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.

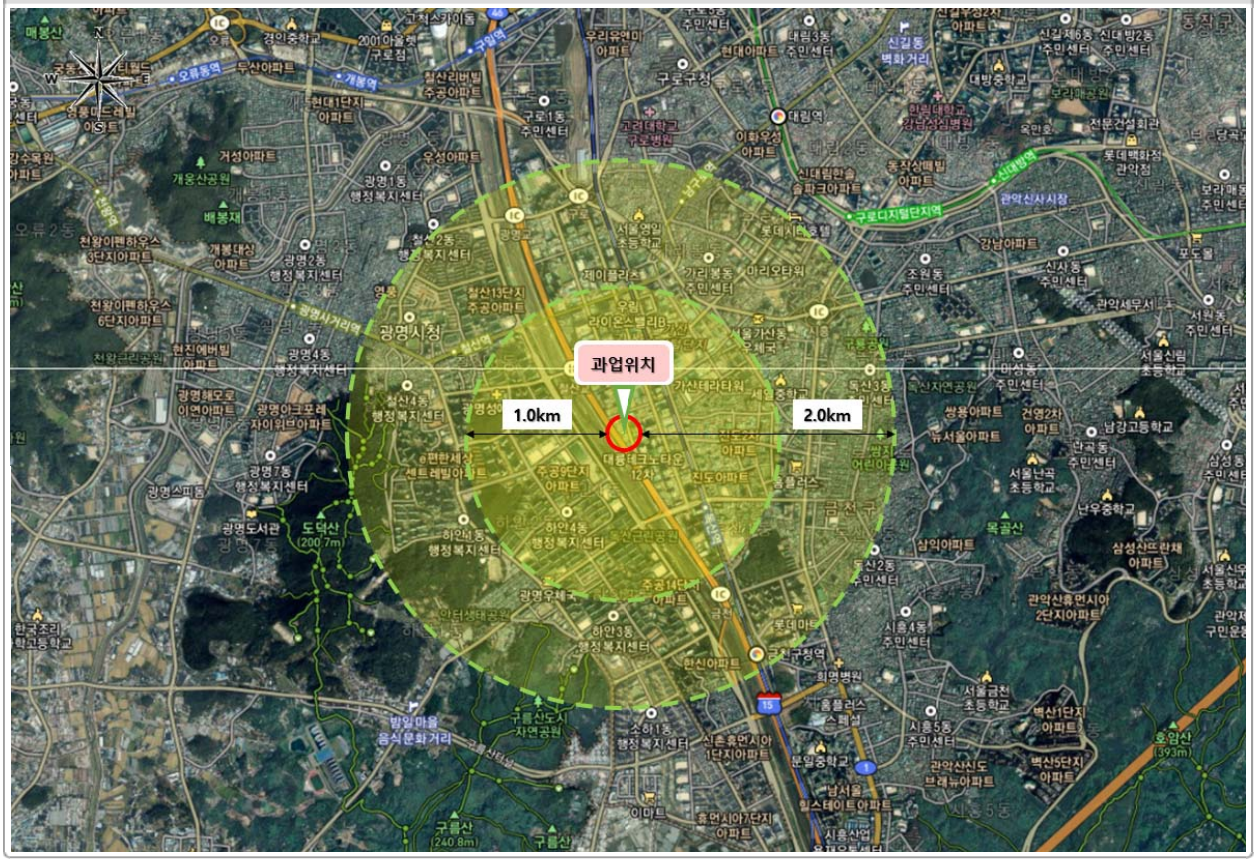
- 본 사업을 수행하기 위한 최대굴착심도가 34.23m(EL.-23.86m~EL.+10.37m)로 20m 이상 계획되어 지하안전영향평가 실시의 근거가 되었다.

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

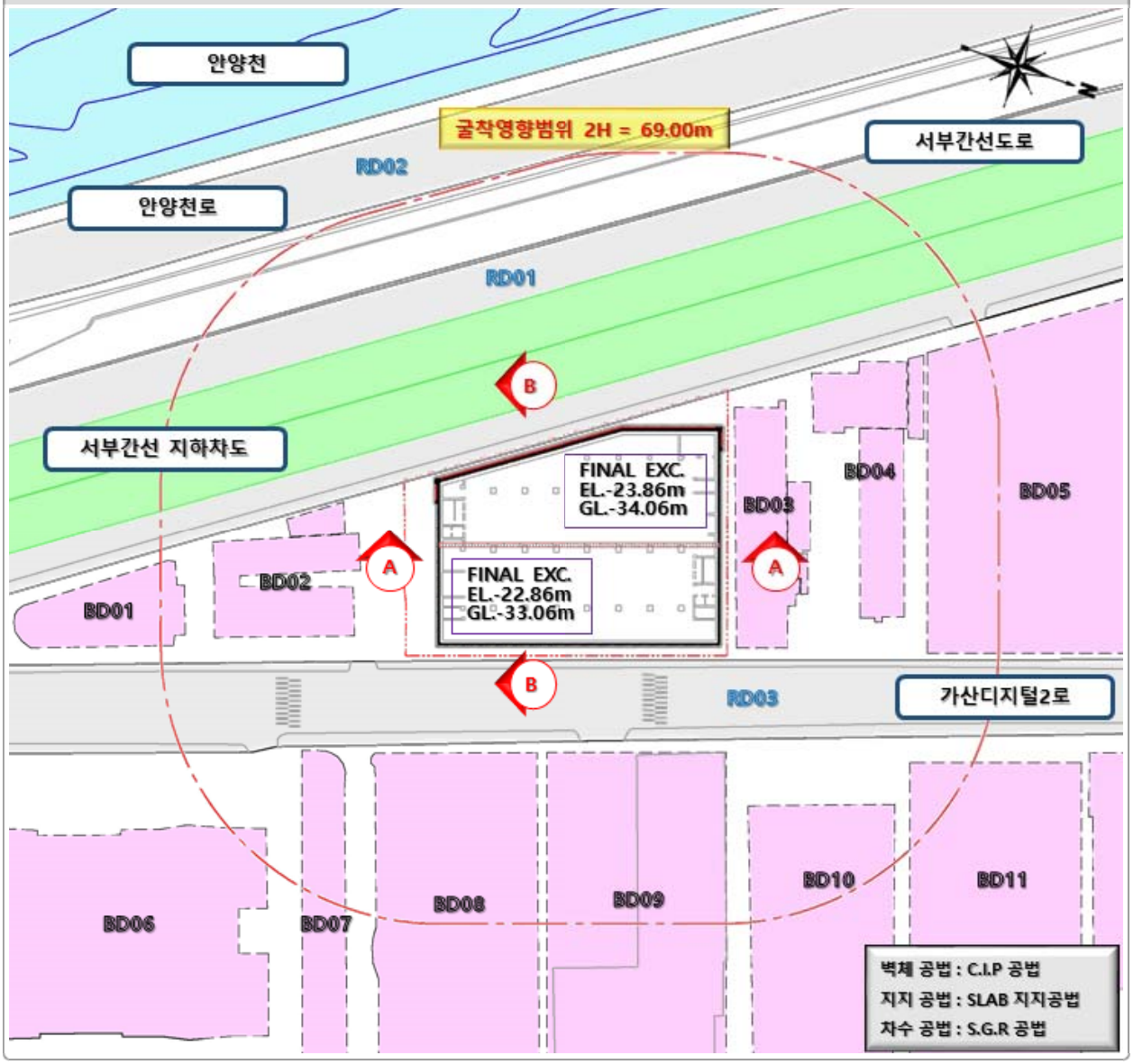
구 분	내 용
사업명	가산동 345-48 데이터센터 신축공사
대지위치	서울특별시 금천구 가산동 345-48
지역지구	도시지역, 준공업지역 일단의 공업용지 조성사업지역, 가로구역별 최고높이 제한지역, 대공방어협조구역 해발 194M, 과밀억제권역
주요용도	방송통신시설(데이터센터)
대지면적	4,442.00㎡
건축면적	2,487.25㎡
연면적	36,566.761㎡
건폐율	55.99%
용적률	450.68%
규 모	지하5층, 지상10층
최고높이	80.0m
구 조	지상 : 철근콘크리트 / 지하 : SRC 구조

조 감 도



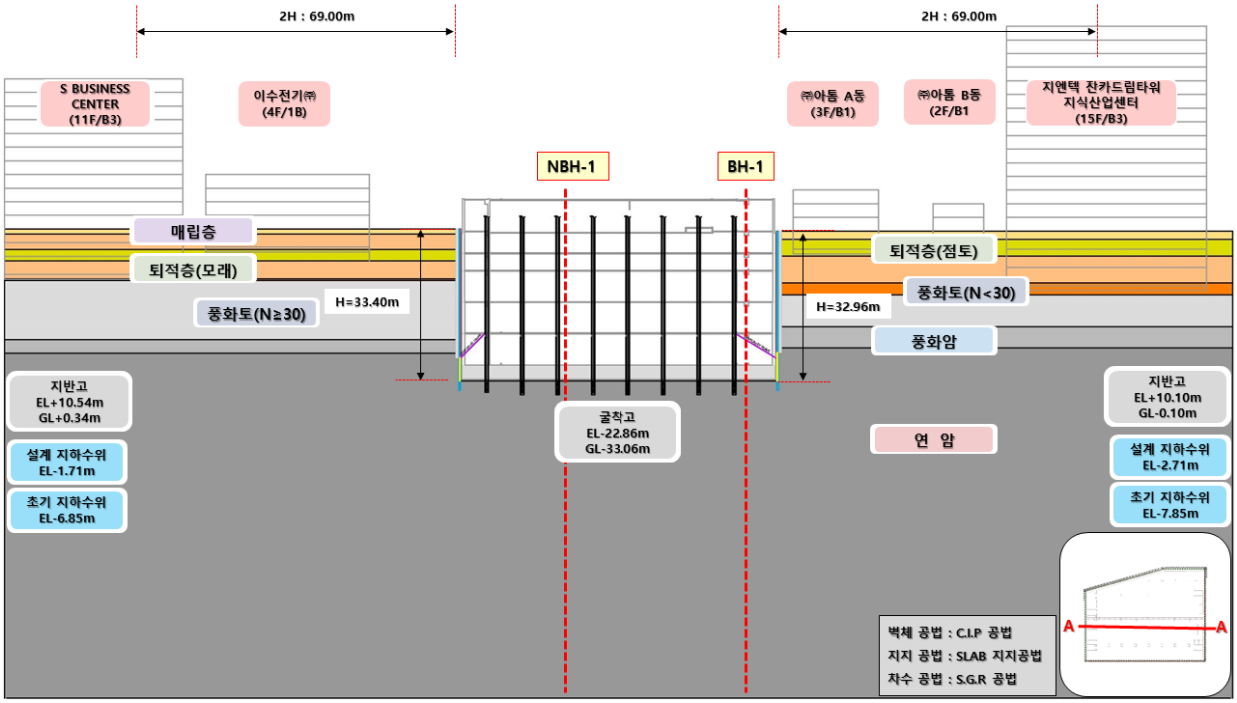
1.1.4 가시설 설계현황

흙막이 공법 평면도



1.1 사업의 내용

흙막이 공법 단면도 A–A

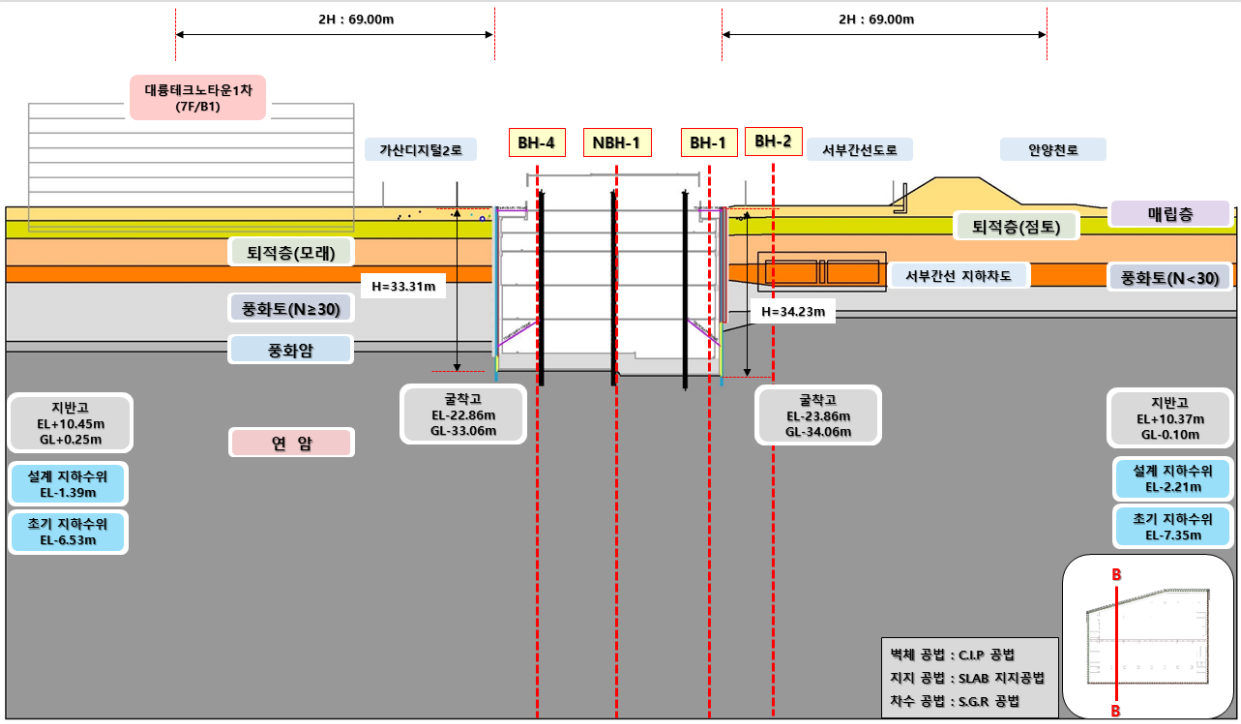


검토결과

- 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

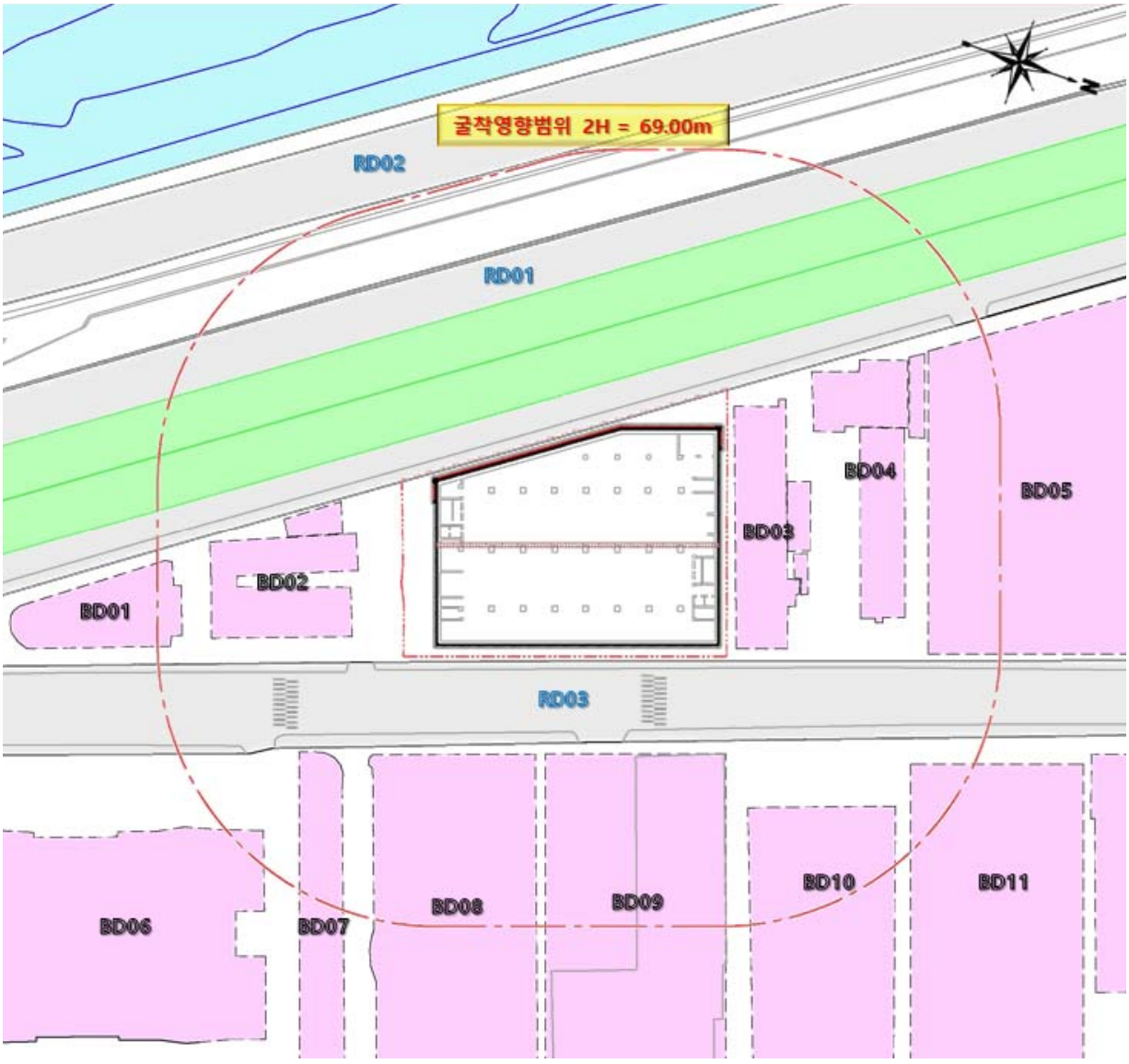
검토결과

· 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



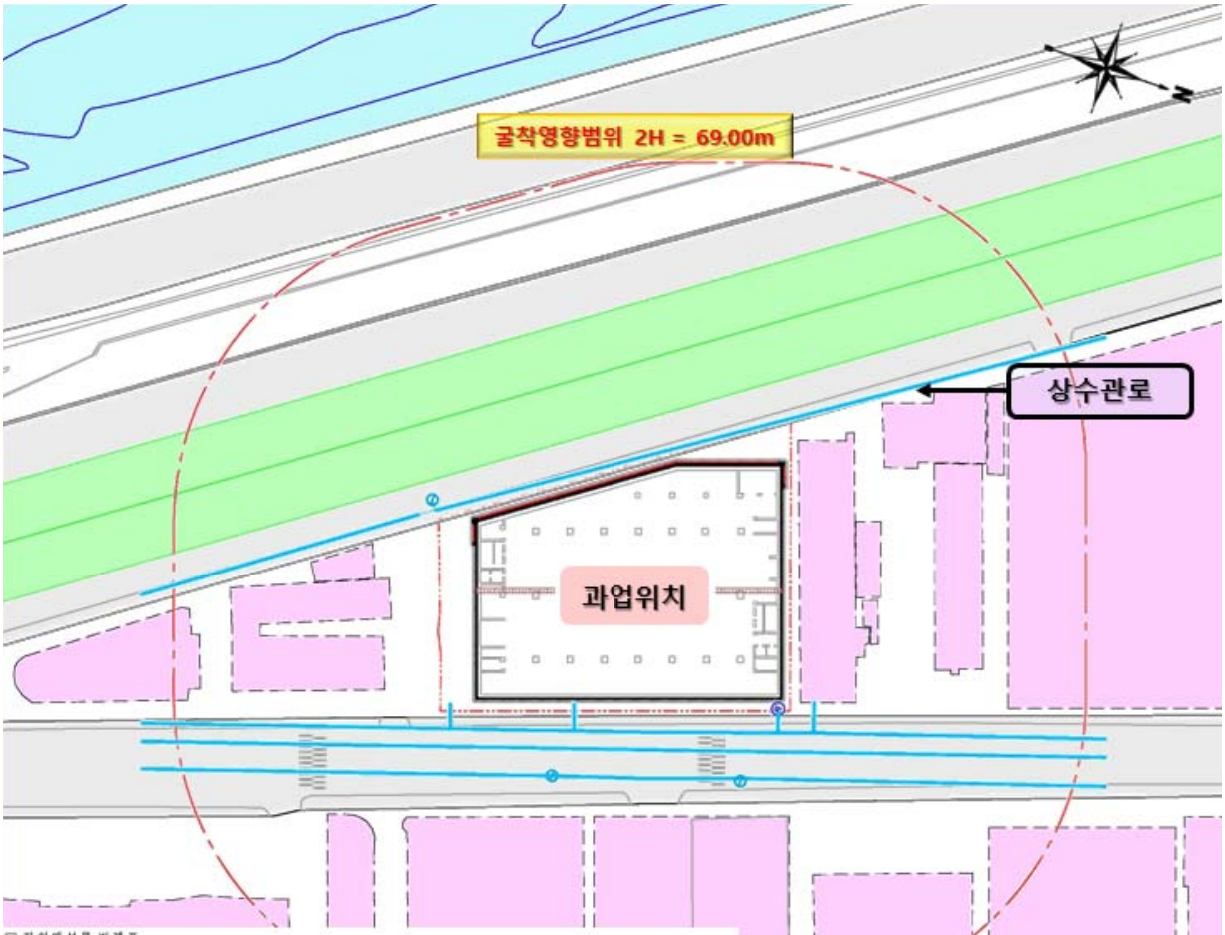
1.1 사업의 내용

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	

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)

1.3 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

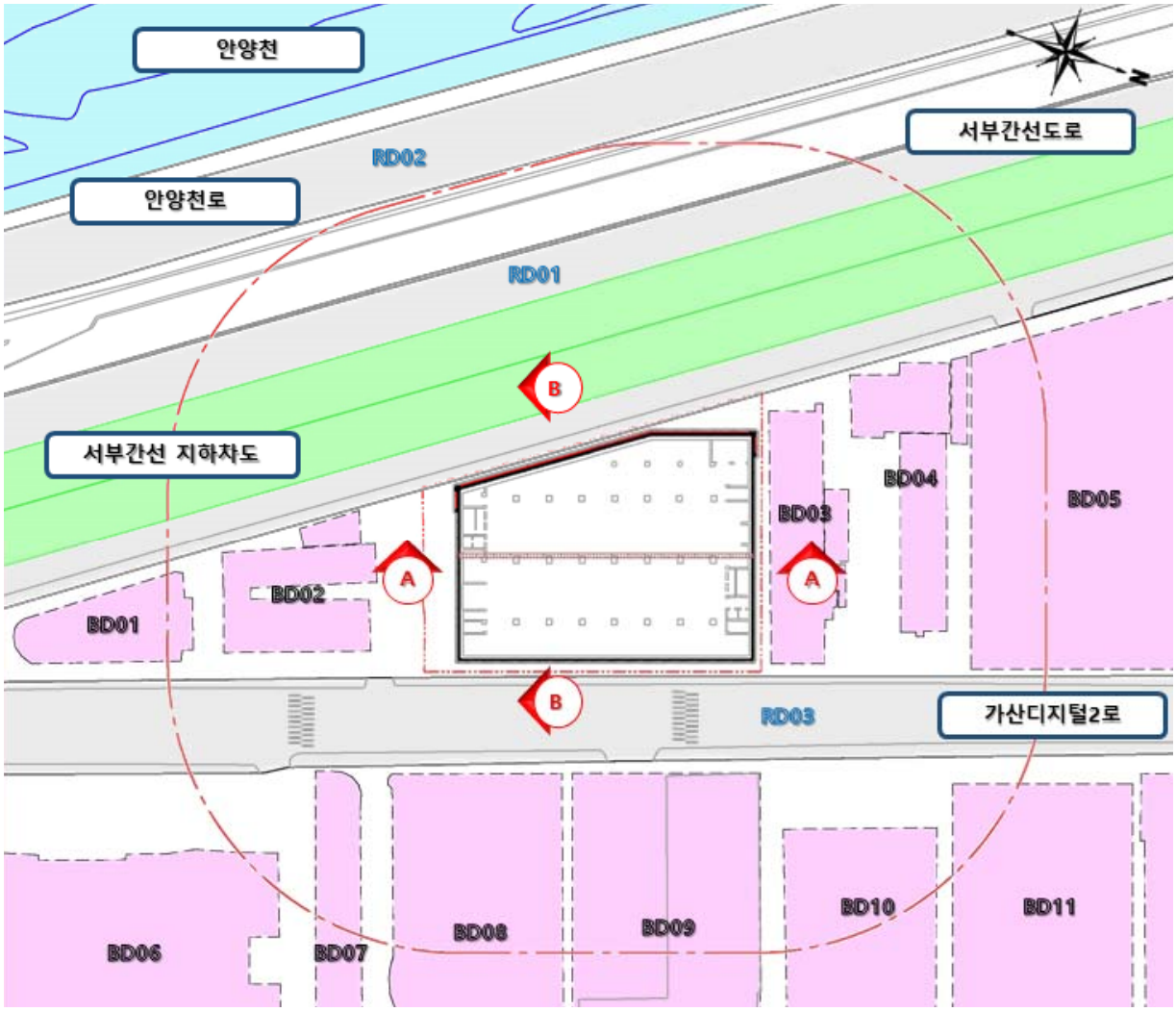
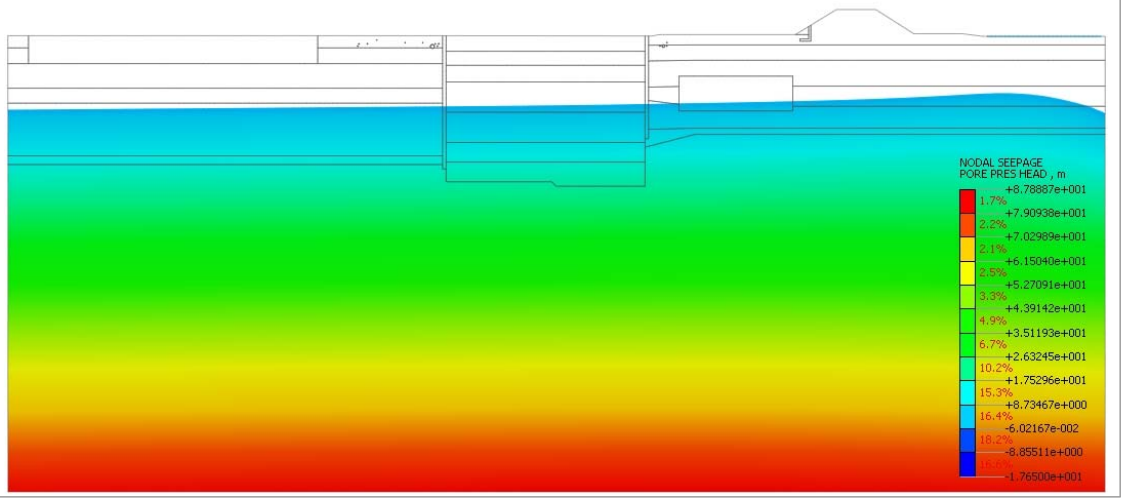
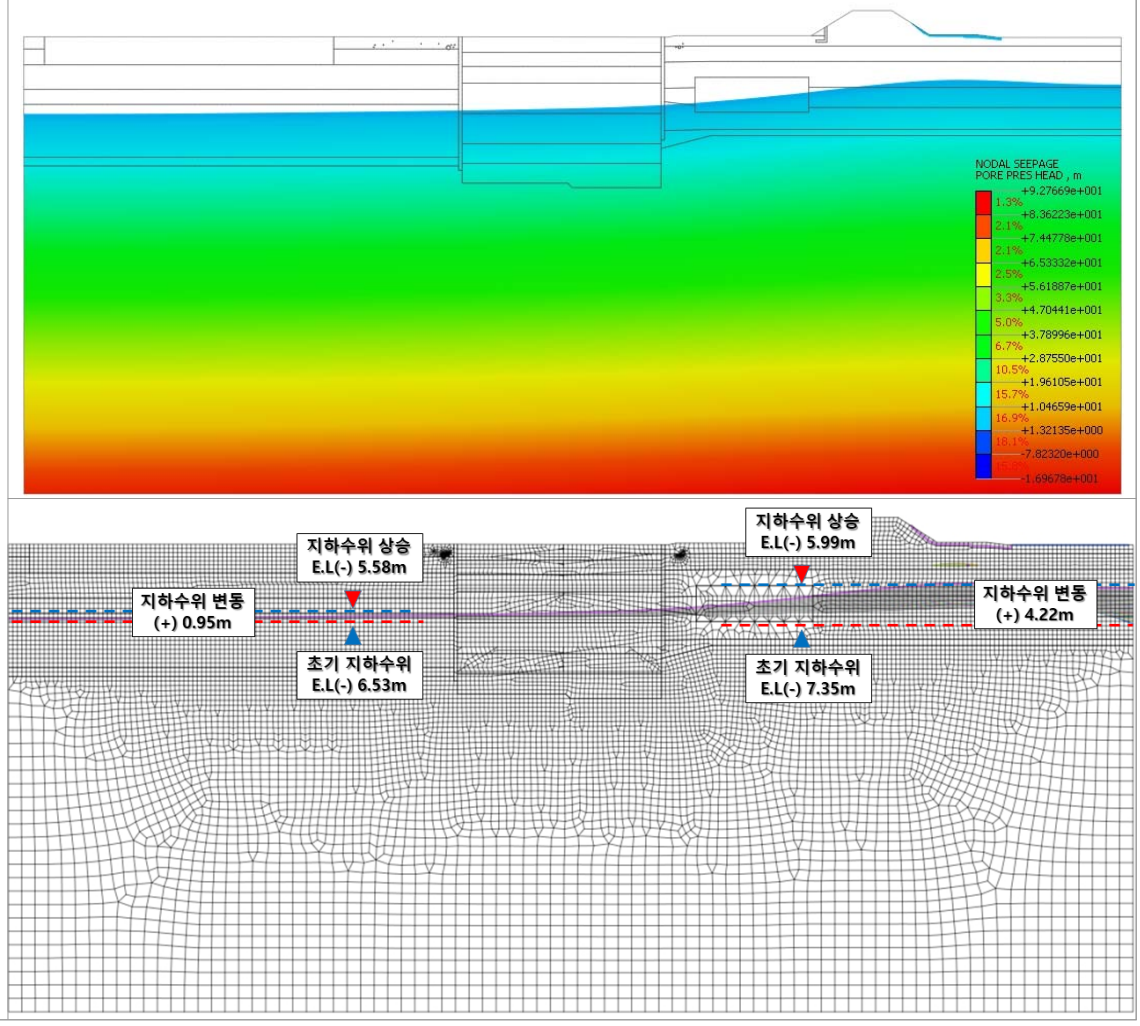
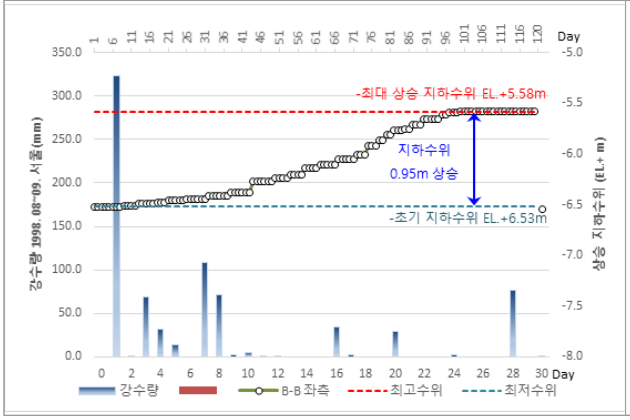
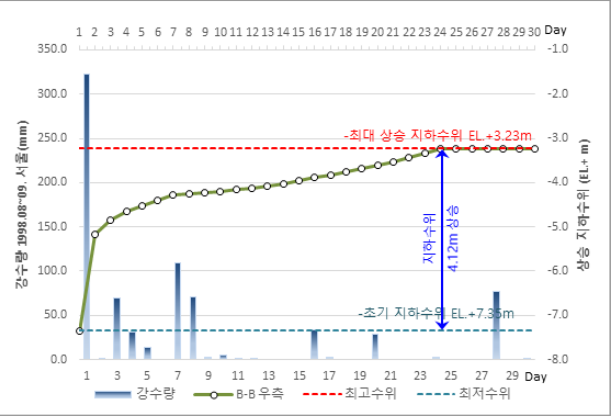


