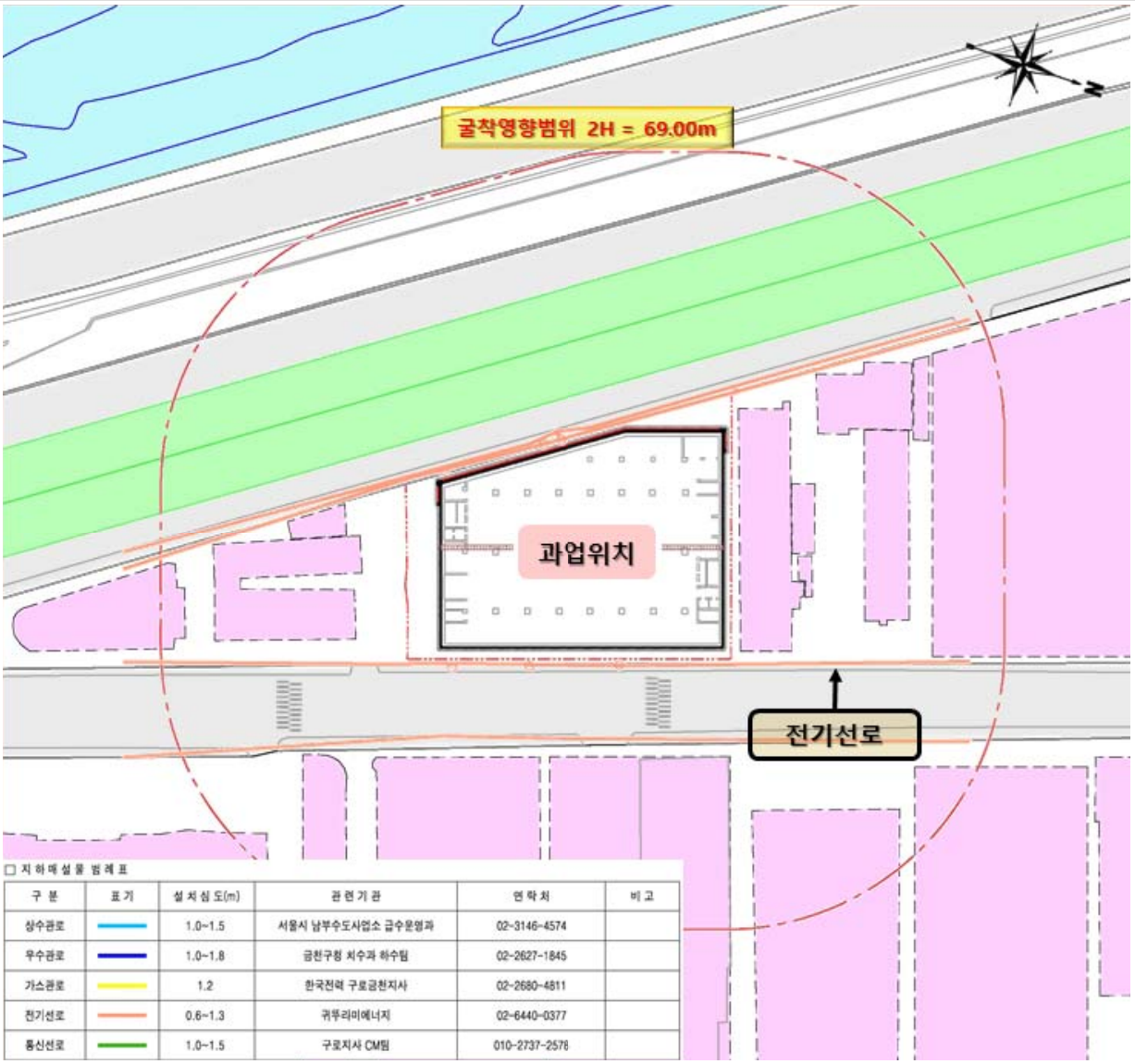
가스관로 매설물 현황도



□ 지하매설물 범례표

구 분	표 기	설치심도(m)	관련기관	연락처	비 고
상수관로		1.0~1.5	서울시 남부수도사업소 급수운영과	02-3146-4574	
우수관로		1.0~1.8	금천구청 치수과 하수팀	02-2627-1845	
가스관로		1.2	한국전력 구로금천지사	02-2680-4811	
전기선로		0.6~1.3	귀루리미에너지	02-6440-0377	
통신선로		1.0~1.5	구로지사 CM팀	010-2737-2578	

전기선로 매설물 현황도



□ 지하매설물 범례표

구 분	표 기	설치심도(m)	관 련 기 관	연 락 처	비 고
상수관로		1.0~1.5	서울시 남부수도사업소 급수운영과	02-3146-4574	
우수관로		1.0~1.8	금천구청 치수과 하수팀	02-2627-1845	
가스관로		1.2	한국전력 구로금천지사	02-2680-4811	
전기선로		0.6~1.3	귀뚜리미에너지	02-6440-0377	
통신선로		1.0~1.5	구로지사 CM팀	010-2737-2578	

통신선로 매설물 현황도

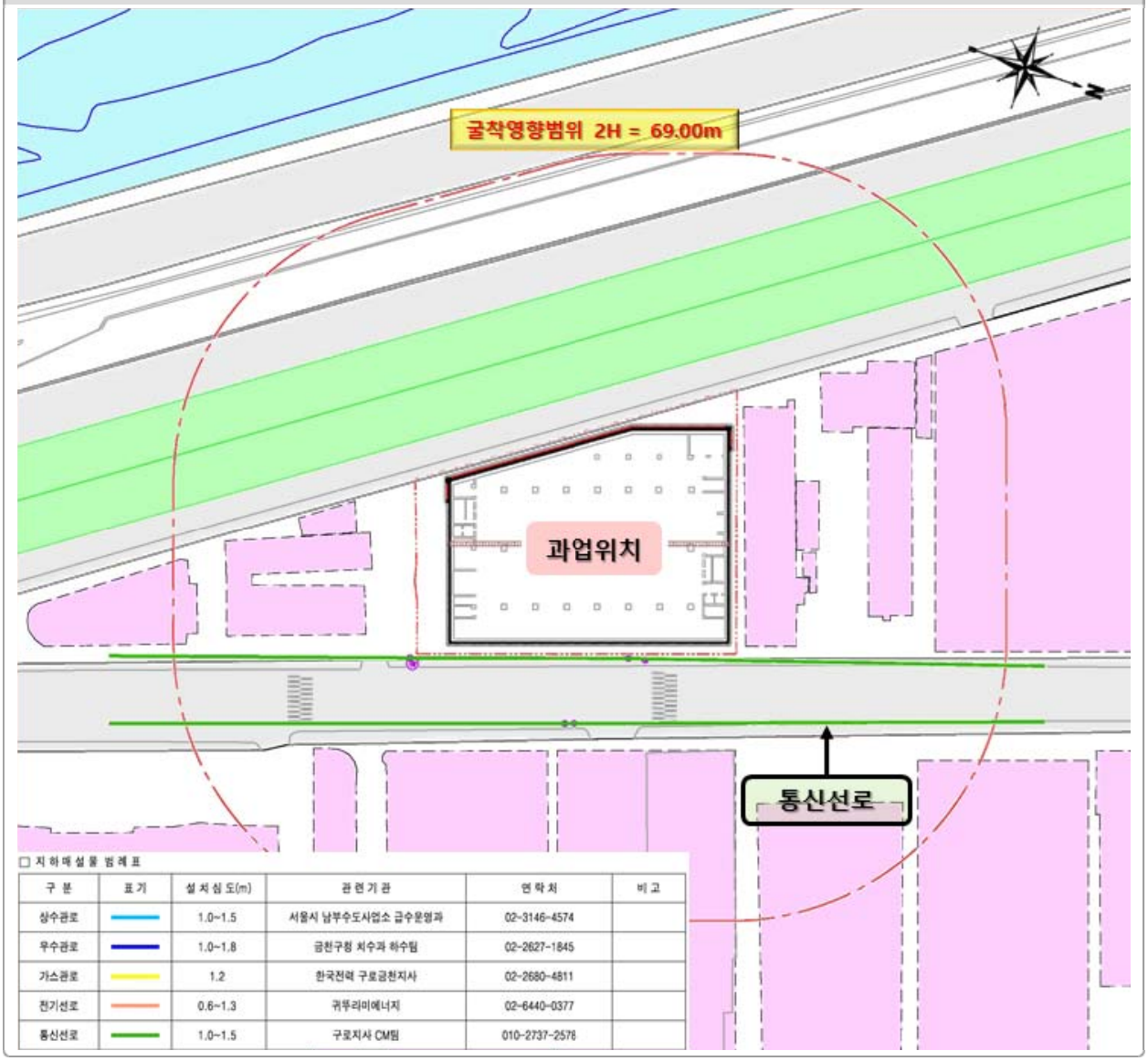


표 3.13 지하매설물 조사 및 관련기관

구 분	규격 (mm)	설치심도 (m)	최소 이격거리 (m)	관련기관	비 고
상수관로	D50~D500	1.0~1.5	1.0	서울시 남부수도사업소 급수운영과 (02-3146-4574)	
우수관로	D450~D600	1.0~1.8	1.0	금천구청 치수과 하수팀 (02-2627-1845)	합류식
가스관로	D80	1.2	0.6	귀뚜라미에너지 (02-6440-0377)	
전기선로	D325	0.6~1.3	0.5	한국전력 구로금천지사 (02-2680-4811)	
통신선로	D50~100	1.0~1.5	0.8	구로지사 CM팀 (010-2737-2578)	

PART
04

지반 및 지질현황

4.1 조사현황

4.2 조사결과

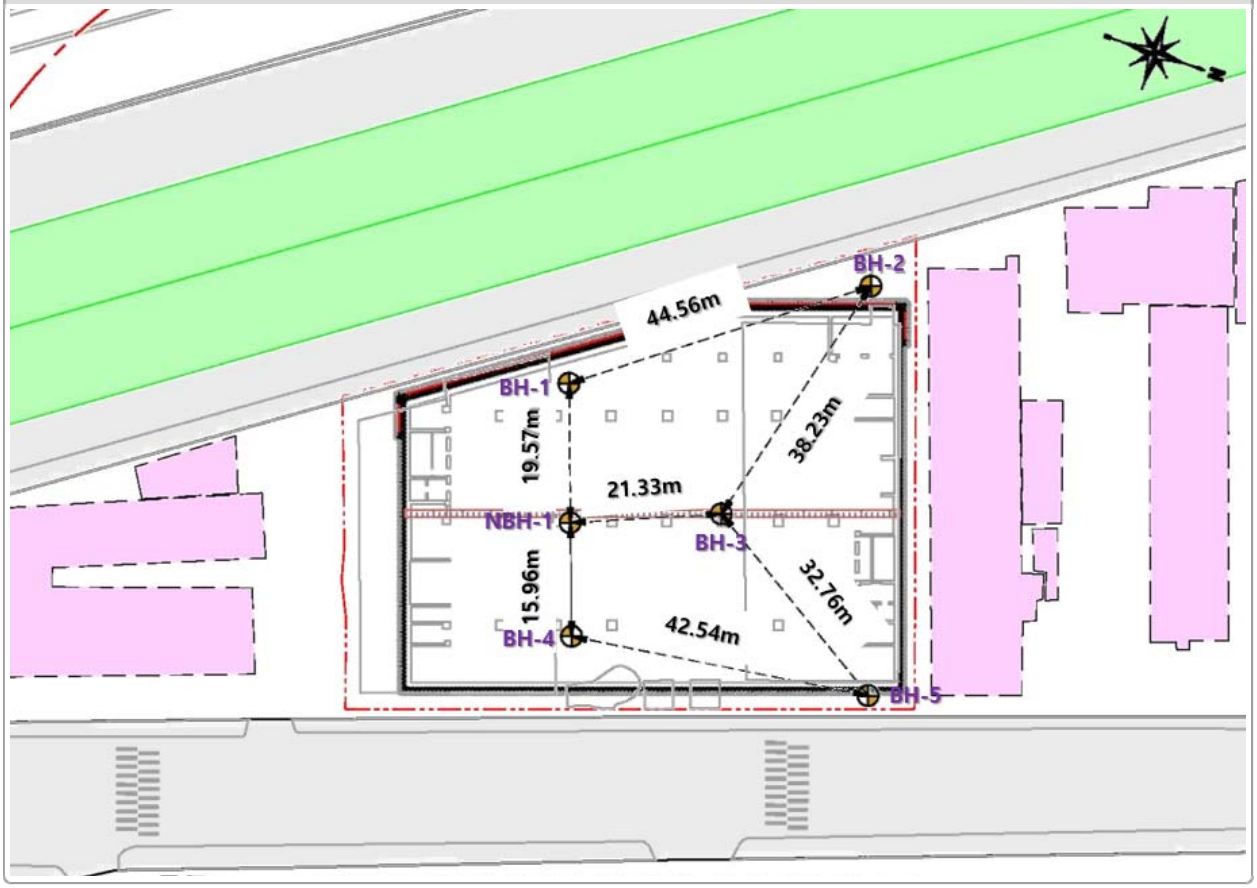
4.3 설계지반정수

4.1.1 지반조사 위치 선정

☑ 시추조사 위치도

- 본 과업지역에 대한 시추조사 위치도는 다음과 같이 부지의 배치와 규모를 고려하여 1차 지반조사에서 5공, 2차 지반조사에서 1공, 총 6공의 시추를 수행하였다.
- 시추위치는 구조물의 위치 및 흙막이 벽체 설치구간을 고려하여 지반조사 설계기준에 따라 시추공간 간격을 50m 이내로 하여 계획하여 시추조사를 완료하였다.

지반조사 위치도



구분	조사위치		표고 (EL.(+) m)	굴진심도 (G.L(−) m)	시추공경	비 고
	X 좌표	Y 좌표				
BH-1	541,250.06	189,591.39	10.05	27.0	NX	1차조사 (2020년 2월)
BH-2	541,214.37	189,618.07	10.35	23.5	NX	
BH-3	541,240.64	189,628.44	10.10	30.0	NX	
BH-4	541,226.24	189,651.56	10.07	30.0	NX	
BH-5	541,268.39	189,645.85	10.50	27.0	NX	
NBH-1	541,221.38	189,636.05	10.25	40.0	NX	2차조사 (2021년 4월)

4.1.2 현장조사 및 시험

☑ 지반 및 지질현황 파악을 위한 조사내용은 다음과 같음

- 본 지반조사는 서울특별시 금천구 가산동 345-48번지에 위치한 "가산동 345-48 데이터센터 신축공사" 현장에 총 6개소의 시추조사 및 원위치시험(표준관입시험) 등을 수행함으로서 부지내 지층의 구성상태 및 지하수위, 기반암의 분포상태를 조사하고, 전체지반(토층 및 암층)의 제반 물리적, 역학적 특성을 파악하여 본 사업에 필요한 자료를 제공함으로서 합리적이고 안정성이 확보된 설계 및 시공이 되도록 하는데 그 목적이 있다.
- 이러한 목적을 위한 1차 지반조사는 2020년 02월 01일에 현장시험에 착수하여 2020년 02월 16일에 성과분석 및 보고서 작성을 완료하였으며, 2차 추가 지반조사는 2021년 03월 23일에 현장시험에 착수하여 2021년 04월 02일에 성과분석 및 보고서 작성을 완료 하였다.
- 지반조사 항목 및 수량은 다음 표와 같다.

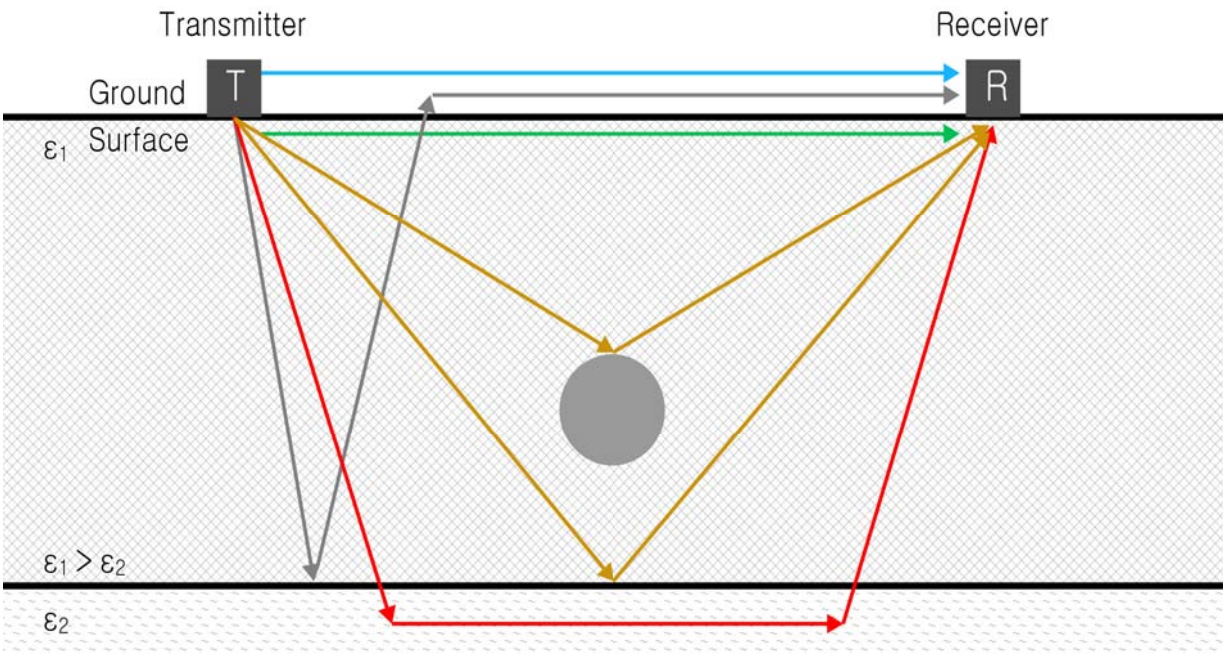
조 사 항 목		조 사 목 적	수 량
현장조사	시추조사	지층별 분포 및 구조물 기초 지지층 파악	6
	지하수위측정	조사지역 지하수위 분포 파악	6
현장시험	표준관입시험	시료채취 및 N값을 이용한 지반의 특성 추정	154
	공내하향식탄성파탐사	지층별 내진특성 파악	1
	공내전단시험	풍화대층의 강도특성 파악	4
	공내재하시험	풍화대층의 변형특성(탄성계수 및 변형계수) 파악	4
	투수시험	토사층 투수계수 파악	7
	수압시험	기반암 투수계수/Lugeon치 파악	2
	양수시험	대수층 수리상수를 파악 지하수의 수위 및 유동의 변화 예측	1
	순간충격시험		1
	유향 · 유속시험		1
실내시험	토질시험	각 지층의 특성을 파악하여 자료를 제공을 목적으로 실시	6
	암석시험	암석의 특성을 파악하여 자료를 제공을 목적으로 실시	2

4.1.3 현장조사 및 시험

☑ 조사 원리 및 방법

- GPR 탐사는 10 MHz ~ 수 GHz의 레이다파 영역에 속하는 전자기파를 지하에 송신한 후, 유전율(permittivity)이 다른 매질 내 경계면에서 산란되는 전자기파를 수신함으로써 전자기파의 반사 강도, 파형, 위상 등을 분석한다. GPR 탐사는 주로 지표에서 이루어지며 특별한 목적을 위하여 시추공에서 수행하는 경우도 있다. GPR 탐사는 다양한 안테나 배열로 수행할 수 있지만, 대개 Bistatic 구조의 송 · 수신 안테나를 통해 주로 반사법 탐사가 이용된다.
- GPR 탐사 시, 전자기파는 송신 안테나에서 공기와 지하 매질로 전파되어 수신 안테나에 도달하게 된다. 이때 수신 안테나에 탐지된 전자기파는 공기를 통해 직접 전파되어 온 공기파(air wave), 지표면 하부를 통해 직접 전파되어 온 표면파(surface wave), 지하 매질 경계에서 반사되어 온 반사파(reflected wave) 등이 섞여 들어온다. 이러한 전자기파는 수신 안테나에서 대개 공기파, 표면파 그리고 반사파의 순서로 탐지된다. 반사법 탐사의 경우 안테나의 offset (송 · 수신 안테나 이격거리)이 보통 수십 cm ~ 수 m 정도로 가까우므로 공기파는 표면파와 중첩된 형태로 나타날 수 있다. 이로 인해 반사법 탐사에서 표면파가 반사파에 비해 펄스폭이 넓고 복잡한 파형 양상을 가질 가능성이 있다. 다음 그림은 전자기파의 다양한 전파경로를 파선 형태로 도시한 것이다.

GPR탐사 시 얻어지는 전자기파의 파선 경로 모식도



☑ 탐사장비

– 차량형 3D GPR(NM GPR) 탐사장비

장비 전경
 ① 견인차량 ② 트레일러(안테나 모듈+ 자료수집장치) ③ 안테나 Pod ④ 라인스캔 카메라 ⑤ 3방향 카메라(좌·우·후) ⑥ 듀얼 GPS+자이로

– 핸드형 3D GPR(Latro GPR) 탐사장비

장비 전경
  ① 자료취득 태블릿 ② 카드(자료수집장치) ③ 안테나 ④ 에어리어스캔 카메라 ⑤ GPS

☑ 소프트웨어

– Radar Portal Control (자료취득 및 분석 프로그램)

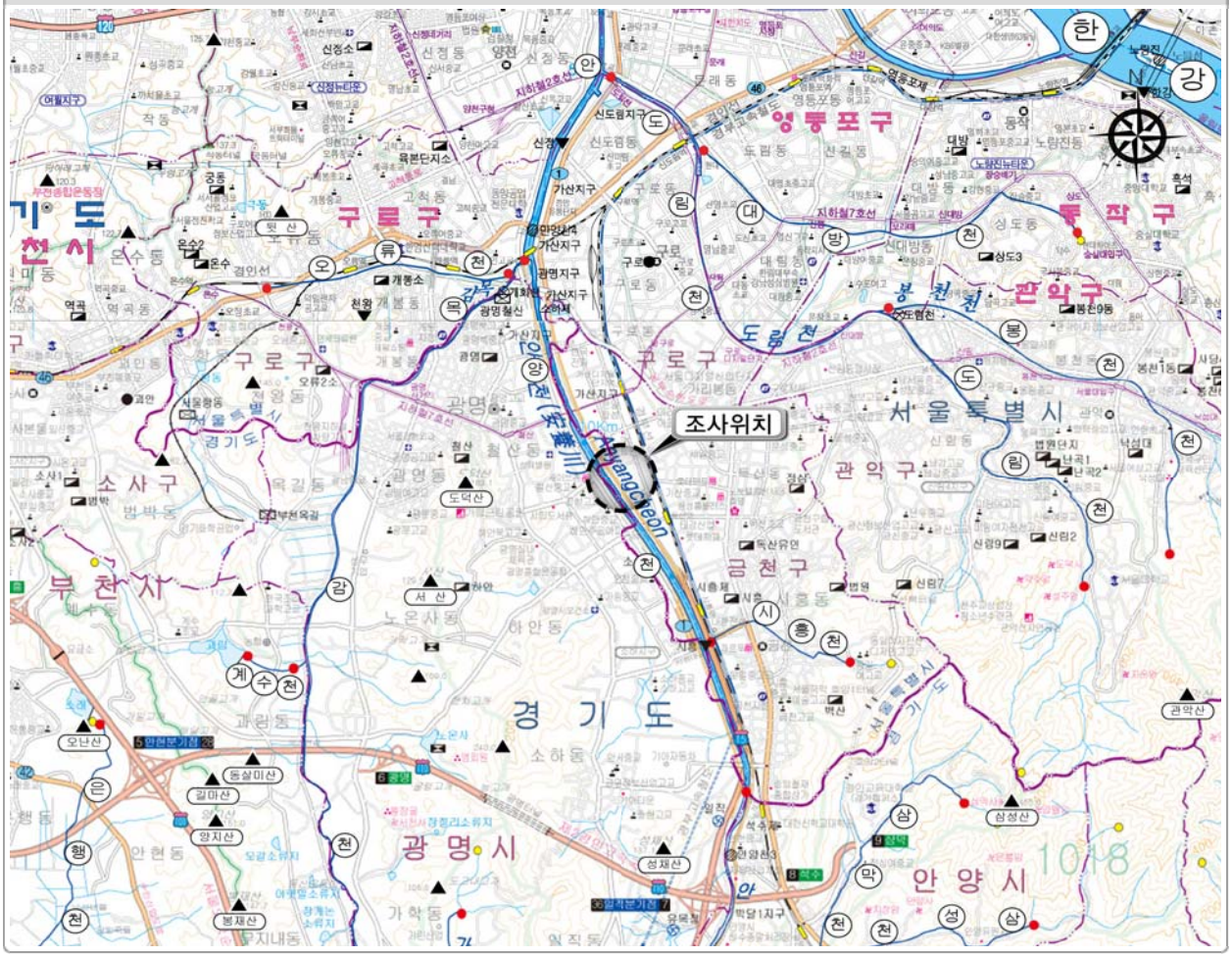
	Software Specifications
RPC_Road	· NM GPR 및 LATRO 3D GPR 탐사장비 데이터 취득 및 분석 가능
	· GPS와 GPR device, 3방향 카메라, 라인 스캔 카메라, DMI 등이 프로그램과 연동
	· 간단한 조작으로 프로그램 구동 및 화면 전환
	· 평면, 종단면, 횡단면의 GPR data 등이 한 화면에서 확인 가능

4.2.1 문헌조사

☑ 위성사진을 통한 현황분석

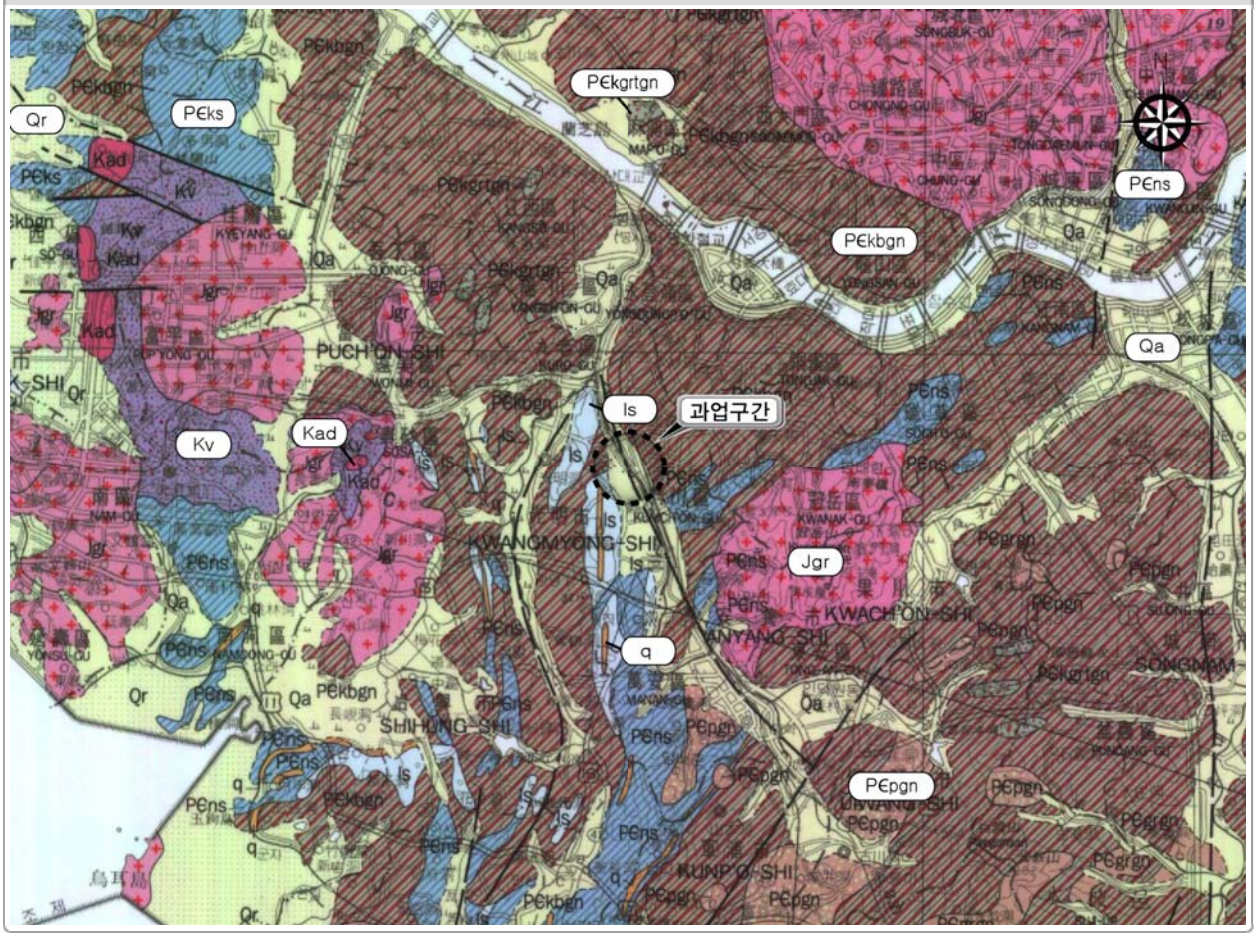
- 조사지역은 행정구역상 서울특별시 금천구 가산동 345-48번지에 위치함.
- 본 과업지역의 산계는 북서쪽에 뒷산(▲103.0m), 남동쪽에 관악산(▲629.9m), 삼성산(▲455.0m), 성채산 (▲137.1m), 남서쪽으로 도덕산(▲183.1m), 서산(▲129.5m), 길마산(▲116.2m), 오난산(▲57.0m), 양지산 (▲151.0m), 봉재산(▲147.7m) 등이 위치, 수계로는 부지 인근에 대방천과 봉천천이 도림천과 만나 북류하여 안양천으로 유입되는 형상을 보임.
- 본 조사지역의 주변현황으로는 구로세관비즈니스센터, 하일초등학교, 서울두산초등학교, 대륭테크노타운1차, 연서초등학교, 독산근린공원, 철산공원 등이 위치하며, 교통망으로는 서부간선도로, 강남순환로, 제2경인고속도로, 디지털로, 시흥대로, 지하철 1호선 독산역 등이 과업부지에 인접하여 위치함.

지 형 도

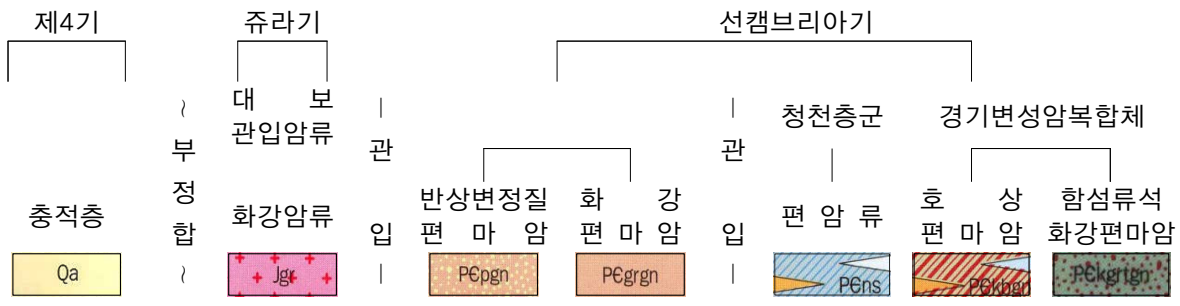


☑ 지질도 분석

1:250,000 지질도(한국지질자원연구원 지질정보시스템)



지 질 계 통 도

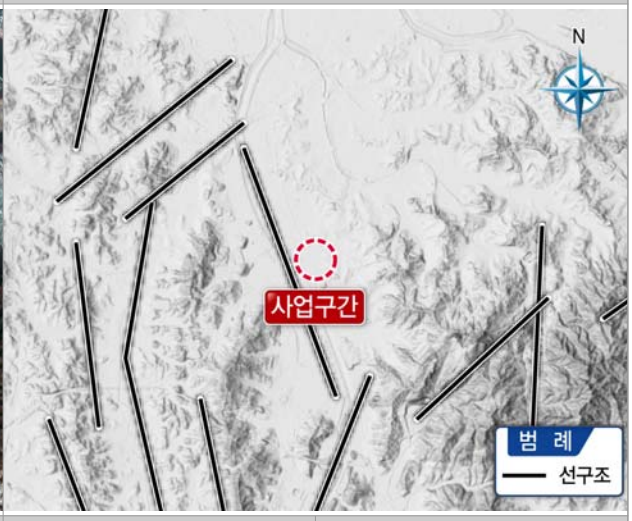


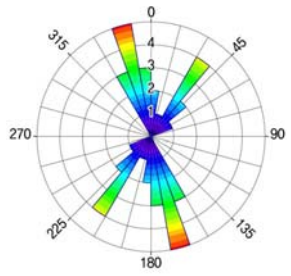
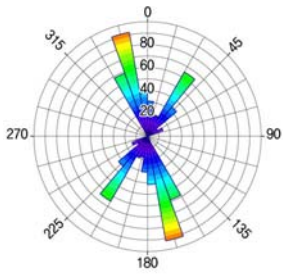
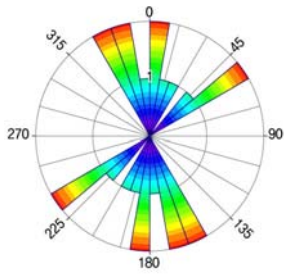
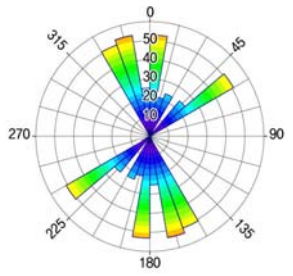
- 조사지역의 지질은 한국자원연구소에서 1999년에 발간한 서울-남천점 도폭(S=1:250,000)을 참조하였으며, 현장조사를 통해 이를 확인하여 기술함.
- 본 과업지역의 광역지질은 대부분 선캠브리아기에 형성된 호상편마암으로 이루어져 있으며, 일부 편암 및 반상변정질편마암, 화강편마암 등이 나타남. 또한, 신생대 제4기의 충적층이 기반암을 부정합으로 피복하고 있으며, 호상편마암의 특징으로는 석영-장석으로 구성된 우백질대와 흑운모로 구성된 우흑질대가 상호 교호하며 나타나는 호상구조가 특징임.

☑ 광역 선구조 분석

- 대규모의 구조선이 발달하면 파쇄 및 풍화정도가 심하여 야외에서 지질구조요소를 확인하기 어렵다. 선구조는 대규모 단층 및 파쇄대, 주절리, 지질경계 등과 같은 지질구조와 밀접한 연관이 있다. 따라서 광역 및 상세 지표지질조사 보다 선행함으로서 사업구간 일대의 전반적인 단열대의 분포양상이나 주요 단층대의 존재를 파악할 수 있다.
- 위성영상 및 음영기복도 등을 이용하여 파악한 사업구간 일대의 선구조 분석 결과는 다음과 같다.

표 4.1 선구조 분석

위 성 영 상	음 영 기 복 도
	

영상 빈도	영상 연장	음영 빈도	음영 연장
			

- 위성영상 분석결과, 선구조의 주방향은 Set1 : N10~30°W, Set2 : N30~40°E이며, 음영기복도 분석결과에서는 Set1 : N10~30°W, Set2 : N30~40°E, Set3 : N0~10°W 계열이 우세한 것으로 파악되었다. 사업구간 서측에 단층에의한 선구조가 분포하며, 대부분은 지형기복에 의한 선구조이다, 또한 사업구간을 가로지르는 선구조는 없는 것으로 파악되었다.

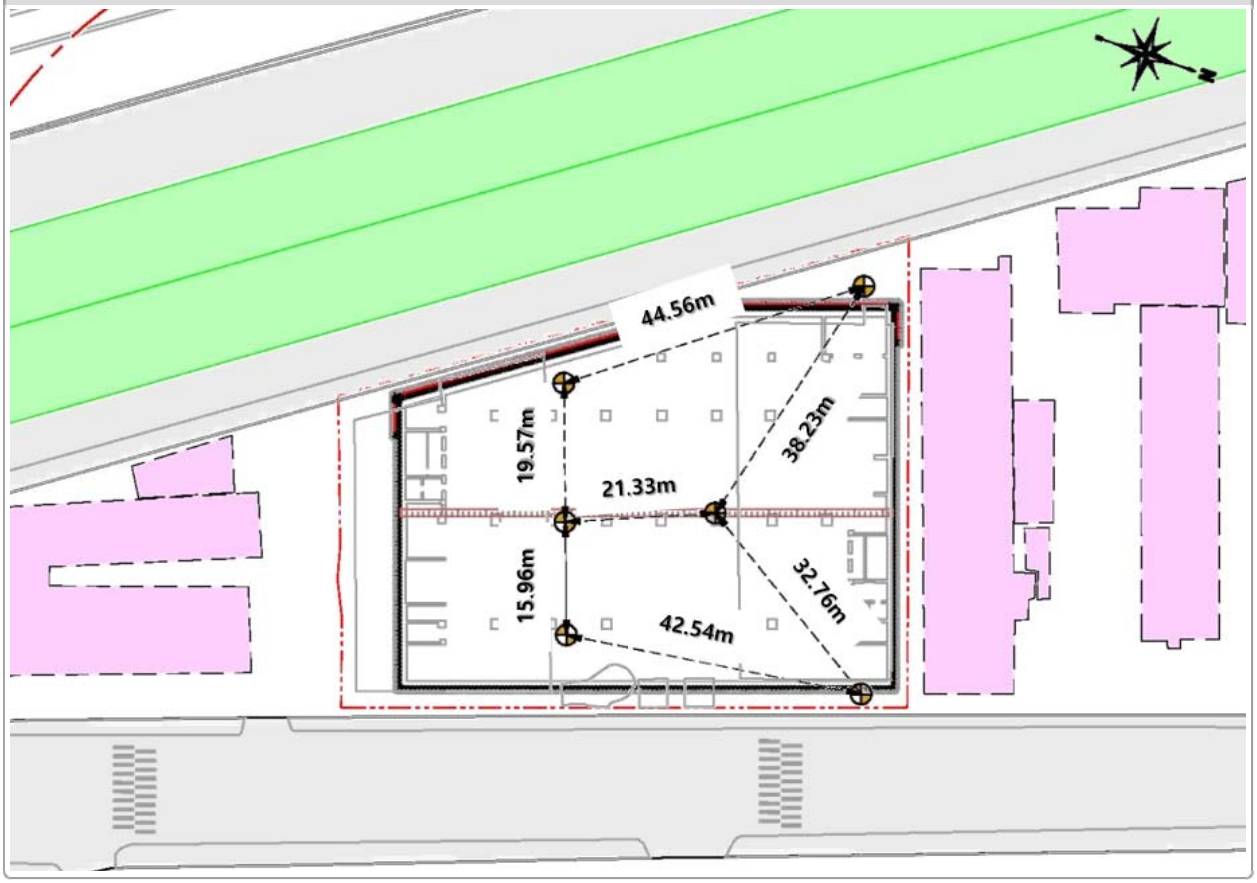
표 4.2 선구조 분석 결과

주방향	SET 1	SET 2	SET 3
위성영상 분석결과	N10~30°W	N30~40°E	–
음영기복도 분석결과	N10~30°W	N30~40°E	N0~10°W

4.2.2 시추조사

☑ 대상사업 굴착구간 내 시추조사 위치

지반조사 위치도



☑ 시추공별 지층분석

• 조사지역에 대한 지반의 지층 구성상태 등을 확인하기 위하여 시추조사를 수행하였으며, 시추조사에 의한 지층분석 결과는 다음과 같음

공 번	심도 (m)	층두께 (m)	토층 및 토질 분류		N치	TCR (%)	RQD (%)
BH-1	0.0~1.8	1.8	매립층	실트질 모래	12/30	-	-
	1.8~5.4	3.6	퇴적층(점토)	실트질 점토	3/30~8/30	-	-
	5.4~11.4	6.0	퇴적층(모래)	모래, 자갈섞인 모래	14/30~26/30	-	-
	11.4~21.0	9.6	풍화토	실트질모래	17/30~50/13	-	-
	21.0~25.6	4.6	풍화암	굴진 및 타격시 실트질 모래로 분해	50/7~50/3	-	-
	25.6~27.0	1.4	연 암	편마암	-	-	-

공 번	심도 (m)	층두께 (m)	토층 및 토질 분류		N치	TCR (%)	RQD (%)
BH-2	0.0~2.0	2.0	매립층	자갈섞인 실트질 모래	10/30	-	-
	2.0~5.5	3.5	퇴적층(점토)	실트질 점토	2/30~8/30	-	-
	5.5~11.4	5.9	퇴적층(모래)	자갈섞인 모래	15/30~42/30	-	-
	11.4~21.0	9.6	풍화토	실트질 모래	11/30~50/23	-	-
	21.0~22.4	1.4	풍화암	굴진 및 타격시 실트질 모래로 분해	50/7~50/4	-	-
	22.4~23.5	1.1	연 암	편마암	-	-	-
BH-3	0.0~5.7	5.7	매립층	점토질모래, 자갈섞인 모래	2/30~50/15	-	-
	-	-	퇴적층(점토)	-	-	-	-
	5.7~11.6	5.9	퇴적층(모래)	자갈섞인 모래	21/30~36/30	-	-
	11.6~25.5	13.9	풍화토	실트질 모래	11/30~50/13	-	-
	25.5~27.2	1.7	풍화암	굴진 및 타격시 실트질 모래로 분해	50/5~50/3	-	-
	27.2~30.0	2.8	연 암	편마암	(100/0~61)	-	-
BH-4	0.0~2.4	2.4	매립층	실트질 모래	5/30~7/30	-	-
	2.4~6.0	3.6	퇴적층(점토)	모래질 실트, 점토질 실트	3/30~8/30	-	-
	6.0~11.6	5.6	퇴적층(모래)	자갈섞인 모래	22/30~34/30	-	-
	11.6~27.0	15.4	풍화토	실트질 모래	14/30~50/12	-	-
	27.0~29.0	2.0	풍화암	굴진 및 타격시 실트질 모래로 분해	50/8~50/3	-	-
	29.0~30.0	1.0	연 암	편마암	-	(100)	(0~61)
BH-5	0.0~1.9	1.9	매립층	실트질 모래	7/30	-	-
	1.9~5.5	3.6	퇴적층(점토)	실트질 점토	2/30~6/30	-	-
	5.5~11.4	5.9	퇴적층(모래)	모래, 자갈섞인 모래	14/30~35/30	-	-
	11.4~21.0	9.6	풍화토	실트질 모래	17/30~50/14	-	-
	21.0~25.7	4.7	풍화암	굴진 및 타격시 실트질 모래로 분해	50/9~50/3	-	-
	25.7~27.0	1.3	연 암	편마암	-	-	-
NBH-1	0.0~0.8	0.8	매립층	자갈섞인 실트질 모래	-	-	-
	0.8~4.2	3.4	퇴적층(모래)	실트질 모래	7/30	-	-
	4.2~6.7	2.5	퇴적층(점토)	실트질 점토	8/30~10/30	-	-
	6.7~10.7	4.0	퇴적층(자갈)	모래섞인 자갈	25/30~50/19	-	-
	10.7~24.0	13.3	풍화토	실트질 모래	27/30~50/12	-	-
	24.0~27.0	3.0	풍화암	굴진 및 타격시 실트질 모래로 분해	50/7~50/2	-	-
	27.0~40.0	13.0	연 암	편마암	-	(70~95)	(16~48)

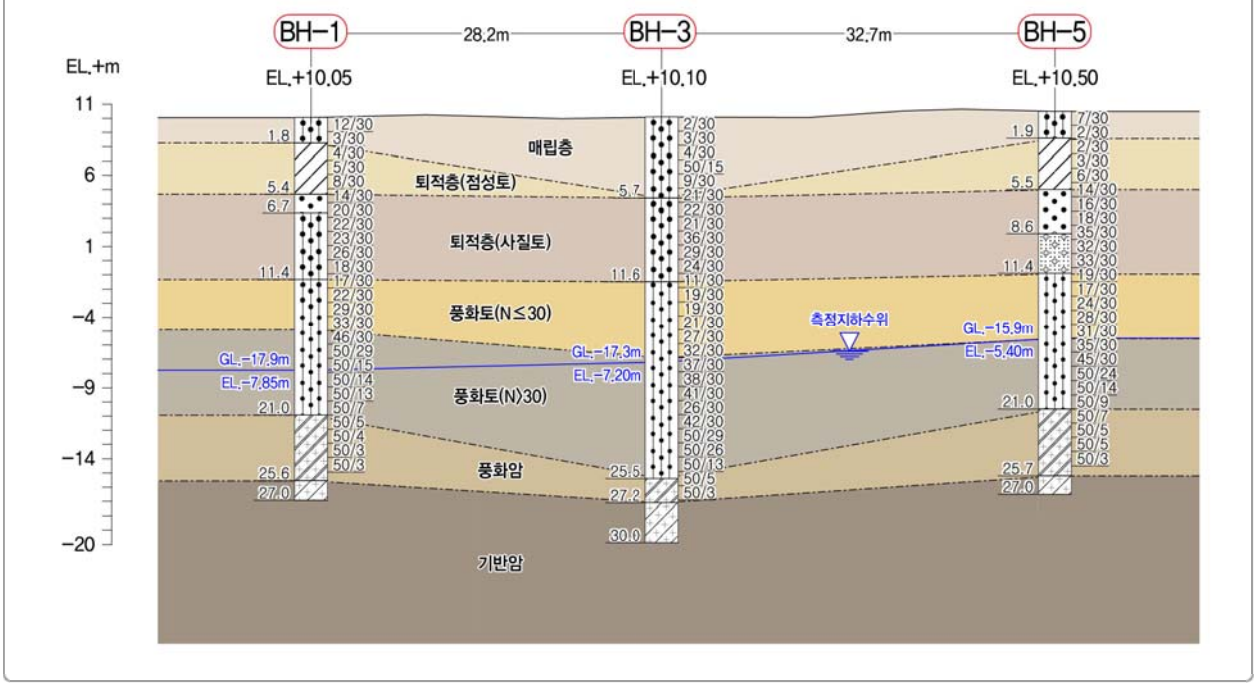
표 4.3 시추공별 지층분석 결과

공번	지층(m)							합계 (m)	비고
	매립토	퇴적토			풍화토	풍화암	연 암		
		점토,실트	모래	자갈					
BH-1	1.8	3.6	1.3	4.7	9.6	4.6	1.4	27.0	NX
BH-2	2.0	3.5	-	5.9	9.6	1.4	1.1	23.5	NX
BH-3	5.7	-	-	5.9	13.9	1.7	2.8	30.0	NX
BH-4	2.4	3.6	-	5.6	15.4	2.0	1.0	30.0	NX
BH-5	1.9	3.6	3.1	2.8	9.6	4.7	1.3	27.0	NX
NBH-1	0.8	2.5	3.4	4.0	13.3	3.0	13.0	40.0	NX

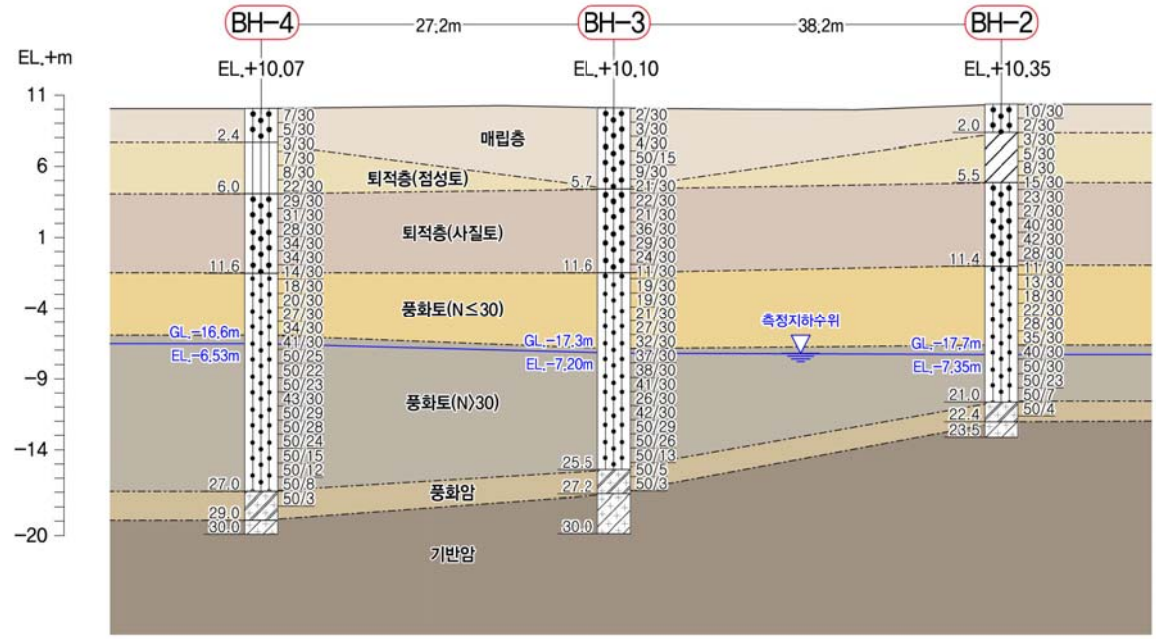
☑ 지층 단면도 및 분포 특성

- 지층단면 분석 결과는 다음과 같음

지층단면도(A-A)



지층단면도(B-B)



☑ 지층별 분포특성 분석결과

매립토

- 본 지층은 인위적으로 형성된 지층으로 지표로부터 0.8~5.7m의 층후로 전지점에 분포함
- 황갈색의 자갈섞인 실트질 모래 내지 점토질모래로 구성되며, ∅0.5~3.0cm 자갈 포함되어 있으며 NBH-1 시추공에서 심도 0.0~0.3m구간에 아스콘(상부 20cm) 및 콘크리트(하부 10cm) 포장층이 나타남
- 표준관입시험결과 N=2/30~50/15 범위로 매우느슨~매우조밀한 상대밀도를 나타냄

퇴적층(점토)

- 본 지층은 매립층 하부에 분포하며, GL.(-) 1.8~6.0m에서 2.5~3.6m의 층후로 분포함
- 황갈색, 암갈색의 실트질점토(CH), 모래질 실트(ML)로 구성됨
- 표준관입시험 결과 2/30~10/30 범위로 연약~보통견고한 연경도를 나타냄

퇴적층(모래)

- 본 지층은 점토층 하부에 분포하며, GL.(-) 5.4~8.6m에서 1.3~3.4m의 층후로 분포함
- 회갈색의 중립질 모래로 구성
- 표준관입시험 결과 N=14/30~18/30 범위로 느슨~보통조밀한 상대밀도를 나타냄

퇴적층(자갈층)

- 본 지층은 주로 모래층 하부에 분포하며, GL.(-) 5.5~11.6m에서 2.8~5.9m의 층후로 전지점에 분포
- 갈색, 회갈색의 자갈섞인 모래 및 모래섞인 자갈로 구성되며, 일부구간에서 자갈이 우세함. ∅ 1.0~5.0cm 자갈 포함
- 표준관입시험 결과 N=15/30~50/19으로 보통조밀~조밀한 상대밀도를 나타냄

풍화토층

- 기반암이 장기간동안 풍화, 변질작용을 받아 완전 풍화되어 원지반에 잔류하고 있는 지층으로 GL.(-) 11.4~11.6m에서 9.6~15.4m의 층후로 전지점에 분포
- 암청색, 암갈색의 실트질 모래로 구성
- 표준관입시험결과 N=11/30~50/12 범위로 보통조밀~매우조밀한 상대밀도를 나타냄

풍화암층

- 기반암의 풍화대로서 풍화토층과 연암층의 중간 상태에 해당, 타격에 의해 실트질 모래로 분쇄
- 표준관입시험 N=50/10 이하인 지층으로 GL.(-) 21.0~27.0m에서 1.4~4.7m의 층후로 전지점에 분포
- 암갈색을 띠며, 표준관입시험결과 N=50/9~50/2 범위로 매우조밀함

연암층

- 기반암인 편마암의 연암층으로 전지점에서 GL.(-) 22.4~29.0m에서 출현 확인함
- 전반적으로 심한풍화(HW)~약간풍화(SW) 양상을 보이며, 약함(W)~보통강함(MS)의 강도를 보임
- BH-3에서 채취된 코아의 TCR과 RQD는 각각 100%, 0~61%로 매우불량~양호의 암질상태를 나타냄
- 부분적 or 전체적으로 절리(수직 절리 포함) 및 파쇄 매우 발달, Loss 구간 발생됨.
- 본 구간의 연암층의 암질지수(RQD)에 의한 등급은 Ⅳ ~ Ⅴ등급을 나타냄.

결과활용

· 지층분포상태 파악
⇨ 조사지역 전체적인 지층분포현황을 통한 구조물의 설계 자료 제공
· 교란시료 채취
⇨ 실내토질시험을 통한 흙의 분류 및 물리적 특성 파악
· 현장원위치시험 실시
⇨ 표준관입시험을 통한 지층별 공학적 특성 유추
· 주상도 작성
⇨ 토성 분류 및 구조물 설계에 활용

4.2.3 현장 및 실내시험 결과

☑ 표준관입시험

• 표준관입시험은 한국표준산업규격(KS F 2307)에 규정된 방법에 의거하여 실시함

시험목적	· 지층의 상대밀도 및 연경도 확인 · N값으로부터 지반의 강도특성 및 변형특성 파악 · 교란시료를 채취하여 육안판별 및 실내토질시험 시료로 활용

표 4.4 N값 분포도

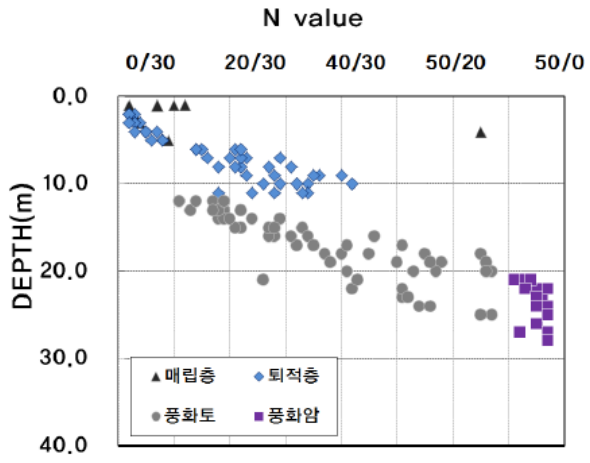
공번 \ 심도	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	타격 횟수 (회)
	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	
	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	
BH-1	12/30	3/30	4/30	5/30	8/30	14/30	20/30	22/30	23/30	26/30	25
	매립층		퇴적층(점토)			퇴적층(모래)					
	18/30	17/30	22/30	29/30	33/30	46/30	50/29	50/15	50/14	50/13	
	퇴적층 (모래)	풍화토									
	50/7	50/5	50/4	50/3	50/3	–	–	–	–	–	
	풍화토	풍화암				연 암		–	–	–	
BH-2	10/30	2/30	3/30	5/30	8/30	15/30	23/30	27/30	40/30	42/30	27
	매립층		퇴적층(점토)			퇴적층(모래)					
	28/30	11/30	13/30	18/30	22/30	28/30	35/30	40/30	50/30	50/23	
	퇴적층 (모래)	풍화토									
	50/7	50/4	–	–	–	–	–	–	–	–	
	풍화토	풍화암	연 암		–	–	–	–	–	–	
BH-3	2/30	3/30	4/30	50/15	9/30	21/30	22/30	21/30	36/30	29/30	28
	매립층					퇴적층(모래)					
	24/30	11/30	19/30	19/30	21/30	27/30	32/30	37/30	38/30	41/30	
	퇴적층(모래)		풍화토								
	26/30	42/30	50/29	50/26	50/13	50/5	50/3	–	–	–	
	풍화토					풍화암		연 암			

공번 \ 심도	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	타격 횟수 (회)
	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	
	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	
BH-4	7/30	5/30	3/30	7/30	8/30	22/30	29/30	31/30	28/30		28
	매립층		퇴적층(점토)				퇴적층(모래)				
	34/30	14/30	18/30	20/30	27/30	34/30	41/30	50/25	50/22	50/23	
	퇴적층(모래)		풍화토								
	43/30	50/29	50/28	50/24	50/15	50/12	50/8	50/3	–	–	
	풍화토							풍화암		연 암	
BH-5	7/30	2/30	2/30	3/30	6/30	14/30	16/30	18/30	35/30	32/30	25
	매립층		퇴적층(점토)			퇴적층(모래)					
	33/30	19/30	17/30	24/30	28/30	31/30	35/30	45/30	50/24	50/14	
	퇴적층 (모래)	풍화토									
	50/9	50/7	50/5	50/5	50/3	–	–	–	–	–	
	풍화토	풍화암					연 암	–	–	–	

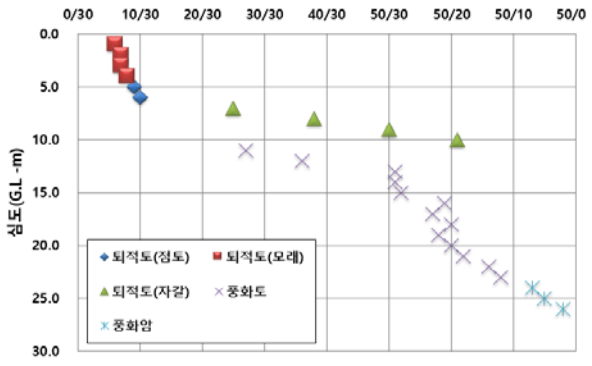
공번 \ 심도	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	타격 횟수 (회)
	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	
	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	
	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	
NBH-1	6/30	7/30	7/30	8/30	9/30	10/30	25/30	38/30	50/30	50/19	26
	매립층	퇴적층(모래)			퇴적층(점토)		퇴적층(자갈)				
	27/30	36/30	50/29	50/29	50/28	50/21	50/23	50/20	50/22	50/20	
	풍화토										
	50/18	50/14	50/12	50/7	50/5	20/2	–	–	–	–	
	풍화토			풍화암			연 암				
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	연 암										

표 4.5 표준관입시험 결과

지층별 N값 분포도(1차)



지층별 N값 분포도(2차)



구분	매립층	퇴적토			풍화토 (N<30)	풍화토 (N≥30)	풍화암
		점토, 실트	모래	자갈			
범위(회/cm)	2/30~50/15	2/30~8/30	9/30~18/30	15/30 ~50/19	11/30~50/12		50/9~50/2
평균(회/cm)	11/30	5/30	24/30		20/50	46/50	50이상

☑ 지하수위 측정

• 지하수위 측정은 24~72시간 경과한 뒤에 지하수위를 측정하였다. 지반조사 시 수행한 장기 지하수위 측정결과는 다음과 같다.

시험목적	· 지하수위 분포 현황을 파악하기 위하여 시추공 내에서 지하수위를 측정함 · 시추공 내의 지하수위를 측정하여 기초 굴착 시 배수처리대책, 침투류 해석, 조사지역에 대한 전체적인 지하수위 분포 상태 등을 파악하기 위해 실시함

표 4.6 지하수위 측정 결과

공 번	표고 (E.L(+)m)	지하수위 (24시간) G.L(−)m	지하수위 (48시간) G.L(−)m	지하수위(72시간)		분포지층
				G.L(−)m	E.L(−)m	
BH−1	10.05	17.00 (17.15)	17.50 (17.65)	17.90 (18.05)	7.85	풍화토
BH−2	10.35	16.80 (16.65)	17.40 (17.25)	17.70 (17.55)	7.35	풍화토
BH−3	10.10	16.60 (16.70)	17.00 (17.10)	17.30 (17.40)	7.20	풍화토
BH−4	10.07	16.00 (16.13)	16.40 (16.53)	16.60 (16.73)	6.53	풍화토
BH−5	10.50	15.50 (15.20)	15.80 (15.50)	15.90 (15.60)	5.40	풍화토
NBH−1	10.25	16.80 (16.75)	17.00 (16.95)	17.10 (17.05)	6.85	풍화토

주1) 기준 Level; EL.(+)10.20m = G.L(±)0.0m

주2) ( )의 GL값은 기준 Level로부터 산정함

검토결과	· 본 조사지역의 지하수위는 시추 지표면 기준 G.L(−) 15.90 ~ 17.90m (E.L(−) 5.40 ~ 7.85m) 범위로 분포하며 풍화토층 내에 수위가 존재하고 있는 것으로 나타남 · 측정된 공내지하수위는 조사시기에 해당하는 일시적인 것이며 공내지하수위는 계절의 변화, 강우량, 주변지역의 토공작업 등에 따른 지하수유출과 같은 요인으로 인하여 변화 될 수 있다는 점에 유의함.

☑ 현장투수시험

시험목적	· 토사층 및 풍화암에 대한 지반의 투수계수를 파악하고자 시추공을 이용한 변수위법을 적용하여 수행하였다. · 토사층 및 풍화암에 대하여 현장투수시험은 총 7회 수행하였다.

표 4.7 현장투수시험 결과

공 번	심도 (GL, -m)	지하수위 (GL, -m)	투수계수 (k, cm/sec)	지층
BH-1	4.0~5.0	17.90	2.04×10^{-4}	퇴적층(실트질점토)
BH-2	12.0~13.0	17.70	2.71×10^{-4}	풍화토
BH-3	9.0~10.0	17.30	1.26×10^{-3}	퇴적층(자갈섞인모래)
BH-4	18.0~19.0	16.60	3.16×10^{-4}	풍화토
BH-5	6.0~7.0	15.90	5.68×10^{-4}	퇴적층(모래)
NBH-1	8.0~9.0	17.10	1.61×10^{-3}	퇴적층(모래)
NBH-1	25.0~26.0	17.10	4.18×10^{-5}	풍화암

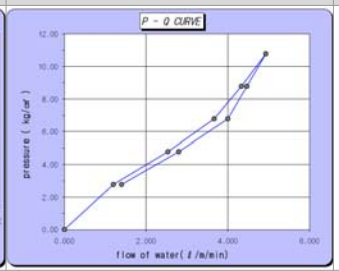
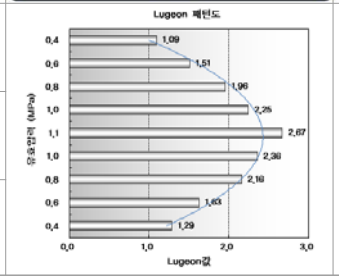
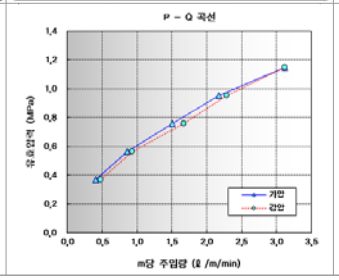
검토결과	· 투수시험 결과 토사층 및 풍화대층의 투수계수는 1.61×10^{-3} ~ 2.04×10^{-4}cm/sec 범위로 나타났으며, 풍화암층의 투수계수는 4.18×10^{-3}cm/sec로 나타남. · 본 현장투수시험은 국한된 지점과 현장특성에 따라 다소 상이한 결과를 보일 수 있으므로 설계시 지반특성을 고려한 투수계수 산정을 하여야 함.

☑ 현장수압시험

시험목적	· 기반암층에 대한 지반의 투수계수(k)를 파악하고자 조사공을 이용한 수압시험을 수행하였다. · 기반암층에 대하여 수압시험은 총 2회 수행하였다.

표 4.8 현장수압시험 결과

공 번	지 층	시험구간 (GL.-m)	투수계수 K (cm/sec)	Lugeon 치	Flow type
BH-3	연 암	28.0~30.0	5.97×10^{-5}	5.16	Laminar
NBH-1	연 암	30.0~35.0	2.43×10^{-5}	1.19	Dilation

공번	심도 (GL, -m)	투수계수 (cm/sec)	지하수위 (GL. -m)	Lugeon Curve	P-Q Curve	Lugeon Value
BH-3	28.0~30.0	5.97×10^{-5}	17.3			5.16
	Lugeon Type	Laminar				
	지 층	연암층				
NBH-1	30.0~35.0	2.43×10^{-5}	3.6			1.19
	Lugeon Type	Dilation				
	지 층	연암층				

검토결과	· 수압시험 결과 연암층의 투수계수는 5.97×10^{-5} ~ 2.43×10^{-5}cm/sec 범위, Lugeon값은 1.19 ~ 5.16 범위의 값으로 나타남. · Lugeon Pattern은 BH-3에서 Laminar(층류)으로 나타났으며, NBH-1에서 에서 Dilation Type(팽창)으로 나타남.

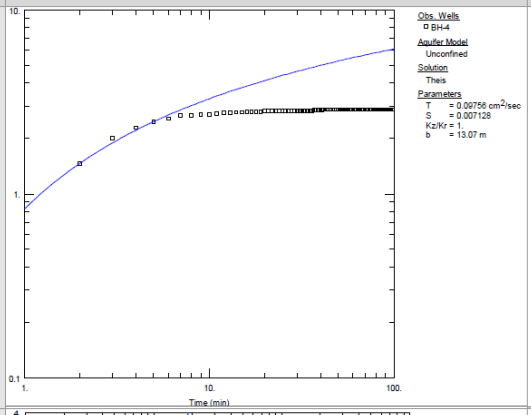
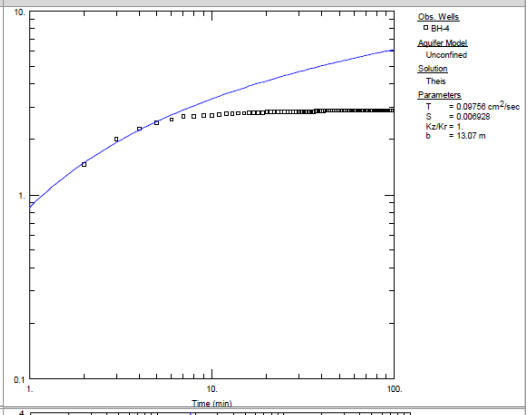
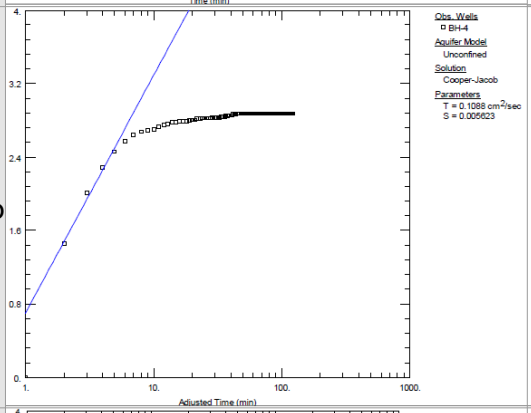
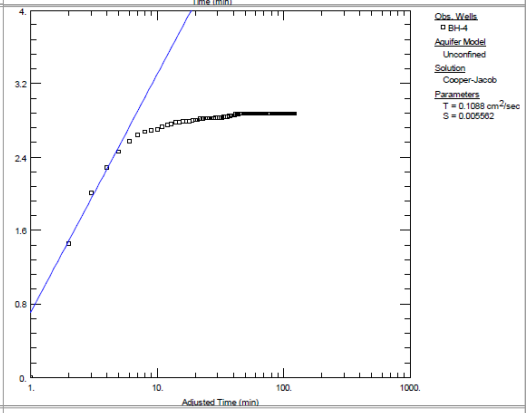
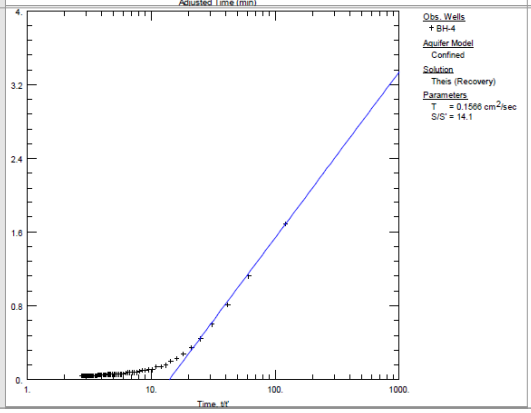
양수시험

시험목적	· 본 시험은 대수층의 정확한 수리상수를 산출하기 위하여 시험정(BH-4)을 대상으로 단공양수시험(관측공 없음)을 수행함.(유효우물반경(r_e)을 계산하여 이를 가상의 관측정 거리로 입력 하는 방법으로 시간-수위강하량 자료를 해석)

표 4.9 양수시험 및 회복시험 결과

정 호 내 용					
공 번	공 경(mm)	심 도(m)	자연수위(m)	대수층두께(m)	양수량(㎥/day)
BH-4	76	30.0	16.93	13.07	13.3
수 리 상 수					
분석방법	T(㎠/sec)	K(cm/sec)	보정전 S	γ_e(m)	보정후 S
Theis	9.756E-02	7.464E-05	7.128E-03	0.04477	6.928E-03
Cooper & Jacob	1.084E-01	8.328E-05	5.623E-03	0.03977	5.562E-03
Theis Recovery	1.566E-02	1.198E-04	-	-	-
기하평균	1.185E-02	9.064E-05	6.331E-03	0.04220	6.208E-03

표 4.10 양수시험 결과

BH-4		
분석방법	저류계수 보정 전	저류계수 보정 후
Theis		
Cooper & Jacob		
Recovery		–

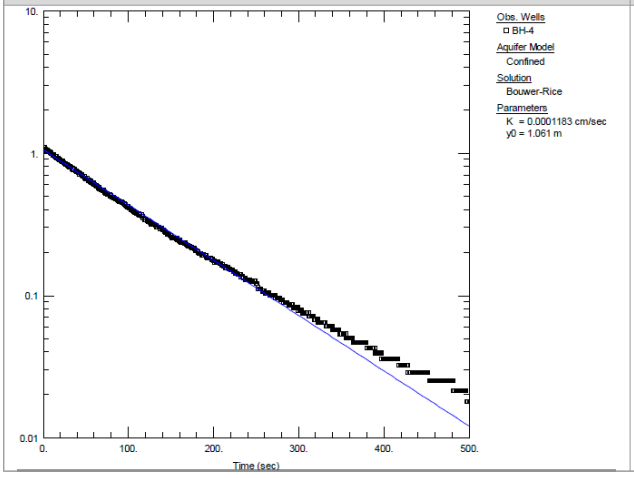
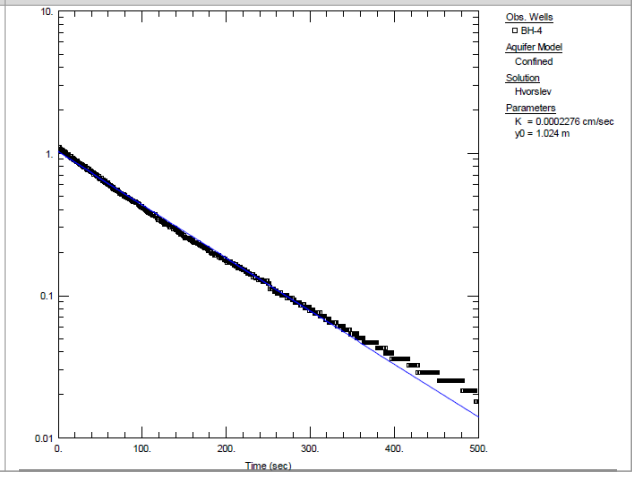
순간충격시험

시험목적	· 본 시험은 대수층의 정확한 수리상수를 산출하기 위하여 시험정(BH-4)을 대상으로 순간충격시험을 수행함.

표 4.11 순간충격시험 결과

공 번	심 도 (m)	초기수위 (GL.-m)	대수층두께 (m)	수리상수		
				분석방법	K(cm/sec)	T(cm/sec)
BH-4	30.0	16.93	13.07	Bouwer-Rice	1.18E-04	0.15460
				Hvorslev	2.28E-04	0.29740
평 균					1.73E-04	0.22600

표 4.12 순간충격시험 결과

BH-4	
Bouwer-Rice법	Hvorlev법
	

검토결과	· 분석은 대수층의 특성을 완전관통정과 등방질로 가정하였으며, 지하수위 하부의 주 대수층은 풍화대 및 암반층 구간으로 일반적인 분류에 의하며 Fractured igneous and metamorphic rock의 범위에 속하는 값으로 산출됨.

지하수 유향/유속 시험

시험목적	· 현장에 착정된 시험정에서 열원을 이용한 공내 유향유속을 측정하여 지하수의 유동 방향과 유동속도를 측정. 지반의 수리적 특성을 산출함

표 4.13 유향 · 유속 시험 결과(BH-4)

공 번	지하수위 (G.L.-m)	측정심도 (G.L.-m)	대상지층	유 향 (M N)	유 속			주 흐름방향
					(cm/sec)	(cm/min)	(cm/day)	
BH-4	16.93	18.0	풍화토	296.0	5.33E-04	0.032	46.06	NWW
		28.0	풍화암	279.1	5.00E-04	0.030	43.20	NWW

표 4.14 센서별 측정온도 및 지하수위 영향

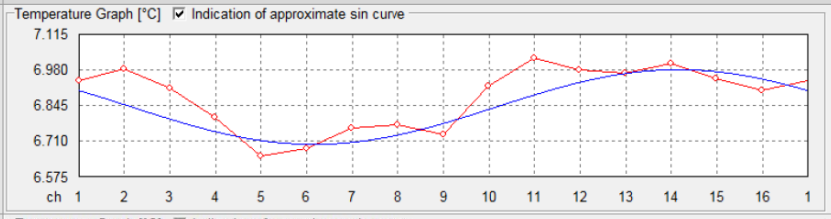
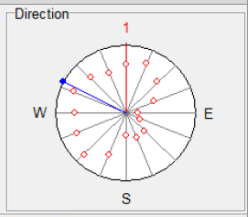
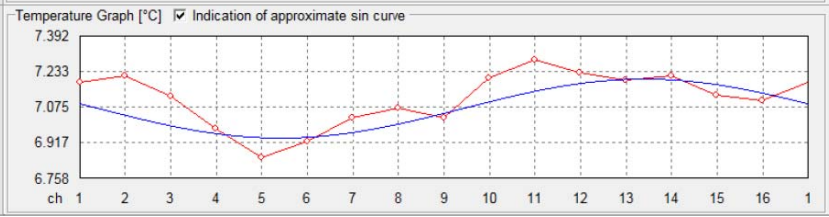
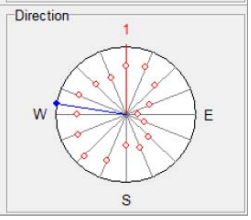
심 도 (G.L.-m)	BH-4	
18.0		
28.0		

표 4.15 심도별 Diagram 분석 결과

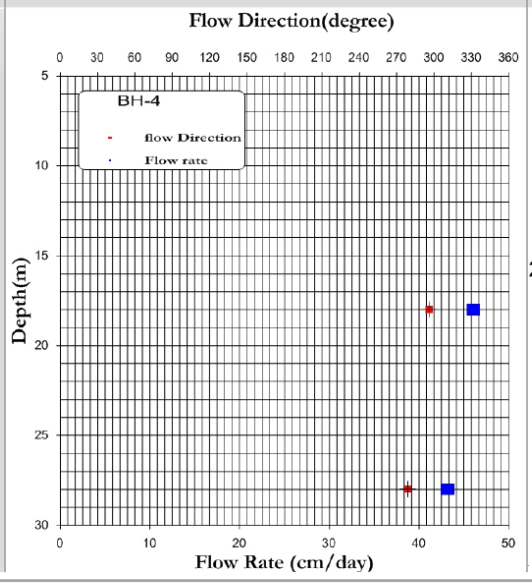
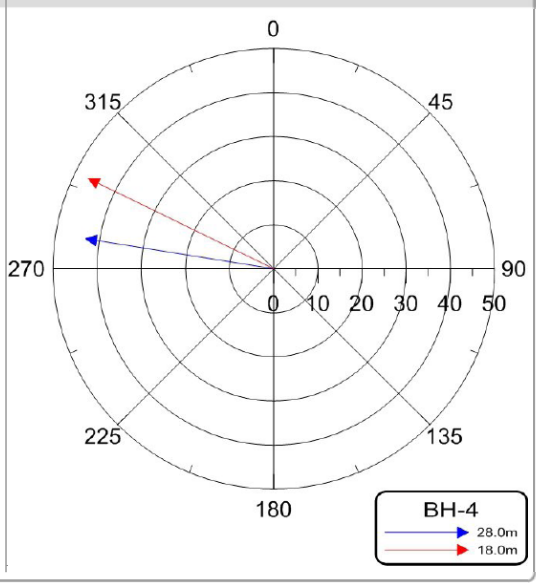
구 분	심도별 Diagram 분석결과	주 흐름방향 분석
UU-1 (BH-4)		

표 4.16 검토결과

구 분	유 향		유 속
BH-	279.1° ~ 296.0°	NWW ~ NWW	43.20 ~ 46.08 cm/day

검토결과	· 지하수의 흐름은 등포텐셜선에 의해 유동하는 것이 일반적이고 대부분 지형의 구조방향과 거의 일치하는 경우가 많다. 또한 측정된 공내 유향 · 유속은 국부적인 암반파쇄대를 통한 지하수위 흐름으로 중력 배수에 의한 등포텐셜선의 직각방향으로 흐르는 광역지하수의 흐름과는 다소 차이가 발생할 수 있다.

☑ 공내전단시험

시험목적	• 과업구간에 분포하는 풍화대층의 강도정수를 평가하기 위해 실시한 공내전단시험 결과는 다음과 같으며, 분석된 강도정수는 아래의 내용과 같이 산정.

표 4.17 공내전단시험 결과

공번	지층	심도 (GL, -m)	N값 (회/cm)	점착력 (c, kPa)	내부마찰각 (ϕ, °)
BH-1	풍화암	22.0	50/3	30.58	31.51
BH-5	풍화토	14.0	24/30	16.40	26.20

검토결과	· 시험결과 풍화토층에서의 점착력(C)는 16.40kPa, 내부마찰각(°)는 26.20° 로 나타났으며, 풍화암층에서의 점착력(C)는 30.58kPa, 내부마찰각(°)는 31.51° 로 나타남.

☑ 공내재하시험(LLT)

시험목적	· 조사지역에서 토사층을 대상으로 총 2회의 시험을 실시하였으며, 토층의 변형 특성을 파악함

표 4.18 공내재하시험 결과

공번	지층	심도 (GL, -m)	N값 (회/cm)	탄성계수 (MPa)
NBH-1	매립토	0.5	-	5.23
NBH-1	퇴적토	3.0	7/30	7.17

검토결과	· 시험결과 매립토층에서의 탄성계수(Em)는 5.23MPa 정도, 퇴적토층에서의 탄성계수(Em)는 7.17MPa정도로 나타남.

☑ 공내재하시험(PMT)

시험목적	· 풍화토층 및 연암층을 대상으로 총 4회의 시험을 실시하였으며, 시험결과로부터 파악되는 탄성계수는 같은 층이라 하더라도 시험 대상구간의 암질상태(RQD)에 따라 다르게 나타나며, 변형계수는 절리나 균열에 의한 암반의 느슨함 등으 ldudgid을 포함한 변형특성을 나타냄.

표 4.19 공내재하시험 결과

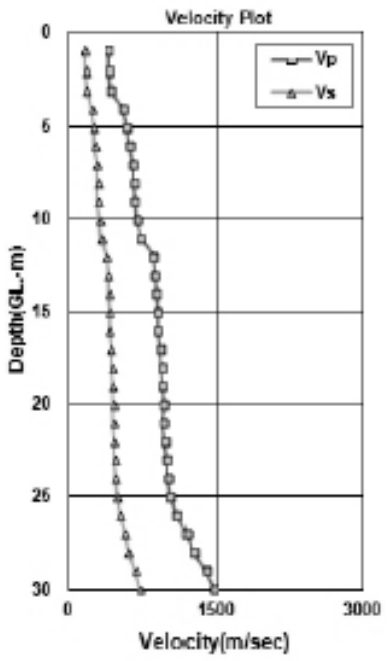
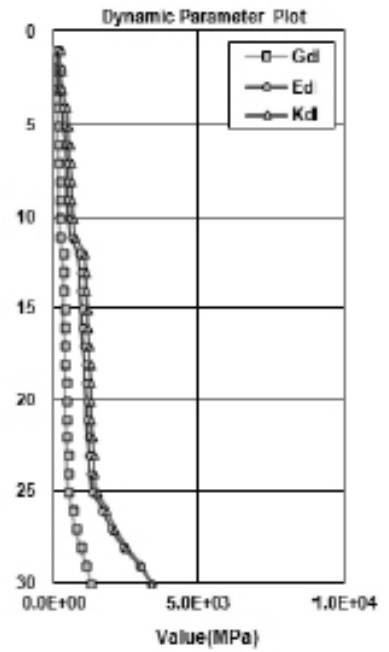
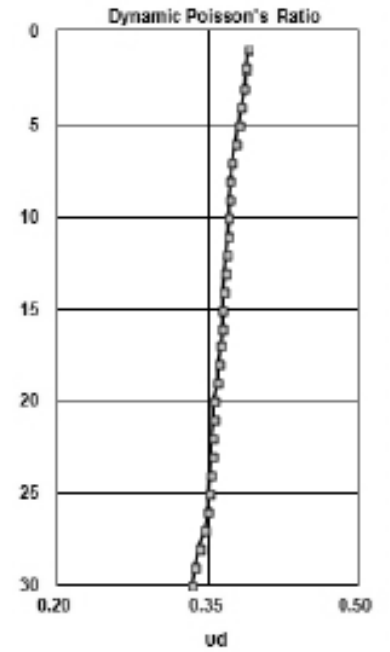
공번	지층	심도 (GL, -m)	N값 (회/cm),(TCR/RQD)	변형계수 (MPa)	탄성계수 (MPa)
BH-1	풍화암	24.0	50/3	275	533
BH-5	풍화암	22.0	50/7	192	327
NBH-1	풍화토	18.0	50/20	66.9	93.1
NBH-1	연암	30.0	75/45	2,030	4,150

검토결과	· 시험결과 풍화토층에서의 변형계수(D)는 66.9Mpa, 탄성계수(E)는 93.1Mpa, 풍화암층에서의 변형계수(D)는 192 ~ 275MPa, 탄성계수(E)는 327 ~ 533MPa 정도로 나타났으며, 연암층에서의 변형계수(D)는 2,030MPa, 탄성계수(E)는 4,150MPa 정도로 나타남. · 공내재하시험은 층리가 발달해 있는 지층이나 이방성인 지층에서는 수직방향의 변형계수가 수평방향의 변형계수보다 훨씬 낮고 실제의 응력은 대부분 수직방향으로 작용하기 때문에 Pressuremeter test로 산출한 탄성계수 값은 실제 값보다 과대하게 평가되는 경우가 있다. 따라서 본 시험을 실시하여 얻은 값은 다른 방법으로 결정한 값과 반드시 대비하여 사용하여야 한다.

☑ 공내 하향식 탄성파 탐사

시험목적	· 구조물 기초의 내진해석을 위한 지반의 동적특성을 파악하고자 시추공을 이용하여 탄성파 속도검층을 실시함.

표 4.20 지층별 평균 탄성파속도 및 동적 물성치(BH-3)

탄성파속도 분포	동적지반물성치 분포	동포아송비 분포
		

공번	심도 (m)	지층	탄성파속도(평균)		동적물성치(평균)			
			V_p (m/sec)	V_s (m/sec)	E_d (MPa)	G_d (MPa)	K_d ((MPa)	ν_d
BH-9	0.0~5.7	매립토	486	210	228	82	328	0.385
	5.7~11.6	퇴적토	681	308	470	171	610	0.372
	11.6~25.5	풍화토	958	450	1,049	386	1,235	0.359
	25.5~27.2	풍화암	1,162	562	1,789	664	1,954	0.348
	27.2~30.0	연 암	1,376	683	2,884	1,079	2,939	0.337

공 번	전단파속도Vs (m/sec)	지반등급	비 고
BH-9	360.0	S_4	깊고 단단한 지반

☑ 토질시험

시험목적	· 시추조사 시 채취된 교란 시료를 대상으로 흙의 물리적 특성 파악함. · 측정된 물리적 특성을 이용하여 공학적 성질 예측하기 위함.

표 4.21 토질시험 결과

공번	심도 (G.L, -m)	함수비 (%)	비중	Atterberg Limits(%)		Grain Size Distribution %, Finer than					USCS
				LL	PI	No.4	No.10	No.40	No.200	2㎛	
BH-1	4.0	28.0	2.738	53.5	28.5	100	100	100	97.7	28.2	CH
BH-2	9.0	7.8	2.661	N.P	-	48.9	39.4	21.2	9.0	-	SP-GM
BH-3	17.0	17.0	2.741	N.P	-	100	99.1	80.2	37.2	2.9	SM
BH-4	12.0	19.2	2.732	37.2	6.52	100	100	81.4	43.5	3.4	SM
BH-5	9.0	7.6	2.672	N.P	-	44.3	33.6	17.0	7.1	-	GW-GM
NBH-1	13.0	14.7	2.657	N.P	-	98.7	88.2	53.7	26.8	-	SM

검토결과	· 퇴적층의 시험결과 GP-GM, GW-GM으로 자갈층이 우세한것으로 평가되었으나, 시추작업시 이수 및 굴진속도를 종합검토한 결과 자갈은 부분적으로 분포하는 모래층인것으로 판단되며, 실내시험 결과는 SPT시험시 자갈의 영향으로 일부 채취된 자갈만을 시료병에 담아 시험을 진행하여 나타나 결과임 · 토사층의 경우 함수비 9.0 ~ 17.0 #200체 통과율은 7.1 ~ 97.7%를 나타내고 있으며 통일 분류법에 의해 CH, SP-GM, SM, GW-GM으로 분류됨.

☑ 암석 일축압축강도시험

시험목적	· 기반암의 공학적 특성을 파악하기 위하여 시추코어 시료를 이용하여 실내암석 시험을 실시함. · 실내시험결과를 통해 얻어진 물성치 간의 상관관계를 분석하여 데이터의 신뢰성을 판단한 후 설계적용 물성치 산정 시 반영하기 위함.

표 4.22 암석의 일축압축강도시험 결과

공 번	심도(m)	단위중량 (kN/m^3)	일축압축 강도(MPa)	비 고
BH-3	28.6~28.8	-	38.4	-
NBH-1	31.4~31.6	26.685	60.3	-

검토결과	· 본 결과에 따른 기반암층의 단위중량 26,685kN/㎥, 일축압축강도는 38.4 ~ 60.3MPa 정도로 나타남.

☑ 직접전단시험

시험목적	· 시추조사 시 채취된 교란 시료를 대상으로 흙의 점착력(c)와 내부마찰각(ϕ)를 파악함.

표 4.23 직접전단시험 결과

공번	지층	심도 (GL, –m)	점착력 (c, kPa)	내부마찰각 (ϕ, °)
NBH–1	매립토	0.3~0.8	18.9	27.5
NBH–1	퇴적토	3.0~3.5	22.3	24.7

검토결과	· 시험결과 점착력(C)는 18.9 ~ 22.3kPa, 내부마찰각(°)는 24.7 ~ 27.5° 범위로 나타남.

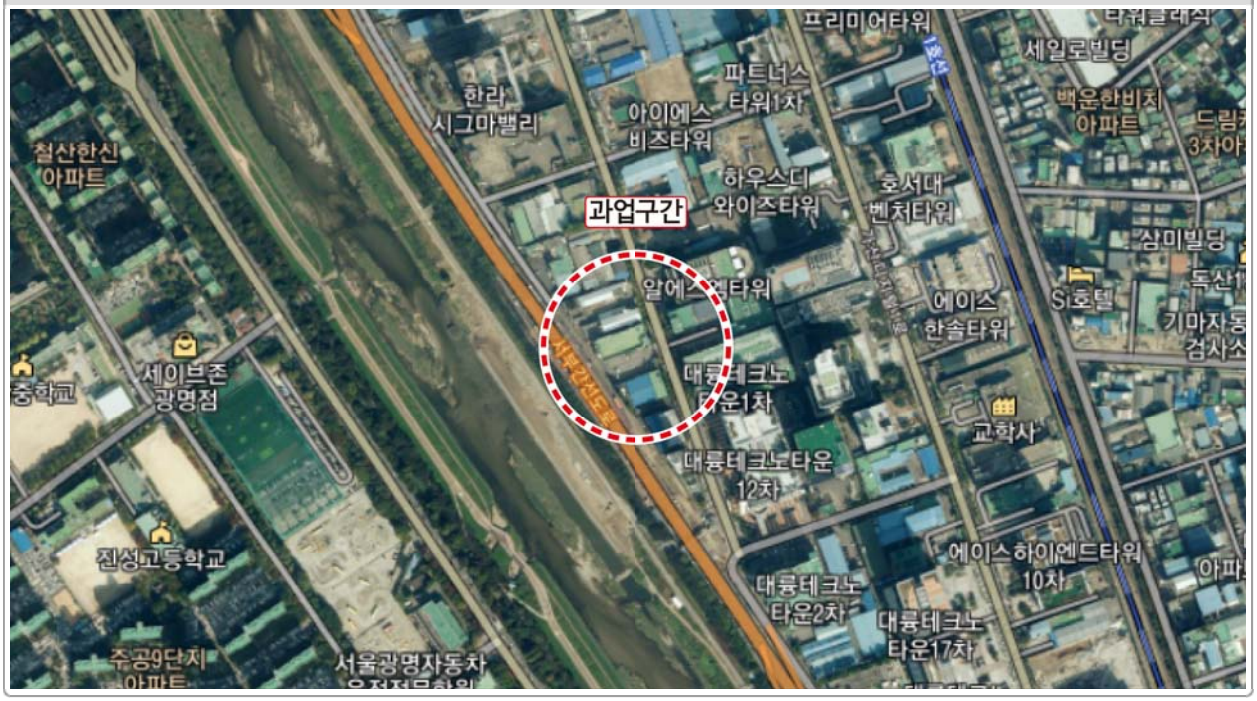
4.2.4 물리탐사

- 과업부지 주변에 분포하는 지장물과 공동의 분포현황을 파악하기 위해 GPR 3D탐사를 수행하였다.
- “서울시 금천구 가산동 345-48번지 일대” 차도 및 인도를 대상을 GPR(Ground Penetrating Radar) 탐사를 수행하여 공동이나 지반 결층상태를 파악하여 발생 가능한 안전사고에 대비하기 위한 자료를 제공하는데 있다.

☑ 탐사구간

- 탐사 기간 : 2021년 06월 23일
- 성과분석 및 보고서 작성 : 2021년 06월 24일 ~ 2021년 06월 29일

GPR 탐사구간



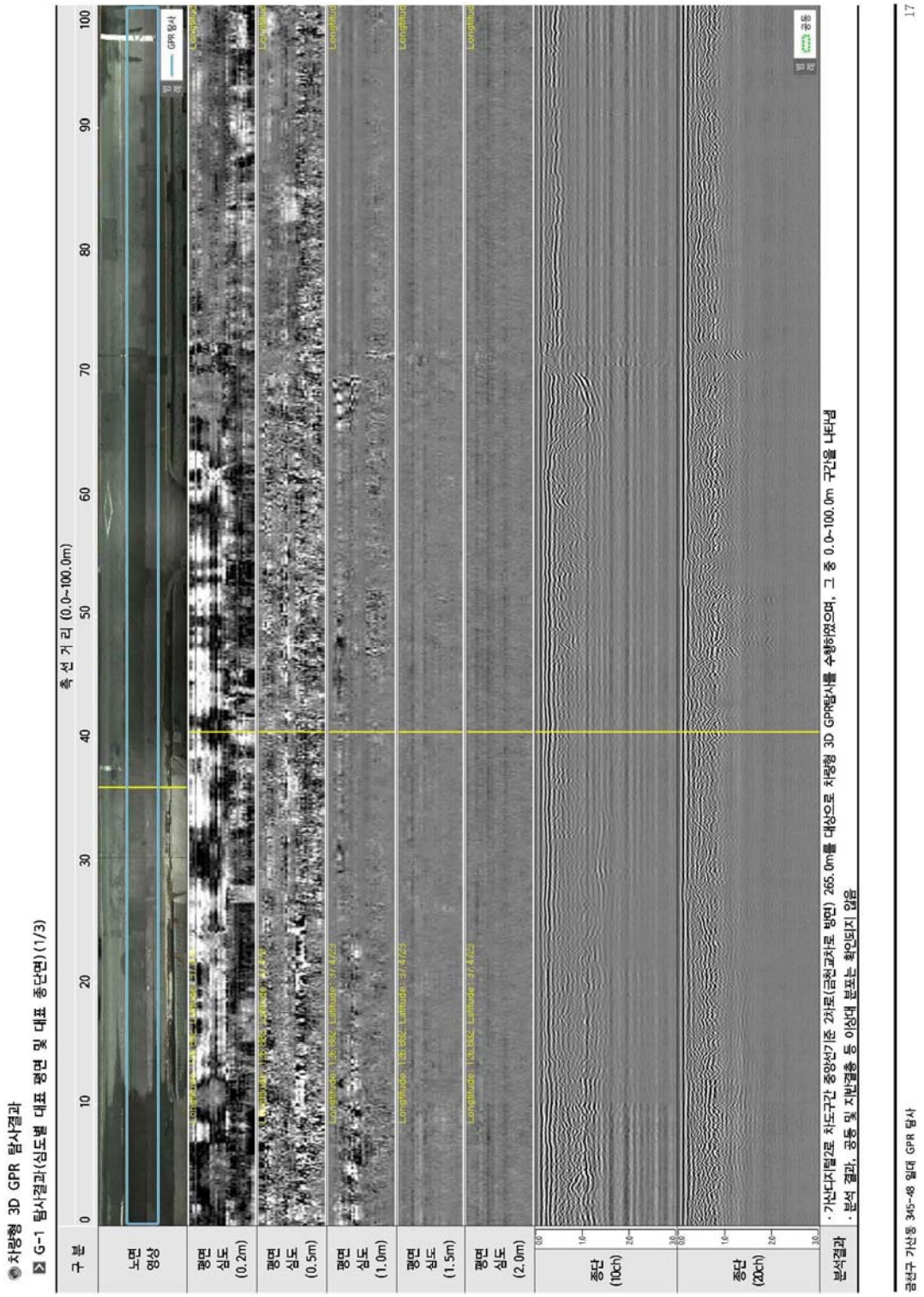
☑ 탐사위치도

탐사위치도

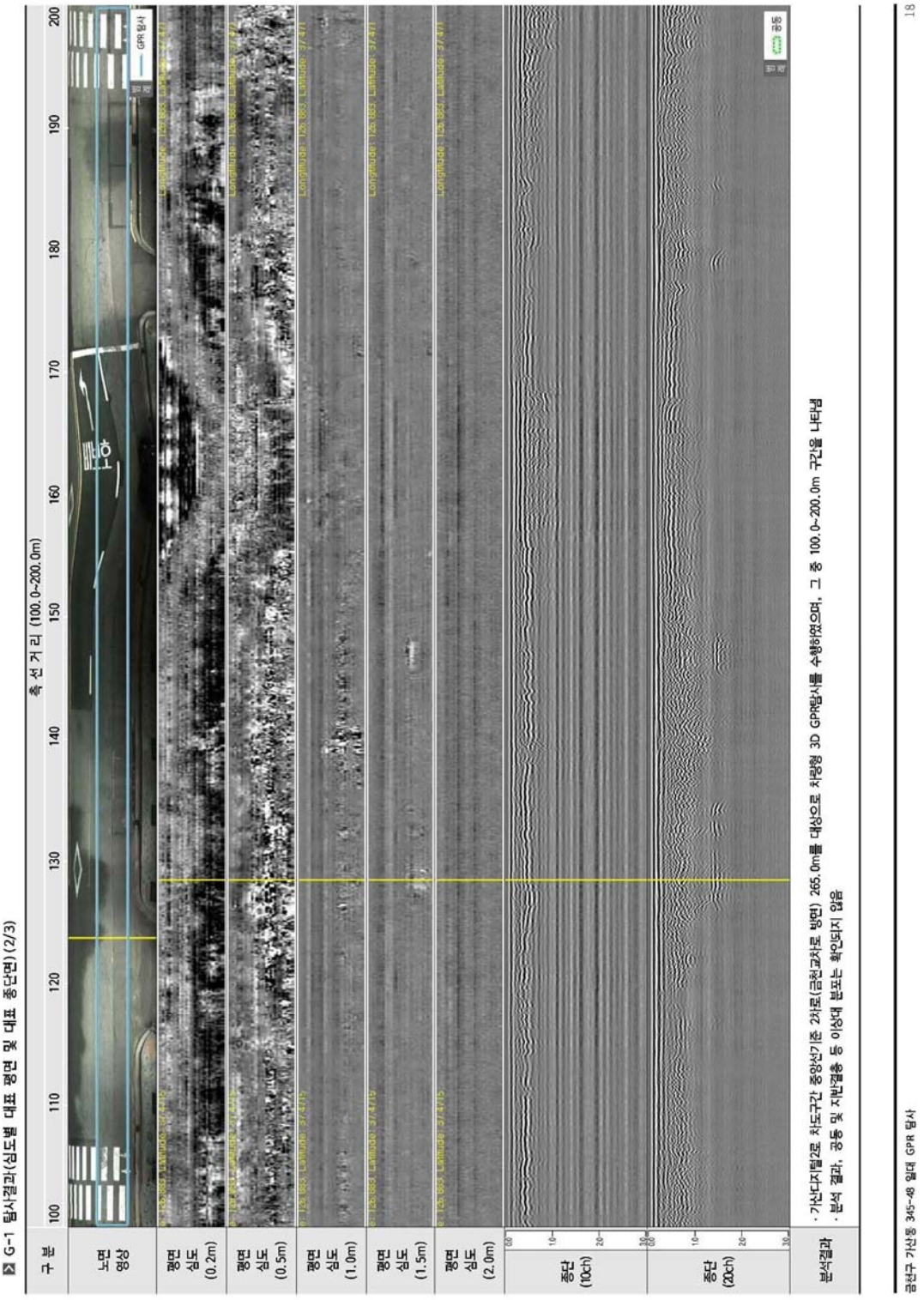


구 분	측선명	측선연장(m)	적용 안테나
차량형 3D GPR 탐사	G-1	265.0	100MHz ~ 4GHz (30채널)
	G-2	265.0	
	G-3	265.0	
	G-4	265.0	
	G-5	65.0	
	G-6	215.0	
소 계 (m)		1,340.0	
핸드형 3D GPR 탐사	L-1	260.0	100MHz ~ 4GHz (32채널)
	L-2	260.0	
	L-3	70.0	
소 계 (m)		590.0	
합 계 (m)		1,930.0	

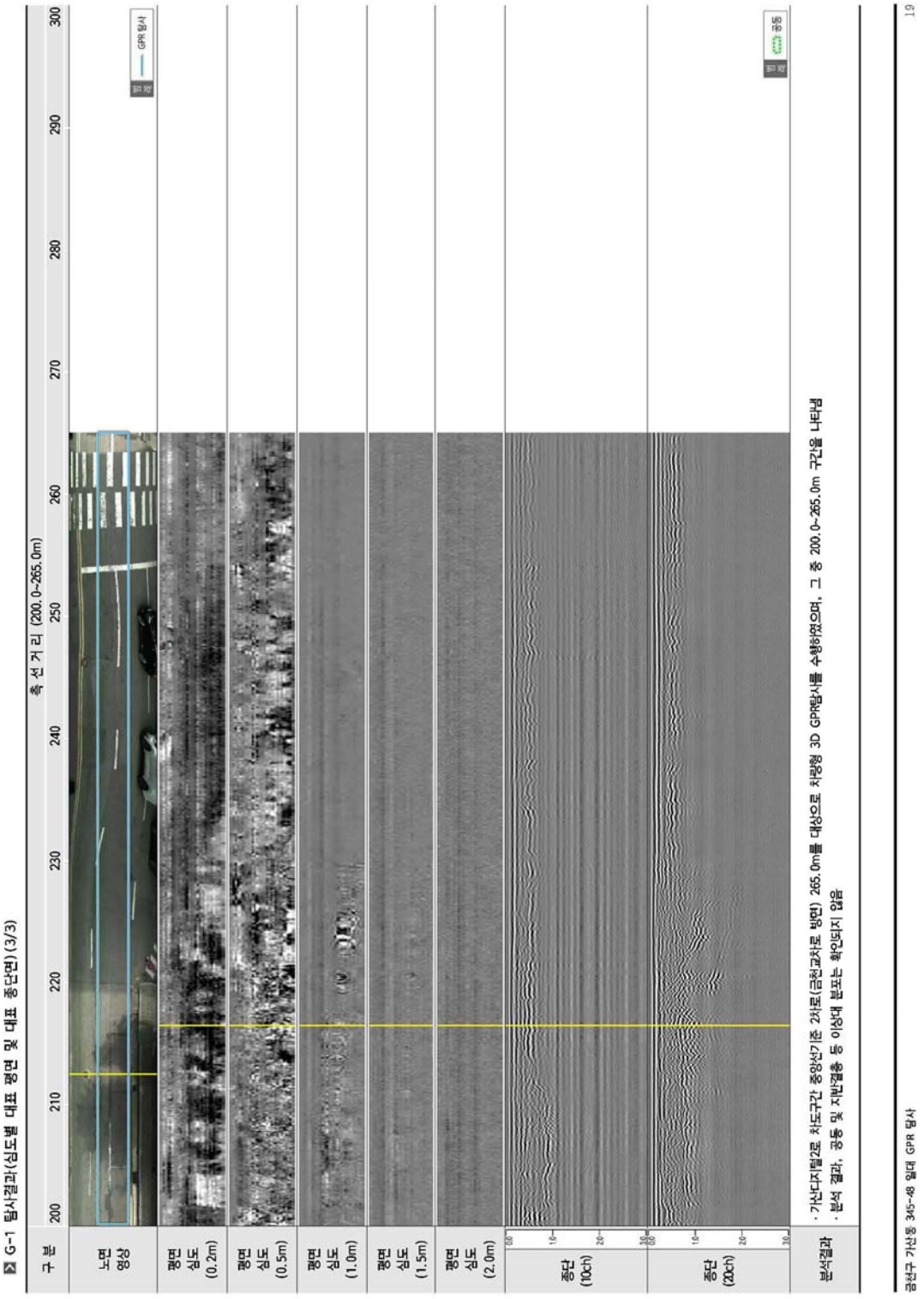
• G-1 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(1/3)



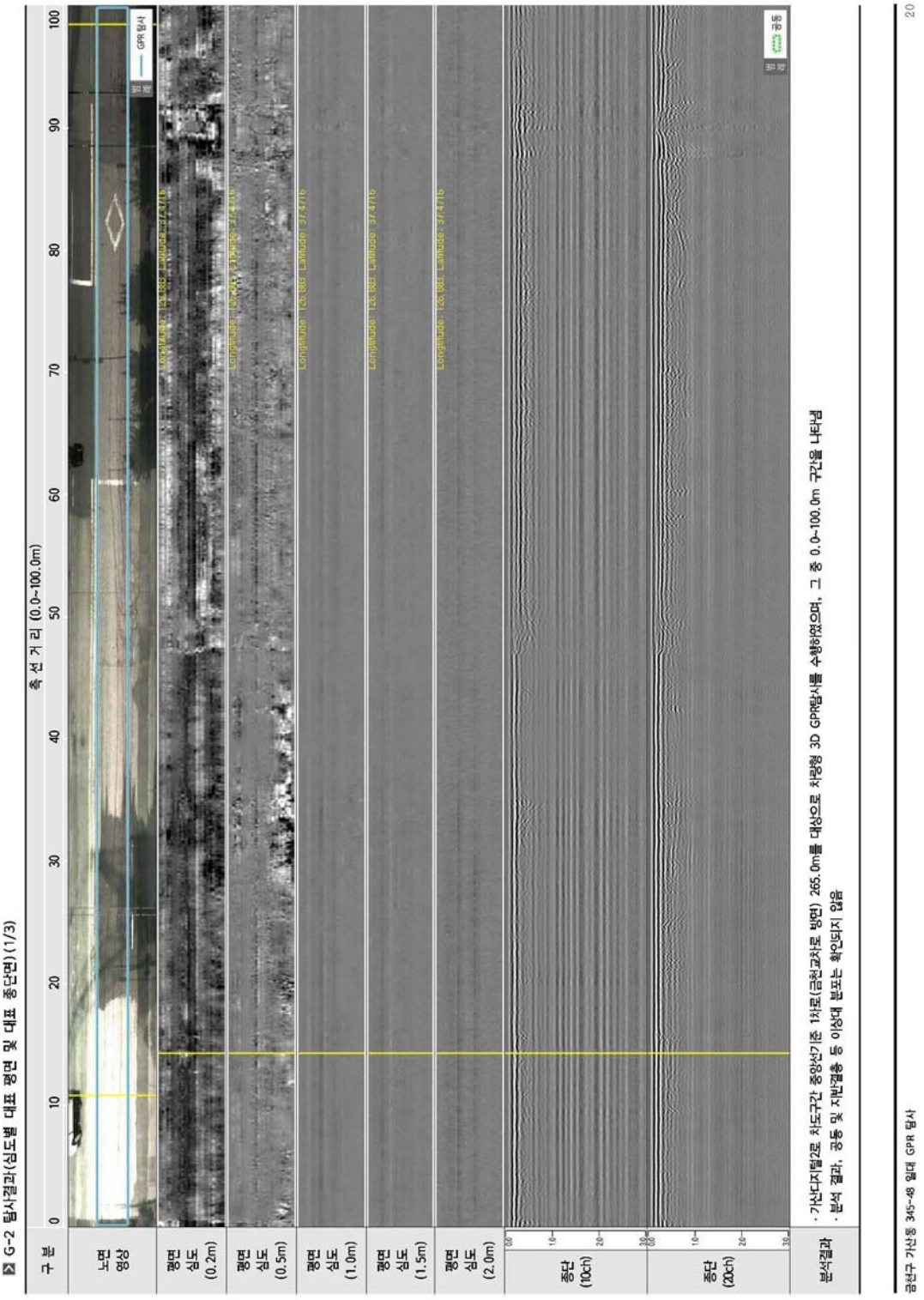
• G-1 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(2/3)



• G-1 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(3/3)

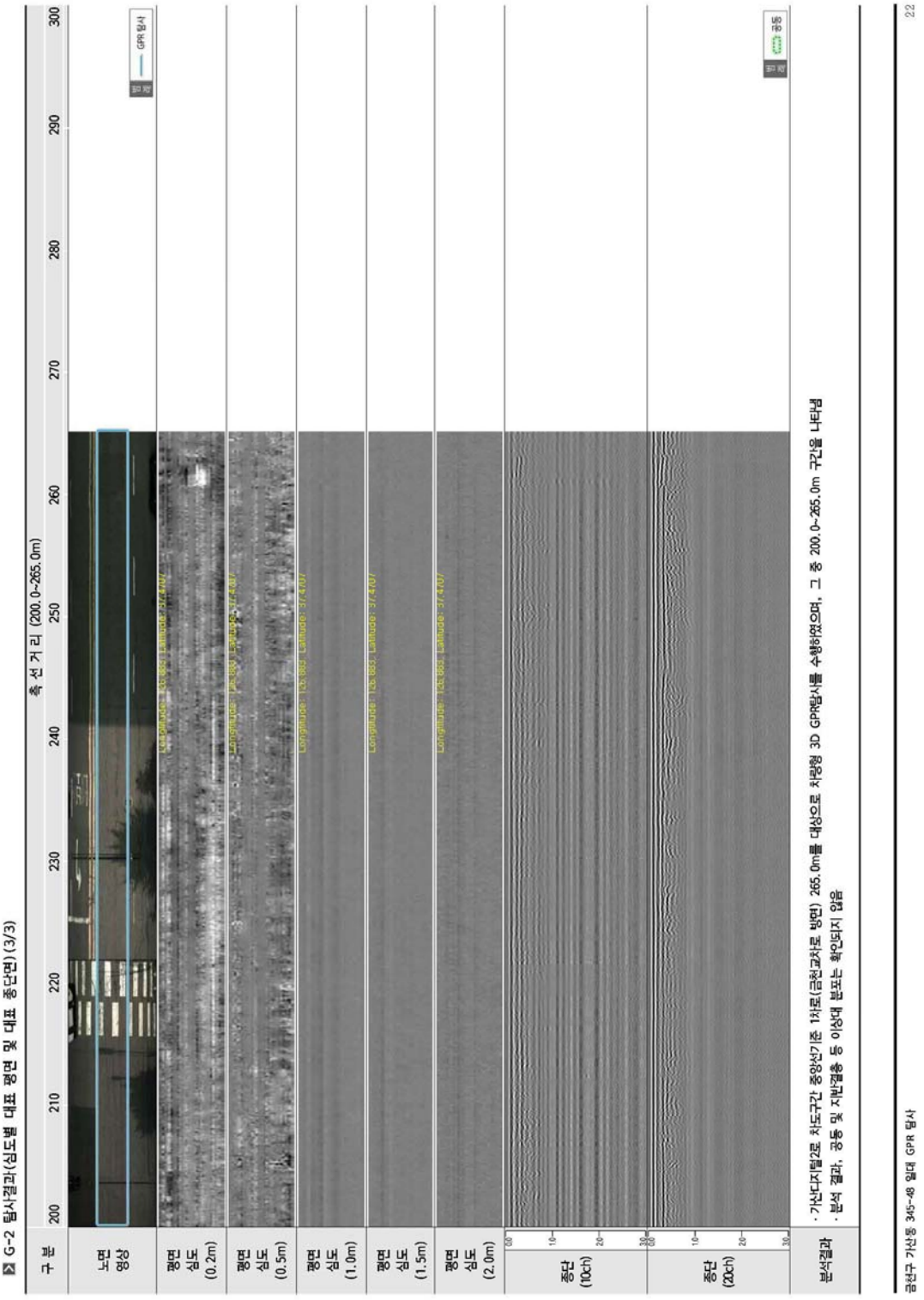


• G-2 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(1/3)

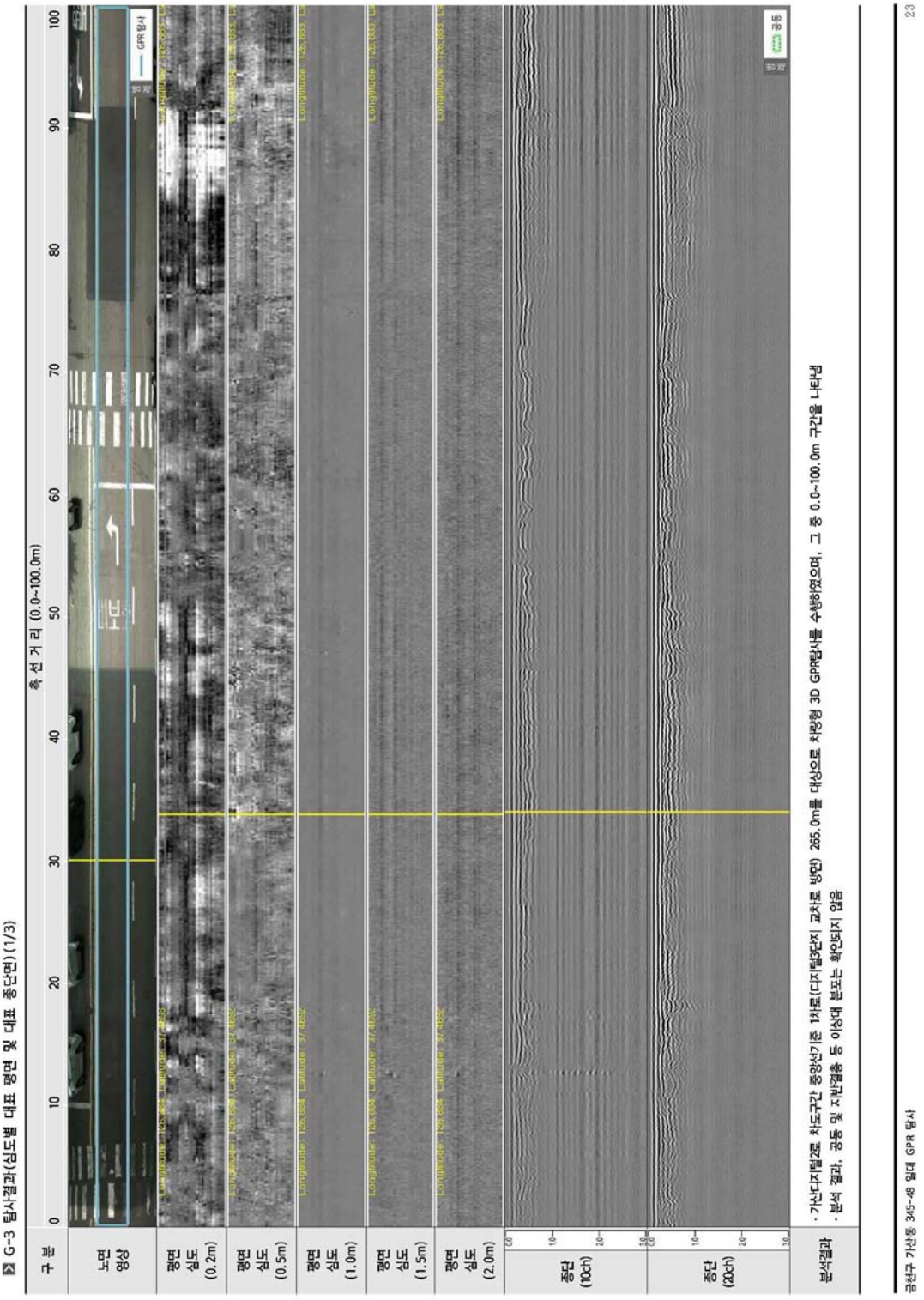


• G-2 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(2/3)

• G-2 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(3/3)

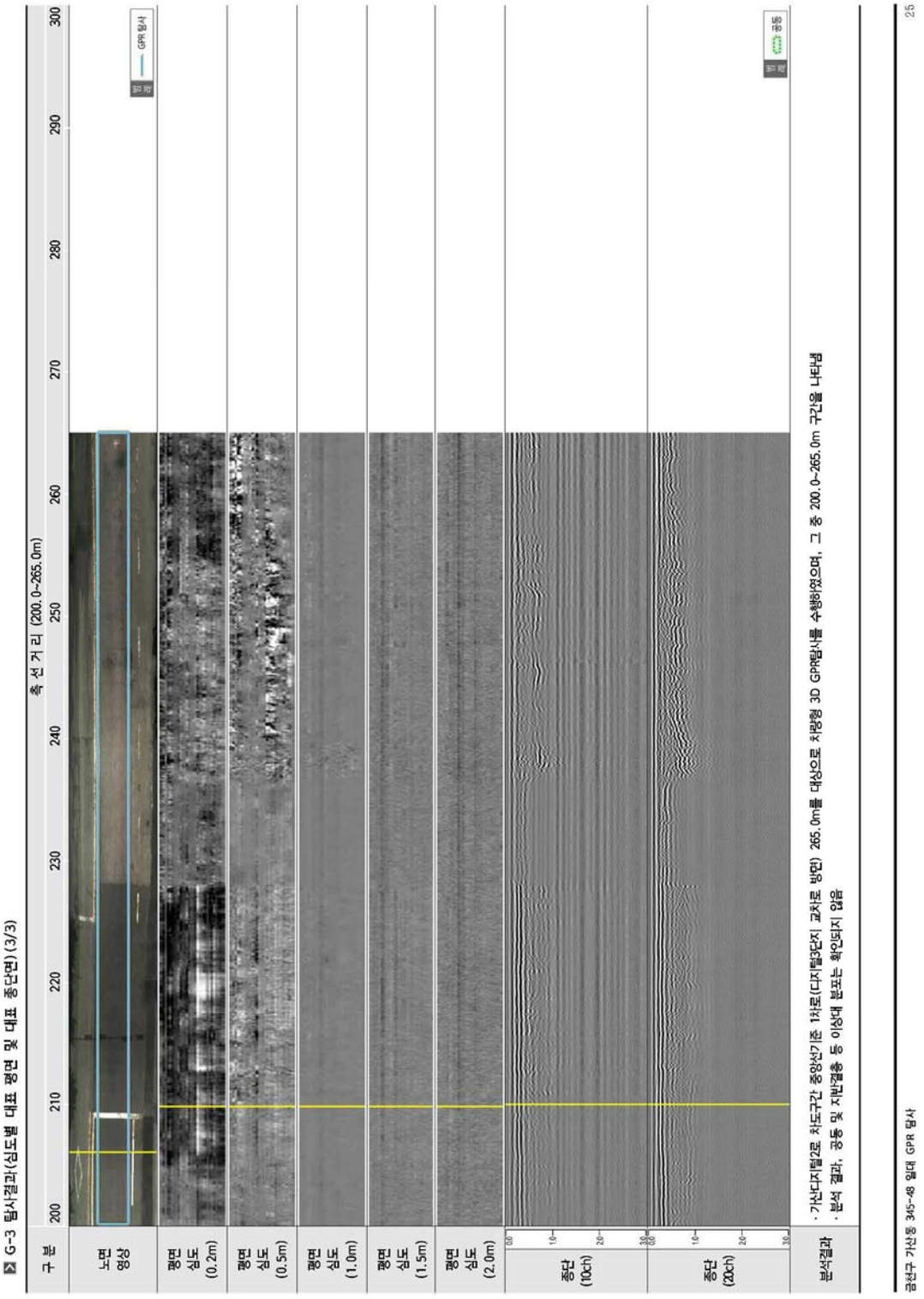


• G-3 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(1/3)

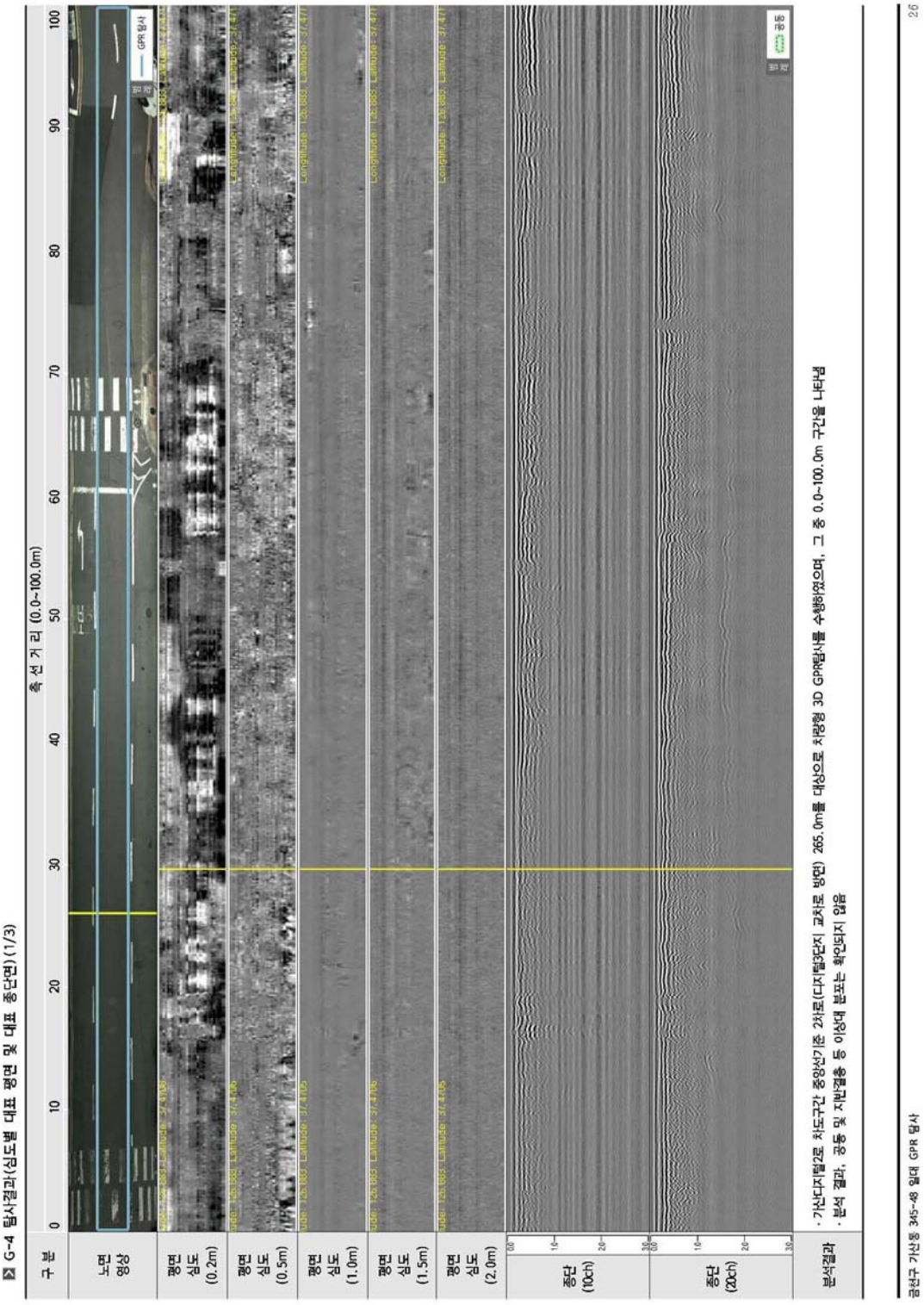


• G-3 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(2/3)

• G-3 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(3/3)

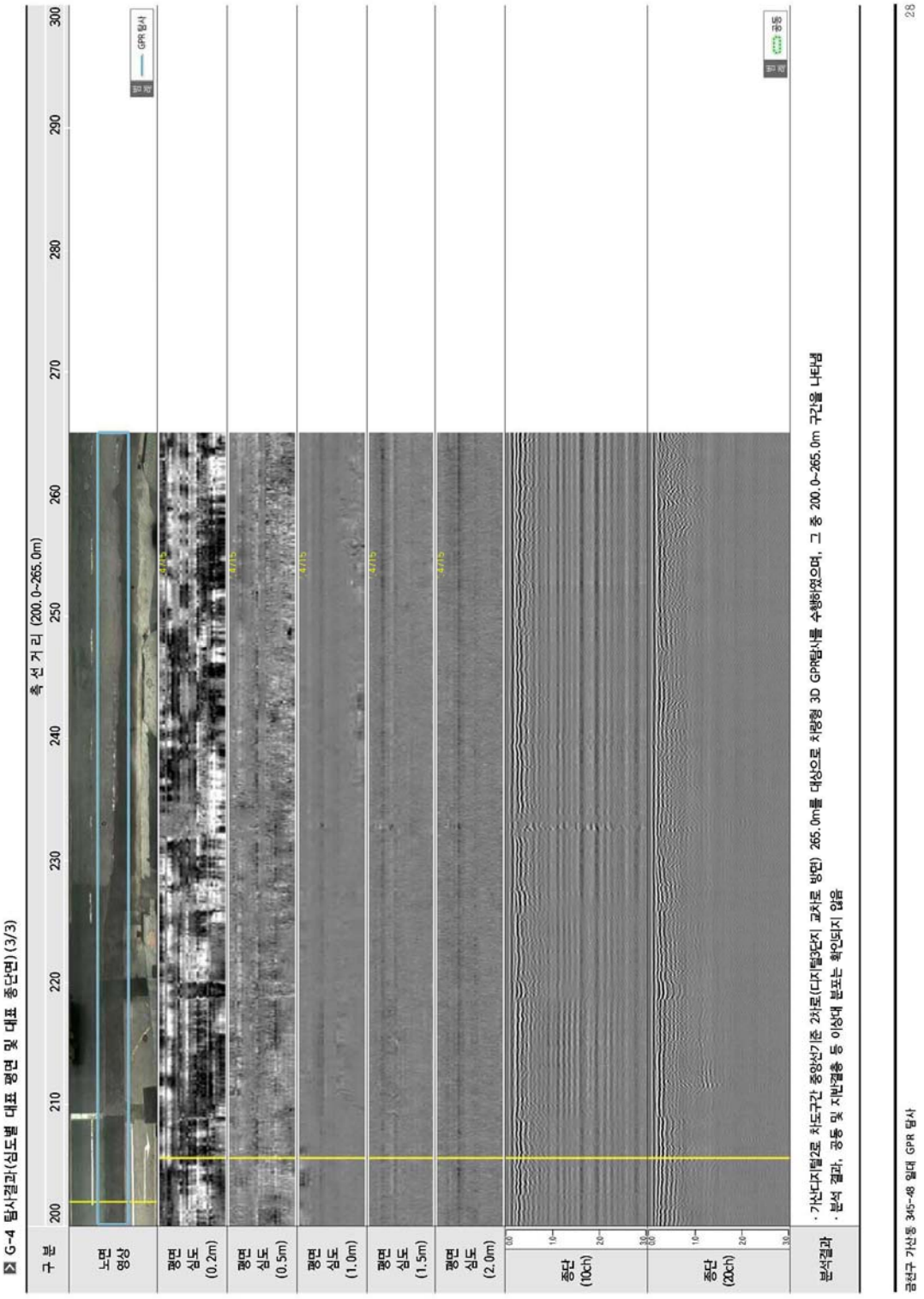


• G-4 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(1/3)

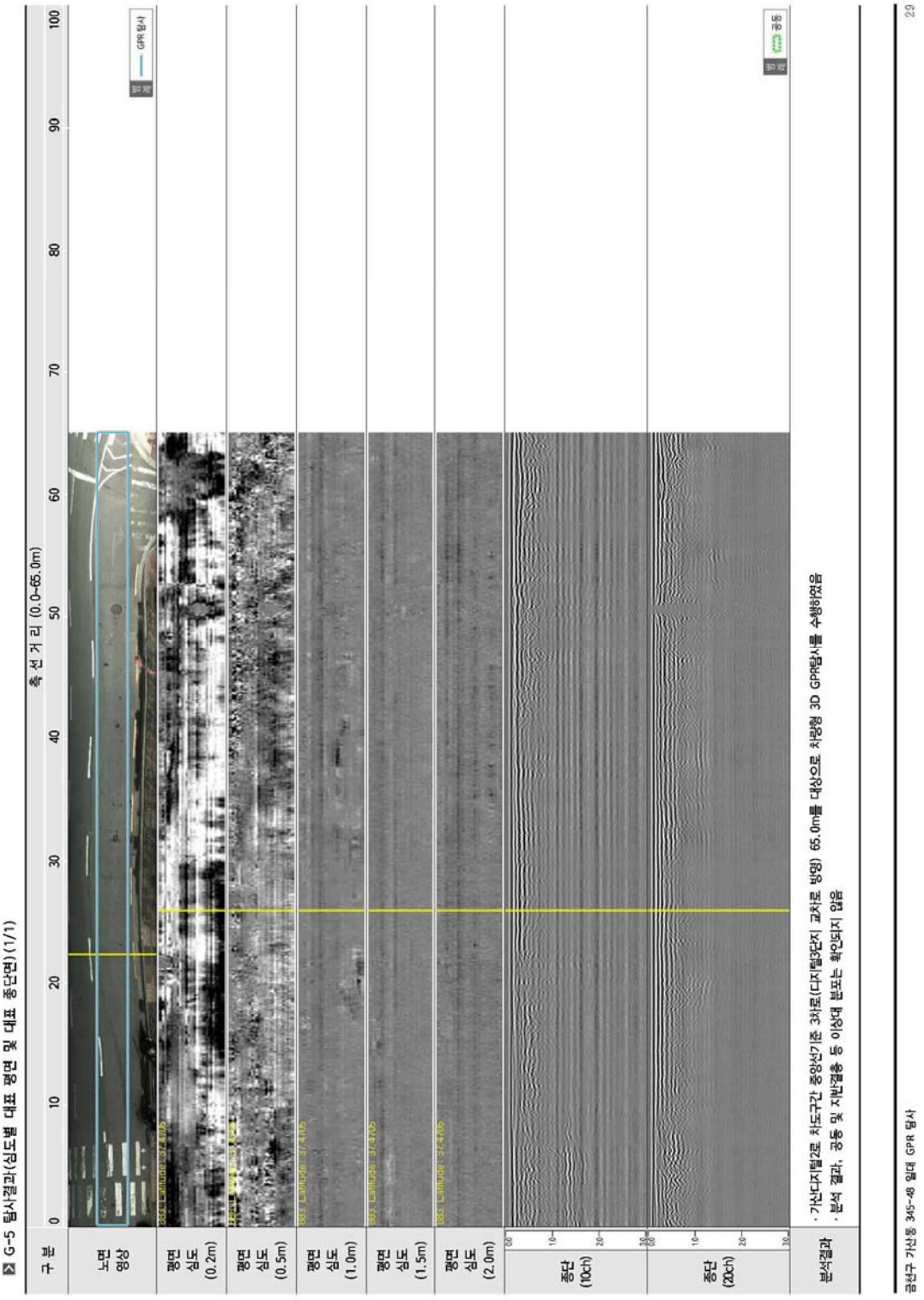


• G-4 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(2/3)

• G-4 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(3/3)



• G-5 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(1/1)



• G-6 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(1/3)

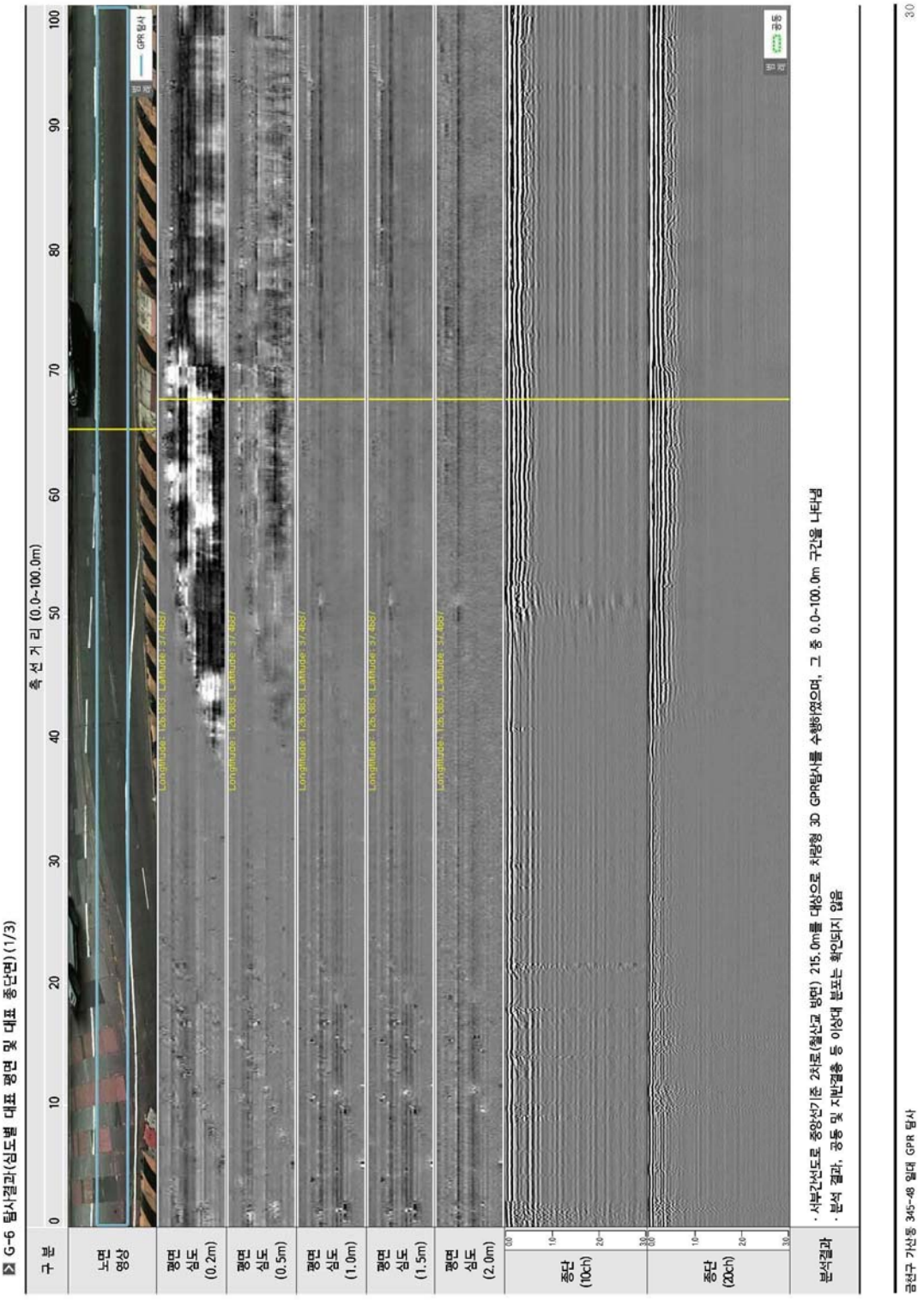
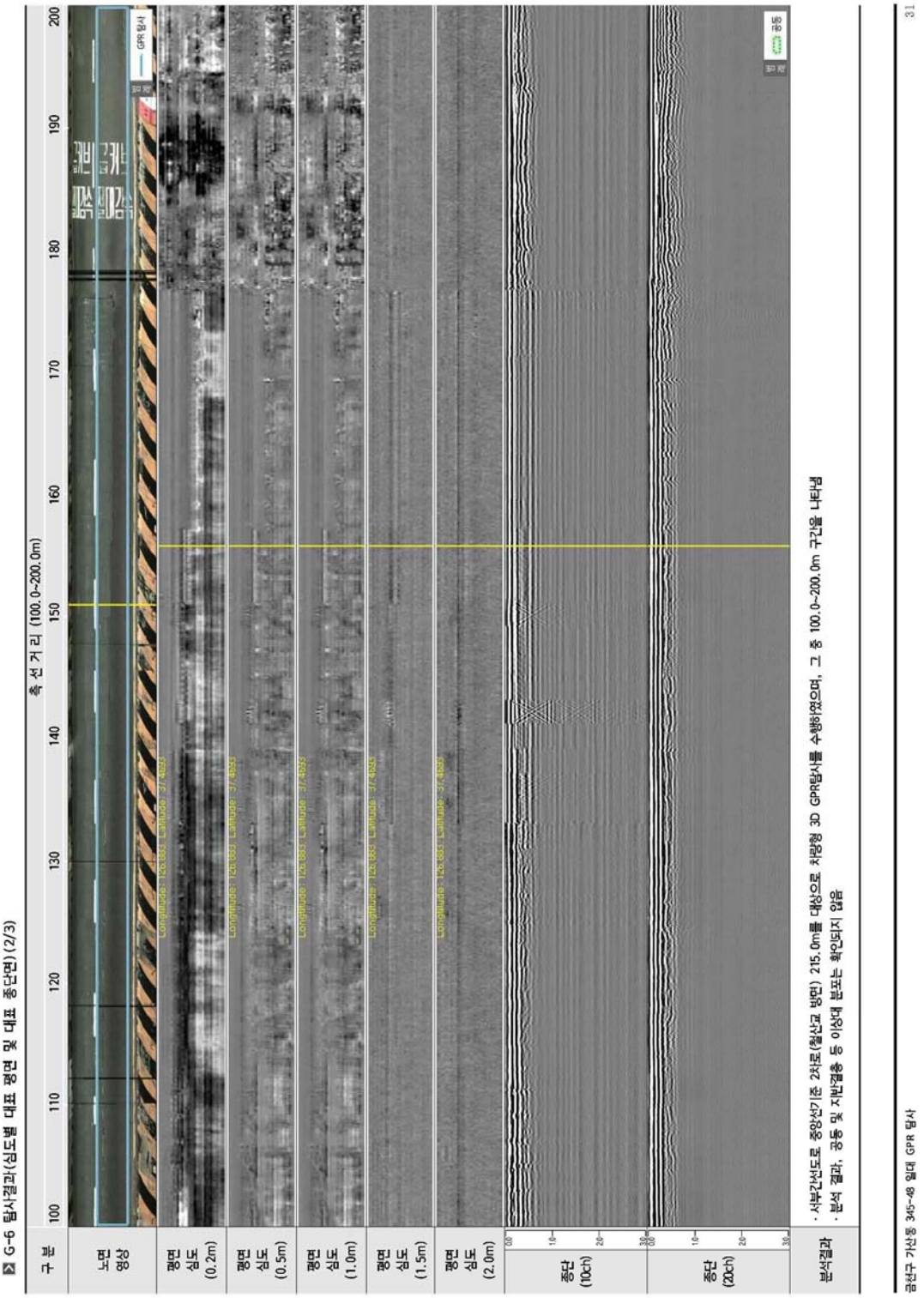
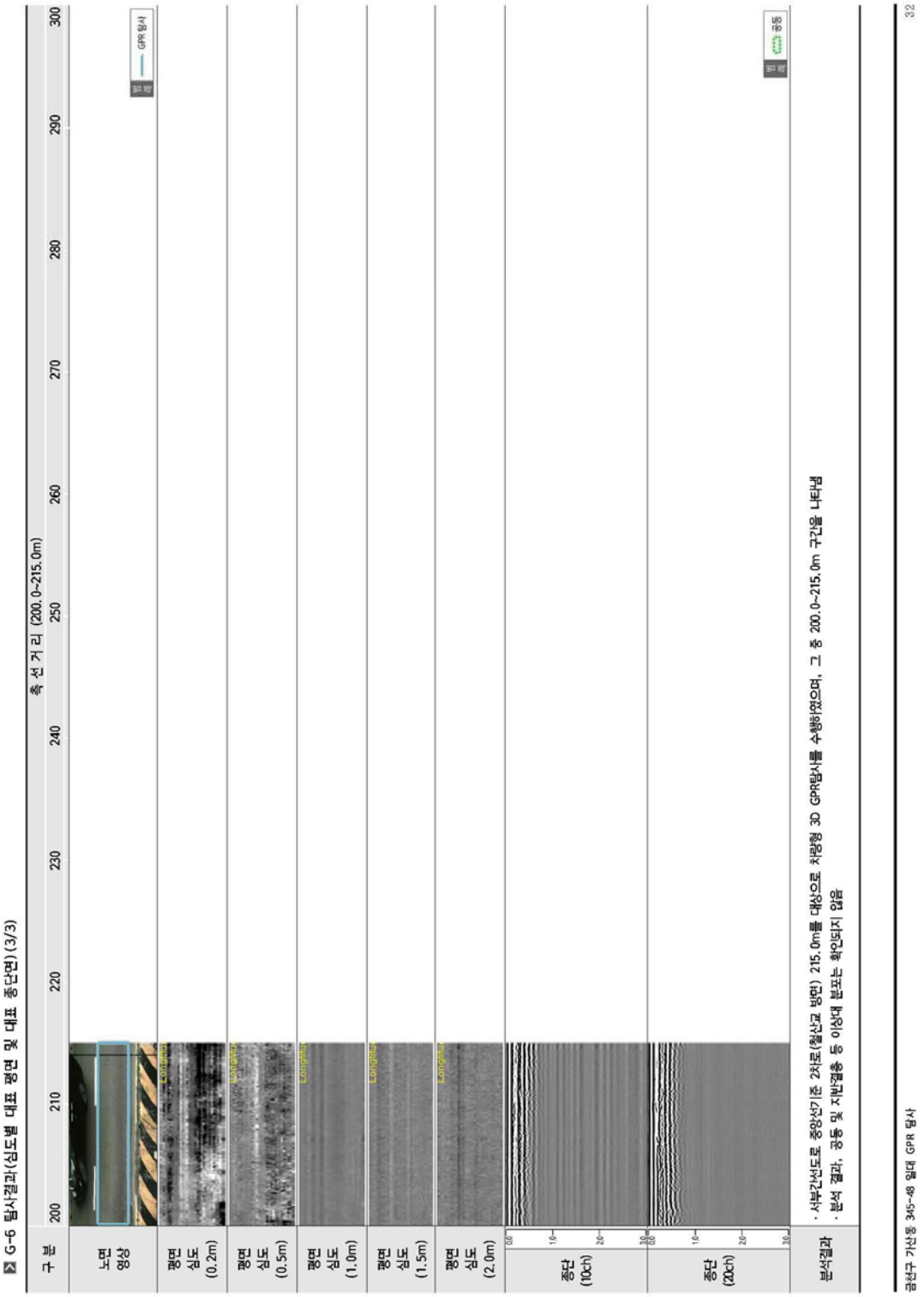


그림 가산동 345-48 일대 GPR 탐사

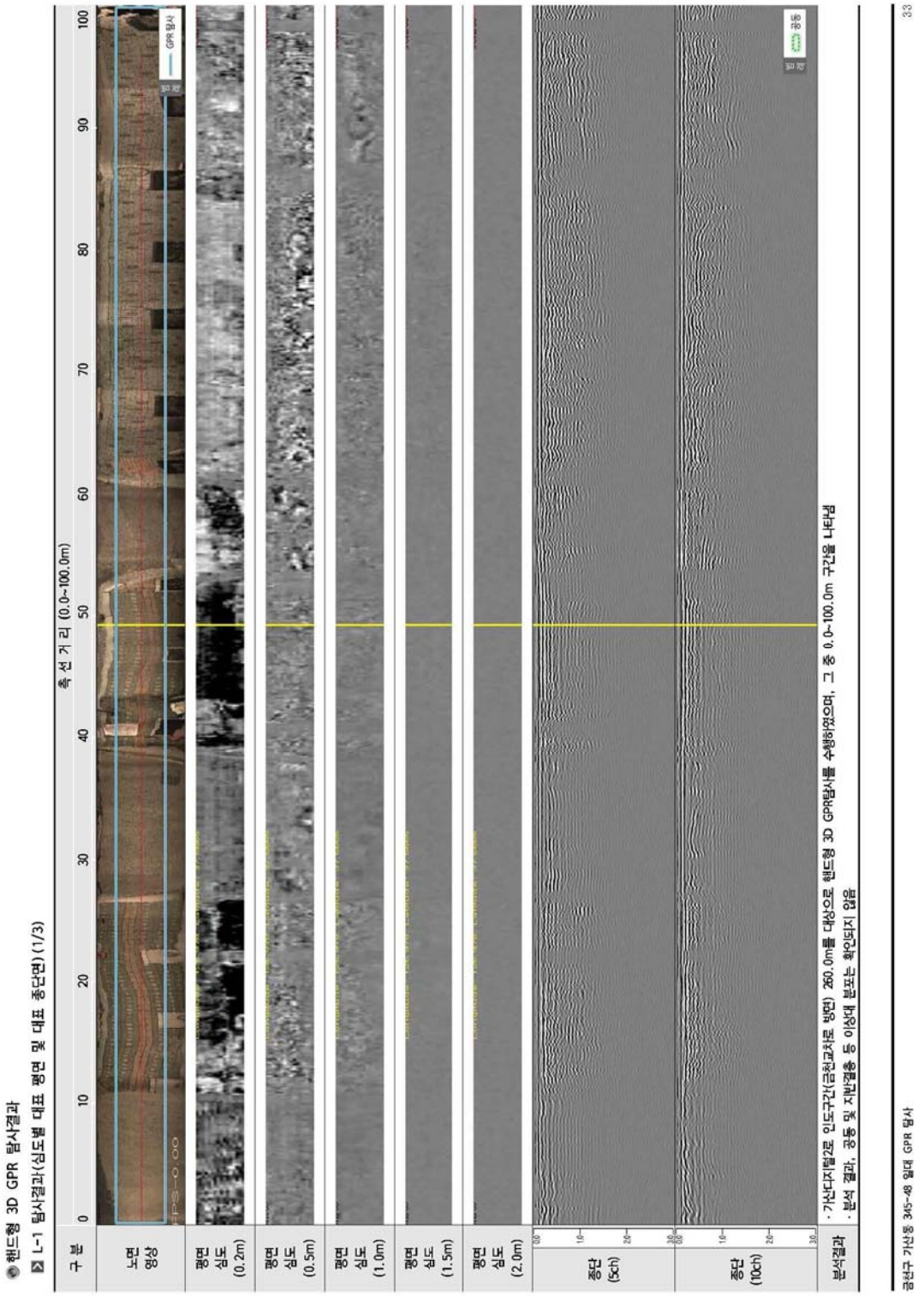
• G-6 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(2/3)



• G-6 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(3/3)

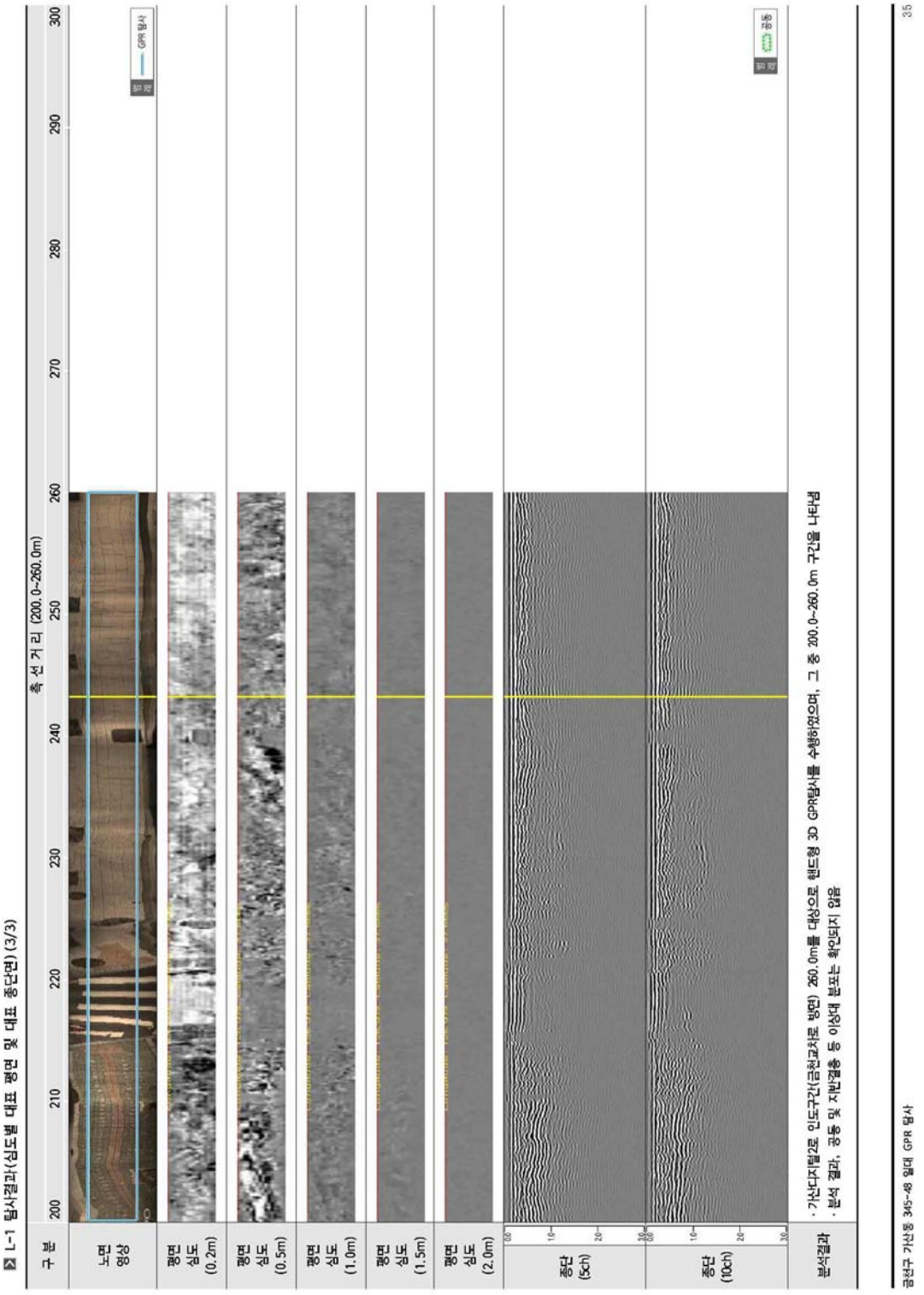


• L-1 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(1/3)



• L-1 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(2/3)

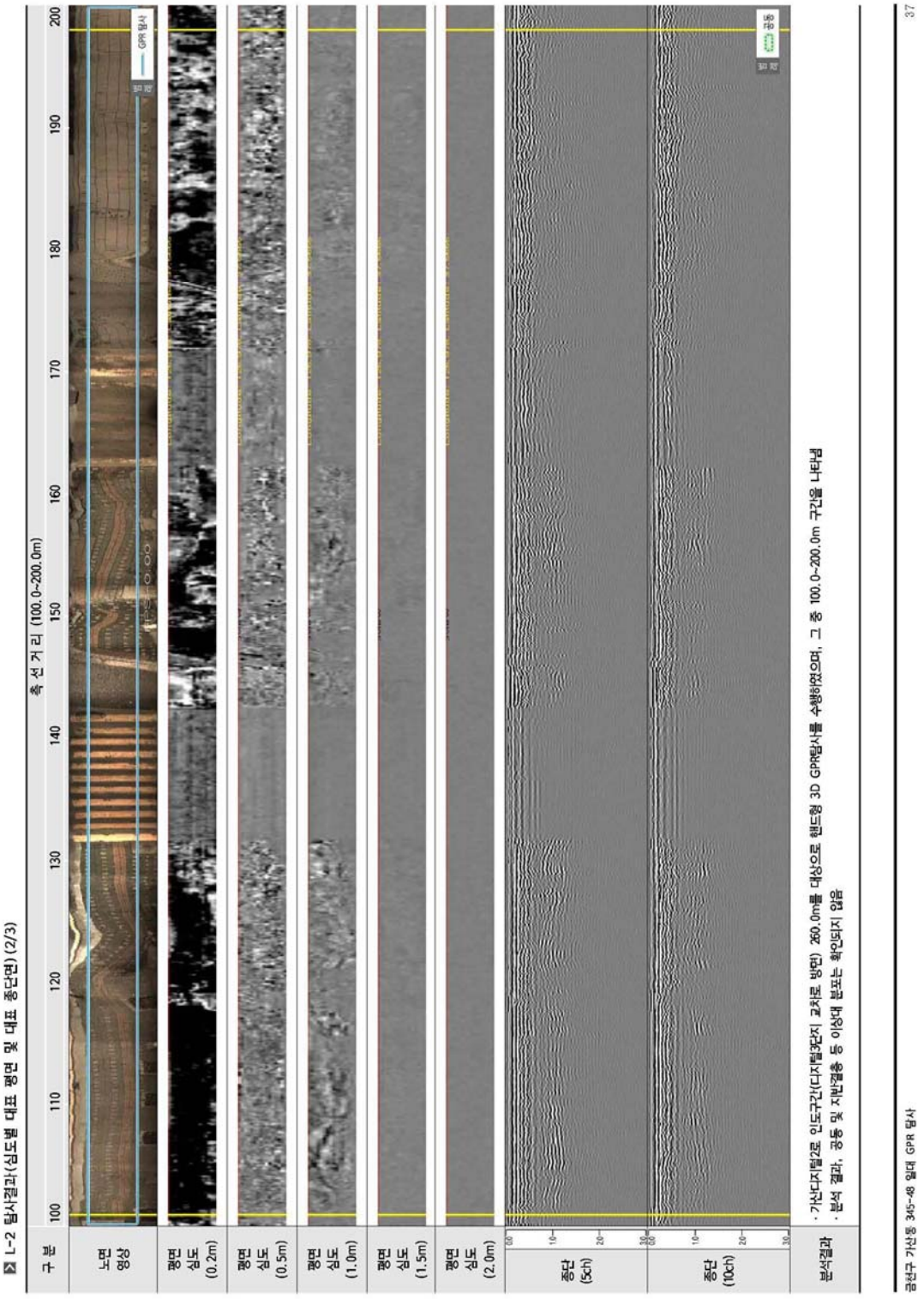
• L-1 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(3/3)



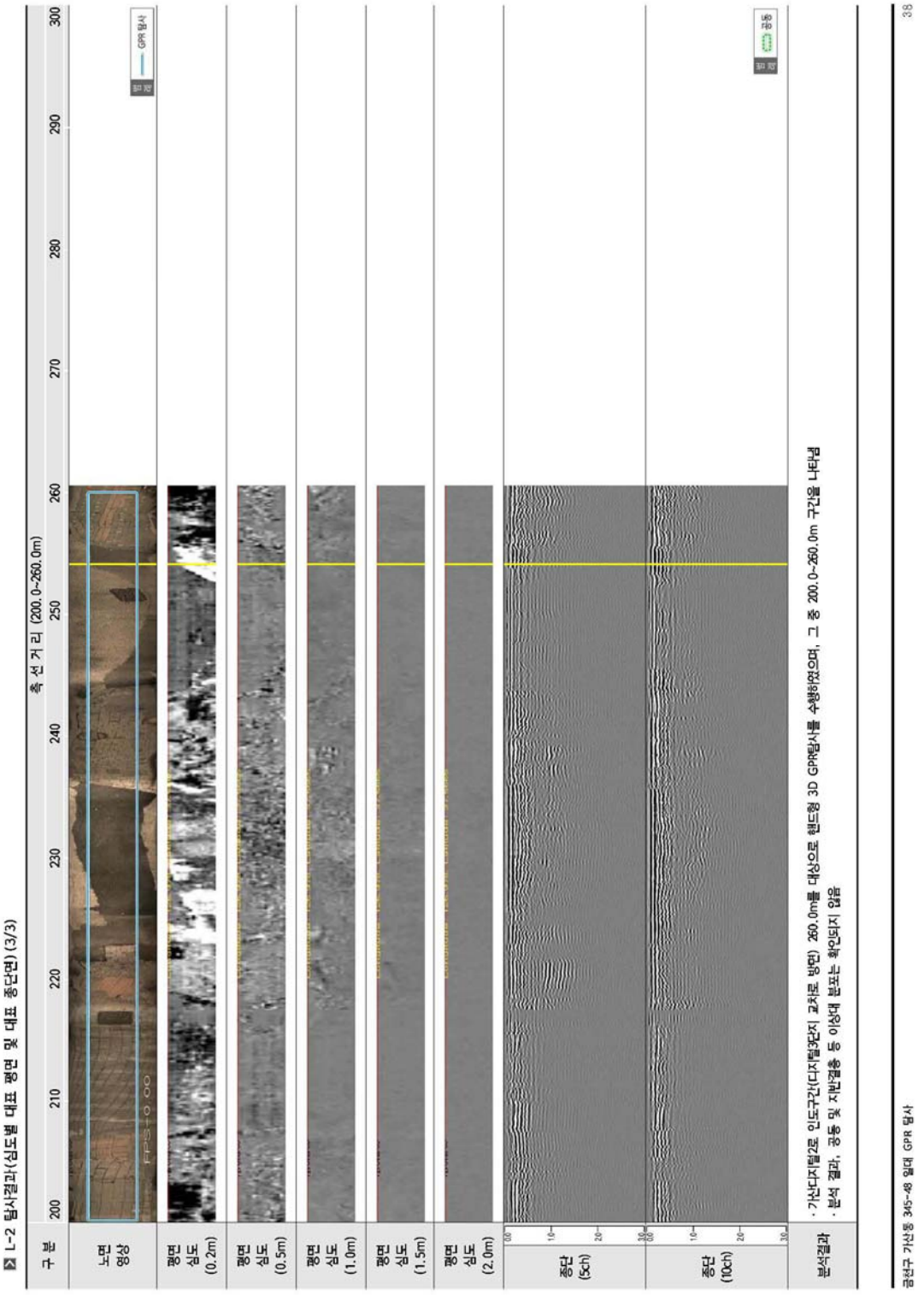
• L-2 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(1/3)

그림 L-2 가산동 345-48 일대 GPR 탐사

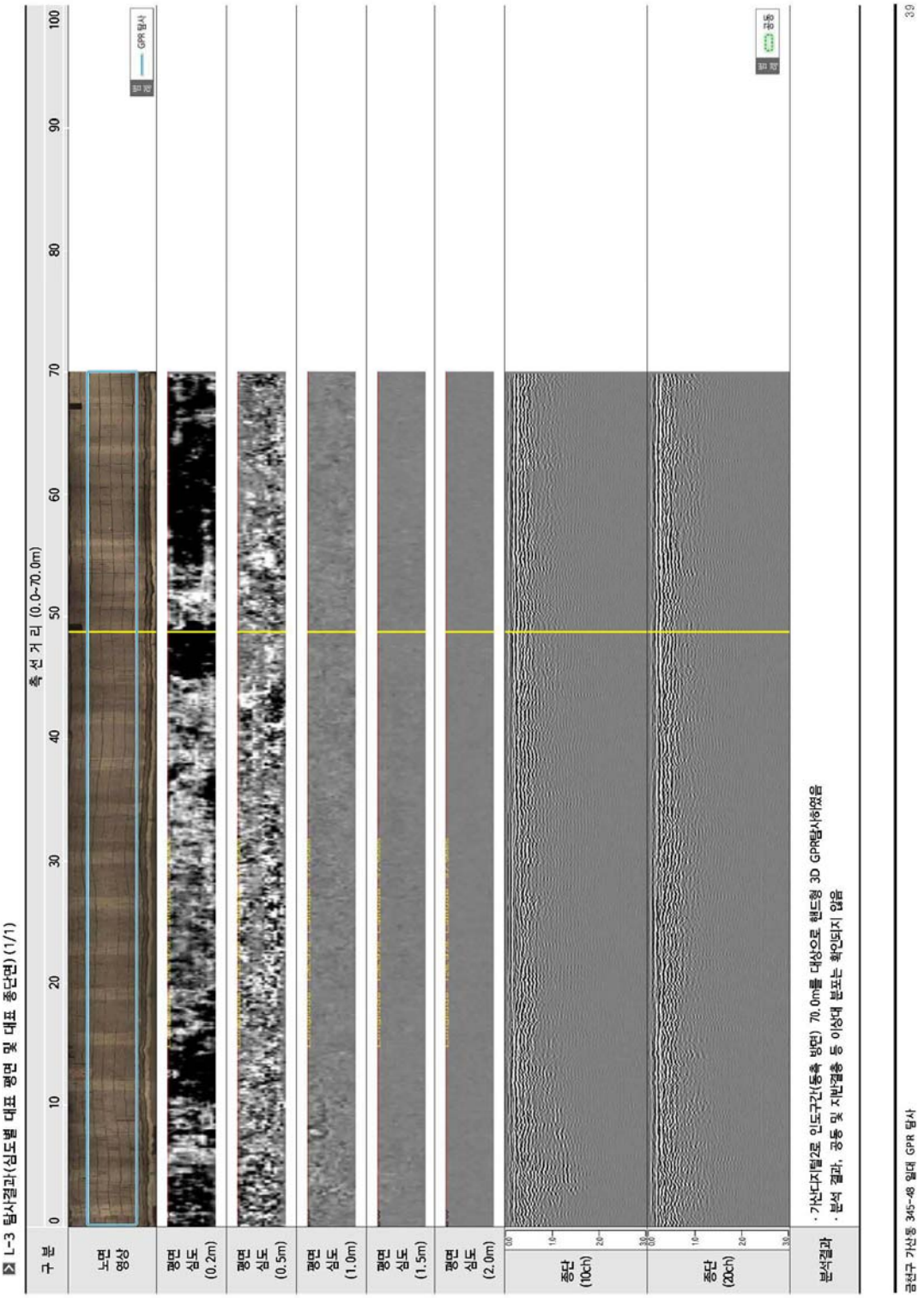
• L-2 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(2/3)



• L-2 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(3/3)



• L-3 탐사결과(심도별 대표 평면 및 대표 종단면)(1/1)



• 과업부지 차도와 인도를 대상으로 차량형 3D GPR탐사 6측선(1,340m), 핸드형 3D GPR탐사 3측선(590m)를 수행하였으며 탐사결과는 아래와 같다.

GPR 탐사결과



검토결과	· 3D GPR 분석결과, 굴착영향범위 내 구간에서 공동 등의 이상대에 의한 반응은 분석되지 않았다. · GPR탐사 결과는 착공전 시설물 관리자와 조치 방안 등을 협의하여야 한다. · 종합분석결과, 과업부지의 굴착영향범위 내 차도 및 인도 구간의 지반상태는 전반적으로 양호하며, 공동의 분포는 확인되지 않았다. 그러나, 추후 굴착공사 진행에 따른 인위적인 압력으로 인하여 공동 발생 등의 변화가 발생할 수 있으므로 주기적인 관찰 및 관리가 필요하다.

4.2.5 인근시추 자료 분석

- 국토지반정보 통합DB센터는 전국토의 건설현장에서 생산되는 시추보링 성과를 DB화하여 통합관리 하고 있으며, 지반 시추정보를 제공하고 있음
- 사업구간에 대해 국토지반정보 통합DB에서 제공하는 시추정보를 분석함
- 사업구간 인근의 지반조사 시추공의 일부 자료는 존재하지 않았으며, 인접한 14공의 자료를 조사하였음.

주변지역 지반조사 위치



사 업 명	조사내용	기 간
① 서부간선지하차도 민간투자사업 건설공사 2공구 확인지반조사	시추조사 3공, SPT 60회	2018. 01
② 가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사	시추조사 6공, SPT –회	2004. 12
③ 강남순환 도시고속도로 2공구 기본설계	시추조사 5공, SPT –회	1999. 12

서부간선지하차도 민간투자사업 건설공사 2공구 확인지반조사(NH-3)

시 추 주 상 도

조사명	서부간선지하차도 민간투자사업 건설공사 2공구 확인지반조사			발주처	서울시설관리공단 금천구 시설관리본단	시추번호	NH-3
위치	서울특별시 금천구 가산동 343-8			좌표 (m)	x: 189527.654095 y: 541257.452498 기준: (TM)	표고 (m)	15.64
시추완료일	2018-01-20	굴진심도 (GL.-m)	35	케이싱심도 (-m)	31	지하수위 (-m)	11.9
사용장비	P4000	시추방법		시추자	최낙준	조사자	김충현

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS /cm	투수계수 / 표준관입시험
4.2	11.44	4.20		매립층 회색	자갈섞인 실트질 모래 자갈직경 : 1~10cm 느슨~보통조밀, 습윤상태				10/30 11/30 9/30 10/30 10/30 11/30 9/30 22/30 24/30 28/30 25/30 50/29 50/26 50/23 50/18 50/21 17/30 31/30 34/30 31/30 30/30 37/30 43/30 50/26 50/14	
8.3	7.34	4.10		퇴적층 회색	실트질 모래 세립의 모래로 구성 느슨, 습윤상태			DS	8.3	
11.6	4.04	3.30		퇴적층 회색	입도분포가 불량한 중립질 모래 느슨~보통조밀 습윤상태					
16.7	-1.06	5.10		퇴적층 회색	자갈섞인 자갈 자갈직경 : 1~8cm 마모도밀, 포화상태 자갈의 중량으로 지간 파아측정됨					
26	-10.36	9.30		풍화층 회색	실트질 모래 보통조밀~매우조밀 습윤상태~점증상태					
31	-15.36	5.00		풍화암층 회색	편마암의 위부풍화대 굴진시 심한충격을 받은 코아회수 매우조밀, 습윤상태					
35	-19.36	4.00		연암층 회색	편마암 암편상~단주상 코아회수 심한풍화~보통풍화 약함~보통강함					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

서부간선지하차도 민간투자사업 건설공사 2공구 확인지반조사(NH-3)

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

서부간선지하차도 민간투자사업 건설공사 2공구 확인지반조사(NH-6)

시 추 주 상 도

조사명	서부간선지하차도 민간투자사업 건설공사 2공구 확인지반조사			발주처	서울시설관리공단 금천구 시설관리공단	시추번호	NH-6
위치	서울특별시 금천구 가산동 343-8			좌표 (m)	x: 189589.873966 y: 541167.952527 기준: (TM)	표고 (m)	15.72
시추완료일	2018-01-18	굴진심도 (GL,-m)	32	케이싱심도 (-m)	29	지하수위 (-m)	12
사용장비	P4000	시추방법		시추자	최낙준	조사자	김충현

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
4.6	11.12	4.60		매립토층 황갈색	자갈석인 실트질 모래, 세립내지 중립 모래 자갈직경 : 1~15cm 마루노슨-보통조밀, 습윤상태				11/30, 11/30, 9/30, 11/30, 9/30, 10/30, 21/30, 23/30, 23/30, 21/30, 25/30	
6.7	9.02	2.10		퇴적토층 황갈색	실트질모래 느슨 습윤상태				38/30, 42/30, 32/30, 40/30, 45/30	
11.6	4.12	4.90		퇴적토층 담갈색	입도분포가 불량한 중립질 모래 느슨-보통조밀 습윤상태		DS	10.3	38/30, 28/30, 38/30, 44/30, 50/29, 42/30, 33/30, 25/30, 50/13, 50/9, 50/6, 50/3	
17.3	-1.58	5.70		퇴적토층 담갈색	모래석인 자갈 자갈직경 : 1~5cm 보통조밀-조밀, 포화상태					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 SC : 싱글코어 배럴

조사명	서부간선지하차도 민간투자사업 건설공사 2공구 확인지반조사			발주처	서울시설관리공단 금천구 시설관리공단	시추번호	NH-6
위치	서울특별시 금천구 가산동 343-8			좌표 (m)	x: 189589.873966 y: 541167.952527 기준: (TM)	표고 (m)	15.72
시추완료일	2018-01-18	굴진심도 (GL,-m)	32	케이싱심도 (-m)	29	지하수위 (-m)	12
사용장비	P4000	시추방법		시추자	최낙준	조사자	김충현

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
17.3	-1.58	5.70		퇴적토층 담갈색	모래석인 자갈 자갈직경 : 1~5cm 보통조밀-조밀, 포화상태					
26	-10.28	8.70		중화토층 황갈색	실트질 모래 보통조밀-마루조밀 습윤상태					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 SC : 싱글코어 배럴

서부간선지하차도 민간투자사업 건설공사 2공구 확인지반조사(NH-6)

조사명	서부간선지하차도 민간투자사업 건설공사 2공구 확인지반조사			발주처	서울시설관리공단 금천구 시설관리공단	시추번호	NH-6
위치	서울특별시 금천구 가산동 343-8			좌표 (m)	x: 189589.873966 y: 541167.952527 기준: (TM)	표고 (m)	15.72
시추완료일	2018-01-18	굴진심도 (GL,-m)	32	케이싱심도 (-m)	29	지하수위 (-m)	12
사용장비	P4000	시추방법		시추자	최낙준	조사자	김충현

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
26	-10.28	8.70		중화토층 황갈색	실트질 모래 보통조밀-마루조밀 습윤상태					
29	-13.28			중화암층 담갈색	편마암의 하부중화대 굴진시 실트, 모래로 분해 마루조밀, 습윤상태					
32	-16.28	3.00		연암층 암회색	편마암 암편상-단주상 코아회수 보통중화, 약함-보통강함					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

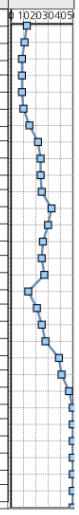
[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 SC : 싱글코어 배럴

서부간선지하차도 민간투자사업 건설공사 2공구 확인지반조사(NH-7)

시 추 주 상 도

조사명	서부간선지하차도 민간투자사업 건설공사 2공구 확인지반조사			발주처	서울시설관리공단 금천구 시설관리공단	시추번호	NH-7
위치	서울특별시 금천구 가산동 343-8			좌표 (m)	x: 189661.96672 y: 541062.817185 기준: (TM)	표고 (m)	15.67
시추완료일	2018-01-19	굴진심도 (GL,-m)	32	케이싱심도 (-m)	31	지하수위 (-m)	11.2
사용장비	P4000	시추방법		시추자	최낙준	조사자	김충현

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
4.3	11.37	4.30		매립토층 황갈색	자갈석인 실트질 모래 자갈직경 : 1~10cm 느슨-보통조밀, 습윤상태				13/30	
7.4	8.27	3.10		퇴적토층 황갈색	모래질 점토 견고 습윤상태		DS	6.3	11/30	
11.6	4.07	4.20		퇴적토층 담갈색	입도분포가 불량한 중립질 모래 느슨, 습윤상태				9/30	
16.7	-1.03	5.10		퇴적토층 담갈색	모래석인 자갈 자갈직경 : 1~7cm 보통조밀-조밀 포화상태				9/30	
									10/30	
									15/30	
									22/30	
									24/30	
									24/30	
									25/30	
									33/30	
									30/30	
									26/30	
									25/30	
									27/30	
									14/30	
									21/30	
									25/30	
									28/30	
									39/30	
									41/30	
									47/30	
									50/25	
									50/16	
									50/11	
									50/10	
									50/7	
									50/5	
									50/4	



범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 SC : 싱글코어 배럴

조사명	서부간선지하차도 민간투자사업 건설공사 2공구 확인지반조사			발주처	서울시설관리공단 금천구 시설관리공단	시추번호	NH-7
위치	서울특별시 금천구 가산동 343-8			좌표 (m)	x: 189661.96672 y: 541062.817185 기준: (TM)	표고 (m)	15.67
시추완료일	2018-01-19	굴진심도 (GL,-m)	32	케이싱심도 (-m)	31	지하수위 (-m)	11.2
사용장비	P4000	시추방법		시추자	최낙준	조사자	김충현

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
16.7	-1.03	5.10		퇴적토층 담갈색	모래석인 자갈 자갈직경 : 1~7cm 보통조밀-조밀 포화상태					
27	-11.33	10.30		풍화토층 황갈색	실트질 모래 보통조밀-매우조밀 습윤상태					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 SC : 싱글코어 배럴

서부간선지하차도 민간투자사업 건설공사 2공구 확인지반조사(NH-6)

조사명	서부간선지하차도 민간투자사업 건설공사 2공구 확인지반조사			발주처	서울시설관리공단 금천구 시설관리공단	시추번호	NH-7
위치	서울특별시 금천구 가산동 343-8			좌표 (m)	x: 189661.96672 y: 541062.817185 기준: (TM)	표고 (m)	15.67
시추완료일	2018-01-19	굴진심도 (GL,-m)	32	케이싱심도 (-m)	31	지하수위 (-m)	11.2
사용장비	P4000	시추방법		시추자	최낙준	조사자	김충현

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
27	-11.33	10.30		풍화토층 황갈색	실트질 모래 보통조밀-매우조밀 습윤상태					
31	-15.33	4.00		풍화암층 담갈색	편마암의 하부풍화대 굴진시 실트,모래로 분해 매우조밀, 습윤상태					
32	-16.33	1.00		연암층 암회색	편마암 암편상 코아회수, 약함 심한균열 및 절리발달					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 SC : 싱글코어 배럴

가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사(NH-1)

시 추 주 상 도 (서울특별시)

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-1
위치				좌표 (m)	x: 189879.6974 y: 541259.8074 기준: 미정	표고 (m)	20.02
시추완료일	19-12월-2004	굴진심도 (GL,-m)	26.1	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	4.9
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
1.5	18.52	1.50		매립토층 암갈색	노승 | 습윤 | 실트질 모래로 구성 | 부분적으로 전석 혼재					102030405
5.3	14.72	3.80		빌지도층 암회색-담갈색	연약-보통견고 | 점윤 | 모래섞인 실트로 구성 |					
7.2	12.82	1.90		퇴적토층 암회색	노승-보통조밀 | 습윤 | 세립내지 중립질의 모래로 구성					
10.9	9.12	3.70		빌지도층 암회색-담갈색	조밀 | 습윤 | 8.0~9.0m자갈코어 회수 | 9.50~10.50m자갈코어 회수 | 10.50~10.90m자갈코어 회수					
20.8	-0.78	9.90		중화토층 황갈색	보통조밀-조밀 | 습윤 | 실트질 모래로 구성 | 부분적으로 모암 조직 존재					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-1
위치				좌표 (m)	x: 189879.6974 y: 541259.8074 기준: 미정	표고 (m)	20.02
시추완료일	19-12월-2004	굴진심도 (GL,-m)	26.1	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	4.9
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
20.8	-0.78	9.90		중화토층 황갈색	보통조밀-조밀 | 습윤 | 실트질 모래로 구성 | 부분적으로 모암 조직 존재					
24.1	-4.08	3.30		중화암층 황갈색	매우조밀 | 표준관입시험 마격시 실트질 모래로 분해됨 | 부분적으로 역암층 존재 | 하부로 갈수록 단단해짐					
26.1	-6.08	2.00		연암층 -	심한근열 | 보통중화-심한중화 | 강함-보통강함 | 파쇄심함					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사(NH-1)

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-1
위치				좌표 (m)	x: 189879.6974 y: 541259.8074 기준: 미정	표고 (m)	20.02
시추완료일	19-12월-2004	굴진심도 (GL,-m)	26.1	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	4.9
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
26.1	-6.08	2.00		연암층 -	심한근열 | 보통중화-심한중화 | 강함-보통강함 | 파쇄심함					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사(NH-2)

시 추 주 상 도 (서울특별시)

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-2
위치				좌표 (m)	x: 189888.393 y: 541228.9758 기준: 미정	표고 (m)	20.03
시추완료일	21-12월-2004	굴진심도 (GL,-m)	27.8	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	4.9
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
1.6	18.43	-2.60		매립토층 암회색	느슨 | 습윤 | 실트질 모래로 구성 | 부분적으로 전석 혼재					102030405
4.2	15.83	-23.60		퇴적토층 암회색	연약-보통견고 | 점윤 | 실트로 구성 | UD채취:20.0~2.8m					
6.9	13.13	6.90		퇴적토층 암회색	느슨-보통조밀 | 습윤 | 실트섞인 중립질 모래로 구성					
11.3	8.73	4.40		심지도층 연회색-암갈색	조밀 | 습윤 | 모래 자갈로 구성 | 8.0~6.0m자갈코어회수 | 9.5~10.5m자갈코어회수 | 10.7~11.7m자갈코어회수					
22.5	-2.47	11.20		중화토층 황갈색	보통조밀-조밀 | 습윤 | 실트질 모래로 구성 | 부분적으로 모암 조직 혼재					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-2
위치				좌표 (m)	x: 189888.393 y: 541228.9758 기준: 미정	표고 (m)	20.03
시추완료일	21-12월-2004	굴진심도 (GL,-m)	27.8	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	4.9
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
22.5	-2.47	11.20		중화토층 황갈색	보통조밀-조밀 | 습윤 | 실트질 모래로 구성 | 부분적으로 모암 조직 혼재					
25.8	-5.77	3.30		중화암층 황갈색	마우조밀 | 습윤 | 표준관입시험 타격시 실트질 모래로 분해됨 | 부분적으로 역암층 존재 | 하부로 갈수록 단단해짐					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사(NH-2)

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-2
위치				좌표 (m)	x: 189888.393 y: 541228.9758 기준: 미정	표고 (m)	20.03
시추완료일	21-12월-2004	굴진심도 (GL,-m)	27.8	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	4.9
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
25.8	-5.77	3.30		중화암층 황갈색	마우조밀 | 습윤 | 표준관입시험 타격시 실트질 모래로 분해됨 | 부분적으로 역암층 존재 | 하부로 갈수록 단단해짐					
27.8	-7.77	2.00		연암층	심한균열 | 보통중화-심한중화 | 강함-보통강함 | 파쇄심함 | 단주상 및 장주상 코어회수					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사(NH-3)

시 추 주 상 도 (서울특별시)

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-3
위치				좌표 (m)	x: 189873.3872 y: 541196.5824 기준: 미정	표고 (m)	20.02
시추완료일	16-12월-2004	굴진심도 (GL,-m)	31.8	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	4.8
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
1.6	18.42	1.60		매립토층 암회색	느슨 | 습윤 | 실트질 모래로 구성 | 부분적으로 전석 혼재					10203040 5
3.8	16.22	2.20		피적토층 암회색	연약 | 점윤 | 점토질 실트로 구성 | UD채취:3.0~3.8m					
7.2	12.82	3.40		퇴적토층 암회색	느슨-보통조밀 | 습윤 | 실트섞인 세립 내지 중립질의 모래로 구성					
11.2	8.82	4.00		퇴적토층 황갈색	보통조밀-조밀 | 습윤 | 모래자갈로 구성 | 중립 내지 조립질의 모래로 구성 | 8.0~9.0m자갈코어회쉬 | 9.5~10.5m자갈코어회쉬 | 11.0~11.2m자갈코어회쉬					
23.9	-3.88	12.70		풍화토층 황갈색	보통조밀-조밀 | 습윤 | 실트질 모래로 구성 | 부분적으로 모암조직 존재					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-3
위치				좌표 (m)	x: 189873.3872 y: 541196.5824 기준: 미정	표고 (m)	20.02
시추완료일	16-12월-2004	굴진심도 (GL,-m)	31.8	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	4.8
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
23.9	-3.88	12.70		풍화토층 황갈색	보통조밀-조밀 | 습윤 | 실트질 모래로 구성 | 부분적으로 모암조직 존재					
29.8	-9.78	-2.00		풍화암층 황갈색	매우조밀 | 습윤 | 실트질 모래로 구성 | 표준관입시험 바꿔서 실트질 모래로 분해됨 | 부분적으로 적암층존재 | 하부로 갈수록 단단해짐					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사(NH-3)

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-3
위치				좌표 (m)	x: 189873.3872 y: 541196.5824 기준: 미정	표고 (m)	20.02
시추완료일	16-12월-2004	굴진심도 (GL,-m)	31.8	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	4.8
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
29.8	-9.78	-2.00		풍화암층 황갈색	매우조밀 | 습윤 | 실트질 모래로 구성 | 표준관입시험 바꿔서 실트질 모래로 분해됨 | 부분적으로 적암층존재 | 하부로 갈수록 단단해짐					
31.8	-11.78	7.90		연암층 -	매우심한균열 | 보통풍화-심한풍화 | 강함-보통강함 | 파쇄심함 | 단주상 및 장주상 코어회쉬					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사(NH-4)

시 추 주 상 도 (서울특별시)

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-4
위치				좌표 (m)	x: 189848.134 y: 541187.0946 기준: 미정	표고 (m)	20.03
시추완료일	20-12월-2004	굴진심도 (GL,-m)	34	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	4.8
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
1.9	18.13	1.90		매립토층 암갈색	노승 | 슬픈 | 실트질 모래로 구성 | 부분적 자갈 혼재					102030405
7	13.03	5.10		퇴적도층 연회색~황갈색	노승-보통조밀 | 슬픈 | 중립-조립의 모래로 구성					
11.3	8.73	4.30		퇴적도층 연회색~황갈색	조밀 | 슬픈 | 자갈 섞인 모래로 구성 | 8.0~9.0m자갈코어회수 | 9.5~10.5m자갈코어회수					
23.7	-3.67	12.40		퇴적도층 황갈색~연회색	보통조밀-조밀 | 슬픈 | 실트질 모래로 구성 | 부분적으로 모암조직 존재					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-4
위치				좌표 (m)	x: 189848.134 y: 541187.0946 기준: 미정	표고 (m)	20.03
시추완료일	20-12월-2004	굴진심도 (GL,-m)	34	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	4.8
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
23.7	-3.67	12.40		퇴적도층 황갈색~연회색	보통조밀-조밀 | 슬픈 | 실트질 모래로 구성 | 부분적으로 모암조직 존재					
30.1	-10.07	6.40		중화암층 황갈색	슬픈 | 실트질 모래로 구성 | 표준관입시험 타격시 실트질 모래로 분해됨 | 부분적으로 역암층 존재 | 하부로 갈수록 단단해짐					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사(NH-4)

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-4
위치				좌표 (m)	x: 189848.134 y: 541187.0946 기준: 미정	표고 (m)	20.03
시추완료일	20-12월-2004	굴진심도 (GL,-m)	34	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	4.8
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
30.1	-10.07	6.40		중화암층 황갈색	슬픈 | 실트질 모래로 구성 | 표준관입시험 타격시 실트질 모래로 분해됨 | 부분적으로 역암층 존재 | 하부로 갈수록 단단해짐					
34	-13.97	3.90		연암층 연회색	슬픈 | 매우심한균열 | 보통중화-심한중화 | 강함-보통강함 | 단주상 및 장주상 코어회수					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사(NH-5)

시 추 주 상 도 (서울특별시)

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-5
위치				좌표 (m)	x: 189841.036 y: 541211.5876 기준: 미정	표고 (m)	20.3
시추완료일	17-12월-2004	굴진심도 (GL.-m)	38.4	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	5.8
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS /cm	투수계수 / 표준관입시험
2.2	18.10	2.20		매립토층 / 회색	느슨 | 습윤 | 실트질 모래로 구성 | 부분적으로 현곡 흔재 | 부분적으로 암편 흔재					10 20 30 40 50
7.3	13.00	5.10		퇴적토층 / 암회색	보통조밀 | 습윤 | 실트섞인 모래로 구성 | 2.2~2.6m: 세립질모래 | 2.6~3.4m: 중립질모래 | 3.4~7.3m: 조립질모래					
12	8.30	4.70		풍화잔류토층 / 암회색	보통조밀~조밀 | 모래섞인 자갈로 구성					
21	-0.70	9.00		풍화암층 / 암회색	습윤 | 모래로 구성 | 부분적으로 역암이 흔재 | 하부로 갈수록 단단해짐					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 머블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 상글코어 배럴

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-5
위치				좌표 (m)	x: 189841.036 y: 541211.5876 기준: 미정	표고 (m)	20.3
시추완료일	17-12월-2004	굴진심도 (GL.-m)	38.4	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	5.8
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS /cm	투수계수 / 표준관입시험
21	-0.70	9.00		풍화암층 / 암회색	습윤 | 실트질 모래로 구성 | 표준관입시험 N=50/17 | 실트질 모래로 점차적 | 유간간 모암조직이 흔재 | 하부로 갈수록 단단해짐					
36.8	-16.50	15.80								

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 머블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 상글코어 배럴

가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사(NH-5)

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-5
위치				좌표 (m)	x: 189841.036 y: 541211.5876 기준: 미정	표고 (m)	20.3
시추완료일	17-12월-2004	굴진심도 (GL.-m)	38.4	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	5.8
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS /cm	투수계수 / 표준관입시험
36.8	-16.50	15.80		풍화암층 / 암회색	습윤 | 실트질 모래로 구성 | 표준관입시험 N=50/17 | 실트질 모래로 점차적 | 유간간 모암조직이 흔재 | 하부로 갈수록 단단해짐					
38.4	-18.10	1.60		연질층 / 암회색	마후성한곤질 | 보통풍화~심한풍화 | 압쇄~보통강절 | 단주상 및 장주상 코어 회수					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 머블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 상글코어 배럴

가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사(NH-6)

시 추 주 상 도 (서울특별시)

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-6
위치				좌표 (m)	x: 189813.4262 y: 541236.8614 기준: 미정	표고 (m)	20.16
시추완료일	18-12월-2004	굴진심도 (GL,-m)	33.6	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	4.9
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
1.9	18.26	-9.30		매립토층 황갈색	느슨 | 습윤 | 실트질 모래로 구성 | 부분적으로 자갈 혼재					102030405
6.9	13.26	-26.70		퇴적토층 암회색	보통조밀 | 습윤 | 세립 내지 조립질 모래로 구성 |					
11.2	8.96	4.30		퇴적토층 암회색	조밀 | 습윤 | 자갈 섞인 모래로 구성 | 8.0~9.0m 자갈코어회쉬 | 9.5~10.5m 자갈코어회쉬 | 10.7~11.2m 자갈코어회쉬 |					
29.8	-9.64	29.80		풍화토층 황갈색	보통조밀-조밀 | 습윤 | 실트질 모래로 구성 | 부분적으로 암편 혼재					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-6
위치				좌표 (m)	x: 189813.4262 y: 541236.8614 기준: 미정	표고 (m)	20.16
시추완료일	18-12월-2004	굴진심도 (GL,-m)	33.6	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	4.9
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
29.8	-9.64	29.80		풍화토층 황갈색	보통조밀-조밀 | 습윤 | 실트질 모래로 구성 | 부분적으로 암편 혼재					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사(NH-6)

조사명	가산동 LG전자 DA 연구소 증축공사			발주처		시추번호	NH-6
위치				좌표 (m)	x: 189813.4262 y: 541236.8614 기준: 미정	표고 (m)	20.16
시추완료일	18-12월-2004	굴진심도 (GL,-m)	33.6	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	4.9
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	정남훈

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
29.8	-9.64	29.80		풍화토층 황갈색	보통조밀-조밀 | 습윤 | 실트질 모래로 구성 | 부분적으로 암편 혼재					
31.9	-11.74	2.10		풍화암층 황갈색	습윤 | 실트질 모래로 구성 | 표준관입시험 타격시 실트질 모래로 분해됨 | 부분적으로 역암층 존재 | 하부로 갈수록 단단해짐					
33.6	-13.44	1.70		연암층 암회색	매우심한균열 | 보통풍화-심한풍화 | 강함-보통강함 | 단주상 및 장주상 코어 회쉬					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

강남순환 도시고속도로 2공구 기본설계(BH-19)

시 추 주 상 도 (서울특별시)

조사명	강남순환 도시고속도로 2공구 기본설계			발주처		시추번호	BH-19
위치				좌표 (m)	x: 189560.3888 y: 541272.1144 기준: 미정	표고 (m)	9.9
시추완료일	20-12월-1999	굴진심도 (GL.-m)	20	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	3.3
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	김서성

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec BLOWS/cm	투수계수 표준관입시험
1.2	8.70	-18.80		매립토층 암갈색	느슬 | 습윤 | 모래섞인 자갈					10 20 30 40 50
6.8	3.10	6.80		퇴적토층 암갈색	느슨~보통조밀 | 습윤 | 실트섞인 모래 | 자갈함유 | 세립 내지 중립질					
10.8	-0.90	4.00		퇴적토층 암갈색	보통조밀 | 습윤 | 모래섞인 자갈 | 중립 내지 조립질 | 자갈원마도 : subangular-angular					
12	-2.10	1.20		풍화토층 암갈색	보통조밀 | 습윤 | 점토質 | 황연풍화 | 실트섞인 모래					
20	-10.10	8.00		풍화암층 암갈색~회갈색	자무자질 | 습윤 | 심한풍화 | 절리발달로 심하게 파쇄되어 있으며					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 머블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

조사명	강남순환 도시고속도로 2공구 기본설계			발주처		시추번호	BH-19
위치				좌표 (m)	x: 189560.3888 y: 541272.1144 기준: 미정	표고 (m)	9.9
시추완료일	20-12월-1999	굴진심도 (GL.-m)	20	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	3.3
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	김서성

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec BLOWS/cm	투수계수 표준관입시험
20	-10.10	8.00		풍화암층 암갈색~회갈색	자무자질 | 습윤 | 심한풍화 | 초트모초상만마임의 풍화여 | 출입시 함명과 실트섞인 모래로 풍화 | 모임의 조직보존					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 머블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

강남순환 도시고속도로 2공구 기본설계(BH-20)

시 추 주 상 도 (서울특별시)

조사명	강남순환 도시고속도로 2공구 기본설계			발주처		시추번호	BH-20
위치				좌표 (m)	x: 189583.8798 y: 541256.4486 기준: 미정	표고 (m)	9.9
시추완료일	18-12월-1999	굴진심도 (GL.-m)	27	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	3
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	김서성

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec BLOWS/cm	투수계수 표준관입시험
1.2	8.70	-25.80		매립토층 암갈색	느슬 | 습윤 | 모래섞인 자갈 | 실트함유					10 20 30 40 50
5.3	4.60	4.10		퇴적토층 암갈색	느슨~보통조밀 | 습윤 | 실트섞인 모래 | 세립 내지 중립질					
8.19	1.71	2.89		퇴적토층 암갈색~회갈색	보통조밀 | 습윤 | 자갈섞인 모래 | 중립 내지 조립질					
13.5	-3.60	13.50		퇴적토층 암갈색~회갈색	보통조밀 | 습윤 | 모래섞인 자갈 | 중립 내지 조립질 | 자갈원마도 : subangular-angular | L : 15cm, 60-20mm					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 머블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

조사명	강남순환 도시고속도로 2공구 기본설계			발주처		시추번호	BH-20
위치				좌표 (m)	x: 189583.8798 y: 541256.4486 기준: 미정	표고 (m)	9.9
시추완료일	18-12월-1999	굴진심도 (GL.-m)	27	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	3
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	김서성

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec BLOWS/cm	투수계수 표준관입시험
13.5	-3.60			퇴적토층 암갈색~회갈색	보통조밀 | 습윤 | 모래섞인 자갈 | 중립 내지 조립질 | 자갈원마도 : subangular-angular | L : 15cm, 60-20mm					
27	-17.10	13.50		풍화암층 암갈색~회갈색	자무자질 | 습윤 | 심한풍화 | 초트모초상만마임의 풍화여 | 출입시 함명과 실트섞인 모래로 풍화 | 자갈함유로 인한 연경이 고초					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 머블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

강남순환 도시고속도로 2공구 기본설계(BH-20)

조사명	강남순환 도시고속도로 2공구 기본설계			발주처		시추번호	BH-20
위치				좌표 (m)	x: 189583.8798 y: 541256.4486 기준: 미정	표고 (m)	9.9
시추완료일	18-12월-1999	굴진심도 (GL.-m)	27	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	3
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	길서성

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS /cm	투수계수 / 표준관입시험
27	-17.10	13.50		풍화잔류, 퇴적암-입상이	아주조밀 | 습윤 | 심한풍화 | 혼합모래상편마암의 풍화대 | 줄진시 암편과 실트섞인 모래로 분위 | 차별풍화로 인한 연경이 고호					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 마틸코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

강남순환 도시고속도로 2공구 기본설계(BH-21)

시추주상도 (서울특별시)

조사명	강남순환 도시고속도로 2공구 기본설계			발주처		시추번호	BH-21
위치				좌표 (m)	x: 189652.0578 y: 541152.3838 기준: 미정	표고 (m)	10.1
시추완료일	18-12월-1999	굴진심도 (GL.-m)	33	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	3.7
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	길서성

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS /cm	투수계수 / 표준관입시험
1.4	8.70	1.40		자립토층 | 암갈색	느슨 | 습윤 | 모래섞인 자갈 | 실트함유					10 20 30 40 50
5.5	4.60	4.10		퇴적토층 | 황갈색	표층조밀 | 습윤 | 실트함유한 모래 | 세립-중립질					
11.2	-1.10	5.70		풍화잔류, 퇴적암-입상이	조밀-아주조밀 | 습윤 | 모래섞인 자갈 | 중립 내지 조립질 | 각압림마도 : subangular-angular					
13	-2.90	1.80		풍화잔류, 퇴적암-입상이	아주조밀 | 습윤 | 안투로 | 완전풍화 | 실트섞인 모래 |					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 마틸코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

조사명	강남순환 도시고속도로 2공구 기본설계			발주처		시추번호	BH-21
위치				좌표 (m)	x: 189652.0578 y: 541152.3838 기준: 미정	표고 (m)	10.1
시추완료일	18-12월-1999	굴진심도 (GL.-m)	33	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	3.7
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	길서성

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS /cm	투수계수 / 표준관입시험
13	-2.90	1.80		풍화잔류, 퇴적암-입상이	아주조밀 | 습윤 | 안투로 | 완전풍화 | 실트섞인 모래 |					
33	-22.90	20.00		풍화잔류, 퇴적암-입상이	아주조밀 | 습윤 | 심한풍화 | 혼합모래상편마암의 풍화대 | 줄진시 암편과 실트섞인 모래로 분위 | 차별풍화로 인한 연경이 고호					

범 례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 마틸코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

4.2 조사결과

강남순환 도시고속도로 2공구 기본설계(BH-21)

조사명	강남순환 도시고속도로 2공구 기본설계			발주처		시추번호	BH-21
위치				좌표 (m)	x: 189652.0578 y: 541152.3838 기준: 미정	표고 (m)	10.1
시추완료일	18-12월-1999	굴진심도 (GL.-m)	33	케이싱심도 (-m)		지하수위 (-m)	3.7
사용장비	-	시추방법		시추자	-	조사자	김서성

심도 (-m)	표고 (m)	층후	주상도	지반명 / 색조	현장관찰기록	코아회수율 (%)	시료번호 및 채취방법	심도 및 시료형태	cm/sec / BLOWS/cm	투수계수 / 표준관입시험
33	-22.90	20.00		공정연속 / 불감지 - 회갈지	마무조필 | 습윤 | 심한풍화 | 혼돈모호상면마암의 풍화대 | 출신시 암편과 실트석인 모래로 분위 | 차별풍화로 인한 연경이 고초					

범례

[시료형태] 자연시료 UNDISTRURBED / 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE / 코아시료 CORE SAMPLE

[채취방법] DS : 메니슨 샘플러 DC : 더블코어 배럴 / PS : 피스톤 샘플러 TC : 트리플코어 배럴 / SC : 싱글코어 배럴

☑ 인근지역 시추공 시추정보 자료분석 결과

표 4.1 과업지역 인근 시추조사자료 현황

구분	공 번	지층별 두께(m)						지반고 (EL.(+)m)	지하수위 (GL.(-)m)	수위분포 위치
		매립층	퇴적층	풍화토	풍화암	기반암	계			
①	NH-3	4.2	12.5	9.3	–	–	26.0	15.64	11.90	퇴적층
	NH-6	4.6	12.7	8.7	–	–	26.0	15.72	12.00	퇴적층
	NH-7	4.3	12.4	10.3	–	–	27.0	15.67	11.20	퇴적층
②	NH-1	1.5	9.4	9.9	–	–	20.8	20.02	4.90	퇴적층
	NH-2	1.6	9.7	11.2	–	–	22.5	20.03	4.90	퇴적층
	NH-3	1.6	9.6	12.7	–	–	23.9	20.02	4.80	퇴적층
	NH-4	1.9	9.4	12.4	–	–	23.7	20.03	4.80	퇴적층
	NH-5	2.2	9.8	9.0	–	–	21.0	20.30	5.80	퇴적층
	NH-6	1.9	9.3	18.6	–	–	29.8	20.16	4.90	퇴적층
③	BH-17	1.4	9.6	0.5	2.8	2.2	16.5	9.50	3.00	퇴적층
	BH-18	1.5	8.8	3.2	9.8	–	23.3	9.80	2.50	퇴적층
	BH-19	1.2	9.6	1.2	8.0	–	20.0	9.90	3.30	퇴적층
	BH-20	1.2	12.3	–	13.5	–	27.0	9.90	3.00	퇴적층
	BH-21	1.4	9.8	1.8	20.0	–	33.0	10.10	3.70	퇴적층

표 4.2 과업지역 지하수위 비교

지하수위	사업구간	인근지역
GL.(−)m	15.9~17.9	2.5~12.0
EL.(+)m	5.40~7.85	3.7~15.3

표 4.3 과업지역 인근 지층 현황

지 층	지 층 현 황
매립층	• 최상부층에 위치하고 1.2~4.6m의 두께로 분포하며, 실트질 모래, 모래섞인 자갈 등으로 구성되어 있으며, 부분적으로 전석이 함유되어 있음 • 표준관입시험 결과, N값은 9/30~13/30(회/cm)로 느슨~보통조밀한 상대밀도를 보임 • 색조는 암갈색, 암회색, 황갈색을 띄며, 함수상태는 습윤상태임
퇴적층	• 매립층 하부에서 8.8~12.7m의 두께로 분포하며, 모래질 점토, 모래섞인 실트, 실트질 모래, 세립 내지 중립질의 모래, 자갈섞인 모래, 모래섞인 자갈 등으로 구성됨 • 표준관입시험 결과, N값은 점성토층에서 9/30~15/30(회/cm)으로 견고한 연경도를 보이고, 모래 및 자갈층에서는 9/30~50/18(회/cm)로 느슨~매우조밀한 상대밀도를 보임 • 색조는 암갈색, 암회색, 황갈색을 띄며, 함수상태는 습윤상태임
풍화토	• 퇴적층 하부에서 0.5~18.6m의 두께로 분포하며, 실트섞인 모래로 구성됨 • 표준관입시험 결과, N값은 14/30~44/30(회/cm)으로 보통조밀~조밀한 상대밀도를 보임 • 색조는 황갈색, 암회색, 회갈색을 띠고 습윤상태임
풍화암	• 기반암(흑운모호상편마암)의 풍화암으로 완전풍화 상태로 지표 하 11.5~13.5m에서 분포하며, 2.8~20.0m의 두께를 확인 • 시추시 실트질 모래 및 암편으로 분해되며, 일부는 모암의 조직을 보유함
기반암	• 기반암(흑운모호상편마암)의 연암으로 지표 하 14.3m에서 분포하며, 2.2m의 두께를 확인 • 색조는 황갈색~회갈색을 띠며, 약간풍화~보통풍화, 강함~보통강함, 심한균열의 절리상태임

- 사업구간 인근지역의 지층분포는 매립층, 퇴적층, 풍화토, 풍화암, 기반암 순으로 사업구간의 지층분포와 유사하며, 심도 및 두께는 사업구간의 두께를 포함하여 분포한다. 인근지역의 지하수위는 GL.(−)2.5~12.0m(EL.(+)3.7~15.3m)로 퇴적층에 분포한다.
- 사업구간의 지하수위는 GL.(−)15.9~17.9m(EL.(+)5.40~7.85m)의 범위로 풍화토에 위치한다.
- 그러나, 기존 시추공은 1999년~2008년에 과거 최대 22년 이상 된 조사자료이고 부지조성으로 인한 지표면 표고가 변경되었을 것으로 예상되므로 금회 현장조사자료를 활용하여 안전성 검토를 진행하는 것이 타당할 것으로 판단된다.
- 인근지역 시추 조사자료는 지층분포의 경향을 파악하고 지하수위의 적정성 검토 등의 참고자료로 활용하는 것으로 계획하였다.

검토결과

· 지층현황 적용 ➜ 과업구간 현장 조사결과를 반영하여 안정성검토의 신뢰성 확보
· 지하수위 적정성 ➜ 인접지역 시추자료와 비교 검토 결과 유사한 경향을 보이므로 조사결과는 적정한 것으로 판단됨

4.2.6 구지형 분석

☑ 구지도 분석 결과

- 국토지리정보원 구지도를 통하여 과업구간 지형변화를 분석하였음.



검토결과

· 1970년 지형도에 의하면 사업구간은 서측에 위치한 안양천 주변으로 전답의 경작지가 분포하고 있다. 2016년 지형도에 의하면 안양천 주변으로 주거단지와 산업단지가 발달된 것을 확인할 수 있다. 또한 도로가 건설되고 정비되었으며, 지하철 1호선, 7호선 등의 노선이 추가되었다. 사업구간 동, 서, 북측의 산지는 규모가 줄어들고 산자락 주변은 주거단지로 활성화된 변화를 볼 수 있으며 안양천은 정비되어 굴곡이 완만해진 형상을 보인다.

☑ **위성사진 분석 결과**

- 시간 흐름에 따른 위성지도 분석을 통해 과업구간 현황변화를 분석하였음.
- 위성사진은 포털사이트에서 제공하는 자료를 활용하였으며, 2008년부터 현재까지 제공되는 사진을 통하여 분석하였음

2008년



2010년



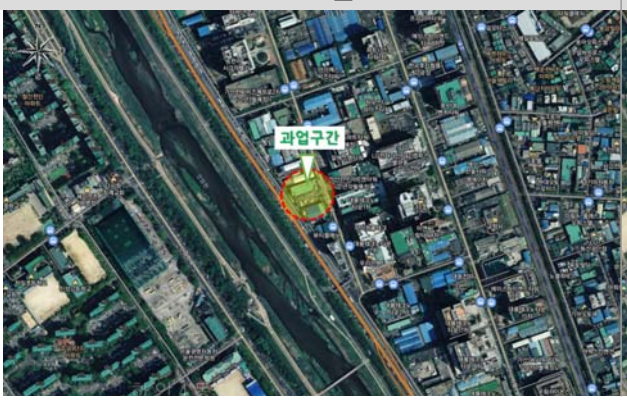
2011년



2015년



2016년



2018년



검토결과

· 사업구간은 안양천 부근의 구릉성 지대에 해당하는 것으로 보이며, 2008년 영상과 2018년 영상을 비교해 보면 현재는 안양천을 기준으로 동서측은 산업단지와 주거단지가 밀집되어 개발된 상태이다. 또한 개발로 인해 산자락 일부구간은 절토된 형상을 쉽게 볼 수 있으며 도로 및 지하철의 발달로 도로구간 노선을 구분할 수 있다.

4.3.1 설계지반정수 산정 개요

• 토질정수는 표준관입시험을 통해 조사된 N치와의 관계를 이용하여 결정하며, 측정된 N값을 모두를 적용하여 대표적인 지반정수를 산정할 수 없어 각 지층을 대표할 수 있는 대표 N치를 산정하여 적용함

지 층	지층구성	N치 범위	평균N치	비 고
매립층	자갈섞인 실트질 모래	2/30~5/15	11	
퇴적토(점토)	실트질 점토, 점토질 실트	2/30~8/30	5	
퇴적토(모래)	자갈섞인 실트질 모래 모래섞인 실트질 자갈	9/30~50/19	24	
풍화토(N<30)	실트질 모래	11/30~29/30	20	
풍화토(N≥30)	실트질 모래	26/30~50/12	46	
풍화암	굴진시 실트 및 모래로 분해됨	50/9~50/2	50	

• 지반조사결과시 조사된 퇴적토(자갈)층의 경우 NBH-1 시추공에서 4.0m의 층후로 존재함을 확인하였으며, 기존 시추공(BH-1~5)에서는 자갈섞인 모래로 조사된바 보수적인 안정성검토를 위해 자갈층은 퇴적토(모래)층으로 지층구분하여 반영함.

4.3.2 문헌조사 및 경험식에 의한 설계정수

☑ **문헌에 의한 지반정수 자료**

• 현장조사로 파악된 토사층의 합리적인 물리적 특성 및 전단강도 특성 파악을 위하여, 각종 설계기준서(건설공사 비탈면 설계기준, 도로설계요령, 구조물기초 설계) 및 여러 석학들(M.Das, Hunt 등)에 의해 발표된 자료 검토를 수행하였다.

표 4.4 자연지반 흙의 종류에 따른 단위중량, 점착력, 내부마찰각

종 류	재료의 상태	단위중량 (kN/㎥)	내부마찰각 (°)	점착력 (kPa)	USCS
자 갈	조밀한 것 또는 입도가 좋은 것	20.0	40.0	0	GW,GP
	조밀하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것	18.0	35.0	0	
자갈섞인 모래	조밀한 것	19.0	35.0	0	GW,GP
	조밀하지 않은 것	20.0	35.0	0	
모 래	조밀한 것 또는 입도가 좋은 것	20.0	35.0	0	SW,SP
	조밀하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것	18.0	30.0	0	
사질토	조밀한 것	19.0	30.0	30 이하	SM,SC
	조밀하지 않은 것	17.0	25.0	0	

p.부록5-37 참조 : 국도건설공사 설계실무요령 p324, 2016, 국토교통부

표 4.5 자연지반 흙의 종류에 따른 단위중량, 점착력, 내부마찰각(계속)

종 류	재료의 상태	단위중량 (kN/㎥)	내부마찰각 (°)	점착력 (kPa)	USCS
점성토	단단한 것 N=8~15 (손가락으로 세게 눌러 약간 들어감)	18.0	25.0	50.0	ML,CL
	약간 연한 것 N=4~8 (손가락으로 보통 힘으로 눌러 들어감)	17.0	20.0	30.0	
	연한 것 N=2~4(손가락이 쉽게 들어감)	16.0	15.0	15.0	
점토 및 실트	단단한 것 N=8~15 (손가락으로 세게 눌러 약간 들어감)	17.0	20.0	50.0	CH,MH ,ML
	약간 연한 것 N=4~8 (손가락으로 보통 힘으로 눌러 들어감)	16.0	15.0	30.0	
	연한 것 N=2~4(손가락이 쉽게 들어감)	14.0	10.0	15.0	

p.부록5-37 참조 : 국도건설공사 설계실무요령 p324, 2016, 국토교통부

표 4.6 서울지역의 지반별 지반정수의 적용범위

지반명	단위중량 (kN/㎥)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	탄성계수 (MPa)	포아송비	비 고
풍화토	17~20	0.0~100	25~30	20~40	0.5	
풍화암	20~22	100~300	30~35	100~200	0.3~0.4	
연 암	23~25	300~600	30~40	200~400	0.25~0.30	
보통암	24~26	600~1500	35~40	400~1000	0.25	
경 암	25~27	1500~2000	35~45	1000~4000	0.2	
극경암	26~27	2000~5000	40~45	4000~8000	0.2	

p.부록5-44 참조 : 지반조사편람 p4, 2006, 서울특별시

표 4.7 흙의 단위중량(kN/㎥)

토 질	느슨한 것	조밀한 것
모래 및 자갈	18.0	20.0
사질토	17.0	19.0
점성토	14.0	18.0

p.부록5-27 참조 : 도로교 설계기준 해설 (2008, 대한토목학회)

표 4.8 현장시험결과와 탄성계수 산정식

흙의 종류	SPT	CPT
모 래	$E_s = 766N$	
	$E_s = 500(N+15)$	$E_s = (2 \sim 4)q_c$
	$E_s = 18000 + 750N$	$E_s = 2(1+D_r)^2 q_c$
$E_s = (15200 \sim 22000)\ln N$		10,800
점토질 모래	$E_s = 320(N+15)$	$E_s = (3 \sim 6)q_c$
실트질 모래	$E_s = 300(N+6)$	$E_s = (1 \sim 2)q_c$
자갈섞인 모래	$E_s = 1200(N+6)$	–
연약 점토	–	$E_s = (6 \sim 8)q_c$
점 토 (c_u: 비배수전단강도)	$I_p > 30$ 또는 유기질 점토	$E_s = (100 \sim 500)c_u$
$I_p < 30$ 또는 견고한 점토	$E_s = (500 \sim 1500)c_u$	
$1 < OCR < 2$	$E_s = (800 \sim 1200)c_u$	

p.부록5-29 참조 : 구조물기초설계기준해설 p239, 2015, 국토교통부

표 4.9 서울지역의 지반별 지반정수의 적용범위

흙의 종류	탄성계수(kPa)	포아송 비
느슨한 모래	10,000 ~ 24,000	0.20 ~ 0.40
중간정도 촘촘한 모래	17,000 ~ 28,000	0.25 ~ 0.40
촘촘한 모래	35,000 ~ 55,000	0.30 ~ 0.45
실트질 모래	10,000 ~ 17,000	0.20 ~ 0.40
모래 및 자갈	69,000 ~ 172,000	0.15 ~ 0.35
연약한 점토	2,000 ~ 5,000	–
중간 점토	5,000 ~ 10,000	0.20 ~ 0.50
견고한 점토	10,000 ~ 24,000	–

p.부록5-29 참조 : 구조물기초설계기준해설 p238, 2015, 국토교통부

표 4.10 N값과 모래의 상대밀도 및 내부마찰각 관계(Terzaghi and Peck, 1948)

N	연경도	상대밀도 (Dr, %)	내부마찰각(°)	
			Peck	Meyerhof
0~4	매우 느슨	0~15	28.5이하	30이하
4~10	느슨	15~35	28.5~30.0	30.0~35.0
10~30	중간	35~65	30.0~36.0	35.0~40.0
30~50	조밀	65~85	36.0~41.0	40.0~45.0
50 이상	매우 조밀	85~100	41.0이상	45.0이상

p.부록5-29 참조 : 구조물기초설계기준해설 p153, 2015, 국토교통부

표 4.11 대표적인 암석의 성질

설명	단위중량		마찰각(°)	점착력	
	lb/ft^3	kN/m^3		lb/ft^2	kN/m^2
견고한 화성암 화강암, 현무암, 반암	160~190	25~30	35~45	720,000 ~1,150,000	35,000~ 55,000
변성암 규암, 편마암, 점판암	160~180	25~28	30~40	400,000~ 800,000	20,000~ 40,000
견고한 퇴적암 석회암, 백운석, 사암	150~180	23~28	35~45	200,000~ 600,000	10,000~ 30,000
연약한 퇴적암 사암, 석탄, 백악, 셰일	110~150	17~23	25~35	20,000~ 400,000	1,000~ 20,000

p.부록5-42 참조 : 암반사면공학(Rock Slope Engineering (1994, E. Hoek & W. Bray))

표 4.12 암반의 강도특성(고속철도 시방서 지반분류(안))

지반등급	일축압축강도 (MPa)	탄성파속도, Vp (km/sec)	변형계수 (MPa)	비 고
풍화암	< 5	< 1.2	100~400	
연암	5~25	1.2~2.5	400~1,000	
보통암	25~50	2.5~3.5	1,000~5,000	
경암	50~100	3.5~4.5	5,000~10,000	
극경암	> 100	> 4.5	> 10,000	

p.부록5-72 참조 : 토목기술자를 위한 암반역학(정형식, p.341)

☑ 지층별 투수계수 선정

• 침투해석을 위한 투수계수는 현장시추공에서 수행한 현장투수시험 결과를 적용하며, 투수시험을 실시하지 않은 대상층에서는 문헌자료와 설계적용사례 등을 종합적으로 검토하여 사용하였다.

관련문헌에 의한 투수계수 검토

표 4.13 Range fo Permeabilities of Natural Soils (J. Patrick Powers)

Description	USCS	Permeability	
		μ /sec	cm/sec
Openwork grave	GP	10,000 or higher	1.00e-00 이상
Uniform gravel	GP	2,000 ~ 10,000	2.00e-01 ~ 1.00e-00
Well graded gravel	GW	500 ~ 3,000	5.00e-02 ~ 3.00e-01
Uniform sand	SP	50 ~ 2,000	5.00e-03 ~ 2.00e-01
Well graded sand	SW	10 ~ 1,000	1.00e-03 ~ 1.00e-01
Silty sand	SM	10 ~ 50	1.00e-03 ~ 5.00e-03
Clayey sand	SC	1 ~ 50	1.00e-04 ~ 1.00e-03
Silt	ML	0.5 ~ 1.0	5.00e-05 ~ 1.00e-04
Clay	CL	0.1 ~ 0.0001	1.00e-05 ~ 1.00e-08

p.부록5-16 참조 : Construction dewatering : new methods and applications 2nd ed. p41, 1992

표 4.14 Typical Values of Hydraulic Conductivity of Saturated Soils (Braja M. Das)

Soil Type	k	
	cm/sec	ft/min
Clean grave	100 ~ 1.0	200 ~ 2.0
Coarse sand	1.0 ~ 0.01	2.0 ~ 0.02
Fine sand	0.01 ~ 0.001	0.02 ~ 0.002
Silty clay	0.001 ~ 0.00001	0.002 ~ 0.00002
Clay	< 0.000001	< 0.000002

p.부록5-18 참조 : Principles of Geotechnical Engineering, 4th ed. p164

표 4.15 각종 흙의 대표적 투수계수

투수계수(cm/s)	흙
10^{2} ~ 1	깨끗한 자갈
1 ~ 10^{-3}	깨끗한 모래, 깨끗한 모래와 자갈이 섞인 흙
10^{-3} ~ 10^{-7}	극 미립토사, 실트, 모래, 실트와 점토가 섞인 흙, 성층 있는 점토
10^{-7}미만	불투수층

p.부록5-23 참조 : 지반공학 이론과 실제, 천병식

표 4.16 지반 구성성분별 투수계수(Hough, 1957)

분 류	투수계수 k (cm/sec)
깨끗하고 입도가 양호한 실트질 모래와 자갈	1.00E-02
균등한 세립모래	4.00E-03
입도가 양호한 실트질 모래 및 자갈	4.00E-04
실트질 모래	1.00E-04
균등한 실트	5.00E-05
모래질 점토	5.00E-06
실트질 점토	1.00E-06
점토	1.00E-07

p.부록5-20 참조 : 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서, 2012, 한국시설안전공단

표 4.17 토질분류에 따른 투수계수(Terzaghi & Peck)

Soil Type	투수계수 k (cm/sec)	Relative Permeability
Grave	> 1.00e-01	High
Sandy Gravel Clean sand Fine sand	1.00e-01 ~ 1.00e-03	Medium
Sand Dirty sand Silty sand	1.00e-03 ~ 1.00e-05	Low
Silt silty clay	1.00e-05 ~ 1.00e-07	Very Low
Clay	< 1.00e-07	Practically Impermeable

p.부록5-20 참조 : 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서, 2012, 한국시설안전공단

표 4.18 토질분류에 따른 투수계수(Soil Mechanic SI version)

Soil Type	투수계수 k (cm/sec)	Soil Type	Relative Permeability
Coarse Gravel	1.10E-01	Coarse Sand	1.10E-04
Sandy Gravel	1.60E-02	Medium Sand	2.90E-05
Fine Gravel	7.10E-03	Fine Sand	9.60E-06
Silty Gravel	4.60E-04	Silt	1.50E-05

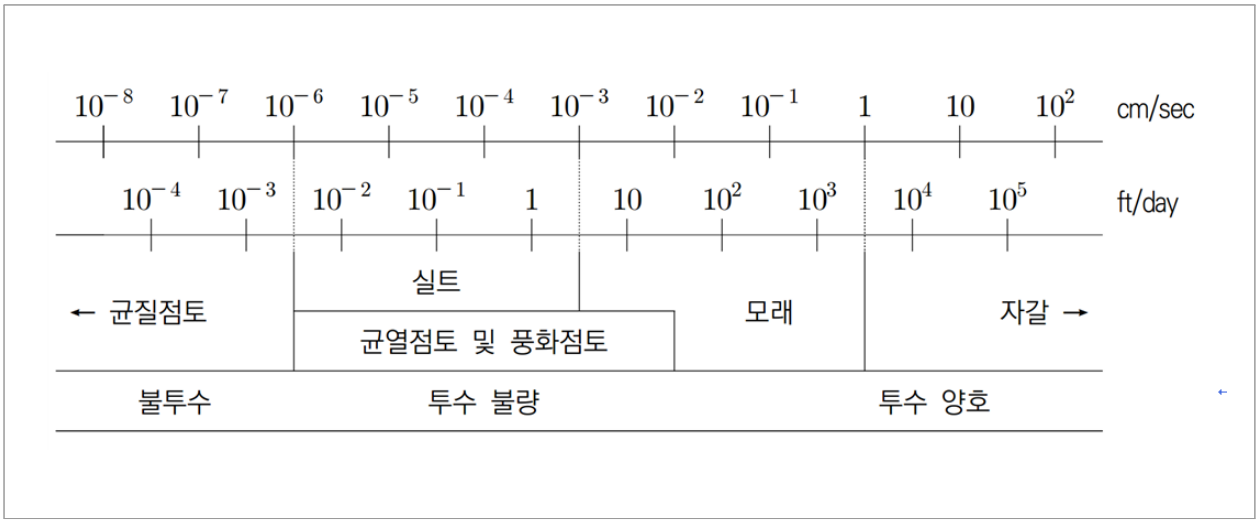
p.부록5-20 참조 : 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서, 2012, 한국시설안전공단

표 4.19 암반의 투수계수 (Brac, 1978)

Rock Type	k(cm/sec) for Rock	
	Laboratory	Field
Sandstone(사암) Navajo sandstone Berea sandstone Greywacke	3.0E-03 ~ 8.0E-08 2.0E-03 4.0E-05 3.2E-08	1.0E-03 ~ 3.0E-08 - - -
Shale(셰일) Pierre shale	1.0E-09 ~ 5.0E-13 5.0E-12	1.0E-08 ~ 1.0E-11 2.0E-09 ~ 5.0E-11
Limestone(석회석), Dolomite(백운석) Salem limestone	1.0E-05 ~ 1.0E-13 2.0E-06	1.0E-03 ~ 1.0E-07 -
Basalt(현무암)	1.0E-12	1.0E-02 ~ 1.0E-07
Granite(화강암)	1.0E-07 ~ 1.0E-11	1.0E-04 ~ 1.0E-09
Schist(편암) Fissured schist	1.0E-08 1.0E-04 ~ 3.0E-04	2.0E-07 -

p.부록5-20 참조 : 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서, 2012, 한국시설안전공단

표 4.20 흙의 입경에 따른 투수계수의 값



p.부록5-25 참조 : 토질역학, 2004, 김상규

☑ 경험식에 의한 강도정수 산정자료

- 흙의 강도정수(c, ϕ)는 기초의 안정성 및 구조물에 작용하는 토압 등 설계전반에 사용되는 지반정수로서 직접전단시험, 일축압축시험, 삼축압축시험을 실시하여 구하는 것이 합리적이지만, 입상재(Granular material or Cohesionless material)의 경우 원지반 상태의 강도정수를 추정하기는 매우 어려우며, 또한 많은 비용이 소요된다. 이에, 사질토의 전단강도정수는 표준관입시험(N치)를 토대로 산정하는 것이 일반적이다.
- 현장시험결과를 토대로 경험식을 적용하여 토사 및 풍화암, 연암의 전단강도와 변형계수를 검토하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

표 4.21 제안자별 점착력 및 내부마찰각 산정식

제안자	내부마찰각 산정식(°)	제안자	점착력 산정식(kN/㎡)
Dunham(모래)	$\phi = \sqrt{12N} + 20$	$\phi = 0,\ C = \frac{q_u}{2}$	
Meyerhof(모래)	$\phi = 0.25N + 32.5$		
Peck(모래)	$\phi = 0.3N + 27$	Terzaghi & Peck(점토)	$q_u = \frac{N}{0.082}$
Ohsaki(모래)	$\phi = \sqrt{12N} + 15$	Dunham(점토)	$q_u = \frac{N}{0.077}$
도로교 시방서(모래)	$\phi = \sqrt{15N} + 15$	Ohsaki(점토)	$q_u = 40 + \frac{N}{0.2}$

▮ 경험식에 의한 변형계수 산정식

표 4.22 제안자별 변형계수 산정식

제안자	변형계수 산정식				
Schmertmann	E = α N(×0.1 MPa)				
	구 분	매립토	세립/중립질 모래	조립질 모래	자갈질 모래/자갈
	α	4	7	10	12~15
Hisatake	E = 0.5N + 7(MPa)				
도로교표준시방서	E = 2.8N(MPa)				
Yoshinaka	0.678 $N^{0.998}$				
Bowles	모래	점토질 모래	실트질 모래	자갈질 모래	
	0.5(N+15)	0.32(N+15)	0.3(N+6)	1.2(N+6)	

☑ 경험식에 의한 강도정수 산정자료

- 흙의 강도정수(c, ϕ)는 기초의 안정성 및 구조물에 작용하는 토압 등 설계전반에 사용되는 지반정수로서 직접전단시험, 일축압축시험, 삼축압축시험을 실시하여 구하는 것이 합리적이지만, 입상재(Granular material or Cohesionless material)의 경우 원지반 상태의 강도정수를 추정하기는 매우 어려우며, 또한 많은 비용이 소요된다. 이에, 사질토의 전단강도정수는 표준관입시험(N치)를 토대로 산정하는 것이 일반적이다.
- 현장시험결과를 토대로 경험식을 적용하여 토사 및 풍화암, 연암의 전단강도와 변형계수를 검토하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

표 4.23 제안자별 점착력 및 내부마찰각 산정식

제안자	내부마찰각 산정식(°)	제안자	점착력 산정식(kN/㎡)
Dunham(모래)	$\phi = \sqrt{12N} + 20$	$\phi = 0,\ C = \frac{q_u}{2}$	
Meyerhof(모래)	$\phi = 0.25N + 32.5$		
Peck(모래)	$\phi = 0.3N + 27$	Terzaghi & Peck(점토)	$q_u = \frac{N}{0.082}$
Ohsaki(모래)	$\phi = \sqrt{12N} + 15$	Dunham(점토)	$q_u = \frac{N}{0.077}$
도로교 시방서(모래)	$\phi = \sqrt{15N} + 15$	Ohsaki(점토)	$q_u = 40 + \frac{N}{0.2}$

▮ 경험식에 의한 변형계수 산정식

표 4.24 제안자별 변형계수 산정식

<table>
<tr><th>제안자</th><th>변형계수 산정식</th></tr>
<tr><td>Schmertmann</td><td>E = α N(×0.1 MPa)
<table>
<tr><td>구 분</td><td>실트/모래질 실트</td><td>세립/중립질 모래</td><td>조립질 모래</td><td>자갈질 모래/자갈</td></tr>
<tr><td>α</td><td>4</td><td>7</td><td>10</td><td>12~15</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Hisatake</td><td>E = 0.5N + 7(MPa)</td></tr>
<tr><td>도로교표준시방서</td><td>E = 2.8N(MPa)</td></tr>
<tr><td>Yoshinaka</td><td>0.678 $N^{0.998}$</td></tr>
<tr><td>Bowles</td><td>
<table>
<tr><td>모래</td><td>점토질 모래</td><td>실트질 모래</td><td>자갈질 모래</td></tr>
<tr><td>0.5(N+15)</td><td>0.32(N+15)</td><td>0.3(N+6)</td><td>1.2(N+6)</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

경험식에 의한 강도정수 산정결과

표 4.25 경험식에 의한 점착력 산정결과(kPa)

구 분	N치	Terzaghi & Peck	Dunham	Ohsaki	범 위	평균
매립층	11	13.4	14.3	9.5	9.5~14.3	12.4
퇴적토(점토)	5	6.1	6.5	6.5	6.1~6.5	6.4
퇴적토(모래)	24	29.3	31.2	16.0	16.0~31.2	25.5
풍화토(N<30)	20	24.4	26.0	14.0	14.0~26.0	21.5
풍화토(N≥30)	46	56.1	59.7	27.0	27.0~59.7	47.6
풍화암	50	61.0	64.9	29.0	29.0~64.9	51.6

표 4.26 경험식에 의한 내부마찰각 산정결과(°)

구 분	N치	Ohsaki	Dunham	Peck	도로교	범 위	평균
매립층	11	26.5	31.5	30.3	27.8	26.5~31.5	29.0
퇴적토(점토)	5	22.7	27.7	28.5	23.7	22.7~28.5	25.7
퇴적토(모래)	24	32.0	37.0	34.2	34.0	32.0~37.0	34.3
풍화토(N<30)	20	30.5	35.5	33.0	32.3	30.5~35.5	32.8
풍화토(N≥30)	46	38.5	43.5	40.8	41.3	38.5~43.5	41.0
풍화암	50	39.5	44.5	42.0	42.4	39.5~44.5	42.1

표 4.27 경험식에 의한 변형계수 산정결과(MPa)

구 분	N치	Schmertmann	Hisatake	Bowles	도로교시방서	범 위	평균
매립층	11	13.2	12.5	20.4	30.8	12.5~30.8	19.2
퇴적토(점토)	5	6.0	9.5	13.2	14.0	6.0~14.0	10.7
퇴적토(모래)	24	28.8	19.0	36.0	67.2	19.0~67.2	37.8
풍화토(N<30)	20	24.0	17.0	31.2	56.0	17.0~56.0	32.1
풍화토(N≥30)	46	55.2	30.0	62.4	128.8	30.0~128.8	69.1
풍화암	50	60.0	32.0	67.2	140.0	32.0~140.0	74.8

4.3.3 설계사례

- 본 과업지역의 인근 설계 적용 사례를 조사하여 설계 지반정수 산정시 참고 자료로 활용하였다.
- 과업지역과 가장 인접한 위치에 있는 “금천시흥동 종합병원 신축공사” 위치는 다음과 같다.

인근지역 적용사례 위치도



표 4.28 과업지역 인근 지반정수

지층	γ (단위중량) (kN/㎥)	c(점착력) (kPa)	ϕ (내부마찰각) (°)	변형계수 (MPa)	지반반력계수 (kN/㎥)	v (포아송비)	투수계수 (cm/s)
매립층	18.0	0.0	25.0	15.0	13,280	0.35	9.24×10^{-4}
퇴적층(점토)	17.0	20.0	10.0	5.0	10,790	0.40	1.00×10^{-4}
퇴적층(모래)	18.0	0.0	28.0	20.0	18,290	0.35	4.54×10^{-4}
풍화토	19.0	19.8	27.0	35.0	27,500	0.30	7.68×10^{-5}
풍화암	21.0	26.7	31.0	234.0	39,500	0.28	2.45×10^{-4}
기반암(연암)	28.0	50.0	35.0	786.0	58,000	0.25	8.70×10^{-5}

4.3.4 설계지반정수 산정

단위중량 선정 및 선정사유

표 4.29 단위중량(kN/㎥) 선정결과 및 선정사유

지 층	지층구성	N값	문헌자료	설계적용사례	시험값	적용
매립층	자갈섞인 실트질 모래	11	17.0~20.0	18.0	–	18.0
퇴적토(점토)	실트질 점토, 점토질 실트	5	16.0~18.0	17.0	–	17.0
퇴적토(모래)	자갈섞인 실트질 모래 모래섞인 실트질 자갈	24	17.0~20.0	18.0	–	18.0
풍화토(N<30)	실트질 모래	20	17.0~20.0	19.0	–	19.0
풍화토(N≥30)	실트질 모래	46	17.0~20.0		–	19.0
풍화암	굴진시 실트 및 모래로 분해됨	50	20.0~22.0	21.0	–	20.0
기반암(연암)	편마암	–	23.0~25.0	28.0	26.685	26.0

* 매립층은 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 매우느슨~매우조밀한 상태의 상대밀도를 고려하여 18.0kN/㎥를 적용함.
* 퇴적층(점토)은 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 연약~보통 견고한 연경도를 고려하여 17.0kN/㎥를 적용함.
* 퇴적층(모래)은 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 느슨~보통 조밀한 상대밀도를 고려하여 18.0kN/㎥를 적용함.
* 풍화토(N<30)는 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 보통 조밀한 상대밀도를 고려하여 19.0kN/㎥를 적용함.
* 풍화토(N≥30)는 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 매우 조밀한 상대밀도를 고려하여 19.0kN/㎥를 적용함.
* 풍화암층은 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 매우 조밀한 상대밀도를 고려하여 20.0kN/㎥를 적용함.
* 연암층은 시험값을 참조하여 26.0kN/㎥를 적용함.

점착력 선정 및 선정사유

표 4.30 점착력(kPa) 선정결과 및 선정사유

지 층	지층구성	N값	문헌자료	설계적용사례	경험식(평균)	시험값	적용
매립층	자갈섞인 실트질 모래	11	0.0~30.0	0.0	9.5~14.3 (12.4)	18.9	18.0
퇴적토(점토)	실트질 점토, 점토질 실트	5	15.0~50.0	20.0	6.1~6.5 (6.4)	–	24.0
퇴적토(모래)	자갈섞인 실트질 모래 모래섞인 실트질 자갈	24	0.0~30.0	0.0	16.0~31.2 (25.5)	22.3	22.0
풍화토(N<30)	실트질 모래	20	0.0~100.0	19.8	14.0~26.0 (21.5)	16.40	16.0
풍화토(N≥30)	실트질 모래	46	0.0~100.0		27.0~59.7 (47.6	–	20.0
풍화암	굴진시 실트 및 모래로 분해됨	50	100.0~300.0	26.7	29.0~64.9 (51.6)	30.58	30.0
기반암(연암)	편마암	–	300.0~600.0	50.0	–	–	130.0

* 매립층은 현장시험값인 18.0kPa를 적용하였으며, 문헌자료범위에 포함되므로 적정함.
* 퇴적층(점토)은 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 구성 성분이 실트, 점토인 성분을 고려하여 24.0kPa를 적용
* 퇴적층(모래)은 현장시험값인 22.0kPa를 적용하였으며, 문헌자료범위에 포함되므로 적정함.
* 풍화토(N<30)는 현장시험값인 22.0kPa를 적용하였으며, 문헌자료버무이에 포함되므로 적정함.
* 풍화토(N≥30)는 인근설계적용사례인 20.0kPa를 적용하였으며, 문헌자료범위에 포함되므로 적정함.
* 풍화암층은 현장시험값인 30.0kPa를 적용하였으며, 문헌자료범위보다 하향값으로 적정함.
* 연암층은 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 보수적으로 설계에 적용되는 130.0kPa을 적용함.

마찰각 선정 및 선정사유

표 4.31 마찰각(°) 선정결과

지 층	지층구성	N값	문헌자료	설계적용사례	경험식(평균)	시험값	적용
매립층	자갈섞인 실트질 모래	11	25.0~30.0	25.0	26.5~31.5 (29.0)	27.5	27.0
퇴적토(점토)	실트질 점토, 점토질 실트	5	10.0~20.0	10.0	22.7~28.5 (25.7)	–	0.0
퇴적토(모래)	자갈섞인 실트질 모래 모래섞인 실트질 자갈	24	25.0~30.0	28.0	32.0~37.0 (34.3)	24.7	24.0
풍화토(N<30)	실트질 모래	20	25.0~30.0	27.0	30.5~35.5 (32.8)	26.20	26.0
풍화토(N≥30)	실트질 모래	46	25.0~30.0		38.5~43.5 (41.0)	–	28.0
풍화암	굴진시 실트 및 모래로 분해됨	50	30.0~35.0	31.0	39.5~44.5 (42.1)	31.51	31.0
기반암(연암)	편마암	–	30.0~40.0	35.0	–	–	33.0

* 매립층은 현장시험값인 27.0°를 적용하였으며, 문헌자료범위에 포함되므로 적정함.
* 퇴적층(점토)은 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 연약~보통견고한 연경도를 고려하여 0.0°을 적용하였으며, 문헌자료범위보다 하향값으로 적정함.
* 퇴적층(모래)은 현장시험값인 24.0°를 적용하였으며, 문헌자료범위보다 하향값으로 적정함.
* 풍화토(N<30)는 현장시험값인 26.0°를 적용하였으며, 문헌자료범위보다 하향값으로 적정함.
* 풍화토(N≥30)는 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하여 문헌자료값의 평균값을 적용함.
* 풍화암층은 현장시험값인 31.0°를 적용하였으며, 문헌자료범위에 포함되므로 적정함.
* 연암층은 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 TCR/RQD가 70~100%/0~61%인 점을 고려하여 33.0°를 적용하였으며, 문헌자료범위에 포함되므로 적정함.

변형계수 선정 및 선정사유

표 4.32 변형계수(MPa) 선정결과

지 층	지층구성	N값	문헌자료	경험식(평균)	설계적용사례	시험값	적용
매립층	자갈섞인 실트질 모래	11	10.0~24.0	12.5~30.8 (19.2)	15.0	5.23	5.0
퇴적토(점토)	실트질 점토, 점토질 실트	5	5.0~10.0	6.0~14.0 (10.7)	5.0	–	5.0
퇴적토(모래)	자갈섞인 실트질 모래 모래섞인 실트질 자갈	24	17.0~28.0	19.0~67.2 (37.8)	20.0	7.17	7.0
풍화토(N<30)	실트질 모래	20	35.0~55.0	17.0~56.0 (32.1)	35.0	–	24.0
풍화토(N≥30)	실트질 모래	46	35.0~55.0	30.0~128.8 (69.1)		66.9	66.0
풍화암	굴진시 실트 및 모래로 분해됨	50	100.0~400.0	32.0~140.0 (74.8)	234.0	192~275	190.0
기반암(연암)	편마암	–	200~1,000	–	786.0	2,030	2,030.0

* 매립층은 현장시험값인 5.0MPa를 적용하였으며, 문헌자료범위보다 하향값으로 적정함.
* 퇴적층(점토)은 문헌자료 및 설계적용사례를 적용하여, 5.0MPa를 적용하였으며 문헌자료범위의 최소값으로 적정함.
* 퇴적층(모래)은 현장시험값인 7.0MPa를 적용하였으며, 문헌자료범위보다 하향값으로 적정함.
* 풍화토(N<30)는 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 보통조밀한 상대밀도를 고려하여 24.0MPa을 적용하였으며, 문헌자료범위보다 하향값으로 적정함.
* 풍화토(N≥30)는 현장시험값인 66.0MPa를 적용하였으며, 문헌자료범위보다 하향값으로 적정함.
* 풍화암층은 보수적으로 현장시험값의 최소값인 190.0MPa를 적용하였으며, 문헌자료범위에 포함되므로 적정함.
* 연암층은 TCR/RQD가 70~100%/0~61%인 점을 고려하였으며. 현장시험값인 2,030MPa룰 적용함.

포아송비 선정 및 선정사유

표 4.33 포아송비 선정결과

지 층	지층구성	N값	문헌자료	설계적용사례	시험값	적용
매립층	자갈섞인 실트질 모래	11	0.25~0.40	0.35	–	0.38
퇴적토(점토)	실트질 점토, 점토질 실트	5	0.20~0.50	0.40	–	0.39
퇴적토(모래)	자갈섞인 실트질 모래 모래섞인 실트질 자갈	24	0.25~0.40	0.35	–	0.35
풍화토(N<30)	실트질 모래	20	0.30~0.45	0.30	–	0.34
풍화토(N≥30)	실트질 모래	46	0.30~0.45		–	0.34
풍화암	굴진시 실트 및 모래로 분해됨	50	0.28~0.40	0.28	–	0.33
기반암(연암)	편마암	–	0.25~0.30	0.25	–	0.28

* 매립층은 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 매우느슨~매우조밀한 상태의 상대밀도를 고려하여 0.38을 적용하였으며, 설계범위에 포함되므로 적정함.
* 퇴적층(점토)은 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 연약~보통견고한 연경도를 고려하여 0.39를 적용하였으며, 설계범위에 포함되므로 적정함.
* 퇴적층(모래)은 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 느슨~보통조밀한 상대밀도를 고려하여 0.35를 적용하였으며, 설계범위에 포함되므로 적정함.
* 풍화토(N<30)는 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 보통조밀한 상대밀도를 고려하여 0.34를 적용하였으며, 설계범위에 포함되므로 적정함.
* 풍화토(N>30)는 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 조밀한 상대밀도를 고려하여 0.34를 적용하였으며, 설계범위에 포함되므로 적정함.
* 풍화암층은 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 매우 조밀한 상대밀도를 고려하여 0.33을 적용하였으며, 설계범위에 포함되므로 적정함.
* 기반암(연암) 문헌자료 및 설계적용사례를 참조하고 TCR/RQD가 70~100%/0~61%인점을 고려하여 0.28을 적용하였으며, 설계 범위에 포함되므로 적정함.

투수계수 선정 및 선정사유

표 4.34 투수계수 선정결과(cm/sec)

지층	구성성분	문헌자료	인근 설계사례	현장시험 값	적용
매립층	자갈섞인 실트질 모래	1.0×10^{-3} ~ 1.0×10^{-5}	9.24×10^{-4}	–	1.8×10^{-3}
퇴적층(점토)	실트질 점토	1.0×10^{-4} ~ 1.0×10^{-6}	1.00×10^{-4}	2.04×10^{-4}	2.0×10^{-4}
퇴적층(모래)	실트질 모래 및 모래섞인 자갈	1.0×10^{-3} ~ 1.0×10^{-5}	4.54×10^{-4}	1.61×10^{-3} ~ 5.68×10^{-4}	1.6×10^{-3}
풍화토(N<30)	실트질 모래	1.0×10^{-3} ~ 1.0×10^{-5}	7.68×10^{-5}	2.71×10^{-4}	2.7×10^{-4}
풍화토(N≥30)	실트질 모래	1.0×10^{-3} ~ 1.0×10^{-5}		3.16×10^{-4}	3.1×10^{-4}
풍화암	실트질 모래 및 암편	$1.0\times10^{-0}3$ ~ 1.0×10^{-05}	2.45×10^{-4}	4.18×10^{-5}	4.2×10^{-5}
연 암	편마암류	1.0×10^{-4} ~ 1.0×10^{-9}	8.70×10^{-5}	5.97×10^{-5} ~ 2.43×10^{-5}	5.9×10^{-5}
차수그라우팅	–	–	–	–	1.0×10^{-5}

* 매립층은 문헌자료 및 인근설계사례를 참고하여 보수적으로 1.8×10^{-3}을 적용함.
* 퇴적층(점토)는 시험값을 적용하여 현장특성을 반영하였으며 문헌자료 범위내 포함되므로 적정함.
* 퇴적층(모래)는 시험값의 최대값을 적용하여 현장특성을 반영하였으며 문헌자료 범위내 포함되므로 적정함.
* 풍화토층(N<30)은 시험값을 적용하여 현장특성을 반영하였으며 문헌자료 범위내 포함되므로 적정함.
* 풍화토층(N≥30)은 시험값을 적용하여 현장특성을 반영하였으며 문헌자료 범위내 포함되므로 적정함.
* 풍화암층은 시험값을 적용하여 현장특성을 반영하였으며 문헌자료 범위내 포함되므로 적정함.
* 연암층은 시험값의 최대값을 적용하여 현장특성을 반영하였으며 문헌자료 범위내 포함되므로 적정함.
* 설계적용 차수그라우팅의 투수계수는 가설공사 표준시방서(국토교통부 2016)을 준수하여 1×10^{-5}cm/sec를 적용

수평지반반력계수 산정

표 4.35 Hukuoka 법 및 Solentanche 도표

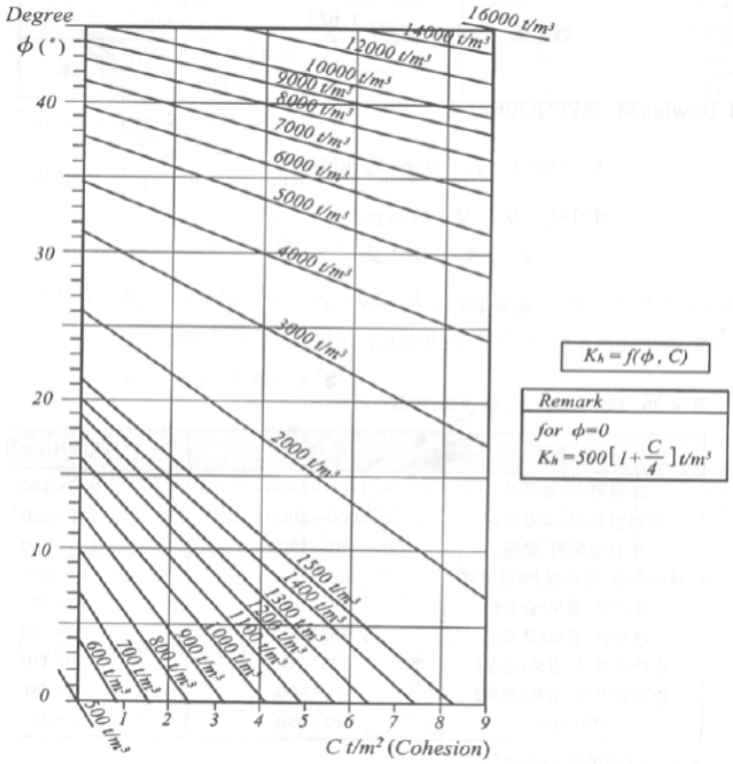
지 층		횡방향 지반반력계수(Kh)의 추정방법
사질토 지반	hukuoka 법	$Kh = 0.691\ N^{0.406}$ (kgf/㎠)
사질토 및 점성토	Solentanche 도표 법	

표 4.36 토사 및 기반암의 수평지반반력계수 산정

지 층	Hukuoka경험식 (kN/㎥)	Soletanche Table (kN/㎥)	인근설계적용K_h (kN/㎥)	설계적용K_h (kN/㎥)
매립층	18,293	18,000	13,280	18,000
퇴적층(점토)	13,282	11,500	10,790	11,000
퇴적층(모래)	25,110	26,500	18,290	25,000
풍화토(N<30)	23,318	27,500	27,500	23,000
풍화토(N≥30)	33,827	30,000		30,000
풍화암	33,800	39,500	39,500	33,000
기반암(연암)	–	58,000	58,000	58,000

* Hukuoka경험식 및 Soletanche 도표법의 결과 중 보수적인 값을 적용

☑ 지층별 설계지반정수 산정요약

표 4.37 설계지반정수 산정결과 요약

지층	γ (단위중량) (kN/㎥)	c(점착력) (kPa)	ϕ (내부마찰각) (°)	변형계수 (MPa)	지반반력계수 (kN/㎥)	v (포아송비)	투수계수 (cm/s)
매립층	18.0	**18.0***	**27.0***	**5.0***	18,000	0.38	**1.8×10^{-3}***
퇴적층(점토)	17.0	24.0	0.0	5.0	11,000	0.39	**2.0×10^{-4}***
퇴적층(모래)	18.0	**22.0***	**24.0***	**7.0***	25,000	0.35	**1.6×10^{-3}***
풍화토(N<30)	19.0	**16.0***	**26.0***	24.0	23,000	0.34	**2.7×10^{-4}***
풍화토(N≥30)	19.0	20.0	28.0	**66.0***	30,000	0.34	**3.1×10^{-4}***
풍화암	20.0	**30.0***	**31.0***	**190.0***	33,000	0.33	**4.2×10^{-5}***
기반암(연암)	**26.0***	130.0	33.0	**2,030.0***	58,000	0.28	**5.9×10^{-5}***

* "1차_금천구 가산동 345-48번지 지식산업센터 신축개발사업부지 지반조사보고서" 및 "2차_가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사보고서" 시험값 적용

PART
05

지하수 변화에 의한 영향검토

5.1 지하수 수리특성 분석

5.2 광역지하수 흐름 분석

5.3 침투해석에 의한 지하수 흐름 분석

5.1 지하수 수리특성 분석

5.1.1 검토내용

- 가산동 345-48 데이터센터 신축공사 시 굴착공사에 따른 지하수 유동 변화를 예측하기 위해 기존자료(수계 및 정천 현황, 관측망을 통한 지하수위 현황 등)의 분석, 지하수 관련 현장시험 등을 활용하여 굴착 대상지역의 지하수위, 수리특성 등을 파악하여 굴착에 의한 지하수 흐름을 검토한다.
- 상세 평가로 유한요소법을 이용한 2차원 지하수 해석을 수행하였다. 주요 검토사항은 다음과 같다.

표 5.1 주요 검토 사항

검토 항목	주요 검토사항	비 고
기본 조사	· 지하수 이용시설, 수리수문, 지표수, 강수량	
상세 평가	· 강우강도에 따른 지하수위 상승 검토 · 단계별 굴착에 따른 지하수위 저하 검토 · 굴착 단계별 간극수압산출 및 응력해석과의 연계 검토	유한요소해석

5.1.2 검토방법

- 해당 지역의 강우강도 및 기초현황조사를 근거로 Midas GTS NX 프로그램 등을 이용한 모델링 및 경계조건 설정을 통해 정부정류상태 분석으로 경시별 수위분포 및 간극수압 분포를 분석하였다.
- 지하수 침투해석(Seepage)는 Darcy의 연속방정식을 전제로한 지배방정식을 이용하여 지반내 지하수의 거동을 해석하며, 지반안전성 평가시 간극수압분포를 활용하여 지반변형을 검토하는 데 기본자료로 활용하였다.

5.1.3 기존자료 분석

☑ **개 요**

- 현재 우리나라는 국가지하수 관측망 구축을 위해 1995년~2018년까지 전국에 442개소의 지하수 관측소를 설치하였으며, 1996년부터 자동 관측 장비를 이용하여 지하수위, 수온, 전기전도도 등을 장기관측하고 있다.
- 지하수위 변동의 일반적인 원인은 강우에 의한 패턴을 분석을 통하여 분석하는데, 강우와의 상관관계에 따라 분류한 수위변화 패턴은 다음과 같이 크게 3가지로 구분된다(국가 지하수관측망 운영관리 최적화 방안 연구 보고서, 2004). 개별 관측자료에 대한 유형의 구분은 3가지 형태 중의 한가지로 결정되지만 이는 단정적인 의미보다는 그 유형에 가깝거나 특정 양상이 우세하다는 의미로 받아들이는 것이 바람직하다.
  - Type 1 : 강우에 민감하게 반응하는 형태
  - Type 2 : 강우에 일정한 시차를 가지며 완만하게 반응하는 형태
  - Type 3 : 강우와는 특별한 상관성이 나타나지 않는 형태

☑ 지하수 변동량 조사

관측망 조사 위치

• 과업지역에서 가장 근접하여 위치하는 것으로 조사된 국가지하수관측망 2개소, 보조지하수관측망 3개소 및 하천수위관측망 1개소의 연간 변동량을 조사하였으며, 조사위치는 다음과 같다.

국가 및 보조 지하수 관측망 위치



표 5.2 지하수 관측소 정보

지하수 관측소		표고 EL.(+)m	위치	이격거리	비고
국가지하수	광명 철산	11.16	경기도 광명시 철산동 15	2.6km	
	광명 소하	14.47	경기도 광명시 소하동 1346	2.6km	
보조지하수	구로구청	13.15	서울특별시 구로구 구로동 435	2.8km	
	안천중학교	12.96	서울특별시 금천구 독산동 1089	1.3km	
	군인아파트	22.38	서울특별시 금천구 독산동 1011-26	1.5km	
하천수위	서울시(오금교)	-	서울특별시 양천구 신정동 오금교	4.3km	

검토결과

· 과업위치 인근에서 유효한 지하수 관측자료를 획득할 수 있는 지하수 관측망은 광명 철산, 광명 소하 국가지하수, 구로구청, 안천중학교, 군인아파트 보조지하수관측망과 서울시(오금교) 수위관측소로 확인됨

⇨ 설계 지하수위 산정을 위한 기초자료로 활용

5.1 지하수 수리특성 분석

지하수 변동량 조사결과

- 국가지하수정보센터에서 제공하는 '2020년 지하수관측연보'를 활용하고, 보조관측망은 조사일로부터 연간의 수위변화를 조사하였다.

광명 철산 국가 관측소 2020년 지하수관측연보

광 명 철 산 측 정 소

(암 반 층, 충 적 층 지 하 수)

측정소 제원	위 치	경기 광명시 철산동 15				측정공코드	암반	GG-GMG-L1-0001	
							충적	GG-GMG-L1-0002	
						위경도	암반	37°29′18″	126°52′05″
							충적	37°29′18″	126°52′05″
	지표고도(EL.m)	암반	11.16	심도(m)	암반	84.00	물시료채취	05/23	09/23
		충적	11.16		충적	13.50			

	구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	2019년
암반	수위 (EL.m)	평균	5.00	4.98	4.99	5.04	4.90	4.96	4.89	5.03	5.04	4.91	4.96	4.83	4.96
		최고	5.12	5.11	5.08	5.12	4.98	5.14	5.17	5.51	5.49	5.03	5.25	4.88	5.51
		최저	4.93	4.92	4.93	4.96	4.85	4.88	4.75	4.89	4.89	4.86	4.88	4.81	4.75
	수온 (℃)	평균	15.1	15.1	15.1	15.2	15.2	15.2	15.1	15.1	15.1	15.1	15.2	15.2	15.1
		최고	15.1	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2
		최저	15.1	15.1	15.1	15.1	15.2	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.2	15.2	15.1
	전 기 전도도 (μS/㎝)	평균	709	706	694	694	695	700	700	700	701	701	699	701	700
		최고	713	708	696	694	700	701	701	702	702	701	701	702	713
		최저	706	692	692	693	693	698	698	699	701	700	698	701	692
충적	수위 (EL.m)	평균	5.08	5.06	5.01	5.07	4.92	4.98	4.88	5.03	5.03	4.90	4.95	4.83	4.98
		최고	5.10	5.15	5.10	5.15	5.00	5.16	5.17	5.51	5.49	5.01	5.23	4.87	5.51
		최저	5.06	5.01	4.95	4.99	4.88	4.88	4.72	4.89	4.88	4.85	4.87	4.80	4.72
	수온 (℃)	평균	16.4	16.3	15.8	15.4	15.1	14.9	15.0	15.2	15.7	16.4	16.6	16.7	15.8
		최고	16.5	16.4	16.0	15.6	15.2	15.0	15.1	15.4	16.0	16.6	16.7	16.8	16.8
		최저	16.4	16.0	15.6	15.3	15.0	14.9	14.9	15.1	15.4	16.0	16.5	16.7	14.9
	전 기 전도도 (μS/㎝)	평균	706	693	676	676	677	675	697	704	703	705	695	695	692
		최고	714	700	687	687	711	684	705	706	708	705	704	699	714
		최저	698	678	669	671	663	670	682	703	702	704	687	689	663

암반	연평균 : EL.+4.96m	최고 : EL.+5.51m	최소 : EL.+4.75m	변동량 : 0.76m
충적	연평균 : EL.+4.98m	최고 : EL.+5.51m	최소 : EL.+4.72m	변동량 : 0.79m

광명 소하 국가 관측소 2020년 지하수관측연보

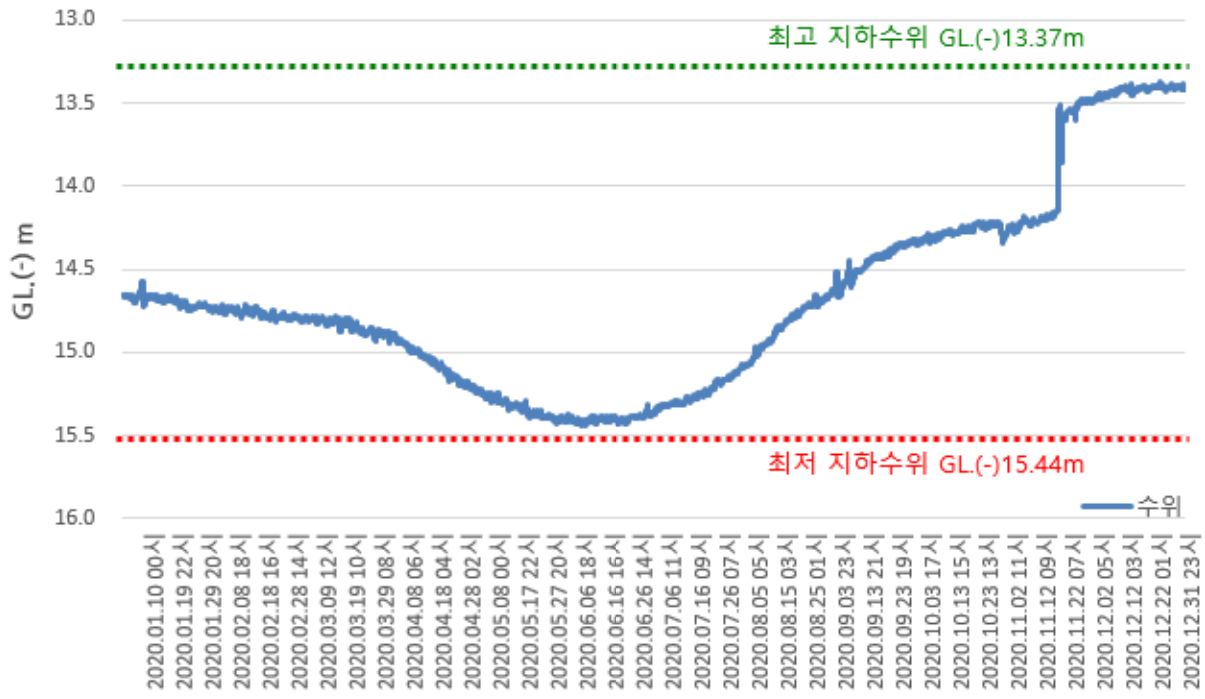
광 명 소 하 측 정 소
(암 반 층 지 하 수)

측정소 제원	위 치	경기 광명시 소하동 1346			측정공코드	GG-GMG-L1-0003	
					위경도	37° 26′ 38″	126° 53′ 46″
	지표고도(EL.m)	14.47	심도(m)	100.00	물시료채취	05/23	09/23

구분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	2019년
수위 (EL.m)	평균	8.50	8.45	8.44	8.46	8.48	8.52	8.54	8.69	8.77	8.72	8.70	8.67	8.58
	최고	8.54	8.48	8.46	8.47	8.50	8.53	8.63	8.72	8.83	8.75	8.73	8.70	8.83
	최저	8.47	8.44	8.44	8.46	8.46	8.50	8.52	8.67	8.70	8.70	8.69	8.64	8.44

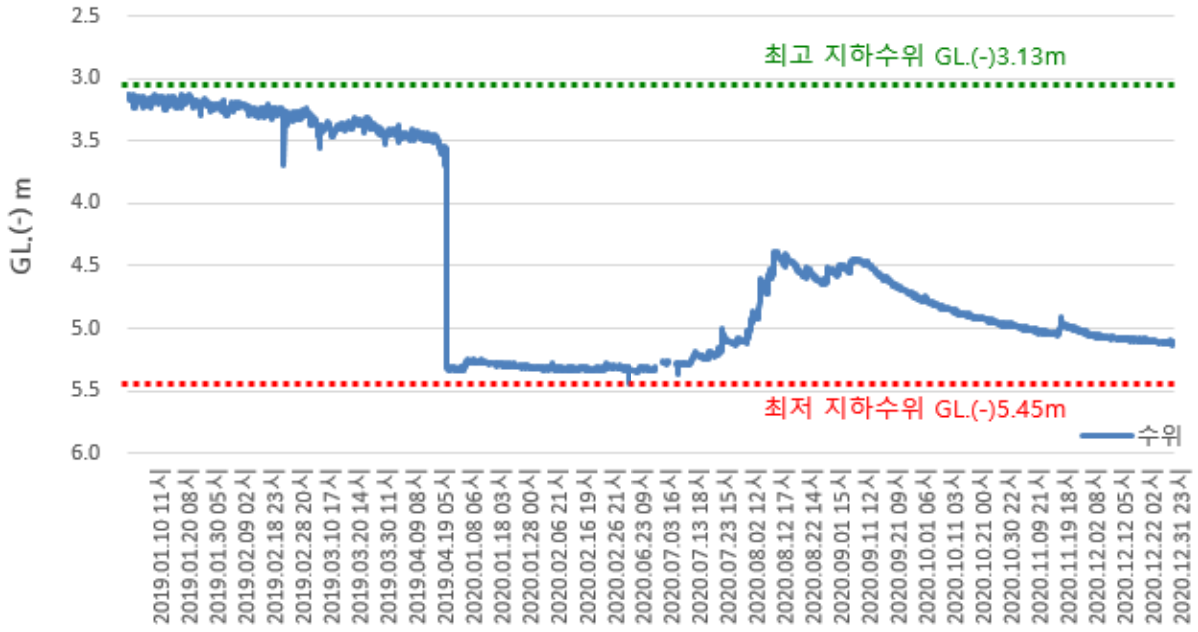
연평균 : EL.+8.58m　　최고 : EL.+8.83m　　최소 : EL.+8.44m　　변동량 : 0.39m

구로구청 보조 관측소 지하수위 그래프(2020.01~2020.12)



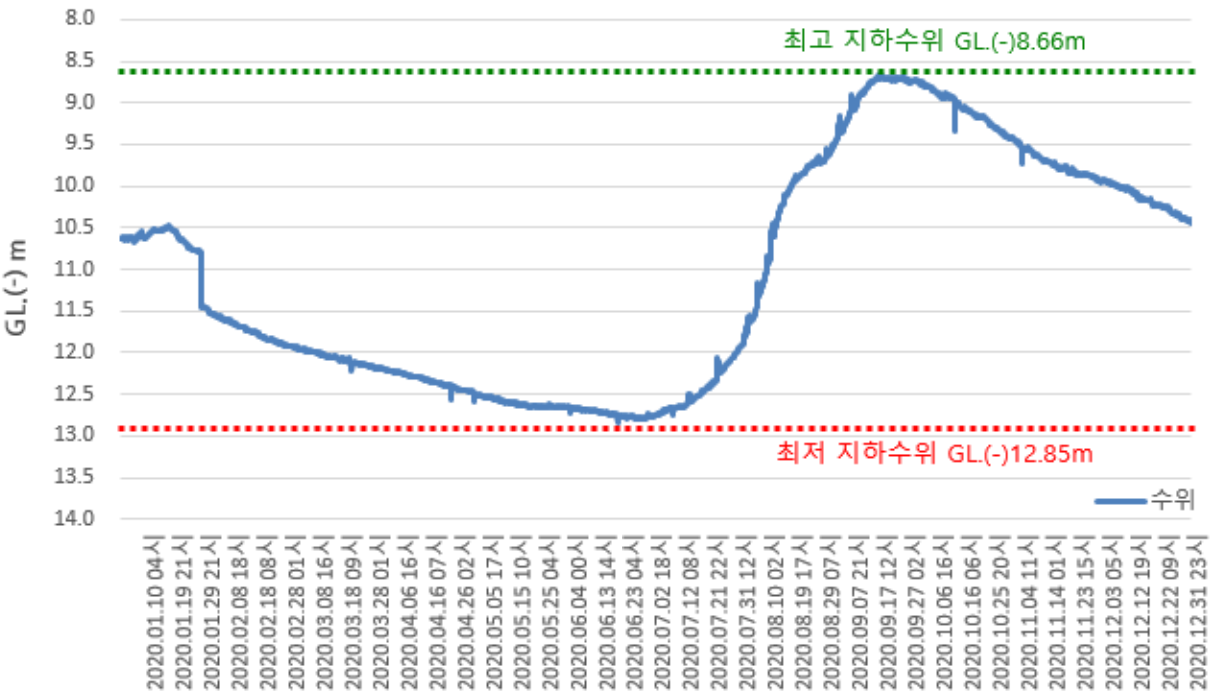
연평균 : GL.-14.69m　　최고 : GL.-13.37m　　최저 : GL.-15.44m　　변동량 : 2.07m

안천중학교 보조 관측소 지하수위 그래프(2020.01~2020.12)



연평균 : GL.-4.48m　　최고 : GL.-3.13m　　최저 : GL.-5.45m　　변동량 : 2.32m

군인아파트 보조 관측소 지하수위 그래프(2020.01~2020.12)



연평균 : GL.-11.07m　　최고 : GL.-8.66m　　최저 : GL.-12.85m　　변동량 : 4.19m

검토결과

· 국가 지하수 관측망 지하수위 측정자료 검토결과 최대 변동폭 : 0.79m

· 보조 지하수 관측망 지하수위 측정자료 검토결과 최대 변동폭 : 4.19m

⇨ 관측망 지하수위 최대 변동폭은 보조 관측망에서 4.19m로 확인

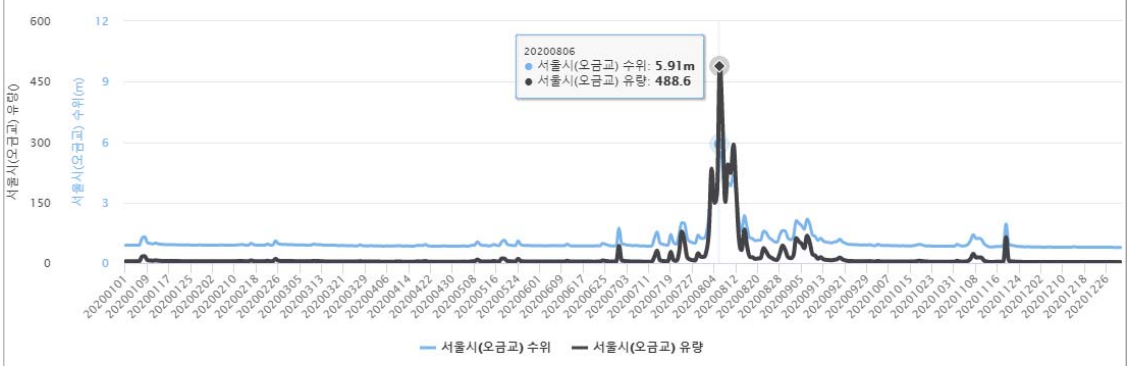
☑ 하천수위 관측망 조사

• 과업위치에서 가장 인접한 하천수위 관축소인 서울시(오금교) 관측소를 분석하였으며, 조사 결과는 다음과 같다.

하천수위 관측소(오금교) 위치



표 5.3 하천수위 조사결과

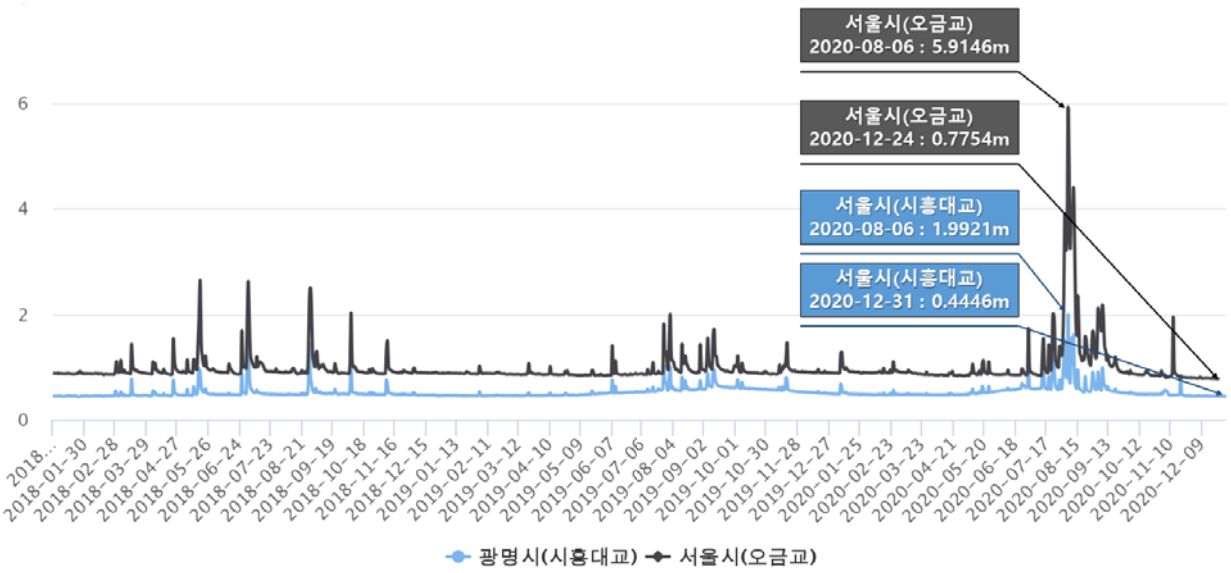
관측소	서울시(오금교) 수위 관측소 지하수위 그래프(2020.01~2020.12)			
서울시 (오금교)				
	–	연최고 : +5.91m	연최저 : +0.77m	변동폭 : 5.14m

검토결과	· 과업지역 인근 하천수위 관측망인 서울시(오금교) 관측소 하천수위 변화를 조사하였고 최고수위는 5.91m 최저수위는 0.77m로 연간 변동폭은 5.14m로 확인되었다. ➜하천수위 연간변동폭은 5.14m로 조사됨

☑ 인접하천 수위변동 조사

- 하천수위는 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)의 제공된 관측자료를 인용하여 사업부지 인접한 안양천의 서울시(오금교), 서울시(시흥대교)의 최근 3년간(2018~2020년) 관측된 일평균 수위자료를 활용하였다.
- 검토결과 서울시(오금교)의 최근 3년 중 연중 하천수위 변동폭은 0.7754m~5.9146m로 나타났으며, 2020년 08월 06일에 최고 하천수위 EL.(+)5.9146m, 최저 하천수위 EL.(+)0.7754m로 하천수위 변동 폭(최고-최저)은 5.3192m로 나타났다.
- 서울(시흥대교)의 최근 3년 중 연중 하천수위 변동폭은 0.4446m~1.9921m로 나타났으며, 2020년 08월 06일에 최고 하천수위 EL.(+)1.9921m, 최저 하천수위 EL.(+)0.4446m로 하천수위 변동 폭(최고-최저)은 1.5475m로 나타났다.

일평균 수위 자료 결과



검토결과

· 과업지역 인접하천의 3년(2018년~2020년)간의 일수위자료 검토결과 최대변동폭 5.3192m로 조사됨

➜침투해석을 통한 지하수위 상승고 검토결과와 비교하여 최대값을 연간 변동폭으로 적용

☑ 인접하천 계획 홍수위 조사

- 인접하천의 계획 홍수위 조사를 위해 안양천 하천기본계획(변경)보고서를 참고하였으며, 사업부지 인근의 제방고(우안)는 EL.+15.74m이며, 계획홍수위는 EL.+14.61m로 조사되었다.
- 사업부지에서 인접하천는 약 45.0m 이격되어 있으며, 제방고(우안)과 계획홍수위 조사결과 1.13m의 제방 여유고를 확보하는 것으로 계획되어있다.

인접하천 홍수위 조사 결과

하천명	측점 (No.)	구측점 (No.)	구간거리 (m)	계획홍수량 (m^3/s)	계획홍수위 (EL.m)	하 폭 (m)		기설제방고(EL.m)		비 고
						현재	계획	좌 안	우 안	
안양천	9+697	38+228	228	1,620	14.45	150	150	15.52	15.52	철산교
	9+723	39	26	1,620	14.46	159	-	15.62	15.58	
	9+959	40	236	1,620	14.49	157	-	15.78	15.65	
	10+203	41	244	1,620	14.53	158	-	15.80	15.64	
	10+452	42	249	1,620	14.57	156	-	15.92	15.64	
	10+703	43	251	1,620	14.61	153	-	15.67	15.74	
	10+714	43+011	11	1,620	14.61	157	-	15.75	15.81	하안교

주) 안양천 하천기본계획(변경)보고서, 국토교통부 서울지반국토관리청, 2015.12 참조

검토결과

· 과업지역 인접하천의 하천기본계획 검토결과 과업지역에서 제방까지의 이격거리는 약 45.0m이며, 1.13m의 제방 여유고를 확보한 것으로 조사되었으며, 하천범람에 의한 사업부지 지하수위에 영향은 미미한 것으로 사료됨

☑ 지하수위 및 인근 관측소 조사결과

표 5.4 관측자료에 의한 조사결과

구 분		표고 EL.(+)m	최고		최저		변동폭 (m)
			EL.(+)m	GL.(−)m	EL.(+)m	GL.(−)m	
국가 관측망	광명 철산	11.16	5.51	5.65	4.72	6.44	0.79
	광명 소하	14.47	8.83	5.64	8.44	6.03	0.39
보조 관측망	구로구청	13.15	−0.22	13.37	−2.29	15.44	2.07
	안천중학교	12.96	9.83	3.13	7.51	5.45	2.32
	군인아파트	22.38	13.72	8.66	9.53	12.85	4.19
하천수위	서울시(오금교)	–	5.91	–	0.77	–	5.14
	서울시(시흥대교)	–	0.44	–	1.99	–	1.55

검토결과

· 과업지역 인근 관측자료를 통한 연간 지하수위 및 하천수위의 변동폭 조사결과 하천수위 관측소(오금교)에서 5.14m로 가장 큰 것으로 조사됨

➜침투해석을 통한 지하수위 상승고 검토결과와 비교하여 최대값을 연간 변동폭으로 적용

☑ 강수량 조사

• 대상 지역의 강수량 자료는 10년간(2011~2020)의 서울 기상관측소에서 관측한 자료를 이용하였고, 연도 및 월별로 구분하여 분석하였다.

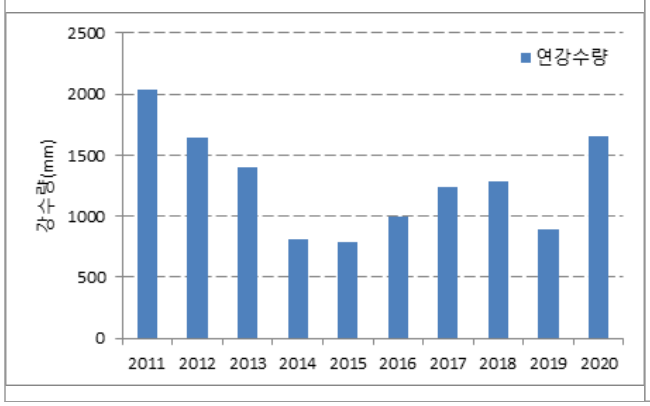
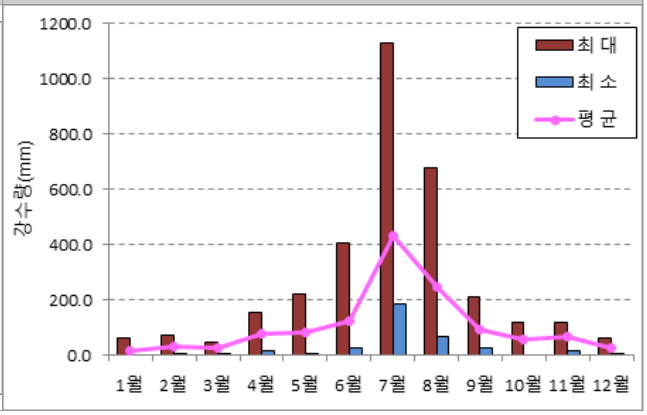
표 5.5 대상 지역 강수량 현황(2011~2020), 서울 관측소

연 도	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
총 강수량	2,039.3	1,646.3	1,403.8	808.9	792.1	991.7	1,233.2	1284.1	891.3	1,651.1
최저 강수량 : 792.10 mm/year			최고 강수량 : 2,043.50 mm/year				평균 강수량 : 1,274.2 mm/year			

표 5.6 대상 지역 강수량 현황(2011~2020), 서울 관측소

연 도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
2011	8.9	29.1	14.6	110.1	53.4	404.5	1131.0	166.8	25.6	32.0	56.2	7.1	2,039.3
2012	6.7	0.8	47.4	157.0	8.2	91.9	448.9	464.9	212.0	99.3	67.8	41.4	1,646.3
2013	22.1	74.1	27.3	71.7	132.0	28.3	676.2	148.6	138.5	13.5	46.8	24.7	1,403.8
2014	13.0	16.2	7.2	31.0	63.0	98.1	207.9	172.8	88.1	52.2	41.5	17.9	808.9
2015	11.3	22.7	9.6	80.5	28.9	99.0	226.0	72.9	26.0	81.5	104.6	29.1	792.1
2016	1.0	47.6	40.5	76.8	160.5	54.4	358.2	67.1	33.0	74.8	16.7	61.1	991.7
2017	14.9	11.1	7.9	61.6	16.1	66.6	621.0	297.0	35.0	26.5	40.7	34.8	1,233.2
2018	8.5	29.6	49.5	130.3	222.0	171.5	185.6	202.6	68.5	120.5	79.1	16.4	1,284.1
2019	0.0	23.8	26.8	47.3	37.8	74.0	194.4	190.5	139.8	55.5	78.8	22.6	891.3
2020	60.5	53.1	16.3	16.9	112.4	139.6	270.4	675.7	181.5	0.0	120.1	4.6	1,651.1

표 5.7 서울 관측소 강수량

연 강수량 변화(2011~2020)	월 강수량 변화(2011)
	

검토결과 · 연도별 강수량 중 2011년도에 2,036.9mm로 최대 강수량을 기록하였고, 월 최대 강수량은 2011년도 7월에 1,131.0mm로 조사됨.

5.1.4 현장 지하수 조사 및 지층별 투수계수 산정

☑ 현장 지하수 조사

지하수위 측정

• 지하수위 측정은 24~72시간 경과한 뒤에 지하수위를 측정하였다. 지반조사 시 수행한 장기 지하수위 측정결과는 다음과 같다.

표 5.8 지하수위 측정 결과

공 번	표고 (E.L(+)m)	지하수위 (24시간) G.L(−)m	지하수위 (48시간) G.L(−)m	지하수위(72시간)		분포 지층	조사 일자
				G.L(−)m	E.L(−)m		
BH−1	10.05	17.00 (17.15)	17.50 (17.65)	17.90 (18.05)	7.85	풍화토	20.02.03
BH−2	10.35	16.80 (16.65)	17.40 (17.25)	17.70 (17.55)	7.35	풍화토	20.02.03
BH−3	10.10	16.60 (16.70)	17.00 (17.10)	17.30 (17.40)	7.20	풍화토	20.02.01
BH−4	10.07	16.00 (16.13)	16.40 (16.53)	16.60 (16.73)	6.53	풍화토	20.02.02
BH−5	10.50	15.50 (15.20)	15.80 (15.50)	15.90 (15.60)	5.40	풍화토	20.02.02
NBH−1	10.25	16.80 (16.75)	17.00 (16.95)	17.10 (17.05)	6.85	풍화토	21.03.23

주1) 기준 Level; EL.(+)10.20m = G.L(±)0.0m

주2) ( )의 GL값은 기준 Level로부터 산정함

검토결과	· 본 조사지역의 지하수위는 지반조사시 시추 지표면 기준 G.L(−) 15.90 ~ 17.90m (E.L(−) 5.40 ~ 7.85m) 범위로 분포하며 풍화토층 내에 수위가 존재하고 있는 것으로 나타남 · 측정된 공내지하수위는 조사시기에 해당하는 일시적인 것이며 공내지하수위는 계절의 변화, 강우량, 주변지역의 토공작업 등에 따른 지하수유출과 같은 요인으로 인하여 변화 될 수 있다는 점에 유의함.

현장투수시험

- 토사층 및 풍화암에 대한 지반의 투수계수를 파악하고자 시추공을 이용한 변수위법을 적용하여 수행하였다.
- 토사층 및 풍화암에 대하여 현장투수시험은 총 7회 수행하였다.

표 5.9 현장투수시험 결과

공 번	심도 (GL, -m)	지하수위 (GL, -m)	투수계수 (k, cm/sec)	지층
BH-1	4.0~5.0	17.90	2.04×10^{-4}	퇴적층(실트질점토)
BH-2	12.0~13.0	17.70	2.71×10^{-4}	풍화토
BH-3	9.0~10.0	17.30	1.26×10^{-3}	퇴적층(자갈섞인모래)
BH-4	18.0~19.0	16.60	3.16×10^{-4}	풍화토
BH-5	6.0~7.0	15.90	5.68×10^{-4}	퇴적층(모래)
NBH-1	8.0~9.0	17.10	1.61×10^{-3}	퇴적층(모래)
NBH-1	25.0~26.0	17.10	4.18×10^{-5}	풍화암

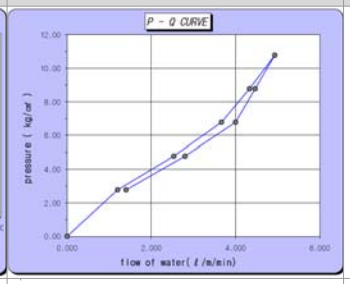
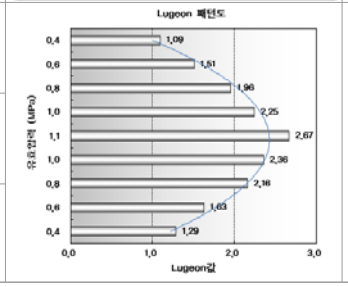
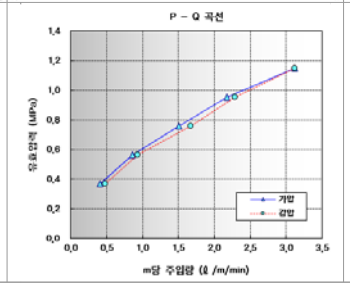
검토결과	· 투수시험 결과 토사층 및 풍화대층의 투수계수는 1.61×10^{-3} ~ 2.04×10^{-4}cm/sec 범위로 나타났으며, 풍화암층의 투수계수는 4.18×10^{-3}cm/sec로 나타남. · 본 현장투수시험은 국한된 지점과 현장특성에 따라 다소 상이한 결과를 보일 수 있으므로 설계시 지반특성을 고려한 투수계수 산정을 하여야 함.

현장수압시험

- 기반암층에 대한 지반의 투수계수(k)를 파악하고자 조사공을 이용한 수압시험을 수행하였다.
- 기반암층에 대하여 수압시험은 총 2회 수행하였다.

표 5.10 현장수압시험 결과

공 번	지 층	시험구간 (GL.-m)	투수계수 K (cm/sec)	Lugeon 치	Flow type
BH-3	연 암	28.0~30.0	5.97×10^{-5}	5.16	Laminar
NBH-1	연 암	30.0~35.0	2.43×10^{-5}	1.19	Dilation

공번	심도 (GL, -m)	투수계수 (cm/sec)	지하수위 (GL. -m)	Lugeon Curve	P-Q Curve	Lugeon Value
BH-3	28.0~30.0	5.97×10^{-5}	17.3			5.16
	Lugeon Type	Laminar				
	지 층	연암층				
NBH-1	30.0~35.0	2.43×10^{-5}	3.6			1.19
	Lugeon Type	Dilation				
	지 층	연암층				

검토결과	· 수압시험 결과 연암층의 투수계수는 5.97×10^{-5} ~ 2.43×10^{-5}cm/sec 범위, Lugeon값은 1.19 ~ 5.16 범위의 값으로 나타남. · Lugeon Pattern은 BH-3에서 Laminar(층류)으로 나타났으며, NBH-1에서 에서 Dilation Type(팽창)으로 나타남.

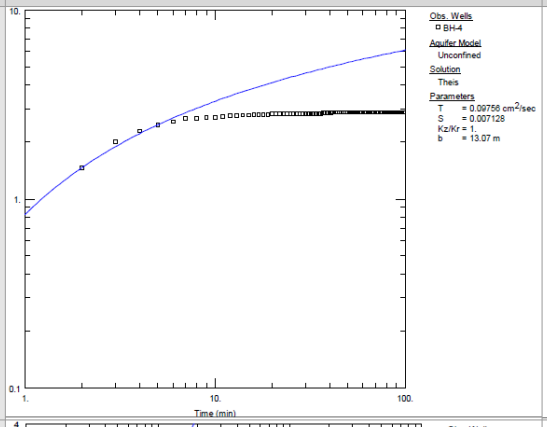
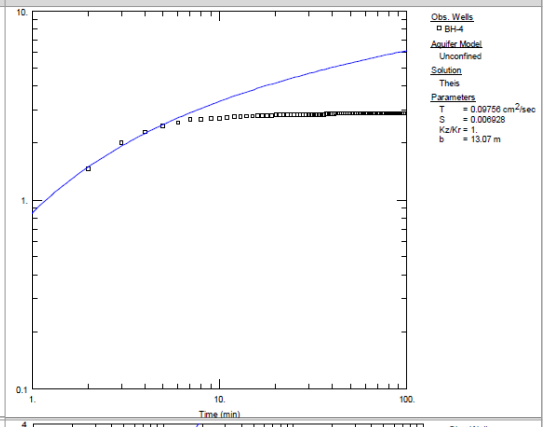
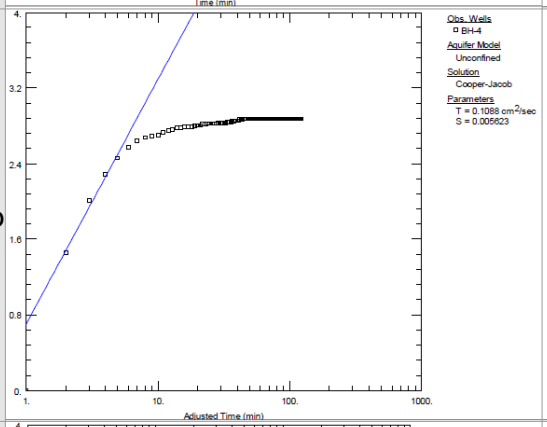
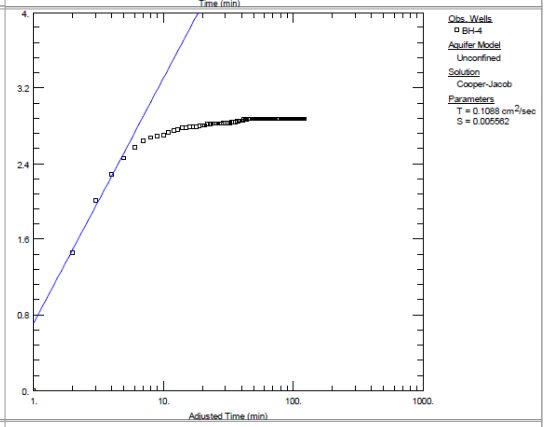
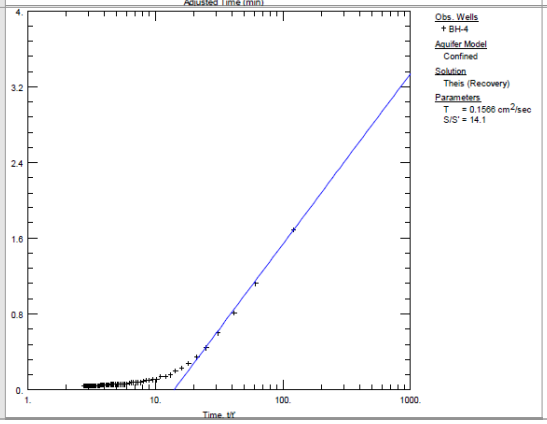
양수시험

- 본 시험은 대수층의 정확한 수리상수를 산출하기 위하여 시험정(BH-4)을 대상으로 단공양수시험(관측공 없음)을 수행함.(유효우물반경(r_e)을 계산하여 이를 가상의 관측정 거리로 입력하는 방법으로 시간-수위강하량 자료를 해석)

표 4.1 양수시험 및 회복시험 결과

정 호 내 용					
공 번	공 경(mm)	심 도(m)	자연수위(m)	대수층두께(m)	양수량(㎥/day)
BH-4	76	30.0	16.93	13.07	13.3
수 리 상 수					
분석방법	T(㎠/sec)	K(cm/sec)	보정전 S	γ_e(m)	보정후 S
Theis	9.756E-02	7.464E-05	7.128E-03	0.04477	6.928E-03
Cooper & Jacob	1.084E-01	8.328E-05	5.623E-03	0.03977	5.562E-03
Theis Recovery	1.566E-02	1.198E-04	-	-	-
기하평균	1.185E-02	9.064E-05	6.331E-03	0.04220	6.208E-03

표 4.1 양수시험 결과

BH-4		
분석방법	저류계수 보정 전	저류계수 보정 후
Theis		
Cooper & Jacob		
Recovery		–

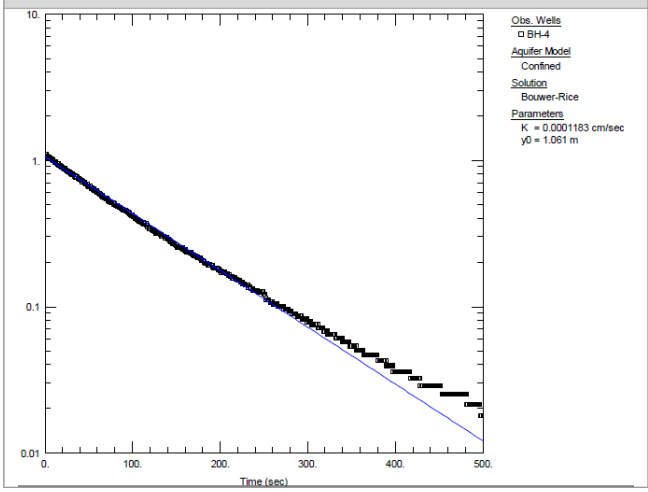
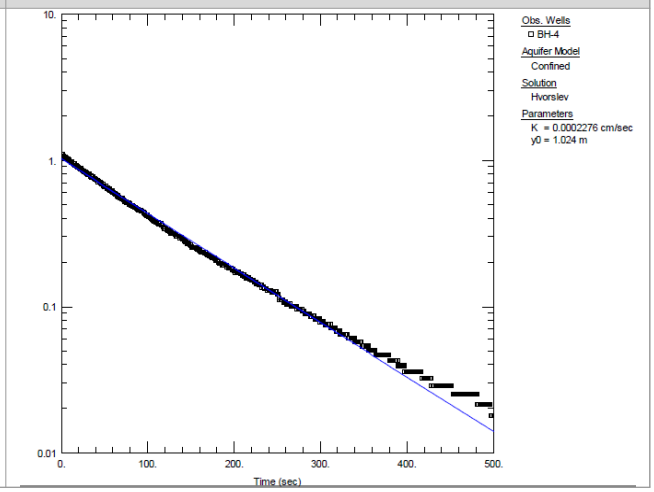
순간충격시험

• 본 시험은 대수층의 정확한 수리상수를 산출하기 위하여 시험정(BH-4)을 대상으로 순간충격시험을 수행함.

표 4.2 순간충격시험 결과

공 번	심 도 (m)	초기수위 (GL.-m)	대수층두께 (m)	수리상수		
				분석방법	K(cm/sec)	T(cm/sec)
BH-4	30.0	16.93	13.07	Bouwer-Rice	1.18E-04	0.15460
				Hvorslev	2.28E-04	0.29740
평 균					1.73E-04	0.22600

표 4.3 순간충격시험 결과

BH-4	
Bouwer-Rice법	Hvorlev법
	

검토결과	· 분석은 대수층의 특성을 완전관통정과 등방질로 가정하였으며, 지하수위 하부의 주 대수층은 풍화대 및 암반층 구간으로 일반적인 분류에 의하며 Fractured igneous and metamorphic rock의 범위에 속하는 값으로 산출됨.

5.1 지하수 수리특성 분석

지하수 유향/유속 시험

- 현장에 착정된 시험정에서 열원을 이용한 공내 유향·유속을 측정하여 지하수의 유동 방향과 유동속도를 측정, 지반의 수리적 특성을 산출함

표 4.1 유향 · 유속 시험 결과(BH-4)

공 번	지하수위 (G.L.-m)	측정심도 (G.L.-m)	대상지층	유 향 (M N)	유 속			주 흐름방향
					(cm/sec)	(cm/min)	(cm/day)	
BH-4	16.93	18.0	풍화토	296.0	5.33E-04	0.032	46.06	NWW
		28.0	풍화암	279.1	5.00E-04	0.030	43.20	NWW

표 4.2 센서별 측정온도 및 지하수위 영향

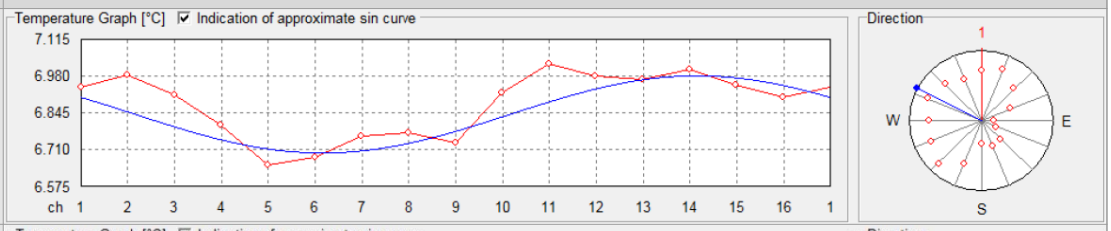
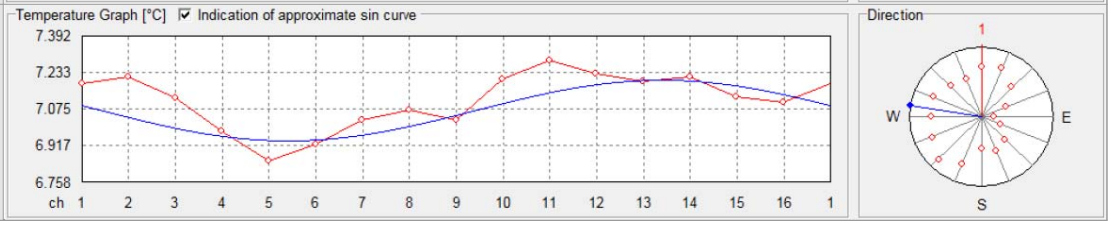
심 도 (G.L.-m)	BH-4
18.0	
28.0	

표 4.3 심도별 Diagram 분석 결과

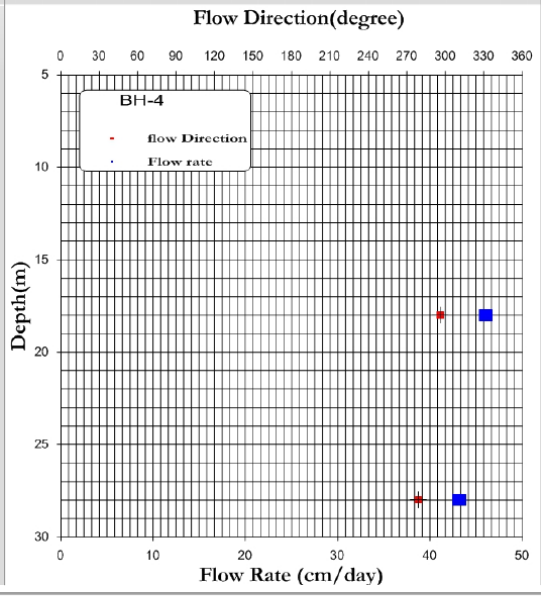
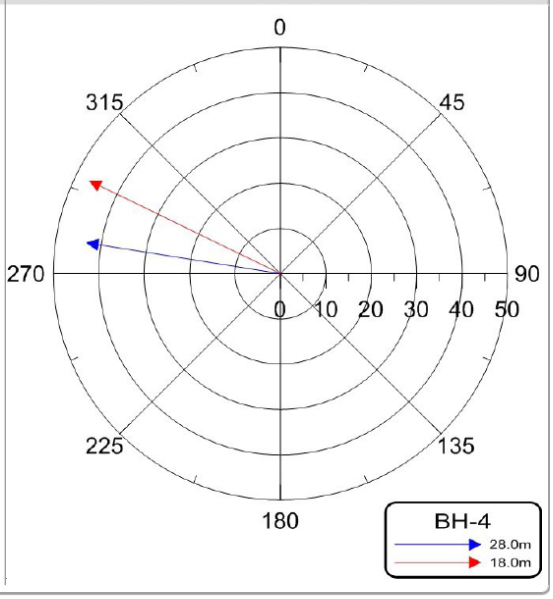
구 분	심도별 Diagram 분석결과	주 흐름방향 분석
UU-1 (BH-4)		

표 4.4 검토결과

구 분	유 향		유 속
BH--	279.1° ~ 296.0°	NWW ~ NWW	43.20 ~ 46.08 cm/day

검토결과	· 지하수의 흐름은 등포텐셜선에 의해 유동하는 것이 일반적이고 대부분 지형의 구조방향과 거의 일치하는 경우가 많다. 또한 측정된 공내 유향 · 유속은 국부적인 암반파쇄대를 통한 지하수위 흐름으로 중력 배수에 의한 등포텐셜선의 직각방향으로 흐르는 광역지하수의 흐름과는 다소 차이가 발생할 수 있다.

☑ 지층별 투수계수 선정

• 침투해석을 위한 투수계수는 현장시추공에서 수행한 현장투수시험 결과를 적용하며, 투수시험을 실시하지 않은 대상층에서는 문헌자료와 설계적용사례 등을 종합적으로 검토하여 사용하였다.

관련문헌에 의한 투수계수 검토

표 5.11 Range fo Permeabilities of Natural Soils (J. Patrick Powers)

Description	USCS	Permeability	
		μ /sec	cm/sec
Openwork grave	GP	10,000 or higher	1.00e-00 이상
Uniform gravel	GP	2,000 ~ 10,000	2.00e-01 ~ 1.00e-00
Well graded gravel	GW	500 ~ 3,000	5.00e-02 ~ 3.00e-01
Uniform sand	SP	50 ~ 2,000	5.00e-03 ~ 2.00e-01
Well graded sand	SW	10 ~ 1,000	1.00e-03 ~ 1.00e-01
Silty sand	SM	10 ~ 50	1.00e-03 ~ 5.00e-03
Clayey sand	SC	1 ~ 50	1.00e-04 ~ 1.00e-03
Silt	ML	0.5 ~ 1.0	5.00e-05 ~ 1.00e-04
Clay	CL	0.1 ~ 0.0001	1.00e-05 ~ 1.00e-08

p.부록5-16 참조 : Construction dewatering : new methods and applications 2nd ed. p41, 1992

표 5.12 Typical Values of Hydraulic Conductivity of Saturated Soils (Braja M. Das)

Soil Type	k	
	cm/sec	ft/min
Clean grave	100 ~ 1.0	200 ~ 2.0
Coarse sand	1.0 ~ 0.01	2.0 ~ 0.02
Fine sand	0.01 ~ 0.001	0.02 ~ 0.002
Silty clay	0.001 ~ 0.00001	0.002 ~ 0.00002
Clay	< 0.000001	< 0.000002

p.부록5-18 참조 : Principles of Geotechnical Engineering, 4th ed. p164

표 5.13 각종 흙의 대표적 투수계수

투수계수(cm/s)	흙
10^{2} ~ 1	깨끗한 자갈
1 ~ 10^{-3}	깨끗한 모래, 깨끗한 모래와 자갈이 섞인 흙
10^{-3} ~ 10^{-7}	극 미립토사, 실트, 모래, 실트와 점토가 섞인 흙, 성층 있는 점토
10^{-7}미만	불투수층

p.부록5-23 참조 : 지반공학 이론과 실제, 천병식

표 5.14 지반 구성성분별 투수계수(Hough, 1957)

분 류	투수계수 k (cm/sec)
깨끗하고 입도가 양호한 실트질 모래와 자갈	1.00E-02
균등한 세립모래	4.00E-03
입도가 양호한 실트질 모래 및 자갈	4.00E-04
실트질 모래	1.00E-04
균등한 실트	5.00E-05
모래질 점토	5.00E-06
실트질 점토	1.00E-06
점토	1.00E-07

p.부록5-20 참조 : 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서, 2012, 한국시설안전공단

표 5.15 토질분류에 따른 투수계수(Terzaghi & Peck)

Soil Type	투수계수 k (cm/sec)	Relative Permeability
Grave	> 1.00e-01	High
Sandy Gravel Clean sand Fine sand	1.00e-01 ~ 1.00e-03	Medium
Sand Dirty sand Silty sand	1.00e-03 ~ 1.00e-05	Low
Silt silty clay	1.00e-05 ~ 1.00e-07	Very Low
Clay	< 1.00e-07	Practically Impermeable

p.부록5-20 참조 : 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서, 2012, 한국시설안전공단

표 5.16 토질분류에 따른 투수계수(Soil Mechanic SI version)

Soil Type	투수계수 k (cm/sec)	Soil Type	Relative Permeability
Coarse Gravel	1.10E-01	Coarse Sand	1.10E-04
Sandy Gravel	1.60E-02	Medium Sand	2.90E-05
Fine Gravel	7.10E-03	Fine Sand	9.60E-06
Silty Gravel	4.60E-04	Silt	1.50E-05

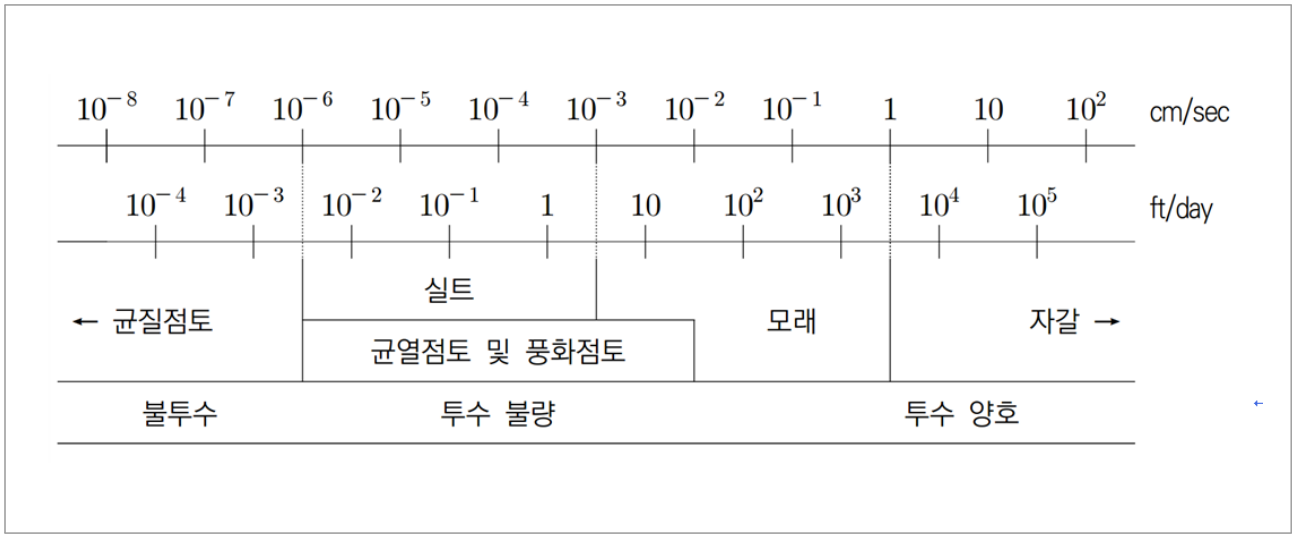
p.부록5-20 참조 : 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서, 2012, 한국시설안전공단

표 5.17 암반의 투수계수 (Brac, 1978)

Rock Type	k(cm/sec) for Rock	
	Laboratory	Field
Sandstone(사암) Navajo sandstone Berea sandstone Greywacke	3.0E-03 ~ 8.0E-08 2.0E-03 4.0E-05 3.2E-08	1.0E-03 ~ 3.0E-08 - - -
Shale(셰일) Pierre shale	1.0E-09 ~ 5.0E-13 5.0E-12	1.0E-08 ~ 1.0E-11 2.0E-09 ~ 5.0E-11
Limestone(석회석), Dolomite(백운석) Salem limestone	1.0E-05 ~ 1.0E-13 2.0E-06	1.0E-03 ~ 1.0E-07 -
Basalt(현무암)	1.0E-12	1.0E-02 ~ 1.0E-07
Granite(화강암)	1.0E-07 ~ 1.0E-11	1.0E-04 ~ 1.0E-09
Schist(편암) Fissured schist	1.0E-08 1.0E-04 ~ 3.0E-04	2.0E-07 -

p.부록5-20 참조 : 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서, 2012, 한국시설안전공단

표 5.18 흙의 입경에 따른 투수계수의 값



p.부록5-25 참조 : 토질역학, 2004, 김상규

수리해석을 위한 지층별 투수계수 선정결과

- 지하안전영향평가 수행시 침투해석을 통한 지하수 영향분석 검토를 수행하기 위하여 본 보고서에서 결정한 토질의 투수계수 값은 현장투수 및 수합시험 결과, 문헌 값을 바탕으로 평가자의 공학적 판단을 반영하여 결정하였다.

표 5.19 해석적용 투수계수(단위 : cm/sec)

지층	구성성분	문헌자료	인근 설계사례	현장시험 값	적용
매립층	자갈섞인 실트질 모래	1.0×10^{-3} ~ 1.0×10^{-5}	9.24×10^{-4}	–	1.8×10^{-3}
퇴적층(점토)	실트질 점토	1.0×10^{-4} ~ 1.0×10^{-6}	1.00×10^{-4}	2.04×10^{-4}	2.0×10^{-4}
퇴적층(모래)	실트질 모래 및 모래섞인 자갈	1.0×10^{-3} ~ 1.0×10^{-5}	4.54×10^{-4}	1.61×10^{-3} ~ 5.68×10^{-4}	1.6×10^{-3}
풍화토(N<30)	실트질 모래	1.0×10^{-3} ~ 1.0×10^{-5}	7.68×10^{-5}	2.71×10^{-4}	2.7×10^{-4}
풍화토(N≥30)	실트질 모래	1.0×10^{-3} ~ 1.0×10^{-5}		3.16×10^{-4}	3.1×10^{-4}
풍화암	실트질 모래 및 암편	$1.0\times10^{-0}3$ ~ 1.0×10^{-05}	2.45×10^{-4}	4.18×10^{-5}	4.2×10^{-5}
연 암	편마암류	1.0×10^{-4} ~ 1.0×10^{-9}	8.70×10^{-5}	5.97×10^{-5} ~ 2.43×10^{-5}	5.9×10^{-5}
차수그라우팅	–	–	–	–	1.0×10^{-5}

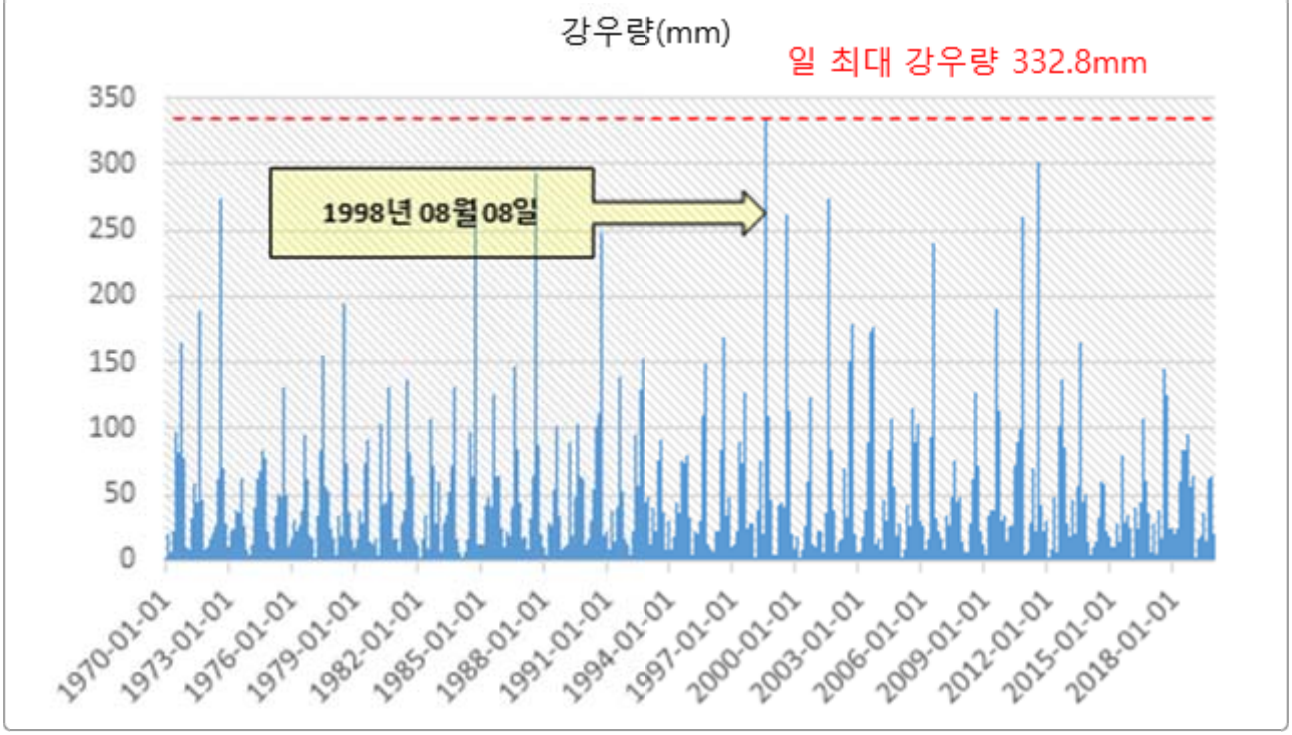
* 매립층은 문헌자료 및 인근설계사례를 참고하여 보수적으로 1.8×10^{-3}을 적용함.
* 퇴적층(점토)는 시험값을 적용하여 현장특성을 반영하였으며 문헌자료 범위내 포함되므로 적정함.
* 퇴적층(모래)는 시험값의 최대값을 적용하여 현장특성을 반영하였으며 문헌자료 범위내 포함되므로 적정함.
* 풍화토층(N<30)은 시험값을 적용하여 현장특성을 반영하였으며 문헌자료 범위내 포함되므로 적정함.
* 풍화토층(N≥30)은 시험값을 적용하여 현장특성을 반영하였으며 문헌자료 범위내 포함되므로 적정함.
* 풍화암층은 시험값을 적용하여 현장특성을 반영하였으며 문헌자료 범위내 포함되므로 적정함.
* 연암층은 시험값의 최대값을 적용하여 현장특성을 반영하였으며 문헌자료 범위내 포함되므로 적정함.
* 설계적용 차수그라우팅의 투수계수는 가설공사 표준시방서(국토교통부 2016)을 준수하여 1×10^{-5}cm/sec를 적용

5.1.5 설계지하수위

☑ 강우에 의한 수위변화 검토

- 사업대상 부지의 초기지하수위 산정에 사용되는 강우강도는 기상청에서 제시한 과거 50년간 실측값을 토대로 산정하였다(http://www.kma.go.kr).
- 사업부지에서 가장 근접한 서울 기상관측소의 50년간의 일강수량 발생일을 검색하여 최대강수량 발생일을 분석하였다.
- 검토결과 서울 기상관측소에 과거 50년간 관측된 최대 강수량은 1998년 8월 8일의 332.8mm/day이고, 이날을 기점으로 30일 강우량을 반영하여 30일간 강우강도를 적용하였다.

서울 관측소 50년간 일강우량 조건검색(기상자료개방포털)



서울 관측소 50년간 일강수량 조건검색(기상자료개방포털)

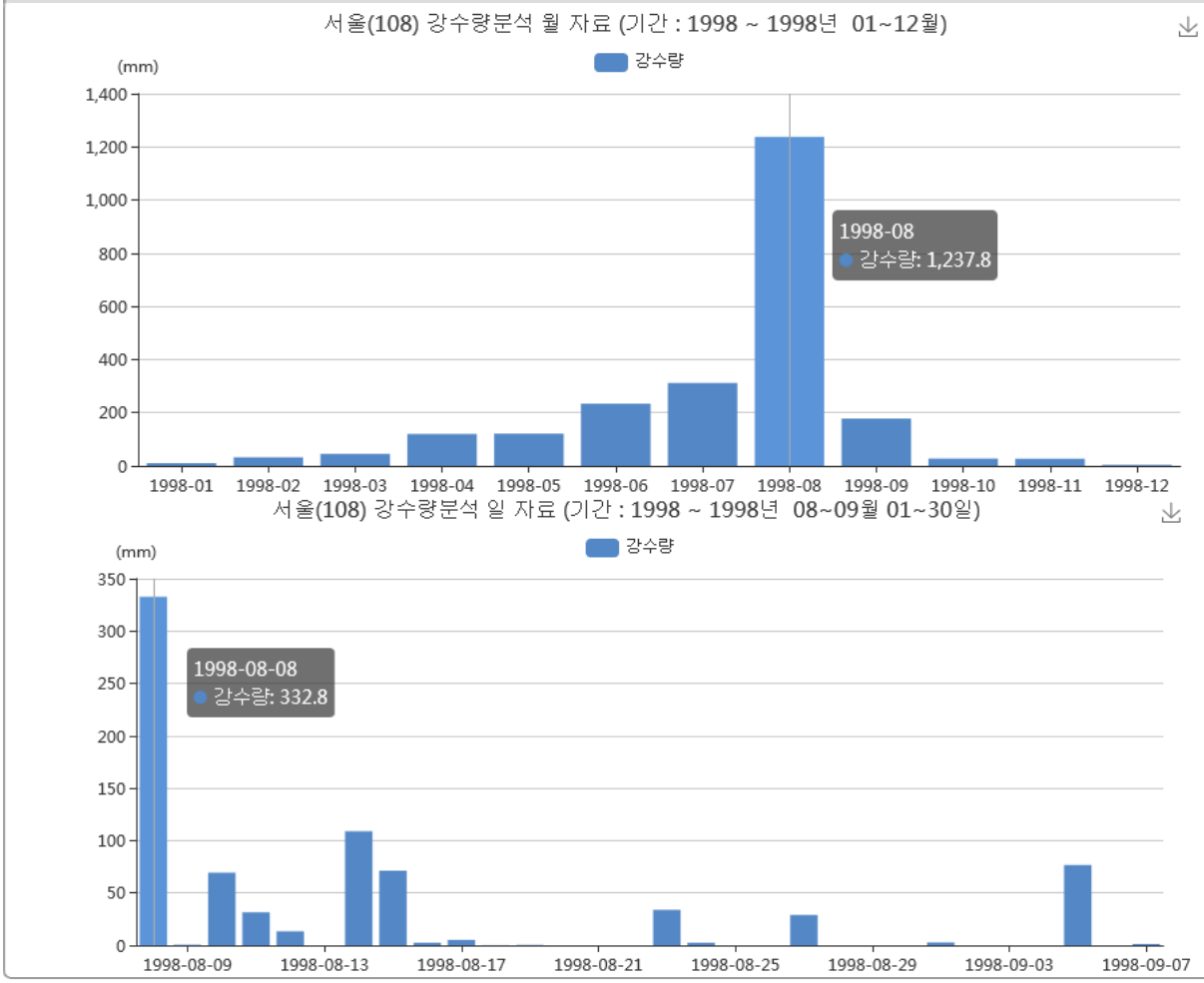


표 5.20 서울 기상관측소 월 강수량(1998.08~09), 단위 : mm/day

일	8/8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
강수량	322.8	0.6	69.4	31.5	13.4	–	108.9	71.3	2.5	5.2	0.2	0.4	–	–	–
일	23	24	25	26	27	28	29	30	9/1	2	3	4	5	6	7
강수량	33.9	2.5	–	–	29.0	–	–	–	2.8	–	–	–	76.7	–	1.3

☑ 침수실적 조사

- 국가수자원관리정보시스템(http://www.wamis.go.kr)을 통하여 과거 해당지역의 침수실적조사를 수행하였다.
- 과업구간인근 침수실적은 자료가 존재하지 않으며, 약 2.6km 이격된 서울특별시 금천구 시흥동에 1회(1998년 07월 31일 ~ 1998년 08월 18일)의 침수실적이 있으며 1998년 이후에는 침수가 발생하지 않은 것으로 조사되었다.
- 침수원인은 태풍에 의한 집중호우로 확인되었고 1998년 이후 침수피해가 없는 것은 인근지역의 주거 및 상업시설 개발에 의한 배수시설 및 하천정비에 의한 것으로 판단되어 침수로 인한 위험은 크지 않을 것으로 판단된다.

한강권역 침수실적조사 결과

시도 서울특별시 검색 시군구 금천구 검색

● 서울특별시 금천구 침수실적조사



조서	위치	관련하천	발생년도	발생월일	종료월일	호우종류	토지이용
	서울특별시 금천구 시흥동	안양천	1998	07월31일	08월18일	집중호우	주택지

● 침수실적조사

일반현황			
위치	서울특별시 금천구 시흥동	단위유역코드	10184
관련 하천	안양천	발생시기	1998.07.31 ~ 1998.08.18
호우종류	집중호우	토지이용	주택지

피해현황			
침수면적(ha)	0.06	침수심(m)	0~1
침수시간(hr)	0~12	침수형태(m)	토사유입
침수원인	공사현장에서 발생한 토사, 자갈이 기존 하수관을 막음		

☑ 유출계수

- 환경부 제정 하수도시설기준(2011)은 “최대계획우수유출량 산정시 합리식에 의하는 것을 원칙으로 하되, 필요에 의해서 다양한 우수유출산정방법들이 사용 가능하다.”라고 제시하고 있으므로 이를 근거로 유출계수를 산정하였다.

표 5.21 토지이용도별 기초유출계수의 표준값

표면형태	유출계수	표면형태	유출계수
지붕	0.85~0.95	공지	0.10~0.30
도로	0.80~0.90	잔디 수목이많은공원	0.05~0.25
기타불투수면	0.75~0.85	경사가완만한산지	0.20~0.40
수면	1.00	경사가급한산지	0.40~0.60

표 5.22 토지용도에 적용되는 기초유출계수 범위

토 지 이 용		유출계수범위
교통 시설지		0.80~0.90
상업업무 시설지		0.70~0.95
공공용도지		0.65~0.75
주 택 지		0.50~0.75
주거 · 상업 혼합지		0.70~0.95
공 업 지		0.60~0.90
경 작 지		0.10~0.25
나 대 지		0.30~0.40
도시부양시설	도시부양시설	0.10~0.25
	도시부양시설	0.60~0.75
녹지및오픈스페이스		0.50~0.75

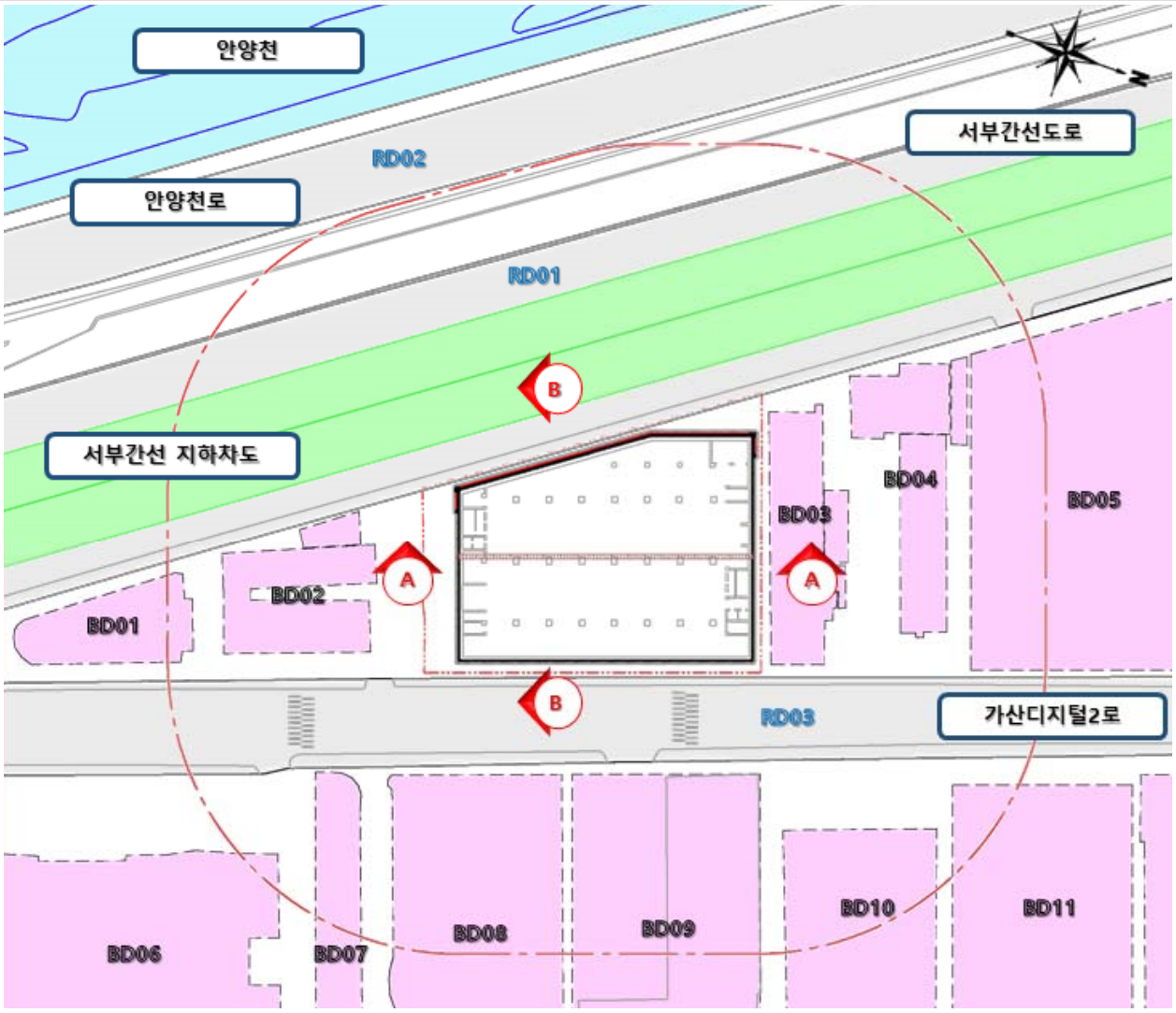
검토결과

- 과업지역은 상업 및 업무 시설 지역으로 토지용도를 상업업무 시설지로 분류되나, 철거후 나대지 상태로 착공전까지 존치될 가능성이 높은바, 가장 보수적인 지하수위 상승량을 적용하여 안정성 검토를 진행하기 위해 유출계수 **0.0(우수 유입량 100%)**를 적용하여 검토를 수행하였다.

☑ 강우에 따른 지하수위 상승고 산정

- 강우에 따른 지하수위 상승고를 산정하기 위해 각 대표단면에 대하여 침투해석을 수행하였다.
- 본 사업부지는 대규모 사업로 각 해석 단면의 공내 지하수위 측정 결과 값으로 침투해석에 적용하는 초기지하수위로 선정하였고, 각 단면별 위치 및 모델링은 아래와 같다.

해석 단면 위치



해석단면 A–A

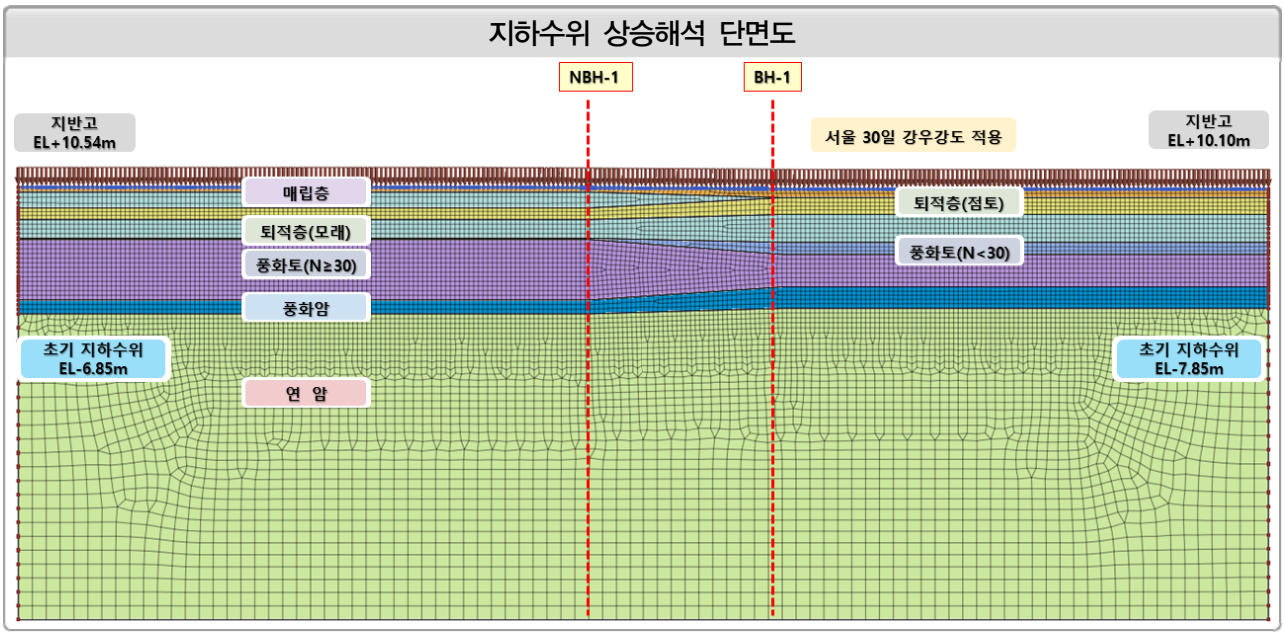
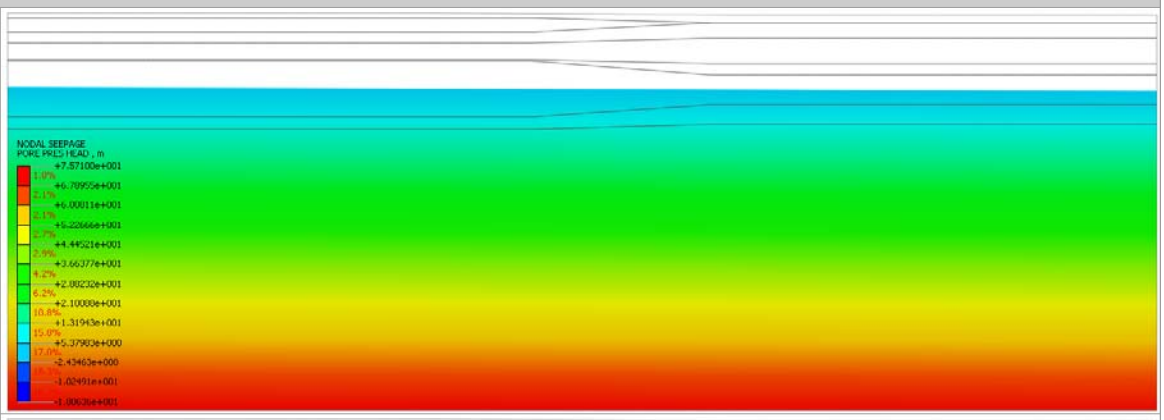
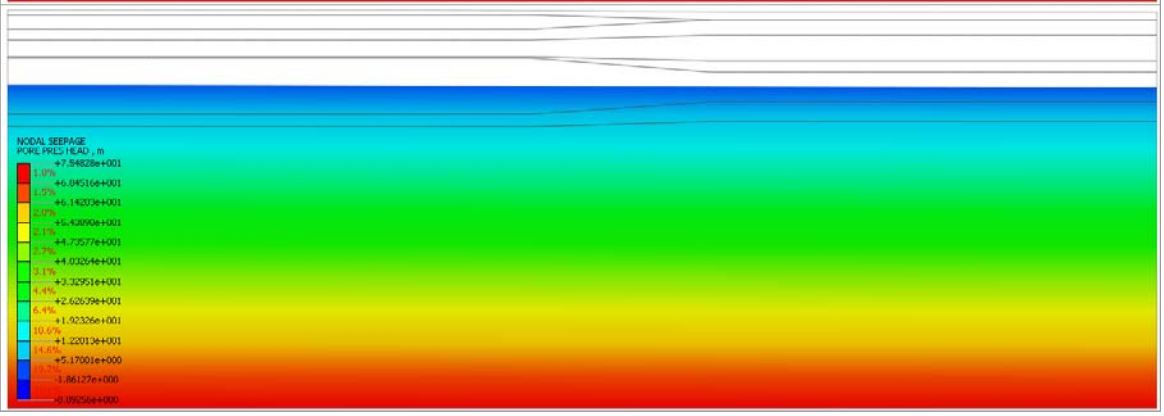
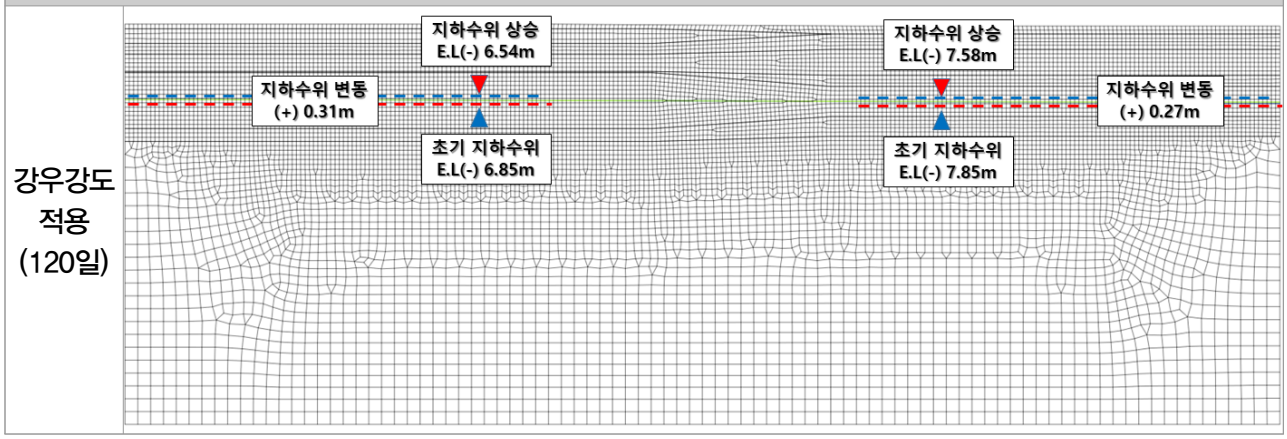


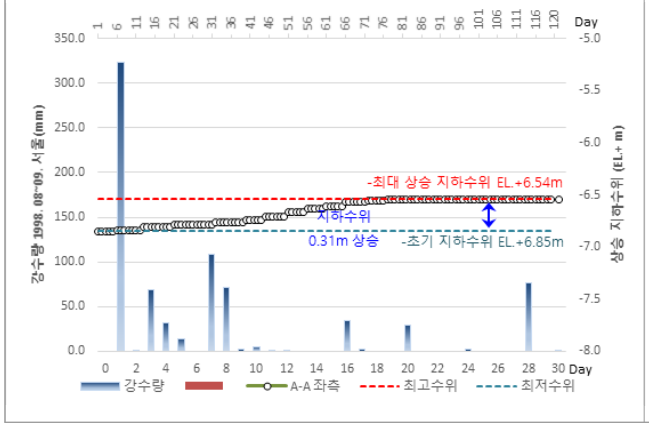
표 5.23 단면 A–A 침투해석 결과

단면 A–A	
초기 지하수위	
강우강도 적용 (120일)	

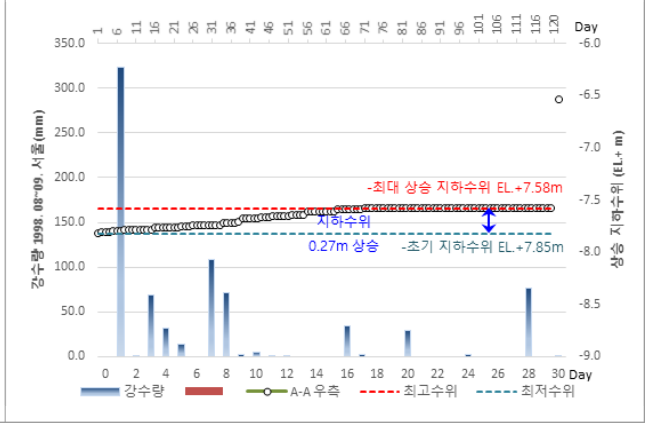
단면 A–A



단면 A–A 좌측



단면 A–A 우측



해석단면 B–B

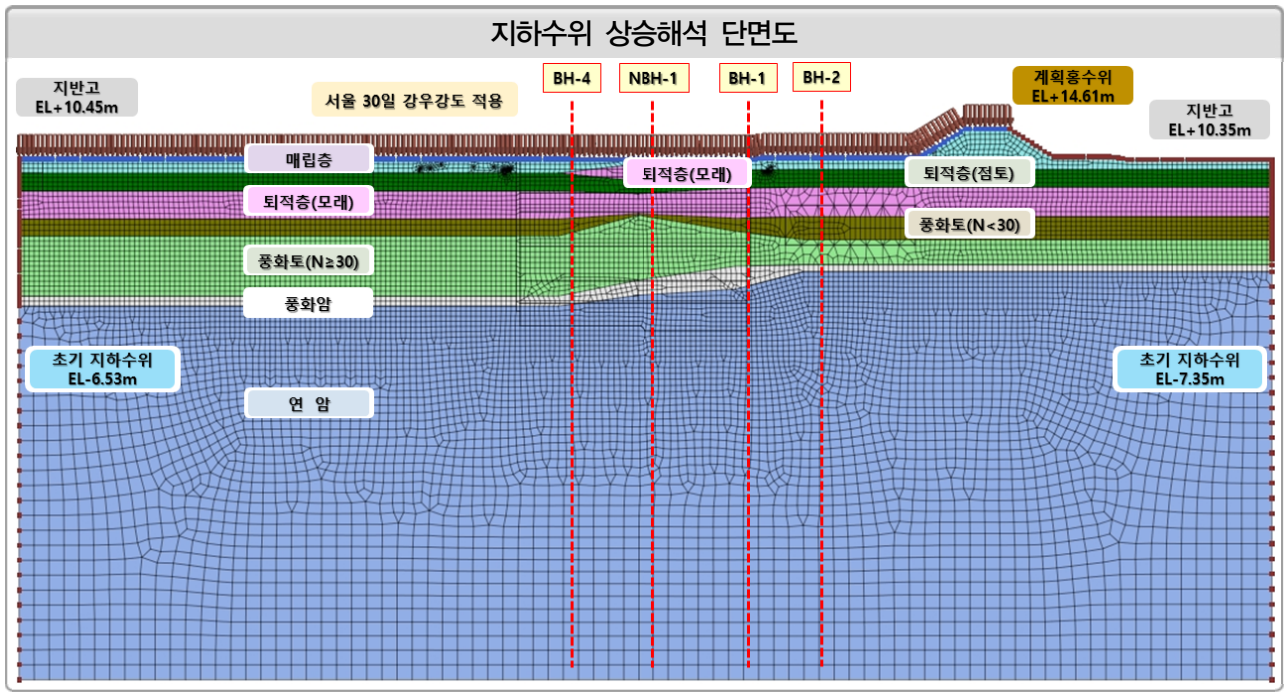
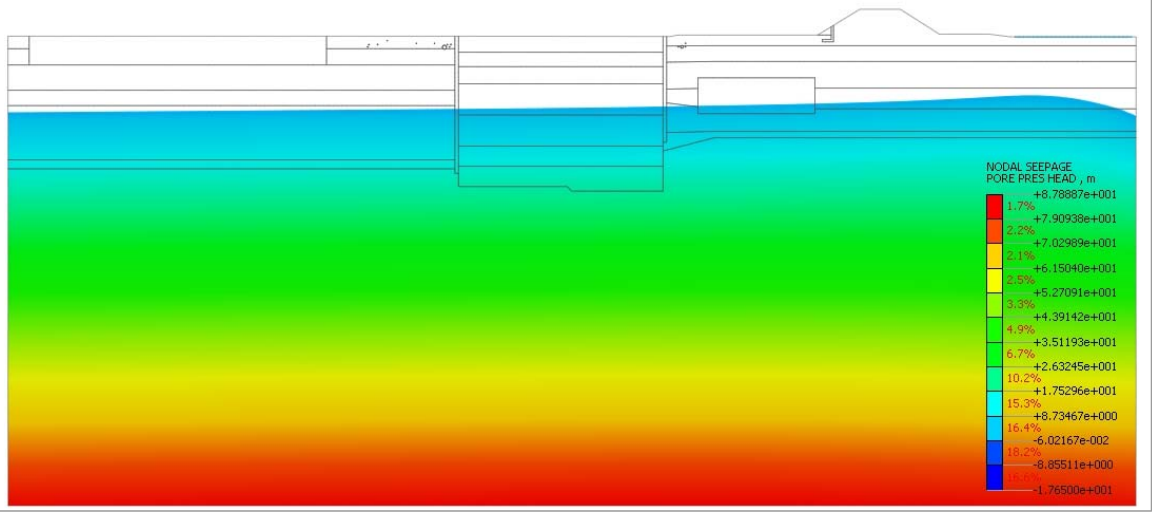
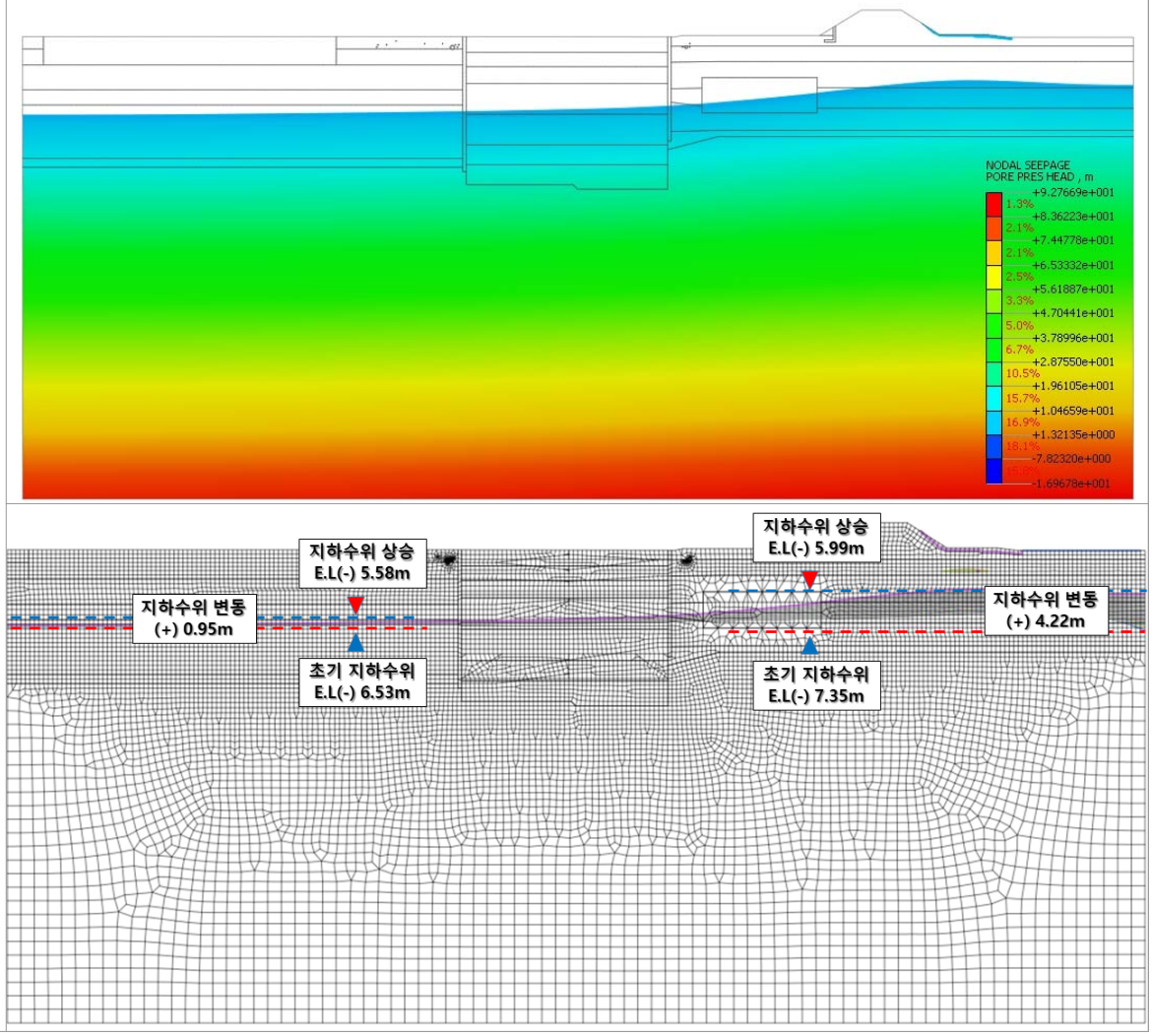
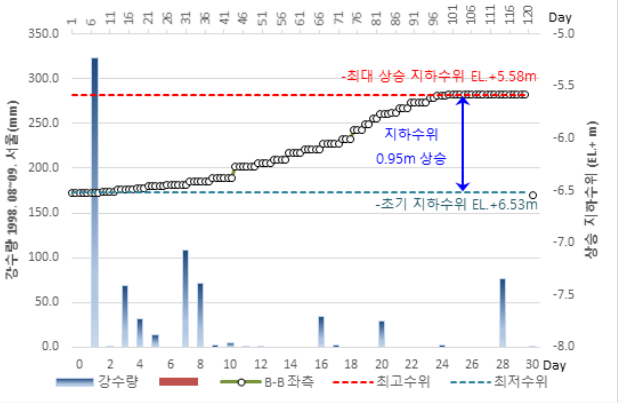
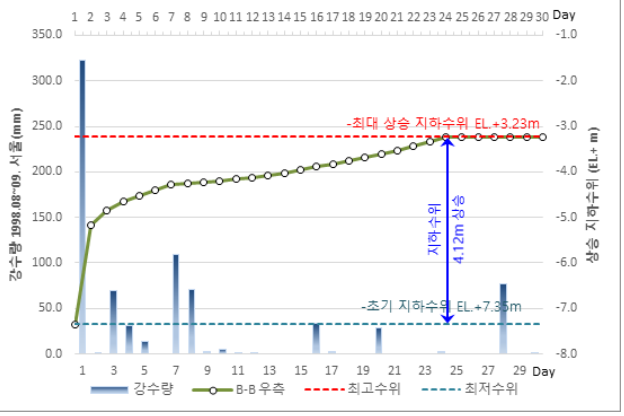


표 5.24 단면 B–B 침투해석 결과

단면 B–B	
초기 지하수위	

단면 B–B	
강우강도 적용 (120일)	

단면 B-B 좌측	단면 B-B 우측
	

침투해석 상승검토 결과

표 5.25 단면별 침투해석 결과

구 분	지하수위 상승고(m)		비고
	좌측	우측	
단면 A-A	0.31	0.27	
단면 B-B	0.95	4.12	

검토결과

- 대규모 사업으로 각 해석단면 시추공의 공내 지하수위를 초기지하수위로 해석하였고, 50년간 관측된 최대 강수량을 기점으로 120일을 강우강도로 적용한 결과 0.27~4.12m의 상승변화를 확인하였다.
- 단면 B-B 우측은 상승수위 검토시 인접하천인 안양천의 홍수위인 EL+14.61m를 해석시 반영하여 사업구간의 상승수위를 확인하였다.

☑ 지하수위 상승을 고려한 설계 지하수위 선정 결과

- 국가 지하수 관측망, 보조 지하수 관측망 자료조사를 통한 지하수의 변동폭과 50년 빈도의 최대 강수량을 반영한 침투해석 결과 값을 종합적으로 고려하여 최대 지하수위 상승고를 결정하였다.

표 5.26 지하수위 상승폭 결정

구 분			변동폭(m)	비 고
지하수 관측망 조사	국가 관측망	광명 철산	0.79	지하수 관측망 조사의 보조관측망 및 침투해석 결과를 고려하여 보수적으로 변동폭 5.14m를 적용
		광명 소하	0.39	
	보조 관측망	구로구청	2.07	
		안천중학교	2.32	
		군인아파트	4.19	
	하천 관측망	서울시 오금교	**5.14**	
		서울시 시흥대교	1.55	
강수량을 고려한 침투해석 결과			4.12	

- 본 과업구간에 대한 지반조사 결과 측정된 가장 보수적인 관측 지하수위에서 지하수위 상승폭 결정에 따른 설계 지하수위 검토결과는 아래의 표와 같다.

표 5.27 설계적용 지하수위 산정 결과

구 분		단면표고 EL.(+)m	관측지하수위 EL.(−)m	최대변동폭 (m)	설계 지하수위		비고
					EL.(−)m	GL.(−)m	
단면 A–A	좌측	10.54	6.85	5.14	1.71	11.91	각 단면별 지하수위 최대 변동폭 적용
	우측	10.10	7.85	5.14	2.71	12.91	
단면 B–B	좌측	10.45	6.53	5.14	1.39	11.59	
	우측	10.35	7.35	5.14	2.21	12.41	

주1) 기준 Level; EL.(+)10.20m = G.L(±)0.0m

주2) 설계지하수위 G.L값은 기준 Level로부터 산정함

5.2.1 평가방법

☑ 평가개요 및 목적

- 국내의 지형적인 특성 상 지하 공간 활용을 극대화하기 위해 지하구조물 건설 등을 통해 국토의 효율적인 발전을 도모하고 있지만, 이러한 지하구조물 건설에 따라 지하수 관련 환경 문제가 대두되어 이는 결국 환경갈등으로 이어지고 있다.
- 인위적인 지반 절토 및 굴착은 수리적으로 지하수가 배출되는 역할을 하므로, 굴착구간 주변 지하수계에서는 자연상태의 지하수 흐름이 교란되고, 지하수위 저하가 초래되어 주변 수리/수문 환경에 직 · 간접적인 영향을 미칠 수 있으며, 특히, 지하수 유출 정도에 따라서는 장기적으로 지반침하나 생태계의 변화 등 굴착구간 주변의 환경에 심각한 악영향을 초래할 수 있다.
- 따라서, 지하 굴착이 인근 인근에 미치는 환경적 영향을 정확하게 평가하기 위해서는 굴착 구간에 따른 지하수 유출의 정량적 평가 및 예측이 필수적으로 요구되며(김남훈, 2009), 이를 위해 3차원 지하수 수치 모델의 사용이 불가피하다.
- 금회 모델링 분석은 서울특별시 가산동 345-48번지 일원 지식산업센터 신축개발사업 중 지하 굴착공사가 주변 지하수계에 미치는 영향을 정량적으로 평가하고자 수행되었으며, 이를 통해 굴착으로 인해 저하된 지하수위의 회복시기를 예측/분석하고, 흙막이공법 및 차수그라우팅 적용에 따른 공사구간 내 유입량 분석을 통해 흙막이벽체의 차수효과를 검증하였다.

☑ 해석적용 프로그램

프로그램 개요

- MODFLOW(Mcdonald and Harbaugh, 1984)는 미국지질조사소(US, Geological Survey)에서 유한차분법을 적용하여 개발한 3차원 지하수 유동해석 프로그램.
- 모듈구조로 구성되어 있어 사용자가 지하수계를 독립적으로 특성화 시킬 수 있음.
- 지하수 흐름은 격자 중심의 유한차분법을 이용하여 피압, 자유면 및 복합형 모두 모사가능.
- 지하수 이용, 지하함양, 증발산, 하천 등과 같은 외부요인에 의한 영향도 모사 가능.
- 유한차분의 연산법은 SIP(Strongly limplicit Procedure), SOR(Slice- successive OverRelation) 및 PCG2 (Preconditioned Conjugate Gradient)등을 이용.
- 3차원 지하수 유동 방정식

$$\frac{\partial}{\partial x}(K_{xx}\frac{\partial h}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(K_{yy}\frac{\partial h}{\partial y})+\frac{\partial}{\partial z}(K_{zz}\frac{\partial h}{\partial z})+W=S_s\frac{\partial h}{\partial t}$$

여기서, K_{xx}, K_{yy}, K_{zz} : x,y,z축 방향의 투수계수

h : 수두, t : 시간

W : 단위체적 내에서의 흐름 S_s : 다공성 매체의 비저류계수

프로그램 특징

- 개념화한 객체, 수치그리드, 입출력 데이터 등을 2D/3D 화면에 동시 표시 가능
- 지하수 모델 구축시 개념모델링 방법과 표준 수치 모델링 방법 선택 가능

해석 주요기능

- 정류상태(Steady-state condition) 및 부정류상태(Transient Condition) 흐름해석
- 지하수 유동 및 수위 변화 양상 확인
- 지하수계에 미치는 영향 검토 및 지하수 유출량 산정

☑ 해석방법

모 델 설 계	정류 보정	부정류상태 영향분석
• 모델영역 및 격자망 설정 • 경계조건 및 함양량 설정 • 대수층 수리지질상수 입력 • 현장 실측 지하수위 입력	• 수리상수 및 경계조건 보정 • 계산된 지하수위의 검증 • 민감도 분석 반복 수행 • 굴착 이전 지하수위 검토 • 굴착 이전 지하수흐름 검토	• 굴착에 따른 경시별 수위 분포 및 주변 지하수계 분석 • 굴착에 따른 지하수 유입량 분석 • 주변 지하수 이용시설 영향 분석

☑ 지하수 모델링 개요

- 지하수 유동 해석을 위한 모델링의 정의에 대하여는 많은 이론이 있지만 국제 모델링센터(IGWMC)에서 정의한 바에 의하면 “Non-Unique, simplified, mathematical description of an existing ground water system, coded in a programming language”, 대수층 구조와 지하수 유동현상을 가능한 여러 가지 수학적 수식으로 단순화시켜 모델로 묘사하고 이를 컴퓨터 프로그램화 한 것으로서 대수층의 경계조건, 수리상수, 지하수 유출입 조건등을 코드로 입력하여 대수층의 반응이 분석될 수 있도록 한 것이다.
- 지하구조물의 시공을 위한 대규모 굴착 공사는 공사구간 주변의 지하수 사용량 감소, 지하수위 저하, 지반침하 등 주변 지하수계에 미치는 영향이 크므로, 이에 대한 정량적인 해석/평가를 위해서는 지하수 수치모델링의 수행이 불가피하다. 국제 지하수모델링센터(IGWMC)에 등록된 다양한 모델링 프로그램 중 MODFLOW는 미국지질조사소(USGS)에서 개발되어, 범세계적으로 현재 가장 널리 이용되고 있는 3차원 지하수 유동 모델이며, 복잡한 수리수두에 관한 해를 풀이하고, 다공질 매체를 대상으로 개발되었으므로 본 과업지역에 적합한 해석 모델로 판단된다.
- 모델링 프로그램을 활용한 3차원 지하수 유동 해석은 다음과 같이 3단계로 구분할 수 있다.

  (1) 지하수계의 개념화(Conceptualization) : 지하수 흐름계에서 발생하고 있는 지배적인 진행과정을 이해하기 위해 단순화시킨 최적 모델

(2) 모델보정(Historical Matching) : 관측결과와 모델결과를 서로 비교(정밀화), 시행착오법이나 Automatic regression 등 이용

(3) 예측(Prediction) : 모델 응용의 최종단계로써 보정을 통해 도출한 모델 결과를 바탕으로 해당 지하수계의 변화양상 및 영향을 예측

☑ MODFLOW 개요

- 지하수유동 해석에 사용되는 상용 및 비상용 프로그램은 지하수유동 해석에 대한 연구와 수치해석의 발전으로 인해 꾸준히 개발되고 있다. 개발된 프로그램 중 모델러가 모의 규모, 지질 매체의 특성, 현장 조건 그리고 모델링 목적에 따라 적절한 모델을 선택하여 사용할 수 있으며, 현재 지하수유동 모의를 위한 모델은 MODFLOW가 가장 널리 이용되고 있다. MODFLOW의 경우 소스코드(source code)를 공개하여 여러 사람이 사용할 수 있으며, 꾸준한 업그레이드를 통한 성능 개선이 이루어져 왔다.
- MODFLOW는 포화대에서의 지하수유동을 모의할 수 있으며 이용되는 지배방정식은 다음과 같은 가정들로부터 도출된다. 연속방정식과 Darcy's law를 통해 지하수유동 방정식이 유도되며 이를 유한차분화하여 지하수유동을 모의한다.

  (1) 모의영역은 포화대이며 대수층은 다공성 매질로 변형되지 않는다.

  (2) 유체는 비압축적(incompressible)이며, 지하수 시스템은 등온 조건 아래 있다.
- MODFLOW는 사용하기에 쉽고 편리하며 규모가 비교적 큰 수리지질학적 문제를 해결하기 위해 필요한 대용량의 자료를 처리, 분석 및 유지하는 능력이 뛰어나다. 또한 물리적, 수학적인 지하수유동 형태의 개념이 실제로 어떻게 나타날 것인가에 대해 대용량의 자료와 함께 다루어진다. MODFLOW를 이용하여 특정 지하수 유동계를 모델링하려고 할 때 필수적으로 입력하여야 할 자료로는 유한차분 격자망 자료, 계산상의 시간 간격, 스트레스 작용 기간, 수치계산 기법, 수리상수, 경계면 조건, 흐름원 등이 있다.
- MODFLOW에서의 지하수 흐름조건의 선택은 다양하게 할 수 있다. 일차원, 이차원, 삼차원 문제를 모두 취급할 수 있으며 피압대수층, 자유면 대수층, 피압조건에서 불피압 조건으로 부분적 전이 및 완전한 전이의 문제도 다룰 수 있다는 장점이 있다. 지하수의 흐름원은 주로 주입정 또는 양수정, 관개시설, 강 등의 지표수체, 증발산, 지하수 함양, 외부적 흐름원 등으로 나눌 수 있으며 이들에 대한 고려도 쉽게 적용시킬 수 있다. 경계면 조건에서는 정수두 경계, 정흐름량 경계, 불투수 경계, 수위종속 흐름량 경계의 4가지 형태의 경계조건 표현이 가능하다.
- MODFLOW는 주 프로그램과 여러 모듈(module)이라고 불리는 서브루틴(subroutine)을 갖고 있는데, 이 모듈들은 패키지(package)로 묶여진다. 각각의 패키지는 하천(river)이나 배수(drain)와 같은 특정한 수리지질학적 특성 인자를 Basic, BCF(Block-Centered Flow), River, Recharge, Well, Drain, Evapotranspiration, General-Head Boundary, SIP(Strongly Implicit Procedure), SSOR(Slice-Successive Overrelaxation), PCG(Preconditioned Conjugate Gradient), HFB(Horizontal Flow Barrier), Output Control 등 총 13가지의 방법을 통해 지하수유동을 나타내는

선형 방정식으로 다루고 있다. 또한, 이 패키지들은 이후에도 계속 첨가되어 모형을 수정하는데 유리한 점도 있다.

- MODFLOW의 장점은 프로그램 체계가 각각의 적립된 패키지로 모듈화되어 있으므로 프로그램의 수정이 필요할 때 전체를 바꾸지 않고 각 패키지내에서 수정이 가능하며 필요한 패키지의 첨가가 쉽다는 점이다. 또 특별한 조정없이 다양한 종류의 컴퓨터에 사용할 수 있으며, 2차원 및 3차원에 대한 모델링이 모두 가능하다. 이와 더불어 사용자가 전체적인 모델링 과정의 맥락을 이해하기 쉬우며 다양한 선택기능들이 있어 편리하며, 배열의 포맷 등을 사용자가 지정해 줄 수 있고, 각종 계산정보에 대한 접근이 용이하며, 무엇보다도 설명서 및 사용자 지침서가 상세히 작성되어 있다는 장점이다.

표 5.28 MODFLOW의 이용분야

분야	내 용
물관리 및 이수분야	•우물상호간의 간섭현상 규명 •우물장(well field)의 설계 •최적지하수관리 기법에 응용 •강변여과수 개발시 인근지표수체와 •지하수체에서 물수지와 수위변화 예측
환경오염 및 정화설계분야	•지하수의 이동시간 •취수정 보호지역 규명과 포획구간분석 •지하수관측계획 수립 •환경영향평가 •오염지하수의 정화시스템설계 및 대안, 매립지의 침출수 거동과 정화설계, 유류에 의해 오염된 지하수 환경의 정화방안, 자연저감에 의한 정화방법 •각종 오염저감시스템 설계 · 분석
지반공학 분야	•Dam의 누수와 침윤선 분석 •사면의 안정과 배수 •굴토공사이 배수 •터널의 유입수와 압력변화 •지하수배수시의 지반침하

☑ 모델링 해석 흐름

평가 목적

3차원 연속체 지하수 모델링

- 구간내 지하수 유입량
  - 굴착초기/굴착완료/운영에 따른 경시별 지하수 유입량 산정
- 굴착에 따른 지하수위 강하량 및 영향반경
  - 지하수위 강하/회복량
  - 굴착경계 외부로의 수위강하 영향반경 산정
- 흙막이 가시설(지하연속벽) 및 차수 그라우팅에 대한 효과 검증

검토 내용

수문특성 → 지반조건 → 수리특성의 단계적 병행 검토

수문특성검토

- 기상, 함양량 및 인접지역 지하수 변동특성 현황
  - 서울 기상청
  - 국가지하수관리 기본/수정계획
  - 서울시 지하수 관리계획

지반조건검토

- 시추주상도 확인
- 지질도폭을 활용 →대수층 지층구성 파악
- 지반-수리-수문특성 연계검토
- 국토지반정보 통합DB센터(Geoinfo)

수리특성검토

- 현장시험자료 검토
  - 금회 지반조사보고서
- 문헌자료 검토
  - 지하수 관리계획 보고서
  - 퇴적암지대의 퇴적층/풍화대/기반암 수리특성(K) 파악

평가 착안사항

- 도심지역 함양량 산정
- 지하수위 검토

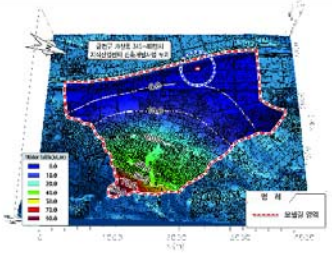
- 매립/퇴적층, 풍화대, 기반암으로 지층구분

- 자료 부족 시 문헌자료 추가 적용

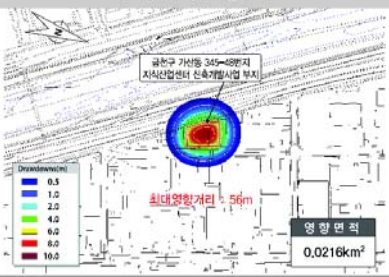
평가 수행

연속체 모델링 검토

지하수위 분포



지하수위 강하



설계 반영

- 지하굴착 및 운영 중 배수설계 반영 → 적정 배수설계 적용
- 민원예상시설(인근 우물, 하천 등) 지하수 영향검토 및 필요시 대책 수립

5.2.2 굴착공사에 따른 광역지하수 흐름 분석

☑ 기존자료 수집 및 분석

1) 개요

- 구조물 지하굴착에 따른 주변 지하수계 영향 검토 및 굴착구간 내 유입량 산정을 위해 3차원 지하수 수치해석에 입력될 수리상수를 산정하였다.
  → 수리전도도(K), 저류계수(S) 및 지하수 함양율(R)의 산정
- 사업부지 내에서의 현장시험(투수 및 수압시험, 순간충격시험, 양수시험 등)을 통해 획득한 수리상수 값과 동일 또는 유사한 매질의 경험값 및 문헌값에 대한 비교·분석을 통해 수리상수의 합리적인 산정근거를 마련하였다.
- 수치모델에 적용 시 현장의 지하수계를 합리적으로 재현하기 위해 산정된 수리상수의 민감도 분석을 수행하여 최적의 수리상수(수리전도도, 함양율)를 산출하였다.

2) 방법

표 5.29 수리입력상수 산정 방법

산정항목	산 정 방 법	산정자료
지하수 함양량	• 사업부지에 가장 인접한 서울기상관측소에서 관측한 기상 자료를 활용하여, 연도별/월별 강수량 통계분석 수행 ➡ 최근 10년(2011~2020) 자료를 활용하여 평균 강수량 결정 • 국가 지하수관리계획 기본/수정계획 보고서(2017~2026)의 함양률 산정자료와 서울기상관측소 기상자료를 활용하여 지하수 함양량 산정	• 국가기상관측소 (서울기상관측소) • 국가지하수관리기본계획 수정계획(2017~2026)
수리전도도 (K)	• 사업부지 내에서 수행한 투수 및 수압시험과 양수시험, 순간충격시험 결과를 통해 획득한 수리전도도의 지층별 특성 검토 ➡ 현장시험결과의 기하평균 값을 모델의 초기값으로 입력 • 수치모델에 적용 시 현장의 지하수계를 합리적으로 재현 및 결정하기 위해 산정된 수리상수(수리전도도, 함양율 등)의 민감도 분석 수행 ➡ Point data인 현장시험결과의 공간적 분포에 대한 불확실성 발생을 최소화 ➡ 산정된 수리입력상수의 보정을 통한 불확실성 제고	• 지층별 수리전도도 결과 • 지하수위 자료 – 민감도 분석 및 모델 보정시 – 공내 지하수위 측정자료 활용
저류계수 (S)	• 토사 · 풍화대는 공극률(토성)에 의해, 암반대수층은 암종에 의해 영향을 받는 입력상수 • 암종별 저류계수 및 공극율은 지반조사 시 수행한 양수시험 및 문헌값 적용	• 양수시험 • 문헌 값 적용

3) 지하수 함양량 산정

• 모델영역의 강수량은 서울기상관측소의 최근 10년간 연평균 강수량(1,274.2mm)을 적용하였다.

표 5.30 강수량 분석

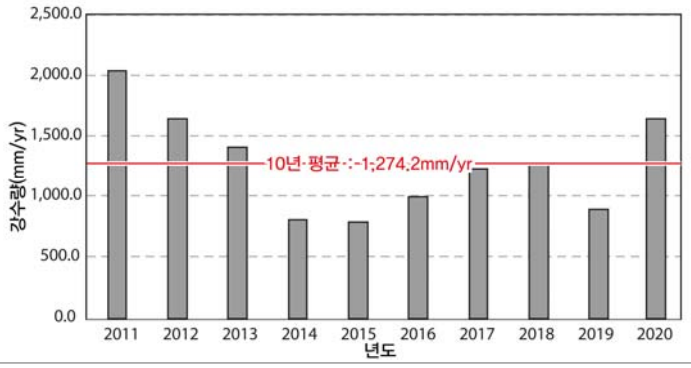
서울기상관측소		강우 통계자료(2011~2020)
최저강수량(mm)	792.1	
최고강수량(mm)	2,039.3	
연평균강수량(mm)	1,274.2	

표 5.31 최근 10년간 월별 강우자료

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
2011	8.9	29.1	14.6	110.1	53.4	404.5	1,131.0	166.8	25.6	32.0	56.2	7.1	2,039.3
2012	6.7	0.8	47.4	157.0	8.2	91.9	448.9	464.9	212.0	99.3	67.8	41.4	1,646.3
2013	22.1	74.1	27.3	71.7	132.0	28.3	676.2	148.6	138.5	13.5	46.9	24.7	1,403.9
2014	13.0	16.2	7.2	31.0	63.0	98.1	207.9	172.8	88.1	52.2	41.5	17.9	808.9
2015	11.3	22.7	9.6	80.5	28.9	99.0	226.0	72.9	26.0	81.5	104.6	29.1	792.1
2016	1.0	47.6	40.5	76.8	160.5	54.4	358.2	67.1	33.0	74.8	16.7	61.1	991.7
2017	14.9	11.1	7.9	61.6	16.1	66.6	621.0	297.0	35.0	26.5	40.7	34.8	1,233.2
2018	8.5	29.6	49.5	130.3	222.0	171.5	185.6	202.6	68.5	120.5	79.1	16.4	1,284.1
2019	0.0	23.8	26.8	47.3	37.8	74.4	194.4	190.5	139.8	55.5	78.8	22.6	891.7
2020	60.5	53.1	16.3	16.9	112.4	139.6	270.4	675.7	181.5	0.0	120.1	4.6	1,651.1
평균	15.3	31.0	25.8	74.8	86.8	91.5	354.3	254.7	102.5	58.2	66.2	28.1	1,274.2

• 지하수업무수행지침(2015, 국토교통부)에 따르면, 지하수 함양률은 지하수관리 기본계획, 지하수 기초조사 보고서 등 기존 자료를 활용하여 산정하는 것을 권고하고 있다.

• 서울기상관측소의 최근 10년간 연평균강수량과 국가 지하수관리 기본계획 보고서에서 분석된 서울항동 국가지하수관측소의 함양률 산정결과를 활용하여 함양량을 산정한 후 모델에 적용하였다.

표 5.32 지하수 함양량 분석

구 분	대권역	중권역	관측소명	함양율(%)	초기 함양량(mm/yr)
국가 지하수관리 기본계획 수정계획(2017~2026)	한강	한강서울	서울항동	15.85	202.2

4) 지하철 역사의 심도 및 지하수 유출량

- 지하철 역사는 지하 깊은 곳까지 위치하는 대규모 지하 구조물로써 배수 구조물로 시공되었을 경우, 지하수가 지하철 역사 및 선로로 유입된 후 배수 시설을 통해 외부로 유출되기 때문에, 지하철의 굴착 심도 및 유출량의 정도에 따라 지하철 역사 및 노선 주변으로 지하수계가 교란되는 현상이 발생한다.
- 따라서, 신뢰도 높은 현재 상태의 지하수계를 모사하기 위해서는 지하철 노선 및 역사의 심도, 역사로의 지하수 유입량을 파악하여 모델에 적용하여야 한다.

표 5.33 지하철 역사별 심도 및 지하수 유출량

노 선	역사명	심도(m)	지하수유출량(㎥/일)
7호선	가산디지털단지	28.32	160.4

5) 수리전도도(투수계수) 산정

- 사업부지 내에서의 현장시험을 통해 산정한 초기입력수리상수는 제한적인 Point Data로서 3차원 유동해석 시 모델영역 전체의 공간적 분포에 대한 불확실성이 필연적으로 발생하므로, 모델링 범위내의 대수성 시험 자료들을 최대한 수집 · 검토하여 지층별 입력변수를 산정하였다.

표 5.34 수리전도도(현장시험 값) 분석

구 분	수리전도도(cm/sec)		
	매립/퇴적층	풍화토/풍화암	기반암
투수 및 수압시험	2.04E-04~1.61E-03	4.18E-05~3.16E-04	2.43E-05~5.97E-05
양수 및 순간충격시험	-	1.18E-04~2.28E-03	-

표 5.35 문헌값(서울시 지하수 관리계획(1996)) 분석

구 분		수리전도도(cm/sec)		
		최소	최대	평균
편마암	충적층	7.89E-06	2.51E-03	6.94E-04
	풍화대	6.20E-05	1.00E-03	2.47E-04
	암반	2.03E-05	1.67E-04	7.53E-05

표 5.36 수리전도도(경험값 및 문헌값) 분석

구 분	수리전도도(cm/sec)				
	경험값		문헌값		
	Hazen	Creager	지반공학	구조물기초	U.S.B.R
매립층	6.40E-04	6.25E-05	1.00E-04	4.50E-04	1.00E-03
퇴적층	-	-	1.00E-04	4.50E-04	1.00E-03
풍화대	-	-	1.00E-06~ 1.00E-04	4.50E-04	1.00E-03
기반암(연암)	-	-	1.00E-07	1.00E-05~ 1.00E-02	

- 현장 지하수위 측정자료와 모델에서 계산된 지하수위가 일치할 때까지 시행오차법을 통한 정류보정 과정을 통해 모델영역을 대표하는 합리적인 수리전도도 값을 산정하였다.
- 획득한 보정 수리전도도 값을 활용하여, 지하공간 굴착에 따른 부정류 모사를 수행하였다.

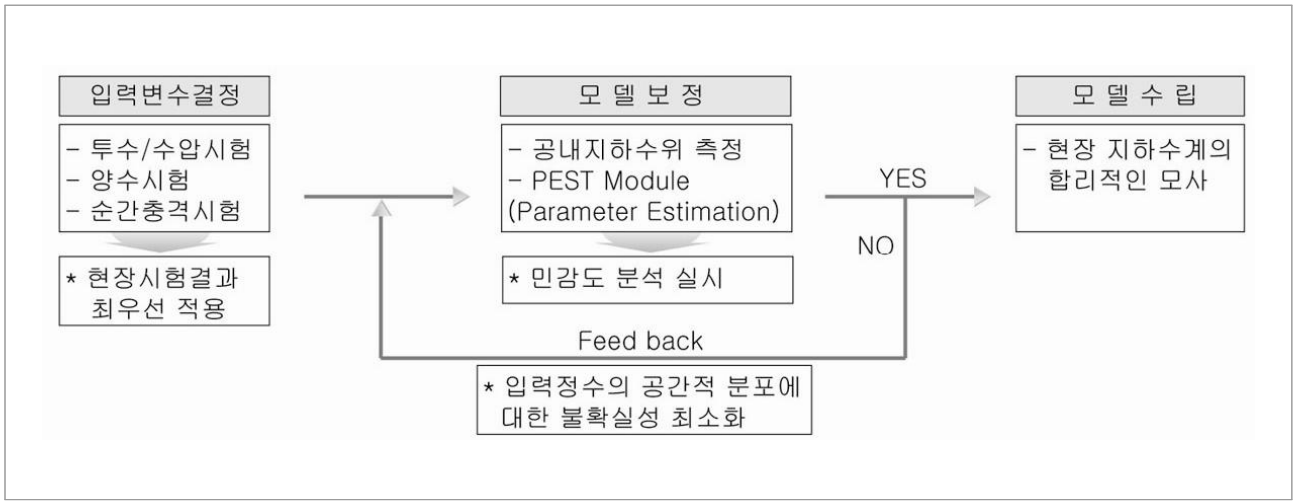


표 5.37 수리전도도 초기 입력값 산정

구 분	수리전도도(cm/sec)			비고
	매립/퇴적층	풍화대	기반암(연암)	
과업유역	9.11E-04	2.94E-04	6.05E-05	

표 5.38 공극율과 비산출률 분석

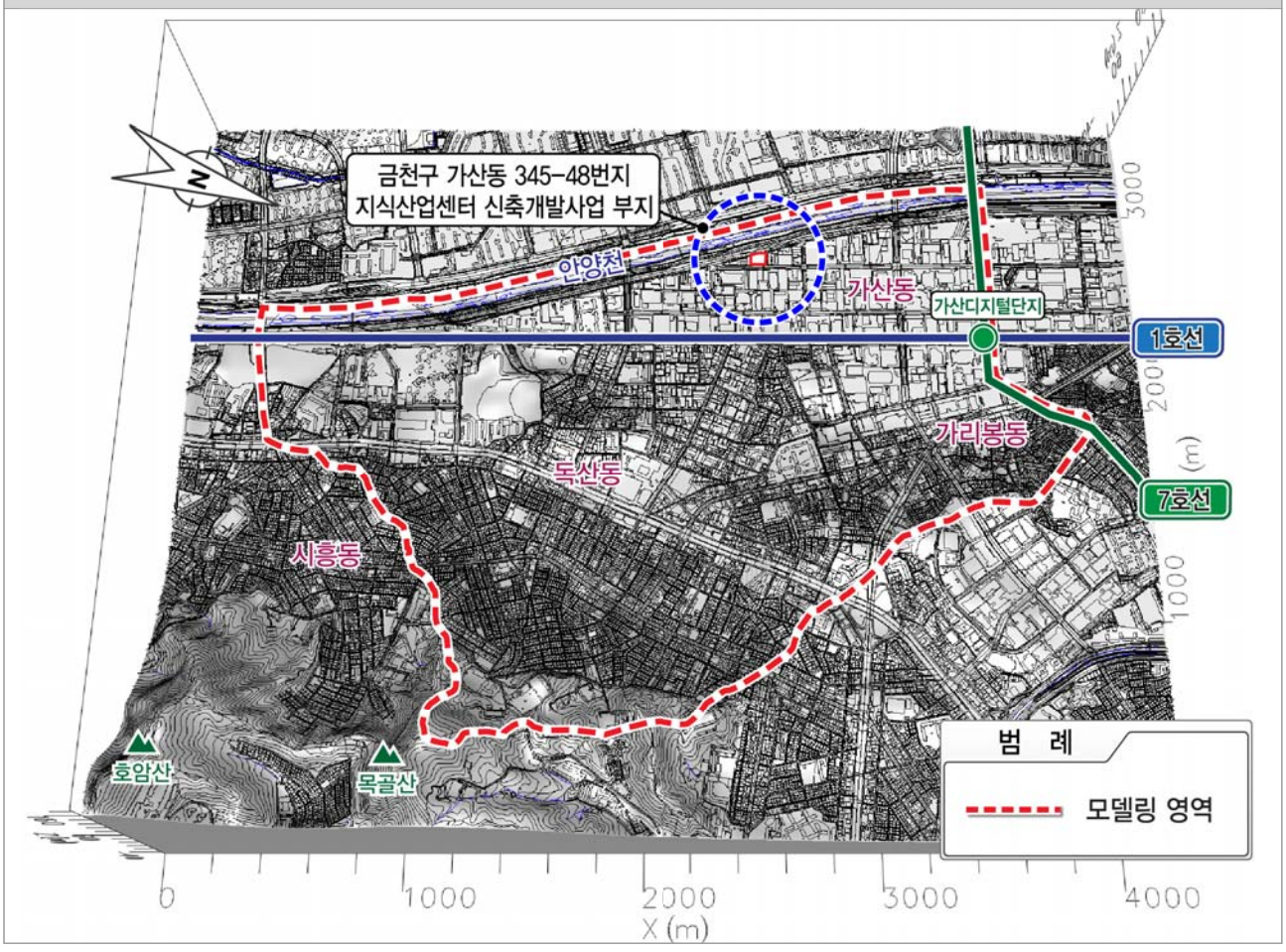
구 분		공극율	비산출률	비 고
비고결층	세립질모래	0.26~0.53	0.10~0.30	*문헌값 (한정상, 지하수환경과 오염, 박영사(1998))
	실트	0.34~0.61	0.01~0.30	
	점토	0.34~0.60	0.01~0.20	
결정질암	파쇄암	0.00 ~ 0.10	5.0×10^{-5} ~ 10^{-2}	
	조밀한 결정질암	0.00 ~ 0.05		
	현무암	0.03 ~ 0.35		
	풍화된 화강암	0.34 ~ 0.57	0.20 ~ 0.30	
	화강암	0.10	5.0×10^{-4}	
기반암(연암)		-	6.93E-03~5.56E-03	양수시험

☑ 모델설계

1) 모델영역 설정

- 지하수 유동 모델에서 가장 먼저 수행해야할 단계는 유역 내 지형 및 수계 등을 활용 및 분석하여 모델링을 수행하기 위한 모의 대상 영역을 설정하는 것이다.
- 과업지역은 행정구역상 서울특별시 금천구 가산동 345-48번지 일원에 해당하며, 굴착 구간은 데이터센터 신축개발사업 현장이다.
- 과업부지의 서쪽으로는 안양천이 북류하여 한강으로 합류하고, 북쪽으로는 도림천이 서류하여 안양천과 합류한다. 동남쪽으로는 목골산이 위치하고 있다.
- 과업부지에 인접하여 동-서 방향으로 가로지르는 지하철 7호선이 지하로 운행중에 있으며, 남-북 방향으로 지하철 1호선이 운행중이나 지상에 위치한다.
- 모델의 영역은 굴착 구간을 중심으로 발생하는 지하수 흐름의 변화, 지하수위 강하 범위 등을 고려하여, 과업부지 서쪽의 안양천, 북쪽의 도림천, 동남쪽의 목골산이 모두 포함되도록 가로 4,180 × 세로 3,280m로 충분히 넓게 설정하였으며, 지하수 분수령으로 적용할 수 있는 능선과 지하철 노선, 하천을 기준으로 모델경계를 설정하였다.

