

제2장

자료수집 및 분석

- 2.1 사전조사
- 2.2 건설관련 자료 검토
- 2.3 기존 점검 실시결과
- 2.4 보수·보강이력 및 용도변경
여부 확인
- 2.5 시설물의 내진설계 여부 확인
- 2.6 자료분석 결과요약

제2장 자료수집 및 분석

2.1. 사전조사

2.1.1. 개요

본 과업에 대한 사전조사는 시설물의 설계도서 등 유지관리 자료와 고압지시서 등이 법령, 지침 및 세부지침 등에 부합되는지의 여부를 검토하고, 구조물의 특성을 파악하여 점검 추진 방향과 세부수행계획의 수립을 목적으로 실시하였다. 또한 대상시설물의 건설과 보수·보강 등에 관련된 자료를 수집하여 구조물의 열화발생의 원인분석, 보수·보강공법의 제시 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

사전검토의 주요 내용은 다음과 같다.

대시설물의 정밀안전점검 실시 범위

유지관리 자료 보유현황

과업의 범위

-기본과업 항목

-선택과업 항목

기본과업 재료시험 수량

기타 법령, 지침 및 세부지침과의 부합여부

2.1.2. 대상시설물의 정밀안전점검 실시 범위

본 구조물은 터널시설물고서 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 세부지침 [안전점검·진단 편], 터널편(2022.12)』에 명기된 바와 같이 ‘NATM터널’에 준하여 시험 및 평가를 실시하였으며, 대상시설물의 정밀안전점검 실시 범위는 다음과 같다.

<표 2.1> 대상시설물의 정밀안전점검 실시 범위

구분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			금회 실시범위	제외사유
		정기 안전점검	정밀 안전점검	정밀 안전진단		
기본 시설물	○본선라이닝	○	○	○	○	
	○갯문	○	○	○	○	
	○개착터널	○	○	○	-	해당없음
	○지하차도	○	○	○	-	해당없음
	○지하정거장	○	○	○	-	해당없음
부대 시설물	○연직갱 및 경사갱	○	-	○	-	해당없음
	○환기구	○	-	○	-	해당없음
	○피난연락갱	○	-	○	○	
	○연결터널(환기시설)	○	-	○	-	해당없음
	○갱구부 옹벽	○	-	○	-	해당없음
공중이 이용하 는부위	○추락방지시설	○	○	○	-	해당없음
	○도로포장	○	○	○	○	
	○도로부 신축이음부	○	○	○	○	
	○환기구 등의 덮개	○	○	○	-	해당없음

2.1.3. 유지관리자료 보유 현황

능안터널(상)에 대한 유지관리 자료는 2019년 초기안전점검, 2021년 정밀안전점검, 준공 당시 설계도면 등이 조사되었다. 본 과업 수행 시 조사된 자료를 충분히 활용하여 과업을 수행하였으며, 수집자료 목록은 다음과 같다.

<표 2.2> 자료수집 목록

보존대상목록		관리주체 보유현황	비고
설계 도서	• 공통 -준공내역서 -공사시방서 -각종계산서 -토질 및 지반보고서 • 터널 해석 보고서	○	• 용인시(삼가~대촌)국도 대체우회도로 건설공사
시설 물 관리 대장	• 기본현황 • 상세제원 • 유지관리 이력	○	• 시설물정보관리종합시스템 (FMS)
시공 관련 자료	• 시공관련 자료 • 품질관리 자료 -재료증명서 -품질시험기록 -관리 및 선정시험 기록 등 각종시험 기록 -시설물 중요 구조부위에 대한 계측자료	○	• 시설물정보관리종합시스템 (FMS)
안전점검 자료		○	• 초기안전점검(2019.04) • 정밀안전점검(2021.12)
보수·보강자료		○	-

2.1.4. 과업의 범위

본 과업의 범위는 정밀안전점검의 기본과업 항목과 일치하며, 추가조사 항목은 없는 상태이다.

2.1.5. 재료시험 수량

금회 과업 수행 시 재료시험 수량은 세부지침 대비 기준수량을 초과하여 실시하였다.

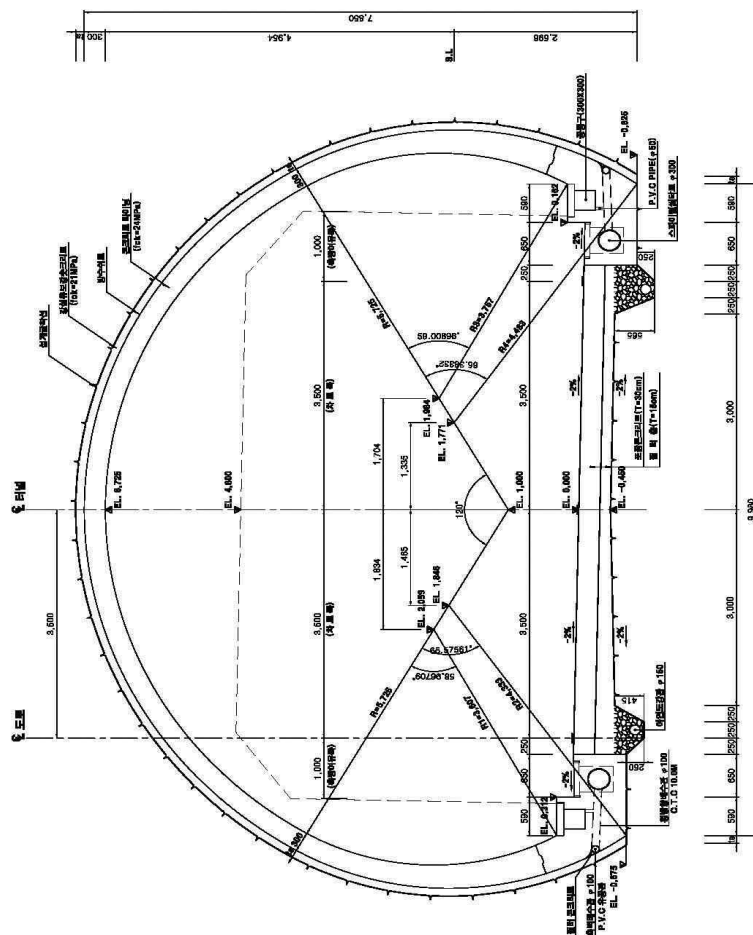
2.1.6. 기타 법령, 지침 및 세부지침과의 부합여부

과업지시서와 용역설계서 검토결과, 정밀안전진단의 범위, 유지관리자료, 기본과업의 재료시험수량은 모두 지침과 부합되는 상태로 검토되었으며, 과업지시서에 따라 현장조사를 실시하였다.

2.2. 건설관련 자료 검토

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 『용인시(삼가~대촌)국도 대체우회도로건설공사』의 구조 및 수리계산서, 지반조사보고서, 터널해석보고서, 시공기록 및 감리 보고서 등을 검토하였으며, 건설관련 자료의 주요 검토결과를 요약하여 수록하였다.

표준 단면도 (1)
(일반구간 편경사 2%)

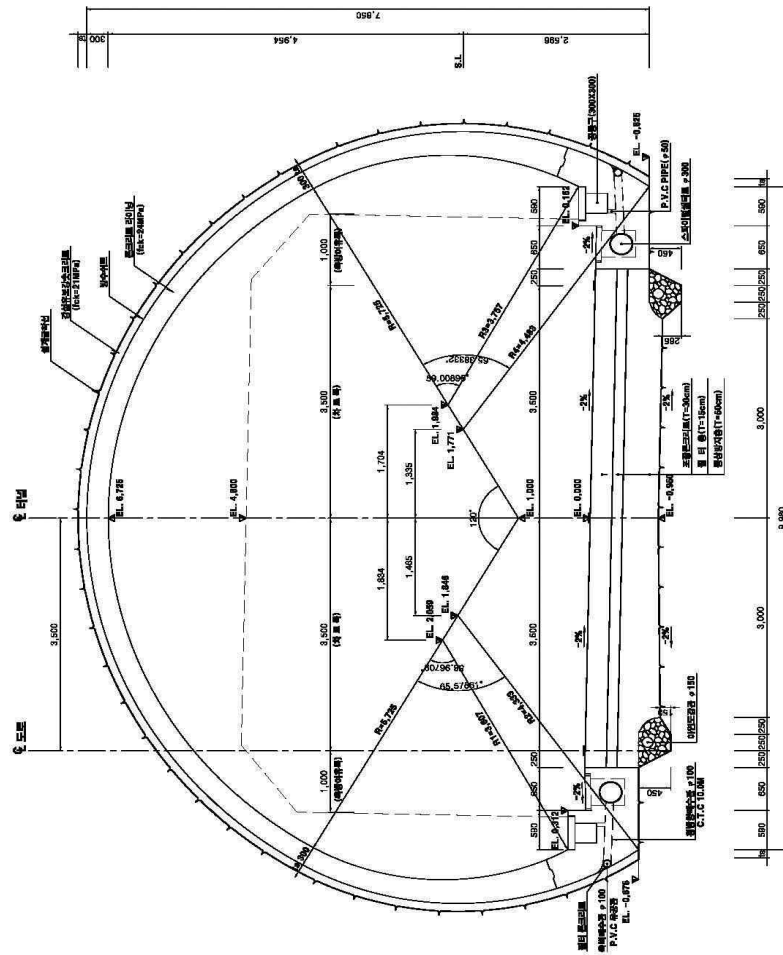


S = 1:30

표준 단면도 (1) T3-001

<그림 2.2> 능안터널(하) 표준단면도(1)

표 준 단 면 도 (2)
(통상방지충구간 편경사 2%)



S = 1 : 30

표준단면도 (2)

T3-002

<그림 2.3> 능안터널(하) 표준단면도(2)

표준지보패턴도

*규격 : 스티크리프(원형) : fct=21MPa
 스티크리프(8FHS) : fct=4.5MPa
 배플로트 : 8D350, D25
 격자지보 : LG-50x20x30
 : LG-70x20x30
 콘크리트 라이닝 : fct=24MPa
 콘크리트 라이닝 철근 : 8D300

구분	별진					
	표준단면-1	표준단면-2	표준단면-3	표준단면-4	표준단면-5	표준단면-6
표준단면						
	I 등강	II 등강	III 등강	IV 등강	V 등강	강구부
	100 ~ 81	80 ~ 81	80 ~ 41	40 ~ 21	20 이하	-
	40 이상	40 ~ 10	10 ~ 4	4 ~ 1	1 이하	-
굴곡공법 (별표)	전단면굴곡	전단면굴곡	전단면굴곡	상하 전단면굴곡	상하 전단면굴곡	상하 전단면굴곡
굴곡공법 (별표)	3.5	3.5	2.0	1.5/3.0	1.2/1.2	1.0/1.0
머플루개 (mm)	이차부:100 / 축부:100	이차부:100 / 축부:100	이차부:150 / 축부:100	이차부:150 / 축부:100	이차부:200 / 축부:150	이차부:200 / 축부:150
강원공보강	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.
스프리트	50 (원형)	50 (원형)	90 (원형)	90 (원형)	100 (원형)	100 (원형)
지 두께 (mm)	-	-	-	40 (원형)	80 (원형)	80 (원형)
지 두께 (mm)	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0
지 두께 (mm)	RANDOM	8.5	14.5	14.5	14.5	8.0
지 두께 (mm)	-	3.5	2.0	1.5	1.2	1.0
지 두께 (mm)	-	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
지 두께 (mm)	-	-	-	LG - 50x20x30	LG - 70x20x30	LG - 70x20x30
지 두께 (mm)	-	-	-	1.5m	1.2m	1.0m
지 두께 (mm)	30.0 cm	30.0 cm	30.0 cm	30.0 cm	30.0 cm	30.0 cm
지 두께 (mm)	-	-	-	필요시 원형철 (C.T.C 500)	필요시 원형철 (C.T.C 500)	강구단면교차원형 (C.T.C 500)
지 두께 (mm)	표준단면-1은 원형스프리트 타설	-	-	-	필요시 보강	필요시 보강

NOTE

1. Sealing 스티크리프 부재는 아래에 대한 스티크리프를 고려한 값이며, 시공시 리바운드를 및 초기 이형성변형을 위하여 나누어 사용되며, 분다.
2. 굴곡 및 지보패턴에 대한 조형 및 형상별 허용구간은 시공시 하중 및 주입도착 단면에 대한 face mapping 후 R100mm, Q100mm에 의해 원형성태를 평가하여 관측원의 승인하에 조정될 수 있다.
3. 지보패턴 P-1의 스티크리프는 원형스프리트 스티크리프 적용구간이다.
4. 터널의 안정성에 영향을 줄 수 있는 이상형상 발견시에는 즉시 관측원의 승인하에 적절한 보강대책 수립 및 보강을 실시하여야 한다.
5. 강구단면교차원형을 시공할 경우 이차부 120" 구간의 측면부는 간섭을 피하기 위하여 설치하지 않는것을 원칙으로 하나 현장상황에 따라 관측원의 승인을 득후 후 조정될 수 있다.

