

2.

성라산터널(서울,문산)

2.1 시설물 개요

2.2 자료수집 및 분석

2.3 현장조사

2.4 콘크리트 내구성 조사

2.5 현장조사 및 시험 결과요약

2.6 상태평가

2.7 종합평가 및 안전등급 지정

2.8 보수·보강 및 유지관리 방안

2.9 종합결론

2. 성라산터널(서울,문산)

2.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 성사동에 위치한 1종 터널시설물로서, 총 연장 257.0m(서울), 240.0m(문산), 폭 13.0m, 높이 7.40m로 시공되어 있다.

2.1.1 일반사항

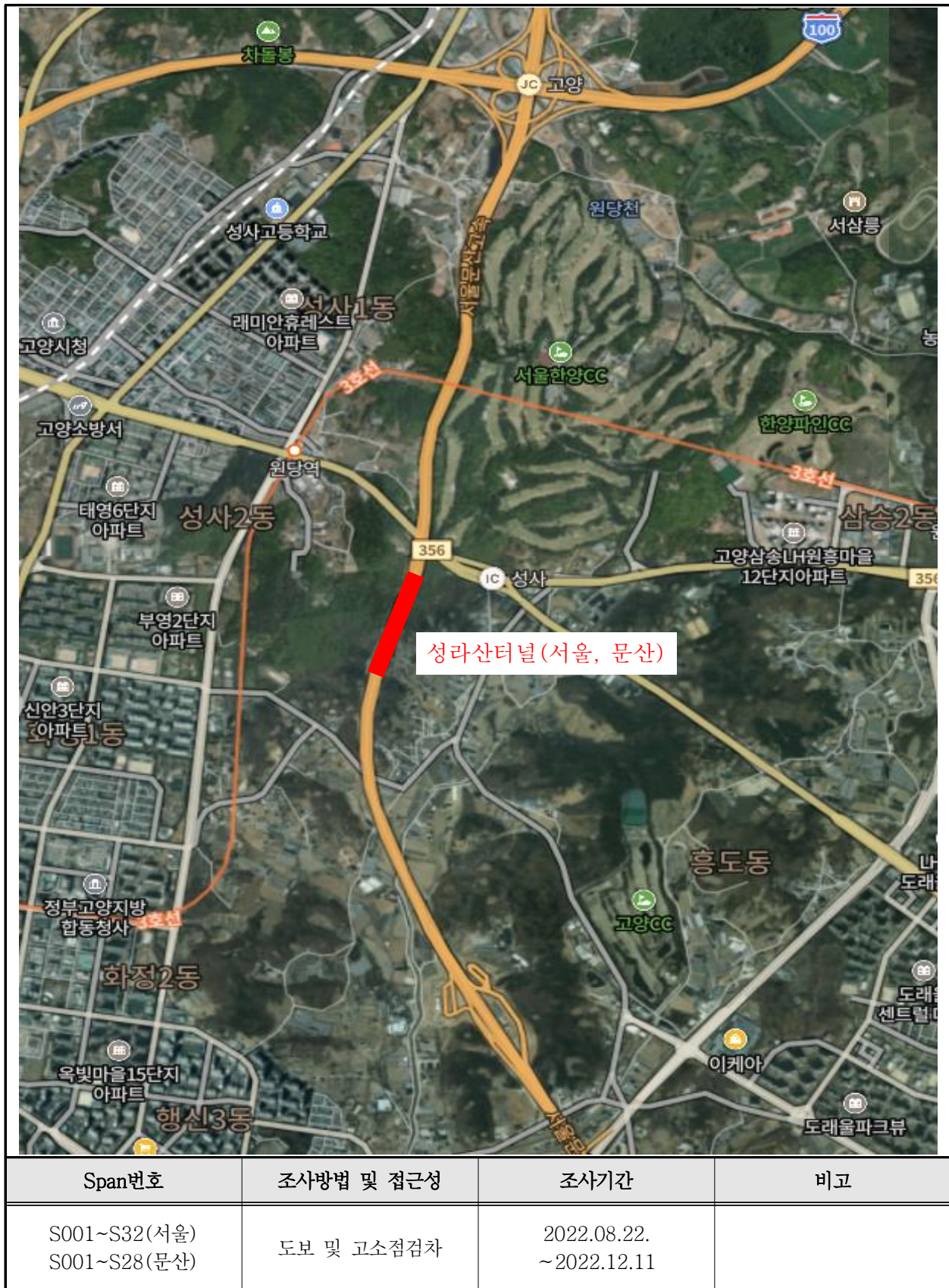
【표 2.1.1】 성라산터널(서울) 일반사항

시설물명	성라산터널(서울)	시설물번호	TU2020-0000097
노선명	고속국도 17호선	관리번호	-
위 치	시점 : 경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-67(성사동) 종점 : 경기도 고양시 덕양구 강매동 225		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	3차선	환기방식	자연환기
연 장	257.0m	설 계 사	(주)다산컨설팅
내공단면	폭 : 13.0m, 높이 7.4m	시 공 사	지에스건설(주)
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	(주)동일기술공사
종단기울기	2.4%	주요공법	개착 + NATM
준 공	2020년 11월 06일	개문형식	면벽식
			
외부 전경		내부 전경	

【표 2.1.2】 성라산터널(문산) 일반사항

시설물명	성라산터널(문산)	시설물번호	TU2020-0000098
노선명	고속국도 17호선	관리번호	-
위 치	시점 : 경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-74(성사동) 종점 : 경기도 고양시 덕양구 성사동 267-3		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	3차선	환기방식	자연환기
연 장	240.0m	설 계 사	(주)다산컨설팅
내공단면	폭 : 13.0m, 높이 7.4m	시 공 사	지에스건설(주)
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	(주)동일기술공사
종단기울기	2.4%	주요공법	개착 + NATM
준 공	2020년 11월 06일	개문형식	면벽식
			
외부 전경		내부 전경	

2.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 2.1.1】 위치도

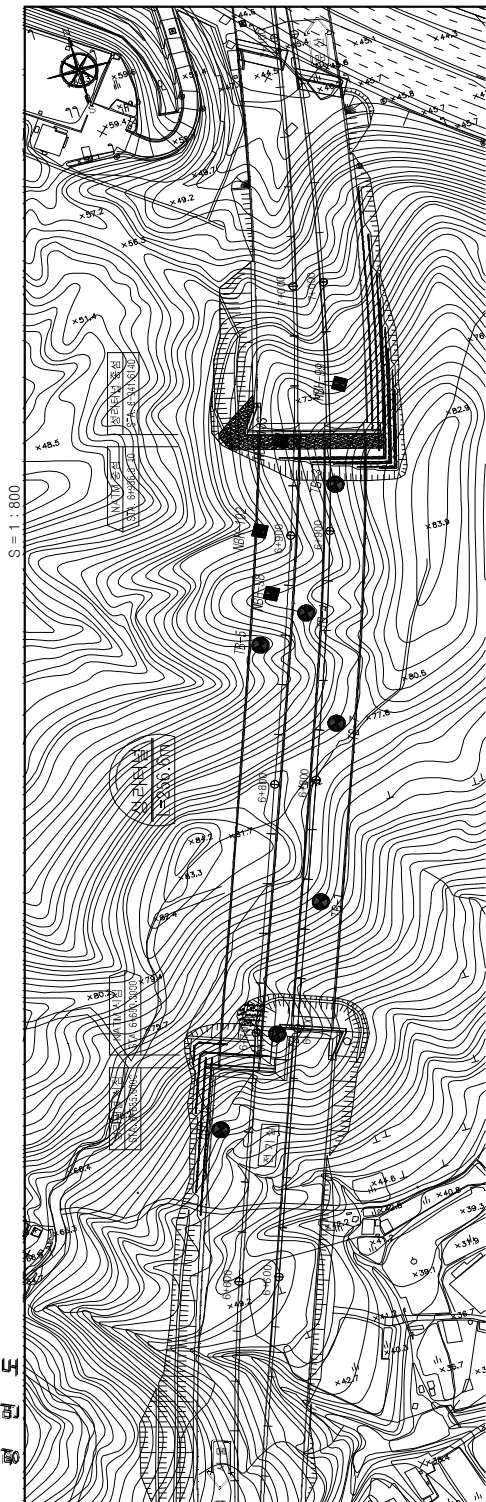
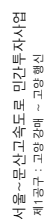
	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수시설 전경
	
소화시설 전경	조명시설 전경

【그림 2.1.2】 부재별 현황(서울)

	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수시설 전경
	
소화시설 전경	조명시설 전경

【그림 2.1.3】 부재별 현황(문산)

(2) 나만 작아도
미안하

[illegible]



【그림 2.1.5】 평면 및 종단면도(문산)

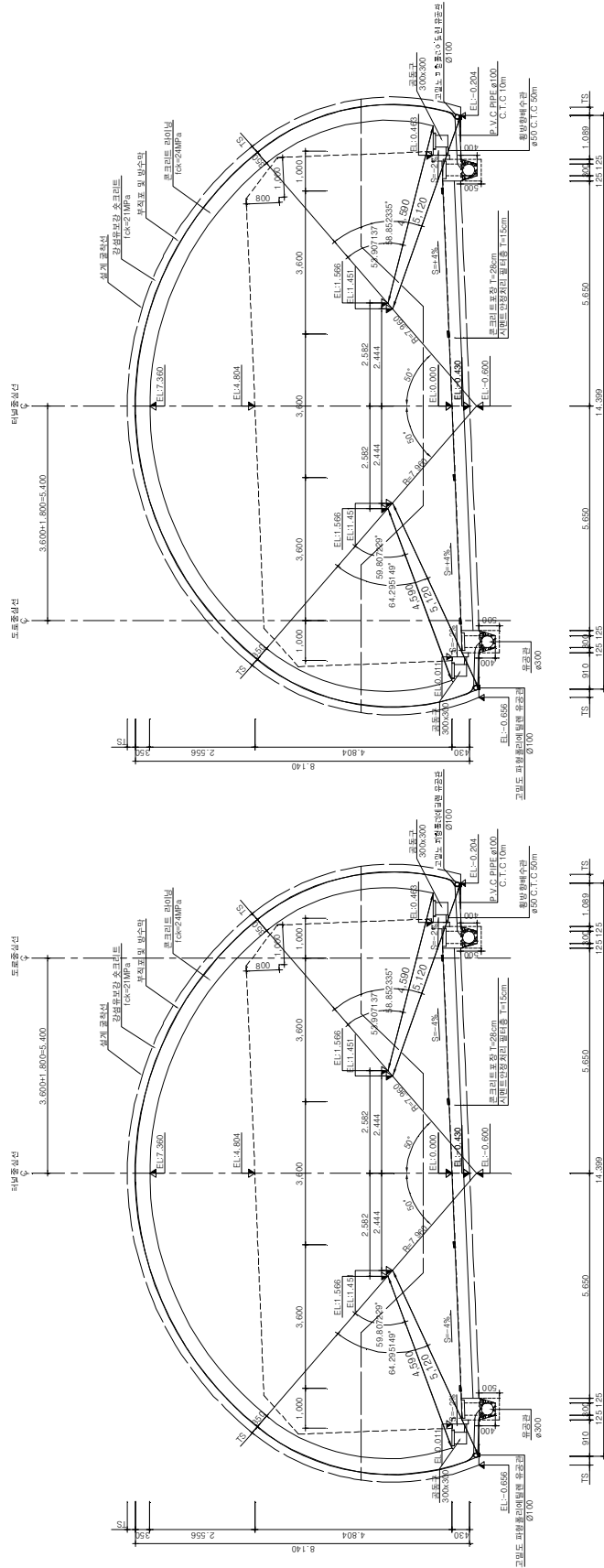
부속 1 (1)

서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신

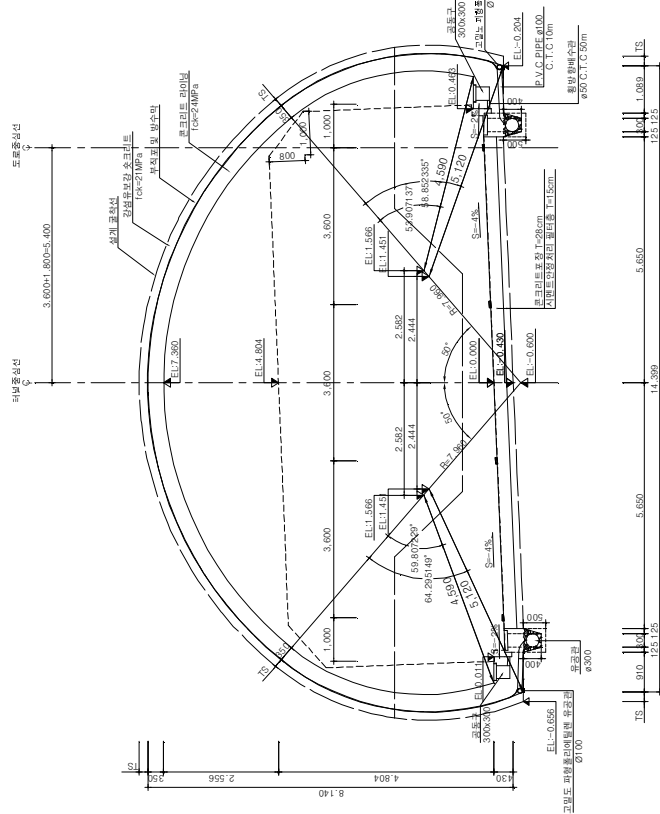
본선 표준단면도 (2)

S = 1 : 50

성라터널 (문산방향, +4%)