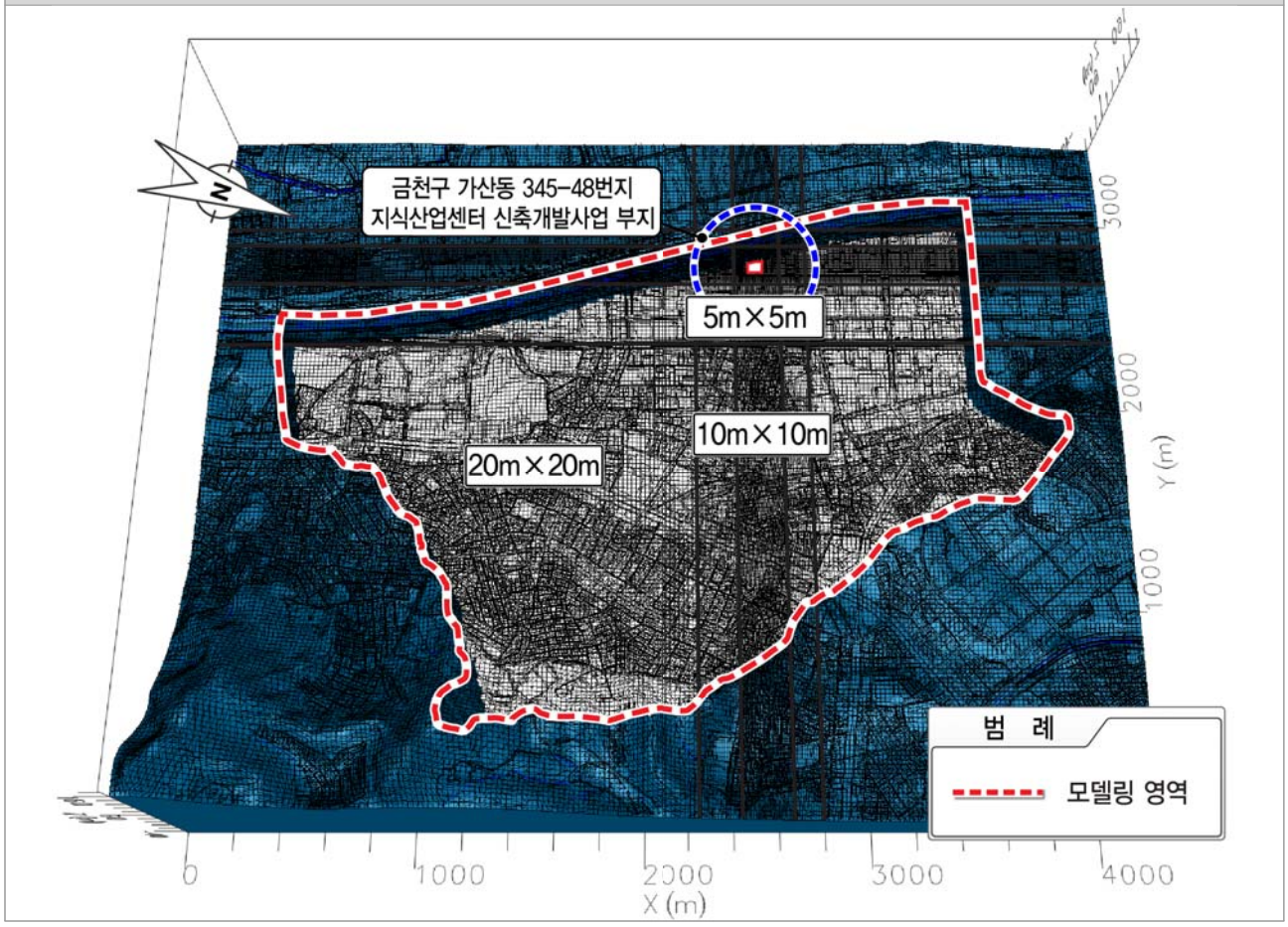
모 델 영 역



2) 격자망 구성

- 지하수 유동 모델을 적용할 때 가장 중요한 단계는 격자망을 설계하는 단계이다. 일반적으로 격자가 세격자(조밀한 격자)일수록 보다 정확한 해를 구할 수 있다. 따라서, 정확한 답을 구하고자 하는 구간은 세격자를, 세부적인 해답이 필요하지 않은 구간은 조격자를 설정한다.
- FDM, IFDM, FEM 등 개개의 수치방법은 그 자체의 특성이 있기 때문에 이를 최대한 고려해서 격자를 설정해야 한다. 특히, 지하지질구조에 따른 경계면은 정확히 파악할 수가 없기 때문에 이로 인한 오차는 불가피하다.
- 본 모델의 격자망(grid)은 257행 × 203열 × 4층, 총 208,684개의 블록으로 구성하였다. 본 수치모델링의 주요 분석대상인 지식산업센터 신축개발사업 부지는 지하수 유동 체계 특성을 정밀하게 모사하기 위하여 각 셀(cell)의 크기는 5m × 5m의 세격자망(fine grid)으로 생성하였다.
- 사업부지 외 지역은 10m, 20m의 조격자로 설정하여 격자 세분화에 따른 계산 오차를 최소한으로 줄이고자 하였으며, 동시에 전산시간을 줄이는 등의 모델의 효율성을 제고하였다.

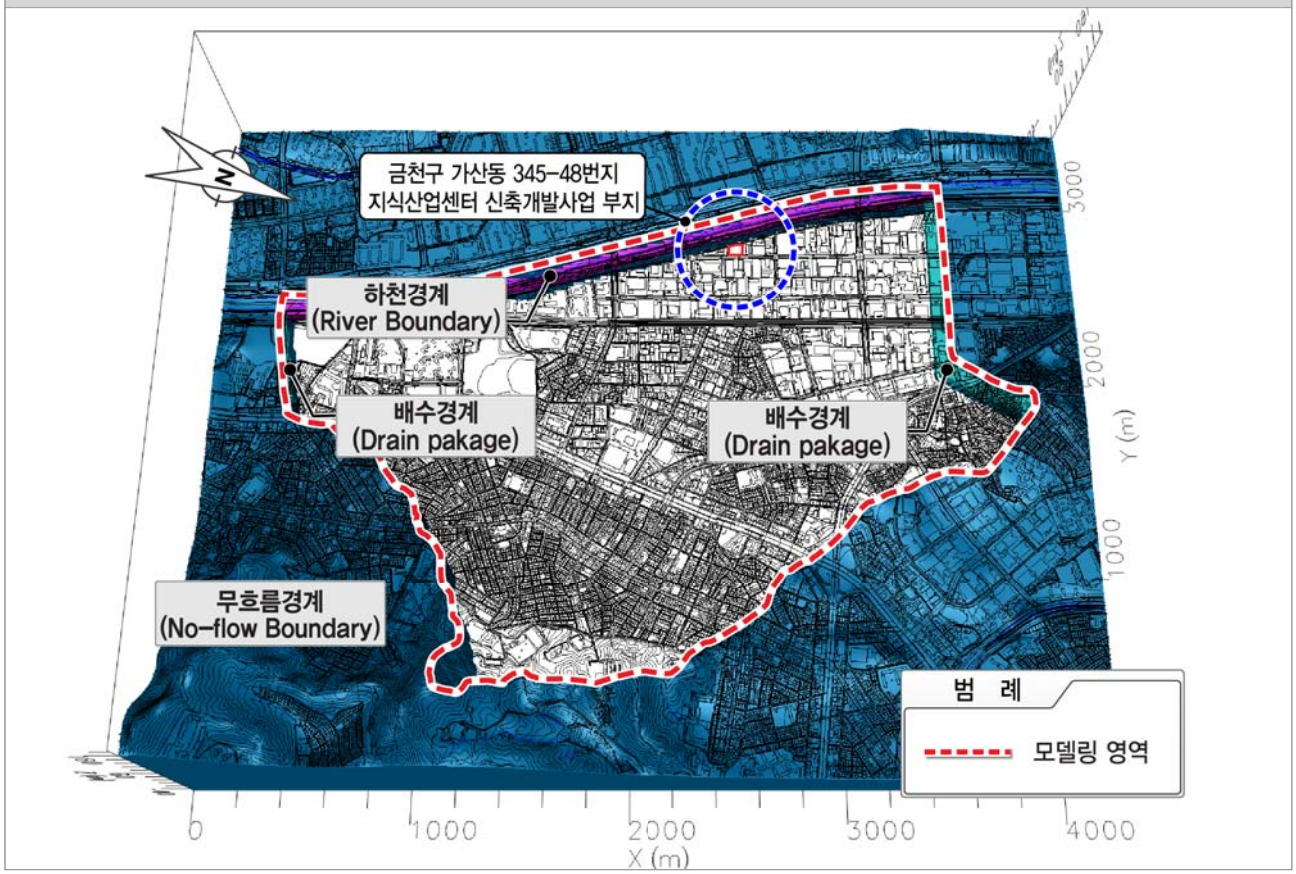
모 델 격 자 망



3) 경계조건 설정

- 경계조건(Boundary Condition)은 모사하려는 영역의 수리적인 경계를 이용하여 도출해내며, 경계면들에 수두(head)와 전도계수(conductance) 등의 종속변수 값을 입력하는 형태로서 지하수계를 합리적으로 모사하는데 있어 필요한 추가 정보를 제공한다. 반면에 합리적이지 못한 경계조건은 현존하는 지하수계의 양상을 비현실적으로 왜곡하여 모사하기 때문에 경계조건 설정은 면밀한 검토가 요구되는 중요 사항이라고 할 수 있다.
- 과업유역 내에 분포하는 지하철 7호선 및 역사는 지속적인 지하수 유출 발생으로 인한 인위적인 수두손실이 발생하였을 것이므로, 이를 모델에 반영하기 위해 배수경계(Drain pakage)로 설정하였다.
- 목골산의 계곡부로부터 발원한 소하천은 도심지를 가로질러 서쪽의 안양천으로 배출되며, 복개천의 형태로 존재하므로 배수경계(Drain pakage)로 설정하였다.
- 서쪽에 위치하여 북류하는 안양천은 하천경계(RIVER Boundary)로 설정하였다.
- 과업부지의 서쪽에 분포하는 안양천과 과업부지 남동쪽에 위치한 목골산, 과업부지 주변의 지하철 노선 외곽은 사업부지의 굴착으로 인한 지하수의 영향이 발생하지 않는 무흐름 경계(No flow boundary)로 설정하여, 경계 외부는 모델에서 계산이 되지 않도록 하여 모델의 효율성을 제고하였다.

경 계 조 건

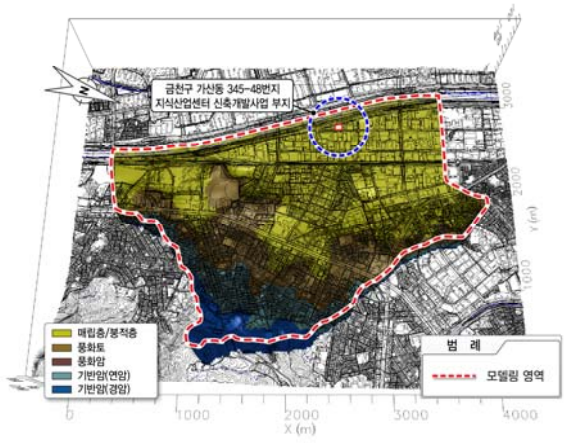
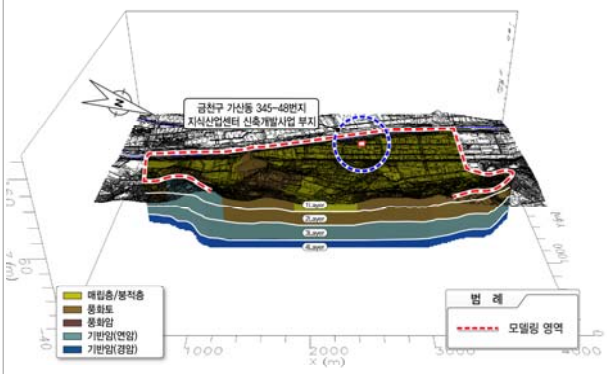


4) 수리지질조건 설정

- 과업지역은 편마암류를 기반암으로 그 상부에 기반암인 편마암의 풍화암과 점토, 모래, 자갈로 구성된 매립토, 퇴적층 등의 미고결층이 분포하고 있다.
- 현장 시추조사, 수문 지질도 등의 자료를 분석하여 모델영역 내 수리전도도 분포지역을 4개로 구역화(Zoning)하였다.
- 각 지층의 수리전도도는 현장시험 값으로 획득한 값을 초기 입력 값으로 활용하였고, 암종별 비산출율과 공극율 등은 양수시험 및 기타 문헌을 검토하여 적용하였다. 정류보정단계에서 경험값 및 문헌 값 등을 고려하여, 각 지층별 수리지질인자의 최적값을 산출하였다.
- 모델보정을 통해 도심지의 함양량은 연평균 강수량의 0.25%에 해당하는 3.2mm/yr, 그 외 지역은 지표 비폭 형태 및 지형의 특성에 따라 연평균 강수량의 14.60%~15.85%인 186.0~202.0mm/yr을 적용하였다.

표 5.39 보정과 최적의 수리지질인자 결정

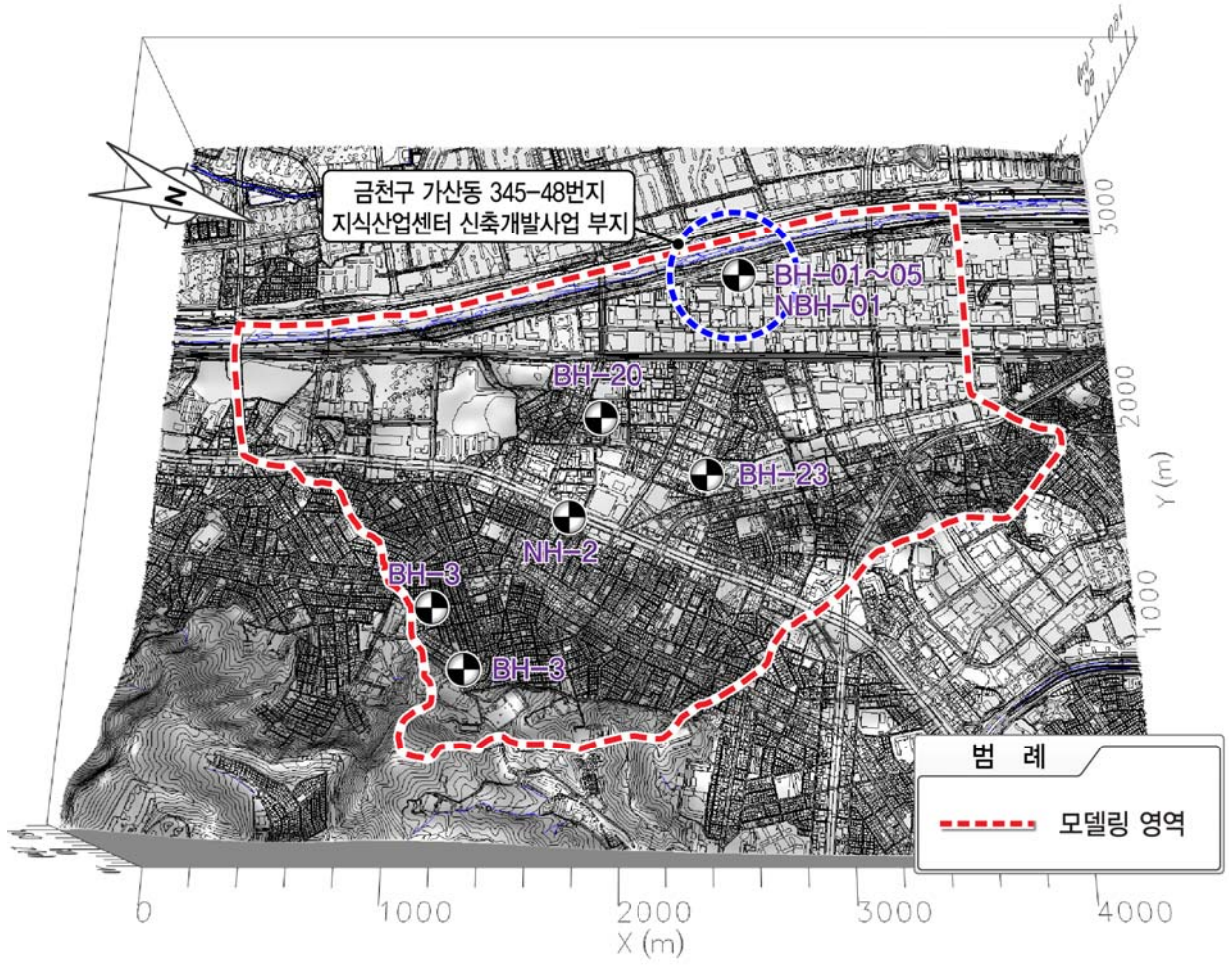
구 분	수리전도도 (cm/sec)	비저류계수 (Ss)	비산출율 (Sy)	유효공극율 (ne)	함양량 (mm/year)
매립토/붕적토	9.11E-04	0.2	0.20	0.25	3.2~202.0
풍화대	2.94E-04	5.0E-02	0.05	0.15	
기반암(연암)	5.97E-05	6.25E-03	0.01	0.10	
기반암(경암)	8.50E-06	1.00E-03	0.01	0.05	

수리전도도 평면분포	수리전도도 단면분포
	

5) 관측정 설정

- 모델 수행으로 획득한 모델 결과치가 현재 지하수계를 합리적으로 모사했는지에 대한 정량적인 평가를 위해서는 우선 현장에서 실제로 측정한 지하수위 자료의 획득이 우선시 되어야 한다.
- 본 사업을 위한 지반조사 시 수행한 시추조사공(BH-01~05, NBH-01)에서 측정한 지하수위를 과업부지의 관측정 수위 값으로 활용하였다.
- 또한, 광역모델에서 국부적인 지하수위 관측자료만 사용 시, 모델 결과에 대한 신뢰도가 저하될 수 있으므로 신뢰도를 제고하기 위해, 모델 영역 내 보조지하수관측망 1개소(관측소명 : 두산아파트)를 활용 하려 했으나 자료가 제공되지 않아 기시추된 자료 5개소를 혼합하여 총 10개소의 지하수위 자료를 활용하였다.

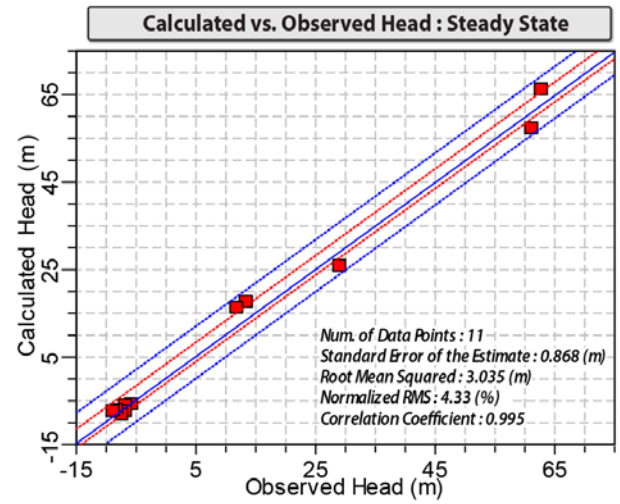
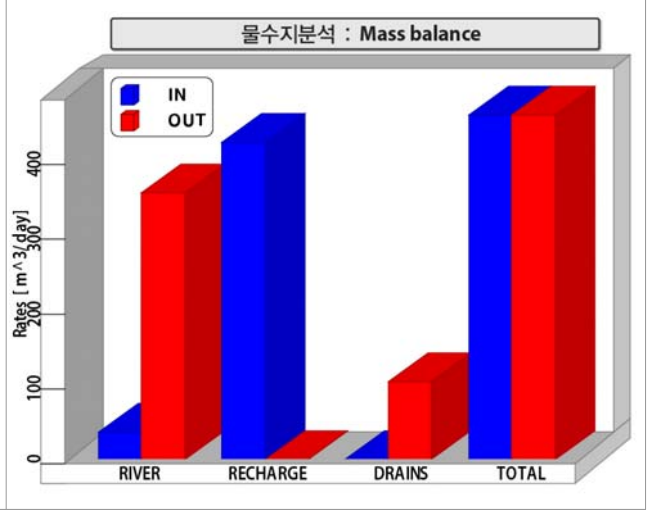
지하수위 관측정 위치



☑ 굴착이전 지하수계 모사

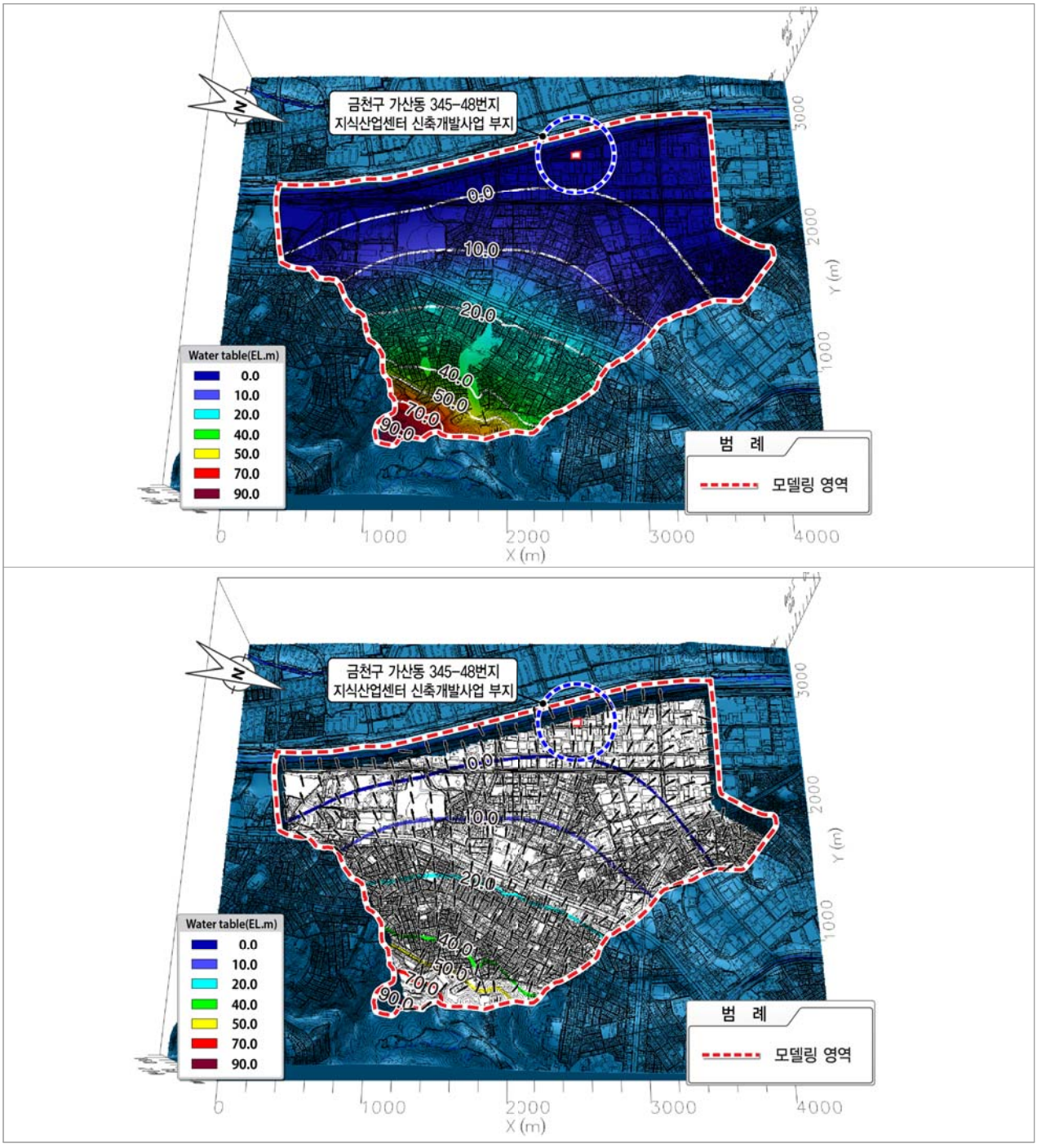
1) 정류보정(Calibration)

- 모델 수행으로 획득한 모델 결과치가 현재 지하수계를 합리적으로 모사했는지에 대한 정량적인 평가를 위해서는 우선 현장에서 실제로 측정한 지하수위 자료의 획득이 우선시 되어야 한다.
- 현장시험 및 문헌에서 획득한 모델링의 초기 입력 값들은 국지적인 지하지질 수리특성 값에 대한 불확실성을 내포하고 있으므로, 모델링 과정에서 현장 상황에 맞게 보정하여 최적의 수리지질인자를 결정해야한다.
- 따라서 금회 시추조사공과 과업유역 내에서 지하수위가 확인된 시추자료 5개소에서 관측한 수위를 모델보정에 활용하였다.
- 과업지역에서 관측한 지하수위(observed head)와 모델에서 계산된 지하수위(calculated head)를 비교 · 분석하여, 비교 지점의 계산된 수위가 실제 관측수위와 합리적으로 일치할 때까지 시행오차법을 통해 수리지질인자들을 증감시키면서 정류보정을 수행하였다.
- 지하수위를 이용한 모델 보정 결과, Normalized RMS가 4.33%, SEE(표준추정오차)가 0.868m, RMS(평균평방근)가 3.035m임을 감안했을 때, 보정은 양호하게 이루어졌으며, 본 과업지역의 지하수계를 합리적으로 재현한 것으로 판단된다.
- 또한, 물수지 분석결과, 지하수 유입량과 유출량의 차이가 0.1% 이내로 물수지 평형상태를 이루고 있는 것으로 평가되었으므로, 본 과업지역의 지하수계를 합리적으로 재현한 것으로 판단된다.

관측수위 vs 계산수위 산점도	물수지 분석
	

2) 굴착 전 지하수 정류모사

- 변수연산 과정과 정류 보정단계를 통해 결정한 입력인자들을 바탕으로 최종적으로 확정시킨 예측모델(Prediction model)을 이용하여 과업지역 주변의 지하수계 현상을 재현하였다.
- 과업지역 내 전반적인 지하수위는 EL.(−)10.10~(+)96.69m의 분포를 갖는다. 전반적인 지하수 흐름은 과업지역 북동쪽의 산지로부터 수두경사에 따라 저지대로 흐른 뒤, 지하철 노선 및 역사로 유출되는 형태를 보인다. 사업부지 주변 지하수위는 EL.(−)5.92~(−)4.94m의 분포로 나타났다.
- 금번 사업부지의 굴착공사 이전 모델영역 내 정류상태의 분포 및 지하수 흐름방향은 다음과 같으며, 정류모사로 획득한 지하수위는 굴착에 따른 부정류모델의 초기조건으로 활용하였다.



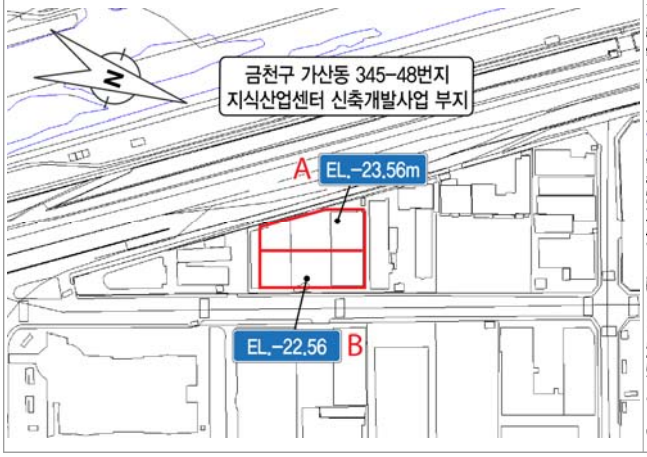
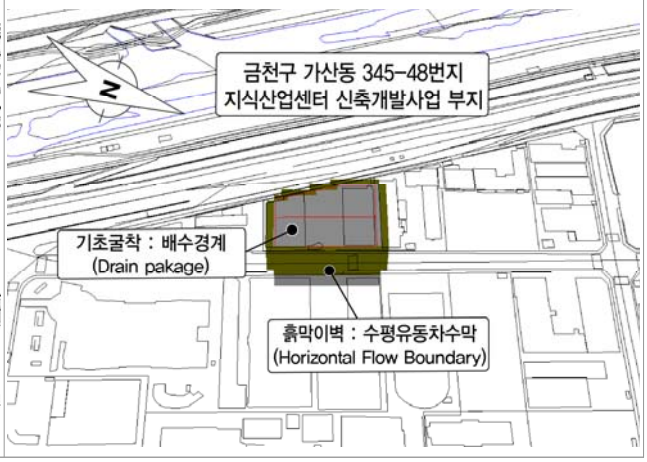
☑ 굴착공사 시나리오

- 지하굴착공사에 따른 지하수위 변화 및 굴착공사구간 내로의 지하수 유입량을 파악하고 이에 따른 영향을 예측하기 위하여 부정류 모사를 실시하였다.
- 과업지역을 기초굴착 심도(EL.(−)23.56~(−)22.56m)에 따라 2개 구간으로 나누었으며, 단계별로 굴착하는 것으로 모델링을 수행하였다. 굴착공사 기간은 총 20개월(600일)로 설정하였다.

표 5.40 굴착구간별 굴착심도

구 분	굴착심도(EL.+m)	굴착기간(일)
A	−23.56	600 (약 20개월)
B	−22.56	

- 굴착구간은 배수경계(Drain pakage)로 설정하여, 굴착 단계별로 주변 암질의 수리전도도를 고려하여 전도계수(Conductance)를 결정하였으며, 굴착이 모두 완료된 후 바닥면 및 외벽에 차수(1.0×10^{-7}cm/sec)를 수행하는 것으로 모사하였다.
- 설계 시 흙막이벽체는 지표로부터 풍화암 구간까지 적용하였다.

굴착공사 구간 별 굴착심도	부정류 모사에 적용된 경계조건
	

- 우리나라에서는 굴착에 대한 지하수 영향범위의 기준이 명확하게 명시되어 있지 않기 때문에 본 지하수 영향 검토에서는 수리특성이 불확실성과 최악의 경우를 가상한 보수적인 방법을 적용하여 굴착에 의한 지하수 영향권을 수위강하가 0.5m 되는 지점으로 설정하였다.

  → 미국, Palm beach의 지하수 영향권 적용사례는 1.0m

• 경시별로 굴착공사에 의해 과업지역 일대에 형성되는 수위강하 영향권을 예측하였으며, 예측시기는 굴착단계에 따라 굴착 1~8단계, 굴착완료 후 6개월, 3년, 6년으로 구분하였다.

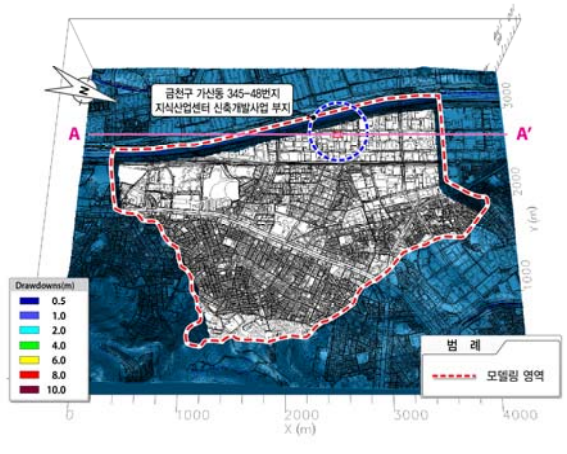
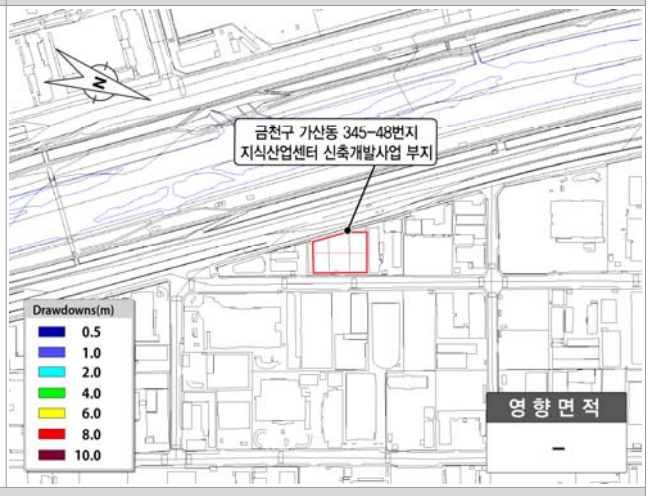
표 5.41 굴착단계별 굴착기간 및 굴착심도

굴착단계	굴착기간(일)	굴착심도(EL.+m)	비 고
1	100	5.20	–
2	200	1.40	굴착 25%
3	250	−2.10	–
4	300	−5.60	굴착 50%
5	350	−9.05	–
6	400	−12.50	굴착 75%
7	500	−17.10	–
8	600	−23.56~−22.56	굴착 100%
굴착완료 후 6개월	–	–	–
굴착완료 후 3년	–	–	–
굴착완료 후 6년	–	–	–

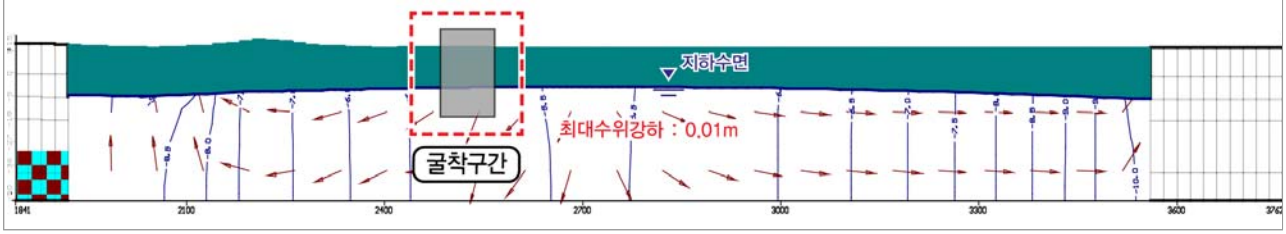
☑ 굴착에 따른 주변 지하수계 변화

1) 굴착 1~2단계 진행 시

• 굴착 초기에 해당하는 굴착 2단계까지는 지하수면 상부를 굴착하게 되므로 굴착 공사 부지 내에서의 지하수위 강하는 발생되지 않은 것으로 나타났다.

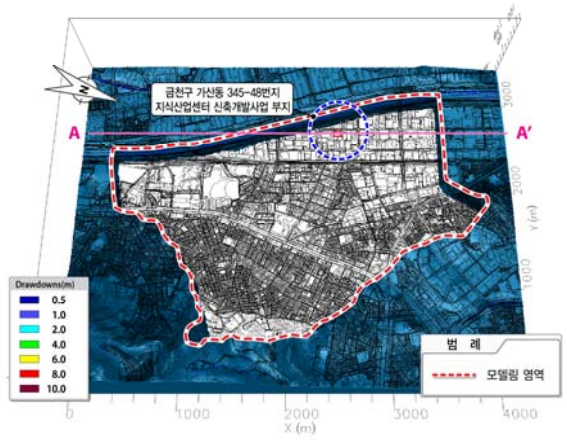
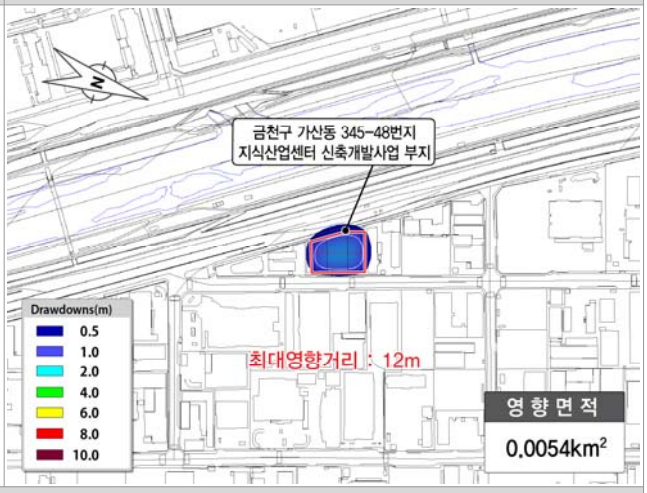
지하수위 강하(광역)	지하수위 강하(세부)
	

지하수위 분포 단면

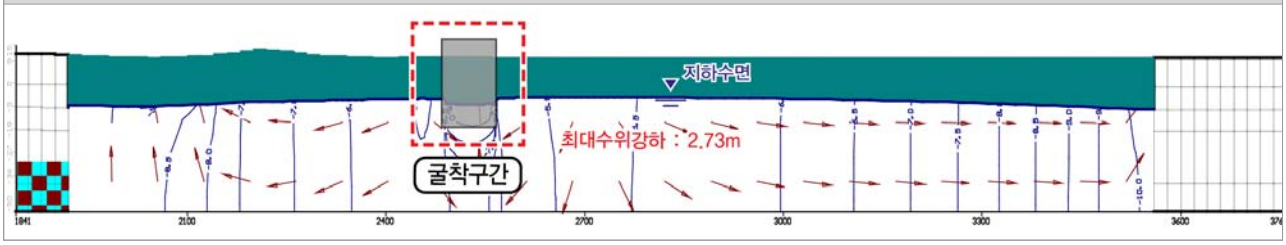


2) 굴착 5~6단계(굴착 75%) 진행 시

• 굴착 5~6단계 진행 시, 투수성이 불량한 기반암 구간의 굴착심도 증가로 최대 지하수위 변화량은 2.73m로 증가하였으며, 0.5m 이상 수위강하가 발생하는 구간은 부지경계로부터 서쪽의 안양천 방향으로 최대 12m로 확장되었다.

지하수위 강하(광역)	지하수위 강하(세부)
	

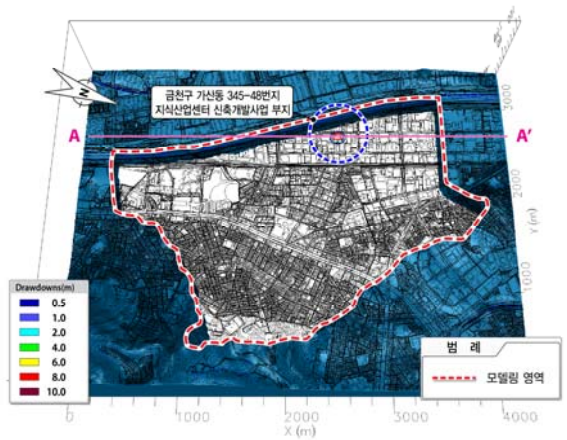
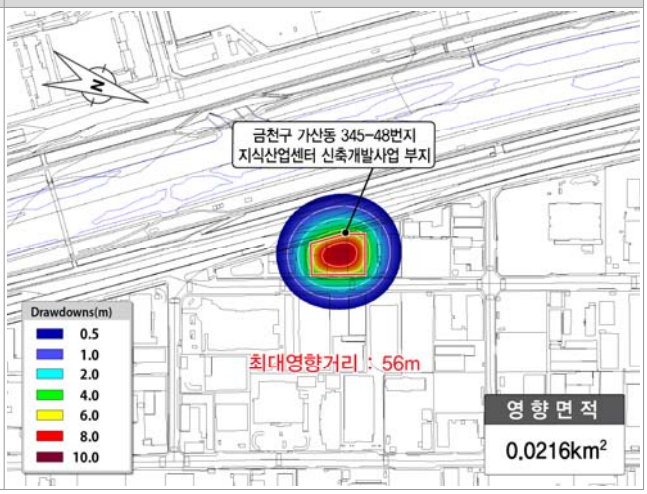
지하수위 분포 단면



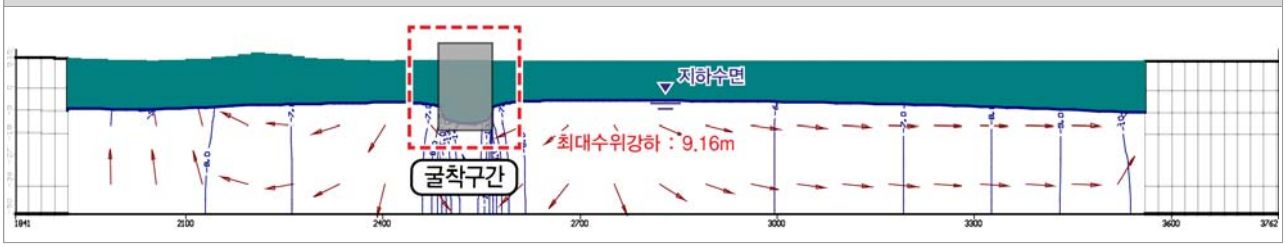
3) 굴착 7~8단계 굴착완료 시

• 굴착 완료 시에 해당하는 7~8단계 굴착 시, 굴착구간 내 지하수위 강하량은 최대 9.16m로 증가하는 것으로 분석되었다.

• 0.5m 이상 수위강하가 발생하는 구간은 부지경계로부터 서쪽 방향으로 최대 56m로 증가하였다.

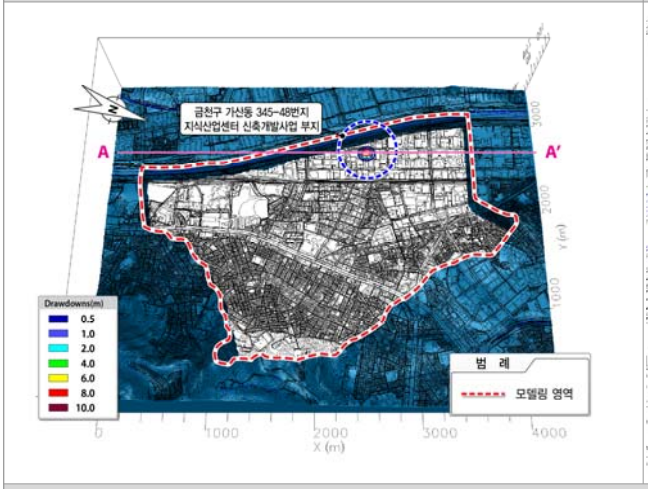
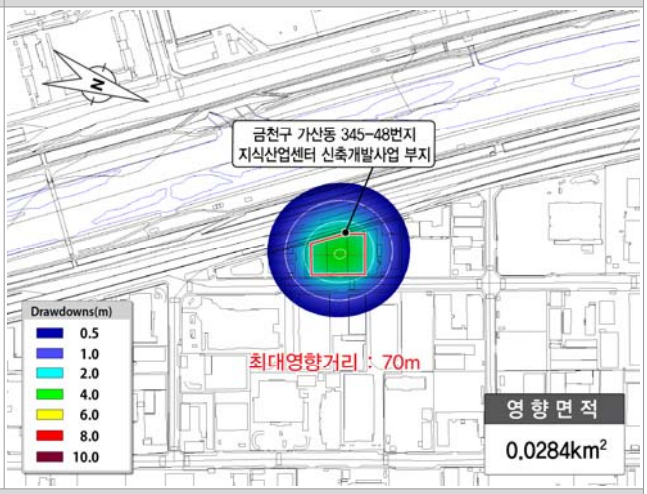
지하수위 강하(광역)	지하수위 강하(세부)
	

지하수위 분포 단면

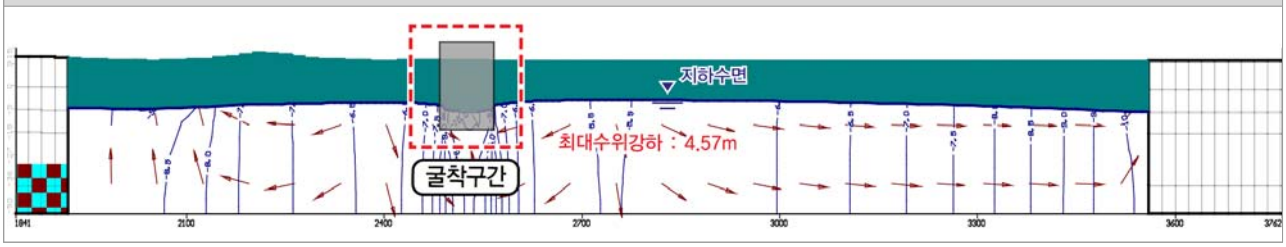


4) 굴착 완료 후 6개월 경과

- 굴착종료 후 되메우기 및 지하구조물의 외벽 및 바닥면 방수공사가 즉시 완료되는 것으로 가정하였다.
- 굴착종료 후, 6개월 경과 시 굴착 중 하강했던 지하수위가 다소 회복되어, 수위강하량은 굴착 시 최대 수위강하량에 비해 약 50% 상승된 4.57m로 예측되었다.
- 0.5m이상 수위 강하가 발생하는 영향거리는 최대 약 70m로 증가하였으나, 이는 수위강하원추(Cone of depression)의 형태로 하강한 지하수위가 회복되면서 굴착구간으로부터 먼거리까지 영향을 미치기 때문인 것으로 판단된다.

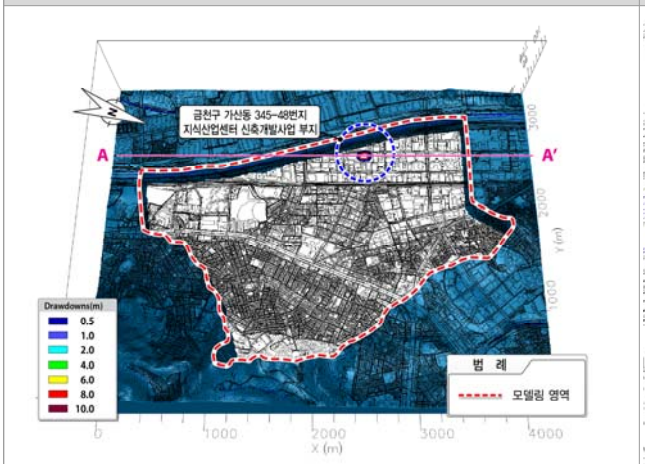
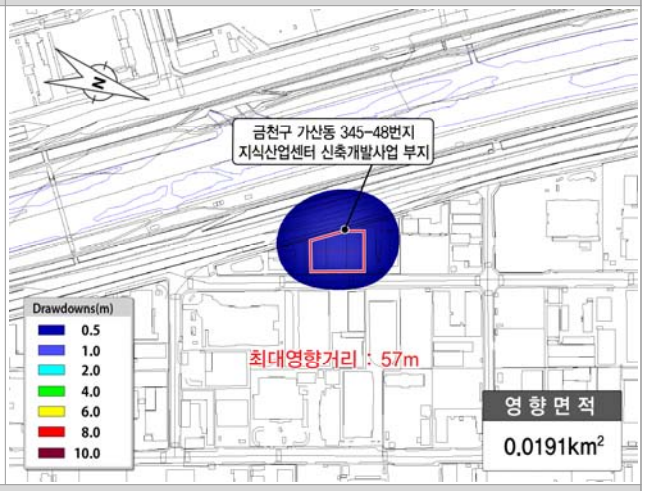
지하수위 강하(광역)	지하수위 강하(세부)
	

지하수위 분포 단면

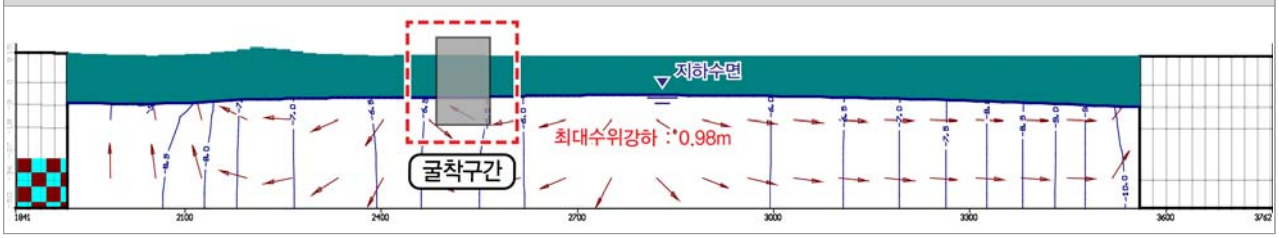


5) 굴착 완료 후 3년 경과

- 굴착종료 후, 3년이 경과하면 굴착구간 내 수위강하량은 0.98m(최대 수위강하량 대비 89%)로 회복되는 것으로 나타났으며, 굴착경계 외부의 0.5m이상 수위강하 구간은 최대 약 57m로 감소하는 것으로 예측되었다.

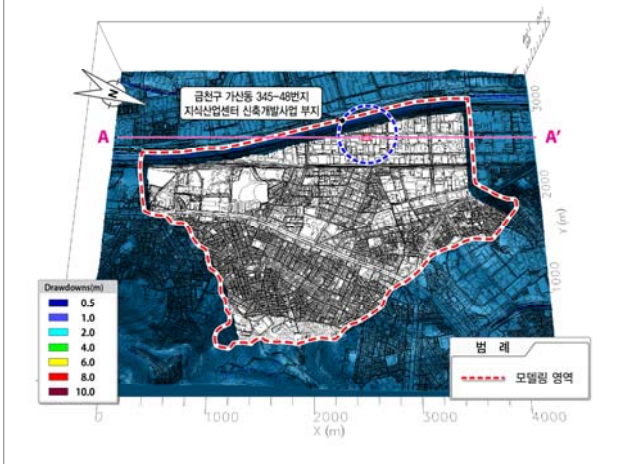
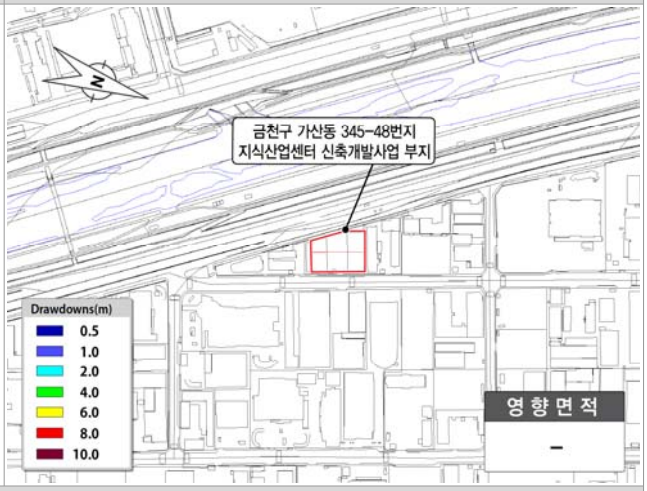
지하수위 강하(광역)	지하수위 강하(세부)
	

지하수위 분포 단면

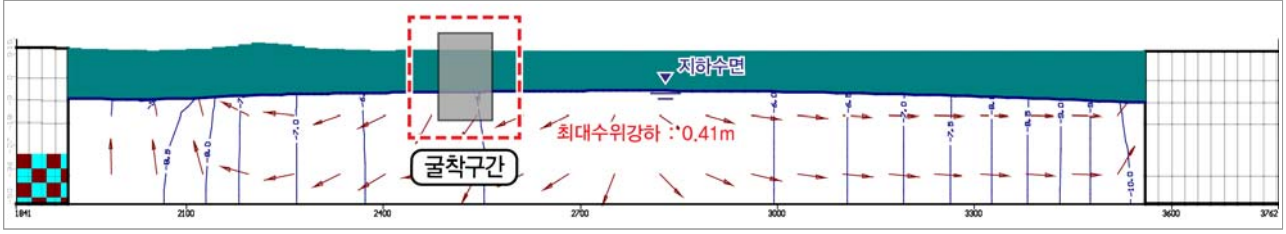


6) 굴착 완료 후 6년 경과

- 굴착종료 후, 6년이 경과하면 굴착구간 내 수위강하량은 0.41m(최대 수위강하량 대비 96%)로 회복되는 것으로 나타났으며, 굴착경계 외부의 0.5m이상 수위강하 구간은 모두 소멸되는 것으로 예측되었다.

지하수위 강하(광역)	지하수위 강하(세부)
	

지하수위 분포 단면



☑ 단계별 굴착심도에 따른 지하수위 강하량 및 유입량

- 굴착단계에 따라 투수성이 불량한 기반암(연암) 구간의 굴착심도가 깊어지면서 수위강하량은 최대 9.16m까지 증가하였다.
- 굴착완료 후, 방수공사를 즉각 수행함에 따라 굴착 후 6개월 이내에 수위가 50%까지 회복되었고, 6년 이내에 96%까지 회복되었다.
- 0.5m 수위강하가 발생하는 영향거리는 굴착 단계에 따라 점차 증가하며, 굴착 완료 후 점차 감소하다가 굴착완료 6년 이내에 굴착경계 내외부에서 전부 소멸되는 것으로 예측되었다.
- 여기서 분석된 수위강하량은 굴착바닥면을 포함하여 굴착구간 전체에 대한 굴착단계별 최대 수위강하량 값으로, 실제 시공 시 굴착바닥으로부터 유입되는 지하수는 모두 양수처리 될 것이므로 이를 현장 수위강하량 값으로 적용하기에는 무리가 있다.

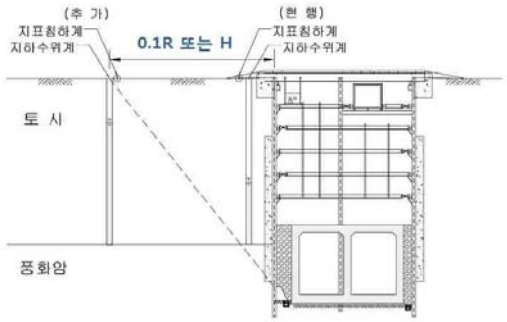
표 5.42 굴착단계별 지하수위 강하량 및 지하수 유입량

굴착단계	굴착기간(일)	지하수위 강하량(m)		지하수 영향거리(m)		비 고
		흙막이벽체 미적용	흙막이벽체 적용	차수 미적용	차수 적용	
1~2	200	–	–	–	–	굴착 25%
5~6	400	5.14	2.73	31	12	굴착 75%
7~8	600	13.29	9.16	75	56	굴착 100%
굴착 후 6개월		6.21	4.57	92	70	
굴착 후 3년		1.51	0.98	108	57	
굴착 후 6년		0.68	0.41	71	–	

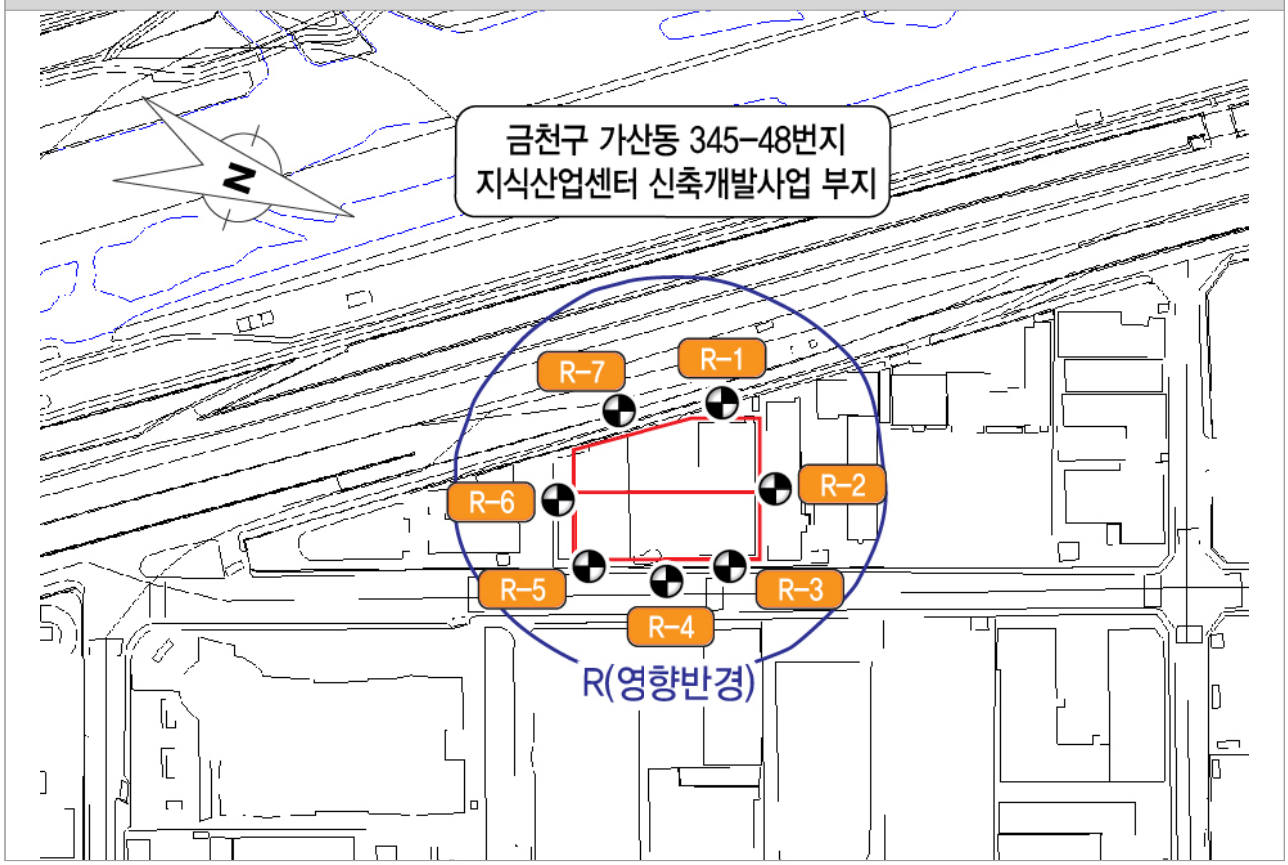
☑ 지하수위 관리 기준 검토

- 금회 지하수 모델 결과 예측된 지하수위 변화가 공사장 지하수 관리 매뉴얼(서울시, 2016)의 수위변화량 관리기준을 만족시키는 지 검토하였으며, 관리기준을 초과할 경우 필요한 대책을 마련하기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.
- 굴착에 의해 지하수위 강하가 1.0m가 되는 지점을 영향구역(R)으로 설정하고, 지하수위 측정위치는 공사구간 경계지점으로부터 0.1R 또는 H(굴착깊이) 이내의 구역으로 한다.

표 5.43 지하수위 측정위치 설정기준 및 관리기준 지표

측정위치 설정기준	구 분	관리기준 지표		
		1차관리기준 (안전)	2차관리기준 (주의)	3차관리기준 (위험)
	일 수위변화량 (△H)	△H ≤ 0.5m	0.5m 〈 △H ≤ 1.0m	△H 〉 1.0m
	누적 수위변화량 (△H)	MH ≤ 관리수위	관리수위 〈 MH ≤ 관리수위 + 최대자연변동량	MH 〉 관리수위 + 최대자연변동량 또는 MH 〉 8m

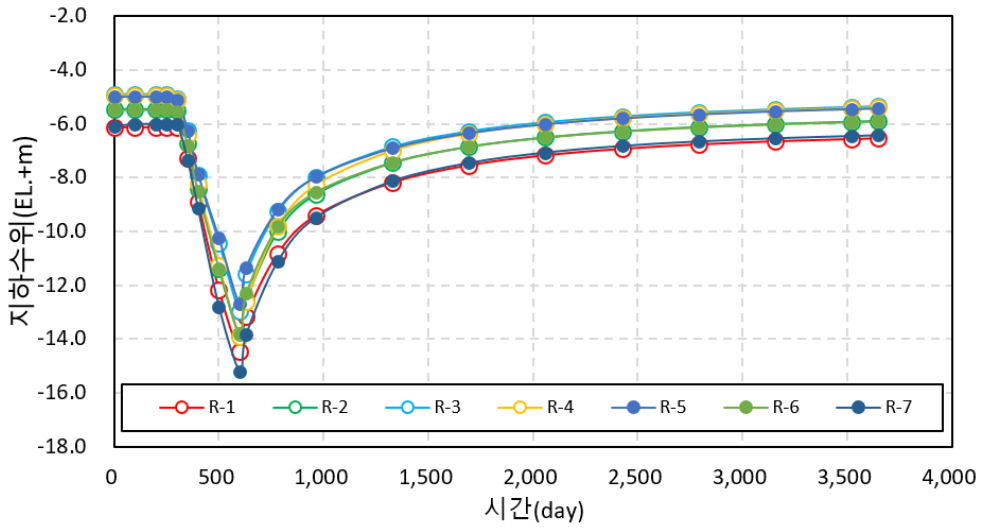
지하수위 측정위치(0.1R) 설정



5.2 광역지하수 흐름 분석

- 굴착구간을 중심으로 발생한 1m 지하수위 강하 영향반경(R)으로부터 0.1R에 해당하는 지점에 관측지점 7개소를 설정하여 굴착에 따른 지하수위 변화를 관측하였다.
- 그 결과, 최대 수위강하량은 과업부지 굴착 완료 시점에 4.49m로 나타났으며, 모든 시공 완료 후 6개월 이내에 33%(3.00m), 3년 이내에 79%(0.93m), 6년 이내에 89%(0.48m)까지 회복되는 것으로 예측되었다.
- 굴착 시 일수위 변화량은 최대 0.1m 미만에 불과하고, 최대 누적 수위변화량은 4.49m로 분석되어 수위변화량 관리기준(8.00m)에는 미치지 못하는 것으로 판단된다.

지하수위 측정위치(0.1R)에서의 지하수위 변화 분석(흙막이벽체 미적용)



지하수위 측정위치(0.1R)에서의 지하수위 변화 분석(흙막이벽체 적용)

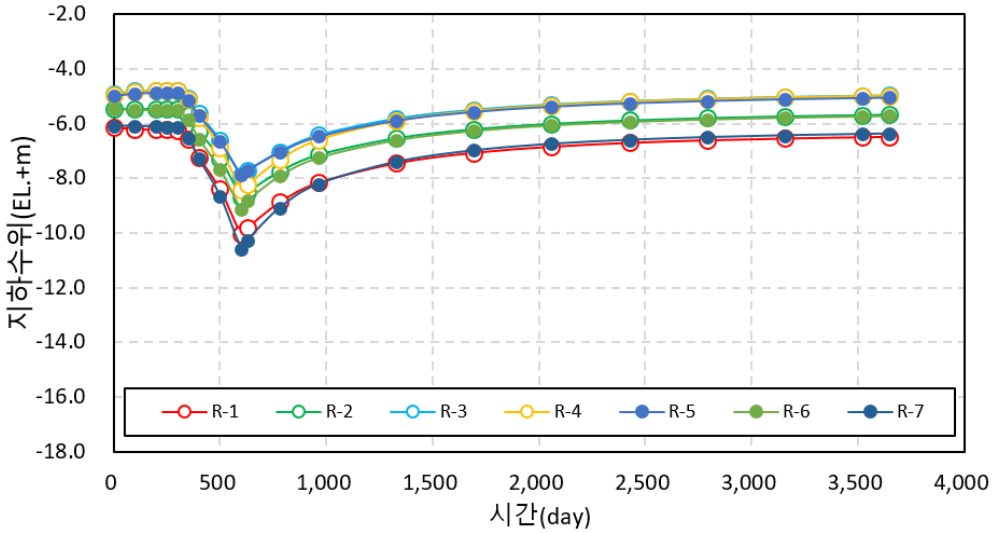


표 5.44 지하수위 측정위치(0.1R)에서의 굴착단계별 지하수위 강하량(흙막이벽체 미적용)

굴착단계	굴착기간 (일)	지하수위 강하량(m)							비 고
		R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7	
1~2	200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	굴착 25%
5~6	400	2.78	2.98	3.02	3.30	2.87	3.04	3.06	굴착 75%
7~8	600	8.34	8.42	8.08	8.95	7.71	8.35	9.12	굴착 100%
굴착 후 6개월	780	4.70	4.56	4.38	4.89	4.21	4.35	5.04	
굴착 후 3년	1695	1.41	1.40	1.38	1.43	1.36	1.36	1.37	
굴착 후 6년	2790	0.64	0.67	0.67	0.68	0.66	0.64	0.57	

표 5.45 지하수위 측정위치(0.1R)에서의 굴착단계별 지하수위 강하량(흙막이벽체 적용)

굴착단계	굴착기간 (일)	지하수위 강하량(m)							비 고
		R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7	
1~2	200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	굴착 25%
5~6	400	1.11	0.82	0.74	0.83	0.71	1.08	1.21	굴착 75%
7~8	600	3.93	3.23	3.01	3.50	2.90	3.67	4.49	굴착 100%
굴착 후 6개월	780	2.75	2.30	2.14	2.40	2.06	2.45	3.00	
굴착 후 3년	1695	0.93	0.74	0.59	0.60	0.58	0.79	0.90	
굴착 후 6년	2790	0.48	0.33	0.19	0.17	0.18	0.37	0.42	

5.2 광역지하수 흐름 분석

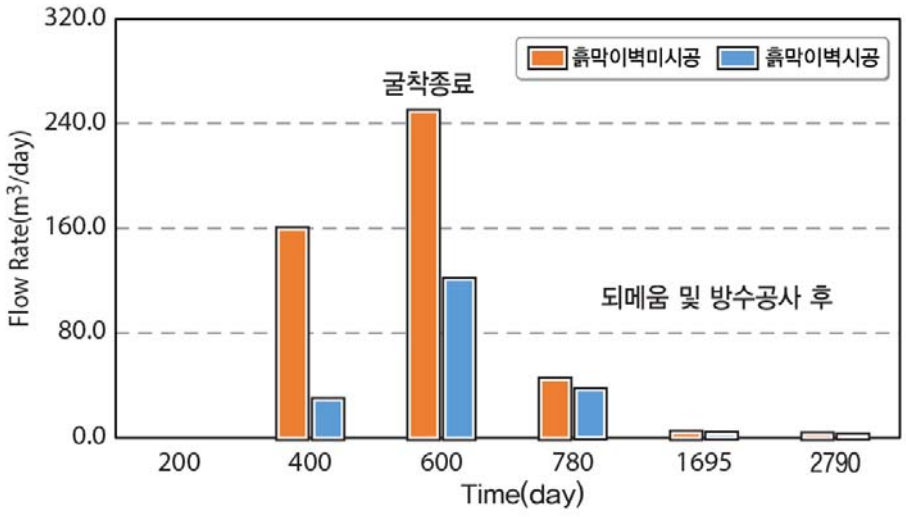
☑ 공사구간 내 지하수 유입량 분석

- 금회 분석에서는 굴착단계에 따른 공사 구간 내로의 지하수 유입량을 분석하였으며, 유입량 분석은 구획별 유량분석 프로그램인 ZoneBudget을 이용하여 지하수량의 변화를 경시별로 예측하였다.
- 공사구간 내 지하수 유입량은 굴착바닥면(지층)의 투수성, 굴착심도 등에 따라 달라진다.
- 흙막이벽체 미 시공 시, 굴착공사에 따른 지하수 유입량은 최대 245.5㎥/day에 달하며, 굴착공사 이후 지하 공간의 외벽 및 바닥면 차수에 따라 최대 0.7㎥/day로 급격히 감소하는 것으로 나타났다.
- 흙막이벽체를 시공할 경우, 지하수 유입량은 최대 32.1~126.8㎥/day로 감소하며, 약 48.4~79.8%(굴착 중)의 차수효율을 나타내어 차수효과는 양호한 편인 것으로 판단된다.

표 5.46 지하수 유입량 분석

굴착단계	지하수 유입량(㎥/일)		굴착중 차수효과(%)
	흙막이벽체 미적용 시	흙막이벽체 시공 시	
1~2	–	–	–
5~6	158.9	32.1	79.8
7~8	245.5	126.8	48.4
굴착 후 6개월	45.4	35.4	22.0
굴착 후 3년	3.4	2.7	21.1
굴착 후 6년	0.7	0.6	12.8

지하수 유입량 변화



☑ 주변 지하수 이용시설 지하수위 영향 분석

- 과업지역 주변 반경 500m 이내의 지하수 허가/신고 시설은 1개소(GW-01)만 위치하고 있어 추가적으로 인접한 건물의 위치에서 부정류 모사 시 굴착에 따른 주변 지하수위 영향 정도를 파악할 수 있는 가상의 관측정 9개소를 추가로 설정하였다.
- 과업지역 주변에 기 사용중인 관정은 신고시설 1개소이다. 용도는 공업용으로 이용되고 있으며, 지하수 이용시설의 심도는 150m, 사용량은 60㎥/day로 파악되었다.

과업지역 주변 지하수위 영향분석 지점

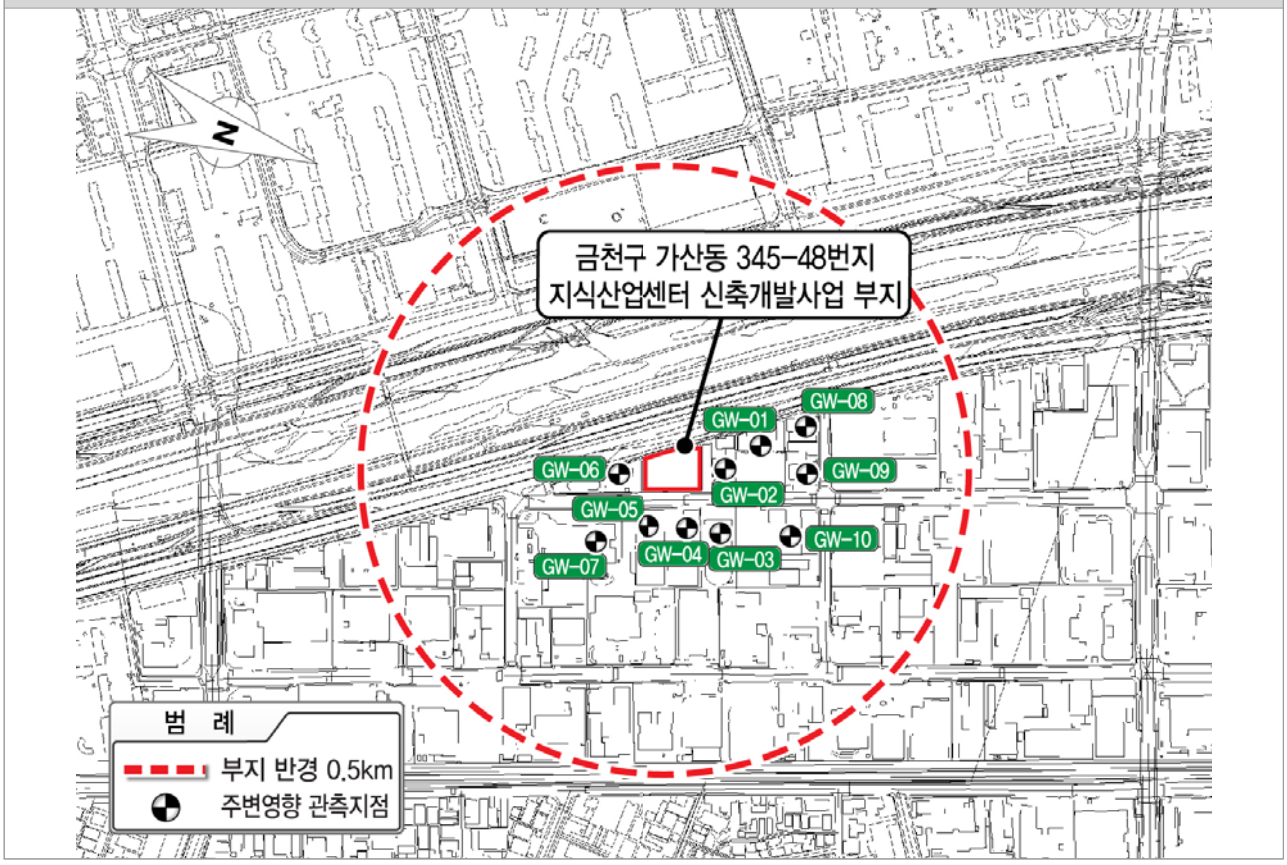


표 5.47 과업지역 주변 지하수시설 제원

공 번	구 분	주 소	용 도	심도(m)	직경(mm)	사용량(톤/일)
GW-1	신고공	서울시 금천구 가산동	공업용(기타)	150	200	60

- 과업부지의 지하 굴착에 따라 주변 지하수위 영향분석 지점에서 발생하는 변화를 예측한 결과는 아래와 같다.
- 과업부지 인근 지하수 이용시설의 지하수위는 굴착에 따라 최대 0.97m가 하강(GW-02)하는 것으로 나타났으나, 굴착 완료 후 점차 회복되어 굴착 완료 후 6년 이내에 70% 이상 회복되는 것으로 예측됨에 따라 과업구간의 굴착이 주변 지하수계에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 판단된다.

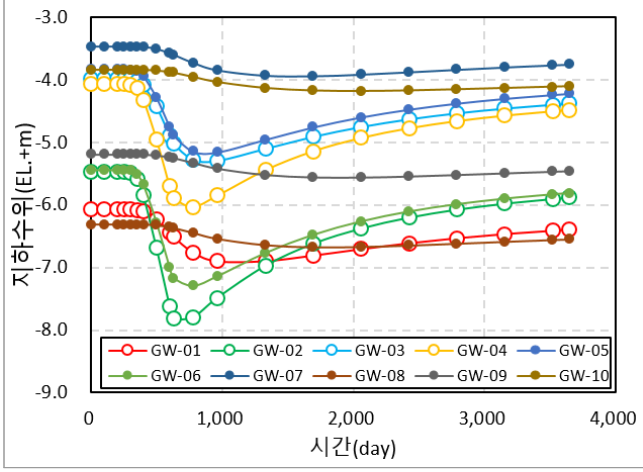
표 5.48 각 지하수위 영향분석 지점에서의 지하수위 변화 분석 (흙막이벽체 미적용)

경과시간	지하수위(EL.+m)									
	GW-01	GW-02	GW-03	GW-04	GW-05	GW-06	GW-07	GW-08	GW-09	GW-10
초기수위	-6.07	-5.47	-3.98	-4.06	-3.83	-5.44	-3.46	-6.31	-5.19	-3.83
1~2	-6.07	-5.47	-3.98	-4.06	-3.83	-5.44	-3.46	-6.31	-5.19	-3.83
5~6	-6.09	-5.85	-4.08	-4.31	-3.93	-5.68	-3.47	-6.31	-5.19	-3.84
7~8	-6.44	-7.61	-4.88	-5.69	-4.74	-6.99	-3.57	-6.35	-5.23	-3.87
굴착 후 6개월	-6.76	-7.79	-5.27	-6.03	-5.14	-7.29	-3.72	-6.45	-5.32	-3.95
굴착 후 3년	-6.80	-6.62	-4.90	-5.14	-4.76	-6.48	-3.93	-6.67	-5.55	-4.17
굴착 후 6년	-6.53	-6.07	-4.53	-4.65	-4.38	-5.99	-3.83	-6.62	-5.52	-4.15
최대 수위변화(m)	0.73	2.32	1.29	1.97	1.31	1.85	0.47	0.36	0.36	0.34

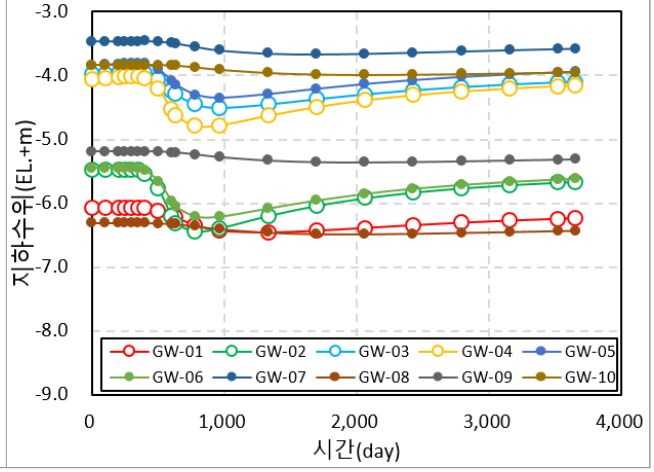
표 5.49 각 지하수위 영향분석 지점에서의 지하수위 변화 분석 (흙막이벽체 적용)

경과시간	지하수위(EL.+m)									
	GW-01	GW-02	GW-03	GW-04	GW-05	GW-06	GW-07	GW-08	GW-09	GW-10
초기수위	-6.07	-5.47	-3.98	-4.06	-3.83	-5.44	-3.46	-6.31	-5.19	-3.83
1~2	-6.07	-5.47	-3.97	-4.02	-3.81	-5.45	-3.46	-6.31	-5.19	-3.83
5~6	-6.08	-5.53	-3.97	-4.04	-3.81	-5.49	-3.46	-6.31	-5.19	-3.83
7~8	-6.19	-6.20	-4.23	-4.53	-4.08	-5.96	-3.49	-6.32	-5.20	-3.84
굴착 후 6개월	-6.34	-6.44	-4.45	-4.79	-4.30	-6.21	-3.55	-6.36	-5.24	-3.87
굴착 후 3년	-6.43	-6.04	-4.37	-4.49	-4.21	-5.96	-3.66	-6.48	-5.35	-3.98
굴착 후 6년	-6.30	-5.76	-4.18	-4.25	-4.02	-5.71	-3.62	-6.46	-5.34	-3.97
최대 수위변화(m)	0.36	0.97	0.47	0.73	0.47	0.77	0.2	0.17	0.16	0.15

기존 지하수시설 수위 변화 (흙막이벽체 미적용)



기존 지하수시설 수위 변화 (흙막이벽체 적용)



5.2.3 광역지하수 유동 평가 결과 분석

☑ 평가결과 종합

- 금회 지하수 유동 해석은 서울시 가산동 345-48번지 지식산업센터 신축개발사업 중 굴착공사로 인해 발생할 수 있는 주변 지하수계의 영향을 정량적으로 평가하기 위해 수행되었다.

- 굴착에 따른 지하수위 강하량(관리기준에 의거한 관측지점)은 최대 4.49m로 나타났으며, 굴착 완료 후 6년 이내에 약 89%까지 회복되는 것으로 예측되었다.

- 굴착 중 지하수 유입량은 최대 126.8㎥/일, 굴착 완료 이후 0.60㎥/day로 분석되었다.

- 기존 지하수 이용시설의 지하수위 강하량은 굴착에 따라 최대 0.97m가 하강하는 것으로 나타났으나, 굴착 완료 이후 점차 회복되는 경향을 보이며, 굴착 완료 후 6년 이내에 초기 수위의 70% 이상 회복되는 것으로 예측되었음으로 주변 지하수 시설에 미치는 영향은 크지 않아 별도의 지하수 이용 대책 수립은 필요하지 않을 것으로 판단된다.

5.3.1 평가방법

☑ 평가개요 및 해석적용 프로그램

평가개요

- 굴착계획을 반영한 지하수위 변화에 의한 영향평가를 위해 침투류 해석을 수행함.
- 강우조건 및 공사기간을 고려한 시간에 따른 지하수위 저하량을 산정하고 유효응력 증가로 인해 발생하는 즉시침하량(탄성침하량)을 산정하는 방법(E. Dulacska, 1963)을 적용하여 지하수위 저하에 따른 침하량을 산정함.
- 각 단면별 침투해석결과에 윤변 길이를 반영하여 측면 및 바닥면의 유출량을 산정하여 지하수 유출수의 처리를 위한 배수펌프용량 설계시 반영함.

해석적용 프로그램

- 프로그램 개요

  – Midas GTS NX는 지반 및 터널해석 범용 유한요소해석 프로그램이다. 특히, 터널 굴착에 따른 터널 주변의 변위, 응력의 변화와 지중 및 지표에서 발생하는 연직 및 수평응력과 변위 그리고 각 지보재의 응력변화 등을 검토하기 위하여 유한요소법(Finite Element Method : FEM)을 수치해석 기법으로 하는 2,3차원 해석프로그램이다. 본 프로그램은 지반공학의 주대상인 흙이나 암반과 같은 비선형 재료들에 대해 다양한 지반재료모델을 적용할 수 있으며, 실제 지형을 모델링함으로써 보다 정확한 해석결과를 얻을 수 있다.

- 프로그램 특징

  – 직관적인 3차원 모델링

  – Wizard 기능을 이용한 편리한 터널 모델링

  – 다양한 해석기능 및 재료모델

  – 탁월한 계산 용량 및 해석속도

  – 기술자 편의를 위한 리포트 자동 생성

- 해석 주요기능

  – 최대 유출량, 압력수두 및 유선의 표현

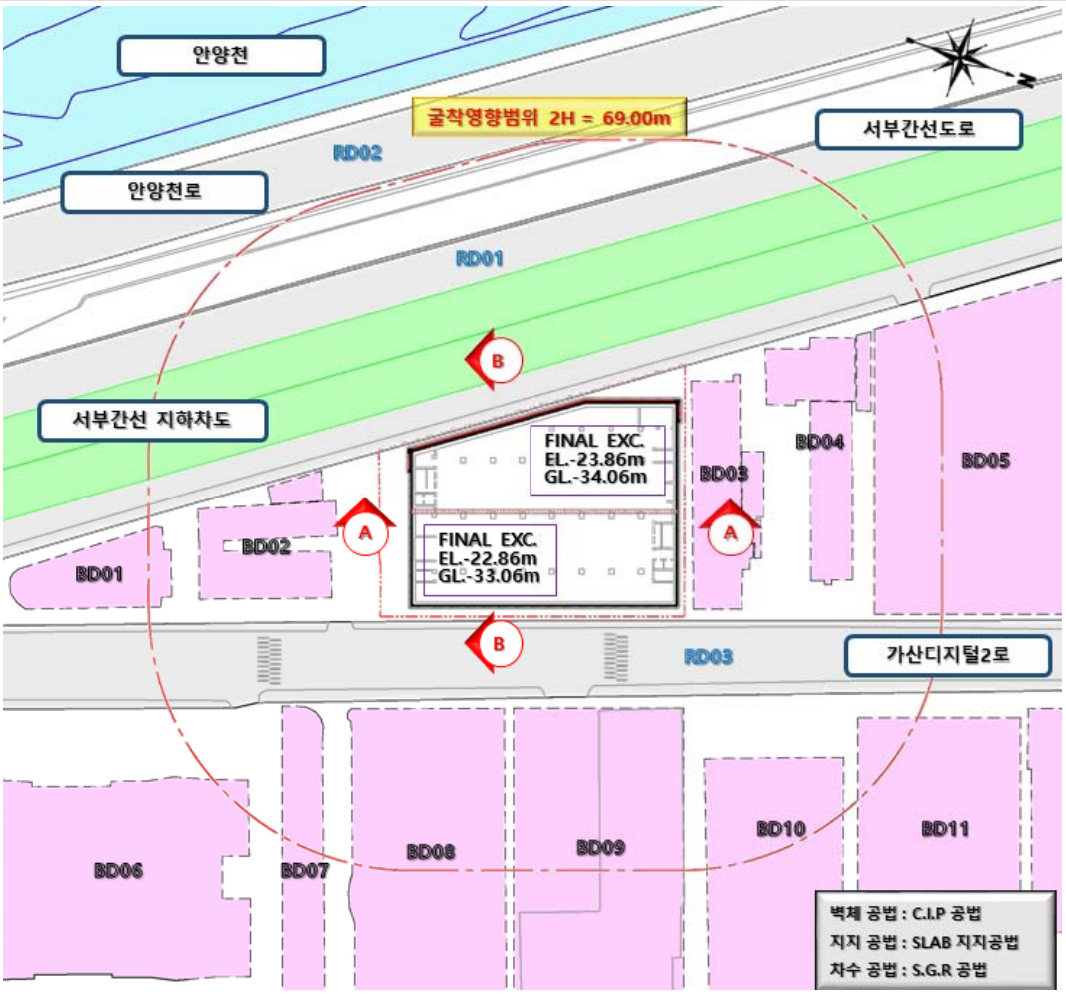
5.3.2 해석조건

평가위치

- 침투해석 수행을 위한 대표단면의 위치는 시추위치, 지반조건, 지하수위 조건 및 굴착계획 등을 종합적으로 고려하여 선정함
- 설계 지하수위는 국가지하수 관측망, 보조관측망, 지반조사 결과 자료 및 강우량 및 강우강도를 종합적으로 비교 분석하여 설정한 설계지하수위를 기준으로 굴착 단계별 정류 해석을 실시하였다.
- 해석단면은 인접하여 건물 및 지장물, 도로가 위치하는 것을 고려하여 위험단면으로 단면 A 좌측구간 및 우측구간, 단면 B 좌측구간 및 우측구간을 대표단면으로 선정하였다.

– 해석 범위 : 수평방향 – 당 현장 최대 굴착깊이(H) 3배 적용
연직방향 – 당 현장 최대 굴착깊이(H) 2배 적용
– 경계 조건 : 초기수위 – 모델링 좌우측 전수두 입력
배수경계 – 굴착저면 경계재조사 입력
– 시공 단계 : ① 설계수위 적용으로 인한 초기간극수압 분포 해석(정상류)
② 굴착 및 해체 단계별 예상시간 적용 해석(비정상류)

대표단면 위치 현황



침하량 산정방법

• 공사 기간을 고려한 시간에 따른 지하수위 저하량을 산정하고자, 유효응력 증가로 인한 즉시 침하량을 산정하는 방법(寺田邦雄 1989)을 적용하여 지하수위 저하에 따른 침하량을 산정하였다.

$$S_e = \int_0^h \epsilon dz = \int_0^h \frac{\Delta q'}{E_s} dz = \frac{\gamma_t - \gamma_{sub}}{E_s} \times \frac{h^2}{2} \times 10^3\,(mm) + \frac{\gamma_w \times H}{E_s} \times h \times 10^3\,(mm)$$

여기서, r_t : 단위중량 (kN/㎥)

r_{sub} : 수중 단위중량 (kN/㎥)

r_w : 물의 단위중량 (kN/㎥)

h : 지하수위 저하량 (m)

H : 수위저하 대상 지층 두께 (m)

E_s : 변형계수 (kPa)

해석 물성 입력치

• 입력물성치는 다음과 같음.

지 층	단위중량 (kN/㎥)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/sec)	모델타입
매립층	18.0	18.0	27.0	5.0	0.38	1.8×10^{-3}	Seep/W Library
퇴적층(점토)	17.0	24.0	0.0	5.0	0.39	2.0×10^{-4}	Van-Genuchten
퇴적층(모래)	18.0	22.0	24.0	7.0	0.35	1.6×10^{-3}	Van-Genuchten
풍화토(N<30)	19.0	16.0	26.0	24.0	0.34	2.7×10^{-4}	Van-Genuchten
풍화토(N≥30)	19.0	20.0	28.0	66.0	0.34	3.1×10^{-4}	Van-Genuchten
풍화암	20.0	30.0	31.0	190.0	0.33	4.2×10^{-5}	Seep/W Library
연 암	26.0	130.0	33.0	2,030.0	0.28	5.9×10^{-5}	Seep/W Library

• 당 현장의 강우량에 의한 지하수위 상승을 검토하기 위해 비정상류 해석을 실시하였으며, 해석 프로그램에 Van Genuchten 모델의 함수특성곡선을 RETC 프로그램의 Output을 활용하여 작성함. 지반조사 결과 실내시험 자료가 없는 지층(매립층, 풍화암, 기반암, 차수)의 경우 Seep/W의 Data Base중 당 현장의 지층특성에 적합한 불포화 특성 곡선을 해석에 반영함.

5.3 침투해석에 의한 지하수 흐름 분석 지하수 변화에 의한 영향검토 V

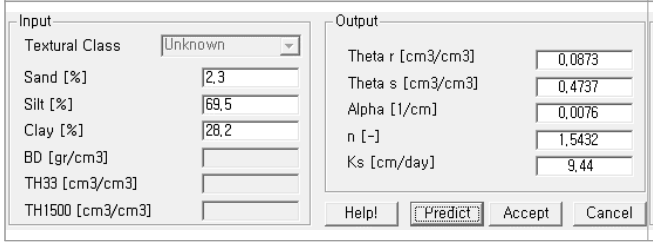
• 입도시험 결과를 이용하여 Van Genuchten 인자 산출 결과는 다음과 같다.

표 5.50 입도시험 결과를 이용하여 Van Genuchten 인자 산출 결과

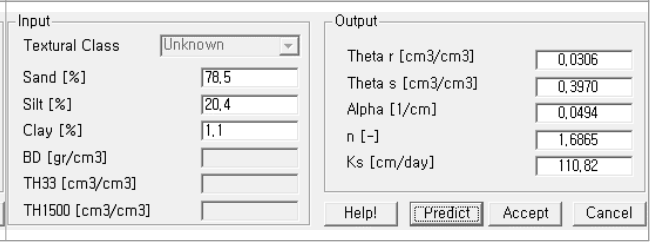
구 분	성분율(%)			θr (㎤/㎤)	θs (㎤/㎤)	α (1/cm)	n
	모래	실트	점토				
퇴적층(점토)	2.3	69.5	28.2	0.0873	0.4737	0.0076	1.5432
퇴적층(모래)	78.5	20.4	1.1	0.0306	0.3970	0.0494	1.6865
풍화토(N<30)	62.8	34.3	2.9	0.0282	0.4027	0.0307	1.4185
풍화토(N≥30)	73.2	26.8	–	0.0257	0.4062	0.0493	1.5275

표 5.1 RETC 프로그램을 활용한 Van Genuchten 인자 산출 결과

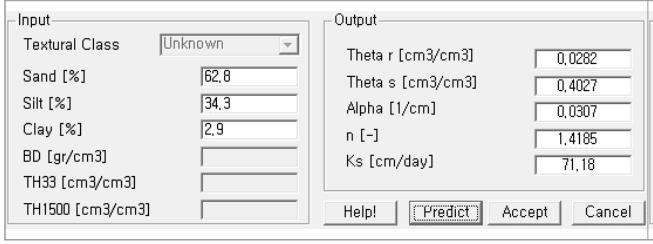
퇴적층(점토)



퇴적층(모래)



풍화토(N<30)



풍화토(N≥30)

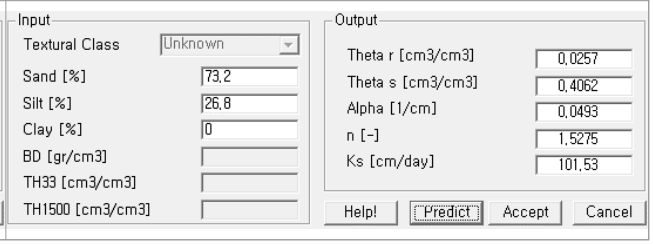
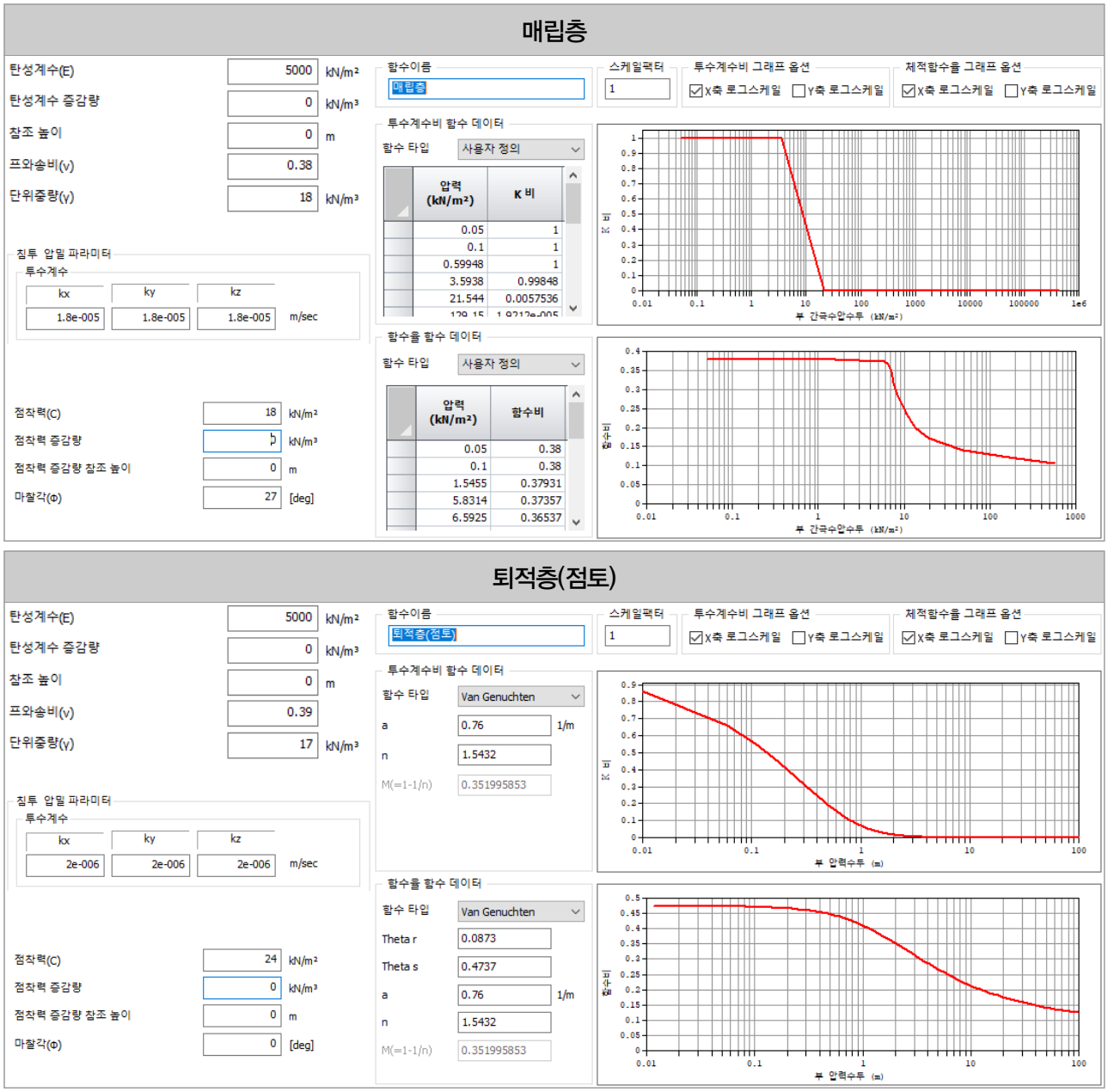


표 5.51 적용 불포화 특성 곡선



퇴적층(모래)

탄성계수(E) 7000 kN/m²
탄성계수 증감량 0 kN/m³
참조 높이 0 m
프와송비(v) 0.35
단위중량(γ) 18 kN/m³

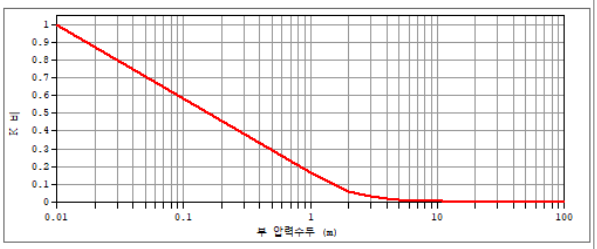
침투 압밀 파라미터
투수계수

kx	ky	kz	
1.6e-005	1.6e-005	1.6e-005	m/sec

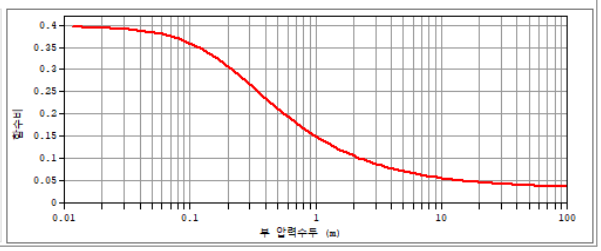
점착력(C) 22 kN/m²
점착력 증감량 0 kN/m³
점착력 증감량 참조 높이 0 m
마찰각(Φ) 24 [deg]

함수이름: 퇴적층(모래)
스케일팩터: 1
투수계수비 그래프 옵션: ☑X축 로그스케일 ☐Y축 로그스케일
체적함수율 그래프 옵션: ☑X축 로그스케일 ☐Y축 로그스케일

투수계수비 함수 데이터
함수 타입: Gardner 계수
a 4.94 1/m
n 1.6865



함수율 함수 데이터
함수 타입: Van Genuchten
Theta r 0.0306
Theta s 0.397
a 4.94 1/m
n 1.6865
M(=1-1/n) 0.407056033



풍화토(N<30)

탄성계수(E) 24000 kN/m²
탄성계수 증감량 0 kN/m³
참조 높이 0 m
프와송비(v) 0.34
단위중량(γ) 19 kN/m³

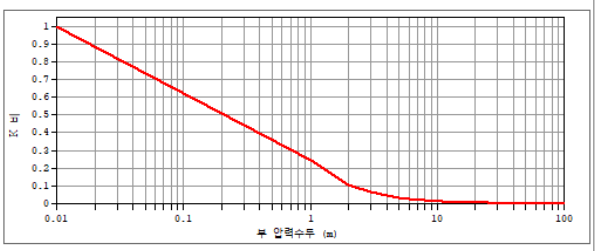
침투 압밀 파라미터
투수계수

kx	ky	kz	
2.7e-006	2.7e-006	2.7e-006	m/sec

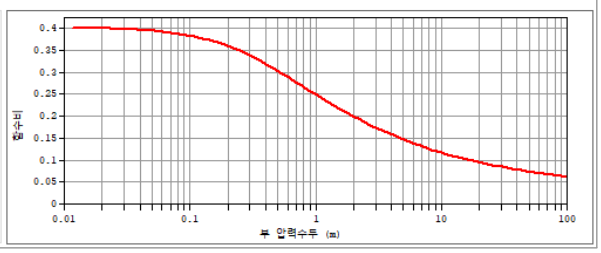
점착력(C) 16 kN/m²
점착력 증감량 0 kN/m³
점착력 증감량 참조 높이 0 m
마찰각(Φ) 26 [deg]

함수이름: 풍화토(<30)
스케일팩터: 1
투수계수비 그래프 옵션: ☑X축 로그스케일 ☐Y축 로그스케일
체적함수율 그래프 옵션: ☑X축 로그스케일 ☐Y축 로그스케일

투수계수비 함수 데이터
함수 타입: Gardner 계수
a 3.07 1/m
n 1.4185



함수율 함수 데이터
함수 타입: Van Genuchten
Theta r 0.0282
Theta s 0.4027
a 3.07 1/m
n 1.4185
M(=1-1/n) 0.295029961



풍화토(N≥30)

탄성계수(E) 66000 kN/m²
탄성계수 증감량 0 kN/m³
참조 높이 0 m
프와송비(v) 0.34
단위중량(γ) 19 kN/m³

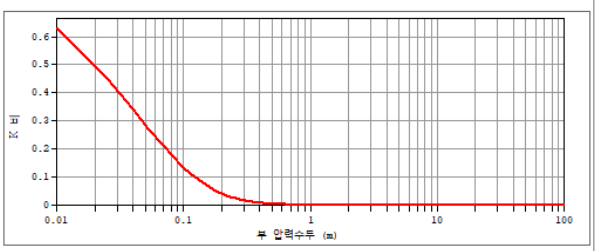
침투 압밀 파라미터
투수계수

kx	ky	kz	
3.1e-006	3.1e-006	3.1e-006	m/sec

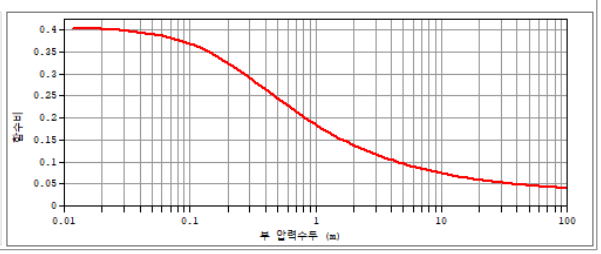
점착력(C) 20 kN/m²
점착력 증감량 0 kN/m³
점착력 증감량 참조 높이 0 m
마찰각(Φ) 28 [deg]

함수이름: 풍화토(>30)
스케일팩터: 1
투수계수비 그래프 옵션: ☑X축 로그스케일 ☐Y축 로그스케일
체적함수율 그래프 옵션: ☑X축 로그스케일 ☐Y축 로그스케일

투수계수비 함수 데이터
함수 타입: Van Genuchten
a 4.93 1/m
n 1.5275
M(=1-1/n) 0.345335516



함수율 함수 데이터
함수 타입: Van Genuchten
Theta r 0.0257
Theta s 0.4062
a 4.93 1/m
n 1.5275
M(=1-1/n) 0.345335516



풍화암

탄성계수(E) 190000 kN/m²
탄성계수 증감량 0 kN/m³
참조 높이 0 m
프와송비(v) 0.33
단위중량(γ) 20 kN/m³

침투 압밀 파라미터
투수계수

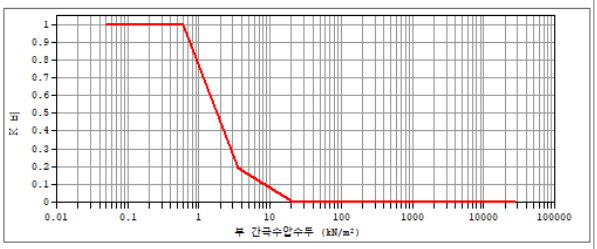
kx	ky	kz	
4.2e-007	4.2e-007	4.2e-007	m/sec

점착력(C) 30 kN/m²
점착력 증감량 0 kN/m³
점착력 증감량 참조 높이 0 m
마찰각(Φ) 31 [deg]

함수이름: 풍화암
스케일팩터: 1
투수계수비 그래프 옵션: ☑X축 로그스케일 ☐Y축 로그스케일
체적함수율 그래프 옵션: ☑X축 로그스케일 ☐Y축 로그스케일

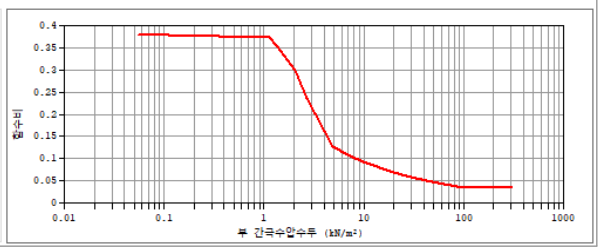
투수계수비 함수 데이터
함수 타입: 사용자 정의

압력 (kN/m²)	K 비
0.05	1
0.1	1
0.59948	1
3.5938	0.19417
21.544	8.0486e-005
129.15	3.8484e-007



함수을 함수 데이터
함수 타입: 사용자 정의

압력 (kN/m²)	함수비
0.0556	0.38
0.11129	0.37994
1.1406	0.37408
1.3652	0.35217
2.0595	0.30057



기반암(연암)

탄성계수(E) 2030000 kN/m²
탄성계수 증감량 0 kN/m³
참조 높이 0 m
프와송비(v) 0.28
단위중량(γ) 26 kN/m³

침투 압밀 파라미터
투수계수

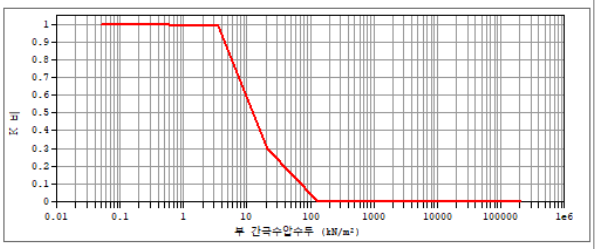
kx	ky	kz	
5.9e-007	5.9e-007	5.9e-007	m/sec

점착력(C) 130 kN/m²
점착력 증감량 0 kN/m³
점착력 증감량 참조 높이 0 m
마찰각(Φ) 33 [deg]

함수이름: 연암
스케일팩터: 1
투수계수비 그래프 옵션: ☑X축 로그스케일 ☐Y축 로그스케일
체적함수율 그래프 옵션: ☑X축 로그스케일 ☐Y축 로그스케일

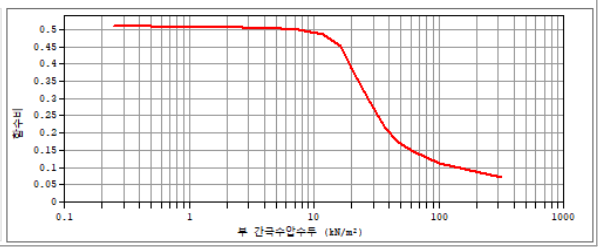
투수계수비 함수 데이터
함수 타입: 사용자 정의

압력 (kN/m²)	K 비
0.05	1
0.1	1
0.59948	1
3.5938	0.99016
21.544	0.30007
129.15	0.00033657



함수을 함수 데이터
함수 타입: 사용자 정의

압력 (kN/m²)	함수비
0.25	0.511
0.5	0.511
2.6631	0.507
5.4214	0.502
7.5	0.4987



시공단계별 공사기간 산정

•사업부지 지층조건은 매립층, 퇴적층(점토, 모래), 풍화토, 풍화암, 연암층으로 구성되어 있으며, 지층조건별 1일 굴착작업량은 다음과 같다.

표 5.52 지층별 1일 굴착 작업량

구 분	1일 작업량(㎥, 덤프트럭 1대 및 백호 1대 기준)	비고
매립층	600	토사
퇴적층(점토,실트,모래)		
풍화토		
풍화암	400	
기반암	200	

• 당 현장은 평면상 굴착 면적이 약 70.2m x 53.5m (가로 x 세로) 규모로 평면상 굴착규모가 작고, 역타공법에 따른 굴착시 간섭발생이 적어 굴착장비 동원이 비교적 자유로운점을 고려하였으며, 지층별 1일 굴착작업량을 근거로하여 해석적용기간을 산정함.

구 분	지층조건	굴착Level (G.L-m)	굴착깊이 (m)	굴착면적 (m^2)	총굴착량 (m^3)	적용기간 (day)	해석 적용기간 (day)
1단 굴착	매립층	3.67	3.67	3,466.18	12,720.88	21	25
2단 굴착	퇴적층 (점토)	6.87	3.20	3,466.18	11,091.78	18	20
3단 굴착	퇴적층 (모래)	10.67	3.80	3,466.18	13,171.48	22	25
4단 굴착	풍화토	17.67	7.00	3,466.18	24,263.26	40	30
5단 굴착	풍화토	24.67	7.00	3,466.18	24,263.26	40	30
6단 굴착	풍화암	28.43	3.76	3,466.18	13,032.84	33	30
7단 굴착	연 암	33.93	5.50	3,466.18	19,063.99	95	30

주) 역타공법에 따른 굴착시 간섭발생이 적은 점으로 고려하였으며, 퇴적층 이후로는 굴착량이 증가함에 따라 굴착장비를 증대시키는 조건으로 해석적용기간을 산정함.

5.3.3 해석결과

☑ 단계별 지하수 흐름분석 결과

- A–A 단면(기준 Level E.L(+)10.20m=G.L±0.0m)
  - 벽체상단레벨 : 지표현황 좌측 E.L(+)10.54m, 우측 E.L(+)10.10m에 위치
  - 설계지하수위 : 지표현황 좌측 E.L(–)1.71m, 우측 E.L(–)2.71m에 위치

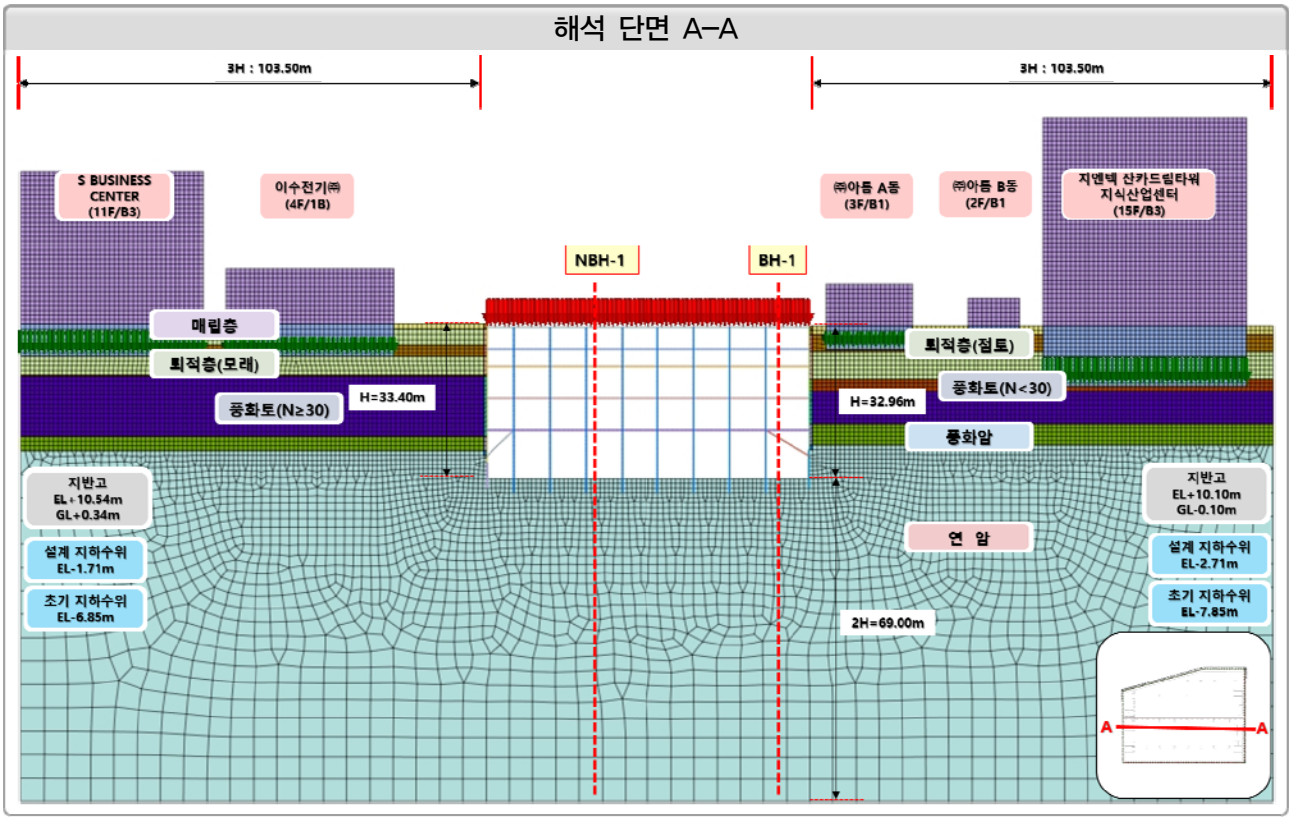
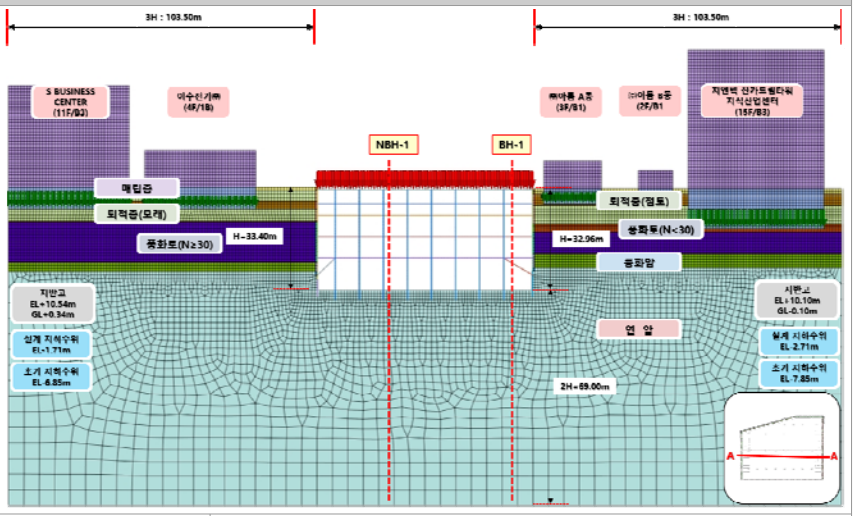


표 6.1 해석단면 현황

가시설 높이		가시설 벽체	인접건물	인접구조물	지하매설물	인접도로
좌측	우측					
33.40m	32.96m	C.I.P (∅600, C.T.C 600)	S BUSINESS CENTER(11F/B3), 이수전기(주)(4F/B1), ㈜아톰 A동(3F/B1), ㈜아톰 B동(2F/B1), 지엔텍 잔카드림타워 지식산업센터 (15F/B3)	–	–	–

표 6.2 해석단면 적용 하중

용도		적용하중 (kN/m²)	하중재하 모식도
도로하중		12.7	
건축물	최상층	16.0	
	지상층	14.0	
	지상1층	15.0	
	지하층	30.0	

- 좌측
  - –. S–BUSINESS CENTER(11F/B3) = 247.0kN/㎡
    → 지하3층(30.0kN/㎡×3층)
    + 지상1층(15.0kN/㎡)
    + 지상층(2~10층 14.0kN/㎡×8층)
    + 최상층(16.0kN/㎡)
  - –. 이수전기(주)(4F/B1) = 103.0kN/㎡
    → 지하1층(30.0kN/㎡×1층)
    + 지상1층(15.0kN/㎡)
    + 지상층(2~3층 14.0kN/㎡×2층)
    + 최상층(16.0kN/㎡)

- 우측
  - –. ㈜아톰 A동(3F/B1) = 75.0kN/㎡
    → 지하1층(30.0kN/㎡×1층)
    + 지상1층(15.0kN/㎡)
    + 지상층(2층 14.0kN/㎡×1층)
    + 최상층(16.0kN/㎡)
  - –. ㈜아톰 B동(2F/B1) = 61.0kN/㎡
    → 지하1층(30.0kN/㎡×1층)
    + 지상1층(15.0kN/㎡)
    + 최상층(16.0kN/㎡)
  - –. 지엔텍 잔카드림타워 지식산업센터(15F/B3)
    = 117.0kN/㎡
    → 지하1층(30.0kN/㎡×3층)
    + 지상1층(15.0kN/㎡)
    + 지상층(2~14층 14.0kN/㎡×13층)
    + 최상층(16.0kN/㎡)

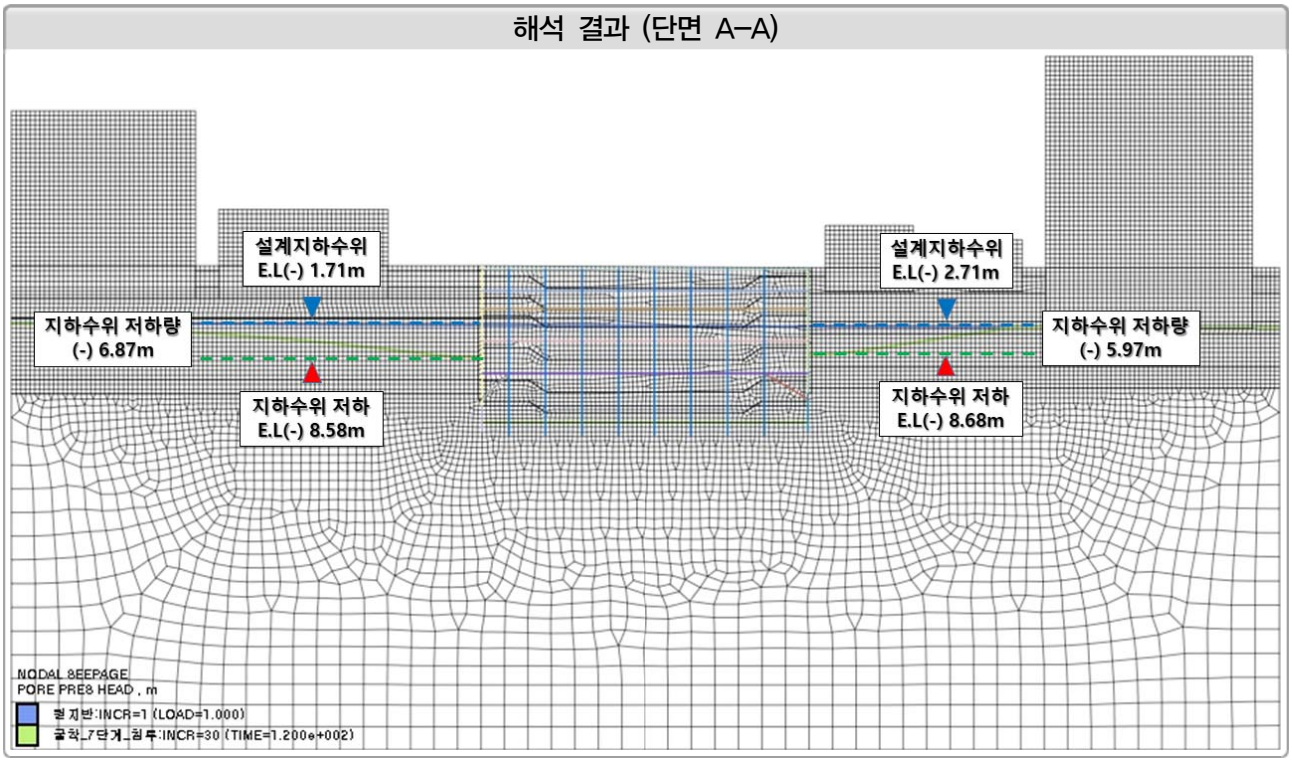


표 5.53 단면 A-A 구간 지하수위 변화

구 분	지하수위 저하량(m)								굴착단계별 유입량 (m^3/day/m)		
	좌 측				우 측				벽체		굴착면
	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m	좌측	우측	
초기수위	-	-	1.71	11.91	-	-	2.71	12.91	-	-	-
1단 굴착	-	-	1.71	11.91	-	-	2.71	12.91	-	-	-
2단 굴착	-	-	1.71	11.91	-	-	2.71	12.91	-	-	-
3단 굴착	-	-	1.71	11.91	-	-	2.71	12.91	-	-	-
4단 굴착	2.03	2.03	3.74	13.94	1.72	1.72	4.43	14.63	0.01	0.03	0.66
5단 굴착	1.40	3.43	5.14	15.34	1.09	2.81	5.52	15.72	0.10	0.07	0.60
6단 굴착	1.87	5.30	7.01	17.21	1.90	4.71	7.42	17.62	0.20	0.18	0.68
7단 굴착	1.57	6.87	8.58	18.78	1.26	5.97	8.68	18.88	0.23	0.21	0.72

주1) 기준 Level: E.L(+)10.20m = G.L±0.0m

주2) 각 단계별 30일 굴착 소요기간중 최대 유입량을 고려함.

표 5.54 단면 A–A 구간 일별 지하수위 변화

구 분	일별 지하수위 저하량(m)							
	좌 측(굴착 4단계)				좌 측(굴착 5단계)			
	단계별	누적	EL.(–)m	GL.(–)m	단계별	누적	EL.(–)m	GL.(–)m
1일	0.24	0.24	1.95	12.15	0.03	0.03	3.77	13.97
2일	0.16	0.40	2.11	12.31	0.03	0.07	3.81	14.01
3일	0.32	0.72	2.43	12.63	0.05	0.12	3.86	14.06
4일	0.04	0.76	2.47	12.67	0.05	0.17	3.91	14.11
5일	0.05	0.81	2.52	12.72	0.05	0.22	3.97	14.17
6일	0.05	0.86	2.57	12.77	0.07	0.29	4.03	14.23
7일	0.05	0.91	2.62	12.82	0.07	0.36	4.10	14.30
8일	0.07	0.98	2.69	12.89	0.10	0.46	4.20	14.40
9일	0.05	1.03	2.74	12.94	0.18	0.64	4.38	14.58
10일	0.07	1.10	2.81	13.01	0.02	0.66	4.40	14.60
11일	0.07	1.17	2.88	13.08	0.02	0.68	4.43	14.63
12일	0.07	1.25	2.96	13.16	0.02	0.71	4.45	14.65
13일	0.08	1.32	3.03	13.23	0.02	0.73	4.48	14.68
14일	0.08	1.40	3.11	13.31	0.03	0.76	4.50	14.70
15일	0.07	1.47	3.18	13.38	0.03	0.79	4.53	14.73
16일	0.22	1.69	3.40	13.60	0.03	0.82	4.56	14.76
17일	0.01	1.70	3.41	13.61	0.03	0.84	4.59	14.79
18일	0.02	1.72	3.43	13.63	0.03	0.88	4.62	14.82
19일	0.02	1.74	3.45	13.65	0.03	0.91	4.65	14.85
20일	0.02	1.77	3.48	13.68	0.04	0.94	4.69	14.89
21일	0.02	1.79	3.50	13.70	0.03	0.97	4.72	14.92
22일	0.02	1.82	3.53	13.73	0.04	1.02	4.76	14.96
23일	0.03	1.84	3.55	13.75	0.04	1.05	4.79	14.99
24일	0.03	1.87	3.58	13.78	0.05	1.10	4.84	15.04
25일	0.03	1.89	3.60	13.80	0.04	1.14	4.88	15.08
26일	0.03	1.92	3.63	13.83	0.05	1.19	4.93	15.13
27일	0.03	1.95	3.66	13.86	0.04	1.23	4.98	15.18
28일	0.03	1.98	3.69	13.89	0.06	1.29	5.03	15.23
29일	0.03	2.01	3.72	13.92	0.05	1.33	5.08	15.28
30일	0.03	2.03	3.74	13.94	0.06	1.39	5.14	15.34
최대 일별 지하수위 저하량			0.32				0.18	

구 분	일별 지하수위 저하량(m)							
	좌 측(굴착 6단계)				좌 측(굴착 7단계)			
	단계별	누적	EL.(−)m	GL.(−)m	단계별	누적	EL.(−)m	GL.(−)m
1일	0.27	0.27	5.41	15.61	0.06	0.06	7.07	17.27
2일	0.03	0.30	5.44	15.64	0.08	0.14	7.14	17.34
3일	0.04	0.34	5.48	15.68	0.24	0.37	7.38	17.58
4일	0.04	0.38	5.51	15.71	0.02	0.40	7.40	17.60
5일	0.04	0.42	5.55	15.75	0.02	0.42	7.43	17.63
6일	0.04	0.46	5.60	15.80	0.03	0.44	7.45	17.65
7일	0.05	0.51	5.65	15.85	0.03	0.47	7.48	17.68
8일	0.05	0.56	5.70	15.90	0.03	0.50	7.51	17.71
9일	0.06	0.62	5.76	15.96	0.03	0.53	7.54	17.74
10일	0.06	0.68	5.82	16.02	0.03	0.57	7.57	17.77
11일	0.07	0.75	5.89	16.09	0.04	0.60	7.61	17.81
12일	0.08	0.83	5.97	16.17	0.04	0.64	7.65	17.85
13일	0.08	0.91	6.05	16.25	0.04	0.68	7.69	17.89
14일	0.09	1.00	6.14	16.34	0.04	0.72	7.73	17.93
15일	0.22	1.23	6.36	16.56	0.05	0.77	7.78	17.98
16일	0.06	1.29	6.42	16.62	0.05	0.82	7.83	18.03
17일	0.02	1.31	6.45	16.65	0.06	0.88	7.88	18.08
18일	0.03	1.34	6.47	16.67	0.06	0.94	7.95	18.15
19일	0.03	1.37	6.50	16.70	0.07	1.01	8.01	18.21
20일	0.03	1.40	6.54	16.74	0.07	1.08	8.08	18.28
21일	0.03	1.43	6.57	16.77	0.06	1.14	8.15	18.35
22일	0.04	1.47	6.61	16.81	0.25	1.39	8.39	18.59
23일	0.04	1.51	6.64	16.84	0.01	1.40	8.41	18.61
24일	0.04	1.55	6.68	16.88	0.02	1.42	8.43	18.63
25일	0.04	1.59	6.73	16.93	0.02	1.44	8.45	18.65
26일	0.05	1.64	6.78	16.98	0.02	1.47	8.47	18.67
27일	0.05	1.69	6.83	17.03	0.02	1.49	8.50	18.70
28일	0.06	1.75	6.88	17.08	0.03	1.52	8.53	18.73
29일	0.06	1.81	6.94	17.14	0.03	1.55	8.55	18.75
30일	0.06	1.87	7.01	17.21	0.03	1.58	8.58	18.78
최대 일별 지하수위 저하량			0.27				0.25	

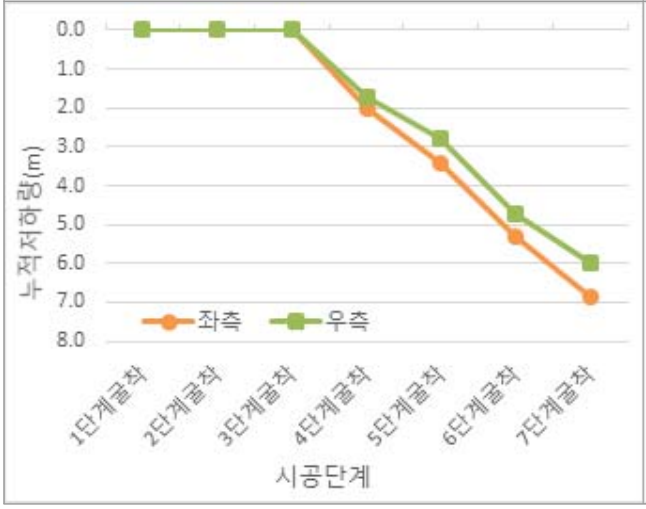
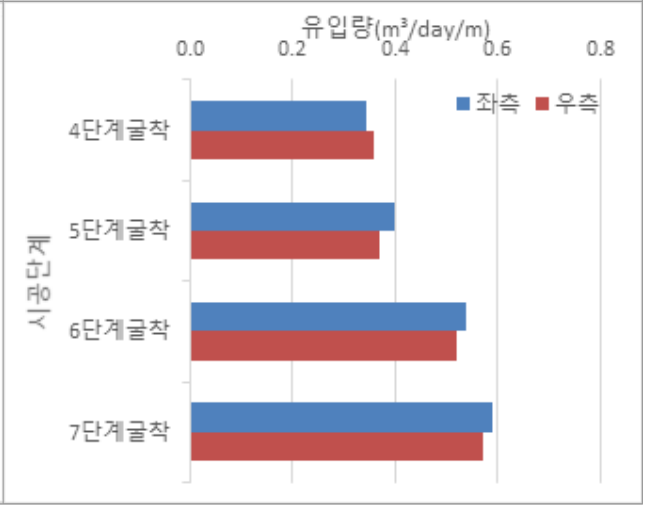
구 분	일별 지하수위 저하량(m)							
	우 측(굴착 4단계)				우 측(굴착 5단계)			
	단계별	누적	EL.(−)m	GL.(−)m	단계별	누적	EL.(−)m	GL.(−)m
1일	0.20	0.20	2.91	13.11	0.01	0.01	4.44	14.64
2일	0.15	0.35	3.06	13.26	0.02	0.04	4.46	14.66
3일	0.14	0.50	3.21	13.41	0.03	0.07	4.50	14.70
4일	0.11	0.61	3.32	13.52	0.03	0.10	4.53	14.73
5일	0.07	0.68	3.39	13.59	0.03	0.13	4.56	14.76
6일	0.05	0.73	3.44	13.64	0.04	0.17	4.60	14.80
7일	0.05	0.77	3.48	13.68	0.04	0.21	4.64	14.84
8일	0.05	0.83	3.54	13.74	0.04	0.25	4.68	14.88
9일	0.05	0.88	3.59	13.79	0.04	0.29	4.72	14.92
10일	0.06	0.94	3.65	13.85	0.04	0.33	4.76	14.96
11일	0.06	0.99	3.70	13.90	0.05	0.38	4.80	15.00
12일	0.06	1.05	3.76	13.96	0.04	0.42	4.85	15.05
13일	0.06	1.10	3.81	14.01	0.04	0.46	4.89	15.09
14일	0.06	1.16	3.87	14.07	0.05	0.51	4.94	15.14
15일	0.05	1.21	3.92	14.12	0.04	0.55	4.98	15.18
16일	0.06	1.27	3.98	14.18	0.06	0.61	5.03	15.23
17일	0.05	1.31	4.02	14.22	0.05	0.66	5.08	15.28
18일	0.06	1.37	4.08	14.28	0.18	0.84	5.26	15.46
19일	0.04	1.41	4.12	14.32	0.01	0.85	5.27	15.47
20일	0.06	1.47	4.18	14.38	0.02	0.87	5.29	15.49
21일	0.04	1.51	4.22	14.42	0.02	0.89	5.31	15.51
22일	0.04	1.55	4.26	14.46	0.02	0.91	5.33	15.53
23일	0.02	1.57	4.28	14.48	0.02	0.93	5.35	15.55
24일	0.02	1.59	4.30	14.50	0.02	0.95	5.37	15.57
25일	0.02	1.61	4.32	14.52	0.02	0.97	5.39	15.59
26일	0.02	1.63	4.34	14.54	0.02	0.99	5.42	15.62
27일	0.02	1.65	4.36	14.56	0.02	1.01	5.44	15.64
28일	0.02	1.67	4.38	14.58	0.03	1.04	5.47	15.67
29일	0.02	1.70	4.41	14.61	0.02	1.06	5.49	15.69
30일	0.02	1.72	4.43	14.63	0.03	1.09	5.52	15.72
최대 일별 지하수위 저하량			0.20				0.18	

구 분	일별 지하수위 저하량(m)							
	우 측(굴착 6단계)				우 측(굴착 7단계)			
	단계별	누적	EL.(−)m	GL.(−)m	단계별	누적	EL.(−)m	GL.(−)m
1일	0.08	0.08	5.60	15.80	0.03	0.03	7.45	17.65
2일	0.07	0.15	5.67	15.87	0.03	0.06	7.48	17.68
3일	0.08	0.22	5.74	15.94	0.03	0.09	7.51	17.71
4일	0.08	0.31	5.83	16.03	0.04	0.12	7.54	17.74
5일	0.09	0.40	5.92	16.12	0.04	0.16	7.58	17.78
6일	0.10	0.50	6.02	16.22	0.04	0.20	7.62	17.82
7일	0.26	0.76	6.28	16.48	0.05	0.25	7.67	17.87
8일	0.03	0.78	6.30	16.50	0.05	0.30	7.72	17.92
9일	0.03	0.81	6.33	16.53	0.05	0.35	7.77	17.97
10일	0.03	0.84	6.36	16.56	0.06	0.41	7.83	18.03
11일	0.03	0.88	6.40	16.60	0.06	0.47	7.89	18.09
12일	0.04	0.92	6.43	16.63	0.06	0.53	7.95	18.15
13일	0.04	0.96	6.48	16.68	0.07	0.60	8.02	18.22
14일	0.04	1.00	6.52	16.72	0.22	0.82	8.24	18.44
15일	0.05	1.05	6.57	16.77	0.02	0.84	8.26	18.46
16일	0.04	1.09	6.61	16.81	0.02	0.86	8.28	18.48
17일	0.06	1.15	6.66	16.86	0.02	0.88	8.30	18.50
18일	0.06	1.20	6.72	16.92	0.02	0.91	8.33	18.53
19일	0.06	1.27	6.79	16.99	0.02	0.93	8.35	18.55
20일	0.07	1.34	6.85	17.05	0.02	0.96	8.38	18.58
21일	0.07	1.41	6.93	17.13	0.02	0.98	8.40	18.60
22일	0.08	1.48	7.00	17.20	0.03	1.01	8.43	18.63
23일	0.23	1.71	7.23	17.43	0.03	1.03	8.45	18.65
24일	0.03	1.74	7.26	17.46	0.03	1.06	8.48	18.68
25일	0.03	1.76	7.28	17.48	0.02	1.09	8.51	18.71
26일	0.03	1.79	7.31	17.51	0.03	1.12	8.54	18.74
27일	0.03	1.82	7.33	17.53	0.03	1.15	8.57	18.77
28일	0.03	1.84	7.36	17.56	0.04	1.19	8.61	18.81
29일	0.03	1.87	7.39	17.59	0.03	1.22	8.64	18.84
30일	0.03	1.90	7.42	17.62	0.04	1.26	8.68	18.88
최대 일별 지하수위 저하량			0.26				0.22	

표 5.55 단면 A-A 구간 탄성침하량 검토 결과

구분	지하수위저하량(m)	탄성침하량(mm)	허용침하량(mm)	판 정
좌측	6.87	13.21	25.0	O.K
우측	5.97	11.11		O.K

표 5.56 단면 A-A 구간 단계별 누적 지하수위 저하량 및 유입량 그래프

누적 지하수위 저하량	지하수 유입량
	

B–B 단면(기준 Level E.L(+)10.20m=G.L±0.0m)

- 벽체상단레벨 : 지표현황 좌측 E.L(+)10.45m, 우측 E.L(+)10.37m에 위치
- 설계지하수위 : 지표현황 좌측 E.L(–)1.39m, 우측 E.L(–)2.21m에 위치

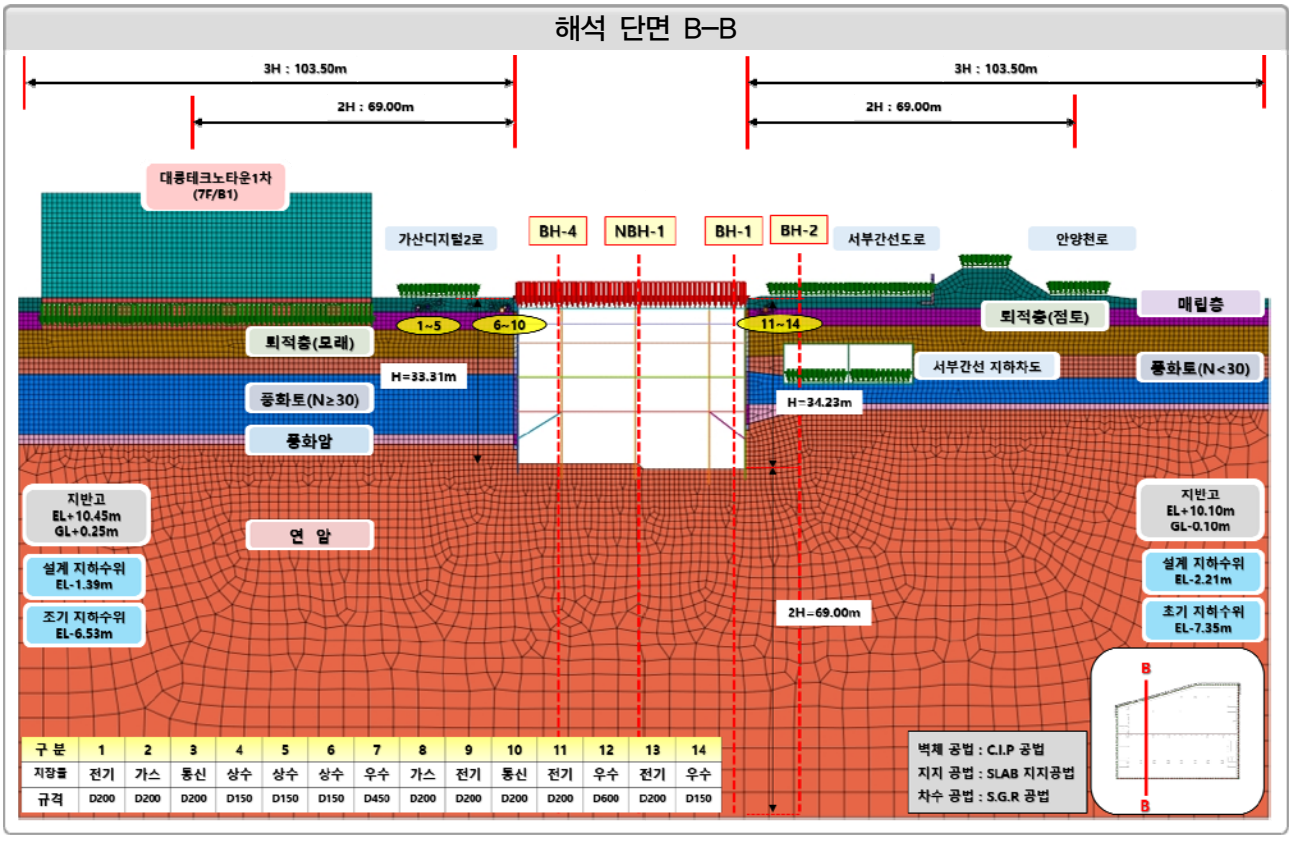
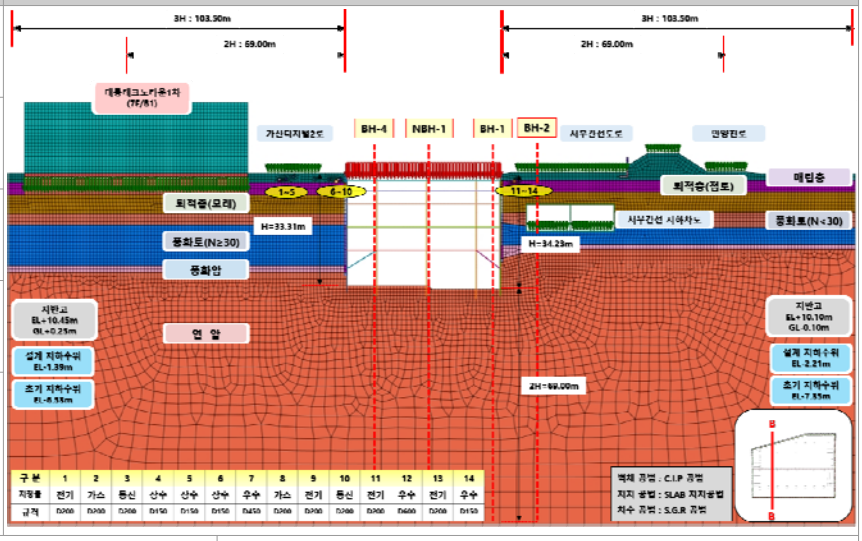


표 6.1 해석단면 현황

가시설 높이		가시설 벽체	인접건물	인접구조물	지하매설물	인접도로
좌측	우측					
33.31m	34.23m	C.I.P (∅600, C.T.C 600)	대룡테크노타운 1차(7F/B1)	서부간선 지하차도	상수관로 우수관로 전기선로 통신선로 가스관로	서부간선도로 (30.0m) 가산디지털2로 (15.0m)

표 6.3 해석단면 적용 하중

용도		적용하중 (kN/m²)	하중재하 모식도
도로하중		12.7	
건축물	최상층	16.0	
	지상층	14.0	
	지상1층	15.0	
	지하층	30.0	

- 좌측
  - –. 대륭테크노타운 1차(7F/B1) = 131.0kN/㎡
    → 지하2층(30.0kN/㎡×1층)
    + 지상1층(15.0kN/㎡)
    + 지상층(2~6층 14.0kN/㎡×5층)
    + 최상층(16.0kN/㎡)

  - –. 가산디지털2로 = 12.7 kN/㎡

- 우측
  - –. 서부간선도로 = 12.7 kN/㎡

  - –. 서부간선 지하차도 = 12.7 kN/㎡

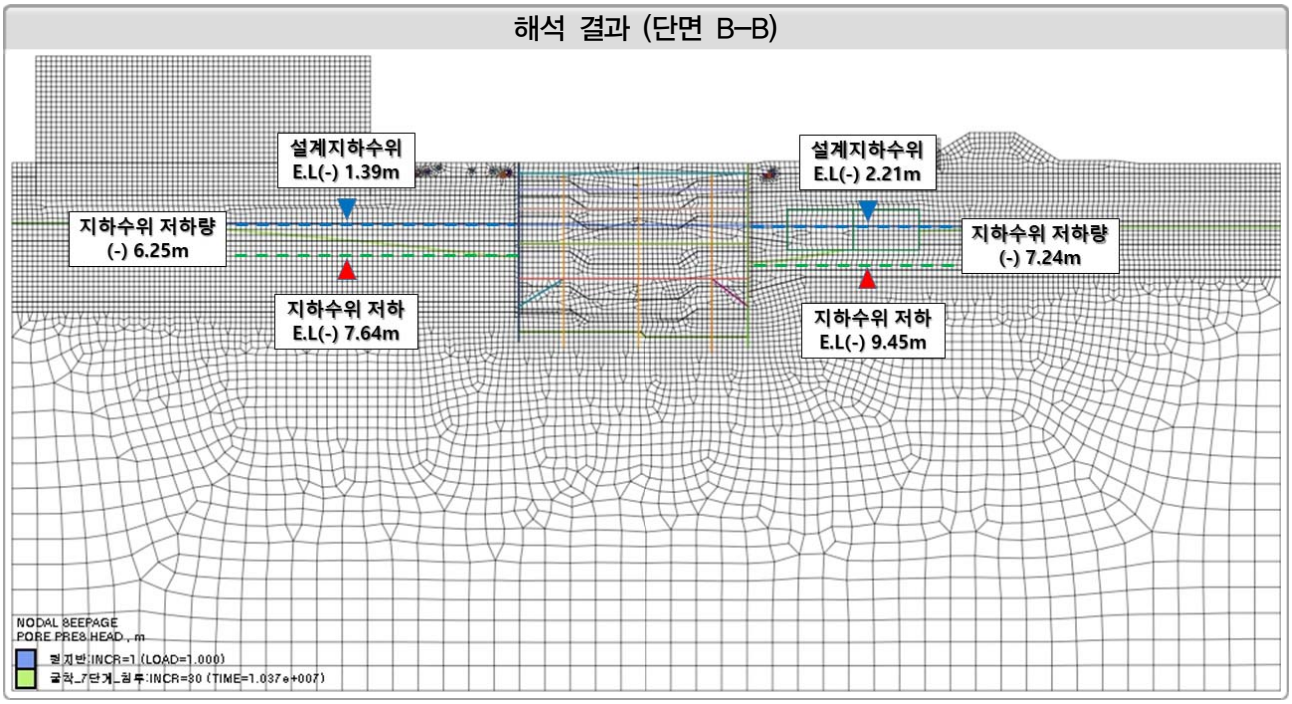


표 5.57 단면 B-B 구간 지하수위 변화

구 분	지하수위 저하량(m)								굴착단계별 유입량 (m^3/day/m)		
	좌 측				우 측				벽체		굴착면
	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m	단계별	누적	EL.(-)m	GL.(-)m	좌측	우측	
초기수위	-	-	1.39	11.59	-	-	2.21	12.41	-	-	-
1단 굴착	-	-	1.39	11.59	-	-	2.21	12.41	-	-	-
2단 굴착	-	-	1.39	11.59	-	-	2.21	12.41	-	-	-
3단 굴착	-	-	1.39	11.59	-	-	2.21	12.41	-	-	-
4단 굴착	1.94	1.94	3.33	13.53	2.60	2.60	4.81	15.01	0.03	0.01	0.68
5단 굴착	1.52	3.46	4.85	15.05	1.63	4.23	6.44	16.64	0.12	0.07	0.46
6단 굴착	0.96	4.42	5.81	16.01	2.04	6.27	8.48	18.68	0.12	0.23	0.54
7단 굴착	1.83	6.25	7.64	17.84	0.97	7.24	9.45	19.65	0.28	0.24	0.60

주1) 기준 Level: E.L(+)10.20m = G.L±0.0m

주2) 각 단계별 30일 굴착 소요기간중 최대 유입량을 고려함.

표 5.58 단면 B–B 구간 일별 지하수위 변화

구 분	일별 지하수위 저하량(m)							
	좌 측(굴착 4단계)				좌 측(굴착 5단계)			
	단계별	누적	EL.(–)m	GL.(–)m	단계별	누적	EL.(–)m	GL.(–)m
1일	0.12	0.12	1.51	11.71	0.15	0.15	3.48	13.68
2일	0.09	0.21	1.60	11.80	0.08	0.23	3.56	13.76
3일	0.10	0.31	1.70	11.90	0.03	0.26	3.59	13.79
4일	0.10	0.41	1.80	12.00	0.04	0.30	3.63	13.83
5일	0.11	0.51	1.90	12.10	0.05	0.34	3.67	13.87
6일	0.11	0.62	2.01	12.21	0.04	0.39	3.72	13.92
7일	0.11	0.73	2.12	12.32	0.05	0.44	3.77	13.97
8일	0.09	0.82	2.21	12.41	0.05	0.49	3.81	14.01
9일	0.13	0.96	2.35	12.55	0.06	0.54	3.87	14.07
10일	0.07	1.03	2.42	12.62	0.05	0.59	3.92	14.12
11일	0.04	1.07	2.46	12.66	0.05	0.64	3.97	14.17
12일	0.04	1.11	2.50	12.70	0.06	0.71	4.04	14.24
13일	0.05	1.16	2.55	12.75	0.05	0.76	4.09	14.29
14일	0.04	1.20	2.59	12.79	0.07	0.83	4.15	14.35
15일	0.05	1.25	2.64	12.84	0.05	0.88	4.21	14.41
16일	0.05	1.30	2.69	12.89	0.07	0.95	4.28	14.48
17일	0.05	1.34	2.73	12.93	0.05	1.00	4.33	14.53
18일	0.05	1.40	2.79	12.99	0.07	1.07	4.40	14.60
19일	0.05	1.44	2.83	13.03	0.05	1.12	4.45	14.65
20일	0.05	1.49	2.88	13.08	0.07	1.20	4.53	14.73
21일	0.05	1.54	2.93	13.13	0.05	1.25	4.58	14.78
22일	0.04	1.59	2.98	13.18	0.06	1.31	4.64	14.84
23일	0.05	1.63	3.02	13.22	0.02	1.33	4.66	14.86
24일	0.05	1.68	3.07	13.27	0.02	1.36	4.68	14.88
25일	0.04	1.73	3.12	13.32	0.03	1.38	4.71	14.91
26일	0.04	1.77	3.16	13.36	0.03	1.41	4.74	14.94
27일	0.04	1.81	3.20	13.40	0.03	1.44	4.76	14.96
28일	0.04	1.86	3.25	13.45	0.03	1.46	4.79	14.99
29일	0.04	1.90	3.29	13.49	0.03	1.49	4.82	15.02
30일	0.04	1.94	3.33	13.53	0.03	1.52	4.85	15.05
최대 일별 지하수위 저하량			0.13				0.15	

구 분	일별 지하수위 저하량(m)							
	좌 측(굴착 6단계)				좌 측(굴착 7단계)			
	단계별	누적	EL.(−)m	GL.(−)m	단계별	누적	EL.(−)m	GL.(−)m
1일	0.01	0.01	4.86	15.06	0.05	0.05	5.86	16.06
2일	0.02	0.03	4.88	15.08	0.05	0.11	5.92	16.12
3일	0.02	0.06	4.90	15.10	0.06	0.16	5.97	16.17
4일	0.03	0.08	4.93	15.13	0.06	0.22	6.03	16.23
5일	0.03	0.11	4.96	15.16	0.06	0.28	6.09	16.29
6일	0.03	0.14	4.98	15.18	0.08	0.36	6.17	16.37
7일	0.03	0.17	5.02	15.22	0.08	0.43	6.25	16.45
8일	0.03	0.20	5.04	15.24	0.08	0.52	6.33	16.53
9일	0.04	0.23	5.08	15.28	0.10	0.62	6.43	16.63
10일	0.03	0.26	5.11	15.31	0.23	0.85	6.66	16.86
11일	0.03	0.30	5.14	15.34	0.02	0.87	6.68	16.88
12일	0.04	0.33	5.18	15.38	0.02	0.89	6.70	16.90
13일	0.03	0.37	5.22	15.42	0.03	0.92	6.73	16.93
14일	0.04	0.41	5.26	15.46	0.03	0.95	6.76	16.96
15일	0.03	0.44	5.29	15.49	0.03	0.98	6.79	16.99
16일	0.04	0.48	5.33	15.53	0.03	1.01	6.82	17.02
17일	0.03	0.52	5.37	15.57	0.04	1.04	6.85	17.05
18일	0.04	0.56	5.41	15.61	0.04	1.08	6.89	17.09
19일	0.04	0.60	5.45	15.65	0.03	1.12	6.93	17.13
20일	0.18	0.79	5.63	15.83	0.05	1.16	6.97	17.17
21일	0.01	0.80	5.64	15.84	0.04	1.20	7.01	17.21
22일	0.01	0.81	5.66	15.86	0.05	1.25	7.06	17.26
23일	0.02	0.83	5.68	15.88	0.04	1.30	7.11	17.31
24일	0.02	0.85	5.69	15.89	0.06	1.35	7.16	17.36
25일	0.02	0.86	5.71	15.91	0.05	1.40	7.21	17.41
26일	0.02	0.88	5.73	15.93	0.06	1.47	7.28	17.48
27일	0.02	0.90	5.75	15.95	0.05	1.52	7.33	17.53
28일	0.02	0.92	5.77	15.97	0.07	1.60	7.41	17.61
29일	0.02	0.94	5.79	15.99	0.07	1.66	7.47	17.67
30일	0.02	0.96	5.81	16.01	0.16	1.83	7.64	17.84
최대 일별 지하수위 저하량			0.18				0.23	

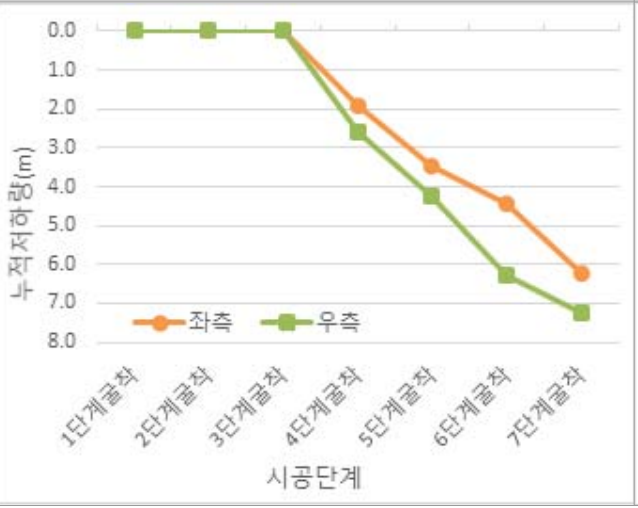
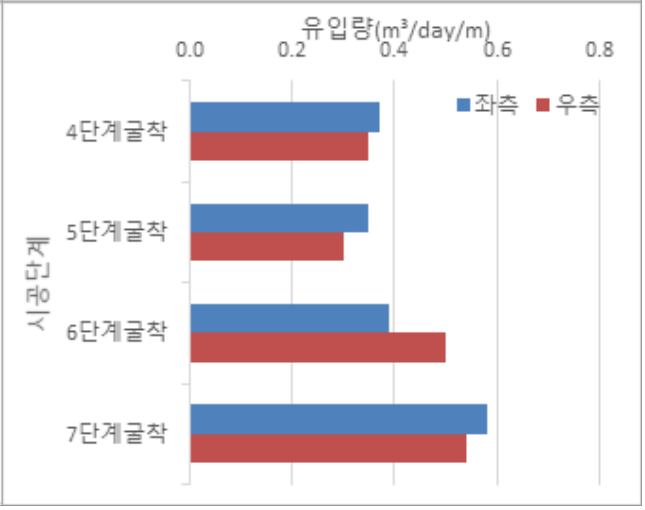
구 분	일별 지하수위 저하량(m)							
	우 측(굴착 4단계)				우 측(굴착 5단계)			
	단계별	누적	EL.(−)m	GL.(−)m	단계별	누적	EL.(−)m	GL.(−)m
1일	0.44	0.44	2.65	12.85	0.07	0.07	4.88	15.08
2일	0.09	0.53	2.74	12.94	0.06	0.12	4.94	15.14
3일	0.10	0.63	2.84	13.04	0.08	0.20	5.01	15.21
4일	0.11	0.75	2.96	13.16	0.06	0.27	5.08	15.28
5일	0.13	0.88	3.09	13.29	0.08	0.35	5.16	15.36
6일	0.14	1.02	3.23	13.43	0.06	0.41	5.22	15.42
7일	0.16	1.18	3.39	13.59	0.08	0.48	5.30	15.50
8일	0.13	1.31	3.52	13.72	0.06	0.54	5.35	15.55
9일	0.14	1.45	3.66	13.86	0.10	0.64	5.45	15.65
10일	0.07	1.52	3.73	13.93	0.07	0.71	5.52	15.72
11일	0.07	1.59	3.80	14.00	0.08	0.79	5.60	15.80
12일	0.07	1.65	3.86	14.06	0.05	0.83	5.64	15.84
13일	0.07	1.72	3.93	14.13	0.03	0.87	5.68	15.88
14일	0.06	1.78	3.99	14.19	0.04	0.91	5.72	15.92
15일	0.06	1.84	4.05	14.25	0.04	0.95	5.76	15.96
16일	0.07	1.92	4.13	14.33	0.04	0.99	5.80	16.00
17일	0.06	1.97	4.18	14.38	0.04	1.02	5.83	16.03
18일	0.07	2.05	4.26	14.46	0.05	1.07	5.88	16.08
19일	0.06	2.11	4.32	14.52	0.04	1.11	5.92	16.12
20일	0.06	2.17	4.38	14.58	0.06	1.16	5.97	16.17
21일	0.08	2.25	4.46	14.66	0.04	1.21	6.02	16.22
22일	0.06	2.30	4.51	14.71	0.04	1.25	6.06	16.26
23일	0.06	2.36	4.57	14.77	0.06	1.31	6.12	16.32
24일	0.05	2.41	4.62	14.82	0.04	1.35	6.16	16.36
25일	0.03	2.44	4.65	14.85	0.04	1.39	6.20	16.40
26일	0.03	2.47	4.68	14.88	0.06	1.45	6.26	16.46
27일	0.04	2.51	4.72	14.92	0.04	1.49	6.30	16.50
28일	0.03	2.54	4.75	14.95	0.04	1.54	6.35	16.55
29일	0.03	2.57	4.78	14.98	0.05	1.58	6.39	16.59
30일	0.03	2.60	4.81	15.01	0.05	1.63	6.44	16.64
최대 일별 지하수위 저하량			0.44				0.10	

구 분	일별 지하수위 저하량(m)							
	우 측(굴착 6단계)				우 측(굴착 7단계)			
	단계별	누적	EL.(−)m	GL.(−)m	단계별	누적	EL.(−)m	GL.(−)m
1일	0.13	0.13	6.57	16.77	0.02	0.02	8.50	18.70
2일	0.08	0.21	6.65	16.85	0.02	0.04	8.52	18.72
3일	0.08	0.28	6.72	16.92	0.03	0.06	8.54	18.74
4일	0.10	0.38	6.82	17.02	0.03	0.09	8.57	18.77
5일	0.17	0.55	6.99	17.19	0.02	0.11	8.59	18.79
6일	0.11	0.67	7.11	17.31	0.03	0.14	8.62	18.82
7일	0.12	0.79	7.23	17.43	0.03	0.18	8.65	18.85
8일	0.11	0.90	7.34	17.54	0.03	0.21	8.69	18.89
9일	0.10	1.00	7.44	17.64	0.04	0.24	8.72	18.92
10일	0.04	1.04	7.48	17.68	0.04	0.28	8.76	18.96
11일	0.03	1.07	7.51	17.71	0.04	0.32	8.80	19.00
12일	0.04	1.11	7.55	17.75	0.04	0.36	8.84	19.04
13일	0.04	1.15	7.59	17.79	0.05	0.41	8.89	19.09
14일	0.05	1.20	7.64	17.84	0.04	0.45	8.93	19.13
15일	0.04	1.24	7.68	17.88	0.05	0.50	8.98	19.18
16일	0.06	1.30	7.74	17.94	0.04	0.55	9.03	19.23
17일	0.05	1.35	7.79	17.99	0.10	0.65	9.13	19.33
18일	0.07	1.42	7.86	18.06	0.16	0.80	9.28	19.48
19일	0.06	1.48	7.92	18.12	0.02	0.82	9.30	19.50
20일	0.11	1.58	8.02	18.22	0.01	0.83	9.31	19.51
21일	0.08	1.66	8.10	18.30	0.01	0.85	9.33	19.53
22일	0.10	1.76	8.20	18.40	0.01	0.86	9.34	19.54
23일	0.19	1.95	8.39	18.59	0.01	0.87	9.35	19.55
24일	0.01	1.95	8.39	18.59	0.01	0.88	9.36	19.56
25일	0.01	1.96	8.40	18.60	0.01	0.90	9.38	19.58
26일	0.01	1.98	8.42	18.62	0.01	0.91	9.39	19.59
27일	0.01	1.99	8.43	18.63	0.01	0.92	9.40	19.60
28일	0.01	2.01	8.45	18.65	0.01	0.94	9.42	19.62
29일	0.02	2.02	8.46	18.66	0.01	0.95	9.43	19.63
30일	0.02	2.04	8.48	18.68	0.02	0.97	9.45	19.65
최대 일별 지하수위 저하량			0.19				0.16	

표 5.59 단면 B–B 구간 탄성침하량 검토 결과

구분	지하수위저하량(m)	탄성침하량(mm)	허용침하량(mm)	판 정
좌측	6.25	11.75	25.0	O.K
우측	7.24	14.10		O.K

표 5.60 단면 B–B 구간 단계별 누적 지하수위 저하량 및 유입량 그래프

누적 지하수위 저하량	지하수 유입량
	

☑ 굴착에 따른 지하수 유입량 산정

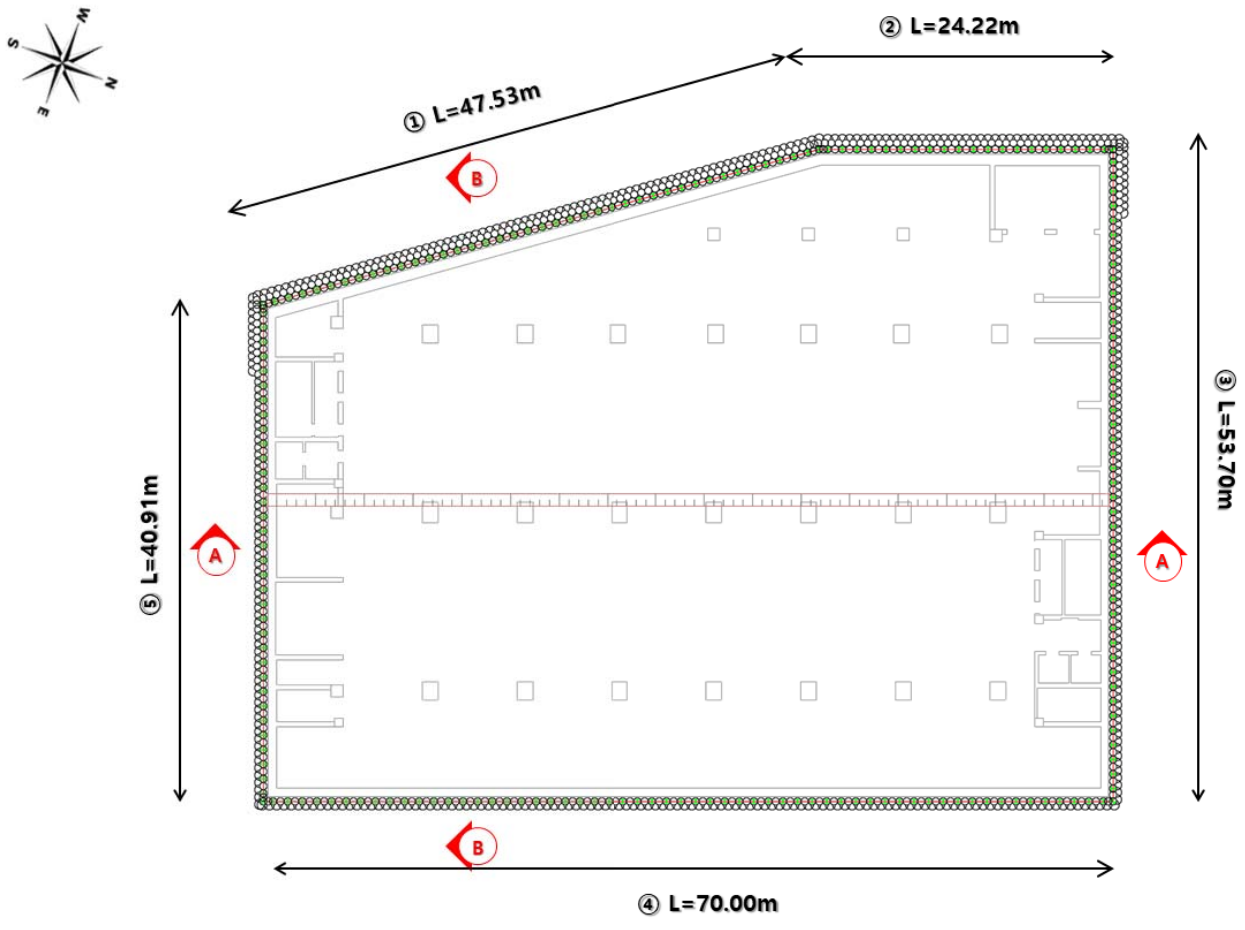
- 시공단계별 유입량 검토 결과 단면별 최대 단위유입량에 적용연장을 반영하여 굴착에 따른 지하수 유입량을 산정하여 지하수 처리계획에 반영하였다.
- 굴착에 따른 지하수 유입량 산정결과는 다음과 같다.

표 5.61 굴착 저면 유입량 산정을 위한 해석단면별 면적비 산정

구 분	굴착면적(㎡)	해석단면 폭(m)	적용연장(m)	비고
단면 A–A	3,466.18	70.20	49.38	적용연장 = 굴착면적 / 해석단면 폭
단면 B–B		46.61	74.37	

표 5.62 굴착 벽체 유입량 산정을 위한 주변장 선정

굴착 벽체 유립량 주변장 구분평면도



구 분	좌측 주변장(m)	우측 주변장(m)	적용 주변장(m)	비고
단면 A–A	40.91	53.70	94.61	–
단면 B–B	70.00	71.75	141.75	–

표 5.63 적용연장을 고려한 굴착단계별 지하수 유입량 산정

시공단계	구 분		단위유입량 (m^3/day/m)	적용연장(주변장) (m)	유입량 (m^3/day)	단계별 유입량 (m^3/day)
1단 굴착	단면A-A	벽체	0.00	94.61	0.00	0.00
		굴착면	0.00	49.38	0.00	
	단면B-B	벽체	0.00	141.75	0.00	0.00
		굴착면	0.00	74.37	0.00	
2단 굴착	단면A-A	벽체	0.00	94.61	0.00	0.00
		굴착면	0.00	49.38	0.00	
	단면B-B	벽체	0.00	141.75	0.00	0.00
		굴착면	0.00	74.37	0.00	
3단 굴착	단면A-A	벽체	0.00	94.61	0.00	0.00
		굴착면	0.00	49.38	0.00	
	단면B-B	벽체	0.00	141.75	0.00	0.00
		굴착면	0.00	74.37	0.00	
4단 굴착	단면A-A	벽체	0.04	94.61	3.78	36.38
		굴착면	0.66	49.38	32.59	
	단면B-B	벽체	0.04	141.75	5.67	56.24
		굴착면	0.68	74.37	50.57	
5단 굴착	단면A-A	벽체	0.17	94.61	16.08	45.71
		굴착면	0.60	49.38	29.63	
	단면B-B	벽체	0.19	141.75	26.93	61.14
		굴착면	0.46	74.37	34.21	
6단 굴착	단면A-A	벽체	0.38	94.61	35.95	69.53
		굴착면	0.68	49.38	33.58	
	단면B-B	벽체	0.35	141.75	49.61	89.77
		굴착면	0.54	74.37	40.16	
7단 굴착	단면A-A	벽체	0.44	94.61	41.63	77.18
		굴착면	0.72	49.38	35.55	
	단면B-B	벽체	0.52	141.75	73.71	118.33
		굴착면	0.60	74.37	44.62	

표 5.64 최대 지하수 유입량 검토 결과

구 분	단위유입량 (m^3/day/m)	적용연장(주변장) (m)	최대 유입량 (m^3/day)	적용 지하수 유입량 (m^3/day)
단면 A-A 벽체	0.44	94.61	41.63*	159.96
단면 B-B 벽체	0.52	141.75	73.71*	
굴착면 바닥	0.60	74.37	44.62**	

*) 단면별 최대 벽체 유입량

**) 최대 바닥 유입량(단면A-A, B-B 중 최대유입량)

- 침투해석을 통한 굴착에 따른 발생 가능한 최대 유입량은 159.96㎥/day로 나타났다.
- 굴착에 따른 지하수 유입량은 해석결과의 유입량을 산정한 것으로 실제 지층 조건 및 지하수위 조건에 따라 상이하게 나타날 수 있다.
- 투수계수 적용에 따른 대상지역의 지하수 유입이 예상 유입량보다 초과되었을 때는 굴착면으로 유입되는 지하수는 집수 후 처리해야 하며, 착공전 이에 따른 상세 지하수 처리 계획을 수립하여 원활한 공사가 진행될 수 있도록 해야 한다.

5.3 침투해석에 의한 지하수 흐름 분석 지하수 변화에 의한 영향검토 V

☑ 지하수 변화에 의한 영향 평가

- 지하수 변화에 의한 영향 평가는 사업부지의 세부 굴착계획을 고려하여 대표단면에 대한 MIDAS GTS NX 해석 프로그램을 이용한 침투류 해석을 수행하였으며, 굴착에 따른 인접 지반의 지하수위 저하량 및 굴착저면에 대한 지하수 유입량을 분석하였다.
- 굴착에 따른 지하수변화를 수치해석으로 평가하는 것은 정밀시공을 전제로 하는 것이므로, 흙막이 벽체의 차수성 확보를 위해 철저한 시공관리가 필요하다.

표 5.65 단면별 지하수위 저하 요약

구 분		지하수위 저하량(m)					적용 지하수 유입량 (m^3/day)
		EL.(−)m	GL.(−)m	단계별 최대저하량	일별 최대저하량	누적 저하량	
단면 A–A	좌측	8.58	18.78	2.03	0.32	6.87	159.96
	우측	8.68	18.88	1.90	0.26	5.97	
단면 B–B	좌측	7.64	17.84	1.94	0.23	6.25	
	우측	9.45	19.65	2.60	0.44	7.24	

검토결과

· 지하수위 저하 검토결과 최대 7.24m, 발생하는 유입량은 159.96㎥/day로 검토되었다.
· 일별 지하수위 저하량 검토시 최대 0.44m로 지하수위 계측관리 기준내로 검토되었다.
· 검토된 지하수위 저하량 및 유출량은 설계도서에 따른 단계별 굴착심도를 준수하였을 때를 모사한 결과 이므로 실제 시공시에도 이를 준수하여 과굴착으로 인한 지하수위의 급격한 저하나 침하가 발생하지 않도록 주의 시공하여야 한다.
· 또한, 예상 유입량의 두배 이상을 처리할 수 있는 용량의 펌프시설을 갖추어 유입량 과다 발생시에도 문제없이 배수가 되도록 기계분야 등의 전문가의 검증을 받아야 한다.

☑ 장기지하수위 관측계획

- 사업부지 굴착에 따른 지하수 하강량과 지하외벽 완성 후의 지하수위 회복량을 모니터링하기 위해서는 굴착 완료 후에도 장기간 지하수위 변화를 관측하는 것으로 계획하였다.
- 사업부지 지하수위 계측구간 중 상대적으로 지하수위 저하가 가장 크게 발생한 사업부지 서측구간에 계획된 지하수위계는 건축물 준공시 까지 지하수위 측정을 수행하여 장기 지하수위 변화에 대한 관측 및 분석이 필요할 것으로 판단된다.

PART
06

지반안정성 검토

6.1 수치해석에 의한 지반안전성

6.2 경험식에 의한 지반안전성

6.3 탄 · 소성보 해석에 의한 지반안전성

6.4 지반안전성 검토 결과

6.1.1 평가방법

☑ 평가 개요

안전성 검토개요

• 지반안전성 평가는 수치해석 프로그램을 이용하여 대표단면에 대한 2차원 및 3차원 해석을 수행하고 흙막이 가시설 계획의 적정성 및 인접 구조물에 대한 안전성을 평가함

– 최대굴착심도 : 34.23m

– 굴착공법 : 역타공법

– 흙막이 벽체 공법 : C.I.P (∅600, C.T.C 600)

– 흙막이 벽체 지지공법 : 슬래브 지지 공법

– 차수그라우팅 공법 : S.G.R공법 (∅800, C.T.C 600)

– 인접건물 : A–L → S BUSINESS CENTER(11F/B3), 이수전기(주)(4F/B1)

A–R → ㈜아톰 A동(3F/B1), ㈜아톰 B동(2F/B1),
지엔텍 잔카드림타워 지식산업센터(15F/B3)

B–L → 대륭테크노타운 1차(7F/B1),

B–R → –

– 인접도로 및 구조물 : 서부간선도로(35.0m), 서부간선지하차도, 가산디지털2로(15.0m)

– 지하매설물 : 상수관, 우수관, 전력관, 통신관, 가스관

해석프로그램(MIDAS GTS NX)

• 해석프로그램 개요

– Midas GTS NX는 지반 및 터널해석 범용 유한요소해석 프로그램이다. 특히, 터널 굴착에 따른 터널 주변의 변위, 응력의 변화와 지중 및 지표에서 발생하는 연직 및 수평응력과 변위 그리고 각 지보재의 응력변화 등을 검토하기 위하여 유한요소법(Finite Element Method : FEM)을 수치해석 기법으로 하는 2, 3차원 해석프로그램이다.

– 본 프로그램은 지반공학의 주 대상인 흙이나 암반과 같은 비선형 재료들에 대해 다양한 지반 재료모델을 적용할 수 있으며, 실제 지형을 모델링함으로써 보다 정확한 해석결과를 얻을 수 있다.

• 해석프로그램 특징

– 다양한 해석기능 및 재료모델
– 탁월한 계산 용량 및 해석속도
– 직관적인 3차원 모델링
– 기술자 편의를 위한 리포트 자동 생성

• 적용분야

– 지보패턴별 터널보강공법 안정성 검토
– 강도감소법을 고려한 비탈면 안정성 검토
– 연약지반 및 항만 검토
– 시공 중 인접구조물 영향성 평가
– 가시설 시공단계별 안정성 검토

6.1 수치해석에 의한 지반안전성

해석조건

구분		적용내용	비고
해석범위	수평방향	과업구간 굴착최대깊이(H) 3배이상 적용	흙막이벽체기준
	연직방향	과업구간 굴착최대깊이(H) 2배이상 적용	최종굴착 저면 기준
경계조건	초기수위	모델링 좌우측 전수두 입력	절점수두
	배수경계	흙막이 벽체, 굴착저면 경계재조사 입력	경계재조사
해석단계		① 설계수위 적용으로 인한 초기간극수압 분포 해석	정상류
		② 굴착기간을 반영한 시간에 따른 지하수 해석	부정류
설계지하수위		관측망 조사 및 강우강도에 따른 지하수위 상승고 검토 후 단면별 최대 변동폭 적용(만수위)	상승수위고려

검토기준

① 가설흙막이 설계기준(KDS 21 30 00) p.6 (2020, 국토교통부)

표 6.1 흙막이 구조물 설계시 적용되는 안전율

종 류			안전율	비 고
지반의 지지력			2.0	극한지지력에 대하여
활동			1.5	활동력(슬라이딩)에 대하여
전도			2.0	저항모멘트와 전도모멘트의 비
사면 안정			1.1	1년 미만 단기안정성
근입깊이			1.2	수동 및 주동토압에 의한 모멘트 비
굴착저부의 안정	보일링	가설(단기)	1.5	사질토 대상 단기는 굴착시점을 기준으로 2년 미만임
		영구(장기)	2.0	
	히빙		1.5	점성토
지반앵커	사용기간 2년 미만		1.5	인발저항에 대한 안전율
	사용기간 2년 이상		2.5	

*p.부록5-65 참조 : 가설흙막이 설계기준(KDS 21 30 00), 2020, 국토교통부

※각 조건에 따라 설계시 적용하는 안전율은 발주처의 기준을 우선하되, 별도의 기준이 없을 경우 적용

② 흙막이 구조물 수평변위 관련 기준 검토(KCS 11 10 15 (2016, 국토교통부))

표 6.2 지중 수평변위계 최대 허용변위량 기준

흙막이 벽체 구분	벽체 종류	최대 허용변위량
강성 흙막이 벽체	**두께 60cm 이상인 콘크리트 연속벽**	**0.002H**
보통 흙막이 벽체	두께 40cm 정도인 콘크리트 연속벽	0.0025H
연성 흙막이 벽체	H-PILE과 흙막이판을 설치하는 흙막이 벽	0.003H

*p.부록5-13 참조 : KCS 11 10 15(시공중 지반계측), 국토교통부

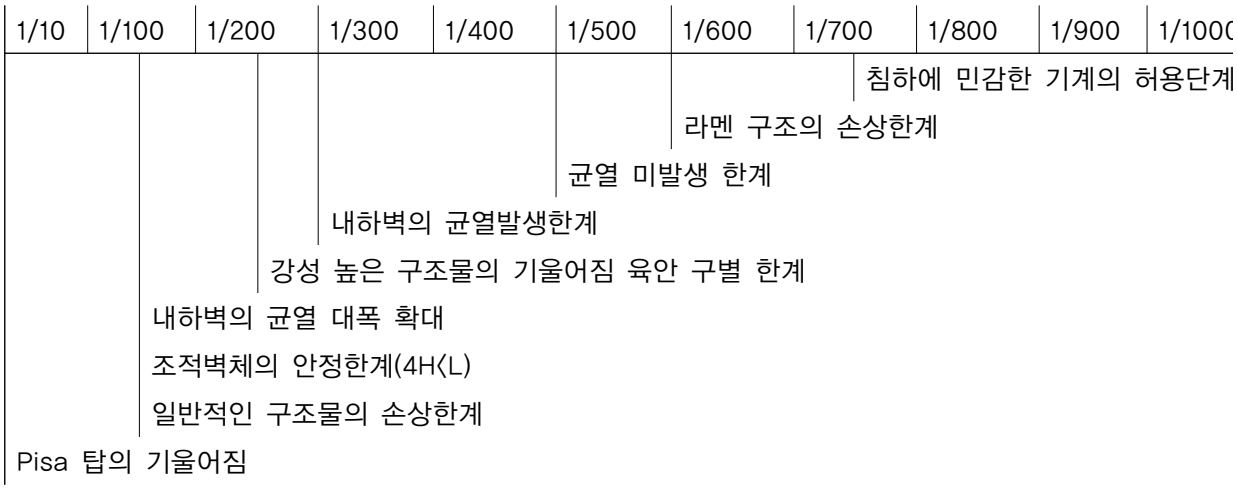
※흙막이벽의 강성, 굴착지반의 특성, 굴착심도, 지지구조 및 지하수에 대한 대책방법에 따라 흙막이벽의 변형정도를 고려하여 허용치를 결정

※최대 변위량은 흙막이벽의 강성 및 굴착심도(H)를 기준으로 설정하는 것이 바람직하며, 일반적인 최대 허용 변위량은 위 〈표 6.5〉을 참조

③ 구조물 허용침하량 및 각변위

- 구조물의 부등 침하(각변위)와 관련하여 다양한 문헌에서 기준사항을 제시하고 있으며, 내용은 아래와 같다.

[그림 6.1] 철구조물의 허용부등침하(처짐각)(Bjerrum, 1963)



*p.부록5-30 참조 : 구조물기초설계기준해설, 2015, 국토교통부

- 한편, 구조물기초설계기준해설(한국지반공학회, 2015)에서 제시하는 기타 근접시공에 따른 손상한계 관련 기준 검토 내용은 다음과 같다.
- 굴착에 의한 배면 지반의 변위를 산정한 후 설계지침이나 건축기준 등에 규정되어 있는 허용변위량을 기준으로 인접구조물의 손상여부를 분석하고 필요시 대책을 강구한다.
- 아래 표는 Sowers(1962)가 제안한 구조물의 허용침하량과 Skempton(1955)이 제안한 구조물의 손상한계를 나타낸 것이다.

표 6.3 구조물의 허용침하량(Sowers, 1962)〉

침하형태	구조물의 종류	최대침하량
전체침하	배수시설 출입구 석적 및 조적구조 뼈대구조 굴뚝, 사이로, 매트	15.0~30.0cm 30.0~60.2cm 2.5~5.0cm 5.0~10.0cm 7.5~30.0cm
부등침하	빌딩의 벽돌벽체 철근콘크리트 뼈대구조 강 뼈대구조(연속) 강 뼈대구조(단순)	0.005 S~0.02 S 0.003 S 0.002 S 0.005 S

*p.부록5-36 참조 : 구조물기초설계기준해설, 2015, 국토교통부

표 6.4 구조물의 손상한계(Skempton, 1955)

기준		독립기초	확대기초
각변위(δ/L)		1/300(L: 임의의 기둥간격, δ : 부등침하량)	
최대 부등침하량	점토	44mm(38mm)	
	사질토	32mm(25mm)	
최대침하량	점토	76mm(64mm)	76~127mm(64mm)
	사질토	51mm	51~76mm(38~64mm)

*p.부록5-36 참조 : 구조물기초설계기준해설, 2015, 국토교통부

④ 안정성 판정 기준 선정

- 앞서 제시된 문헌을 검토하여 본 과업지역 인접 구간의 안정성 판정을 위한 기준을 다음과 같이 선정하였다.
- 인접구조물 등 해당시설물의 관리기준과 상이할 경우 해당시설물의 관기기준과 비교하여 보수적인 기준을 적용하였다.

표 6.5 구조물 평가 기준 적용치

구 분	적 용 기 준	비 고
사용 강재 및 재료의 허용응력도	KDS 21 30 00	가시설 흙막이 설계기준
허용 최대 침하량	2.5cm(25mm)	구조물 기초 설계기준
부등 침하 [각변위]	1/500	Bjerrum 제안
흙막이 수평 변위 기준	H×0.20% (H=벽체 굴착깊이)	지중 수평 변위계 최대 허용 변위량 기준

표 6.6 인접구조물

구 분	허용기준	비 고
최대침하량	25mm	
부등침하량	–	
각변위	2.0×10^{-3}(1/500)	
수평변형률	1/2,000	

표 6.7 지하매설물

구 분	허용기준	비 고
최대침하량	25mm	
부등침하량	–	
각변위	2.0×10^{-3}(1/500)	

표 6.8 인접도로

구 분	허용기준	비 고
최대침하량	25mm	

⑤ 설계하중

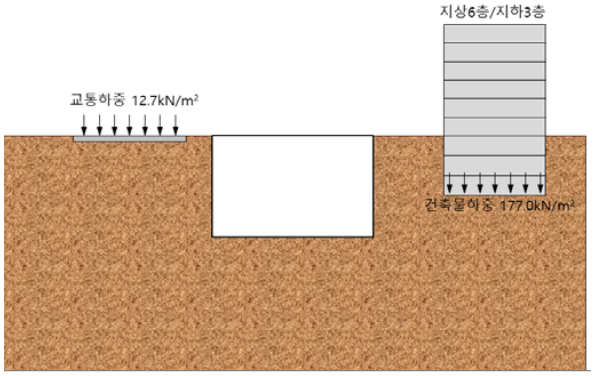
• 흙막이 벽체에 작용하는 외력에는 토압, 수압, 장비하중 등의 하중과 검토범위 내에 있는 인접건물 하중과 인접도로를 통행하는 교통하중 등이 있으며, 지반안전성 검토시 하중을 적용하여 안전성 검토를 수행하였다.

표 6.9 고정하중(재료의 표준 단위중량, kN/㎥)

재 료	단위중량	재 료	단위중량
강, 주강, 단강	78.50	목재	8.00
주철	72.50	역청재	11.0
철근콘크리트	25.0	아스팔트포장	23.00
무근콘크리트	23.0	자갈, 쇄석	19.00
세멘트모르타르	21.50	–	–

6.1 수치해석에 의한 지반안전성

- 자동차 활하중은 표준트럭하중(DB하중) 또는 차로하중(DL하중), 보도 등의 등분포하중 및 궤도의 차량하중을 적용하며, 이때 현장여건 및 장비하중 등을 고려하여 안전측으로 1등교 교량의 DL기준인 12.7kN/㎡을 적용하였다.
- 인접건축물에 대한 하중은 구조종별 구분없이 층별 하중을 계산하여 적용하되, 유한요소해석시 건축물 모델링의 단위중량은 14.0~30.0kN/㎥을 적용하며, 하중은 기초저면에 재하하여 안전측으로 적용하였다.

용 도	하중(kN/㎥)	하중재하 모식도
최상층	16.0	
일반층	14.0	
1층	15.0	
지하층	30.0	• 지상 6층, 지하 3층 구조물 : (16×1)+(14×4)+(15×1)+(30×3)=177kN/m²

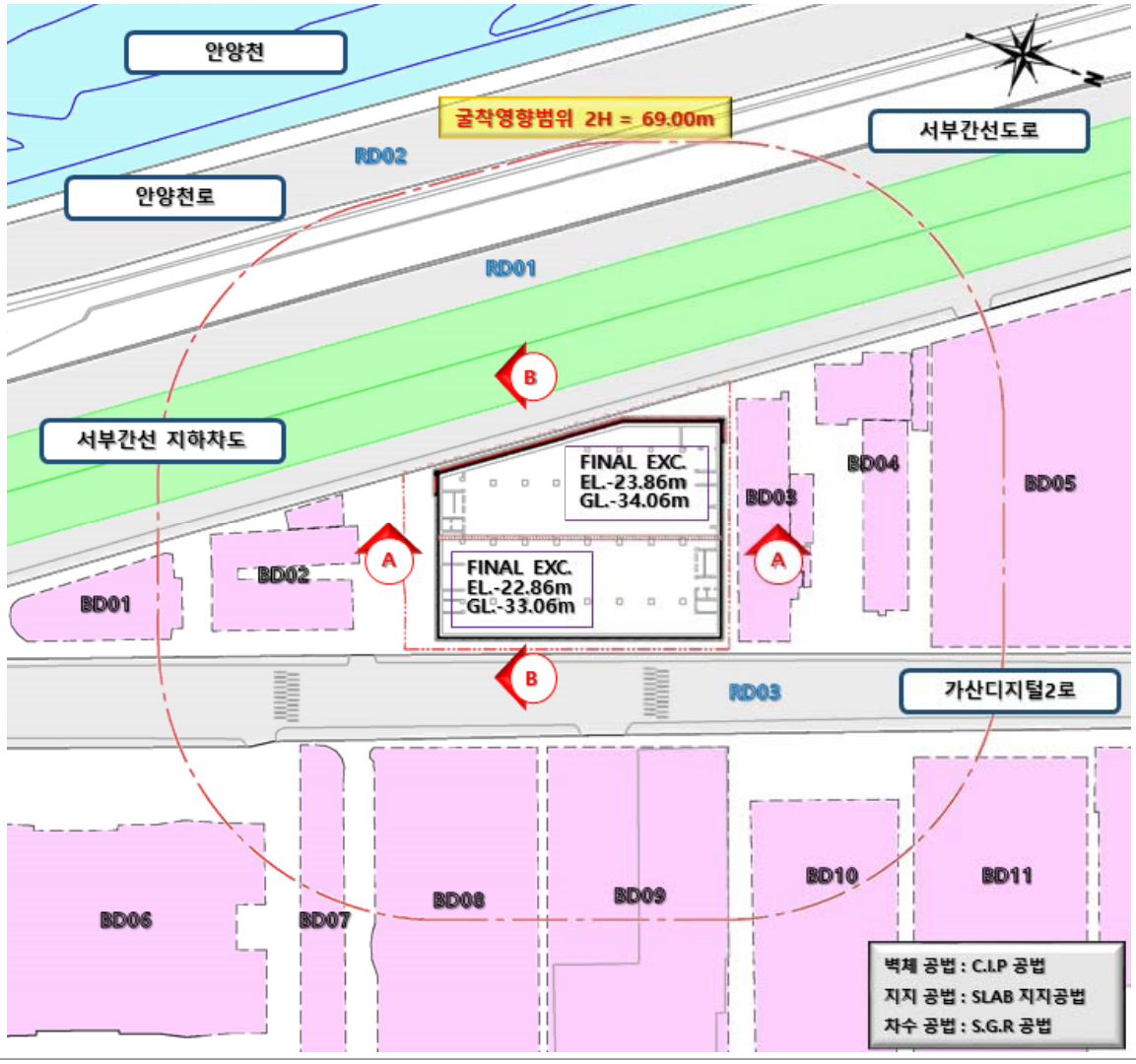
☑ 평가 조건

대표단면 선정

- 검토 단면은 지층조건, 지하 매설물과 건물 위치 및 주변 도로 등을 고려하여 단면 A-A구간의 좌/우측, 단면 B-B구간의 좌/우측 구간을 대표단면으로 선정하였다.
- 과업구간에서 종방향, 횡방향을 대표하며 최대굴착심도와 최대굴착폭을 갖는 구간을 검토단면으로 선정하였으며, A-A단면은 횡방향 대표단면으로 최대 굴착 심도(32.96m~33.40m)를 포함하고, 인접건물이 위치한다.

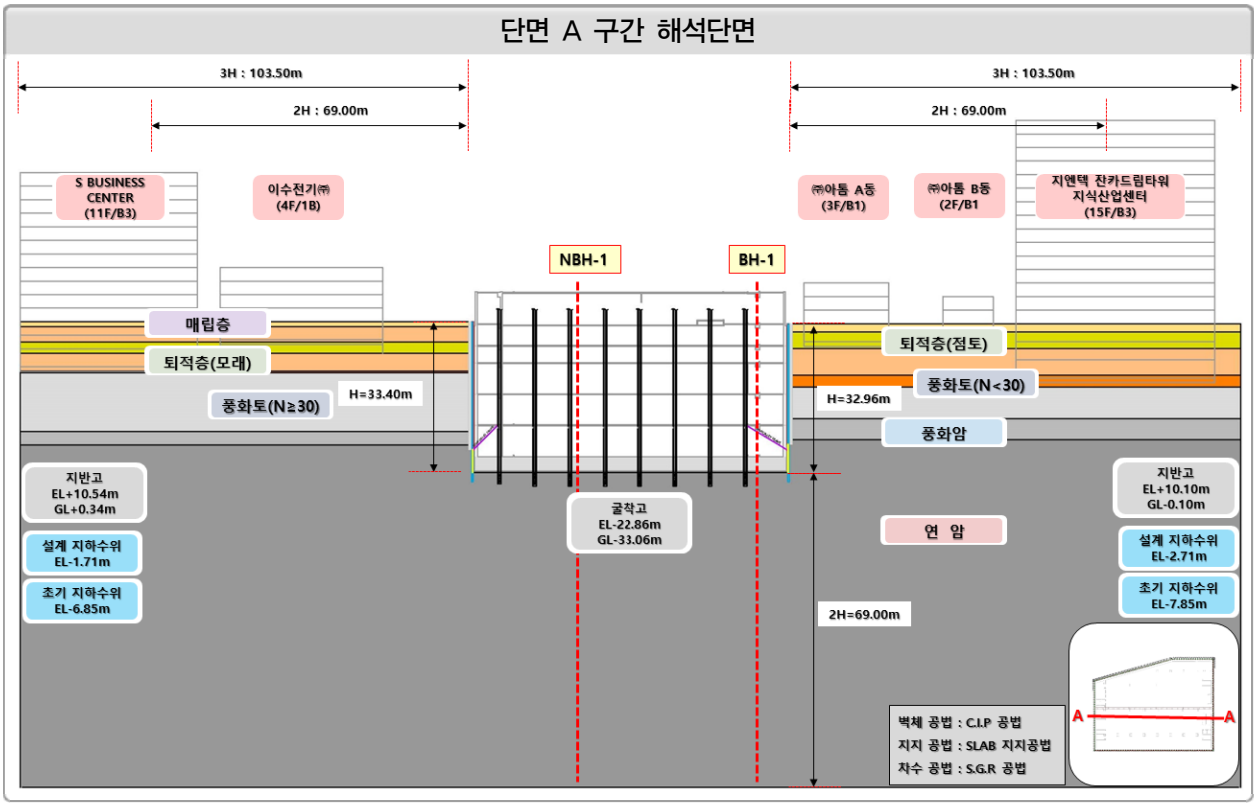
  B-B단면은 종방향 대표단면으로 굴착심도(33.31m ~ 34.23m)를 포함하고, 인접건물 및 지하매설물 지하매설물(상수관, 우수관, 전력관, 가스관, 통신관), 인접도로(서부간선도로, 가산디지털2로), 개통예정인 서부간선 지하차도가 위치한다.
- 사업부지와 인접하여 도로 및 지하매설물(상수관, 우수관, 전력관, 가스관, 통신관) 및 지하구조물(서부간선도로 지하차도)은 해석단면에 모델링하여 향후 굴착공사시 지장물로 위치할 것으로 가정하여 안정성을 검토하였다.

해석단면 위치 평면도



해석영역 A-A

단면 A 구간 해석단면



단면 A 구간 유한요소 해석단면

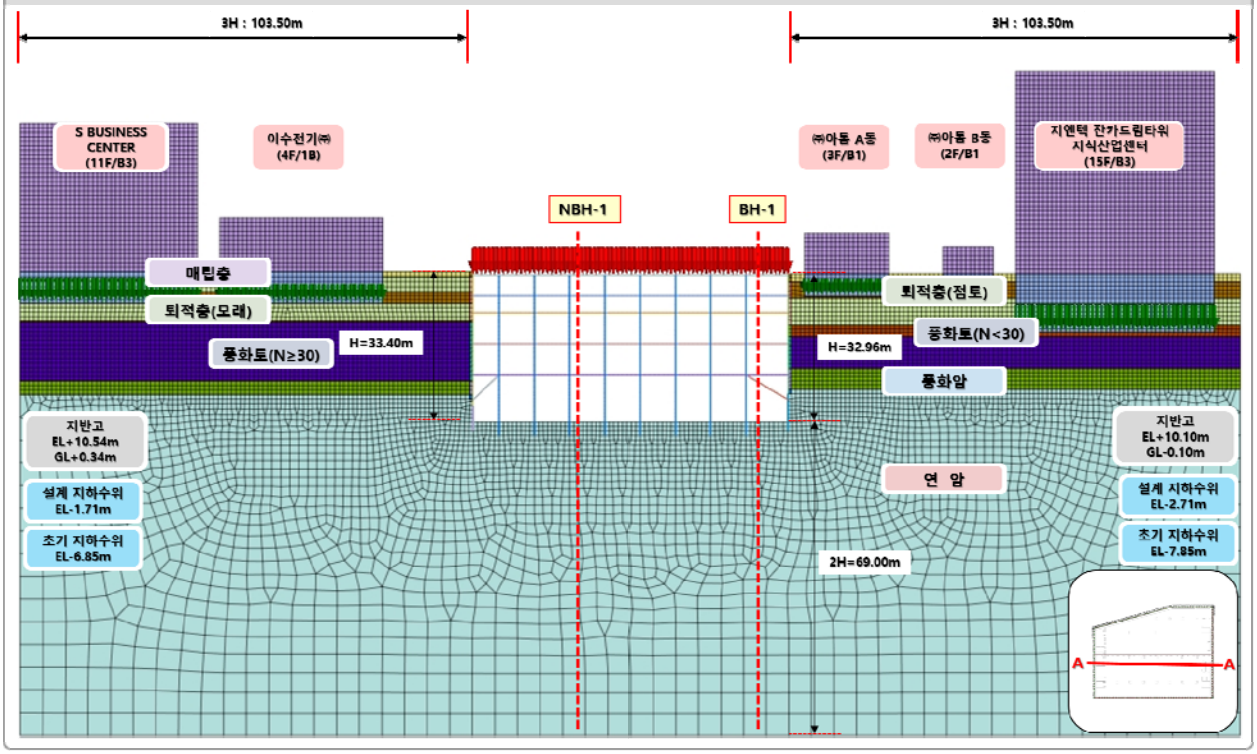
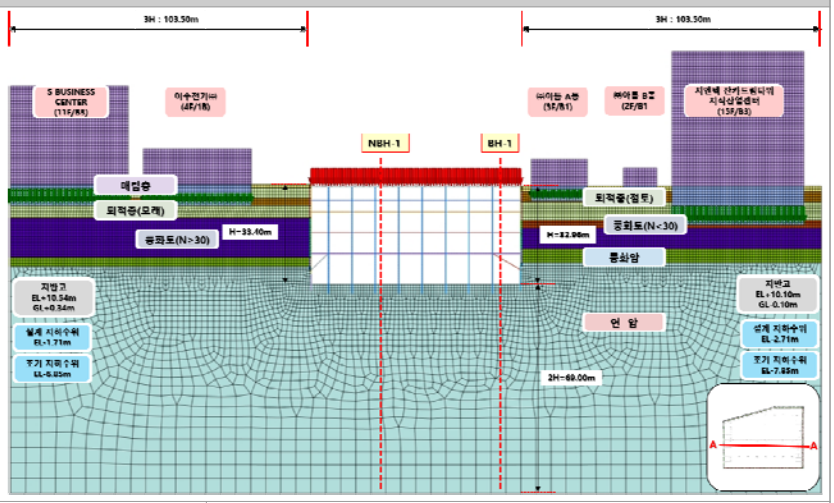


표 6.1 해석단면 현황

가시설 높이		가시설 벽체	인접건물	인접구조물	지하매설물	인접도로
좌측	우측					
33.40m	32.96m	C.I.P (∅600, C.T.C 600)	S BUSINESS CENTER(11F/B3), 이수전기(주)(4F/B1), ㈜아톰 A동(3F/B1), ㈜아톰 B동(2F/B1), 지엔텍 잔카드림타워 지식산업센터 (15F/B3)	–	–	–

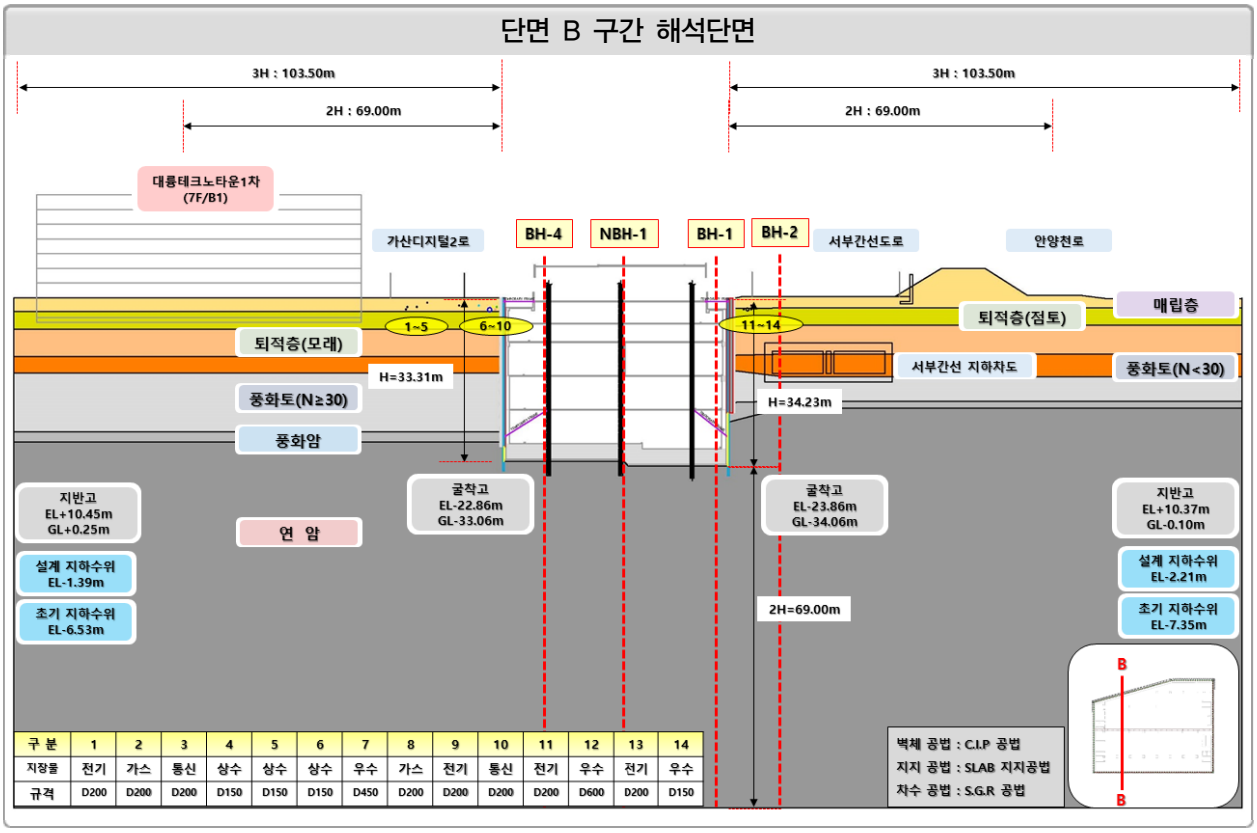
용도		적용하중 (kN/m^2)	하중재하 모식도
도로하중		12.7	
건축물	최상층	16.0	
	지상층	14.0	
	지상1층	15.0	
	지하층	30.0	

- 좌측
  - –. S–BUSINESS CENTER(11F/B3) = 247.0kN/㎡
    → 지하3층(30.0kN/㎡×3층)
    + 지상1층(15.0kN/㎡)
    + 지상층(2~10층 14.0kN/㎡×8층)
    + 최상층(16.0kN/㎡)
  - –. 이수전기(주)(4F/B1) = 103.0kN/㎡
    → 지하1층(30.0kN/㎡×1층)
    + 지상1층(15.0kN/㎡)
    + 지상층(2~3층 14.0kN/㎡×2층)
    + 최상층(16.0kN/㎡)

- 우측
  - –. ㈜아톰 A동(3F/B1) = 75.0kN/㎡
    → 지하1층(30.0kN/㎡×1층)
    + 지상1층(15.0kN/㎡)
    + 지상층(2층 14.0kN/㎡×1층)
    + 최상층(16.0kN/㎡)
  - –. ㈜아톰 B동(2F/B1) = 61.0kN/㎡
    → 지하1층(30.0kN/㎡×1층)
    + 지상1층(15.0kN/㎡)
    + 최상층(16.0kN/㎡)
  - –. 지엔텍 잔카드림타워 지식산업센터(15F/B3) = 117.0kN/㎡
    → 지하1층(30.0kN/㎡×3층)
    + 지상1층(15.0kN/㎡)
    + 지상층(2~14층 14.0kN/㎡×13층)
    + 최상층(16.0kN/㎡)

해석영역 B–B

단면 B 구간 해석단면



단면 B 구간 유한요소 해석단면

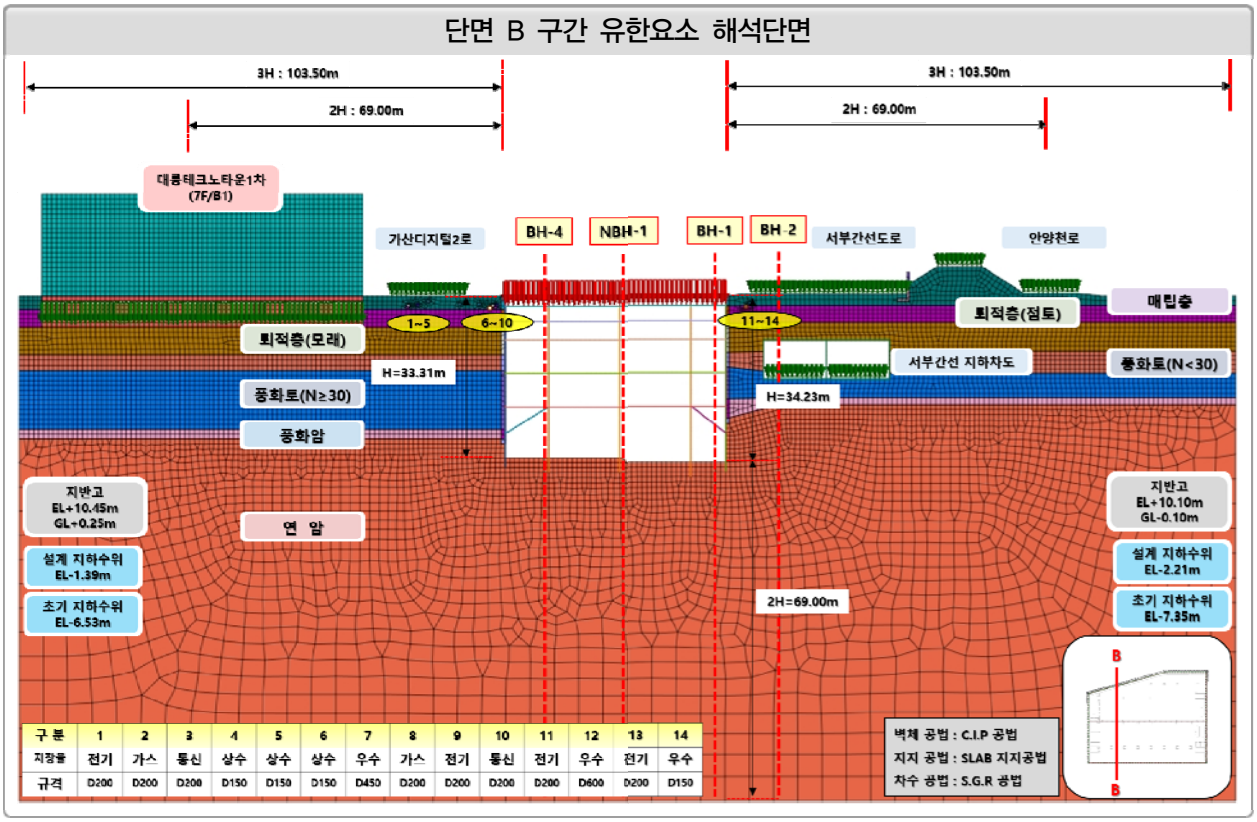
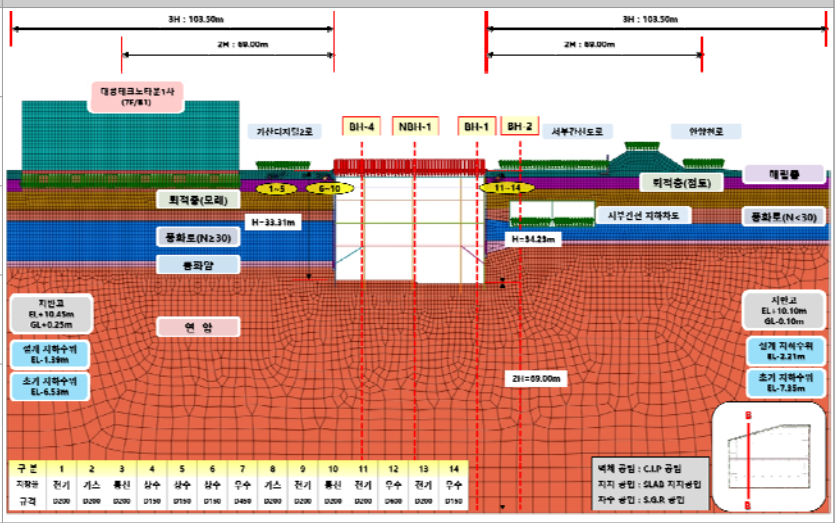


표 6.2 해석단면 현황

가시설 높이		가시설 벽체	인접건물	인접구조물	지하매설물	인접도로
좌측	우측					
33.31m	34.23m	C.I.P (∅600, C.T.C 600)	대륭테크노타운 1차(7F/B1)	서부간선 지하차도	상수관로 우수관로 전기선로 통신선로 가스관로	서부간선도로 (30.0m) 가산디지털2로 (15.0m)

용도		적용하중 (kN/m²)	하중재하 모식도
도로하중		12.7	
건축물	최상층	16.0	
	지상층	14.0	
	지상1층	15.0	
	지하층	30.0	

- 좌측
  - –. 대륭테크노타운 1차(7F/B1) = 131.0kN/㎡
    → 지하2층(30.0kN/㎡×1층)
    + 지상1층(15.0kN/㎡)
    + 지상층(2~6층 14.0kN/㎡×5층)
    + 최상층(16.0kN/㎡)
  - –. 가산디지털2로 = 12.7 kN/㎡

- 우측
  - –. 서부간선도로 = 12.7 kN/㎡
  - –. 서부간선 지하차도 = 12.7 kN/㎡

해석방법

표 6.10 입력물성치

지층	γ (단위중량) (kN/㎥)	c(점착력) (kPa)	ϕ (내부마찰각) (°)	변형계수 (MPa)	지반반력계수 (kN/㎥)	v (포아송비)	투수계수 (cm/s)
매립층	18.0	**18.0***	**27.0***	**5.0***	18,000	0.38	**1.8×10^{-3}***
퇴적층(점토)	17.0	24.0	0.0	5.0	11,000	0.39	**2.0×10^{-4}***
퇴적층(모래)	18.0	**22.0***	**24.0***	**7.0***	25,000	0.35	**1.6×10^{-3}***
풍화토(N<30)	19.0	**16.0***	**26.0***	24.0	23,000	0.34	**2.7×10^{-4}***
풍화토(N≥30)	19.0	20.0	28.0	**66.0***	30,000	0.34	**3.1×10^{-4}***
풍화암	20.0	**30.0***	**31.0***	**190.0***	33,000	0.33	**4.2×10^{-5}***
기반암(연암)	**26.0***	130.0	33.0	**2,030.0***	58,000	0.28	**5.9×10^{-5}***

* "1차_금천구 가산동 345-48번지 지식산업센터 신축개발사업부지 지반조사보고서" 및 "2차_가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사보고서" 시험값 적용

- 지층구성 : 매립층, 퇴적층(점토, 모래), 풍화토, 풍화암, 연암으로 이루어져 있으며, 굴착바닥면은 연암에 위치
- 해석범위 : 수평방향 - 당 현장 최대 굴착깊이(H) 3배 이상 적용
  연직방향 - 당 현장 최대 굴착깊이(H) 2배 이상 적용
- 경계조건 : 모델링 좌우측 수평방향 변위 구속, 하부측 수평 및 연직방향 변위 구속
- 하중조건 : 도로구간 - 교통하중(12.7kN/㎡)
  시공중 장비하중 : 33.25kN/㎡(1F 슬라브)
- 설계지하수위 : 각 단면별 5장에서 산정한 최대 변동폭 적용

매립층

탄성계수(E)	5000	kN/m²	점착력(C)	18	kN/m²
탄성계수 증감량	0	kN/m³	점착력 증감량	0	kN/m³
참조 높이	0	m	점착력 증감량 참조 높이	0	m
프와송비(v)	0.38		마찰각(Φ)	27	[deg]
단위중량(γ)	18	kN/m³			

침투 압밀 파라미터 — 투수계수

kx	ky	kz	
1.8e-005	1.8e-005	1.8e-005	m/sec

퇴적층(점토)

탄성계수(E)	5000	kN/m²	점착력(C)	24	kN/m²
탄성계수 증감량	0	kN/m³	점착력 증감량	0	kN/m³
참조 높이	0	m	점착력 증감량 참조 높이	0	m
프와송비(v)	0.39		마찰각(Φ)	0	[deg]
단위중량(γ)	17	kN/m³			

침투 압밀 파라미터 — 투수계수

kx	ky	kz	
2e-006	2e-006	2e-006	m/sec

퇴적층(모래)

탄성계수(E)	7000	kN/m²	침투 압밀 파라미터				점착력(C)	22	kN/m²
탄성계수 증감량	0	kN/m³	투수계수	kx	ky	kz	점착력 증감량	0	kN/m³
참조 높이	0	m		1.6e-005	1.6e-005	1.6e-005	점착력 증감량 참조 높이	0	m
프와송비(v)	0.35					m/sec	마찰각(Φ)	24	[deg]
단위중량(γ)	18	kN/m³							

풍화토(N<30)

탄성계수(E)	24000	kN/m²	침투 압밀 파라미터				점착력(C)	16	kN/m²
탄성계수 증감량	0	kN/m³	투수계수	kx	ky	kz	점착력 증감량	0	kN/m³
참조 높이	0	m		2.7e-006	2.7e-006	2.7e-006	점착력 증감량 참조 높이	0	m
프와송비(v)	0.34					m/sec	마찰각(Φ)	26	[deg]
단위중량(γ)	19	kN/m³							

풍화토(N≥30)

탄성계수(E)	66000	kN/m²	침투 압밀 파라미터				점착력(C)	20	kN/m²
탄성계수 증감량	0	kN/m³	투수계수	kx	ky	kz	점착력 증감량	0	kN/m³
참조 높이	0	m		3.1e-006	3.1e-006	3.1e-006	점착력 증감량 참조 높이	0	m
프와송비(v)	0.34					m/sec	마찰각(Φ)	28	[deg]
단위중량(γ)	19	kN/m³							

풍화암

탄성계수(E)	190000	kN/m²	침투 압밀 파라미터				점착력(C)	30	kN/m²
탄성계수 증감량	0	kN/m³	투수계수	kx	ky	kz	점착력 증감량	0	kN/m³
참조 높이	0	m		4.2e-007	4.2e-007	4.2e-007	점착력 증감량 참조 높이	0	m
프와송비(v)	0.33					m/sec	마찰각(Φ)	31	[deg]
단위중량(γ)	20	kN/m³							

연 암

탄성계수(E)	2030000	kN/m²	침투 압밀 파라미터				점착력(C)	130	kN/m²
탄성계수 증감량	0	kN/m³	투수계수	kx	ky	kz	점착력 증감량	0	kN/m³
참조 높이	0	m		5.9e-007	5.9e-007	5.9e-007	점착력 증감량 참조 높이	0	m
프와송비(v)	0.28					m/sec	마찰각(Φ)	33	[deg]
단위중량(γ)	26	kN/m³							

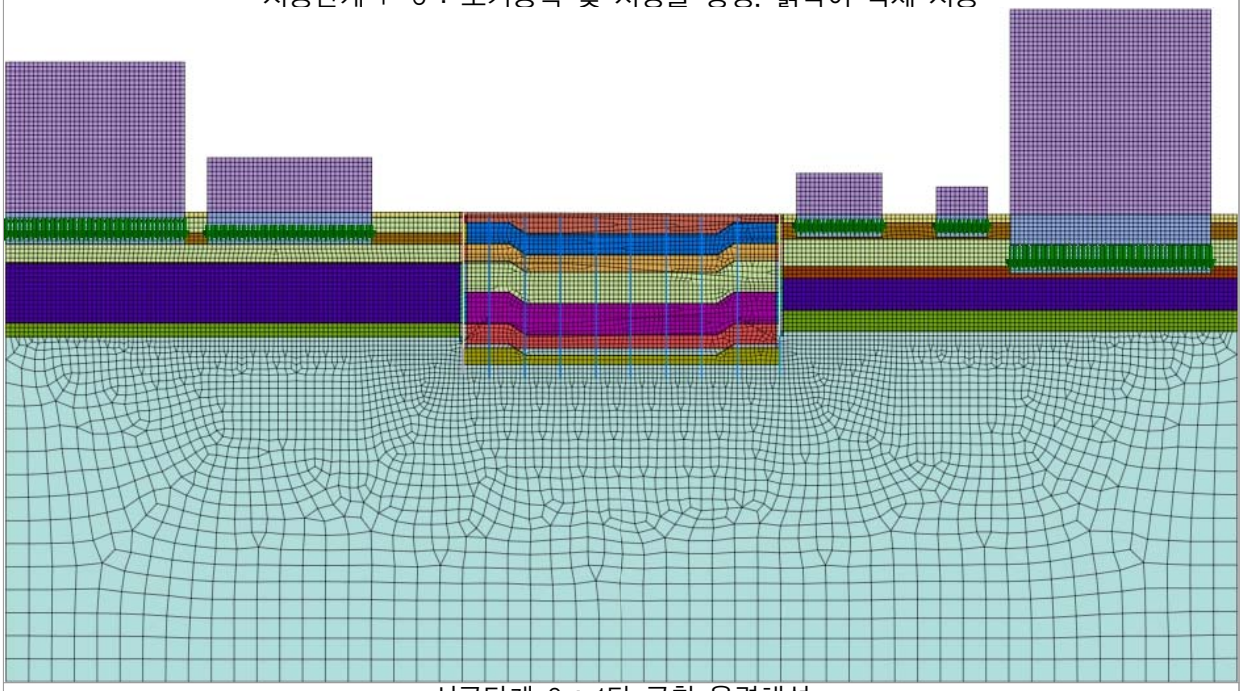
- 차수그라우팅의 효과는 1.0×10^{-5}cm/sec의 투수계수를 적용하며 나머지 파라미터는 각 지층별 물성치를 적용

6.1.2 평가결과

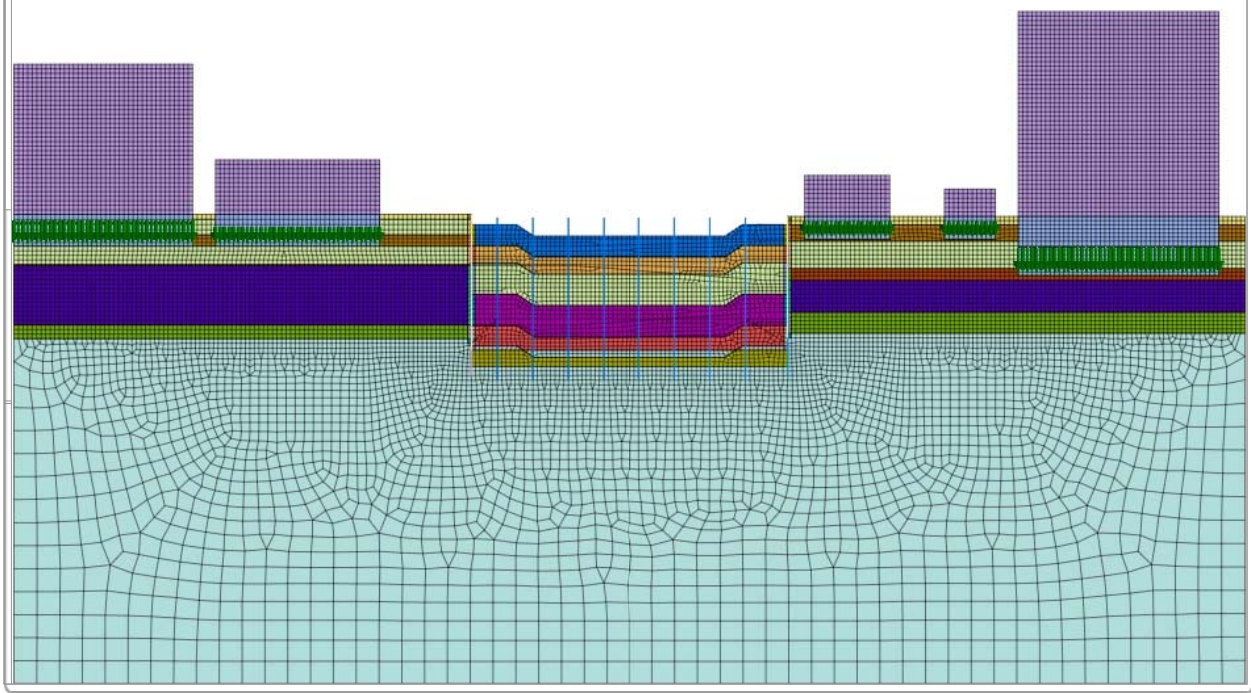
☑ 시공단계 A-A

단면 A-A 구간 단계별 해석 모델링

시공단계 1~5 : 초기응력 및 지장물 형성, 흙막이 벽체 시공

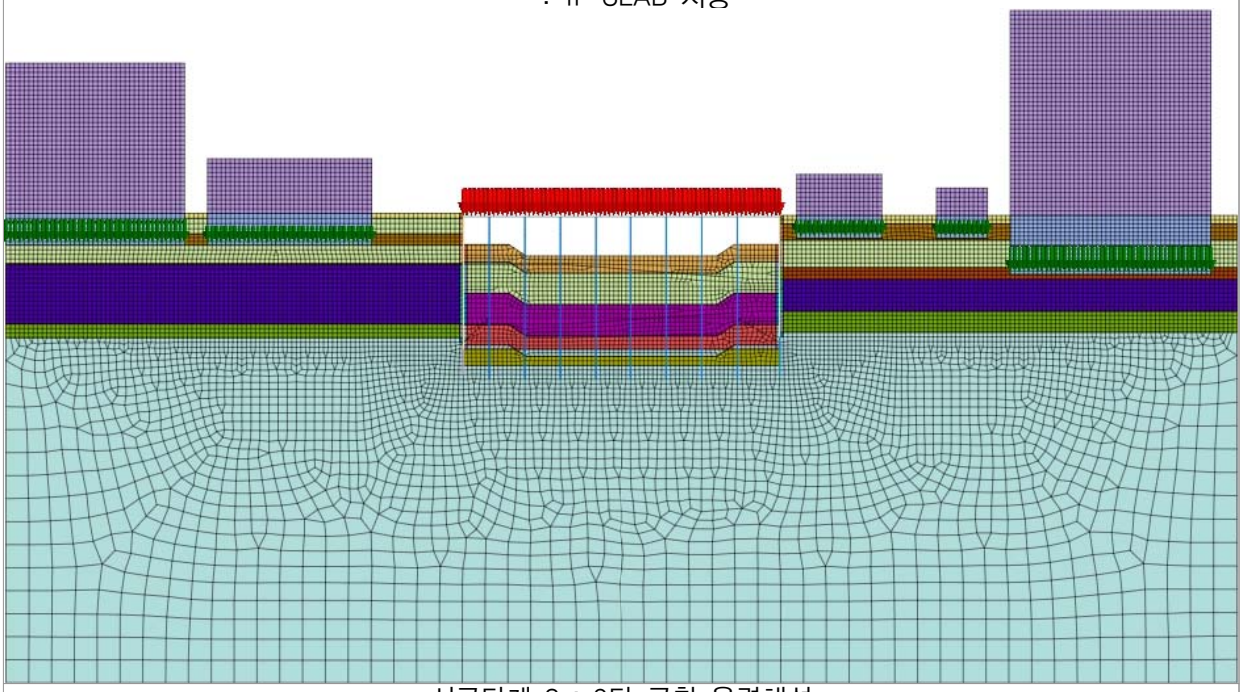


시공단계 6 : 1단 굴착 응력해석

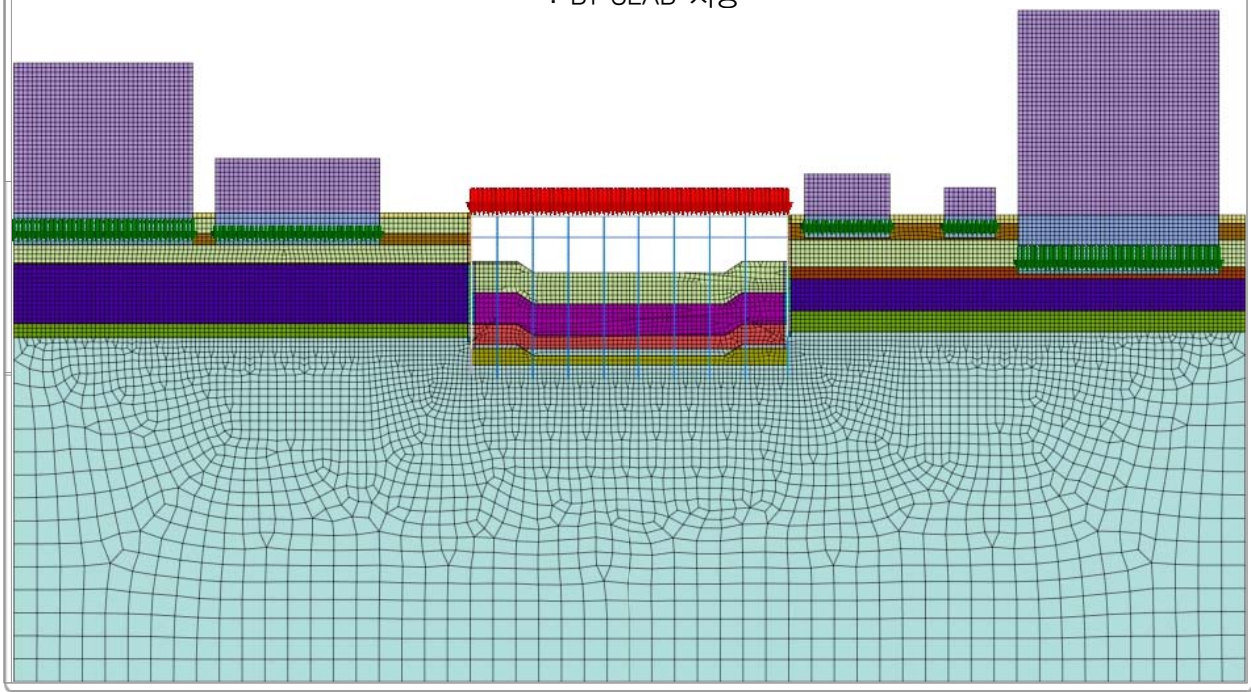


단면 A–A 구간 단계별 해석 모델링

시공단계 7 : 2단 굴착 응력해석
: 1F SLAB 시공

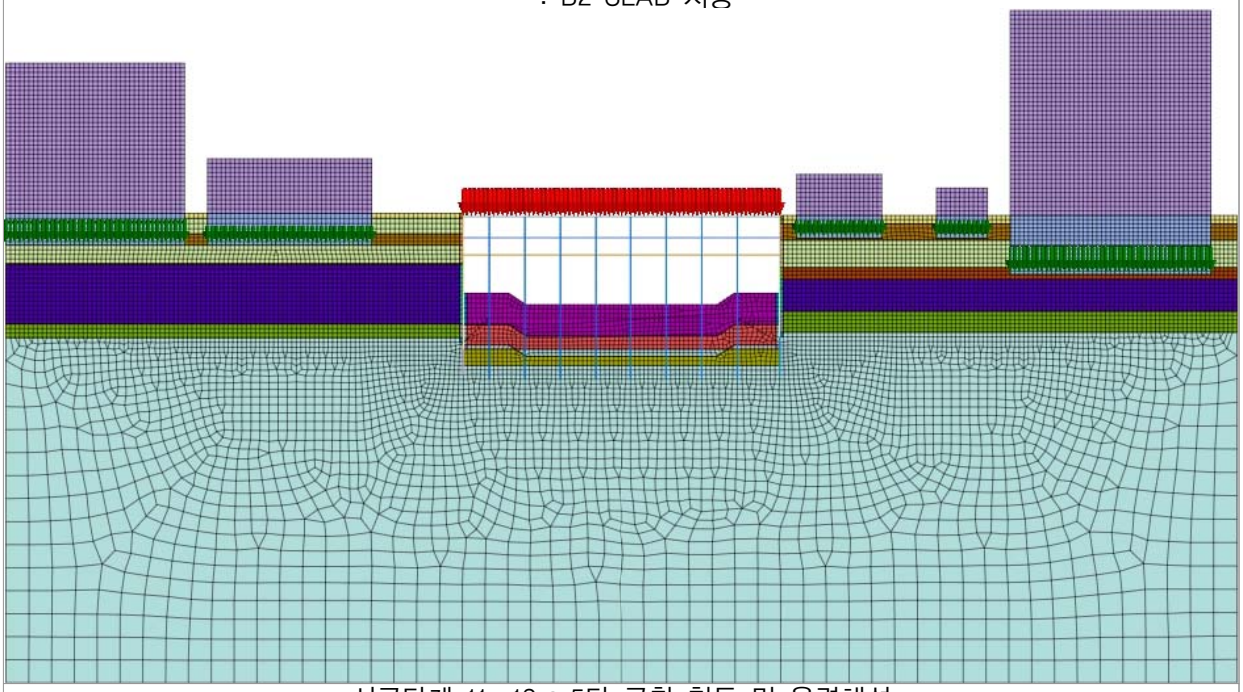


시공단계 8 : 3단 굴착 응력해석
: B1 SLAB 시공

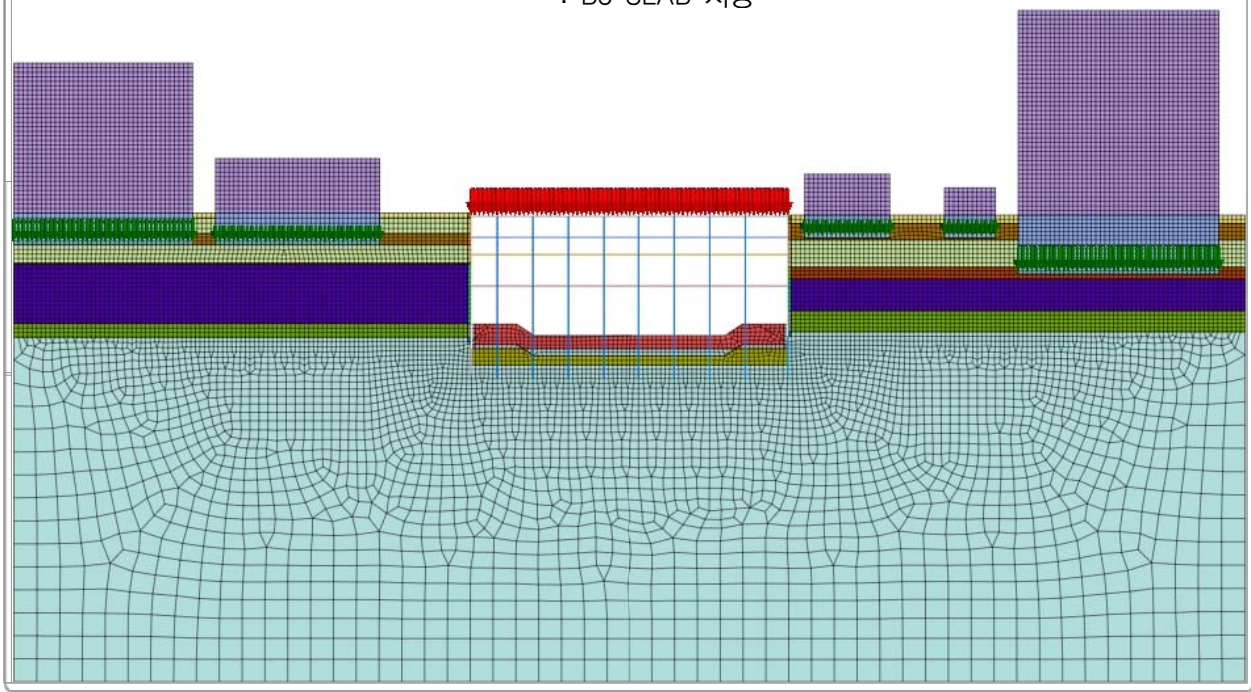


단면 A–A 구간 단계별 해석 모델링

시공단계 9~10 : 4단 굴착 침투 및 응력해석
: B2 SLAB 시공

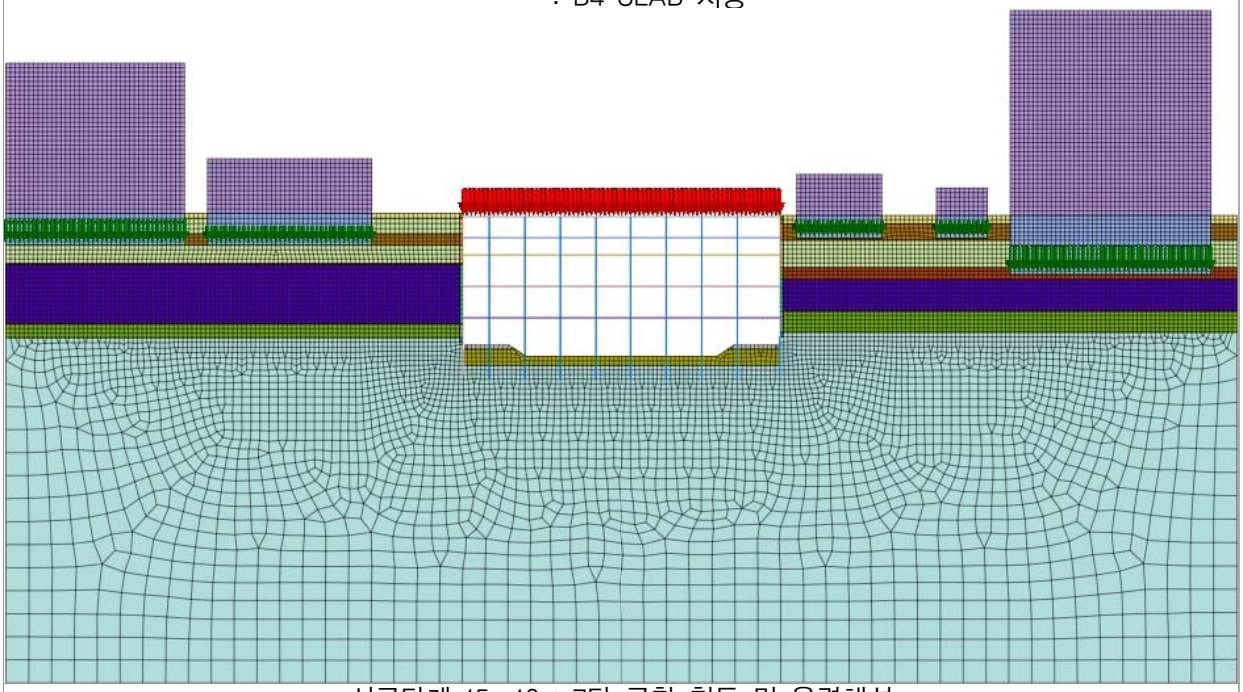


시공단계 11~12 : 5단 굴착 침투 및 응력해석
: B3 SLAB 시공

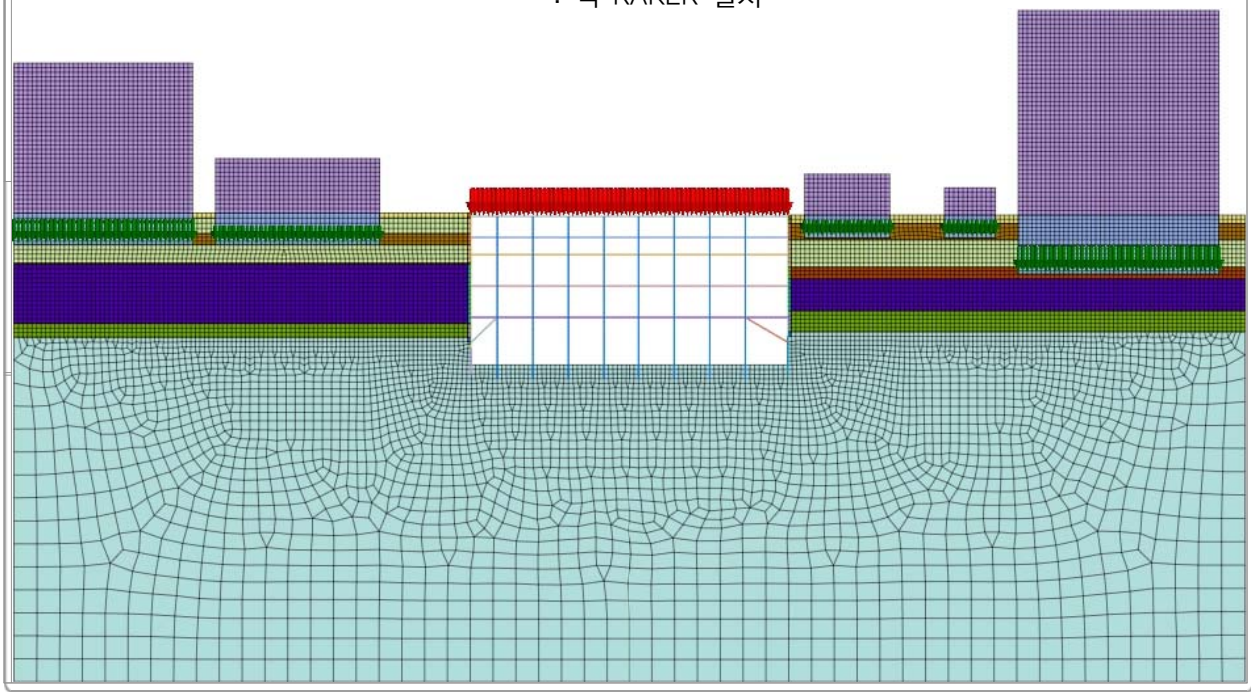


단면 A-A 구간 단계별 해석 모델링

시공단계 13~14 : 6단 굴착 침투 및 응력해석
: B4 SLAB 시공

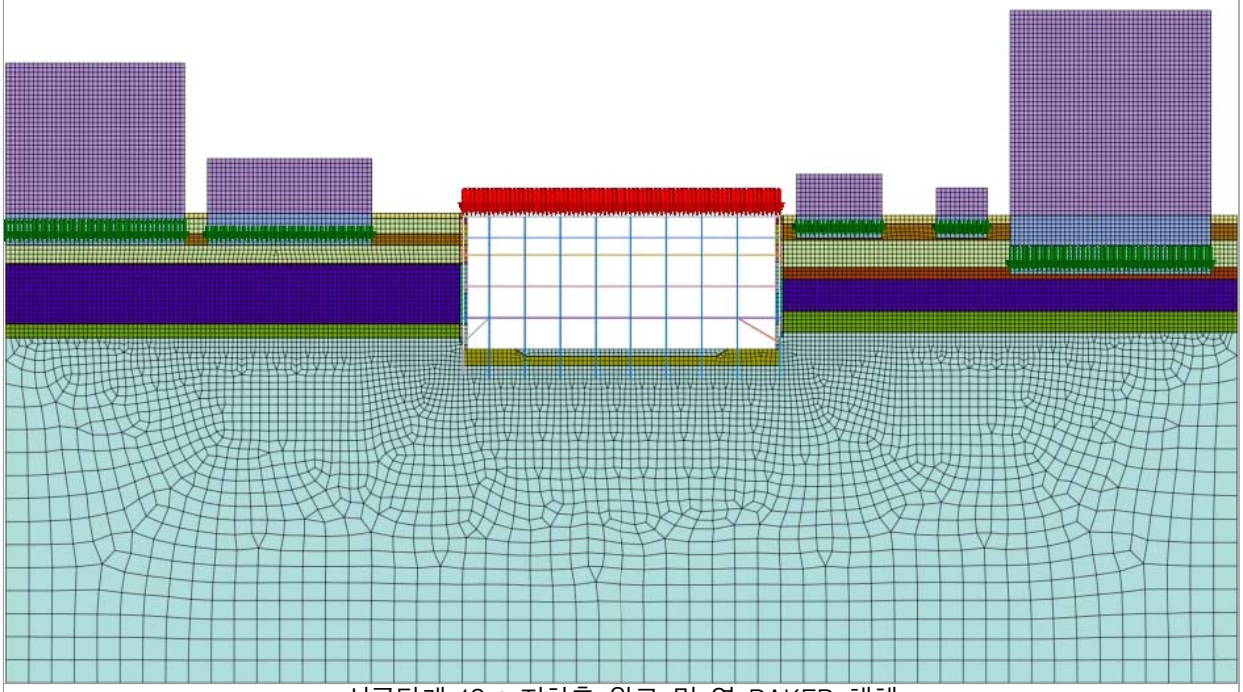


시공단계 15~16 : 7단 굴착 침투 및 응력해석
: 역 RAKER 설치

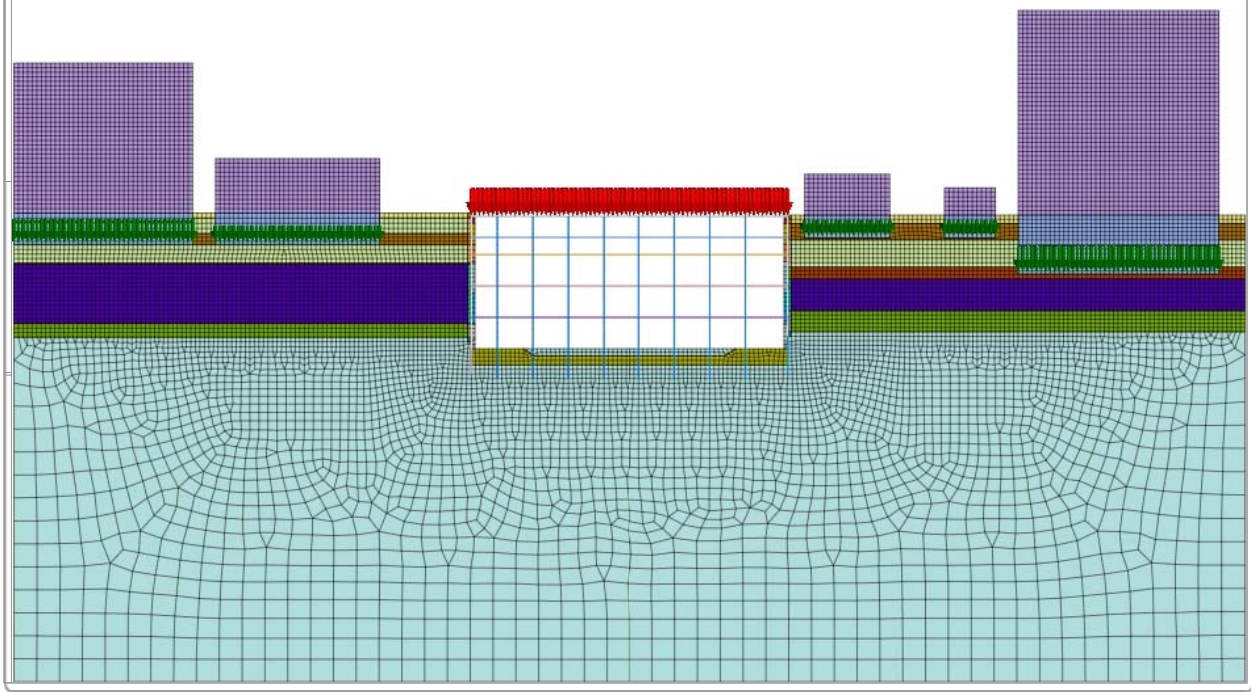


단면 A–A 구간 단계별 해석 모델링

시공단계 17 : 기초 바닥SLAB 타설 및 지하층 건축 WALL 타설



시공단계 18 : 지하층 완료 및 역 RAKER 해체



☑ 해석결과 A-A

가시설 벽체 수평변위

표 6.11 가시설 벽체 수평변위 검토 결과

구 분		C.I.P					비고
		굴착심도 (m)	발생 변위량 (mm)	허용 변위량 (mm)	발생치 /허용치	안전성 평가	
좌측	1단굴착	2.24	12.66	66.80	18.96%	O.K	
	2단굴착	6.84	17.42		26.07%	O.K	
	3단굴착	10.64	18.90		28.29%	O.K	
	4단굴착	17.24	22.49		33.67%	O.K	
	5단굴착	24.14	22.16		33.17%	O.K	
	6단굴착	28.90	22.28		33.36%	O.K	
	7단굴착	33.40	23.31		34.89%	O.K	
	슬라브 및 벽체 타설	33.40	23.74		35.53%	O.K	
	역 RAKER 해체	33.40	23.49		35.16%	O.K	
우측	1단굴착	1.80	11.08	65.92	16.81%	O.K	
	2단굴착	6.40	19.81		30.05%	O.K	
	3단굴착	10.20	23.16		35.13%	O.K	
	4단굴착	16.80	29.96		45.44%	O.K	
	5단굴착	23.70	31.44		47.70%	O.K	
	6단굴착	28.46	31.84		48.31%	O.K	
	7단굴착	32.96	31.80		48.25%	O.K	
	슬라브 및 벽체 타설	32.96	31.83		48.28%	O.K	
	역 RAKER 해체	32.96	31.82		48.28%	O.K	

가시설 검토

표 6.12 C.I.P 검토 결과

구 분	C.I.P 검토						
	휨모멘트 (kN · m)	발생치 /허용치	전단력 (kN)	발생치 /허용치	압축력(kN)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	222.08 〈 1,331.3	16.7%	210.69 〈 1,241.3	17.0%	609.35 〈 1,319.5	46.2%	O.K
우측	205.72 〈 1,331.3	15.5%	210.58 〈 1,241.3	17.0%	627.24 〈 1,319.5	47.5%	O.K

표 6.13 SIDE PILE 응력 검토 결과

구 분	SIDE PILE 검토						
	휨응력 (MPa)	발생치 /허용치	전단응력 (MPa)	발생치 /허용치	압축응력(MPa)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	100.71 〈 270.77	37.2%	18.98 〈 180.00	10.5%	68.91 〈 225.75	30.5%	O.K
우측	127.32 〈 270.77	47.0%	21.03 〈 180.00	11.7%	76.40 〈 225.75	33.8%	O.K

표 6.14 RAKER 응력 검토 결과

구 분	RAKER 검토						
	휨응력 (MPa)	발생치 /허용치	전단응력 (MPa)	발생치 /허용치	압축응력(MPa)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	37.47 〈 262.50	14.3%	2.07 〈 180.00	1.2%	28.32 〈 211.40	13.4%	O.K
우측	26.33 〈 262.50	10.0%	2.05 〈 180.00	1.1%	20.07 〈 211.40	9.5%	O.K

인접건물 및 구조물

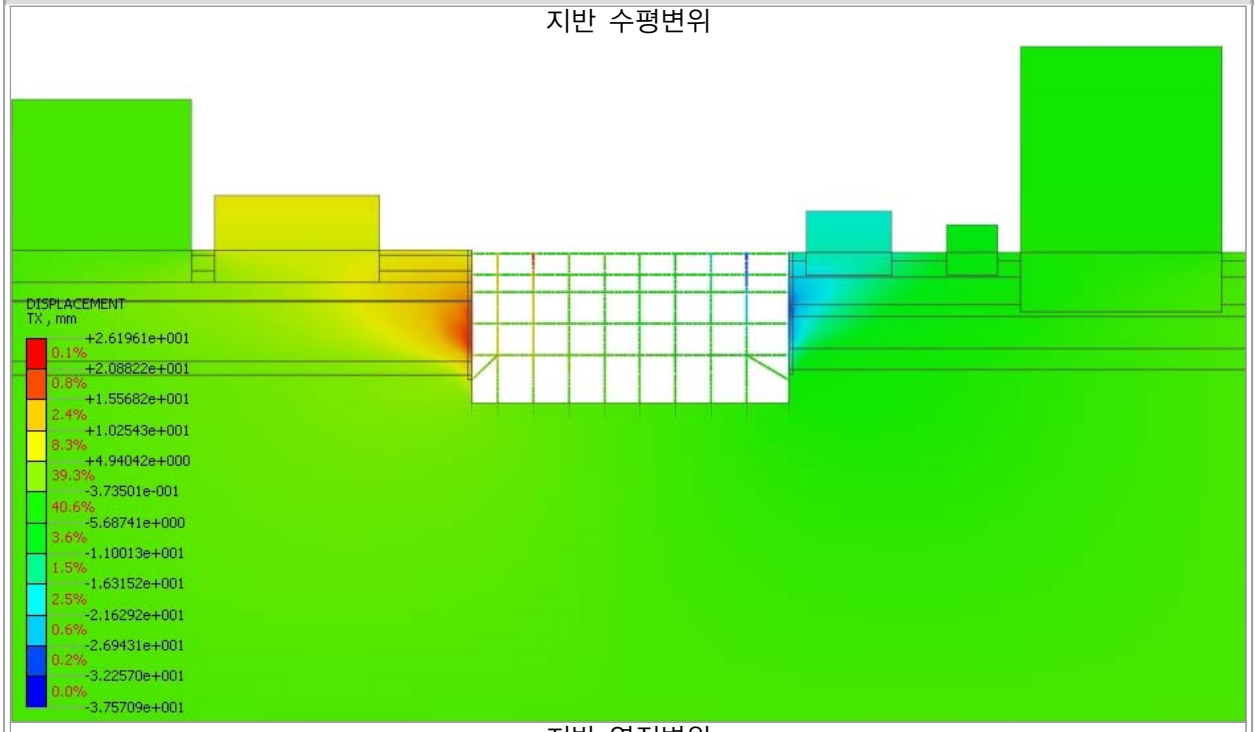
표 6.15 인접건물 및 구조물 침하량 검토 결과

구 분		연직변위 (mm)		폭 (m)	부등 침하량 (mm)	허용 침하량 (mm)	각변위	비고
		근단	원단					
A-L	S BUSINESS CENTER	2.84	2.27	49.21	0.57	25.00	1/86,333 〈 1/500	O.K
	이수전기(주)	8.99	3.37	31.00	5.62	25.00	1/5,516 〈 1/500	O.K
A-R	㈜아톰 A동	11.43	7.06	18.70	4.37	25.00	1/4,279 〈 1/500	O.K
	㈜아톰 B동	4.04	2.41	11.17	1.63	25.00	1/6,853 〈 1/500	O.K
	잔카드 드림타워 지식산업센터	1.61	0.97	44.30	0.64	25.00	1/69,219 〈 1/500	O.K

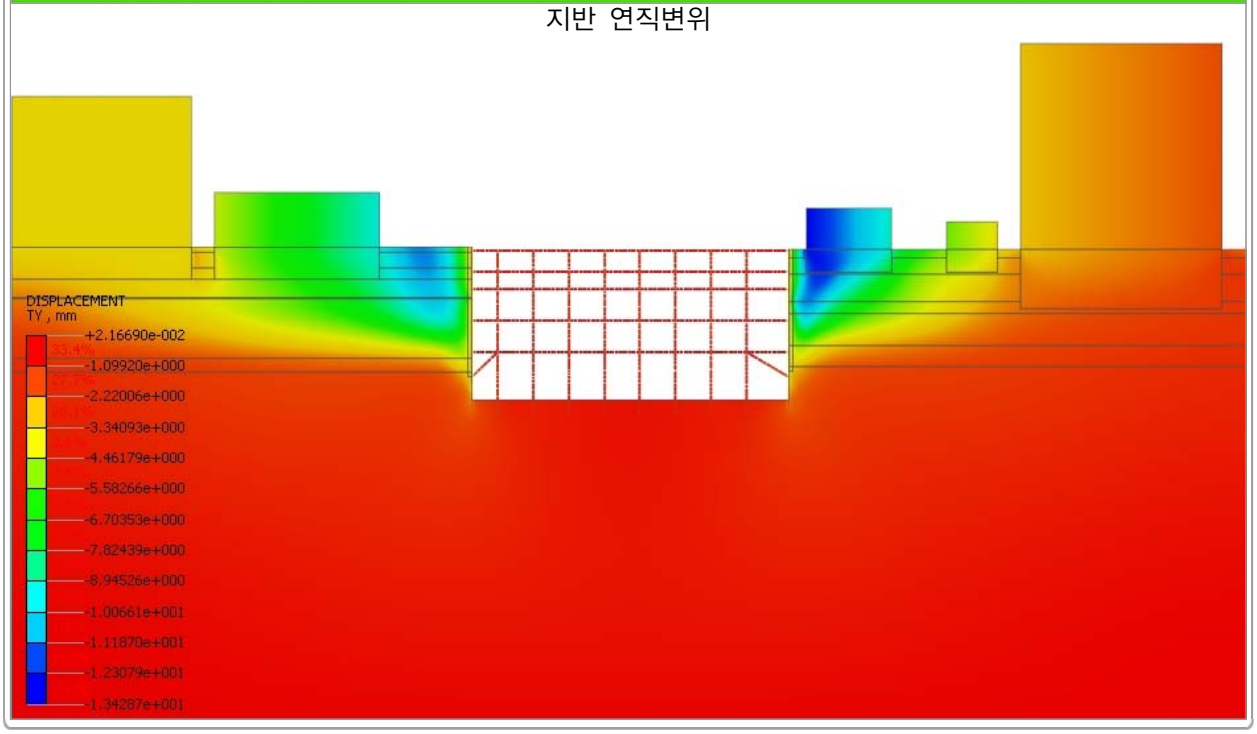
☑ 해석성과물 A-A

단면 A-A 구간 해석결과

지반 수평변위

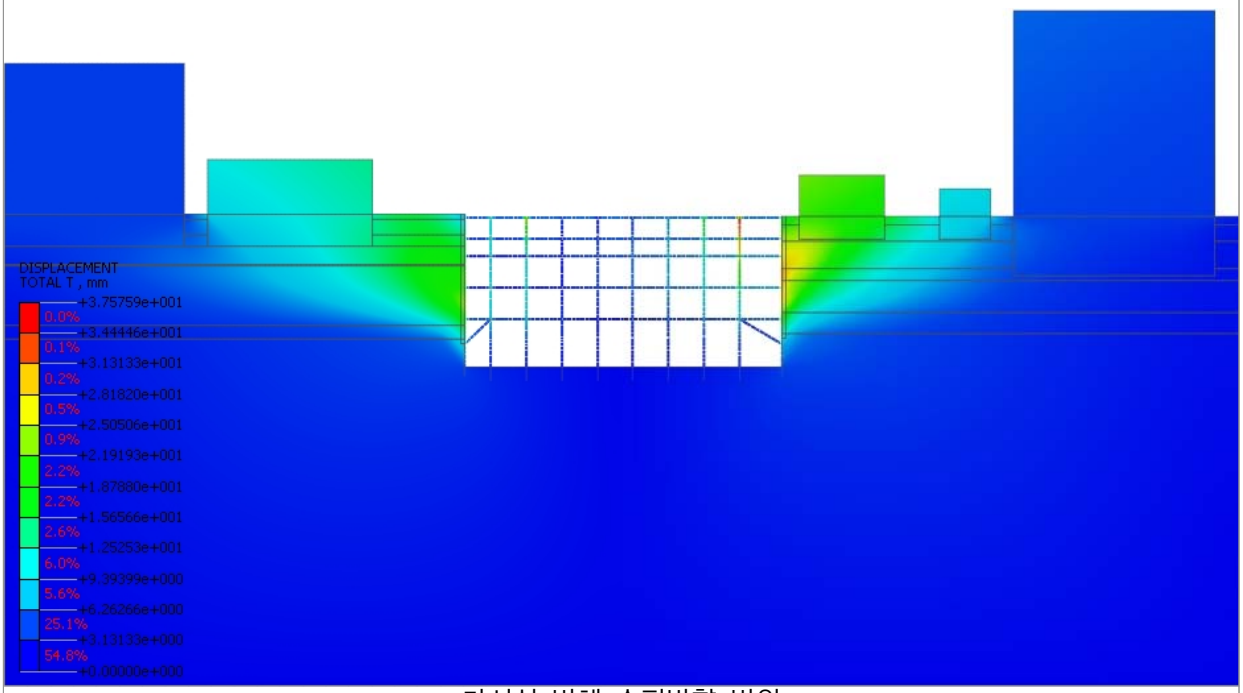


지반 연직변위

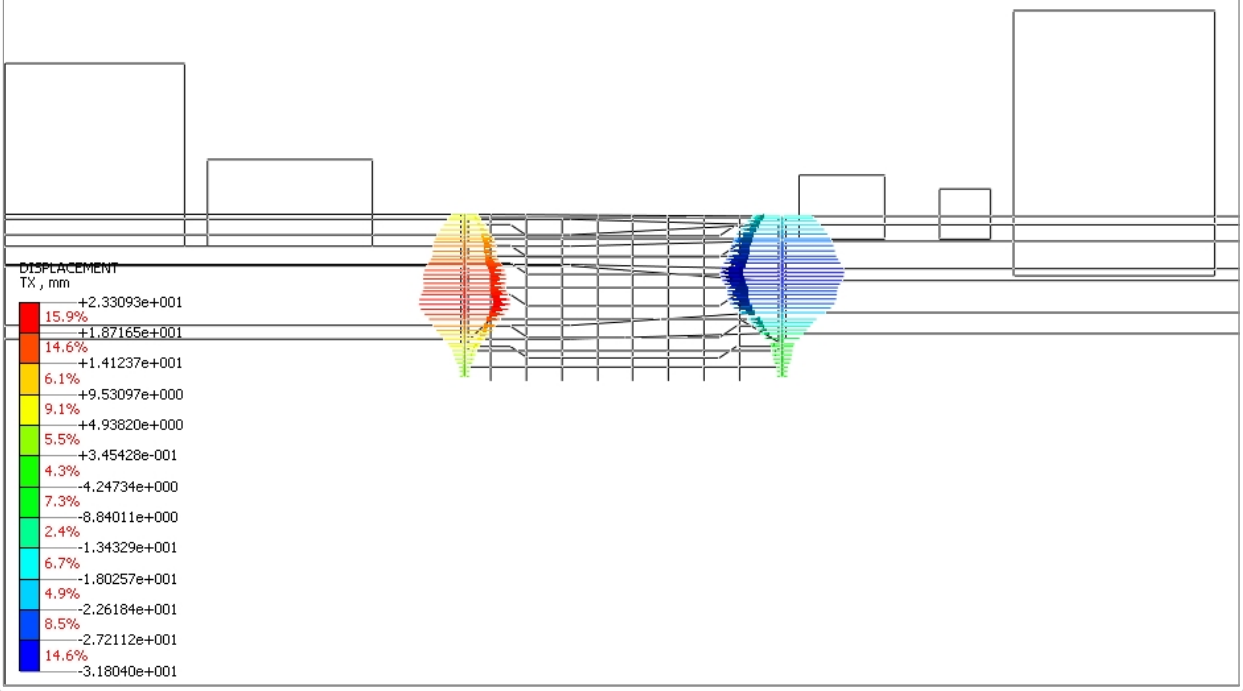


단면 A–A 구간 해석결과

지반 합변위

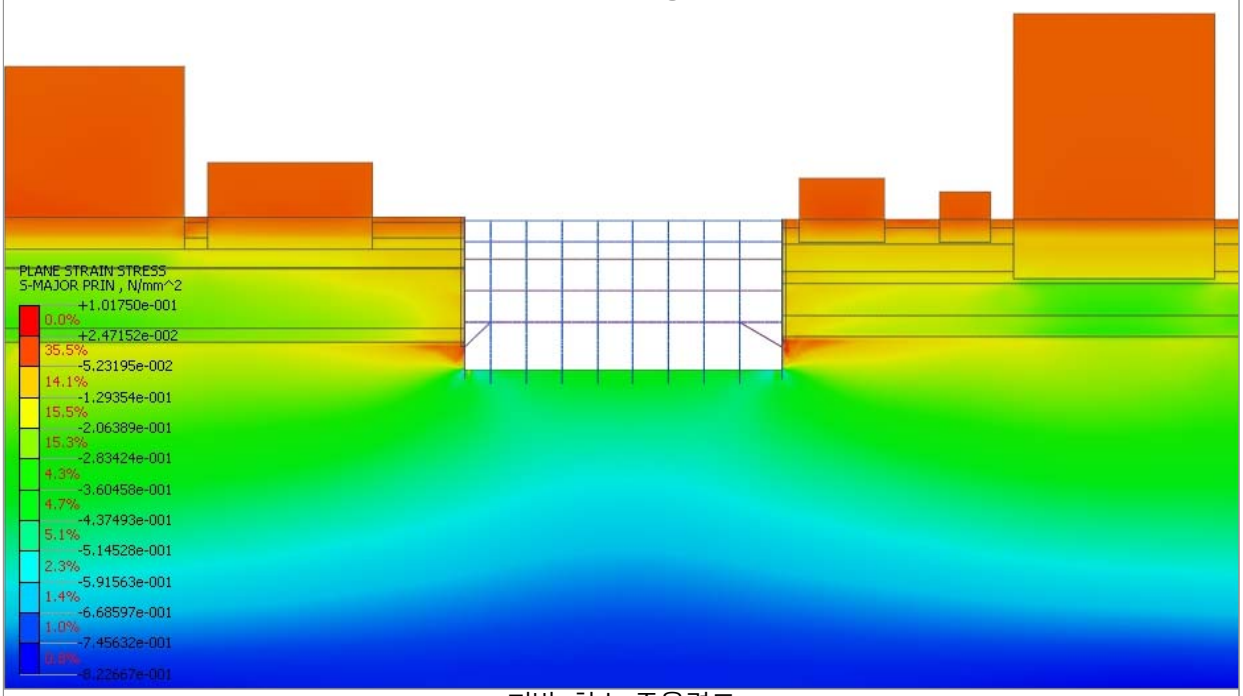


가시설 벽체 수평방향 변위

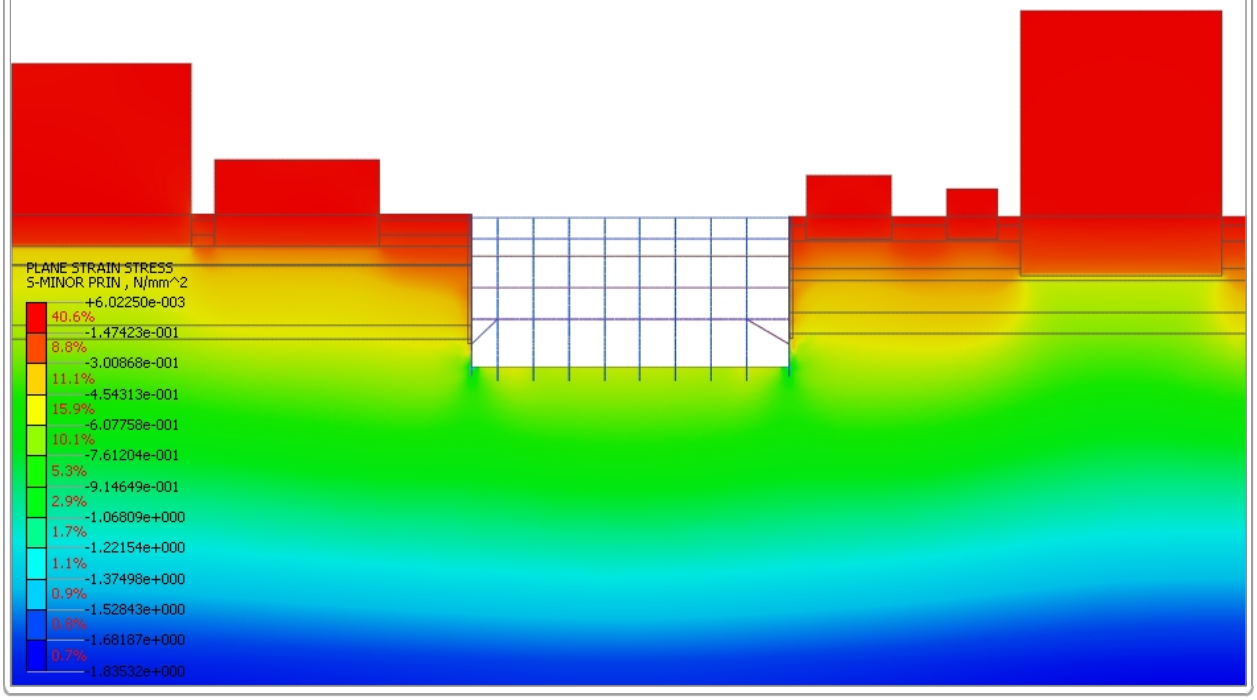


단면 A–A 구간 해석결과

지반 최대 주응력도



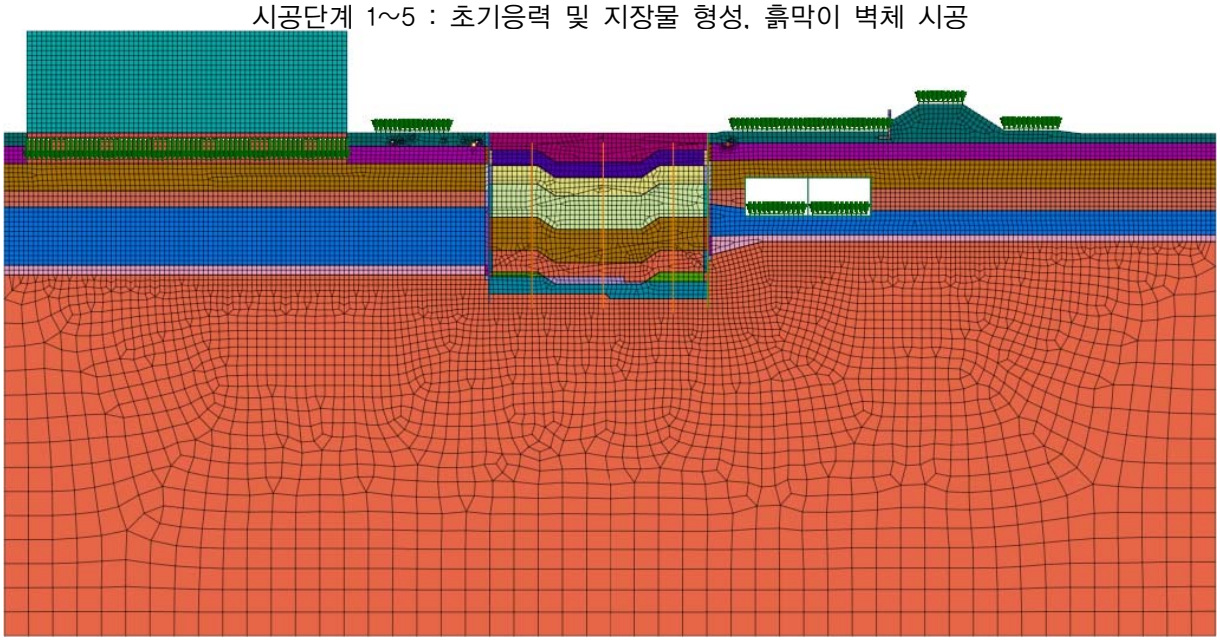
지반 최소 주응력도



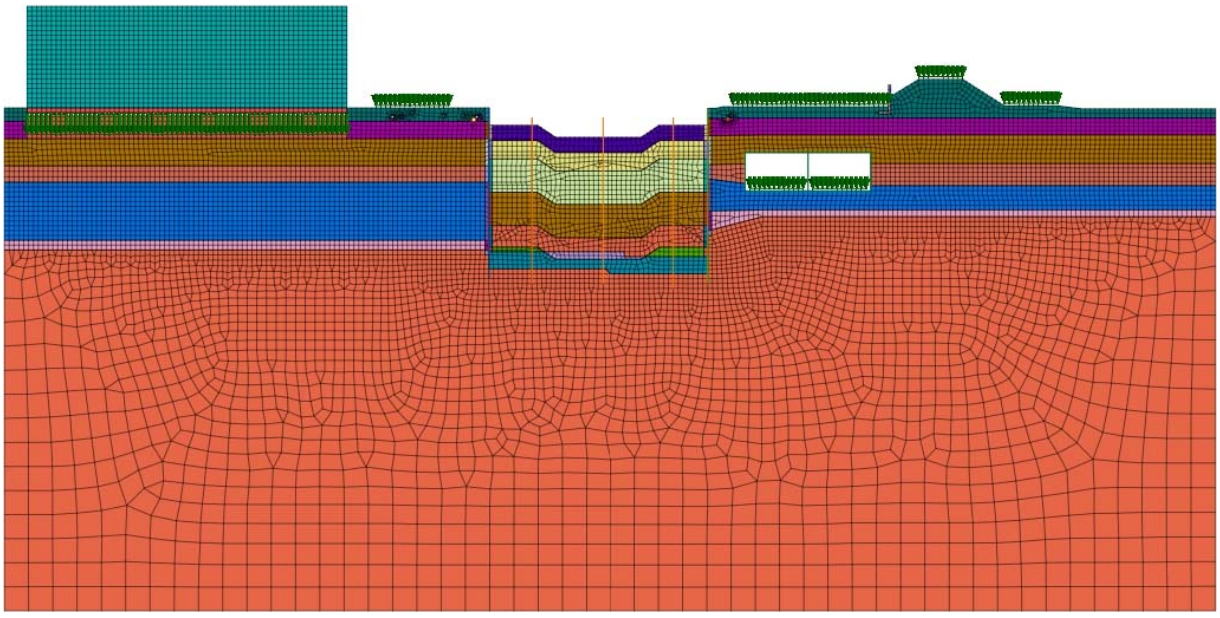
☑ 시공단계 B–B

단면 B–B 구간 단계별 해석 모델링

시공단계 1~5 : 초기응력 및 지장물 형성, 흙막이 벽체 시공

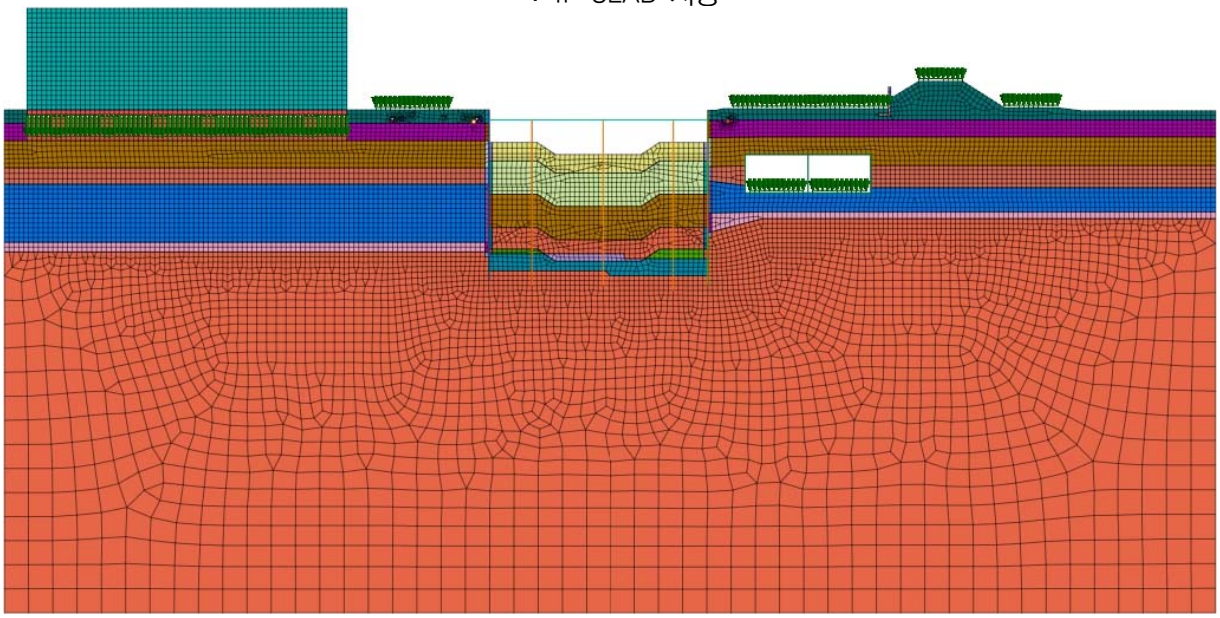


시공단계 6 : 1단 굴착 응력해석

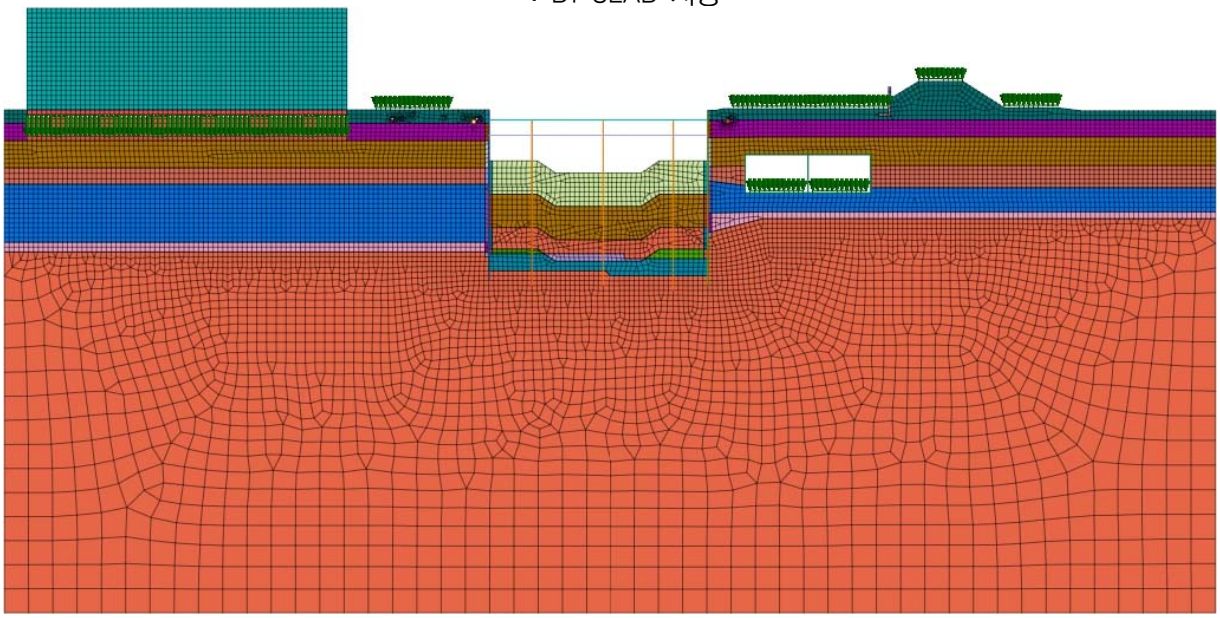


단면 B–B 구간 단계별 해석 모델링

시공단계 7 : 2단 굴착 응력해석
: 1F SLAB 시공

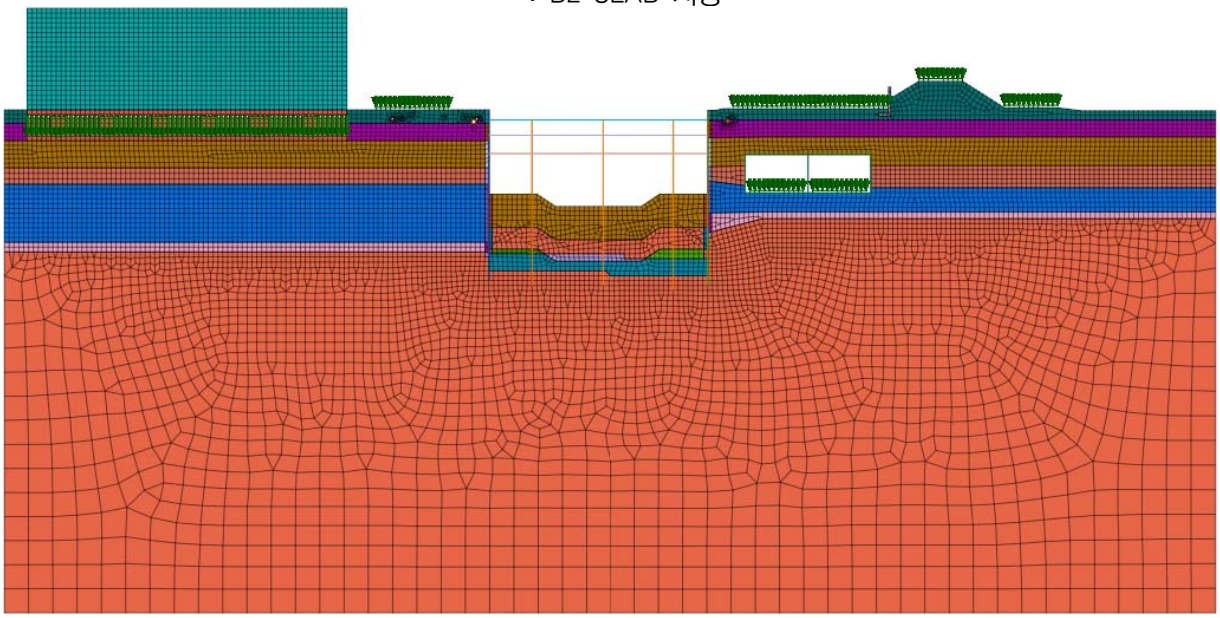


시공단계 8 : 3단 굴착 응력해석
: B1 SLAB 시공

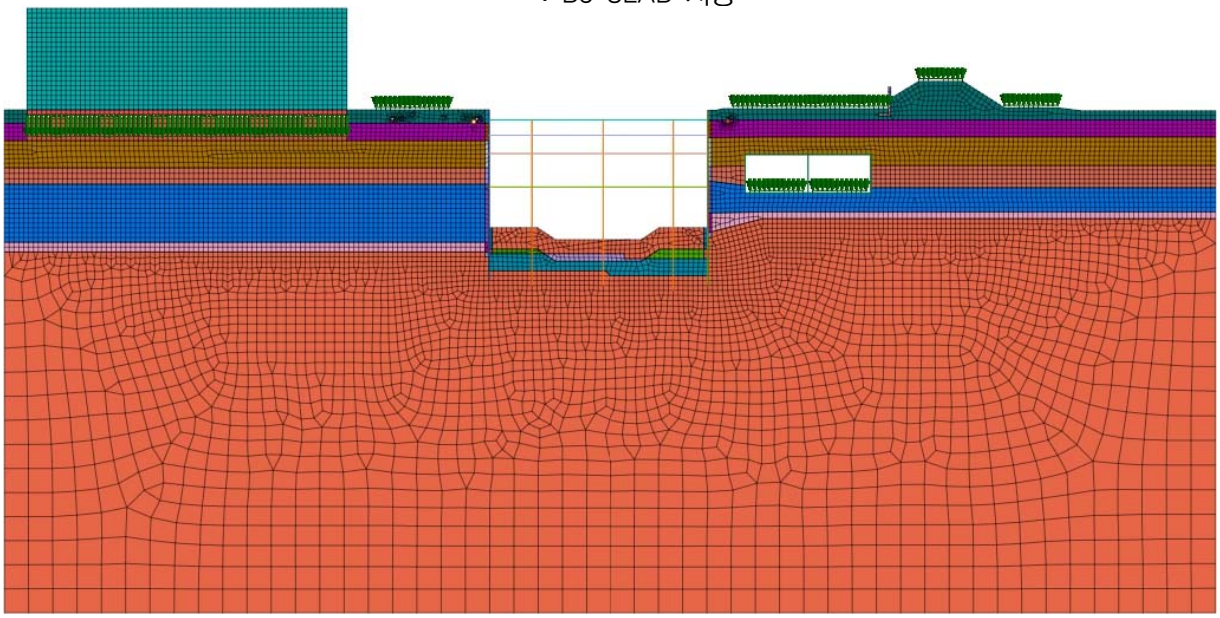


단면 B–B 구간 단계별 해석 모델링

시공단계 9~10 : 4단 굴착 침투 및 응력해석
: B2 SLAB 시공

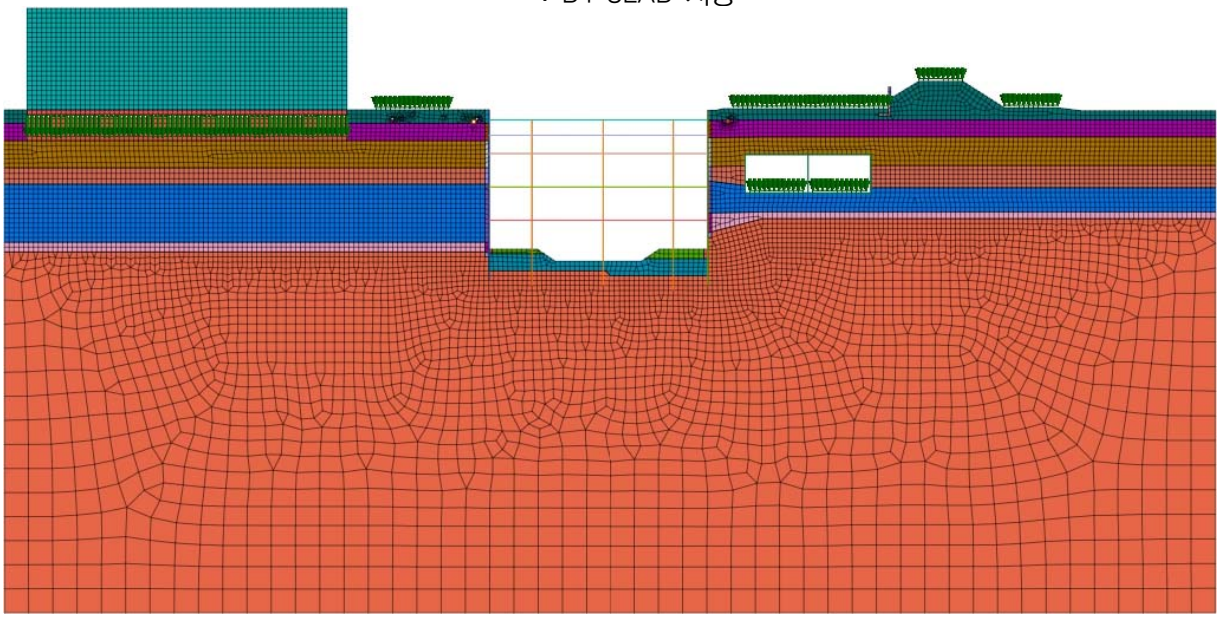


시공단계 11~12 : 5단 굴착 침투 및 응력해석
: B3 SLAB 시공

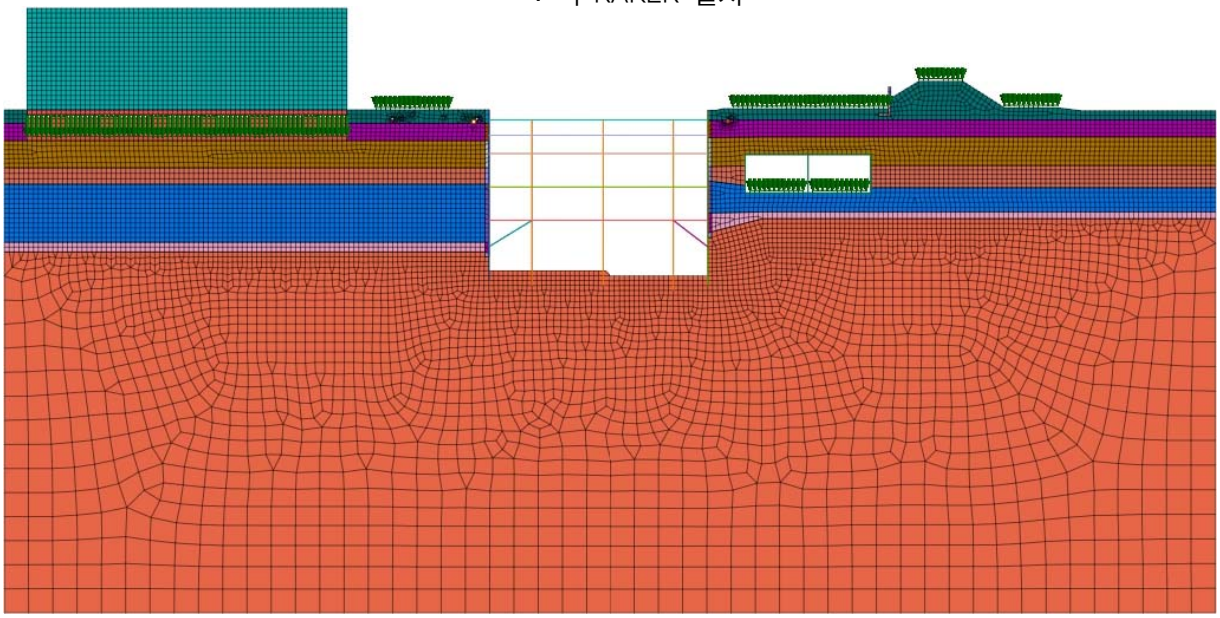


단면 B–B 구간 단계별 해석 모델링

시공단계 13~14 : 6단 굴착 침투 및 응력해석
: B4 SLAB 시공

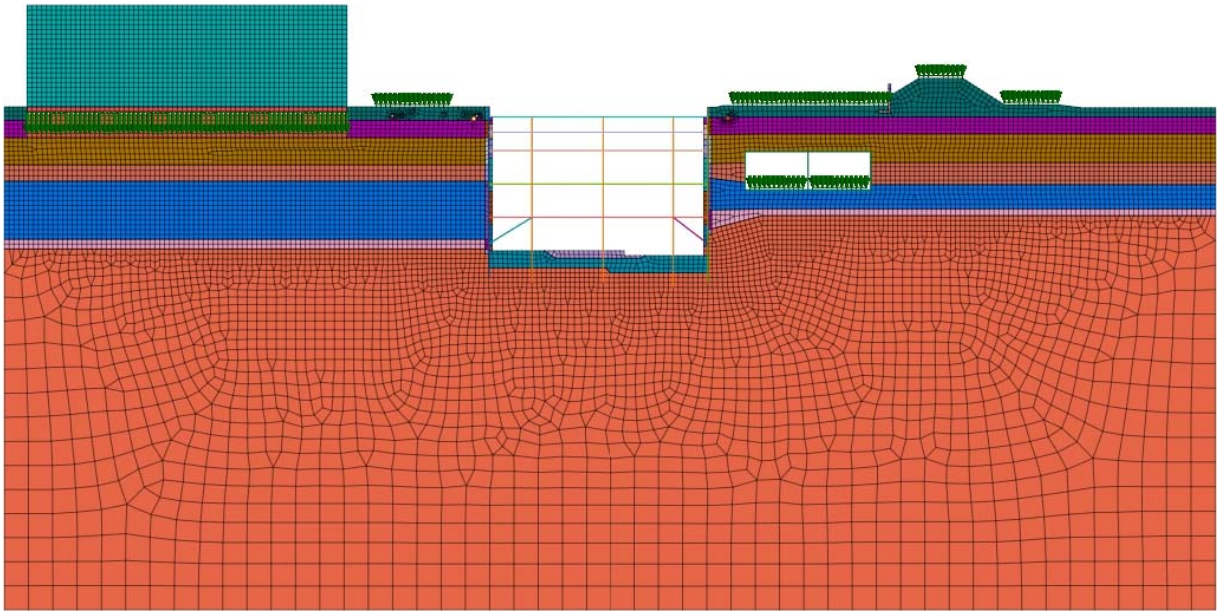


시공단계 15~16 : 7단 굴착 침투 및 응력해석
: 역 RAKER 설치

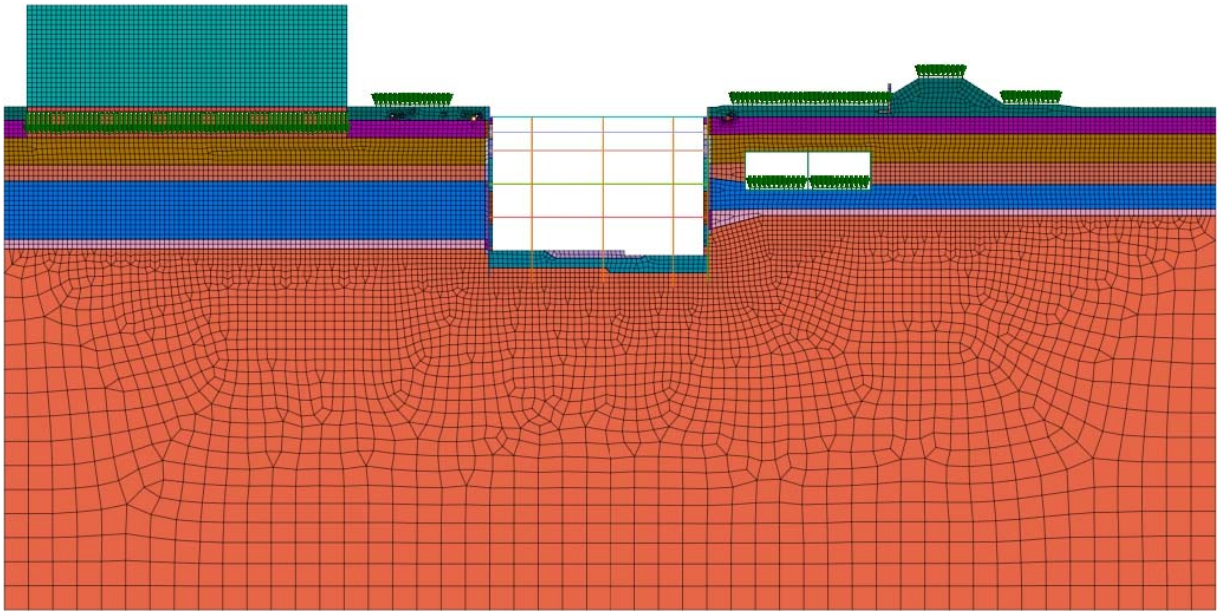


단면 B–B 구간 단계별 해석 모델링

시공단계 17 : 기초 바닥SLAB 타설 및 지하층 건축 WALL 타설



시공단계 18 : 지하층 완료 및 역 RAKER 해체



☑ 해석결과 B-B

가시설 벽체 수평변위

표 6.16 가시설 벽체 수평변위 검토 결과

구 분		C.I.P					비고
		굴착심도 (m)	발생 변위량 (mm)	허용 변위량 (mm)	발생치 /허용치	안전성 평가	
좌측	1단굴착	3.55	32.24	66.62	48.40%	O.K	
	2단굴착	6.75	30.26		45.42%	O.K	
	3단굴착	10.55	30.62		45.96%	O.K	
	4단굴착	17.15	32.12		48.21%	O.K	
	5단굴착	24.05	33.12		49.71%	O.K	
	6단굴착	28.81	32.65		49.02%	O.K	
	7단굴착	33.31	33.28		49.95%	O.K	
	슬라브 및 벽체 타설	33.31	34.21		51.36%	O.K	
	역 RAKER 해체	33.31	33.54		50.34%	O.K	
우측	1단굴착	3.47	31.74	68.46	46.36%	O.K	
	2단굴착	6.67	28.25		41.26%	O.K	
	3단굴착	10.47	26.83		39.18%	O.K	
	4단굴착	17.17	24.60		35.94%	O.K	
	5단굴착	23.97	23.84		34.82%	O.K	
	6단굴착	28.73	23.81		34.77%	O.K	
	7단굴착	34.23	24.28		35.47%	O.K	
	슬라브 및 벽체 타설	34.23	23.93		34.95%	O.K	
	역 RAKER 해체	34.23	24.15		35.28%	O.K	

가시설 검토

표 6.17 C.I.P 검토 결과

구 분	C.I.P 검토						
	휨모멘트 (kN · m)	발생치 /허용치	전단력 (kN)	발생치 /허용치	압축력(kN)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	277.03 〈 1,331.3	20.8%	306.22 〈 1,241.3	24.7%	625.44 〈 1,319.5	47.4%	O.K
우측	234.12 〈 1,331.3	17.6%	197.49 〈 1,241.3	15.9%	554.58 〈 1,319.5	42.0%	O.K

표 6.18 SIDE PILE 응력 검토 결과

구 분	SIDE PILE 검토						
	휨응력 (MPa)	발생치 /허용치	전단응력 (MPa)	발생치 /허용치	압축응력(MPa)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	122.05 〈 295.34	41.3%	20.88 〈 180.00	11.6%	90.87 〈 275.53	33.0%	O.K
우측	77.29 〈 242.51	31.9%	21.31 〈 180.00	11.8%	56.33 〈 167.90	33.5%	O.K

표 6.19 RAKER 응력 검토 결과

구 분	RAKER 검토						
	휨응력 (MPa)	발생치 /허용치	전단응력 (MPa)	발생치 /허용치	압축응력(MPa)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	52.84 〈 262.50	20.1%	2.81 〈 180.00	1.6%	45.86 〈 211.40	21.7%	O.K
우측	35.47 〈 262.50	13.5%	1.51 〈 180.00	0.8%	30.42 〈 211.40	14.4%	O.K

인접건물 및 구조물

표 6.20 인접건물 및 구조물 침하량 검토 결과

구 분		연직변위 (mm)		폭 (m)	부등 침하량 (mm)	허용 침하량 (mm)	각변위	비고
		근단	원단					
B-L	대륭테크노타운 1차	8.31	0.38	43.17	7.93	25.00	1/5,444 〈 1/500	O.K
B-R	서부간선 지하차도	3.74	0.30	25.99	3.44	25.00	1/7,555 〈 1/500	O.K
	옹벽	2.18	2.72	2.5	4.90	25.00	1/510 〈 1/500	O.K

지하매설물

표 6.21 지하매설물 침하량 검토 결과

구 분		침하량 (mm)			비고	구 분	침하량 (mm)			비고
B-L	전기선로-1	14.66	〈	25.00	O.K	상수관로-3	14.59	〈	25.00	O.K
	가스관로-1	15.02	〈	25.00	O.K	우수관로-1	10.49	〈	25.00	O.K
	통신선로-1	15.77	〈	25.00	O.K	가스관로-2	9.43	〈	25.00	O.K
	상수관로-1	16.93	〈	25.00	O.K	전기선로-2	7.88	〈	25.00	O.K
	상수관로-2	17.41	〈	25.00	O.K	통신선로-2	7.32	〈	25.00	O.K
B-R	전기선로-1	7.51	〈	25.00	O.K	전기선로-2	8.29	〈	25.00	O.K
	우수관로-1	8.08	〈	25.00	O.K	상수관로-1	8.55	〈	25.00	O.K

인접도로

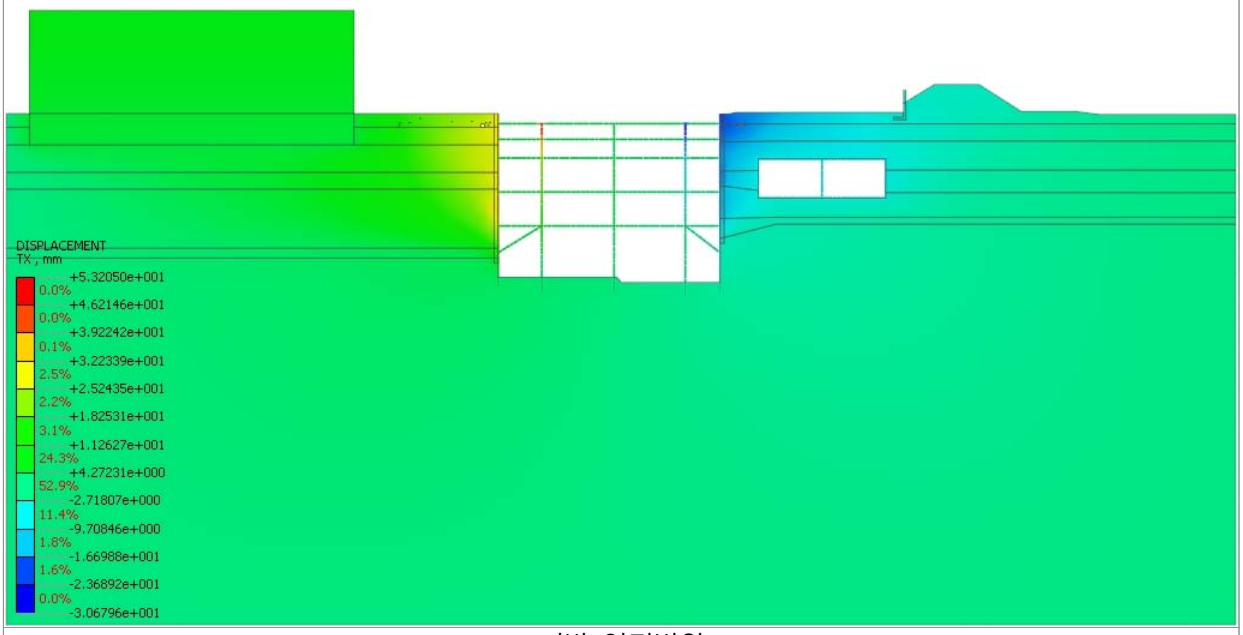
표 6.22 인접도로 침하량 검토 결과

구 분		연직변위 (mm)		폭 (m)	부등 침하량 (mm)	허용 침하량 (mm)	각변위			비고
		근단	원단							
B-L	가산디지털2로	17.62	14.79	15.00	2.83	25.00	1/5,300	〈	1/500	O.K
B-R	서부간선도로	9.09	2.61	30.00	6.48	25.00	1/4,630	〈	1/500	O.K

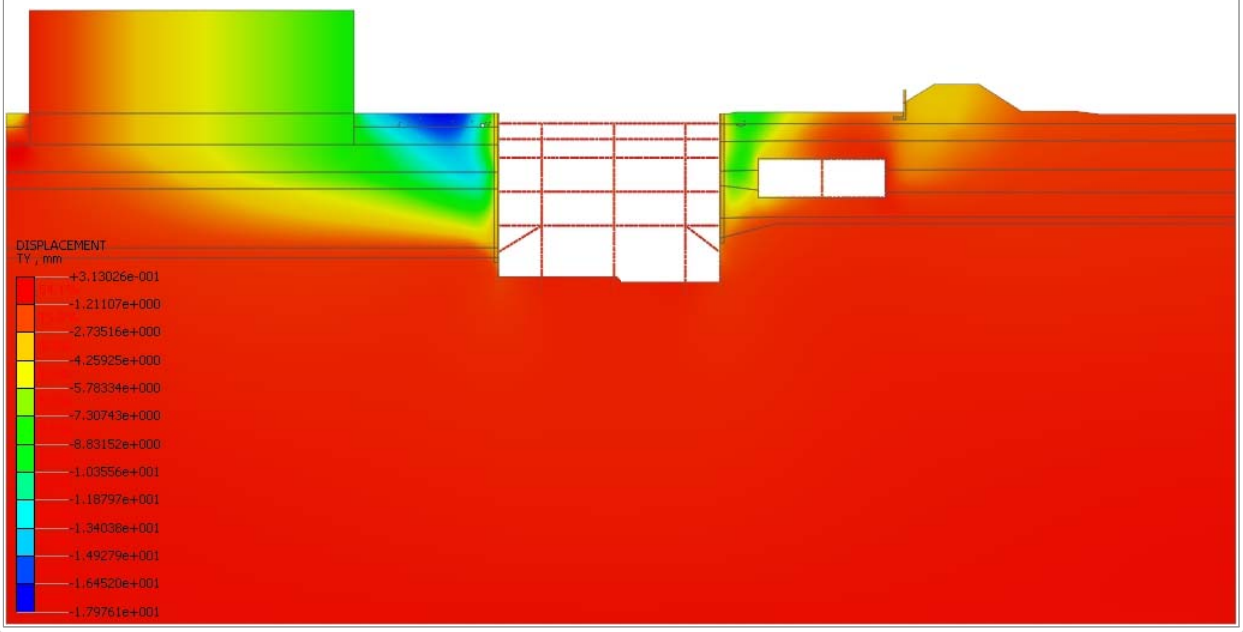
☑ 해석성과물 B-B

단면 B-B 구간 해석결과

지반 수평변위

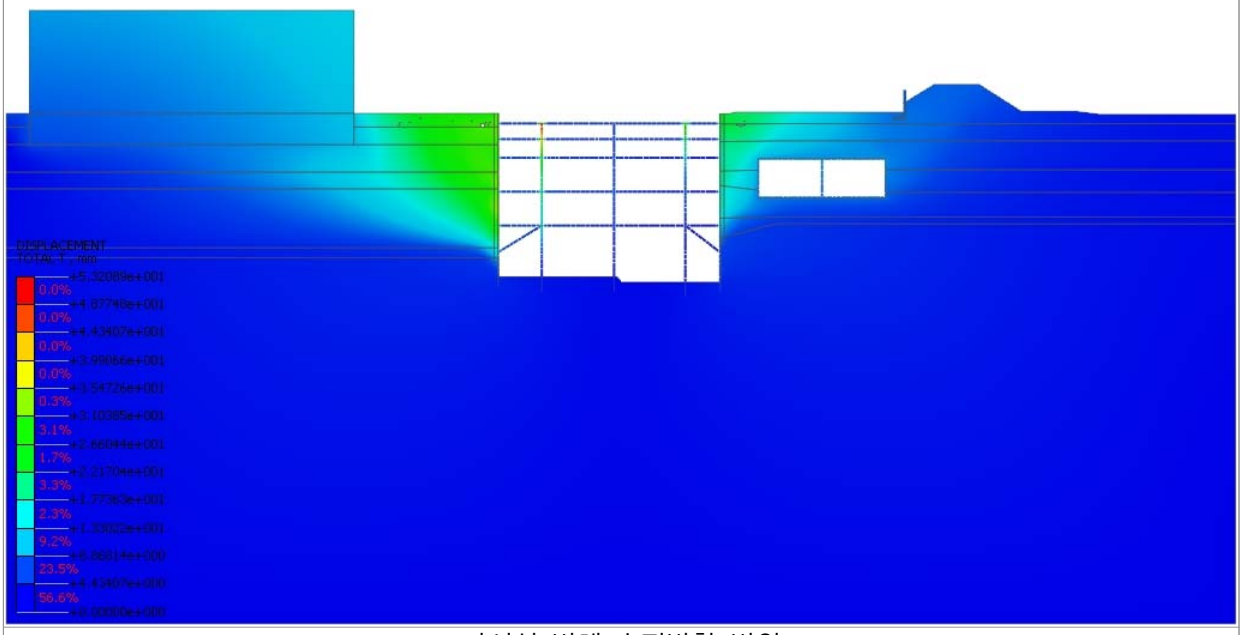


지반 연직변위

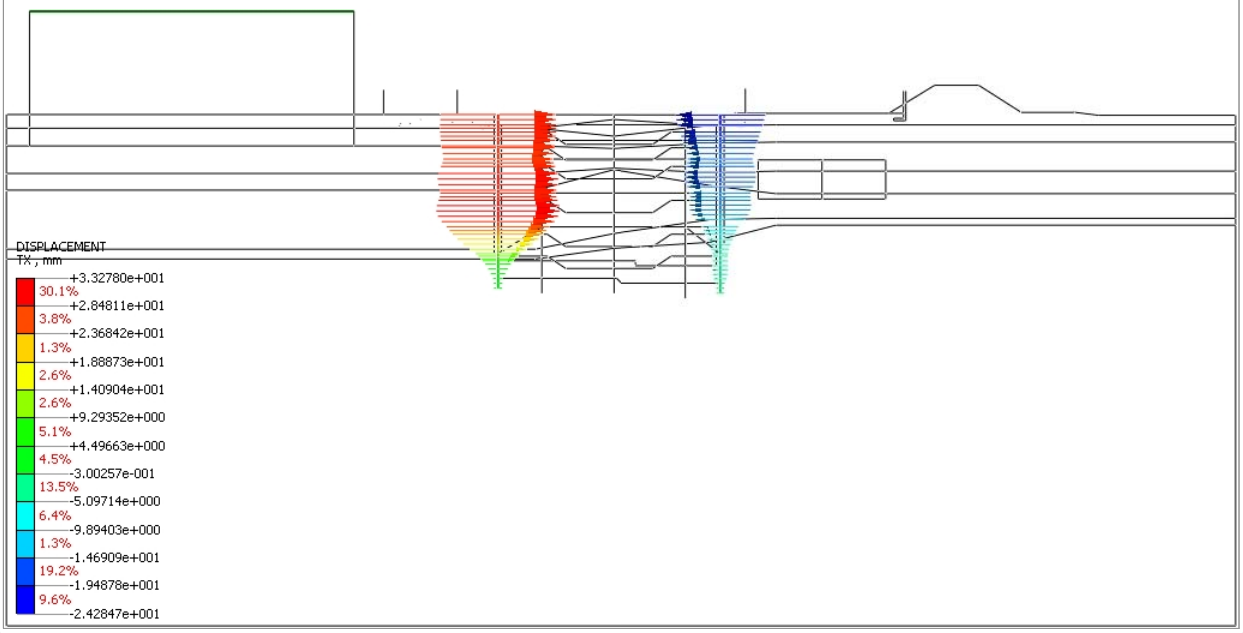


단면 B–B 구간 해석결과

지반 합변위

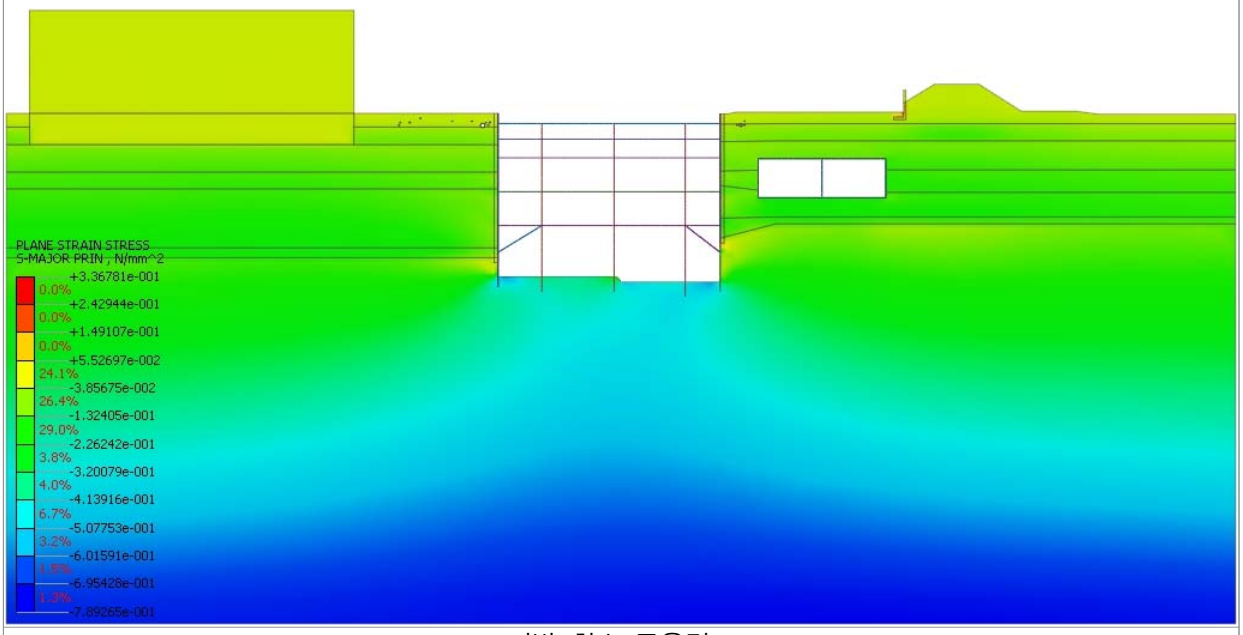


가시설 벽체 수평방향 변위

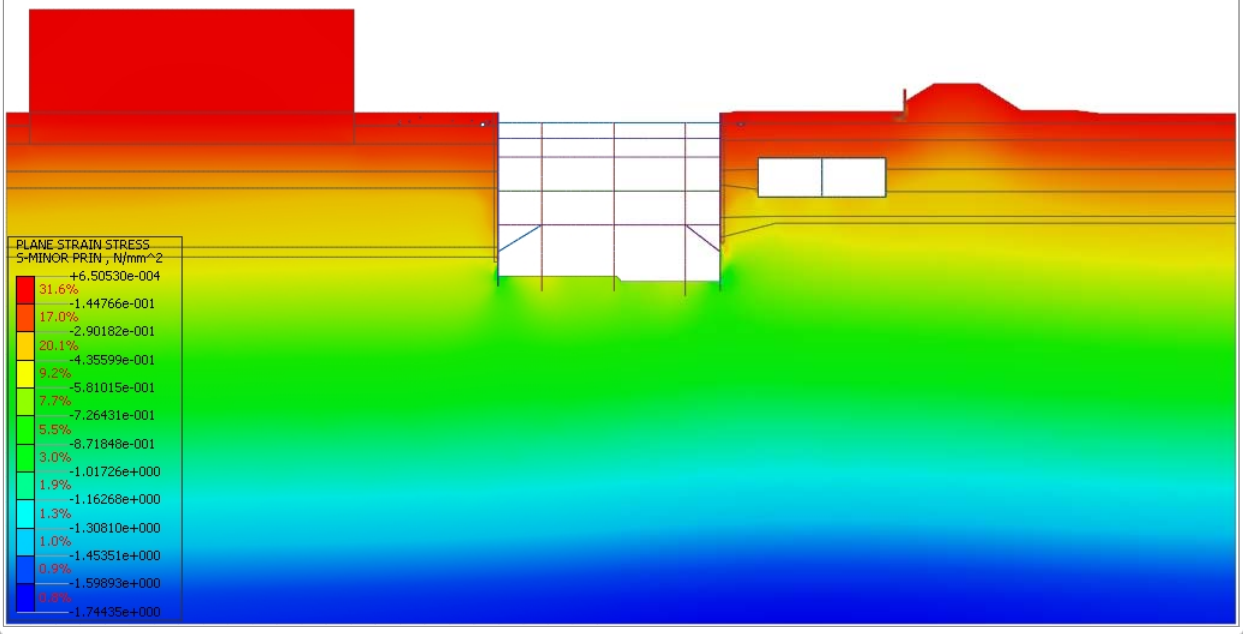


단면 B–B 구간 해석결과

지반 최대 주응력도



지반 최소 주응력도



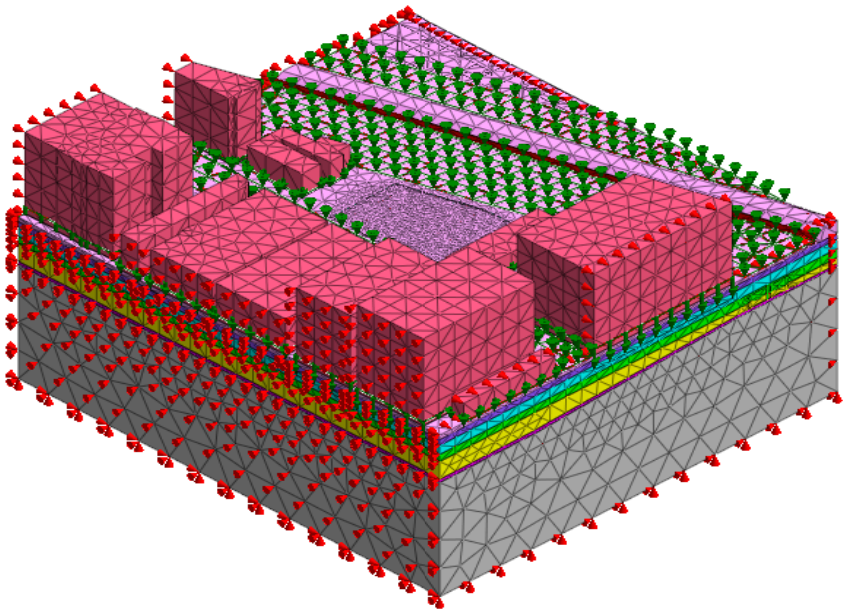
6.1 수치해석에 의한 지반안전성

☑ 3차원 지반안정성 검토

해석개요

- 유한요소해석 프로그램인 Midas GTS NX 프로그램을 이용하여 3차원 모델링을 통해 지반 및 흙막이 가시설, 사업부지의 인접건물 및 주변 지장물을 모델링 하였으며, 굴착에 따른 우각부 안정성을 검토함.
- 해석 모델의 지하수위는 지하수 변화에 의한 영향 평가 결과의 지하수위 상승량 및 저하량을 적용함.
- 인접한 시공중인 건물의 하중은 당 현장 착공시 대부분 준공이 완료될 시점으로 판단하여 전체 건물 하중으로 적용함.

3차원 유한요소 해석 모델링



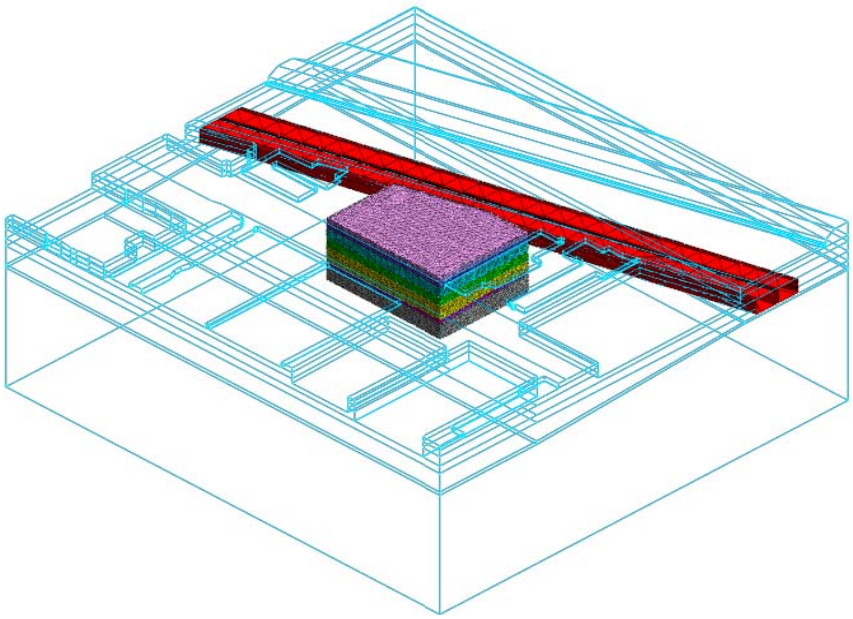


표 6.23 과업구간 개요

검토단면	굴착깊이	주상도	지하수위	벽체공법	주요 인접구조물
과업구간	32.96m ~ 34.23m	BH-1~5 NBH-1	EL(-)1.39m ~EL(-)2.71m (지하수위상승고려)	HPILE + CIP	BD01 ~ BD11 서부간선 지하도로

- 지하수위 : 5장에서 검토된 상승된 지하수위를 적용
- 지하매설물 : 상수관로, 우수관로, 가스관로, 전기선로, 통신선로
- 인접구조물 : BD01 ~ BD11, 서부간선 지하도로
- 주요인접도로 : RD01 ~ RD03
- 지층구성 : 매립층, 퇴적층(점토), 퇴적층(모래), 풍화토(N<30), 풍화토(N>30), 풍화암, 기반암(연암)으로 이루어져 있으며, 굴착바닥면은 단단한 연암에 위치
- 해석범위 : 수평방향 - 당 현장 최대 굴착깊이(H) 3배 이상 적용
  연직방향 - 당 현장 최대 굴착깊이(H) 2배 이상 적용
- 경계조건 : 모델링 좌우측 수평방향 변위 구속, 하부측 수평 및 연직방향 변위 구속
- 하중조건 : 도로구간 - 교통하중(12.7kN/m^2)
  건물하중 - 지하층(30.0kN/m^2), 1층(15.0kN/m^2), 일반층(14.0kN/m^2), 최상층(16.0kN/m^2)

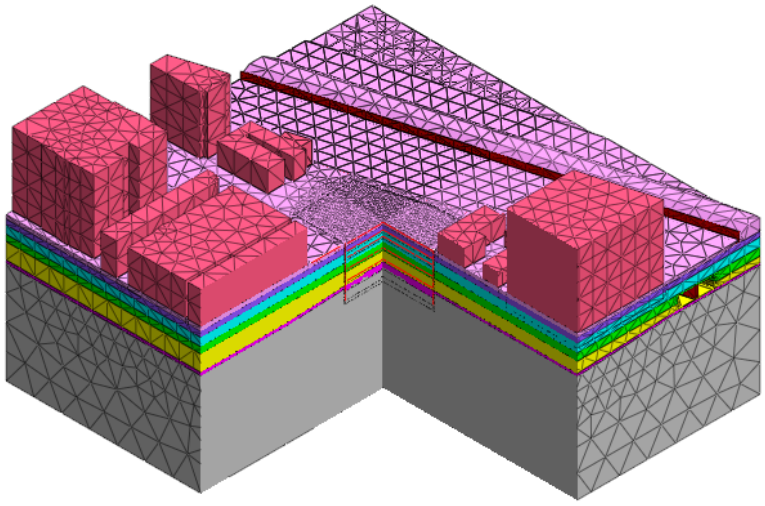
표 6.24 해석적용 시공단계

시공단계	시 공 내 용	검토방법	해석기간
1단계	· 원지반 상태	응력해석 (초기수위)	
2단계	· 흙막이 가설벽체 시공		
3단계	· 1단계 굴착 및 1단 SLAB 설치	응력해석	25일
4단계	· 2단계 굴착 및 2단 SLAB 설치	응력해석	20일
5단계	· 3단계 굴착 및 3단 SLAB 설치	응력해석	25일
6단계	· 4단계 굴착 및 4단 SLAB 설치	침투해석 및 응력해석	30일
7단계	· 5단계 굴착 및 5단 SLAB 설치	침투해석 및 응력해석	30일
8단계	· 6단계 굴착 및 RAKER 설치	침투해석 및 응력해석	30일
9단계	· 최종 굴착	침투해석 및 응력해석	30일
10단계	· 바닥SLAB 타설 및 건축 벽체 타설완료	응력해석	–
11단계	· 지하층 완료 및 역 RAKER 해체	응력해석	–

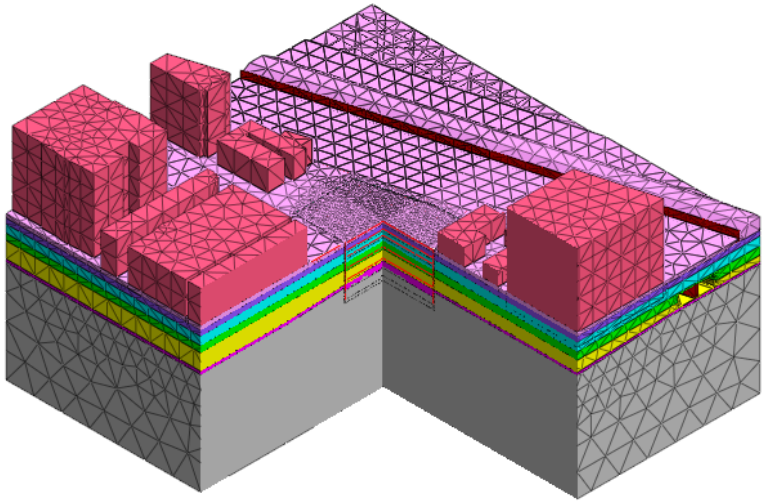
시공단계 및 모델링(침투-응력 해석)

3차원 단계별 해석 모델링

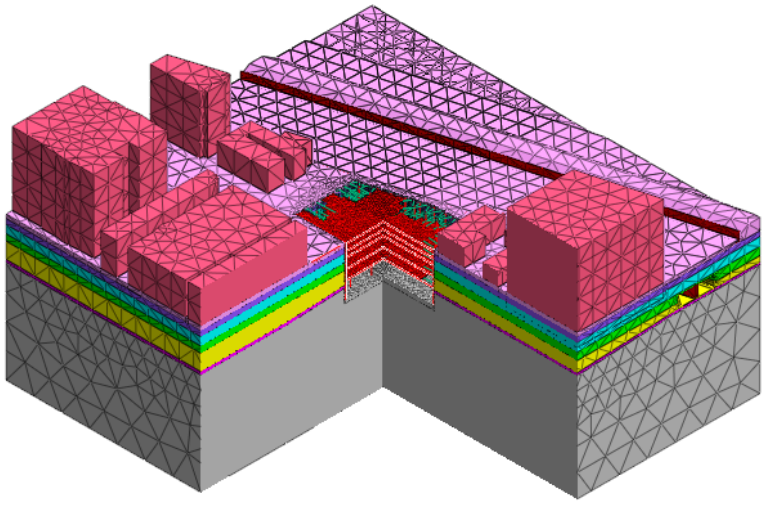
시공단계 1 : 초기응력



시공단계 2 : 흙막이 가설벽체 시공



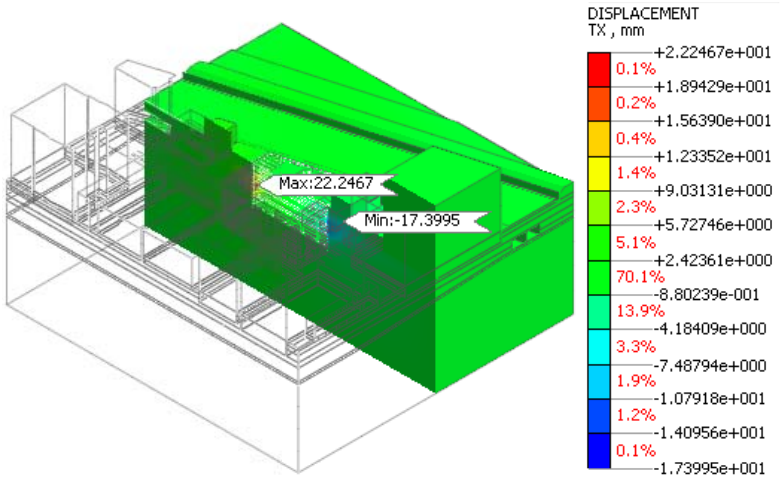
시공단계 3~11 : 1~7단 굴착 및 지하구조물 완료



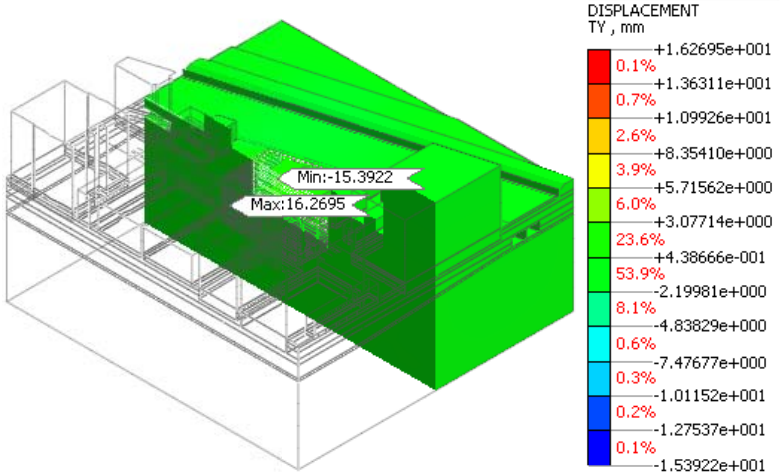
3차원 지반 안정성 해석결과

3차원 해석결과

횡방향(X-X) 수평변위



종방향(Y-Y) 수평변위



연직변위

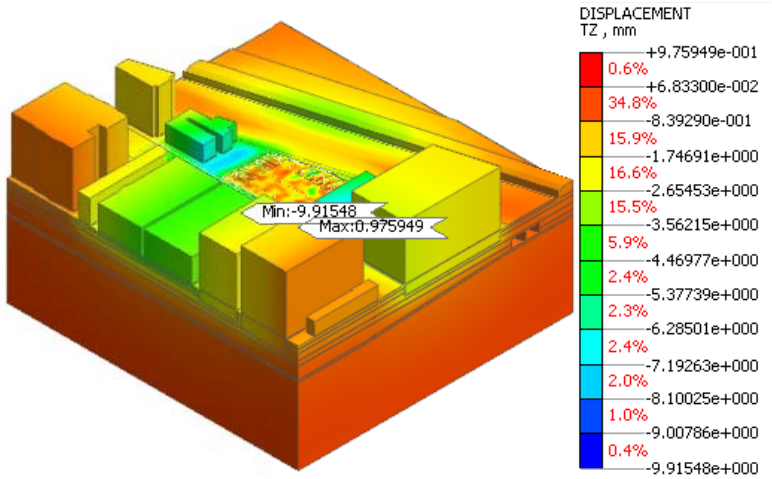


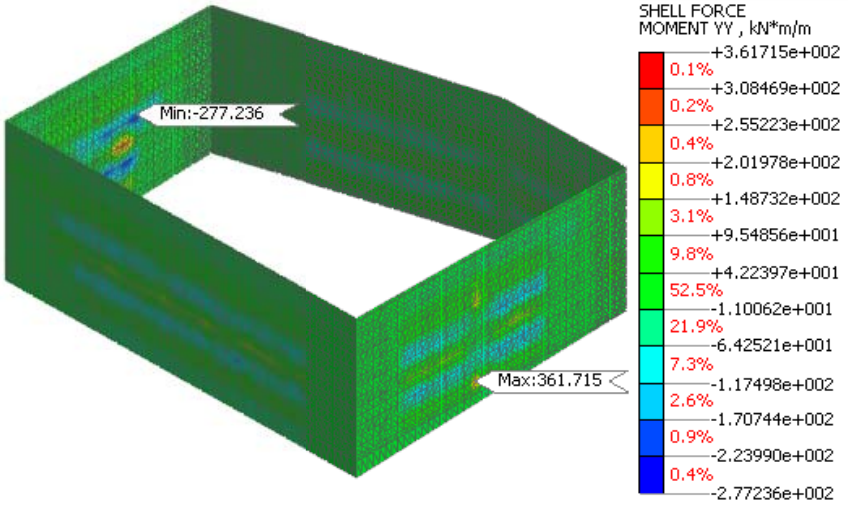
표 6.25 지반 안정성 검토결과

시공단계	수평변위 (mm)		연직변위 (mm)		비 고
	X	Y	침하량	허용치	
1단굴착	0.81	0.79	−0.93	25.00	O.K
2단굴착	3.80	4.12	−1.18	25.00	O.K
3단굴착	5.39	6.27	−1.45	25.00	O.K
4단굴착	16.26	13.18	−3.96	25.00	O.K
5단굴착	21.63	15.21	−6.88	25.00	O.K
6단굴착	21.87	15.84	−8.06	25.00	O.K
7단굴착	22.25	16.27	−9.80	25.00	O.K
벽체타설	22.25	16.25	−9.91	25.00	O.K
지하층 완료	22.20	16.11	−9.92	25.00	O.K
MAX	**22.25**	**16.27**	**−9.92**	**25.00**	**O.K**

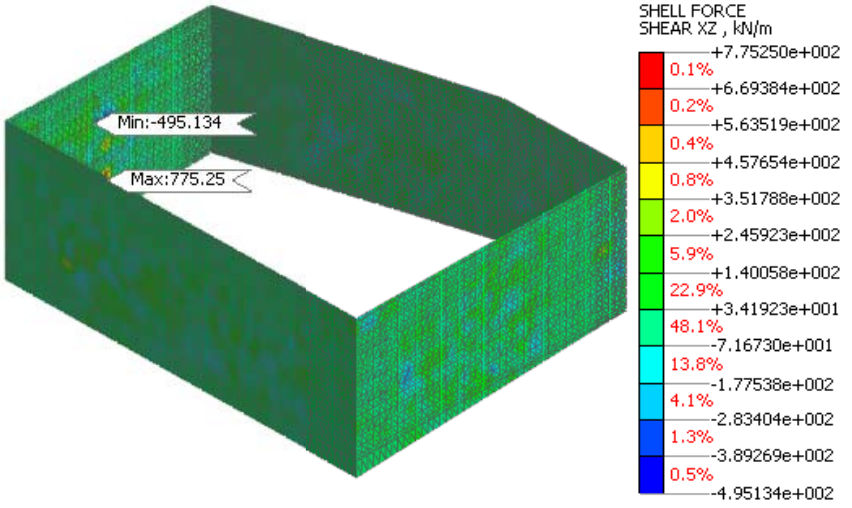
3차원 흙막이 벽체 해석결과(CIP)

3차원 해석결과

모멘트



전단력



축력

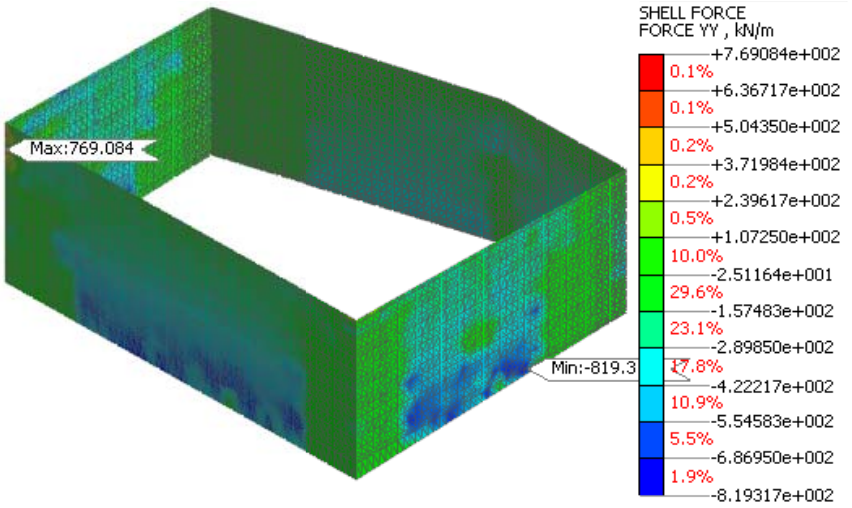


표 6.26 3차원 흙막이 벽체 검토결과(CIP)

시공단계	전체 벽체							비 고
	부재력			수평변위				
	모멘트 (kN · m)	전단력 (kN)	축력 (kN)	X변위 (mm)	Y변위 (mm)	굴착심도 (m)	허용수평변위 (0.002H) (mm)	
1단굴착	14.01	111.53	211.36	0.81	0.79	1.80		O.K
2단굴착	52.35	273.40	451.40	3.80	4.12	6.40		O.K
3단굴착	87.05	300.22	622.07	5.39	6.27	10.20		O.K
4단굴착	291.18	560.94	670.39	16.26	13.18	16.80		O.K
5단굴착	300.51	775.25	791.75	21.63	15.21	23.70	65.92	O.K
6단굴착	302.50	765.28	763.11	21.87	15.84	28.46		O.K
7단굴착	321.01	772.54	763.32	22.25	16.27	32.96		O.K
벽체타설	321.64	771.03	819.32	22.25	16.25	32.96		
지하층 완료	361.72	774.51	815.57	22.20	16.11	32.96		
MAX	**361.72**	**775.25**	**819.32**	**22.25**	**16.27**	**32.96**	**65.92**	**O.K**

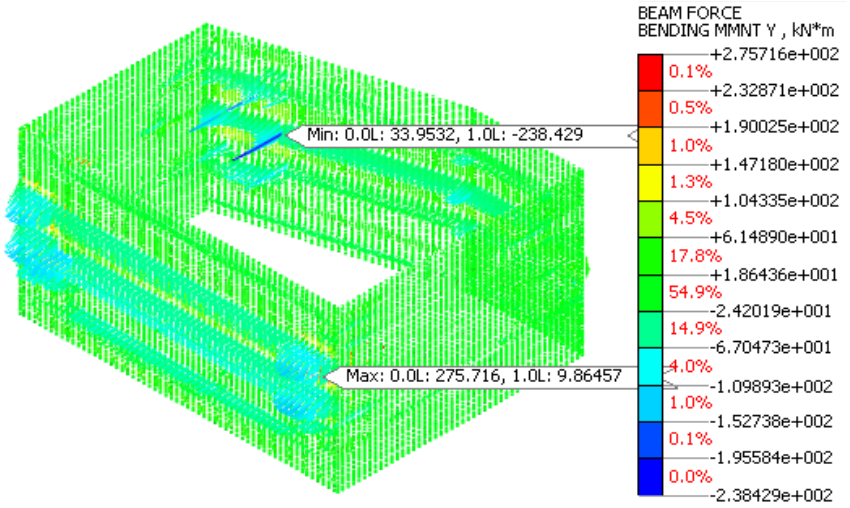
표 6.27 흙막이 벽체(CIP) 부재력 검토결과

구 분	휨모멘트 (kN · m)			전단력 (kN)			축력 (kN)			안정성 평가
	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
CIP	361.72	1,331.3	27.17%	775.25	1,241.3	62.45%	819.32	1,319.5	62.09%	O.K

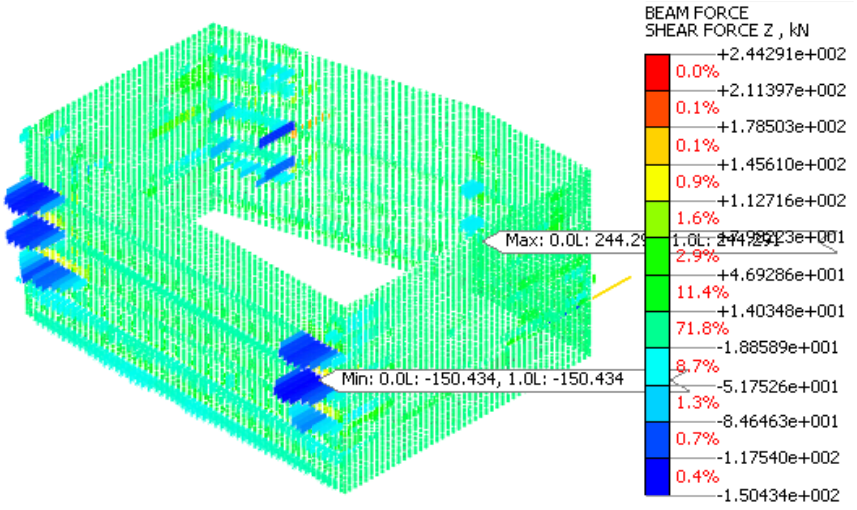
3차원 흙막이 벽체 해석결과(H-PILE)

3차원 해석결과

모멘트



전단력



축력

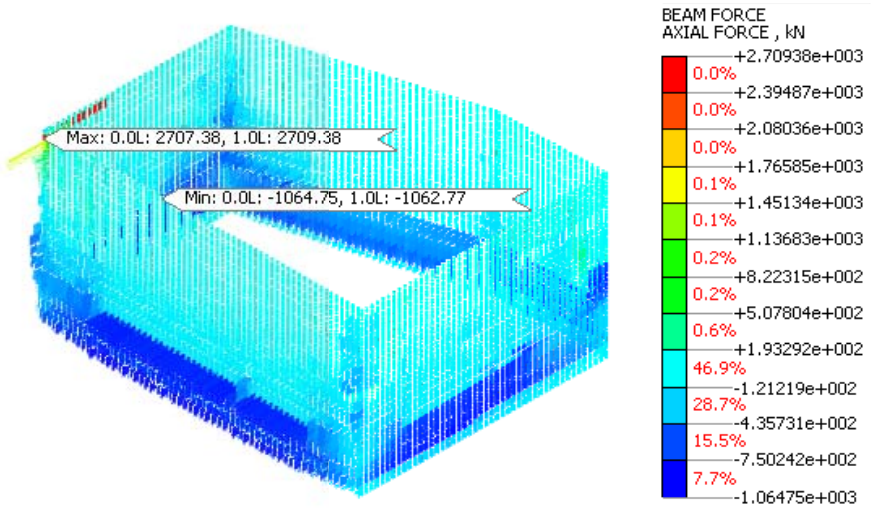


표 6.28 3차원 흙막이 벽체 검토결과(H-PILE)

시공단계	전체 벽체							비 고
	부재력			수평변위				
	모멘트 (kN · m)	전단력 (kN)	축력 (kN)	X변위 (mm)	Y변위 (mm)	굴착심도 (m)	허용수평변위 (0.002H) (mm)	
1단굴착	9.65	7.78	262.28	0.81	0.79	1.80		O.K
2단굴착	56.62	41.33	274.18	3.80	4.09	6.40		O.K
3단굴착	64.30	66.07	327.89	5.39	6.27	10.20		O.K
4단굴착	179.38	142.17	711.09	16.26	13.18	16.80		O.K
5단굴착	236.32	174.20	1195.61	21.63	15.21	23.70	65.92	O.K
6단굴착	249.19	177.43	1628.10	21.87	15.84	28.46		O.K
7단굴착	274.22	244.29	2389.86	22.25	16.27	32.96		O.K
벽체타설	275.72	243.38	2709.39	22.25	16.25	32.96		O.K
지하층 완료	275.33	223.25	2706.87	22.20	16.11	32.96		O.K
MAX	**275.72**	**244.29**	**2,709.39**	**22.25**	**16.27**	**32.96**	**65.92**	**O.K**

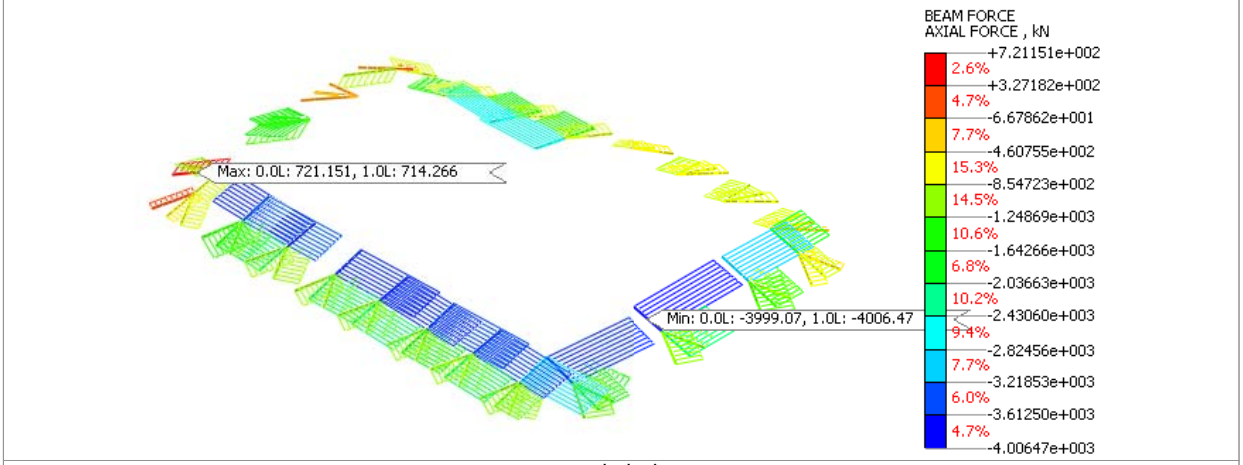
표 6.29 흙막이 벽체 부재력 검토결과

구 분	휨응력 (MPa)			전단응력 (MPa)			압축응력 (MPa)			안정성 평가
	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
H-PILE	71.93	270.77	26.56%	39.15	180.00	21.75%	94.98	225.75	42.07%	O.K

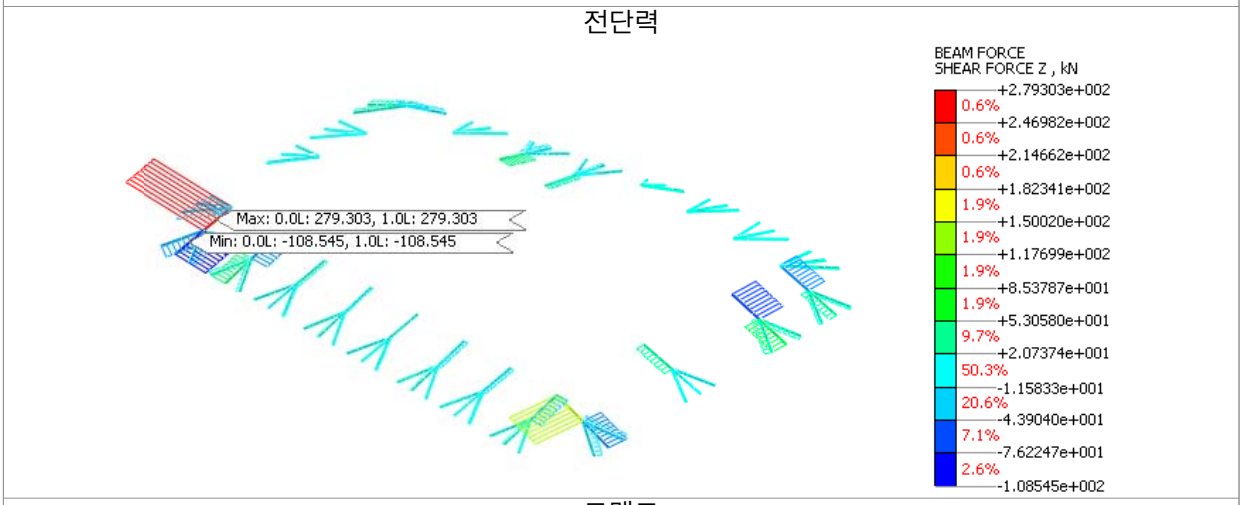
3차원 흙막이 지보재 해석결과(역 RAKER)

3차원 해석결과

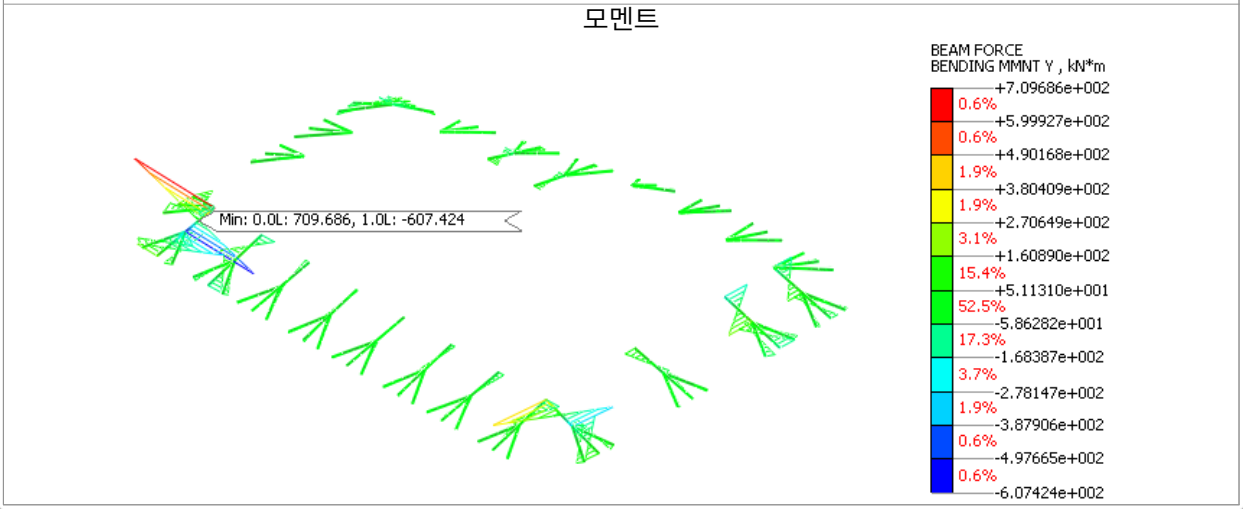
축력



전단력



모멘트



구 분	휨응력 (MPa)			전단응력 (MPa)			압축응력 (MPa)			안정성 평가
	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
역 RAKER	59.14	262.50	22.53%	17.34	180.00	9.63%	52.03	211.40	24.61%	O.K

3차원 인접지반 해석 결과

3차원 해석 인접구조물 현황

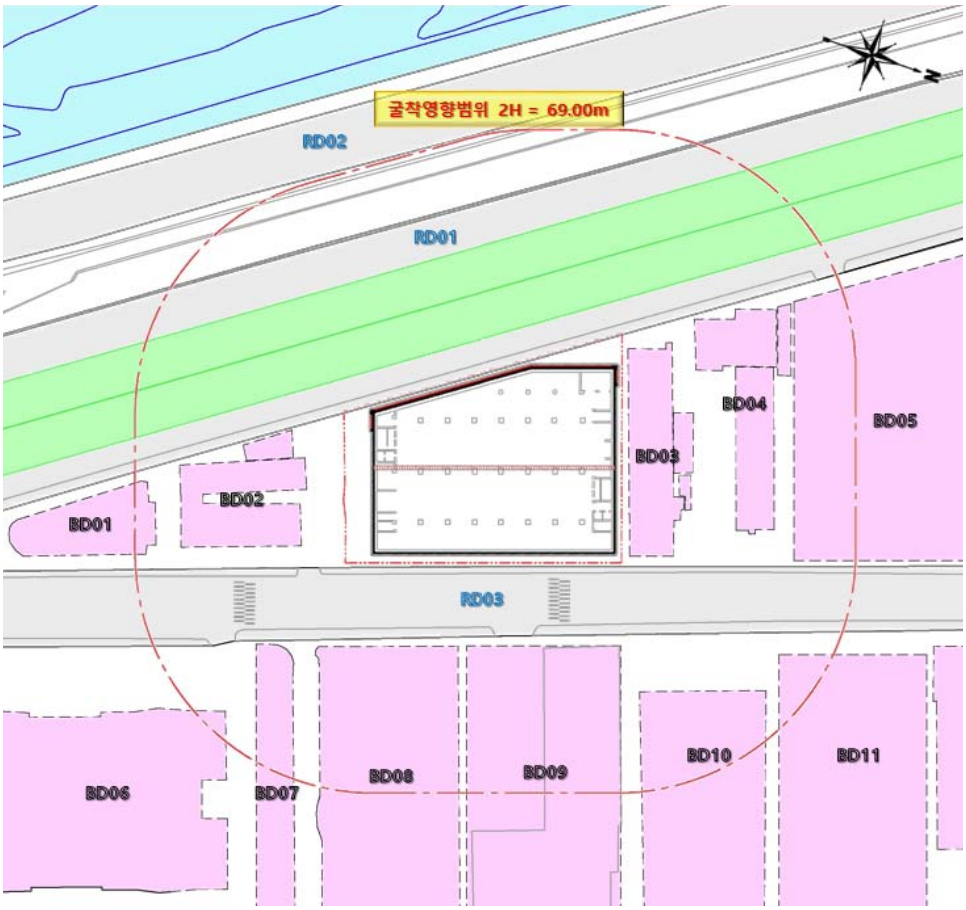
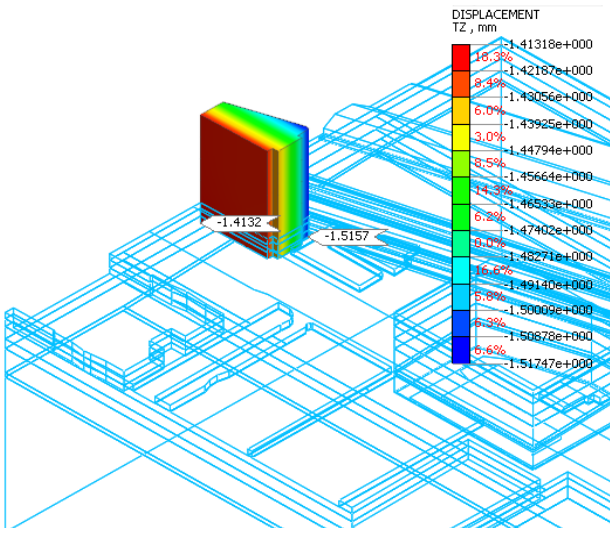
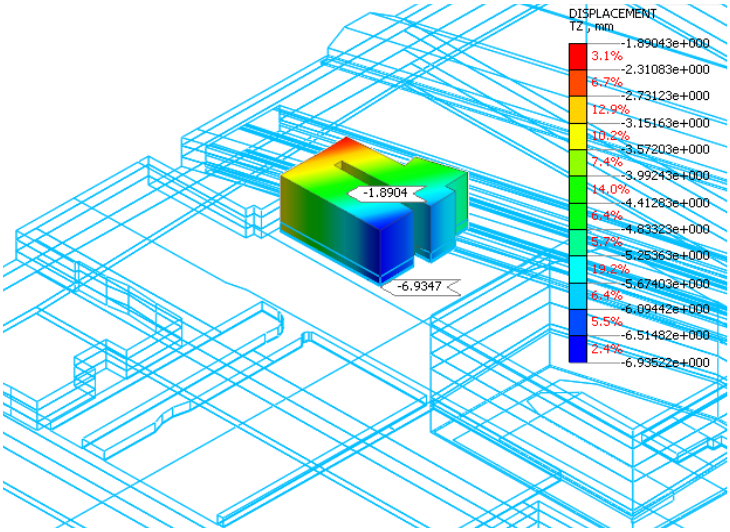
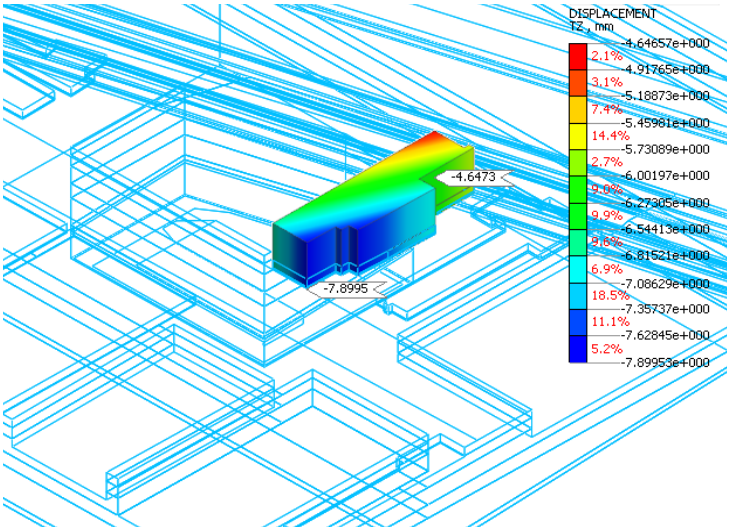
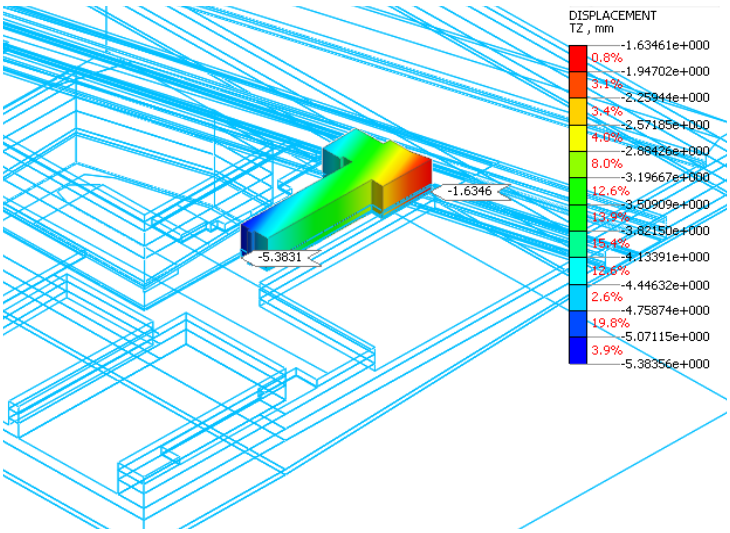
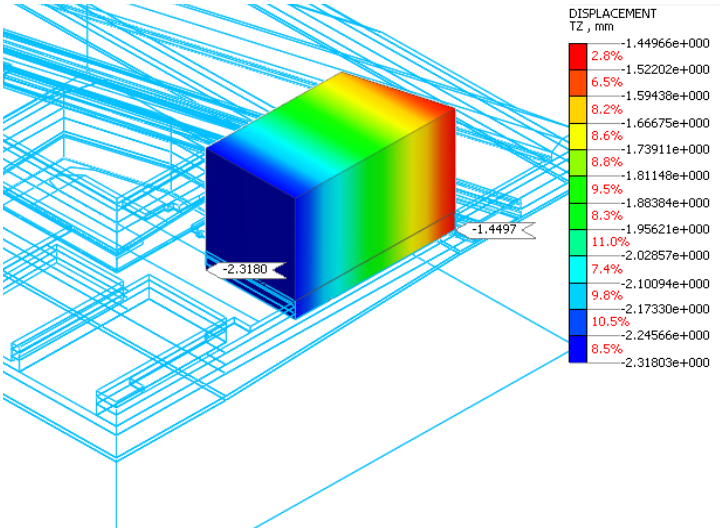
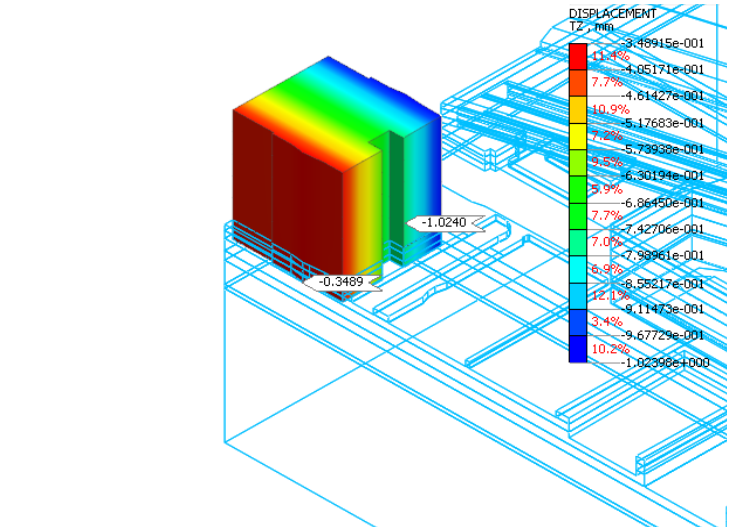
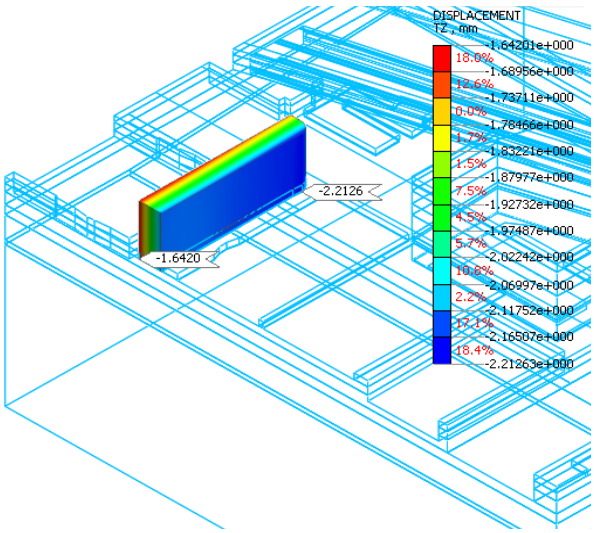
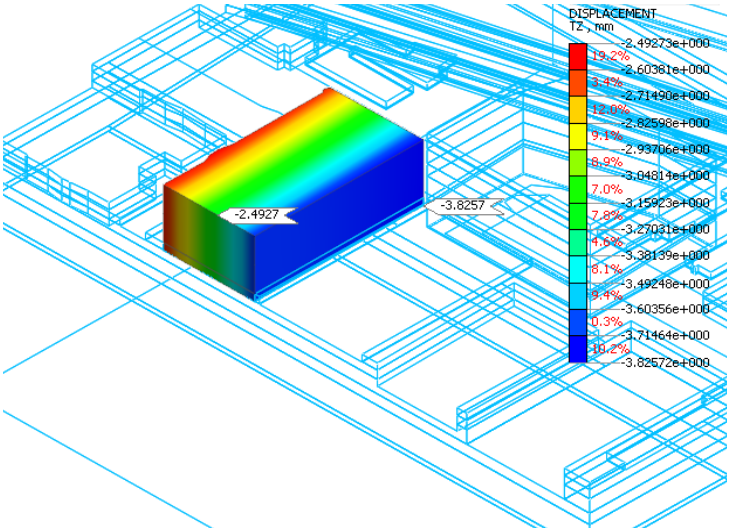
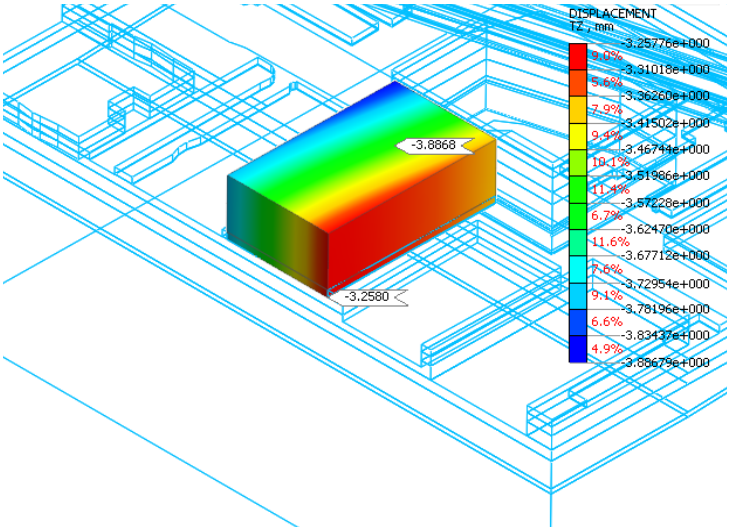
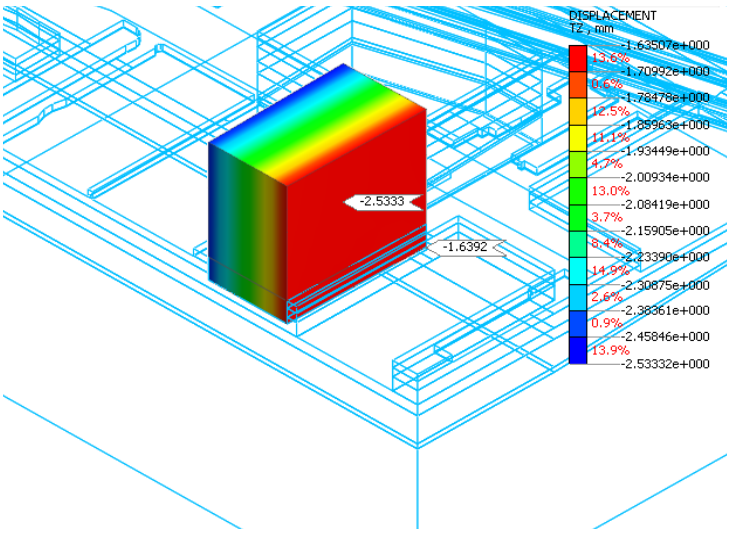


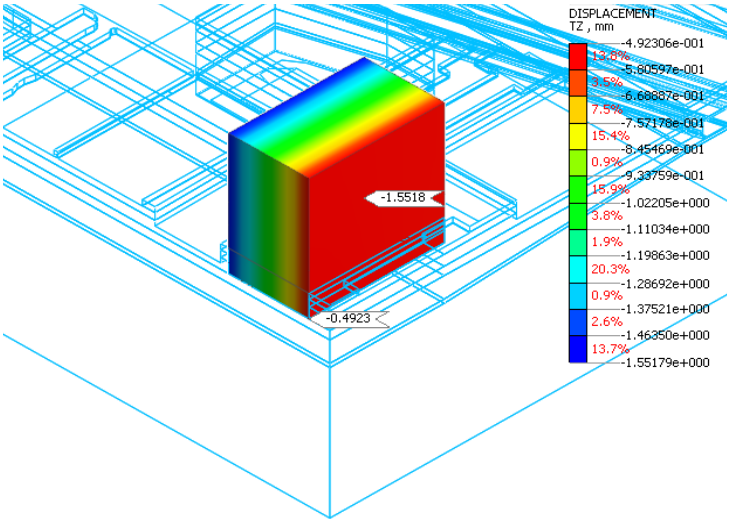
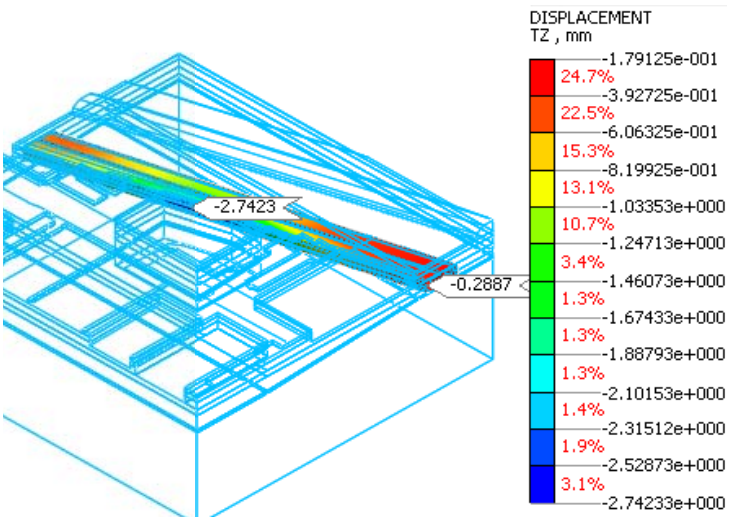
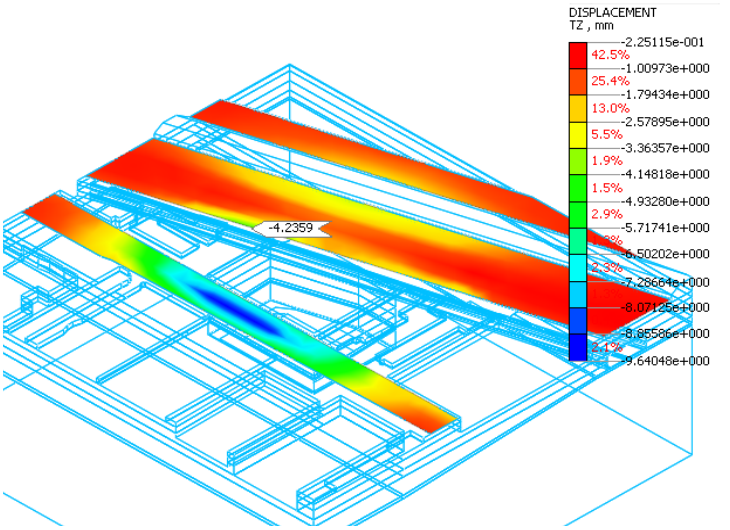
표 6.30 인접구조물 해석 결과

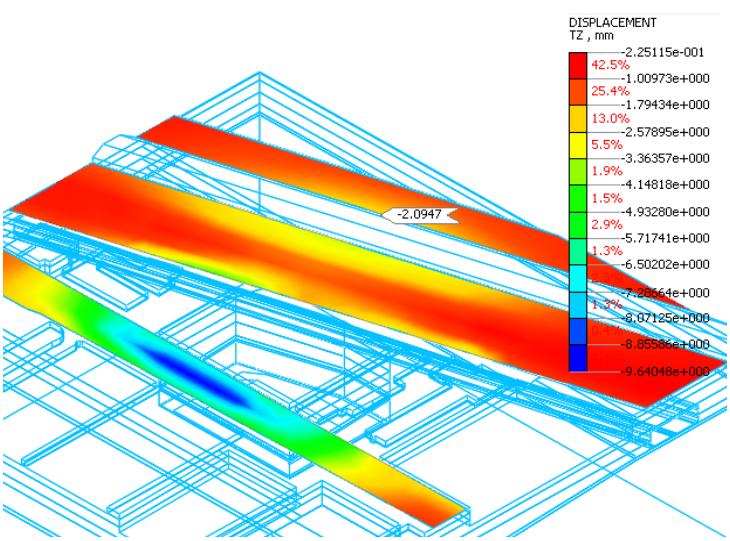
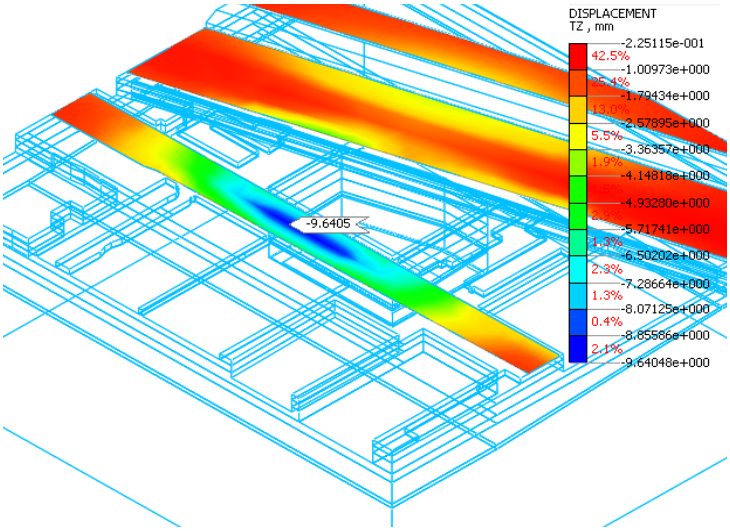
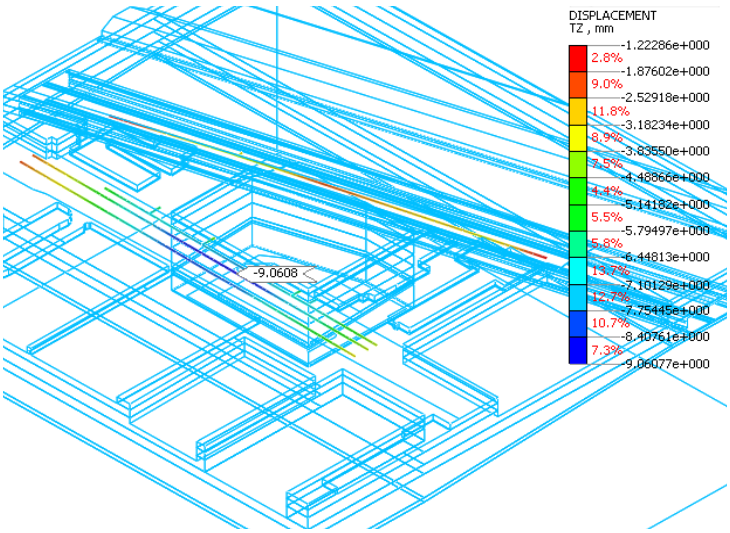
구분	건물명	3차원 수치해석 침하량 결과	층수 (지상/지하)	최대 변위량
BD01	S비지니스 센터		11/3	Max 1.5157mm Min 1.4132mm

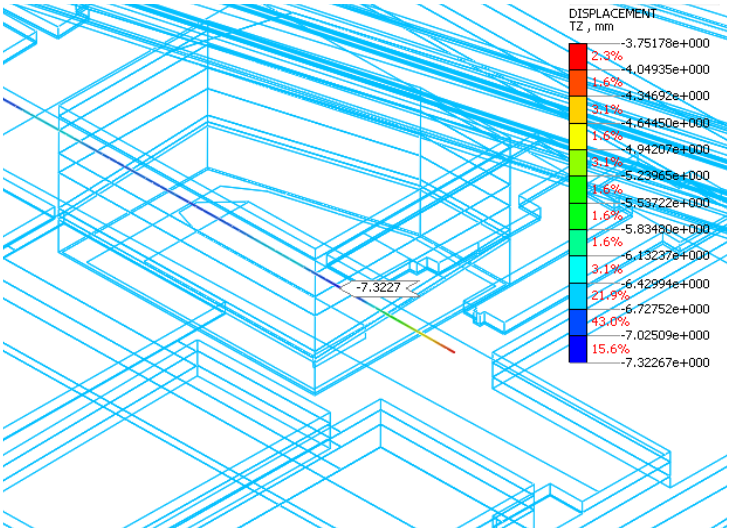
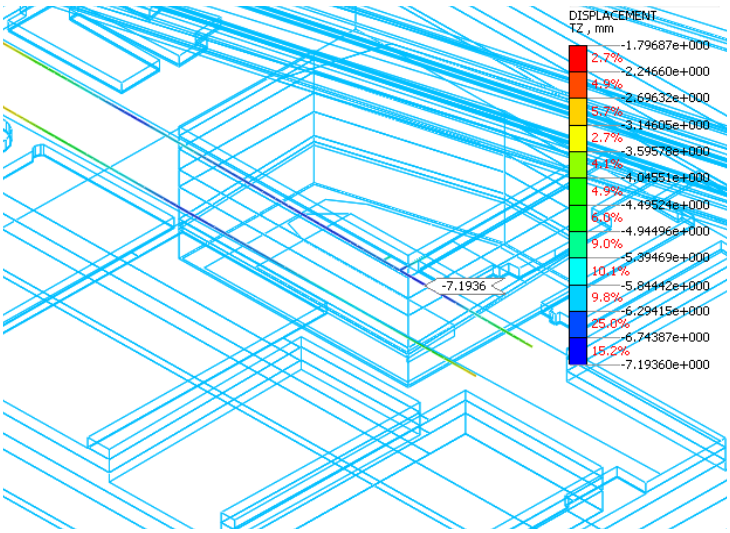
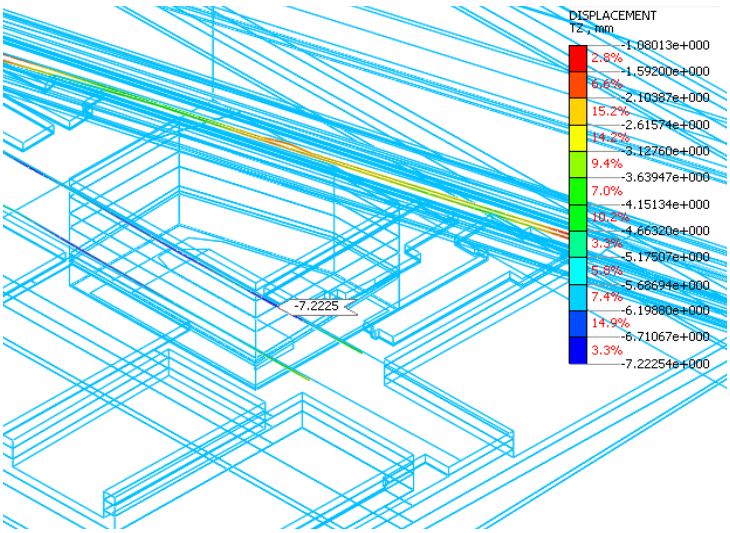
구분	건물명	3차원 수치해석 침하량 결과	층수 (지상/지하)	최대 변위량
BD02	일진 피앤에스		4/1	Max 6.9347mm Min 1.8904mm
BD03	아톰 A동		3/1	Max 7.8995mm Min 4.6473mm
BD04	아톰 B동		2/1	Max 5.3831mm Min 1.6346mm

구분	건물명	3차원 수치해석 침하량 결과	층수 (지상/지하)	최대 변위량
BD05	지엔텍 신축공사 현장		15/3	Max 2.3180mm Min 1.4497mm
BD06	대륭 테크노 타운 12차		15/3	Max 1.0240mm Min 0.3489mm
BD07	대륭 테크노 타운 1차		7/1	Max 2.2126mm Min 1.6420mm

구분	건물명	3차원 수치해석 침하량 결과	층수 (지상/지하)	최대 변위량
BD08	대륭 테크노 타운 1차		7/1	Max 3.8257mm Min 2.4927mm
BD09	아르센타워 공사현장		7/1	Max 3.8868mm Min 3.2580mm
BD10	르노삼성 자동차 서부사업소		13/3	Max 2.5333mm Min 1.6392mm

구분	건물명	3차원 수치해석 침하량 결과	층수 (지상/지하)	최대 변위량
BD11	G밸리 더리브 신축공사 현장		15/4	Max 1.5518mm Min 0.4923mm
BD12	서부간선 지하도로		–	Max 2.7423mm Min 0.2887mm
RD01	서부간선 도로		–	Max 4.2359mm

구분	건물명	3차원 수치해석 침하량 결과	층수 (지상/지하)	최대 변위량
RD02	안양천로		–	Max 2.0947mm
RD03	가산디지털 2로		–	Max 9.6405mm
관로1	상수관로		–	Max 9.0608mm

구분	건물명	3차원 수치해석 침하량 결과	층수 (지상/지하)	최대 변위량
관로2	우수관로		–	Max 7.3227mm
관로3	가스관로		–	Max 7.1936mm
관로4	전기선로		–	Max 7.2225mm

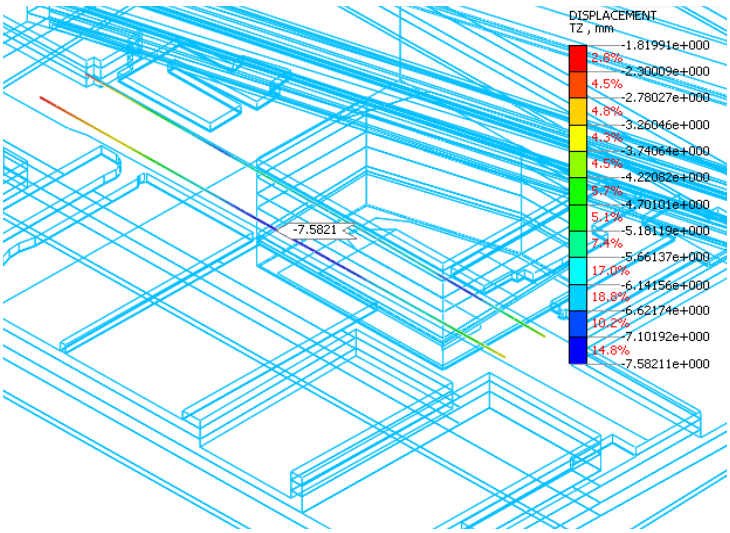
구분	건물명	3차원 수치해석 침하량 결과	층수 (지상/지하)	최대 변위량
관로5	통신선로		–	Max 7.5821mm

표 6.31 3차원 인접구조물 안정성 검토 결과

구분	건물명	침하량(mm)		허용침하	부등침하 검토		안전성 평가
		최대	최소		각변위	허용	
BD01	S비지니스센터	1.516	1.413	25mm	1/390,140	1/500	O.K
BD02	일진피앤에스	6.935	1.890	25mm	1/8,366	1/500	O.K
BD03	아톰 A동	7.900	4.647	25mm	1/15,374	1/500	O.K
BD04	아톰 B동	5.383	1.635	25mm	1/17,954	1/500	O.K
BD05	지엔텍 신축공사 현장	2.318	1.449	25mm	1/116,205	1/500	O.K
BD06	대륭테크노타운 12차	1.024	0.349	25mm	1/80,262	1/500	O.K
BD07	대륭테크노타운 1차	2.213	1.642	25mm	1/126,179	1/500	O.K
BD08	대륭테크노타운 1차	3.826	2.493	25mm	1/47,487	1/500	O.K
BD09	아르센타워 공사현장	3.887	3.258	25mm	1/137,560	1/500	O.K
BD10	르노삼성자동차 서부사업소	2.533	1.639	25mm	1/40,703	1/500	O.K
BD11	G밸리 더리브 신축공사 현장	1.552	0.492	25mm	1/78,528	1/500	O.K
BD12	서부간선 지하도로	2.742	0.289	25mm	1/66,850	1/500	O.K
RD01	서부간선도로	4.236	–	25mm	–	–	O.K
RD02	안양천로	2.095	–	25mm	–	–	O.K
RD03	가산디지털2로	9.640	–	25mm	–	–	O.K
관로1	상수관로	9.061	–	25mm	–	–	O.K
관로2	우수관로	7.323	–	25mm	–	–	O.K
관로3	가스관로	7.194	–	25mm	–	–	O.K
관로4	전기선로	7.223	–	25mm	–	–	O.K
관로5	통신선로	7.582	–	25mm	–	–	O.K

☑ 우각부 취약구간 안정성 검토

우각부 검토 위치

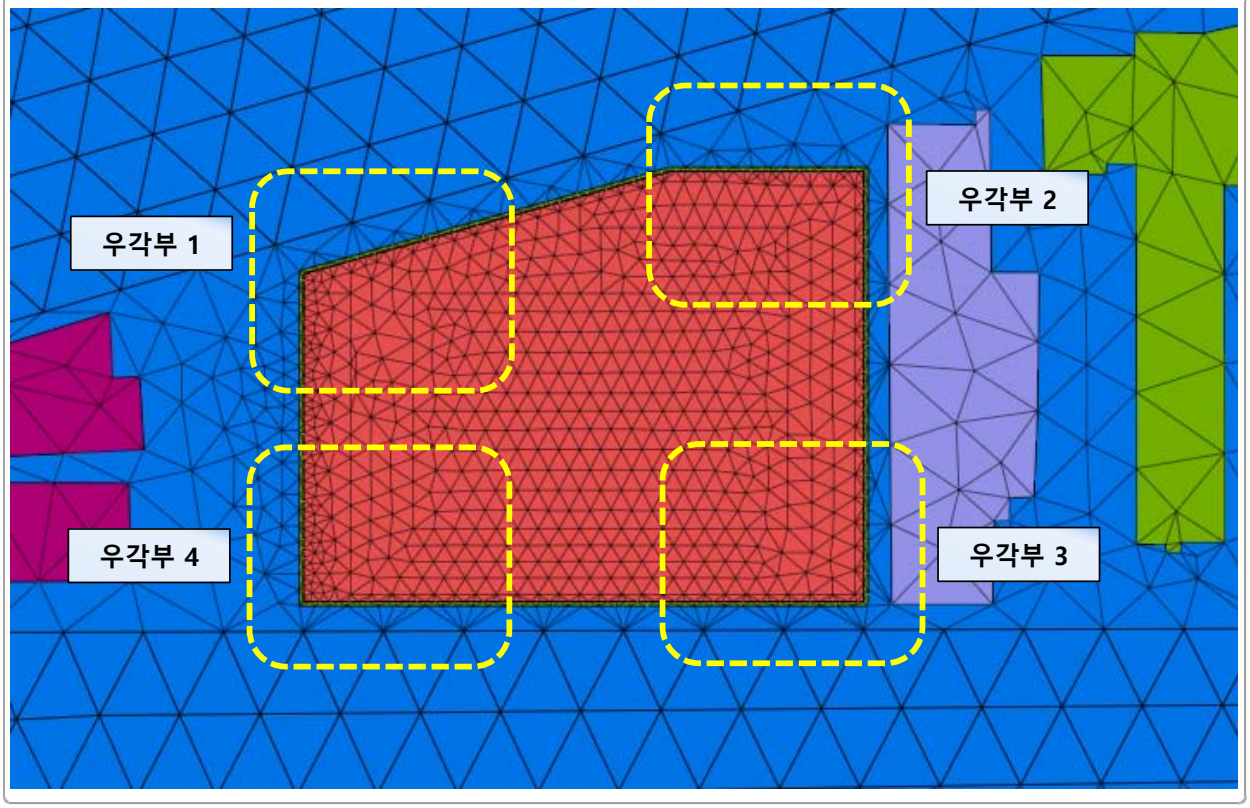


표 6.32 지반 안정성 검토결과(우각부 1)

시공단계	굴착심도 (m)	수평변위(mm)			비 고
		X	Y	허용수평변위(mm) (0.002H)	
1단굴착	1.80	0.63	0.79	65.92	O.K
2단굴착	6.40	2.59	4.09		O.K
3단굴착	10.20	5.18	6.27		O.K
4단굴착	16.80	16.26	13.18		O.K
5단굴착	23.70	21.63	14.67		O.K
6단굴착	28.46	21.87	15.06		O.K
7단굴착	32.96	22.25	15.39		O.K
벽체타설	32.96	22.25	15.38		O.K
지하층 완료	32.96	22.20	15.35		O.K
MAX	**32.96**	**22.25**	**15.39**	**65.92**	**O.K**

표 6.33 지반 안정성 검토결과(우각부 2)

시공단계	굴착심도 (m)	수평변위(mm)			비 고
		X	Y	허용수평변위(mm) (0.002H)	
1단굴착	1.80	0.81	0.49	65.92	O.K
2단굴착	6.40	3.80	1.68		O.K
3단굴착	10.20	5.35	2.21		O.K
4단굴착	16.80	15.28	4.87		O.K
5단굴착	23.70	16.83	5.26		O.K
6단굴착	28.46	17.02	5.33		O.K
7단굴착	32.96	17.39	5.48		O.K
벽체타설	32.96	17.40	5.48		O.K
지하층 완료	32.96	17.28	5.43		O.K
MAX	**32.96**	**17.40**	**5.48**	**65.92**	**O.K**

표 6.34 지반 안정성 검토결과(우각부 3)

시공단계	굴착심도 (m)	수평변위(mm)			비 고
		X	Y	허용수평변위(mm) (0.002H)	
1단굴착	1.80	0.81	0.64	65.92	O.K
2단굴착	6.40	3.25	2.57		O.K
3단굴착	10.20	5.39	3.98		O.K
4단굴착	16.80	15.79	13.05		O.K
5단굴착	23.70	16.27	14.11		O.K
6단굴착	28.46	16.39	14.69		O.K
7단굴착	32.96	16.75	15.12		O.K
벽체타설	32.96	16.75	15.11		O.K
지하층 완료	32.96	16.68	14.89		O.K
MAX	**32.96**	**16.75**	**15.12**	**65.92**	**O.K**

표 6.35 지반 안정성 검토결과(우각부 4)

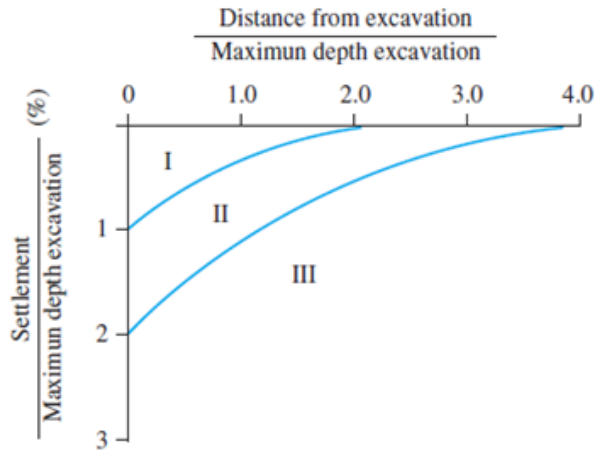
시공단계	굴착심도 (m)	수평변위(mm)			비 고
		X	Y	허용수평변위(mm) (0.002H)	
1단굴착	1.80	0.60	0.63	65.92	O.K
2단굴착	6.40	2.53	2.24		O.K
3단굴착	10.20	4.60	3.59		O.K
4단굴착	16.80	15.63	12.84		O.K
5단굴착	23.70	19.45	15.21		O.K
6단굴착	28.46	19.54	15.84		O.K
7단굴착	32.96	19.79	16.27		O.K
벽체타설	32.96	19.77	16.25		O.K
지하층 완료	32.96	19.72	16.11		O.K
MAX	**32.96**	**19.79**	**16.27**	**65.92**	**O.K**

6.2 경험식에 의한 지반안전성

6.2.1 평가방법

Peck(1969)의 곡선(침하도 이용)

• 현장 측정결과를 이용, 굴착심도에 따른 거리비로 침하량 분포를 제시



Zone I
• 사질토 및 연약~견고한 점성토 지반
• 시공능률이 보통

Zone II
a) 연약~매우 연약한 점성토 지반
• 굴착저면 아래로 제한된 깊이까지만 점성토 존재
• 굴착저면 아래로 상당한 깊이까지 점성토 존재

$\left(N_b = \frac{\gamma H}{c} < 5.14\right)$

b) 시공상 문제점으로 인해 침하가 발생

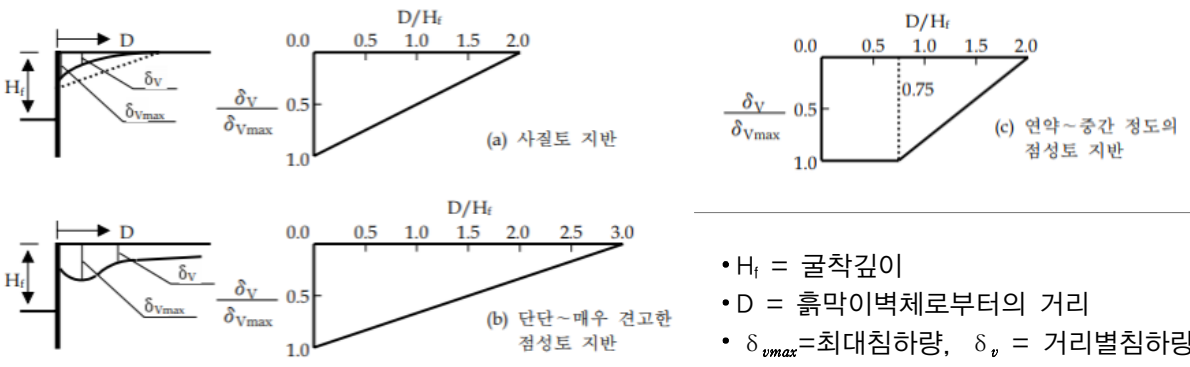
Zone III
• 굴착저면 아래로 상당한 깊이까지 매우 연약~연약한 점토층이 존재 ($N_s > 5.14$)

• 사업구간 지반조건은 매립층(자갈섞인 실트질 모래), 풍화암층(실트질 모래 및 암편) 순으로 Zone I 지역에 해당
• Zone I 지역에서 보수적 침하영향범위 : (굴착면으로부터의 거리 / 굴착깊이) = 2.0 제시

p.부록5-70 참조 : 지반의 침하, 이상덕, 씨아이알

Mana & Clough(1990)의 방법

• Mana & Clough(1990) 등은 굴착을 시행했을 경우 흙막이벽체 배면에서의 거리별 침하량을 지반조건별 현장 측정결과 및 유한요소법으로 구하여 제시



• H_f = 굴착깊이
• D = 흙막이벽체로부터의 거리
• δ_{vmax}=최대침하량, δ_v = 거리별침하량

p.부록5-71 참조 : 지반의 침하, 이상덕, 씨아이알

• Clough 등에서 제시한 지반조건은 모래지반, 연약내지 중간정도의 점토지반 및 굳은 점토지반으로 구분하며, 제시된 지반조건중 사업구간의 지반조건은 모래지반에 해당한다.