표 1.16 단면 B–B 침투해석 결과

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 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

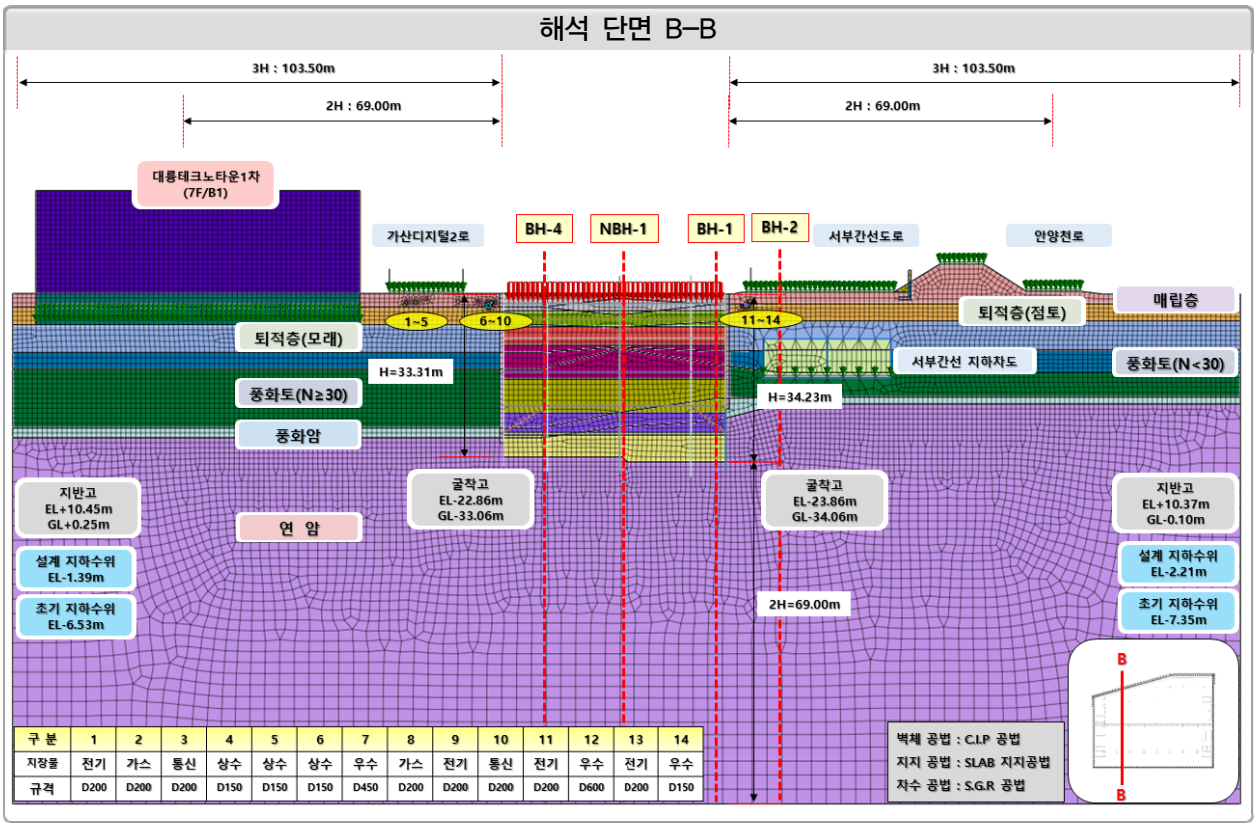
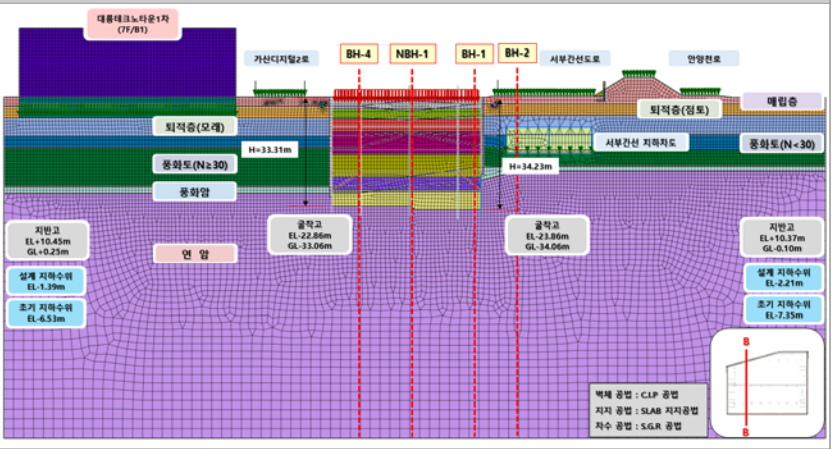


표 6.1 해석단면 현황

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/㎡

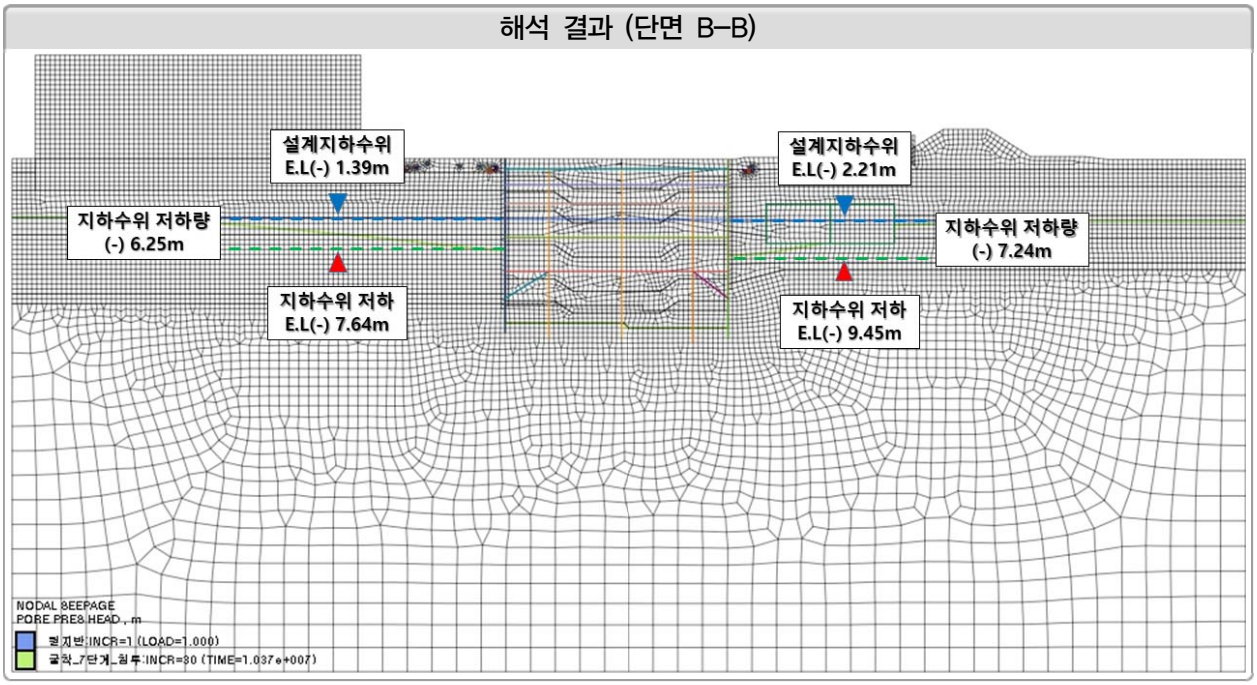


표 1.27 단면 B-B 구간 지하수위 변화

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	

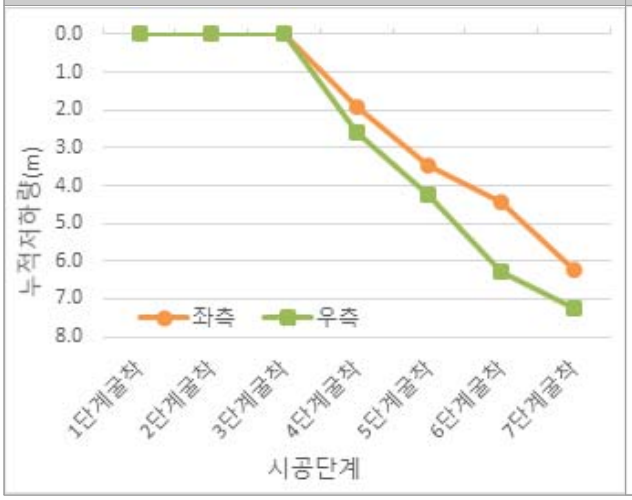
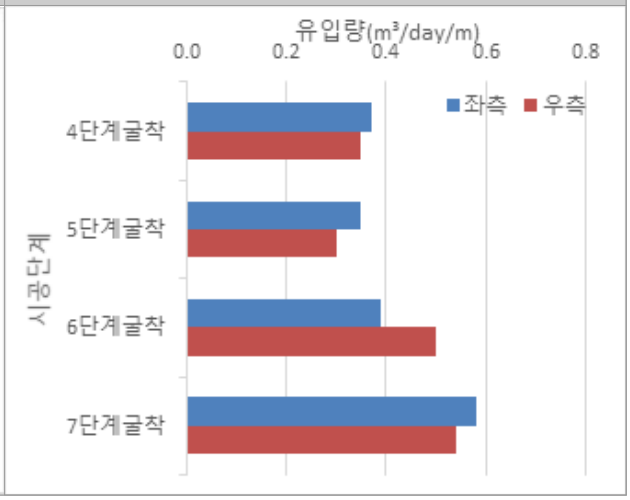
1.3 지하수 변화에 의한 영향

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

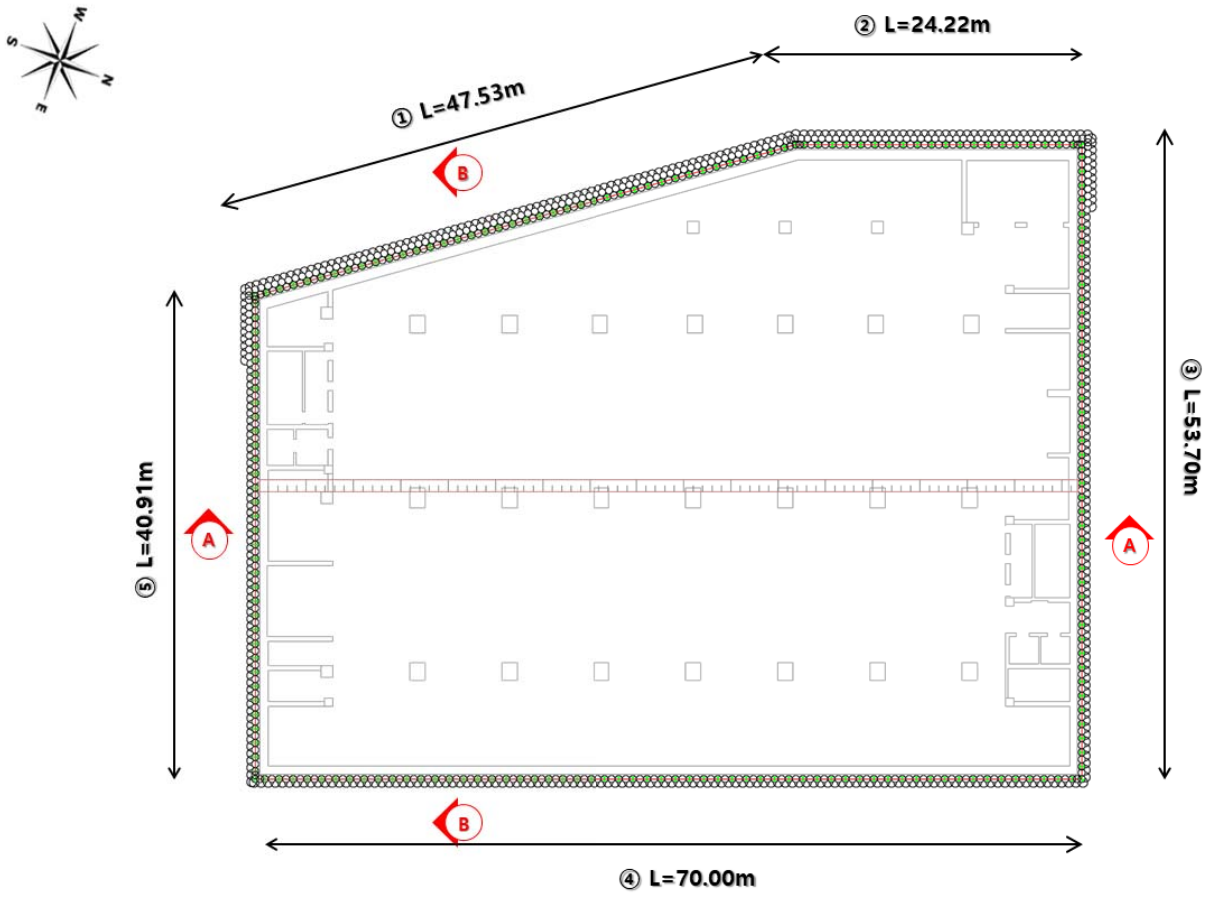
- 시공단계별 유입량 검토 결과 단면별 최대 단위유입량에 적용연장을 반영하여 굴착에 따른 지하수 유입량을 산정하여 지하수 처리계획에 반영하였다.
- 굴착에 따른 지하수 유입량 산정결과는 다음과 같다.

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

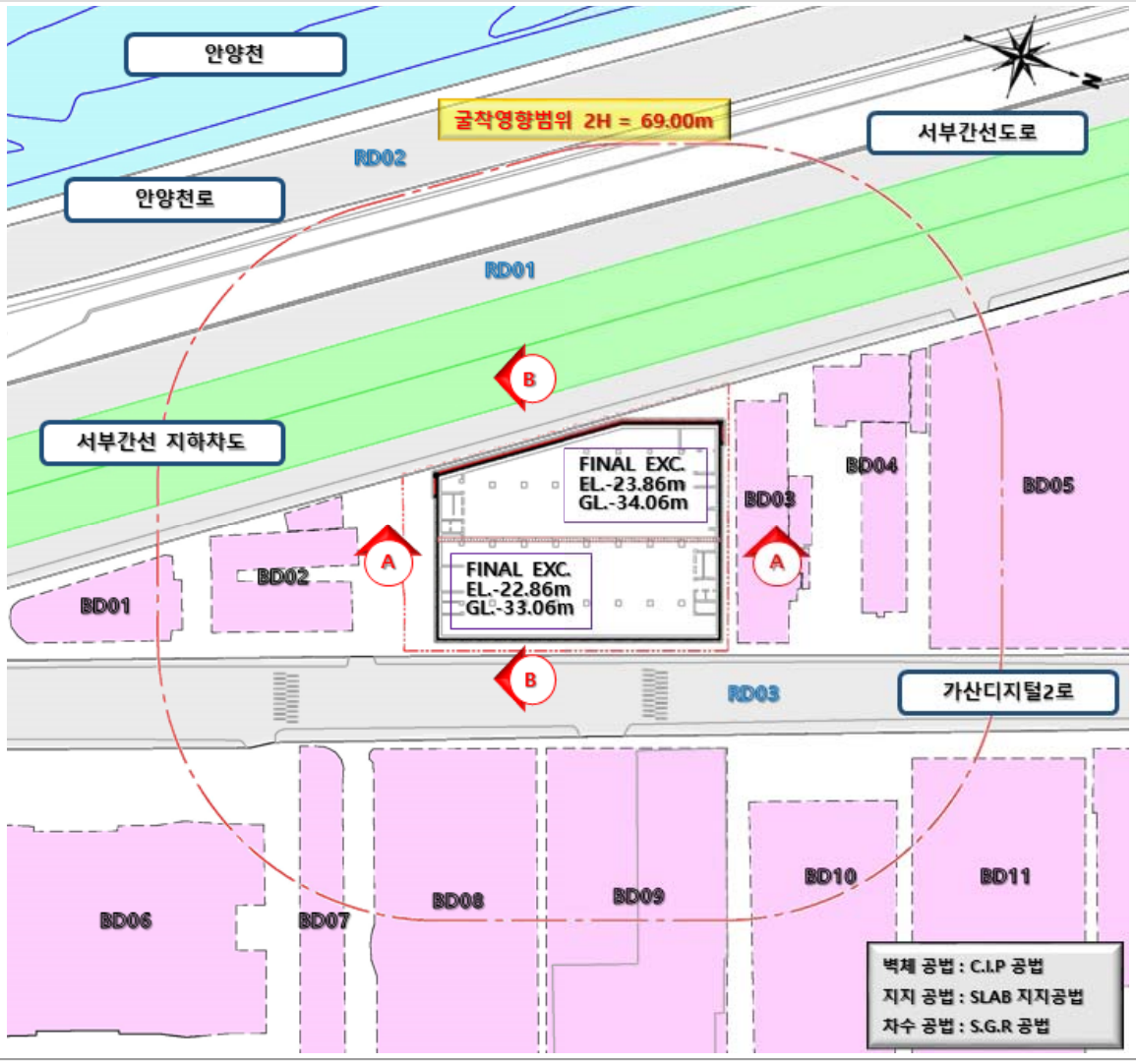
- 사업부지 굴착에 따른 지하수 하강량과 지하외벽 완성 후의 지하수위 회복량을 모니터링하기 위해서는 굴착 완료 후에도 장기간 지하수위 변화를 관측하는 것으로 계획하였다.
- 사업부지 지하수위 계측구간 중 상대적으로 지하수위 저하가 가장 크게 발생한 사업부지 서측구간에 계획된 지하수위계는 건축물 준공시 까지 지하수위 측정을 수행하여 장기 지하수위 변화에 대한 관측 및 분석이 필요할 것으로 판단된다.

1.4 지반안정성

1.4.1 수치해석에 의한 지반안정성

☑ 단면별 구조검토

해석 단면 위치도



단면 B-B

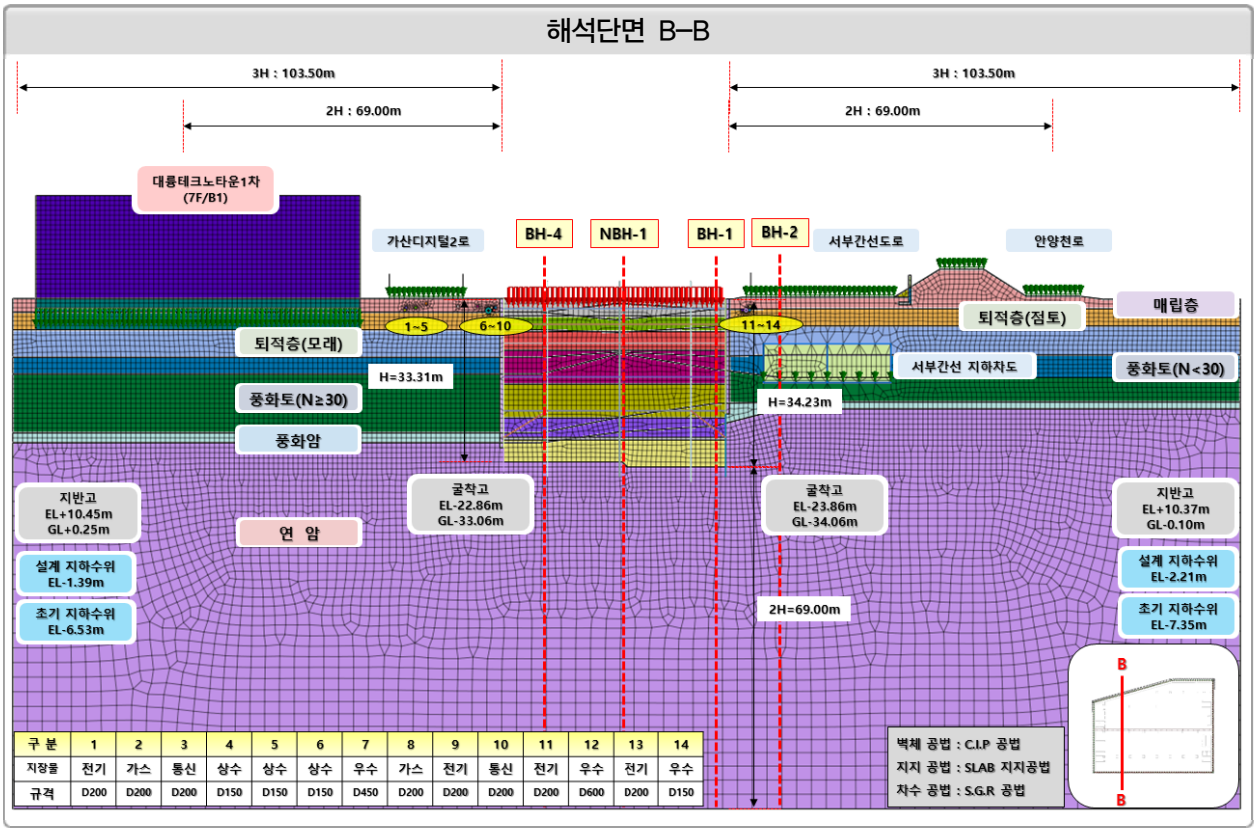


표 1.41 가시설 벽체 수평변위 검토 결과

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

3차원 인접지반 해석 결과

3차원 해석 인접구조물 현황

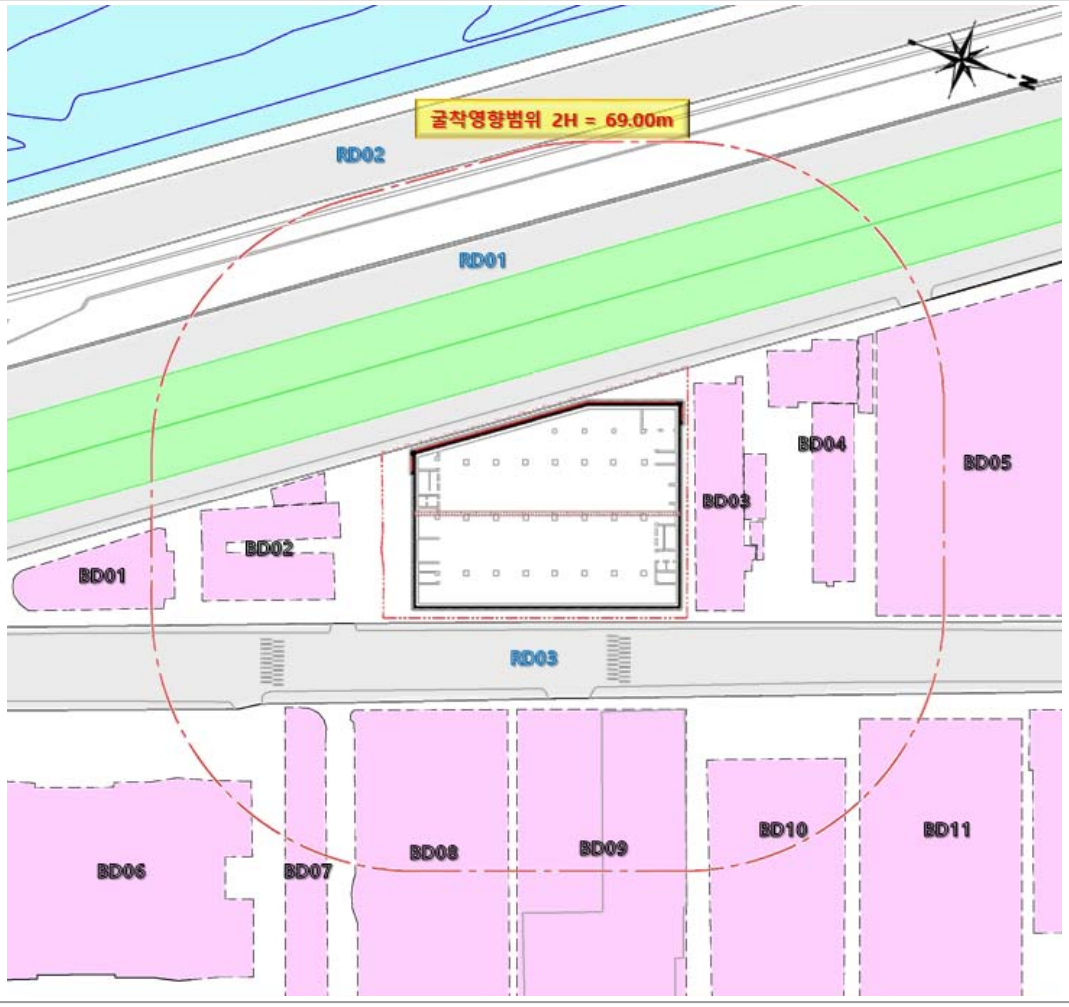


표 1.53 3차원 인접구조물 안정성 검토 결과

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

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	–	–

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

1.5 지하안전확보방안

1.5.1 계측 계획

☑ 계측기 위치계획(굴착공사)