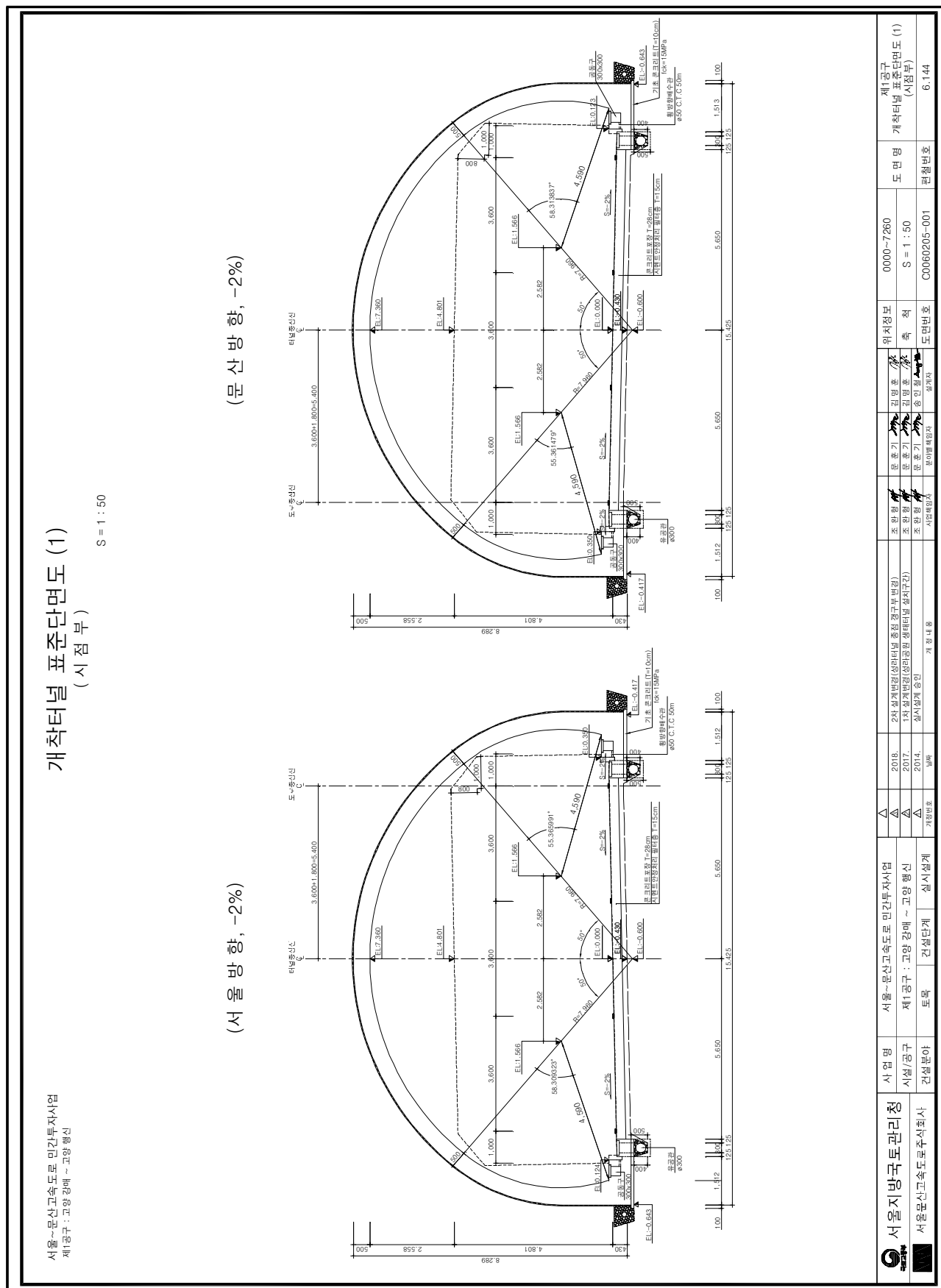


성라터널 (서울방향, -4%)



【그림 2.1.7】 개착터널 표준단면도(중점부)

	서울지방국토관리청	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업	△	2018.	2차 설계변경(성라터널 종전 경구부 변경)	조한성	문 호 기	김 명 호	위서정보	0000-7260	도 면 명	제1공구
		시행/공구	제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신	△	2017.	1차 설계변경(성라터널 성라터널 설치구간)	조한성	문 호 기	김 명 호	속 적	S = 1 : 50	도 면 명	본선 표준단면도 (2)
	서울문산고속도로주주회사	건설분야	토목	건설단계	실시설계	2014.	3차 설계 변경	시업책임자	문 호 기	송 인 철	도면번호	C0060203-002	판정번호
						날짜	개 정 내 용	상 기 자				6.008	



【그림 2.1.8】 본선 표준단면도(1)

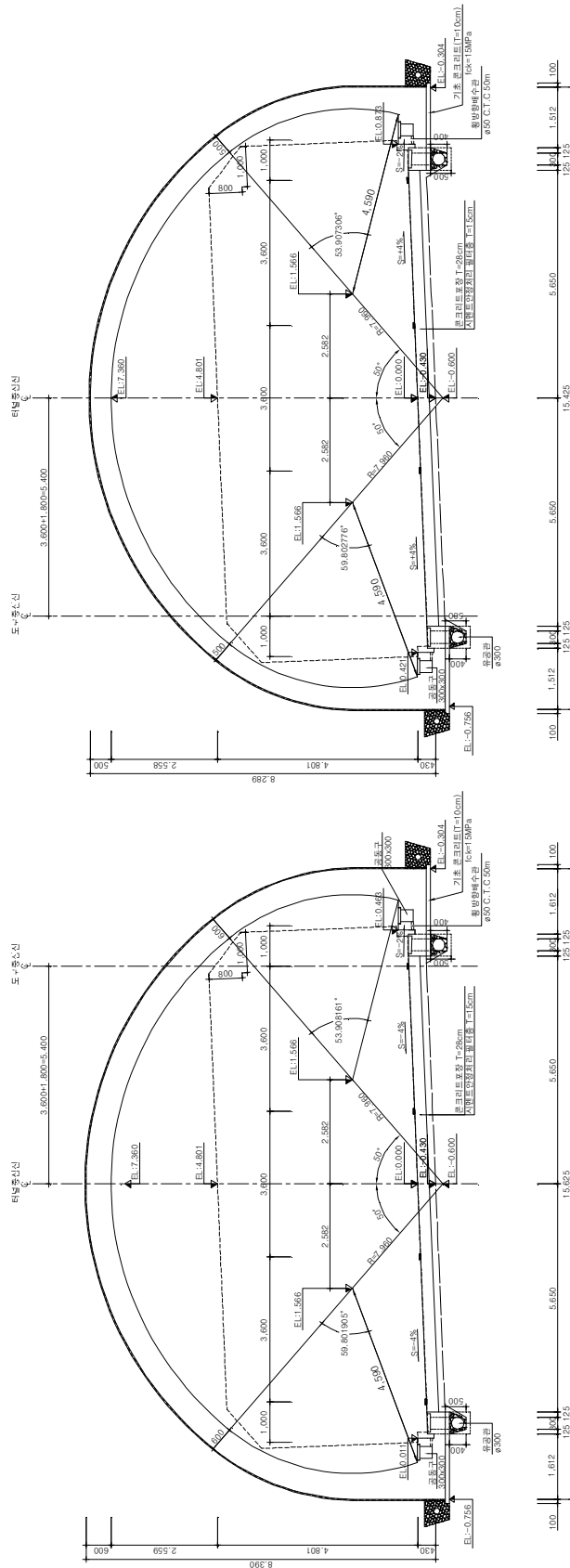
서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신

개착터널 표준단면도 (2) (종점 부)

S = 1 : 50

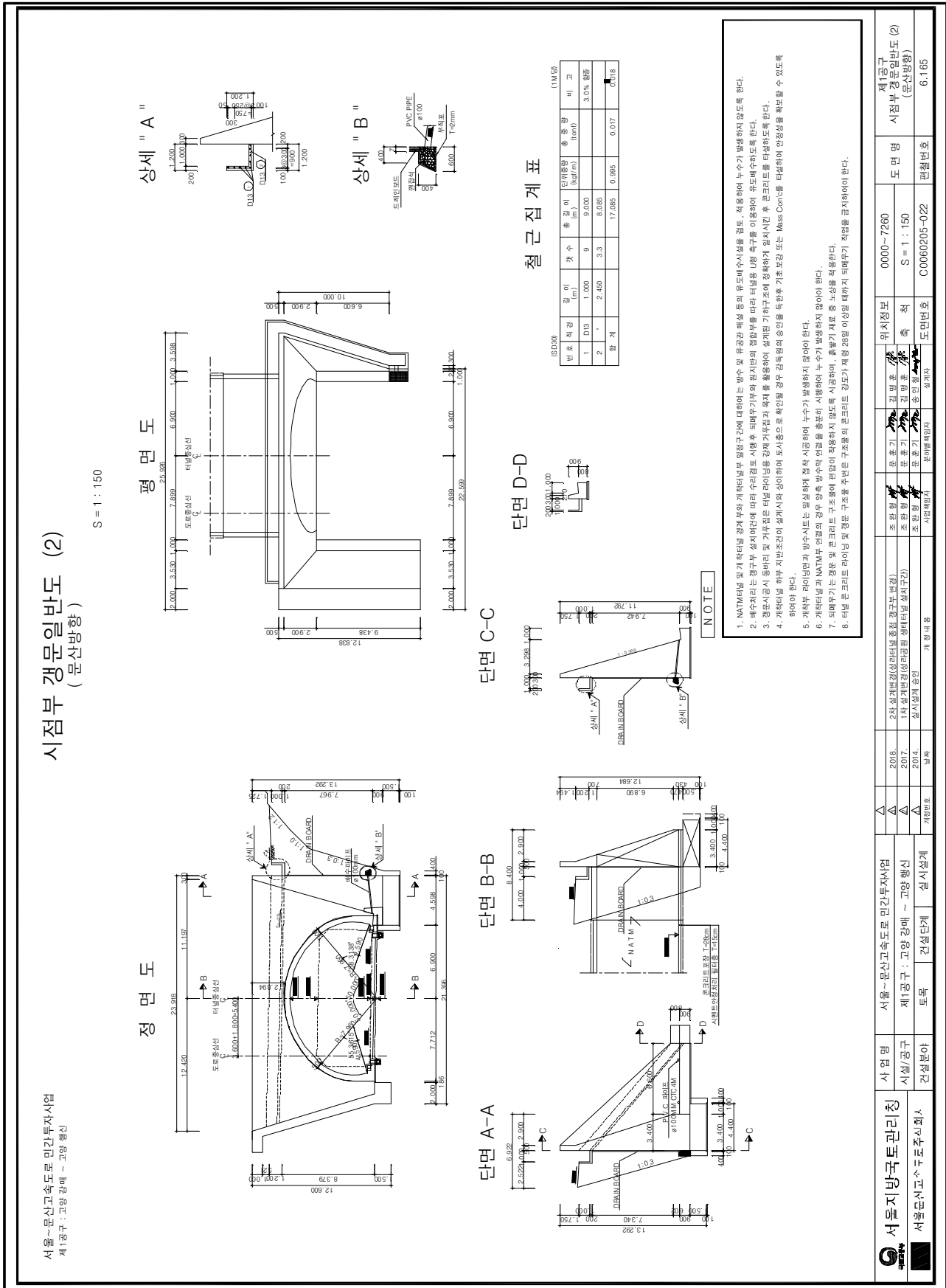
(문산 방향, +4%)

(서울 방향, -4%)

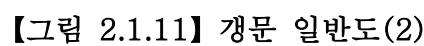


서울지방국토관리청 서울문산고속도로주식회사	사업명 시설/공구 건설분야	서울~문산고속도로 민간투자사업 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신 토목	△ 2018. 2017. 2014.	2차 설계변경(성라산터널 종점 구간부 변경) 1차 설계변경(성라산터널 설계구간) 설계상세 승인	조한형 조한형 조한형	문 호 기 문 호 기 문 호 기	김영훈 김영훈 송인형	위치정보 0000-7260 S = 1 : 50 C0060205-002	도면명 개착터널 표준단면도 (2) 관찰번호 6.145	제1공구 개착터널 표준단면도 (2) (종점부)

【그림 2.1.9】 본선 표준단면도(2)



【그림 2.1.10】 갭문 일반도(1)

