

2. 기장1터널(울산)

- 2.1 시설물 개요
- 2.2 자료수집 및 분석
- 2.3 현장조사
- 2.4 콘크리트 내구성 조사
- 2.5 상태평가
- 2.6 안전성평가
- 2.7 종합평가 및 안전등급 지정
- 2.8 보수·보강 및 유지관리 방안
- 2.9 종합결론

2. 기장1터널(울산)

2.1 시설물의 개요

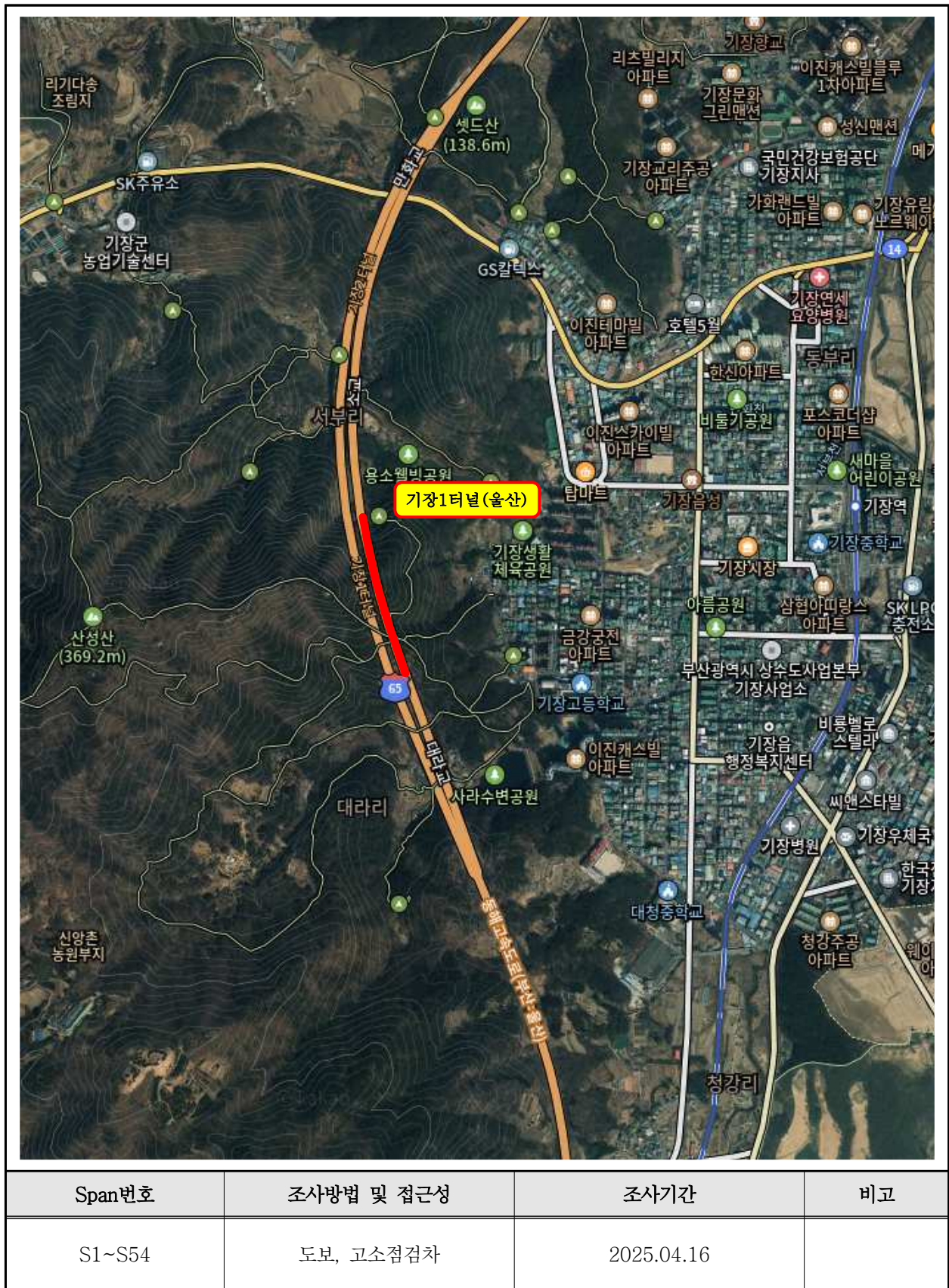
본 시설물인 기장1터널(울산)은 부산광역시 기장군 기장읍(고속국도65호선)에 위치한 터널로 2008년 12월에 준공하여 약 17년간 공용중인 시설물이며, 해당 터널은 1종 시설물로서 연장 466.0m, 편도 3차로, 평면선형은 R=2,000m, 종단구배는 0.9%, 주요공법은 NATM, 갱문은 먼벽식, 환기방식은 자연환기 방식으로 시공되어있다.

2.1.1 일반사항

【표 2.1.1】 기장1터널(울산) 일반사항

시설물명	기장1터널(울산)	시설물번호	TU2008-0000200
노 선 명	고속국도65호선	관리번호	-
위 치	부산광역시 기장군 기장읍 대라리 산 20-3		
터널형식	NATM	관리주체	부산울산고속도로(주)
차 선 수	편도 3차선	환기방식	자연환기-배기
연 장	466.0m	설 계 사	(주)청석엔지니어링
내공단면	폭 : 10.8m(차도), 높이 8.4m	시 공 사	한진중공업, (주)동양건설산업
배수형식	배수식	감 리 사	-
종단기울기	0.9%	착 공	2001년 11월 29일
평균선형	곡선반경 R=2,000m	준 공	2008년 12월 31일
연결통로	피난연락갱 1개소	갱문형식	먼벽식
주요공법	NATM	보조공법	강판다단그라우팅+록볼트 +샷크리트
			
외부 전경		내부 전경	

2.1.2 위치도 및 전경사진

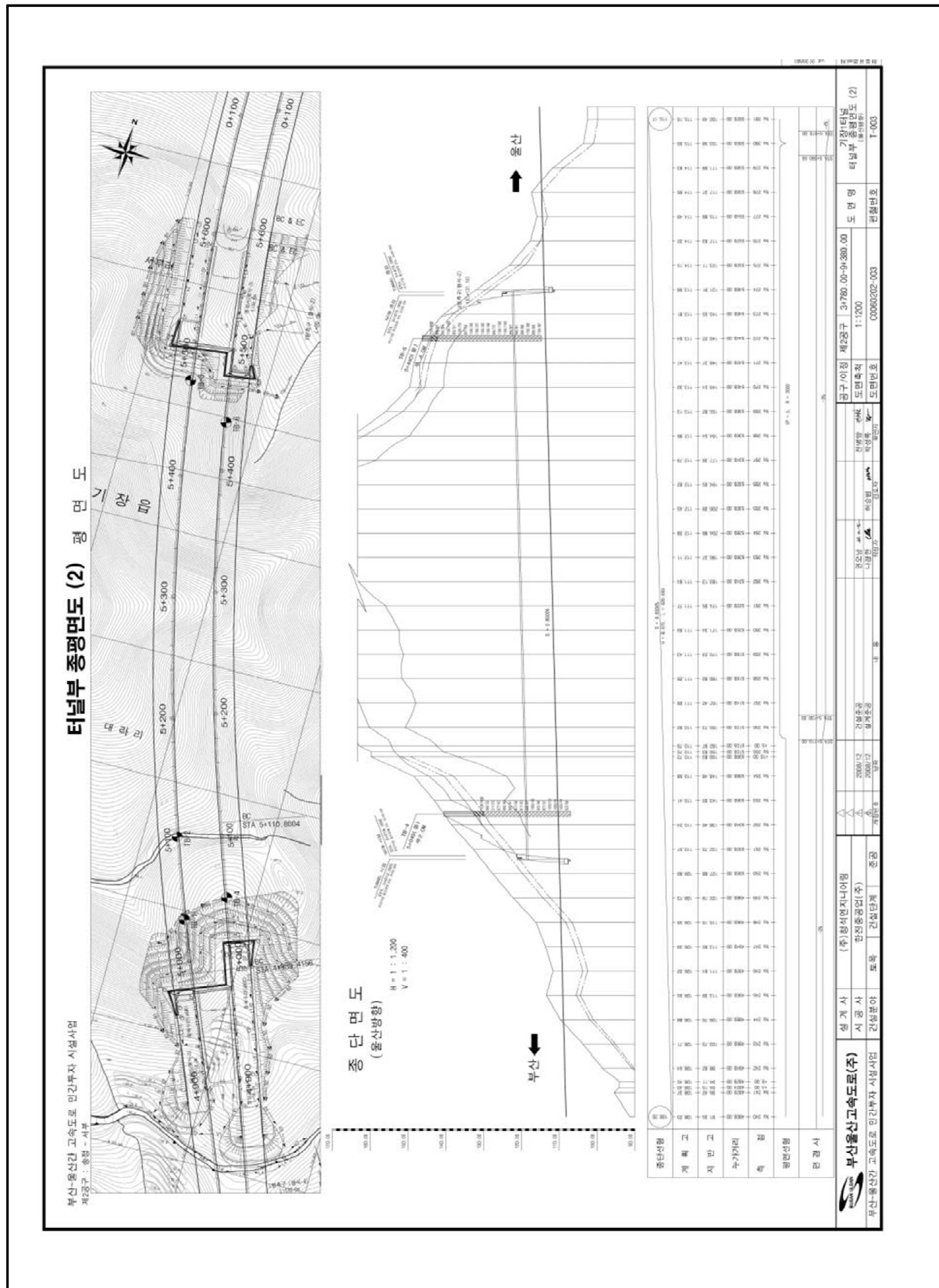


【그림 2.1.1】 위치도

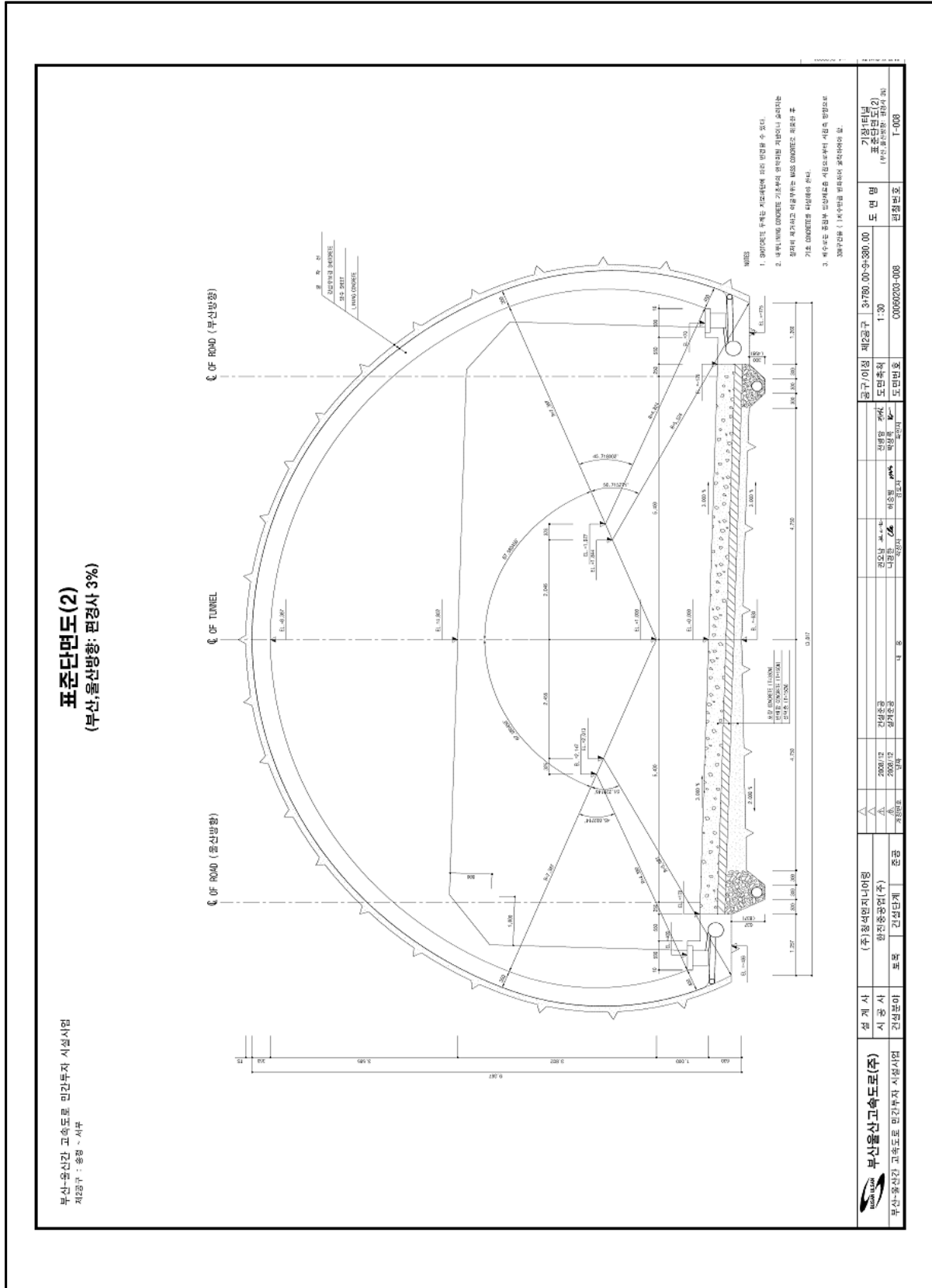
	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수구 전경
	
소화시설, 비상전화 전경	피난연락강 전경

【그림 2.1.2】 부재별 현황

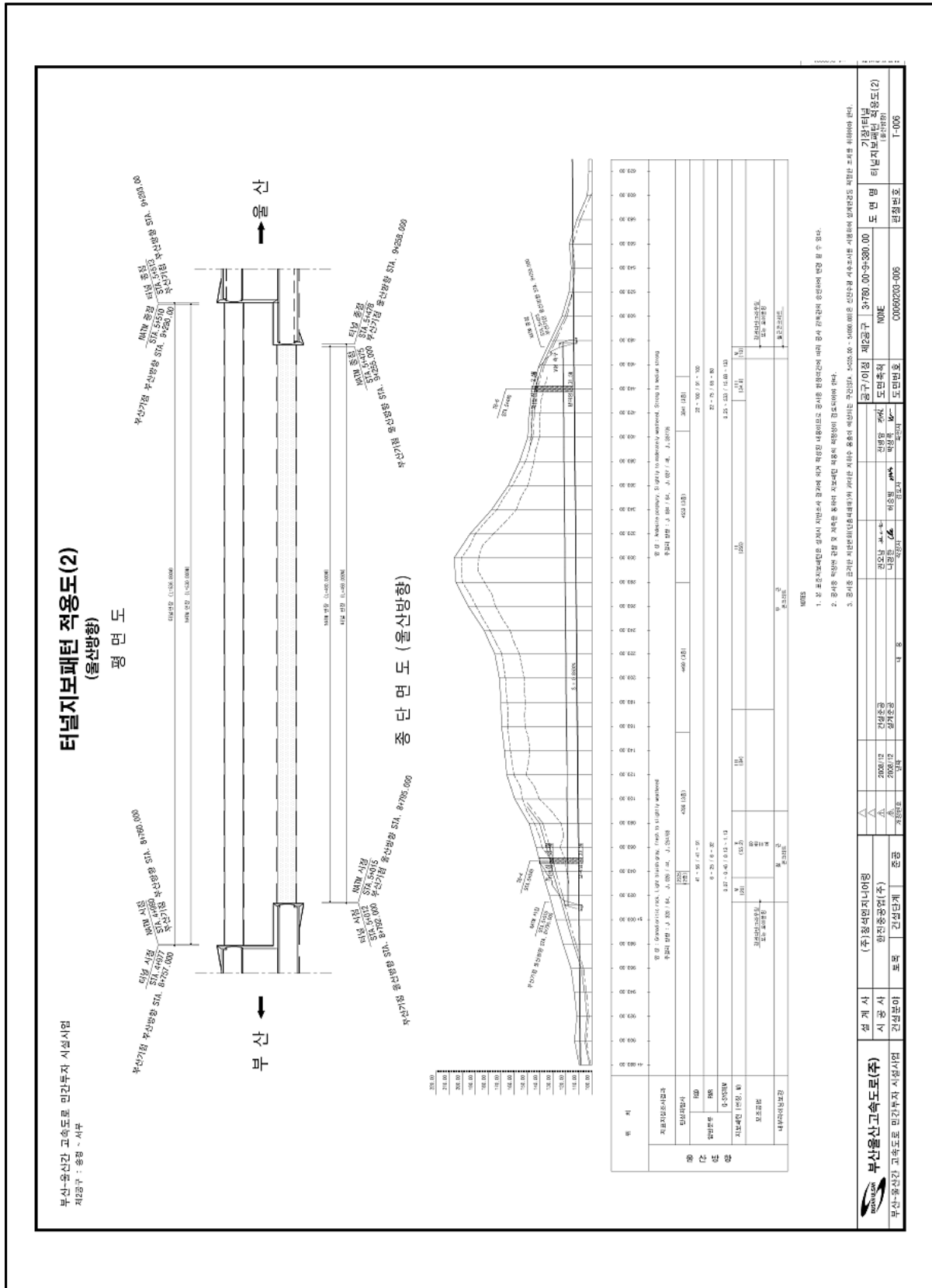
2.1.3 시설물 일반도



【그림 2.1.3】 평면 및 종단면도 - 1



【그림 2.1.4】 표준단면도



터널 표준 지보패턴 개요도

부신-울산간 고속도로 민간투자 시설사업
제2공구 : 송정 ~ 서부

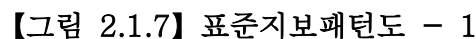
지 보 형 식		TYPE- I	TYPE- II	TYPE- III	TYPE- IV	TYPE- V	TYPE- VI
표준판							
1회 충전량	상부	3,000 M	2,000 M	2,000 M	1,500 M	1,200 M	1,000 M
	하부	4,000 M	4,000 M	3,000 M	1,500 M	1,200 M	1,000 M
1회 저부재채량	상부	3,000 M	2,000 M	2,000 M	1,500 M	1,200 M	1,000 M
	하부	4,000 M	4,000 M	3,000 M	1,500 M	1,200 M	1,000 M
종 착 량		반단면 골작	반단면 골작	반단면 골작	반단면 골작	반단면 골작	반단면 골작
SHOTCRETE		5 CM	8 CM	12 CM	16 CM	16 CM	16 CM
규격		fk = 210 kgf/cm ² . (S.F.R.C)	fk = 210 kgf/cm ² . (S.F.R.C)	fk = 210 kgf/cm ² . (S.F.R.C)	fk = 210 kgf/cm ² . (S.F.R.C)	fk = 210 kgf/cm ² . (S.F.R.C)	fk = 210 kgf/cm ² . (S.F.R.C)
길이		4,000 M	4,000 M	4,000 M	5,000 M	5,000 M	5,000 M
ROCK BOLT	중방향 간격	RNDOW	2,000 M	2,000 M	1,500 M	1,200 M	1,000 M
	통방향 간격	RNDOW	2,000 M	1,500 M	1,500 M	1,200 M	1,000 M
	타설위치	RNDOW	전반부 60°	전반 및 측면부	전반 및 측면부	전반 및 측면부	전반 및 측면부
	규격	D25 (SD35)	D25 (SD35)	D25 (SD35)	D25 (SD35)	D25 (SD35)	D25 (SD35)
강지보강	간격	-	-	-	1,200 M	1,200 M	1,000 M
	최소	-	-	-	H-120X2306.509 (SS400)	H-150X150X7X10 (SS400)	H-150X150X7X10 (SS400)
내부 LINING	상부 두께	35 CM	35 CM	35 CM	35 CM	35 CM	35 CM
	측벽 두께	35 ~ 45 CM	35 ~ 45 CM	35 ~ 45 CM	35 ~ 45 CM	35 ~ 45 CM	35 ~ 45 CM
	CONCRETE 규격	fk = 240 kgf/cm ²	fk = 240 kgf/cm ²	fk = 240 kgf/cm ²	fk = 240 kgf/cm ²	fk = 240 kgf/cm ²	fk = 240 kgf/cm ²
	철근	-	-	-	-	-	철근보강
작용양면	철근 규격	-	-	-	-	-	SD 30
	작용양면	경암	보통암	강암	중회암	중회암(도)	타설 시, 중회암
O21	타설 깊이	81 이상	80-61	60-41	40-21	20 이하	-
	타설 위치	40 이상	40-10	10-4	4-1	1 이하	-
보조공법	-	-	-	-	필요시 FORE-POLING	FORE-POLING	광굴다이 GROUTING 또는 FORE-POLING
기타							

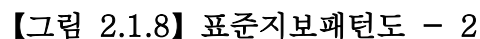
WITTEN

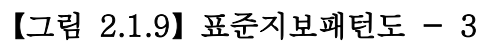
- [illegible]

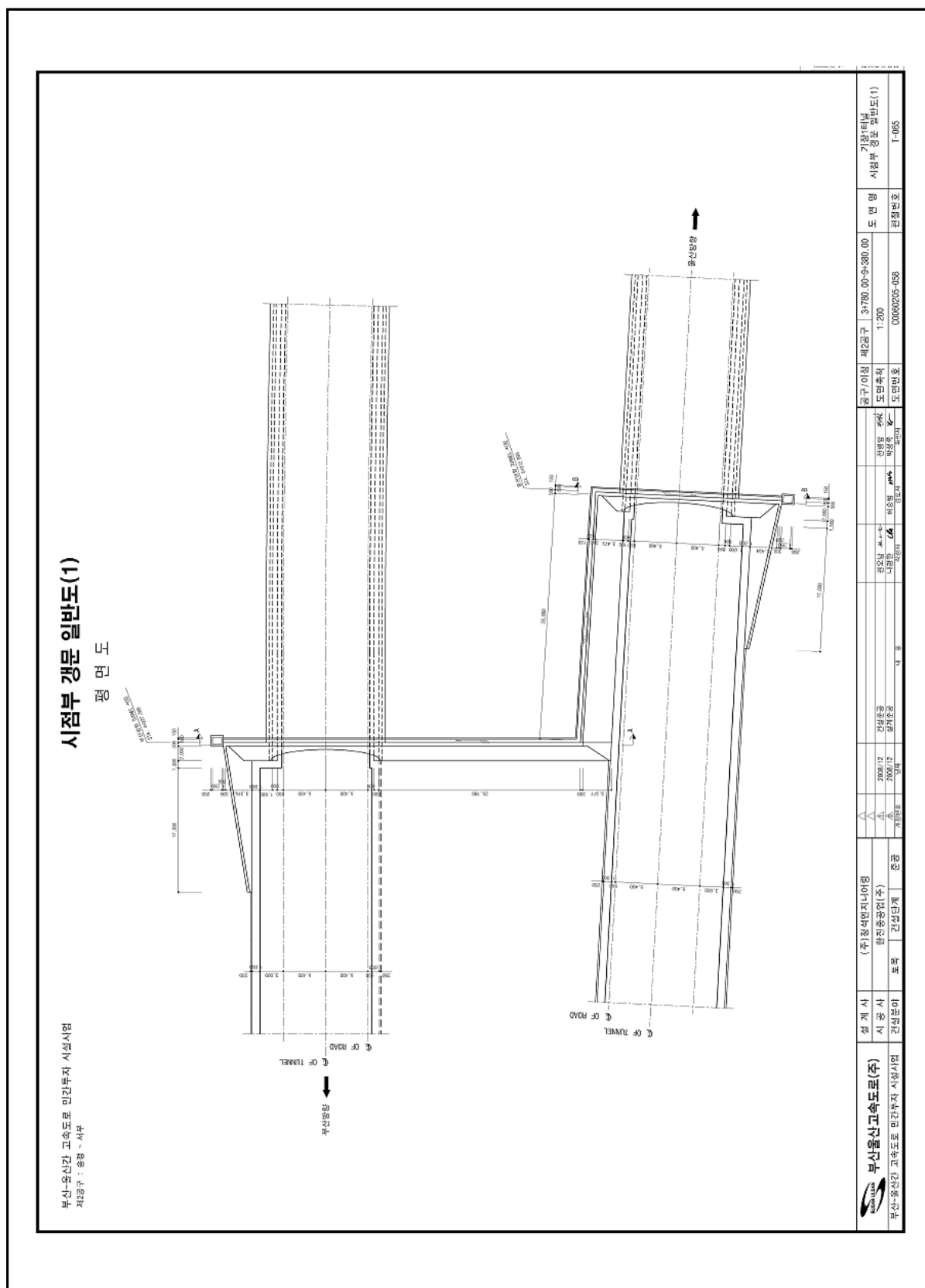
[illegible]