지하안전영향평가 시 계측계획 방안

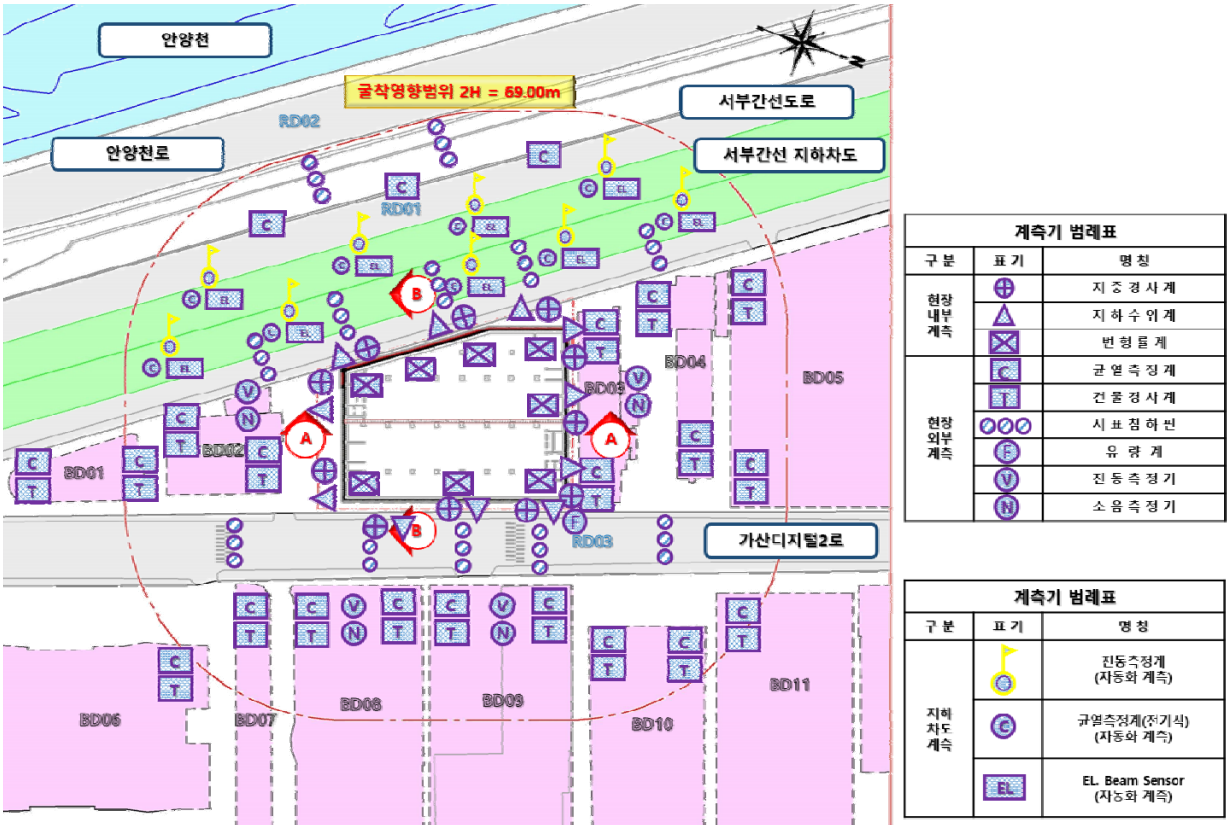


표 1.69 계측기 수량 현황

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	–

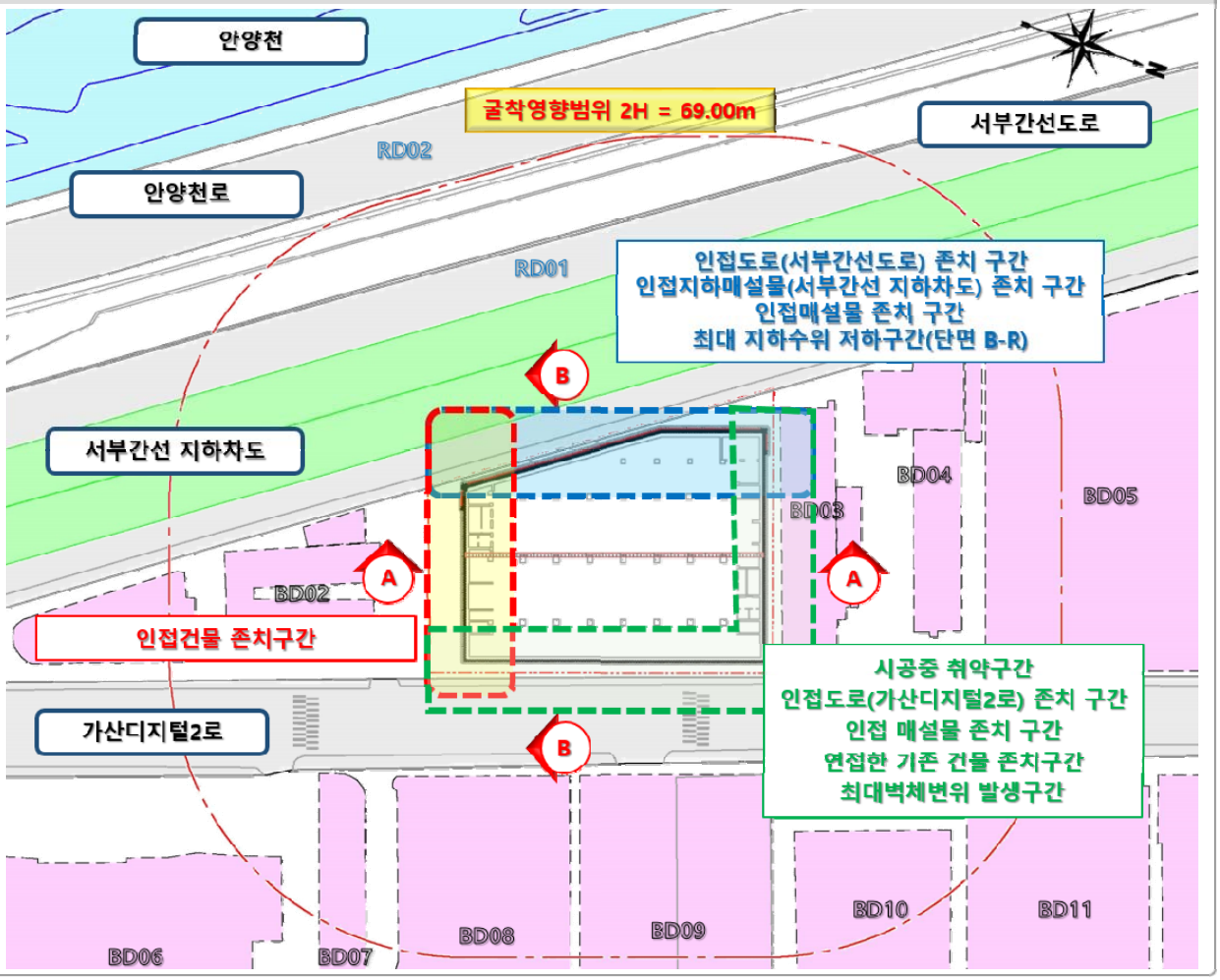
1.5.2 지반침하 취약구간 선정

- 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

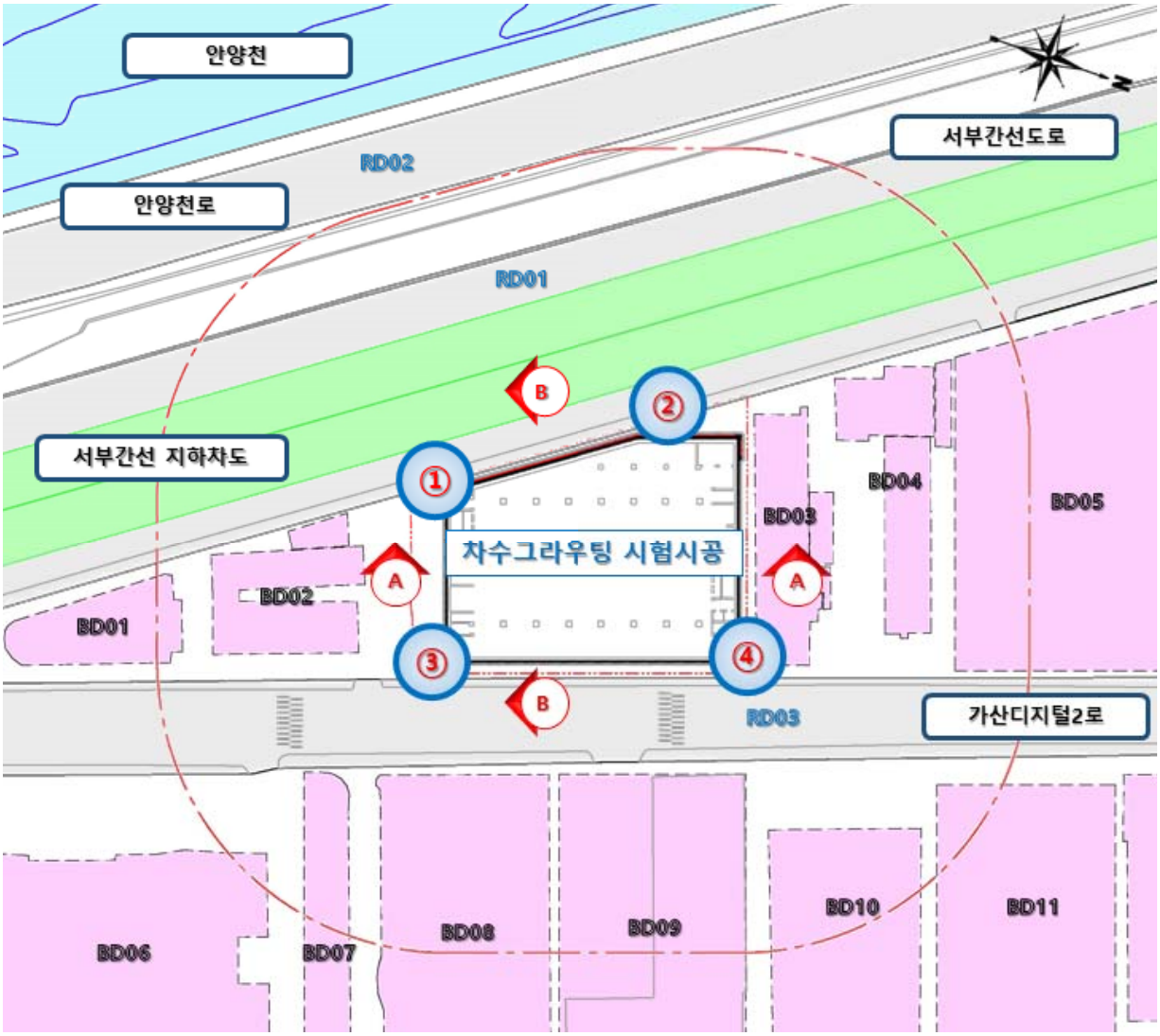
  – 주입시공에 의해 개량된 지반의 효과 확인 방법은 여러 가지 방법이 있으나, 일반적으로 차수공법의 직접적인 확인 방법으로 투수시험 및 시료 샘플링(채취), 터파기를 통한 반응시험 등이 있다.

  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.

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.

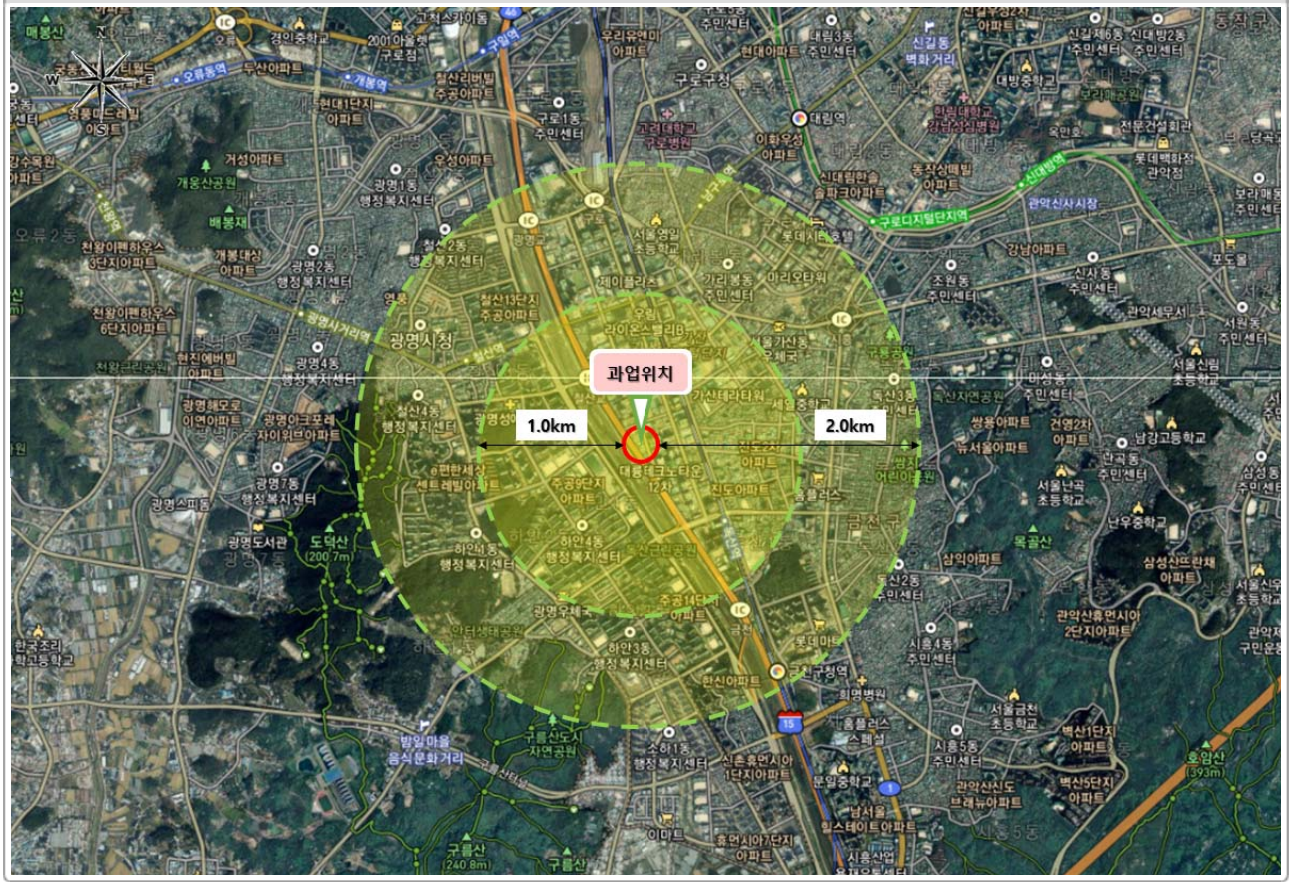
- 본 사업을 수행하기 위한 최대굴착심도가 34.23m(EL.-23.86m~EL.+10.37m)로 20m 이상 계획되어 지하안전영향평가 실시의 근거가 되었다.

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

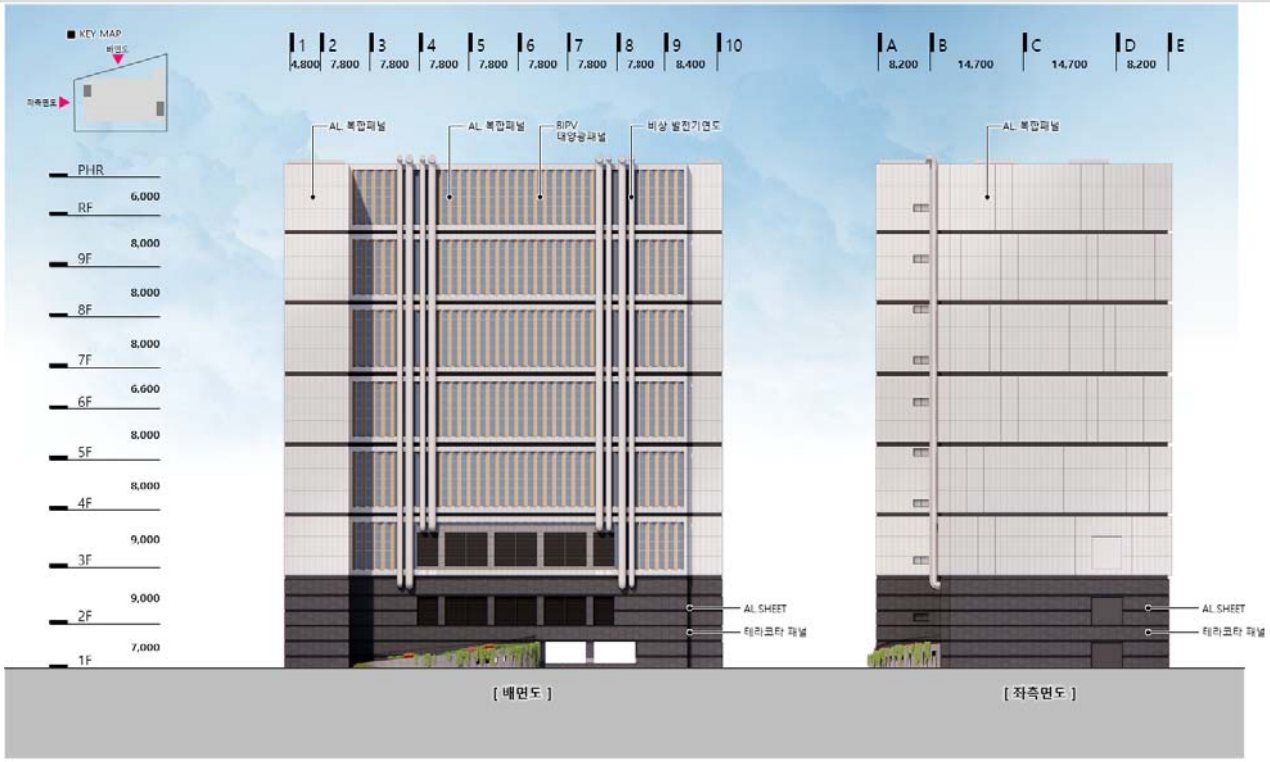
조 감 도

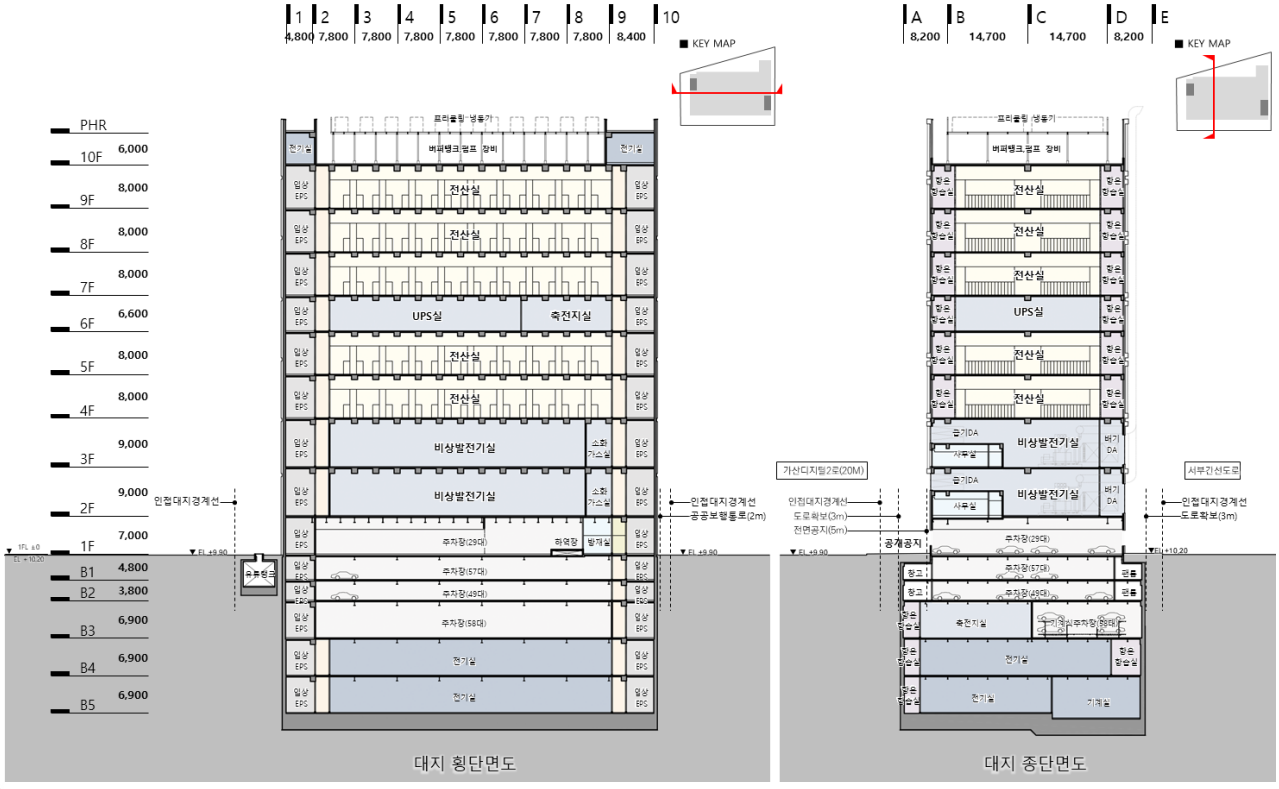


2.2 사업 현황

☑ 건축 단면도

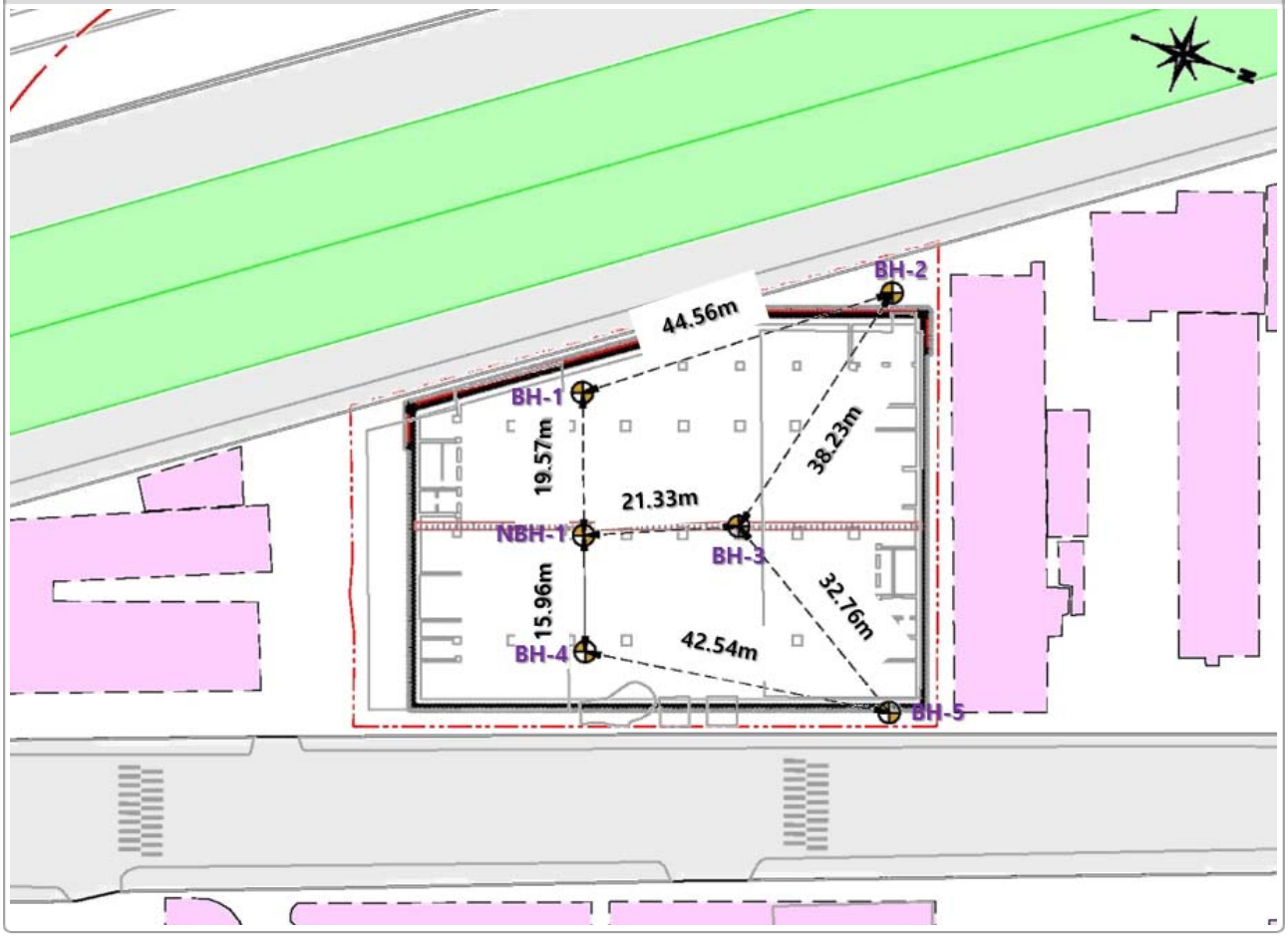
건축물 입면도



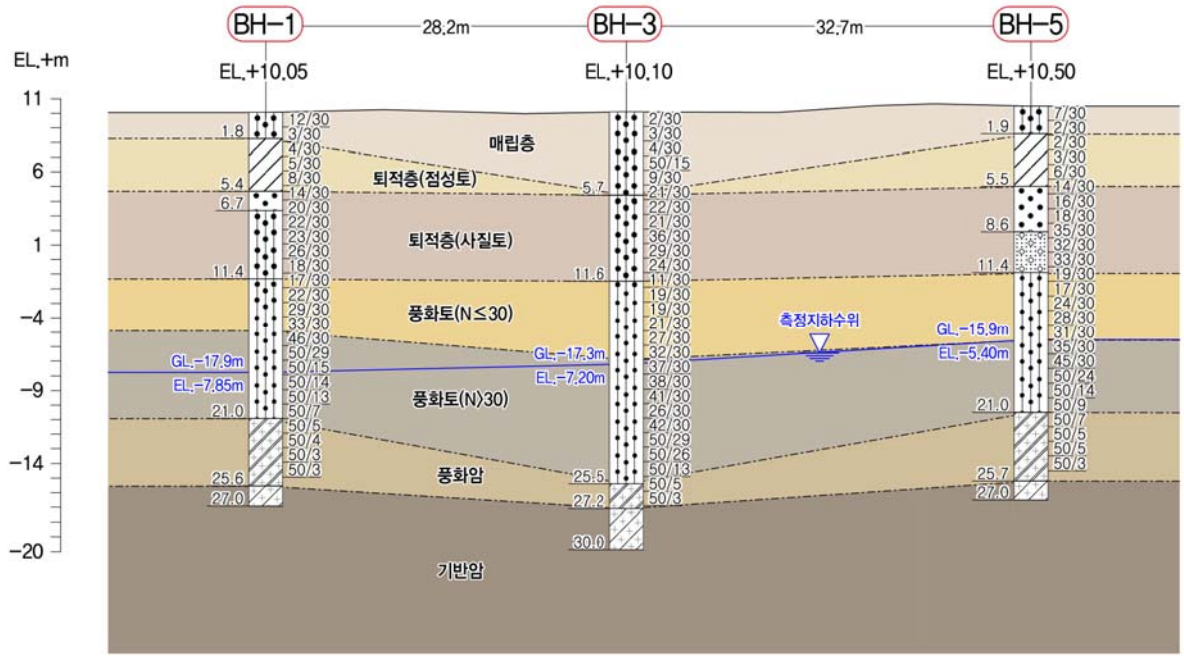


2.2.3 굴착계획 현황

지반조사 위치도

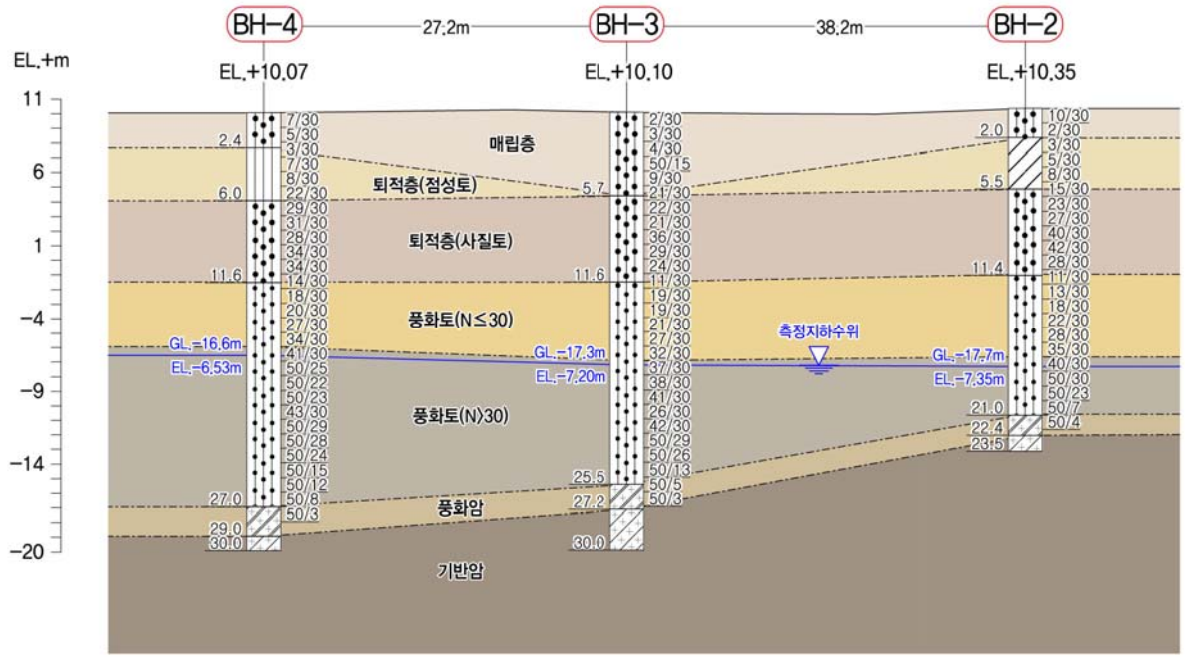


지층단면도(A–A′)



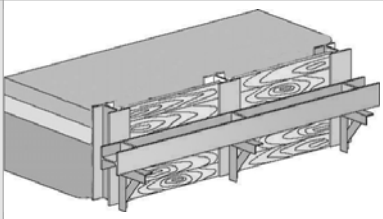
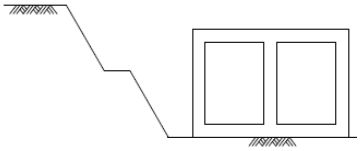
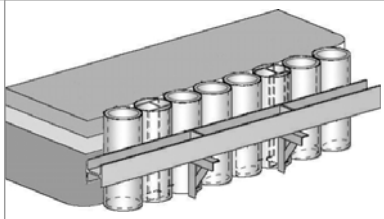
2.2 사업 현황

지층단면도(B–B′)