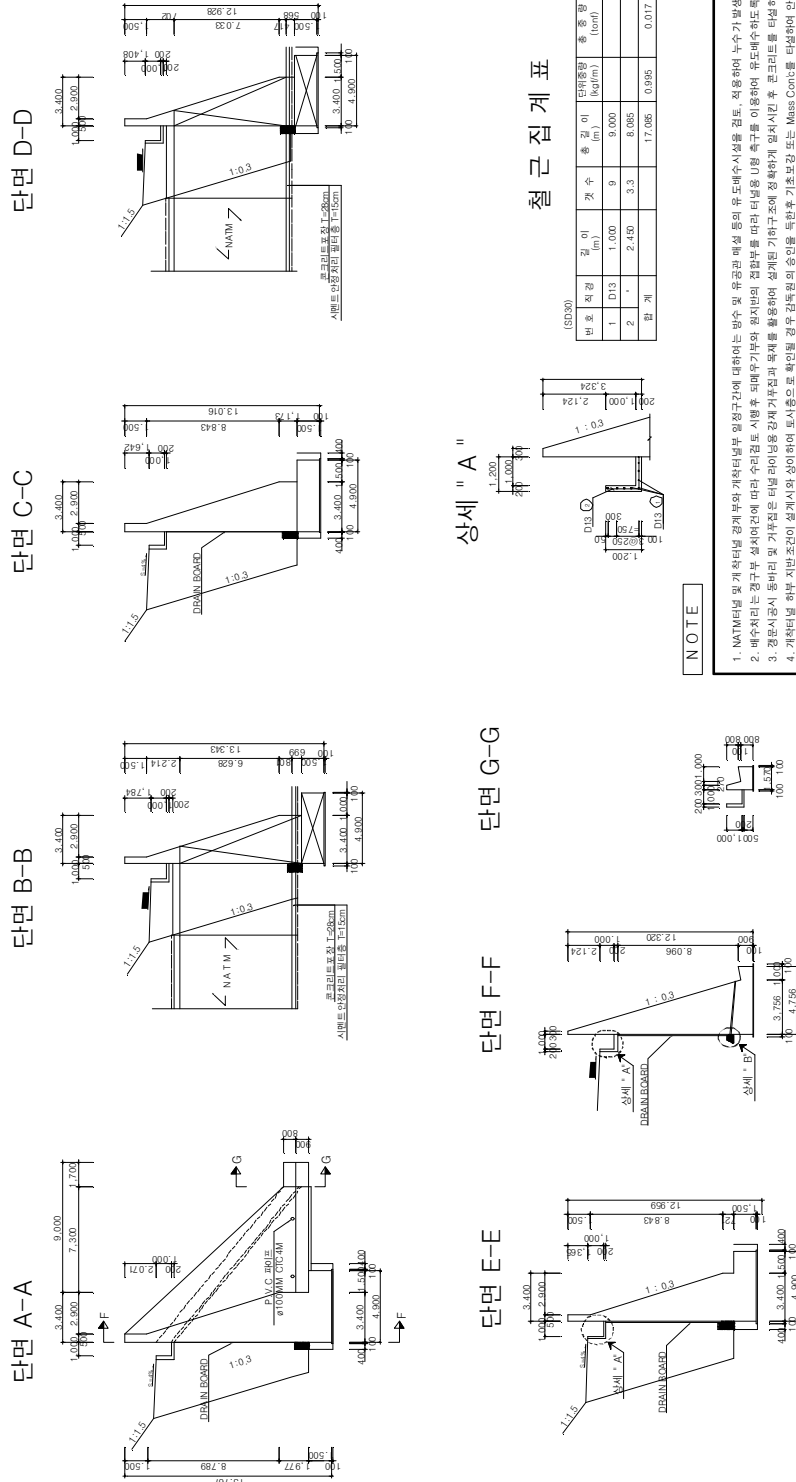


서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양강매 ~ 고양행신

표
계
집
금
철

NOTE

1. NATM의 경우 모든 개 척터의 경계부와 개 척터 내부 영역구간에 대하여는 모두 수 및 유압의 역 작용을 받는 유 도 수압 발생지 이므로 한다.
2. 배척지점의 경구부 호터에 있어, 수압구간이 수행 부 배척구간부와 지점의 연결점과 유 도 수압을 이용하여 유 도 수압을 받는다.
3. 경구구간과 배척구간의 개 척터는 터널의 내부에서 유 도 수압을 받는다. 그러나, 경구구간과 배척구간의 수압은 유 도 수압으로 받는다.
4. 터널의 하부 지반으로부터 발생하고 상하에 작용하는 토사압으로 작용된 경구부 압력의 순작용을 받는다. 유 도 수압은 받는다.
5. 개 척터 내부의 수압구간은 밀폐된 액체 수압구간이 유 도 수압 발생지 이 아니다.
6. 개 척터 내부의 NATM과 터널의 경구부 압력 작용을 받는의 시행에서 유 도 수압 발생지 이 아니다.
7. 외벽구간이 경구구간과 본 터널의 경구구간에서 작용하고 있는 압력에서, 통풍기 제로 유 도 수압을 적용한다.
8. 터널의 경구구간과 본 터널의 경구구간에서 작용하고 있는 압력에서, 통풍기 제로 유 도 수압을 적용한다.

[illegible]

【그림 2.1.12】 갯문 일반도(3)

2.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울문산고속도로 민간투자산업 건설공사 1공구”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

2.2.1 설계자료 검토

가. 지반 시추조사

시추조사는 지표로부터 지하 깊은 곳을 직접 눈으로 볼 수 없으므로 시험공을 굴진하여 지반의 성상을 조사하고, 시료의 채취 및 각종 원위치 공내시험을 시행하여 설계에 필요한 제반 자료를 제공하기 위한 목적으로 실시된다. 시추조사는 노선구간에 대하여 지반의 수직적 특성 즉, 지층의 성층상태와 각 지층의 지반 공학적 특성, 기반암의 분포상태 및 풍화도, 절리간격 등을 파악하며, 시추작업과 병행하여 지층의 상대밀도와 구성성분을 파악하기 위하여 표준관입시험을 한국산업규격(KS F2307)에 의거 연속성 있게 실시하였으며, 코어 회수율을 높여 정확한 암질상태를 파악하기 위하여 D-3 Core Barrel 및 Diamond Bit를 사용하였다. 채취된 암석 코어는 육안관찰에 의하여 암석 내에 분포된 불연속면 즉, 절리와 절리면의 충전물 등을 파악하고 절리의 분포상태, TCR, RQD 등의 암반특성을 평가할 수 있는 자료를 조사하여 시추 주상도에 기재하였다. 지하수위의 측정은 지하수체(Ground Water Body) 상면의 위치 또는 시추공에 나타나는 정수면의 위치를 지표면과 일정한 기준면으로부터의 수직거리로 구하였다.

【표 2.2.1】 시추작업 장비

시추작업 전경(TB-3)	시추작업 전경(HTB-1)
	

나. 기본 설계자료 분석

- ① 분포지층 : 표토층(붕적층), 풍화토, 풍화암, 연암, 경암
- ② 붕적층
 - TB-2, TB-3, TB-6, HTB-1 시추공에서 확인된 최상부층으로 지표하 0.3~1.5m 층후로 분포
 - 암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함
 - 습윤한 상태이며, 보통 조밀한 상대밀도로 분포
- ③ 풍화토
 - 지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포
 - 암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성
 - 습윤한 상태이며, 느슨~매우 조밀한 상대밀도
- ④ 풍화암
 - TB-5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포
 - 편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해
 - 습윤한 상태이며, 매우 조밀한 상대밀도를 보임
- ⑤ 연암
 - 지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포
 - 암갈색, 담회색, 암회색, 갈색의 화강편마암으로 구성
 - TCR=17~100%, RQD=0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태
 - 심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
- ⑥ 경암
 - 지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m 이상 층후로 분포
 - 담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성
 - TCR=97~100%, RQD=50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태
 - 보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

다. 지형 및 지질

1) 지질 개요

사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포하고 있다. 또한, 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하며, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되어 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향은 적은 상태이다.

2) 지형특성

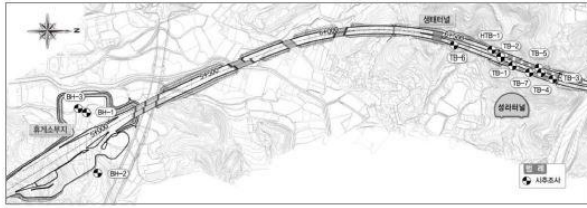
과업노선의 산계는 영주산-고봉산-왕릉산-월룡산을 잇는 북북서방향의 산능이 발달되어 있으며, 공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월룡산 등 비교적 고산능이 발달되어 있다. 수계는 사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천과 공릉천, 문산천이 분포하였다. 창릉천과 공릉천은 직선상의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 직선~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입된다.

3) 분포암종 특성

구 분	지질특성
흑운모 편마암	· 사업구간 대부분 지역에 분포하며, 변성과정에서 생성된 편리가 발달하여 이방성 특성이 있음 → 편리와 평행한 방향으로 강도는 약하고 변형이 크며, 수직인 방향으로 강도는 강하고 변형이 적음 · 흑운모편마암은 풍화에 약함 → 편리가 구성하는 유색광물들은 풍화에 취약한 광물임
화강암	· 사업구간 시점 인근지역에 분포하며, 흑운모편마암을 관입 · 암석의 강도가 크고 입자간의 공극이 비교적 작아 하중이 가해지면 탄성 변형에 가까운 변형 특성을 보임

라. 지반조사보고서

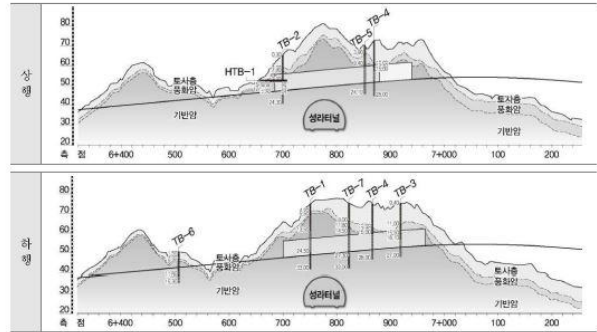
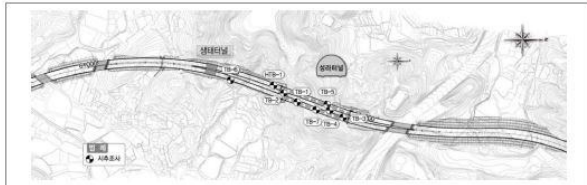
2.1.1 시추조사 위치



구분	구분	좌표	좌표	표고	구분	구분	좌표	좌표	표고
		X	Y	(EL,m)			X	Y	(EL,m)
성라산터널	TB-1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라산터널	HTB-1	560,680.36	186,507.74	52.5
	TB-2	560,715.69	186,535.40	66.7	성라산터널	TB-6	560,530.00	186,488.00	47.1
	TB-3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소 부지	BH-1	559,070.96	186,753.06	16.4
	TB-4	560,874.57	186,593.93	73.5		BH-2	559,115.20	186,992.49	23.8
	TB-5	560,867.00	186,574.00	67.0		BH-3	559,038.13	186,737.77	16.3
	TB-6	560,829.00	186,592.00	76.0					

2.1.2 지층분포 현황

- 성라산터널 및 생태터널
- 조사위치 및 지층단면도



지층상태

구분	층원심도(m)	층 두(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
불적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화암	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암면 및 실트질 모래	50/10~50/3
연 암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100/0~61%
경 암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100/50~100%

구분	지층개요
불적층	TB-2, TB-3, TB-6, HTB-1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층두로 불포. 암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되어 자갈이 포함되기도 함. 습윤한 상태이며, 보충조밀한 상태임으로 불포.
풍화암	지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층두로 불포. 암갈색, 적갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성. 습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상태임으로 불포.
풍화암	TB-5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층두로 불포. 편마암의 하부 풍화대로 굴절시 암면 및 실트질 모래로 불포. 습윤한 상태이며, 매우조밀한 상태임으로 불포.
연 암	지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층두로 불포. 암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성. TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태. 심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우취약~보통취약의 상태.
경 암	지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m 이상 층두로 불포. 담회색, 암회색, 암갈색의 화강편마암으로 구성. TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태. 보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한취약~보통취약의 상태.

(계속)

1.1 터널구간 성과분석

1.1.1 터널구간 암반분류

○ RMR에 의한 암반분류

구성요소	산정식	범위	지반등급	Output
- 점하중지수 (I_{sc}) - RQD - 불연속면의 간격 (J_1) - 불연속면의 상태 (J_2) - 지하수 조건 (J_3) - 불연속면의 방향 (J_4)	$I_{sc} + RQD + J_1 + J_2 + J_3 + J_4$	0~100	Very Poor ~ Very Good	- 지보하중 (P) = $(100 - RMR) / 100 \times \gamma B$ - 변위변형계수(E_m) = $2 \times RMR - 100$ - 침착력, 내부마찰각 - 터널폭에 따른 자립시간

■ 암반등급기준

평정합계	81~100	61~80	41~60	21~40	20 이하
등급/평가	I/매우양호	II/양호	III/보통	IV/불량	V/매우불량

■ 분류결과

공번	구분	분류구간 (GL-m)	일축강도 (MPa)	RQD(%)	절리간격 (cm)	불연속면 상태	지하수 상태	절리방향	총점 등급
(서울문산고속도로) 성라산터널	TB-2	상부1D	7.9~9.2	40	10	< 6	16	Wet	보통 30
				4	3	5		7	-5 IV
		중과구간	9.2~17.8	40~74	11~98	6~60	16~26	Wet	보통 33~64
				4~7	3~20	8~10		7	-5 II~IV
		하부1D	17.8~24.3	70	80~99	6~60	26	Wet	보통 60~65
				7	17~20	8~10		7	-5 II~III
	TB-4	중과구간	13.4~21.0	40~70	70~76	6~20	23	Wet	보통 50~57
				4~7	13~17	8		7	-5 III
		하부1D	21.0~28.0	70	66~100	6~60	23	Wet	보통 53~62
				7	13~20	8~10		7	-5 II~III
	TB-5	상부1D	3.9~10.1	40~70	15~98	6~20	14~27	Wet~Damp	보통 31~64
				4~7	3~20	8		7~10	-5 II~IV
		중과구간	10.1~18.7	70	92~98	20~80	24~28	Wet	보통 63~67
				7	20	10		7	-5 II
		하부1D	18.7~24.1	70	85~92	6~60	23~28	Wet	보통 57~67
				7	17~20	8~10		7	-5 II~III
HTB-1	중과구간	27.3~50.2	70	50~100	6~60	23~28		Wet	보통 52~67
				7	8~20	8~10		7	-5 II~III

공번	구분	분류구간 (GL-m)	일축강도 (MPa)	RQD(%)	절리간격 (cm)	불연속면 상태	지하수 상태	절리방향	총점 등급
(서울문산고속도로) 생태터널	TB-1	상부1D	8.8~17.4	40~70	0~75	6이하~60	18~23	Wet	보통 32~55
				4~7	3~13	5~10		7	-5 III~IV
		중과구간	17.4~26.0	42.2~70	19~82	6~20	20~25	Wet	보통 37~59
				4~7	3~17	8		7	-5 III~IV
		하부1D	26.0~33.0	40	9~61	6이하~60	20	Wet	보통 34~47
				4	3~13	5~8		7	-5 III~IV
	TB-3	중과구간	15.5~22.1	40~70	19~93	6~60	7~10	Wet~Damp	보통 36~65
				4~7	3~20	8~10		7~10	-5 II~III
		하부1D	22.1~27.0	70~73.5	79~94	20~80	22	Wet	보통 58~61
				7	17~20	10		7	-5 II~III
	TB-4	상부1D	13.4~14.5	40	25	6~20	20	Damp	보통 45
				4	8	8		10	-5 III
		중과구간	14.5~23.1	40~70	70~76	6~20	23	Wet	보통 50~57
				4~7	13~17	8		7	-5 III
		하부1D	23.1~28.0	70	66~100	6~60	23	Wet	보통 53~62
				7	13~20	8~10		7	-5 II~III
(서울문산고속도로) 성라산터널	TB-2	상부1D	11.8~16.0	40~70	0~87	6이하~60	16~25	Damp	보통 33~64
				4~7	3~17	5~10		10	-5 II~III
		중과구간	16.0~24.5	57.4~70	55~96	6~60	21~22	Wet~Damp	보통 52~61
				7	13~20	8~10		7~10	-5 II~III
		하부1D	24.5~33.0	40~70	18~75	6~20	16~21	Wet	보통 37~51
				4~7	3~13	8		7	-5 III~IV