【그림 2.1.6】 지보패턴 개요도

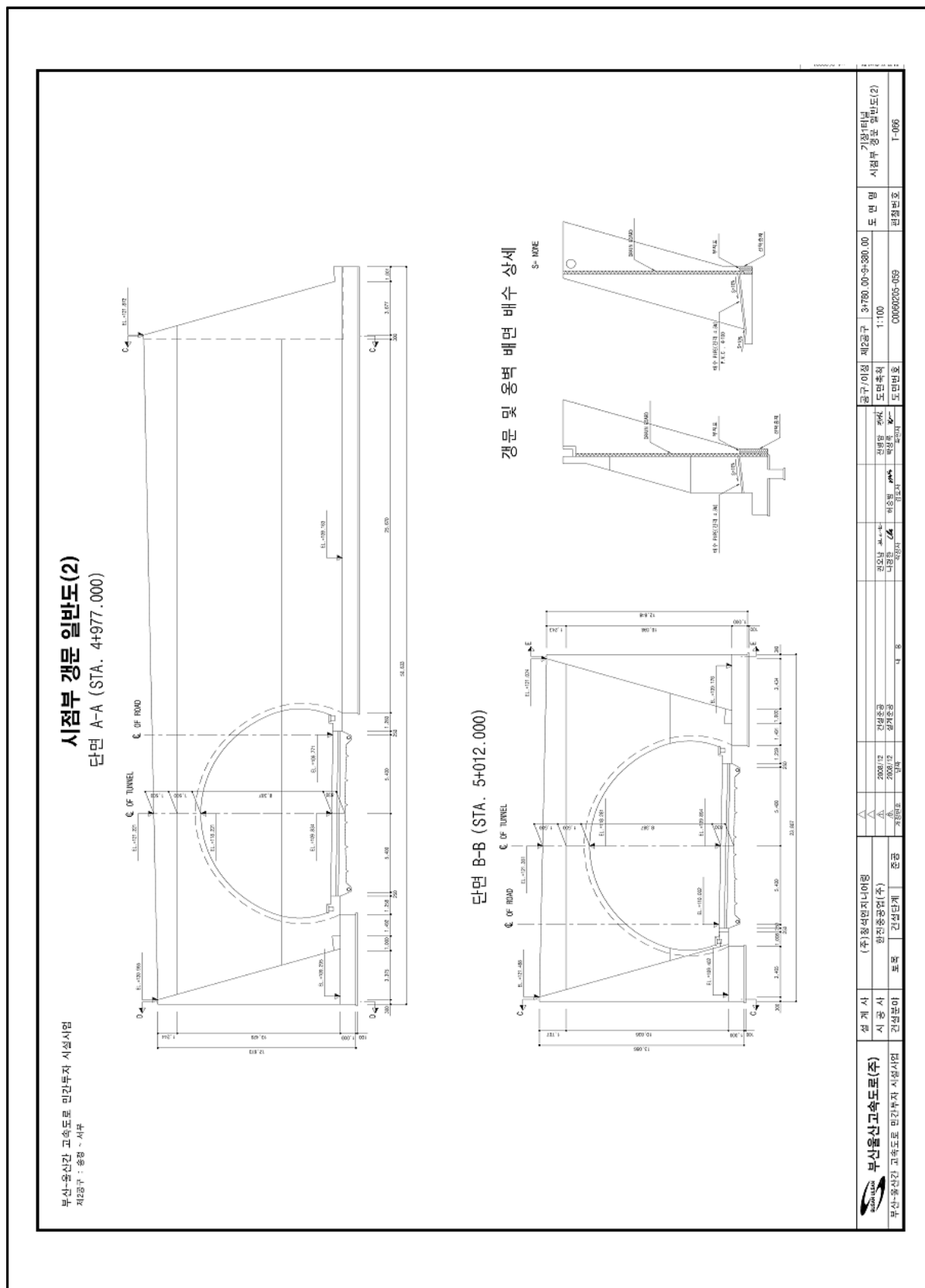




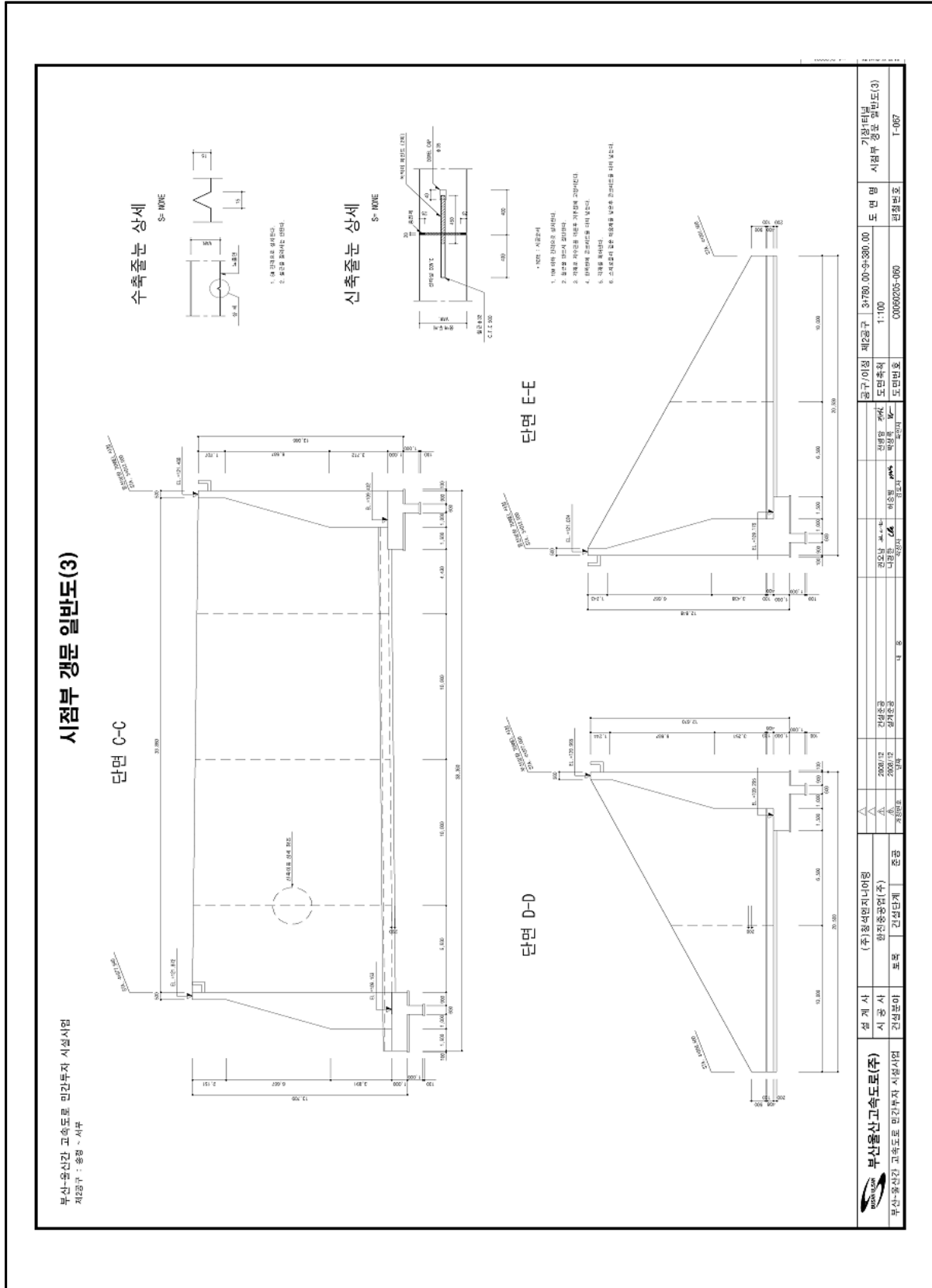




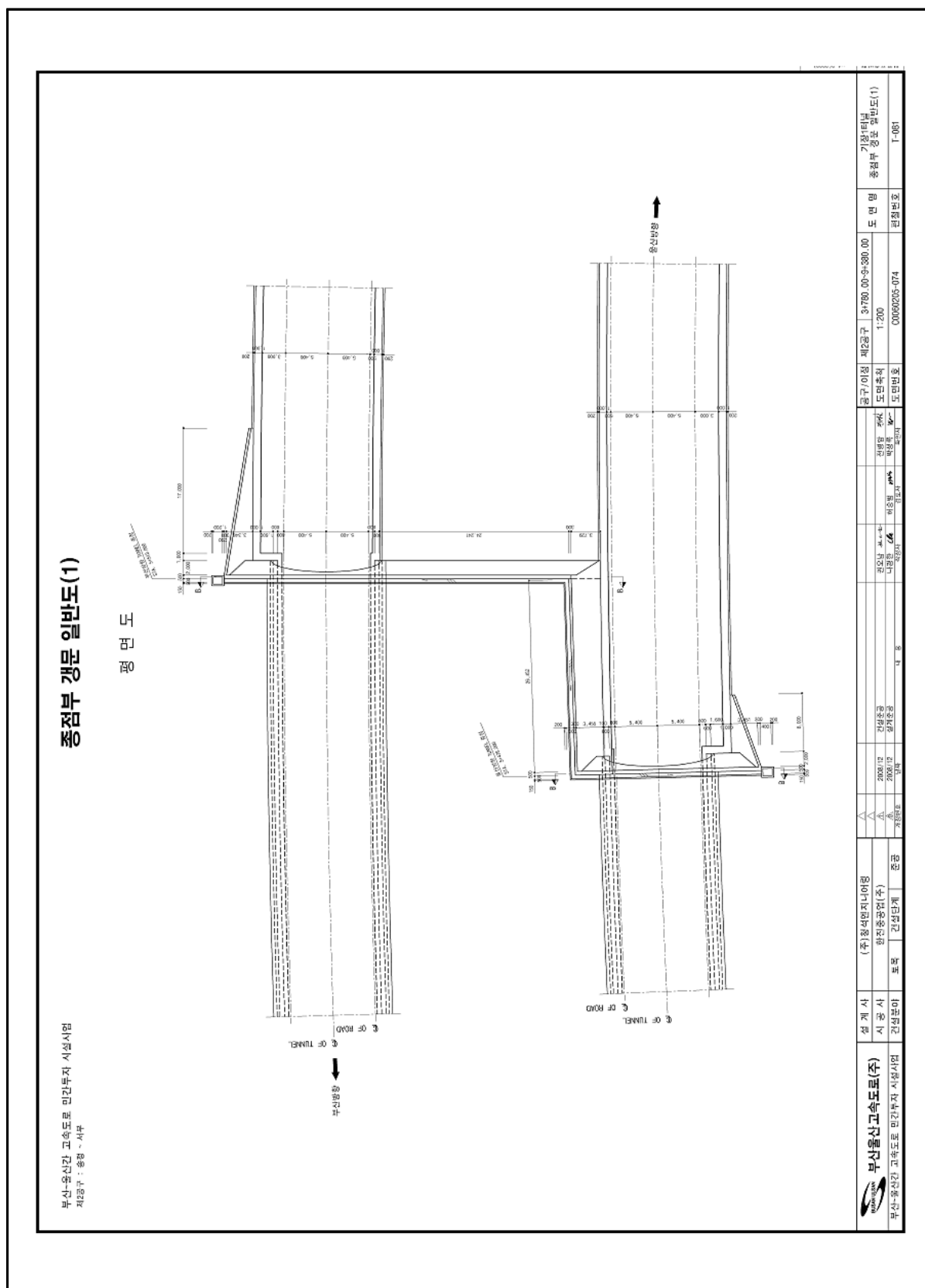
【그림 2.1.10】 시점부 갯문 일반도 - 1

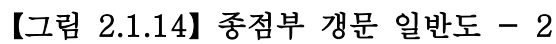


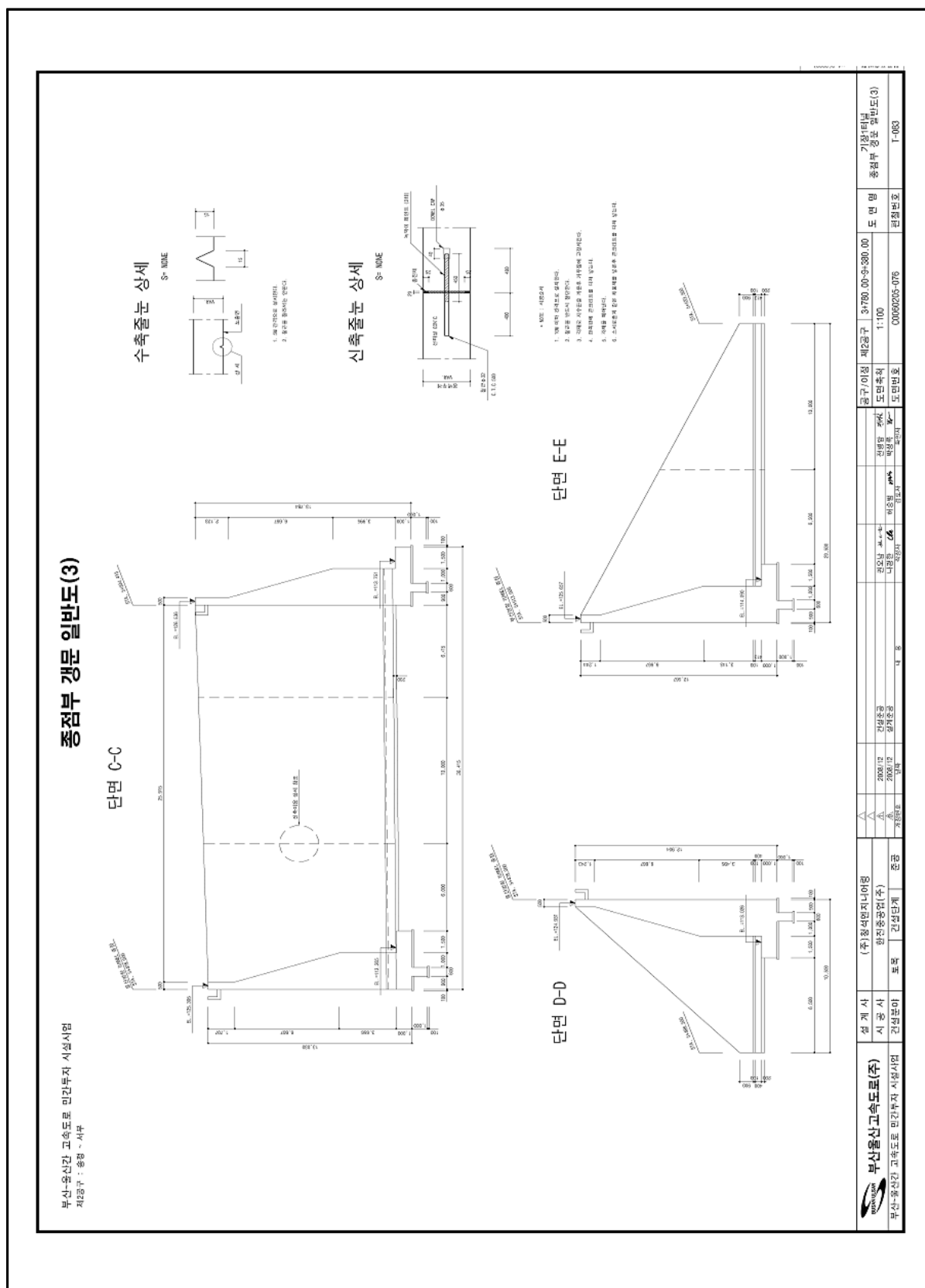
【그림 2.1.11】 시점부 갯문 일반도 - 2



【그림 2.1.12】 시점부 갯문 일반도 - 3

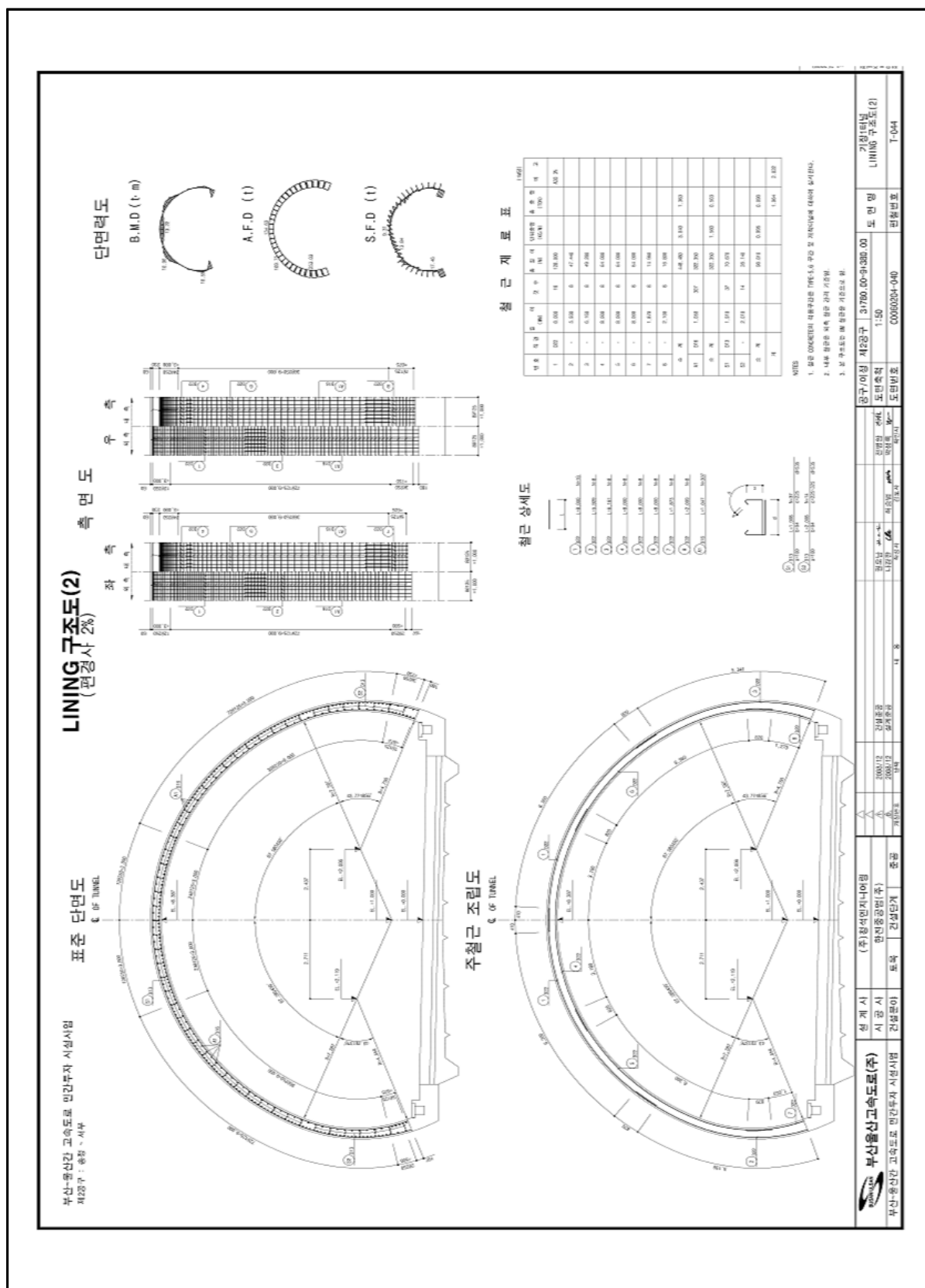




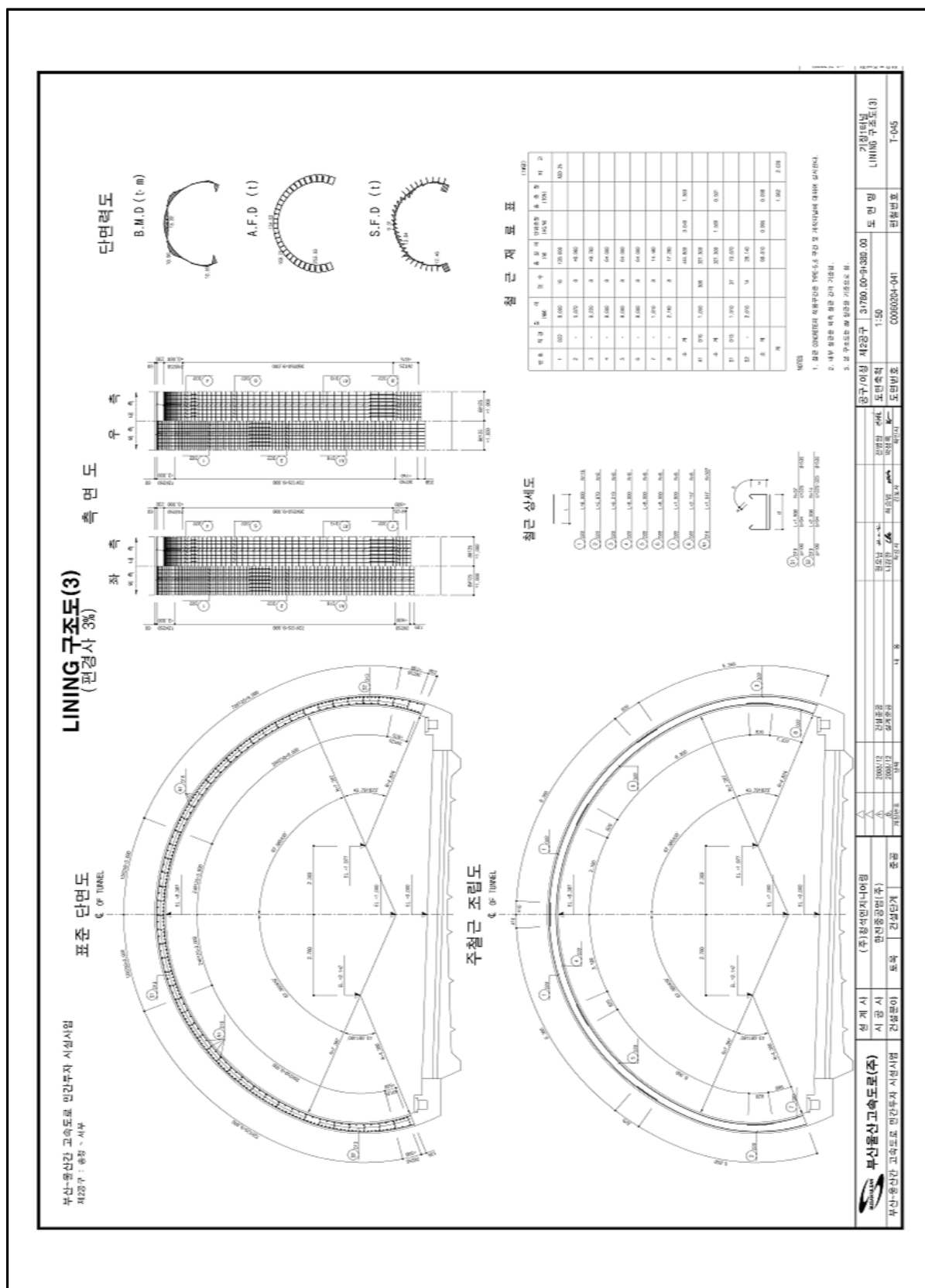


【그림 2.1.15】 종점부 갯문 일반도 - 3

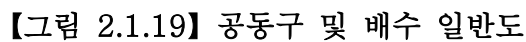




【그림 2.1.17】 라이닝 구조도 - 2



【그림 2.1.18】 라이닝 구조도 - 3



2.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황, 시설물의 이력 등을 파악하기 위해 설계 및 준공도서, 점검이력, 보수·보강이력 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