2.2 사업 현황

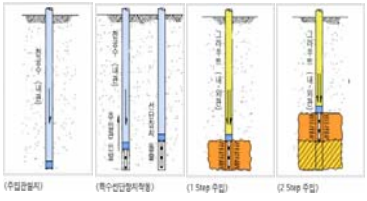
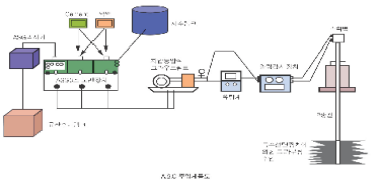
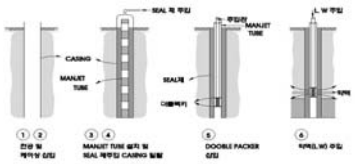
☑ 흙막이 벽체 공법 비교

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 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	○		

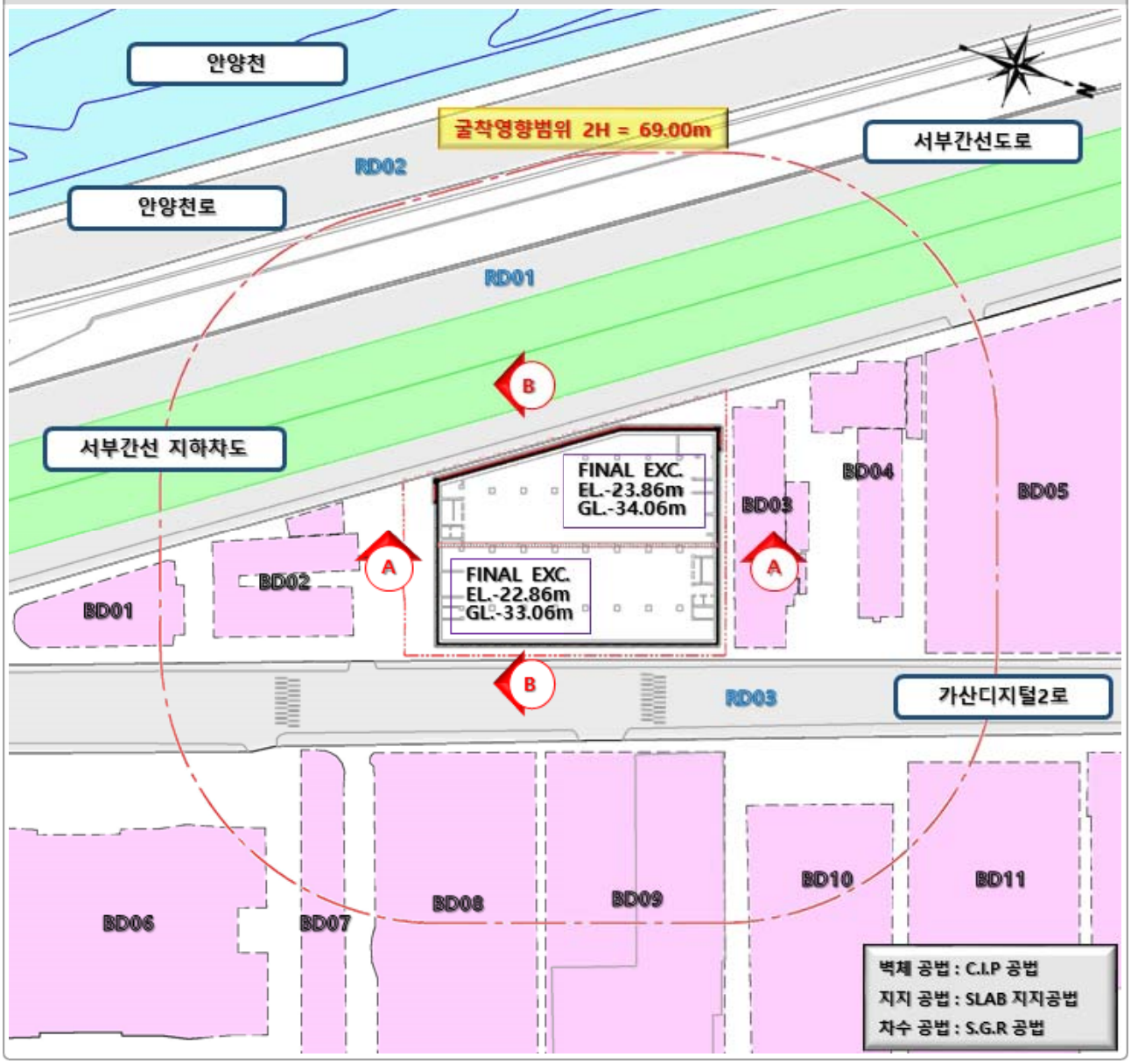
검토결과

· 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.

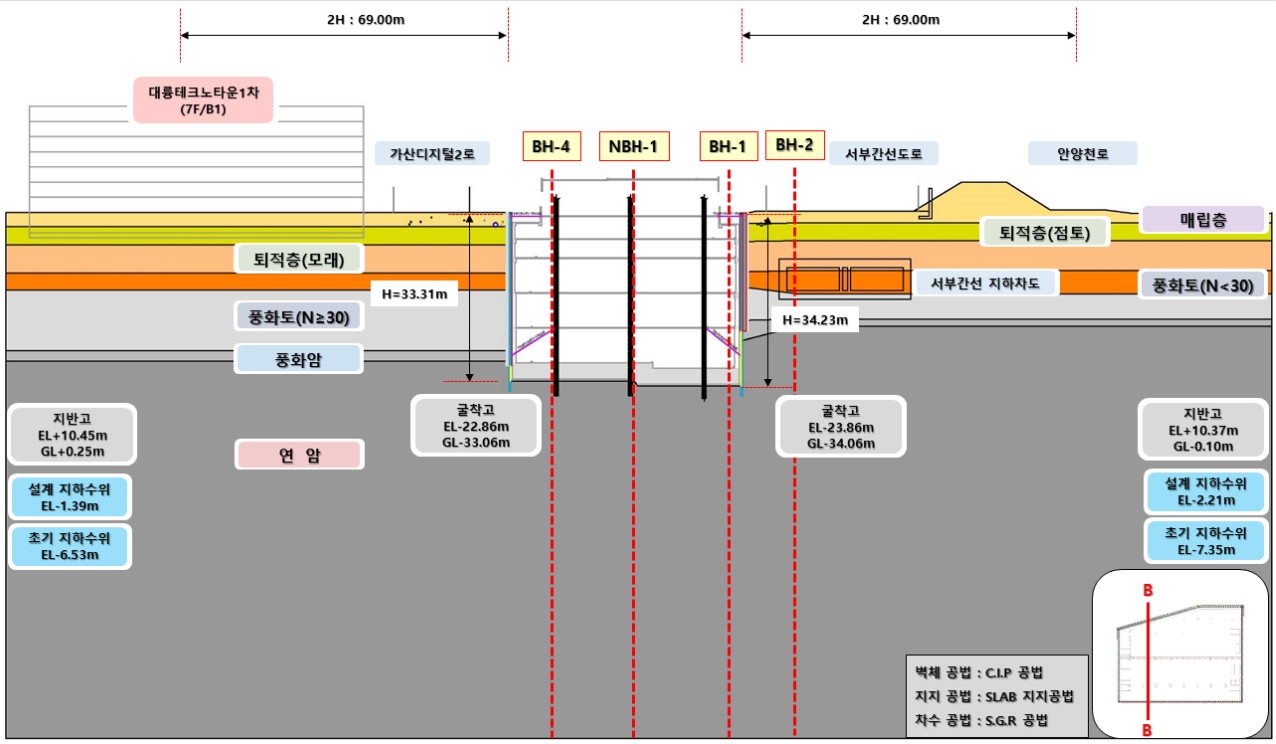
· 굴착 흙막이 벽체 전 주면으로 지반을 보강하여 안전성 확보, 차수 효과 측면 및 경제성이 우수한 S.G.R Grouting을 적용하는 것은 타당한 것으로 판단됨.

2.2 사업 현황

흙막이 공법 평면도



흙막이 공법 단면도 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.

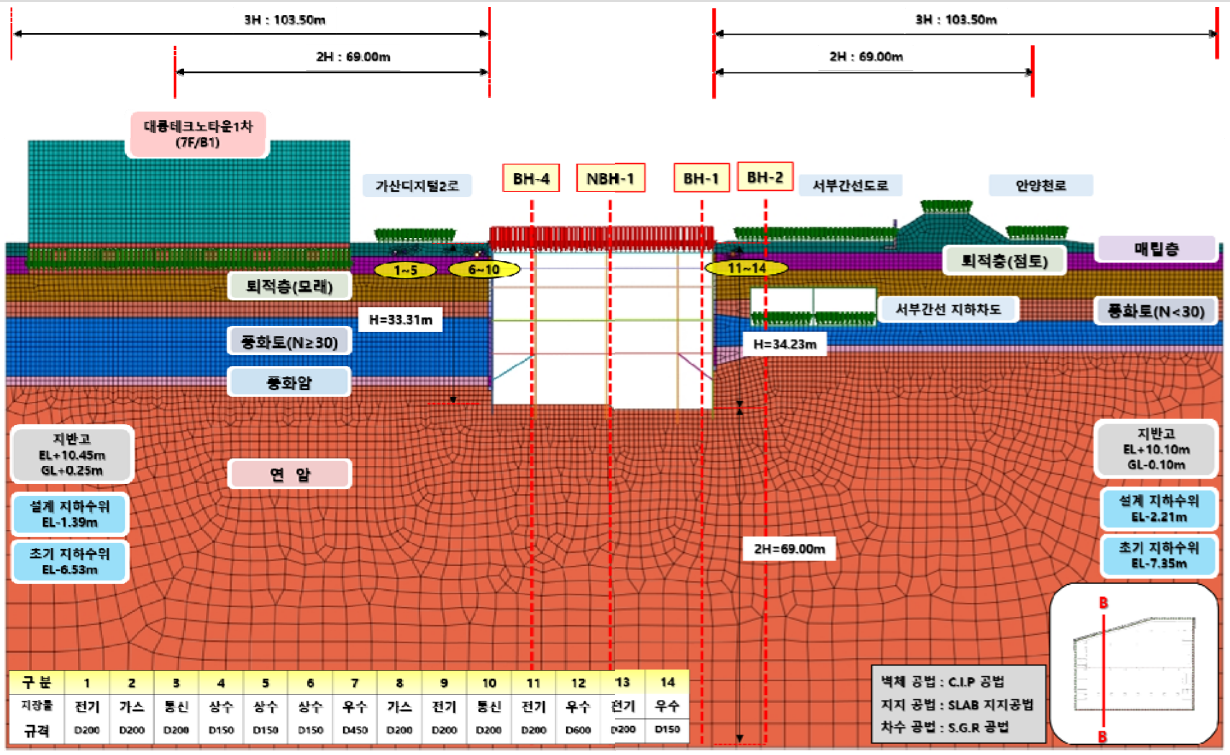
PART
03

대상지역의 설정

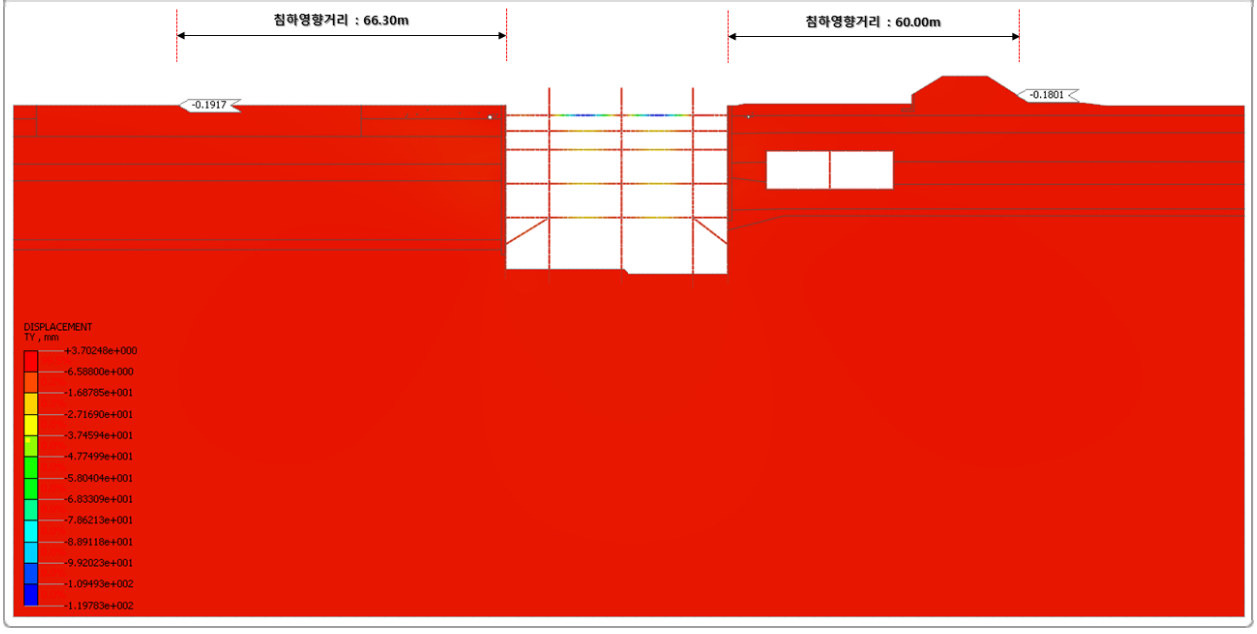
3.1 평가대상 지역 설정

3.2 평가대상 시설물

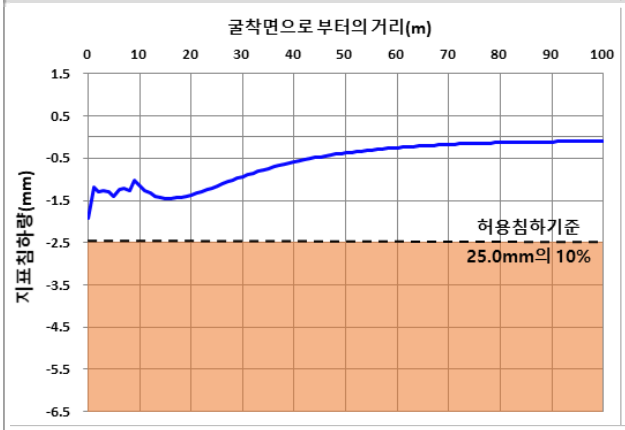
굴착에 의한 영향범위 산정을 위한 해석 단면 (B–B)



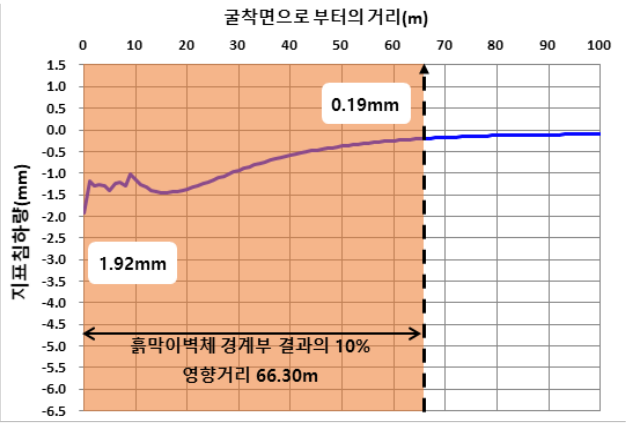
SECTION B–B 해석결과



① 침하량 허용기준에 따른 산정 결과



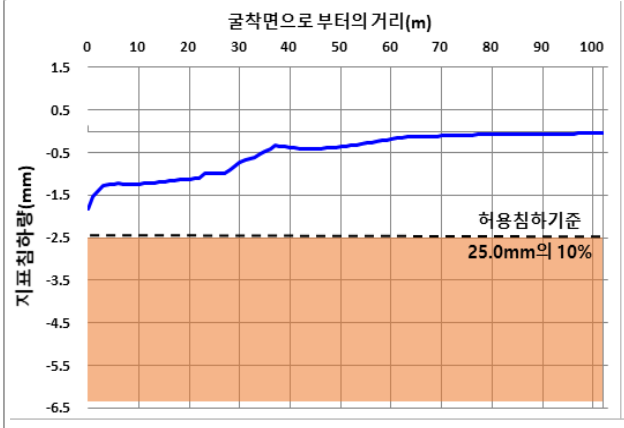
② 침하곡선 수렴범위 산정 결과



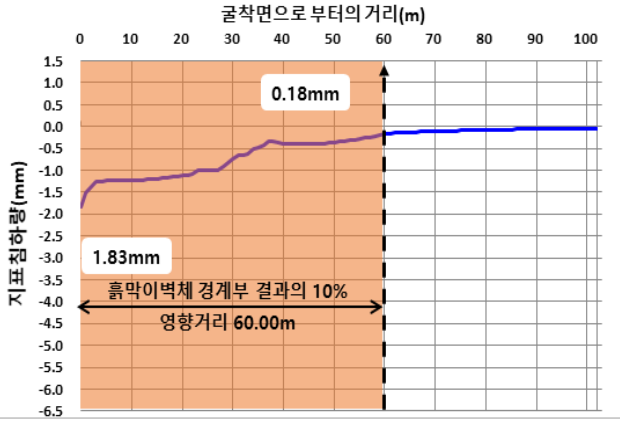
- 침하량 허용기준에 따른 침하영향범위 산정결과 흙막이 벽체 배면으로부터의 최대침하는 1.92mm로 허용침하기준(25.0mm의 10%)인 2.50mm내로 검토됨.
- 침하곡선 수렴범위 산정결과 굴착면으로부터 약 66.30m 지점에서 경계부 결과의 10% 이내인 0.19mm의 침하를 확인하였으며, 이후 지점부터는 점진적으로 수렴하는 것으로 판단됨.
- 침하곡선의 수렴 및 미수렴에 따른 영향범위 검토 결과 단면 B-B의 좌측구간은 66.30m 지점으로 검토됨.

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

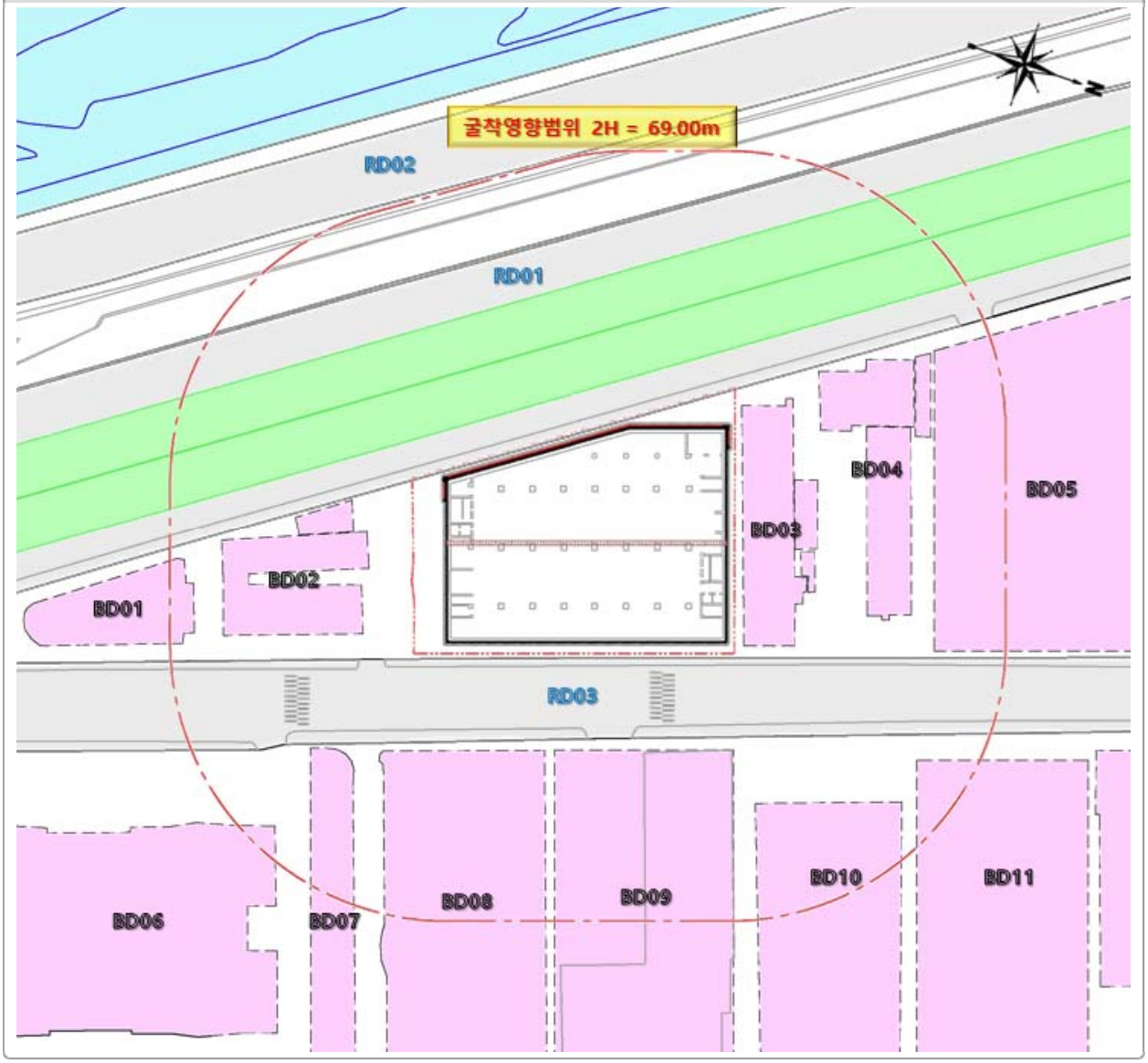


표 3.3 굴착영향범위 내 건물 및 도로현황

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

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 3.7 굴착영향범위 내 건물 및 도로 조사 결과(계속)

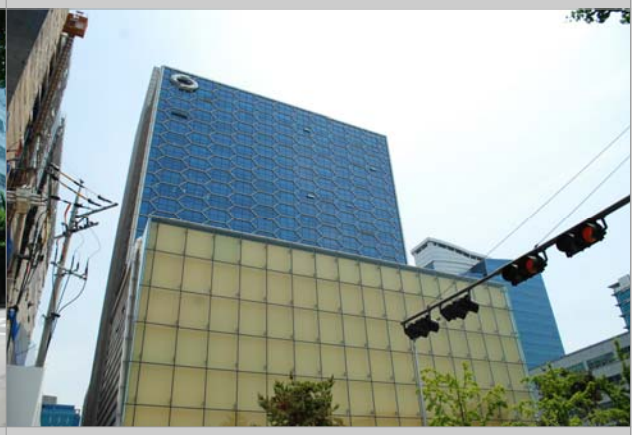
BD09 : 아르센타워 신축공사 현장	BD10 : 르노삼성자동차 서부사업소
	
BD11 : G밸리 더리브 신축공사 현장	RD01 : 서부간선도로
	
RD02 : 안양천로	
	
	

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.

PART
04

지반 및 지질현황

4.1 조사현황

4.2 조사결과

4.3 설계지반정수

PART
05

지하수 변화에 의한 영향검토

5.1 지하수 수리특성 분석

5.2 광역지하수 흐름 분석

5.3 침투해석에 의한 지하수 흐름 분석

☑ 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

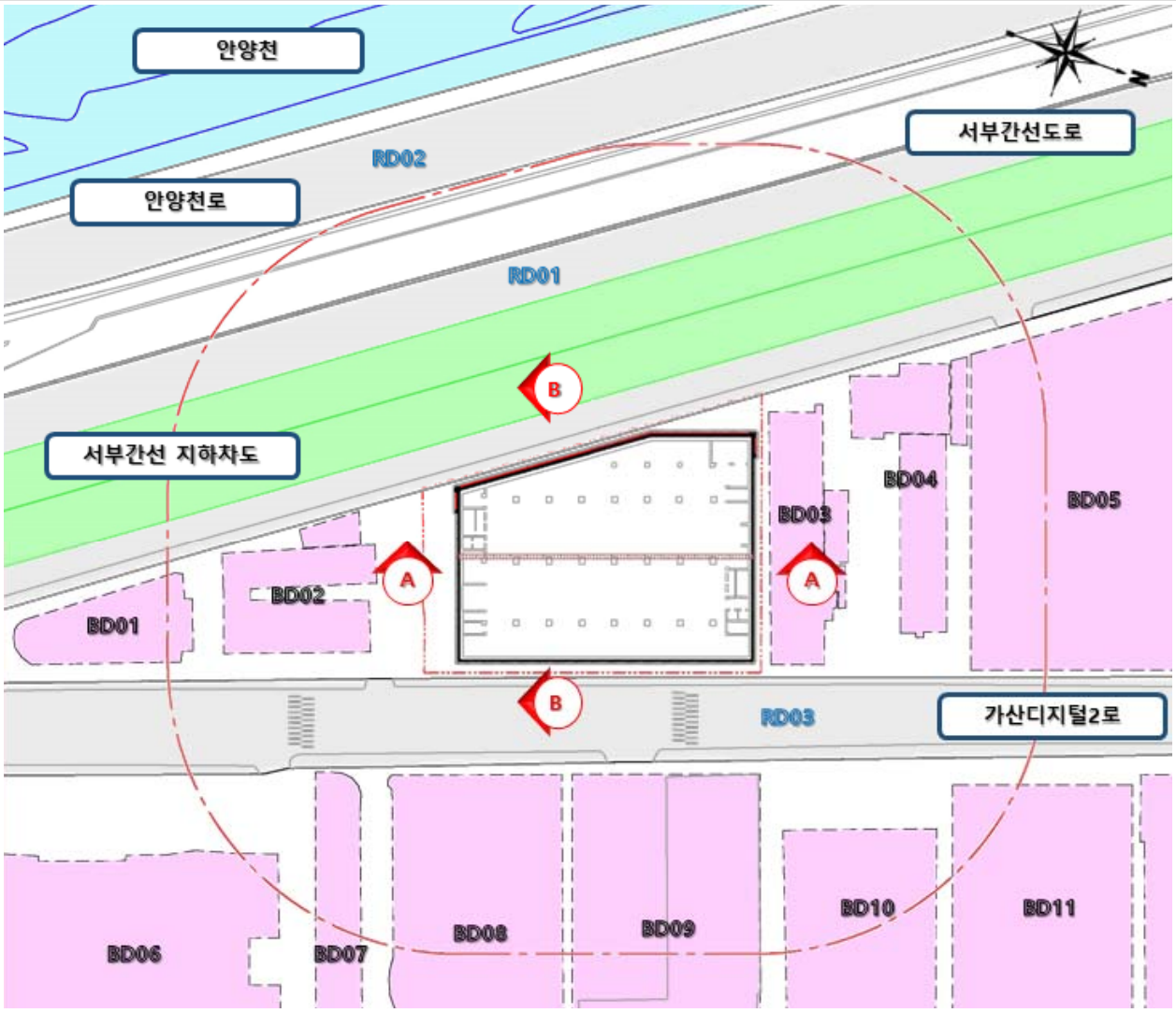
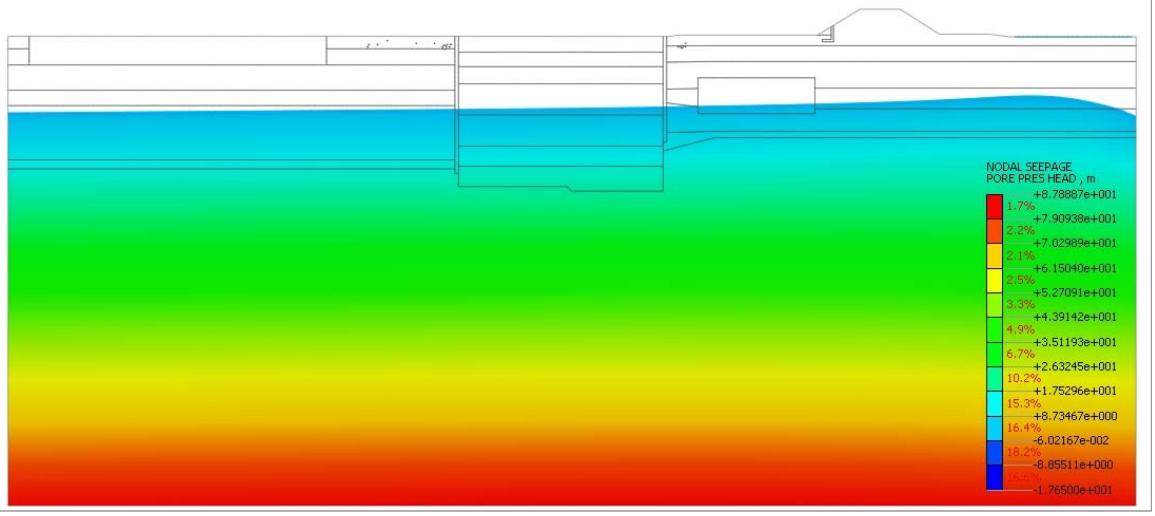
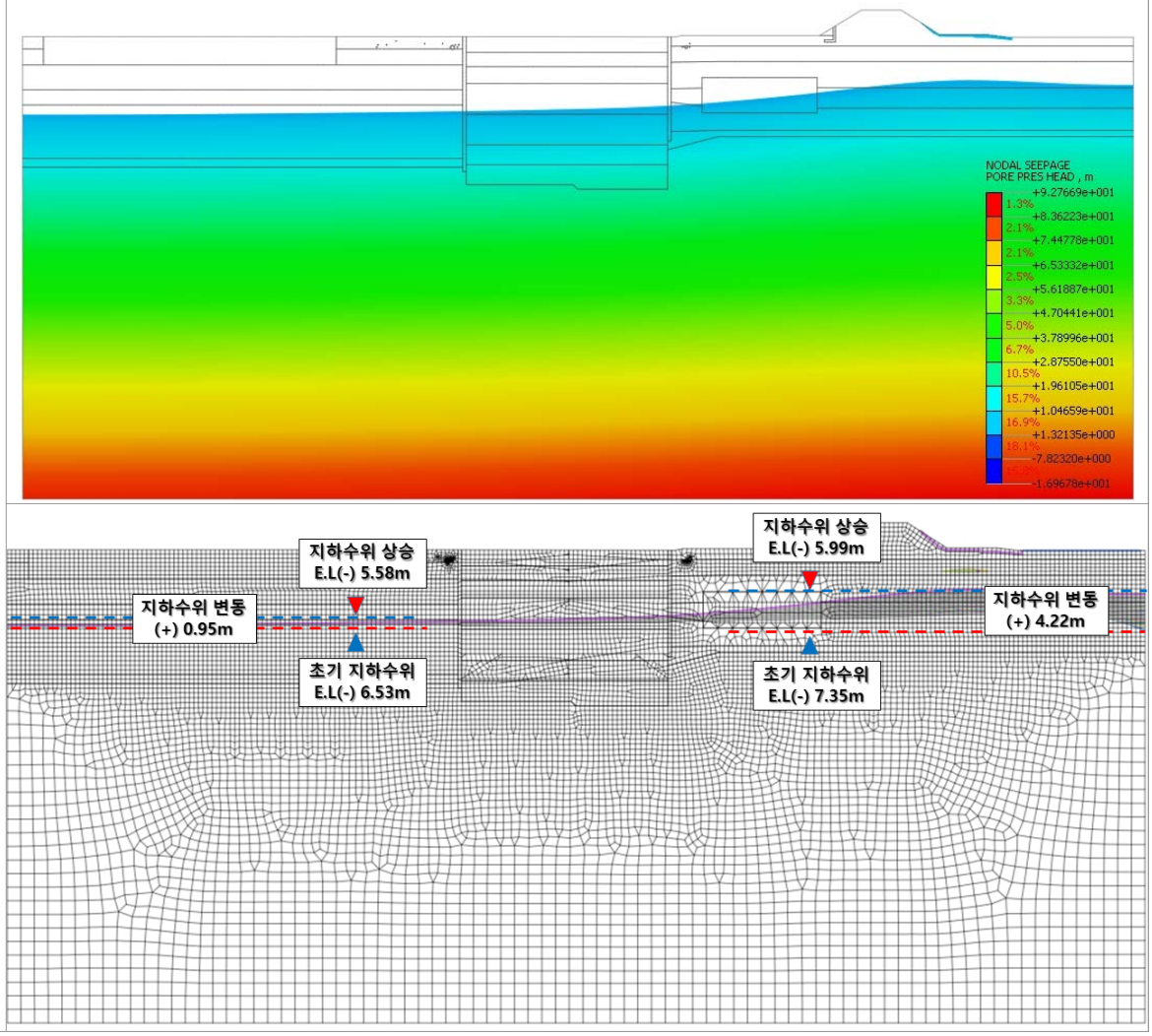
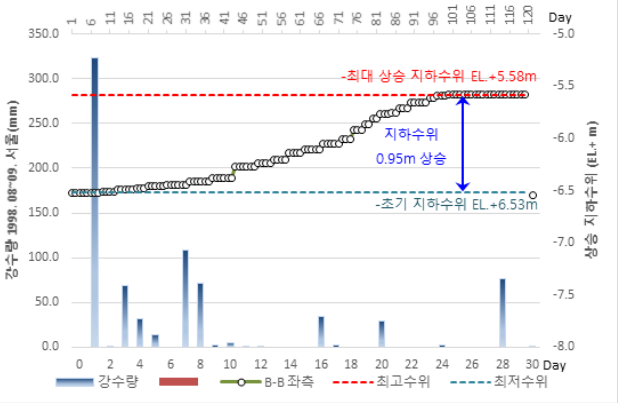
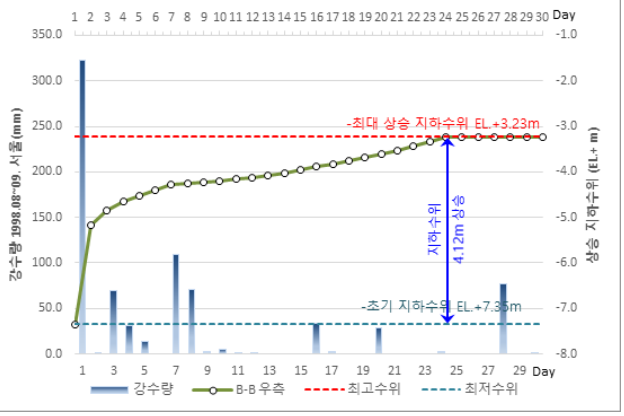