○ Q-System에 의한 암반분류

개요	평가	산정방법	
*1974년 NGI의 Barton 등에 의해 제안 *200여개의 기 시공된 터널의 보강설계를 통해하여 암반상태와 보강량의 관계분석 *1993년 지보판 등을 기존 38개항에서 강성보강 숫자크리트를 사용하는 9개항 수정(Grimstad and Barton)	0.001 ~1,000	$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_s}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF}$ *RQD/ J_n : 암리크기의 척도 * J_s/J_a : 암리사이의 방향각 척도 * J_w/SRF : 작용응력 척도	
분류항목	지반조사 활용	분류항목	지반조사 활용
RQD	시추코어측정, 공내형상촬영 등을 통한 코어의 손상여부 판단	J_n	시추코어, 공내형상촬영 등을 통한 자료획득
J_n	시추코어, 공내형상촬영 등의 자료관계를 통한 자료 획득	J_a	수압시험에 의한 투수계수 등 자료 활용
J_s	시추코어, 실내시험결과(JRC)참조	J_r	시추코어의 암반상태 암석시험 결과

■ Q-System에 의한 일반적인 지반등급산정 기준

Q값의 범위	1000~400	400~100	100~40	40~10	10~4	4~1	1~0.1	0.1~0.01	0.01~0.001
암반등급	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
암질	지극히 양호	극히 양호	매우 양호	양호	보통	불량	매우 불량	극히 불량	지극히 불량

■ 사암구간 Q값 적용 범위

암반등급	I	II	III	IV	V
암질	매우 양호	양호	보통	불량	매우 불량
Q값의 범위	40.0 이상	10.0~40.0	4.0~10.0	1.0~4.0	1.0 이하

■ 분류결과

공명	구분	분류구간 (G, L(=m))	RQD(%)	J _n	J _r	J _a	J _w	SRF	Q-Value	등급
서울방향	상부ID	7.9~9.2	10	4~6	2	2.0	0.5	2.5	0.333~0.550	V
	통과구간	9.2~17.8	11~98	4	2	0.75~6.0	0.5	2.5	1.267~13.067	II~V
	하부ID	17.8~24.3	80~99	4	2	0.75	0.5	2.5	10.667~13.200	II
	통과구간	13.4~21.0	70~76	4~6	2~3	0.75~6.0	0.5~0.66	2.5	1.167~4.40	III~IV
	하부ID	21.0~28.0	66~100	4	3	6.0	0.5	2.5	1.650~2.5	IV
	상부ID	3.9~10.1	15~98	2~6	2~3	0.75~6.0	0.5~0.66	2.5	0.167~39.2	II~IV
문산방향	통과구간	10.1~16.7	92~98	4~6	3	0.75~6.0	0.5	2.5	2.300~19.6	II~IV
	하부ID	18.7~24.1	85~92	4	3	0.75~6.0	0.5	2.5	2.125~18.40	II~IV
	통과구간	27.3~50.2	50~100	4~9	3	0.75~6.0	0.5	2.5	1.250~20.0	II~IV
	상부ID	8.8~17.4	0~75	4~6	2~3	0.75	0.5	2.5	0.889~10.0	III~V
	통과구간	17.4~26.0	19~82	4~12	2	0.75	0.5	2.5	0.844~10.933	II~V
	하부ID	26.0~33.0	9~61	6~9	2	0.75	0.5	2.5	0.889~6.422	III~V
서울방향	통과구간	15.5~22.1	19~93	4~6	2	0.75~2.0	0.5~0.66	2.5	0.836~12.4	II~V
	하부ID	22.1~27.0	78~94	4	2	6.0	0.5	2.5	1.317~1.567	IV
	상부ID	13.4~14.5	25	4	2	0.75	0.66	2.5	4.400	III
	통과구간	14.5~23.1	70~76	4~6	3	6.0	0.5	2.5	1.167~2.0	IV
	하부ID	23.1~28.0	66~100	4	3	6.0	0.5	2.5	1.650~2.5	IV
	상부ID	11.8~16.0	0~67	4~9	2	0.75~2.0	0.66	2.5	0.293~15.312	II~V
문산방향	통과구간	16.0~24.5	55~96	6	2	6.0	0.5~0.66	2.5	0.611~1.217	IV~V
	하부ID	24.5~33.0	18~75	6	2	0.75~6.0	0.5	2.5	0.50~1.667	IV~V

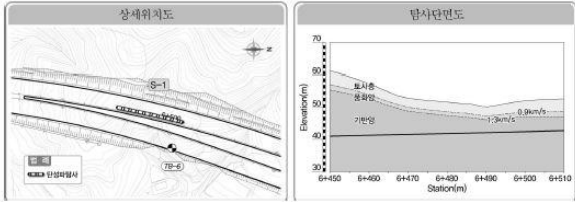
3.1 굴절법탄성파탐사

○ 탐사 위치도



○ 탐사 결과

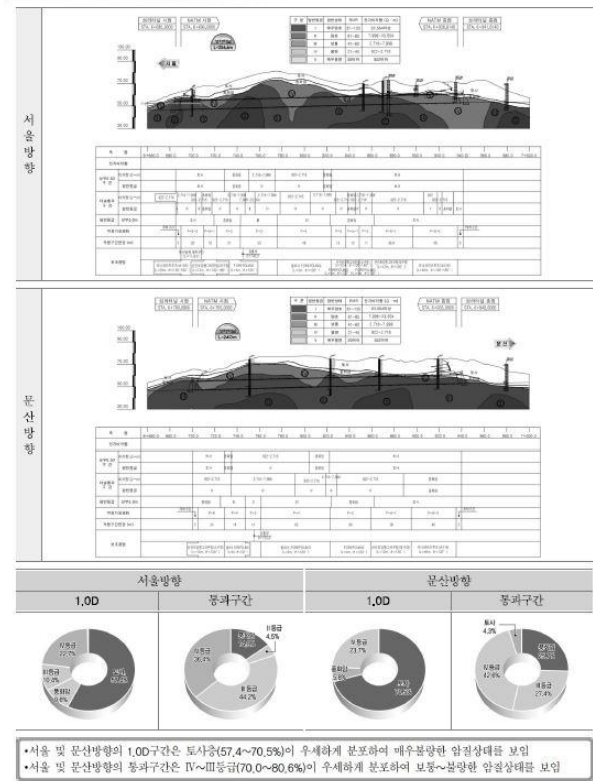
■ S-1



구분	제1층(토사)	제2층(중회암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.35	1.36	GL~4.71m 출현

- 본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.87~3.99m, 중회암층의 두께는 1.13~1.68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.03~5.61m 하부에서 나타남
- S-1 축선의 토사층의 평균 두께는 3.35m, 중회암층의 평균 두께는 1.36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL~4.71m로 분석되었음

1.1.3 암반등급도



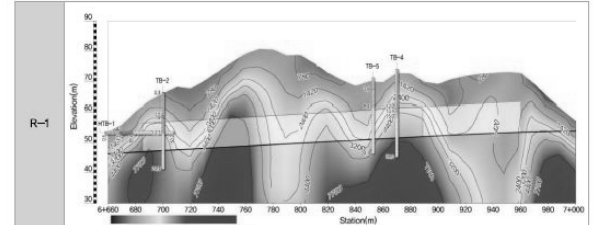
3.2 전기비저항탐사

○ 성라산터널 서울방향

■ 탐사위치도



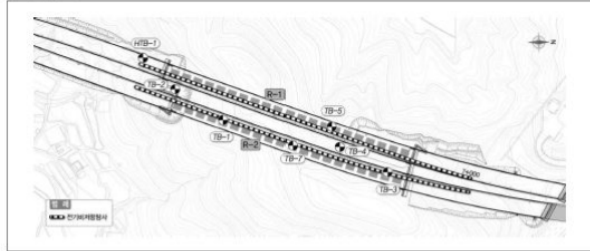
■ 탐사결과



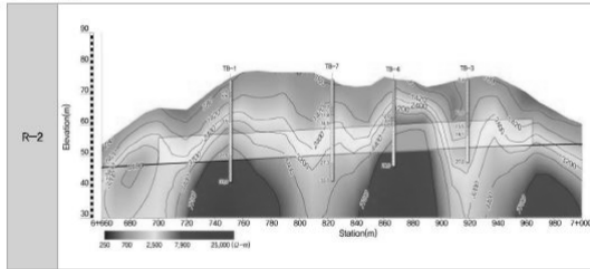
■ 분석결과

- 본 탐사는 성라산터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
- 탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
- 탐사결과 터널 계획과 부근 STA. 6+710~6+730, STA. 6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 전기비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
- STA. 6+910~6+960 구간에서 터널 계획과 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

○ 성라터널 문산방향
■ 탐사위치도



■ 탐사결과



■ 분석결과

- 본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
- 탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
- 터널 시험부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
- STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수의 분포

개요
• 사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 • 시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

○ 터널구간

공 번	지 하 수 위		공 번	지 하 수 위		공 번	지 하 수 위	
	GL,-m	EL,+m		GL,-m	EL,+m		GL,-m	EL,+m
TB-1	7,4	66,5	TB-4	15,5	58,0	TB-7	17,6	58,4
TB-2	6,1	60,6	TB-5	6,8	60,2	-	-	-
TB-3	17,0	59,0	TB-6	3,6	43,5	-	-	-

○ 기타구간(휴게소 부지)

공 번	지 하 수 위		공 번	지 하 수 위		공 번	지 하 수 위	
	GL,-m	EL,+m		GL,-m	EL,+m		GL,-m	EL,+m
BH-1	3,2	13,2	BH-2	6,6	17,2	BH-3	3,5	12,8

○ 결과분석

구 분	지하수위	
	GL,-m	EL,+m
터널구간	3,6~17,6	43,5~66,5
기타구간 (휴게소 부지)	3,2~6,6	12,8~17,2

분석결과
• 지하수위 측정결과 터널구간 GL,- 3,5~17,6m, 기타구간 : GL,- 3,2~6,6m 범위로 분포

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개요
• 자중변 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하점도 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 • 점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastometer-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 시험결과

구 분	공 번	시험심도 (GL,-m)	지 층	암 종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2,0	풍화토	-	96,3	111,9
	TB-2	11,0	연 암	화강편마암	980,3	1,166,2
	TB-3	13,0	풍화암	-	156,1	231,1
	TB-3	17,0	연 암	화강편마암	598,9	908,3

○ 결과분석

구 분	변형계수(D, MPa)			탄성계수(E, MPa)		
	풍화토	풍화암	연 암	풍화토	풍화암	연 암
성라터널	96,3	156,1	598,9~980,3	111,9	231,1	908,3~1,166,2

분석결과
• 풍화토의 변형계수는 96,3MPa, 풍화암은 156,1MPa, 연암은 598,9~980,3MPa에 해당하나 암질상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

개요
• 풍화대중에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 실제지반점수 자료로 활용 → 풍화대의 원지반 점착력(C)과 내부마찰각(φ) 측정

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL,-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3,0	풍화토	22,5	28,1
	TB-3	12,0	풍화암	31,1	31,4

○ 결과분석

구 분	점착력(c, kPa)		마찰각(φ, °)	
	풍화토	풍화암	풍화토	풍화암
성라터널	22,5	31,1	28,1	31,4

분석결과
• 시험결과 점착력(c)는 풍화토 22,5kPa, 풍화암 31,1kPa로 산정되며, 마찰각(φ)은 풍화토 28,1°, 풍화암 31,4°로 나타남

4.2.2 투수시험

개요
• 조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 • 지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

○ 시험결과

구 분	공 번	시험구간 (GL,-m)	지 층	통과분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL,-m)
성라터널	TB-1	2,0 ~ 3,0	풍화토	SM	1,95×10 ⁻⁶	7,4
	TB-2	2,0 ~ 3,0	풍화토	SM	3,08×10 ⁻⁶	6,1
	TB-3	12,0 ~ 13,0	풍화암	-	4,53×10 ⁻⁶	17,0
	TB-4	8,0 ~ 9,0	풍화토	SM	2,07×10 ⁻⁶	15,5

○ 결과분석

구 분	투수계수	
	풍 화 토	풍 화 암
성라터널	1,96×10 ⁻⁶ ~ 3,08×10 ⁻⁶ cm/s	4,53×10 ⁻⁶ cm/s

4.2.3 수압시험

개요
• 터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 패턴을 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL,-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB-1	7,0 ~ 12,0	연 암	3,06×10 ⁻⁶	0,11	Dilation
	TB-2	16,0 ~ 21,0	경 암	1,28×10 ⁻⁶	0,08	Dilation
	TB-3	20,0 ~ 25,0	경 암	2,49×10 ⁻⁶	0,04	Dilation
	TB-6	6,0 ~ 11,0	연 암	4,76×10 ⁻⁶	0,14	Dilation

○ 결과분석

구 분	투수계수(cm/s)		평균 Lugeon	
	연 암	경 암	연 암	0경 암
성라터널	3,06×10 ⁻⁶ ~4,76×10 ⁻⁶	1,28×10 ⁻⁶ ~2,49×10 ⁻⁶	0,11~0,14	0,04~0,08

2.2.2 시설물 점검이력

가. 서울방향

대상시설물은 1종 시설물로서 2020년 11월 준공이후 기준에 따라 3회(정기안전점검 3회)의 점검을 주기적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 2.2.2】 성라산터널(서울) 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	721	성라산터널(서울)의 외관조사 결과, 라이닝 천단부 들뜸, 측벽부 박락, 공동구 박락 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡 및 초기건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 03. 22 2021. 06. 30	이상훈	양호	단면보수
2	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	721	성라산터널(서울)의 외관조사 결과 갭문 배면배수로균열(0.3mm이상), 라이닝 천단부 들뜸, 폐콘크리트미제거, 측벽부 박락, 공동구 박락, 덮개파손 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡 및 초기건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 08. 23 2021. 11. 24	이상훈	양호	주입보수, 단면보수, 정비
3	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	721	- 갭문 배면배수로균열(0.3mm이상) - 포장부 들뜸 - 라이닝 콘크리트 천단부 들뜸, 폐콘크리트미제거, 측벽부 박락 - 공동구 박락, 덮개파손
	2022. 03. 02 2022. 06. 15	손기영	양호	주입보수, 단면보수, 정비

나. 문산방향

대상시설물은 1종 시설물로서 2020년 11월 준공이후 기준에 따라 3회(정기안전점검 3회)의 점검을 주기적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 2.2.3】 성라산터널(문산) 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	673	성라산터널(문산)의 외관조사 결과, 라이닝 천단부 백태, 들뜸, 측벽부 균힘, 공동구 박락 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡 및 초기건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 03. 22 2021. 06. 30	이상훈	양호	백태보수, 단면보수
2	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	673	성라산터널(문산)의 외관조사 결과 라이닝 천단부 백태, 균열(0.3mm이상), 들뜸, 측벽부 균힘, 공동구 박락 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡 및 초기건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 08. 23 2021. 11. 24	이상훈	양호	주입보수, 백태보수, 단면보수
3	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	673	- 라이닝 콘크리트 천단부 백태, 균열(0.3mm이상) 들뜸, 재들뜸 - 라이닝 콘크리트 측벽부 균힘 - 공동구 덮개파손
	2022. 03. 02 2022. 06. 15	손기영	양호	주입보수, 백태보수, 단면보수

2.2.3 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

가. 서울방향

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 측점분할 및 부재치수를 실측하여 설계도면과 비교·검토하였으며, 시공상태를 확인함. 설계도면과 일치시 설계도면을 기준으로 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○시설물관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장조사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경사항 등에 관한 검토를 통해 적합한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과, 라이닝에 발생한 일부 손상에 대해서는 진전여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하고, 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향을 설정하였다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기안전점검은 총 3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

나. 문산방향

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 측점분할 및 부재치수를 실측하여 설계도면과 비교·검토하였으며, 시공상태를 확인함. 설계도면과 일치시 설계도면을 기준으로 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○시설물관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장조사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경사항 등에 관한 검토를 통해 적합한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과, 라이닝에 발생한 일부 손상에 대해서는 진전여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하고, 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향을 설정하였다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기안전점검은 총 3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

2.2.4 시설물 보수 이력

가. 서울방향

【표 2.2.4】 성라산터널(서울) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

나. 문산방향

【표 2.2.5】 성라산터널(문산) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

2.2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 2.2.6】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
· 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미 실시 된 것으로 확인되었다.			