• Clough 곡선의 모래지반 조건에서 최대침하량은 [흙막이벽체로부터의 거리/굴착깊이]비 2.0에서 최대 침하량비 1.0을 제시하고 있으므로 안전측 평가를 위해 최대 침하량 조건의 흙막이 벽체로부터 거리를 굴착영향 거리로 적용하였다.

6.2.2 평가결과

- 인접 건축물 및 지하매설물에 대하여 경험식으로 변위를 예측해본 결과는 다음과 같으며, 변위 예측 시 굴착 깊이와 벽체와의 이격거리만을 고려하여 보수적인 변위량을 산정하였다.
- 경험식에 의한 검토결과는 단순 참고자료로 활용하고 인접구조물에 대해서는 2차원 수치해석과의 비교 검토를 수행하여 안정성을 검토하였다.

표 6.36 경험식에 의한 침하량 및 각변위 검토결과

구분		Peck			Mana & Clough			2차원 해석결과		
		최대 침하	부등 침하	각변위	최대 침하	부등 침하	각변위	최대 침하	부등 침하	각변위
A–L	S BUSINESS CENTER	55.05	55.05	1/894	16.52	16.52	1/2,980	2.84	0.57	1/86,333
		–			–			2.27		
	이수전기(주)	235.00	155.00	1/200	70.50	46.50	1/667	8.99	5.62	1/5,516
		80.00			24.00			3.37		
A–R	㈜아톰 A동	312.60	93.50	1/200	93.78	28.05	1/667	11.43	4.37	1/4,279
		219.10			65.73			7.06		
	㈜아톰 B동	159.15	55.85	1/200	47.75	16.76	1/667	4.04	1.63	1/6,853
		103.30			30.99			2.41		
	잔카드 드림타워 지식산업센터	78.30	78.30	1/566	23.49	23.49	1/1,886	1.61	0.64	1/69,219
		–			–			0.97		
B–L	대륭테크노타운 1차	188.10	188.10	1/230	56.43	56.43	1/765	8.31	7.93	1/5,444
		–			–			0.38		
	가산디지털2로	293.10	75.00	1/200	87.93	22.50	1/667	17.62	2.83	1/5,300
					218.10			14.79		
	전기선로–1	327.10	–	–	97.86	–	–	14.66	–	–
	가스관로–1	325.55	–	–	97.40	–	–	15.02	–	–
	통신선로–1	323.20	–	–	96.69	–	–	15.77	–	–
	상수관로–1	319.85	–	–	95.69	–	–	16.93	–	–
	상수관로–2	308.90	–	–	92.40	–	–	17.41	–	–
	상수관로–3	288.85	–	–	86.39	–	–	14.59	–	–
	우수관로–1	256.40	–	–	76.65	–	–	10.49	–	–
	가스관로–2	245.75	–	–	73.46	–	–	9.43	–	–
	전기선로–2	236.05	–	–	70.55	–	–	7.88	–	–
	통신선로–2	234.75	–	–	70.16	–	–	7.32	–	–
B–R	서부간선도로	308.95	150.00	1/200	95.24	46.24	1/649	9.09	6.48	1/4,630
		158.95			49.00			2.61		
	서부간선 지하차도	295.90	129.95	1/200	91.22	40.06	1/649	3.74	3.44	1/7,555
		165.95			51.16			0.30		
	옹벽	162.80	12.50	1/1,268	66.79	2.50	1/6,340	2.18	4.90	1/510
		150.30			64.29			2.72		
	전기선로–1	318.45	–	–	97.90	–	–	7.51	–	–
	우수관로–1	314.55	–	–	96.69	–	–	8.08	–	–
	전기선로–2	310.80	–	–	95.54	–	–	8.29	–	–
	상수관로–1	310.50	–	–	95.45	–	–	8.55	–	–

6.3.1 평가방법

☑ 평가개요

가시설 구조물 공법 및 해석 개요

- 해석프로그램 : SUNEX Ver. w7.53
- 굴착공법 : C.I.P로 구성된 가시설 구조물의 슬래브지지 역타공법 적용
- 하중조건
  - 고정하중 : 재료의 단위중량 적용
  - 교통하중 : 도로구간 12.70kN/㎡
  - 건물하중 : 최상층 16.0kN/㎡, 일반층 14.0kN/㎡, 1층 15.0kN/㎡, 지하층 30.0kN/㎡

- 허용응력의 증가계수
  - 가설구조물의 경우(신강재, 시공기간 2년미만) : 1.5
  - 재료의 장기사용 경우(구강재) : 0.9

- 사용강재

표 6.37 사용강재의 규격

구 분	규 격	비 고
C.I.P	∅600, C.T.C 600	연암층 상단 -1.0m까지 시공
SIDE PILE	H-350x350x12x19 (C.T.C 1.20m)	SM355
S.G.R 그라우팅	∅800, C.T.C 600	연암층 상단 -1.0m까지 시공

주) 시공자는 흙막이 가시설 시공을 위한 반입자재의 경우 설계도서 및 시방기준에 적합한 자재(신재)가 사용될 수 있도록 품질시험성적서 등을 자재 입고 전 제출하여 감리자 및 감독관의 승인을 득한 후 시공하여야 한다.

강재 허용응력

표 6.38 가설흙막이 설계기준(KDS 21 30 00 : 2020) (MPa)

종 류		SS275, SM275, SHP275(W)	SM355, SHP355W	비 고
축방향인장 (순단면)		240	315	$140\times1.5=210$ $190\times1.5=285$
축방향압축 (총단면)		$\frac{l}{r}\leq 20$일 경우 240	$\frac{l}{r}\leq 16$일 경우 315	$l(cm)$: 유효좌굴장 $r(cm)$: 단면2차반경
		$20<\frac{l}{r}\leq 90$일 경우 $240-1.5(\frac{l}{r}-20)$	$16<\frac{l}{r}\leq 80$일 경우 $315-2.2(\frac{l}{r}-16)$	
		$\frac{l}{r}\geq 90$일 경우 $\left[\frac{1,875,000}{6,000+\left(\frac{l}{r}\right)^2}\right]$	$\frac{l}{r}> 80$일 경우 $\left[\frac{1,900,000}{4,500+\left(\frac{l}{r}\right)^2}\right]$	
휨응력	인장연 (순단면)	240	315	
	압축연 (총단면)	$\frac{l}{\beta}\leq 4.5$: 240	$\frac{l}{\beta}\leq 4.0$: 315	l : 플랜지의 고정점간 거리 β : 압축플랜지 폭
		$4.5<\frac{l}{\beta}\leq 30$ $240-2.9\left(\frac{l}{r}-4.5\right)$	$4.0<\frac{l}{\beta}\leq 27$ $315-4.3\left(\frac{l}{r}-4.0\right)$	
전단응력(총단면)		135	180	
지압응력		360	465	강판과 강판
용접강도	공장	모재의 100%		
	현장	모재의 90%		

주) 1) 엄지말뚝으로 H형강을 사용할 경우에는 KD F 4603(SHP)의 적합한 제품을 사용한다.(참조, KCS 21 30 00)
2) 그 외 강재의 허용응력기준은 강교설계기준(허용응력설계법)을 참조한다(KDS 24 14 30, 2019
3) p.부록5-65 참조 : 가설흙막이 설계기준(KDS 21 30 00), 2020, 국토교통부

가설흙막이의 안전율

표 6.39 가설흙막이 설계기준(KDS 21 30 00 : 2020)

조건			안전율	비고
지반지지력			2.0	극한지지력에 대하여
활동			1.5	활동력(슬라이딩)에 대하여
전도			2.0	저항모멘트와 전도모멘트의 비
사면안정			1.1	1년 미만 단기안정성
근입깊이			1.2	수동 및 주동토압에 의한 모멘트 비
굴착저부의 안정	보일링	가설(단기)	1.5	사질토 대상 단기는 굴착시첨을 기준으로 2년 미만임
		영구(장기)	2.0	
	히빙		1.5	점성토
지반앵커	사용기간 2년 미만		1.5	인발저항에 대한 안전율
	사용기간 2년 이상		2.5	

p.부록5-65 참조 : 가설흙막이 설계기준(KDS 21 30 00), 2020, 국토교통부

※각 조건에 따라 설계시 적용하는 안전율은 발주처의 기준을 우선하되, 별도의 기준이 없을 경우 적용

☑ 흙막이 구조물 수평변위 관련 기준 검토

KCS 11 10 15 (2016, 국토교통부)

표 6.40 지중 수평변위계 최대 허용변위량 기준

흙막이 벽체 구분	벽체 종류	최대 허용변위량
강성 흙막이 벽체	**두께 60cm 이상인 콘크리트 연속벽**	**0.002H**
보통 흙막이 벽체	두께 40cm 정도인 콘크리트 연속벽	0.0025H
연성 흙막이 벽체	H-PILE과 흙막이판을 설치하는 흙막이 벽	0.003H

p.부록5-12 참조 : KCS 11 10 15(시공중 지반계측), 국토교통부

※흙막이벽의 강성, 굴착지반의 특성, 굴착심도, 지지구조 및 지하수에 대한 대책방법에 따라 흙막이벽의 변형정도를 고려하여 허용치를 결정

※최대 변위량은 흙막이벽의 강성 및 굴착심도(H)를 기준으로 설정하는 것이 바람직하며, 일반적인 최대 허용 변위량은 위 〈표 6.5〉을 참조

☑ 평가조건

설계지하수위

표 6.41 설계지하수위

구 분	지반고 (E.L(+)m)	굴착깊이 (m)	공내지하수위 (E.L(−)m)	설계지하수위 (E.L(+)m)	비 고
A–A 좌측	10.54	33.40	6.85	1.71	지하수위 상승고 5.14m을 적용하여 최고 상승 수위를 전체 검토단면에 적용.
A–A 우측	10.10	32.96	7.85	2.71	
B–B 좌측	10.45	33.31	6.53	1.39	
B–B 우측	10.35	34.23	7.35	2.21	

적용지반정수

표 6.42 적용지반정수

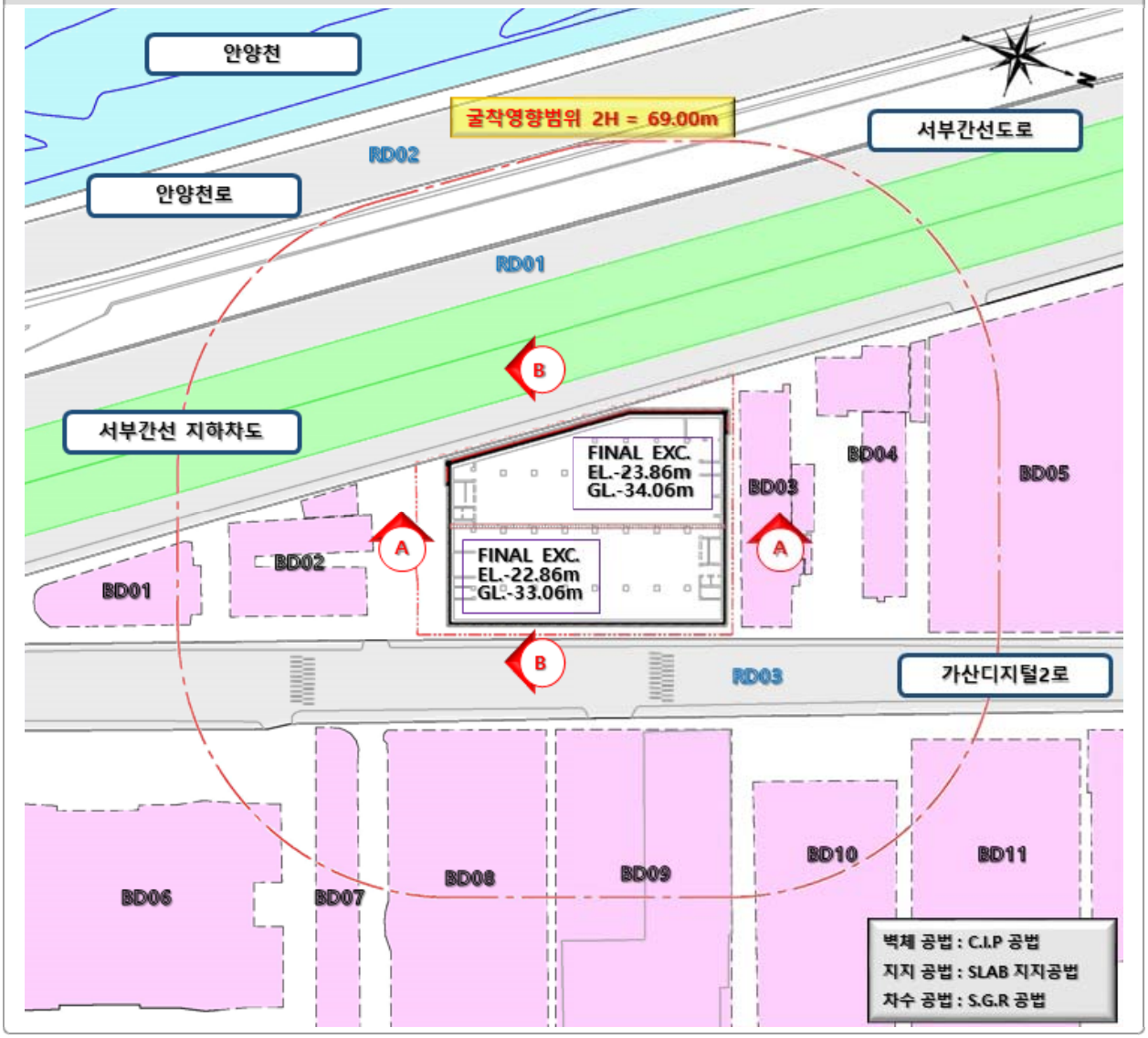
지 층	단위중량 (kN/㎥)	점착력 (kPa)	마찰각 (°)	수평지반 반력계수 (kN/㎥)
매립층	18.0	**18.0***	**27.0***	18,000
퇴적층(점토)	17.0	24.0	0.0	11,000
퇴적층(모래)	18.0	**22.0***	**24.0***	25,000
풍화토(N<30)	19.0	**16.0***	**26.0***	23,000
풍화토(N≥30)	19.0	20.0	28.0	30,000
풍화암	20.0	**30.0***	**31.0***	33,000
기반암(연암)	**26.0***	130.0	33.0	58,000

* “1차_금천구 가산동 345-48번지 지식산업센터 신축개발사업부지 지반조사보고서” 및 “2차_가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사보고서” 시험값 적용

6.3.2 평가 결과

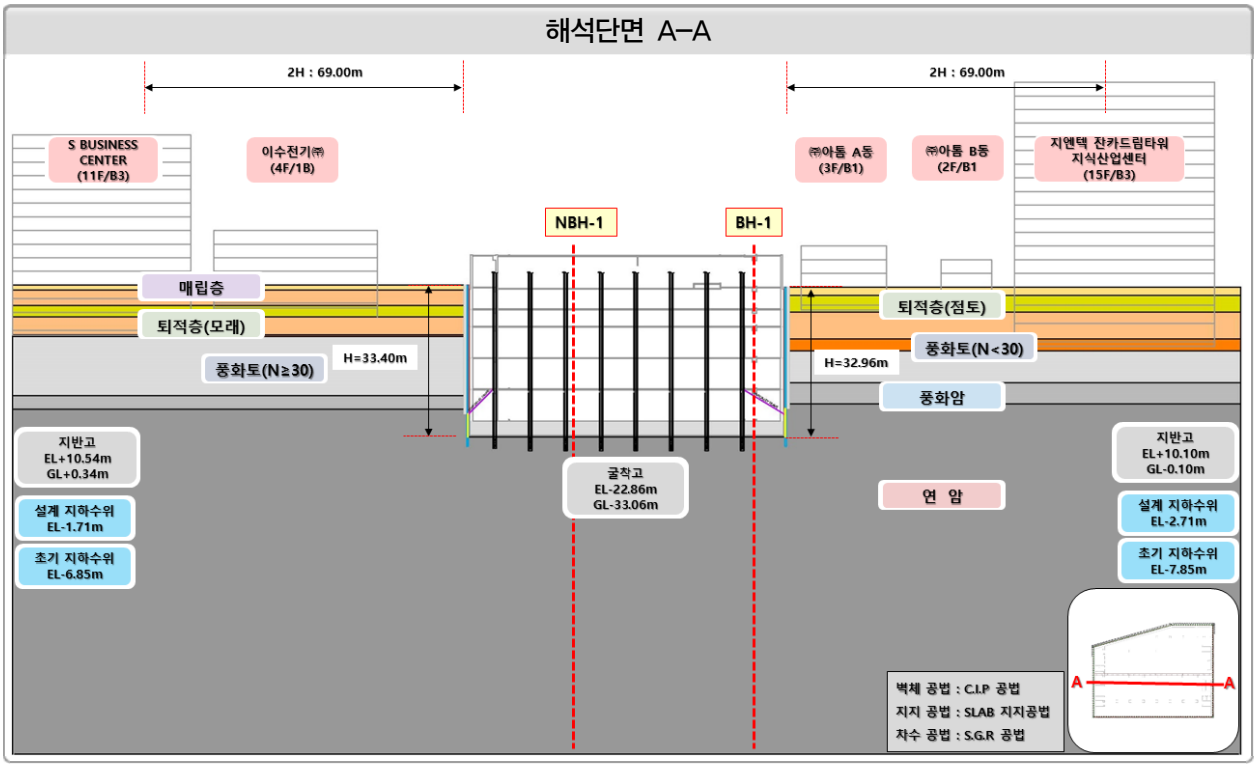
☑ 단면별 구조검토

해석 단면 위치도



단면 A-A

해석단면 A-A



적용하중(kN/m²)

- 좌측
  - –. S-BUSINESS CENTER(11F/B3) = 247.0kN/㎡
    - → 지하3층(30.0kN/㎡×3층)
      - + 지상1층(15.0kN/㎡)
      - + 지상층(2~10층 14.0kN/㎡×8층)
      - + 최상층(16.0kN/㎡)
  - –. 이수전기(주)(4F/B1) = 103.0kN/㎡
    - → 지하1층(30.0kN/㎡×1층)
      - + 지상1층(15.0kN/㎡)
      - + 지상층(2~3층 14.0kN/㎡×2층)
      - + 최상층(16.0kN/㎡)
- 우측
  - –. ㈜아톰 A동(3F/B1) = 75.0kN/㎡
    - → 지하1층(30.0kN/㎡×1층)
      - + 지상1층(15.0kN/㎡)
      - + 지상층(2층 14.0kN/㎡×1층)
      - + 최상층(16.0kN/㎡)
  - –. ㈜아톰 B동(2F/B1) = 61.0kN/㎡
    - → 지하1층(30.0kN/㎡×1층)
      - + 지상1층(15.0kN/㎡)
      - + 최상층(16.0kN/㎡)
  - –. 지엔텍 잔카드림타워 지식산업센터(15F/B3) = 117.0kN/㎡
    - → 지하1층(30.0kN/㎡×3층)
      - + 지상1층(15.0kN/㎡)
      - + 지상층(2~14층 14.0kN/㎡×13층)
      - + 최상층(16.0kN/㎡)

표 6.43 C.I.P 검토 결과

구 분	C.I.P 검토							
	휨모멘트 (kN · m)		발생치/허용치	전단력 (kN)		발생치/허용치	압축력(kN)		발생치/허용치	안전성 평가
좌측	903.3	< 1,331.3	67.9%	528.4	< 1,241.3	42.6%	357.6	< 1,319.5	27.1%	O.K
우측	843.4	< 1,331.3	63.4%	501.7	< 1,241.3	40.4%	345.8	< 1,319.5	26.2%	O.K

표 6.44 SIDE PILE 응력 검토 결과

구 분	SIDE PILE 검토						
	휨응력 (MPa)	발생치 /허용치	전단응력 (MPa)	발생치 /허용치	압축응력(MPa)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	220.02 〈 270.77	81.3%	128.50 〈 180.00	71.4%	24.68 〈 225.75	10.9%	O.K
우측	235.65 〈 270.77	87.0%	88.19 〈 180.00	49.0%	23.86 〈 225.75	10.6%	O.K

표 6.45 역 RAKER 응력 검토 결과

구 분	역 RAKER 검토						
	휨응력 (MPa)	발생치 /허용치	전단응력 (MPa)	발생치 /허용치	압축응력(MPa)	발생치 /허용치	안전성 평가
좌측	2.60 〈 262.50	1.0%	1.10 〈 180.00	0.6%	31.70 〈 211.40	15.0%	O.K
우측	2.60 〈 262.50	1.0%	1.10 〈 180.00	0.6%	19.40 〈 211.40	9.2%	O.K

표 6.46 측면말뚝 근입장 검토

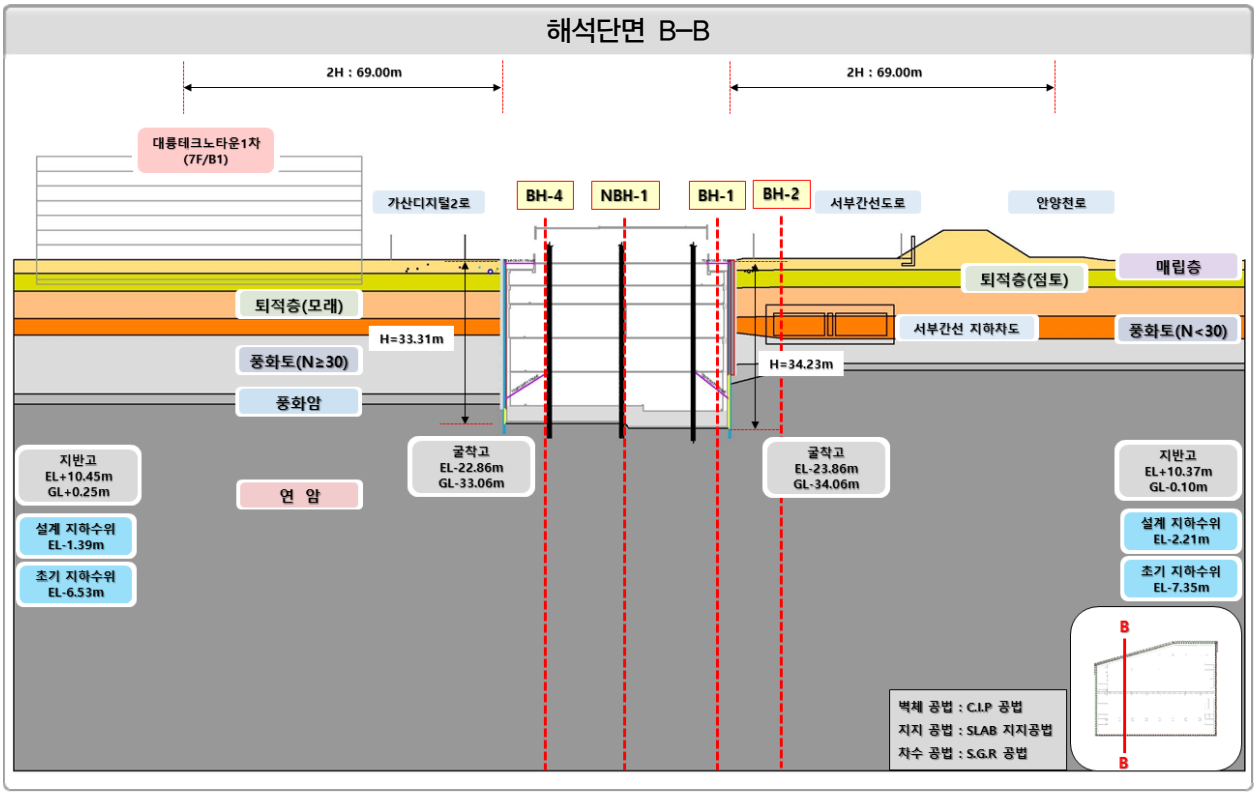
구 분		근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN/m^2)	수동토압 모멘트 (kN/m^2)	근입부 안전율	적용 안전율	안정성 평가
최종 굴착단계	A–L	2.0	1,336.8	8,004.5	5.99	1.2	O.K
	A–R	2.0	1,154.0	8,004.5	6.94	1.2	O.K

표 6.47 흙막이벽체 수평변위 결과

시공단계	A–L				A–R				판정	비고
	굴착깊이 (m)	발생변위 (mm)	허용변위 (mm)	안전율	굴착깊이 (m)	발생변위 (mm)	허용변위 (mm)	안전율		
1단굴착	2.24	2.21	66.80	3.32%	1.80	1.95	65.92	2.96%	O.K	0.0020H
2단굴착	6.84	3.83		5.74%	6.40	3.50		5.32%	O.K	
3단굴착	10.64	5.16		7.73%	10.20	4.39		6.66%	O.K	
4단굴착	17.24	14.68		21.97%	16.80	16.35		24.80%	O.K	
5단굴착	24.14	41.68		62.40%	23.70	37.31		56.60%	O.K	
6단굴착	28.90	41.43		62.02%	28.46	34.77		52.74%	O.K	
7단굴착	33.40	40.23		60.22%	32.96	33.97		51.54%	O.K	
슬라브 및 벽체 타설	33.40	40.23		60.22%	32.96	33.97		51.54%	O.K	
역 RAKER 해체	33.40	40.19		60.16%	32.96	33.97		51.51%	O.K	
MAX	33.40	41.68	66.80	62.40%	32.96	37.31	65.92	56.60%	O.K	–

단면 B–B

해석단면 B–B



적용하중(kN/m²)	
• 좌측 –. 대륭테크노타운 1차(7F/B1) = 131.0kN/㎡ → 지하2층(30.0kN/㎡×1층) + 지상1층(15.0kN/㎡) + 지상층(2~6층 14.0kN/㎡×5층) + 최상층(16.0kN/㎡) –. 가산디지털2로 = 12.7 kN/㎡	• 우측 –. 서부간선도로 = 12.7 kN/㎡ –. 서부간선 지하차도 = 12.7 kN/㎡

표 6.48 C.I.P 검토 결과

구 분	C.I.P 검토						
	휨모멘트 (kN · m)	발생치/허용치	전단력 (kN)	발생치/허용치	압축력(kN)	발생치/허용치	안전성 평가
좌측	1,032.7 〈 1,331.3	77.6%	623.3 〈 1,241.3	50.2%	384.8 〈 1,319.5	29.2%	O.K
우측	617.2 〈 1,331.3	46.4%	391.9 〈 1,241.3	31.6%	308.5 〈 1,319.5	23.4%	O.K

표 6.49 SIDE PILE 응력 검토 결과

구 분	SIDE PILE 검토							
	휨응력 (MPa)	발생치 /허용치	전단응력 (MPa)	발생치 /허용치	압축응력(MPa)	발생치 /허용치	안전성 평가	
좌측	226.70 〈 295.34	76.8%	61.81 〈 180.00	34.3%	21.51 〈 275.53	7.8%	O.K	
우측	106.55 〈 242.51	43.9%	89.66 〈 180.00	49.8%	21.29 〈 167.90	12.7%	O.K	

표 6.50 역 RAKER 응력 검토 결과

구 분	역 RAKER 검토							
	휨응력 (MPa)	발생치 /허용치	전단응력 (MPa)	발생치 /허용치	압축응력(MPa)	발생치 /허용치	안전성 평가	
좌측	2.60 〈 262.50	1.0%	1.10 〈 180.00	0.6%	49.30 〈 211.40	23.3%	O.K	
우측	2.60 〈 262.50	1.0%	1.10 〈 180.00	0.6%	11.60 〈 211.40	5.5%	O.K	

표 6.51 측면말뚝 근입장 검토

구 분		근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN/m^2)	수동토압 모멘트 (kN/m^2)	근입부 안전율	적용 안전율	안정성 평가
최종 굴착단계	B-L	2.0	1,843.9	8,004.5	4.34	1.2	O.K
	B-R	2.0	740.0	8,673.0	11.72	1.2	O.K

표 6.52 흙막이벽체 수평변위 결과

시공단계	B-L				B-R				판정	비고
	굴착깊이 (m)	발생변위 (mm)	허용변위 (mm)	안전율	굴착깊이 (m)	발생변위 (mm)	허용변위 (mm)	안전율		
1단굴착	3.55	5.81	66.62	8.72%	3.47	5.44	68.46	7.95%	O.K	0.002H
2단굴착	6.75	4.56		6.84%	6.67	4.18		6.11%	O.K	
3단굴착	10.55	4.78		7.18%	10.47	4.22		6.17%	O.K	
4단굴착	17.15	19.57		29.38%	17.17	18.04		26.355	O.K	
5단굴착	24.05	55.01		82.58%	23.97	28.48		41.61%	O.K	
6단굴착	28.81	55.53		83.35%	28.73	25.14		36.73%	O.K	
7단굴착	33.31	53.79		80.74%	34.23	25.50		37.25%	O.K	
슬라브 및 벽체 타설	33.31	53.79		80.74%	34.23	25.50		37.25%	O.K	
역 RAKER 해체	33.31	53.74		80.67%	34.23	25.50		37.25%	O.K	
MAX	33.31	55.53	66.62	83.35%	34.23	28.48	68.46	37.25%	O.K	–

☑ 굴착저면 안전검토

- 굴착저면 안전은 최소 근입깊이의 확보여부와 히빙 및 파이핑의 발생가능성에 대하여 검토를 수행하여야 하며 굴착저면 또는 흙막이 벽체가 근입된 지층이 풍화암 이상의 단단한 지반으로 구성되어 있는 경우에는 히빙과 보일링에 대한 검토를 생략할 수 있다.
- 벽체의 근입깊이는 안전성 검토시 안전율은 1.2 이상이 되어야 하며 히빙이나 파이핑에 대하여도 안전한 깊이로 설치하여야 한다.

조 건			안전율	비 고
근입깊이			1.2	수동 및 주동토압에 의한 모멘트 비
굴착저부의 안전	보일링	가설 (단기)	1.5	사질토 대상 단기는 굴착시점을 기준으로 2년 미만임
		영구 (장기)	2.0	
	히빙		1.5	점성토

- **대상 사업지의 굴착저면은 연암의 단단한 지반으로 구성되어 있어 히빙과 보일링에 대한 안정성 검토를 생략하였다.**

6.4 종합 검토 결과

6.4.1 지반안정성 검토 결과

☑ 지반안전성 검토

표 6.53 흙막이벽체 수평변위 결과 요약

구 분			굴착깊이 (m)	발생변위 (mm)	허용변위 (mm)	비고 (발생/허용)	판정
A–A 단면	유한요소 해석	좌측	33.40	23.74	66.80	35.54%	O.K
		우측	32.96	31.84	65.92	48.30%	O.K
	탄소성 해석	좌측	33.40	41.68	66.80	62.40%	O.K
		우측	32.96	37.31	65.92	56.60%	O.K
B–B 단면	유한요소 해석	좌측	33.31	34.21	66.62	51.35%	O.K
		우측	34.23	31.74	68.46	46.36%	O.K
	탄소성 해석	좌측	33.31	55.53	66.62	83.35%	O.K
		우측	34.23	28.48	68.46	41.60%	O.K

표 6.54 C.I.P 검토 결과 요약

구 분			휨모멘트 (kN · m)			전단력 (kN)			압축력(kN)			판정
			발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
A–A 단면	유한요소 해석	좌측	222.08	1,331.3	16.68%	210.69	1,241.3	16.97%	609.35	1,319.5	46.18%	O.K
		우측	205.72	1,331.3	15.45%	210.58	1,241.3	16.96%	627.24	1,319.5	47.54%	O.K
	탄소성 해석	좌측	903.3	1,331.3	67.85%	528.4	1,241.3	42.57%	357.6	1,319.5	27.10%	O.K
		우측	843.4	1,331.3	63.35%	501.7	1,241.3	40.42%	345.8	1,319.5	26.21%	O.K
B–B 단면	유한요소 해석	좌측	277.03	1,331.3	20.81%	306.22	1,241.3	24.67%	625.44	1,319.5	47.40%	O.K
		우측	234.12	1,331.3	17.59%	197.49	1,241.3	15.91%	554.58	1,319.5	42.03%	O.K
	탄소성 해석	좌측	1,032.7	1,331.3	77.57%	623.3	1,241.3	50.21%	384.8	1,319.5	29.16%	O.K
		우측	617.2	1,331.3	46.36%	391.9	1,241.3	31.57%	308.5	1,319.5	23.38%	O.K

표 6.55 흙막이벽체 H-PILE 검토 결과 요약

구 분			휨응력 (MPa)			전단응력 (MPa)			압축응력 (MPa)			판정
			발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
A-A 단면	유한요소 해석	좌측	100.71	270.77	37.19%	18.98	180.00	10.54%	68.91	225.75	30.52%	O.K
		우측	127.32	270.77	47.02%	21.03	180.00	11.68%	76.40	225.75	33.84%	O.K
	탄소성 해석	좌측	220.02	270.77	81.26%	128.50	180.00	71.39%	24.68	225.75	10.93%	O.K
		우측	235.65	270.77	87.03%	88.19	180.00	48.99%	23.86	225.75	10.57%	O.K
B-B 단면	유한요소 해석	좌측	122.05	295.34	41.33%	20.88	180.00	11.60%	90.87	275.53	32.98%	O.K
		우측	77.29	242.51	31.87%	21.31	180.00	11.84%	56.33	167.90	33.55%	O.K
	탄소성 해석	좌측	226.70	295.34	76.76%	61.81	180.00	34.34%	21.51	275.53	7.81%	O.K
		우측	106.55	242.51	43.94%	89.66	180.00	49.81%	21.29	167.90	12.68%	O.K

표 6.56 가설 지보재 역 RAKER 검토 결과 요약

구 분			휨응력 (MPa)			전단응력 (MPa)			압축응력 (MPa)			판정
			발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
A-A 단면	유한요소 해석	좌측	37.47	262.50	14.27%	2.07	180.00	1.15%	28.32	211.40	13.40%	O.K
		우측	26.33	262.50	10.03%	2.05	180.00	1.14%	20.07	211.40	9.49%	O.K
	탄소성 해석	좌측	2.60	262.50	0.99%	1.10	180.00	0.61%	31.70	211.40	15.00%	O.K
		우측	2.60	262.50	0.99%	1.10	180.00	0.61%	19.40	211.40	9.18%	O.K
B-B 단면	유한요소 해석	좌측	52.84	262.50	20.13%	2.81	180.00	1.56%	45.86	211.40	21.69%	O.K
		우측	35.47	262.50	13.51%	1.51	180.00	0.84%	30.42	211.40	14.39%	O.K
	탄소성 해석	좌측	2.60	262.50	0.99%	1.10	180.00	0.61%	49.30	211.40	23.32%	O.K
		우측	2.60	262.50	0.99%	1.10	180.00	0.61%	11.60	211.40	5.49%	O.K

표 6.57 인접건물 및 구조물 침하량 검토 결과

구 분		연직변위 (mm)		폭 (m)	부등 침하량 (mm)	허용 침하량 (mm)	각변위			비고
		근단	원단							
A–L	S BUSINESS CENTER	2.84	2.27	49.21	0.57	25.00	1/86,333	〈	1/500	O.K
	이수전기(주)	8.99	3.37	31.00	5.62	25.00	1/5,516	〈	1/500	O.K
A–R	㈜아톰 A동	11.43	7.06	18.70	4.37	25.00	1/4,279	〈	1/500	O.K
	㈜아톰 B동	4.04	2.41	11.17	1.63	25.00	1/6,853	〈	1/500	O.K
	잔카드 드림타워 지식산업센터	1.61	0.97	44.30	0.64	25.00	1/69,219	〈	1/500	O.K
B–L	대륭테크노타운 1차	8.31	0.38	43.17	7.93	25.00	1/5,444	〈	1/500	O.K
B–R	서부간선 지하차도	3.74	0.30	25.99	3.44	25.00	1/7,555	〈	1/500	O.K
	옹벽	2.18	2.72	2.5	4.90	25.00	1/510	〈	1/500	O.K

표 6.58 지하매설물 침하량 검토 결과

구 분		침하량 (mm)			비고	구 분	침하량 (mm)			비고
B–L	전기선로–1	14.66	〈	25.00	O.K	상수관로–3	14.59	〈	25.00	O.K
	가스관로–1	15.02	〈	25.00	O.K	우수관로–1	10.49	〈	25.00	O.K
	통신선로–1	15.77	〈	25.00	O.K	가스관로–2	9.43	〈	25.00	O.K
	상수관로–1	16.93	〈	25.00	O.K	전기선로–2	7.88	〈	25.00	O.K
	상수관로–2	17.41	〈	25.00	O.K	통신선로–2	7.32	〈	25.00	O.K
B–R	전기선로–1	7.51	〈	25.00	O.K	전기선로–2	8.29	〈	25.00	O.K
	우수관로–1	8.08	〈	25.00	O.K	상수관로–1	8.55	〈	25.00	O.K

표 6.59 인접도로 침하량 검토 결과

구 분		연직변위 (mm)		폭 (m)	부등 침하량 (mm)	허용 침하량 (mm)	각변위			비고
		근단	원단							
B–L	가산디지털2로	17.62	14.79	15.00	2.83	25.00	1/5,300	〈	1/500	O.K
B–R	서부간선도로	9.09	2.61	30.00	6.48	25.00	1/4,630	〈	1/500	O.K

표 6.60 측면말뚝 근입장 검토 결과

구 분		근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN/m^2)	수동토압 모멘트 (kN/m^2)	근입부 안전율	적용 안전율	안정성 평가
최종 굴착단계	A–L	2.0	1,336.8	8,004.5	5.99	1.2	O.K
	A–R	2.0	1,154.0	8,004.5	6.94	1.2	O.K
	B–L	2.0	1,843.9	8,004.5	4.34	1.2	O.K
	B–R	2.0	740.0	8,673.0	11.72	1.2	O.K

6.4 종합 검토 결과

☑ 3차원 지반안전성 검토

표 6.61 흙막이벽체 수평변위 결과 요약

구 분	수평변위(mm)		연직변위(mm)		비 고
	X	Y	침하량	허용치	
검토결과	22.25	16.27	-9.92	25.00	O.K

표 6.62 흙막이 벽체 부재력 검토결과

구 분	모멘트 (kN · m)			전단력 (kN)			축력 (kN)			안정성 평가
	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
C.I.P	361.72	1,331.3	27.17%	775.25	1,241.3	62.45%	819.32	1,319.5	62.09%	O.K

표 6.63 3차원 흙막이 벽체 검토결과(H-PILE)

시공단계	전체 벽체							비 고
	부재력			수평변위				
	모멘트 (kN · m)	전단력 (kN)	축력 (kN)	X변위 (mm)	Y변위 (mm)	굴착심도 (m)	허용수평변위 (0.0020H) (mm)	
검토결과	361.72	775.25	819.32	22.25	16.27	32.96	65.92	O.K

표 6.64 흙막이 벽체 부재력 검토결과

구 분	휨응력 (MPa)			전단응력 (MPa)			압축응력 (MPa)			안정성 평가
	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
H-PILE	71.93	270.77	26.56%	39.15	180.00	21.75%	94.98	225.75	42.07%	O.K

표 6.65 가설 지보재 역 RAKER 부재력 검토결과

구 분	휨응력 (MPa)			전단응력 (MPa)			압축응력 (MPa)			안정성 평가
	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
역 RAKER	59.14	262.50	22.53%	17.34	180.00	9.63%	52.03	211.40	24.61%	O.K

표 6.66 3차원 인접구조물 안정성 검토 결과

구분	건물명	침하량(mm)		허용침하	부등침하 검토		안전성 평가
		최대	최소		각변위	허용	
BD01	S비지니스센터	1.516	1.413	25mm	1/390,140	1/500	O.K
BD02	일진피앤에스	6.935	1.890	25mm	1/8,366	1/500	O.K
BD03	아톰 A동	7.900	4.647	25mm	1/15,374	1/500	O.K

6.4 종합 검토 결과

구분	건물명	침하량(mm)		허용침하	부등침하 검토		안전성 평가
		최대	최소		각변위	허용	
BD04	아톰 B동	5.383	1.635	25mm	1/17,954	1/500	O.K
BD05	지엔텍 신축공사 현장	2.318	1.449	25mm	1/116,205	1/500	O.K
BD06	대륭테크노타운 12차	1.024	0.349	25mm	1/80,262	1/500	O.K
BD07	대륭테크노타운 1차	2.213	1.642	25mm	1/126,179	1/500	O.K
BD08	대륭테크노타운 1차	3.826	2.493	25mm	1/47,487	1/500	O.K
BD09	아르센타워 공사현장	3.887	3.258	25mm	1/137,560	1/500	O.K
BD10	르노삼성자동차 서부사업소	2.533	1.639	25mm	1/40,703	1/500	O.K
BD11	G밸리 더리브 신축공사 현장	1.552	0.492	25mm	1/78,528	1/500	O.K
BD12	서부간선 지하도로	2.742	0.289	25mm	1/66,850	1/500	O.K
RD01	서부간선도로	4.236	–	25mm	–	–	O.K
RD02	안양천로	2.095	–	25mm	–	–	O.K
RD03	가산디지털2로	9.640	–	25mm	–	–	O.K
관로1	상수관로	9.061	–	25mm	–	–	O.K
관로2	우수관로	7.323	–	25mm	–	–	O.K
관로3	가스관로	7.194	–	25mm	–	–	O.K
관로4	전기선로	7.223	–	25mm	–	–	O.K
관로5	통신선로	7.582	–	25mm	–	–	O.K

표 6.67 지반 안정성 검토결과

구 분	굴착심도 (m)	수평변위(mm)			비 고
		X	Y	허용수평변위(mm) (0.002H)	
우각부 1	32.96	22.25	15.39	65.92	O.K
우각부 2	32.96	17.40	5.48	65.92	O.K
우각부 3	32.96	16.75	15.12	65.92	O.K
우각부 4	32.96	19.79	16.27	65.92	O.K

6.4.2 평가 결과

- 가시설 구조물 및 주변 시설물에 대한 안전성 평가 결과 모든 검토단면에서 안전성을 확보하는 것으로 나타났다.
- 탄소성 해석과 유한요소해석결과 흙막이 벽체 적용에 따른 벽체공법의 강성과 지보공법의 강성차이로 인해 발생응력 결과 값이 다소 상이하게 도출된 것으로 판단되나 두 해석 모두 허용치 이내로 확인되어 흙막이 지지체의 안정성은 확보된 것으로 판단된다.
- 3차원 유한요소해석을 수행하였으며, 우각부 검토 결과 흙막이 벽체의 안정성은 확보되는 것으로 판단되며, 인접구조물의 침하 안정성 검토결과 안정성은 확보되는 것으로 판단된다.
- 평가 결과는 지반조사 결과의 지층 조건을 토대로 지반조사결과 및 문헌자료를 참고하여 결정한 물성치를 이용하여 해석되었으며, 실제 지반 및 현장 조건과 상이 할 수 있으므로 공사 중 지층조건이 지반조사결과와 상이하거나, 설계시 조건과 변동이 있는 경우 재검토해야 한다.
- 굴착단계 중 변위량이 급증하는 구간은 없지만 굴착단계가 진행될수록 점진적으로 증가하는 경향을 보이고 있으므로, 철저한 계측관리를 하여 변위 또는 응력이 급진적으로 증가시 공사를 중지하고 원인파악 및 조치를 취한 후 공사재개를 해야한다.
- 실시공시 지하수 및 지반거동이 지하안전영형평가 결과와 상이할 경우 본 보고서의 지하안전확보방안 및 기타 관련 문헌을 참고하고, 현장 경험이 많은 현장책임자의 관리감독하에 적절한 조치를 취하여 안전한 시공이 이루어질 수 있도록 적극적으로 대처해야 한다.

PART
07

지하안전확보방안 수립

7.1 계측계획

7.2 지반침하 취약구간 보강 및 차수방안

7.3 현장 안전관리 방안

7.1.1 계측기 설치계획

☑ 계측계획 수립 시 고려사항

- 계측책임자는 계측착수 전에 설계 시 작성된 계획을 검토하고 현장여건을 반영하여 상세한 계측수행 및 분석계획, 유지관리용 계측기기의 초기치 설정 및 보호 등에 대한 계획을 작성하여 공사감리원 또는 공사감독자의 승인을 얻어야 한다.
- 흙막이 구조물에서 계측항목은 굴착현장의 영향 범위 내의 구조물과 인접 구조물의 기초 및 건물의 상태 등을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.
- 또한, 계측계획 수립 시 굴착현장의 지반특성, 주변 현황(인접구조물, 지장물, 중요도), 구조물 계획 등을 고려하여 공사 중과 운영 중에 지하안전 확보에 문제가 없도록 하여야 한다.
- 시공 시 밀착관리를 통한 품질확보 및 주기적인 계측관리를 수행해야 한다.
- 터파기 구간 계측계획 수립 시 중점검토사항과 활용 장비는 다음과 같다.

표 7.1 터파기 구간 계측계획 수립 시 중점검토사항

중점 검토 사항	활용 장비	비 고
지반침하 및 건물 침하에 대한 안전성 확보	지표침하계 건물경사계	
단계별 굴착에 따른 지하수위 거동 및 수리특성 파악	지하수위계	
건물 상태조사 결과를 반영한 굴착 영향 범위내의 인접구조물 관리대책 수립	균열측정계	
BOX, 상 · 하수관로 등 주요지장물의 관리대책 수립 및 안전성 파악	지표침하계	
암발파굴착 소음에 의한 장애, 진동에 의한 인접구조물의 영향 검토 및 관리대책 수립	소음계 진동계	
흙막이 벽체변위에 따른 인접구조물 관리대책 및 안전성 확보	지중수평변위계	
버팀보의 허용축력 및 허용변위 초과시 주변지반 및 인접구조물 관리대책수립	변형율계	
체계적인 계측관리 시스템 구축과 위험 가능성 등을 사전에 파악	계측 시스템 전체	
지하차도 구조물에 설치하여 구조물의 변형상태 확인하여 안전성 확보	E.L Beam Sensor	자동화계측
지하차도 구조물에 소음 · 진동으로 구조물 변상과 운행중인 지하차도에 위해한 영향이 미칠 수 있으므로 민원을 예방하고 안정성을 확보	진동측정계	자동화계측
지하차도 구조물에 설치하여 구조물의 균열 및 변형상태를 확인하여 안전성 확보	균열측정계	자동화계측

☑ 계측기 설치 간격

- 본 과업 수행 시 지하안전 확보를 위해 기존 계측관리 요령(서울지하철 계측관리요령 개선, 2015.6, 서울특별시 도시기반시설본부)을 검토하여, 본 현장의 주요 계측 항목, 위치, 측정빈도 등을 결정하기

위한 기초자료로 사용하였다.

- 지반조사 및 구조계산결과를 바탕으로 지반의 불확실성을 고려하여 굴착공사를 진행함에 따라 계측기 설치간격은 되도록 좁혀서 적용하여 시공 중 안전을 확보하여야 한다. 필요시 현장 조건을 고려하여 계측항목을 추가하여 아래의 계측간격에 따라 계측관리를 실시하도록 한다.

표 7.2 계측기 설치간격

구분	기존		변경		기존 간격 대비 결과	비고
	최소(m)	최대(m)	최소(m)	최대(m)		
지중경사계	30	50	0	50	최소 간격에 대한 내용을 삭제하여 배치간격을 강화함.	
지표침하계	30	50	0	50		
건물경사계	–	–	–	–		
응력계	30	50	0	50		
하중계	30	50	0	50		
지하수위계	30	50	0	50		
건물균열계	–	–	–	–		
전단면내공변위계	–	–	–	–		
진동 · 소음측정계	–	–	–	–		

주1) 건물경사계/건물균열계/전단면내공변위계/진동측정계는 현장여건에 따라 굴착영향거리 이내의 구조물에 배치하도록 한다.

주2) 굴착면의 한 변이 60m이내인 경우는 변의 중앙 또는 대표단면에 우선 설치한다.(정거장, 환기구 등)

주3) 응력계, 하중계는 주요 구조물에 근접한 흙막이 벽체에 배치하되 지층이 변화하는 위치의 지보공에 각각 설치한다.

주4) 현장 여건에 따라 배치 간격을 감독자와 협의 후 조정이 가능함.

주5) 굴착공사 연장이 최소간격 이하의 경우 1개소 이상 반드시 단면을 설치하도록 하며, 추가 설치시 위의 간격을 고려하여 배치함.

주6) 계측기 배치가 표시된 도면에는 계측단면 간격, 단면 위치(예 : STA.OOKmOOO), 단면번호(식별번호), 계측기번호를 표시하여야 한다. 또한 계측기 설치위치를 색(Pile 색깔 표시 방법)으로 표시하여 작업자에 의한 파손을 방지하고 계측기 위치를 손쉽게 확인할 수 있어야 한다.

주7) 지하매설물 침하관측점은 현장 조사한 후 곡관부, 연결 조인트 등의 단면 변화부를 선정하여 침하 및 변형 측정을 실시하도록 한다.

☑ 계측기 설치시기

• 인접한 구조물과 흙막이 벽체 안정성을 고려한 계측기 설치시기는 다음과 같다.

① 주요 구조물이 있는 경우(민원관리 중점)의 설치시기

구 분	계측기 설치시기
지중경사계	주변 구조물의 기초깊이가 토사층에 존재할 경우 : 엄지말뚝 천공작업 이전
	주변구조물의 기초깊이가 풍화암 이하의 암반층에 존재할 경우 : 지반보강 그라우팅 실시 후 또는 엄지말뚝 천공작업 이후
건물경사계	지층구성과 무관하게 엄지말뚝 천공작업 이전
지표침하계	지층구성과 무관하게 엄지말뚝 천공작업 이전
지하수위계	지층구성과 무관하게 지반보강 그라우팅 실시 후 (지반보강 그라우팅 이전에 설치시 수위계 Filter 막힘)

② 가시설벽체의 안정성을 중점으로 한 설치시기

구 분	계측기 설치시기
지중경사계	지반보강 그라우팅 실시후 또는 엄지말뚝 천공작업 이후
건물경사계	지층구성과 무관하게 엄지말뚝 천공작업 이전
지표침하계	지층구성과 무관하게 엄지말뚝 천공작업 이전
지하수위계	지층구성과 무관하게 지반보강 그라우팅 실시 후 (지반보강 그라우팅 이전에 설치시 수위계 Filter 막힘)

③ 굴착진행에 따른 지보공(버팀보, 어스앵커 등) 계측기

구 분	계측기 설치시기
응력계	지보공 거치 후 Screw jack, Jacking 이전
하중계	버팀보 : 지보공 거치 후 Screw Jack 설치 시 어스앵커 : 어스앵커 인장 시

☑ 계측관리 빈도(서울지하철 계측관리요령 개선안, 2015)

- 굴착지반의 거동은 일일 굴토량과 작업 기계, 기상(우천) 등에 영향을 받으므로 데이터의 변화 속도와 안정성 여부의 관련성을 충분히 고려하여 적정한 측정빈도를 설정해야 한다.
- 데이터의 변화하는 속도가 빠른 계측항목은 빈도를 높여야 하며 반대로 장시간에 걸쳐 서서히 변화하는 항목은 낮은 빈도로도 충분하다. 데이터의 변화 속도는 계측시기, 계측 항목, 측정위치 등에 따라 다르다.
- 안전과의 관련이 직접적인 계측항목과 간접적인 계측항목으로 분류되는데(예를 들면 전자는 응력, 후자는 하중) 직접적인 것일수록 빈도를 높일 필요가 있다.
- 각 계측항목은 상호관련의 비교검토가 필요하므로 관련 항목은 동일시기에 계측을 실시하도록 하고 그 중 빈도가 높은 것은 별도로 계측한다.

표 7.3 계측관리 빈도(서울지하철 계측관리요령 개선안, 2015.05)

계측항목	변경		비 고
	측정시기	측정빈도	
지중경사계	그라우팅 완료 후 4일 공사진행 중 공사완료 후*	1회/일(3일간) 2회/주 1회/주(1개월까지)	초기치 선정 1~6개월(월 1회)
지표침하계 /지하매설물 침하계	설치 후 1일 경과 후 공사진행 중 공사완료 후*	1회/일(3일간) 2회/주 1회/주(1개월까지)	초기치 선정 1~6개월(월 1회)
건물경사계 /건물균열계	설치 후 1일 경과 후 공사진행 중 공사완료 후*	3회/일(1일간) 2회/주 1회/주(1개월까지)	초기치 선정 1~6개월(월 1회)
변형률계	설치 후 공사진행 중 공사완료 후*	3회/일(1일간) 2회/주 1회/주(1개월까지)	초기치 선정 다음 단 설치시 추가측정 1~6개월(월 1회)
버팀보 (Strut) 하중계	설치 후 공사진행 중 공사완료 후*	3회/일(1일간) 2회/주 1회/주(1개월까지)	초기치 선정 다음 단 설치시 추가측정 1~6개월(월 1회)
어스앵커 (E/A) 하중계	E/A인장시 공사진행 중 공사완료 후*	1회/일(3일간) 2회/주 1회/주(1개월까지)	초기치 선정 다음 단 설치시 추가측정 1~6개월(월 1회)

계측항목	변경		비 고
	측정시기	측정빈도	
지하수위계	설치 후	1회/일	지하수위계 설치 이후
	공사진행 중	2회/일	공사완료시까지 1회/일 측정
	공사완료 후* (관리기간)	2회/주(1개월까지)	1~6개월(월 1회)
지중침하계	그라우팅 완료 후 4일	1회/일(3일간)	초기치 선정
	공사진행 중	2회/주	
	공사완료 후*	1회/주(1개월까지)	1~6개월(월 1회)
수평경사계	그라우팅 완료 후 4일	1회/일(3일간)	초기치 선정
	공사진행 중	2회/주	
	공사완료 후*	1회/주(1개월까지)	1~6개월(월 1회)

주1) 공사완료 후는 되메우기 완료시를 의미한다.

주2) 굴착완료 후 방치기간이 1개월 이상이 되는 경우 측정빈도는 "공사완료 후"에 준한 측정빈도를 적용한다.

주3) 상기 계측항목 외에 해당하는 경우에는 설치목적이 유사한 계측항목의 빈도를 준하여 적용한다.

주4) 현장 여건의 변위에 따라 위험시 빈도를 공사 감독자와 협의 후 변경할 수 있다.

주5) 되메우기 완료 후 공사종료시점까지 각 계측빈도에 따라 측정을 실시하고 변위발생의 원인이 배제된 상태에서 변위의 증가가 나타지 않는 상태를 수렴된 것으로 판단하고, 공사 감독자와 협의하여 계측종료 여부를 결정한 후 최종보고서에 결과값을 제출하도록 한다.

주6) 인접구조물 중 지하철 계측관리를 위한 건물경사계 / 건물균열계 / 전단면내공변위계 / 진동측정계는 자동화계측시스템 구축하여 실시간 계측관리를 실시하여야 한다.

주7) 건물경사계는 초기치 확보가 가장 중요하므로 공사 전에 3회/일의 빈도로 1일간 측정하여 평균값을 적용하도록 하며 초기치 측정일자를 증빙할 수 있는 사진을 촬영하여 함께 보관하도록 한다.

주8) 계측기의 계측기간은 계측기 설치 후부터 지하구조물이 완성되고 되메움이 끝난 후 변위가 수렴되는 시점이상까지로 하고, 버팀대용 계측기의 계측기간은 버팀대 해체 전까지 실시하여야하며, 공사감독자는 계측결과를 반드시 확인하여 계측 및 안전관리 등을 철저히 이행 하여야 한다.

주9) 계측변위 수렴 시점의 판단은 공사감독자 또는 계측전문가가 침하 및 변위 수렴여부 등 안전성을 판단하여 실시토록 하여야 한다.

- 지하수위 계측빈도는 공사장 지하수 관리매뉴얼(2016.12 서울시)을 참고하여 다음과 같이 사업기간 이후 지하수위 회복시까지의 관측결과를 관리하도록 계획하였다.

표 7.4 지하수위 측정주기(공사장 지하수 관리매뉴얼, 2016.12 서울시)

시기	주기	비고
공사전	일 1회	지하수 장기관측
공사중	일 1회	관리구역(예 : 0.1R 또는 1H 포함) 이내지역
	주 1회	영향반경내의 관리구역 외 지역
공사후	1년간 월 1회	공사 이후 지속관측
	추가 2년간 분기당 1회	이상징후 발생시

☑ 계측기 위치계획(굴착공사)

지하안전영향평가 시 계측계획 방안

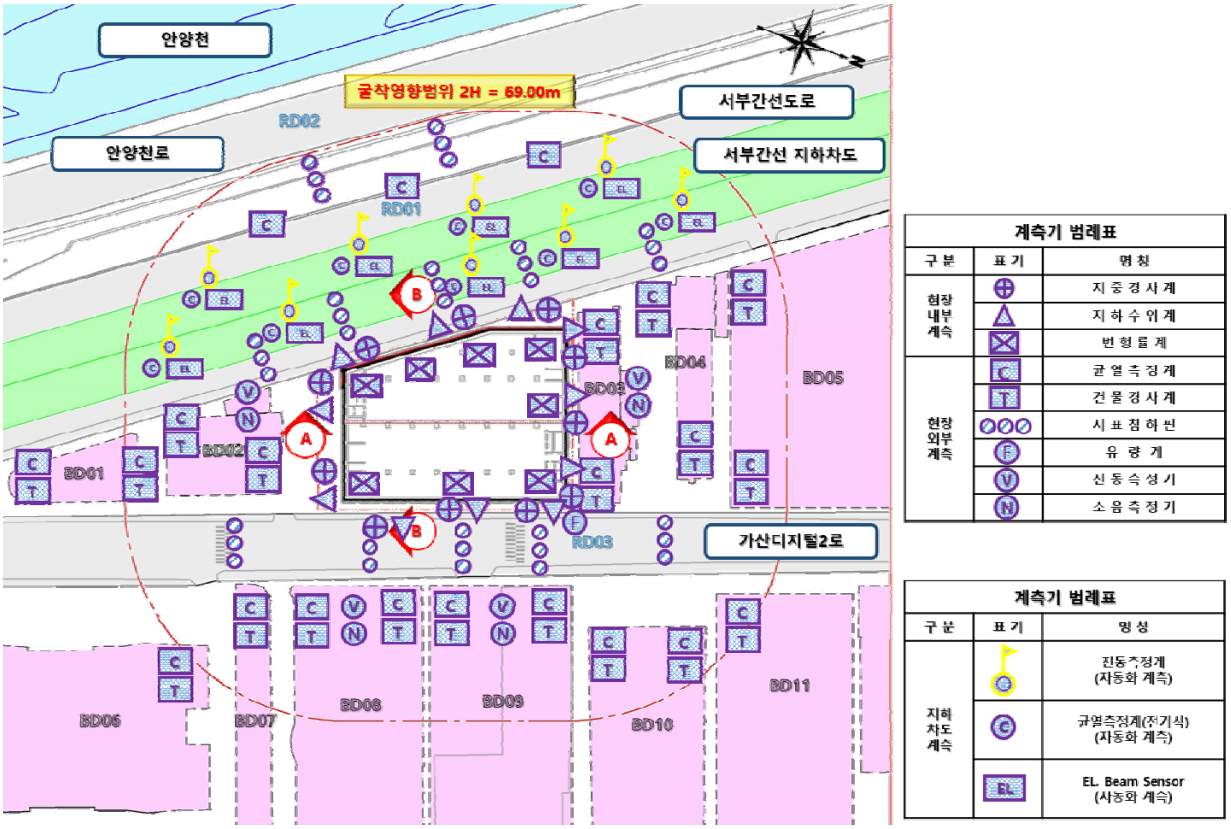
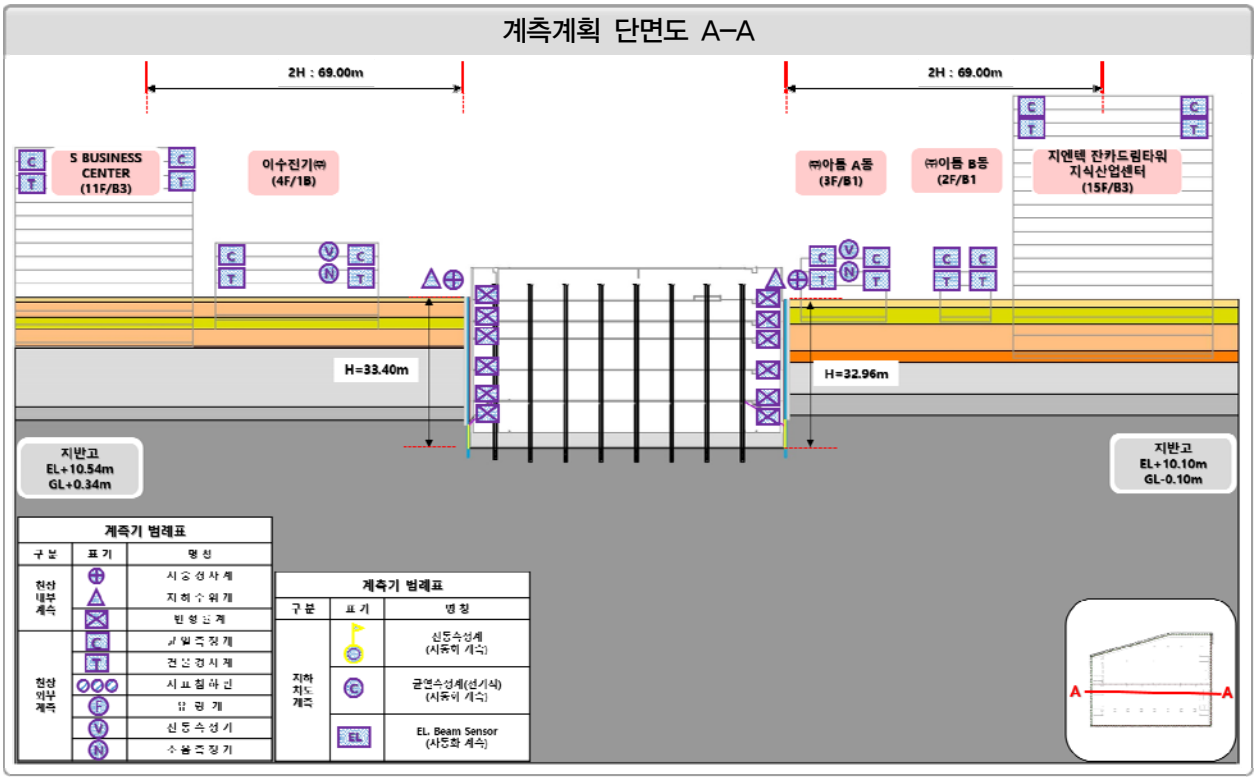


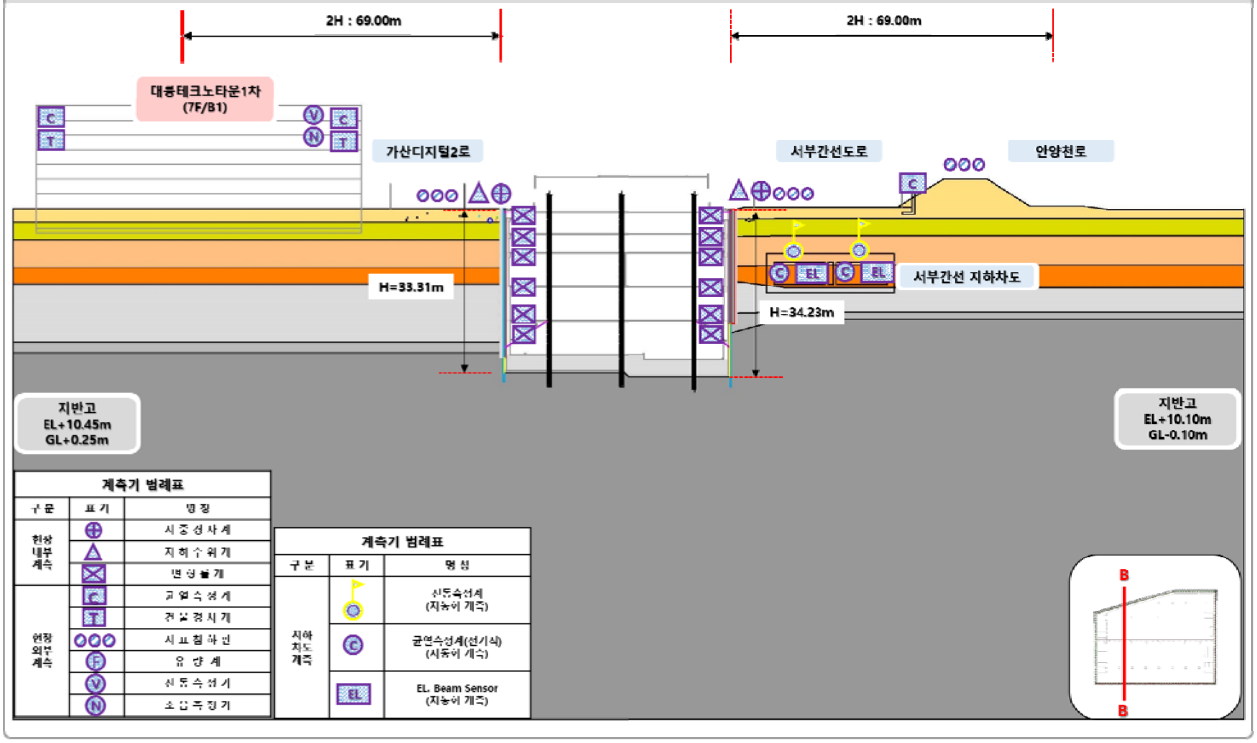
표 7.5 계측기 수량 현황

계측기기명	수량	비 고
지중경사계	11	· 설치간격 기준(50m이내) 준수 · 우각부 집중 계측
지하수위계	11	
변형률계	48	· 슬래브 및 가설부재 설치
건물경사계	21	· 굴착영향범위 내 시공완료 및 시공중 건물 설치 · 굴착영향범위 내 옹벽 설치
균열측정계	24	
지표침하계	12	· 인접도로 설치
유량계	1	· 배수펌프
진동측정기	4	· 현장 외부 건물 옥외 측정
소음측정기	4	
진동측정계	9	· 서부간선 지하차도 관련기관 협의 후 자동화 계측 장비 설치
균열측정계	9	
EL.Beam Sensor	9	

계측계획 단면도 A–A



계측계획 단면도 B–B



☑ 지중수평변위계의 관리 기준(KCS 11 10 15 : 2016, 시공중 지반계측)

- 최대 변위량은 흙막이벽의 강성 및 굴착심도(H)를 기준으로 설정하는 것이 가장 용이한 방법이다. 일반적으로 최대 허용변위량은 아래와 같이 정하는 것이 바람직하다.

  ① 강성 흙막이벽(t≥60 ㎝인 콘크리트 연속벽) : 0.002 H (H : 굴착심도)

  ② 보통 흙막이벽(t≒40 ㎝ 정도인 콘크리트 연속벽) : 0.0025 H (H : 굴착심도)

  ③ 연성 흙막이벽(H-Pile과 흙막이판 설치하는 흙막이벽) : 0.003 H (H : 굴착심도)

최대 변위량 기준

- 인접지반의 균열방지를 위한 일자별 최대변위변화량은 아래와 같은 허용기준을 가진다.
- 최대 변위량이 크더라도 변위의 크기가 완만하게 진행하는 경우에는 별다른 하자가 발생되지 않는 예가 많은데, 연속 증가량이 크게 나타나는 경우에는 최대변위량이 작더라도 인접지반에 균열을 발생시키는 경우가 많다.

표 7.6 인접지반의 균열방지를 위한 일자별 최대변위량 기준

구 분	7일간 변위량			비 고
	1차 (안정)	2차 (주의)	3차 (위험)	
변위량 δ	2mm	4mm	10mm	7일간 변위

이상 변위량 기준

- 이상변위는 굴착도중에 암반의 미끄러짐이나 앵커의 정착부 이완 등에 의해 주로 발생되는데 이 경우 1일간 변위 증가량이 크게 나타난다.
- 또한 이러한 변위는 일정한 위치에서만 계속되는데 이것은 연속 증가량의 관리보다 훨씬 위험한 것으로 관측되고 있다.

표 7.7 암반의 미끄러움, 앵커 정착부 이완 등의 점검을 위한 일자별 이상변위량 기준

구 분	1일간 변위량			비 고
	1차 (안정)	2차 (주의)	3차 (위험)	
변위량 δ	1mm	2mm	4mm	1일간 변위

벽체 변형 판단 기준

- 현장 여건에 따라 위의 관리기준이 부적합하거나 계측기의 오차가 포함될 수 있으므로 계측은 꾸준히 실시토록 하고 관리기준치를 굴착단계에 따라 현장 여건에 맞게 보완토록 한다.
- 벽체 변형은 설계 시의 추정치를 근거로 하여 아래의 표와 같이 판단한다.

  (F : 0.8 위험, F : 1.0 주의, F : 1.2 안정, F=설계시의 추정치/실측에 의한 변형량)

표 7.8 수평변위 계측 관리 기준

구 분	1차 (안정)	2차 (주의)	3차 (위험)	비 고
판정기준 F	1.2	1.0	0.8	

F = 설계시의 추정치 / 실측에 의한 변형량

☑ 지하수위계 관리기준(공사장 지하수 관리 매뉴얼, 2016.12, 서울시)

일수위 변화량 기준 관리

- 현행 지하수위 관리기준인 1일 수위변화량 기준으로 1차, 2차, 3차 관리기준으로 0.5 m 이하이면 안전, 1 m까지는 주의, 1 m 이상 나타나는 경우에는 위험으로 구분하여 관리하고 있다.

표 7.9 지하수위 일 변화량 관리 기준

관리기준 지표	1차 (안전)	2차 (주의)	3차 (위험)	비고
일수위 변화량	0.5m/day	0.75m/day	1.0m/day	현행 최저 기준

누적 수위변화량

- 현재는 지하수위 관리를 일 수위변화량만을 가지고 하기 때문에, 수위강하에 따른 지반침하를 관리할 수 없으므로, 누적 수위변화량을 도입하여 지하수위 강하량을 총량적으로 관리할 필요가 있다.
- 굴착심도에 따라서 지하수 유출에 의해 지하수위 강하량은 굴착지점으로부터 거리가 멀어짐에 따라 줄어드는 데, 이러한 수위강하가 발생되는 영향구간 내의 지하수위(일명 관리수위)는 강수량 또는 주변지역의 지하수 사용 등에 의해 자연적으로 도 변동할 수 있으므로, 누적 수위변화량은 관리수위와 자연변동량을 고려하여 설정함

누적 수위변화량 기준(안) 설정과정

1 단 계	⇒	2 단 계	⇒	3 단 계
지하수위 변동관측 : 최소1년,1회/일 이상		지하수위 영향범위(R)산정 : 관측위치설정(0.1R)		누적 수위변화량 기준 설정 : 관리수위+최대자연변동량

누적 수위변화량 기준(안)

- 누적 수위변화량(MH)이 1차, 2차, 3차 관리기준으로 관리수위(관측정이 위치하고 있는 지점에서 굴착에 의해 발생된 하강된 지하수위) 보다 작을 때를 안전, 관리수위보다는 크고 관리수위와 0.5×최대자연변동량을 합한 값까지는 주의, 관리수위+최대자연변동량보다 큰 경우에는 위험으로 구분함
- 1차, 2차, 3차 기준과는 별도로 8m이상의 누적수위변화량이 발생할 경우는 공히 위험으로 구분하여 관리함
  - –지하수위 강하량 10m를 기준으로 현장 여건이 상이한 점을 고려하여 안전율 80%를 적용한 값인 8m(10m×0.8)를 기준으로 함
- 최대 자연 변동량 : 일평균 지하수위 변화량
- 관리수위 : 수치해석을 통해 나타난 지하수위 저하량

표 7.10 누적 수위변화량 관리 기준

관리기준 지표	1차관리기준 (안전*)	2차관리기준 (주의)	3차관리기준 (위험)	비고
누적 수위변화량	관리수위	관리수위 + 0.5×최대자연변동량	관리수위 + 최대자연변동량	신설(수위강하량 10m에 대한 안전율 80% 적용)

주1) 제시된 범위 안에서는 안전하다는 의미가 아니라, 지하수위의 최소 관리범위를 나타내는 것으로 공사현장에 따라 실제 안전기준은 달라질 수 있음

주2) 굴착단계별 지하수위 저하량(일 수위변화량 및 누적지하수위 변동량)이 3차 관리기준에 근접할 경우에는 지하수위 저하량이 3차 관리기준치를 초과하지 않도록 세부시공계획서를 작성해야 함

주3) 지하수위계의 계측주기는 지하수위에 관한 2차관리기준을 주의단계, 3차관리기준을 위험단계로 구분하여, 주의단계에서는 계측빈도를 일 2회로 증가시켜 원인파악과 대책을 강구하도록 하고, 위험단계에서는 상황에 따라 공사중지 및 저감조치를 시행하도록 함

주4) 공사완료 이후에도 지하수가 회복될 때까지의 계측결과를 관리하여야 함(표 7.3 계측관리빈도 참조)

표 7.11 지하수위 기준에 따른 조치사항

기 준	대 책
주의단계 (2차관리 기준)	· 지하수 관측빈도 증가(일 2회) · 지하수위가 안전수위 이내로 회복 시까지, 인위적 강하가 아니라는 것이 확실해 질때까지 지속
위험단계 (3차관리 기준)	· 공사중지 및 저감조치 시행 · 조치수위 이내로 회복되거나, 관리기관으로부터 건물피해, 구조물 등에 영향이 없는 것으로 인정하는 경우 공사재개 가능
지하수위 강하가 예측치보다 큰 경우	· 건설공법을 변경(영향 최소화공법으로 검토 후 변경) · 지하수 함양계획 등 검토 · 안전관리계획서 제출
개인의 이용 관정 수위에 영향을 미치는 경우※	· 공사장 내 관정에서 채수한 물을 개인이 이용할 수 있도록 제공하거나 더 깊은 심도로 관정 개발하여 보상함

※공사로 인하여 주변지역에 미치는 영향을 평가하고, 미연에 피해를 방지하고자 환경영향평가를 실시하고 있는바, 현재는 관련된 민원이 발생했을 경우 협상, 또는 소송에 의해 분쟁을 해결하도록 하고 있음

☑ 계측관리 기준 선정

표 7.12 계측 관리기준

구 분			1차 관리기준	2차 관리기준	3차 관리기준
지중경사계	일간 변위량	토사	δ =2mm(7일간)	δ =4mm(7일간)	δ =10mm(7일간)
		암반	δ =1mm(1일간)	δ ≤2mm(1일간)	δ =4mm(1일간)
	최대변위량		3차관리기준X0.6	3차관리기준X0.8	0.002~0.003H (H=최대굴착깊이)
지하수위계	일 수위변화량(△H)		△H=0.5m	△H=0.75m	△H=1.0m
	누적 수위변화량(MH)		4.0m (3차관리기준X0.5)	1차관리기준 + 자연변동량	8.0m
지표침하계	최대변위량		3차관리기준X0.6	3차관리기준X0.8	25mm(허용치)
하중계(응력계)	최대변위량		3차관리기준X0.6	3차관리기준X0.8	허용치
균열계	최대변위량		0.2	0.38	0.5
건물경사계	각변위		1/1,000	1/850	1/500
천단침하계	연암조건, 복선터널단면		18mm	24mm	30mm
내공변위계	연암조건, 복선터널단면		18mm	24mm	30mm
천단침하 및 내공변위 속도	–		5m0상/일	막장부 근처 10mm/일 이상, 후방 5mm/일 이상	변위의 가속

*소음측정기 및 진동측정기는 공사장 소음 진동관리지침서(환경부) 에 따라 실시하여야 한다.

계측기 설치시기

표 7.13 본 과업구간 계측기 설치시기

구 분	계측기 설치시기
지중경사계	지반보강 그라우팅 실시후 또는 C.I.P 천공작업 이후
지하수위계	지층구성과 무관하게 지반보강 그라우팅 실시 후 (지반보강 그라우팅 이전에 설치시 수위계 Filter 막힘)
변형률계	슬래브 및 가설부재 설치 후
균열측정계	지층구성과 무관하게 C.I.P 천공작업 이전
건물경사계	지층구성과 무관하게 C.I.P 천공작업 이전
지표침하계	지층구성과 무관하게 C.I.P 천공작업 이전
진동측정계	서부간선 지하차도 관련기관과 협의 완료 후
균열측정계	서부간선 지하차도 관련기관과 협의 완료 후
EL.Beam Sensor	서부간선 지하차도 관련기관과 협의 완료 후

계측기 계측빈도

표 7.14 본 과업구간 계측기 계측빈도

계측항목	계측빈도			
	초기치 설정	굴착 공사중	해체 공사중	이상 발생시
지중경사계	계측관리 초기치 측정시기 및 빈도표 참조	2회/주	2회/주	수시계측
지하수위계		1회/일 이상	1회/일 이상	수시계측
변형률계		2회/주	2회/주	수시계측
지표침하계		2회/주	2회/주	수시계측
건물경사계		2회/주	2회/주	수시계측
균열측정계		2회/주	2회/주	수시계측
진동측정계		자동화 계측		
균열측정계		자동화 계측		
EL.Beam Sensor		자동화 계측		

*소음측정기 및 진동측정기는 공사장 소음 진동관리지침서(환경부)를 참조하여 실시하여야 한다.

지중경사계 벽체변위량 계측관리 기준

표 7.15 본 과업구간 지중경사계 단면별 벽체변위량 계측관리 기준 (단위:mm)

단면			1차 기준 (F:0.6)	2차 기준 (F:0.8)	3차 기준 (F:1.0)	비 고
단면A-A 좌측	일간 변위량	토사	2(7일간)	4(7일간)	10(7일간)	0.002H (H=최대굴착 깊이)
		암반	1(1일간)	2(1일간)	4(1일간)	
	최대변위량		40.08	53.44	66.80	
단면A-A 우측	일간 변위량	토사	2(7일간)	4(7일간)	10(7일간)	
		암반	1(1일간)	2(1일간)	4(1일간)	
	최대변위량		39.55	52.74	65.92	
단면B-B 좌측	일간 변위량	토사	2(7일간)	4(7일간)	10(7일간)	
		암반	1(1일간)	2(1일간)	4(1일간)	
	최대변위량		39.97	53.30	66.62	
단면B-B 우측	일간 변위량	토사	2(7일간)	4(7일간)	10(7일간)	
		암반	1(1일간)	2(1일간)	4(1일간)	
	최대변위량		41.09	54.78	68.48	

지하수위계 누적 수위변화량 계측관리 기준

표 7.16 본 과업구간 지하수위계 누적수위 변화량 기준 (단위:m)

단면	1차 기준 (안전)	2차 기준 (주의)	3차 기준 (위험)	비 고
누적 수위변화량	4.00	6.00*	8.00	하천수위 (서울시 오금교) 최대 자연변동량 : 5.14m
일 수위변화량	0.50	0.75	1.00	

*) 자연변동량+1차관리기준을 적용시 9.14m로 3차 관리기준 8.0m를 초과하여, 1차관리 기준 및 3차관리기준 평균값을 적용함.

지표침하계 계측관리 기준

표 7.17 본 과업구간 지표침하계 관리 기준 (단위:mm)

단 면	1차 기준	2차 기준	3차 기준 (설계기준)	비 고
전 단 면	15.00	20.00	25.00	-

변형률계 계측관리 기준

표 7.18 본 과업구간 변형률계 관리 기준(역타용 철골부재) (단위:MPa)

구 분	1차 기준 (안전) (3차 관리기준x0.6)	2차 기준 (3차 관리기준x0.8)	3차 기준 (설계기준)	비 고
지상1층 SLAB	104.62	139.50	174.37	SPS 구조계산결과 참조
지하1층 SLAB	104.62	139.50	174.37	
지하2층 SLAB	147.02	196.03	245.04	
지하3층 SLAB	165.04	220.06	275.07	
지하4층 SLAB	160.83	214.44	268.05	
지하4층 하부 역 RAKER	126.84	169.12	211.40	SPS 구조계산 결과와 탄소성 해석중 보수적인 허용값 적용

*) 역타용 각 층별 적용된 철골부재 중 허용 압축응력 기준임.

건물경사계 계측관리 기준

표 7.19 본 과업구간 건물경사계 관리 기준(각변위)

구 분	1차 기준	2차 기준	3차 기준	비 고
각변위	1/1,000	1/850	1/500	-

균열측정계 계측관리 기준

표 7.20 본 과업구간 균열측정계 관리 기준

구 분	1차 기준	2차 기준	3차 기준	비 고
최대변위량	0.2	0.38	0.5	-

유량계 계측관리 기준

표 7.21 본 과업구간 유량계 관리 기준(단위:㎥/day))

구 분	1차 기준	2차 기준	3차 기준	비 고
지하수 유량 측정	95.98	127.97	159.96	수치해석

검토결과

· 굴착에 따른 지하안전확보를 위하여 지하수위계 및 지표침하계는 기존에 계획한 설치위치 이외에도 지반안전성 검토범위와 인접하여 설치될 수 있도록 계획하고 지하수위계와 지표침하계는 공사개시 이전부터 공사완료 후 지반침하가 완전히 완료될 때까지, 혹은 구조물 완료시까지 주변 침하량을 기록하고 보관하여야 함

7.1.2 사고 및 계측관리기준 초과시 대응방안

· 시공사는 각 단계별 허용계측치 초과시 즉시 실행가능한 긴급대책방안에 대하여 반드시 수립 후 착공하여야 함

표 7.22 평상시(안전) 대응방안

평상시(안전) 계측관리 체계

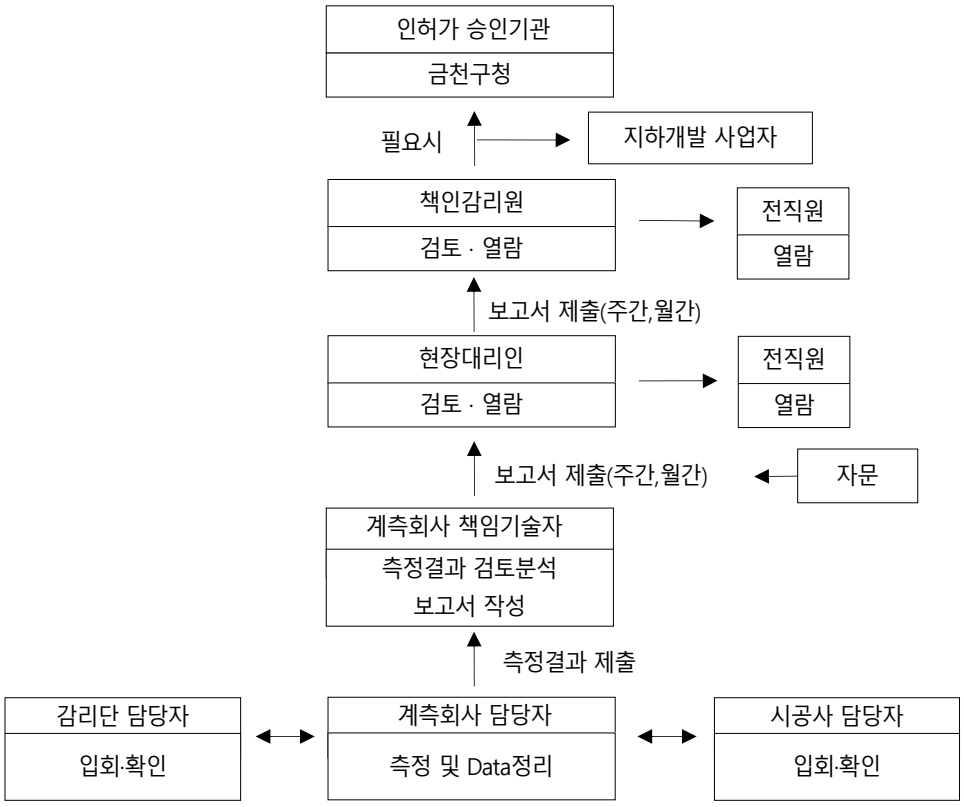


표 7.23 1단계(주의단계) 대응방안

1단계(주의단계) 계측관리 체계

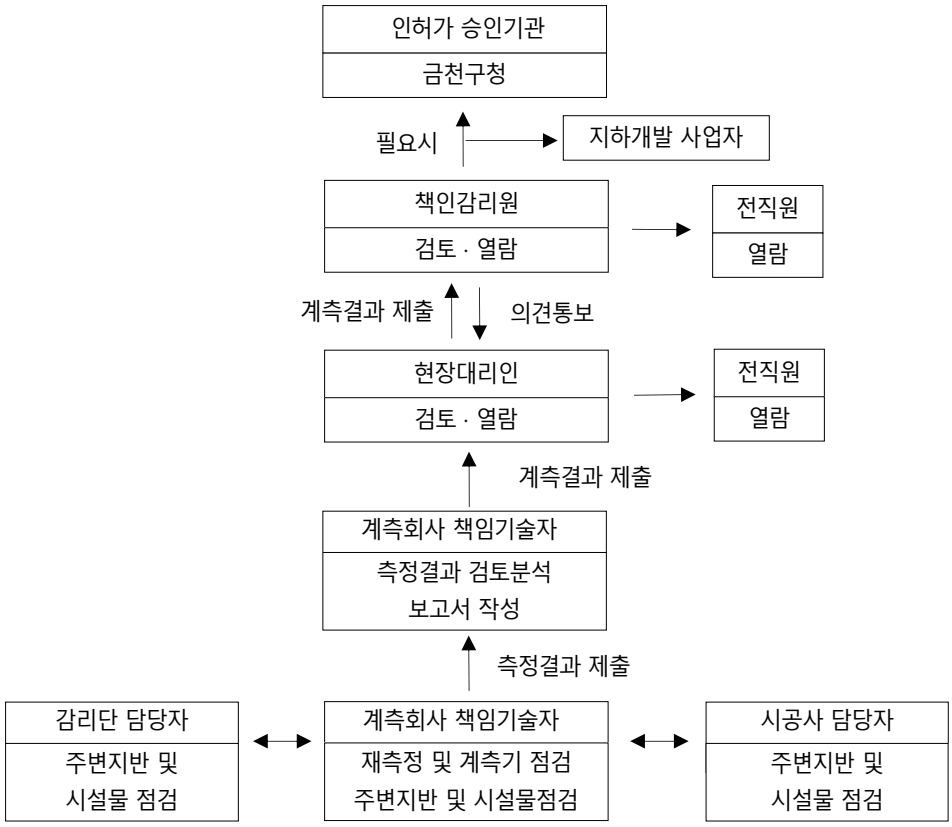


표 7.24 1단계(주의단계) 조치요령

구분	조치요령
계측회사	• 측정기기 점검 및 재측정(센서, 케이블 점검) → 필요시 추가설치 • 주변 지반 및 시설물 일체 점검(육안점검) • 책임기술자 현장정밀조사 → 원인조사 →보고서 작성
시공사	• 시설물 점검, 지반 정밀 관찰 • 본사 기술진 현장조사 및 시설물 이상 유무 확인 →의견서 작성
감리단	• 시설물 점검, 지반 정밀관찰, 작업주의 지시 • 비상주 감리원 현장정밀조사 → 설계도서 검토 → 원인분석 → 필요시 보완공법 검토 • 이상징후 발견 시 : 지원업무수행자 즉시 보고
지하개발 사업자	• 현장 상황 조사

표 7.25 2단계(경고단계) 대응방안

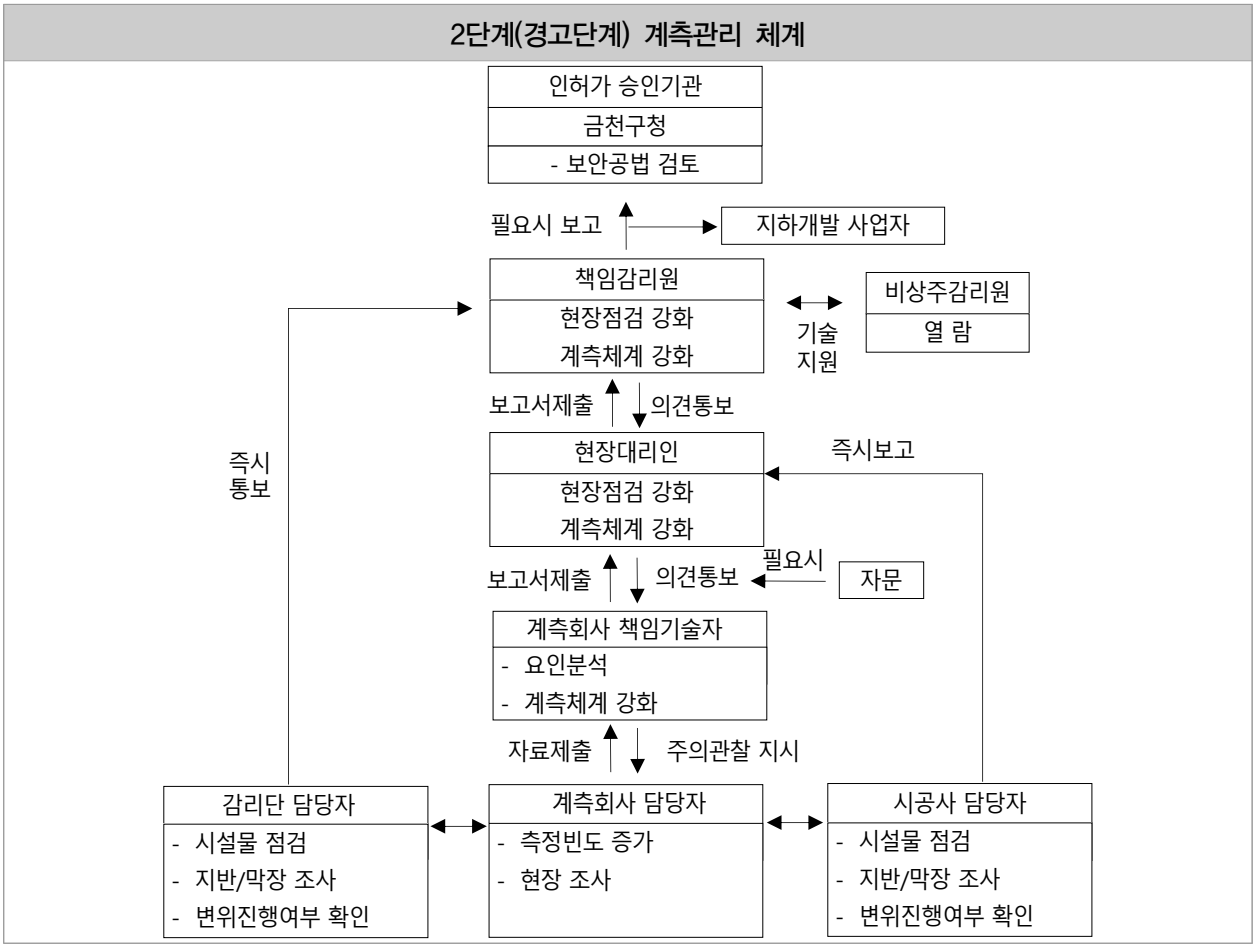


표 7.26 2단계(경고단계) 조치요령

구분	조치요령
계측회사	• 측정기 추가설치, 측정빈도 증가(매 시간마다 측정), 주변지반 및 시설물점검 • 책임기술자 현장정밀조사 → 관리기준치 검토 → 원인분석 → 계측체제 강화 → 보고서작성 • 상황전파 → 현장소장, 감리단장, 발주처
시공사	• 시설물 점검, 지반 정밀관찰 • 변위진행 상황 기록 • 계측체제 강화 및 공사중단 여부검토 • 본사 기술진 현장조사 및 시설물 이상유무 확인 • 필요시 외부전문기관 용역시행 • 보완공법 시공방안작성 보완방법 보고
감리단	• 시설물 점검, 지반 정밀관찰, 변위진행 상황확인 • 비상주감리원 현장정밀조사 → 계측등 원인분석 → 보완공법 제시 • 현장상황 점검, 계측체제 강화 • 공사 중단여부 검토, 필요시 응급보강 지시 • 보완공법 결정 및 시행계획 보고
지하개발 사업자	현장상황 조사 • 보완공법 검토 승인

표 7.27 3단계(위험단계) 대응방안

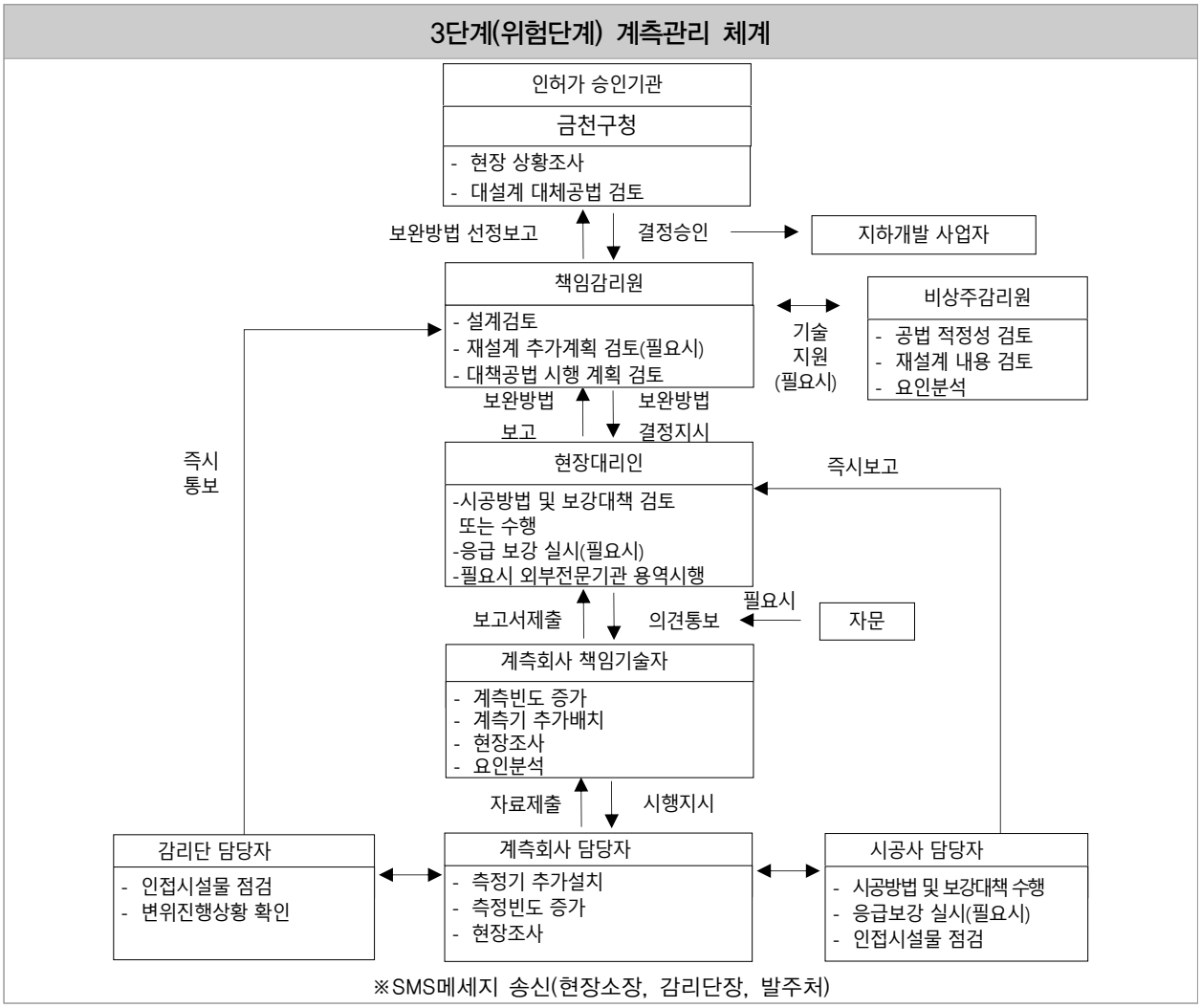


표 7.28 3단계(위험단계) 조치요령

구분	조치요령
계측회사	• 측정기 추가설치 및 측정빈도 증가 대책 수립 • 주변지반 및 시설물 일체 점검 • 책임기술자 현장정밀조사 → 관리기준치 검토 → 원인분석 → 계측체제 강화 → 보고서작성 • 상황전파 → 현장소장, 감리단장, 발주처
시공사	• 공사중지(안전시공 대책 수립시까지) • 시공방법의 변경 • 지반조사 및 응급보강 조치 • 외부기관 안전진단(점검) 실시 • 지하매설물 재조사 실시 • 대체공법 강구 재설계추진계획 등 시행방안 보고 • 계측시스템 개선
감리단	• 공사중지 및 현장점검 • 비상주감리원 보강공사 실시결과 검토, 대책공법 및 재설계 • 검토, 원인분석 –재설계 추가계획 및 대체공법 시행계획 검토 –대체공법 및 재설계추진계획 시행방안 승인요청
지하개발 사업자	• 현장상황 조사 → PM 보고 • 대체공법 검토 • 계측기 시스템 변경 승인 • 재설계 보강공법 검토 승인

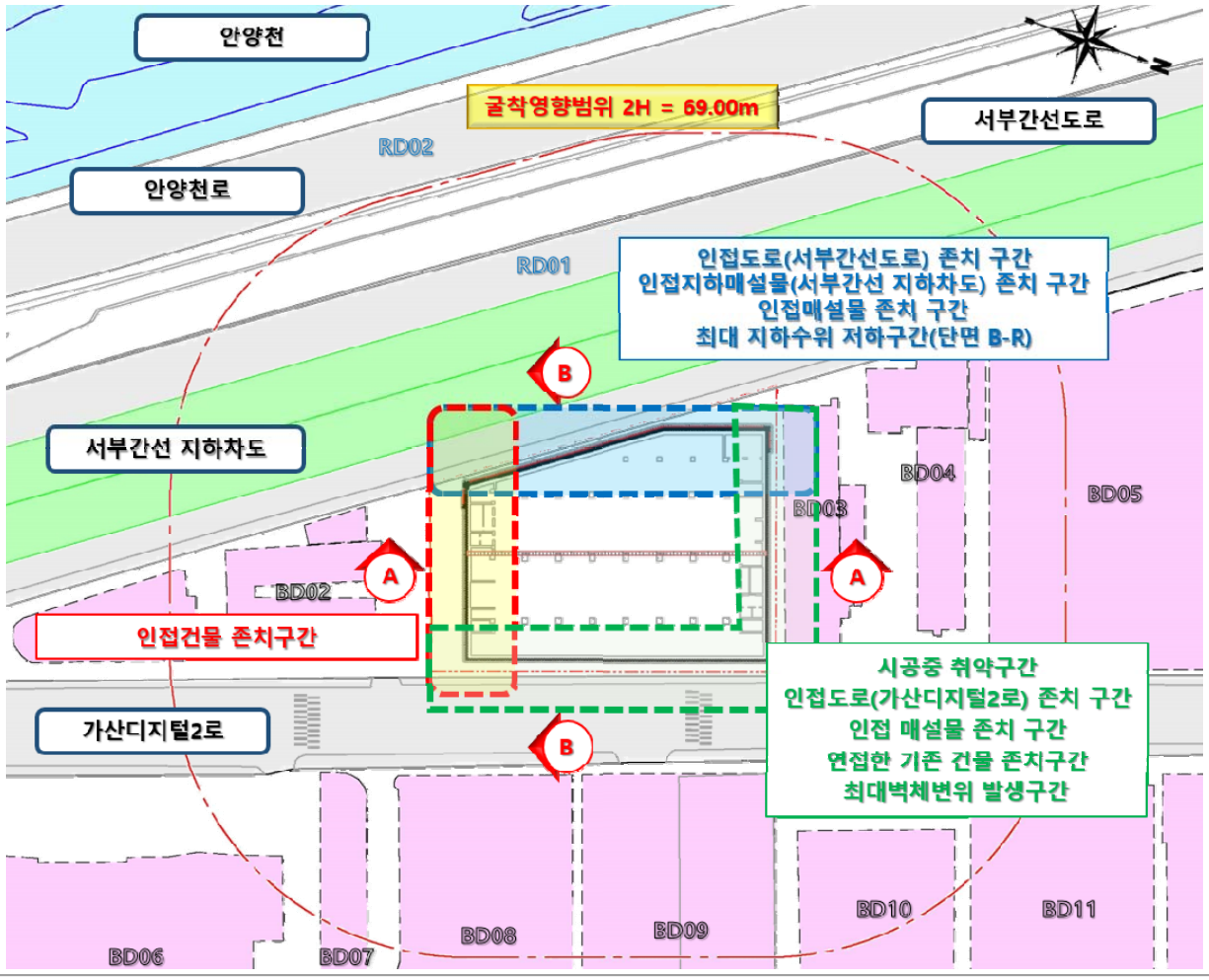
7.2.1 지반침하 취약구간 선정

- 과업구간 인근의 중점 · 주의관리대상 건물은 전단파괴영역내(45+ϕ/2, 보수적으로 ϕ=0)에 위치하거나 굴착영향범위 이내의 기존 구조물은 존재하지 않으나,
- 사업부지의 동측에는 “가산디지털2로(폭 약 15.0m)” , “상업시설”이 위치하고 있으며, 서측에는 “서부간선도로(왕복6차선, 폭 약 30.0m)” “서부간선지하차도”, “안양천”이 위치하고, 남측 및 북측에는 “업무/상업시설”이 위치하고, 인접부지에 공사중인 현장이 위치한다.
- 사업부지 주변의 도로는 공사중 장비 진출입로로 활용될 것을 고려하여 굴착 중 지반침하 취약구간으로 선정하여 공사 중 안정성을 확보함.
- 수치해석 검토 결과에 따른 취약구간 선정기준은 다음 표와 같다.

표 7.29 수치해석에 따른 취약구간 선정

구 분	지하수위 저하량(m)	최대 벽체변위량(mm)
A–A 좌측	6.87	41.68
A–A 우측	5.97	37.31
B–B 좌측	6.25	**55.53 (최대 벽체변위 구간)**
B–B 우측	**7.24(최대 저하량 구간)**	28.48

지반침하 취약구간 선정



☑ 지반침하 취약구간 관리계획

공사 관리계획

표 7.30 굴착 공사 중 지반침하 취약구간 관리계획

구 분	지반침하 취약구간 관리 계획
건축물 안전점검	• 시공자는 굴착 공사 전 사업부지와 인접된 건축물에 대한 안전점검을 실시하여 건축물의 균열, 백태, 누수 등 구조물의 노후도 조사를 수행 • 공사 전, 공사 중, 공사 후 시공 단계별로 건축물의 안전성을 확인하여, 이상징후 발생 시 원인분석 및 즉시 대처가 가능 하도록 계획을 수립
하수관로 CCTV분석	• 시공자는 주변 하수관로 및 하수박스에 대하여 관계 기관과 협의하여 착공 전과 공사 완료 후 CCTV 조사를 실시하여 누수, 균열 등의 상태를 파악 • 착공 전 CCTV조사 결과 기존 우수관로 및 우수박스에 균열이 발생하여 굴착 공사 중 안전성 저하가 예상될 경우에는 해당구간에 대하여 지중경사계, 지하수위계, 지표침하계 등의 계측기를 추가로 설치하고 굴착공사 중에도 CCTV조사를 실시하여 관로의 상태 파악이 가능하도록 하여야 함
계측관리	• 지중경사계, 지하수위계에 대한 계측횟수를 1회/일로 하여 흙막이 벽체의 변위발생에 따른 대처가 즉시 가능하도록 하여야 함 • 굴착영역에 인접하여 있는 구조물에 대하여 건물경사계, 균열측정계 등을 계획하고 계측 빈도를 증가시켜 굴착 공사 중 침하, 부등침하에 대한 관리를 철저히 하여야 함
차수 그라우팅 품질관리	• 수치해석에 적용된 차수그라우팅 투수계수는 가설공사 표준시방서(국토교통부 2016)을 준수하여 1×10^{-5}cm/sec를 적용하였으므로 시공자는 시험시공 등을 수행하여 품질확보에 문제가 없는 것을 확인한 후 본 시공에 착수해야 함
소음/진동	• 공사 중 가설 휀스는 소음차단 효과가 우수한 제품을 적용하고 H-Pile 시공을 위한 천공 작업은 저소음/저진동 장비를 사용하여 소음·진동 영향을 최소화 하여야 함

7.2.2 보강 및 차수방안

- 검토 결과 모든 해석 구간에 대하여 허용 변위량의 90% 이하로 안전측으로 검토 되었다.
- 차수그라우팅은 착공전 시험시공을 통해 적정 차수성 확보 여부 및 지하수변화에 의한 영향 검토 시 적용된 투수계수를 확인 하여야 한다.
- 차수그라우팅 시험시공시 당 현장적용 차수공법의 투수계수(1.0×10^{-5}cm/sec)이상의 효과가 나타나지 못할 경우 승인기관의 장과 협의하여 차수그라우팅 공법을 변경 하여야 한다.
- 시험 주입시는 시험주입 계획서를 작성하여 감독관의 승인을 받아야 하며, 본 검토서에 적용한 성능에 미치지 못하는 경우 공법변경 또는 그에 맞는 지반안정성 해석을 수행한 후 착공하여야 한다.
- 주입시 주요 품질 확인 사항 및 주입후 효과 확인 사항은 다음과 같다.

  1) 시험 주입 중 품질 확인 사항

  – 현장 시험 주입은 대상지반에 적용하는 주입재 및 적용방법에 대한 확인 사항이므로, 목표한 효과가 발휘 될 수 있는 지를 확인하는 사항으로 다음의 2가지 경우를 관리 한다.

  ① 주입 상황을 파악하기 위하여 주입 시 주입량, 주입압 및 주입속도 등을 자동기록 장치로 기록하며, gel-time 및 주입 방식, 범위 등을 확인한다.

  ② 설계 내용이 현장과 일치하는지 여부를 판단한다.

  2) 시험 주입 후 품질 확인 사항

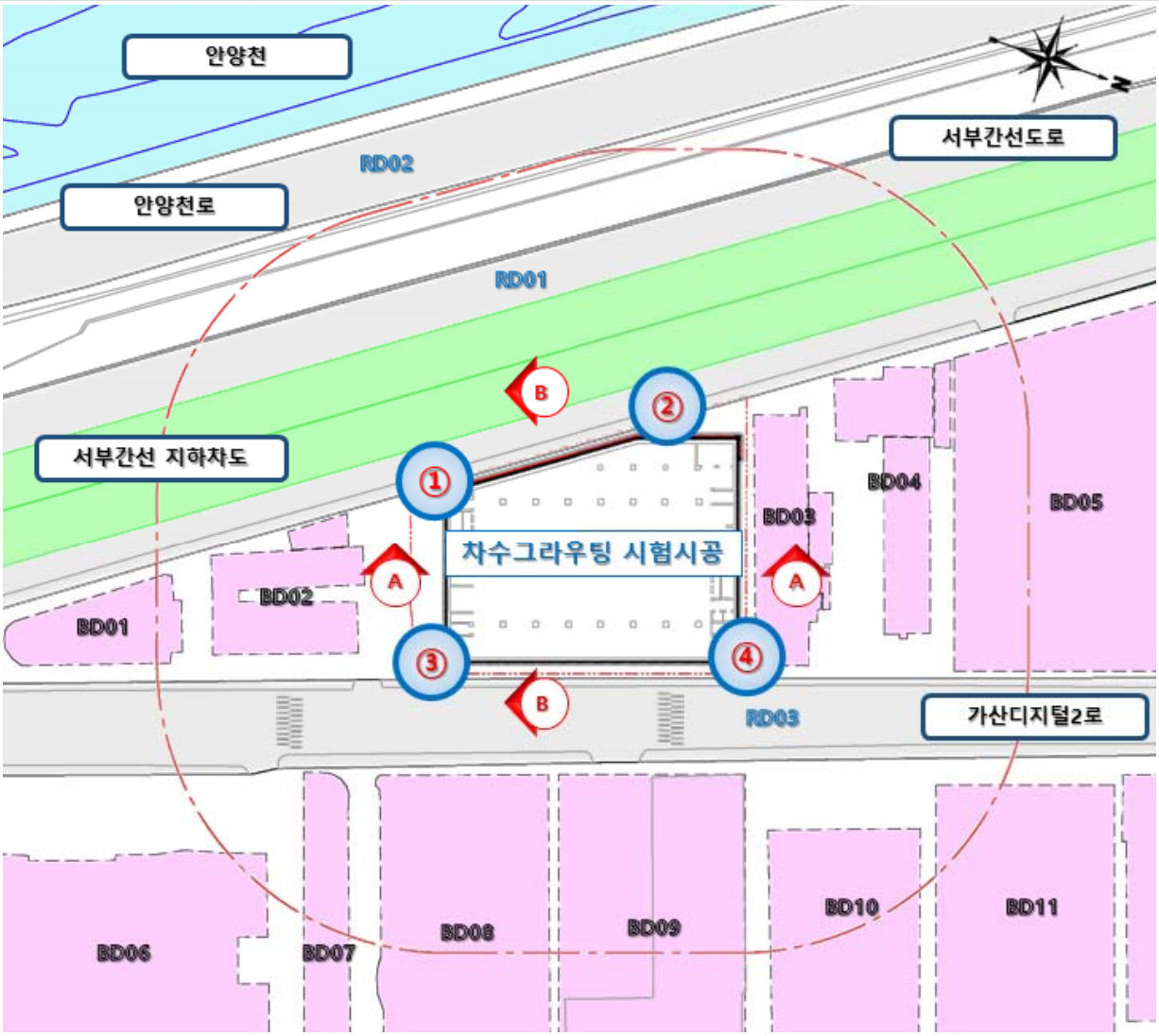
  – 주입시공에 의해 개량된 지반의 효과 확인 방법은 여러 가지 방법이 있으나, 일반적으로 차수공법의 직접적인 확인 방법으로 투수시험 및 시료 샘플링(채취), 터파기를 통한 반응시험 등이 있다.

  3) 투수성 확인 사항

  – 현장투수시험에 의해 투수계수를 확인하고, 본 검토서에 적용된 차수공의 투수계수인 10^{-5}cm/sec 이상 확보할 경우 주입효과가 있다고 판단해도 좋다

- 차수그라우팅 시험시공은 주입공 250개당 1회를 기준으로 하며, 당 현장 차수그라우팅은 약 400공으로 시험시공은 2회 시행이 기준이지만 인접한 서부간선도로 및 서부간선 지하차도, 지하매설물, 인접건물등 취약구간을 고려하여 총 4회 시행한다.
- 시험시공 위치는 아래 그림에 표시된 위치 또는 책임 감리원(감독원)이 지정하는 장소에 시행하되 원칙적으로는 계획 주입공의 일부를 이용하여야 함

차수그라우팅 시험 시공 위치도



☑ 천공 시 유의사항

- 그라우팅을 위한 천공장비는 수직으로 150m이상의 심도를 굴진할 수 있는 유압, 회전식 시추기를 사용하거나 퍼커션식 천공기 또는 크로라드릴등을 사용하여 설계도서에 명기된 위치 및 각도에 따라 소정의 심도를 천공한다.
- 측량된 시추위치의 지표상의 지장물과 확보된 매설물 도면에 의거, 지중 매설물을 확인 후 천공실시
- 시추공과 주입공은 2m이상 이격시켜 주입액이 시추공으로 유입되는 것을 방지토록 하며 유입현상이 발생시는 이격거리를 더 크게 하여야 한다. 또한 가시설 배면 차수 일 경우 H-Pile 설치 후 시행하여야 한다.
- 천공용수는 청수 사용을 원칙으로 하되 이수사용도 가능하다. (단 배합용수는 청수만 사용)
- 천공구경은 40.5mm를 기준으로 하나, 지층조건, 심도조건 및 천공각도 등에 따라, 또는 사용장비에 따라 적절히 조절할 수 있다.

☑ 주입시공 시 유의사항

- 주입관을 직경 40.5mm의 이중관 롯드를 사용하며 Rotary식 또는 Percussion식으로 천공한 후 주입관을 설치한다.
- 주입공의 배치 및 순서는 주입효과가 최대로 되도록하여 양호한 지반개량이 되도록 해야하며 설계도서에서 지시된, 또는 책임감리원(감독원)에 의해 승인된 간격과 심도로 시행한다.
- 주입 1step은 50cm를 기준으로 하되, 실제 시공시 지질상태 등 현장 여건에 따라 책임감리원(감독원)과 협의하여 변경할 수 있다.
- 각 공당 주입된 주입량은 아래의 침투 주입에 관한 식(1)으로 계산하며 건설교통부 구조물 기초 설계 기준의 주입율을 적용한다.

$$Q=V\cdot n\cdot\alpha\ (1+\beta\ ) \quad --------(1)$$

여기서 Q : 주입량 V : 주입대상토의 체적($V=\pi\ r2\ell$)

n : 주입 대상토의 공극율

α : 침투주입 충전율 r : 유효주입 반경

β : 손실계수 ℓ : 전주입 심도

현장 조건이 시험 주입 결과 당초 설계시 주입율과 상이한 경우는 다음 표를 참고로 하거나 현장 시험 주입의 결과로 주입율을 확정한 후 상기 식(1)에 의해 주입량을 산정하여 설계 변경 하는 것으로 한다.

표 7.1 토질에 의한 주입재의 충전율, 주입율

토질	조건	N치	간극율(n)	충전율(a)	주입율(λ)	비고
점성토	느슨함	0–4	60–75	30–40	19–30	
	중간	4–8	50–60	25–30	13–20	
사질토	느슨함	4–10	45–50	75–90	35–50	
	중간	10–30	40–45	65–75	27–35	
	조밀	30이상	35–40	60–70	22–30	
사력토	느슨함	4–10	45–50	90–100	42–53	
	중간	10–30	35–40	90–100	33–42	
	조밀	30이상	30–35	90–95	28–35	
풍화토	중간	10–30	40–50	60–70	25–37	
	조밀	30이상	30–40	60–70	20–30	
풍화암		50이상	20	60–90	13–19	
연, 경암			15	80–100	13–16	

1. 토질 조사 결과 N치, 투수계수, 간극율이 표와 다를 때는 간극율을 우선한다.
2. 간극율이 분명하지 않을 때는 N치로 추정.
3. 손실계수 β 는 0.1로 한 값임.
4. 주입 목적의 중요도로 충전율을 고려한다.

- 주입 속도는 주입시 지반의 융기 현상 등에 따라 주입 속도의 완급을 책임 감리원(감독원)과 협의하여 조정하여야 한다.
- 주입 작업은 아래와 같이 시공하여야 한다.

① 주입 방식은 1.5 공정식 또는 2.0 공정식으로 한다.

② 그라우팅 펌프와 주입관이 연결되면 주입전 청수를 보내어 주입관의 막힘상태 확인 점검과 관내 세척을 실시한다.

③ 주입 시작 전 주입 호스의 연결 상태를 확인하여 주입 호스의 연결상태가 가능한 한 직선으로 접속되도록 한다.

④ Rod 주변으로의 일출 현상을 방지하기 위하여 1차로 순결을 주입하며 2차로 완결을 주입하며 침투 주입이 이루어 지도록 하여야 하며 필요시 1step(50㎝)에 순결, 완결을 반복 주입할 수도 있다.

⑤ 주입재의 혼합은 순결 배합은 7~11초, 완결 배합은 35~60초의 Gel Time을 유지할 수 있어야 한다.

⑥ 순결 및 완결 주입은 교대로 1:1 비율로 주입하는 것을 원칙으로 하나 지층상태에 따라서 주입재의 혼합비율을 조정하여 주입한다.

- 주입압과 주입량의 관리

주입작업의 기록 및 주입 현황 관찰은 약액 주입 공법의 특성상 이론 및 시공 방법의 정립 측면에서 더욱 중요한 항목이 되므로 시공시 현장의 모든 상황을 관찰, 기록 보존하여 차기의 자료로 이용하여야 할 것이며 다음의 기록이 유지되어야 한다.

① 주입작업 실시 전 주입공의 배치 계획에 따라 주입 위치가 지정된 곳에 표식을 설치, 기록

② 주입공의 수직 및 경사도와 심도 기록

③ 사용약액의 배합비, 시공 주입량, 주입압 및 주입 시간의 기록

④ 주입 중 또는 주입 후 지반의 변형 유무(침하/융기) 관찰

⑤ 주입압과 주입량이 Sheet로 출력되는 system을 구축하여야 한다.

⑥ 주입압은 저압(3~10㎏/㎠)을 원칙으로 하고 지질 및 주변 여건에 따라 10~20㎏/㎠로 시행할 수도 있다. 단, 이들 주입압은 시공에 앞서서 현장 에서 실시한 예비 주입시험을 통하여 결정되어야 한다.

☑ 안전관리 시 유의사항

천공작업 안전수칙(일반수칙)

① 장비 출입시 출입통제 유도원의 배치

② 천공작업 및 줄파기시 광케이블, 상하수도 등 파손방지를 위해 사전에 매설상태를 조사한다.

③ 장비 조립 및 해체시에는 작업반장의 지휘하에 행하고 악천후 시에는 작업을 중단한다.

④ 고압선주변에서 작업시에는 고압선 접촉에 주의한다.

⑤ 작업장내에서는 안전모와 안전화를 착용하여야 한다.

⑥ 터널 내 협소 공간 작업임에 장비는 항상 수평을 유지 하여야 하고 작업시 인접 가시설에 충격 등 영향을 주지 않아야 한다

천공작업 안전수칙(현장관리사항)

① 모든 제반동작은 구분하여 운전한다.

② 천공 작업시 튀어나오는 슬라임 등의 낙하에 주의를 기울여야 한다.

③ 좌우이동시 급정지하지 않으며, 도로상의 차량과 충돌하지 않도록 책임자의 지시에 철저히 따라야 한다.

④ 작업자는 작업전 장비의 작동, 크레이크 안전장치 등의 이상 유무를 점검한다.

⑤ 작동시 이상이 있을 시에는 즉시 운전을 중지하고 지정 운전자외 조작운전을 금한다.

⑥ 천공 중 롯드의 연결부위에 물리지 않도록 주의한다.

⑦ 고소작업이므로 추락 및 낙하물에 유의하여야 한다.

주입작업 안전수칙(일반수칙)

① 장비, 자재출입시 출입통제 유도원을 배치한다.

② 플랜트 설치시 주변에 배수로를 설치하여 전기누전 사고를 예방한다.

③ 플랜트설치, 해체시에는 작업반장의 지휘하에 행하고 악천후 시에는 작업을 중지한다.

④ 주입재료의 분산 및 장비의 소음발생에 주의한다.

⑤ 작업장내에서는 안전모와 안전화를 착용해야 한다.

주입작업 안전수칙(현장관리사항)

① 모든 제반동작은 구분하여 운전한다.

② 주입재료의 배합시 분진에 주의를 기울여야 한다.

③ 주입재가 눈에 묻었을 때에는 청수로 세척한 후 전문의사에게 진료를 받아야 한다.

④ 주입압이 과다하게 상승할 때에는 주입을 중지하고 지정 운전자외 조작운전을 금한다.

⑤ 2중관 롯드의 쉬벨 부위에 모자를 씌워 도로에 주입재가 낙하되지 않도록 주의한다.

⑥ 주입관 인발시 롯드고와 취급에 유의해야 하며 손을 넣지 않도록 한다.

⑦ 롯드절단 및 교환시에는 롯드가 급격히 낙하하는 것을 방지하고 주의에 유도원을 배치한다.

⑧ 주입관 및 주입호스 세척시 도로에 슬라임이 방치되지 않도록 주의한다.

⑨ 도로에 주입재가 배출될 때에는 즉시 세척하거나 모래를 포설하여 미끄럼을 방지시켜야 한다.

7.3.1 공사장 지하수 및 토사 유출 관리 방안

- 유출지하수 발생량을 정확하게 예측하기 힘들므로, 유출수량 및 지하수위 강하가 당초 예측치를 초과하는 경우 다음의 경우에 따라 관리하여야함
- 공사중 유출지하수량이 많이 발생하는 경우에는 관계전문가 합동점검실시 후 대책 강구(흙막이벽체 및 차수공법 시공상태, 계측관리사항, 기타 위험요인 및 안전확보 방안 등)하여야함
- 또한, 공사 완료 후 발생되는 유출지하수량이 많이 발생하는 경우에는 합동점검실시 후 대책 강구 및 주변지역 안전관리 강화 조치(주변 도로 GPR 탐사, 하수관 CCTV 촬영 및 분석)를 취해야함

공사장 토사유출량 측정방법

- 공사장에서 토사유출량을 측정하는 방법은 이론적으로 정립되어 있지 않고, 공사장 별로 특성에 맞는 방법을 선택하여 모니터링 할 필요가 있음
- 공사장에서 파이핑, 히빙과 같은 지하수 유출지점을 파악할 수 경우에는 이러한 지점에서 지하수를 매일 채취하여 토사량을 모니터링하여야 하며, 측정방법은 다음과 같음
  - 침강시험 : 일정한 양의 유출수를 채취하고, 매스실린더 또는 일정한 용기에 유출수를 넣고, 일정한 시간동안 토사를 침강시키고, 침강된 토사의 두께를 측정하여 용기단면적을 곱해서 전체 토사량을 산정함
  - 탁도측정 : 무게를 잰 유리여과기에 일정량의 시료를 여과시킨 다음 함량으로 건조하여 무게를 달아 여과하기 전과 여과한 뒤의 유리여과기 무게의 차이를 산출하여 부유물질의 양을 구하는 방법으로 토사량이 매우 적을 때 사용함
  - 탁도측정(탁도측정기 사용) : 일반적으로 많이 사용하고 있는 탁도측정기는 nephelometer로서, 액체에 빛을 쪼여 그 빛의 산란을 이용하여 탁도를 측정하는 방법으로 토사량이 적을 때 사용함
  - 배수용 sump 또는 pit : 공사장 유출지하수를 차집하여 침강되는 토사량 두께 측정(신뢰성 있는 자료를 획득하기 어렵기 때문에 정성적으로만 활용)

공사장 토사유출량 관리방법

- 도로함몰 등 지반침하의 원인으로 지하수 이용과다 보다는 대부분 지하 굴착공사에 따른 유출지하수 발생과 이에 수반된 토사유출에 의한 것으로 추정되고 있음
- 따라서 지하 굴착공사시 지하수 유출로 인한 주변지역으로부터 토립자의 유출을 방지해야하며, 토사유출량 관리방법은 다음과 같음
  - 공사시 일별 토사유출량 변화 모니터링 실시 : 공사중 이상구간(취약구간) 파악을 위한 정성적 자료로 사용
  - 승인기관 또는 발주청에서 요청시 공사관계자는 토사유출량 자료를 제출하여야 함
  - 토사유출량 변화 모니터링 이상상황 발생시 : 차수 및 방수 등 선조치 후 정밀조사 실시

※ 이상상황 : 유출토사량이 이전 측정치에 비해 비이상적으로 급증하는 경우(이전의 측정치에 비하여 약 50%이상 증가하였을 경우)

7.3.2 공동 보강 및 관리 방안

- 시공중 사업부지와 인접한 도로 하부에 공동이 발견될 경우 서울시 동공관리등급분류 및 복구기준에 따라 발견된 공동을 처리해야 함

표 7.31 복구 및 분류 기준

등급	분류기준	복구기준
긴급복구	· AC 포장 두께 10cm 이내인 동공 중 동공 두께 20cm 이내인 동공 · 포장 균열 깊이가 50% 이상 진행된 모든 동공	· 탐사중 동공상태 확인 즉시 복구(6시간 이내)
우선복구	· AC 포장 두께 10~20cm 이내인 동공 중 동공 두께 10~30cm 이내인 동공 · 동공 좁은 폭 150cm 이상인 모든 동공 · 포장 균열 깊이가 10~50% 진행된 모든 동공	· 신속한 조치계획 수립 및 복구
일반복구	· 긴급/우선/관찰 등급을 제외한 모든 동공	· 우기철 이전까지 복구
관 찰	· AC포장 두께 30cm 이상인 동공 또는 동공 두께 40cm이상인 동공 중에서 동공 폭 80cm 미만인 동공	· 지속 관찰 후 반복탐사 시작년도 우기철 이전까지 복구

서울시 공동 등급 분류기준에 따른 공동의 구분



7.3.3 중점 현장 안전관리 방안

☑ 굴착공사 중지 및 재개시 조치방안

굴착공사 중지 개요 및 원인

- 굴착공사 중 부득이한 사유로 일정기간 공사를 중지할 경우 공사중지 기간과 중지시점의 현장상황 등을 고려하여 조치방안을 수립하여야 한다.
- 공사중지가 발생하는 대표적인 경우로는 민원발생, 유치권 행사 등의 행정적 및 법적인 분쟁으로 인한 사유와 시공중 예상치 못한 과도한 변위 발생, 설계당시 예상했던 지층구조와 확연히 차이가 나는 경우, 과도한 지하수 유출 등의 흙막이 벽체의 안정성 자체에 문제가 발생하는 경우 등 안정성 확보에 문제가 발생하여 공사를 중지하는 경우가 종종 발생하고 있다.

굴착공사 중지 원인별 대책

㉮ 흙막이 벽체 손상

- 흙막이 벽체 자체에 손상이 발생하는 경우는 굴착 시 굴삭기의 타격으로 인한 위험 요소가 가장 크다. 손상이 예상되는 부재로는 H-PILE(응력재)과 RAKER 등이 있으며 이러한 경우 굴삭기의 타격 등으로 인하여 설계에서 요구하는 부재력의 상실 또는 재료적 단면 결손, 허용응력 감소등이 발생할 수 있다.
- 흙막이 부재가 손상되었을 때는 공사를 즉시 중단하고 설계자 및 전문 기술자의 의견에 따라 별도의 보강대책(구조보강, RAKER 추가설치 등)을 수립하고, 시공자는 즉시 손상정도에 따라 가시설의 응급복구(복토, 수동토압 증가) 또는 보강 및 재설치를 하여야 하고 이에 따른 계측기 추가설치 및 측정횟수를 늘려 흙막이벽의 안정성 확보여부에 대하여 계측관리를 하여야 한다.

㉯ 과도한 변위 발생

- 계측결과 3단계 한계 관리치보다 변위가 크게 발생한 경우 즉시 시공을 중지하고 압성토를 실시하여 수동토압을 증가시켜 일시적으로 흙막이 벽체의 안정성을 확보한 후 현장점검을 통하여 과도한 변위의 발생원인을 분석하여야 한다.
- 현장관계자, 자문위원 등 전문가의 분석결과에 따라 대책공법의 적용 여부 및 공법의 종류를 결정하고 현장에 즉시 반영하여야 한다.
- 일반적인 보강대책으로는 버팀재 설치간격의 변경, 지보재 추가시공, 시공법의 변경 및 굴착깊이의 조정 등이 있다.
- 변위 진행구간 가시설의 용접 및 이음부위를 체크하여 파손부위가 있는지 확인하고 이에 대한 전면용접 등의 추가 보강을 실시한다.
- 흙막이 계측 빈도수를 늘려 지속적인 변위량 확인 및 요인 분석을 수행한다.
- 현장 배면 지반에 대한 수시 확인 후 균열 발생시 우수 유입에 의한 지반 약화 및 흙막이 구조물로의 과도한 수압이 작용하는 것을 방지하기 위해 균열 보수 · 보강을 실시한다.
- 전체적으로 흙막이 벽체나 지보공법에 문제가 있다고 판단되는 경우 흙막이 벽체 구조계산을 통한 재검토 및 설계변경을 수행하여야 한다.

표 7.32 공사 중지 및 재개시 조치방안

구 분	조 치 방 안
공사 중지 시	· 사업부지의 굴착구간은 풍화토(암)층이 두껍게 분포하고 있으므로 굴착공사 중단시에는 우수로 인한 굴착부의 노출지반이 약화될 수 있으므로 현장내 배수시설(배수로, 집수정, 폄핑시설 등)의 철저한 관리가 필요하며, 법면구간의 경우는 비닐덮개 등을 설치하여 우수 침투에 최대한 억제하여야함 · 공사현장 출입통제를 위한 안전펜스 등의 설치 및 정비 · 공사중단 흙막이 가시설 및 건축물 등의 구조물 탈락, 붕괴 방지 · 주기적인 계측관리로 안전성 확인 · 장기간 공사중지를 대비해 배수로 점검 및 보수
공사 재개 시	· 흙막이 가시설 구조물의 설치기간이 2년 이상일 경우 안전성을 보장할 수 없으므로 안전점검 또는 안전진단을 실시하여 흙막이벽의 상태를 파악하여야 하며, 잔여공사기간을 고려하여 안전성이 확보되는 대책을 수립하여야 함 · 굴착공사 수행전 검토범위 내 건축물 및 시설물 등에 대한 상태 · 현황 등에 대한 조사 수행 · 1년 이상 중단 후 공사 재개시에는 건설기술 진흥법 시행령([시행 2018. 6. 30] [대통령령 제28555호, 2017. 12. 29, 일부개정]) 및 건설공사 안전관리 업무수행 지침(국토교통부 고시 제2016-718호)에 따라 안전점점 실시 후 공사를 재개하여야함 · 공사 시점으로부터 공사 중지 기간이 2년 이상 경과한 경우에는 기설치된 흙막이재료의 허용응력 할증계수를 1.25로 하여 구조계산을 재수행하여 안전성 확보 여부에 문제 없는지를 전문가에게 의뢰 하여야함 · 공사 중지 기간을 고려한 가설 자재의 상태를 확인하고 기간 경과에 따른 재료의 부식상태, 연결부의 풀림여부 등을 점검하여야함 · 주요 계측결과를 확인하여 변위가 수렴한 상태인지를 확인 · 굴토 작업시 각 단계에서 각 공정의 충분히 안전이 확보되는 적절한 시공계획서에 의거 작업을 관리하여야 하며, 굴착시 손상이 발생된 부재에 대해서는 설계도서에 명시한 규격과 재질로 또는 동등이상의 것을 사용 · 시공자는 철저한 시공관리를 통해 시공 중 발생가능한 리스크를 최소화 하며, 이상 징후 발생시 즉각적이며 적극적인 대처를 통해 당 현장 및 주변인접지반에 피해가 발생하지 않도록 노력해야 함

☑ 현장 안전관리 방안

- 시공시 굴착공사 안전점검표를 작성하여 흙막이 구조물에 대한 현장관리를 철저히 하여야 하며 정기적인 점검을 통하여 안전사고가 발생하지 않도록 사전에 미리 방지하여야 한다.

표 7.33 흙막이 공사 안전점검표(예시)

점검사항		점검결과	조치사항
현장 체크리스트	◦ 공사현장 및 주변 지역으로부터 침투하는 지표수와 지하수의 차단 상태는 적절한가		
	◦ 인접 구조물에 대한 안전대책은 강구되어 있는가		
	◦ 현장 내외의 집수통 설치, 배수도량의 설치 등을 완료하였는가		
	◦ 조립도에 따라 조립되고 위험한 곳은 없는가		
	◦ 버팀목 및 띠장은 보울트, 쐐기 등으로 견고하게 설치하였는가		
	◦ 버팀목 및 흙막이판들의 사이에 틈은 없는가		
	◦ 부재의 연결부분은 확실하게 이음이 되어 있는가		
	◦ 중간지주가 있을 때 이것이 띠장에 확실히 고정되어있는가		
	◦ 흙막이재가 심하게 갈라지거나 부식된 것은 없는가		
	◦ 흙막이판 뒷면에 틈이 없고 누수나 토사의 유출이 없도록 하였는가		
	◦ 부재설치가 지연되거나 동바리에 근접한 상단에 재료를 쌓아 두지 않았는가		
정기 안전점검	◦ 조립상세도의 적정성 여부		
	◦ 시공시 부재의 품질, 토질 및 수압 등의 고려 여부		
	◦ 보일링 또는 히이빙의 발생 또는 위험 여부		
	◦ 부재연결 부분의 상태		
	◦ 누수 및 토사의 유출여부		
	◦ 버팀목 및 흙막이판의 조립상태		
	◦ 지보공 주변 지반면의 균열 상태		

- 굴착은 사전에 조사한 토질, 지하매설물 등의 조사자료를 검토하여 지반붕괴, 지하매설물의 파손 등이 일어나지 않도록 충분히 검토한 후 안전한 시공방법을 채택하여야 한다.
- 또한, 굴착작업전 사전조사를 철저히 수행하고, 설계토질과 현장토질이 현저하게 차이가 있는 경우 공사감독자와 협의하여 시공방법 변경 등을 통하여 안전하게 굴착공사를 실시하여야 한다.
- 작업순서 및 작업시간대 등을 면밀히 검토하여 작업시간을 줄이고 안전사고, 품질확보, 소음에 따른 민원발생 등을 고려하여 실시하여야 한다.

- 굴착은 설계도서에서 정해진 깊이로 하고 기존 구조물에 근접한 장소에서는 기존 구조물 보호를 충분히 하여야 한다.
- 굴착부 주변의 가옥이나 담장 등과 같은 기존 고정 구조물에 근접한 장소에서의 굴착은 구조물의 기초를 이완시키거나 요수, 지하수 배출시 주변지반의 지지력을 저하시키므로 인접구조물의 피해가 최소화되도록 대책을 수립하여야 한다.
- 공사현장의 인접구조물에 대한 정기적인 점검을 통하여 굴착공사로 인한 주변건물 피해가 발생하지 않도록 철저히 관리하여야 한다.

표 7.34 공사현장 인접구조물 안전점검표(예시)

점검사항		점검결과	조치사항
현장 체크리스트	◦ 기초 상태와 지질조건 및 구조형태를 점검하였는가		
	◦ 작업방식, 공법에 따른 안전대책을 수립하였는가		
	◦ 구조물 하부 및 인접 굴착시 크기, 높이, 하중 및 외력 (진동,침하,전도 등)을 충분히 고려하였는가		
	◦ 기존 구조물의 침하방지 조치를 하였는가		
	◦ 웰포인트공법을 사용하는 경우 그라우팅, 화학적 고결방법 등의 대책을 강구하였는가		
	◦ 비상투입용 보강재를 준비하였는가		
	◦ 인접구조물의 피해발생시 대책은 강구되어 있는가		
정기 안전점검	◦ 인접구조물 현황의 파악 상태		
	◦ 피해발생시의 대책		
	◦ 작업방식,공법에 따른 안전대책의 수립여부와 적정성		
	◦ 인접구조물의 피해발생여부		

☑ C.I.P 수직도 관리방안

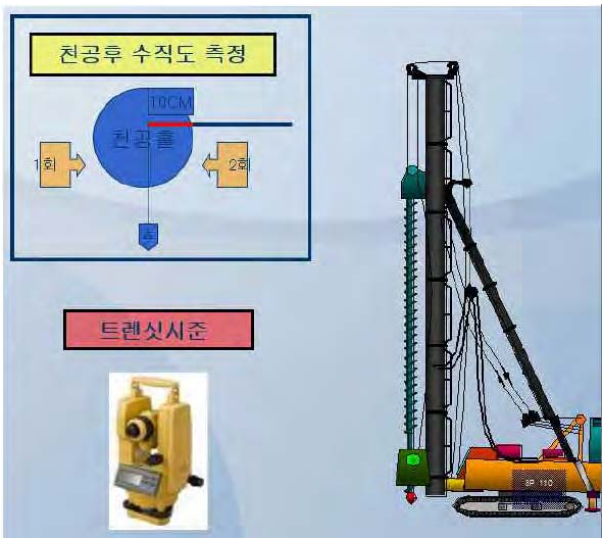
수직도 관리방안

- 수직도 관리를 위해 천공장비는 경사계가 내장된 장비를 사용하고 케이싱과 H-pile 접합은 수평을 유지한 작업대를 설치하고 이음부가 직선이 되도록 용접해야 함
- 「KCS 21 30 00 가설 흙막이공사, 2020.01」에 의거하여 수직도는 말뚝길이의 1/200 이하여야 하며, 시공의 정확도와 수직도 관리를 위해 안내벽을 설치하여야 하며, 이 때 안내벽은 지장물의 확인 및 제거를 위한 줄파기와 겸할 수 있음
- 「KCS 21 30 00 가설 흙막이공사, 2020.01」에 의거하여 안내벽은 다음에 적합하여야 함
  ① 굴착 구멍은 연직으로 하고, 연직도의 허용오차는 1% 이하이어야 함
  ② 시공 중에 인접지반의 손상을 주지 않도록 하고, 공급된 슬러리나 파낸 토사가 지하실, 공동구, 설비시설 및 기타 시설물로 누출되지 않도록 함
  ③ 굴착 중에는 수시로 계측하여야 하며, 굴착 공벽의 붕괴에 유의함
  ④ 굴착공의 검사장치는 승인된 시공상세도에 명시된 치수로 트랜치가 시공되었고, 슬라임이 완전히 제거되었는지를 확인할 수 있는 것이어야 함
  ⑤ 접속 부분이 정확하게 이루어지도록 주의하여야 하며, 차수능력이 있어야 함
- 리더거치(케이싱)시 운전석의 경사계를 보면서 조정설치하고 케이싱을 세운 다음에는 수평자로 수직도를 측정해야 함
- 천공 중에는 운전석의 계기판을 보면서 조정하고, 수시로 수평자로 수직여부를 확인하며 수직도를 조정해야 함

표 7.35 수직도 관리 방안

단계	수직도 관리대상	측정장비	측정빈도	측정방법
자재	케이싱접합	측량기	제작시	· 수평을 유지한 작업대 설치 · 이음부 직선이 되도록 용접
	H-PILE 접합	측량기	제작시	· 계기를 보면서 조정설치
시공정	리더거치 (케이싱거치)	운전석 계기판	설치시	· 계기를 보면서 조정설치
		측량기 수평자	설치시	· 케이싱주직으로 세움 · 수평자로 수직여부 확인
시공중	케이싱	운전석 계기판	설치시	· 계기를 보면서 조정설치
		측량기 수평자	설치시	· 케이싱 수직으로 세움 · 수평자로 수직여부 확인

수직도 측정방법

천공 후 수직도 측정방법	수평자를 이용한 수직도 측정
	

☑ 차수그라우팅 시공 관리방안

- 사업부지의 차수공 시공전 시험시공을 위한 대표위치를 선정하여 시험 주입 후 그에 따른 품질계획을 시행한다.
- 시험시공시 주의사항은 시공 전 지수효과 및 지반개량 효과를 확인한다. 이때, 주입계획, 시공관리상 필요로 하는 자료를 구하기 위하여 시험주입을 감독관 입회하에 실시한다.
- 시험 주입시는 시험주입 계획서를 작성하여 감독관의 승인을 받아야 하며, 본 검토서에 적용한 성능에 미치지 못하는 경우 보강방안의 수립 또는 그에 맞는 지반안정성 해석을 수행한 후 착공하여야 한다.

1) 시험 주입 중 품질 확인 사항

– 현장 시험 주입은 대상지반에 적용하는 주입재 및 적용방법에 대한 확인 사항이므로, 목표한 효과가 발휘 될 수 있는 지를 확인하는 사항으로 다음의 2가지 경우를 관리 한다.

① 주입 상황을 파악하기 위하여 주입 시 주입량, 주입압 및 주입속도 등을 자동기록 장치로 기록하며, gel-time 및 주입 방식, 범위 등을 확인하여야 하며 설계 내용이 현장과 일치하는지 여부를 판단한다.

2) 시험 주입 후 품질 확인 사항

– 주입시공에 의해 개량된 지반의 효과 확인 방법은 여러 가지 방법이 있으나, 일반적으로 차수공법의 직접적인 확인 방법으로 투수시험 및 시료 샘플링(채취), 터파기를 통한 반응시험 등이 있다.

3) 투수성 확인사항은 다음과 같다.

– 현장투수시험에 의해 투수계수를 확인하고, 본 검토서에 적용된 차수공의 투수계수인 1.0×10^{-5}cm/sec 이상 확보할 경우 주입효과가 있다고 판단해도 좋다.

– 차수공법의 투수계수가 수치해석의 적용값인 1.0×10^{-5}cm/sec이상 확보하지 못할 경우 승인기관의 장과 협의하여 공법을 재검토하여야 한다.

☑ 지반침하 취약구간 보강방안

굴착공사 중 진행성 변위 발생시 대책방안

표 7.36 굴착공사 중 진행성 변위 발생시 보강대책

이상 징후	대책 방안
지하수위 저하량 3차 관리기준 초과시	· 흙막이 벽체 배면 측에 추가 차수그라우팅(필요시 수평그라우팅) 시공 실시 · 흙막이 벽체 배면에 PVC비닐시트, 가배수로 설치 등으로 우수의 침투수 유입 억제 · 유입수가 많이 발생하는 구간에 지하수위계, 지중경사계, 침하계 추가 설치 및 2회/일 계측 실시
흙막이 벽체 변위 및 지반침하 3차관리기준 초과시	· 이상변위 구간에 추가 보강 앵커 및 Raker 설치 · 변위 진행구간 가시설의 용접 이음부위 확인 및 파손부위에 대한 전면 용접 보강 · 현장 배면지반 면밀한 확인 후 우수 유입에 의한 지반 약화 방지를 위해 균열이 발생된 모든 부위에 시멘트 밀크주입 및 도포 · 앵커 재긴장 및 추가설치 등의 방법으로 변위발생 억제 · 지중경사계, 침하계, 변형률계 추가 설치 및 1회/일 계측
구조물, 지하매설물 3차관리 기준 초과시	· 공사 중지 후 안전점검(진단), CCTV 조사 실시 · 안전점검 결과 D등급 이하의 건축물, 지하매설물의 경우 구조물 외벽 콘크리트 포설, 방수 등 보수·보강계획 수립 · 구조물에 건물 경사계, 균열 측정계 추가 설치 및 2회/일 계측 실시

굴착공사 중 변위발생 유형별 원인 및 보강방안

표 7.37 굴착공사 중 이상변위 유형별 원인 및 보강방안

이상변위 유형	원 인	보강방안
흙막이 벽체의 수평변위	· 굴착깊이 및 지반조건과 벽체의 강성의 영향을 받음 · 흙막이 벽체의 근입깊이 부족시 근입부 이동, 변형되어 하부지반이 활동회전을 하며 수평변위 발생 · 지보재의 간격이 적정간격을 확보하지 못할 경우 과도한 수평변위 발생 가능	· 가시설이 설치되지 않은 구간의 토사 되메우기 실시 · 변위 진행구간 가시설의 용접 이음부위를 체크하여 파손 부위에 대하 전면 용접 보강 · 흙막이 계측빈도수를 늘려 지속적인 변위량 확인 및 요인 분석 · 현장 배면지반 면밀한 확인 후 우수 유입에 의한 지반 약화 방지를 위해 균열이 발생된 모든 부위에 시멘트 밀크 주입 및 도포 · 변위량 증가시에 추가 흙막이 가시설 설치 검토 방안을 논의
인접지반 침하	· 주위 매설물의 매립상태가 불완전한 경우 말뚝관입시 천공작업의 진동으로 인한 압축침하 · 흙막이벽의 변위에 따른 배면토의 이동으로 인한 침하 · 지하수 유출시 토사가 함께 배수되어 발생되는 침하 · 굴착바닥의 연약한 지반인 경우 지반의 팽상(Heaving)으로 인한 배면지반의 침하 · 되메우기시 뒷채움 시공불량으로 인한 배면지반의 이동 및 침하 · 엄지말뚝 인발시 진동 및 인발후의 처리 불량에 따른 침하	

굴착공사 중 사공 유형별 보강방안

- 사업지 주변으로 도로하부로 다수의 지하매설물이 매설되어 있어 굴착공사중 지하수 유입에 따른 유효응력 증가로 침하가 야기될 수 있으며, 토사의 병행유출시 공동발생에 따른 여라가지 예기치 못한 사고가 발생할 가능성이 있다.
- 따라서, 지하굴착 중 발생할 수 있는 사고유형별 대응방안을 제시하고자 한다.
- 굴착공사 중 발생한 사고 유형별 양상 및 원인은 다음과 같다.

– 한국시설안전공단에서 2010년 작성된 '지반굴착공사로 인한 사고사례 분석 - 윤종구 외 2인' 논문에서 정의한 흙막이 구조물의 붕괴유형은 크게 8가지로 구분되며 다음과 같다.

① 지반조사의 불충분, ② 가시설 구조체 불안정, ③ 보일링 또는 히빙에 대한 굴착바닥면의 불안정, ④ 차수, 배수 등의 지하수 처리 미흡에 따른 불안정, ⑤ 시공상의 실수, ⑥ 과다굴착으로 인한 붕괴 사례, ⑦ 사면활동으로 인한 붕괴 사례, ⑧ 관리 소홀에 따른 붕괴

- 위 8가지의 붕괴유형을 분석해보면 사고발생 양상은 다음과 같다.

① 흙막이 벽체의 변위에 따른 인접 지하매설관의 파손으로 발생한 누수 및 이로 인한 침하
② 인접 지반 및 도로의 침하
③ 앵커 천공홀을 통한 지하수 및 토사의 병행유출로 배면 침하
④ 앵커 정착부 파괴로 인한 흙막이 벽체의 붕괴
⑤ 버팀대 우각부 파괴 발생
⑥ 과굴착에 따른 흙막이 부재 허용응력 초과
⑦ 시공관리 소홀에 따른 흙막이구조물 품질저하로 누수 및 배면토사 유출

- 위 8가지의 붕괴유형을 분석해보면 사고발생 원인은 다음과 같다.

① 주변 지하 매설관 파손에 따른 누수로 토압 및 수압이 증가되어 설계예상치 초과
② 지반조사 미비로 설계지반과 실제지반이 상이
③ 흙막이 벽체의 제원과 단면력 부족
④ 앵커 정착장 길이 부족
⑤ 차수그라우팅 미적용 및 시공 불량에 따른 누수
⑥ 주열식 벽체 형성 시 수직도 불량에 따른 부재간 틈 발생
⑦ 굴착장비 운용 시 관리 소홀에 따른 흙막이 구조물 손상 발생

표 7.38 지하굴착 공사 중 발생한 사고 유형별 대응 및 보강방안

구 분	대응 및 보강방안
주변 침하	· 흙막이 배면에서 지하수 과유출시 즉각 물리적인 유출수 차단을 시행하고 누수 위치 파악 후에 조속히 추가적인 대응방안 마련(추가적인 차수그라우팅 등) · 차수그라우팅 시공 시 철저한 시공관리를 수행하여야 하며 그라우팅 후 시험천공 및 투수시험을 실시하여 그라우팅 효과의 적절성 확인 · 흙막이 벽체 시공시 수직도관리를 철저히 하고, 흙막이 벽체와 띠장 사이에 뒷채움 확실히 하도록 조치 · 시공 전 계측관리계획서를 토대로 적기에 계측기기 설치 및 초기치 측정관리 · 계측관리를 통한 이상 징후 발생 시 즉각적인 굴착공사 중지 및 대응방안 마련 · 굴착지 주변 도로에서 Crack발생 시 관계자(발주처, 시공사, 감리원, 설계사 등)와 종합적인 원인분석 후 적합한 보수보강방안 제시
흙막이 구조물 변위	· 설계도서에 따라 철저한 시공관리로 단계별 굴착순서를 준수하여야 하고 단계별 지보재 설치전 과굴착 금지 · 예상치 못한 지하매설물 파손 및 우기시에 흙막이 벽체 배면 수위상승에 따른 수압증가로 흙막이 벽체의 안정성에 문제가 야기될 수 있으므로 지속적인 계측관리를 통한 이상 징후 확인이 필요하고 관리기준치 초과 시 수압저감을 위한 적합한 조치를 취해야 함 · 이상 징후에 따른 긴급 보강조치 후 재계산을 통한 적절한 보강방안 마련 · 배면의 토압 및 수압 외에도 배면지반 상부에 작용하는 과재하중에 따른 변위가 발생될 수 있으므로 설계도서에서 허용하는 하중외의 장비운용 금지 · 재사용강재 사용 시 철저한 자재검수로 단면결손 상태가 심한 부재의 경우 현장반입 금지조치 · 굴착장비 운용 시 기 설치된 흙막이 구조물에 충격이 가해지지 않도록 공사투입 전 철저한 안전교육을 시행하여야 하고, 공사중 충격발생에 따른 이상 징후 발생 시 가설지보재로 긴급보강 조치
지하 매설물 파손	· 굴착공사에 따른 인접 지하매설물 파손은 대부분 굴착 시 발생한 누수로 인한 배면토사 유실로 발생되므로 차수그라우팅 시공관리 철저 · 차수그라우팅 시공 시 토질조건, 현장여건등을 종합적으로 고려한 적절한 배합비 결정 · 흙막이 벽체 틈사이로 지하수 유출시 토사의 병행유출에 따른 공동이 발생되었을 경우 본 평가서 공동보강방법을 토대로 적절한 보강계획 수립 · 공사를 위한 중장비 운용에 따른 진동 또는 충격의 의해 악영향이 가해지지 않도록 사업장 부변 중장비 운용 동선에 가설 콘크리트 포장 또는 철판을 설치하여 지하매설물 손상방지계획 수립

☑ 공사장 유출지하수 측정 및 관리

관리대상

- 공사장에서 발생하는 유출지하수 총량을 대상으로 하며, 청소용수, 조경용수 등으로 사용되기 전의 발생총량을 계측하여야 함

유출지하수 처리 절차 (근거 : 서울특별시 하수도 사용조례 및 지하수법)

- 공사장에서 발생하는 유출지하수는 집수조 등에 일시적으로 모았다가 공공하수도로 배출하기 때문에, 이에 대한 신고와 사용료를 납부하여야 함
- 공공하수도 사용개시 신고(하수도 사용조례 제21조)
  - –공공하수도 사용자는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 하거나 상황이 발생하는 경우에는 하수배출량 등에 대하여 규칙으로 정하는 바에 따라 그 행위를 하거나 상황이 발생한 날부터 30일 이내에 신고하여야 한다고 규정함
    - ① 공공하수도의 사용을 개시, 중지. 폐지하거나 중지중에 있던 것을 다시 사용하고자 할 때
    - ② 토목공사, 건축공사, 기타의 사유로 공공하수도를 일시 하용하고자 하는 때(이 경우에는 기간표시)
    - ③ 상수도 급수에 의하지 아니하는 지하수, 하천수, 온천수 또는 해수 등을 공공하수도에 배출시킬 때
    - ④ 물의 사용량과 하수의 배출량이 현저히 다를 때
    - ⑤ 배출되는 하수의 현황이 이 조례에 의하여 사용자에게 적용되는 요금의 적용구분과 달라졌을 때
- 계측기 설치 및 봉인 요청(하수도 사용조례 제26조)
  - –하수도 사용개시신고를 한 자는 하수도 사용량을 측정하기 위한 계측기를 설치, 관리하여야 함
  - –계측기를 설치하는 경우에는 기준에 적합한 것으로 설치하여야 하며, 설치된 계측기는 시장에게 봉인 요청을 하여 봉인하여야 함.
  - –시장은 하수도 사용자가 설치한 계측기에 이상이 있다고 판단될 때에는 공인검정기관에 기능시험을 의뢰할 수 있으며, 검정에 필요한 비용은 하수도 사용자가 부담하여야 함
  - –하수도 사용자는 계측기 점검 또는 검침에 방해가 되는 물건을 적치하거나 공작물 등을 설치하여서는 아니 됨
- 사용료 징수 및 관리(하수도 사용조례 제39조)
  - –구청장은 사용료 중 지하수, 하천수, 온천수 일시사용에 따른 사용료의 부과, 징수, 계측기 봉인요청의 처리, 공인검정기관에 계측기 기능시험 의뢰 및 검정에 필요한 비용의 징수, 계측기 설치장소의 관리 등의 사무를 위임받아 시행함
  - –공공하수도 사용료 부과, 징수는 수도사업소장이 위임받아 시행함

공사장 유출지하수 처리 절차



발생량 측정방법

- 유출지하수량을 측정하기 위한 계측기 설치 및 관리
  - –대개 굴착공사 시에는 집수조, 집수정을 설치하여 이곳에 유출지하수를 모아서 토사와 이물질 등을 제거하기 위해 침사조를 거쳐 어느 정도 걸러진 물을 우수맨홀에 배출시키기 때문에 이때 유량계를 설치하여 유출지하수량을 측정할 수 있음
  - –유량계를 통해서 공공하수도 사용료를 징수하기 때문에 유량계 조작이 안되도록 동선으로 봉인처리 함
  - –유량계의 설치 시점이 지연되지 않도록 공사일지와 사진대지를 첨부하도록 함

유출지하수 관리

- 유출지하수 발생신고 : 공사장 유출지하수가 발생하는 즉시.
- 유출지하수 발생량은 정확하게 예측하기 곤란하므로, 유출수량 및 지하수위 강하가 당초 예측치(환경영향평가 등)를 초과하는 경우 다음의 경우에 따라 관리
- 공사 중 유출지하수량이 많이 발생하는 경우
  - –공사시행 및 인·허가기관과 관계전문가 합동점검 실시 후 대책 강구 : 설계 및 공사중 예측과 현황 불일치 사유, 적용된 흙막이 차수공법 시공상태, 계측관리사항, 기타 위험요인 및 안전확보 방안 등 검토
  - –주변지역 안전관리 강화 조치 : 주변도로 GPR 탐사, 하수관 CCTV 촬영 실시 및 분석 등
  - –공사 완료 후 발생되는 유출지하수량이 많이 발생하는 경우에도 위와 같은 조치를 취하도록 함.

☑ 공사장 토사유출량 측정 및 관리

관리대상

- 유출지하수가 발생되는 모든 공사장

관리방법

- 공사 시 일별 토사유출량 변화 모니터링 실시 : 공사중 이상구간(취약구간) 파악을 위한 정성적 자료로 사용
- 인 · 허가기관 또는 발주청에서 요청시 공사관계자는 토사유출량 자료를 제출하여야 함
- 토사유출량 변화 모니터링 이상 상황 발생시 : 차수 및 방수 등 선조치 후 정밀조사 실시 ⇒ 공사중지 후 정밀조사 실시

측정방법

- 공사장에서 토사유출량을 측정하는 방법은 이론적으로 정립되어 있지 않고, 공사장 별로 특성에 맞는 방법을 선택하여 모니터링 할 필요가 있음.
- 파이핑, 히빙 등 유출지점이 파악되는 경우에는 유출되는 지점에서 직접 지하수를 채수하여 분석
- 측정방법으로는 침강시험, 탁도 측정 등이 있음

☑ 계측기 파손유형 및 보완 방안

표 7.39 계측기 파손유형 및 보완방안

계측항목	주요 파손 유형	파손 보완 방안
지중경사계	굴착면측 Access Tube 노출로 굴착기에 의한 파손 Nail 천공에 의한 파손	재설치 후 초기치 재산정 및 보정 매단 EL Beam 설치 계측관리
지하수위계	굴착면 PVC Stand Pipe 노출로 굴착기에 의한 파손	파손부 교체(보수) 및 연결 측정관리
변형률계 및 하중계	외부충격에 의한 파손 Cable 단락	신속한 복구 및 재설치 케이블 복구 연결
건물경사계	인위적 파손(접착력 부족)	재 설치 후 초기치 재설정 후 보정(누적변위량 표시 비고란)
균열측정계	인위적 파손	재 설치(누적 균열폭 관리)
지표침하계	차량하중에 의한 파손	상부 보호캡 설치

표 7.40 작업 공종별 안전관리 방안

공 종	세부내용	안전관리방안
장 비	· 조명장치 및 방향지시등 작동 점검 · 버캣 연결핀 고정상태 점검 · 유압장치 작동유·무 점검 · 장비 후진 시 경보음 작동 유·무	· 작업투입전 조명장치, 경보장치, 방향지시등 등의 작동 유·무 확인 후 작업 진행 · 버캣연결핀 고정확인 띠 설치하여 육안 식별 관리 · 유압 누유 유·무 확인 후 작업 진행 · 장비 1대 당 신호수 1명 배치 후 작업 진행
양 중	· 부재 중량 및 Crane 양중능력관리 · 부재 인양용 Wire점검 · Crane Outrigger 하부지반 안전성확인 · 부재 인양용 샤클/와이어로프 점검	· 장비 제원표, 부재별 예상중량표 현장 비치/관리 · 중량 및 사용 Wire Table Sheet 작업장 비치 · 지내력Test 또는 침하/전도 방지용 복공판 설치관리 · 샤클/와아이로프 정기점검 및 승인현황 관리

공 종	세부내용	안전관리방안
철 거	· 외부벽체철거 시 낙하물 발생 여부 · 철거 잔재물의 바닥 개구부 투하 여부 · 전선 및 통신선 철거 시 절연, 단통 여부	· 외부 낙하물 방지망 설치, 先고정 등 조치 추진 · 각층 개구부 출입차단 및 중량물 개구부 투하금지 · 전선 및 통신선 관리 각 해당기관에 확인 후 작업 실시
기 타	· 외부비계 설치/해체/사용 중 안전관리 · 장비(덤프 등) 이동 동선 관리 · 내부 철 구조물 절단 시 화재예방 · 가스배관 철거 시 잔존가스 폭발위험 관리	· 비계상부 작업자 안전벨트 착용/비계 벽 이음관리 · 장비/인원 동선 분리 및 신호수 배치관리 · 화기작업구역 소화기 배치 및 화기감시활동 추진 · 가스배관 잔존가스 확인 후 철거 진행

☑ 공사 중지시 흙막이 가시설 보수 및 안전 확보 방안

- 흙막이 시공 중 여러 가지 사유로 인하여 공사가 중단되는 경우가 있다.
- 대표적인 경우로는 민원발생, 유치권 행사 등의 행정적 및 법적인 분쟁으로 인한 사유와 시공중 예상치 못한 과도한 변위 발생, 설계당시 예상했던 지층구조와 확연히 차이가 나는 경우, 과도한 지하수 유출 등의 흙막이 벽체의 안정성 자체에 문제가 발생하는 경우 등 안정성 확보에 문제가 발생하여 공사를 중지하는 경우가 종종 발생하고 있다.

흙막이 벽체 손상발생

- 흙막이 벽체 자체에 손상이 발생하는 경우는 굴착 시 굴삭기의 타격으로 인한 위험 요소가 가장 크다. 손상이 예상되는 부재로는 H-PILE(응력재)과 RAKER 등이 있으며 이러한 경우 굴삭기의 타격 등으로 인하여 설계에서 요구하는 부재력의 상실 또는 재료적 단면 결손, 허용응력 감소등이 발생할 수 있다.
- 흙막이 부재가 손상되었을 때는 공사를 즉시 중단하고 설계자 및 전문 기술자의 의견에 따라 별도의 보강대책(구조보강, RAKER 추가설치 등)을 수립하고, 시공자는 즉시 손상정도에 따라 가시설의 응급복구(복토, 수동토압 증가) 또는 보강 및 재설치를 하여야 하고 이에 따른 계측기 추가설치 및 측정횟수를 늘려 흙막이벽의 안정성 확보여부에 대하여 계측관리를 하여야 한다.

과도한 변위가 발생한 경우

- 계측결과 3단계 한계 관리치보다 변위가 크게 발생한 경우 즉시 시공을 중지하고 압성토를 실시하여 수동토압을 증가시켜 일시적으로 흙막이 벽체의 안정성을 확보한 후 현장점검을 통하여 과도한 변위의 발생 원인을 분석하여야 한다.
- 현장관계자, 자문위원 등 전문가의 분석결과에 따라 대책공법의 적용 여부 및 공법의 종류를 결정하고 현장에 즉시 반영하여야 한다.
- 일반적인 보강대책으로는 버팀재 설치간격의 변경, 지보재 추가시공, 시공법의 변경 및 굴착깊이의 조정 등이 있다.

- 변위 진행구간 가시설의 용접 및 이음부위를 체크하여 파손부위가 있는지 확인하고 이에 대한 전면용접 등의 추가 보강을 실시한다.
- 흙막이 계측 빈도수를 늘려 지속적인 변위량 확인 및 요인 분석을 수행한다.
- 현장 배면 지반에 대한 수시 확인 후 균열 발생시 우수 유입에 의한 지반 약화 및 흙막이 구조물로의 과도한 수압이 작용하는 것을 방지하기 위해 균열 보수·보강을 실시한다.
- 전체적으로 흙막이 벽체나 지보공법에 문제가 있다고 판단되는 경우 흙막이 벽체 구조계산을 통한 재검토 및 설계변경을 수행하여야 한다.

지층구조가 설계도서와 상이한 경우

- 굴착 시 설계도와 지질조사 보고서에서 예측한 지층구조와 현저하게 차이가 나는 경우는 공사를 중지하고 감리자와 협의하여 보완하여야 한다.
- 필요할 경우에는 관계기관의 승인을 득하여 변경된 지층현황을 반영한 설계변경을 반드시 수행하여야 한다.
- 변경된 설계도서에 대하여 토목 감리자나 전문 기술사의 검토를 받아 승인을 득한 이후 공사에 임하여야 한다.

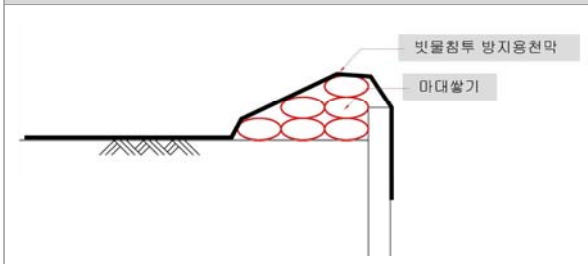
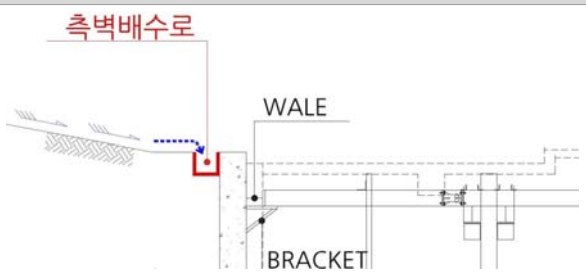
공사재개 시 확인사항

- 주요 계측결과를 확인하여 변위가 수렴한 상태인지를 확인하여야 한다.
- 현장 내 안전조치에는 문제가 없는지 확인하여야 한다.
- 공사 중지 기간을 고려한 가설 자재의 상태를 확인하고 기간 경과에 따른 재료의 부식상태, 연결부의 풀림여부 등을 점검하여야 한다.
  - –장기간 방치 토류판 변형 및 버팀보·띠장 부식 확인
  - –띠장 밀착시공 및 일직선 강결
  - –버팀보는 수평·수직앵글을 설치하여 좌굴방지
- 공사 시점으로부터 공사 중지 기간이 2년 이상 경과한 경우에는 기 설치된 흙막이 재료의 허용응력 할증계수를 1.25로 하여 구조계산을 재수행하여 안정성 확보 여부에 문제가 없는 지를 전문가에게 의뢰 하여야 한다.
- 굴토 작업 시 각 단계에서 각 공정의 충분히 안전이 확보되는 적절한 시공계획서에 의거 작업을 관리하여야 하며, 굴착 시 손상이 발생된 부재에 대해서는 설계도서에 명시한 규격과 재질로 또는 동등이상의 것을 사용하여야 한다.
- 또한, 시공자는 철저한 시공관리를 통해 시공 중 발생가능한 리스크를 최소화 하며, 이상 징후 발생시 즉각적이며 적극적인 대처를 통해 당 현장 및 주변인접지반에 피해가 발생하지 않도록 노력해야 한다.

☑ 흙막이 배면 배수계획

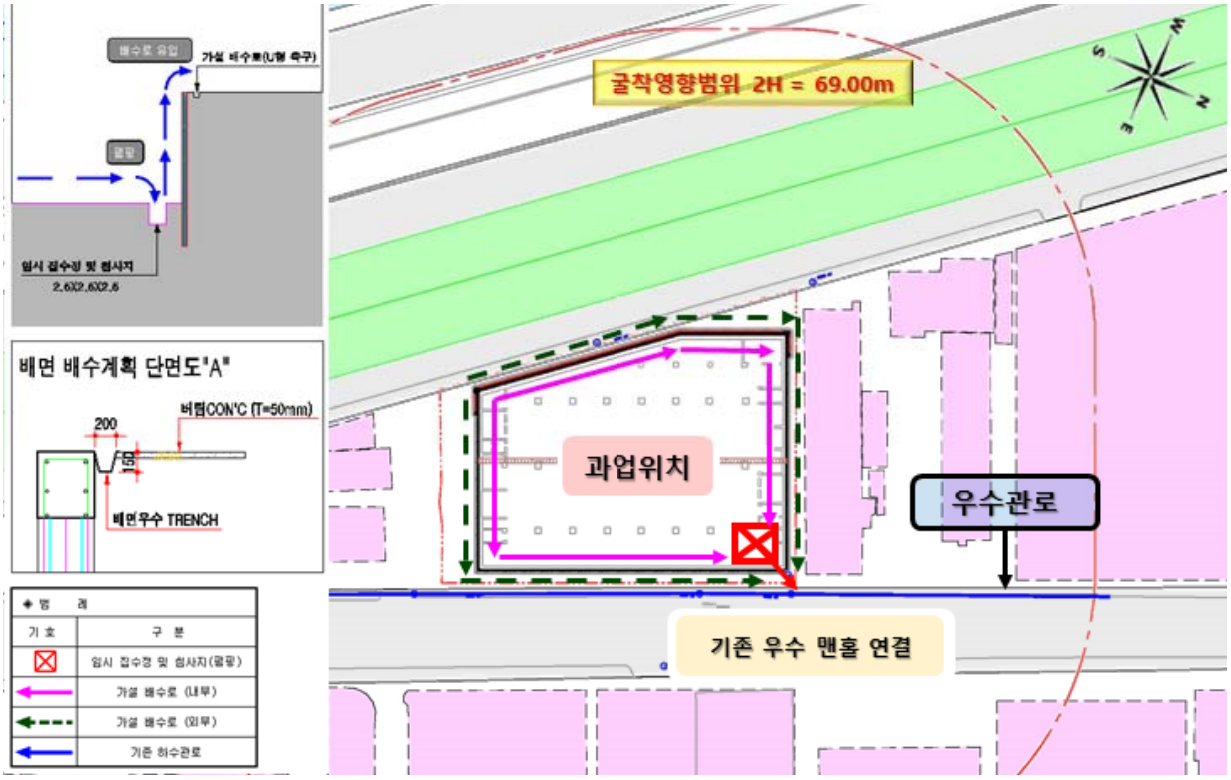
- 우기 및 지표수 유입에 대비하여 굴착주변 침투수 방지를 위한 마대쌓기 등의 대책을 수립하여 감리자의 승인을 득하여야 한다.
- 토공사 실시 전 흙막이벽 배면에 우수 및 잡용수를 처리할 수 있는 배수로를 만들어 내부굴착공사 중 일시의 지표수의 유입을 사전에 방지하여야 한다.
- 배수로는 기존도로 측구로 측벽배수로를 연결하여 원활한 배수가 이루어지도록 계획하여야 한다.
- 특히 인접건물이 위치한 지역에 대해서는 면밀히 주의 관찰하고, 시공관리를 철저히 하여야 한다.

표 7.41 흙막이 배면 우수유입 방지 대책

마대쌓기	측벽 배수로
	
• 흙막이 배면이 평지인 경우 마대쌓기로 우수유입 방지	• 흙막이 배면이 경사지인 경우 측벽 배수로 설치로 우수유입 방지

☑ 유입수 및 배면 배수처리 계획

유입수 배수처리 계획도



펌프규격 및 용량 검토

- 강우 등의 안전율을 고려하여 예상 유입수량을 임시집수정 1개소에서 처리할 수 있도록 배수계획을 검토하였다.
- 펌프 및 Sump Pit 용량 산정을 위한 설계 유입수량

  Q = (159.96㎥ × 1)/ day / 1개소 = 159.96㎥/day
- 펌프 및 Sump Pit 의 규격 및 펌프 용량 검토
  - Sump Pit 및 펌프의 용량 검토는 유효 집수높이(SLAB 하단에서 집수정 내측 바닥까지)를 기준으로 하였으며, 1개소의 Sump Pit에서 전체 유입수량을 분담 처리하는 것으로 검토하였다.

Q' = 159.96 / 1 = 159.96 ㎥/day

Sump Pit : B x D x H = 2.0 x 2.0 x 2.0 ⇒ 8.0㎥

① Sump Pit 용량 (80% 수위선까지를 관리고(h)로 가정

q = 8.0 x 0.8 = 6.4㎥

② 설계유입량에 의한 일일펌프 가동 사이클 타임

가동 회수 = Q' / q = 159.96 / 6.4

≒ 25 회

③ 설계유입량에 의한 일일 총 가동시간

(토출량 : 18.0㎥/hr = 0.3㎥/min 인 펌프 1대인 경우)

Ph1 = 159.96㎥ / (18.0 ㎥/hr x 1(대) x 0.7) ≒ 13 시간

④ Sump pit 용량에 의한 1회 가동시간

(토출량 : 18.0㎥/hr = 0.3㎥/min 인 펌프 1대인 경우)

6.4㎥ / (18.0㎥/ hr x 1(대) x 0.7) ≒ 0.508 hr = 30.48 min

⑤ 1대의 펌프를 일일 25회 가동, 1회 가동시간을 최대 30분으로 할 경우

펌프의 추천 용량

Q =159.96㎥ / (25회 x 30.48min x 1대) = 0.21 ㎥ / min < 0.3㎥ /min ∴ OK

표 7.42 펌프 및 펌프 용량 검토 결과

집수정 규격	처리용량 (㎥/day)	유효용량 (㎥)	가동횟수 (회)	적용펌프 (㎥/min)	일일가동 시간(hr)	1회가동 시간(min)	비 고
2.0×2.0×2.0	159.96	6.4	25	0.3×1대	13	30.48	

※ 펌프 용량 및 검토된 내용은 추천사항으로 착공전 기계설비 전문업체 확인이 필요하며 Sump Pit의 개소수, 위치 및 규모는 현장상황을 고려하여 협의를 통하여 변경이 가능함

- 산정된 지하수 유입량은 보수적인 침투해석을 통하여 예측할 수 있는 최대값이므로 시공시 지하수의 유출 상태에 따른 적정한 배수계획을 수립 및 재검토 하여야 한다.

7.3 현장 안전관리 방안

- 공사중 배수계획 수립시 예상유입량의 2배이상을 처리할 수 있도록 계획하여야 함이 바람직할 것으로 판단되며 펌프의 고장시를 대비하여 여유분의 충분한 펌프시설을 갖추어 강우나 집중호우시 굴착영역내 배수에 문제가 발생하지 않도록 하여야 하며 되도록 우기를 피하여 굴착공사를 진행하는 것이 바람직하다.
- 유입된 지하수는 공사장 지하수 관리 매뉴얼(서울특별시, 2016.12)에 따라 철저하게 관리하여야 하며 지하수의 유입과 함께 토립자의 유입 여부를 모니터링하여 기준값 이상일 경우 대책을 수립하여 안전을 확보하여야 한다.

검토결과	· 공사중 배수계획 수립시 예상유입량의 2배이상을 처리할 수 있도록 계획하여야 하며 펌프의 고장시를 대비하여 여유 펌프시설을 현장내 갖추어야 함 · 예측치를 초과한 지하수 유출에 대한 비상상황에 대비하기 위하여 긴급 차수에 대한 대비책을 수립하고 이를 공사 감독에게 승인 받아야 하며, 이에 대한 예비용 장비를 현장에 비치하여야 함 · 유량계를 설치하여 본 평가서에서 제시한 계측관리 기준치에 따라 유입량 관리를 철저하게 하여야 함

☑ 공사장 굴착으로 인한 주변영향 최소화 방안

발파진동 허용기준

• 국내 기관별 발파진동 허용기준치는 아래의 표와 같다.

표 7.43 국내 기관별 발파진동 허용기준치(cm/sec)

보안물건	국토교통부 (노천발파 설계지침)	도로공사 환경관리매뉴얼	단지건설공사 시방서	서울시 및 부산지하철공사	적용
가축	0.1	–	0.09	–	0.1
문화재	0.2	0.2	–	0.2	0.2
진동예민시설	–	–	0.2	–	0.2
주택, 아파트	0.3~0.5	0.5	0.5	0.5	0.3
철근콘크리트 및 RC건물	1.0~5.0	1.0~4.0	1.0~4.0	1.0~4.0	1.0

• 주택 및 아파트의 경우 발파진동 허용기준치를 0.3cm/sec로 적용함..

• 흙막이 벽체로부터 20m까지 미진동 암파쇄공법 공법을 적용하였으며, 20m~40m까지 정밀 진동제어발파 공법을 적용하는 것으로 계획하였다.

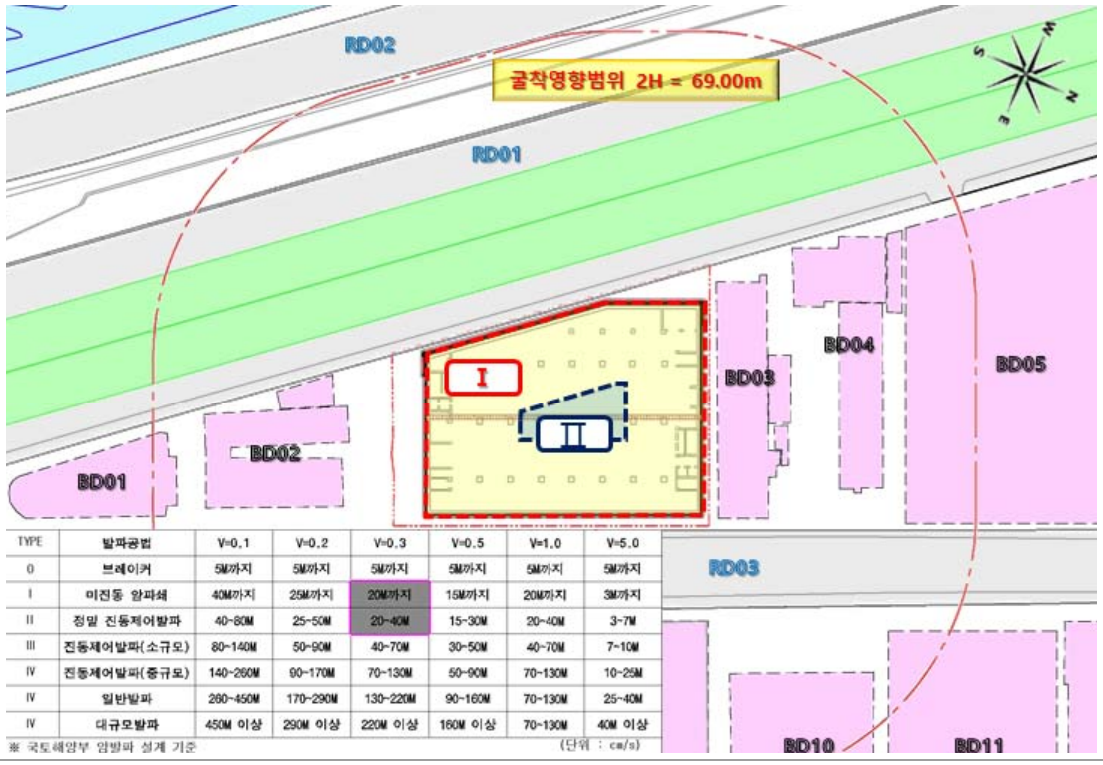
과업구간 암반굴착 현황검토

• 굴착시 암반층에 대한 발파공법 적용 여부를 확인하기 위하여 과업구간에 대하여 시추조사 결과와 굴착계획을 반영한 지층 종단면도를 검토하였다.

• 검토결과 토사층 하부로부터 최종 굴착면까지 암반층이 분포하고 있는 것으로 확인되었다.

☑ 암발파 계획

암발파 계획 평면도



TYPE	발파공법	V=0.1	V=0.2	V=0.3	V=0.5	V=1.0	V=5.0
0	브레이커	5M까지	5M까지	5M까지	5M까지	5M까지	5M까지
I	미진동 암파쇄	40M까지	25M까지	20M까지	15M까지	20M까지	3M까지
II	정밀 진동제어발파	40~80M	25~50M	20~40M	15~30M	20~40M	3~7M
III	진동제어발파(소규모)	80~140M	50~90M	40~70M	30~50M	40~70M	7~10M
IV	진동제어발파(중규모)	140~260M	90~170M	70~130M	50~90M	70~130M	10~25M
IV	일반발파	260~450M	170~290M	130~220M	90~160M	70~130M	25~40M
IV	대규모발파	450M 이상	290M 이상	220M 이상	160M 이상	70~130M	40M 이상

※ 국토해양부 암발파 설계 기준 (단위 : cm/s)

표 7.44 육상부 암발파설계기준

적용공법	진동속도 / 이격거리(m)	0.1 ㎝/s	0.2 ㎝/s	0.3 ㎝/s	0.5 ㎝/s	1.0 ㎝/s	5.0 ㎝/s	적용공법
TYPE Ⅰ 미진동 굴착공법	5	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.25	TYPE Ⅱ
	10	0.01	0.02	0.03	0.06	0.13	0.99	TYPE Ⅲ
	15	0.02	0.04	0.07	0.13	0.30	2.24	TYPE Ⅳ
	20	0.03	0.07	0.12	0.22	0.53	3.98	
	25	0.05	0.11	0.18	0.35	0.83	6.21	TYPE Ⅴ 일반발파
	30	0.07	0.16	0.27	0.50	1.20	8.95	
	40	0.12	0.28	0.47	0.89	2.13	15.9	TYPE Ⅵ 대규모발파
TYPE Ⅱ 정밀진동 제어발파	50	0.19	0.44	0.74	1.40	3.32	24.9	
	60	0.27	0.64	1.06	2.01	4.79	35.8	
	70	0.37	0.87	1.45	2.74	6.51	48.7	
	80	0.48	1.14	1.89	3.58	8.51	63.6	
TYPE Ⅲ 소규모 진동제어	90	0.61	1.44	2.39	4.53	10.8	80.5	
	100	0.75	1.78	2.95	5.59	13.3	99.4	
	110	0.90	2.15	3.57	6.76	16.1	120	
	120	1.08	2.56	4.25	8.05	19.1	143	
	130	1.26	3.01	4.99	9.45	22.5	168	
	140	1.47	3.49	5.79	11.0	26.1	195	
TYPE Ⅳ 중규모 진동제어	150	1.68	4.00	6.64	12.6	29.9	224	
	160	1.91	4.55	7.56	14.3	34.0	254	
	170	2.16	5.14	8.53	16.2	38.4	287	
	180	2.42	5.76	9.56	18.1	43.1	322	
	190	2.70	6.42	10.7	20.2	48.0	359	
	200	2.99	7.11	11.8	22.4	53.2	398	
	210	3.30	7.84	13.0	24.7	58.6	438	
	220	3.62	8.61	14.3	27.1	64.4	481	
	230	3.96	9.41	15.6	29.6	70.3	526	
	240	4.31	10.2	17.0	32.2	76.6	573	
	250	4.67	11.1	18.4	34.9	83.1	621	
TYPE Ⅴ 일반발파	260	5.05	12.0	20.0	37.8	89.9	672	
	270	5.45	13.0	21.5	40.8	96.9	725	
	280	5.86	13.9	23.1	43.8	104	779	
	290	6.29	15.0	24.8	47.0	112	836	
	300	6.73	16.0	26.6	50.3	120	895	
TYPE Ⅵ	450	15.1	36.0	59.8	113	269	2013	

0.06	미진동 굴착공법	0.25	정밀진동제어발파	1.00	소규모 진동제어발파
3.00	중규모진동제어발파	7.50	일반발파	20.0	대규모발파

【주】1. 위 발파공법별 적용거리 기준 및 지발당 장약량은 설계 발파진동 추정식 $v = 200(D/\sqrt{W})^{-1.6}$에 의하여 설정한 것으로, 발파 대상 현장의 암반특성 및 관리 대상 보안물건의 특성에 따라 증감될 수 있다.

2. 발파소음의 제어는 지반진동보다 훨씬 어려우므로 만약, 발파소음에 민감한 가축 사육시설 또는 요양원, 종교시설 등이 근접한 경우에는 별도 공법을 적용할 수 있다.

3. TYPE별 공법 설계는 상기기준에 맞게 하되 현장여건에 따라 조정할 수 있다.

4. 발파진동은 보안물건의 노후도나 상태, 암반상태, 진동주파수 등에 따라 달라지므로, 설계자 및 발파자는 보안물건상태, 현장조건과 관련법규 등을 검토하여 발파진동 허용기준치를 설정하고 이에 대한 이격거리별 지발당장약량을 산정하여야 한다.

공사장 소음측정 관리치

• 소음측정 관리치는 해당소음기준에 따라 1차 60%, 2차 80%, 3차 100%로 관리하도록 한다.

표 7.45 공사장 소음측정 관리치

대상지역	아침, 저녁 (05:00~07:00) (18:00~22:00)	주간 (07:00~18:00)	야간 (22:00~05:00)	비 고
가. 주거지역, 녹지지역, 관리지역 중 취락지구·주거개발진흥지구 및 관광·휴양개발진흥지구, 자연환경보전지역, 그 밖의 지역에 있는 학교·종합병원·공공도서관	3차 : 60dB 2차 : 48dB 1차 : 36dB	3차 : 65dB 2차 : 52dB 1차 : 39dB	3차 : 50dB 2차 : 40dB 1차 : 30dB	해당소음기준에 따라 60%(1차), 80%(2차), 100%(3차)로 관리한다.
나. 그 밖의 지역	3차 : 65dB 2차 : 52dB 1차 : 39dB	3차 : 70dB 2차 : 56dB 1차 : 42dB	3차 : 50dB 2차 : 40dB 1차 : 30dB	

주1) 공사장 소음의 규제기준은 주간의 경우 특정공사의 사전신고대상 기계·장비를 사용하는 작업시간이 1일 3시간 이하일 때는 +10dB을, 3시간 초과 6시간 이하일 때는 +5dB을 규제기준치에 보정한다.

주2) 발파소음의 경우 주간에만 규제기준치(광산의 경우 사업장 규제기준)에 +10dB을 보정한다.

주3) 공사장의 규제기준 중 다음 지역은 공휴일에 한하여 -5dB를 규제기준치에 보정한다.

–주거지역

–「의료법」에 따른 종합병원, 「초·중등교육법」 및 「고등교육법」에 따른 학교 및 「도서관법」에 따른 공공도서관의 부지경계로부터 직선거리 50m이내의 지역

공사장 굴착진동 및 소음측정 방법 및 주기

• 건설공사장의 발파소음 및 진동의 측정방법은(소음·진동공정시험방법, 환경부 고시 제 2003-221호, 2003.12.31.)에서 규정하고 있으며, 소음 측적방법과 진동 측정방법을 항목별로 비교하면 다음과 같다.

표 7.46 발파소음 및 발파진동 측정방법(공사장 소음·진동관리지침서, 환경부)

구 분	발파소음	발파진동
1. 측정점	(1) 피해가 예상되는 자의 부지경계선중 소음도가 높을 것으로 예상되는 지면위 1.2~1.5m 높이 (2) 높이 1.5m를 초과하는 장애물이 있는 경우에는 장애물로부터 소음원 방향으로 1~3.5m 떨어진 지점(단, 장애물이 방음벽이거나 충분한 차음이 예상되는 경우에는 장애물 밖의 1~3.5m 떨어진 지점중 암영대의 영향이 적은지점)	피해가 예상되는 자의 부지경계선 중 진동레벨이 높을 것으로 예상되는 지점
2. 측정조건 2.1 일반사항	(1) 소음계의 마이크로폰은 주소음원 방향으로 받침장치(삼각대 등)에 설치, 몸으로부터 0.5m이상 이격 (2) 풍속 2m/sec이상시에 방풍망 부착(풍속 5m/sec이상시에 측정 금지) (3) 진동, 전자장(대형 전기기계, 고압선 근처 등)의 영향을 받는 곳에서는 적절한 방지책(방진, 차폐 등) 강구	(1) 진동픽업의 설치장소는 옥외지표로서 단단히 굳은 수평면의 장소 (2) 진동픽업은 수직방향 진동레벨을 측정할 수 있도록 설치 (3) 진동픽업 및 진동레벨계는 온도, 자기, 전기 등의 외부 영향이 없는 장소에 설치
2.2 측정사항	(1) 발파소음 지속 시간동안에 측정 (2) 배경소음도는 대상소음(발파소음)이 없을 때 측정	(1) 발파진동 지속 시간동안에 측정 (2) 배경진동레벨은 대상진동(발파진동)이 없을 때 측정
3. 측정시간 및 측정지점수	조석(05:00~08:00, 18:00~22:00), 낮시간(08:00~18:00), 밤시간(22:00~05:00)의 각 시간대 중에서 최대발파소음이 예상되는 시각에 1지점 이상	주간(06:00~22:00), 심야(22:00~06:00)의 각 시간대 중에서 최대발파진동이 예상되는 시각에 1지점 이상

소음·진동 저감방안 검토

① 저소음·저진동 건설기계의 사용

- 건설기계 중 소음·진동의 크기가 일정 요건을 만족하는 건설기계를 저소음·저진동형 건설기계라고 한다. 소음진동규제법시행규칙(제33조2)에서는 '환경기술개발 및 지원에 관한법률(제20조1)' 의 규정에 따라 환경표지의 인증을 받은 건설기계와 '소음진동규제법(제49조2)' 의 규정에 따른 소음도 표지를 부착한 건설기계를 저소음건설기계의 범위로 규정하고 있다.

② 건설기계의 노후도, 정비상태 향상

- 건설기계가 노후화되면 기계 각 부위가 느슨해지거나 마찰이 발생하여 소음진동 방생량이 커지는 것이 일반적이다. 건설기계 정비를 잘 함으로서 발생소음·진동이 낮아지거나 작업 성능도 높일 수 있다.

③ 방음벽에 의한 대책

- 일반적으로 건설공사장에서 사용하는 방음벽은 가설물이 많으며, 이동식 방음벽이 아닌 경우 공사장 주변에 설치하는 경우가 대부분이다.
- 가설방음벽은 필요 소음저감량에 따라 차이가 있으나 일반적으로 높이 3~6m, 정도의 것이 많이 설치되고 있다.
- 방음벽설치에 의한 저감효과는 방음벽의 설치규모와 방음판의 투과손실에 따라 다르나 일반적으로 방음벽으로 기대할 수 있는 소음저감효과의 최대 한계는 15~20dB정도이다.

④ 진동의 방지대책

- 지반진동의 방지대책으로 진동의 전달경로 도중에 방진구를 설치하는 방법이 있다. 방진구의 방진효과는 구의 깊이와 관계된다.
- 구의 깊이가 파장의 1/4 정도이면 6dB의 진동저감효과가 있다고 알려져 있다.

표 7.47 방음벽의 종류 및 설치사례

가설방음벽 설치사례	이동식 방음벽 설치사례(공기주입형)
	

표 7.48 공사장 소음 전광판 설치사례

소음 전광판 설치 사례	마이크로폰 상세사진
	

☑ 기타 시공시 주의사항

정밀시공에 대한 시공 시 주의사항

- 지반안전성검토 결과 침하발생량이 허용치 이내로 안전한 것으로 검토되었으나, 이는 철저한 품질관리 및 정밀시공에 근거한 평가결과이므로 시공 시 관련공정의 표준시방서 및 공사 시방서를 참조하여 시공관리 해야 하며, 특히, 지수성 확보에 중요한 그라우팅 공사에 대해서는 시험그라우팅을 통해 천공 및 시공중 지반조건 변화 등을 확인할 수 있도록 하고, 그라우팅 중 필요한 기자재 및 시공방법에 대해서는 공사감독자의 지시 및 검수하에 작업을 진행하여 철저한 품질관리가 될 수 있도록 해야 한다.
- 또한, 실제 시공 시 가시설에 사용되는 강재는 본 평가서 검토 시 적용한 강재를 적용하여야 하며 설계기준강도 이상을 만족하여야 한다. 현장상황에 의하여 불가피하게 강재의 재료강도 및 규격을 하향시켜 변경하려는 경우에는 가시설 구조검토 및 주변지반의 안정성 검토를 재 수행하여 안전성 확보여부를 반드시 확인하고 관리기관의 허가를 득한 이후에 공사에 임하여야 한다.
- H-PILE + 토류판이 시공되는 구간은 굴착공사 시 토류판 배면 굴착에 따른 이격공간이 발생하므로 KCS 21 30 00 : 2020 14p에 의거하여 지중구조물과 흙막이 벽체 사이의 공간이 협소하여 다짐이 어려운 경우에는 빈배합의 소일시멘트 등으로 되메움하여 향후 지중에 공동과 같은 공간 형성이 없도록 하여야한다.

인접 지하매설물 관련 사항

- 본 평가서 작성 시 대상지역의 굴착에 따른 영향범위에 해당하는 인접건축물, 지장물에 대한 조사를 실시하였다. 굴착영향범위 내 위치하고 있는 건물 및 지하매설물에 대하여 착공전 사업시행자 및 시공사는 지하매설물 위치에 대한 상세조사를 수행하여 굴착영향범위 내 지하매설물의 추가 여부를 확인하여야 하며, 지장물에 대한 상세조사와 균열 발생여부, 건물기울기 등의 인접건물에 대한 현황조사를 주기적으로 실시하여야 한다. 착공전 및 시공 중, 후 인접 지장물과 건물 등의 조사 및 관리방안(정기안전점검 등)에 대한 계획을 작성하여 이를 기준으로 안전 관리해야 한다.

가시설 존치기간에 따른 허용응력 할증계수

- 본 과업구간은 흙막이 가시설의 존치기간은 2년 미만으로 검토를 수행하였으므로 공사 중지 등의 사유로 존치기간이 2년 이상을 초과할 경우 반드시 허용응력 할증계수를 1.5에서 1.25로 상향시켜 구조검토를 재수행하여야 한다. 만약 재검토 결과 허용응력을 초과하는 경우 추가보강을 수행하여 안정성 확보에 문제가 없도록 하여야 한다.

- 과굴착 금지 등의 시공관리 방안
  - 검토된 침하량은 설계도서에 따른 단계별 굴착심도를 준수하였을 때를 모사한 결과이므로 실제 시공 시에도 이를 준수하여야 한다.
  - 과굴착은 예상치 못한 지하수위의 급격한 변화의 원인이 되며 이로 인한 지반의 추가 침하가 발생할 수 있으므로 과굴착으로 인한 추가적인 지반침하로 지하매설물에 대한 안정성에 문제가 발생하지 않도록 주의 시공하여야 한다.
  - 또한, 슬래브의 설치단계를 준수하여 단계별 굴착 후 즉시 슬래브를 설치하여 배면지반의 이완으로 인한 추가 변위가 발생하지 않도록 현장관리를 철저히 하여야 한다.

- **인접현장 동시굴착에 대한 대책**
  - 당 현장 굴착공사를 착수 시에는 인접부지 의 지하 동시 굴착은 해당 없다. 각각의 사업 부지가 서로 다른 시기에 별도의 굴착공사로 진행될 경우 본 지하안전영향평가는 시공 조건을 고려하여 재평가되어야 한다.
  - 본 사업의 지하층 골조 구조물 완료 전 굴착영향범위 내 타 현장의 굴착이 발생할 경우에는 해당사업 및 본 사업에 위해한 요인이 될 수 있다.
  - 따라서, 사업시행 우선순위에 따른 이해관계를 확인하여 해당되는 자가 그에 맞는 별도의 안정성 검토를 수행하여야 하며 검토 결과에 따라 필요시 적정한 보강계획을 수립하여 상호간 안정성을 확보한 이후에 사업을 진행하여야 한다.

- **지하매설물에 대한 안전대책**
  - 당 현장의 굴착영향범위내 별도의 지하매설물은 확인되지 않았음.
  - 그러나, 시공자는 착공전 사업부지 전반에 걸쳐 착공전 지장물 매설 현황을 재확인하여 설계단계에서 확인되지 않은 지하매설물이 출현할 경우 공사 착공 전 시설물 관리자와 협의하여 GPR 탐사 등을 수행하고 필요한 경우 보수/보강 등 사전 조치 방안, 조치 시기 등을 제시하여야 하며 보수/보강 조치가 완료된 후 굴착공사를 진행하여야 한다.
  - 또한, 지하개발사업자가 공사중 및 지하층 공사완료 후에도 해당 지하매설물에 대해 굴착영향범위내 주기적으로 GPR 탐사 및 CCTV탐사를 수행하여 착공 전후에대한 지하공동 및 관파손, 연결관 · 접합부 및 이음부 불량 등을 분석하고, GPR 탐사 및 CCTV 조사결과 발견된 이상징후(공동발생, 지반침하가 우려될 경우등)에 대해서는 시설물 관리부서와 사전조치방안 등을 지속적으로 협의하여 본 사업의 굴착으로 인한 피해가 발생하지 않도록 주의시공 하여야 한다.

- **현장여건에 따른 시공계획의 변경**
  - 지하안전영향평가서에서 안전성 해석 시 반영한 굴착 시공단계가 현장여건에 따라 변경될 경우 반드시 현장여건을 반영하여 안전성 검토를 재수행하여 안정성 확보 여부를 확인하여야 한다.

- **암반구간 공사시**
  - 암반구간은 Face mapping(현황도 조사)을 실시하여 암반의 상태에 따라 지보재의 간격, 길이 등을 감독원과 협의 후 조정해야 한다.

PART
08

종합평가 및 결론

8.1 지하안전영향평가 결과

8.2 종합결론

8.1 지하안전영향평가 결과

8.1.1 지하수 변화에 의한 영향

☑ 대상지역 침투해석 결과

- 대상사업의 굴착계획을 반영한 침투류해석으로 지하수 변화에 의한 영향평가를 수행함
- 지반조건 및 굴착계획을 고려하여 대표단면을 선정하고 지하수위 저하 및 즉시침하량(탄성침하량)을 산정하여 안전성을 확인함.
- 설계 지하수위의 분포 특성

– 기준 LEVEL; EL.(+)10.20m = G.L(±)0.0m

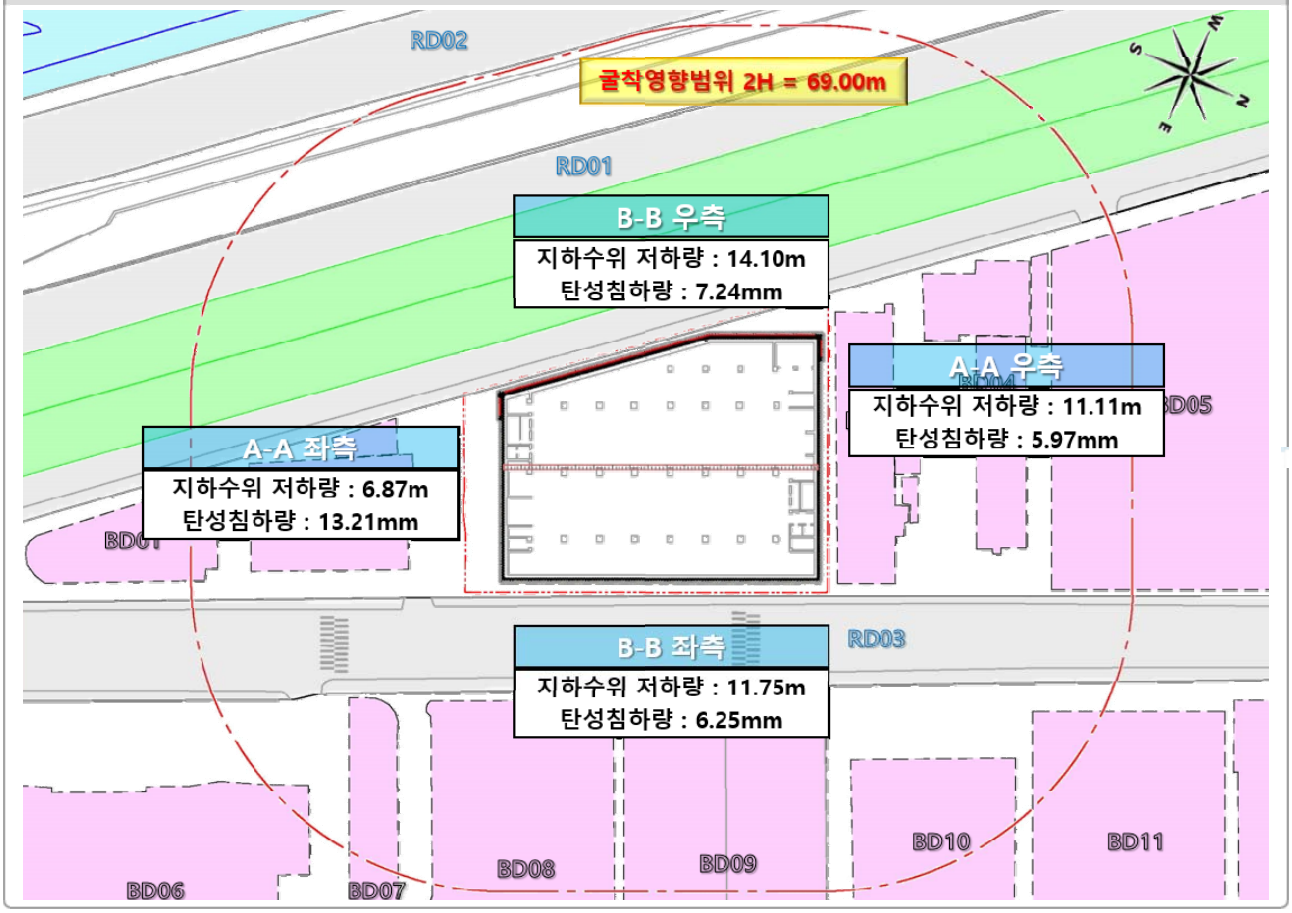
– 대상사업 대표구간의 설계지하수위는 각 단면별 관측지하수위에 최대 상승폭 5.14m를 적용함.

표 8.1 침투해석 결과 지하수위 저하량

구 분	A–A 단면		B–B 단면	
	좌측	우측	좌측	우측
지하수위 저하량(m)	13.21	11.11	11.75	14.10
즉시침하량(mm)	6.87	5.97	6.25	7.24

- 지하수 저하에 따른 침하량 검토결과 최대 침하량은 허용침하량 내에 검토되어 안전한 것으로 판단되나, 지하수 저하에 따른 침하량만으로는 전체 굴착에 따른 영향을 모두 반영하였다고 보기 어려움.
- 따라서, 분석된 지하수위 저하량은 지반안전성 평가시 기초자료로 활용하였고 침투–연계해석을 통한 종합적인 분석을 수행함.

침투해석 결과



8.1.2 지반안전성

☑ 지반안전성 검토

표 8.2 흙막이벽체 수평변위 결과 요약

구 분			굴착깊이 (m)	발생변위 (mm)	허용변위 (mm)	비고 (발생/허용)	판정
A–A 단면	유한요소 해석	좌측	33.40	23.74	66.80	35.54%	O.K
		우측	32.96	31.84	65.92	48.30%	O.K
	탄소성 해석	좌측	33.40	41.68	66.80	62.40%	O.K
		우측	32.96	37.31	65.92	56.60%	O.K
B–B 단면	유한요소 해석	좌측	33.31	34.21	66.62	51.35%	O.K
		우측	34.23	31.74	68.46	46.36%	O.K
	탄소성 해석	좌측	33.31	55.53	66.62	83.35%	O.K
		우측	34.23	28.48	68.46	41.60%	O.K

표 8.3 C.I.P 검토 결과 요약

구 분			휨모멘트 (kN · m)			전단력 (kN)			압축력(kN)			판정
			발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
A–A 단면	유한요소 해석	좌측	222.08	1,331.3	16.68%	210.69	1,241.3	16.97%	609.35	1,319.5	46.18%	O.K
		우측	205.72	1,331.3	15.45%	210.58	1,241.3	16.96%	627.24	1,319.5	47.54%	O.K
	탄소성 해석	좌측	903.3	1,331.3	67.85%	528.4	1,241.3	42.57%	357.6	1,319.5	27.10%	O.K
		우측	843.4	1,331.3	63.35%	501.7	1,241.3	40.42%	345.8	1,319.5	26.21%	O.K
B–B 단면	유한요소 해석	좌측	277.03	1,331.3	20.81%	306.22	1,241.3	24.67%	625.44	1,319.5	47.40%	O.K
		우측	234.12	1,331.3	17.59%	197.49	1,241.3	15.91%	554.58	1,319.5	42.03%	O.K
	탄소성 해석	좌측	1,032.7	1,331.3	77.57%	623.3	1,241.3	50.21%	384.8	1,319.5	29.16%	O.K
		우측	617.2	1,331.3	46.36%	391.9	1,241.3	31.57%	308.5	1,319.5	23.38%	O.K

표 8.4 흙막이벽체 H-PILE 검토 결과 요약

구 분			휨응력 (MPa)			전단응력 (MPa)			압축응력 (MPa)			판정
			발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
A-A 단면	유한요소 해석	좌측	100.71	270.77	37.19%	18.98	180.00	10.54%	68.91	225.75	30.52%	O.K
		우측	127.32	270.77	47.02%	21.03	180.00	11.68%	76.40	225.75	33.84%	O.K
	탄소성 해석	좌측	220.02	270.77	81.26%	128.50	180.00	71.39%	24.68	225.75	10.93%	O.K
		우측	235.65	270.77	87.03%	88.19	180.00	48.99%	23.86	225.75	10.57%	O.K
B-B 단면	유한요소 해석	좌측	122.05	295.34	41.33%	20.88	180.00	11.60%	90.87	275.53	32.98%	O.K
		우측	77.29	242.51	31.87%	21.31	180.00	11.84%	56.33	167.90	33.55%	O.K
	탄소성 해석	좌측	226.70	295.34	76.76%	61.81	180.00	34.34%	21.51	275.53	7.81%	O.K
		우측	106.55	242.51	43.94%	89.66	180.00	49.81%	21.29	167.90	12.68%	O.K

표 8.5 가설 지보재 역 RAKER 검토 결과 요약

구 분			휨응력 (MPa)			전단응력 (MPa)			압축응력 (MPa)			판정
			발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
A-A 단면	유한요소 해석	좌측	37.47	262.50	14.27%	2.07	180.00	1.15%	28.32	211.40	13.40%	O.K
		우측	26.33	262.50	10.03%	2.05	180.00	1.14%	20.07	211.40	9.49%	O.K
	탄소성 해석	좌측	2.60	262.50	0.99%	1.10	180.00	0.61%	31.70	211.40	15.00%	O.K
		우측	2.60	262.50	0.99%	1.10	180.00	0.61%	19.40	211.40	9.18%	O.K
B-B 단면	유한요소 해석	좌측	52.84	262.50	20.13%	2.81	180.00	1.56%	45.86	211.40	21.69%	O.K
		우측	35.47	262.50	13.51%	1.51	180.00	0.84%	30.42	211.40	14.39%	O.K
	탄소성 해석	좌측	2.60	262.50	0.99%	1.10	180.00	0.61%	49.30	211.40	23.32%	O.K
		우측	2.60	262.50	0.99%	1.10	180.00	0.61%	11.60	211.40	5.49%	O.K

8.1 지하안전영향평가 결과

표 8.6 인접건물 및 구조물 침하량 검토 결과

구 분		연직변위 (mm)		폭 (m)	부등 침하량 (mm)	허용 침하량 (mm)	각변위			비고
		근단	원단							
A-L	S BUSINESS CENTER	2.84	2.27	49.21	0.57	25.00	1/86,333	〈	1/500	O.K
	이수전기(주)	8.99	3.37	31.00	5.62	25.00	1/5,516	〈	1/500	O.K
A-R	㈜아톰 A동	11.43	7.06	18.70	4.37	25.00	1/4,279	〈	1/500	O.K
	㈜아톰 B동	4.04	2.41	11.17	1.63	25.00	1/6,853	〈	1/500	O.K
	잔카드 드림타워 지식산업센터	1.61	0.97	44.30	0.64	25.00	1/69,219	〈	1/500	O.K
B-L	대륭테크노타운 1차	8.31	0.38	43.17	7.93	25.00	1/5,444	〈	1/500	O.K
B-R	서부간선 지하차도	3.74	0.30	25.99	3.44	25.00	1/7,555	〈	1/500	O.K
	옹벽	2.18	2.72	2.5	4.90	25.00	1/510	〈	1/500	O.K

표 8.7 지하매설물 침하량 검토 결과

구 분		침하량 (mm)			비고	구 분	침하량 (mm)			비고
B-L	전기선로-1	14.66	〈	25.00	O.K	상수관로-3	14.59	〈	25.00	O.K
	가스관로-1	15.02	〈	25.00	O.K	우수관로-1	10.49	〈	25.00	O.K
	통신선로-1	15.77	〈	25.00	O.K	가스관로-2	9.43	〈	25.00	O.K
	상수관로-1	16.93	〈	25.00	O.K	전기선로-2	7.88	〈	25.00	O.K
	상수관로-2	17.41	〈	25.00	O.K	통신선로-2	7.32	〈	25.00	O.K
B-R	전기선로-1	7.51	〈	25.00	O.K	전기선로-2	8.29	〈	25.00	O.K
	우수관로-1	8.08	〈	25.00	O.K	상수관로-1	8.55	〈	25.00	O.K

표 8.8 인접도로 침하량 검토 결과

구 분		연직변위 (mm)		폭 (m)	부등 침하량 (mm)	허용 침하량 (mm)	각변위			비고
		근단	원단							
B-L	가산디지털2로	17.62	14.79	15.00	2.83	25.00	1/5,300	〈	1/500	O.K
B-R	서부간선도로	9.09	2.61	30.00	6.48	25.00	1/4,630	〈	1/500	O.K

표 8.9 측면말뚝 근입장 검토 결과

구 분		근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN/m^2)	수동토압 모멘트 (kN/m^2)	근입부 안전율	적용 안전율	안정성 평가
최종 굴착단계	A-L	2.0	1,336.8	8,004.5	5.99	1.2	O.K
	A-R	2.0	1,154.0	8,004.5	6.94	1.2	O.K
	B-L	2.0	1,843.9	8,004.5	4.34	1.2	O.K
	B-R	2.0	740.0	8,673.0	11.72	1.2	O.K

8.1 지하안전영향평가 결과

☑ 3차원 지반안전성 검토

표 8.10 흙막이벽체 수평변위 결과 요약

구 분	수평변위(mm)		연직변위(mm)		비 고
	X	Y	침하량	허용치	
검토결과	22.25	16.27	-9.92	25.00	O.K

표 8.11 흙막이 벽체 부재력 검토결과

구 분	모멘트 (kN · m)			전단력 (kN)			축력 (kN)			안정성 평가
	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
C.I.P	361.72	1,331.3	27.17%	775.25	1,241.3	62.45%	819.32	1,319.5	62.09%	O.K

표 8.12 3차원 흙막이 벽체 검토결과(H-PILE)

시공단계	전체 벽체							비 고
	부재력			수평변위				
	모멘트 (kN · m)	전단력 (kN)	축력 (kN)	X변위 (mm)	Y변위 (mm)	굴착심도 (m)	허용수평변위 (0.0020H) (mm)	
검토결과	361.72	775.25	819.32	22.25	16.27	32.96	65.92	O.K

표 8.13 흙막이 벽체 부재력 검토결과

구 분	휨응력 (MPa)			전단응력 (MPa)			압축응력 (MPa)			안정성 평가
	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
H-PILE	71.93	270.77	26.56%	39.15	180.00	21.75%	94.98	225.75	42.07%	O.K

표 8.14 가설 지보재 역 RAKER 부재력 검토결과

구 분	휨응력 (MPa)			전단응력 (MPa)			압축응력 (MPa)			안정성 평가
	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	발생	허용	안전율	
역 RAKER	59.14	262.50	22.53%	17.34	180.00	9.63%	52.03	211.40	24.61%	O.K

표 8.15 3차원 인접구조물 안정성 검토 결과

구분	건물명	침하량(mm)		허용침하	부등침하 검토		안전성 평가
		최대	최소		각변위	허용	
BD01	S비지니스센터	1.516	1.413	25mm	1/390,140	1/500	O.K
BD02	일진피앤에스	6.935	1.890	25mm	1/8,366	1/500	O.K
BD03	아톰 A동	7.900	4.647	25mm	1/15,374	1/500	O.K

8.1 지하안전영향평가 결과

구분	건물명	침하량(mm)		허용침하	부등침하 검토		안전성 평가
		최대	최소		각변위	허용	
BD04	아톰 B동	5.383	1.635	25mm	1/17,954	1/500	O.K
BD05	지엔텍 신축공사 현장	2.318	1.449	25mm	1/116,205	1/500	O.K
BD06	대륭테크노타운 12차	1.024	0.349	25mm	1/80,262	1/500	O.K
BD07	대륭테크노타운 1차	2.213	1.642	25mm	1/126,179	1/500	O.K
BD08	대륭테크노타운 1차	3.826	2.493	25mm	1/47,487	1/500	O.K
BD09	아르센타워 공사현장	3.887	3.258	25mm	1/137,560	1/500	O.K
BD10	르노삼성자동차 서부사업소	2.533	1.639	25mm	1/40,703	1/500	O.K
BD11	G밸리 더리브 신축공사 현장	1.552	0.492	25mm	1/78,528	1/500	O.K
BD12	서부간선 지하도로	2.742	0.289	25mm	1/66,850	1/500	O.K
RD01	서부간선도로	4.236	–	25mm	–	–	O.K
RD02	안양천로	2.095	–	25mm	–	–	O.K
RD03	가산디지털2로	9.640	–	25mm	–	–	O.K
관로1	상수관로	9.061	–	25mm	–	–	O.K
관로2	우수관로	7.323	–	25mm	–	–	O.K
관로3	가스관로	7.194	–	25mm	–	–	O.K
관로4	전기선로	7.223	–	25mm	–	–	O.K
관로5	통신선로	7.582	–	25mm	–	–	O.K

표 8.16 지반 안정성 검토결과

구 분	굴착심도 (m)	수평변위(mm)			비 고
		X	Y	허용수평변위(mm) (0.002H)	
우각부 1	32.96	22.25	15.39	65.92	O.K
우각부 2	32.96	17.40	5.48	65.92	O.K
우각부 3	32.96	16.75	15.12	65.92	O.K
우각부 4	32.96	19.79	16.27	65.92	O.K

8.2 종합결론

- 본 사업은 “서울특별시 금천구 가산동 345-48번지 일원 ” 에 지하5층, 지상10층 규모의 『가산동 345-48 데이터센터 신축공사』 건설을 위한 지하안전영향평가를 수행하는데 그 목적이 있다.

- 과업 대상부지는 대지면적은 4,442.00㎡, 굴착면적은 3,466.18㎡로 최대 굴착심도가 G.L(-)34.23m로 ‘지하안전관리에 관한 특별법 제14조, 시행령 제13조’ 및 해당 령 [별표1]의 규정에 의하여 본 사업시행으로 인하여 주변지역에 미치는 영향을 평가하기 위하여 지하안전영향평가를 수행함.

- 본 사업 부지에 연접하여 있는 도로는 서부간선도로(30.0m), 가산디지털2로(15.0m)가 존재하며. 서측으로 서부간선 지하차도가 존재하며, 동/남/북측에는 기존건물 및 신축건물이 존재한다. 굴착공사 착수 시 당 현장 주변의 인접 건물 및 지반 현황 등을 재확인하여 지하안전영향평가서 작성 중 고려되지 못한 인접 지장물 및 구조물의 존치여부를 재확인하여야 한다.

- 이론적인 방법과 수치해석적인 방법으로 굴착영향거리를 검토한 결과 이론적인 방법이 가장 큰 값을 보여 2H에 해당하는 결과 값인 69.00m를 굴착영향범위로 결정하였다.

- 현장시추조사 결과 상부로부터 매립층, 퇴적층(점토, 모래), 풍화토, 풍화암, 연암순으로 지층구성이 이루어져 있으며 최종 굴착면은 주로 연암에 위치되며, 보일링이나 히빙이 발생할 가능성은 없을 것으로 판단된다.

- 설계 지하수위는 과업부지 주변 지하수위 관측정과 침투해석 결과를 고려하여 최대 지하수위 상승고 5.14m를 고려하여 각 단면별로 적용하여 안정성 검토를 수행하였다.

- 흙막이 벽체공법으로는 토사층 및 풍화암층에는 C.I.P공법(Ø600, C.T.C600)을 적용하였다. 지보공법으로는 지층상태는 양호하나 지하층 평면형상 및 고저차를 고려하여, 각 굴착단계별 굴착현장의 Rigid 거동을 유도하기 위해 슬래브지지 역타공법을 적용한 것은 안전성 확보 측면에서 적정한 것으로 판단된다. 차수그라우팅 공법으로는 S.G.R GROUTING 공법을 적용하였으며 현장시험을 통하여 평가서 작성시 적용된 투수계수 1.0×10^{-5}m/sec를 만족하여야 한다. 명기한 바와 같이 반드시 시험시공을 수행하여 설계목적 투수계수를 확보함을 확인한 이후 실제 시공에 임하여야 한다. 시험시공 결과 설계목적 투수계수를 확보하지 못하는 경우에는 추가적인 보강방안 및 공법변경을 고려하여야 한다.

8.2 종합결론

- 조사된 주변 현황, 지반조사결과 등을 바탕으로 지하수 변화에 의한 영향 분석을 실시하였으며, 초기 지하수위는 시추 공내에서 측정된 지하수위에서 연간 최대 변동폭을 고려하여 5.14m 상승시킨 보수적인 안전측으로 검토를 수행하였다. 굴착에 따른 지하수위 저하량 검토결과 최대 저하량은 단면B-B 우측에서 7.24m가 발생하는 것으로 검토되었으며 해당 위치에 대하여 차수그라우팅 시험시공을 하는 것으로 계획하였다.

- 지하수 영향 분석 결과를 반영하여 단계별 굴착을 고려한 지반안전성 검토를 실시하였다. 검토 방법으로는 탄소성해석법과 유한요소해석법을 사용하였으며, 두가지 해석법에 의한 각 구조물 및 지하매설물의 침하량 및 수평변위 검토결과 모두 허용치 이내를 보이며 안정성을 확보하는 것으로 검토되었다.

- 탄소성 해석과 유한요소해석결과 흙막이 벽체 적용에 따른 벽체공법의 강성과 지보공법의 강성차이로 인해 전단력, 모멘트 결과 값이 다소 상이하게 도출된 것으로 판단되나 두 해석 모두 부재력은 허용 안전율 이하로 유지되는 수준임을 감안할 때 흙막이 지지체의 안정성은 확보된 것으로 판단된다.

- 평가 결과는 지반조사 결과의 지층조건을 토대로 지반조사결과 및 문헌자료를 참고하여 결정한 지반정수를 이용하여 해석되었으므로, 시공 시 현장조건 및 지층조건이 본 평가서의 검토조건과 상이 하거나 변동이 있는 경우 재검토를 수행하여야 한다.

- 재검토 결과에 따라 벽체 및 차수그라우팅의 근입 심도 증가, 추가 보강재의 설치, 계측기의 추가 설치, 가시설 공법변경 등을 검토하여야 하며 적정한 추가보강계획을 수립하여 안정성 확보에 문제가 없도록 조치하여야 한다.

- 시추조사 미흡분 발생 또는 지반조사 결과의 신뢰성 확보를 위해 추가로 시추 조사를 시행하여 지층이 변화할 경우, 해당 지층에 맞게 각종 수치해석을 추가로 수행하여야 한다.

- 시공자는 흙막이 가시설 시공을 위한 반입자재의 경우 설계도서 및 시방기준에 적합한 자재가 사용될 수 있도록 품질확보방안(품질시험 등을 통한 적합자재 반입·사용 등) 수립하여 감리자 및 감독관의 승인을 득한후 시공하여야 한다.

- 지하수 변화에 의한 영향 및 지반안전성 평가결과 차수공을 계획대로 시공한다면 사업구간 굴착에 따른 지하수 저하 및 주변지반의 안전성 확보에는 문제가 없을 것으로 판단되어 추가적인 보강계획은 불필요할 것으로 사료된다. 그러나, 정확한 예측이 어려운 지반구조물의 특성상 육안관찰과 함께 주기적인 계측데이터를 활용하여 안전관리를 하여야 한다.

8.2 종합결론

- 철저한 시공관리를 통해 시공 중 발생 가능한 리스크를 최소화하여야 하며, 이상 징후 발생 시 즉각적이고, 적극적인 대처를 통해 당 현장 및 주변 인접지반에 피해가 발생하지 않도록 노력하여야 한다.

- 암반구간은 Face mapping(현황도 조사)를 실시하여 암반의 상태에 따라 지보재의 간격, 길이 등을 감독원과 협의 후 조정해야 한다.

- 본 사업의 착공 당시 굴착영향범위 내 인접부지에서 시공 중인 현장이 있는 경우 해당 현장의 지하층 구조물 시공계획을 고려하여 상호간에 간섭이 발생할 때에는 동시굴착에 대한 안전성 검토를 수행하여 동시굴착으로 인한 추가 변위 발생 여부를 확인하여야 한다.

- 굴착영향범위 내 인접현장(BD9 아르센타원 공사현장)의 지하층 공사완료 후 동사업을 굴착하는 것으로 검토하였으나, 현지여건이 변경될 경우 인접현장 공정에 맞춰 3차원 해석을 포함한 지반안정성을 재검토하여 승인기관장의 승인 후 굴착공사를 시행할 수 있도록 하여야 한다.

- 또한, 본 과업의 굴착이 완료되고 지하층 골조구조물 공사가 완료되기 이전에 보고서에 기재되어 있지 않은 인접지역의 굴착이 발생할 경우 그에 맞는 안전성을 확보 후 사업을 진행하여야 한다.

- 현장조사 시 굴착영향범위 내 위치하는 주요 구조물 및 지하매설물에 대한 안정성 검토결과 굴착시공으로 인한 큰 위험요소는 없는 것으로 사료된다. 그러나, 시공자 및 사업자는 착공당시의 현황을 면밀하게 조사 및 재검토하여 굴착으로 인한 추가 위해요소가 발견될 시에는 적용된 공법의 적정성을 재검토하고 안정성 확보에 문제가 되지 않도록 적정한 처리대책을 수립하여 안전한 시공이 될 수 있도록 현장관리계획을 수립하여야 한다.

- 서부간선도로의 안전성 확보 여부 및 계측에 대한 세부계획에 대하여 시설물 관리기관(부서)과 사전협의를 수행하여야 하며, 그 결과를 반영하여야 한다.

- 또한, 착공 시 추가적으로 설치된 지하매설물의 존재 여부, 위치 및 심도 등에 대해 현장조사 및 관계기관과의 협의를 통해 반드시 확인하여 시공으로 인한 영향이 없는지 확인하여야 한다.

- 「가산동 345-48 데이터센터 신축공사」에 대한 지하안전영향평가 결과 현재 계획된 굴착공법 및 차수공법 적용 시 주변지반과 지하매설물의 안전성 확보에는 문제가 없을 것으로 사료된다.

PART
09

사후지하안전영향조사 시기

9.1 조사 개요

9.2 조사 내용

9.3 조사 시기

9.1 조사 개요

☑ 사후지하안전영향조사 실시 근거

- 지하안전관리에 관한 특별법에 따라 표 9.1과 같이 지하안전영향평가의 업무를 구분할 수 있으며, 지하안전관리에 관한 특별법 제20조(사후지하안전영향조사)에는 지하개발사업자(지하안전영향평가 대상사업을 하려는 사업자)는 해당 지하안전영향평가 대상사업을 착공한 후에 그 사업이 지하안전에 미치는 영향을 조사(사후지하안전영향조사) 하고, 그 결과 지하안전을 위하여 조치가 필요한 경우에는 지체없이 필요한 조치를 하여야 한다고 명시되어 있다.
- 또한, 지하안전관리 업무지침(국토교통부 고시 제2017-63호) 제4조(사후지하안전영향조사시기)에는 사업자는 대상사업을 착공한 날로부터 시공 완료 전까지 사후지하안전영향조사를 실시하여야 하며, 지하안전영향평가서에 조사 시기를 명기하도록 명시되어 있다.
- 따라서 지하개발사업자는 지하안전영향평가에서 명기한 시기에 사후지하안전영향조사를 수행하여야 한다.
- 사후지하안전영향조사는 굴착공사 완료 후 인접구조물에 대하여 지하안전영향평가의 결과를 재평가하고, 공사 중 계측결과를 종합 분석하여 활용하여야 한다.

표 9.1 지하안전영향평가 업무 구분

구 분	지하안전영향평가	소규모 지하안전영향평가	사후 지하안전영향평가	지반침하 위험도평가
대 상	터널, 20m 이상 터파기공사	10m이상 터파기 공사	터널, 20m 이상 굴착공사	지하시설물 및 주변지반
시 기	사업계획의 인가 또는 승인전	사업계획의 인가 또는 승인전	지하안전영향평가에서 적시한 시기	지반침하 우려가 있는 때
실시자	지하개발사업자	지하개발사업자	지하개발사업자	지하시설물관리자
평가자	전문기관	전문기관	전문기관	전문기관
평가항목	지형 및 지질, 지하수 변화 등	지형 및 지질, 지하수 변화 등	공사의 적정성, 지반 안전성 등	지형 및 지질, 공동조사
협의 또는 제출기관	국토부 장관 및 승인기관의 장	국토부장관	국토부장관 및 승인기관의 장	시장·군수·구청장
평가결과활용	사업계획의 보정	사업계획의 보정	지하안전 확보 및 재평가	중점관리대상지정 및 해제

9.2 조사 내용

☑ 사후지하안전영향조사 항목 및 방법

• 사후지하안전영향조사는 실시설계자료와 지하안전영향평가서를 기초자료로 하여 조사를 진행 하는 것을 전제로 하며, 설계기준 미준수 및 위험 구간 선정시 주요 고려사항에 대한 자료가 불충분 하거나 지하안전영향평가 수행전·중에 주변 여건 및 현장 여건 급변화시 추가 조사나 검토 등을 수행 하여야 한다. 사후 지하안전영향 주요 조사 내용은 다음과 같다.

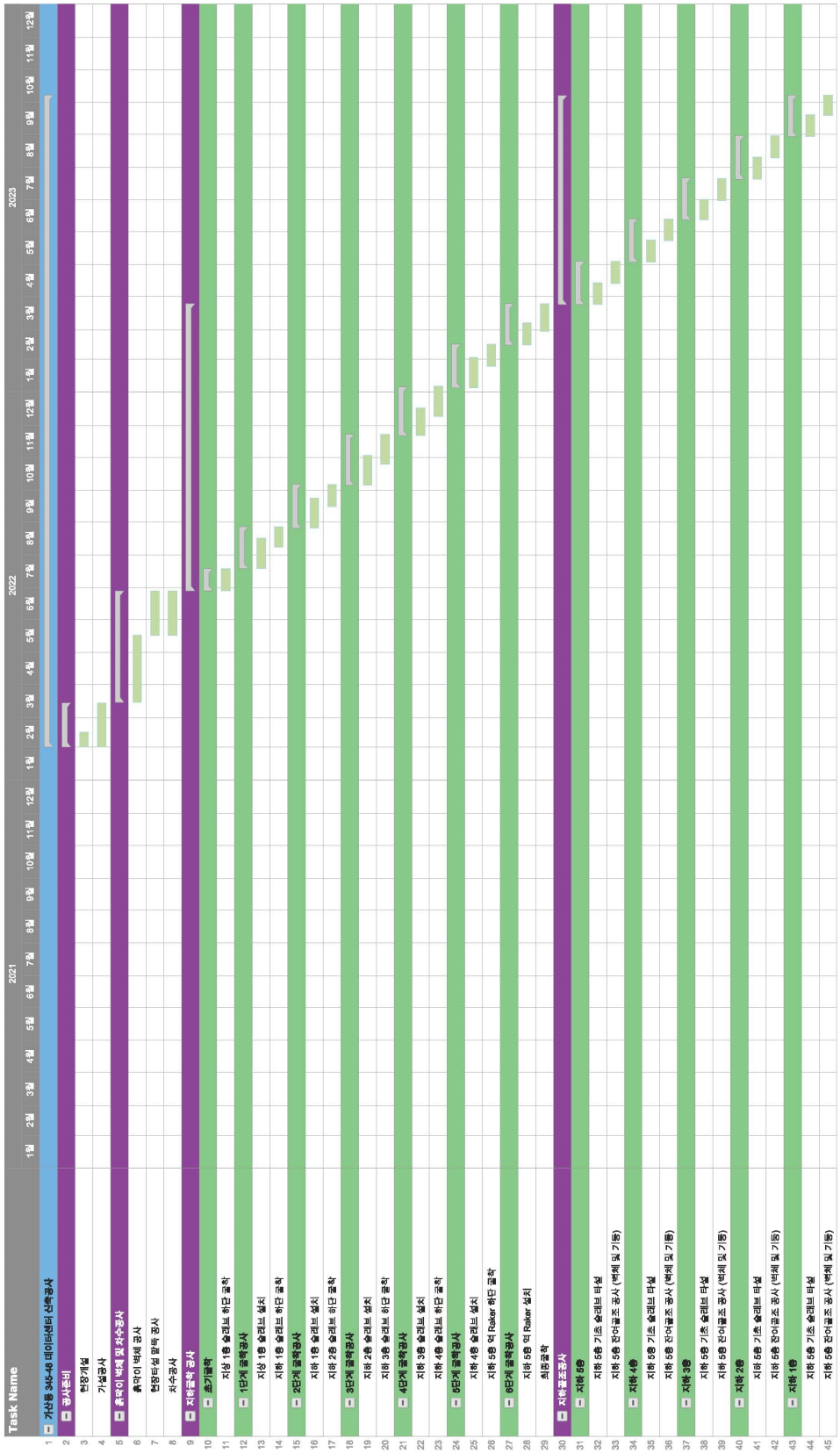
표 9.2 사후지하안전영향조사 내용

조사항목	조사방법
1. 지반 및 지질현황	· 조사항목은 아래의 사항을 포함하되 대상 사업의 종류, 규모 및 지역 등이 지하안전에 미치는 영향 특성을 고려하여 적절히 파악할 수 있도록 설정한다. –지하안전영향평가 시 획득한 지반 및 지질 현황 자료 –지하물리탐사 (지표투과레이더탐사, 전기비저항탐사, 탄성파탐사 등)
2. 지하수 변화에 의한 영향	· 지하안전영향평가 시 획득한 지하수 자료 및 광역 지하수 흐름을 검토하고, 현장 시공중에 확인된 지하수 변화에 의한 영향이 지하안전영향평가 시 검토된 내용과 상이할 경우, 보완조사를 통해 지하수 변화에 의한 영향을 검토한다. · 지하수 관측망 자료 및 주변 계측자료 등을 분석하여 지하수 변화에 의한 영향검토에 활용 한다.
3. 지하안전확보 방안의 이행 여부	· 지하안전영향평가서의 지하안전확보방안을 분석하고 검토한다. · 시공현장의 굴착공사, 지반보강공사 등 공사내용이 현장에 적정하게 적용되고 시공되었는지 검토한다. · 수립된 계측계획이 터널 및 터파기 구간의 지반특성, 주변현황, 구조물 계획 등을 고려하여 공사 중과 운영 중 안전 확보에 문제가 없도록 수행되고 있는지 여부를 검토한다. · 계측계획 수립 시 파악된 지반조건 및 주변 여건의 변동요인 발생 시, 현장여건에 맞도록 계측항목, 계측수량, 계측빈도, 계측관리기준 등을 항목별로 서술한다.
4. 지반안전성	· 지하안전영향평가 시 수행한 지반안전성 검토 결과를 분석하고, 시공 중에 확인된 지반안전성이 지하안전영향평가 시 검토된 내용과 상이할 경우, 이러한 사항을 반영하여 사후지하안전영향조사를 실시하여야 한다. · 지중경사계, 지표침하계, 하중계, 균열 측정계 등을 통한 계측 결과를 검토하여 터널 또는 지하 20 미터 이상의 터파기 굴착공사에 따른 지반안전성과주변 시설물의 손상도, 주변 지반의 침하, 인접 매설물의 시공 전·후 현황 등 주변시설물의 영향을 검토하여야 한다. · 필요시, 수치해석에 의한 공학적 해석을 통해 지반안전성을 검토할 수 있다.

9.3 조사 시기

9.3.1 공정계획에 따른 조사시기 검토

- 사후지하안전영향조사 시기를 결정하기 위하여 굴착공정을 고려한 굴토공사가 완료되는 시기를 검토한 결과는 다음과 같다.
- 지하굴착공사 관련 예정 공정표(하기 공정표는 시공자에 공사계획에 따라 조정될 수 있음)



9.3.2 조사시기 선정 및 수행 시기

- 굴착에 따라 인접 구조물 및 매설물 등에 미치는 영향은 골조공사 시점부터 지하골조가 완료 시까지로 판단되므로 사후지하안전영향조사시기를 2022년 02월 ~ 2023년 09월까지로 선정하였다.
- 이는 예정공정에 따른 것으로 현장상황에 따라 공사기간을 확인하여 조사시기를 변경하여야 한다.

표 9.3 사후지하안전영향조사 시기

조사시기	선정사유
2022년 02월 (착공) ~ 2023년 09월 말(지하골조완료)	굴착이 시작되는 시점부터 지하층이 완료되는 기간까지 협의사항 이행여부 확인, 계측결과와 예측값을 상시 비교 · 분석하여 지하안전을 확보하기 위함

※ 사후지하안전영향조사 시기는 현장여건 및 공사계획이 조정될 경우 변경될 수 있음

- 사후지하안전영향조사서는 월간(최초보고서, 월간보고서, 최종보고서)으로 시기마다 제출하며, 착공시 지하안전영향평가서 및 협의내용 반영여부를 포함하여 최초보고서를 제출하고, 매월 시공현황 및 계측결과를 분석하여 월간보고서를 제출하며, 지하공사 완료 후 전체 조사된 내용을 포함하여 최종보고서를 제출하여야 한다.

표 9.4 사후지하안전영향조사서 제출시기

구 분	제출시기
최초조사서	굴착공사 착수 다음달 10일까지 제출 (단, 실시기간이 10일 이내인 경우는 그 다음달에 제출)
월간조사서	그 다음 달 10일까지 지난달의 사후지하안전영향조사 내용, 다만, 사후지하안전영향조사의 실시기간이 30일 이내인 경우는 제외한다.
최종조사서	종료일부터 15일 이내 사후지하안전영향조사서와 지하안전을 위하여 조치가 필요한 사실 및 조치내용

표 9.5 사후지하안전영향조사서 작성

구 분	최초보고서	월간보고서	최종보고서
1. 요약문			O
2. 대상사업의 개요	O (시공현황 포함)	O (시공현황 포함)	O
3. 대상지역의 설정	O		O
4. 지반 및 지질현황	O		O
5. 지하수 변화에 의한 영향 검토	O	O	O
6. 지반안전성 검토	O	O	O
7. 지하안전확보방안 적정성 및 이행여부 검토	O	O	O
8. 종합평가 및 결론	O		O
9. 부록	O (대행 계약서, 참여기술자 교육수료증, 전문기관 등록증)		O

PART 10

부 록

10.1 참여인원 인적사항

10.2 지반조사 자료

10.3 용어해설

10.4 수치해석 검토자료

10.5 참고문헌

10.6 계약서

10.7 설계도서

10.1 참여인원 인적사항

10.1.1 지하안전영향평가 대행자 : 시지이엔씨(주)

☑ 지하안전영향평가 대행자 지정현황

등 록 번 호	등 록 일	등 록 기 관
서울 제 5 호	2018년 1월 24일	서울특별시

10.1.2 지하안전영향평가 전문기관 등록증

등록번호 서울 제 5 호

지하안전영향평가 전문기관 등록증

1. 상 호 : 시지이엔씨(주)
2. 대 표 자 : 장 혁 수
3. 사무소 소재지 : 서울특별시 구로구 디지털로27길 24, 811호 (구로동, 벽산디지털밸리)
4. 등록분야 :
5. 등 록 일 : 2018. 1. 24.

「지하안전관리에 관한 특별법」 제25조에 따른 지하안전영향평가 전문기관으로 등록합니다.

2018 년 1월 24일

서 울 특 별 시 장

10.1.3 참여인원 인적사항

☑ 인적사항

성 명	구 분	기술자 등급 (토질 및 기초)	참 여 내 용	비 고
이 복 수	책임기술자	특 급 (토질 및 기초 기술사)	총 괄	지하안전 기술자과정 교육 이수 (보수교육 이수)
김 선 량	참여기술자	고 급 (토목시공 기술사)	종합평가 및 결론	지하안전 기술자과정 교육 이수
정 순 원	참여기술자	특 급	지하수변화에 의한 영향	지하안전 기술자과정 교육 이수
김 철 호	참여기술자	초 급	지형 및 지질현황	지하안전 기술자과정 교육 이수
박 상 도	참여기술자	초 급	지반 안정성 평가	지하안전 기술자과정 교육 이수
나 환 식	참여기술자	초 급	대상사지역 설정	지하안전 기술자과정 교육 이수
김 용 필	참여기술자	초 급	현장조사	지하안전 기술자과정 교육 이수
서 정 우	참여기술자	초 급	현장조사	지하안전 기술자과정 교육 이수
김 건 호	참여기술자	초 급	현장조사	지하안전 기술자과정 교육 이수

☑ 책임기술자 경력증명서(경력확인)

■ 건설기술 진흥법 시행규칙[별지 제18호 서식]
문서확인번호 : 4203-4391-9309-4231

건설기술인 경력증명서

「건설기술 진흥법 시행규칙」 제18조 제6항에 따라 건설기술인의 경력을 확인합니다.
2021년 04월 08일
한국건설기술인협회장

(3쪽 중 제1쪽)

관리번호 0 0 0 8 9 0 2 7 | 발급번호 20210408 - C05389142

인적사항

성명(한글)	이복수	(한자) 李福守	생년월일	67.09.21
주소	서울 노원구 상계8동 주공아파트 1611-404			

등급

설계 · 시공 등						건설사업관리			품질관리	
직무분야			전문분야							
토목	분야	특급 기술인	토질 · 지질	분야	특급 기술인	토목	분야	특급 기술인	특급	기술인

국가기술자격

종목 및 등급	합격일	등록번호	종목 및 등급	합격일	등록번호
토질및기초기술사	1998.05.18	981530700011D			
토목기사	1992.08.17	92204020158S			

학력

졸업일	학교명	학과(전공)	학위
1995.02.22	서울시립대학교대학원	토목공학과	석사[졸업]

교육훈련

교육기간	교육기관명	과정명	교육인정여부
2020.10.30 ~ 2020.11.09	건설기술교육원	지하안전영향평가과정[보수교육]	설계 · 시공
2017.11.27 ~ 2017.12.01	건설기술교육원	지하안전전문인력양성교육[설계시공기술자 계속특급전문교육]	설계 · 시공
2017.11.20 ~ 2017.11.24	건설기술교육원	지하안전전문인력양성교육[설계시공기술자 계속특급전문교육]	설계 · 시공

「건설기술 진흥법 시행령」 별표 3 제2호가목3) · 나목3) · 4) 및 다목3)에 따른 의무교육 이수 시간
- 설계 · 시공 등 업무를 수행하는 건설기술인 전문교육: 35시간
- 건설사업관리 업무를 수행하는 건설기술인 전문교육:
- 품질관리 업무를 수행하는 건설기술인 전문교육:

상훈

수여일	수여기관	종류 및 근거
	** 해당없음 **	

벌점 및 제재사항

벌점 제재일	종류	근거	제재기관
	해당없음 ** 해당없음 **		

근무처

근무기간	상호	근무기간	상호
1992.11.10 ~ 1993.08.29	대림종합건설(주)	1995.01.01 ~ 1997.09.20	선경건설(주) 現:에스케이건설(주)
1997.10.01 ~ 2017.02.28	현대산업개발(주) 現:에이치디씨(주)	2017.03.01 ~ 2017.05.31	이엠종합건설(주) 現:이에스아이(주)
2017.06.01 ~ 2017.11.10	(주)명성엔지니어링	2017.11.11 ~ 근 무 중	시지이엔씨(주)

본 증명서는 인터넷으로 발급되었으며, 한국건설기술인협회 홈페이지(www.kocea.or.kr)의 발급증명서확인 메뉴를 통해 문서확인번호 또는 문서하단의 바코드로 내용의 위 · 변조 여부를 확인해 주십시오. 다만, 문서 확인번호를 통한 확인은 발급일로부터 90일까지 가능합니다.

재발급 | 발급번호: KICTE-431001 / 발급일자: 2018-05-04

제 2017-44-[0030 호(약수역) [설계시공기술자계속특급전문교육]
제 2017-44-[0030A 호(약수역) [설계시공기술자계속특급전문교육]

교 육 수 료 증

성 명: 이복수
생 년 월 일: 67.09.21
사 업 장 명: 시지이엔씨주식회사
훈 련 과 정: 지하안전영향평가 전문과정
교 육 기 간: 1주차 2017.11.20~2017.11.24(35시간)
2주차 2017.11.27~2017.12.01(38시간)
직 무 분 야: 토목

위 사람은 건설기술진흥법 제 20 조에 의거 위의 훈련과정을 수료하였으므로 이 증서를 수여 합니다.

2017년 12월 01일

건설기술교육원장

2018/05/04 21:05:39

용도: 경력관리 등에 활용하시고 고용보험 환급용으로 는 사용 하실 수 없습니다

제 2020202040@0081호

교 육 수 료 증

성 명 : 이복수
생 년 월 일 : 1967.09.21
사 업 장 명 : 개인
교 육 과 정 : 지하안전영향평가과정[보수교육]
교 육 기 간 : 2020.10.30 ~ 2020.11.09(21)시간

위 사람은 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제15조에 의하여 상기의 교육과정을 수료 하였으므로 이 증서를 수여합니다.

2020년 11월 09일

건설기술교육원장

※이 증서는 인터넷으로 발급된 문서입니다 (2020.11.17)

용도: 경력관리 등에 활용하시고 고용보험 환급용으로
는 사용 하실수 없습니다

제 2018-02-[0041 호 (약수역) [지하안전교육 기본]

교 육 수 료 증

성 명: 김선량
생 년 월 일: 68.08.15
사 업 장 명: 시지이엔씨주식회사
교 육 과 정: 지하안전영향평가 전문교육 기초과정
교 육 기 간: 2018.01.08~2018.01.12 (35시간)
[사업주능력개발지원금 환급 교육시간:5일(32시간)]

위 사람은 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제15조에 의하여 상기의 교육과정을 수료하였으므로 이 증서를 수여합니다.

2018년 01월 12일

건설기술교육원장

※이 증서는 인터넷으로 발급된 문서입니다.(2018-05-04 / KICTE-431003)

용도: 경력관리 등에 활용하시고 고용보험 환급용으로
는 사용 하실수 없습니다

제 2018-03-[0034 호 (약수역) [지하안전교육 전문]

교 육 수 료 증

성 명: 김선량
생 년 월 일: 68.08.15
사 업 장 명: 시지이엔씨주식회사
교 육 과 정: 지하안전영향평가 전문교육 심화과정
교 육 기 간: 2018.01.15~2018.01.19 (38시간)
[사업주능력개발지원금 환급 교육시간:5일(35시간)]

위 사람은 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제15조에 의하여 상기의 교육과정을 수료하였으므로 이 증서를 수여합니다.

2018년 01월 19일

건설기술교육원장

※이 증서는 인터넷으로 발급된 문서입니다.(2018-05-04 / KICTE-431002)

용도: 경력관리 등에 활용하시고 고용보험 환급용으로
는 사용 하실수 없습니다

제 2018-32-20235 호 (강남 · 분원) [지하안전교육 기본]

교 육 수 료 증

성 명: 정순원
생 년 월 일: 68.07.01
사 업 장 명: 시지이엔씨주식회사
교 육 과 정: 지하안전영향평가 전문교육 기초과정
교 육 기 간: 2018.08.20~2018.08.24 (35시간)
[사업주능력개발지원금 환급 교육시간:5일(32시간)]

위 사람은 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제15조에 의하여 상기의 교육과정을 수료하였으므로 이 증서를 수여합니다.

2018년 08월 24일

건설기술교육원장

※이 증서는 인터넷으로 발급된 문서입니다.(2018-08-28 / KICTE-447600)

용도: 경력관리 등에 활용하시고 고용보험 환급용으로
는 사용 하실수 없습니다

제 2018-23-[0021 호 (약수역) [지하안전교육 전문]

교 육 수 료 증

성 명: 정순원
생 년 월 일: 68.07.01
사 업 장 명: 시지이엔씨주식회사
교 육 과 정: 지하안전영향평가 전문교육 심화과정
교 육 기 간: 2018.06.18~2018.06.22 (38시간)
[사업주능력개발지원금 환급 교육시간:5일(35시간)]

위 사람은 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제15조에 의하여 상기의 교육과정을 수료하였으므로 이 증서를 수여합니다.

2018년 06월 22일

건설기술교육원장

※이 증서는 인터넷으로 발급된 문서입니다.(2018-08-28 / KICTE-447601)

용도: 경력관리 등에 활용하시고 고용보험 환급용으로
는 사용 하실수 없습니다

제 2020-05-20245 호 (강남 · 분원) [지하안전교육 기본]

교 육 수 료 증

성 명: 김철호
생 년 월 일: 67.03.24
사 업 장 명: 시지이엔씨주식회사
교 육 과 정: 지하안전영향평가과정[기본교육]
교 육 기 간: 2020.02.03~2020.02.07 (35시간)
[사업주능력개발지원금 환급 교육시간:5일(32시간)]

위 사람은 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제15조에 의하여 상기의 교육과정을 수료하였으므로 이 증서를 수여합니다.

2020년 02월 07일

건설기술교육원장

※이 증서는 인터넷으로 발급된 문서입니다.(2020-02-17 / KICTE-533157)

용도: 경력관리 등에 활용하시고 고용보험 환급용으로
는 사용 하실수 없습니다

제 2020-06-20240 호 (강남 · 분원) [지하안전교육 전문]

교 육 수 료 증

성 명: 김철호
생 년 월 일: 67.03.24
사 업 장 명: 시지이엔씨주식회사
교 육 과 정: 지하안전영향평가과정[전문교육]
교 육 기 간: 2020.02.10~2020.02.14 (35시간)
[사업주능력개발지원금 환급 교육시간:5일(35시간)]

위 사람은 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제15조에 의하여 상기의 교육과정을 수료하였으므로 이 증서를 수여합니다.

2020년 02월 14일

건설기술교육원장

※이 증서는 인터넷으로 발급된 문서입니다.(2020-02-17 / KICTE-533156)

용도: 경력관리 등에 활용하시고 고용보험 환급용으로
는 사용 하실수 없습니다

제 2020-28-@0333 호 (인터넷) [지하안전교육 전문]

교 육 수 료 증

성 명: 박상도
생 년 월 일: 75.11.26
사 업 장 명: 시지이엔씨주식회사
교 육 과 정: 지하안전영향평가과정[전문교육]
교 육 기 간: 2020.07.31~2020.08.14 (38시간)

위 사람은 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제15조에 의하여 상기의 교육과정을 수료하였으므로 이 증서를 수여합니다.

2020년 08월 14일

건설기술교육원장

※이 증서는 인터넷으로 발급된 문서입니다.(2020-08-18 / KICTE-547571)

용도: 경력관리 등에 활용하시고 고용보험 환급용으로
는 사용 하실수 없습니다

제 2020-28-@0112 호 (인터넷) [지하안전교육 기본]

교 육 수 료 증

성 명: 박상도
생 년 월 일: 75.11.26
사 업 장 명: 시지이엔씨주식회사
교 육 과 정: 지하안전영향평가과정[기본교육]
교 육 기 간: 2020.07.30~2020.08.13 (35시간)

위 사람은 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제15조에 의하여 상기의 교육과정을 수료하였으므로 이 증서를 수여합니다.

2020년 08월 13일

건설기술교육원장

※이 증서는 인터넷으로 발급된 문서입니다.(2020-08-18 / KICTE-547573)

용도: 경력관리 등에 활용하시고 고용보험 환급용으로
는 사용 하실수 없습니다

제 2018-02-[0042 호 (약수역) [지하안전교육 기본]

교 육 수 료 증

성 명: 나환식
생 년 월 일: 80.06.01
사 업 장 명: 시지이엔씨주식회사
교 육 과 정: 지하안전영향평가 전문교육 기초과정
교 육 기 간: 2018.01.08~2018.01.12 (35시간)
[사업주능력개발지원금 환급 교육시간:5일(32시간)]

위 사람은 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제15조에 의하여 상기의 교육과정을 수료하였으므로 이 증서를 수여합니다.

2018년 01월 12일

건설기술교육원장

※이 증서는 인터넷으로 발급된 문서입니다.(2018-05-04 / KICTE-430997)

용도: 경력관리 등에 활용하시고 고용보험 환급용으로
는 사용 하실수 없습니다

제 2018-03-[0035 호 (약수역) [지하안전교육 전문]

교 육 수 료 증

성 명: 나환식
생 년 월 일: 80.06.01
사 업 장 명: 시지이엔씨주식회사
교 육 과 정: 지하안전영향평가 전문교육 심화과정
교 육 기 간: 2018.01.15~2018.01.19 (38시간)
[사업주능력개발지원금 환급 교육시간:5일(35시간)]

위 사람은 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제15조에 의하여 상기의 교육과정을 수료하였으므로 이 증서를 수여합니다.

2018년 01월 19일

건설기술교육원장

※이 증서는 인터넷으로 발급된 문서입니다.(2018-05-04 / KICTE-430996)

제2019-건B-330052 호 [지하안전교육 전문]

교 육 수 료 증

성 명 : 김용필
생년월일 : 1981년 1월 1일
소 속 : 시지이엔씨(주)
교육과정 : 지하안전 기술자과정 심화교육
교육기간 : 2019.08.19. ~ 2019.08.23.(38시간)

위 사람은 「지하안전에 관한 특별법」 시행령 제15조 및 같은 규칙 제5조에 따라 위의 교육과정을 이수하였으므로 이 증서를 수여합니다.

2019년 08월 23일

(재)건설산업교육원장

용도: 경력관리 등에 활용하시고 고용보험 환급용으로는 사용 하실수 없습니다

제 2019-39-20155 호 (강남 · 분원) [지하안전교육 기본]

교 육 수 료 증

성 명: 김용필
생 년 월 일: 81.01.01
사 업 장 명: 시지이엔씨주식회사
교 육 과 정: 지하안전영향평가 전문교육 기초과정
교 육 기 간: 2019.10.14~2019.10.18 (35시간)
[사업주능력개발지원금 환급 교육시간:5일(32시간)]

위 사람은 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제15조에 의하여 상기의 교육과정을 수료하였으므로 이 증서를 수여합니다.

2019년 10월 18일

건설기술교육원장

※이 증서는 인터넷으로 발급된 문서입니다.(2019-10-22 / KICTE-514701)

용도: 경력관리 등에 활용하시고 고용보험 환급용으로
는 사용 하실수 없습니다

제 2020-28-@0334 호 (인터넷) [지하안전교육 전문]

교 육 수 료 증

성 명: 서정우
생 년 월 일: 88.12.02
사 업 장 명: 시지이엔씨주식회사
교 육 과 정: 지하안전영향평가과정[전문교육]
교 육 기 간: 2020.07.31~2020.08.14 (38시간)

위 사람은 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제15조에 의하여 상기의 교육과정을 수료하였으므로 이 증서를 수여합니다.

2020년 08월 14일

건설기술교육원장

※이 증서는 인터넷으로 발급된 문서입니다.(2020-08-18 / KICTE-547574)

용도: 경력관리 등에 활용하시고 고용보험 환급용으로
는 사용 하실수 없습니다

제 2020-28-@0113 호 (인터넷) [지하안전교육 기본]

교 육 수 료 증

성 명: 서정우
생 년 월 일: 88.12.02
사 업 장 명: 시지이엔씨주식회사
교 육 과 정: 지하안전영향평가과정[기본교육]
교 육 기 간: 2020.07.30~2020.08.13 (35시간)

위 사람은 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제15조에 의하여 상기의 교육과정을 수료하였으므로 이 증서를 수여합니다.

2020년 08월 13일

건설기술교육원장

※이 증서는 인터넷으로 발급된 문서입니다.(2020-08-18 / KICTE-547577)

용도: 경력관리 등에 활용하시고 고용보험 환급용으로 는 사용 하실 수 없습니다

제 202113@0125호

교 육 수 료 증

성 명 : 김건호

생 년 월 일 : 1983.07.08

사 업 장 명 : 시지이엔씨주식회사

교 육 과 정 : 지하안전영향평가과정[기본교육]

교 육 기 간 : 2021.04.08 ~ 2021.04.22(35)시간

위 사람은 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제15조에 의하여 상기의 교육과정을 수료 하였으므로 이 증서를 수여합니다.

2021년 04월 22일

건 설 기 술 교 육 원 장

※이 증서는 인터넷으로 발급된 문서입니다 (2021.04.27)

용도: 경력관리 등에 활용하시고 고용보험 환급용으로 는 사용 하실 수 없습니다

제 202114@0086호

교 육 수 료 증

성 명 : 김건호

생 년 월 일 : 1983.07.08

사 업 장 명 : 시지이엔씨주식회사

교 육 과 정 : 지하안전영향평가과정[전문교육]

교 육 기 간 : 2021.04.15 ~ 2021.04.29(35)시간

위 사람은 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제15조에 의하여 상기의 교육과정을 수료 하였으므로 이 증서를 수여합니다.

2021년 04월 29일

건 설 기 술 교 육 원 장

※이 증서는 인터넷으로 발급된 문서입니다 (2021.04.30)

금천구 가산동 345-48번지
지식산업센터 신축개발사업부지
地 盤 調 査 報 告 書

2019. 11.

주식회사 라온이엔지
LAON ENGINEERING CO., LTD.

제 출 문

주식회사 가산아이윌 귀중

2020년 1월 28일자로 귀 사와 계약 체결한 "금천구 가산동 345-48번지 지식산업센터 신축 개발사업부지 지반조사" 용역에 대한 과업을 수행 완료하고, 그 결과를 보고서로 작성하여 제출합니다.

2020. 02.

경기도 안양시 동안구 흥안대로 415
(두 산 벤 처 다 임 606 호)
주식회사 라 온 이 엔 지
대표이사 (지질및지반기술사) 정 남 수 (인)

제3장 지형 및 지질

3.1 지형

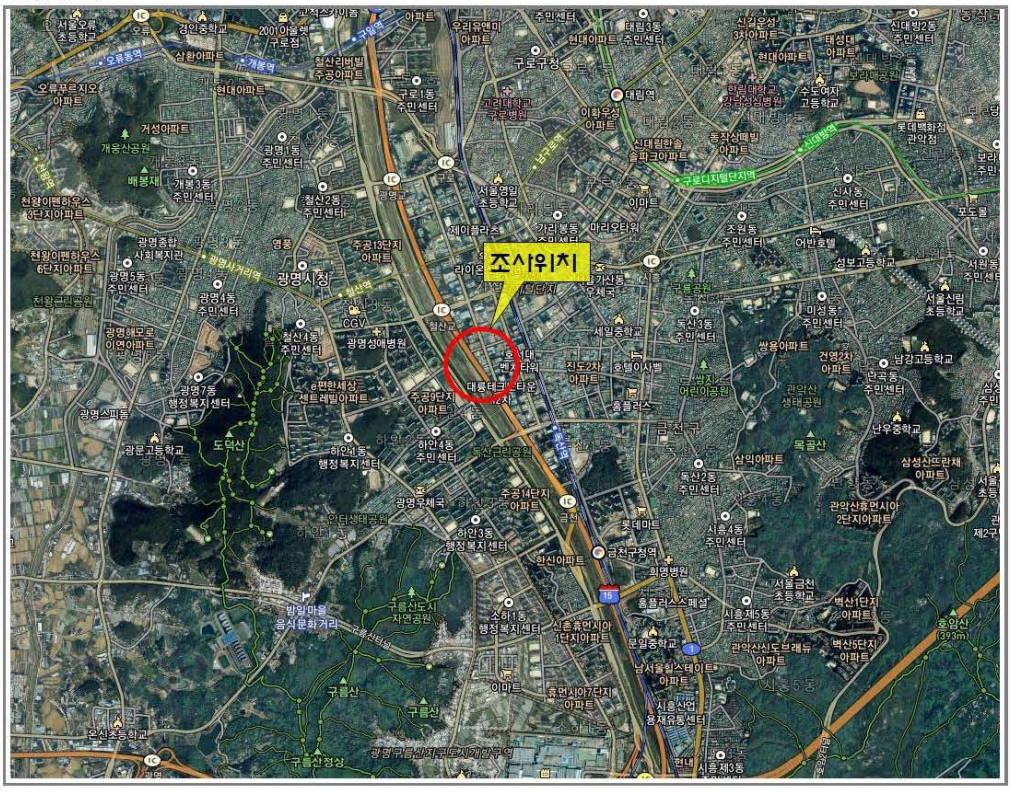
3.2 지질

제3장 지형 및 지질

3.1 지형

3.1.1 산계 및 수계 분석

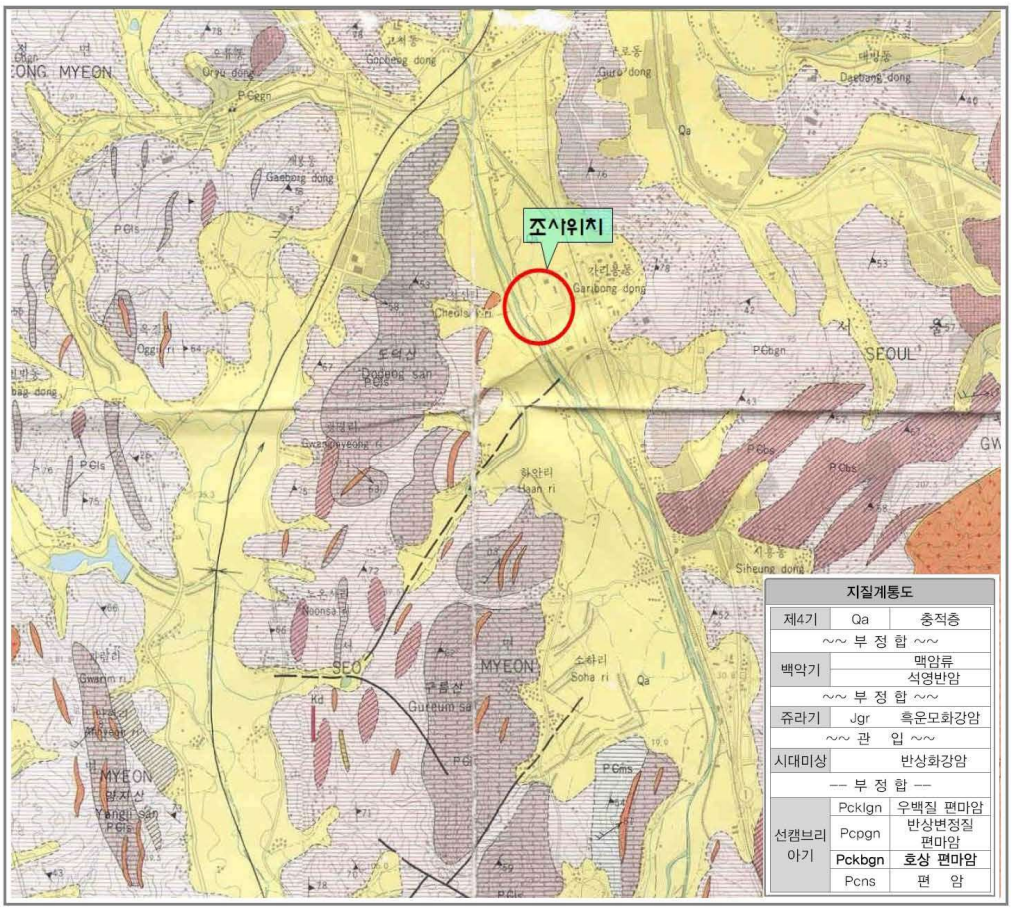
영상지도



- 본 조사지역은 행정구역상 서울특별시 금천구 가산동 345-48번지 일대로 서부간선도로와 인접해 있으며 남동방향 약600여m 부근에 지하철 1호선 독산역이 위치하고 있다.
- 조사지역은 현재 공장 및 사무실부지로 평탄한 지형을 이루고 있으며, 부지주변으로는 지식산업센터 및 아파트형공장, 벤처타워 등이 밀집해 있으며, 서측으로는 안양천이 위치해 있다.
- 광역산계로는 부지 서측으로 도덕산(▲200m)이 남북방향으로 산세를 이루고 있으며, 남측으로 구름산(▲230m), 동남측으로 삼성산(▲481m), 동측으로 관악산(▲632m) 등이 분포하나, 본 조사지역과 인접하여 산계의 발달은 미약하며, 서측의 안양천이 남에서 북측방향으로 흘러 한강으로 유입되어 흐르고 있다.

3.2 지질

3.2.1 지질분포도



3.2.2 지질개요

- 본 과업구간의 광역지질은 경기지괴의 서남부에 놓여있으며, 선캠브리아기의 편마암류인 경기 편마암 복합체의 호상흑운모편마암이 분포하고 있다. 이를 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다.
- 한국지질도 안양도폭(1:50,000 한국지질자원연구원, 1982) 및 시추조사 결과에 의하면 본 과업구간의 기반암은 본 역에 가장 넓게 분포하는 호상흑운모편마암이며, 주로 석영 및 장석으로 구성된 우백질대와 흑운모로 구성된 우흑질대가 교호하는 호상구조를 이룬다. 조사구간의 지질분포는 선캠브리아기의 변성암복합체인 편암류, 호상편마암 및 화강암류를 기저로 하여 이를 백악기말 산성암맥들이 관입하고 하상주변을 따라 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다.

제4장 조사결과

4.1 현장조사 결과

4.2 현장시험 결과

4.3 실내시험 결과

제4장 조사결과

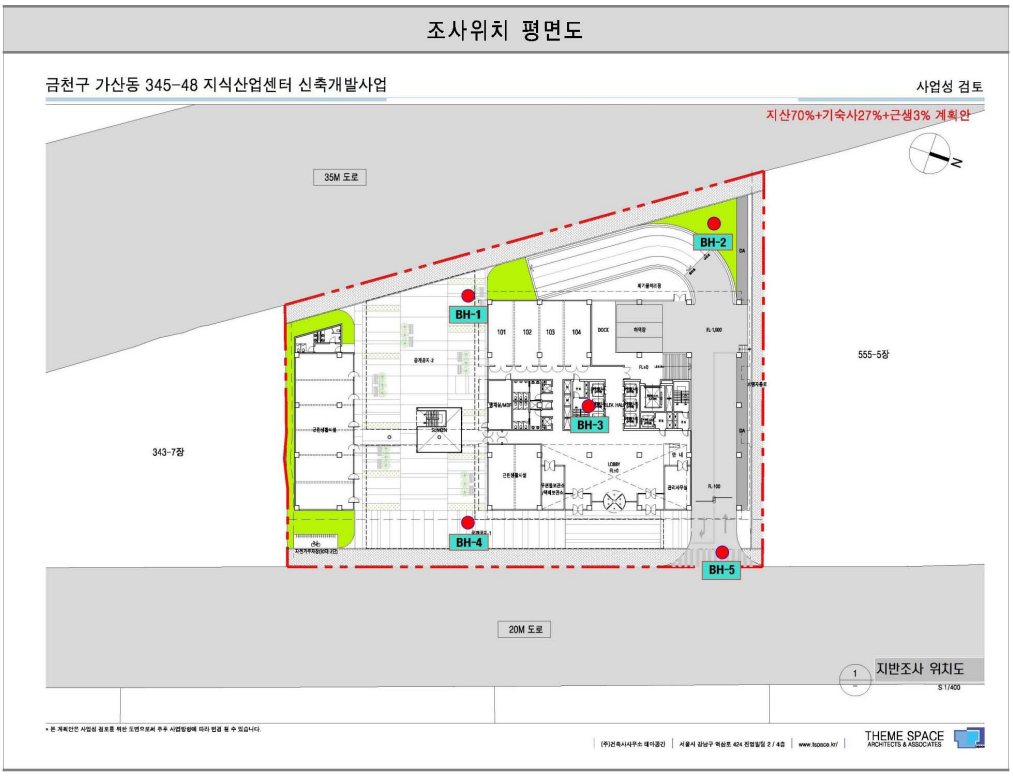
4.1 현장조사 결과

• 서울특별시 금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업부지를 대상으로 시추조사를 실시

4.1.1 조사현황

조사위치

조사위치 평면도



시추위치 및 심도

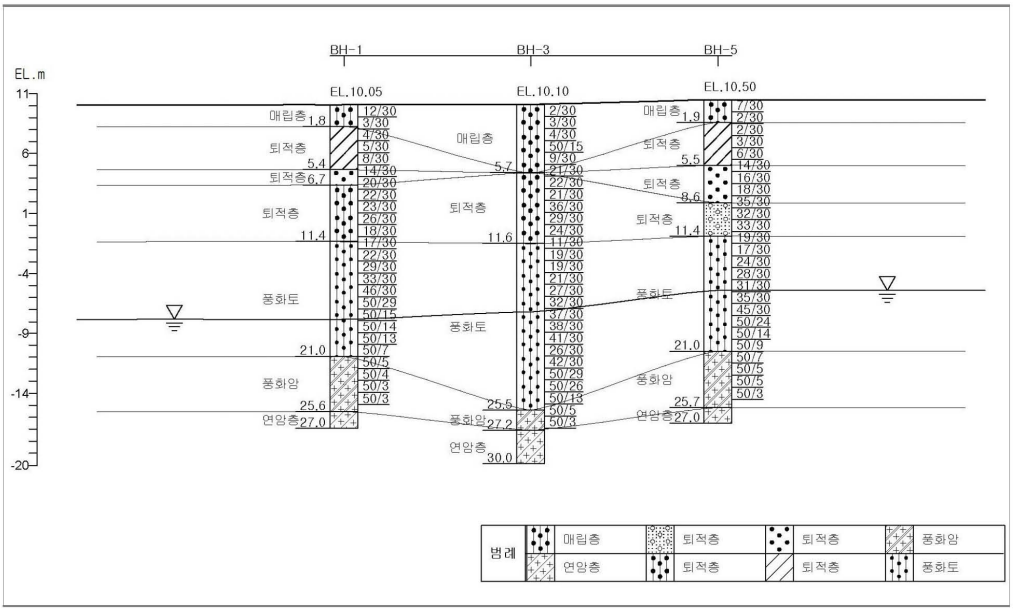
공 번	좌 표		지반표고 (EL.m)	종료심도 (GL.-m)	종료지층
	X 좌표	Y 좌표			
BH-1	541,250.06	189,591.39	10.05	27.0	연 암
BH-2	541,214.37	189,618.07	10.35	23.5	연 암
BH-3	541,240.64	189,628.44	10.10	30.0	연 암
BH-4	541,226.24	189,651.56	10.07	30.0	연 암
BH-5	541,268.39	189,645.85	10.50	27.0	연 암

4.1.2 지층분포 현황

시추공별 지층분포 결과 (단위 : m)

공 번	매립층		퇴적층						풍화토 (풍화암)		연 암		계
			실트, 점토		모래		자갈섞인 모래						
	심도	두께	심 도	두께	심 도	두께	심 도	두께	심 도	두께	심 도	두께	
BH-1	0.0~1.8	1.8	1.8~5.4	3.6	5.4~6.7	1.3	6.7~11.4	4.7	11.4~21.0 (21.0~25.6)	9.6 (4.6)	25.6~27.0	1.4	27.0
BH-2	0.0~2.0	2.0	2.0~5.5	3.5	-	-	5.5~11.4	5.9	11.4~21.0 (21.0~22.4)	9.6 (1.4)	22.4~23.5	1.1	23.5
BH-3	0.0~5.7	5.7	-	-	-	-	5.7~11.6	5.9	11.6~25.5 (25.5~27.2)	13.9 (1.7)	27.2~30.0	2.8	30.0
BH-4	0.0~2.4	2.4	2.4~6.0	3.6	-	-	6.0~11.6	5.6	11.6~27.0 (27.0~29.0)	15.4 (2.0)	29.0~30.0	1.0	30.0
BH-5	0.0~1.9	1.9	1.9~5.5	3.6	5.5~8.6	3.1	8.6~11.4	2.8	11.4~21.0 (21.0~25.7)	9.6 (4.7)	25.7~27.0	1.3	27.0

대표단면



지층별 상세분포 현황 (단위 : m)

지 층	분포심도 (m)	두께 (m)	구 성 상 태	N값 / TCR, RQD	비 고
매립층	0.0~5.7	1.8~5.7	· 자갈섞인 실트질 모래, 점토질모래 · 황갈색 *자갈크기 : ∅0.5~30.0cm *최상부 아스콘 포장	2/30~50/15 (매우느슨~ 매우조밀)	전지점

지층별 상세분포 현황(계속)

지 층	분포심도 (m)	두께 (m)	구 성 상 태	N값 / TCR, RQD	비 고
퇴적층 (점성토)	1.8~6.0	3.5~3.6	· 실트질 점토, 모래질 실트 · 황갈색, 암갈색	2/30~8/30 (연약~보통견고)	BH-3 제외
퇴적층 (모래)	5.4~8.6	1.3~3.1	· 모래 · 회갈색 *중립질	14/30~18/30 (보통조밀)	BH-1, BH-5
퇴적층 (자갈섞인모래)	5.5~11.6	2.8~5.9	· 자갈섞인 실트질 모래, 일부 모래 섞인 자갈 · 갈색, 회갈색 *자갈크기 : ∅1.0~5.0cm, 각짐	15/30~42/30 (보통조밀~조밀)	전지점
풍화토	11.4~27.0	9.6~15.4	· 실트질 모래 · 암청색, 암갈색 *중조립질	11/30~50/12 (보통조밀~ 매우조밀)	전지점
풍화암	21.0~29.0	1.4~4.7	· 기반암의 풍화대로 타격에 의해 실트질 모래로 분쇄 · 암갈색	50/9~50/3 (매우조밀)	전지점
연 암	출현심도 22.4~29.0	1.0~2.8	· 편마암, 암회색 · 심한풍화~약간풍화, 약함~보통강함 *부분적으로 파쇄발달 *BH-3 GL(-)25.8~30.0m 경암에 가까움	*BH-3 -TCR : 100% -RQD : 0~61%	전지점

1 매립층

- 본 지층은 인위적으로 형성된 지층으로 지표로부터 1.8~5.7m의 층후로 전지점에 분포
- 황갈색의 자갈섞인 실트질 모래 내지 점토질모래로 구성되며, ∅0.5~3.0cm 자갈 포함
- 표준관입시험결과 N=2/30~50/15 범위로 매우느슨~매우조밀한 상대밀도를 나타냄

공별 분포현황

공 번		분포심도 (GL.(-)m)	층 후(m)	N값 범위	USCS
매립층	BH-1	0.0~1.8	1.8	12/30	GM
	BH-2	0.0~2.0	2.0	10/30	GM
	BH-3	0.0~5.7	5.7	2/30~50/15	GC-GM
	BH-4	0.0~2.4	2.4	5/30~7/30	GM
	BH-5	0.0~1.9	1.9	7/30	GM

2 퇴적층

본 지층은 과거 유수에 의해 퇴적혼합물이 운반 퇴적되어 형성된 지층으로 구성입자의 차이에 따라 점성토층, 모래층 및 자갈층으로 구분

점성토층

- 본 지층은 매립층 하부에 분포하며, GL.(-) 1.8~2.4m에서 3.5~3.6m의 층후로 BH-3제외 지점에 분포
- 암갈색, 암갈색의 실트질점토(CH), 모래질 실트(ML)로 구성
- 표준관입시험 결과 2/30~8/30 범위로 연약~보통견고한 연경도를 나타냄

공별 분포현황

공 번		분포심도 (GL.(-)m)	층 후(m)	N값 범위	USCS
점성토	BH-1	1.8~5.4	3.6	3/30~8/30	CH
	BH-2	2.0~5.5	3.5	2/30~8/30	CH
	BH-4	2.4~6.0	3.6	3/30~8/30	CH,ML
	BH-5	1.9~5.5	3.6	2/30~6/30	CH

모래층

- 본 지층은 점성토층 하부에 분포하며, GL.(-) 5.4~5.5m에서 1.3~3.1m의 층후로 BH-1, BH-5지점에 분포
- 회갈색의 중립질 모래로 구성
- 표준관입시험 결과 N=14/30~18/30 범위로 보통조밀한 상대밀도를 나타냄

공별 분포현황

공 번		분포심도 (GL.(-)m)	층 후(m)	N값 범위	USCS
모래	BH-1	5.4~6.7	1.3	14/30	SP
	BH-5	5.5~8.6	3.1	14/30~18/30	SP

자갈섞인 모래층

- 본 지층은 주로 모래층 하부에 분포하며, GL.(-) 5.5~8.6m에서 2.8~5.9m의 층후로 전지점에 분포
- 갈색, 회갈색의 자갈섞인 모래로 구성되며, 일부구간에서 자갈이 우세함. ∅1.0~5.0cm 자갈 포함
- 표준관입시험 결과 N=15/30~42/30으로 보통조밀~조한 상대밀도를 나타냄

공별 분포현황

공 번		분포심도 (GL.(-)m)	층 후(m)	N값 범위	USCS
자갈섞인 모래층	BH-1	6.7~11.4	4.7	18/30~26/30	SP-SW
	BH-2	5.5~11.4	5.9	15/30~42/30	SP-GM
	BH-3	5.7~11.6	5.9	21/30~36/30	SP-SW
	BH-4	6.0~11.6	5.6	22/30~34/30	SW
	BH-5	8.6~11.4	2.8	32/30~35/30	SP-GM

3 풍화토

시추조사시 표준관입시험 결과 N치 50/10(회/cm)을 기준으로 하여 그 이상을 풍화토층으로 구분

- 기반암이 장기간동안 풍화, 변질작용을 받아 완전 풍화되어 원지반에 잔류하고 있는 지층으로 GL.(-) 11.4~11.6m에서 9.6~15.4m의 층후로 전지점에 분포
- 암청색, 암갈색의 실트질 모래로 구성
- 표준관입시험결과 N=11/30~50/12 범위로 보통조밀~매우조밀한 상대밀도를 나타냄

공별 분포현황

공 번		분포심도 (GL.(-)m)	층 후(m)	N값 범위	USCS
풍화토	BH-1	11.4~21.0	9.6	17/30~50/13	SM
	BH-2	11.4~21.0	9.6	11/30~50/23	SM
	BH-3	11.6~25.5	13.9	11/30~50/13	SM
	BH-4	11.6~27.0	15.4	14/30~50/12	SM
	BH-5	11.4~21.0	9.6	17/30~50/14	SM

4 풍화암층

- 기반암의 풍화대로서 풍화토층과 연암층의 중간 상태에 해당, 타격에 의해 실트질 모래로 분쇄
- 표준관입시험 N=50/10 이하인 지층으로 GL.(-) 21.0~27.0m에서 1.4~4.7m의 층후로 전지점에 분포
- 암갈색을 띠며, 표준관입시험결과 N=50/9~50/3 범위로 매우조밀함

공별 분포현황

공 번		분포심도 (GL.(-)m)	층 후(m)	N값 범위	USCS
풍화암	BH-1	21.0~25.6	4.6	50/7~50/3	W.R
	BH-2	21.0~22.4	1.4	50/7~50/4	W.R
	BH-3	25.5~27.2	1.7	50/5~50/3	W.R
	BH-4	27.0~29.0	2.0	50/8~50/3	W.R
	BH-5	21.0~25.7	4.7	50/9~50/3	W.R

5 기반암층

연암

- 기반암인 편마암의 연암층으로 전지점에서 GL.(-) 22.4~29.0m에서 출현 확인함
- 전반적으로 심한풍화(HW)~약간풍화(SW) 양상을 보이며, 약함(W)~보통강함(MS)의 강도를 보임
- BH-3에서 채취된 코아의 TCR과 RQD는 각각 100%, 0~61%로 매우불량~양호의 암질상태를 나타냄
- 부분적으로 절리 및 균열이 발달하며, BH-3 GL(-)25.8~30.0m 경암에 가까움

공 번		출현심도 (GL.(-)m)	층 후(m)	TCR/RQD(%)	비 고
연 암	BH-1	25.6	1.4이상	-	S.R
	BH-2	22.4	1.1이상	-	S.R
	BH-3	27.2	2.8이상	100/0~61	S.R~H.R
	BH-4	29.0	1.0이상	-	S.R
	BH-5	25.7	1.3이상	-	S.R

4.1.3 지하수위측정 결과

공번별 지하수위 측정 결과

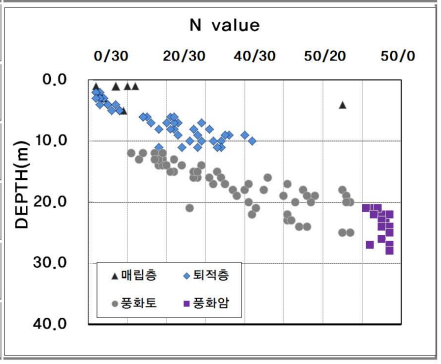
공 번	표고 (EL.m)	적용 지하수위		수위 분포지층	비 고
		EL.m	GL.(-)m		
BH-1	10.05	-7.85	**17.9**	풍화토	
BH-2	10.35	-7.35	**17.7**	풍화토	
BH-3	10.10	-7.20	**17.3**	풍화토	
BH-4	10.07	-6.53	**16.6**	풍화토	
BH-5	10.50	-5.40	**15.9**	풍화토	

- 본 조사지역의 지하수위는 시추종료 24시간, 48시간, 72시간 경과후 총 3회에 걸쳐서 측정하였으며 측정결과 최종 지하수위는 GL.(-) 15.9~17.9m로 풍화토 구간에 분포하고 있는 것으로 측정되었음
- 본 조사지역의 지하수위는 부지 서측과 인접한 서부간선도로의 지하차도 건설공사 현장의 지하 터파기 시 지하수의 유출로 인한 수위 강하가 예상되므로 지속적인 관찰이 필요할 것으로 사료됨.
- 지하수위는 지형적인 특성과 측정 시기에 따른 수위변화가 예상되므로 지반특성 및 현장여건과 처리공법을 비교·검토하여 적절한 대책을 수립하여야 할 것으로 판단됨

4.2 현장시험 결과

4.2.1 표준관입시험 결과

N값 분포 분석 결과

지 층		N값 범위	N값 그래프
매립층	GM	2/30 ~ 50/15	
퇴적층	CH, ML	2/30 ~ 8/30	
	SP	14/30 ~ 18/30	
	SP-GW	15/30 ~ 42/30	
풍화토	SM	11/30 ~ 50/12	
풍화암	W.R	50/9 ~ 50/3	

- 매립층과 퇴적층은 각각 N=3/30~50/15, N=15/30~42/30 범위를 보임
- 퇴적 점성토층은 N=2/30~8/30 범위를 보이며, 퇴적모래층은 N=14/30~18/30 범위를 나타냄
- 풍화토와 풍화암은 N값 50/10(회/cm)을 기준으로 분류함

4.2.2 현장투수시험 결과

구 분	시험구간(m)	지 층	투수계수 (cm/sec)	USCS
BH-1	4.0~5.0	퇴적층(실트질점토)	2.04×10^{-4}	CH
BH-2	12.0~13.0	풍화토	2.71×10^{-4}	SM
BH-3	9.0~10.0	퇴적층(자갈섞인모래)	1.26×10^{-3}	SP-SW
BH-4	18.0~19.0	풍화토	3.16×10^{-4}	SM
BH-5	6.0~7.0	퇴적층(모래)	5.68×10^{-4}	SP-GW

4.2.3 현장수압시험 결과

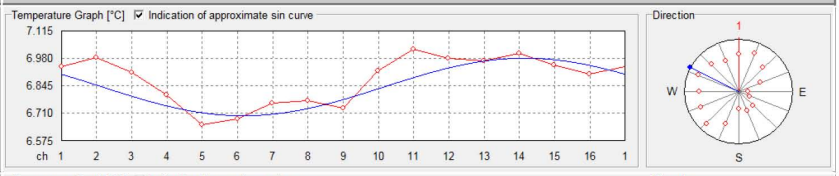
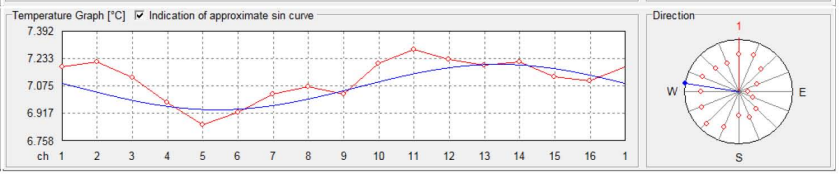
공 번	시험구간(m)	지 층	투수계수 (cm/sec)	Lugeon 치	Flow type	비 고
BH-3	28.0~30.0	연 암	5.97×10^{-5}	5.16	Laminar	

4.2.4 지하수 유향·유속시험 결과

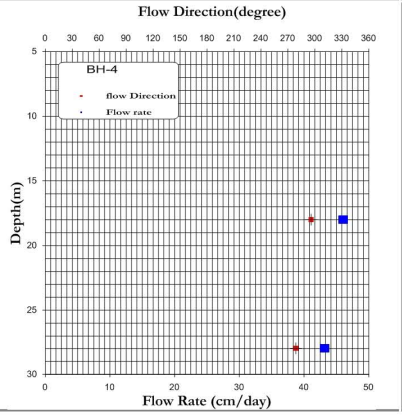
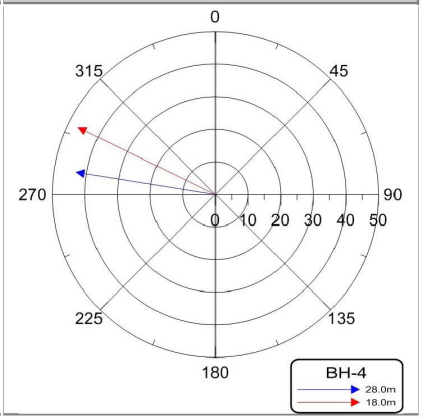
측정결과

구 분	지하수위 (GL-m)	측정심도 (GL-m)	대상지층	유 향 (MN)	유 속			주 흐름방향
					(㎝/sec)	(㎝/min)	(㎝/day)	
BH-4	16.93	18.0	풍화토	296.0	5.33E-04	0.032	46.06	NWW
		28.0	풍화암	279.1	5.00E-04	0.030	43.20	NWW

센서별 측정온도 및 지하수의 영향

심 도 (GL.-m)	NH-1
18.0	
28.0	

심도별 Diagram 분석결과

구 분	심도별 Diagram 분석결과	주 흐름방향 분석
UU-1 (BH-4)		

검토결과

구 분	유향		유속
BH-4	279.1° ~ 296.0°	NWW ~ NWW	43.20 ~ 46.08 cm/day

• 지하수의 흐름은 등포텐셜선에 의해 유동하는 것이 일반적이고 대부분 지형의 구조방향과 거의 일치하는 경우가 많다. 또한 측정된 공내 유향.유속은 국부적인 암반파쇄대를 통한 지하수의 흐름으로 중력배수에 의한 등포텐셜선의 직각방향으로 흐르는 광역지하수의 흐름과는 다소 차이가 발생할 수 있다.

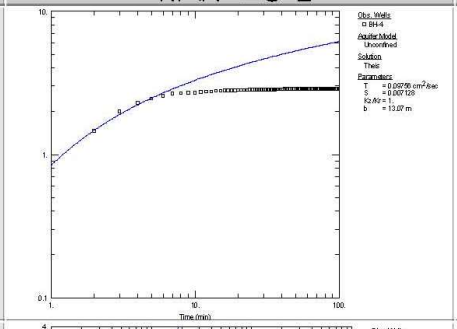
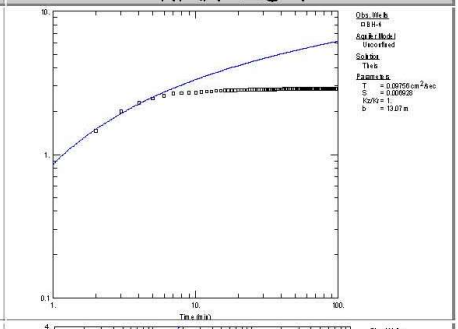
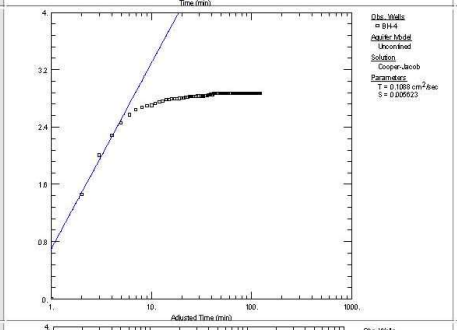
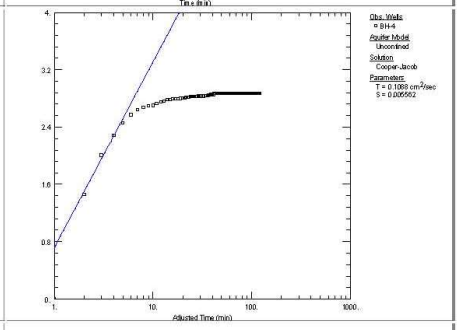
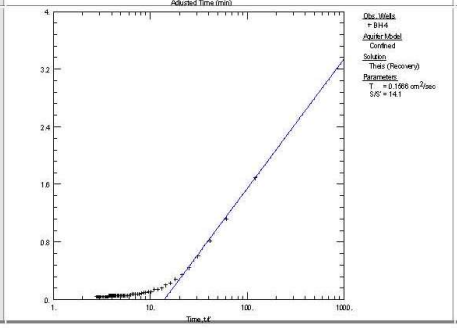
4.2.5 양수시험 결과

분석결과

정호내용 및 수리상수

정 호 내 용					
공번	공경(㎜)	심도(m)	자연수위(m)	대수층두께(m)	양수량(㎥/day)
BH-4	76	30.0	16.93	13.07	13.3
수 리 상 수					
분석방법	**T(㎠/sec)**	**K(㎝/sec)**	**보정 전 S**	**r_c(m)**	**보정 후 S**
Theis	9.756E-02	7.464E-05	7.128E-03	0.04477	6.928E-03
Cooper & Jacob	1.084E-01	8.328E-05	5.623E-03	0.03977	5.562E-03
Theis Recovery	1.566E-02	1.198E-04	-	-	-
기하평균	1.185E-02	9.064E-05	6.331E-03	0.04220	6.208E-03

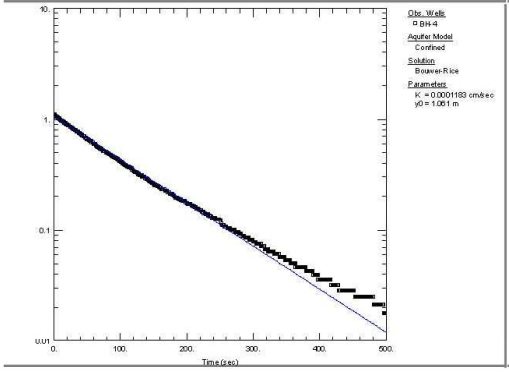
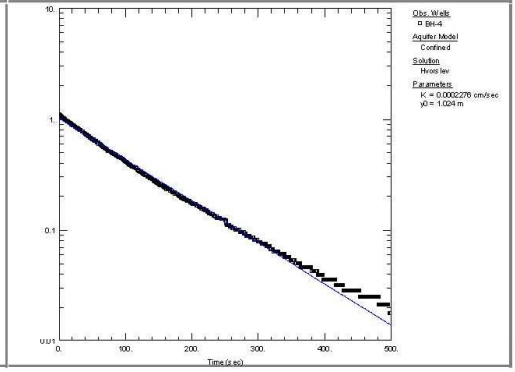
BH-4 AQTEOLV 전산해석 결과

BH-4		
분석방법	**저류계수 보정 전**	**저류계수 보정 후**
Theis		
Cooper & Jacob		
Recovery		-

4.2.6 순간충격시험(SLUG Test) 결과

분석결과

구 분	심 도 (m)	초기수위 (GL-m)	대수층두께 (m)	수리상수		
				분석방법	K(㎝/sec)	T(㎝/sec
BH-4	30.0	16.93	13.07	Bouwer-Rice	1.18E-04	0.15460
				Hvorslev	2.28E-04	0.29740
평 균					1.73E-04	0.22600

BH-4	
Bouwer-Rice법	Hvorslev법
	

• 분석은 대수층의 특성을 완전관통정과 등방질로 가정하였으며, 지하수위 하부의 주 대수층은 풍화대 및 암반층 구간으로 일반적인 분류([하단의 그림, 표 참조)에 의하면 Fractured igneous and metamorphic rock의 범위에 속하는 값으로 산출되었다.

4.2.7 공내전단시험 결과

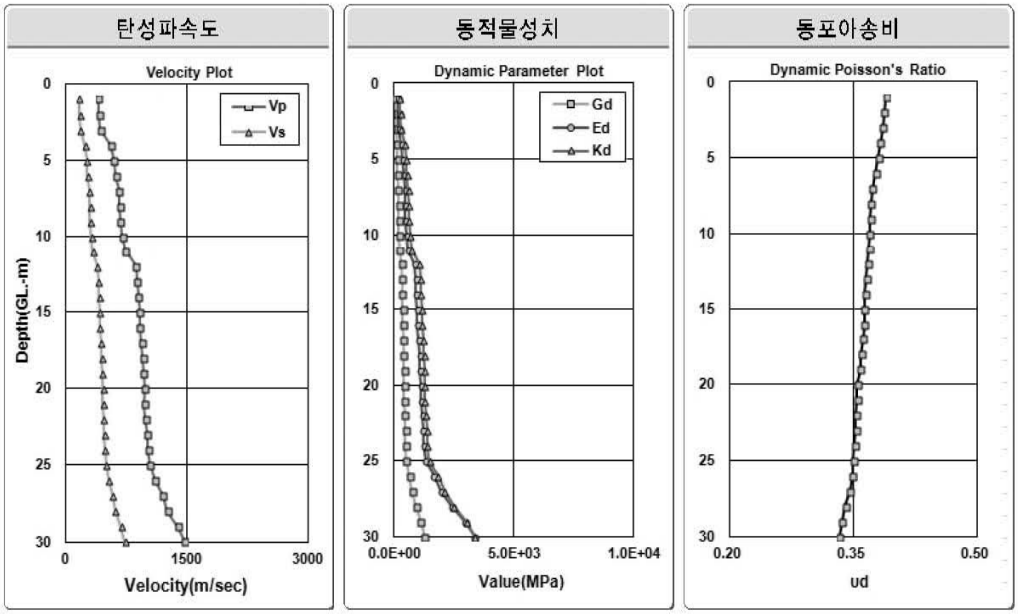
공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(c, kPa)	내부마찰각(deg)
BH-1	22.0	풍화암	50/5	30.58	31.51
BH-5	14.0	풍화토	24/30	16.40	26.20

4.2.8 공내재하시험 결과

공 번	심 도(m)	지 층	N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비 고
BH-1	24.0	풍화암	50/3	275	533	PMT
BH-5	22.0	풍화암	50/7	192	327	PMT

4.2.9 하향식탄성파탐사 결과

BH-3 분석결과



지 층	심 도 (FL.-m)	탄성파속도 (평균)		동적물성치 (평균)			
		V_p (m/sec)	V_s (m/sec)	E_d (MPa)	G_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층	0.0~5.7	486	210	228	82	328	0.385
퇴적층	5.7~11.6	681	308	470	171	610	0.372
풍화토	11.6~25.5	958	450	1,049	386	1,235	0.359
풍화암	25.5~27.2	1,162	562	1,789	664	1,954	0.348
연 암	27.2~30.0	1,376	683	2,884	1,079	2,939	0.337

검토결과

- 각 지층의 구분은 시추조사 결과에 의해 분류하였으며, 건설교통부 (KDS 17 00 00 내진설계기준, 2018) 분류기준에 의한 상부 토층의 전단파(Vs) 평균속도는 360m/sec로 나타남.
- **S_4(깊고 단단한 지반)**로 분류됨.

4.3 실내시험 결과

4.3.1 토질물성시험 결과

공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	LL(%)	PI	체분석(%)					USCS
							No.4	No.10	No.40	No.200	2μ	
BH-1	4.0	퇴적층	28.0	2.738	53.5	28.5	100	100	100	97.7	28.2	CH
BH-2	9.0	퇴적층	7.8	2.661	NP	-	48.9	39.4	21.2	9.0	-	GP-GM
BH-3	17.0	풍화토	17.0	2.741	NP	-	100	99.1	80.2	37.2	2.9	SM
BH-4	12.0	풍화토	19.2	2.732	37.2	6.52	100	100	81.4	43.5	3.4	SM
BH-5	9.0	퇴적층	7.6	2.672	NP	-	44.3	33.6	17.0	7.1	-	GW-GM

4.3.2 일축압축강도시험 결과

공 번	심 도(m)	지 층	TCR/RQD(%)	일축압축강도 (MPa)	비 고
BH-3	28.6~28.8	연 암	100/61	38.4	

제7장 요약 및 결언

제7장 요약 및 결언

본 과업은 '금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업 지반조사' 의 일환으로 현장조사 및 현장시험을 실시하여 구조물의 기초설계 및 시공관리, 토공 계획에 필요한 지반공학적 자료를 제공하므로서 가장 합리적이고 경제적인 설계와 시공이 수행되도록 하는데 그 목적이 있음

1 지형 및 지질

- 본 조사지역은 행정구역상 서울특별시 금천구 가산동 345-48번지 일대로 서부간선도로와 인접해 있으며 남동방향 약600여m 부근에 지하철 1호선 독산역이 위치하고 있다. 조사지역은 현재 공장 및 사무실부지로 평탄한 지형을 이루고 있으며, 부지주변으로는 지식산업센터 및 아파트형공장, 벤처타워 등이 밀집해 있으며, 서측으로는 안양천이 위치해 있다.
- 광역산계로는 부지 서측으로 도덕산(▲200m)이 남북방향으로 산세를 이루고 있으며, 남측으로 구름산(▲230m), 동남측으로 삼성산(▲481m), 동측으로 관악산(▲632m) 등이 분포하나, 본 조사지역과 인접하여 산계의 발달은 미약하며, 서측의 안양천이 북서 및 북측방향으로 흘러 한강으로 유입되어 흐르고 있다.

- 본 과업구간의 광역지질은 경기지괴의 서남부에 놓여있으며, 선캠브리아기의 편마암류인 경기 편마암복합체의 호상흑운모편마암이 분포하고 있다. 이를 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다.
- 한국지질도 안양도폭(1:50,000 한국지질자원연구원, 1982) 및 시추조사 결과에 의하면 본 과업구간의 기반암은 본 역에 가장 넓게 분포하는 호상흑운모편마암이며, 주로 석영 및 장석으로 구성된 우백질대와 흑운모로 구성된 우흑질대가 교호하는 호상구조를 이룬다. 조사구간의 지질분포는 선캠브리아기의 변성보복합체인 편암류, 호상편마암 및 화강암류를 기저로 하여 이를 백악기말 산성암맥들이 관입하고 하상주변을 따라 제4기 충정층이 부정합으로 피복하고 있다.

2 과업지역 지반특성

본 조사지역에 대한 기초지반의 토층 구성 상태 및 지지층의 분포 심도 등을 파악하기 위하여 현장조사, 현장 원위치시험을 실시하였으며, 조사부지의 지반특성 및 기반암의 공학적 특성을 분석한 결과는 다음과 같음

지층별 상세분포 현황

지 층	분포심도 (m)	두께 (m)	구 성 상 태	N값 / TCR, RQD	비 고
매립층	0.0~5.7	1.8~5.7	· 자갈섞인 실트질 모래, 점토질모래 · 황갈색 *자갈크기 : ∅0.5~30.0cm *최상부 아스콘 포장	2/30~50/15 (매우느슨~ 매우조밀)	전지점

지층별 상세분포 현황(계속)

지 층	분포심도 (m)	두께 (m)	구 성 상 태	N값 / TCR, RQD	비 고
퇴적층 (점성토)	1.8~6.0	3.5~3.6	· 실트질 점토, 모래질 실트 · 황갈색, 암갈색	2/30~8/30 (연약~보통견고)	BH-3 제외
퇴적층 (모래)	5.4~8.6	1.3~3.1	· 모래 · 회갈색 *중립질	14/30~18/30 (보통조밀)	BH-1, BH-5
퇴적층 (자갈섞인모래)	5.5~11.6	2.8~5.9	· 자갈섞인 실트질 모래,일부 모래 섞인 자갈 · 갈색, 회갈색 *자갈크기 : ∅1.0~5.0cm, 각짐	15/30~42/30 (보통조밀~조밀)	전지점
풍화토	11.4~27.0	9.6~15.4	· 실트질 모래 · 암청색, 암갈색 *중조립질	11/30~50/12 (보통조밀~ 매우조밀)	전지점
풍화암	21.0~29.0	1.4~4.7	· 기반암의 풍화대로 타격에 의해 실트질 모래로 분쇄 · 암갈색	50/9~50/3 (매우조밀)	전지점
연 암	출현심도 22.4~29.0	1.0~2.8	· 편마암, 암회색 · 심한풍화~약간풍화, 약함~보통강함 *부분적으로 파쇄발달 *BH-3 GL(-)25.8~30.0m 경암에 가까움	*BH-3 -TCR : 100% -RQD : 0~61%	전지점

3 지하수위

- 본 조사지역의 지하수위는 시추종료 24시간, 48시간, 72시간 경과후 총 3회에 걸쳐서 측정하였으며 측정결과 최종 지하수위는 GL.(-) 15.9~17.9m로 풍화토 구간에 분포하고 있는 것으로 측정되었음
- 본 조사지역의 지하수위는 부지 서측과 인접한 서부간선도로의 지하차도 건설현장의 지하 터파기공사 시 지하수의 유출로 인한 수위 강하가 예상되므로 지속적인 관찰이 필요할 것으로 사료됨.
- 지하수위는 지형적인 특성과 측정 시기에 따른 수위변화가 예상되므로 지반특성 및 현장여건과 처리공법을 비교·검토하여 적절한 대책을 수립하여야 할 것으로 판단됨

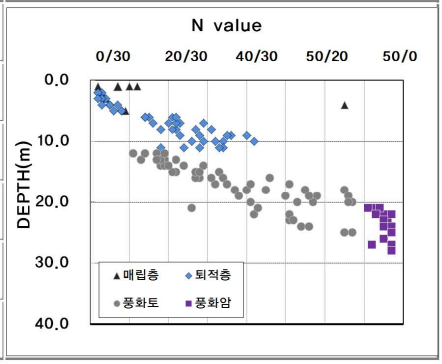
지하수위 측정 결과

공 번	표고 (EL.m)	적용 지하수위		수위 분포지층	비 고
		EL.m	GL.(-)m		
BH-1	10.05	-7.85	**17.9**	풍화토	
BH-2	10.35	-7.35	**17.7**	풍화토	
BH-3	10.10	-7.20	**17.3**	풍화토	
BH-4	10.07	-6.53	**16.6**	풍화토	
BH-5	10.50	-5.40	**15.9**	풍화토	

4 현장시험

본 조사지역에 분포되어 있는 토사 및 암반층의 심도에 따른 지층의 상대밀도 및 연경도, 수리특성, 강도특성, 변형특성, 동적특성 등을 파악하기 위하여 아래와 같은 시험을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같음

표준관입시험 결과

지 층		N값 범위	N값 그래프
매립층	GM	2/30 ~ 50/15	
퇴적층	CH, ML	2/30 ~ 8/30	
	SP	14/30 ~ 18/30	
	SP-GW	15/30 ~ 42/30	
풍화토	SM	11/30 ~ 50/12	
풍화암	W.R	50/9 ~ 50/3	

현장투수시험 결과

구 분	시험구간(m)	지 층	투수계수 (cm/sec)	USCS
BH-1	4.0~5.0	퇴적층(실트질점토)	2.04×10^{-4}	CH
BH-2	12.0~13.0	풍화토	2.71×10^{-4}	SM
BH-3	9.0~10.0	퇴적층(자갈섞인모래)	1.26×10^{-3}	SP-SW
BH-4	18.0~19.0	풍화토	3.16×10^{-4}	SM
BH-5	6.0~7.0	퇴적층(모래)	5.68×10^{-4}	SP-GW

현장수압시험 결과

공 번	시험구간(m)	지 층	투수계수 (cm/sec)	Lugeon 치	Flow type	비 고
BH-3	28.0~30.0	연 암	5.97×10^{-5}	5.16	Laminar	

지하수 유향·유속시험 결과

- 측정결과

구 분	지하수위 (GL-m)	측정심도 (GL-m)	대상지층	유 향 (MN)	유 속			주 흐름방향
					(㎝/sec)	(㎝/min)	(㎝/day)	
BH-4	16.93	18.0	풍화토	296.0	5.33E-04	0.032	46.06	NWW
		28.0	풍화암	279.1	5.00E-04	0.030	43.20	NWW

- 검토결과

구 분	유향		유속
BH-4	279.1° ~ 296.0°	NWW ~ NWW	43.20 ~ 46.08 cm/day

• 지하수의 흐름은 등포텐셜선에 의해 유동하는 것이 일반적이고 대부분 지형의 구조방향과 거의 일치하는 경우가 많다. 또한 측정된 공내 유향.유속은 국부적인 암반파쇄대를 통한 지하수의 흐름으로 중력배수에 의한 등포텐셜선의 직각방향으로 흐르는 광역지하수의 흐름과는 다소 차이가 발생할 수 있다.

양수시험 결과

정 호 내 용					
공번	공경(㎜)	심도(m)	자연수위(m)	대수층두께(m)	양수량(㎥/day)
BH-4	76	30.0	16.93	13.07	13.3
수 리 상 수					
분석방법	T(㎠/sec)	K(㎝/sec)	보정 전 S	r_e(m)	보정 후 S
Theis	9.756E-02	7.464E-05	7.128E-03	0.04477	6.928E-03
Cooper & Jacob	1.084E-01	8.328E-05	5.623E-03	0.03977	5.562E-03
Theis Recovery	1.566E-02	1.198E-04	-	-	-
기하평균	1.185E-02	9.064E-05	6.331E-03	0.04220	6.208E-03

순간충격시험 결과

구 분	심 도 (m)	초기수위 (GL-m)	대수층두께 (m)	수리상수		
				분석방법	K(㎝/sec)	T(㎝/sec
BH-4	30.0	16.93	13.07	Bouwer-Rice	1.18E-04	0.15460
				Hvorslev	2.28E-04	0.29740
평 균					1.73E-04	0.22600

• 분석은 대수층의 특성을 완전관통정과 등방질로 가정하였으며, 지하수위 하부의 주 대수층은 풍화대 및 암반층 구간으로 일반적인 분류([하단의 그림, 표 참조)에 의하면 Fractured igneous and metamorphic rock의 범위에 속하는 값으로 산출되었다.

공내전단시험 결과

공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(c, kPa)	내부마찰각(deg)
BH-1	22.0	풍화암	50/5	30.58	31.51
BH-5	14.0	풍화토	24/30	16.40	26.20

공내재하시험 결과

공 번	심 도(m)	지 층	N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비 고
BH-1	24.0	풍화암	50/3	275	533	PMT
BH-5	22.0	풍화암	50/7	192	327	PMT

하향식탄성파탐사 결과

- BH-3

지 층	심 도 (FL.-m)	탄성파속도 (평균)		동적물성치 (평균)			
		V_p (m/sec)	V_s (m/sec)	E_d (MPa)	G_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층	0.0~5.7	486	210	228	82	328	0.385
퇴적층	5.7~11.6	681	308	470	171	610	0.372
풍화토	11.6~25.5	958	450	1,049	386	1,235	0.359
풍화암	25.5~27.2	1,162	562	1,789	664	1,954	0.348
연 암	27.2~30.0	1,376	683	2,884	1,079	2,939	0.337

• 각 지층의 구분은 시추조사 결과에 의해 분류하였으며, 건설교통부 (KDS 17 00 00 내진설계기준, 2018) 분류기준에 의한 상부 토층의 전단파(Vs) 평균속도는 360m/sec로 나타남.
• **S_4(깊고 단단한 지반)**로 분류됨.

5 실내시험

본 조사지역에 분포되어 있는 토사층의 흙의 분류 및 물리적 특성, 암반의 강도특성을 파악하기 위하여 실내시험을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같음

토질물성시험

공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	LL(%)	PI	체분석(%)					USCS
							No.4	No.10	No.40	No.200	2μ	
BH-1	4.0	퇴적층	28.0	2.738	53.5	28.5	100	100	100	97.7	28.2	CH
BH-2	9.0	퇴적층	7.8	2.661	NP	-	48.9	39.4	21.2	9.0	-	GP-GM
BH-3	17.0	풍화토	17.0	2.741	NP	-	100	99.1	80.2	37.2	2.9	SM
BH-4	12.0	풍화토	19.2	2.732	37.2	6.52	100	100	81.4	43.5	3.4	SM
BH-5	9.0	퇴적층	7.6	2.672	NP	-	44.3	33.6	17.0	7.1	-	GW-GM

일축압축강도시험

공 번	심 도(m)	지 층	TCR/RQD(%)	일축압축강도 (MPa)	비 고
BH-3	28.6~28.8	연 암	100/61	38.4	

6 기초형식 검토

본 조사부지 시추조사 결과에 의한 지층의 구성 상태, 지하수위 분포 및 상부 구조물의 하중조건과 기초의 근입깊이 등의 조건을 비교·검토하여 기초형식을 추정하였으며, 그 결과는 다음과 같음

공번별 기초형식 결과표

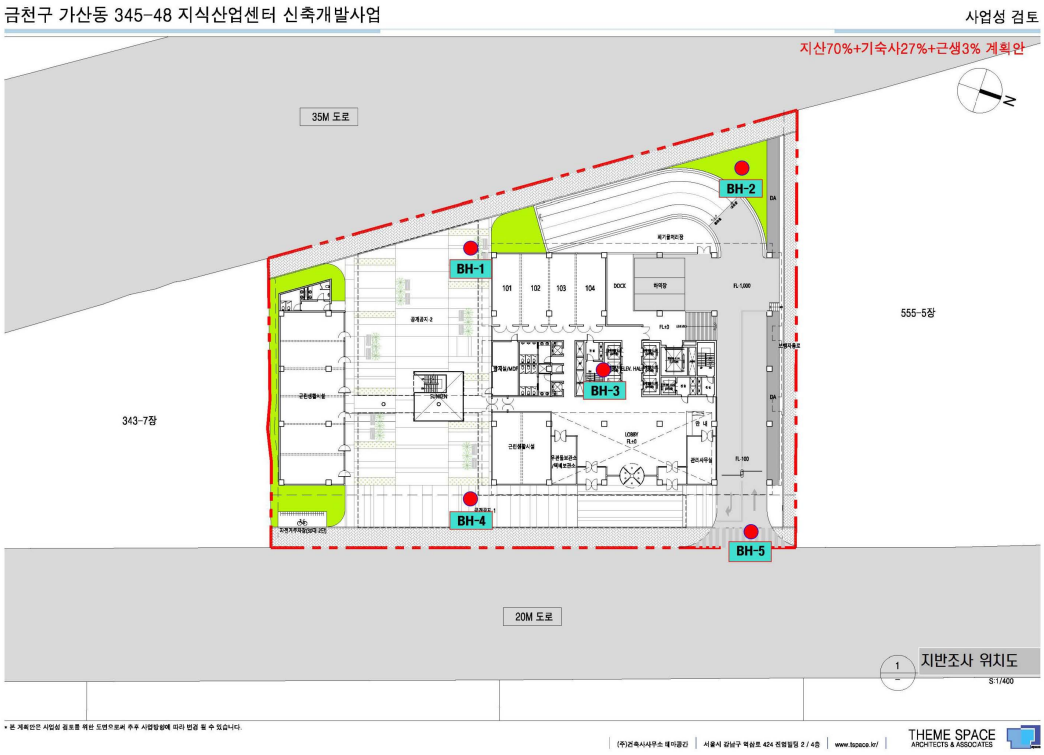
공 번	예상기초저면 (EL.m)	기초저면에 분포하는 지층	기초저면 N값	기초저면에서 지지층 (풍화암 및 기반암)까지 심도(m)	예상기초형식
BH-1	-7.30	풍화토	50/15	3.6	얕은기초
BH-2	-7.30	풍화토	40/30	3.3	얕은기초 (보강지내력)
BH-3	-7.30	풍화토	37/30	8.1	깊은기초
BH-4	-7.30	풍화토	50/25	9.6	깊은기초
BH-5	-7.30	풍화토	45/30	3.2	얕은기초 (보강지내력)

제8장 부록

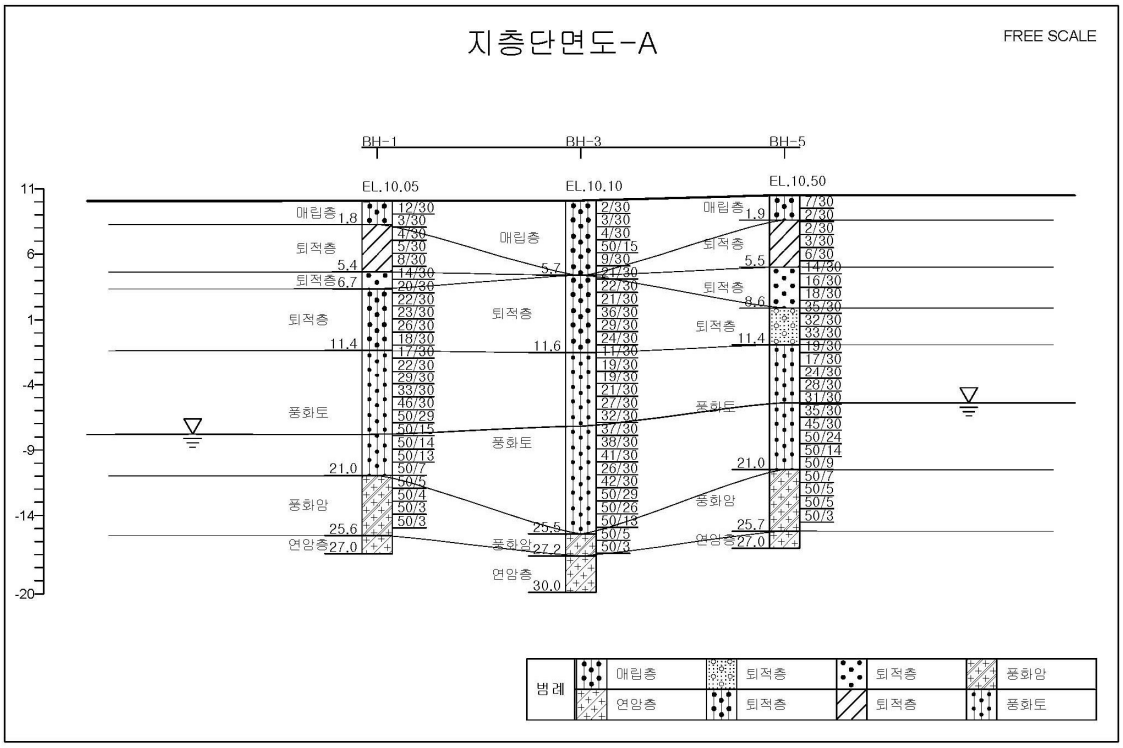
8.1 조 사 위 치 평 면 도
8.2 지 층 단 면 도
8.3 시 추 주 상 도
8.4 현 장 투 수 시 험
8.5 현 장 수 압 시 험
8.6 지하수 유향·유속시험
8.7 양 수 시 험
8.8 순 간 충 경 시 험
8.9 공 내 전 단 시 험
8.10 공 내 재 하 시 험
8.11 하 향 식 탄 성 파 탐 사
8.12 실 내 시 험
8.13 현 장 사 진 첩

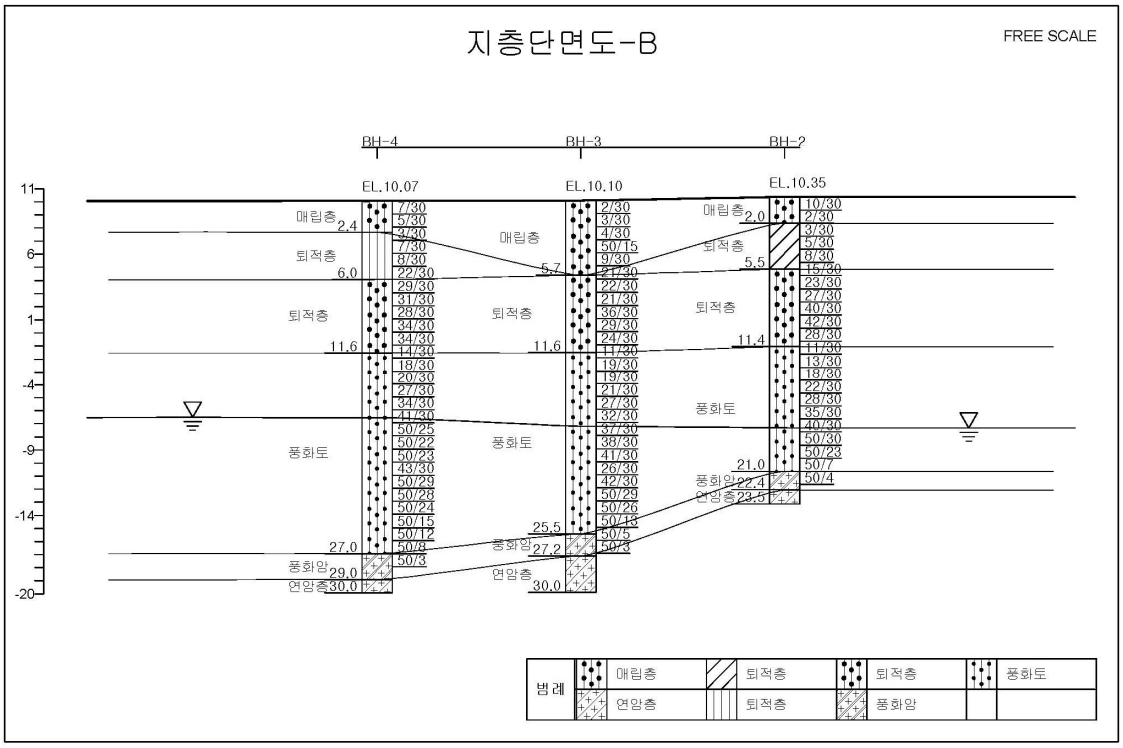
8.1 조 사 위 치 평 면 도

10.2 지반조사 자료


금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업
사업성 검토
지산70%+기숙사27%+근생3% 계획안
35M 도로
BH-1
BH-2
BH-3
BH-4
BH-5
343-7잠
555-5잠
20M 도로
지반조사 위치도
S:1/400
THEME SPACE
ARCHITECTS & ASSOCIATES

8.2 지 층 단 면 도


지층단면도-A
FREE SCALE
BH-1
BH-3
BH-5
EL.10.05
EL.10.10
EL.10.50
매립층
퇴적층
풍화토
풍화암
연암층
범례


지층단면도-B
FREE SCALE
BH-4
BH-3
BH-2
EL.10.07
EL.10.10
EL.10.35
매립층
퇴적층
풍화토
풍화암
연암층
범례

8.3 시 추 주 상 도

시 추 주 상 도

DRILL LOG

2 매 중 1

공 사 명 PROJECT	금천구 가산동 345-48 지식산업 센터 신축개발사업부지 지반조사	공 번 HOLE No.	BH-1
위 치 LOCATION	서울특별시 금천구 가산동 345-48번지	지 반 표 고 ELEVATION	10.05 m
날 짜 D A T E	2020년2월3일	지 하 수 위 GROUND WATER	(GL-) 17.9 m
		감 독 자 INSPECTOR	Park. BJ

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
○ 자연시료 U.D. SAMPLE
◎ 표준관입시험에 의한시료 S.P.T. SAMPLE
● 코어시료 CORE SAMPLE
⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. m	Scale m	심도 Depth m	층 후 Thick-ness m	주상도 Colum-nar Section	지층명	지 층 설 명 Description	통일분류 USCS	시료 Sample 시료 번호	채취 방법	채취 심도	표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
8.25		1.8	1.8		매립층	▷매립층(0.0 ~ 1.8m) 최상부~GL(-)0.2m 아스콘 포장. 실트질모래,폐기물, 자갈 포함. 황갈색.	GM	S-1	◎	1.0	12/30	
								S-2	◎	2.0	3/30	
						▷퇴적층(1.8 ~ 5.4m) 실트질점토 점성이 강함. 연약(Soft)~보통(Medium). 습윤. 황갈색.		S-3	◎	3.0	4/30	
					퇴적층		CH	S-4	◎	4.0	5/30	
4.65	5	5.4	3.6					S-5	◎	5.0	8/30	
					퇴적층	▷퇴적층(5.4 ~ 6.7m) 모래. 중립질. 젖음. 보통(Medium) 조밀. 회갈색	SP	S-6	◎	6.0	14/30	
3.35		6.7	1.3					S-7	◎	7.0	20/30	
						▷퇴적층(6.7 ~ 11.4m) 자갈섞인 모래. 하상퇴적층. 보통(Medium)조밀. 자갈크기:1~5cm, 각짐. 다져짐. 중,조립질. 젖음 내지 포화. 갈색~회갈색		S-8	◎	8.0	22/30	
								S-9	◎	9.0	23/30	
	10				퇴적층		SP-SW	S-10	◎	10.0	26/30	
-1.35		11.4	4.7					S-11	◎	11.0	18/30	
						▷풍화토(11.4 ~ 21.0m) 실트질모래. 보통(Medium)~매우조밀(Very Dense). 중,조립질. 편마구조 발달. 습윤. 암청색~암갈색.		S-12	◎	12.0	17/30	
								S-13	◎	13.0	22/30	
								S-14	◎	14.0	29/30	
	15							S-15	◎	15.0	33/30	
					풍화토		SM	S-16	◎	16.0	46/30	
								S-17	◎	17.0	50/29	
								S-18	◎	18.0	50/15	
								S-19	◎	19.0	50/14	
									◎			

(주)라온이엔지

시 추 주 상 도

DRILL LOG

2 매 중 2

공 사 명 PROJECT	금천구 가산동 345-48 지식산업 센터 신축개발사업부지 지반조사	공 번 HOLE No.	BH-1
위 치 LOCATION	서울특별시 금천구 가산동 345-48번지	지 반 표 고 ELEVATION	10.05 m
날 짜 D A T E	2020년2월3일	지 하 수 위 GROUND WATER	(GL-) 17.9 m
		감 독 자 INSPECTOR	Park. BJ

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
- ○ 자연시료 U.D. SAMPLE
- ◎ 표준관입시험에 의한시료 S.P.T. SAMPLE
- ● 코어시료 CORE SAMPLE
- ⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. m	Scale m	심도 Depth m	층 후 Thick-ness m	주상도 Colum-nar Section	지층명	지 층 설 명 Description	통일분류 USCS	시료 Sample 시료 번호	채취 방법	채취 심도	표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
								S-20		20.0	50/13	
-10.95		21.0	9.6					S-21	◎	21.0	50/ 7	
						▷풍화암(21.0 ~ 25.6m) 기반암(편마암)이 고도풍화(H.W). 충격에 의해 실트질모래로 분쇄됨 매우조밀(Very Dense). 암갈색.		S-22	◎	22.0	50/ 5	
					풍화암				US	23.0	50/ 4	
									US	24.0	50/ 3	
	25								US	25.0	50/ 3	
-15.55		25.6	4.6									
					연암층	▷연암층(25.6 ~ 27.0m) 편마암의 연암. 높은풍화(H.W)~보통풍화(M.W). 절리 및 균열 매우 발달. 단주상코아회수. 회갈색.			●	26.5		
-16.95		27.0	1.4									
						심도 27.0m에서 시추종료						
	30											
	35											

(주)라온이엔지

시 추 주 상 도

DRILL LOG

2 매 중 1

공 사 명 PROJECT	금천구 가산동 345-48 지식산업 센터 신축개발사업부지 지반조사	공 번 HOLE No.	BH-2
위 치 LOCATION	서울특별시 금천구 가산동 345-48번지	지 반 표 고 ELEVATION	10.35 m
날 짜 D A T E	2020년2월3일	지 하 수 위 GROUND WATER	(GL-) 17.7 m
		감 독 자 INSPECTOR	Park. BJ

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
○ 자연시료 U.D. SAMPLE
◎ 표준관입시험에 의한시료 S.P.T. SAMPLE
● 코어시료 CORE SAMPLE
⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. m	Scale m	심도 Depth m	층 후 Thick-ness m	주상도 Colum-nar Section	지층명	지 층 설 명 Description	통일분류 USCS	시료 Sample 시료번호	채취 방법	채취 심도	표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
8.35		2.0	2.0		매립층	▷매립층(0.0 ~ 2.0m) 최상부~GL(-)0.2m 아스콘 포장. 자갈섞인 실트질모래. 황갈색.	GM	S-1	◎	1.0	10/30	
								S-2	◎	2.0	2/30	
4.85	5	5.5	3.5		퇴적층	▷퇴적층(2.0 ~ 5.5m) 실트질점토. 점성이 강함. 연약(Soft)~보통(Medium). 습윤. 황갈색.	CH	S-3	◎	3.0	3/30	
								S-4	◎	4.0	5/30	
								S-5	◎	5.0	8/30	
-1.05	10	11.4	5.9		퇴적층	▷퇴적층(5.5 ~ 11.4m) 자갈섞인 모래. 하상퇴적층. 보통(Medium)~조밀(Dense). 전반적으로 모래가 우세하나 GL(-)9.0m부분 자갈 다량 포함됨(GP-GM). 자갈크기:1~5cm, 각짐. 다져짐. 중,조립질. 젖음. 갈색~회갈색	SP-GM	S-6	◎	6.0	15/30	
								S-7	◎	7.0	23/30	
								S-8	◎	8.0	27/30	
								S-9	◎	9.0	40/30	
								S-10	◎	10.0	42/30	
								S-11	◎	11.0	28/30	
	15				풍화토	▷풍화토(11.4 ~ 21.0m) 실트질모래. 보통(Medium)~매우조밀(Very Dense). 중,조립질. 습윤. 암청색~암갈색.	SM	S-12	◎	12.0	11/30	
								S-13	◎	13.0	13/30	
								S-14	◎	14.0	18/30	
								S-15	◎	15.0	22/30	
								S-16	◎	16.0	28/30	
								S-17	◎	17.0	35/30	
								S-18	◎	18.0	40/30	
								S-19	◎	19.0	50/30	
									◎			

(주)라온이엔지

시 추 주 상 도

DRILL LOG

2 매 중 2

공 사 명 PROJECT	금천구 가산동 345-48 지식산업 센터 신축개발사업부지 지반조사	공 번 HOLE No.	BH-2
위 치 LOCATION	서울특별시 금천구 가산동 345-48번지	지 반 표 고 ELEVATION	10.35 m
날 짜 D A T E	2020년2월3일	지 하 수 위 GROUND WATER	(GL-) 17.7 m
		감 독 자 INSPECTOR	Park. BJ

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
- ○ 자연시료 U.D. SAMPLE
- ◎ 표준관입시험에 의한시료 S.P.T. SAMPLE
- ● 코어시료 CORE SAMPLE
- ⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. m	Scale m	심도 Depth m	층 후 Thick-ness m	주상도 Colum-nar Section	지층명	지 층 설 명 Description	통일분류 USCS	시료 Sample 시료번호	채취 방법	채취 심도	표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
								S-20		20.0	50/23	
-10.65		21.0	9.6					S-21	◎	21.0	50/ 7	
					풍화암	▷풍화암(21.0 ~ 22.4m) 기반암(편마암)이 고도풍화(H.W). 충격에 의해 실트질모래로 분쇄됨 매우조밀(Very Dense). 암갈색.		S-22	◎	22.0	50/ 4	
-12.05		22.4	1.4									
					연암층	▷연암층(22.4 ~ 23.5m) 편마암의 연암. 높은풍화(H.W)~보통풍화(M.W), 절리 및 균열 매우 발달. 단주상코아회수. 회갈색.			●	23.0		
-13.15		23.5	1.1									
	25											
	30											
	35											

심도 23.5m에서 시추종료

(주)라온이엔지

시 추 주 상 도

DRILL LOG

2 매 중 1

공 사 명 PROJECT	금천구 가산동 345-48 지식산업 센터 신축개발사업부지 지반조사	공 번 HOLE No.	BH-3
위 치 LOCATION	서울특별시 금천구 가산동 345-48번지	지 반 표 고 ELEVATION	10.10 m
날 짜 D A T E	2020년2월1일	지 하 수 위 GROUND WATER	(GL-) 17.3 m
		감 독 자 INSPECTOR	

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
○ 자연시료 U.D. SAMPLE
◎ 표준관입시험에 의한시료 S.P.T. SAMPLE
● 코어시료 CORE SAMPLE
⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. m	Scale m	심도 Depth m	층 후 Thick-ness m	주상도 Colum-nar Section	지층명	지 층 설 명 Description	통일분류 USCS	시료 번호	시료 채취 방법	시료 채취 심도	표준관입시험 N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
					매립층	▷매립층(0.0 ~ 5.7m) 최상부~GL(-)0.2m 아스콘 포장. GL(-)0.2~2.5m:점토질모래(황갈색) GL(-)2.5~5.7m:자갈섞인 실트질모래(전석 포함) 암회색 매우느슨(Very Loose)~느슨(Loose). GL(-)4.0m부분 전석의 영향으로 N치 매우 높음 습윤(Moist).	GC-GM	S-1	◎	1.0	2/30	
								S-2	◎	2.0	3/30	
								S-3	◎	3.0	4/30	
								S-4	◎	4.0	50/15	
	5							S-5	◎	5.0	9/30	
4.40		5.7	5.7									
					퇴적층	▷퇴적층(5.7 ~ 11.6m) 자갈섞인 모래. 하상퇴적층. 자갈크기:1~5cm. 보통(Medium)~조밀(Dense). 중,조립질. 젖음. 갈색~회갈색	SP-SW	S-6	◎	6.0	21/30	
								S-7	◎	7.0	22/30	
								S-8	◎	8.0	21/30	
								S-9	◎	9.0	36/30	
	10							S-10	◎	10.0	29/30	
								S-11	◎	11.0	24/30	
-1.50		11.6	5.9									
					풍화토	▷풍화토(11.6 ~ 25.5m) 실트질모래. 보통(Medium)~매우조밀(Very Dense). 중,조립질. 편마구조 발달. 습윤. 상부(GL(-)11.6~16.5m) : 녹회색 하부(GL(-)16.5~25.5m) : 암갈색	SM	S-12	◎	12.0	11/30	
								S-13	◎	13.0	19/30	
								S-14	◎	14.0	19/30	
	15							S-15	◎	15.0	21/30	
								S-16	◎	16.0	27/30	
								S-17	◎	17.0	32/30	
								S-18	◎	18.0	37/30	
								S-19	◎	19.0	38/30	
									◎			

(주)라온이엔지

시 추 주 상 도

DRILL LOG

2 매 중 2

공 사 명 PROJECT	금천구 가산동 345-48 지식산업 센터 신축개발사업부지 지반조사	공 번 HOLE No.	BH-3
위 치 LOCATION	서울특별시 금천구 가산동 345-48번지	지 반 표 고 ELEVATION	10.10 m
날 짜 D A T E	2020년2월1일	지 하 수 위 GROUND WATER	(GL-) 17.3 m
		감 독 자 INSPECTOR	

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
- ○ 자연시료 U.D. SAMPLE
- ◎ 표준관입시험에 의한시료 S.P.T. SAMPLE
- ● 코어시료 CORE SAMPLE
- ⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. m	Scale m	심도 Depth m	층 후 Thick-ness m	주상도 Colum-nar Section	지층명	지 층 설 명 Description	통일분류 USCS	시료 Sample 시료번호	채취방법	채취심도	표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
								S-20		20.0	41/30	
								S-21	◎	21.0	26/30	
								S-22	◎	22.0	42/30	
								S-23	◎	23.0	50/29	
								S-24	◎	24.0	50/26	
	25							S-25	◎	25.0	50/13	
-15.40		25.5	13.9									
					풍화암	▷풍화암(25.5 ~ 27.2m) 기반암(편마암)이 고도풍화(H.W). 충격에 의해 실트질모래로 분쇄됨, 매우조밀(Very Dense). 암갈색.			US	26.0	50/ 5
-17.10		27.2	1.7						US	27.0	50/ 3	
					연암층	▷연암층(27.2 ~ 30.0m) 편마암의 연암. 보통풍화(M.W)~신선(Fr), 상부 절리 및 균열 발달. GL-)28.5~30.0m경암에 가까움. 회갈색.						
-19.90	30	30.0	2.8			GL-)27.2~27.7m:TCR=100%,RQD=0% GL-)27.7~30.0m:TCR=100%,RQD=61%						
						심도 30.0m에서 시추종료						
	35											

(주)라온이엔지

시 추 주 상 도

DRILL LOG

2 매 중 1

공 사 명 PROJECT	금천구 가산동 345-48 지식산업 센터 신축개발사업부지 지반조사	공 번 HOLE No.	BH-4
위 치 LOCATION	서울특별시 금천구 가산동 345-48번지	지 반 표 고 ELEVATION	10.07 m
날 짜 D A T E	2020년2월2일	지 하 수 위 GROUND WATER	(GL-) 16.6 m
		감 독 자 INSPECTOR	박병주

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
○ 자연시료 U.D. SAMPLE
◎ 표준관입시험에 의한시료 S.P.T. SAMPLE
● 코어시료 CORE SAMPLE
⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. m	Scale m	심도 Depth m	층 후 Thick-ness m	주상도 Colum-nar Section	지층명	지 층 설 명 Description	통일분류 USCS	시료 번호	시료 채취 방법	채취 심도	표준관입시험 N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
					매립층	▷매립층(0.0 ~ 2.4m) 최상부~GL(-)0.3m 아스콘, 콘크리트 포장. 실트질모래. 황갈색. 느슨(Loose). 습윤(Moist).	SW	S-1	◎	1.0	7/30	
7.67		2.4	2.4					S-2	◎	2.0	5/30	
					퇴적층	▷퇴적층(2.4 ~ 6.0m) 실트. 모래질실트 내지 점토질 실트 하상퇴적층. 연약(Soft)~보통(Medium). 젖음 내지 습윤 갈색~황갈색	CH-ML	S-3	◎	3.0	3/30	
	5							S-4	◎	4.0	7/30	
								S-5	◎	5.0	8/30	
4.07		6.0	3.6					S-6	◎	6.0	22/30	
					퇴적층	▷퇴적층(6.0 ~ 11.6m) 자갈섞인 모래. 하상퇴적층. 보통(Medium)~조밀(Dense). 다져짐. 중,조립질. 젖음. 갈색~회갈색	SW	S-7	◎	7.0	29/30	
								S-8	◎	8.0	31/30	
	10							S-9	◎	9.0	28/30	
								S-10	◎	10.0	34/30	
-1.53		11.6	5.6					S-11	◎	11.0	34/30	
					풍화토	▷풍화토(11.6 ~ 27.0m) 실트질모래. 중간(Medium)~매우조밀(Very Dense). 중,조립질. 편마구조 발달. 습윤. 황갈색~암갈색.	SM	S-12	◎	12.0	14/30	
								S-13	◎	13.0	18/30	
								S-14	◎	14.0	20/30	
	15							S-15	◎	15.0	27/30	
								S-16	◎	16.0	34/30	
								S-17	◎	17.0	41/30	
								S-18	◎	18.0	50/25	
								S-19	◎	19.0	50/22	
									◎			

(주)라온이엔지

시 추 주 상 도

DRILL LOG

2 매 중 2

공 사 명 PROJECT	금천구 가산동 345-48 지식산업 센터 신축개발사업부지 지반조사	공 번 HOLE No.	BH-4
위 치 LOCATION	서울특별시 금천구 가산동 345-48번지	지 반 표 고 ELEVATION	10.07 m
날 짜 D A T E	2020년2월2일	지 하 수 위 GROUND WATER	(GL-) 16.6 m
		감 독 자 INSPECTOR	박병주

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
○ 자연시료 U.D. SAMPLE
◎ 표준관입시험에 의한시료 S.P.T. SAMPLE
● 코어시료 CORE SAMPLE
⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. m	Scale m	심도 Depth m	층후 Thickness m	주상도 Columnar Section	지층명	지층설명 Description	통일분류 USCS	시료 Sample 시료번호	채취방법	채취심도	표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
								S-20		20.0	50/23	
								S-21	◎	21.0	43/30	
								S-22	◎	22.0	50/29	
								S-23	◎	23.0	50/28	
								S-24	◎	24.0	50/24	
	25							S-25	◎	25.0	50/15	
								S-26	◎	26.0	50/12	
-16.93		27.0	15.4					S-27	◎	27.0	50/ 8	
					풍화암	▷풍화암(27.0 ~ 29.0m) 기반암(편마암)이 고도풍화(H.W). 충격에 의해 실트질모래로 분쇄됨, 매우조밀(Very Dense). 회갈색.			US	28.0	50/ 3	
-18.93		29.0	2.0									
-19.93		30.0	1.0		연암층	▷연암층(29.0 ~ 30.0m) 편마암의 연암. 보통풍화(M.W), 절리 및 균열 발달. 단주상코아회수. 회갈색.			●	29.5		
	30											
						심도 30.0m에서 시추종료						
	35											

(주)라온이엔지

시 추 주 상 도

DRILL LOG

2 매 중 1

공 사 명 PROJECT	금천구 가산동 345-48 지식산업 센터 신축개발사업부지 지반조사	공 번 HOLE No.	BH-5
위 치 LOCATION	서울특별시 금천구 가산동 345-48번지	지 반 표 고 ELEVATION	10.50 m
날 짜 D A T E	2020년2월2일	지 하 수 위 GROUND WATER	(GL-) 15.9 m
		감 독 자 INSPECTOR	Park. BJ

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
○ 자연시료 U.D. SAMPLE
◎ 표준관입시험에 의한시료 S.P.T. SAMPLE
● 코어시료 CORE SAMPLE
⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. m	Scale m	심도 Depth m	층 후 Thick-ness m	주상도 Colum-nar Section	지층명	지 층 설 명 Description	통일분류 USCS	시료 번호	채취 방법	채취 심도	N치 (회/cm)	표준관입시험 N blow 10 20 30 40 50
8.60		1.9	1.9		매립층	▷매립층(0.0 ~ 1.9m) 최상부~GL(-)0.2m 아스콘 포장. 실트질모래,폐기물. 자갈 다량포함. 황갈색.	GM	S-1	◎	1.0	7/30	
								S-2	◎	2.0	2/30	
					퇴적층	▷퇴적층(1.9 ~ 5.5m) 실트질점토 점성이 강함. 연약(Soft)~보통(Medium). 습윤. 황갈색.	CH	S-3	◎	3.0	2/30	
								S-4	◎	4.0	3/30	
5.00	5	5.5	3.6					S-5	◎	5.0	6/30	
						▷되직층(5.5 ~ 8.6m) 모래. 중립질. 젖음. 보통(Medium) 조밀. 회갈색		S-6	◎	6.0	14/30	
					퇴적층		SP	S-7	◎	7.0	16/30	
1.90		8.6	3.1					S-8	◎	8.0	18/30	
						▷퇴적층(8.6 ~ 11.4m) 자갈섞인 모래. 하상퇴적층. 조밀(Dense). 전반적으로 모래가 우세하나 GL(-)9.0m부분 자갈 다량 포함 됨 (GW-GM). 자갈크기:1~5cm, 각짐. 다져짐. 중,조립질. 젖음. 갈색~회갈색		S-9	◎	9.0	35/30	
	10				퇴적층		SP-GW	S-10	◎	10.0	32/30	
-0.90		11.4	2.8					S-11	◎	11.0	33/30	
						▷풍화토(11.4 ~ 21.0m) 실트질모래. 보통(Medium)~매우조밀(Very Dense). 중,조립질. 편마구조 발달. 습윤. 암청색~암갈색.		S-12	◎	12.0	19/30	
								S-13	◎	13.0	17/30	
								S-14	◎	14.0	24/30	
	15							S-15	◎	15.0	28/30	
					풍화토		SM	S-16	◎	16.0	31/30	
								S-17	◎	17.0	35/30	
								S-18	◎	18.0	45/30	
								S-19	◎	19.0	50/24	
									◎			

(주)라온이엔지

시 추 주 상 도

DRILL LOG

2 매 중 2

공 사 명 PROJECT	금천구 가산동 345-48 지식산업 센터 신축개발사업부지 지반조사	공 번 HOLE No.	BH-5
위 치 LOCATION	서울특별시 금천구 가산동 345-48번지	지 반 표 고 ELEVATION	10.50 m
날 짜 D A T E	2020년2월2일	지 하 수 위 GROUND WATER	(GL-) 15.9 m
		감 독 자 INSPECTOR	Park. BJ

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
- ○ 자연시료 U.D. SAMPLE
- ◎ 표준관입시험에 의한시료 S.P.T. SAMPLE
- ● 코어시료 CORE SAMPLE
- ⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. m	Scale m	심도 Depth m	층후 Thickness m	주상도 Columnar Section	지층명	지층설명 Description	통일분류 USCS	시료 Sample 시료번호	채취방법	채취심도	표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
								S-20		20.0	50/14	
-10.50		21.0	9.6					S-21	◎	21.0	50/ 9	
					풍화암	▷풍화암(21.0 ~ 25.7m) 기반암(편마암)이 고도풍화(H.W). 충격에 의해 실트질모래로 분쇄됨, 매우조밀(Very Dense). 암갈색.		S-22	◎	22.0	50/ 7	
								S-23	◎	23.0	50/ 5	
	25								US	24.0	50/ 5	
									US	25.0	50/ 3	
-15.20		25.7	4.7									
					연암층	▷연암층(25.7 ~ 27.0m) 편마암의 연암, 높은풍화(H.W)~보통풍화(M.W) 절리 및 균열 매우 발달. 단주상코아회수. 회갈색.			●	26.5		
-16.50		27.0	1.3									
	30					심도 27.0m에서 시추종료						
	35											

(주)라온이엔지

8.4 현 장 투 수 시 험

FIELD PERMEABILITY TEST
(FALLING HEAD TEST IN EXTENDED HOLE)

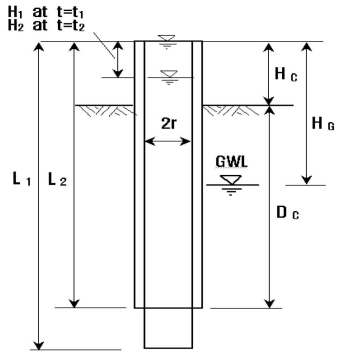
Project	금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축부지 지반조사			
Hole No.	BH-1		Date.	2020.02.03
Hole Dia.	7.6 cm		Geology.	퇴적층(GP-GM)
Test Section	(G.L -) 4.0 ~ 5.0 m		G.W.L	17.90
Casing Dia.	7.6 cm		Casing Height	20.0 cm

L_1 (cm)	L_2 (cm)	L (cm)	D_C (cm)	H_G (cm)
520	420	100	400	1810

T_1 (s)	T_2 (s)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	k (cm/s)
0	10	0.0	11.0	5.59E-04
10	20	11.0	16.0	2.59E-04
20	30	16.0	22.0	3.14E-04
30	60	22.0	29.0	1.24E-04
60	90	29.0	37.0	1.44E-04
90	120	37.0	46.0	1.65E-04
120	180	46.0	55.0	8.44E-05
180	240	55.0	64.0	8.63E-05
240	300	64.0	74.0	9.81E-05

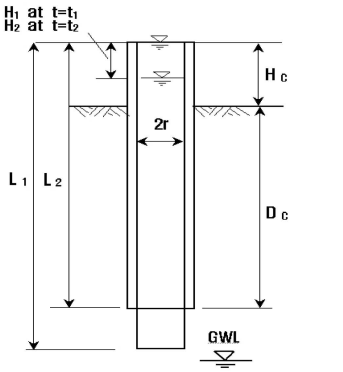
k (cm/s) = **2.04E-04**

■ 시험구간이 지하수위면 하부인 경우



$$k = \frac{r^2}{2(L_1 - L_2)(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{L_1 - L_2}{r}\right) \ln\left(\frac{H_G - H_1}{H_G - H_2}\right)$$

■ 시험구간이 지하수위면 상부인 경우



$$k = \frac{r^2}{2(L_1 - L_2)(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{L_1 - L_2}{r}\right) \ln\left(\frac{(H_c + D_c) - H_1}{(H_c + D_c) - H_2}\right)$$

k (cm/s)	투수계수	L_1 (cm)	케이싱 상단에서 굴착깊이까지 거리
r (cm)	케이싱반경	L_2 (cm)	케이싱 상단에서 케이싱하단까지 거리
t_1, t_2 (s)	경과시간	H_1, H_2 (cm)	경과시간에 따른 수위저하 시간
H c (cm)	지상에 노출된 케이싱 길이	H_G (cm)	케이싱 상단에서 지하수위까지 거리
D c (cm)	지중에 삽입된 케이싱 길이		

FIELD PERMEABILITY TEST
(FALLING HEAD TEST IN EXTENDED HOLE)

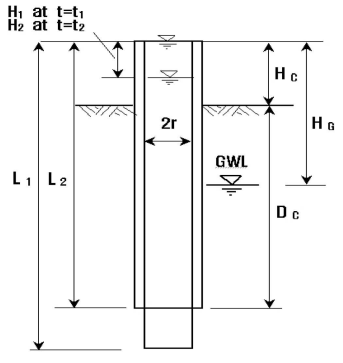
Project	금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축부지 지반조사			
Hole No.	BH-2		Date.	2020.02.03
Hole Dia.	7.6 cm		Geology.	풍화토(SM)
Test Section	(G.L -) 12.0 ~ 13.0 m		G.W.L	17.70
Casing Dia.	7.6 cm		Casing Height	20.0 cm

L_1 (cm)	L_2 (cm)	L (cm)	D_C (cm)	H_G (cm)
1320	1220	100	1200	1790

T_1 (s)	T_2 (s)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	k (cm/s)
0	10	0.0	13.0	2.43E-04
10	20	13.0	34.0	3.98E-04
20	30	34.0	66.0	6.19E-04
30	60	66.0	102.0	2.39E-04
60	90	102.0	138.0	2.46E-04
90	120	138.0	177.0	2.76E-04
120	180	177.0	209.0	1.17E-04
180	240	209.0	248.0	1.47E-04
240	300	248.0	287.0	1.53E-04

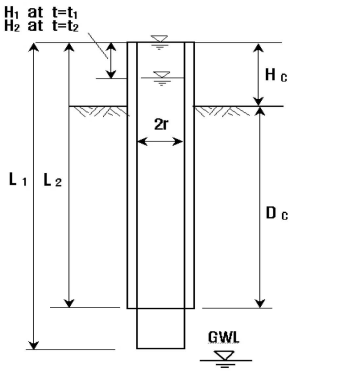
k (cm/s) = **2.71E-04**

■ 시험구간이 지하수위면 하부인 경우



$$k = \frac{r^2}{2(L_1 - L_2)(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{L_1 - L_2}{r}\right) \ln\left(\frac{H_g - H_1}{H_g - H_2}\right)$$

■ 시험구간이 지하수위면 상부인 경우



$$k = \frac{r^2}{2(L_1 - L_2)(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{L_1 - L_2}{r}\right) \ln\left(\frac{(H_c + D_c) - H_1}{(H_c + D_c) - H_2}\right)$$

k (cm/s)	투수계수	L_1 (cm)	케이싱 상단에서 굴착깊이까지 거리
r (cm)	케이싱반경	L_2 (cm)	케이싱 상단에서 케이싱하단까지 거리
t_1, t_2 (s)	경과시간	H_1, H_2 (cm)	경과시간에 따른 수위저하 시간
H c (cm)	지상에 노출된 케이싱 길이	H_G (cm)	케이싱 상단에서 지하수위까지 거리
D c (cm)	지중에 삽입된 케이싱 길이		

FIELD PERMEABILITY TEST
(FALLING HEAD TEST IN EXTENDED HOLE)

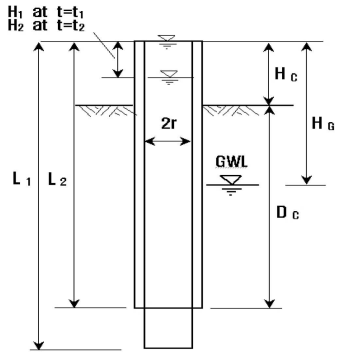
Project	금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축부지 지반조사			
Hole No.	BH-3		Date.	2020.02.01
Hole Dia.	7.6 cm		Geology.	퇴적층(GP-GM)
Test Section	(G.L -) 9.0 ~ 10.0 m		G.W.L	17.30
Casing Dia.	7.6 cm		Casing Height	20.0 cm

L_1 (cm)	L_2 (cm)	L (cm)	D_C (cm)	H_G (cm)
1020	920	100	900	1750

T_1 (s)	T_2 (s)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	k (cm/s)
0	10	0.0	54.0	1.35E-03
10	20	54.0	134.0	2.16E-03
20	30	134.0	224.0	2.69E-03
30	60	224.0	311.0	9.76E-04
60	90	311.0	389.0	9.91E-04
90	120	389.0	452.0	9.03E-04
120	180	452.0	550.0	8.25E-04
180	240	550.0	625.0	7.74E-04
240	300	625.0	677.0	6.43E-04

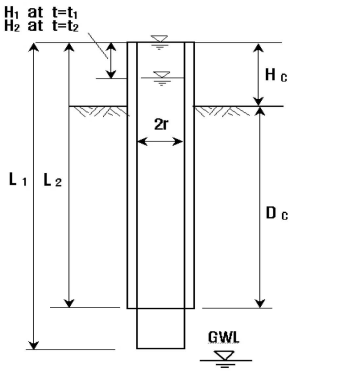
k (cm/s) = **1.26E-03**

■ 시험구간이 지하수위면 하부인 경우



$$k = \frac{r^2}{2(L_1 - L_2)(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{L_1 - L_2}{r}\right) \ln\left(\frac{H_g - H_1}{H_g - H_2}\right)$$

■ 시험구간이 지하수위면 상부인 경우



$$k = \frac{r^2}{2(L_1 - L_2)(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{L_1 - L_2}{r}\right) \ln\left(\frac{(H_c + D_c) - H_1}{(H_c + D_c) - H_2}\right)$$

k (cm/s)	투수계수	L_1 (cm)	케이싱 상단에서 굴착깊이까지 거리
r (cm)	케이싱반경	L_2 (cm)	케이싱 상단에서 케이싱하단까지 거리
t_1, t_2 (s)	경과시간	H_1, H_2 (cm)	경과시간에 따른 수위저하 시간
H c (cm)	지상에 노출된 케이싱 길이	H_G (cm)	케이싱 상단에서 지하수위까지 거리
D c (cm)	지중에 삽입된 케이싱 길이		

FIELD PERMEABILITY TEST
(FALLING HEAD TEST IN EXTENDED HOLE)

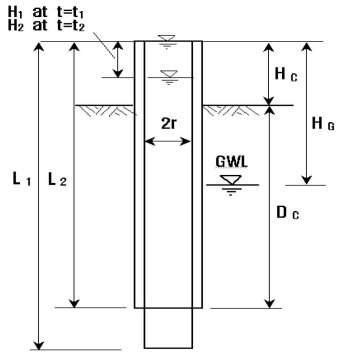
Project	금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축부지 지반조사			
Hole No.	BH-4		Date.	2020.02.03
Hole Dia.	7.6 cm		Geology.	풍화토(SM)
Test Section	(G.L -) 18.0 ~ 19.0 m		G.W.L	16.60
Casing Dia.	7.6 cm		Casing Height	20.0 cm

L_1 (cm)	L_2 (cm)	L (cm)	D_C (cm)	H_G (cm)
1920	1820	100	1800	1680

T_1 (s)	T_2 (s)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	k (cm/s)
0	10	0.0	28.0	3.97E-04
10	20	28.0	62.0	4.91E-04
20	30	62.0	97.0	5.16E-04
30	60	97.0	124.0	1.35E-04
60	90	124.0	155.0	1.58E-04
90	120	155.0	178.0	1.20E-04
120	180	178.0	196.0	4.74E-05
180	240	196.0	211.0	4.00E-05
240	300	211.0	224.0	3.50E-05

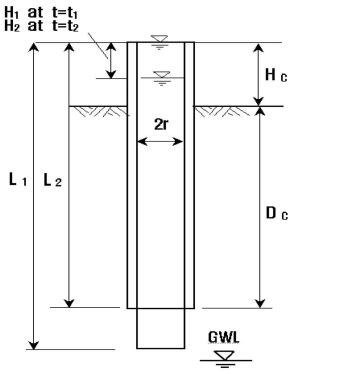
k (cm/s) = **2.16E-04**

■ 시험구간이 지하수위면 하부인 경우



$$k = \frac{r^2}{2(L_1 - L_2)(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{L_1 - L_2}{r}\right) \ln\left(\frac{H_g - H_1}{H_g - H_2}\right)$$

■ 시험구간이 지하수위면 상부인 경우



$$k = \frac{r^2}{2(L_1 - L_2)(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{L_1 - L_2}{r}\right) \ln\left(\frac{(H_c + D_c) - H_1}{(H_c + D_c) - H_2}\right)$$

k (cm/s)	투수계수	L_1 (cm)	케이싱 상단에서 굴착깊이까지 거리
r (cm)	케이싱반경	L_2 (cm)	케이싱 상단에서 케이싱하단까지 거리
t_1, t_2 (s)	경과시간	H_1, H_2 (cm)	경과시간에 따른 수위저하 시간
H c (cm)	지상에 노출된 케이싱 길이	H_G (cm)	케이싱 상단에서 지하수위까지 거리
D c (cm)	지중에 삽입된 케이싱 길이		

FIELD PERMEABILITY TEST
(FALLING HEAD TEST IN EXTENDED HOLE)

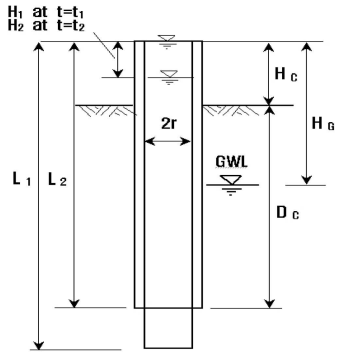
Project	금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축부지 지반조사			
Hole No.	BH-5		Date.	2020.02.02
Hole Dia.	7.6 cm		Geology.	퇴적층(SP)
Test Section	(G.L -) 6.0 ~ 7.0 m		G.W.L	15.90
Casing Dia.	7.6 cm		Casing Height	20.0 cm

L_1 (cm)	L_2 (cm)	L (cm)	D_C (cm)	H_G (cm)
720	620	100	600	1610

T_1 (s)	T_2 (s)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	k (cm/s)
0	10	0.0	18.0	6.43E-04
10	20	18.0	36.0	6.61E-04
20	30	36.0	66.0	1.14E-03
30	60	66.0	99.0	4.42E-04
60	90	99.0	130.0	4.39E-04
90	120	130.0	168.0	5.74E-04
120	180	168.0	207.0	3.18E-04
180	240	207.0	253.0	4.12E-04
240	300	253.0	301.0	4.81E-04

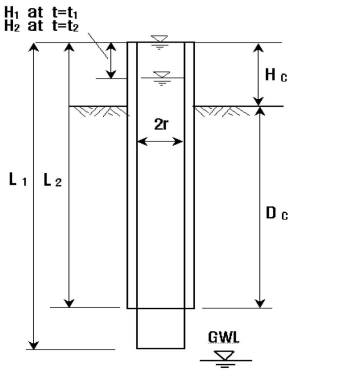
k (cm/s) = **5.68E-04**

■ 시험구간이 지하수위면 하부인 경우



$$k = \frac{r^2}{2(L_1 - L_2)(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{L_1 - L_2}{r}\right) \ln\left(\frac{H_g - H_1}{H_g - H_2}\right)$$

■ 시험구간이 지하수위면 상부인 경우



$$k = \frac{r^2}{2(L_1 - L_2)(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{L_1 - L_2}{r}\right) \ln\left(\frac{(H_c + D_c) - H_1}{(H_c + D_c) - H_2}\right)$$

k (cm/s)	투수계수	L_1 (cm)	케이싱 상단에서 굴착깊이까지 거리
r (cm)	케이싱반경	L_2 (cm)	케이싱 상단에서 케이싱하단까지 거리
t_1, t_2 (s)	경과시간	H_1, H_2 (cm)	경과시간에 따른 수위저하 시간
H c (cm)	지상에 노출된 케이싱 길이	H_G (cm)	케이싱 상단에서 지하수위까지 거리
D c (cm)	지중에 삽입된 케이싱 길이		

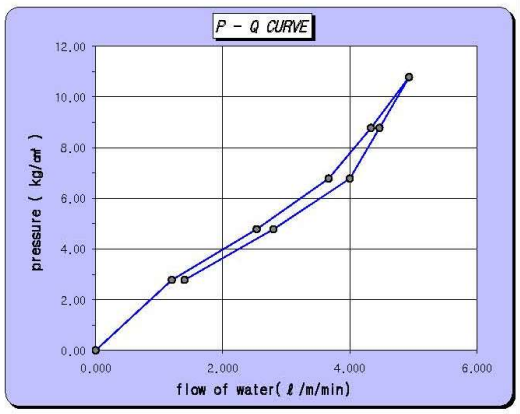
8.5 현 장 수 압 시 험

WORKING SHEET OF WATER PRESSURE TEST

공사명	가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업 지반조사					Geology	연암	편마암	Date	2020년 2월 1일
Test Hole No	BH-3					Hole DIA (cm)		7.6	Packer Type	Single Packer
TEST DEPTH	From 28.0 30.0					Test Interval (m)		3.0	G.W.L (m)	17.30
WATER PRESSURE	From 1 ~ To 9 (kg/㎠)					Tested By		고부식	CHECKED	박병주

INJECTION TIME (min)	WATER PRESSURE (kg/㎠)	전수두 산출을 위한 각요소별 위치수두 환산				TOTAL HEAD	FLOW METER (ℓ)			WATER CONSUMED	K(cm/sec)
		압력수두 Hp (m)	압력계 H1 (m)	수두 H2 (m)	보정수두 H3 (m)	He (cm)	From	To	Quantity	(㎤/min)	
5	1	10	0.5	29.5	12.2	2,780	1237.0	1255.0	18.0	3,600	4.997E-05
5	3	30	0.5	29.5	12.2	4,780	1255.0	1293.0	38.0	7,600	6.135E-05
5	5	50	0.5	29.5	12.2	6,780	1293.0	1348.0	55.0	11,000	6.260E-05
5	7	70	0.5	29.5	12.2	8,780	1348.0	1413.0	65.0	13,000	5.713E-05
5	9	90	0.5	29.5	12.2	10,780	1413.0	1487.0	74.0	14,800	5.297E-05
5	7	70	0.5	29.5	12.2	8,780	1487.0	1554.0	67.0	13,400	5.889E-05
5	5	50	0.5	29.5	12.2	6,780	1554.0	1614.0	60.0	12,000	6.829E-05
5	3	30	0.5	29.5	12.2	4,780	1614.0	1656.0	42.0	8,400	6.781E-05
5	1	10	0.5	29.5	12.2	2,780	1656.0	1677.0	21.0	4,200	5.829E-05
									Ave. K =		5.97E-05



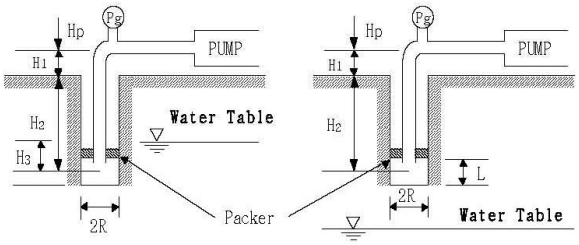


Pattern : ◉ Laminar ○ Turbulent ○ Dilation ○ Void Filling ○ Wash-out

Pattern Select. Lu = 5.16

Pattern of Flow : *Laminar* FLOW

PRESSURE (kg/㎠)	WATER	Lu
2.78	1.20	4.32
4.78	2.53	5.30
6.78	3.67	5.41
8.78	4.33	4.94
10.78	4.93	4.58
8.78	4.47	5.09
6.78	4.00	5.90
4.78	2.80	5.86
2.78	1.40	5.04



$$K = \frac{2.3\,Q}{2\pi LH} \times \text{Log}\frac{L}{R}$$

K: 투수계수(cm/sec)
Q: 주입유량(㎤/sec)
L: 주입구간(cm)
He: 유효수두(cm)
R: 시추공반경(cm)

Note. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-) below the lower packer the sign of H3 is Zero (0).