2.2.1 설계자료 검토

가. 자료수집 및 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계 도서	◦ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유	◦부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업 제2공구 공사시방서, 구조계산서, 준공내역서, 토질조사보고서, 설계도(준공) (2008, 부산울산고속도로(주))
	◦ 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도(중·횡) - 상,하단부 구조물도	보유	
시설물 관리대장	◦ 기본 현황 ◦ 상제 제원 ◦ 유지관리 이력	보유	◦시설물정보관리 종합시스템(FMS) 보유
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 ◦ 사고기록	보유	◦부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업 제2공구 품질관리계획서 (준공) (2008, 부산울산고속도로(주))
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	◦시설물정보관리 종합시스템(FMS) (2009년 ~ 2024년 정기안전점검, 정밀안전점검, 정밀안전진단) ◦2023년 정밀안전점검 ◦2024년 정밀안전진단
시설물 보수·보강 자료		미보유	◦주기적인 보수실시 보강 미실시

나. 구조계산서 검토

본 설계구간의 수치해석 단면은 무근 콘크리트 구간, 철근 콘크리트 구간으로 나누어 구조해석을 실시

구조물 종류	적용 설계방법
철근콘크리트 라이닝	강도 설계법
무근콘크리트 라이닝	허용응력 설계법

※ 무근콘크리트

1) 설계방법 : 허용응력설계법

2) 콘크리트

□ 설계기준강도 : $f_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2$

$$f_{cs} = 0.40f_{ck} = 96.0 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{ts} = 0.42\sqrt{f_{ck}} = 6.5 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_s = 0.25\sqrt{f_{ck}} = 3.8 \text{ kgf/cm}^2$$

□ 탄성계수 : $E_c = 15,000\sqrt{f_{ck}} = 2.32 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$

□ 단위중량 : $\gamma_c = 2.35 \text{ tonf/m}^3$

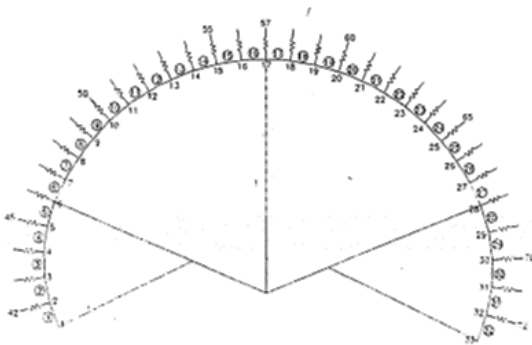
3) 지반

□ 단위중량 : $\gamma_R = 2.68 \text{ tonf/m}^3$

$$\gamma_w = 1.00 \text{ tonf/m}^3$$

□ 탄성계수 : $E_R = 3.20 \times 10^5 \text{ tonf/m}^2$

※ 해석모델



1) 자중

단위중량 $\gamma_c = 2.35 \text{ tonf/m}^3$ (PROGRAM 내에서 자동계산)

2) 압반이완하중

본 터널의 Type I, II, III, IV 주변지반은 연암~경암으로써 장기적인 지반 이완의 우려가 적으므로 발파의 영향을 고려하여 이완하중(0.5m)을 적용하였다

$$P_v = 0.5 \times 2.68 = 1.34 \text{ tonf/m}^2$$

3) 잔류수압

본 터널은 배수형으로서 이론적으로는 수압이 작용하지 않는다. 그러나 유도배수층인 부직포가 시간의 경과에 따라 제 기능을 발휘하지 못할 경우 내부라이닝은 잔류수압을 받게 되므로 다음과 같이 잔류수압을 터널 높이에 적용하였다.

※ 구조계산 결과

구분	모멘트 (tonf · m)	축력 (tonf)	전단력 (tonf)	비고
우각부	2.546	32.368	3.544	1번 부재
측벽부	1.648	30.636	3.348	29번 부재
아치부	1.176	26.136	1.718	25번 부재

※ 철근콘크리트

1) 설계방법 : 강도설계법

2) 콘크리트

㉠ 설계기준강도 : $f_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2$ ㉡ 탄성계수 : $E_c = 15,000, \sqrt{f_{ck}} = 2.32 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ ㉢ 단위중량 : $\gamma_c = 2.50 \text{ tonf/m}^3$ ㉣ 온도선팽창계수 : $\alpha = 1 \times 10^{-5}$

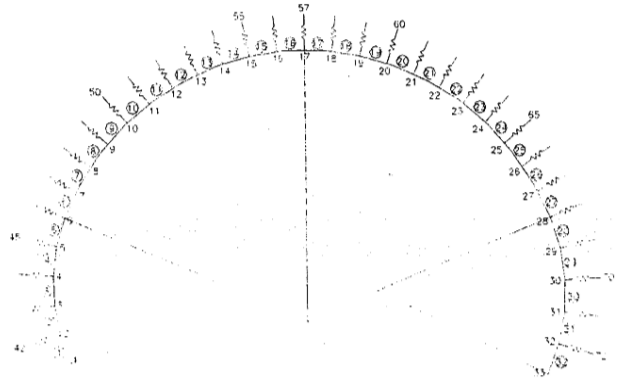
3) 철근(SD30)

㉠ 항복강도 : $f_y = 3000 \text{ kgf/cm}^2$ ㉡ 탄성계수 : $E_s = 2.00 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$

4) 지반

㉠ 단위중량 : $\gamma_R = 2.65 \text{ tonf/m}^3$ $\gamma_w = 1.00 \text{ tonf/m}^3$ ㉡ 탄성계수 : $E_R = 8.50 \times 10^4 \text{ tonf/m}^2$

※ 해석모델



라. 작용하중

1) 자중

단위중량 $\gamma_c = 2.50 \text{ tonf/m}^3$ (PROGRAM 내에서 자동계산)

2) 암반이완하중

· 수정된 Terzaghi의 암반하중

· 패턴 V, VI 구간을 보통 정도의 불국상, 균열상의 일반상태로 분류하여 적용

$$H_p = 0.25B \sim 0.20(B + H)$$

$$= 0.25 \times 13.817 \sim 0.2(13.817 + 9.367)$$

$$= 3.45 \sim 4.64 \text{ m}$$

$\therefore$ 암반이완하중고 $H_p = 4.64 \text{ m}$ 를 고려

$$P_v = 4.64 \text{ m} \times 2.65 \text{ tonf/m}^3 = 12.30 \text{ tonf/m}^2$$

3) 온도하중(T)

경구부 구조물이 외부와 가까워 기상작용에 영향을 받으므로 온도에 대한 영향을 구조해석 단계에서 고려한다.

경구부 콘크리트 라이닝의 내·외측 온도차(Δt)는 $\pm 5^\circ\text{C}$ 를 적용한다.

4) 잔류수압(Q)

본 터널은 배수형으로서 이론적으로는 수압이 작용하지 않는다. 그러나 유도배수층인 부직

포가 시간의 경과에 따라 제 기능을 발휘하지 못할 경우 내부라이닝은 잔류수압을 받게

되므로 다음과 같이 잔류수압을 터널 높이에 적용하였다.

$$Q = 0.5 \times H_t \times \gamma_w = 0.5 \times 9.367 \times 1.0 = 4.684 \text{ tonf/m}^2$$

※ 구조계산 결과

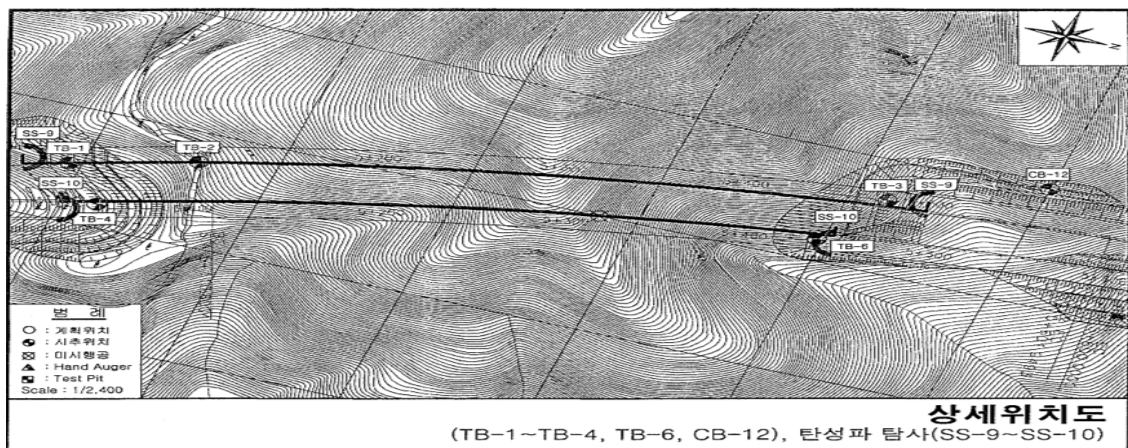
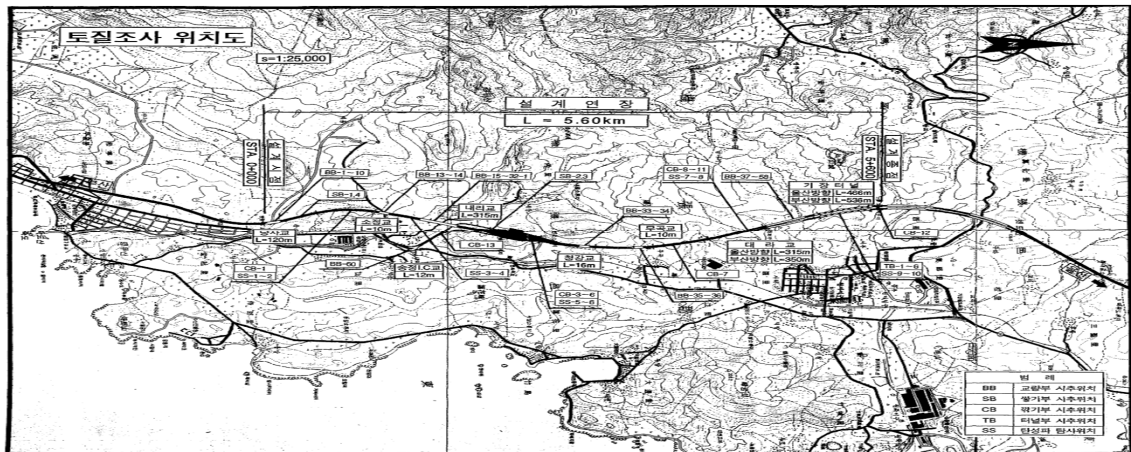
구분	모멘트 (tonf · m)	축력 (tonf)	전단력 (tonf)	비고
우각부	10.59	253.03	17.46	
측벽부	10.96	169.75	13.84	
아치부	13.22	134.63	9.31	

다. 토질조사 검토

본 터널의 설계 당시 5개소에 대한 시추조사를 실시하였으며 지표로부터 표토층, 봉적토층, 잔류토층, 풍화암 및 기반암인 연·경암의 순으로 구성되어 있는 것으로 조사되었으며, 지반조사보고서(부산~울산간 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사보고서(제2공구 송정~서부), 2005.03)를 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 시추조사 위치

공 변	공 변	위치(STA.)	지반고(m)	비 고
기장1터널	TB-1	5+035	50/5 ~ 50/2	부산방향
	TB-2	5+104	0-75 / 32-100	부산방향
	TB-3	5+478	50/5 ~ 50/3	부산방향
	TB-4	5+049	0-55 / 25-93	울산방향
	TB-6	5+440	20-100 / 59-100	울산방향



2) 시추조사 결과(TB-1, TB-2, TB-4)

번호	위 치 (STA.)	붕적토층, 표토			풍화잔류토층			기반암층			비고
		심도 (m)	N치 (회/cm)	분류	심도 (m)	N치 (회/cm)	분류	품화암	연암	경암	
TB-1	5+035	0.0~0.6	—	SM	0.6~4.0 (3.4)	50/30~ 50/23	SM	4.0~11.2 (7.2)	11.2~ 13.0	13.0~38.0	부산 방향
TB-2	5+104	0.0~1.3	—	GM	1.3~7.0 (5.7)	10/30~ 39/30	SM	7.0~8.8 (1.8)	15.0~ 15.5	8.8~15.0 15.5~22.5 24.3~55.1	부산 방향
TB-4	5+049	0.0~7.0	46/30~ 50/26	SM	7.0~8.0 (1.0)	50/17	SM	8.0~10.5 (2.5)	10.5~ 33.0	—	울산 방향

(1) 표토 및 붕적토층

본 지층은 TB=4(표토)을 제외한 지역에서 붕적층이 분포하고 있으며 지층들은 지표면하 0.6~7.0m 정도의 두께로 다소 불규칙하게 분포하고 있다. 본 지층은 실트섞인 모래, 모래섞인 자갈로 구성되어 있으며 통일분류법에 의하여 SM으로 분류된다. 표준관입시험에 의한 N치는 46회/cm~50회/26cm로 조밀내지 매우 조밀한 상대밀도를 나타낸다.

(2) 풍화잔류토층(Residual soil)

본 지층은 모암인 안산암이 풍화작용에 의하여 흙으로 변하여 원위치에 그대로 잔류되어 있는 지층으로 지표면하 0.6~7.0m 심도에서 1.0~5.7m 두께로 분포하고 있다. 본 지층은 실트 섞인 모래로 구성되어 있으며 통일분류법에 의하면 SM으로 분류된다. 표준관입시험에 의한 N치는 10회/30cm~50회/17cm로 느슨에서 매우 조밀한 상대밀도를 나타낸다.

(3) 풍화암층(Weathered rock)

본 지층은 모암인 안산암이 풍화작용에 의하여 흙으로 변해가는 과도기 상태의 지층으로서 조사전지역에 걸쳐 분포하여 지표면하 4.0~8.0m 심도에서 1.8~7.2m의 두께로 분포한다. 본 지층은 표준관입시험시 가해지는 타격에너지에 의해 실트섞인 모래로 분쇄되는 상태이며 갈색의 색조를 띤다.

(4) 기반암층

본 지역의 기반암은 안산암으로 구성되어 있으며 지표면으로부터 8.8~11.2m 아래에서 나타나고 있다. 또한 TB-2 지역은 차별풍화작용에 의하여 연,경암이 교호되는 양상을 보이고 있다. 연암의 경우 T.C.R은 40~100%이며 R.Q.D는 0~91%의 범위를 나타내고 있다. 경암의 경우 T.C.R은 72~100%이며 R.Q.D는 12~98%를 보인다. 암색은 암회색을 띤다.

3) 시추조사 결과(TB-3, TB-5)

번호	위 치 (STA.)	붕적토층, 표토			풍화잔류토층			기반암층			비고
		심도 (m)	N치 (회/cm)	분류	심도 (m)	N치 (회/cm)	분류	품화암	연암	경암	
TB-3	5+478	0.0~0.5	-	ML	0.5~4.0 (3.5)	7/30~ 48/30	SM	4.0~4.8 (0.8)	4.8~6.5	6.5~33.3	부산 방향
TB-5	5+440	0.0~1.0	-	SM	1.0~2.5 (1.5)	50/23	SM	2.5~4.0 (1.5)	4.0~6.5	6.5~31.5	울산 방향

(1) 표토 및 붕적토층

본 지층은 지표면으로부터 0.5 ~ 1.0m 정도의 두께로 분포하고 있으며 모래섞인 실트 및 실트섞인 모래로 구성되어 있다.

(2) 풍화잔류토층(Residual soil)

본 지층은 모암인 안산암이 풍화작용에 의하여 흙으로 변하여 원위치에 그대로 잔류되어 있는 지층으로 지표면하 0.5 ~ 1.0m 심도에서 1.5 ~ 3.5m 정도의 두께로 분포한다. 본 지층은 실트 섞인 모래로 구성되어 있으며 통일분류법에 의하면 SM으로 분류된다. 표준관입시험에 의한 N치는 7회/30cm ~ 50회/23cm로 느슨내지 매우 조밀한 상대밀도를 나타낸다.

(3) 풍화암층(Weathered rock)

본 지층은 모암인 안산암이 풍화작용에 의하여 흙으로 변해가는 과도기 상태의 지층으로서 조사전지역에 걸쳐 분포하여 지표면하 2.5 ~ 4.0m 심도에서 0.8 ~ 1.5m 정도의 두께로 분포한다. 본 지층은 표준관입시험시 가해지는 타격에너지에 의해 실트섞인 모래로 분쇄되는 상태이며 갈색의 색조를 띤다.

(4) 기반암층

본 지역의 기반암은 안산암으로 구성되어 있으며 지표면으로부터 4.0 ~ 4.8m 아래에서 나타나고 있다. 연암인 경우 T.C.R은 44 ~ 74%이며 R.Q.D는 0 ~ 14%의 범위를 나타내고 있다. 경암의 경우 T.C.R은 87 ~ 100%이며 R.Q.D는 11 ~ 100%를 나타낸다. 암색은 회색을 띤다.

2.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기안전점검 및 정밀안전점검, 정밀안전진단, 성능평가 등을 지속적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 2.2.1】 기장1터널(울산) 점검이력사항

번호	구분	기간	점검업체	등급	주요 점검 결과
1	정기안전 점검	2025.03.03 ~2025.06.30	한국도로공사	양호	· 갯문 실린트 열화 및 균열 등 · 배수시설 측구 상단 균열, 집수정 이물질 퇴적 등 · 공동구 측면 균열, 측면 파손, 덮개 파손 등 · 옹벽 하단부 균열부백태 등
2	정밀안전 진단	2024.03.11 ~2024.08.23	(주)명성엔지니어링	B	• 기장1터널(부산)에 대한 정밀안전진단 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로써 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다. • 금회 상태평가 결과 “B등급”, 안전성평가 결과 “A등급” 으로 평가되어 종합평가 등급이 “B등급” 으로 산정되었다. • 환산결합도 점수가 23년 정밀안전점검 0.199 ⇨ 24년 정밀안전진단 0.216 으로 지수가 상승한 것으로 분석되었으며, 그 원인으로는 라이닝부 및 주변시설에 발생한 손상의 신규 및 추가 손상이 조사됨에 따라 환산결합도 점수가 증가한 것으로 판단된다. • 대상 시설물은 금회 진단결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.
3	1종성능 평가	2024.03.11 ~2024.08.23	(주)명성엔지니어링	B	-안전성능평가 결과, 성능평가점수 0.14, 등급 a로 평가 -내구성능평가 결과, 성능평가점수 0.23, 등급 b로 평가 -사용성능평가 결과, 성능평가점수 0.23, 등급 b로 평가 -종합성능평가 결과, 성능평가점수 0.17, 등급 b로 평가
4	정기안전 점검	2024.03.01 ~2024.06.28	자체수행	양호	-갯문 하단 실린트 균열 누수 -옹벽 하부 균열부 백태 -공동구 구체 균열
5	정밀안전 점검	2023.02.20 ~2023.08.23	(주)엠케이에스이	B등급	-천단부 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 피복부족, 철근노출, 박락, 보수부 박락, 실린트 파손 -측벽부 균열(0.3mm미만, 이상), 타일균열, 파손 및 탈락 -공동구 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 파손, 덮개 파손, 시선유도등 망실 -배수시설 측구 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 파손, 집수구 토사퇴적, 그레이팅 부식 -포장부 균열, 망상균열, 파손, 패임 -갱구부 옹벽 균열(0.3mm이상), 백태, 이격, 도수로 이격 -갯문, 갯구부 사면 상태양호

【표 2.2.1】 기장1터널(울산) 점검이력사항(계속)