표 5.24 단면 B–B 침투해석 결과

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

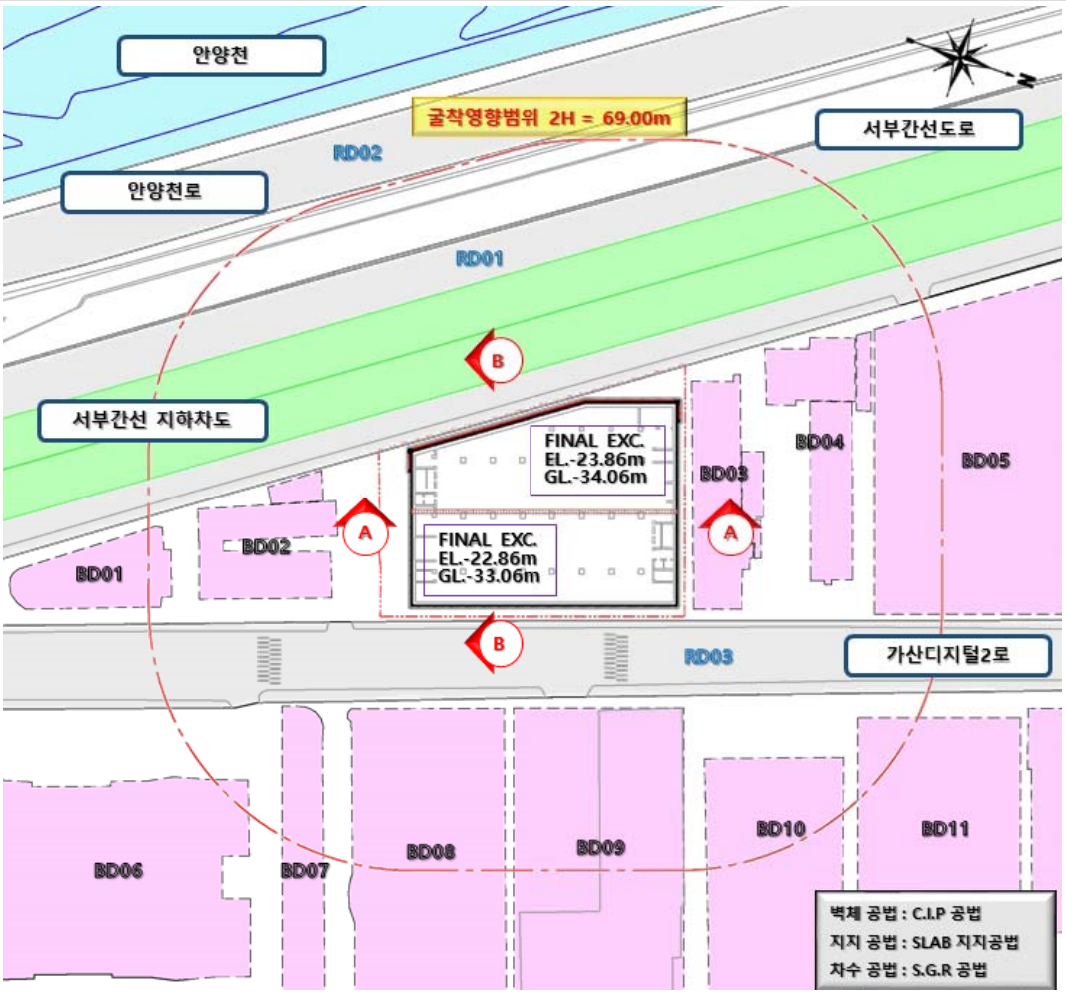
5.3.2 해석조건

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



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

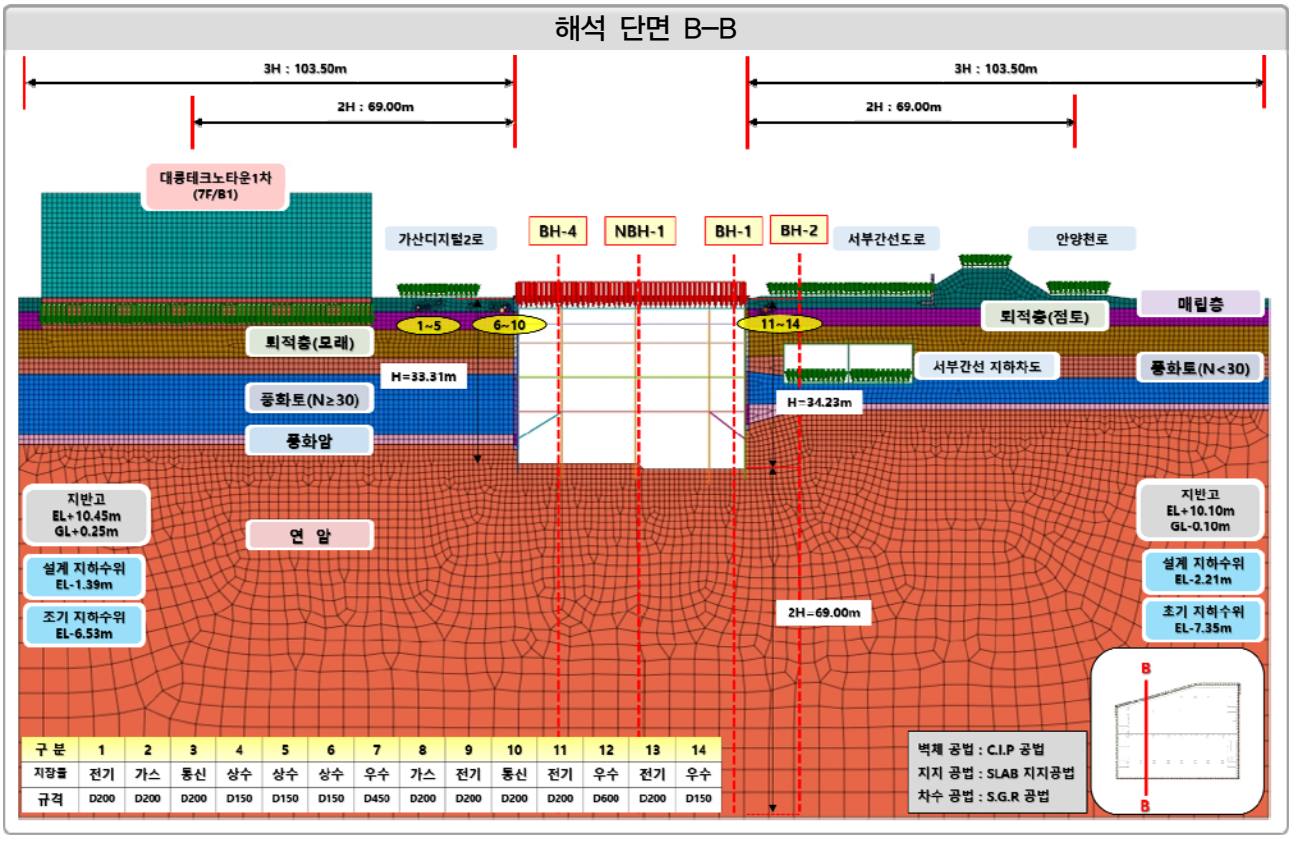
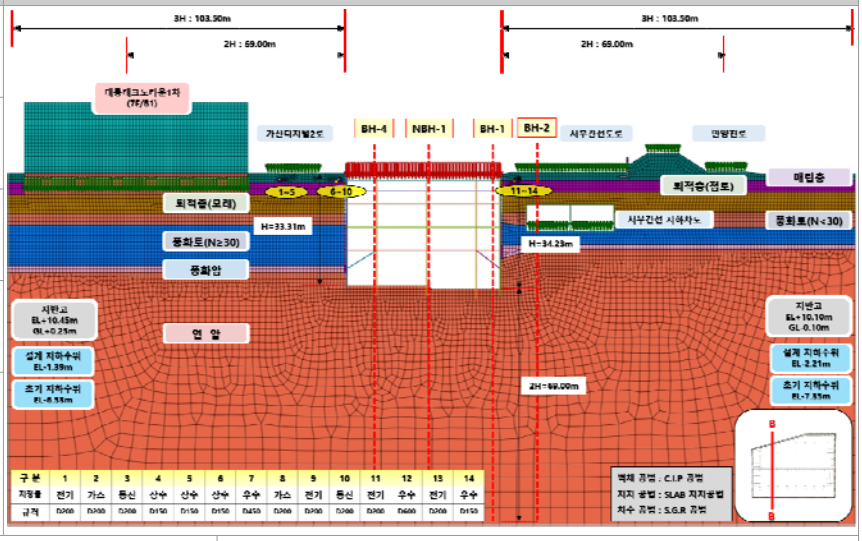


표 6.1 해석단면 현황

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/㎡

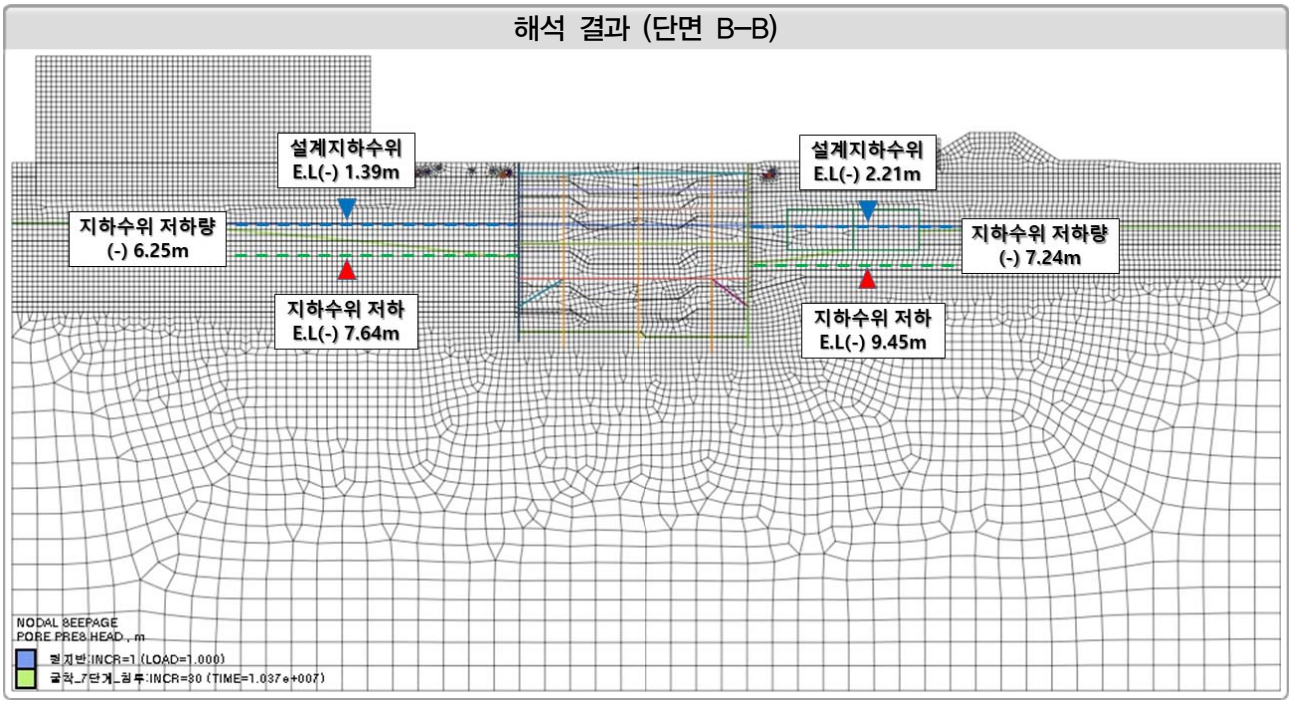


표 5.57 단면 B-B 구간 지하수위 변화

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	

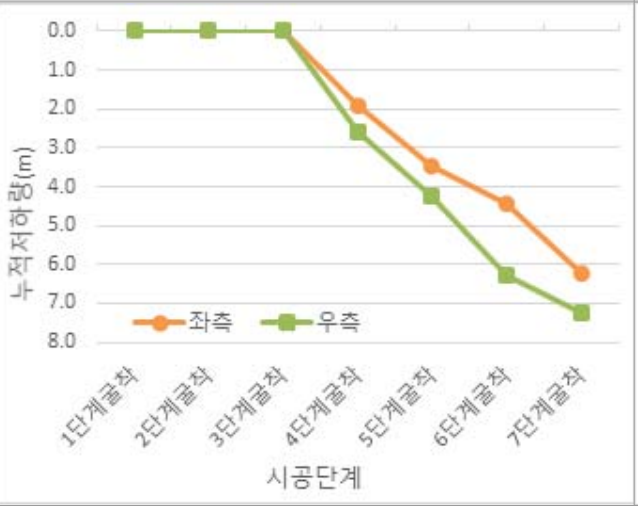
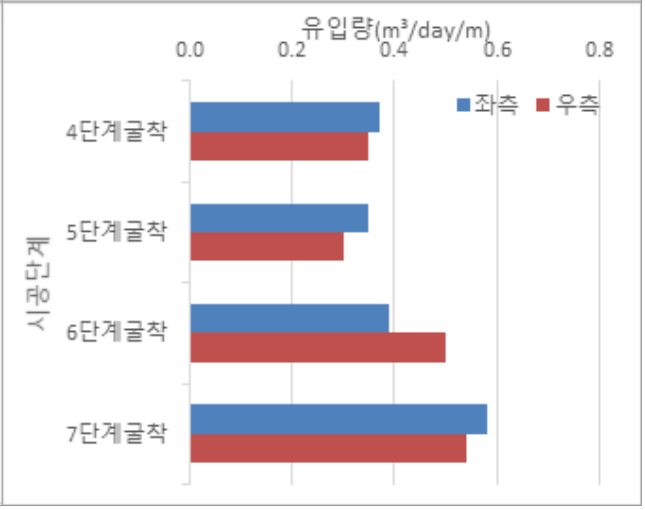
구 분	일별 지하수위 저하량(m)							
	우 측(굴착 4단계)				우 측(굴착 5단계)			
	단계별	누적	EL.(−)m	GL.(−)m	단계별	누적	EL.(−)m	GL.(−)m
1일	0.44	0.44	2.65	12.85	0.07	0.07	4.88	15.08
2일	0.09	0.53	2.74	12.94	0.06	0.12	4.94	15.14
3일	0.10	0.63	2.84	13.04	0.08	0.20	5.01	15.21
4일	0.11	0.75	2.96	13.16	0.06	0.27	5.08	15.28
5일	0.13	0.88	3.09	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

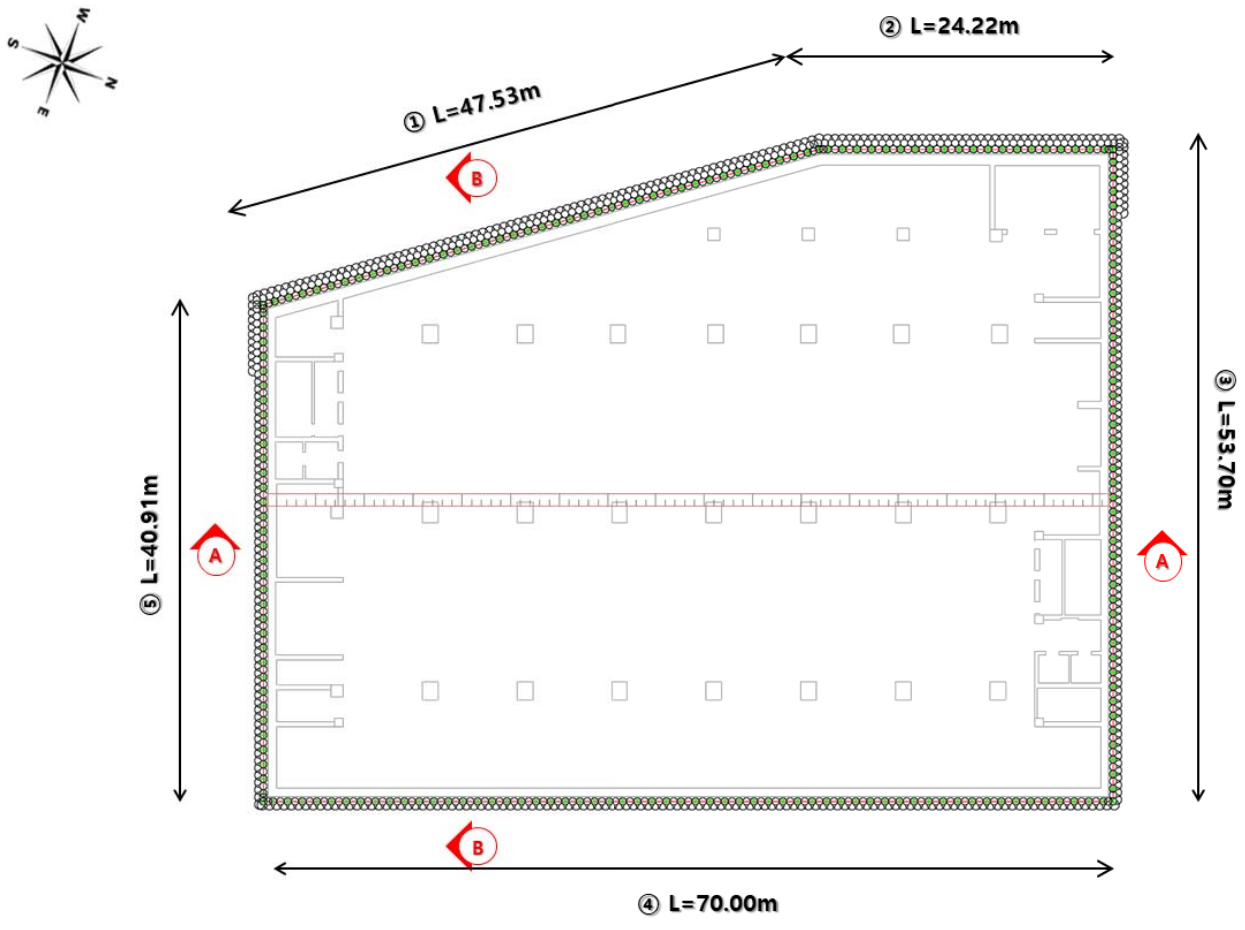
- 시공단계별 유입량 검토 결과 단면별 최대 단위유입량에 적용연장을 반영하여 굴착에 따른 지하수 유입량을 산정하여 지하수 처리계획에 반영하였다.
- 굴착에 따른 지하수 유입량 산정결과는 다음과 같다.

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

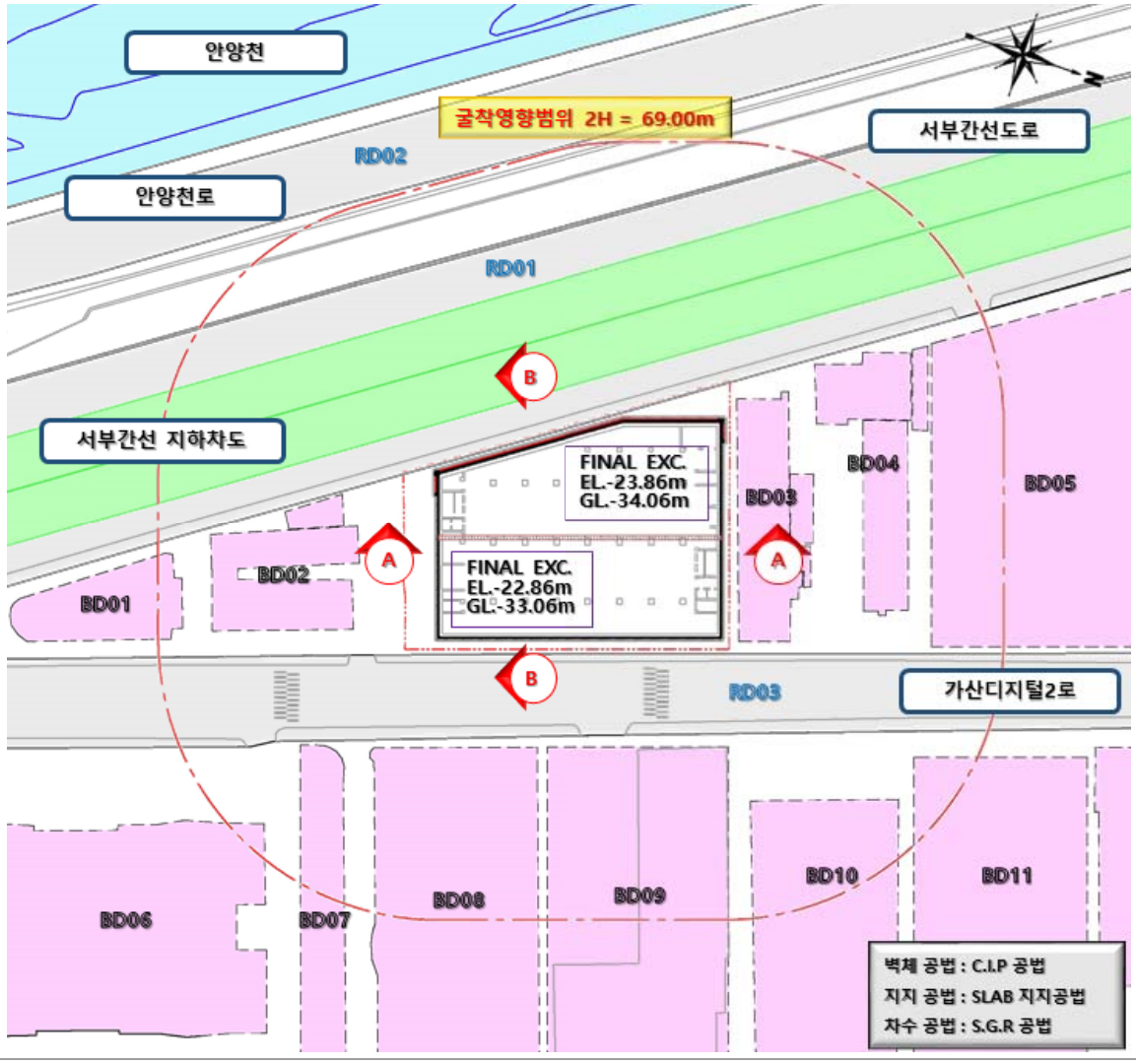
☑ 평가 조건

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.

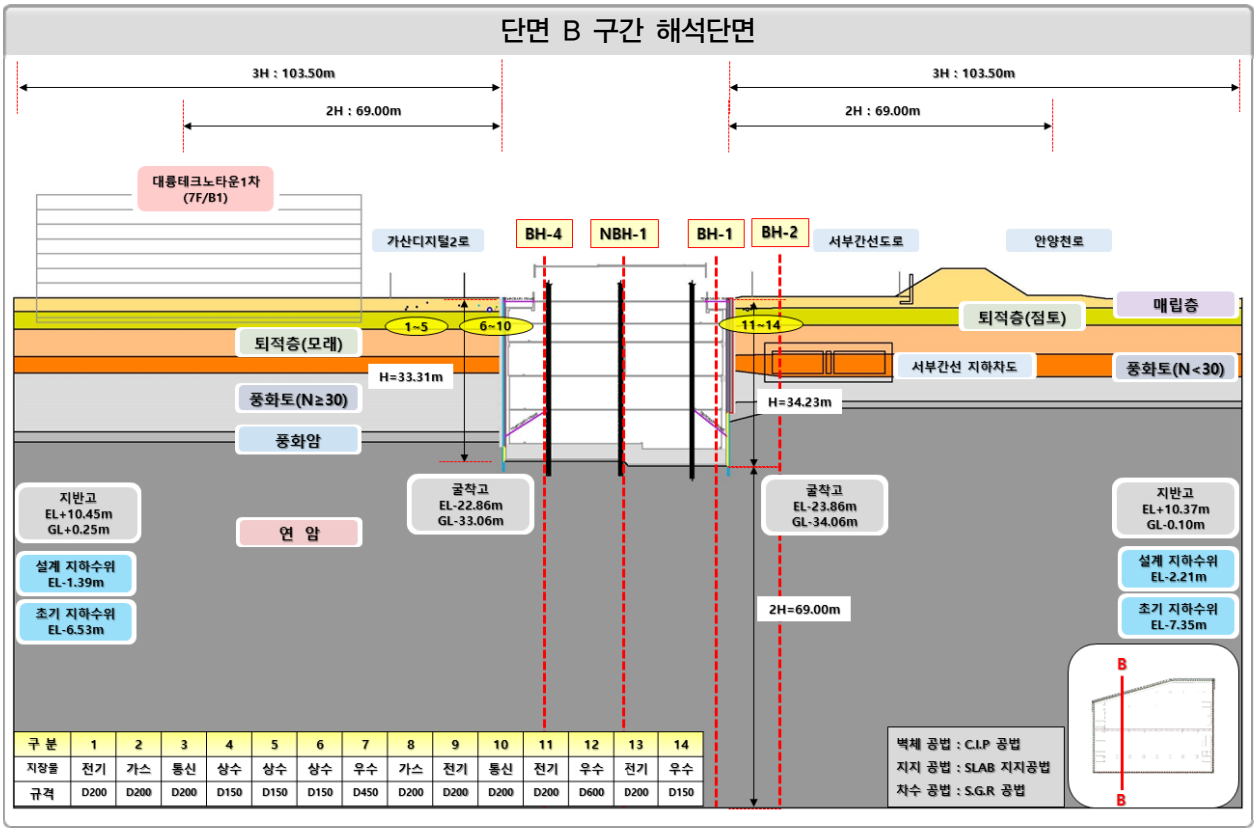
  B-B단면은 종방향 대표단면으로 굴착심도(33.31m ~ 34.23m)를 포함하고, 인접건물 및 지하매설물 지하매설물(상수관, 우수관, 전력관, 가스관, 통신관), 인접도로(서부간선도로, 가산디지털2로), 개통예정인 서부간선 지하차도가 위치한다.
- 사업부지와 인접하여 도로 및 지하매설물(상수관, 우수관, 전력관, 가스관, 통신관) 및 지하구조물(서부간선도로 지하차도)은 해석단면에 모델링하여 향후 굴착공사시 지장물로 위치할 것으로 가정하여 안정성을 검토하였다.