* He = Hp+H1+H2-H3, (단 H3은 지하수위 하부 시험시)

8.6 지하수 유향·유속시험

제1장 조 사 개 요

1-1 조사의 목적

본 시험은 **[문정동 55-6 역세권 청년주택 지반조사]** 중 공내 지하수유향·유속시험을 실시하여 지표 하에서 발생하는 지하수의 흐름을 예측한다. 이 시험은 수리분석을 함에 있어 필요한 정확한 현장자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

1-2 조사 위치

NH - 1 : 1 개소

1-3 조사 기간

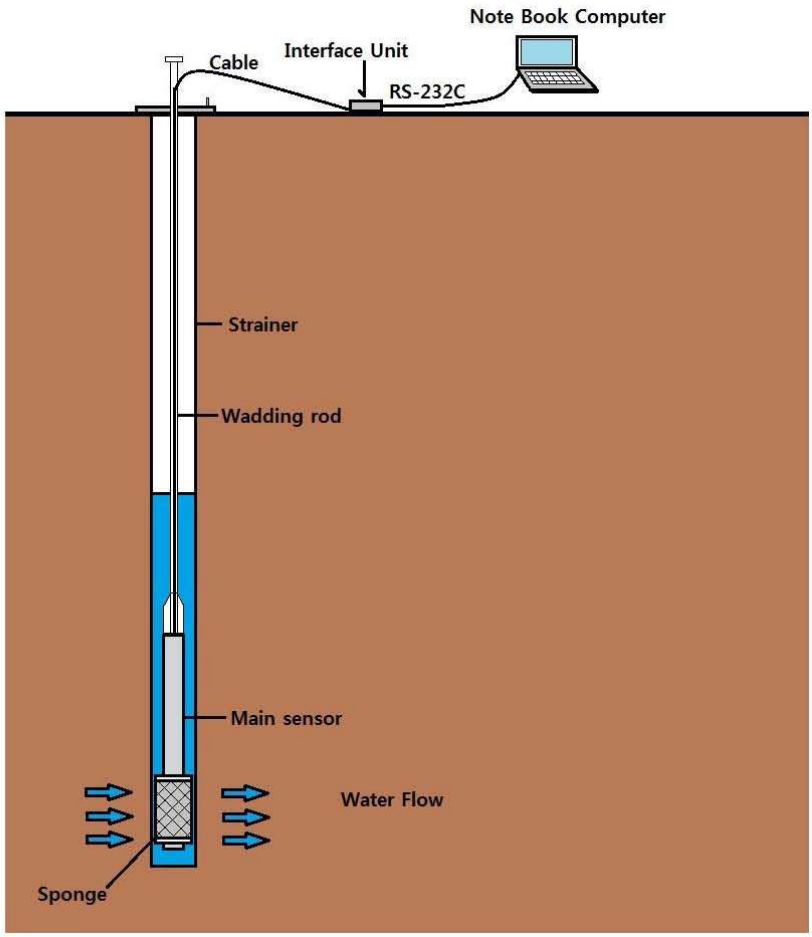
금번 공내 지하수 유향·유속 시험을 실시한 날짜는 아래의 표와 같다.

시험번호	공번	현장 시험	분석 및 보고서 작성
UU-1	NH-1	2019. 08. 16	2019. 08. -

1-4 유향▪유속 조사장비의 구성

유향▪유속 조사 장비 (GFD-3A)	품 목	수량
 Made by JFE Advantech Co., Ltd. in JAPAN	- Note-Book Computer	1대
	- Digital Camera	1개
	- GFD-3A model set	1식
	- 수위측정기(Electronic sence)	1대
	- 소형 발전기 or 밧데리	1대
	- 기타 부수 기자재	1식

현장 시험 모식도


Note Book Computer
Cable
Interface Unit
RS-232C
Strainer
Wadding rod
Main sensor
Water Flow
Sponge

제2장 공내 유향·유속 시험

2-1 개 요

현장에 착정된 시험정에서 열원을 이용한 공내 유향·유속을 측정하여 지하수의 유동방향과 유동속도를 측정, 지반의 수리적 특성을 산출하고 이 자료를 수치모델링에 이용한다.

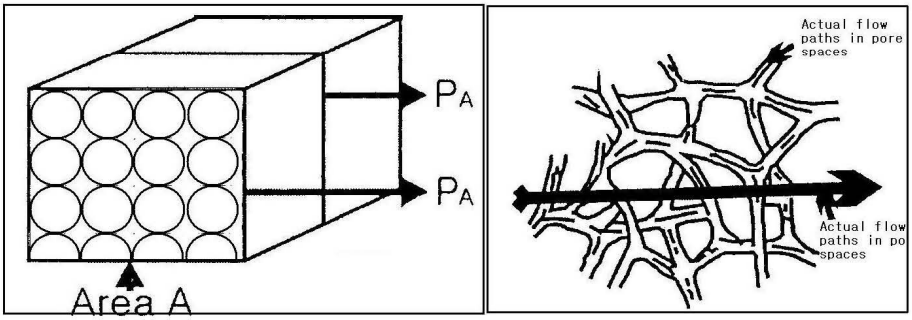
2-2 이 론

지하수 유속계(Flowmeter)는 포화된 다공질 매체를 통한 속도 V 혹은 간극간 지하수 흐름의 평균 이동속도(Darcy)를 측정한다. 단면을 취하면 어떠한 다공질 매체도 전체 면적을 구성하는 간극 공간과 고체공간면적을 가지고 있다. 단면상에서 간극율은 $p_A = A_V/A_t$ 로 정의될 수 있다. 3차원 구조의 다공질 물질에서 고체는 간극공간에서 유동경로에 의해 관통된다. 현미경적 수준에서 개개의 채널을 통한 지하수 유동은 방향과 속도에 있어서 매우 다양하지만, 평균 선형유속은 면적당 투과된 물의 체적과 같아야 한다. 간극율로 나눈 비유량은 간극율로 나눈 Q/A와 같다.

$$v' = \frac{(Q/A)}{p} = \frac{v}{p} \quad \text{혹은} \quad v' = \frac{ki}{n}$$

여기서 v' : 선형유속, k : 투수계수, i : 동수구배, n : 공극율이다.

그러므로 유속계조정에 유용한 수학적 표현은 단면적당 체적투과율과 간극율 사이의 관계에서 유
도될 수 있다.



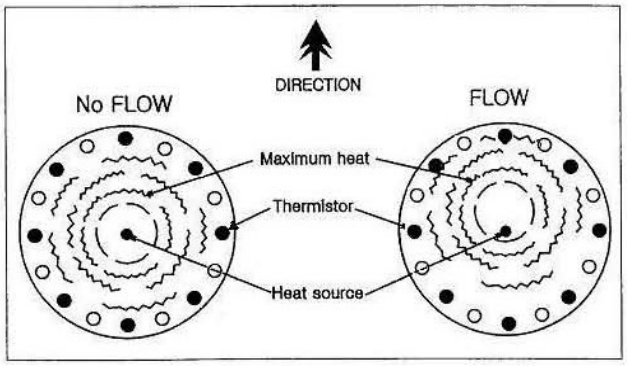
<그림 2-1> 토양내의 공극을 통한 유속개념

2-3	유향(Direction)과 유속(Flow rate) 측정 원리

물에 잠길 수 있는 probe는 짧은 시간동안 유지되는 점 열원을 가지고 있다. 4개의 Thermistor가 짝을 이루고 있으며, 반대쪽 각 두 쌍의 Thermistor가 열원을 둘러싸고 있다. 이렇게 짝을 이루고 있는 Thermistor는 상대적 열의 차이를 읽는다. Thermistor의 원 중심부에 있는 열원으로 인하여, 지하수 유동 방향은 어떤 Thermistor 짝에 대해서도 온도가 상승하는 방향이 된다. 자료 취득 시 일관성을 위하여 Thermistor 1번을 자북방향으로 맞춘 후 probe에 북이라고 표시한다.

흐름이 없는 상태에서는 확장되는 열의 고리의 중심은 고정된 채로 있다. 이론적으로 모든 Thermistor는 시간에 따라 같은 온도상승을 읽으며 반대편 Thermistor 한 쌍 사이의 순 차이는 없다. 조정을 위해 흐름이 없는 상태에서의 열적 차이인 정적편차를 구하기 위해 측정은 종종 흐름이 없는 상태에서 수행된다. 이는 유향과 유속의 계산을 위해 수정인자로 이용된다.

흐름이 있는 상태에서는 확장되는 열의 고리의 중심이 지하수 흐름속도로, 유동방향으로 이동된다. 열 파동의 확장속도는 물의 그것보다 훨씬 빠르며 상승과 소멸 시간 또한 짧다. 그러므로 매우 느린 유동속도의 효과도 크게 과장된다. 흐름에 따라 선형으로 변하는 정량적인 값은 일정한 시간 간격 이후 얻어질 수 있다. 주어진 히터의 출력과 Thermistor의 반경에 대한 적절한 시간 간격은 유리구슬을 싸고 있는 물질의 열전도도에 의존한다. 즉, 각각의 Thermistor 쌍이 온도의 최대치를 읽을 때의 시간이다.



<그림 2-2> 센서의 흐름/무흐름 상태의 비교측정

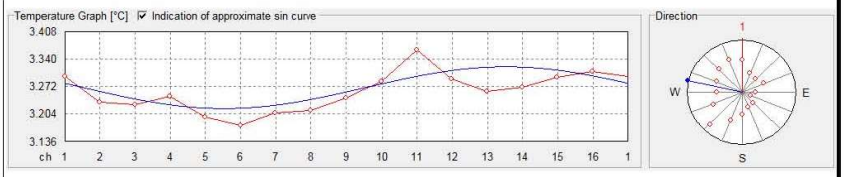
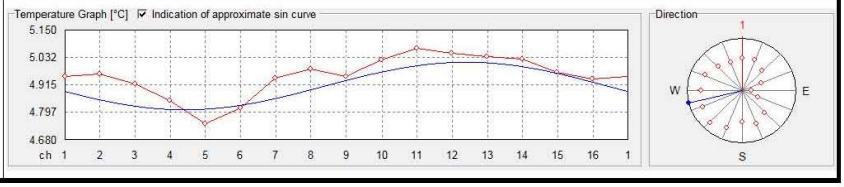
제3장 공내 유향·유속 측정 결과

3-1 측정 결과

조사 공번	지하수위 (GL-m)	측정심도 (GL-m)	대상지층	유 향 (MN)	유 속			주 흐름 방향
					(cm/sec)	(cm/min)	(cm/day)	
NH-1	13.22	18.0	풍화암	282.0	2.16E-4	0.013	18.72	NWW
		24.0	연암	256.6	3.83E-4	0.023	33.12	SWW

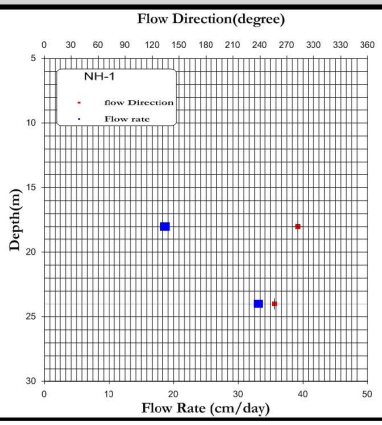
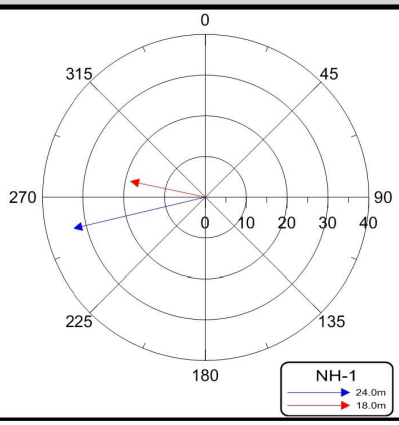
<표 2-1>공내 유향·유속 측정결과

3-2 센서별 측정온도 및 지하수의 유향

심도(GL-m)	UU-1 측정 공번 (NH-1)
18.0	
24.0	

<그림 2-3> 센서별 측정온도 및 지하수의 유향

3-3 심도별 Diagram 분석결과

	심도별 Diagram 분석결과	주 흐름방향 분석
UU-1 (NH-1)		

<표 2-2>심도별 Diagram 분석결과

3-4 조사 결과

공번	유향		유속
NH-1	256.6° ~ 282.0°	SWW ~ NWW	18.72 ~ 33.12 cm/day

지하수의 흐름은 등포텐셜선에 의해 유동하는 것이 일반적이고 대부분 지형의 구조방향과 거의 일치하는 경우가 많다. 또한 측정된 공내 유향.유속은 국부적인 암반파쇄대를 통한 지하수의 흐름으로 중력배수에 의한 등포텐셜선의 직각방향으로 흐르는 광역지하수의 흐름과는 다소 차이가 발생할 수 있다.

8.7 양 수 시 험

제1장 서 론

1.1 시험 목적

• 본 시험은 양수 및 회복시험을 실시하여 과업지역 지반에 대한 수리상수인 수리전도도 및 저류계수를 파악하여 수리특성분석에 필요한 기초자료를 제공하기 위함이다.

1.2 시험 기간

• 현장시험 : 2019년 08월 16일 – 2019년 08월

• 실내분석 및 보고서 작성 : 2019년 08월

1.3 시험 장비

장 비 명	제조사 및 모델	수량	장비사진
수중펌프 및 판넬	Grundfos MP1	1식	
노트북 컴퓨터	LG	1대	
자동수위측정기	MINI DIVER	1식	
수동수위측정기	GEOTOOLS	1대	
수량계 및 공구세트	-	1식	
XL 파이프	-	1식	
발전기	HANDO 3.0kW	1대	
디지털 카메라	SAMSUNG	1개	

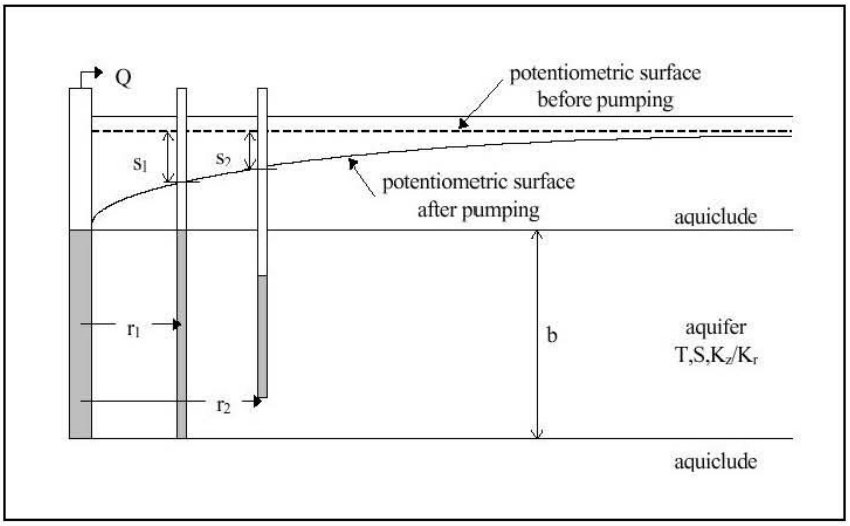
1.4 시험 수량

시험명	공 번	수량	단위
대수성시험 (Aquifer Test)	NH-1	1	회
	합 계	1	회

제2장 시험 이론 및 방법

2.1 양수 시험 개요

- 양수시험은 대수층의 수리적 특성을 규명하기 위해 실시하는 여러 가지 시험들 중 가장 많이 적용되는 방법이다. 대수층을 관통한 양수정에서 지하수를 채수하여 시간에 따른 수위변화를 측정하는 방법으로 대수층의 수리적 특성, 즉 투수량계수 및 저류계수를 규명한다.
- 양수시험은 양수량의 변화여부에 따라 일정양수량시험, 변양수량시험, 단계양수량시험 등으로 구분되며, 양수시험 종료 후 회복수위를 측정하는 수위회복시험을 병행한다. 이런 시험들은 시험의 목적과 각 대상지역의 수리지질학적 특성을 고려하여 적절히 선택되어야 한다.



[그림 1] 양수시험 개념도

2.2 양수 시험 이론

(1) 정류상태(Steady-State Condition)

- 양수시 지하수위가 일정하게 유지되어 시간에 따른 수위변화가 없을 때의 지하수 흐름을 정류상태라 하며, 정류상태에서의 지하수 흐름방정식을 평형방정식(Equilibrium Equation) 또는 티엠방정식(Thiem Equation)이라 한다.

① 피압대수층

- 피압대수층에서 양수정으로 집수가 일어날 때 지하수의 흐름은 방사상으로 되며 이 경우 다시의 법칙(Darcy's Law)을 이용하여 표현하면 다음과 같다.

$$Q=(2\pi rb)K(\frac{dh}{dr}), \qquad Q=2\pi rT(\frac{dh}{dr}), \qquad dh=\frac{Q}{2\pi T}\frac{dr}{r}$$

- 여기서 Q는 양수량, b는 대수층의 두께, h는 수두, r은 양수정에서의 거리, T는 투수량계수이다.
- 만일, 관측공이 2개 있고 양수정으로부터 r_1, r_2의 거리만큼 떨어진 관측공의수위를 h_1, h_2라고 하고, 이를 경계조건으로 하여 위의 식을 적분하면 다음과 같이 된다.

$$\int_{h_1}^{h_2} dh=\frac{Q}{2\pi T}\int_{r_1}^{r_2}\frac{dr}{r}, \qquad h_2-h_1=\frac{Q}{2\pi T}\ln(\frac{r_2}{r_1})$$

- 따라서 투수량계수를 구하는 식은 다음과 같다.

$$T=\frac{Q}{2\pi(h_2-h_1)}\ln(\frac{r_2}{r_1})$$

- 여기서, T는 투수량계수(㎡/일), Q는 양수량(㎥/일), h_1은 양수정에서 r_1 만큼 떨어진 지점의 수위(m), h_2는 양수정에서 r_2 만큼 떨어진 지점의 수위(m)이다.

② 자유면대수층

- 자유면대수층에서 지하수의 방사상 흐름은 Dupuit의 가정(우물에서 지하수를 취수할 때 수위강하 구역 내에 형성되는 지하수위는 전 대수층 구간에서 고르게 형성되며, 지하수위를 해발고도로 나타낼 수 있다)이 성립될 경우 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$Q=(2\pi rh)K(\frac{dh}{dr}), \qquad \text{또는} \qquad h\ dh=\frac{Q}{2\pi K}\frac{dr}{r}$$

- 만일, 관측공이 2개 있고 양수정으로부터 r_1, r_2의 거리만큼 떨어진 관측공의수위를 h_1, h_2라고 하고, 이를 경계조건으로 하여 위의 식을 적분하면 다음과 같이 된다.

$$\int_{h_1}^{h_2} h\ dh=\frac{Q}{2\pi K}\int_{r_1}^{r_2}\frac{dr}{r}, \qquad \frac{{h_2}^2-{h_1}^2}{2}=\frac{Q}{2\pi K}\ln(\frac{r_2}{r_1})$$

- 따라서 수리전도도는 다음과 같다.

$$K=\frac{Q}{\pi({h_2}^2-{h_1}^2)}\ln(\frac{r_2}{r_1})$$

- 여기서, K는 수리전도도(m/일), Q는 양수율(㎥/일), h_1은 양수정에서 r_1 만큼 떨어진 지점의 수위(m), h_2는 양수정에서 r_2 만큼 떨어진 지점의 수위(m)이다.

(2) 부정류상태(Non Steady-State Condition)

① 타이스법(Theis Equation) : 피압대수층에서 지하수의 방사상 흐름

• 타이스 방정식(Theis Equation) 또는 비평형방정식(Nonequilibrium Equation)은 다음과 같다.

$$h_0 - h = \frac{Q}{4\pi T}\int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u}du$$

• 위의 적분식을 무한급수로 표현하면 다음과 같다.

$$h_0 - h = \frac{Q}{4\pi T}\left[-0.577216 - \ln(u) + u - \frac{u^2}{2\times 2!} + \frac{u^3}{3\times 3!} + \frac{u^4}{4\times 4!} + \cdots\cdots\right]$$

• 한편, $u = \frac{r^2 S}{4Tt}$이고 위의 식의 괄호안의 부분을 우물함수 $W(u)$로 정의하면 다음 식과 같이 간단히 표시된다.

$$h_0 - h = \frac{Q}{4\pi T}W(u)$$

• 위 식을 변환하여 투수량계수와 저류계수를 구하는 식은 다음과 같이 표시된다.

$$T = \frac{Q}{4\pi(h_0 - h)}W(u), \qquad S = \frac{4Ttu}{r^2}$$

• 여기서 T는 투수량계수(㎡/일), S는 저류계수, Q는 양수율(㎥/일), $h_0 - h$는 수위 강하량(s로 나타냄, m), t는 시간(일), r은 양수정에서 관측정까지의 거리(m)이다.

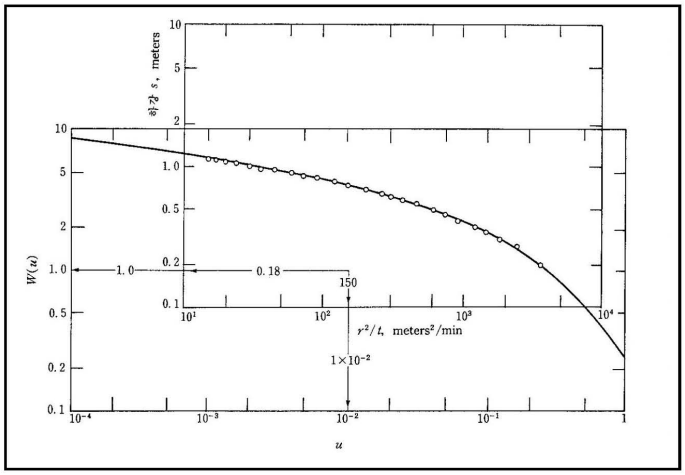
• Theis식은 형태상 직접 풀 수는 없다. 따라서 Theis는 특성곡선(type curve)을 이용하는 그래프방법을 고안하였다. 이 방법을 적용하려면 수위강하 대 시간 (또는 수위강하 대 t/r^2)의 도표를 $W(u)$ 대 $1/u$ 의 특성곡선에 중첩시키고 임의의 한 지점에서 s, t (또는 t/r^2), $W(u)$, $1/u$ 의 값을 읽는다(그림 3.1). 이 값을 위의 식에 대입하여 투수량계수와 저류계수를 구한다. 한편, 수리전도도는 위의 방법으로 구한 투수량계수 값으로부터 다음과 같은 식에 의하여 계산할 수 있다.

$$T = K \cdot b$$

• 여기서 T는 투수량계수(㎡/일), K는 수리전도도(m/일), b는 대수층의 두께(m)이다.

[표 1] 우물함수 $W(u)$와 u의 관계표

u	$W(u)$	u	$W(u)$	u	$W(u)$	u	$W(u)$
1×10^{-10}	22.45	7×10^{-8}	15.09	4×10^{-5}	9.55	1×10^{-2}	4.04
2×10^{-10}	21.76	8×10^{-8}	15.76	5×10^{-5}	9.33	2×10^{-2}	3.35
3×10^{-10}	21.35	9×10^{-8}	15.65	6×10^{-5}	9.14	3×10^{-2}	2.96
4×10^{-10}	21.06	1×10^{-7}	15.54	7×10^{-5}	8.99	4×10^{-2}	2.68
5×10^{-10}	20.84	2×10^{-7}	14.85	8×10^{-5}	8.86	5×10^{-2}	2.47
6×10^{-10}	20.66	3×10^{-7}	14.44	9×10^{-5}	8.74	6×10^{-2}	2.30
7×10^{-10}	20.50	4×10^{-7}	14.15	1×10^{-4}	8.63	7×10^{-2}	2.15
8×10^{-10}	20.37	5×10^{-7}	13.93	2×10^{-4}	7.94	8×10^{-2}	2.03
9×10^{-10}	20.25	6×10^{-7}	13.75	3×10^{-4}	7.53	9×10^{-2}	1.92
1×10^{-9}	20.15	7×10^{-7}	13.60	4×10^{-4}	7.25	1×10^{-1}	1.823
2×10^{-9}	19.45	8×10^{-7}	13.46	5×10^{-4}	7.02	2×10^{-1}	1.223
3×10^{-9}	19.05	9×10^{-7}	13.34	6×10^{-4}	6.84	3×10^{-1}	0.906
4×10^{-9}	18.76	1×10^{-6}	13.24	7×10^{-4}	6.69	4×10^{-1}	0.702
5×10^{-9}	18.54	2×10^{-6}	12.55	8×10^{-4}	6.55	5×10^{-1}	0.560
6×10^{-9}	18.35	3×10^{-6}	12.14	9×10^{-4}	6.44	6×10^{-1}	0.454
7×10^{-9}	18.20	4×10^{-6}	11.85	1×10^{-3}	6.33	7×10^{-1}	0.374
8×10^{-9}	18.07	5×10^{-6}	11.63	2×10^{-3}	5.64	8×10^{-1}	0.311
9×10^{-9}	17.95	6×10^{-6}	11.45	3×10^{-3}	5.23	9×10^{-1}	0.260
1×10^{-8}	17.84	7×10^{-6}	11.27	4×10^{-3}	4.95	1×10^{-0}	0.219
2×10^{-8}	17.15	8×10^{-6}	11.16	5×10^{-3}	4.73	2×10^{-0}	0.049
3×10^{-8}	16.74	9×10^{-6}	11.04	6×10^{-3}	5.54	3×10^{-0}	0.013
4×10^{-8}	16.46	1×10^{-5}	10.94	7×10^{-3}	4.39	4×10^{-0}	0.004
5×10^{-8}	16.23	2×10^{-5}	10.24	8×10^{-3}	4.26	5×10^{-0}	0.001
6×10^{-8}	16.05	3×10^{-5}	9.84	9×10^{-3}	4.14		



[그림 2] Theis 방법을 이용하여 수리상수를 구하는 법

② 제이콥의 직선법(시간-수위강하법)

- Jacob과 Cooper는 u값이 작을 경우 무한급수로 표현되는 우물함수 $W(u)$가 최초 2개 항만 이용하여 근사적으로 표현할 수 있는 점을 이용하여 Theis의 방정식을 다음과 같이 표현하였다.

$$T = \frac{Q}{4\pi T}\left[-0.577216 - \ln\left(\frac{r^2 S}{4Tt}\right)\right]$$

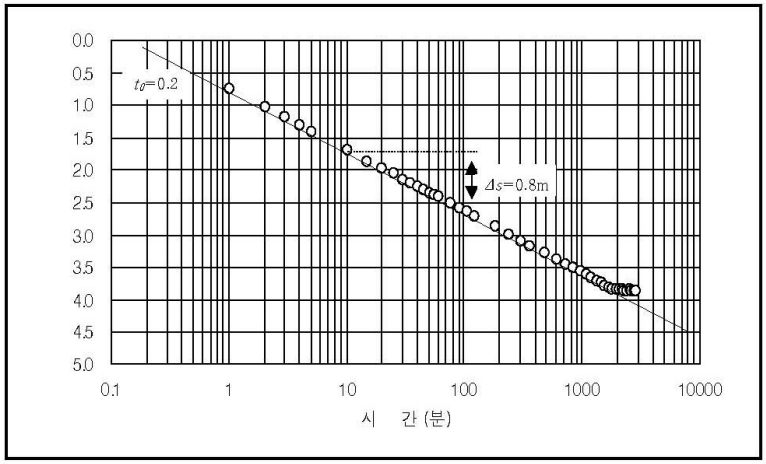
- 이를 상용로그로 표현하면 다음과 같다.

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi(h_0 - h)} \log\left(\frac{2.25Tt}{r^2 S}\right)$$

- 양수로 인한 관측정에서의 수위강하는 그림 3.2에서 보는 바와 같이 반대수 그래프에서 일직선으로 나타난다. 시간-수위강하 그래프가 준비되면 수위강하는 Y축에, 시간은 X축에 표시한다. 이 직선의 경사는 양수율과 투수량계수에 비례하며 Jacob은 여기에서 투수량계수와 저류계수를 계산하는 공식을 유도하였다.

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi\Delta s}, \qquad S = \frac{2.25Tt_0}{r^2}$$

- 여기서 Q는 양수율(㎥/일), Δs는 시간 1로그주기 동안의 수위변화(m), t_0는 직선의 연장과 수위강하가 0인 선과의 교차점에서의 시간(일), r은 양수정에서 관측정까지의 거리(m)이다.



[그림 3] 시간-수위강하법에 의해 수리상수를 구하는 법

(3) 수위회복시험(Recovery test)

- 수위회복시험은 양수시험 정지시점으로부터 양수정에서 경과시간별 회복수위를 관측한 결과를 이용하여 대수성 수리상수인 투수량계수를 산출한다. 특히, 시간-회복수위법은 양수시험에서 취득한 결과와 비교 검토하여 합성 분석할 수 있으며, 또한 더욱 합리적인 투수량계수 값도 얻을 수 있다.
- Theis(1935)는 회복시험에서 취득한 경과시간별 수위변화 자료들로부터 투수량계수를 결정하는 보정법을 다음과 같이 일반화 하였다.

$$s = \frac{Q}{4\pi} T\left[\ln(\frac{t}{t'}) - \ln(S)\right]$$

- 여기서 s는 잔류수위강하량(m), Q는 채수량(㎥/min), T는 투수량계수(㎡/min), t는 양수경과 후 경과시간(min), t'는 양수종료 후 경과시간(min), S는 채수상과 회복상의 저류계수의 비이다.
- 위 식으로부터 편대수방안지상에 s값은 산술눈금의 가로축에, t/t' 값은 대수눈금인 횡축에 도시하였을 때, 그 직선상에서 투수량계수가 산출된다.

2.3 양수 시험 방법

- 본 조사지역에 개발된 시험공의 대수층 수리상수를 구하기 위하여 시험정에서 장기양수시험 후 즉시 수위회복시험을 실시하는 방법으로 수행하였다.
- 양수시험 시 양수량은 안정수위가 형성될 때 까지 일정하게 유지하였으며 양수량은 적산유량계를 이용·측정하였고, 수위강하량과 수위회복량은 시험공 내에 설치한 수위계측기를 사용하여 측정하였다.
- 양수시험은 시험정에서 양수량을 일정하게 유지하여 실시하였고 안정수위 도달 시까지 수위강하를 측정하였다. 양수 중지 후 즉시 수위회복시험을 연속적으로 실시하였다.

제3장 분석 방법 및 결과

3.1 분석방법

- 금회 현장에서 측정한 지하수위 변화자료를 AQTESOLV 전산프로그램에 입력하여 양수시험의 경우 Theis해법 및 Cooper-Jacob해법을 이용하여 분석하였으며, 수위회복시험의 경우 Theis Recovery해법을 이용하여 해석하였다.
- 단공 양수시험 시 양수자료에 의한 저류계수는 과대 산정되므로 유효우물반경(최병수, 한국지하수토양환경학회지 Vol. 13, 2008년)을 산정하여 재분석하고 보정하였다.

[표 2] 대수층 수리상수의 산정 방법

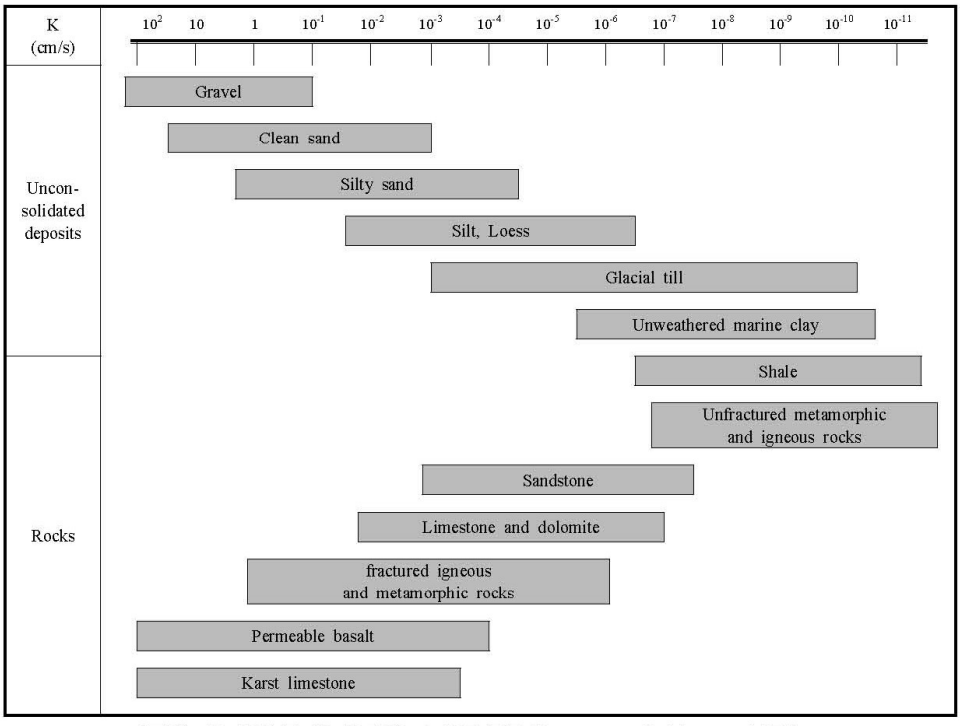
구분		산정방법	비고
대수성 시험	Theis Equation	$T=\frac{Q}{4\pi(h_0-h)}W(u),\ S=\frac{4Ttu}{r^2}$	• T : 투수량계수(㎡/일) • S : 저류계수 • K : 수리전도도(m/일) • $W(u)$: 우물함수 • Q : 양수량(㎥/일) • $s(h_0-h)$: 수위강하량(m) • t : 양수시간(일) • t' : 양수종료 후 경과시간(일) • r : 양수정과 관측정의 거리(m)
	Coopper -Jacob	$T=\frac{2.3Q}{4\pi\Delta s},\ S=\frac{2.25Tt_0}{r^2}$	
	Theis Recovery	$s=\frac{Q}{4\pi}T\left[\ln(\frac{t}{t'})-\ln(S)\right]$	
저류계수 보정	유효 우물반경	$r_e=r_w\sqrt{\frac{S_p}{S_a}}$	• r_e : 유효우물반경(m) • r_w : 우물반경(m) • S_p : 양수자료에 의한 저류계수 • S_a : 대수층 상태별 추정저류계수 (자유면 : 0.1~0.01, 누수 : 0.01~0.001, 피압 : 0.001~0.0001)

3.2 분석결과

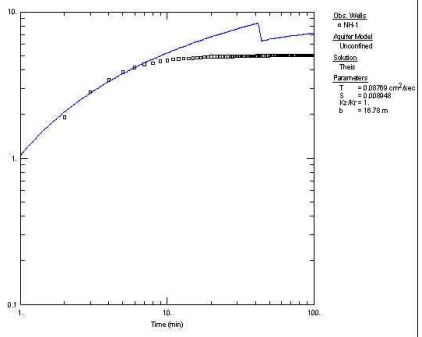
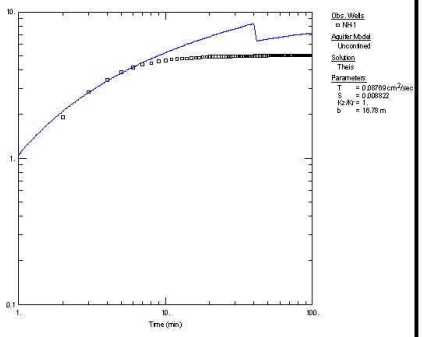
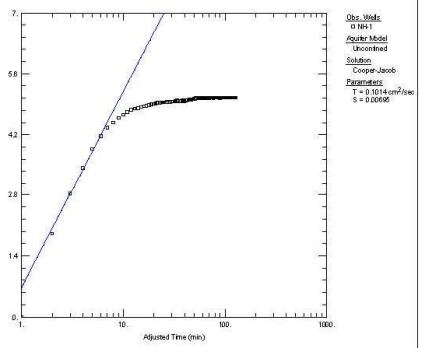
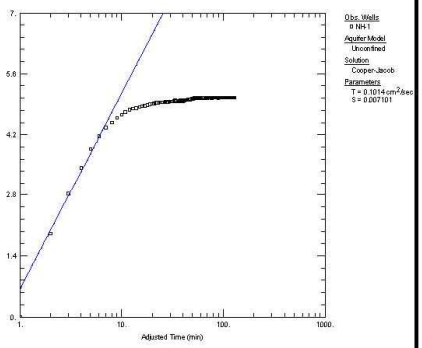
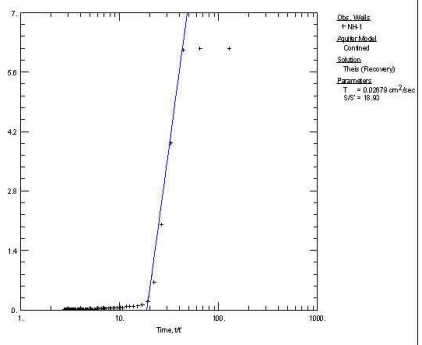
- 분석은 대수층의 특성을 자유면 및 피압대수층의 완전관통정과 등방질로 가정하였으며, 지하수위 하부의 주 대수층은 풍화대 및 암반층 구간으로 일반적인 분류([그림 4]참조)에 의하면 Fractured igneous and metamorphic rock의 범위에 속하는 값으로 산출되었다.

[표 3] NH-1 양수시험 분석결과

정 호 내 용					
공번	공경(㎜)	심도(m)	자연수위(m)	대수층두께(m)	양수량(㎥/day)
NH-1	76	30.0	13.22	16.78	21.6
수 리 상 수					
분석방법	T(㎠/sec)	K(㎝/sec)	보정 전 S	r_e(m)	보정 후 S
Theis	8.769E-02	5.226E-05	8.948E-03	0.05017	8.822E-03
Cooper & Jacob	1.014E-01	6.045E-05	6.950E-03	0.04421	7.101E-03
Theis Recovery	2.679E-02	1.596E-05	-		
기하평균	6.199E-02	3.694E-05	7.886E-03	0.04709	7.915E-03



[그림 4] 퇴적물 및 암종별 수리전도도(Freeze and Cherry, 1979)

NH-1		
분석방법	저류계수 보정 전	저류계수 보정 후
Theis		
Cooper & Jacob		
Recovery		

[그림 5] NH-1 AQTESOLV 전산해석 결과

8.8 순 간 충 격 시 험

순간충격시험(SLUG Test) 요약

1 시험의 목적

- 과업지역 지반에 대한 수리상수인 수리전도도(K) 파악
- 지하수 유동분석(MODFLOW)을 수행하기 위한 기초 입력자료로 활용

2 시험의 목적

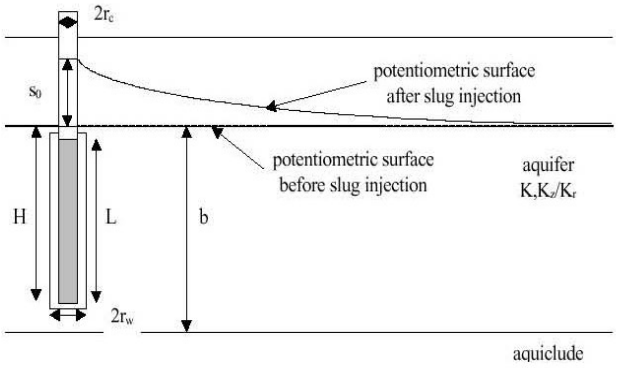
- 시험정의 자연수위를 기록하고 수위의 변화를 측정할 수 있는 TROLL DATA LOGGER 등의 자동 수위 측정기를 설치
- 일정한 체적의 물체 혹은 물을 시험정 내에 순간적으로 삽입 또는 주입하여 지하수위의 상승 또는 하강을 유도한 후 시간 경과에 따른 지하수위 변화량을 측정

3 시험 방법

- 순간충격시험에 있어 갑작스럼 부피의 변화를 주기위해 금속재질의 입구가 폐쇄된 파이프 또는 20ℓ의 물을 순간적으로 주입하므로 조사공내의 지하수위의 상승이 발생하고 상승한 지하수위가 원래의 자연수위로 회복하는 수위변화를 측정하였다.
- 시험 조사 공에서 순간적인 주입에 의해 발생한 수위변화량은 Schlumberger社의 Mini Diver를 이용하여 1초단위로 1mm까지 측정하였다.

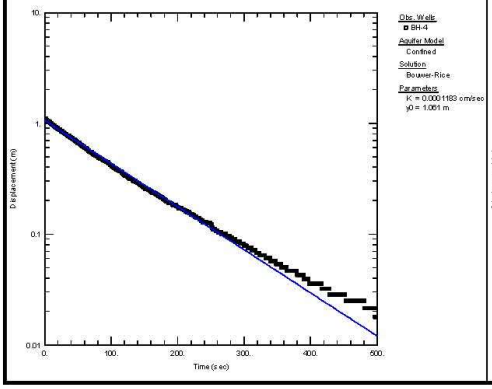
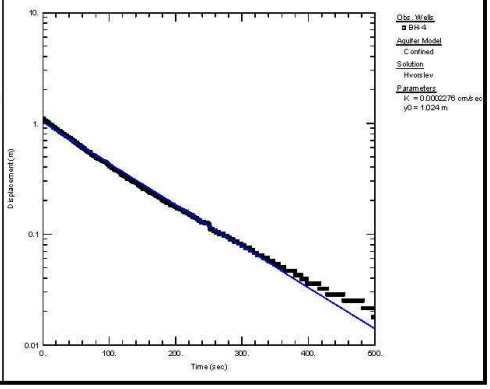
4 분석 방법

- 시간경과에 따른 지하수위 변화량을 AQTESOLV 전산해석 프로그램에 입력하여 Bouwer-Rice 및 Hvorslev 해법 등 2개의 분석법으로 수리상수 산정

Bouwer-Rice 해법	Hvorslev 해법
$\ln(S_o) - \ln(S_t) = \frac{2KLt}{r_{ce}^2 \ln(r_e / r_{we})}$ $r_{ce} = \sqrt{r_c^2 + n(r_w^2 - r_c^2)}, \quad r_{we} = r_w \sqrt{\frac{K_z}{K_r}}$	$\ln(S_o) - \ln(S_t) = \frac{2KLt}{r_{ce}^2 \ln(L/2r_{we} + \sqrt{1 + (L/2r_{we})^2})}$ $r_{ce} = \sqrt{r_c^2 + n(r_w^2 - r_c^2)}, \quad r_{we} = r_w \sqrt{\frac{K_z}{K_r}}$
r_{ce} : 우물 케이싱의 반경, r_{we} : 자갈로 충진된 부분의 반경 r_e : 수두가 감소되는 유효반경의 거리, L : 스크린의 길이	
	

5 분석 결과

공번	심도 (m)	초기수위 (m)	대수층두께 (m)	수 리 상 수		
				분석방법	K(㎝/sec)	T(㎠/sec)
BH-4	30.0	16.93	13.07	Bouwer-Rice	1.18E-04	0.15460
				Hvorslev	2.28E-04	0.29740
평 균					1.73E-04	0.22600

BH-4	
Bouwer-Rice법	Hvorslev법
	

8.9 공 내 전 단 시 험

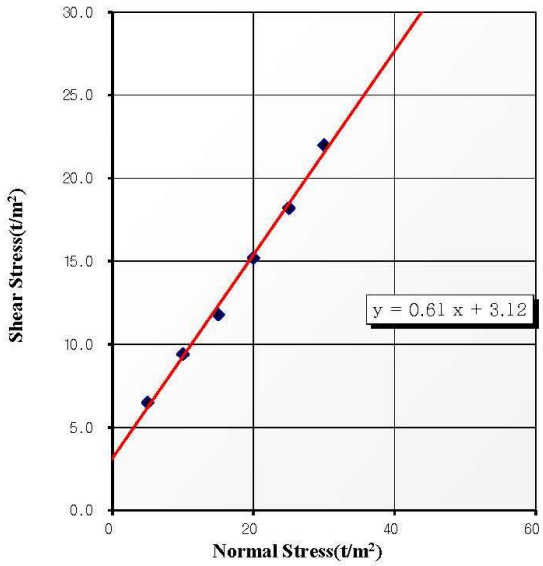
BOREHOLE SHEAR TEST

용 역 명	금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업부지 지반조사			
공 번	BH-1	지하수위	17.9	GL.(-)m
시험심도	22.0 GL.(-)m	시험지층	풍화암(50/5)	
시험일자	2020. 2. 3	시 험 자	M. W. JUNG	

측 정 자 료

Normal	Shear	비 고
5.0	6.5	
10.0	9.4	
15.0	11.8	
20.0	15.2	
25.0	18.2	
30.0	22.0	

Normal-Shear Stress Graph



분 류	Unit	Value
Cohesion	kPa	30.58
Friction Angle	Degree	31.51
R Square	%	99.6

Remarks

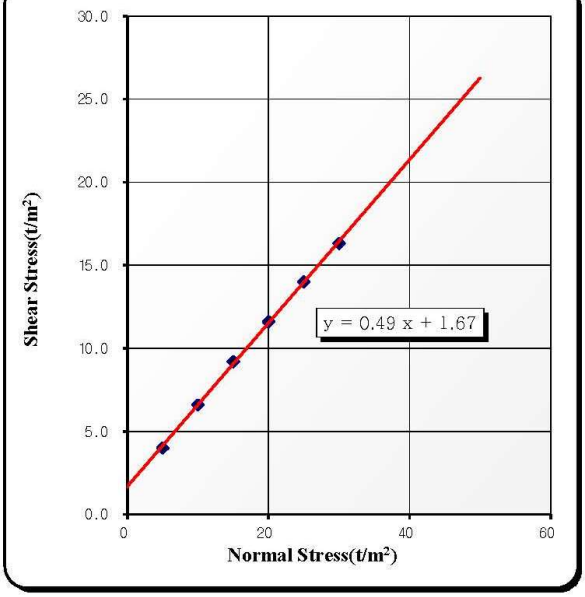
BOREHOLE SHEAR TEST

용 역 명	금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업부지 지반조사			
공 번	BH-5		지하수위	15.9 GL.(-)m
시험심도	14.0 GL.(-)m		시험지층	풍화토(24/30)
시험일자	2020. 2. 2		시 험 자	M. W. JUNG

측 정 자 료

Normal	Shear	비 고
5.0	4.0	
10.0	6.6	
15.0	9.2	
20.0	11.6	
25.0	14.0	
30.0	16.3	

Normal-Shear Stress Graph



분 류	Unit	Value
Cohesion	kPa	16.40
Friction Angle	Degree	26.20
R Square	%	99.9

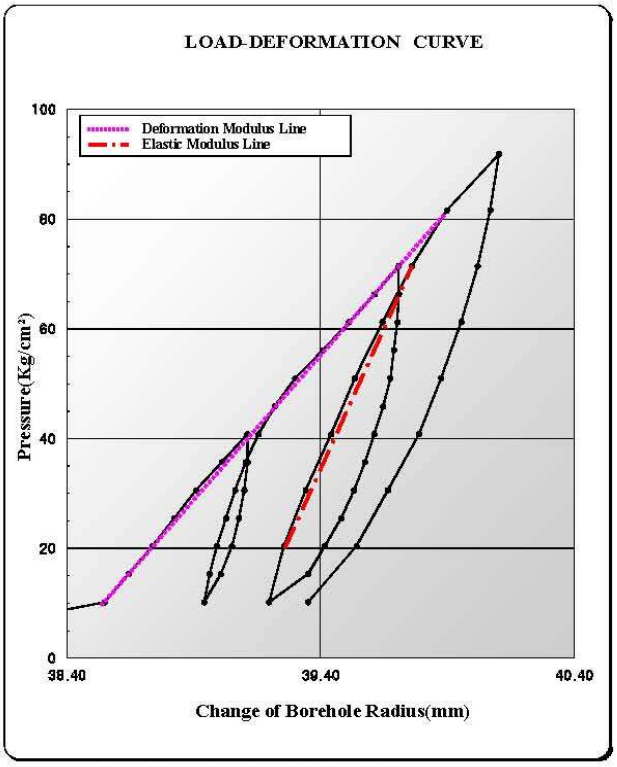
Remarks

8.10 공 내 재 하 시 험

PRESSUREMETER TEST SHEET

Project	금천구 가산동 345-48 지식산업센터 시추개발사업부지 지반조사	Geology	풍화암	Test Date	2020.02.03
Hole No	BH-1	Model	Elastermeter-2	Record By	JUNG.M.W
Depth(m)	24.0	Hole size	NX	Checked By	KANG.D.H

PRESSURE (Kg/cm²)	Radius (mm)	PRESSURE (Kg/cm²)	Radius (mm)
5.10	37.97		
10.20	38.55		
15.31	38.64		
20.41	38.74		
25.51	38.82		
30.61	38.91		
35.72	39.01		
40.82	39.11		
35.72	39.11		
30.61	39.10		
25.51	39.08		
20.41	39.05		
15.31	39.01		
10.20	38.94		
15.31	38.96		
20.41	38.99		
25.51	39.03		
30.61	39.06		
35.72	39.11		
40.82	39.16		
45.92	39.22		
51.02	39.30		
56.13	39.41		
61.23	39.51		
66.33	39.61		
71.43	39.71		
66.33	39.71		
61.23	39.70		
56.13	39.69		
51.02	39.68		
45.92	39.65		
40.82	39.61		
35.72	39.58		
30.61	39.53		
25.51	39.48		
20.41	39.42		
15.31	39.35		
10.20	39.20		
20.41	39.26		
30.61	39.34		
40.82	39.44		
51.02	39.54		
61.23	39.64		
71.43	39.76		
81.64	39.90		
91.84	40.10		
81.64	40.07		
71.43	40.02		
61.23	39.95		
51.02	39.87		
40.82	39.79		
30.61	39.66		
20.41	39.54		
10.20	39.35		



E, D = (1 + poisson's ratio) * km * Rm

ν(Poisson's ratio) : 0.35

*** Deformation Modulus**

km : ΔP/ΔR 5291.85

Rm : (Ro + Ry)/2 0.39225

Po(Kg/cm²) 10.20 Pr(Kg/cm²) 81.64

Ro(cm) 0.3855 Ry(cm) 0.3990

D = 2.80E+03 Kg/cm²

2.75E+02 MPa

*** Elastic Modulus**

km : ΔP/ΔR 10204.00

Rm : (Ro + Ry)/2 0.3951

Po(Kg/cm²) 20.41 Pr(Kg/cm²) 71.43

Ro(cm) 0.3926 Ry(cm) 0.3976

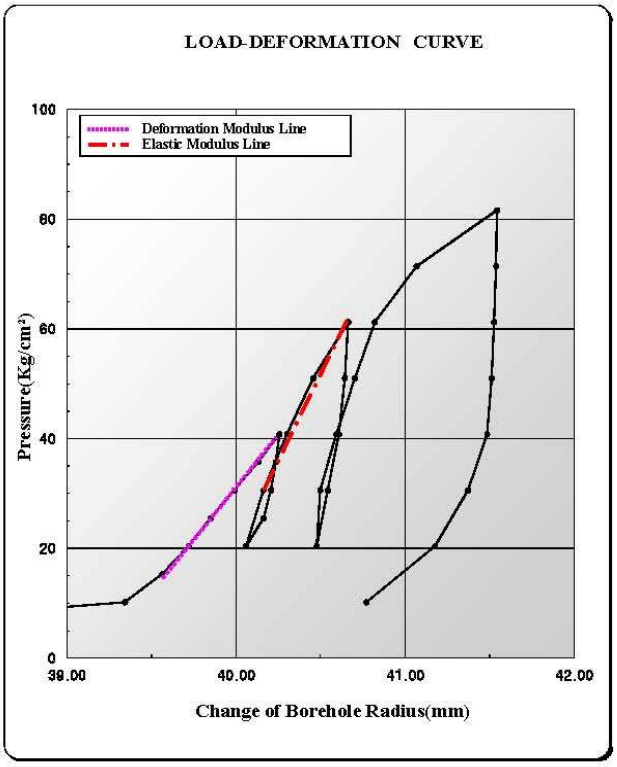
E = 5.44E+03 Kg/cm²

5.33E+02 MPa

PRESSUREMETER TEST SHEET

Project	금천구 가산동 345-48 지식산업센터 시추개발사업부지 지반조사	Geology	풍화암	Test Date	2020.02.02
Hole No	BH-5	Model	Elastermeter-2	Record By	JUNG.M.W
Depth(m)	22.0	Hole size	NX	Checked By	KANG.D.H

PRESSURE (Kg/cm²)	Radius (mm)	PRESSURE (Kg/cm²)	Radius (mm)
0.00	35.43		
5.10	37.23		
10.20	39.34		
15.31	39.56		
20.41	39.72		
25.51	39.85		
30.61	39.99		
35.72	40.13		
40.82	40.26		
35.72	40.24		
30.61	40.21		
25.51	40.16		
20.41	40.06		
30.61	40.16		
40.82	40.30		
51.02	40.46		
61.23	40.66		
51.02	40.64		
40.82	40.61		
30.61	40.54		
20.41	40.48		
30.61	40.50		
40.82	40.59		
51.02	40.70		
61.23	40.82		
71.43	41.07		
81.64	41.54		
71.43	41.54		
61.23	41.52		
51.02	41.51		
40.82	41.48		
30.61	41.37		
20.41	41.18		
10.20	40.77		



E, D = (1 + poisson's ratio) * km * Rm

ν(Poisson's ratio) : 0.35

*** Deformation Modulus**

km : ΔP/ΔR 3644.29

Rm : (Ro + Ry)/2 0.3991

Po(Kg/cm²) 15.31 Pr(Kg/cm²) 40.82

Ro(cm) 0.3956 Ry(cm) 0.4026

D = 1.96E+03 Kg/cm²

1.92E+02 MPa

*** Elastic Modulus**

km : ΔP/ΔR 6124.00

Rm : (Ro + Ry)/2 0.4041

Po(Kg/cm²) 30.61 Pr(Kg/cm²) 61.23

Ro(cm) 0.4016 Ry(cm) 0.4066

E = 3.34E+03 Kg/cm²

3.27E+02 MPa

8.11 하향식 탄성파 탐사

10.2 지반조사 자료

BH-3

심 도 (FL.-m)	지층	탄성파속도		동적물성치			
		V_p (m/sec)	V_s (m/sec)	E_d (MPa)	G_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
1.0	매립층	414	176	155	56	234	0.390
2.0	매립층	420	180	162	58	240	0.388
3.0	매립층	432	186	173	62	253	0.386
4.0	매립층	560	244	297	107	422	0.383
5.0	매립층	605	266	352	127	489	0.380
6.0	퇴적층	623	277	381	138	515	0.377
7.0	퇴적층	662	298	439	160	576	0.373
8.0	퇴적층	673	304	457	166	594	0.372
9.0	퇴적층	677	307	465	170	599	0.371
10.0	퇴적층	705	320	505	184	649	0.370
11.0	퇴적층	746	340	570	208	725	0.369
12.0	풍화토	872	399	828	303	1,042	0.368
13.0	풍화토	892	410	873	320	1,087	0.366
14.0	풍화토	901	416	898	329	1,105	0.365
15.0	풍화토	921	426	941	345	1,153	0.364
16.0	풍화토	921	426	941	345	1,153	0.364
17.0	풍화토	942	438	994	365	1,201	0.362
18.0	풍화토	957	448	1,038	382	1,232	0.360
19.0	풍화토	968	454	1,065	392	1,259	0.359
20.0	풍화토	979	464	1,110	409	1,278	0.355
21.0	풍화토	979	464	1,109	409	1,276	0.355
22.0	풍화토	994	473	1,152	425	1,311	0.354
23.0	풍화토	1,012	482	1,196	442	1,358	0.353
24.0	풍화토	1,024	490	1,234	456	1,385	0.352
25.0	풍화토	1,049	504	1,304	483	1,448	0.350
26.0	풍화암	1,116	537	1,635	606	1,809	0.349
27.0	풍화암	1,207	586	1,942	722	2,099	0.346
28.0	연 암	1,262	621	2,379	888	2,482	0.340
29.0	연 암	1,392	691	2,937	1,099	2,994	0.336
30.0	연 암	1,475	737	3,334	1,250	3,340	0.334

8.12 실 내 시 험 결 과

Soil Test Data

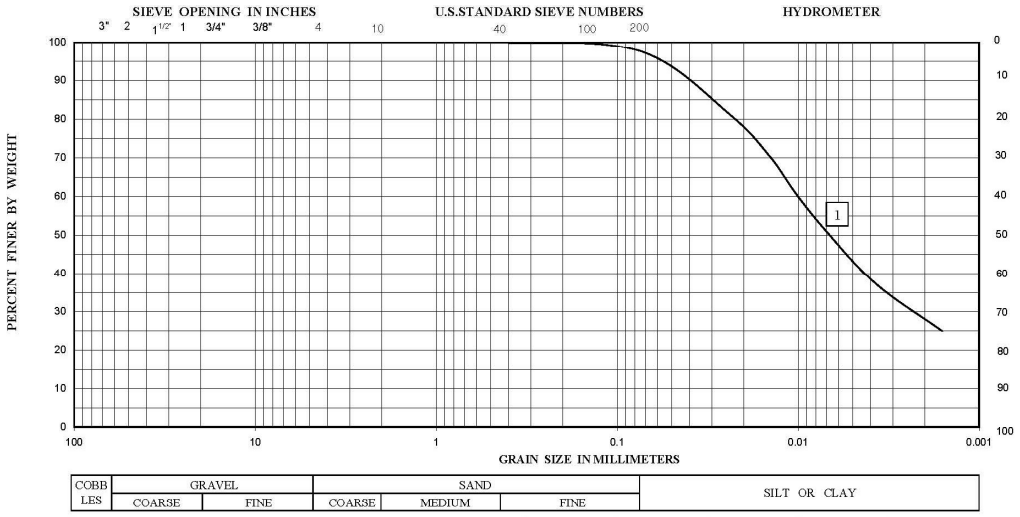
PROJECT : 금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축부지지반조사. 0106-GO20011

Hole No.	Depth (m)	M_C (%)	Density ρs (g/cm3)	Atterberg L. LL %	PI	Direct shear C kPa	ø deg	Unconf.comp.st Qu kPa	Triaxial comp. str C_{uu} kPa	$C_{cu'}$ kPa	$ø_{cu'}$ deg	K_o	Consolidation P_c kPa	C_c	Rowe C_c	C.R.S. Cons. P_c kPa	C_c	Grain size analysis % finer than #4	#10	#40	#200	2μ	USCS
BH - 1	4.00	28.0	2.738	53.5	28.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	97.7	28.2	CH
BH - 2	9.00	7.8	2.661	NP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.9	39.4	21.2	9.0	-	GP-GM
BH - 3	17.00	17.0	2.741	NP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	99.1	80.2	37.2	2.9	SM
BH - 4	12.00	19.2	2.732	37.2	6.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	81.4	43.5	3.4	SM
BH - 5	9.00	7.6	2.672	NP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44.3	33.6	17.0	7.1	-	GW-GM
									이	하	여	백											

GOI-0101-03(00) 끝.

Gradation Curves

Project	금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축부지지반조사.				
Hole No.	BH - 1	Test Method	KS F 2302 : 2017	Date	2020. 02. 10

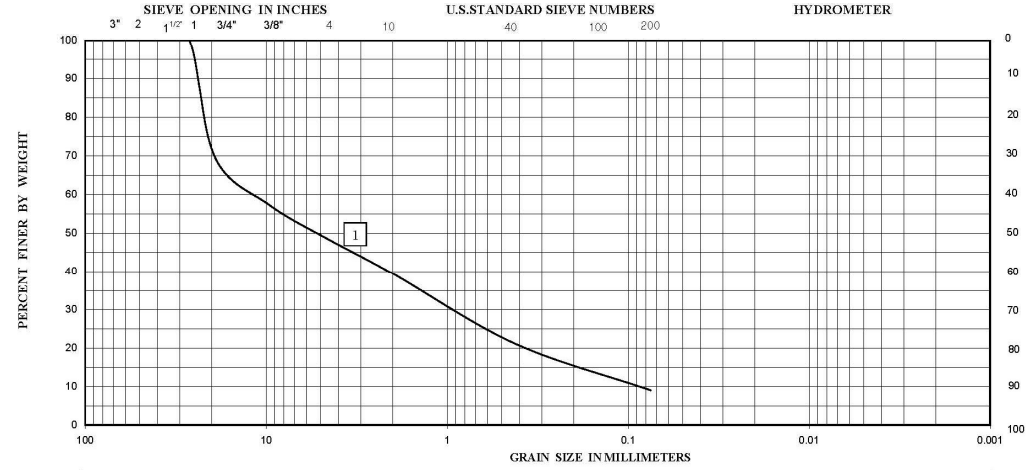


Sample No.	Depth (m)	Classification	Wn (%)	$\rho s (t/m^3)$	LL (%)	PI	USCS
1 : BH-1	4.00	FAT CLAY	28.0	2.738	53.5	28.5	CH

GOI-0106-01(00)

Gradation Curves

Project	금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축부지지반조사.				
Hole No.	BH - 2	Test Method	KS F 2302 : 2017	Date	2020. 02. 10

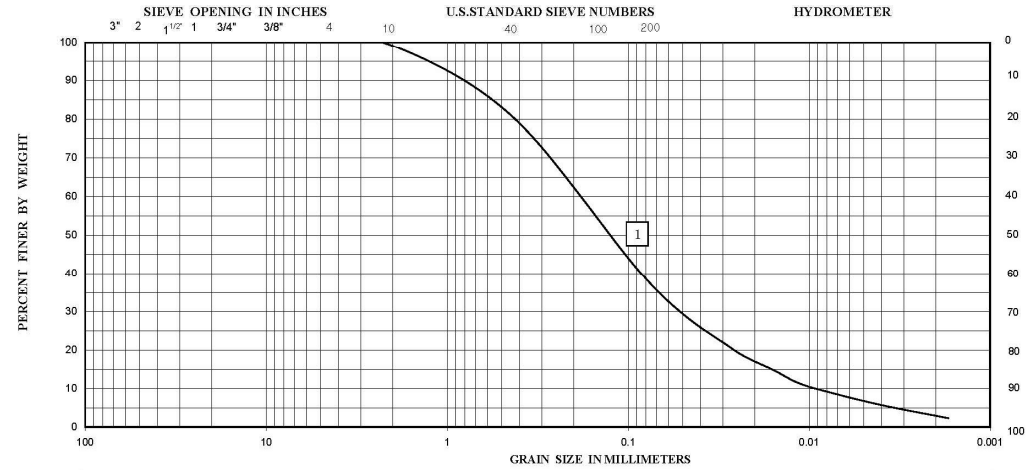


Sample No.	Depth (m)	Classification	Wn (%)	ρs (t/m³)	LL (%)	PI	USCS
1 : BH-2	9.00	POORLY GRADED GRAVEL WITH SILT AND SAND	7.8	2.661	NP	-	GP-GM

GOI-0106-01(00)

Gradation Curves

Project	금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축부지지반조사.				
Hole No.	BH - 3	Test Method	KS F 2302 : 2017	Date	2020. 02. 10

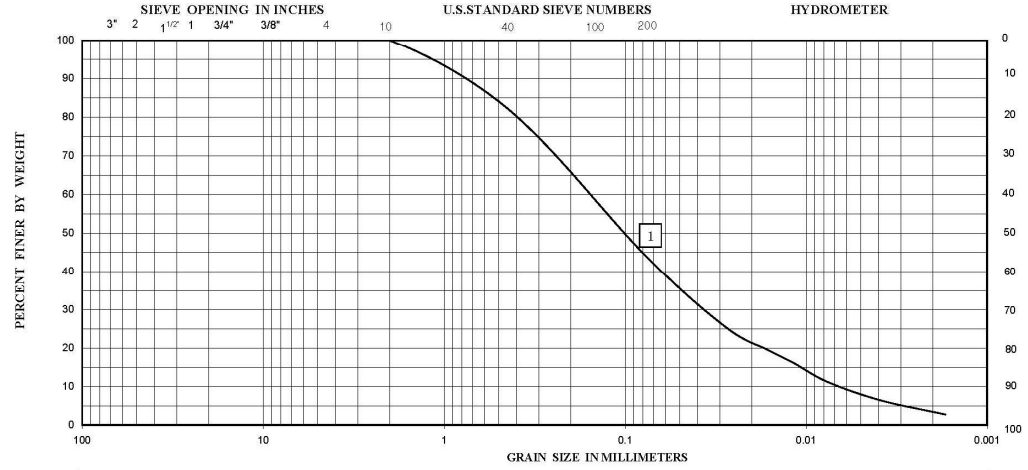


Sample No.	Depth (m)	Classification	Wn (%)	ρs (t/m³)	LL (%)	PI	USCS
1 : BH-3	17.00	SILTY SAND	17.0	2.741	NP	-	SM

GOI-0106-01(00)

Gradation Curves

Project	금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축부지지반조사.				
Hole No.	BH - 4	Test Method	KS F 2302 : 2017	Date	2020. 02. 10

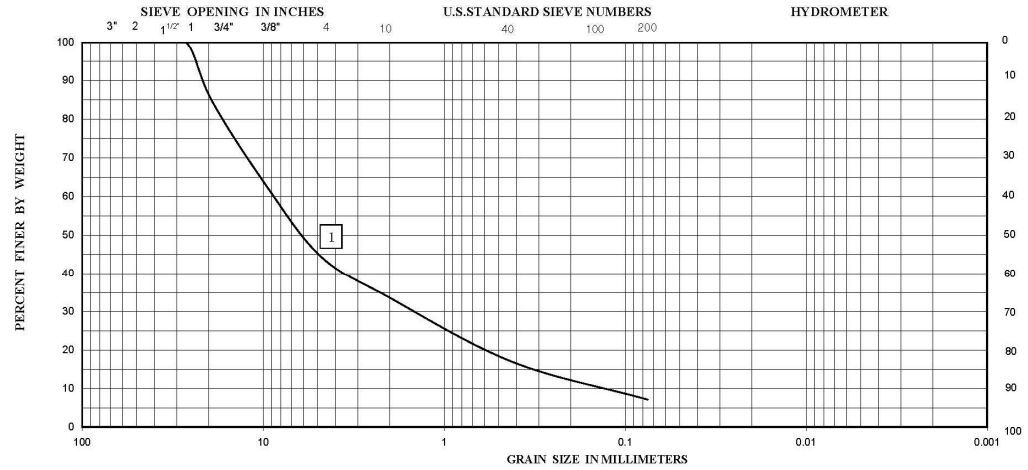


Sample No.	Depth (m)	Classification	Wn (%)	ρs (t/m³)	LL (%)	PI	USCS
1 : BH-4	12.00	SILTY SAND	19.2	2.732	37.2	6.5	SM

GOI-0106-01(00)

Gradation Curves

Project	금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축부지지반조사.				
Hole No.	BH - 5	Test Method	KS F 2302 : 2017	Date	2020. 02. 10



Sample No.	Depth (m)	Classification	Wn (%)	ρs (t/m³)	LL (%)	PI	USCS
1 : BH-5	9.00	WELL GRADED GRAVEL WITH SILT AND SAND	7.6	2.672	NP	-	GW-GM

GOI-0106-01(00)

Rock Core Test Data

PROJECT : 금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축부지지반조사. 0106-GO20011

Hole No.	Depth m	Unit Weight g/cm³	Sp./G	Absorption Ratio %	Wave Velocity P-Wave m/sec	Wave Velocity S-Wave m/sec	Point Load Strength MPa	Tensile Strength MPa	Comp. Strength MPa	Poisson's Ratio	Young's Modulus GPa	Triaxial comp. Str Cohesion MPa	Triaxial comp. Str Friction Angle deg	Rock Joint Shear Cohesion MPa	Rock Joint Shear Friction Angle deg
BH - 3	28.6-28.8	-	-	-	-	-	-	-	38.4	-	-	-	-	-	-
						이	하	여	백						

끝.

Unconfined Compression Test For Rock Core

Project	금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축부지지반조사.		
Test Method	ASTM D 7012-07	Date	2020. 02. 06.
Hole No.	BH - 3	Depth	28.6-28.8 m

Specimen Diameter (cm)	5.07
Specimen Height (cm)	10.67
Specimen Weight (g)	585.48
Unit Weight (g/cm^3)	2.719
Failure Load (kN)	77.54
Comp. Strength (MPa)	38.4



Before Test



After Test

Hole No.		Depth	m
Specimen Diameter (cm)			
Specimen Height (cm)			
Specimen Weight (g)			
Unit Weight (g/cm^3)			
Failure Load (kN)			
Comp. Strength (MPa)		*Before Test*	*After Test*

Hole No.		Depth	m
Specimen Diameter (cm)			
Specimen Height (cm)			
Specimen Weight (g)			
Unit Weight (g/cm^3)			
Failure Load (kN)			
Comp. Strength (MPa)		*Before Test*	*After Test*

Hole No.		Depth	m
Specimen Diameter (cm)			
Specimen Height (cm)			
Specimen Weight (g)			
Unit Weight (g/cm^3)			
Failure Load (kN)			
Comp. Strength (MPa)		*Before Test*	*After Test*

Remark

8.13 현 장 사 진 첩

1. 현장조사사진

공사명 : 금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업 지반조사



공 번	BH-1	공 종	작업전경(근경)



공 번	BH-1	공 종	작업전경(원경)



공 번	BH-1	공 종	표준관입시험



공 번	BH-1	공 종	표준관입시험시료



공 번	BH-1	공 종	지하수위측정

공사명 : 금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업 지반조사



공 번	BH-2	공 종	작업전경(원경)



공 번	BH-2	공 종	작업전경(근경)



공 번	BH-2	공 종	표준관입시험



공 번	BH-2	공 종	표준관입시험시료



공 번	BH-2	공 종	지하수위측정

공사명 : 금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업 지반조사



공 번	BH-3	공 종	작업전경(원경)



공 번	BH-3	공 종	작업전경(근경)



공 번	BH-3	공 종	표준관입시험



공 번	BH-3	공 종	표준관입시험시료



공 번	BH-3	공 종	D3 코아



공 번	BH-3	공 종	지하수위측정

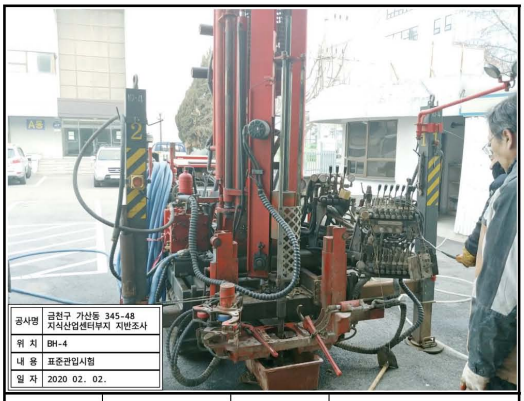
■ 공사명 : 금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업 지반조사



공 번	BH-4	공 종	작업전경(원경)



공 번	BH-4	공 종	작업전경(근경)



공 번	BH-4	공 종	표준관입시험



공 번	BH-4	공 종	표준관입시험시료



공 번	BH-4	공 종	지하수위측정

공사명 : 금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업 지반조사



공 번	BH-5	공 종	작업전경(원경)



공 번	BH-5	공 종	작업전경(근경)



공 번	BH-5	공 종	표준관입시험



공 번	BH-5	공 종	표준관입시험시료



공 번	BH-5	공 종	지하수위측정

2. 현장시험사진

공사명 : 금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업 지반조사



공 번	BH-1	공 종	현장투수시험



공 번	BH-1	공 종	공내재하시험



공 번	BH -1	공 종	공내전단시험



공 번	BH-2	공 종	현장투수시험



공 번	BH-3	공 종	하향식탄성파탐사



공 번	BH-3	공 종	현장투수시험

공사명 : 금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업 지반조사



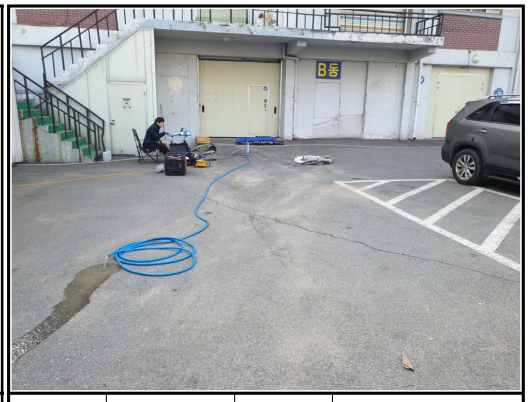
공 번	BH-3	공 종	현장수압시험



공 번	BH-4	공 종	현장투수시험



공 번	BH-4	공 종	양수시험



공 번	BH-4	공 종	양수시험



공 번	BH-4	공 종	유향유속시험



공 번	BH-4	공 종	유향유속시험

공사명 : 금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업 지반조사



공 번	BH-4	공 종	순간충격시험



공 번	BH-4	공 종	순간충격시험



공 번	BH-5	공 종	현장투수시험



공 번	BH-5	공 종	공내재하시험



공 번	BH-5	공 종	공내전단시험

3. 폐공사진

■ 공사명 : 금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업 지반조사



공 번	BH-1	공 종	폐공전



공 번	BH-1	공 종	폐공중(밀크)



공 번	BH-1	공 종	폐공중(토사)



공 번	BH-1	공 종	폐공후



공 번	BH-2	공 종	폐공전



공 번	BH-2	공 종	폐공중(밀크)

공사명 : 금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업 지반조사



공 번	BH-2	공 종	폐공중(토사)



공 번	BH-2	공 종	폐공후



공 번	BH-3	공 종	폐공전



공 번	BH-3	공 종	폐공중 (PVC PIPE제거)



공 번	BH-3	공 종	폐공중 (PVC PIPE제거)



공 번	BH-3	공 종	폐공중(밀크)

공사명 : 금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업 지반조사



공 번	BH-3	공 종	폐공중(토사)



공 번	BH-3	공 종	폐공후



공 번	BH-4	공 종	폐공전



공 번	BH-4	공 종	폐공중 (PVC PIPE제거)



공 번	BH-4	공 종	폐공중 (PVC PIPE제거)



공 번	BH-4	공 종	폐공중(밀크)

공사명 : 금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업 지반조사



공 번	BH-4	공 종	폐공중(토사)



공 번	BH-4	공 종	폐공후



공 번	BH-5	공 종	폐공전



공 번	BH-5	공 종	폐공중(밀크)



공 번	BH-5	공 종	폐공중(토사)



공 번	BH-5	공 종	폐공후

4. 시료상자사진

공사명 : 금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업 지반조사



공 번	BH-1	심 도	0.0~27.0m



공 번	BH-2	심 도	0.0~25.3m



공 번	BH-3	심 도	0.0~30.0m



공 번	BH-4	심 도	0.0~30.0m

공사명 : 금천구 가산동 345-48 지식산업센터 신축개발사업 지반조사



공 번	BH-5	심 도	0.0~27.0m

가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업
지 반 조 사 보 고 서

2021. 04.

시 지 이 엔 씨 (주)
C.G. Engineering & Consulting Co., Ltd.
www.cgenc.com 한글도메인 : 시지이엔씨

시 지 이 엔 씨 (주)
C.G. Engineering & Consulting Co., Ltd.
www.cgenc.com 한글도메인 : 시지이엔씨

JOB NO. SI-90540

수신 :

제목 : 『가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사 보고서』

2021년 03월 귀사에서 용역 의뢰한 『가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업』에 대한 지반조사 업무를 과업지시서에 의거 조사 완료하고 그 결과를 종합하여 본 보고서로 제출합니다.

서울특별시 구로구 디지털로27길 24, 벽산디지털밸리 811
시 지 이 엔 씨 (주)
대 표 이 사 장 혁 수
토질 및 기초 기 술 사 이 복 승

제4장 조사결과 및 성과분석

4.1 지형 및 지질

4.2 현장조사 결과 및 분석

4.3 실내시험 결과 및 분석

제4장 조사결과 및 성과분석

4.1 지형 및 지질

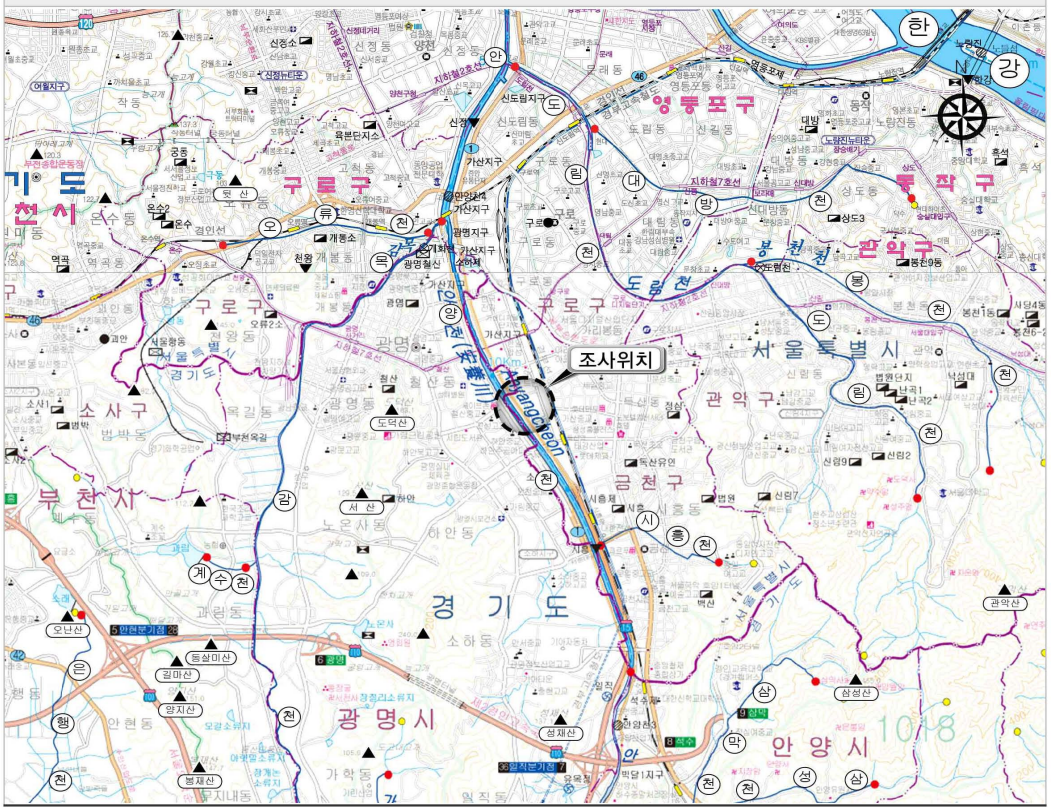
4.1.1 지형

•조사지역은 행정구역상 서울특별시 금천구 가산동 345-48번지에 위치함.

•본 과업지역의 산계는 북서쪽에 뒷산(▲103.0m), 남동쪽에 관악산(▲629.9m), 삼성산(▲455.0m), 성채산(▲137.1m), 남서쪽으로 도덕산(▲183.1m), 서산(▲129.5m), 길마산(▲116.2m), 오난산(▲57.0m), 양지산(▲151.0m), 봉재산(▲147.7m) 등이 위치, 수계로는 부지 인근에 대방천과 봉천천이 도림천과 만나 북류하여 안양천으로 유입되는 형상을 보임.

•본 조사지역의 주변현황으로는 구로세관비즈니스센터, 하일초등학교, 서울두산초등학교, 대륭테크노타운1차, 연서초등학교, 독산근린공원, 철산공원 등이 위치하며, 교통망으로는 서부간선도로, 강남순환로, 제2경인고속도로, 디지털로, 시흥대로, 지하철 1호선 독산역 등이 과업부지에 인접하여 위치함.

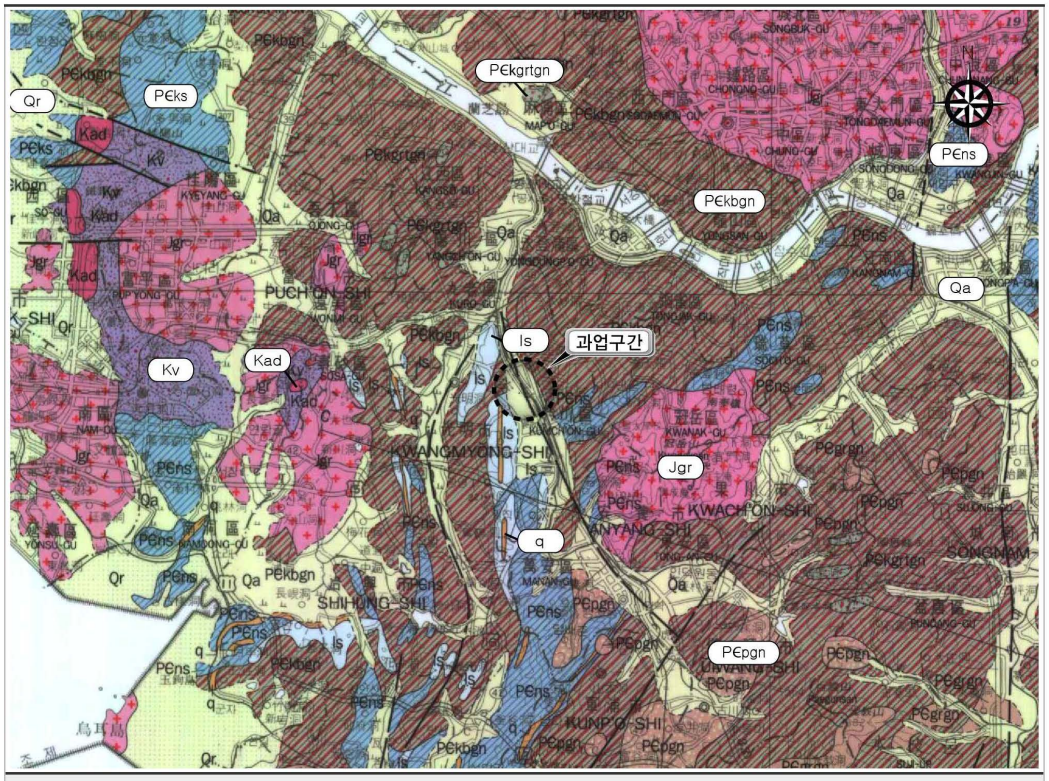
지형도



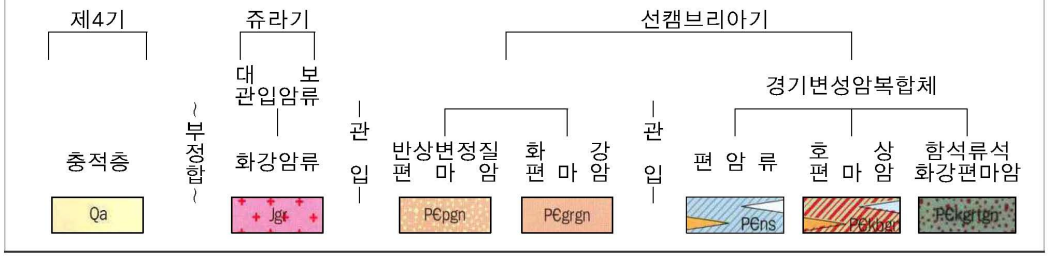
4.1.2 지질

- 조사지역의 지질은 한국자원연구소에서 1999년에 발간한 서울-남천점 도폭(S=1:250,000)을 참조하였으며, 현장조사를 통해 이를 확인하여 기술함.
- 본 과업지역의 광역지질은 대부분 선캠브리아기에 형성된 호상편마암으로 이루어져 있으며, 일부 편암 및 반상변정질편마암, 화강편마암 등이 나타남. 또한, 신생대 제4기의 충적층이 기반암을 부정합으로 피복하고 있으며, 호상편마암의 특징으로는 석영-장석으로 구성된 우백질대와 흑운모로 구성된 우흑질대가 상호 교호하며 나타나는 호상구조가 특징임.

지질도 및 지질계통표[서울-남천점 도폭(S=1:250,000) 한국지질자원연구원]



지 질 계 통 도

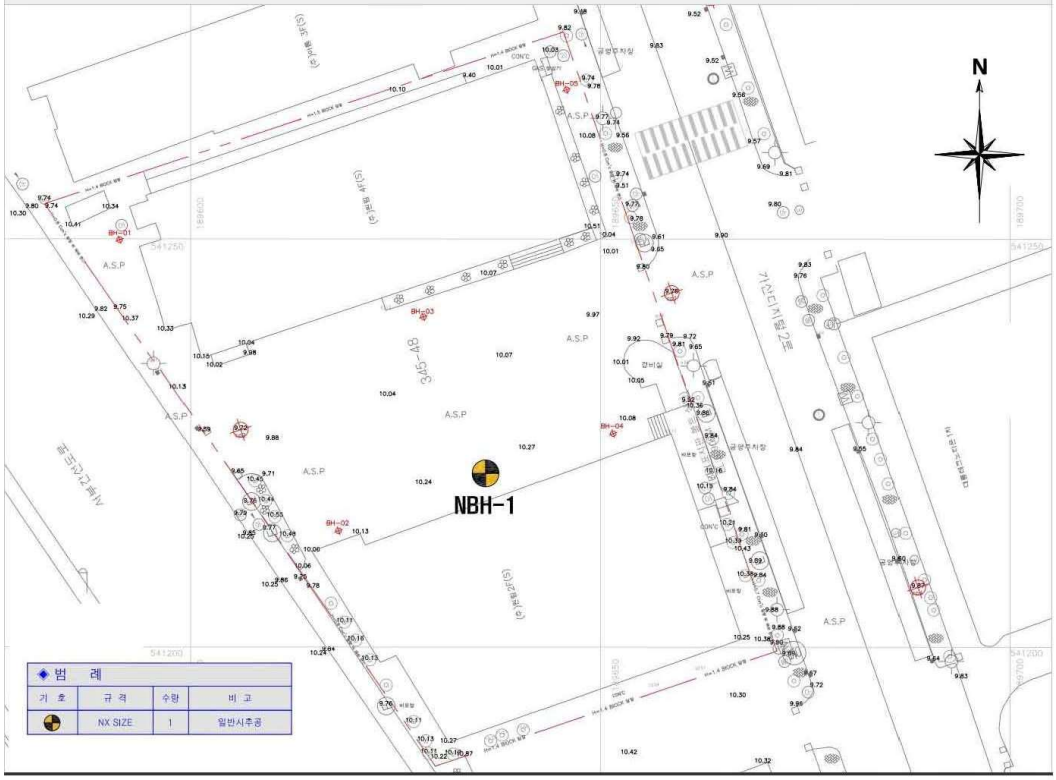


4.2 현장조사 결과 및 분석

4.2.1 시추조사

조 사 개 요	•조사지역에 대한 지반의 지층 구성 상태 등을 확인. •해당 시추공을 굴진하여 지반의 성상을 조사하고 시료 채취 및 표준관입시험을 시행하여 설계에 필요한 제반 자료 제공.

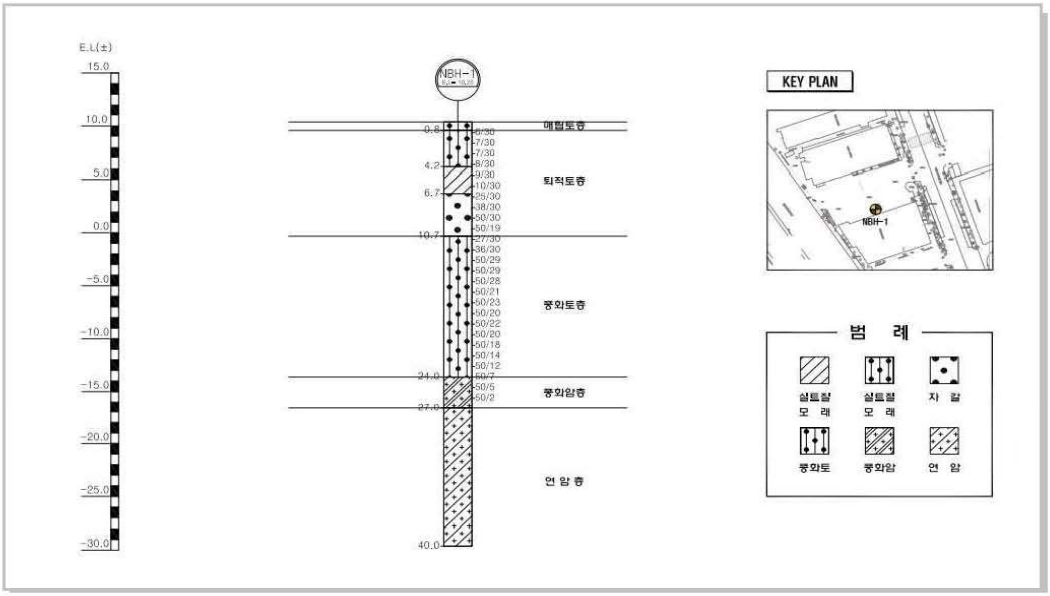
조사위치도



조사결과

공번	지층(m)							합계 (m)	비고
	매립토	퇴적토 (모래)	퇴적토 (점토)	퇴적토 (자갈)	풍화토	풍화암	연 암		
NBH-1	0.8	3.4	2.5	4.0	13.3	3.0	13.0	40.0	NX

● 대표 단면도



● 지층개요

구분	지층 내용(Description)
매립토층	•최상부층을 형성하고 있으며, 부지조성시 토공작업으로 인하여 인위적인 매립으로 형성된 지층임. •본 지층은 0.8m의 층후로 분포, 구성성분으로는 자갈섞인 실트질 모래 등으로 구성, 심도 0.0 ~ 0.3m 구간에 아스콘(상부 20cm) 및 콘크리트(하부 10cm) 포장층이 나타남.
퇴적토층	•매립토층 하부에 확인되었으며, 9.9m (점토 2.5m, 모래 3.4m, 자갈 4.0m)의 층후로 분포, 구성성분으로는 실트질 점토, 실트질 모래, 모래섞인 자갈 등으로 구성됨. 실트질 모래 구간에 부분적으로 소량의 자갈 및 점토 성분 함유되어 나타남. •표준관입시험시 N값은 6회/30cm ~ 50회/19cm (점토 9회/30cm ~ 10회/30cm, 모래 6회/30cm ~ 8회/30cm, 자갈 25회/30cm ~ 50회/19cm)의 범위로 점토층에 견고(Stiff)한 연경도, 모래층에 느슨(Loose)한 상대밀도, 자갈층에 보통 조밀(Medium Dense) ~ 매우 조밀(Very Dense)한 상대밀도를 보임.
풍화토층	•기반암이 물리적, 화학적 풍화작용에 의해 형성된 것으로 모암의 조직과 형태는 그대로 보존하고 있으나 암반의 역학적 성질은 거의 상실한 지층임. •퇴적토층 하부에 확인되었으며, 13.3m의 층후로 분포, 구성성분으로는 실트질 모래로 구성, 부분적으로 암편 함유되어 나타남. •표준관입시험시 N값은 27회/30cm ~ 50회/12cm의 범위로 보통 조밀(Medium Dense) ~ 매우 조밀(Very Dense)한 상대밀도를 보임.

● 지층개요 – 계속

구분	지층 내용(Description)
풍화암층	•풍화토층 하부에 확인, 지표하 G.L(–) 24.0m (E.L(–) 13.75m) 이하에서 3.0m 층후로 분포하였으며, 구성성분으로는 실트질 모래 및 암편으로 구성됨. •표준관입시험시 N값은 50회/7cm ~ 50회/2cm의 범위로 매우 조밀(Very Dense)한 상대밀도를 보임.
연 암 층	•본 지층은 편마암류의 연암층으로 지표하 G.L(–) 27.0m (E.L(–) 16.75m) 이하에서 출현, 13.0m 층후로 분포(확인)하였으며, 코어 회수율 (TCR) = 70 ~ 95%, 암질지수 (RQD) = 16 ~ 48% 범위를 보임. •색조는 암회색 ~ 담회색 계열을 보이며, 풍화정도는 완전 풍화 ~ 약간 풍화 상태, 강도는 매우 약함 ~ 강한 강도, 매우 심한 균열 ~ 약간 균열의 간격을 나타냄. •부분적 or 전체적으로 절리(수직 절리 포함) 및 파쇄 매우 발달, Loss 구간 발생됨. •본 구간의 연암층의 암질지수(RQD)에 의한 등급은 Ⅳ ~ Ⅴ등급을 나타냄.

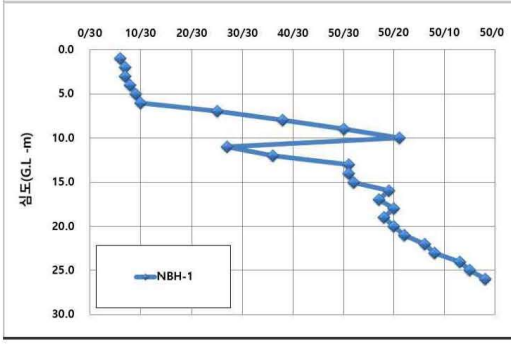
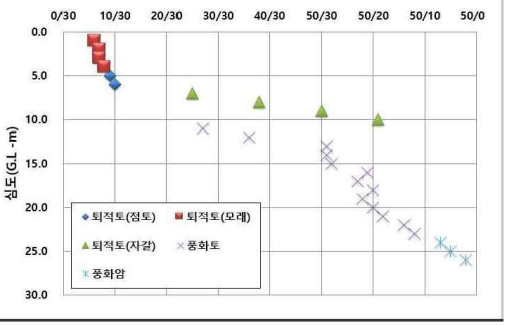
4.2.2 표준관입시험

조 사 개 요	•지층의 상대밀도 및 연경도를 확인하여 지반의 강도특성 및 변형특성 등을 파악함. •조사지역에 대한 공학적 특성 파악하여 구조물 지지층을 확인함.

● 표준관입시험 결과

심도 / 공번	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	타격 횟수 (회)
	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	
	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	
NBH-1	6/30	7/30	7/30	8/30	9/30	10/30	25/30	38/30	50/30	50/19	26
	퇴적토(모래)				퇴적토(점토)		퇴적토(자갈)				
	27/30	36/30	50/29	50/29	50/28	50/21	50/23	50/20	50/22	50/20	
	풍화토										
	50/18	50/14	50/12	50/7	50/5	20/2	–	–	–	–	
	풍화토			풍화암							

● N값 분포도

공번별 N값 분포도	지층별 N값 분포도
	

지 층	매립토	퇴적토 (모래)	퇴적토 (점토)	퇴적토 (자갈)	풍화토	풍화암
범위(회/cm)	-	6/30~8/30	9/30~10/30	25/30~50/19	27/30~50/12	50/7~50/2
평균(회/cm)	-	7/30	10/30	44/30	50/26	50/5

● 검토 결과

- 퇴적토층의 N값은 6회/30cm ~ 50회/19cm (점토 9회/30cm ~ 10회/30cm, 모래 6회/30cm ~ 8회/30cm, 자갈 25회/30cm ~ 50회/19cm)의 범위로 분포, 점토층에 견고(Stiff)한 연경도, 모래층에 느슨(Loose)한 상대밀도, 자갈층에 보통 조밀(Medium Dense) ~ 매우 조밀(Very Dense)를 보임.
- 풍화토층의 N값은 27회/30cm ~ 50회/12cm의 범위로 분포, 보통 조밀(Medium Dense) ~ 매우 조밀(Very Dense)한 상대밀도를 보임.
- 풍화토층의 N값은 50회/7cm ~ 50회/2cm의 범위로 분포, 매우 조밀(Very Dense)한 상대밀도를 보임.

4.2.3 지하수위측정

조 사 개 요	• 지하수위 분포 현황을 파악하기 위하여 시추공 내에서 지하수위를 측정함 • 시추공 내의 지하수위를 측정하여 기초 굴착 시 배수처리대책, 침투류 해석, 조사지역에 대한 전체적인 지하수위 분포 상태 등을 파악하기 위해 실시함

● 측정결과

공번	표고 (E.L(+)m)	지하수위 (24시간) G.L(-)m	지하수위 (48시간) G.L(-)m	지하수위(72시간)		분포지층
				G.L(-)m	E.L(-)m	
NBH-1	10.25	16.8	17.0	17.1	6.85	풍화토

•본 조사지역의 지하수위는 G.L(-) 17.1m, E.L(-) 6.85m 정도로 분포하며 풍화토층 내에 수위가 존재하고 있는 것으로 나타남.
•측정된 공내지하수위는 조사시기에 해당하는 일시적인 것이며 공내지하수위는 계절의 변화, 강우량, 주변지역의 토공작업 등에 따른 지하수유출과 같은 요인으로 인하여 변화 될 수 있다는 점에 유의함.

4.2.4 투수시험

조 사 개 요	•본 조사지역 내에 분포하고 있는 토사층에 대한 지반의 투수계수를 파악하고자 시추공을 이용한 변수위법을 적용하여 총 2회 실시함.

● 시험결과

공번	심도 (GL, -m)	지하수위	투수계수 (k, cm/sec)	지층
NBH-1	8.0~9.0	17.1	1.61×10^{-3}	퇴적토(자갈)
NBH-1	25.0~26.0	17.1	4.18×10^{-5}	풍화암

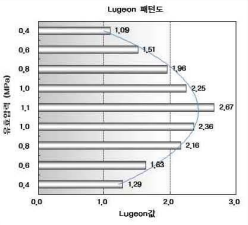
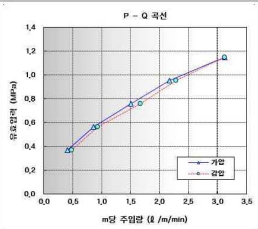
● 검토 결과

•투수시험 결과 토사층 및 풍화암층의 투수계수는 4.18×10^{-5} ~ 1.61×10^{-3} 범위로 나타남.
•본 현장투수시험은 국한된 지점과 현장특성에 따라 다소 상이한 결과를 보일 수 있으므로 설계시 지반특성을 고려한 투수계수 산정을 하여야 함.

4.2.5 수압시험

조 사 개 요	•조사지역 내에 분포하고 있는 기반암층에 대한 지반의 투수계수(k)를 파악하고자 조사공을 이용한 수압시험을 총 1회 실시함

● 시험결과

공번	심도 (GL, -m)	투수계수 (cm/sec)	지하수위 (GL, -m)	Lugeon Curve	P-Q Curve	Lugeon Value
NBH-1	30.0~35.0	2.43×10^{-5}	17.1			1.19
	Lugeon Type	Dilation				
	지 층	연암층				

● 검토 결과

•수압시험 결과 기반암층의 투수계수는 2.43×10^{-5}cm/sec, Lugeon값은 1.19의 값으로 나타남.
•Lugeon Pattern은 본 조사공에서 Dilation Type(팽창)으로 나타남.

4.2.6 공내재하시험(LLT)

조 사 개 요	•조사지역에서 토사층을 대상으로 총 2회의 시험을 실시하였으며, 토층의 변형 특성을 파악함

● 시험결과

공번	심도 (GL, -m)	지층	N값(회/cm)	탄성계수 (Em, MPa)	비고
NBH-1	0.5	매립토	-	5.23	
NBH-1	3.0	퇴적토	7/30	7.17	

● 검토 결과

•재하시험결과 매립토층에서의 탄성계수(Em)는 5.23MPa 정도, 퇴적토층에서의 탄성계수(Em)는 7.17MPa 정도로 나타남.

4.2.7 공내재하시험(PMT)

조 사 개 요	•풍화토층 및 연암층을 대상으로 총 2회의 시험을 실시하였으며, 시험결과로부터 파악되는 탄성계수는 같은 층이라 하더라도 시험 대상구간의 암질 상태(RQD)에 따라 다르게 나타나며, 변형계수는 절리나 균열에 의한 암반의 느슨함 등의 영향을 포함한 변형특성을 나타냄.

● 시험결과

공번	심도 (GL, -m)	지층	N값 (TCR/RQD)	변형계수 (MPa)	탄성계수 (MPa)
NBH-1	18.0	풍화토	50/20	66.9	93.1
NBH-1	30.0	연 암	(75/45)	2,030	4,150

● 검토 결과

•시험결과 풍화토층에서의 변형계수(D)는 66.9MPa, 탄성계수(E)는 93.1MPa 정도, 연암층에서의 변형계수(D)는 2,030MPa, 탄성계수(E)는 4,150MPa 정도로 나타남.

● 검토 결과 – 계속

•공내재하시험은 층리가 발달해 있는 지층이나 이방성인 지층에서는 수직방향의 변형계수가 수평방향의 변형계수보다 훨씬 낮고 실제의 응력은 대부분 수직방향으로 작용하기 때문에 Pressuremeter test로 산출한 탄성계수 값은 실제 값보다 과대하게 평가되는 경우가 있다. 따라서 본 시험을 실시하여 얻은 값은 다른 방법으로 결정한 값과 반드시 대비하여 사용하여야 한다.

4.3 실내시험 결과 및 분석

4.3.1 토질시험

시 험 개 요	•시추조사 시 채취된 교란 시료를 대상으로 흙의 물리적 특성 파악함. •측정된 물리적 특성을 이용하여 공학적 성질 예측하기 위함.

● 시험결과

공번	심도 (G.L, –m)	함수비 (%)	비중	Atterberg Limits(%)		Grain Size Distribution %, Finer than					USCS
				LL	PI	# 4	# 10	# 40	# 200	2㎛	
NBH-1	13.0	14.7	2.657	NP	–	98.7	88.2	53.7	26.8	–	SM

● 분석결과

•토사층의 경우 함수비 14.7%, #200체 통과율은 26.8% 범위를 나타내고 있으며 통일 분류법에 의해 SM으로 분류됨.

4.3.2 직접전단시험

시 험 개 요	•시추조사 시 채취된 교란 시료를 대상으로 흙의 점착력(c)와 내부마찰각(∅)를 파악함.

● 시험결과

공번	심도 (GL, –m)	점착력 (c, kPa)	마찰각 (∅, °)	tanθ	비고
NBH-1	0.3~0.8	18.9	27.5	0.520	
NBH-1	3.0~3.5	22.3	24.7	0.460	

● 분석결과

•본 결과에 따른 토사층의 점착력(c)은 18.9~22.3kPa , 내부마찰각(∅) 24.7~27.5° 의 범위를 보임.

4.3.3 암석시험

시 험 개 요	• 기반암의 공학적 특성을 파악하기 위하여 시추코어 시료를 이용하여 실내암석 시험을 실시함. • 실내시험결과를 통해 얻어진 물성치 간의 상관관계를 분석하여 데이터의 신뢰성을 판단한 후 설계적용 물성치 산정 시 반영하기 위함.

● 시험결과

$1kg/cm^2 \fallingdotseq 0.1$ MPa

공 번	심 도(m)	단위중량 (kN/m^3)	일축압축강도 (MPa)	비 고
NBH-1	31.4~31.6	26.685	60.3	

● 분석결과

• 본 결과에 따른 기반암층의 단위중량 26.685kN/㎥, 일축압축강도는 60.3MPa 정도로 나타남.

제6장 결론 및 제언

6.1 지형 및 지질

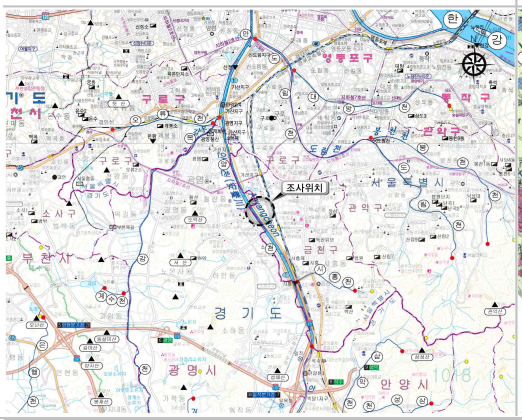
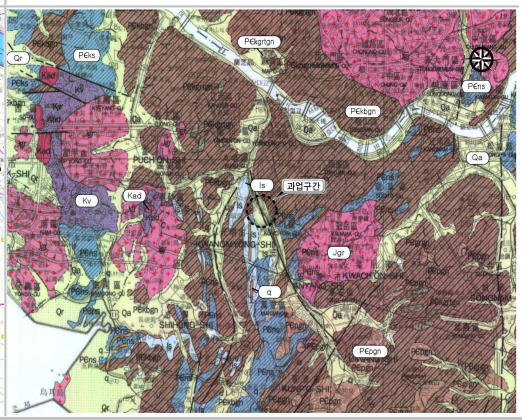
6.2 지층 개요

6.3 지층 특성

6.4 기초형식 검토

제6장 결론 및 제언

6.1 지형 및 지질

지형도	지질도
	

6.1.1 지형

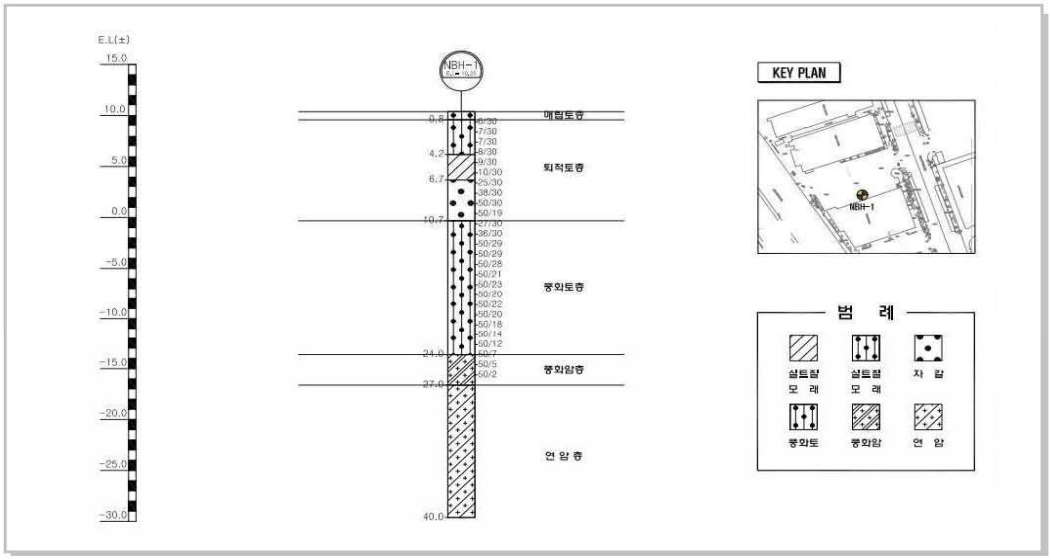
- 조사지역은 행정구역상 서울특별시 금천구 가산동 345-48번지에 위치함.
- 본 과업지역의 산계는 북서쪽에 뒷산(▲103.0m), 남동쪽에 관악산(▲629.9m), 삼성산(▲455.0m), 성채산(▲137.1m), 남서쪽으로 도덕산(▲183.1m), 서산(▲129.5m), 길마산(▲116.2m), 오난산(▲57.0m), 양지산(▲151.0m), 봉재산(▲147.7m) 등이 위치, 수계로는 부지 인근에 대방천과 봉천천이 도림천과 만나 북류하여 안양천으로 유입되는 형상을 보임.
- 본 조사지역의 주변현황으로는 구로세관비즈니스센터, 하일초등학교, 서울두산초등학교, 대륭테크노타운1차, 연서초등학교, 독산근린공원, 철산공원 등이 위치하며, 교통망으로는 서부간선도로, 강남순환로, 제2경인고속도로, 디지털로, 시흥대로, 지하철 1호선 독산역 등이 과업부지에 인접하여 위치함.

6.1.2 지질

- 조사지역의 지질은 한국자원연구소에서 1999년에 발간한 서울-남천점 도폭(S=1:250,000)을 참조하였으며, 현장조사를 통해 이를 확인하여 기술함.
- 본 과업지역의 광역지질은 대부분 선캠브리아기에 형성된 호상편마암으로 이루어져 있으며, 일부 편암 및 반상변정질편마암, 화강편마암 등이 나타남. 또한, 신생대 제4기의 충적층이 기반암을 부정합으로 피복하고 있으며, 호상편마암의 특징으로는 석영-장석으로 구성된 우백질대와 흑운모로 구성된 우흑질대가 상호 교호하며 나타나는 호상구조가 특징임.

6.2 지층 개요

대표 단면도



지층개요

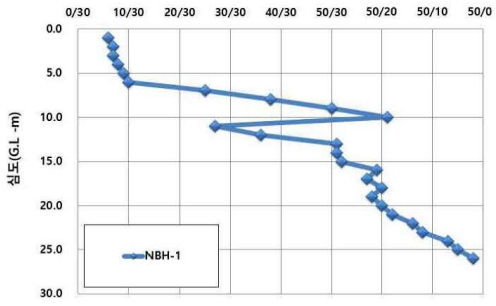
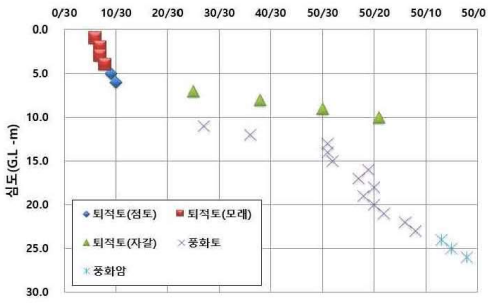
구분	지층 내용(Description)
매립토층	•최상부층을 형성하고 있으며, 부지조성시 토공작업으로 인하여 인위적인 매립으로 형성된 지층임. •본 지층은 0.8m의 층후로 분포, 구성성분으로는 자갈섞인 실트질 모래 등으로 구성, 심도 0.0 ~ 0.3m 구간에 아스콘(상부 20cm) 및 콘크리트(하부 10cm) 포장층이 나타남.
퇴적토층	•매립토층 하부에 확인되었으며, 9.9m (점토 2.5m, 모래 3.4m, 자갈 4.0m)의 층후로 분포, 구성성분으로는 실트질 점토, 실트질 모래, 모래섞인 자갈 등으로 구성됨. 실트질 모래 구간에 부분적으로 소량의 자갈 및 점토 성분 함유되어 나타남. •표준관입시험시 N값은 6회/30cm ~ 50회/19cm (점토 9회/30cm ~ 10회/30cm, 모래 6회/30cm ~ 8회/30cm, 자갈 25회/30cm ~ 50회/19cm)의 범위로 점토층에 견고(Stiff)한 연경도, 모래층에 느슨(Loose)한 상대밀도, 자갈층에 보통 조밀(Medium Dense) ~ 매우 조밀(Very Dense)한 상대밀도를 보임.
풍화토층	•기반암이 물리적, 화학적 풍화작용에 의해 형성된 것으로 모암의 조직과 형태는 그대로 보존하고 있으나 암반의 역학적 성질은 거의 상실한 지층임. •퇴적토층 하부에 확인되었으며, 13.3m의 층후로 분포, 구성성분으로는 실트질 모래로 구성, 부분적으로 암편 함유되어 나타남. •표준관입시험시 N값은 27회/30cm ~ 50회/12cm의 범위로 보통 조밀(Medium Dense) ~ 매우 조밀(Very Dense)한 상대밀도를 보임.

● 지층개요 – 계속

구분	지층 내용(Description)
풍화토층	•풍화토층 하부에 확인, 지표하 G.L(–) 24.0m (E.L(–) 13.75m) 이하에서 3.0m 층후로 분포하였으며, 구성성분으로는 실트질 모래 및 암편으로 구성됨. •표준관입시험시 N값은 50회/7cm ~ 50회/2cm의 범위로 매우 조밀(Very Dense)한 상대밀도를 보임.
연 암 층	•본 지층은 편마암류의 연암층으로 지표하 G.L(–) 27.0m (E.L(–) 16.75m) 이하에서 출현, 13.0m 층후로 분포(확인)하였으며, 코어 회수율 (TCR) = 70 ~ 95%, 암질지수 (RQD) = 16 ~ 48% 범위를 보임. •색조는 암회색 ~ 담회색 계열을 보이며, 풍화정도는 완전 풍화 ~ 약간 풍화 상태, 강도는 매우 약함 ~ 강한 강도, 매우 심한 균열 ~ 약간 균열의 간격을 나타냄. •부분적 or 전체적으로 절리(수직 절리 포함) 및 파쇄 매우 발달, Loss 구간 발생됨. •본 구간의 연암층의 암질지수(RQD)에 의한 등급은 Ⅳ ~ Ⅴ등급을 나타냄.

6.3 지층 특성

6.3.1 표준관입시험

공번별 N값 분포도	지층별 N값 분포도
	

지 층	매립토	퇴적토 (모래)	퇴적토 (점토)	퇴적토 (자갈)	풍화토	풍화암
범위(회/cm)	–	6/30~8/30	9/30~10/30	25/30~50/19	27/30~50/12	50/7~50/2
평균(회/cm)	–	7/30	10/30	44/30	50/26	50/5

- 퇴적토층은 실트질 점토, 실트질 모래, 모래섞인 자갈 등으로 구성되어 있으며, 관입저항값은 6회/30cm ~ 50회/19cm (점토 9회/30cm ~ 10회/30cm (평균 10회/30cm), 모래 6회/30cm ~ 8회/30cm (평균 7회/30cm), 자갈 25회/30cm ~ 50회/19cm (평균 44회/30cm))의 범위로 분포, 점토층에 견고(Stiff)한 연경도, 모래층에 느슨(Loose)한 상대밀도, 자갈층에 보통 조밀(Medium Dense) ~ 매우 조밀(Very Dense)를 보임.
- 풍화토층의 N값은 27회/30cm ~ 50회/12cm (평균 50회/26cm)의 범위로 분포, 보통 조밀(Medium Dense) ~ 매우 조밀(Very Dense)한 상대밀도를 보임.
- 풍화토층의 N값은 50회/7cm ~ 50회/2cm (평균 50회/5cm)의 범위로 분포, 매우 조밀(Very Dense)한 상대밀도를 보임.

6.3.2 지하수위측정

- 본 조사지역의 지하수위는 G.L(-) 17.1m, E.L(-) 6.80m 범위로 분포하며 풍화토층 내에 수위가 존재하고 있는 것으로 나타남.
- 측정된 공내지하수위는 조사시기에 해당하는 일시적인 것이며 공내지하수위는 계절의 변화, 강우량, 주변지역의 토공작업 등에 따른 지하수유출과 같은 요인으로 인하여 변화 될 수 있다는 점에 유의함.

6.3.3 투수시험

- 토사층 및 풍화대층의 투수계수는 4.18×10^{-5} ~ 1.61×10^{-3} (평균 8.24×10^{-4}) 범위로 비슷한 투수계수를 보이며, 투수성이 양호 ~ 불투수성 지층 으로 분석됨.
- 본 현장투수시험은 국한된 지점과 현장특성에 따라 다소 상이한 결과를 보일 수 있으므로 설계시 지반특성을 고려한 투수계수 산정을 하여야 함.

6.3.4 수압시험

- 수압시험 결과 기반암층의 투수계수는 2.43×10^{-5}cm/sec, Lugeon값은 1.19의 값으로 나타남.
- Lueon Pattern은 본 조사공에서 압력의 증가에 비해 주입량의 증가 비율이 큰 Dilation Type (팽창)으로 나타남.

6.3.5 공내재하시험(LLT)

- 본 사업부지의 매립토층에서의 탄성계수(Em)는 5.23MPa 정도, 퇴적토층에서의 탄성계수(Em)는 7.17MPa 정도로 나타남.

6.3.6 공내재하시험(PMT)

•본 사업부지의 풍화토층에서의 변형계수(D)는 66.9MPa, 탄성계수(E)는 93.1MPa 정도, 연암층에서의 변형계수(D)는 2,030MPa, 탄성계수(E)는 4,150MPa 정도로 나타남.
•공내재하시험은 층리가 발달해 있는 지층이나 이방성인 지층에서는 수직방향의 변형계수가 수평방향의 변형계수보다 훨씬 낮고 실제의 응력은 대부분 수직방향으로 작용하기 때문에 Pressuremeter test로 산출한 탄성계수 값은 실제 값보다 과대하게 평가되는 경우가 있다. 따라서 본 시험을 실시하여 얻은 값은 다른 방법으로 결정한 값과 반드시 대비하여 사용하여야 한다.

6.3.7 토질시험

•시추조사 시 채취된 교란시료에 대하여 토사층에 대한 토성시험을 총 1회 실시하였음.
•본 사업부지의 물리적 특성은 함수비 14.7%, #200체 통과율은 26.8% 범위를 나타내고 있으며 통일분류법에 의해 SM으로 분류됨.

6.3.8 직접전단시험

•시추조사 시 채취된 교란시료에 대하여 토사층에 대한 직접전단시험을 총 1회 실시하였음.
•본 사업부지의 토사층의 점착력(c)은 18.9~22.3kPa , 내부마찰각(∅) 24.7~27.5° 의 범위를 보임.

6.3.9 암석시험

•시추조사 시 채취된 암석코어시료를 가지고 기반암층(일축압축강도 1회)에 대한 암석 시험을 실시 하였음.
•본 사업부지의 기반암층의 단위중량 26.685kN/㎥, 일축압축강도는 60.3MPa 정도로 나타남.

6.4 기초형식 검토

•본 사업부지에 설치될 구조물의 규모 및 설계하중과 사업부지에 분포하는 지반특성을 고려하여 기초의 적정대상지반을 선정함이 타당함.
•본 조사지역의 지층현황은 조사결과 매립토층, 퇴적토층, 풍화토층, 풍화암층, 연암층의 순으로 지층이 분포함.

제6장 결론 및 제언

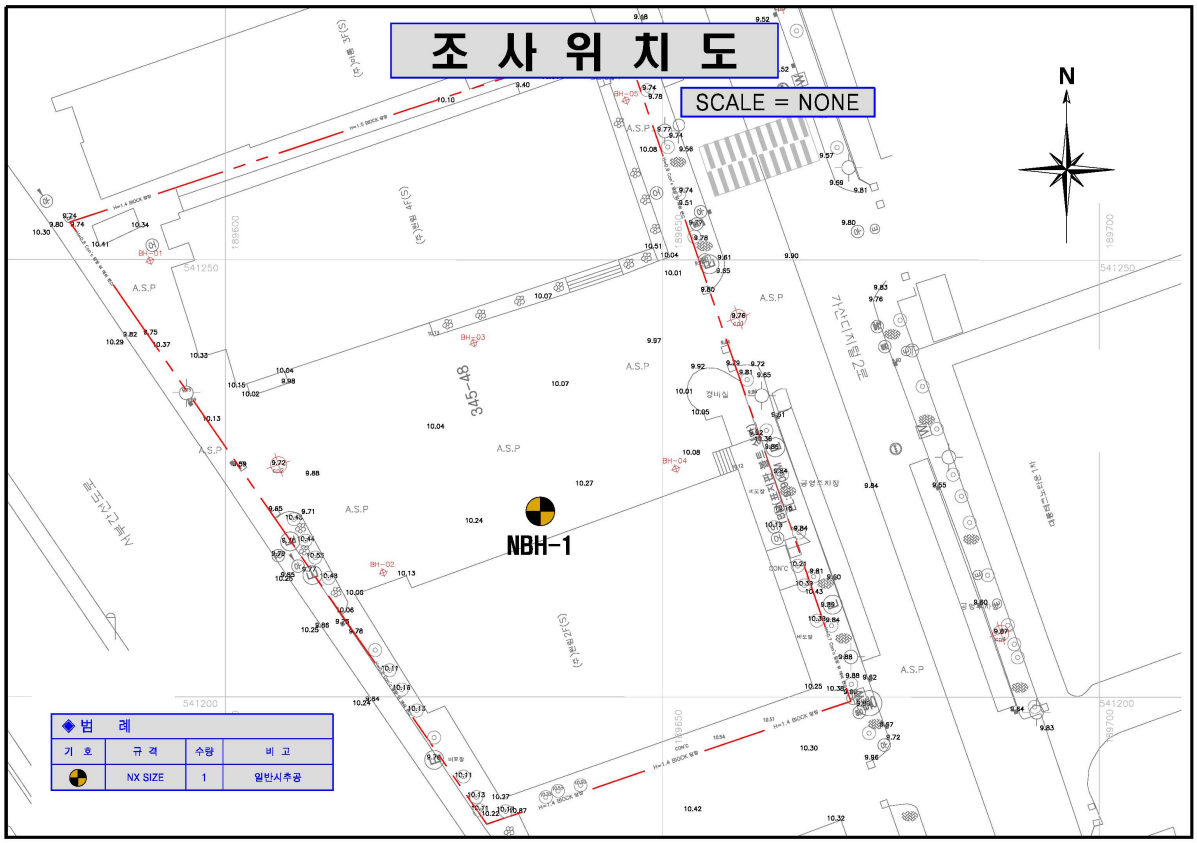
- 매립토층은 자갈섞인 실트질 모래 등으로 구성, 0.8m의 층후로 분포, 퇴적토층은 점토층에 견고(Stiff)한 연경도, 모래층에 느슨(Loose)한 상대밀도, 자갈층에 보통 조밀(Medium Dense) ~ 매우 조밀(Very Dense)한 상대밀도, 9.9m (점토 2.5m, 모래 3.4m, 자갈 4.0m)의 층후로 분포, 풍화토층은 보통 조밀(Medium Dense) ~ 매우 조밀(Very Dense)한 상대밀도, 13.3m의 층후로 분포하는 것으로 나타남.
- 풍화암층의 분포 심도는 G.L(-) 24.0m (E.L(-) 13.75m) 이하에서 3.0m 층후로 분포, 연암층의 분포 심도는 지표하 G.L(-) 27.0m (E.L(-) 16.75m) 이하에서 13.0m 층후로 분포(확인)하는 것으로 나타남.
- 지하수위 분포는 G.L(-) 17.1m (E.L(-) 6.85m) 정도로 분포하며 풍화토층 내에 수위가 존재하고 있는 것으로 나타남.
- 본 사업부지의 구조물에 대한 지지층은 매우 조밀한 풍화대층 및 기반암층이 적합할 것으로 판단되며, 상기의 지층 현황 및 지하층 저면심도를 감안하여 기초지반보강에 의한 직접기초를 선정 해야 할 것으로 판단됨.
- 직접기초 시공 시 기초저면은 지지 지반에 밀착되고 충분한 전단저항을 갖도록 처리하여야만 하며, 직접기초 시공 중 지지력등의 안정에 문제가 되는 활동저항을 충분히 만족하기 위해서는 각각의 지반에 맞는 지반처리가 필요함.
- 일반적으로 기반암의 경우 연경의 반복, 하부로 갈수록 단단해지는 특성을 보이나, 부분적으로 차별풍화등으로 지지력이 감소하는 구간이 발생할수 있으므로, 직접기초로 시공시 차별풍화가 발생한 지점의 경우 대상지반의 확실한 허용지지력 및 예상 침하량의 판단 및 구조물의 안정성을 유지하기 위해서는 필요시 보강공법(팽이기초) 등을 강구하여 확실한 지내력을 확보한 후 기초를 타설해야 할것으로 사료됨.
- 또한, 굴착깊이 대비 지하수위가 다소 높을 경우 구조물에 대한 부력의 안정성 여부를 반드시 검토하여 필요시 부력방지 대책인 영구 Anchor 및 영구배수 System등의 대책을 강구하여야 할 것으로 판단됨.
- 상기 기초형태 검토는 단지 지층분포 현황만을 참고한 개략적인 검토결과 이므로 향후 건축물 기초설계시는 구조물의 하중, 제원 등을 기준으로 안정성 및 경제성을 감안하여 정밀한 검토를 수행한 후 본 조사지역의 구조물에 적합한 기초형태를 선정하여야 될 것으로 판단되며, 어떠한 형태의 기초가 선정되더라도 후술하는 기초시공시 유의사항을 반드시 준수하여 시공하여야 할 것으로 판단됨.

부 록

1. 조사위치도
2. 지층단면도
3. 시추주상도
4. 투수시험
5. 수압시험
6. 공내재하시험(LLT, PMT)
7. 실내시험
8. 현장사진첩

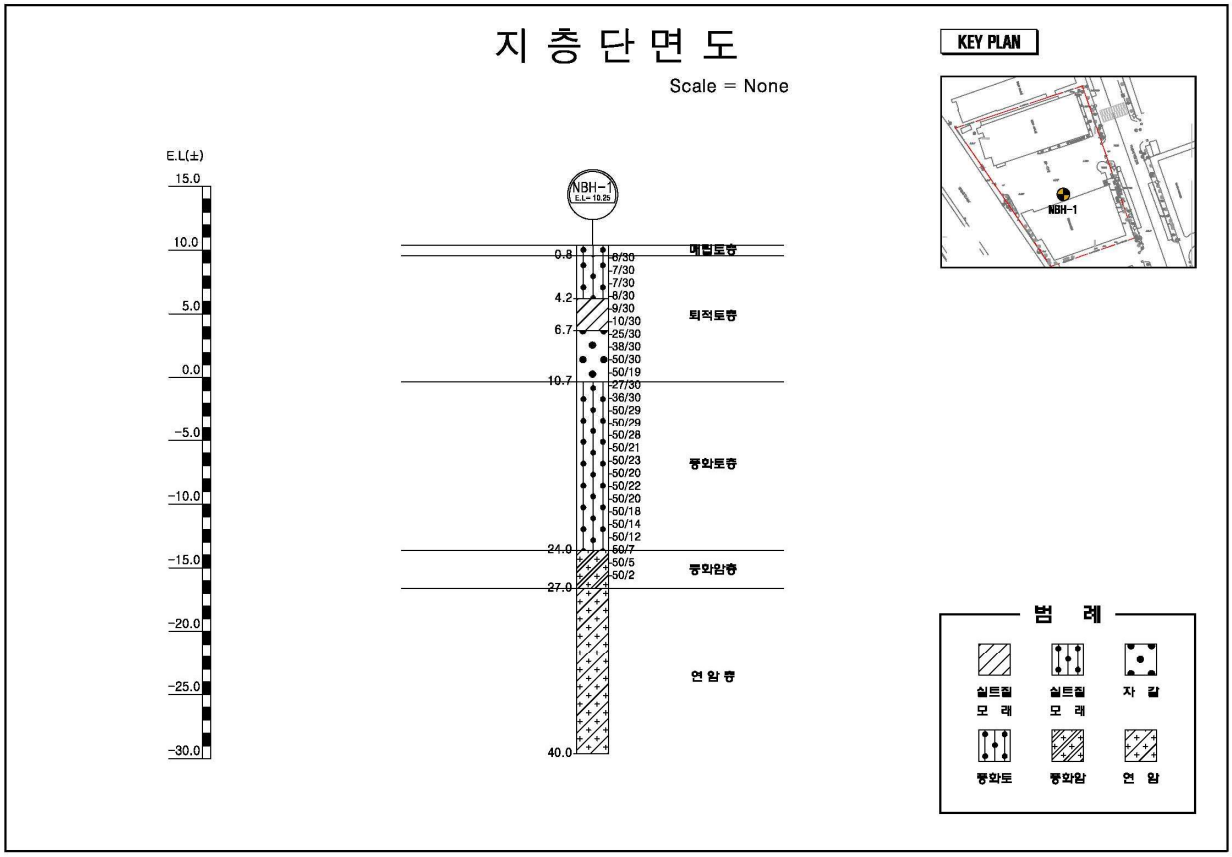
1. 조사위치도

10.2 지반조사 자료



2. 지층단면도

10.2 지반조사 자료

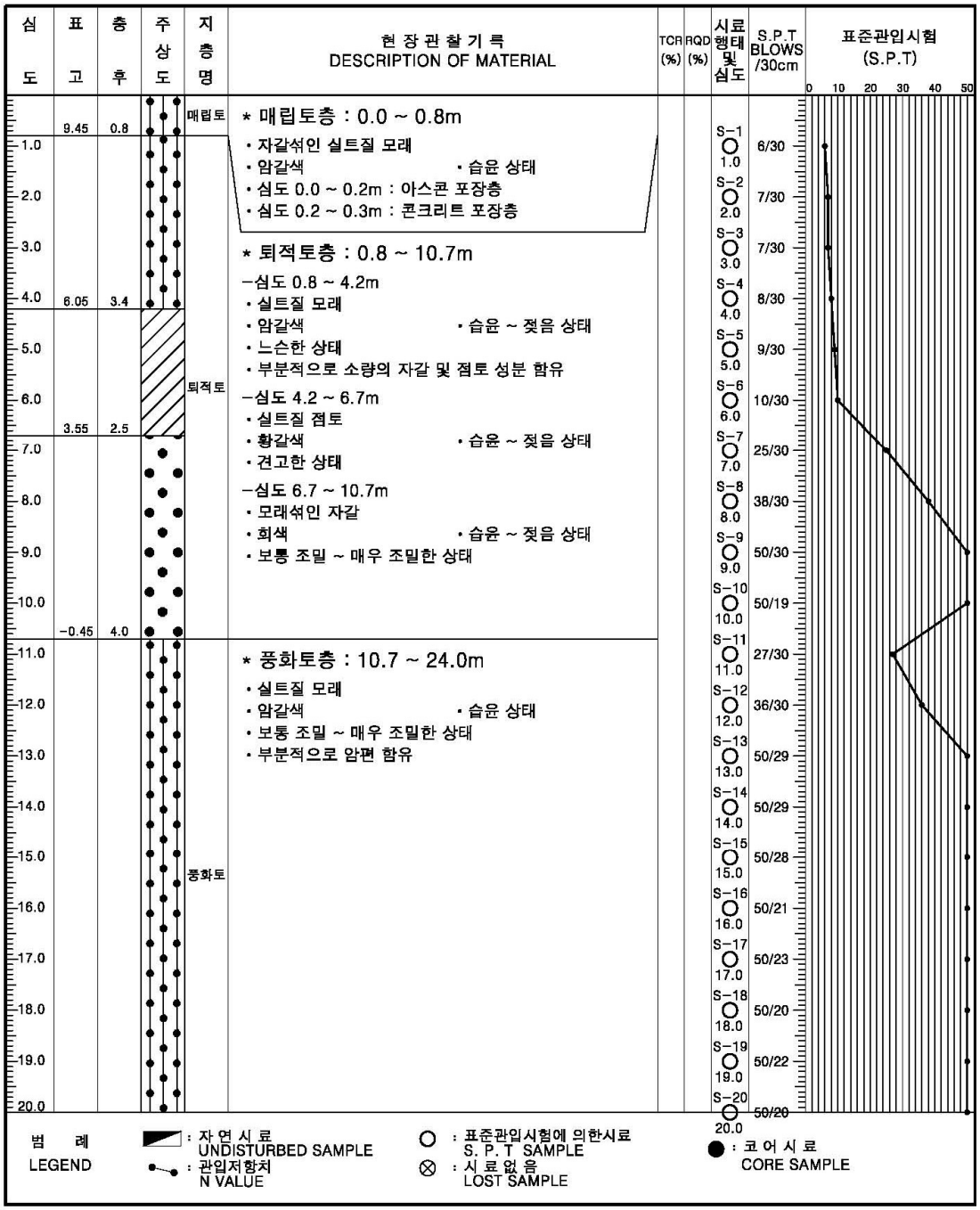

지 층 단 면 도
Scale = None
KEY PLAN
NBH-1
E.L(±)
15.0
10.0
5.0
0.0
-5.0
-10.0
-15.0
-20.0
-25.0
-30.0
NBH-1
E.L-10.25
0.8
4.2
6.7
10.7
24.0
27.0
40.0
6/30
7/30
7/30
8/30
9/30
10/30
25/30
38/30
50/30
50/19
27/30
36/30
50/29
50/29
50/28
50/21
50/23
50/20
50/22
50/20
50/18
50/14
50/12
50/7
50/5
50/2
매립토층
퇴적토층
풍화토층
풍화암층
연 암 층
범 례
실트질 모 래
실트질 모 래
자 갈
풍화토
풍화암
연 암

3. 시추주상도

시 추 주 상 도

2 매중 1

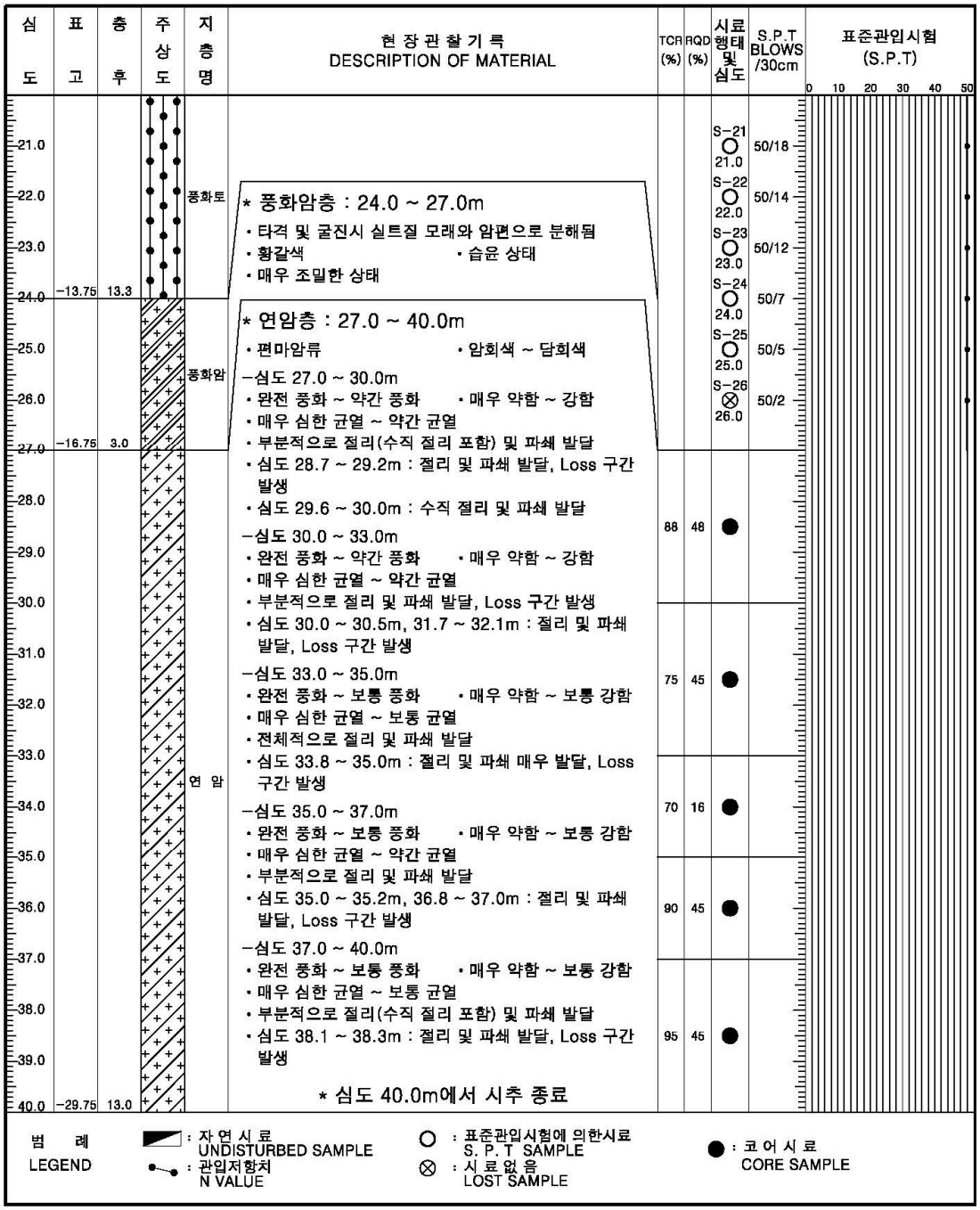
과 업 명	가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업		발 주 처		조 사 일	2021. 03. 23
시 추 공 번	NBH-1	위 치	서울시 금천구 가산디지털2로 23 (가산동)		시 추 표 고	EL(+) 10.25 m
시 추 장 비	유압식시추기	좌 표	X : 541,221.379 Y : 189,636.045		시 추 심 도	GL(-) 40.0 m
시 추 방 법	회전수세식	구 분			케이싱심도	GL(-) 34.0 m
시 추 공 경	NX	시 추 자	김 수 득	작 성 자 마 상 진	지 하 수 위	GL(-) 17.1 m



시 추 주 상 도

2 매중 2

과 업 명	가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업			발 주 처		조 사 일	2021. 03. 23
시 추 공 번	NBH-1	위 치	서울시 금천구 가산디지털2로 23 (가산동)			시 추 표 고	EL(+) 10.25 m
시 추 장 비	유압식시추기	좌 표	X : 541,221.379 Y : 189,636.045			시 추 심 도	GL(-) 40.0 m
시 추 방 법	회전수세식	구 분				케이싱심도	GL(-) 34.0 m
시 추 공 경	NX	시 추 자	김 수 득	작 성 자	마 상 진	지 하 수 위	GL(-) 17.1 m



4. 투수시험

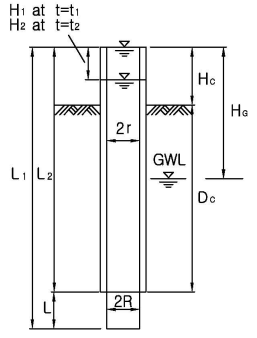
FIELD PERMEABILITY TEST
(FALLING HEAD TEST in Extended Hole)

PROJECT	가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사		
HOLE NO.	NBH-1	DATE.	2021. 03
HOLE DIA.(cm)	7.6	GEOLOGY.	퇴적토
TEST SECTION	8.00 m ~ 9.00 m	G.W.L (G.L-m)	17.1
CASING DIA.(cm)	6.0	CASING HEIGHT(cm)	20

L_1 (cm)	L_2 (cm)	L (cm)	D_C (cm)	H_G (cm)
920	820	100	800	1730

T_1 (sec)	T_2 (sec)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	k (cm/sec)
0	5	0.0	45.0	1.563E-03
5	10	45.0	89.0	1.613E-03
10	15	89.0	132.0	1.667E-03
15	20	132.0	171.0	1.598E-03
20	25	171.0	208.0	1.601E-03
25	30	208.0	243.0	1.599E-03
			k (cm/sec) =	1.61E-03

■ 시험구간이 지하수위면 하부인 경우



$$K = \frac{R^2}{2L(t_2 - t_1)} Ln\left(\frac{L}{r}\right) Ln\left(\frac{H_G - H_1}{H_G - H_2}\right)$$

K (cm/sec) : 투수계수

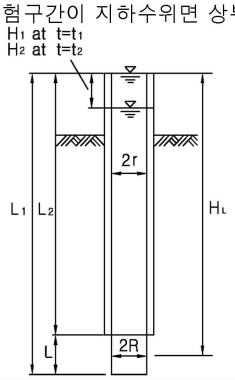
R, r (cm) : 시험구간반경, 케이싱반경

t_1, t_2 (sec) : 경과시간

H c (cm) : 지상에 노출된 케이싱 길이

D c (cm) : 지중에 삽입된 케이싱 길이

■ 시험구간이 지하수위면 상부인 경우



$$K = \frac{R^2}{2L(t_2 - t_1)} Ln\left(\frac{L}{r}\right) Ln\left(\frac{H_L - H_1}{H_L - H_2}\right)$$

H_L (cm) : 케이싱 상단에서 시험구간 중심까지의 거리

L (cm) : 시험구간

H_1, H_2 (cm) : 경과시간에 따른 수위저하 시간

H_G (cm) : 케이싱 상단에서 지하수위까지 거리

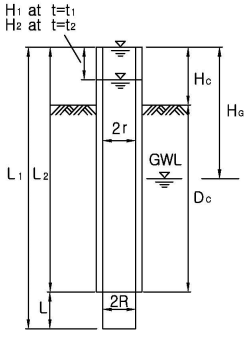
FIELD PERMEABILITY TEST
(FALLING HEAD TEST in Extended Hole)

PROJECT	가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사			
HOLE NO.	NBH-1		DATE.	2021. 03
HOLE DIA.(cm)	7.6		GEOLOGY.	풍화암
TEST SECTION	25.00 m ~ 26.00 m		G.W.L (G.L-m)	17.1
CASING DIA.(cm)	6.0		CASING HEIGHT(cm)	20

L_1 (cm)	L_2 (cm)	L (cm)	D_C (cm)	H_G (cm)
2620	2520	100	2500	1730

T_1 (sec)	T_2 (sec)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	k (cm/sec)
0	30	0.0	15.0	4.272E-05
30	60	15.0	29.0	4.021E-05
60	90	29.0	44.0	4.345E-05
90	120	44.0	58.0	4.090E-05
120	180	58.0	86.0	4.142E-05
180	240	86.0	114.0	4.213E-05
			k (cm/sec) =	4.18E-05

■ 시험구간이 지하수위면 하부인 경우



$$K = \frac{R^2}{2L(t_2 - t_1)} Ln\left(\frac{L}{r}\right) Ln\left(\frac{H_G - H_1}{H_G - H_2}\right)$$

K (cm/sec) : 투수계수

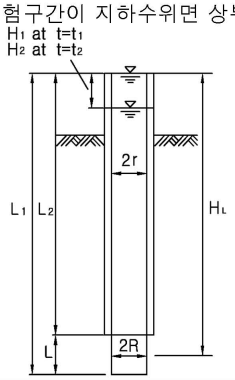
R, r (cm) : 시험구간반경, 케이싱반경

t_1, t_2 (sec) : 경과시간

H c (cm) : 지상에 노출된 케이싱 길이

D c (cm) : 지중에 삽입된 케이싱 길이

■ 시험구간이 지하수위면 상부인 경우



$$K = \frac{R^2}{2L(t_2 - t_1)} Ln\left(\frac{L}{r}\right) Ln\left(\frac{H_L - H_1}{H_L - H_2}\right)$$

H_L (cm) : 케이싱 상단에서 시험구간 중심까지의 거리

L (cm) : 시험구간

H_1, H_2 (cm) : 경과시간에 따른 수위저하 시간

H_G (cm) : 케이싱 상단에서 지하수위까지 거리

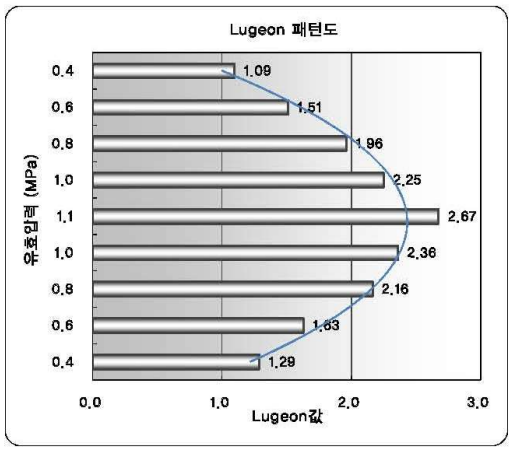
5. 수압시험

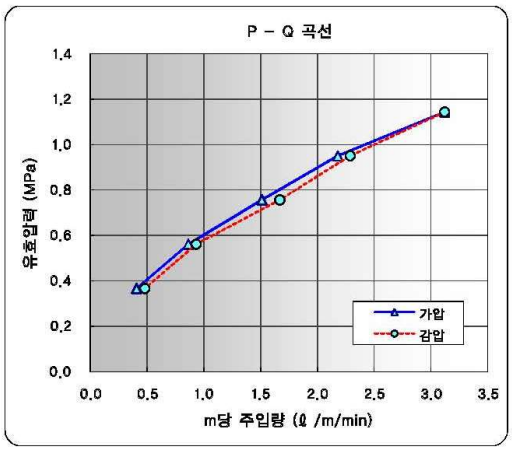
수 압 시 험

과업명 : 가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사

공 번	NBH-1			암 종			편마암류	날 짜		2021. 03
시험심도(m)	30.0	~	35.0	케이싱 크기 (cm)			7.60	지하수위(m)		17.10
지표면에서 압력계 높이(m)	0.20			패커종류			SINGLE	시 험 자		-
시험구간(m)	5.00			시험구간 중심까지의 심도(m)			32.50	작 성 자		-

주입시간	주입압력	손실수두	총수두	유효압력	유량계 읽은값			시간당 주입량	m당 주입량	루 전 값 (Lugeon)	투수계수
(T, min)	(P, MPa)	(H_ℓ, m)	(H, m)	(P', MPa)	부터	까지	(q, ℓ)	(Q, cm^3/min)	(ℓ /m/min)		(K, cm/s)
5	0.20	0.0103	37.3	0.37	400.0	410.2	10.2	2,040	0.41	1.09	1.41E-05
5	0.39	0.0461	57.3	0.56	420.0	441.6	21.6	4,320	0.86	1.51	1.95E-05
5	0.59	0.1412	77.2	0.76	450.0	487.8	37.8	7,560	1.51	1.96	2.53E-05
5	0.78	0.2935	97.0	0.95	495.0	549.5	54.5	10,900	2.18	2.25	2.91E-05
5	0.98	0.6012	116.7	1.14	560.0	638.0	78.0	15,600	3.12	2.67	3.46E-05
5	0.78	0.3233	97.0	0.95	645.0	702.2	57.2	11,440	2.29	2.36	3.05E-05
5	0.59	0.1718	77.1	0.76	710.0	751.7	41.7	8,340	1.67	2.16	2.80E-05
5	0.39	0.0536	57.2	0.56	760.0	783.3	23.3	4,660	0.93	1.63	2.10E-05
5	0.20	0.0142	37.3	0.37	790.0	802.0	12.0	2,400	0.48	1.29	1.66E-05
									평 균	1.88	2.43E-05





Lugeon 패턴 : Dilation (팽창)

적용 Lugeon값 : 1.19

투수계수(K) : 2.43E-05 cm/s

비 고

※ 1Lu = 주입압 10kg/cm^2으로 구간 1m당 주입량 1ℓ /min임

※ 1Lu = (10 x Q)/(P x L)

여기서, Q = 분당주입량(ℓ /min), P = 유효압력(kgf/cm^2), L = 시험구간(m)

※ K = (2.3 x Q/60) / (2 x π x L x H) x log(L/r)

※ H = H_p + H_1 + H_2 - H_3 - H_ℓ

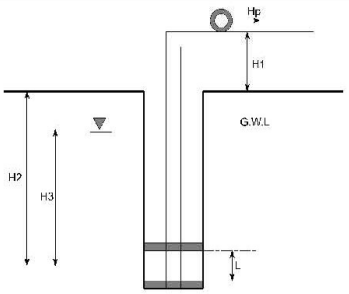
H_p = 주입압력 수두

H_1 = 지표면에서 압력계 높이

H_2 = 시험구간 중심까지의 심도

H_3 = 시험구간 중심에서 지하수위까지 길이

H_ℓ = 관내마찰 손실수두($H\ell$ = f x (L/d) x v^2/2g)



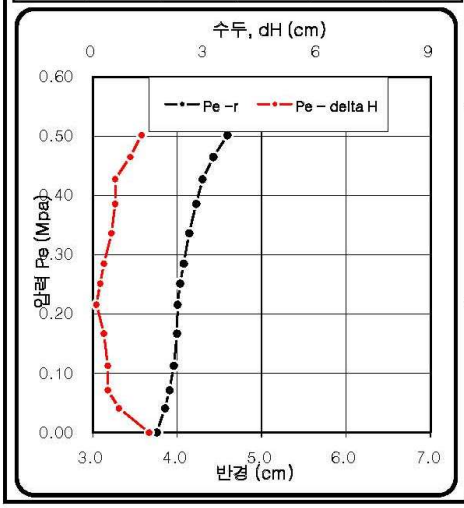
1. 지하수위가 상단 패커 위에 있을때 H3만큼 빼줌.
2. 지하수위가 하단 패커 아래에 있을때 H_3=0 임.

6. 공내재하시험(LLT, PMT)

공내재하시험(Lateral Load Test)

용역명	가산동 345-48 지식산업센터 개발사업 지반조사			발주처	
공번	NX-1	지층(N치)	매립층(-/-)	시험일자	2021.03.
심도	0.5m	시험자	O.j.h	검토자	K.s.h

압력		수두H'(cm)				dH(cm)	H(cm)	PG	PG-P	Pe	r
cell	gas	15"	30"	60"	120"	H120-H30	H120-H0	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)	(cm)
0.00					17.0						
0.04	0.05	17.7	18.5	19.2	20.0	1.5	3.2	0.01	-0.03	0.00	3.76
0.10	0.10	20.3	20.6	20.9	21.3	0.7	4.5	0.03	-0.07	0.04	3.86
0.14	0.15	21.4	21.6	21.8	22.0	0.4	5.2	0.04	-0.10	0.07	3.91
0.19	0.20	22.1	22.3	22.5	22.7	0.4	5.9	0.05	-0.14	0.11	3.96
0.25	0.25	22.8	22.9	23.0	23.2	0.3	6.4	0.06	-0.19	0.17	4.00
0.30	0.30	23.2	23.2	23.2	23.3	0.1	6.5	0.06	-0.24	0.22	4.01
0.34	0.35	23.4	23.5	23.6	23.7	0.2	6.9	0.06	-0.28	0.25	4.03
0.38	0.40	23.8	24.0	24.1	24.3	0.3	7.5	0.07	-0.31	0.28	4.08
0.44	0.45	24.5	24.7	24.9	25.2	0.5	8.4	0.08	-0.36	0.34	4.14
0.50	0.50	25.5	25.8	26.1	26.4	0.6	9.6	0.09	-0.41	0.39	4.23
0.55	0.55	26.6	26.9	27.2	27.5	0.6	10.7	0.10	-0.45	0.43	4.30
0.60	0.60	27.9	28.4	28.9	29.4	1.0	12.6	0.11	-0.49	0.46	4.43
0.65	0.65	30.0	30.7	31.3	32.0	1.3	15.2	0.12	-0.53	0.50	4.60



초기수두	16.80	cm
삽입후 수두	17.00	cm
PG-P의 최대값	-0.03	Mpa

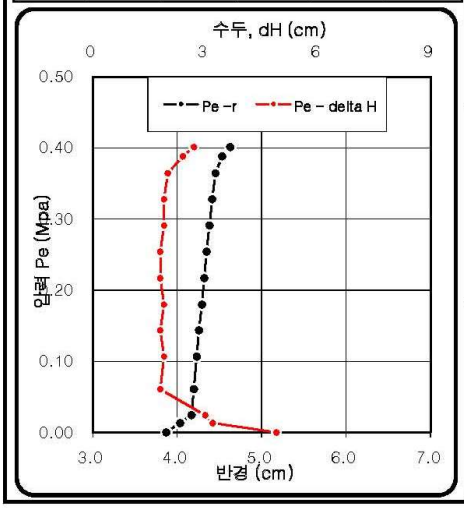
Vol. of Water	110.00	cc
포와송비	0.40	
ro	3.91	cm
ry	4.30	cm
Py'	0.43	Mpa
Pl'	0.50	Mpa

earth pressure at rest	0.07	Mpa
yield pressure	0.36	Mpa
failure pressure	0.43	Mpa
Km	0.91	Mpa
Rm	4.11	cm
Em	**5.23**	Mpa

공내재하시험(Lateral Load Test)

용역명	가산동 345-48 지식산업센터 개발사업 지반조사			발주처	
공번	NX-1	지층(N치)	퇴적층(7/30)	시험일자	2021.03.
심도	3.0m	시험자	O.j.h	검토자	K.s.h

압력		수두H'(cm)				dH(cm)	H(cm)	PG	PG-P	Pe	r
cell	gas	15"	30"	60"	120"	H120-H30	H120-H0	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)	(cm)
0.00					4.6						
0.03	0.04	5.7	4.2	7.9	9.1	4.9	4.7	0.04	0.01	0.00	3.87
0.07	0.08	9.6	8.1	10.7	11.3	3.2	6.9	0.06	-0.01	0.01	4.03
0.10	0.12	11.7	10.2	12.7	13.2	3.0	8.8	0.08	-0.02	0.02	4.17
0.14	0.16	13.3	11.8	13.5	13.6	1.8	9.2	0.08	-0.06	0.06	4.20
0.19	0.20	13.7	12.2	13.9	14.1	1.9	9.7	0.09	-0.10	0.11	4.23
0.23	0.24	14.2	12.7	14.4	14.5	1.8	10.1	0.09	-0.14	0.14	4.26
0.27	0.28	14.6	13.1	14.8	15.0	1.9	10.6	0.10	-0.17	0.18	4.29
0.31	0.32	15.1	13.6	15.3	15.4	1.8	11.0	0.10	-0.21	0.22	4.32
0.35	0.36	15.5	14.0	15.7	15.8	1.8	11.4	0.10	-0.25	0.25	4.35
0.39	0.40	15.9	14.4	16.1	16.3	1.9	11.9	0.10	-0.29	0.29	4.38
0.43	0.44	16.4	14.9	16.6	16.8	1.9	12.4	0.11	-0.32	0.33	4.41
0.47	0.48	16.9	15.4	17.2	17.4	2.0	13.0	0.11	-0.36	0.36	4.45
0.50	0.52	17.7	16.2	18.3	18.6	2.4	14.2	0.12	-0.38	0.39	4.53
0.52	0.56	18.9	17.4	19.7	20.1	2.7	15.7	0.12	-0.40	0.40	4.63



초기수두	4.40	cm
삽입후 수두	4.60	cm
PG-P의 최대값	0.01	Mpa

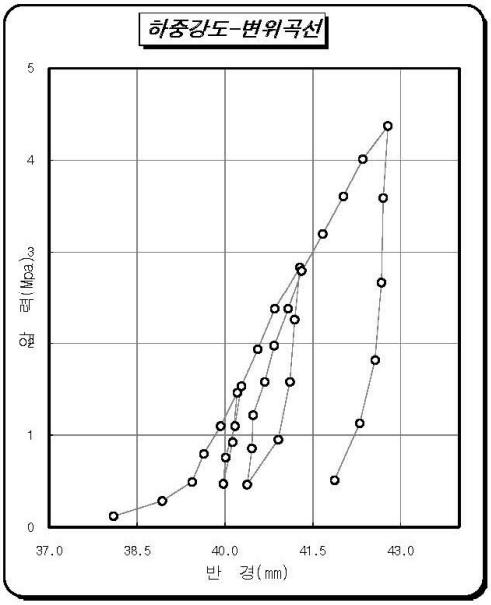
Vol. of Water	110.00	cc
포와송비	0.40	
ro	4.20	cm
ry	4.45	cm
Py'	0.36	Mpa
Pl'	0.40	Mpa

earth pressure at rest	0.06	Mpa
yield pressure	0.30	Mpa
failure pressure	0.34	Mpa
Km	1.18	Mpa
Rm	4.33	cm
Em	**7.17**	Mpa

공내재하시험(Pressuremeter Test)

용역명	가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사			암종	편마암
공번	NBH-1	지층(N치)	풍화토(50/20)	시험일자	2021. 03.
심도	18.0m	시험자	L.b.h	검토자	K.s.h

압력(Mpa)	반경(mm)	압력(Mpa)	반경(mm)	압력(Mpa)	반경(mm)
0.12	38.10	1.97	40.84		
0.29	38.93	2.37	41.08		
0.49	39.44	2.79	41.31		
0.80	39.64	3.20	41.67		
1.10	39.93	3.61	42.02		
1.46	40.21	4.01	42.35		
0.92	40.13	4.37	42.78		
0.47	39.97	3.59	42.70		
0.76	40.01	2.67	42.67		
1.10	40.17	1.81	42.56		
1.53	40.28	1.13	42.30		
1.93	40.56	0.51	41.87		
2.37	40.85				
2.83	41.28				
2.26	41.19				
1.58	41.11				
0.95	40.91				
0.46	40.38				
0.85	40.46				
1.22	40.48				
1.58	40.68				



산출식 : E=(1+υ)×Rm×(ΔP/Δr)
υ: 포와송비
ΔP: 하중강도변화량(Mpa)
Rm: 평균반경(mm)
Δr: 공경변화량(mm)

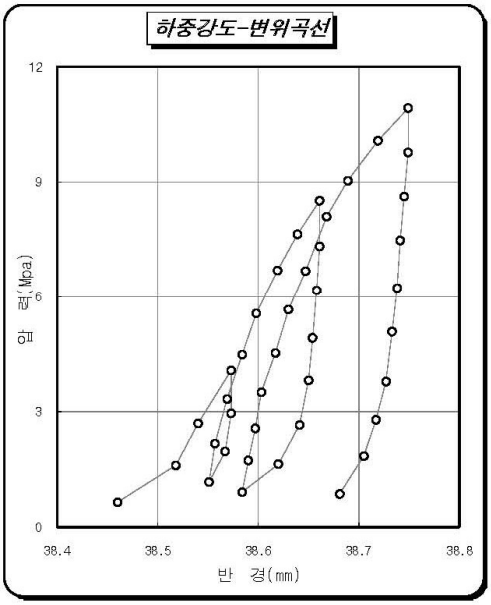
구 분	탄성계수	변형계수
ro(mm)	40.01	39.44
ry(mm)	41.28	42.78
po(Mpa)	0.76	0.49
py(Mpa)	2.83	4.37
ΔP(Mpa)	2.08	3.88
Δr(mm)	1.27	3.34
Rm(mm)	40.65	41.11
υ	0.40	0.40

탄성계수	**9.31E+01**	**Mpa**
변형계수	**6.69E+01**	**Mpa**

공내재하시험(Pressuremeter Test)

용역명	가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사			암종	편마암
공번	NBH-1	지층(TCR/RQD)	연암(75/45)	시험일자	2021. 03.
심도	30.0m	시험자	L.b.h	검토자	K.s.h

압력(Mpa)	반경(mm)	압력(Mpa)	반경(mm)	압력(Mpa)	반경(mm)
0.65	38.46	1.73	38.59		
1.61	38.52	2.57	38.60		
2.69	38.54	3.51	38.60		
4.08	38.57	4.53	38.62		
2.96	38.57	5.66	38.63		
1.97	38.57	6.68	38.65		
1.17	38.55	8.10	38.67		
2.17	38.56	9.03	38.69		
3.33	38.57	10.07	38.72		
4.49	38.58	10.93	38.75		
5.57	38.60	9.77	38.75		
6.69	38.62	8.62	38.75		
7.64	38.64	7.48	38.74		
8.52	38.66	6.23	38.74		
7.32	38.66	5.09	38.73		
6.17	38.66	3.78	38.73		
4.92	38.65	2.79	38.72		
3.82	38.65	1.85	38.71		
2.66	38.64	0.86	38.68		
1.64	38.62				
0.91	38.58				



산출식 : E=(1+υ)×Rm×(ΔP/Δr)
υ: 포와송비
ΔP: 하중강도변화량(Mpa)
Rm: 평균반경(mm)
Δr: 공경변화량(mm)

구 분	탄성계수	변형계수
ro(mm)	38.56	38.52
ry(mm)	38.60	38.75
po(Mpa)	2.17	1.61
py(Mpa)	5.57	10.93
ΔP(Mpa)	3.39	9.32
Δr(mm)	0.04	0.23
Rm(mm)	38.58	38.63
υ	0.30	0.30

탄성계수	**4.15E+03**	**Mpa**
변형계수	**2.03E+03**	**Mpa**

7. 실내시험

시 험 성 적 서

㈜ 서 주 테 크 경기도 성남시 중원구 사기막골로 124 테크동806호 Tel : 031-731-9330 Fax : 031-776-0334	성적서번호 : SJT - 21 - 109 페이지 (1) / 총 (3)	

1. 의뢰자
   - ㅇ 기 관 명 : 시지이엔씨㈜
   - ㅇ 고 객 : 정준오
   - ㅇ 주 소 : 서울시 구로구 디지털로27길 24, 811호(구로동, 벽산디지털밸리1차)
   - ㅇ 의뢰 일자 : 2021 년 3 월 24 일

2. 시험성적서의 용도 : 가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사

3. 시험대상품목 : 토사,암석

4. 시험항목 : 토사 - 함수비(1), 밀도(1), 체분석(1), 직접전단(2)
   암석 - 일축강도(1)

5. 시험기간 : 2021 년 3 월 24 일 ~ 2021 년 3 월 31 일

6. 시험방법 : KS F 2306 : 2020, KS F 2308 : 2016, KS F 2302 : 2017, KS F 2343 : 2017
   KS E 3033 : 2020

7. 시험환경 : 온도 (21.1 ± 0.8) ℃, 상대습도 (38 ± 2) % R.H.

8. 시험결과 : 별첨.

확인	작 성 자	승 인 자
	성 명 : 김 혜 준 (서명)	직 책 : 기 술 책 임 자 성 명 : 오 문 섭 (서명)

2021 년 4 월 1 일

㈜ 서 주 테 크 대표이사

10.2 지반조사 자료

PROJECT : 가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사

Soil Test Data

Borehole	Depth	MC	ρ_s	Atterberg L.		Direct shear		Unconf.comp.st			Triaxial comp. str			Consolidation		Rowe	C.R.S. Cons.		Grain size analysis % finer than					USCS
				LL	PI	C	ø	Q_u	Q_{ur}	St	C_{uu}	C_{cu}	$ø_{cu}$	K_o	P_c	C_c	C_c	P_c	C_c	#4	#10	#40	#200	2μ	
No.	m	%	g/cm³	%		kPa	deg	kPa			kPa		deg		kPa			kPa							
NBH - 1	0.3~0.8	-	-	-	-	18.9	27.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NBH - 1	3.0~3.5	-	-	-	-	22.3	24.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NBH - 1	13.00	14.7	2.657	NP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98.7	88.2	53.7	26.8	-	SM
											이	하	여	백											

Rock Core Test Data

Project : 가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사

Hole	Depth	Unit Weight	Sp./G	Absorption Ratio	Wave Velocity		Point Load Strength	Tensile Strength	Comp. Strength	Poisson's Ratio	Young's Modulus	Triaxial comp. Str		Rock Joint Shear	
					P-Wave	S-Wave						Cohesion	Friction Angle	Cohesion	Friction Angle
No.	m	kN/m³		%	m/sec	m/sec	Mpa	Mpa	Mpa		Mpa	Mpa	deg	Kpa	deg
NBH - 1	31.4~31.6	26.685	-	-	-	-	-	-	60.3	-	-	-	-	-	-

10.2 지반조사 자료

Gradation Curves

Sample No.	Depth(m)	Classification	Wn (%)	ρ_s(g/cm^3)	LL (%)	PI	USCS
NBH - 1	13.00	SILTY SAND	14.7	2.657	NP	-	SM

Borehole No.	NBH - 1
Test Method	KS F 2302 - 2017
Date	2021. 3.

■ **Project :** 가산동 **345-48**번지 지식산업센터 개발사업 지반조사

10.2 지반조사 자료

Direct Shear Test

■ Project	가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사	■ Borehole No.	NBH - 1
■ Test Method	KS F 2343: 2017	■ Depth	0.3~0.8 m
		■ Date	2021. 3

c = 18.9 kPa	ϕ = 27.5°	tan ϕ = 0.520

Sample Type	BLOCK	Deformation Rate	0.30 mm/min
Initial diameter (D)	60.0 mm	Method of Shear	Q
Initial height (H)	30.0 mm	Method of Test	Strain Control
Sample Area (A)	2827 mm^2	Gs	-

TEST No.		1	2	3	4
Sample Weight (g)	W	149.58	150.72	149.66	
Wet Density (kN/m^3)	r_t	17.63	17.77	17.64	
Water Content (%)	w	25.2	25.0	25.3	
Dry Density (kN/m^3)	r_d	14.08	14.22	14.08	
Void Ratio	e	-	-	-	
Saturation (%)	S	-	-	-	
Normal Stress (kPa)	σ_n	100	200	300	
Max.Shear Stress (kPa)	τ	68.26	128.03	172.24	

Description : 1 kgf/cm^2 = 98.07 kPa, 1 g/cm^3 = 9.807 kN/m^3

■ Remark	■ Operater	■ Approved

10.2 지반조사 자료

Direct Shear Test

■ Project	가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사	■ Borehole No.	NBH - 1
■ Test Method	KS F 2343: 2017	■ Depth	3.0~3.5 m
		■ Date	2021. 3

c = 22.3 kPa	ø = 24.7 °	tan ø = 0.460

Sample Type	BLOCK	Deformation Rate	0.30 mm/min
Initial diameter (D)	60.0 mm	Method of Shear	Q
Initial height (H)	30.0 mm	Method of Test	Strain Control
Sample Area (A)	2827 mm^2	Gs	-

TEST No.		1	2	3	4
Sample Weight (g)	W	165.46	165.22	165.72	
Wet Density (kN/m^3)	r_t	19.51	19.48	19.54	
Water Content (%)	w	23.1	23.0	23.4	
Dry Density (kN/m^3)	r_d	15.85	15.84	15.83	
Void Ratio	e	-	-	-	
Saturation (%)	S	-	-	-	
Normal Stress (kPa)	σ_n	100	200	300	
Max.Shear Stress (kPa)	τ	65.78	119.19	157.74	

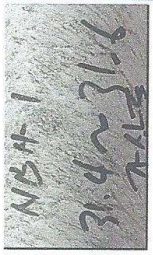
Description : 1 kgf/cm^2 = 98.07 kPa, 1 g/cm^3 = 9.807 kN/m^3

■ Remark	■ Operater	■ Approved

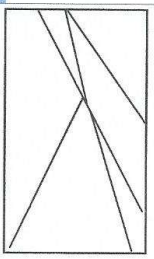
Unconfined Compression Test For Rock Core

■ Project	가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사		
■ Test Method	KS E 3033	■ Date	2021. 3
■ Borehole No.	NBH - 1	■ Depth	31.4~31.6 m

Specimen Diameter (cm)	5.21
Specimen Height (cm)	11.26
Specimen Weight (g)	654.18
Unit Weight (kN/m³)	26.685
Failure Load (kN)	128.80
Comp. Strength (MPa)	60.3



Before Test



After Test

■ Borehole No.		■ Depth	m

Specimen Diameter (cm)	
Specimen Height (cm)	
Specimen Weight (g)	
Unit Weight (kN/m³)	
Failure Load (kN)	
Comp. Strength (MPa)	

Before Test *After Test*

■ Borehole No.		■ Depth	m

Specimen Diameter (cm)	
Specimen Height (cm)	
Specimen Weight (g)	
Unit Weight (kN/m³)	
Failure Load (kN)	
Comp. Strength (MPa)	

Before Test *After Test*

■ Borehole No.		■ Depth	m

Specimen Diameter (cm)	
Specimen Height (cm)	
Specimen Weight (g)	
Unit Weight (kN/m³)	
Failure Load (kN)	
Comp. Strength (MPa)	

Before Test *After Test*

■ Remark

8. 현장사진첩

현 장 사 진

사 진 설 명	NBH - 1 굴진전경(근거리)



공사명	가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사
공 종	시추전경(근경)
공 번	NBH-1
일 자	2021.03.

사 진 설 명	NBH - 1 굴진전경(원거리)



공사명	가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사
공 종	시추전경(원경)
공 번	NBH-1
일 자	2021.03.

사 진 설 명	NBH - 1 SPT



공사명	가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사
공 종	표준관입시험(SPT)
공 번	NBH-1
일 자	2021.03.

사 진 설 명	NBH - 1 SPT 시료



공사명	가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사
공 종	표준관입시험(SPT)시료
공 번	NBH-1
일 자	2021.03.

사 진 설 명	NBH - 1 암반 코아 채취



공사명	가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사
공 종	코어시료(D3)
공 번	NBH-1
일 자	2021.03.

사 진 설 명	NBH - 1 현장투수시험



공사명	가산동 345-48번지 지식산업센터 개발사업 지반조사
공 종	투수시험
공 번	NBH-1
일 자	2021.03.

현 장 사 진

사 진 설 명	NBH - 1 현장수압시험



사 진 설 명	NBH - 1 공내재하시험(LLT)



사 진 설 명	NBH - 1 공내재하시험(PMT)



사 진 설 명	

시 료 상 자

조 사 공 번	NBH - 1(1)



조 사 공 번	NBH - 1(2)



조 사 공 번	NBH - 1(3)



10.3 용어해설

· 간극 (間隙, void)

흙이나 암석 가운데 액체나 기체가 차지하는 부분. 공극이라고도 함

· 간극수압 (間隙水壓, pore water pressure)

토양이나 암석의 공극을 채우고 있는 간극수(공극수)에 작용하는 압력을 말하며, 공극압 또는 간극수압 이라고도 한다

· 계측

굴착에 따른 주변지반, 주변구조물 및 각 지보재의 변위 및 응력의 변화를 측정하는 방법 또는 그 행위

· 관로 (管路, conduit)

관로는 관거를 비롯하여 우수토실, 토구, 물받이 및 연결관 등 물의 이송과 관련된 시설물을 총칭하여 말하며, 간단히 관으로 된 수로를 말하기도 한다

· 관정 (管井)

지하수를 이용하기 위하여 만든 둘레가 대롱 모양으로 된 우물. 지하수를 이용하는 일종의 수리시설이다

· 광역 지하수 흐름 분석

지하굴착에 따른 광역 지하수의 수위 변화와 유동 특성을 분석하는 것을 말한다

· 그라우팅 (grouting)

시멘트와 같은 충전재를 건축물이나 석축의 틈, 암석의 균열, 투수성 지층 등에 강제로 주입하는 공법

· 공동(空洞)

지표하부에 발생한 빈 공간으로 확대될 경우 지반침하 등이 발생할 수 있는 공간을 말한다

· 공동(空洞)조사

지하물리탐사를 이용하여 지하시설물 및 주변지반에 침하 · 공동(空洞) 등의 발생유무를 파악하는 행위를 말한다

10.3 용어해설

· 관측소 (觀測所, observatory gauging, observation station, observation post)

관측용 기기와 관측에 필요한 부지, 기타 관측에 필요한 조건 및 관측 시설을 갖춘 기관이나 장소

· 관측망 (觀測網, observation network)

특정지역내 특정현상의 경향과 특성을 파악하기 위하여 그물과 같이 조직적으로 구성한 다수의 관측소 무리

· 관측정 (觀測井, observation well)

지하수의 수두를 포함한 물리적 또는 화학적 특성의 변화 빈도와 크기를 관측하기 위하여 이용되는 우물

· 기반암 (基盤岩, bedrock)

미고결층과 풍화층의 아랫쪽에 존재하는 고결된 지층과 암체. 지질학에서는 부정합을 수반하는 피복층 아래의 지층을 기반이라 함

· 기초지반

구조물이 축조되고 그 안정성과 기능을 유지하는데 필요한 지표면 아래의 지반

· 단층 (斷層, fault)

지각변동에 의하여 생성된 지층의 어긋남

· 부정류 (不定流, unsteady flow)

시간에 따라 유량, 유속, 수심, 압력 등 흐름에 관계되는 제 물리량들이 변하는 흐름

· 부등침하 (不等沈下, differential settlement)

구조물의 기초지반이 침하함에 따라, 구조물의 여러 부분에서 불균등하게 침하를 일으키는 현상

· 변성작용 (變成作用, metamorphism)

퇴적암이나 화성암이 높은 온도와 압력을 받아 액체로 녹지 않고 고체상태에서 새로운 화학조성이나 새로운 구조, 형태, 조직으로 변하게 하는 작용

10.3 용어해설

· 사업지역

사업시행지역과 사업시행으로 인하여 지하안전에 영향이 미치거나 미칠 것으로 예상되는 주변지역으로, 협의 시 지하안전영향평가 대상지역으로 설정된 지역을 말한다

· 상대밀도

사질토의 다짐 정도를 나타내는 값

· 시추 (試錐, boring, drilling)

기초지반 조사나 공사 등에서 기계나 기구 등을 사용하여 지반을 천공하는 것으로 굴착방법에는 오거식, 로타리식 및 퍼쿠션 방법 등이 있으며 기초지반 조사에는 주로 로타리식이 이용됨. 연직시추가 일반적이나 배수 또는 터널선단부의 보강 등의 경우 수평이나 경사시추를 하기도 함.
→ 보링

· 실내시험

원지반에서 채취한 불교란 혹은 교란시료에 대해 실험실에서 수행하는 일련의 시험

· CCTV (Closed Circuit Television)

비디오카메라를 이용하여 특정 장소의 한정된 모니터로 신호를 전송하는 기술

· CIP공법 (Cast-In-place concrete Pile Method)

미리 제작되어 있는 콘크리트 말뚝을 박는 대신 굴착 기계로 정해진 깊이까지 구멍을 파서, 그 속에 철근을 삽입하고 콘크리트를 타입하는 공법

· RQD (Rock Quality Designation)

시추작업에서 회수한 암석의 길이를 근거로 암질을 평가하는 방법인데 외경이 74.61 mm인 코아바렐비트 (NX구경)를 사용하여 암석을 채취했을 때 100 mm(4 in)와 같거나 이보다 큰길이의 회수된 코아 길이의 합계를 코아바렐이 진행된 길이 곧 굴착된 암석의 이론적 길이의 비로 나타냄. 암질은 RQD=0 ~ 0.25 일때 매우 불량, 0.25 ~ 0.5 불량, 0.5 ~ 0.75 이면 보통이고 0.75 ~ 0.9 이면 매우 양호하다고 함

· 언더피닝 (under pinning)

기존 구조물의 기초에 추후 시공하는 영구적인 보강 공사를 말한다. 밑 이음이라고도 한다.

· 유역경계

빗물이나 눈 등의 강수를 모으는 지역의 범위를 유역이라 하고, 이러한 하천유역범위의 경계를 유역경계라 하며 분수계라고도 함

· 유역면적 (流域面積, catchment area)

유역의 경계선으로 둘러싸인 면적

· 유출 (流出, runoff)

강수로 인하여 지표면 또는 하천, 수로의 각종 경로를 거쳐 이동하는 물의 흐름현상

· 일축압축강도

일축압축시험에서 구한 공시체의 최대 압축저항력을 말하며 포화 점토에서는 비배수전단강도의 2배가 됨

· 지반조사

지반상에 건설되는 구조물 설계에 필요한 지반정보를 획득하기 위하여 수행하는 일련의 지표조사, 시추, 관입저항측정시험, 시료채취, 원위치시험, 실내시험, 물리탐사 등을 총칭

· 지표투과레이더탐사 (Ground Penetrating Radar, GPR)

10MHz~수 GHz 주파수 대역의 전자기 펄스를 이용하여 천부의 지하구조 파악 및 지하시설물 측량방법이다. 이 방법은 다른 탐사법에 비해 상대적으로 짧은 파장의 전자기파를 사용하므로 분해능이 높으며, 매질간의 유전율 차이에 의한 전자기파의 반사(Reflection)와 회절(diffraction) 현상 등을 측정하고 이를 해석하여 지하구조 및 시설물 등을 파악한다

· 지하수 (地下水, groundwater)

빗물이나 지표수가 지층을 침투하여 지하로 스며든 물로서 크게 천층수, 심층수, 용천수, 복류수로 구분됨

· 지하수위 (地下水位, level of groundwater, Grundwasserstand)

지하수면의 높이를 말한다. 지하수위를 관측하고 지하수면의 등고선을 그리면 지하수의 유동방향이나 유속을 추정할 수 있음

· 지하수유출 (地下水流出, groundwater runoff)

표토 속으로 침투하여 표토층을 통하여 하천에 이르기까지 횡적으로 흐르는 강우의 일부

· 지하안전영향평가

지하안전에 영향을 미치는 사업의 실시계획 · 시행계획 등의 허가 · 인가 · 승인 · 면허 또는 결정 등(이하 "승인 등"이라 한다)을 할 때에 해당 사업이 지하안전에 미치는 영향을 미리 조사 · 예측 · 평가하여 지반침하를 예방하거나 감소시킬 수 있는 방안을 마련하는 것을 말한다.

· 지형 (地形, topography)

암석과 흙 그리고 물이 가해져서 이루어진 지층의 형태

· 지형도 (地形圖, topographic map)

지표면상의 자연 및 인공적인 지물, 지모를 수평(X, Y) 또는 수직적(Z)으로 관측하여 그 결과를 일정한 축척과 도식으로 도지에 도시한 지도

· 진동 (振動, vibration, oscillation)

물체의 위치, 전류의 세기, 자기계, 기체의 밀도 등 하나의 물리적인 량이 일정한 주기로 반복하여 변화하는 현상

· 전단 강도 (剪斷强度, Shear Strength)

단면(斷面)의 평면에서 파괴가 이루어지는데 필요한 응력

· 전단력 (剪斷力, shear force)

고체 또는 부재 내 임의면에 작용하여 그 양쪽을 역방향으로 어긋나도록 작용하는 내력

· 조감도 (鳥瞰圖, bird eye view)

시점의 위치를 높게 잡고 내려다 본 것 같이 묘사한 도면

· 좌굴 (挫屈, buckling)

기둥의 길이가 그 횡단면의 치수에 비해 클 때, 기둥의 양단에 압축하중이 가해졌을 경우 하중이 어느 크기에 이르면 기둥이 갑자기 휘는 현상

· 절리 (節理, joint)

암석의 물리적 연속성을 단절하는 수직·수평 또는 경사진 분할선이나 균열(fracture)을 말하는 것으로 장력(tension)이나 비틀림(torsion)에 의해 형성

10.3 용어해설

· 지하연속벽

벤토나이트 등의 안정액을 사용하여 굴착 벽면의 붕괴를 방지하면서 지하에 소정의 형상 구공(溝孔)을 굴착하고, 여기에 무근, 철근 콘크리트 또는 PC 콘크리트판 등을 이용하여 연속적으로 구축하는 벽체

· 차수벽 (遮水壁, cut-off wall)

댐 또는 기타 구조물의 침투성인 기초지반 중에 침투하는 물을 막을 목적으로 점토, 콘크리트, 강널판 등의 불투수성재료로 만든 벽. 지수벽이라고도 함 → 지수벽

· 침하 (沈下, settlement)

하중에 의한 지반의 변형을 침하라 하며 일반적으로 침하의 원인은 토립자형태의 변화와 체적의 변화임

· 탄성침하(즉시침하)

지반에 하중이 작용함과 동시에 즉시에 발생하는 침하

· 투수계수 (透水係數, coefficient of permeability, hydraulic conductivity)

표준온도(15 ℃)에서 단위동수경사에 의하여 다공성재료의 단위면적을 직각으로 단위시간에 통과하는 정상류상태 수량. Darcy법칙에 있어서의 비례상수 즉 침투류에 관한 다음과 같은 관계식의 비례상수 k를 말함

$$v(Q/A) = ki$$

여기서, v는 침투속도, Q는 단위시간당 침투수량, A는 침투단면적, i는 동수구배임

· 터파기 (trench)

건축물의 기초를 만들기 위해 지면을 파는 것으로, 독립 기초 파기, 줄기초 파기, 온통 파기가 있다

· TCR (Total Core Recovery)

시추심도에 대한 회수된 코아의 백분율로서 조사대상의 보링 연장에 대한 실제 채취된 코아 연장의 비율

· 파쇄대 (破碎帶, fractured zone)

지층이 습곡(褶曲) 또는 단층을 받았을 때 암석이 눌려 찌부러져 파쇄대를 만든다

10.3 용어해설

· 풍화대 (風化帶, weathered zone, weathered layer)

암석의 표면은 일사(日射) · 대기 · 물 · 생물 등의 작용에 의하여 붕괴 또는 분해하는데, 이 작용이 미치고 있는 범위를 풍화대라고 한다

· 허용변위

상 · 하부구조의 기능성과 안전성이 손상되지 않는 범위 내에서 하부구조가 허용할 수 있는 변위

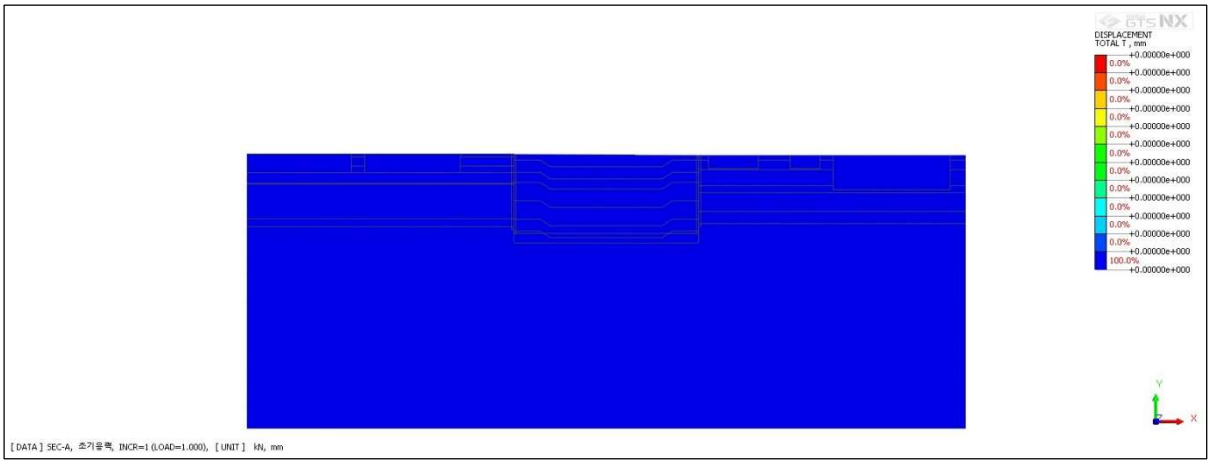
· 현장시험

현장지반의 공학적 특성을 파악하기 위하여 현장에서 대상 지반을 상대로 시행하는 시험

· 흙막이벽

깎기 또는 쌓기에 의해 지지되면서, 토압, 수압 등 외력에 대하여 안정을 유지하는 구조물

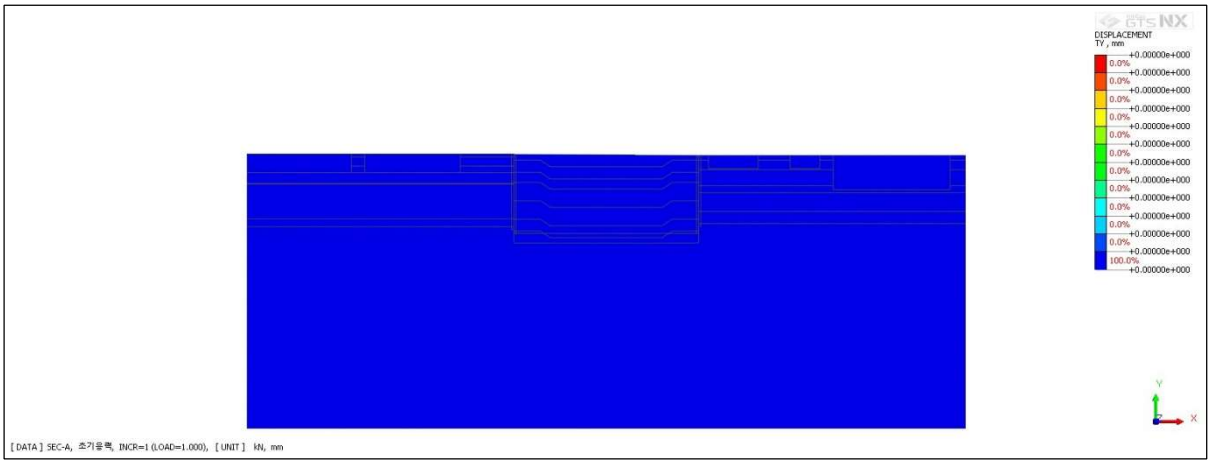
10.4.1 2차원 유한요소해석 단면 A-A 결과도



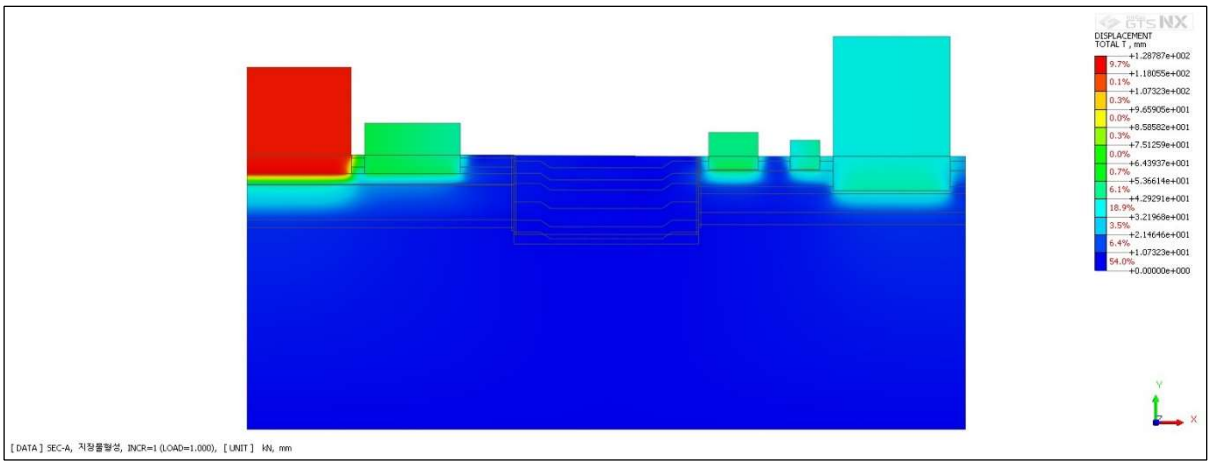
SEC-A_초기응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



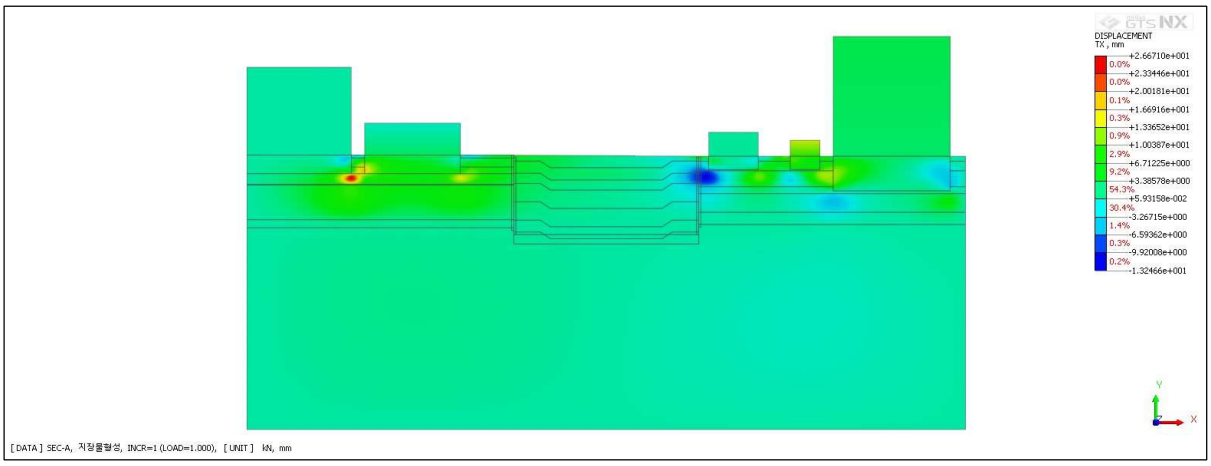
SEC-A_초기응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



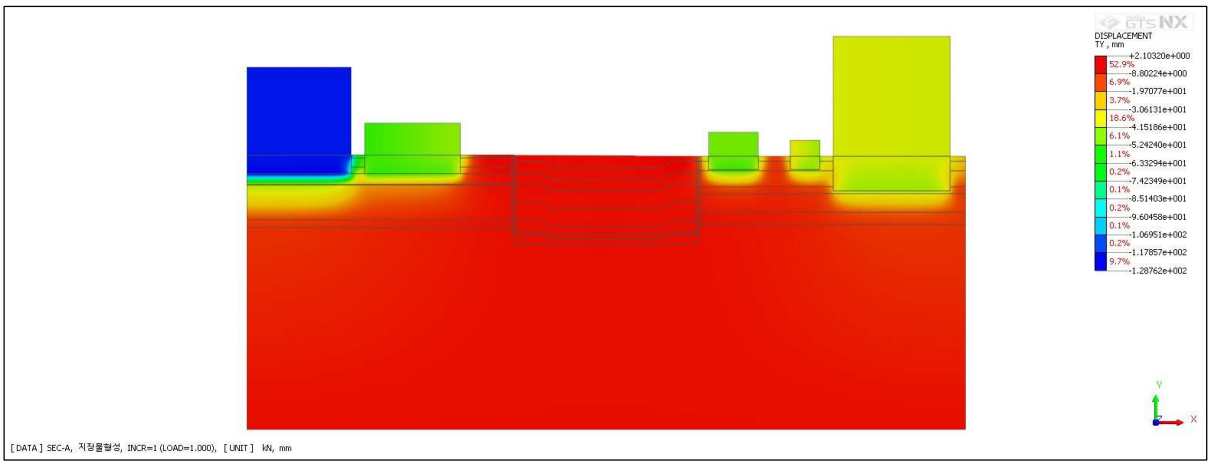
SEC-A_초기응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



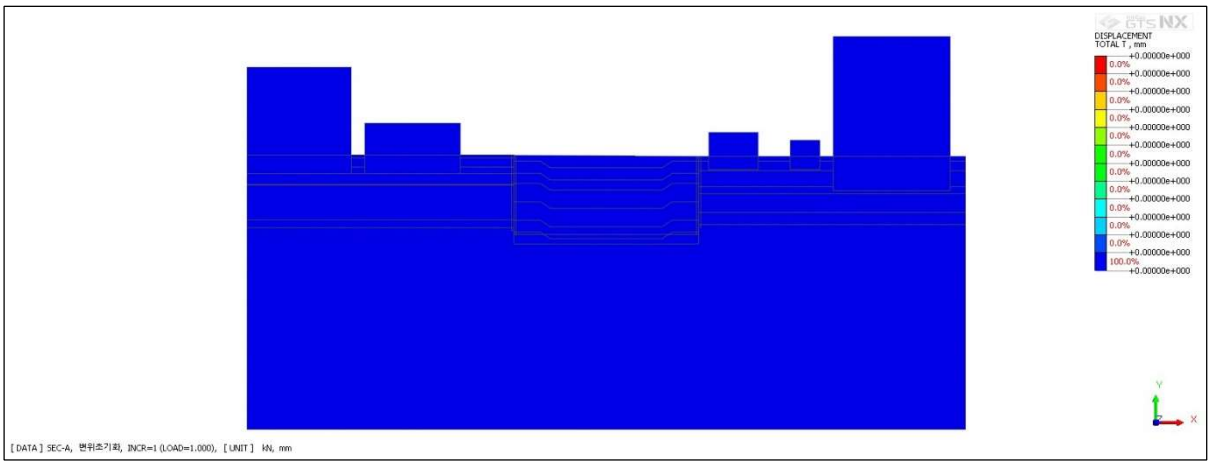
SEC-A_지장물형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



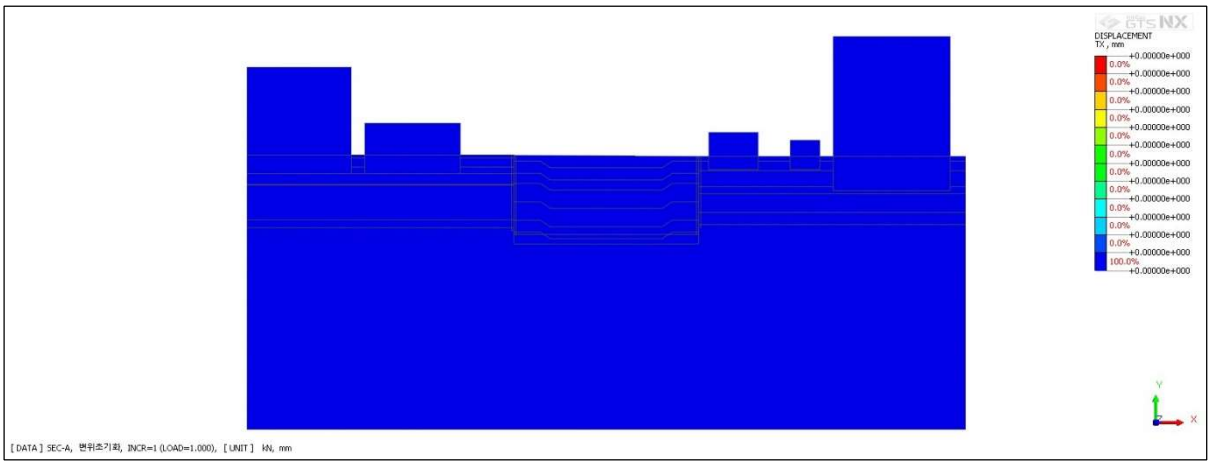
SEC-A_지장물형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



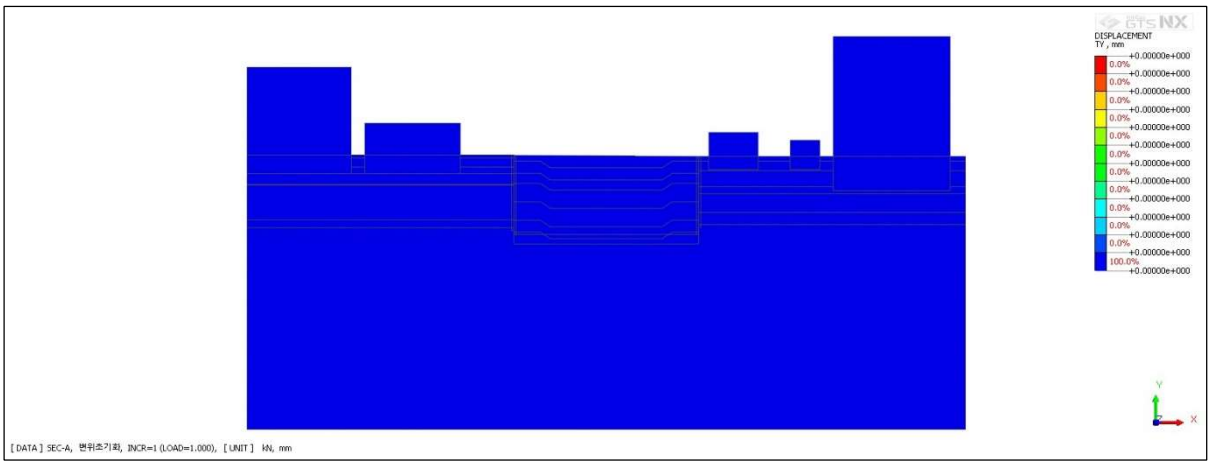
SEC-A_지장물형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



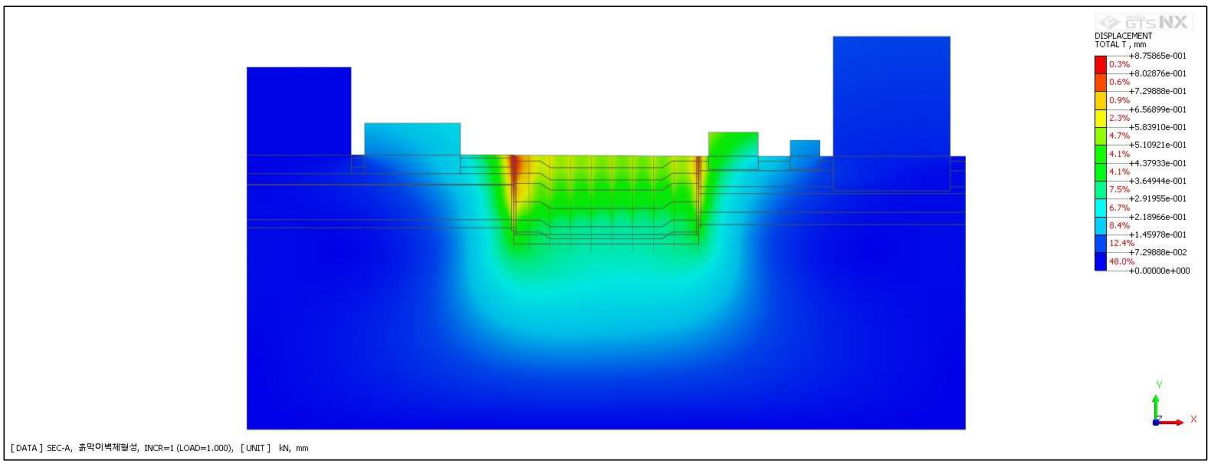
SEC-A_변위초기화_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



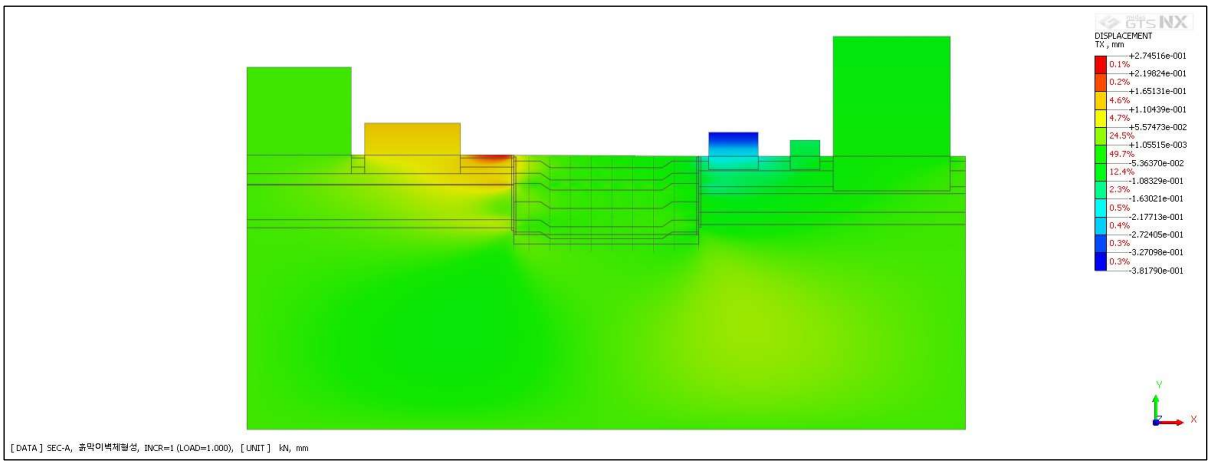
SEC-A_변위초기화_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



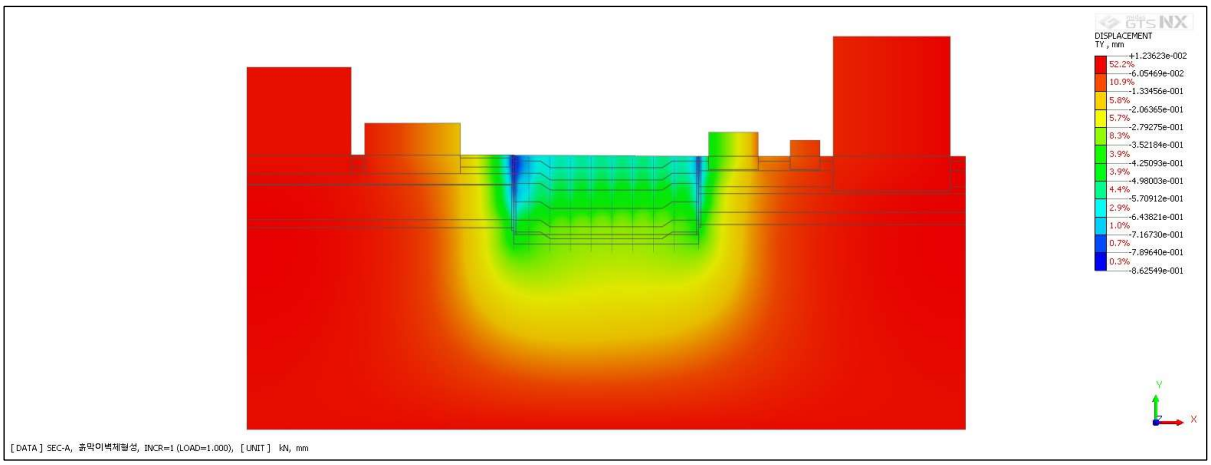
SEC-A_변위초기화_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



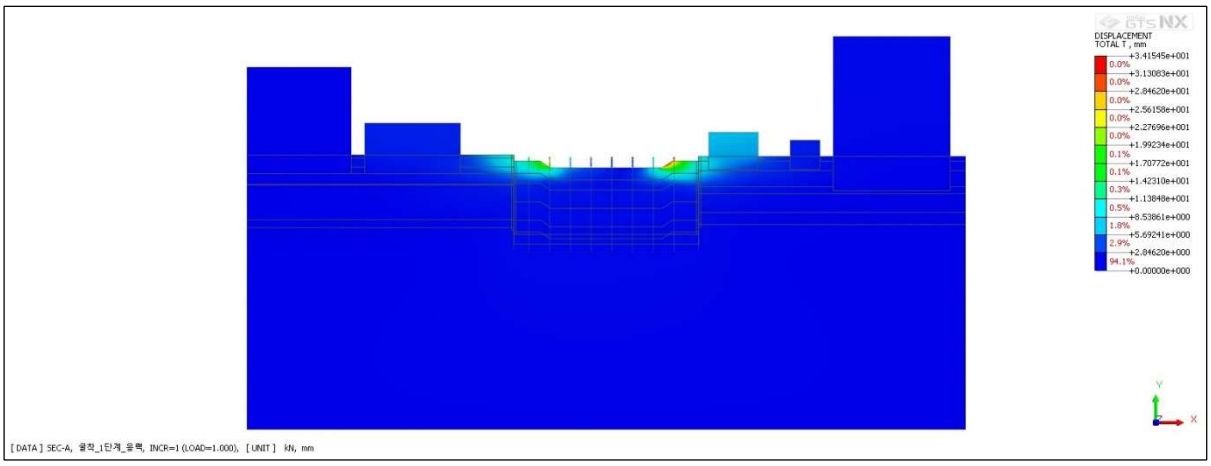
SEC-A_흙막이벽체형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



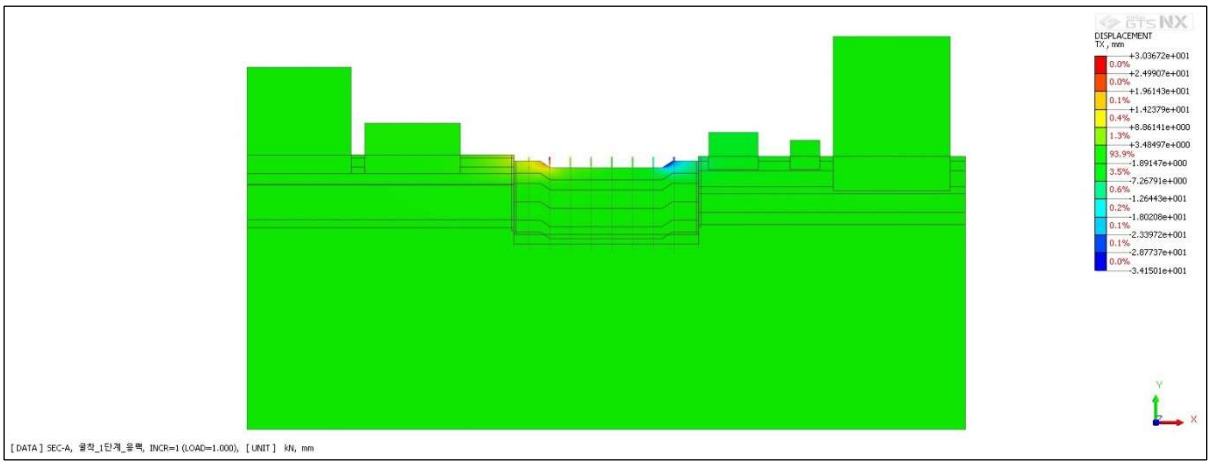
SEC-A_흙막이벽체형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



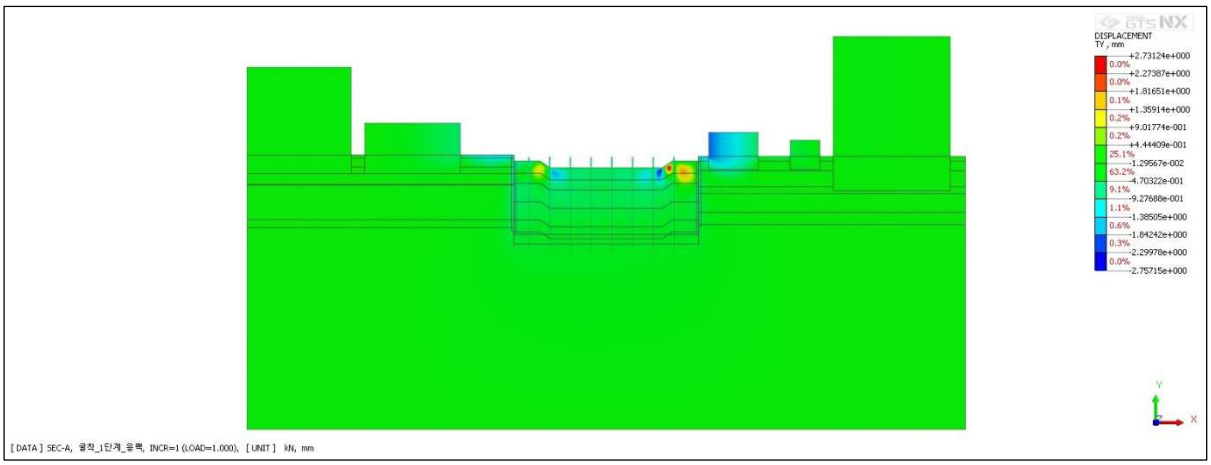
SEC-A_흙막이벽체형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



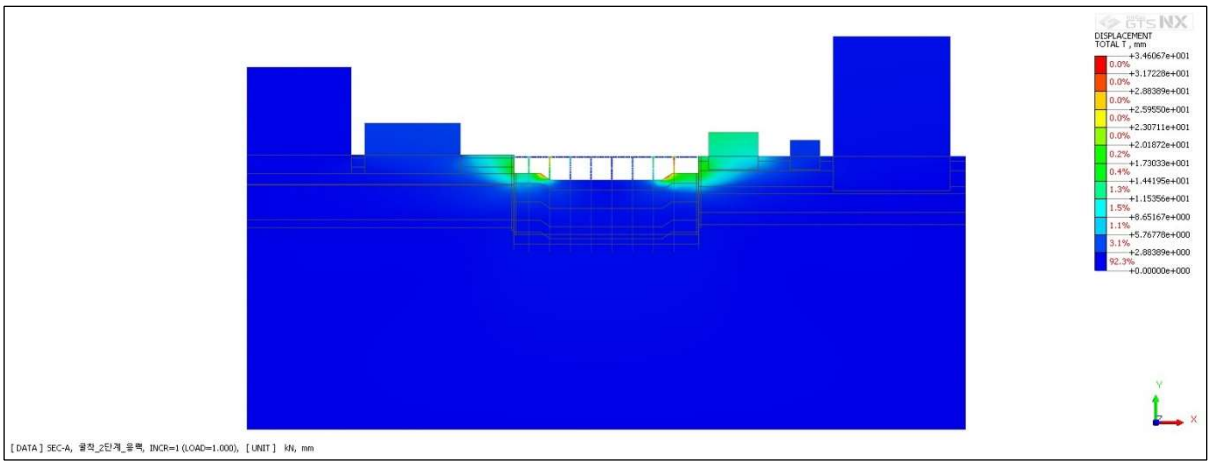
SEC-A_굴착_1단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



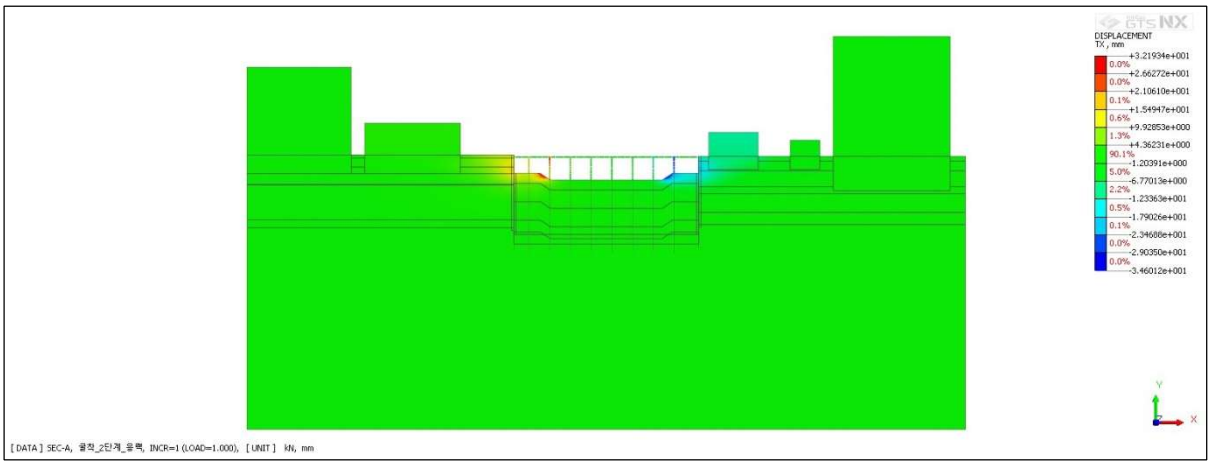
SEC-A_굴착_1단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



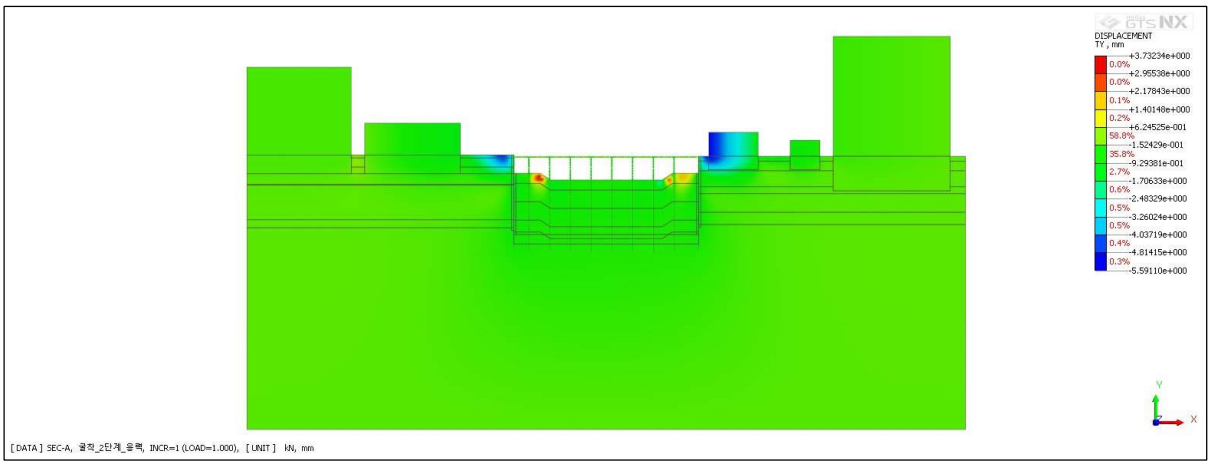
SEC-A_굴착_1단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



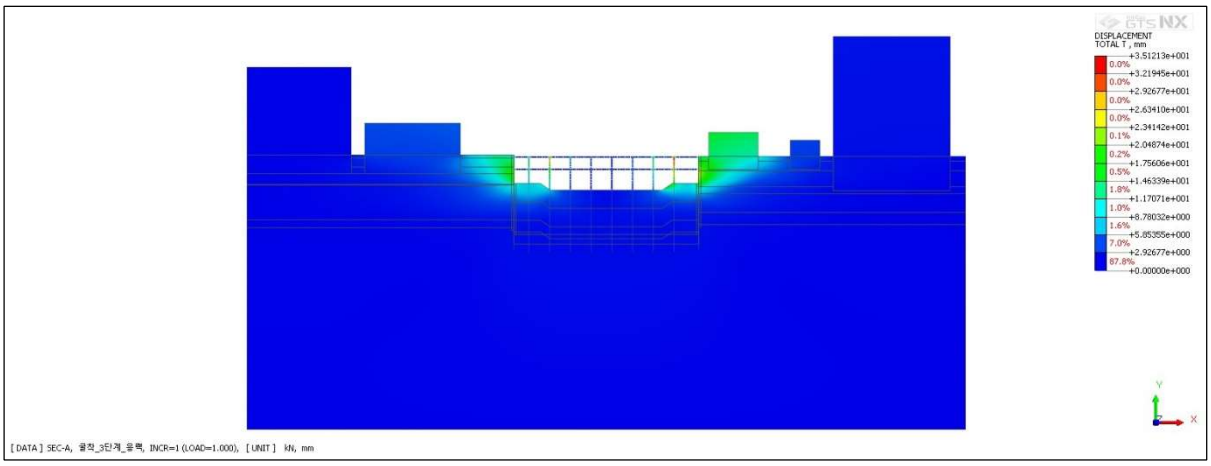
SEC-A_굴착_2단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



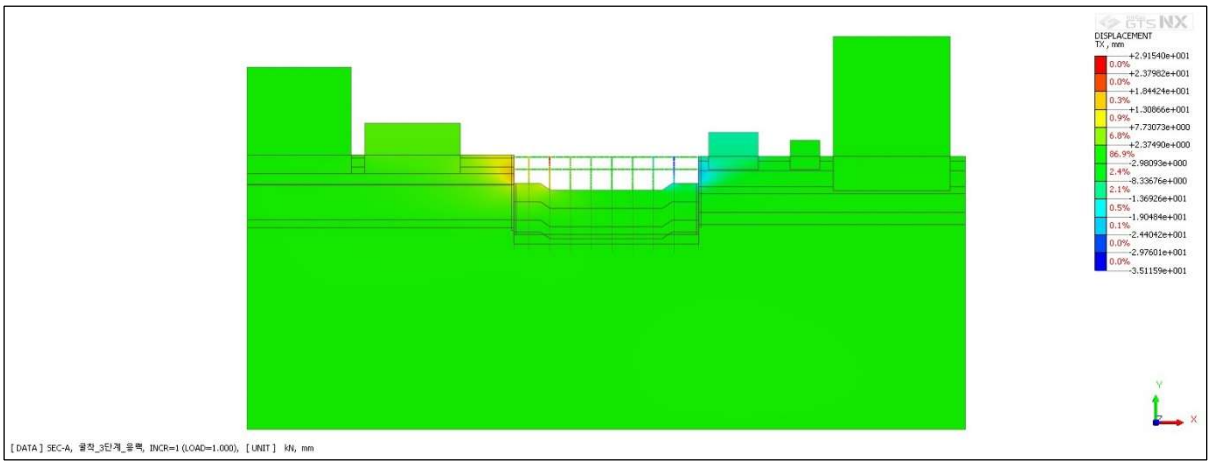
SEC-A_굴착_2단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



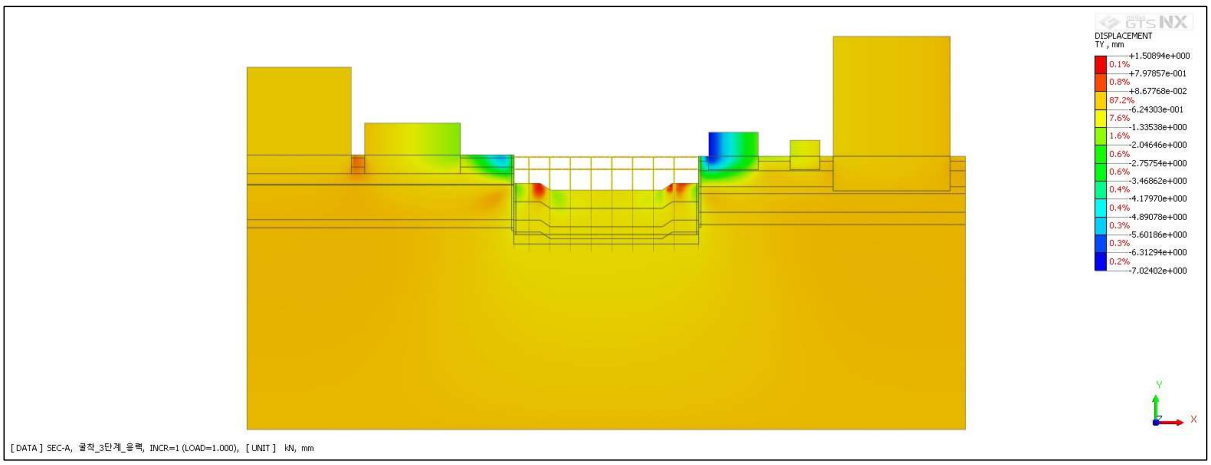
SEC-A_굴착_2단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



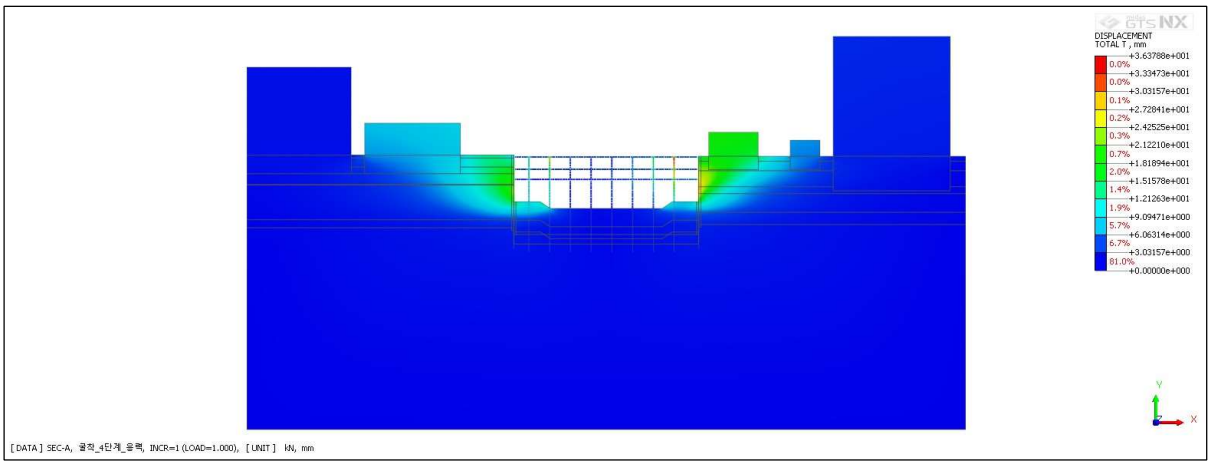
SEC-A_굴착_3단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



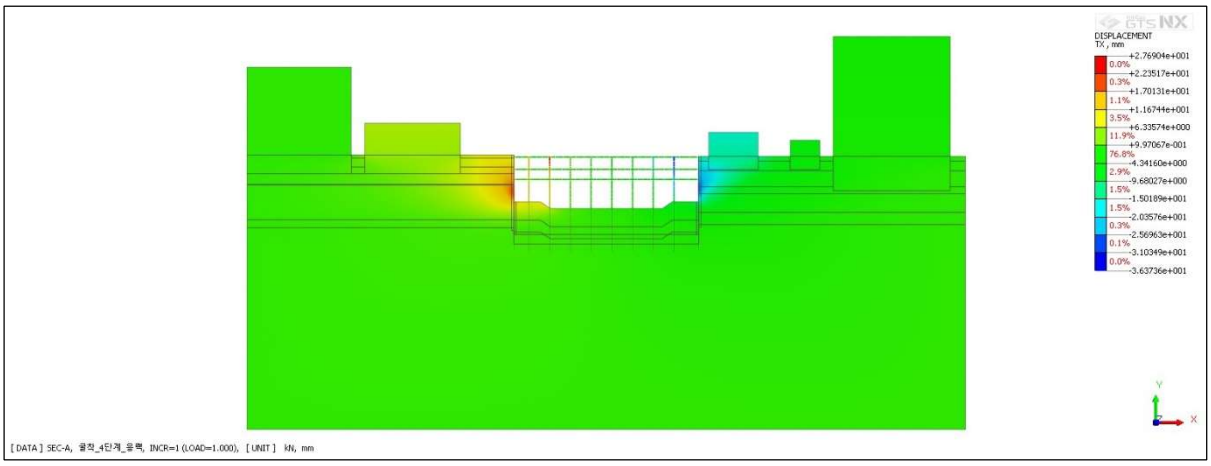
SEC-A_굴착_3단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



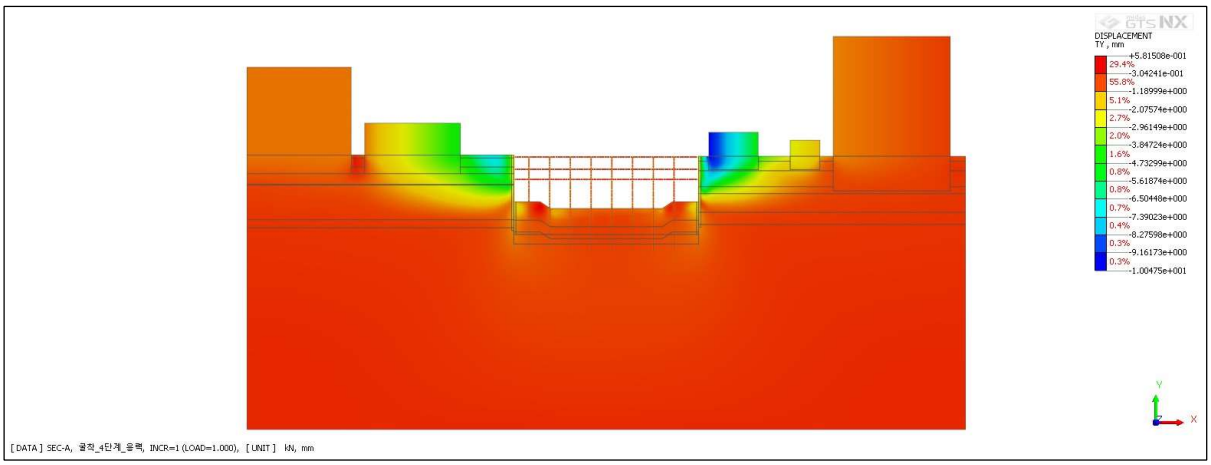
SEC-A_굴착_3단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



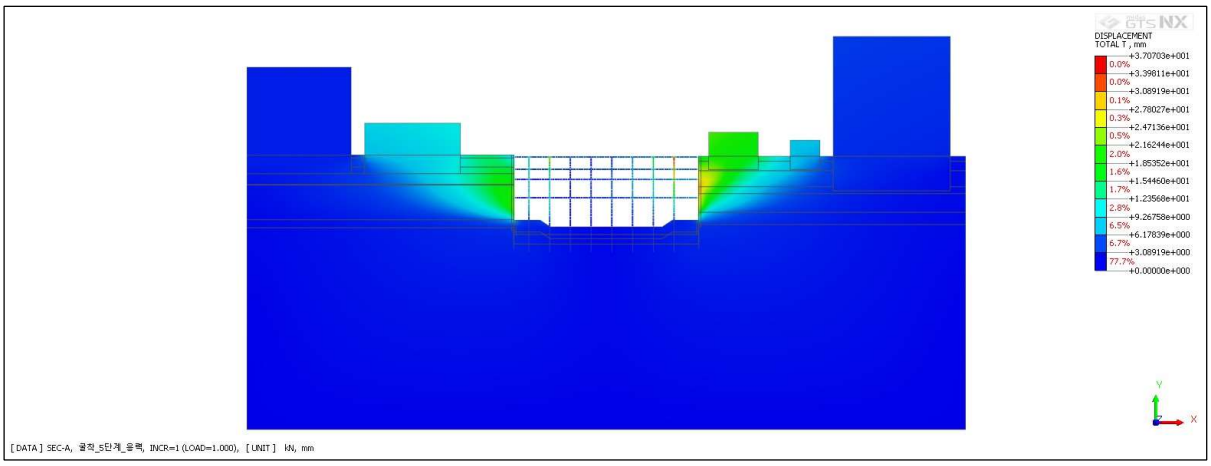
SEC-A_굴착_4단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



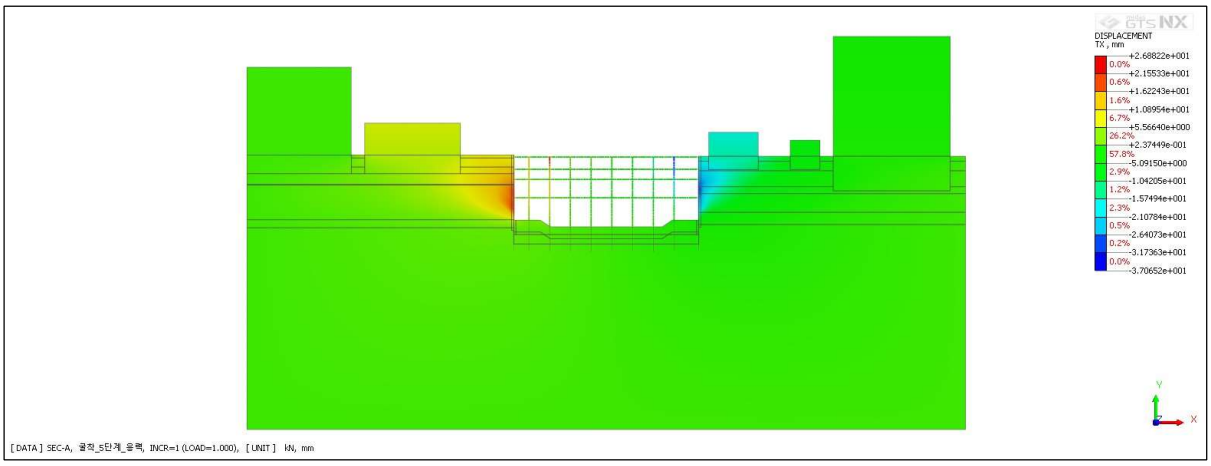
SEC-A_굴착_4단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



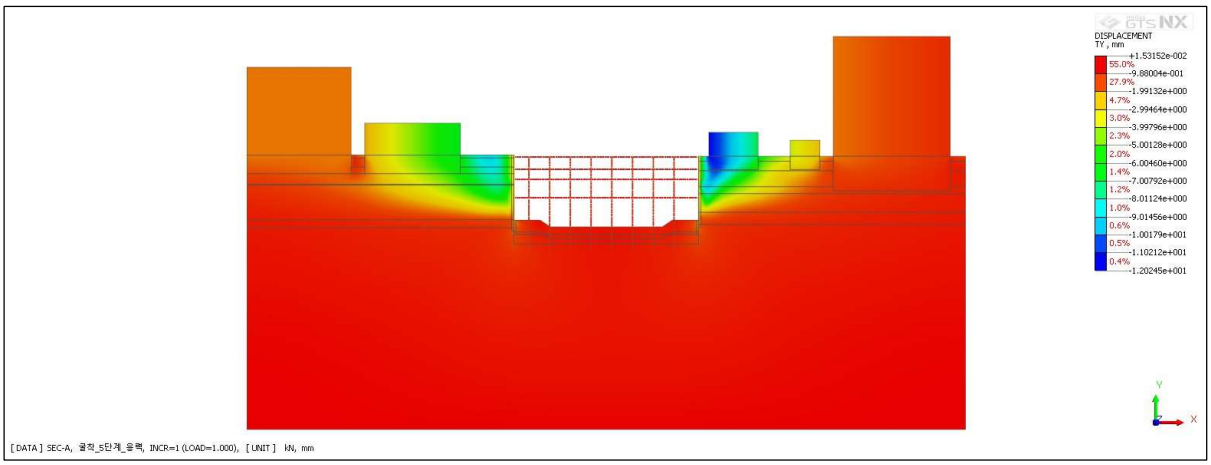
SEC-A_굴착_4단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



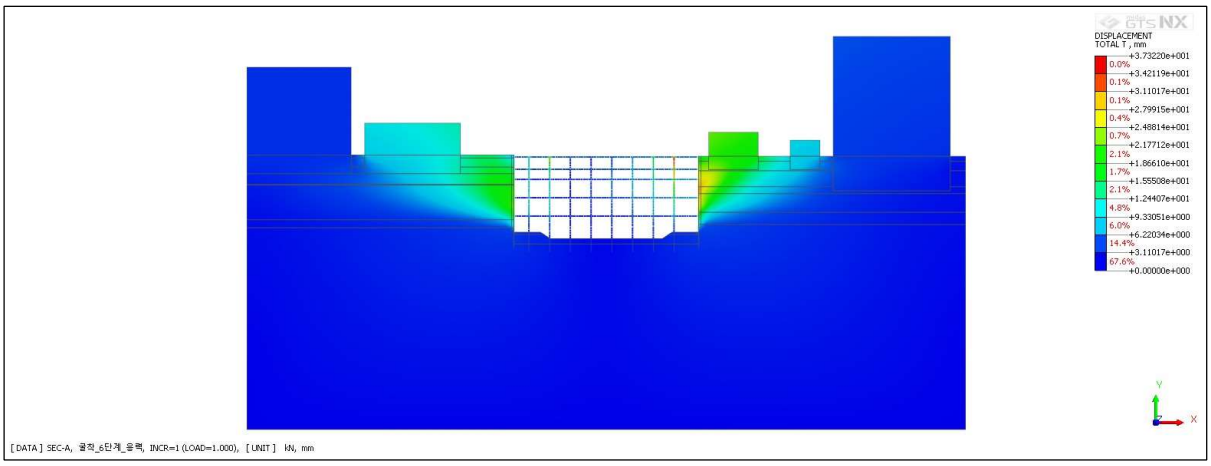
SEC-A_굴착_5단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



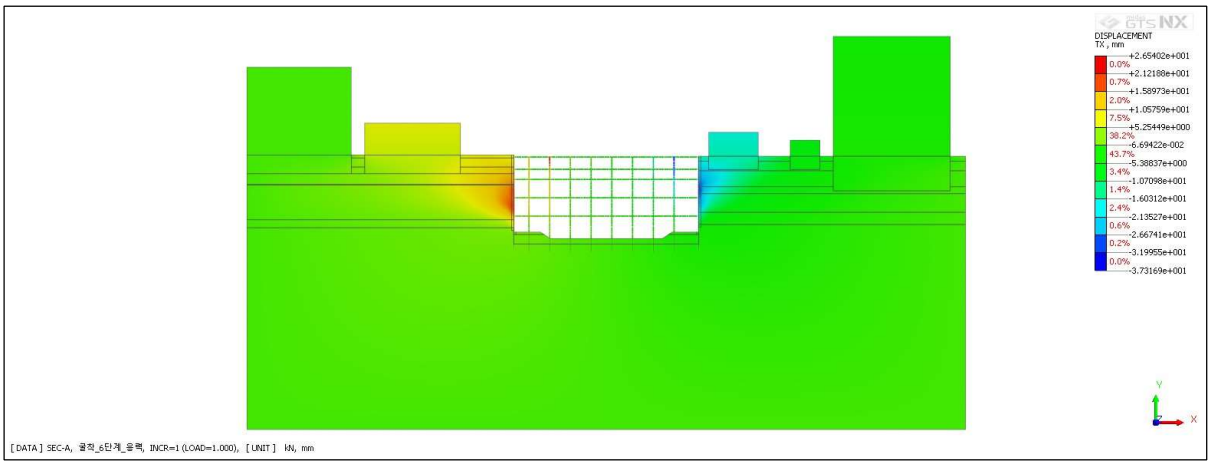
SEC-A_굴착_5단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



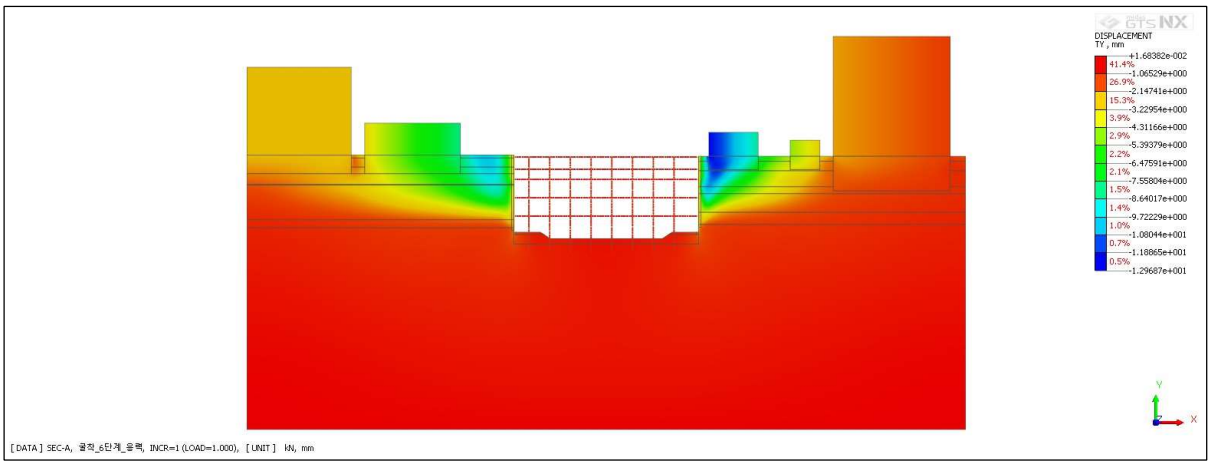
SEC-A_굴착_5단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



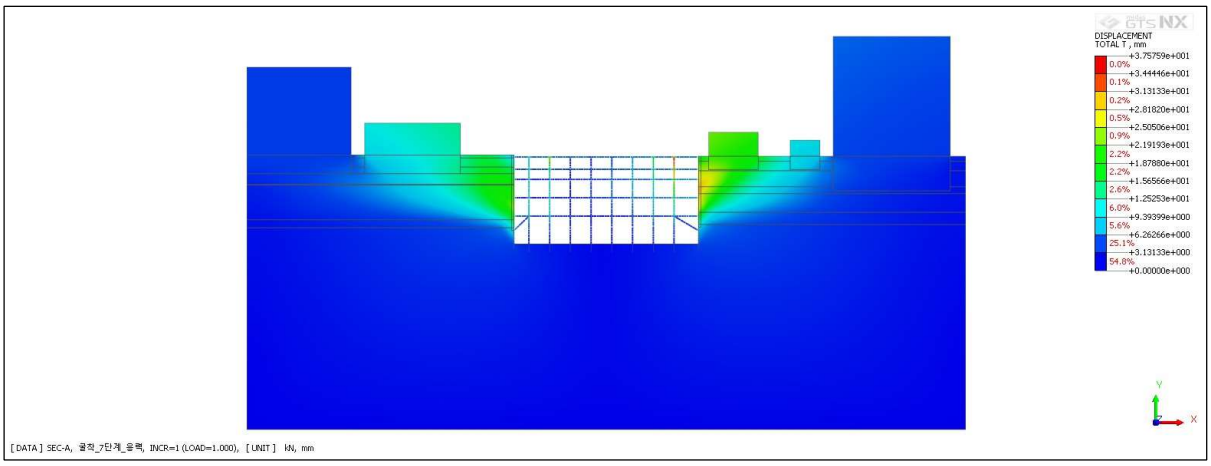
SEC-A_굴착_6단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



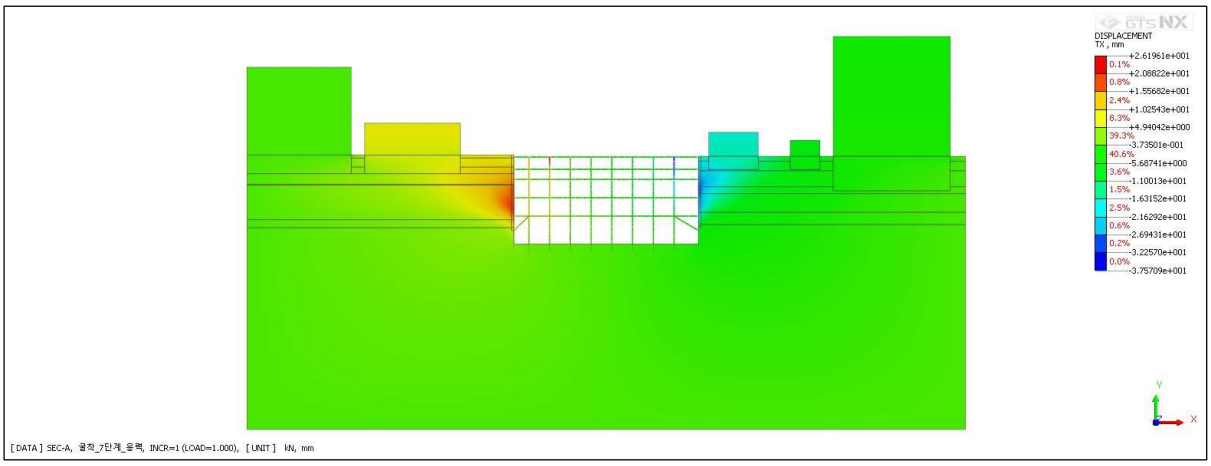
SEC-A_굴착_6단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



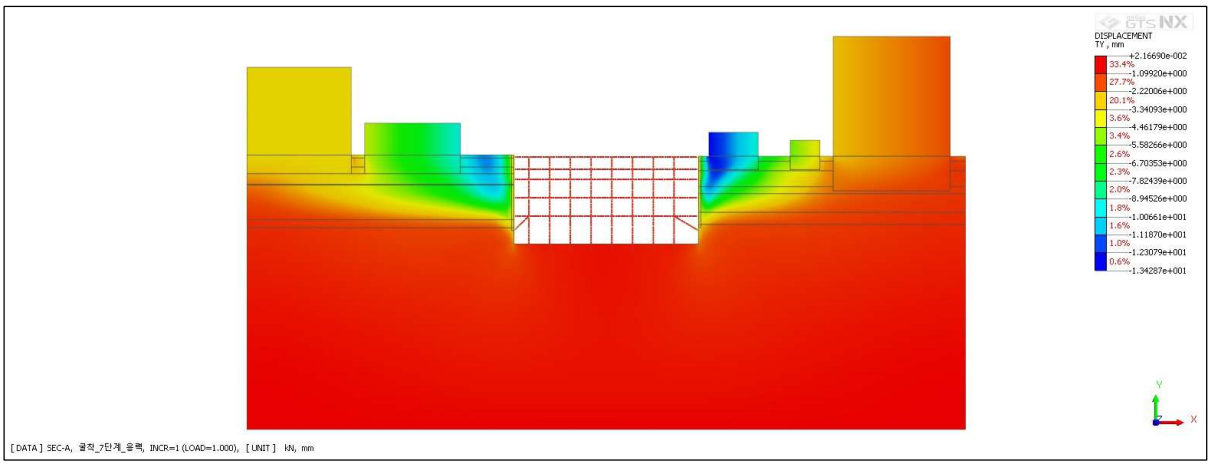
SEC-A_굴착_6단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



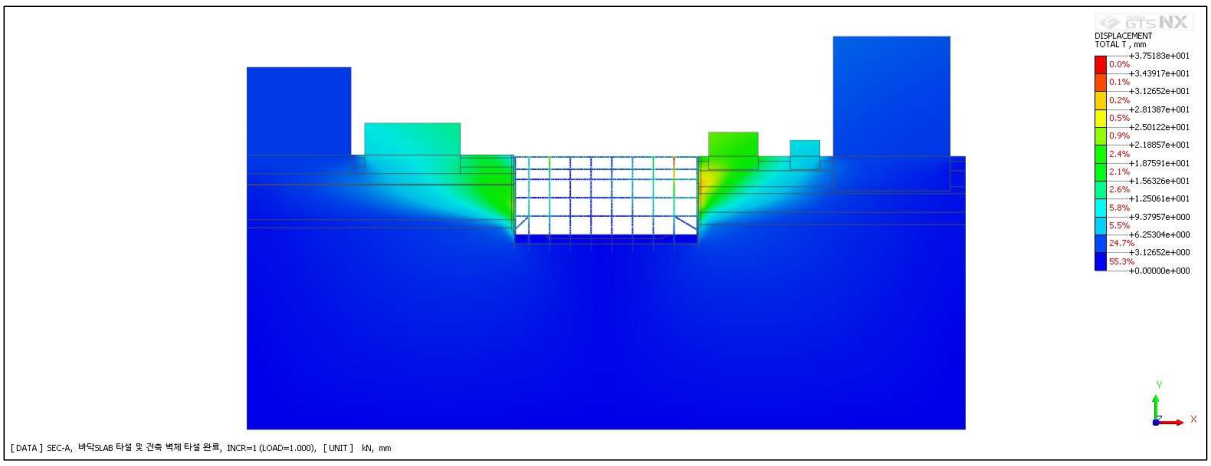
SEC-A_굴착_7단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



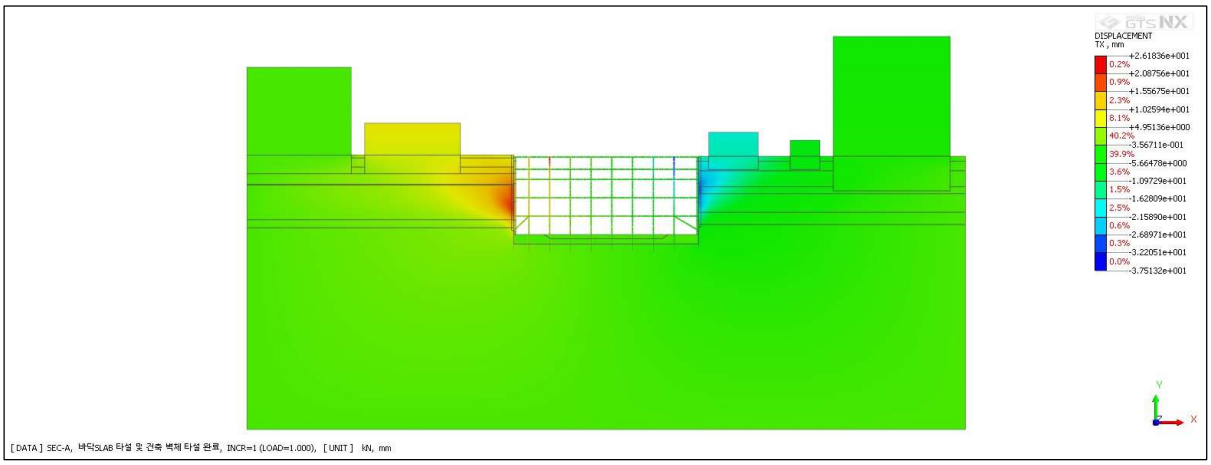
SEC-A_굴착_7단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



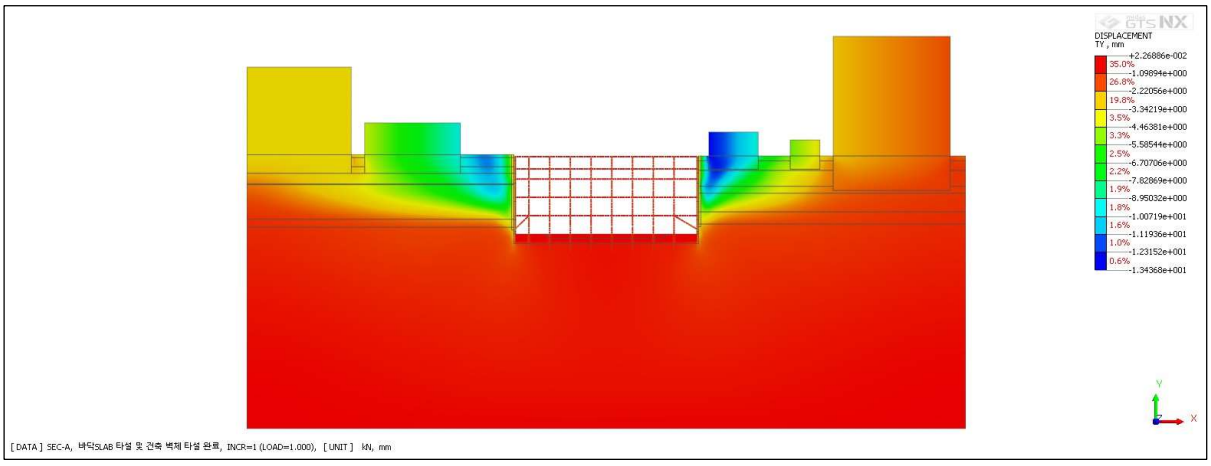
SEC-A_굴착_7단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



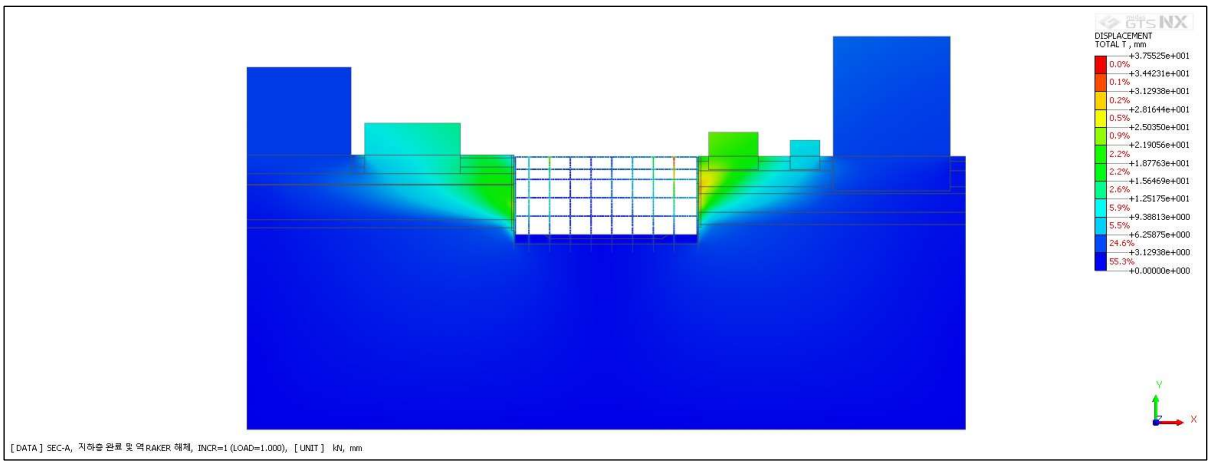
SEC-A_바닥SLAB 타설 및 건축 벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



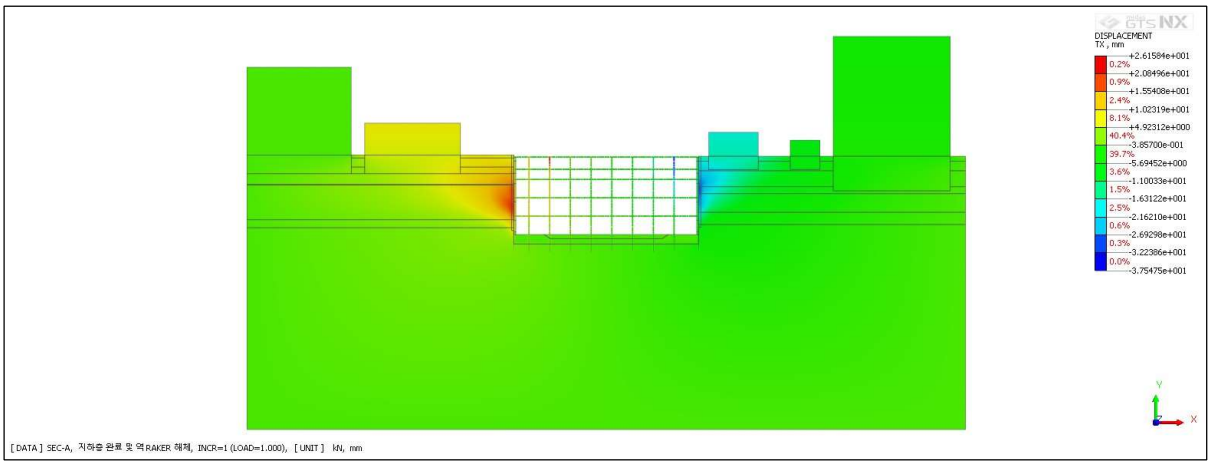
SEC-A_바닥SLAB 타설 및 건축 벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



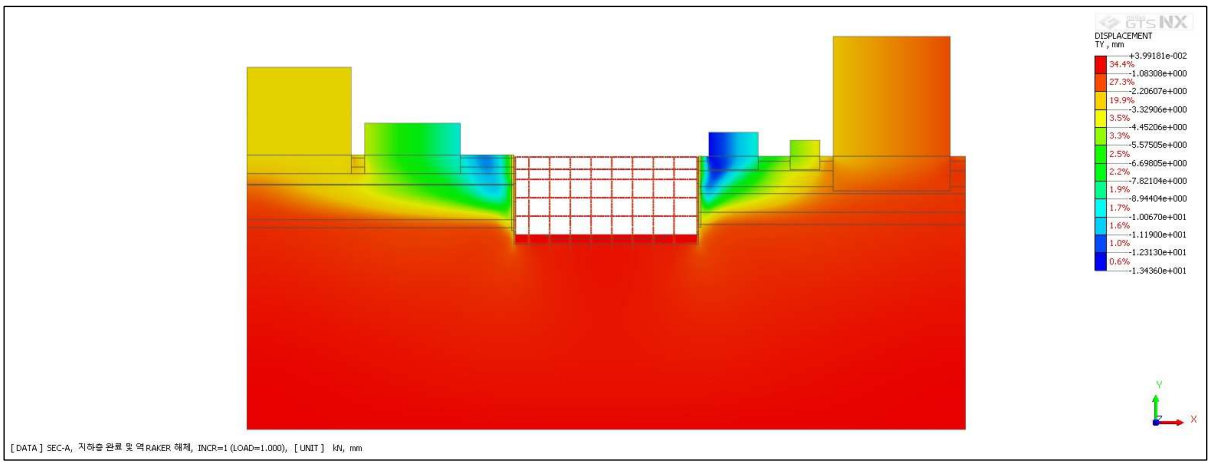
SEC-A_바닥SLAB 타설 및 건축 벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



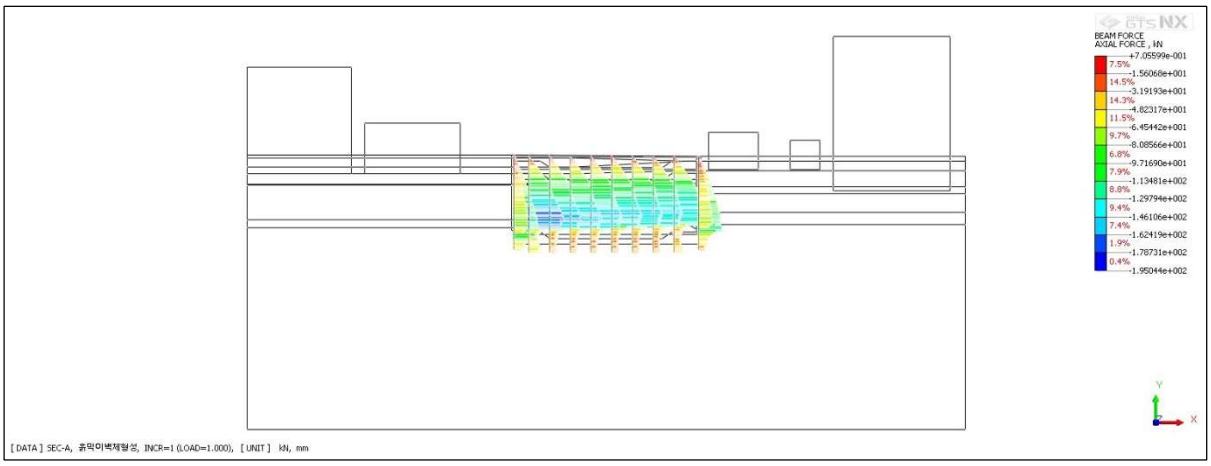
SEC-A_지하층 완료 및 역 RAKER 해체_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



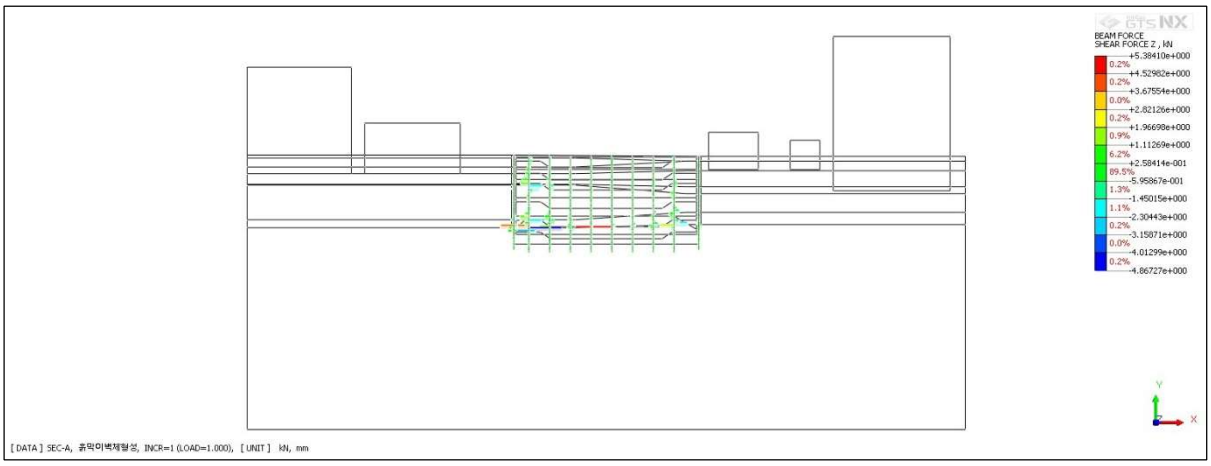
SEC-A_지하층 완료 및 역 RAKER 해체_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



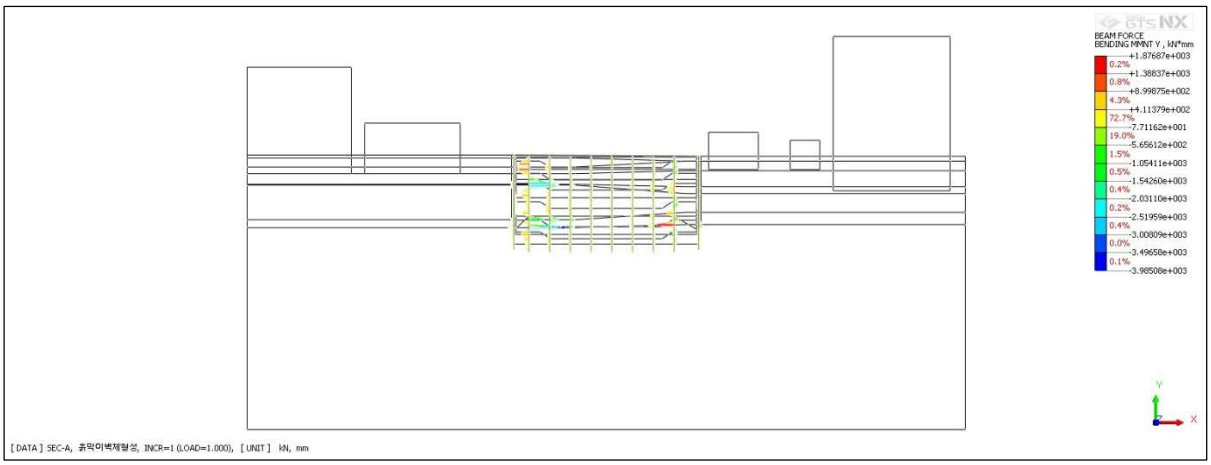
SEC-A_지하층 완료 및 역 RAKER 해체_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



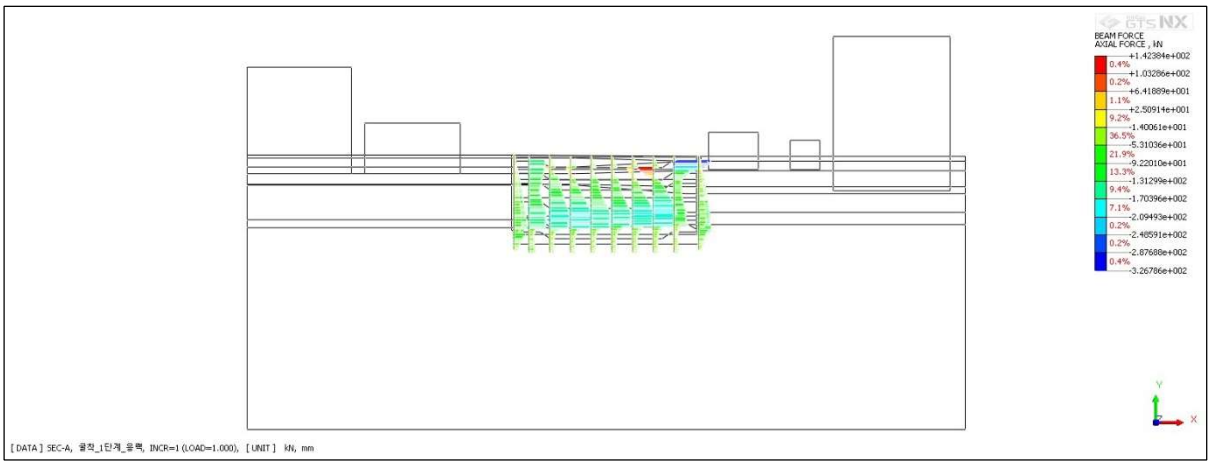
SEC-A_흙막이벽체형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



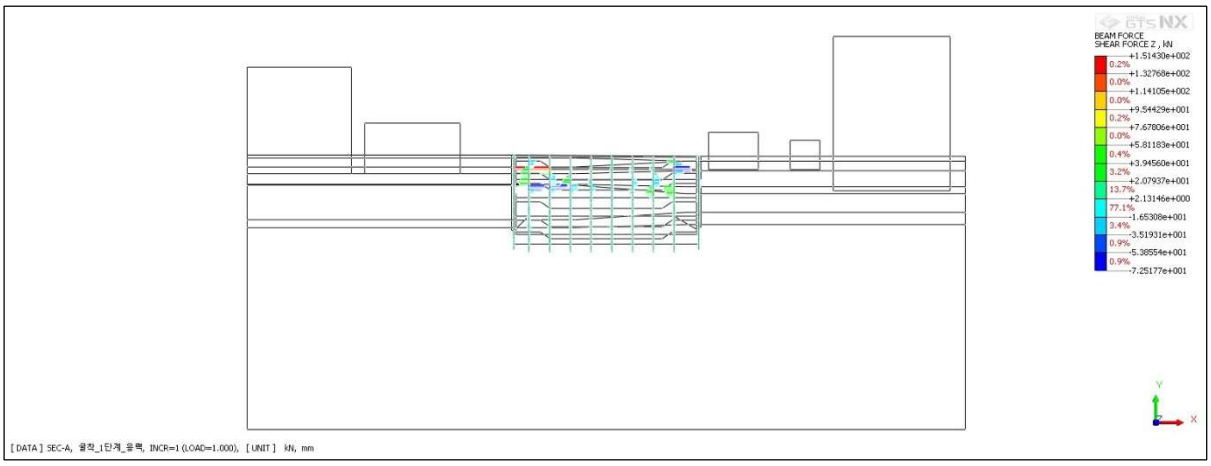
SEC-A_흙막이벽체형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



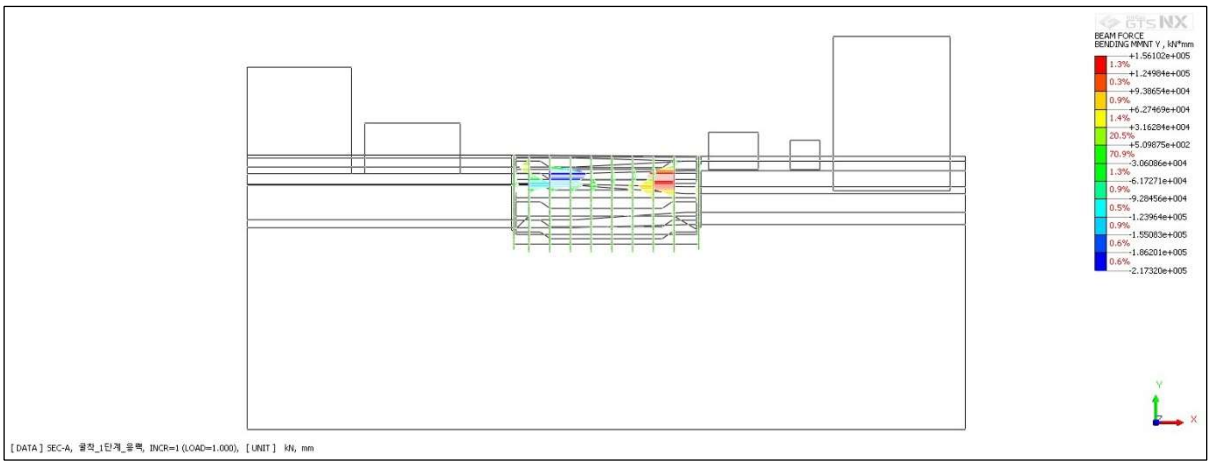
SEC-A_흙막이벽체형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



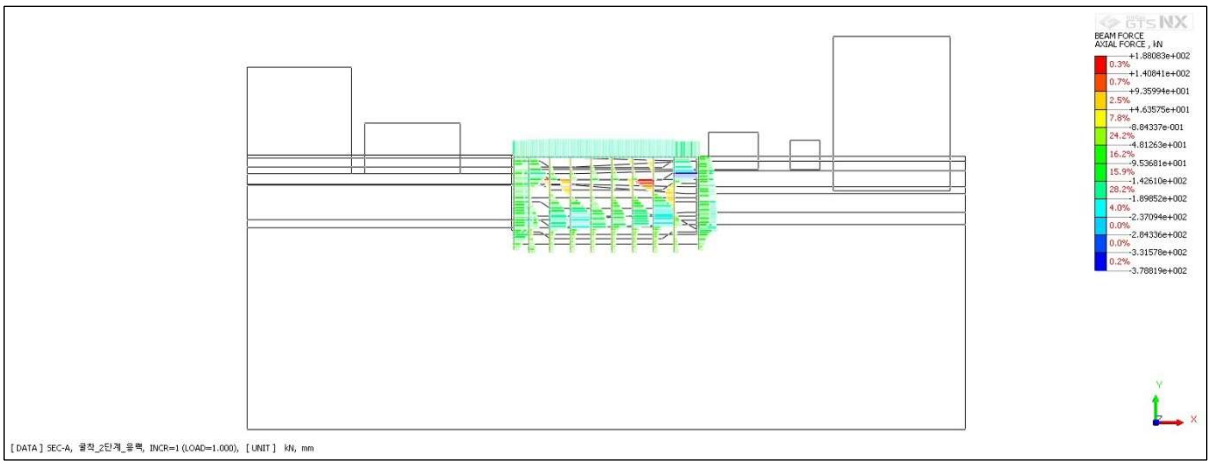
SEC-A_굴착_1단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



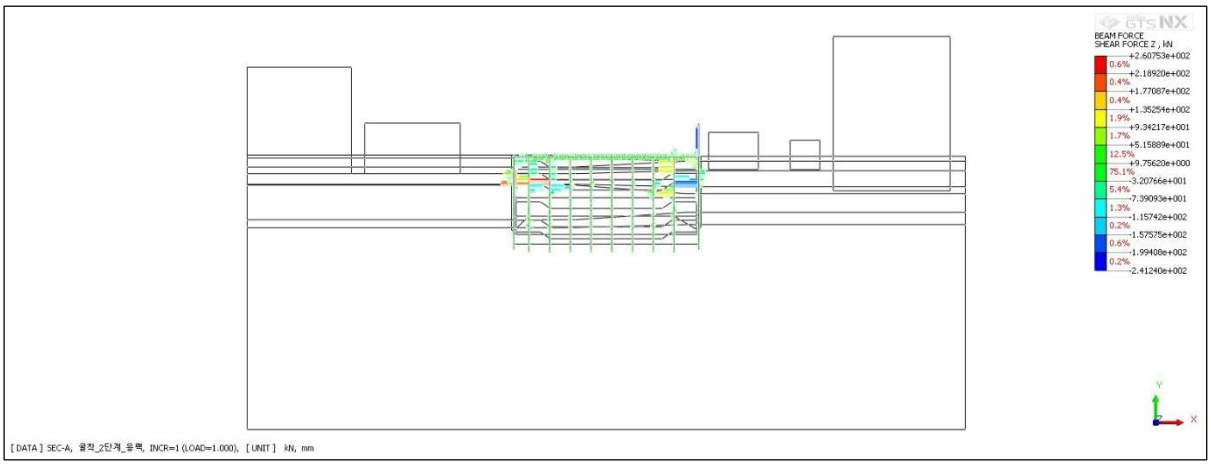
SEC-A_굴착_1단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



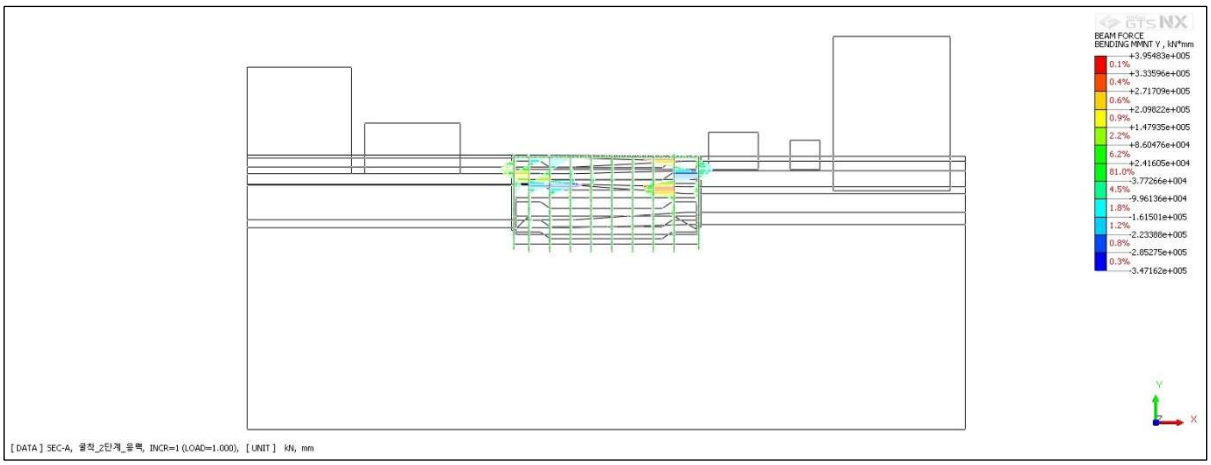
SEC-A_굴착_1단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



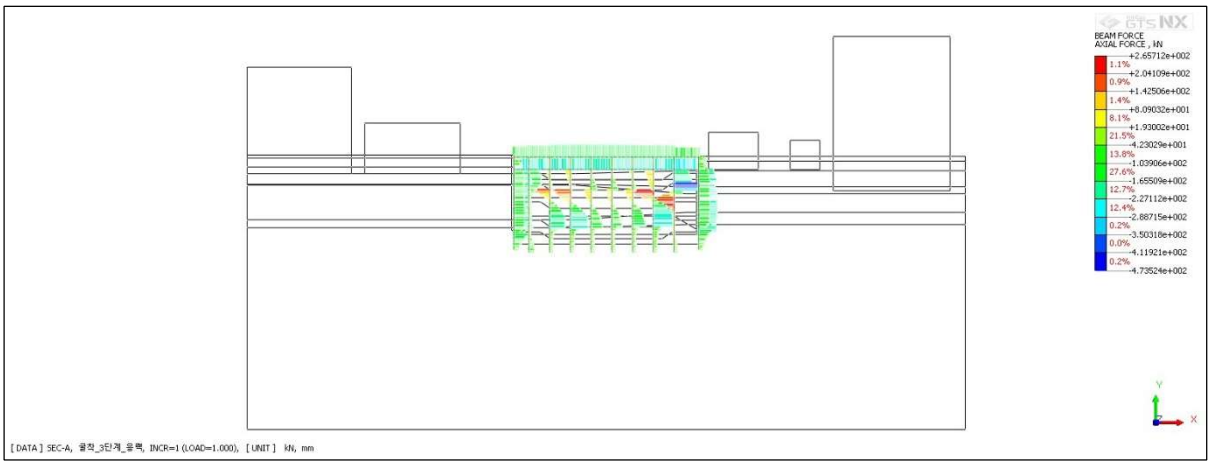
SEC-A_굴착_2단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



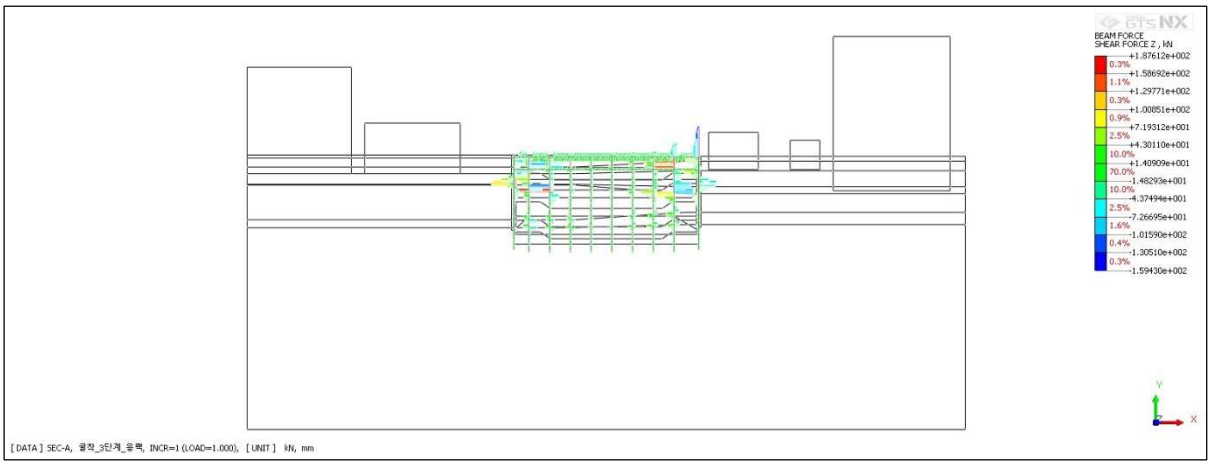
SEC-A_굴착_2단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



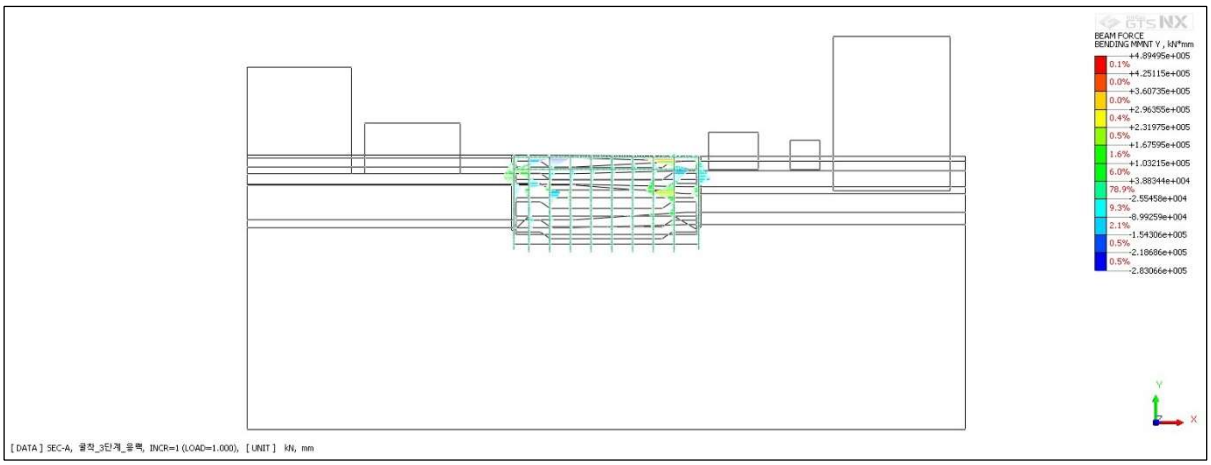
SEC-A_굴착_2단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



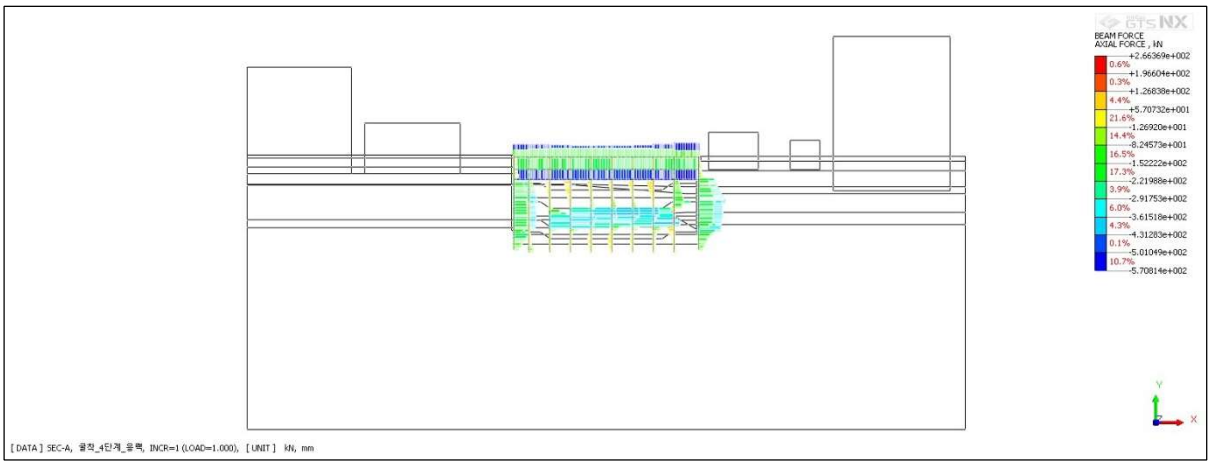
SEC-A_굴착_3단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



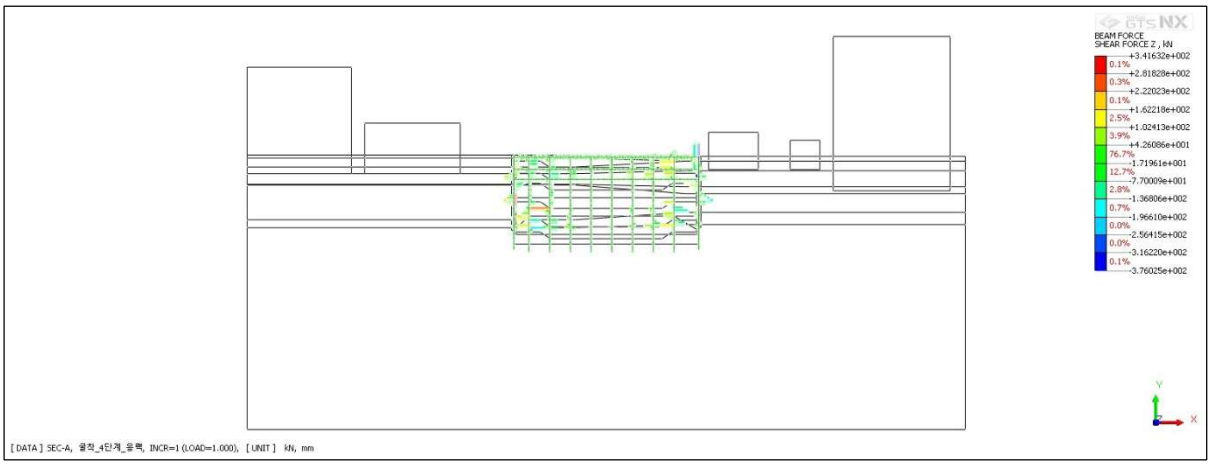
SEC-A_굴착_3단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



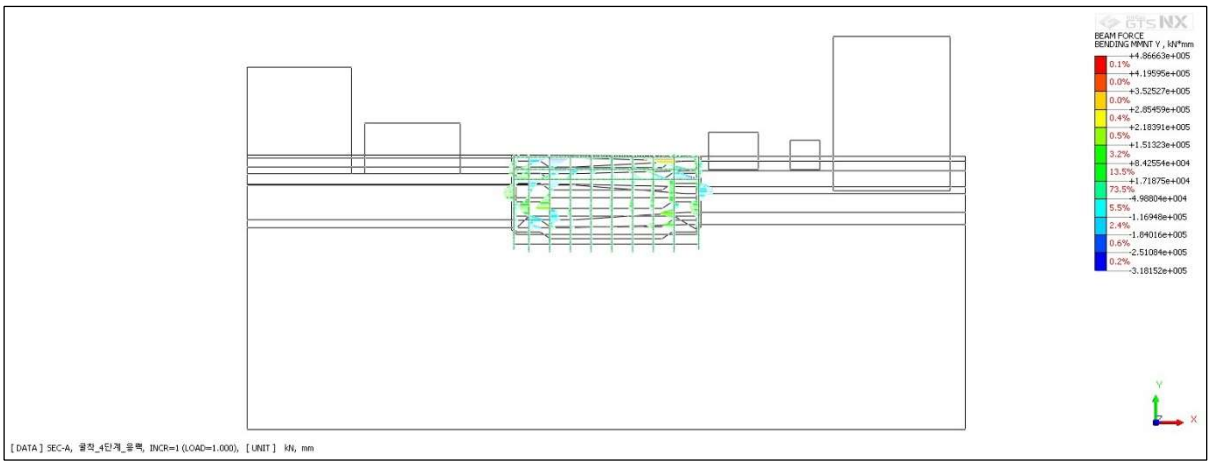
SEC-A_굴착_3단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



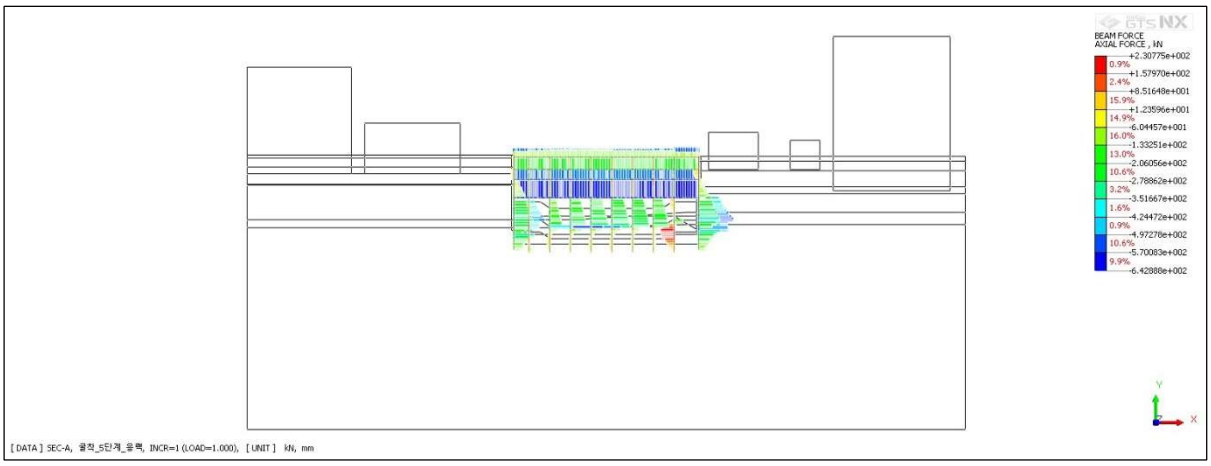
SEC-A_굴착_4단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



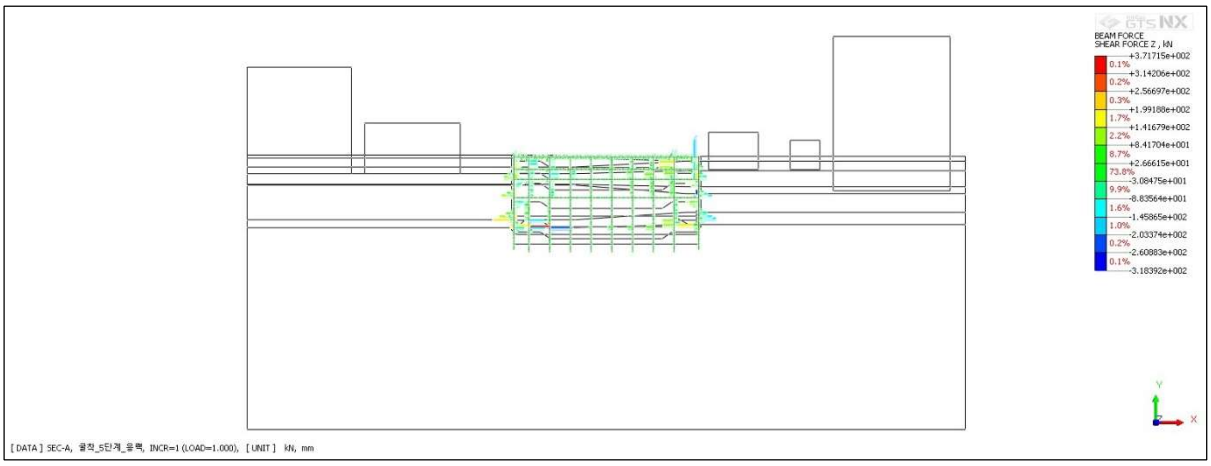
SEC-A_굴착_4단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



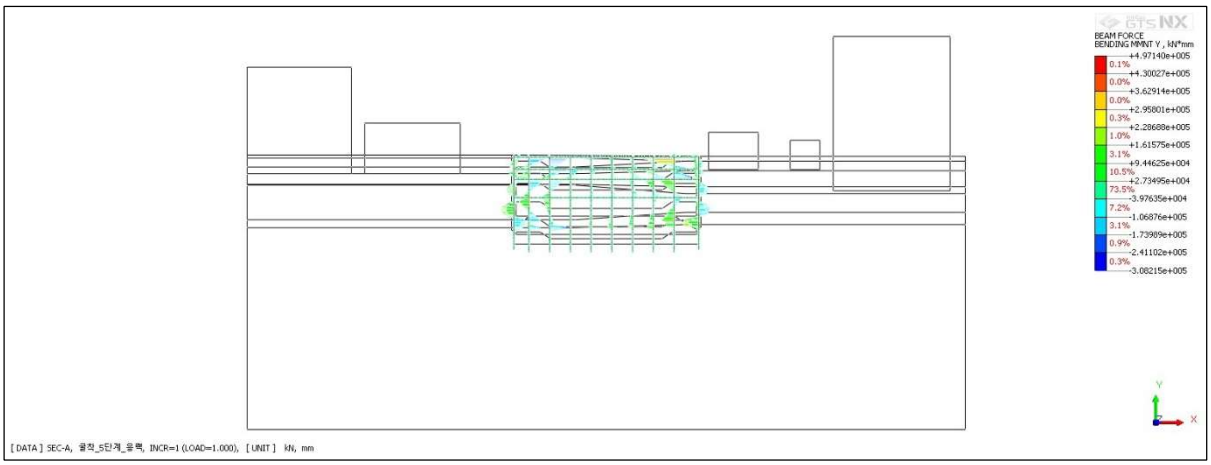
SEC-A_굴착_4단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



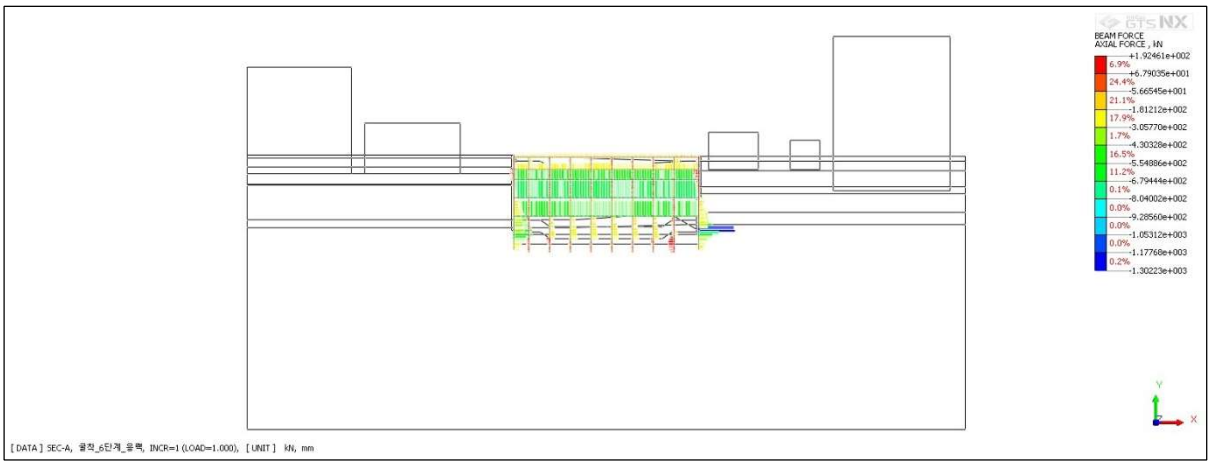
SEC-A_굴착_5단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



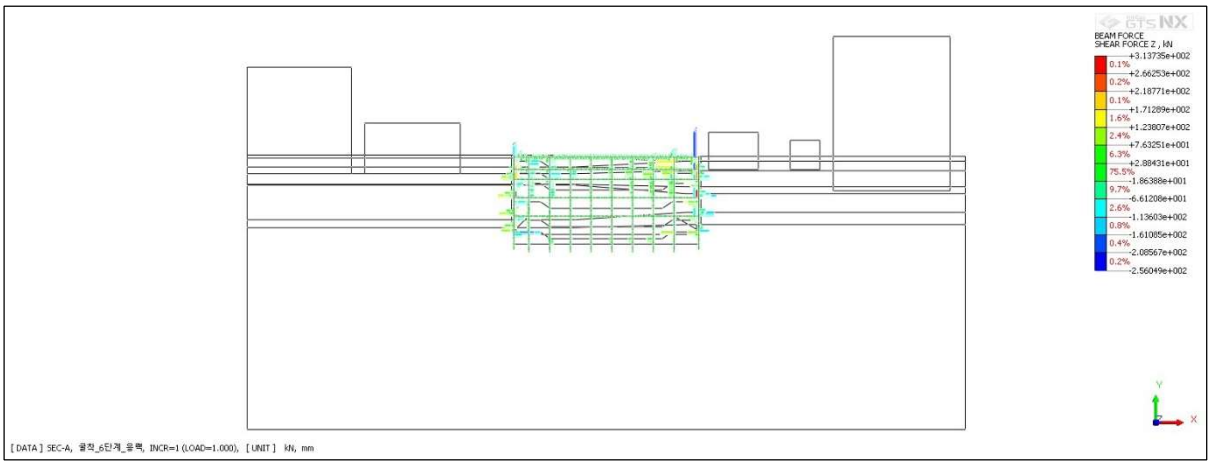
SEC-A_굴착_5단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



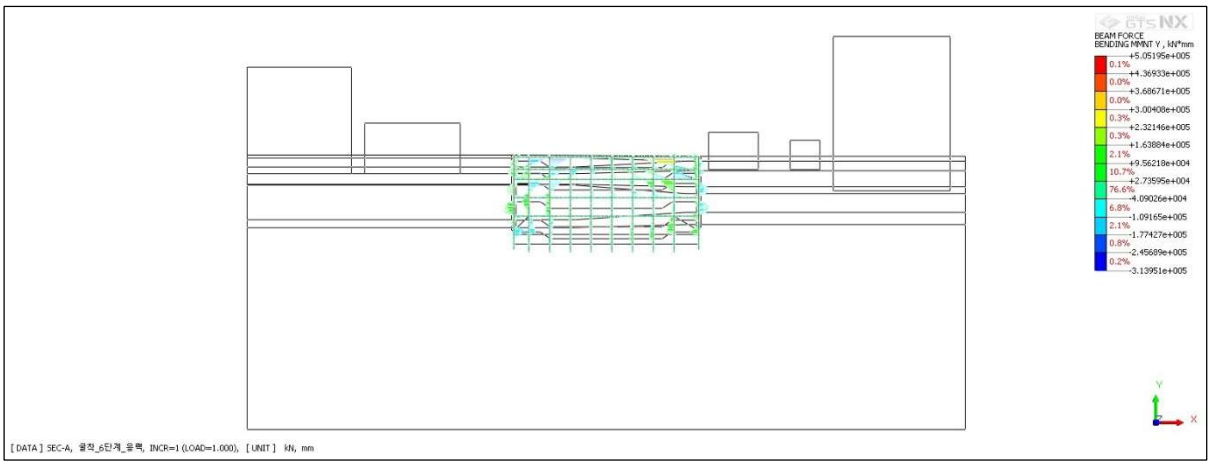
SEC-A_굴착_5단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



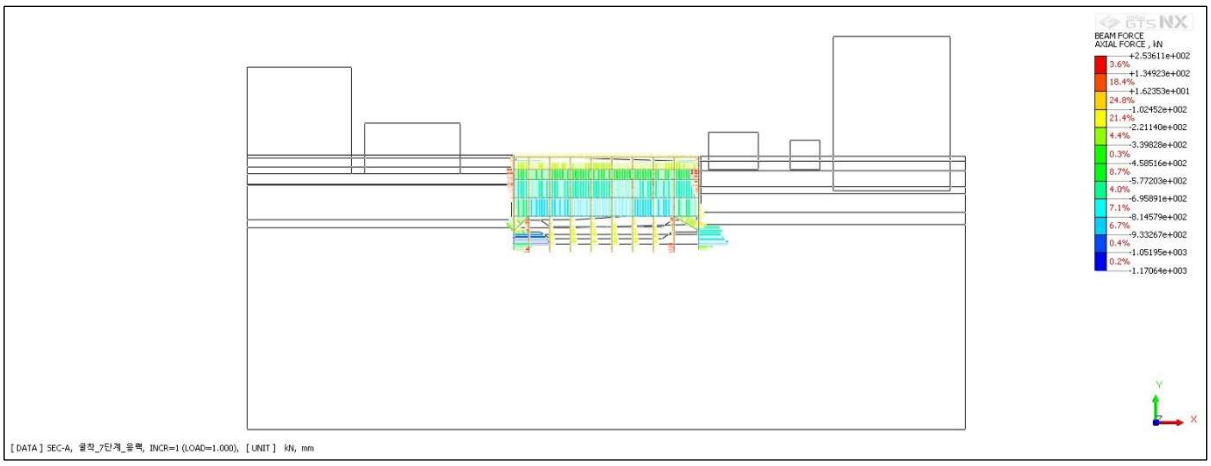
SEC-A_굴착_6단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



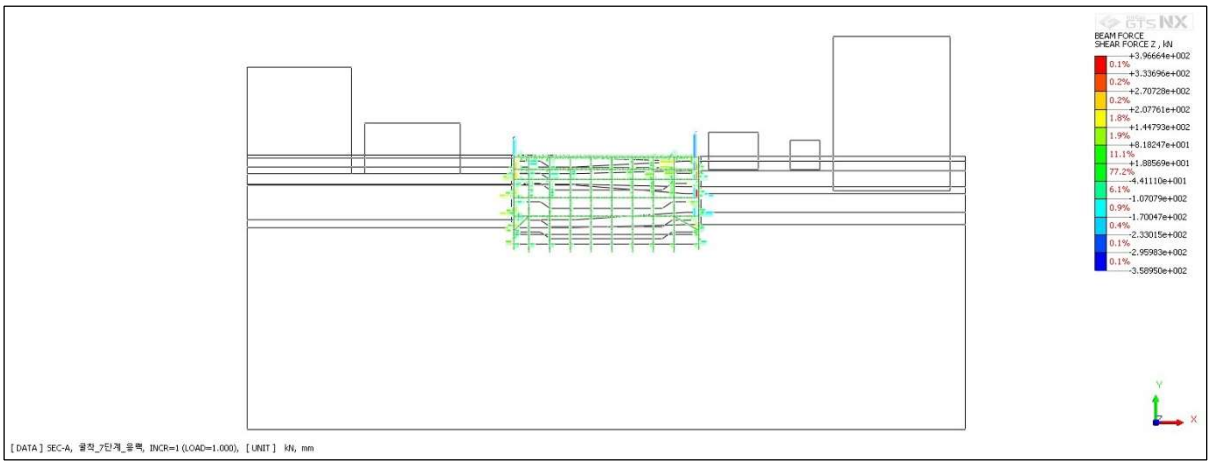
SEC-A_굴착_6단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



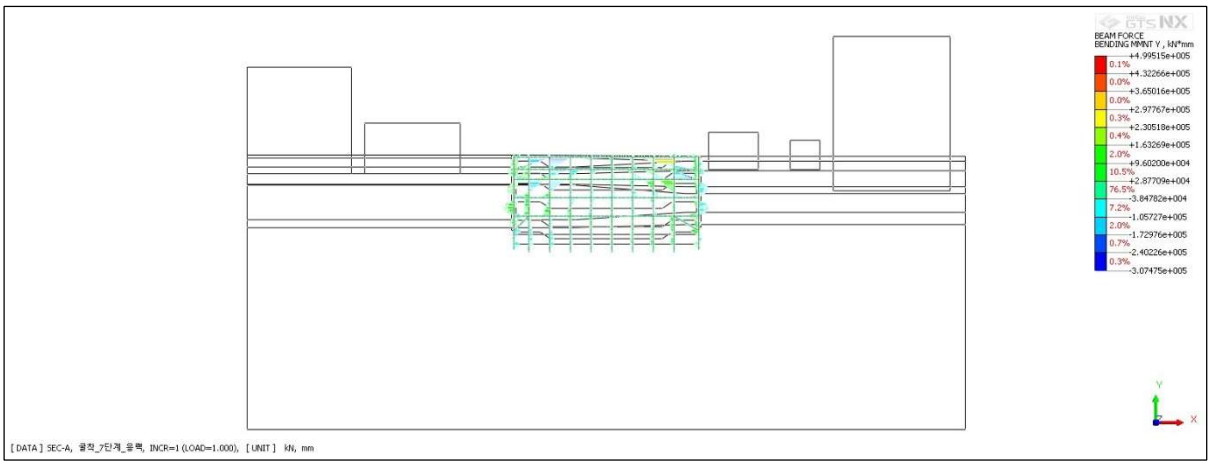
SEC-A_굴착_6단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



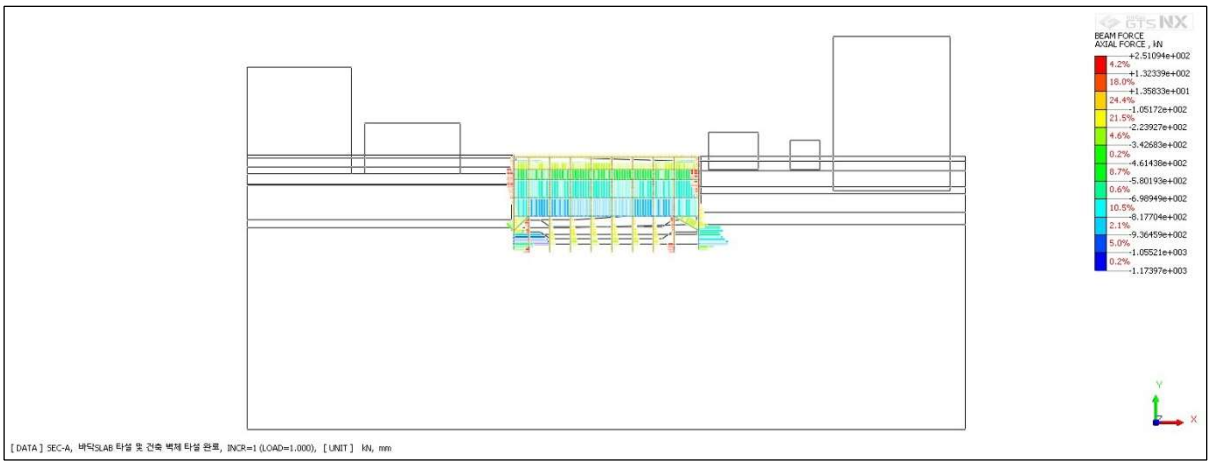
SEC-A_굴착_7단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



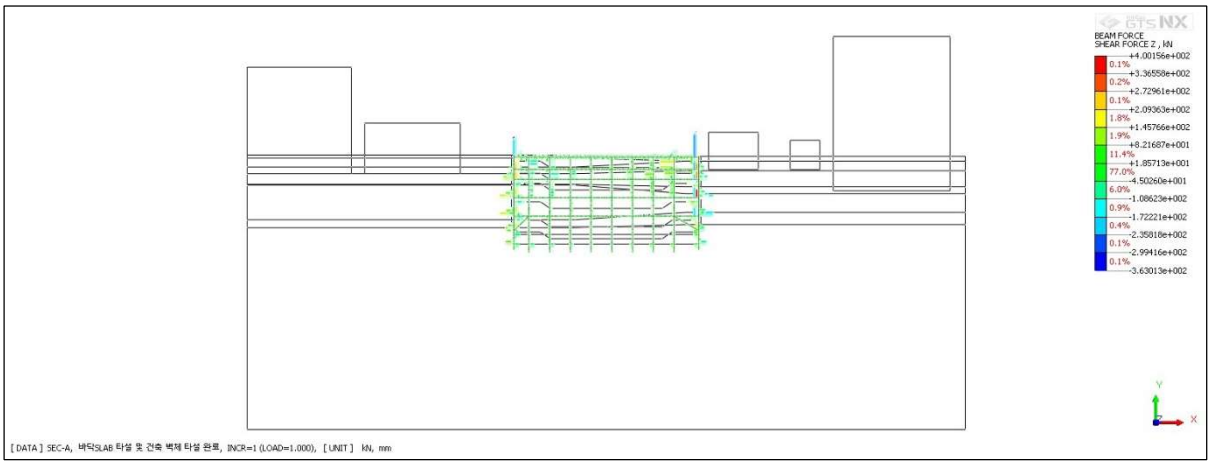
SEC-A_굴착_7단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



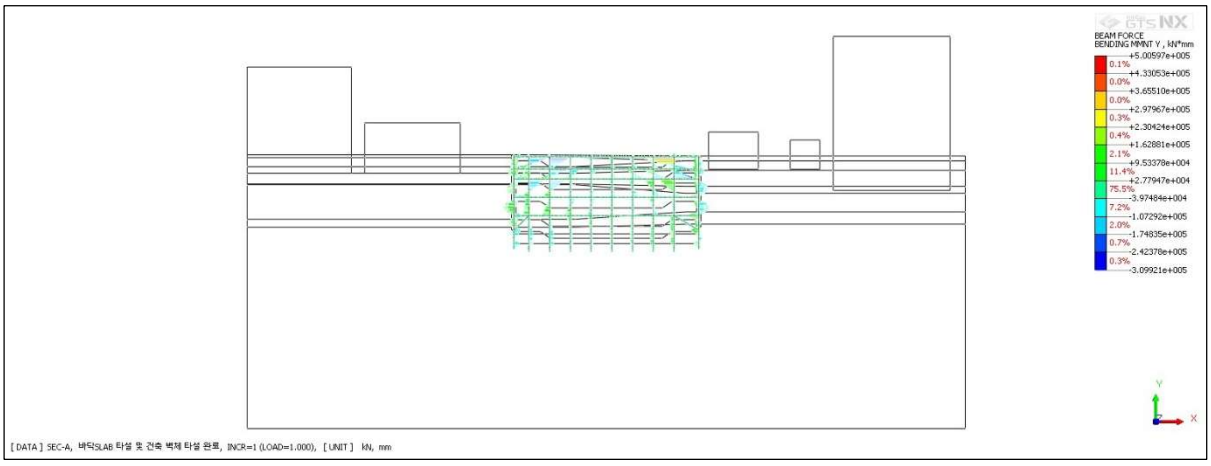
SEC-A_굴착_7단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



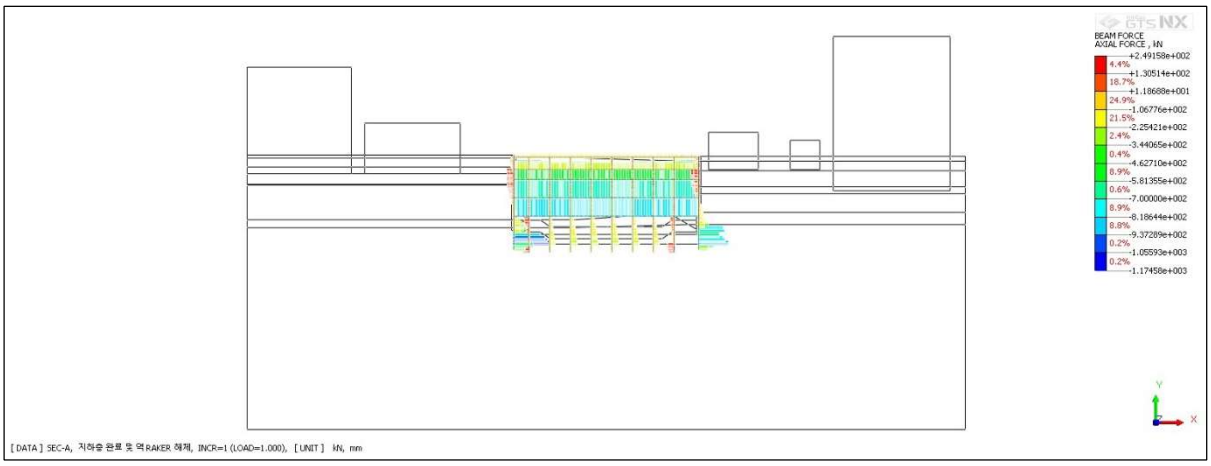
SEC-A_바닥SLAB 타설 및 건축 벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



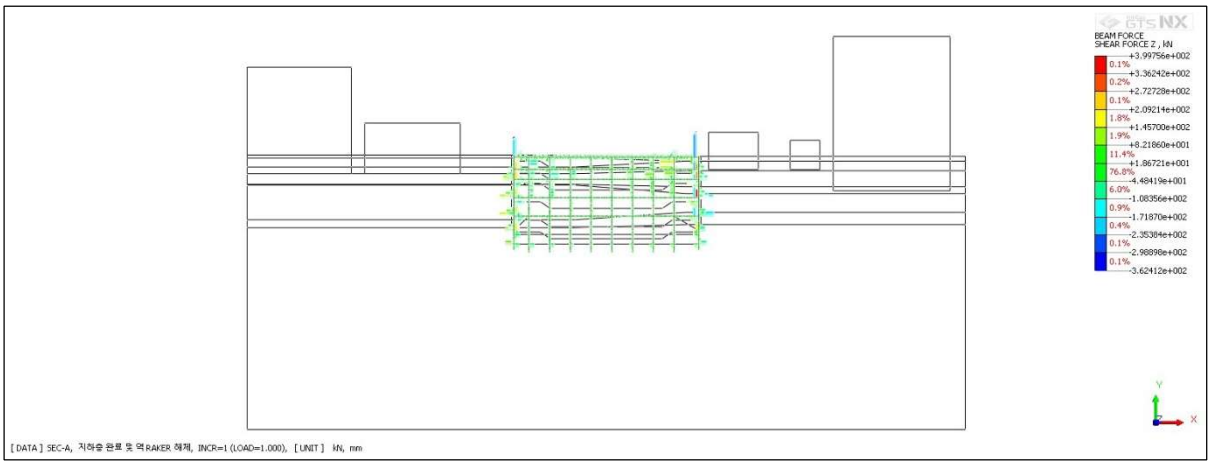
SEC-A_바닥SLAB 타설 및 건축 벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



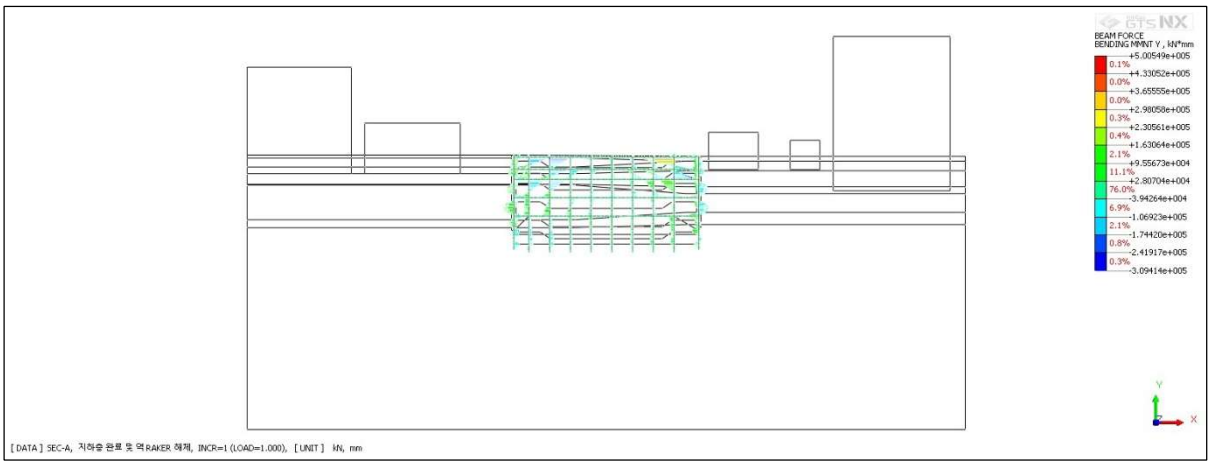
SEC-A_바닥SLAB 타설 및 건축 벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



SEC-A_지하층 완료 및 역 RAKER 해체_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE

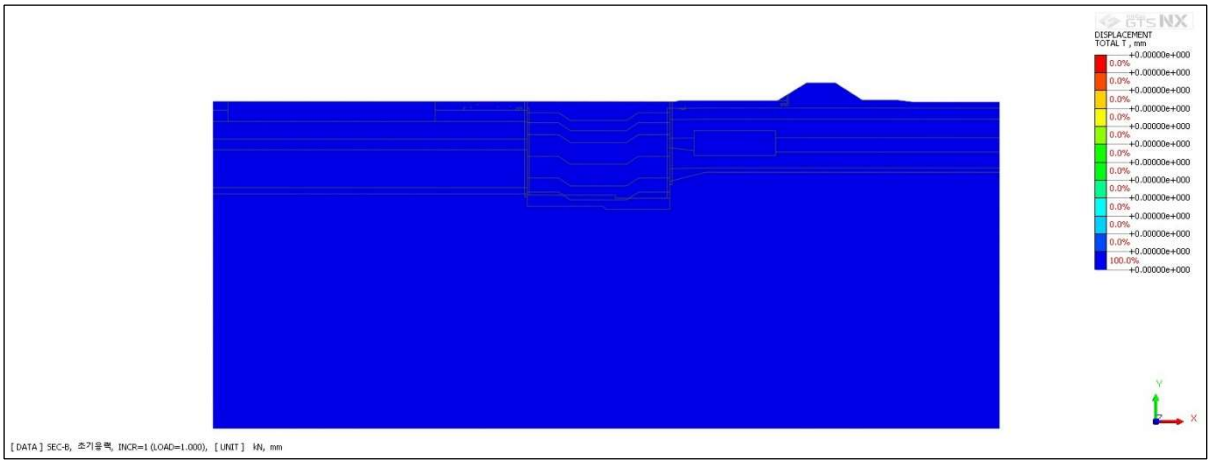


SEC-A_지하층 완료 및 역 RAKER 해체_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z

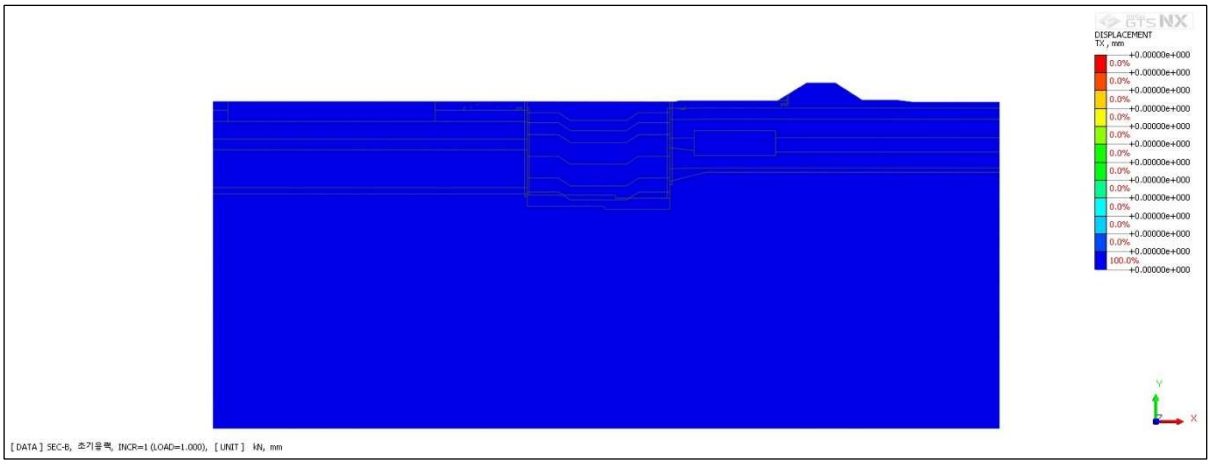


SEC-A_지하층 완료 및 역 RAKER 해체_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y

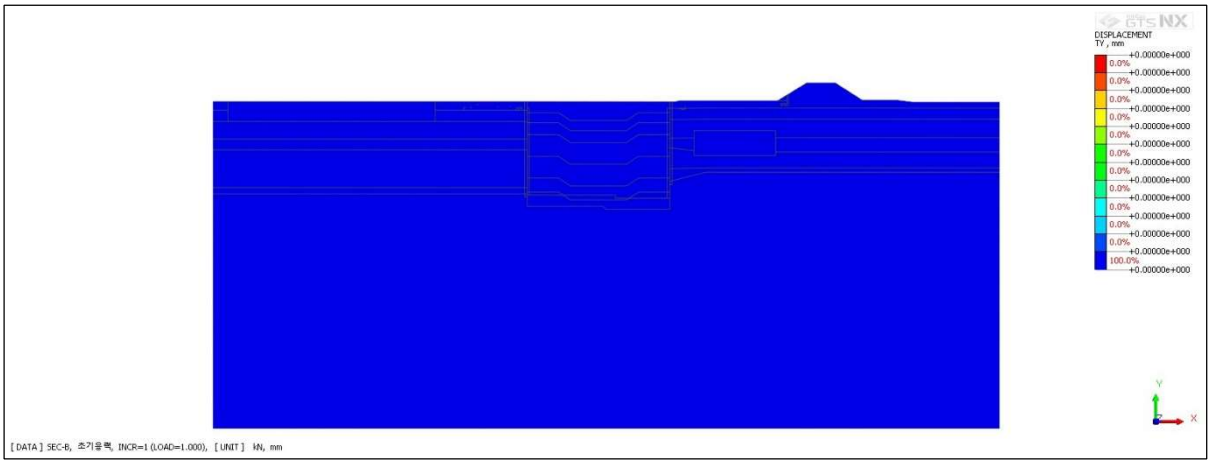
10.4.2 2차원 유한요소해석 단면 B–B 결과도



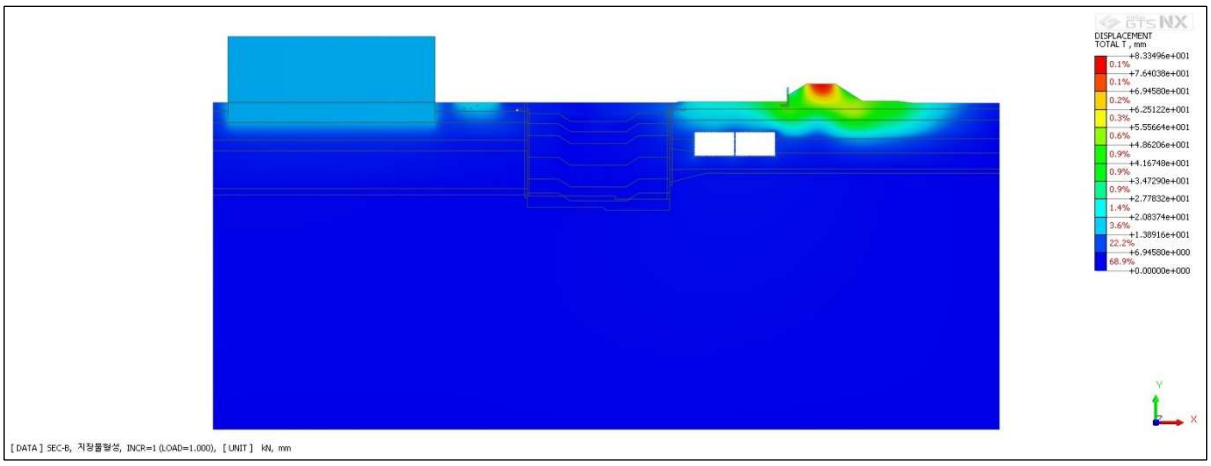
SEC-B_초기응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



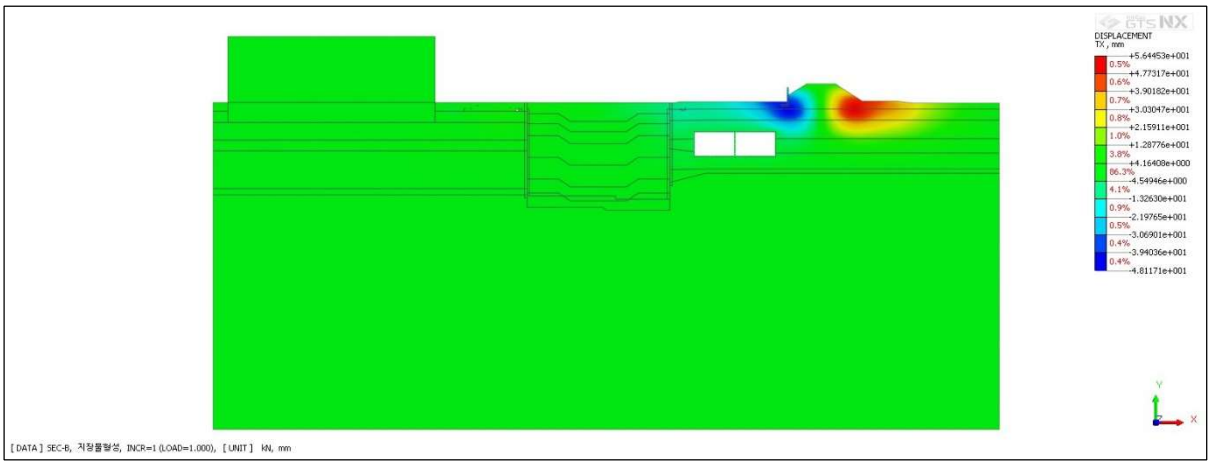
SEC-B_초기응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



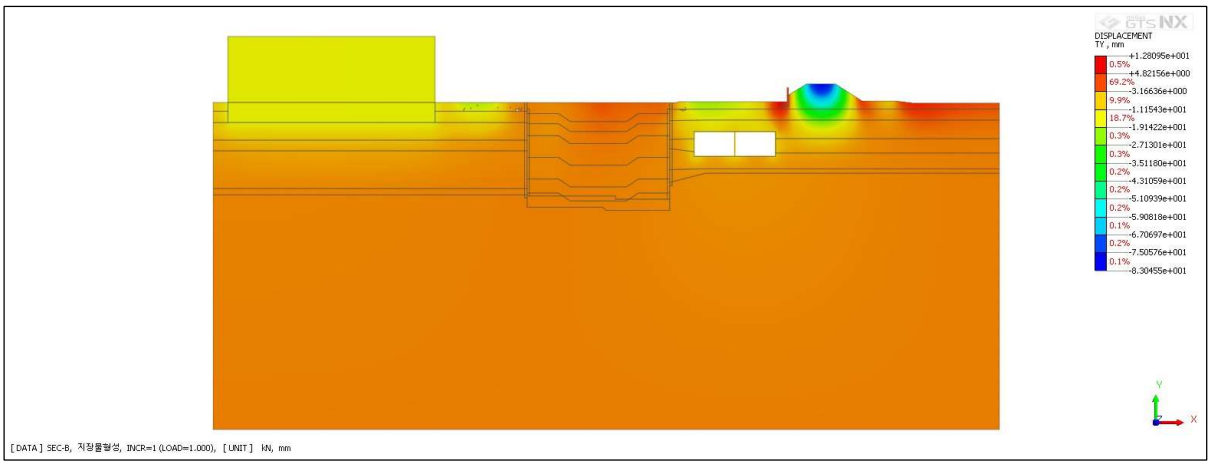
SEC-B_초기응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



SEC-B_지장물형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



SEC-B_지장물형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



SEC-B_지장물형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



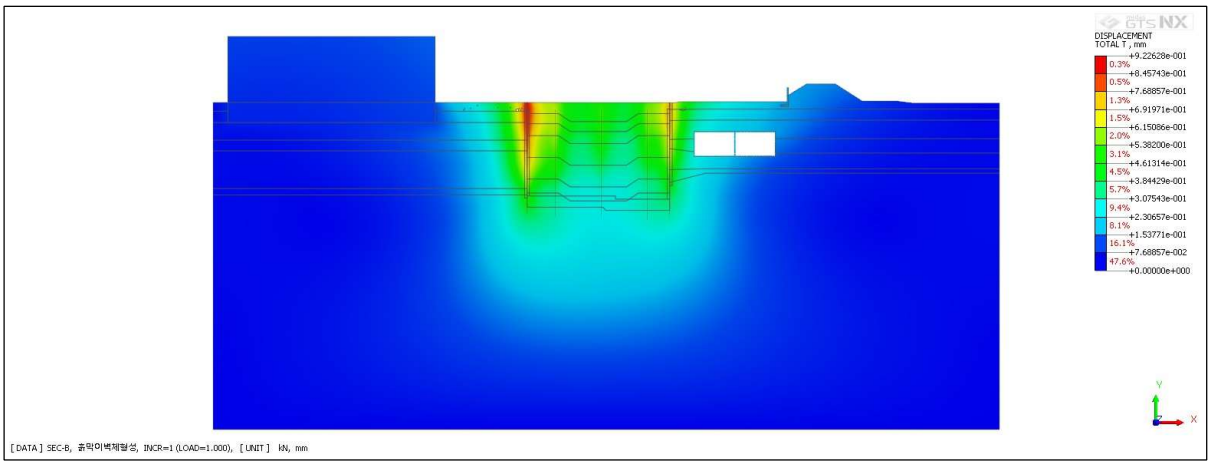
SEC-B_변위초기화_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



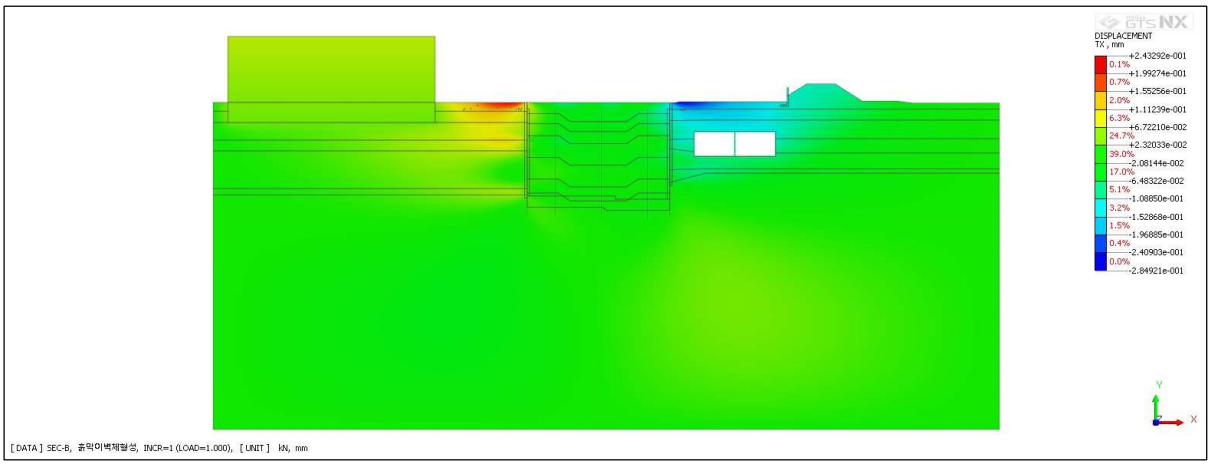
SEC-B_변위초기화_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



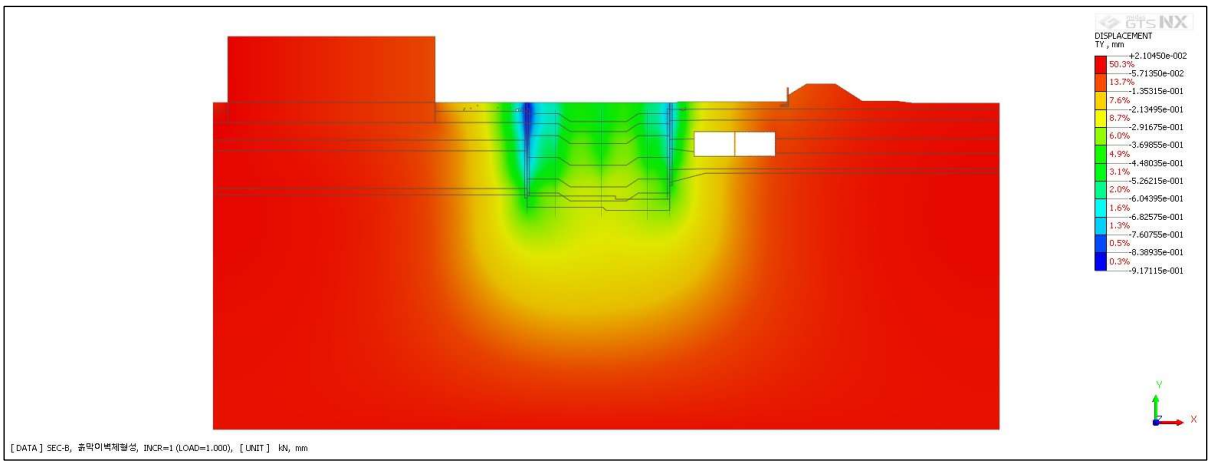
SEC-B_변위초기화_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



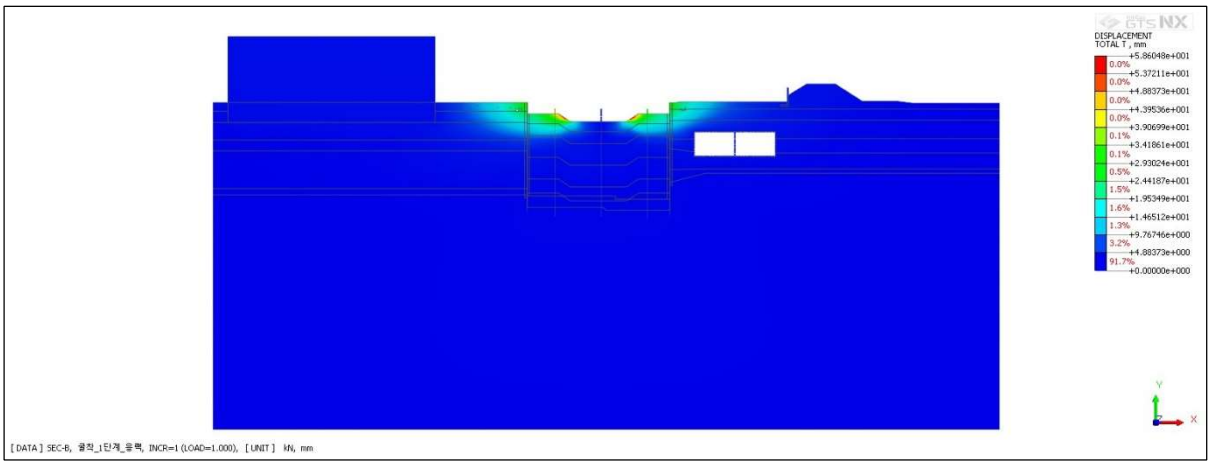
SEC-B_흙막이벽체형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



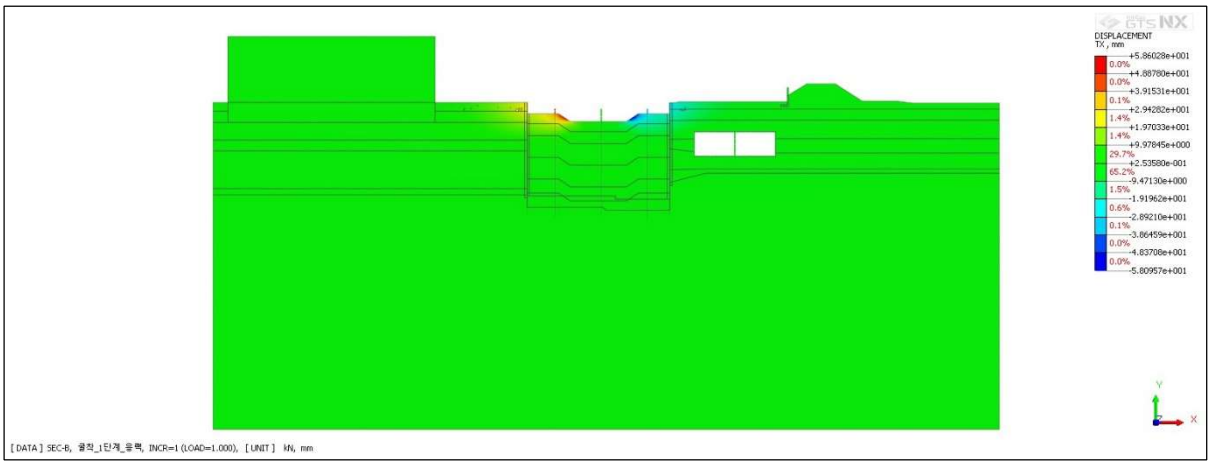
SEC-B_흙막이벽체형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



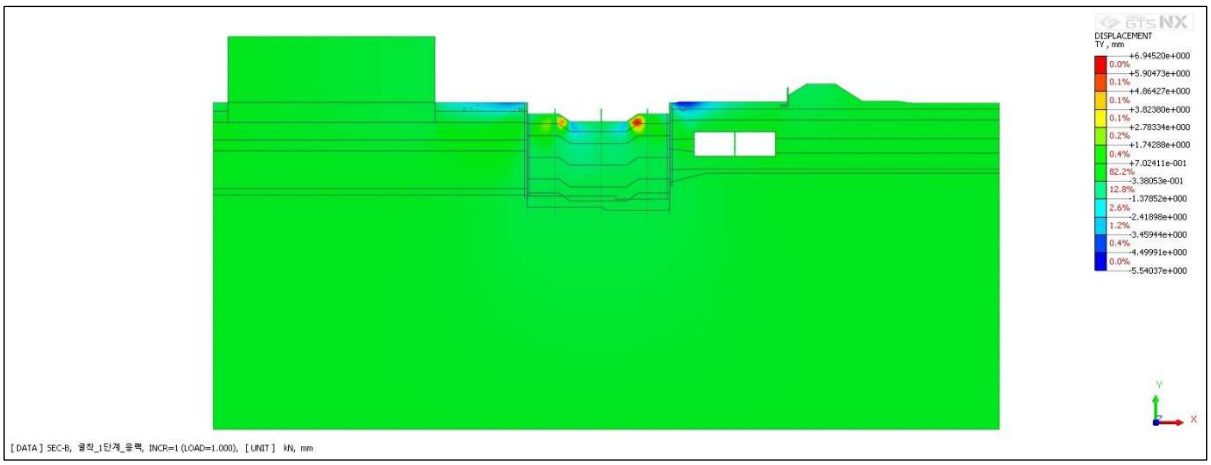
SEC-B_흙막이벽체형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



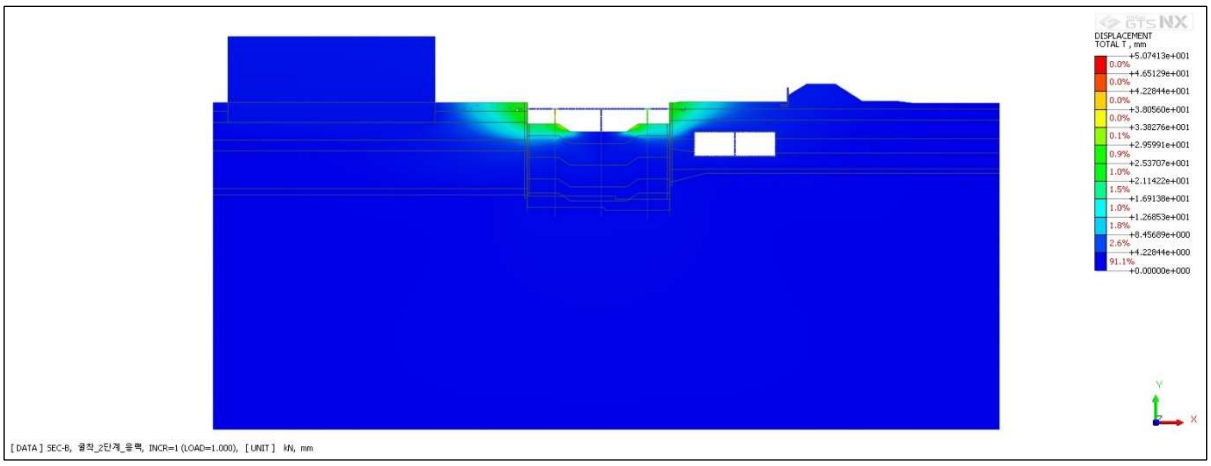
SEC-B_굴착_1단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



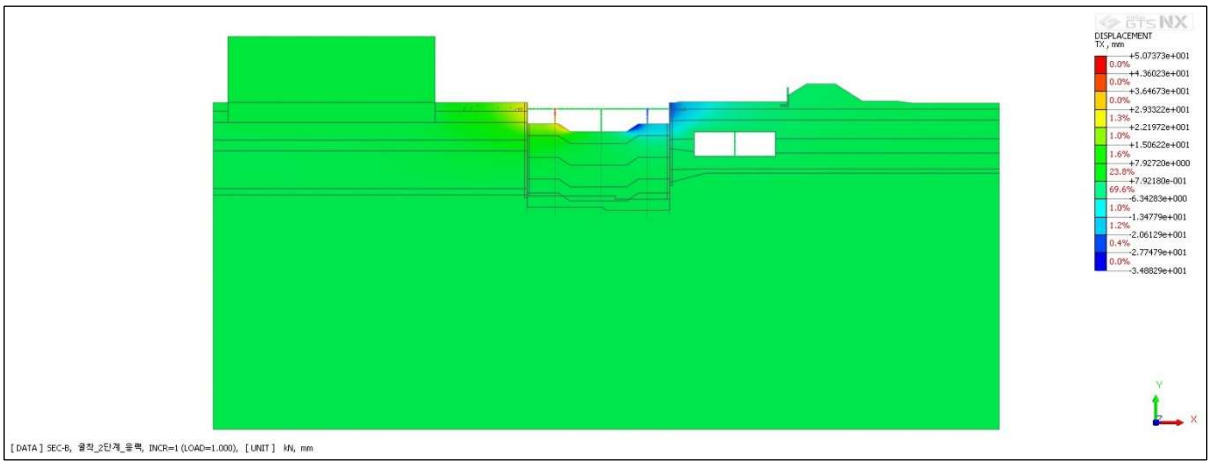
SEC-B_굴착_1단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



SEC-B_굴착_1단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



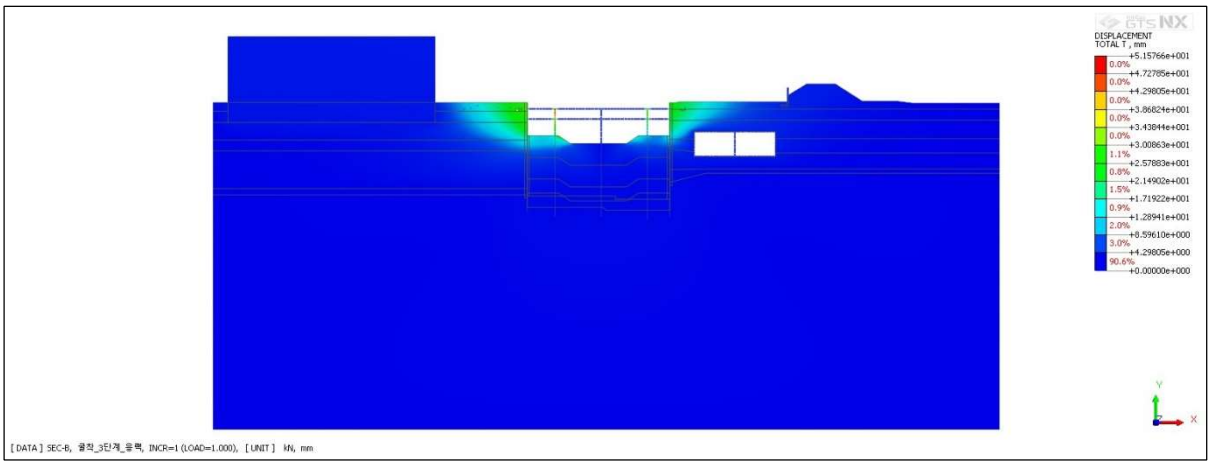
SEC-B_굴착_2단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



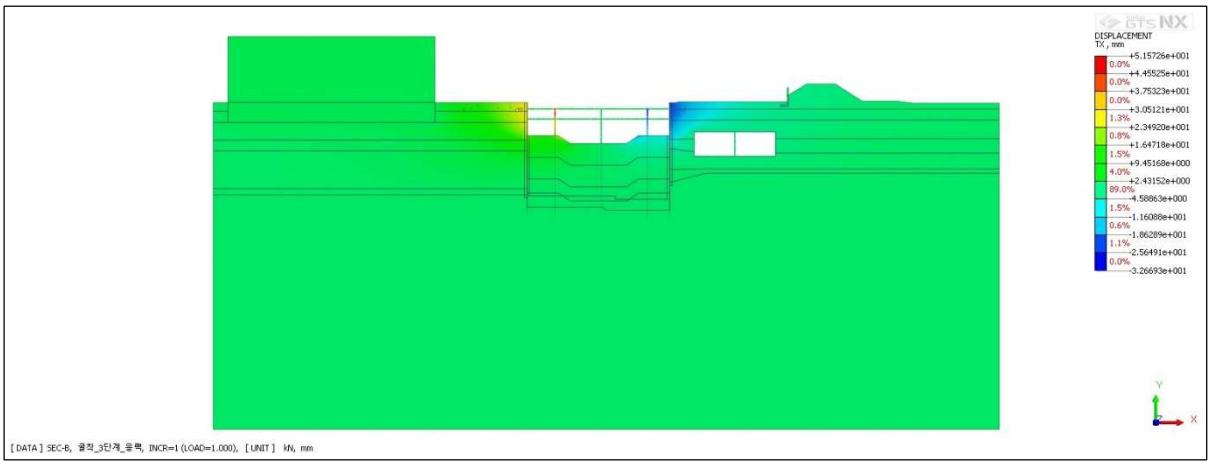
SEC-B_굴착_2단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



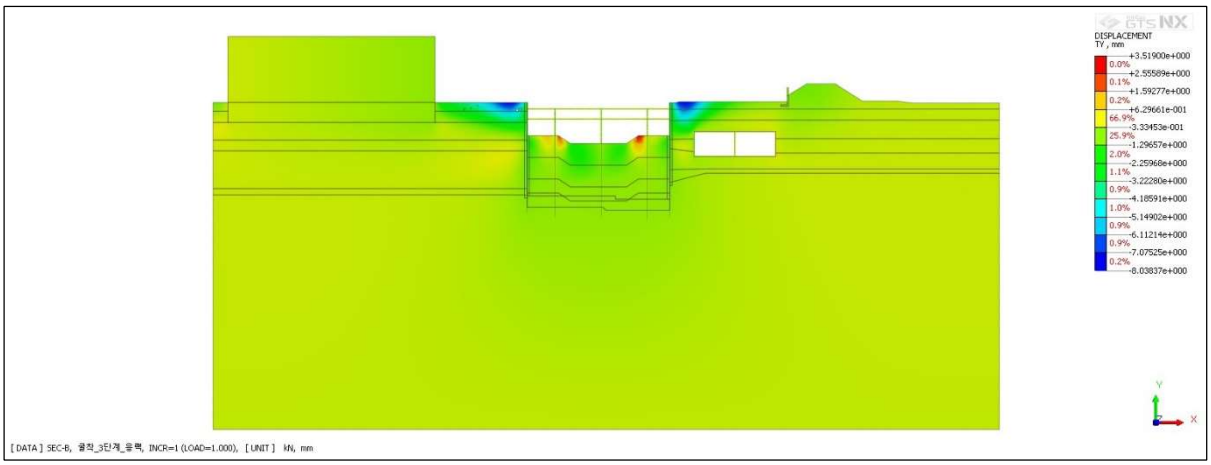
SEC-B_굴착_2단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



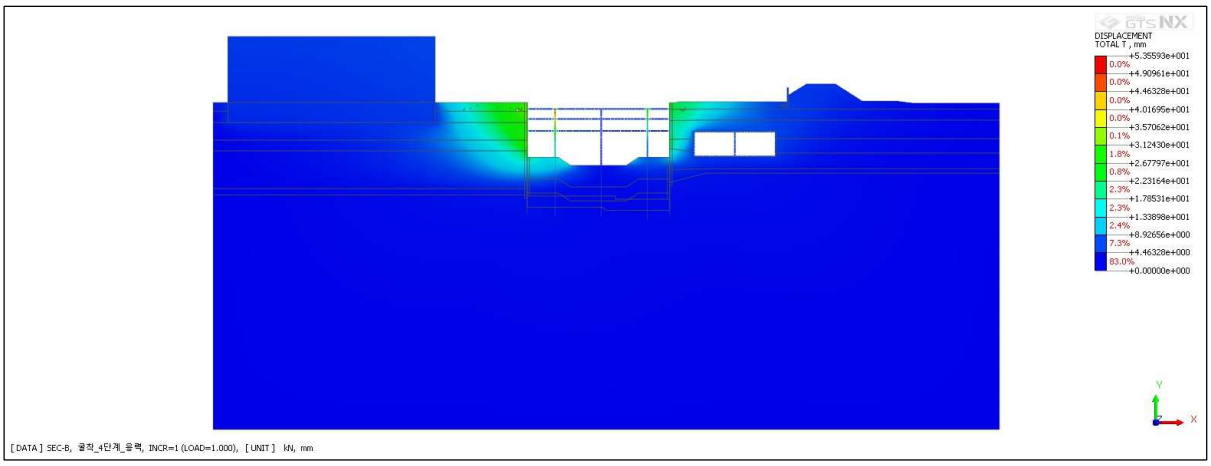
SEC-B_굴착_3단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



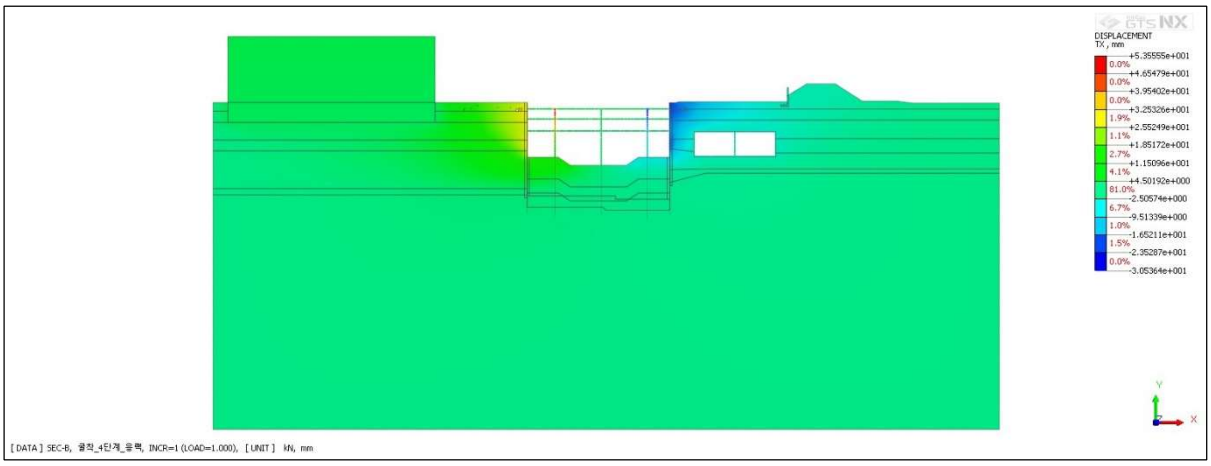
SEC-B_굴착_3단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



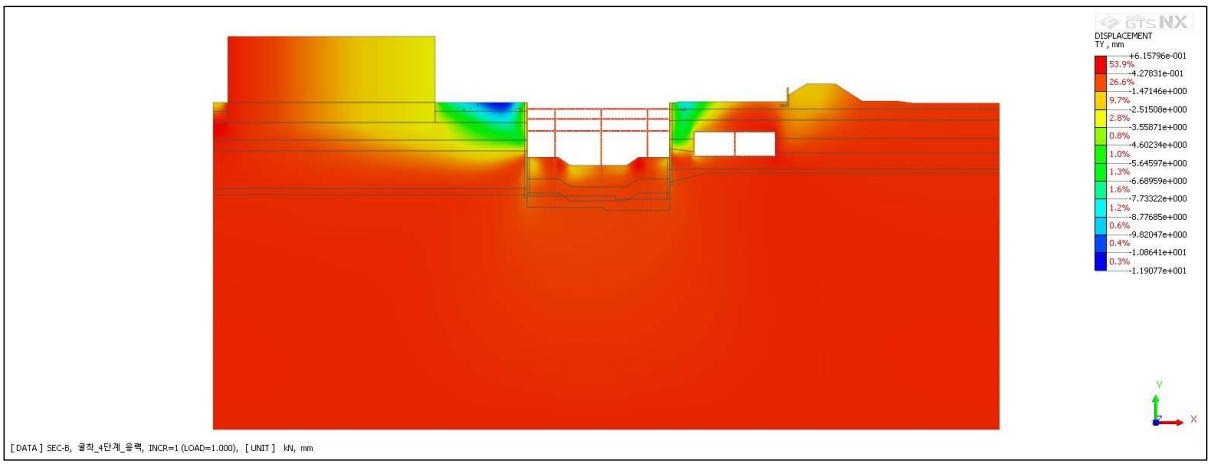
SEC-B_굴착_3단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



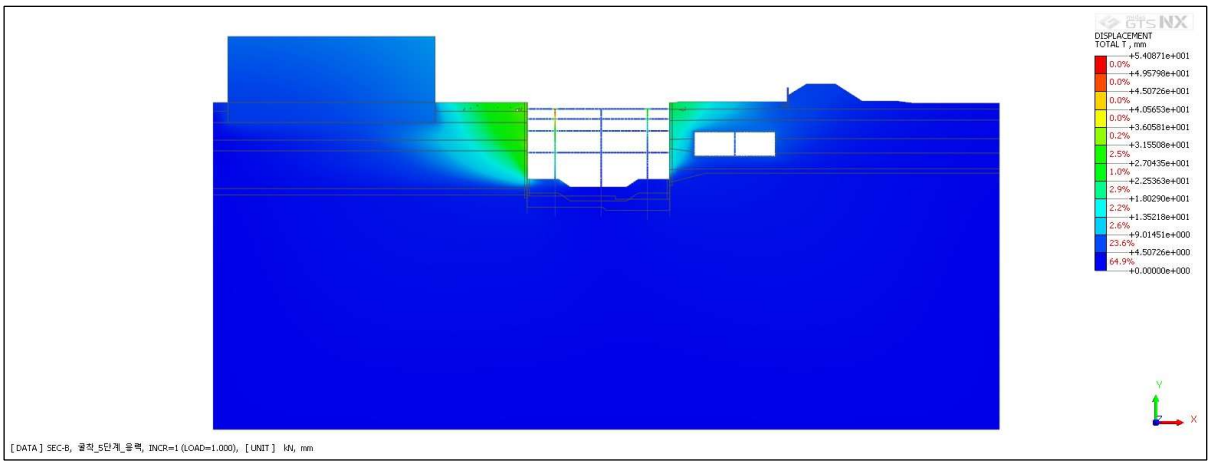
SEC-B_굴착_4단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



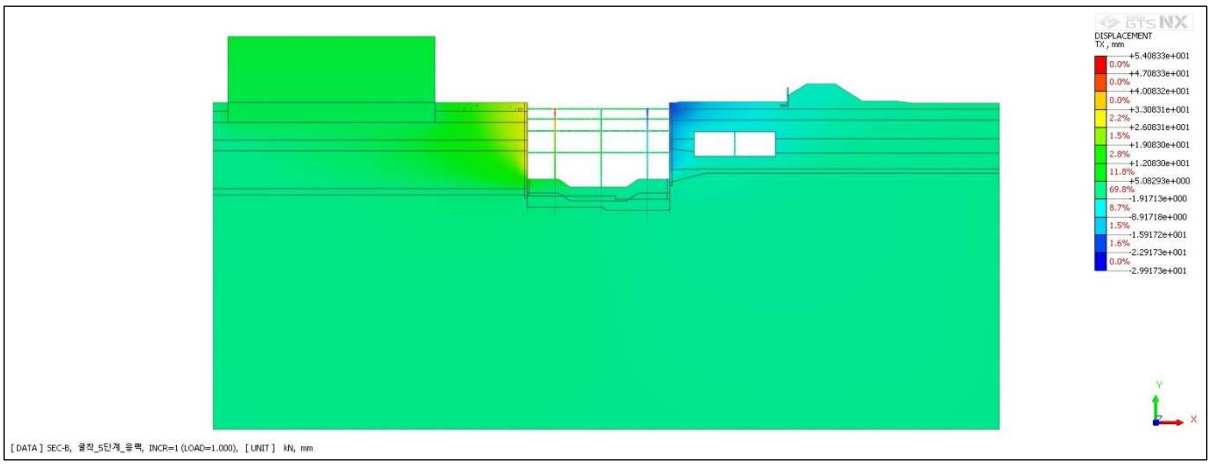
SEC-B_굴착_4단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



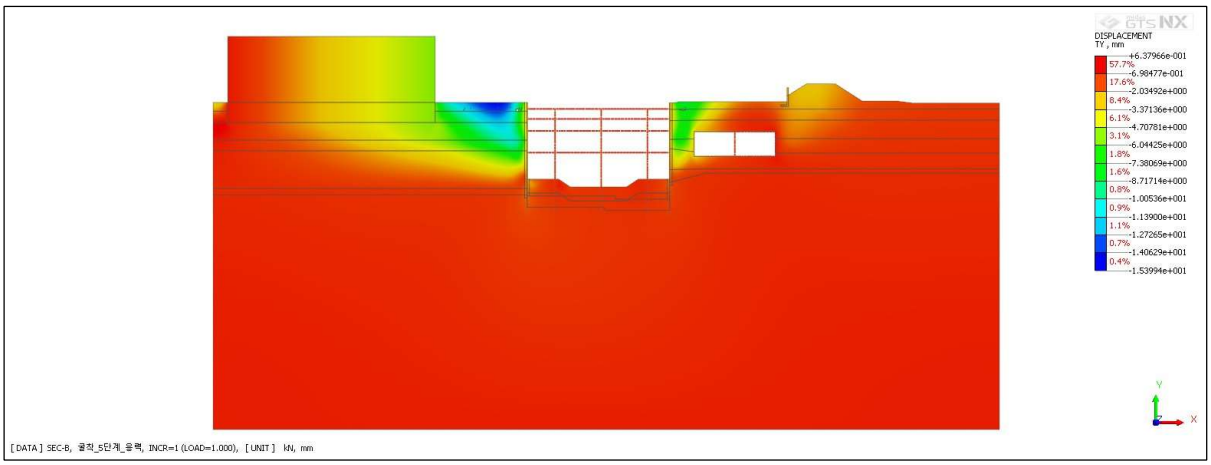
SEC-B_굴착_4단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



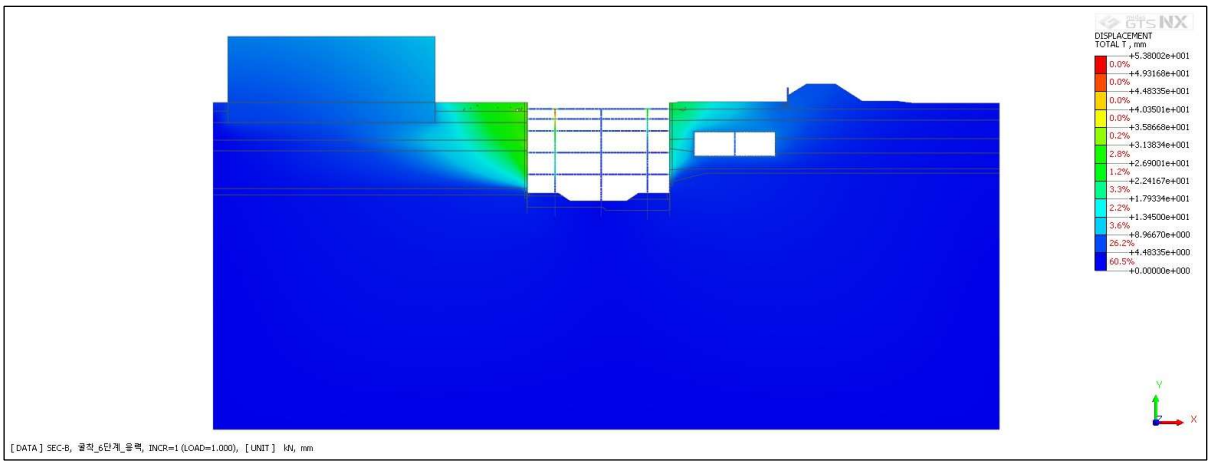
SEC-B_굴착_5단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



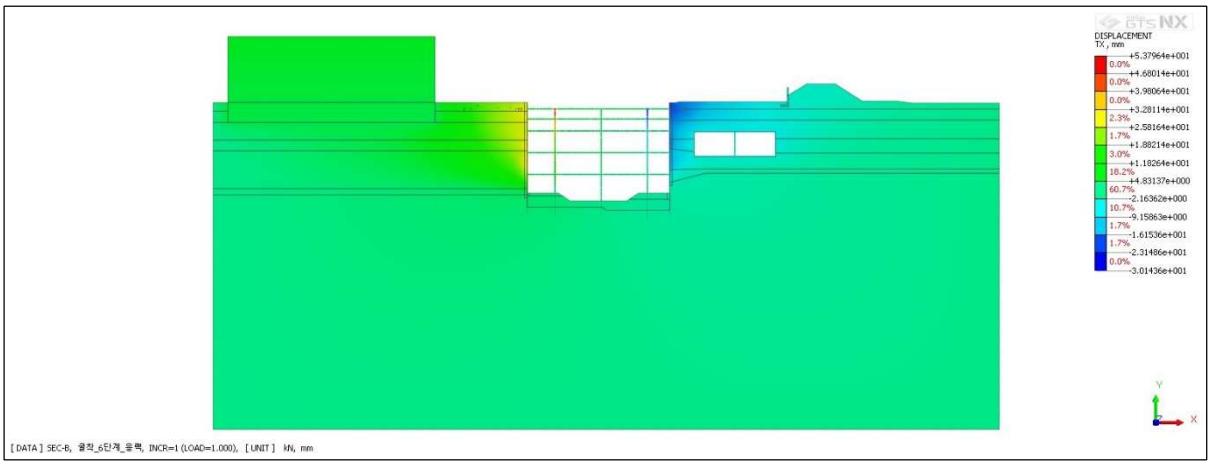
SEC-B_굴착_5단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



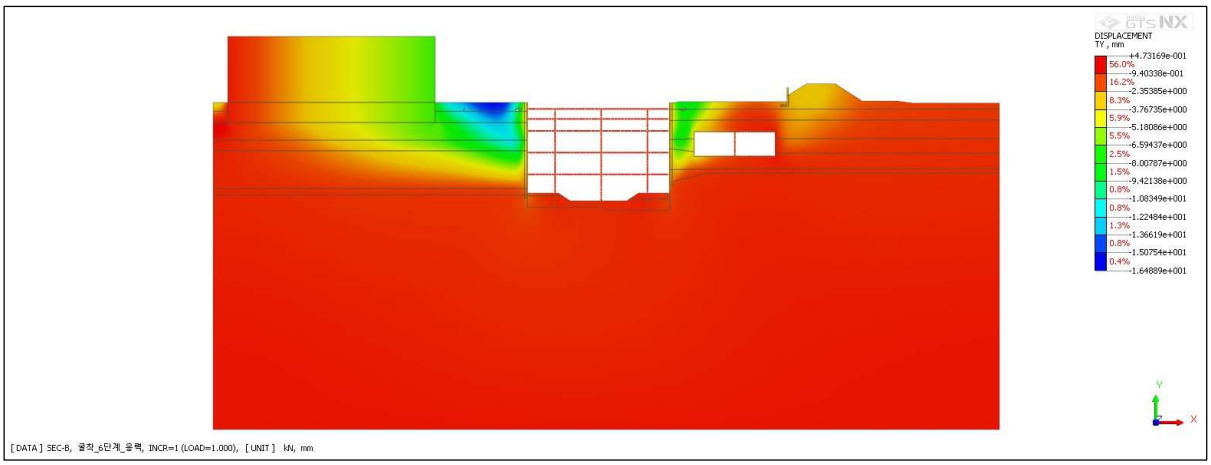
SEC-B_굴착_5단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



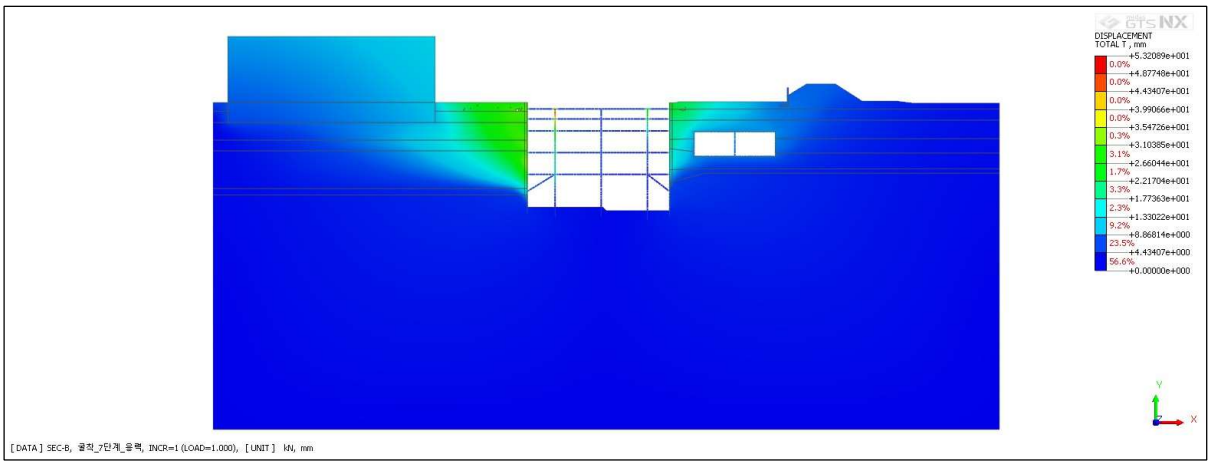
SEC-B_굴착_6단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



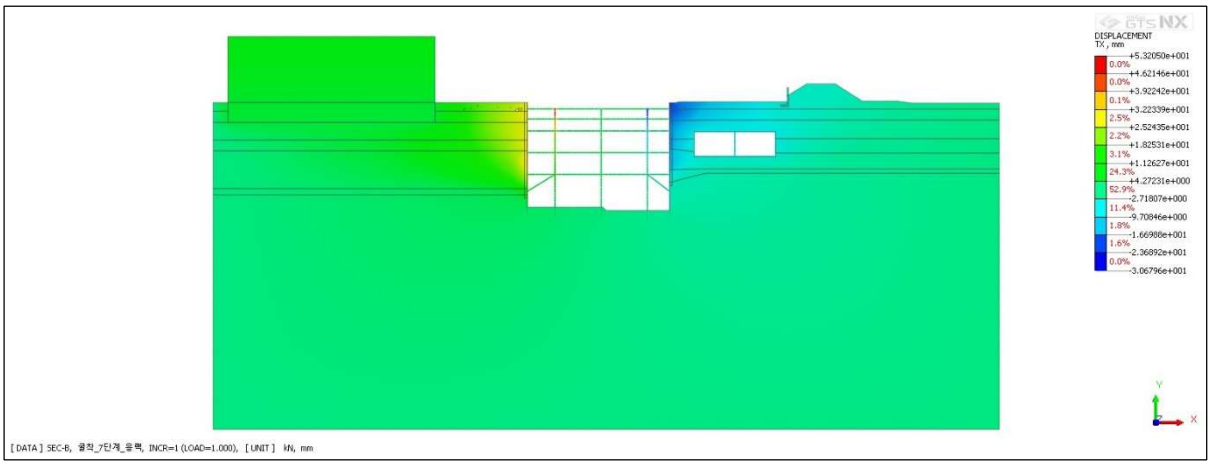
SEC-B_굴착_6단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



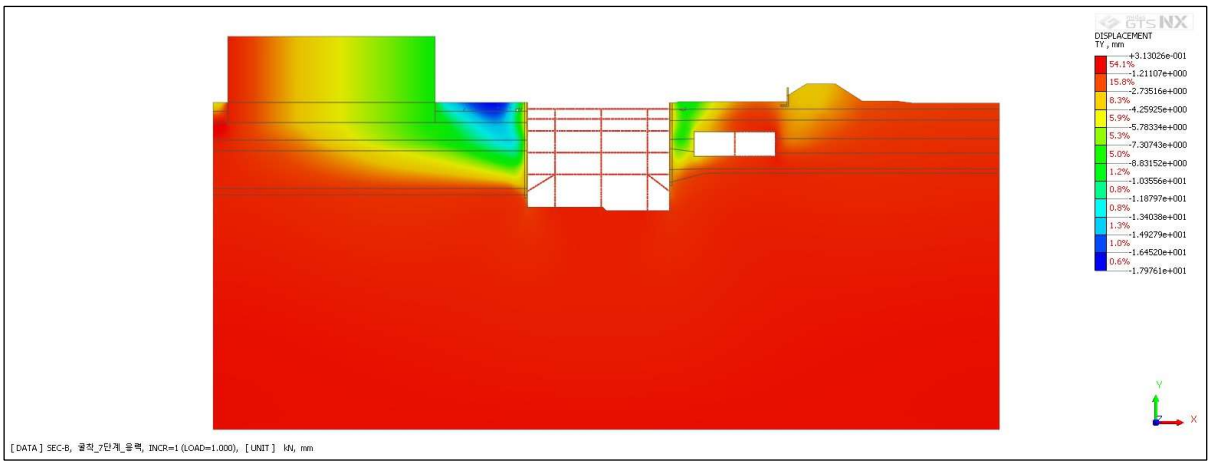
SEC-B_굴착_6단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



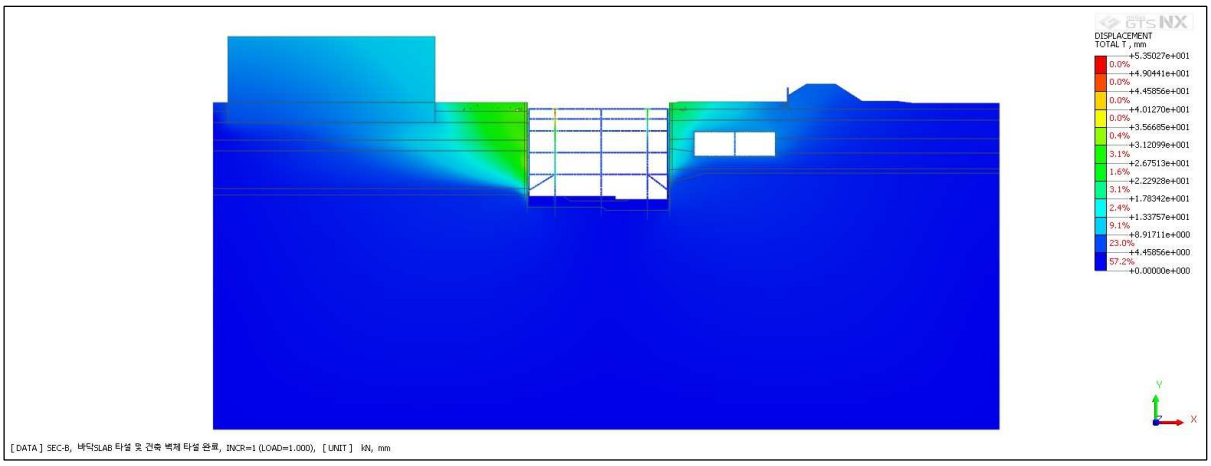
SEC-B_굴착_7단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



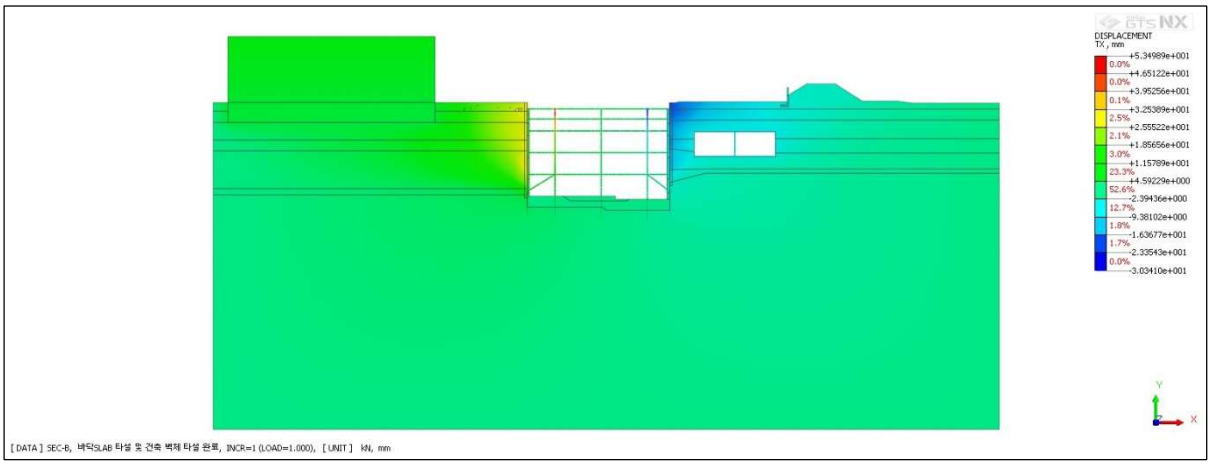
SEC-B_굴착_7단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



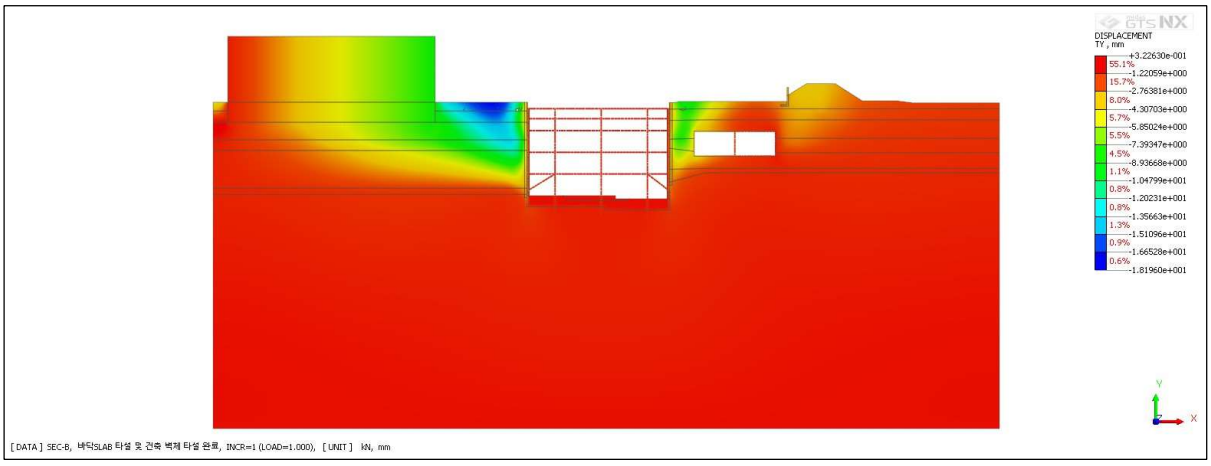
SEC-B_굴착_7단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



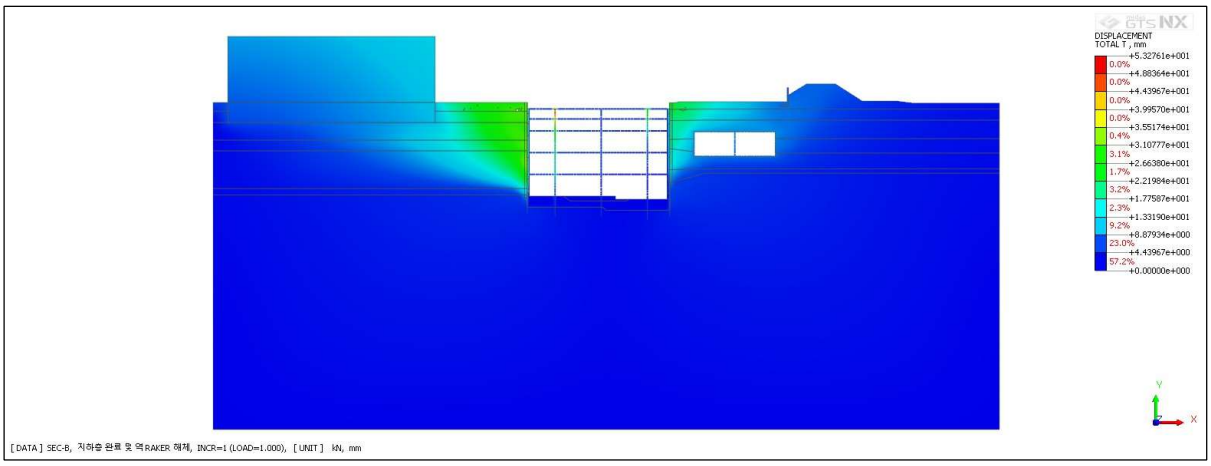
SEC-B_바닥SLAB 타설 및 건축 벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