S = NONE

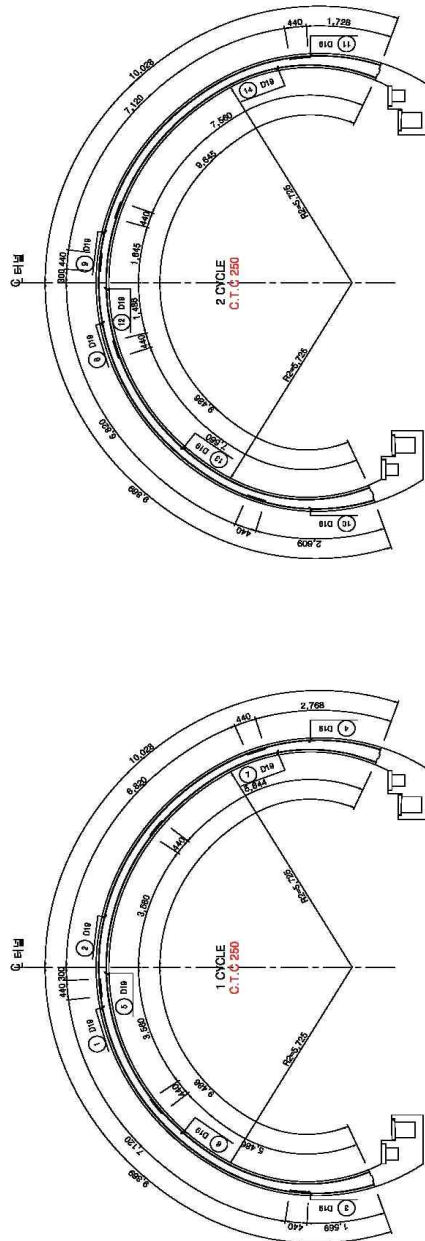
표준지보패턴도 T3-003

<그림 2.4> 능안터널(하) 표준지보패턴도

콘크리트 라이닝 철근 보강도(1)

설 계 법 : 강 도 복 계 법
 콘크리트압축강도 : $f_{ck} = 24 \text{ MPa}$
 철근항복강도 : $f_y = 300 \text{ MPa}$

주 철근 조 립 도



NOTE

1. 본 도면에서 철근 보강도는 강도 계산에 필요한 최소 철근율에 준하여 배치를 할 수 있다.
2. 보강도는 구조상에서 배치를 할 수 있다.
3. 보강도는 철근 보강도를 계산하고 철근율에 준하여 배치를 할 수 있다.
4. 보강도는 철근 보강도를 계산하고 철근율에 준하여 배치를 할 수 있다.
5. 보강도는 철근 보강도를 계산하고 철근율에 준하여 배치를 할 수 있다.
6. 콘크리트 라이닝의 보강도는 철근율에 준하여 배치를 할 수 있다.
7. 철근은 구조상에서 배치를 할 수 있다.
8. 철근의 보강도를 계산하고 철근율에 준하여 배치를 할 수 있다.
9. 보강도는 철근 보강도를 계산하고 철근율에 준하여 배치를 할 수 있다.

S = 1 : 50

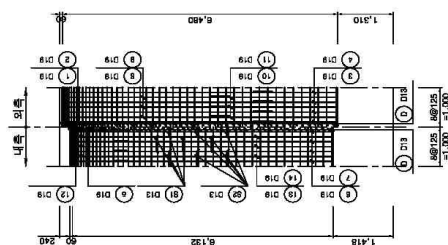
콘크리트 라이닝 철근 보강도(1) T3-021

<그림 2.5> 능안터널(하) 콘크리트 라이닝 구조도(1)

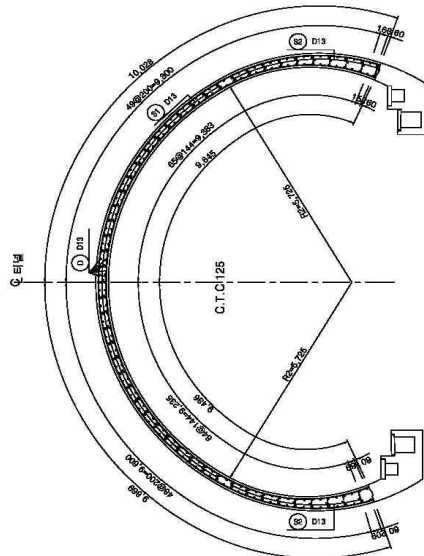
콘크리트 라이닝 철근 보강도(2)

설 계 법 : 강도 설계 법
 콘크리트압축강도 : $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
 철근 인장강도 : $f_y = 353 \text{ MPa}$

좌측면도



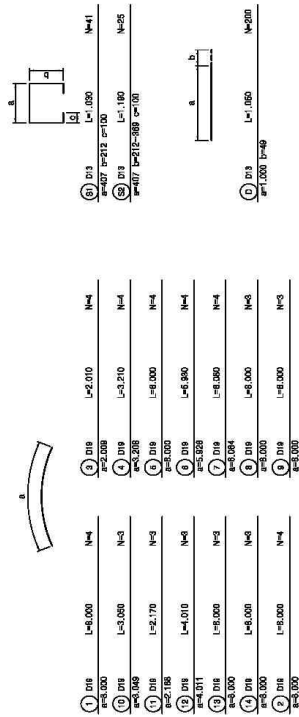
표준단면도



철근검계표

번호	좌측면	길이 (m)	갯수	총 길이 (m)	단면중량 (kg/m)	총중량 (ton)	비고
1	D19	6.000	4	24.000			3.0% 가산
10	*	3.050	4	12.200			
11	*	2.170	4	8.680			
12	*	4.010	4	16.040			
13	*	6.000	4	24.000			
14	*	6.000	4	24.000			
2	*	3.000	4	12.000			
3	*	2.010	4	8.040			
4	*	3.210	4	12.840			
6	*	6.000	4	24.000			
7	*	6.000	4	24.000			
8	*	6.000	4	24.000			
9	*	6.000	4	24.000			
소계				328.840	2.250	0.742	0.794
D D13		1.000	200	200.000			
81	*	1.000	41	40.400			
82	*	1.100	25	24.750			
소계				265.150	0.898	0.287	0.388
합계						1.029	1.182

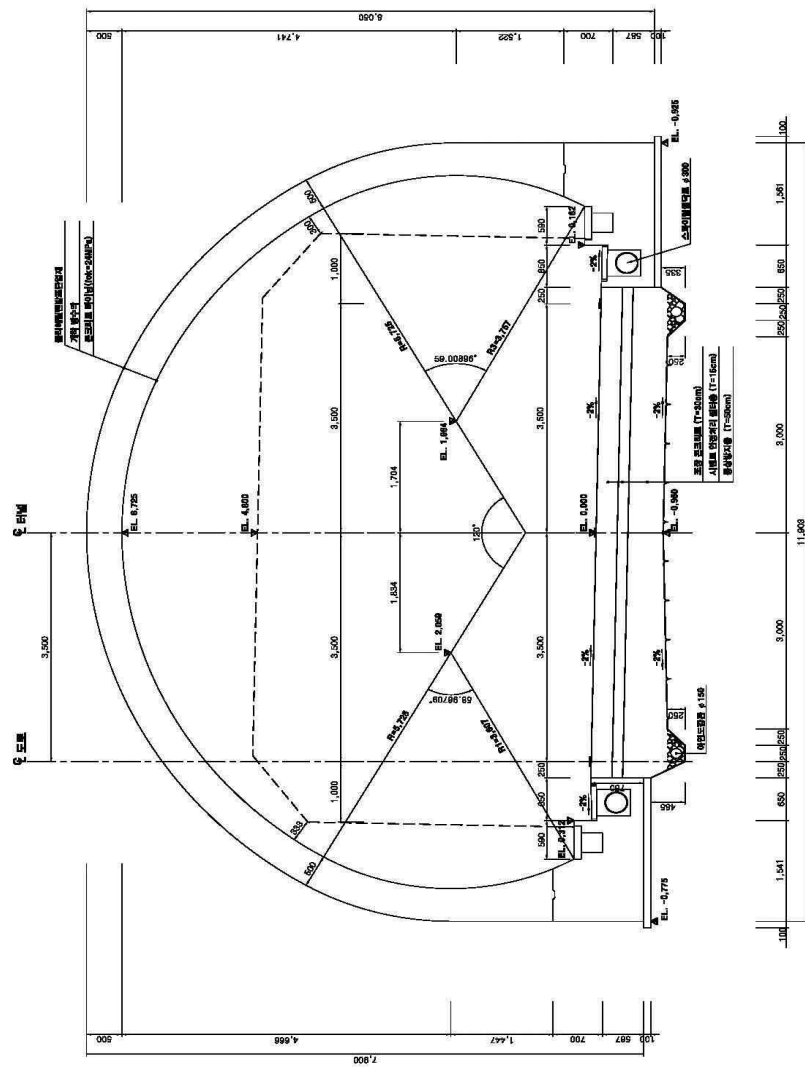
철근상세도



S = 1 : 50

콘크리트 라이닝 철근 보강도(2) T3-022

개착터널 표준단면도 (편경사 : 2%)



S = 1:30

개착터널 표준단면도

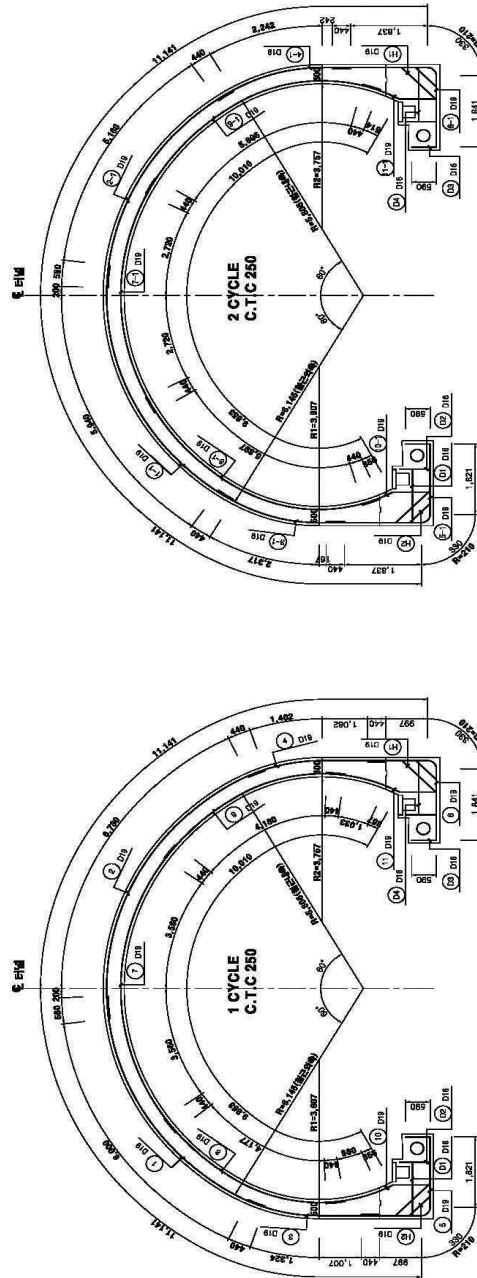
T3-027

<그림 2.7> 능안터널(하) 개착터널 표준단면도

개착터널 구조도 (1)