번호	구분	기간	점검업체	등급	주요 점검 결과
6	정기안전 점검	2023.03.06 ~2023.06.26	자체수행	양호	-천단부 균열 및 보수부 재균열(cw=0.3mm미만,이상), 파복부족, 박락, 실린트 파손 등 -측벽부 균열(cw=0.3mm미만,이상), 타일 균열, 타일 파손 및 탈락 등 -배수시설 측구 균열(cw=0.3mm미만,이상), 파손, 집수구 토사퇴적 및 그레이팅 부식 등 -공동구 균열(cw=0.3mm미만,이상), 파손, 덮개파손, 시선유도등 망실 등 -포장부 망상균열, 파손, 패임 등 -갱구부 옹벽 균열(cw=0.3mm이상), 백태, 이격, 도수로 이격 등
7	정기안전 점검	2022.09.21 ~2022.10.20	자체수행	양호	-전반적으로 상태가 양호함, 세부결과 보고서 참고
8	정기안전 점검	2022.05.23 ~2022.06.15	자체수행	양호	-전반적으로 상태가 양호함, 세부결과 보고서 참고
9	정밀안전 점검	2021.03.03 ~2021.08.23	(주)아워브 레인	B등급	-천단부 : 균열, 박락, 철근노출, 파복두께부족 등 -측벽부 : 균열, 타일균열, 타일파손 및 탈락 등 -갯문 : 이격, -공동구 : 균열, 파손, 덮개파손 등 -배수시설 : 측구 균열, 파손, 집수구 토사퇴적, 그레이팅부식 등 -포장면 : 균열, 망상균열, 파손, 패임 -갱구부옹벽 : 균열, 백태, 이격
10	정기안전 점검	2021.06.08 ~2021.06.08	자체수행	양호	-배수상태 : 집수정 토사 퇴적 -공동구 상태 : 커버 파손
11	정기안전 점검	2020.10.14 ~2020.10.14	자체수행	양호	-공동구 커버 균열 -집수구 토사 퇴적
12	정기안전 점검	2020.06.30 ~2020.06.30	자체수행	양호	-양호함
13	정기안전 점검	2019.10.29 ~2019.10.29	자체수행	양호	-라이닝 균열
14	정밀안전 진단	2018.08.16 ~2019.08.23	(주)동성엔 지니어링	B등급	-라이닝 균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 균열부 백태, 박락, 마감불량 -벽체부 균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 파손 -타일마감부 타일파손, 타일탈락 -공동구 균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 파손, 덮개파손 -배수로 균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 파손 -피난연락경 균열(cw=0.3mm이상), 백태 -갱구부 옹벽 균열(cw=0.3mm이상), 백태
15	1중성능 평가	2018.08.16 ~2019.08.23	(주)동성엔 지니어링	B등급	-라이닝 균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 균열부 백태, 박락, 마감불량 -벽체부 균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 파손 -타일마감부 타일파손, 타일탈락 -공동구 균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 파손, 덮개파손 -배수로 균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 파손 -피난연락경 균열(cw=0.3mm이상), 백태 -갱구부 옹벽 균열(cw=0.3mm이상), 백태
16	정기안전 점검	2019.05.27 ~2019.05.27	자체수행	양호	-공동구 균열 및 파손 집수정 이물질 퇴적

【표 2.2.1】 기장1터널(울산) 점검이력사항(계속)

번호	구분	기간	점검업체	등급	주요 점검 결과
17	정기안전 점검	2018.12.17 ~2018.12.17	자체수행	양호	-양호함
18	정기안전 점검	2018.06.20 ~2018.06.20	자체수행	양호	-양호함
19	정기안전 점검	2017.11.13 ~2017.11.13	자체수행	양호	-양호함
20	정기안전 점검	2017.06.26 ~2017.06.26	자체수행	양호	-양호함
21	정밀안전 점검	2016.11.16 ~2016.12.30	(주)엠케이 에스이	B등급	-라이닝 균열, 조인트부 박락, 마감불량 -측벽부 타일탈락 -공동구 측면파손 -배수시설 집수구 이물질퇴적
22	정기안전 점검	2016.04.12 ~2016.04.12	자체수행	양호	-양호함
23	정기안전 점검	2015.07.27 ~2015.07.27	자체수행	양호	-양호
24	정기안전 점검	2015.04.15 ~2015.04.15	자체수행	양호	-집수정 막힘
25	정기안전 점검	2014.11.04 ~2014.11.04	자체수행	양호	-양호
26	정기안전 점검	2014.06.10 ~2014.06.10	자체수행	양호	-양호
27	정밀안전 점검	2013.10.01 ~2013.12.03	자체수행	A등급	-라이닝 균열
28	정기안전 점검	2013.05.09 ~2013.05.09	자체수행	양호	-양호
29	정기안전 점검	2012.10.10 ~2012.10.11	자체수행	양호	-양호
30	정기안전 점검	2012.04.11 ~2012.04.11	자체수행	양호	-양호
31	정기안전 점검	2011.10.05 ~2011.10.05	자체수행	양호	-이상없음
32	정기안전 점검	2011.03.23 ~2011.03.23	자체수행	양호	-양호함
33	정기안전 점검	2010.07.07 ~2010.12.08	자체수행	양호	-양호함
34	정밀안전 점검	2010.03.10 ~2010.05.09	자체수행	A등급	-전반적으로 양호한 상태
35	정기안전 점검	2009.08.04 ~2009.11.25	자체수행	양호	-이상없음
36	정기안전 점검	2009.03.06 ~2009.06.30	자체수행	양호	-이상없음
37	정밀안전 점검	2008.10.01 ~2008.12.31	나우이엔 씨(주)	A등급	-초기점검결과 시설물상태평가 등급이 A등급으로 평가되었다. A등급은 모든부재에 문제점이 없는 최상의 상태를 말하며, 추후 지속적인 유지관리 및 정기적인 점검을 실시하여 구조물의 안전성 및 사용성을 확보하여야 할 것이다.

2.2.3 전차 정밀안전진단 실시결과(2024년 08월)

【표 2.2.2】기장1터널(울산) 전차 정밀안전진단 사항

구 분		정밀안전진단 결과
점검개요		· 점검기관 : (주)명성엔지니어링 · 점검기간 : 2024년 03월 ~ 2024년 08월
상 태 평 가	외관 조사	· 천단부 균열(0.3mm미만, 이상), 재균열(0.3mm미만, 이상), 박락, 보수부박락, 철근노출, 피복부족, 실란트 파손 · 측벽부 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 박락, 타일파손, 탈락, 타일균열 · 갯문 접속옹벽 균열(0.3mm이상), 접속옹벽 백태, 접속옹벽 이격, 파손, 배면배수로 이격 · 사면 상태양호 · 공동구 균열(0.3mm미만, 이상), 파손, 덮개 파손, 시선유도등 망실 · 배수시설 측구 균열(0.3mm미만, 이상), 측구 파손, 집수구 토사퇴적, 그레이팅 부식 · 포장부 포장망상균열, 포장 파손, 패임 · 기타 부속시설 상태양호
	내구성 조사	· 내구성 시험 결과 콘크리트 강도와 철근탐사 결과는 양호한 상태를 나타내고 있으며, 염화물함유량 시험결과와 탄산화깊이는 모두 ‘a’ 등급으로 평가되어 염화물 또는 탄산화에 의한 철근부식 가능성이 없는 것으로 조사되었다.
	상태 등급	· 상태평가 결함도점수 : 0.231(B)
	안전성평가 등급	· 안전율(S·F) : 1.47(A)
	종합평가 (안전등급)	· 기장1터널(울산)의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 보조 부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에 지장이 없으며 내구성증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B” 로 평가됨. · 안전성평가 결과, 기장1터널(울산)은 응력 및 단면력은 허용범위 이내에서 작용하고 있으며, 최소 안전율 1.0이상을 확보하고 있는 “A” 로 평가됨. · 상태평가 및 안전성평가 결과를 통한 종합평가 결과 기장1터널(울산)은 “B” 로 평가됨
종합결론		· 기장1터널(울산)에 대한 정밀안전진단 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. · 금회 상태평가 결과 “B등급”, 안전성평가 결과 “A등급” 으로 평가되어 종합평가 등급이 “B등급” 으로 산정되었다. · 환산결함도 점수가 23년 정밀안전점검 0.205 ⇨ 24년 정밀안전진단 0.231 로 지수가 상승한 것으로 분석되었으며, 그 원인으로는 라이닝부 및 주변시설에 발생한 손상의 신규 및 추가 손상이 조사됨에 따라 환산결함도 점수가 증가한 것으로 판단된다. · 대상 시설물은 금회 진단결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

2.2.4 전차 정밀안전점검 실시결과(2023년 08월)

【표 2.2.3】 기장1터널(울산) 전차 정밀안전점검 사항

구 분		정밀안전점검 결과
점검개요		· 점검기관 : (주)엠케이에스이 · 점검기간 : 2023년 02월 20일 ~ 2023년 08월 23일
상 태 평 가	외관 조사	· 천단부 : 균열 및 재균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 박락, 피복부족, 철근노출, 실린트 파손 · 측벽부 : 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 타일 균열 및 탈락 · 갭문 : 구조물에 손상이 발생되지 않은 건전한 상태 · 배수시설 : 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 그레이팅 부식 및 토사퇴적 · 공동구 : 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 파손, 덮개 파손, 시선유도등 망실 · 포장부 : 포장 망상균열 및 파손 · 피난연락갱 : 전반적으로 손상이 발생하지 않은 건전한 상태 · 갭구부 옹벽 : 균열(0.3mm이상), 이격, 백태 · 갭구부 사면 : 전반적으로 건전한 상태
	내구성 조사	· 내구성시험 결과, 반발경도법에 의한 비파괴 강도는 100%을 상회하는 것으로 측정되어 도저하는 없는 것으로 판단되고 탄산화 시험은 모든 측정부위에서 탄산화 잔여깊이가 30mm이상으로 탄산화에 의한 내구성 저하는 발생하지 않은 것으로 검토되었다.
	상태 등급	· 본 기장1터널(울산)의 상태평가 결과 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한” 「B등급」의 상태로평가되었다.
보수·보강		· 표면보수, 주입보수, 단면보수, 실링처리, 충전공법, 청소, 덮개 재설치, 절삭 후 단면보수
종합결론		1) 기장1터널(울산)은 준공 후 15년이 경과된 NATM 터널으로 금회 정밀안전점검결과 콘크리트 라이닝에서 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상) 보수부 재균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 시공이음부 박락 등이 발생하고 터널 주변시설의 배수시설 집수구 이물질 퇴적, 측구 균열 및 파손, 공동구 균열 및 파손, 덮개 파손, 포장부 균열, 패임 및 파손 등의 손상이 조사되어 손상부에 대한 적절한 보수가 요구된다. 또한, 콘크리트 라이닝의 시공이음부에 발생한 박락 및 보수부 박락은 향후 손상부 탈락으로 주행차량의 안전사고가 우려되므로 우선적으로 손상 제거 후 보수 등의 유지관리가 요구된다. 2) 내구성시험 결과, 반발경도법에 의한 비파괴 강도는 100%을 상회하는 것으로 측정되어 강도저하는 없는 것으로 판단되고 탄산화 시험은 모든 측정부위에서 탄산화 잔여깊이가 30mm이상으로 탄산화에 의한 내구성 저하는 발생하지 않은 것으로 검토되었다. 3) 따라서, 본 터널은 「보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한」인 “B등급”으로 평가 되었으며, 금회 점검시 조사된 손상·결함부에 대하여 보수를 시행한다면 공용상의 문제는 없을 것으로 판단되고 시설물 등급의 상향 또는 현 상태의 등급을 지속적으로 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 4) 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부 - 금회 정밀안전점검 실시결과 시설물의 사용제한 필요 없는 것으로 판단된다. 5) 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항 콘크리트 라이닝 균열(0.3mm미만), 보수부 재균열(0.3mm내외)의 진전 및 추가 발생유무 시공이음 들뜸 및 박락의 손상부 탈락 발생유무 터널 내 집수구 이물질퇴적 추가발생 및 체수 등 배수불량 발생 여부 확인 6) 기타 필요한 사항 터널의 효율적인 유지관리를 위한 내부에 스팬(Span) 번호(No.)가 적힌 명판 설치 필요 일부 공동구 덮개파손으로 점검·유지관리자의 이동시 전도 등의 안전사고가 발생할 수 있으므로 덮개 파손부 교체와 함께 점검·유지관리자에 대한 안전교육 필요

2.2.5 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇준공도서 - 기반조사보고서 - 각종계산서 - 공사시방서 - 준공내역서 - 준공도면 - 실시설계보고서 - 기타 특이사항 보고서 - 사고기록 등	◇구조계산서 및 준공도면은 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇주요 설계변경 내용 및 시공시 문제점이 없는 것으로 파악됨	◇ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교·검토함 ⇒ 치수가 상이할 경우 도면을 재작성하며 실측치를 구조계산에 반영(발주처협의) ⇒ 치수가 동일할 경우 준공도면을 기준으로 과업 진행 ◇ 구조물의 제원변경확인 및 추가손상 발생에 대한 안정성 확보여부 확인
유 지 관 리 자 료	◇전차 성능평가 보고서 ◇전차 정밀안전점검 및 정밀안전진단 보고서 ◇사고기록 ◇보수·보강 이력 - 시설물정보관리종합시스템(FMS) 및 전차 점검보고서 보수 및 점검이력	◇부재별 중점손상 - 라이닝 균열 - 라이닝 들뜸 및 박락 - 공동구 덮개 파손 - 배수시설 이물질퇴적 - 포장부 포장파손 ◇주기적인 보수실시	◇전회 점검결과와 금회 점검결과를 비교·검토하여 추가 손상 및 진전 여부를 확인하여 대책방안 마련 ◇보수부 상태 확인

2.2.6 시설물 보수 이력

시설물통합정보관리시스템(FMS) 및 관리주체 보수·보강 이력사항에 입력된 보수·보강이력은 없는 것으로 검토되었으나 보수를 실시한 부분이 있는 것으로 조사되어 유지관리 차원의 보수를 실시하고 있는 것으로 확인되었다.

【표 2.2.4】 기장1터널(울산) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

2.2.7 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 2.2.5】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약	내진성능평가 대상여부
-	Y	-	-	N
· 준공도서 및 FMS상 내진설계는 적용된 것으로 확인되었다.				

2.2.8 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

2.2.9 시설물의 하중변화 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 하중변화 이력은 없는 것으로 확인되었다.

2.3 현장조사

2.3.1 개요

기장1터널(울산)은 부산광역시 기장군 기장읍(부산울산선 8.8km)에 위치한 1종 터널 시설물로, 2008년 12월에 준공되어 약 17년이 경과되었으며, 총연장은 466.0m, 폭 10.8m, 높이 8.4m이고 편도 3차로로 시공되었다.

본 터널은 NATM공법으로 시공된 굴착터널로서, 종단구배는 0.9%, 평면선형은 곡선($R=2,000m$)으로 시공되었으며, 갭문은 시점 및 종점 모두 면벽식이고, 환기방식은 자연 환기방식이다.

과업 대상시설물에 대한 외관조사는 터널의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단할 목적으로 터널부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 따라서, 사전 현장답사를 통해 주변 여건을 파악하여 현장 접근에 필요한 접근방법 및 장비 동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상에 대한 사전검토 후 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침_터널편(2024.12, 국토교통부/국토안전관리원)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

기장1터널(울산)에 대한 외관조사는 사전조사를 통해 확인된 현장여건을 고려하여 고소점검차를 활용하였으며, 기본시설물(라이닝, 공동구 등)과 부대시설(피난연락갱, 환기구 등)로 구분하여 현장조사를 실시하였고, 터널의 안전성을 저해할 만한 구조적인 결함의 유무를 확인하는데 주안점을 두었다.

본 장에서는 외관조사결과 확인된 결함과 손상 상태에 대하여 터널의 구성 부재별로 사진을 첨부하여 설명하고 발생 원인을 분석하여 보수·보강 및 유지관리 방안을 마련하는 데 참고할 수 있도록 하였으며, 전체 부재에 대한 외관조사망도를 작성하여 향후 터널의 점검 및 유지관리시 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.



가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S54	도보, 고소점검차	2025.04.16	
			
고소점검차를 이용한 근접조사		고소점검차를 이용한 근접조사	
			
도보조사 전경		터널 라이닝 비파괴시험	

【그림 2.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

나. 터널 구간 분할

정밀안전진단을 위한 외관조사, 비파괴 시험, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위하여 측점분할 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 터널 내에 측점표시 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 466.0m터널로써 구조물의 형식은 다음 그림과 같이 총 54SPAN 구간으로 분할하였다. 또한, 상태평가를 위한 쉬트(Sheet) 구분을 하였고, 그 결과는 [표 2.3.1]에 수록하였다.

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
철근구간									무근
S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
무근구간									
S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30
무근구간					철근구간			무근구간	
S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40
무근구간									
S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50
무근구간									
S51	S52	S53	S54						
무근	철근구간								

【그림 2.3.2】 Span별 시공현황

【표 2.3.1】 구간분할

구분	쉬트 (Sheet)	스판 (Span)	거리 (m)	누적 (m)	구분	쉬트 (Sheet)	스판 (Span)	거리 (m)	누적 (m)
철근구간	Sh1	S1	2.0	2.0	무근구간	Sh10	S29	9.0	254.0
		S2	9.0	11.0			S30	9.0	263.0
		S3	9.0	20.0			S31	9.0	272.0
	Sh2	S4	9.0	29.0		Sh11	S32	9.0	281.0
		S5	9.0	38.0			S33	9.0	290.0
		S6	9.0	47.0			S34	9.0	299.0
	Sh3	S7	9.0	56.0		Sh12	S35	9.0	308.0
		S8	9.0	65.0			S36	9.0	317.0
		S9	9.0	74.0			S37	9.0	326.0
무근구간	Sh4	S10	9.0	83.0		Sh13	S38	9.0	335.0
		S11	9.0	92.0			S39	9.0	344.0
		S12	9.0	101.0			S40	9.0	353.0
	Sh5	S13	9.0	110.0		Sh14	S41	9.0	362.0
		S14	9.0	119.0			S42	9.0	371.0
		S15	9.0	128.0			S43	9.0	380.0
	Sh6	S16	9.0	137.0		Sh15	S44	9.0	389.0
		S17	9.0	146.0			S45	9.0	398.0
		S18	9.0	155.0			S46	9.0	407.0
	Sh7	S19	9.0	164.0		Sh16	S47	9.0	416.0
		S20	9.0	173.0			S48	9.0	425.0
		S21	9.0	182.0			S49	9.0	434.0
	Sh8	S22	9.0	191.0		Sh17	S50	9.0	443.0
		S23	9.0	200.0			S51	9.0	452.0
		S24	9.0	209.0	철근구간	Sh18	S52	8.5	460.5
		S25	9.0	218.0			S53	4.0	464.5
철근구간	Sh9	S26	9.0	227.0			S54	1.5	466.0
		S27	9.0	236.0	—	—	—	—	—
		S28	9.0	245.0			—	—	—

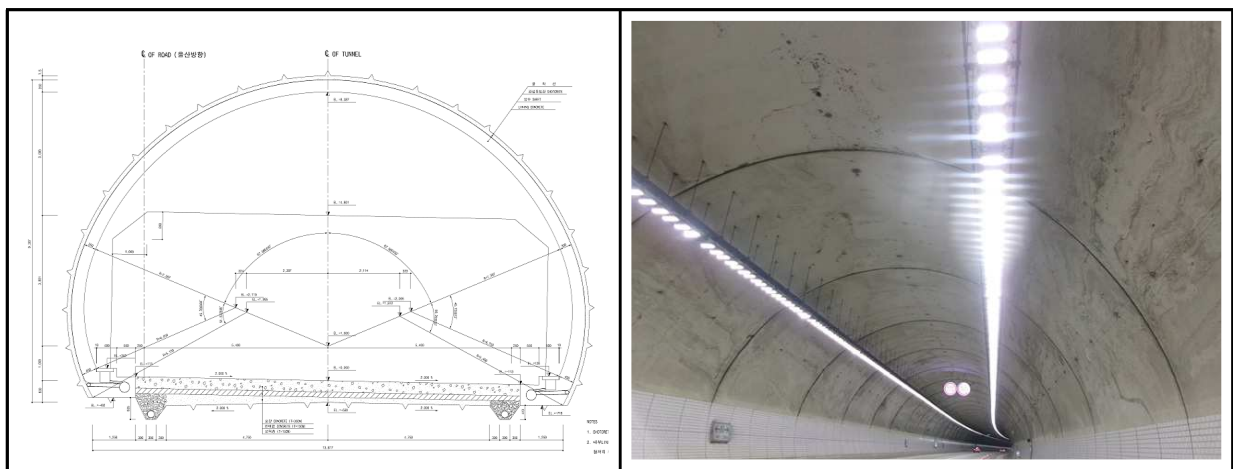
2.3.2 외관조사 결과

가. 기본시설물(라이닝, 갱문)

1) 천장부

본 터널의 라이닝 두께는 350mm이며, 천장부 외관조사시 교통통제 후 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다. 본 터널은 시·종점 갱구부와 단면변화부 구간은 철근보강이 되어 있는 상태이며, 그 외의 구간은 무근으로 설계되어 있다.

점검시 콘크리트 균열 및 누수여부, 박리, 박락, 철근노출, 배부름 및 변형 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.1】 천장부 전경

(1) 조사결과

- 천장부 조사시 시설물관리대장에 보수·보강이력은 수록되지 않았으나 일부 보수가 된 흔적이 확인되었다.
- 천장부에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만, 이상) 및 재균열(0.3mm미만, 이상), 박락, 피복부족, 철근노출, 실란트 파손 등의 손상이 확인되었다.
- 본 터널에 발생한 균열은 대부분 종방향 균열로 전구간에 걸쳐 균등하게 발생하였으며, 박락 및 실란트 파손은 조인트부근에서 발생한 것으로 조사되었다.