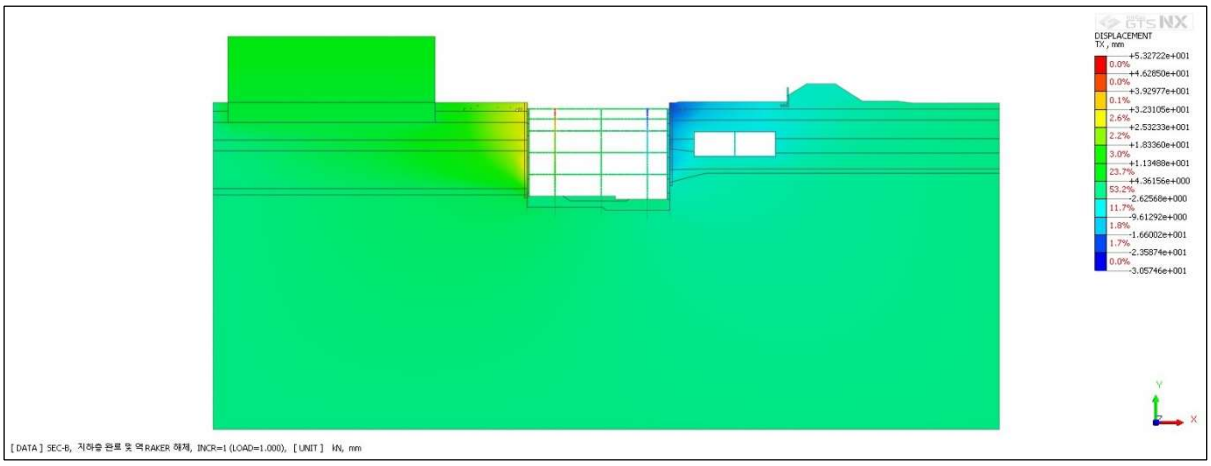
SEC-B_바닥SLAB 타설 및 건축 벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



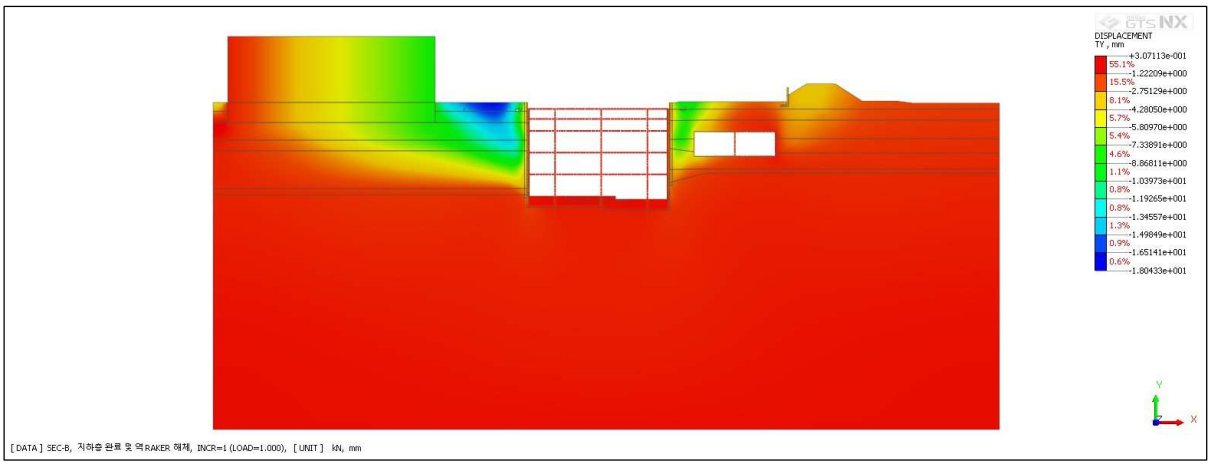
SEC-B_바닥SLAB 타설 및 건축 벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



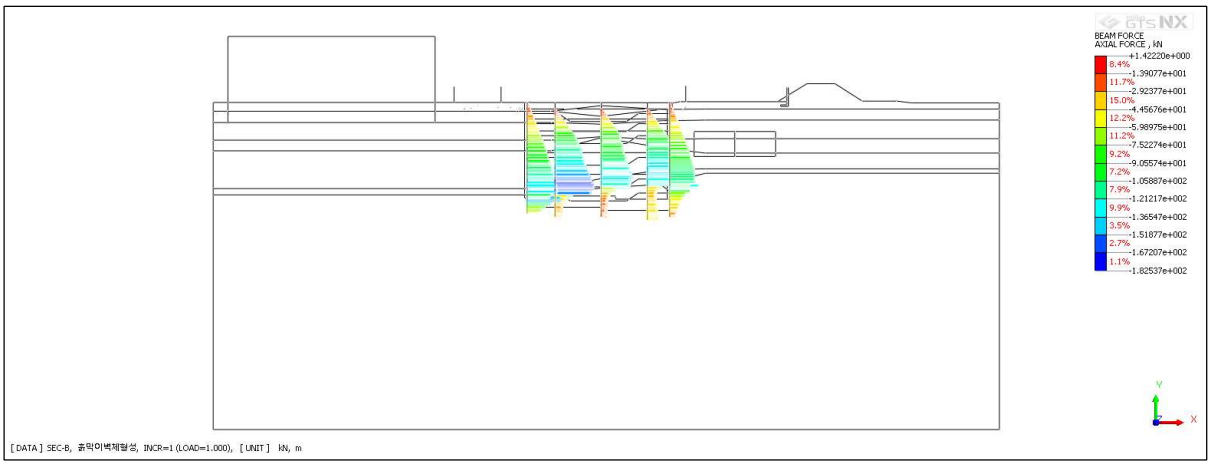
SEC-B_지하층 완료 및 역 RAKER 해체_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



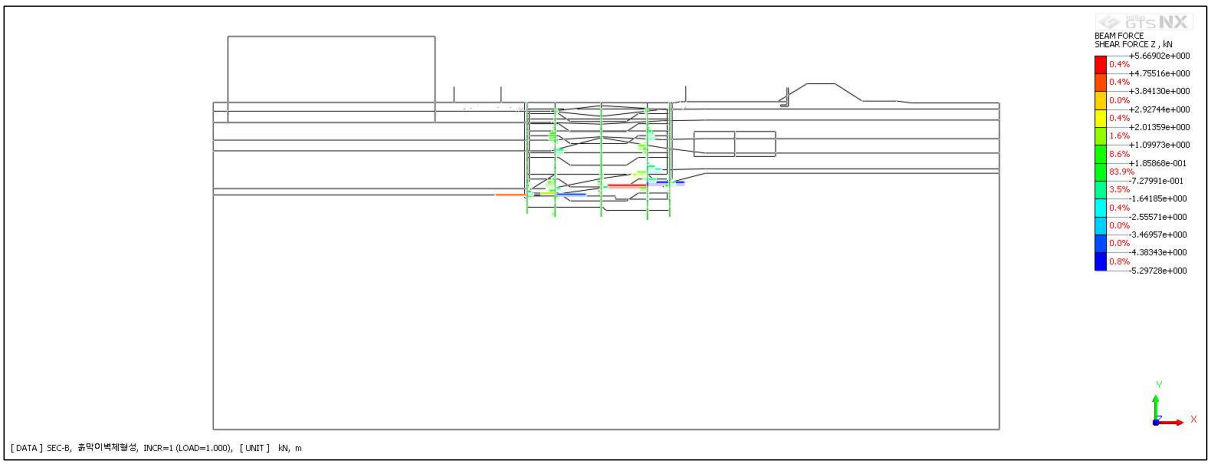
SEC-B_지하층 완료 및 역 RAKER 해체_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



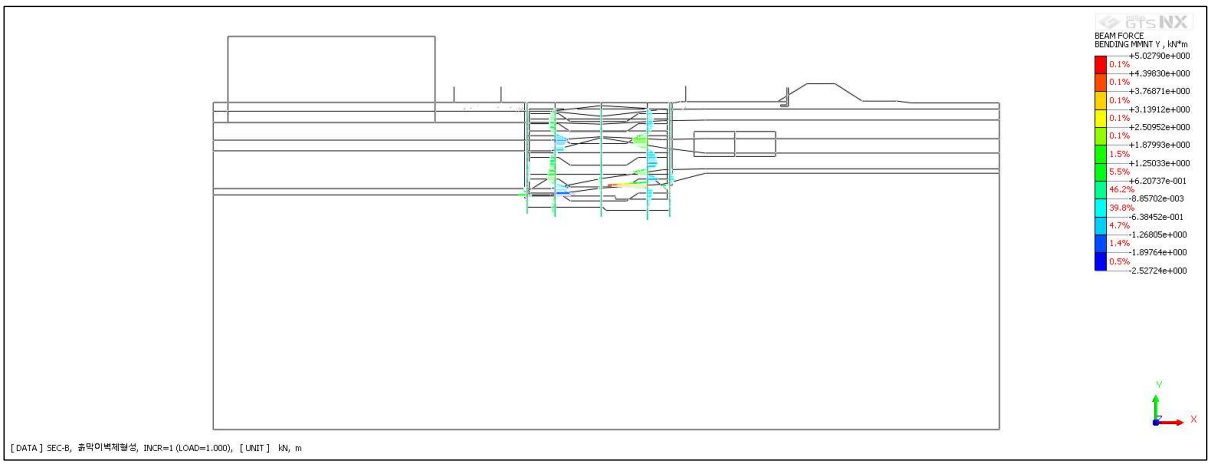
SEC-B_지하층 완료 및 역 RAKER 해체_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



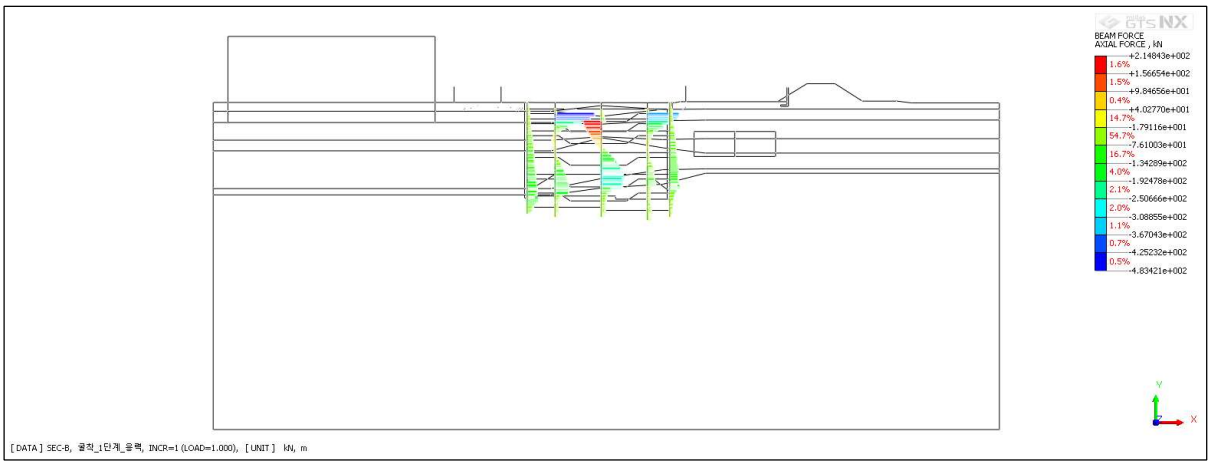
SEC-B_흙막이벽체형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



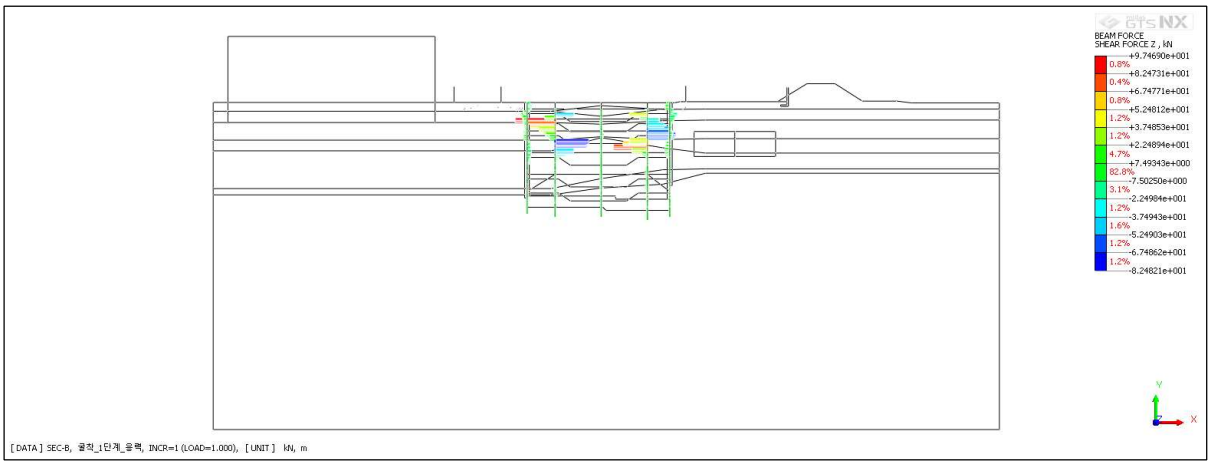
SEC-B_흙막이벽체형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



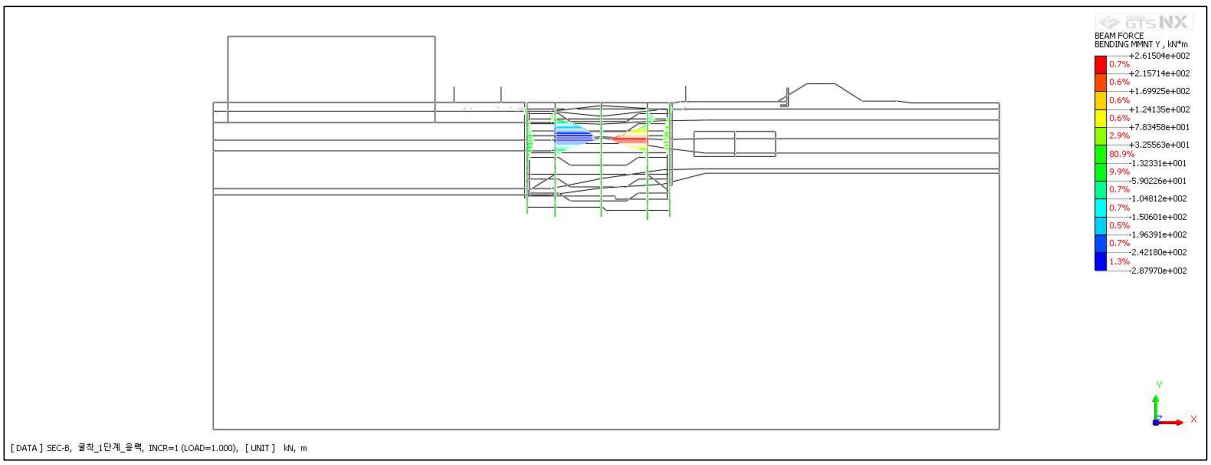
SEC-B_흙막이벽체형성_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



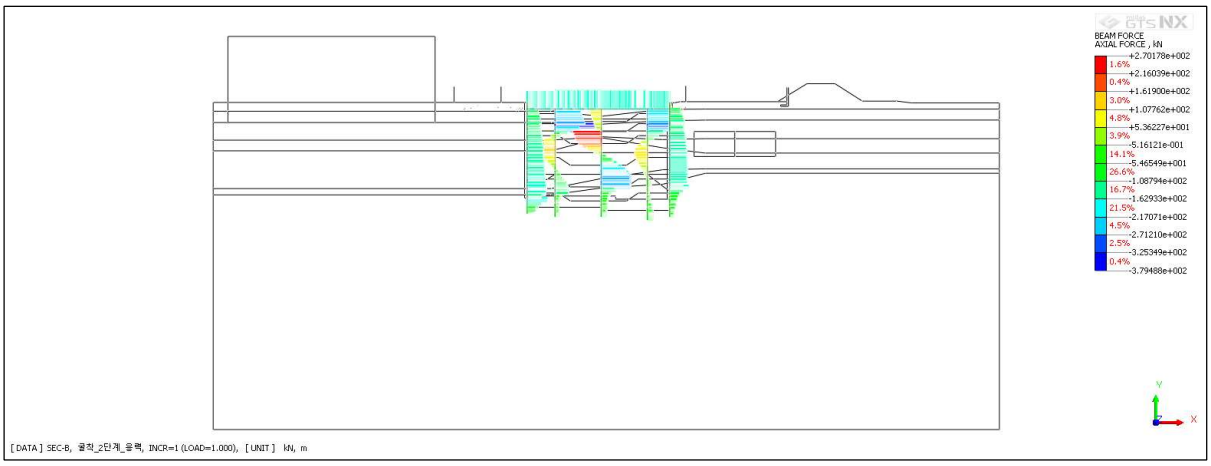
SEC-B_굴착_1단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



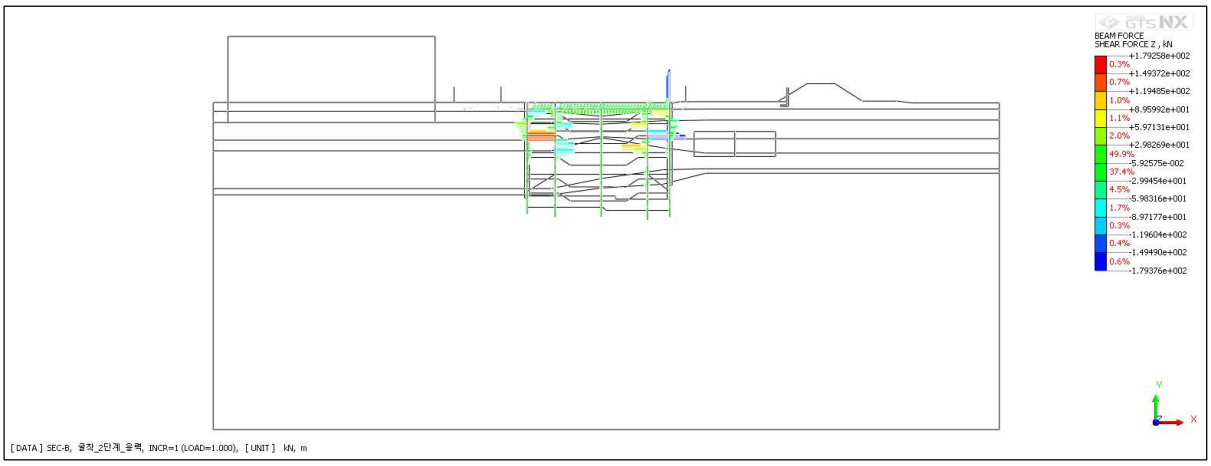
SEC-B_굴착_1단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



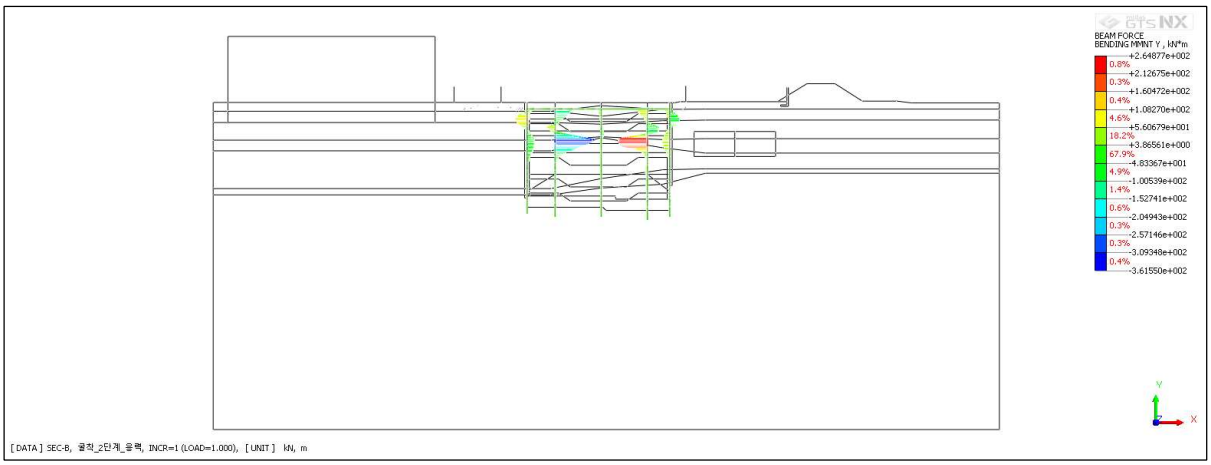
SEC-B_굴착_1단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



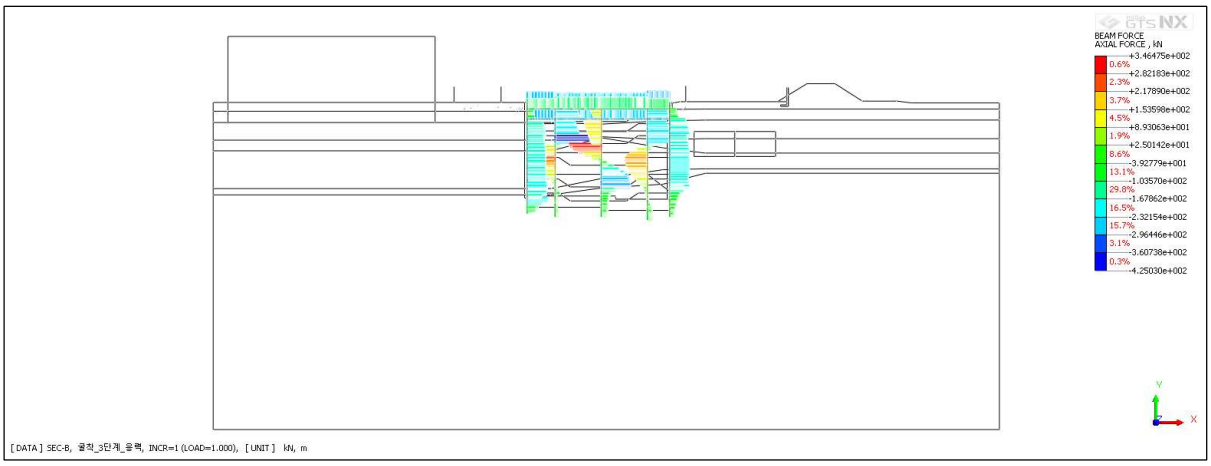
SEC-B_굴착_2단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



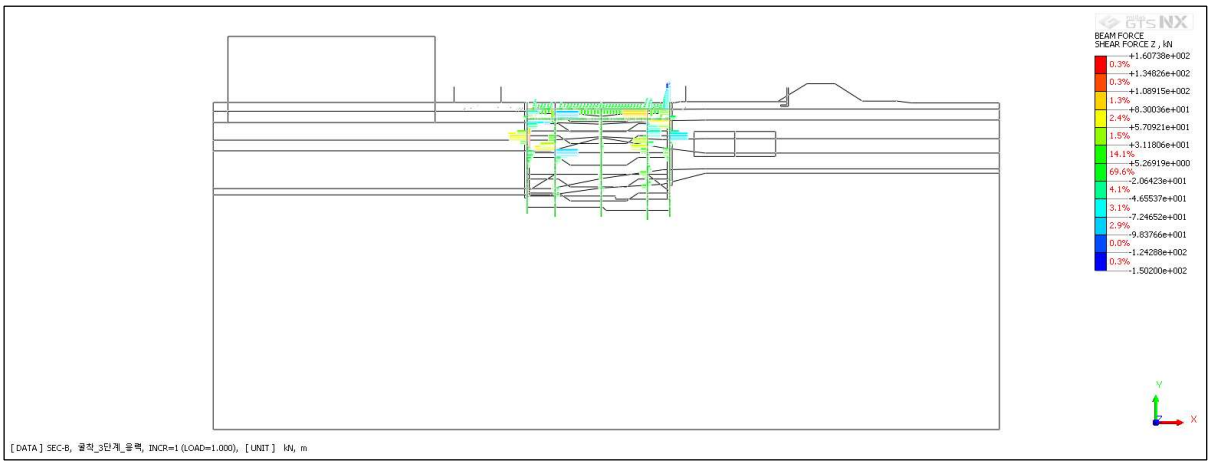
SEC-B_굴착_2단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



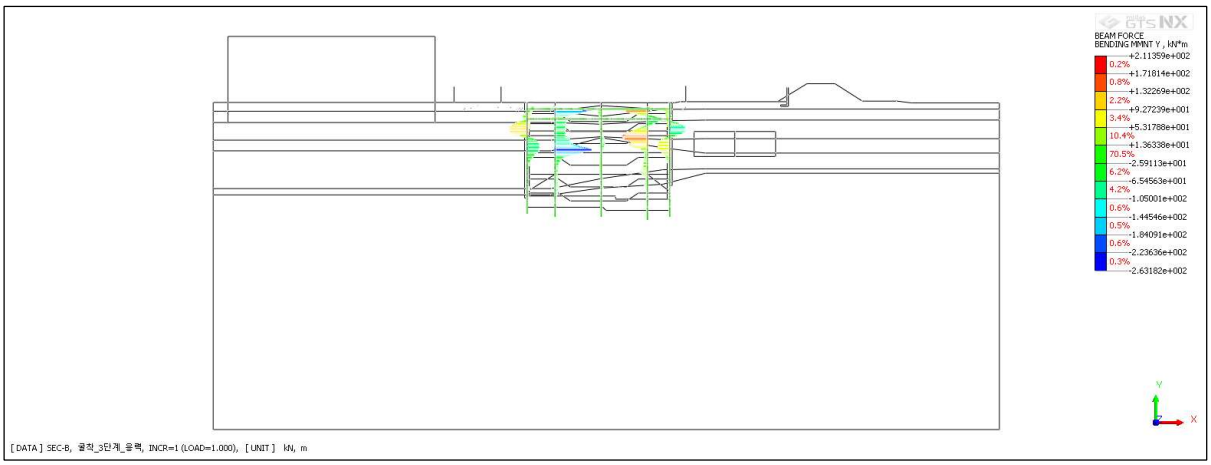
SEC-B_굴착_2단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



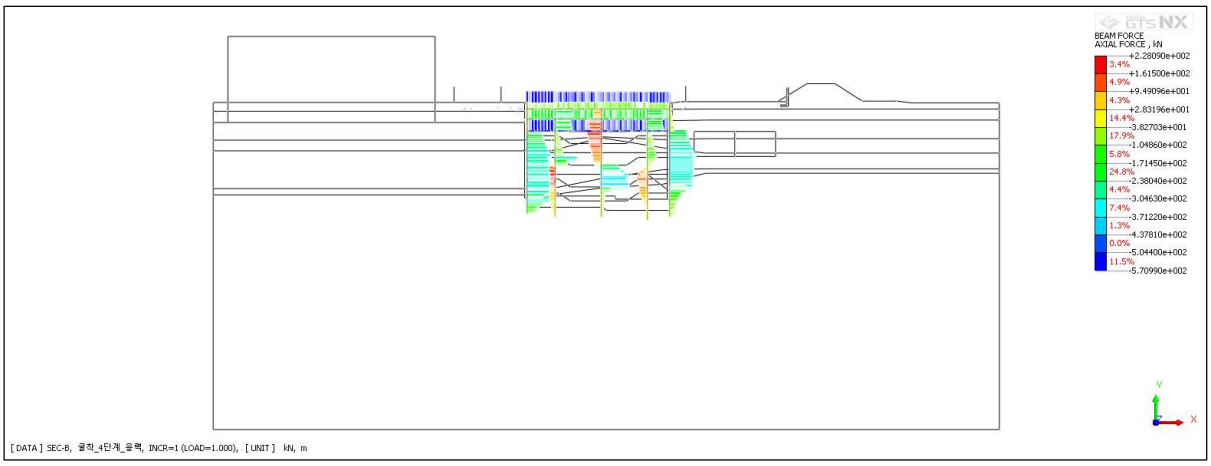
SEC-B_굴착_3단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



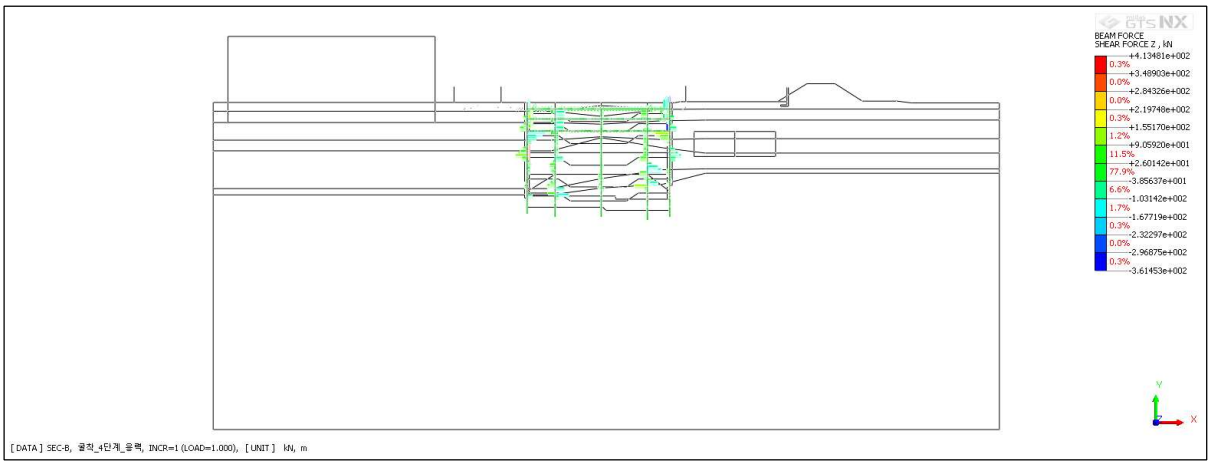
SEC-B_굴착_3단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



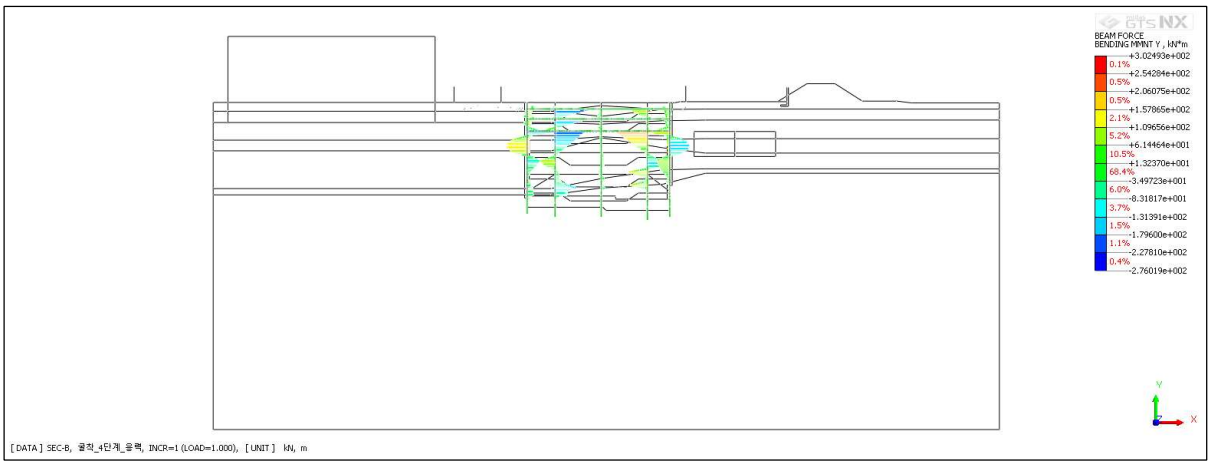
SEC-B_굴착_3단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



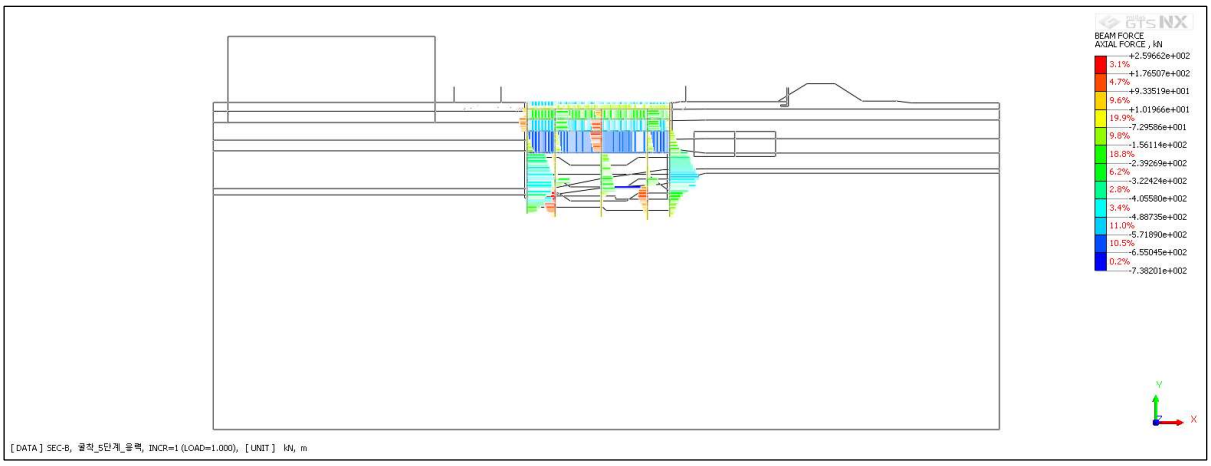
SEC-B_굴착_4단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



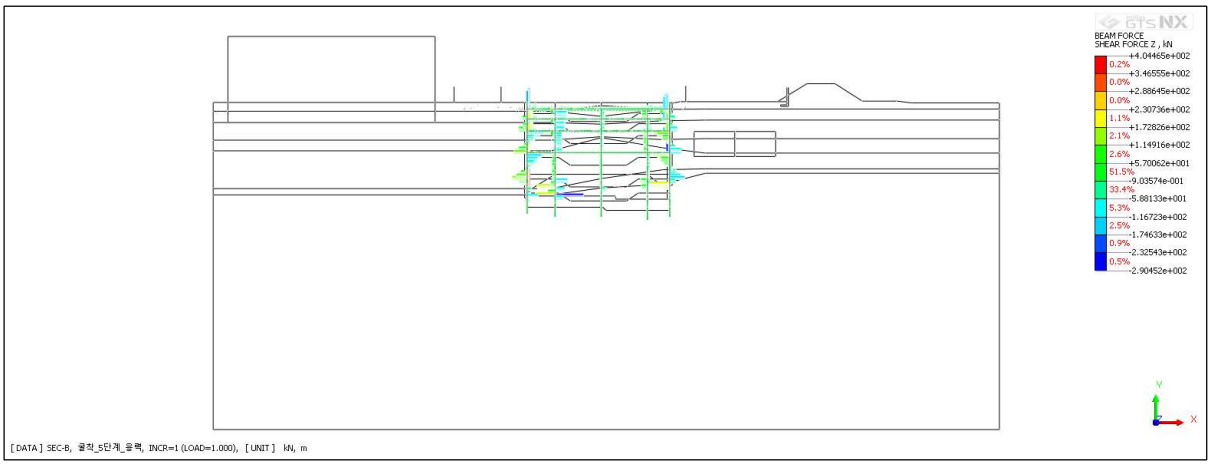
SEC-B_굴착_4단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



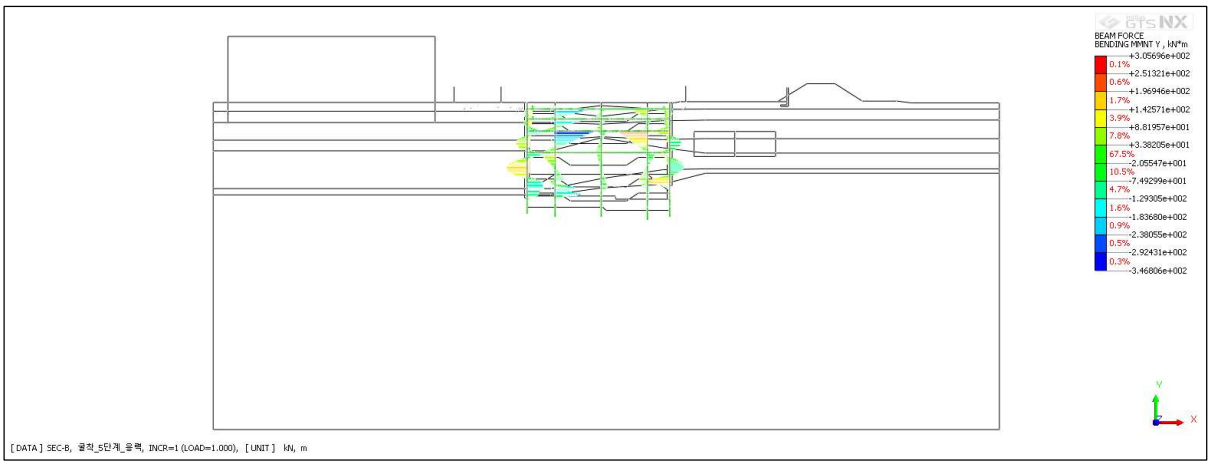
SEC-B_굴착_4단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



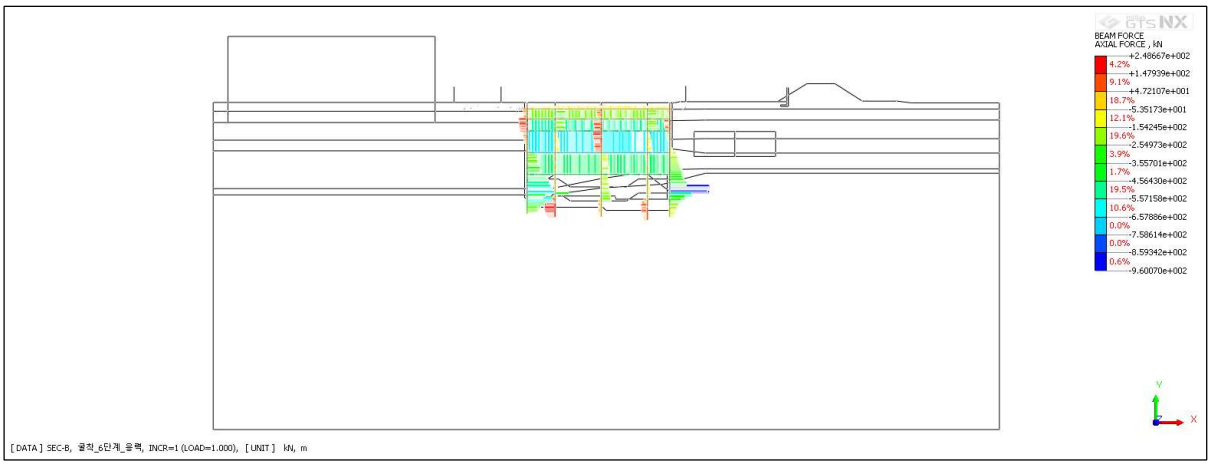
SEC-B_굴착_5단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



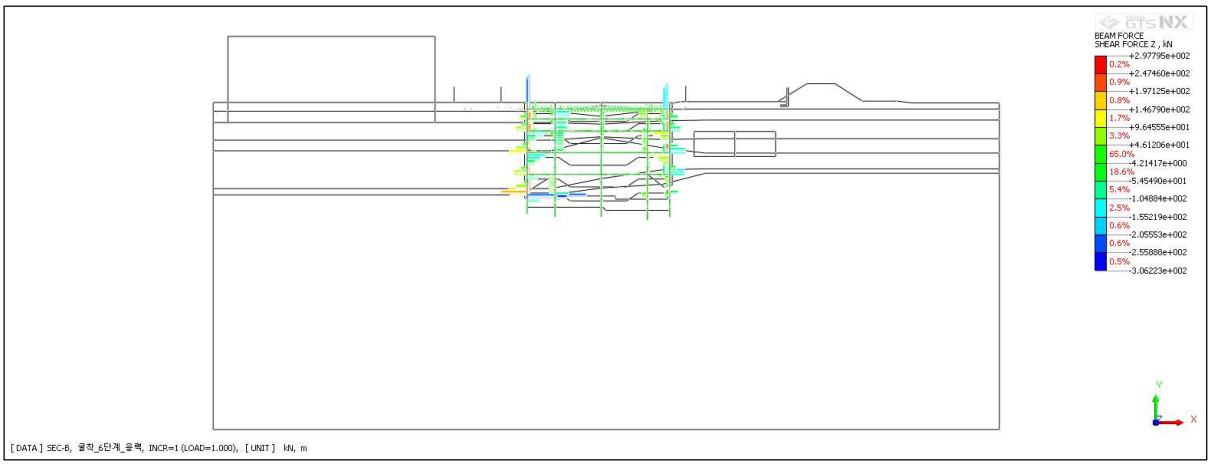
SEC-B_굴착_5단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



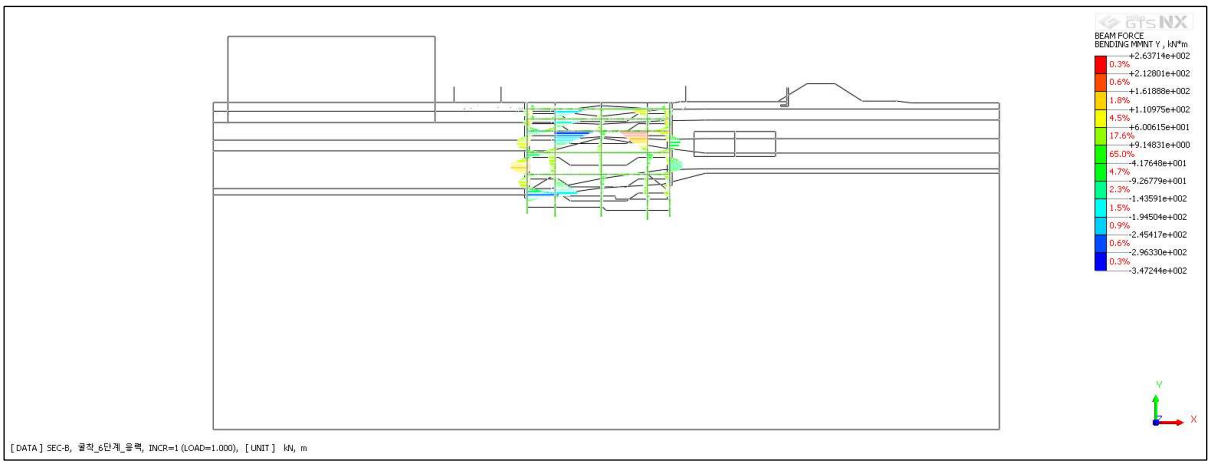
SEC-B_굴착_5단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



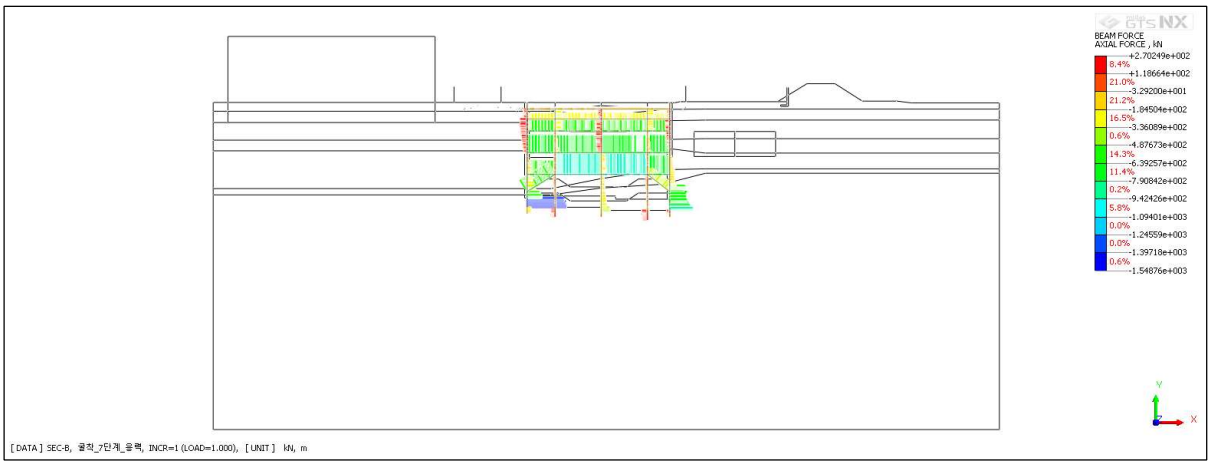
SEC-B_굴착_6단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



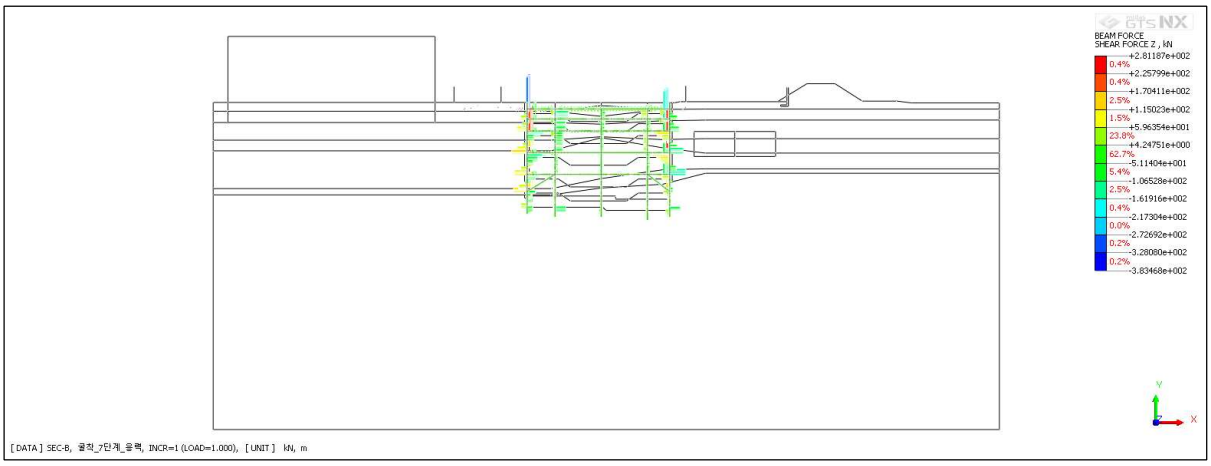
SEC-B_굴착_6단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



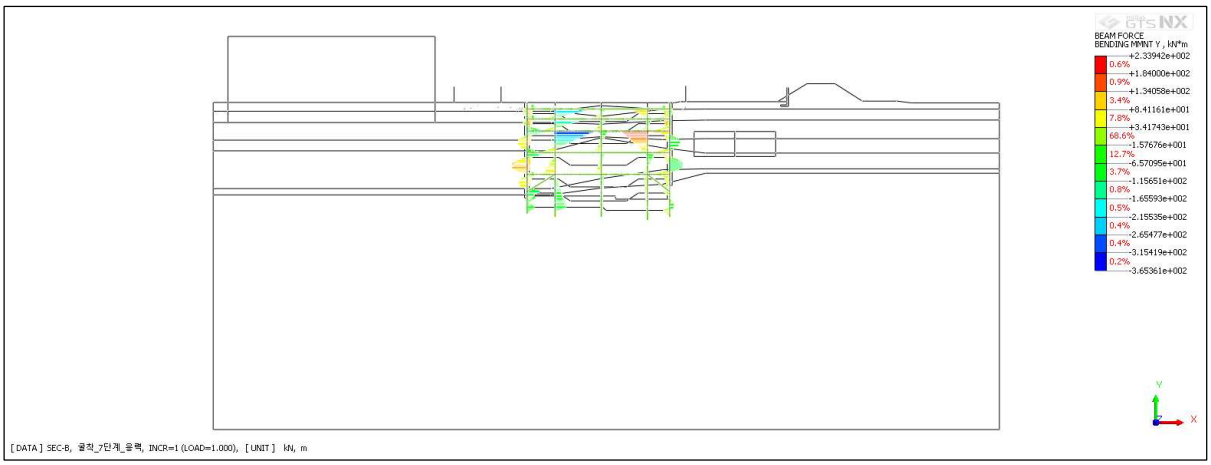
SEC-B_굴착_6단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



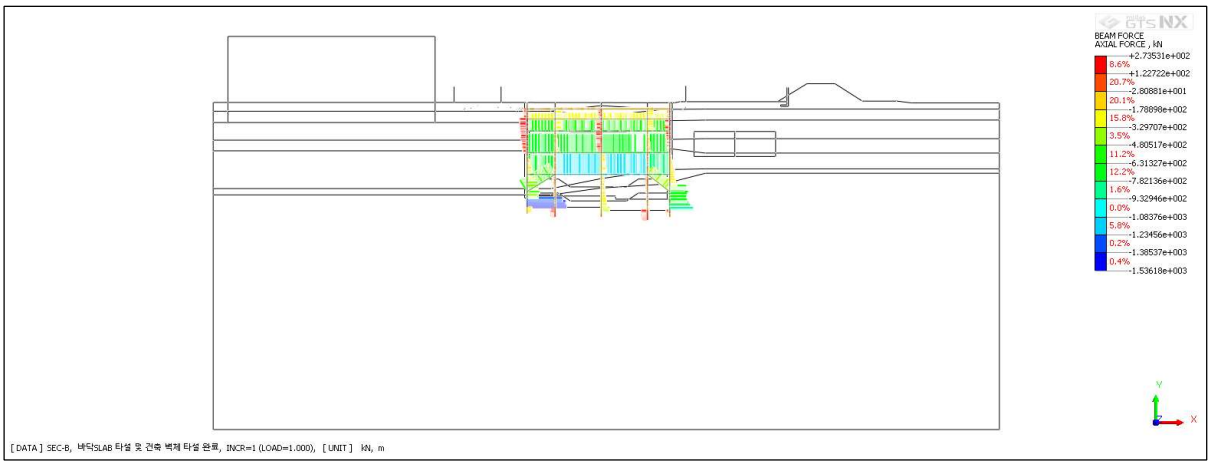
SEC-B_굴착_7단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



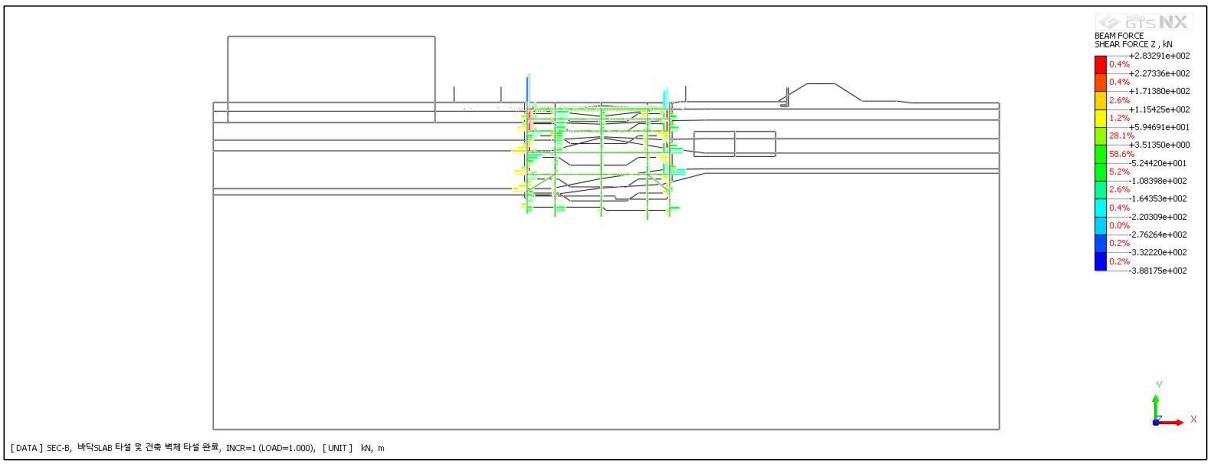
SEC-B_굴착_7단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



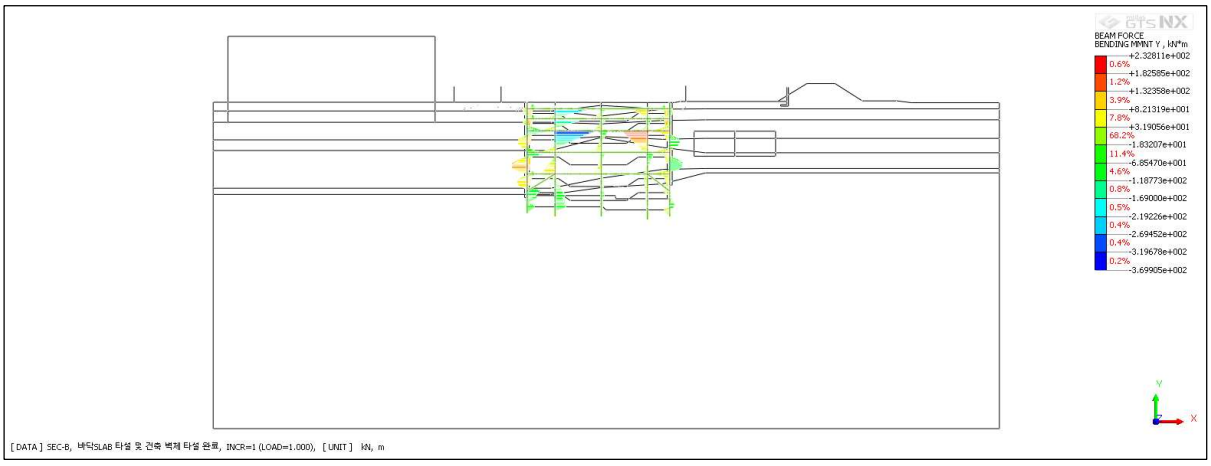
SEC-B_굴착_7단계_응력_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



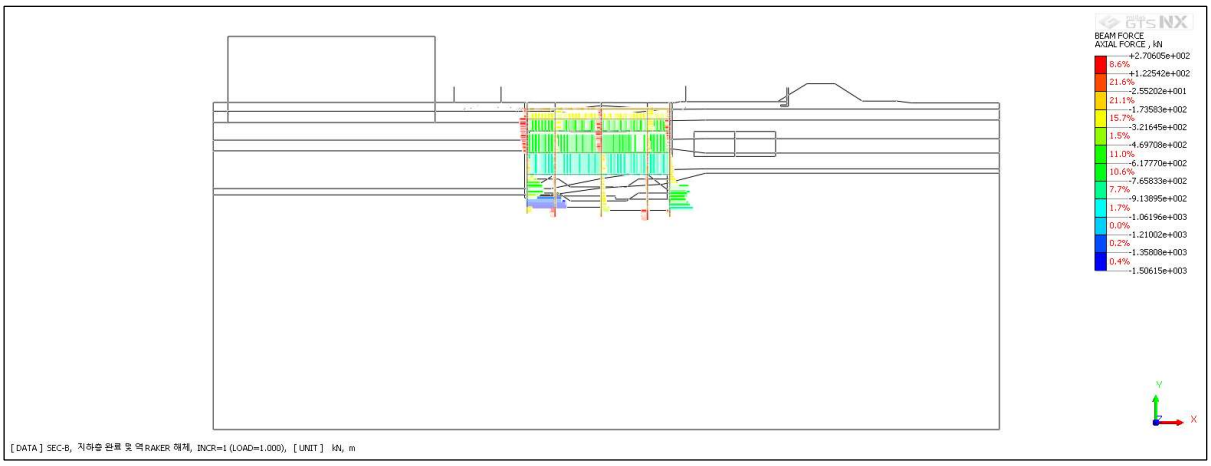
SEC-B_바닥SLAB 타설 및 건축 벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE



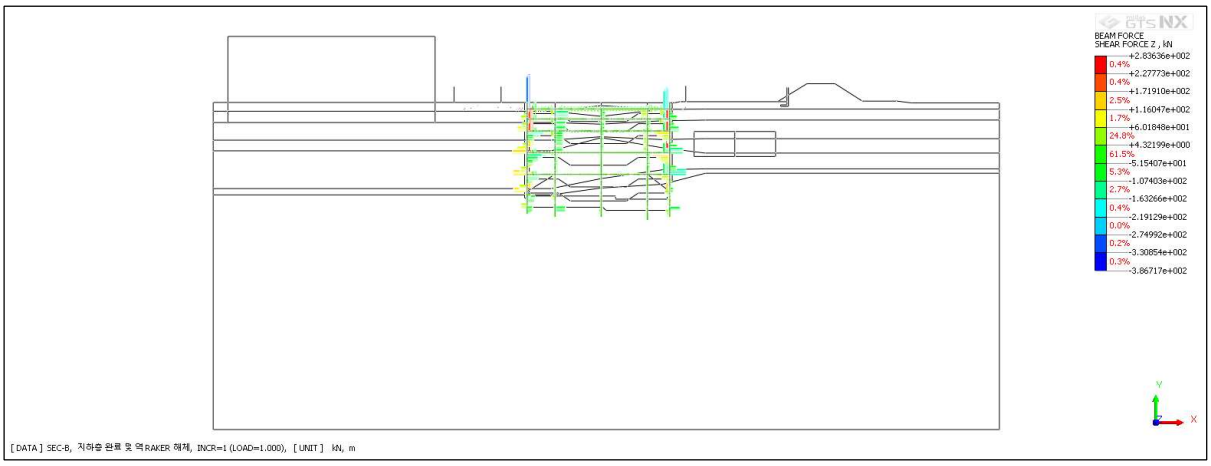
SEC-B_바닥SLAB 타설 및 건축 벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z



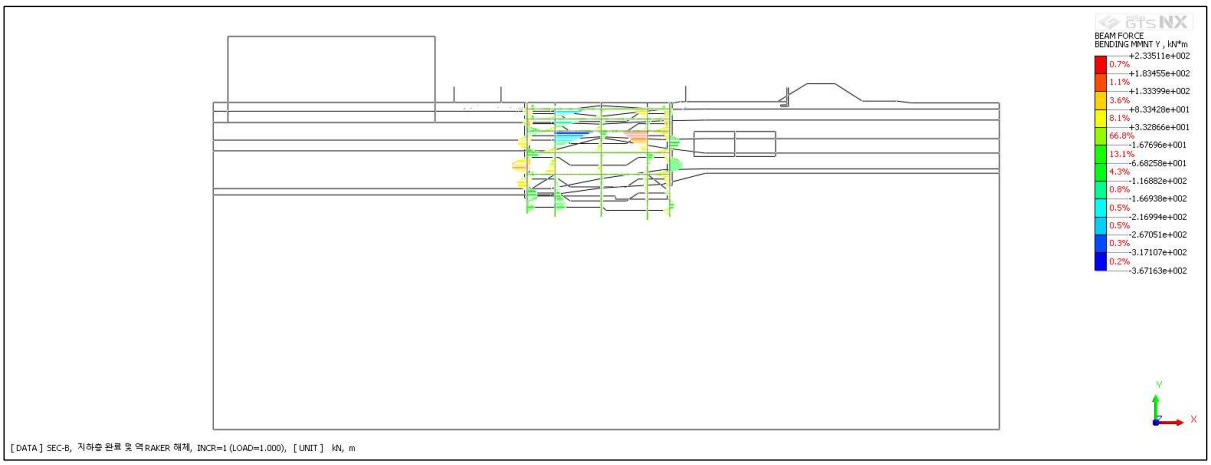
SEC-B_바닥SLAB 타설 및 건축 벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y



SEC-B_지하층 완료 및 역 RAKER 해체_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_AXIAL FORCE

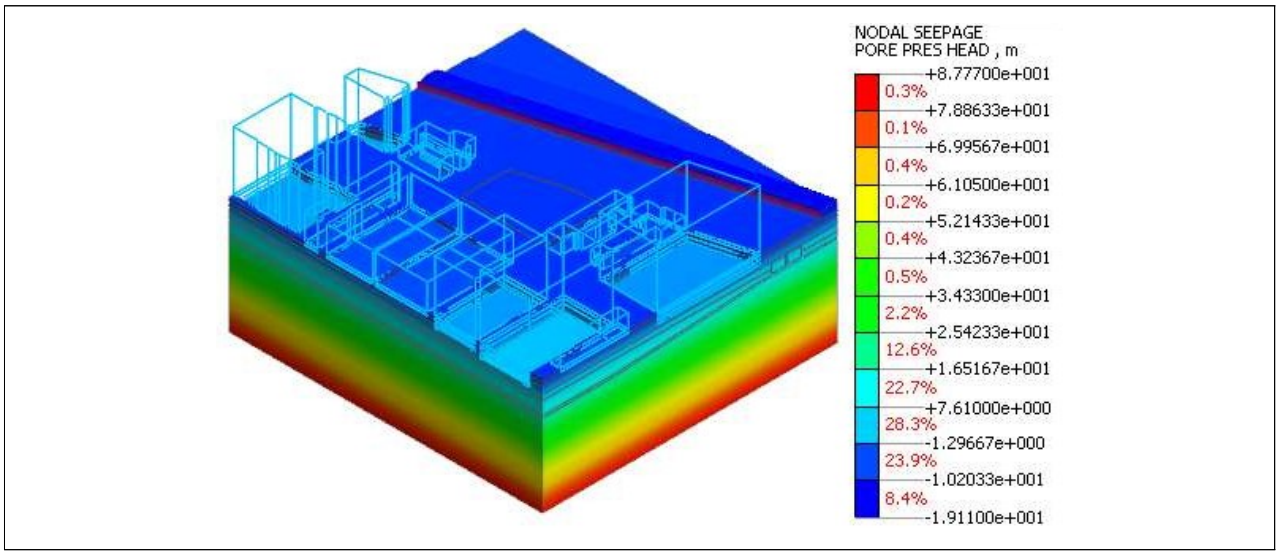


SEC-B_지하층 완료 및 역 RAKER 해체_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_SHEAR FORCE Z

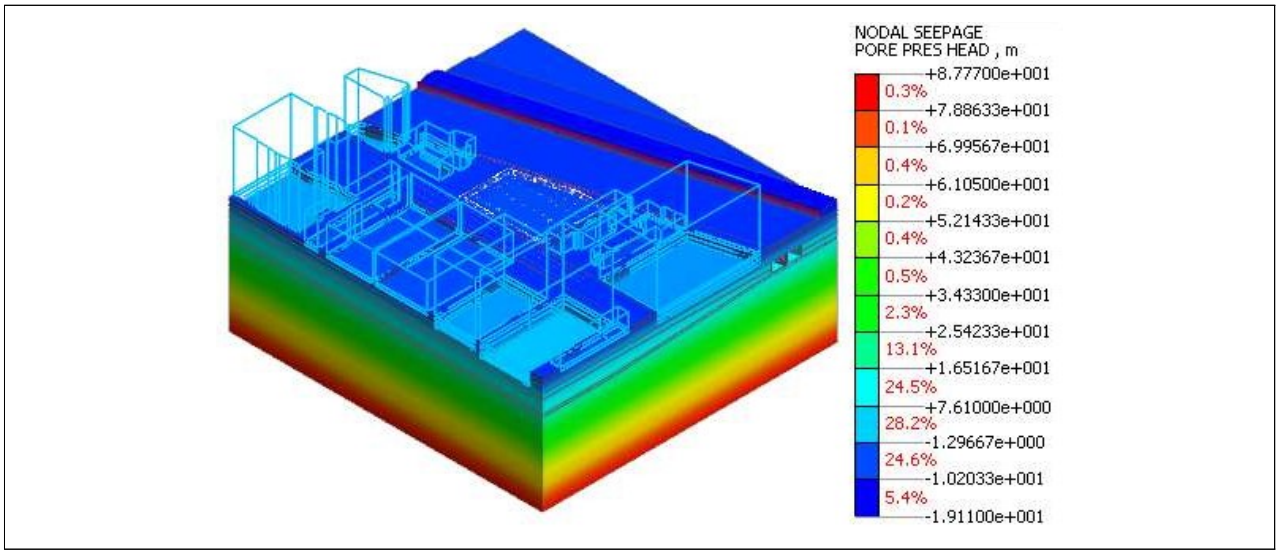


SEC-B_지하층 완료 및 역 RAKER 해체_INCR=1 (LOAD=1.000)_Beam Element Forces_BENDING MOMENT Y

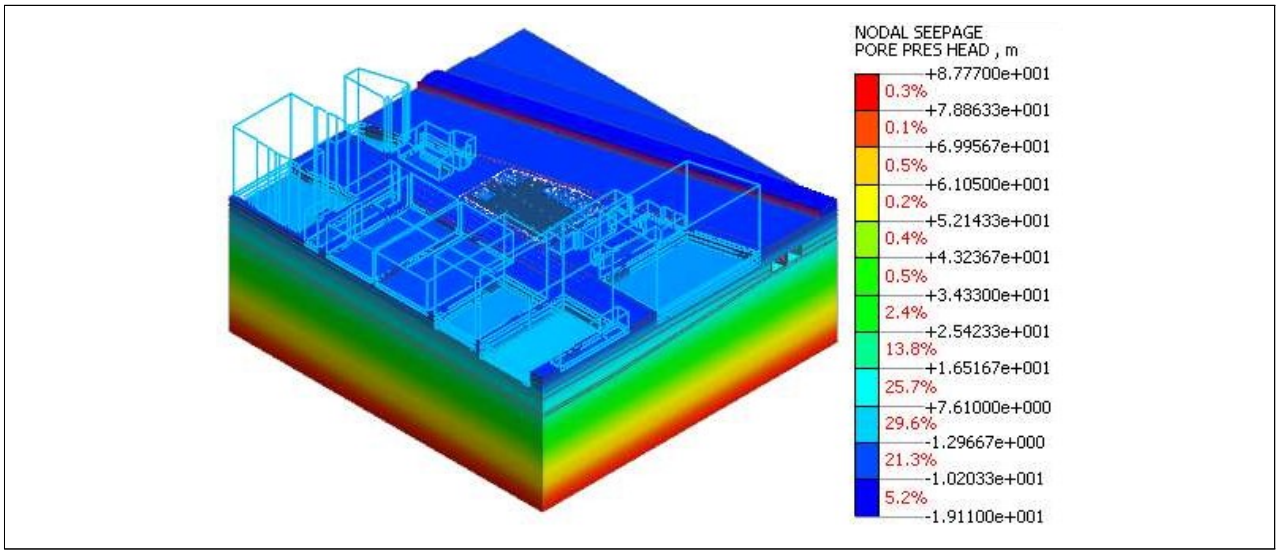
10.4.3 3차원 유한요소해석 결과도



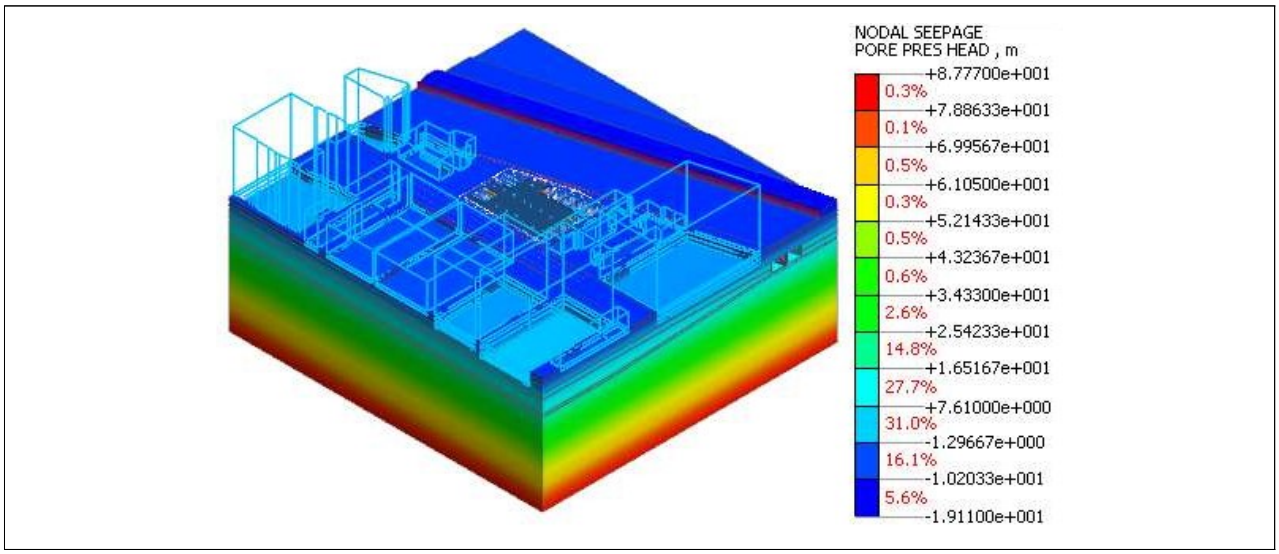
원지반 상태_INCR=1 (TIME=0)_Nodal Seepage Results_PORE PRESSURE HEAD



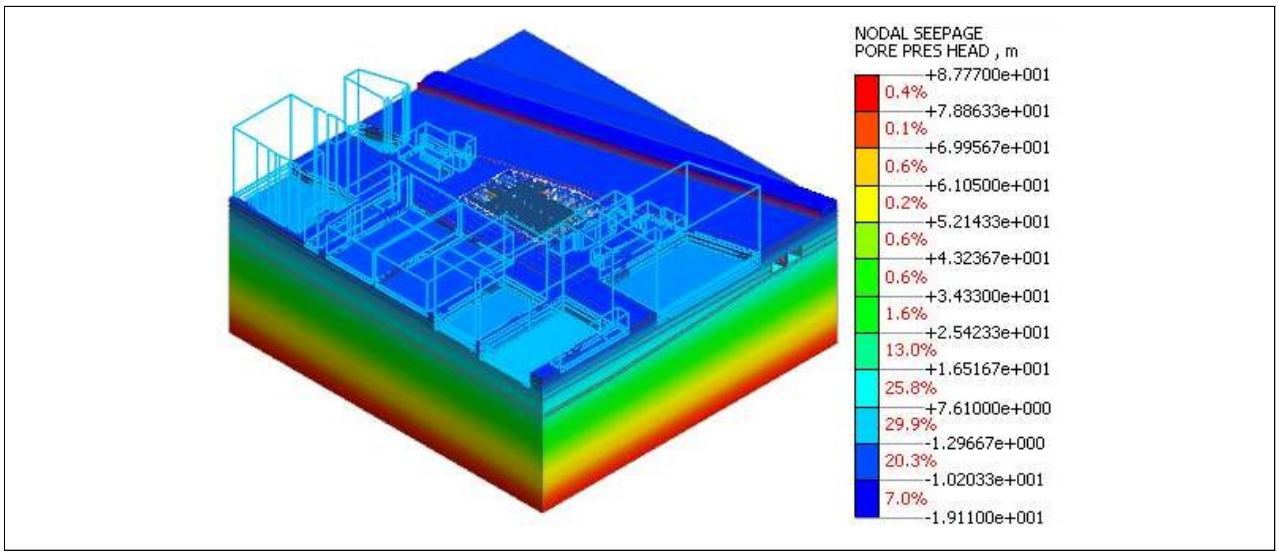
1단계 굴착_INCR=1 (TIME=25)_Nodal Seepage Results_PORE PRESSURE HEAD



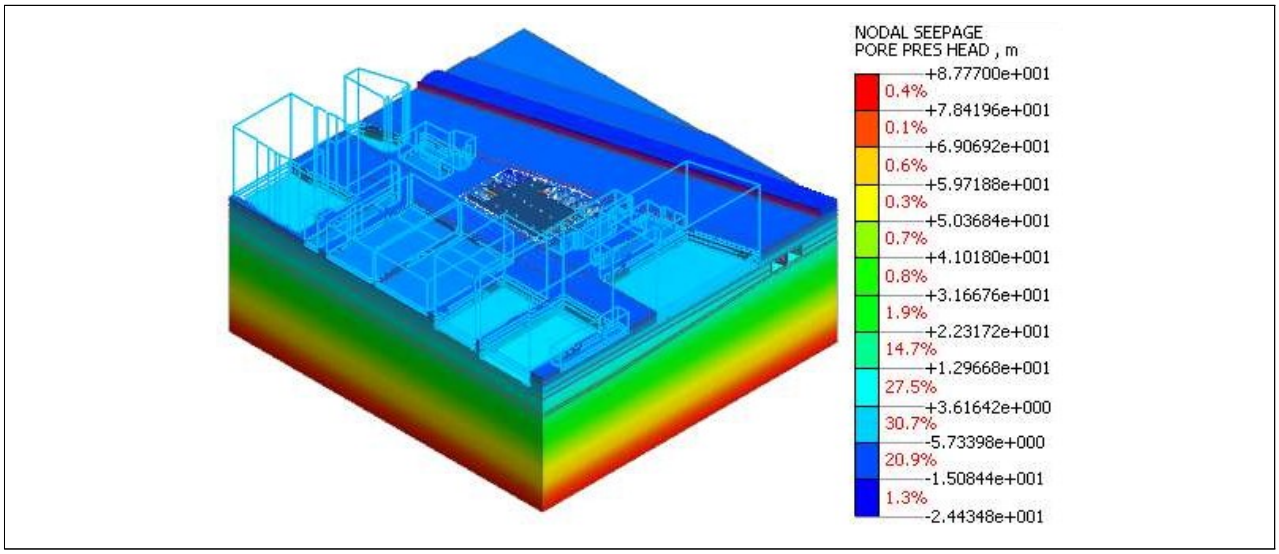
2단계 굴착_INCR=1 (TIME=45)_Nodal Seepage Results_PORE PRESSURE HEAD



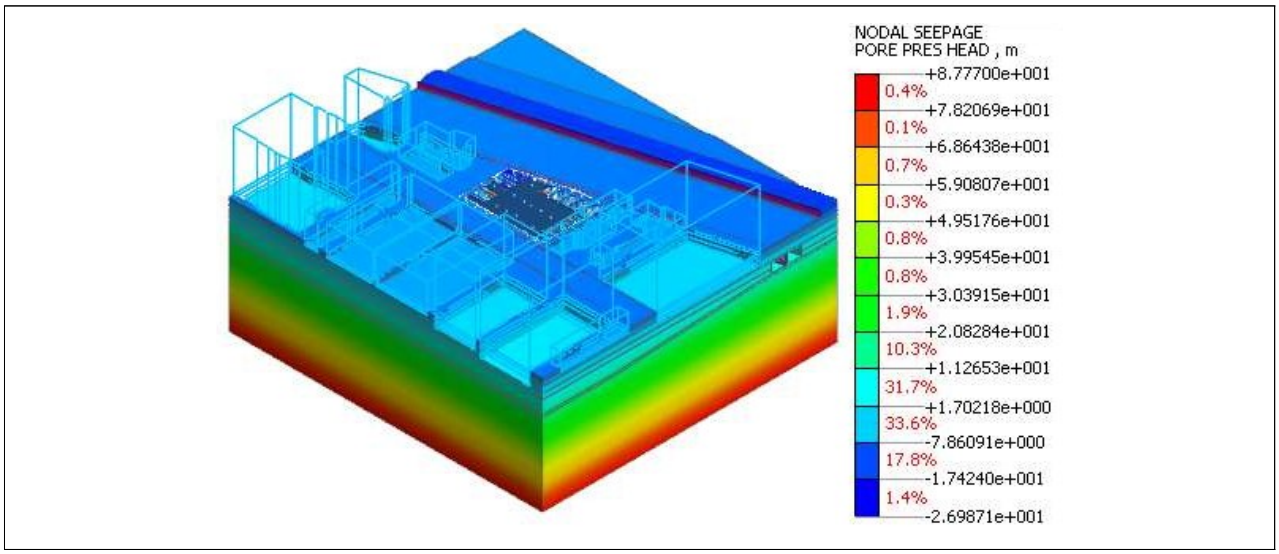
3단계 굴착_INCR=1 (TIME=70)_Nodal Seepage Results_PORE PRESSURE HEAD



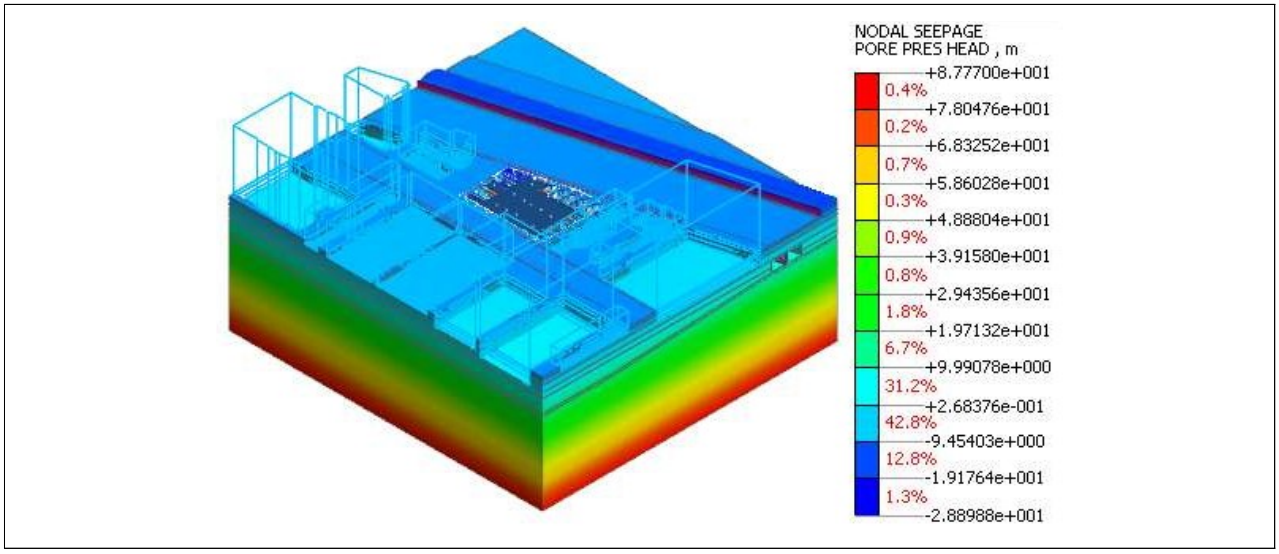
4단계 굴착_INCR=1 (TIME=100)_Nodal Seepage Results_PORE PRESSURE HEAD



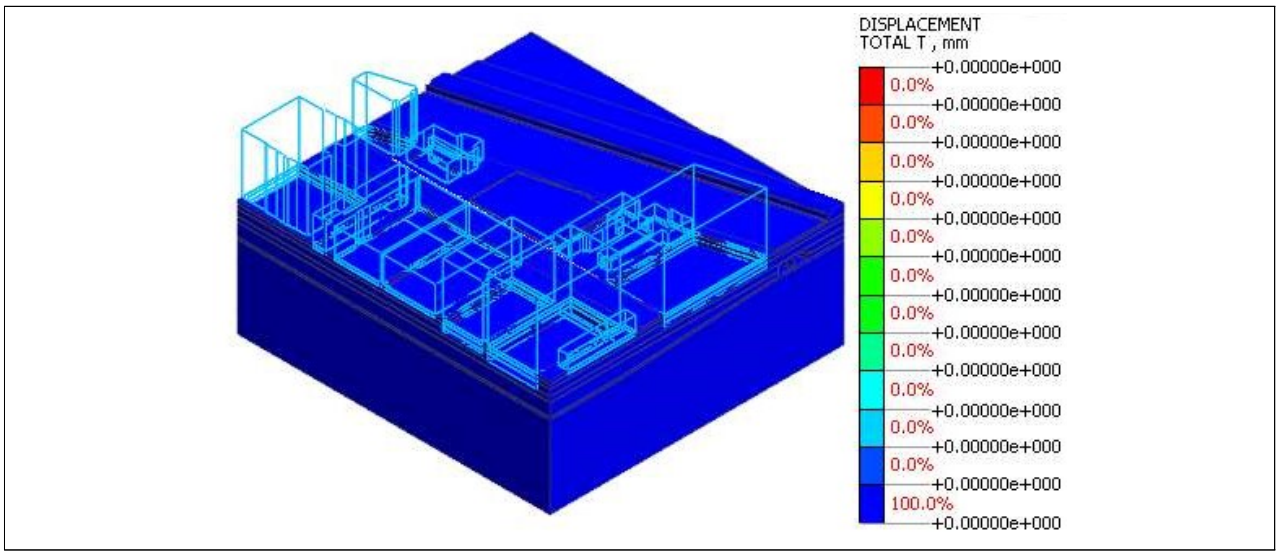
5단계 굴착_INCR=1 (TIME=130)_Nodal Seepage Results_PORE PRESSURE HEAD



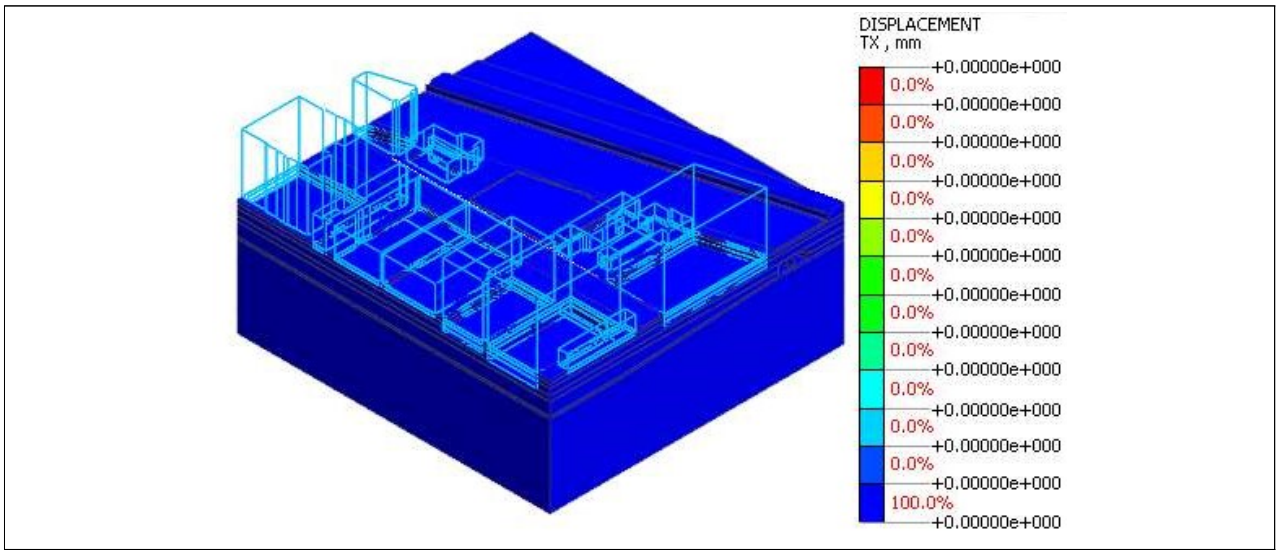
6단계 굴착_INCR=1 (TIME=160)_Nodal Seepage Results_PORE PRESSURE HEAD



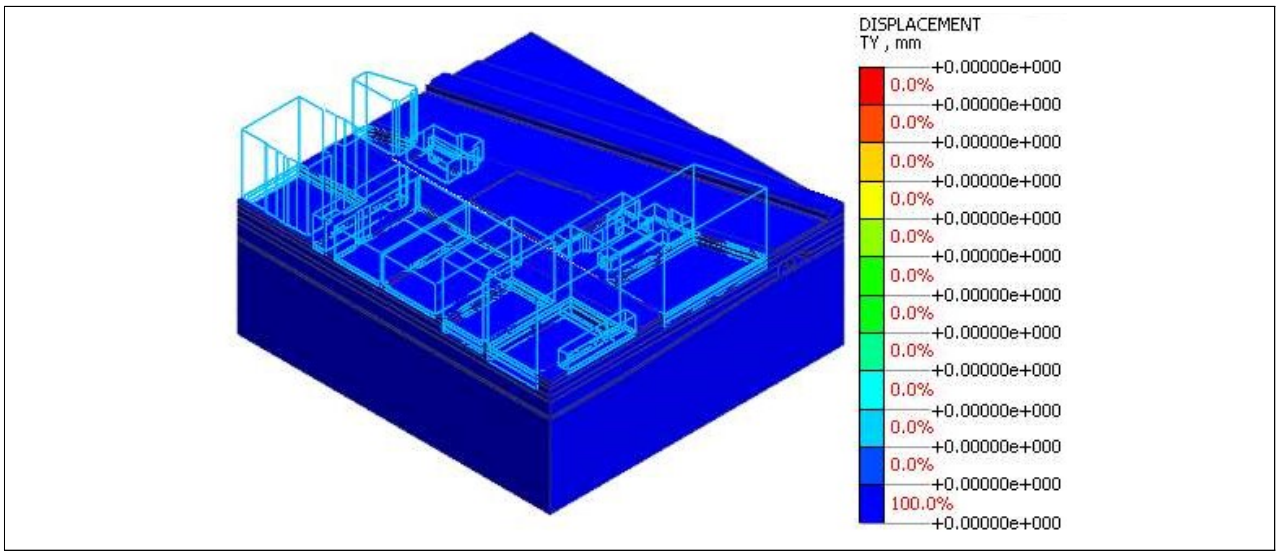
최종 굴착_INCR=1 (TIME=190)_Nodal Seepage Results_PORE PRESSURE HEAD



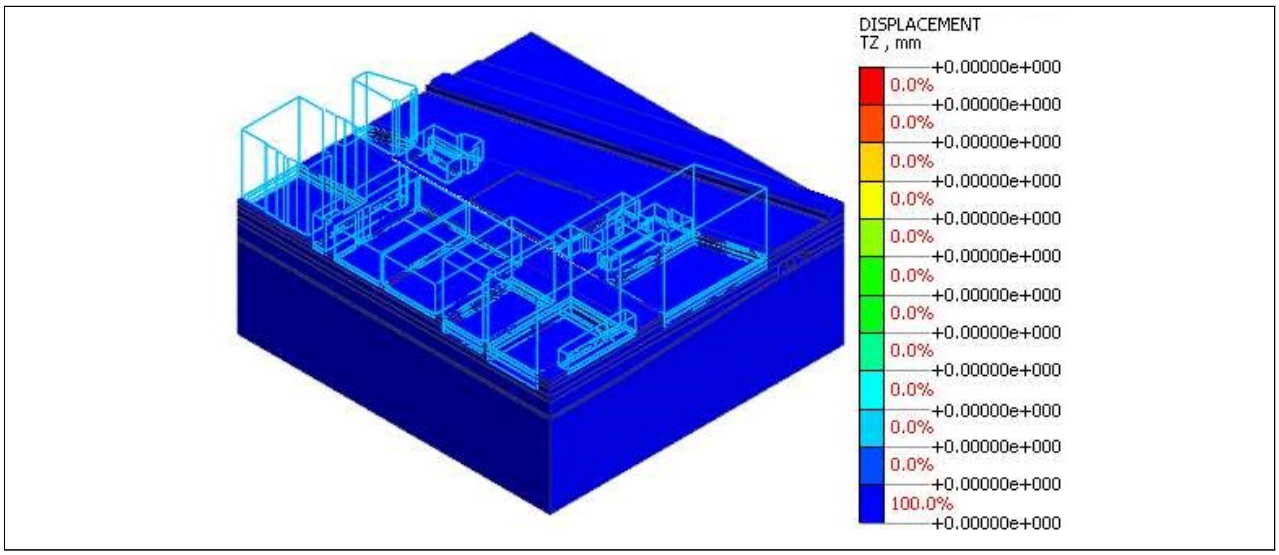
원지반 상태_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



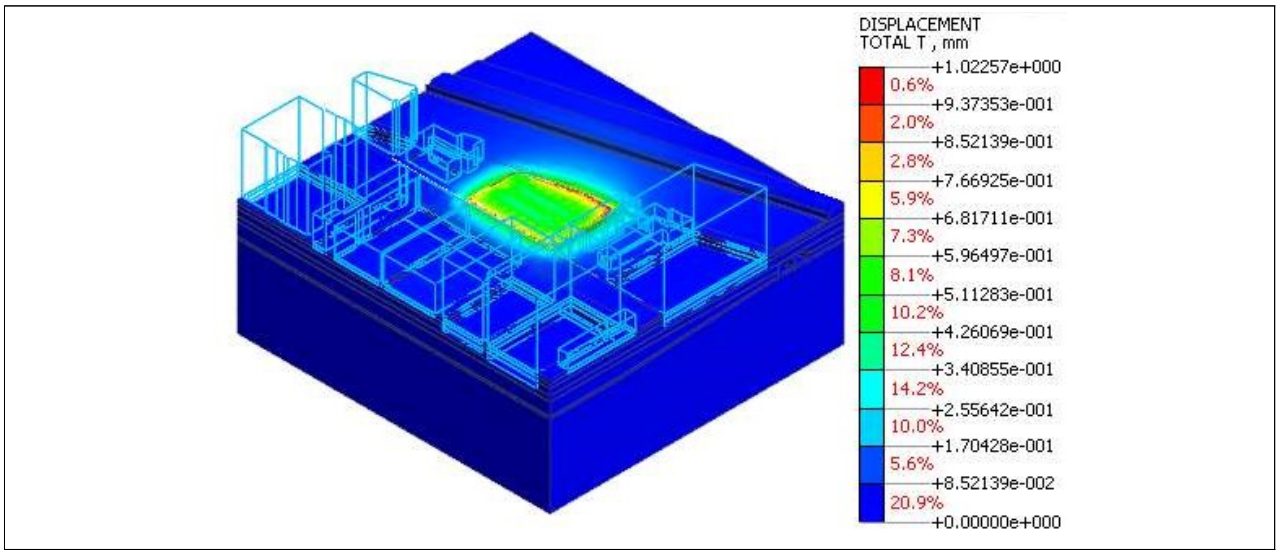
원지반 상태_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



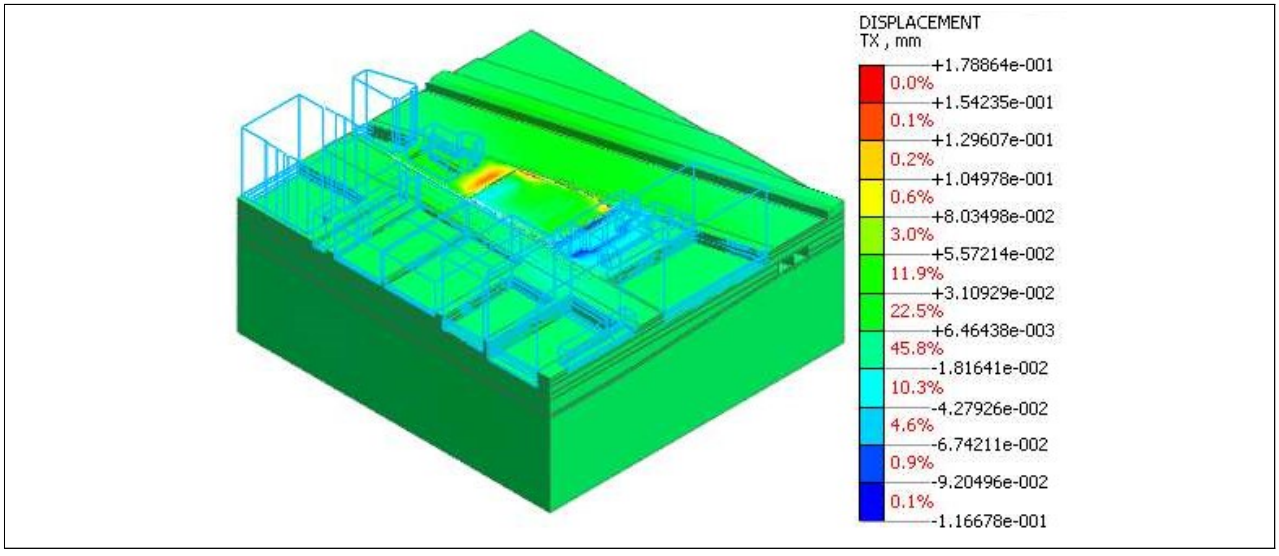
원지반 상태_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



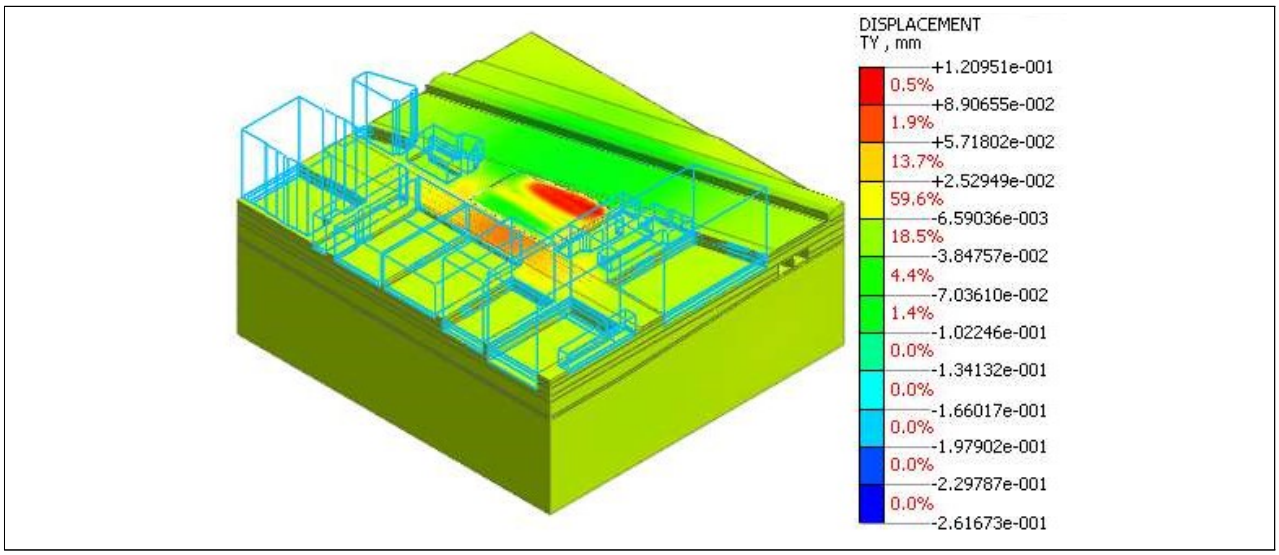
원지반 상태_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TZ TRANSLATION (V)



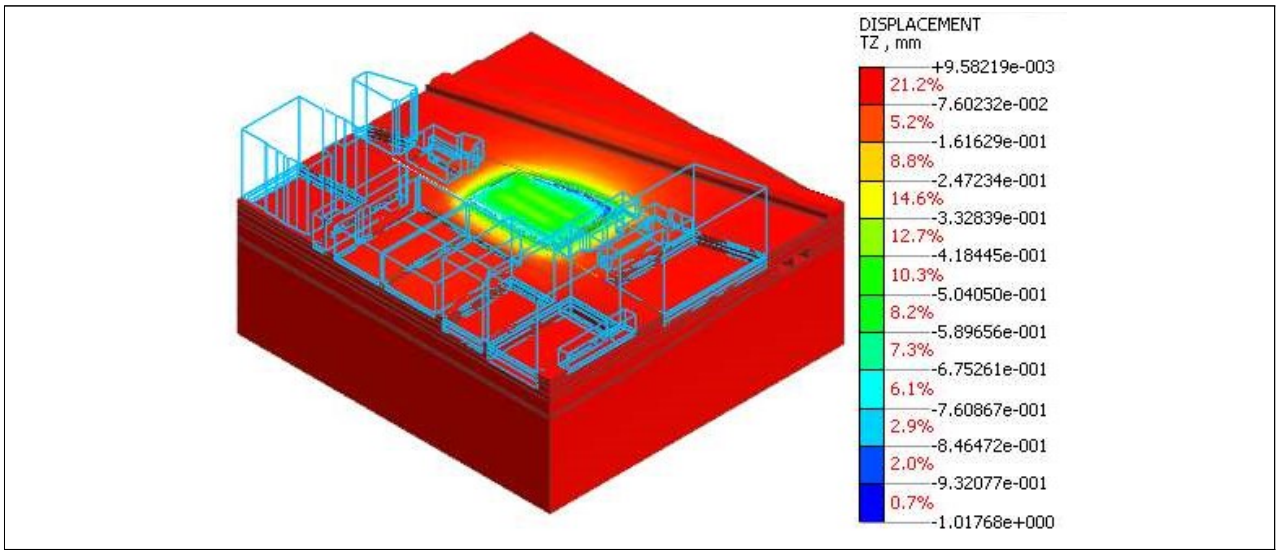
흙막이 가설벽체 시공_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



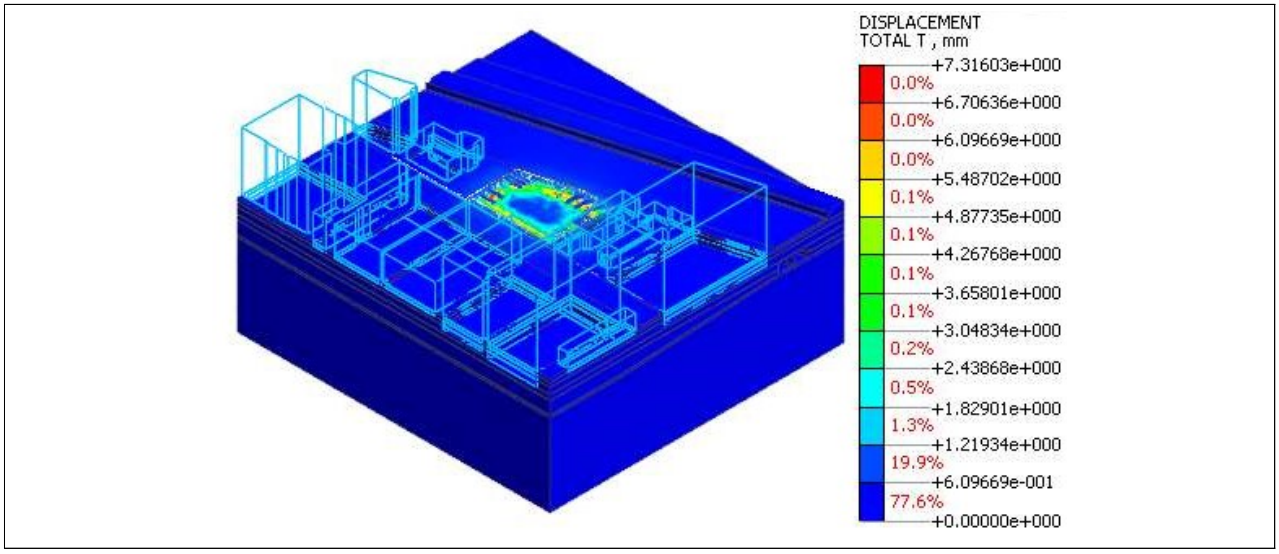
흙막이 가설벽체 시공_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



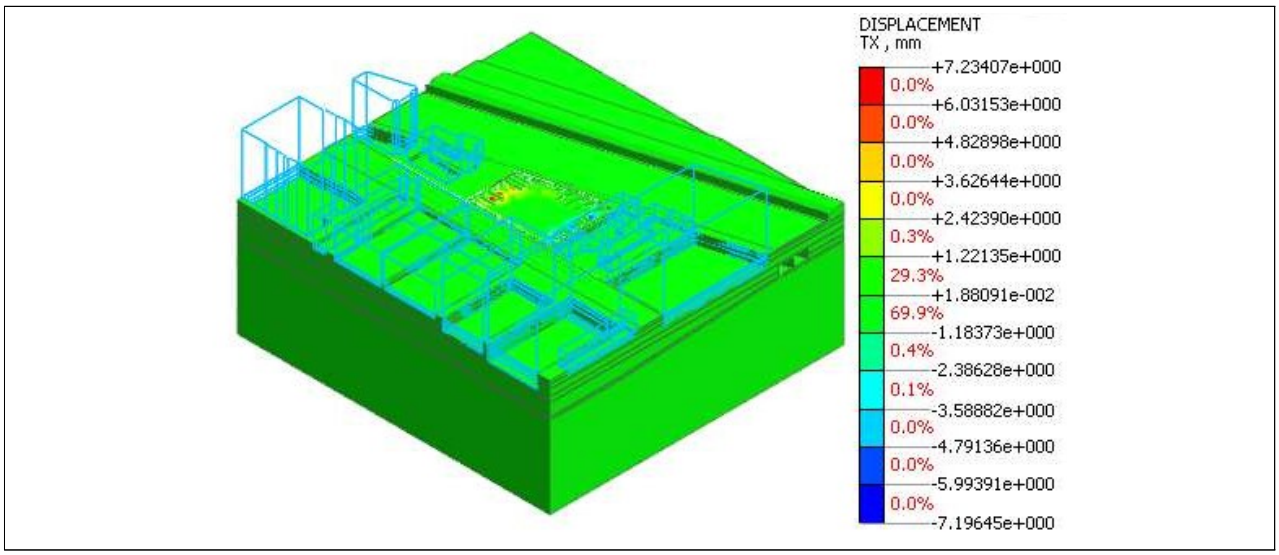
흙막이 가설벽체 시공_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



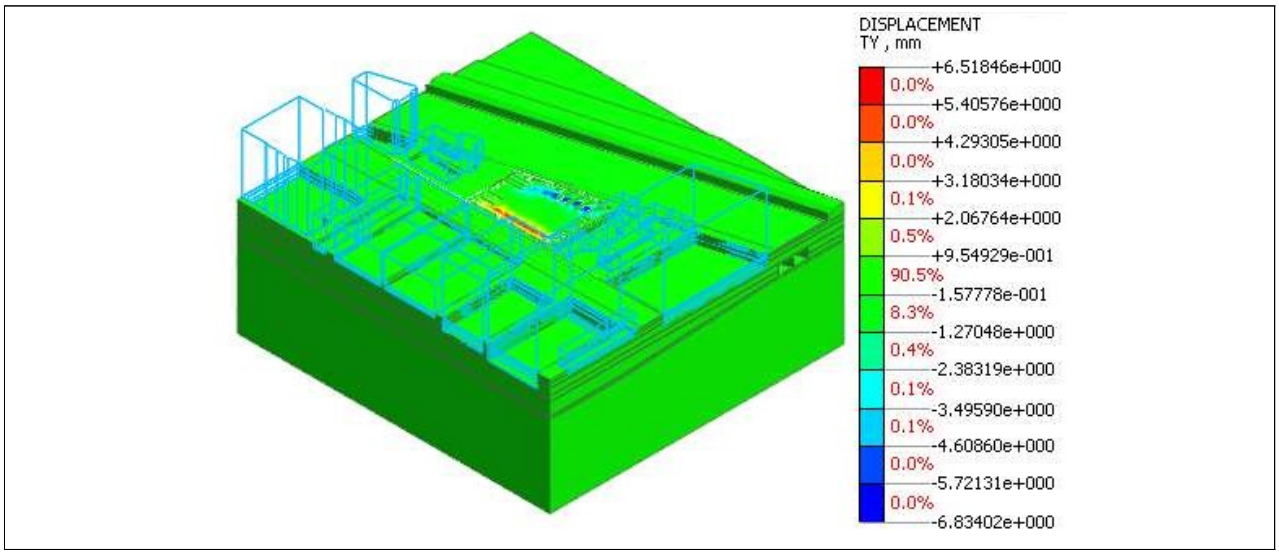
흙막이 가설벽체 시공_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TZ TRANSLATION (V)



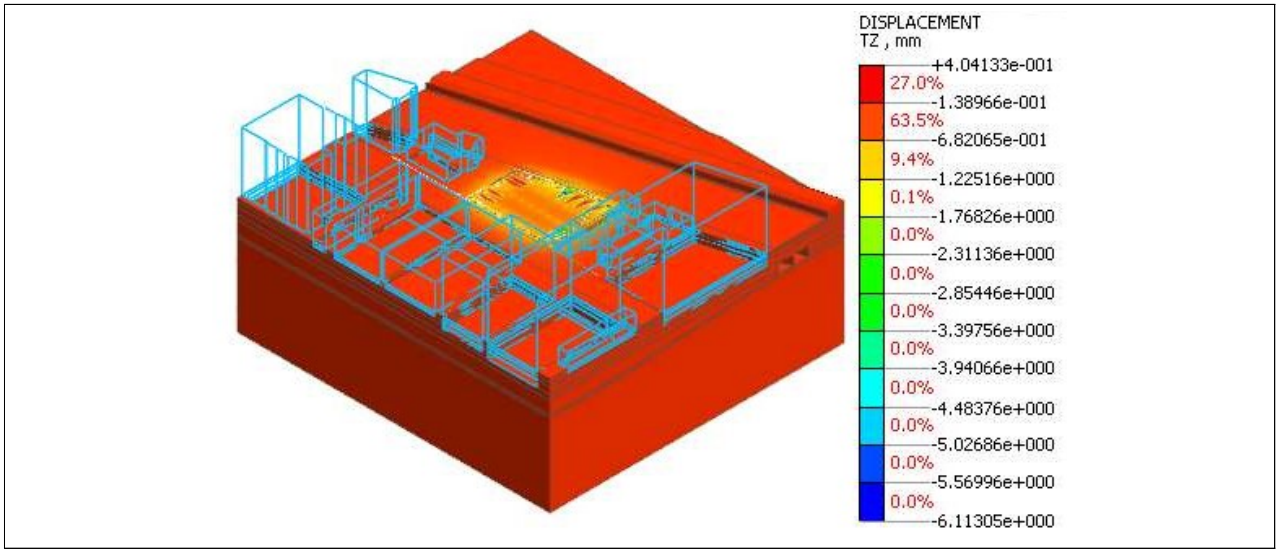
1단계 굴착 및 1단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



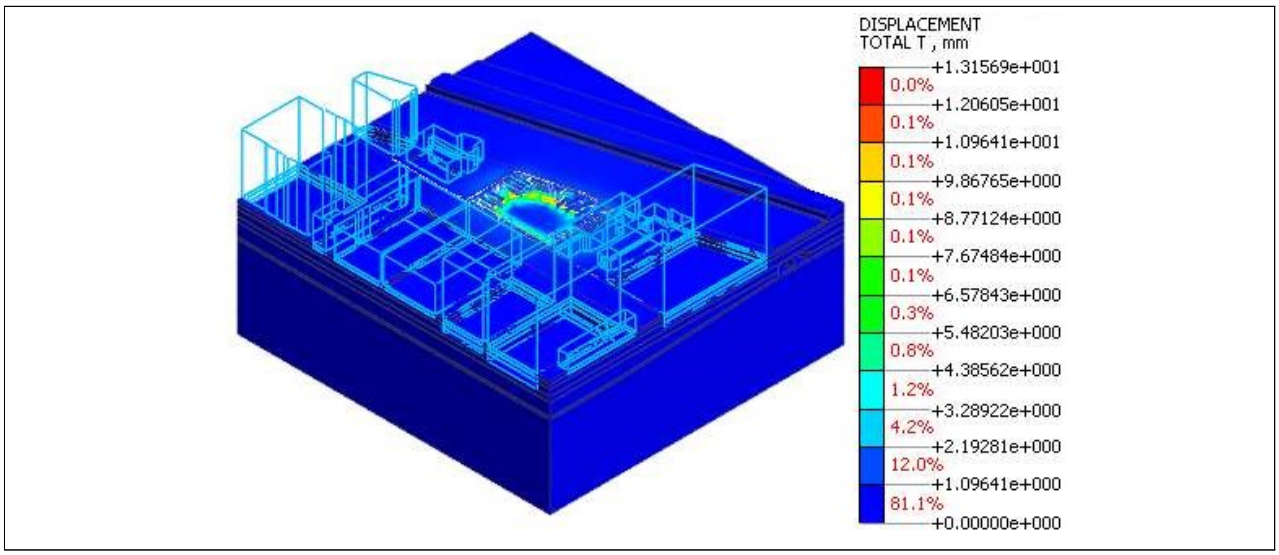
1단계 굴착 및 1단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



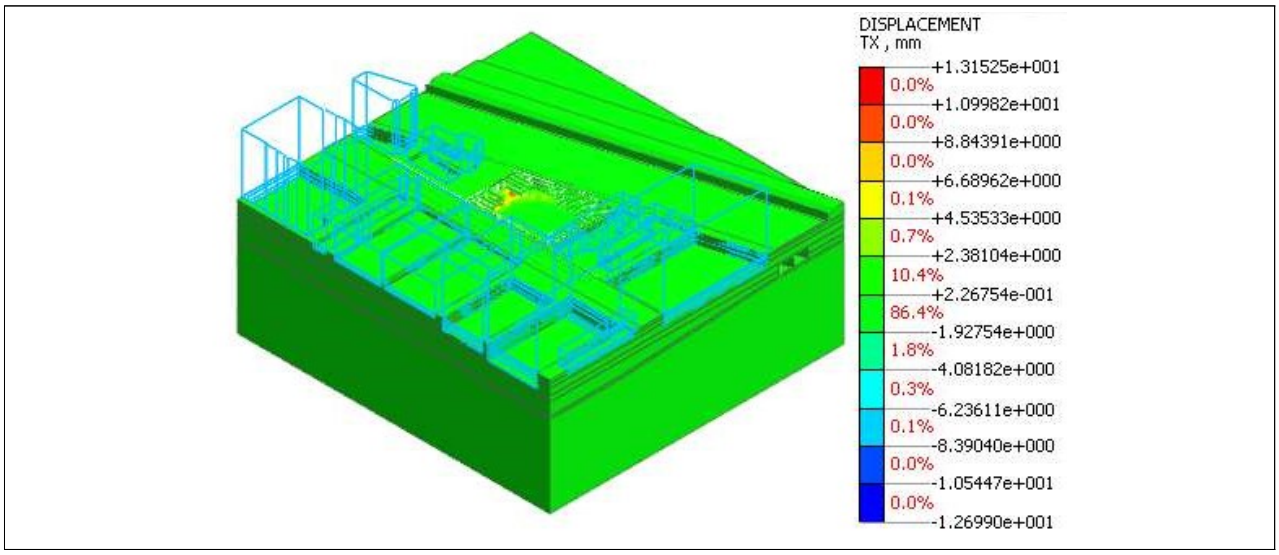
1단계 굴착 및 1단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



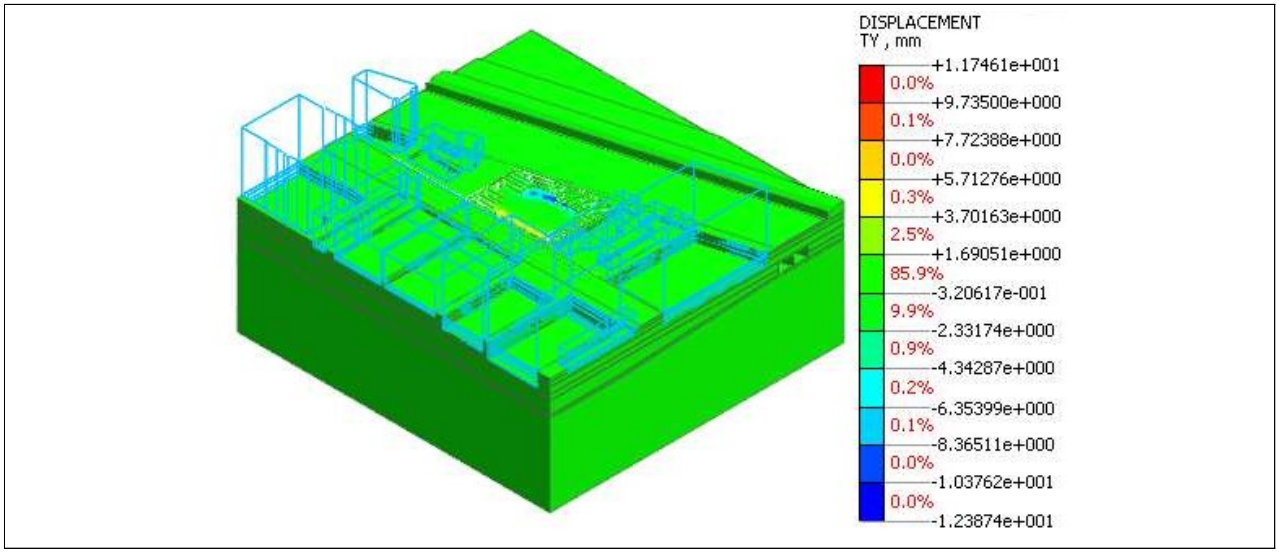
1단계 굴착 및 1단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TZ TRANSLATION (V)



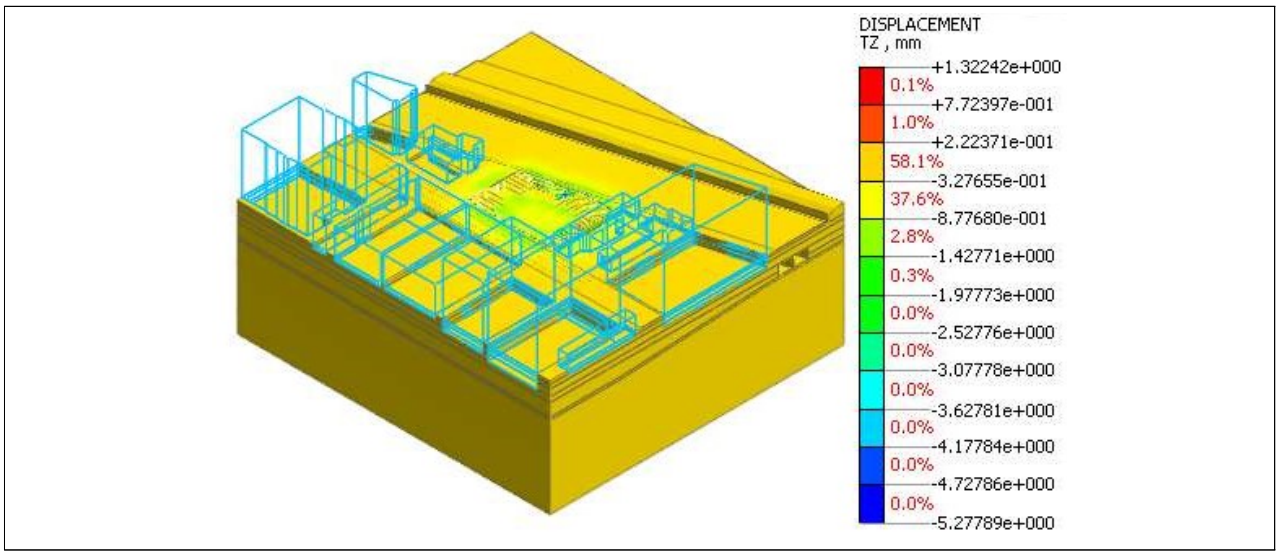
2단계 굴착 및 2단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



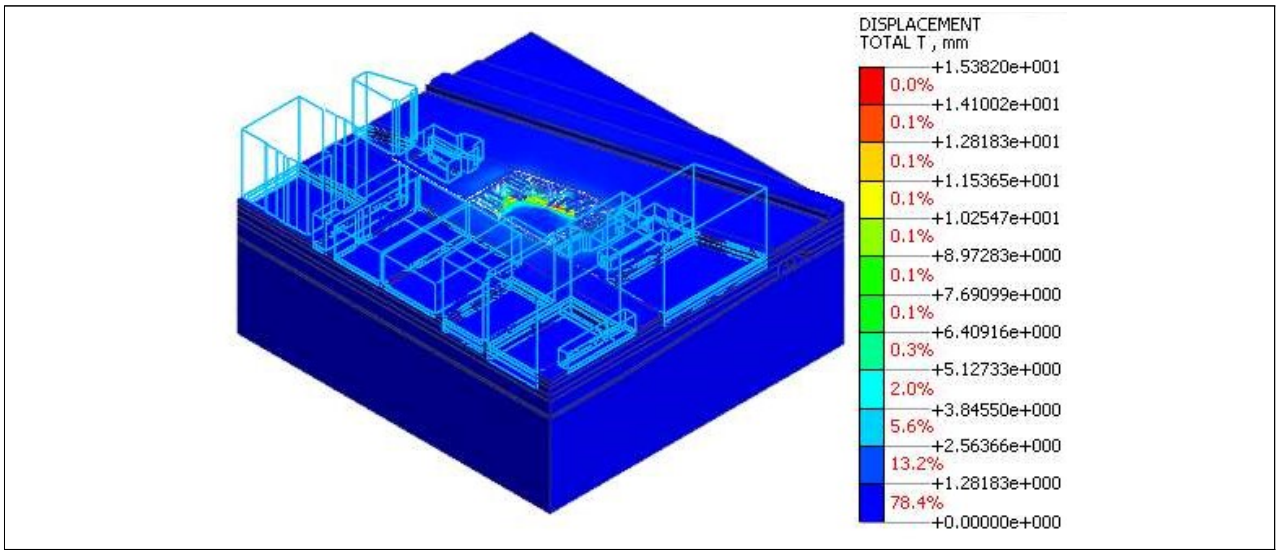
2단계 굴착 및 2단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



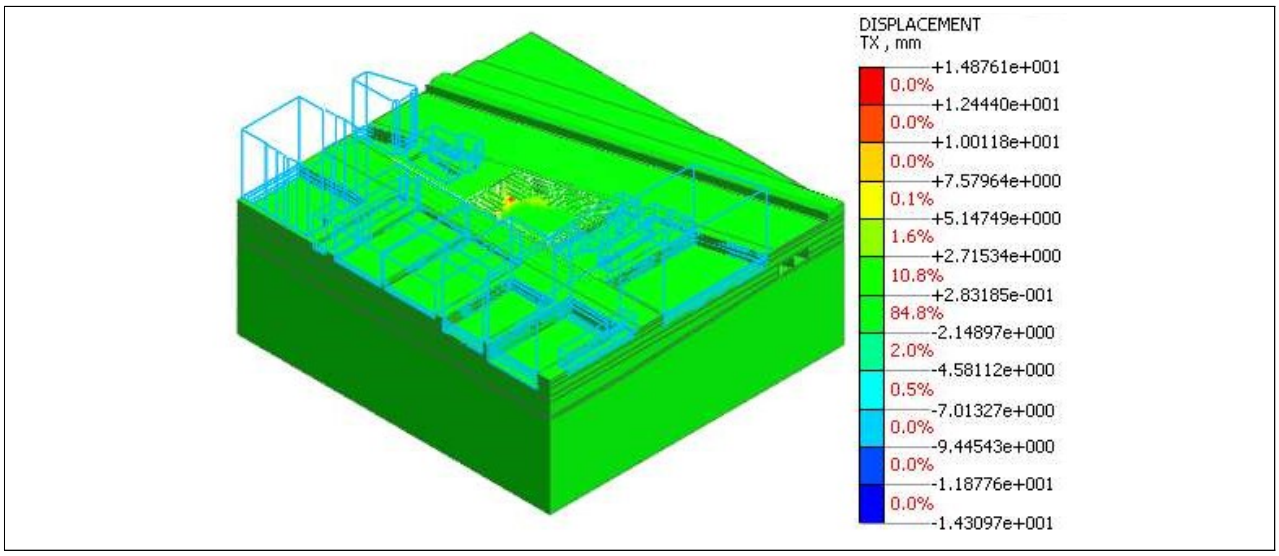
2단계 굴착 및 2단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



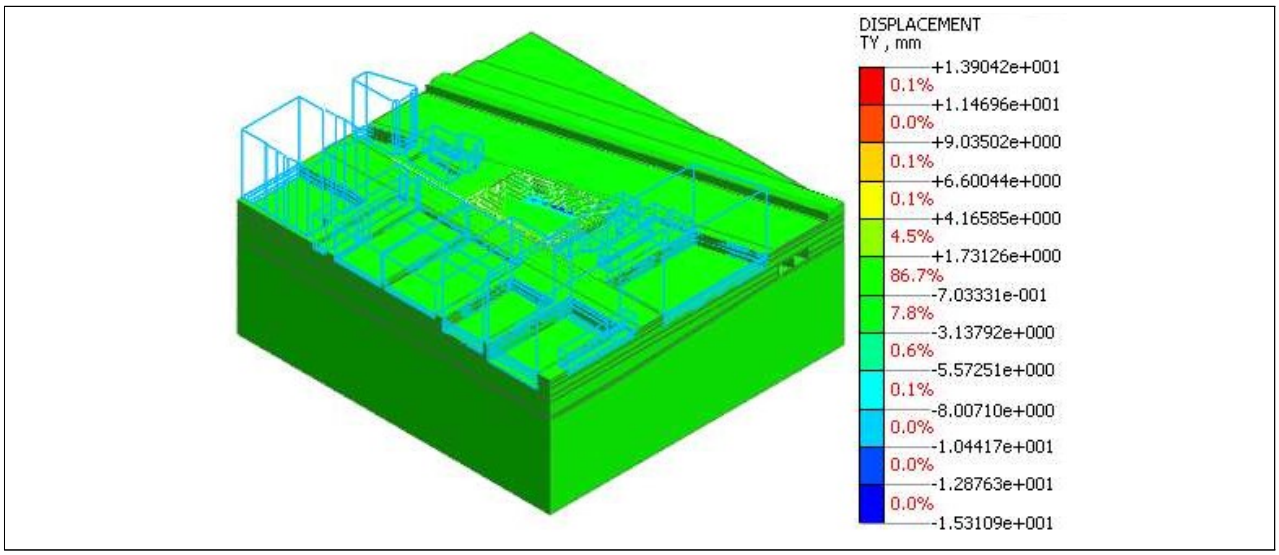
2단계 굴착 및 2단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TZ TRANSLATION (V)



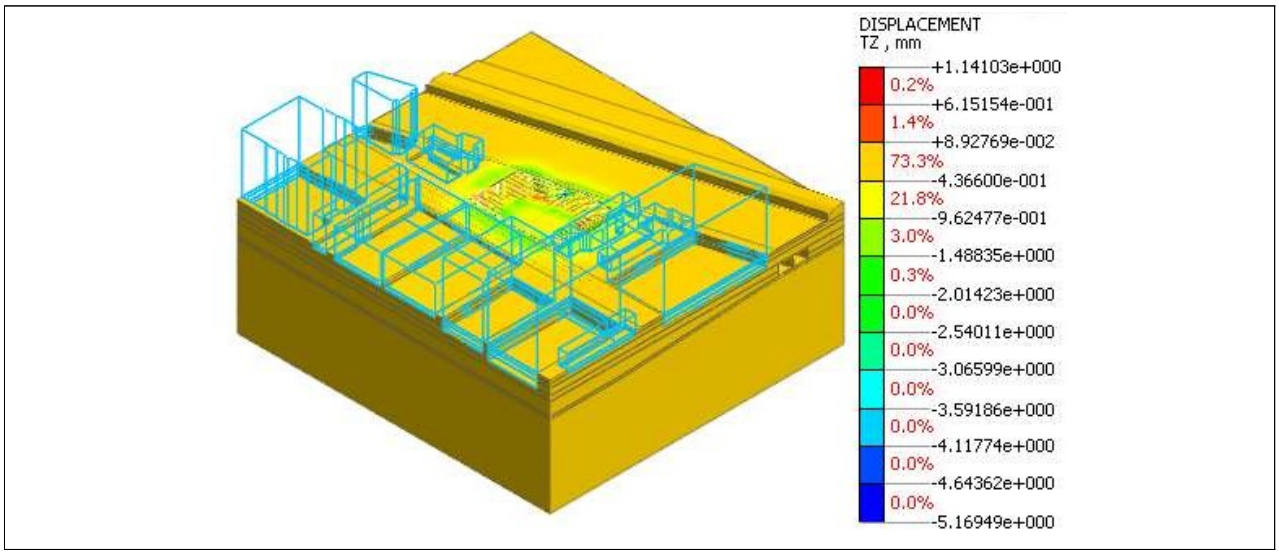
3단계 굴착 및 3단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



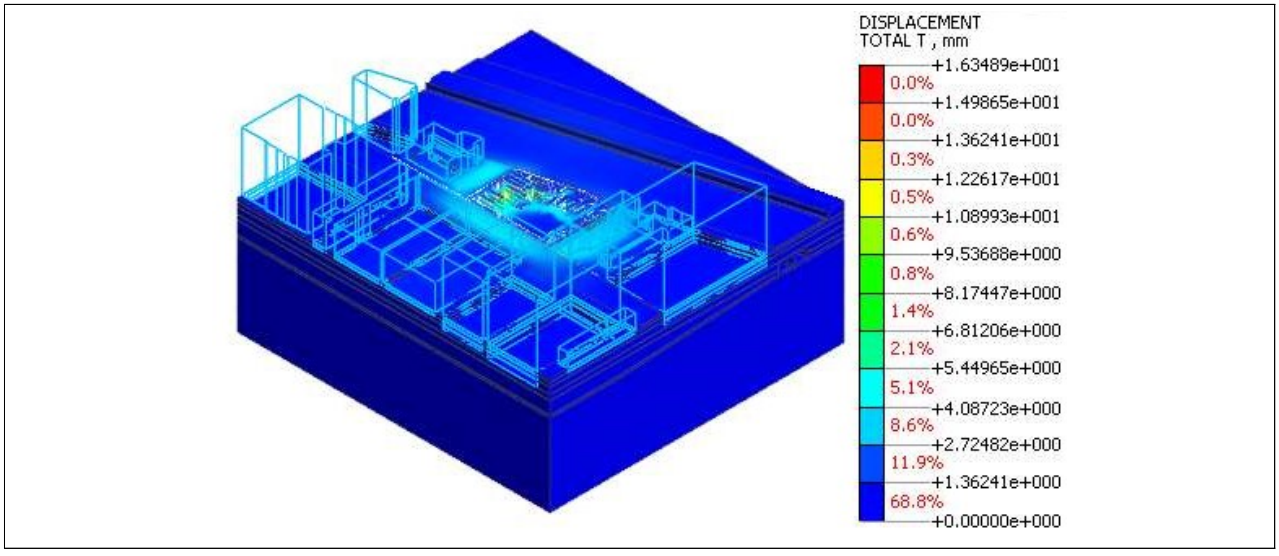
3단계 굴착 및 3단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



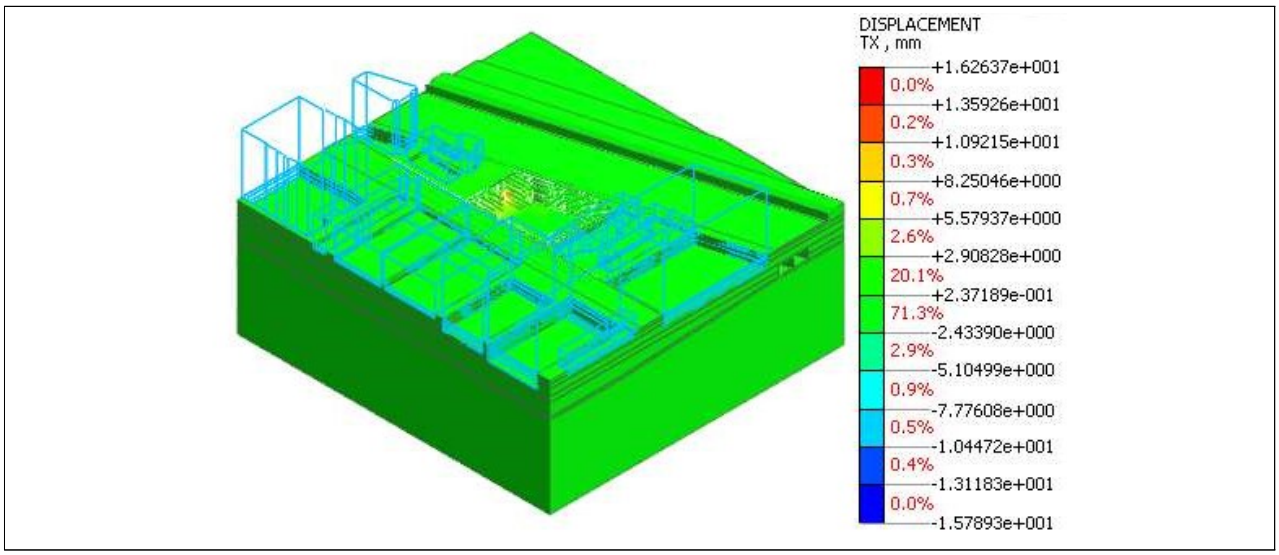
3단계 굴착 및 3단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



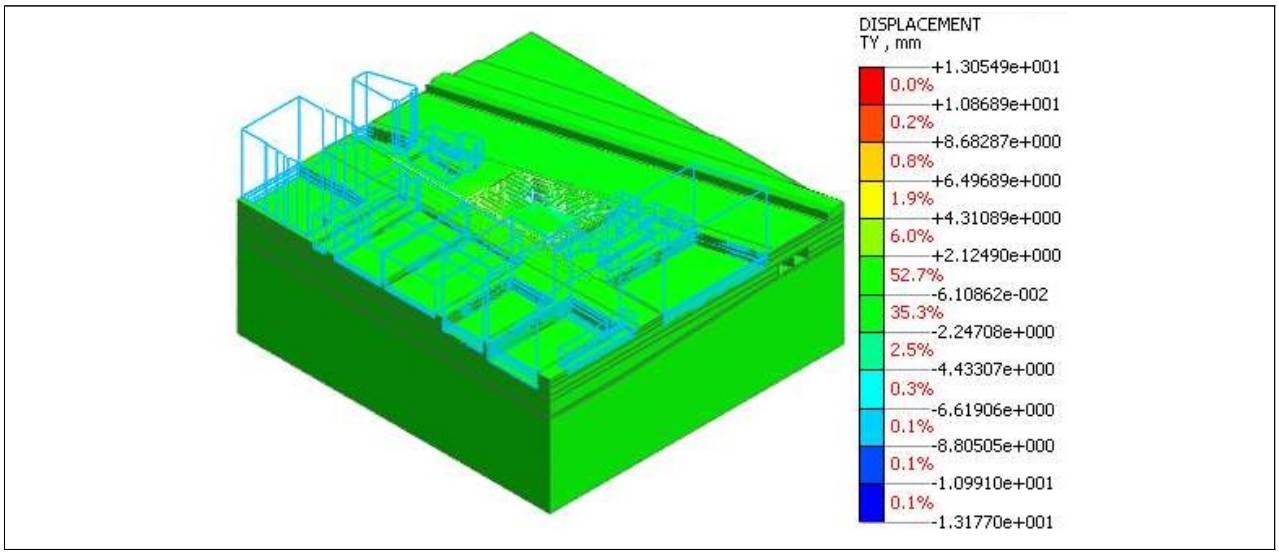
3단계 굴착 및 3단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TZ TRANSLATION (V)



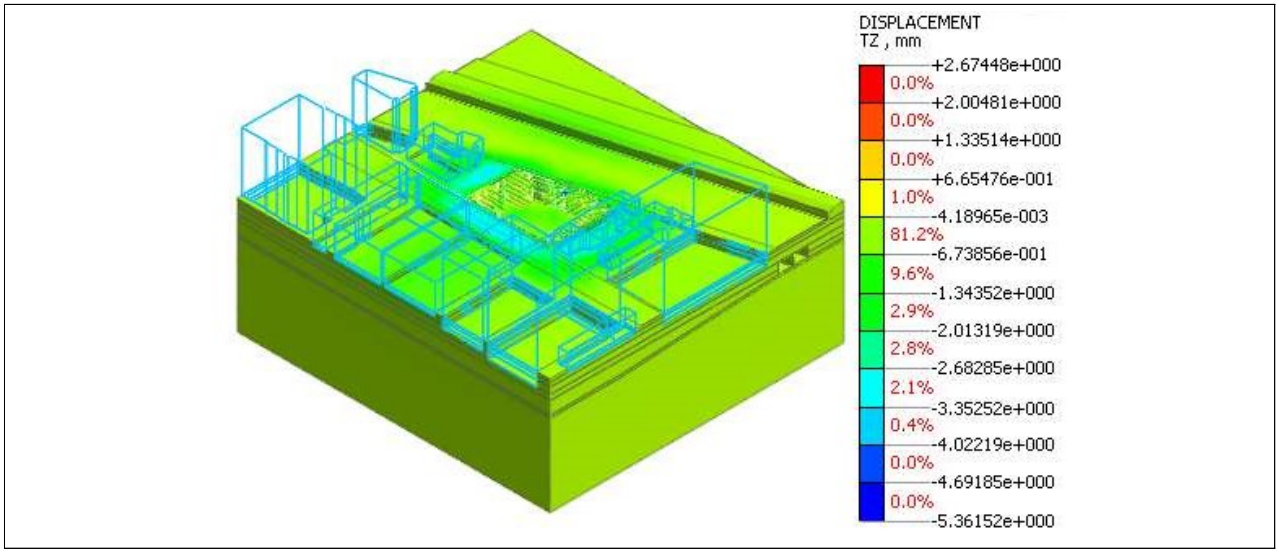
4단계 굴착 및 4단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



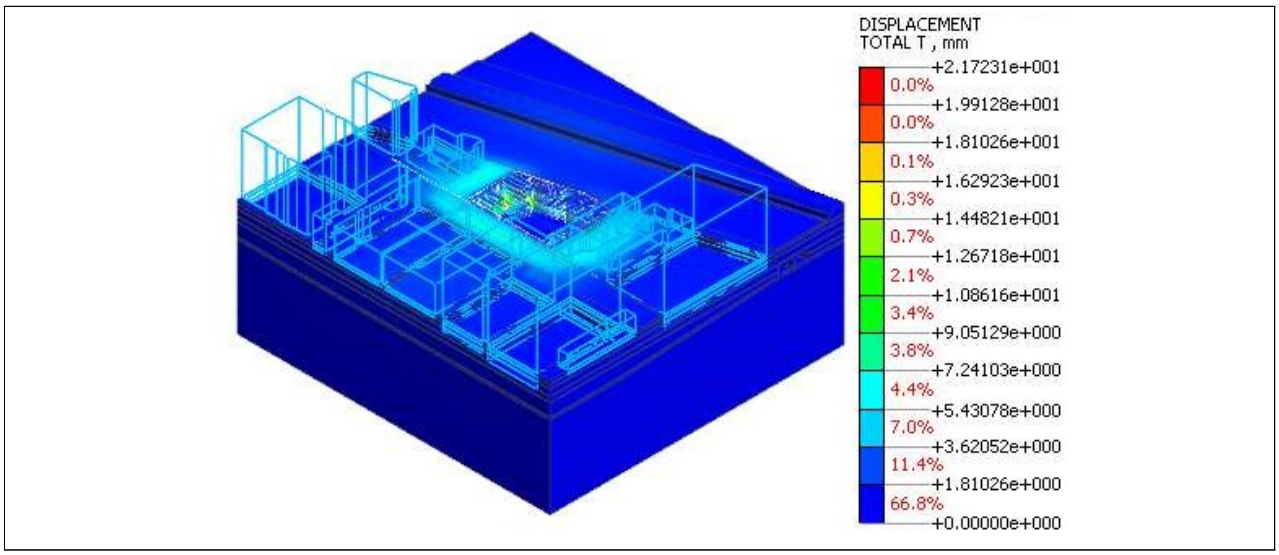
4단계 굴착 및 4단 SLAB 설치[_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



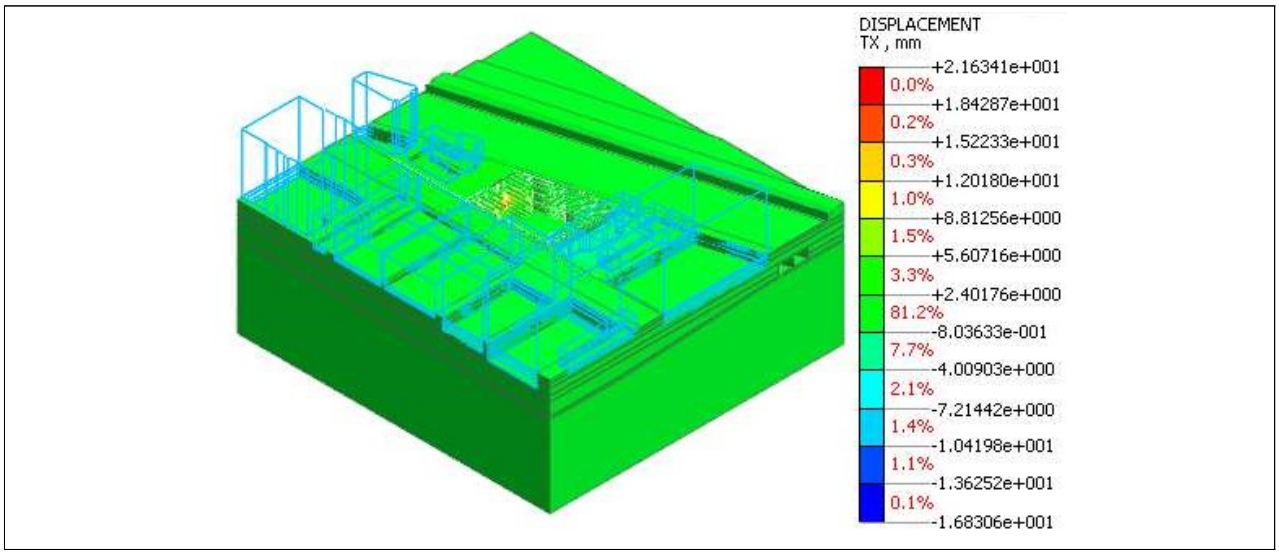
4단계 굴착 및 4단 SLAB 설치[_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



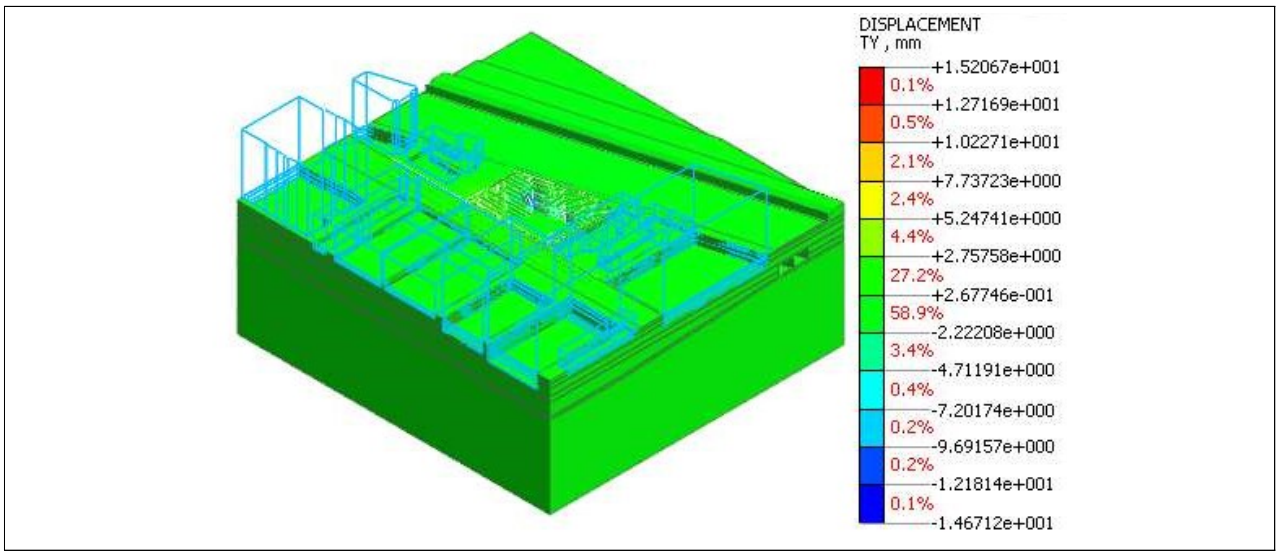
4단계 굴착 및 4단 SLAB 설치[_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TZ TRANSLATION (V)



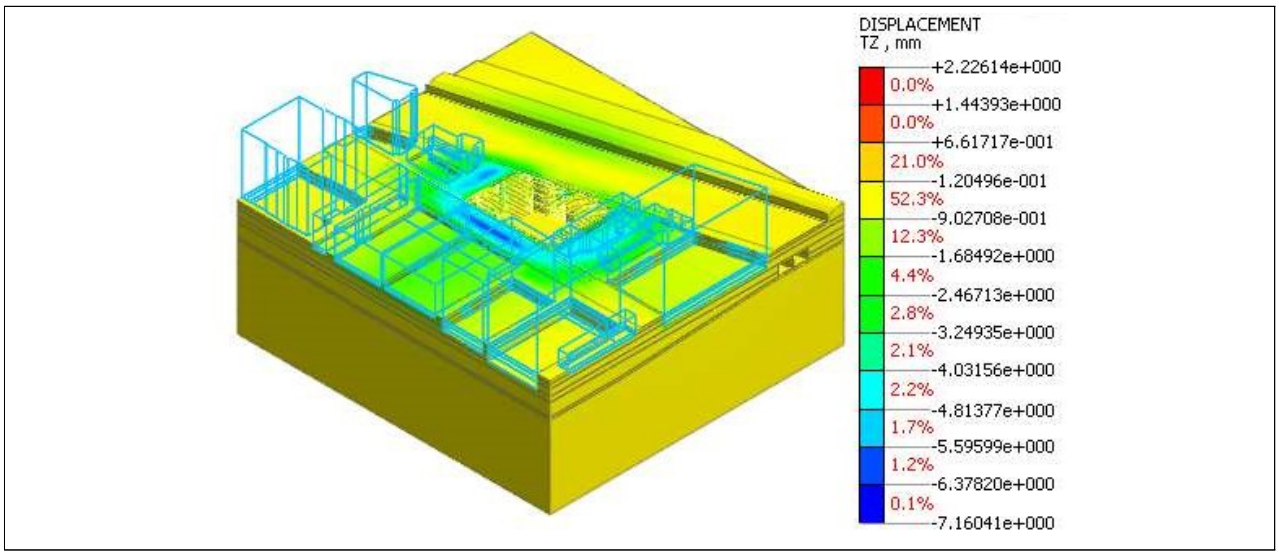
5단계 굴착 및 5단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



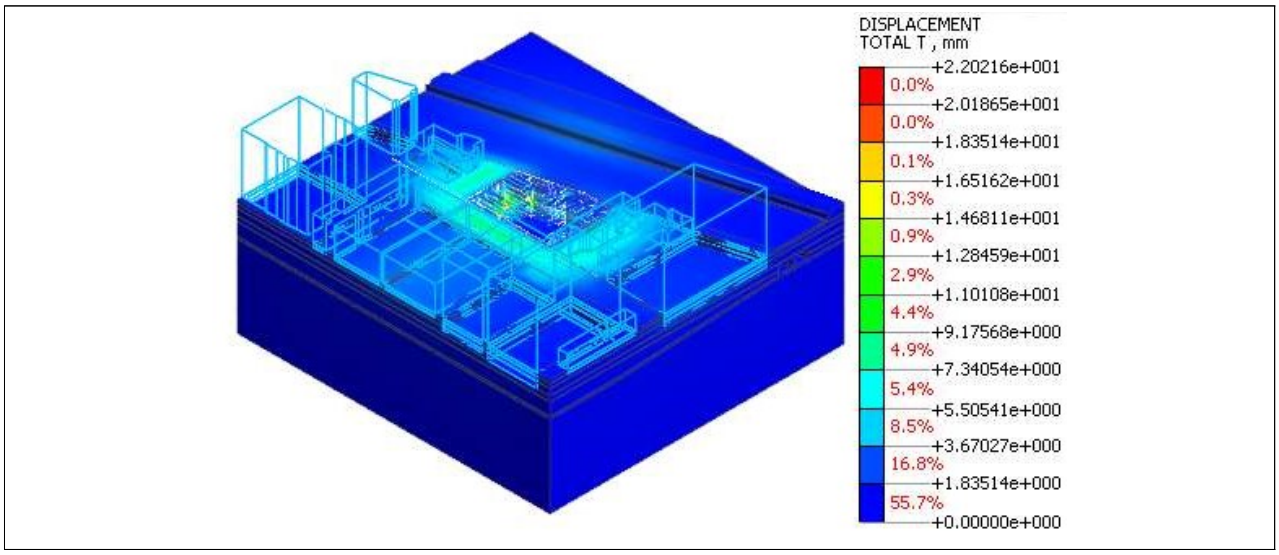
5단계 굴착 및 5단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



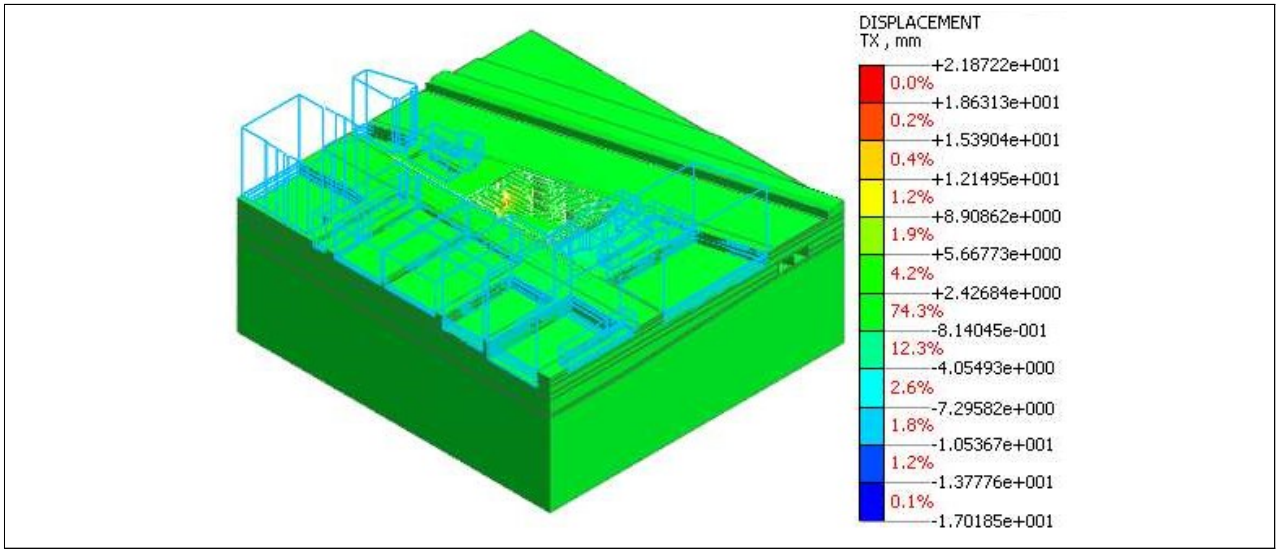
5단계 굴착 및 5단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



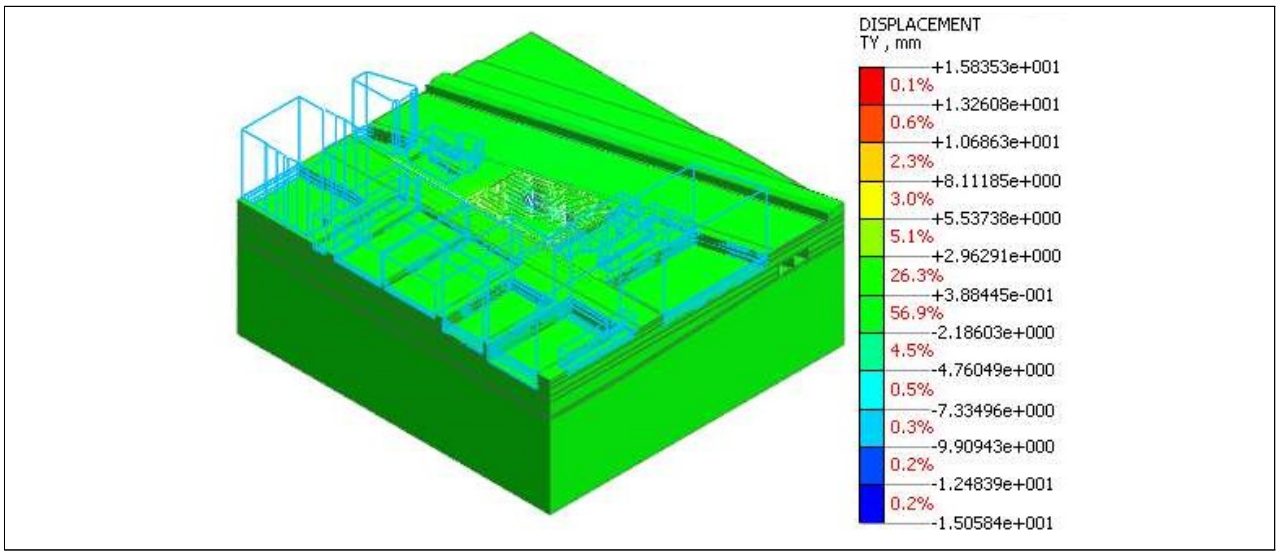
5단계 굴착 및 5단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TZ TRANSLATION (V)



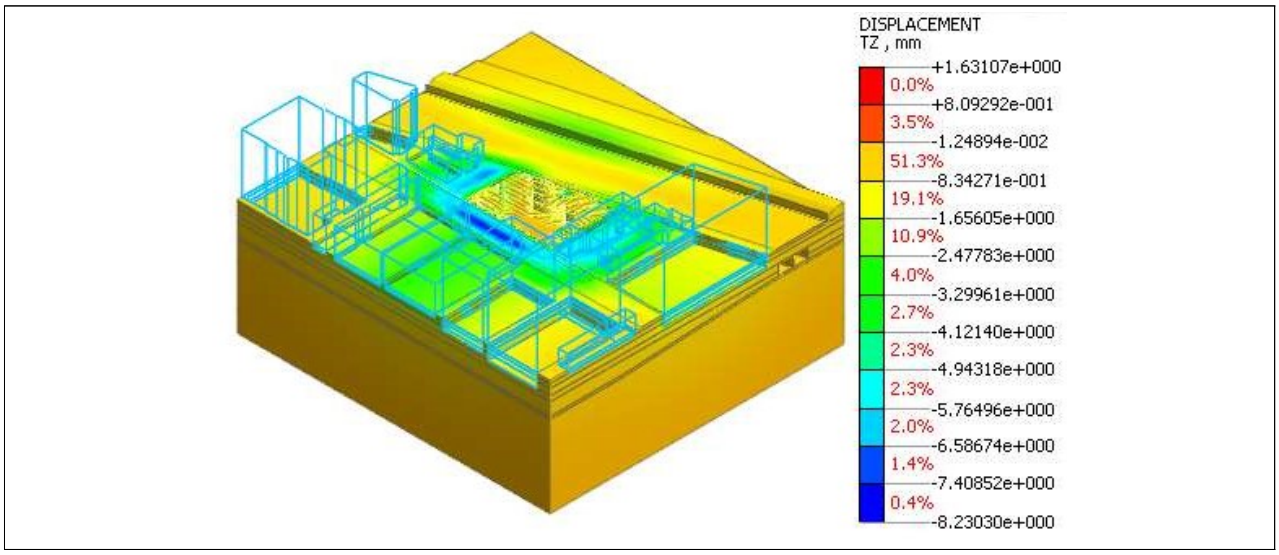
6단계 굴착 및 RAKER 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



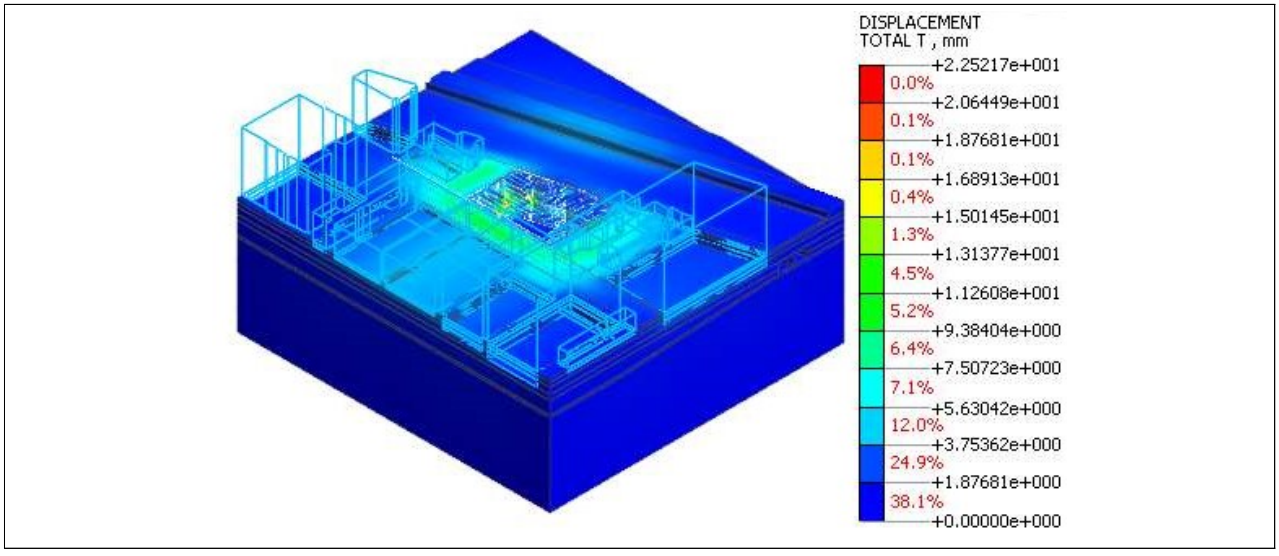
6단계 굴착 및 RAKER 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



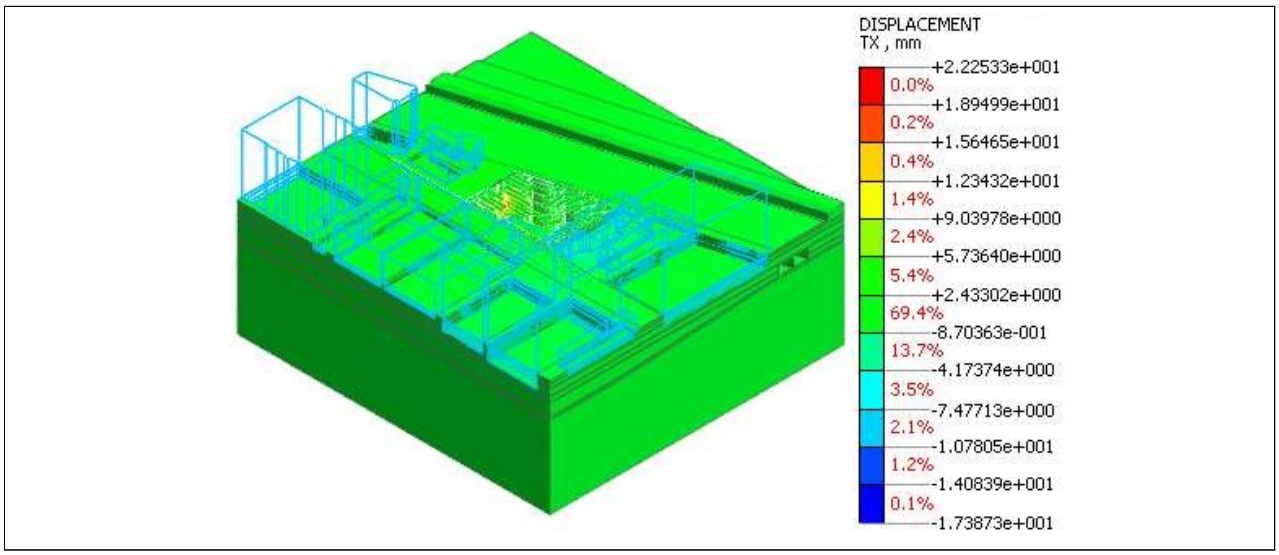
6단계 굴착 및 RAKER 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



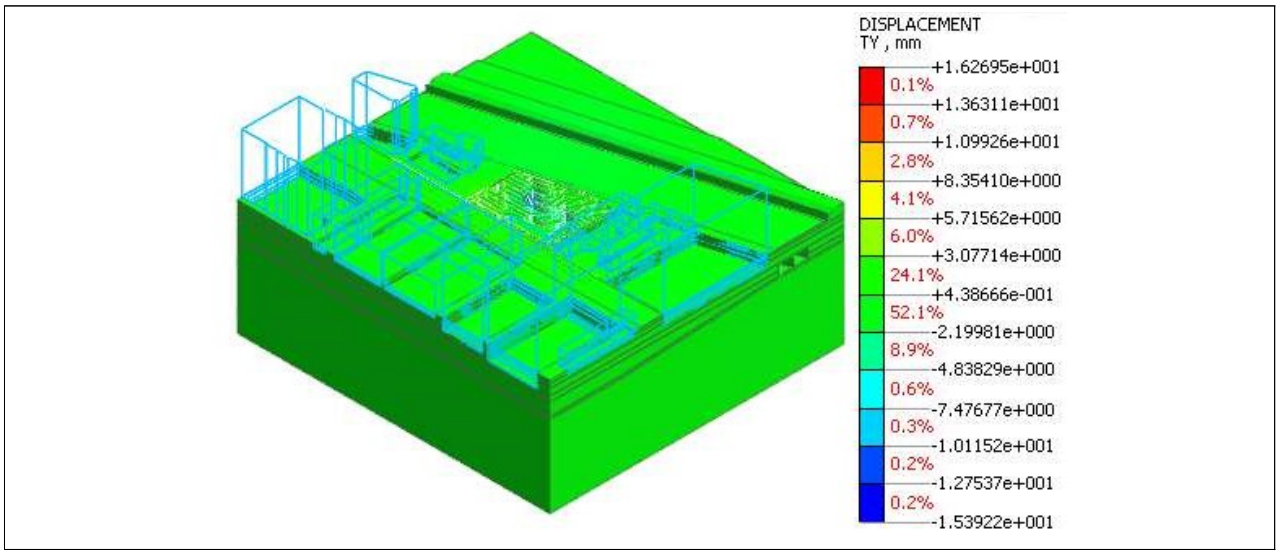
6단계 굴착 및 RAKER 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TZ TRANSLATION (V)



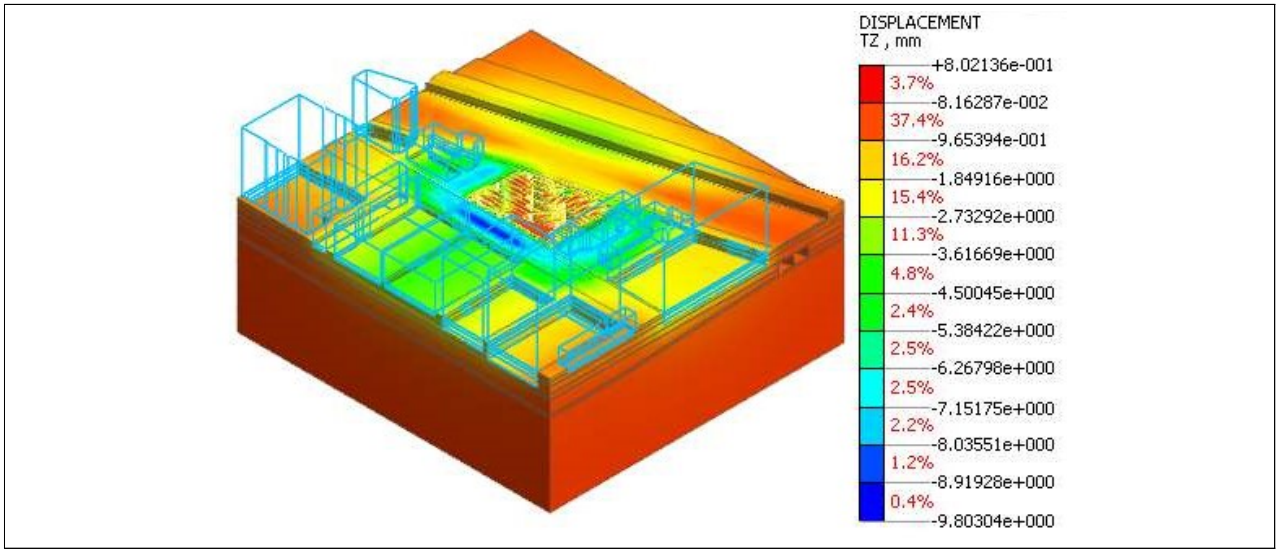
최종 굴착_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



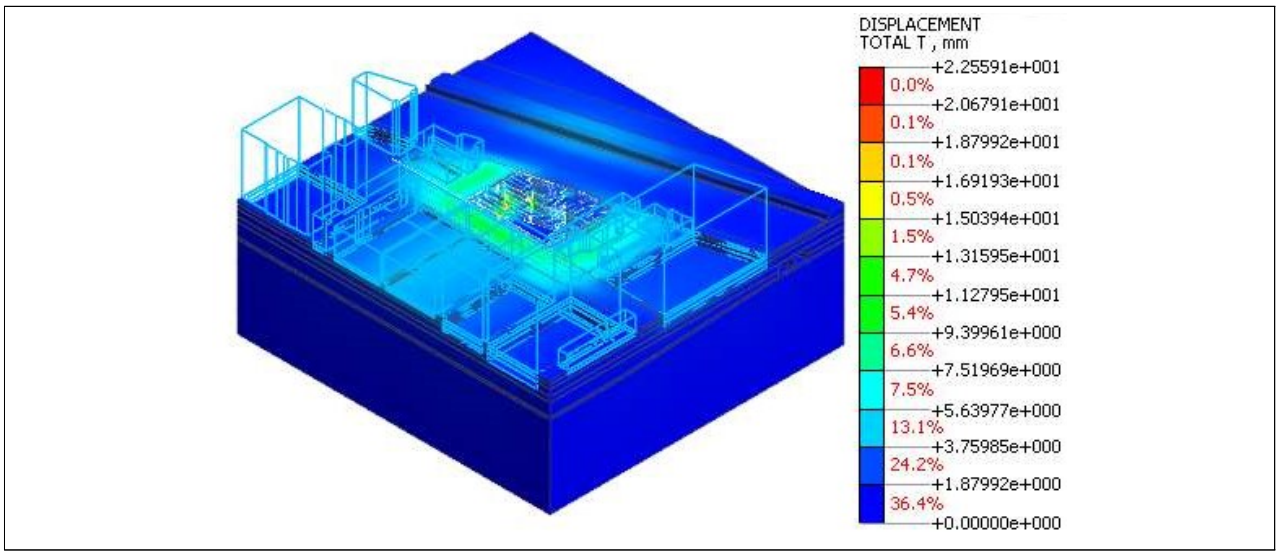
최종 굴착_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



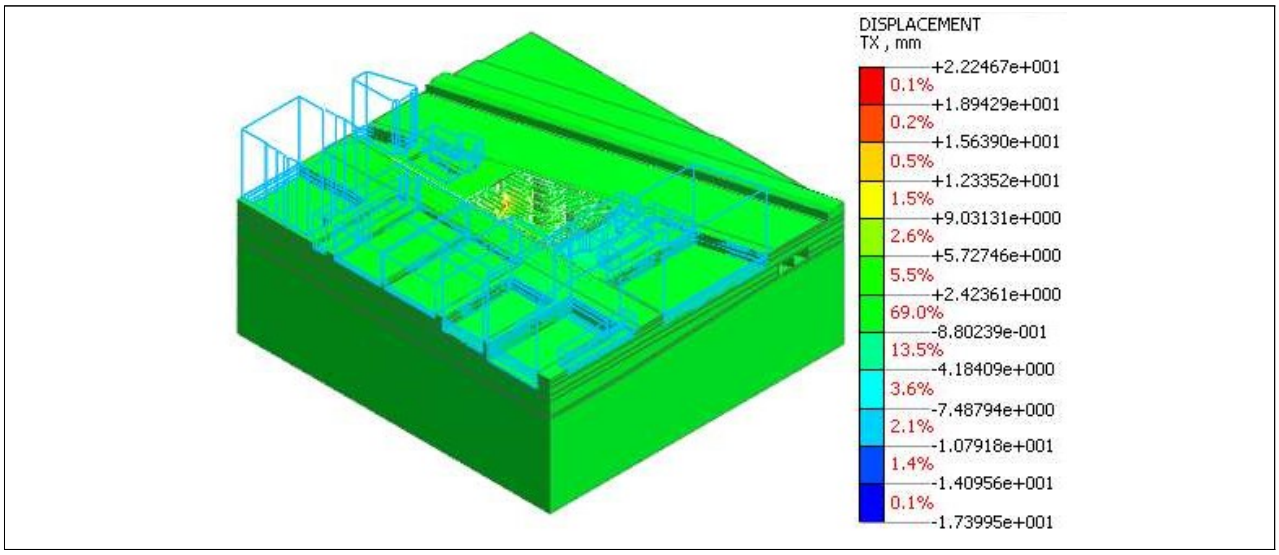
최종 굴착_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



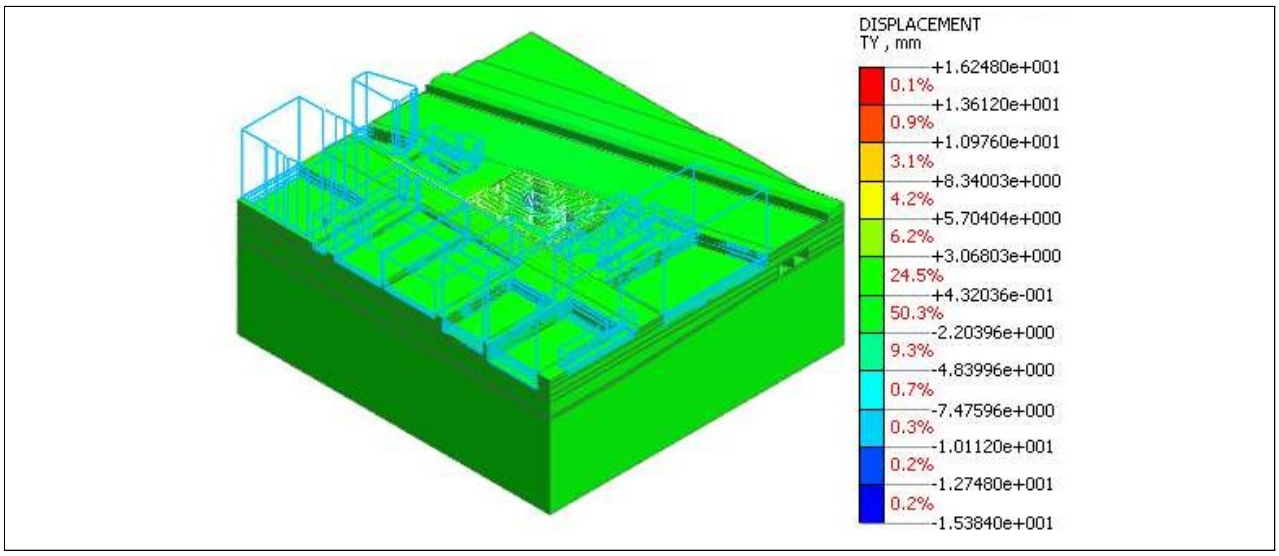
최종 굴착_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TZ TRANSLATION (V)



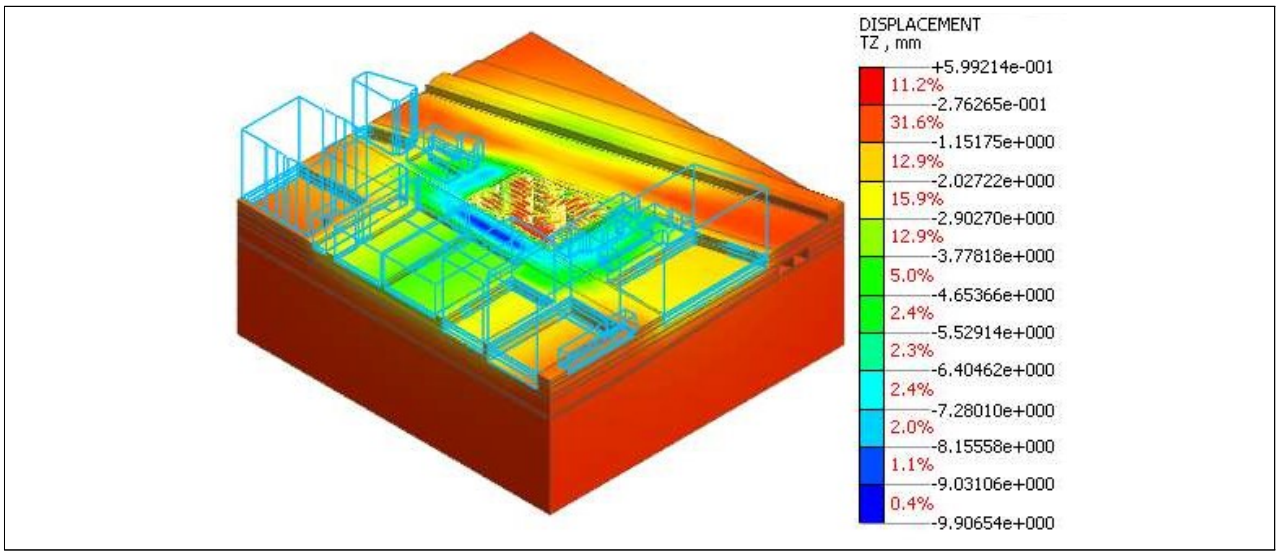
건축벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



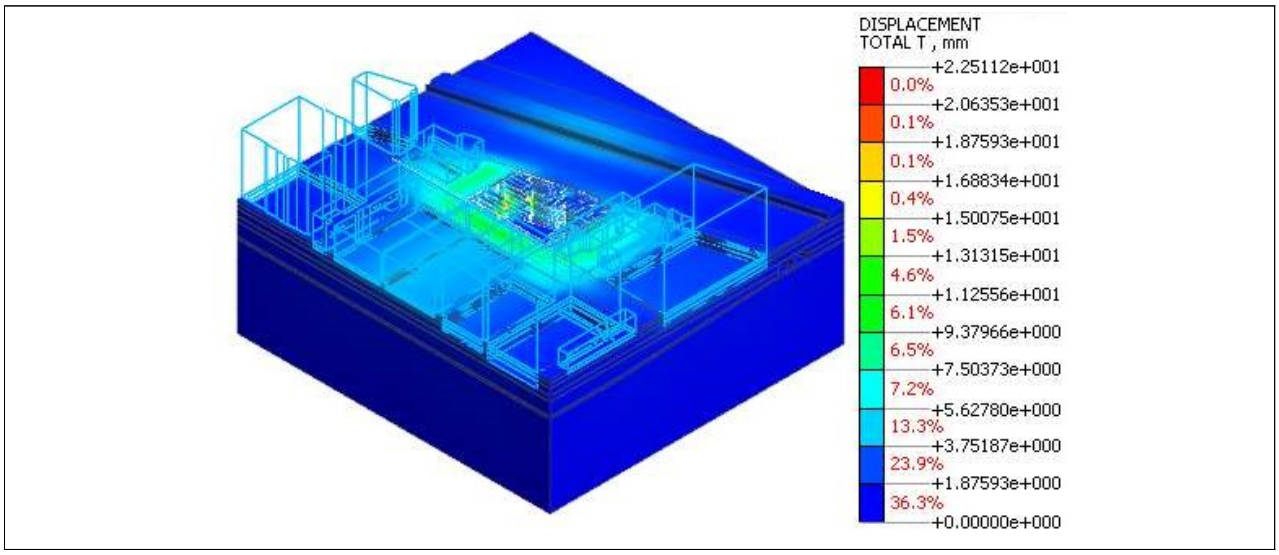
건축벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



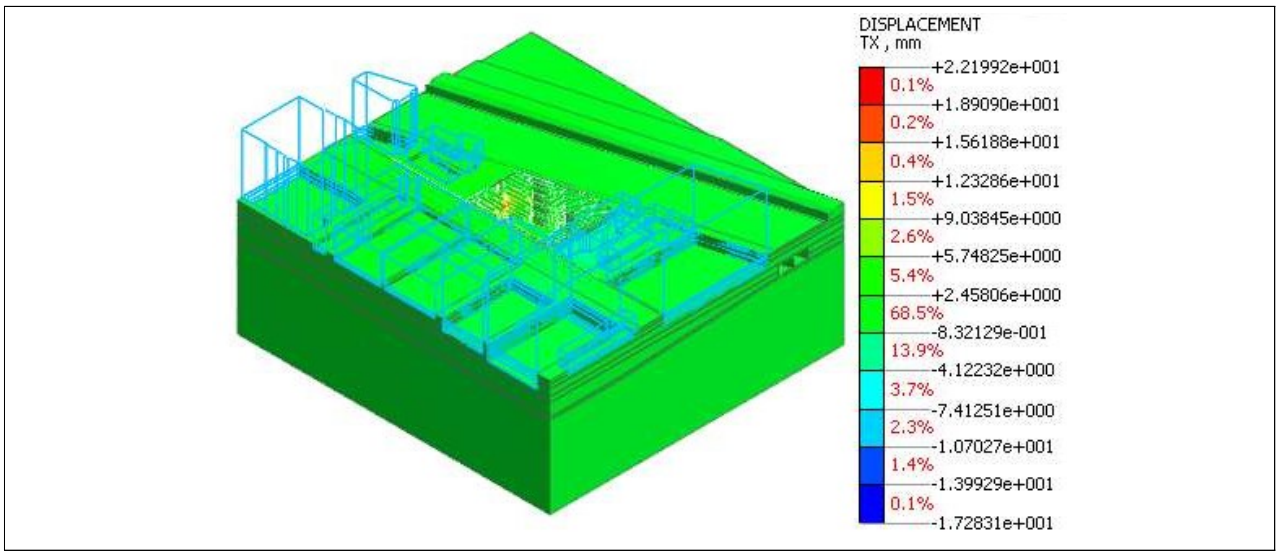
건축벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



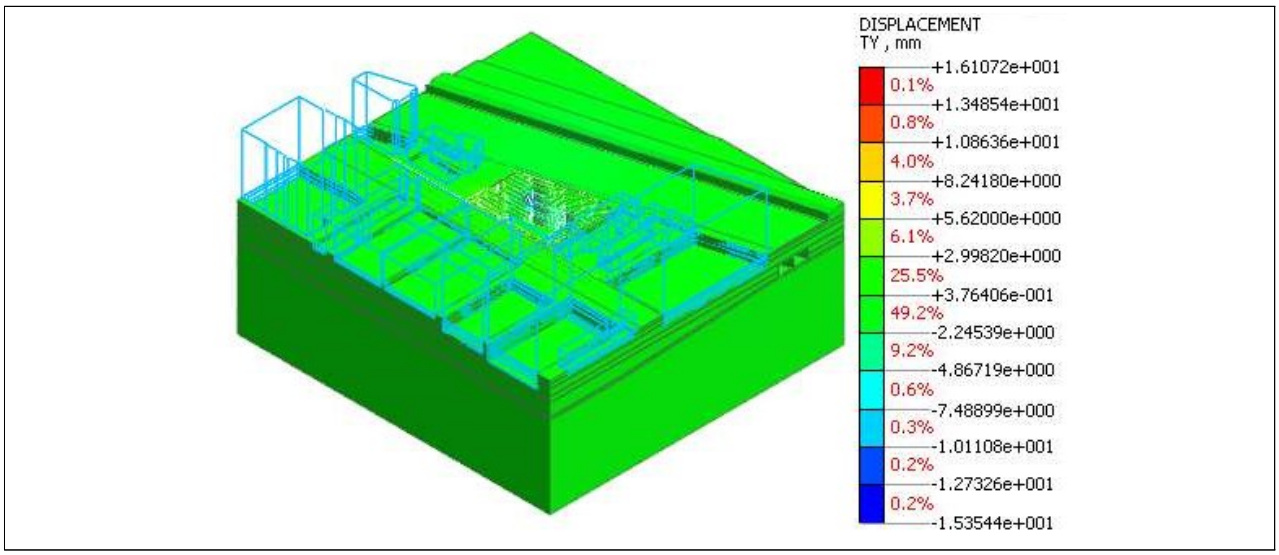
건축벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TZ TRANSLATION (V)



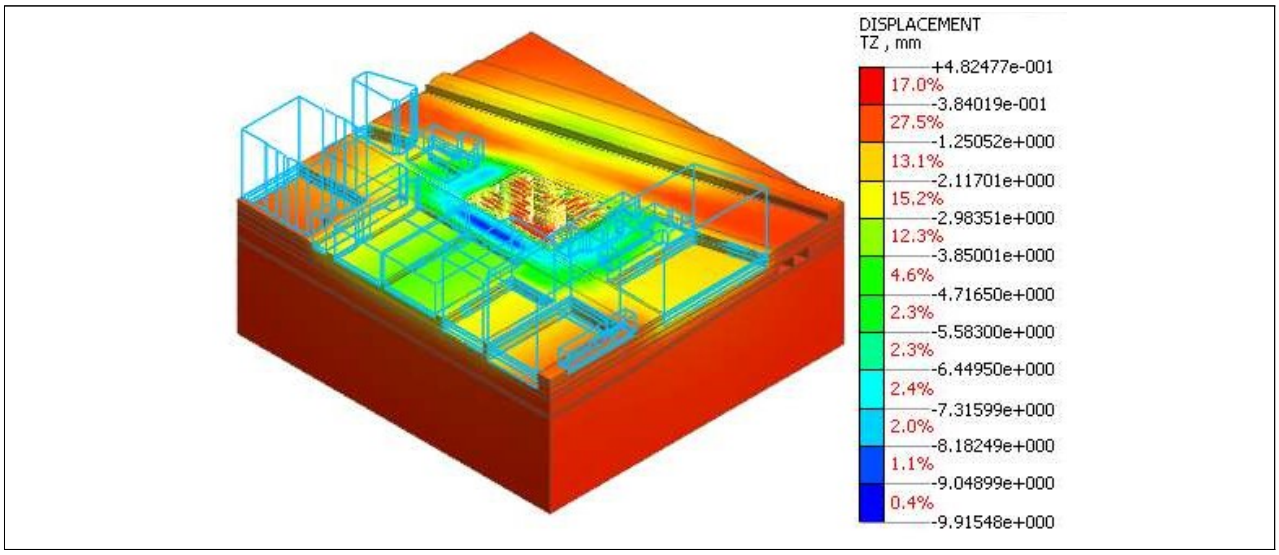
지하층 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TOTAL TRANSLATION (V)



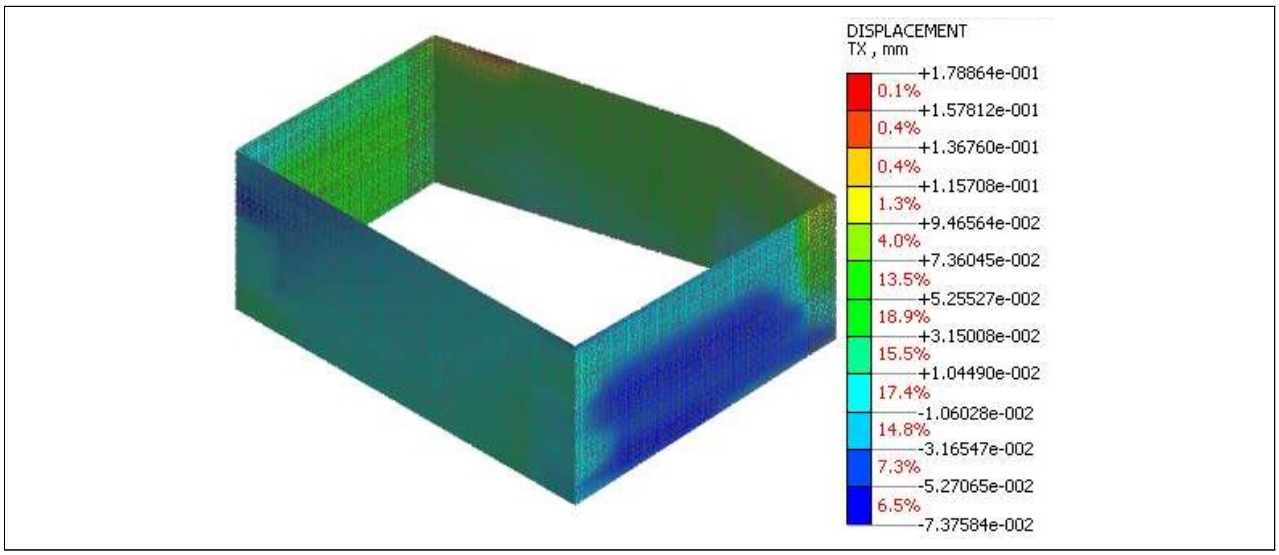
지하층 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



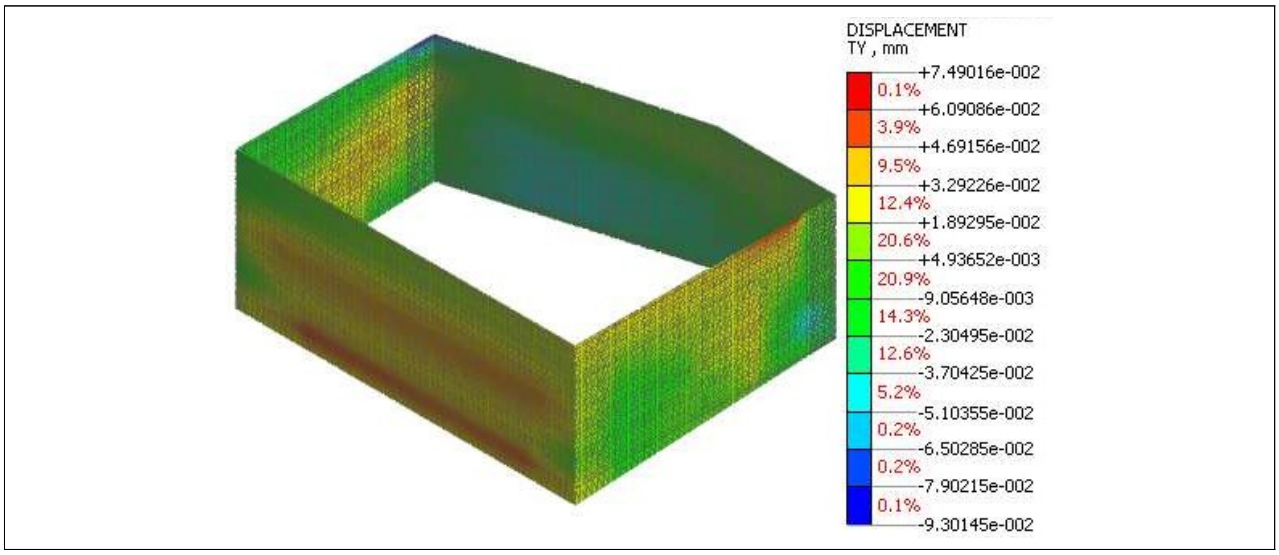
지하층 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



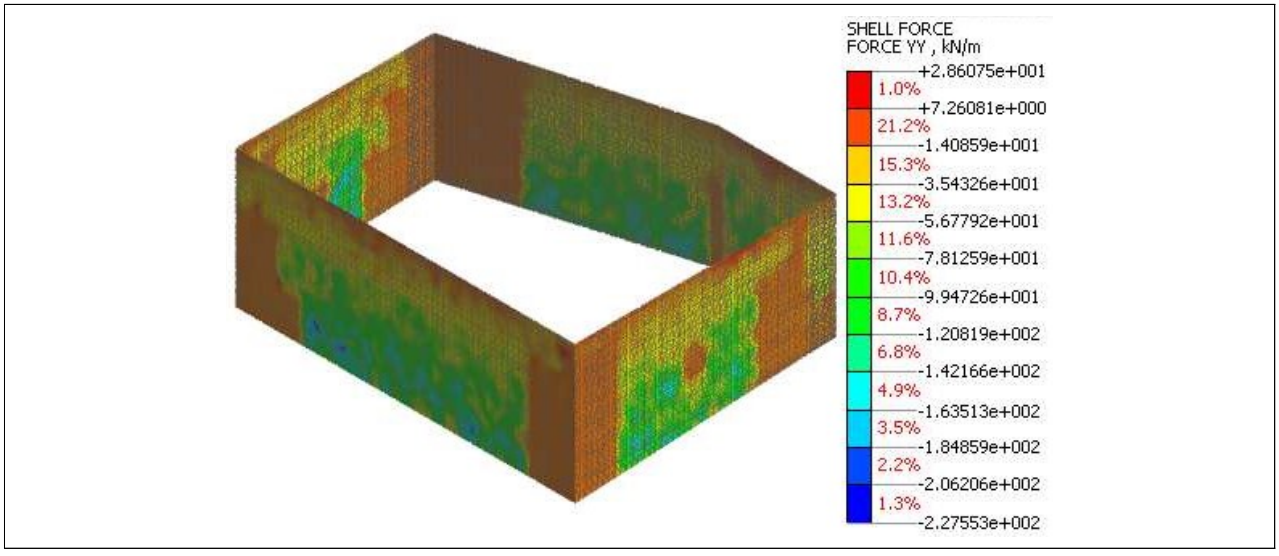
지하층 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TZ TRANSLATION (V)



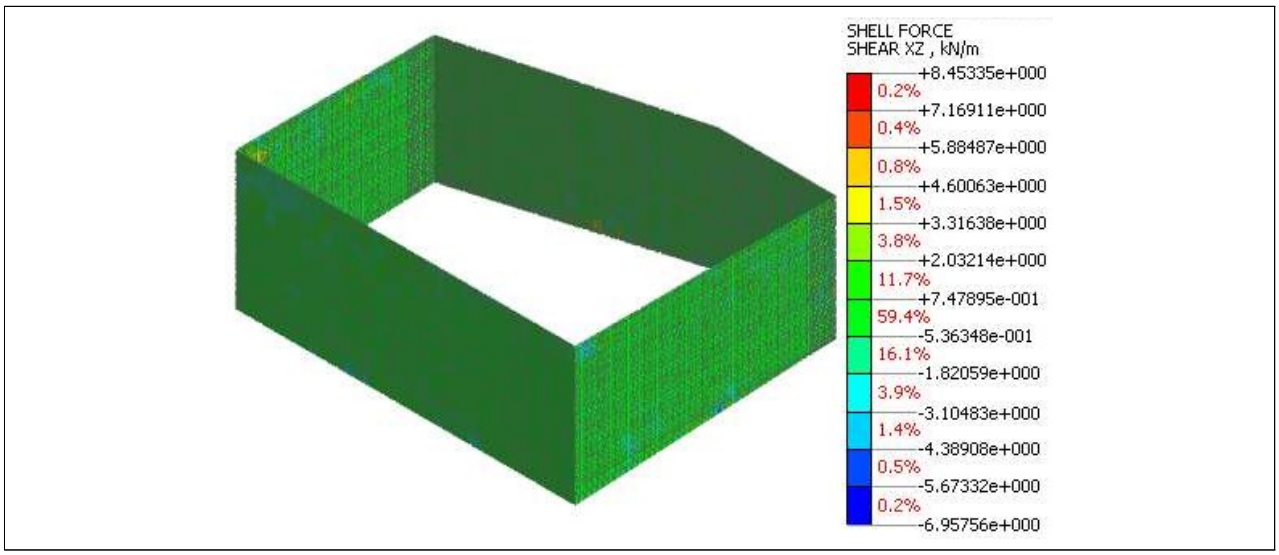
흙막이 가설벽체 시공_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



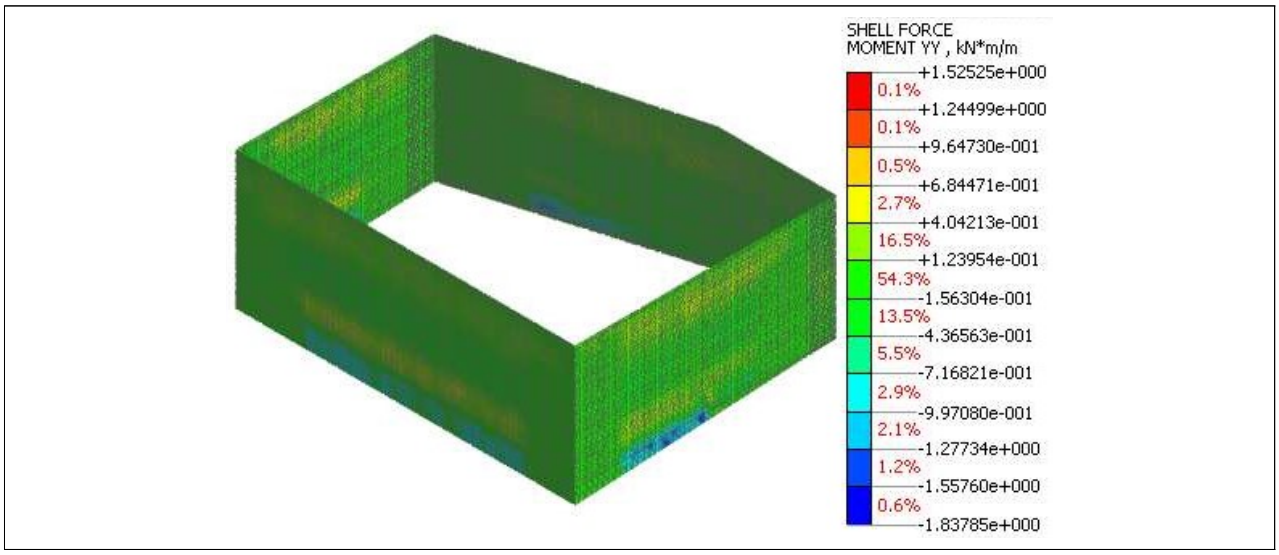
흙막이 가설벽체 시공_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



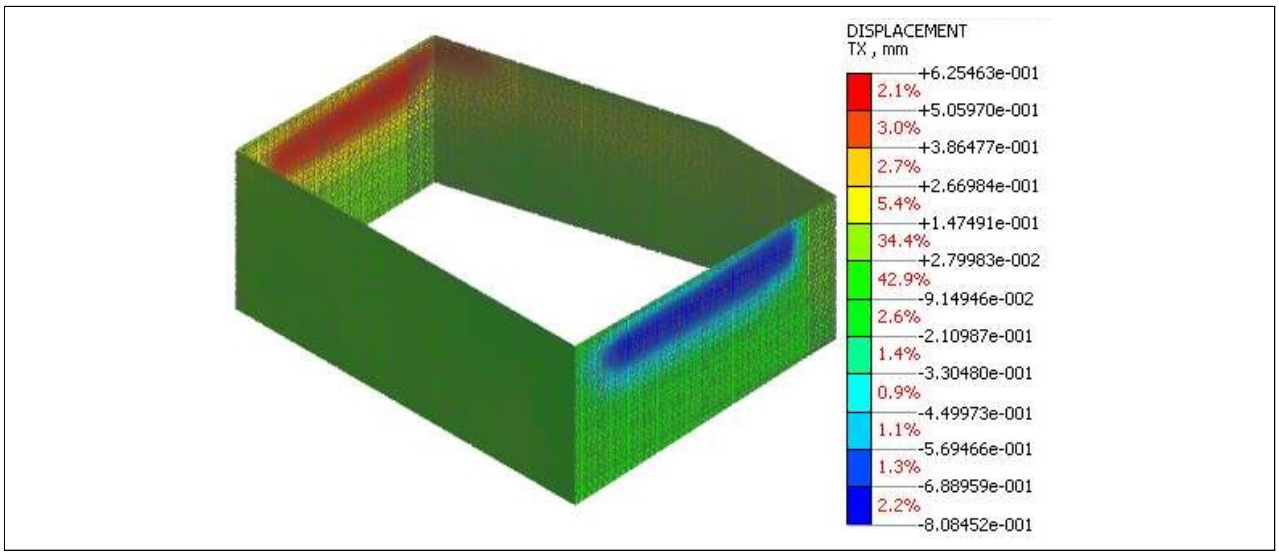
흙막이 가설벽체 시공_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_AXIAL FORCE



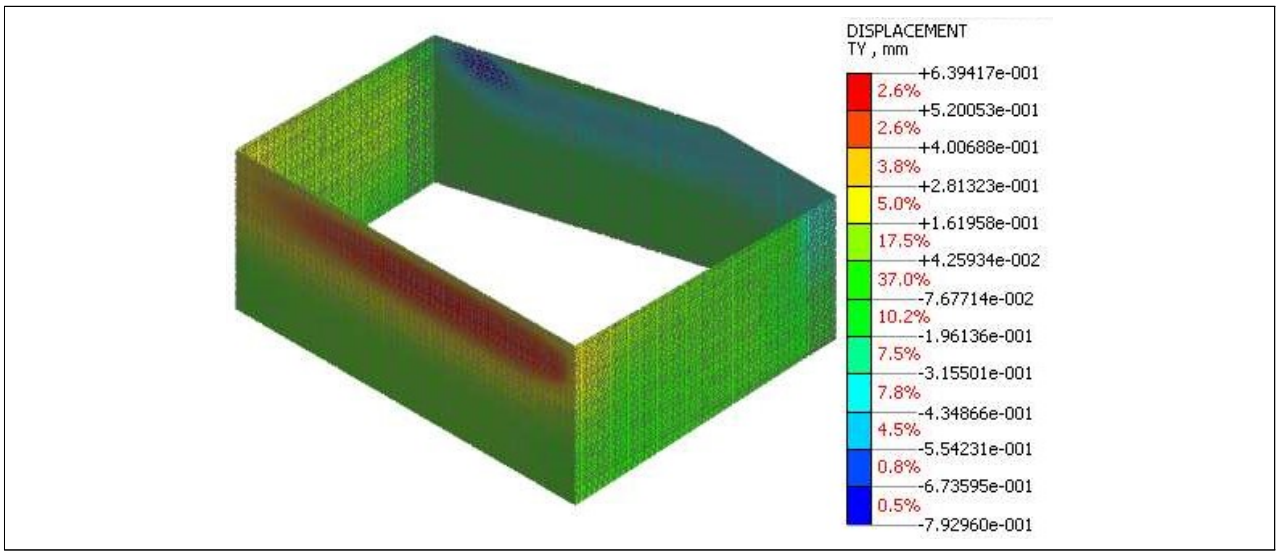
흙막이 가설벽체 시공_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_SHEAR FORCE Z



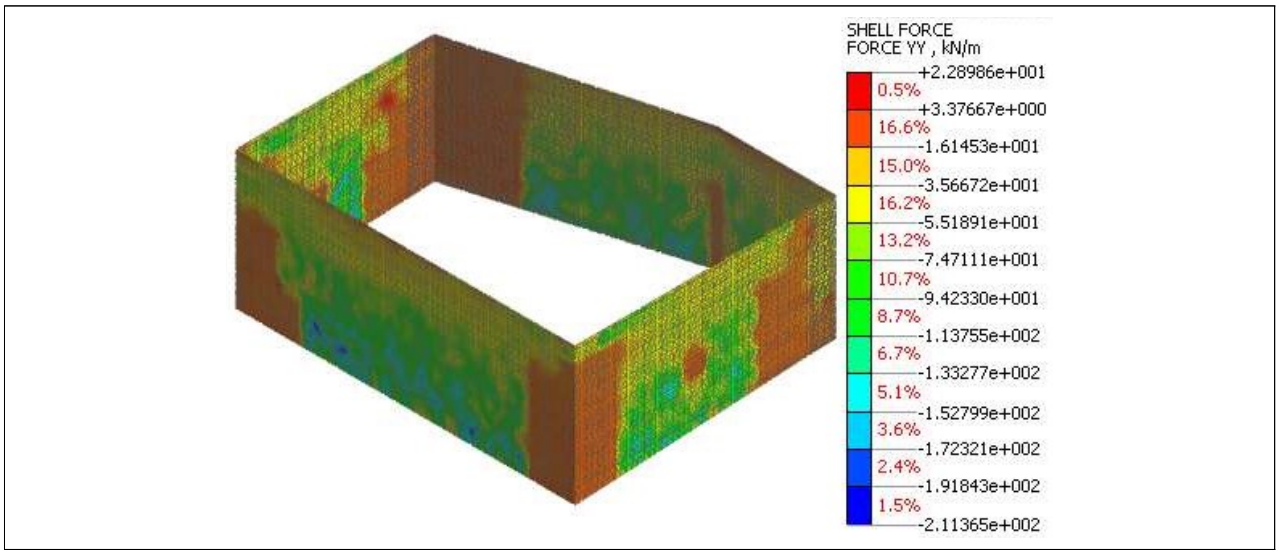
흙막이 가설벽체 시공_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_BENDING MOMENT Y



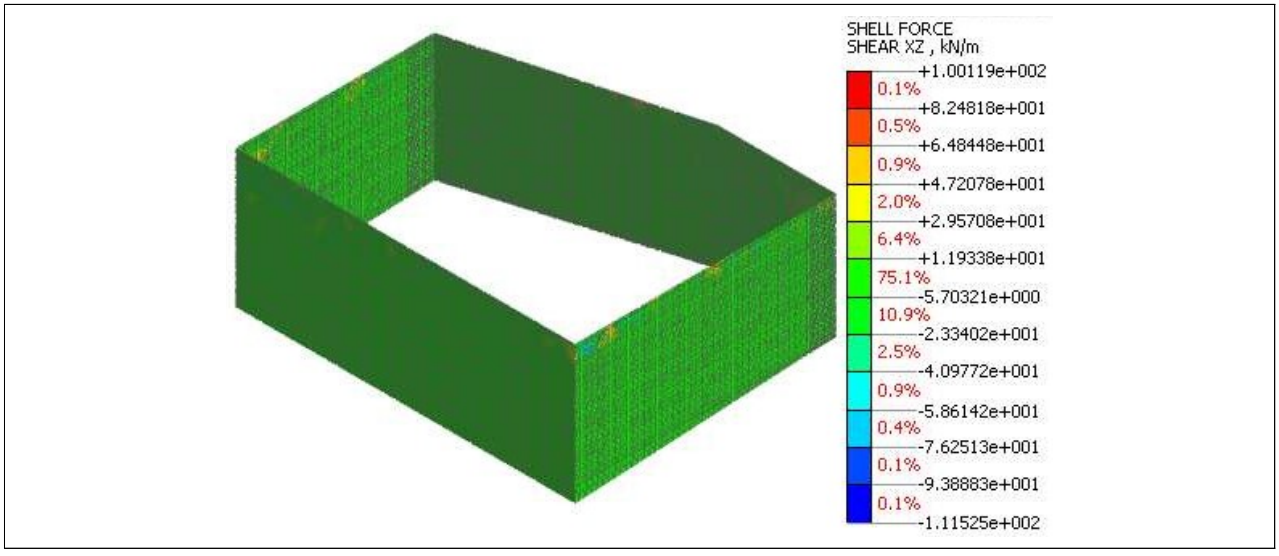
1단계 굴착 및 1단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



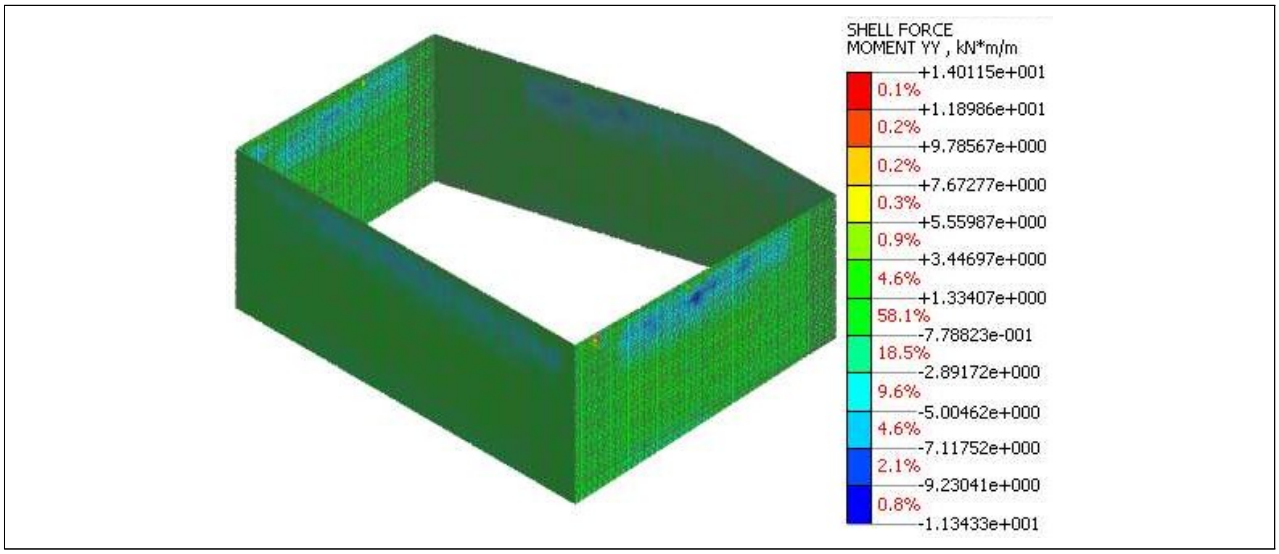
1단계 굴착 및 1단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



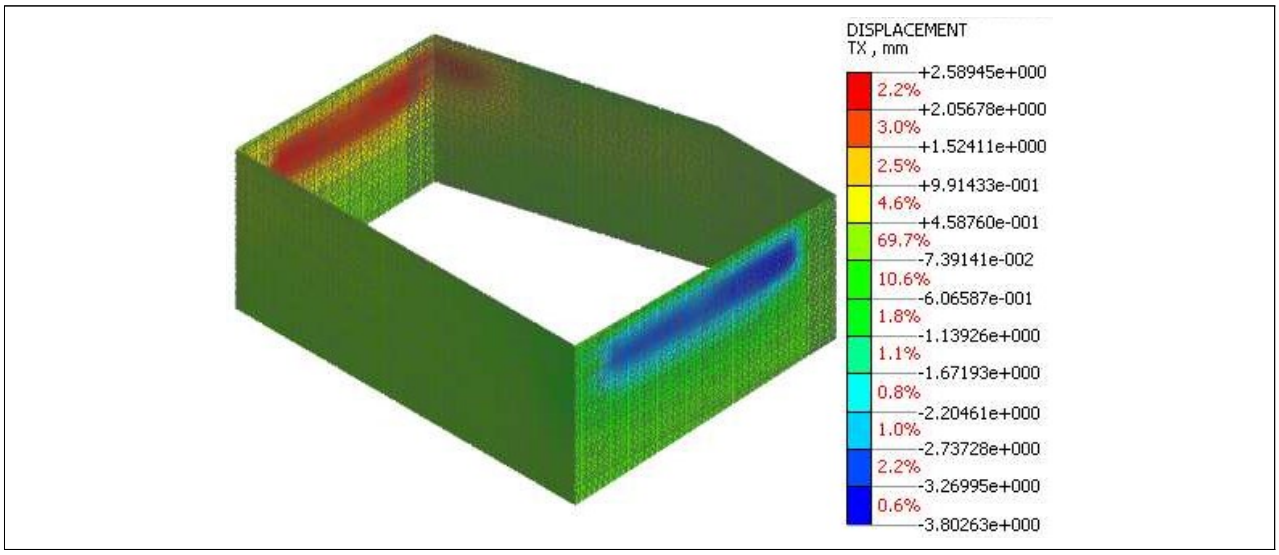
1단계 굴착 및 1단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_AXIAL FORCE



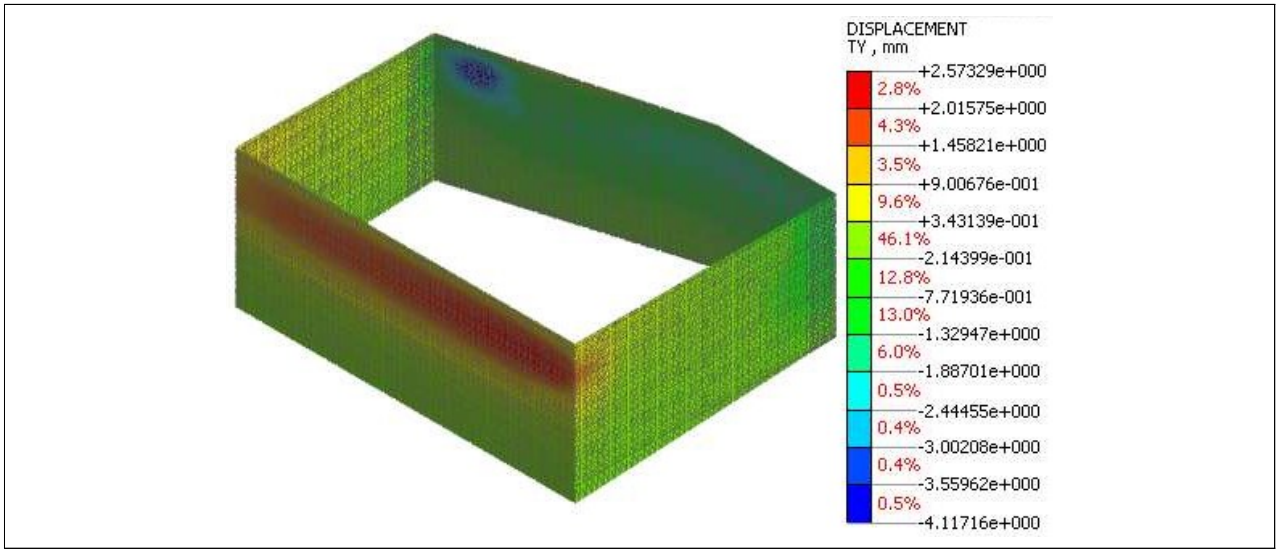
1단계 굴착 및 1단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_SHEAR FORCE Z



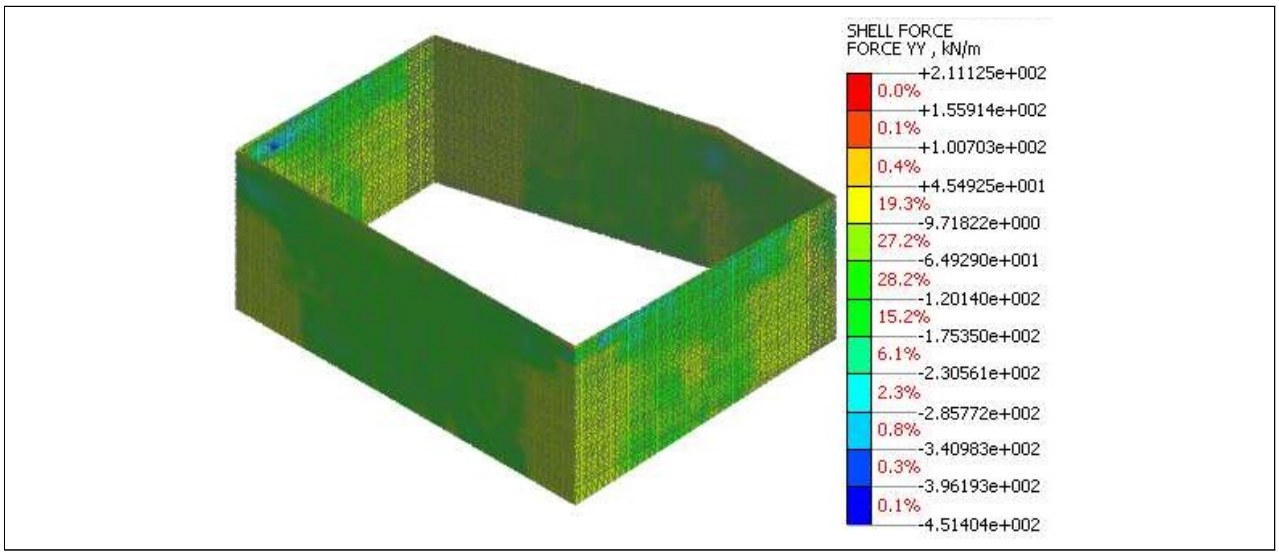
1단계 굴착 및 1단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_BENDING MOMENT Y



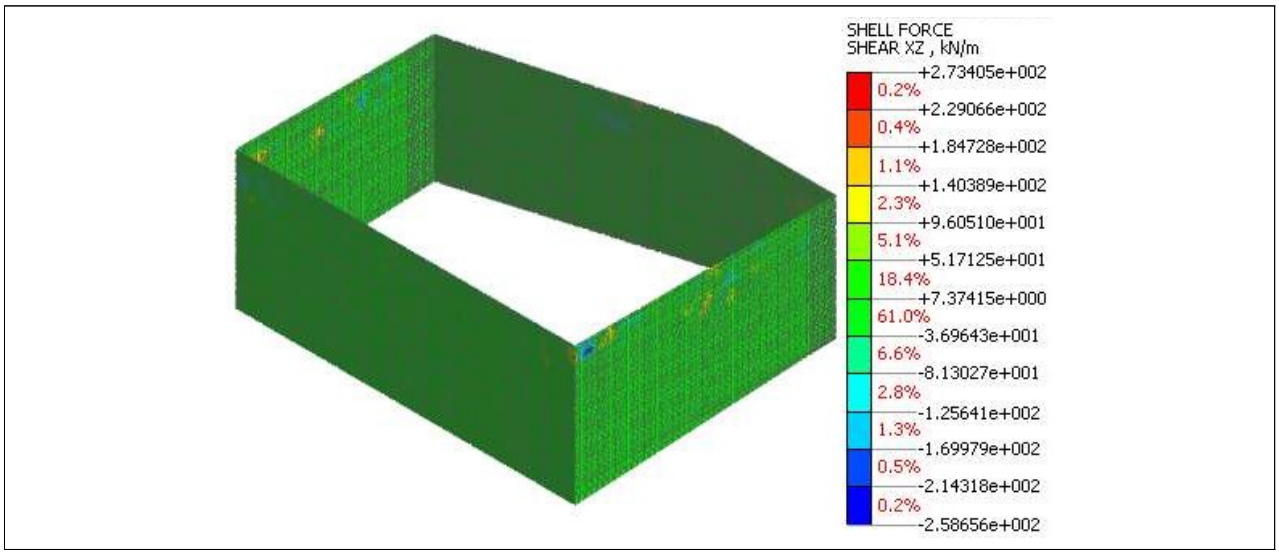
2단계 굴착 및 2단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



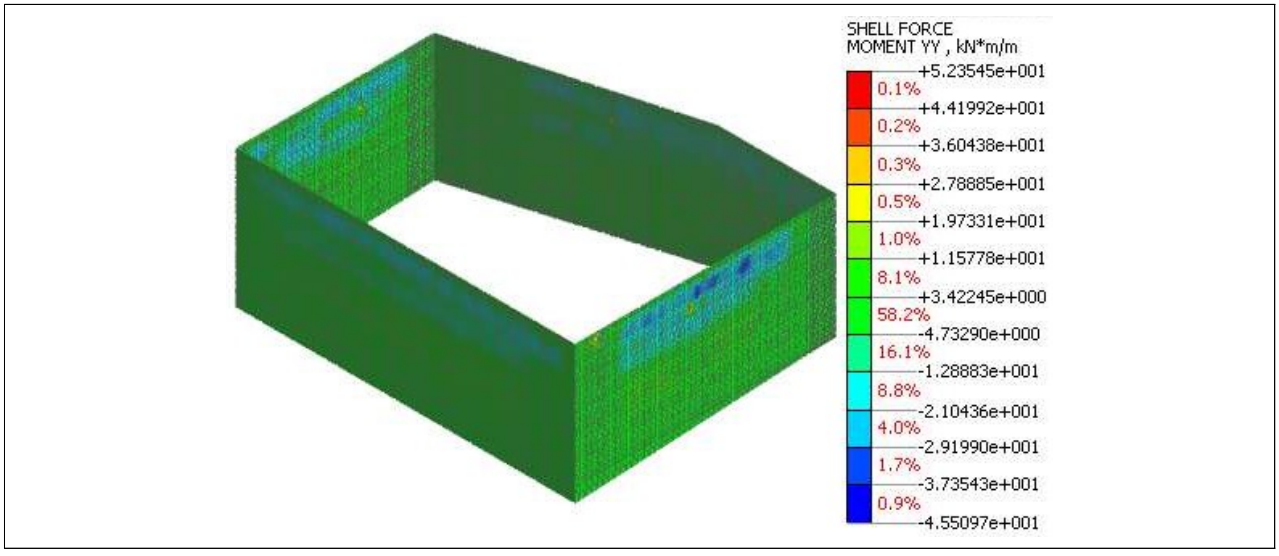
2단계 굴착 및 2단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



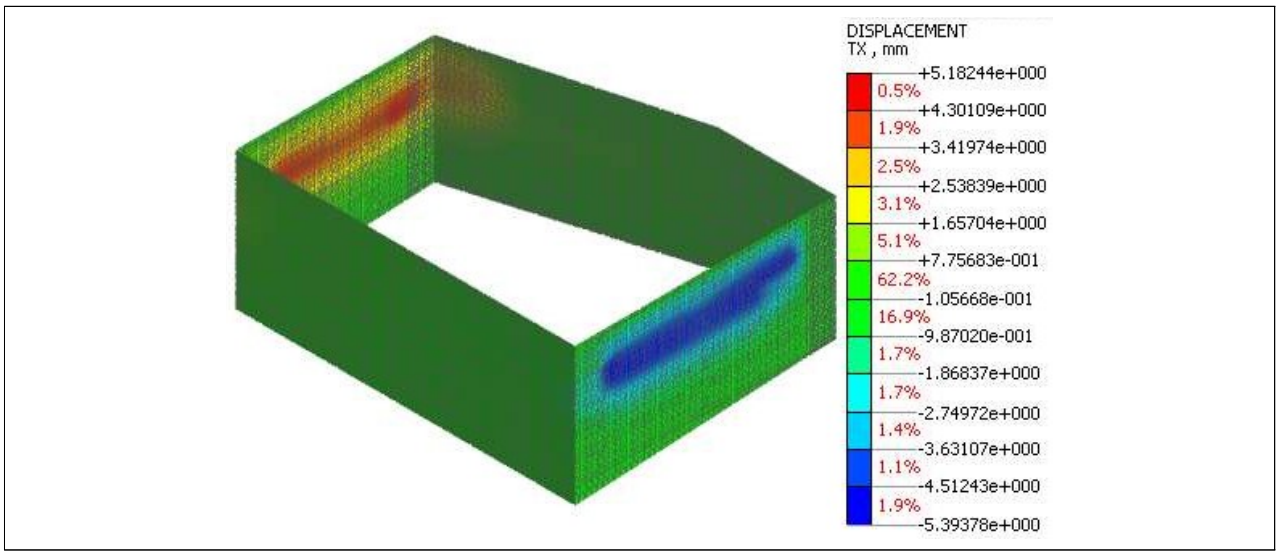
2단계 굴착 및 2단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_AXIAL FORCE



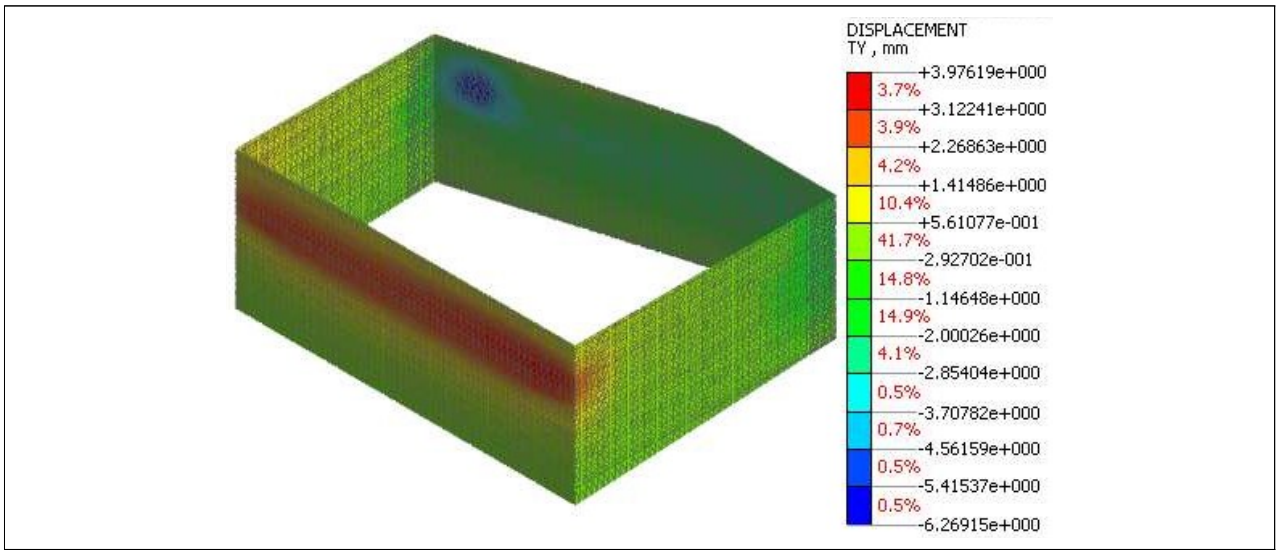
2단계 굴착 및 2단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_SHEAR FORCE Z



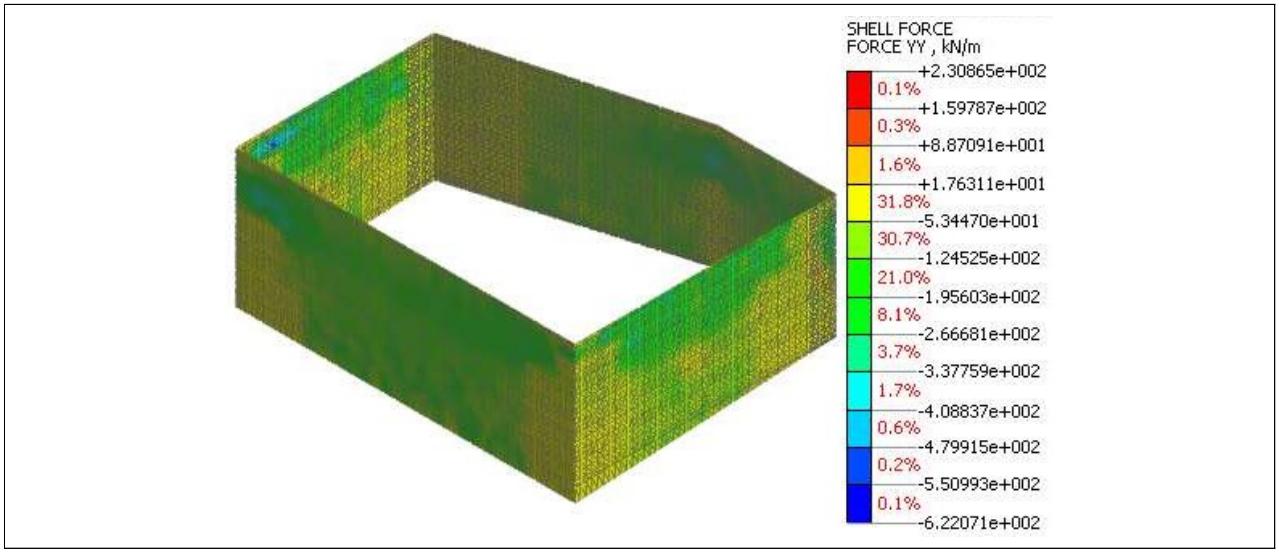
2단계 굴착 및 2단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_BENDING MOMENT Y



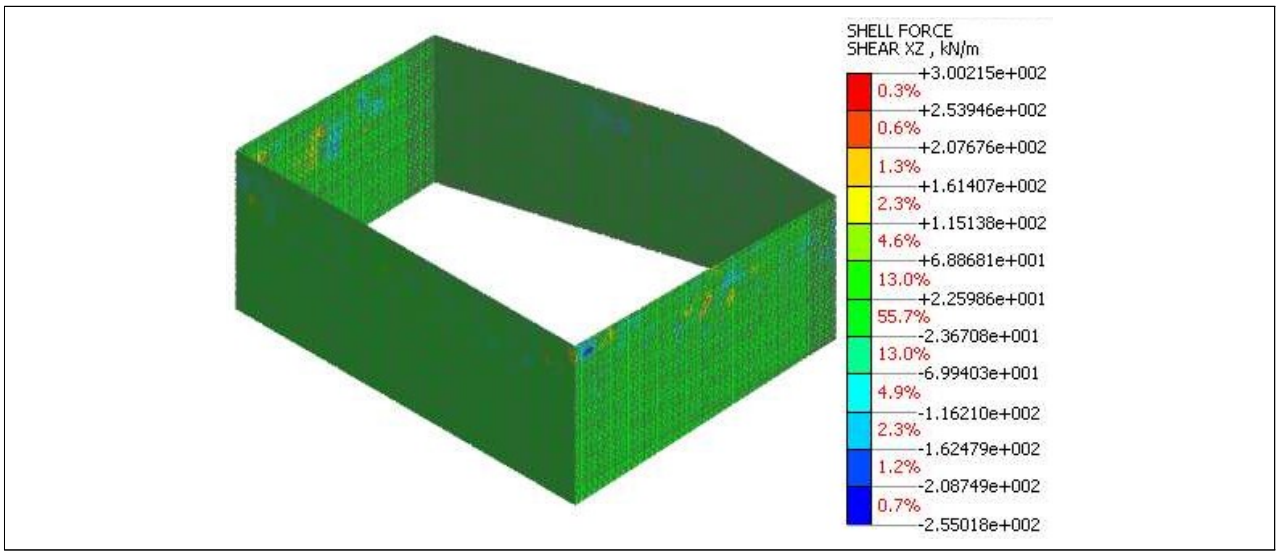
3단계 굴착 및 3단 SLAB 설치[_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



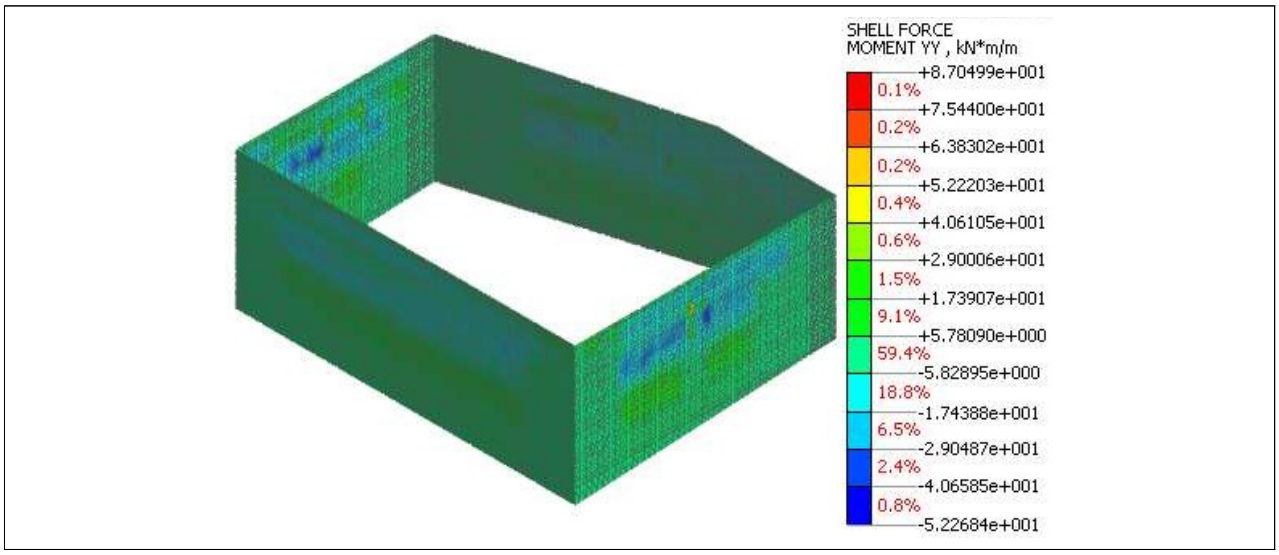
3단계 굴착 및 3단 SLAB 설치[_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



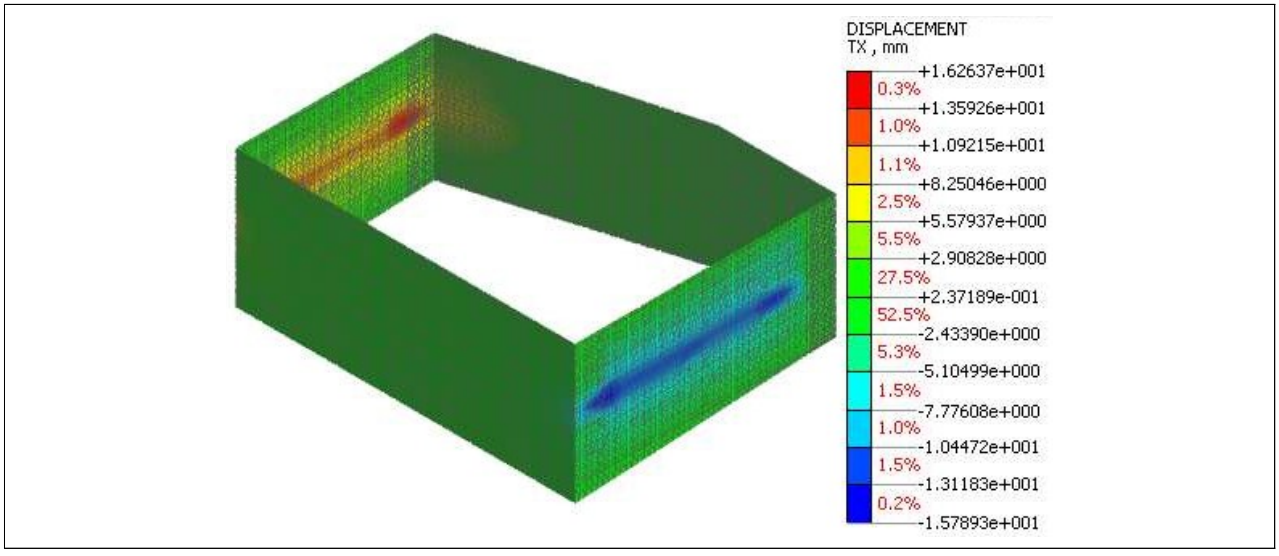
3단계 굴착 및 3단 SLAB 설치[_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_AXIAL FORCE



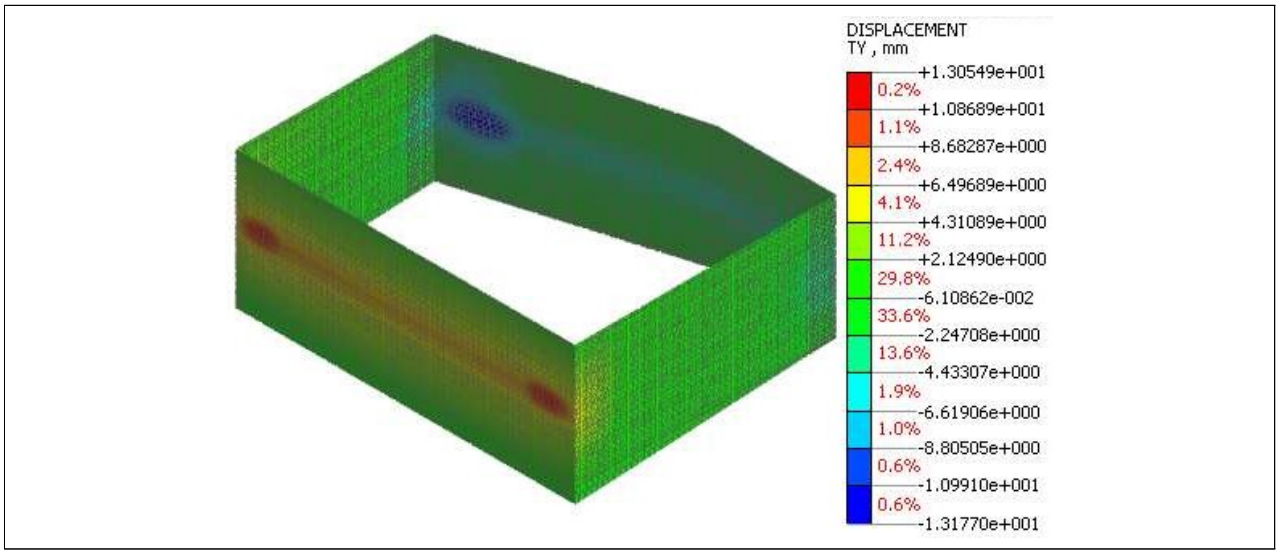
3단계 굴착 및 3단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_SHEAR FORCE Z



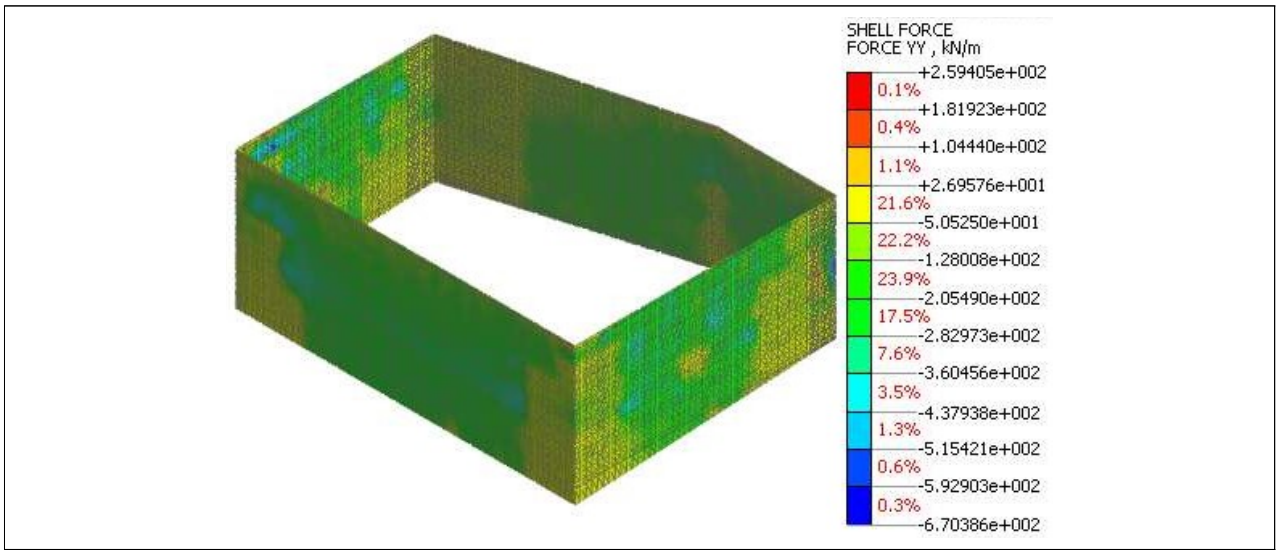
3단계 굴착 및 3단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_BENDING MOMENT Y



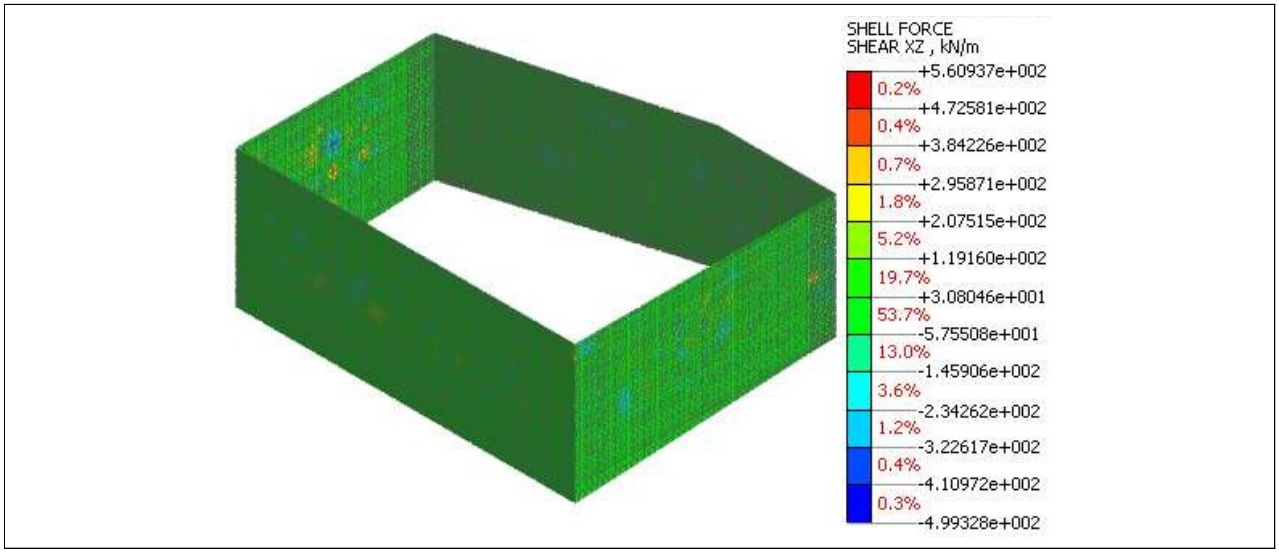
4단계 굴착 및 4단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



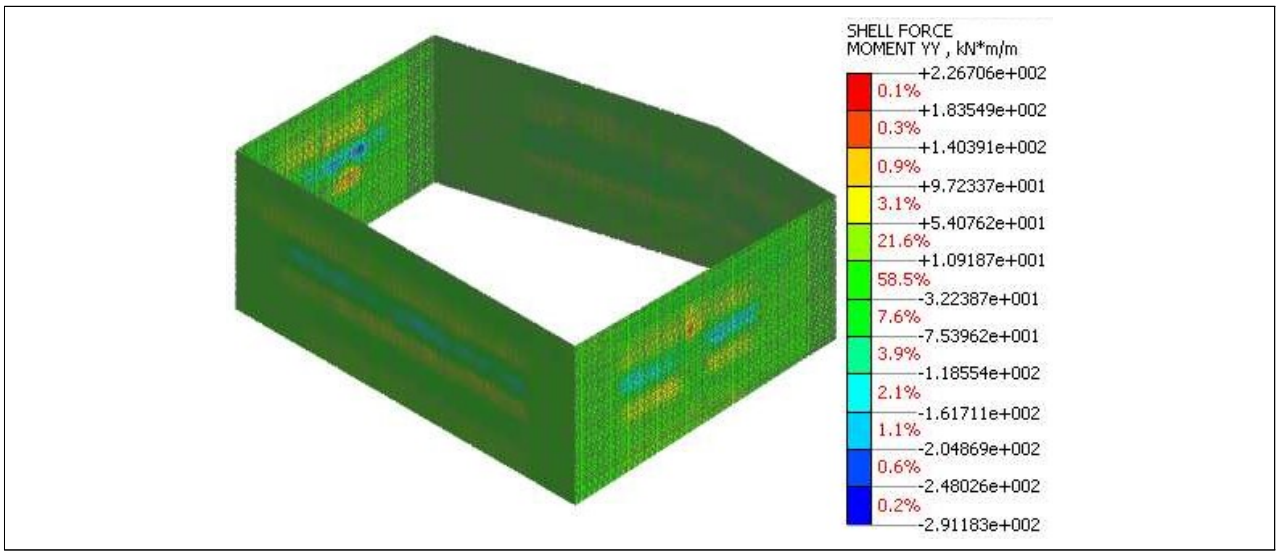
4단계 굴착 및 4단 SLAB 설치[_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



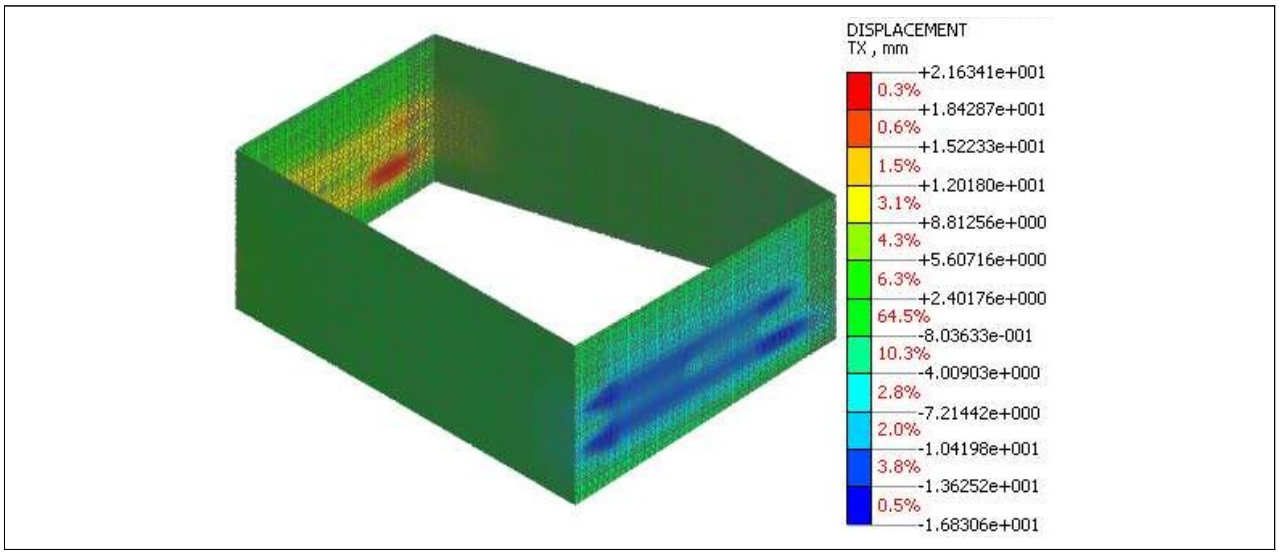
4단계 굴착 및 4단 SLAB 설치[_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_AXIAL FORCE



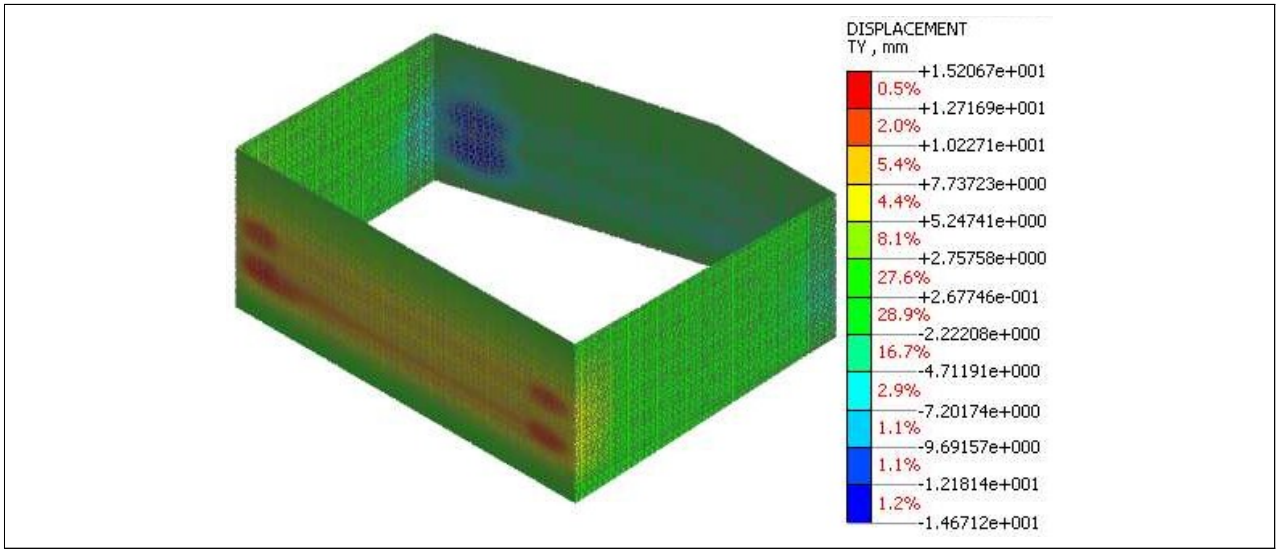
4단계 굴착 및 4단 SLAB 설치[_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_SHEAR FORCE Z



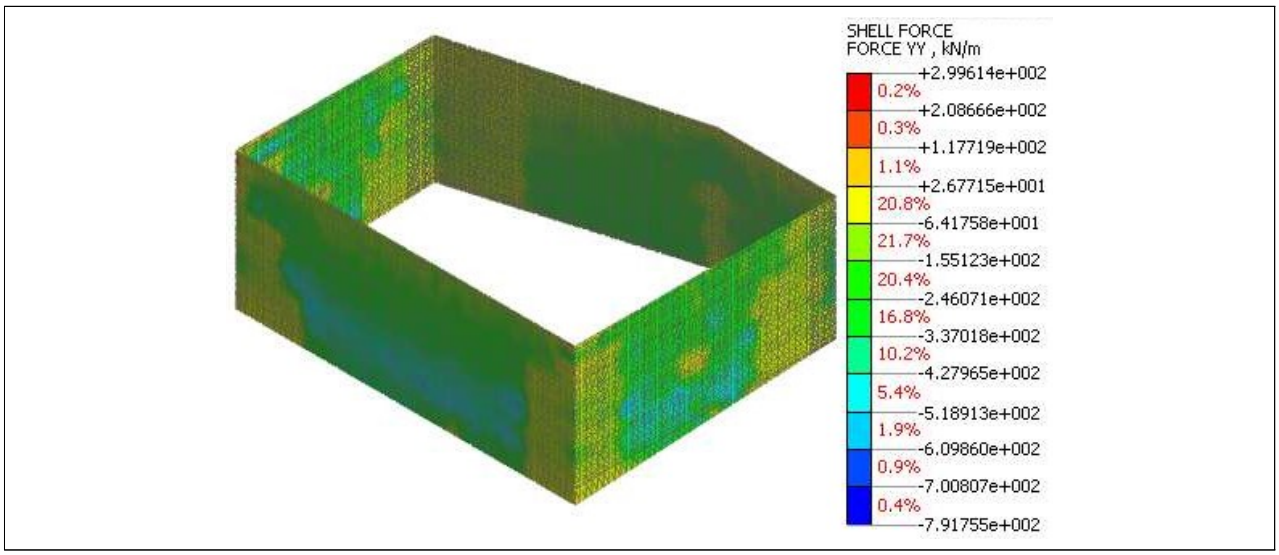
4단계 굴착 및 4단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_BENDING MOMENT Y



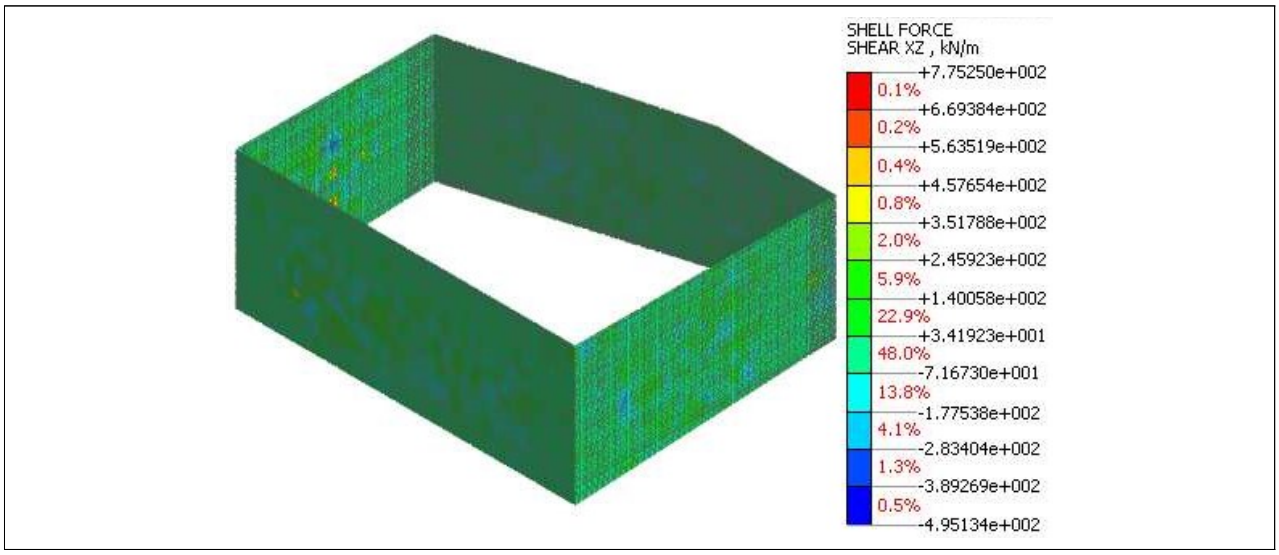
5단계 굴착 및 5단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



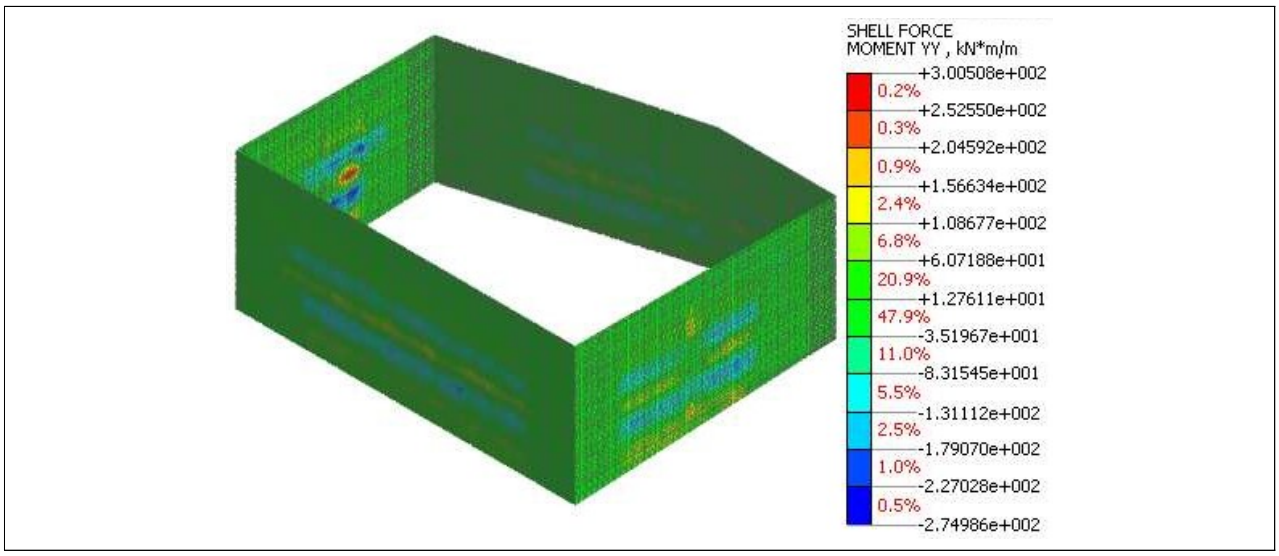
5단계 굴착 및 5단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



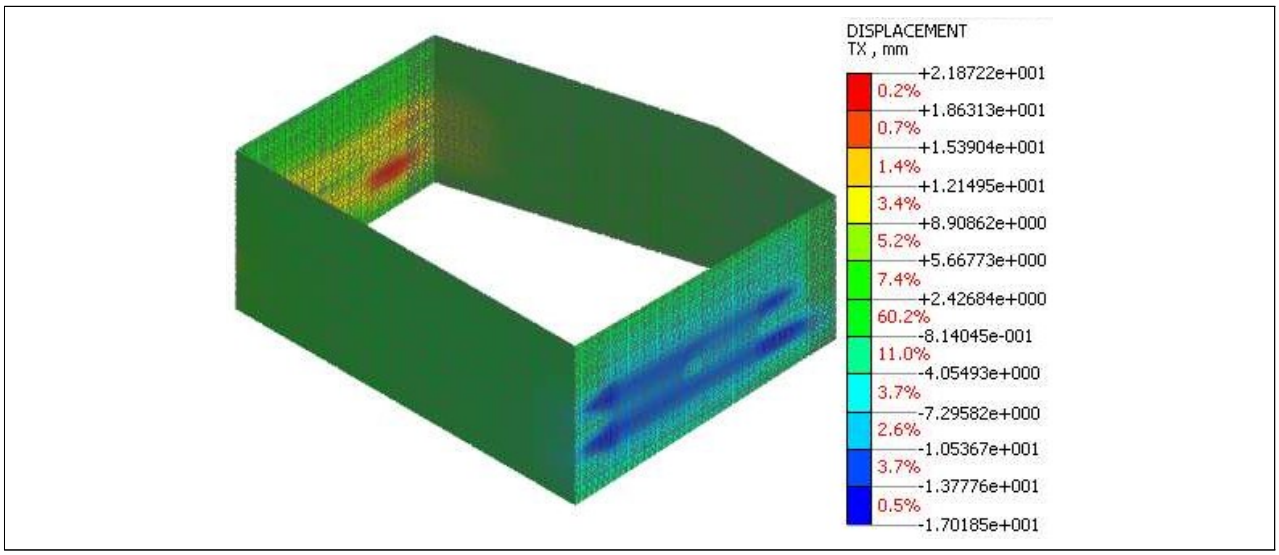
5단계 굴착 및 5단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_AXIAL FORCE



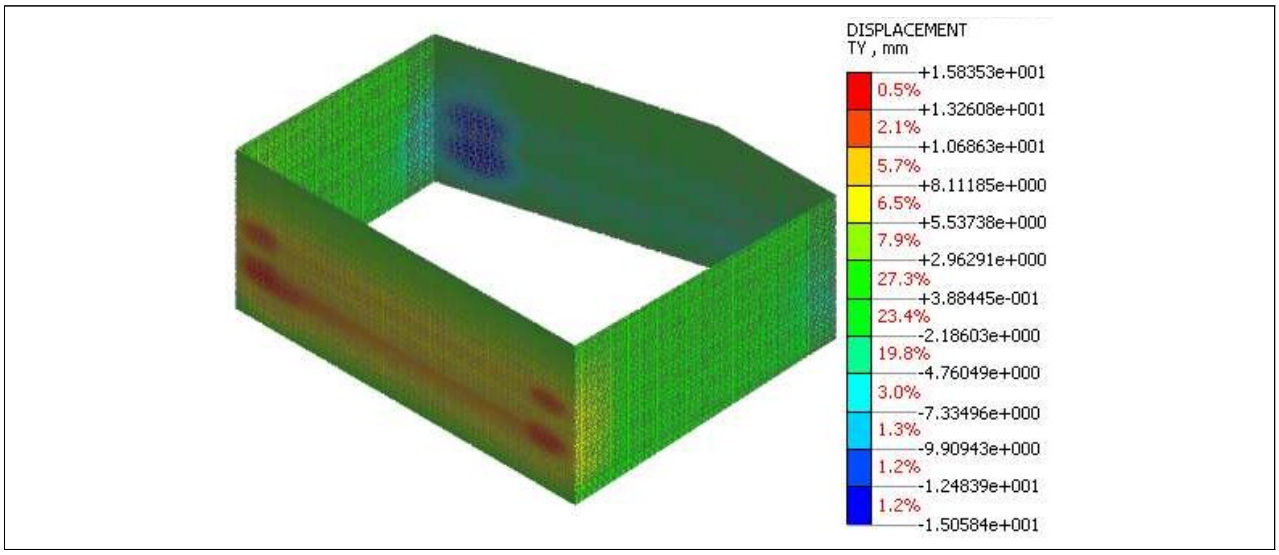
5단계 굴착 및 5단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_SHEAR FORCE Z



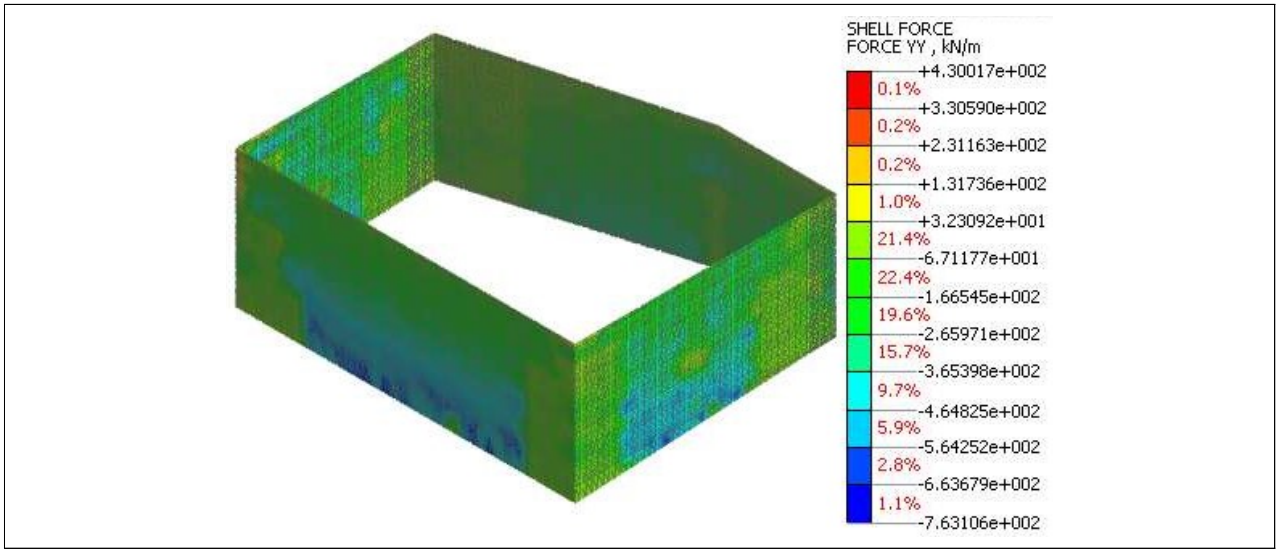
5단계 굴착 및 5단 SLAB 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_BENDING MOMENT Y



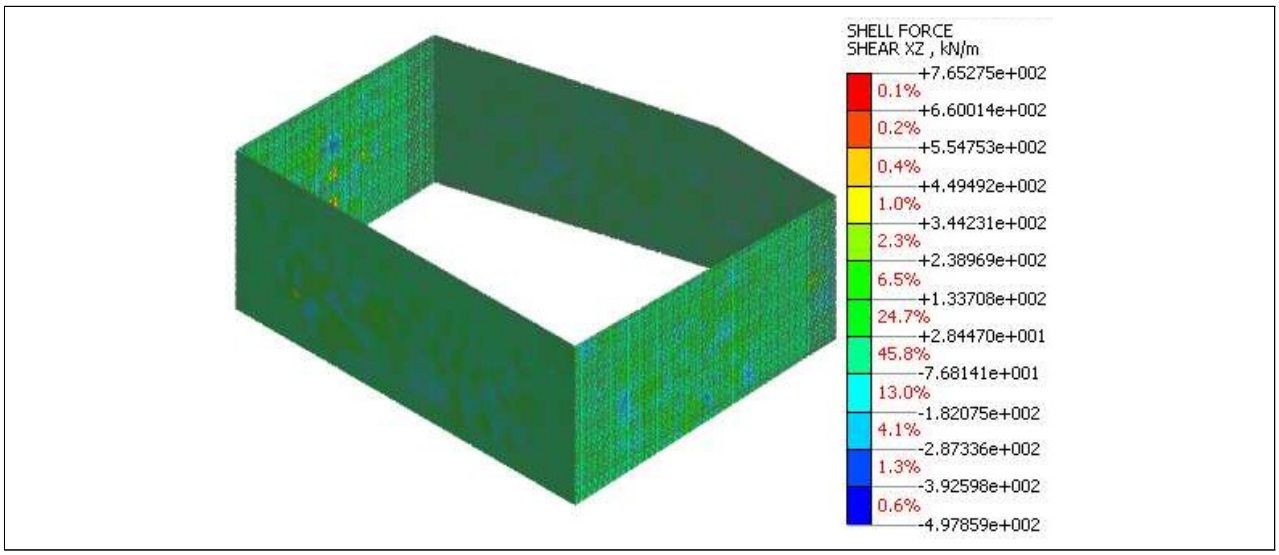
6단계 굴착 및 RAKER 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



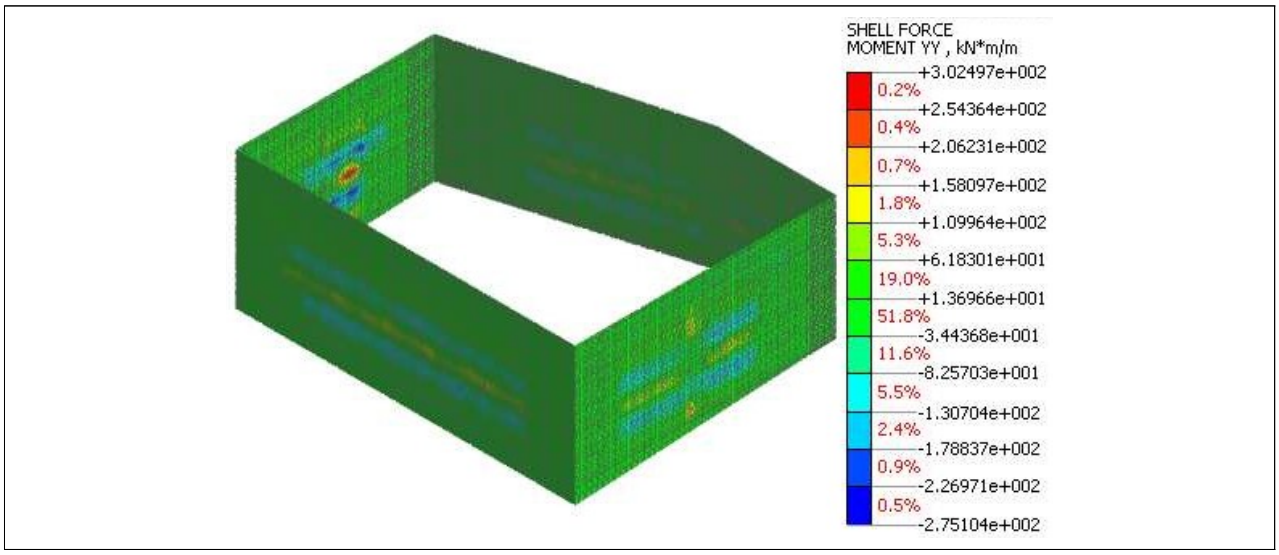
6단계 굴착 및 RAKER 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



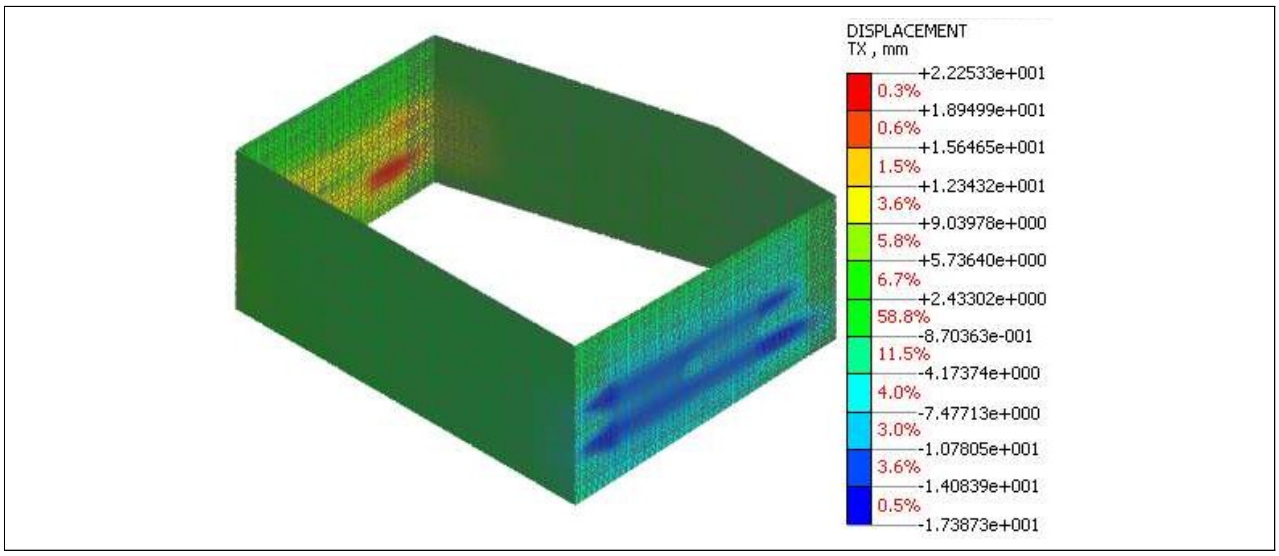
6단계 굴착 및 RAKER 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_AXIAL FORCE



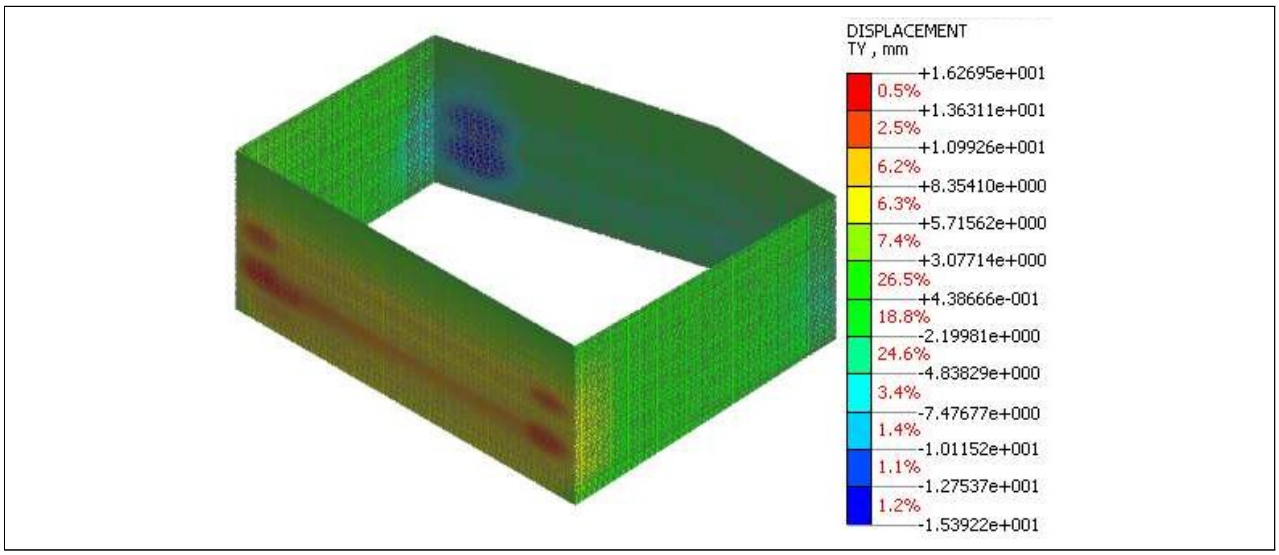
6단계 굴착 및 RAKER 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_SHEAR FORCE Z



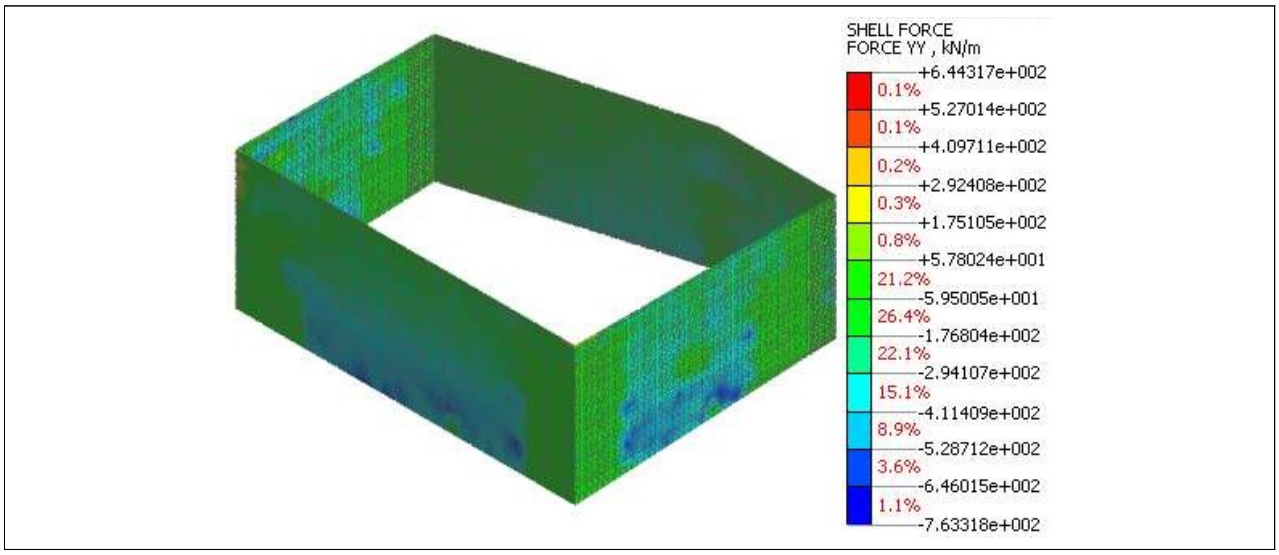
6단계 굴착 및 RAKER 설치_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_BENDING MOMENT Y



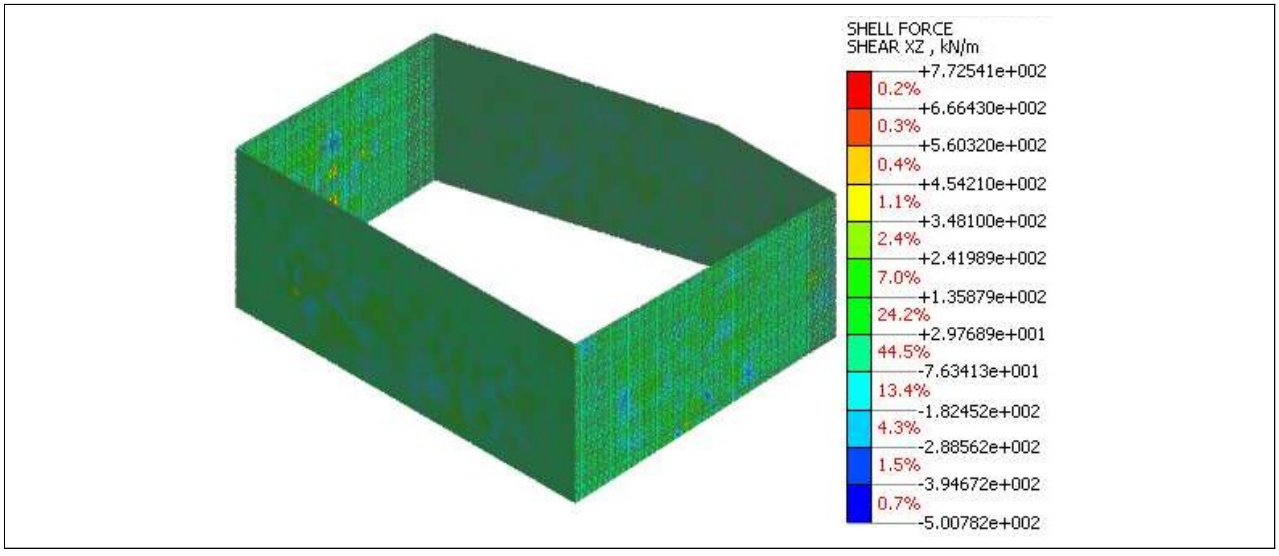
최종 굴착_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



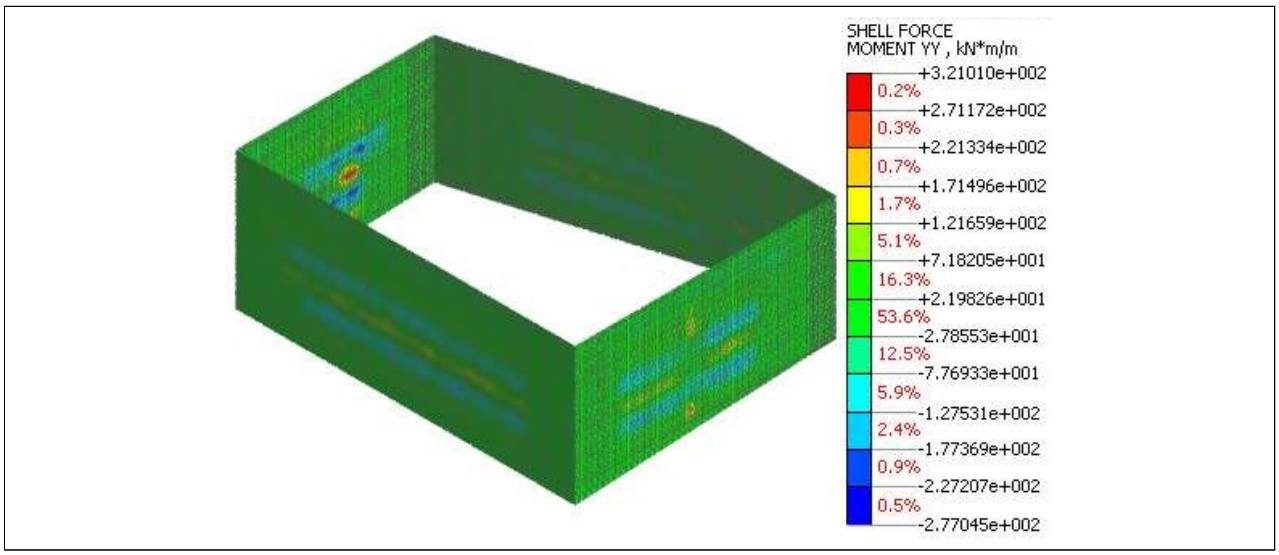
최종 굴착_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



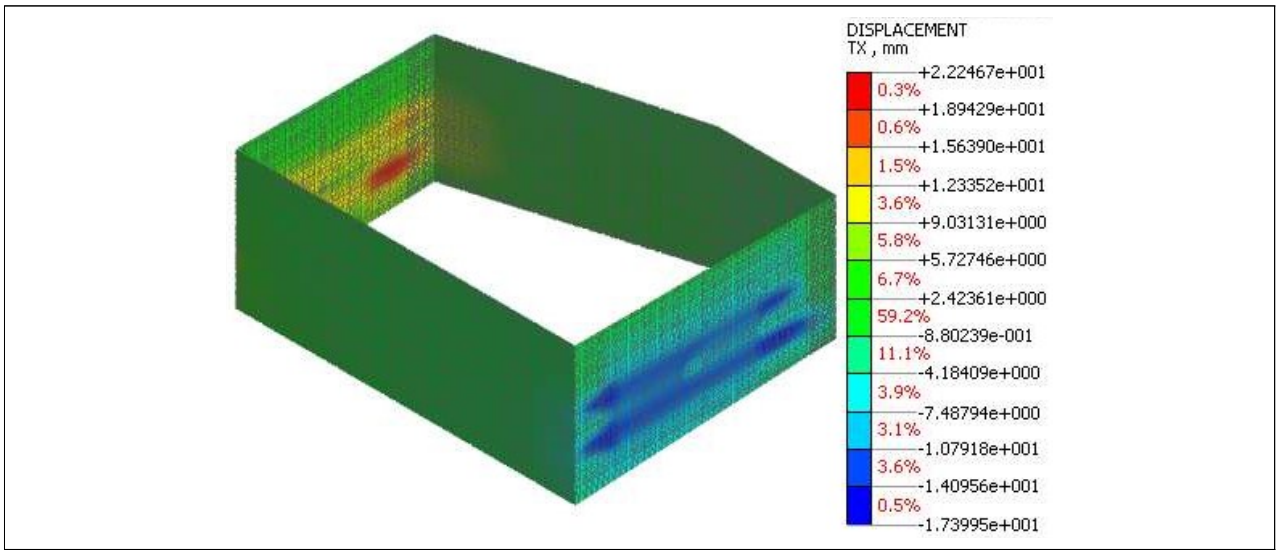
최종 굴착_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_AXIAL FORCE



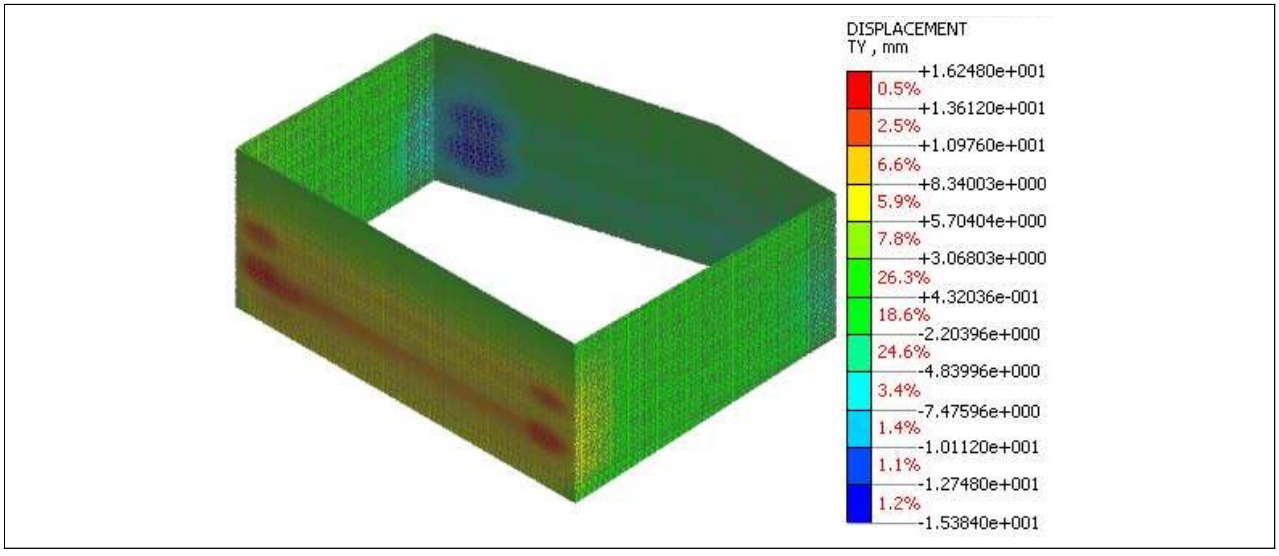
최종 굴착_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_SHEAR FORCE Z



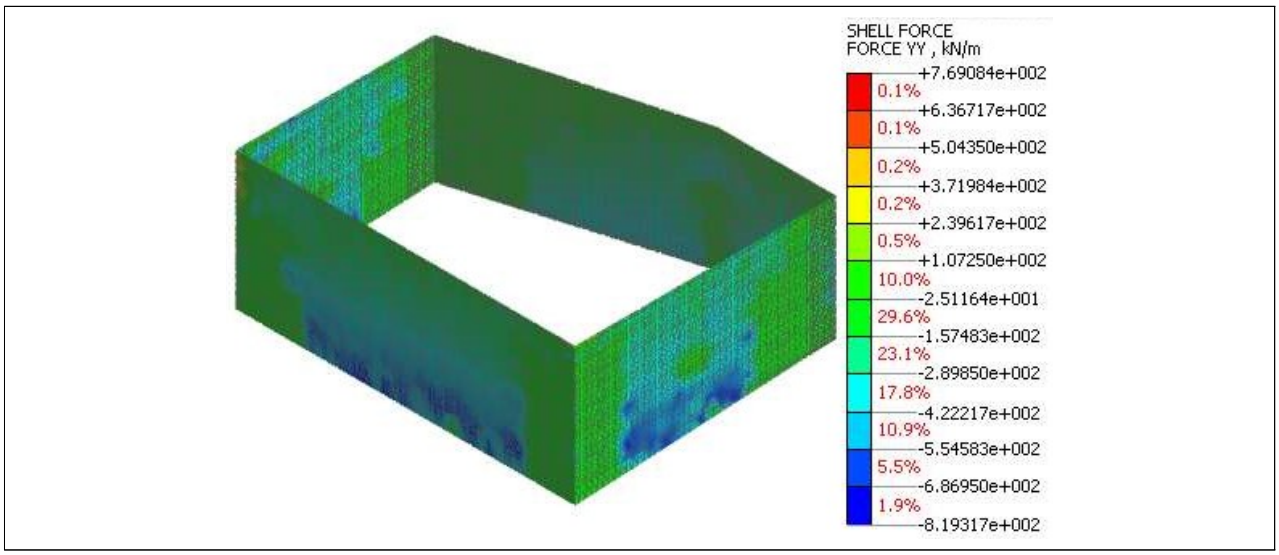
최종 굴착_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_BENDING MOMENT Y



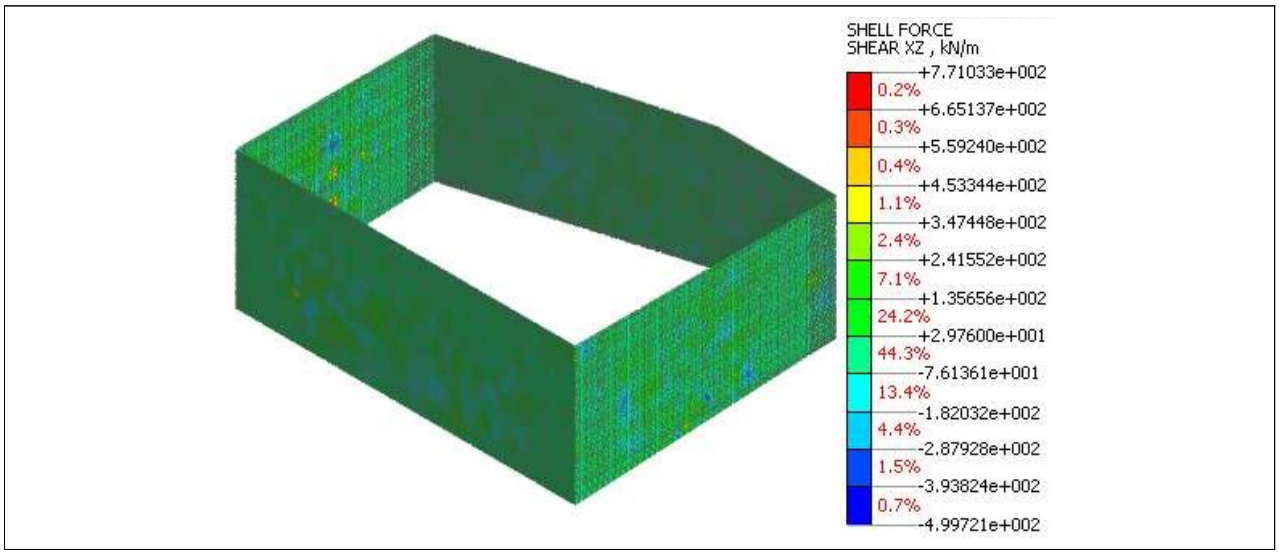
건축벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



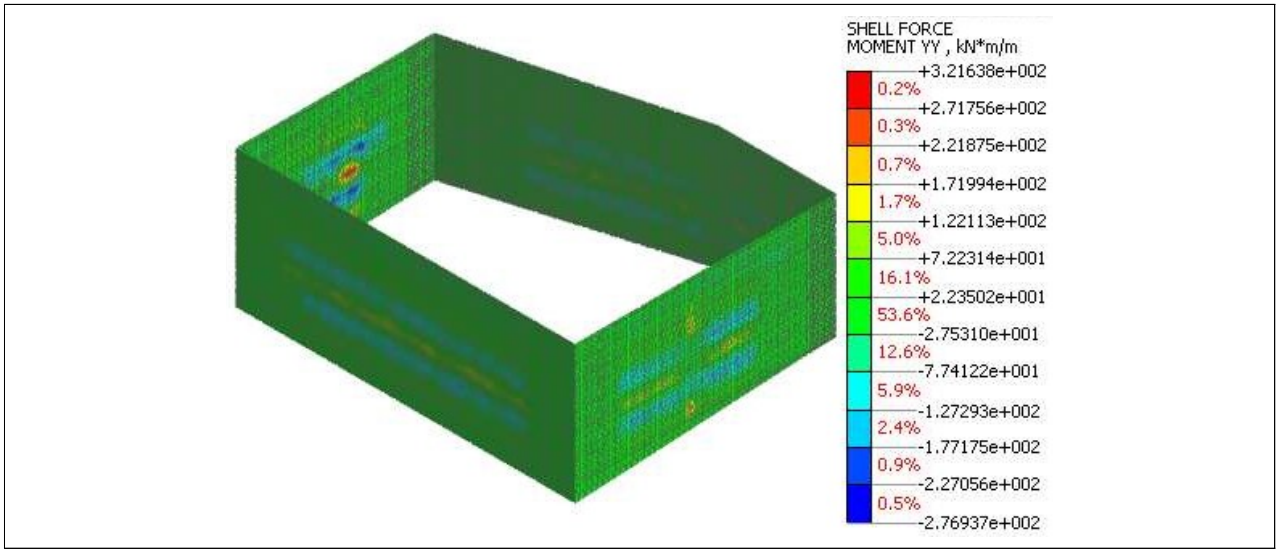
건축벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



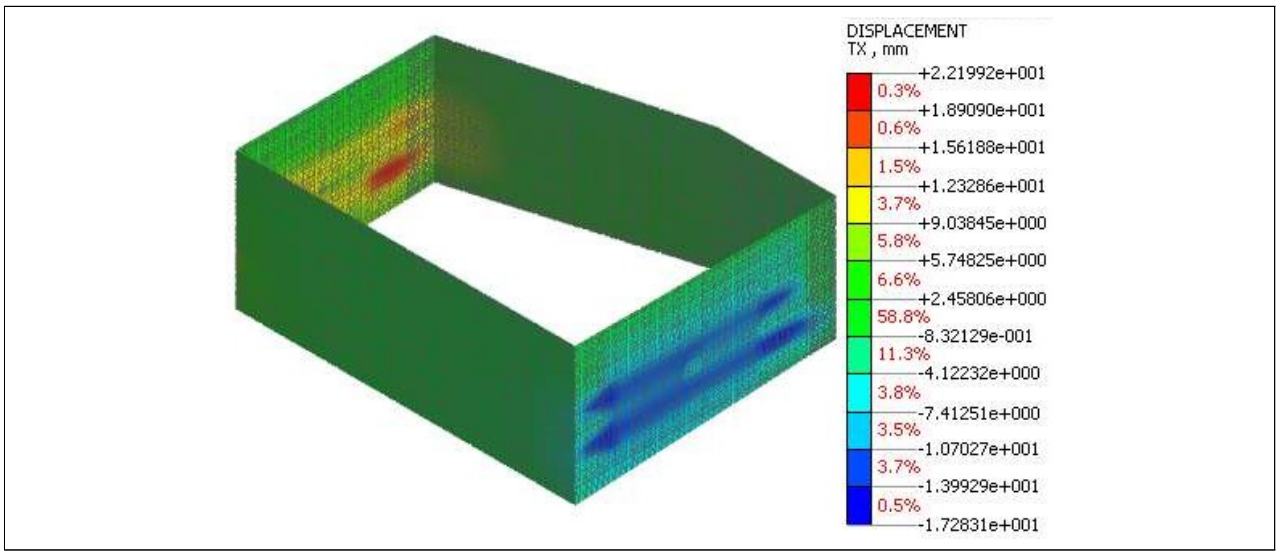
건축벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_AXIAL FORCE



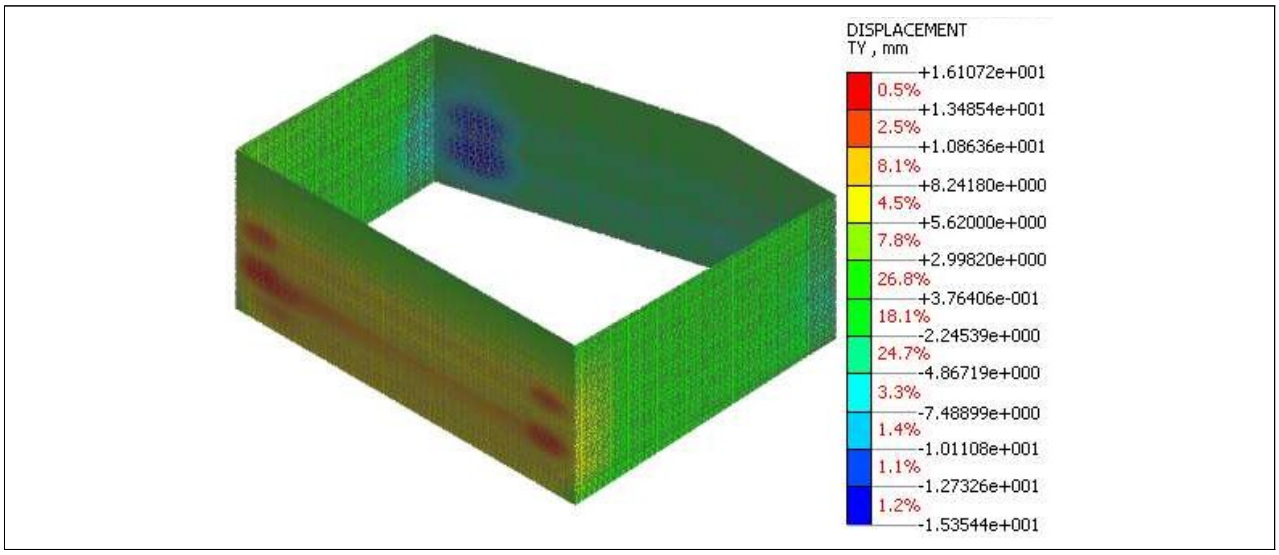
건축벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_SHEAR FORCE Z



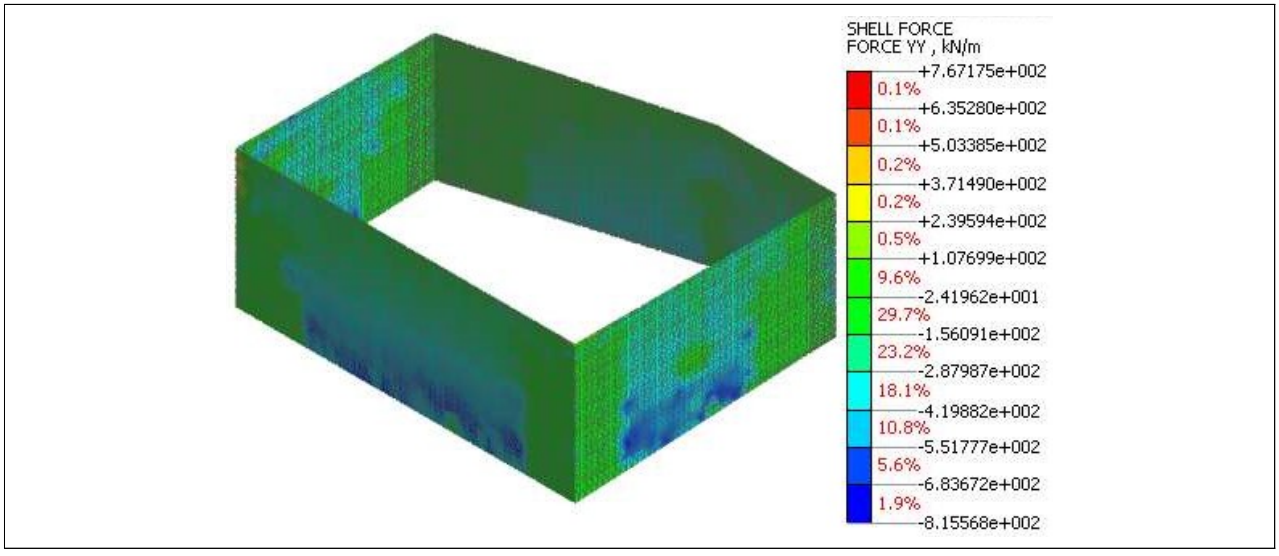
건축벽체 타설 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_BENDING MOMENT Y



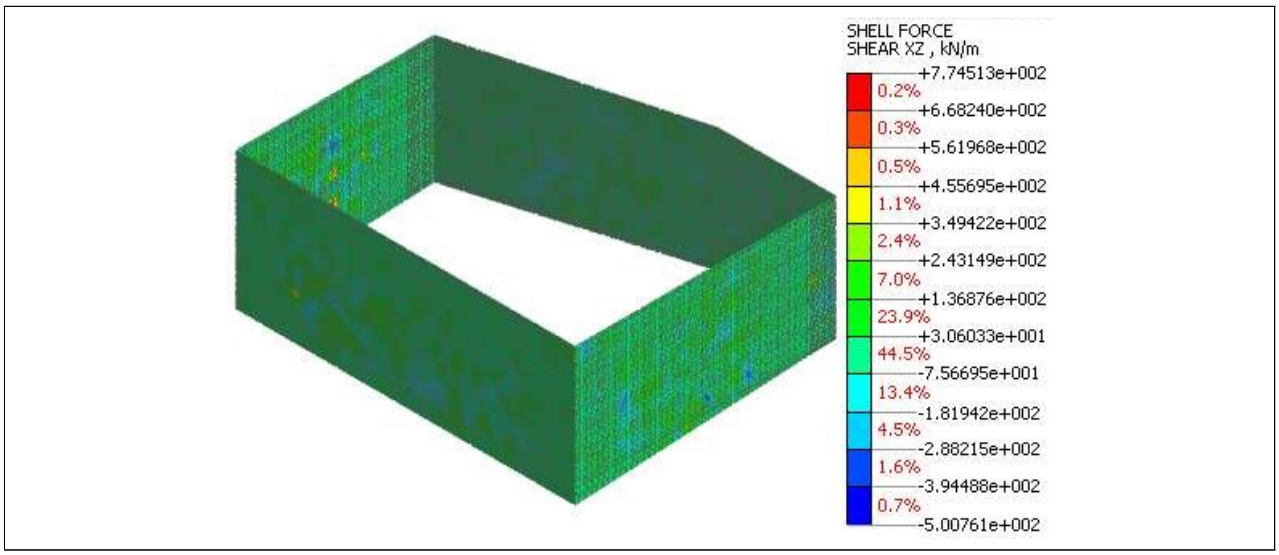
지하층 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TX TRANSLATION (V)



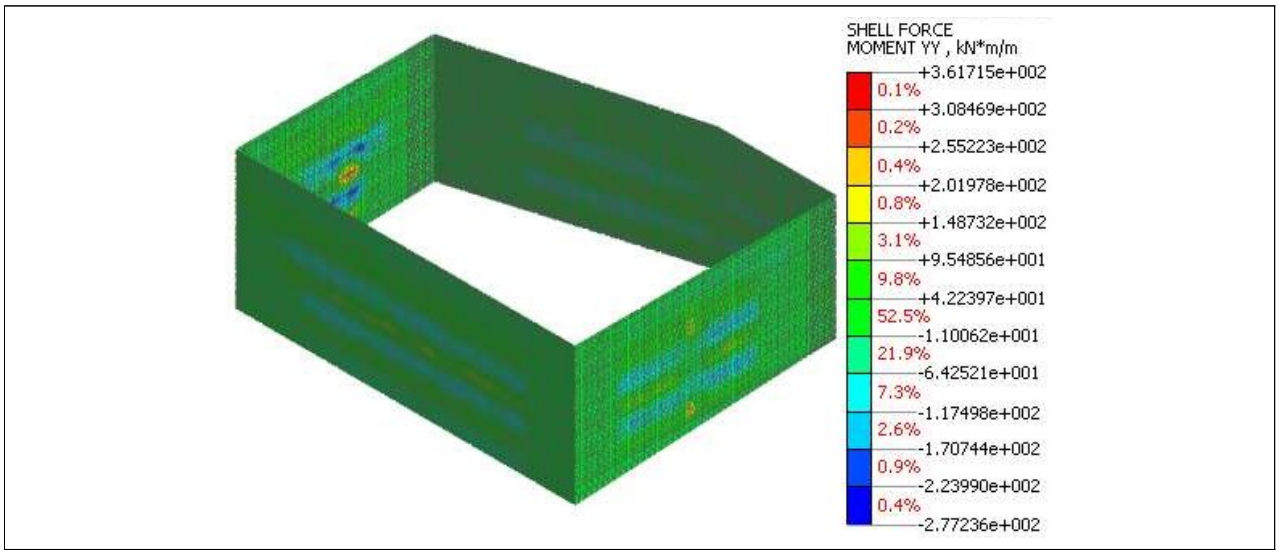
지하층 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Displacements_TY TRANSLATION (V)



지하층 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_AXIAL FORCE



지하층 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_SHEAR FORCE Z



지하층 완료_INCR=1 (LOAD=1.000)_Shell Element Forces_BENDING MOMENT Y

10.5 참고문헌

- 지하안전관리에 관한 특별법, 법률 제13479호
- 지하안전관리에 관한 특별법 시행령, 대통령령 제28442호
- 지하안전관리에 관한 특별법 시행규칙, 국토교통부령 제466호
- 지하안전관리 업무지침, 국토교통부고시 제2017-1008호
- 지하안전영향평가서등 및 지하안전점검 지침 해설서, 한국시설안전공단 (2017)
- 지하정보 통합체계 지반현황(국토교통부, 국토지반정보 DB센터)
- 서울지하철 계측관리요령 개선, 서울특별시 도시기반시설본부 (2015.6)
- 지하수 관리 기본계획, 국토교통부 (2012)
- 고지형도(국토교통부, 국토지리정보원)
- 도로설계요령, 한국도로공사 (2009)
- 지반조사 편람, 서울특별시 (1996)
- 국가지하수정보센터
- 한국지질자원 연구원
- 한강홍수통제소(주요지천 기준 홍수위)
- Principle of Foundation Engineering 7th ed.(Braja M. Das)
- Foundation Analysis and Design 5th ed.(Joseph E. Bowles)
- 지반공학핸드북(Roy E. Hunt)
- 시공중 지반계측, 국토교통부 (2016)
- 도로설계기준, 국토교통부 (2016)
- 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서, 국토교통부 (2012)
- 지반공학 이론과 실제, 건설산업연구소, 구미서관
- 토질역학 이론과 응용, 김상규, 청문각
- 도로교설계기준 해설, 대한토목학회 (2003)
- 구조물기초설계기준 해설, (사)한국지반공학회 (2015)
- 국도건설공사 설계실무 요령, 국토교통부 (2016)
- 기초구조물의 설계와 해석, 엔지니어즈
- 암반사면공학, E.Hoek & J.W. Bray, 엔지니어즈
- 건축구조기준 및 해설, 대한건축학회 (2016)
- 도로설계편람 제6편 터널, 국토해양부 (2010)
- 토질시험 원리와 방법, 이상덕, 도서출판 새론
- 연약지반 설계실무편람, 전성기, 과학기술
- 지반의 침하, 이상덕, 씨아이알
- 가설흙막이 설계기준 KDS 21 30 00 : 2020
- 지하정보활용지원센터 제공 자료

서 울 지 하 철
계 측 관 리 요 령 개 선 (안)
(요 약 본)

2015.05

서울특별시 도시기반시설본부(도시철도계획부)

2장 개착, 인접구조물, 비개착구간

제2장 개착, 인접구조물, 비개착 구간

2.1 계측항목 선정

2.1.1 계측항목 선정시 고려할 요인

(1) 굴착 영향범위내의 구조물 유무 및 인접구조물의 기초 및 건물 상태

(2) 설계시의 불확실성

① 설계계산에 있어서 외력조건이 되는 측압 및 수압 등의 추정치의 오차가 클 것으로 예상되는 경우

② 근접위치에서의 공사실시 등으로 외력조건에 대폭적인 변화가 예상되는 경우

③ 설계 계산치와 허용치를 비교하여 안전율이 작은 경우 등

2.1.2 일반적인 계측항목

구 간	계 측 항 목	계 측 기 기
개착 및 인접 구조물 구간	· 지보공(버팀대, 어스앙커 등)의 축력	· 응력계(Strain Gauge) · 하중계(Load Cell)
	· 벽체 및 배면지반의 수평 변위(지중경사)	· 지중경사계(Inclinometer)
	· 굴착 배면지반의 지중 침하	· 지중침하계(Borehole Extensometer)
	· 벽체에 작용하는 토압 및 수압, 간극수압	· 토압계(Earth Presser Cell) · 간극수압계(Piezometer)
	· 지표침하	· 지표침하계(Surface Settlement Measurement)
	· 지하수위	· 지하수위계(Water Level Meter)
	· 인접구조물의 변위 계측	· 건물경사계(Tiltmeter) · 건물균열계(Crack Meter) · 변형률계(Strain Gauge) · 전단면내공변위계(Tunnel Convergence System) · 진동소음계(Vibration and Noise Meter)
	· 지하매설물 관리	· 침하관측점(Settlement Observation) · 변형률계(Strain Gauge)
비개착 구간	· 지보재의 응력	· 강관응력계(Strain Gauge) · 지보응력계(Strain Gauge)
	· 비개착구간 시종점부의 지중수평변위	· 지중경사계(Inclinometer)
	· 지표침하	· 지표침하계(Surface Settlement Measurement) · 광파타켓(Total Station & Target)
	· 지하수위	· 지하수위계(Water Level Meter)
	· 인접구조물의 변위 계측	· 건물경사계(Tiltmeter) · 건물균열계(Crack Meter)
	· 비개착구간 내부의 변위 계측	· 천단침하계(Crown Settlement) · 수평경사계(Horizontal In-place Inclinometer)

2.1.3 표준단면분류

계측계획을 위한 표준단면은 아래와 같은 분류기준에 의거하여 적용한다.

구 간	분 류 방 식	내 용
개착 및 인접 구조물 구간	지반에 따른 분류	지반Ⅰ : 지표에서 잔류토층까지 심도/굴착심도가 10~40%일 경우
		지반Ⅱ : 지표에서 잔류토층까지 심도/굴착심도가 40~70%일 경우
		지반Ⅲ : 지표에서 잔류토층까지 심도/굴착심도가 70%이상일 경우
	흙막이 벽체형식에 따른 분류	연성벽체 : Sheet Pile 및 H-PILE + 토류판 형식
		강성벽체 : 지중연속벽식(Slurry Wall, C.I.P, S.C.W)
	지보재의 설치간격에 따른 분류	수평간격 : 최대, 최소
		수직간격 : 최대, 최소

2장 개착, 인접구조물, 비개착구간

지 반 분 류	흙막이 벽체 형식	지보간격(수직)	지보간격(수평)	범 례
지반Ⅰ	강성벽체	2.5m 미만	2m 이하	ECase 1
			2m 초과	ECase 2
		2.5m 이상	2m 이하	ECase 3
			2m 초과	ECase 4
	연성벽체	2.5m 미만	2m 이하	ECase 5
			2m 초과	ECase 6
		2.5m 이상	2m 이하	ECase 7
			2m 초과	ECase 8
지반Ⅱ	강성벽체	2.5m 미만	2m 이하	ECase 9
			2m 초과	ECase 10
		2.5m 이상	2m 이하	ECase 11
			2m 초과	ECase 12
	연성벽체	2.5m 미만	2m 이하	ECase 13
			2m 초과	ECase 14
		2.5m 이상	2m 이하	ECase 15
			2m 초과	ECase 16
지반Ⅲ	강성벽체	2.5m 미만	2m 이하	ECase 17
			2m 초과	ECase 18
		2.5m 이상	2m 이하	ECase 19
			2m 초과	ECase 20
	연성벽체	2.5m 미만	2m 이하	ECase 21
			2m 초과	ECase 22
		2.5m 이상	2m 이하	ECase 23
			2m 초과	ECase 24

2.1.4 계측항목

(1) 개착 및 인접구조물 구간

지반 및 흙막이 벽체형식(연성, 강성벽체)으로 대분한 개착 및 인접구조물 구간의 계측항목은 다음과 같다. 현장 적용 시에는 현장여건에 맞추어 수정 및 보완이 이루어져야 한다.

구 분	지중경사	지표침하	건물경사	응력계	하중계	지하수위	건물균열	광파타켓	기 타
지반Ⅰ, 연성벽체	◎	○	◎	◎	◎	◎	○	◎	
지반Ⅰ, 강성벽체	◎	○	◎	○	◎	◎	◎	◎	
지반Ⅱ, 연성벽체	◎	○	◎	◎	◎	◎	○	◎	
지반Ⅱ, 강성벽체	◎	○	◎	○	◎	◎	◎	◎	
지반Ⅲ, 연성벽체	◎	○	◎	◎	◎	◎	○	◎	
지반Ⅲ, 강성벽체	◎	○	◎	○	◎	◎	◎	◎	

주1) ◎ : 반드시 적용, ○ : 현장 여건에 따라 적용, X : 생략 가능

주2) 도심지 굴착공사시, 굴착영향범위 이내 또는 기존 지하철 상·하부 통과에 따른 기존 지하철 구조물의 영향성 판단을 위하여 구조물 현황 조사를 실시(공사전/공사중/공사후)하고, 진동·소음측정계, 건물균열계, 건물경사계, 전단면 내공변위계를 설치하도록 한다.

주3) 지하매설물 침하관측점은 현장 조사한 후 곡관부, 연결 조인트 등의 단면 변화부를 선정하여 침하 및 변형 측정을 실시하도록 한다.

주4) 굴착에 의한 지하수 유출량은 유출 펌프내에 유량계 등을 설치하여 측정 및 관리하도록 한다.

(2) 비개착 구간

비개착 구간(NTR 공법, TRCM 공법 등)의 계측항목은 다음과 같다. 현장 적용 시에는 현장여건에 맞추어 수정 및 보완이 이루어져야 한다.

2장 개착, 인접구조물, 비개착구간

지중경사	지하수위	지중침하	지표침하	강관응력	천단침하	수평경사	지보변형률	건물경사	건물균열	기 타
○	○	○	◎	◎	○	○	○	○	○	

주1) ◎ : 반드시 적용, ○ : 현장 여건에 따라 적용, X : 생략 가능

2.2 계측기기 선정

2.2.1 공사의 영향 범위와 인접구조물의 기초형태 및 구조물의 형태, 굴착공법 등을 고려하여 계측기기별 특성에 적합한 것을 선정한다.

2.2.2 계측기의 관리치 범위, 계측데이터 신뢰도 등을 고려하여 각 현장 여건에 맞도록 감독자와의 협의 및 승인을 통해 선정하도록 한다.

2.2.3 외부 환경조건에 따른 계기의 파손 시에는 즉시 원인을 조사하여 계측항목, 계기종류, 제원 또는 설치방법 등을 변경하는 조치를 하여야 하며, 개별 현장에서는 가급적 동일 회사 제품의 계기를 사용하도록 계획하여 제품의 특성에 따른 별도의 영향을 배제하도록 한다.

2.2.4 중요단면에는 예기치 않은 계측기기의 이상 및 고장, 설치오류 등에 대비하여 여유분을 준비하여야 한다.

2.2.5 계측기기별 자체특성

(1) 충격 또는 갑작스런 하중증가로 인한 계기의 손상시 보정 및 교체방법이 용이하여야 한다.

(2) 기후조건에 대한 기기의 민감성을 충분히 파악하여야 한다.

(3) 매설 후 점검이 용이하여야 한다.

(4) 공사 및 피드백(feed back)을 위한 자료획득에 최적의 시스템이어야 한다.

(5) 계기의 고장 시에는 신속한 조치가 가능한 제품이어야 한다.

(6) 내구성 및 운영시스템의 호환성을 충분히 검토하여야 한다.

2.2.6 계측기기는 온도, 습도에 대한 영향을 적게 받고, 보정이 간단하여야 한다.

2.2.7 계측기기의 측정범위(range)가 예상변위나 응력보다 커야 한다.

2.2.8 계측기기 선정 시에는 계측기 사양, 성적서(Calibration Sheet) 등을 검토하여 센서 자체에 대한 신뢰성을 확인하여야 한다. 계측기는 검교정 자격이 있는 공인인증기관(예 : KOLAS 인증기관)으로부터 검교정을 실시한 측정장비에 의한 성적서(Calibration Sheet)를 원칙으로 한다.

2.2.9 계측기기는 망실율이 낮고 고장이 적으며, 성능이 우수한 제품을 사용하여야 한다.

2.3 계측수행빈도

2.3.1 일반사항

(1) 계측빈도는 계측의 중요성, 계측의 목적, 공사의 규모, 공사의 진행정도, 계측방법 및 공사 중 발생하는 변위량의 크기, 증가속도와 안전성에의 관련정도 등을 충분히 고려해서 결정되어야 한다.

(2) 위험 발생 및 변형 수렴시 등의 변형 증감정도 및 변형량 등 기타 현장상황에 따라 계측빈도를 달리하여야 한다.

(3) 위험단면 및 불안한 단면, 중요단면은 계측빈도를 증가시켜 주의 깊게 관찰한다.

2장 개착, 인접구조물, 비개착구간

2.3.2 계측수행빈도

계측항목별 계측수행빈도는 다음과 같이 적용토록 한다. 단, 계측치의 이상유무 및 수렴여부를 판단하여 적절히 측정빈도를 증감토록 하여야 한다.

계 측 항 목	측정시기	측정빈도	비 고
지중경사계	그라우팅 완료 후 4일	1회/일(3일간)	초기치 선정
	공사진행 중	2회/주	
	공사완료 후*	1회/주(1개월까지)	1 ~ 6개월(월 1회)
지표침하계 /지하매설물침하계	설치 후 1일 경과 후	1회/일(3일간)	초기치 선정
	공사진행 중	2회/주	
	공사완료 후*	1회/주(1개월까지)	1 ~ 6개월(월 1회)
건물경사계 /건물균열계	설치 후 1일 경과 후	3회/일(1일간)	초기치 선정
	공사진행 중	2회/주	
	공사완료 후*	1회/주(1개월까지)	1 ~ 6개월(월 1회)
변형률계 (응력계)	설치 후	3회/일(1일간)	초기치 선정
	공사진행 중	3회/주	다음 단 설치시 추가측정
	공사완료 후*	1회/주(1개월까지)	1 ~ 6개월(월 1회)
버팀보 하중계	설치 후	3회/일(1일간)	초기치 선정
	공사진행 중	2회/주	다음 단 설치시 추가측정
	공사완료 후*	1회/주(1개월까지)	1 ~ 6개월(월 1회)
어스앵커 하중계	E/A 인장시	1회/일(3일간)	초기치 선정
	공사진행 중	2회/주	다음 단 설치시 추가측정
	공사완료 후*	1회/주(1개월까지)	1 ~ 6개월(월 1회)
지하수위계	설치 후	1회/일(1일간)	초기치 선정
	공사진행 중	2회/주	우천 1일후 3일간 연속측정
	공사완료 후*(관리기간)	2회/주(1개월까지)	1~ 12개월(월 1회)
지중침하계 /수평경사계	그라우팅 완료 후 4일	1회/일(3일간)	초기치 선정
	공사진행 중	2회/주	
	공사완료 후*	1회/주(1개월까지)	1 ~ 6개월(월 1회)

주1) 공사완료 후는 되메우기 완료시를 의미한다.

주2) 굴착완료 후 방치기간이 1개월 이상이 되는 경우 측정빈도는 "공사완료 후"에 준한 측정빈도를 적용한다.

주3) 현장 여건의 변위에 따라 위험시 빈도를 공사 감독자와 협의 후 변경할 수 있다.

주4) 되메우기 완료후 공사종료시점까지 각 계측빈도에 따라 측정을 실시하고 변위발생의 원인이 배제된 상태에서 변위의 증가가 나타지 않는 상태를 수렴된 것으로 판단하고, 공사 감독자와 협의하여 계측종료 여부를 결정한 후 최종보고서에 결과값을 제출하도록 한다.

주5) 건물경사계는 초기치 측정일자를 증빙할 수 있는 사진을 촬영하여 함께 보관하도록 한다.

2.4 계측위치 선정

2.4.1 계측은 지보공이나 토류벽 등에 대하여 여건이 허락하면 안전상, 현장관리상 또는 연구목적상 부합되는 모든 위치에 행하는 것이 좋겠지만 실제로는 그렇지 못하므로 계측위치는 토류공사 전체에서 판단하여 계측효율이 가장 좋고 큰 변형이 예측되는 대표단면을 선정하여야 한다.

2.4.2 계측기 설치위치(도면에 명확히 표시)도면, 구조계산서, 지질주상도, 계측센서 사양서, 매뉴얼, 교정성적서 등의 계측자료를 수집하여 계측위치를 선정하여야 한다.

2장 개착, 인접구조물, 비개착구간

2.5 계측기 설치시기

2.5.1 계측기 설치시기는 시공을 위한 천공, 굴착, 성토 등의 작업개시 전에 설치하는 것이 원칙이나 개착구간의 경우 계측기기를 근접하여 설치하여야 하므로 엄지말뚝 설치 및 지반보강 작업 전에 설치할 경우, 파손의 가능성이 매우 높다. 따라서 인접한 구조물의 경우에는 시공작업 전에 설치하고 개착공사를 위한 가시설에는 엄지말뚝 천공작업 이후 및 지반보강 그라우팅 실시 후에 한다. 이 경우 가시설벽체의 안정성만을 고려한다면 큰 무리가 없으나 주변에 주요구조물이 있는 경우는 많은 민원이 예상되므로 다음과 같은 사항을 고려하여 설치시기를 결정한다.

(1) 주변건물의 기초가 깊지 않은 경우에는 엄지말뚝 설치를 위한 천공작업의 영향만으로도 민원이 발생하기 때문에 주변 인접구조물의 특성을 고려해서 설치시기를 결정한다.

(2) 계측항목들 중 지중경사계는 인접한 주변구조물의 기초깊이가 최소 풍화암층 내에 설치된 경우와 그 위의 토사층에 설치된 경우로 분류하여 그 설치시기를 정하는 것이 주변 구조물에 대한 피해를 최소화할 수 있으며, 민원인과의 마찰을 줄일 수 있다.

2.5.2 주요 구조물이 있는 경우(민원관리 중점)의 설치시기

	계 측 기 설 치 시 기
지중경사계	▪ 주변구조물의 기초깊이가 토사층에 존재할 경우 : 엄지말뚝 천공작업 이전
	▪ 주변구조물의 기초깊이가 풍화암 이하의 암반층에 존재할 경우 : 지반보강 그라우팅 실시 후 또는 엄지말뚝 천공작업 이후
건물경사계	지층구성과 무관하게 엄지말뚝 천공작업 이전
지표침하계	지층구성과 무관하게 엄지말뚝 천공작업 이전
지하수위계	지층구성과 무관하게 지반보강 그라우팅 실시 후(지반보강 그라우팅 이전에 설치시 수위계 Filter 막힘)

2.5.3 가시설벽체의 안정성을 중점으로 한 설치시기

	계 측 기 설 치 시 기
지중경사계	지반보강 그라우팅 실시 후 또는 엄지말뚝 천공작업 이후
건물경사계	지층구성과 무관하게 엄지말뚝 천공작업 이전
지표침하계	지층구성과 무관하게 엄지말뚝 천공작업 이전
지하수위계	지층구성과 무관하게 지반보강 그라우팅 실시 후(지반보강 그라우팅 이전에 설치시 수위계 Filter 막힘)

굴착진행에 따른 지보공(버팀대, 어스앵커 등)의 안전도를 파악하기 위한 응력계 및 하중계의 설치시기는 다음과 같다. 단, 지보공은 굴착바닥으로부터 0.5~1.0m 상단에 설치되는 것으로 한다.

	계 측 기 설 치 시 기
응력계	지보공 거치 후 Screw Jack, Jacking 이전
하중계	버팀대 : 지보공 거치 후 Screw Jack 설치 시 어스앵커 : 어스앵커 인장 시

2장 개착, 인접구조물, 비개착구간

(1) 해당위치에 대한 지반분류, 흙막이 벽체형식, 지보간격(수평, 수직)을 파악하여 개착 및 인접구조물 구간의 표준단면별 관리치(2.9.10)를 참조하여 적용한다.

(2) 주요구조물이 침하에 예민한 기계기초 또는 이에 준하는 경우에는 1/750을 관리치 상한으로 하며 1/1000, 1/850을 1, 2차 관리치로 한다.

(3) 주요구조물의 기초 하부가 영향범위 내에 위치하는 경우에 대하여 관리치를 적용하는 것으로 한다.

2.9.6 균열계(Crack meter)

(1) 해당위치에 대한 지반분류, 흙막이 벽체형식, 지보간격(수평, 수직)을 파악하여 개착 및 인접구조물 구간의 표준단면별 관리치(2.9.10)를 참조하여 적용한다.

2.9.7 광파타켓/무타켓광파

(1) 관리치는 현장경험치에 의한 통계치/한국철도시설공단 계측관리요령과 한국도로공사에서 제시한 관리치를 참고하여 작성되었으므로 유사현장에 적용하도록 한다.

(2) 상부 구조물(도로하부통과, 구조물 하부통과, 철도하부통과 등)의 관리 기관에서 제시하는 관리치를 적용하도록 한다.

2.9.8 수평경사계

(1) 관리치는 현장경험치에 의한 통계치와 한국도로공사 도로교통연구원의 안정성 검토 결과를 참고하여 작성되었으므로 유사현장에 적용하도록 한다.

(2) 상부 구조물(도로하부통과, 구조물 하부통과, 철도하부통과 등)의 관리 기관에서 제시하는 관리치를 적용하도록 한다.

2.9.9 지중침하계

(1) 비개착 구간은 표준단면분류가 불가능함에 따라 설계예상치를 참고하여 관리치를 선정하도록 한다.

2.9.10 관리치

(1) 개착 및 인접구조물 구간의 표준단면별 계측관리치

표준단면	지중수평변위[1]			지표침하[2](mm)			버팀대 응력(MPa) 및 하중(tonf)			균열계[4] (mm)			건물경사			어스앵커 하중 (tonf)		
	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차[3]	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차[5]
ECase1	1/700	1/500	1/250	설계예상치	1.25 · 설계예상치	25	설계예상치	1.25 · 설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/850	1/500	±5	±10	±15
ECase2	1/700	1/500	1/250	설계예상치	1.25 · 설계예상치	25	설계예상치	1.25 · 설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/850	1/500	±5	±10	±15
ECase3	1/700	1/500	1/250	설계예상치	1.25 · 설계예상치	25	설계예상치	1.25 · 설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/850	1/500	±5	±10	±15
ECase4	1/700	1/500	1/250	설계예상치	1.25 · 설계예상치	25	설계예상치	1.25 · 설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/850	1/500	±5	±10	±15
ECase5	1/700	1/500	1/250	설계예상치	1.25 · 설계예상치	50	설계예상치	1.25 · 설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/850	1/500	±5	±10	±15
ECase6	1/700	1/500	1/250	설계예상치	1.25 · 설계예상치	50	설계예상치	1.25 · 설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/850	1/500	±5	±10	±15
ECase7	1/700	1/500	1/250	설계예상치	1.25 · 설계예상치	50	설계예상치	1.25 · 설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/850	1/500	±5	±10	±15
ECase8	1/700	1/500	1/250	설계예상치	1.25 · 설계예상치	50	설계예상치	1.25 · 설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/850	1/500	±5	±10	±15
ECase9	1/500	1/350	1/200	설계예상치	1.25 · 설계예상치	25	설계예상치	1.25 · 설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/850	1/500	±7.5	±12.5	±17.5
ECase10	1/500	1/350	1/200	설계예상치	1.25 · 설계예상치	25	설계예상치	1.25 · 설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/850	1/500	±7.5	±12.5	±17.5
ECase11	1/500	1/350	1/200	설계예상치	1.25 · 설계예상치	25	설계예상치	1.25 · 설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/850	1/500	±7.5	±12.5	±17.5
ECase12	1/500	1/350	1/200	설계예상치	1.25 · 설계예상치	25	설계예상치	1.25 · 설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/850	1/500	±7.5	±12.5	±17.5

2장 개착, 인접구조물, 비개착구간

표준단면	지중수평변위[1]			지표침하[2](mm)			버팀대 응력(MPa) 및 하중(tonf)			균열계[4] (mm)			건물경사			어스앵커 하중 (tonf)		
	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차[3]	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차[5]
ECase13	1/500	1/350	1/200	설계예상치	1.25·설계예상치	50	설계예상치	1.25·설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/650	1/500	±7.5	±12.5	±17.5
ECase14	1/500	1/350	1/200	설계예상치	1.25·설계예상치	50	설계예상치	1.25·설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/650	1/500	±7.5	±12.5	±17.5
ECase15	1/500	1/350	1/200	설계예상치	1.25·설계예상치	50	설계예상치	1.25·설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/650	1/500	±7.5	±12.5	±17.5
ECase16	1/500	1/350	1/200	설계예상치	1.25·설계예상치	50	설계예상치	1.25·설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/650	1/500	±7.5	±12.5	±17.5
ECase17	1/500	1/350	1/200	설계예상치	1.25·설계예상치	25	설계예상치	1.25·설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/650	1/500	±10	±15	±20
ECase18	1/500	1/350	1/200	설계예상치	1.25·설계예상치	25	설계예상치	1.25·설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/650	1/500	±10	±15	±20
ECase19	1/500	1/350	1/200	설계예상치	1.25·설계예상치	25	설계예상치	1.25·설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/650	1/500	±10	±15	±20
ECase20	1/500	1/350	1/200	설계예상치	1.25·설계예상치	25	설계예상치	1.25·설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/650	1/500	±10	±15	±20
ECase21	1/500	1/350	1/200	설계예상치	1.25·설계예상치	50	설계예상치	1.25·설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/650	1/500	±10	±15	±20
ECase22	1/500	1/350	1/200	설계예상치	1.25·설계예상치	50	설계예상치	1.25·설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/650	1/500	±10	±15	±20
ECase23	1/500	1/350	1/200	설계예상치	1.25·설계예상치	50	설계예상치	1.25·설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/650	1/500	±10	±15	±20
ECase24	1/500	1/350	1/200	설계예상치	1.25·설계예상치	50	설계예상치	1.25·설계예상치	부재허용치	0.2	0.38	0.5	1/1000	1/650	1/500	±10	±15	±20

주1) 강성벽체의 지중경사계는 벽체내 설치하는 것으로 가정함.
주2) 지표침하의 경우, 3차 관리치가 설계예상치·1.25(2차 관리치) 보다 작은 경우는 3차 관리치를 2차 관리치와 동일한 것으로 한다.
주3) 좌굴길이를 고려한 부재의 허용치.
주4) 계측관리치의 적용은 균열증가폭에 대한 기준임.
주5) E/A 하중계의 계측관리치은 설계축력 대비 변화치 말하며(설계치까지 인장이 불가능할 경우에는 정착장 재고려 또는 Jacking Force 손실율 재산정 등을 실시하여 관리치에 반영), 3차 관리치의 상한값은 E/A의 허용치 이하임.

(2) 진동측정계 계측관리치

	관리치 (단위 : cm/sec 또는 kine)			비 고
	1차	2차	3차	
관리치	0.3 cm/sec (0.5 cm/sec * 60%)	0.4 cm/sec (0.5 cm/sec * 80%)	0.5 cm/sec (0.5 cm/sec * 100%)	서울지하철공사 진동에 관한 관리치

(3) 공사장 소음측정 관리치 (환경부, 생활소음·진동의 규제(제20조 관련))

대상지역	아침, 저녁 (05:00~07:00) (18:00~22:00)	주간 (07:00~18:00)	야간 (22:00~05:00)	비 고
가. 주거지역, 녹지지역, 관리지역 중 취락지구·주거개발진흥지구 및 관광·휴양개발진흥지구, 자연환경보전지역, 그 밖의 지역에 있는 학교·종합병원 ·공공도서관	60 dB 이하	65 dB 이하	50dB 이하	해당소음기준에 따라 60%(1차), 80%(2차), 100%(3차)로 관리한다.
나. 그 밖의 지역	65 dB 이하	70 dB 이하	50 dB 이하	

주1) 공사장 소음의 규제기준은 주간의 경우 특정공사의 사전신고대상 기계·장비를 사용하는 작업시간이 1일 3시간 이하일 때는 +10dB을, 3시간 초과 6시간 이하일 때는 +5dB을 규제기준치에 보정한다.
주2) 발파소음의 경우 주간에만 규제기준치(광산의 경우 사업장 규제기준)에 +10dB을 보정한다.
주3) 공사장의 규제기준 중 다음 지역은 공휴일에 한하여 -5dB를 규제기준치에 보정한다.
- 주거지역
- 「의료법」에 따른 종합병원, 「초·중등교육법」 및 「고등교육법」에 따른 학교 및 「도서관법」에 따른 공공도서관의 부지경계로부터 직선거리 50m 이내의 지역

2장 개착, 인접구조물, 비개착구간

(4) 지하매설물(도시가스관, 상수관, 하수관 등)에 대한 침하관리치는 각 관리주체의 매설물별 허용변형량 등의 기준에 따라 운영하여야 하며, 반드시 관리주체의 담당자와 협의하여 1차(60%), 2차(80%), 3차(100%)의 관리치를 정한다.

(5) 비개착 구간 계측관리치

	지중침하계 (mm)			광파타켓/무타켓광파 (mm)			수평경사계 (mm)		
	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차
관리치	설계 예상치	1.25 · 설계예상치	25	20 (8)	30 (11)	40 (13)	24	32	40

주1) 지중경사, 지표침하, 강관응력, 강지보응력, 건물균열, 건물경사의 계측관리치는 개착 및 인접구조물 구간의 표준단면분류에 의한 계측 관리치에 따라 관리하도록 한다.
주2) ( )는 한국도로공사 도로하부통과시 적용하는 계측 관리치임.

2.10 계측결과 분석 및 계측관리체계

2.10.1 계측결과분석

굴착공사진행에 따른 흙막이 벽체, 주요 구조물 및 주변 지반에 설치된 각 계측항목들에 대한 계측결과의 경시변화를 기록하여 변위양상 및 거동특성을 파악하고 분석하므로 흙막이 벽체 및 주변의 주요구조물의 안정성 여부를 판단한다. 거동특성 및 주요구조물의 안정성 검토를 위한 관련 자료들을 나타내면 아래와 같다.

(1) 배면지반의 거동 : 지중경사계 + 지하수위계 + 지표침하계
(2) 흙막이 벽체의 거동 : 하중계 + 응력계(strain gauge) + 지중경사계
(3) 주요구조물의 안정성 : 건물경사계 + 지하수위계 + 지표침하계(얕은 기초)
건물경사계 + 지하수위계 + 지중경사계(깊은 기초)
(4) 지반보강 효과의 확인 : 지하수위계 + 지중경사계
(5) 지중 구조물의 거동 : 지중경사계 + 지하수위계 + 지중침하계

지하수위계 계측결과에 대해서는 수위저하에 따른 주변구조물의 전면과 배면에서의 침하량을 산정하고 지중경사계 또는 지표침하계 등의 계측결과를 반영하여 주변구조물의 안정성 여부를 분석하여야 한다.

2.10.2 각 계측항목별 계측결과를 분석함으로서 다음과 같은 사항에 대한 대책을 수립할 수 있어야 한다.

(1) 하중계 및 응력계(strain gauge) 계측결과에 의한 버팀보 보강여부
(2) 응력집중 방향의 예측에 따른 지보공 설치작업 및 굴착작업 진행여부
(3) 침하영향거리 및 침하정도에 따른 보호대상 건물 및 지중 구조물의 보강여부
(4) 지반보강 효과의 확인에 따른 재보강 여부

2.10.3 일반적인 계측관리체계

(1) 공사진행 중에는 관리치와 공사진행에 따른 계측결과를 수시로 비교·분석하여 주요구조물의 안정성에 영향을 주는 요인들을 파악하여 굴착공사로 인한 피해가 발생하지 않도록 하며, 만일의 사태에도 즉각 대응할 수 있도록 계측관리 체계에 준하여 계측관리와 시공관리가 유기적으로 될 수 있도록 하여야 한다.

2장 개착, 인접구조물, 비개착구간

주요 구조물에 대해서는 지중경사계, 건물경사계, 지표침하계 등의 계측결과를 주로 사용하며, 흙막이 벽체에 대해서는 응력계(strain gauge), 하중계, 지중경사계 등을 이용하여 관리체계를 적용하도록 한다. 계측관리의 대상이 되는 구조물은 "2.4.5"절에 준하여 영향범위 내에 있는 구조물로 하여야 하며, 적극적인 계측관리를 위해서는 "2.5.2"절에 준하여 설치시기를 결정하여야 한다.

(2) 관리체계를 여러 단계로 분류하여 사용해야 하는 이유는 관리치와 비교를 통하여 현재 공사진행 상태가 안정적인지 불안정적인지의 판정은 물론 공사로 인한 주변 구조물에 미치는 영향을 최소화하여 건물의 사용성을 유지하면서 소기의 목적물을 구축하기 위함이다. 아울러 만일의 사태에 도달하기 전에 대책을 수립할 수 있는 시간적 여유를 확보하는 데에도 도움이 된다. 특히 주변 구조물의 경우에 있어서 굴착공사로 인하여 심각한 피해가 발생하여 사용성에 큰 문제가 발생할 경우 이를 원상 복귀시킬 수 있는 방법은 전무하며, 이로 인하여 공사기간은 상당히 지연될 수도 있으므로 계측관리 체계를 통하여 사전에 철저히 대비하는 것이 가장 바람직한 방안이다.

(3) 계측관리 체계는 시공관리 및 대책과 연계하여 일련의 조치가 이루어져야 한다.

2.10.4 계측관리체계

(1) 개착, 인접구조물, 비개착 구간

관리체계	절대치 관리치	계 측 관 리 체 제	시공관리 및 대책
평상시	계측치≤제1관리치	- 정상계측 및 보고	- 주변침하정도, 토류벽체 균열여부 - 인접건물의 균열정도 - 계측수행 사진 및 주민설명자료 검토 및 필요시 자료 작성
제1단계	제1관리치 < 계측치 ≤ 제2관리치	- 보고 - 계측기기의 점검 및 재측정 - 요인 분석 및 보고	- 주변침하, 토류벽체 균열정도 파악 - 인접건물의 균열정도 파악 - 구조검토, 대책공의 검토 - 고속도로변 현황 조사 (고속도로 하부통과 구간)
제2단계	제2관리치 < 계측치 ≤ 제3관리치	- 계측체계의 강화 → 측정빈도 강화 - 이상원인 검토 - 관리치 검토 및 구조 검토 실시 - 해당구간의 계측기 및 측점 추가	- 현장상황의 점검 및 강화 - 보강방안 검토 및 실시 - 대책공의 실시[1)] → 토류벽 배면의 그라우팅 → 버팀보, 띠장의 보강 → 건물 주변의 지반보강, 차수공법 - 고속도로변 현황 조사 (고속도로 하부통과 구간)
제3단계	계측치 > 제3관리치	- 계측체계의 강화 - 요인 분석 - 예측관리기법 채택 - 재설계, 대책공 실시, 확인	- 공사중지(필요시), 현장점검 - 자문위원 검토 및 대책공의 실시[1)] - 예측관리기법에 의한 대책 실시 (보강 및 공법변경) → 버팀재 설치간격의 변경 → 지보재 추가시공 → 시공법의 변경/굴착깊이의 조정

주1) 대책공의 실시는 계측치 발생단계가 평상시, 제 1 단계인 경우라도 토류벽체의 균열, 버팀대의 변형, 주변건물의 균열발생 등의 조짐 및 출현 시에 시행해야 한다.

주2) 단층대, 파쇄대 등과 같이 초기응력(K_0)이 크게 변경되는 지반구조변화대가 발생할 경우에는 수치해석에 의한 계측관리치 적용을 통해 최종수렴변위의 예측 및 피드백 실시하여 관리치를 재설정하는 것이 바람직하다.

주3) 굴착에 의한 지하수 유출량은 유출 펌프내에 유량계 등을 설치하여 측정 및 관리하도록 한다.

국가건설기준 표준시방서 Korean Construction Specification

KCS 11 10 15 : 2016

시공 중 지반계측

2016년 6월 30일 제정
http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

(2) 응력계측기인 경우 계측기 설치 시점의 하중상태를 고려한 구조해석 및 실내시험을 수행하여 관리기준치를 결정하여야 한다.

(3) 각종 변위계, 균열계, 지하수위계 등의 경우에는 초기치 확인 후 계측관리 기준을 설정하며, 초기치 설정 방법을 구체적으로 제시하여야 한다.

(4) 지중수평변위계의 관리 기준은 다음 값을 참고하여 결정할 수 있다.

① 내부경사계는 흙막이벽의 강성, 굴착지반의 특성, 굴착심도, 지지구조 및 지하수에 대한 대책방법에 따라 흙막이벽의 변형정도를 고려하여 허용치를 정하여야 한다.

② 최대변위량은 흙막이벽의 강성 및 굴착심도(H)를 기준으로 설정하는 것이 가장 용이한 방법이다. 일반적으로 최대 허용변위량은 아래와 같이 정하는 것이 바람직하다.

가. 강성 흙막이벽 (t≥60 cm인 콘크리트 연속벽): 0.002 H (H: 굴착심도)

나. 보통 흙막이벽 (t≒40 cm 정도인 콘크리트 연속벽): 0.0025 H (H: 굴착심도)

다. 연성 흙막이벽 (H-Pile과 흙막이판 설치하는 흙막이벽): 0.003 H (H: 굴착심도)

③ 인접지반의 균열방지를 위한 일자별 최대 변위변화량은 아래와 같이 허용기준을 정하도록 한다.

가. $\delta \leq 2$ mm (7일간): 안전측

나. 2 mm < $\delta \leq 4$ mm (7일간): 주의 요망

다. 4 mm < $\delta \leq 10$ mm (7일간): 특별관리 요망

라. 10 mm < δ (7일간): 시급한 대책 요망

④ 암반의 미끄러움이나 지반앵커 정착부 이완 등을 점검하기 위한 일자별 이상변위량 기준은 아래와 같다.

가. $\delta \leq 1$ mm (1일간): 안전측

나. 1 mm < $\delta \leq 2$ mm (1일간): 주의 요망

다. 2 mm < $\delta \leq 4$ mm (1일간): 특별관리 요망

라. 4 mm < δ (1일간): 시급한 대책 요망

⑤ 현장 여건에 따라 위의 관리기준이 부적합하거나 계측기의 오차가 포함될 수 있으므로 계측은 꾸준히 실시토록 하고 관리기준치를 굴착단계에 따라 현장 여건에 맞게 보완토록 한다.

⑥ 벽체 변형은 설계 시의 추정치를 근거로 판단한다. (F<0.8 위험, 0.8≤F<1.2: 주의, 1.2≤F: 안정, F=설계시의 추정치 / 실측에 의한 변형량)

(5) 지하수위계의 관리 기준은 다음을 기준으로 결정할 수 있다.

① 관리기준의 설정은 설계 시보다는 현장 여건과 굴착상황에 따라 현장에서 설정하는 것을 기준으로 한다.

② 지하수의 급격한 하강 시에는 일단 굴착을 중지하고 차수벽의 이상 유무 및 배면 지반의 침하 정도를 확인하여야 한다. 이후, 원수위로 회복되거나 이상이 없을 시에 굴착공사를 재개토록 한다.

도 로 설 계 기 준

2016

국 토 교 통 부

5.2.3 강우도달시간

(1) 강우(홍수)도달시간은 배수구역(집수구역)에서 가장 멀리 떨어진 지점으로부터 강우량(홍수량) 산정지점까지 강우가 도달하는 시간을 의미하며, 강우지속시간이라고도 한다.

(2) 강우도달시간은 유입시간과 유하시간의 합으로 표시되며, 유입시간은 배수구역의 가장 먼 지점에서 배수공 최상단류까지 강우가 유입되는 시간을 의미하고, 유하시간은 강우가 배수시설물이나 하천을 유하하는데 걸리는 시간을 의미한다.

(3) 강우도달시간(Tc)는 배수시설물, 지표면의 상태에 따라 유입 및 유하시간으로 구분하여 산정한다.

(4) 최소 강우도달시간은 10분(0.166h)을 적용한다.

<표 5.1> 설계빈도

구 분		설계빈도	적용위치 및 적용 방법	비고
교량	국가하천 주요구간	200년 이상	·기수립된 하천기본계획시의 기준과 비교 ·하천관련 기관의 계획에 따라 결정 ·하천이설 또는 교각 설치에 따른 수리 영향 검토할 때	
	국 가 하 천	100~200년		
	지 방 하 천	50~200년		
	농경지 하천 제방	50~100년		
	도시 하천 제방	50~200년		
본선 횡단암거 및 배수관 (도시지역) (산지부)		30년 (50년) 50년 이상	·일반구간 ·도심지, 도시계획구간 ·국지성 집중호우가 빈번히 발생하는 경우로 조사된 경우	
노면 및 흙쌓기 비탈면 배수시설		10년 산지 : 20년	·길어깨 및 중분대 등 노면 배수시설 ·흙쌓기부 도수로, 땅깎기흙쌓기경계부 측구 등	
측도 및 도로 인접지 배수시설 땅깎기 비탈면 배수시설		10년 산지 : 20년	·산마루 측구, 땅깎기부 도수로, 소단 측구 ·흙쌓기 비탈끝 배수시설, 수로이설	
집수정 등 배수구조물 간 접속부		접속하는 시설물 중 빈도가 큰 값 적용		

5.2.4 강우강도

(1) 노면배수 시설물 및 일반 배수구조물의 유출량 산출에 사용되는 강우강도표는 국토해양부에서 제시한 한국확률강우량도를 토대로 강우강도-지속시간-발생빈도 곡선(I.D.F 곡선, Intensity-Duration-Frequency)을 작성하여 사용한다.

10.5 참고문헌

construction dewatering

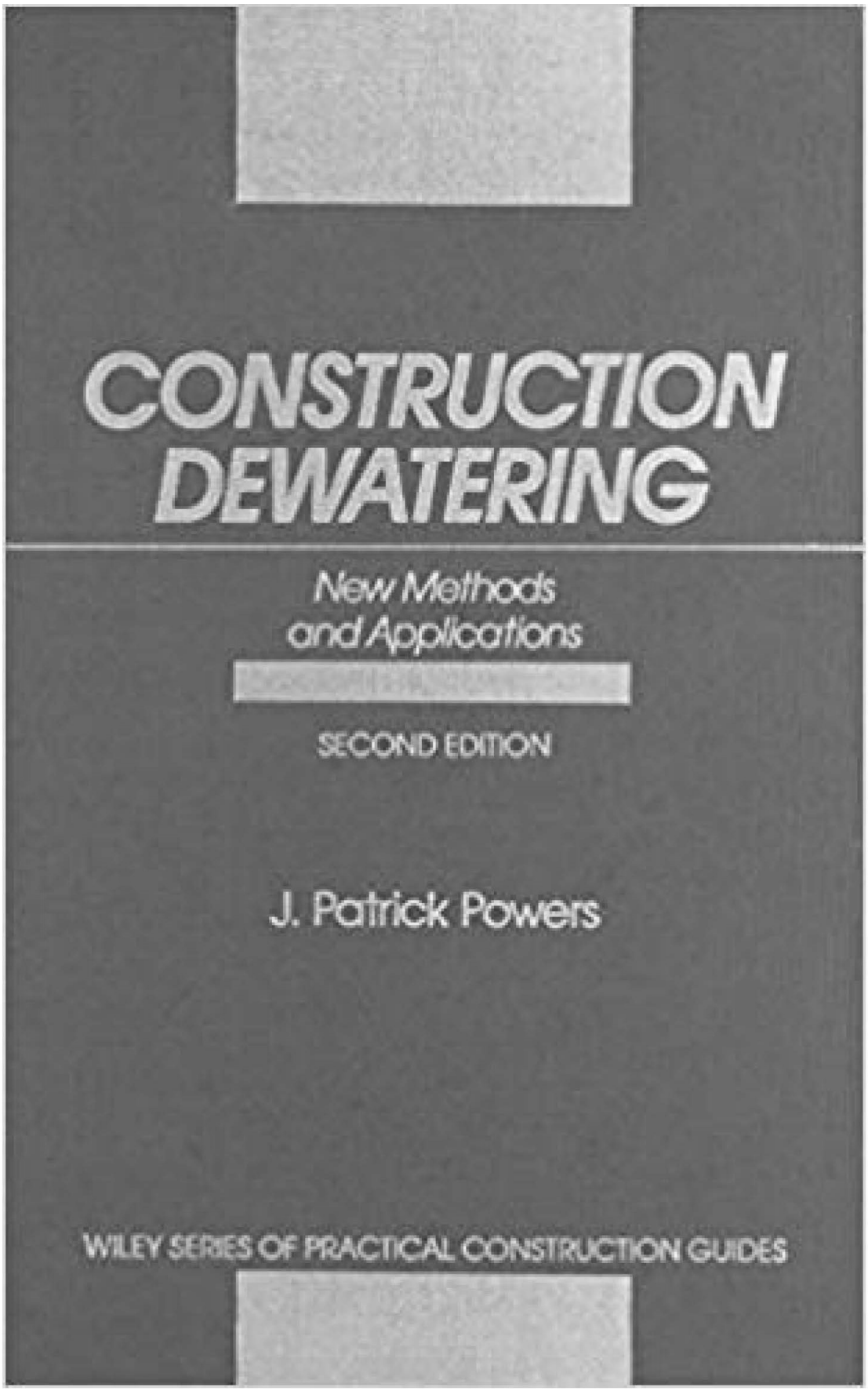


TABLE 3.4 Range of Permeabilities of Natural Soils

Description	Permeability (μ/sec)
Openwork gravel (*GP*)	10,000 or higher
Uniform gravel (*GP*)	2,000–10,000
Well graded gravel (*GW*)	500–3,000
Uniform sand (*SP*)	50–2,000
Well graded sand (*SW*)	10–1,000
Silty sand (*SM*)	10–50
Clayey sand (*SC*)	1–10
Silt (*ML*)	0.5–1.0
Clay (*CL*)	0.1–0.0001

migration of contaminant plumes. The very high permeabilities shown for open work gravels can produce enormous water quantities, but fortunately their occurrence is rare. We can say that the great majority of dewatering problems concern soils in the range of 10–10,000 μ/sec. At three orders of magnitude, the range is quite enough.

Permeability of soil samples can be measured in the laboratory by permeameters (9). Permeability of granular soils can be estimated from mechanical analysis curves by empirical methods. Hazen (34) relates permeability (k) to the D_{10} size of the soil from grain size curves, in millimeters:

$$K = 2(100\ D_{10})^2 \text{ gpd/ft}^2 \quad \text{(U.S.)} \tag{3.10}$$

$$K = (100\ D_{10})^2\ \mu\text{/sec} \quad \text{(METRIC)} \tag{3.11}$$

The results obtained from the Hazen relationship can be reasonable approximations if the samples are representative. But not always. There are inherent flaws in Hazen, in that the uniformity and density of the soils are not considered. A well graded soil will have a lower permeability than a uniform soil of the same D_{10}. A dense soil will have lower permeability than a loose one of the same grain size distribution.

By a combination of laboratory and field investigation, Byron Prugh developed a previously unpublished method for estimating permeability based on mechanical analysis and *in situ* density. Figure 3.4 shows the results of Prugh's work.

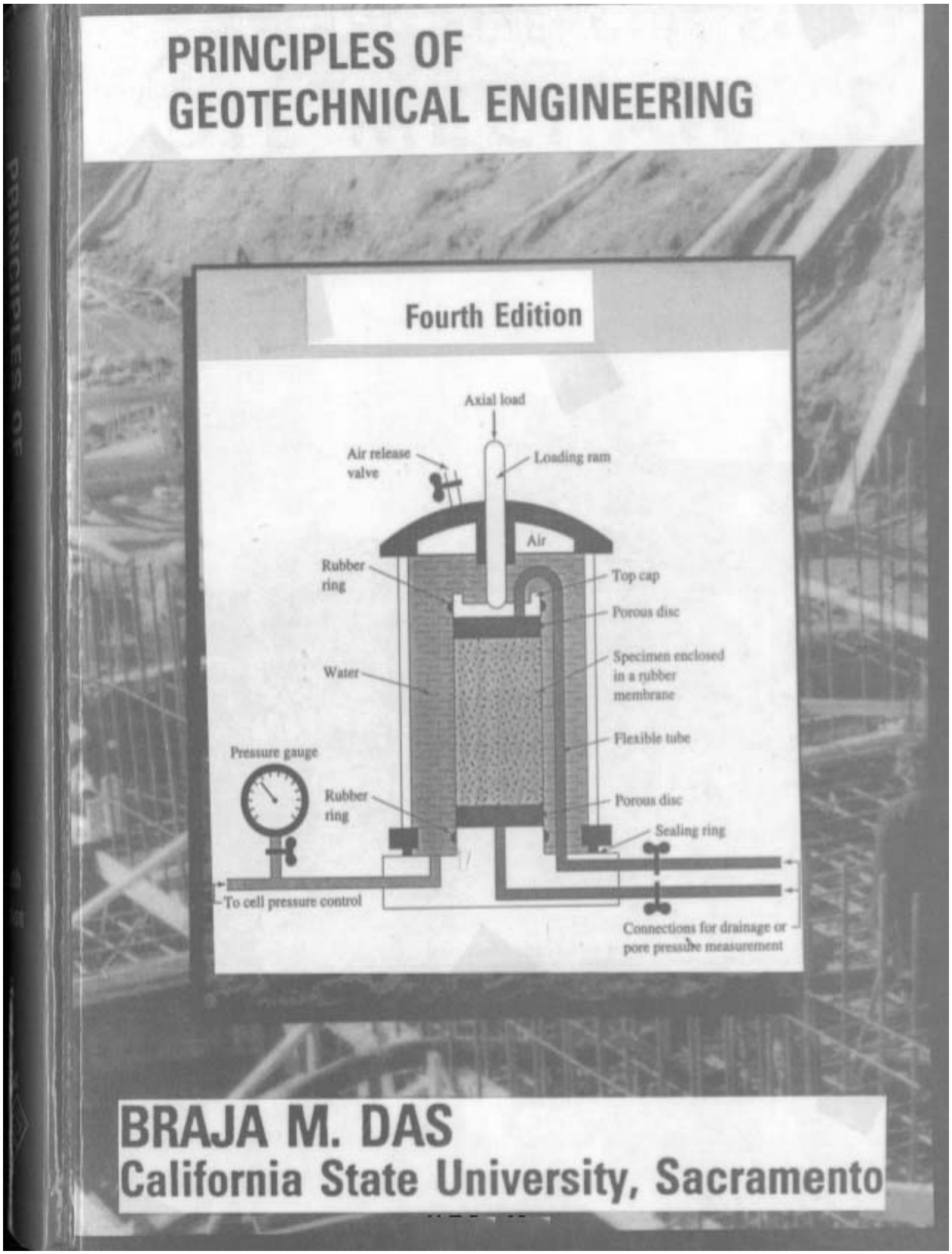
From a mechanical analysis such as that illustrated in Fig. 3.1*a*, the D_{50} and C_u of the sample are determined. The *in situ* density is estimated from blow counts (Table 3.7). One of the three charts in Fig. 3.4 is selected as representative of the density, and the estimated permeability can be read off.

The estimated permeabilities shown in Fig. 3.4 have in the author's experience given good results if the samples selected for analysis are representative as discussed in Section 3.2.

When estimating permeability from grain size distribution, we must rec-

10.5 참고문헌

principles of geotechnical engineering



The preceding equation implies that for very low hydraulic gradients, the relationship between v and i is nonlinear. The value of m in Eq. (5.12) for four Swedish clays was about 1.5. However, several other studies refute the preceding findings. Mitchell (1976) discussed these studies in detail. Taking all points into consideration, he concluded that Darcy's law is valid.

5.3 HYDRAULIC CONDUCTIVITY

Hydraulic conductivity, in English units, is generally expressed in ft/min or ft/day, and discharge in ft^3. In SI units, hydraulic conductivity is expressed in cm/sec, and discharge in m^3.

The hydraulic conductivity of soils depends on several factors: fluid viscosity, pore-size distribution, grain-size distribution, void ratio, roughness of mineral particles, and degree of soil saturation. In clayey soils, structure plays an important role in hydraulic conductivity. Other major factors that affect the permeability of clays are the ionic concentration and the thickness of layers of water held to the clay particles.

The value of hydraulic conductivity (k) varies widely for different soils. Some typical values for saturated soils are given in Table 5.1. The hydraulic conductivity of unsaturated soils is lower and increases rapidly with the degree of saturation.

The hydraulic conductivity of a soil is also related to the properties of the fluid flowing through it by the following equation:

$$k = \frac{\gamma_w}{\eta} \overline{K} \tag{5.13}$$

where γ_w = unit weight of water
η = viscosity of water
$\overline{K}$ = absolute permability

The *absolute permeability*, $\overline{K}$, is expressed in units of L^2 (that is, cm^2, ft^2, and so forth).

▼ **TABLE 5.1** Typical Values of Hydraulic Conductivity of Saturated Soils

	k	
Soil type	cm/sec	ft/min
Clean gravel	1.0–100	2.0–200
Coarse sand	1.0–0.01	2.0–0.02
Fine sand	0.01–0.001	0.02–0.002
Silty clay	0.001–0.00001	0.002–0.00002
Clay	<0.000001	<0.000002

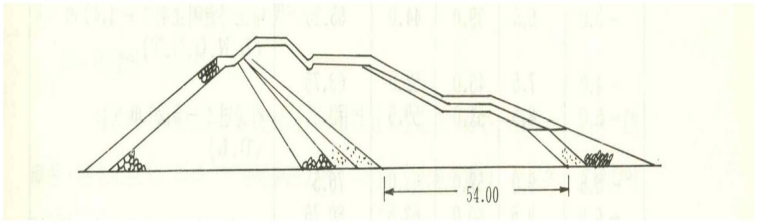
RD-12-E6-016

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서(하구둑)

2012. 12.

국토해양부

한국시설안전공단



방조제의 파이핑에 대한 안전성을 검토할 때는 삭망평균만조위와 최소침투로장을 사용하게 된다.

- 유로의 길이 : l=54m
- 내외수위차 : h_{cr}=7.5m(담수호 만수위 표고 +3.50m, 외해쪽의 간조위, -4.0m)

$$c_r = \frac{54}{7.5} = 7.2 > 6.5 \quad \therefore \text{O.K}$$

이 지반은 중립사와 세립사가 혼합되어 있으므로 중간값 C_r=6.5를 취하면 이보다 큰값이 되므로 파이핑에 대해서는 안전하다.

2. Schmieder의 한계유속 실용식

Schmieder(1975)는 한계유속에 대한 실용기준을 만들었으며 이는 아래식과 같다.

$$V_{lim} = 5\times10^{-2}(K)^{1/4}$$

여기서, V_{lim} : 한계허용유속(㎝/s)

K : 투수계수

① 지반 구성성분별 투수계수(Hough, 1957)

분류	투수계수 K(cm/sec)
깨끗하고 입도가 양호한 실트질 모래와 자갈	1.00E-02
균등한 세립모래	4.00E-03
입도가 양호한 실트질 모래 및 자갈	4.00E-04
실트질 모래	1.00E-04
균등한 실트	5.00E-05
모래질 점토	5.00E-06
실트질 점토	1.00E-06
점토	1.00E-07

② 토질 분류에 따른 투수계수(Terzaghi & Peck)

Soil Type	투수계수 K(cm/sec)	Relative Permeability
Gravel	> 1.00E-01	High
Sandy Gravel Clean sand Find sand	1.00E-01~1.00E-03	Medium
Sand Dirty sand Silty sand	1.00E-03~1.00E-05	Low
Silt Silty clay	1.00E-05~1.00E-07	Very Low
Clay	< 1.00E-07	Practically Impermeable

③ 토질 분류에 따른 투수계수 (Soil Mechanics SI Version)

Soil Type	투수계수 K(cm/sec)	비고
Coarse Gravel	1.10E-01	
Sandy Gravel	1.60E-02	
Fine Gravel	7.10E-03	
Silty Gravel	4.60E-04	
Coarse Sand	1.10E-04	
Medium Sand	2.90E-05	
Fine Sand	9.60E-06	
Silt	1.50E-05	

④ 암반의 투수계수(Brac, 1978)

Rock Type	K(cm/sec) for Rock with water 20℃ as Permeant	
	Laboratory	Field
Sandstone(사암)	3.00E-03 to 8.00E-08	1.00E-03 to 3.00E-08
Navajo sandstone	2.00E-03	
Berea sandstone	4.00E-05	
Greywacke	3.20E-08	
Shale(세일)	1.00E-09 to 5.00E-13	1.00E-08 to 1.00E-11
Pierre shale	5.00E-12	2.00E-09 to 1.00E-11
Limestone, dolomite	1.00E-05 to 1.00E-13	1.00E-03 to 1.00E-07
salem limestone	2.00E-06	
Basalt(현무암)	1.00E-12	1.00E-03 to 1.00E-07
Granite(화강암)	1.00E-07 to 1.00E-11	1.00E-04 to 1.00E-09
Schist(편암)	1.00E-08	2.00E-07
Fissured schist	1.00E-04 to 3.00E-04	

10.5 참고문헌

지반공학 이론과 실제

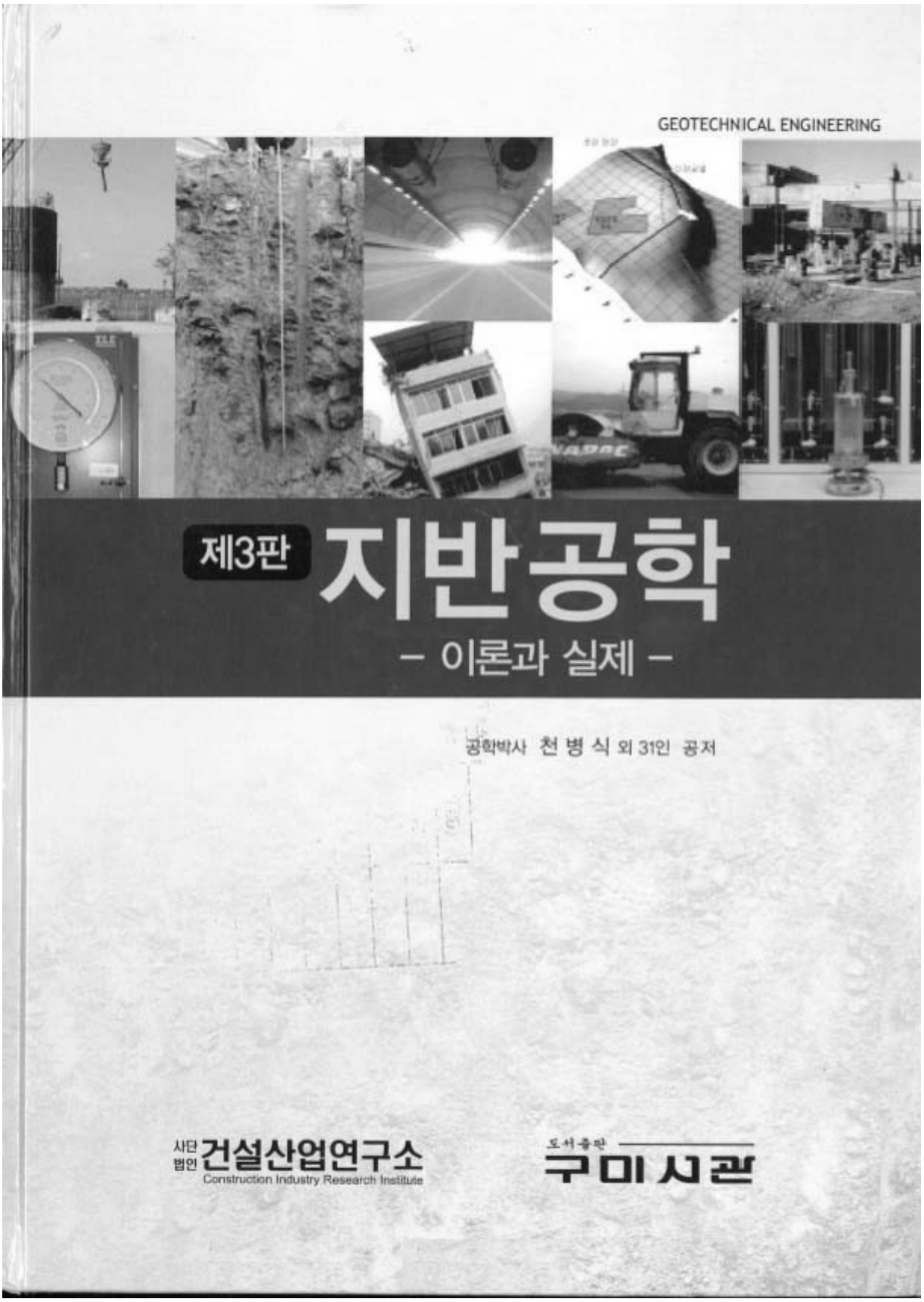


표 4.1 각종 흙의 투수계수(k, cm/sec)

10^2 10^1	1 10^{-1} 10^{-2}	10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6}	10^{-7} 10^{-8}
깨끗한 자갈	깨끗한 모래, 깨끗한 모래와 자갈이 섞인 흙	극미립사, 실트, 모래, 실트와 점토가 섞인 흙, 성층 있는 점토	불투수성

많은 실제적인 문제에서 투수계수는 실험에 이용되는 시료토의 교란정도에 매우 민감하고 지반의 구조적 특성에 따라 값의 범위가 크게 달라질 수 있기 때문에 간접적인 방법(경험식 또는 도표)을 이용하기도 한다. 투수계수를 추정할 수 있는 몇 가지 방법을 소개하면 다음과 같다.

Hazen(1930)은 유효입경이 0.1~3mm의 범위에 있고 균등계수가 5이하인 모래의 투수계수에 대한 경험식을 제안하였다.

$$k(\mathrm{cm/sec}) = cD_{10}^2 \tag{4.5}$$

여기서, c : 상수(1.0~1.5)

D_{10}: 유효 입경(mm)

또는,

$$k(\mathrm{cm/sec}) = (100 \sim 150)D_{10}^2 \tag{4.6}$$

여기서, D_{10} : 유효 입경(cm)

식 (4.5)는 느슨하고 깨끗한 여과사에 관한 Hazen의 실험에 근거하고 있다.

그림 4.3은 미국의 Dept. of the Navy(1982)에서 제안한 설계자료로서 D_{10}, C_u 또는 e로부터 입도가 균등한 모래의 투수계수를 추정하는 도표이다.

Casagrande는 가는 모래에서 중간 크기의 깨끗한 모래에 대해 다음과 같이 제안하였다.

$$k = 1.4e^2 k_{0.85} \tag{4.7}$$

여기서, k : 공극비 e에서의 투수 계수

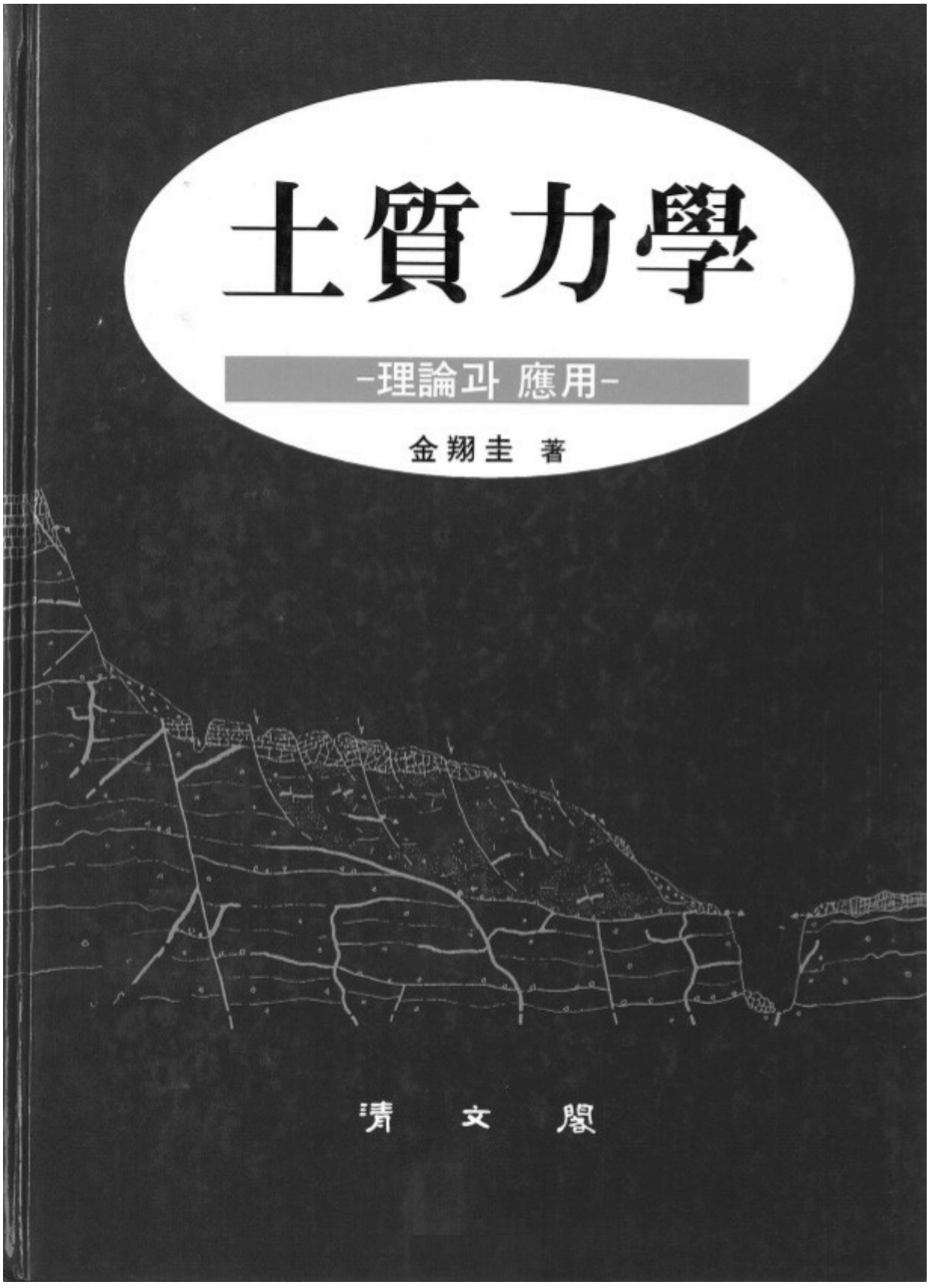
$k_{0.85}$: 공극비 0.85에서의 투수 계수

모래질 흙의 투수계수 측정에 상당히 좋은 결과를 주는 또 다른 형태의 식은 Kozeny-Carman식에 근거를 두고 있다.

상세사항은 Das(1983)를 참고하기 바란다.

10.5 참고문헌

토질역학



7·2 透水係數

7·2·1 Darcy의 法則

프랑스의 과학자 Darcy는 흙 속을 통해 흐르는 물의 浸透水量을 구하기 위하여 다음과 같은 實驗式을 발표하였다.

$$q=kiA \tag{7·1}$$

$$v=ki \tag{7·2}$$

식 (7·1)을 Darcy의 法則이라고 하며, 重力作用에 의해 물이 흙 속을 흐를 때 流量을 계산하는 가장 기본이 되는 式이다. 이 식을 보면 單位時間當 浸透水量 q는 動水傾斜와 비례한다는 것을 알 수 있다. 여기서, A는 斷面積이고, 比例常數 k는 투수계수이며 속도와 같은 단위를 가진다.

透水係數의 값은 흙의 粒徑에 따라 그 변화 범위가 대단히 넓다. 거친 모래나 자갈은 1.0 cm/sec 이상이 되는 반면, 粘土는 10^{-6}cm/sec이하가 되기도 한다. 흙의 粒徑에 따른 透水係數의 변화는 그림 7·1에 나타나 있다.

물은 흙 입자 사이의 間隙만을 통하여 흐를 수 있으므로 식 (7·1)에서 나타낸 속도 v는 실제 속도가 아니라는 것을 주의하여야 한다. 실제의 浸透速度 v_s를 구하기 위하여 연속방정식을 쓰면,

$$q = vA = v_s A_v$$

$$\therefore\ v_s = v\frac{A}{A_v} = v\frac{AL}{A_v L} = \frac{vV}{V_v} = \frac{v}{n} \tag{7·3}$$

식 (7·3)의 v를 浸透速度 v_s와 구별하기 위하여 接近速度 또는 流出速度라고 말하기도 한다.

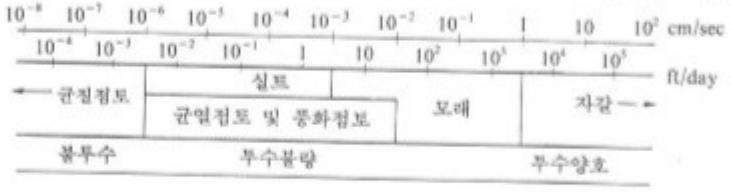


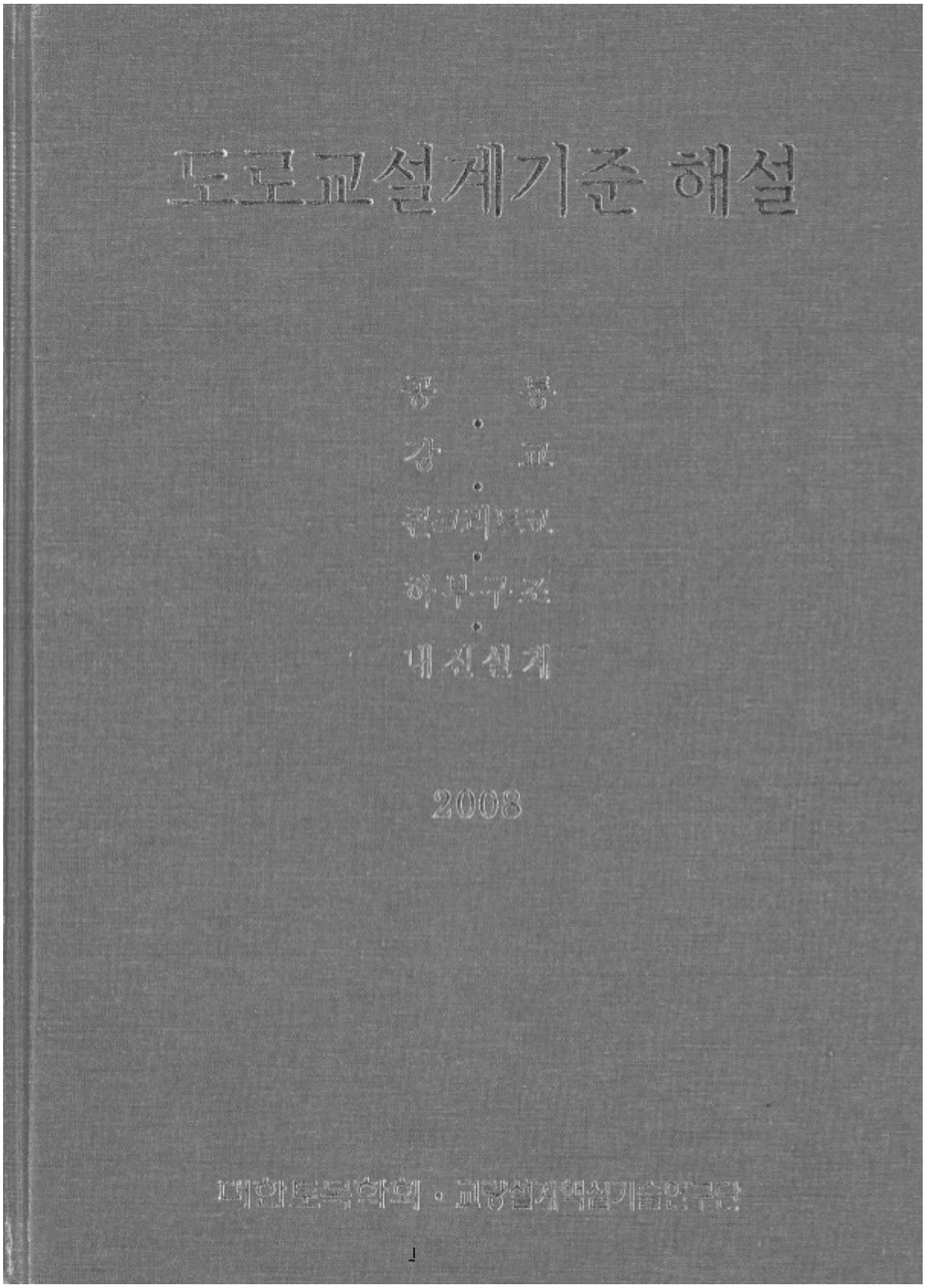
그림 7·1 흙의 粒徑에 따른 透水係數의 값

7·2·2 透水係數의 測定

흙 속을 通過하는 침투 유량을 알기 위해서는 먼저 透水係數의 값을 알아야 한다. 透水

10.5 참고문헌

도로교설계기준 해설



해설 표 5.5.4 흙의 단위중량(kN/m³)

지반	토질	느슨할 때	촘촘할 때
자연지반	모래 및 모래자갈	18	20
	사질토	17	19
	점성토	14	18
성토	모래 및 모래자갈	20	
	사질토	19	
	점성토	18	

주) 1) 지하수위 이하에 있는 흙의 단위중량은 표의 값에서 각각 9을 뺀 값으로 한다.
2) 부순돌은 자갈과 같은 값을 사용한다. 또 슬래그, 암괴 등의 경우에는 종류, 형상, 크기, 간격 등을 고려하여 정한다.
3) 자갈섞인 사질토 혹은 자갈 섞인 점성토의 경우에는 혼합비율과 상태에 따라서 적당한 값을 사용한다.
4) 지하수위는 시공 후의 평균값을 사용한다.

2) 점착력(점착절편) 및 전단저항각(내부마찰각)

① 점성토의 점착력 c

점성토의 점착력은 불교란시료에 대한 일축압축강도 q_u의 1/2을 사용하는 것이 일반적이며, 비압밀비배수 삼축압축시험에 의해 결정할 수도 있다. 또한 베인시험, 표준관입시험 등에 의하여 점착력을 구할 수 있는데, 베인시험을 이용하는 것이 합리적이다. 표준관입시험의 N값과 일축압축강도 q_u의 상관관계는 좋지 않은 편이나 부득이한 경우에는 $c=(6\sim10)N$ (kN/m²)으로 추정할 수 있다.

② 사질토의 전단저항각 ϕ

사질토의 전단저항각 ϕ는 불교란시료를 채취하여 직접전단시험 또는 삼축압축시험으로부터 산정하는 것이 원칙이다. 그러나 사질토의 경우 불교란시료의 채취가 대단히 곤란하므로 일반적으로 $c=0$으로 가정하여 표준관입시험 결과인 N값으로부터 추정하여 사용한다.

N값과 전단저항각 ϕ의 관계에 대해서는 많은 연구가 수행되어 여러 방법이 제안되었으며, 일반적으로 사용되고 있는 공식들은 해설 식 (5.5.1)~(5.5.7)과 같다. 어떤 공식을 사용하느냐에 따라 ϕ값에 차이가 있으므로 전단저항각 추정시 유의해야 한다.

