

사후지하안전영향조사서

표준매뉴얼

2020. 6



국토교통부



제1장 요약문	1
1.1 사업의 내용	1
1.2 시공현황 분석	1
1.3 지반 및 지질 현황	1
1.4 지하수 변화에 의한 영향	1
1.5 지반안전성	1
1.6 지하안전확보방안 적정성 및 이행여부 검토	1
1.7 종합결론	1
 제2장 대상사업의 개요	 3
2.1 사업의 배경 및 목적	3
2.1.1 사업의 배경	3
2.1.2 사업의 목적	3
2.2 사업 현황	4
2.2.1 사업 개요	4
2.2.2 지하안전영향평가 추진경위	7
2.3 사후지하안전영향조사 실시근거	8
2.3.1 사후지하안전영향조사 실시 기준	8
2.3.2 사후지하안전영향조사 실시 시기	9
2.3.3 사후지하안전영향조사 제출 시기	10
2.4 굴착공사 개요	12
2.4.1 굴착 공법	12
2.4.2 주요 변경사항	14
2.5 시공이력 분석	15
2.5.1 굴착공사 기간	15
2.5.2 작업일보 분석	16
2.5.3 시공 현장 사진 분석	17
2.6 시공내용 분석	18
2.6.1 주요 변경사항 분석	18
2.6.2 흙막이 가시설 시공내용	20
2.6.3 계측기 시공내용	21
2.6.4 복공 시공내용	23
 제3장 대상지역의 설정	 25
3.1 조사대상 지역 설정	25
3.1.1 하수 변화에 의한 영향 평가를 위한 대상지역 설정	25
3.1.2 반안전성 평가를 위한 대상지역 설정	29
3.2 조사대상 시설물 설정	34
3.2.1 시설물 현황	34
3.2.2 대상사업 현황분석	35
3.2.3 구조물 설정	36

3.2.4 지하매설물 설정	41
 제4장 지반 및 지질 현황	 45
4.1 지반 및 지질현황 분석	45
4.1.1 조사내용	45
4.1.2 설계지반정수	49
4.2 지하물리탐사	50
4.2.1 지하물리탐사 개요	50
4.2.2 지하물리탐사 결과	51
4.2.3 탐사결과 분석	52
4.3 지하매설물 CCTV 조사	53
4.3.1 지하매설물 CCTV 조사개요	53
4.3.2 지하매설물 CCTV 조사결과	54
4.3.3 조사결과 분석	55
 제5장 지하수 변화에 의한 영향 검토	 57
5.1 지하안전영향평가 결과 분석	57
5.1.1 기존자료 분석	57
5.1.2 광역지하수 흐름 분석	58
5.1.3 침투해석에 의한 지하수 흐름 분석	59
5.2 계측결과 분석을 통한 영향 검토	60
5.2.1 계측 개요	60
5.2.2 지하수위계	64
 제6장 지반안전성 검토	 67
6.1 지하안전영향평가 결과 분석	67
6.1.1 수치해석 결과 분석	67
6.1.2 탄·소성보 해석 결과 분석	68
6.2 계측결과 분석을 통한 영향 검토	69
6.2.1 계측 개요	69
6.2.2 지중경사계	72
6.2.3 지표침하계	73
6.2.4 변형률계 및 하중계	74
6.2.5 균열계 및 경사계	75
 제7장 지하안전확보방안 적정성 및 이행여부 검토	 77
7.1 지하안전확보방안 적정성 분석	77
7.1.1 계측기 설치 적정성	77
7.1.2 계측결과 적정성	80
7.1.3 계측관리기준 초과 시 조치결과	83

목 차

7.2 협의내용 이행여부 검토	84
7.2.1 주요 협의내용 이행결과	84
7.2.2 차수그라우팅 시험시공 결과	86
7.2.3 시험발파 결과	87
제8장 종합평가 및 결론	89
8.1 사후지하안전영향조사 결과	89
8.1.1 지하수 변화에 의한 영향	89
8.1.2 지반안전성	90
8.2 종합결론	93
제9장 부록	95

사후지하안전영향조사서 작성방법

목 차	작성방법
1. 요약문	
1.1 사업의 내용	• 사업계획을 간략히 요약하여 작성
1.2 시공현황 분석	• 작업일보 등으로 분석된 시공 현황 간략히 요약하여 작성
1.3 지반 및 지질현황	• 기존자료 조사, 현장 조사 등 대상사업의 지반 및 지질 현황을 간략히 요약하여 작성
1.4 지하수 변화에 의한 영향	• 지하수변화에 의한 영향을 검토하고, 관측망을 통한 지하수 조사 등 지하수 변화에 의한 영향 간략히 요약하여 작성
1.5 지반안전성	• 굴착공사에 따른 지중경사계, 지표침하계, 하중센서, 균열측정계 등을 통한 지반안전성 간략히 요약하여 작성
1.6 지하안전확보방안 적정성 및 이행여부 검토	• 지하안전확보방안의 적정성을 간략히 요약하여 작성 • 시공시 지하안전확보방안의 이행여부 간략히 요약하여 작성
1.7 종합결론	• 사후지하안전영향조사에 대한 분석 및 평가 결과를 간략히 요약하여 작성
2. 대상사업의 개요	
2.1 사업의 배경 및 목적	
2.2.1 사업의 배경	• 대상사업의 실시 배경 및 해당사업의 입지조건과 건축물의 규모를 정량적으로 수록
2.2.2 사업의 목적	• 대상사업의 목적을 수록
2.2 사업 현황	
2.2.1 사업 개요	• 착공신고서 등을 참조하여 대상사업의 현황을 정량적으로 수록
2.2.2 지하안전영향평가 추진경위	• 지하안전영향평가 추진 경위를 정리하여 수록
2.3 사후지하안전영향조사 실시근거	
2.3.1 사후지하안전영향조사 실시 기준	• 지하안전관리에 관한 특별법 및 시행령에 따른 대상사업의 실시 기준 여부를 확인하여 수록
2.3.2 사후지하안전영향조사 실시 시기	• 실시기간 및 범위와 각 공종별 추진 경위 수록
2.3.3 사후지하안전영향조사 제출 시기	• 사후지하안전영향조사서 제출 시기 수록
2.4 굴착공사 개요	
2.4.1 굴착 공법	• 시공시 적용된 굴착공법에 대하여 요약 정리함
2.4.2 주요 변경사항	• 지하안전영향평가지 적용된 공법이 변경된 경우 변경사항을 파악하고 요약하여 수록

목 차	작성방법
2.5 시공이력 분석	
2.5.1 굴착공사 기간	• 전체 굴착공사기간에 대한 분석하여 수록
2.5.2 작업일보 분석	• 현장제공 자료인 작업일보 등을 통해 현장 공사진행 여부를 확인하여 수록
2.5.3 시공 현장 사진 분석	• 현장 진행 상황을 확인 가능한 사진을 첨부하여 수록
2.6 시공내용 분석	
2.6.1 주요 변경사항 분석	• 지하안전영향평가와 주요 변경사항 분석하여 수록
2.6.2 흙막이 가시설 시공내용	• 흙막이 가시설 시공현황을 분석하여 수록
2.6.3 계측기 시공내용	• 계측기 설치 현황 등을 분석하여 수록
2.6.4 복공 시공내용	• 복공계획에 대한 계획을 분석하여 수록
3. 대상지역의 설정	
3.1 조사대상 지역 설정	
3.1.1 지하수 변화에 의한 영향평가를 위한 대상지역 설정	• 광역지하수 흐름 분석을 위한 영향범위 산정 결과를 수록 • 침투해석을 위한 영향범위 산정 결과를 수록
3.1.2 지반안전성 평가를 위한 대상지역 설정	• 이론적 및 경험적 추정방법과 수치해석에 의한 방법으로 대상지역 설정 근거 수록
3.2 조사대상 시설물 설정	
3.2.1 시설물 현황	• 대상사업 구간 주변 현장조사를 수행하고 위성지도에 구조물 등을 표기하여 수록
3.2.2 대상지역 현황분석	• 지하안전영향평가지 대상지역 인근 현황과 사후지하안전영향조사시 현황을 비교 분석하여 수록
3.2.3 구조물 설정	• 현장조사 및 위성지도를 통해 검토범위 내 인접건물, 지하구조물 및 인접도로 등을 수록
3.2.4 지하매설물 설정	• 지하매설물 현황자료를 통해 검토범위 내 지하매설물의 종류, 위치 및 심도 등을 수록

목 차	작성방법
4. 지반 및 지질현황	
4.1 지반 및 지질현황 분석	지반 및 지질현황 자료를 분석하여 수록
4.1.1 조사내용	- 지하안전영향평가기시 획득한 지반 및 지질 현황자료를 분석하여 수록 - 사후지하안전영향조사이시 추가 조사 시행 결과 수록
4.1.2 설계지반정수	설계지반정수 산정 자료 수록
4.2 지하물리탐사	
4.2.1 지하물리탐사 개요	지하물리탐사 수행 위치, 일시 및 장비 등 탐사 개요 수록
4.2.2 지하물리탐사 결과	착공전, 착공후 시행된 지하물리탐사 결과를 수록
4.2.3 탐사결과 분석	지하물리탐사 결과를 분석하여 지하공동 및 지반이완 발생여부를 확인하여 수록
4.3 지하매설물 CCTV 조사	
4.3.1 지하매설물 CCTV 조사개요	지하매설물 CCTV 조사 위치, 일시 등 조사 개요 수록
4.3.2 지하매설물 CCTV 조사결과	착공전·후 시행한 지하매설물 CCTV자료 수록
4.3.3 조사결과 분석	착공전·후 조사결과를 분석하여 공사로 인한 지하매설물 손상 여부 분석결과를 수록
5. 지하수 변화에 의한 영향 검토	
5.1 지하안전영향평가 결과 분석	
5.1.1 기존자료 분석	관측공, 현장조사 자료 등을 통한 지하수 분포현황 분석결과 수록
5.1.2 광역지하수 흐름 분석	광역지하수 흐름 결과를 요약 정리하여 수록
5.1.3 침투해석에 의한 지하수 흐름 분석	대상지역 지하수 변화에 의한 영향 결과 수록
5.2 계측결과 분석을 통한 영향 검토	
5.2.1 계측 개요	지하수위계 설치 위치, 빈도, 관리기준 등을 수록
5.2.2 지하수위계	지하수위 계측결과를 분석하여 수록

목 차	작성방법
6. 지반안전성 검토	
6.1 지하안전영향평가 결과 분석	
6.1.1 수치해석 결과 분석	• 수치해석 결과를 요약 정리하여 수록
6.1.2 탄·소성보 해석 결과 분석	• 탄·소성보 해석 결과를 요약 정리하여 수록
6.2 계측결과 분석을 통한 영향 검토	
6.2.1 계측 개요	• 계측기 설치 위치, 빈도, 관리기준 등을 수록
6.2.2 지중경사계	• 지중경사계 계측결과 분석 자료 수록
6.2.3 지표침하계	• 지표침하계 계측결과 분석 자료 수록
6.2.4 변형률계 및 하중계	• 변형률계 및 하중계 계측결과 분석 자료 수록
6.2.5 균열계 및 경사계	• 균열계 및 경사계 계측결과 분석 자료 수록
7. 지하안전확보방안 적정성 및 이행여부 검토	
7.1 지하안전확보방안 적정성 분석	
7.1.1 계측기 설치 적정성	• 지하안전영향평가 및 시공중 설치된 계측기의 설치위치, 계측빈도 등 계측기 설치의 적정성을 분석하여 수록
7.1.2 계측결과 적정성	• 계측결과를 요약 정리하여 수록
7.1.3 계측관리기준 초과시 조치결과	• 관리기준 초과시 조치결과 수록
7.2 협의내용 이행여부 검토	
7.2.1 주요 협의내용 이행결과	• 협의내용 이행여부와 확인 가능한 자료를 수록
7.2.2 차수그라우팅 시험시공 결과	• 차수그라우팅 시험시공 결과 수록
7.2.3 시험발파 결과	• 시험발파 결과 수록

목 차	작성방법
8. 종합평가 및 결론	
8.1 사후지하안전영향조사 결과	
8.1.1 지하수 변화에 의한 영향	• 지하수위계 결과를 바탕으로 정량적으로 요약하여 수록
8.1.2 지반안전성	• 각종 계측기 결과를 바탕으로 정략적으로 요약하여 수록
8.2 종합결론	
9. 부록	
1. 참여인원 인적사항	• 사후지하안전영향조사를 대행한 전문기관 기재 • 평가에 참여한 자의 인적사항을 평가항목별 및 참여 내용별로 세분하여 구체적으로 기재
2. 지하안전영향평가서(요약)	• 지하안전영향평가서에서 제시한 지반 및 지질 현황, 지하수 변화에 의한 영향, 지반안전성, 지하안전확보방안 등을 정리하여 수록
3. 용어해설	• 사후지하안전영향조사서에 사용한 용어에 대하여 해설 수록
4. 지반 및 지하수 조사 자료	• 사후지하안전영향조사를 통해 파악한 지반 및 지질 현황, 지하수 조사 자료를 수록
5. 계측 및 수치해석 검토자료	• 계측보고서를 수록 • 지하수영향 및 지반안전성 해석 DATA를 수록
6. 참고문헌	• 인용하였거나 참고한 문헌을 수록
7. 계약서	• 사후지하안전영향조사 계약서 수록

제 1 장 요약문

1.1 사업의 내용

1.2 시공현황 분석

1.3 지반 및 지질 현황

1.4 지하수 변화에 의한 영향

1.5 지반안전성

1.6 지하안전확보방안 적정성 및 이행여부 검토

1.7 종합결론

제 1 장 요약문

1.1 사업의 내용

- 사업계획을 쉽게 알 수 있도록 간략히 요약하여 작성
- 사업내용(건축개요, 구조물계획, 가시설 설계현황)을 간략하게 요약 정리하여 수록함
- 대상지역 설정결과와 평가대상 시설물 현황 요약하여 수록함

1.2 시공현황 분석

- 현장 시공이력을 분석하여 굴착공사기간 산정 및 단계별 굴착시기를 파악하며, 흙막이, 계측기 및 복공에 대한 시공내용을 요약 하여 수록함

1.3 지반 및 지질 현황

- 기존자료 조사, 현장조사 등(시추조사, 투수시험, 물리탐사 등) 지하안전영향평가를 통해 파악한 지반 및 지질 현황 및 추가 조사결과를 요약하여 수록함

1.4 지하수 변화에 의한 영향

- 지하수계측 결과를 토대로 지하수에 대한 안전성 분석결과를 간략하게 수록함

1.5 지반안전성

- 지중경사계, 지표침하계 등 지반굴착과 관련된 계측 결과를 토대로 지반 안전성에 대한 분석결과를 수록함

1.6 지하안전확보방안 적정성 및 이행여부 검토

- 지하안전확보방안의 적정성 검토 결과 및 협의내용 이행여부에 대한 내용을 요약하여 수록함

1.7 종합결론

- 대상사업의 사후지하안전영향조사에 대한 전반적인 평가 내용을 간략하게 수록함

제 2 장 대상사업의 개요

2.1 사업의 배경 및 목적

2.2 사업 현황

2.3 사후지하안전영향조사 실시근거

2.4 굴착공사 개요

2.5 시공이력 분석

2.6 시공내용 분석

제 2 장 대상사업의 개요

2.1 사업의 배경 및 목적

2.1.1 사업의 배경

작성방향 • 사후지하안전영향조사의 대상사업의 실시 배경을 기술함

주요내용

굴착 터널

- ✓ 대상사업 지역의 전반적인 특성을 기술하고, 지하철, 지하차도, 근린생활시설 등 영향요인 수록함
- ✓ 대상사업의 실시 배경을 기술하고 해당사업의 입지조건을 수록함

예
시

- 본 사업은 00시(또는 00도) 00구 00동 00번지 일대에 지하 0층, 지상 0층 규모의 「00사업 신축공사」 건설을 위한 사후지하안전영향조사를 수행하는데 그 목적이 있음
- 본 사업의 특징은 각종 지상 및 지하 시설물이 근접해 있으며 특히 0호선 00역이 00m, 00지하차도가 00m, 00아파트가 00m 이격되어 있음

2.1.2 사업의 목적

작성방향 • 대상사업의 목적을 기술함

주요내용

굴착 터널

- ✓ 대상사업의 목적을 건축물 및 토목사업을 대상으로 기술함
- ✓ 사후지하안전영향조사를 수행할 때 주안점을 두고 있는 부분을 수록함
- ✓ 또한, 과업구간을 위성지도에 표기하여 수록함

예
시

- 본 사업인 「00사업 신축공사」 는 대중교통 접근성이 우수한 교통의 요충지이며, 00백화점 등 다수의 편의시설 및 근린생활시설이 위치해 있으므로 장래에 거주시설 확보 및 대상지역 상권조성의 활성화를 목적으로 함
- 본 사업에 대한 사후지하안전영향조사는 관련 법령을 고려하여 지반조건을 반영한 지하수 영향에 대한 평가, 지반안전성 등을 검토할 때 굴착으로 인한 운영중인 토목시설물, 주변건물, 지하매설물 등의 안전성 확보를 판단하기 위한 부분에 주안점을 두고 평가를 수행함

과업구간 위치



2.2 사업 현황

2.2.1 사업 개요

작성방향 • 착공신고서 등 제공된 자료를 바탕으로 대상사업의 전반적인 현황에 대하여 정량적으로 작성

주요내용

굴착 터널

✓ 굴착공사 주요 수록 내용

- 사업명
- 위 치
- 대지면적
- 건축면적
- 지역/용도
- 용 도
- 지하개발사업자
- 승인기관
- 공사기간(굴착공사 기간)
- 사업비
- 건축규모
- 최대굴착깊이
- 과업구간 위치를 확인 할 수 있는 현황자료

✓ 터널공사 주요 수록 내용

- 사업명
- 위 치
- 사업범위
- 굴착면적
- 지역/용도
- 지하개발사업자
- 승인기관
- 사업기간(굴착공사 기간)
- 사 업 비
- 운영범위
- 노선도 등 과업위치를 확인할 수 있는 현황자료

- 사 업 명 : 00시 00구 00동 신축공사
- 위 치 : 00시 00구 00동 00번지 일원
- 공사기간 : 2020.00.00~2022.00.00(굴착공사기간 : 2020.00.00~2020.00.00)
- 대지면적 : 000.0m²(굴착면적 : 000.0m²)
- 건축면적 : 000.0m²
- 지역/지구 : 일반상업지구, 지구단위계획구역
- 용 도 : 근린생활시설, 주거시설
- 구 조 : 철근콘크리트 구조
- 건폐율/용적율 : 00.00%(법정 00.00%이하) / 000.00%(법정 000.00%이하)
- 건축규모 : 지상 0층, 지하 0층
- 지하개발사업자 : 0000
- 설 계 : 0000
- 감 리 : 0000
- 시 공 사 : 0000
- 최대굴착깊이 : 00.00m

예
시

건축물 조감도



제2장 대상사업의 개요

- 사업명 : O호선 철도건설 사업
- 위치 : OO도 OO시 일원 ~ OO시 OO동 일원
- 사업범위
 - 연 장 : 본선 OO.OOkm, 입출고선 : OO.OOkm
(OO 및 O터널 본선 OO.Okm, O터널 #O, #O 평가 대상제외)
 - 구조물 : 정거장 O개소(OO, OO, OO, OO, OO)
환기구 OO개소, 차량기지 O개소
- 굴착면적 : 000,000m²
- 시행자 : OO주식회사
- 승인기관 : 국토교통부
- 사업기간 : 2017년 ~ 2023년
- 사업비 : 총 0000억원(보상비 및 건설사업관리비 제외)

예시



2.2.2 지하안전영향평가 추진경위

작성방향 • 지하안전영향평가 수행시의 관련기관 및 추진경위를 확인하고 이를 평가서에 수록함

주요내용

굴착 터널

- ✓ 대상사업의 지하개발 사업자, 지하안전영향평가 전문기관, 승인기관 및 협의기관 등 관련기관에 대해 수록함
- ✓ 또한, 대상사업의 지하안전영향평가 추진경위를 수록함

- 대상사업은 지하 0층/지상 0층의 건축물로서 최대 굴착심도(00.00m)가 20m이상이므로 관련 법령에 의거하여 지하안전영향평가 대상사업이며, 추진경위는 아래와 같음

지하개발 사업자	지하안전영향평가 전문기관	승인기관	협의기관	검토기관
0000	0000	00시 00구	00지방 국토관리청	0000

- 00사업 신축공사에 대한 지하안전영향평가 추진경위는 다음과 같음

항 목	일 자	비 고
• 지하안전영향평가서 접수	• 2000.00.00	
• 지하안전영향평가서 검토	• 2000.00.00 ~ 2000.00.00	
• 평가서 보완 및 사전협의	• 2000.00.00 ~ 2000.00.00	
• 보완평가서 접수	• 2000.00.00	
• 협의내용 통보	• 2000.00.00	
• 공사 착공	• 2000.00.00	시공사 : 0000
• 토사/풍화암 구간 굴착완료	• 2000.00.00	
• 최종굴착	• 2000.00.00 (예정)	

예
시

2.3 사후지하안전영향조사 실시근거

2.3.1 사후지하안전영향조사 실시 기준

작성방향 • 사후지하안전영향조사의 실시대상 여부를 확인하고 이를 평가서에 수록함

주요내용

굴착

터널

✓ 사후지하안전영향조사의 실시 기준은 「지하안전관리에 관한 특별법」 제20조에 따라 시행함

예
시

- 대상사업은 지상 0층, 지하 0층의 구조물로 건축물에 해당하는 시설물이며, 굴착심도는 25.0m로 「지하안전관리에 관한 특별법」 제 20조에 의거 지하개발사업자는 아래의 근거에 따라 지하안전영향평가 대상사업을 착공한 후에 그 사업이 지하안전에 미치는 영향을 조사하고, 그 결과를 제출하여야 함
- 사후지하안전영향조사 관련 법령은 다음과 같음

구 분	내 용	비 고
지하안전관리에 관한 특별법	제20조(사후지하안전영향조사) ① 지하개발사업자는 해당 지하안전영향평가 대상사업을 착공 한 후에 그 사업이 지하안전에 미치는 영향을 조사하고, 그 결과 지하안전을 위하여 조치가 필요한 경우에는 지체 없이 필요한 조치를 취하여야 함	

2.3.2 사후지하안전영향조사 실시 시기

작성방향

- 사후지하안전영향조사의 실시 시기에 대한 법적 근거를 수록하고, 지하안전영향평가서에 기재된 사후지하안전영향조사 시기와 실착공 이력을 고려한 사후지하안전영향조사 시기를 수록함

주요내용

굴착 터널

- ✓ 사후지하안전영향조사의 실시 시기는 「지하안전관리에 관한 특별법」 시행령 제21조에 따라 시행함
- ✓ 지하안전영향평가서에 기재된 사후지하안전영향조사 시기와 실착공 이력을 고려한 사후지하안전영향조사 시기를 기술하되 사후지하안전영향조사 수행시기는 실제 공정표 분석결과를 바탕으로 수록함

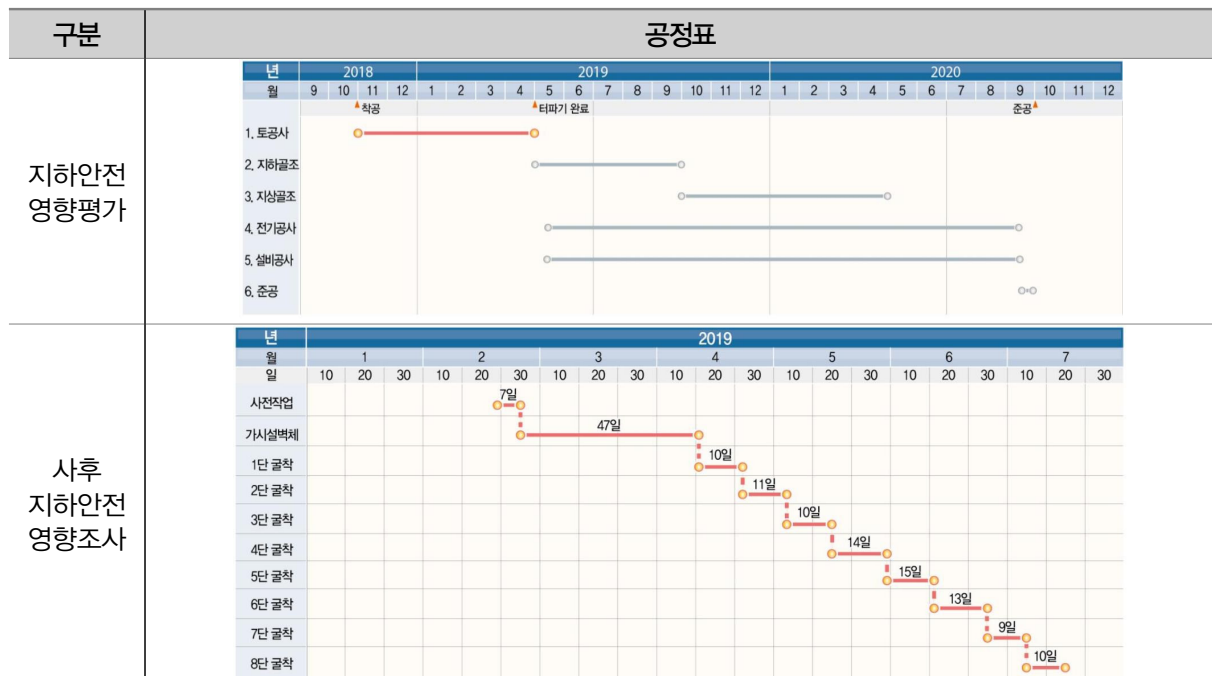
가. 법적 근거

- 사후지하안전영향조사서의 실시 시기관련 법령은 다음과 같음

구 분	내 용	비 고
지하안전관리에 관한 특별법 시행령	제21조(사후지하안전영향조사) ① 사후지하안전영향조사는 <u>지하안전영향평가서에 기재된 사후지하안전영향조사 기간</u> 에 실시한다.	

나. 실시 시기

- 지하안전영향평가기 계획한 공정표와 실제 공사시 계획한 공정표는 아래와 같으며, 공정표변경에 따라 사후지하안전영향조사 실시 시기는 다음과 같음



구분	지하안전영향평가	사후지하안전영향조사 (공정계획 변경내용 반영)
사후지하안전영향조사 시기	2000년 00월 초 (최종굴착단계 이전)	2000. 00. 00 ~ 00. 00
사유	• 굴착공사가 완료되는 시점이 인접 구조물(건물, 매설관 등)에 미치는 영향이 가장 크므로 최종굴착단계 이전을 사후지하안전영향조사 시기로 선정함	• 굴착이 시작되는 시점부터 굴착이 완료될 때 까지 계측결과와 예측값을 상시 비교·분석하여 굴착시 지하안전을 확보하기 위함

2.3.3 사후지하안전영향조사 제출 시기

작성방향 • 사후지하안전영향조사서의 제출 시기에 대한 법적 근거를 수록함

주요내용

굴착 : 터널

- ✓ 사후지하안전영향조사서의 제출 시기는 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 개정안의 시행(2020.07.01.)에 따라 시행 이전과 이후 제출시기를 구분함
- ✓ 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 개정안 시행 이전(2020년 7월 1일) 사후지하안전영향조사 시행 사업

구 분	제출시기
사후지하안전영향조사	사후지하안전영향조사가 끝난 날부터 60일 이내에 전자문서의 형태로 국토교통부장관 및 승인기관의 장에게 제출

- ✓ 지하안전관리에 관한 특별법 시행령 개정안 시행 이후(2020년 7월 1일) 사후지하안전영향조사 시행 사업

구 분	제출시기
매달 말일을 기준으로 사후지하안전영향조사가 실시중인 경우	그 다음 달 10일까지 지난달의 사후지하안전영향조사 내용, 다만, 사후지하안전영향조사의 실시기간이 30일 이내인 경우는 제외한다.
사후지하안전영향조사가 종료된 경우	종료일부더 15일 이내 사후지하안전영향조사와 지하안전을 위하여 조치가 필요한 사실 및 조치내용

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

구 분	최초보고서	월간보고서	최종보고서
1. 요약문			○
2. 대상사업의 개요	○	○	○
3. 대상지역의 설정	○		○
4. 지반 및 지질현황	○		○
5. 지하수 변화에 의한 영향	○	○	○
6. 지반안전성	○	○	○
7. 지하안전확보방안 적정성 및 이행여부 검토	○		○
8. 종합평가 및 결론	○	○	○
9. 부록		○ (계측보고서, 공사지행 확인자료)	○

- 사후지하안전영향조사서의 제출 시기는 「지하안전관리에 관한 특별법 시행령」 제 21조에 의거하여 사후지하안전영향조사가 끝난 날로부터 60일 이내에 제출함
- 사후지하안전영향조사 제출 시기관련 법령은 다음과 같음

예
시

구 분	내 용	비 고
지하안전관리에 관한 특별법 시행령	제21조(사후지하안전영향조사) ④ 지하안전영향평가 대상사업을 하려는 지하개발사업자는 사후지하안전영향조사서와 지하안전을 위하여 조치가 필요한 사실 및 조치 내용을 사후지하안전영향조사가 끝난 날로부터 60일 이내 에 전자문서의 형태로 국토교통부장관 및 승인기관의 장에게 제출하여야 한다.	

2.4 굴착공사 개요

2.4.1 굴착 공법

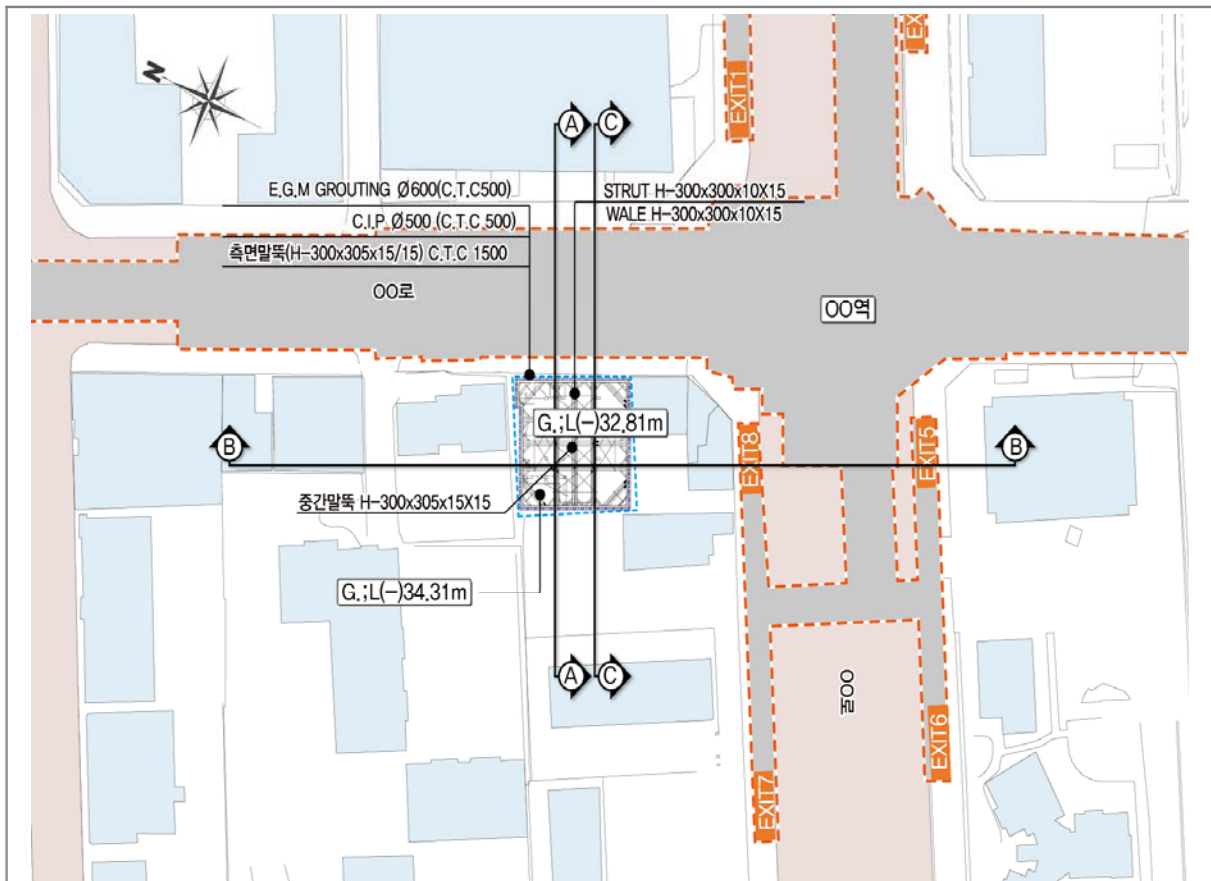
작성방향 • 시공시 굴착 공법에 대한 현황을 요약하여 수록함

주요내용

굴착 터널

✓ 대상사업의 시공시 최대굴착심도 및 적용된 흙막이 공법, 차수공법 및 계측 시공현황 등을 기재함

- 최대굴착심도 :
- 흙막이 벽체 :
- 흙막이 벽체 근입깊이 :
- 흙막이 벽체지지 :
- 차수그라우팅 :
- 흙막이 가시설 계측 수량 :
- 00지하차도 계측 수량 :
- 00주차장 계측 수량 :
- 지하철 계측 수량 :



가. 가시설 시공현황

구 분	내 용
최대굴착심도	• 34.40m
흙막이 벽체 공법	• C.I.P (Ø530, C.T.C 530)
흙막이 벽체 근입깊이	• 연암상단 또는 굴착심도 -2.0m
흙막이 벽체지지 공법	• 역타(영구지보) 공법, S.P.S 공법
차수그라우팅 공법	• 실리카졸 그라우팅(Ø600, C.T.C 530)

나. 계측기 시공현황

구 분		수량	계측빈도
구간	계측항목		
흙막이	지중경사계	10 개소	2회/주
	지하수위계	10 개소	자동화계측
	지표침하계	9 개소	2회/주
	SLAB 응력계	63 개소	2회/주
인접구조물	균열측정계	10 개소	2회/주
	건물경사계	10 개소	2회/주
00선	레일변위계	1 개소	자동화계측
	수평변위계	11 개소	자동화계측
	EL BEAM	2 개소	자동화계측
	균열측정계	2 개소	자동화계측
	진동측정계	2 개소	자동화계측
	구조물 처짐계	1 개소	자동화계측
000선	EL BEAM	3 개소	자동화계측
	균열측정계	3 개소	자동화계측
	진동측정계	5 개소	자동화계측
00 지하차도	EL BEAM	12 개소	자동화계측
	균열측정계	12 개소	자동화계측
	진동측정계	4 개소	자동화계측
00주차장	EL BEAM	1 개소	자동화계측
	균열측정계	1 개소	자동화계측

예
시

2.4.2 주요 변경사항

작성방향 • 대상사업의 사후지하안전영향조사시 및 지하안전영향평가시 계획된 공법과 상이할 경우 변경사항을 수록함

주요내용

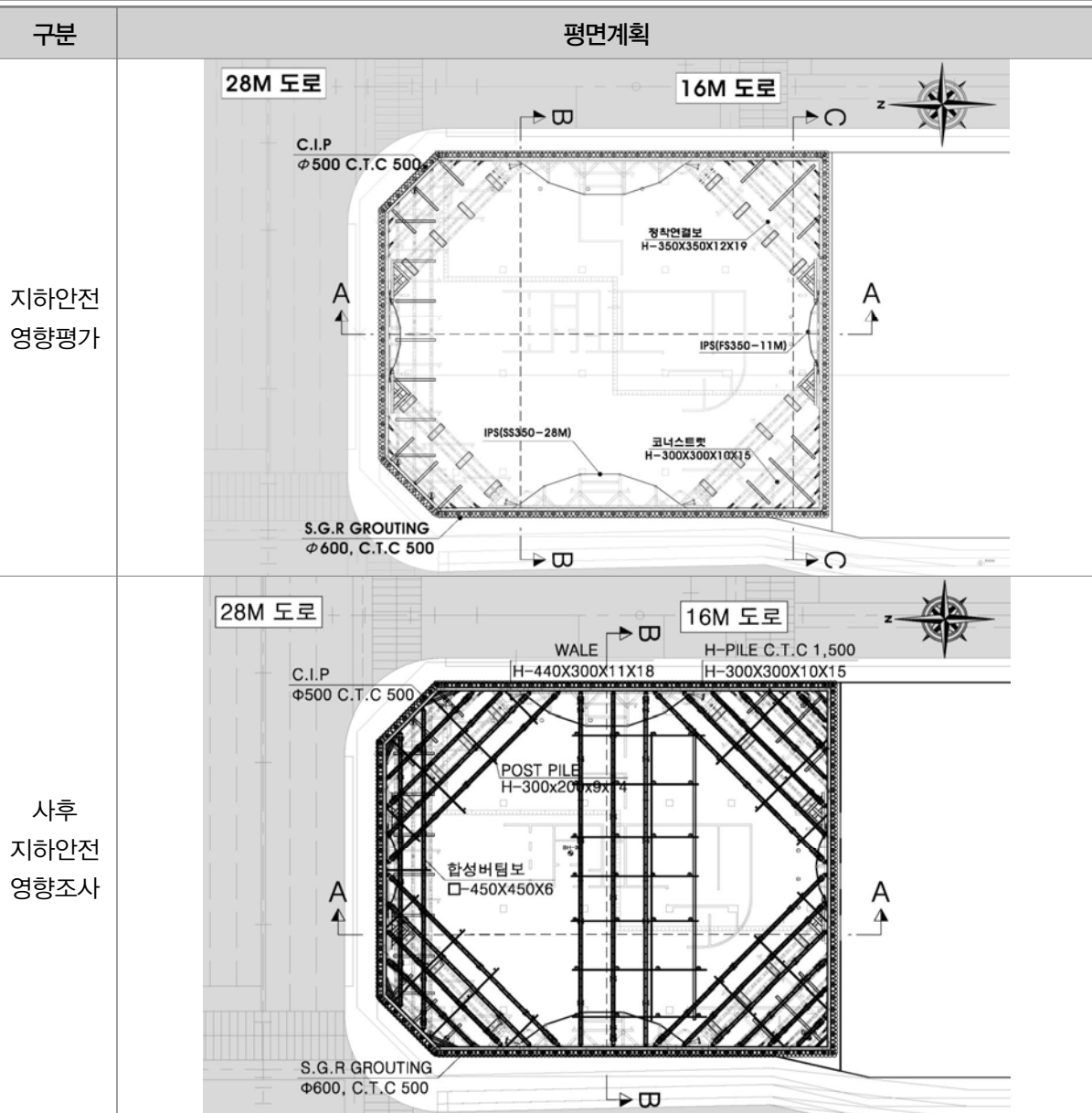
굴착 터널

✓ 주요 변경사항과 변경사유를 확인할 수 있도록 비교하여 수록함

● 대상사업의 주요 흠막이 공법 변경사항을 요약하면 아래 표와 같음

구분	지하안전영향평가	사후지하안전영향조사	변경사유
흠막이벽체	C.I.P공법	C.I.P공법	-
지지공법	I.P.S공법	합성버팀보 공법	○ 시공사에서 현장여건을 고려하여 지지공법 재검토 후 변경 ○ 공법변경에 따라 안전관리계획서를 수정 및 보완하고 재검토를 득함(한국시설안전공단)
차수공법	S.G.R Grouting	S.G.R Grouting	-