설 계 명 : 평면 구조도
 설계기준(표준) : KKS-2009
 설계 속도 : 100km/h

주철근 조립도



S = 1 : 50

개착터널 구조도 (1)

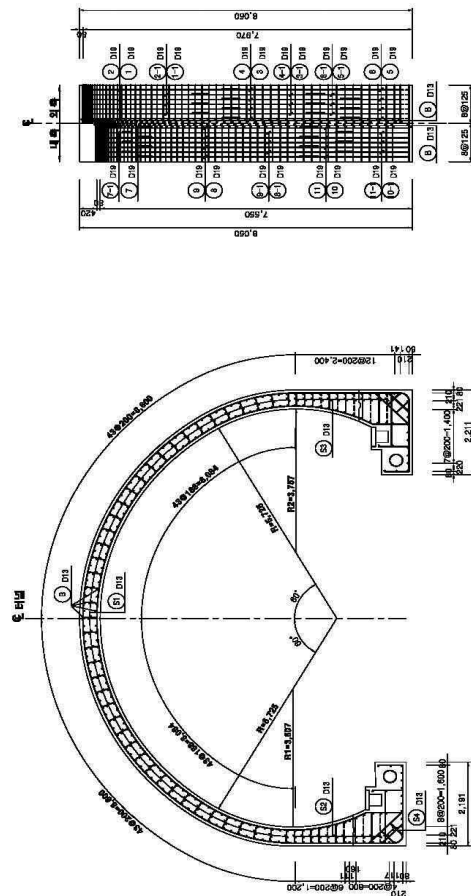
T3-028

<그림 2.8> 능안터널(하) 개착터널 구조도(1)

개착터널 구조도 (2)

표준 단면도

측면도



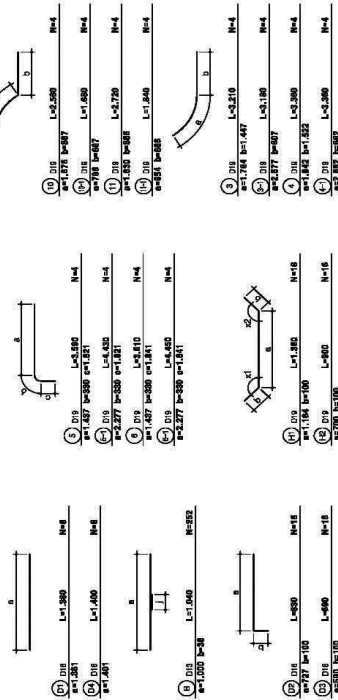
철근 배치표

번호	역형	길이 (m)	갯수	총길이 (m)	총중량 (ton)	비고
1	D18	7,350	4	29,400		
1-1	"	7,160	4	28,640		
10	"	2,860	4	11,360		
10-1	"	1,860	4	7,320		
11	"	2,720	4	10,880		
11-1	"	1,860	4	7,320		
2	"	8,000	4	32,000		
2-1	"	8,160	4	32,720		
3	"	2,210	4	8,840		
3-1	"	3,160	4	12,720		
4	"	3,260	4	13,040		
4-1	"	3,260	4	13,040		
5	"	3,860	4	15,440		
5-1	"	4,120	4	16,520		
6	"	4,420	4	17,720		
6-1	"	4,420	4	17,720		
7	"	5,000	4	20,000		
7-1	"	5,320	4	21,320		
8	"	5,260	4	21,040		
8-1	"	5,760	4	23,120		
9	"	5,000	4	20,000		
9-1	"	5,760	4	23,120		
10	"	1,360	18	24,480		
10-1	"	800	18	14,400		
소계				402,800	2,205	1,502
D1	D18	1,360	8	11,360		
D2	"	830	18	15,300		
D3	"	890	18	17,340		
D4	"	1,400	8	11,200		
소계				48,900	1,860	0,573
B	D12	1,040	252	262,080		
B1	"	1,360	87	78,800		
B2	"	1,900	15	27,000		
B3	"	1,820	18	28,100		
B4	"	1,840	8	7,700		
소계				402,800	2,060	0,413
합계					1,485	1,915



① D18	L=7,350	B=1,360	N=4
② D18	L=7,160	B=1,360	N=4
③ D18	L=2,860	B=1,360	N=4
④ D18	L=1,860	B=1,360	N=4
⑤ D18	L=2,720	B=1,360	N=4
⑥ D18	L=1,860	B=1,360	N=4
⑦ D18	L=8,000	B=1,360	N=4
⑧ D18	L=8,160	B=1,360	N=4
⑨ D18	L=2,210	B=1,360	N=4
⑩ D18	L=3,160	B=1,360	N=4
⑪ D18	L=3,260	B=1,360	N=4
⑫ D18	L=3,860	B=1,360	N=4
⑬ D18	L=4,120	B=1,360	N=4
⑭ D18	L=4,420	B=1,360	N=4
⑮ D18	L=4,420	B=1,360	N=4
⑯ D18	L=5,000	B=1,360	N=4
⑰ D18	L=5,320	B=1,360	N=4
⑱ D18	L=5,260	B=1,360	N=4
⑲ D18	L=5,760	B=1,360	N=4
⑳ D18	L=5,000	B=1,360	N=4
㉑ D18	L=5,760	B=1,360	N=4
㉒ D18	L=1,360	B=1,360	N=4
㉓ D18	L=800	B=1,360	N=4

철근 상세도

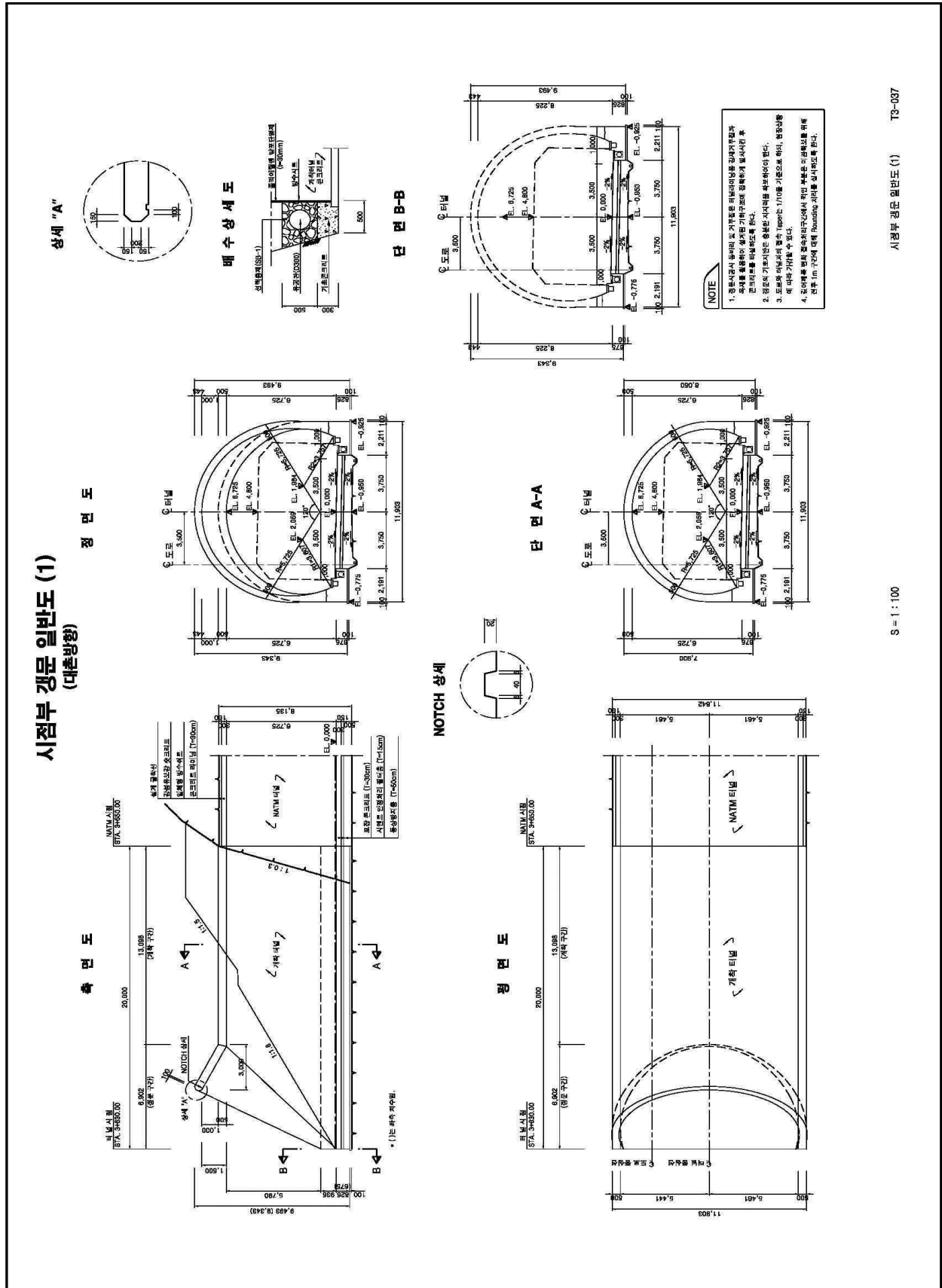


S = 1 : 50

개착터널 구조도 (2)

T3-029

<그림 2.9> 능안터널(하) 개착터널 구조도(2)