【표 2.3.2】 천장부 손상현황

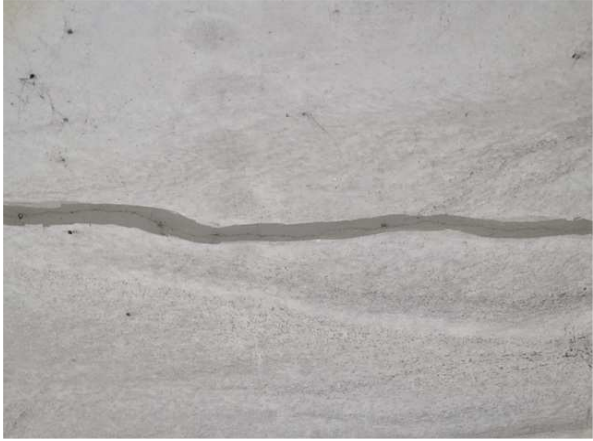
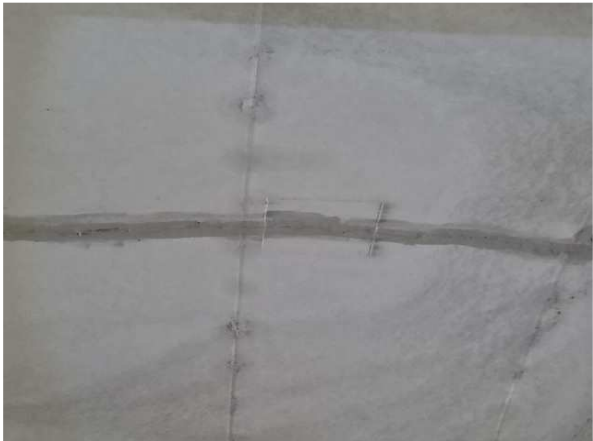
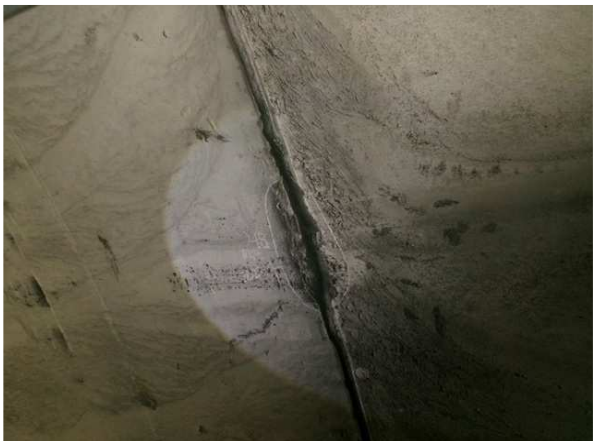
구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열(0.3mm이상) (m/개소)		재균열(0.3mm미만) (m/개소)		재균열(0.3mm이상) (m/개소)	
Sh1	—	—	9.00	1	—	—	—	—
Sh2	—	—	5.00	1	—	—	—	—
Sh3	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh4	—	—	—	—	—	—	18.00	2
Sh5	—	—	—	—	18.00	2	9.00	1
Sh6	—	—	—	—	—	—	27.00	3
Sh7	—	—	—	—	18.00	2	9.00	1
Sh8	3.00	1	—	—	36.00	4	—	—
Sh9	—	—	—	—	9.00	2	—	—
Sh10	—	—	—	—	27.00	3	—	—
Sh11	—	—	—	—	27.00	3	—	—
Sh12	—	—	—	—	27.00	3	—	—
Sh13	—	—	—	—	27.00	3	—	—
Sh14	—	—	—	—	29.00	4	—	—
Sh15	2.50	1	—	—	27.00	3	—	—
Sh16	—	—	—	—	27.00	3	—	—
Sh17	—	—	—	—	18.00	2	—	—
Sh18	—	—	—	—	0.30	1	—	—
합계	5.50	2	14.00	2	290.30	35	63.00	7

【표 2.3.2】 천장부 손상현황(계속)

구분	바닥, 보수부바닥 (㎡/개소)		철근노출 (㎡/개소)		피복부족 (㎡/개소)		실란트 파손 (㎡/개소)	
Sh1	0.08	1	—	—	—	—	18.00	1
Sh2	0.05	1	—	—	—	—	—	—
Sh3	0.04	1	0.15	3	25.00	1	—	—
Sh4	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh5	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh6	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh7	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh8	0.04	1	—	—	—	—	—	—
Sh9	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh10	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh11	0.03	1	—	—	—	—	—	—
Sh12	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh13	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh14	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh15	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh16	0.10	1	—	—	—	—	—	—
Sh17	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh18	—	—	—	—	—	—	18.00	1
합계	0.34	6	0.15	3	25.00	1	36.00	2

			
현 황	■ S01 천장부 실란트파손	현 황	■ S03 천장부 균열(0.3mm이상)
원 인	■ 공용기간 증가, 온도변화 등	원 인	■ 건조수축, 온도변화 등
대 책	■ 실란트 재설치	대 책	■ 주입보수
			
현 황	■ S06 천장부 박락	현 황	■ S08 천장부 철근노출
원 인	■ 거푸집 탈거시 충격, 신축작용 등	원 인	■ 시공미흡, 피복부족 등
대 책	■ 단면보수	대 책	■ 단면보수(방청)
			
현 황	■ S08 천장부 피복부족	현 황	■ S11 천장부 재균열(0.3mm이상)
원 인	■ 시공미흡 등	원 인	■ 공용기간 증가에 따른 채손상 등
대 책	■ 주의관찰	대 책	■ 표면보수

【사진 2.3.2】 천장부 손상현황

			
현 황	■ S18 천장부 재균열(0.3mm이상)	현 황	■ S20 천장부 재균열(0.3mm미만)
원 인	■ 공용기간 증가에 따른 재손상 등	원 인	■ 공용기간 증가에 따른 재손상 등
대 책	■ 주입보수	대 책	■ 표면보수
			
현 황	■ S42 천장부 재균열(0.3mm미만)	현 황	■ S47 천장부 재균열(0.3mm미만)
원 인	■ 공용기간 증가에 따른 재손상 등	원 인	■ 공용기간 증가에 따른 재손상 등
대 책	■ 표면보수	대 책	■ 표면보수
			
현 황	■ S48 천장부 박락	현 황	■ S51 천장부 재균열(0.3mm미만)
원 인	■ 거푸집 탈거시 충격, 신축작용 등	원 인	■ 공용기간 증가에 따른 재손상 등
대 책	■ 단면보수	대 책	■ 표면처리

【사진 2.3.2】 천장부 손상현황(계속)

(2) 기 점검 결과 비교

- 24년 정밀안전진단과 비교한 결과, 기존손상인 균열(0.3mm미만, 이상) 및 재균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열(0.3mm미만), 박락, 철근노출, 피복부족, 실란트 파손 등이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상은 조사되지 않았다.

【표 2.3.3】 천장부 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2024년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
천장부	균열(0.3mm미만)	m	5.50	2	5.50	2	- -	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	14.00	2	14.00	2	- -	변동없음
	재균열(0.3mm미만)	m	290.30	35	290.30	35	- -	변동없음
	재균열(0.3mm이상)	m	63.00	7	63.00	7	- -	변동없음
	박락, 보수부 박락	m ²	0.34	6	0.34	6	- -	변동없음
	철근노출	m ²	0.15	3	0.15	3	- -	변동없음
	피복부족	m ²	25.00	1	25.00	1	- -	변동없음
	실란트 파손	m	36.00	2	36.00	2	- -	변동없음

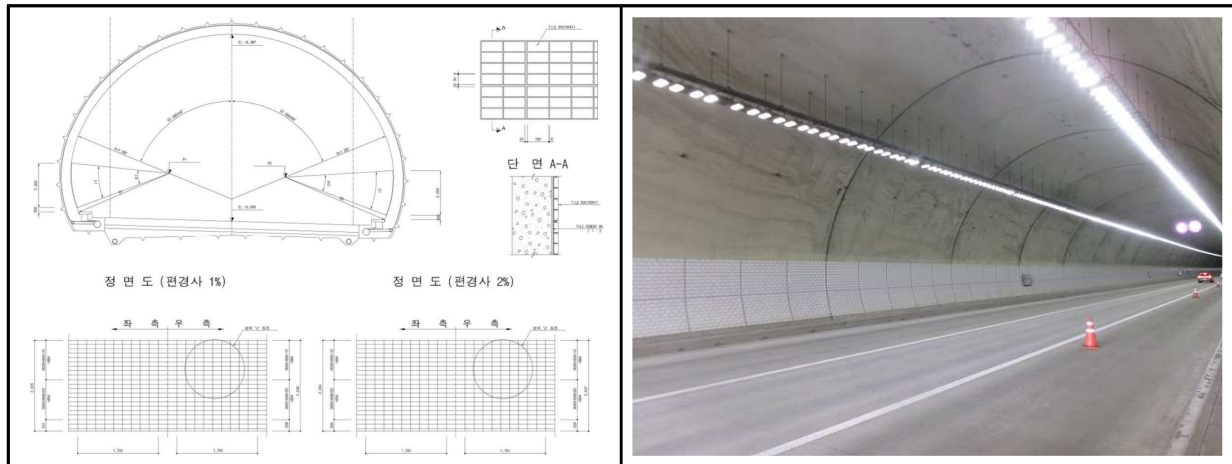
(3) 검토의견

- 천장부에서 조사된 균열(0.3mm미만, 이상), 재균열(0.3mm미만, 이상)의 경우, 대부분 천단부(터널 중심선) 부근에서 발생한 비진행성 종방향 균열로서 발생원인은 콘크리트의 계절변화에 따른 온도변화 및 건조수축, 동결융해, 공용기간 증가에 따른 보수재 열화 등의 복합적 요인에 의한 손상으로 판단된다. 상기 손상부는 균열폭에 따른 표면보수, 주입보수 등의 보수조치를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 조인트 부근 박락, 보수부 박락의 경우, 거푸집 조기탈거 및 이동시 충격, 온도변화, 공용기간 증가 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 손상부 탈락에 의한 통행차량의 안전을 위협할 수 있으므로, 제거 후 단면보수 등의 조치가 필요하다고 판단된다.
- 조사된 Sh3(SPAN08)의 피복부족, 철근노출의 경우, 콘크리트 타설시 시공미흡, 장기공용에 따른 수분접촉, 철근부식에 의해 콘크리트가 박락이 되어 철근이 노출된 것으로 판단된다. 상기 손상중 철근노출부는 방청 등의 보수가 필요하며, 피복부족 구간은 주의관찰을 실시하고, 손상의 증가시 일괄적으로 단면보수를 실시하는 유지관리가 바람직할 것으로 사료된다.
- 터널의 입·출구부 부근에서 발생한 실란트 파손은 공용기간 증가에 따른 노후화, 온도변화, 수분접촉 등의 원인으로 발생한 손상으로 실란트 재설치를 하여 유지관리를 하는 것이 바람직하다.

2) 측벽부

본 터널의 라이닝 두께는 350mm이며, 측벽부 외관조사시 교통통제 후 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였고, 측벽에 미관 및 조명효과를 증대시켜 시거환경 확보와 차량 운전자의 사고 예방을 목적으로 타일마감으로 시공되었다.

점검시 콘크리트 균열 및 누수여부, 박리, 박락, 배부름 및 변형, 타일손상 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.3】 측벽부 전경

(1) 조사결과

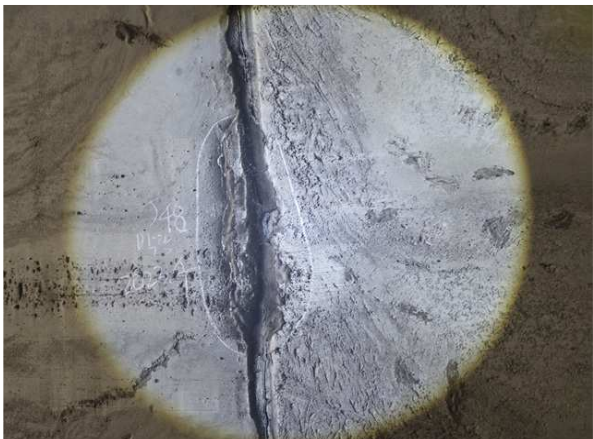
- 측벽부 조사시 시설물관리대장에 보수·보강이력은 수록되지 않았으나 일부 보수가 된 흔적이 확인되었다.
- 측벽부에 대한 현장조사 결과, 측벽부 콘크리트 라이닝에 균열 및 망상균열, 박락, 타일마감부에 타일균열 및 탈락 등의 손상이 있는 것으로 확인되었다.

【표 2.3.4】 측벽부 손상현황

구분	균열 (0.3mm미만) (m/개소)		균열 (0.3mm이상) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		박락 (㎡/개소)		타일 파손, 탈락 (개소/개소)		타일 균열 (개소/개소)	
Sh1	5.00	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh2	1.50	1	—	—	—	—	—	—	—	—	10.00	10
Sh3	7.00	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh4	11.00	2	—	—	—	—	—	—	—	—	2.00	2
Sh5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.00	5
Sh6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh7	3.00	1	—	—	—	—	—	—	—	—	3.00	3
Sh8	6.00	4	0.30	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh9	4.00	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh10	1.00	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh11	5.00	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh12	11.00	2	—	—	1.00	1	0.02	1	2.00	2	—	—
Sh13	2.50	1	1.50	1	—	—	—	—	35.00	35	3.00	3
Sh14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.00	9
Sh15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh16	7.00	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh18	3.00	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
합계	67.00	24	1.80	2	1.00	1	0.02	1	37.00	37	32.00	32

			
현 황	■ S01 측벽부 균열(0.3mm미만)	현 황	■ S07 측벽부 균열(0.3mm미만)
원 인	■ 건조수축, 온도변화 등	원 인	■ 건조수축, 온도변화 등
대 책	■ 표면보수	대 책	■ 표면보수
			
현 황	■ S12 측벽부 균열(0.3mm미만)	현 황	■ S12 측벽부 타일균열
원 인	■ 건조수축, 온도변화 등	원 인	■ 라이닝 반사균열 등
대 책	■ 표면보수	대 책	■ 주의관찰 후 재설치
			
현 황	■ S32 측벽부 균열(0.3mm미만)	현 황	■ S35 측벽부 망상균열(0.3mm미만)
원 인	■ 건조수축, 온도변화 등	원 인	■ 건조수축, 온도변화 등
대 책	■ 표면보수	대 책	■ 표면보수

【사진 2.3.4】 측벽부 손상현황

			
현 황	■ S36 측벽부 박락	현 황	■ S38 측벽부 타일파손
원 인	■ 거푸집 탈거시 충격, 신축작용 등	원 인	■ 외부충격 등
대 책	■ 단면보수	대 책	■ 타일재시공
			
현 황	■ S38 측벽부 타일파손	현 황	■ S43 측벽부 타일균열
원 인	■ 외부충격 등	원 인	■ 라이닝 반사균열 등
대 책	■ 타일재시공	대 책	■ 주의관찰 후 재설치
			
현 황	■ S48 측벽부 박락	현 황	■ S52 측벽부 망상균열(0.3mm미만)
원 인	■ 거푸집 탈거시 충격, 신축작용 등	원 인	■ 건조수축, 온도변화 등
대 책	■ 단면보수	대 책	■ 표면보수

【사진 2.3.4】 측벽부 손상현황(계속)

(2) 기 점검 결과 비교

- 24년 정밀안전진단과 비교한 결과, 기존손상인 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 박락, 타일 탈락, 타일균열 등이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상은 조사되지 않았다.

【표 2.3.5】 측벽부 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2024년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증·감		비고
			물량	개소	물량	개소			
측벽부	균열(0.3mm미만)	m	67.00	24	67.00	24	—	—	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	1.80	2	1.80	2	—	—	변동없음
	망상균열	m ²	1.00	1	1.00	1	—	—	변동없음
	박락	m ²	0.02	1	0.02	1	—	—	변동없음
	타일파손, 탈락	EA	37.00	37	37.00	37	—	—	변동없음
	타일균열	EA	32.00	32	32.00	32	—	—	변동없음

(3) 검토의견

- 측벽부에서 조사된 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열(0.3mm미만)의 경우, 전구간 골고루 분포되어 발생하였고, 비진행성 횡방향 및 표면균열로서 발생원인은 라이닝 시공시 강제거푸집 제거 및 이동시 응력발생, 콘크리트 양생중 온도변화, 건조수축 등의 복합적 요인에 의한 손상으로 판단된다. 상기 손상부는 균열폭에 따른 표면보수, 주입보수 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 조인트 부근 박락의 경우, 거푸집 조기탈거 및 이동시 충격, 온도변화, 공용기간 증가 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 손상부 탈락에 의한 통행차량의 안전을 위협할 수 있으므로, 제거 후 단면보수 등의 조치가 필요하다고 판단된다.
- 조사된 타일파손 및 탈락, 타일균열의 경우, 라이닝 콘크리트 횡균열이 발생한 부위에 나타난 반사균열 및 장기공용에 따른 타일 몰탈 부착적 저하, 외부충격 등의 원인으로 발생한 손상으로 판단된다. 타일 균열의 경우 즉각적인 보수보다는 주의관찰을 실시하고, 추후 손상 증가시 일괄적으로 보수 및 재시공을 하는 것이 유지관리에 유리할 것으로 판단되며, 타일탈락 및 파손의 경우, 재설치가 필요하다.

3) 갯문

본 터널의 시·중점부에 설치된 갯문은 지형, 지반, 주변환경, 차량의 주행성 등이 고려되며, 면벽식으로 시공되어 있으며, 접속된 용벽이 있는 상태이다.



【사진 2.3.5】 갯문 전경

(1) 조사결과

- 갯문 외관조사 결과, 갯문은 구조물에 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 접속용벽의 경우, 균열(0.3mm미만) 및 백태, 이격, 파손이 배면 배수로로는 이격 등의 손상이 확인되었다.

【표 2.3.6】 갯문 손상현황

구분	접속용벽 균열 (0.3mm이상) (m/개소)		접속용벽 백태 (㎡/개소)		접속용벽 이격 (m/개소)		접속용벽 파손 (㎡/개소)		배면배수로 이격 (m/개소)	
시점부	—	—	0.43	3	11.00	1	—	—	0.50	1
중점부	3.20	3	0.06	1	11.00	1	0.10	2	1.00	2
합계	3.20	3	0.49	4	22.00	2	0.10	2	1.50	3

			
현 황	■ 시점부 좌측 접속옹벽 백태	현 황	■ 시점부 좌측 접속옹벽 이격
원 인	■ 수준접촉, 오염물질흡착 등	원 인	■ 공용기간 증가, 신축작용, 실란트열화
대 책	■ 표면보수	대 책	■ 주의관찰 후 실란트 재시공
			
현 황	■ 시점부 갭문 배면 배수로 이격	현 황	■ 종점부 우측 접속옹벽 파손
원 인	■ 공용기간 증가, 신축작용, 실란트열화	원 인	■ 시공미흡, 장기공용
대 책	■ 주의관찰 후 실란트 재시공	대 책	■ 단면보수
			
현 황	■ 종점부 우측 접속옹벽 균열(0.3mm이상)	현 황	■ 종점부 좌측 접속옹벽 이격
원 인	■ 온도변화, 건조수축	원 인	■ 공용기간 증가, 신축작용, 실란트열화
대 책	■ 주입보수	대 책	■ 주의관찰 후 실란트 재시공

【사진 2.3.6】 갭문 손상현황

(2) 기 점검 결과 비교

- 24년 정밀안전진단과 비교한 결과, 갯문은 전반적으로 양호한 상태이나, 기존손상인 접속옹벽에서 균열(0.3mm이상), 백태, 이격, 배면배수로 이격 등의 손상이 확인되었고, 금회 점검에서 신규손상은 조사되지 않았다.

【표 2.3.7】 갯문 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2024년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
갯문	접속옹벽 균열(0.3mm이상)	m	3.20	3	3.20	3	- -	변동없음
	접속옹벽 백태	m ²	0.49	4	0.49	4	- -	변동없음
	접속옹벽 이격	m	22.00	2	22.00	2	- -	변동없음
	접속옹벽 파손	m ²	0.10	2	0.10	2	- -	변동없음
	배면배수로 이격	m	1.50	3	1.50	3	- -	변동없음

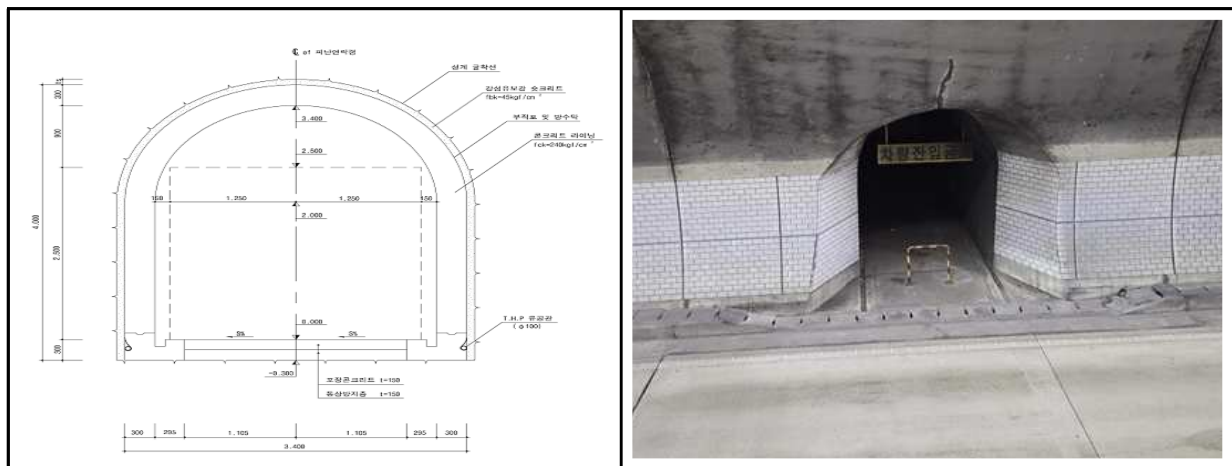
(3) 검토의견

- 갯문은 구조물의 안전을 저해할 만한 손상이 발생하지 않은 양호한 상태로 확인되었다.
- 접속옹벽에서 조사된 균열(0.3mm이상) 및 백태의 경우, 건조수축 및 외부 자연환경(우수유입, 수분접촉, 온도변화, 대기중의 오염물질)에 영향이 원인으로 판단되며, 구조적인 영향을 미치는 손상은 아니나 지속적으로 외부에 노출되는 부재 특성상 손상의 진전방지 및 내구성 확보차원의 표면보수, 주입보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 접속옹벽 파손은 시공미흡, 공용기간 증가 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 그 정도가 경미하므로 주의관찰을 실시하는 유지관리 후 손상의 진전시 단면보수 등의 적절한 조치를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 접속옹벽 및 배면배수로 이격의 경우, 공용기간 증가, 신축거동, 실란트 열화 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 손상의 정도가 경미하므로, 주의관찰을 실시하고, 추가 손상발생시 일괄적으로 실링처리 등의 보수를 실시하는 유지관리가 유리할 것으로 판단된다.

나. 부대시설물(피난연락갱)

1) 피난연락갱

터널 내 차량사고 및 화재 등 긴급상황에서 안전을 위해 설치된 피난연락갱은 철근콘크리트 구조로 인도용 피난연락갱으로 설치되어 있다. 시공 위치는 S27로 부산방향과 울산방향이 연결되어 있으며, 중간에는 차단문이 설치되어 있다. 위치 및 설치형태는 준공도면과 대체로 일치하는 것으로 조사되었다.



【사진 2.3.7】 피난연락갱 전경

(1) 조사결과

- 피난연락갱의 외관조사 결과, 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.3.8】 피난연락갱 손상현황

구분	상태양호
피난연락갱	—
합계	—

(2) 기 점검 결과 비교

- 24년 정밀안전진단과 비교한 결과, 손상이 발생하지 않은 양호한 상태로서 물량의 변화는 없는 것으로 확인되었다.