예시



2.5 시공이력 분석

2.5.1 굴착공사 기간

작성방향 • 지하안전영향평가시 계획된 공정표와 실제 공사가 진행된 공정표를 수록함

주요내용

굴착 터널

- ✓ 지하안전영향평가시 계획된 공정표와 실제 공사가 진행된 공정표를 비교하여 분석결과를 수록함
- 공사기간 분석결과 휴지기 등이 발생하였을 경우는 그 기간과 사유를 명확히 분석하여 수록함

- 지하안전영향평가시 수립한 공정계획의 굴착공사는 2000년 00월 00일에 시작하여 2000년 00월 00일에 5단 지보재 설치 및 6단 굴착이 완료되는 일정으로 총 0개월(약 00일)이나 실제 공사기간은 2000년 00월 00일부터 2000년 00년 00일로 총 000일로 확인함
- 예정공정계획표 굴착공사 시작일(2000년 00월 00일)과 실제 굴착공사 시작일은(2000년 00월 00일) 다소 차이가 있는 것으로 검토되었음
- 실제 굴착공사 진행시 00월 00일~00월 00일, 00월 00일~00월 00일은 추석연휴 및 기상상황(태풍 및 폭우 등)으로 인하여 작업을 중단하였음

구분	지하안전영향평가	사후지하안전영향조사
굴착공사	2000. 00. 00. ~ 2000. 00. 00. (0개월)	2000. 00. 00. ~ 2000. 00. 00. (0개월)

구분	공정표																																																																																																																																																																																																																																												
지하안전 영향평가	<table><tr><th>년</th><th colspan="9">2019</th></tr><tr><th>월</th><th colspan="3">4</th><th colspan="3">5</th><th colspan="3">6</th></tr><tr><th>일</th><td>10</td><td>20</td><td>30</td><td>10</td><td>20</td><td>30</td><td>10</td><td>20</td><td>30</td></tr><tr><td>가시설벽체</td><td>10일</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1단 굴착</td><td></td><td>10일</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2단 굴착</td><td></td><td></td><td>10일</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3단 굴착</td><td></td><td></td><td></td><td>10일</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>4단 굴착</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10일</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>5단 굴착</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10일</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>6단 굴착</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10일</td><td></td><td></td></tr></table>	년	2019									월	4			5			6			일	10	20	30	10	20	30	10	20	30	가시설벽체	10일									1단 굴착		10일								2단 굴착			10일							3단 굴착				10일						4단 굴착					10일					5단 굴착						10일				6단 굴착							10일																																																																																																																																										
	년	2019																																																																																																																																																																																																																																											
	월	4			5			6																																																																																																																																																																																																																																					
	일	10	20	30	10	20	30	10	20	30																																																																																																																																																																																																																																			
	가시설벽체	10일																																																																																																																																																																																																																																											
	1단 굴착		10일																																																																																																																																																																																																																																										
	2단 굴착			10일																																																																																																																																																																																																																																									
	3단 굴착				10일																																																																																																																																																																																																																																								
4단 굴착					10일																																																																																																																																																																																																																																								
5단 굴착						10일																																																																																																																																																																																																																																							
6단 굴착							10일																																																																																																																																																																																																																																						
사후 지하안전 영향조사	<table><tr><th>년</th><th colspan="15">2019</th></tr><tr><th>월</th><th colspan="3">5</th><th colspan="3">6</th><th colspan="3">7</th><th colspan="3">8</th><th colspan="3">9</th><th colspan="3">10</th><th colspan="3">11</th></tr><tr><th>일</th><td>10</td><td>20</td><td>30</td><td>10</td><td>20</td><td>30</td><td>10</td><td>20</td><td>30</td><td>10</td><td>20</td><td>30</td><td>10</td><td>20</td><td>30</td><td>10</td><td>20</td><td>30</td><td>10</td><td>20</td><td>30</td></tr><tr><td>가시설벽체</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1단 굴착</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2단 굴착</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3단 굴착</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>복공판 설치</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>4단 굴착</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>5단 굴착</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>6단 굴착</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	년	2019															월	5			6			7			8			9			10			11			일	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	가시설벽체																						1단 굴착																						2단 굴착																						3단 굴착																						복공판 설치																						4단 굴착																						5단 굴착																						6단 굴착																					
	년	2019																																																																																																																																																																																																																																											
	월	5			6			7			8			9			10			11																																																																																																																																																																																																																									
	일	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30																																																																																																																																																																																																																							
	가시설벽체																																																																																																																																																																																																																																												
	1단 굴착																																																																																																																																																																																																																																												
	2단 굴착																																																																																																																																																																																																																																												
	3단 굴착																																																																																																																																																																																																																																												
복공판 설치																																																																																																																																																																																																																																													
4단 굴착																																																																																																																																																																																																																																													
5단 굴착																																																																																																																																																																																																																																													
6단 굴착																																																																																																																																																																																																																																													

2.5.2 작업일보 분석

작성방향 • 작업일보 등 자료를 분석하여 시공이력을 작성하여 수록함

주요내용

굴착 터널

- ✓ 현장에서 수행된 공사 진행상황을 확인할 수 있는 자료(공사일보, 주간공정보고 등)를 바탕으로 실제 공사 진행일정을 확인하고 주요공정(흙막이 가시설, 굴착, 지보재, 슬래브 등)을 단계별 및 구역별로 분석하여 수록함

- 00사업 신축공사」는 당초 2000년 00월 초 착공으로 계획되었으나 현장 여건 및 인허가 일정으로 인하여 실제착공은 2000년 00월 00일부터 진행되었으며, 일별로 작성된 작업일보 및 현장조사를 통해 기간별 시공현황을 확인함

7월 시공이력

구 분		7월																																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
C.I.P (천공, 레미콘타설)																																		
실리카졸 (천공 및 그라우팅)																																		
PRD 공사																																		
1차 굴착	ZONE1																																	
	ZONE2																																	
	ZONE3																																	
	ZONE4																																	
	ZONE5																																	
	ZONE6																																	
지상1층 SLAB	ZONE1																																	
	ZONE2																																	
	ZONE3																																	
	ZONE4																																	
	ZONE5																																	
	ZONE6																																	
2차 굴착	ZONE1																																	
	ZONE2																																	
	ZONE3																																	
	ZONE4																																	
	ZONE5																																	
	ZONE6																																	
지하1층 SLAB	ZONE1																																	
	ZONE2																																	
	ZONE3																																	
	ZONE4																																	
	ZONE5																																	
	ZONE6																																	
3차 굴착	ZONE1																																	
	ZONE2																																	
	ZONE3																																	
	ZONE4																																	
	ZONE5																																	
	ZONE6																																	
지하2층 SLAB	ZONE1																																	
	ZONE2																																	
	ZONE3																																	
	ZONE4																																	
	ZONE5														</																			

예
시

2.5.3 시공 현장 사진 분석

작성방향 • 공사 진행 단계 및 시기를 확인할 수 있도록 시공현장 사진을 분석하여 수록함

주요내용

굴착 **터널**

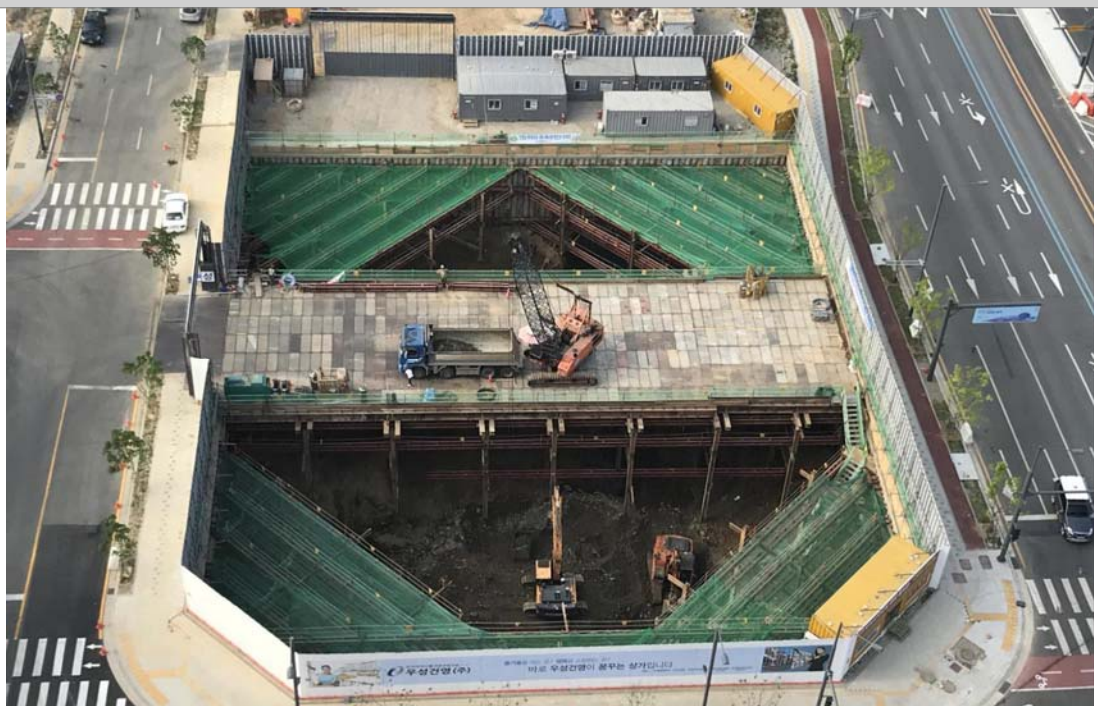
- ✓ 현장조사를 통한 시공현황을 분석하고 현장 제공자료(공사일보, 주간공정보고 등)에서 확인된 공사 진행현황과 비교하여 실제 공사 진행 사진을 포함하여 수록함

- 굴착공사 진행에 따른 현장사진은 아래와 같음

가시설 벽체 설치 (2000년 00월 00일)



3단 굴착 (2000년 00월 00일)



예
시

2.6 시공내용 분석

2.6.1 주요 변경사항 분석

작성방향 • 공법현황, 계측수량 등 지하안전영향평가 대비 변경된 주요 사항을 수록함

주요내용

굴착 **터널**

- ✓ 지하안전영향평가지 적용된 공법 및 계측계획이 변경되었을 경우 주요 변경사항을 요약하여 빠짐없이 수록함
- ✓ 가시설 공법이 변경되었을 경우 변경사항 승인사항을 확인할 수 있는 관련 자료(검토의견, 공문, 기술검토 의견서 등)를 수록함

● 지하안전영향평가와 비교하여 변경된 사항을 아래와 같이 항목별로 비교분석함

구 분		지하안전영향평가	사후지하안전영향조사	변경사유
최대굴착심도		00.00m	00.00m	•지표레벨 변경
흙막이 벽체		C.I.P ($\varnothing$ 500, C.T.C 500)	C.I.P ($\varnothing$ 500, C.T.C 500)	—
흙막이 벽체 근입깊이		연암상단 또는 굴착심도 -3.0m	연암상단 또는 굴착심도 -3.0m	—
흙막이 벽체지지		I.P.S 공법	합성버팀보(STRUT) 공법	•시공사에서 현장여건을 고려하여 재검토 후 좌굴 및 비틀림에 유리한 사각강관 합성버팀보 공법으로 변경
흙막이 벽체지지 굴착단계		0단	0단	—
차수그라우팅		S.G.R 그라우팅 ($\varnothing$ 600, C.T.C 500)	S.G.R 그라우팅 ($\varnothing$ 600, C.T.C 500)	—
예 시	지중 경사계	0개소	00개소(▲00개소)	•안전관리계획서 보완의견 반영
	지하 수위계	0개소	00개소(▲00개소)	•안전관리계획서 보완의견 반영
	지표 침하계	00개소 (개소당 3개)	00개소 (개소당 3개, ▼0개소)	•남측구간 현장사무소가 개설로 설치 불가
	변형률계	00개소	00개소	•지지공법 변경사항 반영
	휨변위계	00개소	—	•지지공법 변경사항 반영
	계측 수량			
지하철 계측 수량	내공 변위계	0개소	0개소	—
	균열 측정계	0개소	0개소	—
	진동 측정계	0개소	0개소	—

- 19 -

2.6.2 흙막이 가시설 시공내용

작성방향 • 흙막이 가시설 공법 현황을 수록함

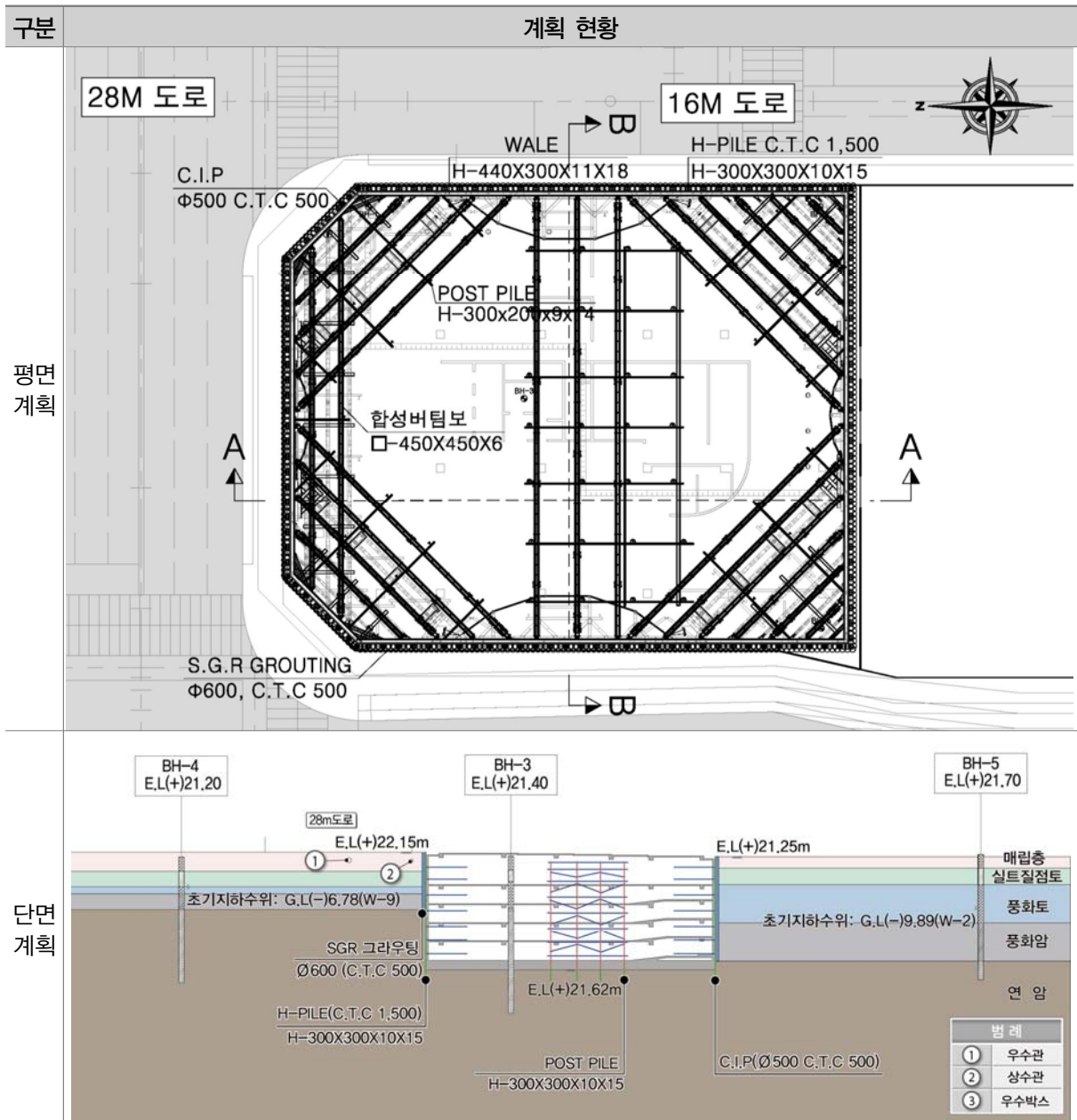
주요내용

굴착 터널

- ✓ 흙막이 가시설 시공내용을 평면도 및 단면도와 함께 수록함
- ✓ 단면별 최대굴착심도, 지층구성, 계층지하수위, 가시설 공법 등의 내용을 자세히 수록함

나. 흙막이 공법 현황

- 흙막이 가시설 평면 및 단면계획은 아래와 같음



- 분석 결과
- 최대 굴착심도가 G.L.(-)00.00m로 계획되어 있으며, 매립층, 퇴적층, 풍화토, 풍화암, 연암순으로 지층이 분포함
 - 흙막이벽체는 C.I.P공법, 차수공법은 S.G.R공법을 적용함
 - 지지형식으로는 합성버팀보 공법으로 계획함

2.6.3 계측기 시공내용

작성방향 • 대상사업의 계측기 시공현황을 수록함

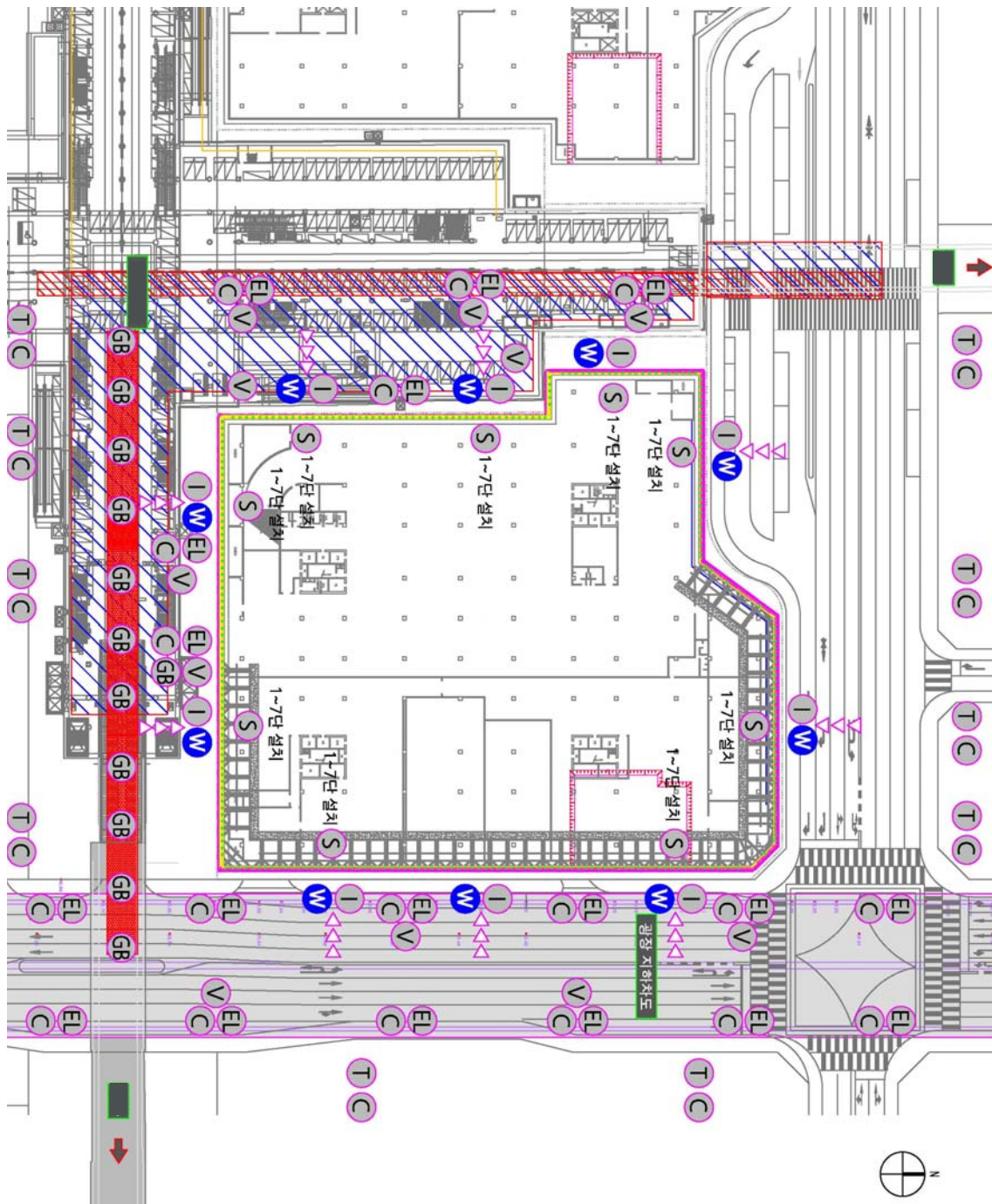
주요내용

굴착 터널

✓ 계측기 시공현황을 확인할 수 있도록 설치 위치, 시기, 수량 및 계측빈도 등을 확인하여 수록함

- 대상사업 구간의 흠막이 가시설 공법과 인접 구조물 및 도로, 지하매설물 등의 각종 현황을 고려하여 다음과 같이 계측기 항목과 위치를 선정함

계측계획 평면도



예시

제2장 대상사업의 개요

● 계측기별 수량 및 계측빈도는 다음과 같음

구 분		수량	계측빈도
구간	계측항목		
흙막이	지중경사계	10 개소	2회/주
	지하수위계	10 개소	자동화계측
	지표침하계	9 개소	2회/주
	SLAB 응력계	63 개소	2회/주
인접구조물	균열측정계	10 개소	2회/주
	건물경사계	10 개소	2회/주
00선	레일변위계	1 개소	자동화계측
	수평변위계	11 개소	자동화계측
	EL BEAM	2 개소	자동화계측
	균열측정계	2 개소	자동화계측
	진동측정계	2 개소	자동화계측
	구조물 처짐계	1 개소	자동화계측
000선	EL BEAM	3 개소	자동화계측
	균열측정계	3 개소	자동화계측
	진동측정계	5 개소	자동화계측
00 지하차도	EL BEAM	12 개소	자동화계측
	균열측정계	12 개소	자동화계측
	진동측정계	4 개소	자동화계측
00주차장	EL BEAM	1 개소	자동화계측
	균열측정계	1 개소	자동화계측

예
시

2.6.4 복공 시공내용

작성방향 • 대상사업의 복공 시공내용을 수록함

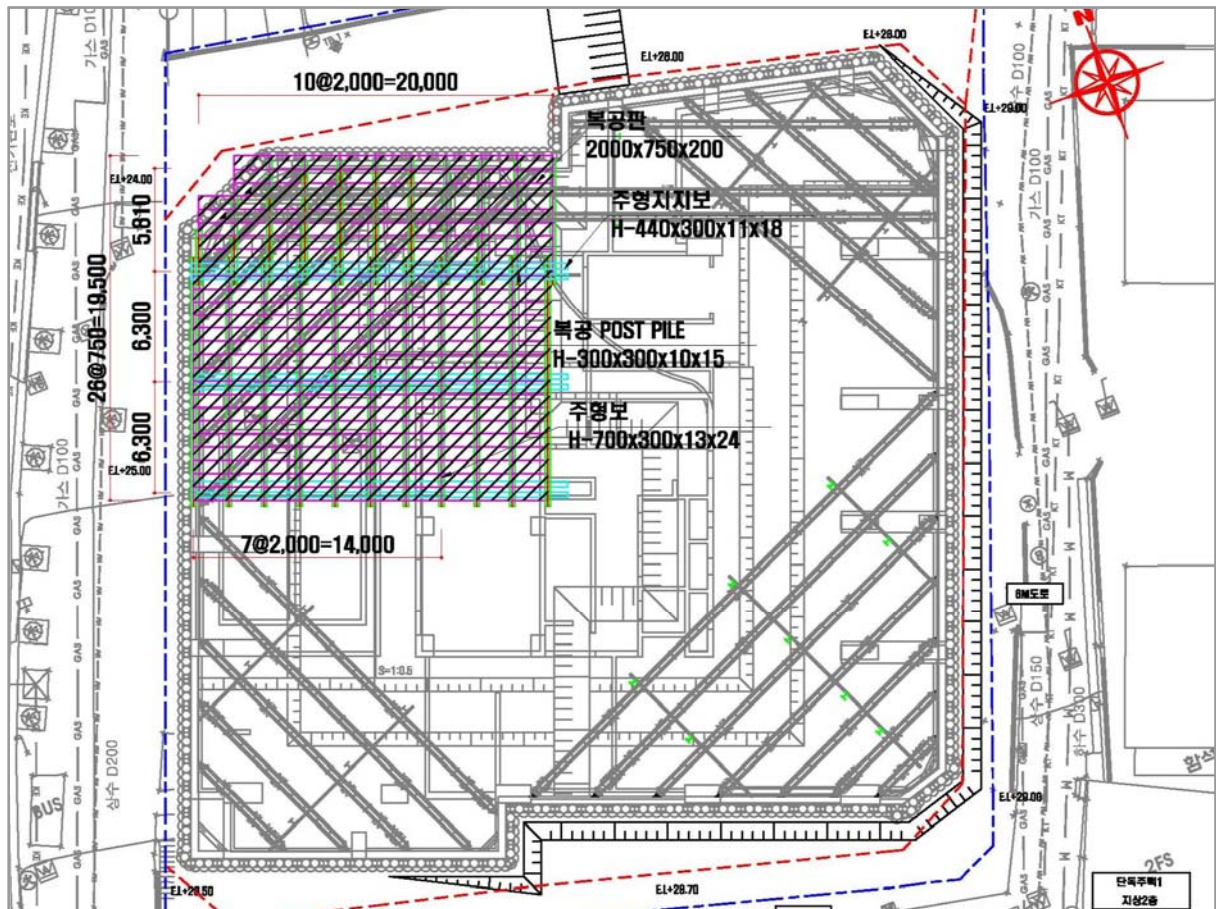
주요내용

✓ 지하안전영향평가지 계획이 수립되지 않았던 복공계획에 대하여 시공내용 및 적정성을 분석하여 수록함

가. 평면현황

- 복공면적 : 000.00m²(약 00.0×00.0m)
- 복공 센터파일 및 엄지말뚝은 암반에 근입하고, 근입부에는 레미콘 채움을 실시하여, 장비 운용시 침하 및 이동이 발생되지 않도록 고정함
- 공사 중 하중이 큰 중장비등의 운용은 복공에서 이루어졌으며, 지장물이 있는 흙막이 배면에서의 중장비 운용은 지양함
- 복공판 단부는 안전난간(H=1.2m이상)을 설치하여 작업원 및 야적 자재의 추락을 방지함
- 과도한 접지압이 예상되는 중장비 인양작업시 하중이 복공판에 합리적으로 분포하도록 보강재 및 아우트리거의 위치를 조절하였음
- 아웃트리거 설치시 고임목(T=700x700x150mm이상) 또는 주형보 직각 방향으로 2.0m이상의 지지보를 2열 설치하여 하중이 분산 작용 될 수 있도록 하였음

예
시



나. 장비하중

- 장비하중은 가장 악조건 기준(100톤 크레인(75톤)+08백호(22톤))과 DB-24 2차선 재하를 기준으로 산정하였음

제 3 장 대상지역의 설정

3.1 조사대상 지역 설정

3.2 조사대상 시설물 설정

제 3 장 대상지역의 설정

3.1 조사대상 지역 설정

3.1.1 지하수 변화에 의한 영향 평가를 위한 대상지역 설정

작성방향

- 지하수 변화에 의한 영향 평가를 위한 대상지역 설정을 위해 광역지하수 흐름분석을 위한 검토범위와 침투해석을 위한 검토범위를 구분하여 기술하고 그 결과를 반영하여 사업구간의 평가를 수행할 수 있도록 정량적으로 수록함
- 지하안전영향평가 대비 사후지하안전영향조사시 가시설계획 현황 및 주변 현황(수리지질학적 경계 인자)이 변경되었을 경우 광역지하수 흐름분석 및 침투해석을 통해 지하수 변화에 의한 검토범위를 확인 및 재검토하여 수록함

주요내용

굴착 터널

(가) 광역지하수 흐름 분석을 위한 검토범위 산정

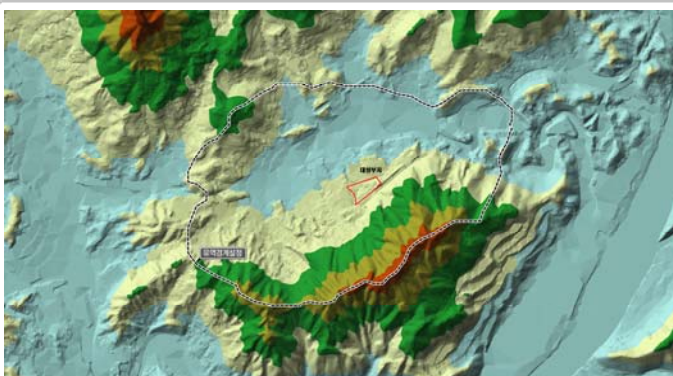
- ✓ 광역지하수흐름 분석에 있어서 지하수 분수계 설정은 지하수 유동해석결과에 영향을 크게 끼칠 수 있으므로 지형 및 주변 하천의 분포 현황을 반영하여 적절한 규모의 지하수 유동영역 설정내용을 수록함
- ✓ 사업부지에 대한 광역지하수 흐름 분석을 위하여 사업부지의 위치, 주변 산계, 인접하천, 터널 등의 지하구조물 분포 현황에 대한 검토결과를 바탕으로 굴착에 의한 지하수 유동특성 모의를 위한 영역을 설정함

사업부지 주변 현황 분석

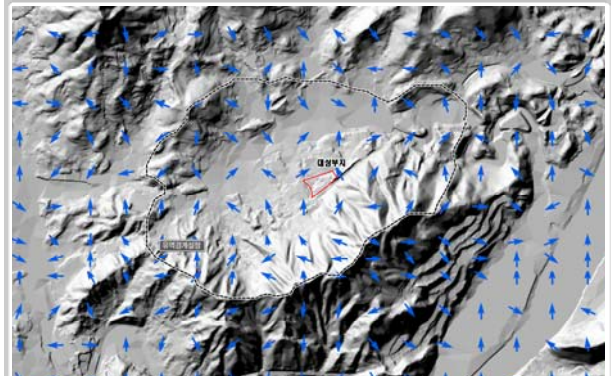


- ✓ 국토지리정보원에서 제공하고 있는 사업부지의 수치지형도를 활용하여 DEM(수치표고모델) 분석을 통한 지형 분석 및 지하수 흐름 방향을 분석하여 과업구간이 위치한 산계와 수계를 포괄하는 영역을 설정함

DEM 분석을 통한 지형고도 분석



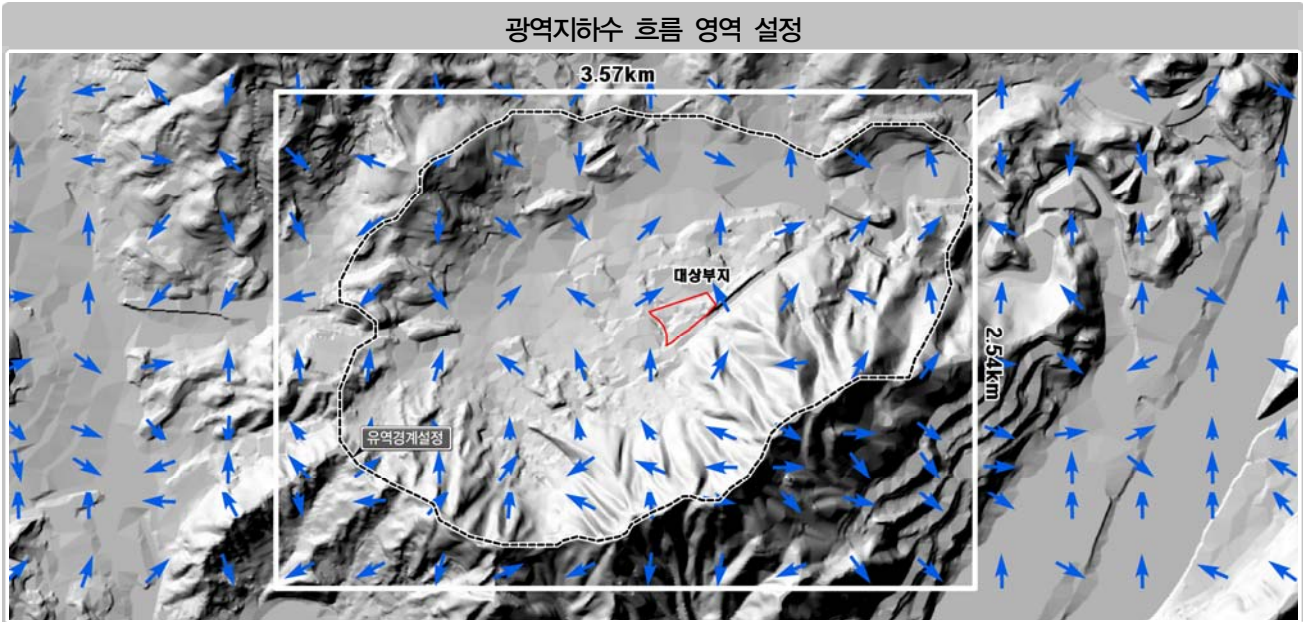
지형고도를 이용한 지하수 흐름방향 분석



주요내용

굴착 터널

- ✓ 광역지하수 흐름 평가를 위한 검토범위 선정 : 산계와 인근 수계 등 뚜렷한 지질학적 경계를 고려하여 지하수흐름 분석의 검토 범위로 선정함



- ✓ 인위적인 개발을 통해 조성된 도심지 및 택지조성지구 등 지질학적 경계를 특정할 수 없는 경우 기존 지반데이터 베이스 자료에 나타난 시추지하수위 자료를 참조하여 광역지하수 검토 범위(경계조건)을 선정할 수 있음

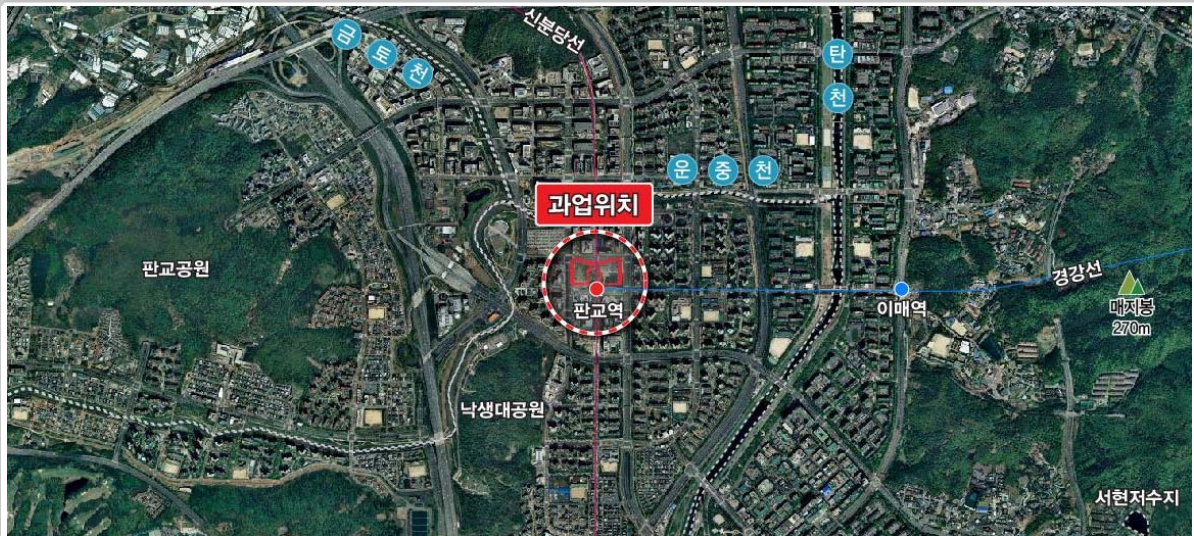
(나) 침투해석을 위한 검토범위 선정

- ✓ 침투해석에 있어서 지하수 변화에 의한 검토범위 선정은 대상구간에 포함되는 인접건물 및 지하매설물을 포함할 수 있도록 하고 검토범위 선정결과에서 도출한 수치이상을 적용함
- ✓ 침투해석을 통한 검토범위 검토결과 2.0H(H:굴착깊이) 미만으로 선정되는 경우 보수적인 평가를 위해 검토범위 선정결과와 동일하게 2.0H(H:굴착깊이)이상으로 적용함

(가) 광역지하수 흐름 분석을 위한 검토범위 산정

- 사업부지 주변 산계와 하천 분포 현황은 다음과 같음
 - 주요 산계 : 동쪽으로 약 3.5km의 거리에 OO봉(270m)이 위치하고 있음
 - 주요 하천 : 서쪽으로 약 700m거리에 위치한 OO천은 과업지역의 북쪽으로 500m거리에 있는 OO천에 합류하며, OO천은 사업부지와 동쪽으로 약 1.2km 이격하여 있는 OO천과 합류하여 한강으로 유입되고 있음
- 사업부지가 위치한 경기도 OO시 OO구 일원은 OO역 인근으로 건축 구조물과 지하철 등이 다수 분포하고 있음