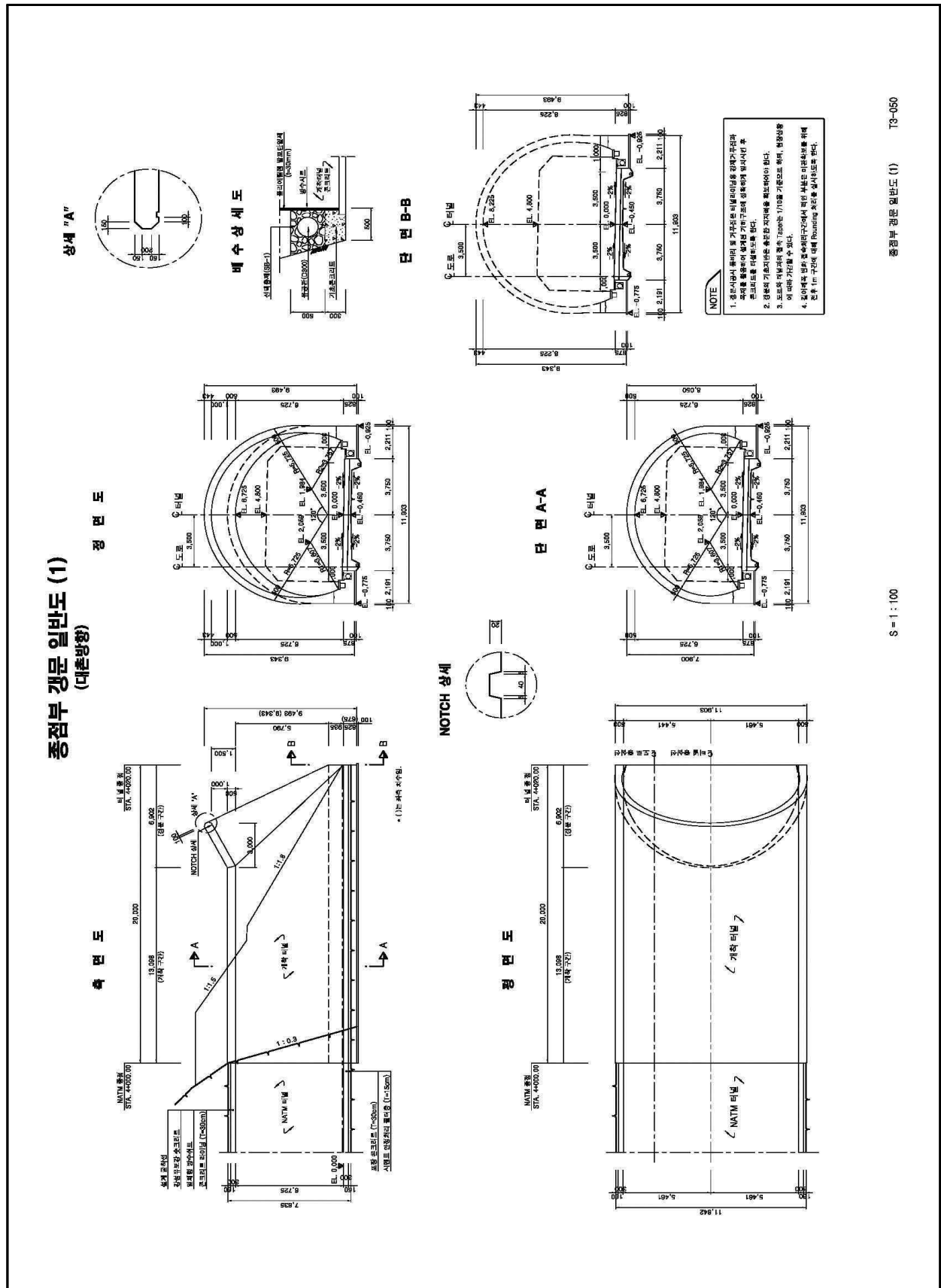


시점부 갱문 일반도 (1) T3-037

S = 1 : 100

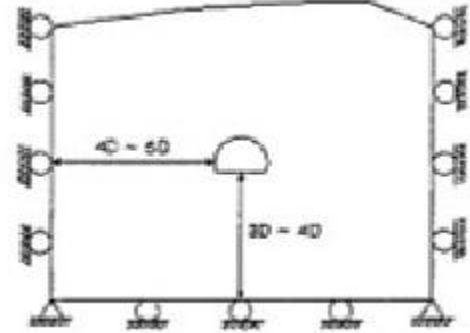
<그림 2.10> 능안터널(하) 시점부 갱문 일반도

<그림 2.11> 능안터널(하) 종점부 갯문 일반도



<표 2.4> 구조검토 조건(2)

구분	해석위치 (STA.)	주변 암반등급	지보패턴	선정사유			
능안 터널	3+665	Ⅳ	표준단면-6	·시점 갱구부 안정성 및 편토압 영향 검토			
	3+785	Ⅲ, Ⅳ	표준단면-4, 5	·표준단면-5의 적용성에 대한 안정성 평가			
	3+760	Ⅳ	표준단면-3	·예상지질 연익대 구간에 대한 지보패턴 적용성 검토			
· 해석조건							
·좌·우 측벽부 경계거리는 4-5D, 하부 경계거리는 3~4D 이상으로 충분한 여유거리를 설정							
·측압계수 영향을 고려하기 위하여 측압계수는 암반등급별, 심도에 따라 $K_0=0.5\sim 2.5$ (최대) 조건에서 해석 수행							
·해석 프로그램은 범용 유한 차분해석 프로그램인 FLAC-2D Ver 5.0을 사용하여으며 해석 모델은 Mohr-Coulomb 탄소성 해석모델을 사용함							
· 안정해석 결과 및 분석(능안터널 L=390m, 대촌방향기준)							
해석위치	지보패턴 (지반등급)	측압계수	변위(mm)		숏크리트응력(MPa)		록볼트 최대축력 (kN)
			천단	측벽	최대압축응력 (MPa)	최대전단응력 (MPa)	
3+665	표준단면-6 (Ⅳ)	0.5	1.001	0.128	1.202	0.021	7.977
		1.0	0.830	0.742	1.176	0.035	12.860
		2.0	0.518	1.791	1.378	0.073	17.700
		2.5	0.368	1.559	1.534	0.094	17.700
3+785	표준단면-4,5 (Ⅲ,Ⅳ)	0.5	4.651	0.499	1.942	0.033	14.790
		1.0	4.326	1.859	1.745	0.058	14.800
3+760	표준단면-3 (Ⅳ)	0.5	2.079	0.196	0.520	0.004	3.580
		2.0	1.510	2.338	0.850	0.008	8.300



나. 결과분석

- 1) 터널의 수치해석 결과 터널의 발생변위 및 지보재에 작용하는 응력이 허용치 이내이므로 설계된 지보패턴으로 시공시 안정성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.
- 2) 본 과업의 해석단면에 대한 연속체 해석결과로 터널의 안정성을 검증하였으나 현장에 서 발생 가능한 다양한 상황(절리, 파쇄대, 단층대 및 석회암 공동 등) 및 지반조사 결과의 불확실성을 고려하여 현장의 실측결과와 매 굴진시의 지반상황을 FEED BACK을 통하여 실제 지반의 거동을 고려한 종합적인 안정성 평가를 실시해야 할 것이다.
- 3) 또한, 시공시 예상외의 응력 및 축력이 계측되면 지반상태에 따라 지보패턴·굴착공법 변경 및 추가 보강공법 등을 적용하여 터널의 안정성, 시공성 및 경제성을 확보하여야 할 것이다.

2.3. 기존 점검 실시결과

2.3.1. 기존 점검 실시 현황

가. 안전점검 실시 현황

기존 정기안전점검 실시 상태를 검토한 결과, 2019년 4월 초기점검을 시작으로 2022년 하반기 정기안전점검까지 공용기간 중 초기점검 1회, 정밀안전점검 1회, 정기안전점검 6회를 실시한 것으로 확인되었다.

나. 초기점검 실시결과 요약

<표 2.5> 2019. 04. 초기안전점검 보고서 결과 요약

• 용역명 : 용인시(삼가~대촌)국도대체우회도로건설공사 • 용역사 : (주)장맥엔지니어링 • 용역기간 : 2018년 11월 01일 ~ 2019년 04월 30일 • 터널의 안전등급 : A등급		
구분		내용요약
외관조사	터널 라이닝	• 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상)
	배수시설	• 상태양호
	갯문	• 상태양호
	공동구	• 균열
	도로포장	• 상태양호
	사면	• 상태양호
비파괴조사	콘크리트 강도	• 전체부재가 설계강도를 상회함
	철근탐사	• 전반적으로 철근배근간격 및 피복두께는 준공도면과 거의 일치함
	탄산화	• 잔여깊이가 63.6~66.9mm 이상 : 상태등급 “a” - 탄산화에 의한 부식발생우려 없음
종합결론		• 본 시설물에 대한 외관조사 및 비파괴조사를 토대로 시설물에 대한 상태평가를 실시한 결과 환산결합도 점수는 0.119이며, 상태평가 결과 A등급에 해당하는 것으로 평가되었고, 안전등급은“문제점이 없는 최상의 상태”인 A등급에 해당하는 것으로 평가됨

다. 정기안전점검 실시 현황

<표 2.6> 정기안전점검 결과 요약

구분	점검기간	점검기관	주요 점검사항	등급
1	2020-01-01 ~ 2020-06-30	자체수행	• 양호	양호
2	2020-07-01 ~ 2020-12-31	자체수행	• 양호(방수매트 박리 및 균열)	양호
3	2021-01-01 ~ 2021-06-30	자체수행	• 시설물에 보수가 필요하나, 구조적 안전성에 문제는 없는 것으로 판단됨	양호
4	2021-07-01 ~ 2021-12-31	자체수행	• 시설물에 보수가 필요하나, 구조적 안전성에 문제는 없는 것으로 판단됨	양호
5	2022-01-01 ~ 2022-06-30	자체수행	• 구조적 안전성에 문제는 없는 것으로 판단됨	양호
6	2022-10-05 ~ 2022-12-09	자체수행	• 벽체 균열	양호

라. 정밀안전점검 실시 현황

기존 정밀안전진단 및 정밀안전점검 실시 상태를 전회차 보고서 및 시설물통합정보관리시스템(FMS) 등을 검토한 결과, 능안터널(하)는 2018년 11월에 준공된 시설물로서 정밀안전진단은 시행하지 않은 상태이다.

정밀안전점검의 경우 2021년 외부 안전진단 전문업체를 통한 정밀안전점검 1회를 실시하였으며, 기존 정밀안전점검 실시 현황은 다음과 같다.

<표 2.7> 정밀안전점검 실시 현황

시행일시	용역명	점검기관	점검 구분	안전 등급	비고
2021.03.26 ~ 2021.06.09	2021년 궁촌교 등 6개소 정밀안전점검 용역	(주)삼우아이엠씨	정밀안전점검	B등급	

구분 \ 년도	2021년	비고
점검·진단 구분	▲	
안전등급	B등급	

주) ■ : 정밀안전진단, ▲ : 정밀안전점검

1) 2021년 궁촌교 등 6개소 정밀안전점검 용역(2021년 06월)

<표 2.8> 정밀안전점검(2021년 06월) 결과 분석(1)

구 분	주요손상 내용	평가 결과	비고
외관조사 결과	• 철근콘크리트 라이닝 -능안터널(하)의 총 연장은 L=390.0m, 폭 9.980m의 철근 콘크리트 라이닝으로 시공되어 있다. 또한, 터널내부 좌·우측 벽체는 콘크리트 라이닝 시공 후 타일로 마감처리된 상태이다. 현장조사 방법으로는 1개 차선 교통통제 후 고소차를 이용하여 근접조사를 실시하였으며, 육안조사와 타격을 이용한 청음조사를 실시함. 보수이력 확인 결과 준공(2018년)이후 콘크리트 라이닝 관련 보수이력은 없는 것으로 확인되었으나, 현장조사 결과 균열보수가 일부 실시된 것으로 확인되었다. 본 터널의 라이닝에서 조사된 균열 및 망상균열은 전 개소 폭 0.3mm미만의 미세균열이며, 균열의 형상 및 발생위치, 균열발생 분포 등을 볼 때 이완하중에 의한 구조적 손상이 아닌 시공 초기 건조수축 및 온도변화에 따른 비구조적 균열 손상으로 판단된다. 손상의 정도는 경미하나 장기적인 내구성 확보를 위해 표면처리를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단됨. 조인트에서 발생한 박리는 강재거푸집 설치에 따른 Jack-up 과정에서의 국부적인 지압력 발생과 거푸집 조기 탈영의 시공적 요인과 함께 공용기간 동안의 건조수축에 따른 응력집중 등의 복합적인 요인으로 발생한 반원형 균열이 지속적으로 진행되어 발생한 손상으로 판단된다. 조사된 박리의 진행 여부에 따라 탈락 위험이 있어 주행차량의 안전사고와 직접적인 원인이 될 수 있으므로 들뜸 부위 제거 후 단면복구 등의 적절한 보수가 필요함. 라이닝 시공이음부에서 발생한 누수는 시공당시 배면 방수시트 접합이 다소 불량 부위가 라이닝 콘크리트 타설시 외적 요인에 의해 손상되어 품질저하를 발생시켰으며, 우기시 지하수위 상승으로 인해 라이닝의 조인트부를 통해 지하수가 누수된 것으로 판단된다. 현재 누수 부위는 콘크리트에 습윤기가 경미하게 느껴지는 정도로 누수의 양이 적으며, 우기 시 추가조사를 통해 누수량의 변화여부를 살펴본 결과 누수범위가 확대되거나 누수량이 증가된 현상은 조사되지 않았다. 따라서 조사된 누수에 대해서는 즉각적인 보수조치보다는 지속적인 관찰을 통해 보수시기를 결정하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.	B등급	

<표 2.9> 정밀안전점검(2021년 6월) 결과 분석(2)