【표 2.3.9】 피난연락갱 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2024년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
피난연락갱	상태양호	—	—	—	—	—	— —	변동없음

(3) 검토의견

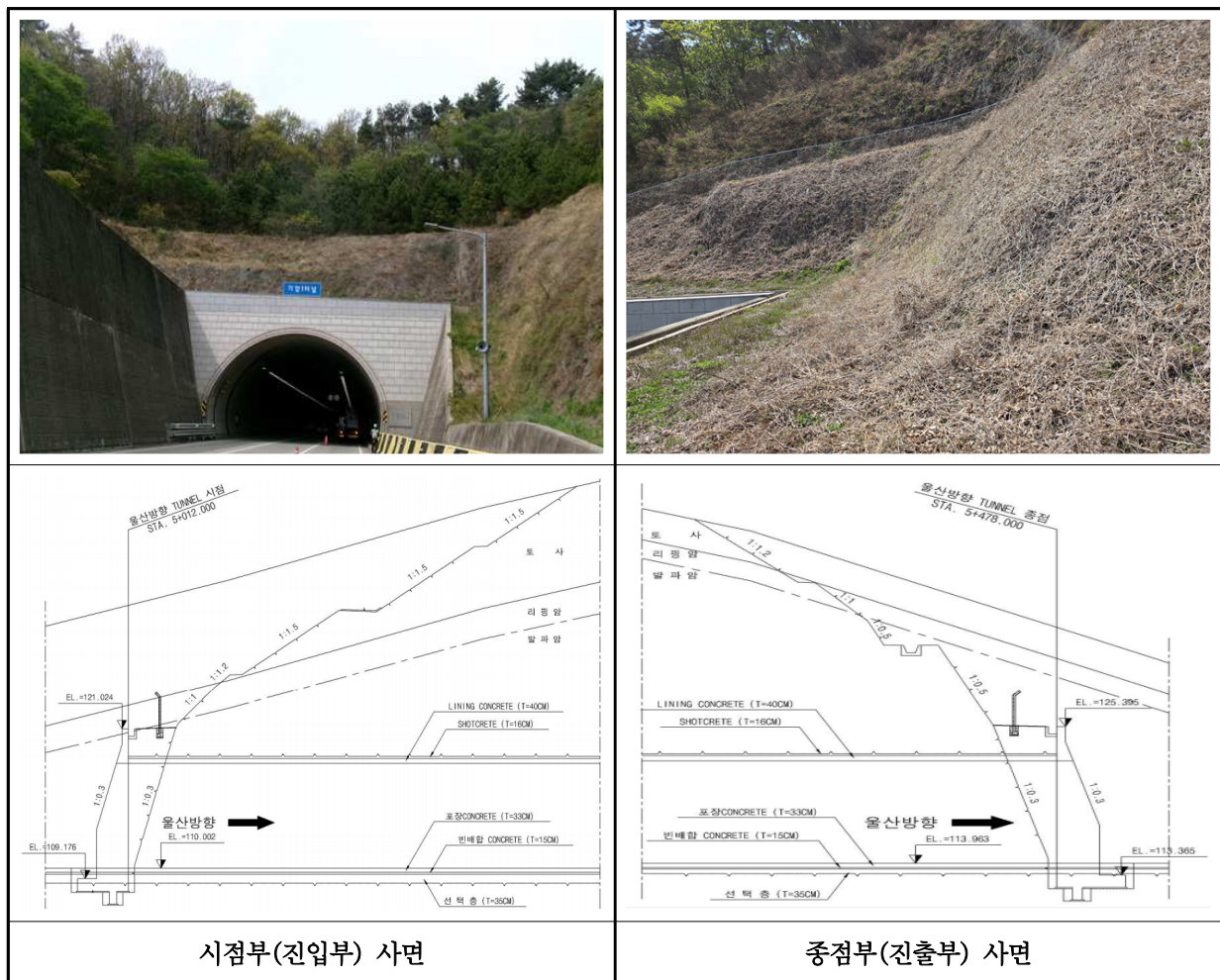
- 피난연락갱의 점검결과, 손상이 발생하지 않은 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 요구된다.

다. 부속시설물(사면, 공동구, 배수시설, 포장부, 기타부속시설)

1) 사면

본 터널 시·종점에 있는 사면에 대한 준공도서 검토 결과, 별도의 보강은 없는 것으로 검토되었으며, 시·종점 모두 사면보호공으로 녹생토가 시공되어 있다.

터널부 사면의 외관조사시 강우나 폭설 등에 의한 토사층의 침식, 암반면의 탈락 등 절토사면의 파괴징후 및 손상 발생여부에 대해 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.8】 사면 전경

(1) 조사결과

- 사면의 외관조사 결과, 준공이후 지형의 변화나 사면활동 등의 외형적인 변화는 없는 것으로 관찰되었다. 표면보호공으로 시공된 녹생토는 활착이 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.

【표 2.3.10】 사면 손상현황

구분	상태양호
시점부	—
중점부	—
합계	—

			
현 황	■ 시점부 식생양호	현 황	■ 중점부 식생양호
원 인	■ —	원 인	■ —
대 책	■ —	대 책	■ —

【사진 2.3.9】 사면 손상현황

(2) 기 점검 결과 비교

- 24년 정밀안전진단과 비교한 결과, 손상이 발생하지 않은 양호한 상태로서 물량의 변화는 없는 것으로 확인되었다.

【표 2.3.11】 사면 기 점검 결과 비교

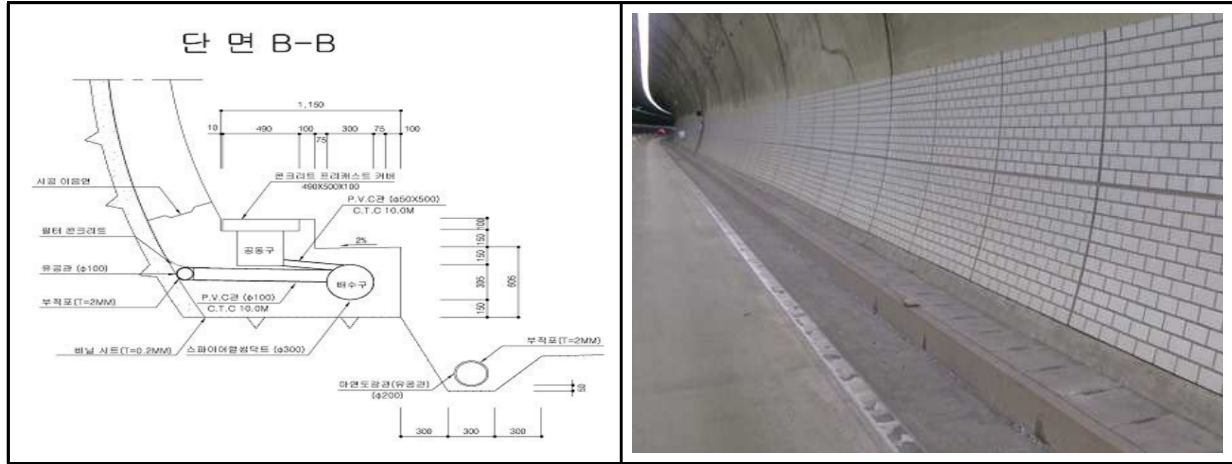
구분	손상 내용	단위	2024년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
사면	상태양호	—	—	—	—	—	— —	변동없음

(3) 검토의견

- 터널부 사면은 준공이후 지형의 변화나 사면활동 등의 외형적인 변화는 없는 것으로 관찰되었고, 녹생토 활착이 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다. 또한, 사면의 유실 및 슬라이딩 징후(인장균열)는 확인되지 않았으나, 강우, 폭우, 해빙기 등이 발생하는 시기에는 주기적인 관찰을 실시하는 유지관리가 필요하다.

2) 공동구

본 터널의 좌·우벽체 하단부에 위치한 공동구는 300mm × 300mm 크기로 시공되어 있다. 또한 유지관리를 위해 상부는 콘크리트 덮개가 설치되어 있다. 외관조사시, 공동구 덮개파손, 본체 콘크리트 파손 등에 주안점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.10】 공동구 전경

(1) 조사결과

- 기존손상인 공동구 균열(0.3mm미만, 이상), 파손, 덮개 파손, 시선유도등 망실 등의 손상이 확인되었고, 금회 점검에서 신규손상이 일부 조사되었다.

【표 2.3.12】 공동구 손상현황

구분	균열 (0.3mm미만) (m/개소)		균열 (0.3mm이상) (m/개소)		파손 (㎡/개소)		덮개 파손 (개소/개소)		시선유도등 망실 (개소/개소)	
Sh1	2.40	8	0.60	2	0.02	2	2.00	2	—	—
Sh2	1.20	4	0.30	1	—	—	—	—	—	—
Sh3	2.10	7	0.30	1	—	—	—	—	—	—
Sh4	1.70	6	—	—	0.01	1	—	—	—	—
Sh5	0.90	3	0.70	3	0.06	1	—	—	—	—
Sh6	0.90	3	—	—	—	—	1.00	1	—	—
Sh7	1.70	6	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh8	2.70	9	—	—	0.75	2	—	—	—	—
Sh9	1.80	6	0.30	1	0.66	2	1.00	1	—	—
Sh10	0.90	3	0.30	1	0.20	1	—	—	—	—
Sh11	0.90	3	—	—	0.20	1	2.00	2	—	—
Sh12	1.50	5	0.30	1	0.77	3	—	—	—	—
Sh13	1.40	5	2.00	6	0.25	1	—	—	—	—
Sh14	1.50	5	—	—	0.16	2	—	—	1.00	1
Sh15	2.70	9	0.90	3	—	—	—	—	—	—
Sh16	1.20	4	0.60	2	0.03	1	—	—	—	—
Sh17	0.60	2	—	—	0.01	1	—	—	—	—
Sh18	0.50	2	1.20	4	0.04	1	—	—	—	—
합계	26.60	90	7.50	25	3.16	19	6.00	6	1.00	1

			
현 황	■ S01 공동구 덮개파손	현 황	■ S02 공동구 파손
원 인	■ 외부충격 등	원 인	■ 외부충격 등
대 책	■ 정비	대 책	■ 단면보수
			
현 황	■ S03 공동구 균열(0.3mm미만)	현 황	■ S07 공동구 균열(0.3mm미만)
원 인	■ 온도변화, 건조수축 등	원 인	■ 온도변화, 건조수축 등
대 책	■ 주입보수	대 책	■ 주입보수
			
현 황	■ S15 공동구 균열(0.3mm이상)	현 황	■ S26 공동구 덮개파손
원 인	■ 온도변화, 건조수축 등	원 인	■ 외부충격 등
대 책	■ 주입보수	대 책	■ 정비

【사진 2.3.11】 공동구 손상현황

			
현 황	■ S26 공동구 파손	현 황	■ S32 공동구 덮개파손
원 인	■ 외부충격 등	원 인	■ 외부충격 등
대 책	■ 단면보수	대 책	■ 정비
			
현 황	■ S38 공동구 균열(0.3mm이상)	현 황	■ S42 공동구 시설유도등 탈락
원 인	■ 온도변화, 건조수축 등	원 인	■ 외부충격 등
대 책	■ 주입보수	대 책	■ 정비
			
현 황	■ S42 공동구 파손	현 황	■ S52 공동구 파손
원 인	■ 외부충격 등	원 인	■ 외부충격 등
대 책	■ 단면보수	대 책	■ 단면보수

【사진 2.3.11】 공동구 손상현황(계속)

(2) 기 점검 결과 비교

- 24년 정밀안전진단과 비교한 결과, 기존손상인 공동구 균열(0.3mm미만, 이상), 파손, 덮개 파손, 시선유도등 망실 등의 손상이 확인되었고, 금회 점검에서 신규손상은 조사되지 않았다.

【표 2.3.13】 공동구 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단 위	2024년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
공동구	균열(0.3mm미만)	m	26.60	90	26.60	90	- -	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	7.50	25	7.50	25	- -	변동없음
	파손	m ²	3.16	9	3.16	9	- -	변동없음
	덮개 파손	EA	6.00	6	6.00	6	- -	변동없음
	시선유도등 망실	EA	1.00	1	1.00	1	- -	변동없음

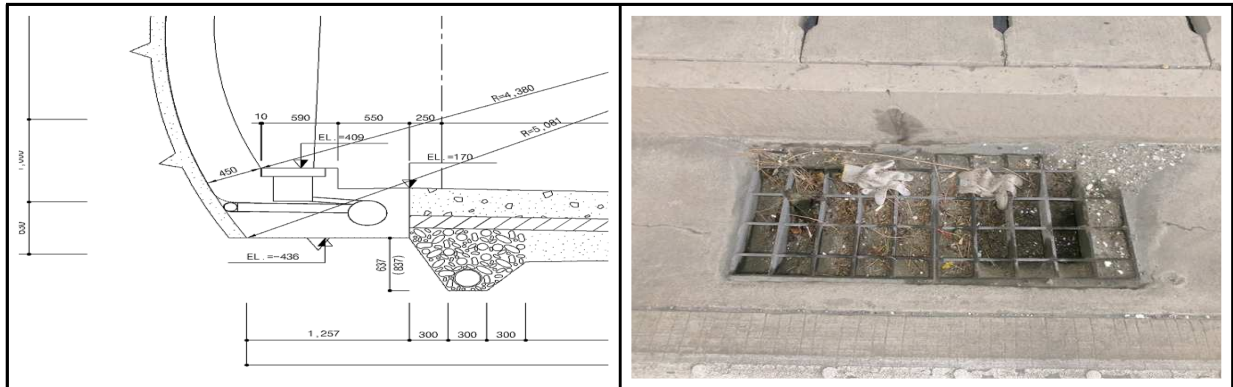
(3) 검토의견

- 공동구에서 조사된 균열(0.3mm미만, 이상)의 경우, 공동구 본체에 발생한 비진행성 균열로서 발생원인은 콘크리트의 계절변화에 따른 온도변화 및 건조수축, 동결융해 등의 복합적 요인에 의한 손상으로 판단된다. 상기 손상부는 구조적인 영향을 미치는 손상은 아니나 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 균열폭에 따른 표면보수, 주입보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 파손, 덮개파손, 시선유도등 망실의 경우, 거푸집 조기탈거 및 이동시 충격, 외부충격(차량) 등의 원인에 의한 손상으로 판단되며, 상기 손상부는 구조적인 영향을 미치는 손상은 아니나 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진, 유지관리상 안전을 위한 단면보수, 정비를 실시하는 유지관리가 필요하다고 판단된다.

3) 배수시설

본 터널의 배수방식은 측벽하부 배수방식으로써 배면침투수를 PVC Pipe 유공관으로 유도배수하여 종배수로에 연결시켜 집수하고, 터널내 유입수와 함께 외부로 배출시킨다. 또한 배수로에는 50m간격으로 집수정이 시공되어 있으며, 스틸그레이팅 덮개가 설치되어 있다.

외관조사시 배수구 막힘, 그레이팅 파손 및 변형, 종배수로 상부 콘크리트 파손 등에 주안점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.12】 배수시설 전경

(1) 조사결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수측구 상면 균열(0.3mm미만, 이상), 파손, 집수구 토사퇴적, 그레이팅 부식 등의 손상이 확인되었다.

【표 2.3.14】 배수시설 손상현황

구분	측구 균열 (0.3mm미만) (m/개소)		측구 균열 (0.3mm이상) (m/개소)		측구 파손 (㎡/개소)		집수구 토사퇴적 (개소/개소)		그레이팅 부식 (개소/개소)	
Sh1	0.60	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh2	0.30	1	—	—	—	—	1.00	1	—	—
Sh3	3.60	2	—	—	—	—	2.00	2	1.00	1
Sh4	2.40	4	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh5	2.40	4	—	—	—	—	2.00	2	2.00	2
Sh6	1.20	3	—	—	—	—	1.00	1	1.00	1
Sh7	1.80	3	—	—	—	—	1.00	1	1.00	1
Sh8	3.00	5	—	—	—	—	1.00	1	1.00	1
Sh9	1.20	2	—	—	—	—	1.00	1	1.00	1
Sh10	0.60	1	—	—	—	—	1.00	1	1.00	1
Sh11	1.20	3	—	—	—	—	1.00	1	1.00	1
Sh12	0.60	1	2.00	1	—	—	1.00	1	1.00	1
Sh13	1.20	2	—	—	—	—	2.00	2	2.00	2
Sh14	—	—	—	—	—	—	1.00	1	1.00	1
Sh15	2.80	5	—	—	—	—	1.00	1	1.00	1
Sh16	1.80	3	—	—	—	—	1.00	1	1.00	1
Sh17	—	—	9.00	1	—	—	1.00	1	—	—
Sh18	13.80	4	12.00	2	0.06	1	—	—	—	—
합계	68.20	44	23.00	4	0.06	1	18.00	18	15.00	15

			
현 황	■ S04 배수시설 토사퇴적, 그레이팅부식	현 황	■ S10 배수시설 토사퇴적, 그레이팅부식
원 인	■ 장기공용, 우수유입(제설제) 등	원 인	■ 장기공용, 우수유입(제설제) 등
대 책	■ 정비, 청소	대 책	■ 정비, 청소
			
현 황	■ S15 배수시설 토사퇴적, 그레이팅부식	현 황	■ S21 배수시설 토사퇴적, 그레이팅부식
원 인	■ 장기공용, 우수유입(제설제) 등	원 인	■ 장기공용, 우수유입(제설제) 등
대 책	■ 정비, 청소	대 책	■ 정비, 청소
			
현 황	■ S32 배수시설 토사퇴적, 그레이팅부식	현 황	■ S38 배수시설 측구 균열(0.3mm미만)
원 인	■ 장기공용, 우수유입(제설제) 등	원 인	■ 품질관리미흡, 온도변화, 건조수축 등
대 책	■ 정비, 청소	대 책	■ 표면보수

【사진 2.3.13】 배수시설 손상현황

			
현 황	■ S48 배수시설 측구 균열(0.3mm미만)	현 황	■ S49 배수시설 토사퇴적, 그레이팅부식
원 인	■ 품질관리미흡, 온도변화, 건조수축 등	원 인	■ 장기공용, 우수유입(제설제) 등
대 책	■ 표면보수	대 책	■ 정비, 청소
			
현 황	■ S49 배수시설 토사퇴적, 그레이팅부식	현 황	■ S51 배수시설 측구 균열(0.3mm이상)
원 인	■ 장기공용, 우수유입(제설제) 등	원 인	■ 품질관리미흡, 온도변화, 건조수축 등
대 책	■ 정비, 청소	대 책	■ 주입보수
			
현 황	■ S52 배수시설 측구 균열(0.3mm이상)	현 황	■ S53 배수시설 측구 균열(0.3mm이상)
원 인	■ 품질관리미흡, 온도변화, 건조수축 등	원 인	■ 품질관리미흡, 온도변화, 건조수축 등
대 책	■ 주입보수	대 책	■ 주입보수

【사진 2.3.13】 배수시설 손상현황(계속)

(2) 기 점검 결과 비교

- 24년 정밀안전진단과 비교한 결과, 기존손상인 측구 균열(0.3mm미만, 이상), 파손, 집수구 토사퇴적, 그레이팅 부식 등의 손상이 확인되었고, 금회 점검에서 신규손상은 조사되지 않았다.

【표 2.3.15】 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단 위	2024년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수 시설	측구 균열(0.3mm미만)	m	68.20	44	68.20	44	- -	변동없음
	측구 균열(0.3mm이상)	m	23.00	4	23.00	4	- -	변동없음
	측구 파손	m ²	0.06	1	0.06	1	- -	변동없음
	집수구 토사퇴적	EA	18.00	18	18.00	18	- -	변동없음
	그레이팅 부식	EA	15.00	15	15.00	15	- -	변동없음

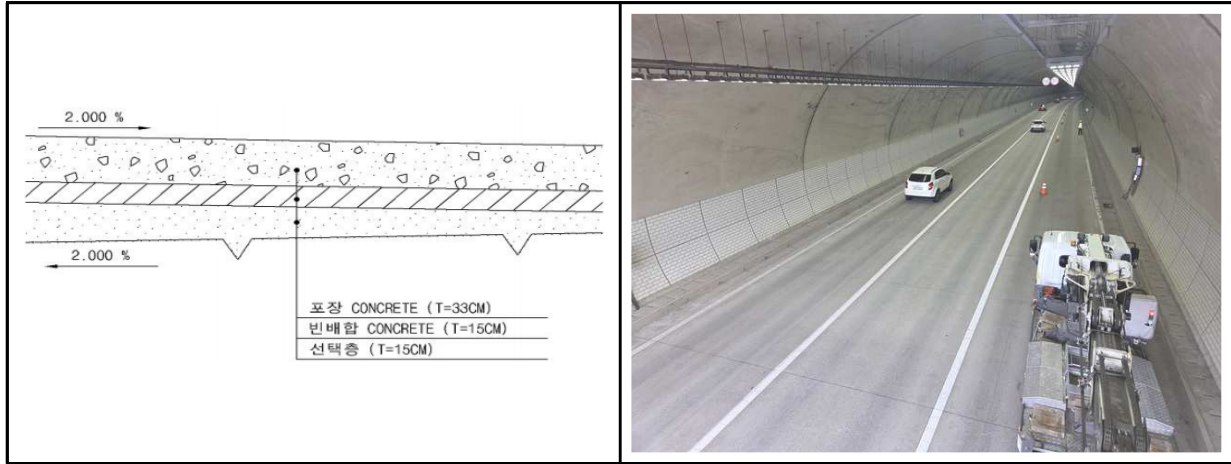
(3) 검토의견

- 배수시설에서 조사된 측구 균열(0.3mm미만, 이상)의 경우, 배수로 상면에 발생한 손상으로 발생원인은 콘크리트 품질관리미흡, 건조수축, 온도변화에 따른 신축작용 등의 복합적 요인에 의한 손상으로 판단되며, 구조물에 영향을 미치는 손상은 아니나 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 균열폭에 따른 표면보수, 주입보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 측구 파손의 경우, 거푸집 조기탈거 및 이동시 충격, 공용중 외부충격(차량)에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물에 영향을 미치는 손상은 아니나 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 조사된 집수구 토사퇴적, 그레이팅부식의 경우, 주로 주행차로에 발생한 손상으로 공용중 중차량 통행에 의한 이물질퇴적, 제설제 성분 등에 의한 그레이팅 부식을 유발한 것으로 판단되며, 터널내 원활한 배수를 위해 정비, 청소가 필요하며, 그레이팅에 대해서는 지속관찰을 실시하는 유지관리가 유리할 것으로 판단된다.

4) 포장부

본 터널의 포장부는 콘크리트 포장으로 설계도면 검토결과, 동상방지층 150mm, 그 위에 빈배합 콘크리트 150mm, 마지막으로 포장콘크리트 330mm의 두께로 시공된 것으로 검토되었다.