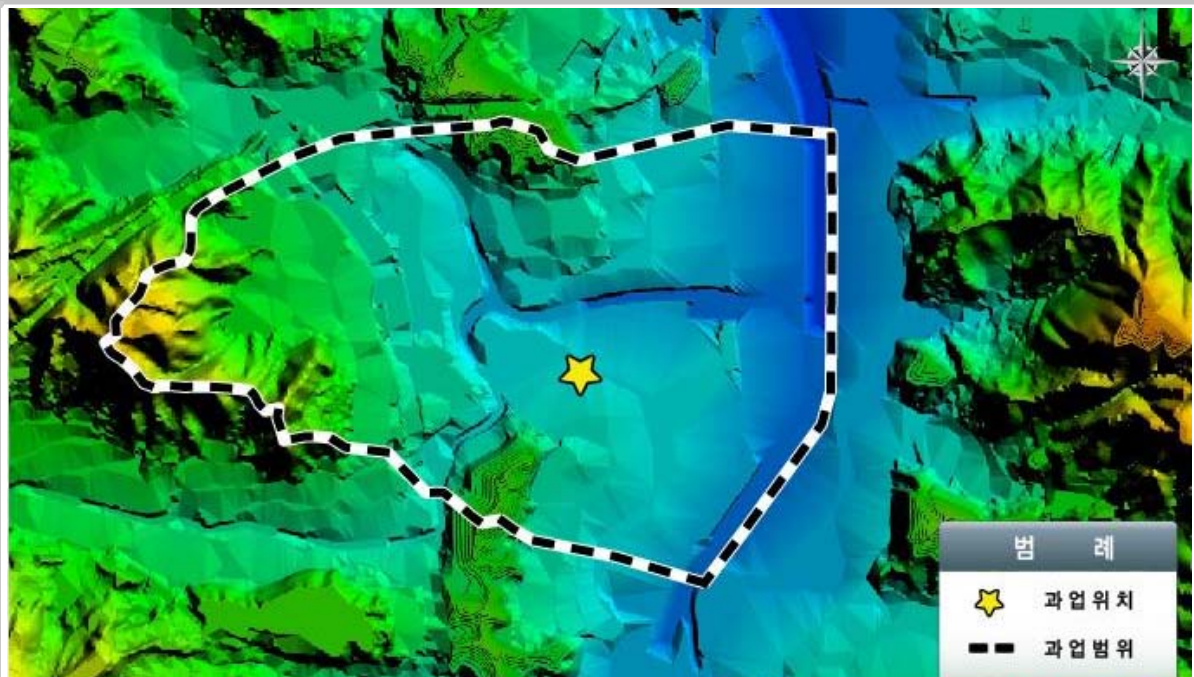
사업부지 주변 현황 분석



- 지형도 및 위성지도를 통한 사업구간의 현황과 산계, 수계 및 인접한 지하철 등 지하시설물 현황을 분석함

- 수치지형도를 활용한 DEM(수치표고모델)분석결과 사업구간은 북, 남, 서쪽의 고도가 높고 동쪽이 낮게 형성되어 있어 광역적 지하수의 흐름은 동쪽 방향으로 이동 할 것으로 판단됨

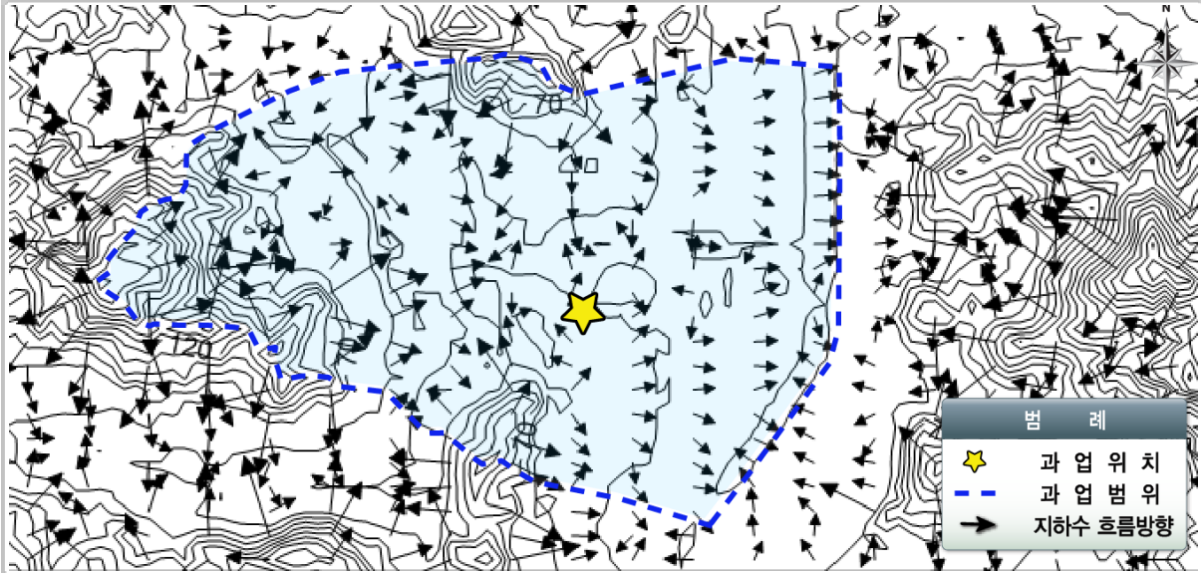
DEM 분석을 통한 지형고도 분석



예
시

- 지형분석결과 지하수 흐름은 북, 남, 서쪽의 산계에서 발생되어 사업구간이 있는 곳을 지나 동쪽방향의 탄천으로 이동하는 것으로 판단됨

지형고도를 이용한 지하수 흐름방향 분석



- 따라서, 광역 지하수흐름 평가를 위한 검토범위 선정시 인근 주요 시설물의 영향(지하철 분당선, 신분당선, 경강선 등)과 운중천, 탄천 등 뚜렷한 지질학적 경계를 구성하는 현장 주변 반경 약 3.0~4.0km를 지하수 검토범위로 선정함

광역지하수 흐름 영역 설정



(나) 침투 해석을 위한 검토범위 산정

- 침투류 해석을 이용한 지하수 변화에 의한 영향 상세 평가는 대상구간에 포함되는 인접건물 및 지하매설물을 포함할 수 있도록 굴착에 의한 지반 검토범위 이상으로 설정함

3.1.2 지반안전성 평가를 위한 대상지역 설정

작성방향

- 지반안전성 평가를 위한 대상지역의 설정을 위해 이론식 및 경험적 추정방법과 수치해석에 의한 방법을 구분하여 기술하고 그 결과를 반영하여 사업구간의 평가를 수행할 수 있도록 정량적으로 수록함
- 지하안전영향평가 대비 사후지하안전영향조사시 가시설계획 현황이 변경되었을 경우, 이론식 및 경험적 추정방법과 수치해석에 의한 방법을 통해 지반 안전성 검토를 위한 검토범위를 재검토하여 수록함

주요내용

굴착 터널

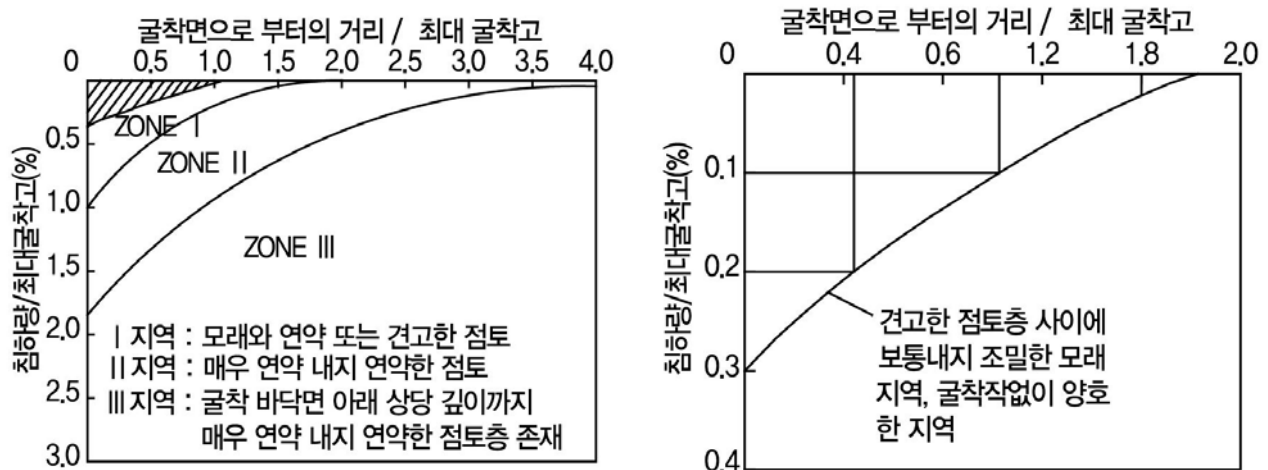
(가) 이론식 및 경험적 추정 방법

- ✓ 지반안전성 평가를 위한 대상지역 설정시 일반적으로 적용되는 이론식 및 경험적 추정 방법은 Peck(1969)의 곡선방법, Caspe(1966)의 방법, Clough 등(1990)의 방법이 있음
- ✓ 대상사업 지반조건에 따라 이론식 및 경험적 추정방법을 통해 굴착에 따른 검토범위를 추정함
- ✓ Peck(1969)의 곡선방법은 현장에서 시공되고 있는 흙막이 가시설 벽체 인접지반에 대해 현장 계측결과로부터 지반 조건별 굴착심도에 따른 거리비로 침하량 분포를 제시함

① Peck의 곡선은 다음과 같이 지반조건별로 I ~ III 지역으로 구분

- I 지역 : 모래와 연약 또는 견고한 점토
- II 지역 : 매우 연약 내지 연약한 점토
- III 지역 : 굴착 바닥면 아래 상당 깊이까지 매우 연약 내지 연약한 점토층 존재

흙막이벽 배면 지반침하 예측(Peck, 1969)



② 굴착에 따른 지반 검토범위 선정방법은 다음과 같음

- 해당사업의 지반조건을 확인하여 I, II, III 지역으로 구분
- I 지역 : 굴착면으로 부터의 거리/최대 굴착고 = 2.0, 검토범위 = 최대굴착고 × 2.0
- II 지역 : 굴착면으로 부터의 거리/최대 굴착고 = 4.0, 검토범위 = 최대굴착고 × 4.0

주요내용

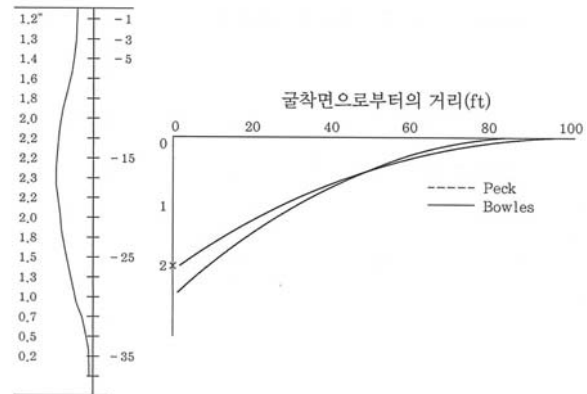
굴착 터널

✓ Caspe(1966)의 방법은 강널말뚝의 변위와 포아송비를 사용하여 벽체배면의 지반침하량 분포범위를 제한함

① 굴착에 따른 지반 검토범위 선정방법

- 횡방향 벽체 변위를 계산
- 횡방향 벽체 변위를 합하여 변위 체적 Vs 구함
- 굴착심도 H_w 계산
- 굴착영향거리 $H_t = H_p + H_w$ 계산
- 침하영향거리 D 계산, $D = H_t \cdot \tan(45^\circ - \phi/2)$
- 탄·소성보해석 결과를 참조하여 검토범위 산정

벽체배면에서의 거리별 침하량

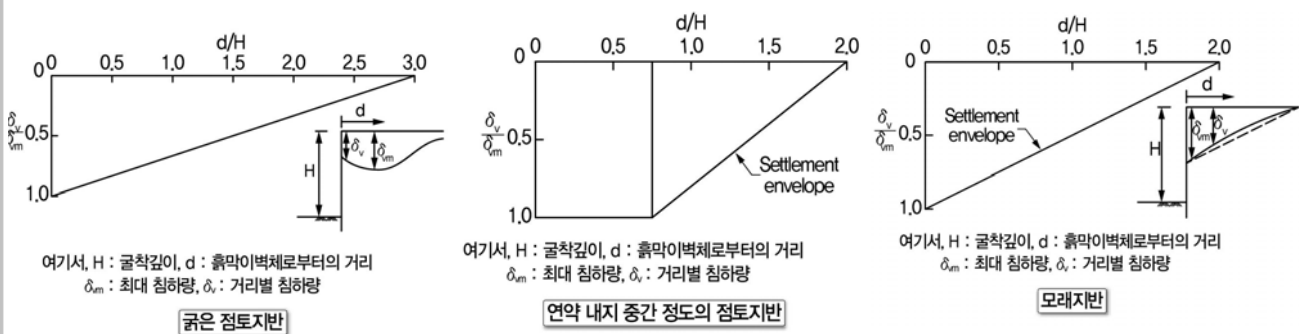


✓ Clough 등(1990)의 방법은 지반굴착에 따라 흙막이벽체 배면에서 거리별 침하량을 지반조건별 현장 계측결과 및 유한 요소해석을 활용하여 제시함

① Clough 등에서 제시한 지반조건은 다음과 같이 구분함

- 모래지반, 연약내지 중간정도의 점토지반, 굳은 점토지반

토질조건에 따른 거리별 침하량(After Clough et al., 1990)



② 굴착에 따른 지반 검토범위 선정방법

- 해당사업의 지반조건을 확인하여 I, II, III 지역으로 구분함
- I 지역: 굴착면으로 부터의 거리/최대 굴착고 = 2.0, 검토범위 = 최대굴착고 $\times$ 2.0
- II 지역: 굴착면으로 부터의 거리/최대 굴착고 = 4.0, 검토범위 = 최대굴착고 $\times$ 4.0

✓ 이론식 및 경험적 추정방법은 다층 복합지반 조건 및 흙막이 벽체 공법 등 실제 현장조건과 다소 차이를 보일 수 있으나 인접건물, 지하매설물 등의 노후화 정도를 감안할 때 보수적인 접근이 필요하므로 대상지역의 설정을 위한 가이드라인으로 활용함(수치해석에 의한 방법을 활용한 산정결과와 비교하여 안전측으로 적용함)

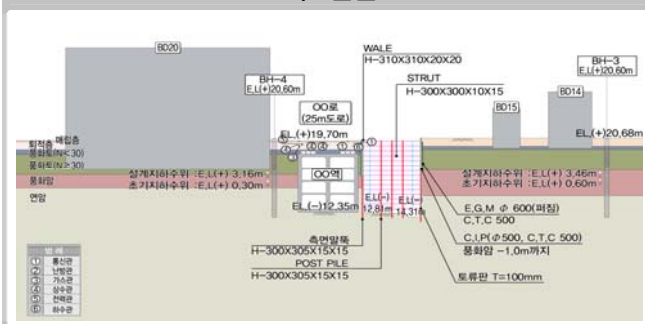
주요내용

굴착 터널

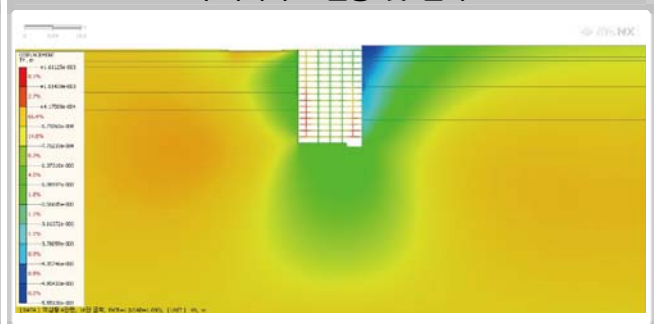
(나) 수치해석에 의한 방법

- ✓ 수치해석에 의한 방법은 국내 지반이 복합지반인 특성을 감안하여 굴착에 따른 검토범위를 산정하며, 과업구간 현황(지반조건이 가장 취약한 구간, 최대 굴착심도 구간, 주요 인접 구조물 위치 구간 등)을 종합적으로 고려하여 가장 취약한 단면에 대해 2차원 수치해석을 수행결과를 반영함
- ✓ 검토범위 산정을 위한 해석방법은 지하수의 변화를 고려하지 않는 응력해석을 원칙으로 적용함
 - 굴착에 의한 영향과 지하수 저하에 따른 영향을 함께 고려하는 침투-응력 연계해석을 적용할 경우 초기 지하수위 조건으로 건기와 우기가 반복적으로 발생하는 지반특성을 반영하지 못해 검토범위가 과다하게 산정됨
- ✓ 해석 모델링은 지반조건에 따른 검토범위 산정이 목적인 해석으로 인접 구조물 현황은 미고려 함
 - 강성체인 인접구조물을 반영할 경우 구조물의 영향으로 침하발생이 과소하게 산정되거나, 구조물로 인해 침하경향 분석에 제약이 발생하므로 구조물 현황은 모델링에 포함하지 않음

대표단면

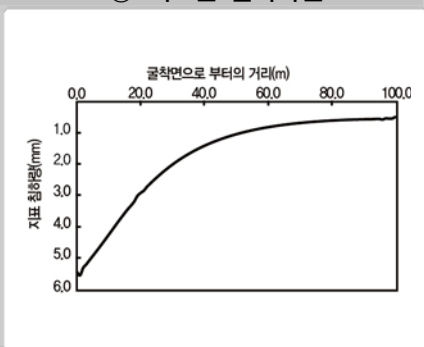


수치해석 모델링 및 결과

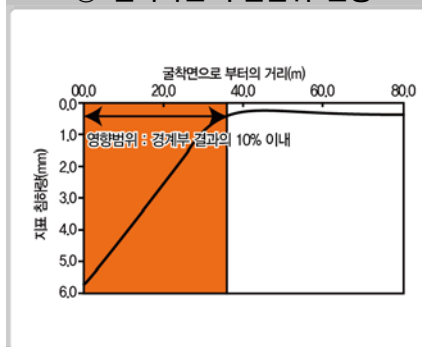


- ✓ 수치해석에 의한 검토범위 산정시 지표면 변위의 수렴여부를 판단하고, 수렴여부를 판단하기 어려울 경우 침하 허용기준인 25mm(도로, 인접구조물)의 10%인 2.5mm 침하지점까지를 검토범위로 산정함
- ✓ 수치해석을 이용한 검토범위 산정방법
 - ① 지표면 침하곡선 작도
 - ② 침하곡선 수렴범위 산정(수렴범위는 경계부 결과의 10% 이내로 산정)
 - ③ 침하곡선 미수렴시, 침하량 허용기준(25mm의 10%인 2.5mm)에 따른 검토범위 산정

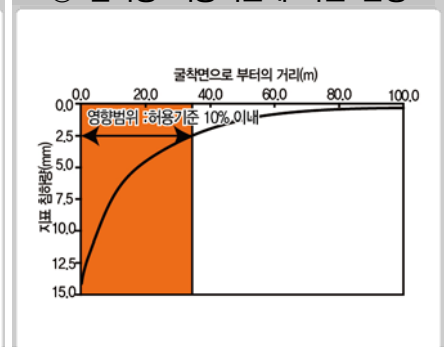
① 지표면 침하곡선



② 침하곡선 수렴범위 산정



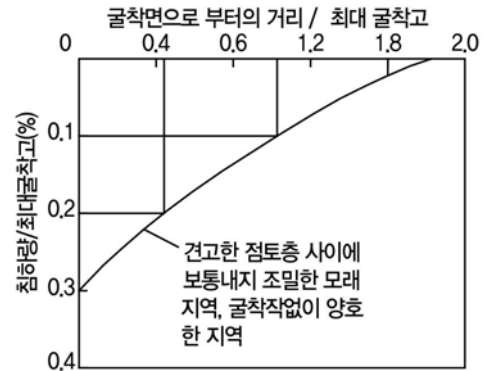
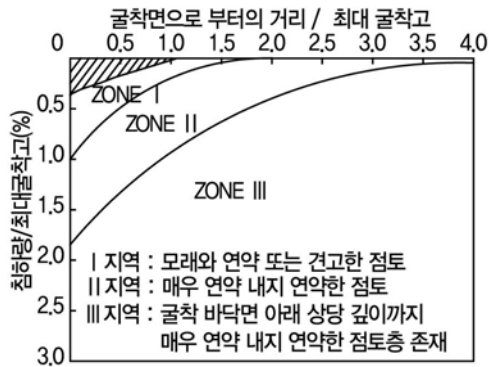
③ 침하량 허용기준에 따른 산정



(가) 이론식 및 경험적 추정 방법

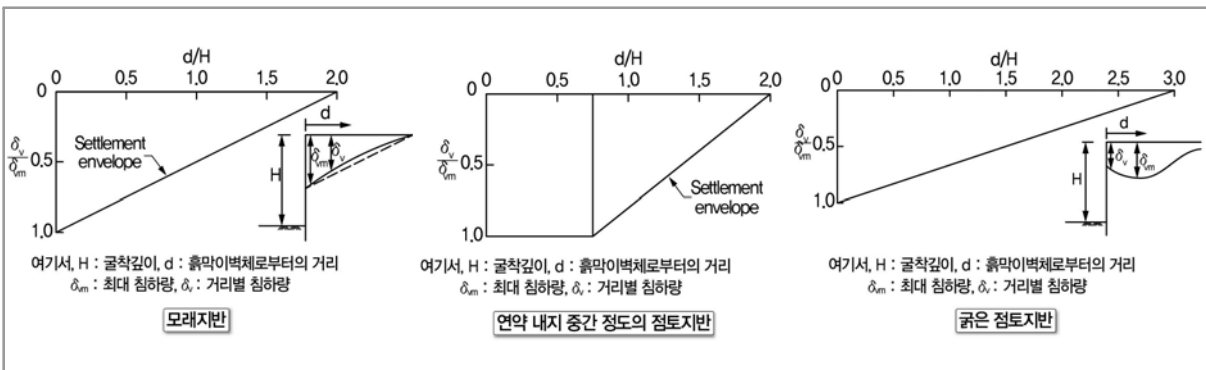
① Peck(1969)의 곡선방법

- Peck의 곡선은 다음과 같이 지반조건별로 I ~ III 지역으로 구분함
 - I 지역 : 모래와 연약 또는 견고한 점토
 - II 지역 : 매우 연약 내지 연약한 점토
 - III 지역 : 굴착 바닥면 아래 상당 깊이까지 매우 연약 내지 연약한 점토층 존재
- 사업구간의 지반조건 산정결과 : I 지역
- 굴착면으로 부터의 거리 / 최대 굴착고 : 2.0(지역조건 I)
- 사업구간의 최대 굴착심도를 고려한 지반 검토범위(굴착 영향거리)는 다음과 같이 산정됨
 - 지반 검토범위(굴착 영향거리) : $34.99\text{m} \times 2.0 = 69.98\text{m}$



② Clough 등(1990)의 방법

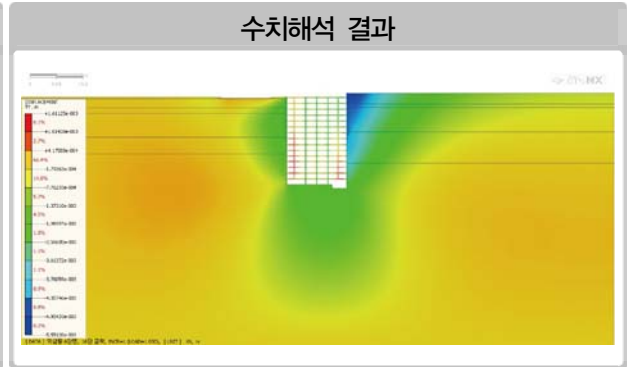
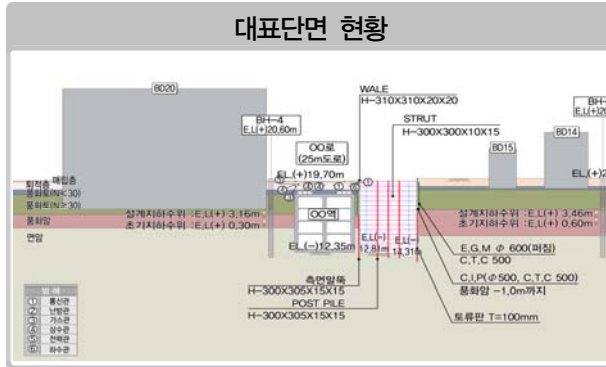
- Clough 등에서 제시한 지반조건은 다음과 같이 구분함
 - 모래지반
 - 연약내지 중간정도의 점토지반
 - 굳은 점토지반
- 사업구간의 특성을 고려한 지반조건 가정 : 모래지반
- 흙막이 벽체로부터의 거리 / 굴착깊이 : 2.0(모래지반)
- 사업구간의 최대 굴착심도를 고려한 지반 검토범위(굴착 영향거리)는 다음과 같이 산정됨
 - 지반 검토범위(굴착 영향거리) : $34.99\text{m} \times 2.0 = 69.98\text{m}$



(나) 수치해석에 의한 방법

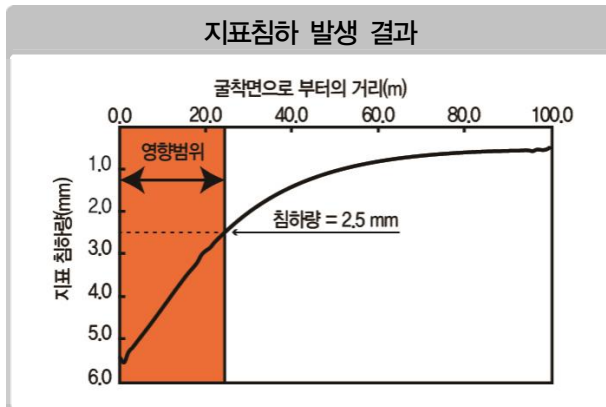
① 해석개요 및 방법

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



② 해석결과

- 굴착 배면의 지표침하량을 검토하여 침하량이 허용기준(25mm)의 10%에 해당하는 2.5mm까지의 거리를 대상지역으로 설정함



영향거리 산정 방법

- 굴착배면에 대한 위치별 지표침하량 결과를 도식화하여 그래프가 수렴하는 경향을 확인 한 후 수렴범위를 검토범위로 산정하는 것이 합리적임
- 만약 그래프의 수렴이 확인되지 않을 경우 인접한 구조물 및 도로의 허용기준인 25mm의 10%인 2.5mm 가 발생하는 지점까지의 거리를 검토범위로 산정함

(다) 검토범위 설정

- 지하안전성 평가를 위한 대상지역 설정 방법을 요약하면 다음과 같음
 - 이론식 및 경험적 방법과 수치해석에 의한 방법으로 굴착에 의한 지반 검토범위 산정
- 이론식 및 경험적 방법에 의한 지반 검토범위 산정 결과는 다음과 같음
 - Peck(1969) 및 Clough 등(1990)의 방법에 의한 검토결과 : 69.98m
- 대표단면 수치해석에 의한 지반 검토범위 산정 결과는 다음과 같음
 - 가시설 배면 지반 검토범위(변위 수렴거리) : 51.00m
- 이론식 및 경험적 방법과 수치해석 방법 중 큰 값을 지반안전성 평가 범위로 선정
- 지반안전성 평가를 위한 대상지역 설정 결과를 요약하면 다음과 같음

Peck(1969)의 방법	Clough 등(1990)의 방법	수치해석	적 용
69.98m	69.98m	51.00m	69.98m

3.2.2 대상사업 현황분석

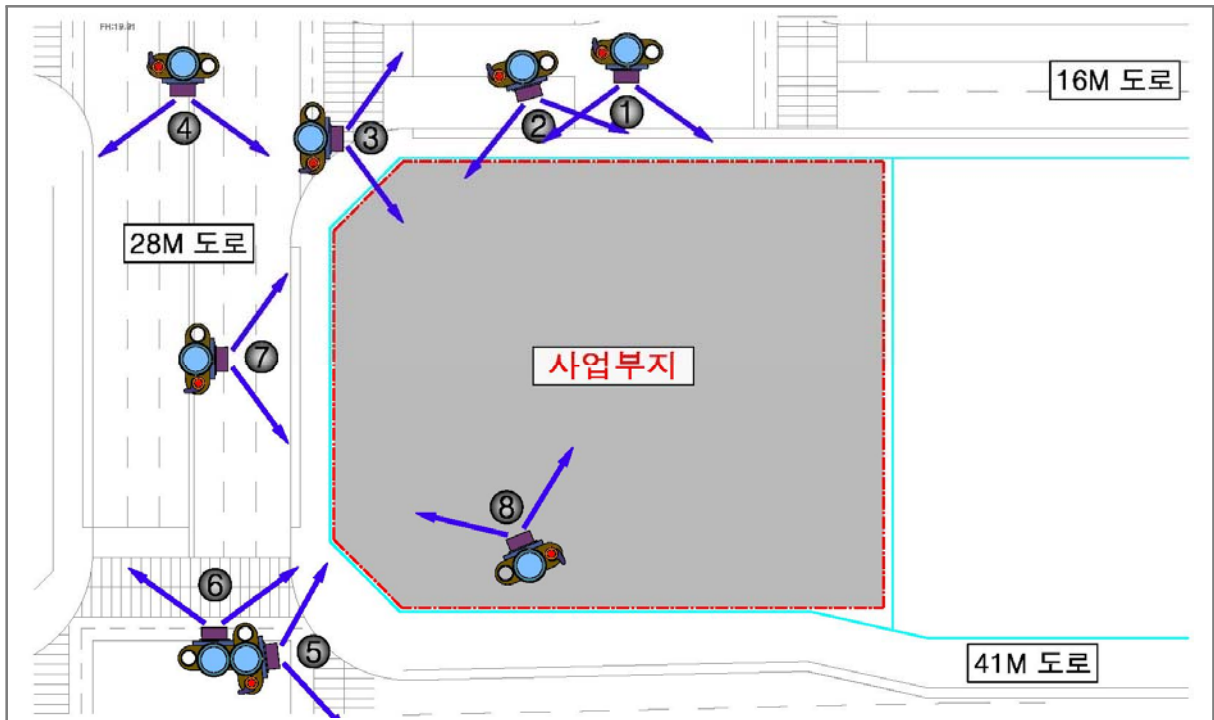
작성방향 • 대상사업구간에 대하여 지하안전영향평가 및 사후지하안전영향조사시 현장조사 사진을 수록함

주요내용

굴착 터널

✓ 현황 변경사항 등을 확인할 수 있도록 지하안전영향평가 및 사후지하안전영향조사시 현장조사 사진을 수록함

● 사업구간의 현황분석결과는 다음과 같음



예
시

구분	지하안전영향평가(2000. 00)	사후지하안전영향조사(2000. 00)
①		
②		

3.2.3 구조물 설정

작성방향

- 현장조사 및 위성지도 분석을 통해 대상사업구간 주변 시설물 중 굴착검토범위 내 위치하여 굴착으로 인해 유해한 영향을 받은 가능성이 있는 구조물을 설정함

주요내용

굴착 터널

- ✓ 사업구간의 구조물은 대상지역 내에 위치하는 인접건물, 지하구조물, 지하매설물, 인접도로 등 굴착에 의해 유해한 영향을 받을 가능성이 있는 시설물을 설정함(필요시 사업구간 인접 장래 개발계획 수록)

(가) 건축물 설정

- ✓ 인접구조물의 조사는 반드시 현장조사를 수행하여 건물의 층수(지상, 지하), 높이, 구조형식 및 이격거리 등을 상세히 조사하여 평가서에 기술하되 현장사진을 함께 수록하여 현황에 대한 분석이 가능하도록 하여야 함
- ✓ 검토범위 내 신축공사 현장이 위치할 경우 굴착공사 시기, 굴착깊이 및 굴착공법을 명기하고, 공사시기가 대상사업과 겹칠 경우 이를 명시하여 동시굴착 여부를 확인할 수 있도록 하여야 함
- ✓ 준공된 지 30년 이상의 노후화 구조물은 외관조사를 수행하여 지반안전성 검토 및 지반침하취약구간 선정시 참고자료로 활용할 수 있도록 함

구 분	건물명	층수 (지상/지하)	건물높이 (m)	구조	연면적	준공일자	이격거리(m)	
							굴착 경계	대지 경계

(나) 시설물 상태평가 등급 확인

- ✓ 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 따른 1,2종 시설물 및 3종 시설물을 조사하기 위해 시설물통합정보관리시스템(www.fms.or.kr)을 활용하여 각 시설물별 상태평가 등급을 확인하여 수록함
- ✓ 시설물통합정보관리시스템으로 상태평가 등급 확인이 불가능한 시설물에 대해서는 연도변조사(내·외부 균열조사, 준공년도 확인 등)를 통해 현재 상태에 대하여 확인하여 수록함

구 분	시설물명	층수 (지상/지하)	시설물 구분	시설물 종류	구조	연면적	최근 점검진단일	종별/ 등급

(다) 인접도로 설정

- ✓ 인접도로는 차로 및 폭에 대한 조사 및 도로에 발생되어 있는 균열, 꺼짐 등을 상세히 육안 조사하여 평가서에 수록함
- ✓ 도로에 대한 현황조사 결과를 기술하되 현장사진을 함께 수록하여 상세한 분석이 가능하도록 함

구분	도로명	주 소	차로수	특 징
NO.1	OO로	OO시 OO구 OO동 OO번지 일대	왕복 6차로	조사 완료
NO.2		OO시 OO구 OO동 OO번지 일대	왕복 6차로	조사 완료

● 대상지역내 인접한 구조물의 조사범위 및 조사결과는 다음과 같음



구 분	건물명	층수 (지상/지하)	건물높이 (m)	구조	연면적	준공일자	이격거리(m)	
							굴착 경계	대지 경계
BD1	OO상가	1/0	4.00	철근콘크리트구조	—	—	0.30	0.05
BD2	OO상가	1/0	4.00	철근콘크리트구조	—	—	10.35	9.89
BD3	OO상가	1/0	4.00	철근콘크리트구조	—	—	0.86	0.35
BD4	OO아파트	12/2	35.50	철근콘크리트구조	2,728.77m ²	2010/03/31	2.15	1.59
BD5	OO신축공사현장	7/2	28.00	철근콘크리트구조	1,157.39m ²	2020/10/17	28.57	28.15

제3장 대상지역의 설정

- 사업구간에 분포하는 각종 구조물 및 인접도로에 대한 조사결과 현장사진은 다음과 같음



구 분	건물명	구조	층수(지상/지하)
BD1	OO빌딩	철근콘크리트구조	0층/0층



구 분	건물명	구조	층수(지상/지하)
BD2	OO빌딩	철근콘크리트구조	0층/0층

예
시

- 시설물정보관리종합시스템(FACILITY MANAGEMENT SYSTEM)을 통해 대상지역내 제1, 2, 3종 시설물 및 상태평가 등급을 확인함

The screenshot displays the FMS web application. The top navigation bar includes links for '시설물관리' (Facility Management), '설계도서/보고서' (Design Documents/Reports), '관련업체' (Related Companies), '기술정보' (Technical Information), '현황 및 통계' (Status and Statistics), '업무연락' (Business Contact), and '커뮤니티' (Community). The main content area is titled '시설물 안전관리현황 정보공개' (Facility Safety Management Status Information Disclosure). It features a search bar and a table of facilities. The table columns are: No, 시설물명 (Facility Name), 시설물구분 (Facility Category), 시설물종류 (Facility Type), 층별 (Floor), 최근 점검진단일 (Recent Inspection/Assessment Date), 등급 (Grade), and 위치 (Location). The table lists several facilities, including '한국교통대학교' (Korea National University of Transportation) and '한일역사' (Hanil History). Below the table, there are sections for '시설물 주요제원' (Facility Main Specifications) and '현장사진' (On-site Photos).