Dunham :

$\phi=\sqrt{12N}+15$ (입자가 둥글고 입도분포가 나쁜 것) 해설 (5.5.1)

$\phi=\sqrt{12N}+20$ (입자가 둥글고 입도분포가 좋은 것) 해설 (5.5.2)

$\phi=\sqrt{12N}+20$ (입자가 모나고 입도분포가 나쁜 것) 해설 (5.5.3)

$\phi=\sqrt{12N}+25$ (입자가 모나고 입도분포가 좋은 것) 해설 (5.5.4)

Ohsaki : $\phi=\sqrt{12N}+15$ 해설 (5.5.5)

Peck : $\phi=0.3N+27$ 해설 (5.5.6)

일본 도로교시방서 : $\phi=\sqrt{15N}+15\leq45°$ 해설 (5.5.7)

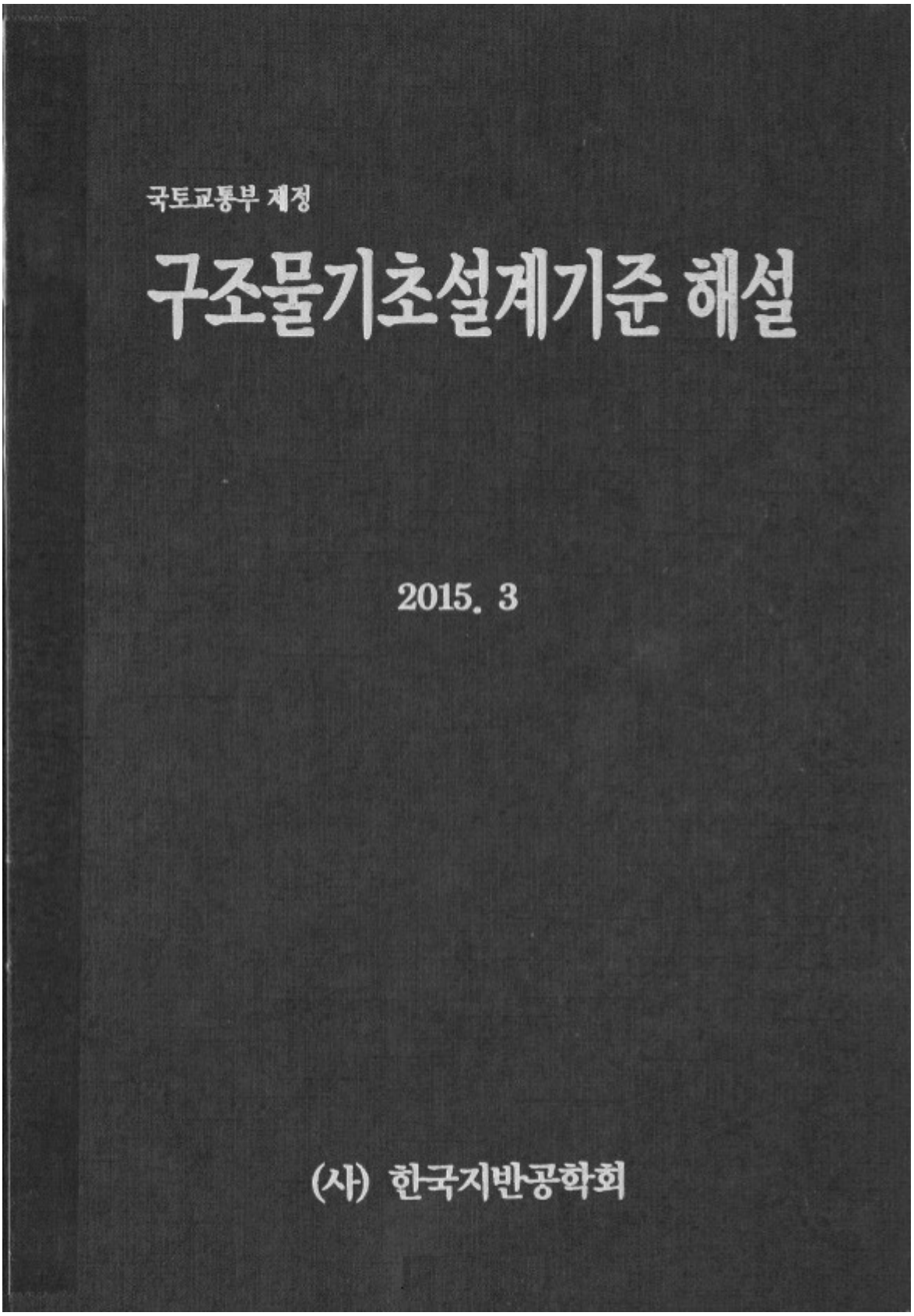
③ 자갈모래의 점착력 c 및 전단저항각 ϕ

느슨한 자갈모래층은 일반적으로 고결되어 있지 않으므로 전단저항각만을 갖는 지반으로 고려할 수 있다. 자갈모래층에서는 자갈로 인하여 표준관입시험시 N 값이 과대하게 나오는 경향이 있어 전단저항각을 N 값으로부터 추정하는 것은 일반적으로 어렵다. 그러나 부득이한 경우에 N 값으로부터 추정할 때에는 N 값을 최대 30으로 보고 전단저항각을 추정하는 것이 좋다.

754_도로교설계기준 해설

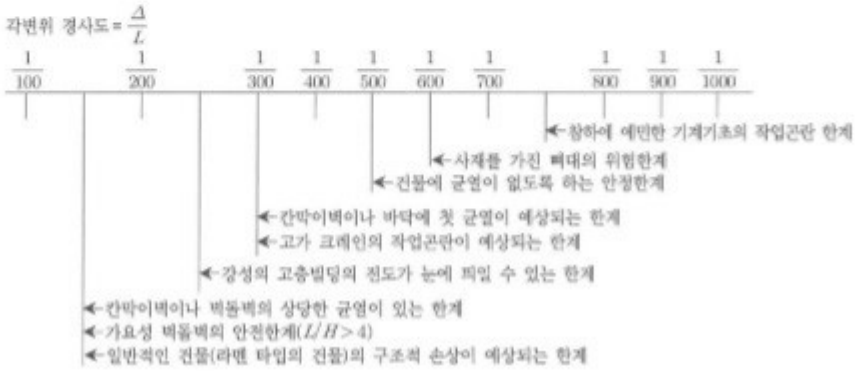
10.5 참고문헌

구조물기초설계기준 해설



⑥ 건물경사계

인접구조물의 경사 및 변형상태를 측정하기 위하여 사용하는 건물경사계의 계측관리기준치는 해설 그림 2.5.3과 같이 구조물에 미치는 영향에 대한 각 변위(경사도)의 한계를 기준으로 한다. 기초의 종류에 따른 구조물의 손상 한계는 해설 그림 2.5.4와 같고 구조물의 종류에 따른 허용침하량은 해설 표 2.5.6과 같다.



해설 그림 2.5.4 Bjerrum(1963)이 제안한 각 변위 한계(L : 임의의 기둥간격, δ : 부등침하량)

해설 표 2.5.6 구조물의 종류에 따른 허용침하량(Sowers, 1962)

침하형태	구조물의 종류	최대 허용침하량
전체침하	배수시설	15.0~30.0cm
	출입구	30.0~60.0cm
	부등침하의 가능성	
	석적 및 조적구조	2.5~5.0cm
	벽대구조	5.0~10.0cm
	굴뚝, 사이로, 매트	
전도	탑, 말뚝	0.004 S
	물품적재	0.01 S
	크레인 레일	0.003 S
	빌딩의 조적벽체	
부등침하	철근콘크리트 벽대구조	0.003 S
	강 벽대구조(연속)	0.002 S
	강 벽대구조(단순)	0.005 S

주) 여기서, S : 기둥 사이의 간격 또는 임의 두 점 사이의 거리

해설 표 3.11.9는 Terzaghi and Peck(1948)이 제시한 N값과 모래의 상대밀도 및 내부마찰각과의 관계를 보여주고 있다. 해설 표 3.11.10은 Dunham(1954)에 의해 제시된 모래의 모양과 입도분포에 따른 N값과 마찰각과의 관계이다.

해설 표 3.11.9 N값과 모래의 상대밀도 및 내부마찰각 관계(Terzaghi and Peck, 1948)

N	연경도	상대밀도(D_r, %)	내부마찰각(ϕ)	
			Peck	Meyerhof
0~4	매우 느슨	0.0~15	28.5 이하	30 이하
4~10	느슨	15~35	28.5~30.0	30~35
10~30	중간	35~65	30.0~36.0	35~40
30~50	조밀	65~85	36.0~41.0	40~45
50 이상	매우 조밀	85~100	41.0 이상	45 이상

해설 표 3.11.10 모래의 상태에 따른 N값과 마찰각의 관계식(Dunham, 1954)

모래의 상태	관계식	N=10	N=30
입자가 둥글고 입도분포가 균등한 모래	$\phi = \sqrt{12N} + 15$	26	34
입자가 둥글고 입도분포가 좋은 모래, 또는 입자가 모나고 입도분포가 균등한 모래	$\phi = \sqrt{12N} + 20$	31	39
입자가 모나고 입도분포가 좋은 모래	$\phi = \sqrt{12N} + 25$	36	44

점토층에서 N값과 일축압축강도(q_u)의 관계 역시 해설 표 3.11.11과 같이 연구자별로 다양하게 제안되었는데, 점토층에서는 표준관입시험 결과의 신뢰성이 낮아 N값의 적용에 신중해야 한다.

해설 표 3.11.11 N값과 점토층의 일축압축강도(q_u)와 관계

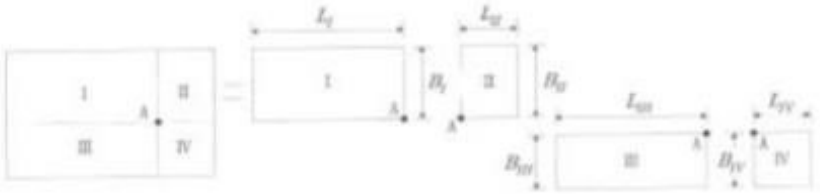
제안자	일축압축강도(kgf/cm²)
Terzaghi and Peck(1948)	$q_u = \frac{1}{8}N$
Peck	$q_u = \frac{1}{6}N$
Dunham(1954)	$q_u = \frac{1}{7.7}N$

나. N값과 기초의 지지력

N값을 이용하여 얕은기초의 극한지지력(q_u)을 구하는 경험식들 중 가장 일반적으로 사용되는 Meyerhof(1956)의 지지력 공식은 해설 식(3.11.12)와 같다.

탄성이론으로 침하량을 산정하기 위해서는 탄성계수와 포아송 비를 알아야 한다. 그런데 이 2가지 토질정수를 정확히 파악하는 것은 대단히 어려우므로 해설 표 4.3.3과 같은 근사치를 사용한다. 우선 포아송 비의 근사치로는 다음 값이 타당하다고 생각된다.

비점성토 : ν=0.25
점성토 : ν=0.33



해설 그림 4.3.10 구형분할법

특히 포화점토의 경우 ν=0.5, 포화에 가까운 점토의 경우 ν=0.4~0.5이며, 모래의 경우 ν=0.25~0.45이나 밀도가 증가하면 커지는 경향이다. 탄성계수의 근사치는 해설 표 4.3.3에 표시되어 있다. 또한 표준관입시험의 N치 또는, 콘관입저항 q_c와 탄성계수 E_s 사이의 관계가 해설 표 4.3.4에 정리되어 있다.

해설 표 4.3.3 각종 흙의 탄성계수와 포아송 비(Das, 1995)

흙의 종류	탄성계수(kPa)	포아송 비
느슨한 모래	10,000~24,000	0.20~0.40
중간정도 촘촘한 모래	17,000~28,000	0.25~0.40
촘촘한 모래	35,000~55,000	0.30~0.45
실트질 모래	10,000~17,000	0.20~0.40
모래 및 자갈	69,000~172,000	0.15~0.35
연약한 점토	2,000~5,000	–
중간 점토	5,000~10,000	0.20~0.50
견고한 점토	10,000~24,000	–

해설 표 4.3.4 현장시험결과와 탄성계수(E_s, q_c는 kPa)

시험 종류 / 지반 종류	SPT	CPT
모래	$E_s=766N$ $E_s=500(N+15)$ $E_s=18000+750N$ $E_s=(15200\sim22000)\ln N$	$E_s=(2\sim4)q_c$ $E_s=2(1+Dr^2)q_c$
점토질 모래	$E_s=320(N+15)$	$E_s=(3\sim6)q_c$
실트질 모래	$E_s=300(N+6)$	$E_s=(1\sim2)q_c$
자갈 섞인 모래	$E_s=1200(N+6)$	–
연약점토	–	$E_s=(6\sim8)q_c$
점토 (S_u : 비배수전단강도)	$I_p>30$, 또는 유기질 $I_p<30$, 또는 단단함 $1<\text{OCR}<2$ $\text{OCR}>2$	$E_s=(100\sim500)S_u$ $E_s=(500\sim1500)S_u$ $E_s=(800\sim1200)S_u$ $E_s=(1500\sim2000)S_u$

특히 모래지반에 대하여 해설 식(4.3.13)과 같은 관계가 잘 알려져 있다.

$$E_s(\text{kN/m}^2)=766N(\text{SPT}) \qquad \text{해설 (4.3.13a)}$$

$$E_s=2q_c(\text{CPT}) \qquad \text{해설 (4.3.13b)}$$

또한 점착력(비배수)과 탄성계수 사이에는 해설 식(4.3.14)와 같은 관계가 있다.

정규압밀점토 : $E_s=(250\sim500)c$ 해설 (4.3.14a)

과압밀점토 : $E_s=(750\sim1000)c$ 해설 (4.3.14b)

나. 포화점성토 상의 기초의 탄성침하량 산정

Janbu et al.(1956)은 포화점성토 상의 연성기초 평균 침하량 산정 식을 탄성이론을 기초로 해설 식(4.3.15)와 같이 제시하였다.

$$S_e=A_1A_2\frac{q_oB}{E_u} \qquad \text{해설 (4.3.15)}$$

여기서, S_e : 기초의 탄성침하량

q_o : 기초작용 하중

해설 표 7.8.1 구조물의 허용침하량(Sowers, 1962)

침하형태	구조물의 종류	최대침하량
전체침하	배수시설	15.0~30.0cm
	출입구	30.0~60.0cm
	석적 및 조적구조	2.5~5.0cm
	벽대구조	5.0~10.0cm
	굴뚝, 사이로, 매트	7.5~30.0cm
부등침하	빌딩의 벽돌벽체	0.0005S~0.002S
	철근콘크리트 벽대구조	0.003S
	강 벽대구조(연속)	0.002S
	강 벽대구조(단순)	0.005S

주) S : 기둥 사이의 간격 또는 임의 두 점 사이의 거리

해설 표 7.8.2 구조물의 손상한계(Skempton, 1955) ( ) 내의 값은 추천되는 최댓값임

기준		독립기초	확대기초
각변위(δ/L)		1/300(L : 임의의 기둥간격, δ : 부등침하량)	
최대 부등침하량	점토	44mm(38mm)	
	사질토	32mm(25mm)	
최대침하량	점토	76mm(64mm)	76~127mm(64mm)
	사질토	51mm	51~76mm(38~64mm)

7.8.6 근접도 판단기준은 3차원의 문제를 2차원으로 해석하는 문제 등 많은 요소들이 관련되어 있으므로 필요시 3차원적인 지반거동도 고려하여 설계한다.

7.8.7 배면지반 침하와 인접구조물에 대한 영향 예측

(1) 흙막이벽의 변위에 따른 주변 지반의 침하는 실측 또는 계산에 의하여 구한 흙막이벽의 변위로부터 주변지반 침하를 추정하는 방법과 버팀구조와 주변 지반을 일체로 하여 구하는 유한요소법 또는 유한차분법으로 해석하는 방법이 있다.

(2) 주변 지반 침하 예측 방법은 이론적 및 경험적 추정 방법 중에서 설계자가 현장여건, 지층조건, 굴착방법, 흙막이벽 및 지지체의 형식을 종합적으로 고려하여 선택, 적용하여야 한다.

(3) 인접구조물에 대한 침하, 경사(또는 각 변위) 등에 관한 허용값은 대상 구조물에 따라 관련 설계기준과 건축기준 등을 참고로 하여 결정한다.

간 행 물 등 록 번 호
11-1613000-000083-14

2016년도
국도건설공사 설계실무 요령

2016. 8

국토교통부
Ministry of Land, Infrastructure and Transport

Ⅱ. 공종별 기준

13. 하부구조 설계기준

가. 적용범위

본 설계 요령은 국대도, 일반국도 및 국지도 공사의 도로구조물 설계에 적용한다.

나. 적용기준

본 하부구조 설계에 적용하는 설계기준은 아래의 기준을 근간으로하여 4. 02 1. 나. 적용기준을 공통적용하기로 한다.

다. 지반조사

구조물 기초설계기준 제3장 지반조사의 규정을 준용한다.

라. 설계일반

1) 흙의 분류

흙의 분류는 통일분류법(KSF2324)을 원칙으로 한다.

2) 흙의 단위 체적중량

흙의 단위체적중량은 토질시험 결과에 따라 정하는 것을 원칙으로 하지만 토질시험을 하지 않는 경우에는 <표 1>의 값을 참고할 수 있다.

< 표 1 >

종 류		상 태		지하수위 이상에 있는 흙의 단위 체적중량 (kN/m^3)
흙쌓기	자갈섞인모래	다져진 것		20
	모래	다져진 것	입도가 좋은 것	20
			입도가 나쁜 것	19
	사 질 토	다져진 것		19
	점 성 토	다져진 것		18
자연지반	자 갈	조밀한 것 또는 입도가 좋은 것		20
		조밀하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것		18
	자갈섞인 모 래	조밀한 것		21
		조밀하지 않은 것		19
	모 래	조밀한 것 또는 입도가 좋은 것		20
		조밀하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것		18
	사 질 토	조밀한 것		19
		조밀하지 않는 것		17
	점 성 토	단단한 것 (손가락으로 세게 눌러 약간 들어감, N=8~15)		18
		약간 연한 것 (손가락으로 보통 힘으로 눌러 들어감, N=4~8)		17
		연한 것(손가락이 쉽게 들어감, N=2~4)		16
	점토및실트	단단한 것 (손가락으로 세게 눌러 약간 들어감, N=8~15)		17
		약간 연한 것 (손가락으로 보통 힘으로 눌러 들어감, N=4~8)		16
		연한 것(손가락이 쉽게 들어감, N=2~4)		14

(가) 지하수위 이하에 있는 흙의 단위체적중량은 <표1>에서 9를 뺀 값을 사용한다.

(나) 쇄석은 자갈과 같은 값으로 한다. 또 암버력, 암괴의 경우에는 종류, 형상, 크기 및 간극에 따라 고려할 필요가 있다.

(다) 자갈 섞인 사질토 또는 자갈 섞인 점성토에서는 혼합비율 및 상태에 따라서 적당한 값을 정한다.

(라) 지하수위는 시공후인 경우 평균치를 고려한다.

(마) 입도가 나쁜 모래란 예를 들면 입경이 균등한 모래를 말한다. 자갈의 경우도 같다.

3) 흙의 전단강도

흙의 전단강도는 원칙적으로 토질시험을 실시하여 구하여야 하지만 <표2>에 나타낸 값을 참고할 수 도 있다.

< 표 2 > 흙의 내부마찰각 및 점착력

종 류		상 태		내부마찰각(도)	점착력 (kN/m^2)
흙쌓기	자갈 및 자갈섞인모래	다져진 것		40	0
	모래	다져진 것	입도가 좋은 것	35	0
			입도가 나쁜 것	30	0
	사 질 토	다져진 것		25	30이하
	점 성 토	다져진 것		15	50이하
자연지반	자 갈	조밀한 것 또는 입도가 좋은 것		40	0
		조밀하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것		35	0
	자갈섞인 모 래	조밀한 것		40	0
		조밀하지 않은 것		35	0
	모 래	조밀한 것 또는 입도가 좋은 것		35	0
		조밀하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것		30	0
	사 질 토	조밀한 것		30	30이하
		조밀하지 않는 것		25	0
	점 성 토	단단한 것 (손가락으로 세게 눌러 약간 들어감, N=8~15)		25	50
		약간 연한 것 (손가락으로 보통 힘으로 눌러 들어감, N=4~8)		20	30
		연한 것(손가락이 쉽게 들어감, N=2~4)		15	15
	점토및실트	단단한 것 (손가락으로 세게 눌러 약간 들어감, N=8~15)		20	50
		약간 연한 것 (손가락으로 보통 힘으로 눌러 들어감, N=4~8)		15	30
		연한 것(손가락이 쉽게 들어감, N=2~4)		10	15

(가) 흙의 전단강도는 가능한 한 토질시험을 실시하여 결정하여야 한다. 특히 연약지반을 구성하는 점착력을 갖는 흙의 전단강도는 반드시 토질시험을 실시하여 결정하여야 한다.

(나) <표2>에 나타낸 내부마찰각 및 점착력의 값은 압밀-비배수(압밀-급속) 전단에 대한 값이다.

10.5 참고문헌

기초구조물의 설계와 해석



표 2-6 특정한 흙에 대한 정적인 응력-변형률계수 E_s의 전형적인 값 범위
현장값은 응력경로, 함수비, 밀도 등에 의존한다.

흙	E_s ksf	E_s Mpa
점토		
대단히 연약한	50-250	2-15
연약한	100-500	5-25
중간의	300-1000	15-50
단단한	1000-2000	50-100
모래질	500-5000	25-250
표석점토(점질)		
느슨한	200-3200	10-153
조밀한	3000-15 000	144-720
대단히 조밀한	10 000-30 000	478-1440
황토	300-1200	14-57
모래		
실트질	150-450	7-21
느슨한	200-500	10-24
조밀한	1000-1700	48-81
모래 및 자갈		
느슨한	1000-3000	48-144
조밀한	2000-4000	96-192
이판암	3000-300 000	144-14 400
실트	40-400	2-20

표 2-7 포아슨비의 전형적인 값 범위

흙 종류	μ
포화된 점토	0.4-0.5
불포화 점토	0.1-0.3
모래질 점토	0.2-0.3
실트	0.3-0.35
조밀한 모래	0.2-0.4
거친 (간극비 = 0.4-0.7)	0.15
미립의(간극비 = 0.4-0.7)	0.25
암	0.1-0.4(어느 정도 함말의 형태에 따라 다르다.)
황토	0.1-0.3
얼음	0.36
콘크리트	0.15

10.5 참고문헌

암반사면공학

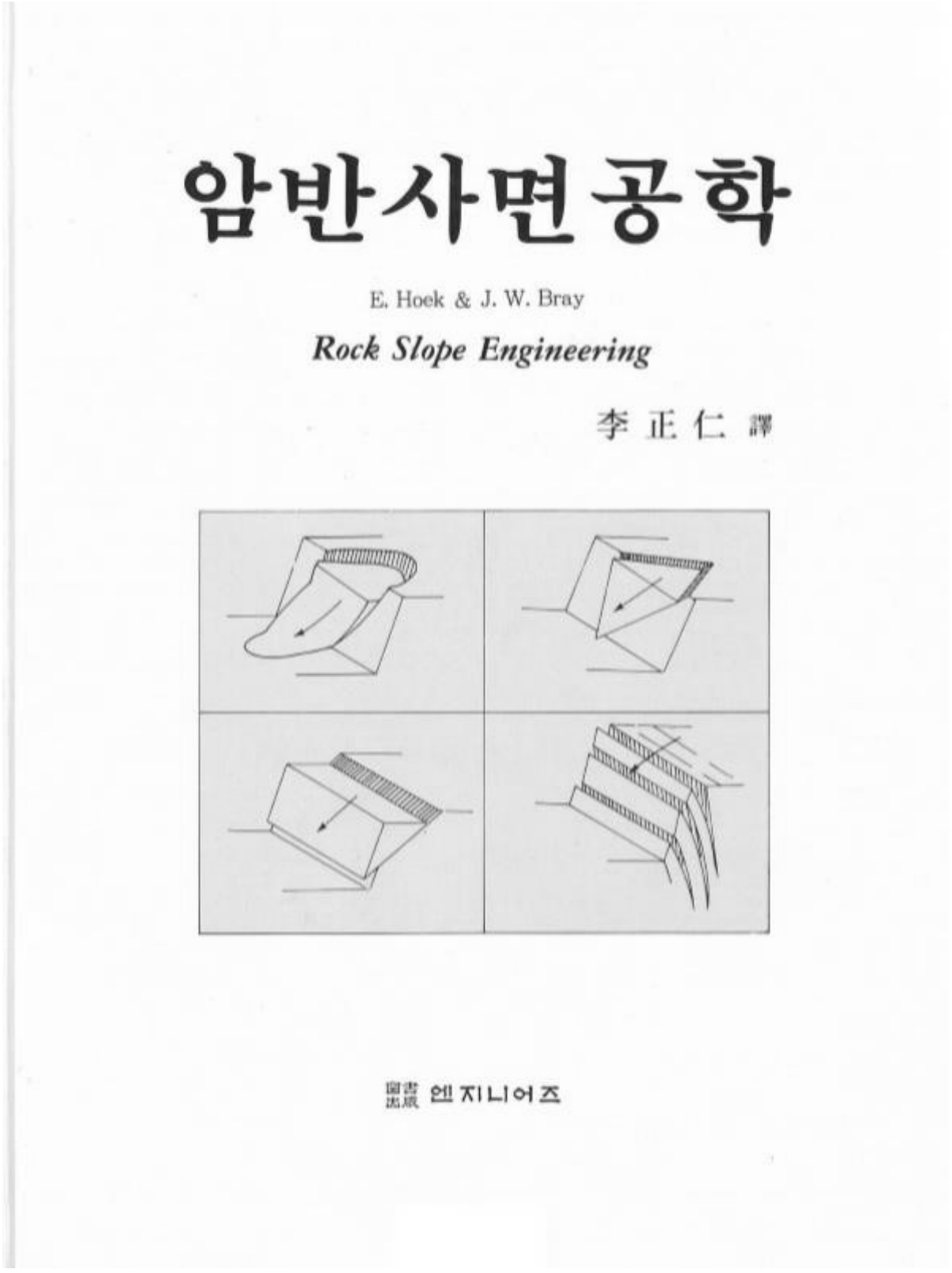


표 2.1 대표적인 흙과 암석의 성질

종	류	재 료	단위중량 (포화상태/건조상태) lb/ft³	단위중량 (포화상태/건조상태) kN/m³	마찰각 (°)	점착력 lb/ft²	점착력 kPa
점착력이 없는 불질	모래	느슨한 모래, 고른 입자크기	118/90	19/14	28~34*		
		조밀한 모래, 고른 입자크기	130/109	21/17	32~40*		
		느슨한 모래, 혼합된 입자크기	124/99	20/16	24~40*		
		조밀한 모래, 혼합된 입자크기	135/116	21/18	38~46*		
	자갈	자갈, 고른 입자크기	140/130	22/20	34~37*		
		모래와 자갈, 혼합된 입자크기	120/110	19/17	48~45*		
	파쇄암/퇴적암	현 무 암	140/110	22/17	40~50*		
		백 악	80/62	13/10	30~40*		
		화 강 암	125/110	20/17	45~50*		
		석 회 암	120/100	19/16	35~40*		
		사 암	110/80	17/13	35~45*		
		세 일	125/100	20/16	30~35*		
점착력이 있는 불질	점토	연한 벤토나이트	80/30	13/6	7~13	200~400	10~20
		아주 연한 유기질 점토	90/40	14/6	12~16	200~600	10~30
		연한, 약간의 유기질 점토	100/60	16/10	22~27	400~1,000	20~50
		연한 빌하 점토	110/76	17/12	27~32	600~1,500	30~70
		굳은 빌하 점토	130/105	20/17	30~32	1,500~3,000	70~150
	빌하 점토	빌하 점토, 혼합된 입자크기	145/130	23/20	32~35	3,000~5,000	150~250
	퇴적암	견고한 화성암… 화강암, 현무암, 반암	** 160~190	25~30	35~45	720,000~ 1,150,000	35,000~ 55,000
		변성암… 규암, 편마암, 점판암	160~180	25~28	30~40	400,000~ 800,000	20,000~ 40,000
		견고한 퇴적암… 석회암, 백운석, 사암	150~180	23~28	35~45	200,000~ 600,000	10,000~ 30,000
		연약한 퇴적암… 사암, 석탄, 백악, 세일	110~150	17~23	25~35	20,000~ 400,000	1,000~ 20,000

* 제 5 장에서 논의되는 것처럼 점착력이 없는 불질에서의 보다 큰 마찰각들은 봉압이나 수직응력이 낮은 상태에서 나타난 것이다.

** 무결암의 경우, 다공질 사암과 같은 재료를 제외하고는 불질의 단위중량이 포화상태와 건조상태간에 크게 달라지지 않는다.

$$\tau = c + \frac{W\cos\psi}{A}\tan\phi$$

$$R = cA + W\cos\psi\tan\phi \qquad (2.3)$$

지 반 조 사 편 람

2006. 9

서 울 특 별 시

1.2.2 지반정수

서울시 일원에서 수행된 많은 지반조사 및 시험의 결과를 기초로 하여 설계시의 수치해석에 반영한 암반의 공학적 특성을 정리하면 다음 표와 같다.

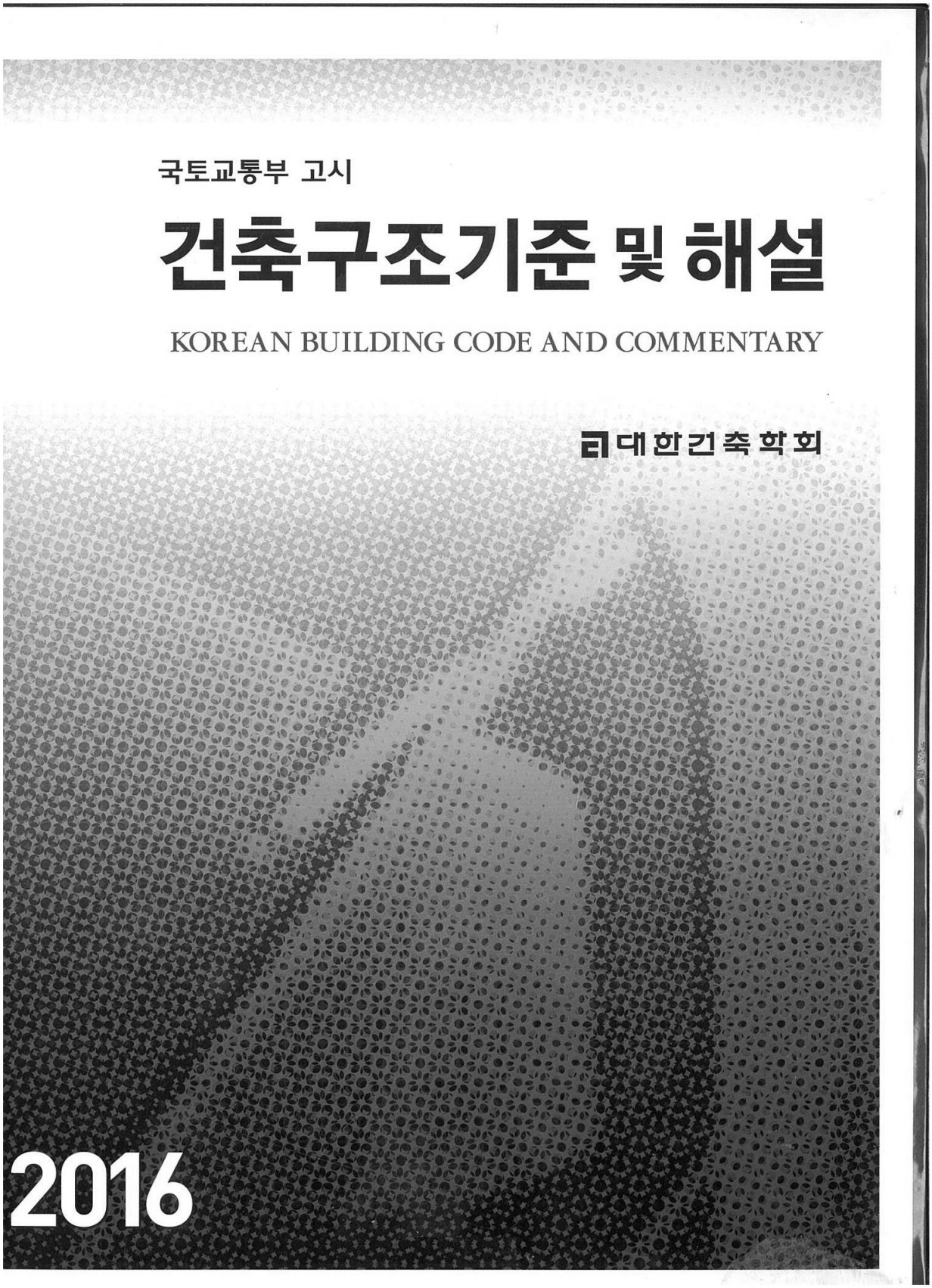
<표 1.2.1> 서울지역의 지반별 지반정수의 적용범위

지반명	단위중량 γ_t (tf/m^3)	점착력 c (tf/m^2)	내부마찰각 ϕ (°)	변형계수 D (x10^{3}tf/m^2)	포아송비 v
풍화토	1.7~2.0	0.0~10.0	25~30	2.0~4.0	0.5
풍화암	2.0~2.2	10.0~30.0	30~35	10.0~20.0	0.3~0.4
연 암	2.3~2.5	30.0~60.0	30~40	20.0~40.0	0.25~0.30
보통암	2.4~2.6	60.0~150.0	35~40	40.0~100.0	0.25
경 암	2.5~2.7	150.0~200.0	35~45	100.0~400.0	0.2
극경암	2.6~2.7	200.0~500.0	40~45	400.0~800.0	0.2

주 : 이 표는 그동안의 지하철 설계적용사례를 기준으로 정리된 것이므로 참고로 사용할 수는 있으나 설계시는 개개 현장에서 수행된 시험결과를 적용하여야 한다.

10.5 참고문헌

건축구조기준 및 해설



건축구조기준 및 해설

기준

〈표 0306.3.2〉 지반의 분류

지반 종류	지반종류의 호칭	평균지반특성		
		전단파속도 (m/s)	표준관입시험 $\overline{N}$ (타격횟수/300mm)	비배수전단강도 $\overline{s_u}$ (×10^{-3}MPa)
S_A	경암 지반	1500 초과	–	–
S_B	보통암 지반	760에서 1500 미만		
S_C	매우 조밀한 토사 지반 또는 연암 지반	360에서 760 미만	> 50	> 100
S_D	단단한 토사 지반	180에서 360 미만	15에서 50	50에서 100
S_E	연약한 토사 지반	180 미만	< 15	< 50

0306.3.2.2 지반분류의 기준면

일반적으로 지반분류는 지표면을 기준면으로 정한다. 다만, 지하층을 가진 구조물로서 직접기초를 사용하고 기초저면의 지반종류가 S_C 이상의 단단한 지반인 경우에는 기초면을 지반분류의 기준면으로 사용할 수 있다. 이때 지진에 의하여 지하층 구조벽에 작용하는 횡토압에 대하여 상부구조의 안전성을 확보하여야 한다. 말뚝기초를 사용하는 경우에는 지하구조의 저면의 지반종류가 S_C 이상이고, 건물 진동의 입력이 지하구조의 저면을 통하여 전달되도록 설계·시공되는 경우에 한하여 지하구조의 저면을 기준면으로 사용할 수 있으며, 그렇지 않은 경우에는 지표면을 기준면으로 사용하여야 한다.

해설

이 절에서는 내진설계기준연구 II(1997)의 따라 6종류의 지반분류를 따르되 지반종류 S_F는 지반분류에서 제외하였다. 따라서 이 절에서는 지반의 종류를 〈표 0306.3.2〉에 따라 S_A,S_B,S_C,S_D,S_E 등의 5종류로 분류한다.

KBC 2009와 같이 기준면으로부터 상부 30m의 평균지반특성으로 지반을 분류하면 국내와 같이 보통암까지의 깊이가 얕은 경우에 보통암의 물성이 지반분류에 포함될 수 있다. 따라서 토사지반에 의한 지진응답의 증폭을 고려하기 위하여 기준면으로부터 보통암까지의 토사지반에 대한 평균지반특성으로 지반을 분류한다.

또한 보통암까지의 깊이가 매우 얕거나 (5m 이내), 30m 이상으로 깊은 경우에는 상부 30m에 대한 평균지반특성으로 분류한다.

0306.3.2.2 지반분류의 기준면

지반분류를 정하는 기준면은 일반적으로 지표면을 기준면으로 한다. 다만, 지하층을 갖는 건축물의 경우에 ①기초가 경암, 보통암 또는 연암에 직접 견고히 정착해 있고, ②지진으로 인하여 발생하는 지하층 벽체에 작용하는 횡토압에 대하여 상부구조를 지지하는 지하층구조가 과도한 손상 없이 저항할 수 있으며, ③지하층구조의 강성이 커서 기초면의 상부에 위치한 지반의 운동이 지상구조 시스템에 큰 영향을 미치지 않는다는 사실을 구조해석 또는 실험으로 입증할 수 있는 경우에는 기초면을 지반분류의 기준면으로 사용할 수 있다. 위의 3항에 모두 해당한다는 것을 입증하지 못하는 경우에는 반드시 지표면을 지반분류의 기준면으로 사용하여야 한다.

①의 사항은 기초 및 지하층 설계에 반영하여야 하며, ②에 해당하기 위해서는 지진에 의하여 발생하는 횡토압에 대하여 지하층구조를 설계하여야 한다. 특히 지반의 구성이 상부연약지반, 하부암반인 깊은 지하층구조인 경우에는 지반의 상대적인 움직임에 따라서 매우 큰 횡토압이 작용할 수 있다. 횡토압 산정을 위해서는 통상적으로 지중구조물의 횡토압을 산정하는 방식인 변위응답법을 사용할 수 있다.

③에 해당하기 위해서는 횡력에 저항하는 지하층 벽구조는 매우 큰 강성을 가져야 하며, 지진 및 횡토압에 의하여 과도한 변형이나 손상이 발생하지 않아야 한다.

도 로 설 계 기 준

2016

국 토 교 통 부

<표 4.8> 표준발파공법 패턴별 특성

Type	명칭	설계 지발당 장약량 (kg)	발파제원 W×E×H(m)	천공경 (㎜)	공당 파쇄량 (㎥/공)	사용폭약
Ⅰ	미진동 굴착공법	폭약기준 0.125 미만	0.7×0.7×1.3	φ51 이내	0.637	
Ⅱ	정밀 진동제어발파	0.25	0.7×0.8×1.8	φ51 이내	1.01	에멀젼 폭약 등 (φ25~32㎜)
Ⅲ	소규모 진동제어발파	1.0	1.0×1.2×2.4	φ51 이내	2.88	〃 (φ32㎜)
Ⅳ	중규모 진동제어발파	3.0	1.6×1.9×3.0	φ76	9.12	〃 (φ50㎜)
Ⅴ	일반발파	7.5	2.0×2.5×4.8	φ76	24.0	〃 (φ50㎜)
Ⅵ	대규모발파	20.0	2.8×3.2×7.3	φ76 이상	65.4	주폭약 : 초유폭약 기폭약 : 에멀젼

주) W : 최소저항선, E : 공간간격, H : 벤치고, 공당 파쇄량은 평균값임.

1. 설계 지발당 장약량 기준은 설계 발파진동 추정식 $v = K(D/W^{b})^{n}$에 의한 "거리~지발당 장약량" 조견표 기준임. (진동상수 K = 200, n = -1.6, b = 1/2)
2. 발파대상 암반의 강도나 지형특성 등에 따라 설계 지발당 장약량과 발파제원이 변동될 수 있음.
3. 미진동파쇄기와 유압잭 및 브레이커 파쇄공법 등은 진동전파 특성에 따라 일반폭약과는 상이하므로 시험시공에 의하여 지발당장약량과 천공패턴 등의 굴착방법을 설정할 것.
4. 장소가 협소하거나 현장 여건상 크롤러 드릴의 사용이 곤란한 장소에서는 착암기를 사용한 발파공법을 적용할 수 있음.

<표 4.9> 표준발파공법 및 진동규제기준별 적용 이격거리(m)

단위 : cm/s

TYPE	진동속도 / 발파공법	v=0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	5.0
Ⅰ	미진동 굴착공법	40m 까지	25m 까지	20m 까지	15m 까지	5m 까지	3m 까지
Ⅱ	정밀 진동제어발파	40~ 80	25~ 50	20~ 40	15~ 30	5~ 20	3~ 7
Ⅲ	소규모 진동제어발파	80~140	50~ 90	40~ 70	30~ 50	20~ 30	7~10
Ⅳ	중규모 진동제어발파	140~260	90~170	70~130	50~ 90	30~ 60	10~25
Ⅴ	일반발파	260~450	170~290	130~220	90~160	60~110	25~40
Ⅵ	대규모발파	450m 이상	290m 이상	220m 이상	160m 이상	110m 이상	40m 이상

③ 노천발파의 보안물건에 대한 발파진동 허용기준은 다음과 같은 기준에 의거 설계를 실시하며, 특수시설물과 특수한 환경과 여건에 대해서는 발파영향권 분석에 의거 별도기준을 제시할 수 있다.

<표 4.10> 보안물건에 대한 발파진동 허용기준치

구 분	가 축	문화재, 진동예민구조물	가옥 (조적)	가옥 (RC조)	공업용 건물	철골 구조
발파진동속도 (cm/sec)	0.1	0.2~0.3	0.3~0.5	0.5	1.0	1.0~5.0

④ 발파진동 전파추정식은 현장 시험발파를 통하여 결정하여야 하나, 설계단계에서 이용하는 것은 현실적으로 곤란하므로, 설계단계에서는 다음 진동추정식을 이용하여 발파영향 예측 및 발파공법을 선정한다.

$$V = 200\left(\frac{D}{\sqrt{W}}\right)^{-1.6}$$ -------- 설계 발파진동 추정식

여기서, V : 진동속도(cm/sec)

D : 폭원으로부터 이격거리(m)

W : 지발당 최대장약량(kg)

(2) 현장조사

① 발파 예정지역 주변에 발파공해에 의한 영향을 받을 것으로 예상되는 보안물건이 존재할 경우, 사전에 이들의 특성을 조사하여 설계 참고자료로 활용하며, 조사내용은 설계 보고서에 포함하여 제시하여야 한다.

<표 4.11> 조사대상 보안물건

발파위치	보 안 시 설 물
도 심 지	주거지역, 학교, 병원, 종교시설, 첨단시설물, 도로, 지하철, 철도, 상하수도 및 가스관 매설위치, 교량 등
외 곽 지	주거지역, 도로, 철도, 암반 및 토사면, 종교시설 및 요양시설, 축사 및 양식장, 고압 송전탑, 교량 등

도로설계편람

발 간 등 록 번 호
11-1511000-000892-01

도로설계편람 제6편

터널

2010

국토해양부
Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs

<표 605.5> 국내 터널 시공실적에 의한 암반대표 물성치

암반분류	탄성계수(kN/m²)	점착력(kN/m²)	내부마찰각
풍화토	2.0×10^4 ~ 1.0×10^5	10.0 ~ 100	30 ~ 35
풍화암	6.0×10^4 ~ 4.0×10^5	60.0 ~ 300	30 ~ 40
연 암	1.0×10^5 ~ 1.0×10^6	700 ~ 1500	35 ~ 45
보통 및 경암	5.5×10^5 ~ 5.0×10^6	1000 ~ 3000	45 ~ 50

<표 605.6> 서울지하철 3,4,5호선, 부산지하철 1호선, 과천선, 반월선, 외곽순환도로, 횡령산터널, 전력구, 통신구(성남) 등의 지반조사에 의한 암반대표 물성치

암반분류	탄성계수(kN/m²)	점착력(kN/m²)	내부마찰각
풍화토	2.0×10^4 ~ 3.0×10^4	10.0 ~ 100	30 ~ 35
풍화암	1.0×10^5 ~ 4.0×10^5	300	30 ~ 40
연 암	3.0×10^5 ~ 1.0×10^6	1000 ~ 1500	35 ~ 45
보통 및 경암	5.5×10^5 ~ 3.0×10^6	1000 ~ 3000	45 ~ 50

<표 605.7> 경부고속철도, 도로터널, 수로터널, 지하철터널, 통신구 및 전력구터널에 대한 최소 및 최대 물성치

암반분류	탄성계수(kN/m²)	점착력(kN/m²)	내부마찰각
풍화토	5.0×10^3 ~ 2.0×10^5	2.0 ~ 300	20 ~ 35
풍화암	1.5×10^4 ~ 1.3×10^6	5.0 ~ 1000	20 ~ 43
연 암	5.0×10^4 ~ 9.8×10^6	17.0 ~ 3400	20 ~ 50
보통 및 경암	1.3×10^5 ~ 8.8×10^7	50 ~ 5000	20 ~ 55

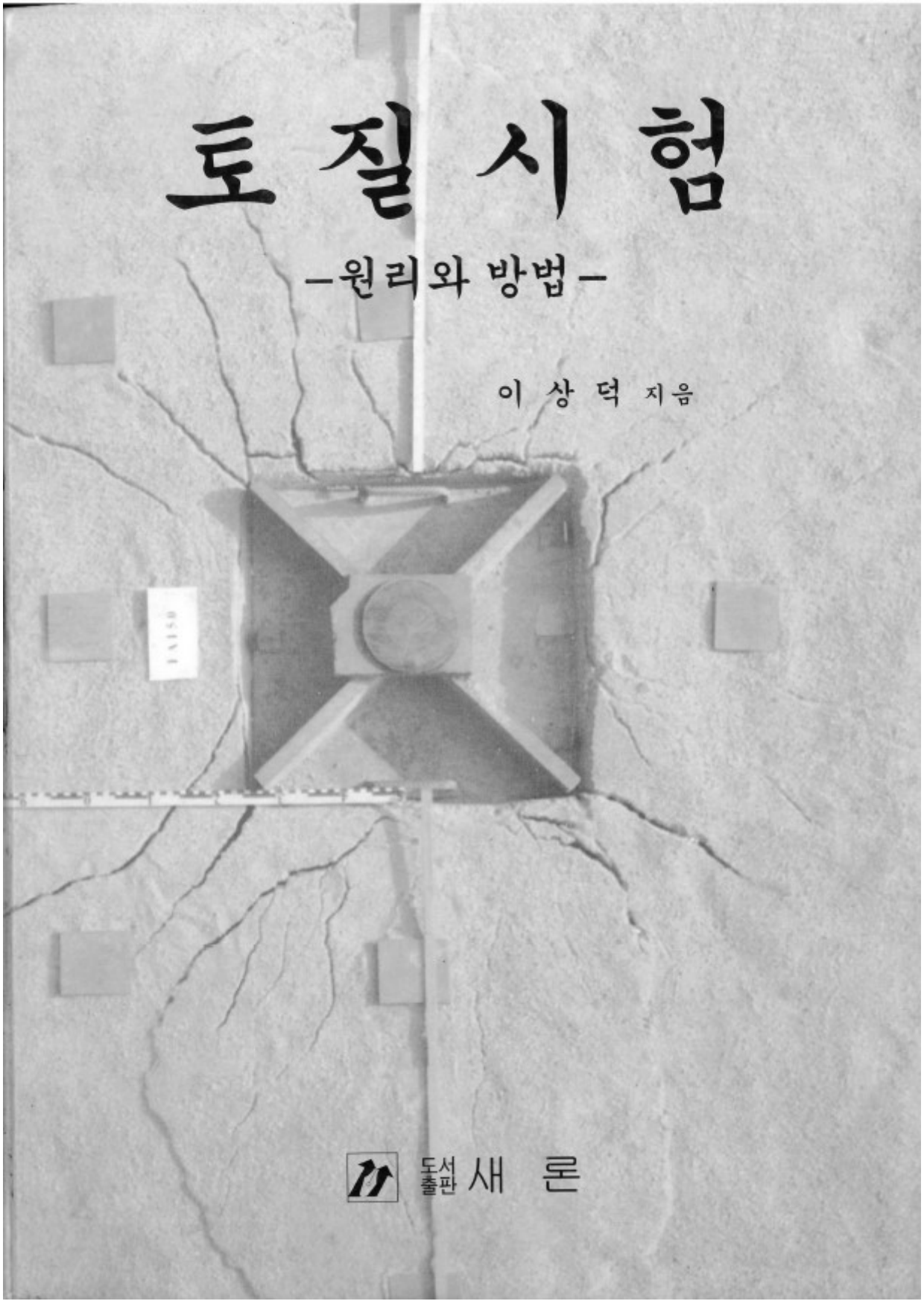
<표 605.8> 입지조건에 따라 구분된 입력자료의 평균 물성치

	탄성계수(kN/m²)		점착력(kN/m²)		내부마찰각	
입지조건	산악터널	도심지 터널	산악터널	도심지 터널	산악터널	도심지 터널
풍화토	2.6×10^4	4.4×10^4	40	56	31.3	28.9
풍화암	3.9×10^5	2.4×10^5	184	206	32.4	33.5
연 암	2.1×10^6	1.1×10^6	928	709	37.0	37.5
보통 및 경암	1.9×10^7	5.5×10^6	1394	2288	42.6	42.3

(associated or non-associated flow rule)이 파괴조건과는 독립적으로 적절히 선정되어야 한다. 또한 비선형 소성거동을 모델링하기 위해서는 비선형 searching 알고리즘이 필요하며, 이는 계산 효율성과 수렴도에 크게 영향을 미친다. 또한, 지반의 비선형 소성거동을 정확히 잡아내기 위해서는 하중 증분량(load increments)의 적절한 결정도 중요하다. 이러한 지반매질의 소성거동 해석에 영향을 미치는 다양한 해석 모델 및 알고리즘에 대한 사전지식을 숙지하여 지반 구조물의 탄소성 해석을 수행하여야 한다.

10.5 참고문헌

토질시험



$$N_{수정} = N \cdot C_u = 0.77 \log \frac{20}{p'}$$

여기에서 C_u는 수정계수이고 p'는 유효상재하중(kgf/cm^2)이다.

12.2.6 결과의 이용

N값의 측정치는 측정위치와 심도에따라 큰 차이를 나타낸다. 따라서 기초폭에 해당하는 길이만큼 기초저면 아래에 있는 지반의 평균 N값 중에서 가장 작은 값을 택하여 설계용 N 값으로 하거나 (Terzaghi-Peck, 1948), 한지역에서 동일한 지층에 대한 평균 N값에서 표준편차를 뺀 값을 설계용 N값으로 한다.(일본 건축기초이론에 기준, 1960)

표준관입시험 결과 구해지는 N치로부터 지반에 따라 다음의 값을 구할 수 있다.

- 사질토 : 상대밀도, 내부마찰각, 극한지지력 계수, 탄성계수, 허용지지력
- 점성토 : 컨시스턴시, 일축압축강도, 점착력, 극한지지력, 허용지지력

그밖에 다음의 값을 구할 수 있다.

- 말뚝의 연직지지력(Meyerhof, Dunham, Osaki)
- 횡방향 지반반력계수(久保, Reeseetal)
- 지진시 지반의 액상화 가능성 판정(Seed - Idris, Iwasaki - Tasuoka, Chinese Buliding Code)

1) 사질토 지반

① 사질토에서 N치와 상대밀도 및 내부마찰각의 관계(표-12.2)

② 내부마찰각(그림 12.4 a)

Dunham(1954) : $\phi = \sqrt{12N} + 15$: 입도 균등한 둥근 입자

$= \sqrt{12N} + 20$: 입도 양호한 둥근입자, 입도 균등한 모난입자

$= \sqrt{12N} + 25$: 입도 양호한 모난입자

표-12.2 사질토에서 N치와 상대밀도 및 내부마찰각(Peck-Meyerhof, 1956)

N 치	상대밀도		내부마찰각	
			Peck	Meyerhof
0~4	대단히 느슨(Very Loose)	0.0~0.2	$\phi \leq 28.5°$	$\phi \leq 30°$
4~10	느슨(Loose)	0.2~0.4	$28.5 < \phi \leq 30$	$30 < \phi \leq 35$
10~30	중간(Medium)	0.4~0.6	$30 < \phi \leq 36$	$35 < \phi \leq 40$
30~50	조밀(Dense)	0.6~0.8	$36 < \phi \leq 41$	$40 < \phi \leq 45$
50 이상	대단히 조밀(Very Dense)	0.8~1.0	$41 < \phi$	$45 < \phi$

*입도가 균등하거나 실트질 모래는 작은쪽, 입도가 양호한 모래는 큰 값을 택한다.

표-12.3 N치와 점성토의 컨시스턴시 및 일축압축강도(Terzaghi-Peck, 1948)

N 치	컨 시 스 턴 시		일축압축강도 [kgf/cm^2]
$N \leq 2$	대 단 히 연 약	Very Soft	$q_u < 0.25$
$2 < N \leq 4$	연 약	Soft	$0.25 < q_u < 0.5$
$4 < N \leq 8$	중 간	Medium	$0.5 < q_u < 1.0$
$8 < N \leq 15$	굳 은	Stiff	$1.0 < q_u < 2.0$
$15 < N \leq 30$	대 단 히 굳 음	Very Stiff	$2.0 < q_u < 4.0$
$30 < N$	고 결 상 태	Hard	$4.0 < q_u$

· Terzaghi/Peck(1948) : $\phi = 0.3N + 27$

· Osaki(大崎, 1969): $\phi = \sqrt{20N} + 15$

③ Terzaghi 지지력 계수 (그림 12.4 b)

④변형계수 E_s (Schmertmann, 1978)(그림 12.5)

$E_s = 4N$ (실트, 모래질 실트)

$7N$ (세립내지 중립모래)

$10N$(조립모래)

$12 \sim 15N$(모래질자갈, 자갈)

⑤극한 지지력

$q_{ult} = 3.3N(1 + D_f/B)$ [tf/m^2] (Meyerhof, 1956)

$= 3N$ [tf/m^2] (Party, 1977) ($D < B$)

단, N은 기초저면 아래 0.75B 깊이까지의 평균값이고 D_f는 기초근입깊이, B는 기초폭이다.

⑥ 허용지지력

⑦ 얕은기초 침하량 S (Meyerhof, 1965)

$S = 4q/N$(in) ($B < 1.2$m)

$= 6(q/N)\left(\frac{B}{B+1}\right)^2$ (in) ($B > 1.2$m)

단, q는 하중강도 (kip/ft^2), B는 기초폭(ft) N깊이 B까지 평균값

⑧말뚝의 지지력 (Meyerhof, 1956)

$$Q = 40N \cdot A_p + N_f \cdot A_s/5 \quad [kN]$$

여기서 N: 선단부 N값 N_f: 말뚝전길이에 대한 평균 N값

A_p: 말뚝선단면적[m^2] A_s: 말뚝표면적[m^2]

표-12.4 점성토의 지지력

기 초 형 상	형 상 계 수 α	극 한 지 지 력 q_u[tf/m^3]	허 용 지 지 력 q_a[tf/m^3]
연 속 기 초	1.0	3.6 N	$\frac{3.6}{F} N$
원 형 기 초	1.3	4.5 N	$\frac{4.5}{F} N$
정 사 각 형 기 초	1.3	4.7 N	$\frac{4.7}{F} N$
직 사 각 형 기 초	$1 + 0.8\,B/L$	$3.6(1 + 0.3\,B/L)\,N$	$\frac{3.6(1 + 0.3B/L)}{F} N$

2) 점성토 지반

표준관입시험결과를 이용하여 점성토에서 다음의 값들을 결정할 수 있으나 사질토에 비하여 신뢰도가 낮고 편차도 큰 편이다.

① 컨시스턴시(그림12.6), 일축압축강도(표-12.3)

② 일축압축강도 : $q_u = (0.12 \sim 0.13)N = \frac{1}{8} N$ [kgf/cm^2]

③ 점착력 :

$c = 0.0625N$ [kgf/cm^2] (Terzaghi)

$c = 0.066N$ [kgf/cm^2] (Dunham)

일축압축강도로부터 점성토 ($\phi = 0$)의 점착력을 계산할 수 있다.

$c = 0.5q_u = 0.5(0.12 \sim 0.13)N = (0.060 \sim 0.065)N$ [kgf/cm^2]

④ 극한지지력 q_u, 허용지지력 q_a

Terzaghi 식에서 내부마찰각을 $\phi = 0$로 하면 지지력계수 $N_c = 5.7$ 이고 기초의 모양에 따른 형상계수 α를 적용하면 극한지지력 q_u는 $q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c = 5.7\alpha c$가 되므로 표-12.4에서와 같이 극한지지력 q_u와 허용지지력 q_a를 정할 수 있다. 그러나 이값은 편차범위가 커서 실용성이 적다.

⑧말뚝의 지지력 (Meyerhof, 1956)

$$Q = 40N \cdot A_p + N_l \cdot A_s/5 \quad [kN]$$

여기서 N: 선단부 N값 N_l: 말뚝전길이에 대한 평균 N값

A_p: 말뚝선단면적[m^2] A_s: 말뚝표면적[m^2]

표-12.4 점성토의 지지력

기 초 형 상	형 상 계 수 α	극 한 지 지 력 q_u[tf/m^2]	허 용 지 지 력 q_a[tf/m^2]
연 속 기 초	1.0	$3.6\ N$	$\frac{3.6}{F} N$
원 형 기 초	1.3	$4.5\ N$	$\frac{4.5}{F} N$
정 사 각 형 기 초	1.3	$4.7\ N$	$\frac{4.7}{F} N$
직 사 각 형 기 초	$1 + 0.8\ B/L$	$3.6(1 + 0.3\ B/L)\ N$	$\frac{3.6(1 + 0.3B/L)}{F} N$

2) 점성토 지반

표준관입시험결과를 이용하여 점성토에서 다음의 값들을 결정할 수 있으나 사질토에 비하여 신뢰도가 낮고 편차도 큰 편이다.

① 컨시스턴시(그림12.6), 일축압축강도(표-12.3)

② 일축압축강도 : $q_u = (0.12 \sim 0.13)N = \frac{1}{8} N$ [kgf/cm^2]

③ 점착력 :

$c = 0.0625N$ [kgf/cm^2] (Terzaghi)

$c = 0.066N$ [kgf/cm^2] (Dunham)

일축압축강도로부터 점성토 ($\phi = 0$)의 점착력을 계산할 수 있다.

$c = 0.5q_u = 0.5(0.12 \sim 0.13)N = (0.060 \sim 0.065)N$ [kgf/cm^2]

④ 극한지지력 q_u, 허용지지력 q_a

Terzaghi 식에서 내부마찰각을 $\phi = 0$로 하면 지지력계수 $N_c = 5.7$ 이고 기초의 모양에 따른 형상계수 α를 적용하면 극한지지력 q_u는 $q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c = 5.7\alpha c$가 되므로 표-12.4에서와 같이 극한지지력 q_u와 허용지지력 q_a를 정할 수 있다. 그러나 이값은 편차범위가 커서 실용성이 적다.

실무자를 위한

연약지반 설계실무편람

著者 전 성 기

圖書出版 科學技術

② 재압밀침하

$$Sc = S_r \times \Delta P' / \Delta P$$

여기서 Sr : 재재하응력 $\Delta P'$ 에 의한 침하량

Sc : 제하응력 ΔP로 인하여 생기는 Rebound량

3) 2차 압밀침하(Ss)

2차 압밀침하량(Ss)의 계산은 log t, 1 Cycle 사이의 침하 또는 압축변형율과 동일하다고 간주하여 다음과 같이 계산한다.

$$Ss = \frac{\varepsilon d}{100} H_t \log \frac{tsec}{t}$$

여기서 Ss : 구하려는 2차 압밀침하량

H_t : 점토층 두께

tsec : 구하려는 Ss에 대응하는 시간

t : 1차압밀이 종료되는데 필요한 시간

εd : 2차 압밀계수

$$\varepsilon d : 1.35\text{-}3.49 \log \left(\frac{\Delta Pre \times U}{\Delta P}\right)$$

나. 기초지반의 즉시침하

1) 모래지반의 즉시침하

사질토의 침하량은 점성토의 침하량보다 작기 때문에 점성토와 사질토로 이루어진 지반에 있어서는 통상 사질토의 침하량은 고려하지 않으나, 모래층이 두껍고 큰 하중이 작용할 경우에는 이를 고려한다.

(1) B.K.HOUGH 제안식

B.K.HOUGH는 모래층의 N치에 따른 압력과 간극비의 관계(<그림 3.8.3> 참조)를 제시 하였으며, 이로부터 모래층의 침하량은 다음과 같이 산출한다.

$$Ss = \int_o^z \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} dz$$

$$= \frac{Cs}{1 + e_0} \log \frac{Po + \Delta P}{Po} Hs$$

10.5 참고문헌

지반의침하

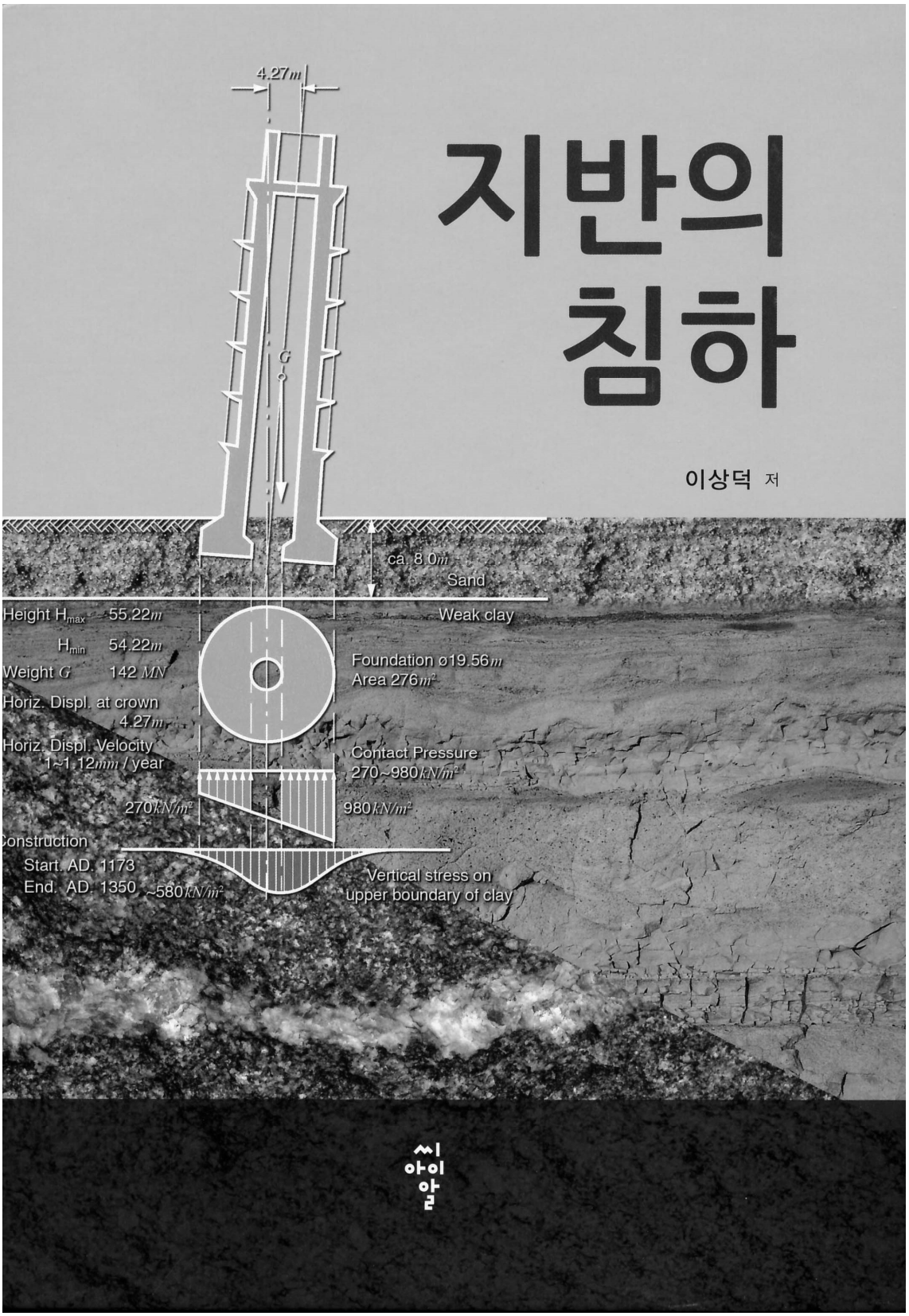


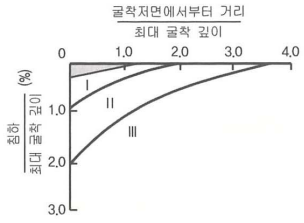
그림 6.7a 는 가로 축에는 **침하 영향권**을 (**최대 굴착깊이로 정규화**하여) 나타내고, 세로 축에는 **침하량을** (**굴착깊이로 정규화**하여) 나타낸 것이다. 지표침하는 흙막이 벽체의 배면 접촉부에서 가장 크고, 벽면에서 거리가 멀어질수록 서서히 감소하여 그 형상이 위로 오목한 배사곡선이 되며, 지반상태나 작업요건에 따라 일정한 영역에 국한되어 된다.

이때 지표침하의 형상은 지반상태와 작업조건에 따라 영향을 받으며, 지표침하의 영향영역은 다음과 같이 3 영역으로 구분한다.

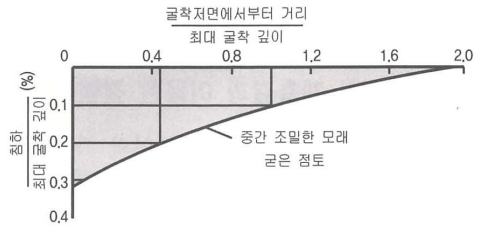
영역 I : 모래, 연약-단단한 점토에서 보통 작업조건하에 굴착하는 경우

영역 II : 1) 매우연약 - 연약 점토
굴착저면 하부에 **한정된 두께로 점토층**이 분포
굴착저면 하부에 **상당한 두께로 점토**가 분포한 경우 $N_b < 5.14$
2) 시공상문제로 침하가 발생한 경우

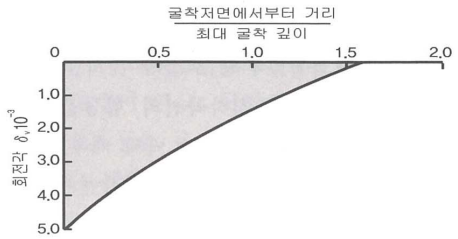
영역 III : 굴착저면 하부에 매우 연약-연약한 점토층이 상당한 두께로 존재 ;
단, $K_o = \frac{\gamma H}{Cb} > 5.14$



a) 지표침하형상 (Peck,1969)



b) 지표침하 (보통-조밀 모래, 양호한 작업조건)



c) 지표 침하량과 각변위 원적토에서 개략적 지표 (O'Rourke et. al, 1976)

그림 6.7 흙막이 벽체 배후 지표침하 예측

그림 6.9 는 모래지반에서 단계별로 버팀하면서 굴착할 때 벽체 배후지반의 지표변위를 벽체 배면으로부터 이격거리별로 나타낸 **연직 지표침하 곡선의 포락선**이다.

실제로 발생하는 지표침하 형상은 그림 6.9a 및 그림 6.9b 의 우측에 있는 개념도와 유사한 형상일 수 있다. 그렇지만 여기에서는 계산의 편리성을 위해 그림 6.9a 및 그림 6.9b 와 같이 직선으로 대체하거나, 그림 6.9c 와 같이 꺾인 직선으로 대체하여 벽체 배면으로부터 이격거리별 연직 지표침하를 추정하는 경우를 보여준다.

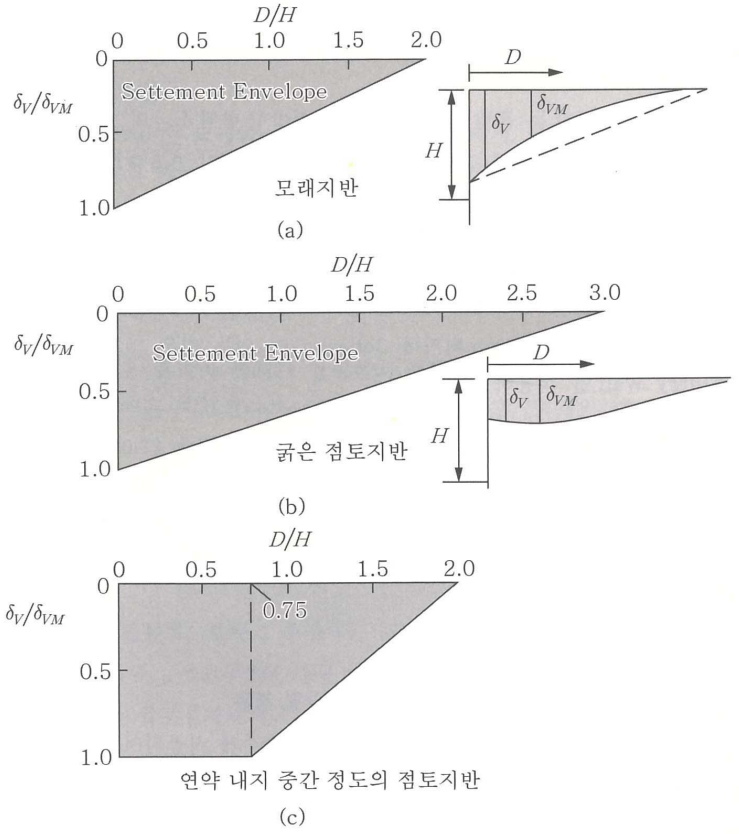


그림 6.9 모래지반에서 흙막이 벽체 배후지반의 지표침하 형상

10.5 참고문헌

안반역학

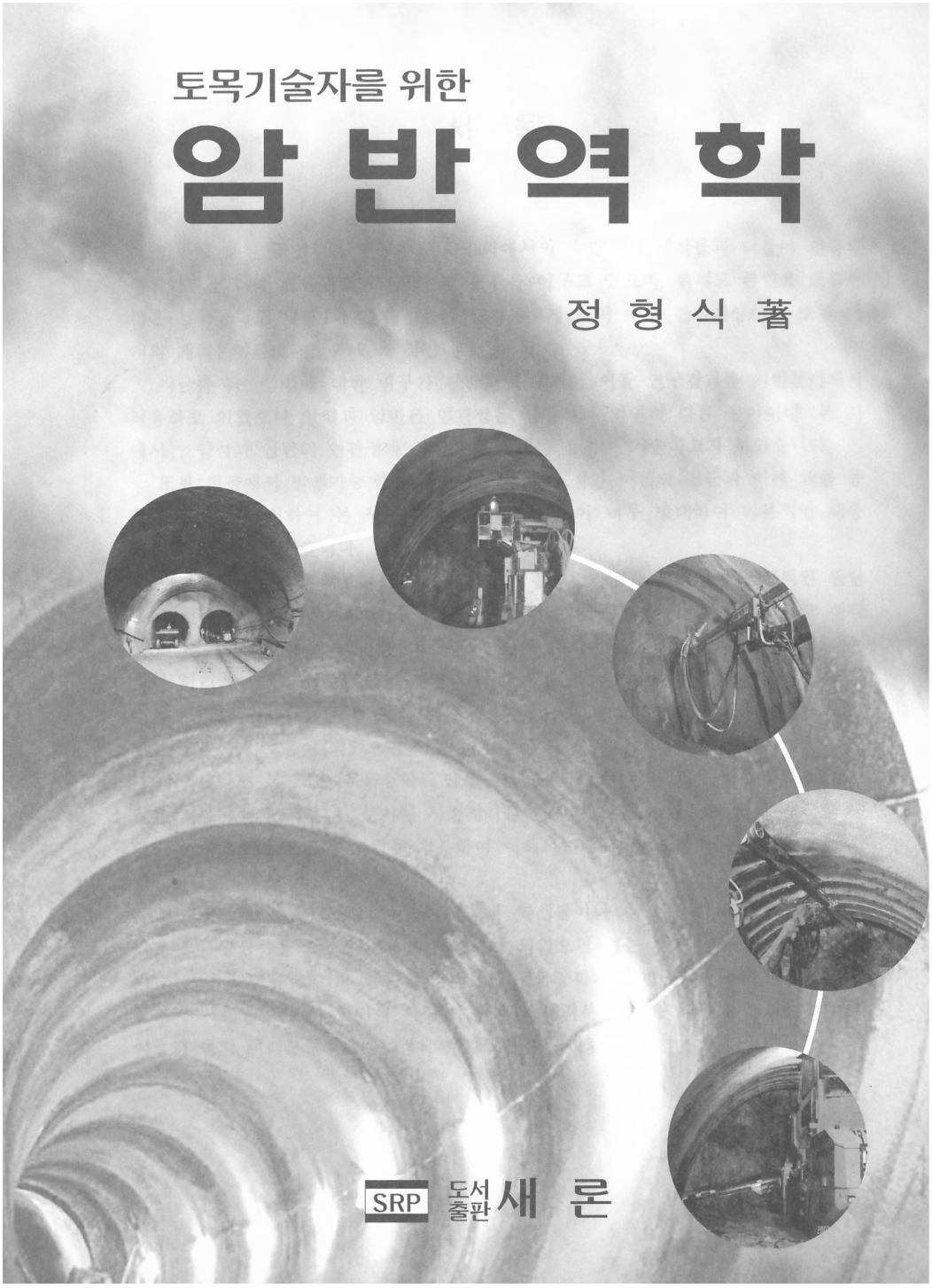


표 7.34 고속철도 시방서 지반분류(안)

지반 등급[1]	일축압축 강도 (kgf/cm²)	탄성파 속도[2], V_p (km/sec)	변형계수 (kgf/cm²)	지반 강도비[3]	시추코어의 상태[4]			현장육안관찰		굴착후 상태
					시추검층	TCR(%)	RQD(%)	해머타격	균열 상태	
풍화암	< 50	< 1.2	1,000~4,000	< 1	· 세편상으로 암편이 남아 있으나 단형 코어가 없음	-	-	· 약한 해머타격에 부서지고 일부 손으로도 부서짐	-	· 암내부에 풍화진행 · 암의구조 및 조직이 남아 있음
연암	50~250	1.2~2.5	4,000~10,000	1~4	· 암편상~세편상(각력상) · 원형코어가 적고 원형복구 곤란	< 40	< 10	· 해머로 치면 탁음을 내며 부서지며 균열이 되면서 갈라짐	< 5cm	· 암내부를 제외하고 풍화진행 · 점성토가 절리면 피복 · 세편상으로 나옴
보통암	250~500	2.5~3.5	10,000~50,000	> 4	· 대암편상~단주상 · 균일간격 10cm 내외 · 5cm 내외의 크기가 많고 원형복구가능	40~70	10~70	· 해머타격에 쉽게 갈라지며, 연속면을 따라 비교적 작은 조각으로 갈라짐	10cm 내외	· 균열을 따라 다소 풍화진행 · 장석 및 유색광물 일부 변색
경암	500~1,000	3.5~4.5	50,000~100,000	-	· 단주상~봉상 · 대체로 20cm 이하 코어가 1m당 5~6개 이상	> 70	70~90	· 강한 해머타격에 갈라지나 절리면을 따라 비교적 크게 갈라짐	5~15cm	· 대체로 신선 · 균열을 따라 약간풍화 · 암내부는 신선
극경암	> 1,000	> 4.5	>100,000	-	· 봉상~장주상 · 코어가 거의 20cm 이상 · 세편(작은조각)은 거의 포함되지 않은 상태	> 90	> 90	· 해머타격시 튀어오르고 여러번 타격시 갈라지나 신선한면이 나타남	20~50cm	· 대단히 신선 · 변질되지 않음

주) 1) 중생대 퇴적암류는 경암 이하, 퇴적암 및 응회암류는 중경암 이하로 분류하며 화산암, 심성암, 변성암류 및 규화된 퇴적암류는 지반등급의 제한이 없음

2) 현장탄성파속도로 터널상부 15m 범위내에 복수의 속도층이 있을 경우 저속도대층을 적용

3) 토피가 터널폭의 2배이상 500m미만에 적용

4) 시추 : · 코어직경이 50mm 이상
· 이중코어바렐 이상 사용
· 다이아몬드비트 사용

KDS 21 00 00 가시설물 설계기준

KDS 21 00 00 가시설물설계기준

KDS 21 30 00 : 2020

가설흙막이 설계기준

2020년 8월 18일 개정

http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

KC CODE

④ 굴착깊이가 깊거나 다층지반을 굴착하는 경우는 투수계수에 따라 침투수압이 변화되는 침투해석을 통한 안정성 검토를 실시하여야 한다.

(4) 벽체의 근입깊이는 안정검토 시 안전율이 **1.2** 이상이 되어야하며, 히빙이나 파이핑에 대하여도 안정한 깊이로 설치하여야 한다.

(5) 해석에 사용된 지반정수는 지반조사 자료를 토대로 산정하여야 한다.

(6) 각 조건의 설계 시 적용 안전율은 발주처의 기준을 우선하며, 별도의 기준이 없을 경우 표 **3.2-1**을 참조할 수 있다.

표 3.2-1 가설흙막이의 안전율

조건			안전율	비고
지반의 지지력			2.0	극한지지력에 대하여
활동			1.5	활동력(슬라이딩)에 대하여
전도			2.0	저항모멘트와 전도모멘트의 비
사면안정			1.1	1년 미만 단기안정성
근입깊이			1.2	수동 및 주동토압에 의한 모멘트 비
굴착저부의 안정	보일링	가설 (단기)	1.5	사질토 대상 단기는 굴착시점을 기준으로 2년 미만임
		영구 (장기)	2.0	
	히빙		1.5	점성토
지반앵커	사용기간 2년 미만		1.5	인발저항에 대한 안전율
	사용기간 2년 이상		2.5	

(7) 흙막이 공사 시공 중 응력 변형 등의 계측결과가 설계 시 예측된 값과 다를 경우 설계 내용을 재검토하여 시공 중 안전성을 확보할 수 있어야 하며 특히 지하수위 저하가 예측되거나 발생하는 경우 지반침하를 검토하도록 한다.

3.3 가시설 구조물 설계

3.3.1 재료의 허용응력

(1) 허용응력 할증계수

이 기준에서 제시된 허용응력 값들에 다음과 같은 할증계수를 곱하여 적용한다.

① 가시설구조물의 경우: **1.5**(철도하중 지지 시 **1.3**)

② 영구구조물로 사용되는 경우

가. 시공도중: **1.25**

나. 완료 후: **1.0**

③ 공사기간이 2년 미만인 경우에는 가설구조물로 2년 이상인 경우에는 영구구조물

표 3.3-1 가시설물에 사용되는 강재의 허용응력 (MPa)

종류		SS275, SM275, SHP275(W)	SM355, SHP355W	비고
축방향인장 (순단면)		240	315	
축방향압축 (총단면)		$\frac{l}{\gamma} \leqq 20$일 경우 240	$\frac{l}{\gamma} \leqq 16$일 경우 315	l(cm) : 유효좌굴장 γ(cm) : 단면2차반경
		$20 < \frac{l}{\gamma} \leqq 90$일 경우 $240 - 1.5\left(\frac{l}{\gamma} - 20\right)$	$16 < \frac{l}{\gamma} \leqq 80$일 경우 $315 - 2.2\left(\frac{l}{\gamma} - 16\right)$	
		$\frac{l}{\gamma} > 90$일 경우 $\left[\frac{1,875,000}{6,000 + \left(\frac{l}{\gamma}\right)^2}\right]$	$\frac{l}{\gamma} > 80$일 경우 $\left[\frac{1,900,000}{4,500 + \left(\frac{l}{\gamma}\right)^2}\right]$	
휨응력	인장연 (순단면)	240	315	
	압축연 (총단면)	$\frac{l}{\beta} \leqq 4.5;240$	$\frac{l}{\beta} \leqq 4.0;315$	l : 플랜지의 고정점 간 거리 β : 압축플랜지 폭
		$4.5 < \frac{l}{\beta} \leqq 30$ $240 - 2.9\left(\frac{l}{\beta} - 4.5\right)$	$4.0 < \frac{l}{\beta} \leqq 27$ $315 - 4.3\left(\frac{l}{\beta} - 4.0\right)$	
전단응력 (총단면)		135	180	
지압응력		360	465	강관과 강판
용접 강도	공장	모재의 100%	모재의 100%	
	현장	모재의 90%	모재의 90%	

주) 1) 엄지말뚝으로 H형강을 사용할 경우에는 KS F 4603(SHP)의 적합한 제품을 사용한다(참조. KCS 21 30 00).

2) 그 외 강재의 허용응력기준은 강교설계기준(허용응력설계법)을 참조한다(KDS 24 14 30, 2019).

② 강널말뚝

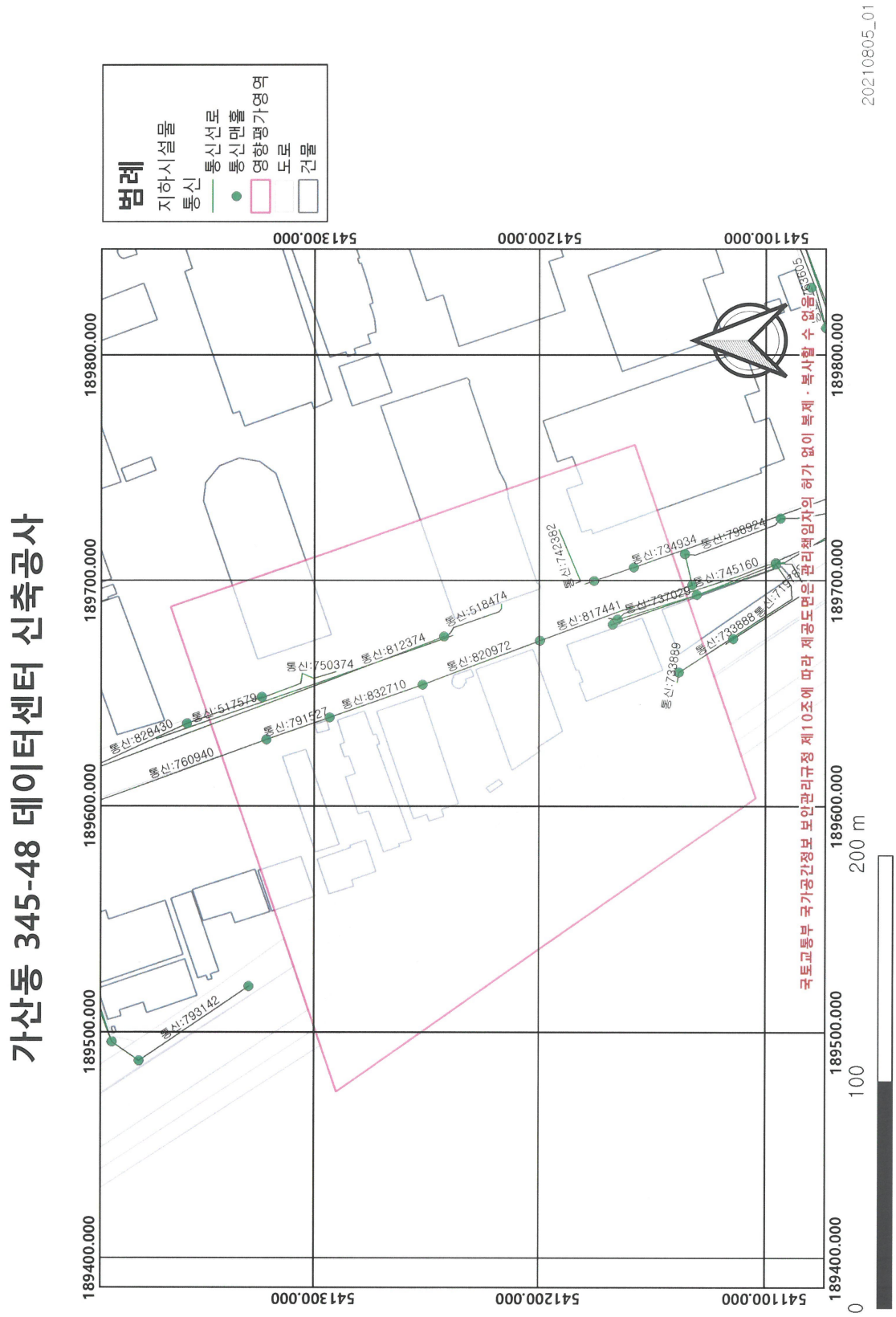
가. 강널말뚝의 허용응력은 표 3.3-2의 값 이하로 한다.

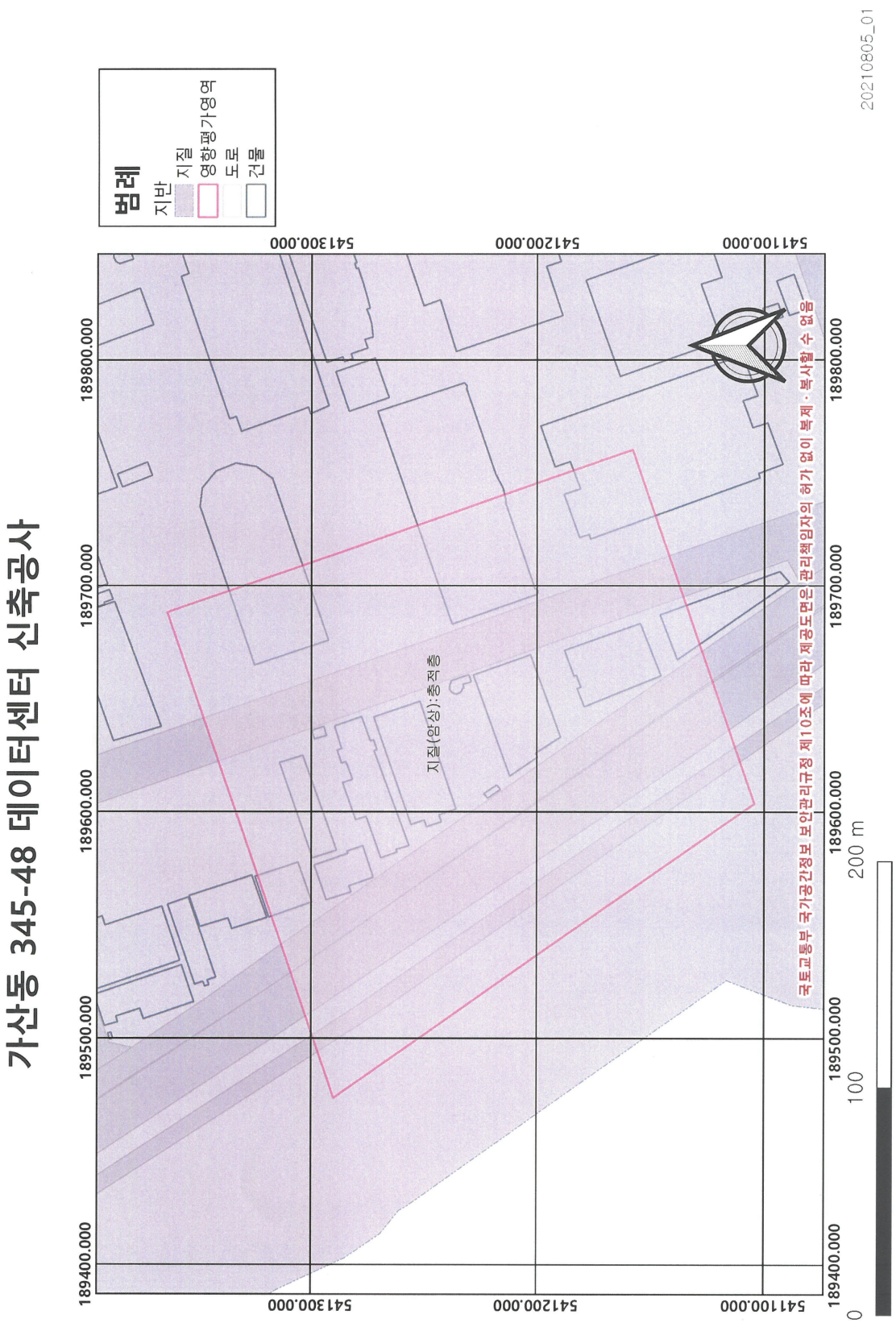
표 3.3-2 강널말뚝의 허용응력(MPa)

종류	SY300 SY300W	SY400 SY400W	비고
휨인장응력	180	240	※Type-W는 용접용
휨압축응력	180	240	
전단응력	100	135	

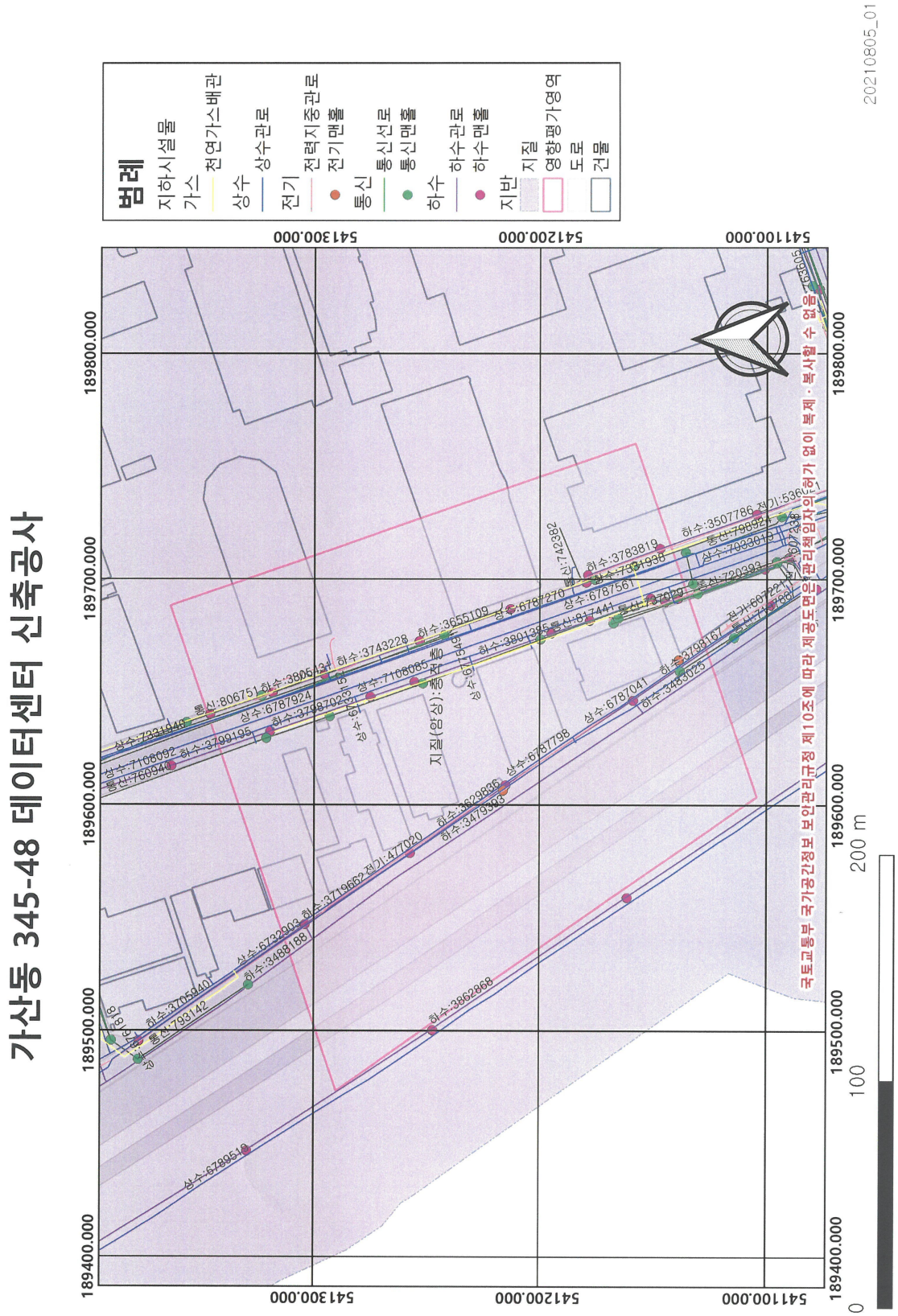
10.5 참고문헌

- 지하정보활용지원센터 제공 자료

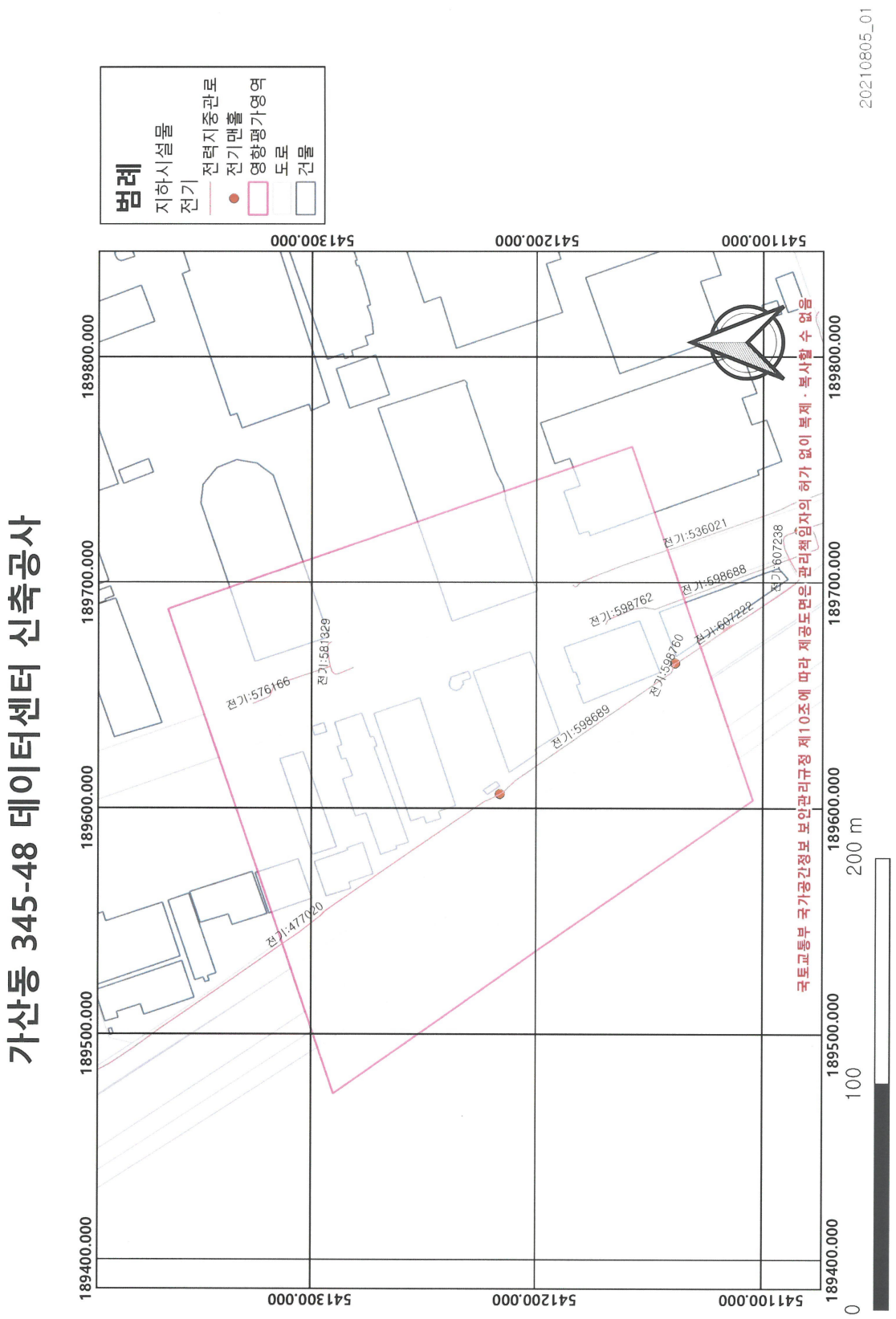


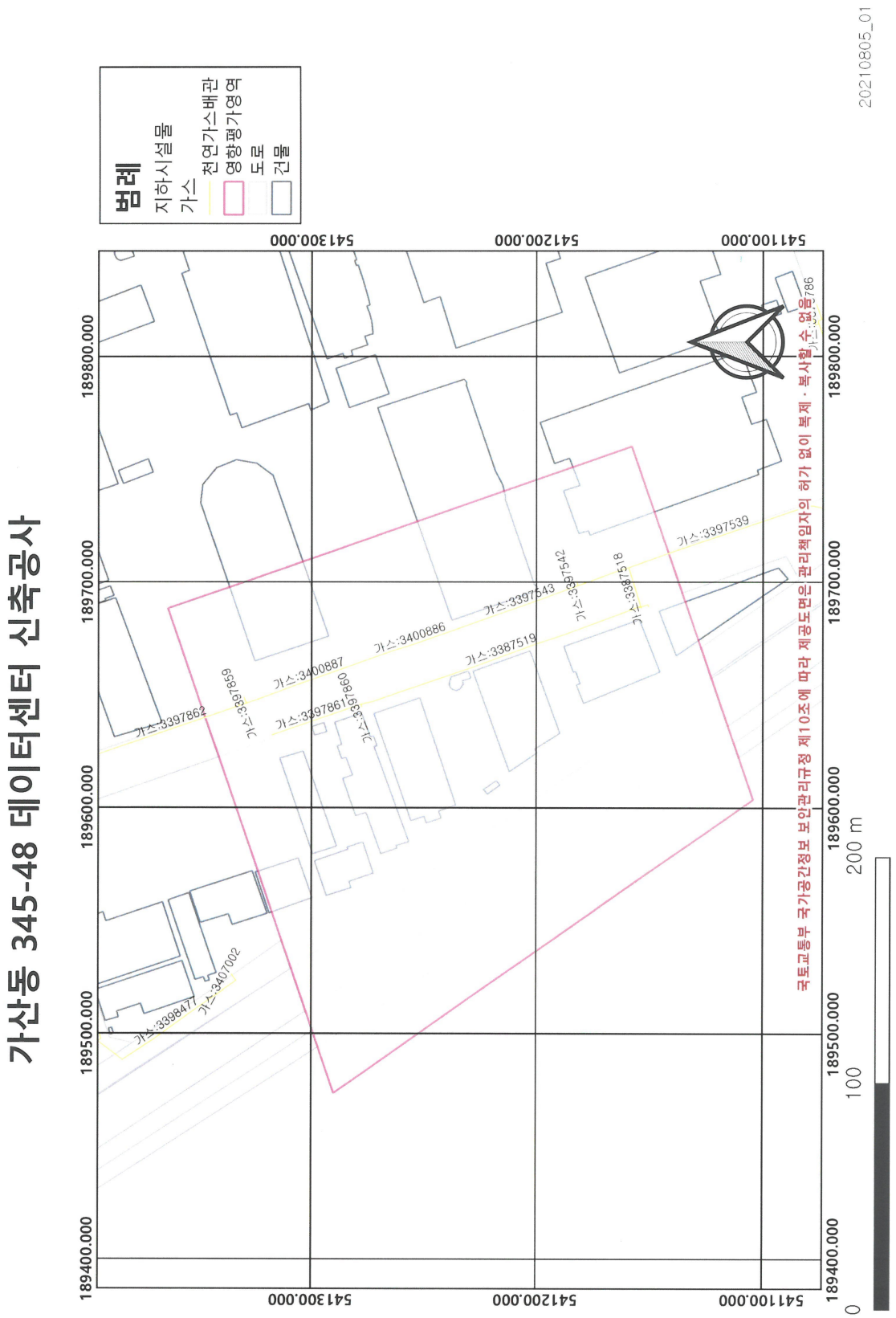

가산동 345-48 데이터센터 신축공사
범례
지반
지질
영향평가영역
도로
건물
지질(암상):층적층
20210805_01
189400.000
189500.000
189600.000
189700.000
189800.000
541300.000
541200.000
541100.000
0
100
200 m
국토교통부 국가공간정보 보안관리규정 제10조에 따라 제공도면은 관리책임자의 허가 없이 복제·복사할 수 없음

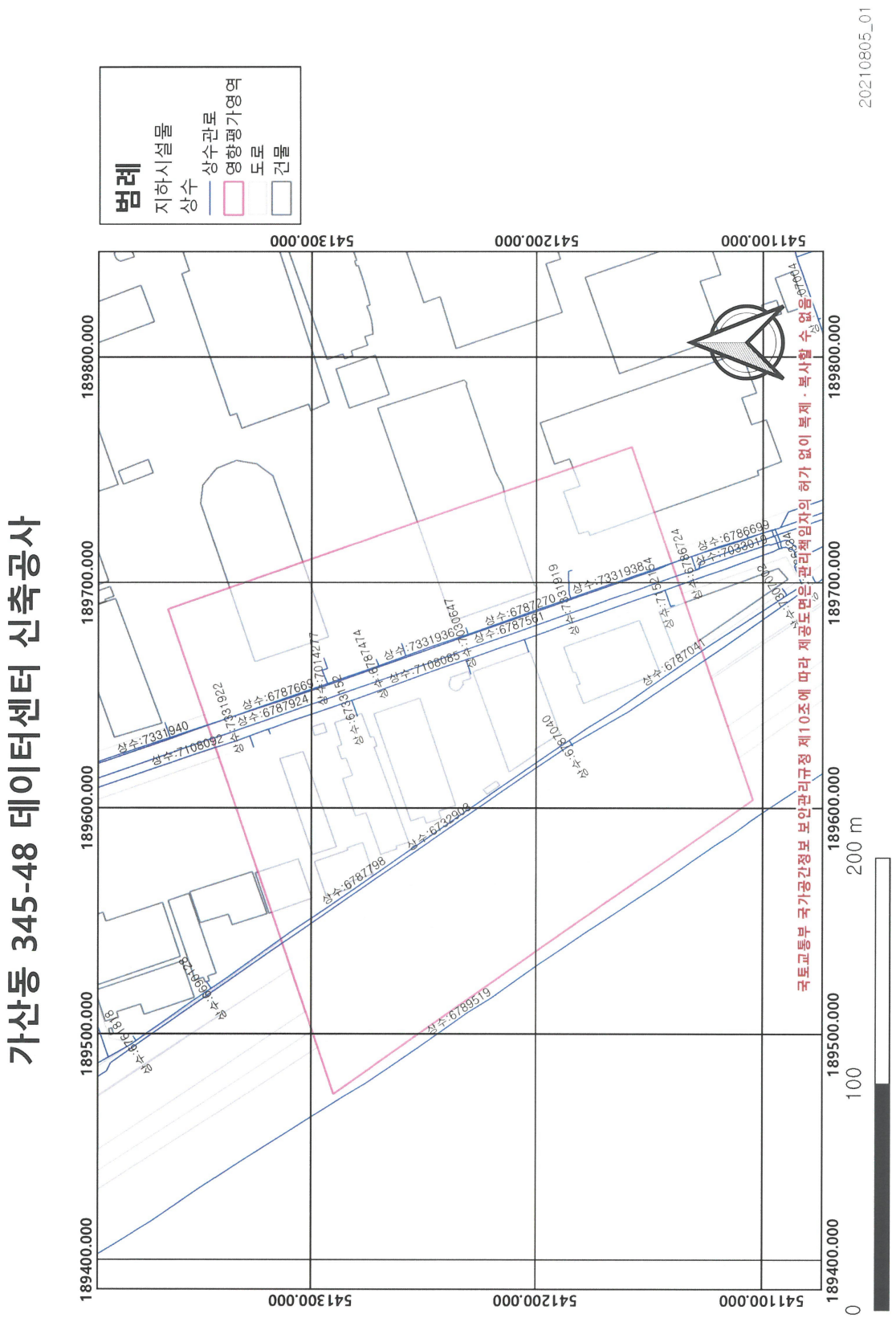
10.5 참고문헌

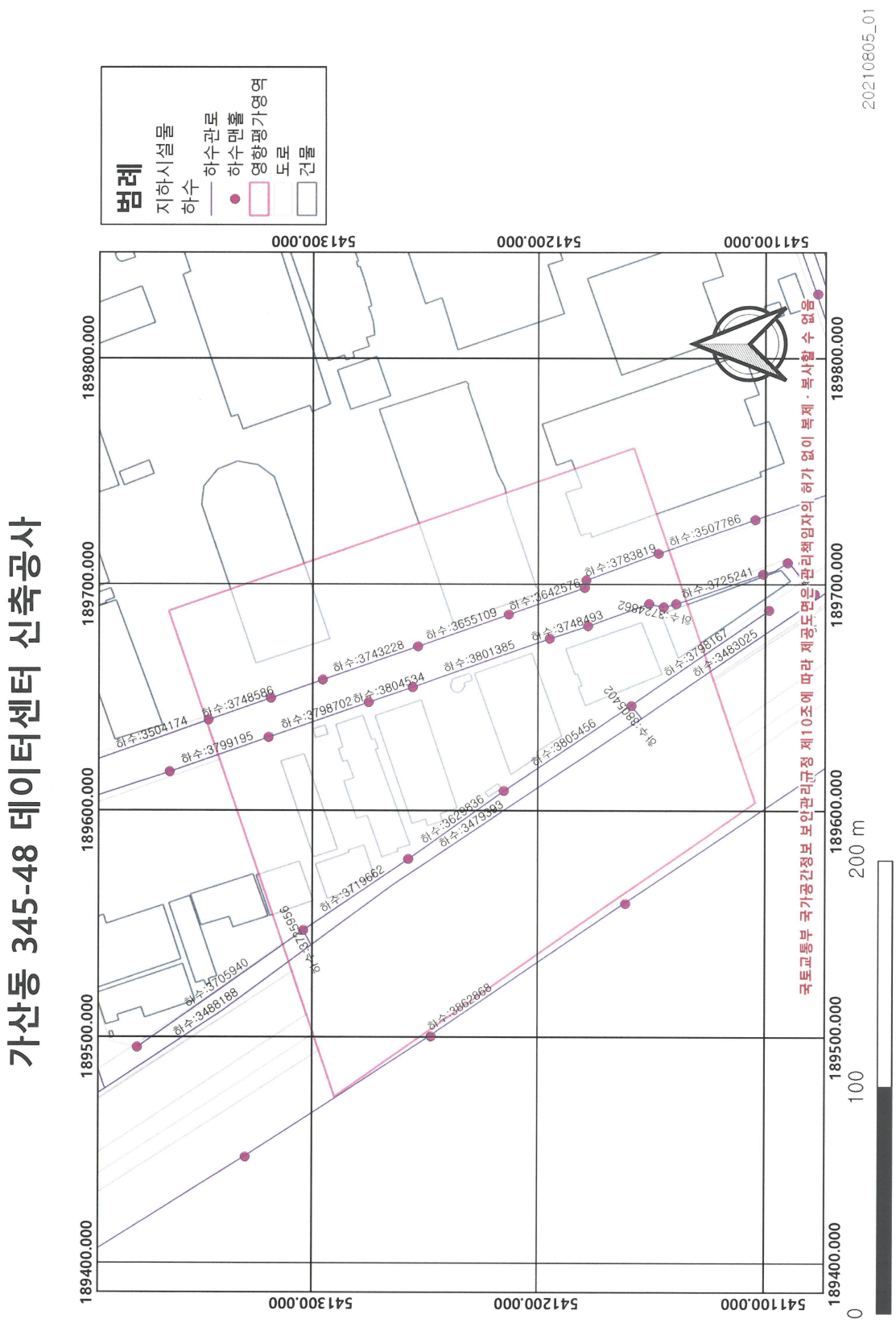

가산동 345-48 데이터센터 신축공사
범례
지하시설물
가스 천연가스배관
상수 상수관로
전기 전력지중관로
전기맨홀
통신 통신선로
통신맨홀
하수 하수관로
하수맨홀
지반 지질
영향평가영역
도로
건물
20210805_01
541100.000
541200.000
541300.000
189400.000
189500.000
189600.000
189700.000
189800.000
지질(암상):흙
국토교통부 국가공간정보 보안관리규정 제10조에 따라 제공도면은 관리책임자의 허가 없이 복제·복사할 수 없음
0
100
200 m

10.5 참고문헌


가산동 345-48 데이터센터 신축공사
범례
지하시설물
전기
전력지중관로
전기맨홀
영향평가영역
도로
건물
20210805_01
541300.000
541200.000
541100.000
189800.000
189700.000
189600.000
189500.000
189400.000
전기:576166
전기:581329
전기:477020
전기:598689
전기:598760
전기:598762
전기:598688
전기:607222
전기:607238
전기:536021
0
100
200 m
국토교통부 국가공간정보 보안관리규정 제10조에 따라 제공도면은 관리책임자의 허가 없이 복제·복사할 수 없음


가산동 345-48 데이터센터 신축공사
범례
지하시설물
가스
천연가스배관
영향평가영역
도로
건물
20210805_01
541300.000
541200.000
541100.000
189800.000
189700.000
189600.000
189500.000
189400.000
가스:3397862
가스:3397859
가스:3400887
가스:3400886
가스:3397861
가스:3397860
가스:3387519
가스:3397543
가스:3397542
가스:3387518
가스:3397539
가스:3398477
가스:3407002
0
100
200 m
국토교통부 국가공간정보 보안관리규정 제10조에 따라 제공도면은 관리책임자의 허가 없이 복제 · 복사할 수 없음


가산동 345-48 데이터센터 신축공사
범례
지하시설물
상수
상수관로
영향평가영역
도로
건물
20210805_01
541300.000
541200.000
541100.000
189800.000
189700.000
189600.000
189500.000
189400.000
0
100
200 m
국토교통부 국가공간정보 보안관리규정 제10조에 따라 제공도면은 관리책임자의 허가 없이 복제 · 복사할 수 없음


가산동 345-48 데이터센터 신축공사
범례
지하시설물
하수
하수관로
하수맨홀
영향평가영역
도로
건물
20210805_01
541300.000
541200.000
541100.000
189800.000
189700.000
189600.000
189500.000
189400.000
하수:3504174
하수:3748586
하수:3799195
하수:3798702
하수:3804534
하수:3743228
하수:3801385
하수:3655109
하수:3748493
하수:3642576
하수:3783819
하수:3507786
하수:3725241
하수:3798167
하수:3483025
하수:3805456
하수:3629536
하수:3479393
하수:3719662
하수:3705940
하수:3488188
하수:3862868
0
100
200 m
국토교통부 국가공간정보 보안관리규정 제10조에 따라 제공도면은 관리책임자의 허가 없이 복제·복사할 수 없음

용역 도급 계약서

지하개발사업자 **주식회사 가산아이월** (이하 '갑'이라 한다)와 수급사업자 시지이엔씨(주) (이하 '을'이라 한다)는 서로 협력하여 신의에 따라 성실히 계약을 이행한다.

'갑'과 '을'은 이 계약을 이행하는데 있어서 지하안전에 관한 특별법 및 관계법령의 제 규정을 준수한다.

이 계약과 내용이 배치되는 타 계약에 대해서는 특별법에 따라 이 계약에 의한 내용을 우선하여 적용 한다.

▪ **용역개요**

1. 용 역 명 : 가산동 345-48 데이터센터 신축공사 중 지하안전영향평가 용역
2. 대지위치 : 서울특별시 금천구 가산동 345-48
3. 대지면적 : 4,442.00 ㎡
4. 용　　도 : 방송통신시설(데이터센터)
5. 규　　모 : 지하 5층, 지상 10층
   1) 연면적 : 36,570 ㎡
   2) 지하 굴토깊이 : 지하안전에 관한 특별법 14조 및 같은법 시행령 13조의 굴착깊이(20.0m이상)
6. 업무범위 및 기간
   1) 업무범위 : 지하안전영향평가 용역
   2) 업무기간 : 2021. 03. ~ 승인시 까지
7. 계약금액 : 일금 칠천오백만원정　　(₩ 75,000,000-) / VAT 별도
8. 용역대가의 지급방법 (각각 부가가치세 별도)
   1) 접수시 : 일금 삼천칠백오십만원정　(₩37,500,000-)
   2) 완료시 : 일금 삼천칠백오십만원정　(₩37,500,000-)

2021년　03월　24일

'갑'(지하개발사업자)

주　　소 : 서울특별시 구로구 디지털로31길 12, 2층 36-6호 (구로동, 태평양물산)
상　　호 : 주식회사 가산아이월
대표자명 : 정 미 영　(인)

'을'(수급사업자)

주　　소 : 서울특별시 구로구 디지털로 27길 24, 811호
상　　호 : 시지이엔씨 주식회사
대표자명 : 장 혁 수　(인)
연 락 처 : 02) 2107-8400
등록번호 : 서울 제5호

지하안전영향평가용역계약 승계계약서

아시아신탁㈜(이하 "갑" 이라 함), 위탁자 (주)가산아이윌(이하 "을" 이라 함) 및 수급인 시지이엔씨(주)(이하 "병" 이라 함)는 "첨부" 의 지하안전영향평가용역계약서(이하 "지하안전평가용역계약" 이라 함)에 대하여 승계계약을 체결하고 이를 상호 신의와 성실로서 이행하기로 한다.

제 1 조 [용역개요]

사 업 명		가산동 345-48번지 데이터센터 개발사업
사업부지		서울특별시 금천구 가산동 345-48번지
계약금액		₩75,000,000.- (부가가치세 별도)
용역내용	건축현황	건축연면적 : 36,570㎡ 건축규모 : 지하5~지상10층, 방송통신시설(데이터센터)
	용역범위	지하안전영향평가 용역

제 2 조 [목 적] 본 승계계약은 "갑" 과 "을" 간에 2021. 02. 24. 체결한 담보신탁계약(이하 "신탁계약" 이라 한다) 및 2021. 04. 29. 체결한 신탁업무 협약서(이하 "신탁협약서" 라 하며, "신탁계약" 과 "신탁협약서" 를 총칭하여 "신탁계약 등" 이라 한다)에 따라 「가산동 345-48번지 데이터센터 개발사업」의 건축인허가를 "갑" 의 명의로 진행함에 있어 지하안전영향평가 관련 내용을 규정하는데 그 목적이 있다.

제 3 조 [권리.의무 승계] 본 승계계약에서 별도로 정함이 있는 것을 제외하고는 첨부한 지하안전영향평가 용역계약서상의 "을" 의 권리와 의무는 "갑" 이 승계하기로 한다.

제 4 조 [계약의 적용] 본 승계계약에도 불구하고 용역비의 지급 및 세금계산서 발행 등은 "을" 의 책임으로 처리하기로 하고, 본 승계계약과 관련한 일체의 의무(용역비 지급의무 등)에 대해 신탁재산 및 "갑" 의 업무범위를 초과하는 부분에 대해서는 "을" 이 전적인 책임을 진다는 내용을 "병" 은 인지하며 "갑" 에게 별도로 일체의 책임

을 청구할 수 없다.

제 5 조 [계약내용의 충분한 인지 등] "갑", "을", "병" 은 첨부한 지하안전영향평가 용역계약서 각 조항을 충분히 인지하고, 계약서에 기재된 제반 조항의 이행을 전제로 본 승계계약에 각 동의한다.

제 6 조 [신탁계약 등의 해지 시 승계계약상의 권리의무의 승계] "갑" 과 "을" 간의 "신탁계약 등" 의 해지 또는 종료시에 승계계약에 기한 "갑" 의 모든 행위 및 권리.의무는 "을" 에게 면책적으로 포괄 승계되며, 승계계약에 기한 건축주(사업주체)에 대한 모든 권리.의무도 계약변경 등 별도의 조치 없이 "을" 에게 면책적으로 포괄 승계한다.

제 7 조 [기타사항] 본 승계계약에서 정하지 아니한 사항은 "갑", "을", "병" 이 협의하여 정하기로 하되, 본 승계계약 체결 후 계약의 내용이 본 사업 "신탁계약 등" 과 상충될 경우, "신탁계약 등" 의 내용이 본 승계계약에 우선 적용되며, "갑" 이 인지하고 있는 첨부의 기존계약 이외 "을" 과 "병" 간 체결한 별도의 계약이 있을 경우, 본 사업과 관련한 사항이라 하더라도 이는 "갑" 에게 승계되지 아니하며, "을" 과 "병" 간 처리하기로 한다.

"갑", "을" 및 "병" 은 위와 같이 승계계약을 체결하고 이를 증명하기 위하여 계약서 3부를 작성한 후 아래 기명(서명)날인한 각 당사자가 1부씩 보관하기로 한다.

첨 부 : "을" 과 "병" 간에 체결한 지하안전영향평가 용역계약서 사본 1부.

10.6 계약서

2021년 4월 29일

"갑" 서울특별시 강남구 영동대로 416, 13층(대치동, 케이티앤지타워)
아시아신탁 주식회사
대 표 이 사 배 일 규 (인)

"을" 서울특별시 구로구 디지털로31길 12, 2층 넥스트데이 36-6호
(구로동, 태평양물산)
주식회사 가산아이월
사 내 이 사 정 미 영 (인)

"병" 서울특별시 구로구 디지털로 27길 24, 811호
시지이엔씨 주식회사
대 표 이 사 강 혁 수 (인)

10.7 설계도서

10.7.1 흙막이 가시설 구조계산서

가산동 345-48 데이터센터 신축공사
지하굴착 및 가시설 흙막이공사 관련
설 계 보 고 서

2021. 09

시 지 이 엔 씨 (주)
C.G. Engineering & Consulting Co., Ltd.
www.cgenc.com 한글도메인 : 시지이엔씨

10.7 설계도서

시 지 이 엔 씨 (주)
C. G. E & C CO., LTD.
TEL : 2107 - 8400, (代)FAX : 2107 - 8412

2021.09

수신 : 간삼 건축 귀하

제목 : 가산동 345-48 데이터센터 신축공사에 따른 지하굴착 및 가시설 흙막이공사 설계보고서

귀사에서 의뢰한 "가산동 345-48 데이터센터 신축공사에 따른 지하굴착 및 가시설 흙막이 공사" 설계 용역 업무를 과업지시서에 의거 완료하고 그 결과를 종합하여 본 보고서로 제출합니다.

서울특별시 구로구 구로동 212-16
시 지 이 엔 씨 (주)
대 표 이 사 장 혁 주
토질 및 기초 기 술 사 이 복 [illegible]

10.7 설계도서

가산동 345-48 데이터센터 신축공사
(SECTION A-L)_NBH-1

흙막이 가시설

구조 및 안정성검토 보고서

2021-09-15

by Ver W7.53

시지이엔씨주식회사

이 계산서는 SUNEX 프로그램의 일부로써 저작권법의 보호를 받습니다.
본 프로그램의 전부 또는 일부를 변경, 복제 할 수 없으며
타인에게 대여 양도 기타 처분 할 수 없습니다.

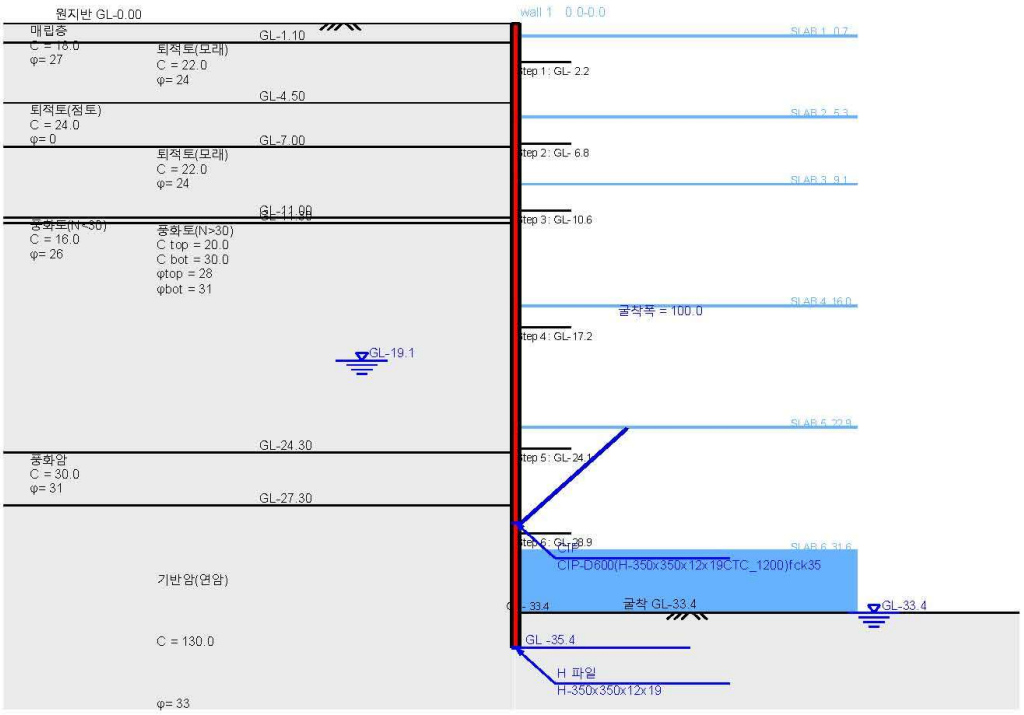
10.7 설계도서

목차

1. 표준단면도
2. 설계요약
3. 설계조건
4. CIP 설계
5. H 파일 설계
6. 버팀대 설계
   6.1 레이커 H-498x432x45x70 심도 28.4~28.4
7. 흙막이판(목재) 설계
8. 외적 안정성 및 굴착영향 검토
   8.1 벽체의 굴착 단계별 변위 검토
   8.2 침하영향검토
   8.3 근입장에 대한 안정검토
9. SUNEX 입력데이터
10. SUNEX 단계별 계산 결과 집계표
11. SUNEX 단계별 계산결과 그래픽(토압, 변위, 전단력, 모멘트)
12. 단계별 부재계산비교표

10.7 설계도서

1 표준단면도



Graphics by MetaDraw ©

사용부재

CIP

심도구간 : 0.0 m - 28.3 m 부재규격 : CIP-D600(H-350x350x12x19CTC_1200)fck35

H 파일

심도구간 : 28.3 m - 35.4 m 부재규격 : H-350x350x12x19

버팀대

1 단 설치심도 : 28.4 m 부재규격 : H-498x432x45x70

흙막이판

목재 심도구간 28.3 m - 33.4 m

지반특성

토층번호	심도 (m)	지반명칭	γt kN/m^3	γsub kN/m^3	C kN/m^2	φ 도	Ks kN/m^3
1	1.1	매립층	18.0	9.0	18.0	27	18,000.0
2	4.5	퇴적토(모래)	18.0	9.0	22.0	24	25,000.0
3	7	퇴적토(점토)	17.0	8.0	24.0	0	11,000.0
4	11	퇴적토(모래)	18.0	9.0	22.0	24	25,000.0
5	11.3	풍화토(N<30)	19.0	10.0	16.0	26	23,000.0
6	24.3	풍화토(N>30)	19.0	10.0	20.0	28	30,000.0
7	27.3	풍화암	20.0	11.0	30.0	31	33,000.0
8	70	기반암(연암)	26.0	14.0	130.0	33	58,000.0

10.7 설계도서

2 설계결과 요약

공종	위치/규격	검토사항	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
CIP 등가강도설계법 CIP-D600(H-350x350x12x19CTC_1200)fck35	심도 0.0~28.3	휨모멘트	kNm	903.3	1331.3	67.85 %	O.K
		전단력	kN	528.4	1241.3	42.57 %	O.K
		축방향력	kN	357.6	1319.5	27.10 %	O.K
		주철근량(양측합)	㎟	D32x9.0개	D32x12개		O.K
		띠철근간격	mm	225			O.K
		지지력	kN	214.6	706.5	30.38 %	O.K
H 파일(CIP근입) H-350X350X12X19	심도 0.0~28.3	압축응력	MPa	12.34	315.00	3.92 %	O.K
		휨응력	MPa	235.65	315.00	74.81 %	O.K
		합성응력	안전율	0.79	1.00	79.00 %	O.K
		전단응력	MPa	18.23	180.00	10.13 %	O.K
H 파일 H-350x350x12x19	심도 28.3~35.4	압축응력	MPa	24.68	225.75	10.93 %	O.K
		휨응력	MPa	182.23	270.77	67.30 %	O.K
		압축+휨	안전율	0.78	1.00	78.00 %	O.K
		전단응력	MPa	128.50	180.00	71.39 %	O.K
		지지력	kN	429.1	537.2	79.88 %	O.K
버팀대(레이커) H-498x432x45x70	심도 28.4~28.4	압축응력	MPa	31.7	211.4	15.00 %	O.K
		휨응력	MPa	2.6	262.5	0.99 %	O.K
		전단응력	MPa	1.1	180.0	0.61 %	O.K
		압축+휨	안전율	0.16	1.00	16.00 %	O.K
목재흙막이판	28.3~33.4	휨 두께	mm	58.1	100	58.10 %	O.K
		전단 두께	mm	30.9	100	30.90 %	O.K
안정성 검토	굴착깊이24.1	최대변위	mm	41.68	66.80	62.40 %	O.K
		변위율	변위/깊이	0.12 %	0.28 %	42.86 %	O.K
안정성 검토	굴착 GL-33.40	침하량	mm	16.33			O.K
		근입장	안전율	5.99	1.20	20.03 %	O.K

10.7 설계도서

3 설계조건

가 해석방법 : 탄소성보법

적용토압 : 굴착 및 해체시 = Rankine 토압

사용프로그램 : Ver W7.53 2009-670

나. 허용응력 할증

① 가설구조물에 대한 허용응력의 증가

가설구조물의 경우 1.50 (철도하중 지지시 1.3)

영구구조물로 사용되는 경우

시공도중 1.25

완료 후 1.00

② 고재사용시 허용응력 감소 0.90

공사기간이 2년 미만인 경우 가설구조물로, 2년 이상일 경우 영구구조물로 간주하여 설계한다.

다. 재료의 허용응력

재료의 허용응력은 다음을 기준으로 위 나.항에 따라 할증한다.

① 강재의 허용응력 MPa (가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2020, 표 3.3-1)

종류		SS275, SM275, SHP275(W)	SM355, SHP355W	SM460, SHT460 (주1)	
축방향인장 (순단면)		240	315	1.5 x 275 = 412.5	
축방향압축 (총단면)		$\frac{l}{\gamma} \leqq 20$일 경우 240	$\frac{l}{\gamma} \leqq 16$일 경우 315	$\frac{l}{\gamma} \leqq 6.5$일 경우 412.5	l(mm) : 유효좌굴장 γ(mm) : 단면2차반경
		$20 < \frac{l}{\gamma} \leqq 90$일 경우 $240 - 1.5\left(\frac{l}{\gamma} - 20\right)$	$16 < \frac{l}{\gamma} \leqq 80$일 경우 $315 - 2.2\left(\frac{l}{\gamma} - 16\right)$	$6.5 < \frac{l}{\gamma} \leqq 95$일 경우 $412.5 - 3.225\left(\frac{l}{\gamma} - 6.5\right)$	
		$\frac{l}{\gamma} > 90$일 경우 $\left[\frac{1,875,000}{6,000 + \left(\frac{l}{\gamma}\right)^2}\right]$	$\frac{l}{\gamma} > 80$일 경우 $\left[\frac{1,900,000}{4,500 + \left(\frac{l}{\gamma}\right)^2}\right]$	$\frac{l}{\gamma} > 95$일 경우 $\left[\frac{777,000}{\left(\frac{l}{\gamma}\right)^2}\right]$	
휨응력	인장연 (순단면)	240	315	1.5 x 275 = 412.5	
	압축연 (총단면)	$\frac{l}{\beta} \leqq 4.5$; 240	$\frac{l}{\beta} \leqq 4.0$; 315	$\frac{l}{\beta} \leqq 3.35$; 412.5(주2, 3)	l : 플랜지의 고정점 간 거리 β : 압축플랜지 폭
		$4.5 < \frac{l}{\beta} \leqq 30$ $240 - 2.9\left(\frac{l}{\beta} - 4.5\right)$	$4.0 < \frac{l}{\beta} \leqq 27$ $315 - 4.3\left(\frac{l}{\beta} - 4.0\right)$	$3.35 < \frac{l}{\beta} \leqq 24.8$ $412.5 - 10.431\left(\frac{l}{\beta} - 3.35\right)$	
전단응력(총단면)		135	180	1.5 x 160 = 240	
지압응력		360	465	1.5 x 415=622.5	
용접 강도	공장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	
	현장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	

가설할증율 1.5가 곱해진 값임

10.7 설계도서

주)

1) SHT460 강재에 대한 허용응력은 강교설계기준(KDS 24 14 30, 2019)에서 같은 항복강도를 가지는 SM460(t=16mm 이하)과 같은 값을 적용하였다.
2) 가설 흙막이 기준에 SM460에 대한 허용휨응력이 없어 SM355와 도로교설계기준의 종전 강재 SM570에 대한 값을 보간법으로 구함.
3) 강교설계기준에서는 허용휨응력을 구할 때 허용축방향압축응력을 구하는 것과 같은 방법으로 구하되 세장비 대신에 등가세장비 (l/r)e를 사용하도록 한다. (강교설계기준 4.2.2 표4.2-2 (b), 박스형거더의 경우에 적용).

② 강널말뚝 MPa (가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2020, 표 3.3-2)

종 류		SY300, SY300W	SY400, SY400W	비 고
휨응력	인장응력	180	240	* Type-W는 용접용
	압축응력	180	240	
전단응력		100	135	

③ 볼트의 허용응력 MPa (가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2020, 표 3.3-3)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	90 (SM400 기준)	100 (SS275 기준)
	지 압	190	220
고장력 볼트	전 단	150	150 (F8T 기준)
	지 압	235 (SM400기준)	270 (SS275 기준)

SS275기준은 한국강구조 학회 안임

④ 목재의 허용응력 MPa
(가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2020, 표 3.3-2)

목재종류		허용응력 MPa		
		휨	압축	전단
침엽수	소나무, 해송, 낙엽송, 노송나무, 솔송나무, 미송	9	8	0.7
	삼나무, 가문비나무, 미삼나무, 전나무	7	6	0.5
활엽수	참나무	13	9	1.4
	밤나무, 느티나무, 졸참나무, 너도밤나무	10	7	1.0

⑤ 흙막이판용 강판의 허용응력 Mpa
(도로교설계기준 2010, 표 3.3.4, 표 3.3.5), KDS 24 14 30 2019 표 4.2-1)

강재의 종류	허용응력 MPa		
	휨	압축	전단
SS400 SM400	140	140	80
SM490	190	190	110
SS275, SM275, SHP275(W)	160	160	90
SM355,SHP355(W)	210	210	120

⑥ 콘크리트의 허용응력 MPa

허용 휨 압축응력 $f_{ca} = 0.4\ f_{ck}$

허용 전단응력 $v_a = 0.08\sqrt{f_{ck}}$

전단보강철근과 콘크리트에 의해 허용되는 최대전단응력 = $v_{ca} + 0.32\sqrt{f_{ck}}$

10.7 설계도서

⑦ 철근의 허용(압축 및 인장)응력 (가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2016, 식 3.3-3 ~ 4)

가). 허용휨인장응력

$f_{sa} = 0.5\ f_y$

나). 허용압축응력

$f_{sa} = 0.4\ f_y$

라. 가설흙막이의 안전율 (KDS 21 30 00:2020, 표 3.2-1)

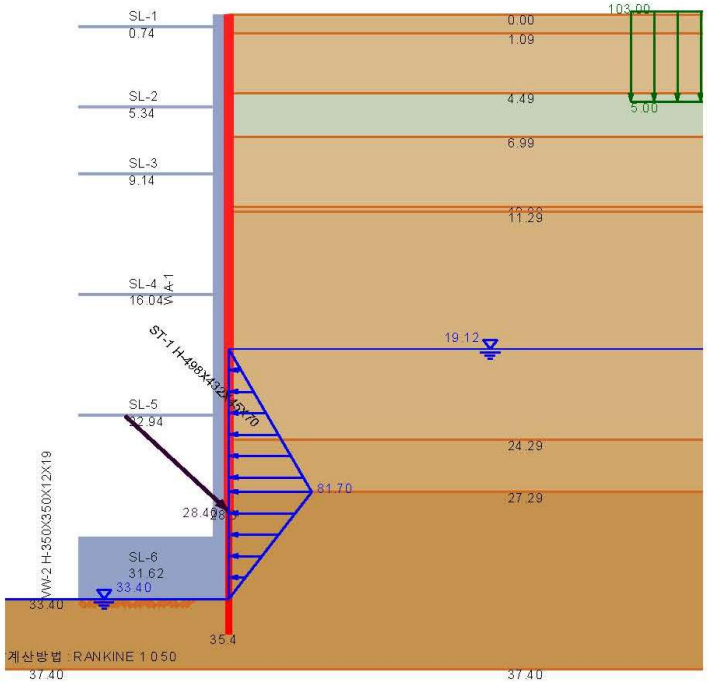
조건			안전율	비고
지반의 지지력			2	극한지지력에 대하여
활동			1.5	활동력(슬라이딩)에 대하여
전도			2	저항모멘트와 전도모멘트의 비
사면안정			1.1	1년 미만 단기안정성
근입깊이			1.2	수동및 주동토압에 의한 모멘트 비
굴착저부의안정	보일링	단기	1.5	사질토 대상, 단기는 2년 미만
		장기	2	
	히빙		1.5	점성도
지반앵커	사용기간2년 비만		1.5	인발저항에 대한 안전율
	사용기간2년 이상		2.5	

마. 벽체의 최대 수평변위 입력치 : 굴착깊이의 0.2 %

벽체 상단의 최대 허용변위 입력치 : mm

이 기준을 초과할 때는 주변시설물에 대한 별도의 안정검토가 필요하다.

바. 계산에 적용된 과재하중, 건물하중, 경사면성토하중, 수압등은 다음과 같다.

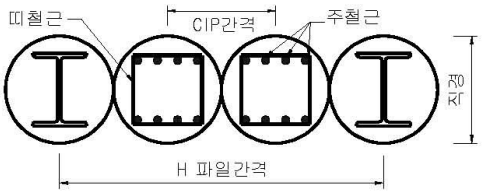


10.7 설계도서

4 CIP 설계

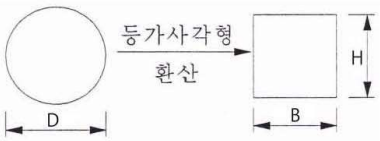
[1] 설계조건

D = 600 mm. CIP의 직경
fck = 35.0 MPa, 콘크리트 설계강도
fsa = 250 MPa, 철근의 허용인장강도
fy = 500 MPa, 철근의 항복강도



콘크리트 타설조건 = 2 (정수중에 타설. 감소율 0.8)
fck = 28.0 MPa, 감소된 콘크리트 설계강도

Dmain = 32사용 철근직경
최소 철근 개수(전체원주) = 12 개
DShear = 16사용 전단 철근 직경
dt = 80 mm, 철근의 피복



가설부재 할증율 = 1.50
하중계수(토압및수압) = 1.60
설계방법 : 원형단면을 등가사각형 단면으로 환산하여 강도설계법으로 설계한다.
설계기준 : KDS 14 20 00 콘크리트구조설계(강도설계법) 및 그 하위기준

[2] 발생하는 최대 모멘트 및 전단력

SUNEX 결과 최대 모멘트 cMmax = 903.3 kNm
SUNEX 결과 최대 전단력 cSmax = 528.4 kN
CIP 한개당 = 최대모멘트 x CIP 간격 = 903.3 x 0.60 = 542.0 kNm
CIP 한개당 = 최대전단력 x CIP 간격 = 528.4 x 0.60 = 317.0 kN
환산하중계수 = 하중계수 / 가시설할증율 = 1.60 / 1.50 = 1.067
▶ Mu = Mmax x 환산하중계수 = 542.0 x 1.067 = 578.1 kNm, (계수모멘트)
▶ Su = Smax x 환산하중계수 = 317.0 x 1.067 = 338.2 kN, (계수전단력)

[3] 휨철근량 계산

(1) 기본요소 계산

A = π x D^2 / 4 = π x 600^2/4 = 282,743.34 ㎟, 콘크리트의 단면적
B = √(A) = √(282,743.3) = 531.74 ㎟, 환산단면의 폭
H = 532 mm, 환산단면의 높이
dt = 80mm, 인장 철근의 피복두께
dt1= 80mm, 압축 철근의 피복두께
d = H - d' = 531.7 - 80 = 452mm, 보의 유효높이

균형철근비 계산
fck <= 28 이므로 β1 = 0.85

$$pb = 0.85 \frac{fck}{fy} \beta 1 \frac{600}{600 + fy} = 0.85 \times \frac{28.0}{500} \times 0.850 \times \frac{600}{1,100} = 0.02207$$

최대철근비 계산 (KDS 14 20 20 4.1.2 (5))

$$\varepsilon cu \qquad 0.85\ fck$$

10.7 설계도서

$$pmax = \frac{\varepsilon amin + \varepsilon cu}{\varepsilon amin + \varepsilon cu} \times \frac{}{fy} \quad \text{(최대철근비)}$$

εcu = 0.003 (콘크리트의 최대 변형율)

εamin = MAX (0.004, 2εy) (철근의 최대 허용변형량)

= MAX (0.004, 2 x fy / Es) = MAX (0.004, 2 x 500 / 200,000) = 0.0050

$$pmax = \frac{0.003}{0.0050 + 0.003} \times \frac{0.85 \times 28.0}{500} = 0.01785$$

설계휨강도 계산

$$a = \frac{fy\ Pmax\ d}{0.85\ fck} = \frac{500 \times 0.01785 \times 451.7}{0.85 \times 28.0} = 169.4\ mm$$

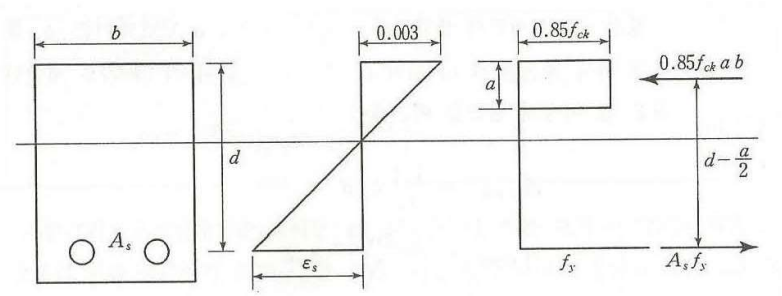
Md = Φ Pmax b d fy (d - a / 2)

= 0.85 x 0.01785 x 531.7 x 451.7 x 500 x (451.7 - 169.40 / 2)

= 668,831,030 (N.mm) = 668.83 kN m

(2) 철근량 계산 (단철근보)

Mu (계수모멘트) = 578.13 < Md (설계모멘트) = 668.8 kN m 이므로 단철근으로 계산 한다.



a = 141.5 mm 로 가정하고 철근량 계산

$$As = \frac{Mu \times 10\text{^}6}{\Phi\ fy\ (d - a / 2)} = \frac{578.13 \times 10\text{^}6}{0.85 \times 500 \times (451.7 - 141.5 / 2)} = 3{,}570.3\ mm^2$$

a 를 체크, $a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fck\ b} = \frac{3{,}570.31 \times 500.0}{0.85 \times 28 \times 532} = 141.1\ (mm)$ OK

$$As = \frac{Mu \times 10\text{^}6}{\Phi\ fy\ (d - a / 2)} = \frac{578.13 \times 10\text{^}6}{0.85 \times 500 \times (451.7 - 141.1 / 2)} = 3{,}568.4\ mm^2$$

10.7 설계도서

가정치와 근접하므로 OK

(3) 배근

$$n\ (\text{소요철근개수}) = \frac{\text{소요단면적 (AsReq)}}{\text{D32의 단면적}} = \frac{3,568.4}{794.2} = 4.5$$

소요철근개수 4.5 이 최소철근개수(12/2) = 6.0보다 작으므로 6 개를 양측에 각각 사용한다.

▶ D32 - 6 EA, As = 4,765.20 ㎟ : 양측에 각각 사용

[4] 전단력에 대한 검토 (KDS 14 20 22 2016 콘크리트구조 전단 및 비틀림 설계기준)

(1) 띠철근의 최소 시방 기준

최소간격기준 (KDS 21 30 00)

주철근 직경의 12배 = 32 x 12 = 384

300 mm 중 작은값

따라서 최소간격 Smin1 = 300 mm

최소철근량 기준(KDS 14 20 22 2016, 4.3.3)

최소철근량 Asvmin = 0.35 x b x s / Shfy 에서

소요간격 s = Av x Shfy /(0.35 x b)

Av = 띠철근 D16을 사용할 때 = 2 * 198.6 = 397.2 띠철근이므로 2배한다.)

smin2 = 397.2 * 300.00 /(0.35 x 532) = 640 mm

(2) 작용하는 전단력 vu

계수전단력 Vu = Su = 338.2 kN

(3) 콘크리트의 단면이 받을 수 있는 설계전단력 vd

설계전단력 $vd = \Phi\ Vc = \Phi\ 1/6\ \sqrt{fck}\ b\ d$

$= 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{(28)} \times 531.7 \times 451.7$

$= 158,880\ (N) = 158.9\ kN$

(4) 작용하는 전단응력과 설계전단력을 비교하여 띠철근의 간격결정

Case 1) vu > vd/2 : 철근 불필요, 최소 시방규격 간격으로 배근한다. Φ Vc/2 = 79.4kN

Case 2) vd/2 < vu < vd : 기본 철근 배근

Case 3-1) vd < vu < 3vd : 철근필요, 간격계산, 최소간격 = d/2, 3 Φ Vc = 476.6

Case 3-2) 3vd < vu < 5vd : 철근필요, 간격계산, 최소간격 = d/4, 5 Φ Vc = 794.4

Case 4) vu > 5vd : 단면을 키워야 한다.

Case 3-1 에 해당

v < 3vd 이므로 Case 3-1 에 해당, 철근량 계산, 최소간격 = d/2

Φ Vc < vu < = 3 Φvc 이므로 Case 3-1)에 해당, 철근량 계산

부족한 전단력을 철근이 부담하는 것으로 하며 소요간격 S 를 구함

S = Φ Av Shfy d / ((vu - vd) *1000) = 0.75 x 300 x 451.7 / ((338.2 - 158.9) * 1000) = 225.2 mm

최소철근간격기준 Smin1 = 300.0, 최소철근량기준 Smin2 = 640.3, d/2 = 225.9 비교

10.7 설계도서

▶ 최소치 S = 225 mm

(1) 모멘트에 대한 안전

휨 철근 Asused = 4,765.2 을 사용했을 때의 허용모멘트를 구하여
작용모멘트와 비교함

a = Asused x fy / (0.85 x fck x b)

= 4,765.2 x 500 / (0.85 x 28 x 531.7) = 188.3 mm

Ma = Asused x fy x (d - a/2) = 4,765.2 x 500.0 x (451.7 - 188.3/2) = 852,022,140 Nmm = 852.0 kNm

SUNEX 해석결과와 직접비교하기 위하여 환산하중계수를 감안하고 1m 당으로 환산하면

Ma = Ma / (환산하중계수 x CIP간격) = 852.0 / (1.07 x 0.6) = 1,331.3 kNm

▶ Fsm = Mmax / Mallow = 903.3 / 1,331.3 = 0.68 O.K (휨모멘트)

(2) 전단력에 대한 안전

CIP 콘크리트에서 최대 설계 전단력과 작용하는 전단력을 비교하여 안전 판단 함

콘크리트의 최대 설계전단력 Sa = Φ 5/6 √fck x b x d = 5 vd

최대허용전단력 Sa = 5 x 158.9 = 794,402 N = 794.4kN(철근콘크리트에서 최대로 허용되는 전단력)

SUNEX 해석결과와 직접비교하기 위하여 1m 당으로 환산하면

Sa = Sa / (환산하중계수 x CIP간격) = 794.4 / (1.07 x 0.6) = 1,241.3 kN

▶ Fss = Smax / Sallow = 528.4 / 1,241.3 = 0.43 O.K (전단력)

(3) 축력에 대한 안전

최대축력 Pmax = 357.6 kN/m (축방향력 및 지지력 계산 근거 참조)

벽체에 작용하는 최대축력이 Pa 보다 작으면 축하중의 영향을 무시할 수 있으며,

더 크면 축하중에 대한 상세한 검토가 필요하다.(KDS 14.2.20 4.12)

Pa = 0.10 fck Ag = 0.10 x 28.00 x 531.7 x 531.7 = 791681 N = 791.7 kN

Pa = 791.7 / 0.6 = 1,319.5 kN/m (1m 당)

Pmax = 357.6Pa = 1,319.5

▶ Fsp = 357.6 / 1,319.5 = 0.27 O.K (축방향력)

[6] 흙막이 벽체에 작용하는 복공 및 수직 하중의 산출근거

계산폭 = 1.00m 당

하중종류	산출근거	하중kN
1) 버팀대 중량	버팀대평균중량/버팀대간격 x 버팀대길이/2 x 버팀대 단수 6.05/3 x 15.4/2 x 1	15.52
2) 기타	피스브라켓, 브레이싱 등, 위 고정하중의 5% 15.52 x 5%	0.78
3) 측면벽체	(벽체중량/m) * 계산폭 * 벽체깊이 CIP-D600(H-350x350x1(11.77kN/m) x 1.00 x 28.3 = 333.23 H-350x350x12x19 (1.14kN/m) x 1.00 x 7.1 = 8.08	341.31
하중의 합계	고정하중 + 활하중 357.60 + 0.00	357.60

10.7 설계도서

1m 당 수직하중 = 357.60 / 1.00 = 357.60

[7] 지지력에 대한 검토 (벽체 간격 0.60 m당)

(1) 계산식

벽체에 작용하는 하중이 벽체의 허용지지력에 대해서 안전한지 검토한다.

말뚝의 지지력은 Myerhof의 지지력 공식을 사용한다.(구조물기초설계기준 해석식 5.2.14)

Qu = m N Ap + n Ns As

여기서 Qu : 말뚝의 극한지지력 kN

m : 극한지지력을 결정하는 계수, 타입말뚝 = 300, 매입말뚝 = 250, 현장타설말뚝 = 100

N : 말뚝선단지반의 표준관입시험치, 보정후

Ap : 말뚝선단면적 (㎡), H형강의 경우 HxB, 파이프의 경우 내부가 채워진 것으로 보고 계산

n : 극한주면마찰력을 결정하는 계수 타입말뚝 = 2, 매입말뚝 = 2.5, 현장타설말뚝 = 3.3

Ns : 말뚝근입부분의 평균 표준관입시험치, 보정후

As : 말뚝근입부분의 주면적(周面積) (㎡)

Qa = Qu / Fs

Qa : 말뚝의 허용지지력 kN

Fs : 안전율 영구시 = 3.0, 가설시 2.0

(2) 입력데이터

흙막이 벽의 종류 = CIP-D600(H-350x350x12x19CTC_1200)fck35 간격 = 1.00

말뚝선단지반의 N = 50

말뚝의 형태 = 현장타설말뚝 m = 100 n = 3.3

말뚝의 근입깊이 = Maxof(-5.1,0) = 0.0 m

(3) 허용지지력 계산

m = 100

Ap = 흙막이벽체 단면적 x 간격 = 0.471 x 0.60 = 0.283 ㎡

n = 3.3

근입깊이 = 벽체깊이 - 굴착깊이 = 28.3 - 33.4 = 0.0 m

As = 근입깊이 x 주변장 = 0.0 x 1.200 = 0.000 ㎡

Qu = m x N x Ap + n x Ns x As

= 100 x 50 x 0.2826 + 3.3 x 50 x 0.000 = 1413.0 + 0.0 = 1413.0 kN

Qa = Qu / 안전율 = 1413.0 / 2.0 = 706.5 kN

(4) 지지력에 대한 안전

▶작용하는 최대 연직력 = 357.60 x 0.60 = 214.6 kN < Qa = 706.5 kN 따라서 O.K

10.7 설계도서

4 H 파일(CIP근입) 설계

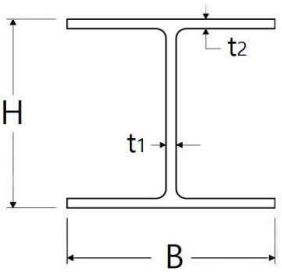
[1] 설계조건

구 간 : 0.0 m - 28.3 m 구간의 전단력 모멘트중에서 최대치로 설계한다.

사용부재 = H-350X350X12X19

사용강재의 인장강도등급 = 210 : 대표강종 SM355, SHP355 W, SGT355

H(mm)	350
B(mm)	350
t1(mm)	12
t2(mm)	19
A(㎟)	17,390
Ix(㎟⁴)	403,000,000
Zx(㎟)	2,300,000
rx(mm)	152.0
ry(mm)	88.4
Aw(㎟)	17,390



Aw = A = 17,390 ㎟

(전단 단면적, 콘크리트로 둘러쌓여 있어 H 형강 전체 면적으로 본다. KDS 14 31 10의 4.2.8.2.3)

고재감소율 = 1.00

가설부재 할증율 = 1.50

비지지장 = 1.00 m

H 파일 간격 = 1.20 m

CIP 간격 = 0.60 m

[2] 모멘트 및 전단력

P = 357.6 kN/m, 자중 + 복공하중 + 측방향력 입력치, 산출근거 참조

M = 903.3 kNm/m, SUNEX 해석결과 H 파일의 최대 모멘트

S = 528.4 kNm/m, SUNEX 해석결과 H 파일의 최대 전단력

H 파일 한개당으로 계산

▶ Pmax = P x CIP 간격 = 357.60 x 0.60 = 214.6 kN

▶ Mmax = M x CIP 간격 = 903.3 x 0.60 = 542.0 kNm

▶ Smax = S x CIP 간격 = 528.4 x 0.60 = 317.0 kN

[3] 작용응력 산정

▶ fc = Pmax / A = 214.6 x 10^3 / 17,390 = 12.34 MPa (압축응력)

▶ fb = Mmax / Zx = 542.0 x 10^6 / 2,300,000 = 235.65 MPa (휨응력)

▶ v = Smax / Aw = 317.0 x 10^3 / 17,390 = 18.23 MPa (전단응력)

[4] 허용응력 산정

허용압축응력

L/ry = 비지지장 L / ry = 1,000 / 88.4 = 11.31 (세장비)

세장비 11.3 에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용압축응력 fca 를 구함

세장비 <= 16.0 이므로 감소되지 않은 강도 사용

fca = 210

할증된 허용압축응력 fca = 가설할증율 x fca x 고재감소율

▶ fca = 1.50 x 210.0 x 1.0 = 315.0 MPa

10.7 설계도서

허용휨응력

λ = 비지지장 L / 강재폭 = 1,000 / 350 = 2.86

L/b(λ = 2.9)에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용휨응력 fba를 구함

λ <= 4.0 이므로 감소되지 않은 강도 사용

fba = 210

할증된 허용휨응력 fba = 가설할증율 x fba x 고재감소율

▶ fba = 1.50 x 210.0 x 1.0 = 315.0 MPa

허용전단응력

허용인장강도 210(신) 강재의 허용전단응력 va

va = 120 MPa

할증된 허용전단응력 va = 가설할증율 x va x 고재감소율

▶ va = 1.50 x 120.0 x 1.0 = 180.0 MPa

[5] 응력에 대한 안전검토

▶ SFc = fc / fca = 12.3 / 315.0 = 0.04 O.K (압축응력)

▶ SFb = fb / fba = 235.7 / 315.0 = 0.75 O.K (휨응력)

▶ SFcb = Fsc + Fsb = 0.04 + 0.75 = 0.79 O.K (합성응력)

▶ SFv = v / va = 18.2 / 180.0 = 0.10 O.K (전단응력)

10.7 설계도서

5 H 파일 설계

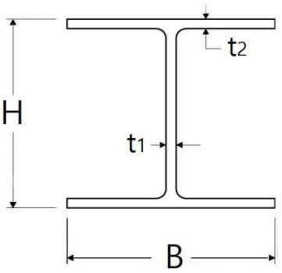
[1] 설계조건

구 간 : 28.3 m - 35.4 m 구간의 전단력 모멘트중에서 최대치로 설계한다.

사용부재 = H-350x350x12x19

사용강재의 인장강도등급 = 210 : 대표강종 SM355, SHP355 W, SGT355

H(mm)	350
B(mm)	350
t1(mm)	12
t2(mm)	19
A(㎟)	17,390
Ix(㎟⁴)	403,000,010
Zx(㎟)	2,300,000
rx(mm)	88.4
ry(mm)	88.4
Aw(㎟)	3,744



Aw = 전단 단면적

= n x (350 - 2 x 19) * 12 = 3744 ㎟

고재감소율 = 1.00

가설부재 할증율 = 1.50

비지지장 = 5.00 m

H 파일 간격 = 1.20 m

축방향력 = 0 kN/m

[2] 모멘트 및 전단력

P = 357.6 kN/m, 자중 + 복공하중 + 축방향력 입력치, 산출근거 참조

M = 349.3kNm/m, SUNEX 해석결과 H 파일의 최대 모멘트

S = 400.9kNm/m, SUNEX 해석결과 H 파일의 최대 전단력

H 파일 한개당으로 계산

▶ Pmax = P x H 파일 간격 = 357.6 x 1.2 = 429.12 kN

▶ Mmax = M x H 파일 간격 = 349.3 x 1.2 = 419.12 kNm

▶ Smax = S x H 파일 간격 = 400.9 x 1.2 = 481.12 kN

[3] 작용응력 산정

▶ fc = Pmax / A = 429.12 x 10^3 / 17,390 = 24.68 MPa (압축응력)

▶ fb = Mmax / Z = 419.12 x 10^6 / 2,300,000 = 182.23 MPa (휨응력)

▶ v = Smax / Aw = 481.12 x 10^3 / 3,744 = 128.50 MPa (전단응력)

[4] 허용응력 산정

허용압축응력

L/ry = 비지지장 L / ry = 5,000 / 88.4 = 56.56 (세장비)

세장비 56.6 에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용압축응력 fca 를 구함

16.0 < 세장비 <= 80.0 이므로

fca = 210 - 1.467 x (56.6 - 16.0) = 150.50 MPa

할증된 허용압축응력 fca = 가설할증율 x fca x 고재감소율

▶ fca = 1.50 x 150.5 x 1.0 = 225.7 MPa

10.7 설계도서

허용휨응력
λ = 비지지장 L / 강재폭 = 5,000 / 350 = 14.29
L/b(λ = 14.3)에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용휨응력 fba를 구함
4.0 < λ <= 27.0 이므로
fba = 210 - 2.867 x (14.3 - 4.0) = 180.51 MPa
할증된 허용휨응력 fba = 가설할증율 x fba x 고재감소율
▶ fba = 1.50 x 180.5 x 1.0 = 270.8 MPa

허용전단응력
허용인장강도 210(신) 강재의 허용전단응력 va
va = 120 MPa
할증된 허용전단응력 va = 가설할증율 x va x 고재감소율
▶ va = 1.50 x 120.0 x 1.0 = 180.0 MPa

[5] 응력에 대한 안전검토
▶ Fsc = fc / fca = 24.7 / 225.7 = 0.11 O.K (압축응력)
▶ Fsb = fb / fba = 182.2 / 270.8 = 0.67 O.K (휨응력)
▶ Fscb = Fsc + Fsb = 0.11 + 0.67 = 0.78 O.K (압축+휨)
▶ Fsv = v / va = 128.5 / 180.0 = 0.71 O.K (전단응력)

[6] 흙막이 벽체에 작용하는 복공 및 수직 하중의 산출근거
계산폭 = 1.00m 당

하중종류	산출근거	하중kN
1) 버팀대 중량	버팀대평균중량/버팀대간격 x 버팀대길이/2 x 버팀대 단수 6.05/3 x 15.4/2 x 1	15.52
2) 기타	피스브라켓, 브레이싱 등, 위 고정하중의 5% 15.52 x 5%	0.78
3) 측면벽체	(벽체중량/m) * 계산폭 * 벽체깊이 CIP-D600(H-350x350x1(11.77kN/m) x 1.00 x 28.3 = 333.23 H-350x350x12x19 (1.14kN/m) x 1.00 x 7.1 = 8.08	341.31
하중의 합계	고정하중 + 활하중 357.60 + 0.00	357.60

1m 당 수직하중 = 357.60 / 1.00 = 357.60

[7] 지지력에 대한 검토 (벽체 간격 1.20 m당)
(1) 계산식
벽체에 작용하는 하중이 벽체의 허용지지력에 대해서 안전한지 검토한다.
말뚝의 지지력은 Myerhof의 지지력 공식을 사용한다.(구조물기초설계기준 해석식 5.2.14)

Qu = m N Ap + n Ns As
여기서 Qu : 말뚝의 극한지지력 kN
m : 극한지지력을 결정하는 계수, 타입말뚝 = 300, 매입말뚝 = 250, 현장타설말뚝 = 100

10.7 설계도서

N : 말뚝선단지반의 표준관입시험치, 보정후
Ap : 말뚝선단면적 (㎡), H형강의 경우 HxB, 파이프의 경우 내부가 채워진 것으로 보고 계산
n : 극한주면마찰력을 결정하는 계수 타입말뚝 = 2, 매입말뚝 = 2.5, 현장타설말뚝 = 3.3
Ns : 말뚝근입부분의 평균 표준관입시험치, 보정후
As : 말뚝근입부분의 주면적(周面積) (㎡)

Qa = Qu / Fs

Qa : 말뚝의 허용지지력 kN
Fs : 안전율 영구시 = 3.0, 가설시 2.0

(2) 입력데이터

흙막이 벽의 종류 = H-350x350x12x19 간격 = 1.20
말뚝선단지반의 N = 50
말뚝의 형태 = 현장타설말뚝 m = 100 n = 3.3
말뚝의 근입깊이 = Maxof(2.0,0) = 2.0 m

(3) 허용지지력 계산

m = 100
Ap = 흙막이벽체 단면적 x 간격 = 0.102 x 1.20 = 0.123 ㎡
n = 3.3
근입깊이 = 벽체깊이 - 굴착깊이 = 35.4 - 33.4 = 2.0 m
As = 근입깊이 x 주변장 = 2.0 x 1.400 = 2.800 ㎡
Qu = m x N x Ap + n x Ns x As
= 100 x 50 x 0.1225 + 3.3 x 50 x 2.800 = 612.5 + 462.0 = 1074.5 kN
Qa = Qu / 안전율 = 1074.5 / 2.0 = 537.2 kN

(4) 지지력에 대한 안전

▶작용하는 최대 연직력 = 357.60 x 1.20 = 429.1 kN < Qa = 537.2 kN 따라서 O.K

10.7 설계도서

6.1 버팀대 설계

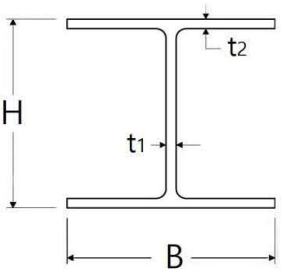
[1] 설계조건

깊 이 : 28.40 m의 버팀대의 최대축력으로 설계한다

사용부재 = H-498x432x45x70

사용강재의 인장강도등급 = 210 : 대표강종 SM355, SHP355 W, SGT355

B(mm)	432
H(mm)	498
t1(mm)	45
t2(mm)	70
A(㎟)	77,010
Ix(㎟⁴)	2,980,000,000
Zx(㎟)	12,000,000
rx(mm)	197.0
ry(mm)	111.0
Aw(㎟)	16,110.0



Aw = 전단 단면적

= (498.0 - 70.0 x 2) x 45.0 x 1 = 16110 ㎟

고재사용 허용응력 감소율 = 1.00

가설부재의 허용응력 할증율 = 1.50

버팀대 과재하중 = 5.0 kN/m

온도하중에 의한 축력 = 120.0 kN

버팀대 축방향 지지간격 Lx = 7.0 m

버팀대 축직각방향 지지간격 Ly = 7.0 m

SUNEX 해석결과 최대축력 MaxN = 2,321.2 kN

SUNEX 해석시 입력된 각도 Ang1 = -45 도

버팀대 간격 = 3.00 m

버팀대 각도 Ang2= -45.0 도

환산 축력 = MaxN x Cos(Ang1) / Cos(Ang2)

= 2,321.2 x 0.707 / 0.707 = 2,321.2

허용응력은 KDS 21 30 00 가설흙막이 설계기준 표 3.3.1에 의하며

축력과 휨의 합성응력은 도로교 설계기준 2010 식3.4.11을 적용한다.

이 형강은 세장단면이 아니므로 국부 좌굴은 고려하지 않는다

(KDS 24 14 30 2019 강교설계기준(허용응력))

[2] 최대축력, 모멘트 및 전단력

▶ MaxN = 최대축력 + 온도축력 = 2,321.2 + 120.0 = 2,441.2 (kN/ea)

▶ MaxM = w x L^2 / 8

= 5.0 x 7.0 ^2 / 8 = 30.6 kNm

(w : 버팀대 의 자중 및 적재하중 kN/m)

▶ Smax = w x L / 2

= 5.0 x 7.0 / 2 = 17.5 kN

[3] 축방향 응력 및 휨응력계산

10.7 설계도서

▶ fc = MaxN / A = 2,441.2 x 10^3 / 77,010 = 31.7 MPa (압축응력)
▶ fb = MaxM / Z = 30.6 x 10^6 / 12,000,000 = 2.6 MPa (휨응력)
▶ v = Smax / Aw = 17.5 x 10^3 / 16,110 = 1.1 MPa (전단응력)

[4] 허용응력계산
(1) 허용압축응력 계산
λx = Lx / rx = 7,000 / 197.0 = 35.5
λy = Ly / ry = 7,000 / 111.0 = 63.1
λ = MAX(λx , λy) = 63.1, 큰 세장비로 허용축방향압축응력을 산정한다
세장비 63.1 에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용압축응력 fca 를 구함
16.0 < 세장비 <= 80.0 이므로
fca = 210 - 1.467 x (63.1 - 16.0) = 140.96 MPa
할증된 허용압축응력 fca = 가설할증율 x fca x 고재감소율
▶ fca = 1.50 x 141.0 x 1.0 = 211.4 MPa

(2) 허용휨응력 계산
Lx / b = 7.0 / 432.0 = 16.2
L/b(λ = 16.2)에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용휨응력 fba를 구함
4.0 < λ <= 27.0 이므로
fba = 210 - 2.867 x (16.2 - 4.0) = 175.01 MPa
할증된 허용휨응력 fba = 가설할증율 x fba x 고재감소율
▶ fba = 1.50 x 175.0 x 1.0 = 262.5 MPa

(3) 허용전단응력
허용인장강도 210(신) 강재의 허용전단응력 va
va = 120 MPa
할증된 허용전단응력 va = 가설할증율 x va x 고재감소율
▶ va = 1.50 x 120.0 x 1.0 = 180.0 MPa

(4) 오일러의 허용좌굴응력 (도로교 설계기준 식3.4.13)
λx = Lx / rx = 7,000 / 197.0 = 35.5
허용인장강도 210(신) 강재의 L/rx 에 따른 좌굴응력 fea를 구함
fea = 1,200,000 / (l/rx)^2 = 1,200,000 / (35.53)^2 = 950.42 MPa
할증된 좌굴응력 fea = 가설할증율 x fea x 고재감소율
▶ fea = 1.50 x 950.4 x 1.0 = 1,425.6 MPa

[5] 응력에 대한 안전검토
▶ Fsc = fc / fca = 31.7 / 211.4 = 0.15 O.K (압축응력)
▶ Fsb = fb / fba = 2.6 / 262.5 = 0.01 O.K (휨응력)
▶ Fsv = v / va = 1.1 / 180.0 = 0.01 O.K (전단응력)

$$\text{▶ FScb} = \text{FSc} + \frac{\text{FSb}}{(1-\text{fc/feax})} = 0.15 + \frac{0.01}{(1-31.7/1,425.6)} = 0.16 \quad \text{O.K (압축+휨)}$$

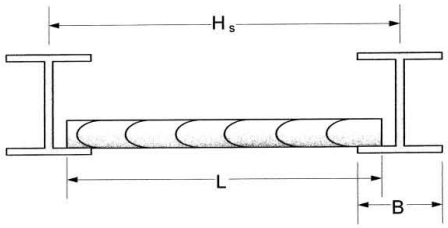
10.7 설계도서

7 흙막이판(목재) 설계

[1]설계조건

구 간 : 28.30 m - 33.40 m 에서 굴착측의 토압으로 설계한다.

흙막이판의 재질 = 목재



fa = 9.00 MPa, 흙막이판의 허용휨응력

va = 0.70 MPa, 흙막이판의 허용전단응력

IncRate = 1.50 가설부재의 허용응력 할증율

Used = 1.00 강재의 고재 감소율, 목재 = 1.0

f = 350 (mm), H 파일의 플렌지 폭

Dec = 15 (%), 아칭에 의한 감소율

Pmax = 81.43 (kN/㎡), 구간내 최대 토압

w = 최대토압 x (1-감소율/100) = 69.218 (kN/㎡), 감소된 토압

L = 1.20 m, 엄지말뚝의 간격

Thk = 100 (mm), 흙막이판의 설계두께

(≠0 이면 깊이별로 두께가 계산된 후 설계두께가 안전한지 검토됨

= 0 이면 깊이별로 두께가 계산됨)

할증된 허용응력

fa = IncRate x Used x fa = 0.00 x 1.00 x 9.0 = 13.5 MPa

va = IncRate x Used x va = 0.00 x 1.00 x 0.7 = 1.0 MPa

[2] 흙막이판의 지간 계산

ℓ = L (H 파일 간격) - 3/4 x B (Flange 폭) = 1.20 - 3/4 x 0.350 = 0.94 m

[3] 휨모멘트 및 전단력 계산

Mmax = w x L^2 / 8 = 69.22 x 0.94^2 / 8 = 7.60 kNm/m

Smax = w x L / 2 = 69.22 x 0.94 / 2 = 32.45 kN/m

[4] 휨응력에 대한 흙막이판의 두께(t1) 계산

$$t1^2 = \frac{6 \times Mmax}{b \times fa} = \frac{6 \times 7.60 \times 10^6}{1000 \times 13.5} = 3,379.78\ (mm^2)$$

$$t1 = \sqrt{(3379.78)} = 58.1\ mm$$

여기서, t1 = 휨응력에 대한 흙막이판 두께 mm, Mmax = 휨모멘트(kNm/m)

b = 흙막이판의 단위폭 (1000 mm), fa = 허용휨응력 (MPa)

[5] 전단응력에 대한 흙막이판의 두께(t2) 계산

$$t2 = \frac{Smax}{b \times va} = \frac{32.45 \times 10^3}{1000 \times 1.05} = 30.9\ mm$$

여기서, t2 = 전단응력에 대한 흙막이판 두께 mm, Smax = 전단력 kN/m, va = 허용전단응력 (MPa)

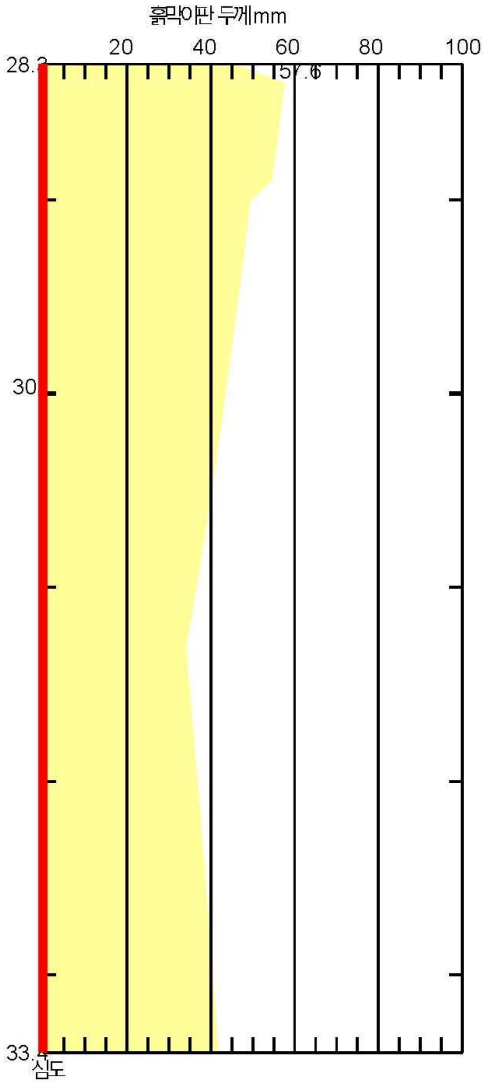
t = Max(t1, t2) = Max(58.1 , 30.9) = 58.1 (mm)

소요두께 = 58.1 < 설계두께 = 100 이므로 O.K

10.7 설계도서

깊이별 흙막이판 두께 계산

번호	깊이	토압	두께
	m	kN/m²	mm
284	28.3	81.4	45.7
286	28.5	79.8	57.6
288	28.7	76.6	56.4
290	28.9	73.4	55.2
292	29.1	58.9	49.5
294	29.3	56.3	48.3
296	29.5	53.6	47.2
298	29.7	50.9	46.0
300	29.9	48.2	44.7
302	30.1	45.5	43.5
304	30.3	42.9	42.2
306	30.5	40.2	40.8
308	30.7	37.5	39.5
310	30.9	34.8	38.0
312	31.1	32.1	36.5
314	31.3	29.5	35.0
316	31.5	29.2	34.8
318	31.7	30.6	35.6
320	31.9	31.9	36.4
322	32.1	33.3	37.2
324	32.3	34.7	37.9
326	32.5	36.0	38.7
328	32.7	37.4	39.4
330	32.9	38.7	40.1
332	33.1	40.1	40.8
334	33.3	41.4	41.5



10.7 설계도서

8. 외적 안정성 및 굴착영향 검토

8.1 공사 단계별 변위에 대한 검토

공사단계별로 발생하는 흙막이 벽의 최대 변위와 허용변위를 비교하여 안전을 판단한다.

허용변위율 = 0.20 % , 허용변위 = 허용변위율 x 굴착깊이

허용변위 계산깊이 적용 : 0 : 최종 굴착깊이

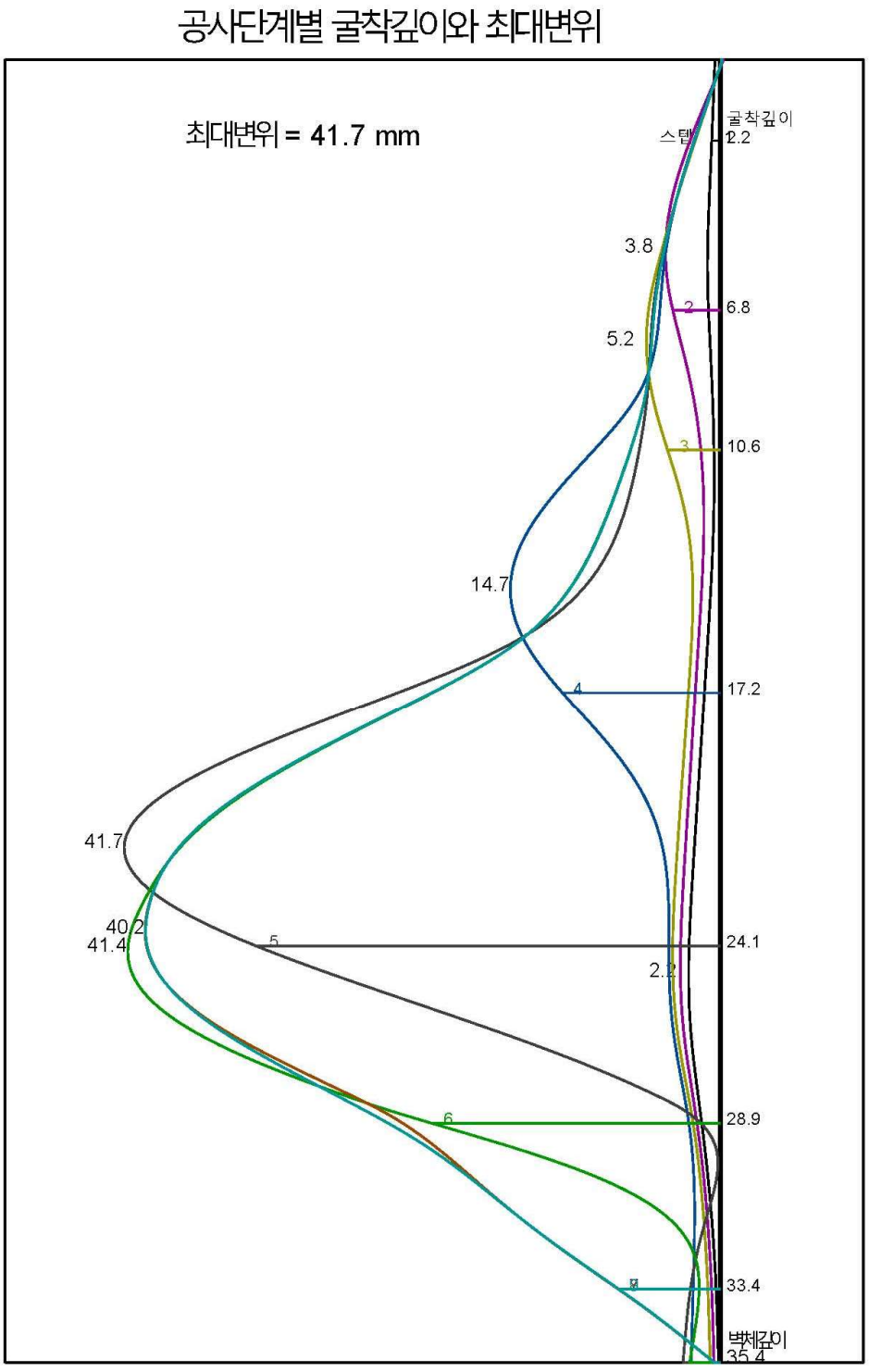
말뚝상단의 허용변위 입력치 = mm

스텝번호	스텝설명	굴착깊이 m	발생변위 mm	허용변위 mm	안전율 %	안전판단
1	EXCA TO 2.24	2.24	2.21	66.80	3.32	O.K
2	CONST 1F SLAB AND EXCAV 6.84	6.84	3.83	66.80	5.74	O.K
3	CONST B1 SLAB AND EXCAV 10.64	10.64	5.16	66.80	7.73	O.K
4	CONST B2 SLAB AND EXCAV 17.24	17.24	14.68	66.80	21.97	O.K
5	CONST B3 SLAB AND EXCAV 24.14	24.14	41.68	66.80	62.40	O.K
6	CONST B4 SLAB AND EXCAV 28.90	28.90	41.43	66.80	62.02	O.K
7	CONST RE RAKER AND EXCAV 33.40	33.40	40.23	66.80	60.22	O.K
8	CONST SLAB 6 AND CONST WALL 1	33.40	40.23	66.80	60.22	O.K
9	REMOVE RE RAKER 1	33.40	40.19	66.80	60.16	O.K

(주) 최대변위는 지표에서 흙막이벽체 바닥 사이의 최대변위임

최대변위율과 말뚝상단의 허용변위는 스텝데이터 'DIPLACEMENT'에서 설정가능함

10.7 설계도서


공사단계별 굴착깊이와 최대변위
최대변위 = 41.7 mm
굴착깊이
스텝
2.2
3.8
6.8
5.2
10.6
14.7
17.2
41.7
40.2
41.4
24.1
28.9
33.4
벽체깊이
35.4

10.7 설계도서

8.2 침하에 대한 주변영향 검토

굴착으로 인한 지표면의 침하량은 흙막이 벽체의 변위와 관계된다고 보고 흙막이 벽체의 변위량으로 부터 침하량을 추정하는 방법을 Caspe(1966)가 제안하고, Bowles가 다음과 같은 단계로 재정리 하였다.

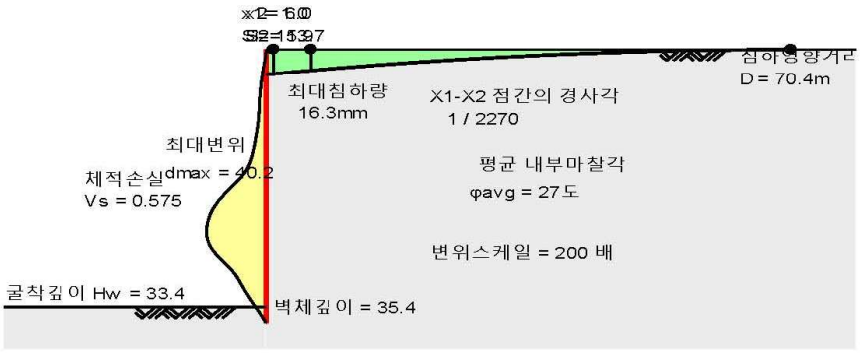
(1) 침하영향거리 계산

굴착깊이 HW	=	33.4	m
굴착폭 B	=	100.0	m
평균내부마찰각 φavg	=	27.09	도
Hp = (0.5 B tan(45+φavg/2)	=	81.7	m
Ht = (Hw+Hp)	=	115.1	m
영향거리 D=Ht*tan(45-φavg/2))	=	70.4	m
영향거리/굴착깊이(D/Hw)의 최대비율	=	2.0	
수정된 영향거리 D	=	66.8	m
(2) 굴착으로 인한 체적 손실량 Vs	=	0.575	m^3

(3) 벽체에서의 침하량 Sw $= \frac{2\ Vs}{D}$ = 16.3 mm

(4) 벽체로 부터 거리별 침하량 Si = $Sw\ (\frac{D-x}{D})^2$

흙막이 벽으로 부터의 거리	0.0 x D	0.1 x D	0.2 x D	0.3 x D	0.5 x D	1.0 x D	X1	X2
m	0.00	6.68	13.36	20.04	33.40	66.80	1.00	6.00
침하량 mm	16.3	13.2	10.5	8.0	4.1	0.0	15.9	13.7
각변위 (1 / X)		2153	2407	2727	3409	8182		2270

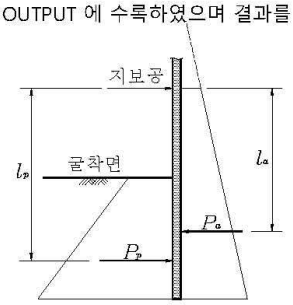


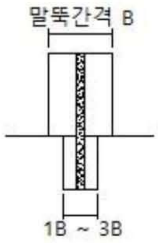
참고 : 칸막이 벽이나 바닥에 첫 균열이 예상되는 한계 = 1/300
건물에 균열이 없도록 하는 안정한계 = 1/500 (Bjerrum,1981)

10.7 설계도서

8.3 근입장 검토

최하단 지보공 위치를 중심으로 주동토압에 의한 모멘트보다 수동토압에 의한 모멘트가 커야 안전하다.
계산은 OUTPUT 에 수록하였으며 결과를 정리하면 다음과 같다.



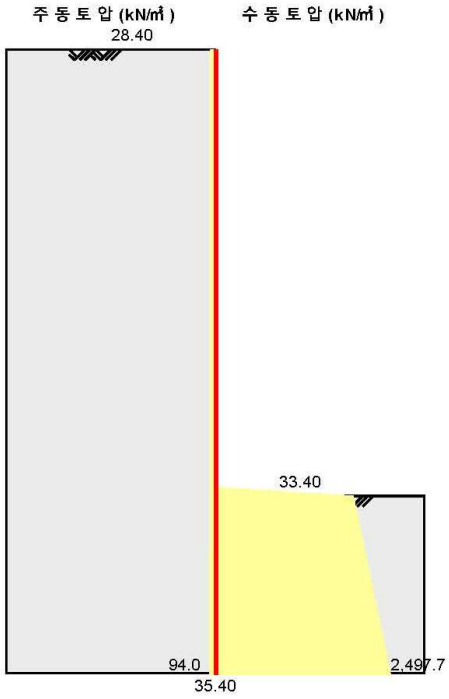


① 주동토압에 의한 모멘트 Ma = Pa x La = 1336.8 kN.m
② 수동토압에 의한 모멘트 Mp = Pp x Lp = 8004.5 kN.m

③ 안전율 Fs = $\frac{Mp}{Ma} = \frac{8004.5}{1336.8} =$ 5.99 (점착력이 매우 커지면 주동토압이 0 에 가까워짐 = 안전함)

④ 소요안전율 Fs req = 1.2

▶ 안전판단 Fs = 5.99 > Fs req = 1.2 **O.K**



10.7 설계도서

근입장 체크 (WALL DEPTH CHECK)
최하단 지보공의 깊이 = 28.40, 절점번호 = 285

Node No.	Depth GL	주동 토압	기타 횡력	주동 모멘트	수동 토압	기타 횡력	수동 모멘트	안전율
		(kN/m2)	(kN/m2)	(kNm)	(kN/m2)	(kN/m2)	(kNm)	
285	28.40	14.73	66.97	0.00				
286	28.50	16.07	65.63	0.82				
287	28.60	17.41	64.29	1.63				
288	28.70	18.75	62.95	2.45				
289	28.80	20.09	61.61	3.27				
290	28.90	21.43	60.27	4.09				
291	29.00	22.77	58.93	4.90				
292	29.10	24.11	57.59	5.72				
293	29.20	25.45	56.25	6.54				
294	29.30	26.79	54.91	7.35				
295	29.40	28.13	53.57	8.17				
296	29.50	29.47	52.23	8.99				
297	29.60	30.80	50.90	9.80				
298	29.70	32.14	49.56	10.62				
299	29.80	33.48	48.22	11.44				
300	29.90	34.82	46.88	12.26				
301	30.00	36.16	45.54	13.07				
302	30.10	37.50	44.20	13.89				
303	30.20	38.84	42.86	14.71				
304	30.30	40.18	41.52	15.52				
305	30.40	41.52	40.18	16.34				
306	30.50	42.86	38.84	17.16				
307	30.60	44.20	37.50	17.97				
308	30.70	45.54	36.16	18.79				
309	30.80	46.88	34.82	19.61				
310	30.90	48.22	33.48	20.43				
311	31.00	49.56	32.14	21.24				
312	31.10	50.90	30.80	22.06				
313	31.20	52.23	29.47	22.88				
314	31.30	53.57	28.13	23.69				
315	31.40	54.91	26.79	24.51				
316	31.50	56.25	25.45	25.33				
317	31.60	57.59	24.11	26.14				
318	31.70	58.93	22.77	26.96				
319	31.80	60.27	21.43	27.78				
320	31.90	61.61	20.09	28.60				
321	32.00	62.95	18.75	29.41				
322	32.10	64.29	17.41	30.23				
323	32.20	65.97	16.07	31.17				
324	32.30	67.68	14.73	32.14				
325	32.40	69.39	13.39	33.11				

10.7 설계도서

326	32.50	71.10	12.05	34.09				
327	32.60	72.82	10.71	35.08				
328	32.70	74.53	9.38	36.08				
329	32.80	76.24	8.04	37.08				
330	32.90	77.95	6.70	38.09				
331	33.00	79.67	5.36	39.11				
332	33.10	81.38	4.02	40.14				
333	33.20	83.09	2.68	41.17				
334	33.30	84.81	1.34	42.21				
335	33.40	86.52	0.00	12.62	-1964.71	0.00	-286.52	0.28
336	33.50	86.89	0.00	12.92	-1991.36	0.00	-296.21	0.56
337	33.60	87.26	0.00	13.24	-2018.01	0.00	-306.07	0.84
338	33.70	87.64	0.00	13.55	-2044.65	0.00	-316.07	1.13
339	33.80	88.01	0.00	13.86	-2071.30	0.00	-326.23	1.42
340	33.90	88.38	0.00	14.18	-2097.95	0.00	-336.55	1.71
341	34.00	88.76	0.00	14.50	-2124.60	0.00	-347.01	2.00
342	34.10	89.13	0.00	14.82	-2151.24	0.00	-357.65	2.29
343	34.20	89.50	0.00	15.14	-2177.89	0.00	-368.43	2.58
344	34.30	89.88	0.00	15.47	-2204.54	0.00	-379.37	2.88
345	34.40	90.25	0.00	15.79	-2231.19	0.00	-390.46	3.17
346	34.50	90.62	0.00	16.12	-2257.84	0.00	-401.70	3.47
347	34.60	91.00	0.00	16.46	-2284.48	0.00	-413.11	3.76
348	34.70	91.37	0.00	16.79	-2311.13	0.00	-424.67	4.06
349	34.80	91.74	0.00	17.13	-2337.78	0.00	-436.39	4.36
350	34.90	92.11	0.00	17.46	-2364.43	0.00	-448.26	4.65
351	35.00	92.49	0.00	17.80	-2391.07	0.00	-460.27	4.95
352	35.10	92.86	0.00	18.15	-2417.72	0.00	-472.46	5.25
353	35.20	93.23	0.00	18.49	-2444.37	0.00	-484.80	5.54
354	35.30	93.61	0.00	18.84	-2471.02	0.00	-497.29	5.84
355	35.40	93.98	0.00	9.59	-2497.66	0.00	-254.98	5.99
		4301.27	1707.66	1336.75	-46854.95	0.00	-8004.50	

합계 주동 모멘트 (Ma) = 1336.75
합계 수동 모멘트 (Mp) = -8004.50
안전율 (Mp/Ma) = 5.99

최소 안전율 = 1.2 이상이어야 함

10.7 설계도서

9. 입력 데이터

PROJECT 가산동 345-48 데이터센터 신축공사 (Section A-L)_NBH-1

```
UNIT   kN
ELGL    GL     0.00

SOIL   1   매립층
           18      9       18      27      18000   0       0       0       0
       2   퇴적토(점토)
           17      8       24      0       11000   0       0       0       0
       3   퇴적토(모래)
           18      9       22      24      25000   0       0       0       0
       4   풍화토(N<30)
           19      10      16      26      23000   0       0       0       0
       5   풍화토(N>30)
           19      10      20      28      30000   -1      0       0       0
       6   풍화암
           20      11      30      31      33000   0       0       0       0
       7   기반암(연암)
           26      14      130     33      58000   0       0       0       0

PROFILE   1    1.09      1       1
          2    4.49      3       3
          3    6.99      2       2
          4    10.99     3       3
          5    11.29     4       4
          6    24.29     5       5
          7    27.29     6       6
          8    70        7       7

VWALL     1    28.29     .07223     1.58613E-03     2.05E+08     1     1     1
          2    35.4      .01739     .000403         2.05E+08     1.2   1.05  .35


STRUT   1    28.4    0.07701     7.7    3    50    0    0   -45    0
SLAB    1    0.74    0.2         10          0
        2    5.34    0.2         10          0
        3    9.14    0.2         10          0
        4    16.04   0.2         10          0
        5    22.94   0.2         10          0
        6    31.62   3.56        10          0
WALL    1    0           31.62           0.7             0

Division    0.1
Solution    0
Output      0
NoteMode    0
MINKS       100
```

10.7 설계도서

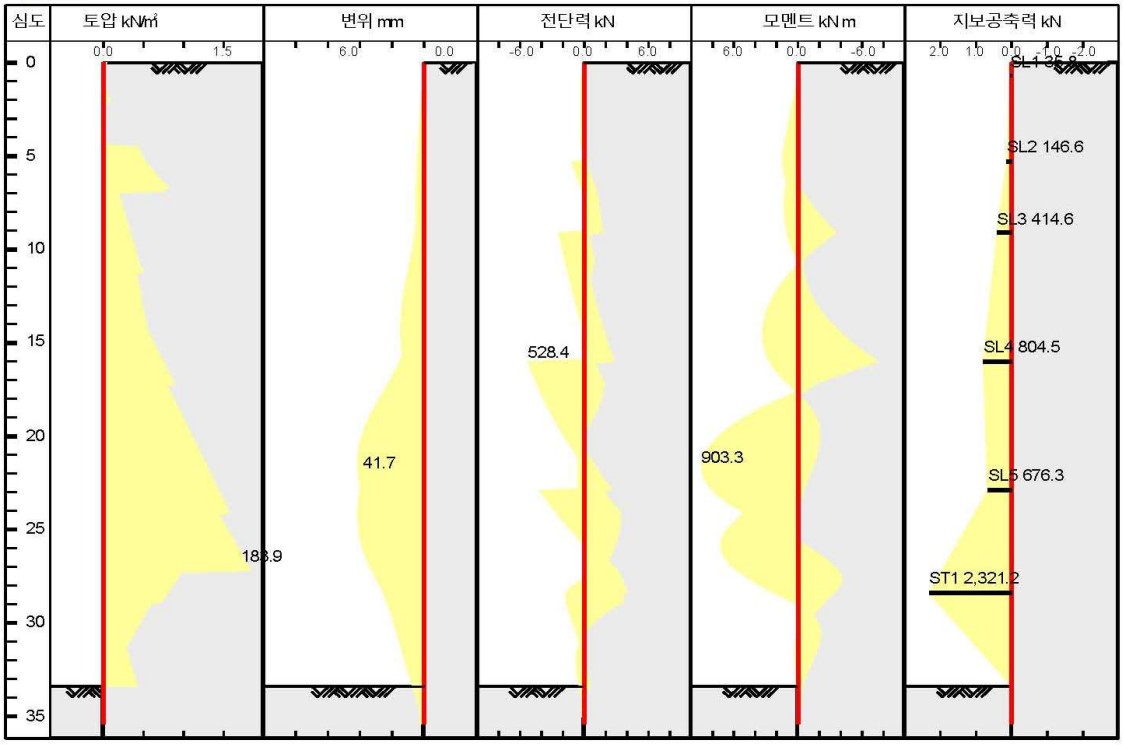
```
ECHO

STEP  1  EXCA TO 2.24
      RANKINE 1 0 50
      WATER_PRESSURE 12.25 0 27.29 150.4 33.40 0
      LOAD  5  19.8  103  50.8  103   1
      LOAD  11  55.8  247  95  247   1
      DISPLACEMENT 0.2
      EXCAVATION 2.24

STEP  2  CONST 1F SLAB AND EXCAV 6.84
      CONST SLAB 1
      EXCAVATION 6.84

STEP  3  CONST B1 SLAB AND EXCAV 10.64
      CONST SLAB 2
      EXCAV 10.64

STEP  4  CONST B2 SLAB AND EXCAV 17.24
      WATER_PRESSURE 14.28 0 27.29 130.1 33.40 0
      CONST SLAB 3
      EXCAV 17.24

STEP  5  CONST B3 SLAB AND EXCAV 24.14
      WATER_PRESSURE 15.68 0 27.29 116.1 33.40 0
      CONST SLAB 4
      EXCAV 24.14

STEP  6  CONST B4 SLAB AND EXCAV 28.90
      WATER_PRESSURE 17.55 0 27.29 97.4 33.40 0
      CONST SLAB 5
      EXCAV 28.90

STEP  7  CONST RE RAKER AND EXCAV 33.40
      WATER_PRESSURE 19.12 0 27.29 81.7 33.40 0
      CONST STRUT 1
      EXCAV 33.40
      GROUND_SETTLEMENT 100 2 1 6
      DEPTH_CHECK

STEP  8  CONST SLAB 6 AND CONST WALL 1
      CONST SLAB 6
      CONST WALL 1

STEP  9  REMOVE RE RAKER 1
      REMOVE STRUT 1

END
```

10.7 설계도서

10. 단계별 계산결과 집계표

[1] 깊이별 최대토압, 변위, 전단력 및 모멘트

절점	구간심도	토압	변위	전단력 kN		모멘트 kN.m	
	m	kN/m^2	mm	굴착측	배면측	굴착측	배면측
1	0.0	4.22(2)	0.37(1)	0.00(1)	0.11(2)	0.00(2)	0.00(1)
19	1.8	5.23(1)	1.71(2)	35.06(2)	1.83(1)	37.98(2)	0.51(2)
37	3.6	7.65(1)	3.27(2)	35.52(2)	3.81(1)	101.46(2)	2.66(1)
55	5.4	54.12(2)	4.25(3)	114.55(3)	32.07(3)	146.04(2)	0.00(0)
73	7.2	81.10(2)	5.12(3)	104.65(3)	125.54(4)	144.16(2)	73.50(4)
91	9.0	21.11(3)	5.61(4)	8.27(3)	172.34(4)	128.61(3)	338.34(4)
109	10.8	33.21(9)	9.30(4)	239.03(4)	175.57(4)	103.63(3)	355.73(4)
127	12.6	45.37(9)	13.12(4)	169.67(4)	79.48(3)	240.37(4)	46.43(2)
145	14.4	47.49(4)	14.68(4)	90.74(4)	183.96(5)	333.65(4)	385.10(5)
163	16.2	57.01(4)	16.35(5)	528.41(5)	276.14(5)	333.96(4)	751.57(5)
181	18.0	88.44(4)	27.97(5)	509.08(5)	118.62(4)	233.29(4)	595.92(5)
199	19.8	108.11(5)	38.17(5)	372.46(5)	151.94(4)	703.26(5)	61.01(4)
217	21.6	128.70(5)	41.68(5)	200.53(5)	0.76(4)	903.33(5)	205.08(4)
235	23.4	149.15(5)	41.58(5)	62.17(4)	112.64(6)	903.22(5)	133.12(4)
253	25.2	157.25(6)	41.04(6)	344.01(6)	336.97(5)	675.20(5)	21.46(4)
271	27.0	181.20(6)	40.42(6)	86.90(6)	317.16(5)	698.33(6)	0.00(0)
289	28.8	183.86(6)	33.25(6)	0.00(0)	400.93(7)	591.20(6)	360.77(5)
307	30.6	71.85(6)	23.23(9)	167.70(5)	356.71(6)	42.64(6)	246.98(5)
325	32.4	36.16(7)	16.48(9)	65.21(5)	0.00(0)	11.51(8)	210.63(6)
343	34.2	36.01(7)	10.46(7)	74.56(6)	23.24(8)	20.18(8)	98.69(6)
355	35.4	0.00(0)	3.97(7)	22.15(9)	7.80(5)	5.10(5)	24.48(9)
	최대치	183.86(0)	41.68(0)	528.41(0)	400.93(0)	903.33(0)	751.57(0)



전단력과 모멘트에는 WALLOUT 으로 입력된 스탭별 하중계수가 곱해진 값임

STEP	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

10.7 설계도서

[2] 단계별 지보공 축력 집계표

STEP NO	굴착 깊이	ST1 28.4	SL1 0.7	SL2 5.3	SL3 9.1	SL4 16.0	SL5 22.9	SL6 31.6				
1	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
2	6.8	0.0	35.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
3	10.6	0.0	6.3	146.6	0.0	0.0	0.0	0.0				
4	17.2	0.0	18.0	6.7	414.6	0.0	0.0	0.0				
5	24.1	0.0	11.2	90.5	144.3	804.5	0.0	0.0				
6	28.9	0.0	12.5	73.8	197.8	592.8	676.3	0.0				
-7	28.9	0.0	12.6	73.2	199.7	583.7	580.6	0.0				
7	33.4	2321.2	12.5	74.2	196.5	595.8	494.3	0.0				
8	33.4	2321.2	12.5	74.2	196.5	595.8	494.3	0.0				
9	33.4	0.0	12.5	74.2	196.5	595.9	483.8	-23.0				
	최대치	2321.2	35.8	146.6	414.6	804.5	676.3					

버팀대와 앵커의 축력은 버팀대 1개당의 축력임, 경사가 고려되어 증가된 값임, 1/COS(θ)
슬래브 축력은 슬래브 폭 1m 에 대한 축력임

[3] 굴착 단계별 최대토압, 변위, 전단력 및 모멘트

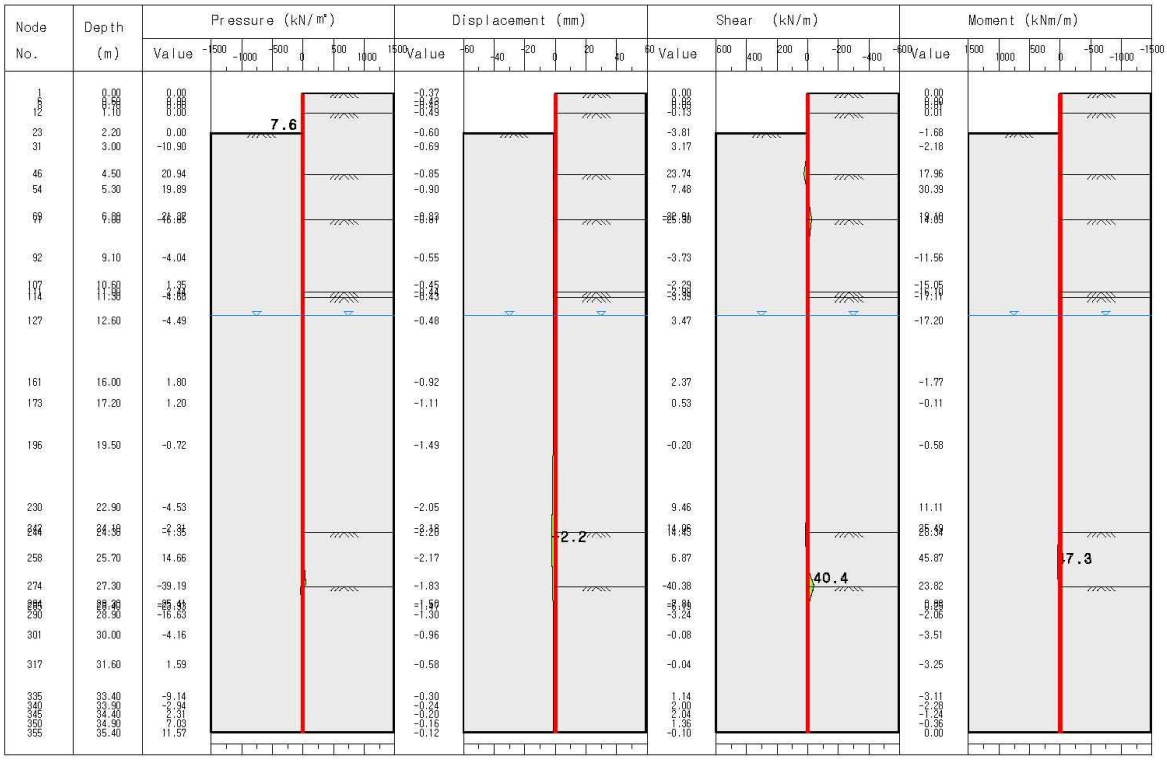
굴착 단계	굴착깊이 m	토압 kN/m²	변위 mm	전단력 kN 굴착측	전단력 kN 배면측	모멘트 kN.m 굴착측	모멘트 kN.m 배면측
1	2.2	7.65	2.21	23.86	40.38	47.27	18.30
2	6.8	81.10	3.83	35.66	107.19	146.04	55.69
3	10.6	73.72	5.16	114.55	92.44	130.21	90.18
4	17.2	88.44	14.68	239.03	187.03	333.96	355.73
5	24.1	157.07	41.68	528.41	336.97	903.33	751.57
6	28.9	183.86	41.43	421.27	369.20	722.19	545.93
7	33.4	171.89	40.23	357.12	400.93	551.37	550.74
8	33.4	171.89	40.23	351.04	394.41	551.37	550.74
9	33.4	171.89	40.19	350.99	240.70	508.52	550.83
	최대치	183.86	41.68	528.41	400.93	903.33	751.57

최대 변위는 흙막이 벽 바닥까지의 변위중 최대치임
하중계수가 곱해지지 않은 SUNEX 출력결과 그대로임

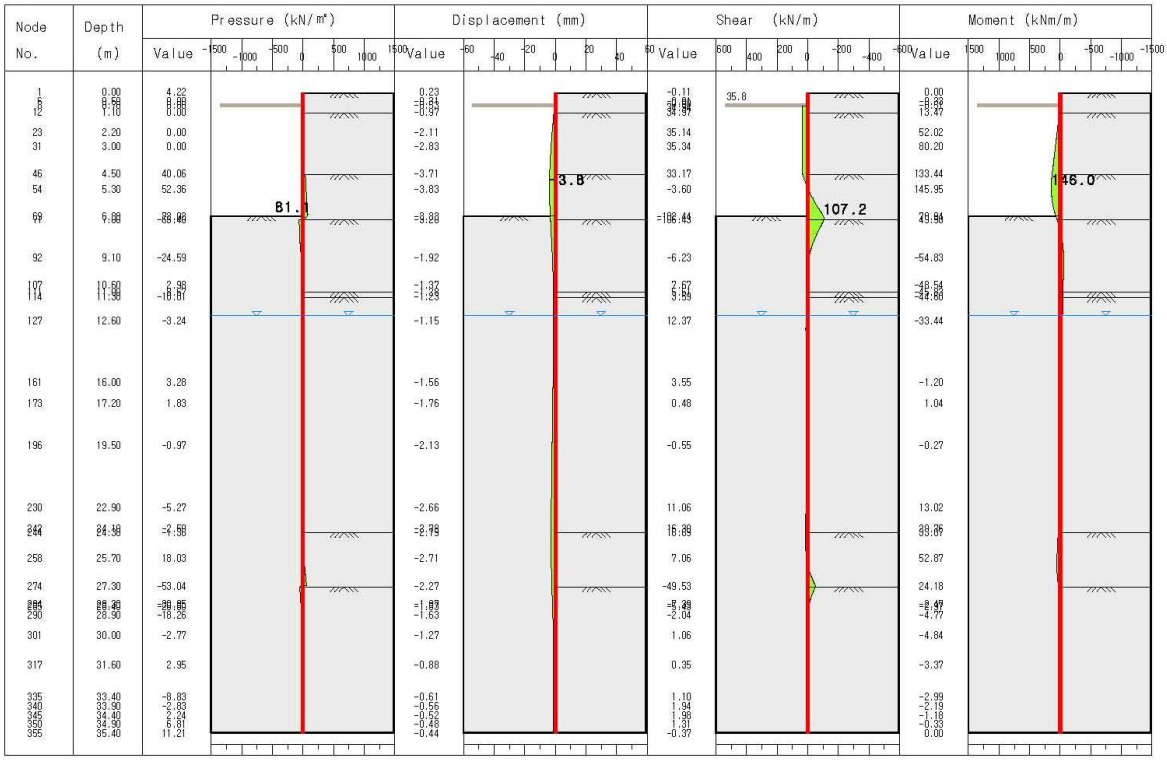
10.7 설계도서

11 공사단계별 그래픽 출력(토압, 변위, 전단력, 모멘트)

Step No. 1 << EXCA TO 2.24 >>

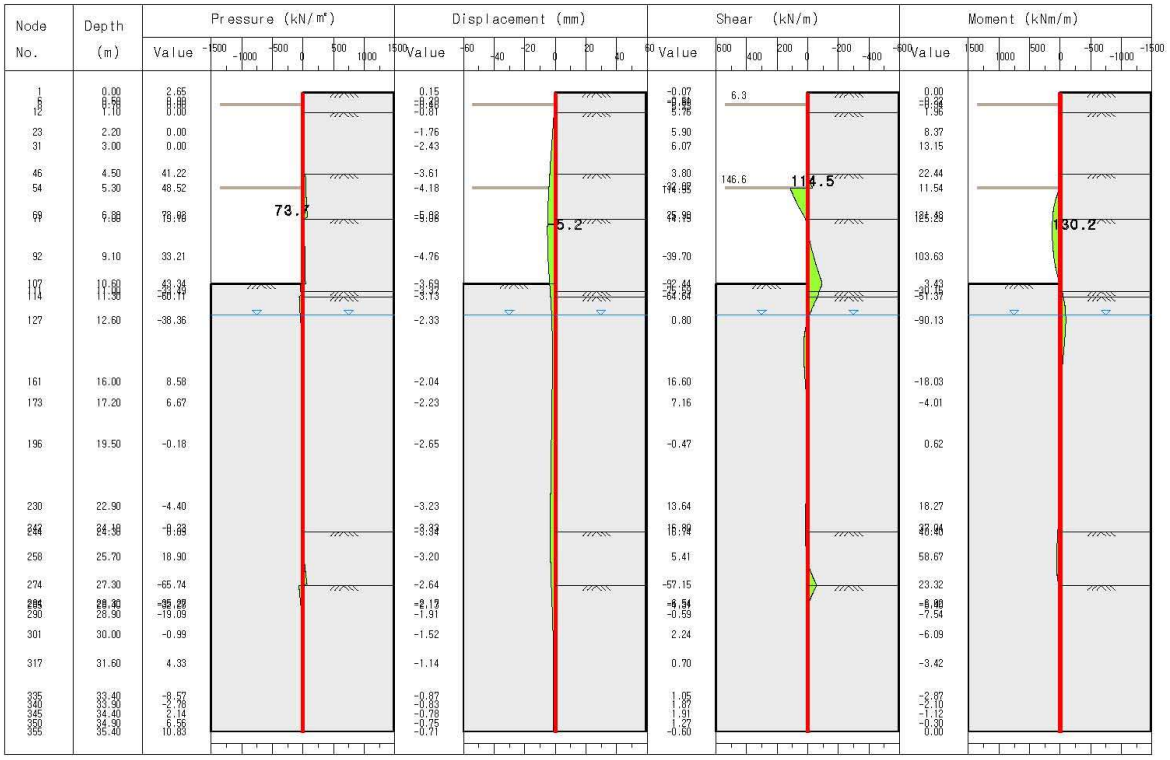


Step No. 2 << CONST 1F SLAB AND EXCAV 6.84 >>

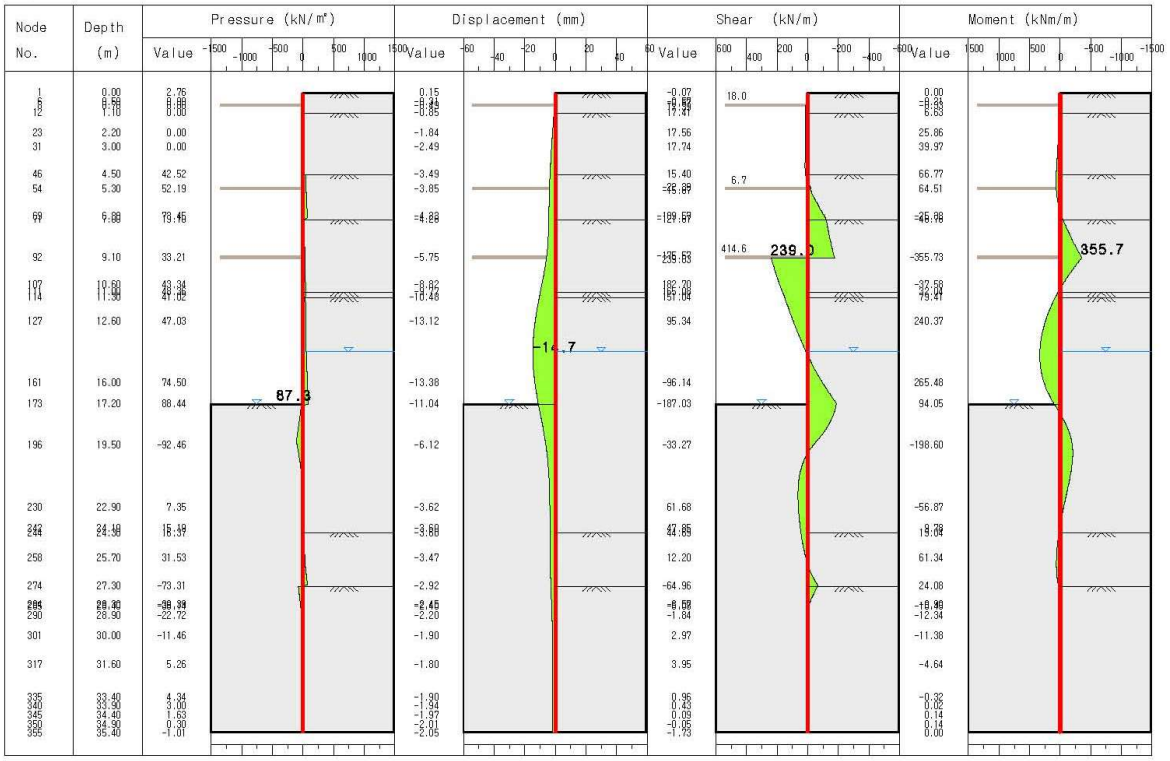


10.7 설계도서

Step No. 3 << CONST B1 SLAB AND EXCAV 10.64 >>

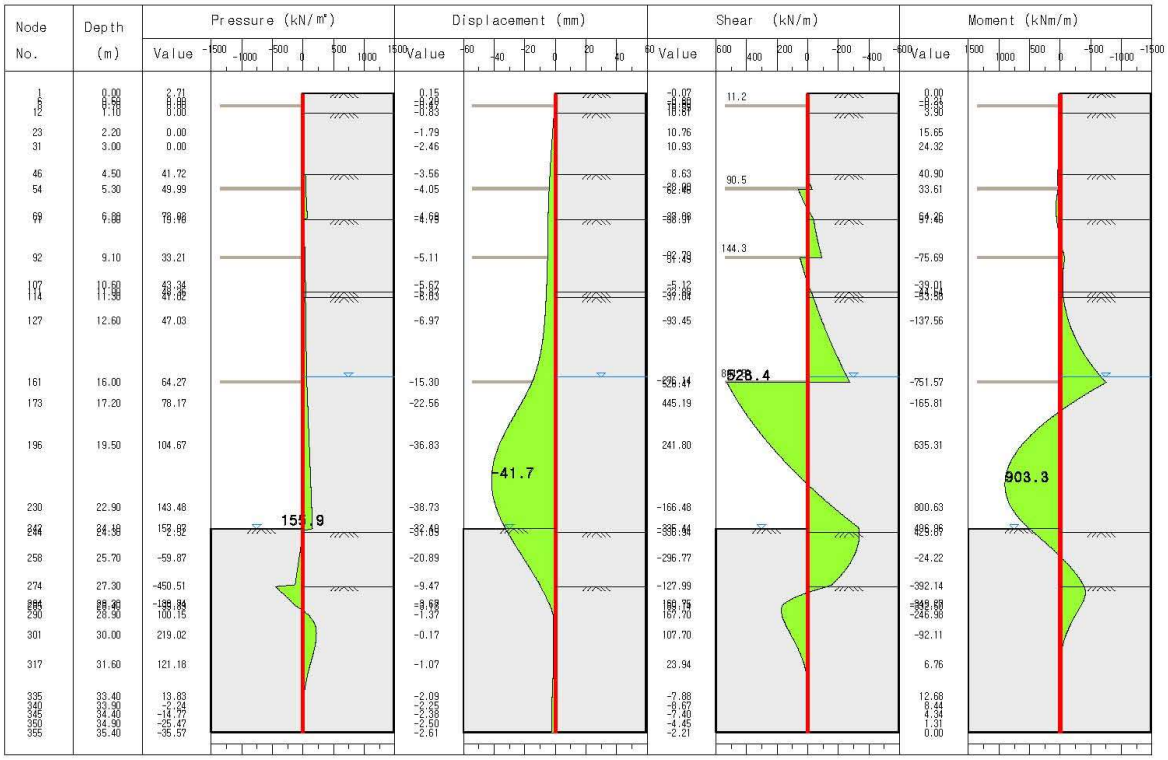


Step No. 4 << CONST B2 SLAB AND EXCAV 17.24 >>

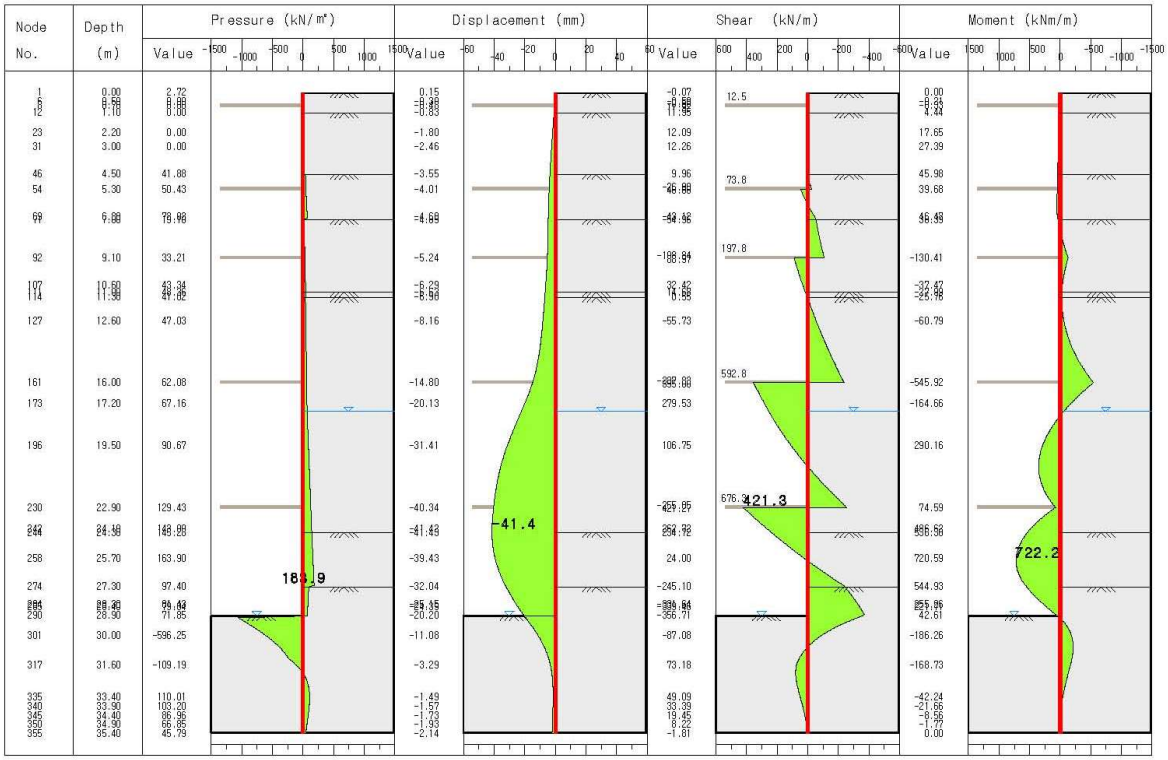


10.7 설계도서

Step No. 5 << CONST B3 SLAB AND EXCAV 24.14 >>

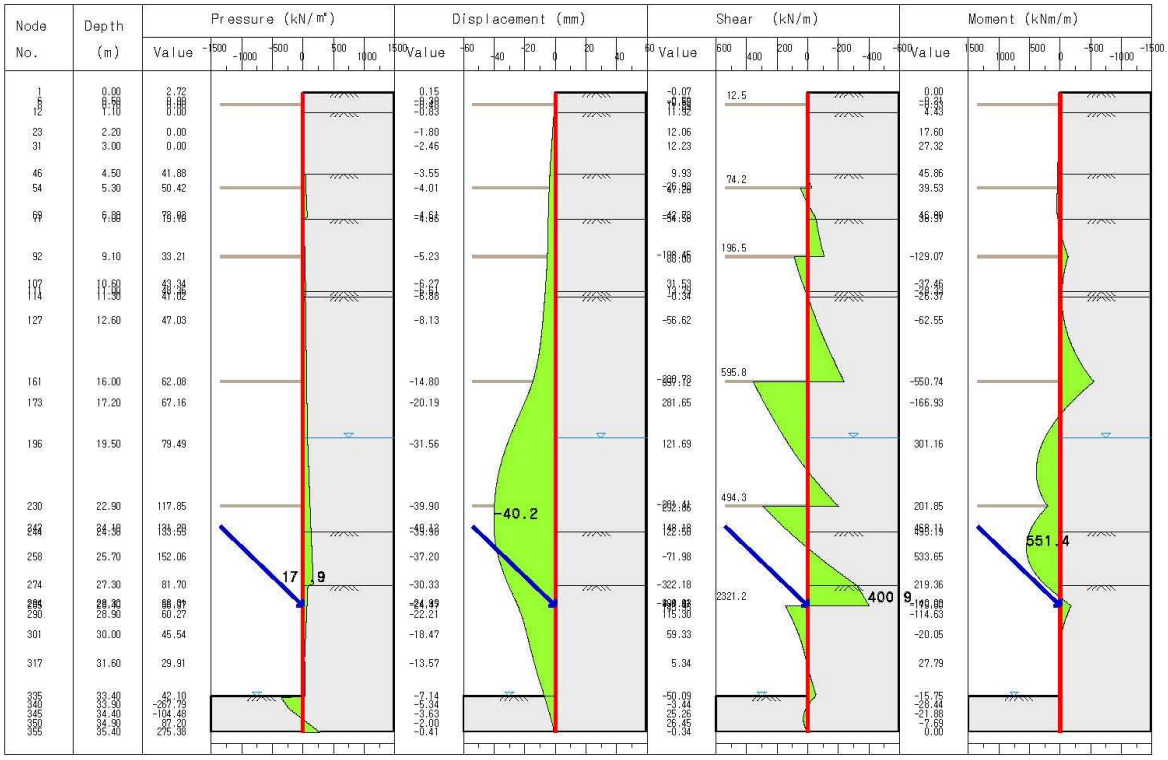


Step No. 6 << CONST B4 SLAB AND EXCAV 28.90 >>

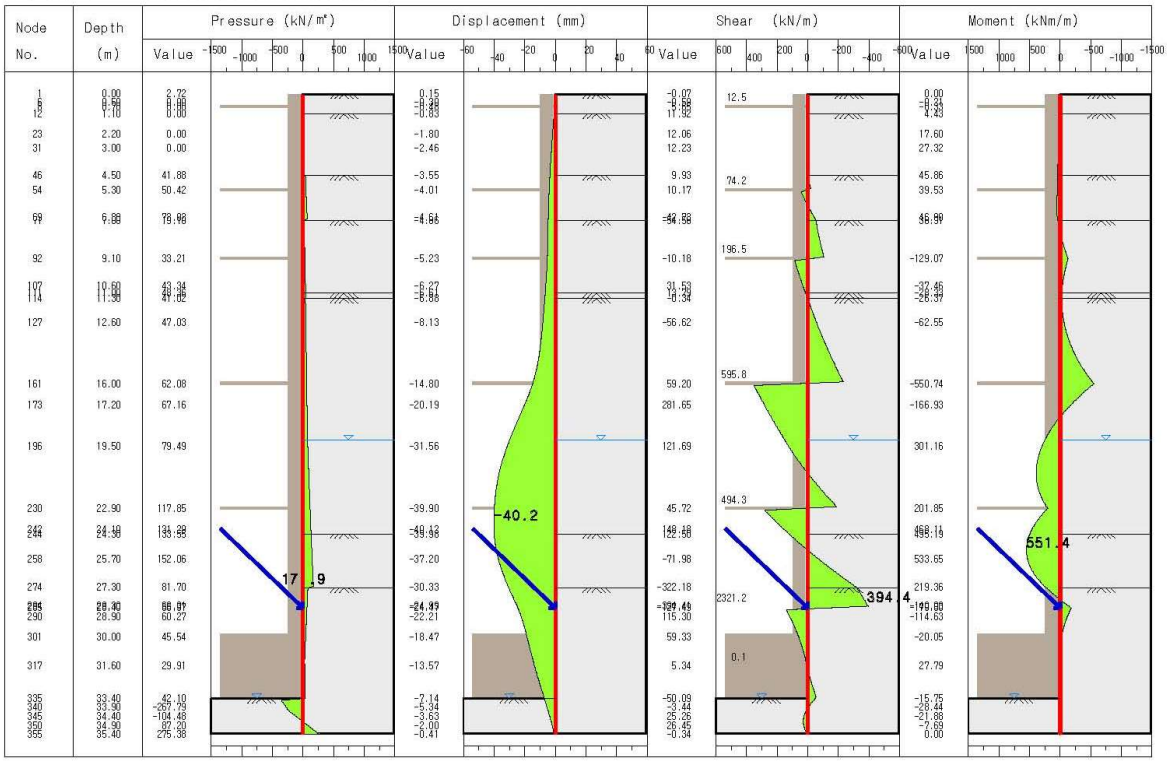


10.7 설계도서

Step No. 7 << CONST RE RAKER AND EXCAV 33.40 >>

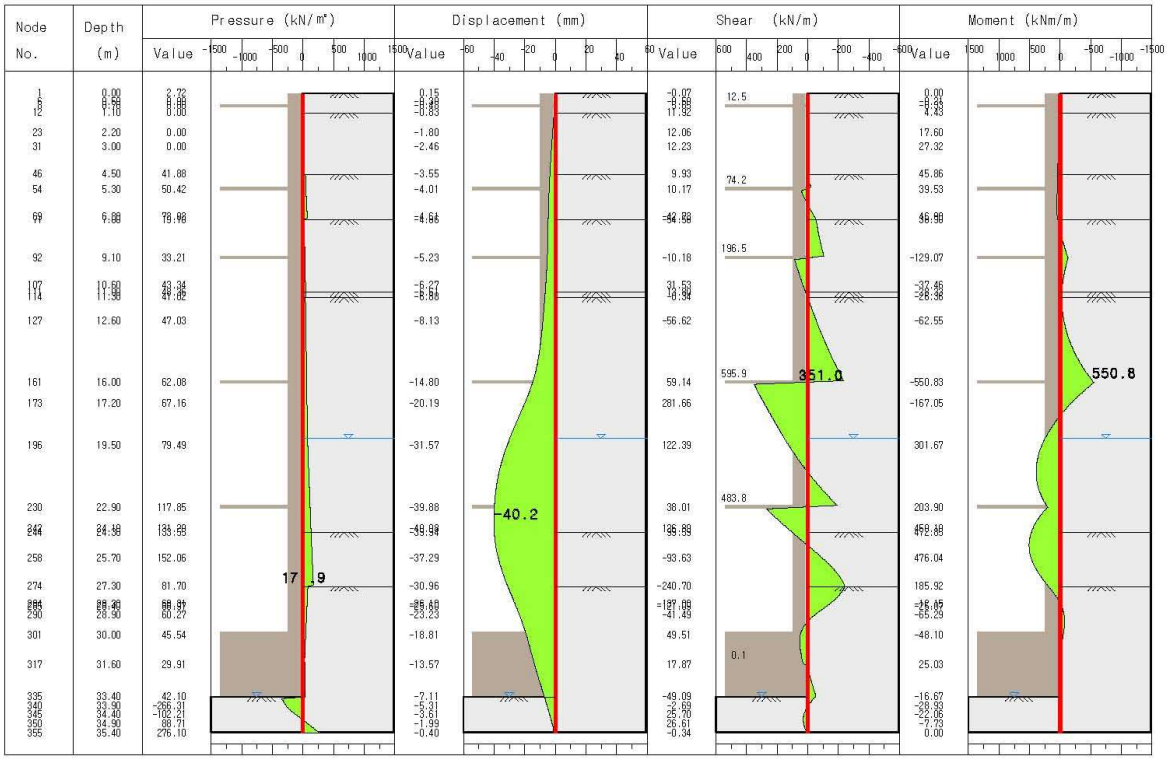


Step No. 8 << CONST SLAB 6 AND CONST WALL 1 >>



10.7 설계도서

Step No. 9 << REMOVE RE RAKER 1 >>



10.7 설계도서

12. 굴착단계별 부재계산 비교표

구 분	굴착단계	항목	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
CIP 등가강도설계법 CIP-D600(H-350x350x12x19CTC_1200)fck35 심도 0.0~28.3	1 단계	휨모멘트	kNm	47.3	1331.3	3.6 %	O.K
		전단력	kN	40.4	1241.3	3.3 %	O.K
	2 단계	휨모멘트	kNm	146.0	1331.3	11.0 %	O.K
		전단력	kN	107.2	1241.3	8.6 %	O.K
	3 단계	휨모멘트	kNm	130.2	1331.3	9.8 %	O.K
		전단력	kN	114.5	1241.3	9.2 %	O.K
	4 단계	휨모멘트	kNm	355.7	1331.3	26.7 %	O.K
		전단력	kN	239.0	1241.3	19.3 %	O.K
	5 단계	휨모멘트	kNm	903.3	1331.3	67.9 %	O.K
		전단력	kN	528.4	1241.3	42.6 %	O.K
	6 단계	휨모멘트	kNm	722.2	1331.3	54.2 %	O.K
		전단력	kN	421.3	1241.3	33.9 %	O.K
	7 단계	휨모멘트	kNm	690.6	1331.3	51.9 %	O.K
		전단력	kN	394.4	1241.3	31.8 %	O.K
	8 단계	휨모멘트	kNm	551.4	1331.3	41.4 %	O.K
		전단력	kN	394.4	1241.3	31.8 %	O.K
	9 단계	휨모멘트	kNm	550.8	1331.3	41.4 %	O.K
		전단력	kN	351.0	1241.3	28.3 %	O.K

구 분	굴착단계	항목	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
H 파일(CIP근입) H-350X350X12X19 심도 0.0~28.3	1 단계	압축응력	MPa	12.3	315.0	3.9 %	O.K
		휨응력	MPa	12.3	315.0	3.9 %	O.K
		합성응력	안전율	0.08	1.00	8.0 %	O.K
		전단응력	MPa	1.4	180.0	0.8 %	O.K
	2 단계	압축응력	MPa	12.3	315.0	3.9 %	O.K
		휨응력	MPa	38.1	315.0	12.1 %	O.K
		합성응력	안전율	0.16	1.00	16.0 %	O.K
		전단응력	MPa	3.7	180.0	2.1 %	O.K
	3 단계	압축응력	MPa	12.3	315.0	3.9 %	O.K
		휨응력	MPa	34.0	315.0	10.8 %	O.K
		합성응력	안전율	0.15	1.00	15.0 %	O.K
		전단응력	MPa	4.0	180.0	2.2 %	O.K
	4 단계	압축응력	MPa	12.3	315.0	3.9 %	O.K
		휨응력	MPa	92.8	315.0	29.5 %	O.K
		합성응력	안전율	0.33	1.00	33.0 %	O.K
		전단응력	MPa	8.2	180.0	4.6 %	O.K
	5 단계	압축응력	MPa	12.3	315.0	3.9 %	O.K
		휨응력	MPa	235.7	315.0	74.8 %	O.K
		합성응력	안전율	0.79	1.00	79.0 %	O.K
		전단응력	MPa	18.2	180.0	10.1 %	O.K
	6 단계	압축응력	MPa	12.3	315.0	3.9 %	O.K
		휨응력	MPa	188.4	315.0	59.8 %	O.K
		합성응력	안전율	0.64	1.00	64.0 %	O.K
		전단응력	MPa	14.5	180.0	8.1 %	O.K
	7 단계	압축응력	MPa	12.3	315.0	3.9 %	O.K
		휨응력	MPa	180.1	315.0	57.2 %	O.K
		합성응력	안전율	0.61	1.00	61.0 %	O.K
		전단응력	MPa	13.6	180.0	7.6 %	O.K
	8 단계	압축응력	MPa	12.3	315.0	3.9 %	O.K
		휨응력	MPa	143.8	315.0	45.7 %	O.K

10.7 설계도서

	8 단계	합성응력	안전율	0.50	1.00	50.0 %	O.K
		전단응력	MPa	13.6	180.0	7.6 %	O.K
	9 단계	압축응력	MPa	12.3	315.0	3.9 %	O.K
		휨응력	MPa	143.7	315.0	45.6 %	O.K
		합성응력	안전율	0.50	1.00	50.0 %	O.K
		전단응력	MPa	12.1	180.0	6.7 %	O.K

구 분	굴착단계	항목	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
H 파일 H-350x350x12x19 심도 28.3~35.4	1 단계	압축응력	MPa	24.7	225.7	10.9 %	O.K
		휨응력	MPa	1.8	270.8	0.7 %	O.K
		합성응력	안전율	0.12	1.00	12.0 %	O.K
		전단응력	MPa	2.5	180.0	1.4 %	O.K
	2 단계	압축응력	MPa	24.7	225.7	10.9 %	O.K
		휨응력	MPa	2.7	270.8	1.0 %	O.K
		합성응력	안전율	0.12	1.00	12.0 %	O.K
		전단응력	MPa	2.4	180.0	1.3 %	O.K
	3 단계	압축응력	MPa	24.7	225.7	10.9 %	O.K
		휨응력	MPa	3.9	270.8	1.4 %	O.K
		합성응력	안전율	0.12	1.00	12.0 %	O.K
		전단응력	MPa	2.1	180.0	1.2 %	O.K
	4 단계	압축응력	MPa	24.7	225.7	10.9 %	O.K
		휨응력	MPa	6.6	270.8	2.4 %	O.K
		합성응력	안전율	0.13	1.00	13.0 %	O.K
		전단응력	MPa	2.7	180.0	1.5 %	O.K
	5 단계	압축응력	MPa	24.7	225.7	10.9 %	O.K
		휨응력	MPa	182.2	270.8	67.3 %	O.K
		합성응력	안전율	0.78	1.00	78.0 %	O.K
		전단응력	MPa	55.2	180.0	30.7 %	O.K
	6 단계	압축응력	MPa	24.7	225.7	10.9 %	O.K
		휨응력	MPa	133.2	270.8	49.2 %	O.K
		합성응력	안전율	0.60	1.00	60.0 %	O.K
		전단응력	MPa	118.3	180.0	65.7 %	O.K
	7 단계	압축응력	MPa	24.7	225.7	10.9 %	O.K
		휨응력	MPa	112.6	270.8	41.6 %	O.K
		합성응력	안전율	0.53	1.00	53.0 %	O.K
		전단응력	MPa	128.5	180.0	71.4 %	O.K
	8 단계	압축응력	MPa	24.7	225.7	10.9 %	O.K
		휨응력	MPa	93.8	270.8	34.6 %	O.K
		합성응력	안전율	0.46	1.00	46.0 %	O.K
		전단응력	MPa	126.4	180.0	70.2 %	O.K
	9 단계	압축응력	MPa	24.7	225.7	10.9 %	O.K
		휨응력	MPa	37.4	270.8	13.8 %	O.K
		합성응력	안전율	0.25	1.00	25.0 %	O.K
		전단응력	MPa	43.9	180.0	24.4 %	O.K

구 분	굴착단계	항목	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
1단 버팀대 (레이커) H-498x432x45x70 심도 28.4	7 단계	압축응력	MPa	31.7	211.4	15.0 %	O.K
		휨응력	MPa	2.6	262.5	1.0 %	O.K
		압축+휨	안전율	0.16	1.00	16.0 %	O.K
		전단응력	MPa	1.1	180.0	0.6 %	O.K
	8 단계	압축응력	MPa	31.7	211.4	15.0 %	O.K
		휨응력	MPa	2.6	262.5	1.0 %	O.K

10.7 설계도서

	압축+휨	안전율	0.16	1.00	16.0 %	O.K
	전단응력	MPa	1.1	180.0	0.6 %	O.K

10.7 설계도서

가산동 345-48 데이터센터 신축공사
(SECTION A-R)_BH-1

흙막이 가시설

구조 및 안정성검토 보고서

2021-09-15

by Ver W7.53

시지이엔씨주식회사

이 계산서는 SUNEX 프로그램의 일부로써 저작권법의 보호를 받습니다.
본 프로그램의 전부 또는 일부를 변경, 복제 할 수 없으며
타인에게 대여 양도 기타 처분 할 수 없습니다.

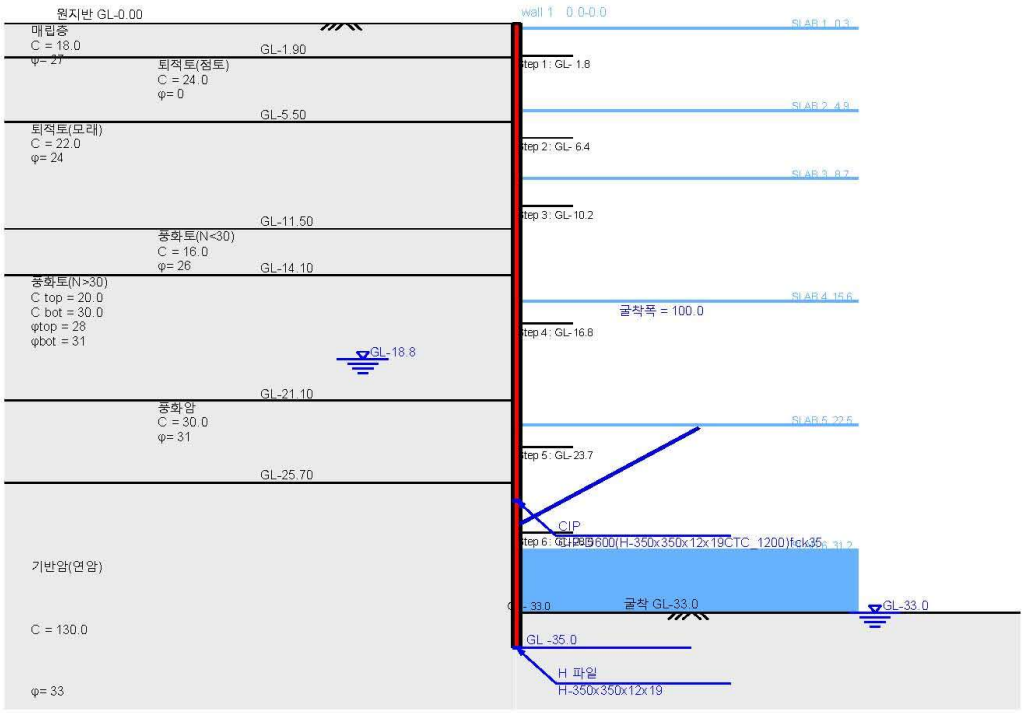
10.7 설계도서

목차

1. 표준단면도
2. 설계요약
3. 설계조건
4. CIP 설계
5. H 파일 설계
6. 버팀대 설계
   6.1 레이커 H-498x432x45x70 심도 28.0~28.0
7. 흙막이판(목재) 설계
8. 외적 안정성 및 굴착영향 검토
   8.1 벽체의 굴착 단계별 변위 검토
   8.2 침하영향검토
   8.3 근입장에 대한 안정검토
9. SUNEX 입력데이터
10. SUNEX 단계별 계산 결과 집계표
11. SUNEX 단계별 계산결과 그래픽(토압, 변위, 전단력, 모멘트)
12. 단계별 부재계산비교표

10.7 설계도서

1 표준단면도



Graphics by MetaDraw ©

사용부재

CIP

심도구간 : 0.0 m - 26.7 m 부재규격 : CIP-D600(H-350x350x12x19CTC_1200)fck35

H 파일

심도구간 : 26.7 m - 35.0 m 부재규격 : H-350x350x12x19

버팀대

1 단 설치심도 : 28.0 m 부재규격 : H-498x432x45x70

흙막이판

목재 심도구간 26.7 m - 33.0 m

지반특성

토층번호	심도 (m)	지반명칭	γt kN/m^3	γsub kN/m^3	C kN/m^2	φ 도	Ks kN/m^3
1	1.9	매립층	18.0	9.0	18.0	27	18,000.0
2	5.5	퇴적토(점토)	17.0	8.0	24.0	0	11,000.0
3	11.5	퇴적토(모래)	18.0	9.0	22.0	24	25,000.0
4	14.1	풍화토(N<30)	19.0	10.0	16.0	26	23,000.0
5	21.1	풍화토(N>30)	19.0	10.0	20.0	28	30,000.0
6	25.7	풍화암	20.0	11.0	30.0	31	33,000.0
7	50	기반암(연암)	26.0	14.0	130.0	33	58,000.0

10.7 설계도서

2 설계결과 요약

공종	위치/규격	검토사항	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
CIP 등가강도설계법 CIP-D600(H-350x350x12x19CTC_1200)fck35	심도 0.0~26.7	휨모멘트	kNm	843.4	1331.3	63.35 %	O.K
		전단력	kN	501.7	1241.3	40.42 %	O.K
		축방향력	kN	345.8	1319.5	26.21 %	O.K
		주철근량(양측합)	㎟	D32x8.3개	D32x12개		O.K
		띠철근간격	mm	226			O.K
		지지력	kN	207.5	706.5	29.37 %	O.K
H 파일(CIP근입) H-350X350X12X19	심도 0.0~26.7	압축응력	MPa	11.93	238.19	5.01 %	O.K
		휨응력	MPa	220.02	276.91	79.46 %	O.K
		합성응력	안전율	0.84	1.00	84.00 %	O.K
		전단응력	MPa	17.31	180.00	9.62 %	O.K
H 파일 H-350x350x12x19	심도 26.7~35.0	압축응력	MPa	23.86	225.75	10.57 %	O.K
		휨응력	MPa	178.52	270.77	65.93 %	O.K
		압축+휨	안전율	0.76	1.00	76.00 %	O.K
		전단응력	MPa	88.19	180.00	48.99 %	O.K
		지지력	kN	415.0	537.2	77.25 %	O.K
버팀대(레이커) H-498x432x45x70	심도 28.0~28.0	압축응력	MPa	19.4	211.4	9.18 %	O.K
		휨응력	MPa	2.6	262.5	0.99 %	O.K
		전단응력	MPa	1.1	180.0	0.61 %	O.K
		압축+휨	안전율	0.10	1.00	10.00 %	O.K
목재흙막이판	26.7~33.0	휨 두께	mm	54.0	100	54.00 %	O.K
		전단 두께	mm	26.6	100	26.60 %	O.K
안정성 검토	굴착깊이23.7	최대변위	mm	37.31	65.92	56.60 %	O.K
		변위율	변위/깊이	0.11 %	0.28 %	39.29 %	O.K
안정성 검토	굴착 GL-33.00	침하량	mm	14.81			O.K
		근입장	안전율	6.94	1.20	17.29 %	O.K

10.7 설계도서

3 설계조건

가 해석방법 : 탄소성보법

적용토압 : 굴착 및 해체시 = Rankine 토압

사용프로그램 : Ver W7.53 2009-670

나. 허용응력 할증

① 가설구조물에 대한 허용응력의 증가

가설구조물의 경우 1.50 (철도하중 지지시 1.3)

영구구조물로 사용되는 경우

시공도중 1.25

완료 후 1.00

② 고재사용시 허용응력 감소 0.90

공사기간이 2년 미만인 경우 가설구조물로, 2년 이상일 경우 영구구조물로 간주하여 설계한다.

다. 재료의 허용응력

재료의 허용응력은 다음을 기준으로 위 나.항에 따라 할증한다.

① 강재의 허용응력 MPa (가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2020, 표 3.3-1)

종류		SS275, SM275, SHP275(W)	SM355, SHP355W	SM460, SHT460 (주1)	
축방향인장 (순단면)		240	315	1.5 x 275 = 412.5	
축방향압축 (총단면)		$\frac{l}{\gamma} \leqq 20$일 경우 240	$\frac{l}{\gamma} \leqq 16$일 경우 315	$\frac{l}{\gamma} \leqq 6.5$일 경우 412.5	l(mm) : 유효좌굴장 γ(mm) : 단면2차반경
		$20 < \frac{l}{\gamma} \leqq 90$일 경우 $240 - 1.5\left(\frac{l}{\gamma} - 20\right)$	$16 < \frac{l}{\gamma} \leqq 80$일 경우 $315 - 2.2\left(\frac{l}{\gamma} - 16\right)$	$6.5 < \frac{l}{\gamma} \leqq 95$일 경우 $412.5 - 3.225\left(\frac{l}{\gamma} - 6.5\right)$	
		$\frac{l}{\gamma} > 90$일 경우 $\left[\frac{1,875,000}{6,000 + \left(\frac{l}{\gamma}\right)^2}\right]$	$\frac{l}{\gamma} > 80$일 경우 $\left[\frac{1,900,000}{4,500 + \left(\frac{l}{\gamma}\right)^2}\right]$	$\frac{l}{\gamma} > 95$일 경우 $\left[\frac{777,000}{\left(\frac{l}{\gamma}\right)^2}\right]$	
휨응력	인장연 (순단면)	240	315	1.5 x 275 = 412.5	
	압축연 (총단면)	$\frac{l}{\beta} \leqq 4.5$; 240	$\frac{l}{\beta} \leqq 4.0$; 315	$\frac{l}{\beta} \leqq 3.35$; 412.5(주2, 3)	l : 플랜지의 고정점 간 거리 β : 압축플랜지 폭
		$4.5 < \frac{l}{\beta} \leqq 30$ $240 - 2.9\left(\frac{l}{\beta} - 4.5\right)$	$4.0 < \frac{l}{\beta} \leqq 27$ $315 - 4.3\left(\frac{l}{\beta} - 4.0\right)$	$3.35 < \frac{l}{\beta} \leqq 24.8$ $412.5 - 10.431\left(\frac{l}{\beta} - 3.35\right)$	
전단응력(총단면)		135	180	1.5 x 160 = 240	
지압응력		360	465	1.5 x 415=622.5	
용접 강도	공장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	
	현장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	

가설할증율 1.5가 곱해진 값임

10.7 설계도서

주)

1) SHT460 강재에 대한 허용응력은 강교설계기준(KDS 24 14 30, 2019)에서 같은 항복강도를 가지는 SM460(t=16mm 이하)과 같은 값을 적용하였다.
2) 가설 흙막이 기준에 SM460에 대한 허용휨응력이 없어 SM355와 도로교설계기준의 종전 강재 SM570에 대한 값을 보간법으로 구함.
3) 강교설계기준에서는 허용휨응력을 구할 때 허용축방향압축응력을 구하는 것과 같은 방법으로 구하되 세장비 대신에 등가세장비 (l/r)e를 사용하도록 한다. (강교설계기준 4.2.2 표4.2-2 (b), 박스형거더의 경우에 적용).

② 강널말뚝 MPa (가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2020, 표 3.3-2)

종 류		SY300, SY300W	SY400, SY400W	비 고
휨응력	인장응력	180	240	* Type-W는 용접용
	압축응력	180	240	
전단응력		100	135	

③ 볼트의 허용응력 MPa (가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2020, 표 3.3-3)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	90 (SM400 기준)	100 (SS275 기준)
	지 압	190	220
고장력 볼트	전 단	150	150 (F8T 기준)
	지 압	235 (SM400기준)	270 (SS275 기준)

SS275기준은 한국강구조 학회 안임

④ 목재의 허용응력 MPa
(가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2020, 표 3.3-2)

목재종류		허용응력 MPa		
		휨	압축	전단
침엽수	소나무, 해송, 낙엽송, 노송나무, 솔송나무, 미송	9	8	0.7
	삼나무, 가문비나무, 미삼나무, 전나무	7	6	0.5
활엽수	참나무	13	9	1.4
	밤나무, 느티나무, 졸참나무, 너도밤나무	10	7	1.0

⑤ 흙막이판용 강판의 허용응력 Mpa
(도로교설계기준 2010, 표 3.3.4, 표 3.3.5), KDS 24 14 30 2019 표 4.2-1)

강재의 종류	허용응력 MPa		
	휨	압축	전단
SS400 SM400	140	140	80
SM490	190	190	110
SS275, SM275, SHP275(W)	160	160	90
SM355,SHP355(W)	210	210	120

⑥ 콘크리트의 허용응력 MPa

허용 휨 압축응력 $f_{ca} = 0.4\ f_{ck}$

허용 전단응력 $v_a = 0.08\sqrt{f_{ck}}$

전단보강철근과 콘크리트에 의해 허용되는 최대전단응력 = $v_{ca} + 0.32\sqrt{f_{ck}}$

10.7 설계도서

⑦ 철근의 허용(압축 및 인장)응력 (가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2016, 식 3.3-3 ~ 4)

가). 허용휨인장응력

$f_{sa} = 0.5\ f_y$

나). 허용압축응력

$f_{sa} = 0.4\ f_y$

라. 가설흙막이의 안전율 (KDS 21 30 00:2020, 표 3.2-1)

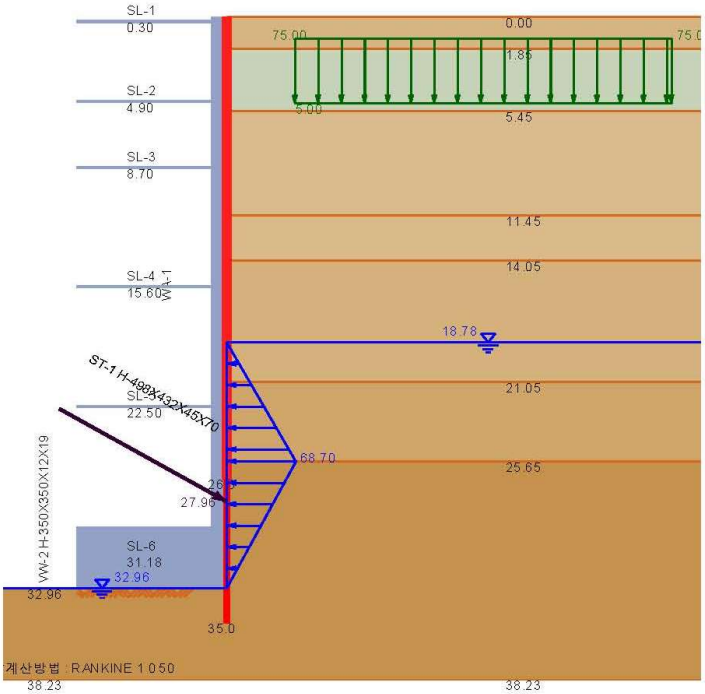
조건			안전율	비고
지반의 지지력			2	극한지지력에 대하여
활동			1.5	활동력(슬라이딩)에 대하여
전도			2	저항모멘트와 전도모멘트의 비
사면안정			1.1	1년 미만 단기안정성
근입깊이			1.2	수동및 주동토압에 의한 모멘트 비
굴착저부의안정	보일링	단기	1.5	사질토 대상, 단기는 2년 미만
		장기	2	
	히빙		1.5	점성도
지반앵커	사용기간2년 비만		1.5	인발저항에 대한 안전율
	사용기간2년 이상		2.5	

마. 벽체의 최대 수평변위 입력치 : 굴착깊의의 0.2 %

벽체 상단의 최대 허용변위 입력치 : mm

이 기준을 초과할 때는 주변시설물에 대한 별도의 안정검토가 필요하다.

바. 계산에 적용된 과재하중, 건물하중, 경사면성토하중, 수압등은 다음과 같다.

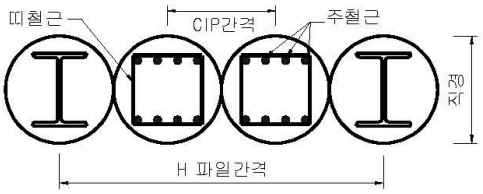


10.7 설계도서

4 CIP 설계

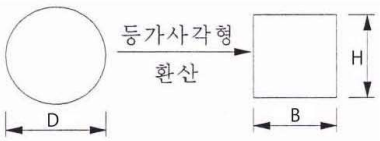
[1] 설계조건

D = 600 mm. CIP의 직경
fck = 35.0 MPa, 콘크리트 설계강도
fsa = 250 MPa, 철근의 허용인장강도
fy = 500 MPa, 철근의 항복강도



콘크리트 타설조건 = 2 (정수중에 타설. 감소율 0.8)
fck = 28.0 MPa, 감소된 콘크리트 설계강도

Dmain = 32사용 철근직경
최소 철근 개수(전체원주) = 12 개
DShear = 16사용 전단 철근 직경
dt = 80 mm, 철근의 피복



가설부재 할증율 = 1.50
하중계수(토압및수압) = 1.60
설계방법 : 원형단면을 등가사각형 단면으로 환산하여 강도설계법으로 설계한다.
설계기준 : KDS 14 20 00 콘크리트구조설계(강도설계법) 및 그 하위기준

[2] 발생하는 최대 모멘트 및 전단력

SUNEX 결과 최대 모멘트 cMmax = 843.4 kNm
SUNEX 결과 최대 전단력 cSmax = 501.7 kN
CIP 한개당 = 최대모멘트 x CIP 간격 = 843.4 x 0.60 = 506.1 kNm
CIP 한개당 = 최대전단력 x CIP 간격 = 501.7 x 0.60 = 301.0 kN
환산하중계수 = 하중계수 / 가시설할증율 = 1.60 / 1.50 = 1.067
▶ Mu = Mmax x 환산하중계수 = 506.1 x 1.067 = 539.8 kNm, (계수모멘트)
▶ Su = Smax x 환산하중계수 = 301.0 x 1.067 = 321.1 kN, (계수전단력)

[3] 휨철근량 계산

(1) 기본요소 계산

A = π x D^2 / 4 = π x 600^2/4 = 282,743.34 ㎟, 콘크리트의 단면적
B = √(A) = √(282,743.3) = 531.74 ㎜, 환산단면의 폭
H = 532 mm, 환산단면의 높이
dt = 80mm, 인장 철근의 피복두께
dt1= 80mm, 압축 철근의 피복두께
d = H - d' = 531.7 - 80 = 452mm, 보의 유효높이

균형철근비 계산
fck <= 28 이므로 β1 = 0.85

$$pb = 0.85 \frac{fck}{fy} \beta 1 \frac{600}{600 + fy} = 0.85 \times \frac{28.0}{500} \times 0.850 \times \frac{600}{1,100} = 0.02207$$

최대철근비 계산 (KDS 14 20 20 4.1.2 (5))

$$\varepsilon cu \qquad 0.85\ fck$$

10.7 설계도서

$$pmax = \frac{0.003}{\varepsilon amin + \varepsilon cu} \times \frac{0.85 \times 28.0}{fy} \quad (최대철근비)$$

εcu = 0.003 (콘크리트의 최대 변형율)

εamin = MAX (0.004, 2εy) (철근의 최대 허용변형량)

= MAX (0.004, 2 x fy / Es) = MAX (0.004, 2 x 500 / 200,000) = 0.0050

$$pmax = \frac{0.003}{0.0050 + 0.003} \times \frac{0.85 \times 28.0}{500} = 0.01785$$

설계휨강도 계산

$$a = \frac{fy\ Pmax\ d}{0.85\ fck} = \frac{500 \times 0.01785 \times 451.7}{0.85 \times 28.0} = 169.4\ mm$$

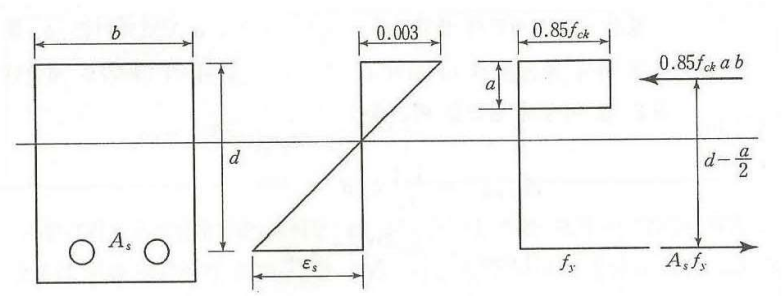
Md = Φ Pmax b d fy (d - a / 2)

= 0.85 x 0.01785 x 531.7 x 451.7 x 500 x (451.7 - 169.40 / 2)

= 668,831,030 (N.mm) = 668.83 kN m

(2) 철근량 계산 (단철근보)

Mu (계수모멘트) = 539.79 < Md (설계모멘트) = 668.8 kN m 이므로 단철근으로 계산 한다.



a = 130.1 mm 로 가정하고 철근량 계산

$$As = \frac{Mu \times 10\text{^}6}{\Phi\ fy\ (d - a / 2)} = \frac{539.79 \times 10\text{^}6}{0.85 \times 500 \times (451.7 - 130.1 / 2)} = 3,284.7\ mm^2$$

$$a를\ 체크,\ a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fck\ b} = \frac{3,284.68 \times 500.0}{0.85 \times 28 \times 532} = 129.8\ (mm)\quad OK$$

$$As = \frac{Mu \times 10\text{^}6}{\Phi\ fy\ (d - a / 2)} = \frac{539.79 \times 10\text{^}6}{0.85 \times 500 \times (451.7 - 129.8 / 2)} = 3,283.2\ mm^2$$

10.7 설계도서

가정치와 근접하므로 OK

(3) 배근

$$n\ (\text{소요철근개수}) = \frac{\text{소요단면적 (AsReq)}}{\text{D32의 단면적}} = \frac{3,283.2}{794.2} = 4.1$$

소요철근개수 4.1 이 최소철근개수(12/2) = 6.0보다 작으므로 6 개를 양측에 각각 사용한다.

▶ D32 - 6 EA, As = 4,765.20 ㎟ : 양측에 각각 사용

[4] 전단력에 대한 검토 (KDS 14 20 22 2016 콘크리트구조 전단 및 비틀림 설계기준)

(1) 띠철근의 최소 시방 기준

최소간격기준 (KDS 21 30 00)

주철근 직경의 12배 = 32 x 12 = 384

300 mm 중 작은값

따라서 최소간격 Smin1 = 300 mm

최소철근량 기준(KDS 14 20 22 2016, 4.3.3)

최소철근량 Asvmin = 0.35 x b x s / Shfy 에서

소요간격 s = Av x Shfy /(0.35 x b)

Av = 띠철근 D16을 사용할 때 = 2 * 198.6 = 397.2 띠철근이므로 2배한다.)

smin2 = 397.2 * 300.00 /(0.35 x 532) = 640 mm

(2) 작용하는 전단력 vu

계수전단력 Vu = Su = 321.1 kN

(3) 콘크리트의 단면이 받을 수 있는 설계전단력 vd

설계전단력 $vd = \Phi\ Vc = \Phi\ 1/6\ \sqrt{fck}\ b\ d$

$= 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{(28)} \times 531.7 \times 451.7$

$= 158,880\ (N) = 158.9\ kN$

(4) 작용하는 전단응력과 설계전단력을 비교하여 띠철근의 간격결정

Case 1) vu > vd/2 : 철근 불필요, 최소 시방규격 간격으로 배근한다. Φ Vc/2 = 79.4kN

Case 2) vd/2 < vu < vd : 기본 철근 배근

Case 3-1) vd < vu < 3vd : 철근필요, 간격계산, 최소간격 = d/2, 3 Φ Vc = 476.6

Case 3-2) 3vd < vu < 5vd : 철근필요, 간격계산, 최소간격 = d/4, 5 Φ Vc = 794.4

Case 4) vu > 5vd : 단면을 키워야 한다.

Case 3-1 에 해당

v < 3vd 이므로 Case 3-1 에 해당, 철근량 계산, 최소간격 = d/2

Φ Vc < vu < = 3 Φvc 이므로 Case 3-1)에 해당, 철근량 계산

부족한 전단력을 철근이 부담하는 것으로 하며 소요간격 S 를 구함

S = Φ Av Shfy d / ((vu - vd) *1000) = 0.75 x 300 x 451.7 / ((321.1 - 158.9) * 1000) = 248.8 mm

최소철근간격기준 Smin1 = 300.0, 최소철근량기준 Smin2 = 640.3, d/2 = 225.9 비교

10.7 설계도서

▶ 최소치 S = 226 mm

(1) 모멘트에 대한 안전

휨 철근 Asused = 4,765.2 을 사용했을 때의 허용모멘트를 구하여
작용모멘트와 비교함

a = Asused x fy / (0.85 x fck x b)
= 4,765.2 x 500 / (0.85 x 28 x 531.7) = 188.3 mm

Ma = Asused x fy x (d - a/2) = 4,765.2 x 500.0 x (451.7 - 188.3/2) = 852,022,140 Nmm = 852.0 kNm

SUNEX 해석결과와 직접비교하기 위하여 환산하중계수를 감안하고 1m 당으로 환산하면

Ma = Ma / (환산하중계수 x CIP간격) = 852.0 / (1.07 x 0.6) = 1,331.3 kNm

▶ Fsm = Mmax / Mallow = 843.4 / 1,331.3 = 0.63 O.K (휨모멘트)

(2) 전단력에 대한 안전

CIP 콘크리트에서 최대 설계 전단력과 작용하는 전단력을 비교하여 안전 판단 함

콘크리트의 최대 설계전단력 Sa = Φ 5/6 √fck x b x d = 5 vd

최대허용전단력 Sa = 5 x 158.9 = 794,402 N = 794.4kN(철근콘크리트에서 최대로 허용되는 전단력)

SUNEX 해석결과와 직접비교하기 위하여 1m 당으로 환산하면

Sa = Sa / (환산하중계수 x CIP간격) = 794.4 / (1.07 x 0.6) = 1,241.3 kN

▶ Fss = Smax / Sallow = 501.7 / 1,241.3 = 0.40 O.K (전단력)

(3) 축력에 대한 안전

최대축력 Pmax = 345.8 kN/m (축방향력 및 지지력 계산 근거 참조)

벽체에 작용하는 최대축력이 Pa 보다 작으면 축하중의 영향을 무시할 수 있으며,

더 크면 축하중에 대한 상세한 검토가 필요하다.(KDS 14.2.20 4.12)

Pa = 0.10 fck Ag = 0.10 x 28.00 x 531.7 x 531.7 = 791681 N = 791.7 kN

Pa = 791.7 / 0.6 = 1,319.5 kN/m (1m 당)

Pmax = 345.8Pa = 1,319.5

▶ Fsp = 345.8 / 1,319.5 = 0.26 O.K (축방향력)

[6] 흙막이 벽체에 작용하는 복공 및 수직 하중의 산출근거

계산폭 = 1.00m 당

하중종류	산출근거	하중kN
1) 버팀대 중량	버팀대평균중량/버팀대간격 x 버팀대길이/2 x 버팀대 단수 6.05/3 x 20.8/2 x 1	20.96
2) 기타	피스브라켓, 브레이싱 등, 위 고정하중의 5% 20.96 x 5%	1.05
3) 측면벽체	(벽체중량/m) * 계산폭 * 벽체깊이 CIP-D600(H-350x350x1(11.77kN/m) x 1.00 x 26.7 = 314.39 H-350x350x12x19 (1.14kN/m) x 1.00 x 8.3 = 9.40	323.79
하중의 합계	고정하중 + 활하중 345.79 + 0.00	345.79

10.7 설계도서

1m 당 수직하중 = 345.79 / 1.00 = 345.79

[7] 지지력에 대한 검토 (벽체 간격 0.60 m당)

(1) 계산식

벽체에 작용하는 하중이 벽체의 허용지지력에 대해서 안전한지 검토한다.

말뚝의 지지력은 Myerhof의 지지력 공식을 사용한다.(구조물기초설계기준 해석식 5.2.14)

Qu = m N Ap + n Ns As

여기서 Qu : 말뚝의 극한지지력 kN

m : 극한지지력을 결정하는 계수, 타입말뚝 = 300, 매입말뚝 = 250, 현장타설말뚝 = 100

N : 말뚝선단지반의 표준관입시험치, 보정후

Ap : 말뚝선단면적 (㎡), H형강의 경우 HxB, 파이프의 경우 내부가 채워진 것으로 보고 계산

n : 극한주면마찰력을 결정하는 계수 타입말뚝 = 2, 매입말뚝 = 2.5, 현장타설말뚝 = 3.3

Ns : 말뚝근입부분의 평균 표준관입시험치, 보정후

As : 말뚝근입부분의 주면적(周面積) (㎡)

Qa = Qu / Fs

Qa : 말뚝의 허용지지력 kN

Fs : 안전율 영구시 = 3.0, 가설시 2.0

(2) 입력데이터

흙막이 벽의 종류 = CIP-D600(H-350x350x12x19CTC_1200)fck35 간격 = 1.00

말뚝선단지반의 N = 50

말뚝의 형태 = 현장타설말뚝 m = 100 n = 3.3

말뚝의 근입깊이 = Maxof(-6.3,0) = 0.0 m

(3) 허용지지력 계산

m = 100

Ap = 흙막이벽체 단면적 x 간격 = 0.471 x 0.60 = 0.283 ㎡

n = 3.3

근입깊이 = 벽체깊이 - 굴착깊이 = 26.7 - 33.0 = 0.0 m

As = 근입깊이 x 주변장 = 0.0 x 1.200 = 0.000 ㎡

Qu = m x N x Ap + n x Ns x As

= 100 x 50 x 0.2826 + 3.3 x 50 x 0.000 = 1413.0 + 0.0 = 1413.0 kN

Qa = Qu / 안전율 = 1413.0 / 2.0 = 706.5 kN

(4) 지지력에 대한 안전

▶작용하는 최대 연직력 = 345.79 x 0.60 = 207.5 kN < Qa = 706.5 kN 따라서 O.K

10.7 설계도서

4 H 파일(CIP근입) 설계

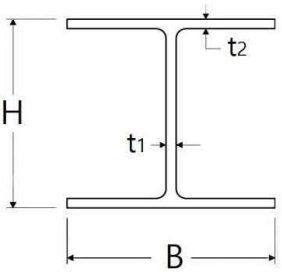
[1] 설계조건

구 간 : 0.0 m - 26.7 m 구간의 전단력 모멘트중에서 최대치로 설계한다.

사용부재 = H-350X350X12X19

사용강재의 인장강도등급 = 210 : 대표강종 SM355, SHP355 W, SGT355

H(mm)	350
B(mm)	350
t1(mm)	12
t2(mm)	19
A(㎟)	17,390
Ix(㎟⁴)	403,000,000
Zx(㎟)	2,300,000
rx(mm)	152.0
ry(mm)	88.4
Aw(㎟)	17,390



Aw = A = 17,390 ㎟

(전단 단면적, 콘크리트로 둘러쌓여 있어 H 형강 전체 면적으로 본다. KDS 14 31 10의 4.2.8.2.3)

고재감소율 = 1.00

가설부재 할증율 = 1.50

비지지장 = 4.50 m

H 파일 간격 = 1.20 m

CIP 간격 = 0.60 m

[2] 모멘트 및 전단력

P = 345.8 kN/m, 자중 + 복공하중 + 측방향력 입력치, 산출근거 참조

M = 843.4 kNm/m, SUNEX 해석결과 H 파일의 최대 모멘트

S = 501.7 kNm/m, SUNEX 해석결과 H 파일의 최대 전단력

H 파일 한개당으로 계산

▶ Pmax = P x CIP 간격 = 345.79 x 0.60 = 207.5 kN

▶ Mmax = M x CIP 간격 = 843.4 x 0.60 = 506.1 kNm

▶ Smax = S x CIP 간격 = 501.7 x 0.60 = 301.0 kN

[3] 작용응력 산정

▶ fc = Pmax / A = 207.5 x 10^3 / 17,390 = 11.93 MPa (압축응력)

▶ fb = Mmax / Zx = 506.1 x 10^6 / 2,300,000 = 220.02 MPa (휨응력)

▶ v = Smax / Aw = 301.0 x 10^3 / 17,390 = 17.31 MPa (전단응력)

[4] 허용응력 산정

허용압축응력

L/ry = 비지지장 L / ry = 4,500 / 88.4 = 50.90 (세장비)

세장비 50.9 에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용압축응력 fca 를 구함

16.0 < 세장비 <= 80.0 이므로

fca = 210 - 1.467 x (50.9 - 16.0) = 158.79 MPa

할증된 허용압축응력 fca = 가설할증율 x fca x 고재감소율

▶ fca = 1.50 x 158.8 x 1.0 = 238.2 MPa

10.7 설계도서

허용휨응력

λ = 비지지장 L / 강재폭 = 4,500 / 350 = 12.86

L/b(λ = 12.9)에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용휨응력 fba를 구함

4.0 < λ <= 27.0 이므로

fba = 210 - 2.867 x (12.9 - 4.0) = 184.61 MPa

할증된 허용휨응력 fba = 가설할증율 x fba x 고재감소율

▶ fba = 1.50 x 184.6 x 1.0 = 276.9 MPa

허용전단응력

허용인장강도 210(신) 강재의 허용전단응력 va

va = 120 MPa

할증된 허용전단응력 va = 가설할증율 x va x 고재감소율

▶ va = 1.50 x 120.0 x 1.0 = 180.0 MPa

[5] 응력에 대한 안전검토

▶ SFc = fc / fca = 11.9 / 238.2 = 0.05 O.K (압축응력)

▶ SFb = fb / fba = 220.0 / 276.9 = 0.79 O.K (휨응력)

▶ SFcb = Fsc + Fsb = 0.05 + 0.79 = 0.84 O.K (합성응력)

▶ SFv = v / va = 17.3 / 180.0 = 0.10 O.K (전단응력)

10.7 설계도서

5 H 파일 설계

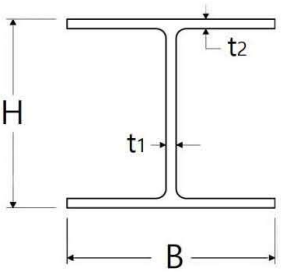
[1] 설계조건

구 간 : 26.7 m - 35.0 m 구간의 전단력 모멘트중에서 최대치로 설계한다.

사용부재 = H-350x350x12x19

사용강재의 인장강도등급 = 210 : 대표강종 SM355, SHP355 W, SGT355

H(mm)	350
B(mm)	350
t1(mm)	12
t2(mm)	19
A(㎟)	17,390
Ix(㎟⁴)	403,000,010
Zx(㎟)	2,300,000
rx(mm)	152.0
ry(mm)	88.4
Aw(㎟)	3,744



Aw = 전단 단면적

= n x (350 - 2 x 19) * 12 = 3744 ㎟

고재감소율 = 1.00

가설부재 할증율 = 1.50

비지지장 = 5.00 m

H 파일 간격 = 1.20 m

축방향력 = 0 kN/m

[2] 모멘트 및 전단력

P = 345.8 kN/m, 자중 + 복공하중 + 축방향력 입력치, 산출근거 참조

M = 342.2kNm/m, SUNEX 해석결과 H 파일의 최대 모멘트

S = 275.2kNm/m, SUNEX 해석결과 H 파일의 최대 전단력

H 파일 한개당으로 계산

▶ Pmax = P x H 파일 간격 = 345.8 x 1.2 = 414.95 kN

▶ Mmax = M x H 파일 간격 = 342.2 x 1.2 = 410.59 kNm

▶ Smax = S x H 파일 간격 = 275.2 x 1.2 = 330.20 kN

[3] 작용응력 산정

▶ fc = Pmax / A = 414.95 x 10^3 / 17,390 = 23.86 MPa (압축응력)

▶ fb = Mmax / Z = 410.59 x 10^6 / 2,300,000 = 178.52 MPa (휨응력)

▶ v = Smax / Aw = 330.20 x 10^3 / 3,744 = 88.19 MPa (전단응력)

[4] 허용응력 산정

허용압축응력

L/ry = 비지지장 L / ry = 5,000 / 88.4 = 56.56 (세장비)

세장비 56.6 에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용압축응력 fca 를 구함

16.0 < 세장비 <= 80.0 이므로

fca = 210 - 1.467 x (56.6 - 16.0) = 150.50 MPa

할증된 허용압축응력 fca = 가설할증율 x fca x 고재감소율

▶ fca = 1.50 x 150.5 x 1.0 = 225.7 MPa

10.7 설계도서

허용휨응력
λ = 비지지장 L / 강재폭 = 5,000 / 350 = 14.29
L/b(λ = 14.3)에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용휨응력 fba를 구함
4.0 < λ <= 27.0 이므로
fba = 210 - 2.867 x (14.3 - 4.0) = 180.51 MPa
할증된 허용휨응력 fba = 가설할증율 x fba x 고재감소율
▶ fba = 1.50 x 180.5 x 1.0 = 270.8 MPa

허용전단응력
허용인장강도 210(신) 강재의 허용전단응력 va
va = 120 MPa
할증된 허용전단응력 va = 가설할증율 x va x 고재감소율
▶ va = 1.50 x 120.0 x 1.0 = 180.0 MPa

[5] 응력에 대한 안전검토
▶ Fsc = fc / fca = 23.9 / 225.7 = 0.11 O.K (압축응력)
▶ Fsb = fb / fba = 178.5 / 270.8 = 0.66 O.K (휨응력)
▶ Fscb = Fsc + Fsb = 0.11 + 0.66 = 0.76 O.K (압축+휨)
▶ Fsv = v / va = 88.2 / 180.0 = 0.49 O.K (전단응력)

[6] 흙막이 벽체에 작용하는 복공 및 수직 하중의 산출근거
계산폭 = 1.00m 당

하중종류	산출근거	하중kN
1) 버팀대 중량	버팀대평균중량/버팀대간격 x 버팀대길이/2 x 버팀대 단수 6.05/3 x 20.8/2 x 1	20.96
2) 기타	피스브라켓, 브레이싱 등, 위 고정하중의 5% 20.96 x 5%	1.05
3) 측면벽체	(벽체중량/m) * 계산폭 * 벽체깊이 CIP-D600(H-350x350x1(11.77kN/m) x 1.00 x 26.7 = 314.39 H-350x350x12x19 (1.14kN/m) x 1.00 x 8.3 = 9.40	323.79
하중의 합계	고정하중 + 활하중 345.79 + 0.00	345.79

1m 당 수직하중 = 345.79 / 1.00 = 345.79

[7] 지지력에 대한 검토 (벽체 간격 1.20 m당)
(1) 계산식
벽체에 작용하는 하중이 벽체의 허용지지력에 대해서 안전한지 검토한다.
말뚝의 지지력은 Myerhof의 지지력 공식을 사용한다.(구조물기초설계기준 해석식 5.2.14)

Qu = m N Ap + n Ns As
여기서 Qu : 말뚝의 극한지지력 kN
m : 극한지지력을 결정하는 계수, 타입말뚝 = 300, 매입말뚝 = 250, 현장타설말뚝 = 100

10.7 설계도서

N : 말뚝선단지반의 표준관입시험치, 보정후
Ap : 말뚝선단면적 (㎡), H형강의 경우 HxB, 파이프의 경우 내부가 채워진 것으로 보고 계산
n : 극한주면마찰력을 결정하는 계수 타입말뚝 = 2, 매입말뚝 = 2.5, 현장타설말뚝 = 3.3
Ns : 말뚝근입부분의 평균 표준관입시험치, 보정후
As : 말뚝근입부분의 주면적(周面積) (㎡)

Qa = Qu / Fs

Qa : 말뚝의 허용지지력 kN
Fs : 안전율 영구시 = 3.0, 가설시 2.0

(2) 입력데이터

흙막이 벽의 종류 = H-350x350x12x19 간격 = 1.20
말뚝선단지반의 N = 50
말뚝의 형태 = 현장타설말뚝 m = 100 n = 3.3
말뚝의 근입깊이 = Maxof(2.0,0) = 2.0 m

(3) 허용지지력 계산

m = 100
Ap = 흙막이벽체 단면적 x 간격 = 0.102 x 1.20 = 0.123 ㎡
n = 3.3
근입깊이 = 벽체깊이 - 굴착깊이 = 35.0 - 33.0 = 2.0 m
As = 근입깊이 x 주변장 = 2.0 x 1.400 = 2.800 ㎡
Qu = m x N x Ap + n x Ns x As
= 100 x 50 x 0.1225 + 3.3 x 50 x 2.800 = 612.5 + 462.0 = 1074.5 kN
Qa = Qu / 안전율 = 1074.5 / 2.0 = 537.2 kN

(4) 지지력에 대한 안전

▶작용하는 최대 연직력 = 345.79 x 1.20 = 415.0 kN < Qa = 537.2 kN 따라서 O.K

10.7 설계도서

6.1 버팀대 설계

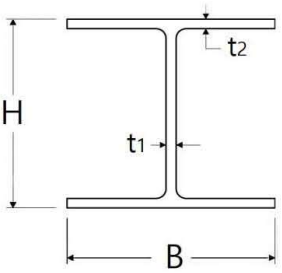
[1] 설계조건

깊 이 : 28.00 m의 버팀대의 최대축력으로 설계한다

사용부재 = H-498x432x45x70

사용강재의 인장강도등급 = 210 : 대표강종 SM355, SHP355 W, SGT355

B(mm)	432
H(mm)	498
t1(mm)	45
t2(mm)	70
A(㎟)	77,010
Ix(㎟⁴)	2,980,000,000
Zx(㎟)	12,000,000
rx(mm)	197.0
ry(mm)	111.0
Aw(㎟)	16,110.0



Aw = 전단 단면적

= (498.0 - 70.0 x 2) x 45.0 x 1 = 16110 ㎟

고재사용 허용응력 감소율 = 1.00

가설부재의 허용응력 할증율 = 1.50

버팀대 과재하중 = 5.0 kN/m

온도하중에 의한 축력 = 120.0 kN

버팀대 축방향 지지간격 Lx = 7.0 m

버팀대 축직각방향 지지간격 Ly = 7.0 m

SUNEX 해석결과 최대축력 MaxN = 1,373.1 kN

SUNEX 해석시 입력된 각도 Ang1 = -31 도

버팀대 간격 = 3.00 m

버팀대 각도 Ang2= -31.0 도

환산 축력 = MaxN x Cos(Ang1) / Cos(Ang2)

= 1,373.1 x 0.857 / 0.857 = 1,373.1

허용응력은 KDS 21 30 00 가설흙막이 설계기준 표 3.3.1에 의하며

축력과 휨의 합성응력은 도로교 설계기준 2010 식3.4.11을 적용한다.

이 형강은 세장단면이 아니므로 국부 좌굴은 고려하지 않는다

(KDS 24 14 30 2019 강교설계기준(허용응력))

[2] 최대축력, 모멘트 및 전단력

▶ MaxN = 최대축력 + 온도축력 = 1,373.1 + 120.0 = 1,493.1 (kN/ea)

▶ MaxM = w x L^2 / 8

= 5.0 x 7.0 ^2 / 8 = 30.6 kNm

(w : 버팀대 의 자중 및 적재하중 kN/m)

▶ Smax = w x L / 2

= 5.0 x 7.0 / 2 = 17.5 kN

[3] 축방향 응력 및 휨응력계산

10.7 설계도서

▶ fc = MaxN / A = 1,493.1 x 10^3 / 77,010 = 19.4 MPa (압축응력)
▶ fb = MaxM / Z = 30.6 x 10^6 / 12,000,000 = 2.6 MPa (휨응력)
▶ v = Smax / Aw = 17.5 x 10^3 / 16,110 = 1.1 MPa (전단응력)

[4] 허용응력계산
(1) 허용압축응력 계산
λx = Lx / rx = 7,000 / 197.0 = 35.5
λy = Ly / ry = 7,000 / 111.0 = 63.1
λ = MAX(λx , λy) = 63.1, 큰 세장비로 허용축방향압축응력을 산정한다
세장비 63.1 에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용압축응력 fca 를 구함
16.0 < 세장비 <= 80.0 이므로
fca = 210 - 1.467 x (63.1 - 16.0) = 140.96 MPa
할증된 허용압축응력 fca = 가설할증율 x fca x 고재감소율
▶ fca = 1.50 x 141.0 x 1.0 = 211.4 MPa

(2) 허용휨응력 계산
Lx / b = 7.0 / 432.0 = 16.2
L/b(λ = 16.2)에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용휨응력 fba를 구함
4.0 < λ <= 27.0 이므로
fba = 210 - 2.867 x (16.2 - 4.0) = 175.01 MPa
할증된 허용휨응력 fba = 가설할증율 x fba x 고재감소율
▶ fba = 1.50 x 175.0 x 1.0 = 262.5 MPa

(3) 허용전단응력
허용인장강도 210(신) 강재의 허용전단응력 va
va = 120 MPa
할증된 허용전단응력 va = 가설할증율 x va x 고재감소율
▶ va = 1.50 x 120.0 x 1.0 = 180.0 MPa

(4) 오일러의 허용좌굴응력 (도로교 설계기준 식3.4.13)
λx = Lx / rx = 7,000 / 197.0 = 35.5
허용인장강도 210(신) 강재의 L/rx 에 따른 좌굴응력 fea를 구함
fea = 1,200,000 / (l/rx)^2 = 1,200,000 / (35.53)^2 = 950.42 MPa
할증된 좌굴응력 fea = 가설할증율 x fea x 고재감소율
▶ fea = 1.50 x 950.4 x 1.0 = 1,425.6 MPa

[5] 응력에 대한 안전검토
▶ Fsc = fc / fca = 19.4 / 211.4 = 0.09 O.K (압축응력)
▶ Fsb = fb / fba = 2.6 / 262.5 = 0.01 O.K (휨응력)
▶ Fsv = v / va = 1.1 / 180.0 = 0.01 O.K (전단응력)

$$\text{▶ FScb} = \text{FSc} + \frac{\text{FSb}}{(1-\text{fc/feax})} = 0.09 + \frac{0.01}{(1-19.4/1,425.6)} = 0.10 \quad \text{O.K (압축+휨)}$$

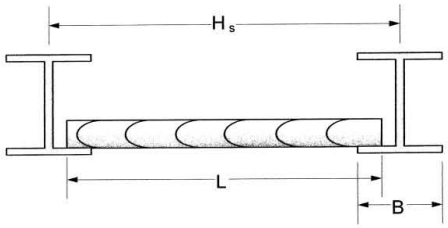
10.7 설계도서

7 흙막이판(목재) 설계

[1]설계조건

구 간 : 26.70 m - 33.00 m 에서 굴착측의 토압으로 설계한다.

흙막이판의 재질 = 목재



fa = 9.00 MPa, 흙막이판의 허용휨응력

va = 0.70 MPa, 흙막이판의 허용전단응력

IncRate = 1.50 가설부재의 허용응력 할증율

Used = 1.00 강재의 고재 감소율, 목재 = 1.0

f = 350 (mm), H 파일의 플렌지 폭

Dec = 15 (%), 아칭에 의한 감소율

Pmax = 70.16 (kN/㎡), 구간내 최대 토압

w = 최대토압 x (1-감소율/100) = 59.639 (kN/㎡), 감소된 토압

L = 1.20 m, 엄지말뚝의 간격

Thk = 100 (mm), 흙막이판의 설계두께

(≠0 이면 깊이별로 두께가 계산된 후 설계두께가 안전한지 검토됨

= 0 이면 깊이별로 두께가 계산됨)

할증된 허용응력

fa = IncRate x Used x fa = 0.00 x 1.00 x 9.0 = 13.5 MPa

va = IncRate x Used x va = 0.00 x 1.00 x 0.7 = 1.0 MPa

[2] 흙막이판의 지간 계산

ℓ = L (H 파일 간격) - 3/4 x B (Flange 폭) = 1.20 - 3/4 x 0.350 = 0.94 m

[3] 휨모멘트 및 전단력 계산

Mmax = w x L^2 / 8 = 59.64 x 0.94^2 / 8 = 6.55 kNm/m

Smax = w x L / 2 = 59.64 x 0.94 / 2 = 27.96 kN/m

[4] 휨응력에 대한 흙막이판의 두께(t1) 계산

$$t1^2 = \frac{6 \times Mmax}{b \times fa} = \frac{6 \times 6.55 \times 10^6}{1000 \times 13.5} = 2,912.04\ (mm^2)$$

$$t1 = \sqrt{(2912.04)} = 54.0\ mm$$

여기서, t1 = 휨응력에 대한 흙막이판 두께 mm, Mmax = 휨모멘트(kNm/m)

b = 흙막이판의 단위폭 (1000 mm), fa = 허용휨응력 (MPa)

[5] 전단응력에 대한 흙막이판의 두께(t2) 계산

$$t2 = \frac{Smax}{b \times va} = \frac{27.96 \times 10^3}{1000 \times 1.05} = 26.6\ mm$$

여기서, t2 = 전단응력에 대한 흙막이판 두께 mm, Smax = 전단력kN/m, va = 허용전단응력 (MPa)

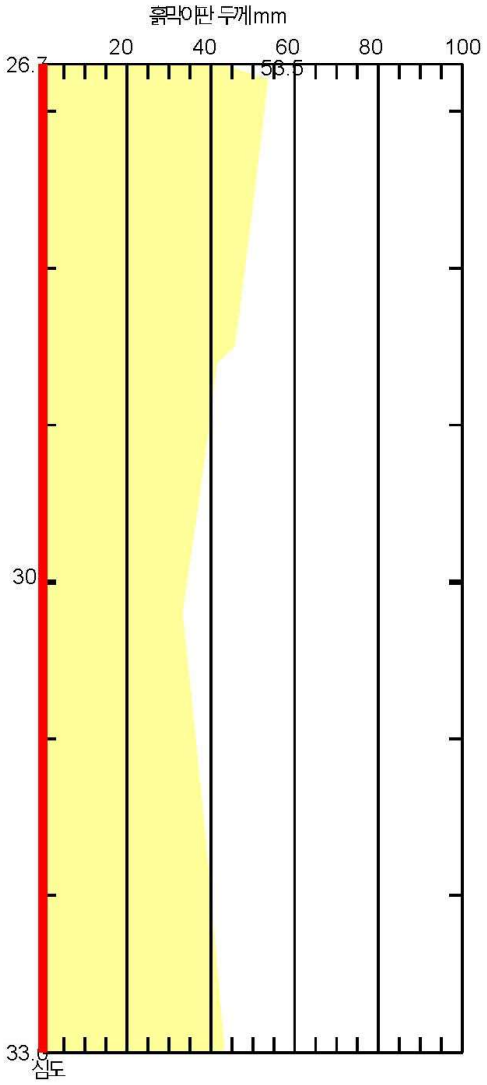
t = Max(t1, t2) = Max(54.0 , 26.6) = 54.0 (mm)

소요두께 = 54.0 < 설계두께 = 100 이므로 O.K

10.7 설계도서

깊이별 흙막이판 두께 계산

번호	깊이	토압	두께
	m	kN/m²	mm
268	26.7	70.2	42.5
270	26.9	69.0	53.5
272	27.1	66.8	52.7
274	27.3	64.6	51.8
276	27.5	62.4	50.9
278	27.7	60.1	50.0
280	27.9	57.9	49.0
282	28.1	55.7	48.1
284	28.3	53.5	47.1
286	28.5	51.2	46.1
288	28.7	41.4	41.5
290	28.9	39.5	40.5
292	29.1	37.6	39.5
294	29.3	35.8	38.5
296	29.5	33.9	37.5
298	29.7	32.0	36.4
300	29.9	30.1	35.4
302	30.1	28.2	34.2
304	30.3	27.2	33.6
306	30.5	28.5	34.4
308	30.7	29.8	35.2
310	30.9	31.1	35.9
312	31.1	32.5	36.7
314	31.3	33.8	37.4
316	31.5	35.1	38.2
318	31.7	36.4	38.9
320	31.9	37.7	39.6
322	32.1	39.1	40.3
324	32.3	40.4	40.9
326	32.5	41.7	41.6
328	32.7	43.0	42.3
330	32.9	44.4	42.9



10.7 설계도서

8. 외적 안정성 및 굴착영향 검토

8.1 공사 단계별 변위에 대한 검토

공사단계별로 발생하는 흙막이 벽의 최대 변위와 허용변위를 비교하여 안전을 판단한다.

허용변위율 = 0.20 % , 허용변위 = 허용변위율 x 굴착깊이

허용변위 계산깊이 적용 : 0 : 최종 굴착깊이

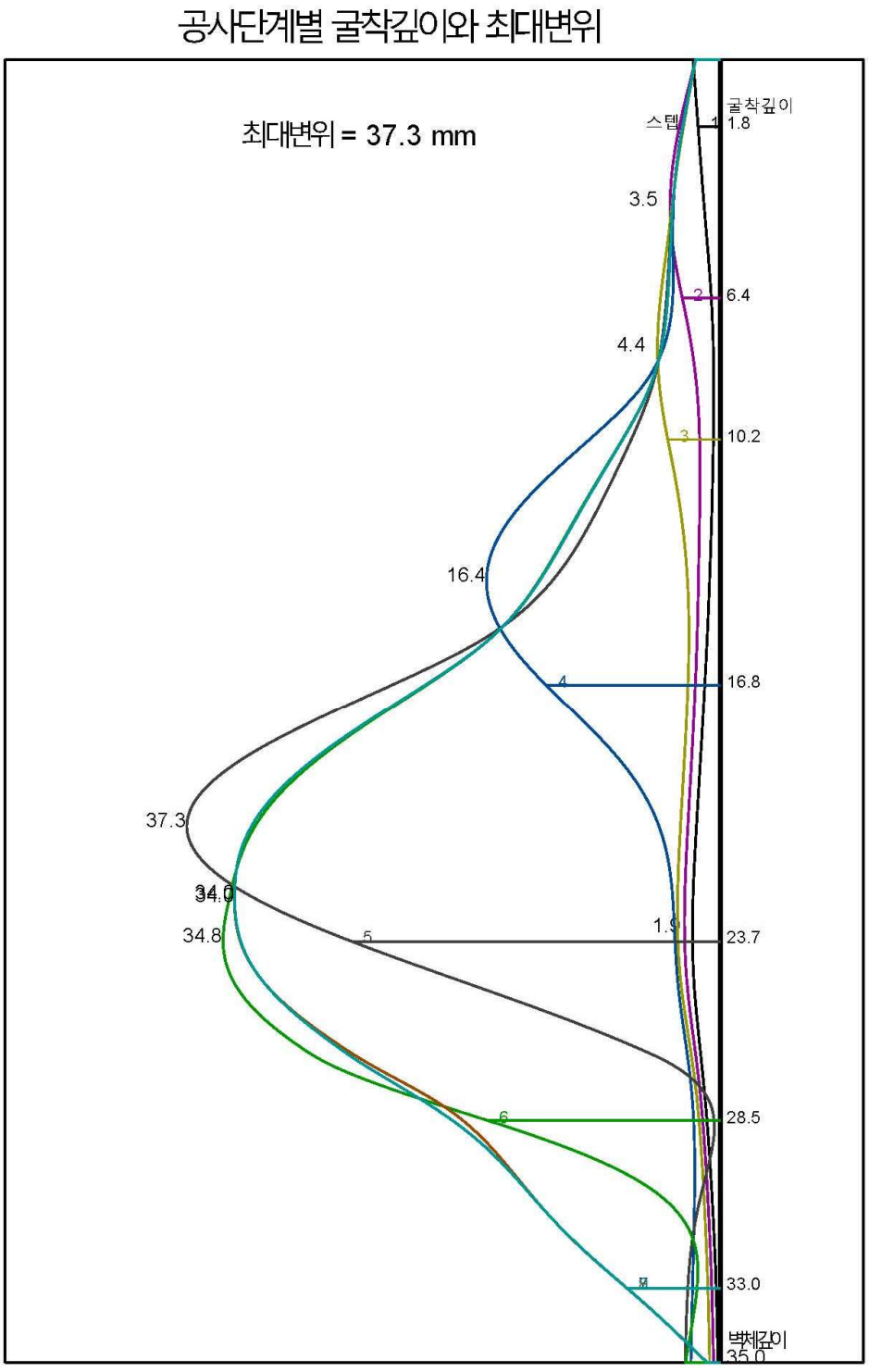
말뚝상단의 허용변위 입력치 = mm

스텝번호	스텝설명	굴착깊이 m	발생변위 mm	허용변위 mm	안전율 %	안전판단
1	EXCA TO 1.8	1.80	1.95	65.92	2.96	O.K
2	CONST 1F SLAB AND EXCAV 6.4	6.40	3.50	65.92	5.32	O.K
3	CONST B1 SLAB AND EXCAV 10.2	10.20	4.39	65.92	6.66	O.K
4	CONST B2 SLAB AND EXCAV 16.8	16.80	16.35	65.92	24.80	O.K
5	CONST B3 SLAB AND EXCAV 23.70	23.70	37.31	65.92	56.60	O.K
6	CONST B3 SLAB AND EXCAV 28.46	28.46	34.77	65.92	52.74	O.K
7	CONST RE RAKER AND EXCAV 32.96	32.96	33.97	65.92	51.54	O.K
8	CONST SLAB 6 AND CONST WALL 1	32.96	33.97	65.92	51.54	O.K
9	REMOVE RE RAKER 1	32.96	33.96	65.92	51.51	O.K

(주) 최대변위는 지표에서 흙막이벽체 바닥 사이의 최대변위임

최대변위율과 말뚝상단의 허용변위는 스텝데이터 'DIPLACEMENT'에서 설정가능함

10.7 설계도서


공사단계별 굴착깊이와 최대변위
최대변위 = 37.3 mm
스텝
굴착깊이
1.8
3.5
6.4
4.4
10.2
16.4
16.8
37.3
34.8
23.7
28.5
33.0
벽체깊이
35.0

10.7 설계도서

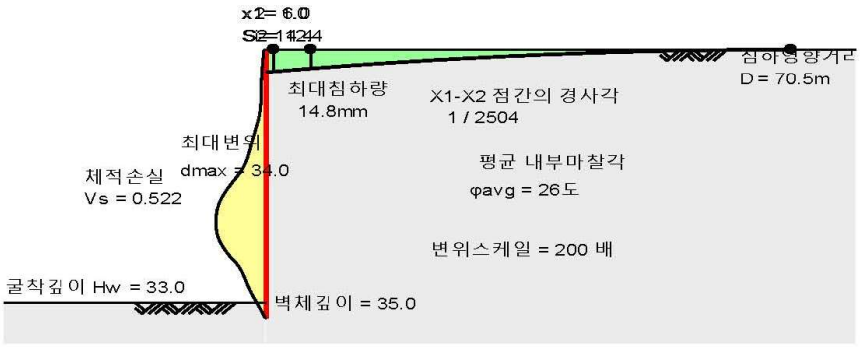
8.2 침하에 대한 주변영향 검토

굴착으로 인한 지표면의 침하량은 흙막이 벽체의 변위와 관계된다고 보고 흙막이 벽체의 변위량으로 부터 침하량을 추정하는 방법을 Caspe(1966)가 제안하고, Bowles가 다음과 같은 단계로 재정리 하였다.

(1) 침하영향거리 계산

굴착깊이 HW	=	33.0	m
굴착폭 B	=	100.0	m
평균내부마찰각 φavg	=	26.26	도
Hp = (0.5 B tan(45+φavg/2)	=	80.4	m
Ht = (Hw+Hp)	=	113.4	m
영향거리 D=Ht*tan(45-φavg/2))	=	70.5	m
영향거리/굴착깊이(D/Hw)의 최대비율	=	2.0	
수정된 영향거리 D	=	66.0	m
(2) 굴착으로 인한 체적 손실량 Vs	=	0.522	m^3
(3) 벽체에서의 침하량 Sw $= \frac{2\ Vs}{D}$	=	14.8	mm
(4) 벽체로 부터 거리별 침하량 Si	=	Sw $(\frac{D-x}{D})^2$	

흙막이 벽으로 부터의 거리	0.0 x D	0.1 x D	0.2 x D	0.3 x D	0.5 x D	1.0 x D	X1	X2
m	0.00	6.60	13.20	19.80	33.00	66.00	1.00	6.00
침하량 mm	14.8	12.0	9.5	7.3	3.7	0.0	14.4	12.4
각변위 (1 / X)		2345	2621	2970	3713	8910		2504

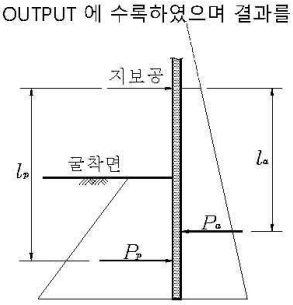


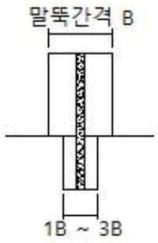
참고 : 칸막이 벽이나 바닥에 첫 균열이 예상되는 한계 = 1/300
건물에 균열이 없도록 하는 안정한계 = 1/500 (Bjerrum,1981)

10.7 설계도서

8.3 근입장 검토

최하단 지보공 위치를 중심으로 주동토압에 의한 모멘트보다 수동토압에 의한 모멘트가 커야 안전하다.
계산은 OUTPUT 에 수록하였으며 결과를 정리하면 다음과 같다.



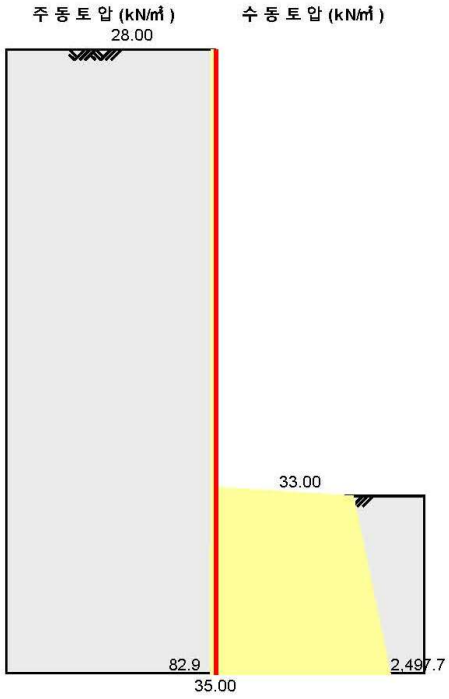


① 주동토압에 의한 모멘트 Ma = Pa x La = 1154.0 kN.m
② 수동토압에 의한 모멘트 Mp = Pp x Lp = 8004.5 kN.m

③ 안전율 Fs = $\frac{Mp}{Ma} = \frac{8004.5}{1154.0} =$ 6.94 (점착력이 매우 커지면 주동토압이 0 에 가까워짐 = 안전함)

④ 소요안전율 Fs req = 1.2

▶ 안전판단 Fs = 6.94 > Fs req = 1.2 **O.K**



10.7 설계도서

근입장 체크 (WALL DEPTH CHECK)
최하단 지보공의 깊이 = 28.00, 절점번호 = 281

Node No.	Depth GL	주동 토압 (kN/m2)	기타 횡력 (kN/m2)	주동 모멘트 (kNm)	수동 토압 (kN/m2)	기타 횡력 (kN/m2)	수동 모멘트 (kNm)	안전율
281	28.00	21.65	47.05	0.00				
282	28.10	22.59	46.11	0.69				
283	28.20	23.53	45.17	1.37				
284	28.30	24.47	44.23	2.06				
285	28.40	25.41	43.29	2.75				
286	28.50	26.35	42.35	3.44				
287	28.60	27.29	41.41	4.12				
288	28.70	28.23	40.47	4.81				
289	28.80	29.17	39.53	5.50				
290	28.90	30.12	38.58	6.18				
291	29.00	31.06	37.64	6.87				
292	29.10	32.00	36.70	7.56				
293	29.20	32.94	35.76	8.24				
294	29.30	33.88	34.82	8.93				
295	29.40	34.82	33.88	9.62				
296	29.50	35.76	32.94	10.31				
297	29.60	36.70	32.00	10.99				
298	29.70	37.64	31.06	11.68				
299	29.80	38.58	30.12	12.37				
300	29.90	39.53	29.17	13.05				
301	30.00	40.47	28.23	13.74				
302	30.10	41.41	27.29	14.43				
303	30.20	42.35	26.35	15.11				
304	30.30	43.29	25.41	15.80				
305	30.40	44.23	24.47	16.49				
306	30.50	45.17	23.53	17.18				
307	30.60	46.11	22.59	17.86				
308	30.70	47.05	21.65	18.55				
309	30.80	48.00	20.70	19.24				
310	30.90	48.94	19.76	19.92				
311	31.00	49.88	18.82	20.61				
312	31.10	51.08	17.88	21.38				
313	31.20	52.38	16.94	22.18				
314	31.30	53.68	16.00	22.99				
315	31.40	54.98	15.06	23.81				
316	31.50	56.28	14.12	24.64				
317	31.60	57.58	13.18	25.47				
318	31.70	58.87	12.23	26.31				
319	31.80	60.17	11.29	27.16				
320	31.90	61.47	10.35	28.01				
321	32.00	62.77	9.41	28.87				

10.7 설계도서

322	32.10	64.07	8.47	29.74				
323	32.20	65.37	7.53	30.62				
324	32.30	66.67	6.59	31.50				
325	32.40	67.97	5.65	32.39				
326	32.50	69.27	4.71	33.29				
327	32.60	70.57	3.76	34.19				
328	32.70	71.87	2.82	35.10				
329	32.80	73.17	1.88	36.02				
330	32.90	74.47	0.94	36.95				
331	33.00	75.76	0.00	11.05	-1964.71	0.00	-286.52	0.33
332	33.10	76.12	0.00	11.32	-1991.36	0.00	-296.22	0.65
333	33.20	76.48	0.00	11.60	-2018.01	0.00	-306.07	0.98
334	33.30	76.84	0.00	11.88	-2044.65	0.00	-316.07	1.32
335	33.40	77.20	0.00	12.16	-2071.30	0.00	-326.23	1.65
336	33.50	77.56	0.00	12.44	-2097.95	0.00	-336.54	1.99
337	33.60	77.92	0.00	12.73	-2124.60	0.00	-347.02	2.32
338	33.70	78.27	0.00	13.01	-2151.25	0.00	-357.65	2.66
339	33.80	78.63	0.00	13.30	-2177.89	0.00	-368.43	3.00
340	33.90	78.99	0.00	13.59	-2204.54	0.00	-379.37	3.34
341	34.00	79.35	0.00	13.89	-2231.19	0.00	-390.45	3.68
342	34.10	79.71	0.00	14.18	-2257.84	0.00	-401.71	4.03
343	34.20	80.07	0.00	14.48	-2284.48	0.00	-413.11	4.37
344	34.30	80.43	0.00	14.78	-2311.13	0.00	-424.67	4.71
345	34.40	80.79	0.00	15.08	-2337.78	0.00	-436.39	5.05
346	34.50	81.15	0.00	15.38	-2364.43	0.00	-448.25	5.40
347	34.60	81.51	0.00	15.69	-2391.07	0.00	-460.28	5.74
348	34.70	81.87	0.00	16.00	-2417.72	0.00	-472.46	6.08
349	34.80	82.22	0.00	16.31	-2444.37	0.00	-484.80	6.42
350	34.90	82.58	0.00	16.62	-2471.02	0.00	-497.29	6.76
351	35.00	82.94	0.00	8.47	-2497.66	0.00	-254.97	6.94
		3967.68	1199.90	1154.05	-46854.95	0.00	-8004.49	

합계 주동 모멘트 (Ma) = 1154.05
합계 수동 모멘트 (Mp) = -8004.49
안전율 (Mp/Ma) = 6.94

최소 안전율 = 1.2 이상이어야 함

10.7 설계도서

9. 입력 데이터

```
PROJECT  가산동 345-48 데이터센터 신축공사 (Section A-R)_BH-1

UNIT   kN
ELGL    GL     0.00

SOIL   1   매립층
           18      9       18      27      18000   0       0       0       0
       2   퇴적토(점토)
           17      8       24      0       11000   0       0       0       0
       3   퇴적토(모래)
           18      9       22      24      25000   0       0       0       0
       4   풍화토(N<30)
           19      10      16      26      23000   0       0       0       0
       5   풍화토(N>30)
           19      10      20      28      30000   -1      0       0       0
       6   풍화암
           20      11      30      31      33000   0       0       0       0
       7   기반암(연암)
           26      14      130     33      58000   0       0       0       0

PROFILE   1    1.85      1       1
          2    5.45      2       2
          3    11.45     3       3
          4    14.05     4       4
          5    21.05     5       5
          6    25.65     6       6
          7    50        7       7

VWALL     1    26.65     .07223    1.58613E-03     2.05E+08     1     1     1
          2    34.96     .01739    .000403     2.05E+08     1.2     1.05     .3


STRUT   1    27.96   0.07701     10.4    3    50    0    0   -31    0
SLAB    1    0.3     0.2         10         0
        2    4.9     0.2         10         0
        3    8.7     0.2         10         0
        4    15.6    0.2         10         0
        5    22.5    0.2         10         0
        6    31.18   3.56        10         0
WALL    1    0           31.18          0.7             0
Division    0.1
Solution    0
Output      0
NoteMode    0
MINKS       100
ECHO
```

10.7 설계도서

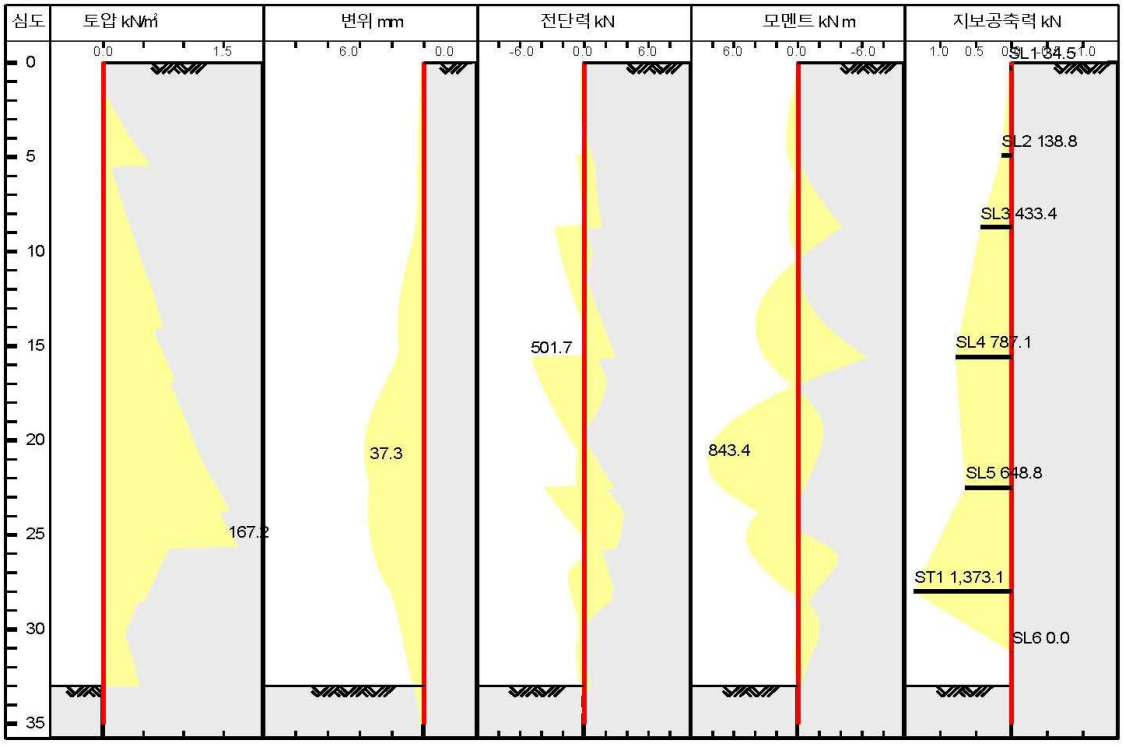
```
STEP  1  EXCA TO 1.8
      RANKINE 1 0 50
      WATER_PRESSURE 12.81 0 25.65 128.4 32.96 0
      LOAD  5  3.4  75  22.1  75   1
      LOAD  5  34.1  61  45.3  61   1
      LOAD  13  50.3  303  94.3  303   1
      EXCAVATION 1.8
      DISPLACEMENT 0.2 0 0 0

STEP  2  CONST 1F SLAB AND EXCAV 6.4
      CONST SLAB 1
      EXCAVATION 6.4

STEP  3  CONST B1 SLAB AND EXCAV 10.2
      CONST SLAB 2
      EXCAV 10.2

STEP  4  CONST B2 SLAB AND EXCAV 16.8
      WATER_PRESSURE 14.53 0 25.65 111.2 32.96 0
      CONST SLAB 3
      EXCAV 16.8

STEP  5  CONST B3 SLAB AND EXCAV 23.70
      WATER_PRESSURE 15.62 0 25.65 100.3 32.96 0
      CONST SLAB 4
      EXCAV 23.70

STEP  6  CONST B3 SLAB AND EXCAV 28.46
      WATER_PRESSURE 17.52 0 25.65 81.3 32.96 0
      CONST SLAB 5
      EXCAV 28.46

STEP  7  CONST RE RAKER AND EXCAV 32.96
      WATER_PRESSURE 18.78 0 25.65 68.7 32.96 0
      CONST STRUT 1
      EXCAV 32.96
      GROUND_SETTLEMENT 100 2 1 6
      DEPTH_CHECK

STEP  8  CONST SLAB 6 AND CONST WALL 1
      CONST SLAB 6
      CONST WALL 1

STEP  9  REMOVE RE RAKER 1
      REMOVE STRUT 1

END
```

10.7 설계도서

10. 단계별 계산결과 집계표

[1] 깊이별 최대토압, 변위, 전단력 및 모멘트

절점	구간심도	토압	변위	전단력 kN		모멘트 kN.m	
	m	kN/m^2	mm	굴착측	배면측	굴착측	배면측
1	0.0	0.00(0)	1.90(1)	0.00(1)	0.00(0)	0.00(8)	0.00(4)
19	1.8	0.00(0)	2.86(2)	34.88(2)	0.00(0)	52.06(2)	0.00(0)
37	3.6	27.36(4)	3.49(2)	34.79(2)	16.31(3)	101.87(2)	0.00(0)
55	5.4	58.80(2)	3.86(3)	75.95(3)	92.16(4)	105.11(2)	30.89(3)
73	7.2	8.66(9)	4.35(3)	49.02(3)	119.87(4)	62.74(2)	201.70(4)
91	9.0	21.81(3)	5.94(4)	273.77(4)	159.63(4)	74.24(3)	409.11(4)
109	10.8	36.07(3)	10.90(4)	260.21(4)	28.64(3)	72.72(3)	302.27(4)
127	12.6	64.14(9)	15.17(4)	184.15(4)	38.83(3)	336.67(4)	23.32(5)
145	14.4	73.98(4)	16.35(4)	82.41(4)	207.47(5)	396.55(4)	94.31(5)
163	16.2	82.26(4)	19.67(5)	501.75(5)	285.33(5)	385.43(4)	644.99(5)
181	18.0	92.41(5)	29.68(5)	452.78(5)	168.01(4)	205.63(4)	310.62(5)
199	19.8	110.18(5)	36.49(5)	305.39(5)	143.99(4)	757.22(5)	124.27(4)
217	21.6	129.39(5)	37.31(5)	127.36(5)	0.00(0)	843.43(5)	226.40(4)
235	23.4	152.83(5)	35.77(5)	76.84(4)	317.99(5)	816.09(5)	119.34(4)
253	25.2	161.97(6)	34.75(6)	240.58(6)	358.19(5)	448.70(5)	0.00(0)
271	27.0	167.16(6)	33.10(6)	0.00(0)	318.77(5)	482.31(6)	176.62(5)
289	28.8	65.71(6)	26.74(6)	146.40(5)	230.97(7)	265.85(6)	286.67(5)
307	30.6	38.58(7)	17.38(9)	82.12(5)	153.96(6)	0.00(0)	133.97(7)
325	32.4	29.81(9)	12.79(9)	63.47(7)	0.00(1)	22.02(8)	169.42(6)
343	34.2	41.72(7)	8.05(7)	50.26(6)	36.06(7)	16.70(8)	48.38(6)
351	35.0	0.00(0)	2.80(7)	22.74(9)	2.84(5)	1.15(5)	10.54(9)
	최대치	167.16(0)	37.31(0)	501.75(0)	358.19(0)	843.43(0)	644.99(0)



전단력과 모멘트에는 WALLOUT 으로 입력된 스탭별 하중계수가 곱해진 값임

STEP	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

10.7 설계도서

[2] 단계별 지보공 축력 집계표

STEP NO	굴착 깊이	ST1 28.0	SL1 0.3	SL2 4.9	SL3 8.7	SL4 15.6	SL5 22.5	SL6 31.2				
1	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
2	6.4	0.0	34.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
3	10.2	0.0	10.7	138.8	0.0	0.0	0.0	0.0				
4	16.8	0.0	23.0	-13.6	433.4	0.0	0.0	0.0				
5	23.7	0.0	16.8	66.0	183.6	787.1	0.0	0.0				
6	28.5	0.0	18.1	49.0	237.4	578.0	648.8	0.0				
-7	28.5	0.0	18.1	48.8	238.3	573.4	567.8	0.0				
7	33.0	1373.1	18.0	49.8	235.1	585.2	510.8	0.0				
8	33.0	1373.1	18.0	49.8	235.1	585.2	510.8	0.0				
9	33.0	0.0	18.0	49.8	235.1	585.2	503.6	-17.2				
	최대치	1373.1	34.5	138.8	433.4	787.1	648.8	0.0				

버팀대와 앵커의 축력은 버팀대 1개당의 축력임, 경사가 고려되어 증가된 값임, 1/COS(θ)
슬래브 축력은 슬래브 폭 1m 에 대한 축력임

[3] 굴착 단계별 최대토압, 변위, 전단력 및 모멘트

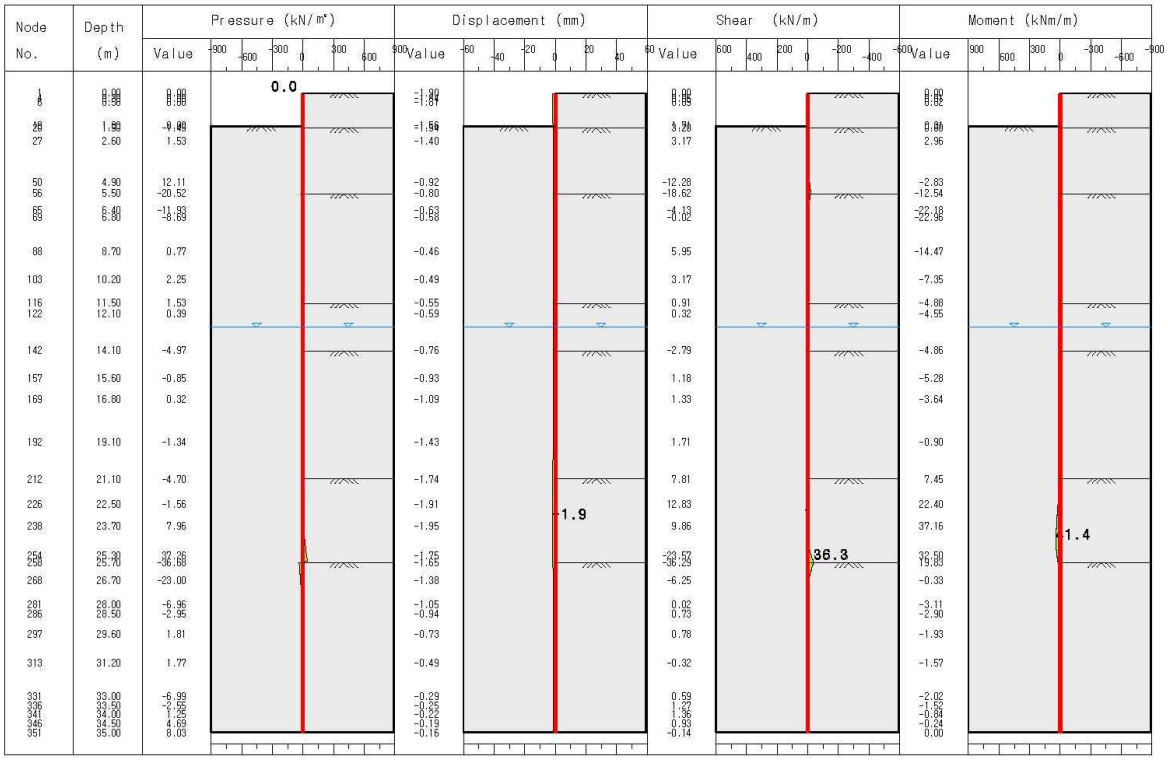
굴착 단계	굴착깊이 m	토압 kN/m²	변위 mm	전단력 kN		모멘트 kN.m	
				굴착측	배면측	굴착측	배면측
1	1.8	0.00	1.95	13.07	36.29	41.37	22.96
2	6.4	58.80	3.50	34.88	72.42	105.11	53.64
3	10.2	51.20	4.39	75.95	68.62	85.02	41.66
4	16.8	88.36	16.35	273.77	205.06	396.55	409.11
5	23.7	156.73	37.31	501.75	358.19	843.43	644.99
6	28.5	167.16	34.77	370.51	278.31	484.34	438.29
7	33.0	157.79	33.97	336.40	275.17	413.01	447.21
8	33.0	157.79	33.97	329.73	270.61	413.01	447.21
9	33.0	157.79	33.96	329.69	242.19	385.44	447.27
	최대치	167.16	37.31	501.75	358.19	843.43	644.99

최대 변위는 흙막이 벽 바닥까지의 변위중 최대치임
하중계수가 곱해지지 않은 SUNEX 출력결과 그대로임

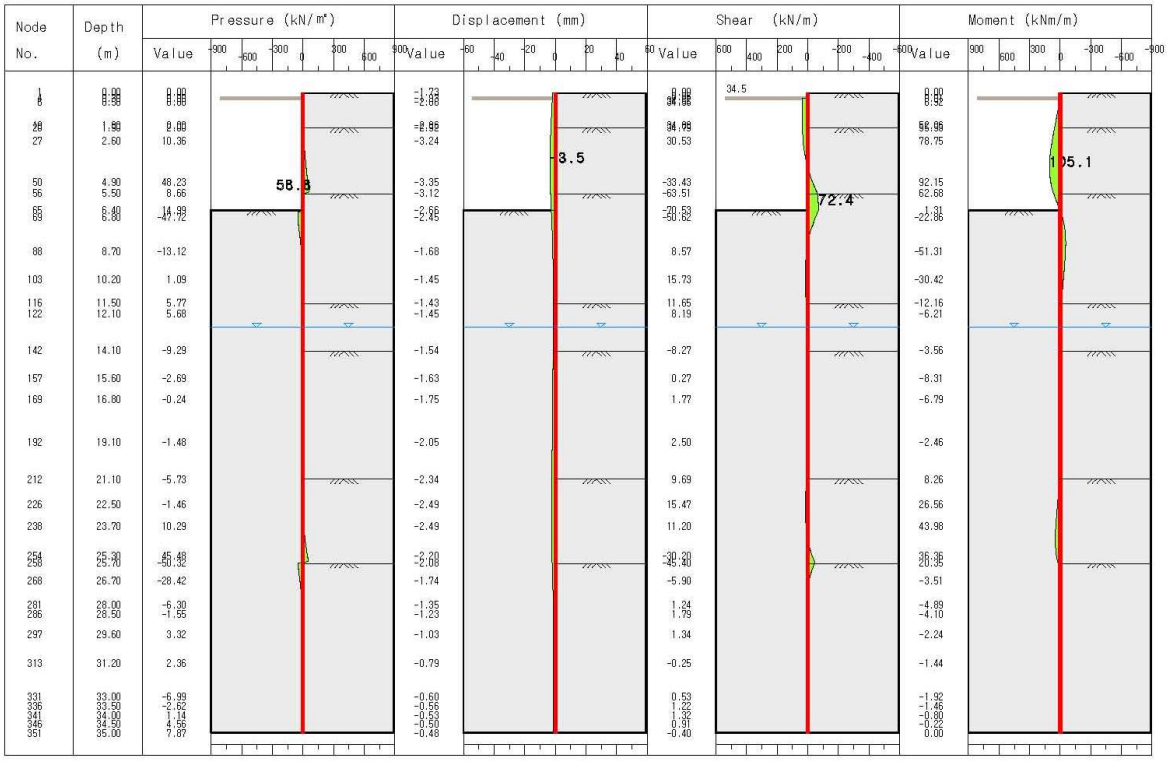
10.7 설계도서

11 공사단계별 그래픽 출력(토압, 변위, 전단력, 모멘트)

Step No. 1 << EXCA TO 1.8 >>

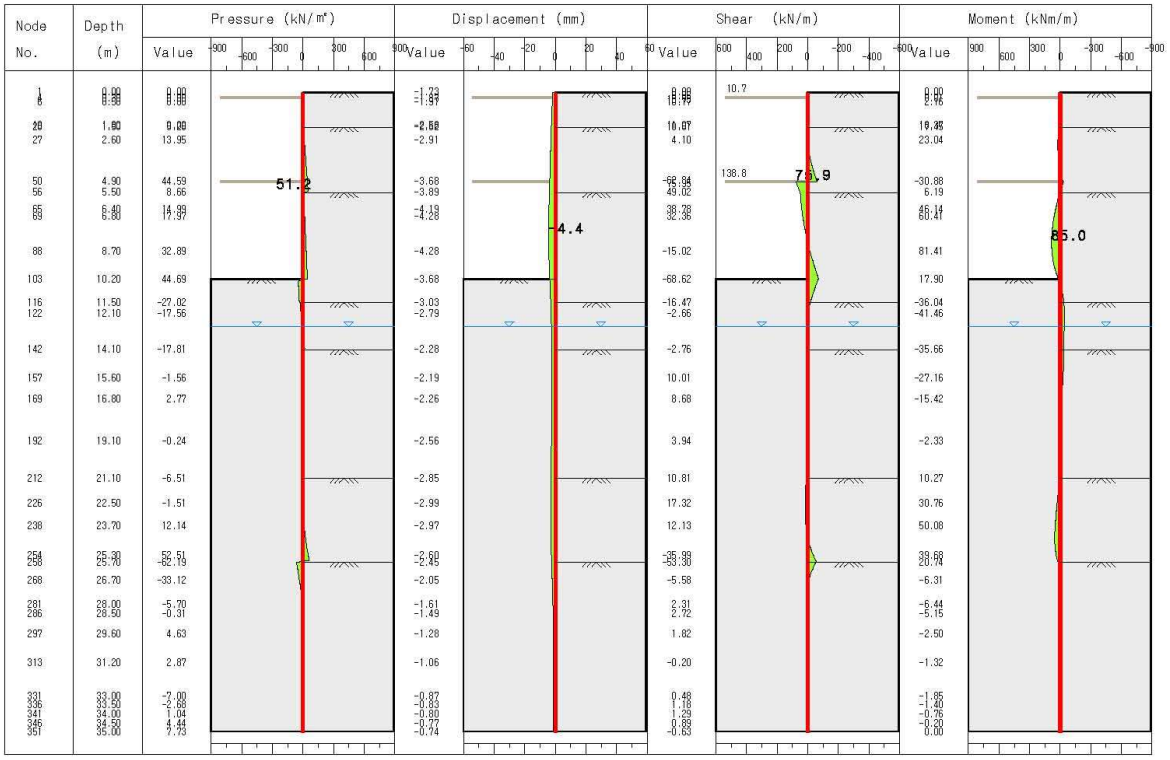


Step No. 2 << CONST 1F SLAB AND EXCAV 6.4 >>

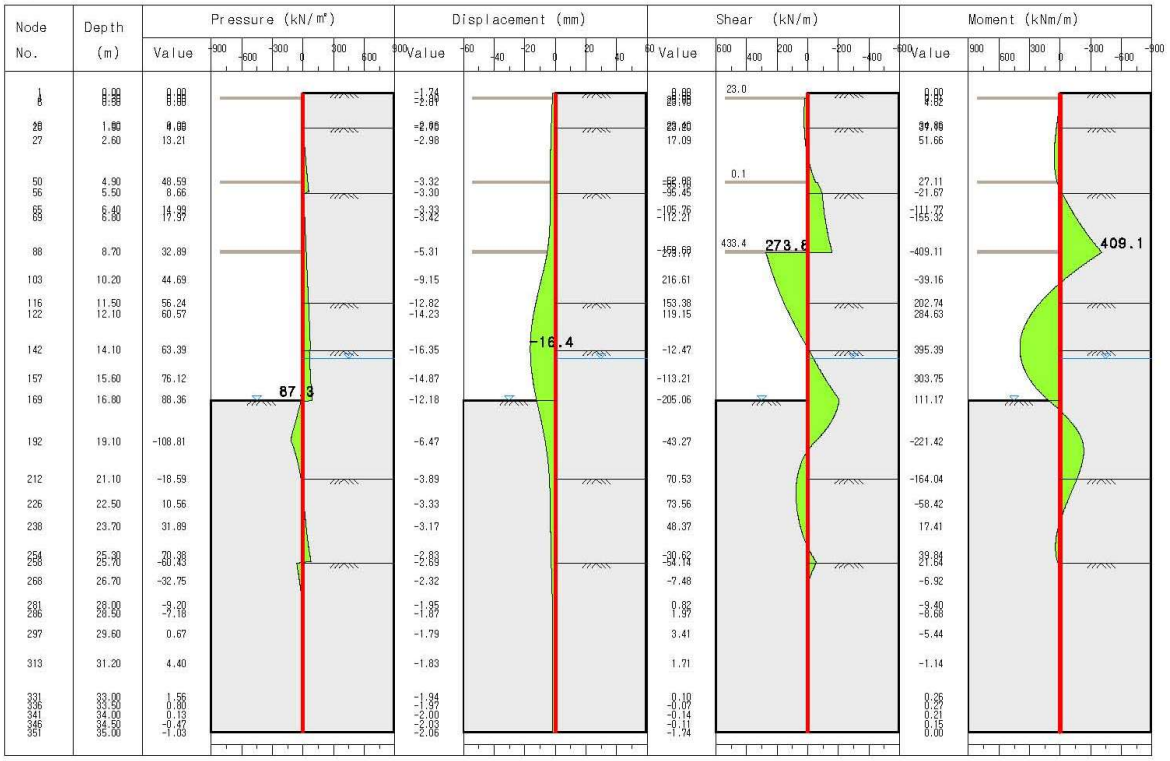


10.7 설계도서

Step No. 3 << CONST B1 SLAB AND EXCAV 10.2 >>

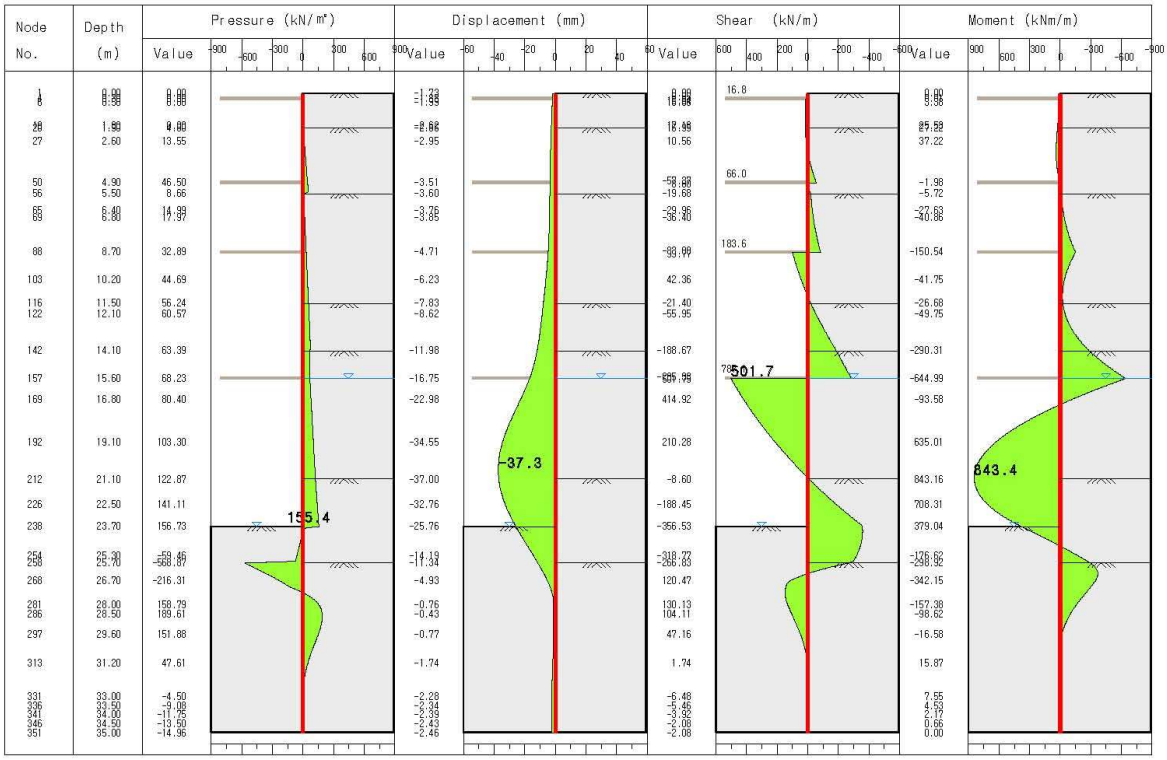


Step No. 4 << CONST B2 SLAB AND EXCAV 16.8 >>

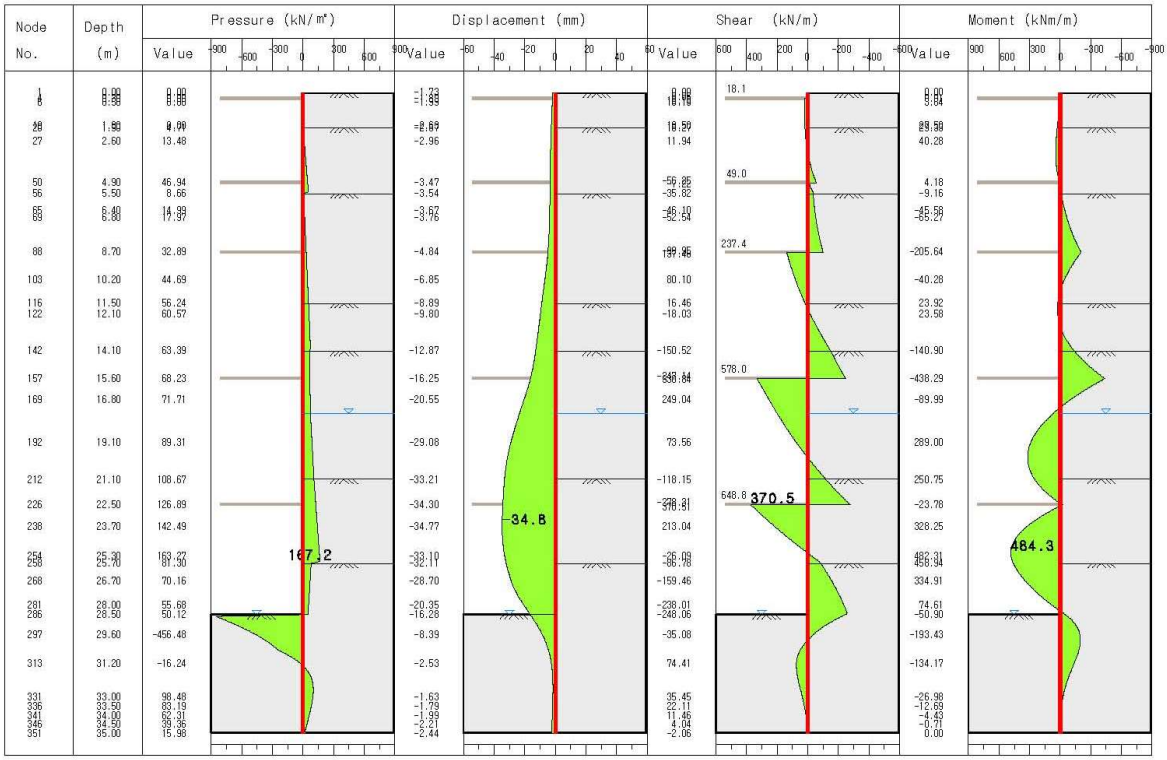


10.7 설계도서

Step No. 5 << CONST B3 SLAB AND EXCAV 23.70 >>

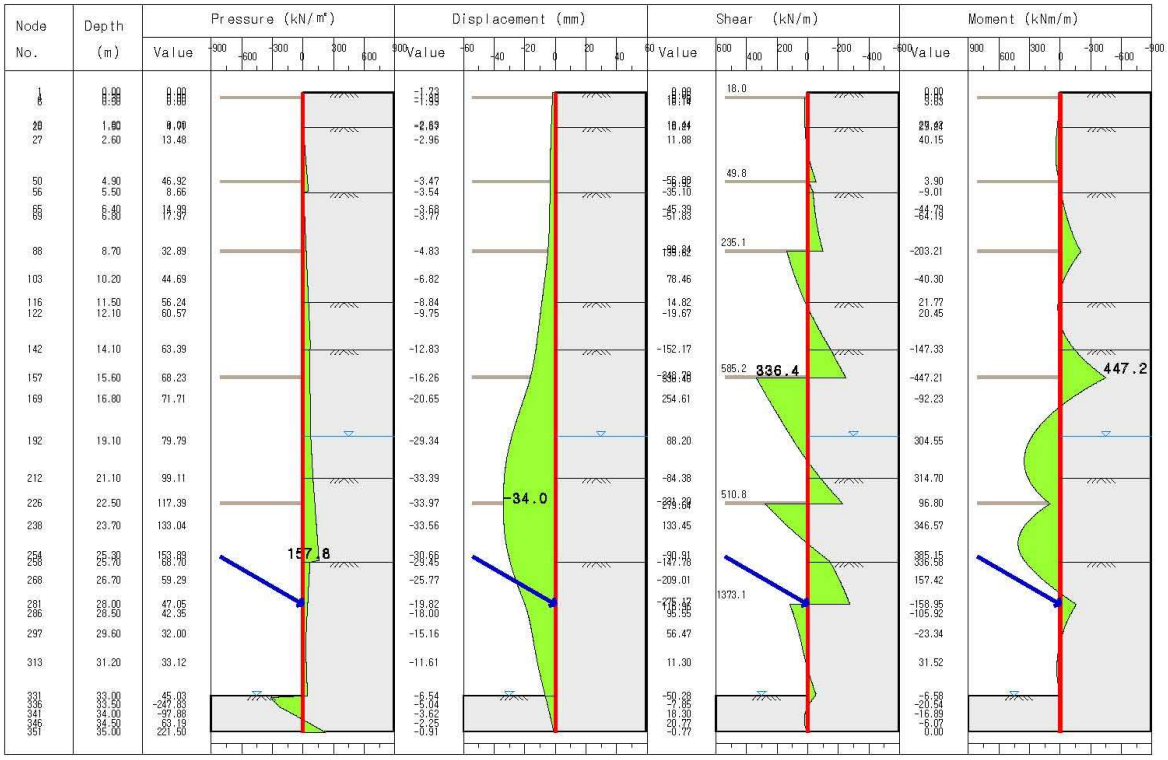


Step No. 6 << CONST B3 SLAB AND EXCAV 28.46 >>

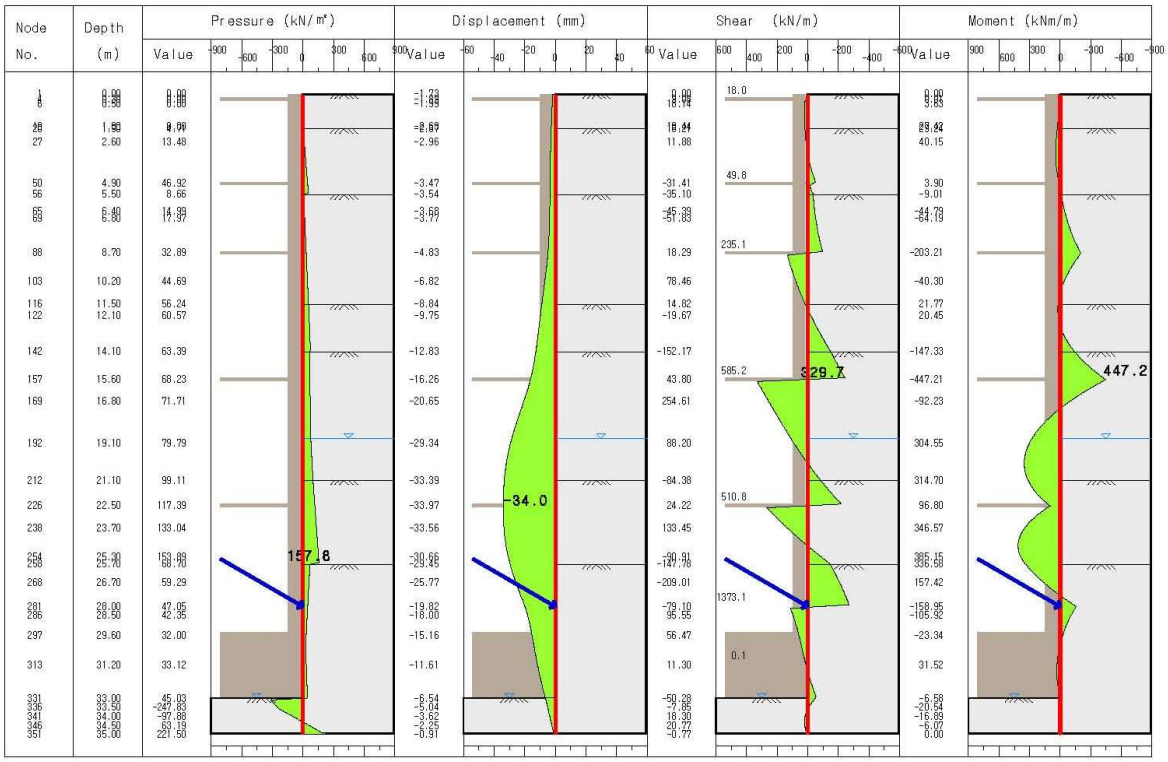


10.7 설계도서

Step No. 7 << CONST RE RAKER AND EXCAV 32.96 >>

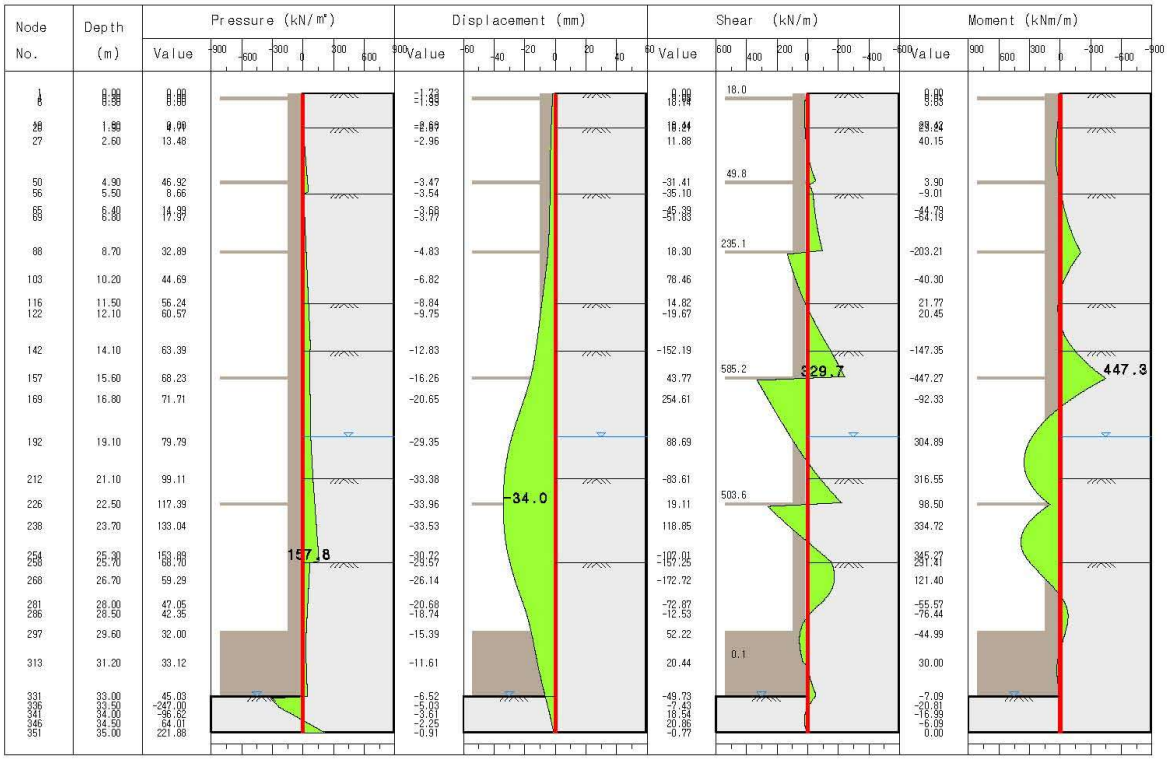


Step No. 8 << CONST SLAB 6 AND CONST WALL 1 >>



10.7 설계도서

Step No. 9 << REMOVE RE RAKER 1 >>



10.7 설계도서

12. 굴착단계별 부재계산 비교표

구 분	굴착단계	항목	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
CIP 등가강도설계법 CIP-D600(H-350x350x12x19CTC_1200)fck35 심도 0.0~26.7	1 단계	휨모멘트	kNm	41.4	1331.3	3.1 %	O.K
		전단력	kN	36.3	1241.3	2.9 %	O.K
	2 단계	휨모멘트	kNm	105.1	1331.3	7.9 %	O.K
		전단력	kN	72.4	1241.3	5.8 %	O.K
	3 단계	휨모멘트	kNm	85.0	1331.3	6.4 %	O.K
		전단력	kN	75.9	1241.3	6.1 %	O.K
	4 단계	휨모멘트	kNm	409.1	1331.3	30.7 %	O.K
		전단력	kN	273.8	1241.3	22.1 %	O.K
	5 단계	휨모멘트	kNm	843.4	1331.3	63.4 %	O.K
		전단력	kN	501.7	1241.3	40.4 %	O.K
	6 단계	휨모멘트	kNm	484.3	1331.3	36.4 %	O.K
		전단력	kN	370.5	1241.3	29.8 %	O.K
	7 단계	휨모멘트	kNm	469.9	1331.3	35.3 %	O.K
		전단력	kN	336.4	1241.3	27.1 %	O.K
	8 단계	휨모멘트	kNm	447.2	1331.3	33.6 %	O.K
		전단력	kN	329.7	1241.3	26.6 %	O.K
	9 단계	휨모멘트	kNm	447.3	1331.3	33.6 %	O.K
		전단력	kN	329.7	1241.3	26.6 %	O.K

구 분	굴착단계	항목	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
H 파일(CIP근입) H-350X350X12X19 심도 0.0~26.7	1 단계	압축응력	MPa	11.9	238.2	5.0 %	O.K
		휨응력	MPa	10.8	276.9	3.9 %	O.K
		합성응력	안전율	0.09	1.00	9.0 %	O.K
		전단응력	MPa	1.3	180.0	0.7 %	O.K
	2 단계	압축응력	MPa	11.9	238.2	5.0 %	O.K
		휨응력	MPa	27.4	276.9	9.9 %	O.K
		합성응력	안전율	0.15	1.00	15.0 %	O.K
		전단응력	MPa	2.5	180.0	1.4 %	O.K
	3 단계	압축응력	MPa	11.9	238.2	5.0 %	O.K
		휨응력	MPa	22.2	276.9	8.0 %	O.K
		합성응력	안전율	0.13	1.00	13.0 %	O.K
		전단응력	MPa	2.6	180.0	1.4 %	O.K
	4 단계	압축응력	MPa	11.9	238.2	5.0 %	O.K
		휨응력	MPa	106.7	276.9	38.5 %	O.K
		합성응력	안전율	0.44	1.00	44.0 %	O.K
		전단응력	MPa	9.4	180.0	5.2 %	O.K
	5 단계	압축응력	MPa	11.9	238.2	5.0 %	O.K
		휨응력	MPa	220.0	276.9	79.5 %	O.K
		합성응력	안전율	0.84	1.00	84.0 %	O.K
		전단응력	MPa	17.3	180.0	9.6 %	O.K
	6 단계	압축응력	MPa	11.9	238.2	5.0 %	O.K
		휨응력	MPa	126.3	276.9	45.6 %	O.K
		합성응력	안전율	0.51	1.00	51.0 %	O.K
		전단응력	MPa	12.8	180.0	7.1 %	O.K
	7 단계	압축응력	MPa	11.9	238.2	5.0 %	O.K
		휨응력	MPa	122.6	276.9	44.3 %	O.K
		합성응력	안전율	0.49	1.00	49.0 %	O.K
		전단응력	MPa	11.6	180.0	6.4 %	O.K
	8 단계	압축응력	MPa	11.9	238.2	5.0 %	O.K
		휨응력	MPa	116.7	276.9	42.1 %	O.K

10.7 설계도서

	8 단계	합성응력	안전율	0.47	1.00	47.0 %	O.K
		전단응력	MPa	11.4	180.0	6.3 %	O.K
	9 단계	압축응력	MPa	11.9	238.2	5.0 %	O.K
		휨응력	MPa	116.7	276.9	42.1 %	O.K
		합성응력	안전율	0.47	1.00	47.0 %	O.K
		전단응력	MPa	11.4	180.0	6.3 %	O.K

구 분	굴착단계	항목	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
H 파일 H-350x350x12x19 심도 26.7~35.0	1 단계	압축응력	MPa	23.9	225.7	10.6 %	O.K
		휨응력	MPa	1.6	270.8	0.6 %	O.K
		합성응력	안전율	0.11	1.00	11.0 %	O.K
		전단응력	MPa	2.0	180.0	1.1 %	O.K
	2 단계	압축응력	MPa	23.9	225.7	10.6 %	O.K
		휨응력	MPa	2.7	270.8	1.0 %	O.K
		합성응력	안전율	0.12	1.00	12.0 %	O.K
		전단응력	MPa	1.9	180.0	1.1 %	O.K
	3 단계	압축응력	MPa	23.9	225.7	10.6 %	O.K
		휨응력	MPa	3.9	270.8	1.4 %	O.K
		합성응력	안전율	0.12	1.00	12.0 %	O.K
		전단응력	MPa	1.8	180.0	1.0 %	O.K
	4 단계	압축응력	MPa	23.9	225.7	10.6 %	O.K
		휨응력	MPa	5.0	270.8	1.8 %	O.K
		합성응력	안전율	0.12	1.00	12.0 %	O.K
		전단응력	MPa	2.4	180.0	1.3 %	O.K
	5 단계	압축응력	MPa	23.9	225.7	10.6 %	O.K
		휨응력	MPa	178.5	270.8	65.9 %	O.K
		합성응력	안전율	0.76	1.00	76.0 %	O.K
		전단응력	MPa	47.7	180.0	26.5 %	O.K
	6 단계	압축응력	MPa	23.9	225.7	10.6 %	O.K
		휨응력	MPa	174.7	270.8	64.5 %	O.K
		합성응력	안전율	0.75	1.00	75.0 %	O.K
		전단응력	MPa	82.9	180.0	46.1 %	O.K
	7 단계	압축응력	MPa	23.9	225.7	10.6 %	O.K
		휨응력	MPa	157.8	270.8	58.3 %	O.K
		합성응력	안전율	0.69	1.00	69.0 %	O.K
		전단응력	MPa	88.2	180.0	49.0 %	O.K
	8 단계	압축응력	MPa	23.9	225.7	10.6 %	O.K
		휨응력	MPa	82.9	270.8	30.6 %	O.K
		합성응력	안전율	0.41	1.00	41.0 %	O.K
		전단응력	MPa	86.7	180.0	48.2 %	O.K
	9 단계	압축응력	MPa	23.9	225.7	10.6 %	O.K
		휨응력	MPa	63.3	270.8	23.4 %	O.K
		합성응력	안전율	0.34	1.00	34.0 %	O.K
		전단응력	MPa	55.4	180.0	30.8 %	O.K

구 분	굴착단계	항목	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
1단 버팀대 (레이커) H-498x432x45x70 심도 28.0	7 단계	압축응력	MPa	19.4	211.4	9.2 %	O.K
		휨응력	MPa	2.6	262.5	1.0 %	O.K
		압축+휨	안전율	0.10	1.00	10.0 %	O.K
		전단응력	MPa	1.1	180.0	0.6 %	O.K
	8 단계	압축응력	MPa	19.4	211.4	9.2 %	O.K
		휨응력	MPa	2.6	262.5	1.0 %	O.K

10.7 설계도서

	압축+휨	안전율	0.10	1.00	10.0 %	O.K
	전단응력	MPa	1.1	180.0	0.6 %	O.K

10.7 설계도서

가산동 345-48 데이터센터 신축공사
(SECTION B-L)_BH-4

흙막이 가시설

구조 및 안정성검토 보고서

2021-09-15

by Ver W7.53

시지이엔씨주식회사

이 계산서는 SUNEX 프로그램의 일부로써 저작권법의 보호를 받습니다.
본 프로그램의 전부 또는 일부를 변경, 복제 할 수 없으며
타인에게 대여 양도 기타 처분 할 수 없습니다.

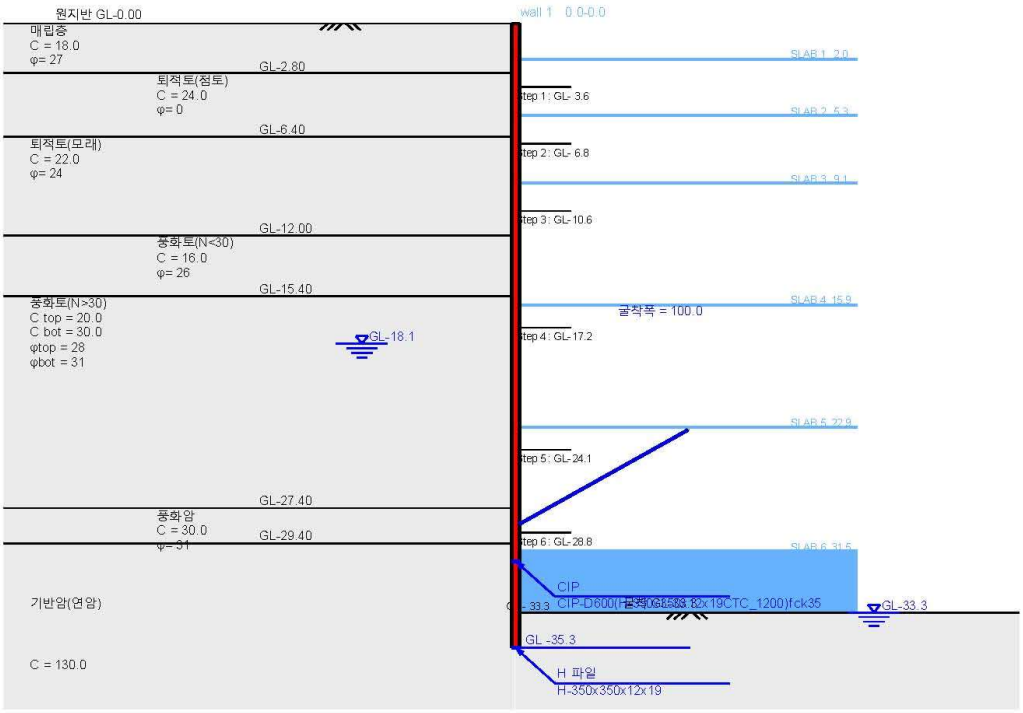
10.7 설계도서

목차

1. 표준단면도
2. 설계요약
3. 설계조건
4. CIP 설계
5. H 파일 설계
6. 버팀대 설계
   6.1 레이커 H-498x432x45x70 심도 28.2~28.4
7. 흙막이판(목재) 설계
8. 외적 안정성 및 굴착영향 검토
   8.1 벽체의 굴착 단계별 변위 검토
   8.2 침하영향검토
   8.3 근입장에 대한 안정검토
9. SUNEX 입력데이터
10. SUNEX 단계별 계산 결과 집계표
11. SUNEX 단계별 계산결과 그래픽(토압, 변위, 전단력, 모멘트)
12. 단계별 부재계산비교표

10.7 설계도서

1 표준단면도



Graphics by MetaDraw ©

사용부재

CIP

심도구간 : 0.0 m - 30.4 m 부재규격 : CIP-D600(H-350x350x12x19CTC_1200)fck35

H 파일

심도구간 : 30.4 m - 35.3 m 부재규격 : H-350x350x12x19

버팀대

1 단 설치심도 : 28.3 m 부재규격 : H-498x432x45x70

흙막이판

목재 심도구간 30.4 m - 33.3 m

지반특성

토층번호	심도 (m)	지반명칭	γt kN/m^3	γsub kN/m^3	C kN/m^2	φ 도	Ks kN/m^3
1	2.8	매립층	18.0	9.0	18.0	27	18,000.0
2	6.4	퇴적토(점토)	17.0	8.0	24.0	0	11,000.0
3	12	퇴적토(모래)	18.0	9.0	22.0	24	25,000.0
4	15.4	풍화토(N<30)	19.0	10.0	16.0	26	23,000.0
5	27.4	풍화토(N>30)	19.0	10.0	20.0	28	30,000.0
6	29.4	풍화암	20.0	11.0	30.0	31	33,000.0
7	50	기반암(연암)	26.0	14.0	130.0	33	58,000.0

10.7 설계도서

2 설계결과 요약

공종	위치/규격	검토사항	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
CIP 등가강도설계법 CIP-D600(H-350x350x12x19CTC_1200)fck35	심도 0.0~30.4	휨모멘트	kNm	1032.7	1331.3	77.57 %	O.K
		전단력	kN	623.3	1241.3	50.21 %	O.K
		축방향력	kN	384.8	1319.5	29.16 %	O.K
		주철근량(양측합)	㎟	D32x10.6개	D32x12개		O.K
		띠철근간격	mm	168			O.K
		지지력	kN	230.9	706.5	32.68 %	O.K
H 파일(CIP근입) H-350X350X12X19	심도 0.0~30.4	압축응력	MPa	13.28	315.00	4.22 %	O.K
		휨응력	MPa	269.40	315.00	85.52 %	O.K
		합성응력	안전율	0.90	1.00	90.00 %	O.K
		전단응력	MPa	21.51	180.00	11.95 %	O.K
H 파일 H-350x350x12x19	심도 30.4~35.3	압축응력	MPa	26.55	275.53	9.64 %	O.K
		휨응력	MPa	226.70	295.34	76.76 %	O.K
		압축+휨	안전율	0.86	1.00	86.00 %	O.K
		전단응력	MPa	61.81	180.00	34.34 %	O.K
		지지력	kN	461.7	537.2	85.95 %	O.K
버팀대(레이커) H-498x432x45x70	심도 28.2~28.4	압축응력	MPa	49.3	211.4	23.32 %	O.K
		휨응력	MPa	2.6	262.5	0.99 %	O.K
		전단응력	MPa	1.1	180.0	0.61 %	O.K
		압축+휨	안전율	0.24	1.00	24.00 %	O.K
목재흙막이판	30.4~33.3	휨 두께	mm	62.4	100	62.40 %	O.K
		전단 두께	mm	35.6	100	35.60 %	O.K
안정성 검토	굴착깊이28.8	최대변위	mm	55.53	66.02	83.35 %	O.K
		변위율	변위/깊이	0.17 %	0.23 %	73.91 %	O.K
안정성 검토	굴착 GL-33.30	침하량	mm	21.51			O.K
		근입장	안전율	4.34	1.20	27.65 %	O.K

10.7 설계도서

3 설계조건

가 해석방법 : 탄소성보법

적용토압 : 굴착 및 해체시 = Rankine 토압

사용프로그램 : Ver W7.53 2009-670

나. 허용응력 할증

① 가설구조물에 대한 허용응력의 증가

가설구조물의 경우 1.50 (철도하중 지지시 1.3)

영구구조물로 사용되는 경우

시공도중 1.25

완료 후 1.00

② 고재사용시 허용응력 감소 0.90

공사기간이 2년 미만인 경우 가설구조물로, 2년 이상일 경우 영구구조물로 간주하여 설계한다.

다. 재료의 허용응력

재료의 허용응력은 다음을 기준으로 위 나.항에 따라 할증한다.

① 강재의 허용응력 MPa (가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2020, 표 3.3-1)

종류		SS275, SM275, SHP275(W)	SM355, SHP355W	SM460, SHT460 (주1)	
축방향인장 (순단면)		240	315	1.5 x 275 = 412.5	
축방향압축 (총단면)		$\frac{l}{\gamma} \leqq 20$일 경우 240	$\frac{l}{\gamma} \leqq 16$일 경우 315	$\frac{l}{\gamma} \leqq 6.5$일 경우 412.5	l(mm) : 유효좌굴장 γ(mm) : 단면2차반경
		$20 < \frac{l}{\gamma} \leqq 90$일 경우 $240 - 1.5\left(\frac{l}{\gamma} - 20\right)$	$16 < \frac{l}{\gamma} \leqq 80$일 경우 $315 - 2.2\left(\frac{l}{\gamma} - 16\right)$	$6.5 < \frac{l}{\gamma} \leqq 95$일 경우 $412.5 - 3.225\left(\frac{l}{\gamma} - 6.5\right)$	
		$\frac{l}{\gamma} > 90$일 경우 $\left[\frac{1,875,000}{6,000 + \left(\frac{l}{\gamma}\right)^2}\right]$	$\frac{l}{\gamma} > 80$일 경우 $\left[\frac{1,900,000}{4,500 + \left(\frac{l}{\gamma}\right)^2}\right]$	$\frac{l}{\gamma} > 95$일 경우 $\left[\frac{777,000}{\left(\frac{l}{\gamma}\right)^2}\right]$	
휨응력	인장연 (순단면)	240	315	1.5 x 275 = 412.5	
	압축연 (총단면)	$\frac{l}{\beta} \leqq 4.5$; 240	$\frac{l}{\beta} \leqq 4.0$; 315	$\frac{l}{\beta} \leqq 3.35$; 412.5(주2, 3)	l : 플랜지의 고정점 간 거리 β : 압축플랜지 폭
		$4.5 < \frac{l}{\beta} \leqq 30$ $240 - 2.9\left(\frac{l}{\beta} - 4.5\right)$	$4.0 < \frac{l}{\beta} \leqq 27$ $315 - 4.3\left(\frac{l}{\beta} - 4.0\right)$	$3.35 < \frac{l}{\beta} \leqq 24.8$ $412.5 - 10.431\left(\frac{l}{\beta} - 3.35\right)$	
전단응력(총단면)		135	180	1.5 x 160 = 240	
지압응력		360	465	1.5 x 415=622.5	
용접강도	공장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	
	현장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	

가설할증율 1.5가 곱해진 값임

10.7 설계도서

주)

1) SHT460 강재에 대한 허용응력은 강교설계기준(KDS 24 14 30, 2019)에서 같은 항복강도를 가지는 SM460(t=16mm 이하)과 같은 값을 적용하였다.
2) 가설 흙막이 기준에 SM460에 대한 허용휨응력이 없어 SM355와 도로교설계기준의 종전 강재 SM570에 대한 값을 보간법으로 구함.
3) 강교설계기준에서는 허용휨응력을 구할 때 허용축방향압축응력을 구하는 것과 같은 방법으로 구하되 세장비 대신에 등가세장비 (l/r)e를 사용하도록 한다. (강교설계기준 4.2.2 표4.2-2 (b), 박스형거더의 경우에 적용).

② 강널말뚝 MPa (가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2020, 표 3.3-2)

종 류		SY300, SY300W	SY400, SY400W	비 고
휨응력	인장응력	180	240	* Type-W는 용접용
	압축응력	180	240	
전단응력		100	135	

③ 볼트의 허용응력 MPa (가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2020, 표 3.3-3)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	90 (SM400 기준)	100 (SS275 기준)
	지 압	190	220
고장력 볼트	전 단	150	150 (F8T 기준)
	지 압	235 (SM400기준)	270 (SS275 기준)

SS275기준은 한국강구조 학회 안임

④ 목재의 허용응력 MPa
(가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2020, 표 3.3-2)

목재종류		허용응력 MPa		
		휨	압축	전단
침엽수	소나무, 해송, 낙엽송, 노송나무, 솔송나무, 미송	9	8	0.7
	삼나무, 가문비나무, 미삼나무, 전나무	7	6	0.5
활엽수	참나무	13	9	1.4
	밤나무, 느티나무, 졸참나무, 너도밤나무	10	7	1.0

⑤ 흙막이판용 강판의 허용응력 Mpa
(도로교설계기준 2010, 표 3.3.4, 표 3.3.5), KDS 24 14 30 2019 표 4.2-1)

강재의 종류	허용응력 MPa		
	휨	압축	전단
SS400 SM400	140	140	80
SM490	190	190	110
SS275, SM275, SHP275(W)	160	160	90
SM355,SHP355(W)	210	210	120

⑥ 콘크리트의 허용응력 MPa

허용 휨 압축응력 $fca = 0.4\ fck$

허용 전단응력 $va = 0.08\sqrt{fck}$

전단보강철근과 콘크리트에 의해 허용되는 최대전단응력 = $vca + 0.32\sqrt{fck}$

10.7 설계도서

⑦ 철근의 허용(압축 및 인장)응력 (가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2016, 식 3.3-3 ~ 4)

가). 허용휨인장응력

$f_{sa} = 0.5\ f_y$

나). 허용압축응력

$f_{sa} = 0.4\ f_y$

라. 가설흙막이의 안전율 (KDS 21 30 00:2020, 표 3.2-1)

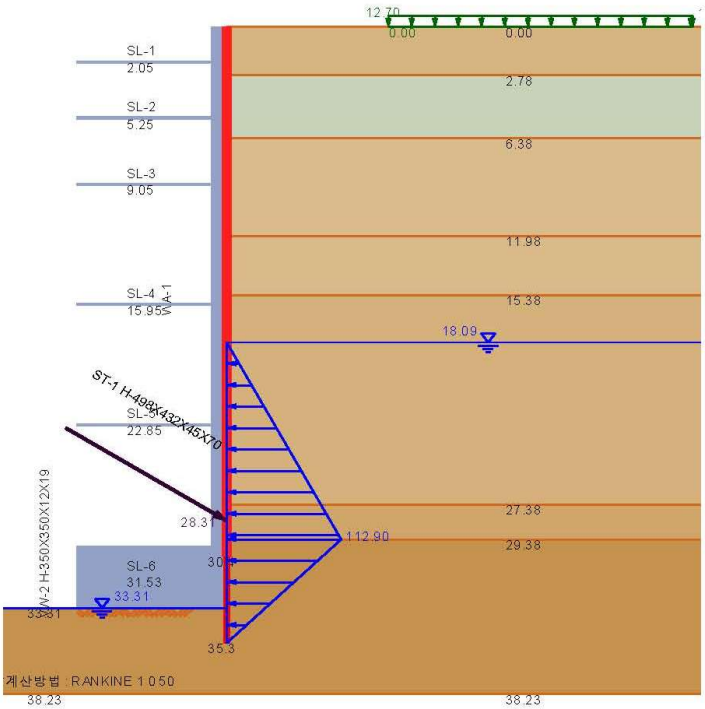
조건			안전율	비고
지반의 지지력			2	극한지지력에 대하여
활동			1.5	활동력(슬라이딩)에 대하여
전도			2	저항모멘트와 전도모멘트의 비
사면안정			1.1	1년 미만 단기안정성
근입깊이			1.2	수동및 주동토압에 의한 모멘트 비
굴착저부의안정	보일링	단기	1.5	사질토 대상, 단기는 2년 미만
		장기	2	
	히빙		1.5	점성도
지반앵커	사용기간2년 비만		1.5	인발저항에 대한 안전율
	사용기간2년 이상		2.5	

마. 벽체의 최대 수평변위 입력치 : 굴착깊의의 0.2 %

벽체 상단의 최대 허용변위 입력치 : mm

이 기준을 초과할 때는 주변시설물에 대한 별도의 안정검토가 필요하다.

바. 계산에 적용된 과재하중, 건물하중, 경사면성토하중, 수압등은 다음과 같다.

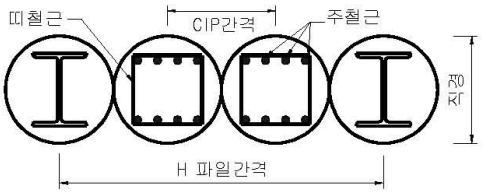


10.7 설계도서

4 CIP 설계

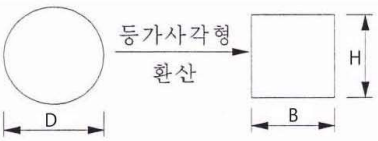
[1] 설계조건

D = 600 mm. CIP의 직경
fck = 35.0 MPa, 콘크리트 설계강도
fsa = 250 MPa, 철근의 허용인장강도
fy = 500 MPa, 철근의 항복강도



콘크리트 타설조건 = 2 (정수중에 타설. 감소율 0.8)
fck = 28.0 MPa, 감소된 콘크리트 설계강도

Dmain = 32사용 철근직경
최소 철근 개수(전체원주) = 12 개
DShear = 16사용 전단 철근 직경
dt = 80 mm, 철근의 피복



가설부재 할증율 = 1.50
하중계수(토압및수압) = 1.60
설계방법 : 원형단면을 등가사각형 단면으로 환산하여 강도설계법으로 설계한다.
설계기준 : KDS 14 20 00 콘크리트구조설계(강도설계법) 및 그 하위기준

[2] 발생하는 최대 모멘트 및 전단력

SUNEX 결과 최대 모멘트 cMmax = 1032.7 kNm
SUNEX 결과 최대 전단력 cSmax = 623.3 kN
CIP 한개당 = 최대모멘트 x CIP 간격 = 1032.7 x 0.60 = 619.6 kNm
CIP 한개당 = 최대전단력 x CIP 간격 = 623.3 x 0.60 = 374.0 kN
환산하중계수 = 하중계수 / 가시설할증율 = 1.60 / 1.50 = 1.067
▶ Mu = Mmax x 환산하중계수 = 619.6 x 1.067 = 660.9 kNm, (계수모멘트)
▶ Su = Smax x 환산하중계수 = 374.0 x 1.067 = 398.9 kN, (계수전단력)

[3] 휨철근량 계산

(1) 기본요소 계산

A = π x D^2 / 4 = π x 600^2/4 = 282,743.34 ㎟, 콘크리트의 단면적
B = √(A) = √(282,743.3) = 531.74 ㎜, 환산단면의 폭
H = 532 mm, 환산단면의 높이
dt = 80mm, 인장 철근의 피복두께
dt1= 80mm, 압축 철근의 피복두께
d = H - d' = 531.7 - 80 = 452mm, 보의 유효높이

균형철근비 계산
fck <= 28 이므로 β1 = 0.85

$$pb = 0.85 \frac{fck}{fy} \beta 1 \frac{600}{600 + fy} = 0.85 \times \frac{28.0}{500} \times 0.850 \times \frac{600}{1,100} = 0.02207$$

최대철근비 계산 (KDS 14 20 20 4.1.2 (5))

$$\varepsilon cu \qquad 0.85\ fck$$

10.7 설계도서

$$pmax = \frac{0.003}{\varepsilon amin + \varepsilon cu} \times \frac{0.85 \times 28.0}{fy} \quad (\text{최대철근비})$$

εcu = 0.003 (콘크리트의 최대 변형율)

εamin = MAX (0.004, 2εy) (철근의 최대 허용변형량)

= MAX (0.004, 2 x fy / Es) = MAX (0.004, 2 x 500 / 200,000) = 0.0050

$$pmax = \frac{0.003}{0.0050 + 0.003} \times \frac{0.85 \times 28.0}{500} = 0.01785$$

설계휨강도 계산

$$a = \frac{fy\ Pmax\ d}{0.85\ fck} = \frac{500 \times 0.01785 \times 451.7}{0.85 \times 28.0} = 169.4\ mm$$

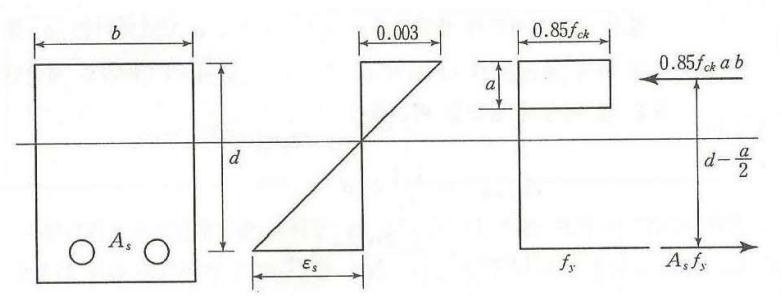
Md = Φ Pmax b d fy (d - a / 2)

= 0.85 x 0.01785 x 531.7 x 451.7 x 500 x (451.7 - 169.40 / 2)

= 668,831,030 (N.mm) = 668.83 kN m

(2) 철근량 계산 (단철근보)

Mu (계수모멘트) = 660.92 < Md (설계모멘트) = 668.8 kN m 이므로 단철근으로 계산 한다.



a = 166.9 mm 로 가정하고 철근량 계산

$$As = \frac{Mu \times 10\text{^}6}{\Phi\ fy\ (d - a / 2)} = \frac{660.92 \times 10\text{^}6}{0.85 \times 500 \times (451.7 - 166.9 / 2)} = 4{,}222.6\ mm^2$$

$$a\text{를 체크, } a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fck\ b} = \frac{4{,}222.56 \times 500.0}{0.85 \times 28 \times 532} = 166.8\ (mm)\ \ OK$$

$$As = \frac{Mu \times 10\text{^}6}{\Phi\ fy\ (d - a / 2)} = \frac{660.92 \times 10\text{^}6}{0.85 \times 500 \times (451.7 - 166.8 / 2)} = 4{,}222.1\ mm^2$$

10.7 설계도서

가정치와 근접하므로 OK

(3) 배근

$$n\ (\text{소요철근개수}) = \frac{\text{소요단면적 (AsReq)}}{\text{D32의 단면적}} = \frac{4,222.1}{794.2} = 5.3$$

소요철근개수 5.3 이 최소철근개수(12/2) = 6.0보다 작으므로 6 개를 양측에 각각 사용한다.

▶ D32 - 6 EA, As = 4,765.20 ㎟ : 양측에 각각 사용

[4] 전단력에 대한 검토 (KDS 14 20 22 2016 콘크리트구조 전단 및 비틀림 설계기준)

(1) 띠철근의 최소 시방 기준

최소간격기준 (KDS 21 30 00)

주철근 직경의 12배 = 32 x 12 = 384

300 mm 중 작은값

따라서 최소간격 Smin1 = 300 mm

최소철근량 기준(KDS 14 20 22 2016, 4.3.3)

최소철근량 Asvmin = 0.35 x b x s / Shfy 에서

소요간격 s = Av x Shfy /(0.35 x b)

Av = 띠철근 D16을 사용할 때 = 2 * 198.6 = 397.2 띠철근이므로 2배한다.)

smin2 = 397.2 * 300.00 /(0.35 x 532) = 640 mm

(2) 작용하는 전단력 vu

계수전단력 Vu = Su = 398.9 kN

(3) 콘크리트의 단면이 받을 수 있는 설계전단력 vd

설계전단력 $vd = \Phi\ Vc = \Phi\ 1/6\ \sqrt{fck}\ b\ d$

$= 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{(28)} \times 531.7 \times 451.7$

$= 158,880\ (N) = 158.9\ kN$

(4) 작용하는 전단응력과 설계전단력을 비교하여 띠철근의 간격결정

Case 1) vu > vd/2 : 철근 불필요, 최소 시방규격 간격으로 배근한다. Φ Vc/2 = 79.4kN

Case 2) vd/2 < vu < vd : 기본 철근 배근

Case 3-1) vd < vu < 3vd : 철근필요, 간격계산, 최소간격 = d/2, 3 Φ Vc = 476.6

Case 3-2) 3vd < vu < 5vd : 철근필요, 간격계산, 최소간격 = d/4, 5 Φ Vc = 794.4

Case 4) vu > 5vd : 단면을 키워야 한다.