해석단면 위치 평면도



해석영역 B–B

단면 B 구간 해석단면



단면 B 구간 유한요소 해석단면

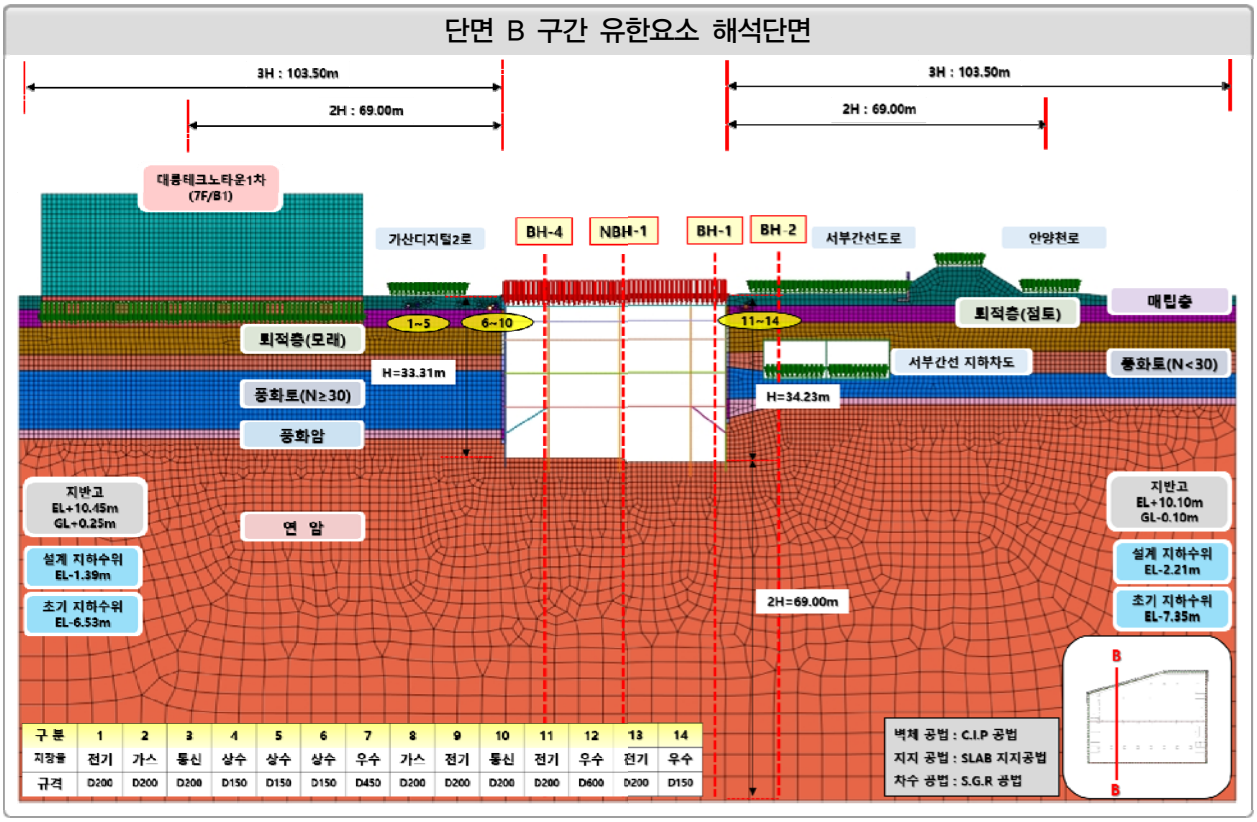
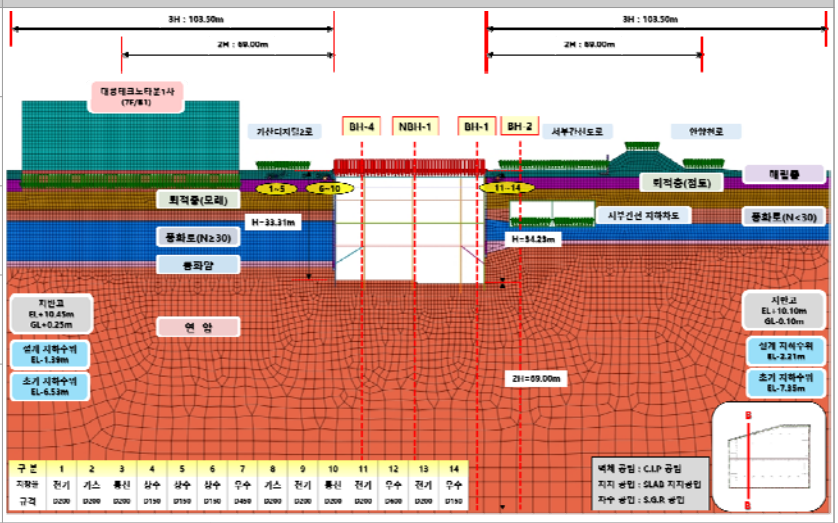


표 6.2 해석단면 현황

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	

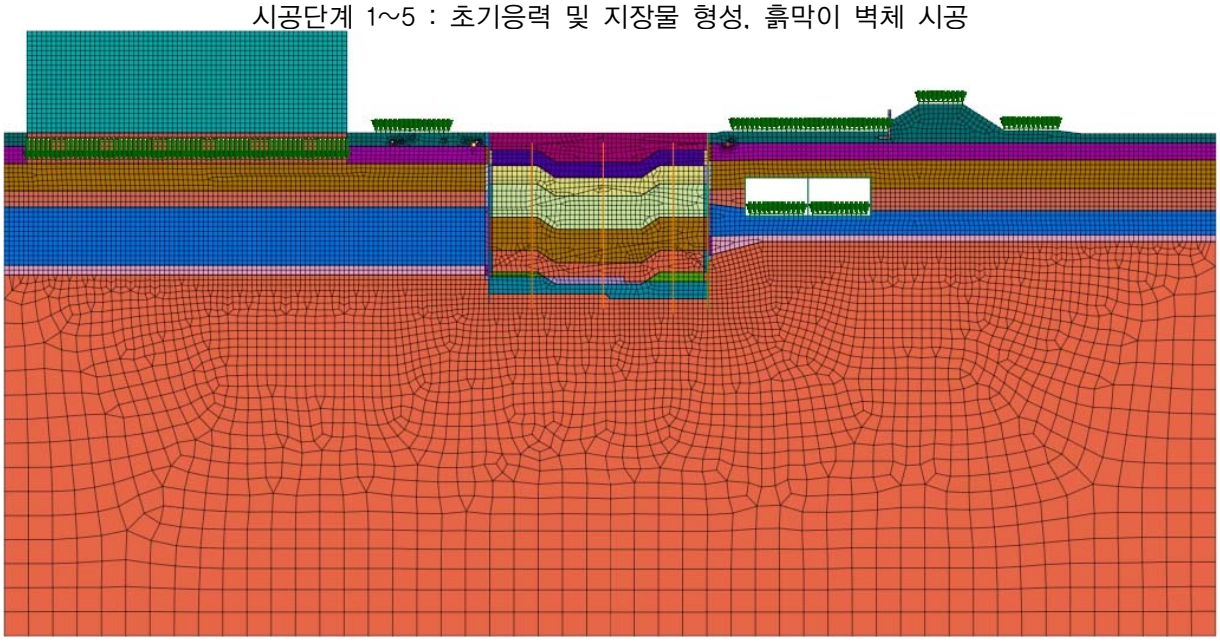
- 좌측
  - –. 대륭테크노타운 1차(7F/B1) = 131.0kN/㎡
    → 지하2층(30.0kN/㎡×1층)
    + 지상1층(15.0kN/㎡)
    + 지상층(2~6층 14.0kN/㎡×5층)
    + 최상층(16.0kN/㎡)
  - –. 가산디지털2로 = 12.7 kN/㎡