- 시설물정보관리종합시스템(FACILITY MANAGEMENT SYSTEM) 상의 제1, 2, 3종 시설물은 00역 1개소이며, 등급은 B등급으로 조사됨

구 분	시설물명	층수 (지상/지하)	시설물 구분	시설물 종류	구조	연면적	최근 점검진단일	종별/ 등급
1	00역사	0/4	건축물	철도역시설	철근 콘크리트구조	13,055.3m ²	2017. 12. 15	2종/ B등급

- 시설물정보관리종합시스템에 미등록되어 있으나 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 의 한 1, 2, 3종 시설물 범위에 해당하는 시설물은 다음과 같이 0개소로 검토됨

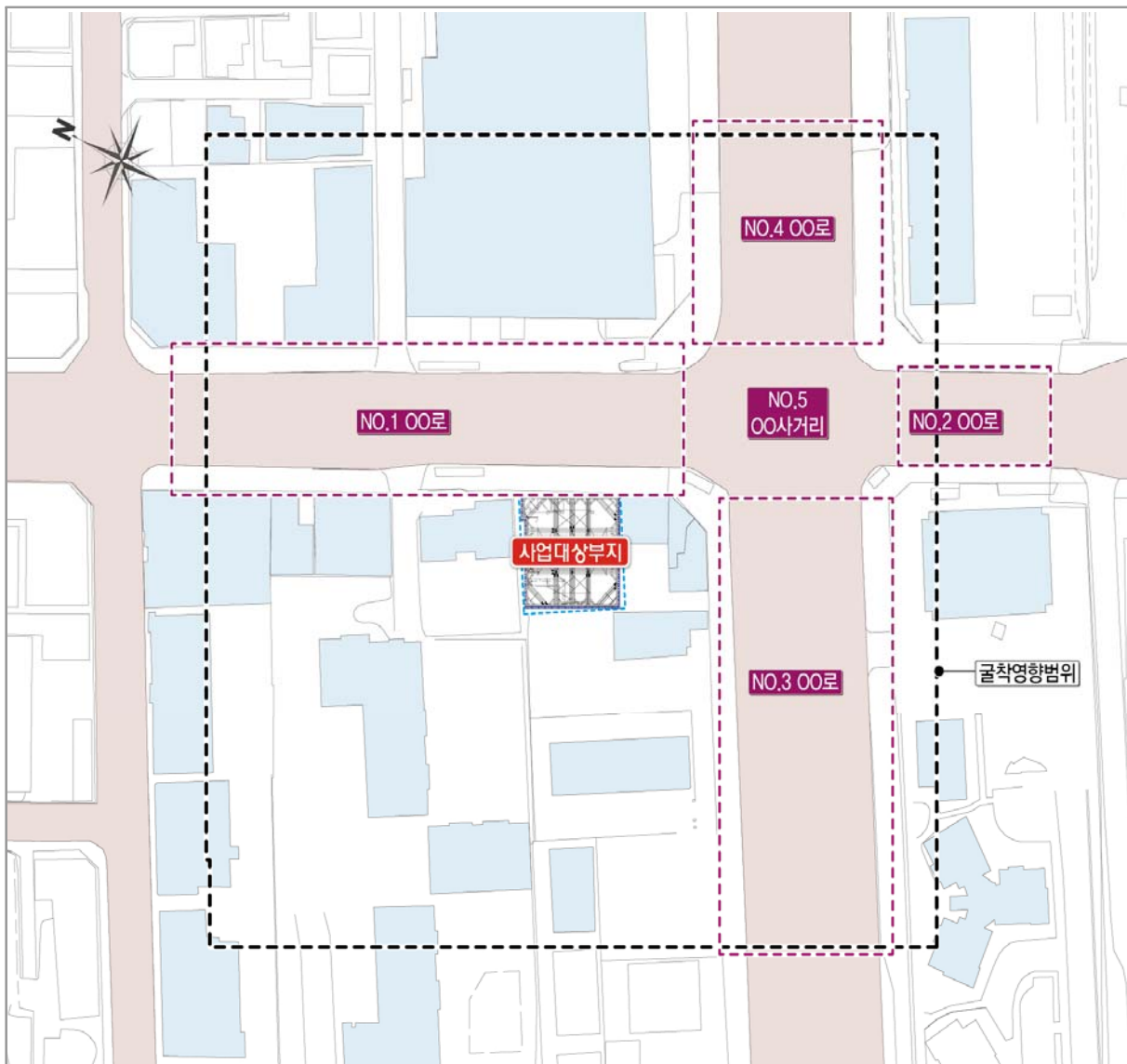
구 분	건물명	층수 (지상/지하)	건물높이 (m)	구조	준공일자	연면적	최소 이격거리	종별
BD11	00아파트 101동	17/2	45.60	철근 콘크리트구조	8,148.44m ²	2008/12/03	64.27m	2종
BD12	00아파트 102동	26/2	70.80	철근 콘크리트구조	7,423.63m ²	2008/12/03	50.00m	2종

제3장 대상지역의 설정

● 사업구간과 인접한 도로의 현황 및 상태조사 결과는 다음과 같음

구분	도로명	주 소	차로수	현재 상태
NO.1	OO로	OO시 OO구 OO동 OO번지 일대	왕복 6차로	양호
NO.2		OO시 OO구 OO동 OO번지 일대	왕복 6차로	양호
NO.3	OO로	OO시 OO구 OO동 OO번지 일대	왕복 8차로	양호
NO.4		OO시 OO구 OO동 OO번지 일대	왕복 8차로	ASP 균열
NO.5	OO사거리	OO시 OO구 OO동 OO번지 일대	왕복 6~8차로	양호

예
시



3.2.4 지하매설물 설정

작성방향

- 지하정보 활용지원센터, 관계기관별 자료 조회 및 현장조사를 통해 확인된 지하매설물 중 검토범위 내 위치하여 굴착으로 인해 유해한 영향을 받은 가능성이 있는 지하매설물을 설정함

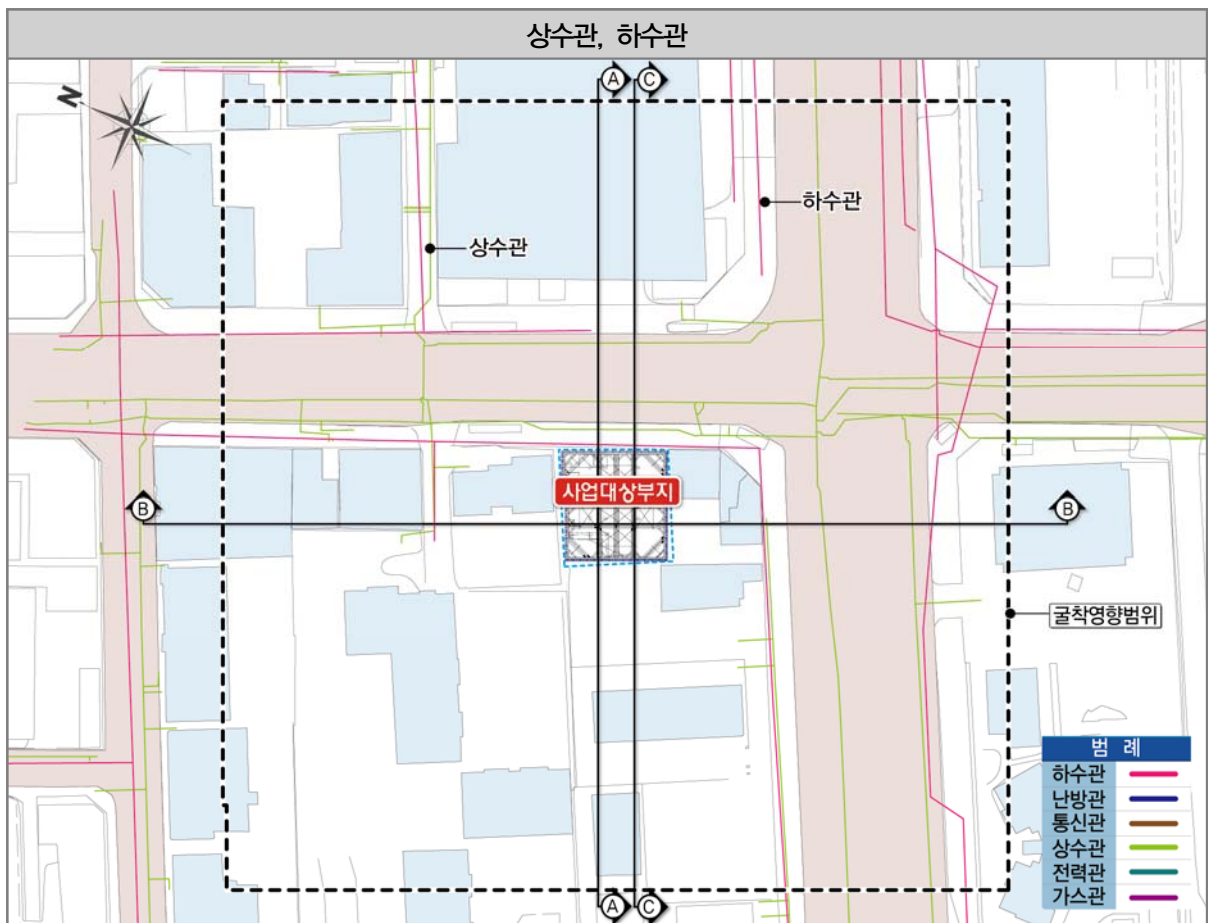
주요내용

굴착 터널

- ✓ 사업구간 내에 위치하는 지하매설물의 종류, 위치 및 심도 등 지하매설물 현황자료를 조사함
- ✓ 지하매설물정보는 관련기관별 자료 조회, 지하정보 활용지원센터, 현장조사 등을 통해 입수하여야 하며, 지하매설물 조사시 제출한 공문 및 자료를 부록에 수록함
- ✓ 지하정보 활용지원센터를 통한 지하공간통합지도는 추후 ‘지하안전정보시스템(JIS)’ 을 통해 신청가능함
- ✓ 지하안전영향평가시 조사된 지하매설물 외 사후지하안전영향조사시 변경된 지하매설물이 있는 경우 이를 확인할 수 있도록 조사서에 수록함

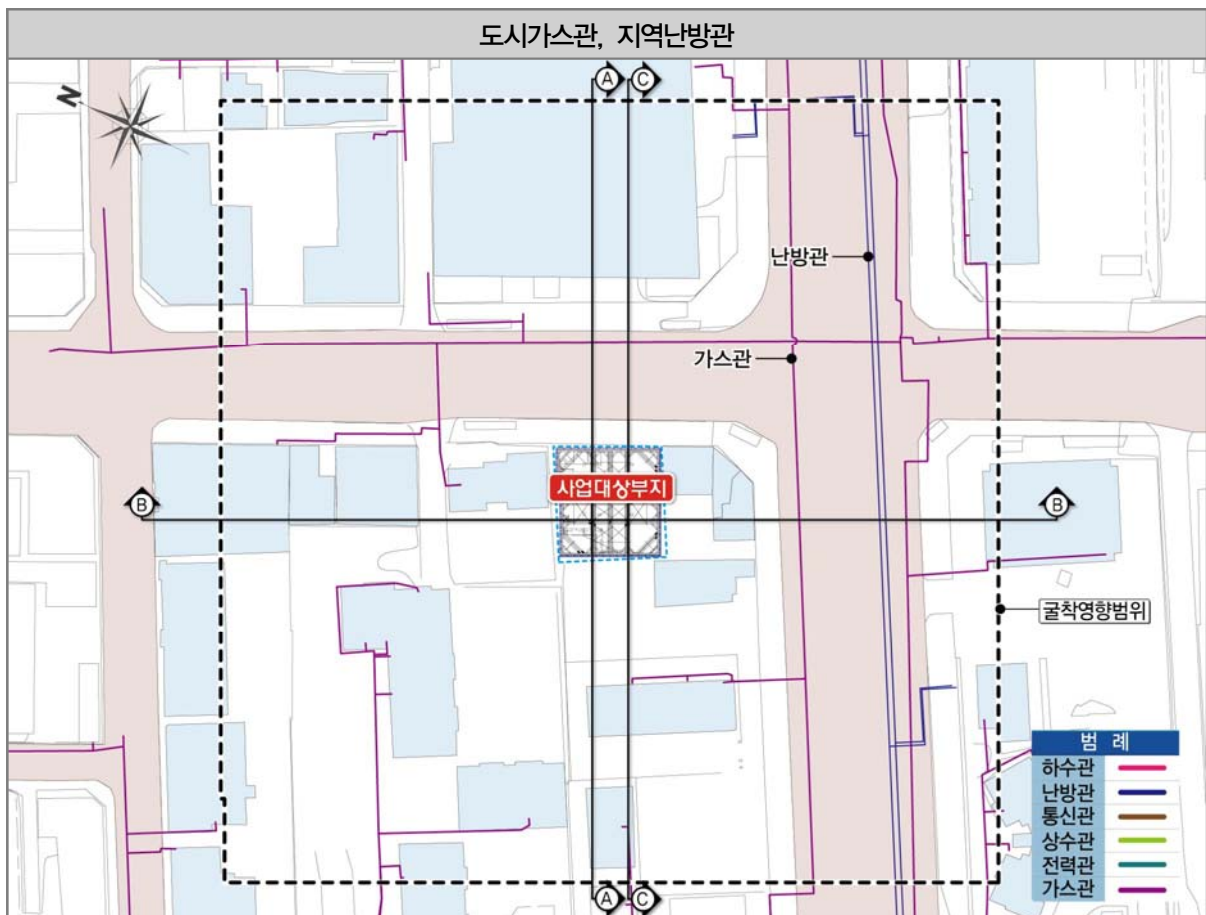
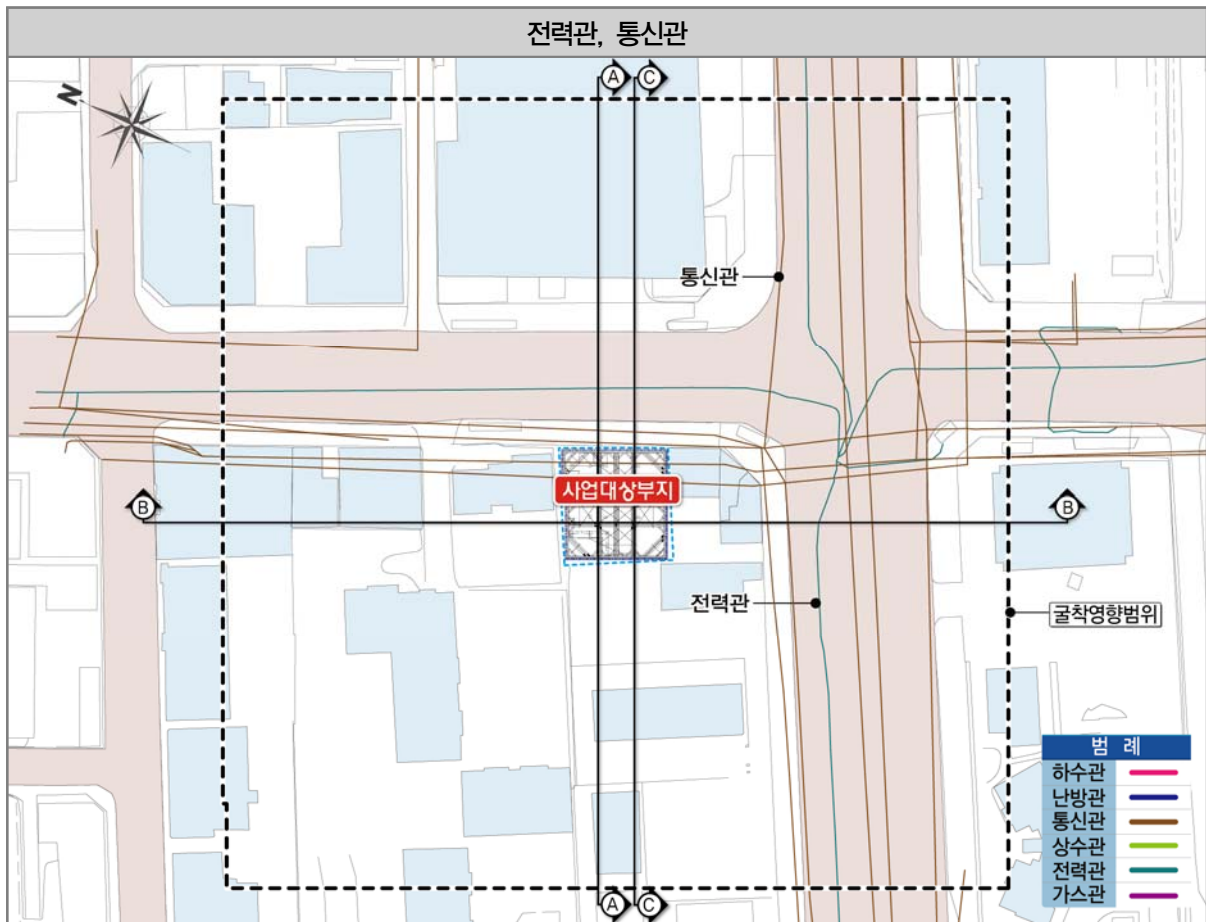
- 검토범위 내 변경 및 신설된 지하매설물에 대하여 조사하였음
- 기존 지장물도를 바탕으로 조사가 이루어졌으며, 검토범위 내의 매설물을 대상으로 함
- 지하안전영향평가시 상수도관로, 하수관로, 전기관로, 통신관로, 가스관로, 지역난방관로가 조사되었으며 사후지하안전영향조사시 추가 매설된 관로는 없음
- 사업구간에 분포하는 각종 지하매설물에 대한 조사결과 분포현황은 다음과 같음

예
시



● 사업구간에 분포하는 각종 지하매설물에 대한 조사결과 분포현황은 다음과 같음(계속)

예
시



● 각종 지하매설물에 대한 규격, 설치심도 및 최소 이격거리 등에 대한 현황은 다음과 같음

예
시

구 분	규 격	설치심도	최소 이격거리	관련기관
상수관	Ø 100~800	G.L(-) 1.0~2.2m	4.55m	지하정보 활용지원센터
하수관(합류식)	Ø 300~1,200	G.L(-) 0.4~3.6m	1.44m	지하정보 활용지원센터
통신관	Ø 100	G.L(-) 0.6~1.0m	1.15m	지하정보 활용지원센터
전력관	Ø 175	G.L(-) 0.7~1.7m	13.17m	지하정보 활용지원센터
도시가스관	Ø 100~400	G.L(-) 0.8~1.8m	22.40m	지하정보 활용지원센터
지역난방관	Ø 200~800	G.L(-) 1.5~2.6m	45.64m	지하정보 활용지원센터

제 4 장 지반 및 지질 현황

4.1 지반 및 지질 현황분석

4.2 지하물리탐사

4.3 지하매설물 CCTV 조사

제 4 장 지반 및 지질 현황

4.1 지반 및 지질현황 분석

4.1.1 조사내용

작성방향 • 지하안전영향평가지 지반조사 결과 및 착공전 추가 지반조사 결과를 수록함

주요내용

굴착 터널

- ✓ 지하안전영향평가지 지반조사 결과를 바탕으로 현장조사, 현장시험, 물리검층 및 실내시험 결과를 분석하여 수록하며, 착공전 추가 지반조사 수행시 결과를 바탕으로 분석결과를 수록함
- ✓ 시추조사 위치, 지층단면도 및 지층분포 특성 등을 수록함

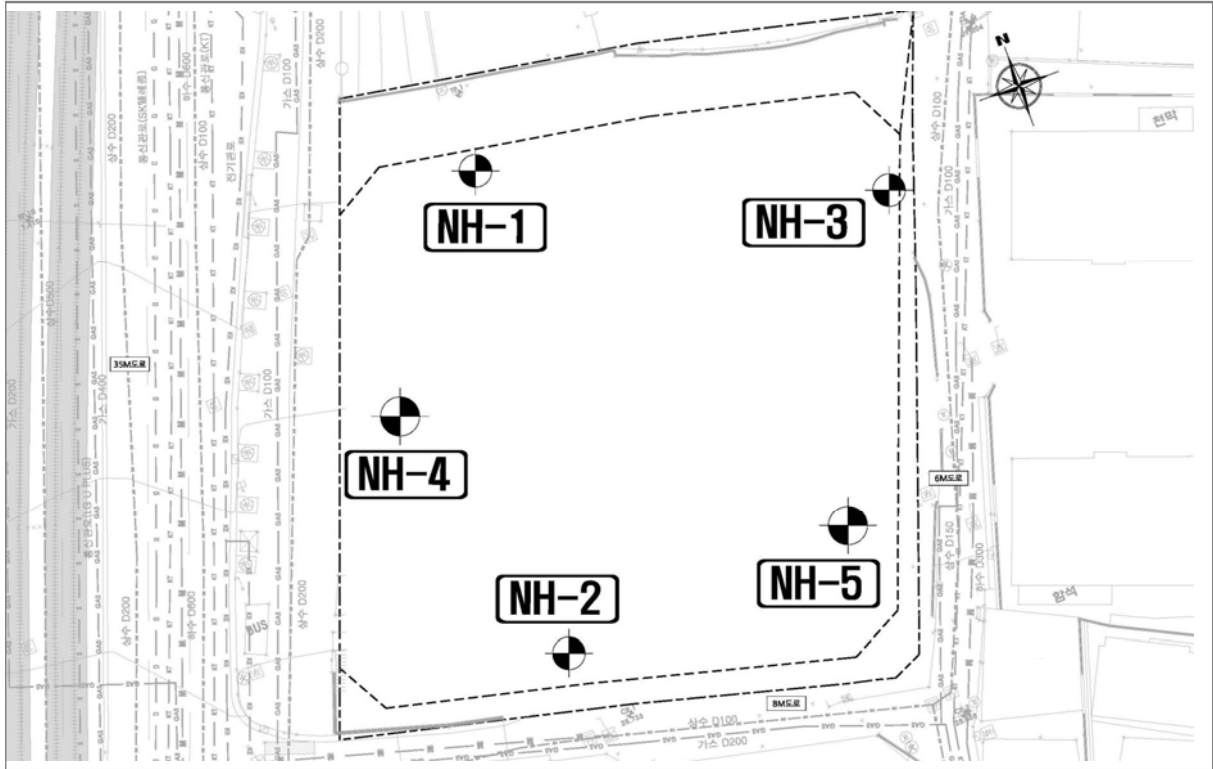
- 지하안전영향평가지 지반조사(시추조사 3공)를 수행하였으며, 기존 건축물 간섭으로 인하여 시추조사를 수행하지 못한 위치에서 기존건물 철거 후 추가 지반조사(시추조사 2공)를 수행하여 사후지하안전영향조사에 반영하였음
- 굴착공사를 진행하며 지층상태를 확인한 결과 지반조사결과와 유사한 것으로 확인됨
- 지하안전영향평가 및 추가 지반조사시 수행한 지반조사는 아래와 같음

가. 지반조사 항목

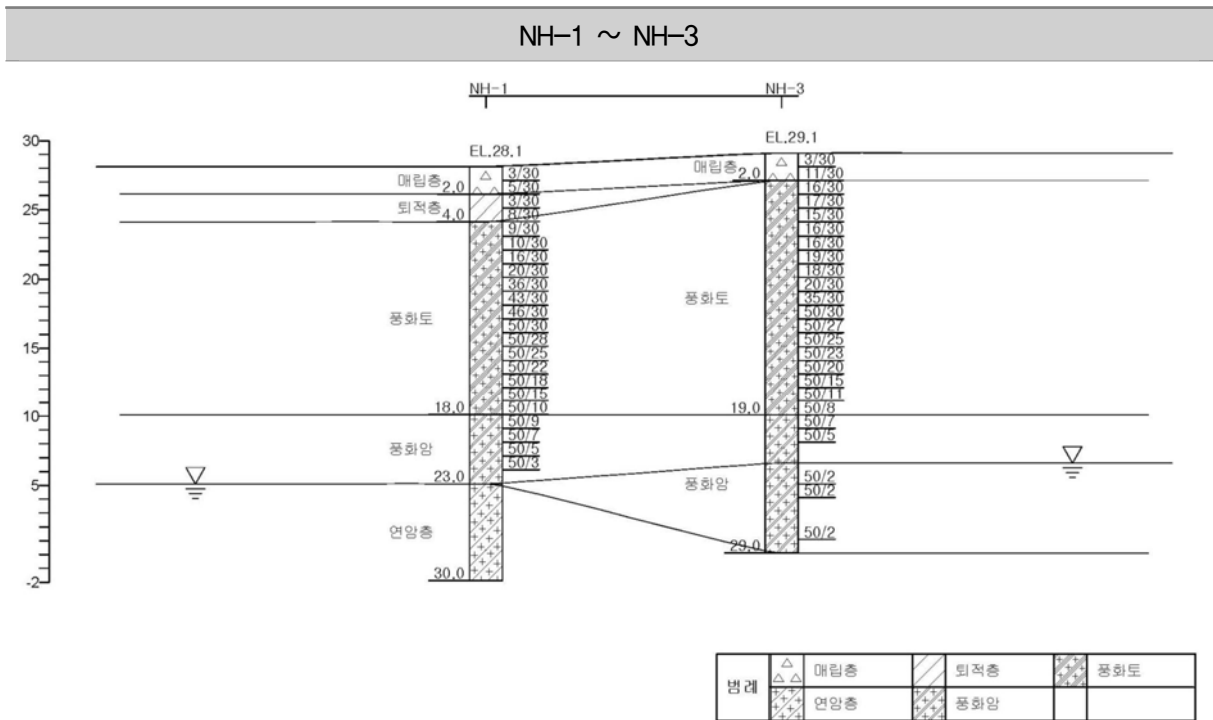
구 분	조사항목	지하안전영향평가	추가조사
현장조사	시추조사 (NX)	3공 (NH-1~3)	2공 (NH-4~5)
현장시험	지하수위 측정	3회	2회
	표준관입시험	62회	40회
	다운홀시험	1회	—
	공내재하시험	2회	—
	공내전단시험	2회	—
	현장투수시험	6회	—
	암반수압시험	2회	—
	지하수 유향유속시험	2회	—
	순간충격시험	2회	—
	양수시험	1회	—
	장기 지하수 측정	1개월	—
물리탐사	GPR탐사	12단면	—
실내시험	물성 시험	5회	—
	암석 일축압축 시험	1회	—

나. 시추조사 위치 및 지층분포

- NH-1~3은 지하안전영향평가시 시추조사를 수행하였으며, NH-4~5은 기존건물 철거 후 추가 시추조사를 수행하였음
- 대상사업 굴착구간 내의 시추조사 위치는 다음과 같음



- 지층단면 분석 결과는 다음과 같음

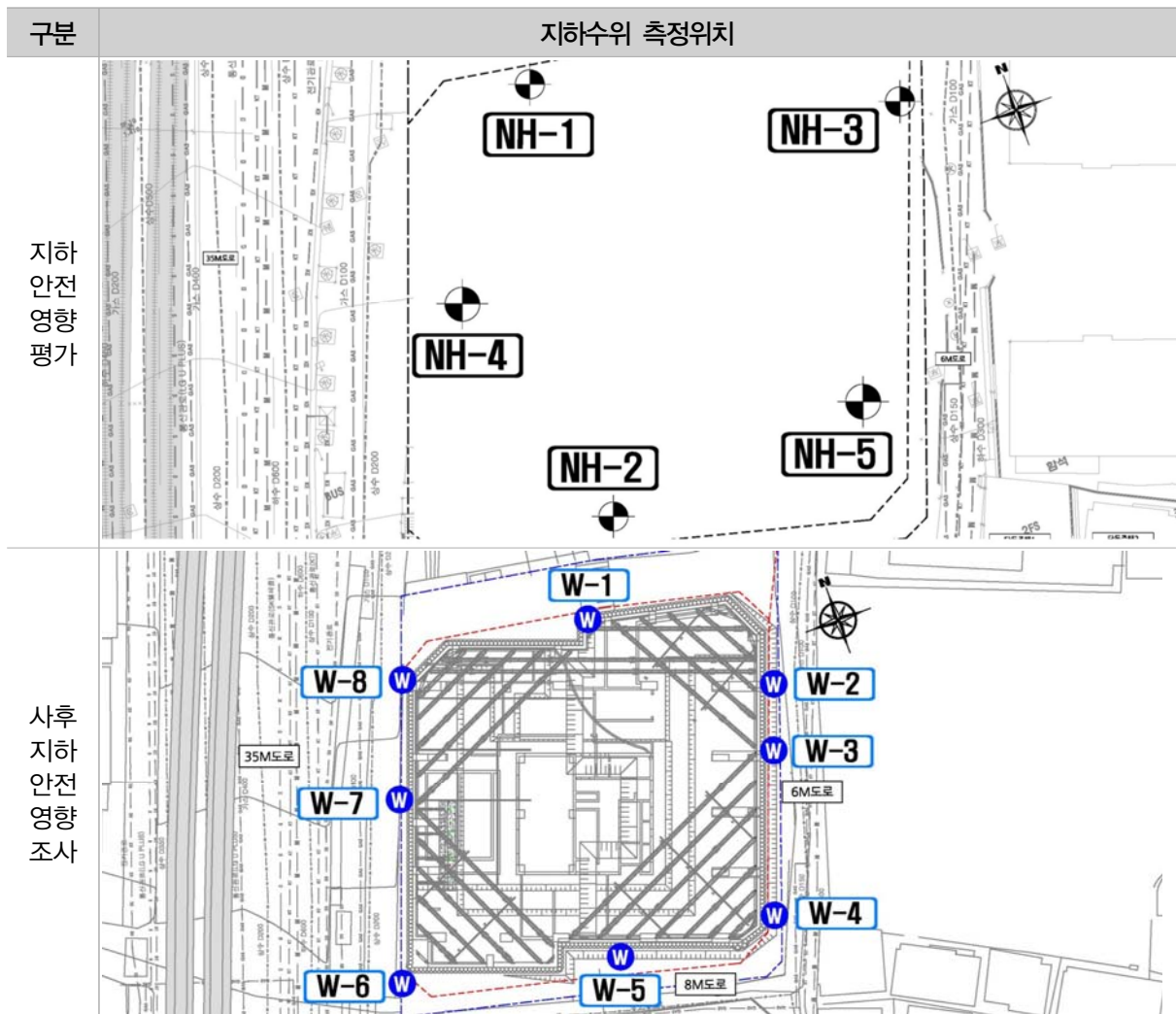


● 지층 분포 특성은 다음과 같음

구 분	두 겹(m)	내 용	N값(회/cm) (TCR/RQD)
매립층	1.3~4.3	○ 본 층은 과거 부지조성을 위해 인위적으로 매립한 층이며 부지 전체적으로 약 1.3~4.3m의 층후로 조사 되었음 ○ 지층의 구성은 주로 실트질의 세립 내지 조립질의 입도분포 불량인 모래 및 토사가 혼재되며 소량의 자갈로 이루어져 있음 ○ 표준관입시험치(N)는 4/30으로 대체적으로 느슨(Loose)의 상태로 파악되며, 함수비는 습윤 상태이며 황갈색임	4/30
퇴적층	2.0	○ 본 지층은 과거 지반의 용기 및 하천의 침식 영향으로 생성된 퇴적층으로 NH-1 시추공에서만 확인되었으며 약 2.0m의 두께로 조사되었음 ○ 지층의 구성은 작은 내지 중간소성의 무기질 점토로 구성되어 있으며, 소량의 세립질 모래가 혼재되어있음 ○ 표준관입시험치(N치)는 3/30~5/30 정도로 연약(Soft)부터 중간(Medium)의 연경도를 나타내고 있으며 함수비는 습윤상태, 색상은 회갈색임	3/30~5/30
풍화토층	11.0~17.0	○ 11.0~17.0m 정도의 층후로 조사지층의 대부분을 차지하는 것으로 확인되었으며 기반암의 조직과 형태를 상실하여 실트질 세립 내지 조립의 실트질 모래(SM)로 구성되어 있음 ○ 표준관입시험치(N)는 4/30~50/11으로 느슨(Loose)부터 매우조밀(Very Dense)의 상대밀도를 보이며, 풍화도에 의한 분류는 D-6(RS) 상태임 ○ 함수비는 습윤 상태이며 회갈색임	4/30~50/11
풍화암층	2.7~10.0	○ 풍화암반층은 풍화도와 표준관입시험치에 의하여 50회 타격시 관입량 10cm 이하인 경우를 기준으로 하여 구분하였음 ○ 모든 시추공에서 확인되었으며, 약 2.7~10.0m 정도의 층후까지 조사하였음 ○ 대체적으로 암편이 혼재된 실트질 세립 내지 조립의 모래(SM)인 관입시료 형태와 세립 내지 중립의 모래(SP)인 슬라임(Slime) 형태로 채취되었음 ○ 연경이 반복되며 대부분 완전풍화(D-5, Completely Weathered) 내지 심한풍화(D-4, Highly Weathered) 상태임 ○ 공기 중에 노출되면 충격으로 실트, 모래와 암편의 혼합물로 분해되며(SM/GP), 경도는 매우 연약함	50/10~50/1
연암층	1.0~10.5	○ 연암반층 NH-3을 제외한 모든 시추공에서 확인되었으며 약 1.0~10.5m의 층후까지 조사하였음 ○ 주로 심한 풍화(D-4, Highly Weathered) 내지 중간 풍화(D-3, Moderately Weathered) 상태이고, 경도는 연약 내지 중간 정도임 ○ 도폭 및 지질도에 따라 선캄브리아기의 운모편암류로 판단되며 코아표면은 다소 거칠며 시료는 암편상 및 단주상의 형태로 채취되었음 ○ 부분적으로 매우 신선한 상태를 보이는 구간이 있으나, 대체적으로 절리가 매우 발달하여 파쇄가 매우 심함 ○ NH-2시추공 15.5m에서 채취 되어진 코아에대한 일축압축시험 결과 30.5MPa로서 연암반(qu≥10MPa)으로 분류됨 ○ 연암반층의 코아회수율(T.C.R)은 32.5~52.0%, 암질지수(R.Q.D)는 0.0~11.0%로 관찰되었음	32.5~52.0 /0.0~11.0

예
시

- 지하안전영향평가시 관측한 시추공 지하수위(24, 48, 72시간, 1~4주일 경과)와 사후지하안전영향조사시 지하수위계 계측결과를 비교하여 초기지하수위에 대해 검토함



- 지하안전영향평가시 관측한 초기지하수위는 G.L(-) 14.7~24.5m로 분포하는 것으로 확인되었으며, 사후 지하안전영향조사시 지하수위계를 통해 관측한 초기지하수위는 G.L(-) 16.18~22.60m로 매우 비슷함

구분	지하수위 (GL(-), m)				
	NH-1	NH-2	NH-3	NH-4	NH-5
지하안전영향평가 및 추가시추조사	23.0	24.5	22.5	14.7	22.4
구분	지하수위 (GL(-), m)				
	W-1	W-2	W-3	W-4	
	22.60	21.95	22.01	22.15	
	W-5	W-6	W-7	W-8	
사후지하안전 영향조사	21.92	21.53	19.08	16.18	

4.1.2 설계지반정수

작성방향 • 지하안전영향평가지 산정한 지반정수의 적정성을 분석하여 의견을 수록함

주요내용

굴착 터널

✓ 지하안전영향평가지 적용된 지반정수의 적정성을 분석하고 추가 시추조사 수행시 추가조사 결과를 고려하여 설계 지반정수의 적정성에 대한 의견을 수록함

- 지하안전영향평가지 지반조사를 수행한 이후 추가 지반조사는 수행하였으나 실험값이 없으며, 굴착공사를 진행하며 지층상태를 확인한 결과 지반조사결과와 유사한 것으로 확인됨
- 따라서 설계지반정수는 지하안전영향평가와 동일하게 적용함

예
시

구 분	단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/sec)
매립층	17.0	0.0	23.0	15.0	0.35	5.00X10 ⁻²
퇴적층	18.0	30.0	13.0	8.0	0.35	6.00X10 ⁻³
풍화토 (N<30)	18.0	10.0	26.0	20.0	0.35	4.00X10 ⁻³
풍화토 (N>30)	18.0	20.0	27.0	40.0	0.35	1.00X10 ⁻³
풍화암	20.0	35.0	32.0	250.0	0.30	1.00X10 ⁻⁴
연암	23.0	50.0	34.0	700.0	0.25	7.00X10 ⁻⁶

4.2 지하물리탐사

4.2.1 지하물리탐사 개요

작성방향 • 대상사업에서 실시한 지하물리탐사의 내용을 수록함

주요내용

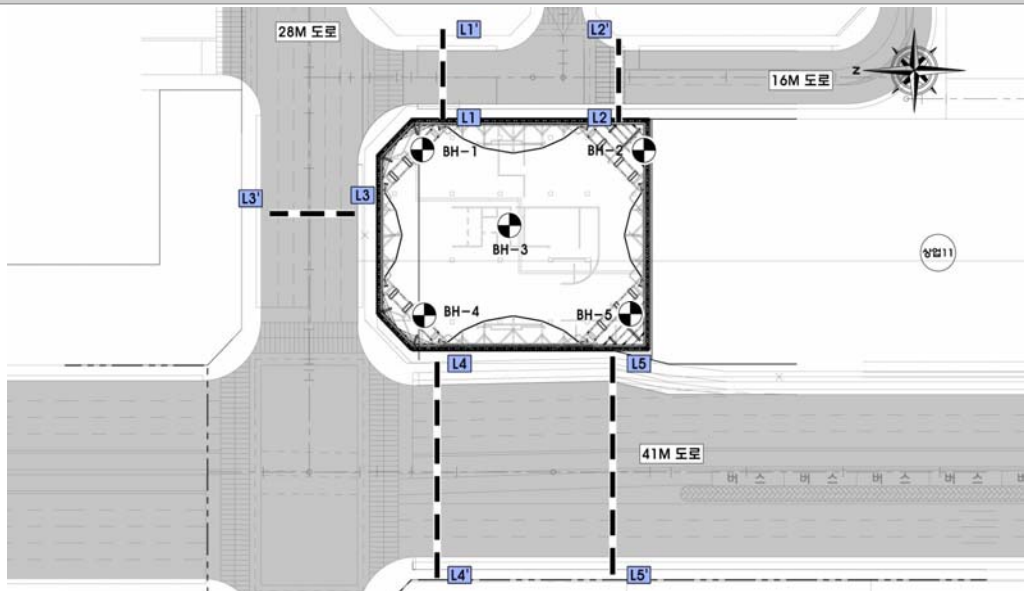
굴착 터널

- ✓ 지하물리탐사 수행위치, 일시 및 장비 등 지하물리탐사 개요를 수록함
- ✓ GPR탐사의 경우 면탐사 개념의 3D GPR탐사를 수행함

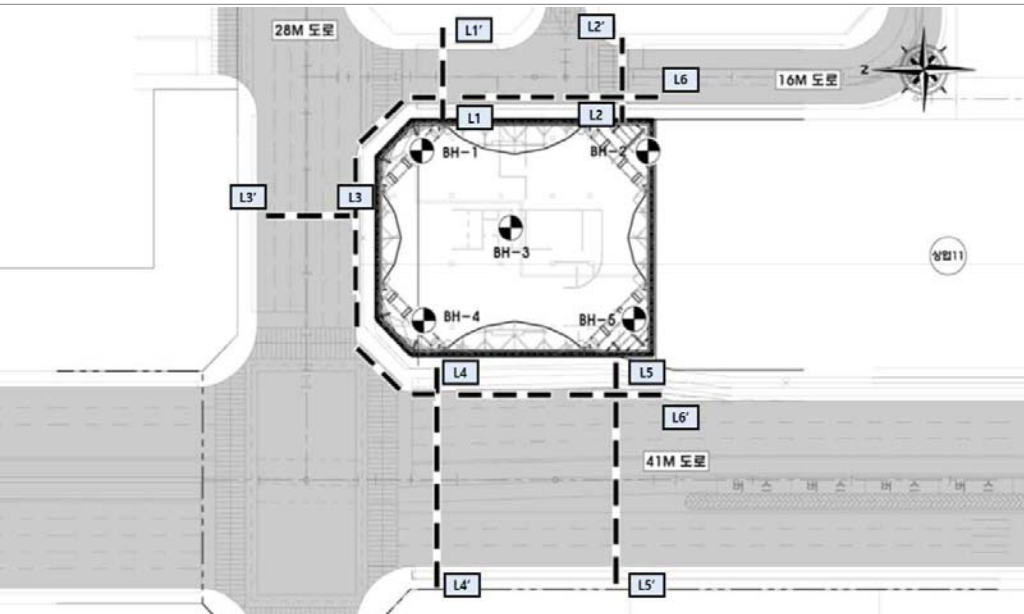
- 지하안전영향평가기 지하매설물 및 지하공동을 확인하기 위해 GPR탐사(2000. 00)를 수행함
- 굴착완료후 굴착에 따른 영향을 확인하기 위해 추가 GPR탐사(2000. 00)를 수행함