2.3 현장조사

2.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 검토 자료를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 현장조사를 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S01~S32(서울) S01~S28(문산)	도보, 고소점검차	2022.10.12	
			
통제 전경		고소점검차를 이용한 근접조사	
			
터널 라이닝 비파괴시험		터널 라이닝 비파괴시험	

【그림 2.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

나. 터널 구간 분할

정밀안전점검을 위한 외관조사, 비파괴 시험, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위하여 측점분할 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 터널 내에 측점포시 또는 구간이 명확하게 구분되어 있지 않는 경우는 구간분할에 따른 오차를 최소화할 수 있도록 구분되어야 하며 통상적으로 현장에서 직접 확인이 가능한 시공(신축)이음부를 기준으로 분할하는 것이 타당하다. 본 터널은 서울방향 257.0m(32SPAN), 문산방향 240.0m(28SPAN)로 다음 그림과 같이 분할하였다.

SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근
S01	3.8	철근	S12	8.9	무근	S23	8.9	철근
S02	8.9	철근	S13	9.1	무근	S24	8.9	철근
S03	9.1	철근	S14	8.9	무근	S25	9.0	철근
S04	9.0	철근	S15	8.9	무근	S26	8.8	철근
S05	8.9	철근	S16	9.0	무근	S27	8.7	철근
S06	9.0	철근	S17	9.0	철근	S28	8.6	철근
S07	8.9	철근	S18	8.8	철근	S29	8.4	철근
S08	9.1	무근	S19	8.9	철근	S30	9.1	철근
S09	8.8	무근	S20	9.4	철근	S31	4.8	철근
S10	9.0	무근	S21	8.6	철근	S32	3.3	철근
S11	8.9	무근	S22	8.9	철근	—		

【그림 2.3.2】 서울방향 Span별 시공현황

SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근
S01	8.2	철근	S11	9.0	무근	S21	9.1	철근
S02	9.1	철근	S12	8.8	무근	S22	9.0	철근
S03	6.7	철근	S13	9.0	무근	S23	8.9	철근
S04	7.9	철근	S14	8.9	무근	S24	9.0	철근
S05	8.9	무근	S15	8.9	무근	S25	9.1	철근
S06	8.8	무근	S16	8.9	철근	S26	9.0	철근
S07	8.9	무근	S17	9.1	철근	S27	8.6	철근
S08	9.0	무근	S18	9.0	철근	S28	8.2	철근
S09	8.9	무근	S19	9.0	철근	—		
S10	8.8	무근	S20	9.1	철근	—		

【그림 2.3.3】 문산방향 Span별 시공현황

2.3.2 서울방향 외관조사 결과

가. 라이닝 천단부

본 터널의 라이닝 두께는 350mm이며, 천단부 외관조사시 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다. 주요 점검사항으로는 라이닝 균열 및 누수여부, 조인트부 박리, 박락, 철근노출 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.1】 라이닝 천단부 전경

1) 조사결과

- 천단부는 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 조인트부 들뜸 손상이 조사되었으며, 국부적으로 페콘 크리트 미제거 손상이 확인되었다.

【표 2.3.1】 라이닝 천단부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	10.0	1	건조수축 및 온도변화	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	130.0	13	건조수축 및 온도변화	
	콘크리트 들뜸	m ²	1.69	19	거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	
	페콘크리트 미제거	m ²	0.45	1	마감 미흡	

			
현 황	S09 천단부 균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S05 천단부 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	주입보수	대 책	주입보수
			
현 황	S29 천단부 재균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S10 천단부 콘크리트 들뜸
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	거푸집 조기탈형, 다짐불량
대 책	주입보수	대 책	단면보수
			
현 황	S26 천단부 콘크리트 들뜸	현 황	S02 천단부 폐콘크리트 미제거
원 인	거푸집 조기탈형, 다짐불량	원 인	마감 미흡
대 책	단면보수	대 책	정비

【사진 2.3.2】 라이닝 천단부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 천단부에 발생한 주요손상은 종방향 균열이며, 기 손상은 경화된 이후 온도변화에 따른 건조수축으로 인한 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 표면보수, 주입보수 등의 적절한 조치가 필요하다.
- 조인트부에 발생한 들뜸의 경우 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 내구성 확보 차원의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 페콘크리트 미제거 손상은 시공이후 마감 미흡에 따른 현황으로, 손상부 탈락시 주행차량에 낙하우려가 있으므로 조치를 실시하는 것이 바람직하다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 라이닝 측벽부

본 터널의 측벽부는 미관을 고려한 도장재료로 표면을 마감하였으며, 운전자의 편안한 시야를 위해 흰색 계열의 도장재를 사용하였다. 측벽부 외관조사시 라이닝 측벽부 균열 및 누수여부, 박리 및 박락, 철근노출 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.3】 라이닝 측벽부 전경

1) 조사결과

- 측벽부는 균열(폭 0.3mm미만, 이상), 망상균열과 국부적으로 콘크리트 들뜸 손상이 조사되었다. 또한, 금회 조사에서 라이닝에 망상균열이 추가 발생된 것으로 조사되었다.

【표 2.3.2】 라이닝 측벽부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	28.0	4	건조수축 및 온도변화	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	7.0	2	건조수축 및 온도변화	
	망상균열	m ²	161.0	18	건조수축 및 온도변화	
	콘크리트 들뜸	m ²	0.15	2	거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	

			
현 황	S03 측벽부 망상균열	현 황	S09 측벽부 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	표면처리	대 책	주입보수
			
현 황	S28 측벽부 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	S31 측벽부 들뜸
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	거푸집 조기탈형, 하단부 응력집중
대 책	표면처리	대 책	단면보수

【사진 2.3.4】 라이닝 측벽부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 측벽부에 발생한 주요 손상은 균열 및 망상균열이며, 국부적으로 조인트부 들뜸 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공초기 건조수축 및 표면 양생미흡, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생한 것으로 판단된다.
- 조사된 균열은 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수, 주입보수 등의 조치가 필요하다.
- 조인트부에 발생한 들뜸은 콘크리트 라이닝의 내구성 저하방지를 위한 단면보수 등의 조치가 요구된다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

다. 터널주변

1) 갭문

본 터널의 갭문은 시·종점부 모두 면벽 형식으로 시공되어있다.



【사진 2.3.5】 갭문 전경

① 조사결과

갭문 외관조사 결과, 기 점검이후 균열 손상에 대한 보수가 실시된 상태이며, 배수로는 일부 구간에 균열부 백태, 파손 손상이 조사되었다. 또한, 갭문 측면 점검계단은 하부 토사가 강우로 인한 침식으로 표층유실이 발생되었으며, 이로 인해 배수로 하단에 토사퇴적, 점검계단 유실이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 2.3.3】 갯문 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	m	4.0	2	건조수축 및 온도변화	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	3.0	1	건조수축 및 온도변화	
	배수로 균열(cw=0.3mm이상)	m	1.0	1	건조수축 및 온도변화	

			
현 황	시점측 갯문 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	종점측 갯문 배수로 전경
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	—
대 책	표면처리	대 책	—
			
현 황	종점측 갯문 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	종점측 갯문 배수로 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	표면처리	대 책	주입보수

【사진 2.3.6】 갯문 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

갯문의 경우 균열 및 배수로 균열 손상이 조사되었으며, 초기 건조수축 및 온도변화에 의한 것으로 판단되며, 손상 확대 방지를 위한 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 사면

본 터널준공 이후 지형의 변화나 사면활동 등의 외형적인 변화는 없는 것으로 관찰되었으며, 안전성에 위해한 요소는 없는 것으로 조사되었다. 터널부 사면의 외관조사시 사면의 파괴징후 및 손상 발생여부에 대해 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.7】 사면 전경

① 조사결과

사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 사면의 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.3.4】 사면 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
사면	상태양호	—	—	—	—	

② 손상 발생원인 및 대책방안

갯문 주위 사면 상태는 양호한 상태이며, 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

3) 공동구 및 배수시설

본 터널의 좌·우벽체 하단부에 위치한 공동구 및 배수시설에 대한 효율적인 유지관리를 위해 설치된 시설물로 공동구 덮개 파손, 본체 콘크리트 파손, 배수구 막힘 등에 주안점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.8】 공동구 및 배수시설 전경

① 조사결과

공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 공동구는 기 점검이후 균열손상은 보수가 실시되었으며, 덮개 파손이 일부 조사되었다. 배수시설의 경우 대체로 양호한 것으로 조사되었다.

【표 2.3.5】 공동구 및 배수시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
공동구	덮개 파손, 박락	EA	2	2	공용중 외부충격	
	박락	m ²	0.03	1	외부 충격	

			
현 황	S07 공동구 덮개 파손	현 황	S13 공동구 박락
원 인	공용중 외부충격	원 인	공용중 외부충격
대 책	덮개 교체	대 책	단면보수

【사진 2.3.9】 공동구 및 배수시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

공동구에 발생한 덮개 파손 및 박락 손상은 공용중 외부충격 등에 의한 것으로 판단되며, 공동구는 점검자의 안전점검시 보도로서 활용하는 만큼 안전사고 예방차원에서 조치가 필요하고, 박락 손상은 내구성 저하방지를 위한 보수를 실시한다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

라. 부대시설

1) 포장부

본 터널의 포장부는 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 운전자 시선 유도효과 및 소음감소, 운전 편의성 향상, 주행 차량의 접지력 향상을 목적으로 차량의 주행방향과 나란하게 종방향 타이닝을 시공한 상태이다. 포장부 외관조사 시, 균열 및 파손, 토사퇴적, 포장패임 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.10】 포장부 전경

① 조사결과

포장부 외관조사 결과, 전반적으로 손상이 없는 상태로 확인되었으며, 일부 구간에서 경미한 들뜸 손상이 조사되었다.

【표 2.3.6】 포장부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
포장부	들뜸	m ²	0.02	1	공용년수 증가로 인한 재료열화	

현 황	포장부 전반적으로 상태양호	현 황	S36 포장부 갓길측 들뜸
원 인	—	원 인	공용년수 증가로 인한 재료열화
대 책	—	대 책	단면보수

【사진 2.3.11】 포장부 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

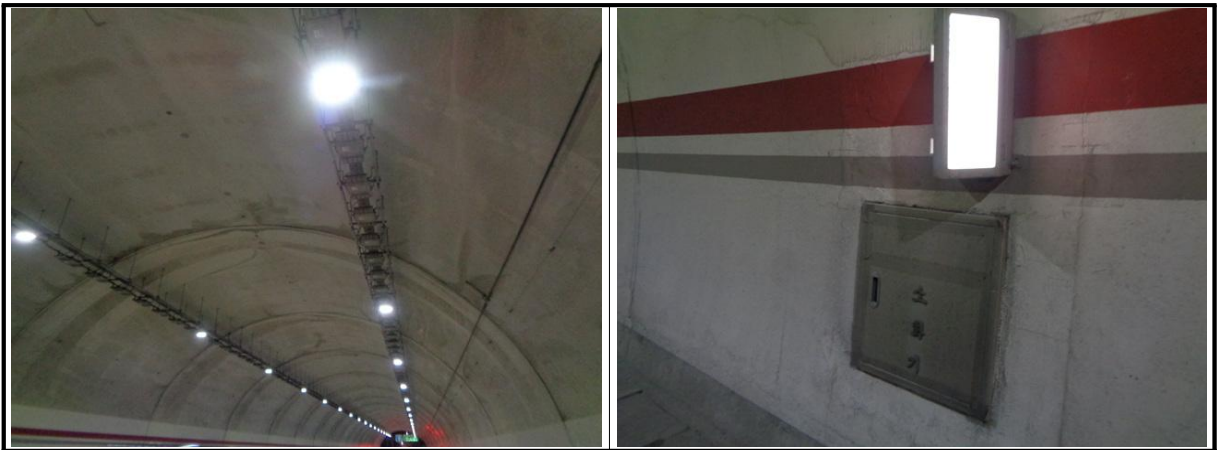
콘크리트 포장에 발생한 들뜸은 공용년수 증가로 인한 재료열화, 시공이음부 구간 시공미흡에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 범위는 경미하며, 시급한 보수보다는 주의관찰 후 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 기타 부속시설

본 터널의 부속시설은 조명시설, 소화시설, 이정표지판 등이 설치되어 있다.