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

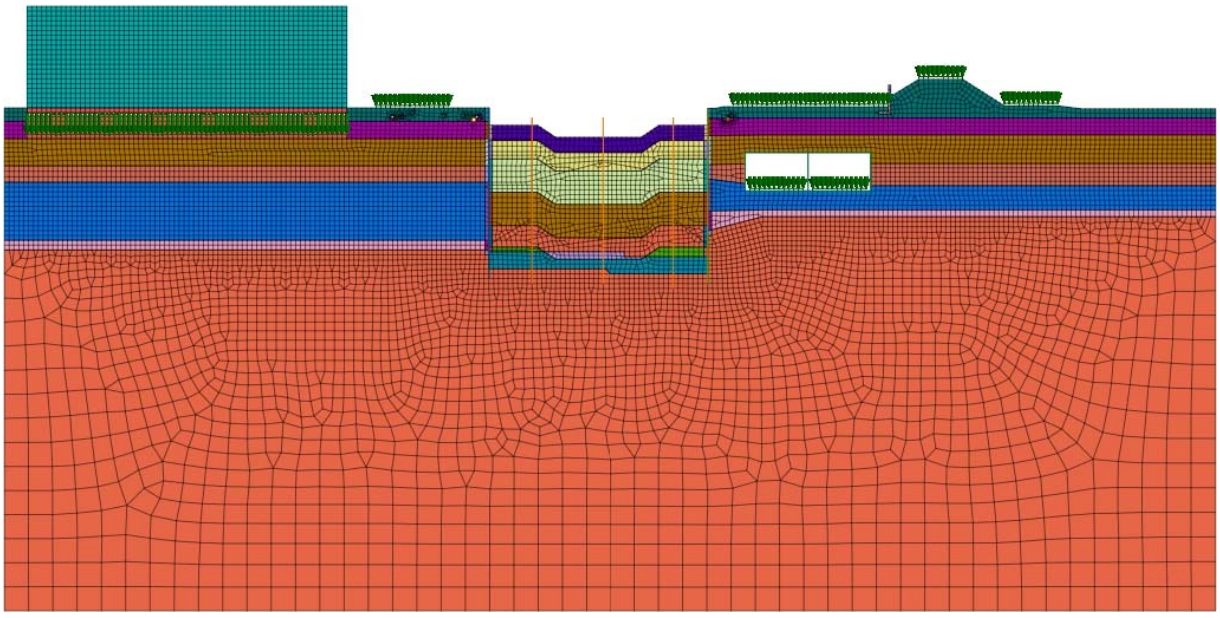
☑ 시공단계 B–B

단면 B–B 구간 단계별 해석 모델링

시공단계 1~5 : 초기응력 및 지장물 형성, 흙막이 벽체 시공

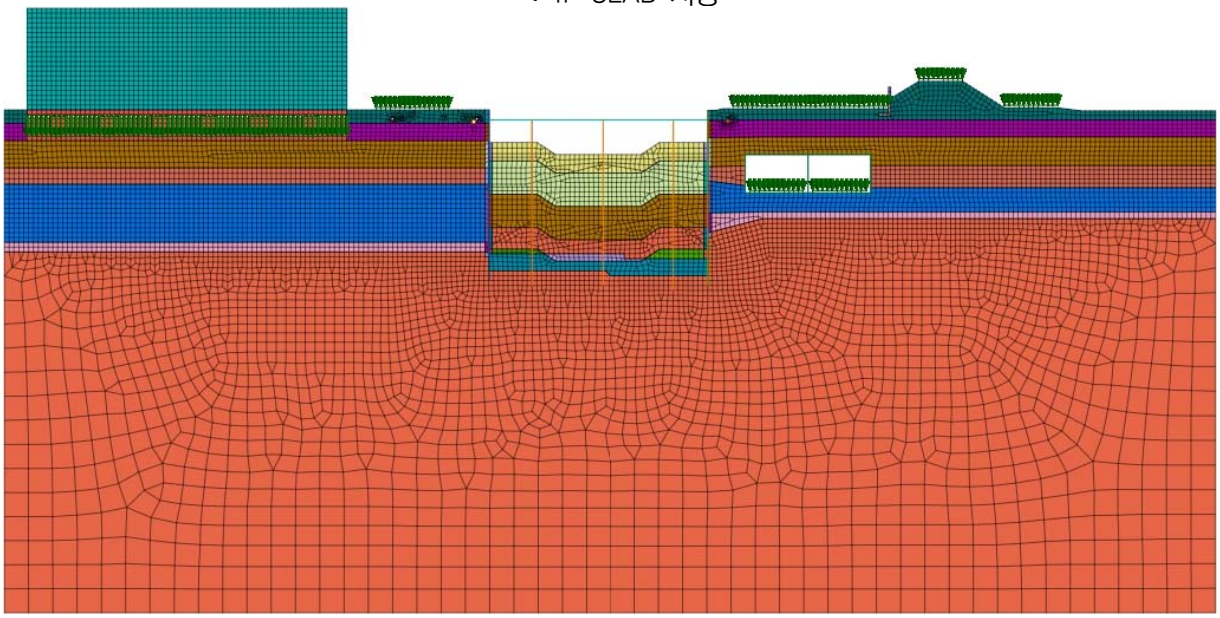


시공단계 6 : 1단 굴착 응력해석

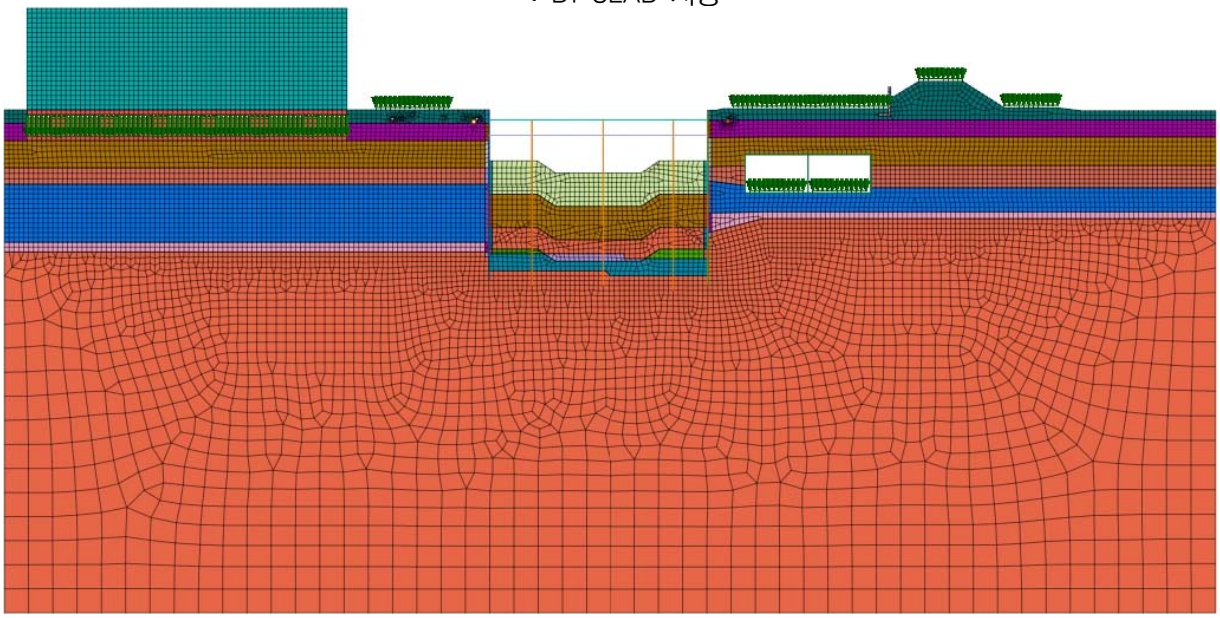


단면 B–B 구간 단계별 해석 모델링

시공단계 7 : 2단 굴착 응력해석
: 1F SLAB 시공

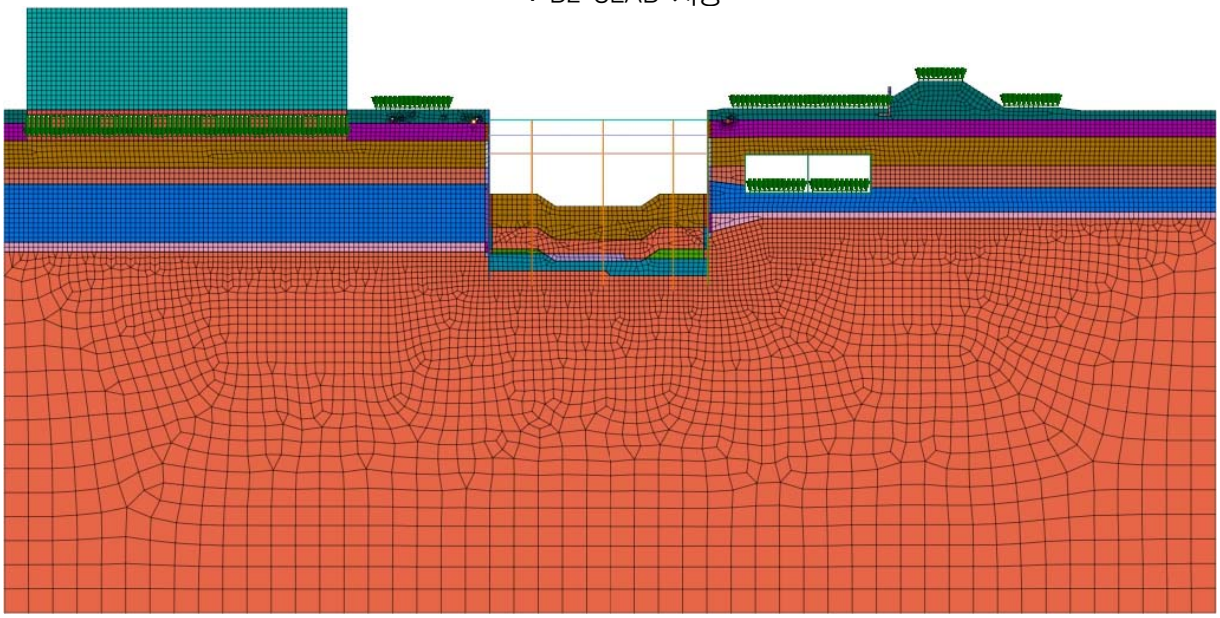


시공단계 8 : 3단 굴착 응력해석
: B1 SLAB 시공

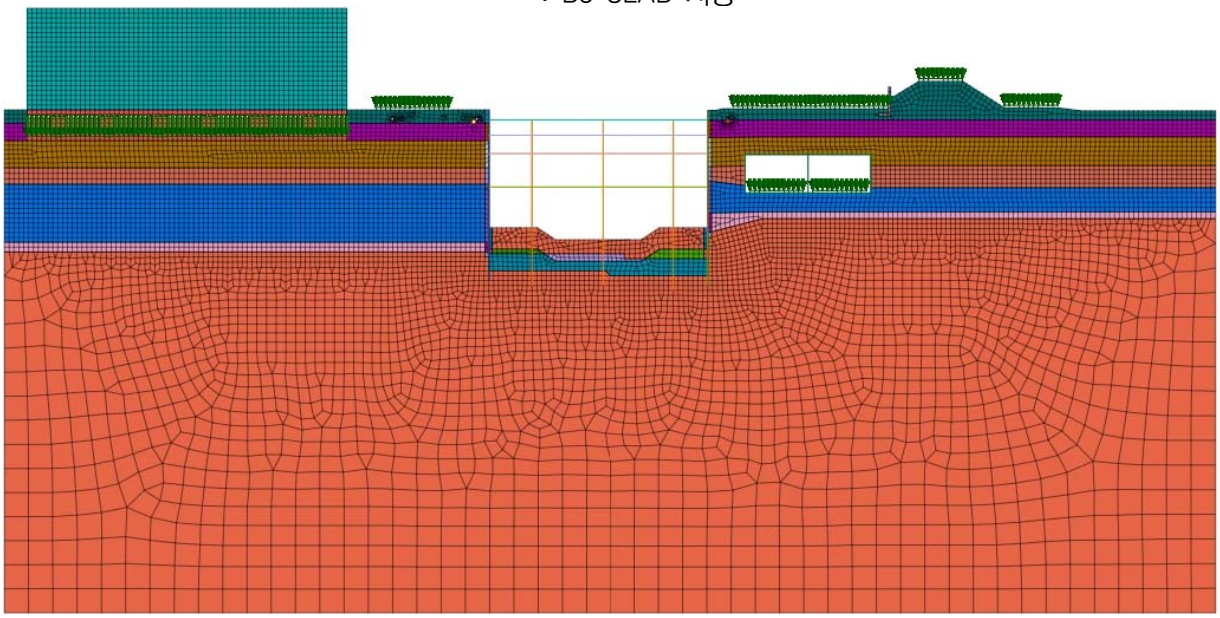


단면 B–B 구간 단계별 해석 모델링

시공단계 9~10 : 4단 굴착 침투 및 응력해석
: B2 SLAB 시공

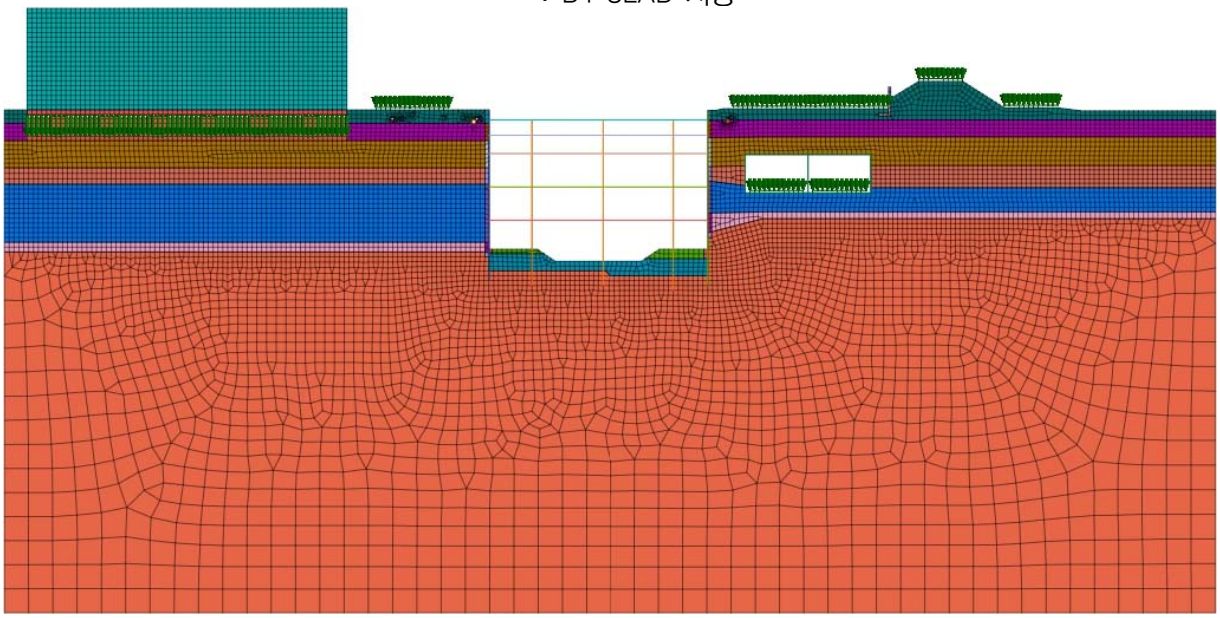


시공단계 11~12 : 5단 굴착 침투 및 응력해석
: B3 SLAB 시공

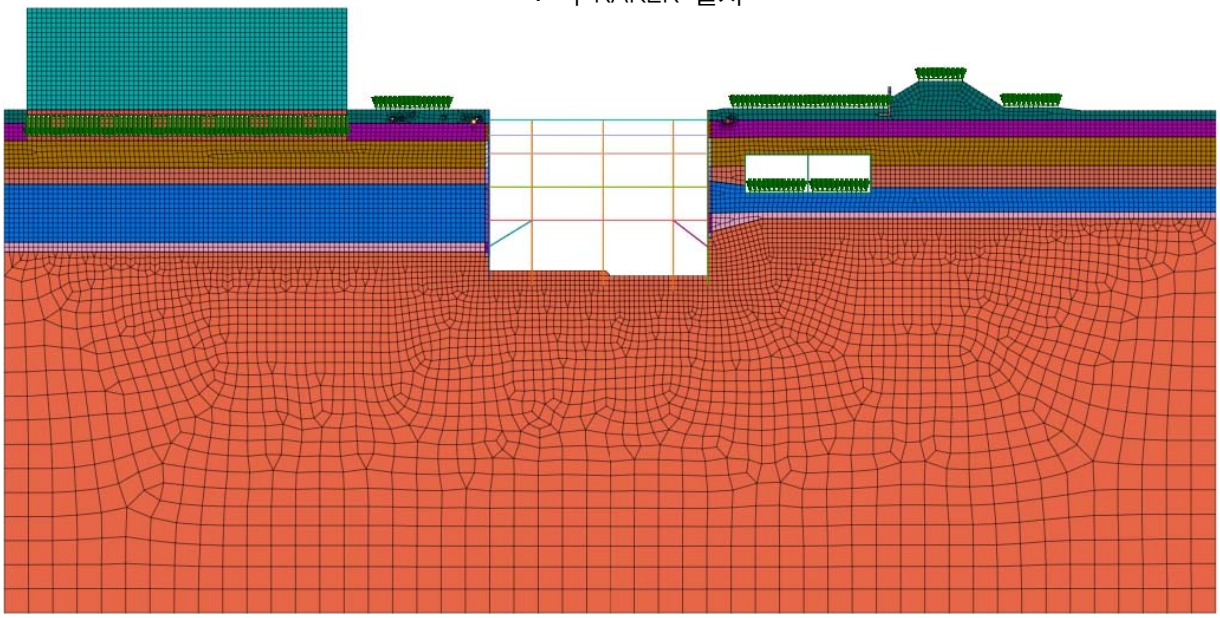


단면 B–B 구간 단계별 해석 모델링

시공단계 13~14 : 6단 굴착 침투 및 응력해석
: B4 SLAB 시공

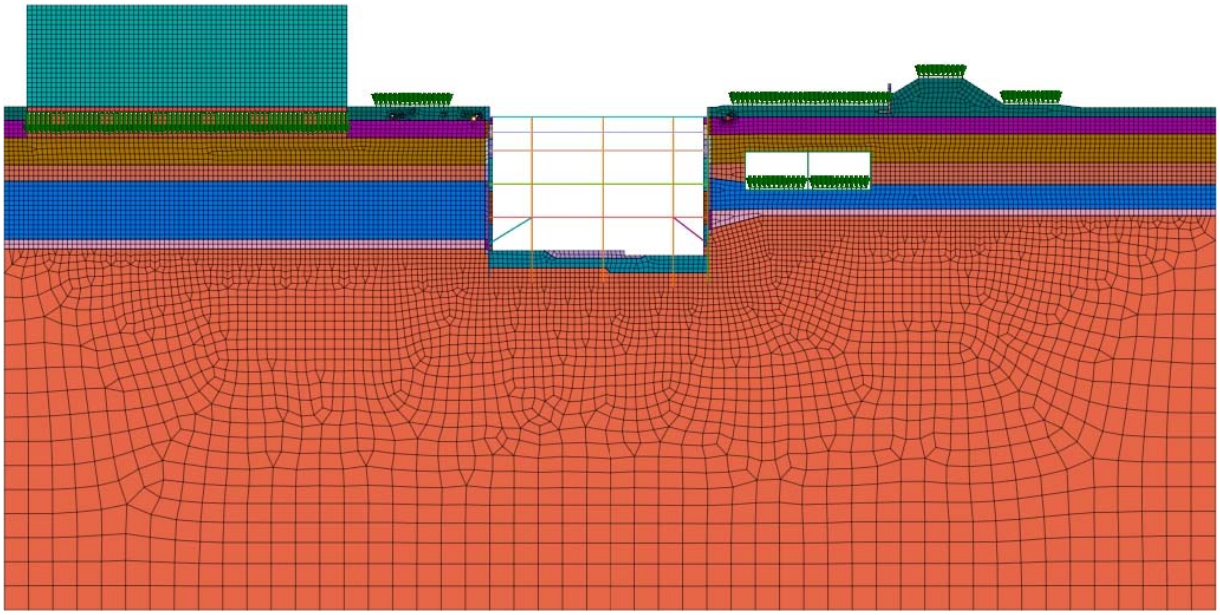


시공단계 15~16 : 7단 굴착 침투 및 응력해석
: 역 RAKER 설치

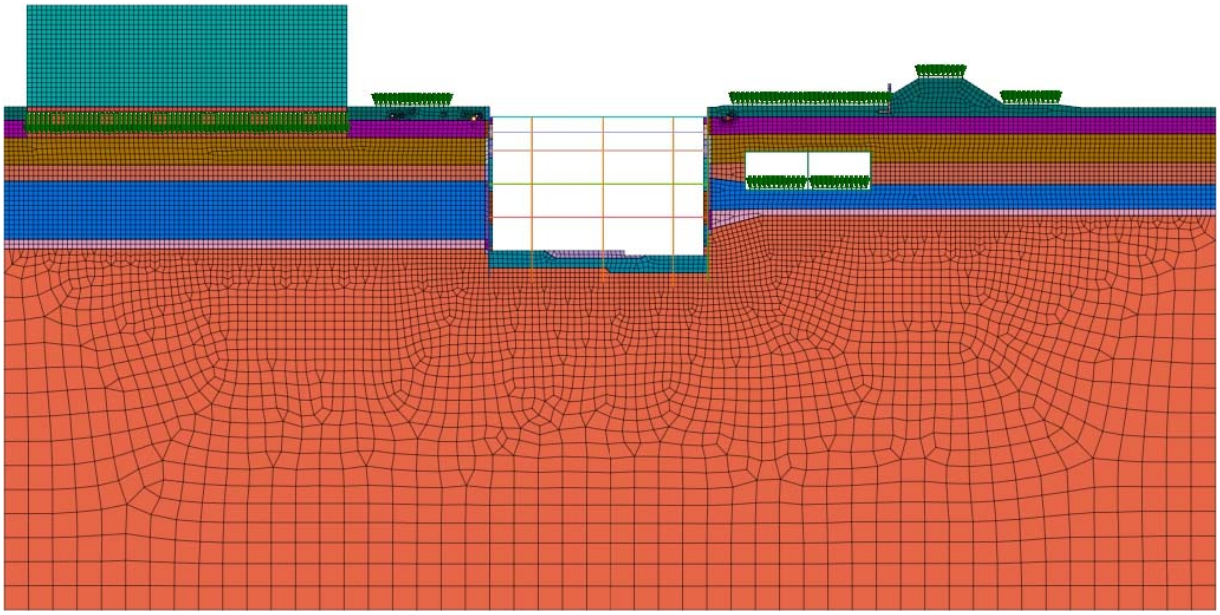


단면 B–B 구간 단계별 해석 모델링

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

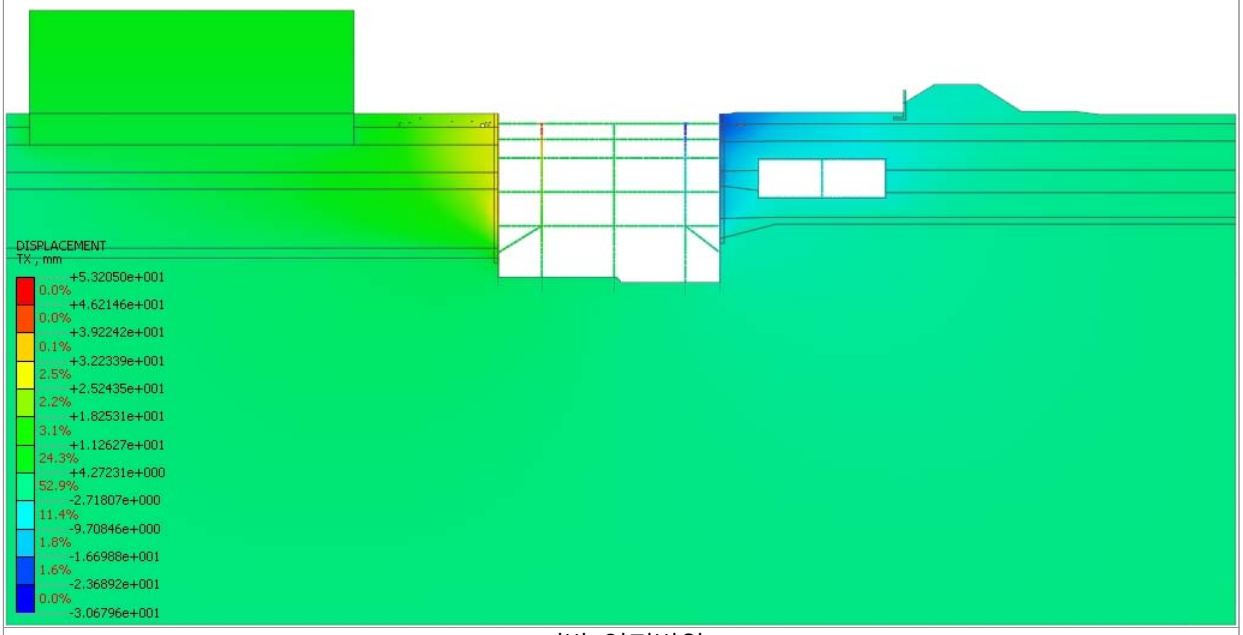
표 6.22 인접도로 침하량 검토 결과

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

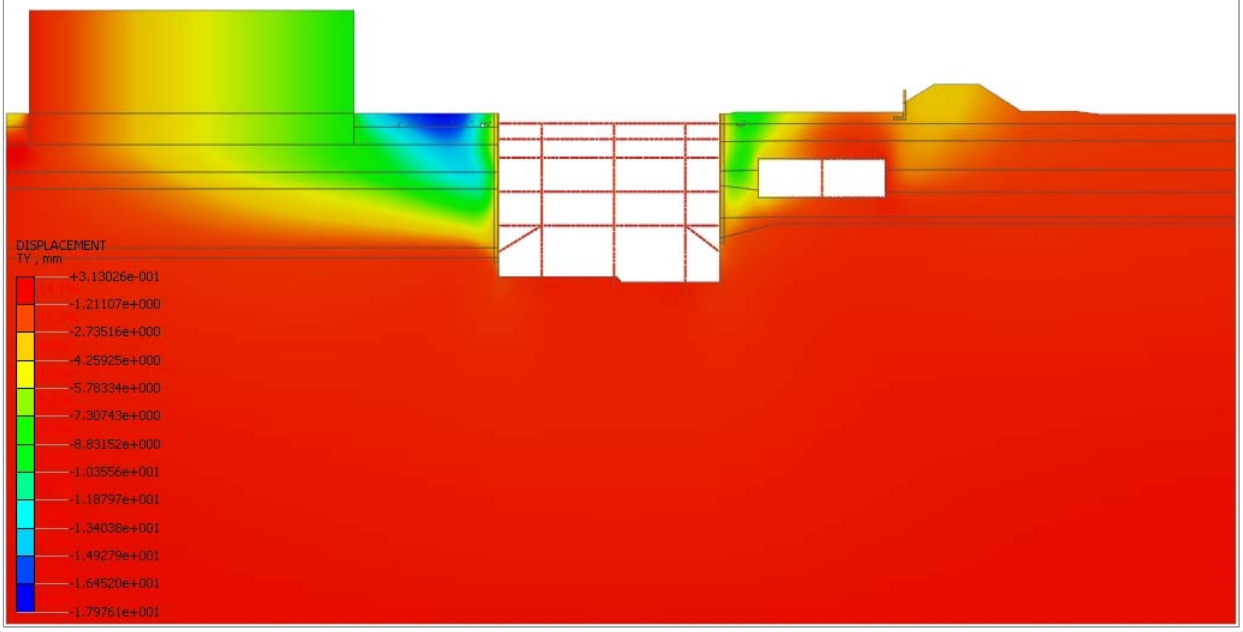
☑ 해석성과물 B-B

단면 B-B 구간 해석결과

지반 수평변위

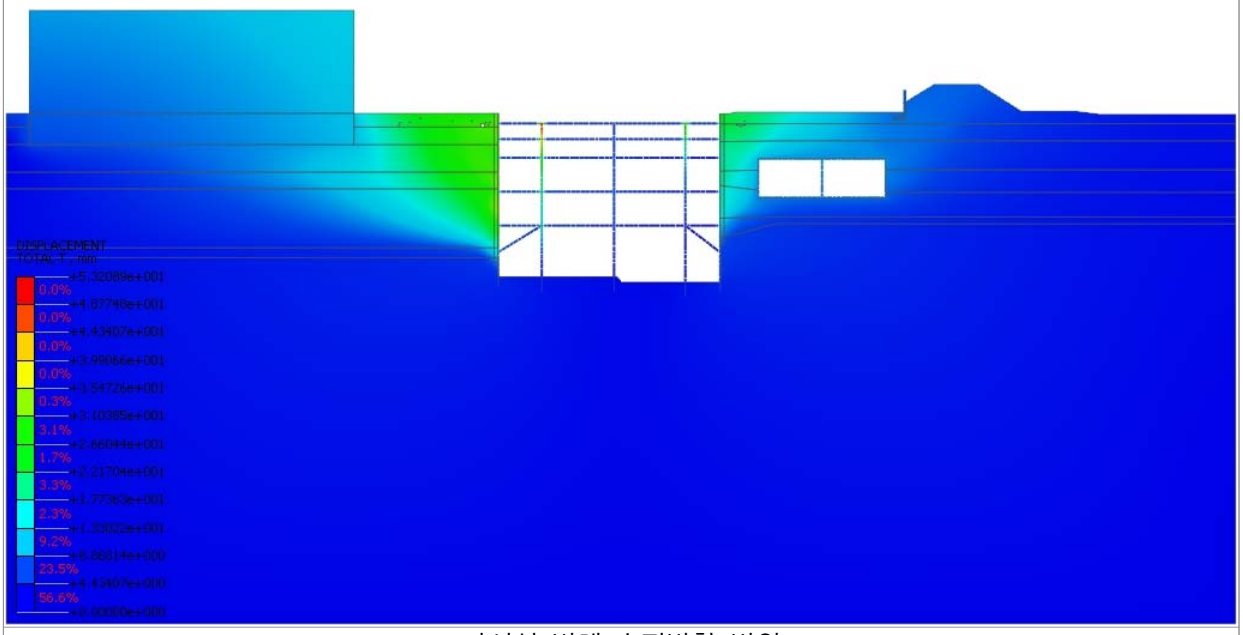


지반 연직변위

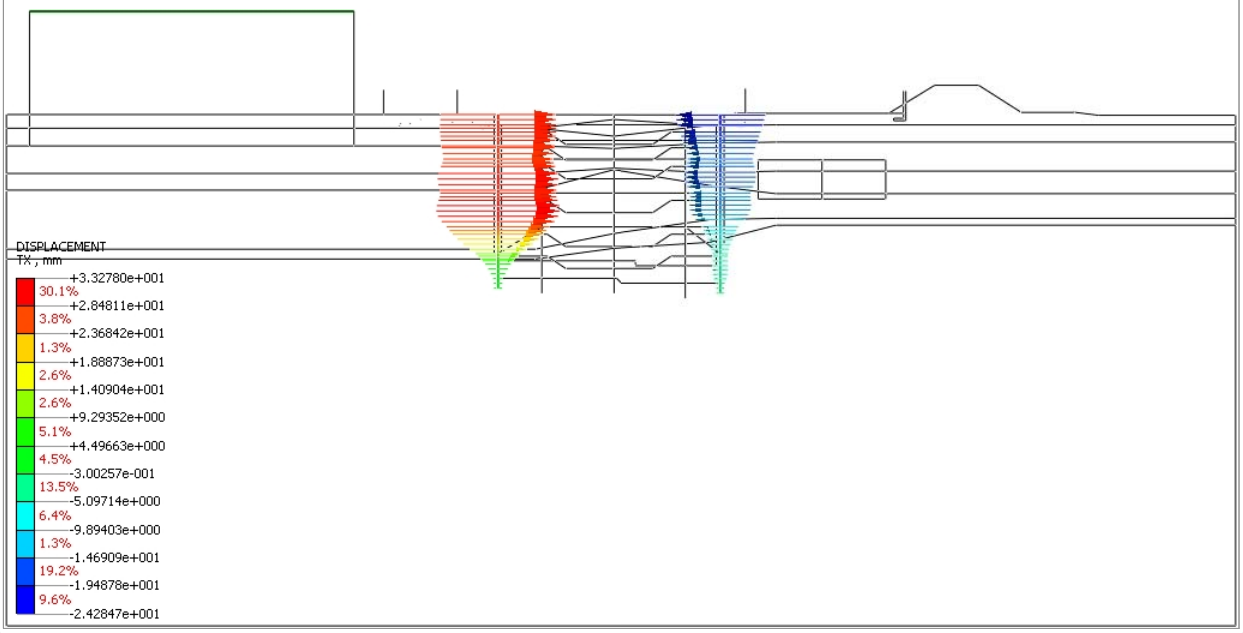


단면 B–B 구간 해석결과

지반 합변위

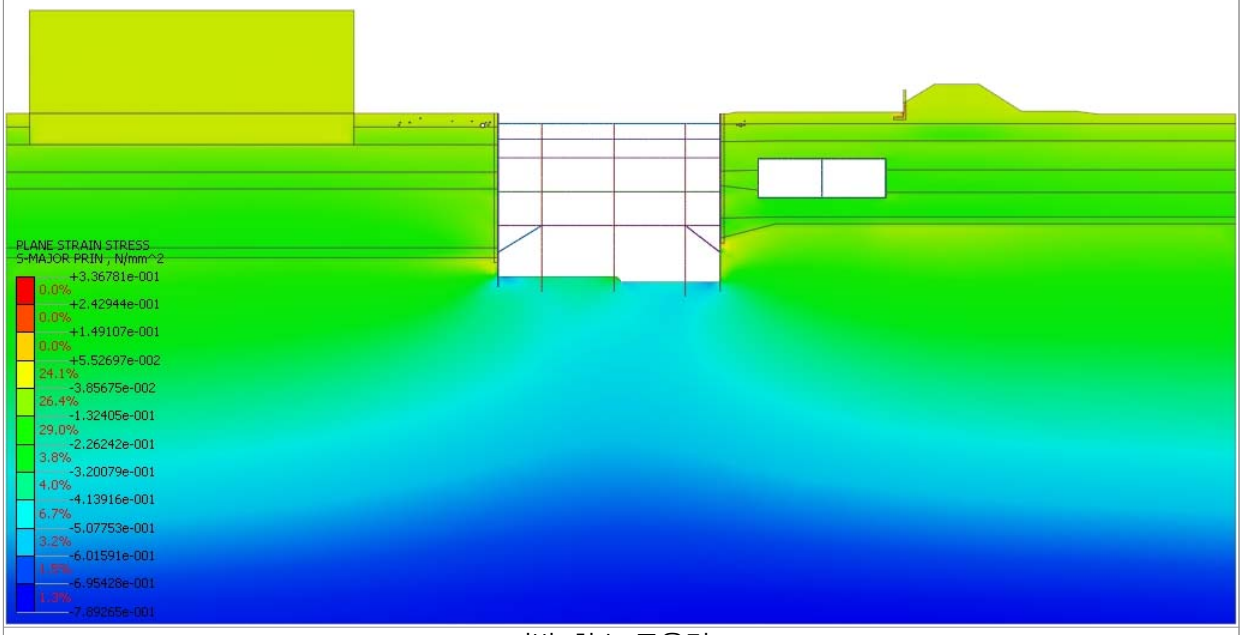


가시설 벽체 수평방향 변위



단면 B–B 구간 해석결과

지반 최대 주응력도



지반 최소 주응력도

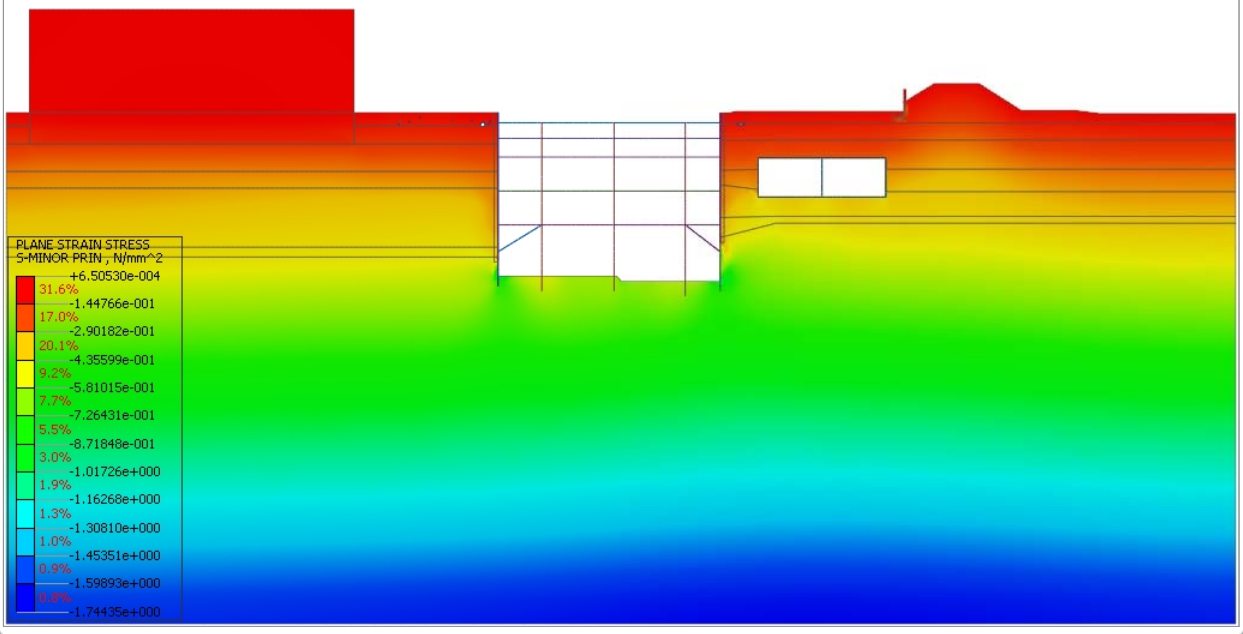
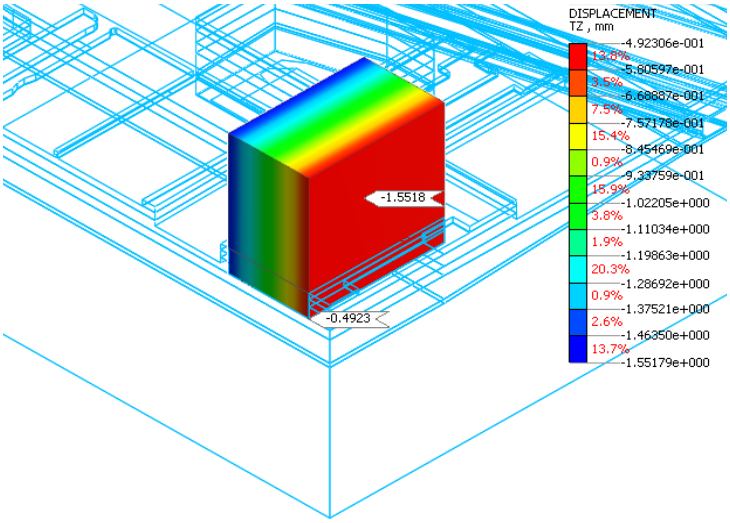
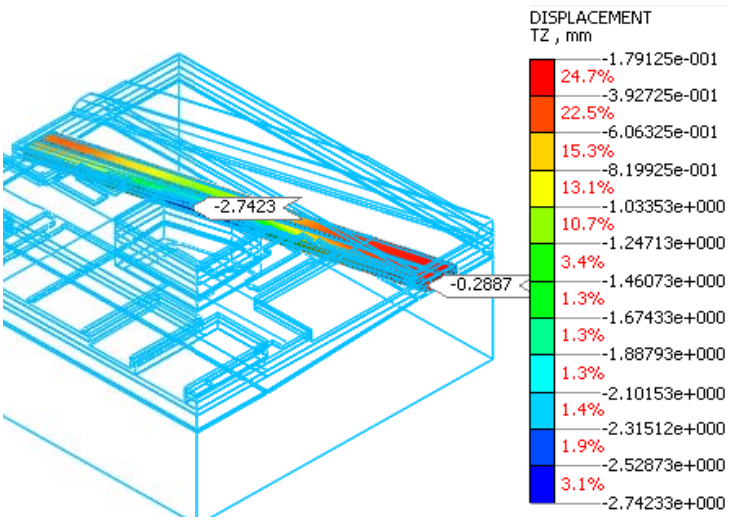
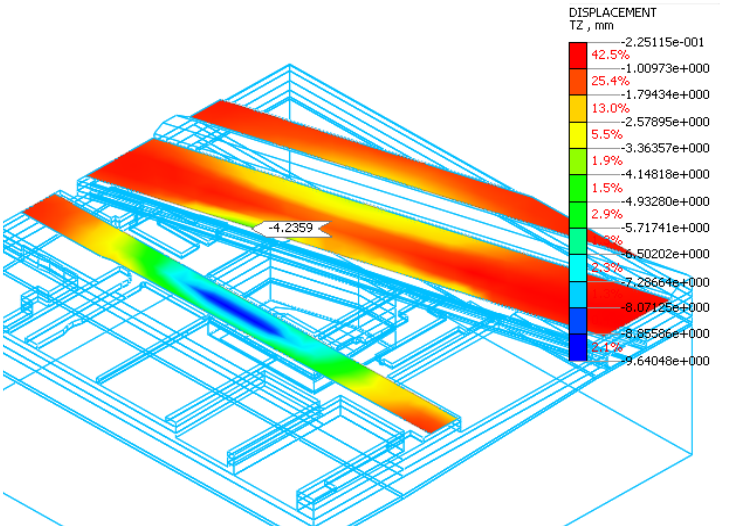


표 6.23 과업구간 개요

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)

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

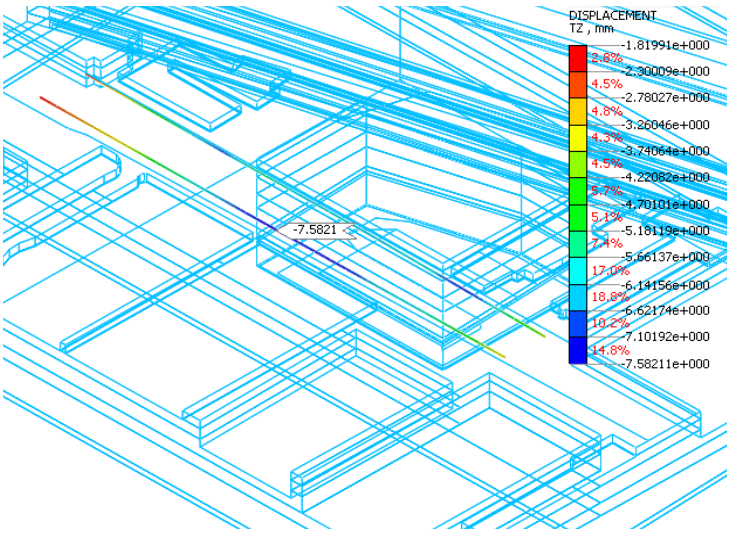
구분	건물명	3차원 수치해석 침하량 결과	층수 (지상/지하)	최대 변위량
관로5	통신선로		–	Max 7.5821mm

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

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	–	–

☑ 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

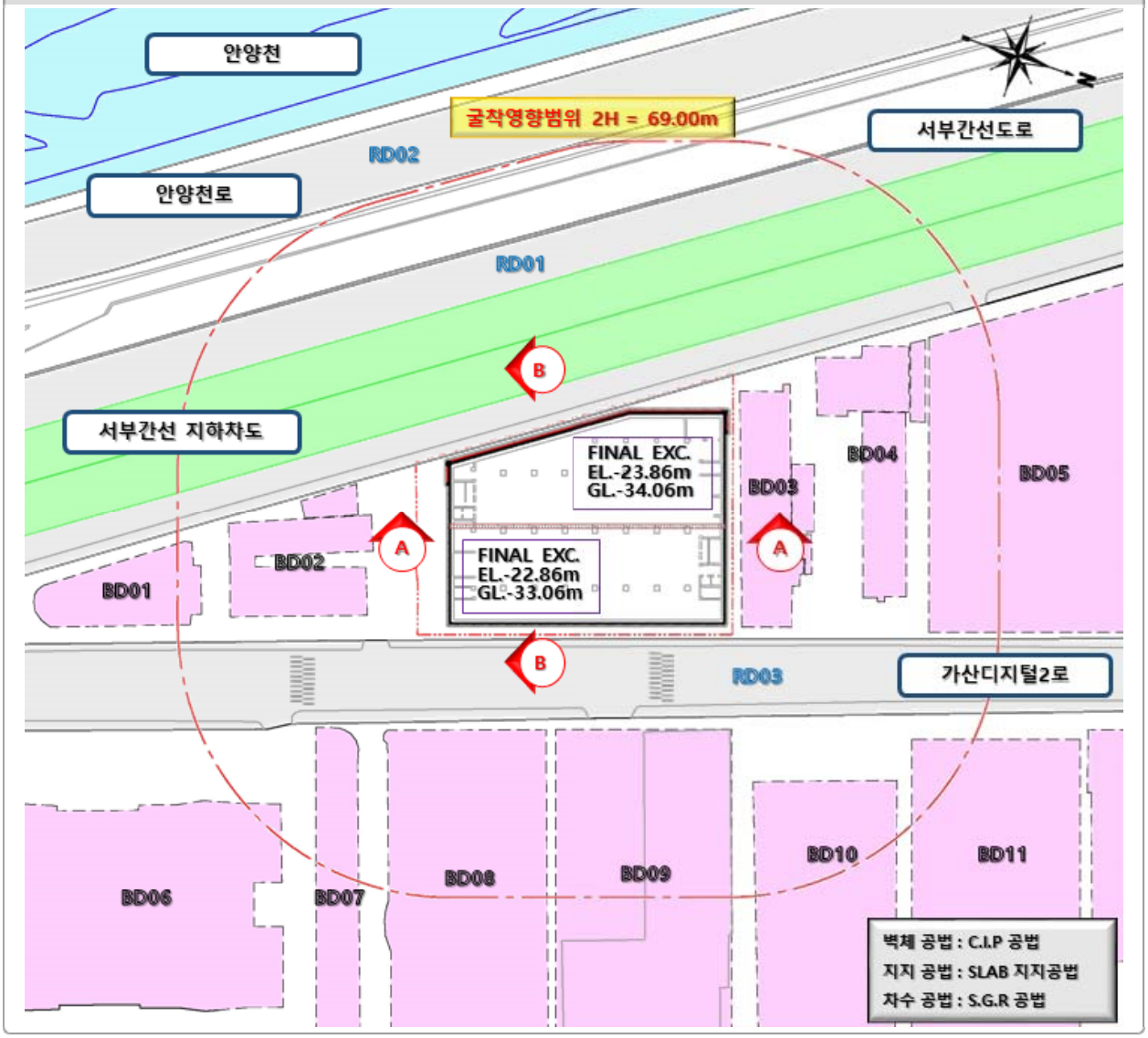
지 층	단위중량 (kN/㎥)	점착력 (kPa)	마찰각 (°)	수평지반 반력계수 (kN/㎥)
매립층	18.0	**18.0***	**27.0***	18,000
퇴적층(점토)	17.0	24.0	0.0	11,000
퇴적층(모래)	18.0	**22.0***	**24.0***	25,000
풍화토(N<30)	19.0	**16.0***	**26.0***	23,000
풍화토(N≥30)	19.0	20.0	28.0	30,000
풍화암	20.0	**30.0***	**31.0***	33,000
기반암(연암)	**26.0***	130.0	33.0	58,000