구분

GPR 탐사위치

지하
안전
영향
평가

○ 탐사위치 : 굴착배면 5측선

사후
지하
안전
영향
조사

○ 탐사위치 : 지하안전영향평가와 동일한 위치(5측선) + 종방향 1측선

4.2.2 지하물리탐사 결과

작성방향 • 대상사업에서 실시한 GPR 탐사 등 물리탐사 결과를 수록함

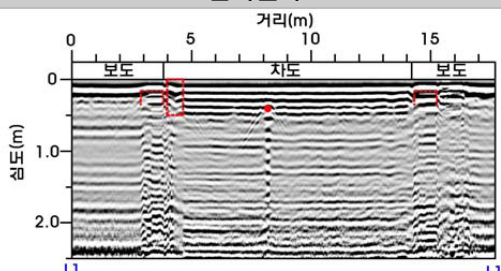
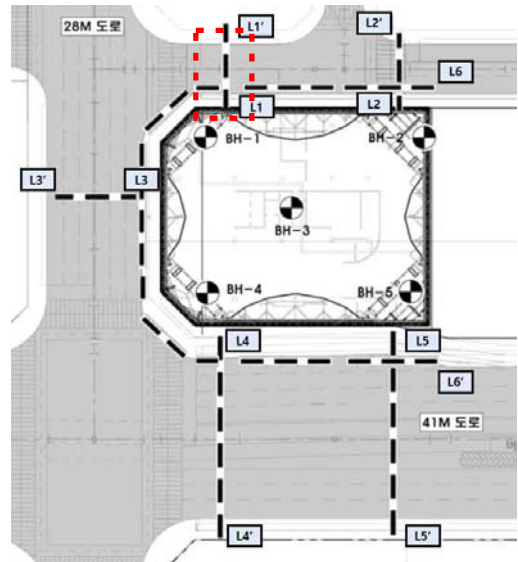
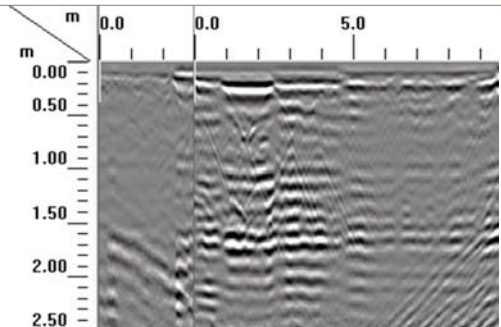
주요내용

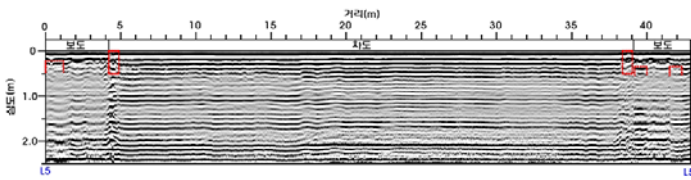
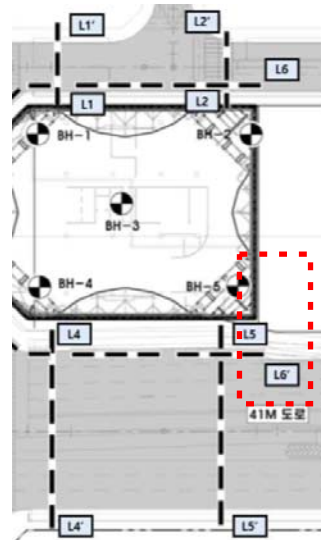
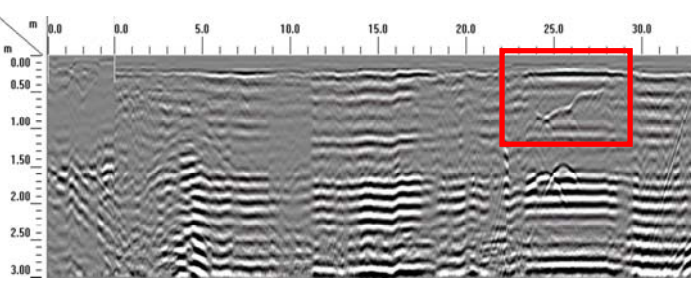
굴착 터널

- ✓ 착공전(지하안전영향평가) 수행한 GPR탐사등의 물리탐사 결과를 바탕으로 사후지하안전영향조사시 공동발생 구역을 위주로 추적 관리한 결과를 수록함

● 각 축선별 GPR 탐사결과는 아래와 같음

예
시

L1축선		
구분	탐사결과	축선위치
지하 안전 영향 평가		
사후 지하 안전 영향 조사		
탐사결과	○ 추가변상은 분석되지 않음	

L5축선		
구분	탐사결과	축선위치
지하 안전 영향 평가		
사후 지하 안전 영향 조사		
탐사결과	○ 지반이완신호(L=3.5m, d:0.3~0.9m)가 분석됨	

4.2.3 탐사결과 분석

작성방향 • 지하물리탐사 결과를 검토하여 이상대에 대한 영향 및 안전성을 분석해 수록함

주요내용

굴착 터널

- ✓ 착공전·후 시행한 지하물리탐사를 비교 검토하여 착공전 확인된 지하공동 및 지반이완 구간에 대해 굴착에 따른 영향 및 안전성을 분석하여 수록함

● 착공전 및 최종굴착 완료 후 GPR 탐사결과는 아래와 같음

구 간	측선(Line)	지하안전영향평가 (착공전)	사후지하안전 영향조사 (굴착 완료 후)	범위(m)	
				분포길이(L)	분포깊이(d)
1구간	L1	이상없음	변화없음	—	—
	L2	이상없음	변화없음	—	—
2구간	L3	이상없음	변화없음	—	—
3구간	L4	이상없음	변화없음	—	—
	L5	이상없음	지반이완 확인	3.5m 내외	0.2~0.9
사업부지 전체	L6	이상없음	변화없음	—	—

예
시

- 지하안전영향평가지 수행한 착공전 GPR탐사에서 지하매설물 이외의 이상은 발견되지 않았으나, 최종굴착 후 사후지하안전영향조사이 수행한 GPR탐사결과 L5 측선에서 깊이 0.2~0.9m에서 약 3.5m 내외의 지반이완이 확인되었음
- 그러나 지반이완 구간이 당 현장과 약 30m 이격되어 있으며, L5측선과 근접한 지중경사계 확인결과 수평변위는 13.09mm, 지표침하는 5mm 발생한 것으로 분석되어 안전성에는 영향이 없을 것으로 판단되나 지하층 공사 완료시까지 지속적 관찰이 요구됨

4.3 지하매설물 CCTV 조사

4.3.1 지하매설물 CCTV 조사개요

작성방향 • 지하매설물 CCTV 조사 개요를 수록함

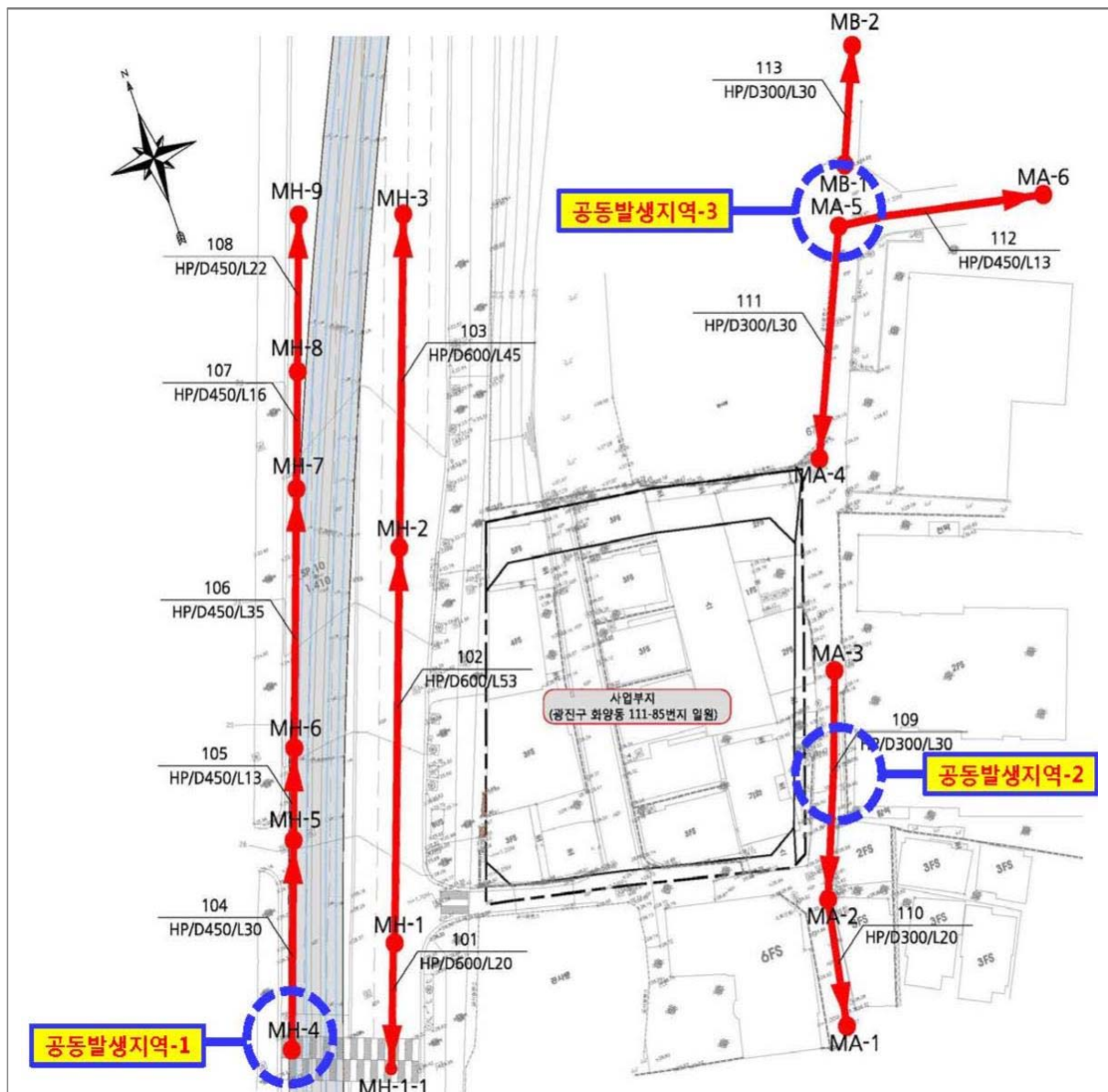
주요내용

굴착 터널

✓ 지하매설물 CCTV 조사의 수행위치, 일시 등 지하매설물 CCTV 조사 개요를 수록함

- 과업구간의 검토범위에는 하수관이 GL(-) 1.20~2.00m의 심도에 위치하는 것으로 조사됨
- 지하매설물의 경우 굴착공사의 영향으로 관로의 연결부 불량, 균열 등의 결함이 발생될 경우 지반침하의 발생의 원인이 되므로 굴착공사가 진행됨에 따라 내부조사를 통한 관로의 손상도 확인이 필요할 것으로 판단됨
- 지하안전영향평가(착공전) CCTV 조사 : 2000년 00월 00일
- 사후지하안전영향조사 CCTV 조사 : 2000년 00월 00일

예
시



4.3.2 지하매설물 CCTV 조사결과

작성방향 • 지하매설물 CCTV 조사 결과를 수록함

주요내용

굴착 터널

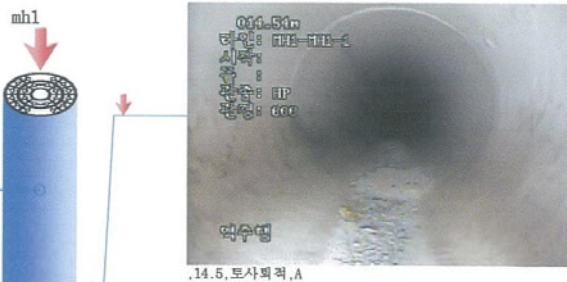
✓ 착공전 · 후 지하매설물 CCTV 조사결과를 비교 검토하여 수록함

가. 지하안전영향평가

- 각 위치별 지하매설물 CCTV 조사결과는 아래와 같음

MH.1 → MH.1-1

공사명	광진구화양동111-85번지일원오피스텔신축공사				조사번호	화양동 mh1			
발주처	(주)코리아이엔씨건축사사무소				공사기간	2018-11-12 ~ 2018-11-12			
조사위치	광진구				조사자	더나은테크			
배수구역	화양리		처리구역	화양리	처리분구	화양리			
조사목적	기존관상태		조사일자	2018-11-12					
관로번호	mh1		관종	H.P		규격	600	배수방식	우수
맨홀거리	19.7		촬영거리	19.7		CD번호		도면번호	
맨홀부	번호	맨홀E.L	관저고	깊이	맨홀뚜껑	인버트	유형	X 좌표	Y 좌표
시작맨홀	mh1				주철(원형)				Z 좌표
끝맨홀	mh1-1				주철(원형)				
조사비고									



예시

4.3.3 조사결과 분석

작성방향 • 지하매설물 CCTV 조사 결과를 검토하여 지하매설물에 대한 영향 및 안전성을 분석해 수록함

주요내용

굴착 터널

✓ 착공전·후 시행한 지하매설물 CCTV 조사결과를 비교 검토하여 착공전 확인된 지하매설물의 퇴적, 관로손상 등이 발생한 지하매설물에 대해 굴착에 따른 영향 및 안전성을 분석하여 수록함

- 지하매설물에 대한 지하안전영향평가 CCTV조사 결과 관크랙 및 파손 4개소(A: 4개소)로 조사되었음
- 지하매설물에 대한 사후지하안전영향조사 CCTV조사 결과 관크랙 및 파손 4개소(A: 2개소, B: 1개소, C: 1개소)로 조사되어 굴착에 의한 하수관로에 대한 영향은 없는 것으로 조사됨

예
시

시작맨홀	끝맨홀	배수 방식	관종	규격	지하안전영향평가							사후지하안전영향조사						
					연장 (m)	관크랙 및 파손			토사 퇴적			연장 (m)	관크랙 및 파손			토사 퇴적		
						A	B	C	A	B	C		A	B	C	A	B	C
MH-1	MH-1-1	합류식	HP	D600	20.0	-	-	-	3	-	-	32.0	-	-	-	1	-	-
MH-1	MH-2	합류식	HP	D600	53.0	-	-	-		-	-	56.0	-	-	-	1	-	-
MH-2	MH-3	합류식	HP	D600	45.0	-	-	-	4	-	-	63.0	-	-	-	-	1	-
MH-4	MH-5	합류식	HP	D450	30.0	-	-	-	4	-	-	30.0	-	1	-	-	1	-
MH-5	MH-6	합류식	HP	D450	13.0	-	-	-	-	-	-	10.0	-	-	-	-	-	-
MH-6	MH-7	합류식	HP	D450	35.0	2	-	-	-	-	-	37.0	-	-	1	-	-	-
MH-7	MH-8	합류식	HP	D450	16.0	-	-	-	-	-	-	33.0	1	-	-	1	-	-
MH-8	MH-9	합류식	HP	D450	22.0	-	-	-	1	-	-	29.0	1	-	-	1	-	-
MA-3	MA-2	합류식	HP	D300	30.0	1	-	-	1	-	-	14.0	-	-	-	-	-	-
MA-2	MA-1	합류식	HP	D300	20.0	-	-	-	1	1	-	36.0	-	-	-	1	-	-
MA-5	MA-4	합류식	HP	D300	30.0	1	-	-	1	-	-	30.0	-	-	-	-	-	-
MA-5	MA-6	합류식	HP	D450	13.0	-	-	-	2	-	-	25.0	-	-	-	1	-	-
MB-1	MB-2	합류식	HP	D450	30.0	-	-	-	2	-	-	25.0	-	-	-	1	-	-
합 계					357.0	4	-	-	19	1	-	420.0	2	1	1	7	2	-

제 5 장 지하수 변화에 의한 영향 검토

5.1 지하안전영향평가 결과 분석

5.2 계측결과 분석을 통한 영향 검토

제 5 장 지하수 변화에 의한 영향 검토

5.1 지하안전영향평가 결과 분석

5.1.1 기존자료 분석

작성방향 • 지하안전영향평가기 조사한 국가지하수정보체계, 국가수자원관리 종합정보시스템 등 기존자료를 수록함

주요내용

굴착 터널

- ✓ 지하안전영향평가 결과를 고려하여 국가지하수정보체계, 국가수자원관리 종합정보시스템 등 기존자료 조사를 수록함
- 기존자료는 국가지하수정보센터에서 지하수 이용, 조사, 관측 자료 등의 효율적 관리를 위해 제공하는 자료인 지하수정보체계와 국가수자원관리 종합정보시스템에서 하천의 수위변동과 강수량 정보 등의 효율적 활용을 위해 제공하는 자료인 수자원정보체계 등을 이용하여 조사함

● 관측 연보 조사결과



구분			국가 관측망		보조관측망					
			0000		0000		0000		0000	
			암반층	충적층	암반층	충적층	암반층	충적층	암반층	충적층
수위 (E.L.)	2017년	연평균	16.31	—	5.31	—	4.79	—	5.89	—
		연최고	17.12	—	5.52	—	5.28	—	6.07	—
		연최저	16.07	—	5.22	—	4.27	—	5.37	—
		변동폭	1.05	—	0.30	—	1.01	—	0.70	—
	2018년	연평균	16.40	—	5.39	—	4.73	—	5.83	—
		연최고	17.75	—	5.60	—	7.49	—	6.05	—
		연최저	16.08	—	5.24	—	2.30	—	5.62	—
		변동폭	1.67	—	0.36	—	5.19	—	0.43	—
	2019년	연평균	16.41	—	6.00	—	5.13	—	5.87	—
		연최고	16.94	—	6.76	—	8.10	—	5.97	—
		연최저	16.31	—	5.08	—	4.73	—	5.69	—
		변동폭	0.63	—	1.68	—	3.37	—	0.28	—

5.1.2 광역지하수 흐름 분석

작성방향 • 지하안전영향평가시 수행한 광역지하수 흐름분석의 내용을 요약하여 수록함

주요내용

굴착 터널

✓ 지하안전영향평가시 수행한 광역지하수 흐름분석의 내용을 요약 정리하여 지하수위계 등 계측결과와 비교 검토할 수 있도록 수록함

예
시

굴착단계	흙막이공법 미적용	흙막이공법 적용 (1×10^{-4} cm/sec)	흙막이공법 적용 (1×10^{-5} cm/sec)	흙막이공법 적용 (1×10^{-6} cm/sec)
0단계	0	0	0	0
1단계	0	0	0	0
2단계	0	0	0	0
3단계	0	0	0	0
4단계	0	0	0	0
5단계	1.02	0.66	0.50	0.48
6단계	3.57	2.57	0.86	0.56
7단계	5.79	4.36	1.16	0.62
8단계	6.68	5.09	1.36	0.69
완료 후 1년	0.83	0.89	0.94	0.73
완료 후 2년	0.69	0.86	0.93	0.73
완료 후 3년	0.44	0.86	0.93	0.73



굴착완료



굴착 완료 후 1년경과

5.1.3 침투해석에 의한 지하수 흐름 분석

작성방향 • 지하안전영향평가지 수행한 지하수 변화에 의한 영향을 요약하여 수록함

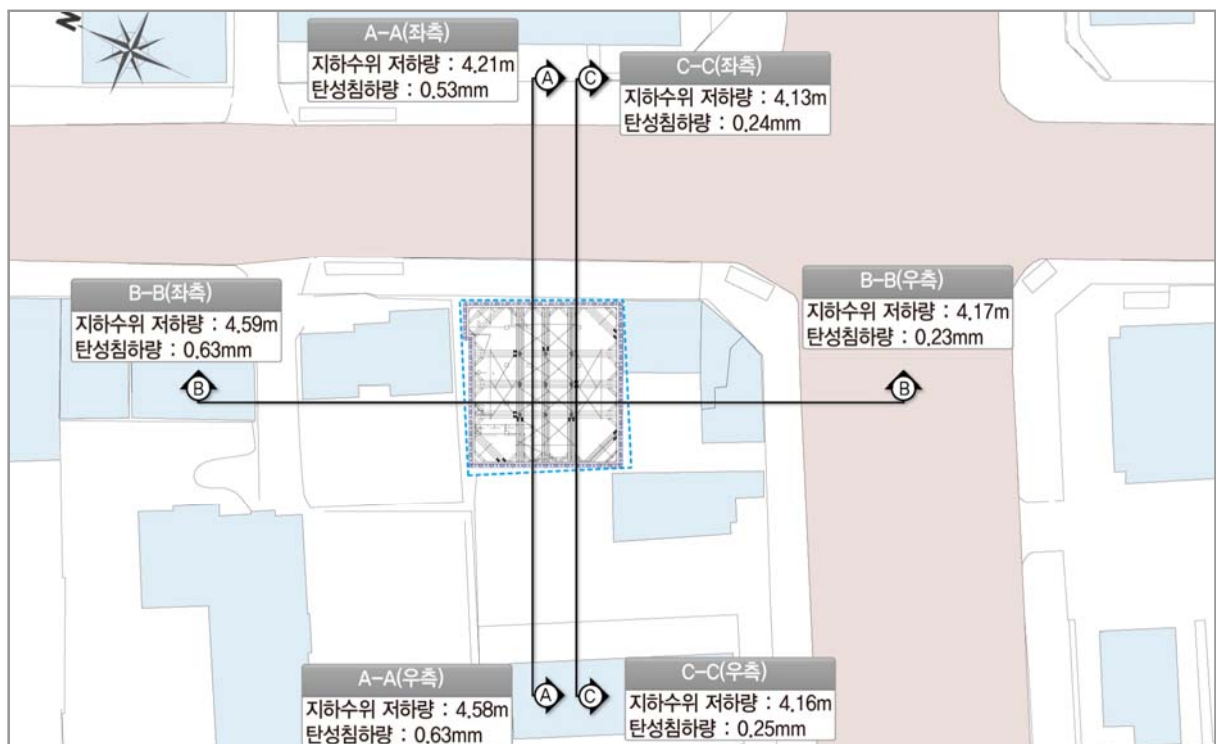
주요내용

굴착 **터널**

✓ 지하안전영향평가지 수행한 대상지역의 지하수 변화에 의한 영향을 요약 정리하여 지하수위계 등 계측결과와 비교 검토 할 수 있도록 수록함

- 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
 - 대상사업 대표구간의 설계지하수위는 E.L(+) 3.16~3.96m(G.L(-)16.29~17.22m)에 위치함
- 침투해석 결과 지하수위 저하량 발생 특성
 - A-A 단면 : 지하수위 저하량은 좌측 4.21m, 우측 4.58m 발생함
 - B-B 단면 : 지하수위 저하량은 좌측 4.59m, 우측 4.17m 발생함
 - C-C 단면 : 지하수위 저하량은 좌측 4.13m, 우측 4.16m 발생함
- 지하수위 저하에 따른 즉시침하량(탄성침하량) 발생 특성
 - A-A 단면 : 좌측에서 0.53mm, 우측에서 0.63mm로 검토됨
 - B-B 단면 : 좌측에서 0.63mm, 우측에서 0.23mm로 검토됨
 - C-C 단면 : 좌측에서 0.24mm, 우측에서 0.25mm로 검토됨
- 지하수 저하에 따른 침하량 검토결과 최대 침하량은 미미한 것으로 판단되나 지하수 저하에 따른 침하량만으로는 전체 굴착에 따른 영향을 모두 반영하였다고 보기 어려움
- 따라서, 분석된 지하수위 저하량은 지반안전성 평가지 기초자료로 활용하였고 침투-연계해석을 통한 종합분석이 필요함

예
시



5.2 계측결과 분석을 통한 영향 검토

5.2.1 계측 개요

작성방향 • 공사 중 발생한 지하수 변화를 확인하기 위해 지하수위 계측 개요를 수록함

주요내용

굴착 터널

- ✓ 공사중 실제 발생한 지하수 변화를 확인하기 위해 계측기의 설치위치, 설치시기, 초기 계측일자, 계측빈도 및 계측관리기준, 시공단계별 굴착기간 등 지하수위 계측 개요를 수록함
- ✓ 사후지하안전영향조사시 인근 관측공 자료를 분석한 결과를 통하여 최대자연 변동량을 재산정하여 수록함

가. 인접 관측공 분석

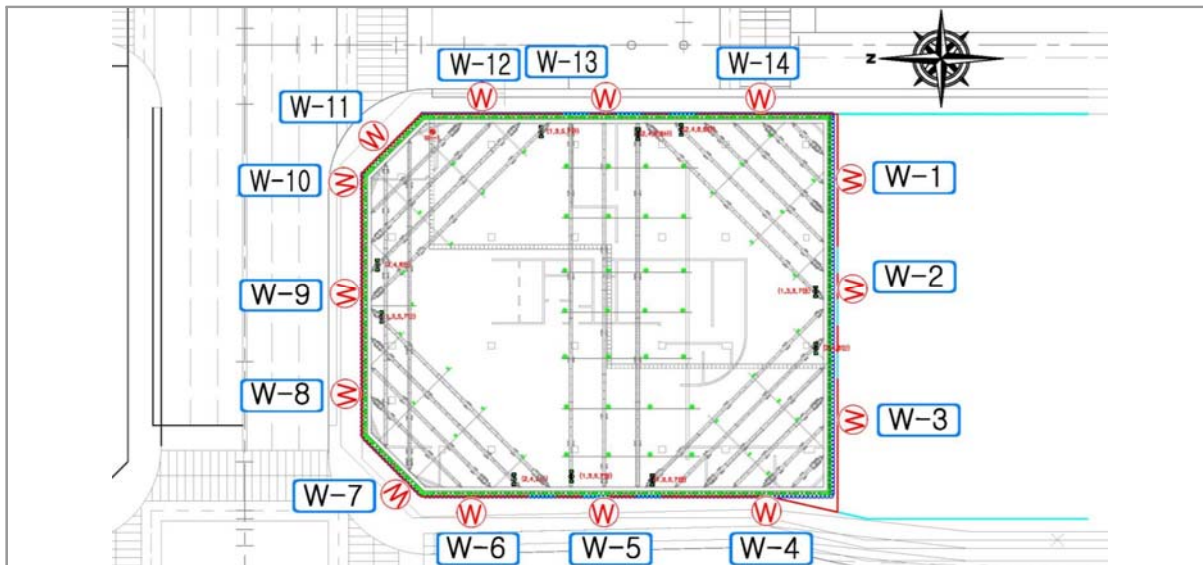
- 「지하수 관측연보」는 지하수법 제17조 및 같은 법 시행령 제 27조의 규정에 의하여 전국 지하수의 변동실태를 파악하기 위해 환경부에서 설치한 국가 지하관측소의 관측 자료를 토대로 작성되었음
- 대상사업 구간 인근 국가 관측공 1개소와 보조관측망 3개소의 자료를 분석하여 변동폭을 설계지하수위 산정 시 반영하였음
- 또한, 관측연보가 발간되지 않은 해의 관측자료(2019년도 자료)는 국가 지하수관측소의 자료를 토대로 분석함



구분			국가 관측망		보조관측망					
			0000		0000		0000		0000	
			암반층	충적층	암반층	충적층	암반층	충적층	암반층	충적층
수위 (E.L.)	2017년	연평균	16.31	—	5.31	—	4.79	—	5.89	—
		연최고	17.12	—	5.52	—	5.28	—	6.07	—
		연최저	16.07	—	5.22	—	4.27	—	5.37	—
		변동폭	1.05	—	0.30	—	1.01	—	0.70	—
	2018년	연평균	16.40	—	5.39	—	4.73	—	5.83	—
		연최고	17.75	—	5.60	—	7.49	—	6.05	—
		연최저	16.08	—	5.24	—	2.30	—	5.62	—
		변동폭	1.67	—	0.36	—	5.19	—	0.43	—
	2019년	연평균	16.41	—	6.00	—	5.13	—	5.87	—
		연최고	16.94	—	6.76	—	8.10	—	5.97	—
		연최저	16.31	—	5.08	—	4.73	—	5.69	—
		변동폭	0.63	—	1.68	—	3.37	—	0.28	—

나. 지하수위계 설치 현황

- 지하수 변화를 확인하기 위한 지하수위계는 총 14개소로 설치위치는 다음과 같음



- 지하수위계 계측기 설치시기, 초기 계측일자 및 계측빈도는 다음과 같음

구 분	설치시기	초기 계측일자	계측빈도	비고
W-1	2019.04.07	2019.04.10	1회/일	
W-2	2019.04.07	2019.04.10	1회/일	
W-3	2019.04.07	2019.04.10	1회/일	
W-4	2019.04.07	2019.04.10	1회/일	
W-5	2019.04.07	2019.04.10	1회/일	
W-6	2019.04.07	2019.04.10	1회/일	
W-7	2019.04.07	2019.04.10	1회/일	
W-8	2019.04.07	2019.04.10	1회/일	
W-9	2019.04.07	2019.04.10	1회/일	
W-10	2019.04.07	2019.04.10	1회/일	
W-11	2019.04.07	2019.04.10	1회/일	
W-12	2019.04.07	2019.04.10	1회/일	
W-13	2019.04.07	2019.04.10	1회/일	
W-14	2019.04.07	2019.04.10	1회/일	

예시

다. 일수위 및 누적수위 변화량 관리기준 설정

- 지하수위 계측관리 기준은 공사장 지하수 관리 매뉴얼(2016.12)를 참고하여 아래 표와 같이 적용함
- 누적수위변화량 관리기준은 지하안전영향평가에서 수행한 지하수변화에 의한 영향 상세평가 결과(지하수위 저하량 2.49m)를 반영하여 선정하였으며, 2차관리기준의 최대자연변동량은 강우강도에 의한 50년 빈도 30일을 적용한 침투해석 수행결과 값인 2.10m를 적용하여 선정함

항 목	1차 관리기준 (안전)	2차 관리기준 (주의)	3차 관리기준 (위험)	비고
일 수위변화량 (ΔH)	$\Delta H \leq 0.5m$	$0.5m < \Delta H \leq 1.0m$	$\Delta H > 1.0m$	현행 최저 기준임
누적 수위변화량 (MH)	$MH \leq$ 관리수위 (2.49m)	관리수위 $< MH \leq$ 관리수위(2.49m) +최대자연변동량(2.10m)	$MH >$ 관리수위 +최대자연변동량 또는 $MH > 8m$	신설 (수위강하량 10m에 대한 안전율 80% 적용)

라. 계측기별 누적수위 변화량 관리기준

항 목	1차 관리기준 (안전, m)	2차 관리기준 (주의, m)	3차 관리기준 (위험, m)	비고
W-1	$MH \leq 2.49$	$2.49 < MH \leq 4.59$	$MH > 4.59$	
W-2	$MH \leq 2.49$	$2.49 < MH \leq 4.59$	$MH > 4.59$	
W-3	$MH \leq 2.49$	$2.49 < MH \leq 4.59$	$MH > 4.59$	
W-4	$MH \leq 2.49$	$2.49 < MH \leq 4.59$	$MH > 4.59$	
W-5	$MH \leq 2.49$	$2.49 < MH \leq 4.59$	$MH > 4.59$	
W-6	$MH \leq 2.49$	$2.49 < MH \leq 4.59$	$MH > 4.59$	
W-7	$MH \leq 2.49$	$2.49 < MH \leq 4.59$	$MH > 4.59$	
W-8	$MH \leq 2.49$	$2.49 < MH \leq 4.59$	$MH > 4.59$	

예
시

마. 시공단계별 공사기간 산정

- 현장에서 제공받은 공정표 및 공사일보 분석을 통하여 각 단계별 공사일정 및 공사기간을 산정하였으며, 산정결과는 다음과 같음
- 각 단계별 공사일정은 ZONE별로 산정하였음

구분		시작일	종료일	공사기간	계측적용날짜
1차 굴착	ZONE 1	2019.06.30	2019.07.23	23일	2019.07.23
	ZONE 2	2019.06.22	2019.07.06	14일	2019.07.06
	ZONE 3	2019.07.20	2019.08.14	25일	2019.08.14
	ZONE 4	2019.07.13	2019.08.06	24일	2019.08.06
	ZONE 5	2019.07.23	2019.09.27	66일	2019.09.27
	ZONE 6	2019.09.18	2019.10.20	32일	2019.10.20
2차 굴착	ZONE 1	2019.08.26	2019.09.01	6일	2019.09.01
	ZONE 2	2019.08.13	2019.08.24	11일	2019.08.24
	ZONE 3	2019.09.06	2019.09.30	24일	2019.09.30
	ZONE 4	2019.09.02	2019.09.20	18일	2019.09.20
	ZONE 5	2019.10.10	2019.10.19	9일	2019.10.19
	ZONE 6	2019.10.31	2019.11.08	8일	2019.11.08
3차 굴착	ZONE 1	2019.09.28	2019.10.18	20일	2019.10.18
	ZONE 2	2019.09.23	2019.10.09	16일	2019.10.09
	ZONE 3	2019.10.19	2019.10.26	7일	2019.10.26
	ZONE 4	2019.10.10	2019.10.25	15일	2019.10.25
	ZONE 5	2019.11.07	2019.11.23	16일	2019.11.23
	ZONE 6	2019.11.25	2019.12.10	15일	2019.12.10
4차 굴착	ZONE 1	2019.11.06	2019.11.23	17일	2019.11.23
	ZONE 2	2019.10.27	2019.11.12	16일	2019.11.12
	ZONE 3	2019.11.25	2019.12.16	21일	2019.12.16
	ZONE 4	2019.11.13	2019.11.24	11일	2019.11.24
	ZONE 5	2019.12.11	2019.12.15	4일	2019.12.15
	ZONE 6	2019.12.16	2019.12.21	5일	2019.12.21
5차 굴착	ZONE 1	2019.12.12	2019.12.28	16일	2019.12.28
	ZONE 2	2019.12.02	2019.12.21	19일	2019.12.21
	ZONE 3	2019.12.26	2020.01.07	12일	2020.01.07
	ZONE 4	2019.12.19	2020.01.03	15일	2020.01.03
	ZONE 5	2020.01.04	2020.01.15	11일	2020.01.04
	ZONE 6	2020.01.10	2020.01.19	9일	2020.01.19

예
시

5.2.2 지하수위계

작성방향 • 지하수위계 계측결과를 분석하여 수록함

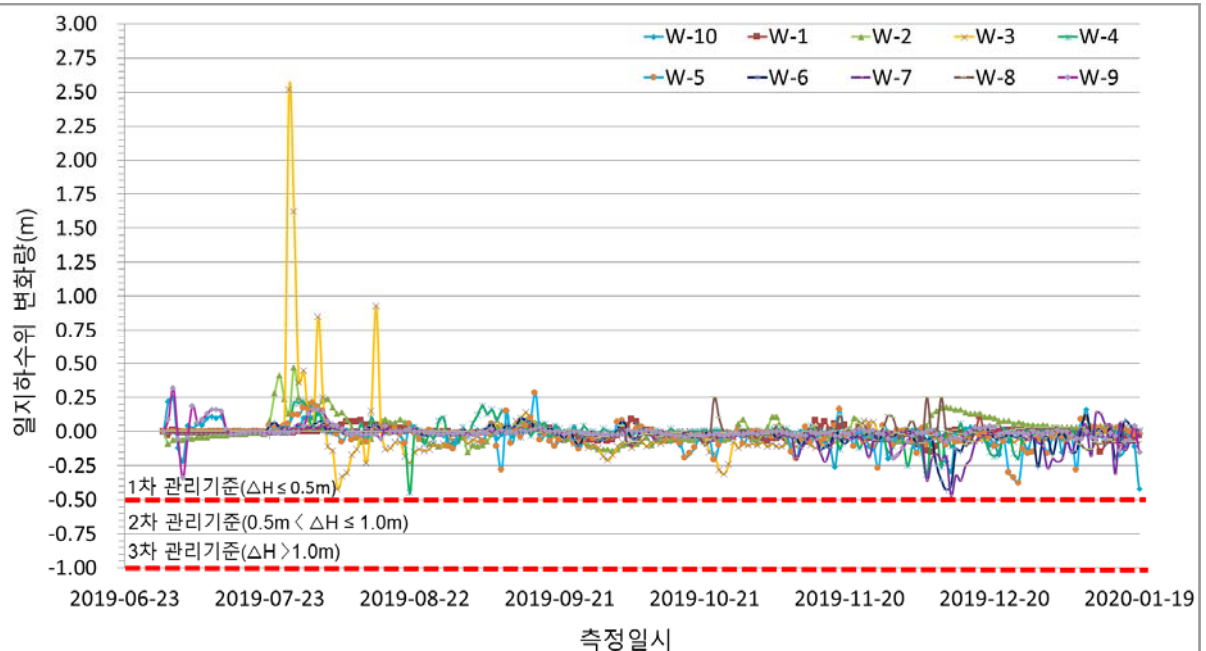
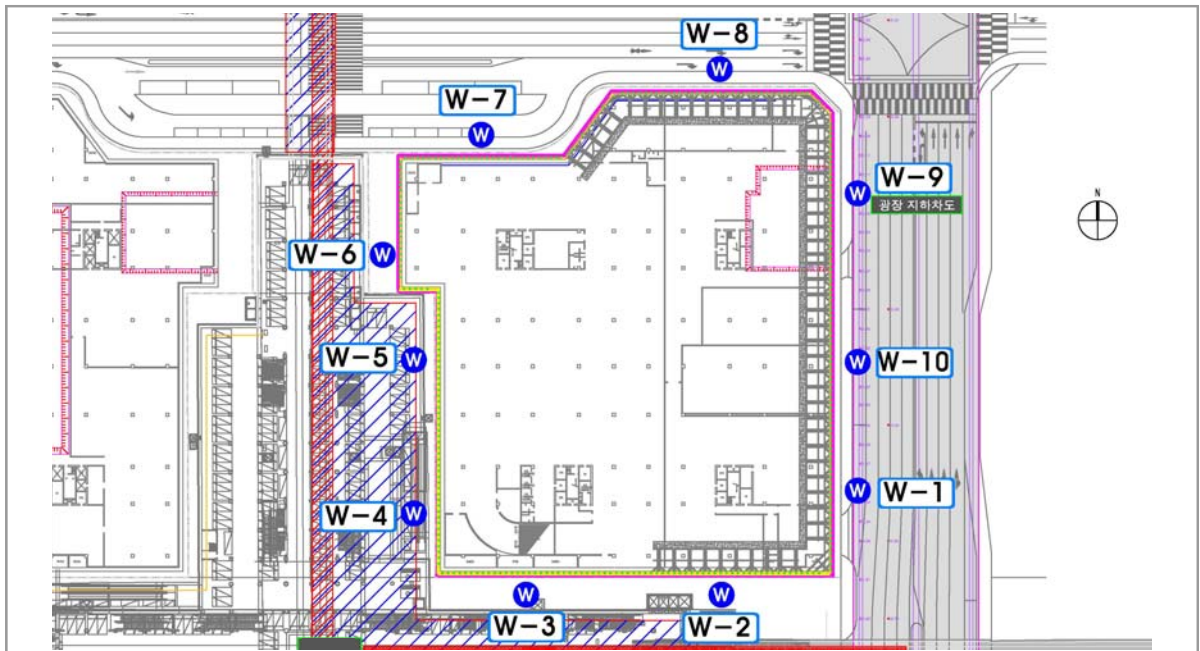
주요내용