Case 3-1 에 해당

v < 3vd 이므로 Case 3-1 에 해당, 철근량 계산, 최소간격 = d/2

Φ Vc < vu < = 3 Φvc 이므로 Case 3-1)에 해당, 철근량 계산

부족한 전단력을 철근이 부담하는 것으로 하며 소요간격 S 를 구함

S = Φ Av Shfy d / ((vu - vd) *1000) = 0.75 x 300 x 451.7 / ((398.9 - 158.9) * 1000) = 168.2 mm

최소철근간격기준 Smin1 = 300.0, 최소철근량기준 Smin2 = 640.3, d/2 = 225.9 비교

10.7 설계도서

▶ 최소치 S = 168 mm

(1) 모멘트에 대한 안전

휨 철근 Asused = 4,765.2 을 사용했을 때의 허용모멘트를 구하여
작용모멘트와 비교함

a = Asused x fy / (0.85 x fck x b)

= 4,765.2 x 500 / (0.85 x 28 x 531.7) = 188.3 mm

Ma = Asused x fy x (d - a/2) = 4,765.2 x 500.0 x (451.7 - 188.3/2) = 852,022,140 Nmm = 852.0 kNm

SUNEX 해석결과와 직접비교하기 위하여 환산하중계수를 감안하고 1m 당으로 환산하면

Ma = Ma / (환산하중계수 x CIP간격) = 852.0 / (1.07 x 0.6) = 1,331.3 kNm

▶ Fsm = Mmax / Mallow = 1032.7 / 1,331.3 = 0.78 O.K (휨모멘트)

(2) 전단력에 대한 안전

CIP 콘크리트에서 최대 설계 전단력과 작용하는 전단력을 비교하여 안전 판단 함

콘크리트의 최대 설계전단력 Sa = Φ 5/6 √fck x b x d = 5 vd

최대허용전단력 Sa = 5 x 158.9 = 794,402 N = 794.4kN(철근콘크리트에서 최대로 허용되는 전단력)

SUNEX 해석결과와 직접비교하기 위하여 1m 당으로 환산하면

Sa = Sa / (환산하중계수 x CIP간격) = 794.4 / (1.07 x 0.6) = 1,241.3 kN

▶ Fss = Smax / Sallow = 623.3 / 1,241.3 = 0.50 O.K (전단력)

(3) 축력에 대한 안전

최대축력 Pmax = 384.8 kN/m (축방향력 및 지지력 계산 근거 참조)

벽체에 작용하는 최대축력이 Pa 보다 작으면 축하중의 영향을 무시할 수 있으며,

더 크면 축하중에 대한 상세한 검토가 필요하다.(KDS 14.2.20 4.12)

Pa = 0.10 fck Ag = 0.10 x 28.00 x 531.7 x 531.7 = 791681 N = 791.7 kN

Pa = 791.7 / 0.6 = 1,319.5 kN/m (1m 당)

Pmax = 384.8Pa = 1,319.5

▶ Fsp = 384.8 / 1,319.5 = 0.29 O.K (축방향력)

[6] 흙막이 벽체에 작용하는 복공 및 수직 하중의 산출근거

계산폭 = 1.00m 당

하중종류	산출근거	하중kN
1) 버팀대 중량	버팀대평균중량/버팀대간격 x 버팀대길이/2 x 버팀대 단수 6.05/3 x 20.1/2 x 1	20.23
2) 기타	피스브라켓, 브레이싱 등, 위 고정하중의 5% 20.23 x 5%	1.01
3) 측면벽체	(벽체중량/m) * 계산폭 * 벽체깊이 CIP-D600(H-350x350x1(11.77kN/m) x 1.00 x 30.4 = 357.96 H-350x350x12x19 (1.14kN/m) x 1.00 x 4.9 = 5.59	363.55
하중의 합계	고정하중 + 활하중 384.79 + 0.00	384.79

10.7 설계도서

1m 당 수직하중 = 384.79 / 1.00 = 384.79

[7] 지지력에 대한 검토 (벽체 간격 0.60 m당)

(1) 계산식

벽체에 작용하는 하중이 벽체의 허용지지력에 대해서 안전한지 검토한다.

말뚝의 지지력은 Myerhof의 지지력 공식을 사용한다.(구조물기초설계기준 해석식 5.2.14)

Qu = m N Ap + n Ns As

여기서 Qu : 말뚝의 극한지지력 kN

m : 극한지지력을 결정하는 계수, 타입말뚝 = 300, 매입말뚝 = 250, 현장타설말뚝 = 100

N : 말뚝선단지반의 표준관입시험치, 보정후

Ap : 말뚝선단면적 (㎡), H형강의 경우 HxB, 파이프의 경우 내부가 채워진 것으로 보고 계산

n : 극한주면마찰력을 결정하는 계수 타입말뚝 = 2, 매입말뚝 = 2.5, 현장타설말뚝 = 3.3

Ns : 말뚝근입부분의 평균 표준관입시험치, 보정후

As : 말뚝근입부분의 주면적(周面積) (㎡)

Qa = Qu / Fs

Qa : 말뚝의 허용지지력 kN

Fs : 안전율 영구시 = 3.0, 가설시 2.0

(2) 입력데이터

흙막이 벽의 종류 = CIP-D600(H-350x350x12x19CTC_1200)fck35 간격 = 1.00

말뚝선단지반의 N = 50

말뚝의 형태 = 현장타설말뚝 m = 100 n = 3.3

말뚝의 근입깊이 = Maxof(-2.9,0) = 0.0 m

(3) 허용지지력 계산

m = 100

Ap = 흙막이벽체 단면적 x 간격 = 0.471 x 0.60 = 0.283 ㎡

n = 3.3

근입깊이 = 벽체깊이 - 굴착깊이 = 30.4 - 33.3 = 0.0 m

As = 근입깊이 x 주변장 = 0.0 x 1.200 = 0.000 ㎡

Qu = m x N x Ap + n x Ns x As

= 100 x 50 x 0.2826 + 3.3 x 50 x 0.000 = 1413.0 + 0.0 = 1413.0 kN

Qa = Qu / 안전율 = 1413.0 / 2.0 = 706.5 kN

(4) 지지력에 대한 안전

▶작용하는 최대 연직력 = 384.79 x 0.60 = 230.9 kN < Qa = 706.5 kN 따라서 O.K

10.7 설계도서

4 H 파일(CIP근입) 설계

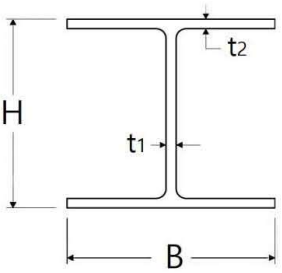
[1] 설계조건

구 간 : 0.0 m - 30.4 m 구간의 전단력 모멘트중에서 최대치로 설계한다.

사용부재 = H-350X350X12X19

사용강재의 인장강도등급 = 210 : 대표강종 SM355, SHP355 W, SGT355

H(mm)	350
B(mm)	350
t1(mm)	12
t2(mm)	19
A(㎟)	17,390
Ix(㎟⁴)	403,000,000
Zx(㎟)	2,300,000
rx(mm)	152.0
ry(mm)	88.4
Aw(㎟)	17,390



Aw = A = 17,390 ㎟

(전단 단면적, 콘크리트로 둘러쌓여 있어 H 형강 전체 면적으로 본다. KDS 14 31 10의 4.2.8.2.3)

고재감소율 = 1.00

가설부재 할증율 = 1.50

비지지장 = 1.00 m

H 파일 간격 = 1.20 m

CIP 간격 = 0.60 m

[2] 모멘트 및 전단력

P = 384.8 kN/m, 자중 + 복공하중 + 측방향력 입력치, 산출근거 참조

M = 1,032.7 kNm/m, SUNEX 해석결과 H 파일의 최대 모멘트

S = 623.3 kNm/m, SUNEX 해석결과 H 파일의 최대 전단력

H 파일 한개당으로 계산

▶ Pmax = P x CIP 간격 = 384.79 x 0.60 = 230.9 kN

▶ Mmax = M x CIP 간격 = 1,032.7 x 0.60 = 619.6 kNm

▶ Smax = S x CIP 간격 = 623.3 x 0.60 = 374.0 kN

[3] 작용응력 산정

▶ fc = Pmax / A = 230.9 x 10^3 / 17,390 = 13.28 MPa (압축응력)

▶ fb = Mmax / Zx = 619.6 x 10^6 / 2,300,000 = 269.40 MPa (휨응력)

▶ v = Smax / Aw = 374.0 x 10^3 / 17,390 = 21.51 MPa (전단응력)

[4] 허용응력 산정

허용압축응력

L/ry = 비지지장 L / ry = 1,000 / 88.4 = 11.31 (세장비)

세장비 11.3 에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용압축응력 fca 를 구함

세장비 <= 16.0 이므로 감소되지 않은 강도 사용

fca = 210

할증된 허용압축응력 fca = 가설할증율 x fca x 고재감소율

▶ fca = 1.50 x 210.0 x 1.0 = 315.0 MPa

10.7 설계도서

허용휨응력

λ = 비지지장 L / 강재폭 = 1,000 / 350 = 2.86

L/b(λ = 2.9)에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용휨응력 fba를 구함

λ <= 4.0 이므로 감소되지 않은 강도 사용

fba = 210

할증된 허용휨응력 fba = 가설할증율 x fba x 고재감소율

▶ fba = 1.50 x 210.0 x 1.0 = 315.0 MPa

허용전단응력

허용인장강도 210(신) 강재의 허용전단응력 va

va = 120 MPa

할증된 허용전단응력 va = 가설할증율 x va x 고재감소율

▶ va = 1.50 x 120.0 x 1.0 = 180.0 MPa

[5] 응력에 대한 안전검토

▶ SFc = fc / fca = 13.3 / 315.0 = 0.04 O.K (압축응력)

▶ SFb = fb / fba = 269.4 / 315.0 = 0.86 O.K (휨응력)

▶ SFcb = Fsc + Fsb = 0.04 + 0.86 = 0.90 O.K (합성응력)

▶ SFv = v / va = 21.5 / 180.0 = 0.12 O.K (전단응력)

10.7 설계도서

5 H 파일 설계

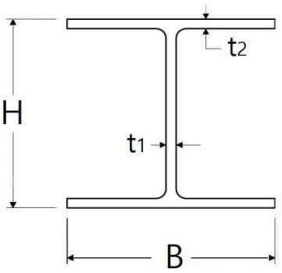
[1] 설계조건

구 간 : 30.4 m - 35.3 m 구간의 전단력 모멘트중에서 최대치로 설계한다.

사용부재 = H-350x350x12x19

사용강재의 인장강도등급 = 210 : 대표강종 SM355, SHP355 W, SGT355

H(mm)	350
B(mm)	350
t1(mm)	12
t2(mm)	19
A(㎟)	17,390
Ix(㎟⁴)	403,000,010
Zx(㎟)	2,300,000
rx(mm)	152.0
ry(mm)	88.4
Aw(㎟)	3,744



Aw = 전단 단면적

= n x (350 - 2 x 19) * 12 = 3744 ㎟

고재감소율 = 1.00

가설부재 할증율 = 1.50

비지지장 = 3.00 m

H 파일 간격 = 1.20 m

축방향력 = 0 kN/m

[2] 모멘트 및 전단력

P = 384.8 kN/m, 자중 + 복공하중 + 축방향력 입력치, 산출근거 참조

M = 434.5kNm/m, SUNEX 해석결과 H 파일의 최대 모멘트

S = 192.9kNm/m, SUNEX 해석결과 H 파일의 최대 전단력

H 파일 한개당으로 계산

▶ Pmax = P x H 파일 간격 = 384.8 x 1.2 = 461.75 kN

▶ Mmax = M x H 파일 간격 = 434.5 x 1.2 = 521.42 kNm

▶ Smax = S x H 파일 간격 = 192.9 x 1.2 = 231.42 kN

[3] 작용응력 산정

▶ fc = Pmax / A = 461.75 x 10^3 / 17,390 = 26.55 MPa (압축응력)

▶ fb = Mmax / Z = 521.42 x 10^6 / 2,300,000 = 226.70 MPa (휨응력)

▶ v = Smax / Aw = 231.42 x 10^3 / 3,744 = 61.81 MPa (전단응력)

[4] 허용응력 산정

허용압축응력

L/ry = 비지지장 L / ry = 3,000 / 88.4 = 33.94 (세장비)

세장비 33.9 에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용압축응력 fca 를 구함

16.0 < 세장비 <= 80.0 이므로

fca = 210 - 1.467 x (33.9 - 16.0) = 183.69 MPa

할증된 허용압축응력 fca = 가설할증율 x fca x 고재감소율

▶ fca = 1.50 x 183.7 x 1.0 = 275.5 MPa

10.7 설계도서

허용휨응력
λ = 비지지장 L / 강재폭 = 3,000 / 350 = 8.57
L/b(λ = 8.6)에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용휨응력 fba를 구함
4.0 < λ <= 27.0 이므로
fba = 210 - 2.867 x (8.6 - 4.0) = 196.89 MPa
할증된 허용휨응력 fba = 가설할증율 x fba x 고재감소율
▶ fba = 1.50 x 196.9 x 1.0 = 295.3 MPa

허용전단응력
허용인장강도 210(신) 강재의 허용전단응력 va
va = 120 MPa
할증된 허용전단응력 va = 가설할증율 x va x 고재감소율
▶ va = 1.50 x 120.0 x 1.0 = 180.0 MPa

[5] 응력에 대한 안전검토
▶ Fsc = fc / fca = 26.6 / 275.5 = 0.10 O.K (압축응력)
▶ Fsb = fb / fba = 226.7 / 295.3 = 0.77 O.K (휨응력)
▶ Fscb = Fsc + Fsb = 0.10 + 0.77 = 0.86 O.K (압축+휨)
▶ Fsv = v / va = 61.8 / 180.0 = 0.34 O.K (전단응력)

[6] 흙막이 벽체에 작용하는 복공 및 수직 하중의 산출근거
계산폭 = 1.00m 당

하중종류	산출근거	하중kN
1) 버팀대 중량	버팀대평균중량/버팀대간격 x 버팀대길이/2 x 버팀대 단수 6.05/3 x 20.1/2 x 1	20.23
2) 기타	피스브라켓, 브레이싱 등, 위 고정하중의 5% 20.23 x 5%	1.01
3) 측면벽체	(벽체중량/m) * 계산폭 * 벽체깊이 CIP-D600(H-350x350x1(11.77kN/m) x 1.00 x 30.4 = 357.96 H-350x350x12x19 (1.14kN/m) x 1.00 x 4.9 = 5.59	363.55
하중의 합계	고정하중 + 활하중 384.79 + 0.00	384.79

1m 당 수직하중 = 384.79 / 1.00 = 384.79

[7] 지지력에 대한 검토 (벽체 간격 1.20 m당)
(1) 계산식
벽체에 작용하는 하중이 벽체의 허용지지력에 대해서 안전한지 검토한다.
말뚝의 지지력은 Myerhof의 지지력 공식을 사용한다.(구조물기초설계기준 해석식 5.2.14)

Qu = m N Ap + n Ns As
여기서 Qu : 말뚝의 극한지지력 kN
m : 극한지지력을 결정하는 계수, 타입말뚝 = 300, 매입말뚝 = 250, 현장타설말뚝 = 100

10.7 설계도서

N : 말뚝선단지반의 표준관입시험치, 보정후
Ap : 말뚝선단면적 (㎡), H형강의 경우 HxB, 파이프의 경우 내부가 채워진 것으로 보고 계산
n : 극한주면마찰력을 결정하는 계수 타입말뚝 = 2, 매입말뚝 = 2.5, 현장타설말뚝 = 3.3
Ns : 말뚝근입부분의 평균 표준관입시험치, 보정후
As : 말뚝근입부분의 주면적(周面積) (㎡)

Qa = Qu / Fs

Qa : 말뚝의 허용지지력 kN
Fs : 안전율 영구시 = 3.0, 가설시 2.0

(2) 입력데이터

흙막이 벽의 종류 = H-350x350x12x19 간격 = 1.20
말뚝선단지반의 N = 50
말뚝의 형태 = 현장타설말뚝 m = 100 n = 3.3
말뚝의 근입깊이 = Maxof(2.0,0) = 2.0 m

(3) 허용지지력 계산

m = 100
Ap = 흙막이벽체 단면적 x 간격 = 0.102 x 1.20 = 0.123 ㎡
n = 3.3
근입깊이 = 벽체깊이 - 굴착깊이 = 35.3 - 33.3 = 2.0 m
As = 근입깊이 x 주변장 = 2.0 x 1.400 = 2.800 ㎡
Qu = m x N x Ap + n x Ns x As
= 100 x 50 x 0.1225 + 3.3 x 50 x 2.800 = 612.5 + 462.0 = 1074.5 kN
Qa = Qu / 안전율 = 1074.5 / 2.0 = 537.2 kN

(4) 지지력에 대한 안전

▶작용하는 최대 연직력 = 384.79 x 1.20 = 461.7 kN < Qa = 537.2 kN 따라서 O.K

10.7 설계도서

6.1 버팀대 설계

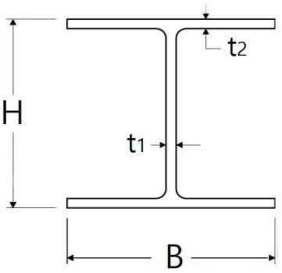
[1] 설계조건

구 간 : 28.20 m - 28.40 m의 버팀대 중에서 최대축력으로 설계한다

사용부재 = H-498x432x45x70

사용강재의 인장강도등급 = 210 : 대표강종 SM355, SHP355 W, SGT355

B(mm)	432
H(mm)	498
t1(mm)	45
t2(mm)	70
A(㎟)	77,010
Ix(㎟⁴)	2,980,000,000
Zx(㎟)	12,000,000
rx(mm)	197.0
ry(mm)	111.0
Aw(㎟)	16,110.0



Aw = 전단 단면적

= (498.0 - 70.0 x 2) x 45.0 x 1 = 16110 ㎟

고재사용 허용응력 감소율 = 1.00

가설부재의 허용응력 할증율 = 1.50

버팀대 과재하중 = 5.0 kN/m

온도하중에 의한 축력 = 120.0 kN

버팀대 축방향 지지간격 Lx = 7.0 m

버팀대 축직각방향 지지간격 Ly = 7.0 m

SUNEX 해석결과 최대축력 MaxN = 3,677.6 kN

SUNEX 해석시 입력된 각도 Ang1 = -32 도

버팀대 간격 = 3.00 m

버팀대 각도 Ang2= -32.0 도

환산 축력 = MaxN x Cos(Ang1) / Cos(Ang2)

= 3,677.6 x 0.848 / 0.848 = 3,677.6

허용응력은 KDS 21 30 00 가설흙막이 설계기준 표 3.3.1에 의하며

축력과 휨의 합성응력은 도로교 설계기준 2010 식3.4.11을 적용한다.

이 형강은 세장단면이 아니므로 국부 좌굴은 고려하지 않는다

(KDS 24 14 30 2019 강교설계기준(허용응력))

[2] 최대축력, 모멘트 및 전단력

▶ MaxN = 최대축력 + 온도축력 = 3,677.6 + 120.0 = 3,797.6 (kN/ea)

▶ MaxM = w x L^2 / 8

= 5.0 x 7.0 ^2 / 8 = 30.6 kNm

(w : 버팀대 의 자중 및 적재하중 kN/m)

▶ Smax = w x L / 2

= 5.0 x 7.0 / 2 = 17.5 kN

[3] 축방향 응력 및 휨응력계산

10.7 설계도서

▶ fc = MaxN / A = 3,797.6 x 10^3 / 77,010 = 49.3 MPa (압축응력)
▶ fb = MaxM / Z = 30.6 x 10^6 / 12,000,000 = 2.6 MPa (휨응력)
▶ v = Smax / Aw = 17.5 x 10^3 / 16,110 = 1.1 MPa (전단응력)

[4] 허용응력계산
(1) 허용압축응력 계산
λx = Lx / rx = 7,000 / 197.0 = 35.5
λy = Ly / ry = 7,000 / 111.0 = 63.1
λ = MAX(λx , λy) = 63.1, 큰 세장비로 허용축방향압축응력을 산정한다
세장비 63.1 에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용압축응력 fca 를 구함
16.0 < 세장비 <= 80.0 이므로
fca = 210 - 1.467 x (63.1 - 16.0) = 140.96 MPa
할증된 허용압축응력 fca = 가설할증율 x fca x 고재감소율
▶ fca = 1.50 x 141.0 x 1.0 = 211.4 MPa

(2) 허용휨응력 계산
Lx / b = 7.0 / 432.0 = 16.2
L/b(λ = 16.2)에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용휨응력 fba를 구함
4.0 < λ <= 27.0 이므로
fba = 210 - 2.867 x (16.2 - 4.0) = 175.01 MPa
할증된 허용휨응력 fba = 가설할증율 x fba x 고재감소율
▶ fba = 1.50 x 175.0 x 1.0 = 262.5 MPa

(3) 허용전단응력
허용인장강도 210(신) 강재의 허용전단응력 va
va = 120 MPa
할증된 허용전단응력 va = 가설할증율 x va x 고재감소율
▶ va = 1.50 x 120.0 x 1.0 = 180.0 MPa

(4) 오일러의 허용좌굴응력 (도로교 설계기준 식3.4.13)
λx = Lx / rx = 7,000 / 197.0 = 35.5
허용인장강도 210(신) 강재의 L/rx 에 따른 좌굴응력 fea를 구함
fea = 1,200,000 / (l/rx)^2 = 1,200,000 / (35.53)^2 = 950.42 MPa
할증된 좌굴응력 fea = 가설할증율 x fea x 고재감소율
▶ fea = 1.50 x 950.4 x 1.0 = 1,425.6 MPa

[5] 응력에 대한 안전검토
▶ Fsc = fc / fca = 49.3 / 211.4 = 0.23 O.K (압축응력)
▶ Fsb = fb / fba = 2.6 / 262.5 = 0.01 O.K (휨응력)
▶ Fsv = v / va = 1.1 / 180.0 = 0.01 O.K (전단응력)

$$\text{▶ FScb} = \text{FSc} + \frac{\text{FSb}}{(1-\text{fc/feax})} = 0.23 + \frac{0.01}{(1-49.3/1,425.6)} = 0.24 \quad \text{O.K (압축+휨)}$$

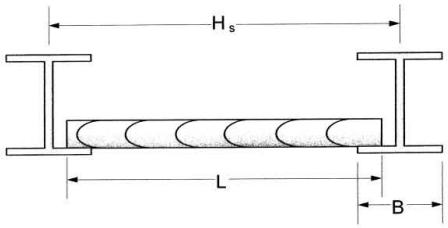
10.7 설계도서

7 흙막이판(목재) 설계

[1]설계조건

구 간 : 30.40 m - 33.30 m 에서 굴착측의 토압으로 설계한다.

흙막이판의 재질 = 목재



fa = 9.00 MPa, 흙막이판의 허용휨응력

va = 0.70 MPa, 흙막이판의 허용전단응력

IncRate = 1.50 가설부재의 허용응력 할증율

Used = 1.00 강재의 고재 감소율, 목재 = 1.0

f = 350 (mm), H 파일의 플렌지 폭

Dec = 15 (%), 아칭에 의한 감소율

Pmax = 93.76 (kN/㎡), 구간내 최대 토압

w = 최대토압 x (1-감소율/100) = 79.700 (kN/㎡), 감소된 토압

L = 1.20 m, 엄지말뚝의 간격

Thk = 100 (mm), 흙막이판의 설계두께

(≠0 이면 깊이별로 두께가 계산된 후 설계두께가 안전한지 검토됨

= 0 이면 깊이별로 두께가 계산됨)

할증된 허용응력

fa = IncRate x Used x fa = 0.00 x 1.00 x 9.0 = 13.5 MPa

va = IncRate x Used x va = 0.00 x 1.00 x 0.7 = 1.0 MPa

[2] 흙막이판의 지간 계산

ℓ = L (H 파일 간격) - 3/4 x B (Flange 폭) = 1.20 - 3/4 x 0.350 = 0.94 m

[3] 휨모멘트 및 전단력 계산

Mmax = w x L^2 / 8 = 79.70 x 0.94^2 / 8 = 8.76 kNm/m

Smax = w x L / 2 = 79.70 x 0.94 / 2 = 37.36 kN/m

[4] 휨응력에 대한 흙막이판의 두께(t1) 계산

$$t1^2 = \frac{6 \times Mmax}{b \times fa} = \frac{6 \times 8.76 \times 10^6}{1000 \times 13.5} = 3,891.59\ (mm^2)$$

$$t1 = \sqrt{(3891.59)} = 62.4\ mm$$

여기서, t1 = 휨응력에 대한 흙막이판 두께 mm, Mmax = 휨모멘트(kNm/m)

b = 흙막이판의 단위폭 (1000 mm), fa = 허용휨응력 (MPa)

[5] 전단응력에 대한 흙막이판의 두께(t2) 계산

$$t2 = \frac{Smax}{b \times va} = \frac{37.36 \times 10^3}{1000 \times 1.05} = 35.6\ mm$$

여기서, t2 = 전단응력에 대한 흙막이판 두께 mm, Smax = 전단력 kN/m, va = 허용전단응력 (MPa)

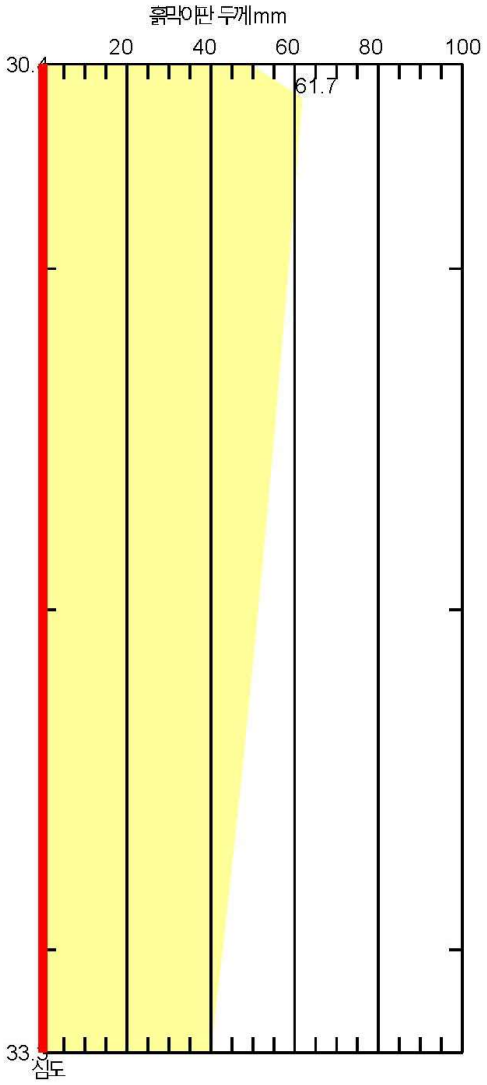
t = Max(t1, t2) = Max(62.4 , 35.6) = 62.4 (mm)

소요두께 = 62.4 < 설계두께 = 100 이므로 O.K

10.7 설계도서

깊이별 흙막이판 두께 계산

번호	깊이	토압	두께
	m	kN/m²	mm
305	30.4	93.8	49.1
306	30.5	91.9	61.7
307	30.6	89.9	61.1
308	30.7	88.0	60.4
309	30.8	86.1	59.8
310	30.9	84.2	59.1
311	31.0	82.3	58.4
312	31.1	80.4	57.8
313	31.2	78.5	57.1
314	31.3	76.5	56.4
315	31.4	74.6	55.7
316	31.5	72.7	54.9
317	31.6	70.8	54.2
318	31.7	68.9	53.5
319	31.8	67.0	52.7
320	31.9	65.1	52.0
321	32.0	63.1	51.2
322	32.1	61.2	50.4
323	32.2	59.3	49.6
324	32.3	57.4	48.8
325	32.4	55.5	48.0
326	32.5	53.6	47.2
327	32.6	51.7	46.3
328	32.7	49.8	45.4
329	32.8	47.8	44.6
330	32.9	45.9	43.7
331	33.0	44.0	42.7
332	33.1	42.1	41.8
333	33.2	40.2	40.8
334	33.3	38.3	39.9



10.7 설계도서

8. 외적 안정성 및 굴착영향 검토

8.1 공사 단계별 변위에 대한 검토

공사단계별로 발생하는 흙막이 벽의 최대 변위와 허용변위를 비교하여 안전을 판단한다.

허용변위율 = 0.20 % , 허용변위 = 허용변위율 x 굴착깊이

허용변위 계산깊이 적용 : 0 : 최종 굴착깊이

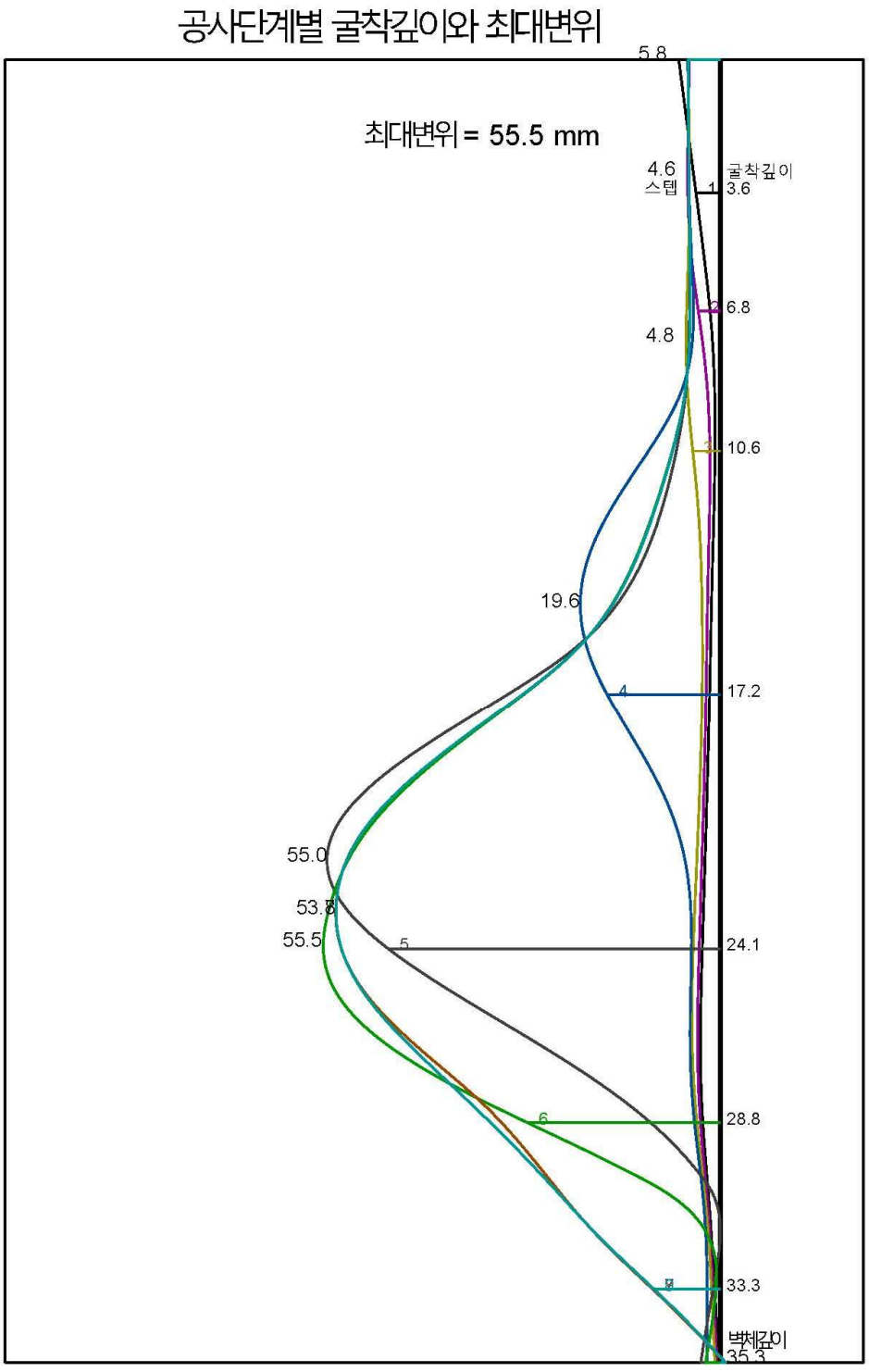
말뚝상단의 허용변위 입력치 = mm

스텝번호	스텝설명	굴착깊이 m	발생변위 mm	허용변위 mm	안전율 %	안전판단
1	EXCA TO 3.55	3.55	5.81	66.62	8.72	O.K
2	CONST 1F SLAB AND EXCAV 6.75	6.75	4.56	66.62	6.84	O.K
3	CONST B2 SLAB AND EXCAV 10.55	10.55	4.78	66.62	7.18	O.K
4	CONST B3 SLAB AND EXCAV 17.15	17.15	19.57	66.62	29.38	O.K
5	CONST B4 SLAB AND EXCAV 24.05	24.05	55.01	66.62	82.58	O.K
6	CONST B4 SLAB AND EXCAV 28.81	28.81	55.53	66.62	83.35	O.K
7	CONST RE RAKER AND EXCAV 33.31	33.31	53.79	66.62	80.74	O.K
8	CONST SLAB 6 AND CONST WALL 1	33.31	53.79	66.62	80.74	O.K
9	REMOVE RE RAKER 1	33.31	53.74	66.62	80.67	O.K

(주) 최대변위는 지표에서 흙막이벽체 바닥 사이의 최대변위임

최대변위율과 말뚝상단의 허용변위는 스텝데이터 'DIPLACEMENT'에서 설정가능함

10.7 설계도서


공사단계별 굴착깊이와 최대변위
최대변위 = 55.5 mm
5.8
4.6
스텝
굴착깊이
3.6
6.8
4.8
10.6
19.6
17.2
55.0
53.8
55.5
24.1
28.8
33.3
벽체깊이
35.3

10.7 설계도서

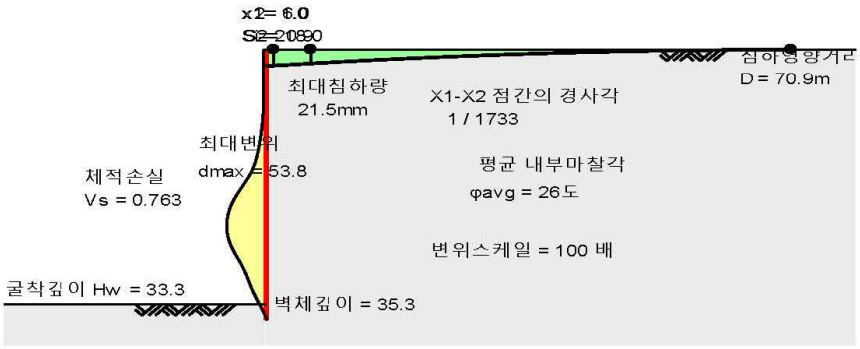
8.2 침하에 대한 주변영향 검토

굴착으로 인한 지표면의 침하량은 흙막이 벽체의 변위와 관계된다고 보고 흙막이 벽체의 변위량으로 부터 침하량을 추정하는 방법을 Caspe(1966)가 제안하고, Bowles가 다음과 같은 단계로 재정리 하였다.

(1) 침하영향거리 계산

굴착깊이 HW	=	33.3	m
굴착폭 B	=	100.0	m
평균내부마찰각 φavg	=	25.76	도
Hp = (0.5 B tan(45+φavg/2)	=	79.6	m
Ht = (Hw+Hp)	=	112.9	m
영향거리 D=Ht*tan(45-φavg/2))	=	70.9	m
영향거리/굴착깊이(D/Hw)의 최대비율	=	2.0	
수정된 영향거리 D	=	66.6	m
(2) 굴착으로 인한 체적 손실량 Vs	=	0.763	m^3
(3) 벽체에서의 침하량 Sw $= \frac{2\ Vs}{D}$	=	21.5	mm
(4) 벽체로 부터 거리별 침하량 Si	=	Sw $(\frac{D-x}{D})^2$	

흙막이 벽으로 부터의 거리	0.0 x D	0.1 x D	0.2 x D	0.3 x D	0.5 x D	1.0 x D	X1	X2
m	0.00	6.66	13.32	19.98	33.30	66.60	1.00	6.00
침하량 mm	21.5	17.4	13.8	10.5	5.4	0.0	20.9	18.0
각변위 (1 / X)		1629	1821	2064	2580	6191		1733

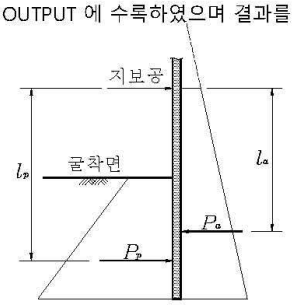


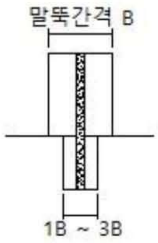
참고 : 칸막이 벽이나 바닥에 첫 균열이 예상되는 한계 = 1/300
건물에 균열이 없도록 하는 안정한계 = 1/500 (Bjerrum,1981)

10.7 설계도서

8.3 근입장 검토

최하단 지보공 위치를 중심으로 주동토압에 의한 모멘트보다 수동토압에 의한 모멘트가 커야 안전하다.
계산은 OUTPUT 에 수록하였으며 결과를 정리하면 다음과 같다.



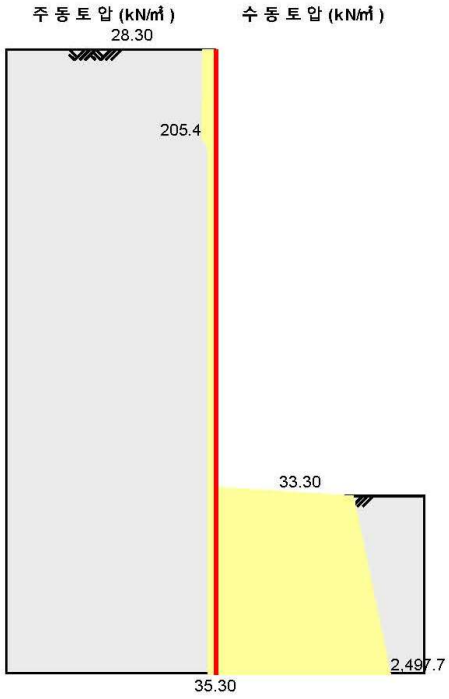


① 주동토압에 의한 모멘트 Ma = Pa x La = 1843.9 kN.m
② 수동토압에 의한 모멘트 Mp = Pp x Lp = 8004.5 kN.m

③ 안전율 Fs = $\frac{Mp}{Ma} = \frac{8004.5}{1843.9}$ = 4.34 (점착력이 매우 커지면 주동토압이 0 에 가까워짐 = 안전함)

④ 소요안전율 Fs req = 1.2

▶ 안전판단 Fs = 4.34 > Fs req = 1.2 **O.K**



10.7 설계도서

근입장 체크 (WALL DEPTH CHECK)
최하단 지보공의 깊이 = 28.30, 절점번호 = 284

Node No.	Depth GL	주동 토압	기타 횡력	주동 모멘트	수동 토압	기타 횡력	수동 모멘트	안전율
		(kN/m2)	(kN/m2)	(kNm)	(kN/m2)	(kN/m2)	(kNm)	
284	28.30	90.29	101.91	0.00				
285	28.40	90.61	102.91	1.94				
286	28.50	90.93	103.91	3.90				
287	28.60	91.25	104.91	5.88				
288	28.70	91.57	105.91	7.90				
289	28.80	91.89	106.91	9.94				
290	28.90	92.21	107.90	12.01				
291	29.00	92.53	108.90	14.10				
292	29.10	92.85	109.90	16.22				
293	29.20	93.17	110.90	18.37				
294	29.30	93.49	111.90	20.54				
295	29.40	0.00	112.90	12.42				
296	29.50	1.91	110.99	13.55				
297	29.60	3.83	109.07	14.68				
298	29.70	5.74	107.16	15.81				
299	29.80	7.65	105.25	16.93				
300	29.90	9.57	103.33	18.06				
301	30.00	11.48	101.42	19.19				
302	30.10	13.39	99.51	20.32				
303	30.20	15.31	97.59	21.45				
304	30.30	17.22	95.68	22.58				
305	30.40	19.14	93.76	23.71				
306	30.50	21.05	91.85	24.84				
307	30.60	22.96	89.94	25.97				
308	30.70	24.88	88.02	27.10				
309	30.80	26.79	86.11	28.22				
310	30.90	28.70	84.20	29.35				
311	31.00	30.62	82.28	30.48				
312	31.10	32.53	80.37	31.61				
313	31.20	34.44	78.46	32.74				
314	31.30	36.36	76.54	33.87				
315	31.40	38.27	74.63	35.00				
316	31.50	40.18	72.72	36.13				
317	31.60	42.10	70.80	37.26				
318	31.70	44.01	68.89	38.39				
319	31.80	45.93	66.97	39.51				
320	31.90	47.84	65.06	40.64				
321	32.00	49.75	63.15	41.77				
322	32.10	51.67	61.23	42.90				
323	32.20	53.58	59.32	44.03				
324	32.30	55.49	57.41	45.16				

10.7 설계도서

325	32.40	57.41	55.49	46.29				
326	32.50	59.32	53.58	47.42				
327	32.60	61.23	51.67	48.55				
328	32.70	63.15	49.75	49.68				
329	32.80	65.06	47.84	50.81				
330	32.90	66.97	45.93	51.93				
331	33.00	68.89	44.01	53.06				
332	33.10	70.80	42.10	54.19				
333	33.20	72.72	40.18	55.32				
334	33.30	74.63	38.27	16.46	-1964.71	0.00	-286.52	0.20
335	33.40	76.54	36.36	16.79	-1991.36	0.00	-296.22	0.40
336	33.50	78.46	34.44	17.12	-2018.01	0.00	-306.06	0.60
337	33.60	80.37	32.53	17.45	-2044.65	0.00	-316.07	0.80
338	33.70	82.28	30.62	17.78	-2071.30	0.00	-326.23	1.01
339	33.80	84.52	28.70	18.16	-2097.95	0.00	-336.55	1.22
340	33.90	86.80	26.79	18.55	-2124.60	0.00	-347.02	1.43
341	34.00	89.09	24.88	18.95	-2151.25	0.00	-357.64	1.64
342	34.10	91.37	22.96	19.34	-2177.89	0.00	-368.43	1.85
343	34.20	93.65	21.05	19.74	-2204.54	0.00	-379.37	2.06
344	34.30	95.93	19.14	20.14	-2231.19	0.00	-390.46	2.27
345	34.40	98.21	17.22	20.54	-2257.84	0.00	-401.71	2.49
346	34.50	100.50	15.31	20.94	-2284.48	0.00	-413.10	2.70
347	34.60	102.78	13.39	21.35	-2311.13	0.00	-424.67	2.92
348	34.70	105.06	11.48	21.75	-2337.78	0.00	-436.39	3.14
349	34.80	107.34	9.57	22.16	-2364.43	0.00	-448.26	3.36
350	34.90	109.62	7.65	22.58	-2391.07	0.00	-460.28	3.57
351	35.00	111.90	5.74	22.99	-2417.72	0.00	-472.46	3.79
352	35.10	114.19	3.83	23.41	-2444.37	0.00	-484.80	4.01
353	35.20	116.47	1.91	23.82	-2471.02	0.00	-497.29	4.23
354	35.30	118.75	0.00	12.12	-2497.66	0.00	-254.97	4.34
		4447.16	4562.96	1843.87	-46854.96	0.00	-8004.49	

합계 주동 모멘트 (Ma) = 1843.87
합계 수동 모멘트 (Mp) = -8004.49
안전율 (Mp/Ma) = 4.34

최소 안전율 = 1.2 이상이어야 함

10.7 설계도서

9. 입력 데이터

PROJECT 가산동 345-48 데이터센터 신축공사 (Section B-L)_BH-4

```
UNIT   kN
ELGL    GL     0.00

SOIL   1  매립층
          18      9       18      27      18000   0       0       0       0
       2  퇴적토(점토)
          17      8       24      0       11000   0       0       0       0
       3  퇴적토(모래)
          18      9       22      24      25000   0       0       0       0
       4  풍화토(N<30)
          19      10      16      26      23000   0       0       0       0
       5  풍화토(N>30)
          19      10      20      28      30000   -1      0       0       0
       6  풍화암
          20      11      30      31      33000   0       0       0       0
       7  기반암(연암)
          26      14      130     33      58000   0       0       0       0

PROFILE   1    2.78      1       1
          2    6.38      2       2
          3    11.98     3       3
          4    15.38     4       4
          5    27.38     5       5
          6    29.38     6       6
          7    50        7       7

VWALL     1    30.38     .07223    1.58613E-03     2.05E+08     1     1     1
          2    35.31     .01739    .000403     2.05E+08     1.2     1.05     .3

STRUT   1    28.31   0.07701     10.04    3    50    0    0   -32    0
SLAB    1     2.05   0.2         10         0
        2     5.25   0.2         10         0
        3     9.05   0.2         10         0
        4    15.95   0.2         10         0
        5    22.85   0.2         10         0
        6    31.53   3.56        10         0
WALL    1     0          31.53          0.7             0
Division     0.1
Solution     0
Output       0
NoteMode     0
MINKS        100
ECHO

STEP  1  EXCA TO 3.55
```

10.7 설계도서

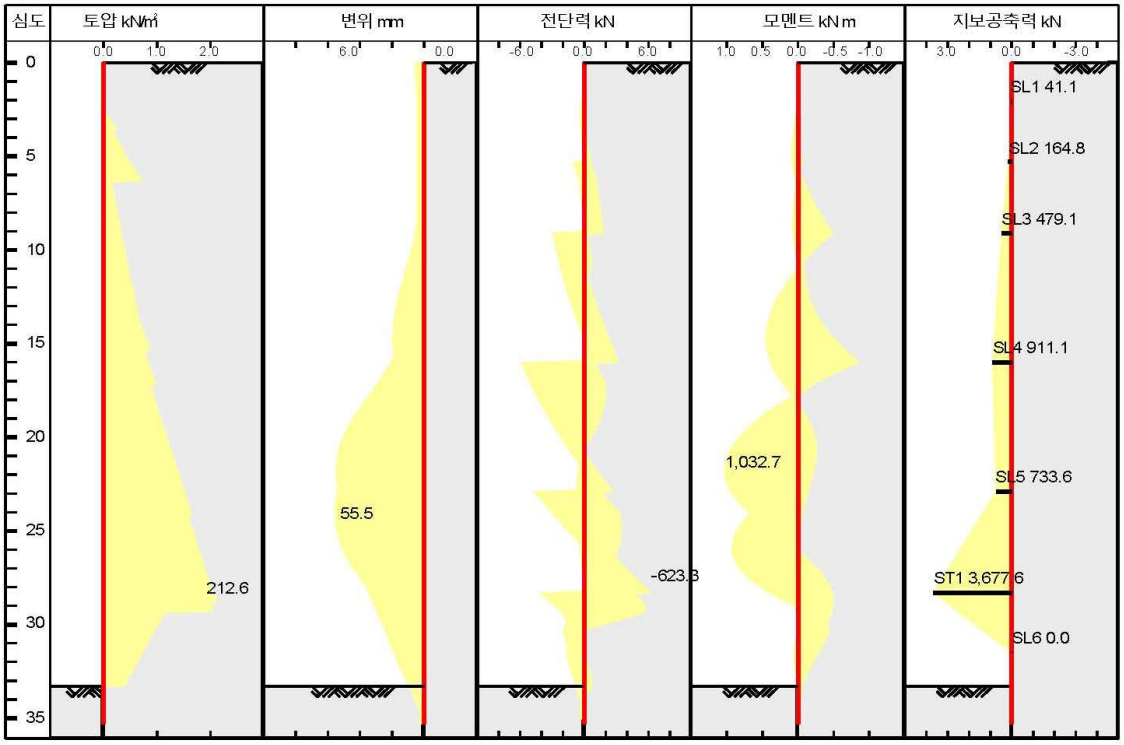
```
      RANKINE 1 0 50
      WATER_PRESSURE 11.84 0 29.38 175.4 35.31 0
      LOAD  0  8  12.7  23  12.7   1
      LOAD  5  29  131  72.2  131   1
      EXCAVATION 3.55
      DISPLACEMENT 0.2

STEP  2  CONST 1F SLAB AND EXCAV 6.75
      CONST SLAB 1
      EXCAVATION 6.75

STEP  3  CONST B2 SLAB AND EXCAV 10.55
      CONST SLAB 2
      EXCAV 10.55

STEP  4  CONST B3 SLAB AND EXCAV 17.15
      WATER_PRESSURE 13.78 0 29.38 156.0 35.31 0
      CONST SLAB 3
      EXCAV 17.15

STEP  5  CONST B4 SLAB AND EXCAV 24.05
      WATER_PRESSURE 15.30 0 29.38 140.8 35.31 0
      CONST SLAB 4
      EXCAV 24.05

STEP  6  CONST B4 SLAB AND EXCAV 28.81
      WATER_PRESSURE 16.26 0 29.38 131.2 35.31 0
      CONST SLAB 5
      EXCAV 28.81

STEP  7  CONST RE RAKER AND EXCAV 33.31
      WATER_PRESSURE 18.09 0 29.38 112.9 35.31 0
      CONST STRUT 1
      EXCAV 33.31
      GROUND_SETTLEMENT 100 2 1 6
      DEPTH_CHECK

STEP  8  CONST SLAB 6 AND CONST WALL 1
      CONST SLAB 6
      CONST WALL 1

STEP  9  REMOVE RE RAKER 1
      REMOVE STRUT 1

END
```

10.7 설계도서

10. 단계별 계산결과 집계표

[1] 깊이별 최대토압, 변위, 전단력 및 모멘트

절점	구간심도	토압	변위	전단력 kN		모멘트 kN.m	
	m	kN/m^2	mm	굴착측	배면측	굴착측	배면측
1	0.0	0.00(0)	5.81(1)	0.01(1)	0.00(0)	0.00(5)	0.00(7)
19	1.8	0.00(0)	5.74(1)	0.94(1)	0.00(0)	0.88(1)	0.00(0)
37	3.6	24.12(1)	4.55(1)	42.31(2)	10.54(1)	62.25(2)	5.98(3)
55	5.4	50.93(4)	4.53(2)	103.12(3)	62.66(4)	88.53(2)	60.06(3)
73	7.2	72.52(2)	4.49(3)	93.81(3)	134.55(4)	80.63(2)	188.15(4)
91	9.0	21.03(9)	4.77(3)	30.13(3)	181.38(4)	57.10(3)	469.21(4)
109	10.8	33.24(9)	10.74(4)	294.47(4)	184.61(4)	71.46(3)	487.51(4)
127	12.6	45.47(4)	16.51(4)	225.11(4)	57.24(3)	296.26(4)	86.00(5)
145	14.4	74.70(4)	19.48(4)	133.53(4)	206.94(5)	448.15(4)	175.76(5)
163	16.2	86.89(4)	22.04(5)	591.60(5)	319.52(5)	452.33(4)	854.54(5)
181	18.0	97.88(4)	36.50(5)	569.75(5)	126.37(4)	354.16(4)	680.30(5)
199	19.8	116.55(5)	49.49(5)	418.51(5)	192.10(4)	781.97(5)	15.17(3)
217	21.6	136.83(5)	54.99(5)	232.97(5)	74.39(4)	1030.19(5)	235.56(4)
235	23.4	156.98(5)	55.18(6)	58.31(4)	108.02(6)	1032.69(5)	225.43(4)
253	25.2	169.81(6)	55.53(6)	381.72(6)	344.40(5)	828.99(5)	98.89(4)
271	27.0	189.68(6)	53.67(6)	101.97(6)	389.26(7)	898.93(6)	0.00(0)
289	28.8	212.60(6)	43.56(6)	18.21(4)	623.34(7)	803.15(6)	290.13(5)
307	30.6	200.11(7)	31.63(9)	300.13(8)	550.52(6)	103.32(6)	487.20(5)
325	32.4	88.02(7)	22.70(9)	182.44(5)	4.55(1)	18.35(8)	400.83(7)
343	34.2	53.58(7)	13.89(7)	125.90(6)	46.91(7)	36.51(7)	143.36(6)
354	35.3	0.00(0)	4.21(7)	33.82(9)	3.28(5)	4.07(5)	30.56(9)
	최대치	212.60(0)	55.53(0)	591.60(0)	623.34(0)	1032.69(0)	854.54(0)



전단력과 모멘트에는 WALLOUT 으로 입력된 스탭별 하중계수가 곱해진 값임

STEP	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

10.7 설계도서

[2] 단계별 지보공 축력 집계표

STEP NO	굴착 깊이	ST1 28.3	SL1 2.1	SL2 5.3	SL3 9.1	SL4 16.0	SL5 22.9	SL6 31.5				
1	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
2	6.8	0.0	41.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
3	10.6	0.0	-4.4	164.8	0.0	0.0	0.0	0.0				
4	17.2	0.0	18.5	-15.4	479.1	0.0	0.0	0.0				
5	24.1	0.0	5.2	93.5	146.3	911.1	0.0	0.0				
6	28.8	0.0	7.2	77.6	196.1	715.1	733.6	0.0				
-7	28.8	0.0	7.3	76.5	199.5	693.4	609.1	0.0				
7	33.3	3677.6	7.0	79.0	191.7	723.1	405.5	0.0				
8	33.3	3677.6	7.0	79.0	191.7	723.1	405.5	0.0				
9	33.3	0.0	7.0	79.0	191.7	723.2	387.8	-22.9				
	최대치	3677.6	41.1	164.8	479.1	911.1	733.6	0.0				

버팀대와 앵커의 축력은 버팀대 1개당의 축력임, 경사가 고려되어 증가된 값임, 1/COS(θ)
슬래브 축력은 슬래브 폭 1m 에 대한 축력임

[3] 굴착 단계별 최대토압, 변위, 전단력 및 모멘트

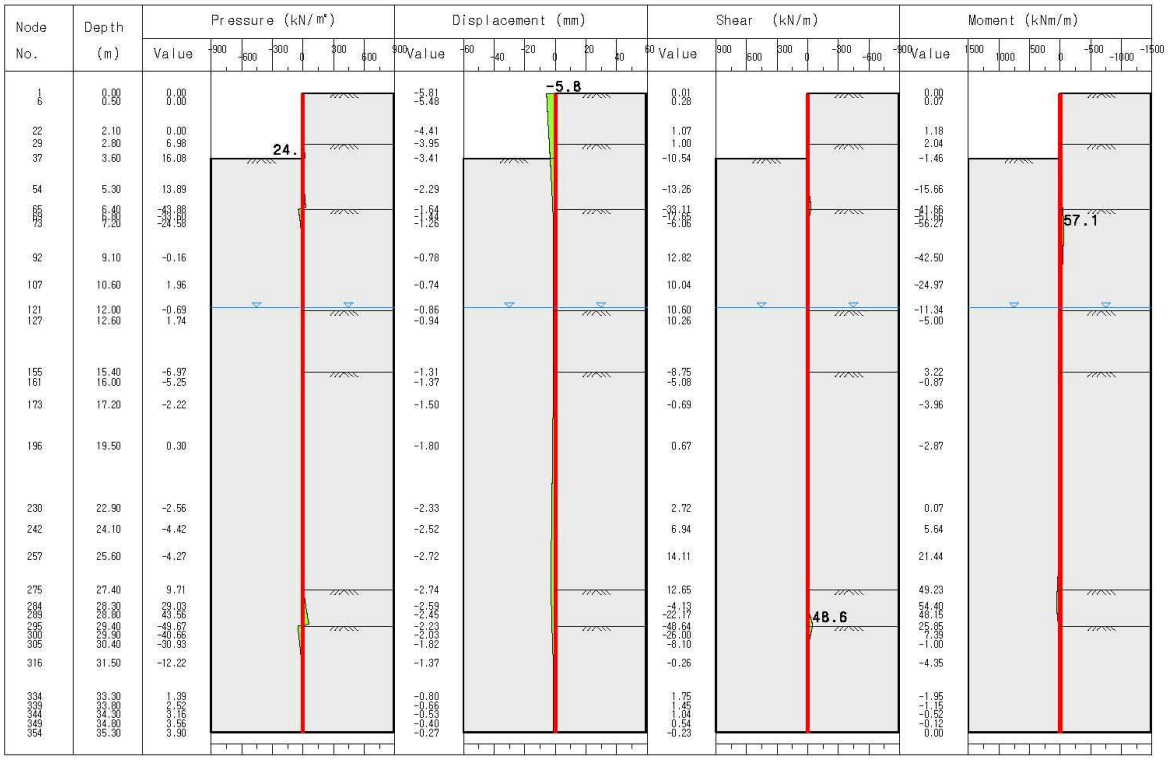
굴착 단계	굴착깊이 m	토압 kN/m²	변위 mm	전단력 kN		모멘트 kN.m	
				굴착측	배면측	굴착측	배면측
1	3.6	24.12	5.81	16.43	48.64	54.67	57.06
2	6.8	72.52	4.56	42.31	86.96	88.53	72.92
3	10.6	62.47	4.78	103.12	70.70	76.51	60.06
4	17.2	97.88	19.57	294.47	203.88	452.33	487.51
5	24.1	164.77	55.01	591.60	344.40	1032.69	854.54
6	28.8	212.60	55.53	466.96	572.41	929.91	663.58
7	33.3	205.39	53.79	437.48	623.34	620.17	679.82
8	33.3	205.39	53.79	430.84	604.52	620.17	679.82
9	33.3	205.39	53.74	430.88	279.05	584.59	679.97
	최대치	212.60	55.53	591.60	623.34	1032.69	854.54

최대 변위는 흙막이 벽 바닥까지의 변위중 최대치임
하중계수가 곱해지지 않은 SUNEX 출력결과 그대로임

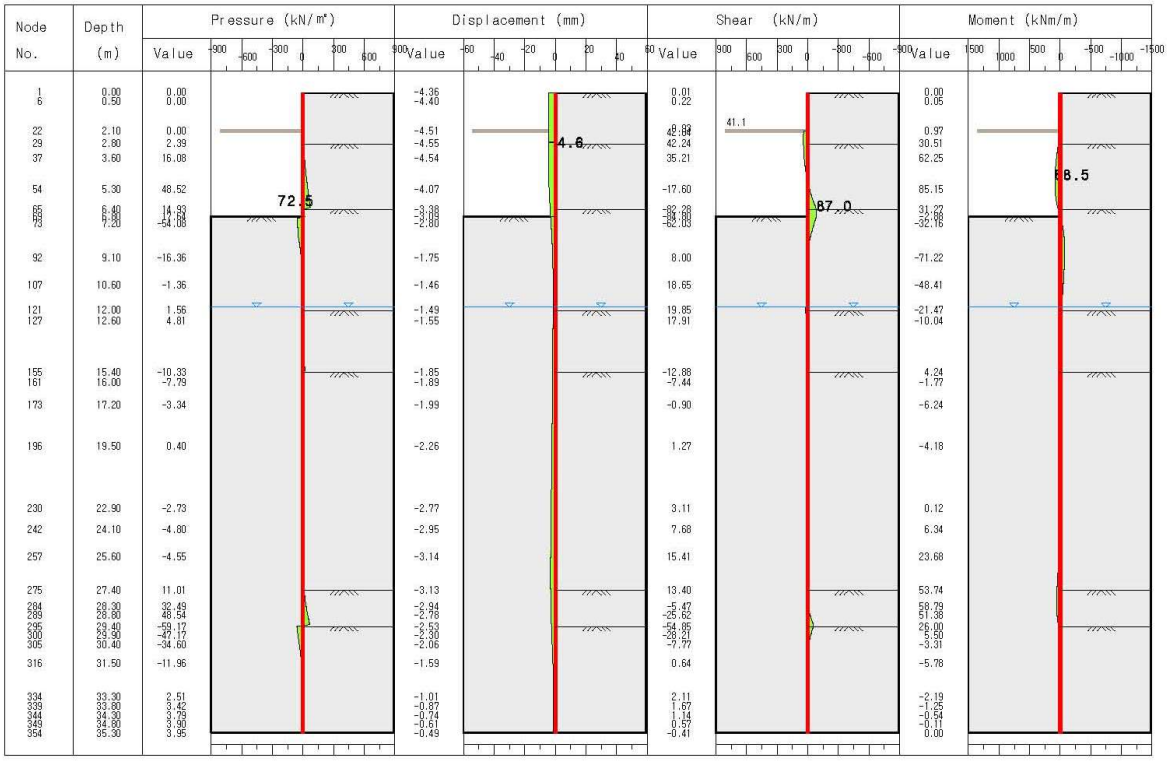
10.7 설계도서

11 공사단계별 그래픽 출력(토압, 변위, 전단력, 모멘트)

Step No. 1 << EXCA TO 3.55 >>

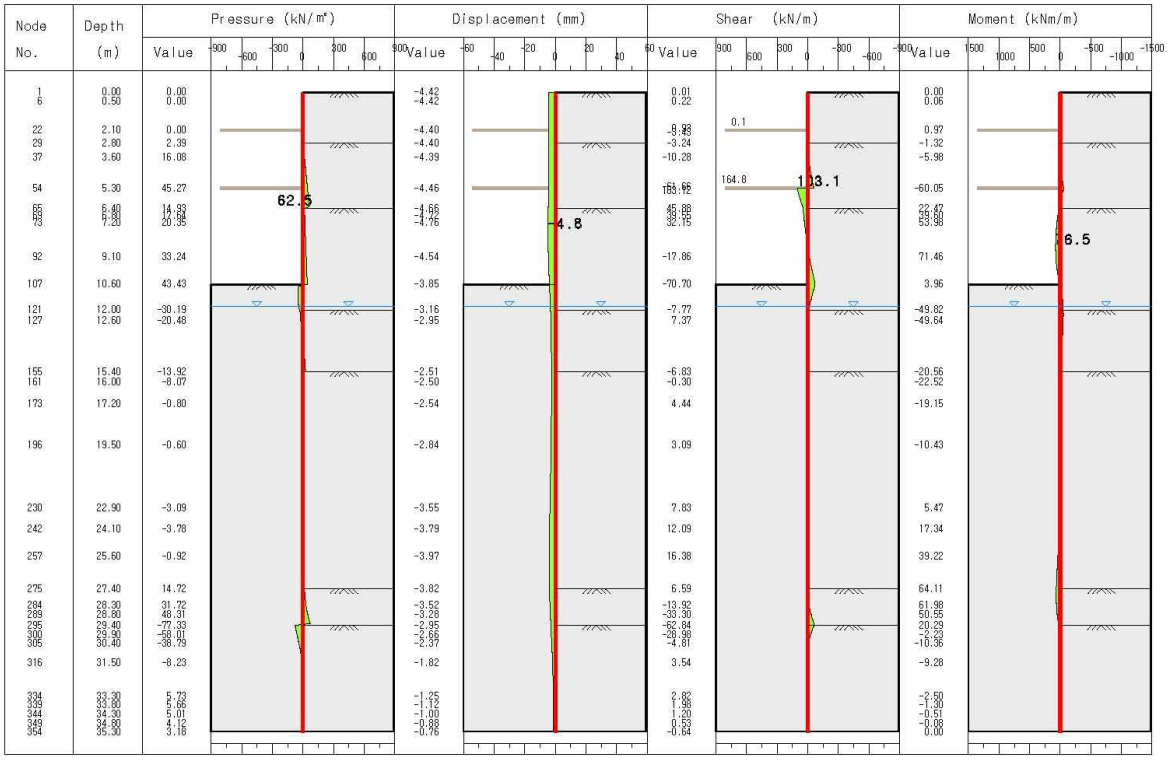


Step No. 2 << CONST 1F SLAB AND EXCAV 6.75 >>

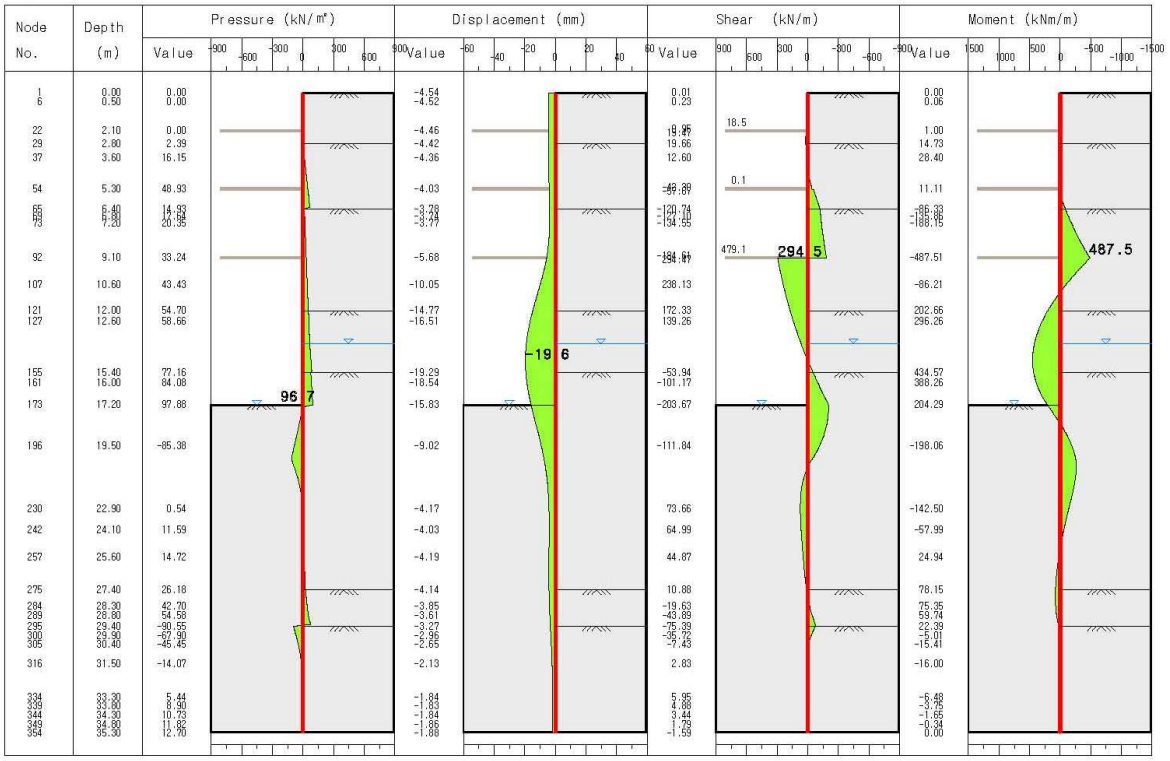


10.7 설계도서

Step No. 3 << CONST B2 SLAB AND EXCAV 10.55 >>

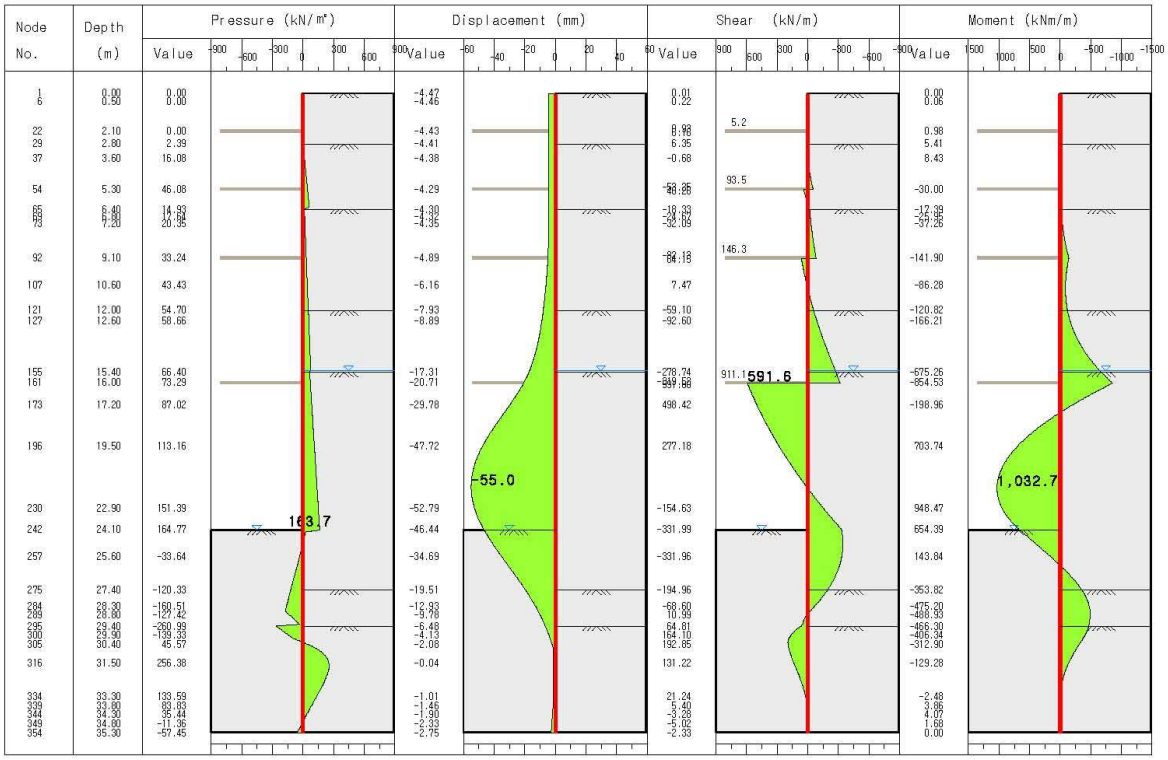


Step No. 4 << CONST B3 SLAB AND EXCAV 17.15 >>

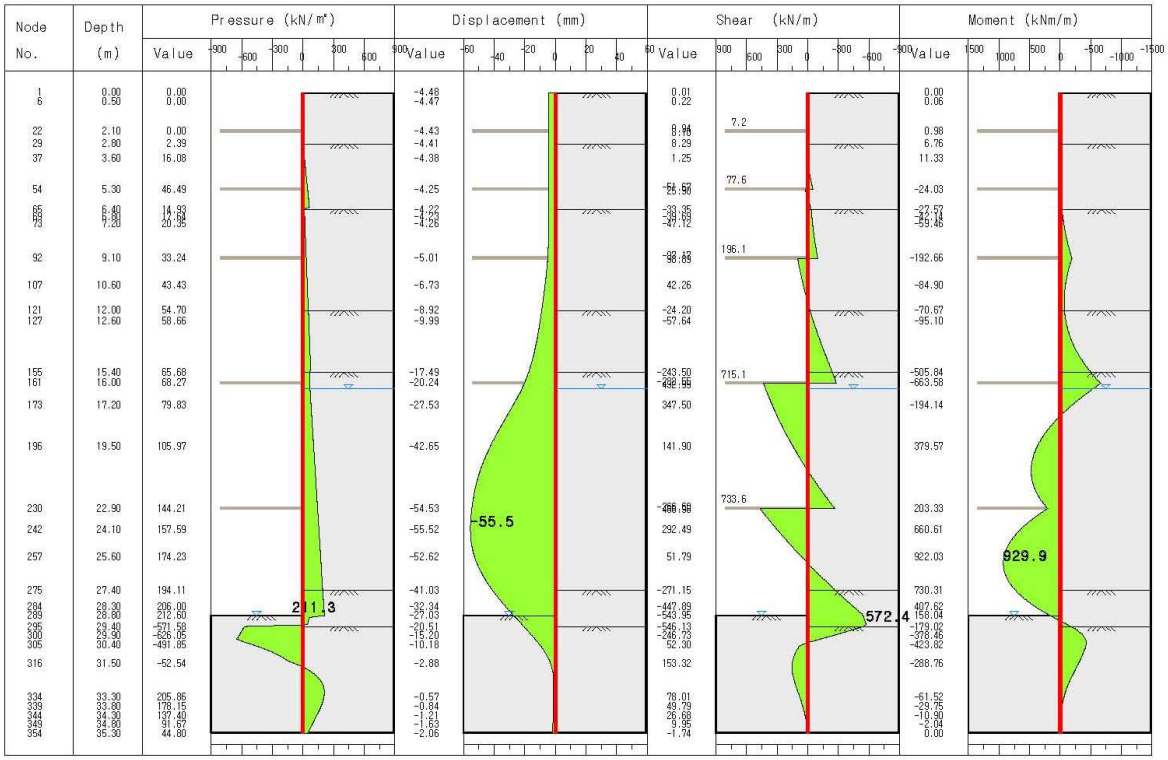


10.7 설계도서

Step No. 5 << CONST B4 SLAB AND EXCAV 24.05 >>

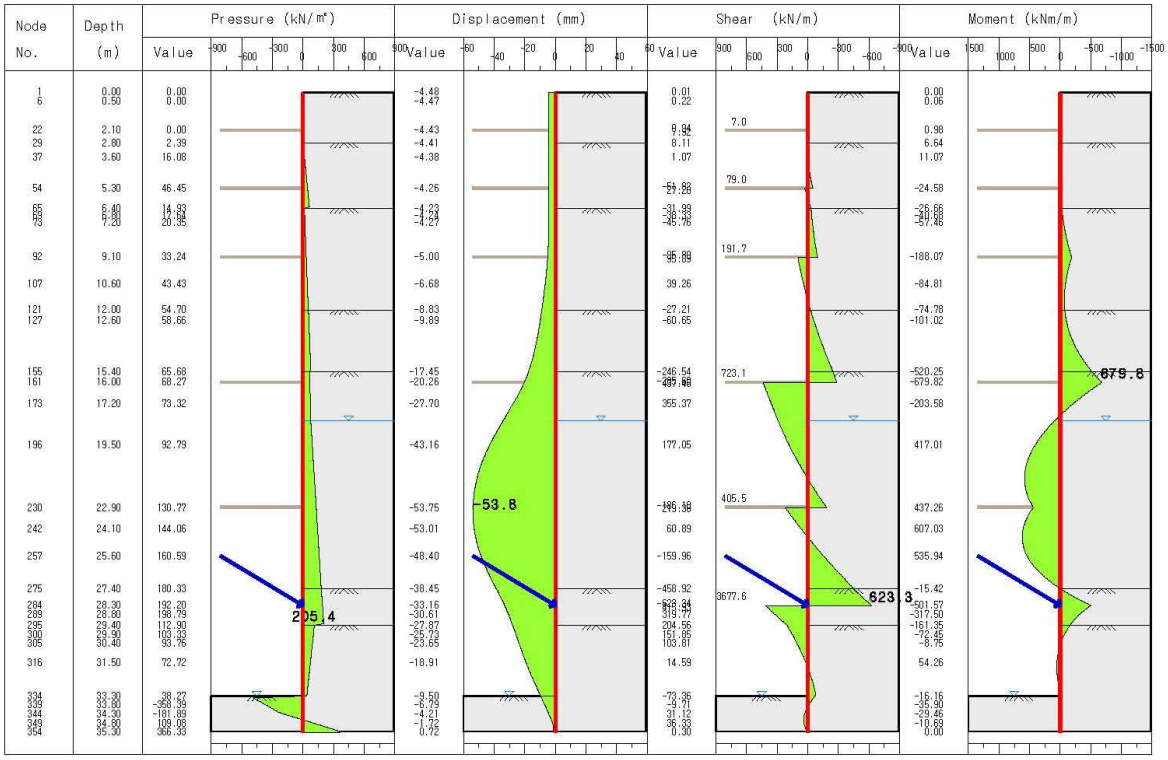


Step No. 6 << CONST B4 SLAB AND EXCAV 28.81 >>

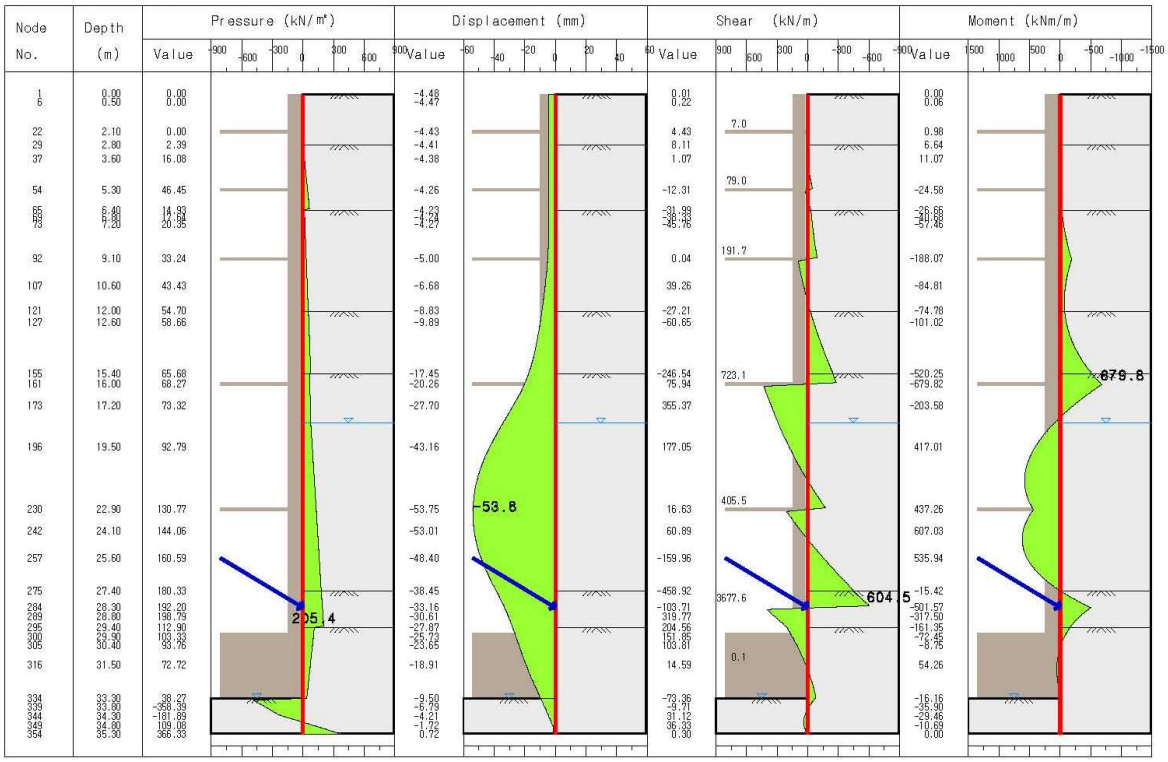


10.7 설계도서

Step No. 7 << CONST RE RAKER AND EXCAV 33.31 >>

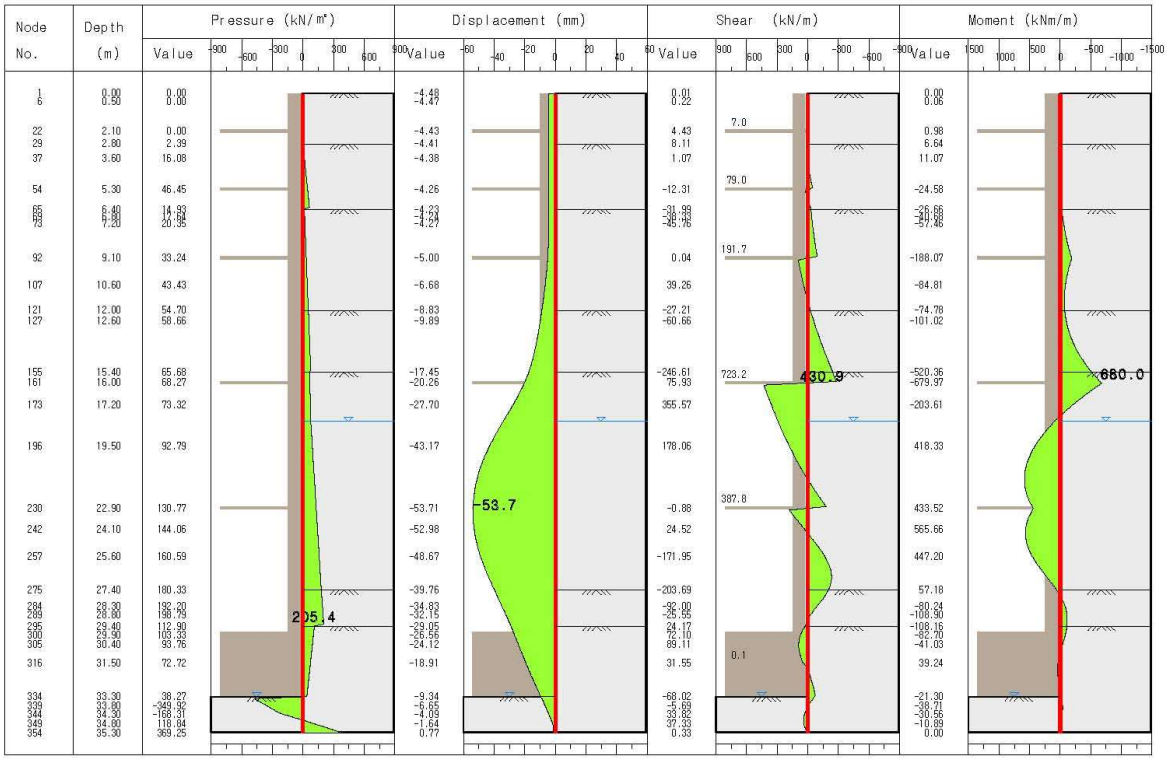


Step No. 8 << CONST SLAB 6 AND CONST WALL 1 >>



10.7 설계도서

Step No. 9 << REMOVE RE RAKER 1 >>



10.7 설계도서

12. 굴착단계별 부재계산 비교표

구 분	굴착단계	항목	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
CIP 등가강도설계법 CIP-D600(H-350x350x12x19CTC_1200)fck35 심도 0.0~30.4	1 단계	휨모멘트	kNm	57.1	1331.3	4.3 %	O.K
		전단력	kN	48.6	1241.3	3.9 %	O.K
	2 단계	휨모멘트	kNm	88.5	1331.3	6.6 %	O.K
		전단력	kN	87.0	1241.3	7.0 %	O.K
	3 단계	휨모멘트	kNm	76.5	1331.3	5.7 %	O.K
		전단력	kN	103.1	1241.3	8.3 %	O.K
	4 단계	휨모멘트	kNm	487.5	1331.3	36.6 %	O.K
		전단력	kN	294.5	1241.3	23.7 %	O.K
	5 단계	휨모멘트	kNm	1032.7	1331.3	77.6 %	O.K
		전단력	kN	591.6	1241.3	47.7 %	O.K
	6 단계	휨모멘트	kNm	929.9	1331.3	69.8 %	O.K
		전단력	kN	572.4	1241.3	46.1 %	O.K
	7 단계	휨모멘트	kNm	883.0	1331.3	66.3 %	O.K
		전단력	kN	623.3	1241.3	50.2 %	O.K
	8 단계	휨모멘트	kNm	679.8	1331.3	51.1 %	O.K
		전단력	kN	604.5	1241.3	48.7 %	O.K
	9 단계	휨모멘트	kNm	680.0	1331.3	51.1 %	O.K
		전단력	kN	430.9	1241.3	34.7 %	O.K

구 분	굴착단계	항목	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
H 파일(CIP근입) H-350X350X12X19 심도 0.0~30.4	1 단계	압축응력	MPa	13.3	315.0	4.2 %	O.K
		휨응력	MPa	14.9	315.0	4.7 %	O.K
		합성응력	안전율	0.09	1.00	9.0 %	O.K
		전단응력	MPa	1.7	180.0	0.9 %	O.K
	2 단계	압축응력	MPa	13.3	315.0	4.2 %	O.K
		휨응력	MPa	23.1	315.0	7.3 %	O.K
		합성응력	안전율	0.12	1.00	12.0 %	O.K
		전단응력	MPa	3.0	180.0	1.7 %	O.K
	3 단계	압축응력	MPa	13.3	315.0	4.2 %	O.K
		휨응력	MPa	20.0	315.0	6.3 %	O.K
		합성응력	안전율	0.11	1.00	11.0 %	O.K
		전단응력	MPa	3.6	180.0	2.0 %	O.K
	4 단계	압축응력	MPa	13.3	315.0	4.2 %	O.K
		휨응력	MPa	127.2	315.0	40.4 %	O.K
		합성응력	안전율	0.45	1.00	45.0 %	O.K
		전단응력	MPa	10.2	180.0	5.7 %	O.K
	5 단계	압축응력	MPa	13.3	315.0	4.2 %	O.K
		휨응력	MPa	269.4	315.0	85.5 %	O.K
		합성응력	안전율	0.90	1.00	90.0 %	O.K
		전단응력	MPa	20.4	180.0	11.3 %	O.K
	6 단계	압축응력	MPa	13.3	315.0	4.2 %	O.K
		휨응력	MPa	242.6	315.0	77.0 %	O.K
		합성응력	안전율	0.81	1.00	81.0 %	O.K
		전단응력	MPa	19.7	180.0	10.9 %	O.K
	7 단계	압축응력	MPa	13.3	315.0	4.2 %	O.K
		휨응력	MPa	230.3	315.0	73.1 %	O.K
		합성응력	안전율	0.77	1.00	77.0 %	O.K
		전단응력	MPa	21.5	180.0	11.9 %	O.K
	8 단계	압축응력	MPa	13.3	315.0	4.2 %	O.K
		휨응력	MPa	177.3	315.0	56.3 %	O.K

10.7 설계도서

	8 단계	합성응력	안전율	0.61	1.00	61.0 %	O.K
		전단응력	MPa	20.9	180.0	11.6 %	O.K
	9 단계	압축응력	MPa	13.3	315.0	4.2 %	O.K
		휨응력	MPa	177.4	315.0	56.3 %	O.K
		합성응력	안전율	0.61	1.00	61.0 %	O.K
		전단응력	MPa	14.9	180.0	8.3 %	O.K

구 분	굴착단계	항목	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
H 파일 H-350x350x12x19 심도 30.4~35.3	1 단계	압축응력	MPa	26.6	275.5	9.7 %	O.K
		휨응력	MPa	2.3	295.3	0.8 %	O.K
		합성응력	안전율	0.10	1.00	10.0 %	O.K
		전단응력	MPa	2.6	180.0	1.4 %	O.K
	2 단계	압축응력	MPa	26.6	275.5	9.7 %	O.K
		휨응력	MPa	3.0	295.3	1.0 %	O.K
		합성응력	안전율	0.11	1.00	11.0 %	O.K
		전단응력	MPa	2.5	180.0	1.4 %	O.K
	3 단계	압축응력	MPa	26.6	275.5	9.7 %	O.K
		휨응력	MPa	5.6	295.3	1.9 %	O.K
		합성응력	안전율	0.12	1.00	12.0 %	O.K
		전단응력	MPa	1.5	180.0	0.8 %	O.K
	4 단계	압축응력	MPa	26.6	275.5	9.7 %	O.K
		휨응력	MPa	8.8	295.3	3.0 %	O.K
		합성응력	안전율	0.13	1.00	13.0 %	O.K
		전단응력	MPa	2.4	180.0	1.3 %	O.K
	5 단계	압축응력	MPa	26.6	275.5	9.7 %	O.K
		휨응력	MPa	163.3	295.3	55.3 %	O.K
		합성응력	안전율	0.65	1.00	65.0 %	O.K
		전단응력	MPa	61.8	180.0	34.3 %	O.K
	6 단계	압축응력	MPa	26.6	275.5	9.7 %	O.K
		휨응력	MPa	221.1	295.3	74.9 %	O.K
		합성응력	안전율	0.85	1.00	85.0 %	O.K
		전단응력	MPa	49.4	180.0	27.4 %	O.K
	7 단계	압축응력	MPa	26.6	275.5	9.7 %	O.K
		휨응력	MPa	226.7	295.3	76.8 %	O.K
		합성응력	안전율	0.86	1.00	86.0 %	O.K
		전단응력	MPa	52.3	180.0	29.1 %	O.K
	8 단계	압축응력	MPa	26.6	275.5	9.7 %	O.K
		휨응력	MPa	29.1	295.3	9.9 %	O.K
		합성응력	안전율	0.19	1.00	19.0 %	O.K
		전단응력	MPa	33.3	180.0	18.5 %	O.K
	9 단계	압축응력	MPa	26.6	275.5	9.7 %	O.K
		휨응력	MPa	22.0	295.3	7.5 %	O.K
		합성응력	안전율	0.17	1.00	17.0 %	O.K
		전단응력	MPa	28.6	180.0	15.9 %	O.K

구 분	굴착단계	항목	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
1단 버팀대 (레이커) H-498x432x45x70 심도 28.3	7 단계	압축응력	MPa	49.3	211.4	23.3 %	O.K
		휨응력	MPa	2.6	262.5	1.0 %	O.K
		압축+휨	안전율	0.24	1.00	24.0 %	O.K
		전단응력	MPa	1.1	180.0	0.6 %	O.K
	8 단계	압축응력	MPa	49.3	211.4	23.3 %	O.K
		휨응력	MPa	2.6	262.5	1.0 %	O.K

10.7 설계도서

	압축+휨	안전율	0.24	1.00	24.0 %	O.K
	전단응력	MPa	1.1	180.0	0.6 %	O.K

10.7 설계도서

가산동 345-48 데이터센터 신축공사
(SECTION B-R)_BH-2

흙막이 가시설

구조 및 안정성검토 보고서

2021-09-15

by Ver W7.53

시지이엔씨주식회사

이 계산서는 SUNEX 프로그램의 일부로써 저작권법의 보호를 받습니다.
본 프로그램의 전부 또는 일부를 변경, 복제 할 수 없으며
타인에게 대여 양도 기타 처분 할 수 없습니다.

10.7 설계도서

목차

1. 표준단면도
2. 설계요약
3. 설계조건
4. CIP 설계
5. H 파일 설계
6. 버팀대 설계
   6.1 레이커 H-498x432x45x70 심도 28.1~28.3
7. 흙막이판(목재) 설계
8. 외적 안정성 및 굴착영향 검토
   8.1 벽체의 굴착 단계별 변위 검토
   8.2 침하영향검토
   8.3 근입장에 대한 안정검토
9. SUNEX 입력데이터
10. SUNEX 단계별 계산 결과 집계표
11. SUNEX 단계별 계산결과 그래픽(토압, 변위, 전단력, 모멘트)
12. 단계별 부재계산비교표

10.7 설계도서

1 표준단면도



Graphics by MetaDraw ©

사용부재

CIP

심도구간 : 0.0 m - 23.4 m 부재규격 : CIP-D600(H-350x350x12x19CTC_1200)fck35

H 파일

심도구간 : 23.4 m - 36.2 m 부재규격 : H-350x350x12x19

버팀대

1 단 설치심도 : 28.2 m 부재규격 : H-498x432x45x70

흙막이판

목재 심도구간 23.4 m - 34.2 m

지반특성

토층번호	심도 (m)	지반명칭	γt kN/m^3	γsub kN/m^3	C kN/m^2	φ 도	Ks kN/m^3
1	2	매립층	18.0	9.0	18.0	27	18,000.0
2	5.5	퇴적토(점토)	17.0	8.0	24.0	0	11,000.0
3	11.4	퇴적토(모래)	18.0	9.0	22.0	24	25,000.0
4	16	풍화토(N<30)	19.0	10.0	16.0	26	23,000.0
5	21	풍화토(N>30)	19.0	10.0	20.0	28	30,000.0
6	22.4	풍화암	20.0	11.0	30.0	31	33,000.0
7	50	기반암(연암)	26.0	14.0	130.0	33	58,000.0

10.7 설계도서

2 설계결과 요약

공종	위치/규격	검토사항	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
CIP 등가강도설계법 CIP-D600(H-350x350x12x19CTC_1200)fck35	심도 0.0~23.4	휨모멘트	kNm	617.2	1331.3	46.36 %	O.K
		전단력	kN	391.9	1241.3	31.57 %	O.K
		축방향력	kN	308.5	1319.5	23.38 %	O.K
		주철근량(양측합)	㎟	D32x5.8개	D32x12개		O.K
		띠철근간격	mm	226			O.K
		지지력	kN	185.1	706.5	26.20 %	O.K
H 파일(CIP근입) H-350X350X12X19	심도 0.0~23.4	압축응력	MPa	10.65	315.00	3.38 %	O.K
		휨응력	MPa	161.00	315.00	51.11 %	O.K
		합성응력	안전율	0.54	1.00	54.00 %	O.K
		전단응력	MPa	13.52	180.00	7.51 %	O.K
H 파일 H-350x350x12x19	심도 23.4~36.2	압축응력	MPa	21.29	167.90	12.68 %	O.K
		휨응력	MPa	106.55	242.51	43.94 %	O.K
		압축+휨	안전율	0.57	1.00	57.00 %	O.K
		전단응력	MPa	89.66	180.00	49.81 %	O.K
		지지력	kN	370.2	537.2	68.91 %	O.K
버팀대(레이커) H-498x432x45x70	심도 28.1~28.3	압축응력	MPa	11.6	211.4	5.49 %	O.K
		휨응력	MPa	2.6	262.5	0.99 %	O.K
		전단응력	MPa	1.1	180.0	0.61 %	O.K
		압축+휨	안전율	0.06	1.00	6.00 %	O.K
목재흙막이판	23.4~34.2	휨 두께	mm	48.1	100	48.10 %	O.K
		전단 두께	mm	21.1	100	21.10 %	O.K
안정성 검토	굴착깊이24.0	최대변위	mm	28.48	68.46	41.61 %	O.K
		변위율	변위/깊이	0.08 %	0.28 %	28.57 %	O.K
안정성 검토	굴착 GL-34.20	침하량	mm	11.73			O.K
		근입장	안전율	11.72	1.20	10.24 %	O.K

10.7 설계도서

3 설계조건

가 해석방법 : 탄소성보법

적용토압 : 굴착 및 해체시 = Rankine 토압

사용프로그램 : Ver W7.53 2009-670

나. 허용응력 할증

① 가설구조물에 대한 허용응력의 증가

가설구조물의 경우 1.50 (철도하중 지지시 1.3)

영구구조물로 사용되는 경우

시공도중 1.25

완료 후 1.00

② 고재사용시 허용응력 감소 0.90

공사기간이 2년 미만인 경우 가설구조물로, 2년 이상일 경우 영구구조물로 간주하여 설계한다.

다. 재료의 허용응력

재료의 허용응력은 다음을 기준으로 위 나.항에 따라 할증한다.

① 강재의 허용응력 MPa (가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2020, 표 3.3-1)

종류		SS275, SM275, SHP275(W)	SM355, SHP355W	SM460, SHT460 (주1)	
축방향인장 (순단면)		240	315	1.5 x 275 = 412.5	
축방향압축 (총단면)		$\frac{l}{\gamma} \leqq 20$일 경우 240	$\frac{l}{\gamma} \leqq 16$일 경우 315	$\frac{l}{\gamma} \leqq 6.5$일 경우 412.5	l(mm) : 유효좌굴장 γ(mm) : 단면2차반경
		$20 < \frac{l}{\gamma} \leqq 90$일 경우 $240 - 1.5\left(\frac{l}{\gamma} - 20\right)$	$16 < \frac{l}{\gamma} \leqq 80$일 경우 $315 - 2.2\left(\frac{l}{\gamma} - 16\right)$	$6.5 < \frac{l}{\gamma} \leqq 95$일 경우 $412.5 - 3.225\left(\frac{l}{\gamma} - 6.5\right)$	
		$\frac{l}{\gamma} > 90$일 경우 $\left[\frac{1,875,000}{6,000 + \left(\frac{l}{\gamma}\right)^2}\right]$	$\frac{l}{\gamma} > 80$일 경우 $\left[\frac{1,900,000}{4,500 + \left(\frac{l}{\gamma}\right)^2}\right]$	$\frac{l}{\gamma} > 95$일 경우 $\left[\frac{777,000}{\left(\frac{l}{\gamma}\right)^2}\right]$	
휨응력	인장연 (순단면)	240	315	1.5 x 275 = 412.5	
	압축연 (총단면)	$\frac{l}{\beta} \leqq 4.5$; 240	$\frac{l}{\beta} \leqq 4.0$; 315	$\frac{l}{\beta} \leqq 3.35$; 412.5(주2, 3)	l : 플랜지의 고정점 간 거리 β : 압축플랜지 폭
		$4.5 < \frac{l}{\beta} \leqq 30$ $240 - 2.9\left(\frac{l}{\beta} - 4.5\right)$	$4.0 < \frac{l}{\beta} \leqq 27$ $315 - 4.3\left(\frac{l}{\beta} - 4.0\right)$	$3.35 < \frac{l}{\beta} \leqq 24.8$ $412.5 - 10.431\left(\frac{l}{\beta} - 3.35\right)$	
전단응력(총단면)		135	180	1.5 x 160 = 240	
지압응력		360	465	1.5 x 415=622.5	
용접 강도	공장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	
	현장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	

가설할증율 1.5가 곱해진 값임

10.7 설계도서

주)

1) SHT460 강재에 대한 허용응력은 강교설계기준(KDS 24 14 30, 2019)에서 같은 항복강도를 가지는 SM460(t=16mm 이하)과 같은 값을 적용하였다.
2) 가설 흙막이 기준에 SM460에 대한 허용휨응력이 없어 SM355와 도로교설계기준의 종전 강재 SM570에 대한 값을 보간법으로 구함.
3) 강교설계기준에서는 허용휨응력을 구할 때 허용축방향압축응력을 구하는 것과 같은 방법으로 구하되 세장비 대신에 등가세장비 (l/r)e를 사용하도록 한다. (강교설계기준 4.2.2 표4.2-2 (b), 박스형거더의 경우에 적용).

② 강널말뚝 MPa (가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2020, 표 3.3-2)

종 류		SY300, SY300W	SY400, SY400W	비 고
휨응력	인장응력	180	240	* Type-W는 용접용
	압축응력	180	240	
전단응력		100	135	

③ 볼트의 허용응력 MPa (가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2020, 표 3.3-3)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	90 (SM400 기준)	100 (SS275 기준)
	지 압	190	220
고장력 볼트	전 단	150	150 (F8T 기준)
	지 압	235 (SM400기준)	270 (SS275 기준)

SS275기준은 한국강구조 학회 안임

④ 목재의 허용응력 MPa
(가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2020, 표 3.3-2)

목재종류		허용응력 MPa		
		휨	압축	전단
침엽수	소나무, 해송, 낙엽송, 노송나무, 솔송나무, 미송	9	8	0.7
	삼나무, 가문비나무, 미삼나무, 전나무	7	6	0.5
활엽수	참나무	13	9	1.4
	밤나무, 느티나무, 졸참나무, 너도밤나무	10	7	1.0

⑤ 흙막이판용 강판의 허용응력 Mpa
(도로교설계기준 2010, 표 3.3.4, 표 3.3.5), KDS 24 14 30 2019 표 4.2-1)

강재의 종류	허용응력 MPa		
	휨	압축	전단
SS400 SM400	140	140	80
SM490	190	190	110
SS275, SM275, SHP275(W)	160	160	90
SM355,SHP355(W)	210	210	120

⑥ 콘크리트의 허용응력 MPa

허용 휨 압축응력 $fca = 0.4\ fck$

허용 전단응력 $va = 0.08\sqrt{fck}$

전단보강철근과 콘크리트에 의해 허용되는 최대전단응력 = $vca + 0.32\sqrt{fck}$

10.7 설계도서

⑦ 철근의 허용(압축 및 인장)응력 (가설흙막이 설계기준, KDS 21 30 00:2016, 식 3.3-3 ~ 4)

가). 허용휨인장응력

$f_{sa} = 0.5\ f_y$

나). 허용압축응력

$f_{sa} = 0.4\ f_y$

라. 가설흙막이의 안전율 (KDS 21 30 00:2020, 표 3.2-1)

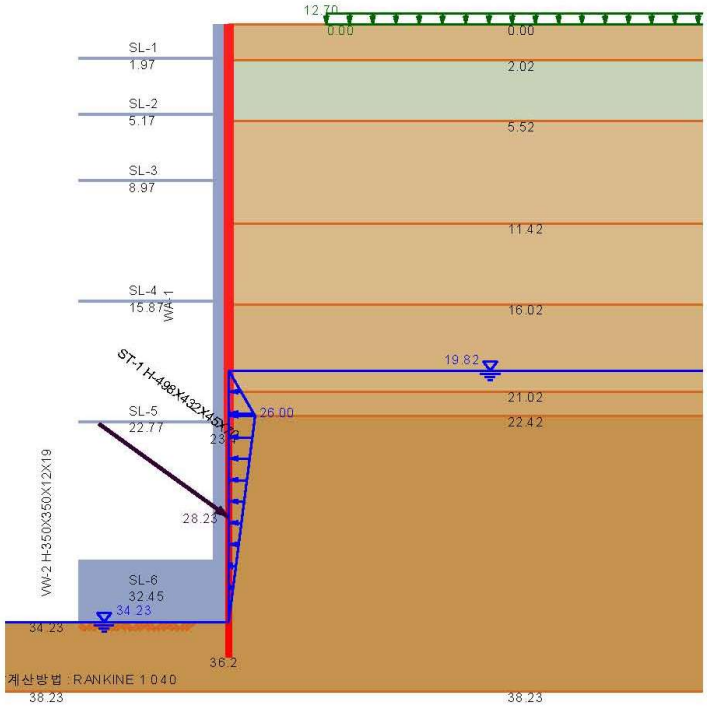
조건			안전율	비고
지반의 지지력			2	극한지지력에 대하여
활동			1.5	활동력(슬라이딩)에 대하여
전도			2	저항모멘트와 전도모멘트의 비
사면안정			1.1	1년 미만 단기안정성
근입깊이			1.2	수동및 주동토압에 의한 모멘트 비
굴착저부의안정	보일링	단기	1.5	사질토 대상, 단기는 2년 미만
		장기	2	
	히빙		1.5	점성도
지반앵커	사용기간2년 비만		1.5	인발저항에 대한 안전율
	사용기간2년 이상		2.5	

마. 벽체의 최대 수평변위 입력치 : 굴착깊이의 0.2 %

벽체 상단의 최대 허용변위 입력치 : mm

이 기준을 초과할 때는 주변시설물에 대한 별도의 안정검토가 필요하다.

바. 계산에 적용된 과재하중, 건물하중, 경사면성토하중, 수압등은 다음과 같다.

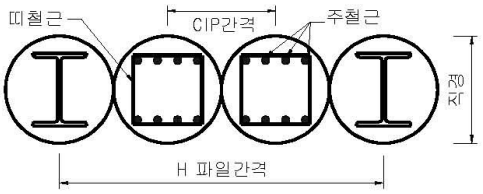


10.7 설계도서

4 CIP 설계

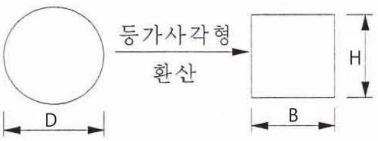
[1] 설계조건

D = 600 mm. CIP의 직경
fck = 35.0 MPa, 콘크리트 설계강도
fsa = 250 MPa, 철근의 허용인장강도
fy = 500 MPa, 철근의 항복강도



콘크리트 타설조건 = 2 (정수중에 타설. 감소율 0.8)
fck = 28.0 MPa, 감소된 콘크리트 설계강도

Dmain = 32사용 철근직경
최소 철근 개수(전체원주) = 12 개
DShear = 16사용 전단 철근 직경
dt = 80 mm, 철근의 피복



가설부재 할증율 = 1.50
하중계수(토압및수압) = 1.60
설계방법 : 원형단면을 등가사각형 단면으로 환산하여 강도설계법으로 설계한다.
설계기준 : KDS 14 20 00 콘크리트구조설계(강도설계법) 및 그 하위기준

[2] 발생하는 최대 모멘트 및 전단력

SUNEX 결과 최대 모멘트 cMmax = 617.2 kNm
SUNEX 결과 최대 전단력 cSmax = 391.9 kN
CIP 한개당 = 최대모멘트 x CIP 간격 = 617.2 x 0.60 = 370.3 kNm
CIP 한개당 = 최대전단력 x CIP 간격 = 391.9 x 0.60 = 235.1 kN
환산하중계수 = 하중계수 / 가시설할증율 = 1.60 / 1.50 = 1.067
▶ Mu = Mmax x 환산하중계수 = 370.3 x 1.067 = 395.0 kNm, (계수모멘트)
▶ Su = Smax x 환산하중계수 = 235.1 x 1.067 = 250.8 kN, (계수전단력)

[3] 휨철근량 계산

(1) 기본요소 계산

A = π x D^2 / 4 = π x 600^2/4 = 282,743.34 ㎟, 콘크리트의 단면적
B = √(A) = √(282,743.3) = 531.74 ㎜, 환산단면의 폭
H = 532 mm, 환산단면의 높이
dt = 80mm, 인장 철근의 피복두께
dt1= 80mm, 압축 철근의 피복두께
d = H - d' = 531.7 - 80 = 452mm, 보의 유효높이

균형철근비 계산
fck <= 28 이므로 β1 = 0.85

$$pb = 0.85 \frac{fck}{fy} \beta 1 \frac{600}{600 + fy} = 0.85 \times \frac{28.0}{500} \times 0.850 \times \frac{600}{1,100} = 0.02207$$

최대철근비 계산 (KDS 14 20 20 4.1.2 (5))

$$\varepsilon cu \qquad 0.85\ fck$$

10.7 설계도서

$$pmax = \frac{0.003}{\varepsilon amin + \varepsilon cu} \times \frac{0.85 \times 28.0}{fy} \quad (최대철근비)$$

εcu = 0.003 (콘크리트의 최대 변형율)

εamin = MAX (0.004, 2εy) (철근의 최대 허용변형량)

= MAX (0.004, 2 x fy / Es) = MAX (0.004, 2 x 500 / 200,000) = 0.0050

$$pmax = \frac{0.003}{0.0050 + 0.003} \times \frac{0.85 \times 28.0}{500} = 0.01785$$

설계휨강도 계산

$$a = \frac{fy\ Pmax\ d}{0.85\ fck} = \frac{500 \times 0.01785 \times 451.7}{0.85 \times 28.0} = 169.4\ mm$$

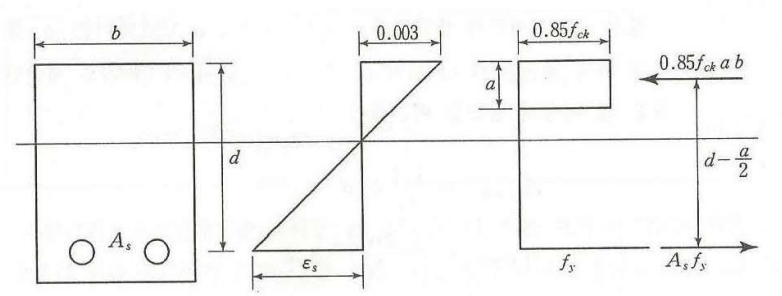
Md = Φ Pmax b d fy (d - a / 2)

= 0.85 x 0.01785 x 531.7 x 451.7 x 500 x (451.7 - 169.40 / 2)

= 668,831,030 (N.mm) = 668.83 kN m

(2) 철근량 계산 (단철근보)

Mu (계수모멘트) = 395.00 < Md (설계모멘트) = 668.8 kN m 이므로 단철근으로 계산 한다.



a = 89.8 mm 로 가정하고 철근량 계산

$$As = \frac{Mu \times 10\text{^}6}{\Phi\ fy\ (d - a / 2)} = \frac{395.00 \times 10\text{^}6}{0.85 \times 500 \times (451.7 - 89.8 / 2)} = 2{,}284.5\ mm^2$$

$$a\text{를 체크, } a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fck\ b} = \frac{2{,}284.48 \times 500.0}{0.85 \times 28 \times 532} = 90.3\ (mm)\ \ OK$$

$$As = \frac{Mu \times 10\text{^}6}{\Phi\ fy\ (d - a / 2)} = \frac{395.00 \times 10\text{^}6}{0.85 \times 500 \times (451.7 - 90.3 / 2)} = 2{,}285.8\ mm^2$$

10.7 설계도서

가정치와 근접하므로 OK

(3) 배근

$$n\ (\text{소요철근개수}) = \frac{\text{소요단면적 (AsReq)}}{\text{D32의 단면적}} = \frac{2,285.8}{794.2} = 2.9$$

소요철근개수 2.9 이 최소철근개수(12/2) = 6.0보다 작으므로 6 개를 양측에 각각 사용한다.

▶ D32 - 6 EA, As = 4,765.20 ㎟ : 양측에 각각 사용

[4] 전단력에 대한 검토 (KDS 14 20 22 2016 콘크리트구조 전단 및 비틀림 설계기준)

(1) 띠철근의 최소 시방 기준

최소간격기준 (KDS 21 30 00)

주철근 직경의 12배 = 32 x 12 = 384

300 mm 중 작은값

따라서 최소간격 Smin1 = 300 mm

최소철근량 기준(KDS 14 20 22 2016, 4.3.3)

최소철근량 Asvmin = 0.35 x b x s / Shfy 에서

소요간격 s = Av x Shfy /(0.35 x b)

Av = 띠철근 D16을 사용할 때 = 2 * 198.6 = 397.2 띠철근이므로 2배한다.)

smin2 = 397.2 * 300.00 /(0.35 x 532) = 640 mm

(2) 작용하는 전단력 vu

계수전단력 Vu = Su = 250.8 kN

(3) 콘크리트의 단면이 받을 수 있는 설계전단력 vd

설계전단력 $vd = \Phi\ Vc = \Phi\ 1/6\ \sqrt{fck}\ b\ d$

$= 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{(28)} \times 531.7 \times 451.7$

$= 158,880\ (N) = 158.9\ kN$

(4) 작용하는 전단응력과 설계전단력을 비교하여 띠철근의 간격결정

Case 1) vu > vd/2 : 철근 불필요, 최소 시방규격 간격으로 배근한다. Φ Vc/2 = 79.4kN

Case 2) vd/2 < vu < vd : 기본 철근 배근

Case 3-1) vd < vu < 3vd : 철근필요, 간격계산, 최소간격 = d/2, 3 Φ Vc = 476.6

Case 3-2) 3vd < vu < 5vd : 철근필요, 간격계산, 최소간격 = d/4, 5 Φ Vc = 794.4

Case 4) vu > 5vd : 단면을 키워야 한다.

Case 3-1 에 해당

v < 3vd 이므로 Case 3-1 에 해당, 철근량 계산, 최소간격 = d/2

Φ Vc < vu < = 3 Φvc 이므로 Case 3-1)에 해당, 철근량 계산

부족한 전단력을 철근이 부담하는 것으로 하며 소요간격 S 를 구함

S = Φ Av Shfy d / ((vu - vd) *1000) = 0.75 x 300 x 451.7 / ((250.8 - 158.9) * 1000) = 439.2 mm

최소철근간격기준 Smin1 = 300.0, 최소철근량기준 Smin2 = 640.3, d/2 = 225.9 비교

10.7 설계도서

▶ 최소치 S = 226 mm

(1) 모멘트에 대한 안전

휨 철근 Asused = 4,765.2 을 사용했을 때의 허용모멘트를 구하여
작용모멘트와 비교함

a = Asused x fy / (0.85 x fck x b)

= 4,765.2 x 500 / (0.85 x 28 x 531.7) = 188.3 mm

Ma = Asused x fy x (d - a/2) = 4,765.2 x 500.0 x (451.7 - 188.3/2) = 852,022,140 Nmm = 852.0 kNm

SUNEX 해석결과와 직접비교하기 위하여 환산하중계수를 감안하고 1m 당으로 환산하면

Ma = Ma / (환산하중계수 x CIP간격) = 852.0 / (1.07 x 0.6) = 1,331.3 kNm

▶ Fsm = Mmax / Mallow = 617.2 / 1,331.3 = 0.46 O.K (휨모멘트)

(2) 전단력에 대한 안전

CIP 콘크리트에서 최대 설계 전단력과 작용하는 전단력을 비교하여 안전 판단 함

콘크리트의 최대 설계전단력 Sa = Φ 5/6 √fck x b x d = 5 vd

최대허용전단력 Sa = 5 x 158.9 = 794,402 N = 794.4kN(철근콘크리트에서 최대로 허용되는 전단력)

SUNEX 해석결과와 직접비교하기 위하여 1m 당으로 환산하면

Sa = Sa / (환산하중계수 x CIP간격) = 794.4 / (1.07 x 0.6) = 1,241.3 kN

▶ Fss = Smax / Sallow = 391.9 / 1,241.3 = 0.32 O.K (전단력)

(3) 축력에 대한 안전

최대축력 Pmax = 308.5 kN/m (축방향력 및 지지력 계산 근거 참조)

벽체에 작용하는 최대축력이 Pa 보다 작으면 축하중의 영향을 무시할 수 있으며,

더 크면 축하중에 대한 상세한 검토가 필요하다.(KDS 14.2.20 4.12)

Pa = 0.10 fck Ag = 0.10 x 28.00 x 531.7 x 531.7 = 791681 N = 791.7 kN

Pa = 791.7 / 0.6 = 1,319.5 kN/m (1m 당)

Pmax = 308.5Pa = 1,319.5

▶ Fsp = 308.5 / 1,319.5 = 0.23 O.K (축방향력)

[6] 흙막이 벽체에 작용하는 복공 및 수직 하중의 산출근거

계산폭 = 1.00m 당

하중종류	산출근거	하중kN
1) 버팀대 중량	버팀대평균중량/버팀대간격 x 버팀대길이/2 x 버팀대 단수 6.05/3 x 17.4/2 x 1	17.53
2) 기타	피스브라켓, 브레이싱 등, 위 고정하중의 5% 17.53 x 5%	0.88
3) 측면벽체	(벽체중량/m) * 계산폭 * 벽체깊이 CIP-D600(H-350x350x1(11.77kN/m) x 1.00 x 23.4 = 275.53 H-350x350x12x19 (1.14kN/m) x 1.00 x 12.8 = 14.60	290.13
하중의 합계	고정하중 + 활하중 308.54 + 0.00	308.54

10.7 설계도서

1m 당 수직하중 = 308.54 / 1.00 = 308.54

[7] 지지력에 대한 검토 (벽체 간격 0.60 m당)

(1) 계산식

벽체에 작용하는 하중이 벽체의 허용지지력에 대해서 안전한지 검토한다.

말뚝의 지지력은 Myerhof의 지지력 공식을 사용한다.(구조물기초설계기준 해석식 5.2.14)

Qu = m N Ap + n Ns As

여기서 Qu : 말뚝의 극한지지력 kN

m : 극한지지력을 결정하는 계수, 타입말뚝 = 300, 매입말뚝 = 250, 현장타설말뚝 = 100

N : 말뚝선단지반의 표준관입시험치, 보정후

Ap : 말뚝선단면적 (㎡), H형강의 경우 HxB, 파이프의 경우 내부가 채워진 것으로 보고 계산

n : 극한주면마찰력을 결정하는 계수 타입말뚝 = 2, 매입말뚝 = 2.5, 현장타설말뚝 = 3.3

Ns : 말뚝근입부분의 평균 표준관입시험치, 보정후

As : 말뚝근입부분의 주면적(周面積) (㎡)

Qa = Qu / Fs

Qa : 말뚝의 허용지지력 kN

Fs : 안전율 영구시 = 3.0, 가설시 2.0

(2) 입력데이터

흙막이 벽의 종류 = CIP-D600(H-350x350x12x19CTC_1200)fck35 간격 = 1.00

말뚝선단지반의 N = 50

말뚝의 형태 = 현장타설말뚝 m = 100 n = 3.3

말뚝의 근입깊이 = Maxof(-10.8,0) = 0.0 m

(3) 허용지지력 계산

m = 100

Ap = 흙막이벽체 단면적 x 간격 = 0.471 x 0.60 = 0.283 ㎡

n = 3.3

근입깊이 = 벽체깊이 - 굴착깊이 = 23.4 - 34.2 = 0.0 m

As = 근입깊이 x 주변장 = 0.0 x 1.200 = 0.000 ㎡

Qu = m x N x Ap + n x Ns x As

= 100 x 50 x 0.2826 + 3.3 x 50 x 0.000 = 1413.0 + 0.0 = 1413.0 kN

Qa = Qu / 안전율 = 1413.0 / 2.0 = 706.5 kN

(4) 지지력에 대한 안전

▶작용하는 최대 연직력 = 308.54 x 0.60 = 185.1 kN < Qa = 706.5 kN 따라서 O.K

10.7 설계도서

4 H 파일(CIP근입) 설계

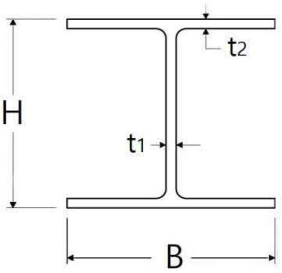
[1] 설계조건

구 간 : 0.0 m - 23.4 m 구간의 전단력 모멘트중에서 최대치로 설계한다.

사용부재 = H-350X350X12X19

사용강재의 인장강도등급 = 210 : 대표강종 SM355, SHP355 W, SGT355

H(mm)	350
B(mm)	350
t1(mm)	12
t2(mm)	19
A(㎟)	17,390
Ix(㎟⁴)	403,000,000
Zx(㎟)	2,300,000
rx(mm)	152.0
ry(mm)	88.4
Aw(㎟)	17,390



Aw = A = 17,390 ㎟

(전단 단면적, 콘크리트로 둘러쌓여 있어 H 형강 전체 면적으로 본다. KDS 14 31 10의 4.2.8.2.3)

고재감소율 = 1.00

가설부재 할증율 = 1.50

비지지장 = 1.00 m

H 파일 간격 = 1.20 m

CIP 간격 = 0.60 m

[2] 모멘트 및 전단력

P = 308.5 kN/m, 자중 + 복공하중 + 측방향력 입력치, 산출근거 참조

M = 617.2 kNm/m, SUNEX 해석결과 H 파일의 최대 모멘트

S = 391.9 kNm/m, SUNEX 해석결과 H 파일의 최대 전단력

H 파일 한개당으로 계산

▶ Pmax = P x CIP 간격 = 308.54 x 0.60 = 185.1 kN

▶ Mmax = M x CIP 간격 = 617.2 x 0.60 = 370.3 kNm

▶ Smax = S x CIP 간격 = 391.9 x 0.60 = 235.1 kN

[3] 작용응력 산정

▶ fc = Pmax / A = 185.1 x 10^3 / 17,390 = 10.65 MPa (압축응력)

▶ fb = Mmax / Zx = 370.3 x 10^6 / 2,300,000 = 161.00 MPa (휨응력)

▶ v = Smax / Aw = 235.1 x 10^3 / 17,390 = 13.52 MPa (전단응력)

[4] 허용응력 산정

허용압축응력

L/ry = 비지지장 L / ry = 1,000 / 88.4 = 11.31 (세장비)

세장비 11.3 에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용압축응력 fca 를 구함

세장비 <= 16.0 이므로 감소되지 않은 강도 사용

fca = 210

할증된 허용압축응력 fca = 가설할증율 x fca x 고재감소율

▶ fca = 1.50 x 210.0 x 1.0 = 315.0 MPa

10.7 설계도서

허용휨응력

λ = 비지지장 L / 강재폭 = 1,000 / 350 = 2.86

L/b(λ = 2.9)에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용휨응력 fba를 구함

λ <= 4.0 이므로 감소되지 않은 강도 사용

fba = 210

할증된 허용휨응력 fba = 가설할증율 x fba x 고재감소율

▶ fba = 1.50 x 210.0 x 1.0 = 315.0 MPa

허용전단응력

허용인장강도 210(신) 강재의 허용전단응력 va

va = 120 MPa

할증된 허용전단응력 va = 가설할증율 x va x 고재감소율

▶ va = 1.50 x 120.0 x 1.0 = 180.0 MPa

[5] 응력에 대한 안전검토

▶ SFc = fc / fca = 10.6 / 315.0 = 0.03 O.K (압축응력)

▶ SFb = fb / fba = 161.0 / 315.0 = 0.51 O.K (휨응력)

▶ SFcb = Fsc + Fsb = 0.03 + 0.51 = 0.54 O.K (합성응력)

▶ SFv = v / va = 13.5 / 180.0 = 0.08 O.K (전단응력)

10.7 설계도서

5 H 파일 설계

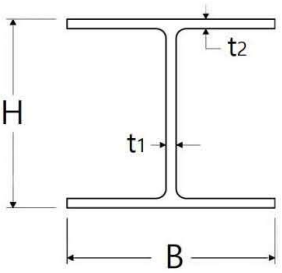
[1] 설계조건

구 간 : 23.4 m - 36.2 m 구간의 전단력 모멘트중에서 최대치로 설계한다.

사용부재 = H-350x350x12x19

사용강재의 인장강도등급 = 210 : 대표강종 SM355, SHP355 W, SGT355

H(mm)	350
B(mm)	350
t1(mm)	12
t2(mm)	19
A(㎟)	17,390
Ix(㎟⁴)	403,000,010
Zx(㎟)	2,300,000
rx(mm)	152.0
ry(mm)	88.4
Aw(㎟)	3,744



Aw = 전단 단면적

= n x (350 - 2 x 19) * 12 = 3744 ㎟

고재감소율 = 1.00

가설부재 할증율 = 1.50

비지지장 = 7.30 m

H 파일 간격 = 1.20 m

축방향력 = 0 kN/m

[2] 모멘트 및 전단력

P = 308.5 kN/m, 자중 + 복공하중 + 축방향력 입력치, 산출근거 참조

M = 204.2kNm/m, SUNEX 해석결과 H 파일의 최대 모멘트

S = 279.7kNm/m, SUNEX 해석결과 H 파일의 최대 전단력

H 파일 한개당으로 계산

▶ Pmax = P x H 파일 간격 = 308.5 x 1.2 = 370.25 kN

▶ Mmax = M x H 파일 간격 = 204.2 x 1.2 = 245.06 kNm

▶ Smax = S x H 파일 간격 = 279.7 x 1.2 = 335.68 kN

[3] 작용응력 산정

▶ fc = Pmax / A = 370.25 x 10^3 / 17,390 = 21.29 MPa (압축응력)

▶ fb = Mmax / Z = 245.06 x 10^6 / 2,300,000 = 106.55 MPa (휨응력)

▶ v = Smax / Aw = 335.68 x 10^3 / 3,744 = 89.66 MPa (전단응력)

[4] 허용응력 산정

허용압축응력

L/ry = 비지지장 L / ry = 7,300 / 88.4 = 82.58 (세장비)

세장비 82.6 에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용압축응력 fca 를 구함

세장비가 > 80.0 이므로

fca = {1,267,000 / (4,500 + 82.58 ^2)} = 111.93 MPa

할증된 허용압축응력 fca = 가설할증율 x fca x 고재감소율

▶ fca = 1.50 x 111.9 x 1.0 = 167.9 MPa

10.7 설계도서

허용휨응력
λ = 비지지장 L / 강재폭 = 7,300 / 350 = 20.86
L/b(λ = 20.9)에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용휨응력 fba를 구함
4.0 < λ <= 27.0 이므로
fba = 210 - 2.867 x (20.9 - 4.0) = 161.67 MPa
할증된 허용휨응력 fba = 가설할증율 x fba x 고재감소율
▶ fba = 1.50 x 161.7 x 1.0 = 242.5 MPa

허용전단응력
허용인장강도 210(신) 강재의 허용전단응력 va
va = 120 MPa
할증된 허용전단응력 va = 가설할증율 x va x 고재감소율
▶ va = 1.50 x 120.0 x 1.0 = 180.0 MPa

[5] 응력에 대한 안전검토
▶ Fsc = fc / fca = 21.3 / 167.9 = 0.13 O.K (압축응력)
▶ Fsb = fb / fba = 106.5 / 242.5 = 0.44 O.K (휨응력)
▶ Fscb = Fsc + Fsb = 0.13 + 0.44 = 0.57 O.K (압축+휨)
▶ Fsv = v / va = 89.7 / 180.0 = 0.50 O.K (전단응력)

[6] 흙막이 벽체에 작용하는 복공 및 수직 하중의 산출근거
계산폭 = 1.00m 당

하중종류	산출근거	하중kN
1) 버팀대 중량	버팀대평균중량/버팀대간격 x 버팀대길이/2 x 버팀대 단수 6.05/3 x 17.4/2 x 1	17.53
2) 기타	피스브라켓, 브레이싱 등, 위 고정하중의 5% 17.53 x 5%	0.88
3) 측면벽체	(벽체중량/m) * 계산폭 * 벽체깊이 CIP-D600(H-350x350x1(11.77kN/m) x 1.00 x 23.4 = 275.53 H-350x350x12x19 (1.14kN/m) x 1.00 x 12.8 = 14.60	290.13
하중의 합계	고정하중 + 활하중 308.54 + 0.00	308.54

1m 당 수직하중 = 308.54 / 1.00 = 308.54

[7] 지지력에 대한 검토 (벽체 간격 1.20 m당)
(1) 계산식
벽체에 작용하는 하중이 벽체의 허용지지력에 대해서 안전한지 검토한다.
말뚝의 지지력은 Myerhof의 지지력 공식을 사용한다.(구조물기초설계기준 해석식 5.2.14)

Qu = m N Ap + n Ns As
여기서 Qu : 말뚝의 극한지지력 kN
m : 극한지지력을 결정하는 계수, 타입말뚝 = 300, 매입말뚝 = 250, 현장타설말뚝 = 100

10.7 설계도서

N : 말뚝선단지반의 표준관입시험치, 보정후
Ap : 말뚝선단면적 (㎡), H형강의 경우 HxB, 파이프의 경우 내부가 채워진 것으로 보고 계산
n : 극한주면마찰력을 결정하는 계수 타입말뚝 = 2, 매입말뚝 = 2.5, 현장타설말뚝 = 3.3
Ns : 말뚝근입부분의 평균 표준관입시험치, 보정후
As : 말뚝근입부분의 주면적(周面積) (㎡)

Qa = Qu / Fs

Qa : 말뚝의 허용지지력 kN
Fs : 안전율 영구시 = 3.0, 가설시 2.0

(2) 입력데이터

흙막이 벽의 종류 = H-350x350x12x19 간격 = 1.20
말뚝선단지반의 N = 50
말뚝의 형태 = 현장타설말뚝 m = 100 n = 3.3
말뚝의 근입깊이 = Maxof(2.0,0) = 2.0 m

(3) 허용지지력 계산

m = 100
Ap = 흙막이벽체 단면적 x 간격 = 0.102 x 1.20 = 0.123 ㎡
n = 3.3
근입깊이 = 벽체깊이 - 굴착깊이 = 36.2 - 34.2 = 2.0 m
As = 근입깊이 x 주변장 = 2.0 x 1.400 = 2.800 ㎡
Qu = m x N x Ap + n x Ns x As
= 100 x 50 x 0.1225 + 3.3 x 50 x 2.800 = 612.5 + 462.0 = 1074.5 kN
Qa = Qu / 안전율 = 1074.5 / 2.0 = 537.2 kN

(4) 지지력에 대한 안전

▶작용하는 최대 연직력 = 308.54 x 1.20 = 370.2 kN < Qa = 537.2 kN 따라서 O.K

10.7 설계도서

6.1 버팀대 설계

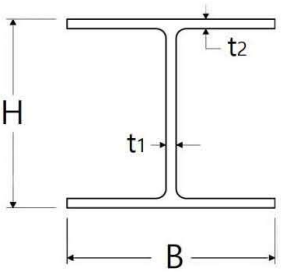
[1] 설계조건

구 간 : 28.10 m - 28.30 m의 버팀대 중에서 최대축력으로 설계한다

사용부재 = H-498x432x45x70

사용강재의 인장강도등급 = 210 : 대표강종 SM355, SHP355 W, SGT355

B(mm)	432
H(mm)	498
t1(mm)	45
t2(mm)	70
A(㎟)	77,010
Ix(㎟⁴)	2,980,000,000
Zx(㎟)	12,000,000
rx(mm)	197.0
ry(mm)	111.0
Aw(㎟)	16,110.0



Aw = 전단 단면적

= (498.0 - 70.0 x 2) x 45.0 x 1 = 16110 ㎟

고재사용 허용응력 감소율 = 1.00

가설부재의 허용응력 할증율 = 1.50

버팀대 과재하중 = 5.0 kN/m

온도하중에 의한 축력 = 120.0 kN

버팀대 축방향 지지간격 Lx = 7.0 m

버팀대 축직각방향 지지간격 Ly = 7.0 m

SUNEX 해석결과 최대축력 MaxN = 776.9 kN

SUNEX 해석시 입력된 각도 Ang1 = -38 도

버팀대 간격 = 3.00 m

버팀대 각도 Ang2= -38.0 도

환산 축력 = MaxN x Cos(Ang1) / Cos(Ang2)

= 776.9 x 0.788 / 0.788 = 776.9

허용응력은 KDS 21 30 00 가설흙막이 설계기준 표 3.3.1에 의하며

축력과 휨의 합성응력은 도로교 설계기준 2010 식3.4.11을 적용한다.

이 형강은 세장단면이 아니므로 국부 좌굴은 고려하지 않는다

(KDS 24 14 30 2019 강교설계기준(허용응력))

[2] 최대축력, 모멘트 및 전단력

▶ MaxN = 최대축력 + 온도축력 = 776.9 + 120.0 = 896.9 (kN/ea)

▶ MaxM = w x L^2 / 8

= 5.0 x 7.0 ^2 / 8 = 30.6 kNm

(w : 버팀대 의 자중 및 적재하중 kN/m)

▶ Smax = w x L / 2

= 5.0 x 7.0 / 2 = 17.5 kN

[3] 축방향 응력 및 휨응력계산

10.7 설계도서

▶ fc = MaxN / A = 896.9 x 10^3 / 77,010 = 11.6 MPa (압축응력)
▶ fb = MaxM / Z = 30.6 x 10^6 / 12,000,000 = 2.6 MPa (휨응력)
▶ v = Smax / Aw = 17.5 x 10^3 / 16,110 = 1.1 MPa (전단응력)

[4] 허용응력계산
(1) 허용압축응력 계산
λx = Lx / rx = 7,000 / 197.0 = 35.5
λy = Ly / ry = 7,000 / 111.0 = 63.1
λ = MAX(λx , λy) = 63.1, 큰 세장비로 허용축방향압축응력을 산정한다
세장비 63.1 에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용압축응력 fca 를 구함
16.0 < 세장비 <= 80.0 이므로
fca = 210 - 1.467 x (63.1 - 16.0) = 140.96 MPa
할증된 허용압축응력 fca = 가설할증율 x fca x 고재감소율
▶ fca = 1.50 x 141.0 x 1.0 = 211.4 MPa

(2) 허용휨응력 계산
Lx / b = 7.0 / 432.0 = 16.2
L/b(λ = 16.2)에 따라 허용인장강도 210(신) 강재의 허용휨응력 fba를 구함
4.0 < λ <= 27.0 이므로
fba = 210 - 2.867 x (16.2 - 4.0) = 175.01 MPa
할증된 허용휨응력 fba = 가설할증율 x fba x 고재감소율
▶ fba = 1.50 x 175.0 x 1.0 = 262.5 MPa

(3) 허용전단응력
허용인장강도 210(신) 강재의 허용전단응력 va
va = 120 MPa
할증된 허용전단응력 va = 가설할증율 x va x 고재감소율
▶ va = 1.50 x 120.0 x 1.0 = 180.0 MPa

(4) 오일러의 허용좌굴응력 (도로교 설계기준 식3.4.13)
λx = Lx / rx = 7,000 / 197.0 = 35.5
허용인장강도 210(신) 강재의 L/rx 에 따른 좌굴응력 fea를 구함
fea = 1,200,000 / (l/rx)^2 = 1,200,000 / (35.53)^2 = 950.42 MPa
할증된 좌굴응력 fea = 가설할증율 x fea x 고재감소율
▶ fea = 1.50 x 950.4 x 1.0 = 1,425.6 MPa

[5] 응력에 대한 안전검토
▶ Fsc = fc / fca = 11.6 / 211.4 = 0.06 O.K (압축응력)
▶ Fsb = fb / fba = 2.6 / 262.5 = 0.01 O.K (휨응력)
▶ Fsv = v / va = 1.1 / 180.0 = 0.01 O.K (전단응력)

$$\text{▶ FScb} = \text{FSc} + \frac{\text{FSb}}{(1-\text{fc/feax})} = 0.06 + \frac{0.01}{(1-11.6/1,425.6)} = 0.06 \quad \text{O.K (압축+휨)}$$

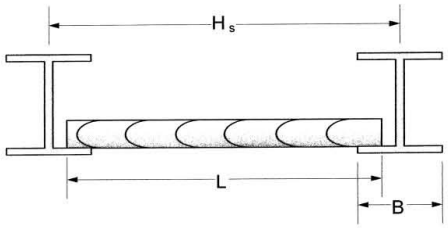
10.7 설계도서

7 흙막이판(목재) 설계

[1]설계조건

구 간 : 23.40 m - 34.20 m 에서 굴착측의 토압으로 설계한다.

흙막이판의 재질 = 목재



fa = 9.00 MPa, 흙막이판의 허용휨응력

va = 0.70 MPa, 흙막이판의 허용전단응력

IncRate = 1.50 가설부재의 허용응력 할증율

Used = 1.00 강재의 고재 감소율, 목재 = 1.0

f = 350 (mm), H 파일의 플렌지 폭

Dec = 15 (%), 아칭에 의한 감소율

Pmax = 55.66 (kN/㎡), 구간내 최대 토압

w = 최대토압 x (1-감소율/100) = 47.314 (kN/㎡), 감소된 토압

L = 1.20 m, 엄지말뚝의 간격

Thk = 100 (mm), 흙막이판의 설계두께

(≠0 이면 깊이별로 두께가 계산된 후 설계두께가 안전한지 검토됨

= 0 이면 깊이별로 두께가 계산됨)

할증된 허용응력

fa = IncRate x Used x fa = 0.00 x 1.00 x 9.0 = 13.5 MPa

va = IncRate x Used x va = 0.00 x 1.00 x 0.7 = 1.0 MPa

[2] 흙막이판의 지간 계산

ℓ = L (H 파일 간격) - 3/4 x B (Flange 폭) = 1.20 - 3/4 x 0.350 = 0.94 m

[3] 휨모멘트 및 전단력 계산

Mmax = w x L^2 / 8 = 47.31 x 0.94^2 / 8 = 5.20 kNm/m

Smax = w x L / 2 = 47.31 x 0.94 / 2 = 22.18 kN/m

[4] 휨응력에 대한 흙막이판의 두께(t1) 계산

$$t1^2 = \frac{6 \times Mmax}{b \times fa} = \frac{6 \times 5.20 \times 10^6}{1000 \times 13.5} = 2,310.26\ (㎟)$$

$$t1 = \sqrt{(2310.26)} = 48.1\ mm$$

여기서, t1 = 휨응력에 대한 흙막이판 두께 mm, Mmax = 휨모멘트(kNm/m)

b = 흙막이판의 단위폭 (1000 mm), fa = 허용휨응력 (MPa)

[5] 전단응력에 대한 흙막이판의 두께(t2) 계산

$$t2 = \frac{Smax}{b \times va} = \frac{22.18 \times 10^3}{1000 \times 1.05} = 21.1\ mm$$

여기서, t2 = 전단응력에 대한 흙막이판 두께 mm, Smax = 전단력 kN/m, va = 허용전단응력 (MPa)

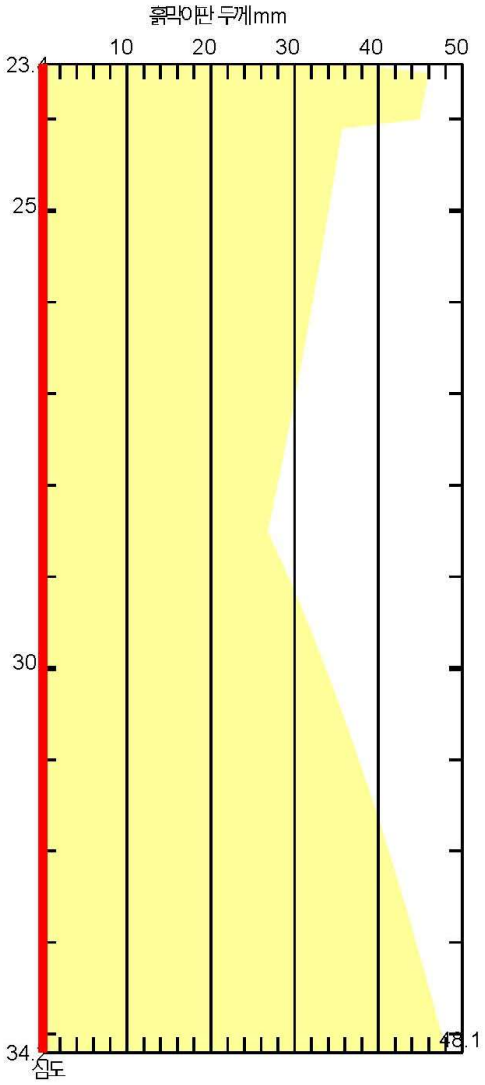
t = Max(t1, t2) = Max(48.1 , 21.1) = 48.1 (mm)

소요두께 = 48.1 < 설계두께 = 100 이므로 O.K

10.7 설계도서

깊이별 흙막이판 두께 계산

번호	깊이	토압	두께
	m	kN/㎡	mm
235	23.4	51.3	36.3
238	23.7	50.9	45.9
241	24.0	49.4	45.3
244	24.3	30.6	35.6
247	24.6	29.6	35.1
250	24.9	28.7	34.5
253	25.2	27.8	34.0
256	25.5	26.9	33.4
259	25.8	26.0	32.9
262	26.1	25.1	32.3
265	26.4	24.2	31.7
268	26.7	23.3	31.1
271	27.0	22.4	30.5
274	27.3	21.5	29.9
277	27.6	20.6	29.2
280	27.9	19.7	28.6
283	28.2	18.8	27.9
286	28.5	17.9	27.2
289	28.8	19.2	28.2
292	29.1	21.2	29.7
295	29.4	23.2	31.0
298	29.7	25.3	32.4
301	30.0	27.3	33.7
304	30.3	29.3	34.9
307	30.6	31.3	36.1
310	30.9	33.4	37.2
313	31.2	35.4	38.3
316	31.5	37.4	39.4
319	31.8	39.4	40.5
322	32.1	41.5	41.5
325	32.4	43.5	42.5
328	32.7	45.5	43.5
331	33.0	47.6	44.4
334	33.3	49.6	45.4
337	33.6	51.6	46.3
340	33.9	53.6	47.2
343	34.2	55.7	48.1



10.7 설계도서

8. 외적 안정성 및 굴착영향 검토

8.1 공사 단계별 변위에 대한 검토

공사단계별로 발생하는 흙막이 벽의 최대 변위와 허용변위를 비교하여 안전을 판단한다.

허용변위율 = 0.20 % , 허용변위 = 허용변위율 x 굴착깊이

허용변위 계산깊이 적용 : 0 : 최종 굴착깊이

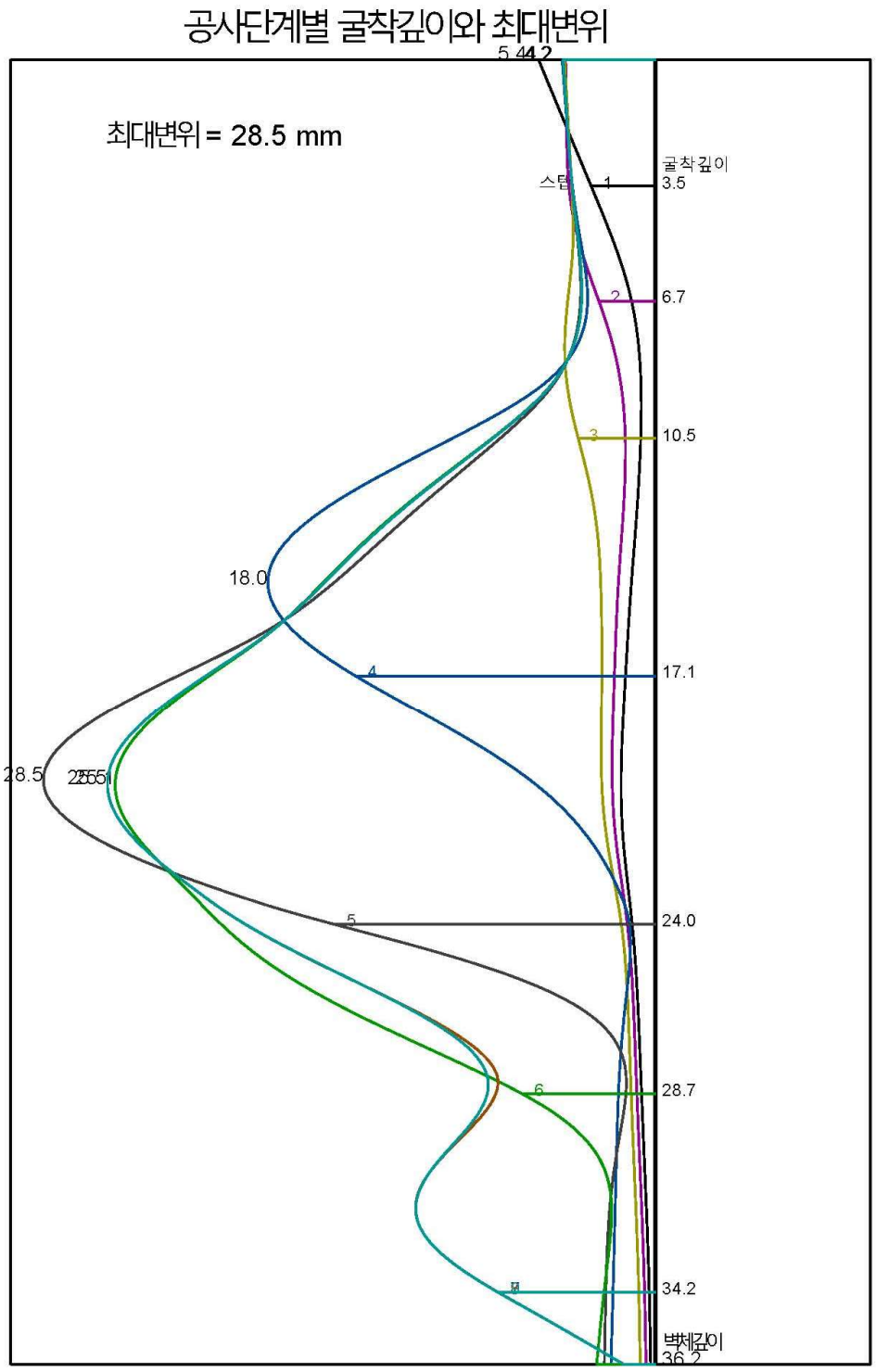
말뚝상단의 허용변위 입력치 = mm

스텝번호	스텝설명	굴착깊이 m	발생변위 mm	허용변위 mm	안전율 %	안전판단
1	EXCA TO 3.47	3.47	5.44	68.46	7.95	O.K
2	CONST 1F SLAB AND EXCAV 6.67	6.67	4.18	68.46	6.11	O.K
3	CONST B1 SLAB AND EXCAV 10.47	10.47	4.22	68.46	6.17	O.K
4	CONST B2 SLAB AND EXCAV 17.07	17.07	18.04	68.46	26.35	O.K
5	CONST B3 SLAB AND EXCAV 23.97	23.97	28.48	68.46	41.61	O.K
6	CONST B4 SALB AND EXCAV 28.73	28.73	25.14	68.46	36.73	O.K
7	CONST RE RAKER AND EXCAV 34.23	34.23	25.50	68.46	37.25	O.K
8	CONST SLAB 6 AND CONST WALL 1	34.23	25.50	68.46	37.25	O.K
9	REMOVE RE RAKER 1	34.23	25.50	68.46	37.25	O.K

(주) 최대변위는 지표에서 흙막이벽체 바닥 사이의 최대변위임

최대변위율과 말뚝상단의 허용변위는 스텝데이터 'DIPLACEMENT'에서 설정가능함

10.7 설계도서


공사단계별 굴착깊이와 최대변위
최대변위 = 28.5 mm
스텝
굴착깊이
1
3.5
2
6.7
3
10.5
4
17.1
5
24.0
6
28.7
34.2
벽체깊이
36.2
18.0
28.5

10.7 설계도서

8.2 침하에 대한 주변영향 검토

굴착으로 인한 지표면의 침하량은 흙막이 벽체의 변위와 관계된다고 보고 흙막이 벽체의 변위량으로 부터 침하량을 추정하는 방법을 Caspe(1966)가 제안하고, Bowles가 다음과 같은 단계로 재정리 하였다.

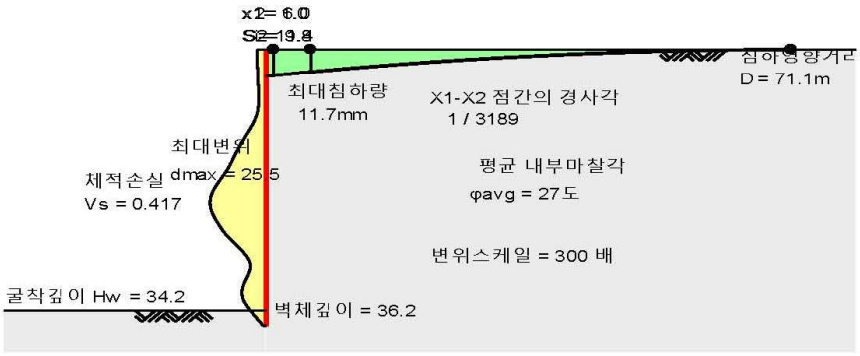
(1) 침하영향거리 계산

굴착깊이 HW	=	34.2	m
굴착폭 B	=	100.0	m
평균내부마찰각 φavg	=	26.56	도
Hp = (0.5 B tan(45+φavg/2)	=	80.9	m
Ht = (Hw+Hp)	=	115.1	m
영향거리 D=Ht*tan(45-φavg/2))	=	71.1	m
영향거리/굴착깊이(D/Hw)의 최대비율	=	2.0	
수정된 영향거리 D	=	68.4	m
(2) 굴착으로 인한 체적 손실량 Vs	=	0.417	m^3

(3) 벽체에서의 침하량 Sw $= \frac{2\ Vs}{D}$ = 11.7 mm

(4) 벽체로 부터 거리별 침하량 Si = $Sw\ (\frac{D-x}{D})^2$

흙막이 벽으로 부터의 거리	0.0 x D	0.1 x D	0.2 x D	0.3 x D	0.5 x D	1.0 x D	X1	X2
m	0.00	6.84	13.68	20.52	34.20	68.40	1.00	6.00
침하량 mm	11.7	9.5	7.5	5.7	2.9	0.0	11.4	9.8
각변위 (1 / X)		3069	3430	3887	4859	11662		3189

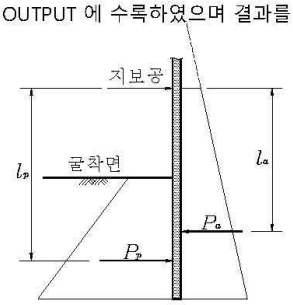


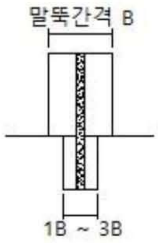
참고 : 칸막이 벽이나 바닥에 첫 균열이 예상되는 한계 = 1/300
건물에 균열이 없도록 하는 안정한계 = 1/500 (Bjerrum,1981)

10.7 설계도서

8.3 근입장 검토

최하단 지보공 위치를 중심으로 주동토압에 의한 모멘트보다 수동토압에 의한 모멘트가 커야 안전하다.
계산은 OUTPUT 에 수록하였으며 결과를 정리하면 다음과 같다.



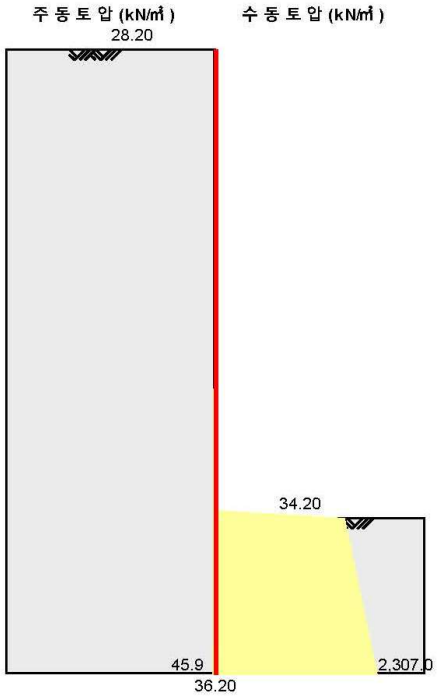


① 주동토압에 의한 모멘트 Ma = Pa x La = 740.0 kN.m
② 수동토압에 의한 모멘트 Mp = Pp x Lp = 8673.0 kN.m

③ 안전율 Fs = $\frac{Mp}{Ma} = \frac{8673.0}{740.0} =$ 11.72 (점착력이 매우 커지면 주동토압이 0 에 가까워짐 = 안전함)

④ 소요안전율 Fs req = 1.2

▶ 안전판단 Fs = 11.72 > Fs req = 1.2 **O.K**



10.7 설계도서

근입장 체크 (WALL DEPTH CHECK)
최하단 지보공의 깊이 = 28.20, 절점번호 = 283

Node No.	Depth GL	주동 토압	기타 횡력	주동 모멘트	수동 토압	기타 횡력	수동 모멘트	안전율
		(kN/m2)	(kN/m2)	(kNm)	(kN/m2)	(kN/m2)	(kNm)	
283	28.20	12.78	13.22	0.00				
284	28.30	13.00	13.00	0.26				
285	28.40	13.22	12.78	0.52				
286	28.50	13.44	12.56	0.78				
287	28.60	13.66	12.34	1.04				
288	28.70	13.88	12.12	1.30				
289	28.80	14.10	11.90	1.56				
290	28.90	14.32	11.68	1.82				
291	29.00	14.54	11.46	2.08				
292	29.10	14.76	11.24	2.34				
293	29.20	14.98	11.02	2.60				
294	29.30	15.20	10.80	2.86				
295	29.40	15.42	10.58	3.12				
296	29.50	15.64	10.36	3.38				
297	29.60	15.86	10.14	3.64				
298	29.70	16.08	9.92	3.90				
299	29.80	16.31	9.69	4.16				
300	29.90	16.53	9.47	4.42				
301	30.00	16.75	9.25	4.68				
302	30.10	16.97	9.03	4.94				
303	30.20	17.19	8.81	5.20				
304	30.30	17.41	8.59	5.46				
305	30.40	17.63	8.37	5.72				
306	30.50	17.85	8.15	5.98				
307	30.60	18.07	7.93	6.24				
308	30.70	18.29	7.71	6.50				
309	30.80	18.81	7.49	6.84				
310	30.90	19.40	7.27	7.20				
311	31.00	19.98	7.05	7.57				
312	31.10	20.57	6.83	7.95				
313	31.20	21.15	6.61	8.33				
314	31.30	21.73	6.39	8.72				
315	31.40	22.32	6.17	9.12				
316	31.50	22.90	5.95	9.52				
317	31.60	23.49	5.73	9.93				
318	31.70	24.07	5.51	10.35				
319	31.80	24.65	5.29	10.78				
320	31.90	25.24	5.07	11.21				
321	32.00	25.82	4.85	11.65				
322	32.10	26.41	4.63	12.10				
323	32.20	26.99	4.41	12.56				

10.7 설계도서

324	32.30	27.57	4.19	13.02				
325	32.40	28.16	3.97	13.49				
326	32.50	28.74	3.75	13.97				
327	32.60	29.33	3.53	14.45				
328	32.70	29.91	3.31	14.95				
329	32.80	30.49	3.08	15.45				
330	32.90	31.08	2.86	15.95				
331	33.00	31.66	2.64	16.47				
332	33.10	32.25	2.42	16.99				
333	33.20	32.83	2.20	17.52				
334	33.30	33.41	1.98	18.05				
335	33.40	34.00	1.76	18.60				
336	33.50	34.58	1.54	19.14				
337	33.60	35.16	1.32	19.70				
338	33.70	35.75	1.10	20.27				
339	33.80	36.33	0.88	20.84				
340	33.90	36.92	0.66	21.42				
341	34.00	37.50	0.44	22.01				
342	34.10	38.08	0.22	22.60				
343	34.20	38.67	0.00	6.77	-1839.74	0.00	-321.96	0.56
344	34.30	39.03	0.00	6.94	-1863.10	0.00	-331.48	1.13
345	34.40	39.39	0.00	7.12	-1886.47	0.00	-341.14	1.70
346	34.50	39.76	0.00	7.31	-1909.83	0.00	-350.93	2.28
347	34.60	40.12	0.00	7.49	-1933.20	0.00	-360.86	2.85
348	34.70	40.49	0.00	7.68	-1956.56	0.00	-370.93	3.42
349	34.80	40.85	0.00	7.86	-1979.93	0.00	-381.14	4.00
350	34.90	41.21	0.00	8.05	-2003.29	0.00	-391.48	4.58
351	35.00	41.58	0.00	8.25	-2026.66	0.00	-401.95	5.16
352	35.10	41.94	0.00	8.44	-2050.02	0.00	-412.57	5.73
353	35.20	42.30	0.00	8.64	-2073.39	0.00	-423.32	6.31
354	35.30	42.67	0.00	8.84	-2096.75	0.00	-434.20	6.89
355	35.40	43.03	0.00	9.04	-2120.12	0.00	-445.23	7.46
356	35.50	43.39	0.00	9.24	-2143.48	0.00	-456.38	8.04
357	35.60	43.76	0.00	9.44	-2166.85	0.00	-467.68	8.61
358	35.70	44.12	0.00	9.65	-2190.22	0.00	-479.11	9.18
359	35.80	44.48	0.00	9.86	-2213.58	0.00	-490.68	9.75
360	35.90	44.85	0.00	10.07	-2236.95	0.00	-502.38	10.31
361	36.00	45.21	0.00	10.29	-2260.31	0.00	-514.21	10.88
362	36.10	45.57	0.00	10.50	-2283.68	0.00	-526.20	11.44
363	36.20	45.94	0.00	5.36	-2307.04	0.00	-269.16	11.72
		2259.52	403.22	740.04	-43541.16	0.00	-8672.98	

합계 주동 모멘트 (Ma) = 740.04
합계 수동 모멘트 (Mp) = -8672.98
안전율 (Mp/Ma) = 11.72

최소 안전율 = 1.2 이상이어야 함

10.7 설계도서

9. 입력 데이터

```
PROJECT  가산동 345-48 데이터센터 신축공사 (Section B-R)_BH-2

UNIT   kN
ELGL    GL     0.00

SOIL   1   매립층
           18      9       18      27      18000   0       0       0       0
       2   퇴적토(점토)
           17      8       24      0       11000   0       0       0       0
       3   퇴적토(모래)
           18      9       22      24      25000   0       0       0       0
       4   풍화토(N<30)
           19      10      16      26      23000   0       0       0       0
       5   풍화토(N>30)
           19      10      20      28      30000   -1      0       0       0
       6   풍화암
           20      11      30      31      33000   0       0       0       0
       7   기반암(연암)
           26      14      130     33      58000   0       0       0       0

PROFILE   1    2.02      1       1
          2    5.52      2       2
          3    11.42     3       3
          4    16.02     4       4
          5    21.02     5       5
          6    22.42     6       6
          7    50        7       7

VWALL     1    23.42     .07223    1.58613E-03     2.05E+08     1     1     1
          2    36.23     .01739    .000403     2.05E+08     1.2     1.05     .3


STRUT   1    28.23   0.07701     8.7    3    50    0    0   -38    0
SLAB    1     1.97   0.2         10          0
        2     5.17   0.2         10          0
        3     8.97   0.2         10          0
        4    15.87   0.2         10          0
        5    22.77   0.2         10          0
        6    32.45   3.56        10          0
WALL    1     0          32.45          0.7             0
Division    0.1
Solution    0
Output      0
NoteMode    0
MINKS       100
ECHO
```

10.7 설계도서

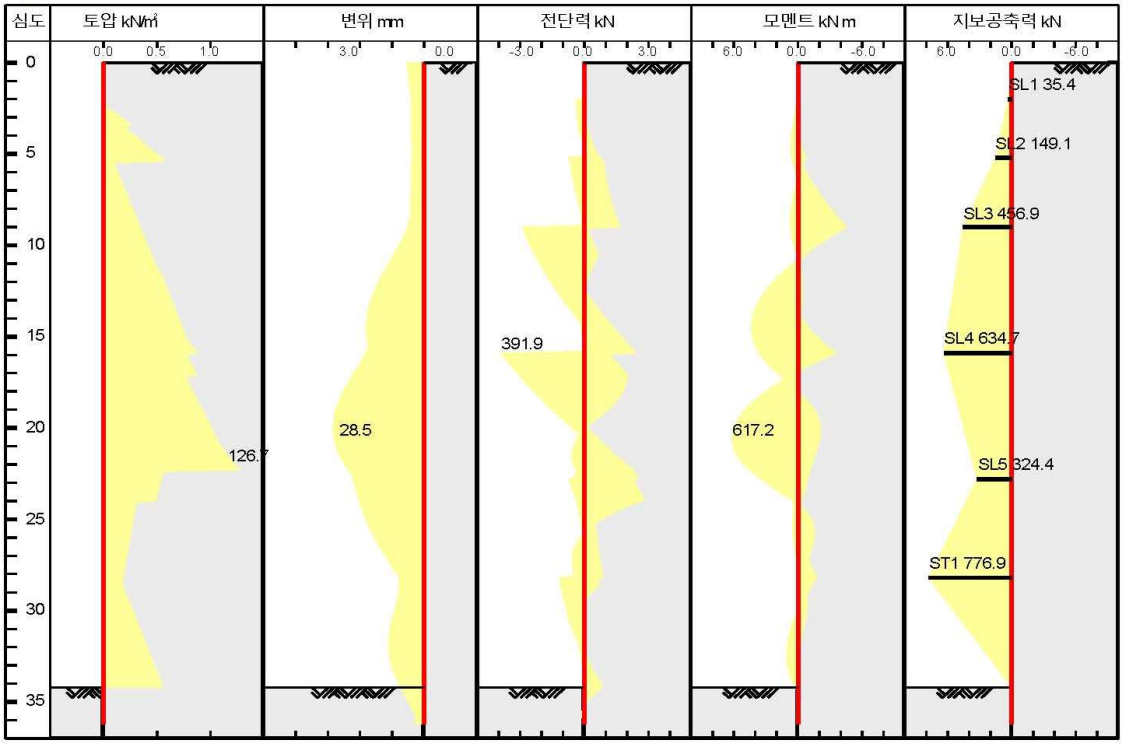
```
STEP  1  EXCA TO 3.47
      RANKINE 1 0 40
      WATER_PRESSURE 12.58 0 22.42 98.4 34.23 0
      EXCAVATION 3.47
      LOAD  0  4.83  12.7  34.83  12.7   1
      DISPLACEMENT 0.2 0 0 0

STEP  2  CONST 1F SLAB AND EXCAV 6.67
      CONST SLAB 1
      EXCAVATION 6.67

STEP  3  CONST B1 SLAB AND EXCAV 10.47
      CONST SLAB 2
      EXCAV 10.47

STEP  4  CONST B2 SLAB AND EXCAV 17.07
      WATER_PRESSURE 15.18 0 22.42 72.4 34.23 0
      CONST SLAB 3
      EXCAV 17.07

STEP  5  CONST B3 SLAB AND EXCAV 23.97
      WATER_PRESSURE 16.81 0 22.42 56.1 34.23 0
      CONST SLAB 4
      EXCAV 23.97

STEP  6  CONST B4 SALB AND EXCAV 28.73
      WATER_PRESSURE 18.85 0 22.42 35.7 34.23 0
      CONST SLAB 5
      EXCAV 28.73

STEP  7  CONST RE RAKER AND EXCAV 34.23
      WATER_PRESSURE 19.82 0 22.42 26.0 34.23 0
      CONST STRUT 1
      EXCAV 34.23
      GROUND_SETTLEMENT 100 2 1 6
      DEPTH_CHECK

STEP  8  CONST SLAB 6 AND CONST WALL 1
      CONST SLAB 6
      CONST WALL 1

STEP  9  REMOVE RE RAKER 1
      REMOVE STRUT 1

END
```

10.7 설계도서

10. 단계별 계산결과 집계표

[1] 깊이별 최대토압, 변위, 전단력 및 모멘트

절점	구간심도	토압	변위	전단력 kN		모멘트 kN.m	
	m	kN/m^2	mm	굴착측	배면측	굴착측	배면측
1	0.0	0.00(0)	5.44(1)	0.01(1)	0.00(0)	0.00(7)	0.00(2)
20	1.9	0.00(0)	5.37(1)	0.91(1)	0.00(0)	0.90(1)	0.00(0)
39	3.8	26.54(1)	4.13(2)	36.48(2)	19.23(3)	60.36(2)	11.44(3)
58	5.7	57.94(4)	3.95(2)	77.88(3)	93.26(4)	68.79(2)	70.65(3)
77	7.6	11.82(2)	3.92(3)	61.48(3)	126.39(4)	32.60(2)	252.39(4)
96	9.5	25.09(9)	6.41(4)	290.07(4)	166.79(4)	71.29(3)	456.04(4)
115	11.4	38.31(3)	12.37(4)	268.69(4)	32.27(3)	127.94(4)	288.29(4)
134	13.3	65.61(9)	17.09(4)	184.90(4)	25.88(3)	388.61(4)	33.48(3)
153	15.2	78.34(9)	18.04(4)	73.97(4)	187.57(5)	437.19(4)	35.69(3)
172	17.1	87.86(4)	22.26(5)	391.87(5)	242.84(5)	412.81(4)	232.14(5)
191	19.0	92.29(5)	27.59(5)	298.93(5)	201.62(4)	495.24(5)	7.59(3)
210	20.9	108.69(5)	28.48(5)	142.48(5)	103.20(4)	617.18(5)	163.21(4)
229	22.8	126.67(5)	27.55(5)	51.92(4)	250.21(6)	607.73(5)	184.30(4)
248	24.7	53.72(5)	22.04(6)	71.00(6)	279.73(5)	325.70(5)	87.91(4)
267	26.6	28.44(6)	18.65(6)	21.89(4)	111.75(5)	46.52(6)	106.13(5)
286	28.5	22.69(6)	13.22(6)	52.68(5)	65.52(8)	30.94(6)	124.03(5)
305	30.4	17.82(6)	7.80(9)	110.95(7)	65.95(6)	2.46(4)	131.57(7)
324	32.3	30.66(7)	10.02(9)	72.74(9)	0.62(4)	40.82(7)	67.81(6)
343	34.2	43.50(9)	10.95(8)	18.04(6)	2.47(5)	106.71(9)	13.07(6)
362	36.1	0.00(0)	7.02(9)	0.64(6)	71.14(9)	20.02(9)	0.96(1)
363	36.2	0.00(0)	2.74(6)	0.00(0)	2.31(6)	0.17(7)	0.00(0)
	최대치	126.67(0)	28.48(0)	391.87(0)	279.73(0)	617.18(0)	456.04(0)



전단력과 모멘트에는 WALLOUT 으로 입력된 스탭별 하중계수가 곱해진 값임

STEP	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

10.7 설계도서

[2] 단계별 지보공 축력 집계표

STEP NO	굴착 깊이	ST1 28.2	SL1 2.0	SL2 5.2	SL3 9.0	SL4 15.9	SL5 22.8	SL6 32.5				
1	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
2	6.7	0.0	35.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
3	10.5	0.0	-3.7	149.1	0.0	0.0	0.0	0.0				
4	17.1	0.0	17.7	-23.5	456.9	0.0	0.0	0.0				
5	24.0	0.0	10.1	40.1	266.2	634.7	0.0	0.0				
6	28.7	0.0	11.4	29.3	298.8	510.1	324.4	0.0				
-7	28.7	0.0	11.4	29.3	298.9	510.0	267.5	0.0				
7	34.2	776.9	11.3	30.4	295.5	522.4	223.9	0.0				
8	34.2	776.9	11.3	30.4	295.5	522.4	223.9	0.0				
9	34.2	0.0	11.3	30.4	295.5	522.3	223.0	-3.8				
	최대치	776.9	35.4	149.1	456.9	634.7	324.4					

버팀대와 앵커의 축력은 버팀대 1개당의 축력임, 경사가 고려되어 증가된 값임, 1/COS(θ)
슬래브 축력은 슬래브 폭 1m 에 대한 축력임

[3] 굴착 단계별 최대토압, 변위, 전단력 및 모멘트

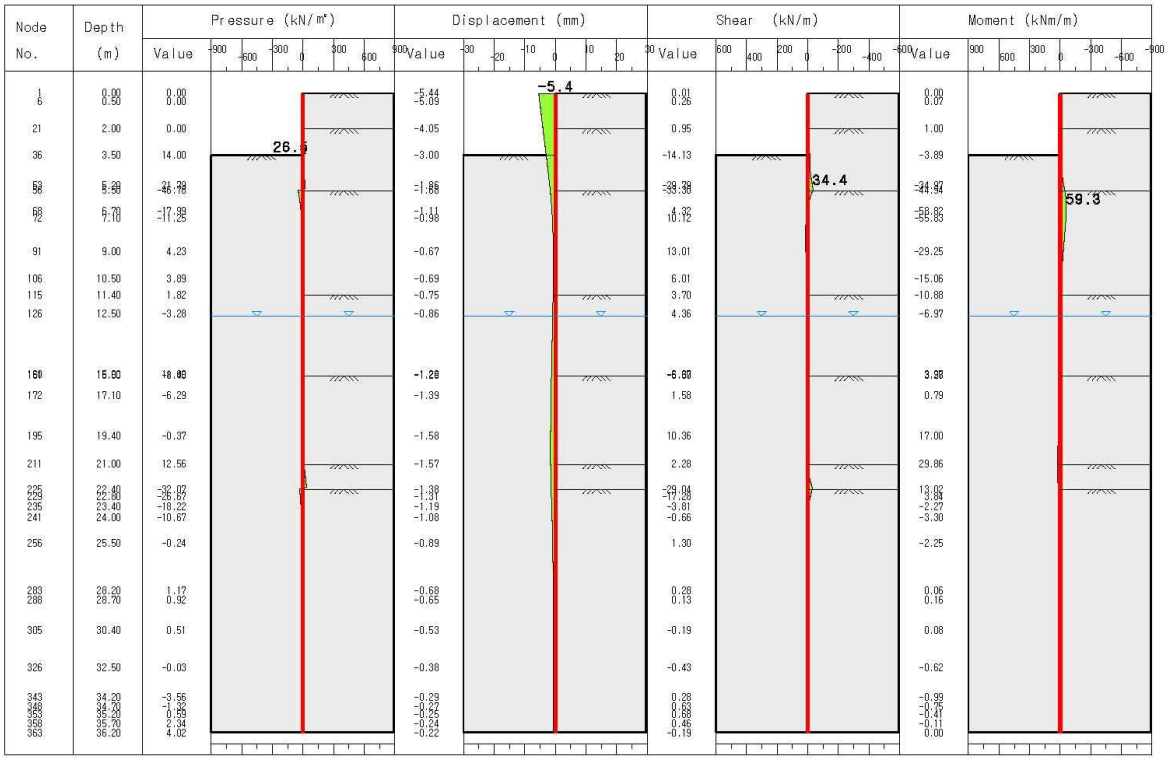
굴착 단계	굴착깊이 m	토압 kN/m²	변위 mm	전단력 kN		모멘트 kN.m	
				굴착측	배면측	굴착측	배면측
1	3.5	26.54	5.44	15.18	34.42	30.05	59.30
2	6.7	57.79	4.18	36.48	60.35	68.79	58.47
3	10.5	52.57	4.22	77.88	71.20	71.29	70.65
4	17.1	87.86	18.04	290.07	202.39	437.19	456.04
5	24.0	126.67	28.48	391.87	279.73	617.18	363.46
6	28.7	111.61	25.14	290.37	250.21	346.82	292.95
7	34.2	104.23	25.50	300.23	222.13	375.36	289.49
8	34.2	104.23	25.50	292.67	214.04	375.36	289.49
9	34.2	104.23	25.50	292.65	214.05	375.42	289.49
	최대치	126.67	28.48	391.87	279.73	617.18	456.04

최대 변위는 흙막이 벽 바닥까지의 변위중 최대치임
하중계수가 곱해지지 않은 SUNEX 출력결과 그대로임

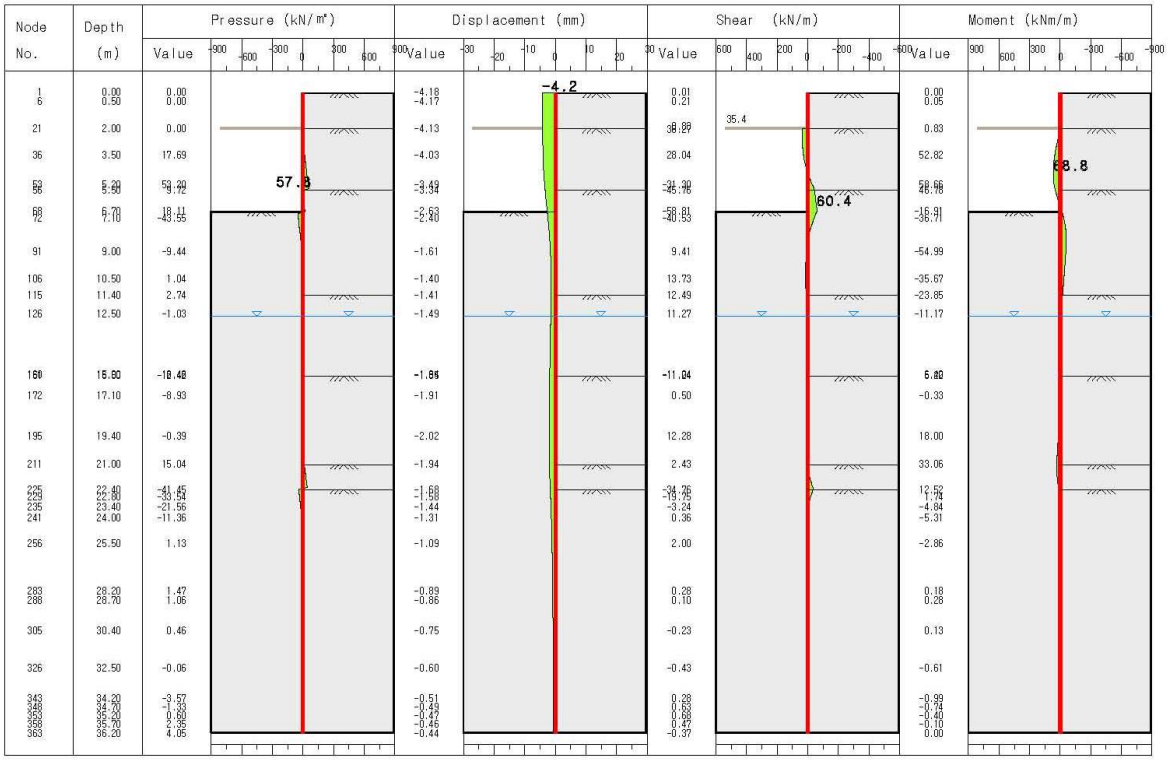
10.7 설계도서

11 공사단계별 그래픽 출력(토압, 변위, 전단력, 모멘트)

Step No. 1 << EXCA TO 3.47 >>

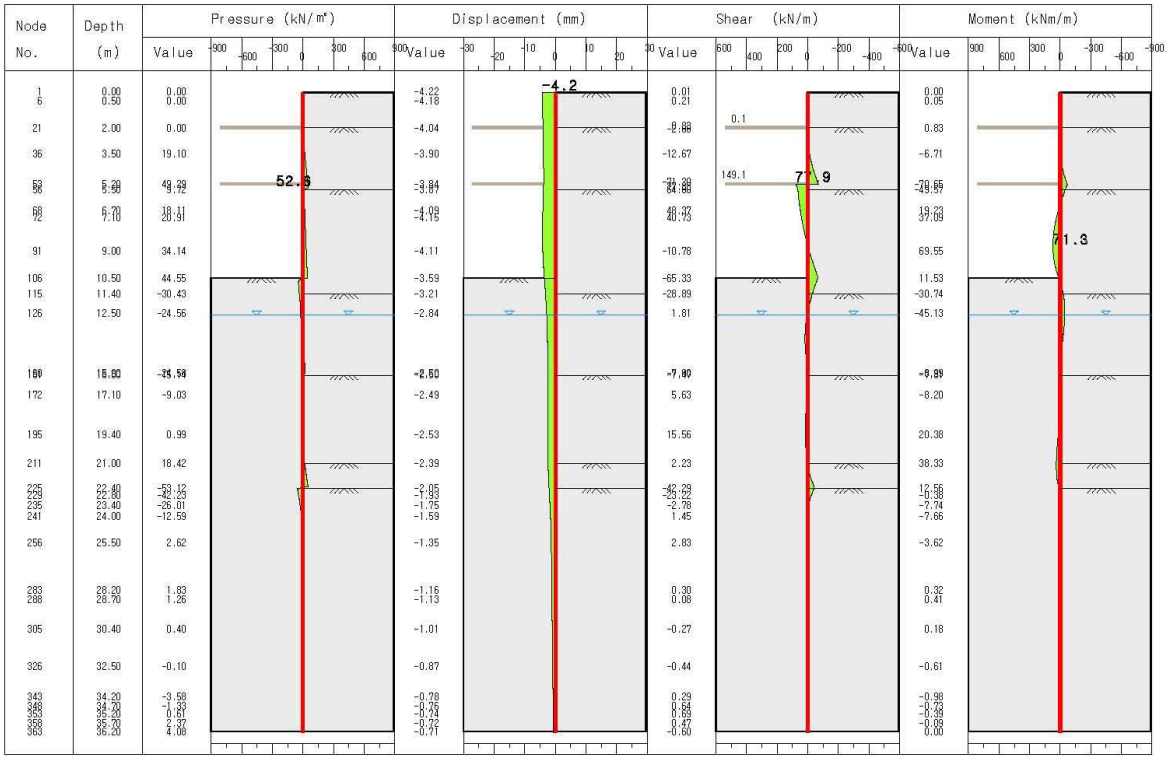


Step No. 2 << CONST 1F SLAB AND EXCAV 6.67 >>

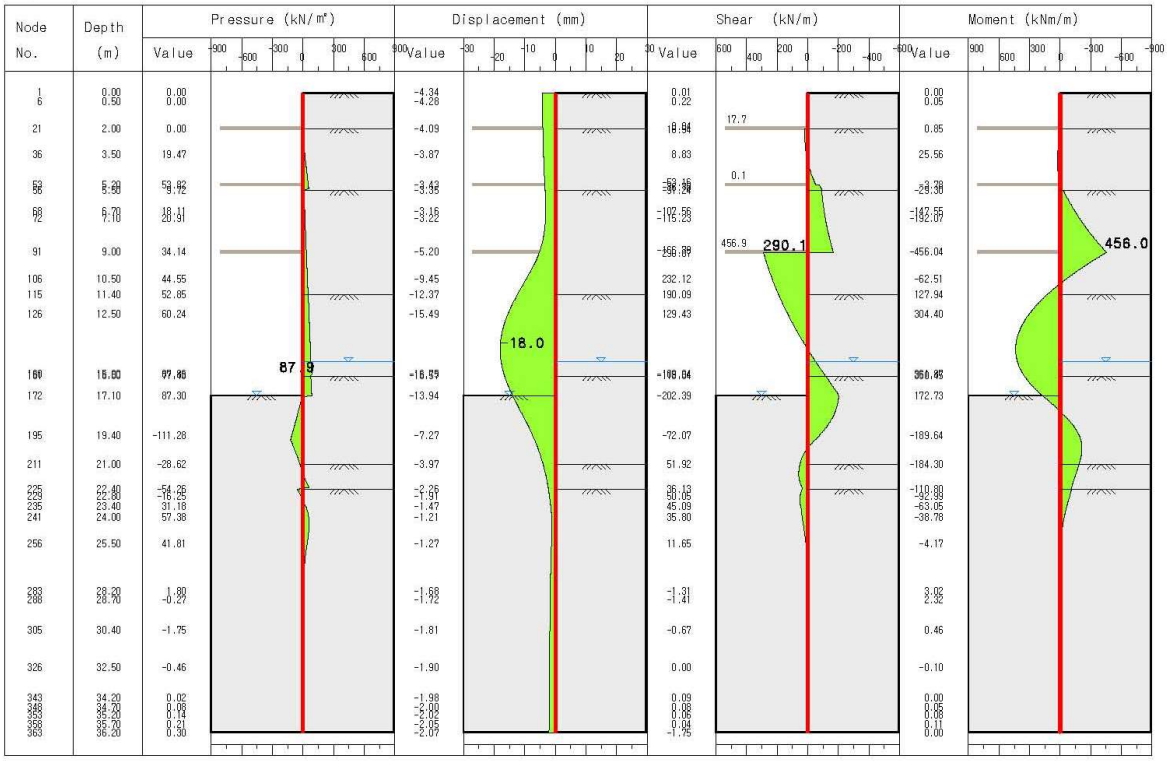


10.7 설계도서

Step No. 3 << CONST B1 SLAB AND EXCAV 10.47 >>

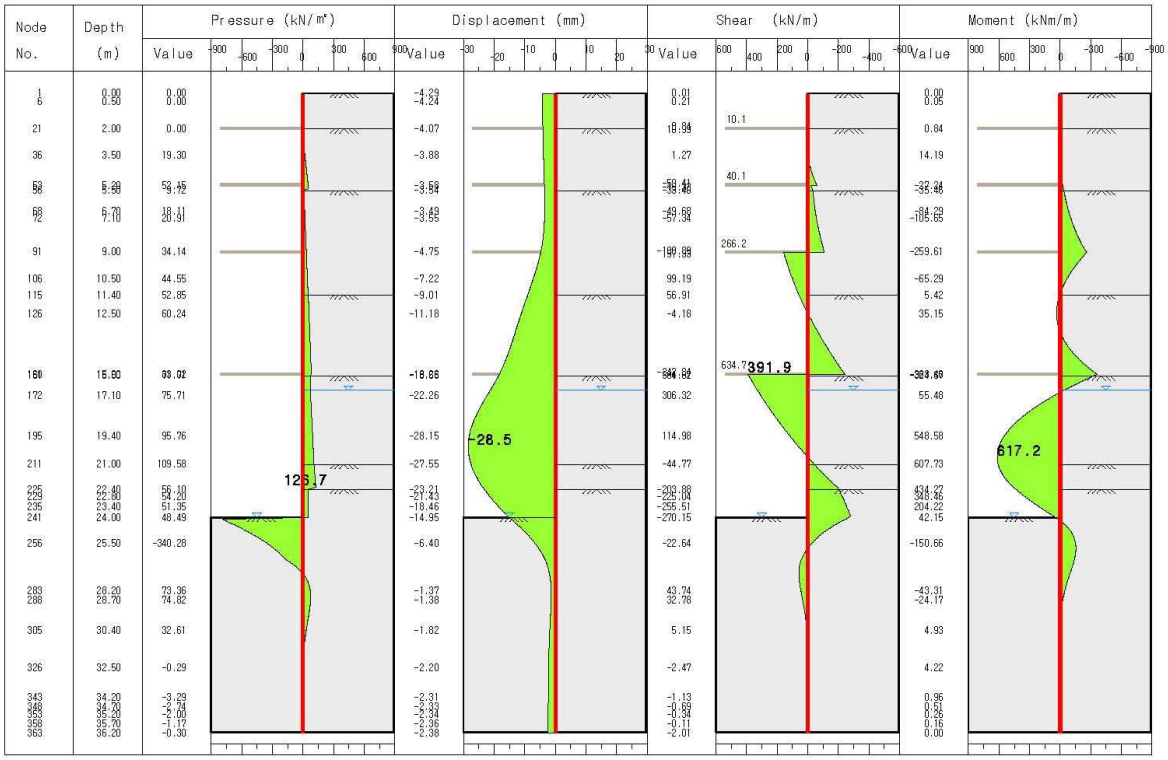


Step No. 4 << CONST B2 SLAB AND EXCAV 17.07 >>

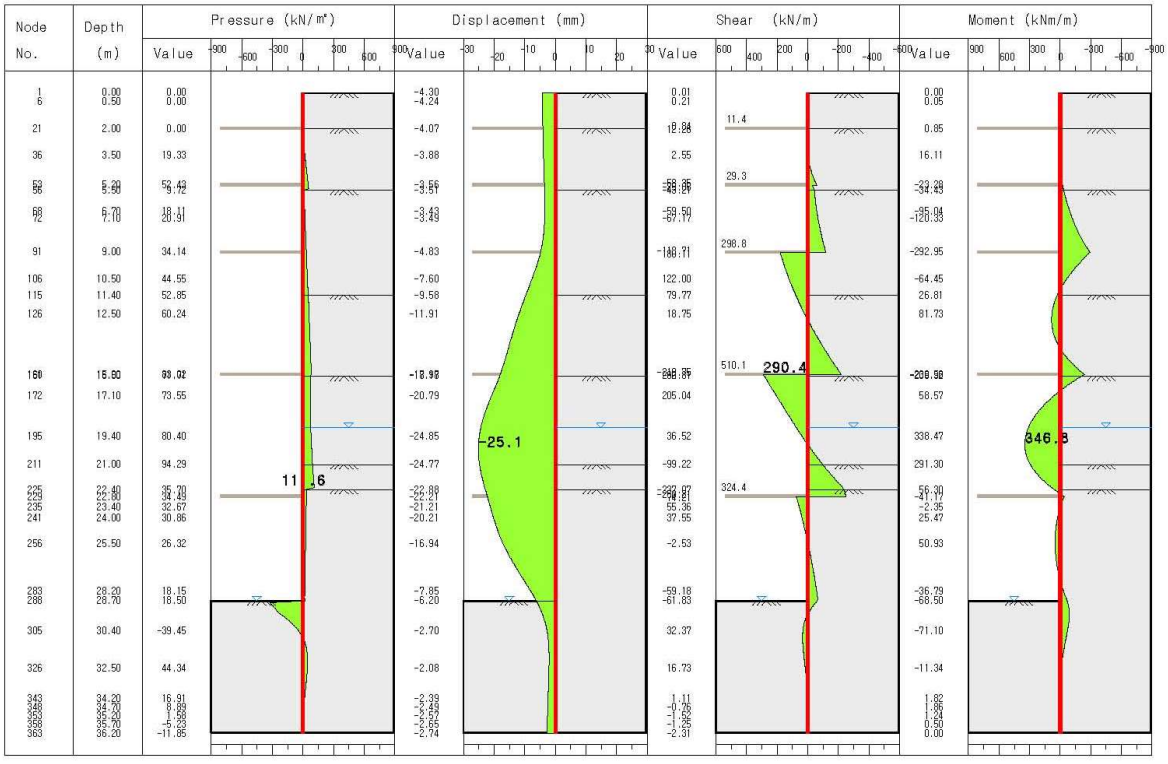


10.7 설계도서

Step No. 5 << CONST B3 SLAB AND EXCAV 23.97 >>

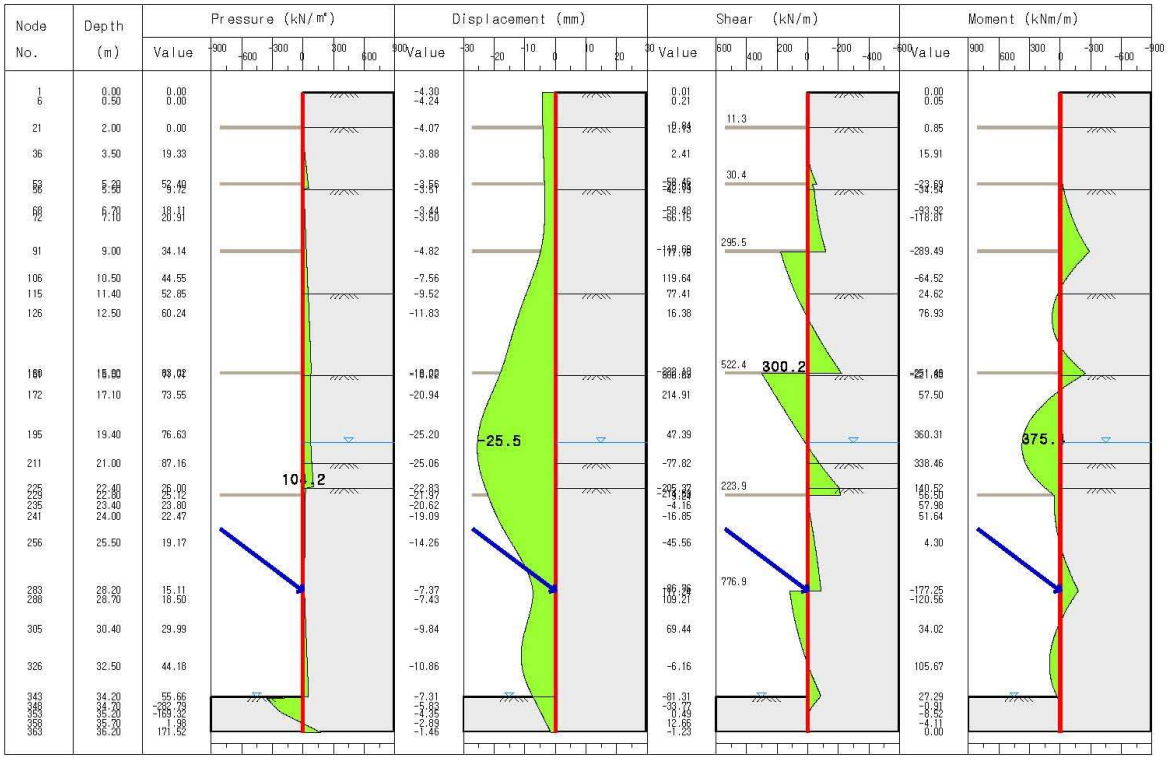


Step No. 6 << CONST B4 SALB AND EXCAV 28.73 >>

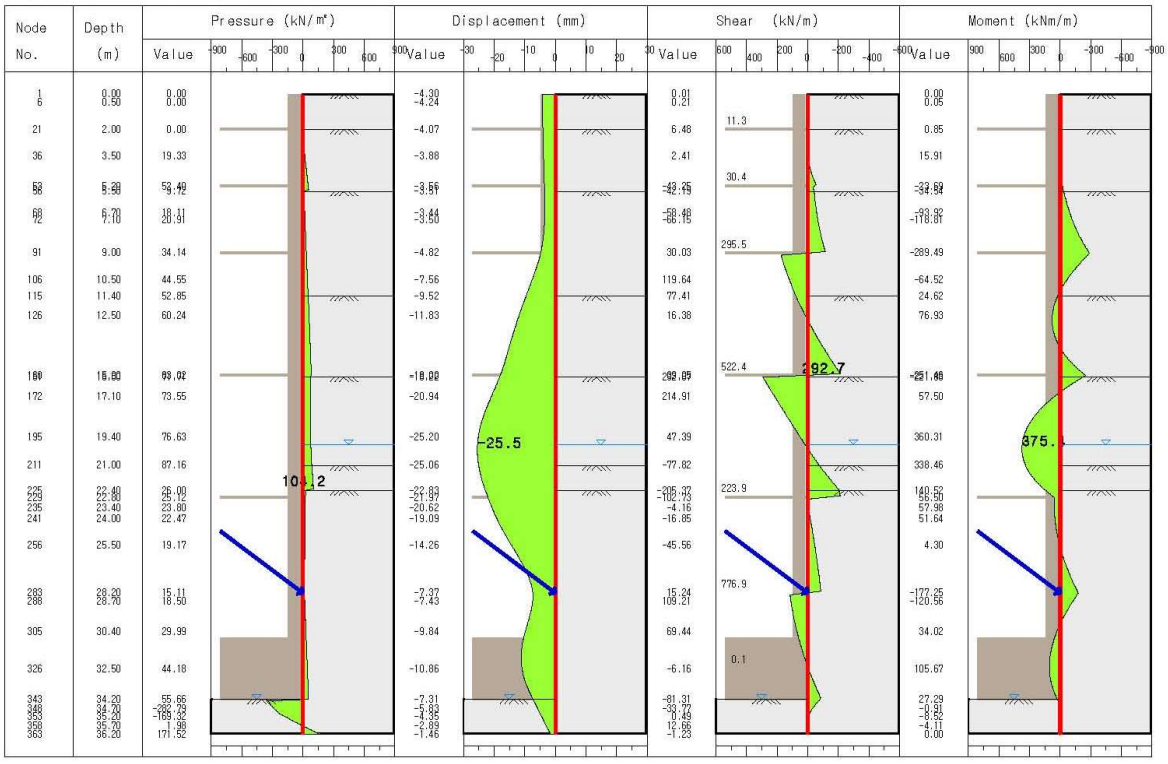


10.7 설계도서

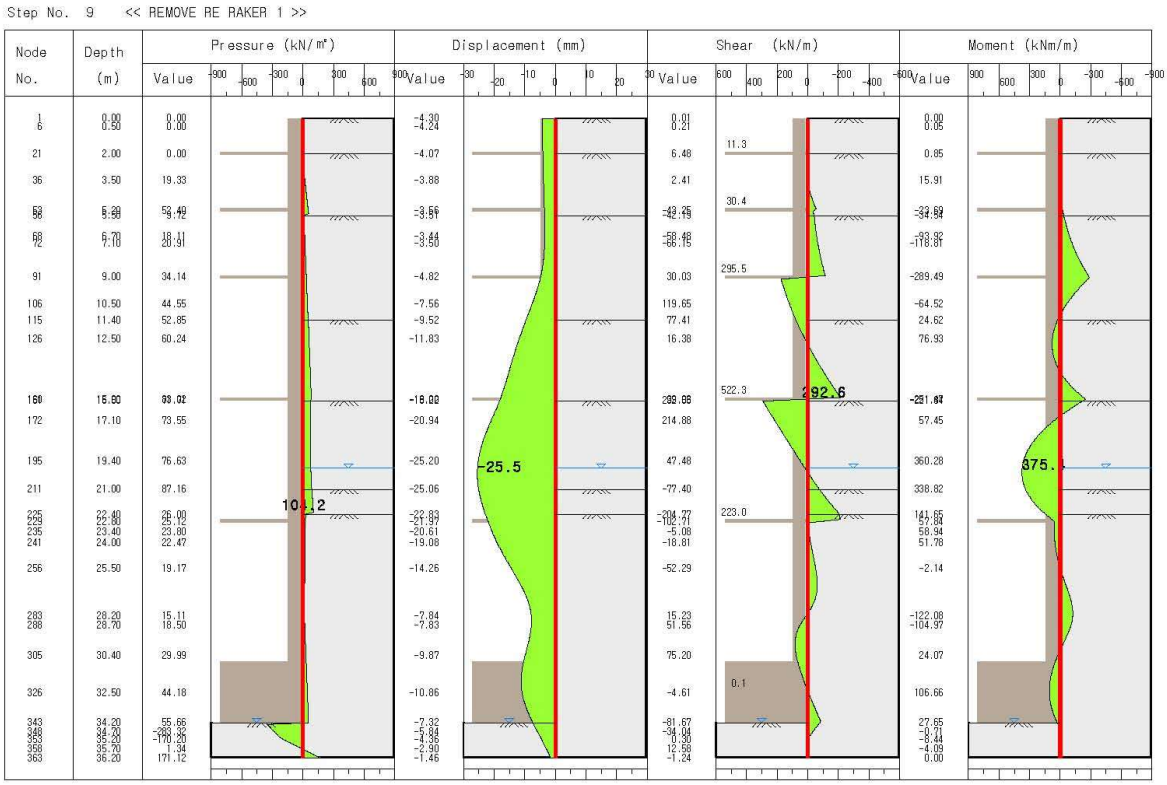
Step No. 7 << CONST RE RAKER AND EXCAV 34.23 >>



Step No. 8 << CONST SLAB 6 AND CONST WALL 1 >>



10.7 설계도서


Step No. 9 << REMOVE RE RAKER 1 >>
Node No.
Depth (m)
Pressure (kN/m²)
Displacement (mm)
Shear (kN/m)
Moment (kNm/m)
Value
-25.5
11.3
30.4
295.5
522.3
223.0
0.1

10.7 설계도서

12. 굴착단계별 부재계산 비교표

구 분	굴착단계	항목	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
CIP 등가강도설계법 CIP-D600(H-350x350x12x19CTC_1200)fck35 심도 0.0~23.4	1 단계	휨모멘트	kNm	59.3	1331.3	4.5 %	O.K
		전단력	kN	34.4	1241.3	2.8 %	O.K
	2 단계	휨모멘트	kNm	68.8	1331.3	5.2 %	O.K
		전단력	kN	60.4	1241.3	4.9 %	O.K
	3 단계	휨모멘트	kNm	71.3	1331.3	5.4 %	O.K
		전단력	kN	77.9	1241.3	6.3 %	O.K
	4 단계	휨모멘트	kNm	456.0	1331.3	34.3 %	O.K
		전단력	kN	290.1	1241.3	23.4 %	O.K
	5 단계	휨모멘트	kNm	617.2	1331.3	46.4 %	O.K
		전단력	kN	391.9	1241.3	31.6 %	O.K
	6 단계	휨모멘트	kNm	346.8	1331.3	26.0 %	O.K
		전단력	kN	290.4	1241.3	23.4 %	O.K
	7 단계	휨모멘트	kNm	375.4	1331.3	28.2 %	O.K
		전단력	kN	300.2	1241.3	24.2 %	O.K
	8 단계	휨모멘트	kNm	375.4	1331.3	28.2 %	O.K
		전단력	kN	292.7	1241.3	23.6 %	O.K
	9 단계	휨모멘트	kNm	375.4	1331.3	28.2 %	O.K
		전단력	kN	292.6	1241.3	23.6 %	O.K

구 분	굴착단계	항목	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
H 파일(CIP근입) H-350X350X12X19 심도 0.0~23.4	1 단계	압축응력	MPa	10.6	315.0	3.4 %	O.K
		휨응력	MPa	15.5	315.0	4.9 %	O.K
		합성응력	안전율	0.08	1.00	8.0 %	O.K
		전단응력	MPa	1.2	180.0	0.7 %	O.K
	2 단계	압축응력	MPa	10.6	315.0	3.4 %	O.K
		휨응력	MPa	17.9	315.0	5.7 %	O.K
		합성응력	안전율	0.09	1.00	9.0 %	O.K
		전단응력	MPa	2.1	180.0	1.2 %	O.K
	3 단계	압축응력	MPa	10.6	315.0	3.4 %	O.K
		휨응력	MPa	18.6	315.0	5.9 %	O.K
		합성응력	안전율	0.09	1.00	9.0 %	O.K
		전단응력	MPa	2.7	180.0	1.5 %	O.K
	4 단계	압축응력	MPa	10.6	315.0	3.4 %	O.K
		휨응력	MPa	119.0	315.0	37.8 %	O.K
		합성응력	안전율	0.41	1.00	41.0 %	O.K
		전단응력	MPa	10.0	180.0	5.6 %	O.K
	5 단계	압축응력	MPa	10.6	315.0	3.4 %	O.K
		휨응력	MPa	161.0	315.0	51.1 %	O.K
		합성응력	안전율	0.54	1.00	54.0 %	O.K
		전단응력	MPa	13.5	180.0	7.5 %	O.K
	6 단계	압축응력	MPa	10.6	315.0	3.4 %	O.K
		휨응력	MPa	90.5	315.0	28.7 %	O.K
		합성응력	안전율	0.32	1.00	32.0 %	O.K
		전단응력	MPa	10.0	180.0	5.6 %	O.K
	7 단계	압축응력	MPa	10.6	315.0	3.4 %	O.K
		휨응력	MPa	97.9	315.0	31.1 %	O.K
		합성응력	안전율	0.34	1.00	34.0 %	O.K
		전단응력	MPa	10.4	180.0	5.8 %	O.K
	8 단계	압축응력	MPa	10.6	315.0	3.4 %	O.K
		휨응력	MPa	97.9	315.0	31.1 %	O.K

10.7 설계도서

	8 단계	합성응력	안전율	0.34	1.00	34.0 %	O.K
		전단응력	MPa	10.1	180.0	5.6 %	O.K
	9 단계	압축응력	MPa	10.6	315.0	3.4 %	O.K
		휨응력	MPa	97.9	315.0	31.1 %	O.K
		합성응력	안전율	0.34	1.00	34.0 %	O.K
		전단응력	MPa	10.1	180.0	5.6 %	O.K

구 분	굴착단계	항목	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
H 파일 H-350x350x12x19 심도 23.4~36.2	1 단계	압축응력	MPa	21.3	167.9	12.7 %	O.K
		휨응력	MPa	1.8	242.5	0.7 %	O.K
		합성응력	안전율	0.13	1.00	13.0 %	O.K
		전단응력	MPa	1.2	180.0	0.7 %	O.K
	2 단계	압축응력	MPa	21.3	167.9	12.7 %	O.K
		휨응력	MPa	2.8	242.5	1.2 %	O.K
		합성응력	안전율	0.14	1.00	14.0 %	O.K
		전단응력	MPa	1.0	180.0	0.6 %	O.K
	3 단계	압축응력	MPa	21.3	167.9	12.7 %	O.K
		휨응력	MPa	4.1	242.5	1.7 %	O.K
		합성응력	안전율	0.14	1.00	14.0 %	O.K
		전단응력	MPa	1.0	180.0	0.6 %	O.K
	4 단계	압축응력	MPa	21.3	167.9	12.7 %	O.K
		휨응력	MPa	32.9	242.5	13.6 %	O.K
		합성응력	안전율	0.26	1.00	26.0 %	O.K
		전단응력	MPa	14.5	180.0	8.1 %	O.K
	5 단계	압축응력	MPa	21.3	167.9	12.7 %	O.K
		휨응력	MPa	106.5	242.5	43.9 %	O.K
		합성응력	안전율	0.57	1.00	57.0 %	O.K
		전단응력	MPa	89.7	180.0	49.8 %	O.K
	6 단계	압축응력	MPa	21.3	167.9	12.7 %	O.K
		휨응력	MPa	47.1	242.5	19.4 %	O.K
		합성응력	안전율	0.32	1.00	32.0 %	O.K
		전단응력	MPa	21.1	180.0	11.7 %	O.K
	7 단계	압축응력	MPa	21.3	167.9	12.7 %	O.K
		휨응력	MPa	92.5	242.5	38.1 %	O.K
		합성응력	안전율	0.51	1.00	51.0 %	O.K
		전단응력	MPa	37.6	180.0	20.9 %	O.K
	8 단계	압축응력	MPa	21.3	167.9	12.7 %	O.K
		휨응력	MPa	92.5	242.5	38.1 %	O.K
		합성응력	안전율	0.51	1.00	51.0 %	O.K
		전단응력	MPa	37.1	180.0	20.6 %	O.K
	9 단계	압축응력	MPa	21.3	167.9	12.7 %	O.K
		휨응력	MPa	64.5	242.5	26.6 %	O.K
		합성응력	안전율	0.39	1.00	39.0 %	O.K
		전단응력	MPa	27.0	180.0	15.0 %	O.K

구 분	굴착단계	항목	단위	발생최대치	허용치	발생/허용치	판정
1단 버팀대 (레이커) H-498x432x45x70 심도 28.2	7 단계	압축응력	MPa	11.6	211.4	5.5 %	O.K
		휨응력	MPa	2.6	262.5	1.0 %	O.K
		압축+휨	안전율	0.06	1.00	6.0 %	O.K
		전단응력	MPa	1.1	180.0	0.6 %	O.K
	8 단계	압축응력	MPa	11.6	211.4	5.5 %	O.K
		휨응력	MPa	2.6	262.5	1.0 %	O.K

10.7 설계도서

	압축+휨	안전율	0.06	1.00	6.0 %	O.K
	전단응력	MPa	1.1	180.0	0.6 %	O.K

10.7 설계도서

10.7.2 흙막이 지지공법 구조계산서

지하안전영향평가용

구 조 설 계 서

STRCTURE DESIGN AND ANALYSIS

가산동 345-48 데이터센터 신축공사

(SPS공사에 따른 시공중 안전성 검토)

위 건축물(공작물)에 대하여 국토해양부 고시 건축구조기준(KBC)에 따라 책임구조기술자가 구조설계를 수행하여 구조안전을 확인하였으므로, 본 구조설계서에 표시된 구조형식, 사용재료 및 강도, 하중조건, 지반특성, 구조설계의 취지를 올바르게 파악하여 구조설계도에 표기하시기 바랍니다. 구조안전을 확인한 구조설계도서(구조설계도, 구조설계서, 구조체공사시방서)에는 사단법인 한국건축구조기술사회에 등록된 인장으로 날인합니다. 시공상세도서에 대한 구조안전확인, 시공 중 구조안전확인, 유지관리 중 구조안전 확인이 필요한 경우에는 미리 책임구조기술자에게 구조안전의 확인을 요청하시기 바랍니다.

2021. 06.04

차 례	일 자	구 조 설 계 단 계	설 계 자	검 토 자	승 인 자

사단법인 **한국건축구조기술사회** THE KOREAN STRUCTURAL ENGINEERS ASSOCIATION

상 호 명	(주)조우엔지니어링	韓國技術士會 No.97150020059 登錄 愼道承 技術士 REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER
대 표 이 사 건축구조기술사	신 도 승 (인)	
사 업 장 주 소	지사 : 서울 광진구 자양로 192-1, 2층 (02-453-0611) 본사 : 충청북도 청주시 청원구 오창읍 중심상업로 20	

10.7 설계도서

1.시공중 가설철골기둥 설계

역타시공시 철골기둥은 1층 차량 및 장비하중 운영과
지하층 터파기시 좌굴길이(층고+5.0M) 고려하였고
S-COL.기둥의 안전성은 이지파트너 업체 확인받을 것.



10.7 설계도서

1.개 요

10.7 설계도서

1. 개요

1.1 TOP DOWN 공법개요

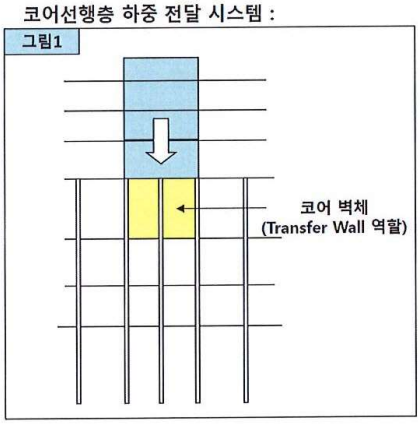
UP UP 조건으로 기초타설전 지상층 공사는 진행되지않으며, 기초타설후 지하층 골조완료후 지상 5층 바닥까지 타설하는 것으로 가정함.

1.2 코아부위의 가설기둥 개요

TOP-DOWN 시공 시는 코아선행층의 코어벽체는 Transfer Wall역할을 하며 가설기둥(Temporary Column)에는 큰 하중이 작용함에 따라, 가설기둥에 하중전달이 원활하도록 계획.

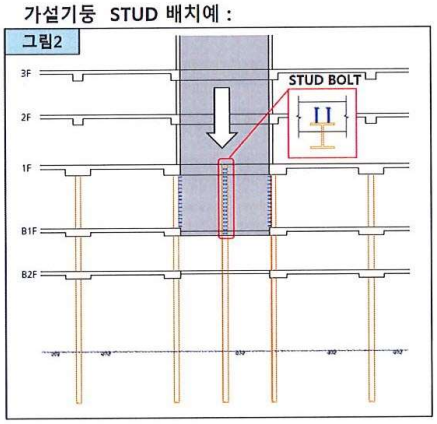
코어선행층 하중 전달 시스템 :

그림1



가설기둥 STUD 배치예 :

그림2



1.3 구 조 개 요

구조형식	. 철골+철근콘크리트구조 (지하층)
횡력저항시스템	. 원 구조설계구조계산서 참조
기초형식	. 원 구조설계구조계산서 참조

10.7 설계도서

2.구 조 설 계 기 준

10.7 설계도서

2. 구조설계기준

2.1 구조설계방법 및 적용기준

설계방법	. 한계상태설계법
적용법령	. 건축법 / 건축법시행령
적용규칙	. 건축법시행규칙 / 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙
적용기준	. 건축구조설계기준 (KBC2016)
적용시방	. 건축공사표준시방서 (대한건축학회) . 콘크리트표준시방서 (한국콘크리트학회)
참고기준	. ACI 318-08

2.2 사용재료의 종류 및 설계기준강도

사용재료	규 격	설계기준강도	적용부위
철골	SM355	Fy = 355MPa (두께16mm 이하) Fy = 345MPa (두께 16mm 초과 40mm 이하) Fy = 335MPa (두께 40mm 초과 75mm 이하)	지하층 철골기둥
			지하층 가설부재

2.3 해석 및 설계용 프로그램

부재해석	3차원해석 - MIDAS GEN
부재설계	각 부재별 설계프로그램(BEST 및 EXCEL 등)

10.7 설계도서

3.검토조건 및 설계하중

10.7 설계도서

3. 검토조건 및 설계하중

3.1 검토조건

1) 좌굴길이는 기본적으로 해당층고+5.0M로 검토

2) 좌굴길이계수 k는 0.8로 가정

3) 층별 좌굴길이 (지하층 터파기시)

구 분	좌 굴 길 이
지하1~2층	9.0M
지하3층	12.0M
지하4층	16.8M
지하5층	9.8M

* 기초타설이 완료되면 좌굴길이는 층고가 됨 *



3.2 설계하중

1) 고정하중(DL)
   - 각 층의 슬래브, 보, 기둥, 벽체 자중

2) 활하중(LL)
   - 지상1층 차량 및 장비 운영부위 : 20.0kN/m^2 (슬래브 설계시는 25.0kN/m^2)
   - 지상2층 이상 및 지하층 : 1.5kN/m^2 (시공중 콘크리트 타설시 골조는 2.5kN/m^2로) 검토

10.7 설계도서

■ 지상1층 바닥 최대 차륜하중 및 차륜 등가분포하중 산정

구조설계시 시공시 활하중은 20kN/m²(철골보설계용), 25kN/m²(DECK SLAB설계용)적용함.

차량의 등가 분포하중 산정은 건축물 하중기준에 근거하여 산정함.

차량 종류	총 중량 Wt (KN)	최대차륜하중 Pw (KN)	등가분포하중 ω (KN/m²)	판 정 ω≤33.25 KN/m²
레미콘 (6m³)	261.4	58.1	32.27	O.K
덤프 트럭 (적재하중 25 Ton)	387.0	59.5	33.06	O.K
콘크리트 펌프카 (50M 기준)	391.0	55.9	31.06	O.K

주1) 등가분포하중 산정

$$\omega = (1+0.3) \times \frac{\text{최대차륜하중}}{\text{바퀴점유면적}} = 1.3 \times \frac{Pw}{1.8(\text{윤간거리}) \times \text{측간거리중 짧은구간}} \ (\text{KN/m}^2)$$

주2) 바닥 슬래브 분포 적재하중 25 KN/m² 으로 설계됨.

주3) 차량이동 및 작업 하중은 단기하중으로 취급할 수 있으므로

슬래브 최대 허용 활하중 = 1.33 x 25 KN/m² = 33.25 KN/m² 으로 판단할 수 있음.

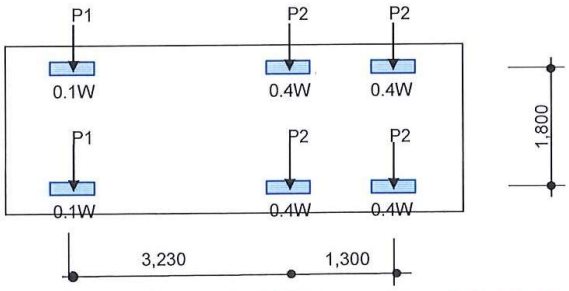
하이드로 크레인을 사용할 경우는 철골보 상부에 OUT RIGGER를 설치하여 사용하도록 계획해야하며, 별도 구조검토가 필요함

현장에서 Out Rigger 설치가 거더 부분에 불가피하여 슬래브에 계획시는 반드시 구조검토 받아 감리자의 승인후 시공해야함. (별도의 보강빔 설치하여 집중하중에 DECK SLAB에 작용하지 않도록 함.)

6m³ 레미콘 차량

설계용 차량중량, W = 11.39tf(차량중량) + 14.75tf(최대적재량) = 26.14tf ≒ 261.4kN

최대차륜하중 Pw=261.4×(0.4/1.8)=58.09kN



바퀴한개에 대한 등가 분포하중 w = 1.3 x (58.09 / 1.3 x 1.8) = 32.27kN/m²

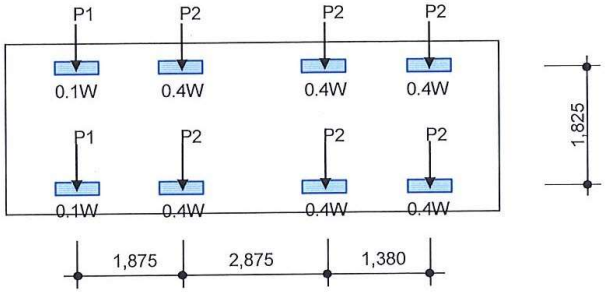
<1.33 x 25 KN/m² = 33.25 KN/m² (O.K)

10.7 설계도서

25ton 덤프트럭

설계용 차량중량, W = 13.20tf(차량중량)+25.5tf(최대적재량) = 38.70tf ≒ 387.0kN

최대차륜하중 Pw=387×(0.4/2.6)=59.5kN



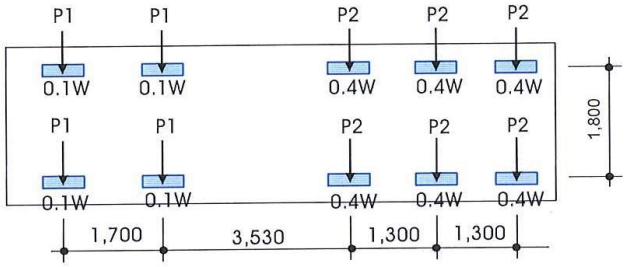
바퀴한개에 대한 등가 분포하중 w = 1.3 x (59.5 / 1.3 x 1.8) = 33.06kN/m^2

<1.33 x 25 KN/m^2 = 33.25 KN/m^2 (O.K)

50m 펌프카

설계용 차량중량, W = 39.07tf(차량중량) ≒ 391.0kN

최대차륜하중 Pw=391×(0.4/2.8)=55.9kN



바퀴한개에 대한 등가 분포하중 w = 1.3 x (55.9 / 1.3 x 1.8) = 31.06kN/m^2

<1.33 x 25 KN/m^2 = 33.25 KN/m^2 (O.K)

하이드로 크레인 (50 TON 이상)

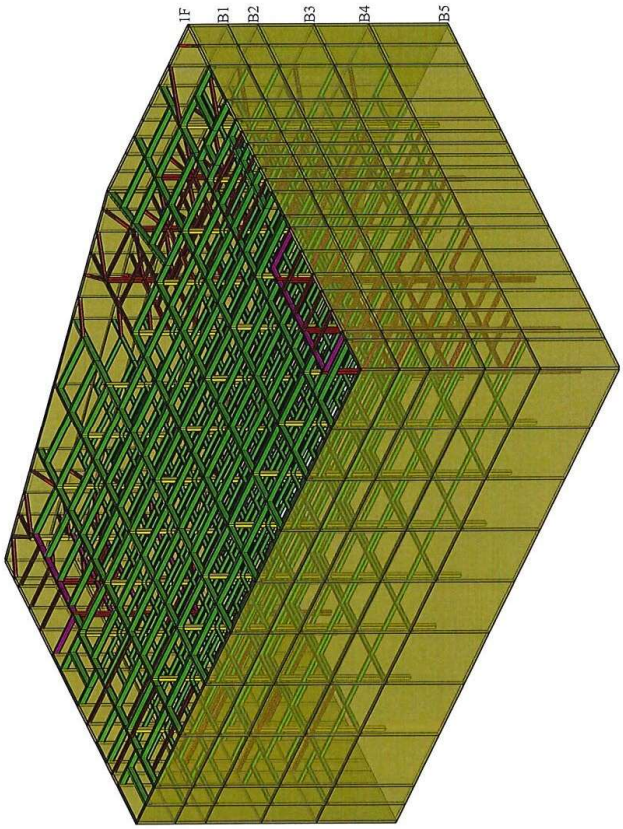
장비제원의 아웃리거 최대반력 확인후 운영하는 부위는 아웃리거 집중하중이 DECK SLAB에 직접 작용하지 않도록 철골보 상부를 원칙으로하여 구조검토하며, SLAB에 직접 위치할 수 밖에 없는 상황은 보강빔을 아웃리거 발판 하부에 계획하여 검토해야 함.

(현장에서 장비운영전 반드시 구조검토자의 구조안전성 확인을 받을 것.)

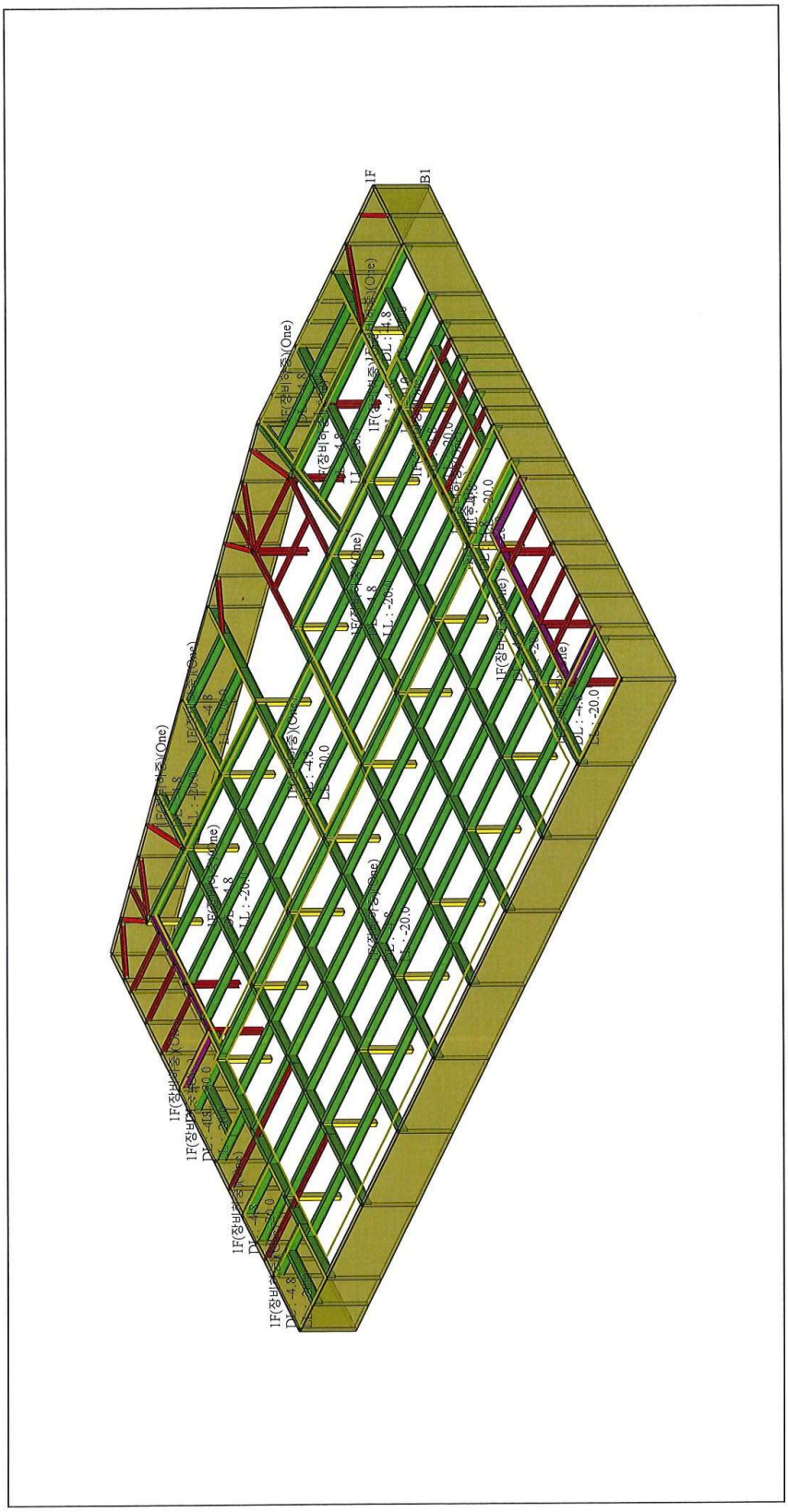
10.7 설계도서

4. 검토근거

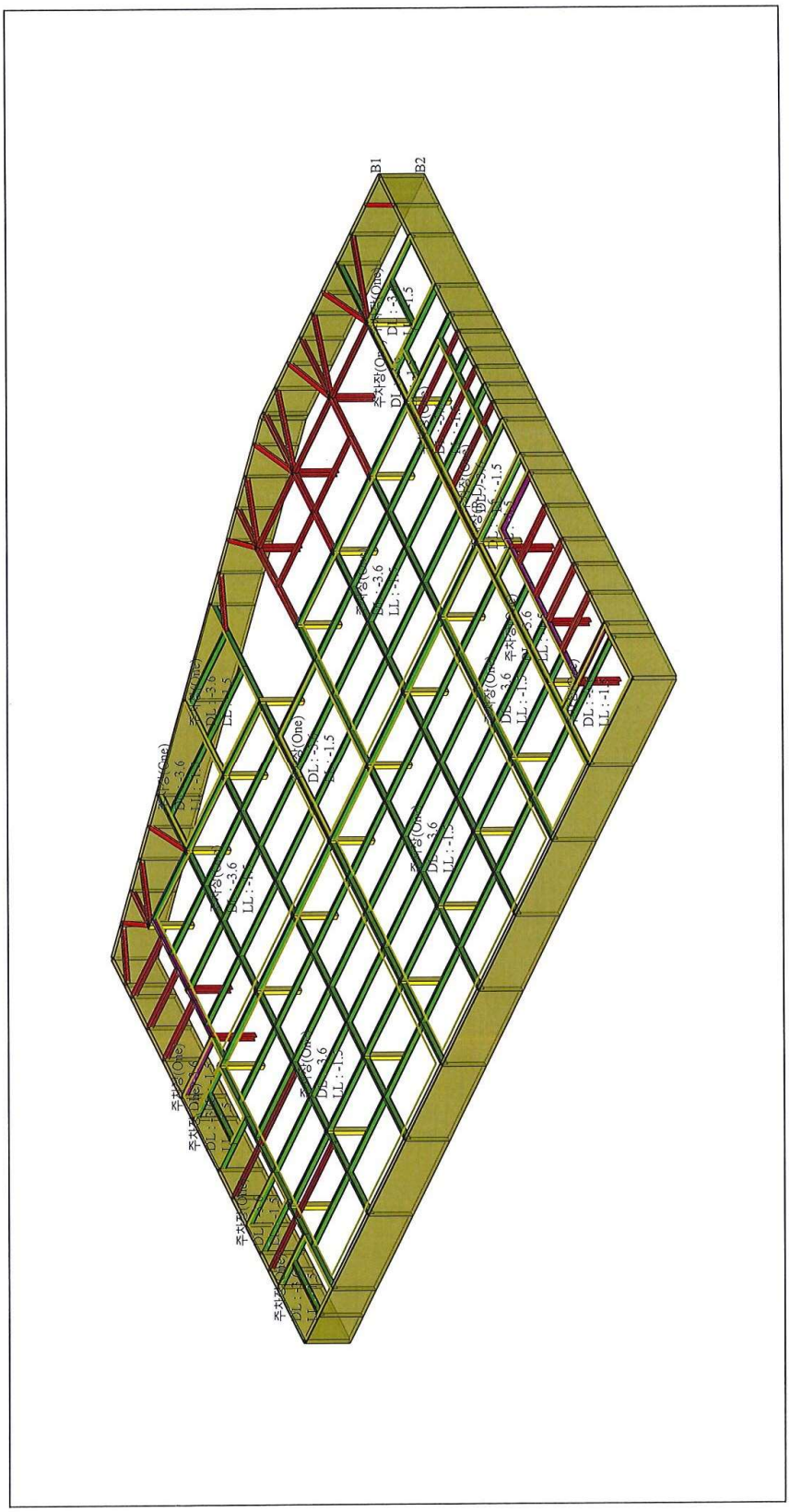
10.7 설계도서



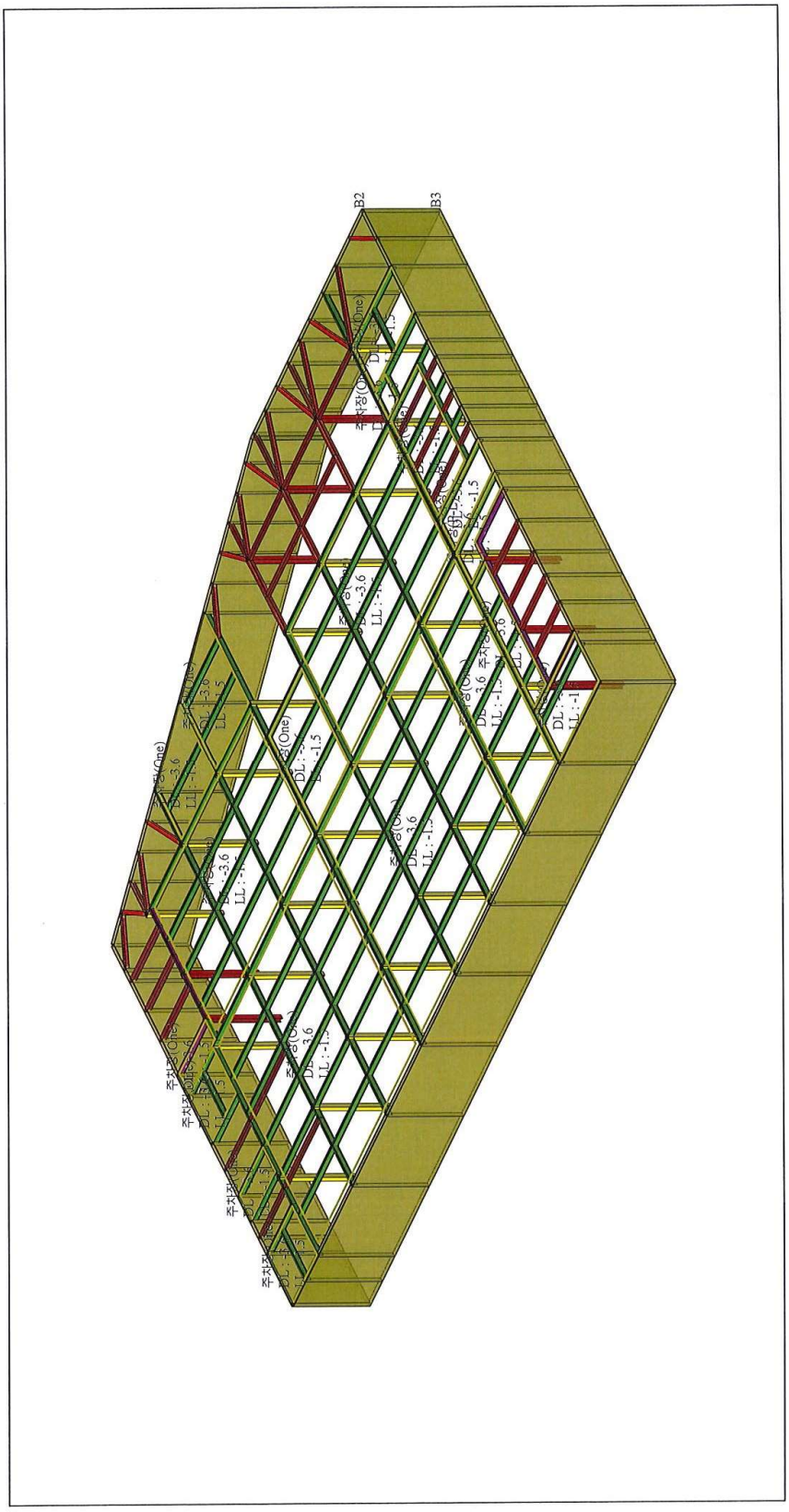
10.7 설계도서



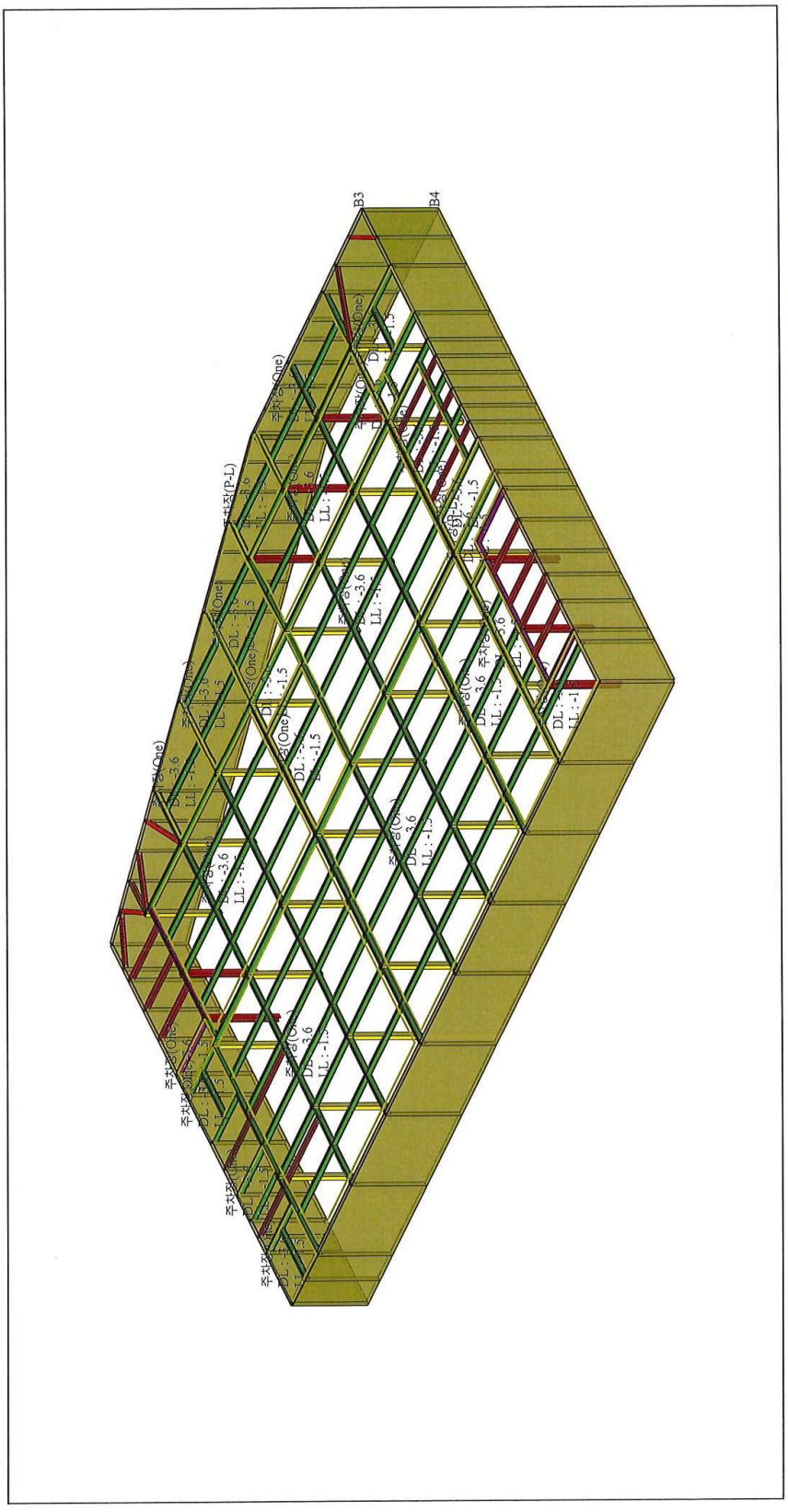
10.7 설계도서



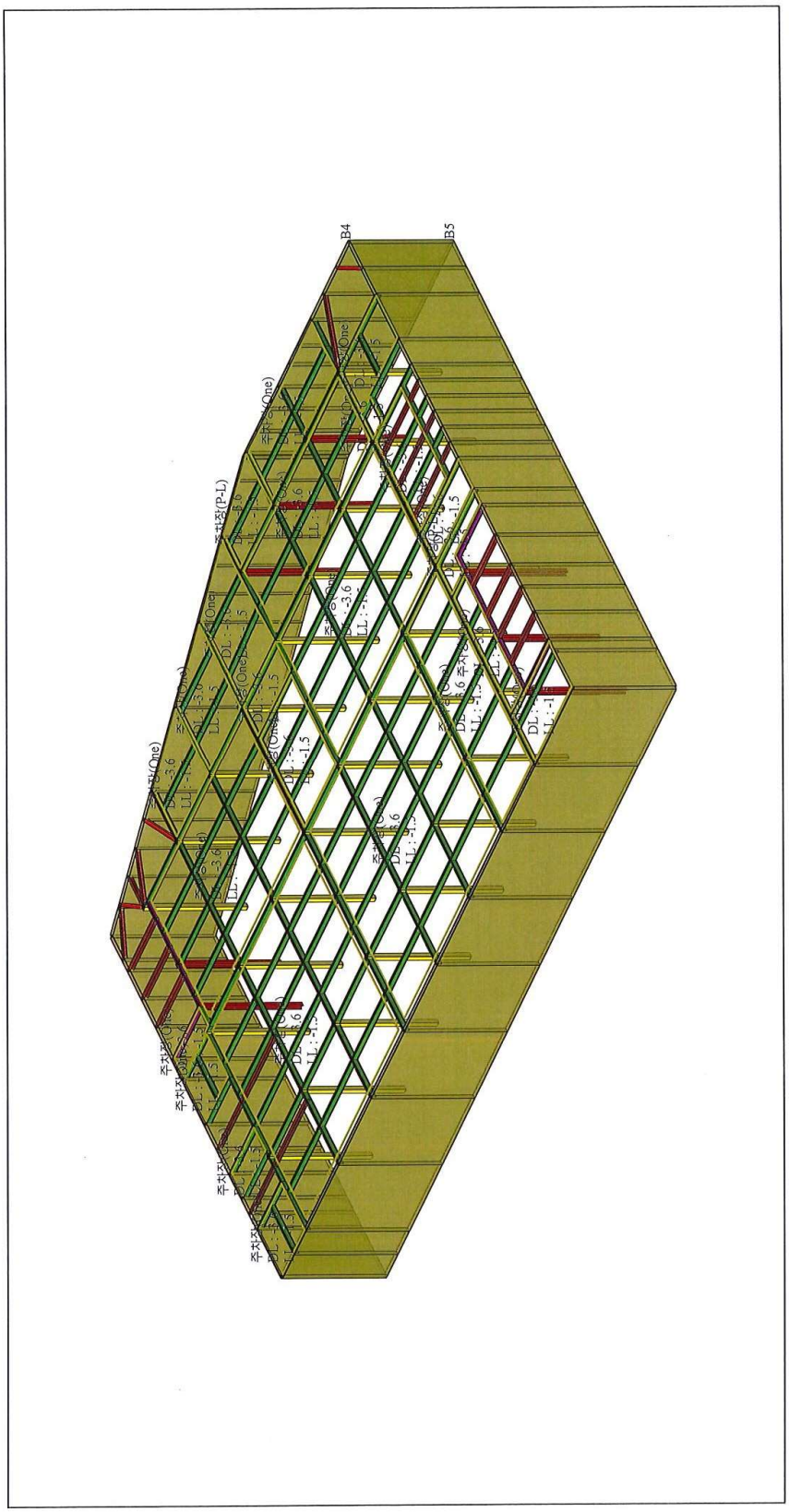
10.7 설계도서



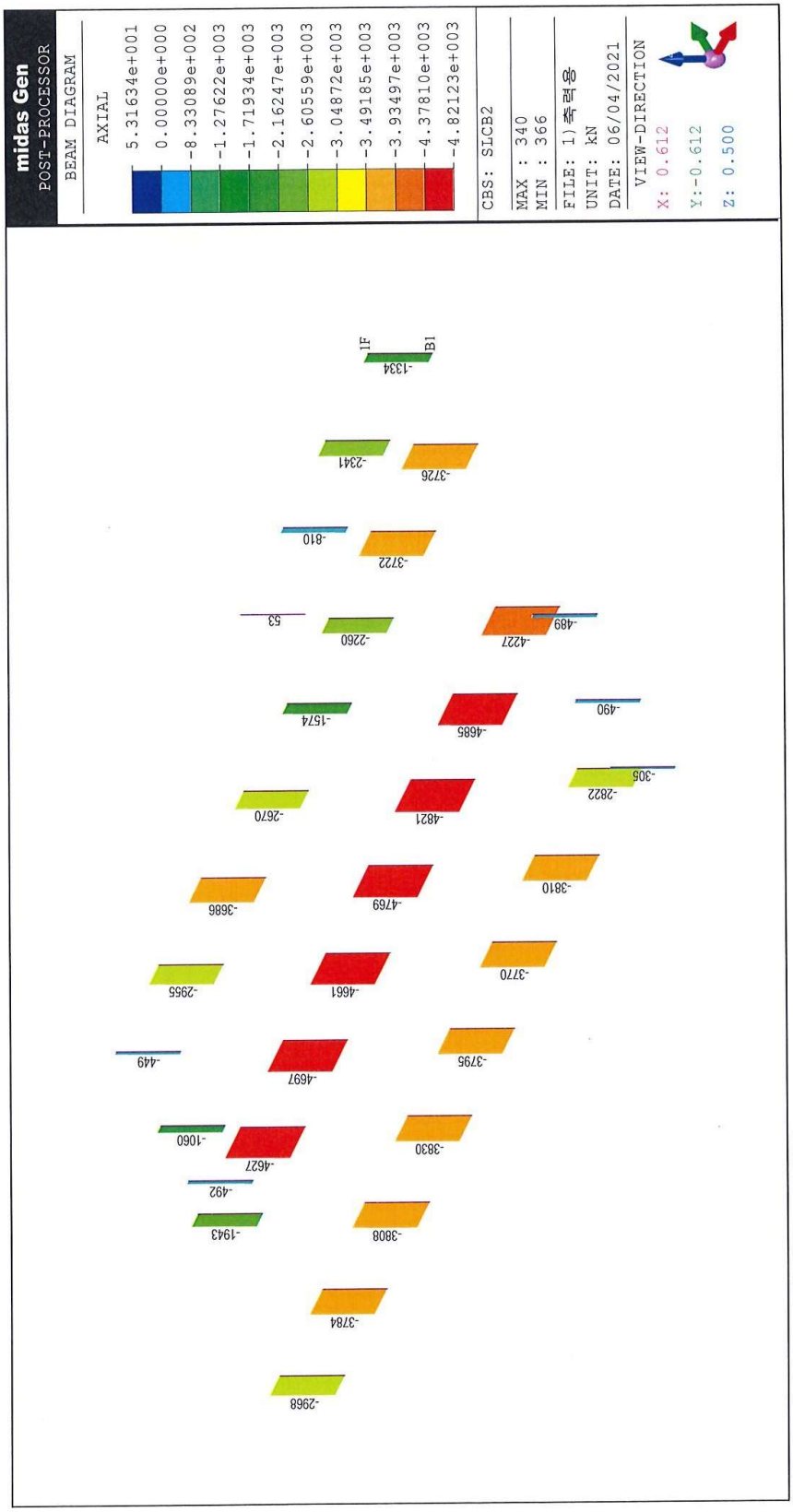
10.7 설계도서



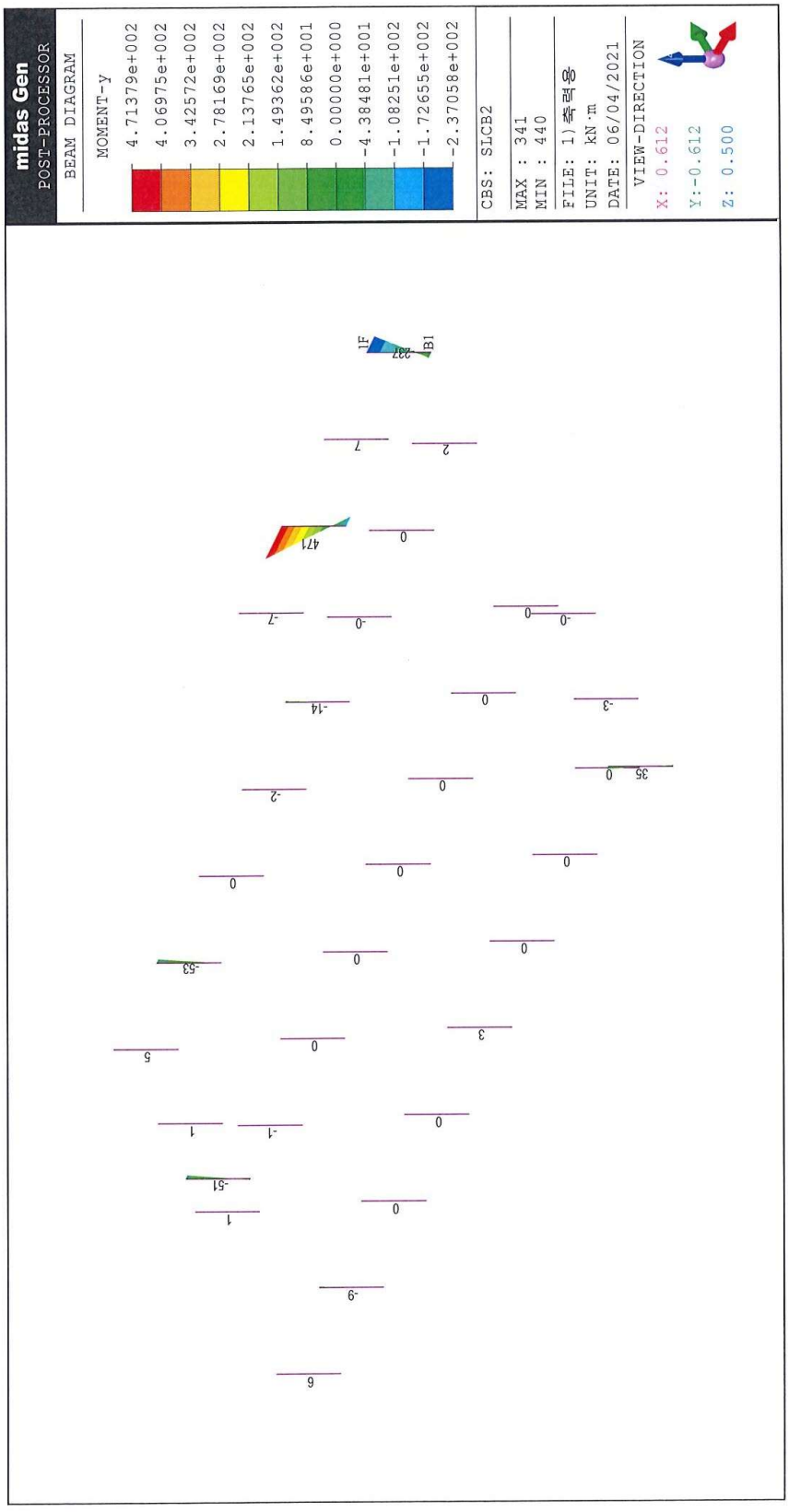
10.7 설계도서



10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
AXIAL
5.31634e+001
0.00000e+000
-8.33089e+002
-1.27622e+003
-1.71934e+003
-2.16247e+003
-2.60559e+003
-3.04872e+003
-3.49185e+003
-3.93497e+003
-4.37810e+003
-4.82123e+003
CBS: SLCB2
MAX : 340
MIN : 366
FILE: 1)축력용
UNIT: kN
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
1F
B1

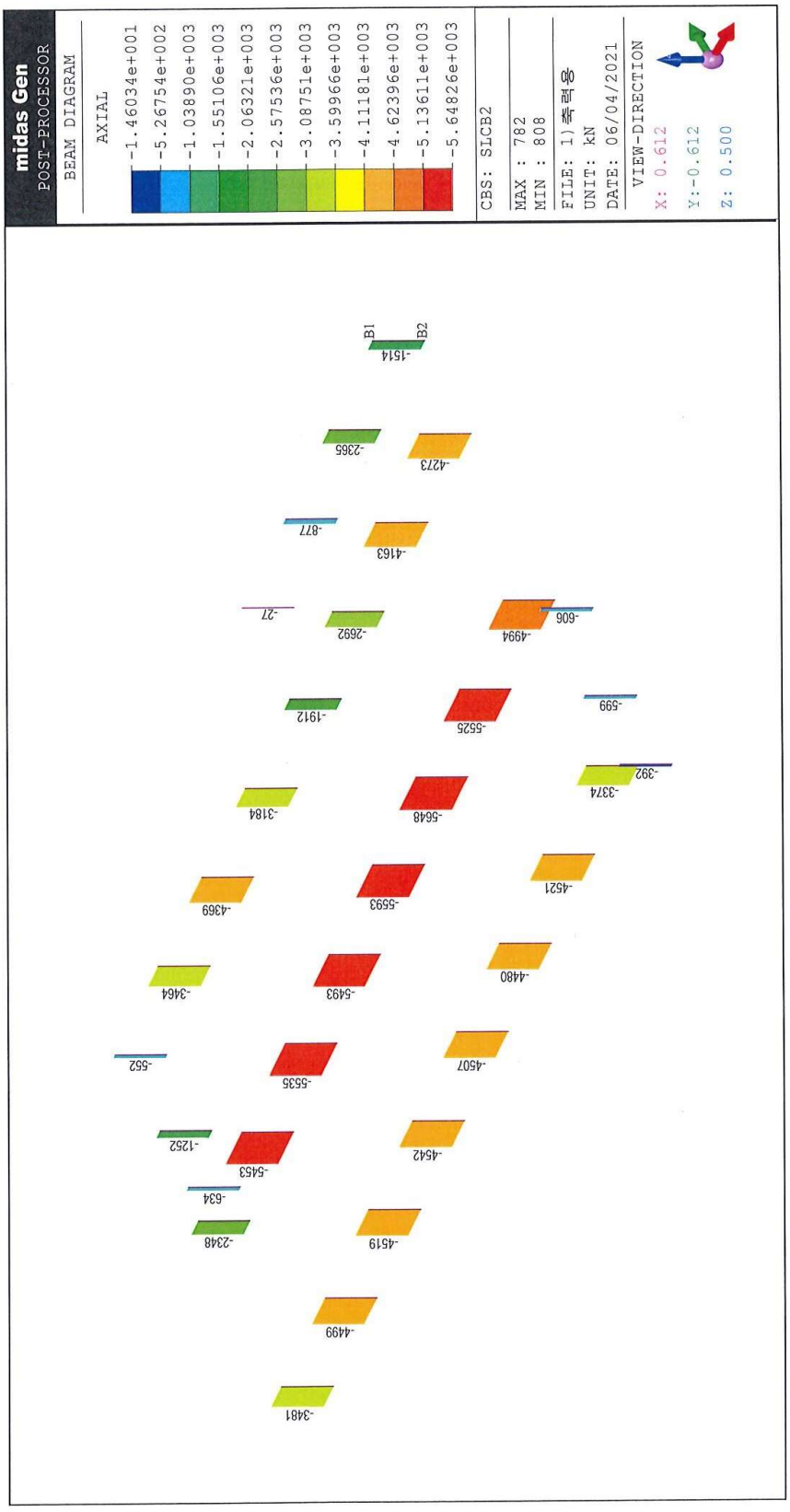
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-y
4.71379e+002
4.06975e+002
3.42572e+002
2.78169e+002
2.13765e+002
1.49362e+002
8.49586e+001
0.00000e+000
-4.38481e+001
-1.08251e+002
-1.72655e+002
-2.37058e+002
CBS: SLCB2
MAX : 341
MIN : 440
FILE: 1)축력용
UNIT: kN·m
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500

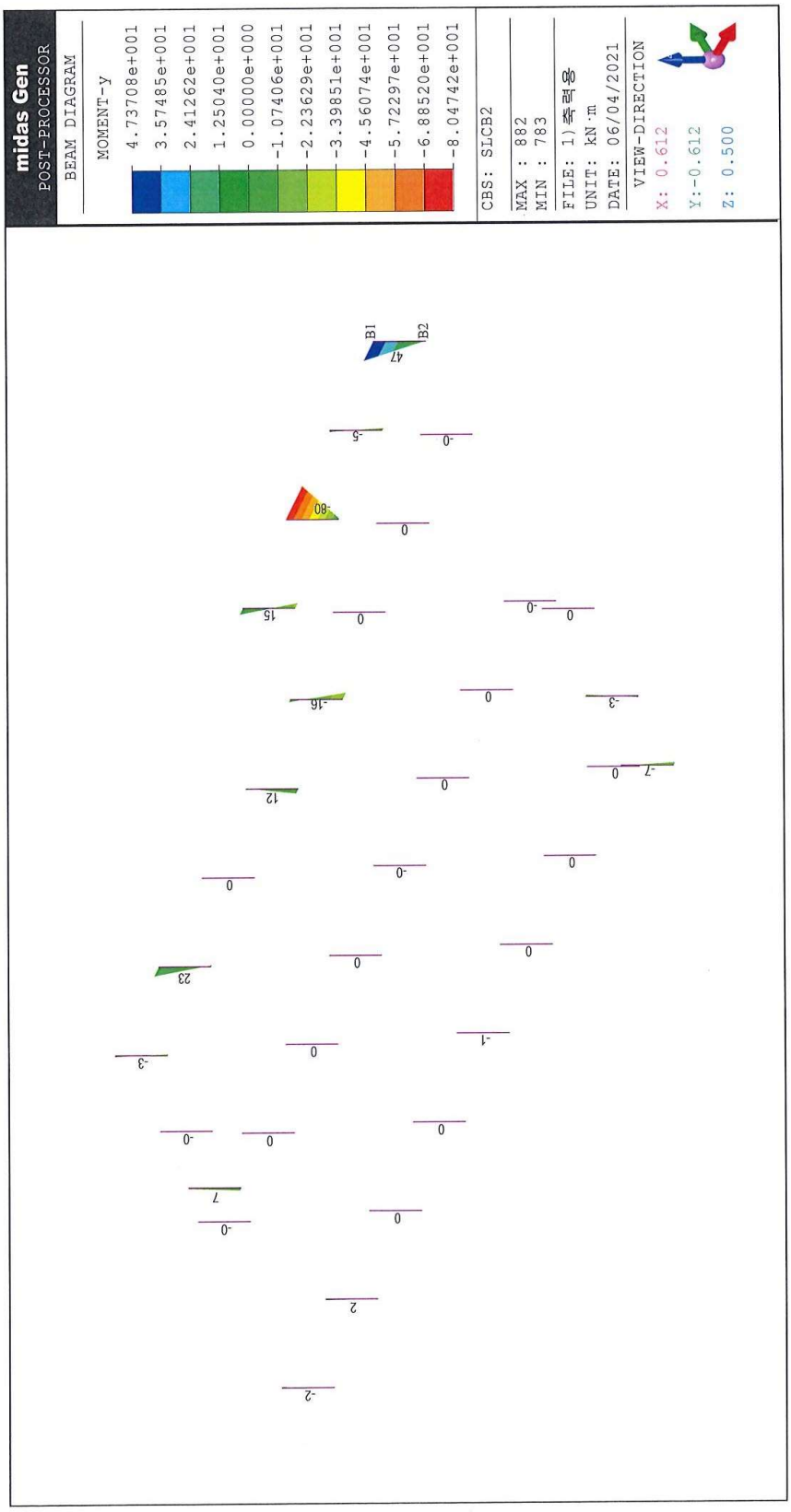
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-z
2.06247e+003
1.78994e+003
1.51741e+003
1.24488e+003
9.72344e+002
6.99813e+002
4.27282e+002
1.54751e+002
0.00000e+000
-3.90311e+002
-6.62842e+002
-9.35374e+002
CBS: SLCB2
MAX : 352
MIN : 352
FILE: 1)축력용
UNIT: kN·m
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
1F
B1

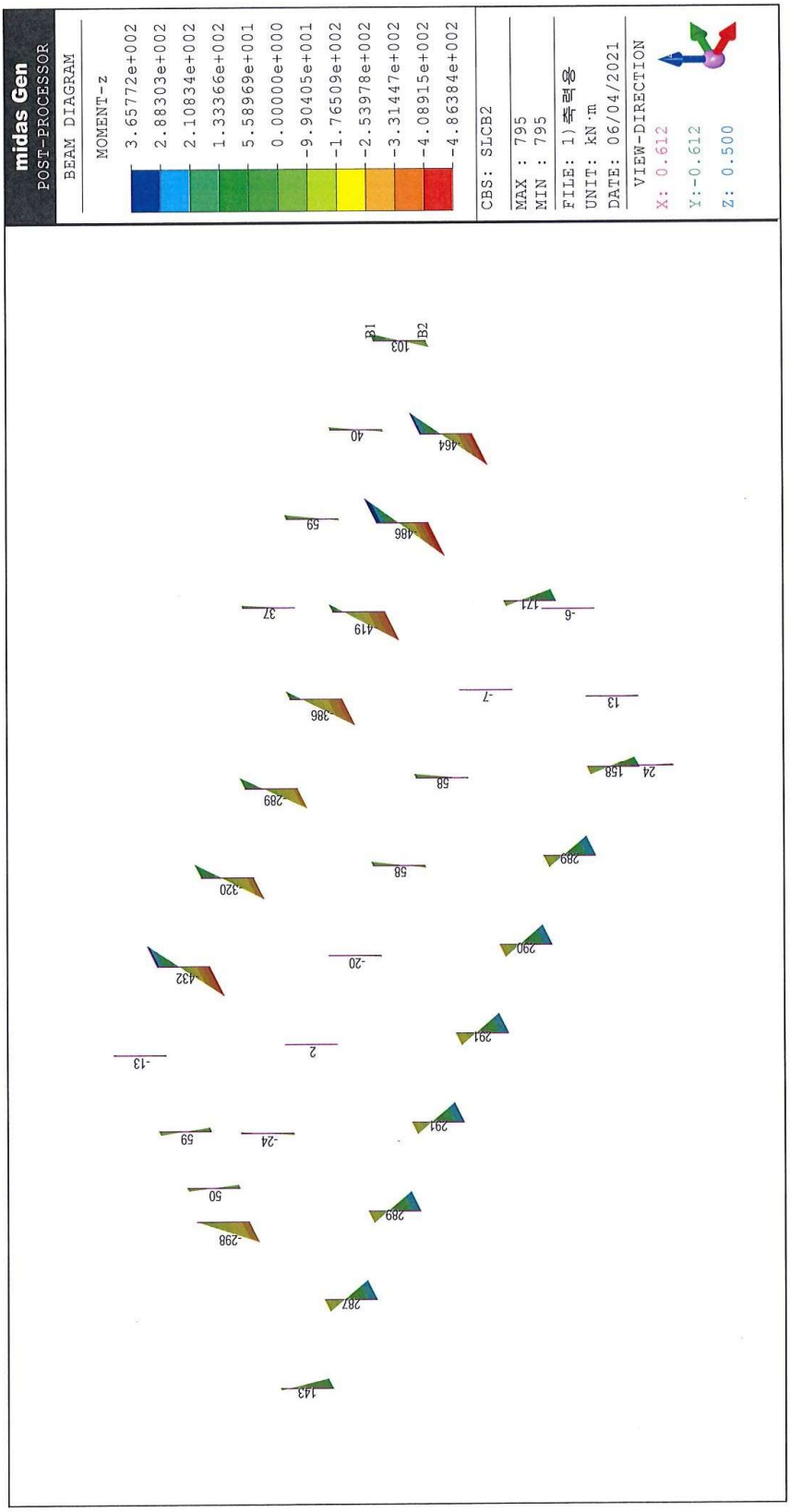
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
AXIAL
-1.46034e+001
-5.26754e+002
-1.03890e+003
-1.55106e+003
-2.06321e+003
-2.57536e+003
-3.08751e+003
-3.59966e+003
-4.11181e+003
-4.62396e+003
-5.13611e+003
-5.64826e+003
CBS: SLCB2
MAX : 782
MIN : 808
FILE: 1)축력용
UNIT: kN
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
B1
B2
-1514
-2365
-4273
-877
-4163
-27
-2692
-4994
-606
-1912
-5525
-599
-3374
-392
-3184
-5648
-4369
-5593
-4521
-3464
-5493
-4480
-552
-5535
-4507
-1252
-5453
-4542
-534
-2348
-4519
-4499
-3481

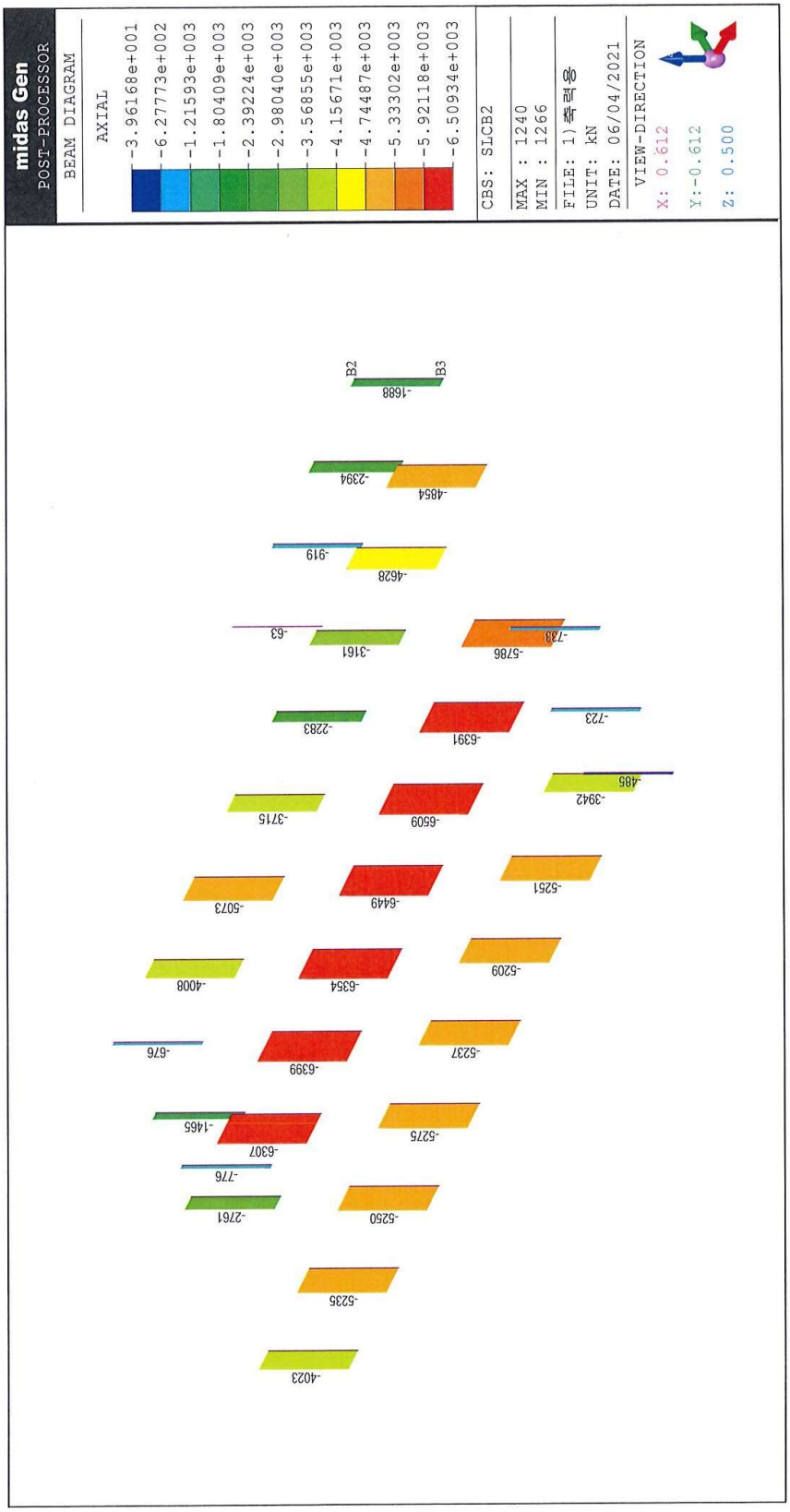
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-y
4.73708e+001
3.57485e+001
2.41262e+001
1.25040e+001
0.00000e+000
-1.07406e+001
-2.23629e+001
-3.39851e+001
-4.56074e+001
-5.72297e+001
-6.88520e+001
-8.04742e+001
CBS: SLCB2
MAX : 882
MIN : 783
FILE: 1\축력용
UNIT: kN·m
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
B1
B2

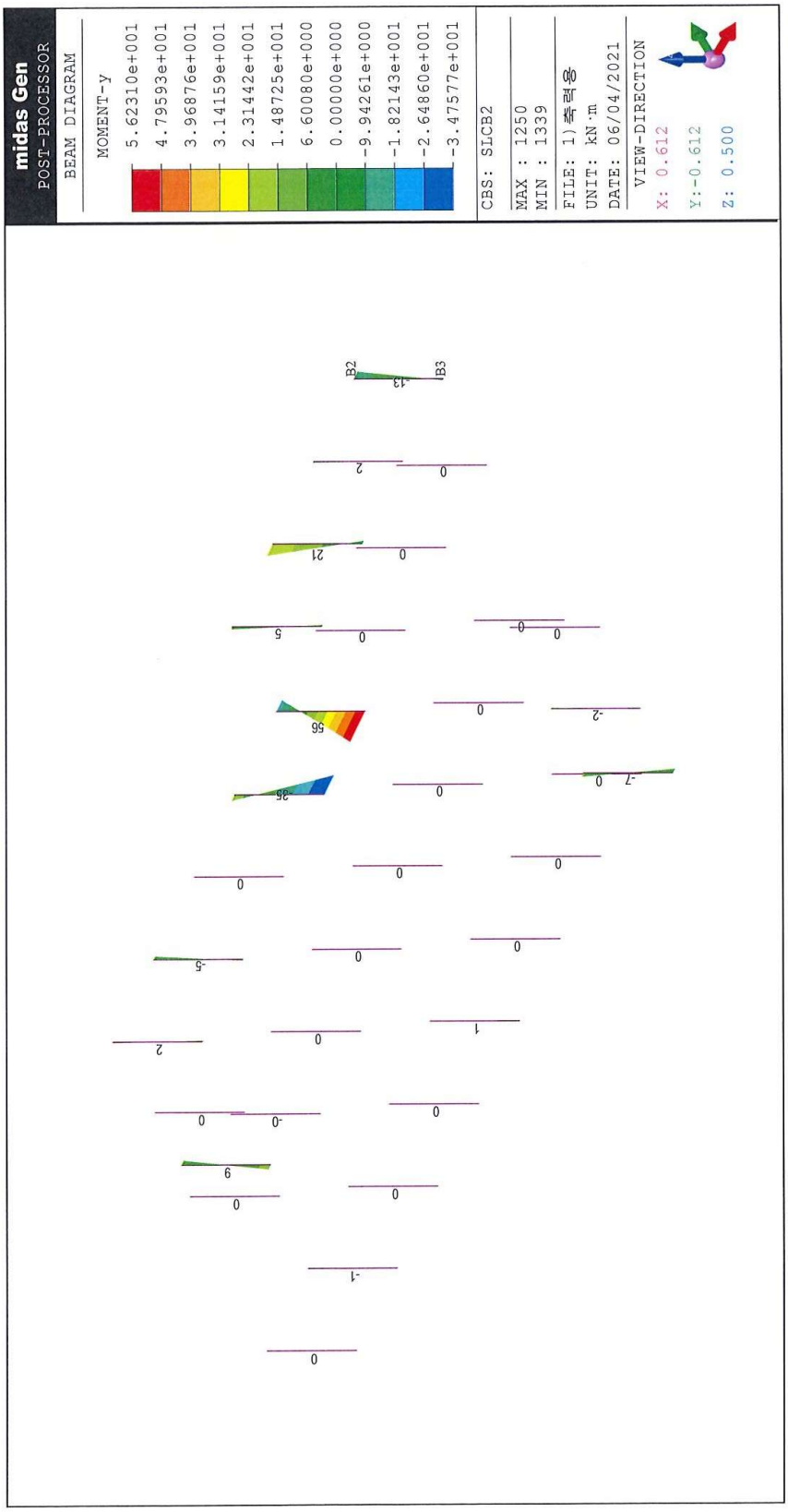
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-z
3.65772e+002
2.88303e+002
2.10834e+002
1.33366e+002
5.58969e+001
0.00000e+000
-9.90405e+001
-1.76509e+002
-2.53978e+002
-3.31447e+002
-4.08915e+002
-4.86384e+002
CBS: SLCB2
MAX : 795
MIN : 795
FILE: 1)축력용
UNIT: kN·m
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500

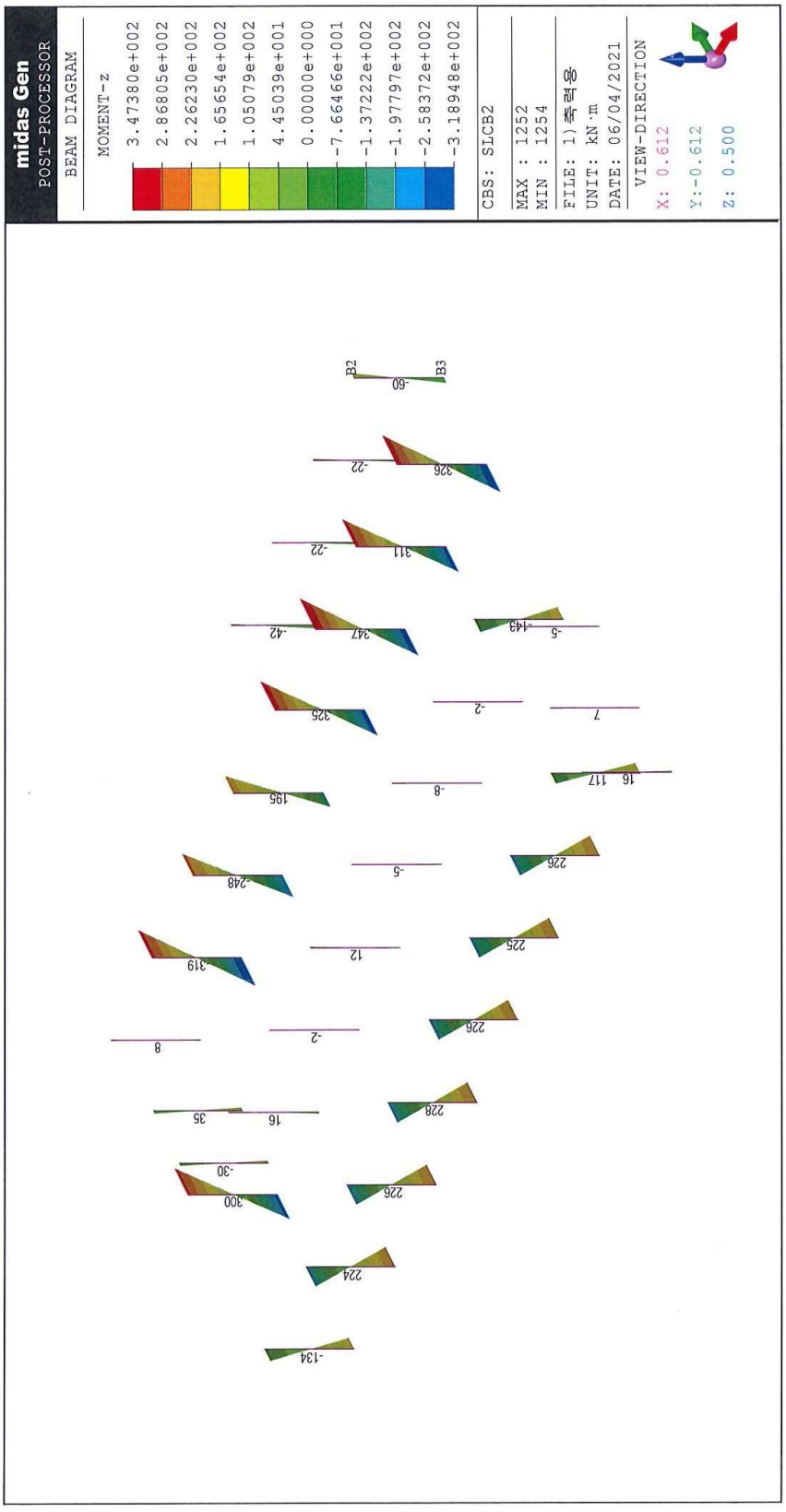
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
AXIAL
-3.96168e+001
-6.27773e+002
-1.21593e+003
-1.80409e+003
-2.39224e+003
-2.98040e+003
-3.56855e+003
-4.15671e+003
-4.74487e+003
-5.33302e+003
-5.92118e+003
-6.50934e+003
CBS: SLCB2
MAX : 1240
MIN : 1266
FILE: 1) 축력.sgn
UNIT: kN
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
B2
B3
-1688
-2394
-4854
-919
-4628
-63
-3161
-5786
-733
-2283
-6391
-723
-485
-3942
-3715
-6509
-5073
-6449
-5251
-4008
-6354
-5209
-676
-6399
-5237
-1465
-6307
-5275
-776
-2761
-5250
-5235
-4023

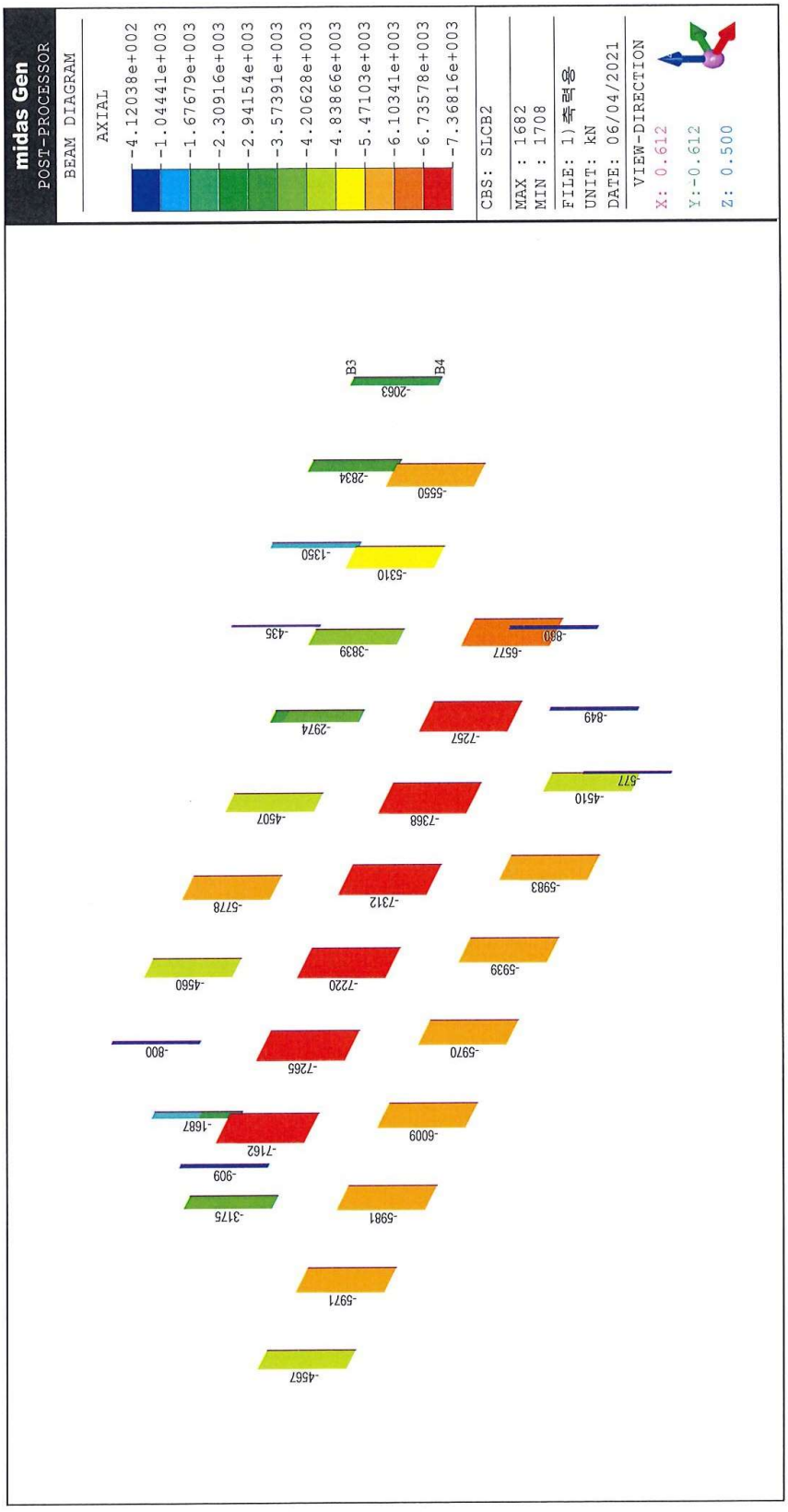
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-y
5.62310e+001
4.79593e+001
3.96876e+001
3.14159e+001
2.31442e+001
1.48725e+001
6.60080e+000
0.00000e+000
-9.94261e+000
-1.82143e+001
-2.64860e+001
-3.47577e+001
CBS: SLCB2
MAX : 1250
MIN : 1339
FILE: 1)축력용
UNIT: kN:m
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
B2
B3

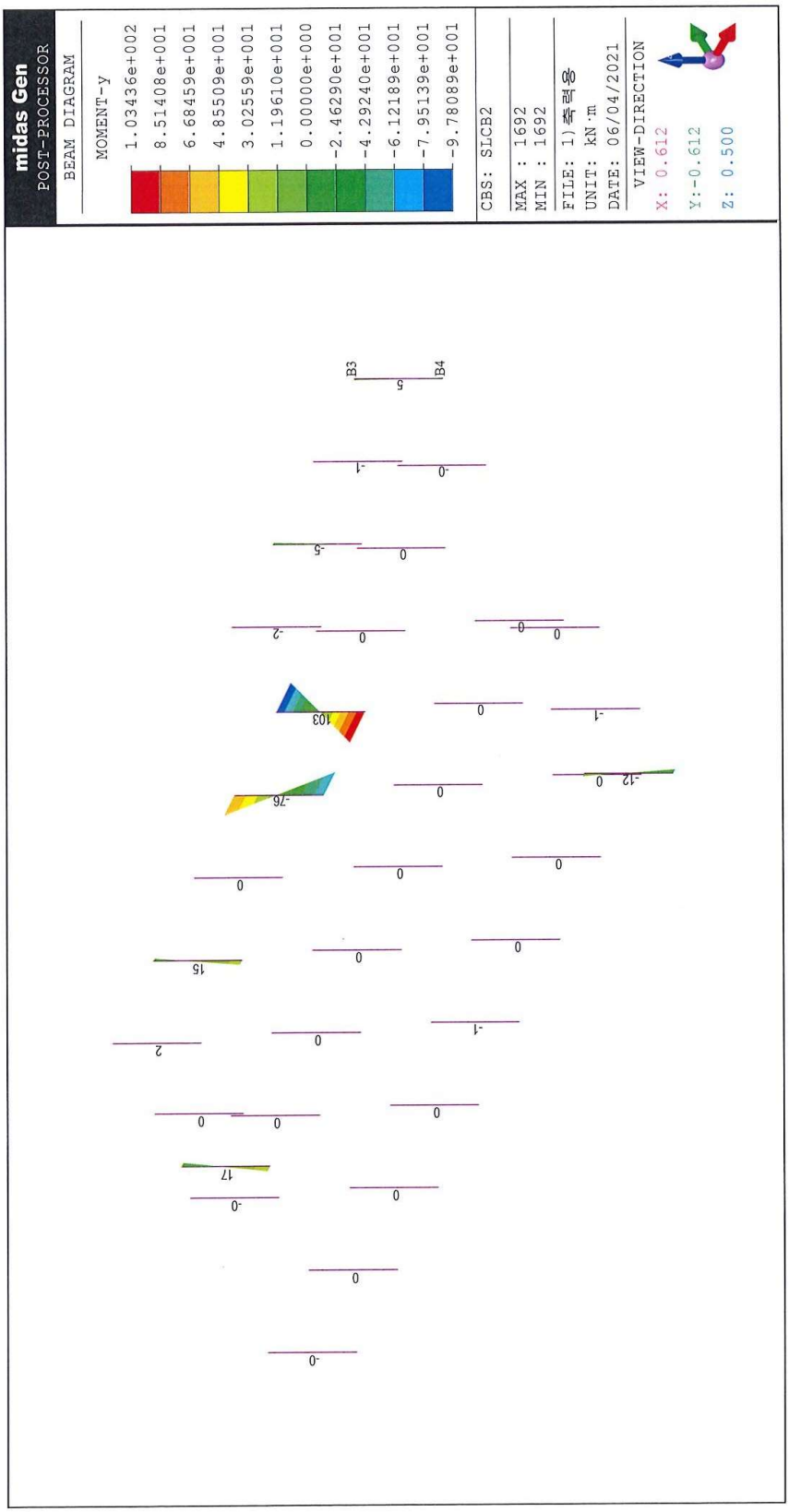
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-z
3.47380e+002
2.86805e+002
2.26230e+002
1.65654e+002
1.05079e+002
4.45039e+001
0.00000e+000
-7.66466e+001
-1.37222e+002
-1.97797e+002
-2.58372e+002
-3.18948e+002
CBS: SLCB2
MAX : 1252
MIN : 1254
FILE: 1)축력용
UNIT: kN:m
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500

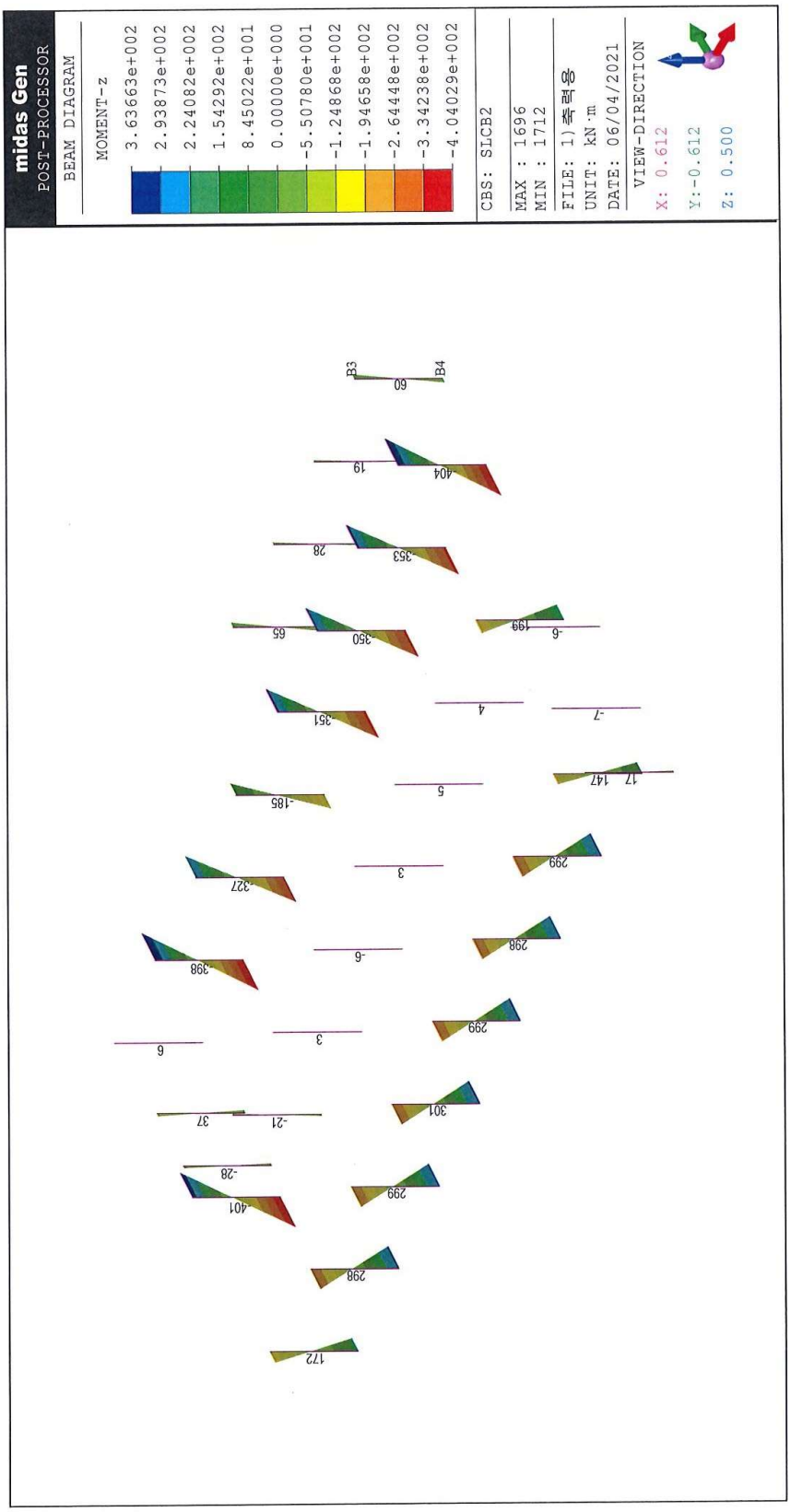
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
AXIAL
-4.12038e+002
-1.04441e+003
-1.67679e+003
-2.30916e+003
-2.94154e+003
-3.57391e+003
-4.20628e+003
-4.83866e+003
-5.47103e+003
-6.10341e+003
-6.73578e+003
-7.36816e+003
CBS: SLCB2
MAX : 1682
MIN : 1708
FILE: 1) 축력용
UNIT: kN
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
B3
B4
-2063
-2834
-5550
-1350
-5310
-435
-3839
-6577
-880
-2974
-7257
-849
-577
-4510
-4507
-7368
-5778
-7312
-5983
-4560
-7220
-5939
-800
-7265
-5970
-1687
-7162
-6009
-909
-3175
-5981
-5971
-4567

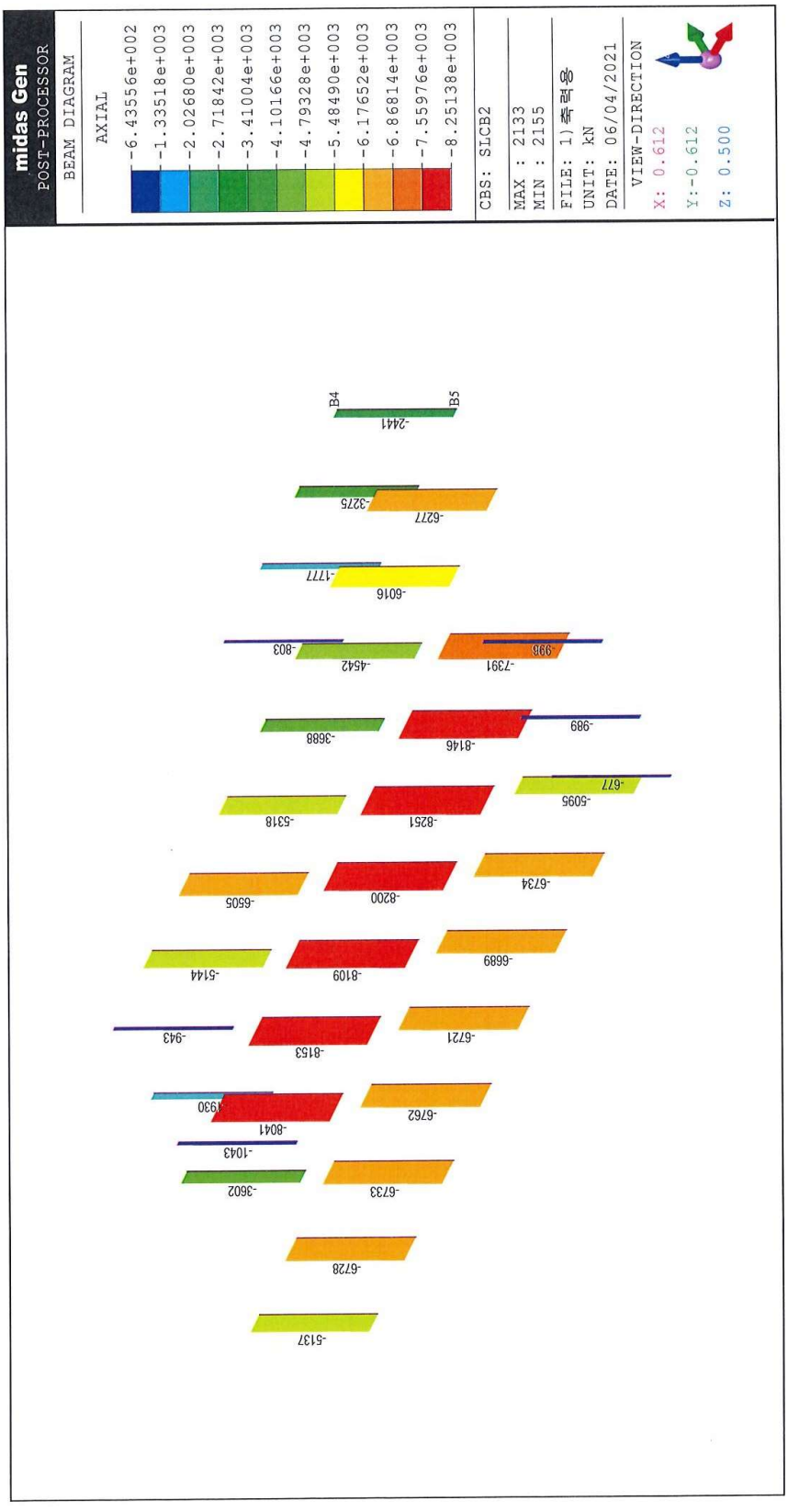
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-y
1.03436e+002
8.51408e+001
6.68459e+001
4.85509e+001
3.02559e+001
1.19610e+001
0.00000e+000
-2.46290e+001
-4.29240e+001
-6.12189e+001
-7.95139e+001
-9.78089e+001
CBS: SLCB2
MAX : 1692
MIN : 1692
FILE: 1)축력용
UNIT: kN·m
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
B3
B4

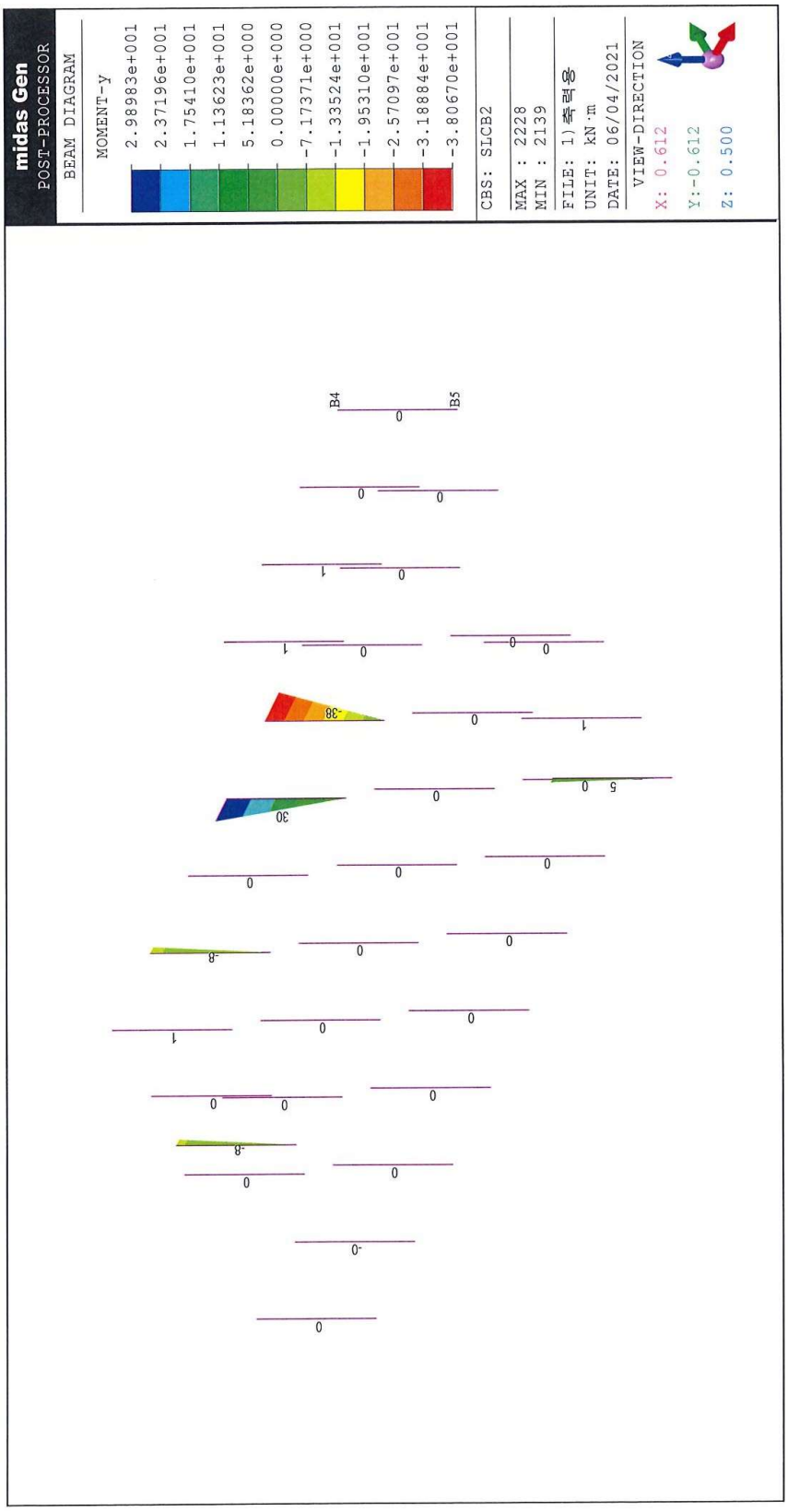
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-z
3.63663e+002
2.93873e+002
2.24082e+002
1.54292e+002
8.45022e+001
0.00000e+000
-5.50780e+001
-1.24868e+002
-1.94658e+002
-2.64448e+002
-3.34238e+002
-4.04029e+002
CBS: SLCB2
MAX : 1696
MIN : 1712
FILE: 1) 축력용
UNIT: kN:m
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
B3
B4
60
19
404
28
353
65
350
199
-6
351
4
-7
-185
5
17
147
-327
3
299
-398
-6
298
6
3
299
-21
37
301
-28
401
299
298
172

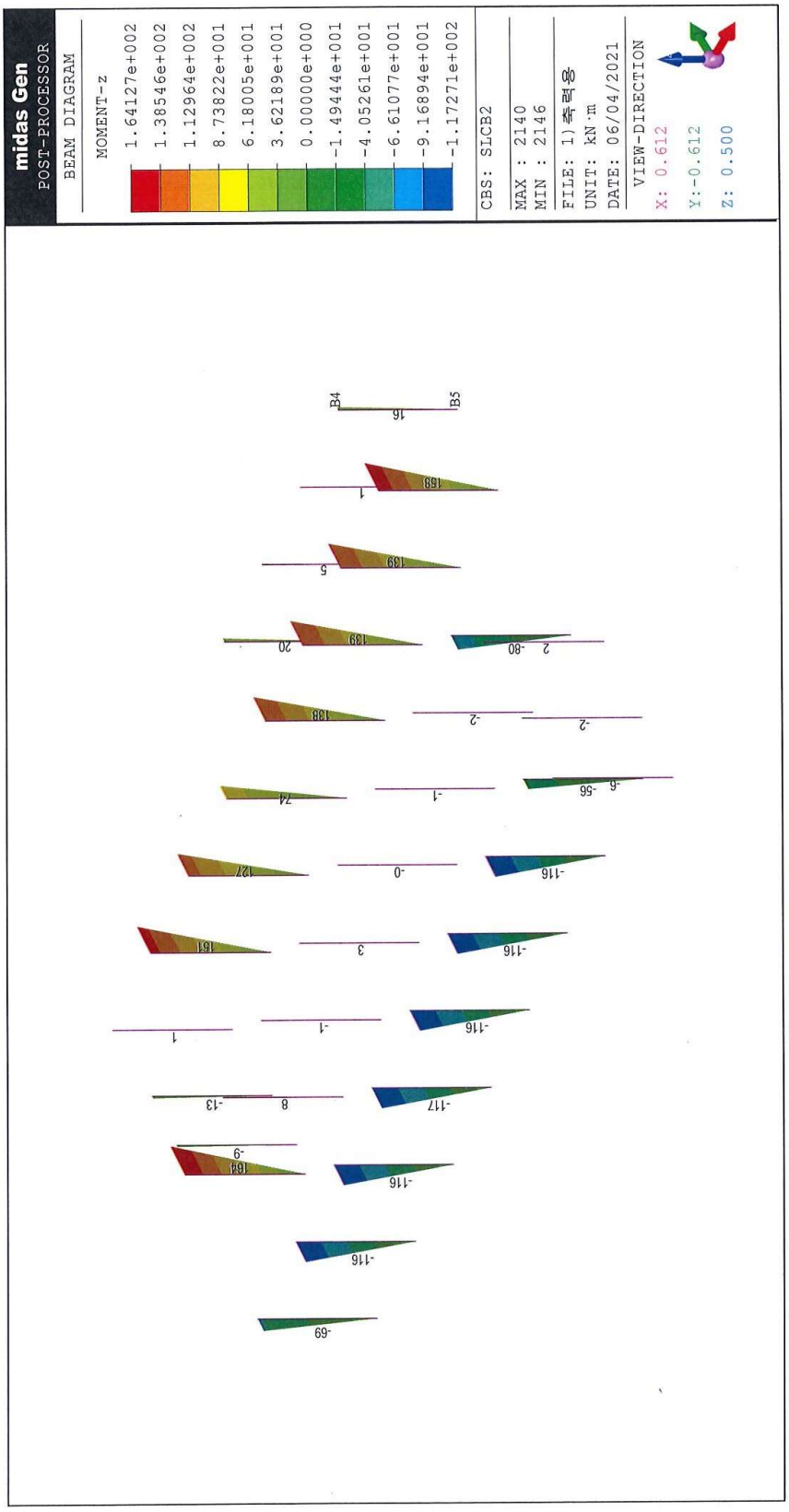
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
AXIAL
-6.43556e+002
-1.33518e+003
-2.02680e+003
-2.71842e+003
-3.41004e+003
-4.10166e+003
-4.79328e+003
-5.48490e+003
-6.17652e+003
-6.86814e+003
-7.55976e+003
-8.25138e+003
CBS: SLCB2
MAX : 2133
MIN : 2155
FILE: 1) 축력용
UNIT: kN
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
B4
B5
-2441
-3275
-6277
-1777
-6016
-803
-4542
-7391
998
-3688
-8146
989
-677
-5095
-5318
-8251
-6734
-6505
-8200
-5144
-8109
-6689
-943
-8153
-6721
-1930
-8041
-6762
-1043
-3602
-6733
-6728
-5137

10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-y
2.98983e+001
2.37196e+001
1.75410e+001
1.13623e+001
5.18362e+000
0.00000e+000
-7.17371e+000
-1.33524e+001
-1.95310e+001
-2.57097e+001
-3.18884e+001
-3.80670e+001
CBS: SLCB2
MAX : 2228
MIN : 2139
FILE: 1)축력용
UNIT: kN·m
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
B4
B5

10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-z
1.64127e+002
1.38546e+002
1.12964e+002
8.73822e+001
6.18005e+001
3.62189e+001
0.00000e+000
-1.49444e+001
-4.05261e+001
-6.61077e+001
-9.16894e+001
-1.17271e+002
CBS: SLCB2
MAX : 2140
MIN : 2146
FILE: 1)축력용
UNIT: kN·m
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
B4
B5

10.7 설계도서

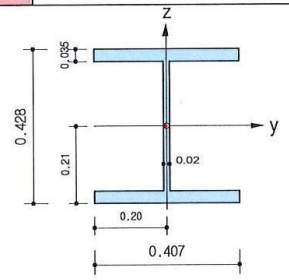
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\1)축력용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 1684
Material SM355 (No:301)
(Fy = 345000, Es = 210000000)
Section Name TC1 (No:301)
(Rolled : H 428x407x20/35).
Member Length : 6.90000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -2811.5 (LCB: 2, POS:J)
Bending Moments My = -0.5631, Mz = 44.1769
End Moments Myi = 0.11960, Myj = -0.5266 (for Lb)
Myi = 0.11960, Myj = -0.5266 (for Ly)
Mzi = -11.061, Mzj = 19.3305 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -0.4537 (LCB: 3, POS:1/2)
Fzz = 0.02464 (LCB: 3, POS:1/2)

Depth	0.42800	Web Thick	0.02000
Top F Width	0.40700	Top F Thick	0.03500
Bot.F Width	0.40700	Bot.F Thick	0.03500
Area	0.03607	Asz	0.00856
Qyb	0.15598	Qzb	0.02071
Iyy	0.00119	Izz	0.00039
Ybar	0.20350	Zbar	0.21400
Syy	0.00557	Szz	0.00193
ry	0.18200	rz	0.10400

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 16.8000, Lz = 16.8000, Lb = 16.8000
Effective Length Factors Ky = 0.80, Kz = 0.80
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 129.2 < 200.0 (Memb:1684, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 2811.50/3533.26 = 0.796 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 0.56/1436.85 = 0.000 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 44.177/912.870 = 0.048 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.80 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.839 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.001 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.000 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 500.0 = 0.0096 > 0.0000 (Memb:347, LCB: 4, Dir-Y)..... O.K

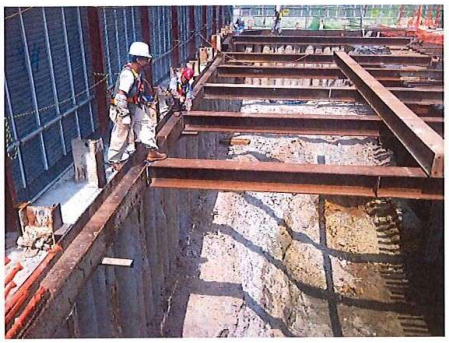
Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 13:40

10.7 설계도서

2.가설부재 검토

시공중 토사반출구, 코아, 램프부위 등 OPEN 형성에 따른 슬래브의 안전성과 가설부재의 안전성을 검토함.



* 추가 OPEN 및 Zoning 계획에 의한 편토압에 대해서는 현장계획 확인후 재검토후, 슬래브 인장응력 발생구간은 균열방지 최소화 위해 배력근 직경 및 간격 조정검토 필요

* 지하층 슬래브 타설후 터파기 가능 시점은 설계강도의 2/3이상 확보시 가능함.

10.7 설계도서

1.검토조건 및 설계하중

10.7 설계도서

1. 검토조건 및 설계하중

역타 시공시 작업구 등으로 인한 슬래브 OPEN부위는 토압 작용시 취약부위이므로 정밀해석을 통해 구조물이 안전한지 검토하였고 가설 보강계획을 수립하였다.

해석대상은 지하층 OPEN계획과 토압을 고려하여 지상1층~지하4층 을 MIDAS GEN을 이용하여 유한요소 모델로 해석을 수행하였다.

해석시 고려사항으로 우선 해석 모델링시 슬래브 두께 및 콘크리트 강도는 원 구조사의 값을 반영하였다.

시공중 편토압을 고려하여 해석을 수행하였으며, 토압은 토목 흙막이 설계 보고서에서 평가한 슬래브 축력을 이용하여 구조물에 Line Load형태로 재하하여 해석하였다.

10.7 설계도서

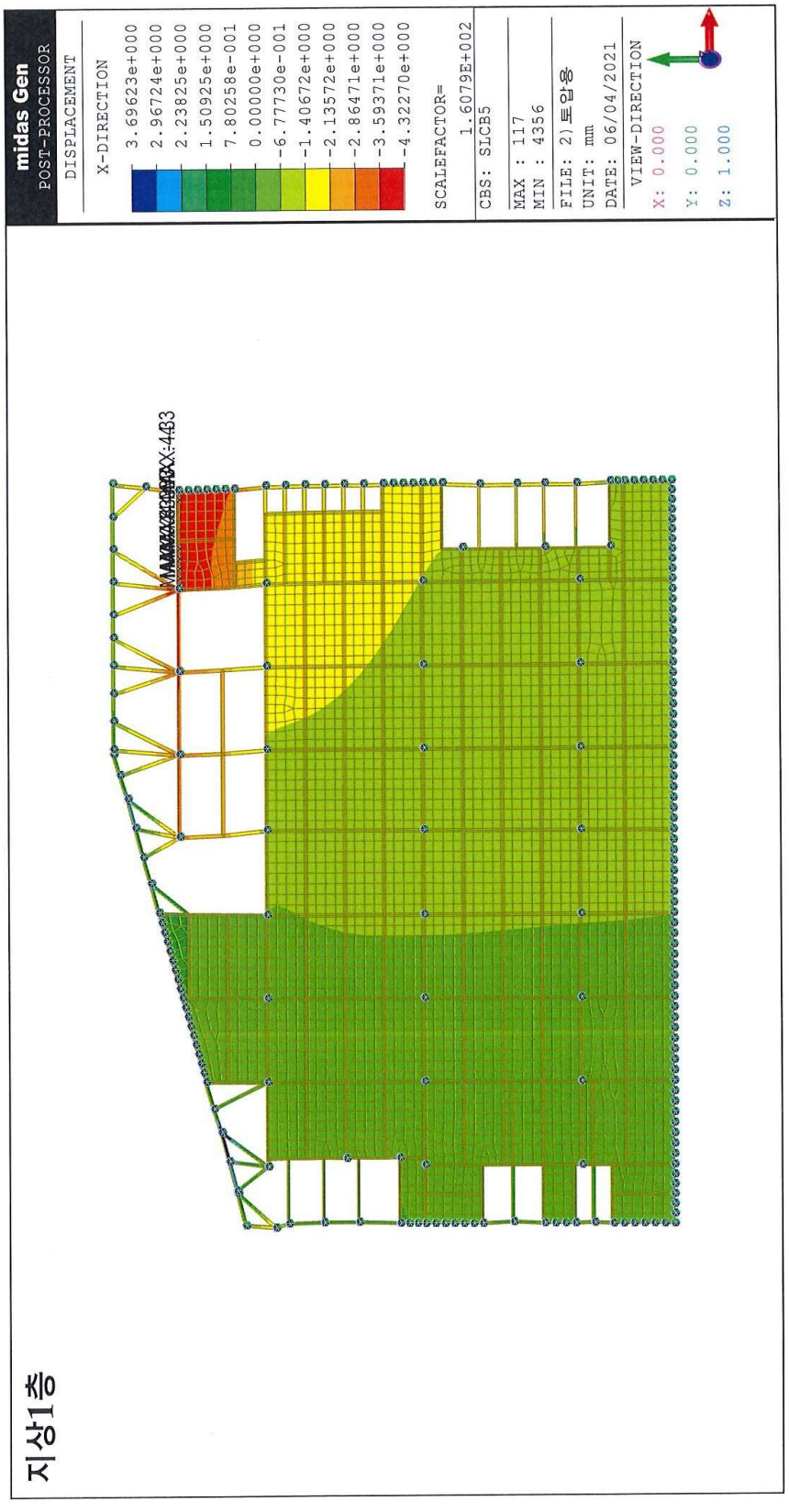
구분		A-L			A-R			B-L			B-R		
		지보재	굴착	축력	지보재	굴착	축력	지보재	굴착	축력	지보재	굴착	축력
1단굴착	SLAB 지상1층	0.94	2.44	25.2	0.50	2.00	56.10	2.25	3.75	122.40	2.17	3.67	114.90
2단굴착	SLAB 지하 1층	5.74	7.24	179.3	5.30	6.80	187.40	5.45	6.95	136.60	5.37	6.87	112.70
3단굴착	SLAB 지하 2층	9.54	11.04	305	9.10	10.60	321.70	9.25	10.75	326.80	9.17	10.67	298.60
4단굴착	SLAB 지하 3층	16.54	18.04	847.4	16.10	17.60	812.00	16.25	17.75	841.00	16.17	17.67	809.30
5단굴착	SLAB 지하 4층	23.44	24.94	1118.8	23.00	24.50	957.70	23.25	24.75	1243.30	23.17	24.67	674.10
6단굴착	T/F 지하 5층	28.10	28.60	700.3	27.66	28.16	485.40	28.01	28.51	1039.30	27.93	28.43	297.60
최종굴착		33.10	33.10		32.65	32.65		33.01	33.01		33.93	33.93	

지보재	축력
1단SLAB	150
2단SLAB	200
3단SLAB	350
4단SLAB	850
5단SLAB	1,150
6단T/F	750

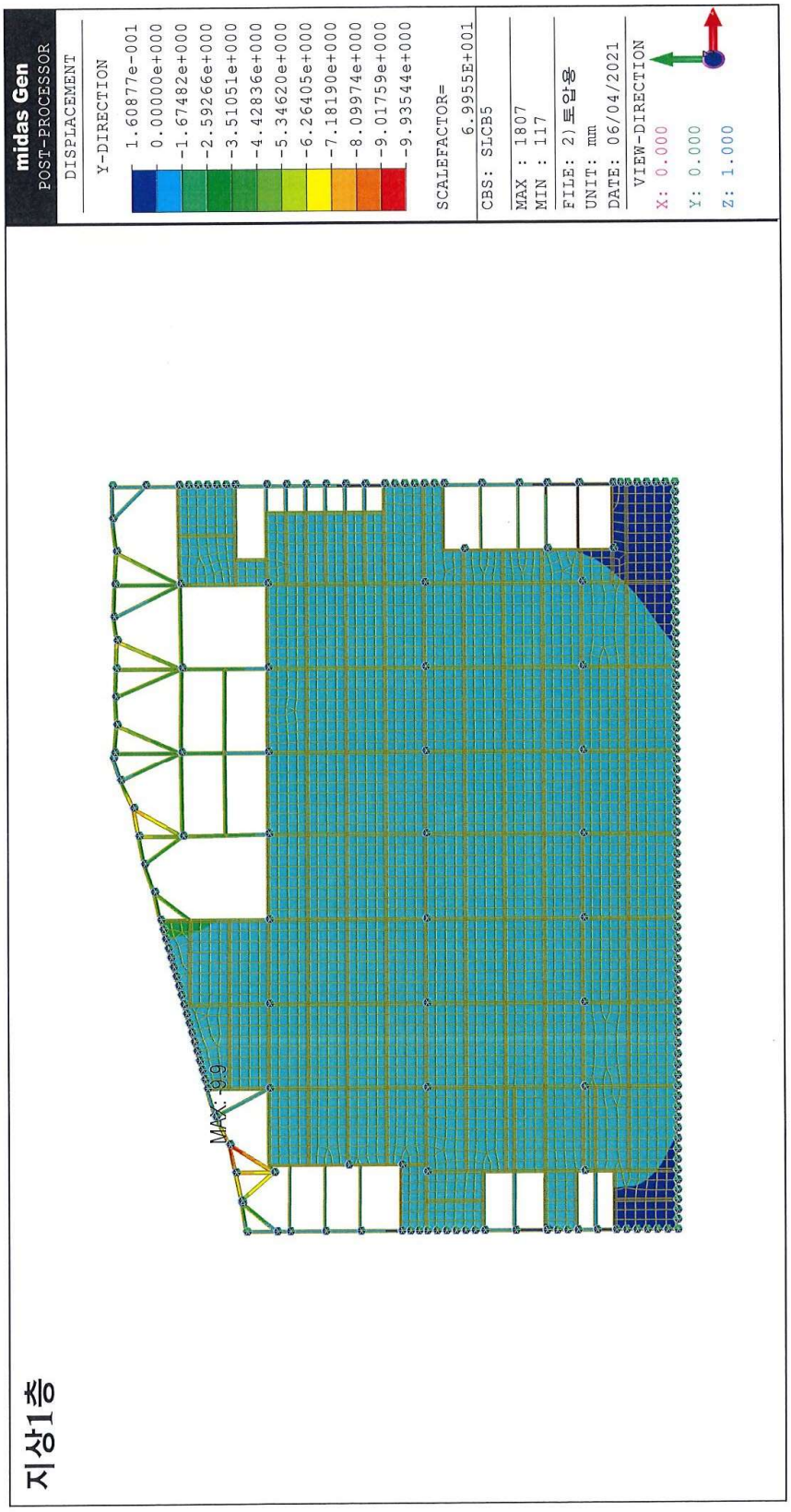
10.7 설계도서

2.검토근거

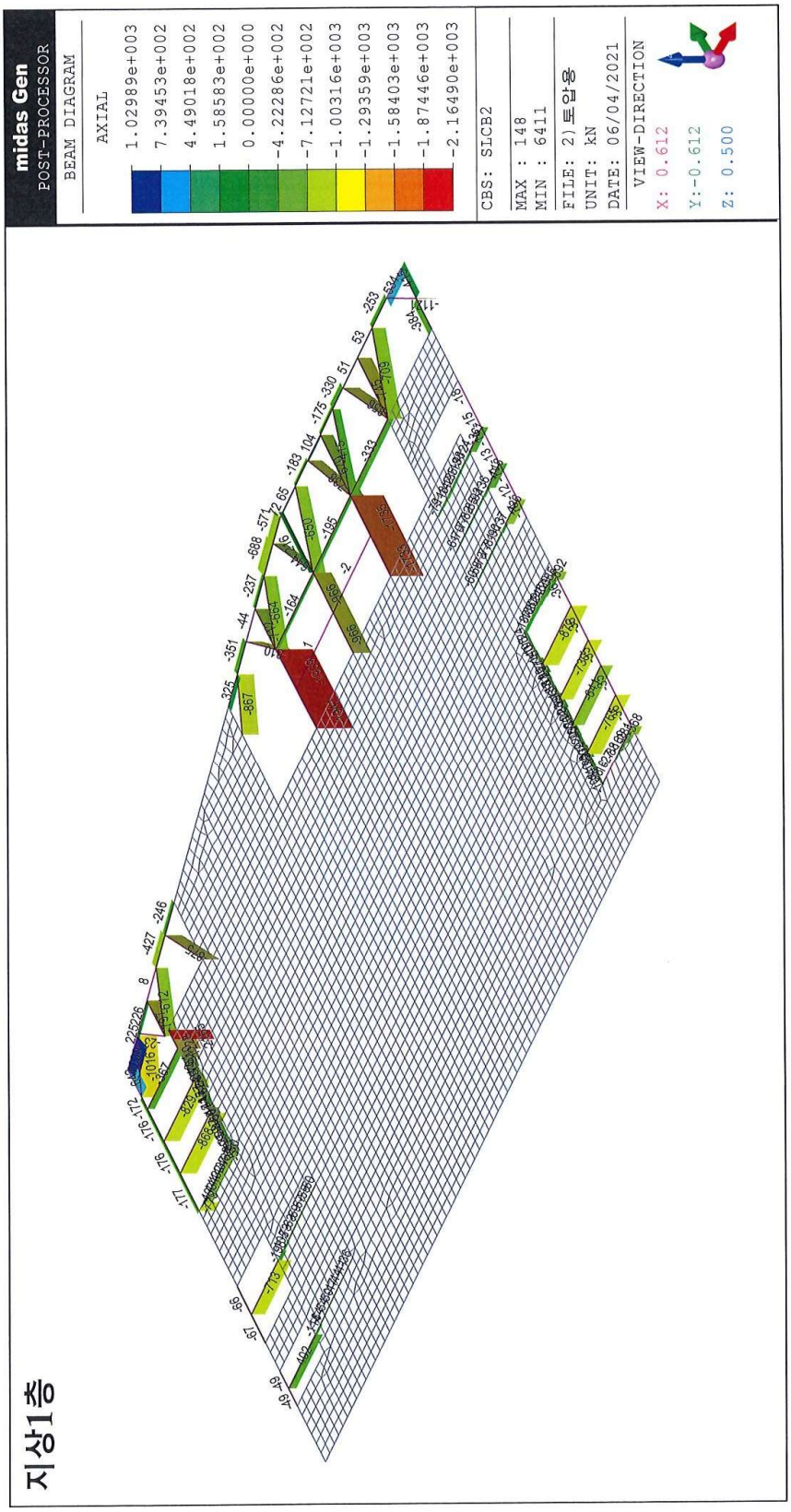
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
DISPLACEMENT
X-DIRECTION
3.69623e+000
2.96724e+000
2.23825e+000
1.50925e+000
7.80258e-001
0.00000e+000
-6.77730e-001
-1.40672e+000
-2.13572e+000
-2.86471e+000
-3.59371e+000
-4.32270e+000
SCALEFACTOR= 1.6079E+002
CBS: SLCB5
MAX : 117
MIN : 4356
FILE: 2)토압용
UNIT: mm
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000
지상1층

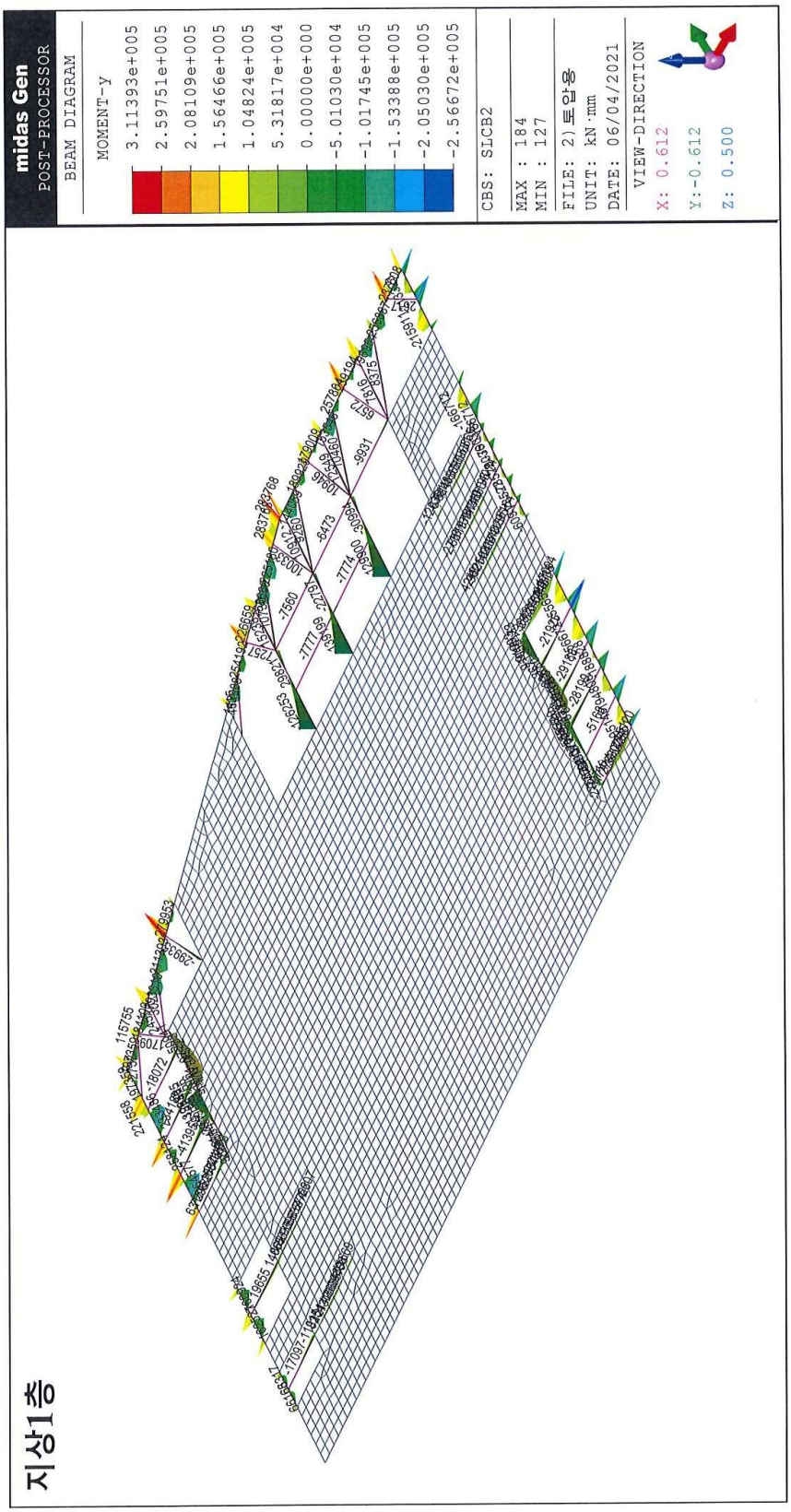
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
DISPLACEMENT
Y-DIRECTION
1.60877e-001
0.00000e+000
-1.67482e+000
-2.59266e+000
-3.51051e+000
-4.42836e+000
-5.34620e+000
-6.26405e+000
-7.18190e+000
-8.09974e+000
-9.01759e+000
-9.93544e+000
SCALEFACTOR= 6.9955E+001
CBS: SLCB5
MAX : 1807
MIN : 117
FILE: 2)토압용
UNIT: mm
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000
MAX: 1807
지상1층

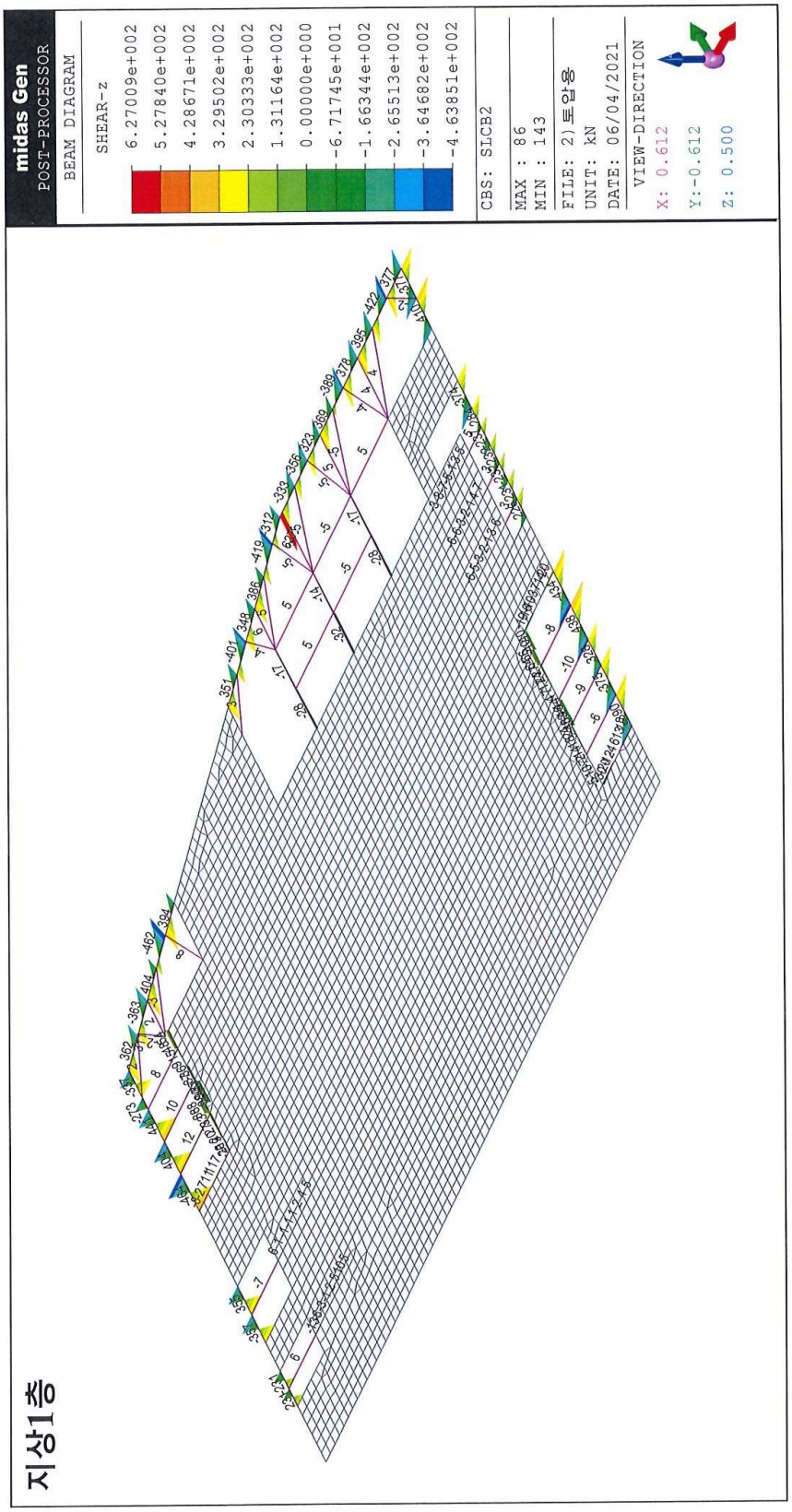
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
AXIAL
1.02989e+003
7.39453e+002
4.49018e+002
1.58583e+002
0.00000e+000
-4.22286e+002
-7.12721e+002
-1.00316e+003
-1.29359e+003
-1.58403e+003
-1.87446e+003
-2.16490e+003
CBS: SLCB2
MAX : 148
MIN : 6411
FILE: 2)토압용
UNIT: kN
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
지상1층

10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-y
3.11393e+005
2.59751e+005
2.08109e+005
1.56466e+005
1.04824e+005
5.31817e+004
0.00000e+000
-5.01030e+004
-1.01745e+005
-1.53388e+005
-2.05030e+005
-2.56672e+005
CBS: SLCB2
MAX : 184
MIN : 127
FILE: 2)토압용
UNIT: kN·mm
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
지상1층

10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
SHEAR-z
6.27009e+002
5.27840e+002
4.28671e+002
3.29502e+002
2.30333e+002
1.31164e+002
0.00000e+000
-6.71745e+001
-1.66344e+002
-2.65513e+002
-3.64682e+002
-4.63851e+002
CBS: SLCB2
MAX : 86
MIN : 143
FILE: 2)토압용
UNIT: kN
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
지상1층

10.7 설계도서

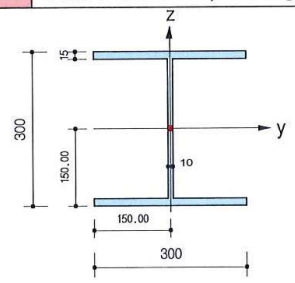
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, mm
Member No 24827
Material SM355 (No:200)
(Fy = 0.35500, Es = 210.000)
Section Name 1ST1 (No:202)
(Rolled : H 300x300x10/15).
Member Length : 6902.25



Depth	300.000	Web Thick	10.0000
Top F Width	300.000	Top F Thick	15.0000
Bot.F Width	300.000	Bot.F Thick	15.0000
Area	11980.0	Asz	3000.00
Qyb	73237.5	Qzb	11250.0
Iyy	204000000	Izz	67500000
Ybar	150.000	Zbar	150.000
Syy	1360000	Szz	450000
ry	131.000	rz	75.1000

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -856.49 (LCB: 2, POS:J)
Bending Moments My = 4.77994, Mz = 18610.0
End Moments Myi = -41.753, Myj = 4.32221 (for Lb)
Myi = -41.753, Myj = 4.32221 (for Ly)
Mzi = -17574, Mzj = 18610.0 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -5.2423 (LCB: 3, POS:1/2)
Fzz = -4.4636 (LCB: 1, POS:I)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6902.25, Lz = 6902.25, Lb = 6902.25
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 91.9 < 200.0 (Memb:24827, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 856.49/2088.98 = 0.410 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 5/ 389365 = 0.000 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 18610/ 212614 = 0.088 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.41 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.488 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.003 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.007 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 18.3389 > 1.0068 (Memb:190, LCB: 5, POS:3056.5mm, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 13:48

10.7 설계도서

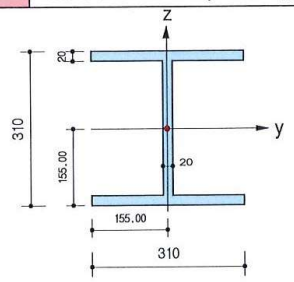
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

Company		Project Title	
Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, mm
Member No 155
Material SM355 (No:200)
(Fy = 0.34500, Es = 210.000)
Section Name 1ST2 (No:203)
(Rolled : H 310x310x20/20).
Member Length : 8201.37



Depth	310.000	Web Thick	20.0000
Top F Width	310.000	Top F Thick	20.0000
Bot.F Width	310.000	Bot.F Thick	20.0000
Area	18080.0	Asz	6200.00
Qyb	54062.5	Qzb	12012.5
Iyy	299000000	Izz	100000000
Ybar	155.000	Zbar	155.000
Syy	1930000	Szz	645000
ry	129.000	rz	74.4000

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -1940.6 (LCB: 2, POS:I)
Bending Moments My = -159676, Mz = 16668.2
End Moments Myi = -126253, Myj = -27465 (for Lb)
Myi = -126253, Myj = 29821.4 (for Ly)
Mzi = 16668.2, Mzj = -6387.2 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 6.34716 (LCB: 3, POS:1/2)
Fzz = -32.101 (LCB: 1, POS:I)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 8201.37, Lz = 4100.69, Lb = 4100.69
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 63.6 < 200.0 (Memb:155, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 1940.56/4236.04 = 0.458 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 159676/ 651832 = 0.245 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 16668/ 306774 = 0.054 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.46 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.724 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.003 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.025 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 27.3333 > 4.4121 (Memb:101, LCB: 5, POS:2961.1mm, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 13:48

10.7 설계도서

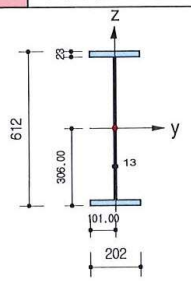
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, mm
Member No 141
Material SM355 (No:200)
(Fy = 0.34500, Es = 210.000)
Section Name 1ST3 (No:204)
(Rolled : H 612x202x13/23).
Member Length : 6150.00



Depth	612.000	Web Thick	13.0000
Top F Width	202.000	Top F Thick	23.0000
Bot.F Width	202.000	Bot.F Thick	23.0000
Area	17070.0	Asz	7956.00
Qyb	145294	Qzb	5100.50
Iyy	1030000000	Izz	31800000
Ybar	101.000	Zbar	306.000
Syy	3380000	Szz	314000
ry	246.000	rz	43.1000

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -868.05 (LCB: 2, POS:J)
Bending Moments My = -42039, Mz = 3712.98
End Moments Myi = 5.68752, Myj = -41395 (for Lb)
Myi = 5.68752, Myj = -41395 (for Ly)
Mzi = -6452.9, Mzj = 3712.98 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -1.6530 (LCB: 3, POS:1/2)
Fzz = 13.5107 (LCB: 1, POS:J)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6150.00, Lz = 6150.00, Lb = 6150.00
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 142.7 < 200.0 (Memb:141, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 868.05/1371.51 = 0.633 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 42039/ 670436 = 0.063 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 3713/ 153126 = 0.024 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.63 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.710 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.001 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.008 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 20.5000 > 0.2692 (Memb:141, LCB: 5, POS:3758.3mm, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 13:48

10.7 설계도서

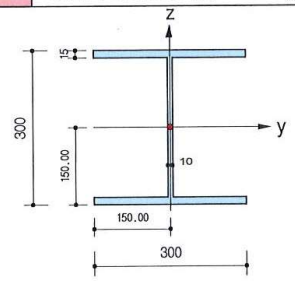
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, mm
Member No 86
Material SM355 (No:400)
(Fy = 0.35500, Es = 210.000)
Section Name 1WA1 (No:401)
(Rolled : H 300x300x10/15).
Member Length : 500.000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = 72.0509 (LCB: 3, POS:I)
Bending Moments My = 283768, Mz = 147.353
End Moments Myi = 283768, Myj = 263.323 (for Lb)
Myi = 283768, Myj = 263.323 (for Ly)
Mzi = 147.353, Mzj = -375.62 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 1.94981 (LCB: 1, POS:J)
Fzz = 627.009 (LCB: 3, POS:I)

Depth	300.000	Web Thick	10.0000
Top F Width	300.000	Top F Thick	15.0000
Bot.F Width	300.000	Bot.F Thick	15.0000
Area	11980.0	Asz	3000.00
Qyb	73237.5	Qzb	11250.0
Iyy	204000000	Izz	67500000
Ybar	150.000	Zbar	150.000
Syy	1360000	Szz	450000
ry	131.000	rz	75.1000

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 500.000, Lz = 500.000, Lb = 500.000
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 51.3 < 200.0 (Memb:143, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 72.05/3827.61 = 0.019 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 283768/ 470452 = 0.603 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 147/ 212614 = 0.001 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Tension+Bending)
Pu/phiPn = 0.02 < 0.20
Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.614 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.001 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.981 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 12.8333 > 0.0587 (Memb:143, LCB: 5, POS:1925.0mm, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 13:48

10.7 설계도서

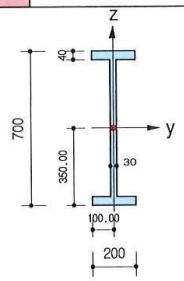
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, mm
Member No 140
Material SM355 (No:600)
(Fy = 0.34500, Es = 210.000)
Section Name 1SWG1 (No:601)
(Rolled : 1SWG1).
Member Length : 1900.00



Depth	700.000	Web Thick	30.0000
Top F Width	200.000	Top F Thick	40.0000
Bot.F Width	200.000	Bot.F Thick	40.0000
Area	34600.0	Asz	21000.0
Qyb	136050	Qzb	5000.00
Iyy	2340353333	Izz	54728333
Ybar	100.000	Zbar	350.000
Syy	6686724	Szz	547283
ry	260.077	rz	39.7711

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -2164.9 (LCB: 2, POS:J)
Bending Moments My = 764.729, Mz = 177188
End Moments Myi = 50940.8, Myj = 763.497 (for Lb)
Myi = 97202.8, Myj = 763.497 (for Ly)
Mzi = -85117, Mzj = 177188 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -276.11 (LCB: 3, POS:1/2)
Fzz = 63.3924 (LCB: 1, POS:J)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 1900.00, Lz = 950.000, Lb = 950.000
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 29.7 < 200.0 (Memb:114, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 2164.90/9959.47 = 0.217 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 765/2534611 = 0.000 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 177188/ 271890 = 0.652 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.22 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.797 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.093 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.016 < 1.000 ..... O.K

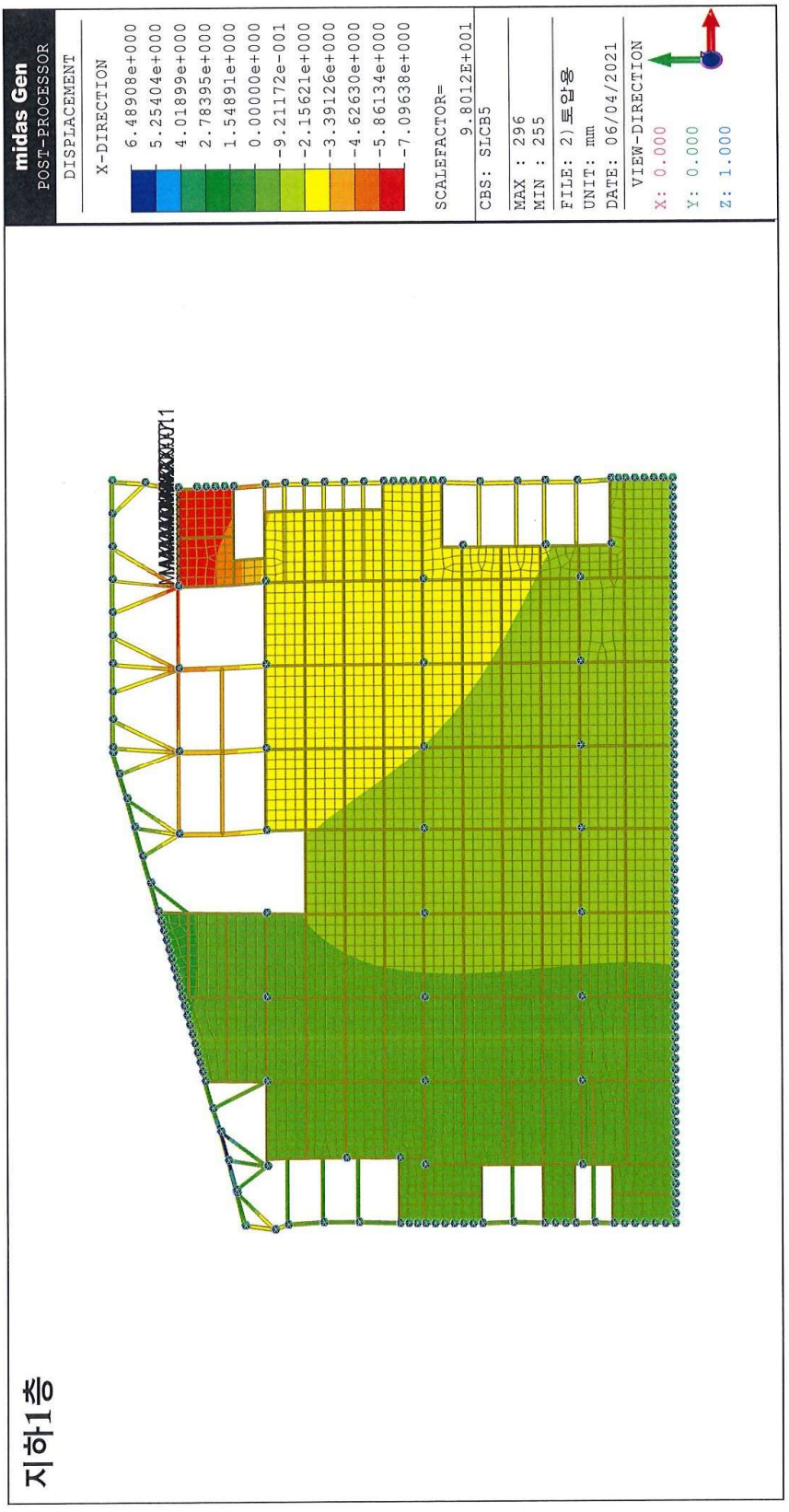
5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 25.7187 > 0.5916 (Memb:114, LCB: 5, POS:3640.4mm, Dir-Z)..... O.K

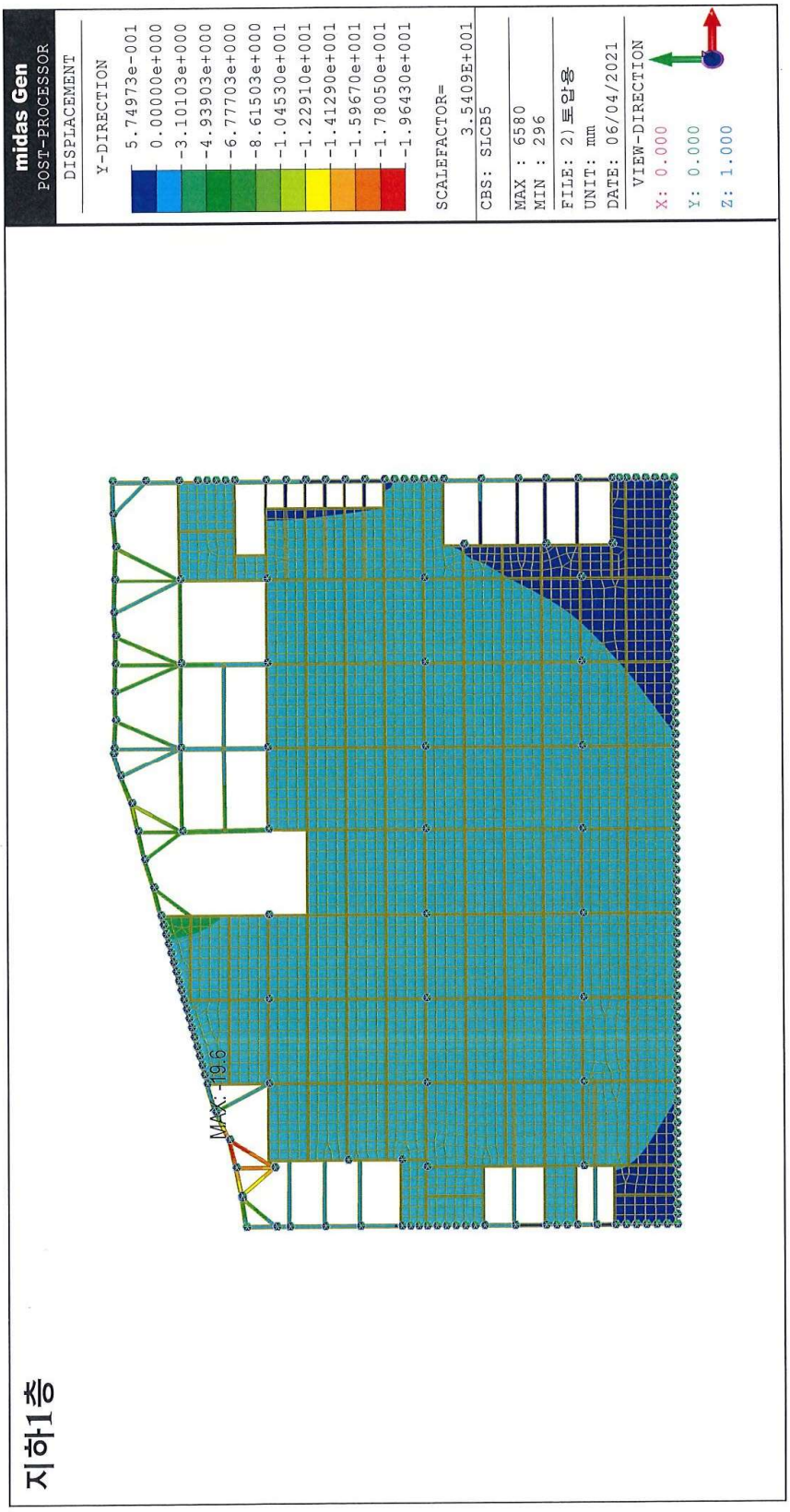
Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 13:48

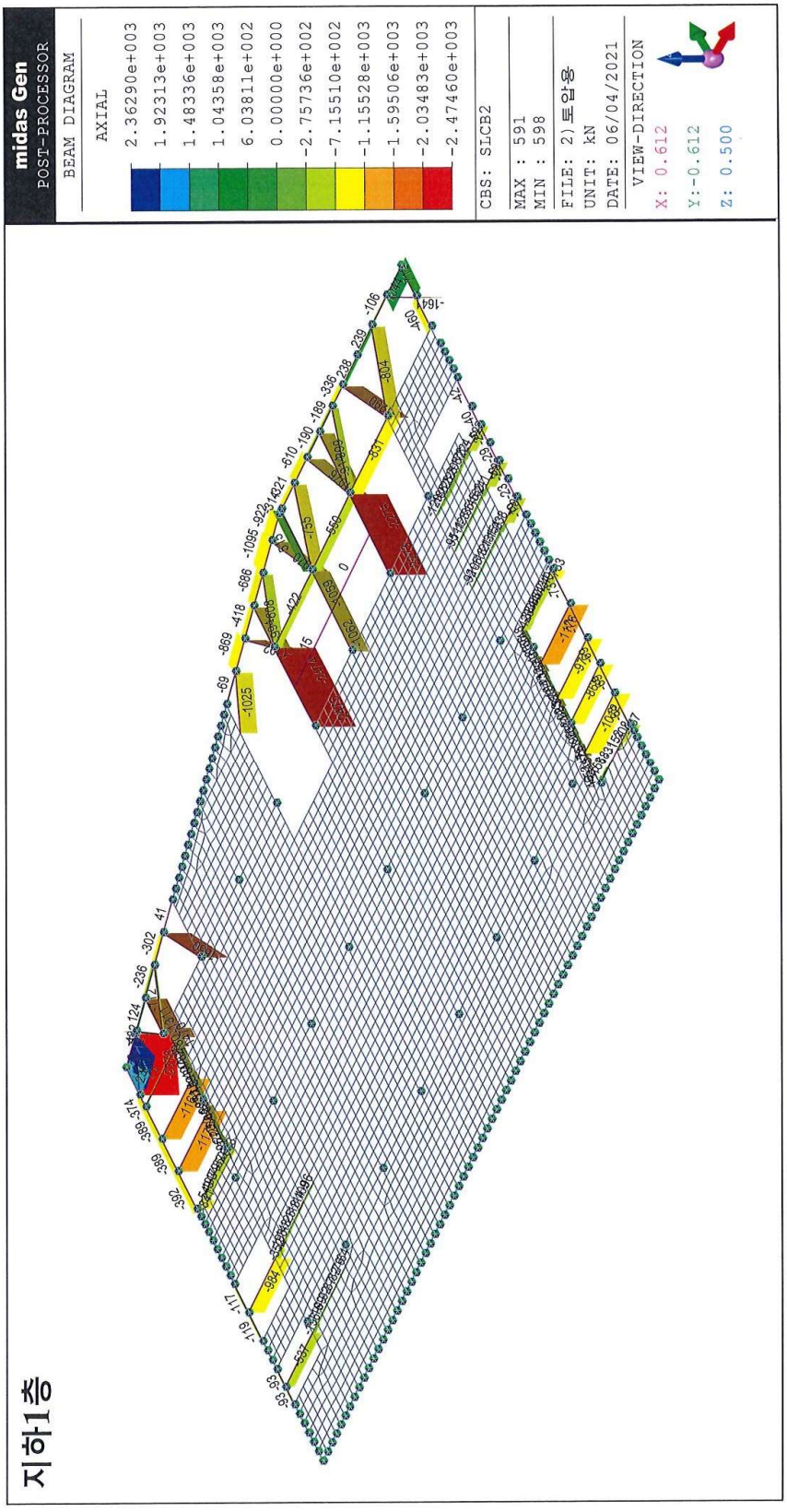
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
DISPLACEMENT
X-DIRECTION
6.48908e+000
5.25404e+000
4.01899e+000
2.78395e+000
1.54891e+000
0.00000e+000
-9.21172e-001
-2.15621e+000
-3.39126e+000
-4.62630e+000
-5.86134e+000
-7.09638e+000
SCALEFACTOR=
9.8012E+001
CBS: SICB5
MAX : 296
MIN : 255
FILE: 2)토압용
UNIT: mm
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000
지하1층

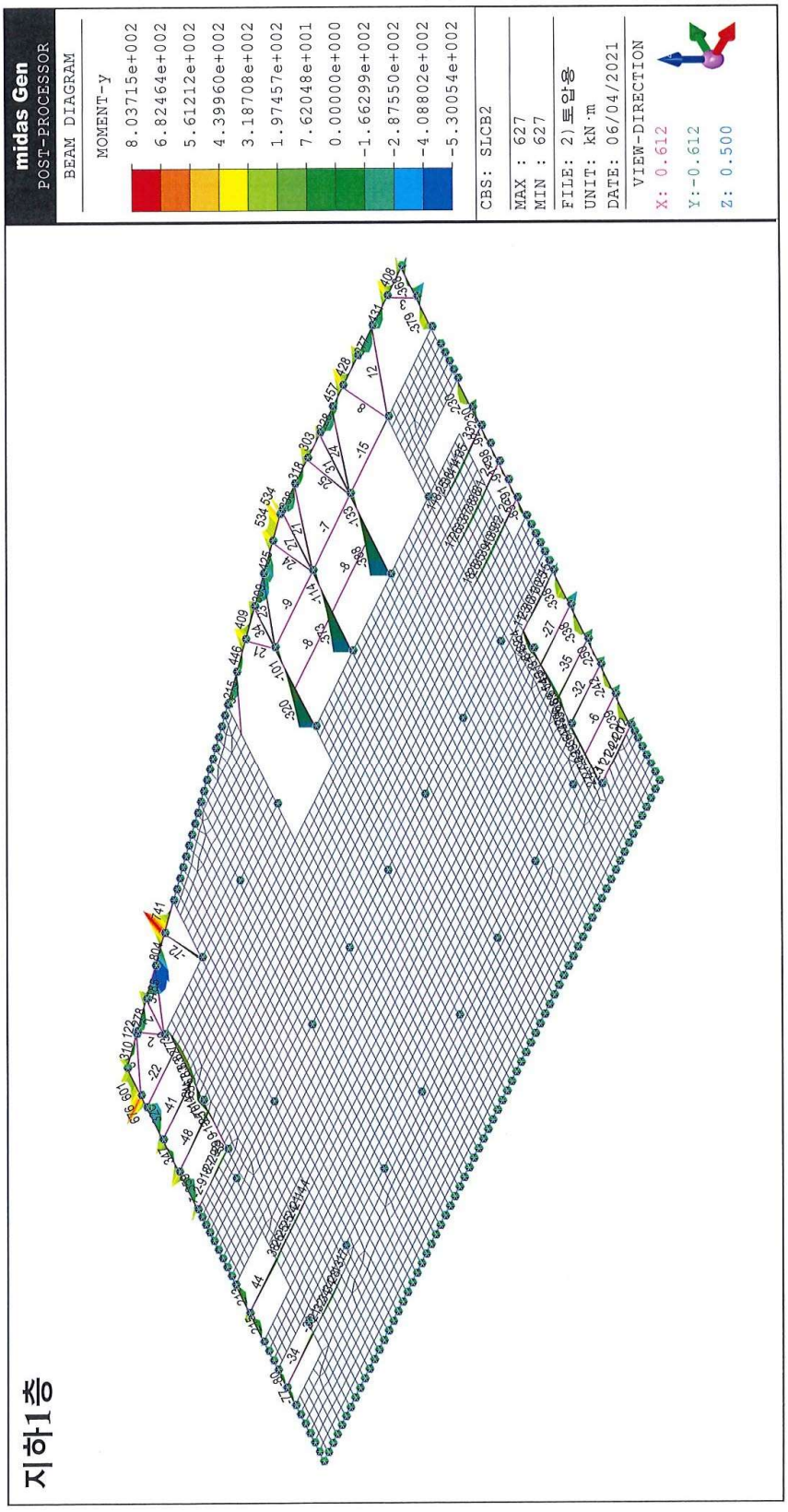
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
DISPLACEMENT
Y-DIRECTION
5.74973e-001
0.00000e+000
-3.10103e+000
-4.93903e+000
-6.77703e+000
-8.61503e+000
-1.04530e+001
-1.22910e+001
-1.41290e+001
-1.59670e+001
-1.78050e+001
-1.96430e+001
SCALEFACTOR= 3.5409E+001
CBS: SLCB5
MAX : 6580
MIN : 296
FILE: 2)토압용
UNIT: mm
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000
MAX: 19.6
지하1층

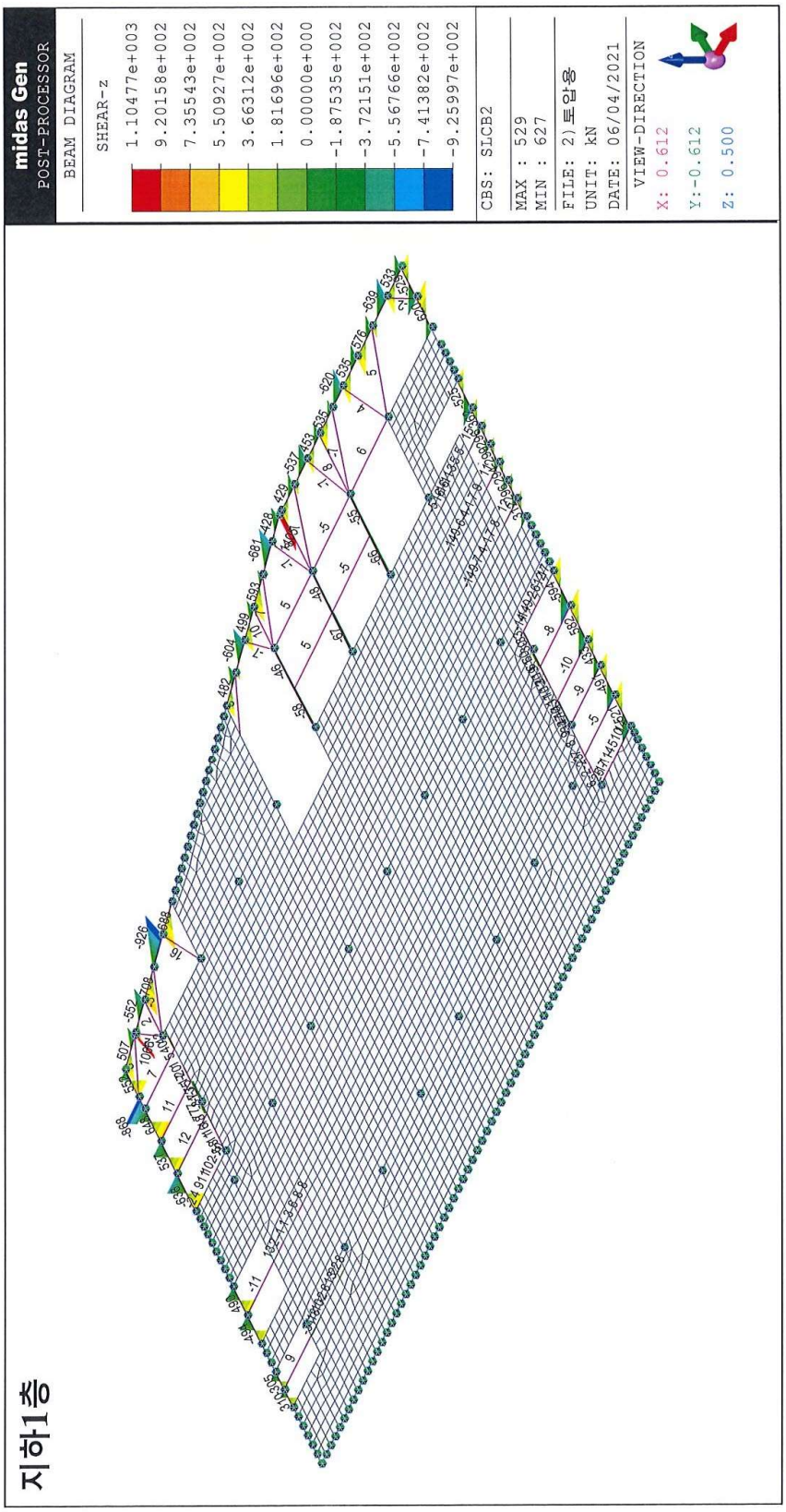
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
AXIAL
2.36290e+003
1.92313e+003
1.48336e+003
1.04358e+003
6.03811e+002
0.00000e+000
-2.75736e+002
-7.15510e+002
-1.15528e+003
-1.59506e+003
-2.03483e+003
-2.47460e+003
CBS: SLCB2
MAX : 591
MIN : 598
FILE: 2)토압용
UNIT: kN
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
지하1층

10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-y
8.03715e+002
6.82464e+002
5.61212e+002
4.39960e+002
3.18708e+002
1.97457e+002
7.62048e+001
0.00000e+000
-1.66299e+002
-2.87550e+002
-4.08802e+002
-5.30054e+002
CBS: SLCB2
MAX : 627
MIN : 627
FILE: 2)토압용
UNIT: kN·m
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
지하1층

10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
SHEAR-z
1.10477e+003
9.20158e+002
7.35543e+002
5.50927e+002
3.66312e+002
1.81696e+002
0.00000e+000
-1.87535e+002
-3.72151e+002
-5.56766e+002
-7.41382e+002
-9.25997e+002
CBS: SLCB2
MAX : 529
MIN : 627
FILE: 2)토압용
UNIT: kN
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
지하1층

10.7 설계도서

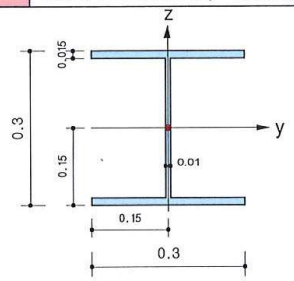
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 552
Material SM355 (No:200)
(Fy = 355000, Es = 210000000)
Section Name -1ST1 (No:211)
(Rolled : H 300x300x10/15).
Member Length : 6.90225



Depth	0.30000	Web Thick	0.01000
Top F Width	0.30000	Top F Thick	0.01500
Bot.F Width	0.30000	Bot.F Thick	0.01500
Area	0.01198	Asz	0.00300
Qyb	0.07324	Qzb	0.01125
Iyy	0.00020	Izz	0.00007
Ybar	0.15000	Zbar	0.15000
Syy	0.00136	Szz	0.00045
ry	0.13100	rz	0.07510

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -1289.6 (LCB: 2, POS:J)
Bending Moments My = 0.06851, Mz = 29.3253
End Moments Myi = 1.93698, Myj = 0.05864 (for Lb)
Myi = 1.93698, Myj = 0.05864 (for Ly)
Mzi = -27.905, Mzj = 29.3253 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -8.2915 (LCB: 3, POS:1/2)
Fzz = 4.77327 (LCB: 1, POS:J)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6.90225, Lz = 6.90225, Lb = 6.90225
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 91.9 < 200.0 (LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 1289.56/2088.98 = 0.617 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 0.069/389.365 = 0.000 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 29.325/212.614 = 0.138 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.62 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.740 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.005 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.007 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0230 > 0.0008 (Memb:552, LCB: 5, POS: 3.5m, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 13:54

10.7 설계도서

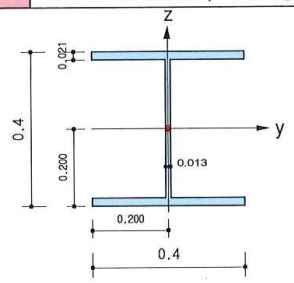
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

Company		Project Title	
Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 544
Material SM355 (No:200)
(Fy = 345000, Es = 210000000)
Section Name -1ST2 (No:212)
(Rolled : H 400x400x13/21).
Member Length : 8.20000



Depth	0.40000	Web Thick	0.01300
Top F Width	0.40000	Top F Thick	0.02100
Bot.F Width	0.40000	Bot.F Thick	0.02100
Area	0.02187	Asz	0.00520
Qyb	0.13847	Qzb	0.02000
Iyy	0.00067	Izz	0.00022
Ybar	0.20000	Zbar	0.20000
Syy	0.00333	Szz	0.00112
ry	0.17500	rz	0.10100

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -2272.7 (LCB: 2, POS:I)
Bending Moments My = -435.96, Mz = 25.0035
End Moments Myi = -387.97, Myj = -132.61 (for Lb)
Myi = -387.97, Myj = 75.5135 (for Ly)
Mzi = 25.0035, Mzj = -9.5252 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 8.42163 (LCB: 3, POS:1/4)
Fzz = -77.493 (LCB: 1, POS:I)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 8.20000, Lz = 4.10000, Lb = 4.10000
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 46.9 < 200.0 (Memb:598, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 2272.69/5827.43 = 0.390 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 435.96/1135.50 = 0.384 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 25.003/525.088 = 0.048 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.39 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.774 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.003 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.072 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0273 > 0.0073 (Memb:544, LCB: 5, POS: 3.2m, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 13:55

10.7 설계도서

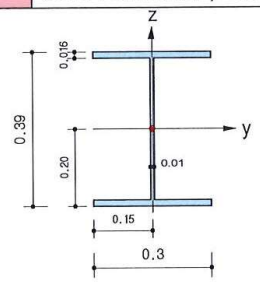
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 584
Material SM355 (No:200)
(Fy = 355000, Es = 210000000)
Section Name -1ST3 (No:213)
(Rolled : H 390x300x10/16).
Member Length : 6.15000



Depth	0.39000	Web Thick	0.01000
Top F Width	0.30000	Top F Thick	0.01600
Bot.F Width	0.30000	Bot.F Thick	0.01600
Area	0.01360	Asz	0.00390
Qyb	0.10578	Qzb	0.01125
Iyy	0.00039	Izz	0.00007
Ybar	0.15000	Zbar	0.19500
Syy	0.00198	Szz	0.00048
ry	0.16900	rz	0.07280

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -1175.2 (LCB: 2, POS:J)
Bending Moments My = -50.496, Mz = 6.78150
End Moments Myi = 0.04242, Myj = -47.708 (for Lb)
Myi = 0.04242, Myj = -47.708 (for Ly)
Mzi = -11.186, Mzj = 6.78150 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -2.9215 (LCB: 3, POS:1/2)
Fzz = 13.5653 (LCB: 1, POS:J)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6.15000, Lz = 6.15000, Lb = 6.15000
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 84.5 < 200.0 (Memb:584, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 1175.21/2605.06 = 0.451 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 50.496/571.999 = 0.088 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 6.781/233.079 = 0.029 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.45 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.555 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.002 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.016 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0205 > 0.0009 (Memb:584, LCB: 5, POS: 3.8m, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 13:56

10.7 설계도서

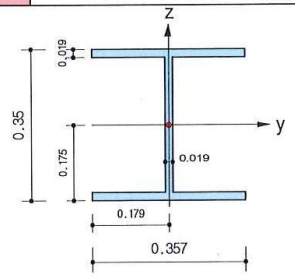
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 627
Material SM355 (No:400)
(Fy = 345000, Es = 210000000)
Section Name -1WA1 (No:410)
(Rolled : H 350x357x19/19).
Member Length : 2.69963



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -301.51 (LCB: 2, POS:J)
Bending Moments My = 803.715, Mz = -1.0382
End Moments Myi = -530.05, Myj = 803.715 (for Lb)
Myi = -530.05, Myj = 803.715 (for Ly)
Mzi = -1.1897, Mzj = -1.0306 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -2.9549 (LCB: 1, POS:I)
Fzz = -926.00 (LCB: 3, POS:J)

Depth	0.35000	Web Thick	0.01900
Top F Width	0.35700	Top F Thick	0.01900
Bot.F Width	0.35700	Bot.F Thick	0.01900
Area	0.01984	Asz	0.00665
Qyb	0.07125	Qzb	0.01593
Iyy	0.00043	Izz	0.00014
Ybar	0.17850	Zbar	0.17500
Syy	0.00245	Szz	0.00081
ry	0.14700	rz	0.08530

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2.69963, Lz = 2.69963, Lb = 2.69963
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 45.1 < 200.0 (Memb:586, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 301.51/5745.08 = 0.052 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 803.715/840.304 = 0.956 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 1.038/384.420 = 0.003 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.05 < 0.20
Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.985 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.001 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.673 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0128 > 0.0001 (Memb:586, LCB: 5, POS: 1.9m, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 13:56

10.7 설계도서

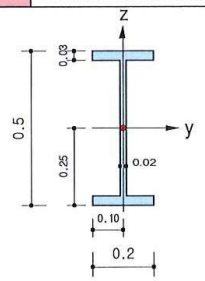
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 583
Material SM355 (No:600)
(Fy = 345000, Es = 210000000)
Section Name -1SWG1 (No:602)
(Built-up Section).
Member Length : 1.90000



Depth	0.50000	Web Thick	0.02000
Top F Width	0.20000	Top F Thick	0.03000
Bot.F Width	0.20000	Bot.F Thick	0.03000
Area	0.02080	Asz	0.01000
Qyb	0.09470	Qzb	0.00500
Iyy	0.00081	Izz	0.00004
Ybar	0.10000	Zbar	0.25000
Syy	0.00322	Szz	0.00040
ry	0.19680	rz	0.04401

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -1470.2 (LCB: 2, POS:J)
Bending Moments My = 0.52807, Mz = 159.333
End Moments Myi = 39.2097, Myj = 0.52639 (for Lb)
Myi = 77.0595, Myj = 0.52639 (for Ly)
Mzi = -75.429, Mzj = 159.333 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -247.12 (LCB: 3, POS:1/2)
Fzz = 48.5706 (LCB: 1, POS:J)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 1.90000, Lz = 0.95000, Lb = 0.95000
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 39.2 < 200.0 (Memb:557, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 1470.16/6000.51 = 0.245 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 0.53/1176.17 = 0.000 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 159.333/199.962 = 0.797 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.25 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.954 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.111 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.026 < 1.000 ..... O.K

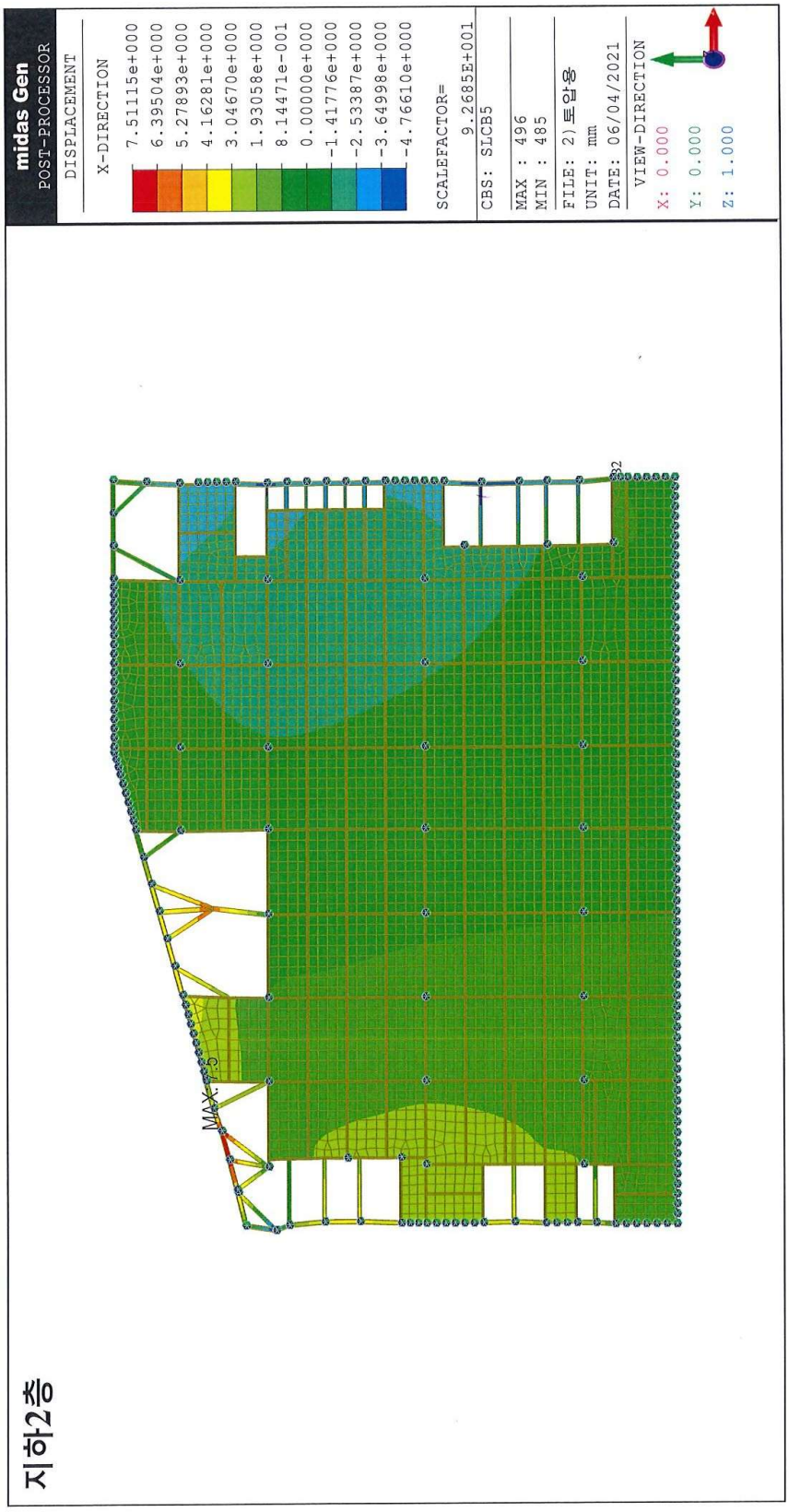
5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0257 > 0.0016 (Memb:557, LCB: 5, POS: 3.6m, Dir-Z)..... O.K

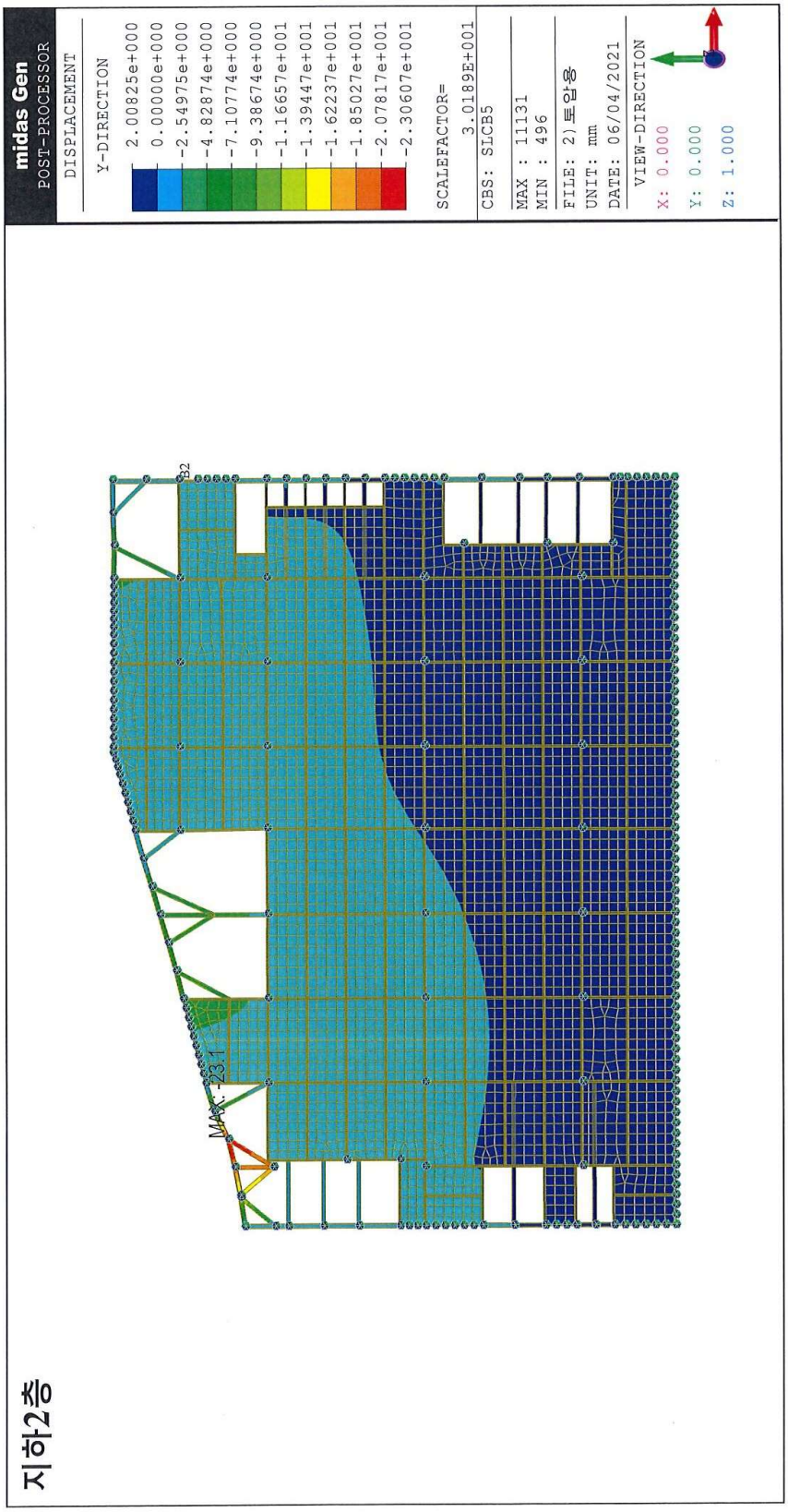
Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 13:56

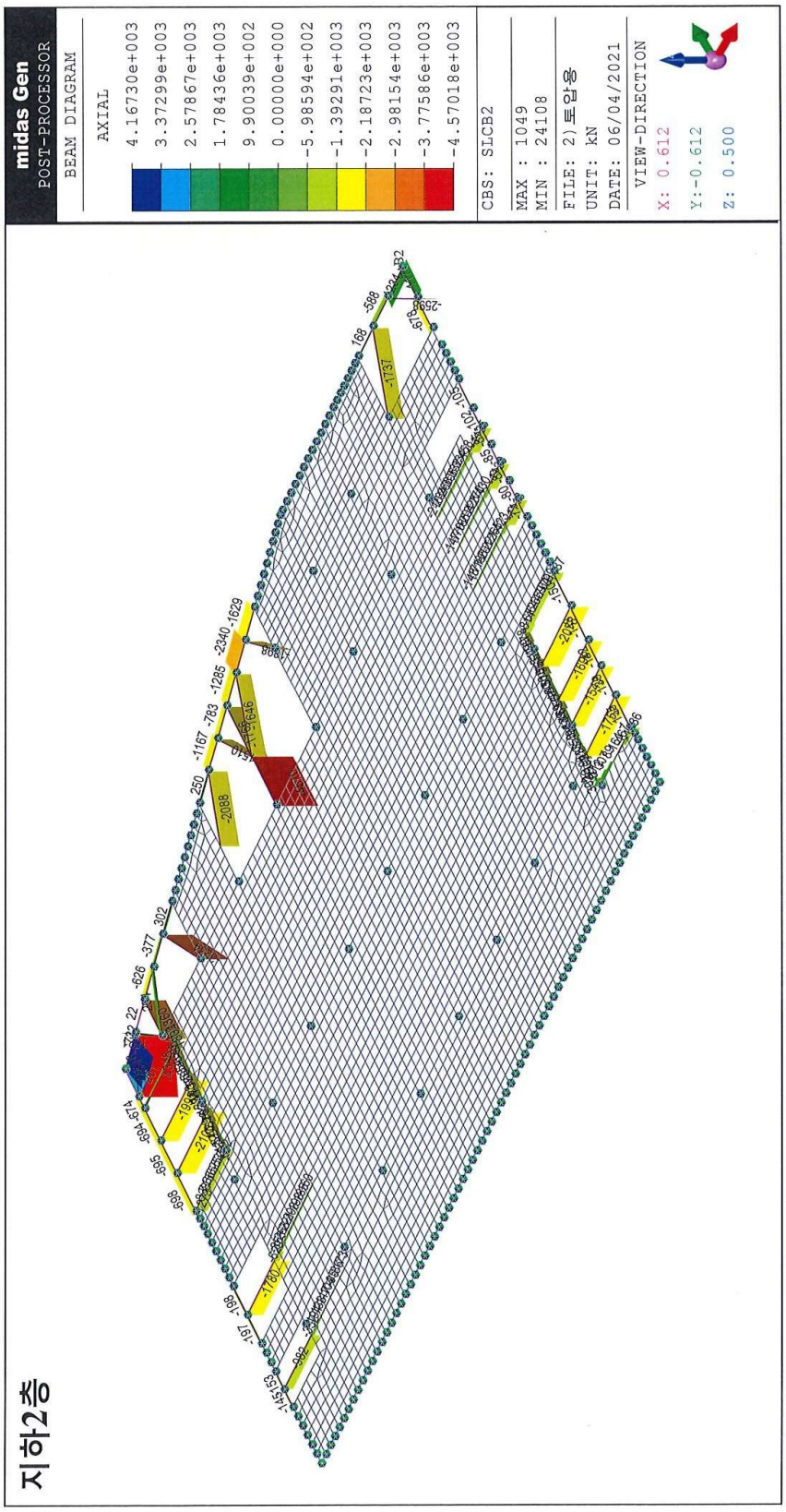
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
DISPLACEMENT
X-DIRECTION
7.51115e+000
6.39504e+000
5.27893e+000
4.16281e+000
3.04670e+000
1.93058e+000
8.14471e-001
0.00000e+000
-1.41776e+000
-2.53387e+000
-3.64998e+000
-4.76610e+000
SCALEFACTOR= 9.2685E+001
CBS: SLCB5
MAX : 496
MIN : 485
FILE: 2)토압용
UNIT: mm
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000
MAX: 7.5
지하2층