구 분	주요손상 내용	평가 결과	비고
외관조사 결과	-라이닝 시공이음부에서 발생한 누수는 시공당시 배면 방수시트 접합이 다소 불량 부위가 라이닝 콘크리트 타설 시 외적 요인에 의해 손상되어 품질저하를 발생시켰으며, 우기시 지하수위 상승으로 인해 라이닝의 조인트부를 통해 지하수가 누수된 것으로 판단된다. 현재 누수 부위는 콘크리트에 습윤기가 경미하게 느껴지는 정도로 누수의 양이 적으며, 우기 시 추가조사를 통해 누수량의 변화여부를 살펴본 결과 누수범위가 확대되거나 누수량이 증가된 현상은 조사되지 않았다. 따라서 조사된 누수에 대해서는 즉각적인 보수조치보다는 지속적인 관찰을 통해 보수시기를 결정하는 것이 바람직할 것으로 판단됨. 또한, 라이닝 표면에 백태가 일부 발생하였으며, 현재 누수는 없는 것으로 보아 시공초기 콘크리트 내부수분유출로 인해 발생한 손상으로 사료되며, 손상의 정도는 경미하나 미관확보차원에서 표면처리보수 필요. • 포장부 -능안터널(하)의 포장부는 총 연장 370.0m, 폭 9.98m의 편도2차로이다. 포장면은 콘크리트 포장(LMC)이며, 가로 수축줄눈이 횡방향으로 시공되어 있으며, 종방향 세로줄눈은 차선 경계부에 설치되어 있다. 편경사 -2.0%, 종단경사 -5.0%이며, 2018년 준공이후 포장부 보수 이력은 없는 것으로 확인됨. 포장부에 대한 외관조사결과 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 포장균열이 일부 조사됨. 포장부에 발생된 균열은 시공초기 건조수축 및 중차량의 반복하중에 의해 발생된 것으로 판단된다. 조사된 포장 균열은 손상의 정도가 경미하여 주행차량의 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단되어 보수보다는 주의관찰을 통한 유지관리를 실시하고 주기적인 점검을 통한 손상확대를 관찰 후 보수시기를 결정하는 것이 바람직할 것으로 판단됨. • 배수시설 -능안터널(하)는 터널내부의 외측으로 배수로가 설치되어 있으며, 터널내부로 유입되는 유입수를 시·종점부로 유도배수하는 배수식 터널로 시공됨. 배수시설에 대한 외관조사결과 미소한 이물질퇴적은 있으나, 배수기능을 저하시킬 수준의 손상이 발생하지 않은 양호한 상태로 조사되었으며, 상시 원활한 배수기능을 유지할 수 있도록 주기적인 정비가 필요함.	B등급	

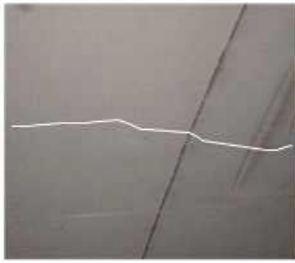
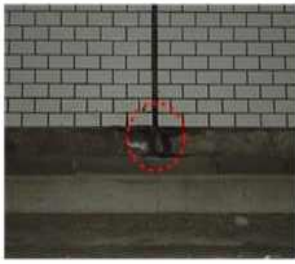
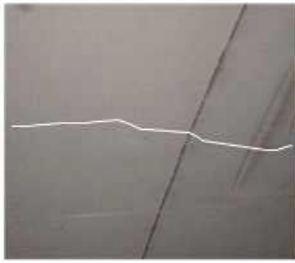
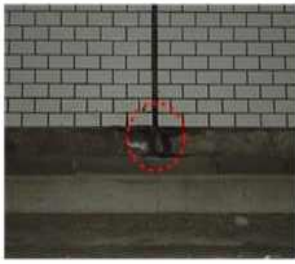
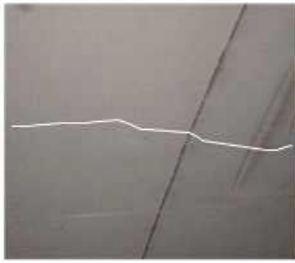
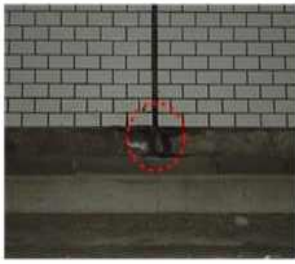
<표 2.10> 정밀안전점검(2021년 6월) 결과 분석(3)

구 분	주요손상 내용				평가 결과	비고														
외관조사 결과	• 공동구 -능안터널(하)는공동구는 전기배선, 통신시설 등이 설치되어있는 구조물로서 터널 및 도로의 유지관리를 위해 필요한 시설물이 하나의 공간에 공동으로 수용하여 터널 구조 보전과 미관 및 교통소통의 원활함을 기하고 터널 외측 측벽에 설치됨. 공동구 연석에 국부적으로 건조수축에 의한 폭 0.3mm미만/이상 균열과 공용 중 외부충격에 따른 파손이 일부 발생하였다. 공동구에 발생한 손상들은 내구성과는 큰 연관성은 없고, 손상의 규모 및 정도도 경미하나 구조물의 유지관리 및 작업자의 원활한 점검을 위한 손상별 적절한 보수가 요구됨. • 부속시설 -부속시설에 대한 외관조사결과 소화시설에서 소화전의 개폐상태, 내·외부 소화전의 상태는 대체로 양호한 것으로 확인되었다. 조명시설은 점등상태, 밝기, 파손의 유무 등은 전반적으로 문제가 없는 양호한 상태로 조사됨. • 갯문 -갯문에 대한 외관조사결과 시·중점부 모두 손상이 없는 양호한 상태로 유지하고 있는 것으로 조사되었다. 갯문에 대한 주기적인 점검을 통해 신규손상 발생유무 등의 관찰이 필요. • 사면 -사면에 대한 외관조사결과 토석류의 붕괴나 붕괴징후는 없는 상태로, 주변 사면의 상태와 주변식생 기울음 및 쓰러짐 토사유실 등이 없는 상태를 고려할 때 사면붕괴 및 토석류 이동, 파괴의 징후는 없는 상태로 추정된다. 사면에 대한 주기적인 점검을 통해 신규손상 발생유무 등의 관찰이 요구됨.				B등급															
현장시험 결과	<table><tr><th colspan="2">구 분</th><th>측정강도 A(MPa)</th><th>설계기준 강도 B(MPa)</th><th>(A/B)×100</th></tr><tr><td>반발경도 시험</td><td>라이닝</td><td>26.0~26.4</td><td>24.0</td><td>108.3~110.0</td></tr><tr><td colspan="5">• 콘크리트의 강도는설계추정강도를 상회하는 것으로 분석되어 대체로 양호한 상태인 것으로 판단됨</td></tr></table>					구 분		측정강도 A(MPa)	설계기준 강도 B(MPa)	(A/B)×100	반발경도 시험	라이닝	26.0~26.4	24.0	108.3~110.0	• 콘크리트의 강도는설계추정강도를 상회하는 것으로 분석되어 대체로 양호한 상태인 것으로 판단됨				
구 분		측정강도 A(MPa)	설계기준 강도 B(MPa)	(A/B)×100																
반발경도 시험	라이닝	26.0~26.4	24.0	108.3~110.0																
• 콘크리트의 강도는설계추정강도를 상회하는 것으로 분석되어 대체로 양호한 상태인 것으로 판단됨																				

<표 2.11> 정밀안전점검(2021년 6월) 결과 분석(4)

구 분	주요손상 내용				평가 결과	비고										
현장시험 결과	<table><tr><th colspan="2">구 분</th><th>탄산화 진행깊이 (mm)</th><th>탄산화 잔여깊이 (mm)</th><th>평가결과</th></tr><tr><td>탄산화 깊이 측정</td><td>라이닝</td><td>2.0~3.5</td><td>47.0~60.5</td><td>a</td></tr></table>				구 분		탄산화 진행깊이 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가결과	탄산화 깊이 측정	라이닝	2.0~3.5	47.0~60.5	a	B등급	
	구 분		탄산화 진행깊이 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가결과											
	탄산화 깊이 측정	라이닝	2.0~3.5	47.0~60.5	a											
• 탄산화 상태평가 결과 "a"로 평가되었으며, 향후 부식발생 우려는 없음																
상태평가 및 종합평가	<table><tr><th>구 분</th><th colspan="2">상태평가 결과</th><th>안전등급</th></tr><tr><td rowspan="2">시설물 평가</td><td>환산결함도 점수</td><td>평가결과</td><td rowspan="2">B등급</td></tr><tr><td>0.172</td><td>B</td></tr></table>				구 분	상태평가 결과		안전등급	시설물 평가	환산결함도 점수	평가결과	B등급	0.172	B	B등급	
	구 분	상태평가 결과		안전등급												
	시설물 평가	환산결함도 점수	평가결과	B등급												
0.172		B														
종합평가																
• 시설물에 대한 안전등급은 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단 편), 2019.09」에 제시된 시설물평가 기준을 토대로 상태평가 등급과 안전성 평가등급 중 낮은 등급으로 지정되며, 정밀안전점검 시 안전성 평가를 수행하지 않은 경우 상태평가 결과를 해당시설물의 종합평가 결과로 함. 따라서, 능안터널(하)의 안전등급은 “B”등급으로 평가됨																
보수·보강 개략 공사비	【표 6.29】능안터널(하) 보수·보강 개략공사비(하차제외)															
	부제명	손 상 내 용	단위	손상 수량	보수 수량	보수보강 방안	단가 (천원)	금액 (천원)	우선 순위							
	공동구	파손	m ²	1.3	1.56	단면복구	275	429.00	2순위							
	순공사비(천원)							429								
	제경비(순공사비의 50%)(천원)							215								
	1순위 공사비(제경비 포함)(천원)						-									
	2순위 공사비(제경비 포함)(천원)								644							
	3순위 공사비(제경비 포함)(천원)						-									
	총 공사비(천원)							644								
	※ 보수수량은 손상수량의 환증 20% 적용.															
※ 상기 개략공사비는 여건에 따라 변동될 수 있음.																
※ 일부 손상은 보수수량 산정시 보수단가 및 방법을 고려하여 단위 및 물량 변경함.																

<표 2.12> 정밀안전점검(2021년 6월) 결과 분석(5)

구 분	주요손상 내용				평가 결과	비고										
유지 관리	<table border="1"> <tr> <th>구분</th> <th>주요부재</th> <th>세 부 내 용</th> <th>손 상 현 황</th> </tr> <tr> <td rowspan="3">부재별 중점유지 관리손상</td> <td rowspan="3">라이닝</td> <td rowspan="3"> · 균열부에 대한 보수를 실시한 후 재 손상 및 균열의 진행성 여부에 대한 주기적인 점검이 필요함. · joint부 박리에 대한 보수를 실시하고, 주기적 관찰이 요구됨. · joint부 누수에 대한 주기적인 점검을 통한 누수량 증가 및 주변콘크리트 2차손상 등의 주의관찰이 필요함. </td> <td>  </td> </tr> <tr> <td>  </td> </tr> <tr> <td>  </td> </tr> </table>				구분	주요부재	세 부 내 용	손 상 현 황	부재별 중점유지 관리손상	라이닝	· 균열부에 대한 보수를 실시한 후 재 손상 및 균열의 진행성 여부에 대한 주기적인 점검이 필요함. · joint부 박리에 대한 보수를 실시하고, 주기적 관찰이 요구됨. · joint부 누수에 대한 주기적인 점검을 통한 누수량 증가 및 주변콘크리트 2차손상 등의 주의관찰이 필요함.				B등급	
	구분	주요부재	세 부 내 용	손 상 현 황												
부재별 중점유지 관리손상	라이닝	· 균열부에 대한 보수를 실시한 후 재 손상 및 균열의 진행성 여부에 대한 주기적인 점검이 필요함. · joint부 박리에 대한 보수를 실시하고, 주기적 관찰이 요구됨. · joint부 누수에 대한 주기적인 점검을 통한 누수량 증가 및 주변콘크리트 2차손상 등의 주의관찰이 필요함.														
																