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

6.3.2 평가 결과

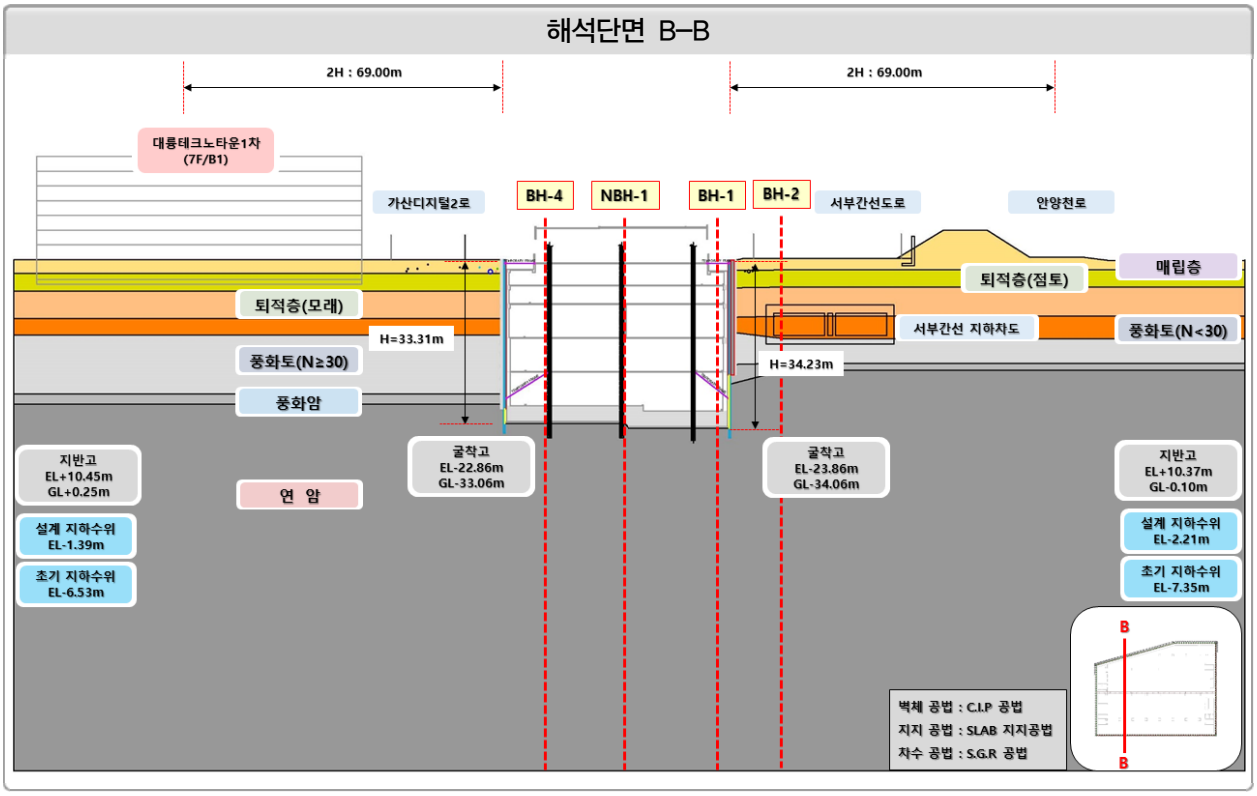
☑ 단면별 구조검토

해석 단면 위치도



단면 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

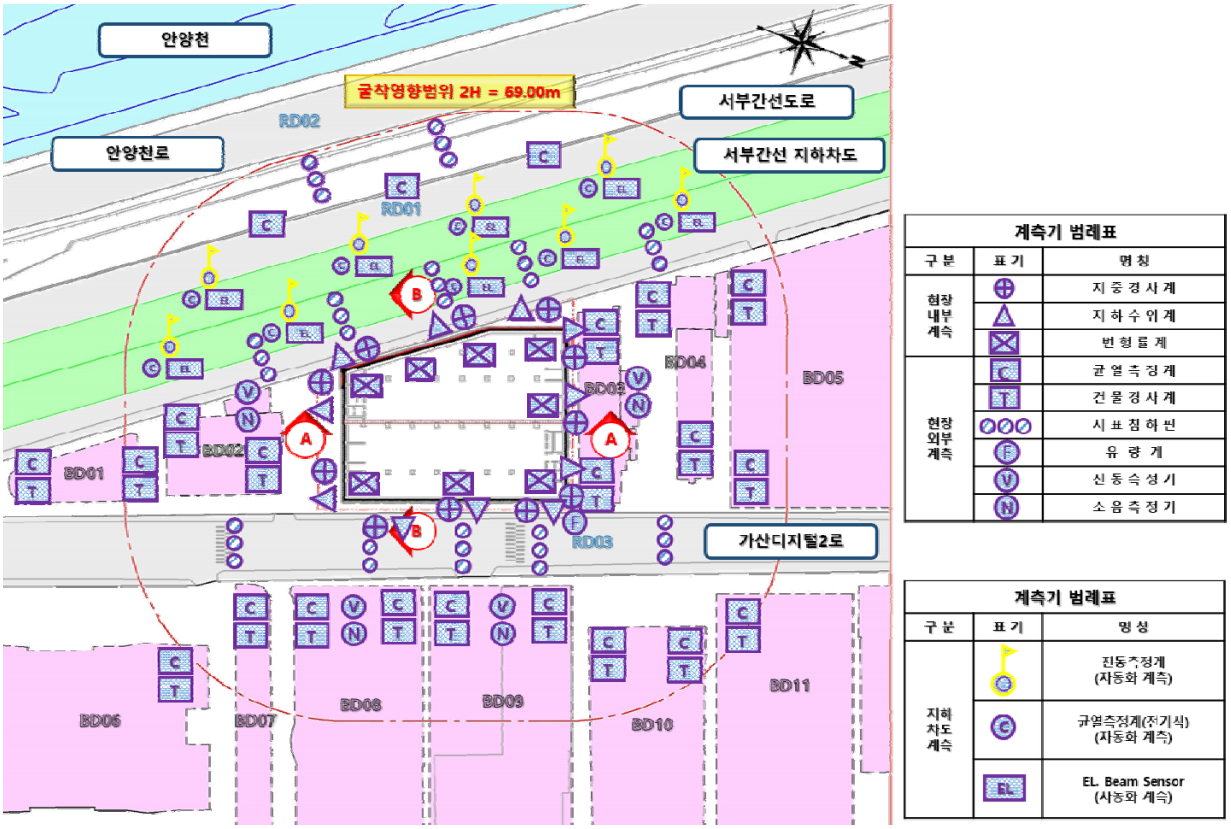
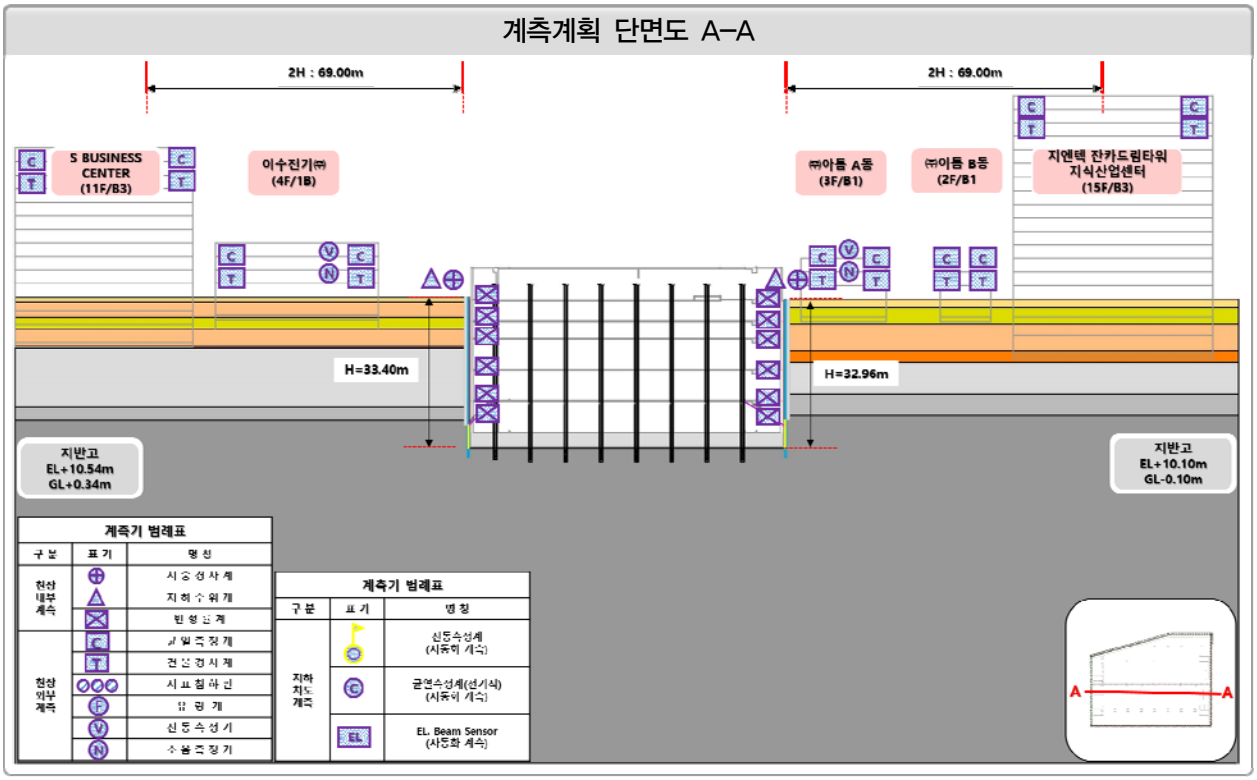


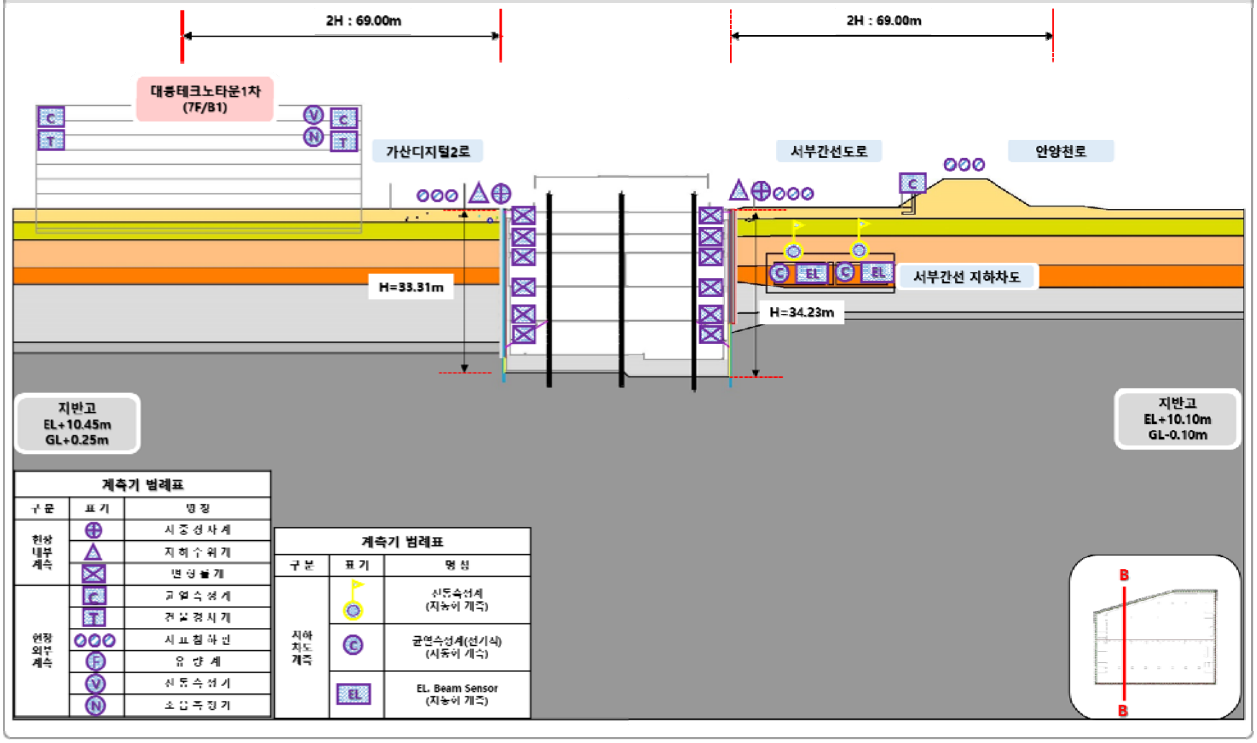
표 7.5 계측기 수량 현황

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

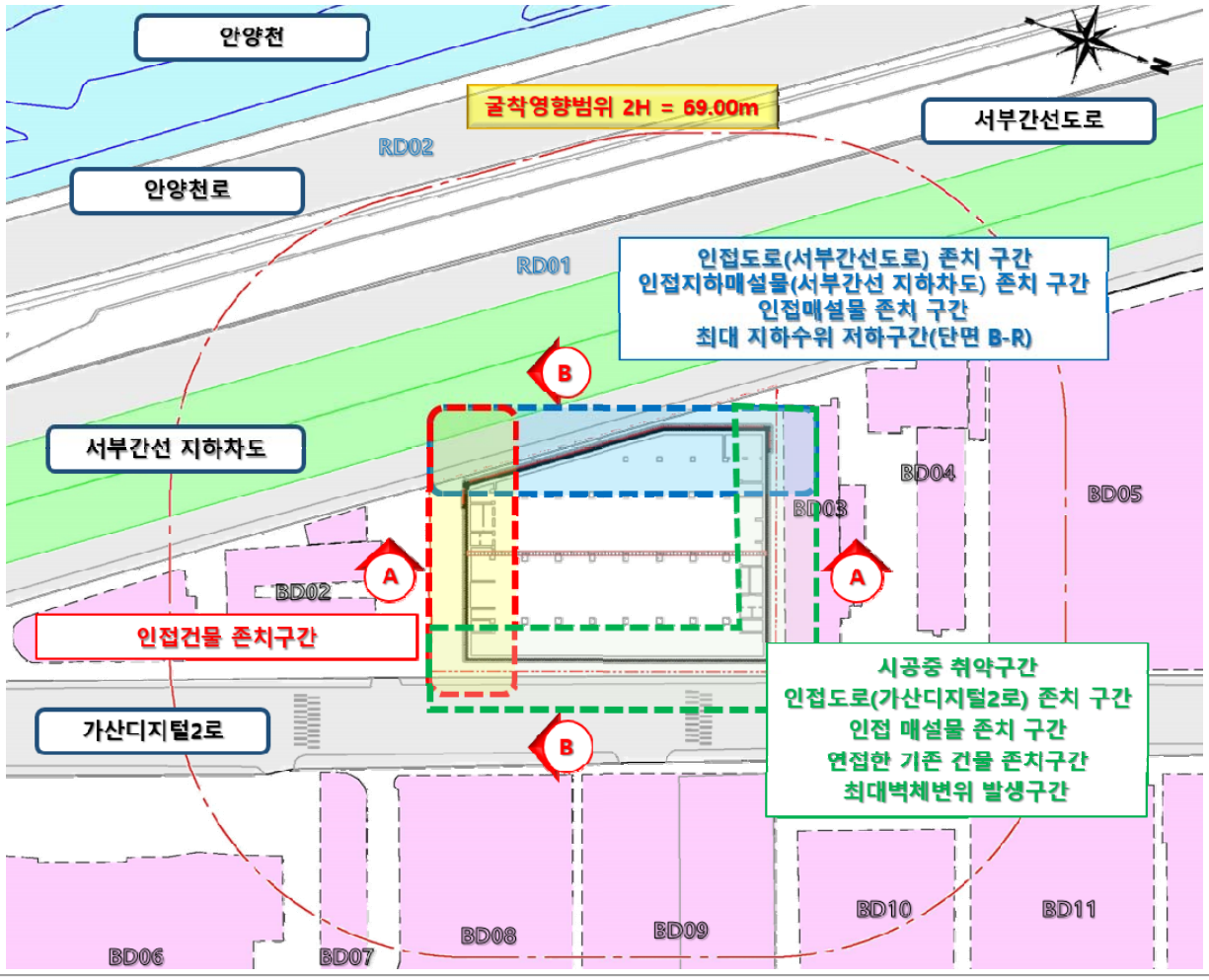
7.2.1 지반침하 취약구간 선정

- 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

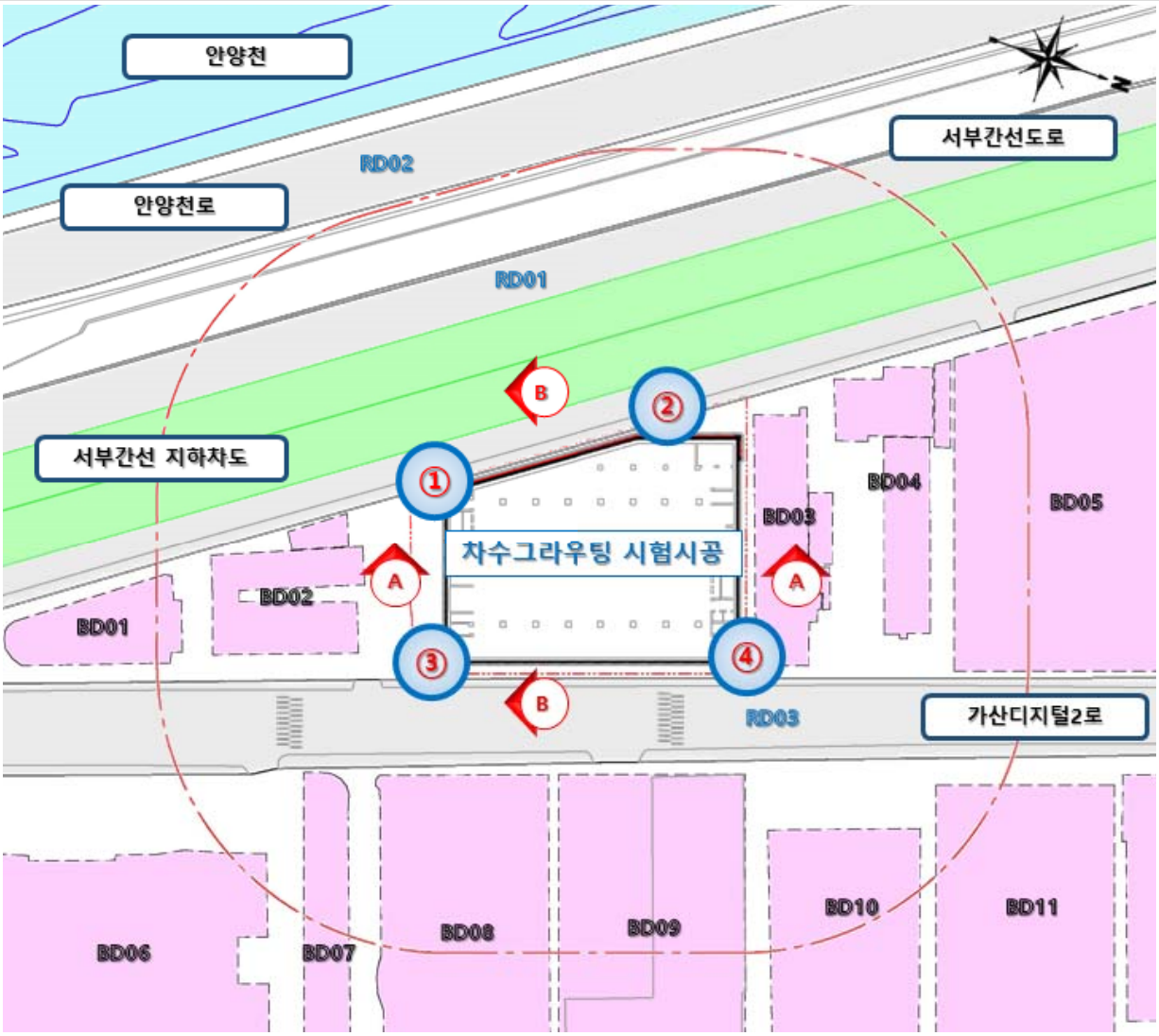
  – 주입시공에 의해 개량된 지반의 효과 확인 방법은 여러 가지 방법이 있으나, 일반적으로 차수공법의 직접적인 확인 방법으로 투수시험 및 시료 샘플링(채취), 터파기를 통한 반응시험 등이 있다.

  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.

☑ 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.

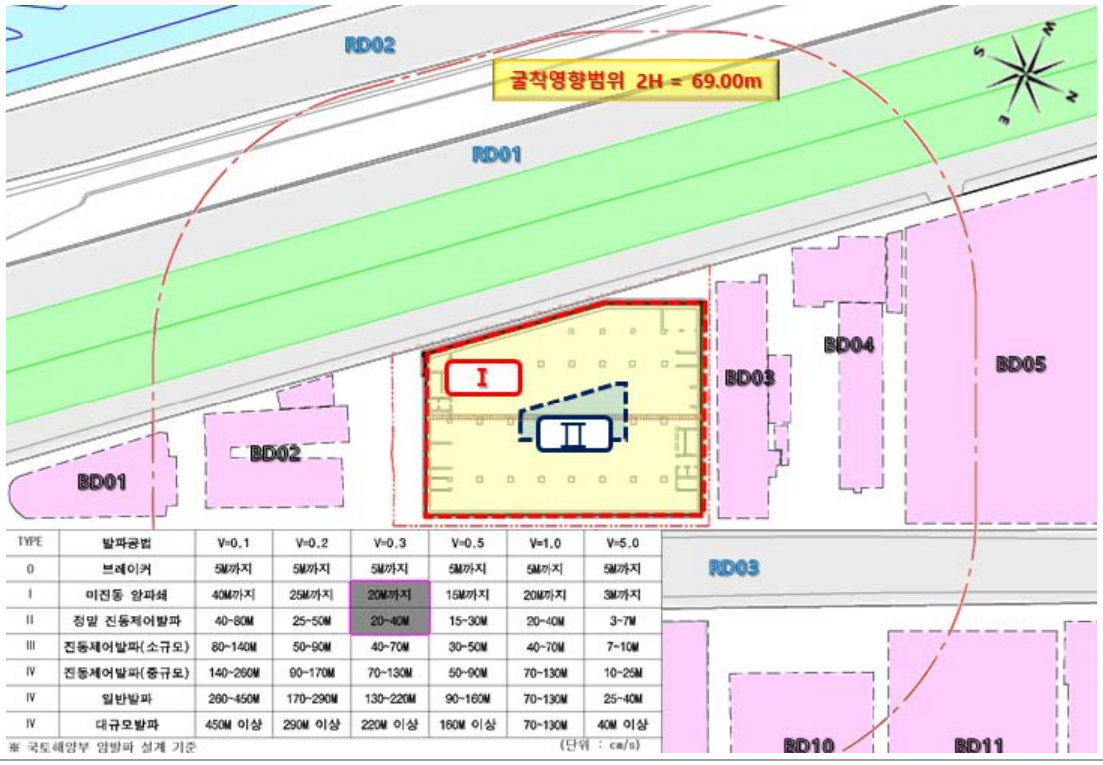
과업구간 암반굴착 현황검토

• 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

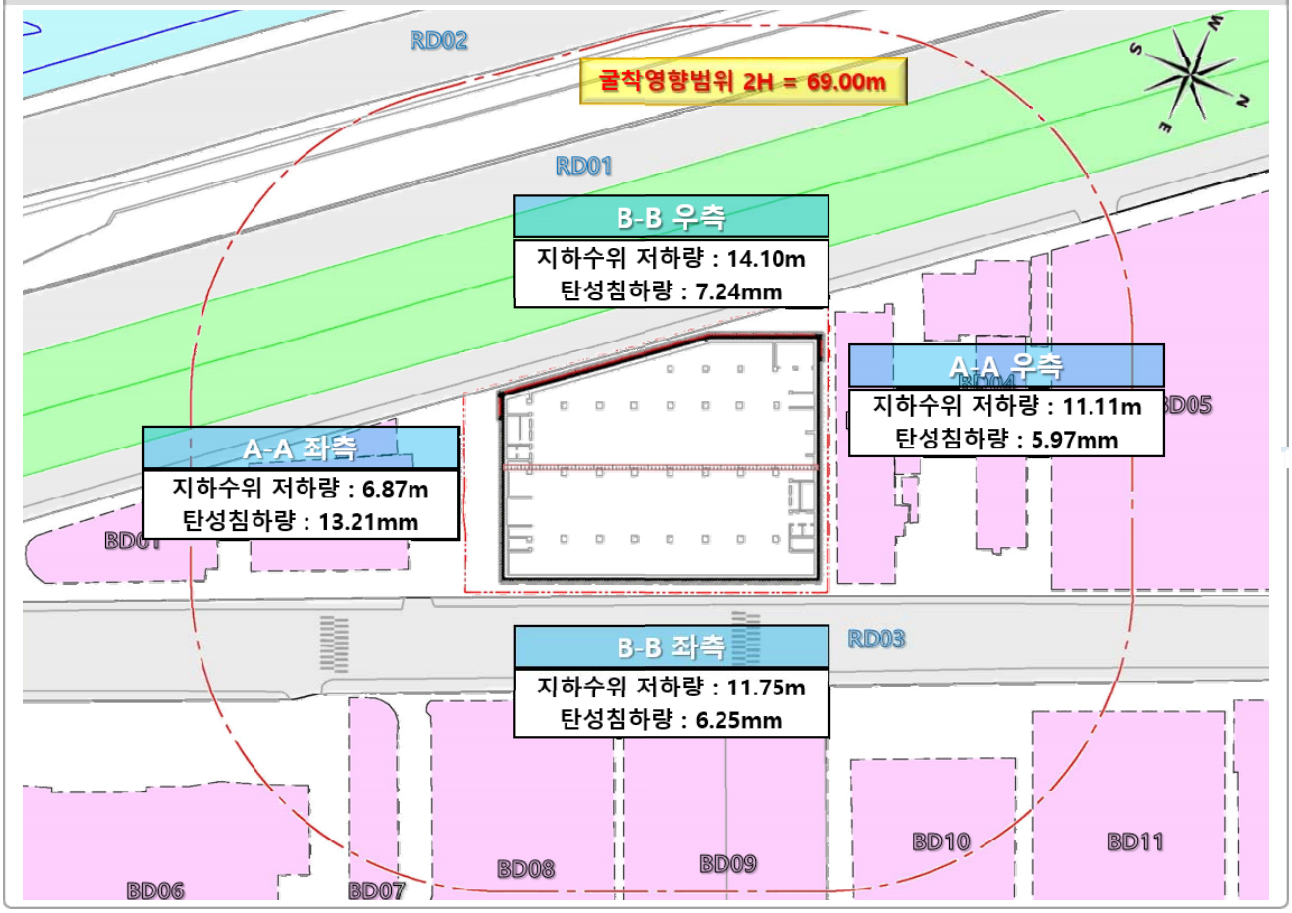
– 대상사업 대표구간의 설계지하수위는 각 단면별 관측지하수위에 최대 상승폭 5.14m를 적용함.

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.

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

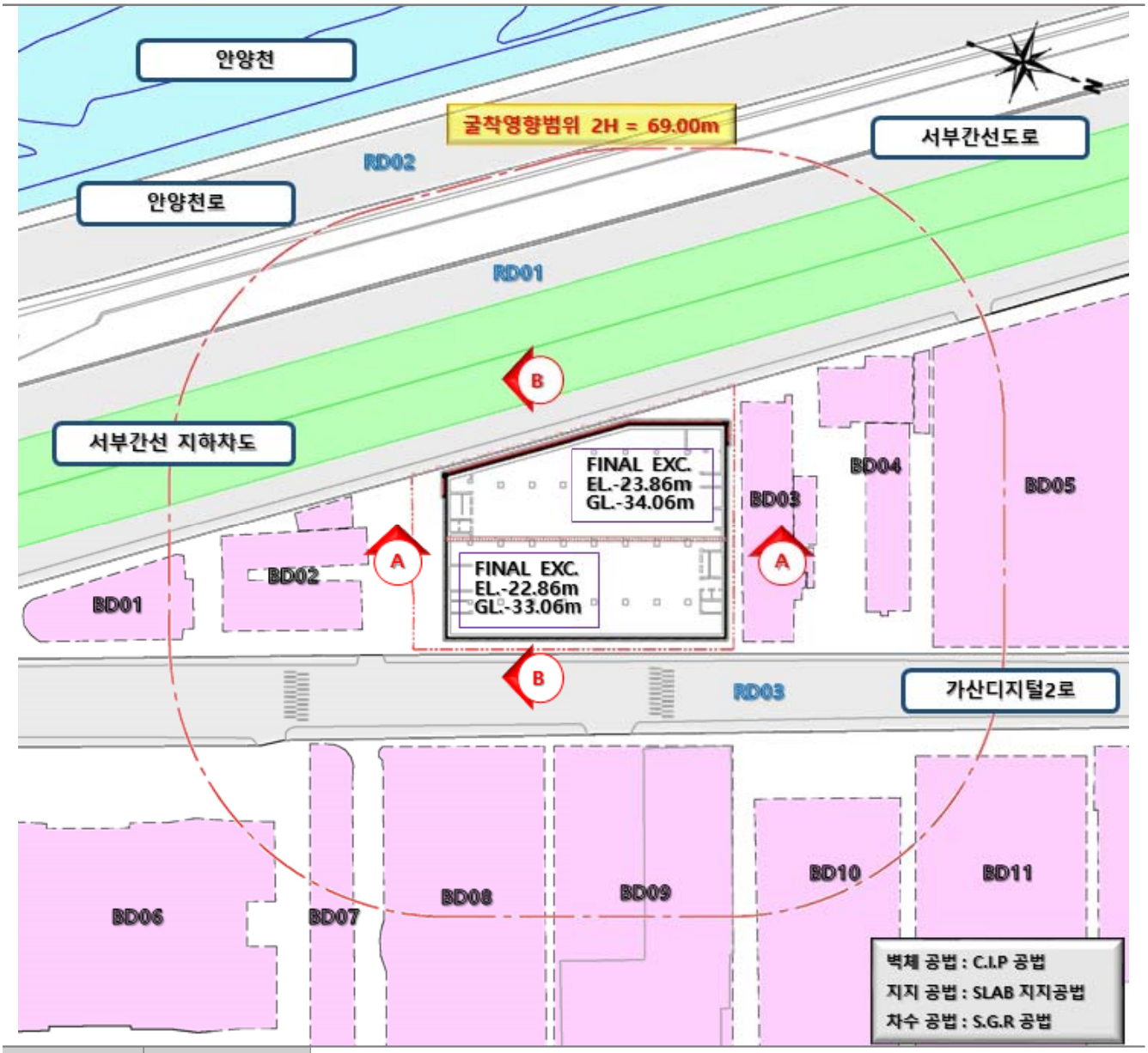
참고자료

11.1 요약표

11.2 지하안전영향평가 체크리스트

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	-