굴착 터널

- ✓ 지하수위계 계측결과를 일수위 변화량과 누적변화량으로 구분하여 분석결과를 수록함
- ✓ 현장 지하수 변화에 따른 지표침하량의 연관성 분석결과를 수록함

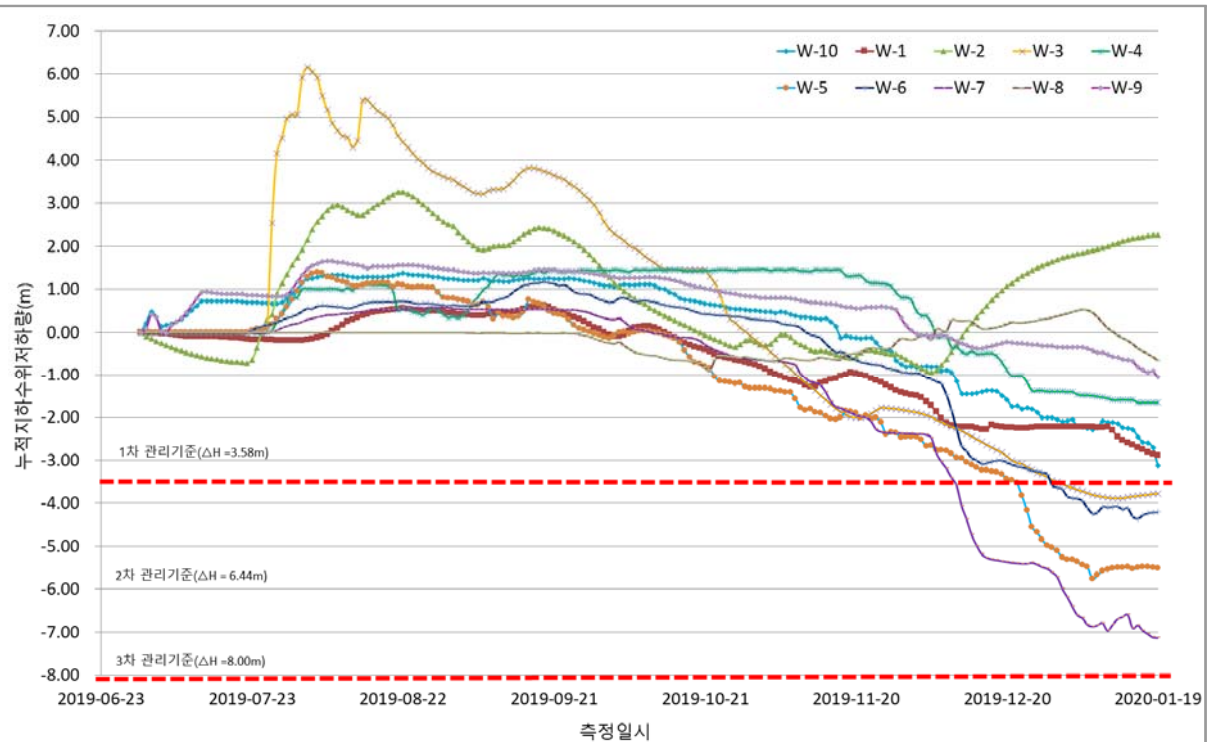
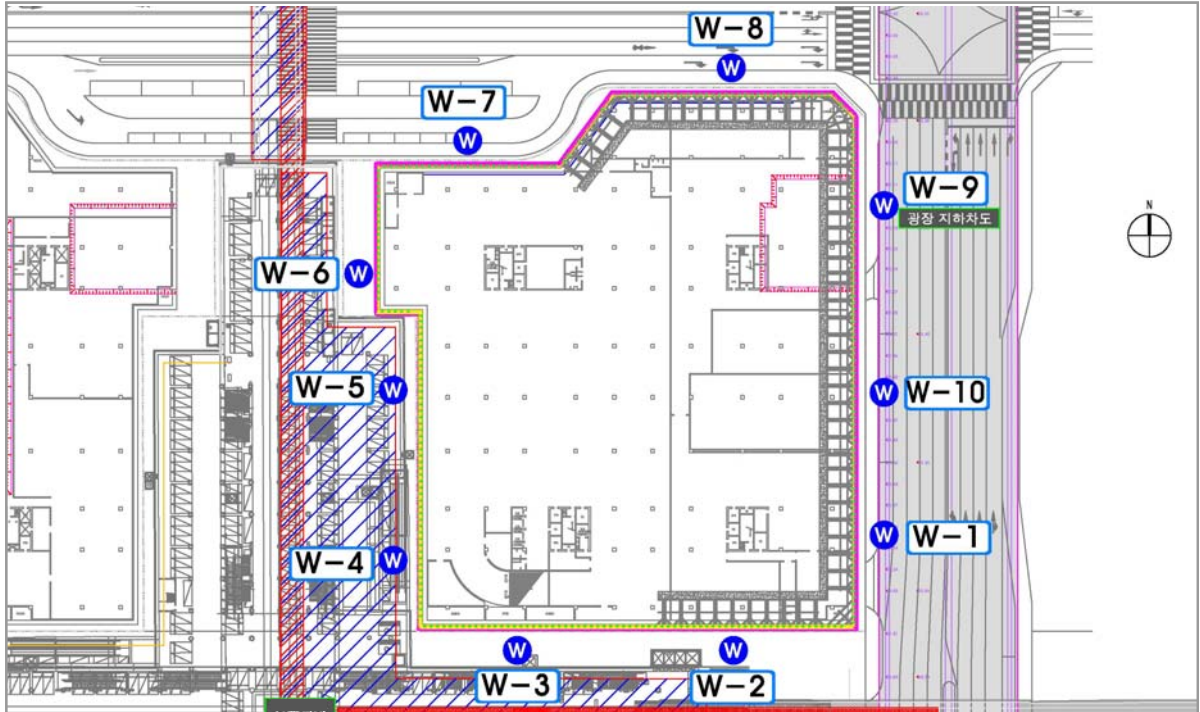
가. 일수위 변화량 분석결과

- 착공시 지하수위계 계측결과 초기치는 G.L(-) 10.02~23.65m에 위치하는 것으로 확인함
- 각 지하수위계의 일별 지하수위저하량을 분석한 결과 최대 일 수위저하량은 0.45m로 1차 관리기준 ($\Delta H \leq 0.5\text{m}$) 이내로 안전한 것으로 분석됨

예
시

나. 누적수위 변화량 분석결과

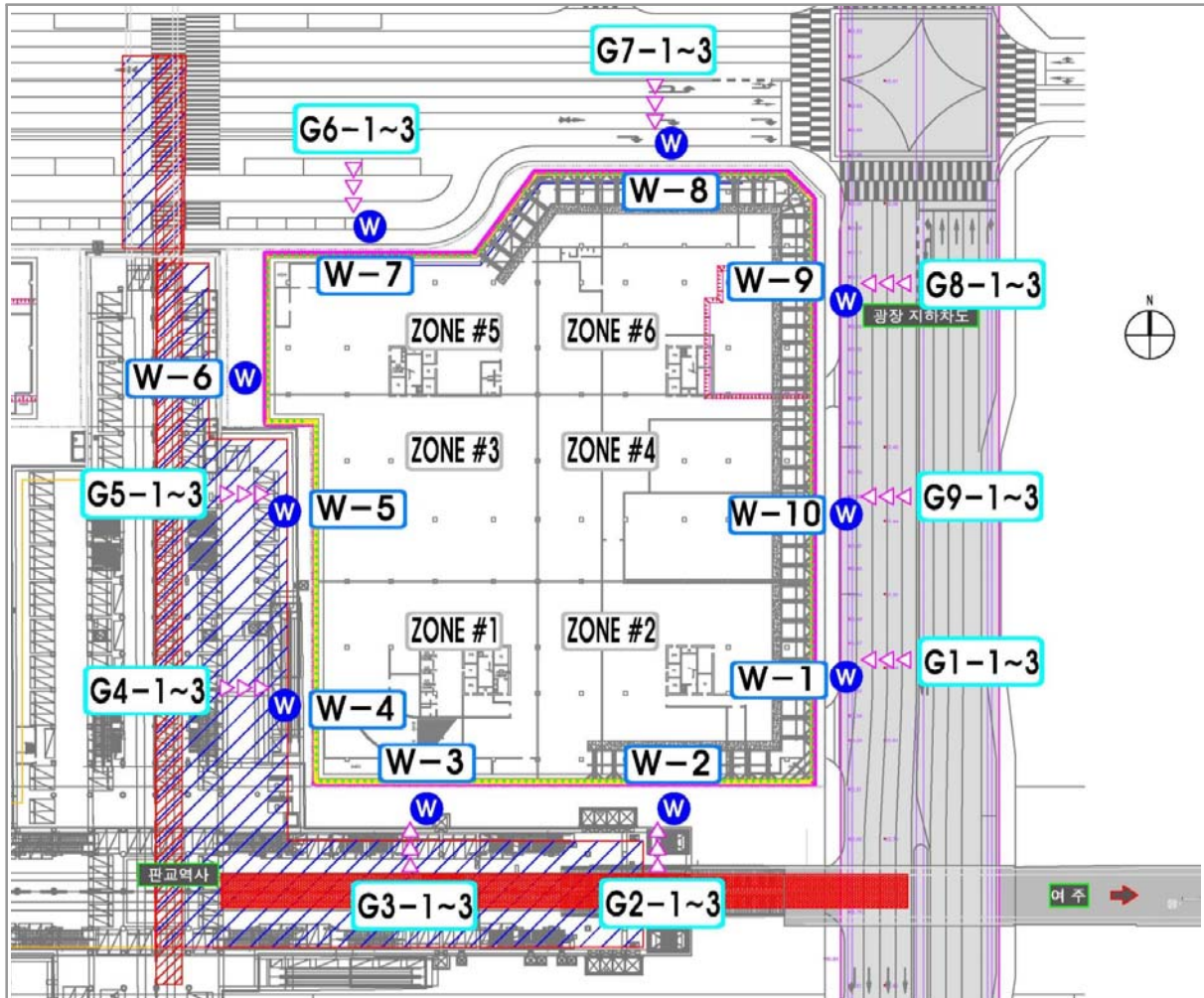
- 착공시 지하수위계 계측결과 초기치는 G.L(-) 10.02~23.65m에 위치하여 지하안전영향평가시 관측한 시추공 지하수위 아래에 위치하는 것으로 확인됨



- 각 지하수위계의 누적 지하수위저하량을 분석한 결과 최대 지하수위 저하량은 W-9위치에서 최대 7.23m로 2차관리기준을 초과하여 관리기준치 초과시 대응방안에 따라 인접한 지표침하계 계측자료 분석결과 최대 침하량은 10.0mm로 허용침하량(25mm)이하로 지하수 저하에 의한 지표침하영향은 미미한 것으로 검토됨

다. 현장 지하수 변화에 따른 지표침하량 연관성 분석

- 각 지점별 지하수위 저하에 따른 지표침하계 계측결과를 통한 지표침하량은 다음과 같음



구분	W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6	W-7	W-8	W-9	W-10
지하수 저하량(m)	2.95	2.24 (상승)	3.75	1.80	5.53	4.23	7.23	1.03	1.38	3.4
지표침하량 (mm)	9.0	9.0	9.0	8.0	7.0	-	8.0	7.0	8.0	10.0
비고	G1-1~3	G2-1~3	G3-1~3	G4-1~3	G5-1~3	-	G6-1~3	G7-1~3	G8-1~3	G10-1~3

- 지하안전영향평가시 설계지하수위를 고려한 침투해석 결과 지하수 저하량(최대 : 3.58m)에 따른 최대 침하량은 3.75mm로 검토되었으나, 실제 굴착에 따른 지하수위 저하량은 최대 7.23m, 최대지표 침하량은 10.0mm로 확인되어 지하수저하로 인한 주변지반의 침하에 대한 영향은 미미한 것으로 확인됨

제 6 장 지반안전성 검토

6.1 지하안전영향평가 결과 분석

6.2 계측결과 분석을 통한 영향 검토

제 6 장 지반안전성 검토

6.1 지하안전영향평가 결과 분석

6.1.1 수치해석 결과 분석

작성방향 • 지하안전영향평가지 수행한 수치해석결과를 분석하여 수록함

주요내용

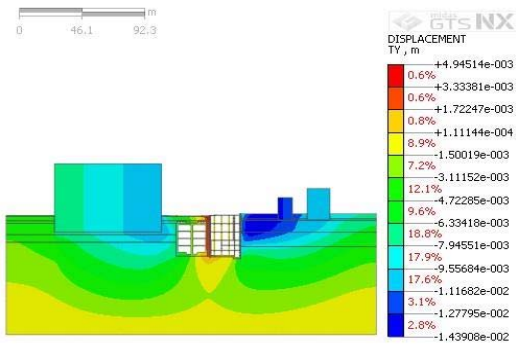
굴착 터널

✓ 지하안전영향평가지 수행한 수치해석결과 내용을 요약 정리하여 계측결과와 비교 · 검토할 수 있도록 수록함

● 대표단면에 대한 지반안전성 평가결과

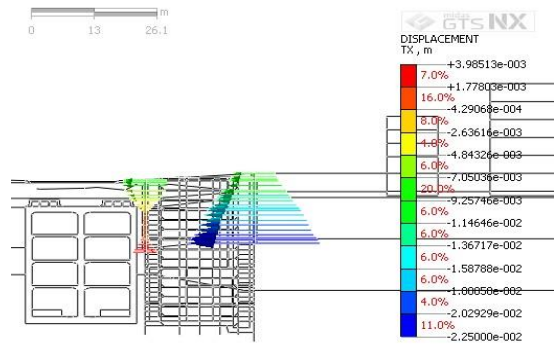
- 최대 수평변위는 A-A단면(우측)에서 25.55mm 발생하며, 허용기준인 87.48mm (0.0025H, H:굴착 심도) 이내로 안전성 확보가 가능할 것으로 판단됨

A-A 단면(y방향 지반변위)



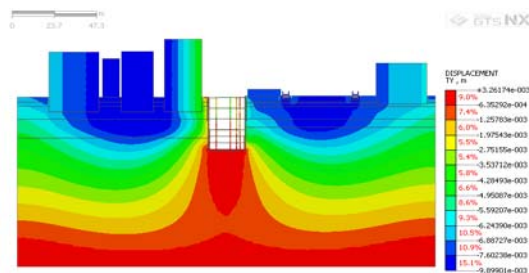
[DATA] 역삼동 A단면, 해체-15, INCR=1 (TIME=3.400e+002), [UNIT] KN, m

A-A 단면(가시설벽체 수평방향변위)



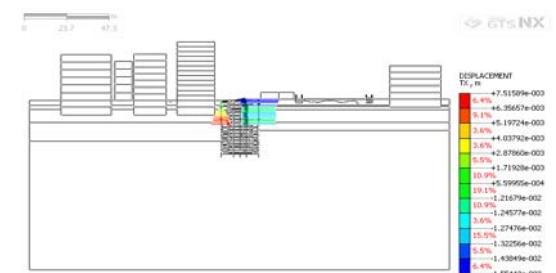
[DATA] 역삼동 A단면, 해체-15, INCR=1 (TIME=3.400e+002), [UNIT] KN, m

B-B 단면(y방향 지반변위)



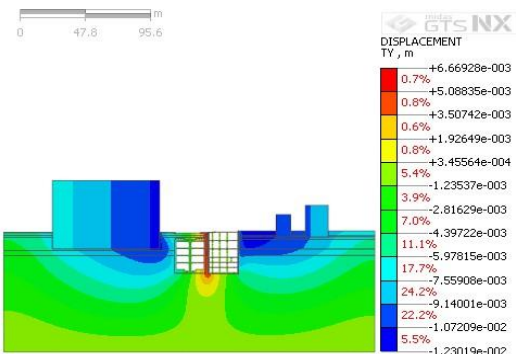
[DATA] 세마, S2-1단소트릿재가+지하1층벽체+지하1층SLAB(동력), INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] KN, m

B-B 단면(가시설벽체 수평방향변위)



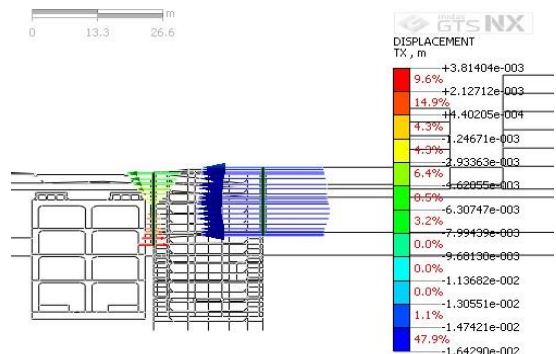
[DATA] 세마, S2-1단소트릿재가+지하1층벽체+지하1층SLAB(동력), INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] KN, m

C-C 단면(y방향 지반변위)



[DATA] 시공단계해석, 해체16(동력), INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] KN, m

C-C 단면(가시설벽체 수평방향변위)



[DATA] 시공단계해석, 해체16(동력), INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] KN, m

예
시

6.1.2 탄 · 소성보 해석 결과 분석

작성방향 • 지하안전영향평가시 수행한 탄 · 소성보 해석결과를 분석하여 수록함

주요내용

굴착 터널

✓ 지하안전영향평가시 수행한 탄 · 소성보 해석결과 내용을 요약 정리하여 계측결과와 비교 · 검토할 수 있도록 수록함

가. 단면 A-A 좌측

● STRUT 검토결과는 다음과 같음

부 재	위 치 (m)	단면검토					비고
		구분	발생응력 (MPa)	허용응력 (MPa)	발생응력 /허용응력	판정	
H-PILE 2H-300X300X10X15	-	수평방향	65.81	163.20	0.40	O.K	
		연직방향	88.73	167.15	0.53	O.K	

● C.I.P 검토결과는 다음과 같음

부 재	위 치 (m)	단면검토					비고	
		구분	발생응력 (MPa)	허용응력 (MPa)	발생응력 /허용응력	판정		
C.I.P Fck=24.0MPa	0.00 ~ 16.10	압축응력	6.89	18.00	0.38	O.K	주 철근	O.K
		인장응력	120.63	240.00	0.40	O.K	전단	O.K
		전단응력	0.314	0.819	0.38	O.K	철근	

● 측면말뚝 검토결과는 다음과 같음

부 재	위 치 (m)	단면검토					비고
		구분	발생응력 (MPa)	허용응력 (MPa)	발생응력 /허용응력	판정	
H-PILE H-300X305X15X15	0.00 ~ 34.51	휨응력	134.70	200.23	0.40	O.K	
		전단응력	70.33	120.00	0.59	O.K	

● 띠장 검토결과는 다음과 같음

부 재	위 치 (m)	단면검토					비고
		구분	발생응력 (MPa)	허용응력 (MPa)	발생응력 /허용응력	판정	
H-PILE H-310X310X20X20	-	휨응력	77.18	184.73	0.42	O.K	
		전단응력	32.62	120.00	0.27	O.K	

● 토류판 검토결과는 다음과 같음

부 재	위 치 (m)	두께검토			비고
		필요두께	적용두께	판정	
토류판	16.10~ 32.51	72.16mm	100.00mm	O.K	

● 근입장 검토결과는 다음과 같음

주동모멘트(Ma)	수동모멘트(Mp)	안전율(Mp/Ma)	허용안전율	비고
262.25	787.04	3.00	1.20	O.K

예
시

6.2 계측결과 분석을 통한 영향 검토

6.2.1 계측 개요

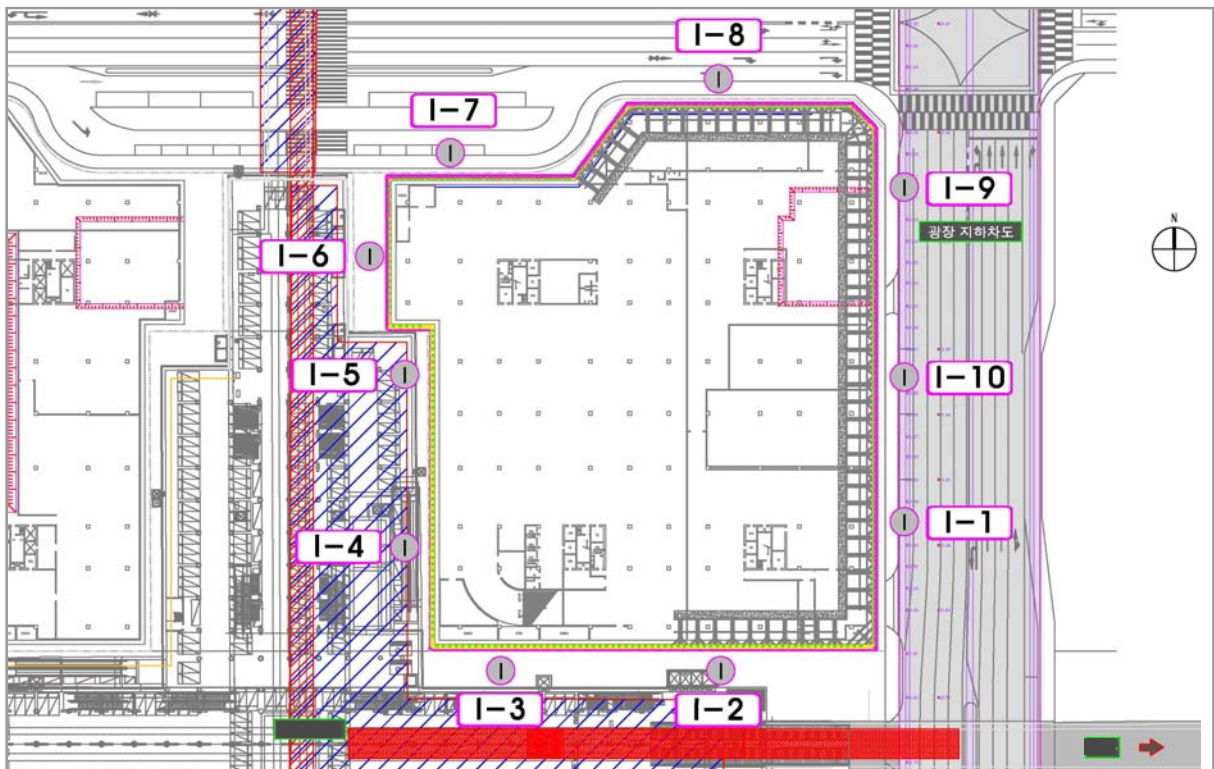
작성방향 • 흠막이 가시설 및 인접구조물에 설치된 계측기의 전반적인 현황을 수록함

주요내용

굴착 터널

- ✓ 흠막이 가시설 및 인접구조물의 안전성을 확인하기 위한 계측기의 설계위치, 초기 계측일자, 계측빈도 및 계측관리 기준, 시공단계별 굴착기간 등 계측 개요를 수록함

예
시



● 지중경사계 계측기 설치시기, 초기 계측일자 및 계측빈도는 다음과 같음

구 분	설치시기	초기 계측일자	계측빈도	비고
I-1	2019.05.02	2019.06.20	2회/주	
I-2	2019.05.02	2019.06.20	2회/주	
I-3	2019.05.03	2019.07.08	2회/주	
I-4	2019.05.03	2019.07.11	2회/주	
I-5	2019.05.04	2019.07.11	2회/주	
I-6	2019.05.30	2019.07.18	2회/주	
I-7	2019.05.30	2019.07.22	2회/주	
I-8	2019.05.31	2019.09.19	2회/주	
I-9	2019.05.31	2019.07.29	2회/주	
I-10	2019.06.01	2019.07.08	2회/주	

- 사후지하안전영향 조사시 계측항목별 계측관리 기준을 아래와 같이 선정함
- 계측관리는 변위속도와 누적변위로 검토하였으며, 지중경사계의 누적변위에 대한 관리기준은 현장여건을 고려하여 최대변위량을 기준으로 선정함(0.002H, H:굴착심도)
- 지표침하계 계측관리기준은 1차 25mm×0.6, 2차 관리기준 25mm×0.8, 3차 관리기준은 최대허용 변위 25mm를 적용함
- 변형률계는 계측관리 보고서를 반영하여 관리기준을 선정함
- 건물경사계, 균열측정계는 지하안전영향평가서 및 계측관리 보고서를 참고하여 선정함
- 00선, 00주차장, 00지하차도구간은 계측관리 보고서를 반영하여 관리기준을 선정함

구분		지하안전영향평가			사후지하안전영향조사		
		1차	2차	3차	1차	2차	3차
수평변위계(mm)		1/700	1/500	1/250	2mm/7일	2~4mm/7일	4~10mm/7일
					1/700	1/500	1/250
지표침하계(mm)	설계 예상치	1.25•설계 예상치	25.0		2mm/7일	2~4mm/7일	4~10mm/7일
					15.0	20.0	25.0
SLAB 응력계(kg/cm ²)	설계예상치	1.25•설계 예상치	부재허용치		58.73	78.31	97.89
건물경사계(mm)		1/1,000	1/850	1/500	1/1,000	1/850	1/500
균열측정계(mm)		±0.20	±0.38	±0.50	±0.20	±0.38	±0.50
00선	EL BEAM(mm)	—	—	—	±0.20	±0.26	±0.33
	균열측정계(mm)	—	—	—	±0.20	±0.40	±0.50
	진동측정계(kine)	—	—	—	0.30	0.30	0.30
00 주차장	EL BEAM(mm)	—	—	—	±0.20	±0.26	±0.33
	균열측정계(mm)	—	—	—	±0.20	±0.40	±0.50
00 지하차도	EL BEAM(mm)	—	—	—	±0.36	±0.48	±0.60
	균열측정계(mm)	—	—	—	±0.20	±0.40	±0.50
	진동측정계(kine)	—	—	—	0.30	0.30	0.30

예
시

- 현장에서 제공받은 공정표 및 공사일보 분석을 통하여 각 단계별 공사일정 및 공사기간을 산정하였으며, 산정결과는 다음과 같음
- 각 단계별 공사일정은 ZONE별로 산정하였음

구분		시작일	종료일	공사기간	계측적용날짜
1차 굴착	ZONE 1	2019.06.30	2019.07.23	23일	2019.07.23
	ZONE 2	2019.06.22	2019.07.06	14일	2019.07.06
	ZONE 3	2019.07.20	2019.08.14	25일	2019.08.14
	ZONE 4	2019.07.13	2019.08.06	24일	2019.08.06
	ZONE 5	2019.07.23	2019.09.27	66일	2019.09.27
	ZONE 6	2019.09.18	2019.10.20	32일	2019.10.20
2차 굴착	ZONE 1	2019.08.26	2019.09.01	6일	2019.09.01
	ZONE 2	2019.08.13	2019.08.24	11일	2019.08.24
	ZONE 3	2019.09.06	2019.09.30	24일	2019.09.30
	ZONE 4	2019.09.02	2019.09.20	18일	2019.09.20
	ZONE 5	2019.10.10	2019.10.19	9일	2019.10.19
	ZONE 6	2019.10.31	2019.11.08	8일	2019.11.08
3차 굴착	ZONE 1	2019.09.28	2019.10.18	20일	2019.10.18
	ZONE 2	2019.09.23	2019.10.09	16일	2019.10.09
	ZONE 3	2019.10.19	2019.10.26	7일	2019.10.26
	ZONE 4	2019.10.10	2019.10.25	15일	2019.10.25
	ZONE 5	2019.11.07	2019.11.23	16일	2019.11.23
	ZONE 6	2019.11.25	2019.12.10	15일	2019.12.10
4차 굴착	ZONE 1	2019.11.06	2019.11.23	17일	2019.11.23
	ZONE 2	2019.10.27	2019.11.12	16일	2019.11.12
	ZONE 3	2019.11.25	2019.12.16	21일	2019.12.16
	ZONE 4	2019.11.13	2019.11.24	11일	2019.11.24
	ZONE 5	2019.12.11	2019.12.15	4일	2019.12.15
	ZONE 6	2019.12.16	2019.12.21	5일	2019.12.21
5차 굴착	ZONE 1	2019.12.12	2019.12.28	16일	2019.12.28
	ZONE 2	2019.12.02	2019.12.21	19일	2019.12.21
	ZONE 3	2019.12.26	2020.01.07	12일	2020.01.07
	ZONE 4	2019.12.19	2020.01.03	15일	2020.01.03
	ZONE 5	2020.01.04	2020.01.15	11일	2020.01.04
	ZONE 6	2020.01.10	2020.01.19	9일	2020.01.19

예
시

6.2.2 지중경사계

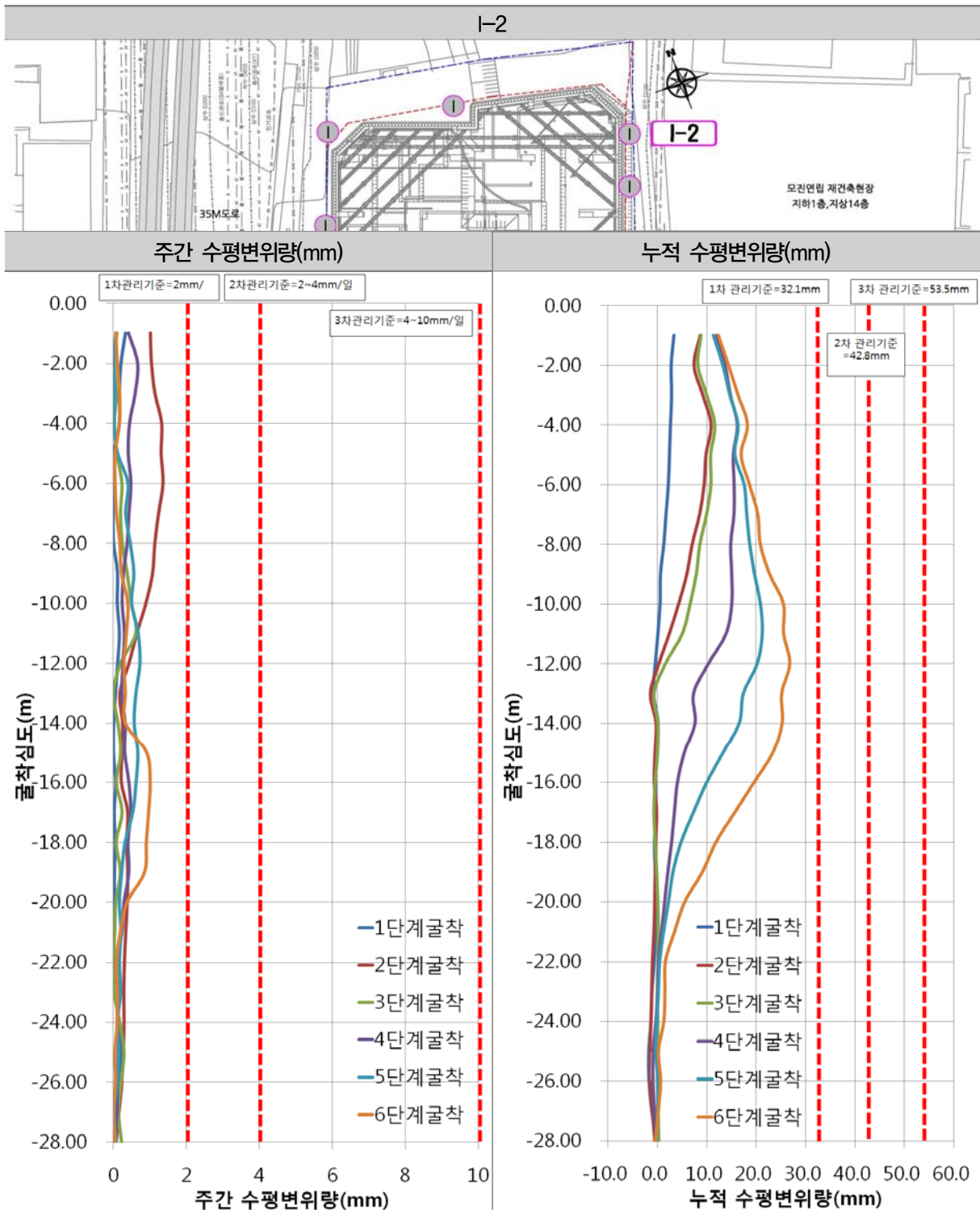
작성방향 • 흙막이 가시설에 설치된 지중경사계 계측결과를 분석하여 수록함

주요내용

굴착 터널

✓ 지중경사계의 계측결과(주간변화량 및 누적변화량)를 분석하여 경시변화를 확인할 수 있도록 수록함

- 지중경사계는 총 8개소이며, 계측결과 지중수평변위는 12.59~28.63mm의 범위를 보이고 최대 지중수평변위는 I-1에서 발생하는 것으로 분석됨
- 계측 분석결과 1차 관리기준 이내로 안전한 것으로 분석됨



6.2.3 지표침하계

작성방향 • 흙막이 가시설 배면에 설치된 지표침하계의 계측결과를 분석하여 수록함

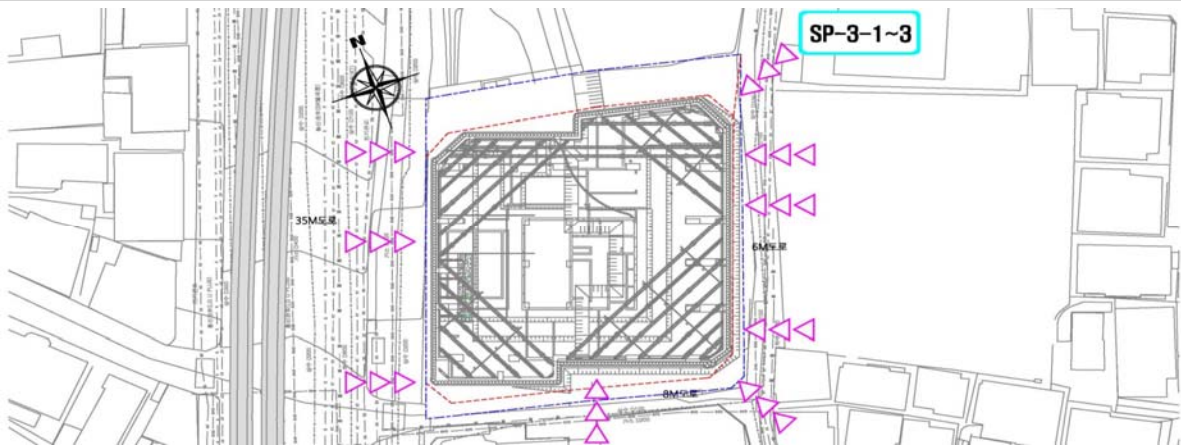
주요내용

굴착 터널

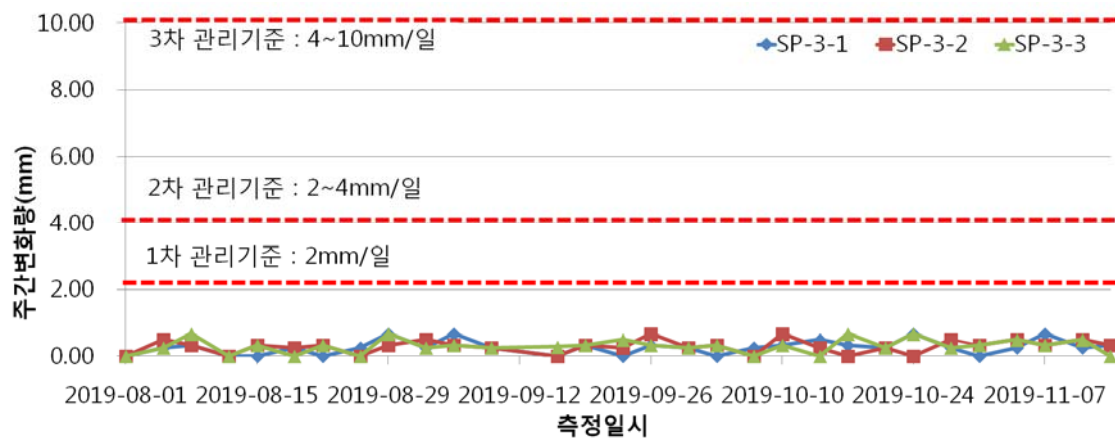
✓ 지표침하계의 계측결과(주간변화량 및 누적변화량)를 분석하여 경시변화를 확인할 수 있도록 수록함