																
• 능안터널(하)은 2018년에 준공되어 현재까지 약 3년이 경과한 2종의 도로터널이다. 정밀 외관조사와 항목별 제반시험을 통한 정밀안전점검 결과, -시설물의 안전등급은“보조부재에 경미한 결함이 발생하였으며, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”인 B(양호)등급으로 판정됨 -구조적으로 문제가 될 만한 손상, 결함, 열화는 조사되지 않았으며, 조사된 손상들은 제시한 우선순위에 따라 보수하고 정기적으로 유지관리 한다면 터널의 기능유지에 문제가 없을 것으로 판단됨																

2.4. 보수·보강이력 및 용도변경 여부 확인

2.4.1. 보수 및 보강 이력

본 과업 대상시설물인 능안터널(하)의 보수 및 보강이력을 확인한 결과 시설물정보관리종합시스템(FMS)에 등재되어 있는 보수 및 보강이력은 없는 것으로 조사되었다.

<표 2.13> 능안터널(하) 보수·보강 이력현황

구분	시행일	공사명	시공사
-	-	-	-

2.4.2. 용도 변경 여부

본 과업 대상시설물인 능안터널(하)은 준공 이후 용도변경 사항이 없는 것으로 확인되었다.

2.5. 시설물의 내진설계 여부 확인

본 구조물은 시설물관리대장(FMS) 확인 결과 시설물의 내진설계비시공 자료중 터널 해석보고서를 검토한 결과 시점 갱구부에 대해 인공지진파를 이용한 시간이력해석을 실시한 것으로 조사되었으며, 해석조건 및 해석결과는 다음과 같다.

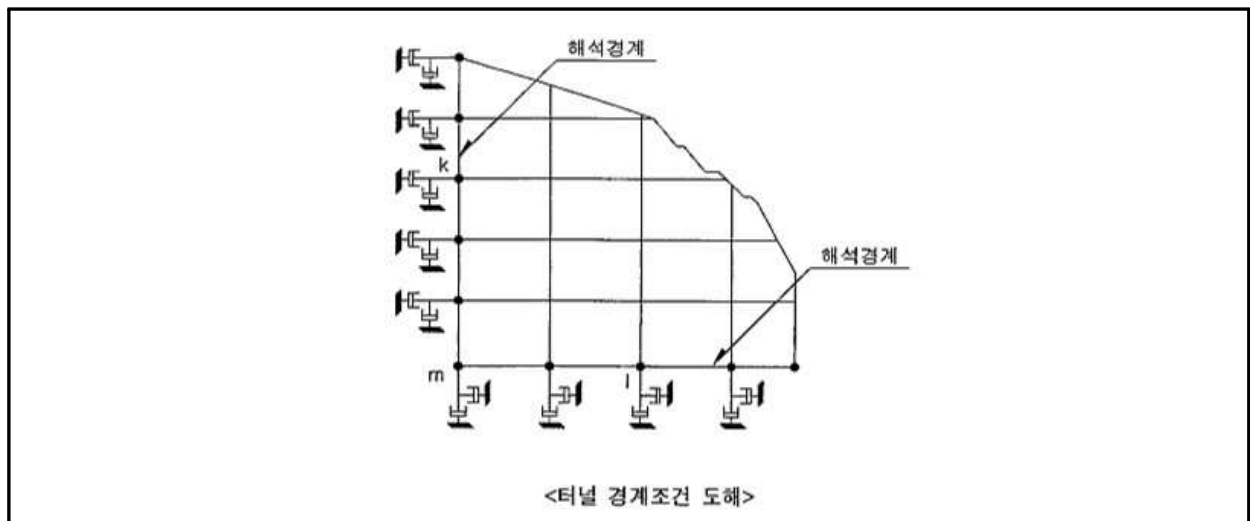
2.5.1. 해석조건

<표 2.14> 내진설계 해석조건

구분	해석조건
해석영역	• 해석경계영역에서 산정한 터널 좌우측으로 4.0D, 터널 하부방향으로는 4.0D를 모델링함
지보패턴	• TYPE-6, 숏크리트 시공 후 록볼트, 강관다단 그라우팅 보강공법으로 막장 및 천단부 안전성 확보
해석경계	• 상부 및 하부 경계면에 법선 및 접선방향의 Nodal Dashpot을 설치하여 경계면에 도달한 지진파를 흡수
입력하중	• 최대지반가속도 : $0.154g((\text{지진구역계수} \times \text{dnlgjaehrPtn} = 0.11 \times 1.4)$ • $wlwlswlthrtlrks : 24\text{sec}$
프로그램	• VisualFEA/GEO 3D
해석모델	• Mohr-Coulomb 파괴기준에 의한 탄소성 해석

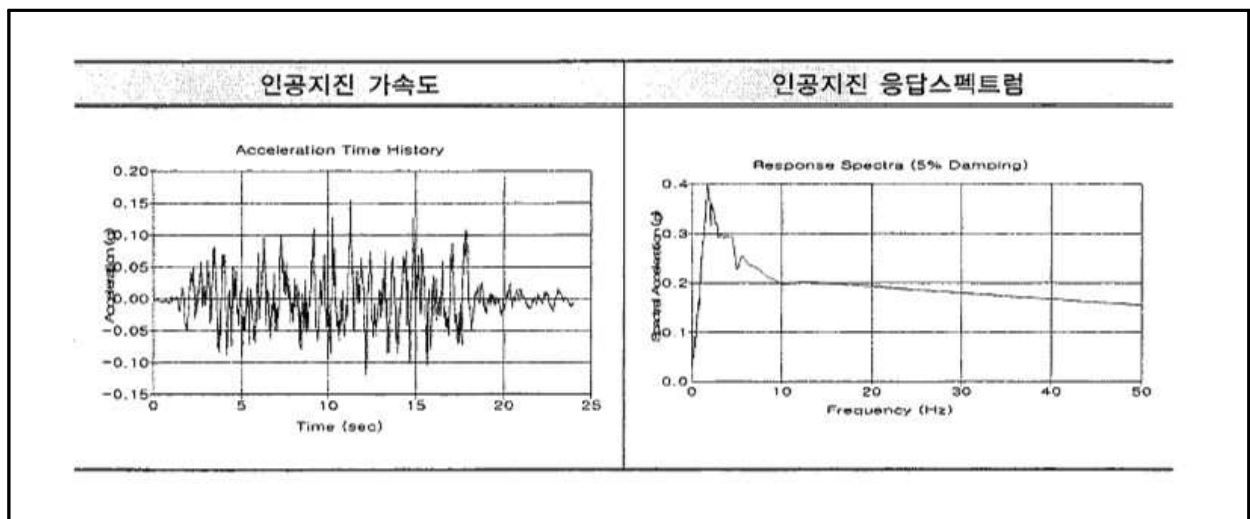
2.5.2. 감쇄 경계조건

유한요소법으로 지반문제의 Grond motion 해석시 해석경계를 고정경계로 취할 경우에는 Dynamic wave가 경계에서 반사되어 오게 되므로 실제로 해석 경계 밖으로 지반이 연속하여 존재하는 경우 이런 현상이 발생하지 않기 때문에 일반적으로 유한요소해석에서는 이 문제를 해결하기 위하여 해석 경계를 구획하지 않는 대신에 경계에 점성을 도입하여 점성경계를 취한다. 본 해석에서는 감쇄경계조건 중기반면이 강제인 경우에 대해 해석을 수행하며 절점에 해당하는 경계면에 층별 법선 및 접선방향의 점성경계 값을 산정하였다.



<그림 2.12> 터널 경계조건 도해

2.5.3. 입력지진파



<그림 2.13> 입력 지진파

2.5.4. 동적 지반 특성치

<표 2.15> 동적 지반 특성치

구분	동탄성계수 (MPa)	동전단탄성계수 (MPa)	동체적변형계수 (MPa)	전단파속도 (m/s)	동포아송비
토사층	355	124	845	260	0.43
암반등급 V	2,898	6,441	4,025	700	0.38

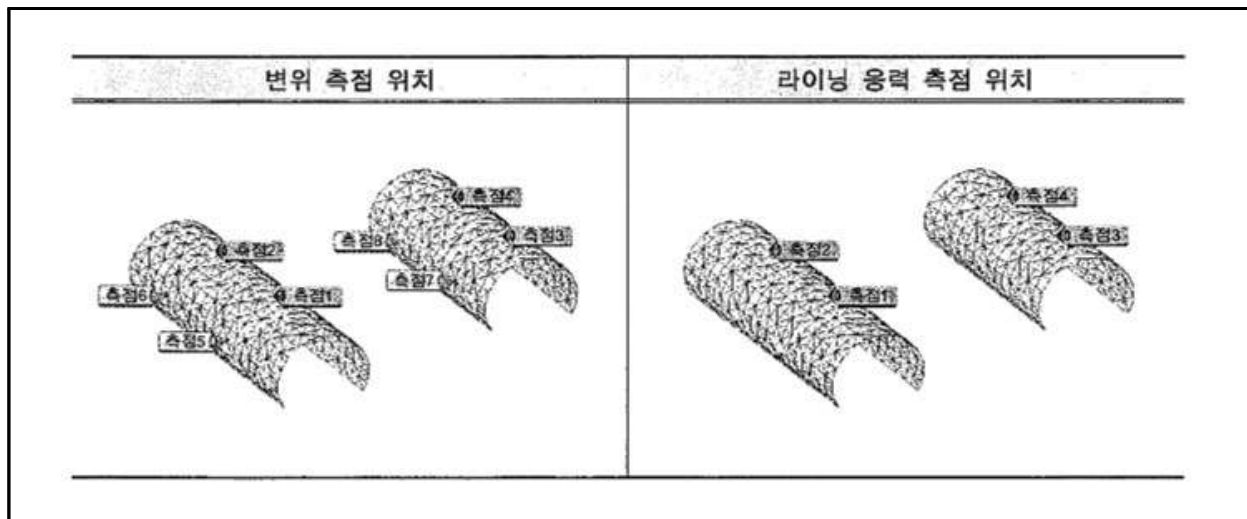
주) 동적 해석에 적용한 물성치는 문헌값 및 인근지역의 사례를 참조함

2.5.5. 콘크리트 라이닝 입력 특성치

<표 2.16> 콘크리트 라이닝 입력 특성치

구분	압축강 f_{ck} (MPa)	탄성계수 E (MPa)	단위중량 (kN/m ³)	전단파속도 (m/s)	단면적(m ²)
콘크리트 라이닝	23.0	230,000	23.5	0.20	0.3