포장부 외관조사 시, 균열 및 파손, 토사퇴적 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.14】포장부 전경

(1) 조사결과

- 포장부 외관조사 결과, 포장 망상균열, 파손, 패임 등의 손상이 확인되었고, 포장의 전반적인 상태는 차량 주행에 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.3.16】포장부 손상현황

구분	포장망상균열 (m²/개소)		포장 파손, 패임 (m/개소)	
Sh1	97.00	3	—	—
Sh2	45.00	2	0.01	1
Sh3	54.00	3	—	—
Sh4	54.00	3	—	—
Sh5	54.00	3	—	—
Sh6	54.00	3	0.02	2
Sh7	54.00	3	0.03	3
Sh8	72.00	4	—	—
Sh9	54.00	3	0.03	1
Sh10	—	—	0.02	1
Sh11	54.00	3	0.14	2
Sh12	54.00	3	—	—
Sh13	18.00	1	0.01	1
Sh14	18.00	1	0.02	1
Sh15	—	—	0.01	1
Sh16	—	—	—	—
Sh17	—	—	—	—
Sh18	—	—	—	—
합계	682.00	35	0.29	13

			
현 황	■ S01 포장부 망상균열	현 황	■ S11 포장부 망상균열
원 인	■ 건조수축, 장기공용 등	원 인	■ 건조수축, 장기공용 등
대 책	■ 주의관찰	대 책	■ 주의관찰
			
현 황	■ S18 포장부 패임	현 황	■ S21 포장부 패임
원 인	■ 중차량의 반복진동, 장기공용 등	원 인	■ 중차량의 반복하중, 장기공용 등
대 책	■ 단면보수	대 책	■ 단면보수
			
현 황	■ S23 포장부 패임	현 황	■ S32 포장부 파손
원 인	■ 중차량의 반복하중, 장기공용 등	원 인	■ 중차량의 반복하중, 장기공용 등
대 책	■ 단면보수	대 책	■ 단면보수

【사진 2.3.15】 포장부 손상현황

			
현 황	■ S38 포장부 패임	현 황	■ S43 포장부 파손
원 인	■ 중차량의 반복하중, 장기공용 등	원 인	■ 중차량의 진동, 장기공용 등
대 책	■ 단면보수	대 책	■ 단면보수

【사진 2.3.15】 포장부 손상현황(계속)

(2) 기 점검 결과 비교

- 24년 정밀안전진단과 비교한 결과, 기존손상인 포장 균열, 파손, 패임 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상은 조사되지 않았으나 기존 포장 파손의 손상이 진전되어 손상 물량이 소폭 증가 하였다.

【표 2.3.17】 포장부 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단 위	2024년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
포장부	포장망상균열	m ²	682.00	35	682.00	35	- -	변동없음
	포장 파손, 패임	m ²	0.24	13	0.29	13	▲ 0.05	정밀조사

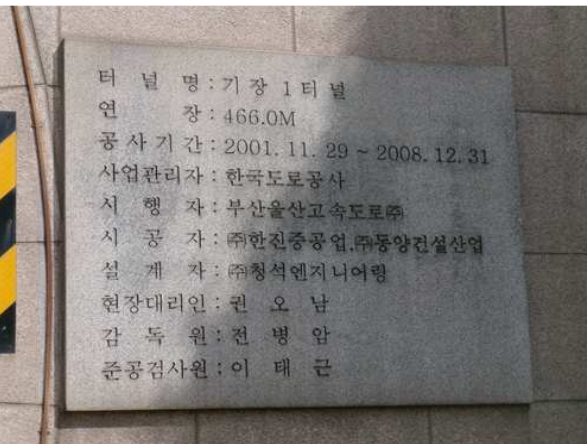
(3) 검토의견

- 콘크리트 포장에서 조사된 포장 망상균열, 파손, 패임의 경우, 건조수축 및 중차량의 반복통행에 의한 진동 및 충격, 공용기간 증가, 제설재의 유입 등 복합적인 요인에 의한 것으로 판단되며, 균열은 경미한 편으로 주의관찰을 실시하고, 파손 및 패임은 통행차량의 주행안전성, 콘크리트포장의 내구성확보 차원에서 절삭 후 보수를 실시하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

5) 기타부속시설

본 터널의 기타부속시설은 조명시설, 소화시설, 비상방송설비, 비상전화, 비상구표시등, CCTV 등이 설치되어 있다.

외관조사시, 부속시설의 파손, 외관상태 등에 대해 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.

	
조명시설	소화시설, 비상전화
	
비상방송설비	CCTV
	
비상구표시등	터널명판

【사진 2.3.16】 기타부속시설 전경

(1) 조사결과

- 본 터널에 설치된 부속시설에 대한 외관조사 결과, 대체로 양호한 상태로 확인되었다.

【표 2.3.18】 기타부속시설 손상현황

구분	상태양호	
기타 부속시설	-	-
합계	-	-

(2) 기 점검 결과 비교

- 24년 정밀안전진단과 비교한 결과, 손상이 발생하지 않은 대체로 양호한 상태로 물량의 변동은 없는 것으로 검토되었다.

【표 2.3.19】 기타부속시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단 위	2024년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
기타 부속시설	상태양호	-	-	-	-	-	- -	변동없음

(3) 검토의견

- 기타부속시설은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 소화시설, 조명시설, 안내표지판, 방송설비 등은 주행차량의 안전과 관련된 사항이므로 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요하다.

라. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로부 포장 및 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 추락방지시설

- 공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 미설치된 상태이다.

2) 도로포장

- 공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 - 포장부”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 도로부 신축이음부

- 공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 미설치된 상태이다.

4) 환기구 등의 덮개

- 공중이 이용하는 부위 중 환기구 등의 덮개는 “현장조사 결과 - 공동구”에 기입된 사항으로 대체하였다.

마. 터널의 공중이용시설 유해·위험요인(10대) 위험요소 점검결과

1) 개요

- 공중이용시설의 중대시민재해 유발 가능성이 높은 유해·위험요소를 선정하여 집중관리 함으로써 국민의 안전을 도모한다.

【표 2.3.20】 공중이용시설 10대 위험요소

구분	유해·위험요인	비고
낙하물	① 교각 코핑 콘크리트 탈락 ② 중분대 하면 콘크리트 낙하 ③ 배수관 낙하사고 ④ 고드름 낙하사고	
화재	⑤ 주유소 및 충전소 화재사고	
교량접속부 파손	⑥ 신축이음장치 솟음(Blow-up)	
포장불량	⑦ 교면포장 부분보수부 파손	
배수시설 기능저하	⑧ 교량 집수구 막힘(미끄럼·결빙)	
사면붕괴	⑨ 절토사면·옹벽 표면 손상	
콘크리트 열화	⑩ 터널 배수구 뚜껑파손	

2) 외관조사 결과

- 본 과업대상 기장1터널(울산)의 중대시민재해 유발 위험요소는 낙하물(고드름 낙하사고), 콘크리트 열화(터널 배수구 뚜껑파손) 등이 해당된다.
- 공중이용시설 10대 위험요소 중 터널에 해당하는 항목에 대한 점검결과, 집수구에 토사퇴적, 균열 및 파손 등의 손상이 확인되었으나 재해 유발의 정도는 아닌 것으로 확인되었고, 라이닝 부의 누수는 없는 상태로 중대시민재해 사고가 우려되는 이상징후는 발견되지 않아 중대한 결함은 없는 것으로 조사되었다.
- 점검일 현재는 중대결함이 없는 비교적 양호한 상태이지만 향후, 소형결함으로도 재해 발생 가능성이 있으므로 유해·위험요인이 있는 취약시설물에 대한 중점관리 및 예방 차원의 보수·보강 등의 유지관리가 필요하다.

구분	유해·위험요인	점검결과	내용	보수방안	비고
1	고드름 낙하사고	☐ 유, ☒ 무	이상없음	—	
2	터널 배수구 뚜껑파손	☐ 유, ☒ 무	이상없음	—	

	
시점부 상태현황	종점부 상태현황
	
라이닝 상태현황	라이닝 상태현황
	
배수구 상태현황	배수시설 상태현황

【사진 2.3.17】 터널의 공중이용시설 10대 위험요소 손상현황

2.3.3 현장조사 결과요약

가. 외관조사 총괄표

【표 2.3.21】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
천장부	균열(0.3mm미만)	m	5.50	2	
	균열(0.3mm이상)	m	14.00	2	
	재균열(0.3mm미만)	m	290.30	35	
	재균열(0.3mm이상)	m	63.00	7	
	박락, 보수부 박락	m ²	0.34	6	
	철근노출	m ²	0.15	3	
	피복부족	m ²	25.00	1	
	실란트 파손	m	36.00	2	
측벽부	균열(0.3mm미만)	m	67.00	24	
	균열(0.3mm이상)	m	1.80	2	
	망상균열	m ²	1.00	1	
	박락	m ²	0.02	1	
	타일파손, 탈락	EA	37.00	37	
	타일균열	EA	32.00	32	
갯문	접속옹벽 균열(0.3mm이상)	m	3.20	3	
	접속옹벽 백태	m ²	0.49	4	
	접속옹벽 이격	m	22.00	2	
	접속옹벽 파손	m ²	0.10	2	
	배면배수로 이격	m	1.50	3	
피난연락갱	상태양호	—	—	—	
사면	상태양호	—	—	—	
공동구	균열(0.3mm미만)	m	26.60	90	
	균열(0.3mm이상)	m	7.50	25	
	파손	m ²	3.16	9	
	덮개 파손	EA	6.00	6	
	시선유도등 망실	EA	1.00	1	
배수시설	측구 균열(0.3mm미만)	m	68.20	44	
	측구 균열(0.3mm이상)	m	23.00	4	
	측구 파손	m ²	0.06	1	
	집수구 토사퇴적	EA	18.00	18	
	그레이팅 부식	EA	15.00	15	
포장부	포장망상균열	m ²	682.00	35	
	포장 파손, 패임	m ²	0.29	13	
기타부속시설	상태양호	—	—	—	

2.3.4 전회차 손상물량 비교

【표 2.3.22】 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2024년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
천장부	균열(0.3mm미만)	m	5.50	2	5.50	2	— —	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	14.00	2	14.00	2	— —	변동없음
	재균열(0.3mm미만)	m	290.30	35	290.30	35	— —	변동없음
	재균열(0.3mm이상)	m	63.00	7	63.00	7	— —	변동없음
	박락, 보수부 박락	m ²	0.34	6	0.34	6	— —	변동없음
	철근노출	m ²	0.15	3	0.15	3	— —	변동없음
	피복부족	m ²	25.00	1	25.00	1	— —	변동없음
	실란트 파손	m	36.00	2	36.00	2	— —	변동없음
측벽부	균열(0.3mm미만)	m	67.00	24	67.00	24	— —	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	1.80	2	1.80	2	— —	변동없음
	망상균열	m ²	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	박락	m ²	0.02	1	0.02	1	— —	변동없음
	타일파손, 탈락	EA	37.00	37	37.00	37	— —	변동없음
	타일균열	EA	32.00	32	32.00	32	— —	변동없음
갯문	접속옹벽 균열(0.3mm이상)	m	3.20	3	3.20	3	— —	변동없음
	접속옹벽 백태	m ²	0.49	4	0.49	4	— —	변동없음
	접속옹벽 이격	m	22.00	2	22.00	2	— —	변동없음
	접속옹벽 파손	m ²	0.10	2	0.10	2	— —	변동없음
	배면배수로 이격	m	1.50	3	1.50	3	— —	변동없음
파난연락갱	상태양호	—	—	—	—	—	— —	변동없음
사면	상태양호	—	—	—	—	—	— —	변동없음
공동구	균열(0.3mm미만)	m	26.60	90	26.60	90	— —	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	7.50	25	7.50	25	— —	변동없음
	파손	m ²	3.16	9	3.16	9	— —	변동없음
	덮개 파손	EA	6.00	6	6.00	6	— —	변동없음
	시선유도등 망실	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
배수 시설	측구 균열(0.3mm미만)	m	68.20	44	68.20	44	— —	변동없음
	측구 균열(0.3mm이상)	m	23.00	4	23.00	4	— —	변동없음
	측구 파손	m ²	0.06	1	0.06	1	— —	변동없음
	집수구 토사퇴적	EA	18.00	18	18.00	18	— —	변동없음
	그레이팅 부식	EA	15.00	15	15.00	15	— —	변동없음
포장부	포장망상균열	m ²	682.00	35	682.00	35	— —	변동없음
	포장 파손, 패임	m ²	0.24	13	0.29	13	▲ 0.05	정밀조사
기타 부속시설	상태양호	—	—	—	—	—	— —	변동없음

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(2024. 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 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2024. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 비파괴시험을 실시하였으며, 그 기준수량은 다음과 같다.

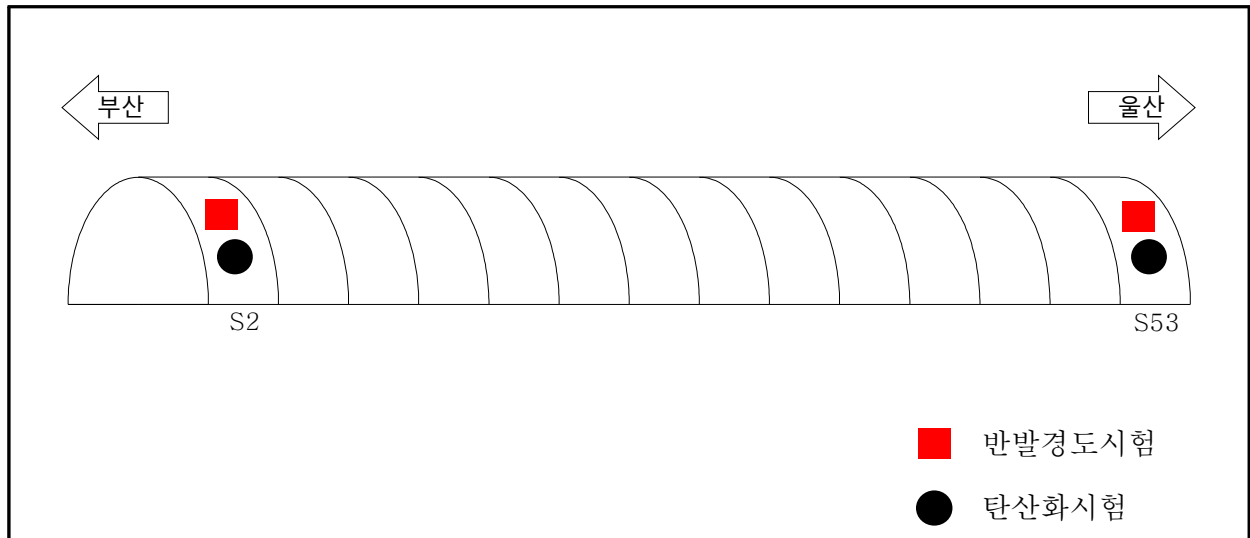
【표 2.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

구분	기준수량		실행수량	비고
측점분할	5~20m 간격			
반발경도 시험	총수량 = (총연장 ÷ 300m)개소	2개소	2개소	
탄산화깊이 측정	총연장 1,000m 미만 = 2개소 총연장 1,000m 이상 = 최초 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 접근성의 용이함을 고려하고 콘크리트의 요철 및 곰보자국 등이 있는 곳을 지양해서 적합한 위치를 선정하였으며 건전부 및 비건전부에 내구성 시험을 실시하였다. 따라서 본 터널의 내구성 시험은 고소작업차를 이용하여 라이닝 등의 주요부재를 중심으로 우선적으로 선정하여 시험위치를 정하였다.

다. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 2.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

2.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 콘크리트 표면이 양호한 부위를 선정하고, 철근탐사기를 이용하여 철근의 위치를 파악한 후, 표면 요철, 부착물, 이물질 등을 제거하고, 슈미트 해머를 사용하여 반발경도를 측정하였다. 측정결과는 타격방향, 재령 등에 의한 보정을 한 후 비파괴강도 추정에 이용하였다.



반발경도 시험

【사진 2.4.1】 강도시험 현장사진

1) 반발경도 시험

(1) 반발경도 시험결과

【표 2.4.2】 콘크리트 라이닝 반발경도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료학회	일본건축학회			
라 이 닝	S2	라이닝	45.5	25.1	26.7	0.63	24.0	비건전부
	S53	라이닝	45.3	24.9	26.6			건전부
평 균			—	25.0	26.7	—	—	
표준편차			—	0.14	0.07	—	—	
변동계수			—	0.006	0.003	—	—	
최대값			—	25.1	26.7	—	—	
최소값			—	24.9	26.6	—	—	

【표 2.4.3】 콘크리트 라이닝 반발경도 추정강도

시험위치	압축강도(MPa) 추정		설계기준강도 (MPa)	평균 추정강도 (MPa)	강도비교 (%)	비고
	일본건축학회					
라이닝	26.6	~ 26.7	24.0	26.7	111.3	

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.6~26.7MPa로 측정되었으며, 금회 실시한 비파괴강도는 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 라이닝 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

(2) 기 점검결과와의 비교

【표 2.4.4】 기 점검결과와의 비교

구 분	2024년 정밀안전진단	2025년 정밀안전점검	설계기준강도(MPa)
반발경도법	26.3 ~ 29.7	26.6 ~ 26.7	24.0
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과 측정부위에 따라 다소 차이는 있지만, 설계강도를 100%이상 상회하고 있는 것으로 조사되어 콘크리트의 강도상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.		

(3) 반발경도 시험보고서

【표 2.4.5】 반발경도 시험보고서

반발경도 시험 보고서	
1. 시험조건	
구 분	내 용
시험 일자 및 시간	일자 : 2025. 04. 16 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	기장1터널(울산) 라이닝
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정
콘크리트 설계 조건 (강도, MPa)	라이닝 : 24MPa
시험 위치의 표면 상태	균열, 박리 등이 없는 양호한 부위 대상 표면정리(요철제거)
시험시의 온도 및 콘크리트의 재령	9.7 ~ 18.1℃, 3000일 이상
콘크리트 내부의 함수 상태	기건 상태
2. 시험기기	
구 분	내 용
측정기의 종류	슈미트 해머 NR형
제품번호	28191
시험기기의 교정	한국산업기술시험원 교정(엔빌테스트 : 80±2)
3. 시험 방법	
구 분	내 용
반발경도 타격점 간격 및 수량	4 × 5, 20회 타격(30mm 간격)
반발경도 측정기의 타격방향	시험 성과표 참조
반발경도 유효값 기준	측정 평균치의 ±20% 범위 내
시험 부위별 반발경도의 평균값	시험 성과표 참조
버린 반발경도의 값 및 위치	시험 성과표 참조
4. 시험결과	
시험 성과표 참조	

나. 탄산화 깊이 측정

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



【사진 2.4.2】 탄산화 깊이 시험 현장사진

1) 탄산화 깊이 측정결과

【표 2.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치	탄산화 깊이 (mm)	실측 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 등급	탄산화 속도계수 (A)	잔존수명 (년)	경과연수	비 고
S2 라이닝	7.0	67.0	60.0	a	1.70	100년 이상	17	
S53 라이닝	6.5	67.0	60.5	a	1.58	100년 이상	17	

- 탄산화 깊이 측정결과, 탄산화깊이는 6.5~7.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 2.4.7】 탄산화 깊이 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
라이닝	6.5 ~ 7.0	60.0 ~ 60.5	

2) 기 점검결과와의 비교

【표 2.4.8】 기 점검결과와의 비교

구 분	2024년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		비 고
	잔여깊이(mm)	평가결과	잔여깊이(mm)	평가결과	
라이닝	54.5 ~ 64.0	a	60.0 ~ 60.5	a	
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 실측피복두께를 적용하여 측정위치에 따른 차이는 다소 있지만, 잔여깊이가 30mm 이상으로 조사되어 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 없는 ‘a’ 등급으로 평가되었다. 따라서 탄산화에 진행에 따른 구조물의 내구성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.				

3) 시험보고서

【표 2.4.9】 탄산화 깊이 시험 보고서

구 분	내 용
시험일자	2025년 04월 16일
시험시간	09:00 ~ 17:00
시험 영역의 위치	콘크리트 라이닝
골재 종류	보통골재(추정)
측정면의 종류	햄머드릴을 이용해 뚫어낸 면
시약	페놀프탈레인 1% 용액
측정 기구	햄머드릴, 버니어 캘리퍼스, 시험지
시약 분무로부터 탄산화 깊이까지의 시간	즉시
측정결과(측정값, 평균값, 최대값 등)	보고서 ‘콘크리트 강도시험’ 참조
연한 적자색 변색 유무	유

2.4.3 콘크리트 내구성 조사 결과요약

【표 2.4.10】금회 점검 내구성 조사 결과요약

시험명	시험부위		시험 결과	검토 의견
비파괴 강도 (MPa)	반발경도 라이닝 (설계기준 : 24MPa)		26.6 ~ 26.7	측정결과, 설계기준강도를 100% 상회하는 것으로 조사됨.
탄산화 깊이 (mm)	라이닝	진행깊이(mm)	6.5 ~ 7.0	실측 피복두께 대비 탄산화 잔여 깊이가 30mm 이상으로 확인되어 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 없는 'a' 등급으로 평가됨
		잔여깊이(mm)	60.0 ~ 60.5	

【표 2.4.11】내구성조사 기 점검과의 비교 결과요약

시험명	시험부위	2024년 정밀안전진단	2025년 정밀안전점검	비고
비파괴 강도 (MPa)	라이닝 (설계기준: 24MPa)	26.3 ~ 29.7	26.6 ~ 26.7	측정 위치에 따른 편차로 인하여 정밀한 비교는 어려우나 설계강도를 100% 상회하고 있는 것으로 확인되어 콘크리트의 강도 상태는 양호한 것으로 판단됨
탄산화 깊이 (mm)	라이닝 잔여깊이	54.5 ~ 64.0	60.0 ~ 60.5	측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전차와 비교해서 급격한 진전없이 30mm 이상의 잔여깊이를 확보하여 양호한 상태로 확인되며, 탄산화 진행으로 인한 철근부식의 영향은 없는 것으로 판단됨.

2.5 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-2024. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀안전점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

2.5.1 상태평가 등급산정

가. 구간분할

정밀안전점검을 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 상태평가를 진행하였으며, 구조물의 상태평가 등급 산정을 위한 구간분할 현황은 다음과 같다.