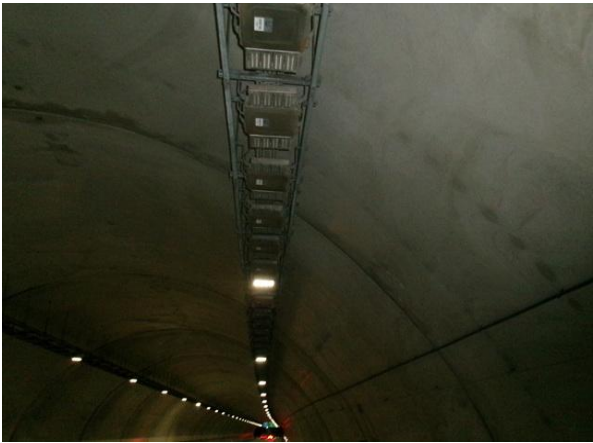
【사진 2.3.12】 기타 부속시설 전경

① 조사결과

터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 그 외 구간은 차량 운행에 대한 충분한 조도를 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 터널 내부 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

【표 2.3.7】 기타 부속시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
부속시설	상태양호	—	—	—	—	

			
현 황	조명시설 상태양호	현 황	소화시설 상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

【사진 2.3.13】 기타 부속시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

터널의 부속시설에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2.3.3 문산방향 외관조사 결과

가. 라이닝 천단부

본 터널의 라이닝 두께는 350mm이며, 천단부 외관조사시 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였으며, 라이닝 균열 및 누수여부, 박리, 박락, 철근노출, 배부름 및 변형 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



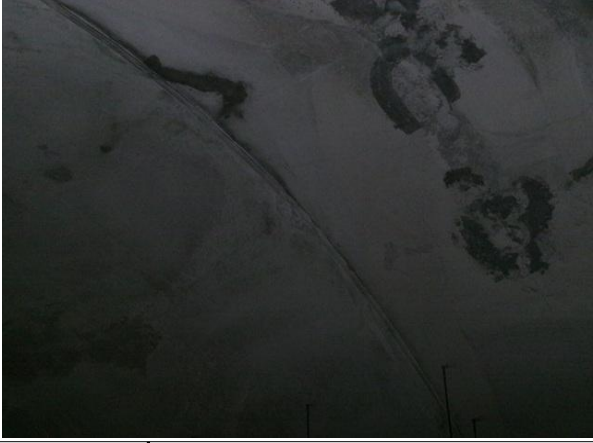
【사진 2.3.14】 라이닝 천단부 전경

1) 조사결과

- 천단부는 균열 및 재균열(폭 0.3mm미만, 이상), 종점부 누수, 국부적으로 콘크리트 들뜸 손상이 조사되었다.

【표 2.3.8】 라이닝 천단부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	9.0	1	건조수축 및 온도변화	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	77.0	9	건조수축 및 온도변화	
	백태, 누수흔적	m ²	0.63	5	균열부 우수유입, 우수흔적	
	조인트부 들뜸, 재들뜸, 박락	m ²	0.65	11	거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	
	실링재 미시공	m	12.0	1	시공미흡	

			
현 황	S05 천단부 균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S11 천단부 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	주입보수	대 책	주입보수
			
현 황	S11 천단부 조인트부 들뜸	현 황	S01 천단부 누수흔적
원 인	거푸집 조기탈형, 다짐불량	원 인	갱문주변 우수유입
대 책	단면보수	대 책	주의관찰 후 조치
			
현 황	S03 천단부 백태	현 황	S28 천단부 실링재 미시공
원 인	손상부 우수유입	원 인	시공 미흡
대 책	표면처리	대 책	실란트 재시공

【사진 2.3.15】 라이닝 천단부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 천단부에 발생한 주요손상은 균열이며, 콘크리트 경화이후 온도변화에 따른 건조수축으로 인한 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 조인트부에 발생한 들뜸은 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축, 보수재료의 열화 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 손상부의 진전으로 콘크리트 낙하시 2차피해가 우려되므로 단면보수 등의 조치를 실시한다.
- 백태, 누수흔적 손상은 손상부 우수유입이 원인인 것으로 판단되며, 백태 손상은 손상 확대방지를 위한 보수를 실시하고, 누수흔적 손상은 경미한 상태로, 시급한 보수보다는 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 라이닝 측벽부

본 터널의 측벽부는 미관을 고려한 도장재료로 표면을 마감하였으며, 운전자의 편안한 시야를 위해 흰색 계열의 도장재를 사용하였다. 측벽부 외관조사시 라이닝 측벽부 균열 및 누수여부, 박리 및 박락, 철근노출 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



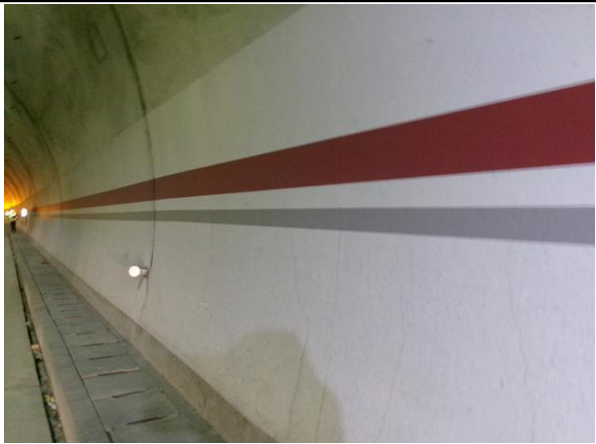
【사진 2.3.16】 라이닝 측벽부 전경

1) 조사결과

- 측벽부에 발생한 주요 손상은 망상균열이며, 국부적으로 균열(폭 0.3mm미만, 이상), 백태, 긁힘, 누수 등의 손상이 조사되었다.

【표 2.3.9】 라이닝 측벽부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm이상)	m	2.0	1	건조수축 및 온도변화	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	3.0	1	건조수축 및 온도변화	
	망상균열	m ²	594.0	33	건조수축 및 온도변화	
	균열부 백태	m ²	0.05	1	균열부 우수유입	
	긁힘	m ²	1.2	1	외부 충격	
	누수	EA	2	2	라이닝 내부 방수시트 국부손상	

			
현 황	S13 측벽부 망상균열	현 황	S16 측벽부 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	표면처리	대 책	주입보수
			
현 황	S28 측벽부 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	S27 측벽부 균열부 백태
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	균열부 우수유입
대 책	표면처리	대 책	표면처리

【사진 2.3.17】 라이닝 측벽부 손상현황

			
현 황	S27 측벽부 조인트부 누수	현 황	S28 측벽부 조인트부 누수
원 인	라이닝 내부 방수시트 국부손상	원 인	라이닝 내부 방수시트 국부손상
대 책	주의관찰	대 책	주의관찰

【사진 2.3.17】 라이닝 측벽부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 측벽부에 발생한 균열 및 망상균열 손상은 시공초기 건조수축 및 표면 양생미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 측벽부 발생한 균열부 백태는 라이닝에 발생한 균열부에 우수유입으로 인해 발생한 손상으로 구조물의 안전성에 미치는 영향은 적으나, 내구성 확보차원의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 측벽부 하단에 발생한 누수손상은 스며있는 상태이며, 내부 방수시트의 접합부의 수밀성 부족, 방수시트의 국부적인 손상이 원인인 것으로 판단된다. 현재는 경미한 상태이며, 시급한 보수보다는 지속적으로 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

다. 터널주변

1) 갯문

본 터널의 갯문은 시·종점부 모두 면벽 형식으로 시공되어있다.



【사진 2.3.18】 갯문 전경

① 조사결과

갯문 외관조사 결과, 기 점검이후 손상의 진전은 없는 대체로 양호한 상태이며, 시·중점측 갯문에서 일부 균열 손상이 확인되었다.

【표 2.3.10】 갯문 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	m	6.0	3	건조수축 및 온도변화	

현 황	시점측 갯문 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	중점측 갯문 균열(cw=0.3mm미만)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	표면처리	대 책	표면처리

【사진 2.3.19】 갯문 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

개문의 경우 시·중점측 균열 손상이 발생하였으며, 시공초기 건조수축으로 인해 발생된 비 구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 손상은 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 사면

본 터널준공 이후 지형의 변화나 사면활동 등의 외형적인 변화는 없는 것으로 관찰되었으며, 안전성에 위해한 요소는 없는 것으로 판단된다. 터널부 사면의 외관조사시 사면의 파괴징후 및 손상 발생여부에 대해 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.20】 사면 전경

① 조사결과

사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 상태로 조사되었다.

【표 2.3.11】 사면 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
사면	상태양호	—	—	—	—	

② 손상 발생원인 및 대책방안

터널 사면의 경우 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

3) 공동구 및 배수시설

본 터널의 좌·우벽체 하단부에 위치한 공동구 및 배수시설에 대한 효율적인 유지관리를 위해 설치된 시설물로 공동구 덮개 파손, 본체 콘크리트 파손, 배수구 막힘 등에 주안점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.21】 공동구 및 배수시설 전경

① 조사결과

공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 공동구는 균열 손상에 대한 보수가 실시되었으며, 일부 구간에서 파손이 조사되었다. 배수시설의 경우 전반적으로 양호한 상태이다.

【표 2.3.12】 공동구 및 배수시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
공동구	파손	m ²	0.02	1	공용중 외부충격	

			
현 황	S12 공동구 파손	현 황	S08 공동구 상태양호
원 인	공용중 외부충격	원 인	-
대 책	단면보수	대 책	-

【사진 2.3.22】 공동구 및 배수시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

공동구는 공용중 외부 충격 등에 의해 파손이 조사되었으며, 기 발생한 손상은 점검자의 안전사고 예방차원에서 보수가 필요하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

라. 부대시설

1) 포장부

본 터널의 포장부는 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 운전자 시선 유도효과 및 소음감소, 운전 편의성 향상, 주행 접지력 향상을 목적으로 차량의 주행방향과 수평하게 종방향 타이닝으로 시공된 상태이다. 포장부 외관조사 시, 균열 및 파손, 토사퇴적, 포장패임 등에 중점을 두고 외관 조사를 실시하였다.



【사진 2.3.23】 포장부 전경

① 조사결과

포장부 외관조사 결과, 갓길측에 발생한 균열 손상은 일부 보수가 실시된 것으로 조사되었으며, 그 외 균열, 파손 등의 손상이 발생한 것으로 확인되었다.

【표 2.3.13】 포장부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
포장부	망상균열	m ²	4.0	1	건조수축 및 온도변화	
	파손	m ²	2.0	1	중차량 반복통행, 공용기간 증가	

현 황	S04 포장부 망상균열	현 황	S18 포장부 갓길측 파손
원 인	표면 건조수축, 지속적인 차량통행	원 인	공용기간 증가
대 책	표면처리	대 책	단면보수

【사진 2.3.24】 포장부 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

콘크리트 포장에 발생한 망상균열, 파손 등은 건조수축 및 온도변화, 중차량의 반복통행에 의해 발생한 것으로 판단되며, 기 발생한 손상은 통과차량의 주행성 확보를 위해 보수가 필요하며, 보수 후에도 차량하중으로 인한 재손상이 우려되므로 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 기타 부속시설

본 터널의 부속시설은 조명시설, 소화시설, 이정표지판 등이 설치되어 있다.



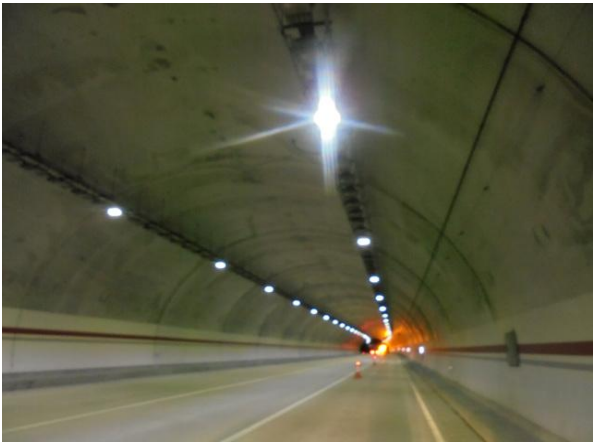
【사진 2.3.25】 기타 부속시설 전경

① 조사결과

터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 터널내부 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

【표 2.3.14】 기타 부속시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
부속시설	상태양호	—	—	—	—	

			
현 황	조명시설 상태양호	현 황	소화시설 상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

【사진 2.3.26】 기타 부속시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

터널의 부속시설에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2.3.4 외관조사 총괄표

가. 서울방향

【표 2.3.15】 서울방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	10.0	1	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	130.0	13	
	콘크리트 들뜸	m ²	1.69	19	
	폐콘크리트 미제거	m ²	0.45	1	
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	28.0	4	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	7.0	2	
	망상균열	m ²	161.0	18	
	콘크리트 들뜸	m ²	0.15	2	
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	m	4.0	2	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	3.0	1	
	배수로 균열 (cw=0.3mm이상)	m	1.0	1	
공동구	덜개 파손, 박락	EA	2	2	
	박락	m ²	0.03	1	
포장부	들뜸	m ²	0.02	1	

나. 문산방향

【표 2.3.16】 문산방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	9.0	1	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	77.0	9	
	백태, 누수흔적	m ²	0.63	5	
	조인트부 들뜸, 채들뜸, 박락	m ²	0.65	11	
	실링재 미시공	m	12.0	1	
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	2.0	1	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	3.0	1	
	망상균열	m ²	594.0	33	
	균열부 백태	m ²	0.05	1	
	긁힘	m ²	1.2	1	
	누수	EA	2	2	
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	m	6.0	3	
공동구	파손	m ²	0.02	1	
포장부	망상균열	m ²	4.0	1	
	파손	m ²	2.0	1	

2.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

2.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 2.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

구분	분석방법	기준수량			실행수량
측점분할	—	5~20m 간격			
반발경도 시험	반발경도법	총수량 = (총연장 ÷ 300)개소	2개소		2개소
탄산화깊이 측정	페놀프탈레인법	총연장 1,000미만 = 2개소 총연장 1,000이상 최소 2개소 + 1,000m당 1개소 추가	2개소		2개소

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

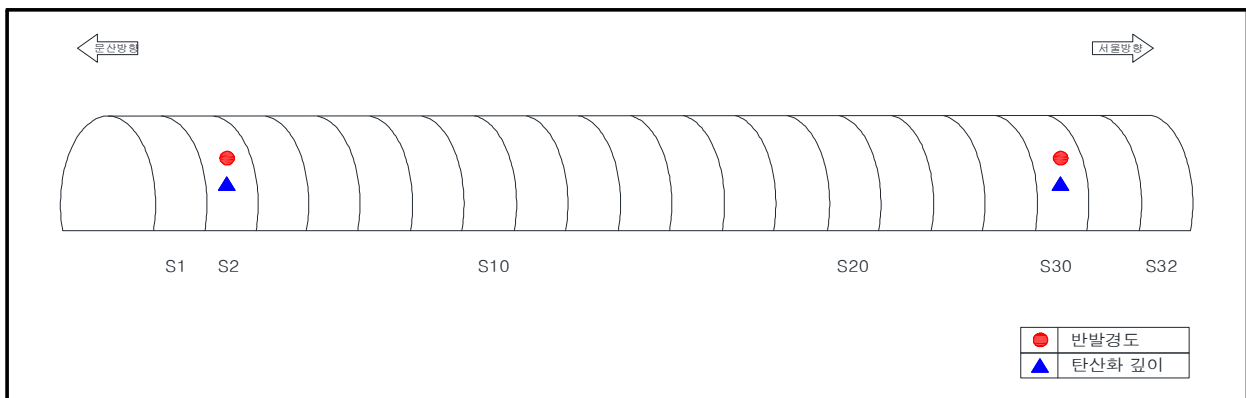
콘크리트 강도 등 시공정밀도 검증이 필요한 재료시험은 내구성 시험의 정확한 값을 얻기 위하여 접근성이 용이하고 콘크리트의 요철 및 곰보자국 등을 피하여 외관상 양호한 곳을 선정하여 내구성 시험을 실시하였다. 따라서 본 터널의 내구성 시험은 고소작업차를 이용하여 천단부 등의 주요부재를 중심으로 우선적으로 선정하여 시험위치를 정하였다.