2.5.6. 측점 위치

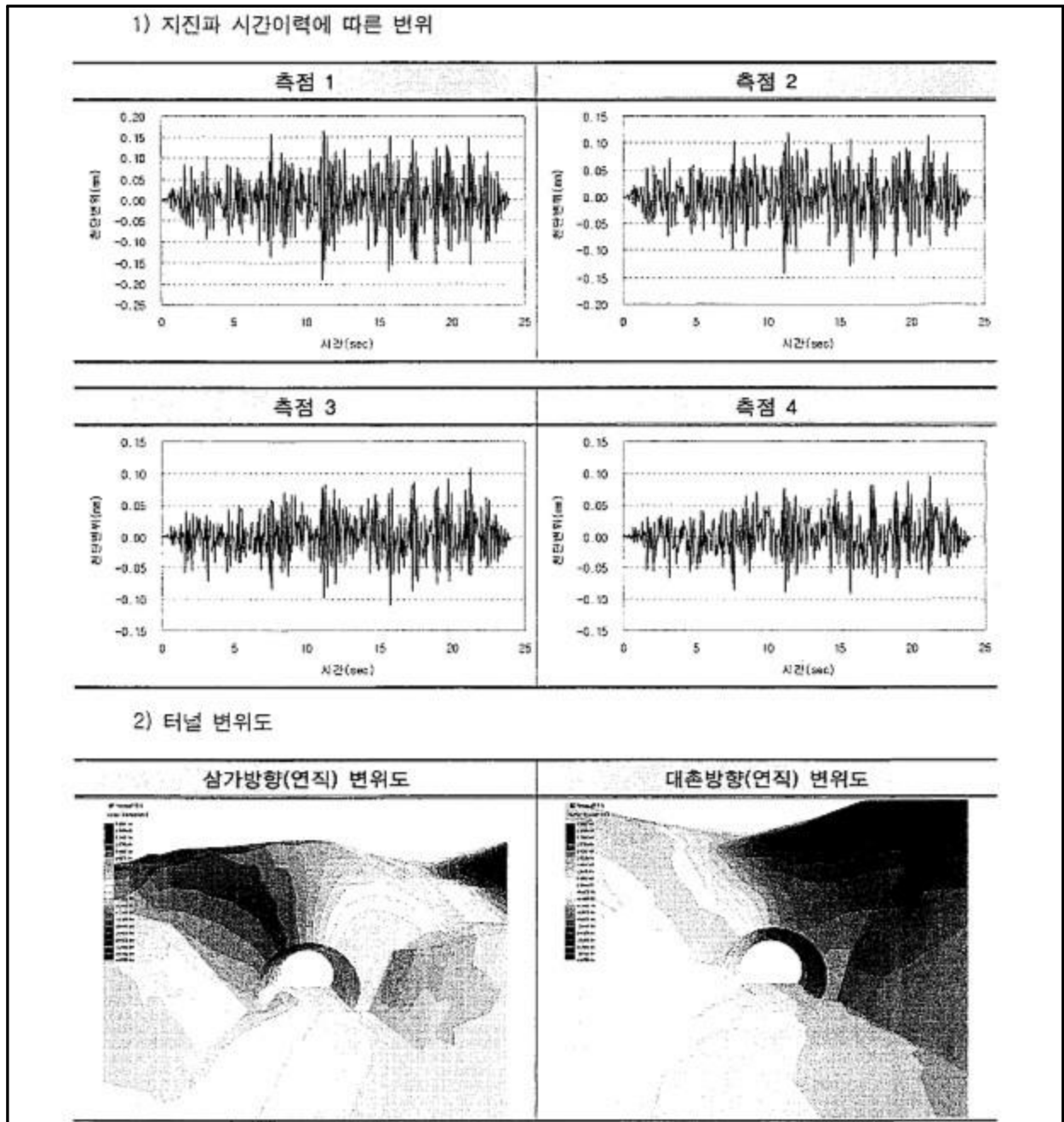


<그림 2.14> 해석 측점위치

2.5.7. 해석 결과

가. 천단변위

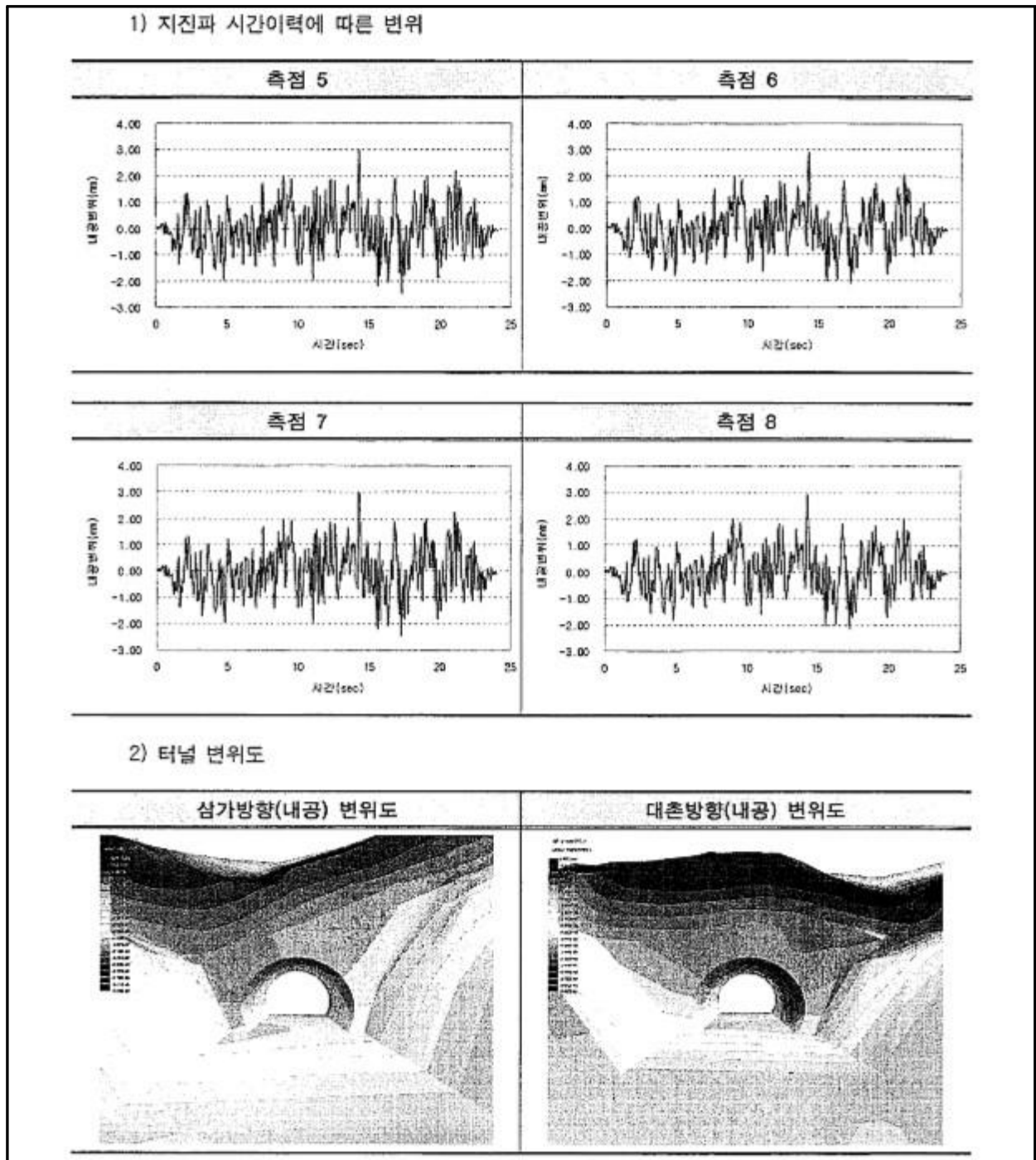
지진발생에 따른 최대 천단부 연직변위는 삼가방향 터널에서 약 11.16초 경과 후 최대 변위가 발생하였으며 대촌방향 터널은 약 15.76초 경과 후 최대 변위가 발생하였다. 삼가방향의 경우 최대변위는 측점1에서 0.191mm의 발생하였고 대촌방향의 경우 측점3에서 0.09mm의 최대변위가 발생하였다.



<그림 2.15> 천단변위 변위도

나. 내공변위

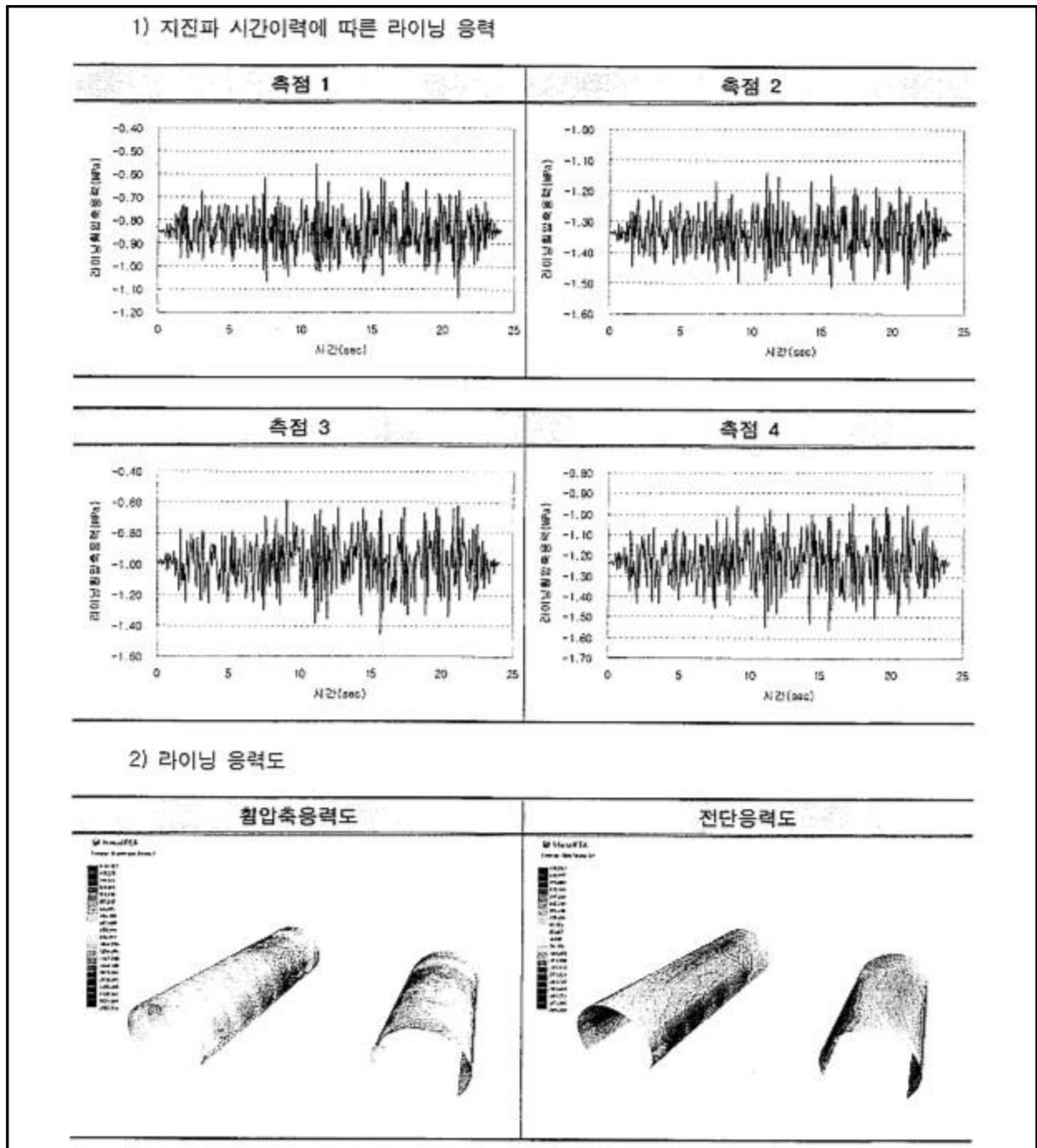
지진발생에 따른 최대 천단변위는 삼가방향 터널에서 약 14.32초 경과 후 최대변위가 발생 하였으며 대촌방향 터널은 약 14.32초 경과 후 최대 변위가 발생하였다. 삼가방향의 경우 최대변위는 측점5에서 3.02mm의 발생하였고 대촌방향의 경우 측점3에서 3.03mm의 최대변위가 발생하였다.