- 지표침하계는 총 9개소이며, 계측결과 지표침하는 8.0~15.0mm의 범위를 보이고 최대 지표침하는 SP-9에서 발생하는 것으로 분석됨
- 계측 분석결과 1차 관리기준 이내로 안전한 것으로 분석됨

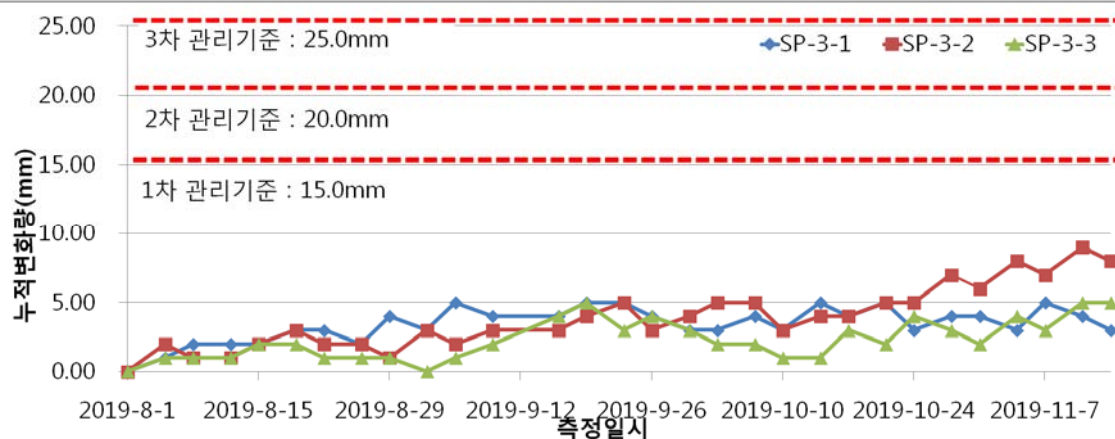
SP-3



주간 변위량(mm)



누적 변위량(mm)



예
시

6.2.4 변형률계 및 하중계

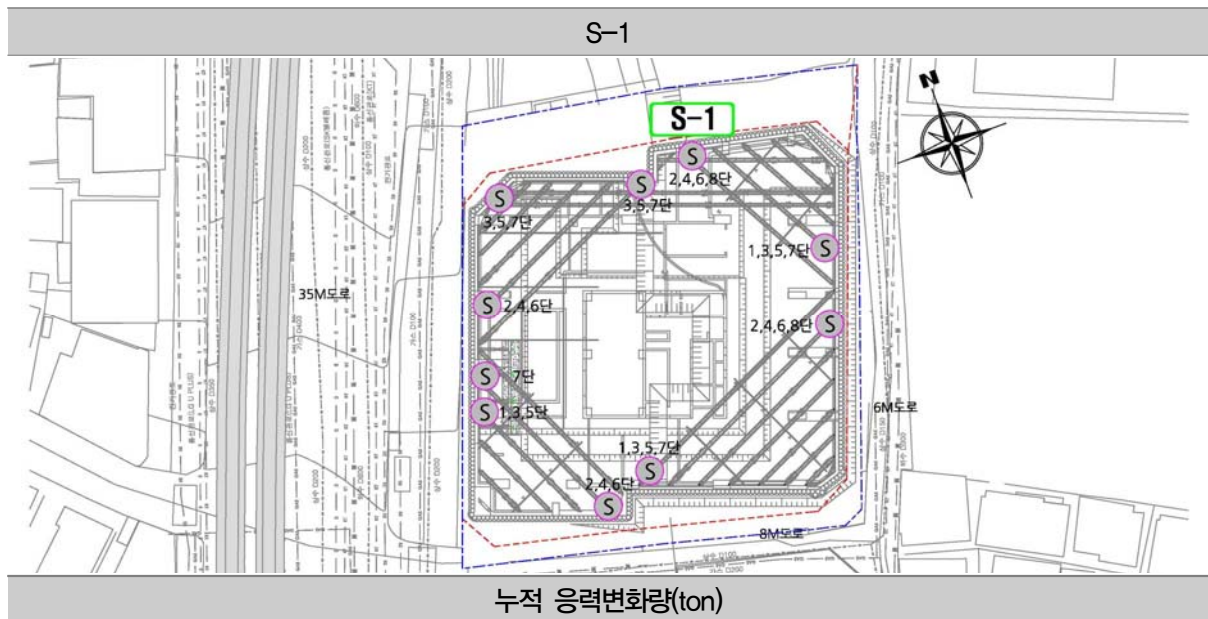
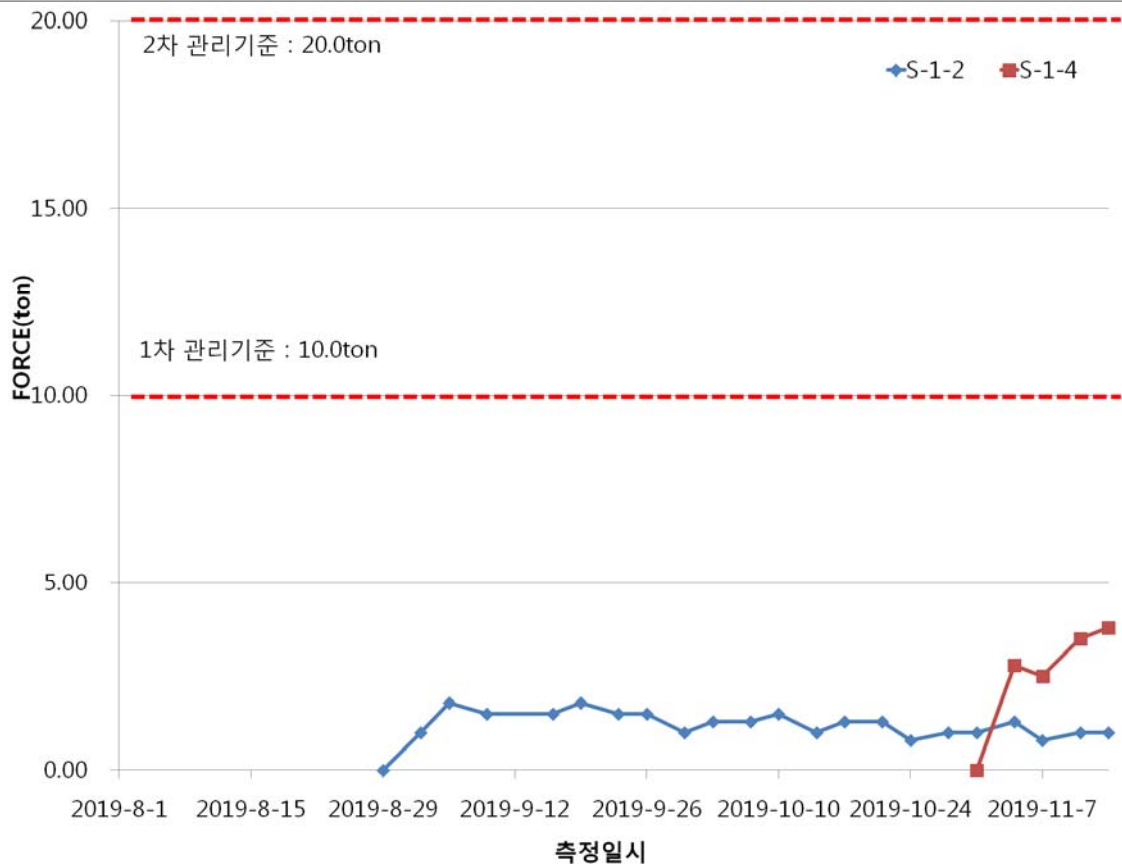
작성방향 • 흙막이 가시설에 설치된 변형률계 및 하중계 계측결과를 분석하여 수록함

주요내용

굴착 터널

✓ 변형률계 및 하중계의 계측결과를 분석하여 경시변화를 확인할 수 있도록 수록함

- 변형률계는 총 29개소이며, 계측결과 초기치 대비 응력변화량은 1.00 ~ 6.80ton의 범위를 보이고 최대 응력변화량은 S-5-4에서 발생하는 것으로 분석됨
- 계측 분석결과 1차 관리기준 이내로 안전한 것으로 분석됨

예
시

6.2.5 균열계 및 경사계

작성방향 • 인접구조물에 설치된 건물균열계 및 경사계 계측결과를 분석하여 수록함

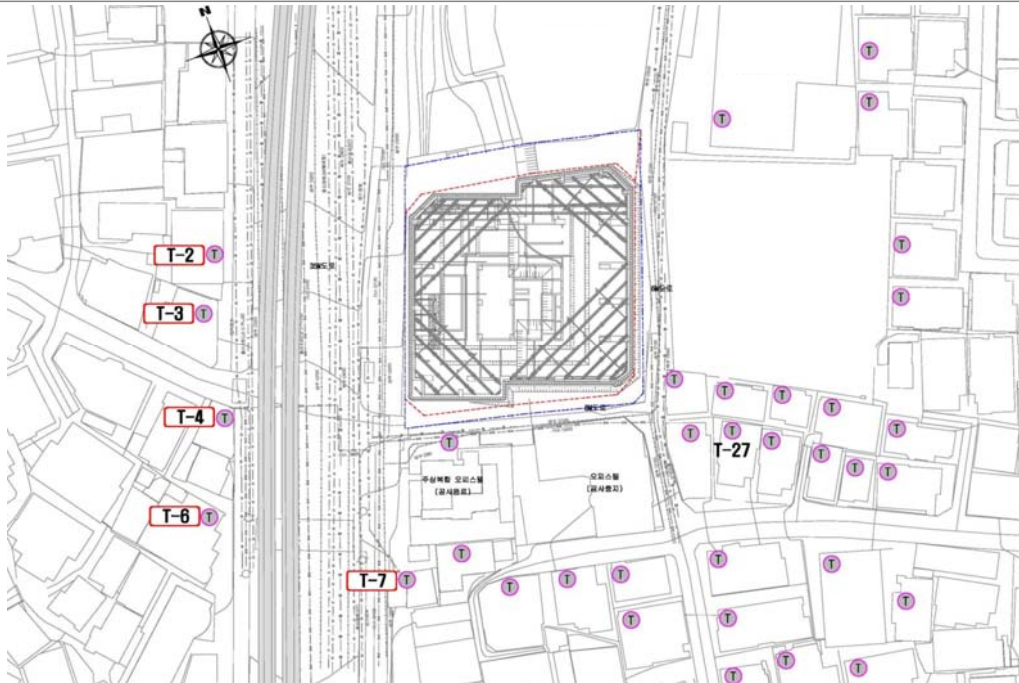
주요내용

굴착 터널

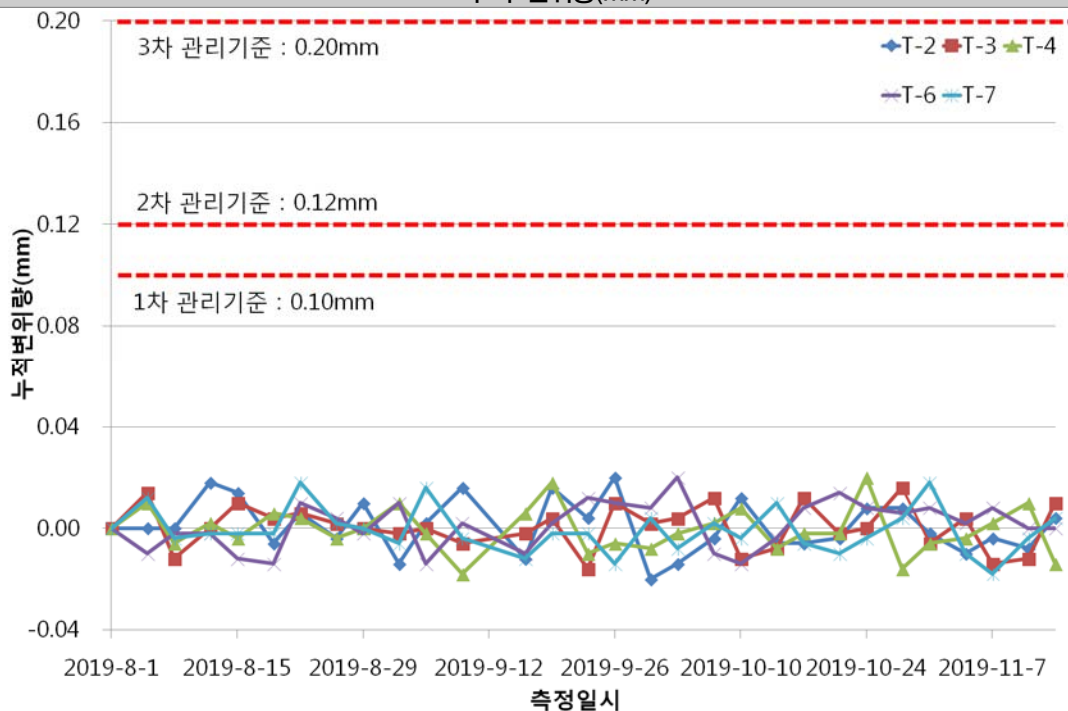
✓ 건물균열계 및 경사계의 계측결과를 분석하여 경시변화를 확인할 수 있도록 수록함

- 건물경사계는 총 34개소이며, 계측결과 초기치 대비 변위량은 0.00~0.020mm의 범위를 보이고 최대 변위량은 T-1, 4, 6, 9, 11, 13, 23, 27, 30, 32, 44에서 발생하는 것으로 분석됨
- 계측 분석결과 1차 관리기준 이내로 안전한 것으로 분석됨

T-2~7



누적 변위량(mm)



예
시

제 7 장 지하안전확보방안 적정성 및 이행여부 검토

7.1 지하안전확보방안 적정성 분석

7.2 협의내용 이행여부 검토

제 7 장 지하안전확보방안 적정성 및 이행여부 검토

7.1 지하안전확보방안 적정성 분석

7.1.1 계측기 설치 적정성

작성방향 • 지하안전영향평가 및 시공 중 설치된 계측기의 적정성을 분석하여 수록함

주요내용

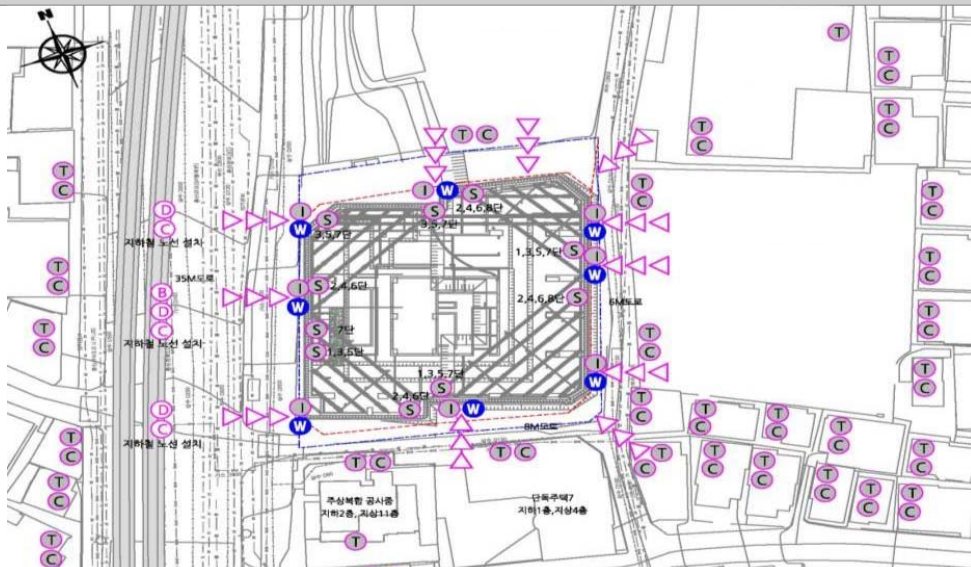
굴착 터널

- ✓ 지하안전영향평가 및 시공 중 설치된 계측기의 설치위치, 계측빈도 등 계측기 설치의 적정성을 분석하여 변경 또는 미설치된 계측기에 대한 사유를 수록함

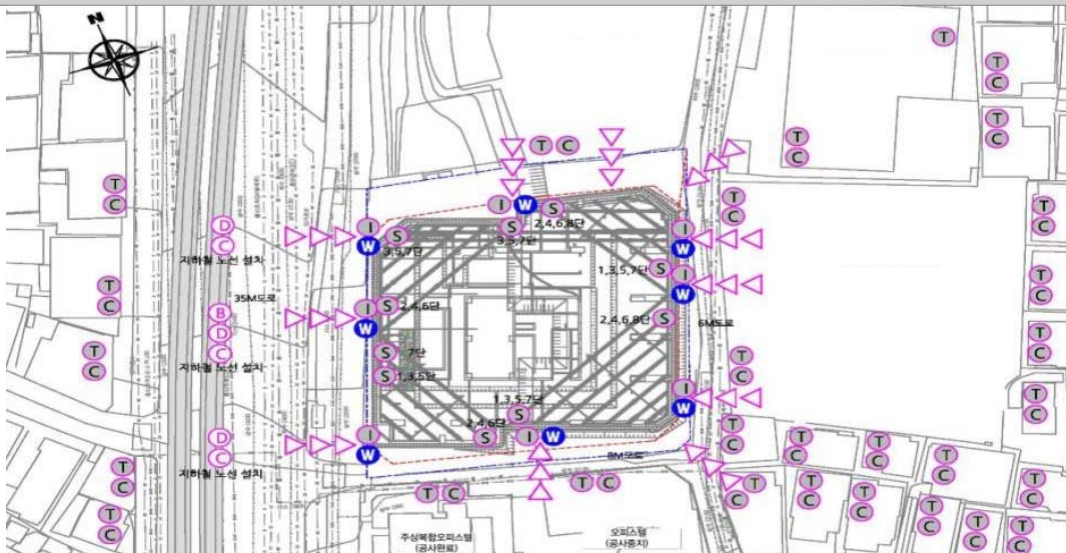
가. 계측기 항목 및 위치

- 대상사업 구간의 흠막이 가시설 공법과 인접 구조물 및 도로, 지하매설물 등의 현장여건을 반영하여 아래 그림과 같이 계측기 항목과 위치를 선정하였음

지하안전영향평가



사후지하안전영향조사



● 계측계획 변경사항 및 사유는 다음과 같음

구 분		지하안전 영향평가	사후지하 안전영향조사	변경사유
흙막이	지중 경사계	10 개소	10 개소	-
	지하 수위계	7개소	10 개소	• 지중경사계와 같은 위치에 추가적으로 설치함
	지표 침하계	9 개소	9 개소	-
	SLAB 응력계	63 개소	63 개소	-
인접구조물	균열 측정계	5 개소	10 개소	• 신축건물 및 인접구조물에 추가 설치
	건물 경사계	5 개소	10 개소	• 신축건물 및 인접구조물에 추가 설치
00선	레일 변위계	1개소	1 개소	-
	수평 변위계	-	11 개소	• 00공사 000본부와의 협의결과를 반영하 여 추가 설치
	EL BEAM	2 개소	2 개소	-
	균열 측정계	2 개소	2 개소	-
	진동 측정계	2 개소	2 개소	-
	구조물 처짐계	1 개소	1 개소	-

나. 계측 수행빈도

● 계측기별 계측수행빈도는 다음과 같음

구 분		수량	계측빈도
구간	계측항목		
흙막이	지중경사계	10 개소	2회/주
	지하수위계	10 개소	자동화계측
	지표침하계	9 개소	2회/주
	SLAB 응력계	63 개소	2회/주
인접구조물	균열측정계	10 개소	2회/주
	건물경사계	10 개소	2회/주
00선	레일변위계	1 개소	자동화계측
	수평변위계	11 개소	자동화계측
	EL BEAM	2 개소	자동화계측
	균열측정계	2 개소	자동화계측
	진동측정계	2 개소	자동화계측
	구조물 처짐계	1 개소	자동화계측

다. 계측관리 기준

- 사후지하안전영향 조사 시 계측항목별 계측관리 기준을 아래와 같이 선정함
- 계측관리는 변위속도와 누적변위로 검토하였으며, 지중경사계의 누적변위에 대한 관리기준은 현장여건을 고려하여 최대변위량을 기준으로 선정함(0.002H, H:굴착심도)
- 지표침하계 계측관리기준은 1차 25mm×0.6, 2차 관리기준 25mm×0.8, 3차 관리기준은 최대허용 변위 25mm를 적용함
- 변형률계는 계측관리 보고서를 반영하여 관리기준을 선정함
- 건물경사계, 균열측정계는 지하안전영향평가서 및 계측관리 보고서를 참고하여 선정함
- 00선, 00주차장, 00지하차도구간은 계측관리 보고서를 반영하여 관리기준을 선정함

구분		지하안전영향평가			사후지하안전영향조사		
		1차	2차	3차	1차	2차	3차
수평변위계(mm)		1/700	1/500	1/250	2mm/7일	2~4mm/7일	4~10mm/7일
					1/700	1/500	1/250
지표침하계(mm)		설계 예상치	1.25•설계 예상치	25.0	2mm/7일	2~4mm/7일	4~10mm/7일
					15.0	20.0	25.0
SLAB 응력계(kg/cm ²)		설계예상치	1.25•설계 예상치	부재허용치	58.73	78.31	97.89
건물경사계(mm)		1/1,000	1/850	1/500	1/1,000	1/850	1/500
균열측정계(mm)		±0.20	±0.38	±0.50	±0.20	±0.38	±0.50
00선	EL BEAM(mm)	—	—	—	±0.20	±0.26	±0.33
	균열측정계(mm)	—	—	—	±0.20	±0.40	±0.50
	진동측정계(kine)	—	—	—	0.30	0.30	0.30
00 주차장	EL BEAM(mm)	—	—	—	±0.20	±0.26	±0.33
	균열측정계(mm)	—	—	—	±0.20	±0.40	±0.50
00 지하차도	EL BEAM(mm)	—	—	—	±0.36	±0.48	±0.60
	균열측정계(mm)	—	—	—	±0.20	±0.40	±0.50
	진동측정계(kine)	—	—	—	0.30	0.30	0.30

7.1.2 계측결과 적정성

작성방향 • 계측기별 계측결과와 적정성 분석 및 1차, 2차, 3차 관리기준 초과여부를 확인하여 수록함

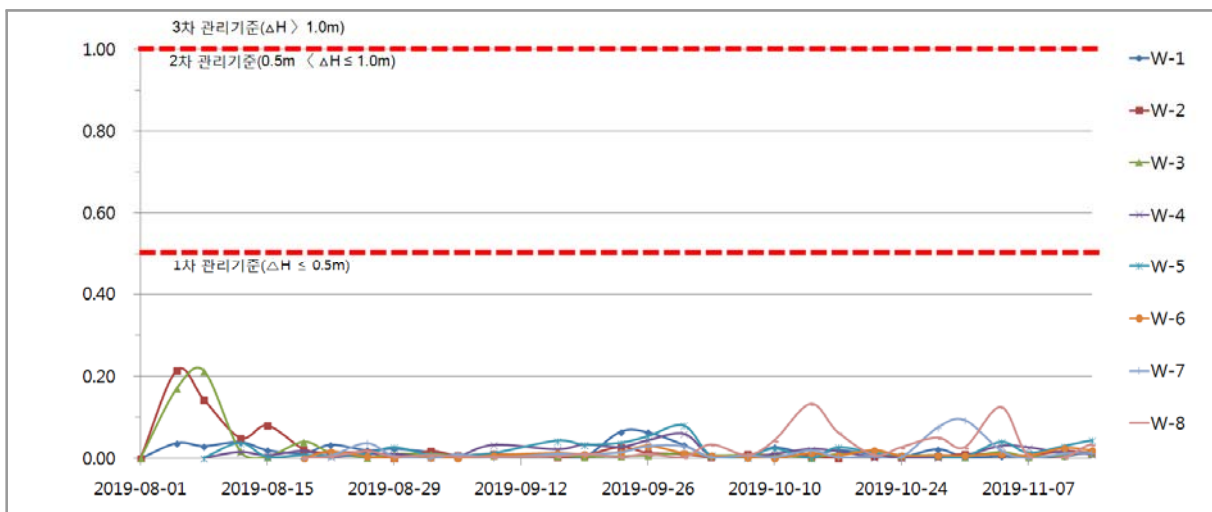
주요내용

굴착 터널

- ✓ 계측기별 계측결과 분석내용을 바탕으로 계측결과와 적정성을 분석하고 1차, 2차, 3차 관리기준 초과여부를 확인한 결과를 요약하여 수록함

가. 지하수위계

- 각 지하수위계의 일별 지하수위변화량을 분석한 결과 최대 일 수위변화량은 0.22m로 1차 관리기준 ($\Delta H \leq 0.5m$) 이내로 안전한 것으로 분석됨



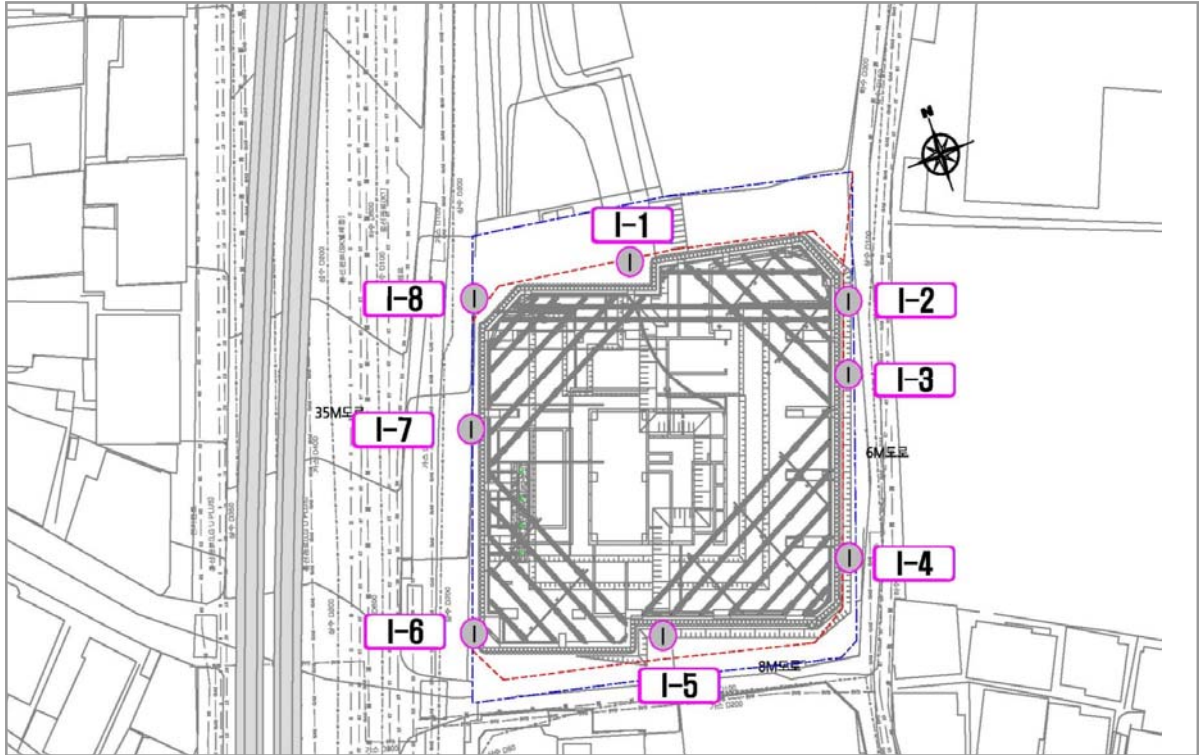
예시

- 각 지하수위계의 누적수위변화량을 분석한 결과 모든 구간에서 1차 관리기준 이내로 안전한 것으로 분석됨
- 누적수위변화량 관리기준은 지하안전영향평가에서 수행한 지하수변화에 의한 영향 상세평가 결과(지하수위 저하량 2.49m)를 반영하여 선정하였으며, 2차 관리기준의 최대자연 변동량은 강우강도에 의한 50년 빈도 30일을 적용한 침투해석 수행결과 값인 2.10m를 적용하여 선정함

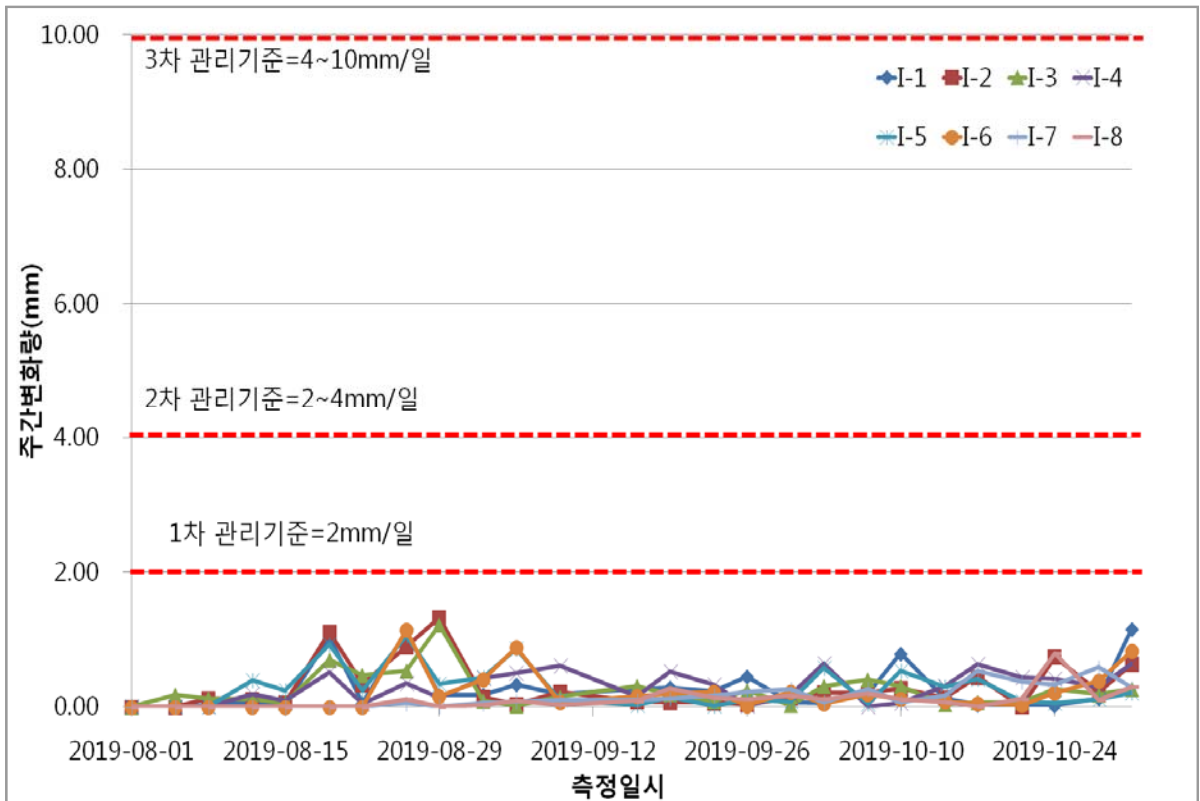
지하수위계	누적수위변화량	1차관리기준(m)	2차관리기준(m)	3차관리기준(m)	분석결과
W-1	1.67	MH ≤ 2.49	2.49 < MH ≤ 4.59	MH > 4.59	1차
W-2	1.88	MH ≤ 2.49	2.49 < MH ≤ 4.59	MH > 4.59	1차
W-3	1.83	MH ≤ 2.49	2.49 < MH ≤ 4.59	MH > 4.59	1차
W-4	0.29	MH ≤ 2.49	2.49 < MH ≤ 4.59	MH > 4.59	1차
W-5	0.41	MH ≤ 2.49	2.49 < MH ≤ 4.59	MH > 4.59	1차
W-6	0.12	MH ≤ 2.49	2.49 < MH ≤ 4.59	MH > 4.59	1차
W-7	1.15	MH ≤ 2.49	2.49 < MH ≤ 4.59	MH > 4.59	1차
W-8	0.71	MH ≤ 2.49	2.49 < MH ≤ 4.59	MH > 4.59	1차

나. 지중경사계

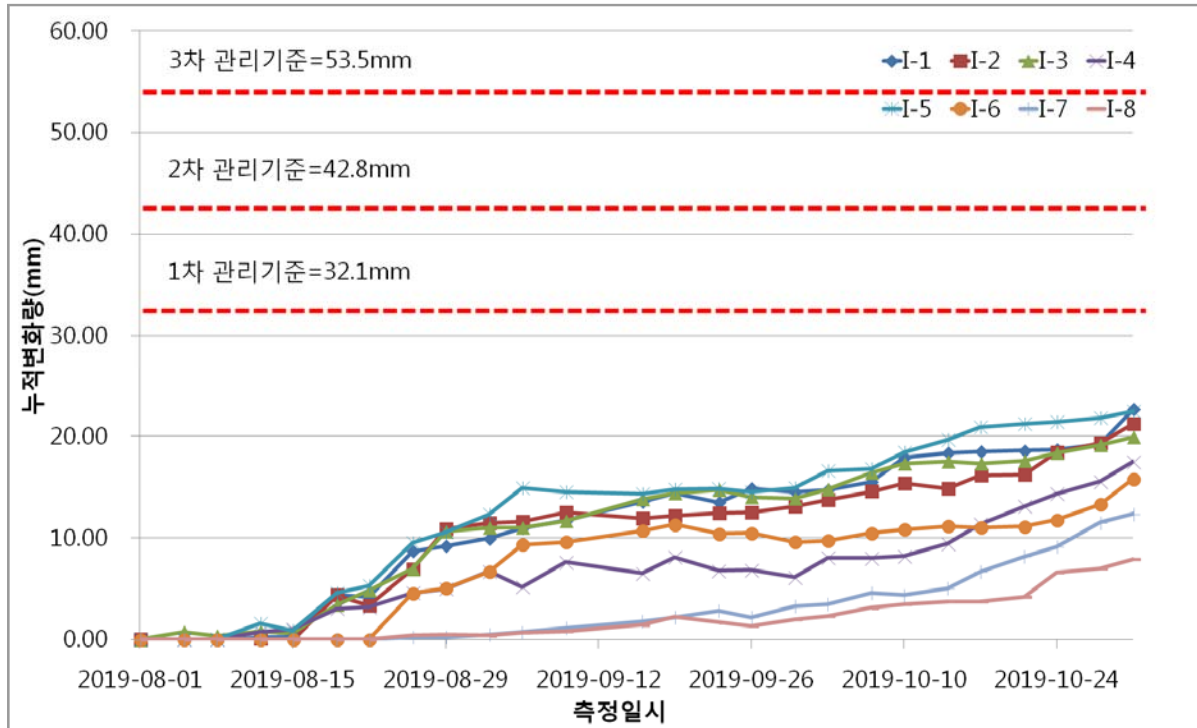
- 지중경사계 계측 분석결과 1차 관리기준 이내로 안전한 것으로 분석됨



- 지중경사계 주간변화량 분석결과 1차 관리기준 이내로 안전한 것으로 분석됨



● 지중경사계 누적변화량 분석결과 1차 관리기준 이내로 안전한 것으로 분석됨



● 1단 굴착 시 계측분석결과 1차 관리기준 이내로 안전한 것으로 분석됨

(단위 : mm)

구분	주간변화량			누적변화량		
	계측결과	1차관리기준	분석결과	계측결과	1차관리기준	분석결과
I-1	0.06	2mm/7일	1차 관리기준 이내	4.20	32.1	1차 관리기준 이내
I-2	0.34			3.34		
I-3	0.47			4.83		
I-4	0.05			3.19		
I-5	0.25			5.32		
I-6	0.00			0.00		
I-7	0.00			0.00		
I-8	0.00			0.00		

● 2단 굴착 시 계측분석결과 1차 관리기준 이내로 안전한 것으로 분석됨

(단위 : mm)

구분	주간변화량			누적변화량		
	계측결과	1차관리기준	분석결과	계측결과	1차관리기준	분석결과
I-1	0.18	2mm/7일	1차 관리기준 이내	9.23	32.1	1차 관리기준 이내
I-2	1.33			10.91		
I-3	1.22			10.62		
I-4	0.13			4.98		
I-5	0.34			10.58		
I-6	0.16			5.06		
I-7	0.01			0.25		
I-8	0.01			0.48		

7.1.3 계측관리기준 초과 시 조치결과

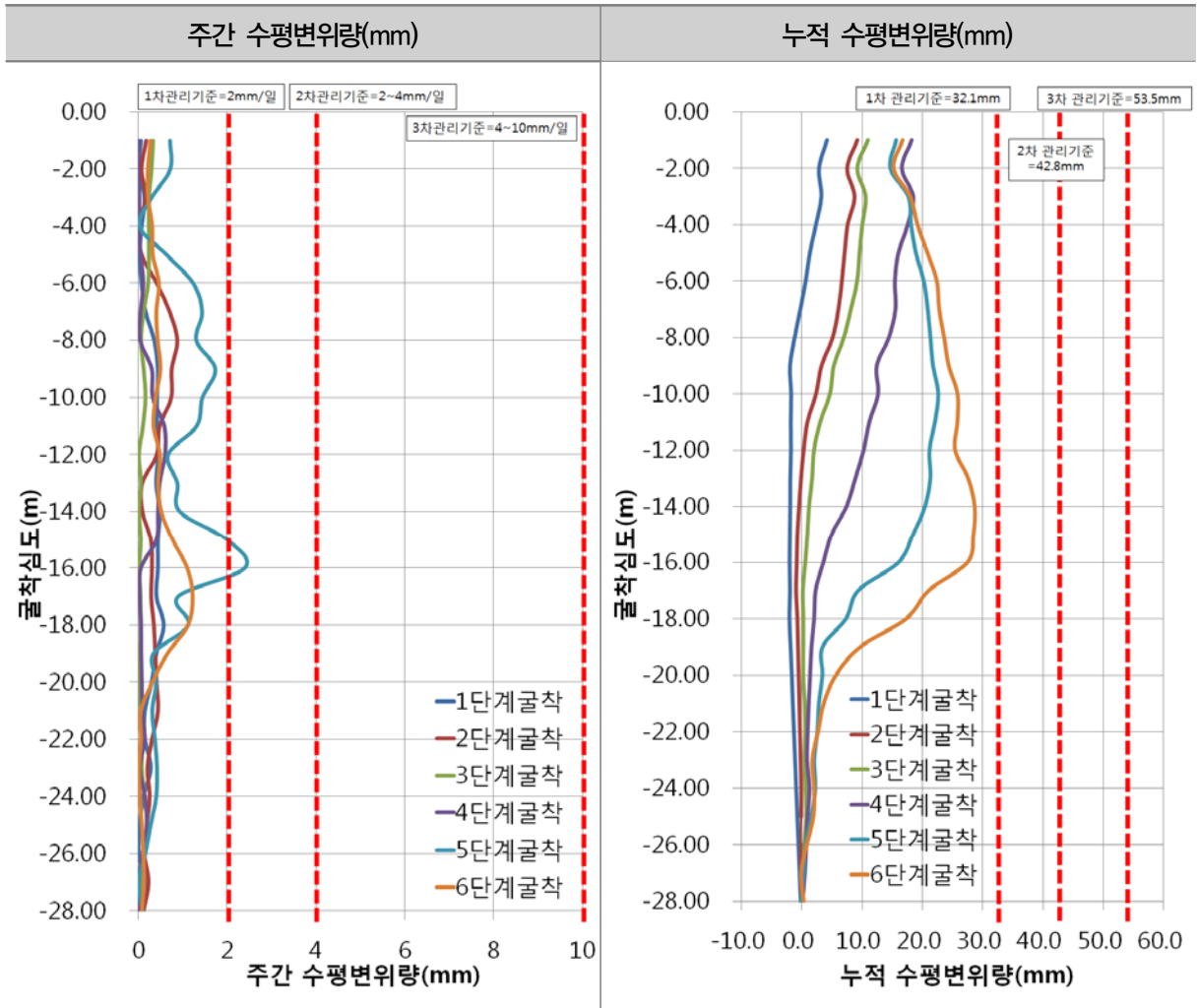
작성방향 • 계측관리기준 초과 시 조치결과를 수록함

주요내용

굴착 터널

✓ 계측결과 계측관리기준 초과 시 현장조치 내용 및 대책수립 결과에 대하여 수록함

가. 지중경사계



- I-1 주간 수평변위량이 2000년 00월 00일 기준(5단계 굴착)으로 1차 관리기준 초과 2차 관리기준 이내로 들어오는 것으로 분석되어, 지하안전영향평가 현장 계측관리체계(제 1단계)에 따라 인접 계측기인 변형률계 S-1의 계측 변위량 검토 결과 1차 관리기준 이내로 들어오는 것으로 분석되었음
- 또한, I-1 주간 수평변위량을 2000년 00월 00일(5단계 굴착)이후 주기적으로 분석한 결과 2000년 00월 00일(6단계 굴착)부터 1차 계측관리기준 이내로 감소하여 사후지하안전영향조사 완료 시까지 1차 계측관리기준 이내로 유지되는 것을 확인하였음

7.2 협의내용 이행여부 검토

7.2.1 주요 협의내용 이행결과

작성방향 • 지하안전영향평가서 주요 협의내용의 이행여부를 확인하고 관련근거를 함께 수록함

주요내용

굴착

터널

✓ 지하안전영향평가서 주요 협의내용의 이행여부를 확인하고 관련근거를 함께 수록함

● 지하안전영향평가 주요 협의내용에 대해 아래와 같이 확인하였음

구 분	협의내용	반영여부	관련근거
예 시 총괄 나.	○(조건부 협의내용) 지하안전영향평가를 위한 현황 조사당시 기존 건축물 등 지장물이 있어 지반조사가 미흡하게 실시된 상태에서 지반안전성 검토가 이루어졌으므로, 지장물 철거 후 지반조사를 추가 실시하고, 그 결과가 기존 안전성 검토에 영향을 미칠 경우 지반안전성을 재검토하기 바람.	○반 영	지반조사 보고서 p.2, 6
총괄 사.	○영향권 범위 내에 지하철 0호선이 있으므로, 반드시 지하철 관리부서 지하철 시설물의 안전성 확보여부에 대해 사전협의 후 협의내용을 반영하여 이행하여야 하며, 계측에 대한 세부계획은 시설물관리부서와 협의한 결과를 반영하여야 함.	○반 영	계측관리보고서 (10월간)
총괄 아.	○대상사업 주변에 지하철, 노후 건축물 및 지하매설물 등이 있으므로 굴착공사 및 가시설 시공시 정밀시공 및 계측관리에 중점을 두고 현장관리를 철저히 시행하여 예측하지 못한 상황에 선제적으로 대응하여야 함.	○반 영	안전관리계획서 p.39~41

가. 총괄 나

(주)코리아이엔씨건축사사무소 귀중

광진구 화양동 111-85번지 일원
오피스텔 신축공사
지 반 조 사 보 고 서

2019년 04월

SHINHW GII 신 화 지 티 아이 주식 회사
Shinhwa Geo Technology Institute co., Ltd.