다. 조사 사진

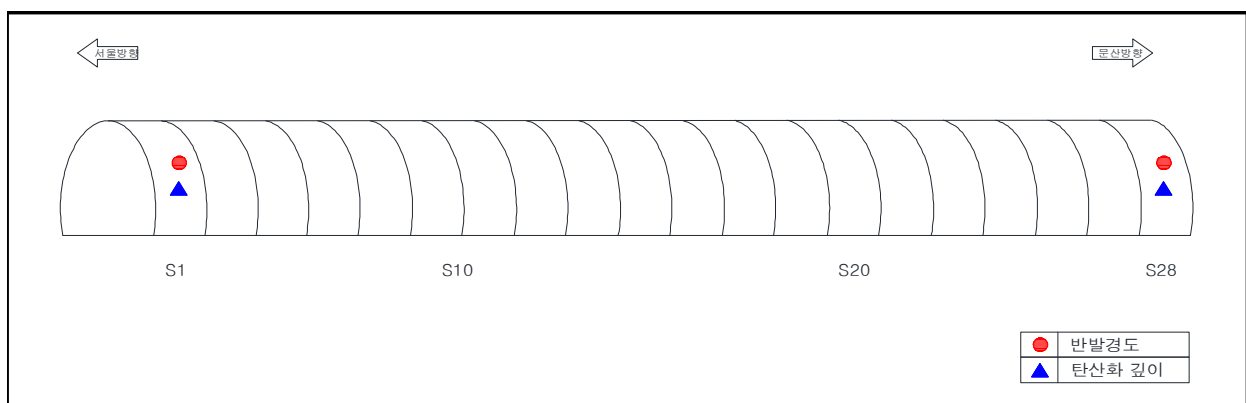


【사진 2.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 2.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(서울)



【그림 2.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(문산)

2.4.2 시험결과 및 분석

가. 서울방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 콘크리트 라이닝에서 반발경도시험을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 2.4.2】 콘크리트 라이닝 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험	반발경도법(MPa)			설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
라 이 닝	S2 라이닝	45.3	26.4	28.3	0.67	24.0	
	S30 라이닝	44.8	26.1	28.0	0.67		
	평 균	44.4	26.3	28.2	—		

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.3~28.2MPa로 측정 되었으며, 금회 실시한 비파괴 강도는 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단 된다.

따라서, 금회 시험을 실시한 라이닝 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 2.4.3】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
라이닝	반발경도법	26.3~28.2	24.0	109.5~117.7

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 2.4.4】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
라 이 닝	S2	2.0	60.0	58.0	1.41	100년이상	a
	S30	4.0	60.0	56.0	2.83	100년이상	a

측정결과, 탄산화깊이는 2.0mm~4.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 2.4.5】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
라이닝	2.0~4.0	56.0~58.0	

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 문산방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 콘크리트 라이닝에서 반발경도시험을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 2.4.6】 콘크리트 라이닝 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험	반발경도법(MPa)			설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
라 이 닝	S1 라이닝	45.5	26.6	28.4	0.67	24.0	
	S28 라이닝	44.4	25.7	27.8	0.67		
	평 균	45.0	26.2	28.1	—		

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.2~28.1MPa로 측정 되었으며, 금회 실시한 비파괴 강도는 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단 된다.

따라서, 금회 시험을 실시한 라이닝 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 2.4.7】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
라이닝	반발경도법	26.2~28.1	24.0	109.2~117.1

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 2.4.8】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
라 이 닝	S1	2.5	60.0	57.5	1.77	100년이상	a
	S28	3.0	60.0	57.0	2.12	100년이상	a

측정결과, 탄산화깊이는 2.5~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 2.4.9】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
라이닝	2.5~3.0	57.0~57.5	

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2.5 현장조사 및 시험 결과요약

2.5.1 서울방향

가. 외관조사 결과요약

【표 2.5.1】 외관조사 결과요약

구 분	결함내용 및 손상 열화내용		원인	단위	물량	개소	조치방안
라이닝 천단부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	54.0	8	표면보수
		cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	53.0	8	주입보수
	콘크리트 들뜸		거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	m ²	1.69	19	단면보수
	폐콘크리트 미제거		마감 미흡	m ²	0.45	1	정비
라이닝 측벽부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	28.0	4	표면보수
		cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	7.0	2	주입보수
	망상균열		건조수축 및 온도변화	m ²	161.0	18	표면보수
	콘크리트 들뜸		거푸집 조기탈형, 다짐불량 하단부 응력집중	m ²	0.15	2	단면보수
갯문	균열(cw=0.3mm미만)		건조수축 및 온도변화	m ²	4.0	2	표면보수
	균열(cw=0.3mm이상)		건조수축 및 온도변화	m ²	3.0	1	주입보수
	배수로 균열 (cw=0.3mm이상)		건조수축 및 온도변화	m ²	1.0	1	주입보수
공동구	덮개 파손		외부충격	EA	2	2	재설치
	박락		공용년수 증가로 인한 재료열화	m ²	0.03	1	단면보수
포장부	들뜸		공용년수 증가로 인한 재료열화	m ²	0.02	1	단면보수

나. 내구성조사 결과요약

【표 2.5.2】 내구성조사 결과요약

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				시험값	기준값	
성라산 터널 (서울)	비파괴 강도 (MPa)	반발 경도	라이닝	26.3~28.2	fck=24.0	• 설계강도를 만족하는 것으로 측정됨
	탄산화 깊이 (mm)	라이닝		56.0~58.0 (잔여깊이)	a 등급	• 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 없음

2.5.2 문산방향

가. 외관조사 결과요약

【표 2.5.4】 외관조사 결과요약

구 분	결함내용 및 손상 열화내용		원인	단위	물량	개소	조치방안
라이닝 천단부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	9.0	1	표면보수
		cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	77.0	9	주입보수
	백태, 누수흔적		균열부 우수유입, 우수흔적	m ²	0.63	5	표면보수
	조인트부 들뜸, 채들뜸, 박락		거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	m ²	0.65	11	단면보수
	실링재 미시공		시공미흡	m	12.0	1	실링
라이닝 측벽부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	2.0	1	표면보수
		cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	3.0	1	주입보수
	망상균열		건조수축 및 온도변화	m ²	594.0	33	표면보수
	균열부 백태		균열부 우수유입	m ²	0.05	1	표면보수
	긁힘		외부 충격	m ²	1.2	1	단면보수
	누수		라이닝 내부 방수시트 국부손상	EA	2	2	주의관찰
갯문	균열(cw=0.3mm미만)		건조수축 및 온도변화	m	6.0	3	표면보수
공동구	파손		공용중 외부충격	m ²	0.02	1	단면보수
포장부	망상균열		건조수축 및 온도변화	m ²	4.0	1	표면보수
	파손		중차량 반복통행, 공용기간 증가	m ²	2.0	1	단면보수

나. 내구성조사 결과요약

【표 2.5.5】 내구성조사 결과요약

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				시험값	기준값	
성라산 터널 (문산)	비파괴 강도 (MPa)	반발 경도	라이닝	26.2~28.1	fck=24.0	• 설계강도를 만족하는 것으로 측정됨
	탄산화 깊이 (mm)	라이닝		57.0~57.5 (잔여깊이)	a 등급	• 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 없음

2.6 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편 -2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

2.6.1 상태평가 등급산정

가. 서울방향

1) 구간분할

정밀점검을 위한 외관조사, 각종 내구성조사, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위해서는 구조형식별 분류 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 본 시설물은 NATM형식의 터널로 시공되었으며 철근구간과 무근구간, 부가시설물에 대한 스판 개소를 고려하여 상태평가를 진행하였으며, 구조물의 상태평가 등급 산정을 위한 구간분할 현황은 다음과 같다.

【표 2.6.1】 서울방향 구간현황

구 분	구조형식	SPAN	구조형식별 가중치 적용	비고
성라산터널 (서울)	NATM(철근)	S01~S07, S17~S32	철근콘크리트 구간	
	NATM(무근)	S08~S16	무근콘크리트 구간	

2) 시설물의 상태등급

① 철근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 2.6.2】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재 질 열 화						결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료 분리	철근 노출	탄산화		
S1~S3	b	a	a	a	a	b	a	a	a	4	a
S4~S5	b	a	b	a	b	a	a	a	—	4	a
S6~S7	d	a	a	a	b	a	a	a	—	8	b

【표 2.6.2】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과(계속)

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리	철근노출	탄산화		
S17~S19	c	a	a	a	b	a	a	a	—	6	b
S20~S22	b	a	b	a	a	a	a	a	—	4	a
S23~S25	b	a	b	a	b	a	a	a	—	4	a
S26~S28	b	a	b	a	a	a	a	a	—	4	a
S29~S32	c	a	b	a	b	a	a	a	a	6	b

② 무근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 2.6.3】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화				결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리		
S8~S10	c	a	b	a	b	a	a	7	b
S11~S13	c	a	a	a	b	a	a	7	b
S14~S16	c	a	b	a	b	a	a	7	b

나. 문산방향

1) 구간분할

정밀점검을 위한 외관조사, 각종 내구성조사, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위해서는 구조형식별 분류 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 본 시설물은 NATM형식의 터널로 시공되었으며 철근구간과 무근구간, 부가시설물에 대한 스팬 개소를 고려하여 상태평가를 진행하였으며, 구조물의 상태평가 등급 산정을 위한 구간분할 현황은 다음과 같다.

【표 2.6.4】 문산방향 구간현황

구분	구조형식	SPAN	구조형식별 가중치 적용	비고
성라산터널 (문산)	NATM(철근)	S01~S04, S16~S28	철근콘크리트 구간	
	NATM(무근)	S05~S15	무근콘크리트 구간	

2) 시설물의 상태등급

① 철근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 2.6.5】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리	철근노출	탄산화		
S1~S2	a	a	b	a	a	a	a	a	a	0	a
S3~S4	b	a	a	a	a	b	a	a	—	4	a
S16~S18	c	a	b	a	b	a	a	a	—	8	b
S19~S21	b	a	b	a	b	a	a	a	—	4	a
S22~S24	b	a	a	a	a	a	a	a	—	4	a
S25~S26	b	a	b	a	b	a	a	a	—	4	a
S27~S28	b	a	a	a	a	a	a	a	a	4	a

② 무근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 2.6.6】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화				결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리		
S5~S7	c	a	b	a	b	a	a	6	b
S8~S10	c	a	b	a	b	a	a	7	b
S11~S13	b	a	a	a	b	a	a	4	a
S14~S15	c	a	a	a	a	a	a	7	b

2.6.2 상태평가 결과

가. 서울방향

1) 철근 콘크리트 상태평가 결과

철근콘크리트															
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화					주변상태						합계
				박리	충분 리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동 구 상태	특수 조건	탄산 화	
23	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	7.000
															0.163

2) 무근 콘크리트 상태평가 결과

무근콘크리트													
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화				주변상태					합계
				박리	충분리 박락	백태	재료 분리	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동구 상태	특수 조건	
9	7.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	9.000
													0.265

3) 터널 상태평가 결과

성라산터널(서울)					
구조물	구간별 결합지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결합점수 (F)	상태평가등급
철근콘크리트	0.163	178.5	0.697	0.194	B
무근콘크리트	0.265	77.5	0.303		

나. 문산방향

1) 철근 콘크리트 상태평가 결과

철근콘크리트															
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화					주변상태						합계
				박리	충분 리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동 구 상태	특수 조건	탄산 화	
17	4.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	6.000
															0.140

2) 무근 콘크리트 상태평가 결과

무근콘크리트													
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화				주변상태					합계
				박리	충분리 박락	백태	재료 분리	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동구 상태	특수 조건	
11	6.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	8.000
													0.235

3) 터널 상태평가 결과

성라산터널(문산)					
구조물	구간별 결합지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결합점수 (F)	상태평가등급
철근콘크리트	0.140	145.0	0.604	0.177	B
무근콘크리트	0.235	95.0	0.396		

2.6.3 상태평가 결과요약

본 과업대상은 초기점검 이후로 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 현장조사 및 시험을 토대로 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-터널편(2021.12)』에 따라 형식별로 상태평가를 실시한 후 서로 다른 가중치를 적용하여 환산결함도 점수를 산출하였다.

가. 서울방향

1) 상태평가 결과

상태평가 결과 결함지수 0.194로 “기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태”인 B 등급(양호, $0.15 < \text{결함지수} \leq 0.30$)으로 평가되었다.

2) 기 정밀점검 결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 문산방향

1) 상태평가 결과

상태평가 결과 결함지수 0.177로 “기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태”인 B 등급(양호, $0.15 < \text{결함지수} \leq 0.30$)으로 평가되었다.