<그림 2.16> 내공변위 변위도

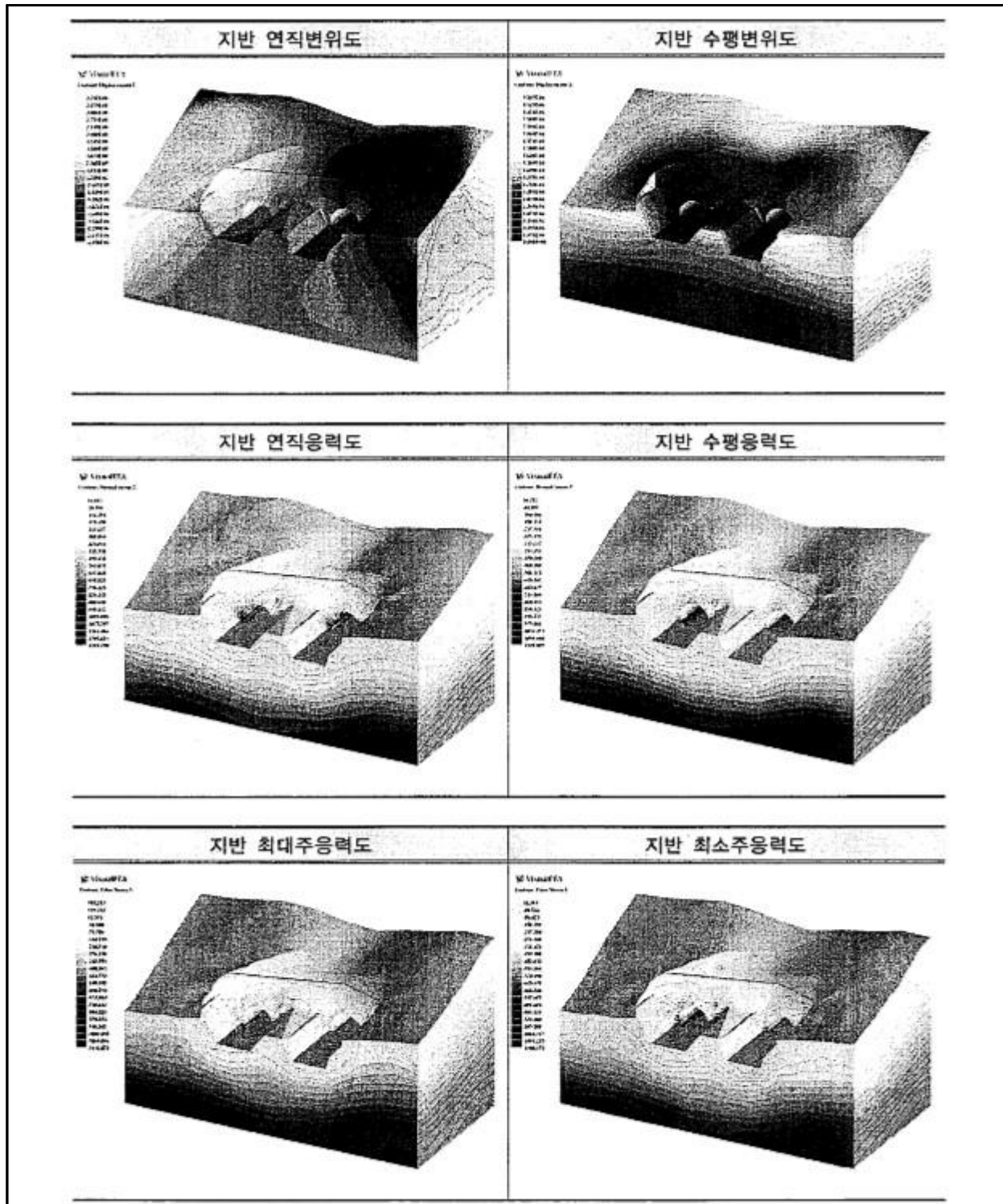
다. 라이닝 응력

콘크리트라이닝에 작용하는 최대 힘압축응력은 삼가방향에서 1.52MPa, 대촌방향○[사 1.57MPa로 나타났으며 두 경우 모두 천단부에서 발생하였다. 콘크리트라이닝에 작용하는 최대 힘압축응력은 모두 허용치 이내로 터널의 안정성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

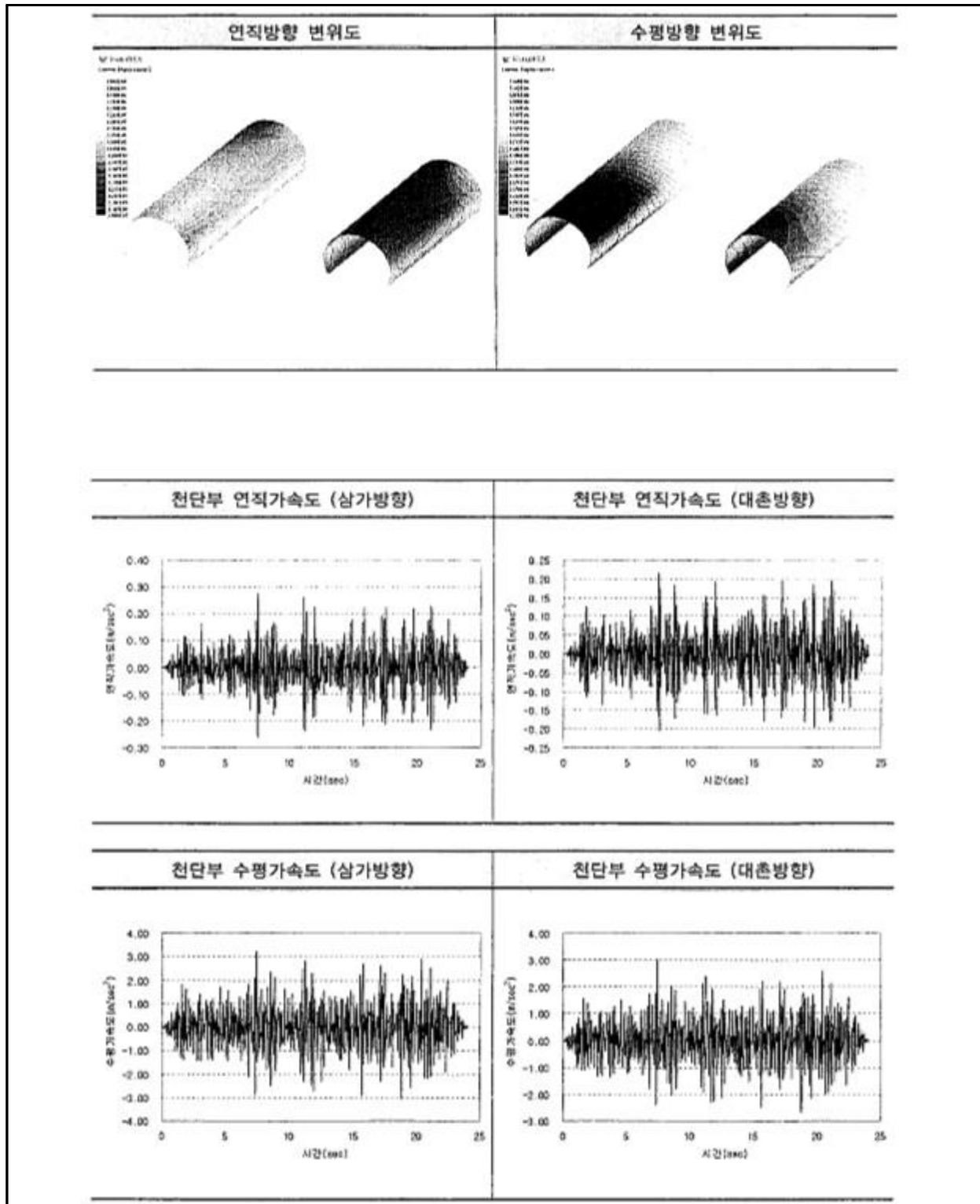


<그림 2.17> 라이닝 응력도

2.5.8. 해석 결과물



<그림 2.18> 지반 응력도



<그림 2.19> 라이닝 발생변위 및 지반 가속도

2.6. 자료분석 결과 요약

본 과업의 효과적인 용역 수행을 위하여 건설관련 자료 「용인시(삼가~대춘)국도대체우회도로 건설공사(2018. 11.)」와 유지관리 자료(기 점검 결과, 보수·보강자료) 등을 입수하였으며, 수집 자료를 검토한 결과에 따른 금회 과업의 진행방향은 다음과 같다.

<표 2.17> 자료분석 결과요약

구분	수집 자료	자료분석 결과	과업 진행방향
건설 관련 자료	·준공도면 및 도서 :용인시(삼가~대춘)국도 대체우회도로건설공사 (2018. 11.) - 구조계산서 - 구조물도 - 지반조사보고서 - 터널해석보고서	·구조계산서 및 구조물도 등을 검토한 결과 설계당 시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨. ·구조계산서 및 구조물도의 구조물 치수는 동일한 것 으로 확인됨. ·주요 설계변경 내용 및 시 공시 문제점은 없는 것으 로 파악됨.	·현장조사 및 구조해석 시 부재치수를 실측하여 준공 도면과 비교·검토함. → 치수가 상이한 경우 : 도면을 재작성하며 실측 치를 구조계산에 반영 → 치수가 동일할 경우 : 준공도면을 기준으로 과 업 진행
유지 관리 자료	·정밀안전점검 보고서 : 2021년 정밀안전점검 (외부, (주)삼우아이엠씨)		·기 점검 결과를 비교 검토 하여 추가 손상 발생 및 진전 여부 확인 → 대책 방안 마련
	·보수·보강 이력 : 시설물 종합관리 시스템 (FMS)	·FMS에 특별한 보수이력은 없는 것으로 확인됨.	·기 점검 이후 보수된 손상조 사 및 보수상태 확인 ·긴급한 보수를 요하는 손상 의 발생여부를 확인

2.6.1. 기초자료 활용

가. 수집자료 활용 항목 및 목적

<표 2.18> 수집자료 활용 항목 및 목적

수집자료	항 목	목 적
준공도면	외관조사, 상태평가, 보수·보강방안	• 외관조사망도 보완 • 적절한 보수·보강공법 선정
구조계산서	상태평가	• 최초설계적용 자료 분석
보수·보강 이력	외관조사, 보수·보강방안	• 보수부 상태조사 비교분석 • 보수공법 적정성 검토 • 재산상에 따른 재보수방안 검토 • 적절한 보수·보강공법 선정
기 점검 보고서	외관조사, 내구성평가, 상태평가, 보수·보강방안	• 조사 및 시험결과에 따른 비교분석을 통한 내구성 검토 • 구조물의 내구성 확보 여부 • 기 손상에 대한 보수상태 확인 • 적절한 보수·보강공법 선정

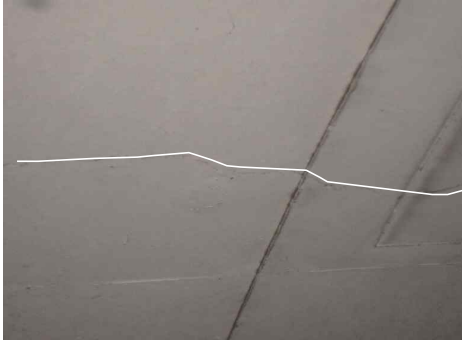
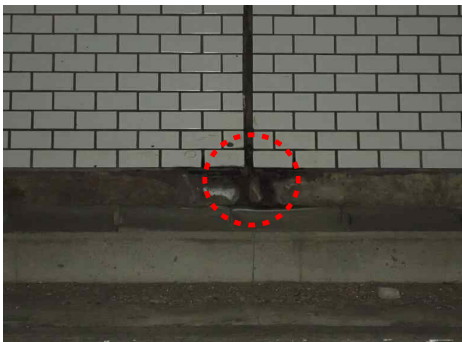
나. 기초자료수집 분석결과

<표 2.19> 기초자료수집 분석결과

구 분	분석결과
정밀안전점검 결과	• 기 점검 자료를 통해 검토된 종합평가에 의한 안전등급은 B등급으로 확인되었음. • 라이닝 균열, 망상균열, 박리, 백태, 누수, 포장균열, 배수시설, 공동구 균열, 파손, 등에 대해 진행성 및 손상 확대 여부를 금회 조사시 중점조사로 실시하였음. • 콘크리트 압축강도 시험결과 설계기준 강도 상회하였으며, 철근탐사를 통한 신피복두께는 탄산화 잔여깊이 a로 평가되어 내구성조사 결과도 전반적으로 양호한 것으로 분석됨.
보수·보강 결과	-
내진설계 유무 결과	• 준공 당시 내진설계는 적용된 상태이며, 내진성능을 확보하고 있는 것으로 확인됨.
용도, 구조, 하중변경	• 본 시설물의 용도, 구조, 하중변경 내용은 없는 것으로 조사되었음.

다. 기초자료 수집 및 분석 등에 따른 금회 중점 점검사항

<표 2.20> 기초자료수집 및 분석 등에 따른 금회 중점 점검사항

구분	2021년 정밀안전점검 결과	금회 중점 점검사항	비고
라이닝	 • 어깨부 균열	• 균열부 확대 및 추가손상 발생 여부 조사	
	 • 천단부 박락	• Joint 박리, 박락 확대 및 추가손상 발생 여부 조사	
	 • Joint부 누수	• Joint부 누수량 체크 및 주변 콘크리트 2차손상 여부 확인	