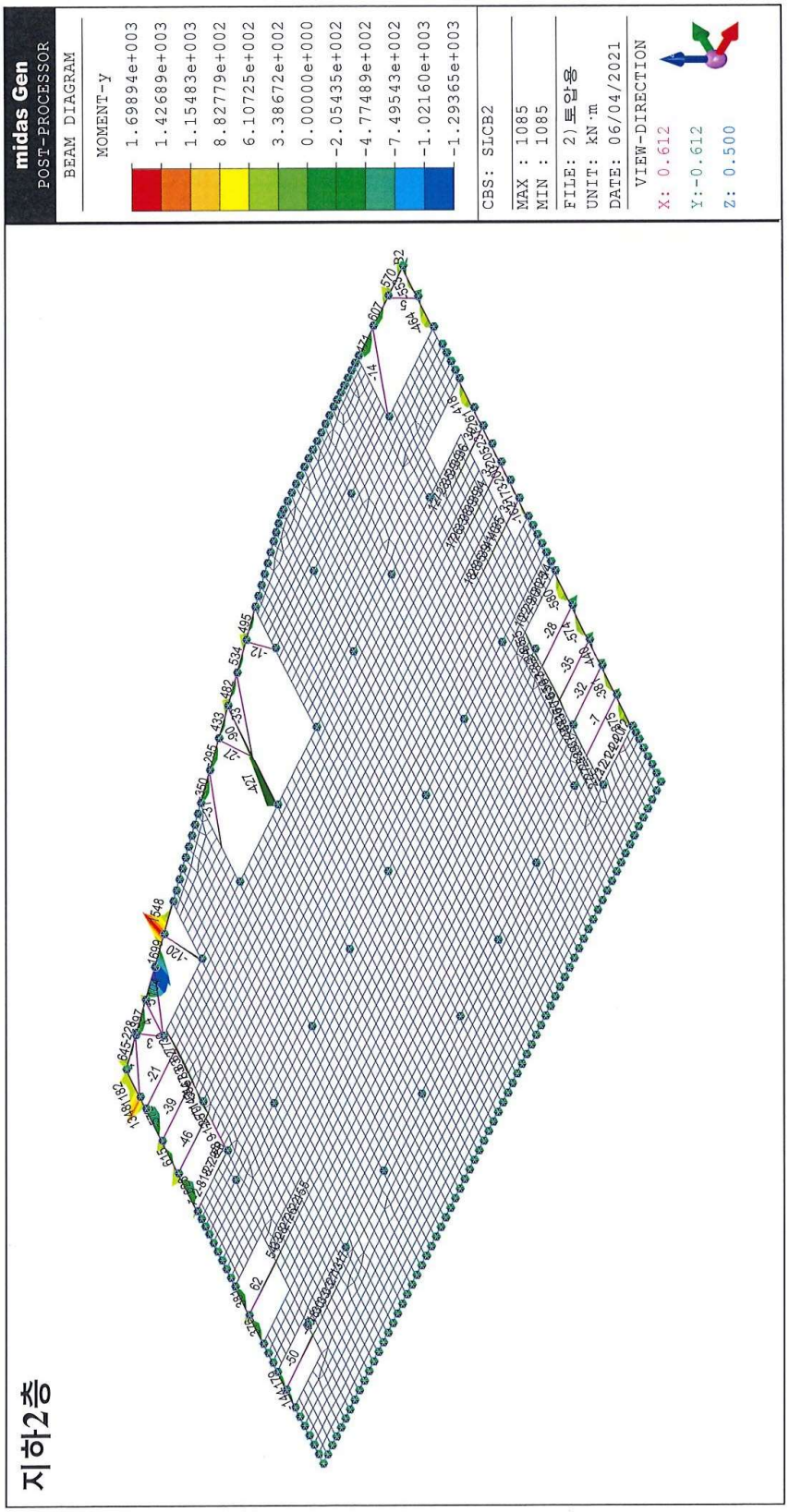
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
DISPLACEMENT
Y-DIRECTION
2.00825e+000
0.00000e+000
-2.54975e+000
-4.82874e+000
-7.10774e+000
-9.38674e+000
-1.16657e+001
-1.39447e+001
-1.62237e+001
-1.85027e+001
-2.07817e+001
-2.30607e+001
SCALEFACTOR= 3.0189E+001
CBS: SLCB5
MAX : 11131
MIN : 496
FILE: 2)토압옹
UNIT: mm
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000
B2
MAX: -231
지하2층

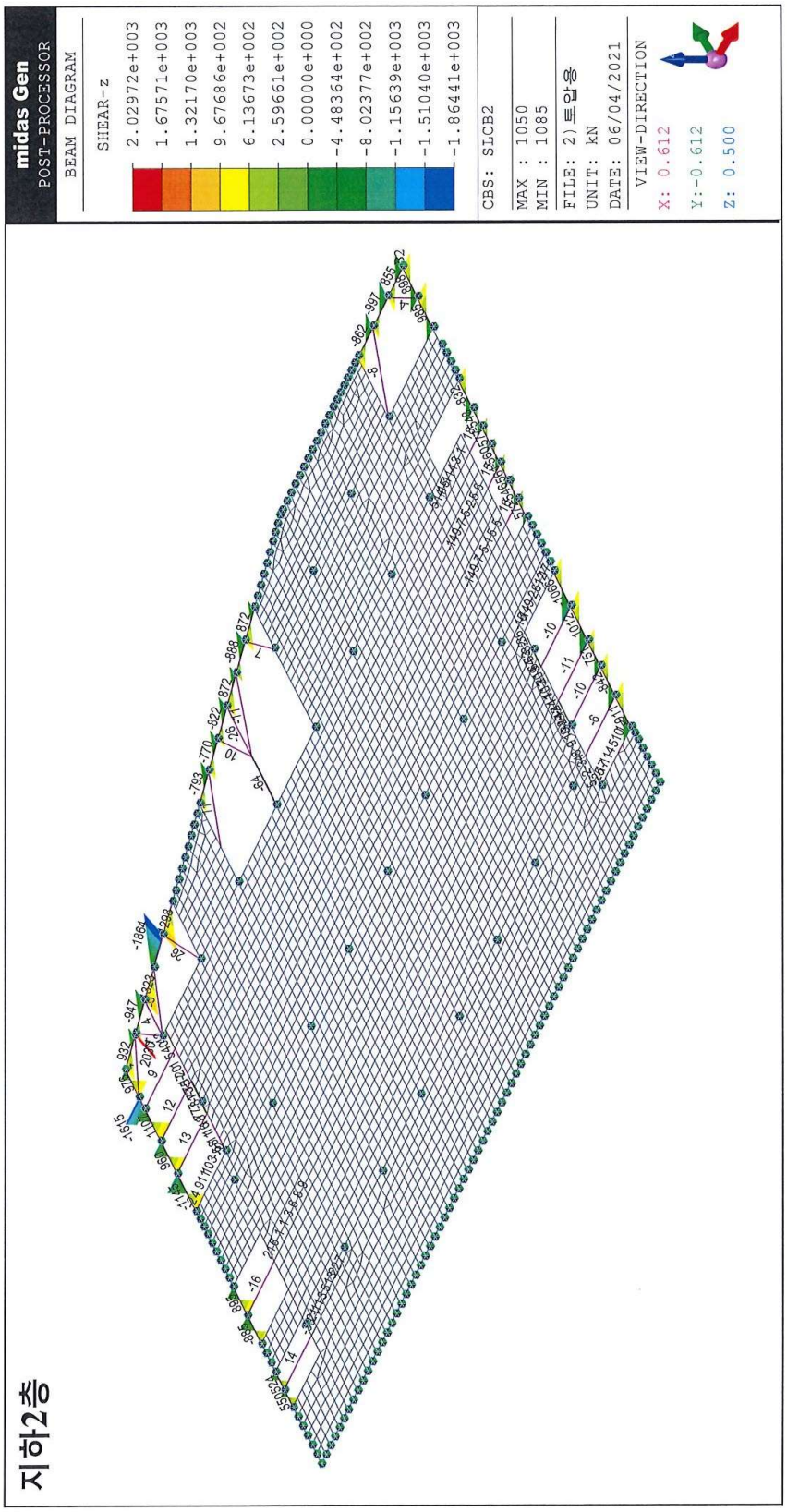
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
AXIAL
4.16730e+003
3.37299e+003
2.57867e+003
1.78436e+003
9.90039e+002
0.00000e+000
-5.98594e+002
-1.39291e+003
-2.18723e+003
-2.98154e+003
-3.77586e+003
-4.57018e+003
CBS: SLCB2
MAX : 1049
MIN : 24108
FILE: 2)토압옹
UNIT: kN
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
지하2층

10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-y
1.69894e+003
1.42689e+003
1.15483e+003
8.82779e+002
6.10725e+002
3.38672e+002
0.00000e+000
-2.05435e+002
-4.77489e+002
-7.49543e+002
-1.02160e+003
-1.29365e+003
CBS: SLCB2
MAX : 1085
MIN : 1085
FILE: 2)토압용
UNIT: kN.m
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
지하2층

10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
SHEAR-z
2.02972e+003
1.67571e+003
1.32170e+003
9.67686e+002
6.13673e+002
2.59661e+002
0.00000e+000
-4.48364e+002
-8.02377e+002
-1.15639e+003
-1.51040e+003
-1.86441e+003
CBS: STCB2
MAX : 1050
MIN : 1085
FILE: 2\토압용
UNIT: kN
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
지하2층

10.7 설계도서

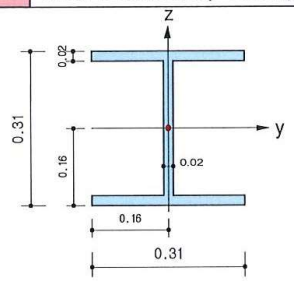
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 1009
Material SM355 (No:200)
(Fy = 345000, Es = 210000000)
Section Name -2ST1 (No:221)
(Rolled : H 310x310x20/20).
Member Length : 4.33718



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -2586.9 (LCB: 2, POS:I)
Bending Moments My = -0.0170, Mz = -26.885
End Moments Myi = -0.0157, Myj = 0.52123 (for Lb)
Myi = -0.0157, Myj = 0.52123 (for Ly)
Mzi = -26.885, Mzj = -3.0850 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -5.4874 (LCB: 3, POS:1/2)
Fzz = -4.3700 (LCB: 1, POS:I)

Depth	0.31000	Web Thick	0.02000
Top F Width	0.31000	Top F Thick	0.02000
Bot.F Width	0.31000	Bot.F Thick	0.02000
Area	0.01808	Asz	0.00620
Qyb	0.05406	Qzb	0.01201
Iyy	0.00030	Izz	0.00010
Ybar	0.15500	Zbar	0.15500
Syy	0.00193	Szz	0.00065
ry	0.12900	rz	0.07440

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 4.33718, Lz = 4.33718, Lb = 4.33718
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 58.3 < 200.0 (LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 2586.89/4430.31 = 0.584 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 0.017/646.498 = 0.000 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 26.885/306.774 = 0.088 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.58 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.662 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.002 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.003 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0145 > 0.0001 (Memb:1009, LCB: 5, POS: 2.2m, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:06

10.7 설계도서

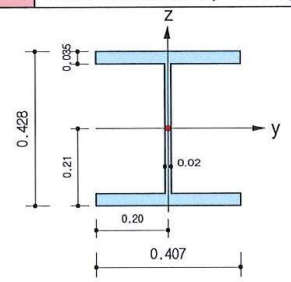
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 24108
Material SM355 (No:200)
(Fy = 345000, Es = 210000000)
Section Name -2ST2 (No:222)
(Rolled : H 428x407x20/35).
Member Length : 10.1799



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -4574.4 (LCB: 2, POS:I)
Bending Moments My = -526.58, Mz = -148.71
End Moments Myi = -425.78, Myj = -145.17 (for Lb)
Myi = -425.78, Myj = 0.02432 (for Ly)
Mzi = -148.71, Mzj = 151.127 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -58.907 (LCB: 3, POS:1/4)
Fzz = -74.212 (LCB: 1, POS:I)

Depth	0.42800	Web Thick	0.02000
Top F Width	0.40700	Top F Thick	0.03500
Bot.F Width	0.40700	Bot.F Thick	0.03500
Area	0.03607	Asz	0.00856
Qyb	0.15598	Qzb	0.02071
Iyy	0.00119	Izz	0.00039
Ybar	0.20350	Zbar	0.21400
Syy	0.00557	Szz	0.00193
ry	0.18200	rz	0.10400

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 10.1799, Lz = 5.08994, Lb = 5.08994
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 55.9 < 200.0 (Memb:24108, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 4574.41/9006.29 = 0.508 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 526.58/1934.84 = 0.272 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 148.706/912.870 = 0.163 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.51 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.895 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.011 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.042 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0339 > 0.0067 (Memb:24108, LCB: 5, POS: 4.0m, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:07

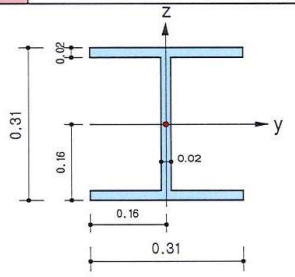
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

Company		Project Title	
Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 1042
Material SM355 (No:200)
(Fy = 345000, Es = 210000000)
Section Name -2ST3 (No:223)
(Rolled : H 310x310x20/20).
Member Length : 6.15000



Depth	0.31000	Web Thick	0.02000
Top F Width	0.31000	Top F Thick	0.02000
Bot.F Width	0.31000	Bot.F Thick	0.02000
Area	0.01808	Asz	0.00620
Qyb	0.05406	Qzb	0.01201
Iyy	0.00030	Izz	0.00010
Ybar	0.15500	Zbar	0.15500
Syy	0.00193	Szz	0.00065
ry	0.12900	rz	0.07440

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -2105.1 (LCB: 2, POS:J)
Bending Moments My = -53.124, Mz = 7.96648
End Moments Myi = 0.12850, Myj = -46.341 (for Lb)
Myi = 0.12850, Myj = -46.341 (for Ly)
Mzi = -12.797, Mzj = 7.96648 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -3.3761 (LCB: 3, POS:1/2)
Fzz = 14.8071 (LCB: 1, POS:J)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6.15000, Lz = 6.15000, Lb = 6.15000
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 82.7 < 200.0 (Memb:1042, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 2105.11/3487.50 = 0.604 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 53.124/605.611 = 0.088 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 7.966/306.774 = 0.026 < 1.000 ..... O.K

10.7 설계도서

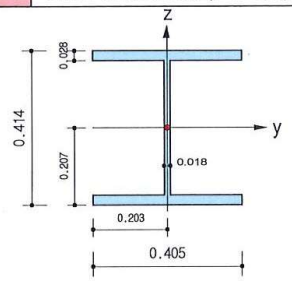
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 1049
Material SM355 (No:400)
(Fy = 345000, Es = 210000000)
Section Name -2WA1 (No:420)
(Rolled : H 414x405x18/28).
Member Length : 2.80000



Depth	0.41400	Web Thick	0.01800
Top F Width	0.40500	Top F Thick	0.02800
Bot.F Width	0.40500	Bot.F Thick	0.02800
Area	0.02954	Asz	0.00745
Qyb	0.13761	Qzb	0.02050
Iyy	0.00093	Izz	0.00031
Ybar	0.20250	Zbar	0.20700
Syy	0.00448	Szz	0.00153
ry	0.17700	rz	0.10200

2. Member Forces

Axial Force Fxx = 4136.99 (LCB: 2, POS:I)
Bending Moments My = 662.889, Mz = 0.02810
End Moments Myi = 662.889, Myj = 229.717 (for Lb)
Myi = 662.889, Myj = 229.717 (for Ly)
Mzi = 0.02810, Mzj = -2.2033 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 5.38676 (LCB: 1, POS:J)
Fzz = 938.704 (LCB: 3, POS:I)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2.80000, Lz = 2.80000, Lb = 2.80000
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
L/r = 27.5 < 300.0 (LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 4136.99/9172.17 = 0.451 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 662.89/1561.81 = 0.424 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 0.028/723.465 = 0.000 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Tension+Bending)
Pu/phiPn = 0.45 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.828 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.001 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.609 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0093 > 0.0000 (Memb:1049, LCB: 5, POS: 1.2m, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:07

10.7 설계도서

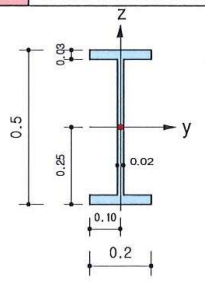
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 1034
Material SM355 (No:600)
(Fy = 345000, Es = 210000000)
Section Name -2SWG1 (No:603)
(Rolled : -2SWG1).
Member Length : 6.15000



Depth	0.50000	Web Thick	0.02000
Top F Width	0.20000	Top F Thick	0.03000
Bot.F Width	0.20000	Bot.F Thick	0.03000
Area	0.02080	Asz	0.01000
Qyb	0.09470	Qzb	0.00500
Iyy	0.00081	Izz	0.00004
Ybar	0.10000	Zbar	0.25000
Syy	0.00322	Szz	0.00040
ry	0.19680	rz	0.04401

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -1273.7 (LCB: 2, POS:I)
Bending Moments My = 0.11215, Mz = 108.529
End Moments Myi = 0.10891, Myj = 1.09324 (for Lb)
Myi = 0.10891, Myj = -21.132 (for Ly)
Mzi = 108.529, Mzj = -56.948 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 188.348 (LCB: 3, POS:I)
Fzz = 12.4041 (LCB: 1, POS:1/2)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6.15000, Lz = 0.87857, Lb = 0.87857
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 31.3 < 200.0 (LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 1273.67/5071.73 = 0.251 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 0.11/1176.17 = 0.000 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 108.529/199.962 = 0.543 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.25 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.734 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.084 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.007 < 1.000 ..... O.K

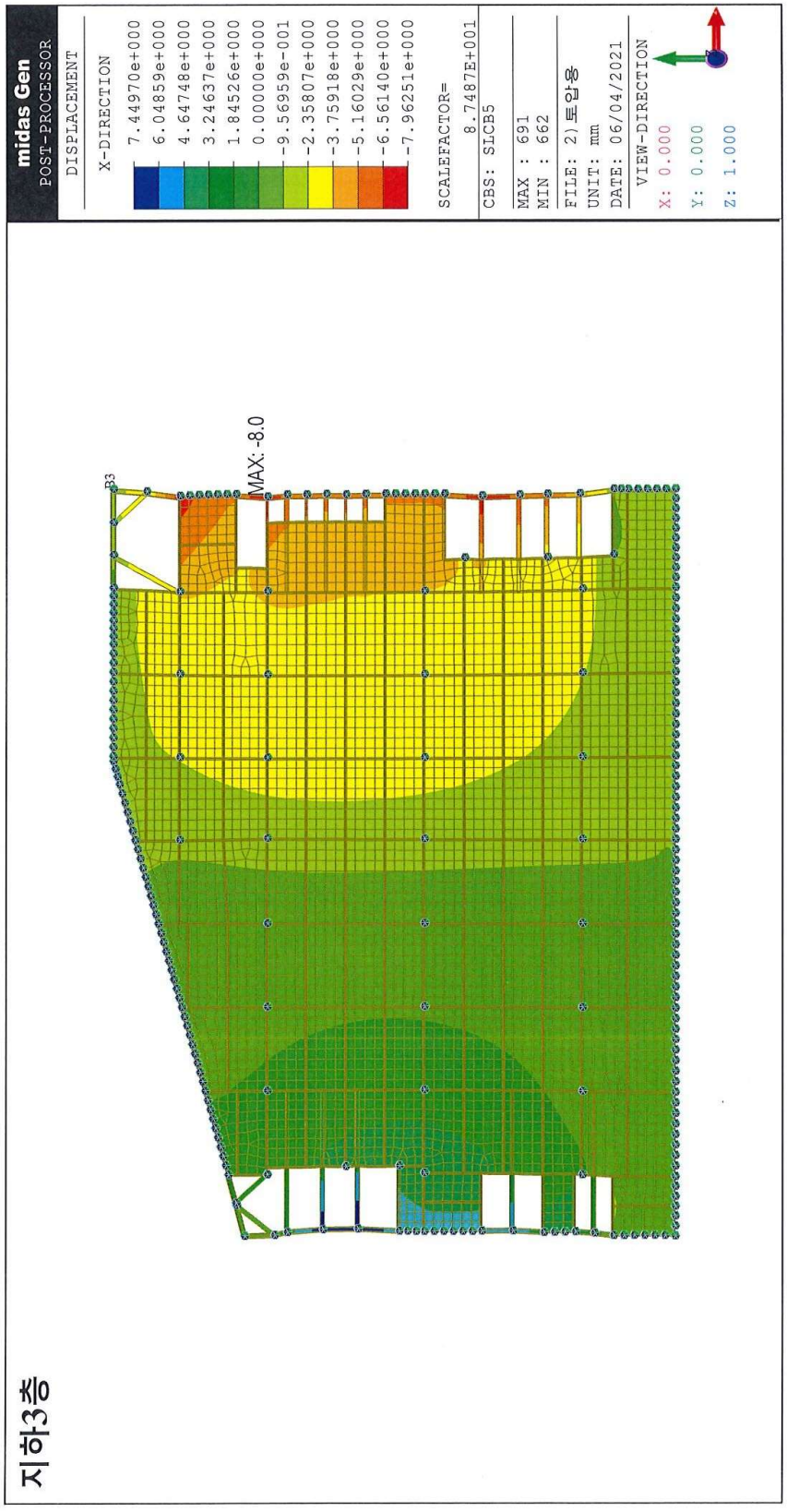
5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0205 > 0.0004 (Memb:1034, LCB: 5, POS: 3.9m, Dir-Z)..... O.K

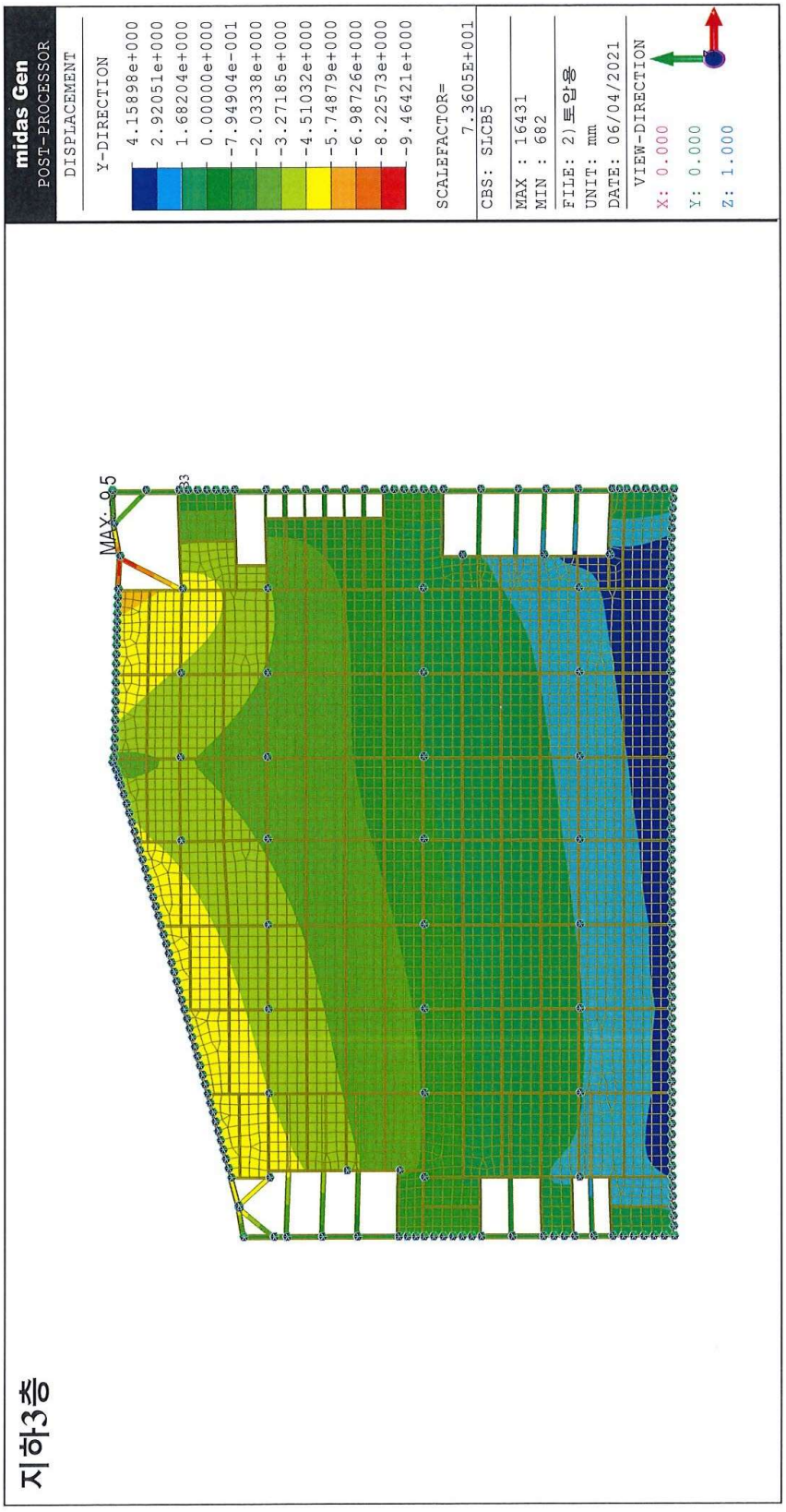
Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:08

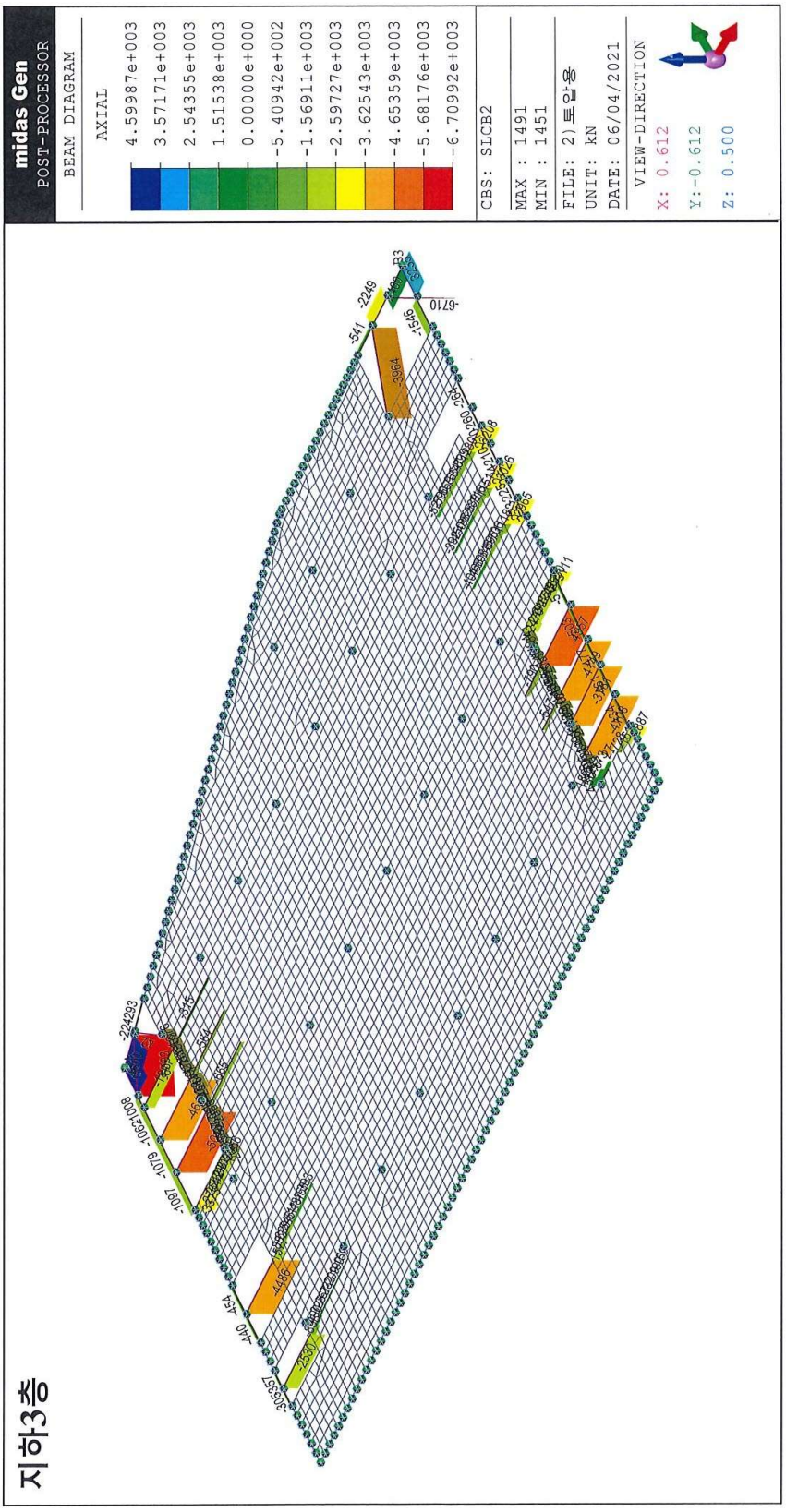
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
DISPLACEMENT
X-DIRECTION
7.44970e+000
6.04859e+000
4.64748e+000
3.24637e+000
1.84526e+000
0.00000e+000
-9.56959e-001
-2.35807e+000
-3.75918e+000
-5.16029e+000
-6.56140e+000
-7.96251e+000
SCALEFACTOR= 8.7487E+001
CBS: SLCB5
MAX : 691
MIN : 662
FILE: 2)토압용
UNIT: mm
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000
MAX: -8.0
지하3층

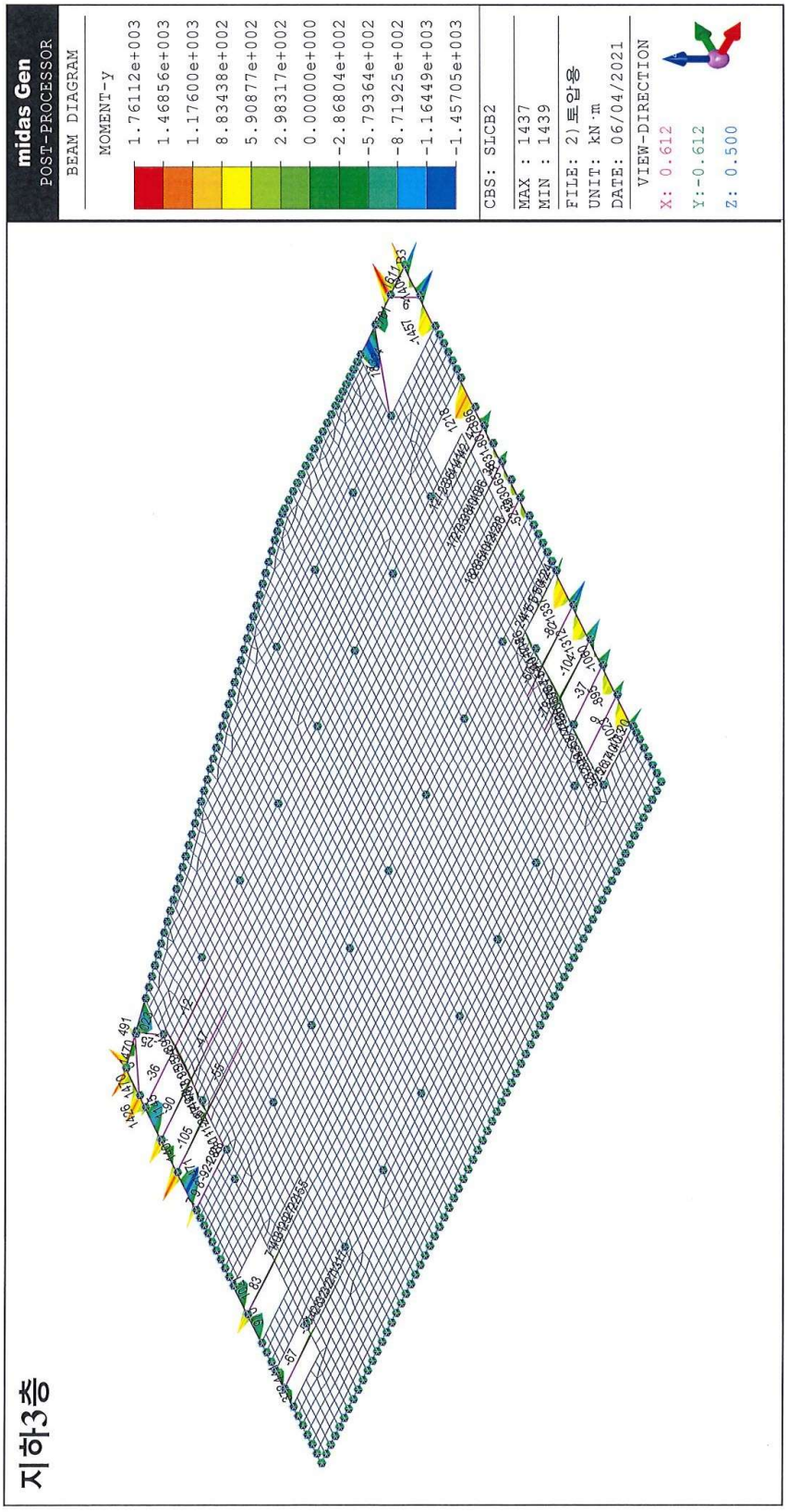
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
DISPLACEMENT
Y-DIRECTION
4.15898e+000
2.92051e+000
1.68204e+000
0.00000e+000
-7.94904e-001
-2.03338e+000
-3.27185e+000
-4.51032e+000
-5.74879e+000
-6.98726e+000
-8.22573e+000
-9.46421e+000
SCALEFACTOR= 7.3605E+001
CBS: SLCB5
MAX : 16431
MIN : 682
FILE: 2\토압용
UNIT: mm
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000
MAX: 95
지하3층

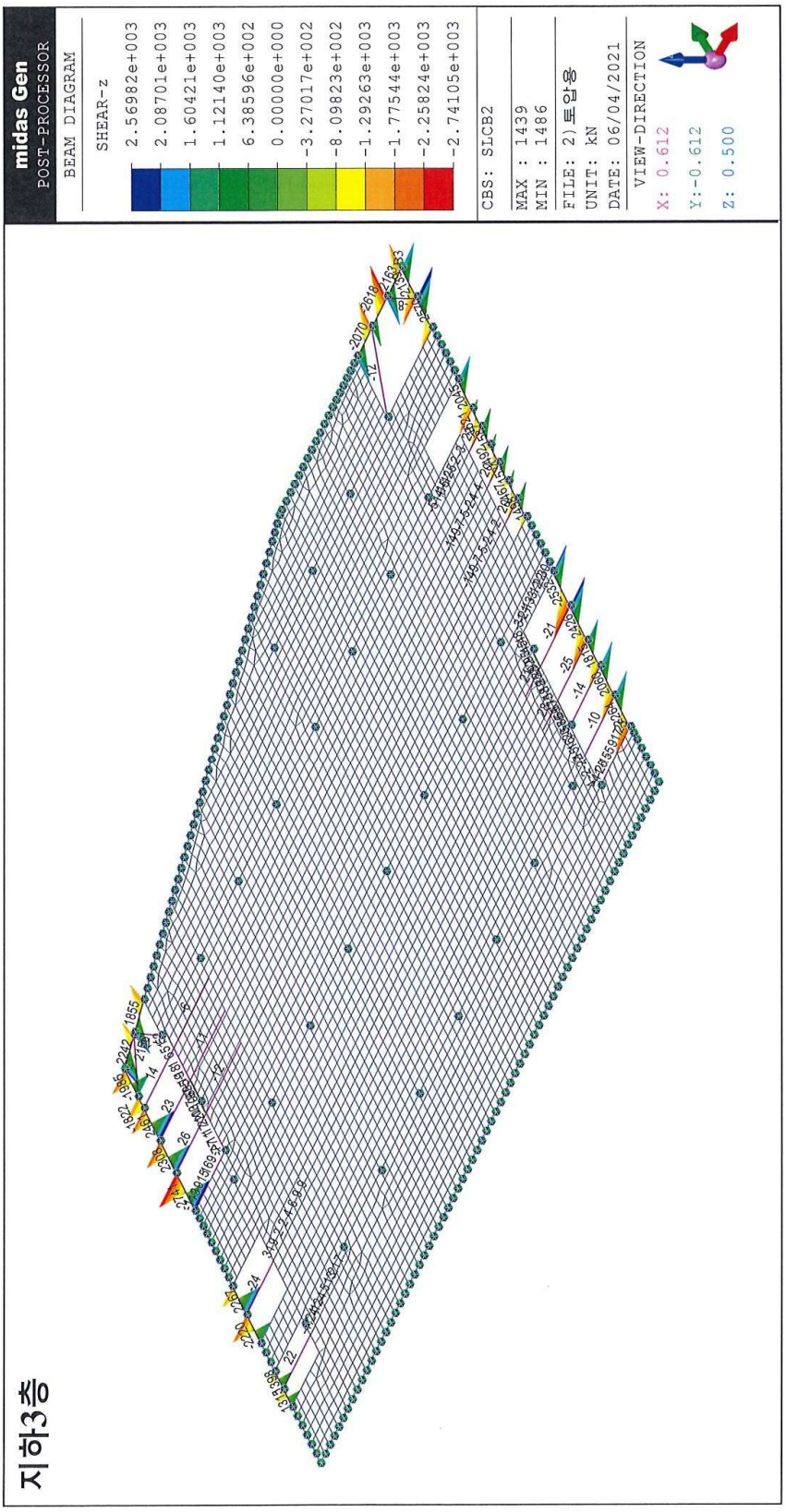
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
AXIAL
4.59987e+003
3.57171e+003
2.54355e+003
1.51538e+003
0.00000e+000
-5.40942e+002
-1.56911e+003
-2.59727e+003
-3.62543e+003
-4.65359e+003
-5.68176e+003
-6.70992e+003
CBS: SLCB2
MAX : 1491
MIN : 1451
FILE: 2\토압용
UNIT: kN
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
지하3층

10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-y
1.76112e+003
1.46856e+003
1.17600e+003
8.83438e+002
5.90887e+002
2.98317e+002
0.00000e+000
-2.86804e+002
-5.79364e+002
-8.71925e+002
-1.16449e+003
-1.45705e+003
CBS: SLCB2
MAX : 1437
MIN : 1439
FILE: 2)토압옹
UNIT: kN·m
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
지하3층

10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
SHEAR-z
2.56982e+003
2.08701e+003
1.60421e+003
1.12140e+003
6.38596e+002
0.00000e+000
-3.27017e+002
-8.09823e+002
-1.29263e+003
-1.77544e+003
-2.25824e+003
-2.74105e+003
CBS: SLCB2
MAX : 1439
MIN : 1486
FILE: 2\토압용
UNIT: kN
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
지하3층

10.7 설계도서

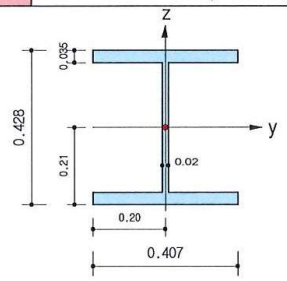
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 1451
Material SM355 (No:200)
(Fy = 345000, Es = 210000000)
Section Name -3ST1 (No:231)
(Rolled : H 428x407x20/35).
Member Length : 4.33718



Depth	0.42800	Web Thick	0.02000
Top F Width	0.40700	Top F Thick	0.03500
Bot.F Width	0.40700	Bot.F Thick	0.03500
Area	0.03607	Asz	0.00856
Qyb	0.15598	Qzb	0.02071
Iyy	0.00119	Izz	0.00039
Ybar	0.20350	Zbar	0.21400
Syy	0.00557	Szz	0.00193
ry	0.18200	rz	0.10400

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -6709.9 (LCB: 2, POS:I)
Bending Moments My = 0.11074, Mz = -150.05
End Moments Myi = 0.10509, Myj = 2.80718 (for Lb)
Myi = 0.10509, Myj = 2.80718 (for Ly)
Mzi = -150.05, Mzj = -53.137 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -22.345 (LCB: 3, POS:1/2)
Fzz = -9.1569 (LCB: 1, POS:I)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 4.33718, Lz = 4.33718, Lb = 4.33718
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 66.4 < 200.0 (Memb:1450, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 6709.92/9921.66 = 0.676 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 0.11/1959.26 = 0.000 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 150.051/912.870 = 0.164 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.68 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.822 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.004 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.005 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0183 > 0.0007 (Memb:1533, LCB: 5, POS: 3.1m, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:12

10.7 설계도서

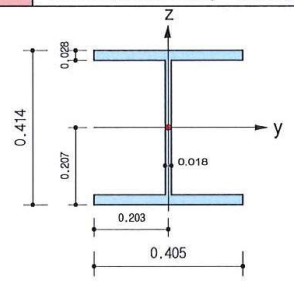
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 1484
Material SM355 (No:200)
(Fy = 345000, Es = 210000000)
Section Name -3ST3 (No:233)
(Rolled : H 414x405x18/28).
Member Length : 6.15000



Depth	0.41400	Web Thick	0.01800
Top F Width	0.40500	Top F Thick	0.02800
Bot.F Width	0.40500	Bot.F Thick	0.02800
Area	0.02954	Asz	0.00745
Qyb	0.13761	Qzb	0.02050
Iyy	0.00093	Izz	0.00031
Ybar	0.20250	Zbar	0.20700
Syy	0.00448	Szz	0.00153
ry	0.17700	rz	0.10200

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -5049.1 (LCB: 2, POS:J)
Bending Moments My = -116.74, Mz = 46.8638
End Moments Myi = 0.71567, Myj = -105.12 (for Lb)
Myi = 0.71567, Myj = -105.12 (for Ly)
Mzi = -63.706, Mzj = 46.8638 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -17.979 (LCB: 3, POS:1/2)
Fzz = 29.8670 (LCB: 1, POS:J)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6.15000, Lz = 6.15000, Lb = 6.15000
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 60.3 < 200.0 (Memb:1484, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 5049.11/7119.92 = 0.709 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 116.74/1488.65 = 0.078 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 46.864/723.465 = 0.065 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.71 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.836 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.004 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.019 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0205 > 0.0009 (Memb:1484, LCB: 5, POS: 3.8m, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:12

10.7 설계도서

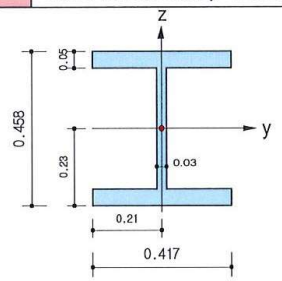
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 1486
Material SM355 (No:400)
(Fy = 335000, Es = 210000000)
Section Name -3WA1 (No:430)
(Rolled : H 458x417x30/50).
Member Length : 3.85000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -1096.6 (LCB: 3, POS:J)
Bending Moments My = 1470.96, Mz = -4.8191
End Moments Myi = 997.219, Myj = 1470.96 (for Lb)
Myi = 997.219, Myj = 1470.96 (for Ly)
Mzi = -1.5981, Mzj = -4.7566 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 12.2425 (LCB: 1, POS:J)
Fzz = -2741.0 (LCB: 3, POS:J)

Depth	0.45800	Web Thick	0.03000
Top F Width	0.41700	Top F Thick	0.05000
Bot.F Width	0.41700	Bot.F Thick	0.05000
Area	0.05286	Asz	0.01374
Qyb	0.15780	Qzb	0.02174
Iyy	0.00187	Izz	0.00060
Ybar	0.20850	Zbar	0.22900
Syy	0.00817	Szz	0.00290
ry	0.18800	rz	0.10700

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 3.85000, Lz = 3.85000, Lb = 3.85000
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 36.0 < 200.0 (Memb:1486, LCB: 3)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 1096.6/14600.8 = 0.075 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 1470.96/2876.31 = 0.511 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 4.82/1338.66 = 0.004 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.08 < 0.20
Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.554 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.002 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.993 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0128 > 0.0000 (Memb:1486, LCB: 5, POS: 1.7m, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:12

10.7 설계도서

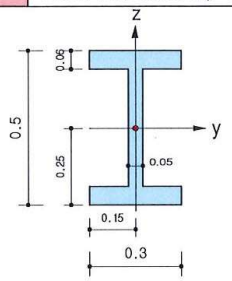
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 1463
Material SM355 (No:600)
(Fy = 335000, Es = 210000000)
Section Name -3SWG1 (No:604)
(Rolled : -3SWG1).
Member Length : 6.05000



Depth	0.50000	Web Thick	0.05000
Top F Width	0.30000	Top F Thick	0.06000
Bot.F Width	0.30000	Bot.F Thick	0.06000
Area	0.05500	Asz	0.02500
Qyb	0.09725	Qzb	0.01125
Iyy	0.00198	Izz	0.00027
Ybar	0.15000	Zbar	0.25000
Syy	0.00793	Szz	0.00183
ry	0.18982	rz	0.07058

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -2887.5 (LCB: 2, POS:J)
Bending Moments My = 0.03906, Mz = 696.979
End Moments Myi = 19.9706, Myj = 0.03805 (for Lb)
Myi = -25.481, Myj = 0.03805 (for Ly)
Mzi = -106.40, Mzj = 696.979 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -929.53 (LCB: 3, POS:J)
Fzz = -47.323 (LCB: 1, POS:I)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6.05000, Lz = 0.86429, Lb = 0.86429
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 32.4 < 200.0 (Memb:1476, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 2887.5/15481.2 = 0.187 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 0.04/2932.09 = 0.000 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 696.979/881.050 = 0.791 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.19 < 0.20
Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.884 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.143 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.010 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0202 > 0.0004 (Memb:1453, LCB: 5, POS: 3.0m, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:13

10.7 설계도서

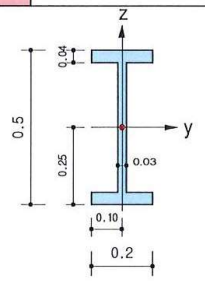
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code	KSSC-LSD16
Unit System	kN, m
Member No	1457
Material	SM355 (No:600)
	(Fy = 345000, Es = 210000000)
Section Name	-3SWG2 (No:606)
	(Rolled : -3SWG2).
Member Length	: 7.71561



Depth	0.50000	Web Thick	0.03000
Top F Width	0.20000	Top F Thick	0.04000
Bot.F Width	0.20000	Bot.F Thick	0.04000
Area	0.02860	Asz	0.01500
Qyb	0.08338	Qzb	0.00500
Iyy	0.00103	Izz	0.00005
Ybar	0.10000	Zbar	0.25000
Syy	0.00414	Szz	0.00054
ry	0.19012	rz	0.04356

2. Member Forces

Axial Force	Fxx = -2073.7 (LCB: 2, POS:I)	
Bending Moments	My = -78.575, Mz = -150.28	
End Moments	Myi = -74.048, Myj = -53.017	(for Lb)
	Myi = -74.048, Myj = -117.16	(for Ly)
	Mzi = -150.28, Mzj = 78.2626	(for Lz)
Shear Forces	Fyy = -625.08 (LCB: 3, POS:I)	
	Fzz = 110.694 (LCB: 1, POS:J)	

3. Design Parameters

Unbraced Lengths	Ly = 7.71561, Lz = 0.36561, Lb = 0.36561
Effective Length Factors	Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient	
	Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio

KL/r = 40.6 < 200.0 (Memb:1457, LCB: 2)..... O.K

Axial Strength

Pu/phiPn = 2073.68/7699.51 = 0.269 < 1.000 ..... O.K

Bending Strength

Muy/phiMny = 78.58/1553.43 = 0.051 < 1.000 ..... O.K

Muz/phiMnz = 150.276/269.655 = 0.557 < 1.000 ..... O.K

Combined Strength (Compression+Bending)

Pu/phiPn = 0.27 > 0.20

Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.810 < 1.000 ..... O.K

Shear Strength

Vuy/phiVny = 0.210 < 1.000 ..... O.K

Vuz/phiVnz = 0.040 < 1.000 ..... O.K

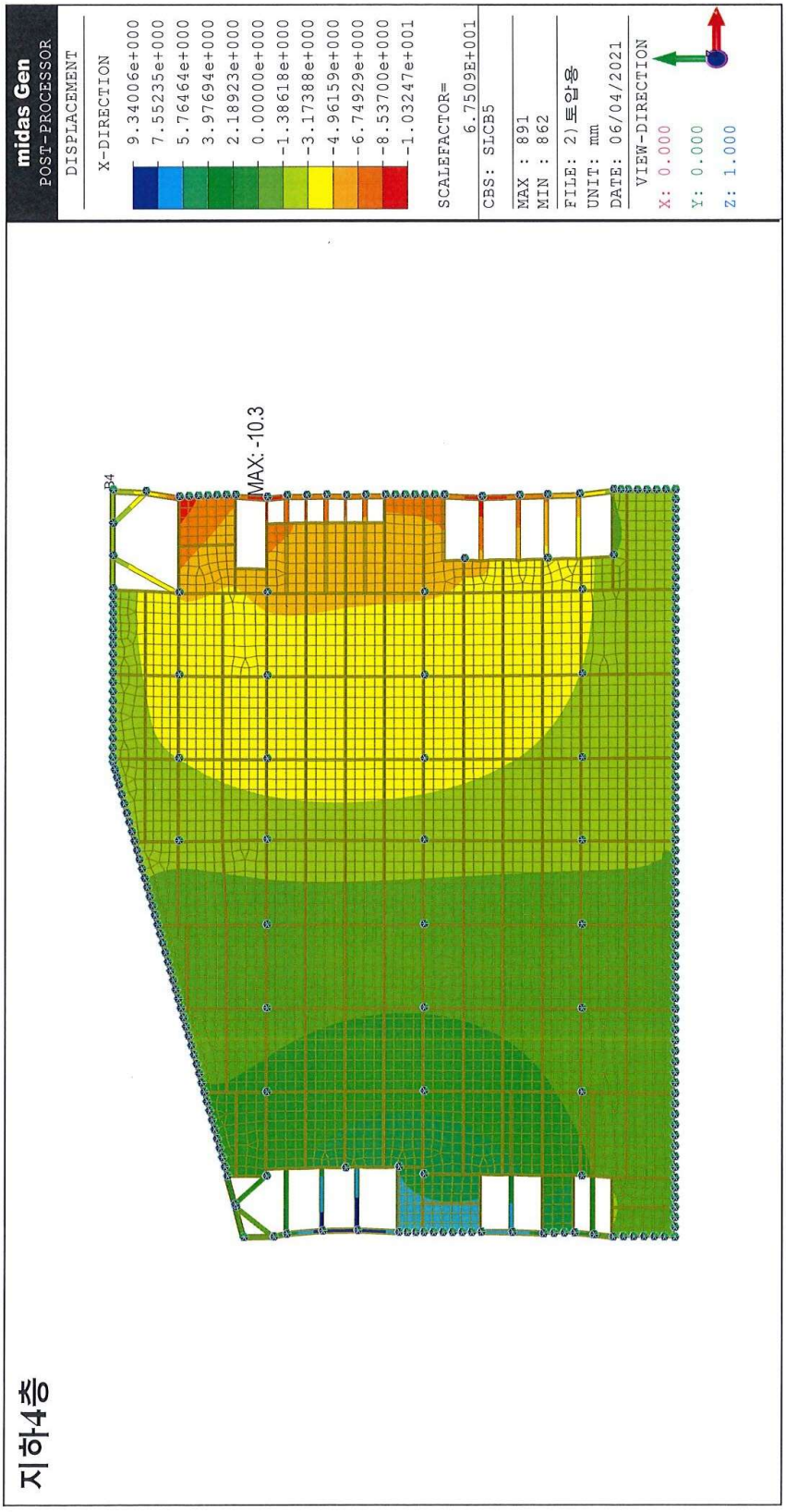
5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0257 > 0.0019 (Memb:1457, LCB: 5, POS: 3.6m, Dir-Z)..... O.K

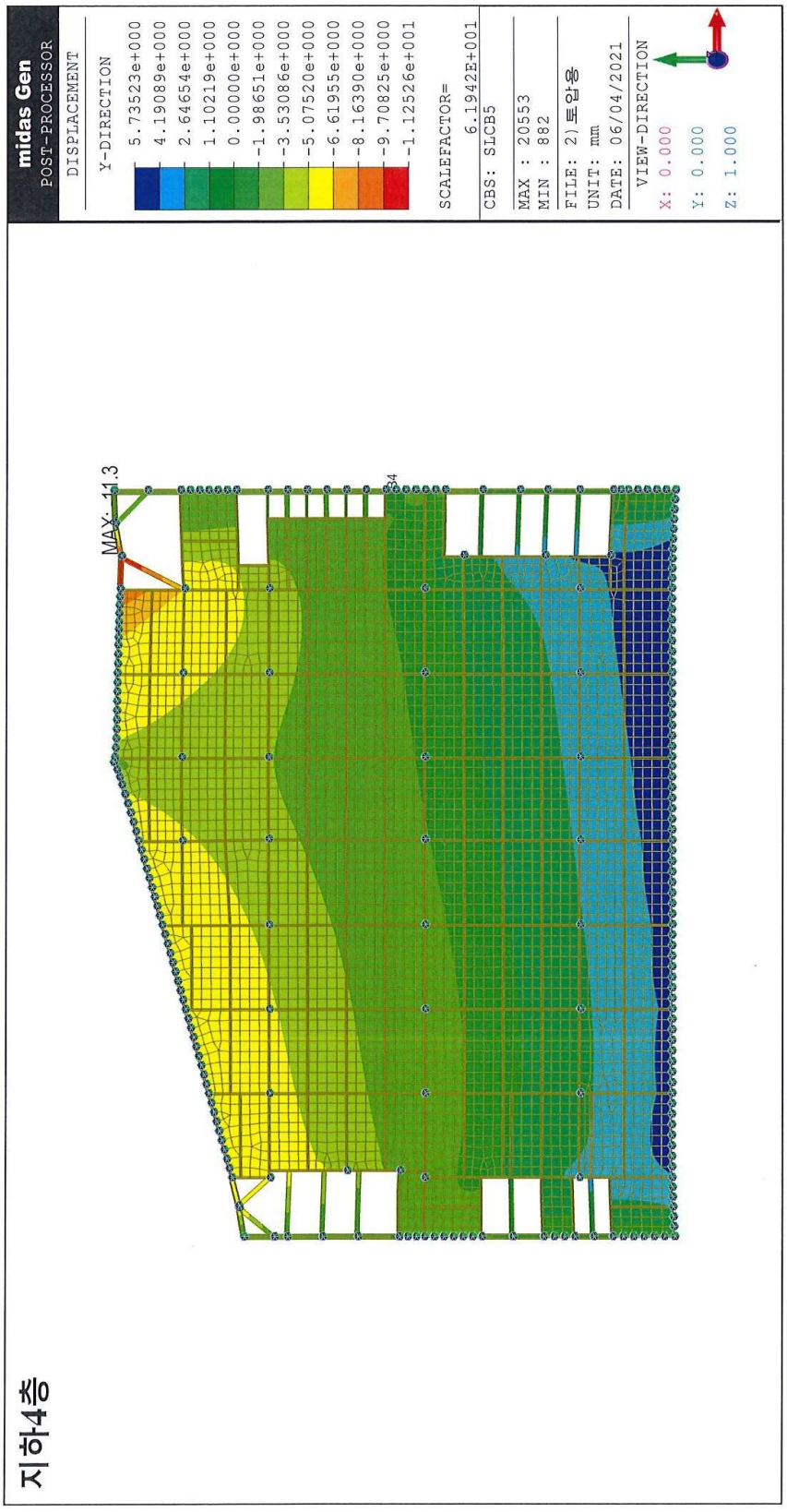
Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:13

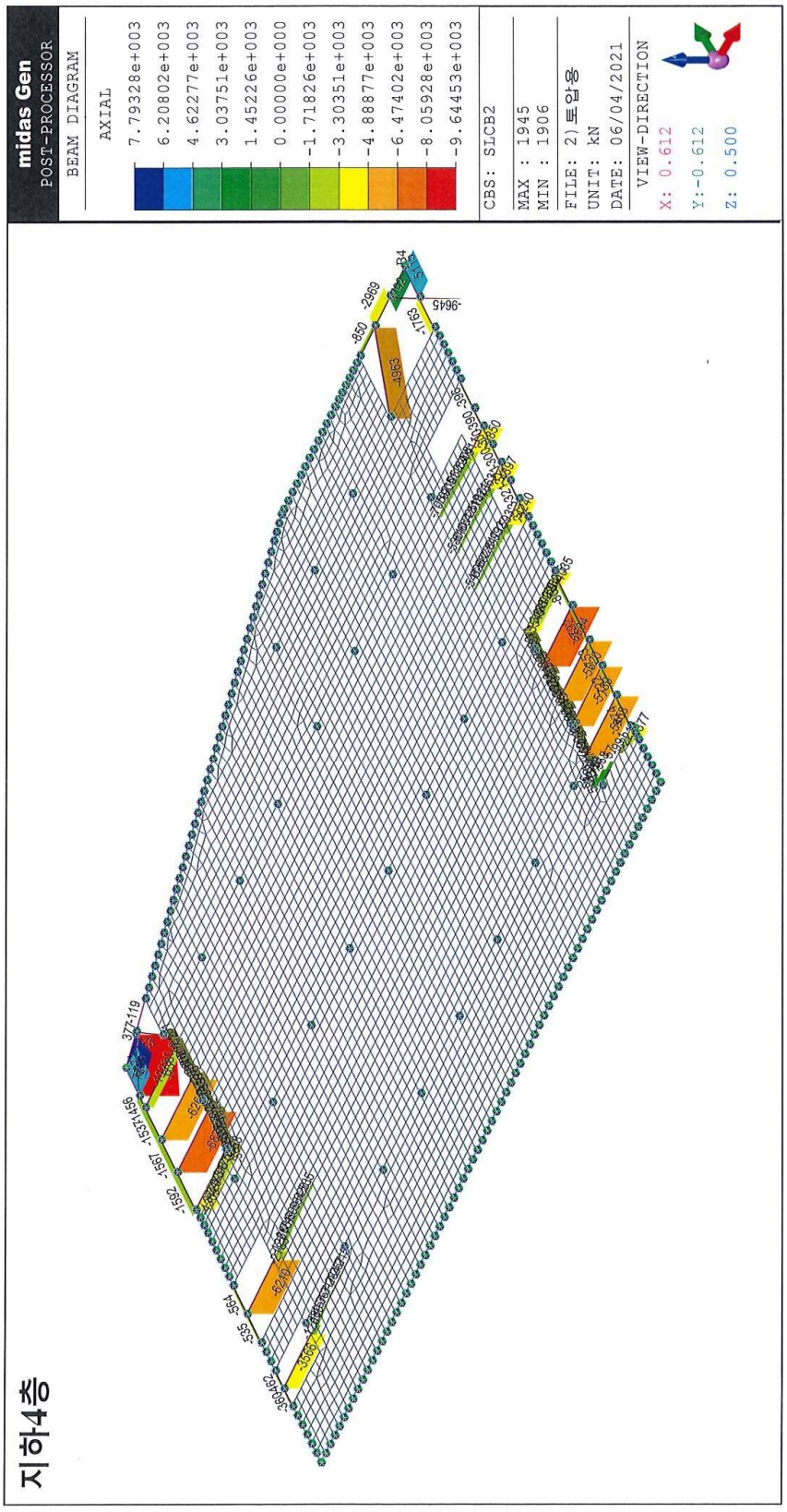
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
DISPLACEMENT
X-DIRECTION
9.34006e+000
7.55235e+000
5.76464e+000
3.97694e+000
2.18923e+000
0.00000e+000
-1.38618e+000
-3.17388e+000
-4.96159e+000
-6.74929e+000
-8.53700e+000
-1.03247e+001
SCALEFACTOR= 6.7509E+001
CBS: SLCB5
MAX : 891
MIN : 862
FILE: 2)토압용
UNIT: mm
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000
MAX: -10.3
지하4층

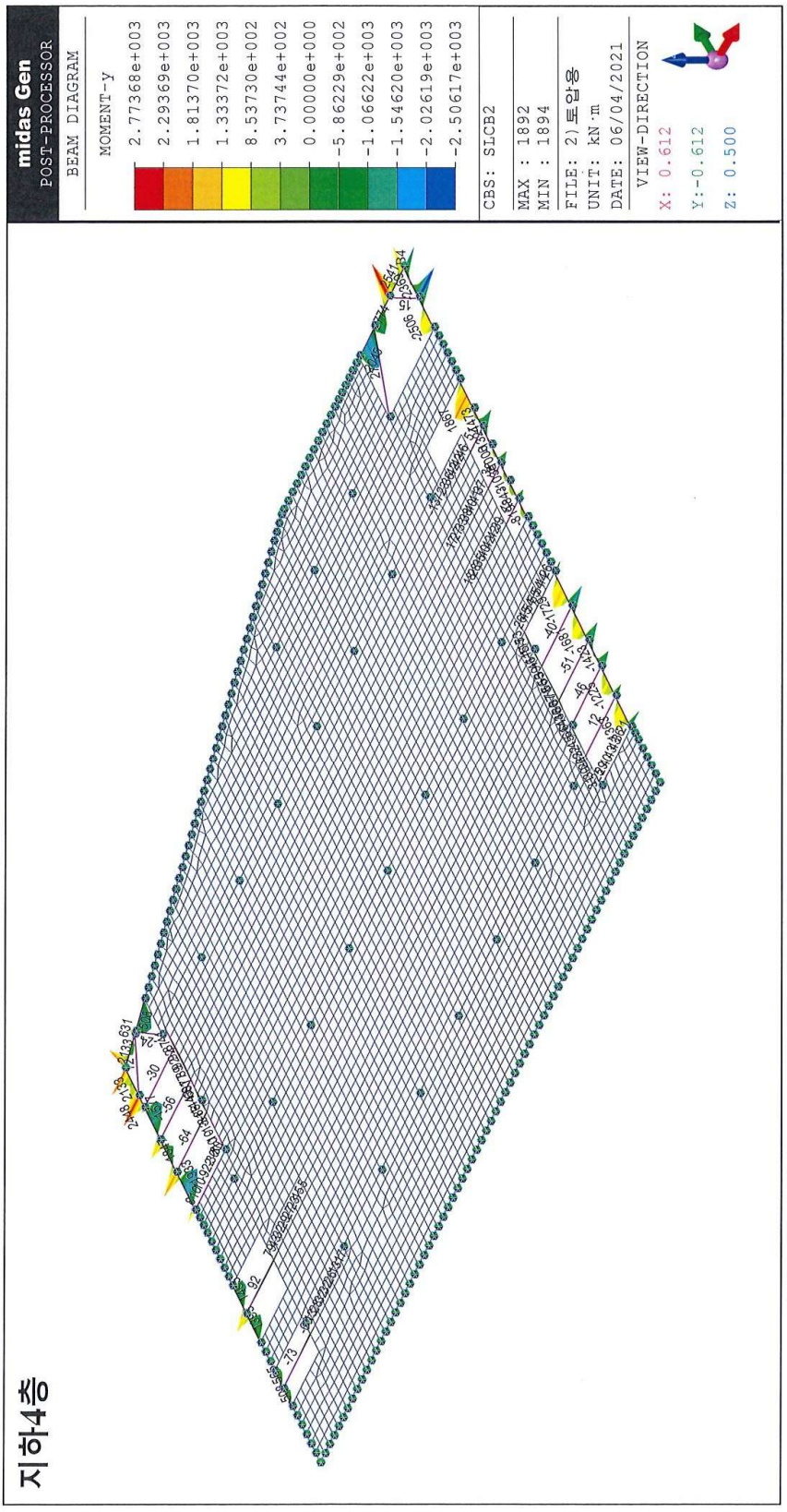
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
DISPLACEMENT
Y-DIRECTION
5.73523e+000
4.19089e+000
2.64654e+000
1.10219e+000
0.00000e+000
-1.98651e+000
-3.53086e+000
-5.07520e+000
-6.61955e+000
-8.16390e+000
-9.70825e+000
-1.12526e+001
SCALEFACTOR= 6.1942E+001
CBS: SLCB5
MAX : 20553
MIN : 882
FILE: 2\토압용
UNIT: mm
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000
MAX: 11.3
지하4층

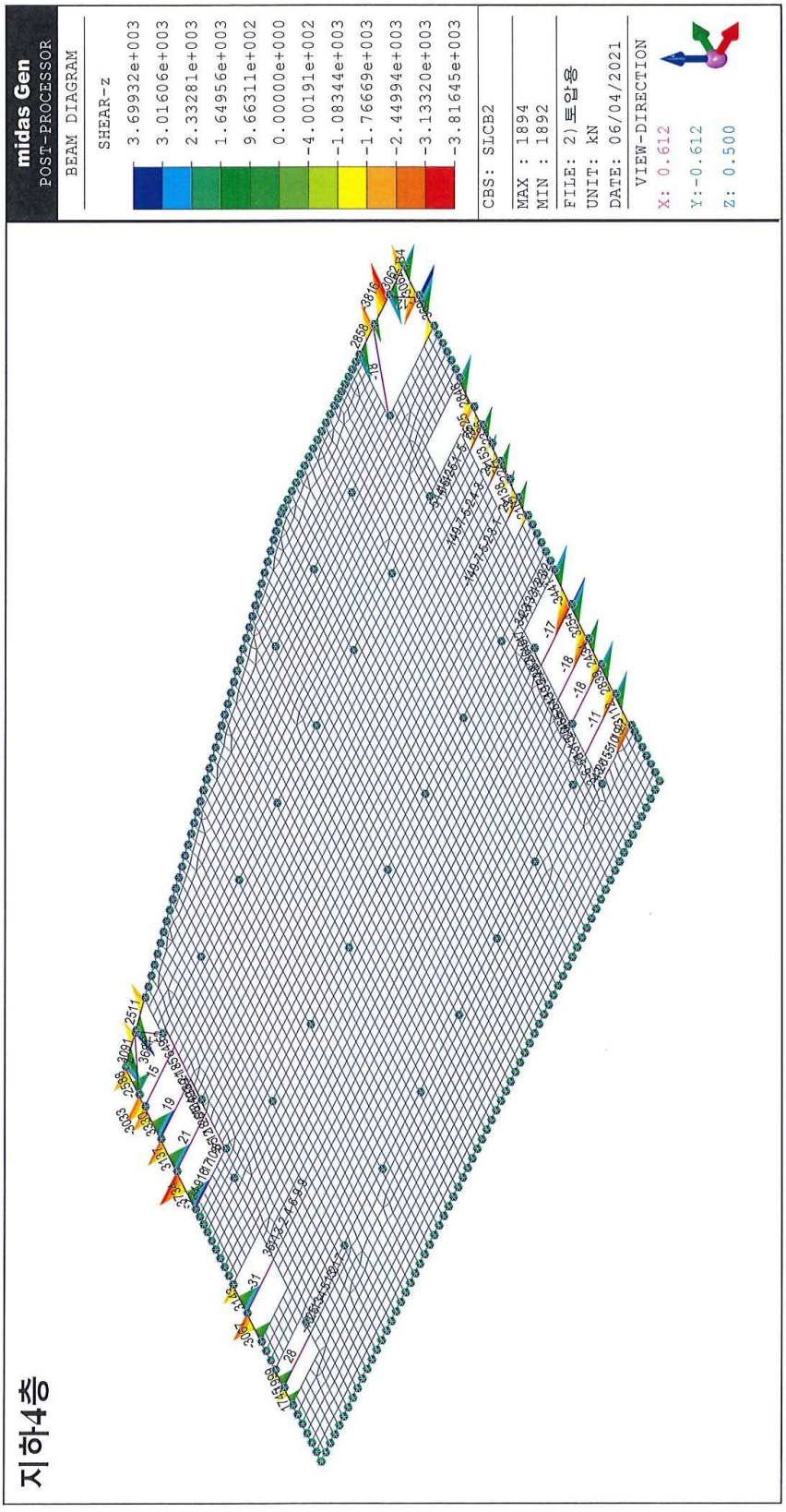
10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
AXIAL
7.79328e+003
6.20802e+003
4.62277e+003
3.03751e+003
1.45226e+003
0.00000e+000
-1.71826e+003
-3.30351e+003
-4.88877e+003
-6.47402e+003
-8.05928e+003
-9.64453e+003
CBS: SLCB2
MAX : 1945
MIN : 1906
FILE: 2)토압옹
UNIT: kN
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
지하4층

10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-y
2.77368e+003
2.29369e+003
1.81370e+003
1.33372e+003
8.53730e+002
3.73744e+002
0.00000e+000
-5.86229e+002
-1.06622e+003
-1.54620e+003
-2.02619e+003
-2.50617e+003
CBS: SLCB2
MAX : 1892
MIN : 1894
FILE: 2\토압용
UNIT: kN.m
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
지하4층

10.7 설계도서


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
SHEAR-z
3.69932e+003
3.01606e+003
2.33281e+003
1.64956e+003
9.66311e+002
0.00000e+000
-4.00191e+002
-1.08344e+003
-1.76669e+003
-2.44994e+003
-3.13320e+003
-3.81645e+003
CBS: SICB2
MAX : 1894
MIN : 1892
FILE: 2)토압용
UNIT: kN
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500
지하4층

10.7 설계도서

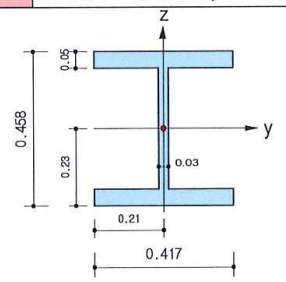
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

Company		Project Title	
Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 1948
Material SM355 (No:200)
(Fy = 335000, Es = 210000000)
Section Name -4ST1 (No:241)
(Rolled : H 458x417x30/50).
Member Length : 4.46100



Depth	0.45800	Web Thick	0.03000
Top F Width	0.41700	Top F Thick	0.05000
Bot.F Width	0.41700	Bot.F Thick	0.05000
Area	0.05286	Asz	0.01374
Qyb	0.15780	Qzb	0.02174
Iyy	0.00187	Izz	0.00060
Ybar	0.20850	Zbar	0.22900
Syy	0.00817	Szz	0.00290
ry	0.18800	rz	0.10700

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -9379.5 (LCB: 2, POS:I)
Bending Moments My = 3.52294, Mz = -347.80
End Moments Myi = 3.35312, Myj = -3.3240 (for Lb)
Myi = 3.35312, Myj = -3.3240 (for Ly)
Mzi = -347.80, Mzj = 61.1121 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -91.665 (LCB: 3, POS:1/2)
Fzz = 14.4530 (LCB: 1, POS:J)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 4.46100, Lz = 4.46100, Lb = 4.46100
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 64.5 < 200.0 (Memb:1905, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 9379.5/14169.2 = 0.662 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 3.52/2876.31 = 0.001 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 347.80/1338.66 = 0.260 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.66 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.894 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.012 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.005 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0183 > 0.0005 (Memb:1980, LCB: 5, POS: 3.1m, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:19

10.7 설계도서

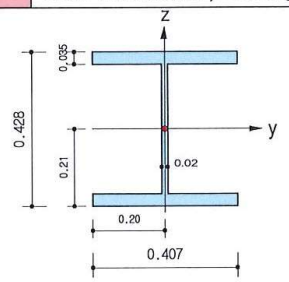
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 1938
Material SM355 (No:200)
(Fy = 345000, Es = 210000000)
Section Name -4ST3 (No:243)
(Rolled : H 428x407x20/35).
Member Length : 6.15000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -6871.3 (LCB: 2, POS:J)
Bending Moments My = -71.887, Mz = 69.0470
End Moments Myi = 1.15429, Myj = -64.343 (for Lb)
Myi = 1.15429, Myj = -64.343 (for Ly)
Mzi = -85.695, Mzj = 69.0470 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -25.161 (LCB: 3, POS:1/2)
Fzz = 24.3785 (LCB: 1, POS:J)

Depth	0.42800	Web Thick	0.02000
Top F Width	0.40700	Top F Thick	0.03500
Bot.F Width	0.40700	Bot.F Thick	0.03500
Area	0.03607	Asz	0.00856
Qyb	0.15598	Qzb	0.02071
Iyy	0.00119	Izz	0.00039
Ybar	0.20350	Zbar	0.21400
Syy	0.00557	Szz	0.00193
ry	0.18200	rz	0.10400

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6.15000, Lz = 6.15000, Lb = 6.15000
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 59.1 < 200.0 (Memb:1938, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 6871.34/8778.10 = 0.783 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 71.89/1889.76 = 0.038 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 69.047/912.870 = 0.076 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.78 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.884 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.005 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.014 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0205 > 0.0003 (Memb:1938, LCB: 5, POS: 3.8m, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:19

10.7 설계도서

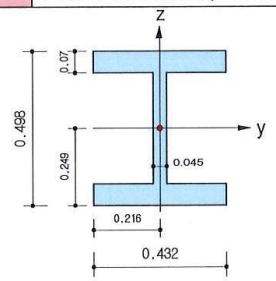
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 1892
Material SM355 (No:400)
(Fy = 335000, Es = 210000000)
Section Name -4WA1 (No:440)
(Rolled : H 498x432x45/70).
Member Length : 3.03333



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -2969.2 (LCB: 3, POS:J)
Bending Moments My = 2773.68, Mz = -4.9800
End Moments Myi = -337.86, Myj = 2773.68 (for Lb)
Myi = -337.86, Myj = 2773.68 (for Ly)
Mzi = -4.5870, Mzj = -4.9108 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 12.7537 (LCB: 1, POS:J)
Fzz = -3816.4 (LCB: 3, POS:J)

Depth	0.49800	Web Thick	0.04500
Top F Width	0.43200	Top F Thick	0.07000
Bot.F Width	0.43200	Bot.F Thick	0.07000
Area	0.07701	Asz	0.02241
Qyb	0.15983	Qzb	0.02333
Iyy	0.00298	Izz	0.00094
Ybar	0.21600	Zbar	0.24900
Syy	0.01200	Szz	0.00437
ry	0.19700	rz	0.11100

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 3.03333, Lz = 3.03333, Lb = 3.03333
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 34.7 < 200.0 (Memb:1940, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 2969.2/22074.6 = 0.135 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 2773.68/4371.75 = 0.634 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 4.98/2026.08 = 0.002 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.13 < 0.20
Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.705 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.001 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.847 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0128 > 0.0000 (Memb:1940, LCB: 5, POS: 1.7m, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:20

10.7 설계도서

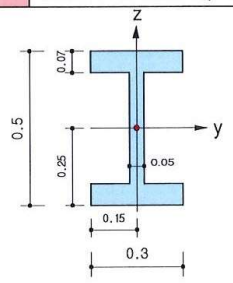
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 1930
Material SM355 (No:600)
(Fy = 335000, Es = 210000000)
Section Name -4SWG1 (No:605)
(Rolled : -4SWG1).
Member Length : 6.15000



Depth	0.50000	Web Thick	0.05000
Top F Width	0.30000	Top F Thick	0.07000
Bot.F Width	0.30000	Bot.F Thick	0.07000
Area	0.06000	Asz	0.02500
Qyb	0.10650	Qzb	0.01125
Iyy	0.00215	Izz	0.00032
Ybar	0.15000	Zbar	0.25000
Syy	0.00861	Szz	0.00213
ry	0.18943	rz	0.07289

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -4364.9 (LCB: 2, POS:I)
Bending Moments My = -0.1574, Mz = 777.749
End Moments Myi = -0.1516, Myj = 8.30557 (for Lb)
Myi = -0.1516, Myj = -26.542 (for Ly)
Mzi = 777.749, Mzj = -173.98 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 1083.26 (LCB: 3, POS:I)
Fzz = 15.7217 (LCB: 1, POS:1/2)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6.15000, Lz = 0.87857, Lb = 0.87857
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 32.5 < 200.0 (LCB: 2)..... 0.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 4364.9/16845.0 = 0.259 < 1.000 ..... 0.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 0.16/3210.97 = 0.000 < 1.000 ..... 0.K
Muz/phiMnz = 777.75/1017.56 = 0.764 < 1.000 ..... 0.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.26 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.939 < 1.000 ..... 0.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.143 < 1.000 ..... 0.K
Vuz/phiVnz = 0.003 < 1.000 ..... 0.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0205 > 0.0001 (Memb:1930, LCB: 5, POS: 4.4m, Dir-Z)..... 0.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:20

10.7 설계도서

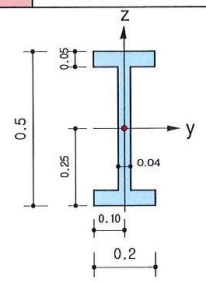
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\2)토압용.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 1934
Material SM355 (No:600)
(Fy = 335000, Es = 210000000)
Section Name -4SWG2 (No:607)
(Rolled : -4SWG2).
Member Length : 2.15000



Depth	0.50000	Web Thick	0.04000
Top F Width	0.20000	Top F Thick	0.05000
Bot.F Width	0.20000	Bot.F Thick	0.05000
Area	0.03600	Asz	0.02000
Qyb	0.07625	Qzb	0.00500
Iyy	0.00123	Izz	0.00007
Ybar	0.10000	Zbar	0.25000
Syy	0.00492	Szz	0.00069
ry	0.18484	rz	0.04372

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -3939.4 (LCB: 2, POS:J)
Bending Moments My = 61.2812, Mz = 162.382
End Moments Myi = -1.9547, Myj = 60.8435 (for Lb)
Myi = -143.22, Myj = 60.8435 (for Ly)
Mzi = -133.92, Mzj = 162.382 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -413.45 (LCB: 3, POS:J)
Fzz = -120.50 (LCB: 1, POS:I)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2.15000, Lz = 0.71667, Lb = 0.71667
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 16.4 < 200.0 (LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 3939.4/10323.9 = 0.382 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 61.28/1839.15 = 0.033 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 162.382/331.891 = 0.489 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.38 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.846 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.114 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.033 < 1.000 ..... O.K

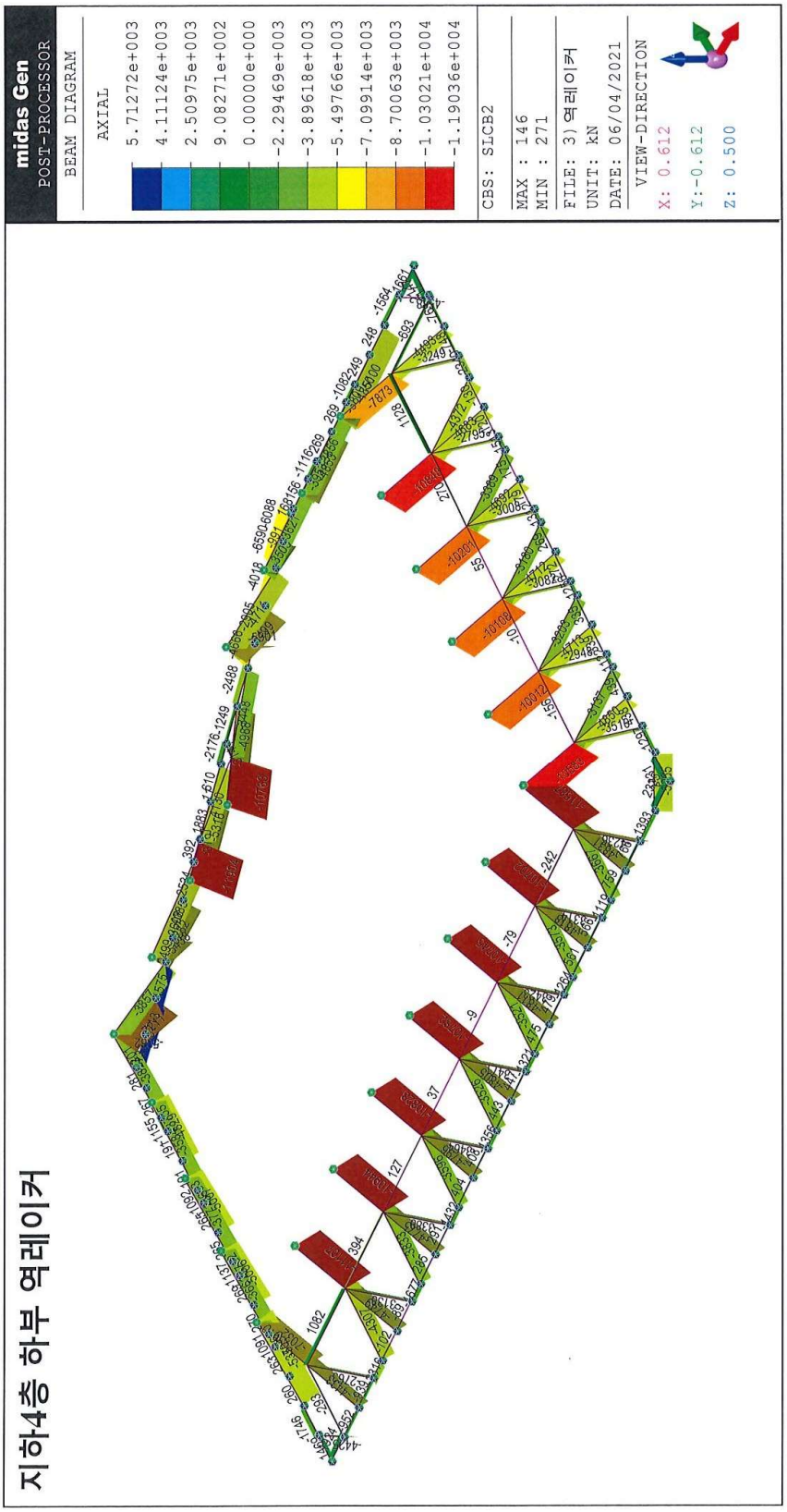
5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0072 > 0.0001 (Memb:1934, LCB: 5, POS: 0.7m, Dir-Z)..... O.K

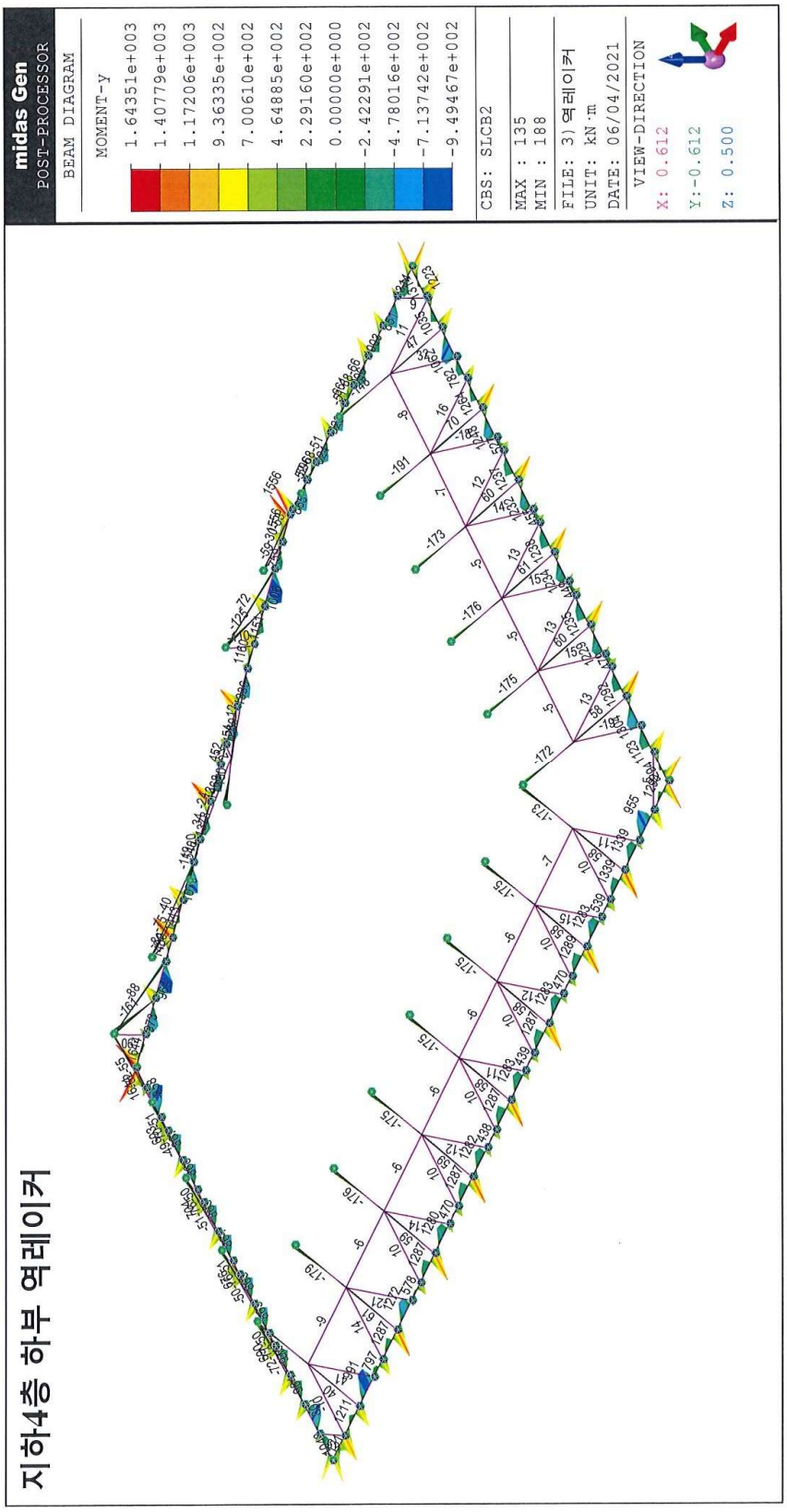
Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:21

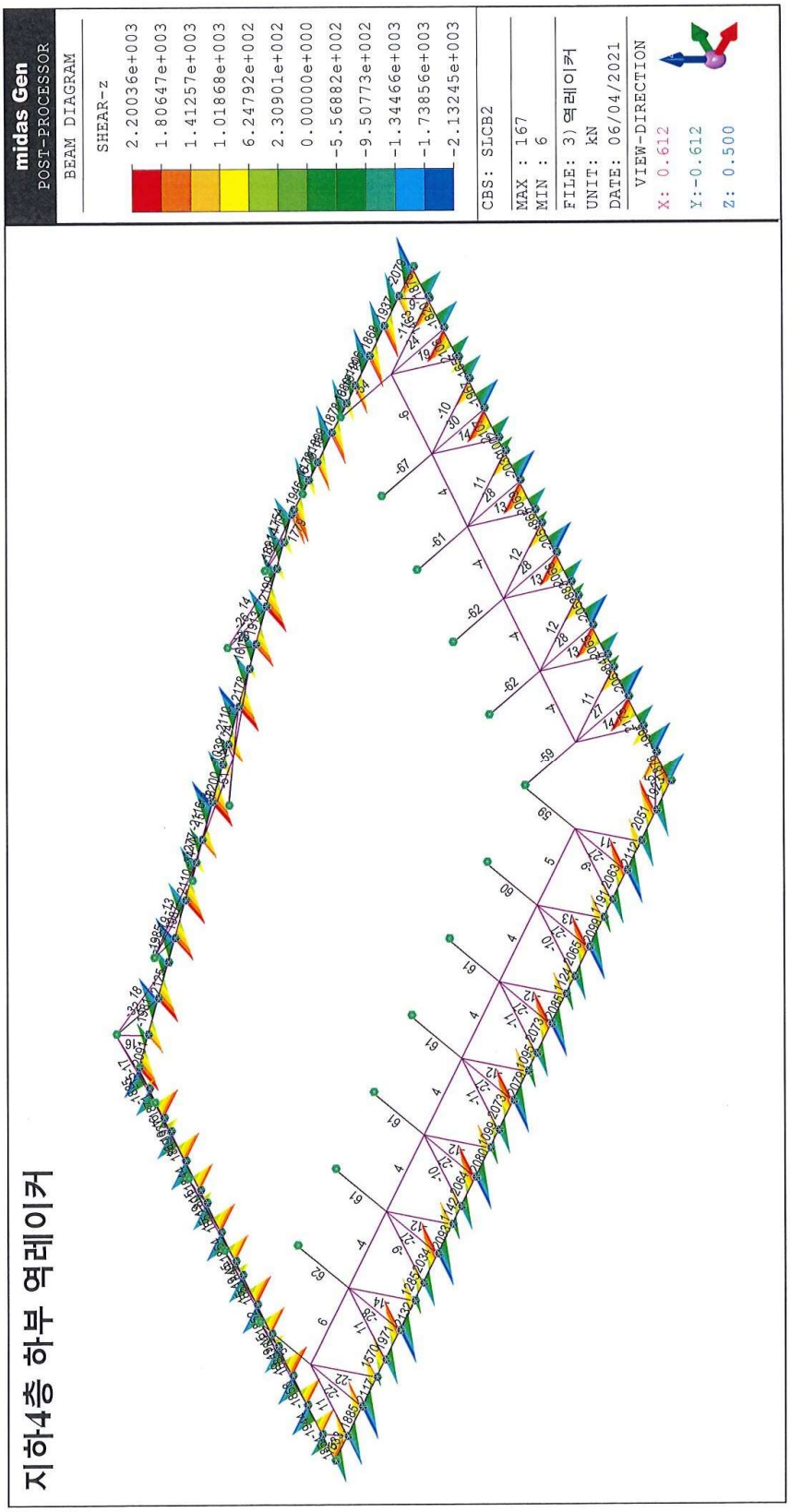
10.7 설계도서


지하4층 하부 역레이커
midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
AXIAL
5.71272e+003
4.11124e+003
2.50975e+003
9.08271e+002
0.00000e+000
-2.29469e+003
-3.89618e+003
-5.49766e+003
-7.09914e+003
-8.70063e+003
-1.03021e+004
-1.19036e+004
CBS: SLCB2
MAX : 146
MIN : 271
FILE: 3)역레이커
UNIT: kN
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500

10.7 설계도서


지하4층 하부 역레이커
midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-y
1.64351e+003
1.40779e+003
1.17206e+003
9.36335e+002
7.00610e+002
4.64885e+002
2.29160e+002
0.00000e+000
-2.42291e+002
-4.78016e+002
-7.13742e+002
-9.49467e+002
CBS: SLCB2
MAX : 135
MIN : 188
FILE: 3)역레이커
UNIT: kN·m
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500

10.7 설계도서


지하4층 하부 역레이커
midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
SHEAR-z
2.20036e+003
1.80647e+003
1.41257e+003
1.01868e+003
6.24792e+002
2.30901e+002
0.00000e+000
-5.56882e+002
-9.50773e+002
-1.34466e+003
-1.73856e+003
-2.13245e+003
CBS: SLCB2
MAX : 167
MIN : 6
FILE: 3)역레이커
UNIT: kN
DATE: 06/04/2021
VIEW-DIRECTION
X: 0.612
Y:-0.612
Z: 0.500

10.7 설계도서

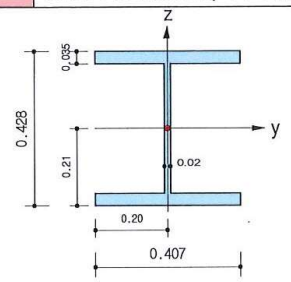
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\3)역레이커.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 139
Material SM355 (No:800)
(Fy = 345000, Es = 210000000)
Section Name -5RA1 (No:730)
(Rolled : H 428x407x20/35).
Member Length : 6.18468



Depth	0.42800	Web Thick	0.02000
Top F Width	0.40700	Top F Thick	0.03500
Bot.F Width	0.40700	Bot.F Thick	0.03500
Area	0.03607	Asz	0.00856
Qyb	0.15598	Qzb	0.02071
Iyy	0.00119	Izz	0.00039
Ybar	0.20350	Zbar	0.21400
Syy	0.00557	Szz	0.00193
ry	0.18200	rz	0.10400

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -7194.8 (LCB: 2, POS:I)
Bending Moments My = -162.61, Mz = -42.743
End Moments Myi = -161.49, Myj = -3.4992 (for Lb)
Myi = -161.49, Myj = -3.4992 (for Ly)
Mzi = -42.609, Mzj = 14.9561 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -9.3077 (LCB: 2, POS:1/2)
Fzz = -31.609 (LCB: 2, POS:I)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6.18468, Lz = 6.18468, Lb = 6.18468
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 85.1 < 200.0 (Memb:147, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 7194.76/8753.95 = 0.822 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 162.61/1888.29 = 0.086 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 42.743/912.870 = 0.047 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.82 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.940 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.002 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.018 < 1.000 ..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:24

10.7 설계도서

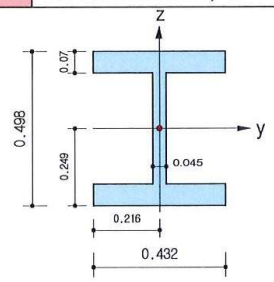
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\3)역레이커.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 271
Material SM355 (No:800)
(Fy = 335000, Es = 210000000)
Section Name -5RA2 (No:731)
(Rolled : H 498x432x45/70).
Member Length : 9.43394



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -11886 (LCB: 2, POS:I)
Bending Moments My = -139.34, Mz = -435.50
End Moments Myi = -119.37, Myj = -27.906 (for Lb)
Myi = -119.37, Myj = 15.1653 (for Ly)
Mzi = -434.75, Mzj = 358.404 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -168.15 (LCB: 2, POS:1/4)
Fzz = -56.295 (LCB: 1, POS:I)

Depth	0.49800	Web Thick	0.04500
Top F Width	0.43200	Top F Thick	0.07000
Bot.F Width	0.43200	Bot.F Thick	0.07000
Area	0.07701	Asz	0.02241
Qyb	0.15983	Qzb	0.02333
Iyy	0.00298	Izz	0.00094
Ybar	0.21600	Zbar	0.24900
Syy	0.01200	Szz	0.00437
ry	0.19700	rz	0.11100

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 9.43394, Lz = 4.71697, Lb = 4.71697
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 57.4 < 200.0 (Memb:272, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 11885.8/19881.9 = 0.598 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 139.34/4371.75 = 0.032 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 435.50/2026.08 = 0.215 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.60 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.817 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.015 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.012 < 1.000 ..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:24

10.7 설계도서

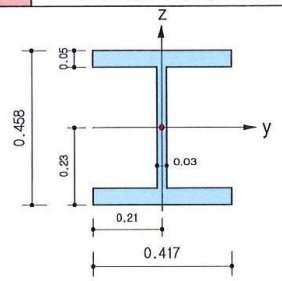
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\3)역레이커.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 192
Material SM355 (No:400)
(Fy = 335000, Es = 210000000)
Section Name -5rWA1 (No:804)
(Rolled : H 458x417x30/50).
Member Length : 2.28658



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -6088.2 (LCB: 2, POS:J)
Bending Moments My = 1556.06, Mz = 0.24041
End Moments Myi = 682.856, Myj = 1556.06 (for Lb)
Myi = 682.856, Myj = 1556.06 (for Ly)
Mzi = -18.191, Mzj = 0.21484 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -13.632 (LCB: 2, POS:I)
Fzz = -1753.9 (LCB: 3, POS:J)

Depth	0.45800	Web Thick	0.03000
Top F Width	0.41700	Top F Thick	0.05000
Bot.F Width	0.41700	Bot.F Thick	0.05000
Area	0.05286	Asz	0.01374
Qyb	0.15780	Qzb	0.02174
Iyy	0.00187	Izz	0.00060
Ybar	0.20850	Zbar	0.22900
Syy	0.00817	Szz	0.00290
ry	0.18800	rz	0.10700

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2.28658, Lz = 2.28658, Lb = 2.28658
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 29.1 < 200.0 (Memb:156, LCB: 1)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 6088.2/15452.4 = 0.394 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 1556.06/2876.31 = 0.541 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 0.24/1338.66 = 0.000 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.39 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.875 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.002 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.635 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0100 > 0.0001 (Memb:149, LCB: 5, POS: 2.0m, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:24

10.7 설계도서

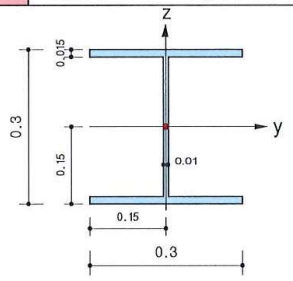
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\3)역레이커.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 263
Material SM355 (No:200)
(Fy = 355000, Es = 210000000)
Section Name -5rST0 (No:930)
(Rolled : H 300x300x10/15).
Member Length : 8.20034



Depth	0.30000	Web Thick	0.01000
Top F Width	0.30000	Top F Thick	0.01500
Bot.F Width	0.30000	Bot.F Thick	0.01500
Area	0.01198	Asz	0.00300
Qyb	0.07324	Qzb	0.01125
Iyy	0.00020	Izz	0.00007
Ybar	0.15000	Zbar	0.15000
Syy	0.00136	Szz	0.00045
ry	0.13100	rz	0.07510

2. Member Forces

Axial Force Fxx = 1128.16 (LCB: 2, POS:I)
Bending Moments My = -8.2407, Mz = 0.13871
End Moments Myi = -8.2407, Myj = 0.10726 (for Lb)
Myi = -8.2407, Myj = 0.10726 (for Ly)
Mzi = 0.13871, Mzj = -1.1943 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 0.16256 (LCB: 2, POS:1/2)
Fzz = -5.5555 (LCB: 2, POS:I)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 8.20034, Lz = 8.20034, Lb = 8.20034
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 109.2 < 200.0 (Memb:263, LCB: 1)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 1128.16/3827.61 = 0.295 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 8.241/357.723 = 0.023 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 0.139/212.614 = 0.001 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Tension+Bending)
Pu/phiPn = 0.29 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.316 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.000 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.009 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0273 > 0.0006 (Memb:263, LCB: 5, POS: 4.6m, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:24

10.7 설계도서

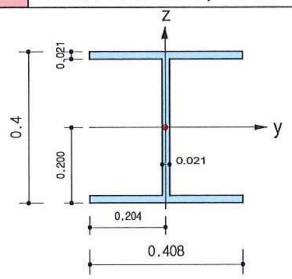
midas Gen **Steel Checking Result**

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	C:\...\작업\210602\3)역레이커.mgb

1. Design Information

Design Code KSSC-LSD16
Unit System kN, m
Member No 29
Material SM355 (No:200)
(Fy = 345000, Es = 210000000)
Section Name -5rST1 (No:931)
(Rolled : H 400x408x21/21).
Member Length : 4.24264



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -5264.9 (LCB: 3, POS:J)
Bending Moments My = -0.6308, Mz = 57.4539
End Moments Myi = -0.6458, Myj = -0.6500 (for Lb)
Myi = -0.6458, Myj = -0.6500 (for Ly)
Mzi = 30.5653, Mzj = 57.4576 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -6.3390 (LCB: 2, POS:1/2)
Fzz = -5.7597 (LCB: 1, POS:I)

Depth	0.40000	Web Thick	0.02100
Top F Width	0.40800	Top F Thick	0.02100
Bot.F Width	0.40800	Bot.F Thick	0.02100
Area	0.02507	Asz	0.00840
Qyb	0.09334	Qzb	0.02081
Iyy	0.00071	Izz	0.00024
Ybar	0.20400	Zbar	0.20000
Syy	0.00354	Szz	0.00117
ry	0.16800	rz	0.09750

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 4.24264, Lz = 4.24264, Lb = 4.24264
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Moment Factor / Bending Coefficient
Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
KL/r = 44.0 < 200.0 (Memb:189, LCB: 2)..... O.K
Axial Strength
Pu/phiPn = 5264.94/6822.19 = 0.772 < 1.000 ..... O.K
Bending Strength
Muy/phiMny = 0.63/1228.49 = 0.001 < 1.000 ..... O.K
Muz/phiMnz = 57.454/549.113 = 0.105 < 1.000 ..... O.K
Combined Strength (Compression+Bending)
Pu/phiPn = 0.77 > 0.20
Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.865 < 1.000 ..... O.K
Shear Strength
Vuy/phiVny = 0.002 < 1.000 ..... O.K
Vuz/phiVnz = 0.003 < 1.000 ..... O.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 0.0123 > 0.0001 (Memb:28, LCB: 5, POS: 2.0m, Dir-Z)..... O.K

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 06/04/2021 14:24

10.7 설계도서

10.7.3 설계도면

설계도면

가산동 345-48 데이터센터 신축공사

지하굴착 및 가시설 흙막이 공사 관련 설계도

2021. 11.

시 지 이 엔 씨 (주)
C.G Engineering & Consulting CO., LTD.
www.cgenc.com 한글도메인 : 시지이엔씨

지하굴착 및 가시설 흙막이 공사

도면 번호	도 면 명	SCALE		비 고
		A1	A3	
C-100	도면목록표	NONE	NONE	
C-100-1~2	지하안전영향평가협의의견-1~2	NONE	NONE	
C-101	설계개요 및 적용공법의 요약	NONE	NONE	
C-102	현황종합도	1 / 400	1 / 800	
C-103	PRD 계획 평면도	1 / 150	1 / 300	
C-104	굴착 계획 평면도	1 / 150	1 / 300	
C-105	가시설 계획 단면도 -A-L	1 / 250	1 / 500	
C-106	가시설 계획 단면도 -A-R	1 / 250	1 / 500	
C-107	가시설 계획 단면도 -B-L	1 / 250	1 / 500	
C-108	가시설 계획 단면도 -B-R	1 / 250	1 / 500	
C-109	가시설 계획 전개도 -1	1 / 250	1 / 500	
C-110	가시설 계획 전개도 -2	1 / 250	1 / 500	
C-111	가시설 상세도	NONE	NONE	
C-112	토류판 상세도	NONE	NONE	
C-113	CIP 시공순서도 및 상세도	NONE	NONE	
C-114	S.G.R 시공순서도 및 상세도	NONE	NONE	
C-115	PRD PILE 시공순서도	NONE	NONE	
C-116~119	PRD 상세도 -1~4	NONE	NONE	
C-120	계측 계획 평면도	1 / 400	1 / 800	
C-121	계측 계획 단면도 -A-L	1 / 250	1 / 500	
C-122	계측 계획 단면도 -A-R	1 / 250	1 / 500	
C-123	계측 계획 단면도 -B-L	1 / 250	1 / 500	
C-124	계측 계획 단면도 -B-R	1 / 250	1 / 500	
C-125	계측기 상세도 -1	NONE	NONE	
C-126	계측기 상세도 -2	NONE	NONE	
C-127	암굴착 계획 평면도	1 / 150	1 / 300	
C-128	배수 처리 계획 평면도	1 / 150	1 / 300	
C-129~131	시공순서도-1~3	NONE	NONE	

노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE

가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -

검토 CHECKED BY : -

PM DESIGNED BY : 최종열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : NONE
A3 : NONE

날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
굴착 계획 평면도

도면번호 SHEET NO.
C - 100

주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주)간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

1. 협의내용

◐협의내용

본 협의내용은 서울 금천구 가산동 345-48번지에 건설하는 [서울 금천구 가산동 345-48 데이터센터 신축]에 대한 지하안전영향평가 (이하 "평가서" 라고 함)에 관한 것으로서, 본 협의 내용과 평가서에 제시된 지하안전 저감방안을 사업계획에 충실히 반영하여 지하안전에 미치는 부정적인 영향을 최소화 하여야함.

◐주요 협의내용

가. 조건부 협의내용

1) 굴착영향범위 내 하수관로 등에 대하여 착공 전 CCTV 조사를 실시하고, 관파손, 누수 등 결함 발견 시 지하매설물 관리자와 협의하여 보수·보강 등 사전 조치 방안, 조치 시기 등을 구체적으로 제시하기 바람

2) GPR탐사 결과는 착공전 시설물 관리자 조치 방안 협의 필요

3) 굴착영향범위 내 인접현장의 지하층 공사완료 후 동 사업을 굴착하는 것으로 검토하였으나, 현지여건이 변경될 경우 인접현장 공정에 맞춰 3차원해석 포함한 지반안전성을 재검토하여 승인기관장의 승인 후 굴착 공사를 시행하기 바람

4) 서부간선도로의 안전성 확보여부 및 계측에 대한 세부계획에 대하여 시설물 관리기관(부서)와 사전협의하고 결과를 반영하기 바람

나. 일반 협의내용

1) 평가서에서 안전성 해석 시 반영한 굴착 시공단계가 현장여건에 따라 변경될 경우 반드시 현장여건을 반영하여 안전성 검토를 재수행하여야함.

2) 계측책임자는 계측착수 전에 설계 시 작성된 계획을 검토하고 현장여건을 반영하여 상세한 계측수행(각 계측기별 설치시기 포함) 및 분석계획, 유지관리용 계측기기의 초기치 설정 및 보호 등에 대한 계획을 작성하여 공사감리원 또는 공사감독자의 승인을 얻어 수행하여야함.

3) 대상사업 주변에 도로 등이 위치하고 있어 가시설 및 굴착공사 시 정밀시공 및 계측관리에 중점을 두고 현장관리를 철저히 시행하여야 하며, 예측하지 못한 상황에 선제적으로 대응하여야함.

4) 흙막이 공사 시행과정에서 사업구역 인근의 토지소유자에게 손실을 끼칠 우려가 있을 경우 지하개발사업자는 사전에 토지소유자의 동의를 받은 후 공사를 시행하여야함.

5) 평가서에서 검토된 대로 단계별 굴착 공사 세부 시공계획 및 관리계획을 수립하여 이행하여야함.

6) 안전성 검토에 반영되지 않은 공사중 작업하중(흙막이 가시설 상부(복공판)에 크레인 등 중장비 적재, 현장가설사무소 설치, 인중 작업시 하중 등 발생 가능 모든 하중)이 발생할 경우 가시설 안전성을 검토하고, 가시설 상부 이용 시 중장비 운영, 현장가설사무소 설치계획을 제출해야함.

7) 동 협의내용을 반영하기 곤란한 특별한 사유가 있는 경우 「지하안전관리에 관한 특별법」 제18조 제1항 및 같은 법 시행령 제19조 제1항에 따라 협의내용의 조정을 요청하여야함.

8) 만일, 착공시기가 지연되어 주변여건이 변경될 경우 지하개발사업자는 이를 반영하여 공법 등을 재검토하여 그 결과를 승인기관의 장에게 제출하여야 함. (협의 결과 통보일로부터 6개월 이상 착공이 지연될 경우 지하개발사업자는 반드시 주변상황을 확인하여야함.)

9) 흙막이벽체 시공시 주변 도로 등과 인접시공이 불가피하므로 벽체 시공시 수직도 관리와 신속한 차수그라우팅을 토사 및 지하수 유출이 최소화 될 수 있도록 조치하기 바람.

10) 굴착공사 도중 부득이한 사유로 일정기간 공사를 중지할 경우 공사 중지기간과 중지시점의 지층형태를 감안한 현장 안전조치방안 수립 및 공사재개 시 안전성을 재검토하여 그 결과를 승인기관의 장에게 제출하여야함.

11) 흙막이 배면으로 우수가 집중되어 침투되지 않도록 흙막이 배면 배수계획을 수립·반영하여야함.

12) 가시설 공사 시행시 「가설공사표준시방서(2016, 국토교통부)」, 「시공 중 지반계측(KCS 11 10 15:2016)」 등 각종 시방서를 준수하여 안전시공하여야함.

13) 「지하안전관리에 관한 특별법」에 규정된 제반사항을 철저히 준수하여야 하며, 타법에 저촉되는 사항은 공사착수 전에 별도의 개별 인·허가를 득하여야함.

14) 동 협의내용 검토시 예측되지 않는 지하구간의 변동으로 인한 지하수 변화, 지하매설물 추가발견 등 지하안전 확보방안에 지장이 있을 경우 지하개발사업자는 승인기관의 장에게 지하안전확보방안을 마련하여 제출하여야함.

15) 사업구간 내 흙막이 가시설 허용응력 대비 설계응력이 안전한 것으로 평가되었으나, 이상 계측 등이 확인되는 경우 즉각 공사를 중지하고 감독관청에 보고하여야함.

- 흙막이 가시설 등의 시공 시 발생 변위 및 침하량 등이 허용치의 90% 이상일 경우 계측기 추가 설치 등 계측을 강화하고 허용기준치의 95% 이상일 경우 보강 등의 계획을 수립하여야함.

16) 해당 사업의 지하층 골조 구조물 완료가 되기 전 평가서에 기재되어 있지 않던 인접지역의 굴착이 발생할 경우 그에 맞춰 지반안전성을 재검토한 후 승인기관의 장과 협의하여야함.

◐세부 협의내용

가. 지반 및 지질현황

1) 착공 전 현장의 지반조건과 지하매설물 등을 조사하여야 하며, 그 결과가 평가서에서 조사된 사항과 현저히 다를 경우 전문기술자의 검토를 받아 처리대책을 마련·강구하고 변경사항을 승인기관의 장에게 제출하여야 함.

나. 지하수 변화에 의한 영향

1) 사업부지 내에서 공사 중 발생하는 유출지하수가 당초 예상과 달리 유출될 경우 유출지하수 감소대책 등을 수립하는 등 현장관리를 철저히 시행하여 지하수 유출로 인한 토사 유실 등으로 지하 안전성이 저하되지 않도록 관리를 철저히 시행하여야함.

2) 동 평가서에서 예측한 지하수 유입량과 현장에서 발생되는 유입량(유량계 등 설치하여 계측)을 비교 분석하여 필요시 추가적인 보강공사 및 관리계획을 수립하여 이행하여야함.

3) 특히, 공사시 지하수 유출로 인한 주변지역으로부터의 토사 유실 등을 방지하기 위하여 일별 토사유출량 변화를 지속적으로 모니터링하여야 하며, 이전의 측정치에 비하여 모니터링 결과가 비이상적으로 급증(50%이상 증가)할 경우에는 승인기관 장에게 즉각 보고한 후 「공사장 지하수 관리 매뉴얼(서울시, 2016.12.)」에 따라 차수 및 방수 등을 선 조치 후 정밀조사를 실시하여야함.

4) 지하수이용 시설을 확인하여 지하수위 저하 등으로 인하여 지하수 이용자가 불편을 겪지 않도록 필요한 조치를 취하여야함.

5) 시공 전 현장에서 시험시공을 수행하고 그 시험 값을 승인기관 장에게 반드시 제출한 후 차수 그라우팅을 시공하여야 하며, 시공단계에서도 투수계수 확보여부를 지속적으로 관리하여야함.

6) 차수 그라우팅 투수계수가 1.0×10-5cm/sec이상 확보되는 것을 전제로 지하수위 변화에 의한 영향 등이 허용범위에 있는 것으로 분석되었으므로 철저한 시공 및 검측을 통해 투수계수가 1.0×10-5cm/sec이상의 효과가 나타나도록 시공하여야함.

7) 시공 전 현장에서 시험시공을 수행하고 그 시험 값을 승인기관 장에게 반드시 제출한 후 차수 그라우팅을 시공하여야 하며, 시공단계에서도 투수계수 확보여부를 지속적으로 관리하여야함.

8) 만일, 시험시공 및 시공단계에서 차수 그라우팅 투수계수가 1.0×10-5cm/sec이상의 효과가 나타나지 않을 경우 승인기관의 장과 협의하여 차수그라우팅 공법을 보강하여야함.

다. 지반안정성

1) 공사현장의 토질조건, 흙막이구조, 굴착규모, 지하매설물 현황, 인접구조물에 미치는 영향 등을 종합적으로 고려하여 충분한 안전성이 확보되도록 세부 시공계획서를 작성(건설사업자 등)하여야 하며, 반드시 감독자의 승인을 받은 후 공사를 시행하여야 함.

2) 동 평가서에서 검토된 단계별 굴착 높이대로 굴착 후 즉시, 흙막이의 안전성을 확인(시공순서도 반드시 준수)한 후 다음 굴착을 시행하여야 하며(해체 포함), 불가피하게 설계도면과 다르게 시공하여야 할 경우가 발생될 때에는 공사를 즉각 중단하고 전문기술자의 검토를 받아 처리대책을 마련·강구하고 변경사항을 승인기관의 장에게 제출하여야 함.

3) 가시설 구조검토를 통해 안전한 것으로 평가되었으나, 정밀시공에 의한 지수성이 확보되어야 배면지반의 침하변형을 방지할 수 있으므로 철저한 시공 및 관리가 필요함.

4) 지반굴착을 위한 천공 또는 항타 시행 전, 천공위치를 따라 인력으로 1.5m이상 또는 지하매설물 심도 이상 줄파기를 하여 지하매설물의 유무 및 위치를 재확인하여야 하며, 줄파기 작업 시 인근시설물 등에 피해가 없도록 하고 지반이 이완되지 않도록 주의하여야 하며, 필요 시에는 가복공 또는 가포장을 하여야 함.

5) 굴착공사 시 지하매설물 및 인접시설물에 피해자가 가지 않도록 시공하여야 하며, 굴착공사를 대비하여 각종 관의 절곡부, 분기부, 단관부, 기타 특수부분 등 지하시설물관리자가 요구한 보강대책 등의 이행에 만전을 기해야 함.

6) 지하매설물 이설 등의 작업을 시행할 경우에는 관계법령에 따라 지하시설물관리자의 입회하에 작업을 시행하여야 하며 지하매설물이 훼손되거나 부분적인 누수 등이 발생할 경우 즉각 응급조치를 하고 감독자와 지하시설물관리자에게 통보하여 적절한 조치를 취하여야 함.
또한, 가스관·수도관·하수도관 등의 사고로 인한 2차 피해가 우려될 때에는 교통의 차단, 통행자와 인근 거주자의 대피유도 및 부근의 화기엄금 등 긴급재난대책을 수립·이행하여야 함.

7) 암반 굴착공법은 브레이커 및 미진동암파쇄로 평가하였으므로 이를 준수하여야 함.
만일 발파공법을 적용할 경우, 발파공법 적용 전 반드시 승인기관의 장과 사전 협의하여 시험발파를 실시한 후 발파진동에 대한 흙막이 벽체의 안전성 검토, 발파영향권 분석, 주변시설물 안전대책, 소음저감 대책 등을 검토하여야 하며 주변 인접구조물의 피해가 최소화 되도록 시공계획을 수립하여야 함.

8) 굴착공사로 소음·진동 발생이 예상되는 경우 상가 및 지역주민 등에게 사전공지를 실시한 후 소음·진동관리법 등 관련법에서 정하는 기준을 준수하여 민원을 최소화하여야 함.



노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE
⚠	지하안전영향평가 보완	2021.09.

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -

검토 CHECKED BY : -

PM DESIGNED BY : 최종열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : NONE A3 : NONE

날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
지하안전영향평가협의내용-1

도면번호 SHEET NO.
C - 100-1

kt 주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주)간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

◐세부 협의내용

리. 지하안전확보방안

1) 지반침하 취약구간으로 선정된 구간에 대해서는 철저한 시공관리 및 계측을 통하여 시공 중에 발생 가능한 안전사고 위해요소를 제거하여야함.

2) 가시설 공사시 계측관리를 철저히 준수하여 시공하고 평가서에서 검토된 침하량보다 높게 발생되어 사고가 우려될 때에는 공사를 중단하고 승인기관 및 공사감독관과 협의 후 안전 조치 후 공사 재개를 하여야함.

3) 계측 완료 시기는 평가서에 제시한 대로 실시하여야 하며 계측결과에 대한 수렴여부를 감독자에 보고 후 계측이 종료될 수 있도록 조치하여야 함. (단, 계측결과 수렴 요건 미충족시는 감독자와 협의 후 추가 계측 필요)

4) 본 평가서에서 제시된 계측기를 반드시 설치하고 정기적인 계측관리의 시행·계측결과 지반변위속도와 흙막이 벽 부재 응력, 침하량이 갑자기 증가하는 등 이상 발생 시에는 감독자와 협의하여 대책을 수립하여야함.

5) 굴착에 의한 영향범위내에 위치한 지하매설물 및 인접시설물의 현황(특히, 건축물의 균열발생, 붕괴 전 이상징후 등)에 대하여 공사단계에서 주기적으로 점검을 실시하여 변화과정 등을 추적관리하고 시설물에 피해 발생이 우려될 경우 감독자의 승인을 받아 공법 변경·보강 등 대책을 강구하여 승인기관 장에게 보고하여야함.

공사 전 점검을 통해 인접시설물에 균열 등이 발생되어 있을 경우 건물경사계와 균열측정계를 추가로 설치하여 계측관리를 강화하여야함.

6) H-PILE + 토류판이 시공되는 구간은 굴착공사 시 토류판 배면 굴착에 따른 이격공간이 발생하므로 KCS 21 30 00 : 2020 14p에 의거하여 지중구조물과 흙막이 벽체 사이의 공간이 협소하여 다짐이 어려운 경우에는 빈배합의 소일시멘트 등으로 되메움하여 향후 지중에 공동과 같은 공간 형성이 없도록 해야함.

7) 굴착에 따른 지하안전확보를 위하여 지하수위계 및 지표침하계는 기존에 계획한 설치위치 이외에도 지반안전성 검토범위와 인접하여 설치될 수 있도록 계획하고 공사개시 이전부터 공사완료 후 지반침하가 완전히 완료될 때까지 혹은 구조물 완료시까지 주변침하량을 기록하고 보관하여야 함.

8) 계측책임자는 계측착수 전에 설계 시 작성된 계획을 검토하고 현장여건을 반영하여 상세한 계측수행 및 분석계획, 유지관리용 계측기기의 초기치 설정 및 보호 등에 대한 계획을 작성하여 공사감리원 또는 공사감독자의 승인을 얻어야 함.

9) 본 사업의 굴착을 시작하기 전 주변지반 및 인접시설물의 계측을 통해 초기 계측 Data(지반침하 및 경사도 등)를 기록하고 굴착을 시작한 후의 계측치와 비교·검토하여 굴착에 따른 영향여부를 확인할 수 있도록 계획을 수립할 것.

10) 시추조사 미흡분 발생 또는 지반조사 결과의 신뢰성 확보를 위해 추가로 시추 조사를 시행하여 지층이 변화할 경우, 해당 지층에 맞게 각종 수치해석을 추가로 수행함을 평가서에 수록할 것.

11) 시공 시 밀착관리를 통한 품질확보 및 주기적인 계측관리를 수행해야 함을 평가서에 수록하고 시공사는 각 단계별 허용계측치 초과시 즉시 실행가능한 긴급대책방안에 대하여 반드시 수립 후 착공해야 함.

12) 지하수위 저하 및 유출량에 대한 계측 및 관리방안을 제시하고 예측치를 초과할 경우에 즉시 실행 가능한 긴급대책방안을 수립할 것.

13) 예측치를 초과한 지하수 유출에 대한 비상상황에 대비하기 위하여 긴급 차수에 대한 대비책을 수립하고 이를 공사 감독에게 승인받을 필요가 있으며, 이에 대한 예비용 장비를 현장에 비치하여야 함.

14) 암반구간은 Face mapping(현황도 조사)를 실시하여 암반의 상태에 따라 지보재의 간격, 길이 등을 감독원과 협의 후 조정해야 함.

15) 급격한 지하수위 하락으로 인해 인접구조물 지하벽체와 흙막이 벽체 사이의 지반에 지반침하 및 공동이 생길 경우 흙막이 벽체 및 Strut, 인접구조물의 안전성에 대해 보장할 수 없는 바, 지하수위 저하 및 그로 인한 국부적인 침하 및 공동 발생 여부를 면밀히 관찰할 것.

16) 굴착에 따른 지하안전확보를 위하여 지하수위계 및 지표침하계는 기존에 계획한 설치위치 이외에도 지반안전성 검토범위와 인접하여 설치될 수 있도록 계획하고 공사개시 이전부터 공사완료 후 지반침하가 완전히 완료될 때까지 혹은 구조물 완료시까지 주변 침하량을 기록하고 보관하여야 함.

마. 기타

1) 가설흙막이에 사용하는 재료는 부식, 변형, 균열 발생이 없는 등 흙막이가 소정의 형상을 유지하고 제 기능을 발휘할 수 있는 재료로 선정하여야 함.

2) 기계작업 시 현장조건 및 작업여건을 고려하여 안전을 유지하도록 하고 적정한 배치를 하여야 하며 인접시설물이 침하되지 않도록 주의 시공하여야 함.

3) 흙막이 벽체 시공 시 지층에 적합한 배합비, 교반상태, 부재 연직도 확인 및 시공 부위연결 상태 등의 품질관리를 철저히 수행하여야 함.

4) 계측오류 또는 시공 중의 계측기기 파손 등으로 인해 축적된 자료가 손실되지 않도록 유지관리를 철저히 하여야 함.

5) 흙막이 공사 단계 및 완료시 주변에 배수시설을 갖추어 흙막이 공사장 내로 지표수가 유입되지 않도록 하여야 하고, 흙막이벽 주변에 공사자재 적치 등으로 인한 하중의 증가 등이 발생되지 않도록 하여야 함.

노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE
1	지하안전영향평가 보완	2021.09.

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -

검토 CHECKED BY : -

PM DESIGNED BY : 최종열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : NONE A3 : NONE

날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
지하안전영향평가협의내용-2

도면번호 SHEET NO.
C - 100-2

주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주)간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

韓國技術士會 登錄 No.98153070011D 李福守 技術士 會員 REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER

I.0 설계개요

-본 설계도면은 가산동 345-48 데이터센터 신축공사 신축설계의 지하굴착 및 가시설 흙막이 공사용 설계도면으로서, 건축계획 및 기타 주변현황(인접건물, 시설물, 지장물조사자료 등)를 토대로 건축계획 및 현장여건에 적합한 공법을 선정, 경제성, 시공성 및 안정성을 고려하여 설계에 반영하였다.

1.1 공 사 명 : 가산동 345-48 데이터센터 신축공사

1.2 대 지 위 치 : 서울특별시 금천구 가산동 345-48번지

1.3 건 축 설 계 : (주)간삼건축 종합건축사 사무소

1.4 건 축 개 요

- 건 축 규 모 : 지하 5층 / 지상 10층
- 구 조 : 철근콘크리트구조

1.5 사업부지 주변현황

방 향	도 로 현 황	구 조 물 현 황	비 고
동 측	가산디지털2로	대륭테크노타운 1차(7F/B1)	
서 측	서부간선도로	서부간선도로 지하차도	
남 측	-	이수전기(주)(4F/B1)	
북 측	-	(주)아톰 A동(3F/B1) (주)아톰 B동(2F/B1)	

2.0 지반조건

2.1 시추조사결과

시추조사 및 표준관입시험 결과 본 조사지역에서 지층의 구성상태는 현 지표로부터 매립토, 퇴적토(점토, 모래), 풍화토, 풍화암, 연암층 순서로 구성되어 있다.

시추공 공내수위를 측정한 결과 모든 조사공에서 G.L(-) 15.9 ~ 17.9m에 위치하는 것으로 조사 되었다.

본 수위는 계절적인 강우량과 인근지역의 지하수 이용여부 유출등에 따라 수시로 변할 수 있으므로 착공전 시험 터파기 등으로 최종 지하수위를 확인하여야 한다.

시 추 공 번	지 층 별 층 후 (m)							굴진심도 (G.L-m)	지하수위 (G.L-m)	비고
	매립토	퇴적층			풍화토	풍화암	연 암			
		점토	모래	자갈						
BH-1	1.8	3.6	1.3	4.7	9.6	4.6	1.4	27.0	17.9	NX
BH-2	2.0	3.5	-	5.9	9.6	1.4	1.1	23.5	17.7	NX
BH-3	5.7	-	-	5.9	13.9	1.7	2.8	30.0	17.3	NX
BH-4	2.4	3.6	-	5.6	15.4	2.0	1.0	30.0	16.6	NX
BH-5	1.9	3.6	3.1	2.8	9.6	4.7	1.3	27.0	15.9	NX
NBH-1	0.8	2.5	3.4	4.0	13.3	3.0	13.0	40.0	17.1	NX

3.0 가시설 흙막이 공법

3.1 적용된 흙막이 벽체 및 굴착 공법

흙막이 공법	C.I.P 공법 (Φ600 C.T.C 600)
지지 공법	SLAB 지지 공법
굴착 공법	흙막이 OPEN CUT 공법
지반 보강 및 차수공법	SGR GROUTING 공법 (Φ800 C.T.C 600)

3.2 사용재료

명 칭	규 격	재 질	비 고	명 칭	규 격	재 질	비 고
C.I.P	Φ600	fck-24MPa	-	SIDE PILE	H-350x350x12x19	SM355	신재사용
S.G.R	Φ800		-				-

4.0 주요시방 및 특기사항

4.1 지장물조사 및 측량

(1) 시공자는 착공전 사업부지에 대한 지적경계명시측량 및 시공측량을 실시하고 인접지반의 침하 및 균열, 변위발생여부를 확인하여야 하며, 설계단계에서 반영되지 못하였거나, 누락된 사항들에 대한 시공법과 보완 및 보강조치를 계약전 충분히 확인하고 발주자와 협의 후 착공하여야 한다.

(2) 시공자는 기 조사된 현황측량도를 토대로 착공전에 관리청에 비치된 관리도면(지하매설물 포함)을 열람 지하매설물과 인접구조물의 상태를 확인하여, 굴착공사로 인한 지하매설물, 공공시설물 및 인접건물에 피해가 없도록 하여야 한다.

(3) 시공자는 착공전에 인접구조물에 대한 현장조사(훼손상태 균열측정 등 구조적 결함여부)를 반드시 실시하여 공사 진행에 지장이 없도록 사전 조치 후 착공 하여야 한다. 또한, 민원이 예상되는 구간은 민원인과의 마찰이 최소화 될 수 있도록 시공자가 공인된 기관에 안전진단(공사 전, 중, 후)을 의뢰하여 조치하여야 한다

4.2 설계변경 사항

(1) 본 설계도서는 지반조사(1차_(주)라온이엔지, 2020.02 / 2차_시지이엔씨(주), 2021.04) 결과를 토대로 작성되었으며, 실 시공시 지층조건이 검토조건과 현저히상이 할 경우 시공자는 이에 대한 상세조사를 실시한 후 감리원 및 감독원에게 실정보고 및 재검토 후 공사를 진행하여야 한다.

(2) 현장개설 후 설계단계에서 조사된 인접구조물 및 주변조건의 변화로 흙막이 구조물에 영향을 주는 요인이 발생한 경우, 감리원 및 감독원에게 실정보고 후 적법한 절차를 통하여 보완대책을 수립(설계변경-필요시)한 후 공사를 진행하여야 한다.

(3) 지반 천공작업은 사전에 지하매설물에 대한 현황을 파악하고, 주변 지하매설물에 피해가 예상될 경우는 현장 감리자와 상의하여 장비의 선정 및 설계변경에 따른 구조검토 실시 후 공사를 진행하여야 한다.

4.3 흙막이벽체 및 굴토공사 유의사항

(1) 시공자는 굴착 및 흙막이 공사와 관련하여 공정별 시공관리, 품질관리 및 안전관리 등의 세부 시공계획서를 작성 감리단의 승인을 득한 후 공사를 진행하여야 한다.

(2) 현장책임자는 시공전에 본 흙막이 구조물에 대한 설계도서(도면 및 구조계산서)를 숙지하고 인접대지 경계선 및 건축계획상의 지하외벽선과 지반고, 굴착 계획선 및 심도를 확인하여 감리자의 승인을 득 한 후 공사를 진행하여야 한다.

(3) 굴토공사중 현장과 인접되어 있는 배면토상에 과도한 하중이 작용하지 않도록 시공관리를 철저히 하여야 하며, 크레인 등 중장비의 작업이 불가피한 경우 감리자 및 감독관과 위치선정에 따른 협의 후 작업을 실시하여야 한다.

(4) 시공자는 가시설 흙막이 공사 및 단계별 굴착공사시 일 1회 이상 주변의 침하 및 지반의 균열 등을 관찰하여 사고를 미연에 방지하고, 지속적인 육안관찰 통한 시공관리를 철저히하여야 한다. 단, 설계시 예상치 못한 변형이나 위험징후가 예상되는 경우 감리단과 협의 후 즉시 공사를 중단하고 이에 대한 보강대책을 수립 후 본 공사를 재개하여야 한다

(5) 공사에 사용되는 모든 재료는 특별히 지정하지 않는 한 "한국공업규격(KS규격)","콘크리트 표준시방서" 및 기타 시방서에 부합되는 것을 사용하며, 설계도서에 의한 강재는 신제 사용을 기준으로 한 것이므로 명시된 강도 및 규격 이상이어야 한다. 또한, 재활용 강재 사용시는 구조계산을 토대로 감리자의 확인을 득한 후 변형이 없는 것으로 엄선해서 사용 한다.

(6) 재료는 설계상 기능을 충분히 발휘할 수 있는 동등이상의 것을 선정하고, 시공자는 현장반입시 자재검수를 실시하여야 한다.

(7) 시멘트는 시방기준에 적합한 보통 포틀랜드 시멘트 사용하여야 한다. 단, 조강시멘트를 사용하는 경우 재료에 대한 시험성적서 및 시험시공을 실시하여 재령 강도를 확인하여야 한다.

(8) 굴토를 위한 H-PILE의 천공 위치에 따라 지하 매설물의 유무를 확인하고, 지하매설물이 있을 때에는 관계기관 및 소유자와 협의 후 그 시설과 기능에 손상이 없도록 조치하여야 한다.

(9) 지보공의 설치 및 해체시는 건축 / 구조 상의 상관관계를 검토하여야 하며, 감리원의 승인을 득 한 후 공사를 진행하여야 한다..

(10) 띠장은 변형 및 이동이 되지 않도록 H-PILE에 고정시켜야 하며, H-PILE과 띠장은 채움재(FILLER) 또는 홈메우기를 하여 H-PILE에 의해 균등하중이 이 띠장으로 전달되도록 하여야 한다.

(11) 지보공 설치를 위한 단계별 굴착은 건축 SLAB 지보공 설치위치에서 1.5m 이상, 띠장 및 가설 지보공 설치위치에서 0.5m 이상 과굴착을 금하고 작업 공간을 확보하여 단계별로 굴착하고 굴착 즉시 지보공을 설치하여 과굴착으로 인한 과도한 변형이 발생하지 않도록 하여야 한다.

(12) 굴착완료 후 기초바닥면은 인력 또는 소형장비를 사용하여 기초지반을 정지하여야 하며, 기초지반 정지시 교란된 지반은 Compactor 또는 진동다짐 Roller를 사용하여 지반이 교란되지 않도록 층다짐을 실시하여 설계지지력이 확보되도록 하여야 한다.

(13) 기초바닥 정리가 완료된 후 기초콘크리트 타설전 우수나 지하수로 인해 지반이 연약(교란)해지지 않도록 가설 배수로 조성과 양수관리를 철저히 하여야 한다.

(14) 되메우기 구간은 우기시 일시적인 강우량의 증가와 집중호우로 인해 지표수 또는 지하수가 되메우기 구간으로 유입되고 원지반 및 기초지반과의 투수성 차이로 일시적인 지하수위 상승 및 정체현상이 발생되며, 유입수의 소산 시간 및 속도에 의한 침투수압의 발생으로 구조물 기초 바닥 슬라브의 부력(부상)이 발생됨으로 되메움의 다짐관리를 철저히하고 지표수 및 지하수 유입을 사전에 방지하여야 한다.

(15) 굴착영향범위 내 인접현장(BD9 아르센타원 공사현장)의 지하층 공사완료 후 동사업을 굴착하는 것으로 검토하였으나, 현지여건이 변경될 경우 인접현장 공정에 맞춰 3차원 해석 포함한 지반안정성을 재검토하여 승인기관장의 승인 후 굴착공사를 시행할 수 있도록 하여야 한다.

(16) 차수공법의 투수계수가 수치해석 적용값 이상을 확보하지 못할 경우 승인기관의 장과 협의하여 공법을 재검토하여하 한다.

(17) 서부간선도로의 안전성 확보여부 및 계측에 대한 세부계획에 대하여 시설물 관리기관(부서)과 사전협의를 수행하여야하며, 그 결과를 반영하여야 한다.

1

4.4 계측관리

(1) 시공자는 공사전 굴착 및 흙막이 공사 전반에 대해 충분히 숙지하고 실시공전 계측관리 계획서를 작성 감리단의 승인을 득한 후 공사를 진행하여야 한다.

(2) 현장계측 및 관리는 설계도서 상의 계측관리계획 및 시방서에 준하여 설치 및 관리하여야 한다. 단 인접구조물 및 흙막이 공법상 계측기의 추가설치가 필요하다고 판정될 때에는 설계자 및 감리자와 협의 후 공사를 진행하여야 한다.

(3) 지중경사계 및 지하수위계는 흙막이 공사 완료 후 굴착공사전 설치되어야 하며, 흙막이 공법에 따라 굴착시 파손되지 않도록 보호대책을 수립하여야 한다. 설치심도는 H-PILE의 시공심도 또는 설치위치별 설계도서에 준하여 설치하여야 한다.

(4) 계측관리는 최소 주1회 이상 측정하여야 하고, 각단 지보재 설치전 / 해체 직후 측정하고, 계측항목별 변위의 증가율이 발생할 때에는 수시계측을 실시하여 계측자료를 감리자 및 감독관에게 제출함으로서 안전시공의 자료로 활용되도록 하여야 한다.

韓國技術士會 No.98153070011D 登錄 李福守 技術士 資格 및 基礎 REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER

노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE
1	지하안전영향평가 보완	2021.09.

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -

검토 CHECKED BY : -

PM DESIGNED BY : 최종열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : NONE A3 : NONE

날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
설계개요 및 적용공법의 요약

도면번호 SHEET NO.
C - 101

kt 주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주) 간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

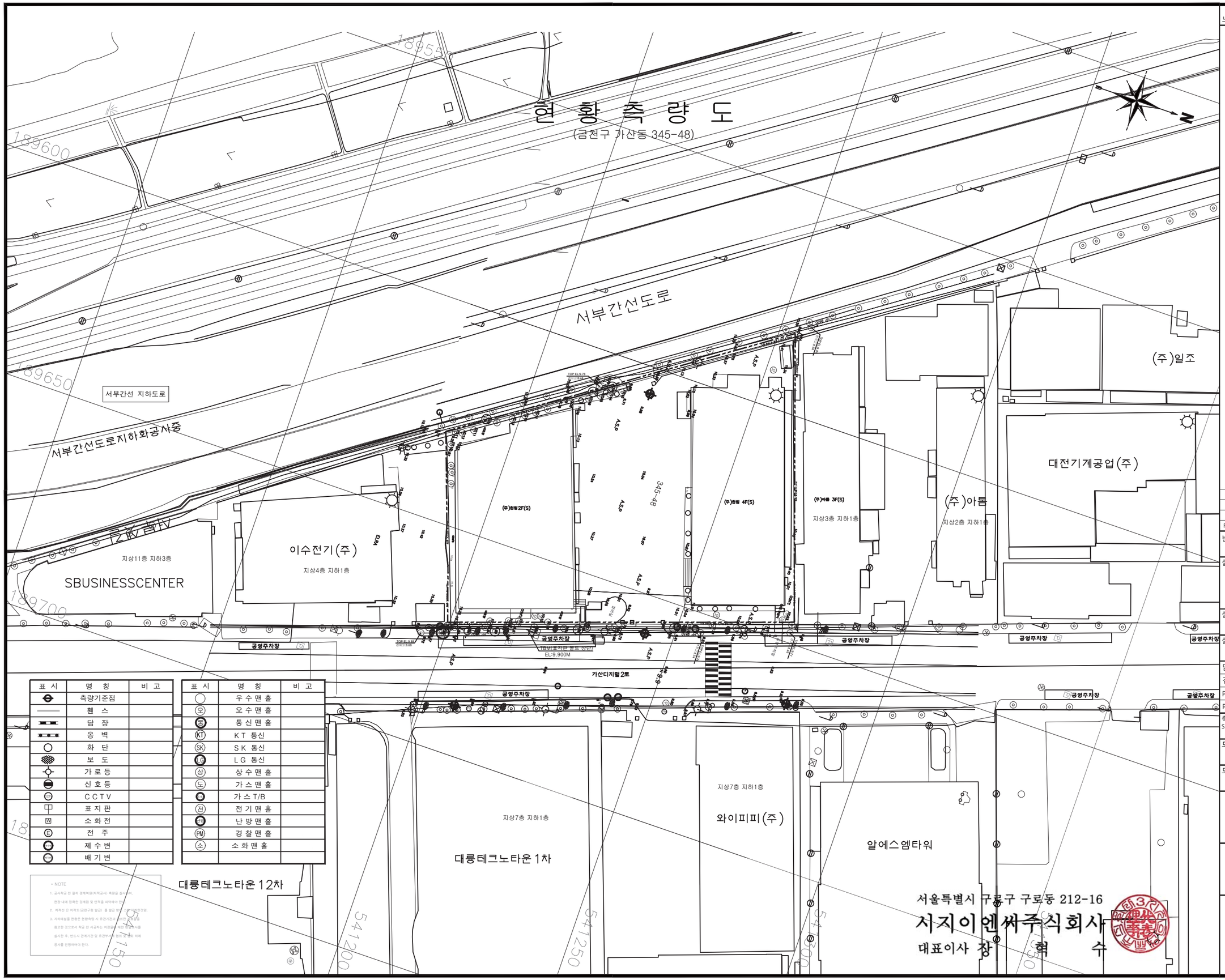


표 시	명 칭	비 고
	측량기준점	
	휀 스	
	담 장	
	옹 벽	
	화 단	
	보 도	
	가 로 등	
	신 호 등	
	C C T V	
	표 지 판	
	소 화 전	
	전 주	
	제 수 변	
	배 기 변	

표 시	명 칭	비 고
	우 수 맨 홀	
오	오 수 맨 홀	
통	통 신 맨 홀	
KT	K T 통신	
SK	S K 통신	
LG	L G 통신	
상	상 수 맨 홀	
도	가 스 맨 홀	
	가 스 T/B	
전	전 기 맨 홀	
난방	난 방 맨 홀	
PM	경 찰 맨 홀	
소	소 화 맨 홀	

• NOTE

1. 공사착공 전 필히 경계복원(지적공사) 측량을 실시하여, 현장 내에 정확한 경계점 및 면적을 파악해야 한다.
2. 지적선 은 지적도(금천구청 발급) 를 발급 받아 [illegible] 하였다.
3. 지하매설을 현황은 현황측량 시 유관기관과 [illegible] 참고한 것으로서 착공 전 시공자는 지장물에 대한 [illegible] 실시한 후, 반드시 관계기관 및 유관부서의 협의 및 [illegible] 하여 공사를 진행하여야 한다.

서울특별시 구로구 구로동 212-16
시지이엔씨주식회사
대표이사 장 혁 수

노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -
검토 CHECKED BY : -
PM DESIGNED BY : 최종열
PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : 1 / 400 A3 : 1 / 800
날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
현황 종합도

도면번호 SHEET NO.
C - 102

kt 주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주) 간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

▣ P.R.D LEGENDS

P.R.D TYPE	COLUMN SIZE	P.R.D PILE NO.	설계축하중 (kN)	COLUMN TYPE	STEEL COLUMN SIZE	
A	Φ800	P-1, 2, 5, 6, 7, 8, 9	1,000 ~ 1,800	TC1	H-428x407x20x35	7
B	Φ800	P-3, 4	2,200 ~ 2,500	TC1	H-428x407x20x35	2
C	Φ800	P-10	1,200	SC 1	H-458X417X30X50	1
D	Φ800	P-14, 15, 18	3,000 ~ 3,700	SC 1	H-458X417X30X50	3
E	Φ800	P-11, 13, 16, 17, 26, 33	4,100 ~ 4,800	SC 1	H-458X417X30X50	6
F	Φ800	P-12, 19, 20, 21, 22, 23, 24 P-25, 27, 28, 29, 30, 31, 32	5,100 ~ 6,300	SC 1	H-458X417X30X50	14

5 6 7 8 9 10

F E D C B A

P-1 TYPE_A TC1 1100
P-2 TYPE_A TC1 1600
P-3 TYPE_B TC1 2500
P-4 TYPE_B TC1 2200

P-10 TYPE_C SC1 1200
P-11 TYPE_E SC1 4100
P-12 TYPE_F SC1 5100
P-13 TYPE_E SC1 4200
P-14 TYPE_D SC1 3200
P-15 TYPE_D SC1 3700
P-16 TYPE_E SC1 4800
P-17 TYPE_E SC1 4900

FINAL EXC.
EL.-23.86m
GL.-34.06m

P-5 TYPE_A TC1 1800
P-6 TYPE_A TC1 1200

P-18 TYPE_D SC1 3000
P-19 TYPE_F SC1 6100
P-20 TYPE_F SC1 6200
P-21 TYPE_F SC1 6200
P-22 TYPE_F SC1 6200
P-23 TYPE_F SC1 6300
P-24 TYPE_F SC1 6200
P-25 TYPE_F SC1 5700

P-7 TYPE_A TC1 1200
P-8 TYPE_A TC1 1200
P-9 TYPE_A TC1 1000

FINAL EXC.
EL.-22.86m
GL.-33.06m

P-26 TYPE_E SC1 4100
P-27 TYPE_F SC1 5200
P-28 TYPE_F SC1 5200
P-29 TYPE_F SC1 5200
P-30 TYPE_F SC1 5200
P-31 TYPE_F SC1 5200
P-32 TYPE_F SC1 5200
P-33 TYPE_E SC1 4100

BH-1 BH-2 BH-3 BH-4 BH-5

SLOPE 1:1.0

공영주차장 공영주차장

A.S.P A.S.P

*Note

1. 기준 LEVEL : 1F SLAB = EL.+10.20m = GL.±0.00m
2. 최종굴착 Level : 버림 Con'c(T=60mm)
3. 굴착면의 법면구배는 내부 1:1.0 기준이며, 굴착시 지반조건을 고려하여 감리원 및 감독관과 협의 후 재 조정 될 수 있다.
4. 굴착레벨은 기초 형식 및 규격 확정 후 기초형식에 따라 조정될 수 있다. (건축 구조도면 참조)
5. 시공자는 착공전에 지하 매설물의 매설상황과 인접 지하 구조물의 상태를 정밀 조사하여 굴토공사로 인한 피해가 없도록 대책을 수립 하여야 한다.
6. 건축 기초 하부 및 주변의 되메우기 작업시 되메우기 방법(다짐)/ 재료의 선정은 건축에서 요구하는 지지력을 충분히 확보될 수 있도록 조치하여야 한다.
7. 필요시 기초지반에 대한 지지력은 평판재하 시험 등을 통해 확인하고 시험결과에 따라 감리원 및 감독관과 협의하여 기초지반의 보강여부를 판단 하여야 한다.

노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -

검토 CHECKED BY : -

PM DESIGNED BY : 최종열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : 1 / 150 A3 : 1 / 300

날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
PRD 계획 평면도

도면번호 SHEET NO.
C - 103

주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주) 간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

韓國技術士會 登錄 NO.98153070011D 李福守 技術士 REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER

*Note

1. 기준 LEVEL : 1F SLAB = EL.+10.20m = GL.±0.00m
2. 최종굴착 Level : 버림 Con'c(T=60mm)
3. 굴착면의 법면구배는 내부 1:1.0 기준이며, 굴착시 지반조건을 고려하여 감리원 및 감독관과 협의 후 재 조정 될 수 있다.
4. 굴착레벨은 기초 형식 및 규격 확정 후 기초형식에 따라 조정될 수 있다. (건축 구조도면 참조)
5. 시공자는 착공전에 지하 매설물의 매설상황과 인접 지하 구조물의 상태를 정밀 조사하여 굴토공사로 인한 피해가 없도록 대책을 수립 하여야 한다.
6. 건축 기초 하부 및 주변의 되메우기 작업시 되메우기 방법(다짐)/ 재료의 선정은 건축에서 요구하는 지지력을 충분히 확보될 수 있도록 조치하여야 한다.
7. 필요시 기초지반에 대한 지지력은 평판재하 시험 등을 통해 확인하고 시험결과에 따라 감리원 및 감독관과 협의하여 기초지반의 보강여부를 판단 하여야 한다.

서부간선도로

CIP 2열 L=24814

CIP 1열 L=24224

H-PILE 190@1200=22800

712

712

965

CIP 2열 L=47996

CIP 1열 L=47531

H-PILE 380@1200=45600

965

BH-1

BH-2

BH-3

BH-4

BH-5

NBH-1

2열 C.I.P Φ600 (C.T.C 600)
연암 상부 -1.0m까지 시공

1050

CIP 2열 L=5470

FINAL EXC.
EL.-23.86m
GL.-34.06m

FINAL EXC.
EL.-22.86m
GL.-33.06m

SLOPE 1:1.0

CIP 2열 L=5548

653

CIP 1열 L=40906

H-PILE 330@1200=39600

653

1열 C.I.P Φ600 (C.T.C 600)
연암 상부 -1.0m까지 시공

H-PILE C.T.C 1,200
H-350x350x12x19

SGR Φ800 (C.T.C 600)
연암 상부 -1.0m까지 시공

H-PILE 570@1200=68400

CIP 1열 L=70000

H-PILE 430@1200=51600

CIP 1열 L=53700

800

800

공영주차장

가산디지털2로

A.S.P

A.S.P

10.18 9.81 9.72 9.78 10.32 10.26 10.37 10.42 10.32 10.30 9.96 9.90 9.89 9.88 9.88 9.84 9.89 9.81 9.84 9.84 9.86 10.36 10.43 9.86 9.81 9.97 9.78 9.77 9.74 9.77 9.78 9.74 9.74 9.56 9.51 9.61 9.65 9.72 9.76 9.61 9.60 9.72 9.67 9.62

노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -

검토 CHECKED BY : -

PM DESIGNED BY : 최종열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : 1 / 150 A3 : 1 / 300

날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
굴착 계획 평면도

도면번호 SHEET NO.
C - 104

주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

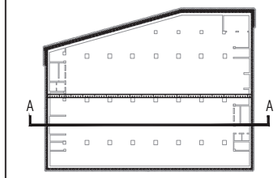
Gansam
(주) 간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

韓國技術士會 No.98153070011D 登錄 李福守 技術士 印 REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER

*Note

1. 기준 LEVEL : 1F SLAB = EL.+10.20m = GL.±0.00m
2. 최종굴착 Level : 버림 Con'c(T=60mm)
3. 굴착면의 법면구배는 내부 1:1.0 기준이며, 굴착시 지반조건을 고려하여 감리원 및 감독관과 협의 후 재 조정 될 수 있다.
4. 굴착레벨은 기초 형식 및 규격 확정 후 기초형식에 따라 조정될 수 있다. (건축 구조도면 참조)
5. 시공자는 착공전에 지하 매설물의 매설상황과 인접 지하 구조물의 상태를 정밀 조사하여 굴토공사로 인한 피해가 없도록 대책을 수립 하여야 한다.
6. 건축 기초 하부 및 주변의 되메우기 작업시 되메우기 방법 (다짐)/ 재료의 선정은 건축에서 요구하는 지지력을 충분히 확보될 수 있도록 조치하여야 한다.
7. 필요시 기초지반에 대한 지지력은 평판재하 시험 등을 통해 확인하고 시험결과에 따라 감리원 및 감독관과 협의하여 기초지반의 보강여부를 판단 하여야 한다.

KEY PLAN



노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE

가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE

기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.

20210289

담당 DRAWN BY : -

검토 CHECKED BY : -

PM DESIGNED BY : 최종열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : 1 / 250 A3 : 1 / 500

날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE

굴착 계획 단면도 - A-L

도면번호 SHEET NO.

C - 105

kt 주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam

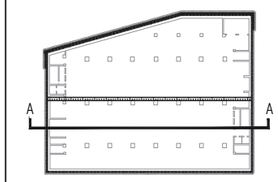
(주) 간삼건축종합건축사사무소

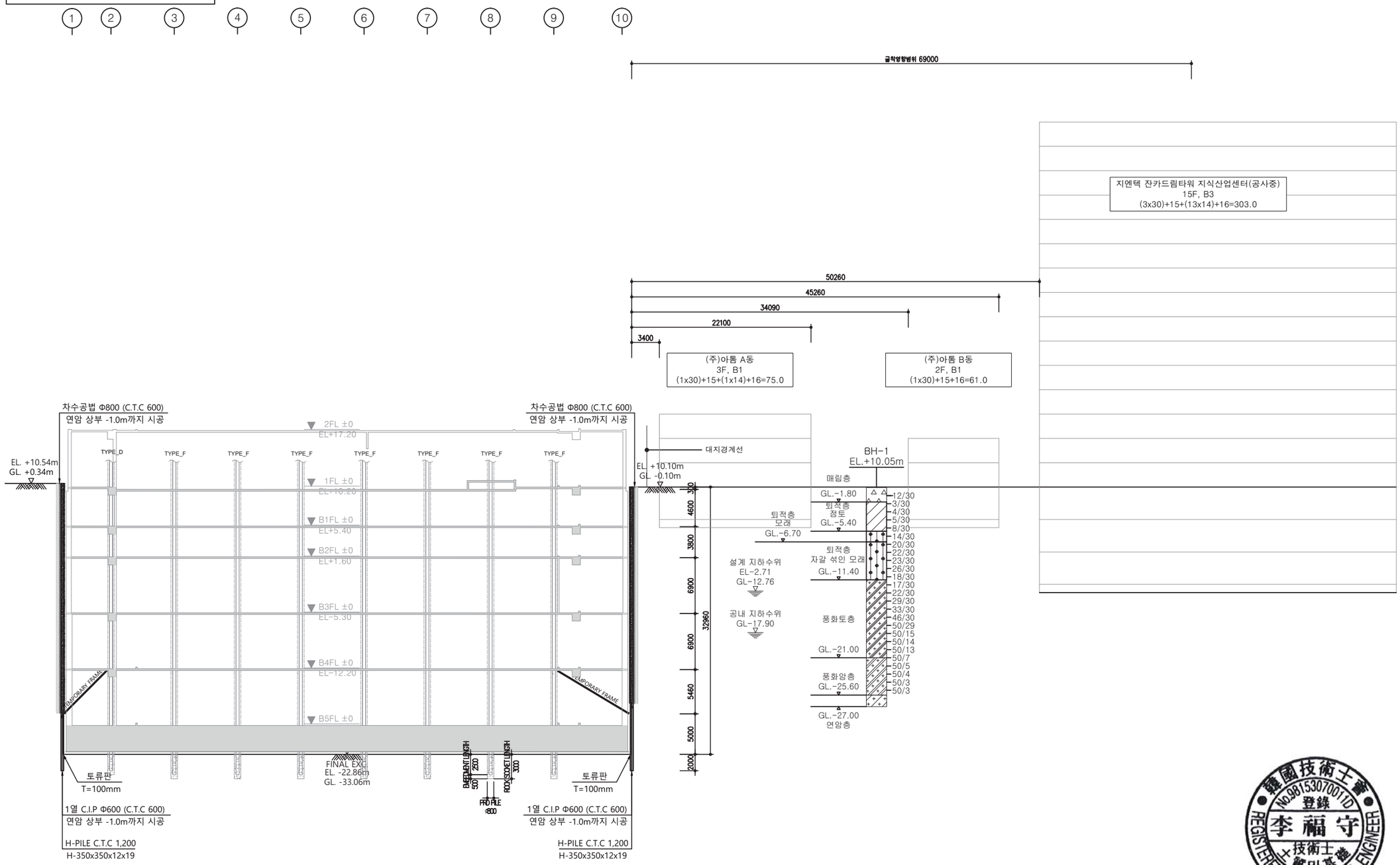
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

*Note

1. 기준 LEVEL : 1F SLAB = EL.+10.20m = GL.±0.00m
2. 최종굴착 Level : 버림 Con'c(T=60mm)
3. 굴착면의 법면구배는 내부 1:1.0 기준이며, 굴착시 지반조건을 고려하여 감리원 및 감독관과 협의 후 재 조정 될 수 있다.
4. 굴착레벨은 기초 형식 및 규격 확정 후 기초형식에 따라 조정될 수 있다. (건축 구조도면 참조)
5. 시공자는 착공전에 지하 매설물의 매설상황과 인접 지하 구조물의 상태를 정밀 조사하여 굴토공사로 인한 피해가 없도록 대책을 수립 하여야 한다.
6. 건축 기초 하부 및 주변의 되메우기 작업시 되메우기 방법 (다짐)/ 재료의 선정은 건축에서 요구하는 지지력을 충분히 확보될 수 있도록 조치하여야 한다.
7. 필요시 기초지반에 대한 지지력은 평판재하 시험 등을 통해 확인하고 시험결과에 따라 감리원 및 감독관과 협의하여 기초지반의 보강여부를 판단 하여야 한다.

KEY PLAN





노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE

가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE

기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.

20210289

담당 DRAWN BY : -

검토 CHECKED BY : -

PM DESIGNED BY : 최종열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : 1 / 250
A3 : 1 / 500

날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE

굴착 계획 단면도 - A-R

도면번호 SHEET NO.

C - 106

주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam

(주)간삼건축종합건축사사무소

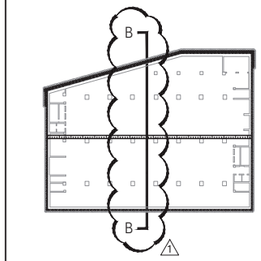
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

韓國技術士會 No.981530700110 登錄 李福守 技術士 土質및基礎 REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER

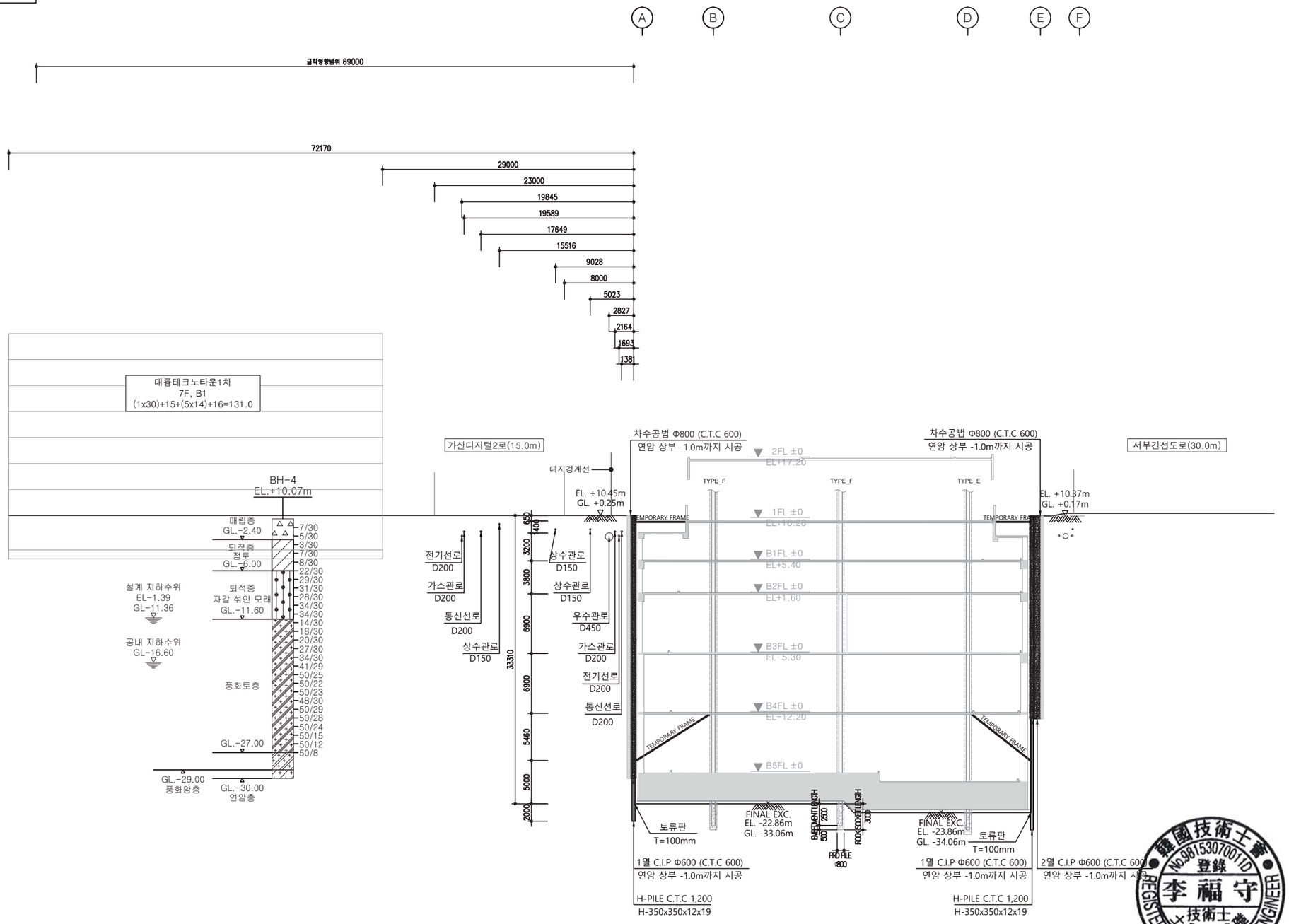
*Note

1. 기준 LEVEL : 1F SLAB = EL.+10.20m = GL.±0.00m
2. 최종굴착 Level : 버림 Con'c(T=60mm)
3. 굴착면의 법면구배는 내부 1:1.0 기준이며, 굴착시 지반조건을 고려하여 감리원 및 감독관과 협의 후 재 조정 될 수 있다.
4. 굴착레벨은 기초 형식 및 규격 확정 후 기초형식에 따라 조정될 수 있다. (건축 구조도면 참조)
5. 시공자는 착공전에 지하 매설물의 매설상황과 인접 지하 구조물의 상태를 정밀 조사하여 굴토공사로 인한 피해가 없도록 대책을 수립 하여야 한다.
6. 건축 기초 하부 및 주변의 되메우기 작업시 되메우기 방법 (다짐)/ 재료의 선정은 건축에서 요구하는 지지력을 충분히 확보될 수 있도록 조치하여야 한다.
7. 필요시 기초지반에 대한 지지력은 평판재하 시험 등을 통해 확인하고 시험결과에 따라 감리원 및 감독관과 협의하여 기초지반의 보강여부를 판단 하여야 한다.

KEY PLAN



노트 NOTE



REV.	DESCRIPTION	DATE
1	지하안전영향평가 조건부 조치사항	2020.11.

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -
검토 CHECKED BY : -
PM DESIGNED BY : 최종열
PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : 1 / 250, A3 : 1 / 500
날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
굴착 계획 단면도 - B-L

도면번호 SHEET NO.
C - 107

주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

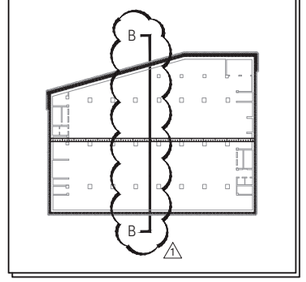
Gansam
(주) 간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

韓國技術士會 登錄 NO.981530700110 李福守 技術士 REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER

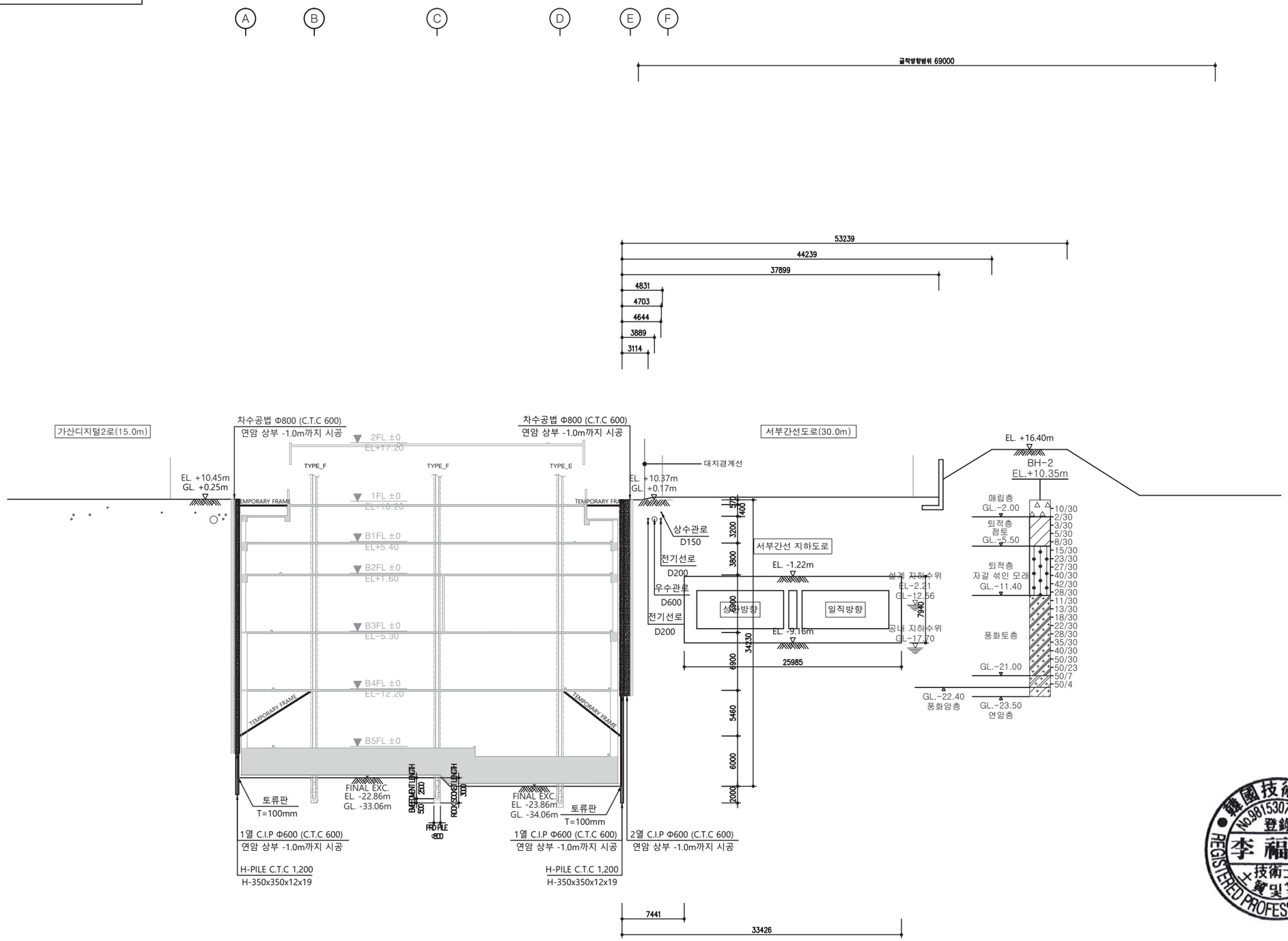
*Note

1. 기준 LEVEL : 1F SLAB = EL.+10.20m = GL.±0.00m
2. 최종굴착 Level : 버림 Con'c(T=60mm)
3. 굴착면의 법면구배는 내부 1:1.0 기준이며, 굴착시 지반조건을 고려하여 감리원 및 감독관과 협의 후 재 조정 될 수 있다.
4. 굴착레벨은 기초 형식 및 규격 확정 후 기초형식에 따라 조정될 수 있다. (건축 구조도면 참조)
5. 시공자는 착공전에 지하 매설물의 매설상황과 인접 지하 구조물의 상태를 정밀 조사하여 굴토공사로 인한 피해가 없도록 대책을 수립 하여야 한다.
6. 건축 기초 하부 및 주변의 되메우기 작업시 되메우기 방법 (다짐)/ 재료의 선정은 건축에서 요구하는 지지력을 충분히 확보될 수 있도록 조치하여야 한다.
7. 필요시 기초지반에 대한 지지력은 평판재하 시험 등을 통해 확인하고 시험결과에 따라 감리원 및 감독관과 협의하여 기초지반의 보강여부를 판단 하여야 한다.

KEY PLAN



노트 NOTE



REV.	DESCRIPTION	DATE
1	지하안전영향평가 조건부 조치사항	2020.11.

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE

가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE

기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.

20210289

담당 DRAWN BY : -

검토 CHECKED BY : -

PM DESIGNED BY : 최종열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : 1 / 250
A3 : 1 / 500

날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE

굴착 계획 단면도 - B-R

도면번호 SHEET NO.

C - 108

주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam

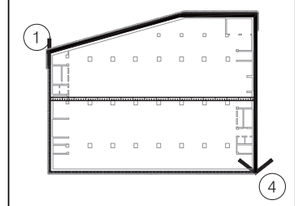
(주)간삼건축종합건축사사무소

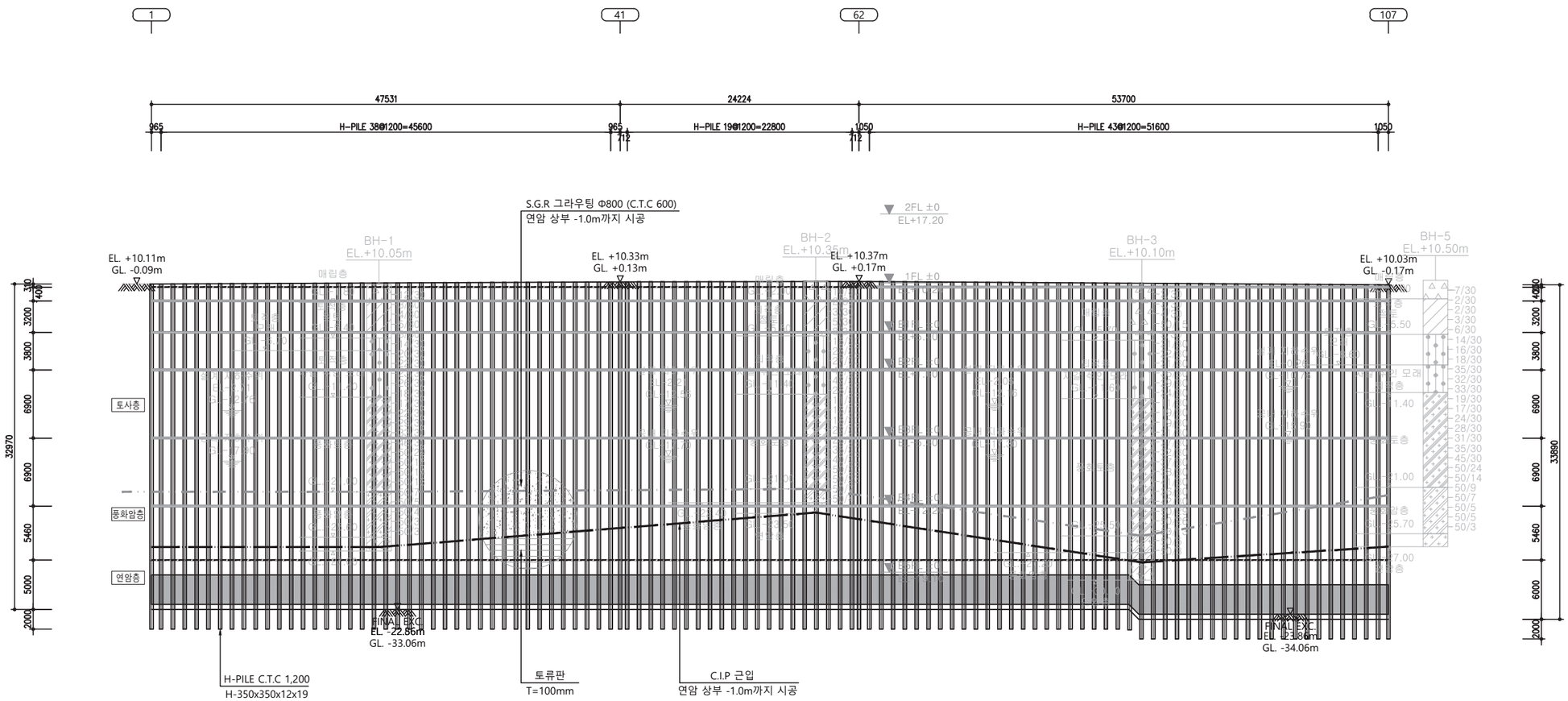
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

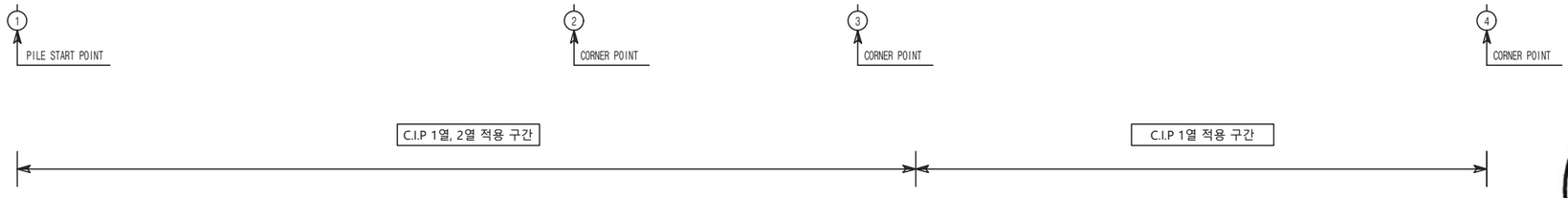
*Note

1. 기준 LEVEL : 1F SLAB = EL.+10.20m = GL.±0.00m
2. 최종굴착 Level : 버림 Con'c(T=60mm)
3. 굴착면의 법면구배는 내부 1:1.0 기준이며, 굴착시 지반조건을 고려하여 감리원 및 감독관과 협의 후 재 조정 될 수 있다.
4. 굴착레벨은 기초 형식 및 규격 확정 후 기초형식에 따라 조정될 수 있다. (건축 구조도면 참조)
5. 시공자는 착공전에 지하 매설물의 매설상황과 인접 지하 구조물의 상태를 정밀 조사하여 굴토공사로 인한 피해가 없도록 대책을 수립 하여야 한다.
6. 건축 기초 하부 및 주변의 되메우기 작업시 되메우기 방법 (다짐)/ 재료의 선정은 건축에서 요구하는 지지력을 충분히 확보될 수 있도록 조치하여야 한다.
7. 필요시 기초지반에 대한 지지력은 평판재하 시험 등을 통해 확인하고 시험결과에 따라 감리원 및 감독관과 협의하여 기초지반의 보강여부를 판단 하여야 한다.

KEY PLAN







노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY :	-
검토 CHECKED BY :	-
PM DESIGNED BY :	최종열
PIC APPROVED BY :	김태집

축척 SCALE A1 : 1 / 250, A3 : 1 / 500
날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
굴착 계획 전개도 - 1

도면번호 SHEET NO.
C - 109

주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

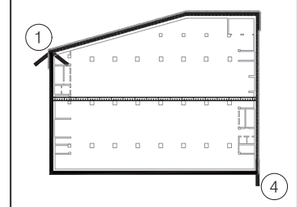
Gansam
(주) 간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

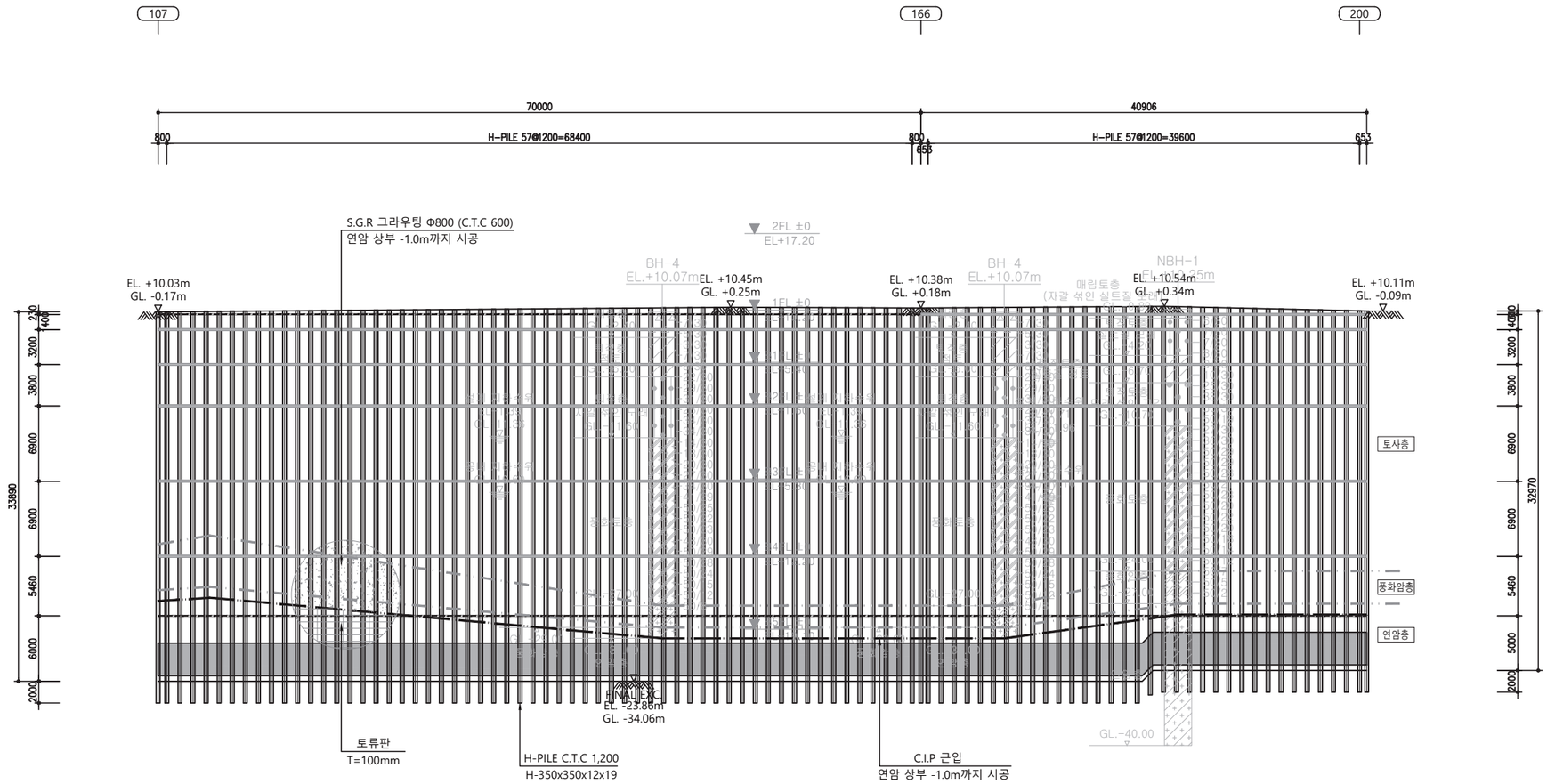
韓國技術士會 NO.98153070011D 登錄 李福守 技術士 土質및基礎 REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER

*Note

1. 기준 LEVEL : 1F SLAB = EL.+10.20m = GL.±0.00m
2. 최종굴착 Level : 버림 Con'c(T=60mm)
3. 굴착면의 법면구배는 내부 1:1.0 기준이며, 굴착시 지반조건을 고려하여 감리원 및 감독관과 협의 후 재 조정 될 수 있다.
4. 굴착레벨은 기초 형식 및 규격 확정 후 기초형식에 따라 조정될 수 있다. (건축 구조도면 참조)
5. 시공자는 착공전에 지하 매설물의 매설상황과 인접 지하 구조물의 상태를 정밀 조사하여 굴토공사로 인한 피해가 없도록 대책을 수립 하여야 한다.
6. 건축 기초 하부 및 주변의 되메우기 작업시 되메우기 방법 (다짐)/ 재료의 선정은 건축에서 요구하는 지지력을 충분히 확보될 수 있도록 조치하여야 한다.
7. 필요시 기초지반에 대한 지지력은 평판재하 시험 등을 통해 확인하고 시험결과에 따라 감리원 및 감독관과 협의하여 기초지반의 보강여부를 판단 하여야 한다.

KEY PLAN





노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE

가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -

검토 CHECKED BY : -

PM DESIGNED BY : 최중열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : 1 / 250
A3 : 1 / 500

날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
굴착 계획 전개도 - 2

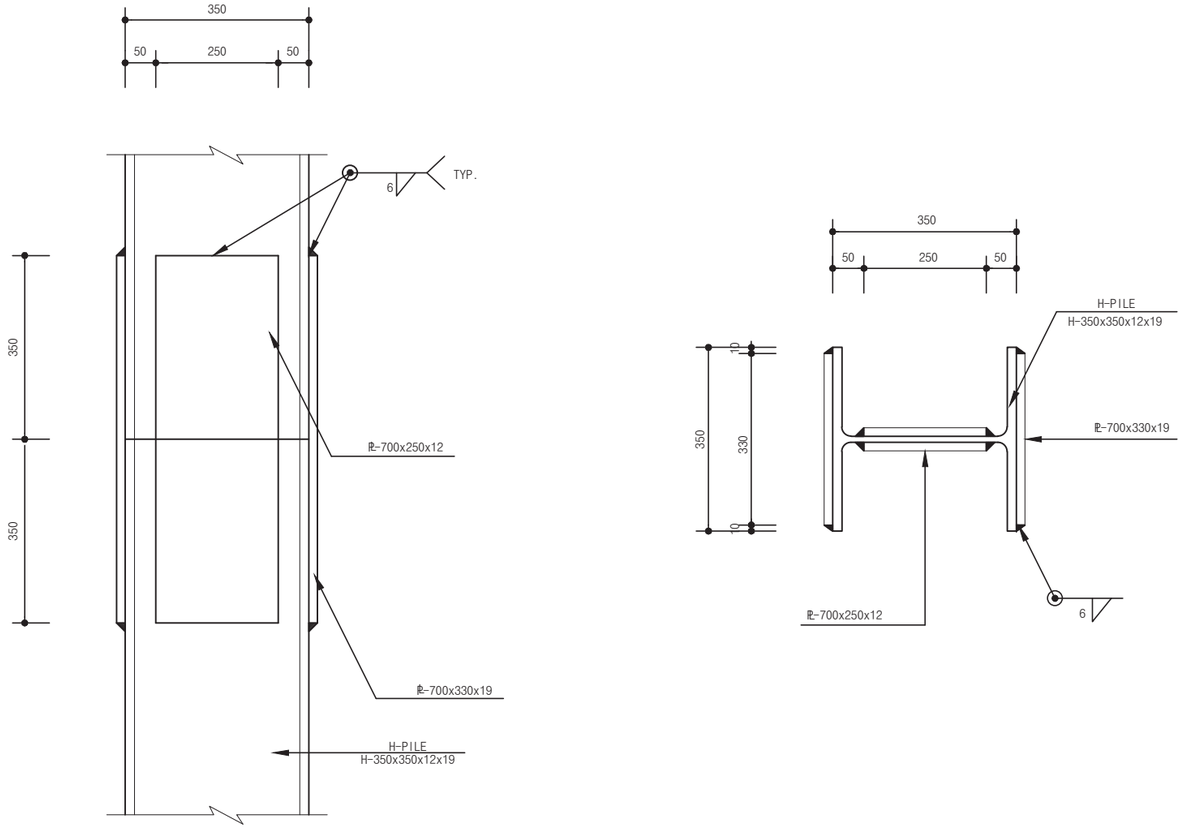
도면번호 SHEET NO.
C - 110

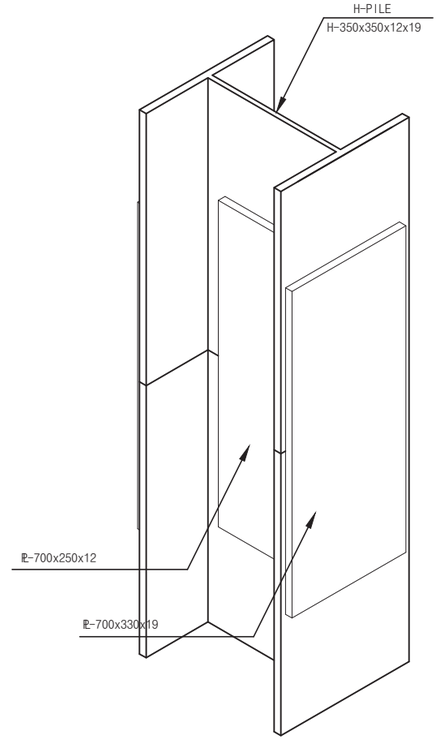
주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주)간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

韓國技術士會 NO.98153070011D 登錄 李福守 技術士 土質및基礎 REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER





1 H-PILE CONNECTION(350x350)
SCALE:NONE

노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -

검토 CHECKED BY : -

PM DESIGNED BY : 최종열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : NONE A3 : NONE

날짜 DATE 2021. 11.

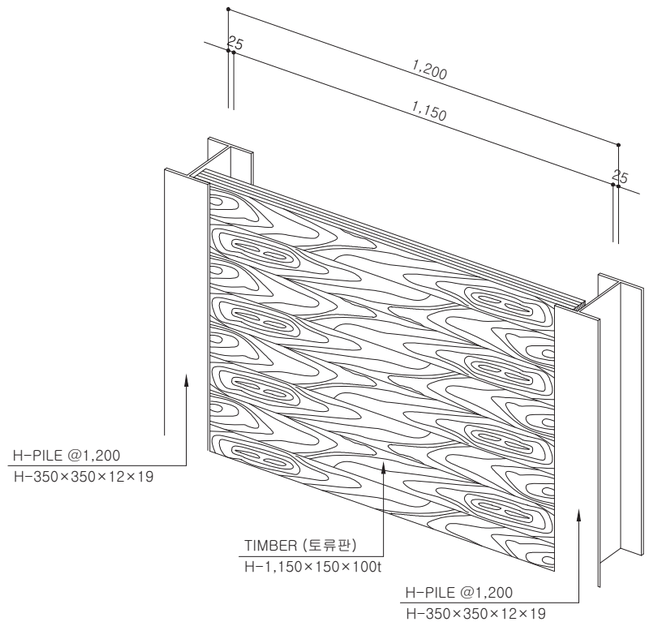
도면명칭 DRAWING TITLE
가시설 상세도

도면번호 SHEET NO.
C - 111

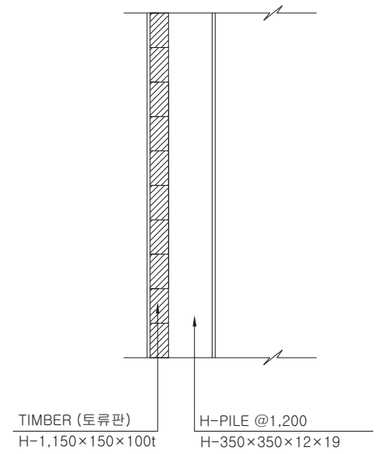
주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

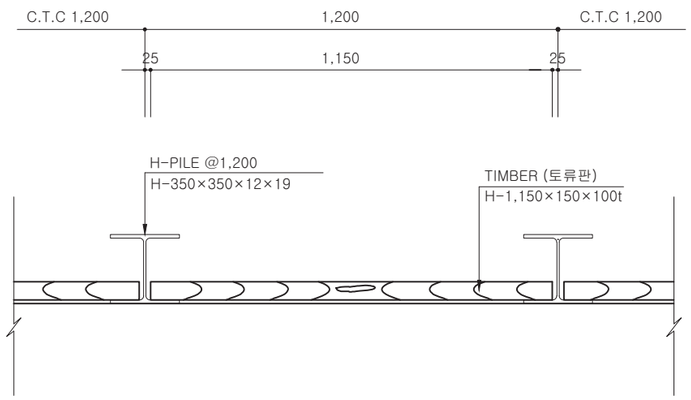
Gansam
(주)간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000



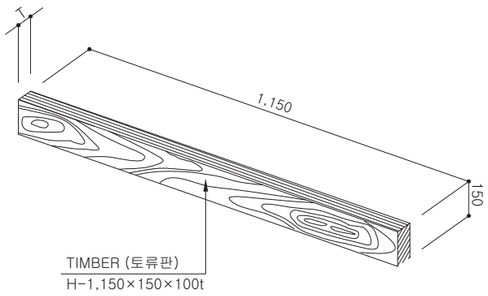
1 H-PILE + 토류판 공법 입면도
SCALE: NONE



2 H-PILE + 토류판 공법 단면도
SCALE: NONE



3 H-PILE + 토류판 공법 평면도
SCALE: NONE



4 토 류 판 상 세 도
SCALE: NONE

노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -

검토 CHECKED BY : -

PM DESIGNED BY : 최종열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : NONE A3 : NONE

날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
토류판상세도

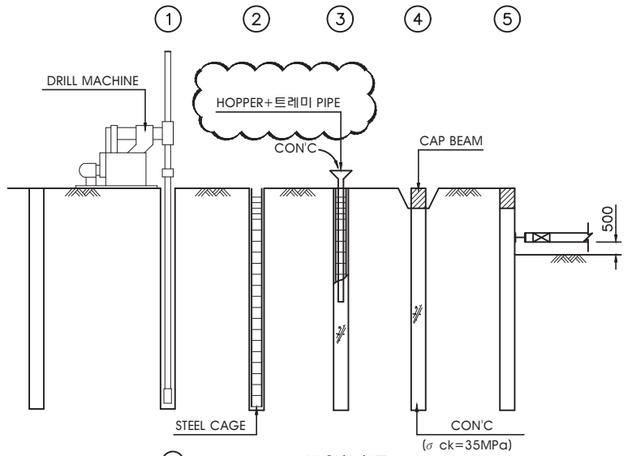
도면번호 SHEET NO.
C - 112

주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주)간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

1 C.I.P 시공순서도
SCALE: NONE



① DRILL MACHINE 에 의한 천공

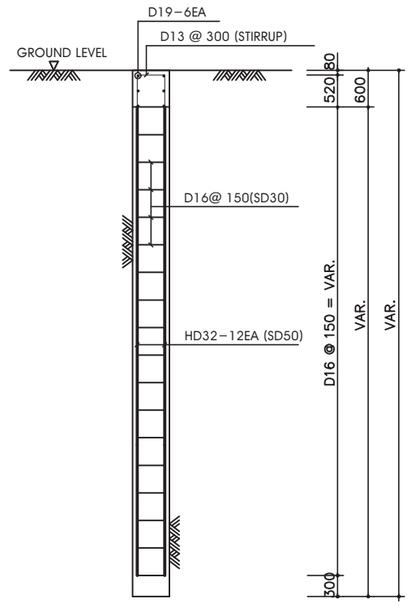
② H-PILE 및 STEEL CAGE 건입

③ 콘크리트 타설 및 양생

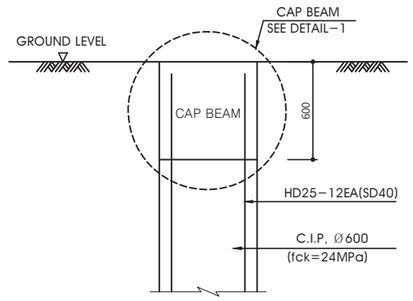
④ 두부정리 및 CAP BEAM 설치

⑤ 단계별 굴착 및 지보공 설치

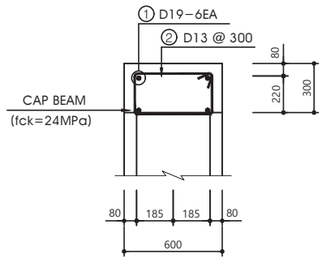
2 C.I.P(Φ500)철근 상세도
SCALE: NONE



3 CAP BEAM DETAIL
SCALE: NONE



DETAIL - 1



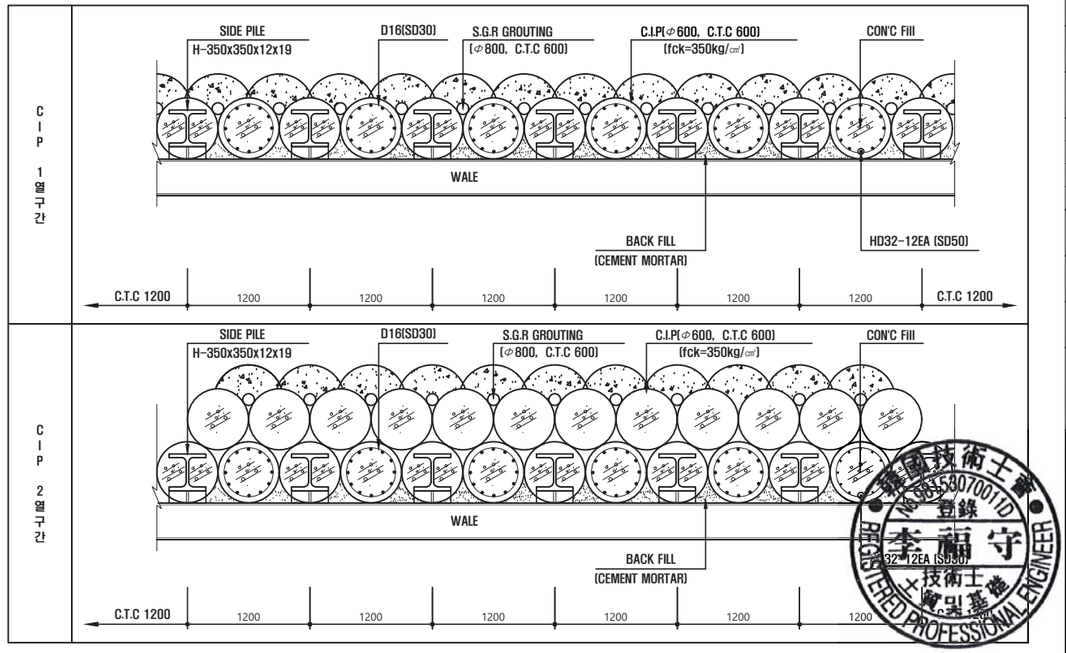
(1) RE-BAR (PER 1.0m)

MARK	DBAR (mm)	TYPE	UNIT LENGTH (m/m)	N (EA)	TOTAL LENGTH (m/m)	UNIT WEIGHT (kg/m)	TOTAL WEIGHT (kg/m)	REMARK
①	D19	SD30	1095	4.0	4380	2.25	9.855	ADD 3%
②	D13	SD30	2304	3.3	7603	0.995	7.565	
TOTAL							17.420	17.943

(2) REMICON (fck=240kg/㎠, PER 1.0m)

MARK	SIZE	UNIT AREA ㎡	VOLUME ㎥	ADD(5%) ㎥	REMARK
CAP BEAM	600x300	0.18	0.18	0.189	

4 C.I.P 공법 DETAIL
SCALE: NONE



技術士 第 055807001D 號 登錄
李 鎬 守
技術士 大韓民國
REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER

노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -

검토 CHECKED BY : -

PM DESIGNED BY : 최종열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : NONE A3 : NONE

날짜 DATE 2021. 11.

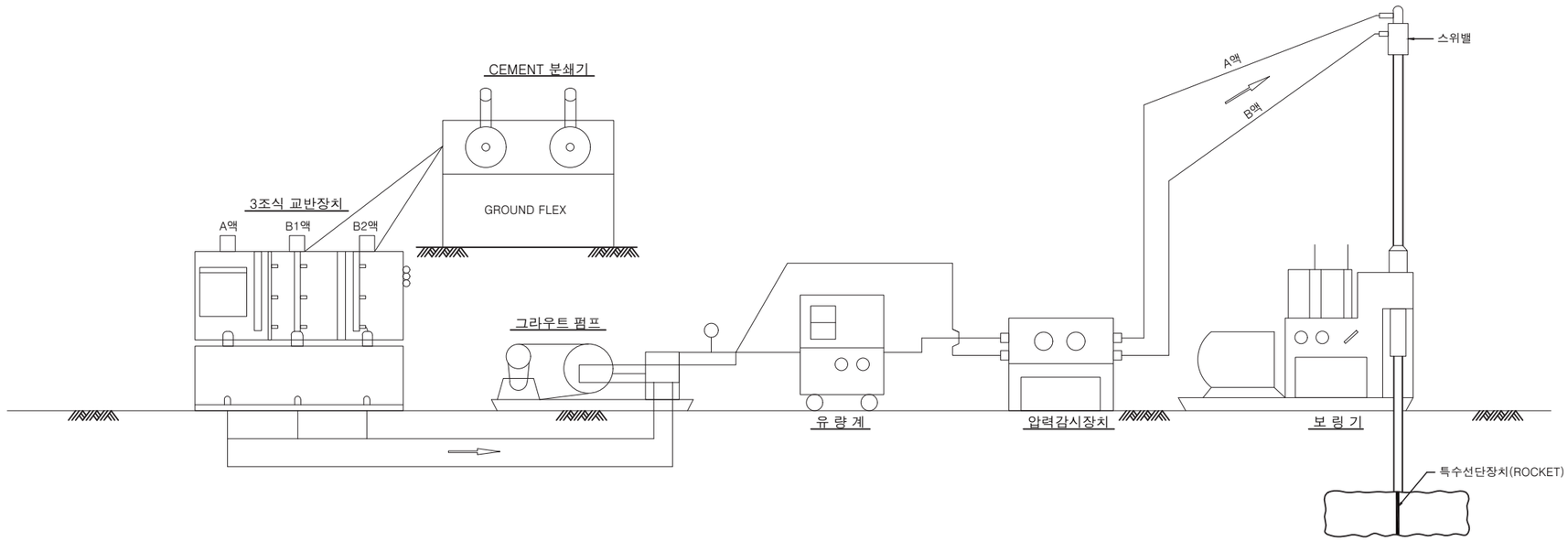
도면명칭 DRAWING TITLE
C.I.P 시공순서도 및 상세도

도면번호 SHEET NO.
C - 113

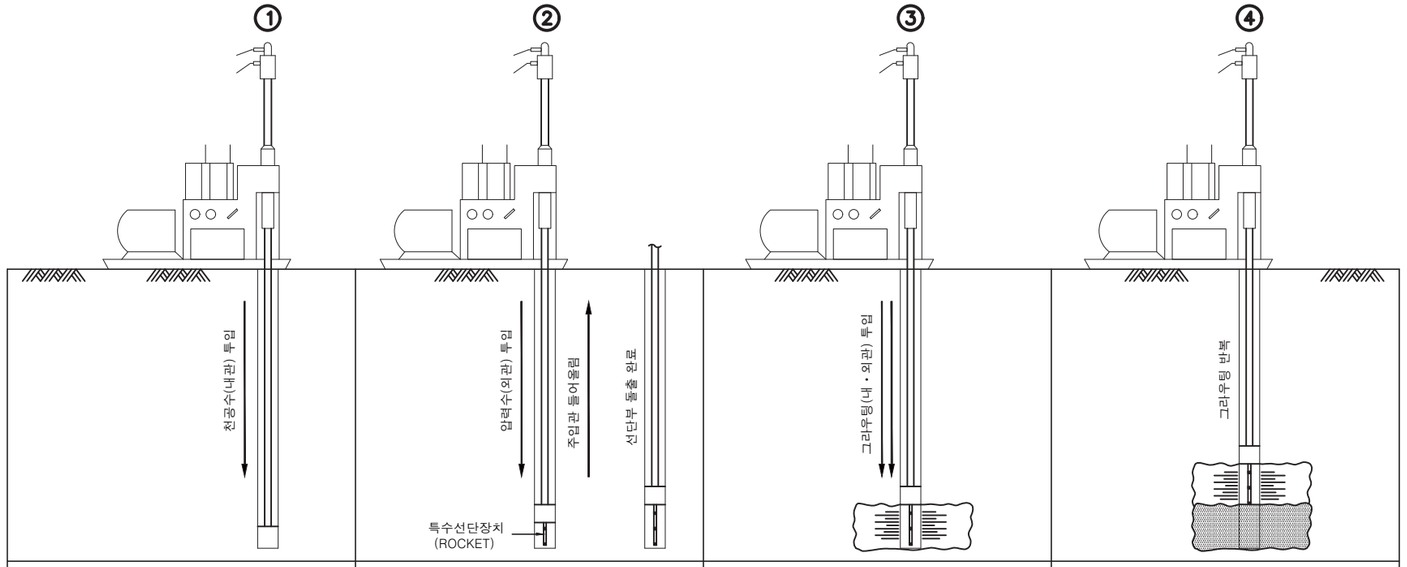
kt 주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주)간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000



1 S.G.R 주입계통도
SCALE: NONE



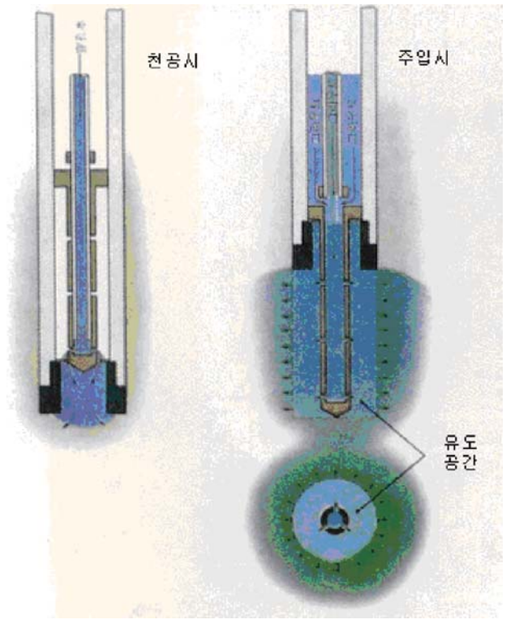
① 이중관 ROD의 내관으로 천공수를 보내며 소정의 지반심도까지 천공한다.

② 천공완료 후 외관으로 압력수를 보내면서 ROD를 1STEP 만큼 인발하면 특수선단장치(ROCKET)가 돌출한다. 따라서 실린더 형태의 공간이 형성된다. 이때 1 STEP의 길이는 ROCKET이 돌출되는 길이와 같게한다.

③ 내관 과 외관 모두 A액, B액을 주입한다. 약액의 주입은 1STEP 마다 급결성 주입재와 완결성 주입재를 연속으로 주입하는 복합 주입을 실시한다
- 복합주입의 순서는 순결성→완결성 약액의 순서로 하고 3조식 교반장치로 준비한 2종의 GEL TIME이 다른 약액을 연속적으로 주입한다.

④ (2),(3)의 작업을 2 STEP, 3 STEP,---- 반복하여 예정된 부위까지 주입한다.
- 주입공 핏치 : 0.8~1.04
- STEP장 : 0.54m
- 토출량 : 15L/min

2 S.G.R 시공 순서도
SCALE: NONE



3 DETAIL
SCALE: NONE

韓國技術士會
No.98153070011D
登錄
李福守
技術士
土質및基礎
REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER

노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -
검토 CHECKED BY : -
PM DESIGNED BY : 최종열
PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : NONE A3 : NONE
날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
S.G.R 시공순서도 및 상세도

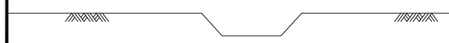
도면번호 SHEET NO.
C - 114

kt 주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주) 간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

1.



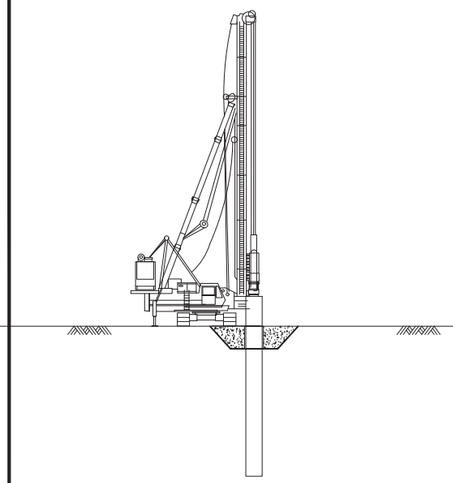
① 위치측량

2.



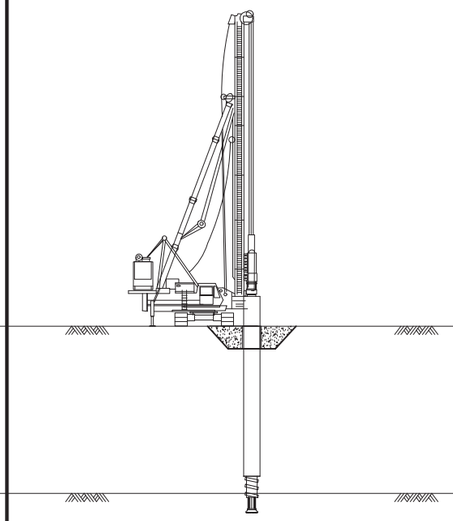
② OUT CASING설치 및 CON'C타설

3.



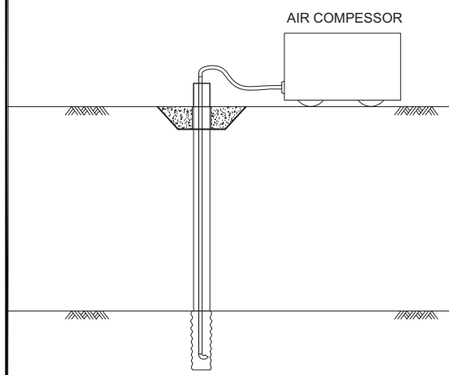
③ 장비 SETTING 및 INCASING 근입

4.



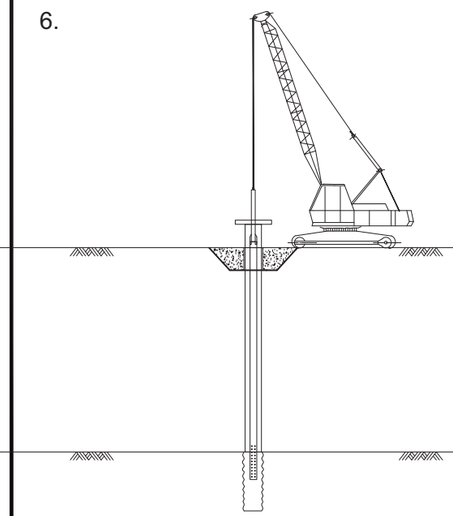
④ 천 공

5.



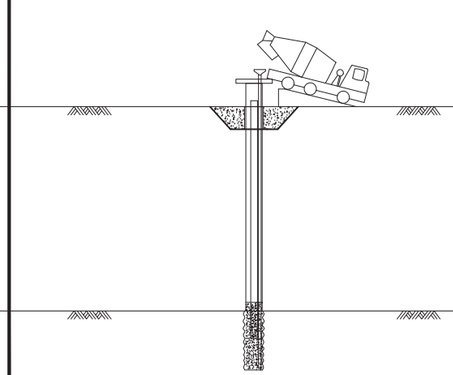
⑤ 에어 써징 및 KODEN TEST

6.



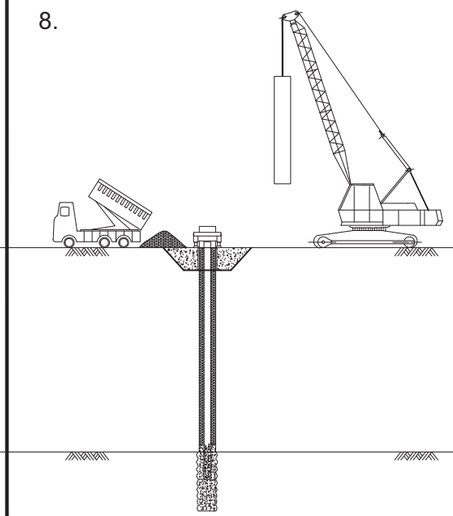
⑥ 철골 기둥 설치

7.



⑦ 트레미 PIPE설치 및 CON'C타설
(트레미 PIPE 선단부는 항상 콘크리트 내 1m 이상 묻힘)

8.



⑧ BACK FILL 및 INCASING 인발

노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY :	-
검토 CHECKED BY :	-
PM DESIGNED BY :	최종열
PIC APPROVED BY :	김태집

축척 SCALE A1 : NONE A3 : NONE
날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
PRD PILE 시공순서도

도면번호 SHEET NO.
C - 115

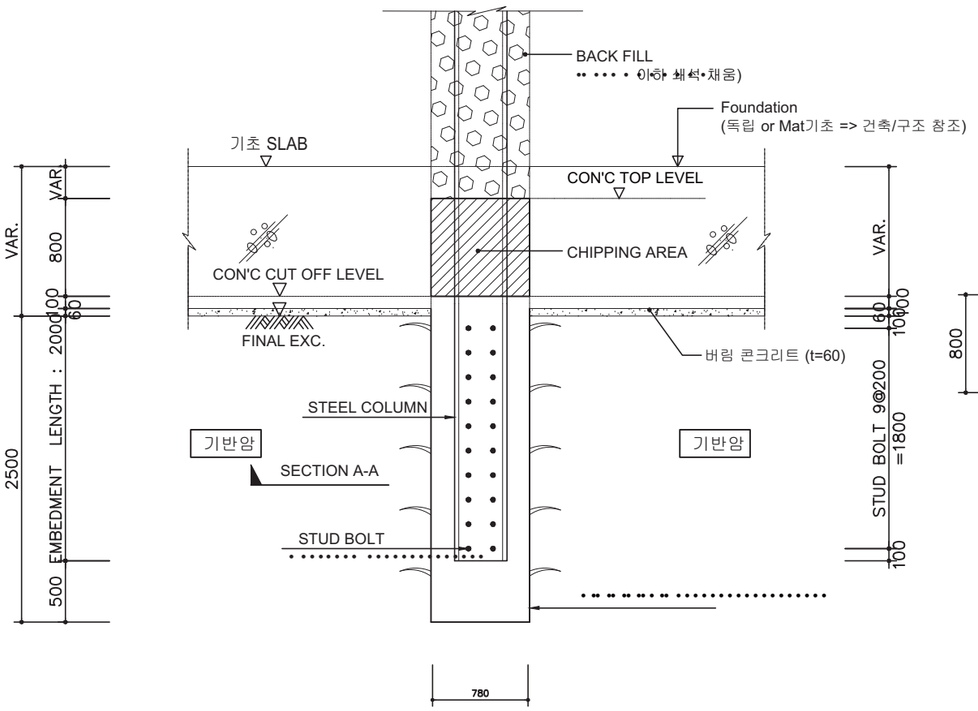
주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주)간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

韓國技術士會 NO.98153070010 登錄 李福守 技術士 土質및基礎 REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER

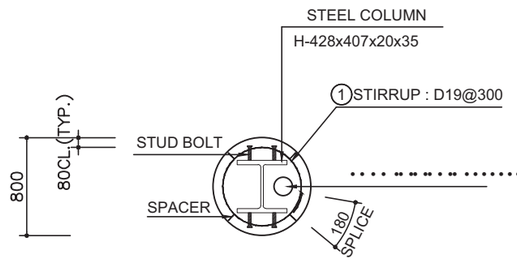
[SECTION]



P.R.D PILE ϕ 800
P.R.D TYPE – A,B

[TYPICAL TYPE " A,B "]

SECTION A-A



P.R.D TYPE	압축하중 Ps (kN)	P.R.D SIZE	COLUMN TYPE	ACT TUBE SIZE	EMBEDMENT LENGTH (m)	STUD BOLT (Ea)	PILE LENGTH (m)	P.R.D PILE NO.
A	1,800	Φ800	TC1	H-428x407x20x35	2.0	40	2.5	P-1, 2, 5, 6, 7, 8, 9
B	2,500	Φ800	SC1	H-428x407x20x35	2.0	40	2.5	P-3, 4

NOTE I

1. 기준 LEVGL : GL.±0.0m = EL.+10.00m
2. P.R.D PILE LENGTH는 최종 굴착레벨 기준
3. EMBEDMENT LENGTH는 시공하중 (건축 구조 제공) 에 대한 공사용 철골기둥의 근입 길이
4. 본 설계에 적용된 지반조건은 지반조사 보고서상의 지질주상도를 기준으로 하였다.
5. P.R.D PILE 천공 결과 지층구성이 설계조건과 다를 경우에는 반드시 설계자나 감리자와 협의하여 재조정 해야한다.
6. P.R.D PILE 설치시 최소한 보강 CAP 하부(CUT OFF LEVEL)에서 상부로 0.8m까지는(HATCHING 면적) 콘크리트를 타설한 후 기초 콘크리트 타설전(또는 매트 슬라브 시공전)에 CHIPPING 해야한다.
7. 재료강도
   가. 콘크리트
      – 호칭강도 : – 수중 콘크리트 설계기준강도 : fck = 24 MPa (공칭강도 30MPa)
      – 배 합 강 도 : 1.25fck 이상
      – 수중콘크리트 설계기준강도 : 0.8fck
   나. STUD BOLT : Φ22x120@200
8. 시공방법 및 시공시 주의사항
   P.R.D (ROCK SOCKET) PILE 공사 시방서 참조.

NOTE II

가. P.R.D PILE의 시공은 반드시 청수 사용을 원칙으로 하여, 이수사용시의 암반과 파일 콘크리트 주변마찰력 감소원인을 원천적으로 배제시킨다.
나. P.R.D PILE 시공시 시료채취가 가능한 경우 기초부분의 암반 샘플링을 매m당 실시하여, 현장에보관된 암반 코아샘플링 상태와 육안 비교하여 암반의 품질도의 변화유무를 확인하고, 요구되는 지내력 확보에 미달될 시 추가 천공 및 파일 보강에 대한 검토를 재실시한다.
다. P.R.D PILE 천공 완료후 Air Lifting에 의한 바닥면 슬라임처리를 깨끗이 하고, 2차 디센더에 의한 청수중 Sand(Content 2%이하)를 제거한다.
3차로 장시간 Top Down등 철골 설치시 발생할 수 있는 침전물을 콘크리트로 타설전 다시 한번 Air Lifting을 약 5분 정도 실시한다.
라. 매 파일마다 KODEN등 초음파 측정장치를 이용하여 파일의 연직도 관리를 실시한다. (1/300H이하)
KODEN TEST 시 PRD 공내 청수 채움 높이는 현장 조건을 고려하여 감리원과 협의 후 결정한다.
마. P.R.D PILE 천공시 채취되는 암반 샘플링중에서 지내력이 의심가는 샘플에 대해서는 점재하시험을 실시하여 암반지내력을 확인한다.
바. 트레미에 의한 수중콘크리트 타설인 점을 감안하여 유동성 있는 슬럼프 (18±2.5cm) 관리가 필수적이며, 레미콘 배합강도는 호칭강도보다 25%이상 발휘될수 있도록 배합한다.
사. 기반암 내 근입조건을 기준으로 설계됨.
아. PRD 말뚝 중 1개소에 대하여 양방향재하시험을 실시하여 말뚝의 지지력을 확인 하여야한다.



노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : –
검토 CHECKED BY : –
PM DESIGNED BY : 최중열
PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : NONE A3 : NONE
날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
PRD 상세도 – 1

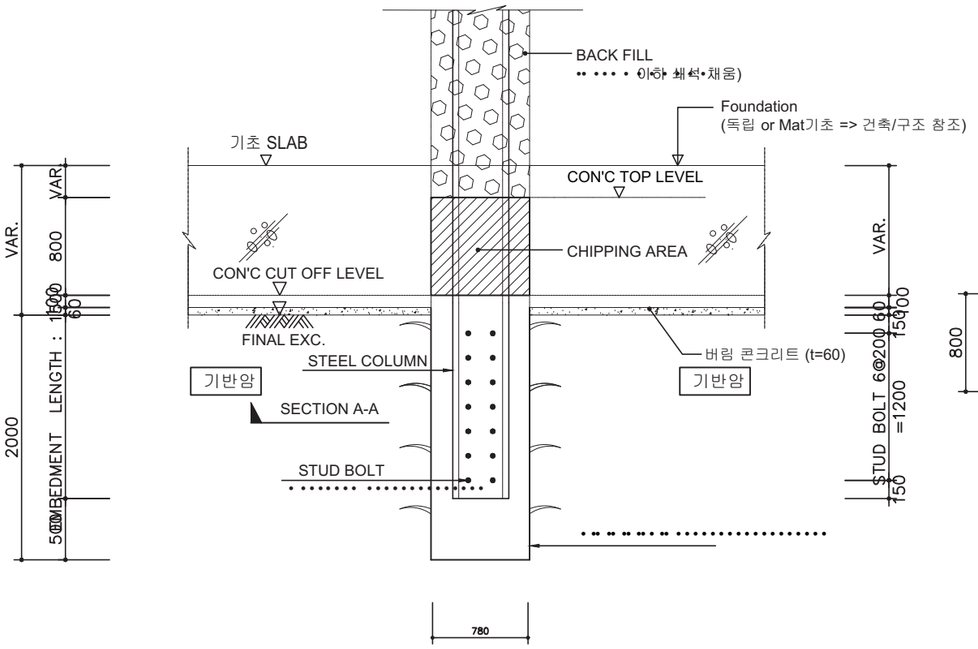
도면번호 SHEET NO.
C – 116

kt 주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주) 간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

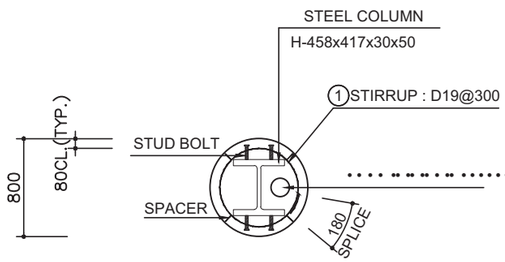
[SECTION]



P.R.D PILE Ø 800
P.R.D TYPE – C

[TYPICAL TYPE " C "]

SECTION A-A



P.R.D TYPE	압축하중 Ps (kN)	P.R.D SIZE	COLUMN TYPE	ACT TUBE SIZE	EMBEDMENT LENGTH (m)	STUD BOLT (Ea)	PILE LENGTH (m)	P.R.D PILE NO.
C	1,200	Φ800	SC1	H-428x407x20x35	1.5	28	2.0	P-10

NOTE I

1. 기준 LEVGL : GL.±0.0m = EL.+10.00m
2. P.R.D PILE LENGTH는 최종 굴착레벨 기준
3. EMBEDMENT LENGTH는 시공하중 (건축 구조 제공) 에 대한 공사용 철골기둥의 근입 길이
4. 본 설계에 적용된 지반조건은 지반조사 보고서상의 지질주상도를 기준으로 하였다.
5. P.R.D PILE 천공 결과 지층구성이 설계조건과 다를 경우에는 반드시 설계자나 감리자와 협의하여 재조정 해야한다.
6. P.R.D PILE 설치시 최소한 보강 CAP 하부(CUT OFF LEVEL)에서 상부로 0.8m까지는(HATCHING 면적) 콘크리트를 타설한 후 기초 콘크리트 타설전(또는 매트 슬라브 시공전)에 CHIPPING 해야한다.
7. 재료강도
   가. 콘크리트
      – 호칭강도 : – 수중 콘크리트 설계기준강도 : fck = 24 MPa (공칭강도 30MPa)
      – 배 합 강 도 : 1.25fck 이상
      – 수중콘크리트 설계기준강도 : 0.8fck
   나. STUD BOLT : Φ22x120@200
8. 시공방법 및 시공시 주의사항
   P.R.D (ROCK SOCKET) PILE 공사 시방서 참조.

NOTE II

가. P.R.D PILE의 시공은 반드시 청수 사용을 원칙으로 하여, 이수사용시의 암반과 파일 콘크리트 주변마찰력 감소원인을 원천적으로 배제시킨다.

나. P.R.D PILE 시공시 시료채취가 가능한 경우 기초부분의 암반 샘플링을 매m당 실시하여, 현장에보관된 암반 코아샘플링 상태와 육안 비교하여 암반의 품질도의 변화유무를 확인하고, 요구되는 지내력 확보에 미달될 시 추가 천공 및 파일 보강에 대한 검토를 재실시한다.

다. P.R.D PILE 천공 완료후 Air Lifting에 의한 바닥면 슬라임처리를 깨끗이 하고, 2차 디센더에 의한 청수중 Sand(Content 2%이하)를 제거한다.
3차로 장시간 Top Down용 철골 설치시 발생할 수 있는 침전물을 콘크리트로 타설전 다시 한번 Air Lifting을 약 5분 정도 실시한다.

라. 매 파일마다 KODEN등 초음파 측정장치를 이용하여 파일의 연직도 관리를 실시한다. (1/300H이하)
KODEN TEST 시 PRD 공내 청수 채움 높이는 현장 조건을 고려하여 감리원과 협의 후 결정한다.

마. P.R.D PILE 천공시 채취되는 암반 샘플링중에서 지내력이 의심가는 샘플에 대해서는 점재하시험을 실시하여 암반지내력을 확인한다.

바. 트레미에 의한 수중콘크리트 타설인 점을 감안하여 유동성 있는 슬럼프 (18±2.5cm) 관리가 필수적이며, 레미콘 배합강도는 호칭강도보다 25%이상 발휘될수 있도록 배합한다.

사. 기반암 내 근입조건을 기준으로 설계됨.

아. PRD 말뚝 중 1개소에 대하여 양방향재하시험을 실시하여 말뚝의 지지력을 확인 하여야한다.



노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : –

검토 CHECKED BY : –

PM DESIGNED BY : 최중열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : NONE A3 : NONE

날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
PRD 상세도 – 2

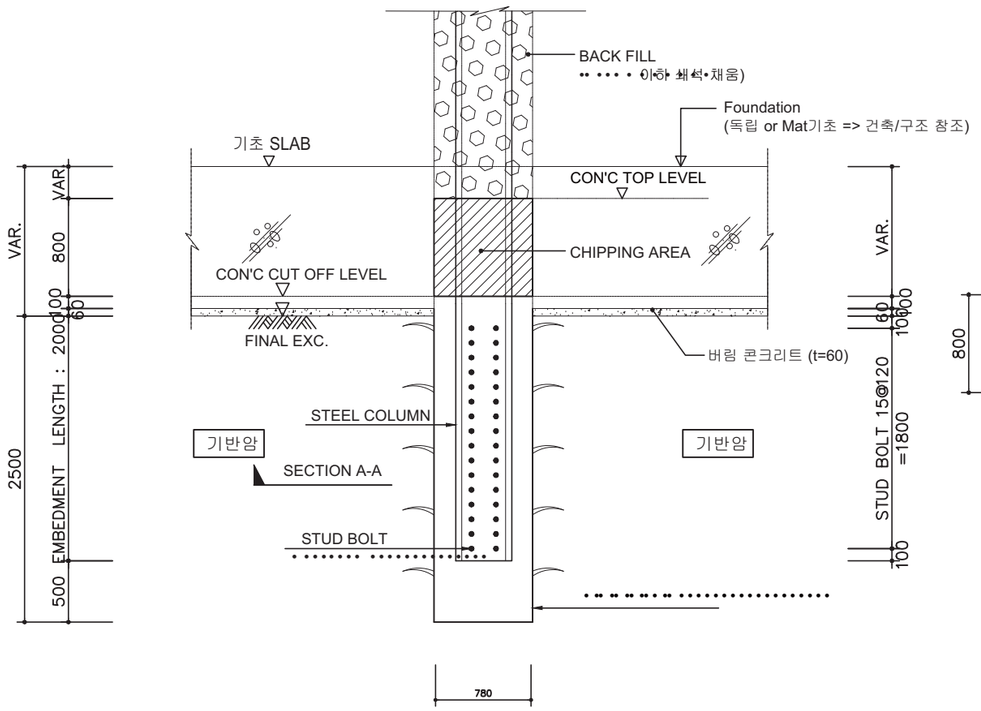
도면번호 SHEET NO.
C – 117

주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주)간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

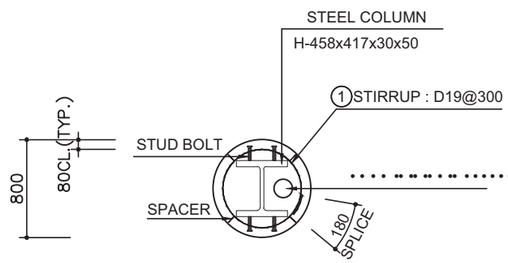
[SECTION]



P.R.D PILE ∅ 800
P.R.D TYPE – D,E

[TYPICAL TYPE " D,E "]

SECTION A-A



P.R.D TYPE	압축하중 Ps (kN)	P.R.D SIZE	COLUMN TYPE	ACT TUBE SIZE	EMBEDMENT LENGTH (m)	STUD BOLT (Ea)	PILE LENGTH (m)	P.R.D PILE NO.
D	3,700	Φ800	SC1	H-428x407x20x35	2.0	40	2.5	P-14, 15, 18
E	4,800	Φ800	SC1	H-428x407x20x35	2.0	40	2.5	P-11, 13, 16, 17, 26, 33

NOTE I

1. 기준 LEVGL : GL.±0.0m = EL.+10.00m
2. P.R.D PILE LENGTH는 최종 굴착레벨 기준
3. EMBEDMENT LENGTH는 시공하중 (건축 구조 제공) 에 대한 공사용 철골기둥의 근입 길이
4. 본 설계에 적용된 지반조건은 지반조사 보고서상의 지질주상도를 기준으로 하였다.
5. P.R.D PILE 천공 결과 지층구성이 설계조건과 다를 경우에는 반드시 설계자나 감리자와 협의하여 재조정 해야한다.
6. P.R.D PILE 설치시 최소한 보강 CAP 하부(CUT OFF LEVEL)에서 상부로 0.8m까지는(HATCHING 면적) 콘크리트를 타설한 후 기초 콘크리트 타설전(또는 매트 슬라브 시공전)에 CHIPPING 해야한다.
7. 재료강도
   가. 콘크리트
      – 호칭강도 : – 수중 콘크리트 설계기준강도 : fck = 24 MPa (공칭강도 30MPa)
      – 배 합 강 도 : 1.25fck 이상
      – 수중콘크리트 설계기준강도 : 0.8fck
   나. STUD BOLT : Φ22x120@120
8. 시공방법 및 시공시 주의사항
   P.R.D (ROCK SOCKET) PILE 공사 시방서 참조.

NOTE II

가. P.R.D PILE의 시공은 반드시 청수 사용을 원칙으로 하여, 이수사용시의 암반과 파일 콘크리트 주변마찰력 감소원인을 원천적으로 배제시킨다.

나. P.R.D PILE 시공시 시료채취가 가능한 경우 기초부분의 암반 샘플링을 매m당 실시하여, 현장에보관된 암반 코아샘플링 상태와 육안 비교하여 암반의 품질도의 변화유무를 확인하고, 요구되는 지내력 확보에 미달될 시 추가 천공 및 파일 보강에 대한 검토를 재실시한다.

다. P.R.D PILE 천공 완료후 Air Lifting에 의한 바닥면 슬라임처리를 깨끗이 하고, 2차 디센더에 의한 청수중 Sand(Content 2%이하)를 제거한다. 3차로 장시간 Top Down용 철골 설치시 발생할 수 있는 침전물을 콘크리트로 타설전 다시 한번 Air Lifting을 약 5분 정도 실시한다.

라. 매 파일마다 KODEN등 초음파 측정장치를 이용하여 파일의 연직도 관리를 실시한다. (1/300H이하)
KODEN TEST 시 PRD 공내 청수 채움 높이는 현장 조건을 고려하여 감리원과 협의 후 결정한다.

마. P.R.D PILE 천공시 채취되는 암반 샘플링중에서 지내력이 의심가는 샘플에 대해서는 점재하시험을 실시하여 암반지내력을 확인한다.

바. 트레미에 의한 수중콘크리트 타설인 점을 감안하여 유동성 있는 슬럼프 (18±2.5cm) 관리가 필수적이며, 레미콘 배합강도는 호칭강도보다 25%이상 발휘될수 있도록 배합한다.

사. 기반암 내 근입조건을 기준으로 설계됨.

아. PRD 말뚝 중 1개소에 대하여 양방향재하시험을 실시하여 말뚝의 지지력을 확인 하여야한다.



노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : –

검토 CHECKED BY : –

PM DESIGNED BY : 최중열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : NONE A3 : NONE

날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
PRD 상세도 – 3

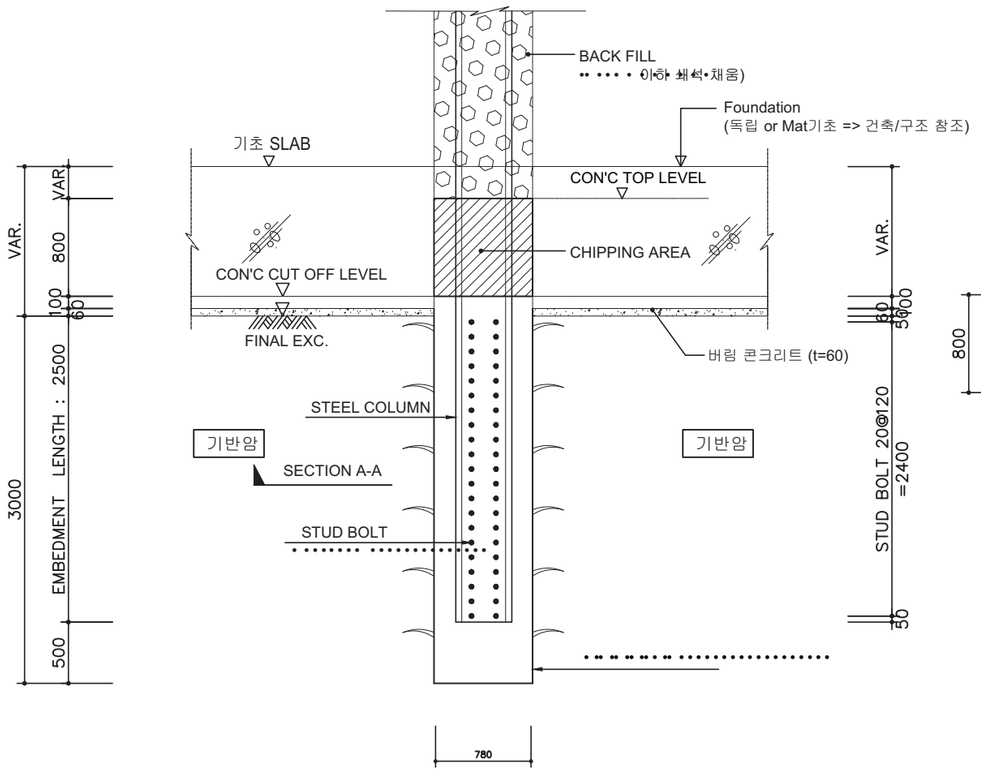
도면번호 SHEET NO.
C – 118

주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주)간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

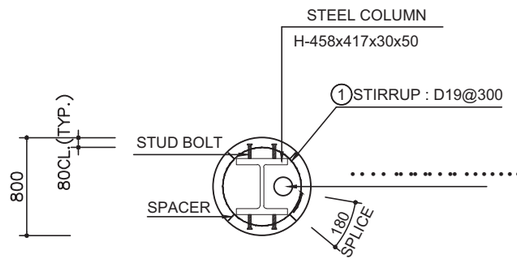
[SECTION]



P.R.D PILE ϕ 800
P.R.D TYPE – F

[TYPICAL TYPE " F "]

SECTION A-A



P.R.D TYPE	압축하중 Ps (kN)	P.R.D SIZE	COLUMN TYPE	ACT TUBE SIZE	EMBEDMENT LENGTH (m)	STUD BOLT (Ea)	PILE LENGTH (m)	P.R.D PILE NO.
F	6,300	Φ800	SC1	H-428x407x20x35	2.5	84	3.0	P-12, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27 P-28, 29, 30, 31, 32

NOTE I

1. 기준 LEVGL : GL.±0.0m = EL.+10.00m
2. P.R.D PILE LENGTH는 최종 굴착레벨 기준
3. EMBEDMENT LENGTH는 시공하중 (건축 구조 제공) 에 대한 공사용 철골기둥의 근입 길이
4. 본 설계에 적용된 지반조건은 지반조사 보고서상의 지질주상도를 기준으로 하였다.
5. P.R.D PILE 천공 결과 지층구성이 설계조건과 다를 경우에는 반드시 설계자나 감리자와 협의하여 재조정 해야한다.
6. P.R.D PILE 설치시 최소한 보강 CAP 하부(CUT OFF LEVEL)에서 상부로 0.8m까지는(HATCHING 면적) 콘크리트를 타설한 후 기초 콘크리트 타설전(또는 매트 슬라브 시공전)에 CHIPPING 해야한다.
7. 재료강도
   가. 콘크리트
      – 호칭강도 : – 수중 콘크리트 설계기준강도 : fck = 24 MPa (공칭강도 30MPa)
      – 배 합 강 도 : 1.25fck 이상
      – 수중콘크리트 설계기준강도 : 0.8fck
   나. STUD BOLT : Φ22x120@120
8. 시공방법 및 시공시 주의사항
   P.R.D (ROCK SOCKET) PILE 공사 시방서 참조.

NOTE II

가. P.R.D PILE의 시공은 반드시 청수 사용을 원칙으로 하여, 이수사용시의 암반과 파일 콘크리트 주변마찰력 감소원인을 원천적으로 배제시킨다.

나. P.R.D PILE 시공시 시료채취가 가능한 경우 기초부분의 암반 샘플링을 매m당 실시하여, 현장에보관된 암반 코아샘플링 상태와 육안 비교하여 암반의 품질도의 변화유무를 확인하고, 요구되는 지내력 확보에 미달될 시 추가 천공 및 파일 보강에 대한 검토를 재실시한다.

다. P.R.D PILE 천공 완료후 Air Lifting에 의한 바닥면 슬라임처리를 깨끗이 하고, 2차 디센더에 의한 청수중 Sand(Content 2%이하)를 제거한다. 3차로 장시간 Top Down등 철골 설치시 발생할 수 있는 침전물을 콘크리트로 타설전 다시 한번 Air Lifting을 약 5분 정도 실시한다.

라. 매 파일마다 KODEN등 초음파 측정장치를 이용하여 파일의 연직도 관리를 실시한다. (1/300H이하)
KODEN TEST 시 PRD 공내 청수 채움 높이는 현장 조건을 고려하여 감리원과 협의 후 결정한다.

마. P.R.D PILE 천공시 채취되는 암반 샘플링중에서 지내력이 의심가는 샘플에 대해서는 점재하시험을 실시하여 암반지내력을 확인한다.

바. 트레미에 의한 수중콘크리트 타설인 점을 감안하여 유동성 있는 슬럼프 (18±2.5cm) 관리가 필수적이며, 레미콘 배합강도는 호칭강도보다 25%이상 발휘될수 있도록 배합한다.

사. 기반암 내 근입조건을 기준으로 설계됨.

아. PRD 말뚝 중 1개소에 대하여 양방향재하시험을 실시하여 말뚝의 지지력을 확인 하여야한다.



노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : –

검토 CHECKED BY : –

PM DESIGNED BY : 최중열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : NONE A3 : NONE

날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
PRD 상세도 – 4

도면번호 SHEET NO.
C – 119

kt 주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주) 간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

계측관리 기준치

계측기		계측항목	관리 기준치 1차 (주의)	2차 (경고)	3차 (위험)	비고
현장 내부 계측	지중경사계 (Inclinometer)	지중수평변위, 벽체변위	σ = 2mm(7일간)	σ = 4mm(7일간)	σ = 10mm(7일간)	토사 일간
			σ = 1mm(1일간)	σ = 2mm(1일간)	σ = 4mm(1일간)	암반 변위량
			3차관리기준 X 0.6	3차관리기준 X 0.8	0.0025H (H=최대굴착 깊이)	
	지하수위계 (Piezometer)	지하수위	0.5m/day	0.75m/day	1.0m/day	1일 지하수위 변화량
			4.0m 3차관리기준 X 0.5	1차관리기준+ 자연변동량	8.0m	누적수위 변화량
	변형률계 (Strain Gage)	Strut 응력측정	3차관리기준 X 0.6	3차관리기준 X 0.8	부재허용치	σ a:허용압축응력 (최굴고려)
	지표침하핀 (Settlement Pin)	지표면침하	3차관리기준 X 0.6	3차관리기준 X 0.8	25mm	
	건물경사계 (Tilt Meter)	건물의 부등침하 또는 각변위 측정	1/1000	1/850	1/500	
	균열측정계 (Crack Gauge)	구조물의 균열측정	0.2mm	0.38mm	0.5mm	
	유량계	지하수 유량측정	95.98	127.97	159.96	F=설계치/실측치

계측관리 초기치 측정 시기 및 빈도

계 측 항 목	측 정 시 기	측 정 빈 도	비 고
지중경사계(수동)	그라우팅 완료후 4일	1회/일(3일간)	초기치 선정
지하수위계(수동) (서울시 공사장 지하수관리 메뉴얼 참조)	설치 후	1회/일(1일간)	초기치 선정
변형률계	설치 후	3회/일(1일간)	초기치 선정
지표침하계	설치 후 1일 경과 후	1회/일(3일간)	초기치 선정
건물경사계	설치 후 1일 경과 후	3회/일(1일간)	초기치 선정
건물균열계	설치 후 1일 경과 후	3회/일(1일간)	초기치 선정

현장 계측 빈도

계 측 항 목	당 현장계측 빈도 (현장내부 계측) 초기치설정	계 측 빈 도 굴착공사중	해체공사중	이상발생시
지중경사계 (Inclinometer)	계측관리 초기치 측정시기 및 빈도표 참조	2회/주	2회/주	수시계측
지하수위계 (Water level meter)		2회/일	2회/일	수시계측
변 형 율 계 (Strain Gauge)		2회/주	2회/주	수시계측
지표침하계 (Settlement Pin)		2회/주	2회/주	수시계측
건물경사계 (Tilt meter)		2회/주	2회/주	수시계측
균열측정계 (Crack Gauge)		2회/주	2회/주	수시계측

굴착영향범위(2H) = 69.00m

서부간선도로

서부간선 지하도로

서부간선도로지하화공사중

가산디지털2로

SBUSINESSCENTER

이수전기(주)

(주)일조

대전기계공업(주)

G밸리라리브스마트타워

(주)아름

와이피피(주)

테크노타운1차

알에스엠타운

계측기 범례표

구 분	표 기	명 칭	설치 개소	비 고
현장 내부 계측		지중경사계	11 개소	흙막이벽체 배면
		지하수위계	11 개소	흙막이벽체 배면
		변형률계	48 개소	SLAB, 가설 지보재
현장 외부 계측	C	균열측정계	24 개소	인접 건물 및 서부간선도로 옹벽
		건물경사계	21 개소	인접 건물
		지표침하핀	12 개소 (3 SET)	흙막이벽체 배면 지반(도로) 및 안양천 산책로
	F	유 량 계	1 개소	배수펌프
	V	진동측정기	4 개소	현장 외부 건물 옥외 측정
	N	소음측정기	4 개소	현장 외부 건물 옥외 측정

지하차도계측기 범례표

구 분	표 기	명 칭	설치 개소
서부간선지하차도	EL	EL. Beam Sensor (자동화 계측)	9 개소
		진동측정계 (자동화 계측)	9 개소
	C	균열측정계(전기식) (자동화 계측)	9 개소

1. 지하차도 계측에서 개소 수 및 설치위치는 관련기관과 협의 결과에 따라 변동 될 수 있다.

진동측정 관리치

(단위; cm/sec)

등급	I	II	III	IV	V
건물형태	문화재	주택, 아파트, 상가 (균열이 있는 건물)	주택, 아파트, 상가 (균열이 없는 양호한 건물)	빌딩 및 공장 철근콘크리트	시설물 주변 컴퓨터
건물기초에서의 허용치	0.2	0.5	1	1.0~4.0	0.2

소음측정 관리치

(단위; dB(A))

대상지역	소음원	시간대별	아침, 저녁 (05:00~07:00) (18:00~22:00)	주간 (07:00~18:00)	야간 (22:00~05:00)
가. 주거지역, 녹지지역, 관리지역 중 취락지구·주거개발진흥지구 및 관광·휴양개발진흥지구, 자연환경보전지역, 그 밖의 지역에 있는 학교·종합병원·공공도서관	확성기	옥외설치	60 이하	65 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	50 이하	55 이하	45 이하
	공 장		50 이하	55 이하	45 이하
	사업장	동일 건물	45 이하	[illegible]	40 이하
		기 타	50 이하	[illegible]	[illegible]
	공사장		[illegible]	[illegible]	[illegible]
나. 그 밖의 지역	확성기	옥외설치	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	공 장		[illegible]	[illegible]	[illegible]
	사업장	동일 건물	[illegible]	[illegible]	45 이하
		기 타	60 이하	[illegible]	[illegible]
	공사장		65 이하	70 이하	50 이하

노트 NOTE

1. 계측기 설치 및 관리는 시방서에 준한다.
2. 인접건물에 건물경사계 설치시 건물주와 협의 하여 설치여부를 결정하여야 한다.
3. 굴착공사전 인접건물에 대한 균열 조사를 선시행하고 기존균열 발견될 경우 감리원 및 건물주와 협의 후 균열계 설치 여부를 결정하여야 한다.
4. 건물 경사계의 설치 개소 및 위치는 현장 감리원 및 감독관과 협의하여 설치한다.
5. 지중경사계는 시공관리를 위해 벽체 내에 설치하여야 한다.
6. 지중경사계 및 지하수위계를 위한 보링시 부지 여유가 없어 보링이 어려울 경우 H-PILE 에 경사계관을 체결하여 시공할 수 있다.
7. 굴착영향범위 내의 구조물에 대하여 건물경사계 및 균열측정계를 모두 설치하고 건물의 침하의 안정성을 연밀히 관찰 하여야 한다.

REV.	DESCRIPTION	DATE
1	지하안전영향평가 보완	2021.09.

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -

검토 CHECKED BY : -

PM DESIGNED BY : 최종열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : 1 / 400 A3 : 1 / 800

날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
계측 계획 평면도

도면번호 SHEET NO.
C - 120

주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주) 간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

☐ 계측관리 기준치

계측기		계측항목	관리 기준치 1차 (주의)	2차 (경고)	3차 (위험)	비 고
현장 내부 계측	지중경사계 (Inclinometer)	지중수평변위, 벽체변위	σ = 2mm(7일간)	σ = 4mm(7일간)	σ = 10mm(7일간)	토사 일간
			σ = 1mm(1일간)	σ = 2mm(1일간)	σ = 4mm(1일간)	암반 변위량
			3차관리기준 X 0.6	3차관리기준 X 0.8	0.0025H (H=최대굴착 깊이)	
	지하수위계 (Piezometer)	지하수위	0.5m/day	0.75m/day	1.0m/day	1일 지하수위 변화량
			4.0m 3차관리기준 X 0.5	1차관리기준+ 자연변동량	8.0m	누적수위 변화량
	변형률계 (Strain Gage)	Strut 응력측정	3차관리기준 X 0.6	3차관리기준 X 0.8	부재허용치	σ a:허용압축응력 (좌굴고려)
	지표침하핀 (Settlement Pin)	지표면침하	3차관리기준 X 0.6	3차관리기준 X 0.8	25mm	
	건물경사계 (Tilt Meter)	건물의 부등침하 또는 각변위 측정	1/1000	1/850	1/500	
	균열측정계 (Crack Gauge)	구조물의 균열측정	0.2mm	0.38mm	0.5mm	

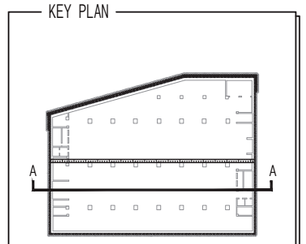
☐ 계측관리 초기치 측정 시기 및 빈도

계 측 항 목	측 정 시 기	측 정 빈 도	비 고
지중경사계(수동)	그라우팅 완료후 4일	1회/일(3일간)	초기치 선정
지하수위계(수동) (서울시 공사장 지하수관리 메뉴얼 참조)	설치 후	1회/일(1일간)	초기치 선정
변형률계	설치 후	3회/일(1일간)	초기치 선정
지표침하계	설치 후 1일 경과 후	1회/일(3일간)	초기치 선정
건물경사계	설치 후 1일 경과 후	3회/일(1일간)	초기치 선정
건물균열계	설치 후 1일 경과 후	3회/일(1일간)	초기치 선정

☐ 현장 계측 빈도

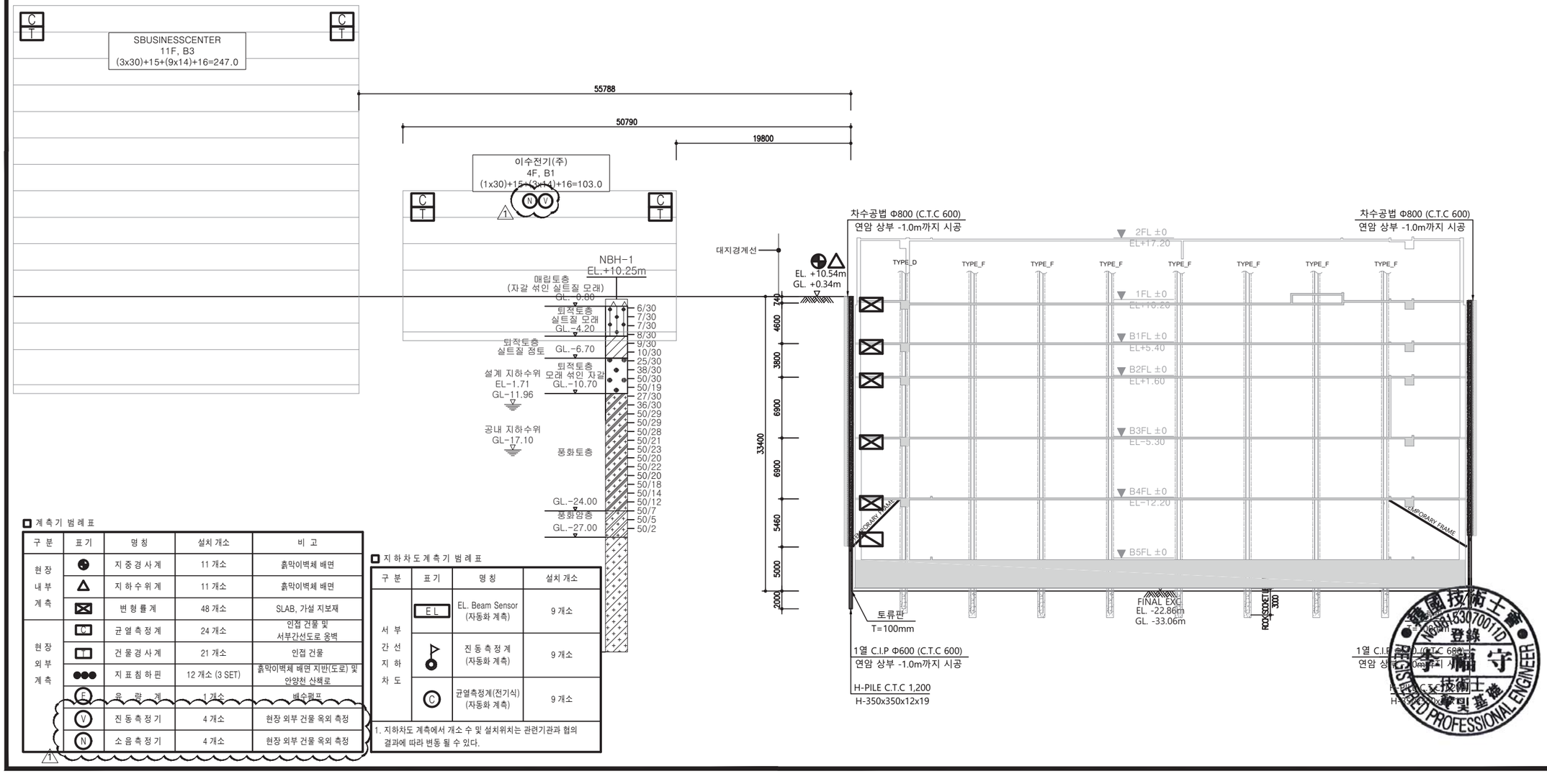
계 측 항 목	당 현장계측 빈도 (현장내부 계측) 계 측 빈 도 초기치설정	굴착공사중	해체공사중	이상발생시
지중경사계 (Inclinometer)	계측관리 초기치 측정시기 및 빈도 표 참조	2회/주	2회/주	수시계측
지하수위계 (Water level meter)		2회/일	2회/일	수시계측
변 형 율 계 (Strain Gauge)		2회/주	2회/주	수시계측
지표침하계 (Settlement Pin)		2회/주	2회/주	수시계측
건물경사계 (Tilt meter)		2회/주	2회/주	수시계측
균열측정계 (Crack Gauge)		2회/주	2회/주	수시계측

KEY PLAN



노트 NOTE

1. 계측기 설치 및 관리는 시방서에 준한다.
2. 인접건물에 건물경사계 설치시 건물주와 협의 하여 설치여부를 결정하여야 한다.
3. 굴착공사전 인접건물에 대한 균열 조사를 선시행하고 기존균열 발견될 경우 감리원 및 건물주와 협의 후 균열계 설치 여부를 결정하여야 한다.
4. 건물 경사계의 설치 개소 및 위치는 현장 감리원 및 감독관과 협의하여 설치한다.
5. 지중경사계는 시공관리를 위해 벽체 내에 설치하여야 한다.
6. 지중경사계 및 지하수위계를 위한 보링시 부지 여유가 없어 보링이 어려울 경우 H-PILE 에 경사계관을 체결하여 시공할 수 있다.
7. 굴착영향범위 내의 구조물에 대하여 건물경사계 및 균열측정계를 모두 설치하고 건물의 침하의 안정성을 연밀히 관찰 하여야 한다.



☐ 계측기 범례표

구 분	표 기	명 칭	설치 개소	비 고
현장 내부 계측	◕	지 중 경 사 계	11 개소	흙막이벽체 배면
	△	지 하 수 위 계	11 개소	흙막이벽체 배면
	⊠	변 형 률 계	48 개소	SLAB, 가설 지보재
현장 외부 계측	C	균 열 측 정 계	24 개소	인접 건물 및 서부간선도로 옹벽
	▭	건 물 경 사 계	21 개소	인접 건물
	●●●	지 표 침 하 핀	12 개소 (3 SET)	흙막이벽체 배면 지반(도로) 및 안양천 산책로
	E	유 량 계	1 개소	배수펌프
	V	진 동 측 정 기	4 개소	현장 외부 건물 옥외 측정
	N	소 음 측 정 기	4 개소	현장 외부 건물 옥외 측정

1

☐ 지하차도 계측기 범례표

구 분	표 기	명 칭	설치 개소
서부간선지하차도	EL	EL. Beam Sensor (자동화 계측)	9 개소
		진 동 측 정 계 (자동화 계측)	9 개소
	C	균열측정계(전기식) (자동화 계측)	9 개소

1. 지하차도 계측에서 개소 수 및 설치위치는 관련기관과 협의 결과에 따라 변동 될 수 있다.

REV.	DESCRIPTION	DATE
1	지하안전영향평가 보완	2021.09.

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -
검토 CHECKED BY : -
PM DESIGNED BY : 최종열
PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : 1 / 250 A3 : 1 / 500
날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
계측 계획 단면도 - A-L

도면번호 SHEET NO.
C - 121

주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주) 간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

건설기술인 등록 제106041530700110 호
李鎭守 기술사
CIVIL ENGINEERING
REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER

계측관리 기준치

계측기		계측항목	관리 기준치 1차 (주의)	관리 기준치 2차 (경고)	관리 기준치 3차 (위험)	비 고	
현장 내부 계측	지중경사계 (Inclinometer)	지중수평변위, 벽체변위	σ = 2mm(7일간)	σ = 4mm(7일간)	σ = 10mm(7일간)	토사	일간
			σ = 1mm(1일간)	σ = 2mm(1일간)	σ = 4mm(1일간)	암반	변위량
			3차관리기준 X 0.6	3차관리기준 X 0.8	0.0025H (H=최대굴착 깊이)		
	지하수위계 (Piezometer)	지하수위	0.5m/day	0.75m/day	1.0m/day	1일 지하수위 변화량	
			4.0m 3차관리기준 X 0.5	1차관리기준+ 자연변동량	8.0m	누적수위 변화량	
	변형률계 (Strain Gage)	Strut 응력측정	3차관리기준 X 0.6	3차관리기준 X 0.8	부재허용치	σ a:허용압축응력 (좌굴고려)	
	지표침하핀 (Settlement Pin)	지표면침하	3차관리기준 X 0.6	3차관리기준 X 0.8	25mm		
	건물경사계 (Tilt Meter)	건물의 부등침하 또는 각변위 측정	1/1000	1/850	1/500		
	균열측정계 (Crack Gauge)	구조물의 균열측정	0.2mm	0.38mm	0.5mm		

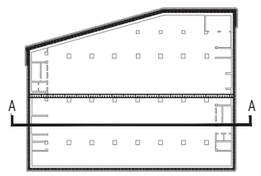
계측관리 초기치 측정 시기 및 빈도

계 측 항 목	측 정 시 기	측 정 빈 도	비 고
지중경사계(수동)	그라우팅 완료후 4일	1회/일(3일간)	초기치 선정
지하수위계(수동) (서울시 공사장 지하수관리 메뉴얼 참조)	설치 후	1회/일(1일간)	초기치 선정
변형률계	설치 후	3회/일(1일간)	초기치 선정
지표침하계	설치 후 1일 경과 후	1회/일(3일간)	초기치 선정
건물경사계	설치 후 1일 경과 후	3회/일(1일간)	초기치 선정
건물균열계	설치 후 1일 경과 후	3회/일(1일간)	초기치 선정

현장 계측 빈도

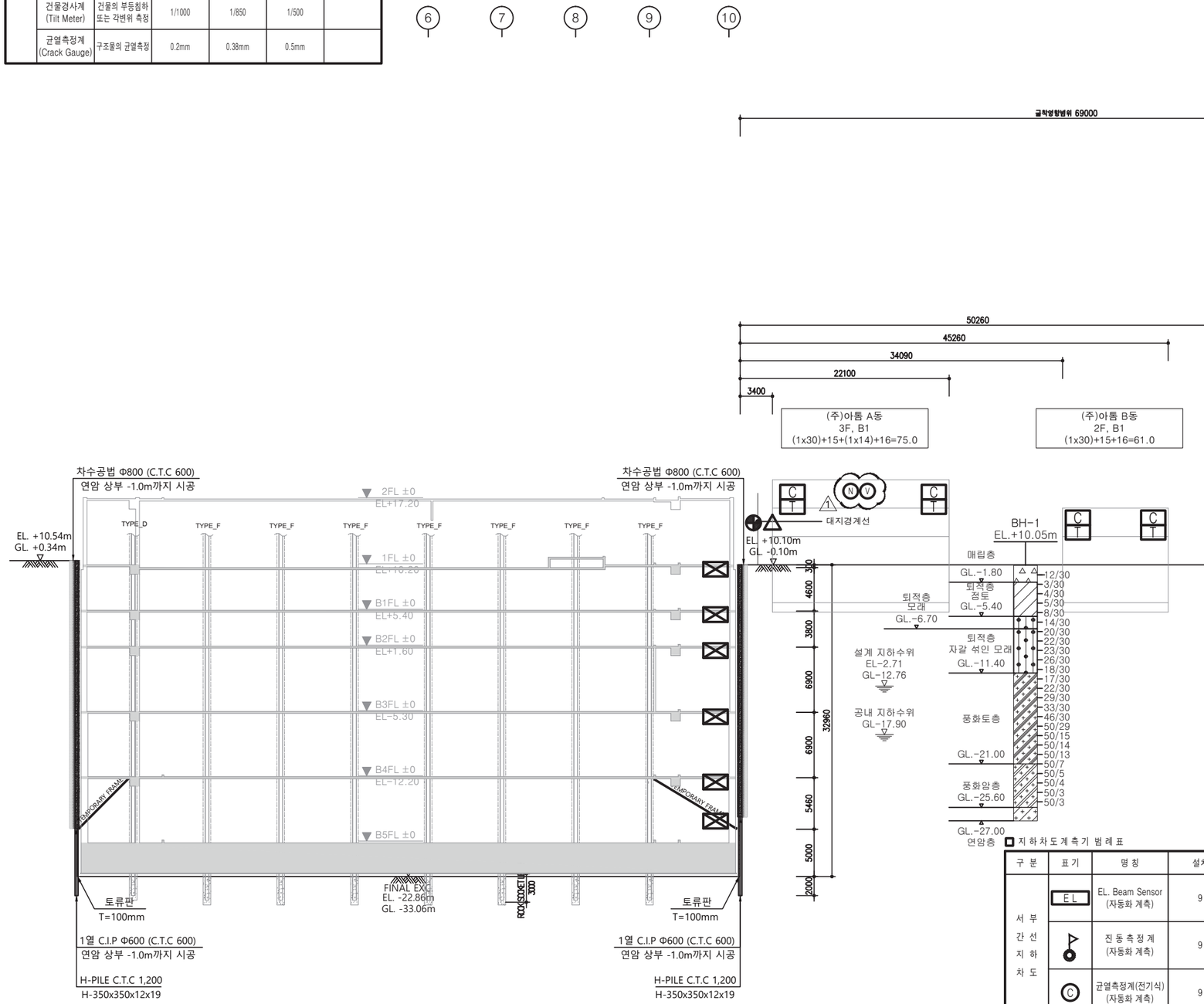
당 현장계측 빈도 (현장내부 계측)				
계 측 항 목	계 측 빈 도			
	초기치설정	굴착공사중	해체공사중	이상발생시
지중경사계 (Inclinometer)	계측관리 초기치 측정시기 및 빈도 표 참조	2회/주	2회/주	수시계측
지하수위계 (Water level meter)		2회/일	2회/일	수시계측
변 형 율 계 (Strain Gauge)		2회/주	2회/주	수시계측
지표침하계 (Settlement Pin)		2회/주	2회/주	수시계측
건물경사계 (Tilt meter)		2회/주	2회/주	수시계측
균열측정계 (Crack Gauge)		2회/주	2회/주	수시계측

KEY PLAN



노트 NOTE

1. 계측기 설치 및 관리는 시방서에 준한다.
2. 인접건물에 건물경사계 설치시 건물주와 협의 하여 설치여부를 결정하여야 한다.
3. 굴착공사전 인접건물에 대한 균열 조사를 선시행하고 기존균열 발견될 경우 감리원 및 건물주와 협의 후 균열계 설치 여부를 결정하여야 한다.
4. 건물 경사계의 설치 개소 및 위치는 현장 감리원 및 감독관과 협의하여 설치한다.
5. 지중경사계는 시공관리를 위해 벽체 내에 설치하여야 한다.
6. 지중경사계 및 지하수위계를 위한 보링시 부지 여유가 없어 보링이 어려울 경우 H-PILE 에 경사계관을 체결하여 시공할 수 있다.
7. 굴착영향범위 내의 구조물에 대하여 건물경사계 및 균열측정계를 모두 설치하고 건물의 침하의 안정성을 연밀히 관찰 하여야 한다.



지하차도계측기 범례표

구 분	표 기	명 칭	설치 개소
서 부 간 선 지 하 차 도	EL	EL. Beam Sensor (자동화 계측)	9 개소
		진 동 측 정 계 (자동화 계측)	9 개소
	C	균열측정계(전기식) (자동화 계측)	9 개소

1. 지하차도 계측에서 개소 수 및 설치위치는 관련기관과 협의 결과에 따라 변동 될 수 있다.

계측기 범례표

구 분	표 기	명 칭	설치 개소	비 고
현장 내부 계측		지 중 경 사 계	11 개소	흙막이벽체 배면
	△	지 하 수 위 계	11 개소	흙막이벽체 배면
	⊠	변 형 률 계	48 개소	[illegible]
현장 외부 계측	C	균 열 측 정 계	24 개소	[illegible]
	T	건 물 경 사 계	21 개소	[illegible]
	●●●	지 표 침 하 핀	12 개소 (3 [illegible]	[illegible]
	E	유 량 계	1 개소	[illegible]
	V	진 동 측 정 기	4 개소	[illegible]
	N	소 음 측 정 기	4 개소	현장 외부 건물 옥외 측정

REV.	DESCRIPTION	DATE
1	지하안전영향평가 보완	2021.09.

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -
검토 CHECKED BY : -
PM DESIGNED BY : 최종열
PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : 1 / 250 A3 : 1 / 500
날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
계측 계획 단면도 - A-R

도면번호 SHEET NO.
C - 122

kt 주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주) 간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

☐ 계측관리 기준치

계측기		계측항목	관리 기준치 1차 (주의)	2차 (경고)	3차 (위험)	비 고	
현장 내부 계측	지중경사계 (Inclinometer)	지중수평변위, 벽체변위	σ = 2mm(7일간)	σ = 4mm(7일간)	σ = 10mm(7일간)	토사	일간
			σ = 1mm(1일간)	σ = 2mm(1일간)	σ = 4mm(1일간)	암반	변위량
			3차관리기준 X 0.6	3차관리기준 X 0.8	0.0025H (H=최대굴착 깊이)		
	지하수위계 (Piezometer)	지하수위	0.5m/day	0.75m/day	1.0m/day	1일 지하수위 변화량	
			4.0m 3차관리기준 X 0.5	1차관리기준+ 자연변동량	8.0m	누적수위 변화량	
	변형률계 (Strain Gage)	Strut 응력측정	3차관리기준 X 0.6	3차관리기준 X 0.8	부재허용치	σ a:허용압축응력 (좌굴고려)	
	지표침하핀 (Settlement Pin)	지표면침하	3차관리기준 X 0.6	3차관리기준 X 0.8	25mm		
	건물경사계 (Tilt Meter)	건물의 부등침하 또는 각변위 측정	1/1000	1/850	1/500		
	균열측정계 (Crack Gauge)	구조물의 균열측정	0.2mm	0.38mm	0.5mm		

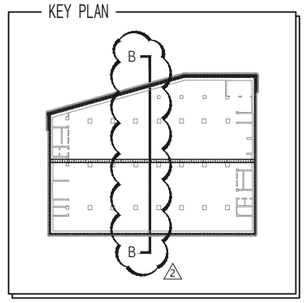
☐ 계측관리 초기치 측정 시기 및 빈도

계 측 항 목	측 정 시 기	측 정 빈 도	비 고
지중경사계(수동)	그라우팅 완료후 4일	1회/일(3일간)	초기치 선정
지하수위계(수동) (서울시 공사장 지하수관리 메뉴얼 참조)	설치 후	1회/일(1일간)	초기치 선정
변형률계	설치 후	3회/일(1일간)	초기치 선정
지표침하계	설치 후 1일 경과 후	1회/일(3일간)	초기치 선정
건물경사계	설치 후 1일 경과 후	3회/일(1일간)	초기치 선정
건물균열계	설치 후 1일 경과 후	3회/일(1일간)	초기치 선정

☐ 현장 계측 빈도

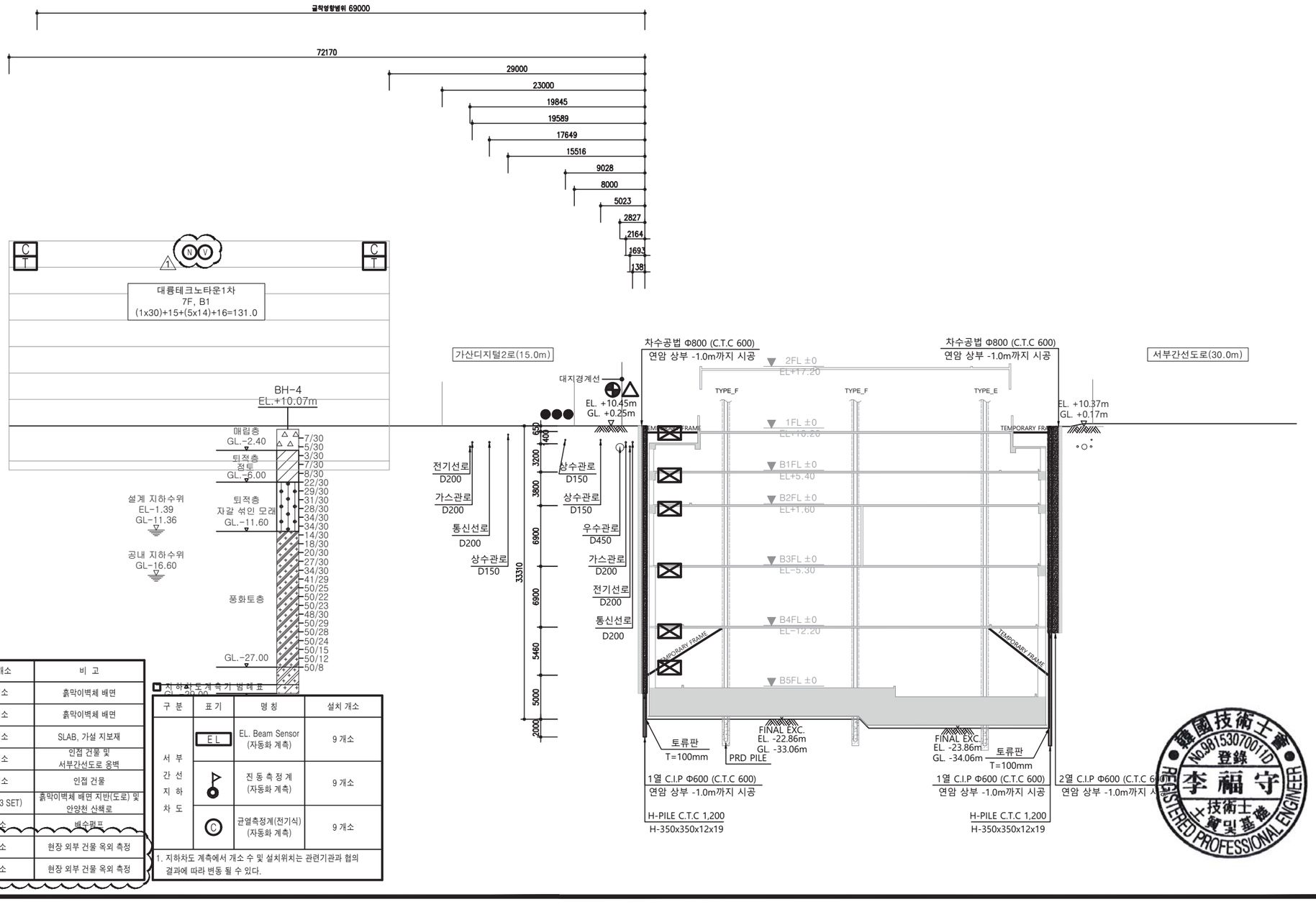
계 측 항 목	당 현장계측 빈도 (현장내부 계측) 계 측 빈 도 초기치설정	굴착공사중	해체공사중	이상발생시
지중경사계 (Inclinometer)	계측관리 초기치 측정시기 및 빈도표 참조	2회/주	2회/주	수시계측
지하수위계 (Water level meter)		2회/일	2회/일	수시계측
변 형 율 계 (Strain Gauge)		2회/주	2회/주	수시계측
지표침하계 (Settlement Pin)		2회/주	2회/주	수시계측
건물경사계 (Tilt meter)		2회/주	2회/주	수시계측
균열측정계 (Crack Gauge)		2회/주	2회/주	수시계측

KEY PLAN



노트 NOTE

1. 계측기 설치 및 관리는 시방서에 준한다.
2. 인접건물에 건물경사계 설치시 건물주와 협의 하여 설치여부를 결정하여야 한다.
3. 굴착공사전 인접건물에 대한 균열 조사를 선시행하고 기존균열 발견될 경우 감리원 및 건물주와 협의 후 균열계 설치 여부를 결정하여야 한다.
4. 건물 경사계의 설치 개소 및 위치는 현장 감리원 및 감독관과 협의하여 설치한다.
5. 지중경사계는 시공관리를 위해 벽체 내에 설치하여야 한다.
6. 지중경사계 및 지하수위계를 위한 보링시 부지 여유가 없어 보링이 어려울 경우 H-PILE 에 경사계관을 체결하여 시공할 수 있다.
7. 굴착영향범위 내의 구조물에 대하여 건물경사계 및 균열측정계를 모두 설치하고 건물의 침하의 안정성을 연밀히 관찰 하여야 한다.



☐ 계측기 범례표

구 분	표 기	명 칭	설치 개소	비 고
현장 내부 계측	◉	지 중 경 사 계	11 개소	흙막이벽체 배면
	△	지 하 수 위 계	11 개소	흙막이벽체 배면
	⊠	변 형 률 계	48 개소	SLAB, 가설 지보재
현장 외부 계측	C	균 열 측 정 계	24 개소	인접 건물 및 서부간선도로 옹벽
	□	건 물 경 사 계	21 개소	인접 건물
	●●●	지 표 침 하 핀	12 개소 (3 SET)	흙막이벽체 배면 지반(도로) 및 안양천 산책로
	F	유 량 계	1 개소	배수펌프
	V	진 동 측 정 기	4 개소	현장 외부 건물 옥외 측정
	N	소 음 측 정 기	4 개소	현장 외부 건물 옥외 측정

☐ 지하차도 계측기 범례표

구 분	표 기	명 칭	설치 개소
서부간선지하차도	EL	EL. Beam Sensor (자동화 계측)	9 개소
		진 동 측 정 계 (자동화 계측)	9 개소
	C	균열측정계(전기식) (자동화 계측)	9 개소

1. 지하차도 계측에서 개소 수 및 설치위치는 관련기관과 협의 결과에 따라 변동 될 수 있다.

REV.	DESCRIPTION	DATE
2	지하안전영향평가 조건부 조치사항	2020.11.
1	지하안전영향평가 보완	2021.09.

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -
검토 CHECKED BY : -
PM DESIGNED BY : 최종열
PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : 1 / 250 A3 : 1 / 500
날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
계측 계획 단면도 - B-L

도면번호 SHEET NO.
C - 123

주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주) 간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

韓國技術士會 No.98153070011D 登錄 李福守 技術士 會員證 REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER

❑ 계측관리 기준치

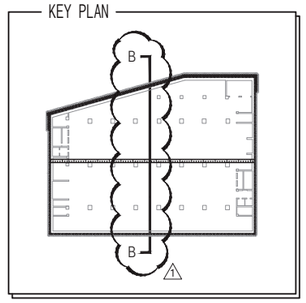
계측기		계측항목	관리 기준치 1차 (주의)	2차 (경고)	3차 (위험)	비 고
현장 내부 계측	지중경사계 (Inclinometer)	지중수평변위, 벽체변위	σ = 2mm(7일간)	σ = 4mm(7일간)	σ = 10mm(7일간)	토사 일간
			σ = 1mm(1일간)	σ = 2mm(1일간)	σ = 4mm(1일간)	암반 변위량
			3차관리기준 X 0.6	3차관리기준 X 0.8	0.0025H (H=최대굴착 깊이)	
	지하수위계 (Piezometer)	지하수위	0.5m/day	0.75m/day	1.0m/day	1일 지하수위 변화량
			4.0m 3차관리기준 X 0.5	1차관리기준+ 자연변동량	8.0m	누적수위 변화량
	변형률계 (Strain Gage)	Strut 응력측정	3차관리기준 X 0.6	3차관리기준 X 0.8	부재허용치	σ a:허용압축응력 (좌굴고려)
	지표침하핀 (Settlement Pin)	지표면침하	3차관리기준 X 0.6	3차관리기준 X 0.8	25mm	
	건물경사계 (Tilt Meter)	건물의 부등침하 또는 각변위 측정	1/1000	1/850	1/500	
	균열측정계 (Crack Gauge)	구조물의 균열측정	0.2mm	0.38mm	0.5mm	

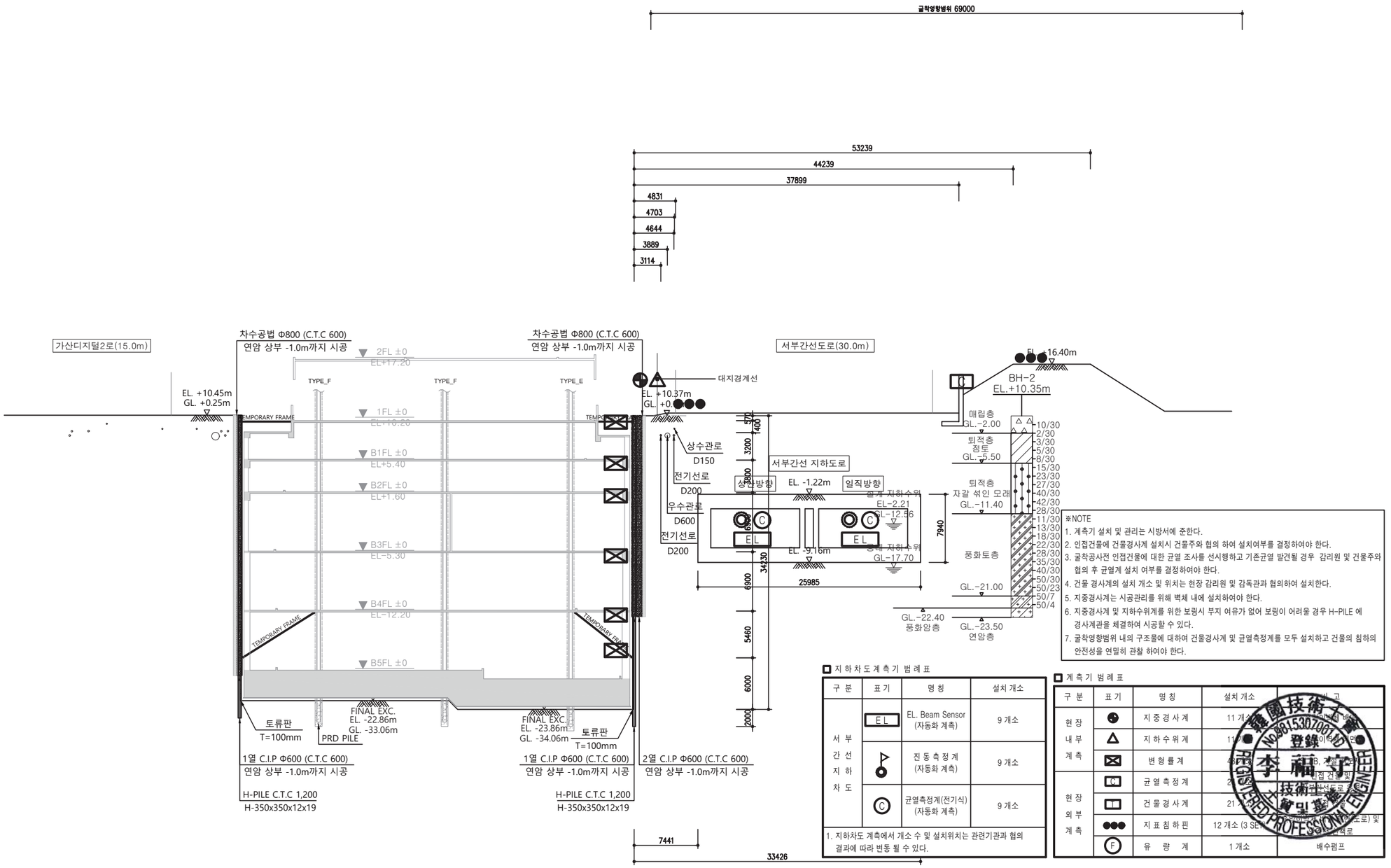
❑ 계측관리 초기치 측정 시기 및 빈도

계 측 항 목	측 정 시 기	측 정 빈 도	비 고
지중경사계(수동)	그라우팅 완료후 4일	1회/일(3일간)	초기치 선정
지하수위계(수동) (서울시 공사장 지하수관리 메뉴얼 참조)	설치 후	1회/일(1일간)	초기치 선정
변형률계	설치 후	3회/일(1일간)	초기치 선정
지표침하계	설치 후 1일 경과 후	1회/일(3일간)	초기치 선정
건물경사계	설치 후 1일 경과 후	3회/일(1일간)	초기치 선정
건물균열계	설치 후 1일 경과 후	3회/일(1일간)	초기치 선정

❑ 현장 계측 빈도

당 현장계측 빈도 (현장내부 계측)				
계 측 항 목	계 측 빈 도			
	초기치설정	굴착공사중	해체공사중	이상발생시
지중경사계 (Inclinometer)	계측관리 초기치 측정시기 및 빈도표 참조	2회/주	2회/주	수시계측
지하수위계 (Water level meter)		2회/일	2회/일	수시계측
변 형 율 계 (Strain Gauge)		2회/주	2회/주	수시계측
지표침하계 (Settlement Pin)		2회/주	2회/주	수시계측
건물경사계 (Tilt meter)		2회/주	2회/주	수시계측
균열측정계 (Crack Gauge)		2회/주	2회/주	수시계측





※NOTE
1. 계측기 설치 및 관리는 시방서에 준한다.
2. 인접건물에 건물경사계 설치시 건물주와 협의 하여 설치여부를 결정하여야 한다.
3. 굴착공사전 인접건물에 대한 균열 조사를 선시행하고 기존균열 발견될 경우 감리원 및 건물주와 협의 후 균열계 설치 여부를 결정하여야 한다.
4. 건물 경사계의 설치 개소 및 위치는 현장 감리원 및 감독관과 협의하여 설치한다.
5. 지중경사계는 시공관리를 위해 벽체 내에 설치하여야 한다.
6. 지중경사계 및 지하수위계를 위한 보링시 부지 여유가 없어 보링이 어려울 경우 H-PILE 에 경사계관을 체결하여 시공할 수 있다.
7. 굴착영향범위 내의 구조물에 대하여 건물경사계 및 균열측정계를 모두 설치하고 건물의 침하의 안전성을 연밀히 관찰 하여야 한다.

❑ 지하차도계측기 범례표

구 분	표 기	명 칭	설치개소
서부간선지하차도	EL	EL. Beam Sensor (자동화 계측)	9 개소
		진동측정계 (자동화 계측)	9 개소
	C	균열측정계(전기식) (자동화 계측)	9 개소
1. 지하차도 계측에서 개소 수 및 설치위치는 관련기관과 협의 결과에 따라 변동 될 수 있다.			

❑ 계측기 범례표

구 분	표 기	명 칭	설치 개소	비 고
현장 내부 계측		지중경사계	11 개소	인접건물 배치
		지하수위계	11개소	인접건물 배치
		변형률계	45개소	B, C, E 설치 위치
현장 외부 계측	C	균열측정계	21개소	인접 건물 및
		건물경사계	21개소	인접건물 및
		지표침하핀	12 개소 (3 SET)	가산디지털2로 및 서부간선도로
	F	유 량 계	1 개소	배수펌프

노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE
1	지하안전영향평가 조건부 조치사항	2020.11.

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -
검토 CHECKED BY : -
PM DESIGNED BY : 최종열
PIC APPROVED BY : 김태집

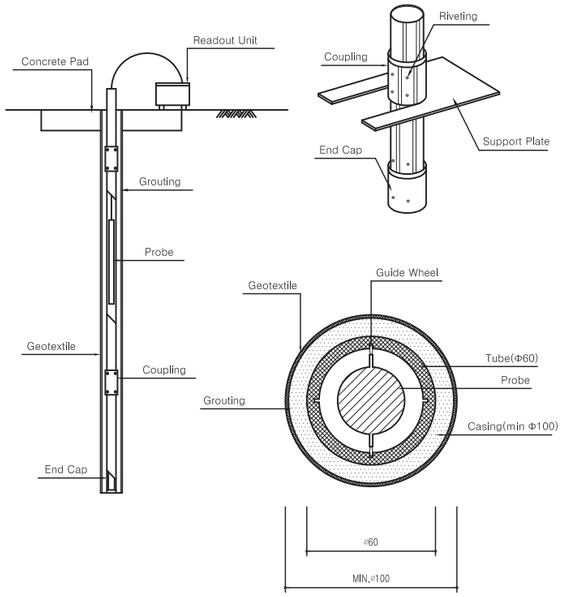
축척 SCALE A1 : 1 / 250, A3 : 1 / 500
날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
계측 계획 단면도 - B-R

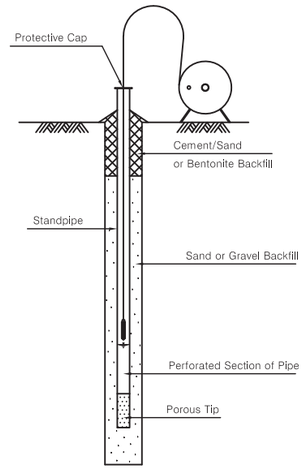
도면번호 SHEET NO.
C - 124

주식회사 케이티
HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION
Gansam
(주)간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

韓國技術士會 No.08153070014 登錄 李福宰 技術士 REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER

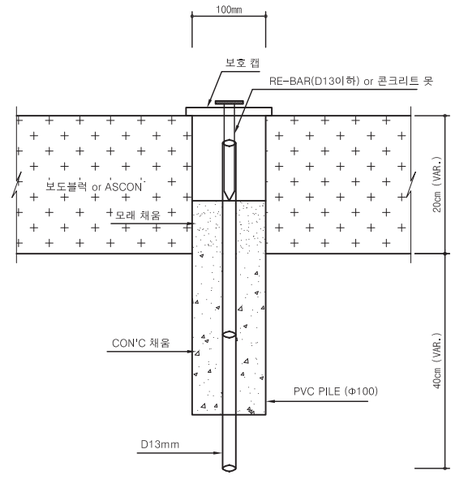


1 지중 경사계
SCALE:NONE

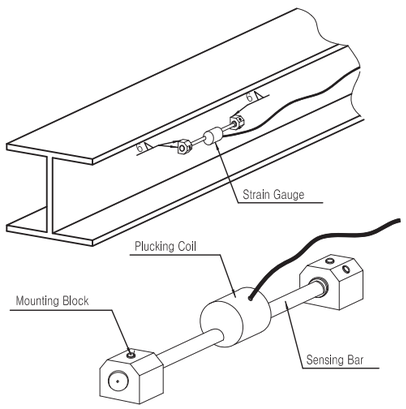


CASAGRANDE TYPE
(현장 적용)

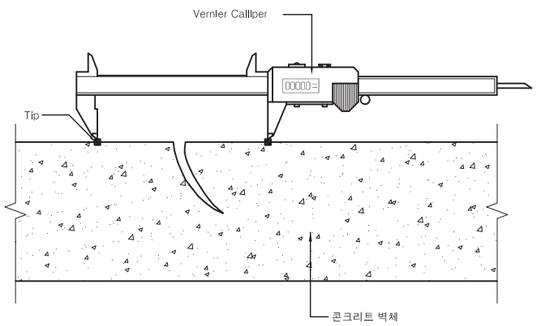
2 지하 수위계
SCALE:NONE



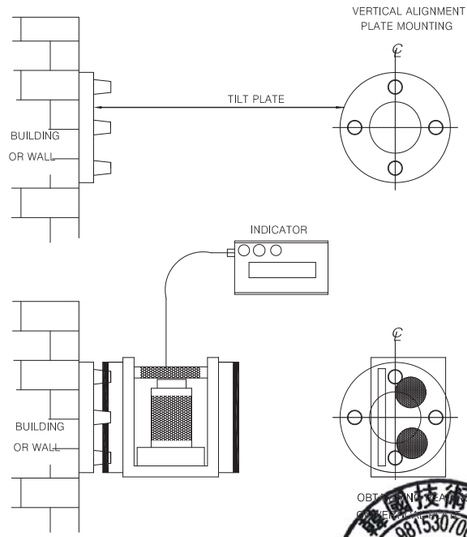
3 지표 침하핀
SCALE:NONE



4 변형률계
SCALE:NONE



5 균열 측정계
SCALE:NONE



6 건물 경사계
SCALE:NONE

노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -
검토 CHECKED BY : -
PM DESIGNED BY : 최종열
PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : NONE A3 : NONE
날짜 DATE 2021. 11.

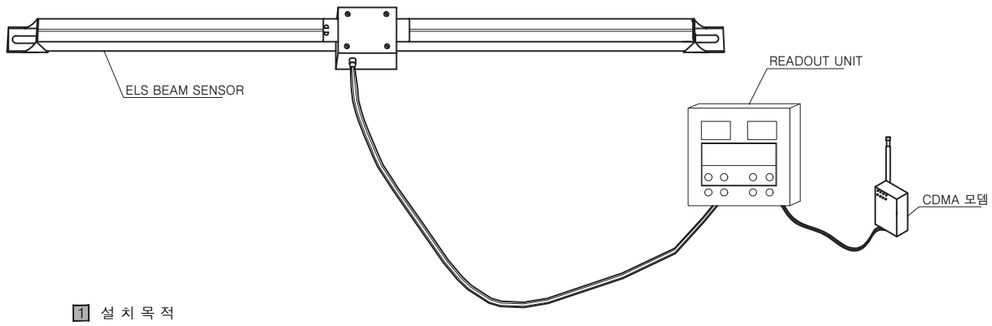
도면명칭 DRAWING TITLE
계측기 상세도 -1

도면번호 SHEET NO.
C - 125

kt 주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주) 간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000



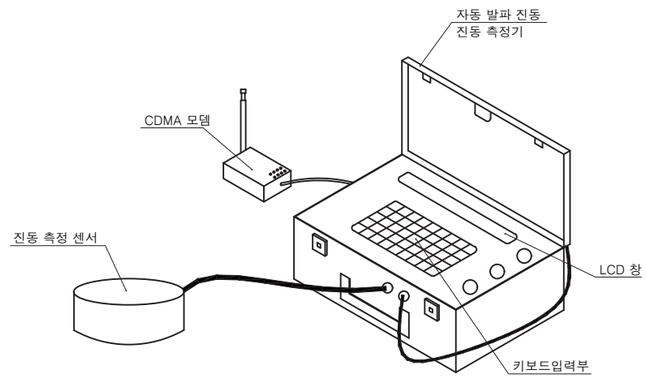
1 설 치 목 적

- 굴착공사 시 인접건물이나 옹벽 등에 설치하여 측정지점의 기울기를 통해 구조물의 안정에 대한 검토 및 조치를 취하기 위해 설치.

2 설 치 방 법

① 각도변위가 예상되는 위치에 설치 위치수량를 설정한다.
② 빔센서의 설치 지점에 전기 햄머 드릴을 이용하여 3/8"드릴비트로 약 60mm 정도 천공한다.
③ 3/8" 앙카볼트를 압입하여 고정한다.
④ 빔 센서 양 끝단의 고정부를 앙카볼트에 끼워넣은 후 3/8" 앙카볼트용 Nut, Washer를 사용하여 고정 브라켓트를 강력하게 고정한다.
⑤ 부착된 빔과 벽체의 간극을 실리콘 또는 에폭시로 도포하여 완전하게 부착한다.

7 E.L BEAM SENSER
SCALE:NONE



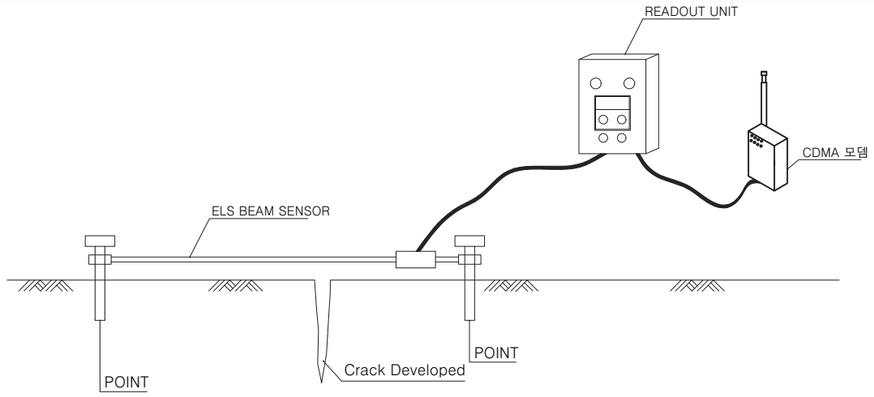
1 설 치 목 적

- 굴착, 발파 및 장비이동에 따른 진동을 측정하여 구조물 위험예방과 민원 예방에 활용하며, 경제적인 시공을 하는데 그 목적이 있다.

2 설 치 방 법

① 진동을 측정하고자 하는 위치를 선정한다.
② 진동측정기센서를 설치하여 측정한다.
③ 측정데이터(data)를 비교 분석한다.

8 자동화 진동계
SCALE:NONE



1 설 치 목 적

- 흙막이 공사로 인해 인접구조물의 균열발생정도를 측정하여 안정성 여부를 판단하기 위한 목적으로 설치한다.

2 설 치 방 법

① 센서에 있는 2개의 구멍을 통해 앵커홀의 위치를 표시한다.
② 앵커홀을 지름 20~30mm, 깊이 80~100mm 정도로 천공한다.
③ 앵커판을 나사못을 사용하여 센서에 고정시켜 준비한다.
④ 앵커홀 내부에 접착제를 주입후 초기경화시까지 약 30분간 기다린다.
⑤ 앵커판과 센서 조립품을 앵커홀 내부에 힘을 가하여 삽입하고 필요시 구조물과 센서 사이에도 접착제를 바른다.
⑥ 접착제가 완전히 경화할 때까지 계측기 주변을 보호덮개로 씌운다.

9 자동화 균열 측정계
SCALE:NONE



노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -
검토 CHECKED BY : -
PM DESIGNED BY : 최중열
PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : NONE A3 : NONE
날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
계측기 상세도 -2

도면번호 SHEET NO.
C - 126

kt 주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주)간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

범 례

TYPE	발파공법	V=0.1	V=0.2	V=0.3	V=0.5	V=1.0	V=5.0
0	브레이커	5M까지	5M까지	5M까지	5M까지	5M까지	5M까지
I	미진동 암파쇄	40M까지	25M까지	20M까지	15M까지	20M까지	3M까지
II	정밀 진동제어발파	40~80M	25~50M	20~40M	15~30M	20~40M	3~7M
III	진동제어발파(소규모)	80~140M	50~90M	40~70M	30~50M	40~70M	7~10M
IV	진동제어발파(중규모)	140~260M	90~170M	70~130M	50~90M	70~130M	10~25M
IV	일반발파	260~450M	170~290M	130~220M	90~160M	70~130M	25~40M
IV	대규모발파	450M 이상	290M 이상	220M 이상	160M 이상	70~130M	40M 이상

※ 국토해양부 암발파 설계 기준 (단위 : cm/s)

서부간선도로

서부간선도로

BH-1
BH-2
BH-3
BH-4
BH-5
NBH-1

I
II
I

20000
20000
20000
20000

SLOPE 1 : 1.0

F
E
D
C
B
A

10.18 9.81 9.72 9.78 10.32 10.26 10.37 10.42 10.32 10.30

9.69 9.75

9.96 9.90 9.89 9.88 9.88 9.84 9.89 9.81 9.84 9.84 9.86 10.43 10.36 9.86 9.81 9.72 9.76 9.65 9.61 9.97 9.78 9.77 9.74 9.74 9.77 9.78 9.74 9.56 9.51 9.72 9.67 9.62 9.60 9.61 9.65

공영주차장 공영주차장

P P

A.S.P A.S.P

가산디지털2로

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

N

노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -

검토 CHECKED BY : -

PM DESIGNED BY : 최종열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : 1 / 150 A3 : 1 / 300

날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
암굴착 계획 평면도

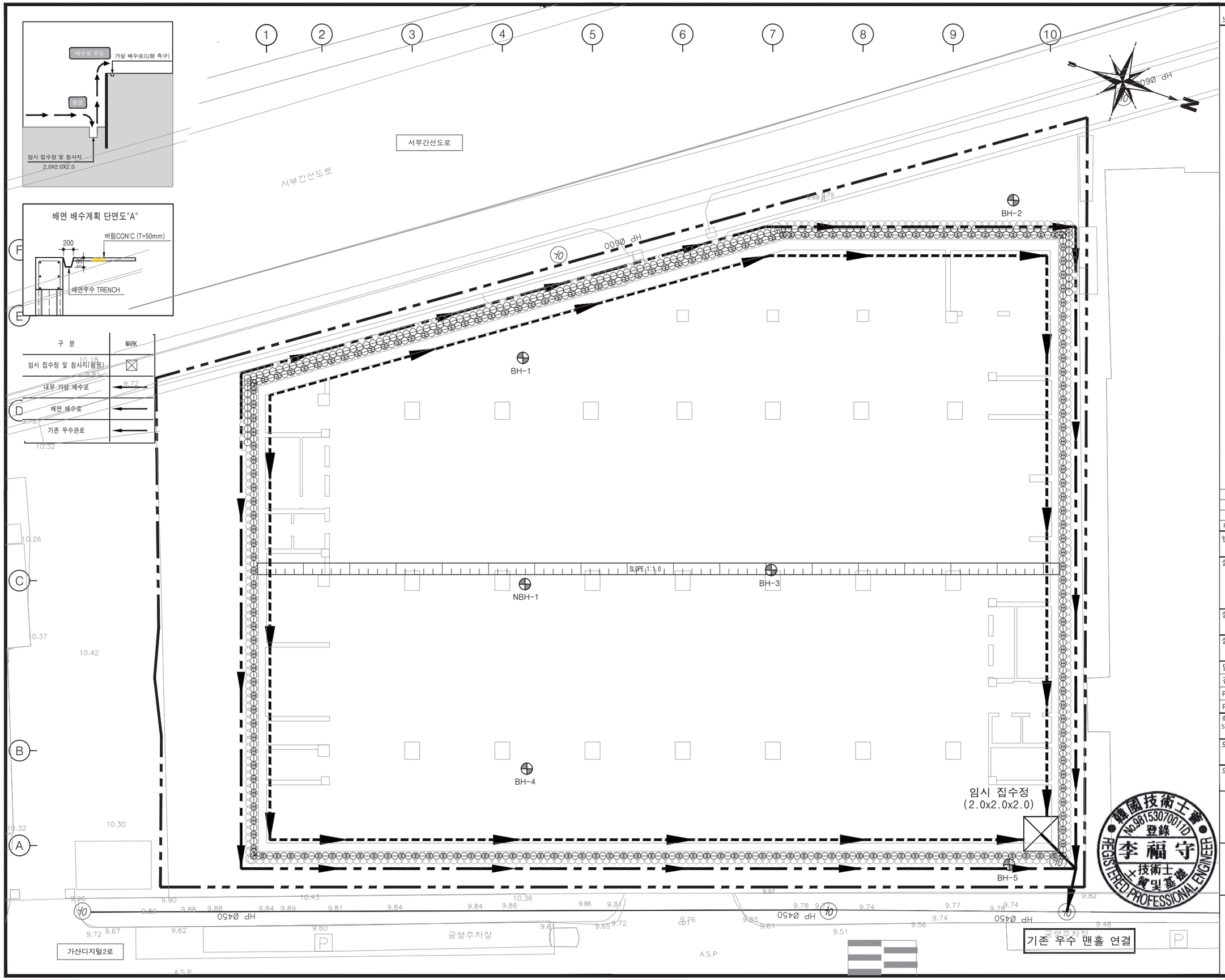
도면번호 SHEET NO.
C - 127

kt 주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주)간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

韓國技術士會 登錄 No.98153070011D 李福守 技術士 REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER



노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -
검토 CHECKED BY : -
PM DESIGNED BY : 최종열
PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : 1 / 150 A3 : 1 / 300
날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
암굴착 계획 평면도

도면번호 SHEET NO.
C - 128

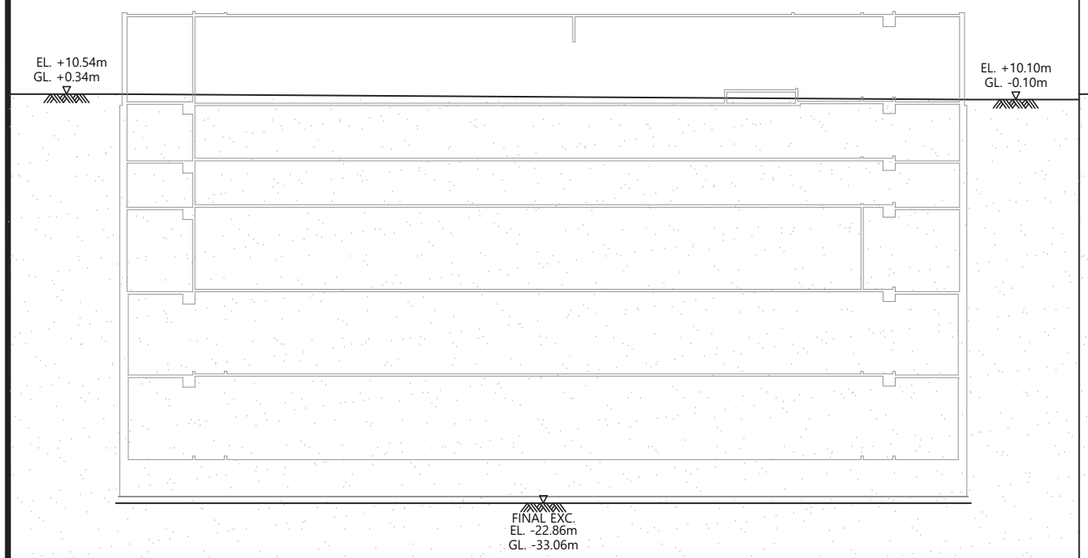
kt 주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주) 간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

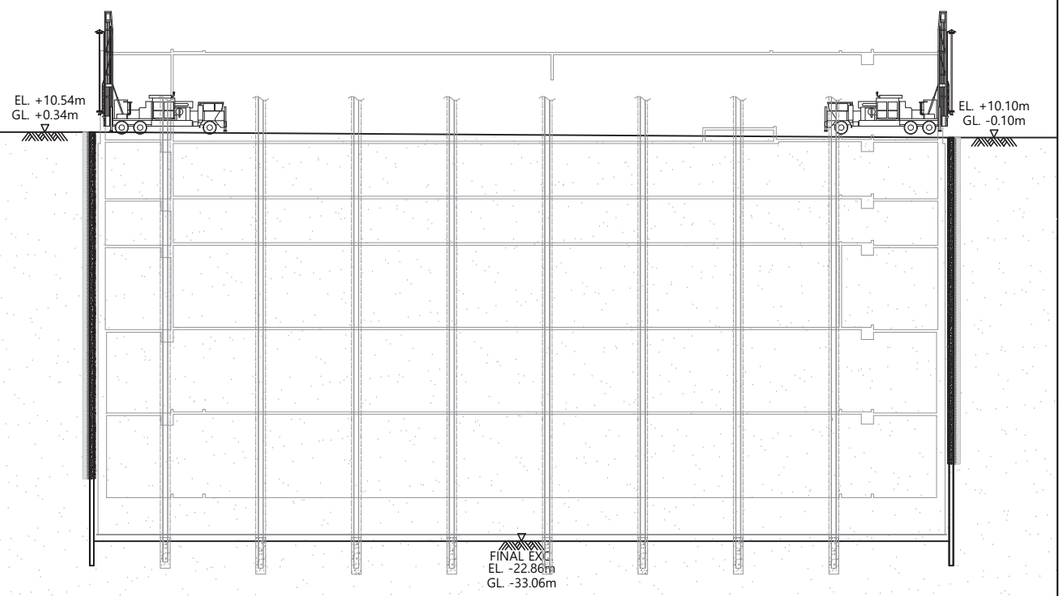
◈ STEP-0 ◈

1. 원지반



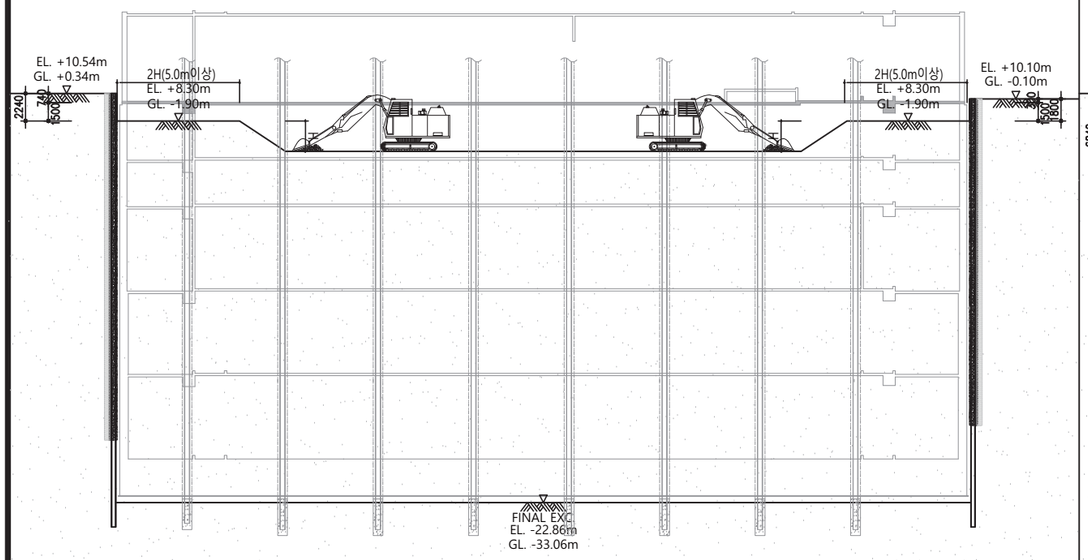
◈ STEP-1 ◈

2. 천공 및 흙막이 벽체, PRD PILE 설치



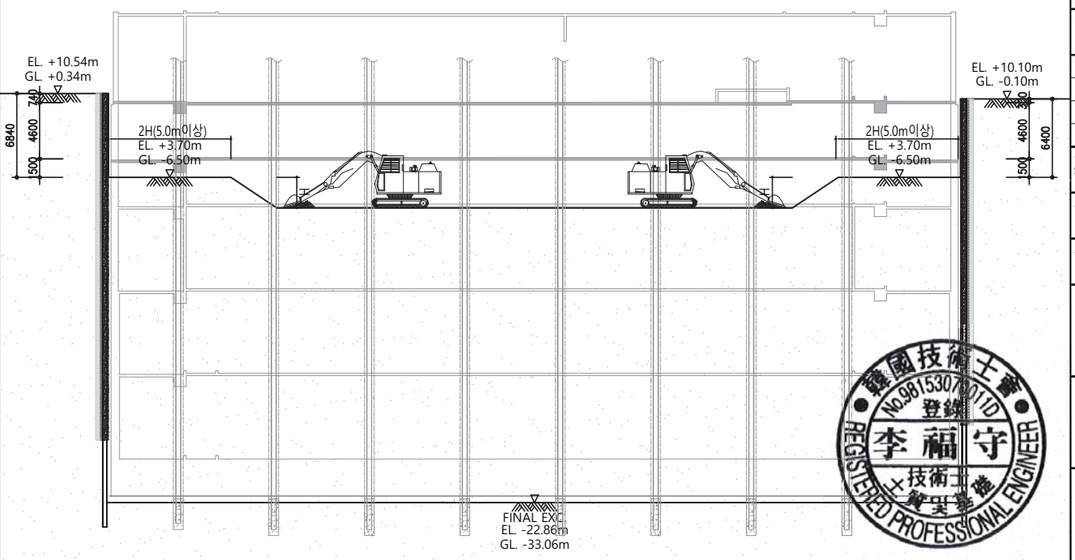
◈ STEP-2 ◈

1. 1단계 굴착
2. 1F SLAB 시공



◈ STEP-3 ◈

1. 2단계 굴착
2. B1 SLAB 시공



노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE

가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -

검토 CHECKED BY : -

PM DESIGNED BY : 최종열

PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : NONE A3 : NONE

날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
시공순서도 - 1

도면번호 SHEET NO.
C - 129

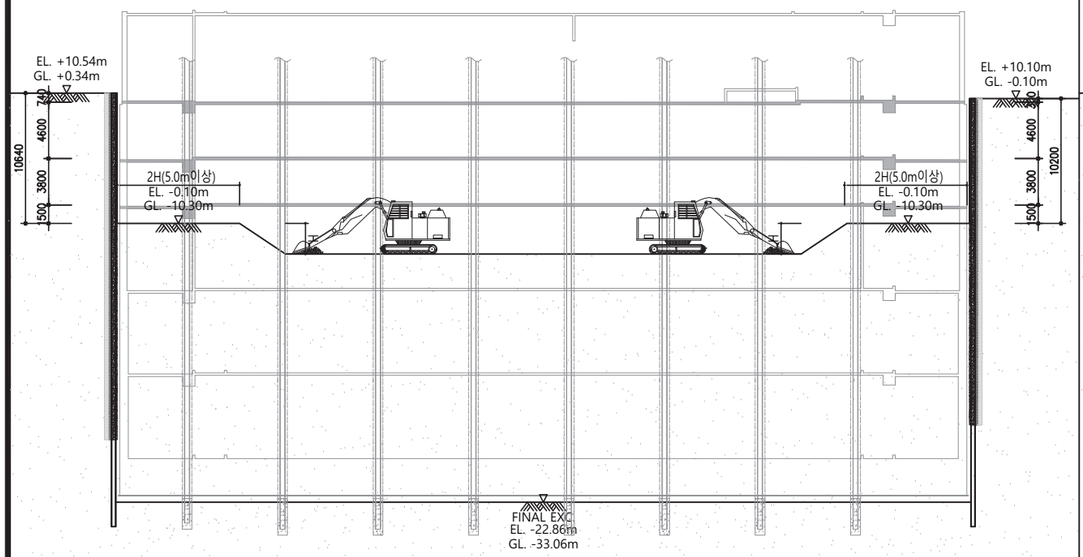
주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주)간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

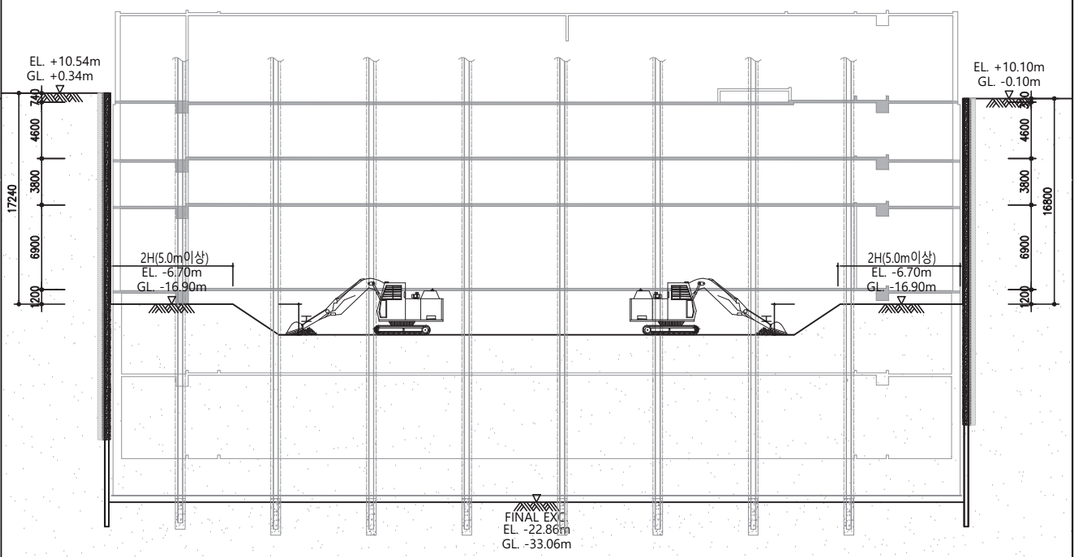
◈ STEP－4 ◈

1. 3단계 굴착
2. B2 SLAB 시공



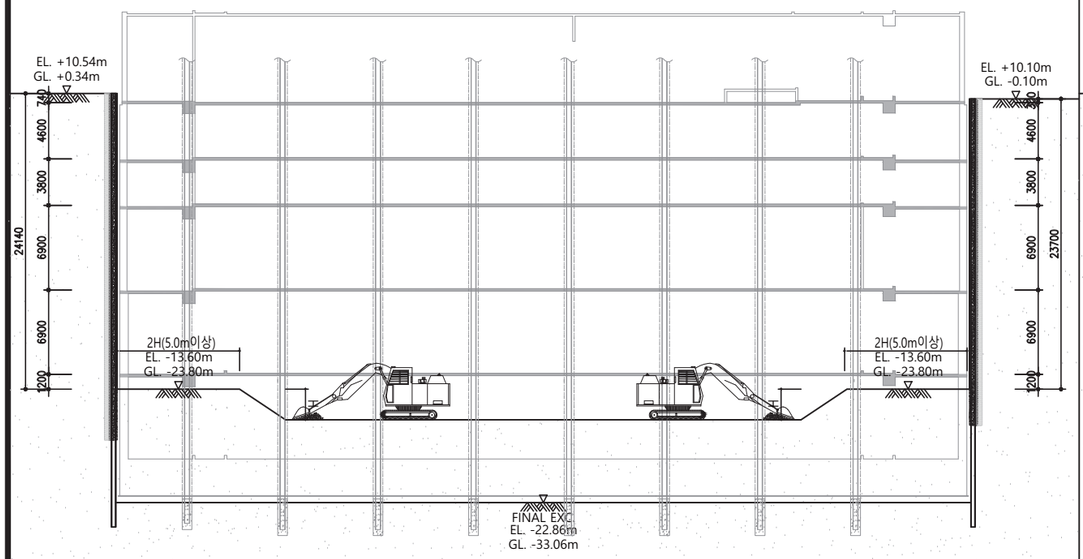
◈ STEP－5 ◈

1. 4단계 굴착
2. B3 SLAB 시공



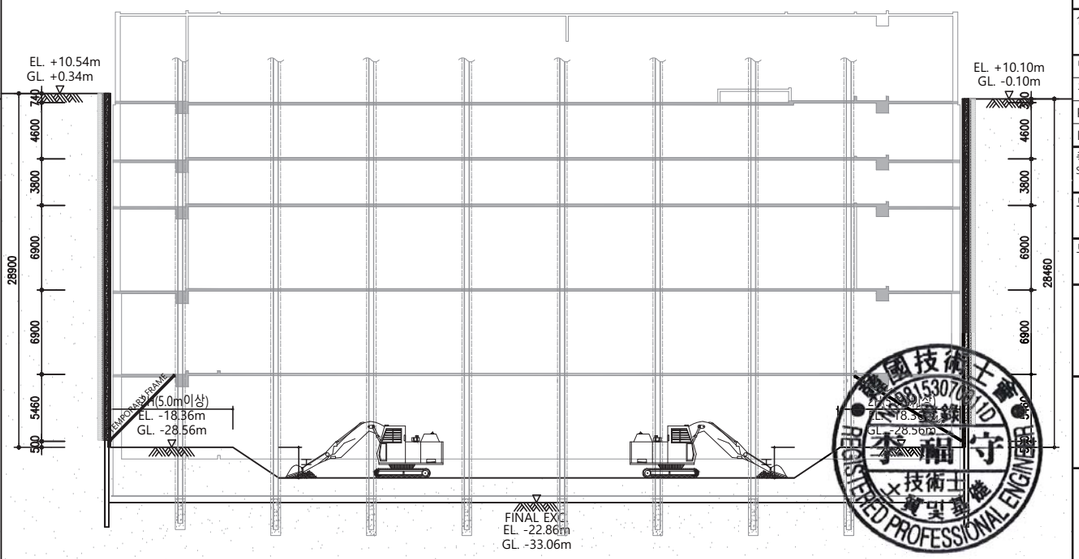
◈ STEP－6 ◈

1. 5단계 굴착
2. B4 SLAB 시공



◈ STEP－7 ◈

1. 6단계 굴착
2. 역RAKER 설치



노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : －
검토 CHECKED BY : －
PM DESIGNED BY : 최종열
PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : NONE A3 : NONE
날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
시공순서도 - 2

도면번호 SHEET NO.
C - 130

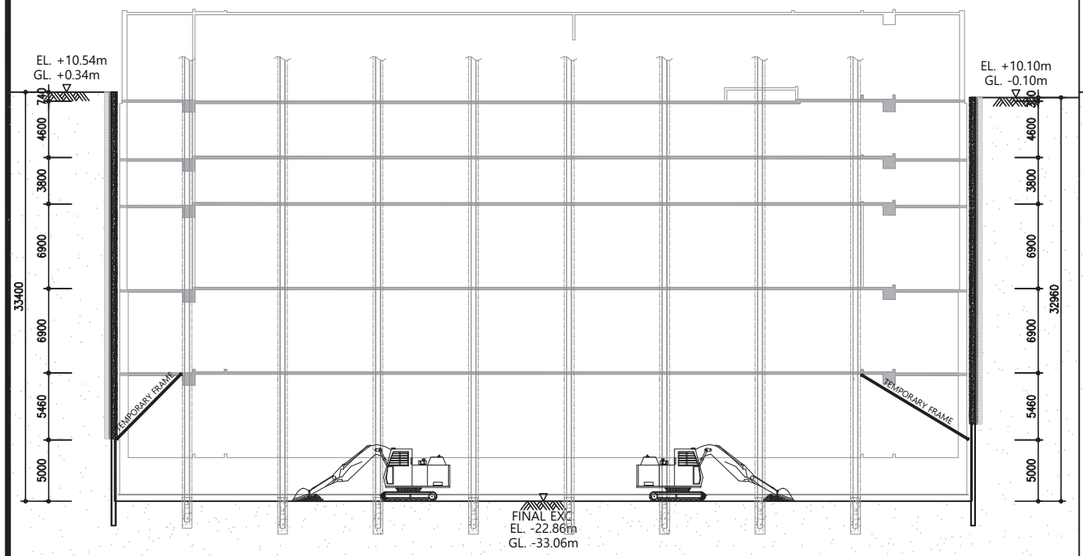
kt 주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주)간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

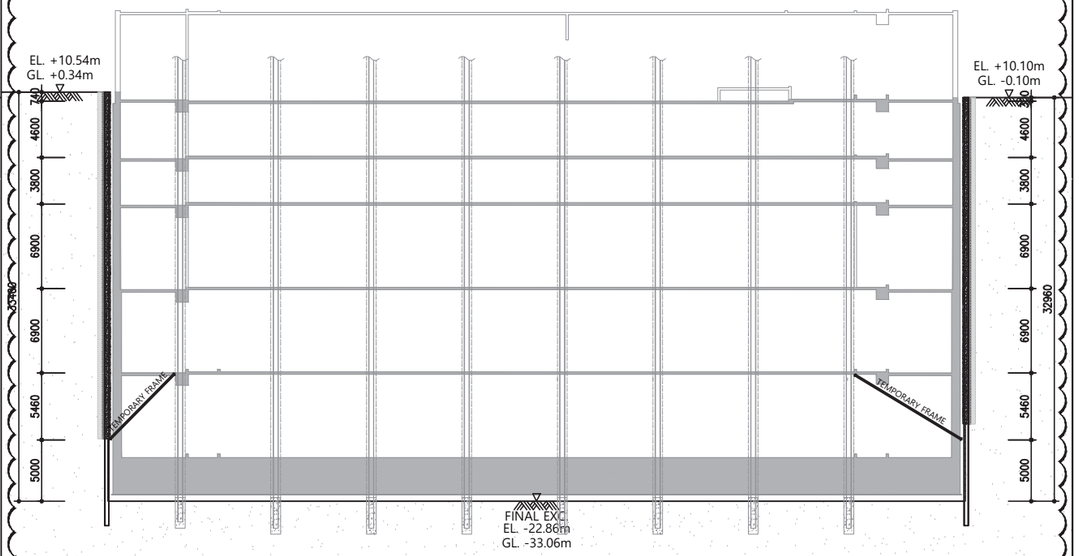
◈ STEP－8 ◈

1. 지하층 굴착 완료



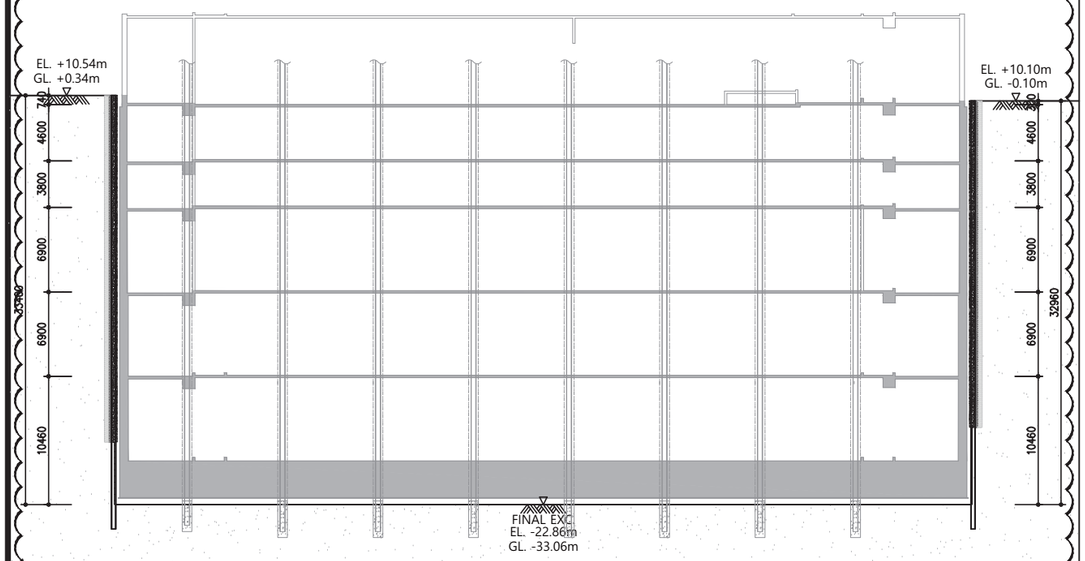
◈ STEP－9 ◈

1. 신축구조물 기초 SLAB 및 WALL 시공



◈ STEP－10 ◈

1. 역RAKER 해체



노트 NOTE

REV.	DESCRIPTION	DATE
1	지하안전영향평가 보완	2021.09.

변경/협의사항 REVISION

설계명 PROJECT TITLE
가산동 345-48
데이터센터 신축공사

설계구분 PROJECT PHASE
기본설계(건축허가)

설계번호 PROJECT NO.
20210289

담당 DRAWN BY : -
검토 CHECKED BY : -
PM DESIGNED BY : 최종열
PIC APPROVED BY : 김태집

축척 SCALE A1 : NONE A3 : NONE
날짜 DATE 2021. 11.

도면명칭 DRAWING TITLE
시공순서도 - 3

도면번호 SHEET NO.
C - 131

kt 주식회사 케이티

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION

Gansam
(주) 간삼건축종합건축사사무소
서울특별시 중구 동호로20다길 16 T02 2250 6000

韓國技術士會 No.98153070011D 登錄 李福守 技術士 土質및基礎 REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER

10.8 보완의견 조치계획서

지하안전영향평가서 보완요구내용 조치결과

〔 가산동 345-48 데이터센터 신축공사 〕

1. 사업개요

가. 사 업 명 : 가산동 345-48 데이터센터 신축공사

나. 사업위치 : 서울특별시 금천구 가산동 345-48

다. 사업내용 : 지하5층, 지상10층 건축물 (최대굴착심도 : 34.23m)

공사개요	지하5층/지상10층, 최대굴착심도 H=34.23m,(굴착면적 3,479.83㎡)		
승인기관	서울특별시 금천구청	**지하사업개발자**	아시아신탁(주)
사업기간	2022.02.~2024.04.	**사업비**	3,145억원/85억원
토질현황	매립층 0.8~5.7m / 퇴적층(점토) 0.0~3.6m / 퇴적층(모래) 0.0~3.4m / 퇴적층(자갈) 2.8~5.9m / 풍화토 9.6~15.4m / 풍화암 1.4~4.7m / 연암 1.0~13.0m		
지하수위	측정 GL(-) 15.90~17.90m / 설계 GL(-) 11.91~12.91m		
흙막이공법	벽체공법 : CIP(ϕ600) 공법 지지공법 : 슬래브지지 공법 차수공법 : S.G.R ϕ800		

2. 보완요구내용 조치결과

가. 총괄의견 : 보완요구내용은 지하굴착으로 인하여 발생 가능한 인접 지반의 침하변형으로 인한 사고 발생 가능성에 관점을 두고 검토하여야함.

나. 조치결과 : 총 6건 조치 완료

구분	유 형	보완요청	사업자 의견	비 고
지하안전 영향평가 (가산동 345-48 데이터센터 신축공사)	1. 일반사항	2건	반영	붙임 참고
	2. 대상지역 설정	3건	반영	붙임 참고
	3. 지반 및 지질현황	1건	반영	붙임 참고
	4. 지하수 변화에 의한 영향	3건	반영	붙임 참고
	5. 지반안전성	6건	반영	붙임 참고
	6. 지하안전 확보 방안	5건	반영	붙임 참고
	7. 사후지하안전영향 조사 시기	의견없음		

10.8 보완의견 조치계획서

[1. 일반사항]

구분	보 완 내 용	조 치 결 과	비고
1-1	1) 첨부된 흙막이 도면에 대해 관계전문가(기술사)의 서명 또는 기명날인하고, 시험성적서는 해당 기관의 직인 혹은 기술자의 서명을 날인하여 첨부하기 바람.	첨부된 흙막이 도면에 대해 관계전문가(기술사)의 날인을 하였으며, 추가 지반조사의 시험성적서는 해당 기관의 직인을 날인하여 첨부하였음.	평가서 부록 p2-144~150 부록 p7-255 설계도면
1-2	2) 지하안전영향평가 책임기술자의 자격요건을 확인할 수 있는 건설기술인 경력증명서를 제출하기 바람. (부록 9.1. 참여인원 인적사항) - 참고 : 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 제15조	지하안전영향평가 책임기술자의 자격요건을 확인할 수 있는 건설기술인 경력증명서를 첨부하였음.	평가서 부록 p1-3

[2. 대상지역 설정]

구분	보 완 의 견	조 치 계 획	비고
2-1	1) 당해 사업은 지하공간통합지도가 구축된 지역임에 따라, 지하매설물 현황조사시 지하공간통합지도를 활용하여야 하며, 건설기술연구원의 자료제공 문서를 부록에 첨부하기 바람. - 관련근거 : 지하안전관리에 관한 특별법 제44조 3항	지하공간통합지도를 활용하여 지하매설물을 확인하였으며, 건설기술연구원의 자료제공 문서를 부록에 첨부하였음.	평가서 부록 p5-66~72
2-2	2) (P.3-16) 굴착영향범위 내 안양천로 및 옹벽에 대한 균열, 침하 여부 등을 조사하여 수록하기 바람.	굴착영향범위 내 안양천로 및 옹벽에 대한 균열, 침하 여부 등을 조사하여 수록하였음.	평가서 p3-17,20,21
2-3	3) (P.3-27)지하개발사업자가 지하층 공사 완료후 굴착영향범위내 지하매설물 CCTV 조사를 수행하여 착공 전후에 대한 차이를 분석하고, CCTV 조사결과 발견된 이상징후(공동발생, 지반침하가 우려될 경우)에 대해서는 지하매설물 관리자와 조치방안 등을 협의할 수 있도록 본 평가서에 기재하기 바람.	지하개발사업자가 지하층 공사 완료후 굴착영향범위내 지하매설물 CCTV 조사를 수행하여 착공 전후에 대한 차이를 분석하고, CCTV 조사결과 발견된 이상징후(공동발생, 지반침하가 우려될 경우)에 대해서는 지하매설물 관리자와 조치방안 등을 협의할 수 있도록 본 평가서에 기재하였음.	평가서 p3-27

[3. 지반 및 지질현황]

구분	보 완 의 견	조 치 계 획	비고
3-1	1) (P.4-87) 풍화암의 투수계수가 앞에서 산정한 투수계수값과 상이하니, 해당 오류를 수정하기 바람.	해석시 사용된 풍화암의 투수계수는 현장 시험값임을 확인하였으며, 설계지반정수 산정 결과요약에 기입된 오기를 수정하여 보완함.	평가서 p4-87

[4. 지하수 변화에 의한 영향]

구분	보 완 의 견	조 치 계 획	비고
4-1	1) 안양천이 과업부지와 가깝게 위치하고, 홍수위가 대상부지의 지표고 상부에 위치하는바, 안양천 홍수위 발생시 과업부지의 지하수위 영향(지하수위 변동폭)을 검토하여 설계지하수위 검토시 반영하고, 설계 지하수위 변동시 지하수 영향해석 및 지반안정해석을 재수행하기 바람.	상승수위 검토시에 인접하천인 안양천의 홍수위인 EL+14.61m를 반영하여 해석하였으며, 그 결과를 평가서에 수록하여 보완함.	평가서 p5-28~30
4-2	2) 광역지하수해석시 차수공법 적용유무에 따른 지하수위 강하량 및 영향거리, 기존 지하수시설 수위저하를 비교 제시하기 바람.	광역지하수해석시 차수공법 적용유무에 따른 지하수위 강하량 및 영향거리, 기존 지하수시설 수위저하를 비교 하여 보완함.	평가서 p5-54~60
4-3	3) (P.5-85) 굴착단계별 유출량(벽면 및 바닥면 합산)을 산정하기 바람.	굴착단계별 지하수 유입량을 확인하고, 단면별 벽체 및 굴착면의 합산을 정리하여 보완함.	평가서 p5-85~86

10.8 보완의견 조치계획서

[5. 지반안정성]

구분	보 완 의 견	조 치 계 획	비고
5-1	1) 지반안정해석시 아래사항을 검토하여 재해석하기 바람. - 시공순서도에 반영된 소단을 해석모델링(유한요소)에 반영하기 바람. - 굴착깊이, 지보재 위치는 시공순서도와 해석모델링(유한요소, 탄소성)이 동일하게 구성하여 해석	- 시공순서도에 반영된 소단을 유한요소해석시 반영함. - 굴착깊이, 지보재 위치는 시공순서도와 해석 모델링이 동일하게 구성하여 해석에 반영함.	평가서 p6-14~18 p6-24~28 p6-37~45 p6-63~67
5-2	2) 유한요소 해석시(2,3차원), 스트럿(역레이커 포함)에 대한 부재력 안정성 검토자료를 수록하기 바람.	2차원 및 3차원 해석시 역레이커에 대한 발생력을 확인하고 부재에 대한 안정성 검토 수행하여 평가서에 수록하여 보완함.	평가서 p6-20, 30, 45
5-3	3) 유한요소 해석시(2,3차원), 기초 시공후 시공단계를 시공순서도에 반영하고, 역레이커 구간 벽체 시공 전 역레이커 해체시에는 해당 단계를 모델링하여 해석하기 바람.	시공순서도와 동일하게 2차원 및 3차원 해석시 해체 단계를 모델링하여 해석에 반영하였으며, 해체 단계를 추가하여 보완함.	평가서 p6-14~18 p6-24~28 p6-37~45 p6-63~67
5-4	4) (p.6-42) 흙막이벽체(H-pile) 축력에 대한 부재력 안정성 검토를 수록	흙막이 가설벽체 축방향 응력에 대한 부재의 3차원 안정성 검토를 추가하여 보완함.	평가서 p6-44
5-5	5) 옹벽 침하량에 대한 안정성 검토 자료를 수록하기 바람.	서부간선도로 옹벽의 침하에 대한 안정성 검토를 수행하여 보완함.	평가서 p6-30
5-6	6) 굴착영향범위 내 인접현장(BD9 아르센타원공사현장)의 지하층 공사완료 후 동 사업을 굴착하는 것으로 검토하였으나, 현지여건이 변경될 경우 인접현장 공정에 맞춰 3차원 해석 포함한 지반안전성을 재검토하여 승인기관장의 승인 후 굴착 공사를 시행하기 바람	굴착영향범위 내 인접현장(BD9 아르센타원공사현장)의 지하층 공사완료 후 동 사업을 굴착하는 것으로 검토하였으나, 현지여건이 변경될 경우 인접현장 공정에 맞춰 3차원해석 포함한 지반안전성을 재검토하여 승인기관장의 승인 후 굴착 공사를 시행할수 있도록 명기하여 보완함.	평가서 p8-9 가시설 흙막이 도면 C-101

10.8 보완의견 조치계획서

[6. 지하안전 확보 방안]

구분	보 완 의 견	조 치 계 획	비고
6-1	1) (p.7-14) 변형률계의 계측관리기준은 응력단위로 기재하기 바람.	변형률계의 계측관리기준을 응력단위로 변변하여 보완함.	평가서 p7-14
6-2	2) (p.7-33) 차수공법의 투수계수가 수치해석 적용 값 이상을 확보하지 못할 경우 승인기관의 장과 협의하여 공법을 재검토하여야 함을 평가서 및 도면 등에 명기하기 바람.	차수공법의 투수계수가 수치해석 적용 값 이상을 확보하지 못할 경우 승인기관의 장과 협의하여 공법을 재검토하여야 함을 평가서 및 도면 등에 명기하여 보완함.	평가서 p7-33 가시설 흙막이 도면 C-101
6-3	3) 서부간선도로의 안전성 확보여부 및 계측에 대한 세부계획에 대하여 시설물 관리기관(부서)와 사전협의하고 결과를 반영하기 바람	서부간선도로의 안전성 확보여부 및 계측에 대한 세부계획에 대하여 시설물 관리기관(부서)와 사전협의하고 결과를 반영 할수 있도록 설계도서에 명기하여 보완함.	평가서 p8-9 가시설 흙막이 도면 C-101
6-4	4) 발파공법 적용에 따른 소음 · 진동 계측계획 수립하여 수록.	발파공법 적용에 따른 소음 · 진동 계측계획을 수립하고 관련 기준치를 작성하여 보완함.	가시설 흙막이 도면 C-120
6-5	5) 지하수 유출량에 대한 계측계획 수립.	해석결과에 따른 지하수 유입량을 선정하여 지하수 유출량의 계측관리 기준을 작성하여 보완함. 또한, 배수처리에 따른 펌프 용량 검토를 수행하여 보완함.	가시설 흙막이 도면 C-120 평가서 p7-42~44

PART
11

참고자료

11.1 요약표

11.2 지하안전영향평가 체크리스트

지하안전영향평가 요약표

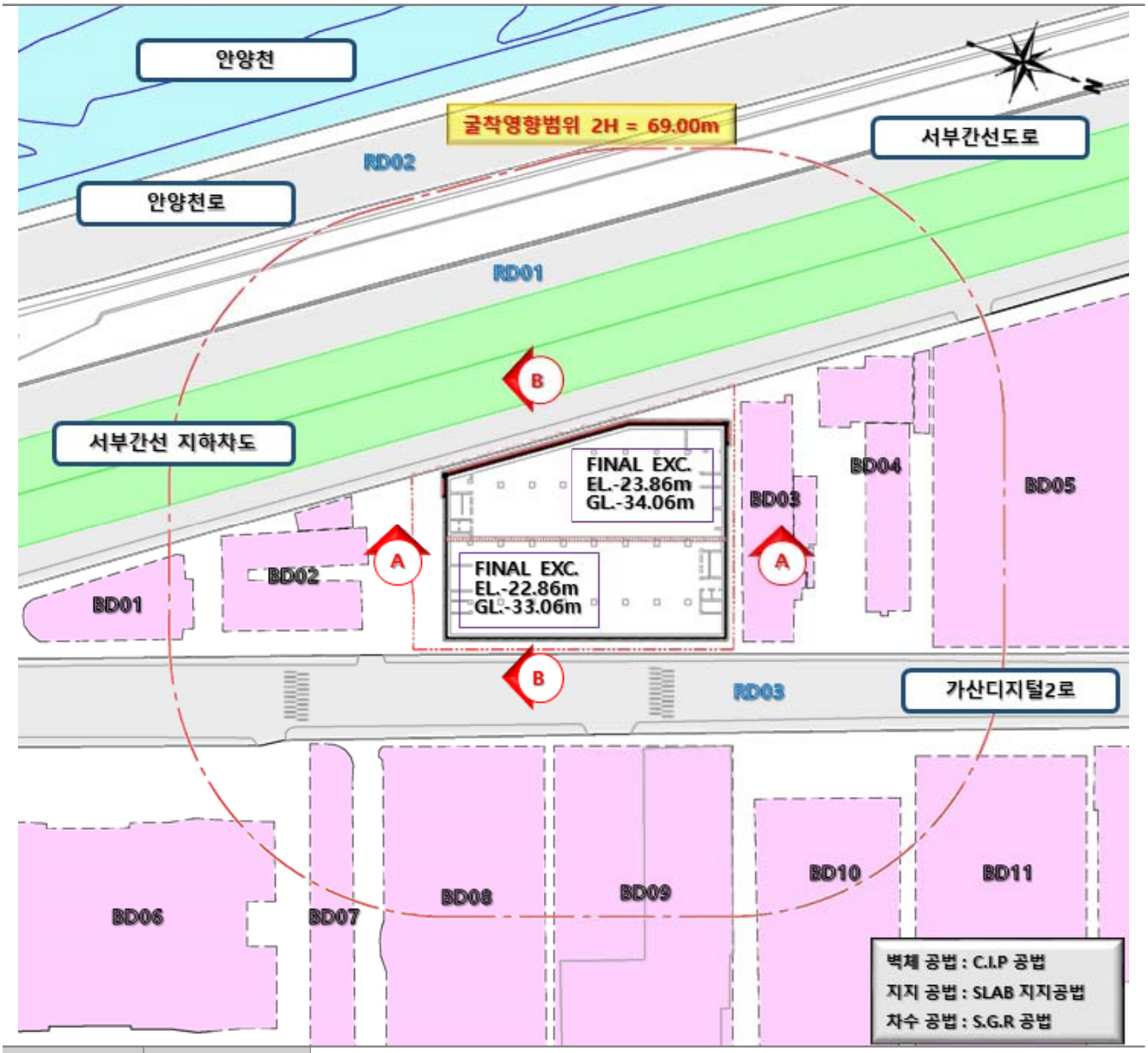
□총 괄

사업개요	사업명	가산동 345-48 데이터센터 신축공사			
	위 치	서울특별시 금천구 가산동 345-48번지			
	지하개발사업자	아시아신탁(주)	평가대행기관	시지이엔씨㈜	
	승인기관	금천구청	공사개요	지하5층 / 지상10층	
	굴착깊이	32.96m~34.23m	굴착면적	3,466.18 ㎡	
	사업기간 (전체/지하)	2022.02~2024.04(26개월) / 2022.02~2023.09(20개월)	사업비 (전체/굴착공사)	3,145억원 / 85억원	

평가대행기관	• 평가대행기관 전문기관 등록증		O
	• 지하안전영향평가 전문교육 수료증 책임/참여기술자 전원		O
(소규모) 지하안전 영향평가계약	• 지하안전영향평가 계약서		O
	• 하도급 진행시 지하개발사업자의 동의여부 등 관련자료		O
	• 분리계약 이행여부		O
지반조사	• 현장 및 실내시험 결과 성적성에 책임 기관의 직인 날인		O
흙막이 설계 도서	설계도면	• 평면도(현황측량자료 포함)	O
		• 단면도	O
		• 전개도	O
		• 상세도	O
		• 지하매설물도	O
		• 시공순서도	O
		• 굴착계획 평면도(암반)	O
		• 계측계획 평면도(수량, 빈도, 관리기준 포함)	O
		• 계측계획 단면도	O
		• 배수계획도	O
	구조계산서	• A-A(좌)	O
		• A-A(우)	O
		• B-B(좌)	O
		• B-B(우)	O
	• 도면 및 구조계산서에 책임기술자 날인		O
	• 지반조사 및 시험성적서 책임기술자 날인		O
기타	• 하수관로 CCTV조사 계획 수립		O
	• E.L, G.L 병기여부		O

11.1 요약표

□ 대상사업 및 대상지역



흙막이 계획	벽 체	- C.I.P공법(ϕ600 C.T.C 600)		
	지지공법	- 슬라브지지 공법		
	차수그라우팅	- S.G.R ϕ800, C.T.C 600mm	시험시공	4공
	암반굴착공법	- 브레이커, 미진동 암파쇄	시험발파	-

검토범위 산정	이론식 및 경험식		수치해석		적 용
	Peck	Clough	산정기준	영향범위	
	68.46m	68.46m	굴착경계부의 10%	66.30m	69.00m

도로 현황	• 동측 : - / 서측 : - / 남측 : 가산디지털2로 / 북측 : 서부간선도로
지하철 현황	-

11.1 요약표

인접구조물 현황	건축물	• 공장 및 업무시설 11개동
	지하구조물	• 서부간선 지하차도(2021년 09월 개통)
	1, 2종 시설물	• 1종시설물 5개소(7호선 가산디지털단지역~철산역간터널 외 4개소) • 2종시설물 5개소(7호선 가산디지털단지 역사 외 4개소)
	기타구조물	• -

	구 분	규격	설치심도(m)	최소이격거리(m)	관련기관
지하매설물 현황	상수관로	D50~D500	1.0~1.5	1.0	서울시 남부수도사업소 급수운영과 (02-3146-4574)
	우수관로	D450~D600	1.0~1.8	1.0	금천구청 치수과 하수팀 (02-2627-1845)
	가스관로	D80	1.2	0.6	한국전력 구로금천지사 (02-2680-4811)
	전기선로	D325	0.6~1.3	0.5	귀뚜라미에너지 (02-6440-0377)
	통신선로	D50~100	1.0~1.5	0.8	구로지사 CM팀 (010-2737-2578)

11.1 요약표

□ 지반 및 지질현황

	지층현황		BH-1	BH-2	BH-3	BH-4	BH-5	NBH-1
시추조사	매립토		1.8	2.0	5.7	2.4	1.9	0.8
	퇴적토	점토	3.6	3.5	-	3.6	3.6	2.5
		모래	1.3	-	-	-	3.1	3.4
		자갈	4.7	5.9	5.9	5.6	2.8	4.0
	풍화토		9.6	9.6	13.9	15.4	9.6	13.3
	풍화암		4.6	1.4	1.7	2.0	4.7	3.0
	연암		1.4	1.1	2.8	1.0	1.3	13.0
	• 매립층 0.8~5.7m / 퇴적층(점토) 0.0~3.6m / 퇴적층(모래) 0.0~3.4m / 퇴적층(자갈) 2.8~5.9m / 풍화토 9.6~15.4m / 풍화암 1.4~4.7m / 연암 1.0~13.0m							

공내 지하수위	구 분	24시간		48시간		72시간	
		G.L(-)m	E.L(-)m	G.L(-)m	E.L(-)m	G.L(-)m	E.L(-)m
	BH-1	17.00 (17.15)	6.95	17.50 (17.65)	7.45	17.90 (18.05)	7.85
	BH-2	16.80 (16.65)	6.43	17.40 (17.25)	7.03	17.70 (17.55)	7.35
	BH-3	16.60 (16.70)	6.50	17.00 (17.10)	6.90	17.30 (17.40)	7.20
	BH-4	16.00 (16.13)	5.93	16.40 (16.53)	6.33	16.60 (16.73)	6.53
	BH-5	15.50 (15.20)	5.00	15.80 (15.50)	5.30	15.90 (15.60)	5.40
	NBH-1	16.80 (16.75)	6.55	17.00 (16.95)	6.75	17.10 (17.05)	6.85

현장시험	현장투수/수압시험	공내전단시험	공내재하시험
	7회 / 2회	4회	4회
	양수시험	지하수 유향·유속시험	순간충격시험
	1회	1회	1회
	GPR	전기비저항탐사	탄성파탐사
	1회	-	1회

지하 공동탐사			
	탐사장비	2D	• -
		3D	• 차량형 3D GPR(NM GPR), 핸드형 3D GPR(Latro GPR)
	탐사결과	2D	• -
		3D	• 의심공동 없음
	조사계획	2D	•
		3D	• 사후지하안전영향조사시 추적관찰

설계 지반정수	구분		단위중량 (KN/㎥)	점착력 c (kPa)	내부마찰각 ø	변형계수 (MPa)	지반 반력계수 (KN/㎥)	포아송비 ν	투수계수 (cm/s)
	매립토층		18.0	18.0	27.0	5.0	18,000	0.38	1.8×10^{-3}
	퇴적층	점토	17.0	24.0	0.0	5.0	11,000	0.39	2.0×10^{-4}
		모래	18.0	22.0	24.0	7.0	25,000	0.35	1.6×10^{-3}
	풍화토	N<30	19.0	16.0	26.0	24.0	23,000	0.34	2.7×10^{-4}
		N≥30	19.0	20.0	28.0	66.0	30,000	0.34	3.1×10^{-4}
	풍화암층		20.0	30.0	31.0	190.0	33,000	0.33	4.2×10^{-5}
	기반암 (연암)		26.0	130.0	33.0	2,030.0	58,000	0.28	5.9×10^{-5}

주1) 기준 Level; EL.(+)10.20m = G.L(±)0.0m

주2) ( )의 GL값은 기준 Level로부터 산정함

11.1 요약표

□ 지하수변화에 의한 영향

	구 분		단면 A-A		단면 B-B	
			좌측	우측	좌측	우측
설계지하수위 산정	지반고(E.L.(+)m)		10.54	10.10	10.45	10.35
	관측 지하수위	E.L(-)m	6.85	7.85	6.53	7.35
		G.L(-)m*	17.05	18.05	16.73	17.55
	침투해석 상승고(m)		0.31	0.27	0.95	4.12
	국가 관측망		0.79			
	보조 관측망		4.19			
	인접하천 홍수위		5.14			
	인접바다 만조위		-			
	적용 상승고(m)		5.14	5.14	5.14	5.14
	설계 지하수위	E.L(-)m	1.71	2.71	1.39	2.21
		G.L(-).m*	11.91	12.91	11.59	12.41
광역지하수 흐름 분석	지하수위 저하량		4.49m			
	유출량		126.80(m^3/day)			

*) 기준 Level; EL.(+)10.20m = G.L(±)0.0m

	굴착 단계	A-A 단면 (기준 LEVEL; EL.+10.20m = G.L±0.0m)									
		좌측단면					우측단면				
		굴착깊이 GL.(-).m	지하수위		지하수위 저하량(m)		굴착깊이 GL.(-).m	지하수위		지하수위 저하량(m)	
			EL(-).m	GL.(-).m	단계별	누적		EL(-).m	GL.(-).m	단계별	누적
침투해석	초기	-	1.71	11.91	-	-	-	2.71	12.91	-	-
	1단계	2.24	1.71	11.91	-	-	1.80	2.71	12.91	-	-
	2단계	6.84	1.71	11.91	-`	-	6.40	2.71	12.91	-	-
	3단계	10.64	1.71	11.91	-	-	10.20	2.71	12.91	-	-
	4단계	17.24	3.74	13.94	2.03	2.03	16.80	4.43	14.63	1.72	1.72
	5단계	24.14	5.14	15.34	1.40	3.43	23.70	5.52	15.72	1.09	2.81
	6단계	28.90	7.01	17.21	1.87	5.30	28.46	7.42	17.62	1.90	4.71
	7단계	33.40	8.58	18.78	1.57	6.87	32.96	8.68	18.88	1.26	5.97

주1) 기준 Level; EL.(+)10.20m = G.L(±)0.0m

주2) 설계지하수위 G.L값은 기준 Level로부터 산정함

11.1 요약표

	굴착 단계	B-B 단면 (기준 LEVEL; EL.+10.20m = G.L±0.0m)									
		좌측단면					우측단면				
		굴착깊이 GL.(-).m	지하수위		지하수위 저하량(m)		굴착깊이 GL.(-).m	지하수위		지하수위 저하량(m)	
			EL(-).m	GL.(-).m	단계별	누적		EL(-).m	GL.(-).m	단계별	누적
침투해석	초기	-	1.39	11.59	-	-	-	2.21	12.41	-	-
	1단계	3.55	1.39	11.59	-	-	3.47	2.21	12.41	-	-
	2단계	6.75	1.39	11.59	-	-	6.67	2.21	12.41	-	-
	3단계	10.55	1.39	11.59	-	-	10.47	2.21	12.41	-	-
	4단계	17.15	3.33	13.53	1.94	1.94	17.17	4.81	15.01	2.60	2.60
	5단계	24.05	4.85	15.05	1.52	3.46	23.97	6.44	16.64	1.63	4.23
	6단계	28.81	5.81	16.01	0.96	4.42	28.73	8.48	18.68	2.04	6.27
	7단계	33.31	7.64	17.84	1.83	6.25	34.23	9.45	19.65	0.97	7.24

주1) 기준 Level; EL.(+)10.20m = G.L(±)0.0m

주2) 설계지하수위 G.L값은 기준 Level로부터 산정함

	굴착 단계	단면 A-A(m^3/day)			단면 B-B(m^3/day)			총유출량 (m^3/day)
		벽체		굴착면	벽체		굴착면	
		좌측	우측		좌측	우측		
총유출량	1단계	-	-	-	-	-	-	159.96
	2단계	-	-	-	-	-	-	
	3단계	-	-	-	-	-	-	
	4단계	0.01	0.03	0.66	0.03	0.01	0.68	
	5단계	0.10	0.07	0.60	0.12	0.07	0.46	
	6단계	0.20	0.18	0.68	0.12	0.23	0.54	
	7단계	0.23	0.21	0.72	0.28	0.24	0.60	
MAX		0.23	0.21	0.72	0.28	0.24	0.68	

11.1 요약표

□ 지반안전성

				굴착깊이 (m)	허용수평변위 (mm)	발생변위 (mm)	안전성
유한요소 해석	흙막이 벽체 안전성	A-A 단면	좌측	33.40	66.80	23.74	35.54 %
			우측	32.96	65.92	31.84	48.30 %
		B-B 단면	좌측	33.31	66.62	34.21	51.35 %
			우측	34.23	68.46	31.74	46.36 %

		구분	허용기준 (목표기준)	발생변위(mm)	안전성
	지하철선로	궤간틀림	-	-	-
		수평틀림	-	-	-
		고저틀림	-	-	-
		방향틀림	-	-	-
		뒤틀림	-	-	-

		구분		허용기준(mm)	발생변위(mm)	안전성
	지하매설물	B-B (좌측)	전기선로-1	25.00	14.66	58.64 %
			가스관로-1	25.00	15.02	60.08 %
			통신선로-1	25.00	15.77	63.08 %
			상수관로-1	25.00	16.93	67.72 %
			상수관로-2	25.00	17.41	69.64 %
			상수관로-3	25.00	14.59	58.36 %
			우수관로-1	25.00	10.49	41.96 %
			가스관로-2	25.00	9.43	37.72 %
			전기선로-2	25.00	7.88	31.52 %
			통신선로-2	25.00	7.32	29.28 %
		B-B (우측)	전기선로-1	25.00	7.51	30.04 %
			우수관로-1	25.00	8.08	32.32 %
			전기선로-2	25.00	8.29	33.16 %
			상수관로-1	25.00	8.55	34.20 %

11.1 요약표

		구분		허용기준(mm)	발생변위(mm)	안전성
유한요소 해석	구조물 (건물)	A-A (좌측)	S BUSINESS CENTER	25.00	2.84	11.36 %
			이수전기(주)	25.00	8.99	35.96 %
		B-B (우측)	㈜아톰 A동	25.00	11.43	45.72 %
			㈜아톰 B동	25.00	4.04	16.16 %
			잔카드드림타워 지식산업센터	25.00	1.61	6.44 %
		B-B (좌측)	대륭테크노타운1차	25.00	8.31	33.24 %
		B-B (우측)	서부간선 지하차도	25.00	3.74	14.96 %
			옹벽	25.00	2.72	10.88 %
		구분		허용기준(mm)	발생변위(mm)	안전성
	도로	B-B (좌측)	가산디지털2로	25.00	17.62	70.48 %
		B-B (우측)	서부간선도로	25.00	9.09	36.36 %

탄소성·보해석	A-A 단면 좌측	흙막이 벽체 변위	굴착깊이 (m)	허용변위(mm) (0.002H)	발생변위 (mm)	검토결과	
			33.40	66.80	41.68	62.40 %	
		부재검토	구 분		허용력	발생력	발생응력 /허용응력비
			C.I.P	휨모멘트(kN.m)	1,331.3	903.3	67.85 %
				전단력(kN)	1,241.3	528.4	42.57 %
				압축력(kN)	1,319.5	357.6	27.10 %
			구 분		허용응력(MPa)	발생응력(MPa)	발생응력 /허용응력비
			H-PILE	휨응력	270.77	220.02	81.26 %
				전단응력	180.00	128.50	71.39 %
				압축응력	225.75	24.68	10.93 %
			역 RAKER	휨응력	262.50	2.60	0.99 %
				전단응력	180.00	1.10	0.61 %
				압축응력	211.40	31.70	15.00 %
		근입깊이		2.00m	주동토압모멘트	수동토압모멘트	안전율
					1,336.8	8,004.5	5.99
		굴착저면 히빙/보일링		-			
	A-A 단면 우측	흙막이 벽체 변위	굴착깊이 (m)	허용변위(mm) (0.002H)	발생변위 (mm)	검토결과	
			32.96	65.92	37.31	56.60 %	
		부재검토	구 분		허용력	발생력	발생응력 /허용응력비
			C.I.P	휨모멘트(kN.m)	1,331.3	843.4	63.35 %
				전단력(kN)	1,241.3	501.7	40.42 %
				압축력(kN)	1,319.5	345.8	26.21 %
			구 분		허용응력(MPa)	발생응력(MPa)	발생응력 /허용응력비
			H-PILE	휨응력	270.77	235.65	87.03 %
				전단응력	180.00	88.19	48.99 %
				압축응력	225.75	23.86	10.57 %
			역 RAKER	휨응력	262.50	2.60	0.99 %
				전단응력	180.00	1.10	0.61 %
				압축응력	211.40	19.40	9.18 %
		근입깊이		2.00m	주동토압모멘트	수동토압모멘트	안전율
					1,154.0	8,004.5	6.94
		굴착저면 히빙/보일링		-			

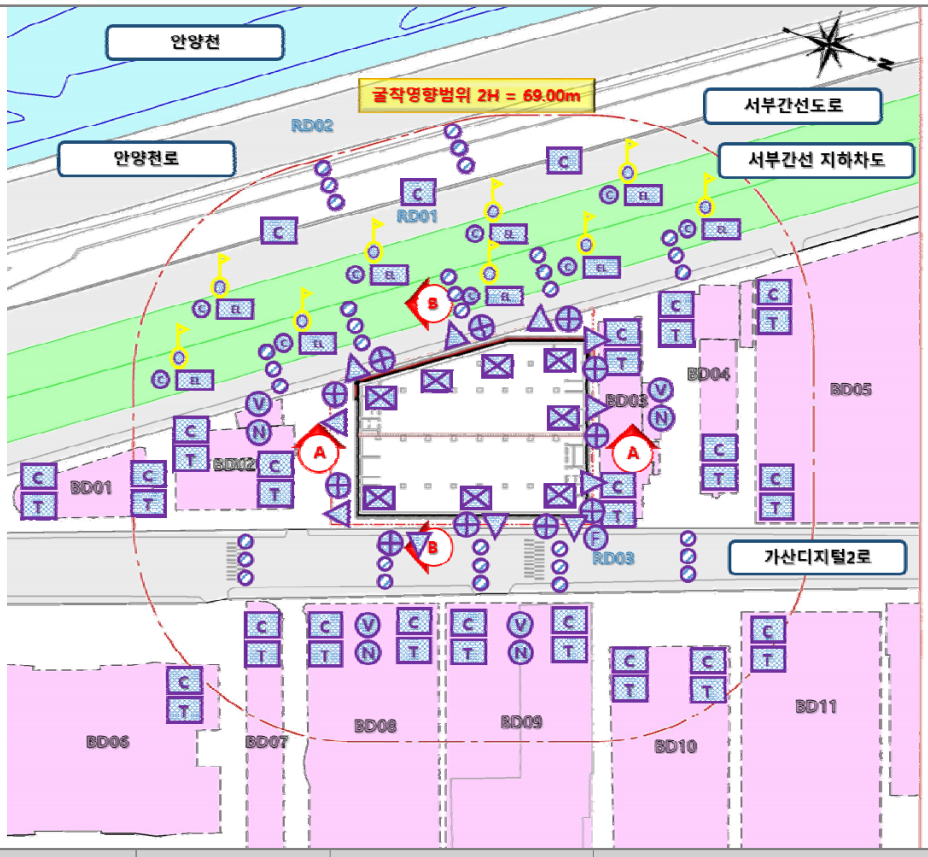
• 대상 사업지의 굴착저면은 기반암(연암) 이상의 단단한 지반으로 보일링 검토는 생략하였다.

<table>
<tr><td rowspan="16">탄소성·보 해석</td><td rowspan="8">B-B 단면 좌측</td><td rowspan="2">흙막이 벽체 변위</td><td colspan="2">굴착깊이 (m)</td><td colspan="2">허용변위(mm) (0.002H)</td><td colspan="2">발생변위 (mm)</td><td colspan="2">검토결과</td></tr>
<tr><td colspan="2">23.35</td><td colspan="2">46.70</td><td colspan="2">55.53</td><td colspan="2">118.91 %</td></tr>
<tr><td rowspan="11">부재검토</td><td colspan="3">구 분</td><td>허용력</td><td>발생력</td><td>발생응력 /허용응력비</td></tr>
<tr><td rowspan="3">C.I.P</td><td colspan="2">휨모멘트(kN.m)</td><td>1,331.3</td><td>1,032.7</td><td>77.57 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">전단력(kN)</td><td>1,241.3</td><td>623.3</td><td>50.21 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">압축력(kN)</td><td>1,319.5</td><td>384.8</td><td>29.16 %</td></tr>
<tr><td colspan="3">구 분</td><td>허용응력(MPa)</td><td>발생응력(MPa)</td><td>발생응력 /허용응력비</td></tr>
<tr><td rowspan="3">H-PILE</td><td colspan="2">휨응력</td><td>295.34</td><td>226.70</td><td>76.76 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">전단응력</td><td>180.00</td><td>61.81</td><td>34.34 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">압축응력</td><td>275.53</td><td>21.51</td><td>7.81 %</td></tr>
<tr><td rowspan="3">역 RAKER</td><td colspan="2">휨응력</td><td>262.50</td><td>2.60</td><td>0.99 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">전단응력</td><td>180.00</td><td>1.10</td><td>0.61 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">압축응력</td><td>211.40</td><td>49.30</td><td>23.32 %</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">근입깊이</td><td rowspan="2">2.00m</td><td>주동토압모멘트</td><td>수동토압모멘트</td><td>안전율</td></tr>
<tr><td>1,843.9</td><td>8,004.5</td><td>4.34</td></tr>
<tr><td colspan="2">굴착저면 히빙/보일링</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td rowspan="8">B-B 단면 우측</td><td rowspan="2">흙막이 벽체 변위</td><td colspan="2">굴착깊이 (m)</td><td colspan="2">허용변위(mm) (0.002H)</td><td colspan="2">발생변위 (mm)</td><td colspan="2">검토결과</td></tr>
<tr><td colspan="2">34.23</td><td colspan="2">68.46</td><td colspan="2">28.48</td><td colspan="2">41.60 %</td></tr>
<tr><td rowspan="11">부재검토</td><td colspan="3">구 분</td><td>허용력</td><td>발생력</td><td>발생응력 /허용응력비</td></tr>
<tr><td rowspan="3">C.I.P</td><td colspan="2">휨모멘트(kN.m)</td><td>1,331.3</td><td>617.2</td><td>46.36 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">전단력(kN)</td><td>1,241.3</td><td>391.9</td><td>31.57 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">압축력(kN)</td><td>1,319.5</td><td>308.5</td><td>23.38 %</td></tr>
<tr><td colspan="3">구 분</td><td>허용응력(MPa)</td><td>발생응력(MPa)</td><td>발생응력 /허용응력비</td></tr>
<tr><td rowspan="3">H-PILE</td><td colspan="2">휨응력</td><td>242.51</td><td>106.55</td><td>43.94 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">전단응력</td><td>180.00</td><td>89.66</td><td>49.81 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">압축응력</td><td>167.90</td><td>21.29</td><td>12.68 %</td></tr>
<tr><td rowspan="3">역 RAKER</td><td colspan="2">휨응력</td><td>262.50</td><td>2.60</td><td>0.99 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">전단응력</td><td>180.00</td><td>1.10</td><td>0.61 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">압축응력</td><td>211.40</td><td>11.60</td><td>5.49 %</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">근입깊이</td><td rowspan="2">2.00m</td><td>주동토압모멘트</td><td>수동토압모멘트</td><td>안전율</td></tr>
<tr><td>740.0</td><td>8,673.0</td><td>11.72</td></tr>
<tr><td colspan="2">굴착저면 히빙/보일링</td><td colspan="4">-</td></tr>
</table>

• 대상 사업지의 굴착저면은 기반암(연암) 이상의 단단한 지반으로 보일링 검토는 생략하였다.

11.1 요약표

□ 지하안전확보방안



계측기 범례표		
구 분	표 기	명 칭
현장 내부 계측	⊕	지중경사계
	△	지하수위계
	⊠	변형률계
현장 외부 계측	C	균열측정계
	T	건물경사계
	◎◎◎	지표침하핀
	F	유량계
	V	진동측정기
	N	소음측정기

계측기 범례표		
구 분	표 기	명 칭
지하 차도 계측	◎	신동측정계 (자동화 계측)
	Ⓒ	균열측정계(전기식) (자동화 계측)
	EL	EL. Beam Sensor (자동화 계측)

	구분	설치수량	설치시기	계측빈도
계측기 설치계획	지중경사계	11	그라우팅 실시 후	2회 / 주
	지하수위계	11	그라우팅 실시 후	1회 / 일
	변형률계	48	슬래브 및 가설부재 설치 후	2회 / 주
	건물경사계	21	천공 전	2회 / 주
	균열측정계	24	천공 전	2회 / 주
	지표침하계	12	천공 전	2회 / 주
	진동측정기	4	공사장 소음 진동관리지침서(환경부)에 따라 최대 발파진동이 예상되는 시각에 1지점 이상 측정.	
	소음측정기	4		
	진동측정계	1	천공 전	자동화 계측
	균열측정계	9	천공 전	자동화 계측
	EL.Beam Sensor	9	천공 전	자동화 계측

	구 분		계측 관리 기준		
			1차 관리기준	2차 관리기준	3차 관리기준
계측 관리기준	지중 경사계	A-A(좌)	26.12 mm	34.83 mm	43.54 mm
		A-A(우)	25.78 mm	34.37 mm	42.96 mm
		B-B(좌)	28.02 mm	37.36 mm	46.70 mm
		B-B(우)	26.78 mm	35.71 mm	44.64 mm
	지하 수위계	일수위 변화량	0.50 m	0.75 m	1.0 m
		누적 수위 변화량	4.00 m	6.00 m	8.00 m
	지표침하계		15.00 mm	20.00 mm	25.00 mm
	건물경사계		1/1,000	1/850	1/500
	균열측정계		0.20 mm	0.38 mm	0.50 mm
	유 량 계		95.98 m³/day	127.97 m³/day	159.96 m³/day

구 분			계측관리기준		
			1차 관리기준	2차 관리기준	3차 관리기준
계측 관리기준	변형률계	지상1층 SLAB	104.62 MPa	139.50 MPa	174.37 MPa
		지하1층 SLAB	104.62 MPa	139.50 MPa	174.37 MPa
		지하2층 SLAB	147.02 MPa	196.03 MPa	245.04 MPa
		지하3층 SLAB	165.04 MPa	220.06 MPa	275.07 MPa
		지하4층 SLAB	160.83 MPa	214.44 MPa	268.05 MPa
		지하4층 하부 역 RAKER	126.84 MPa	169.12 MPa	211.40 MPa

□ 사후지하안전영향조사 시기

전체 공사기간 /굴착 공사기간		• 전체 공사기간 : 2022.02. ~ 2024.04. (약26개월) • 굴착 공사기간 : 2022.02. ~ 2023.09. (약20개월)
사후지하안전영향조사기간		• 2022년 02월 (착공) ~ 2023년 09월 말(지하골조완료) (굴착이 시작되는 시점부터 지하층이 완료되는 기간까지 협의사항 이행 여부 확인, 계측결과와 예측값을 상시 비교·분석하여 지하안전을 확보하기 위함)
조사서 제출 시기	최초조사서	• 굴착공사 착수 다음달 10일까지 제출 (단, 실시기간이 10일 이내인 경우는 그 다음달에 제출)
	월간조사서	• 그 다음 달 10일까지 지난달의 사후지하안전영향조사 내용, 다만, 사후지하안전영향조사의 실시기간이 30일 이내인 경우는 제외한다.
	최종조사서	• 종료일부터 15일 이내 사후지하안전영향조사서와 지하안전을 위하여 조치가 필요한 사실 및 조치내용

작 성 자 : 박상도 이사	회 사 명 : 시지이엔씨(주)

지하안전영향평가 검토 Check list

1. 지하안전영향평가 사업의 개요

협의기관	서울지방국토관리청		검토기관	시설안전관리공단	
	담당자			담당자	
사업명	가산동 345-48 데이터센터 신축공사				
위 치	서울특별시 금천구 가산동 345-48번지				
지하 개발사업자	아시아신탁(주)		평가대행기관	시지이엔씨(주)	
굴착심도	32.96~34.23m		굴착면적	3,466.18 ㎡	
사업기간 (전체/지하)	전체 : 2022.02. ~ 2024.04. (26개월) 지하 : 2022.02. ~ 2023.09. (20개월)		사업비(전체/지하)	3,145억원 / 85억원	

2. 협의요건 충족여부

◎ 지하안전영향평가 전문기관 자격의 적정성

검 토 항 목	검토결과
■ 지하안전영향평가 전문기관 등록	
■ 지하안전영향평가 전문기관 행정처분	
■ 책임기술자 및 참여기술자 지하안전 전문교육 이수	
■ 책임기술자 보수교육(21시간) 이수	

◎ 지하안전영향평가 관련 근거의 적정성

검 토 항 목	검토결과
■ 지하안전영향평가 계약의 적정성(지하개발사업자와 계약 및 분리계약 여부)	
■ 현황측량 및 굴착계획을 통한 최대굴착깊이 산정의 적정성	
■ 지하안전관리에 관한 특별법 및 시행령에 따른 대상사업의 실시 기준에 따른 제출 여부	
■ 사업종류에 따른 협의요청시기의 적정성	

3. 평가항목의 적정성

◎ 지반조사 평가항목의 적정성

검 토 항 목	검토결과
■ 시추조사 수행여부	
■ 투수시험(현장투수시험, 암반수압시험)	
■ 지하물리탐사(지표레이터탐사, 전기비저항탐사, 탄성파 탐사 등) 수행 여부	
■ 지하수 조사시험(양수시험, 순간충격시험 등) 수행 여부	

◎ 안전성 검토 평가 항목의 적정성

검 토 항 목	검토결과
■ 지하정보통합체계를 통한 정보분석	
■ 광역지하수 흐름분석	
■ 굴착공사에 따른 지반안전성 영향분석	
■ 주변 시설물의 안전성 분석	

◎ 현장조사 평가항목의 적정성

검 토 항 목	검토결과
■ 인접구조물에 대한 현장조사(1,2,3 종 시설물 조사 포함)	
■ 대상지역 내 지하매설물 조사	
■ 도로 현황 및 상태조사	
■ 지하철 및 철도 등 시설물 조사	

4. 평가서 작성의 적정성

검 토 항 목	검토결과
■ '지하안전관리에 관한 특별법' 별표2, 3에 따른 작성의 적정성	
■ 부록, 지하안전영향평가서 작성에 참여한 사람 인적사항	
■ 부록, 지반 및 지하수 조사자료	
■ 부록, 용어해석	
■ 부록, 수치해석 검토자료	
■ 부록, 평가서 작성 인용문헌 및 참고자료	

5. 세부 항목별 검토

◎ 대상지역의 개요

구 분	검 토 항 목	검토결과
3–1	■ 이론식 및 경험적 추정방법에 의한 검토범위 산정	
3–2	■ 수치해석 방법, 검토범위 산정의 적정성	
3–3	■ 이론식 및 경험적 추정방법, 수치해석에 의한 검토범위 산정	
3–4	■ 시특법 상 1,2,3 종 시설물 조사 및 점검 등급 조사결과 수록 여부	
3–5	■ 검토범위내 시설물 조사 결과(현장사진, 이격거리, 준공연도 등 수록)	
3–6	■ 검토범위 내 인접도로 현황조사 결과(현장사진, 침하, 균열여부 등 수록)	
3–7	■ 검토범위 내 지하매설물 조사 결과(종류, 위치, 심도 등 수록)	
3–8	■ 검토범위 내 굴착현장 조사 결과(이격거리, 굴착공법, 굴착시기 등)	
검토 의견		

◎ 지반 및 지질현황

구 분	검 토 항 목	검토결과
4–1	■ 시추조사(NX규격) 수량 및 간격의 적정성 – 기존 건물 위치시 조사계획 수립 여부)	
4–2	■ 현장시험의 항목 및 수량(대상사업의 종류, 규모 고려)의 적정성	
4–3	■ 지형도 및 항공사진 등을 이용한 산계 및 수계 분석 결과의 적정성	
4–4	■ 시추조사 결과를 바탕으로 지층별 특성 분석 및 기반암 출현심도 분석	
4–5	■ 공내 지하수위 조사(24, 48, 72시간)의 적정성	
4–6	■ 대상지역 인근 지반조사 자료 분석을 통하여 대상지역 지반조사 결과와 비교분석 수행	
4–7	■ 과거 지형이력을 확인을 통하여 대상지역의 하천 또는 수로 등 지형학적 특성을 분석 여부	
4–8	■ 설계지반 정수 산정을 위해 대표 N치를 선정 여부	
4–9	■ 지층별 문헌조사 결과의 수록 여부	
4–10	■ 경험식을 이용한 지반정수 산정 여부	
4–11	■ 대상지역 인근 지반정수 사례를 분석 여부	
4–12	■ 문헌조사, 경험식, 현장시험값 및 설계사례를 비교 분석하여 종합적이며, 합리적으로 지반물성을 산정 여부	
검토 의견		

11.2 지하안전영향평가 체크리스트

◎ 지하수변화에 의한 영향 검토

구 분	검 토 항 목	검토결과
5-1	■ 기존 관측망 자료, 인접하천 홍수위, 인접 바다의 만조위 등를 활용하여 지하수 특성 및 연간변동량 산정여부	
5-2	■ 연간변동량은 인접한 국가관측망 1개소 및 보조관측망 3개소를 활용하며, 이때, 보조관측망의 적용 여부에 대한 판단근거의 수록 여부	
5-3	■ 기존자료를 활용한 하천 수위변동량과 강수량 정보 등의 수록 여부	
5-4	■ 현장시험 결과를 바탕으로 대상지역의 지하수 분포, 유동 등의 특성 분석 결과 수록 여부	
5-5	■ 대상지역 최근 50년간 최대강우량이 발생한 시점을 중심으로 30일 이상의 실측 강우량을 강우강도로 적용하여 지하수위 상승고의 확인 여부	
5-6	■ 지하수위 상승고 해석시 적용된 입력변수의 수록 및 30일 이상의 지하수위 상승경향 분석 결과 수록 여부	
5-7	■ 관측공에 따른 연간 변동량과 침투해석에 의한 상승고의 비교 검토를 통한 설계지하수위 산정의 적정성	
5-8	■ 침투해석 평가 위치, 입력물성치 및 단계별 공사기간 산정 근거 수록 여부	
5-9	■ 단계별 해석을 통해 지하수위 저하량, 누적수위 변화량 및 유출량 결과 수록 및 분석	
5-10	■ 지하수위 변화에 의한 영향 분석 결과 수록 여부	
검토 의견		

◎ 지반안전성 검토

구 분	검 토 항 목	검토결과
6-1	■ 수치해석 평가위치, 입력물성치 및 인접구조물 하중 적용 근거 수록 여부	
6-2	■ 해석영역의 적정성(좌우 3H, 하부 2H 이상)	
6-3	■ 인접구조물 및 지하매설물의 모델링 포함 여부	
6-4	■ 평가기준 설정의 적정성	
6-5	■ 굴착공사에 따른 흙막이 안전성 검토 결과 수록 여부	
6-6	■ 인접구조물 및 지하매설물 등 안전성 확인 결과 수록 여부	
6-7	■ 해석결과를 바탕으로 대상사업의 지반안전성 검토결과 수록 여부	

6–8	■ 경험식에 의한 인접구조물 안전성 검토 결과 수록 여부	
6–9	■ 탄소성보해석에 의한 부재력 검토결과, 굴착저면의 안정성 검토 결과 수록 여부	
6–10	■ 해석결과 요약 결과 수록 여부	
6–11	■ 굴착저면 안정 확인 결과 수록 여부(풍화암 이상 근입시 생략)	
6–12	■ 3차원 해석 조건에 부합시 3차원 해석 수행 여부	
검토 의견		

◎ 지하안전확보방안 수립

구 분	검 토 항 목	검토결과
7–1	■ 계측기의 설치항목 및 평면 위치의 적정성(설치간격 및 대표단면 설치여부)	
7–2	■ 평면 및 단면 위치 수록 여부	
7–3	■ 계측기의 계측 빈도 및 설치시기의 적정성	
7–4	■ 계측기별 관리기준 3단계 구분 설정 여부	
7–5	■ 관리기준 초과시 단계별, 주체별(계측업체, 시공업체, 감리업체, 지하개발사업자 등) 대응방안(조치요령)을 수립	
7–6	■ 지반조건, 지하수변화에 의한 영향 및 지반안전성 검토 결과를 바탕으로 지반침하 취약구간 선정 여부	
7–7	■ 지반 침하취약구간의 보강 및 차수방안, 시공시 주의사항의 수록 여부	
7–8	■ 착공전 지하매설물 CCTV 조사 계획 수립 여부	
7–9	■ 암반층이 분포할 경우, 암반굴착에 따른 진동기준 및 시험시공 계획 수립 여부	
7–10	■ 위험공종 및 시공시 현장 안전관리 방안의 수록 여부	
검토 의견		

11.2 지하안전영향평가 체크리스트

◎ 종합평가 및 결론

구 분	검 토 항 목	검토결과
8-1	■ 계측기의 설치항목 및 평면 위치의 적정성(설치간격 및 대표단면 설치여부)	
8-2	■ 평면 및 단면 위치 수록 여부	
검토 의견		

◎ 사후지하안전영향조사 시기

구 분	검 토 항 목	검토결과
9-1	■ 굴착예정공정을 바탕으로 사후지하안전영향조사 시기 선정의 적정성	
9-2	■ 사후지하안전영향조사 항목의 적정성	
검토 의견		

◎ 부록

구 분	검 토 항 목	검토결과
10-1	■ 지반, 지하수 조사 성과물	
10-2	■ 용어해설	
10-3	■ 가시설 설계도면	
10-4	■ 수치해석 원본파일	
10-5	■ 참고문헌	
검토 의견		



시지이엔씨(주)
C.G. Engineering & Consulting Co., Ltd.

지하안전영향평가 전문기관

www.cgenc.com

T:02-2107-8400 F:02-2107-8011