제 1 장 조사 개요

1.1 조사 목적

본 지반조사는 서울특별시 광진구 화양동에 위치한 "광진구 화양동 111-85번지 일원 오피스텔 신축공사" 현장에서 5개소의 시추공에 대한 조사 및 원위치시험(표준관입시험) 등을 수행하여 부지내 지층의 구성상태 및 지하수위, 기반암의 분포상태 등을 통하여, 전체지반(토층 및 암층)의 재반 물리적, 역학적 특성을 파악하여 본 사업에 필요한 자료를 제공함으로써 합리적이고 경제적인 설계 및 시공이 되도록 하는데 그 목적이 있다. 이러한 목적을 위하여 부속의 시추공 배치도에 표시된 바와 같이 5개소에 대하여 시추 조사를 실시하였다.

1.2 조사 범위

본 현장의 지반조사를 위하여 실시된 조사범위는 다음과 같다.

분 류	공 종	단 위	수 량	비 고
보 령	시추 조사	공	5	-
	표준관입시험(SPT)	회	102	-
	탄성파 탐사(DHT)	회	1	-
	공내 전단시험(BST)	회	2	-
	공내 재하시험(PMT)	회	2	-
	일반수압시험(Lugeon Test)	회	2	-
	현장 투수시험	회	6	-
	지하수 유량유속시험	회	2	-
	순간충격시험	회	2	-
	알수시험	회	1	-
실내 시험	장기 지하수 측정	개월	1	주 1회
	물성 시험	회	5	-
	암석 일축압축 시험	회	1	-
성과 분석	보고서 작성	식	1	-

2

광진구 화양동 111-85번지 일원 오피스텔 신축공사

2.2 시추공 위치 선정

신축 예정인 "광진구 화양동 111-85번지 일원 오피스텔 신축공사" 현장의 배치와 규모를 고려하여 총 5개소의 대해 시추작업을 진행 하였다.

[표 2.1] 시추위치

시추 공번	X 좌표	Y 좌표	시추고(EL+m)
NH-1	449323.5216	206462.1815	28.1
NH-2	449284.3856	206455.7594	28.7
NH-3	449310.5183	206492.9296	29.1
NH-4	449313.6278	206446.3969	24.0
NH-5	449285.8054	206480.9360	29.3



[그림 2.2] 시추공 배치도

6

7.2.2 차수그라우팅 시험시공 결과

작성방향 • 차수그라우팅의 성능 확보여부 확인을 위해 차수그라우팅 시험시공 결과를 수록함

주요내용

굴착 터널

✓ 차수그라우팅 시험시공에 대한 개요 및 결과를 수록하여 지하안전영향평가기 적용한 차수그라우팅의 성능 확보여부를 확인함

가. 시험시공 개요

- 당 현장은 굴착공사에 따른 지하수위 저하를 예방하기 위하여 굴착배면에 S.G.R 그라우팅 $\phi 600$, C.T.C 500으로 계획하였으며, 지하안전영향평가기 차수그라우팅의 차수 성능을 $K=1 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ 으로 평가하였으므로 시험시공을 통해 차수 성능을 평가함
- S.G.R 그라우팅은 현장 여건을 고려하여 총 1개소에서 시험시공을 수행함
- 시험기간 : 2000. 00. 00
- 현장 작업사진은 다음과 같음



나. 시험시공 결과

예시

time (min)	draw down (cm)	Ho (cm)	Ht (cm)	Δt (sec)	K (cm/sec)
0	0.0	1,550	1550.0	30	—
30	0.0	1,550	1550.0	30	0.000E+00
60	1.0	1,550	1549.0	30	7.565E-07
90	0.0	1,550	1549.0	30	5.043E-07
120	2.0	1,550	1548.0	30	7.567E-07
150	0.0	1,550	1548.0	30	6.054E-07
180	3.0	1,550	1547.0	30	7.569E-07
210	0.0	1,550	1547.0	30	6.488E-07
240	0.0	1,550	1547.0	30	5.677E-07
270	3.5	1,550	1546.5	30	5.888E-07
300	0.0	1,550	1546.5	30	5.300E-07
360	4.0	1,550	1546.0	60	5.048E-07
420	0.0	1,550	1546.0	60	4.327E-07
480	0.0	1,550	1546.0	60	3.786E-07
540	0.0	1,550	1546.0	60	3.365E-07
600	5.0	1,550	1545.0	60	3.787E-07
720	0.0	1,550	1545.0	120	3.156E-07
Average. Kav.					5.164E-07

7.2.3 시험발파 결과

작성방향 • 발파 시 인접구조물의 안전성 확보 여부를 확인하기 위해 시험발파 결과를 수록함

주요내용

굴착 터널

- ✓ 기반암이 굴착되면 상부에 출현하여 굴착 중 발파를 적용할 경우 지하안전영향평가에서 협의된 대로 시험발파를 진행하고 시험발파 결과에 따라 인접구조물의 안전성 확보 여부를 수록함

가. 인접보안물건 현황

구 분	허용기준치	시험발파 위치로부터 최소이격거리
00선 00역	0.3cm/sec	52.5m
00선 00역	0.3cm/sec	52.4m
00000	0.3cm/sec	110.9m
00지하차도	0.3cm/sec	53.4m

나. 거리별 지발당 장약량 산출

- 일반적으로 자승근 환산거리를 적용(국토교통부 도로공사 노천발파 설계·시공 요령(2006.12), P.63)하므로, 회귀분석 결과 산정된 자승근 진동예상식(95%)을 활용하여 산정된 발파진동 허용기준별 거리에 따른 지발당허용장약량은 다음과 같음

예
시

이격거리 (m)	지발당 허용장약량(kg/delay)		이격거리 (m)	지발당 허용장약량(kg/delay)	
	자승근	적용공법		자승근	적용공법
5	0.0047	미진동 (21m)	130	4.963	중규모진동제어
10	0.029		140	5.756	
15	0.066		150	6.608	
20	0.117		160	7.519	
25	0.184	정밀진동제어 (42m)	170	8.488	일반발파 (226m)
30	0.264		180	9.516	
35	0.360		190	10.602	
40	0.470		200	11.748	
45	0.595	소규모진동제어 (74m)	210	12.952	
50	0.734		220	14.215	
55	0.888		230	15.536	
60	1.057		240	16.917	
65	1.241	중규모진동제어 (131m)	250	18.356	
70	1.439		260	19.854	
75	1.652		270	21.410	
80	1.880		280	23.026	
85	2.122		290	24.700	
90	2.379		300	26.432	
95	2.651		310	28.224	
100	2.937		320	30.074	
110	3.554		330	31.983	
120	4.229		340	33.951	

다. 진동규제기준별 발파공법 허용 이격거리

- 일반적으로 지승근 환산거리식을 채택하므로 지승근식(95%)을 이용하여 공법별 이격거리를 산정하였으며, 그 결과는 다음과 같음

TYPE	발파공법	V = 0.3 cm/sec
I	미진동 굴착공법	21m 까지
II	정밀진동제어	21 ~ 42m
III	소규모진동제어	42 ~ 74m
IV	중규모진동제어	74 ~ 131m
V	일반발파	131 ~ 226m
VI	대규모발파	226m 이상

예
시

제 8 장 종합평가 및 결론

8.1 사후지하안전영향조사 결과

8.2 종합결론

제 8 장 종합평가 및 결론

8.1 사후지하안전영향조사 결과

8.1.1 지하수 변화에 의한 영향

작성방향 • 지하수 변화에 의한 영향 결과를 수록함

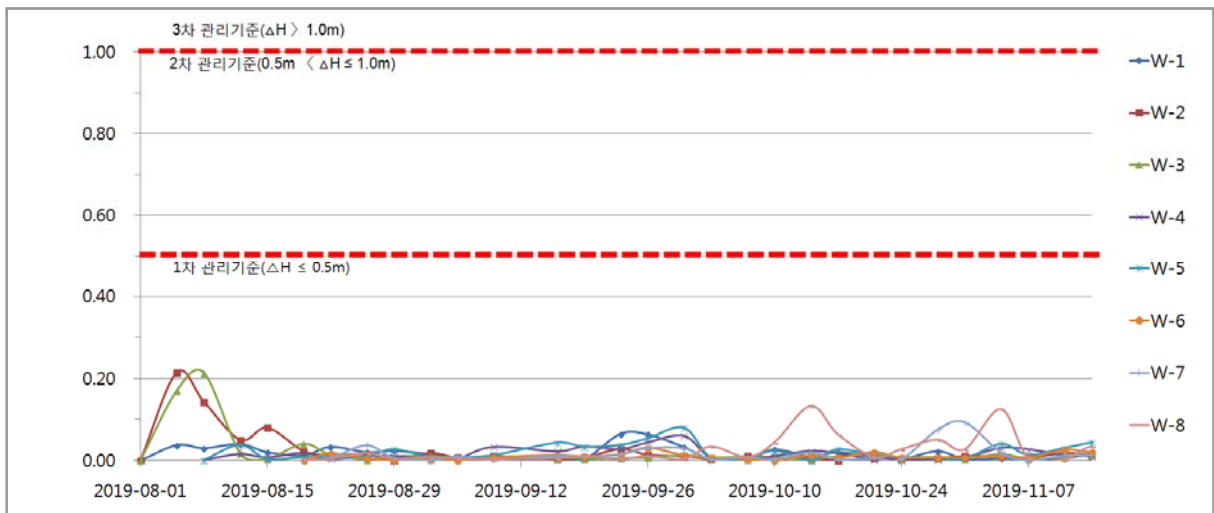
주요내용

굴착

터널

✓ 지하수 변화에 의한 영향 결과를 정량적으로 수록함

- 각 지하수위계의 일별 지하수위변화량을 분석한 결과 최대 일 수위변화량은 0.22m로 1차 관리기준 ($\Delta H \leq 0.5\text{m}$) 이내로 안전한 것으로 분석됨



예
시

- 각 지하수위계의 누적수위변화량을 분석한 결과 모든 구간에서 1차 관리기준 이내로 안전한 것으로 분석됨
- 누적수위변화량 관리기준은 지하안전영향평가에서 수행한 지하수변화에 의한 영향 상세평가 결과(지하수위 저하량 2.49m)를 반영하여 선정하였으며, 2차관리기준의 최대자연변동량은 강우강도에 의한 50년 빈도 30일을 적용한 침투해석 수행결과 값인 2.10m를 적용하여 선정함

지하수위계	누적수위변화량	1차관리기준(m)	2차관리기준(m)	3차관리기준(m)	분석결과
W-1	1.67	MH ≤ 2.49	2.49 < MH ≤ 4.59	MH > 4.59	1차
W-2	1.88	MH ≤ 2.49	2.49 < MH ≤ 4.59	MH > 4.59	1차
W-3	1.83	MH ≤ 2.49	2.49 < MH ≤ 4.59	MH > 4.59	1차
W-4	0.29	MH ≤ 2.49	2.49 < MH ≤ 4.59	MH > 4.59	1차
W-5	0.41	MH ≤ 2.49	2.49 < MH ≤ 4.59	MH > 4.59	1차
W-6	0.12	MH ≤ 2.49	2.49 < MH ≤ 4.59	MH > 4.59	1차
W-7	1.15	MH ≤ 2.49	2.49 < MH ≤ 4.59	MH > 4.59	1차
W-8	0.71	MH ≤ 2.49	2.49 < MH ≤ 4.59	MH > 4.59	1차

8.1.2 지반안전성

작성방향 • 지반안전성 결과를 수록함

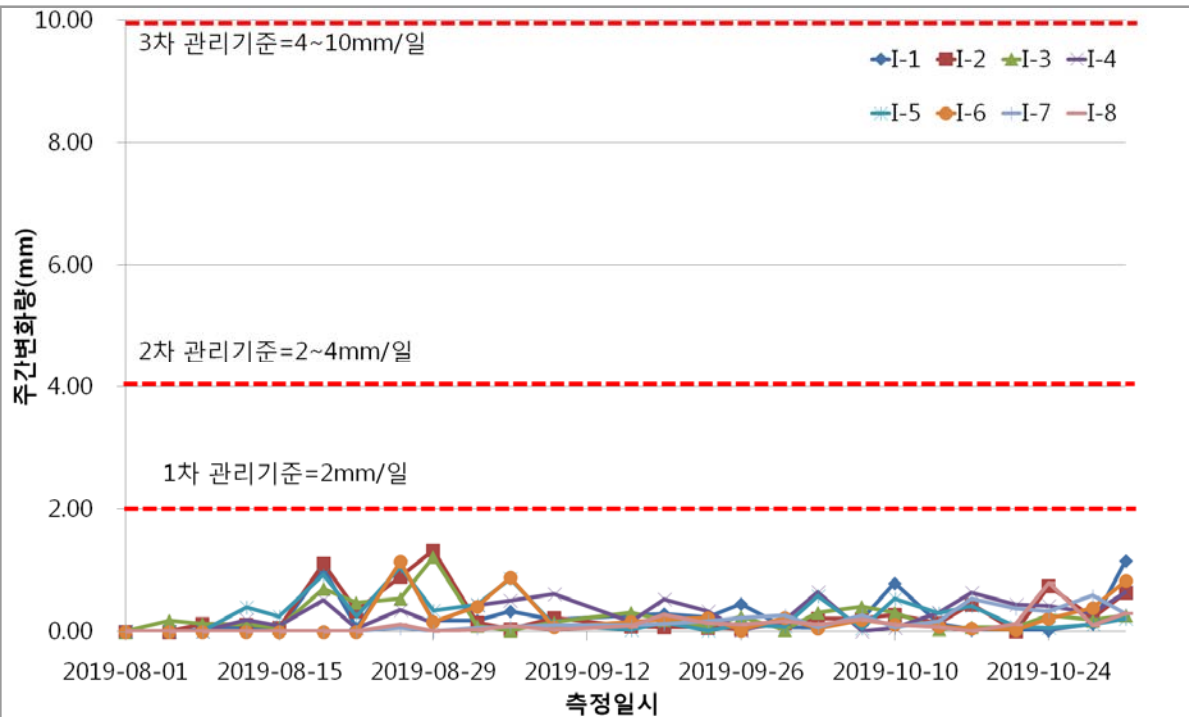
주요내용

굴착 터널

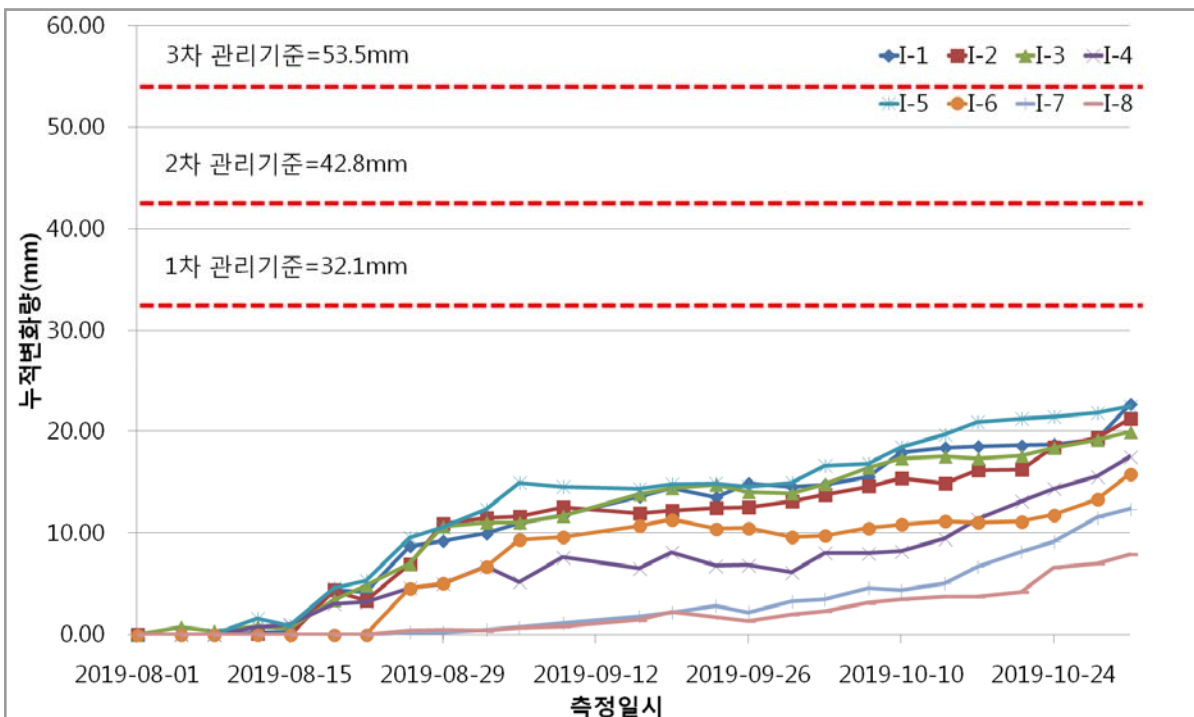
✓ 지반안전성 결과를 정량적으로 수록함

가. 지중경사계

● 지중경사계 주간변화량 분석결과 1차 관리기준 이내로 안전한 것으로 분석됨

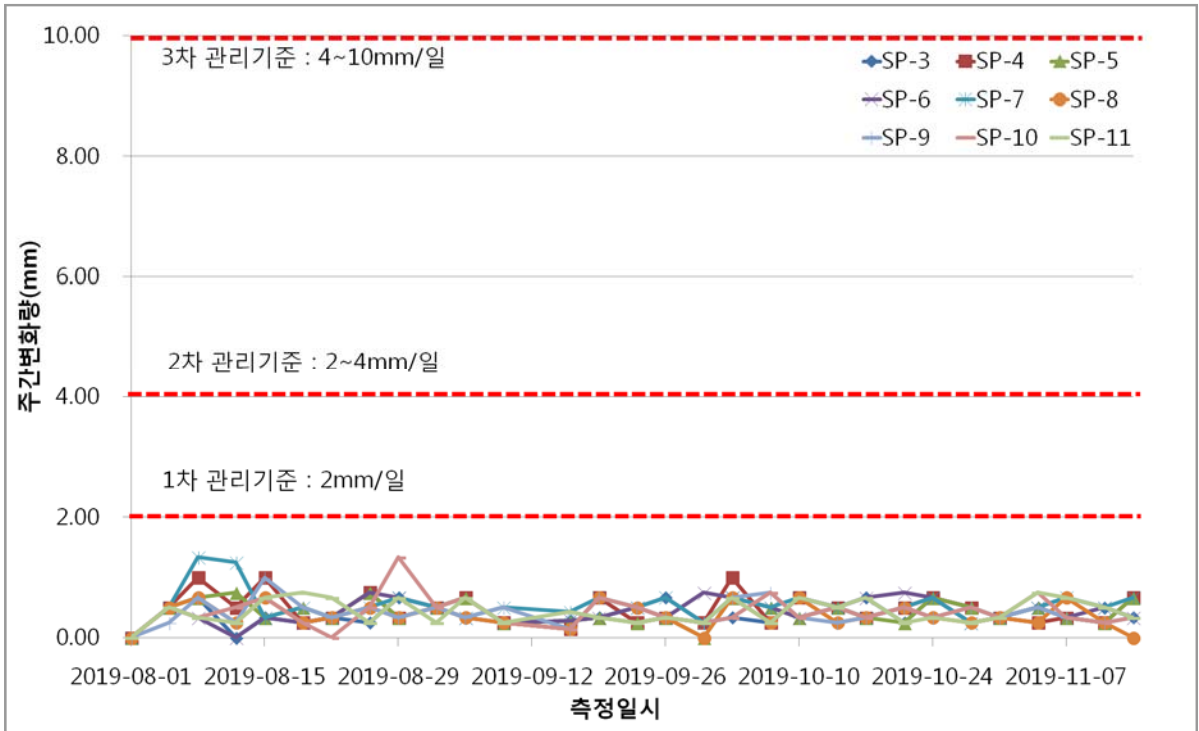


● 지중경사계 누적변화량 분석결과 1차 관리기준 이내로 안전한 것으로 분석됨

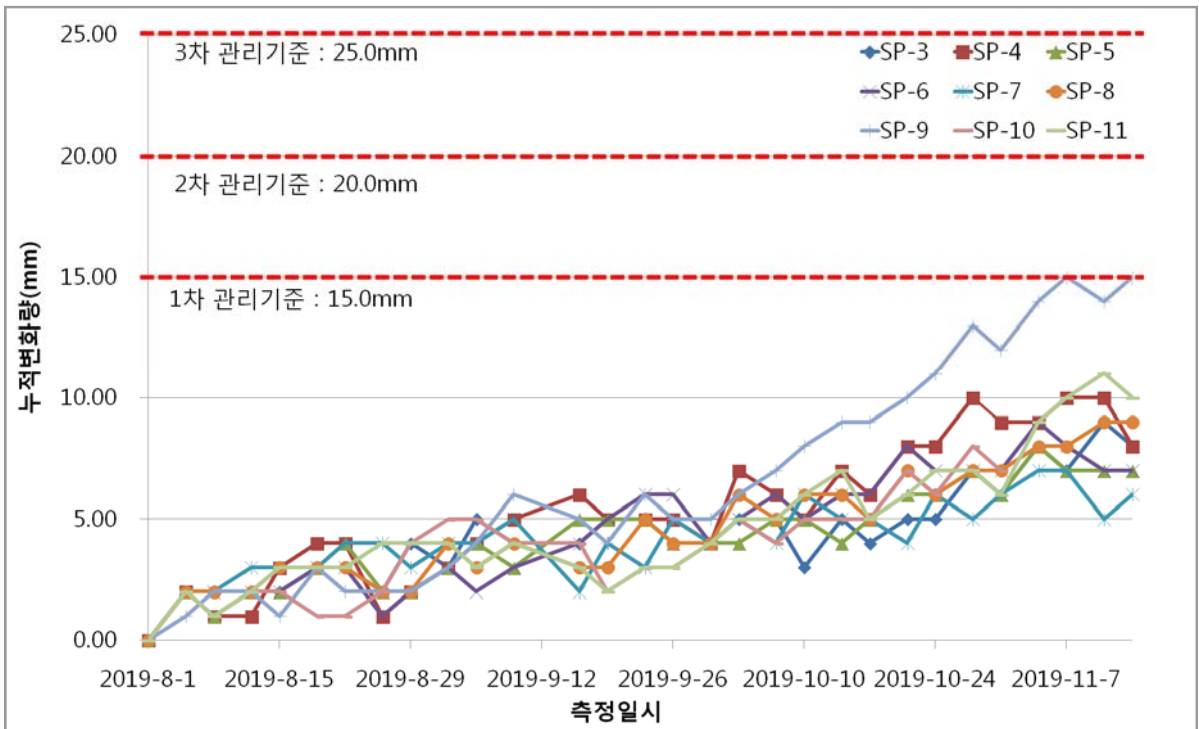


나. 지표침하계

- 지표침하계 주간변화량 분석결과 1차 관리기준 이내로 안전한 것으로 분석됨

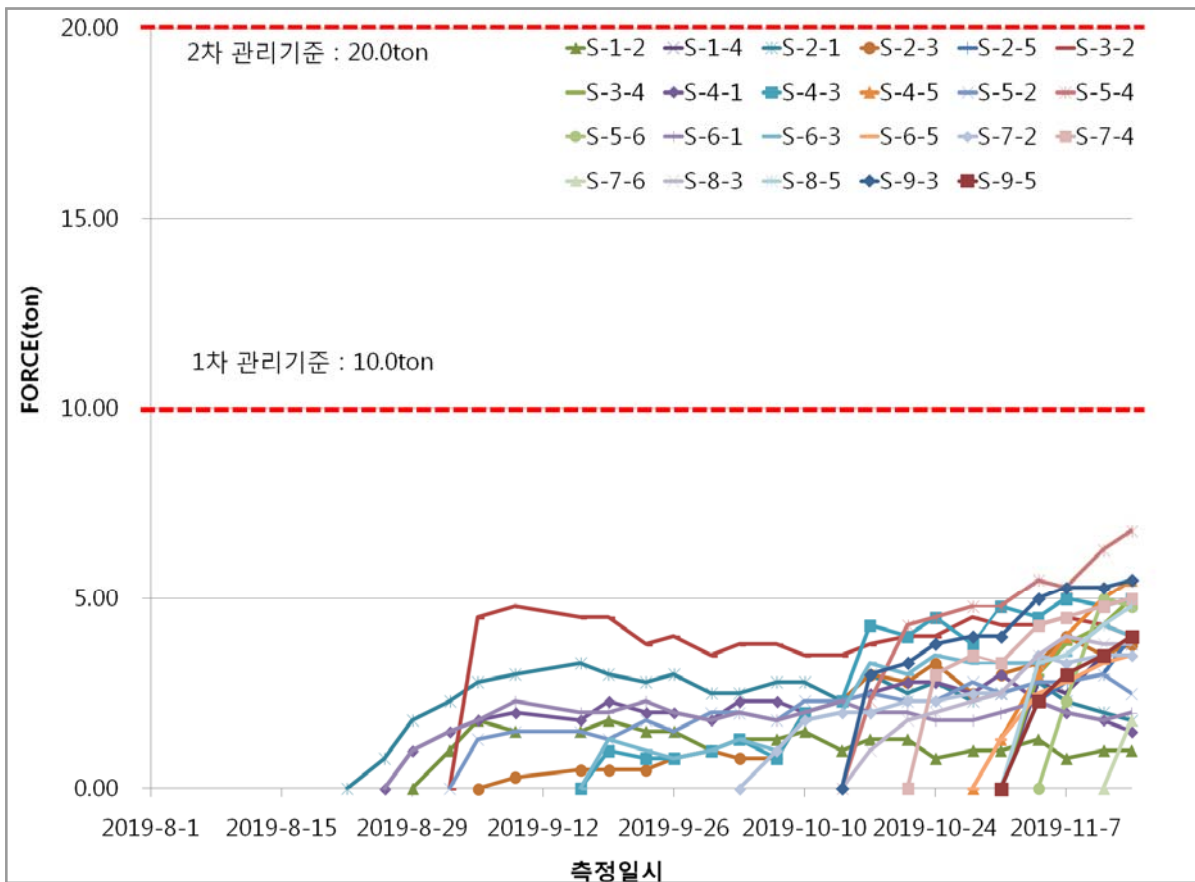


- 지표침하계 누적변화량 분석결과 1차 관리기준 이내로 안전한 것으로 분석됨



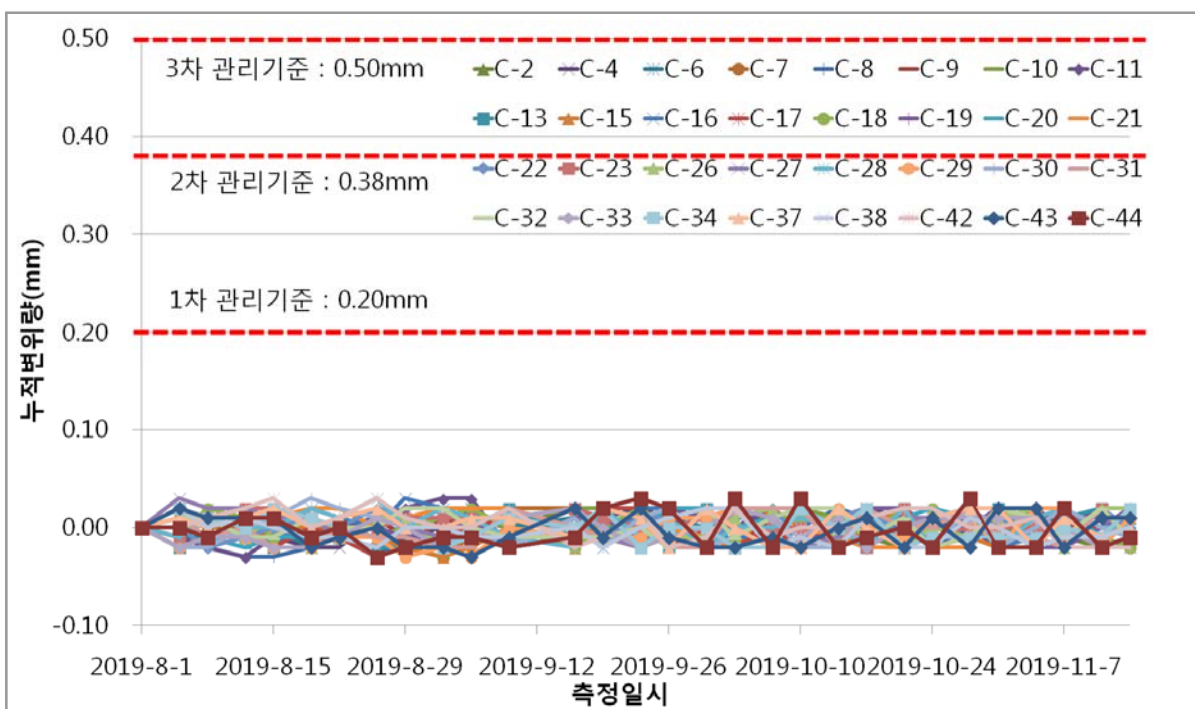
다. 변형률계

● 변형률계 누적응력변화량 분석결과 1차 관리기준 이내로 안전한 것으로 분석됨



라. 균열측정계

● 균열측정계 누적변화량 분석결과 1차 관리기준 이내로 안전한 것으로 분석됨



8.2 종합결론

작성방향 • 사후지하안전영향조사 결과에 대한 전체적인 사항을 종합하여 요약 수록함

주요내용

굴착 터널

✓ 사후지하안전영향조사 결과에 대한 전체적인 사항을 종합하여 요약 수록함

예
시

- 공사중 본 대상사업의 시행으로 인하여 주변지역에 미치는 영향을 확인하기 위해 기존에 수행한 지하안전영향평가서와 비교하여 변경내용을 분석함
- 굴착에 따른 지하매설물의 영향을 확인하기 위해 CCTV 조사를 수행하였으며 조사결과 관크랙 및 이상이 없는 것으로 조사됨
 - 지하매설물 CCTV 조사 : 1차(2000년 00월 00일, 지하안전영향평가시)
 - 2차(2000년 00월 00일, 사후지하안전영향조사시)
- 굴착에 따른 인접지반의 지반상태를 확인하기 위해 GPR탐사를 수행하였음
- 조사결과 지하안전영향평가시 공동 0개소가 발견되었으나, 사후지하안전영향조사시 공동은 발견되지 않았음
- 따라서, 대상사업 굴착에 따른 지반함몰에 대한 영향은 없는 것으로 조사되었으나 지하층 공사 완료 시(가시설 해체단계)까지 지속적인 관찰이 요구됨
 - GPR탐사 : 1차(2000. 00, 지하안전영향평가시), 굴착배면 00측선
 - 2차(2000. 00, 사후지하안전영향조사시), 굴착배면 00측선
- 사업지역의 지하수 변화에 의한 영향 검토는 지하수위계 계측결과를 분석하였으며, 검토결과 1차 관리기준 및 허용치 이내로 안전성을 확보하는 것으로 판단됨
- 계획된 굴착공법에 대해 지반안전성 검토는 지중경사계, 지표침하계 등 계측결과를 분석하였으며, 검토결과 1차 관리기준 및 허용치 이내로 안전성을 확보하는 것으로 판단됨
- 지하수 변화에 의한 영향 및 지반안전성 검토결과 대상사업 구간 굴착에 따른 주변 지반의 안전성 확보에는 문제가 없을 것으로 판단되어 추가적인 보강계획은 불필요할 것으로 판단되나, 해체시 시공관리 및 계측을 통하여 발생 가능한 시공 리스크를 최소화하여야 할 것으로 판단됨
- 종합적인 검토결과 현재 시공된 굴착공법으로 주변지반과 인접건물 및 지하매설물의 안전성 확보에는 문제가 없을 것으로 판단되나 해체시 지반 불확실성으로 인한 재해를 사전에 예방하기 위해 철저한 시공계획을 수립하여 정밀한 시공을 통한 안전한 현장이 되어야 할 것으로 사료됨
- 본 사후지하안전영향조사는 기 수행된 지하안전영향평가, 계측보고서, 현장 시공자료, 현장조사를 토대로 수행한 것이며, 시공중 현장에서 확인된 지반조건 및 제공된 각종 도서의 내용이 실제의 현장조건과 다를 경우 사후지하안전영향조사서에서 제시된 결과와 달라질 수 있음

제 9 장 부록

제 9 장 부록

주요내용

✓ 사후지하안전영향조사서 작성에 참고자료 등을 부록에 첨부함

구 분	작성내용
1. 참여인원 인적사항	• 사후지하안전영향조사를 대행한 전문기관 기재 • 평가에 참여한 자의 인적사항을 평가항목별 및 참여 내용별로 세분하여 구체적으로 기재
2. 지하안전영향평가서(요약)	• 지하안전영향평가서에서 제시한 지반 및 지질 현황, 지하수 변화에 의한 영향, 지반안전성, 지하안전확보방안 등을 정리하여 수록
3. 용어해설	• 사후지하안전영향조사서에 사용한 용어에 대하여 해설 수록
4. 지반 및 지하수 조사 자료	• 사후지하안전영향조사를 통해 파악한 지반 및 지질 현황, 지하수 조사 자료를 수록
5. 계측 및 수치해석 검토자료	• 계측보고서를 수록 • 지하수영향 및 지반안전성 해석 DATA를 수록
6. 참고문헌	• 인용하였거나 참고한 문헌을 수록
7. 계약서	• 사후지하안전영향조사 계약서 수록



국토교통부