2) 기 정밀점검 결과와의 비교

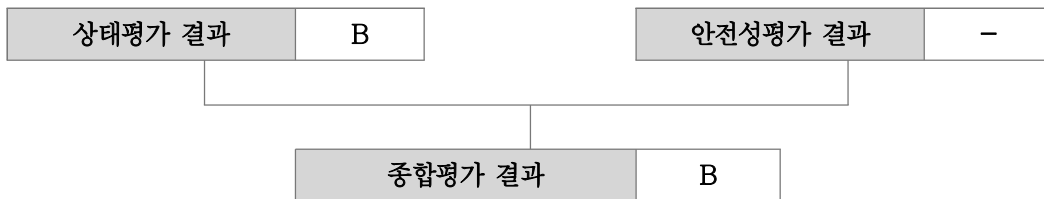
- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2.7 종합평가 및 안전등급 지정

2.7.1 종합평가 결과

가. 서울방향

본 과업은 정밀안전점검 과업으로서 안전성평가를 실시하지 않은 관계로 상태평가 결과를 종합평가 결과로 같음하였으며, 그 다음과 같다.

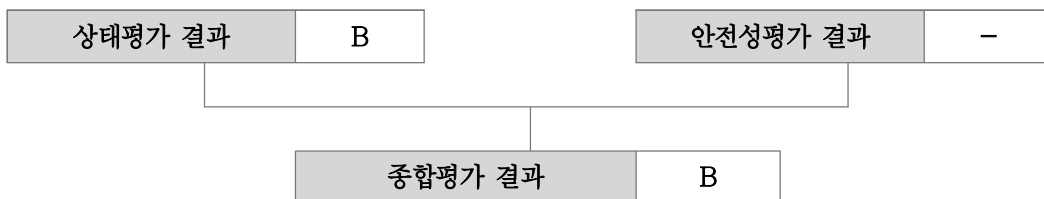


【그림 2.7.1】 종합평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 초기점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

나. 문산방향

본 과업은 정밀안전점검 과업으로서 안전성평가를 실시하지 않은 관계로 상태평가 결과를 종합평가 결과로 같음하였으며, 그 다음과 같다.



【그림 2.7.2】 종합평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 초기점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

2.7.2 안전등급 지정

가. 서울방향

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 “B등급” 으로 지정하였다.

【표 2.7.1】 서울방향 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

나. 문산방향

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 “B등급” 으로 지정하였다.

【표 2.7.2】 문산방향 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

2.8 보수·보강 및 유지관리방안

2.8.1 보수·보강 방안

가. 서울방향

【표 2.8.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	10.0	1	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	130.0	13	주입보수	하자
	콘크리트 들뜸	m ²	1.69	19	단면보수	하자
	폐콘크리트 미제거	m ²	0.45	1	정비	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	28.0	4	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	7.0	2	주입보수	하자
	망상균열	m ²	161.0	18	표면보수	하자
	콘크리트 들뜸	m ²	0.15	2	단면보수	하자
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	m	4.0	2	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	3.0	1	주입보수	하자
	배수로 균열 (cw=0.3mm이상)	m	1.0	1	주입보수	하자
공동구	덮개 파손, 박락	EA	2	2	재시공	하자
	박락	m ²	0.03	1	단면보수	하자
포장부	들뜸	m ²	0.02	1	단면보수	하자

나. 문산방향

【표 2.8.2】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	9.0	1	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	77.0	9	주입보수	하자
	백태, 누수흔적	m ²	0.63	5	표면보수	하자
	조인트부 들뜸, 재들뜸, 박락	m ²	0.65	11	단면보수	하자
	실링재 미시공	m	12.0	1	실란트 재시공	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	2.0	1	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	3.0	1	주입보수	하자
	망상균열	m ²	594.0	33	표면보수	하자
	균열부 백태	m ²	0.05	1	표면보수	하자
	긁힘	m ²	1.2	1	단면보수	하자
	누수	EA	2	2	주의관찰	하자
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	m	6.0	3	표면보수	하자
공동구	파손	m ²	0.02	1	단면보수	하자
포장부	망상균열	m ²	4.0	1	표면보수	하자
	파손	m ²	2.0	1	단면보수	하자

2.8.2 개략공사비

가. 서울방향

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 2.8.3】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상 내용	보수 방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	10.0	3.75	m²	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	130.0	195.00	m	—	—	하자
	콘크리트 들뜸	단면보수	1.69	2.54	m²	—	—	하자
	폐콘크리트 미제거	정비	0.45	0.68	m²	—	—	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	28.0	10.50	m²	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	7.0	10.50	m	—	—	하자
	망상균열	표면보수	161.0	241.50	m²	—	—	하자
	콘크리트 들뜸	단면보수	0.15	0.22	m²	—	—	하자
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	4.0	1.50	m²	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	3.0	4.50	m	—	—	하자
	배수로 균열 (cw=0.3mm이상)	주입보수	1.0	1.50	m	—	—	하자
공동구	덮개 파손, 박락	채시공	2	3.00	EA	—	—	하자
	박락	단면보수	0.03	6	m²	—	—	하자
포장부	들뜸	단면보수	0.02	0.03	m²	—	—	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		—		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		—		
	합계	—		—		—		
개략공사비 총계(천원)		—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

주3) 하자손상의 경우 금회 개략공사비에서 제외함.

나. 문산방향

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 2.8.4】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상 내용	보수 방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	9.0	13.50	m	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	77.0	115.50	m	—	—	하자
	백태, 누수흔적	표면보수	0.63	0.95	m ²	—	—	하자
	조인트부 들뜸, 재들뜸, 박락	단면보수	0.65	0.98	m ²	—	—	하자
	실링재 미시공	실란트 채시공	12.0	18.00	m	—	—	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	2.0	0.75	m ²	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	3.0	4.5	m	—	—	하자
	망상균열	표면보수	594.0	891.0	m ²	—	—	하자
	균열부 백태	표면보수	0.05	0.08	m ²	—	—	하자
	긁힘	단면보수	1.2	1.80	m ²	—	—	하자
	누수	주의관찰	2	3.00	EA	—	—	하자
갹문	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	6.0	2.25	m ²	—	—	하자
공동구	파손	단면보수	0.02	0.03	m ²	—	—	하자
포장부	망상균열	표면보수	4.0	6.00	m ²	—	—	하자
	파손	단면보수	2.0	3.00	m ²	—	—	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		—		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		—		
	합계	—		—		—		
개략공사비 총계(천원)		—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

주3) 하자손상의 경우 급회 개략공사비에서 제외함.

2.8.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 터널의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

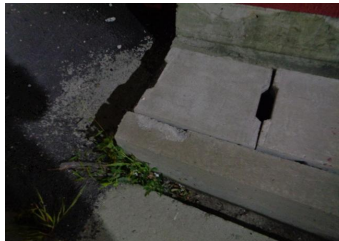
가. 서울방향

【표 2.8.5】 중점유지관리 항목

구 분	현 황	관리방안	관련사진
라이닝	•균열, 재균열 •조인트부 들뜸, 박락 •페콘크리트 미제거	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
측벽부	•균열, 망상균열 •콘크리트 들뜸	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
갯문	•균열, 배수로 균열	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
공동구	•덮개 파손, 박락 •파손	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
포장면	•포장 들뜸	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	

나. 문산방향

【표 2.8.6】 중점유지관리 항목

구 분	현 황	관리방안	관련사진
라이닝	•균열 •조인트부 들뜸, 박락 •백태, 누수흔적 •실링재 미시공	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
측벽부	•균열, 망상균열 •균열부 백태 •굽힘 •누수	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
갯문	•균열	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
공동구	•파손	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
포장면	•포장 망상균열 •파손	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	

2.9 종합결론

본 시설물은 경기도 덕양구 성사동에 위치하며 연장 240.0m(서울), 257.0m(문산), 폭 13.0m, 높이 7.4m의 터널로, 종단선형은 약 2.4.% 경사를 이루고 있다. 터널본선은 NATM으로 시공된 난형식의 터널로서, 시·중점측 갱문형식은 면벽식으로 시공되었고, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 1종 터널시설물이다. 금회 정밀안전점검에서 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

2.9.1 서울방향

가. 현장조사 및 시험

1) 라이닝

- 천단부에 발생한 주요손상은 종방향 균열이며, 기 손상은 경화된 이후 온도변화에 따른 건조수축으로 인한 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 표면보수, 주입보수 등의 적절한 조치가 필요하다. 조인트부에 발생한 들뜸의 경우 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 내구성 확보 차원의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 폐콘크리트 미제거 손상은 시공이후 마감 미흡에 따른 현황으로, 손상부 탈락시 주행차량에 낙하우려가 있으므로 조치를 실시하는 것이 바람직하다.
- 측벽부에 발생한 주요 손상은 균열 및 망상균열이며, 국부적으로 조인트부 들뜸 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공초기 건조수축 및 표면 양생미흡, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생한 것으로 판단된다. 조사된 균열은 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수, 주입보수 등의 조치가 필요하다. 조인트부에 발생한 들뜸은 콘크리트 라이닝의 내구성 저하방지를 위한 단면보수 등의 조치가 요구된다.

2) 갱문

- 갱문의 경우 균열 및 배수로 균열 손상이 조사되었으며, 초기 건조수축 및 온도변화에 의한 것으로 판단되며, 손상 확대 방지를 위한 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.

3) 사면

- 사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

4) 공동구 및 배수시설

- 공동구에 발생한 덮개 파손 및 박락 손상은 공용중 외부충격 등에 의한 것으로 판단되며, 공동구는 점검자의 안전점검시 보도로서 활용하는 만큼 안전사고 예방차원에서 조치가 필요하고, 박락 손상은 내구성 저하방지를 위한 보수를 실시한다.

5) 포장면

- 콘크리트 포장에 발생한 들뜸은 공용년수 증가로 인한 재료열화, 시공이음부 구간 시공미흡에 의해 발생된 것으로 판단되며, 손상의 범위는 경미하며, 시급한 보수보다는 주의관찰 후 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

6) 부속시설

- 터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설의 점등 상태는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 그 외 구간은 차량 운행에 대한 충분한 조도를 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 소화시설 점검결과, 터널내부 차량 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

7) 내구성 조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.3~28.2MPa로 측정 되었으며, 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 탄산화깊이 측정결과 탄산화깊이는 2.0mm~4.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급”으로 평가되었으며, 환산결함도 점수는 0.194 로 분석되었다.

다. 중점유지관리 사항

- 성라산터널(서울)에 대한 정밀안전점검결과 중점관리 사항은 아래와 같다.
 - ① 라이닝 균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인
 - ② 라이닝 조인트부 들뜸 : 탈락으로 인한 안전사고 우려

라. 결론

- 성라산터널(서울)은 준공이후 약 2년의 공용기간이 경과한 시설물로 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 보수를 요하는 비구조적인 손상이 조사된 상태로서 기 발생한 손상에 대해서는 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요한 상태이다.
- 본 터널의 상태평가 결과를 종합적으로 평가하여 성라산터널(서울)의 안전등급을 산정하면 「B」 등급으로 평가되었으며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

2.9.2 문산방향

가. 현장조사 및 시험

1) 라이닝

- 천단부에 발생한 주요손상은 균열이며, 콘크리트 경화이후 온도변화에 따른 건조수축으로 인한 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 적절한 조치가 필요하다. 조인트부에 발생한 들뜸은 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축, 보수재료의 열화 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 손상부의 진전으로 콘크리트 낙하시 2차피해가 우려되므로 단면보수 등의 조치를 실시한다. 백태, 누수흔적 손상은 손상부 우수유입이 원인인 것으로 판단되며, 백태 손상은 손상 확대방지를 위한 보수를 실시하고, 누수흔적 손상은 경미한 상태로, 시급한 보수보다는 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.
- 측벽부에 발생한 균열 및 망상균열 손상은 시공초기 건조수축 및 표면 양생미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다. 측벽부 발생한 균열부 백태는 라이닝에 발생한 균열부에 우수유입으로 인해 발생한 손상으로 구조물의 안전성에 미치는 영향은 적으나, 내구성 확보차원의 보수를 실시하는 것이 바람직하다. 측벽부 하단에 발생한 누수손상은 스며있는 상태이며, 내부 방수시트의 접합부의 수밀성 부족, 방수시트의 국부적인 손상이 원인인 것으로 판단된다. 현재는 경미한 상태이며, 시급한 보수보다는 지속적으로 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.

2) 갯문

- 갯문의 경우 시·종점측 균열 손상이 발생하였으며, 시공초기 건조수축으로 인해 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 손상은 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요하다.

3) 사면

- 사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

4) 공동구 및 배수시설

- 공동구는 공용중 외부 충격 등에 의해 파손이 조사되었으며, 기 발생한 손상은 점검자의 안전사고 예방차원에서 보수가 필요하다.

5) 포장면

- 크리트 포장에 발생한 망상균열, 파손 등은 건조수축 및 온도변화, 중차량의 반복통행에 의해 발생한 것으로 판단되며, 기 발생한 손상은 통과차량의 주행성 확보를 위해 보수가 필요하며, 보수 후에도 차량하중으로 인한 재손상이 우려되므로 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

6) 부속시설

- 터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설의 점등 상태는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 그 외 구간은 차량 운행에 대한 충분한 조도를 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 소화시설 점검결과, 터널내부 차량 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

7) 내구성 조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.2~28.1MPa로 측정 되었으며, 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 탄산화깊이 측정결과 탄산화깊이는 2.5~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급”으로 평가되었으며, 환산결함도 점수는 0.177 로 분석되었다.

다. 중점유지관리 사항

- 성라산터널(문산)에 대한 정밀안전점검결과 중점관리 사항은 아래와 같다.

- ① 라이닝 균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인
- ② 라이닝 조인트부 들뜸 : 탈락으로 인한 안전사고 우려

라. 결론

- 성라산터널(문산)은 준공이후 약 2년의 공용기간이 경과한 시설물로 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 보수를 요하는 비구조적인 손상이 조사된 상태로서 기 발생한 손상에 대해서는 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요한 상태이다.
- 본 터널의 상태평가 결과를 종합적으로 평가하여 성라산터널(문산)의 안전등급을 산정하면 「B」 등급으로 평가되었으며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

2.9.3 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

2.9.4 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