【표 2.5.1】 구간현황

구분	쉬트 (Sheet)	스판 (Span)	거리 (m)	누적 (m)	구분	쉬트 (Sheet)	스판 (Span)	거리 (m)	누적 (m)
철근구간	Sh1	S1	2.0	2.0	무근구간	Sh6	S16	9.0	137.0
		S2	9.0	11.0			S17	9.0	146.0
		S3	9.0	20.0			S18	9.0	155.0
	Sh2	S4	9.0	29.0		Sh7	S19	9.0	164.0
		S5	9.0	38.0			S20	9.0	173.0
		S6	9.0	47.0			S21	9.0	182.0
	Sh3	S7	9.0	56.0		Sh8	S22	9.0	191.0
		S8	9.0	65.0			S23	9.0	200.0
		S9	9.0	74.0			S24	9.0	209.0
무근구간	Sh4	S10	9.0	83.0	철근구간	Sh9	S25	9.0	218.0
		S11	9.0	92.0			S26	9.0	227.0
		S12	9.0	101.0			S27	9.0	236.0
	Sh5	S13	9.0	110.0	무근구간	Sh10	S28	9.0	245.0
		S14	9.0	119.0			S29	9.0	254.0
		S15	9.0	128.0			S30	9.0	263.0
							S31	9.0	272.0

【표 2.5.1】 구간현황(계속)

구분	쉬트 (Sheet)	스판 (Span)	거리 (m)	누적 (m)	구분	쉬트 (Sheet)	스판 (Span)	거리 (m)	누적 (m)
무근구간	Sh11	S32	9.0	281.0	무근구간	Sh15	S44	9.0	389.0
		S33	9.0	290.0			S45	9.0	398.0
		S34	9.0	299.0			S46	9.0	407.0
	Sh12	S35	9.0	308.0		Sh16	S47	9.0	416.0
		S36	9.0	317.0			S48	9.0	425.0
		S37	9.0	326.0			S49	9.0	434.0
	Sh13	S38	9.0	335.0	철근구간	Sh17	S50	9.0	443.0
		S39	9.0	344.0			S51	9.0	452.0
		S40	9.0	353.0		Sh18	S52	8.5	460.5
	Sh14	S41	9.0	362.0			S53	4.0	464.5
		S42	9.0	371.0			S54	1.5	466.0
		S43	9.0	380.0			—	—	—
					—	—	—	—	—

나. 시설물의 상태등급

1) 철근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 2.5.2】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Sheet No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						결함점수 합계	라이닝 결함지수
				박리	충분리, 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화		
Sh1	b	a	a	a	c	a	a	a	a	6.00	0.17
Sh2	b	a	a	a	c	a	a	a	—	6.00	0.17
Sh3	b	a	a	a	c	a	a	a	—	4.00	0.11
Sh9	b	a	a	a	a	a	a	a	—	3.00	0.08
Sh18	b	a	a	a	a	a	a	a	a	3.00	0.08
산술평균	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.40	0.22

2) 무근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 2.5.3】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균 열	누 수	파손 및 손상	재 질 열 화				결함점수 합 계	라 이 닝 결함지수
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료분리		
Sh4	b	a	a	a	a	a	a	5.0	0.19
Sh5	b	a	a	a	a	a	a	5.0	0.19
Sh6	b	a	a	a	a	a	a	5.0	0.19
Sh7	b	a	a	a	a	a	a	5.0	0.19
Sh8	b	a	a	a	c	a	a	6.0	0.22
Sh10	b	a	a	a	a	a	a	3.0	0.11
Sh11	b	a	a	a	c	a	a	4.0	0.15
Sh12	b	a	a	a	c	a	a	4.0	0.15
Sh13	b	a	a	a	a	a	a	5.0	0.19
Sh14	b	a	a	a	a	a	a	3.0	0.11
Sh15	b	a	a	a	a	a	a	3.0	0.11
Sh16	b	a	a	a	c	a	a	4.0	0.15
Sh17	b	a	a	a	a	a	a	3.0	0.11
산술평균	3.12	0.00	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	4.23	0.16

3) 주변상태 결함점수 산정

터널주변	결함점수 배점		결함점수
배수상태	오염됨		2.00
	배수불량		
지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 외	1.00
갯문상태	경미한 손상		0.50
공동구상태	덮개파손		0.50
	공동구 내부 양호		
특수조건	낙수 및 동결위험 없음		0.00
합 계			4.00

2.5.2 상태평가 결과

가. 철근 콘크리트 상태평가 결과

【표 2.5.4】 철근콘크리트 상태평가 결과

철근콘크리트															
총 Sheet	균열	파손 및 손상	누수	재질열화						주변상태					결합 점수 합계
				박리	충분 리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동구 상태	특수 조건	
5	3.80	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	0.50	0.50	0.00	8.40
														결합지수	0.20

나. 무근 콘크리트 상태평가 결과

【표 2.5.5】 무근콘크리트 상태평가 결과

무근콘크리트													
총 Sheet	균열	파손 및 손상	누수	재질열화				주변상태					결합점 수합계
				박리	충분리 박락	백태	재료 분리	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동구 상태	특수 조건	
13	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	0.50	0.50	0.00	8.23
												결합지수	0.24

다. 터널 기본시설 상태평가 결과

【표 2.5.6】 터널 기본시설 상태평가 결과

기장1터널(울산)					
구조물	구간별 결합지수	상태평가	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결합점수 (F)
NATM(철근)	0.20	B	115.00	0.247	0.05
NATM(무근)	0.24	B	351.00	0.753	0.18
결합지수					0.23
상태평가 등급					B

라. 터널 부대시설 상태평가 결과

기장1터널(울산)은 부대시설로 피난연락갱 1개소, 시·중점 옹벽 2개소가 있으며, 그에 대한 결함지수 및 상태평가 결과는 다음과 같다.

1) 피난연락갱

【표 2.5.7】 터널 부대시설 상태평가 결과(피난연락갱)

Sheet No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						결함점수 합	결함지수
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리	철근노출	탄산화		
피난 연락갱	a	a	a	a	a	a	a	a	—	0.00	0.00

2) 시·중점 옹벽

【표 2.5.8】 터널 부대시설 상태평가 결과(옹벽)

항목	침하	활동	배수공상태	계획선형오차	파손및손상	균열	마모/침식	재료열화				세굴	주변영향인자				결함점수합계	평가단위결함지수	평가단위평가결과
								박리	박락및층분리	백태	철근노출		배수시설	사면조사					
														사면	낙석	침출수			
													구배	혼적					
시점부	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	－	0	0	0	0	1	0.01	a
중점부	0	0	0	0	2	6	0	0	0	0	0	－	0	0	0	0	8	0.11	a

3) 부대시설 상태평가 결과

【표 2.5.9】 터널 부대시설 상태평가 결과

구분	결함점수	결함지수(f)
피난연락갱	0.00	0.00
시점부옹벽	1.00	0.01
중점부옹벽	8.00	0.11
부대시설물의 결함지수	—	0.12

개별 결함지수($\Sigma(f_n)$)	시설물개소(N)	부대시설물 결함지수(f)	상태평가 등급	부대시설 가중치(W)
0.12	3	0.04	A	1.0

※ 부대시설물의 결함지수(f) = $\Sigma(f_n) / N$

마. 터널 전체시설 상태평가 결과

【표 2.5.10】 터널 전체시설 상태평가 결과

기장1터널(울산)		
구분	결합지수 산정	상태평가 결과
기본시설물 결합지수(F)	0.23	B
부대시설물 결합지수(f)	0.04	A(가중치 1.0)
전체시설물 결합지수(F)	기본시설물 결합지수(F) × 부대시설 가중치(W) = 0.23 × 1.0 = 0.23	B

바. 공중이 이용하는 부위

과업대상시설물은 터널시설물로서 공중이 이용하는 부위는 도로포장, 환기구 등의 덮개가 시공되어 있으며, 도로부 신축이음부, 추락방지시설(난간, 점검로 등)은 해당사항이 없는 것으로 확인되었다.

1) 추락방지시설

해당사항 없음.

평가기준	구분
a	○손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
b	○추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
c	○추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생 할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
e	○추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

2) 도로포장

포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생한 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태인 “b” 로 평가.

평가기준	구분
a	○ 포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○ 포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생한 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○ 포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불쾌감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	○ 깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○ 배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
e	○ 도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태

3) 도로부 신축이음부

해당사항 없음.

평가기준	구분
a	○ 신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○ 신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생한 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○ 신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○ 신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태 ○ 신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
e	○ 신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태

4) 환기구 등의 덮개

덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태인 “b” 로 평가.

평가기준	구분
a	○ 환기구 등의 덮개가 최상의 상태
b	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태 ○ 기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태
c	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태
d	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태
e	○ 결함 및 파손 정도가 심각하거나 덮개 등이 탈락된 상태

2.5.3 상태평가 결과요약

본 과업대상은 현장조사 및 시험을 토대로 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-터널편 (2024.12)』에 따라 형식별로 상태평가를 실시한 후 서로 다른 가중치를 적용하여 환산결함도 점수를 산출하였다.

가. 상태평가 결과

상태평가 결과 결함지수 0.23으로 “기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태”인 B 등급(양호, $0.15 < \text{결함지수} \leq 0.30$)으로 평가되었다.

나. 기 정밀안전점검 결과와의 비교

【표 2.5.11】 기 점검결과와의 비교 결과

구 분	2023년 정밀안전점검	2024년 정밀안전진단	2025년 정밀안전점검	비 고
결함지수	0.205	0.231	0.23	
상태등급	B	B	B	
검토의견	- 금회 상태평가 결과, “B등급”으로 평가되었으며, 기존점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다. - 환산결함도 점수가 24년 정밀안전진단 0.231 ⇨ 25년 정밀안전점검 0.23(0.233)으로 소폭 상승하였으며, 전회 정밀안전진단의 염화물평가의 가중치가 제외되어 터널 결함점수의 합이 43점 ⇨ 41점으로 조정된 것이 상태평가 점수 변화의 주된 원인으로 확인되었다.			

2.6 종합평가 및 안전등급 지정

2.6.1 종합평가 결과

본 과업은 정밀안전진단 과업으로서 상태평가와 안전성평가 중 최저평가결과를 종합평가 결과로 결정하였으며, 그 결과는 다음과 같다.



【그림 2.6.1】 종합평가 결과

【표 2.6.1】 종합평가결과 산정표

시설물 종합평가결과 산정표				
시설물명	기장1터널(울산)			
평가구분	터널결합지수	평가결과	비 고	
상태평가	F=0.23	B	근거 표번호	표 2.5.10
안전성평가	해당없음	—	—	—
종합평가	0.23	B		
종합평가 결과	■ 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되어 종합평가 등급이 “B등급” 으로 산정되었다. ■ 환산결합도 점수가 24년 정밀안전진단 0.231 ⇨ 25년 정밀안전점검 0.23(0.233)으로 소폭 상승하였으며, 전회 정밀안전진단의 염화물평가의 가중치가 제외되어 터널 결합점수의 합이 43점 ⇨ 41점으로 조정된 것이 상태평가 점수 변화의 주된 원인으로 확인되었다.			

【표 2.6.2】 종합평가 등급 변화 비교

시행년도	분류	상태평가	안전성평가	종합평가	비 고
2023	정밀안전점검	B (0.183)	—	B	
2024	정밀안전진단	B (0.231)	A (1.42)	B	
2025	정밀안전점검	B (0.23)	—	B	

2.6.2 안전등급 지정

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 2.6.3】 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

2.7 보수·보강 및 유지관리방안

2.7.1 보수·보강 방안

【표 2.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
천장부	균열(0.3mm미만)	m	5.50	2	표면처리	3순위
	균열(0.3mm이상)	m	14.00	2	주입보수	2순위
	재균열(0.3mm미만)	m	290.30	35	표면처리	3순위
	재균열(0.3mm이상)	m	63.00	7	주입보수	2순위
	박락, 보수부 박락	m ²	0.34	6	단면보수	2순위
	철근노출	m ²	0.15	3	단면보수(방청)	2순위
	피복부족	m ²	25.00	1	주의관찰	—
	실란트 파손	m	36.00	2	실란트처리	2순위
측벽부	균열(0.3mm미만)	m	67.00	24	표면처리	3순위
	균열(0.3mm이상)	m	1.80	2	주입보수	2순위
	망상균열	m ²	1.00	1	표면처리	3순위
	박락	m ²	0.02	1	단면보수	3순위
	타일파손, 탈락	EA	37.00	37	정비	2순위
	타일균열	EA	32.00	32	주의관찰	—
갯문	접속옹벽 균열(0.3mm이상)	m	3.20	3	주입보수	3순위
	접속옹벽 백태	m ²	0.49	4	표면처리	3순위
	접속옹벽 이격	m	22.00	2	주의관찰	—
	접속옹벽 파손	m ²	0.10	2	주의관찰	—
	배면배수로 이격	m	1.50	3	주의관찰	—
피난연락갱	상태양호	—	—	—	—	—
사면	상태양호	—	—	—	—	—
공동구	균열(0.3mm미만)	m	26.60	90	주의관찰	—
	균열(0.3mm이상)	m	7.50	25	주입보수	3순위
	파손	m ²	3.16	9	단면보수	2순위
	덮개 파손	EA	6.00	6	덮개 재설치	2순위
	시선유도등 망실	EA	1.00	1	정비	2순위
배수시설	측구 균열(0.3mm미만)	m	68.20	44	주의관찰	—
	측구 균열(0.3mm이상)	m	23.00	4	주입보수	3순위
	측구 파손	m ²	0.06	1	단면보수	2순위
	집수구 토사퇴적	EA	18.00	18	정비	1순위
	그레이팅 부식	EA	15.00	15	주의관찰	—
포장부	포장망상균열	m ²	682.00	35	주의관찰	—
	포장 파손, 패임	m ²	0.24	13	단면보수	2순위
기타부속시설	상태양호	—	—	—	—	—

2.7.2 개략공사비

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 2.7.2】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
천장부	균열(0.3㎜미만)	표면처리	5.50	2.06	㎡	299	616	3순위
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	14.00	21.00	m	103	2,163	2순위
	재균열(0.3㎜미만)	표면처리	290.30	108.86	㎡	299	32,549	3순위
	재균열(0.3㎜이상)	주입보수	63.00	94.50	m	103	9,734	2순위
	박락, 보수부 박락	단면보수	0.34	0.51	㎡	1,152	588	2순위
	철근노출	방청	0.15	0.22	㎡	1,336	294	2순위
	실란트 파손	실란트처리	36.00	54.00	m	54	2,916	2순위
측벽부	균열(0.3㎜미만)	표면처리	67.00	25.13	㎡	299	7,514	3순위
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	1.80	2.70	m	103	278	2순위
	망상균열	표면처리	1.00	1.50	㎡	299	449	3순위
	박락	단면보수	0.02	0.03	㎡	1,152	35	3순위
	타일파손, 탈락	정비	37.00	37.00	EA	7	259	2순위
갭문	접속옹벽 균열(0.3㎜이상)	주입보수	3.20	4.80	m	103	494	3순위
	접속옹벽 백태	표면처리	0.49	0.74	㎡	299	221	3순위
공동구	균열(0.3㎜이상)	주입보수	7.50	11.25	m	103	1,159	3순위
	파손	단면보수	3.16	4.74	㎡	1,152	5,460	2순위
	덮개 파손	덮개 재설치	6.00	6.00	EA	500	3,000	2순위
	시선유도등 망실	정비	1.00	1.00	EA	42	42	2순위
배수시설	측구 균열(0.3㎜이상)	주입보수	23.00	34.50	m	103	3,554	3순위
	측구 파손	단면보수	0.06	0.09	㎡	1,152	104	2순위
	집수구 토사퇴적	정비	18.00	18.00	EA	184	3,312	1순위
포장부	포장 파손, 패임	단면보수	0.29	0.44	㎡	346	151	2순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	3,312		24,989		46,591		
	재경비 (순공사비의 50%)	1,656		12,495		23,296		
	합계	4,968		37,484		69,887		
개략공사비 총계(천원)		112,338						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

주3) 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건 상 변동될 수 있음.

2.7.3 유지관리방안

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

【표 2.7.3】 중점유지관리 항목

구 분	현 황	관리방안	관련사진
라이닝	■ 균열	■ 정기 및 차기 안전점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
	■ 들뜸 및 박락	■ 정기 및 차기 안전점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
공동구	■ 덮개 파손	■ 정기 및 차기 안전점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
배수시설	■ 이물질퇴적	■ 원활한 배수를 위해 주기적인 정비가 필요하며, 정기 및 차기 안전점검 시 손상수량 확인 - 정비 후 재손상 발생여부 확인	
포장부	■ 포장 파손	■ 정기 및 차기 안전점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	

2.8 종합결론

본 시설물인 기장1터널(울산)은 부산광역시 기장군 기장읍(고속국도65호선)에 위치한 터널로 2008년 12월에 준공하여 약 17년간 공용중인 시설물이며, 해당 터널은 1종 시설물로서 연장 466.0m, 편도 3차로, 평면선형은 R=2,000m, 종단구배는 0.9%, 주요공법은 NATM, 갱문은 먼 벽식, 환기방식은 자연환기 방식으로 시공되어있다. 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

2.8.1 정밀안전점검 결과

가. 현장조사 및 시험

1) 천장부

- 천장부에서 조사된 균열(0.3mm미만, 이상), 재균열(0.3mm미만, 이상)의 경우, 대부분 천단부(터널 중심선) 부근에서 발생한 비진행성 종방향 균열로서 발생원인은 콘크리트의 계절변화에 따른 온도변화 및 건조수축, 동결융해, 공용기간 증가에 따른 보수재 열화 등의 복합적 요인에 의한 손상으로 판단된다. 상기 손상부는 균열폭에 따른 표면보수, 주입보수 등의 보수조치를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 조인트 부근 박락, 보수부 박락의 경우, 거푸집 조기탈거 및 이동시 충격, 온도변화, 공용기간 증가 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 손상부 탈락에 의한 통행차량의 안전을 위협할 수 있으므로, 제거 후 단면보수 등의 조치가 필요하다고 판단된다.
- 조사된 Sh3(SPAN08)의 피복부족, 철근노출의 경우, 콘크리트 타설시 시공미흡, 장기공용에 따른 수분접촉, 철근부식에 의해 콘크리트가 박락이 되어 철근이 노출된 것으로 판단된다. 상기 손상중 철근노출부는 방청 등의 보수가 필요하며, 피복부족 구간은 주의관찰을 실시하고, 손상의 증가시 일괄적으로 단면보수를 실시하는 유지관리가 바람직할 것으로 사료된다.
- 터널의 입·출구부 부근에서 발생한 실란트 파손은 공용기간 증가에 따른 노후화, 온도변화, 수분접촉 등의 원인으로 발생한 손상으로 실란트 재설치를 하여 유지관리를 하는 것이 바람직하다.

2) 측벽부

- 측벽부에서 조사된 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열(0.3mm미만)의 경우, 전구간 골고루 분포되어 발생하였고, 비진행성 횡방향 및 표면균열로서 발생원인은 라이닝 시공시 강재거푸집 제거 및 이동시 응력발생, 콘크리트 양생중 온도변화, 건조수축 등의 복합적 요인에 의한 손상으로 판단된다. 상기 손상부는 균열폭에 따른 표면보수, 주입보수 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 조인트 부근 박락의 경우, 거푸집 조기탈거 및 이동시 충격, 온도변화, 공용기간 증가

등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 손상부 탈락에 의한 통행차량의 안전을 위협할 수 있으므로, 제거 후 단면보수 등의 조치가 필요하다고 판단된다.

- 조사된 타일파손 및 탈락, 타일균열의 경우, 라이닝 콘크리트 횡균열이 발생한 부위에 나타난 반사균열 및 장기공용에 따른 타일 몰탈 부착적 저하, 외부충격 등의 원인으로 발생한 손상으로 판단된다. 타일 균열의 경우 즉각적인 보수보다는 주의관찰을 실시하고, 추후 손상 증가시 일괄적으로 보수 및 재시공을 하는 것이 유지관리에 유리할 것으로 판단되며, 타일탈락 및 파손의 경우, 재설치가 필요하다.

3) 갯문

- 갯문은 구조물의 안전을 저해할 만한 손상이 발생하지 않은 양호한 상태로 확인되었다.
- 접속옹벽에서 조사된 균열(0.3mm이상) 및 백태의 경우, 건조수축 및 외부 자연환경(우수유입, 수분접촉, 온도변화, 대기중의 오염물질)에 영향이 원인으로 판단되며, 구조적인 영향을 미치는 손상은 아니나 지속적으로 외부에 노출되는 부재 특성상 손상의 진전방지 및 내구성 확보차원의 표면보수, 주입보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 접속옹벽 파손은 시공미흡, 공용기간 증가 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 그 정도가 경미하므로 주의관찰을 실시하는 유지관리 후 손상의 진전시 단면보수 등의 적절한 조치를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 접속옹벽 및 배면배수로 이격의 경우, 공용기간 증가, 신축거동, 실란트 열화 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 손상의 정도가 경미하므로, 주의관찰을 실시하고, 추가 손상발생시 일괄적으로 실링처리 등의 보수를 실시하는 유지관리가 유리할 것으로 판단된다.

4) 피난연락갱

- 피난연락갱의 점검결과, 손상이 발생하지 않은 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 요구된다.

5) 사면

- 터널부 사면은 준공이후 지형의 변화나 사면활동 등의 외형적인 변화는 없는 것으로 관찰되었고, 녹생토 활착이 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다. 또한, 사면의 유실 및 슬라이딩 징후(인장균열)는 확인되지 않았으나, 강우, 폭우, 해빙기 등이 발생하는 시기에는 주기적인 관찰을 실시하는 유지관리가 필요하다.

6) 공동구

- 공동구에서 조사된 균열(0.3mm미만, 이상)의 경우, 공동구 본체에 발생한 비진행성 균열로서 발생원인은 콘크리트의 계절변화에 따른 온도변화 및 건조수축, 동결융해 등의 복합적 요인에 의한 손상으로 판단된다. 상기 손상부는 구조적인 영향을 미치는 손상은 아니나 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 균열폭에 따른 표면보수, 주입보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 파손, 텅개파손, 시선유도등 망실의 경우, 거푸집 조기탈거 및 이동시 충격, 외부충격(차량) 등의 원인에 의한 손상으로 판단되며, 상기 손상부는 구조적인 영향을 미치는 손상은 아니나 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진, 유지관리상 안전을 위한 단면보수, 정비를 실시하는 유지관리가 필요하다고 판단된다.

7) 배수시설

- 배수시설에서 조사된 측구 균열(0.3mm미만, 이상)의 경우, 배수로 상면에 발생한 손상으로 발생원인은 콘크리트 품질관리미흡, 건조수축, 온도변화에 따른 신축작용 등의 복합적 요인에 의한 손상으로 판단되며, 구조물에 영향을 미치는 손상은 아니나 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 균열폭에 따른 표면보수, 주입보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 측구 파손의 경우, 거푸집 조기탈거 및 이동시 충격, 공용중 외부충격(차량)에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물에 영향을 미치는 손상은 아니나 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 조사된 집수구 토사퇴적, 그레이팅부식의 경우, 주로 주행차로에 발생한 손상으로 공용중 중차량 통행에 의한 이물질퇴적, 제설제 성분에 의한 그레이팅 부식을 유발한 것으로 판단되며, 터널내 원활한 배수를 위해 정비, 청소가 필요하며, 그레이팅에 대해서는 지속관찰을 실시하는 유지관리가 유리할 것으로 판단된다.

8) 포장부

- 콘크리트 포장에서 조사된 포장 망상균열, 파손, 패임의 경우, 건조수축 및 중차량의 반복통행에 의한 진동 및 충격, 공용기간 증가, 제설재의 유입 등 복합적인 요인에 의한 것으로 판단되며, 균열은 경미한 편으로 주의관찰을 실시하고, 파손 및 패임은 통행차량의 주행안전성, 콘크리트포장의 내구성확보 차원에서 절삭 후 보수를 실시하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

9) 기타부속시설

- 기타부속시설은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 소화시설, 조명시설, 안내표지판, 방충설비 등은 주행차량의 안전과 관련된 사항이므로 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요하다.

10) 공중이 이용하는 부위

(1) 추락방지시설

- 공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 미설치된 상태이다.

(2) 도로포장

- 공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 - 포장부”에 기입된 사항으로 대체하였다.

(3) 도로부 신축이음부

- 공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 미설치된 상태이다.

(3) 환기구 등의 덮개

- 공중이 이용하는 부위 중 환기구 등의 덮개는 “현장조사 결과 - 공동구”에 기입된 사항으로 대체하였다.

11) 내구성 조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.6~26.7MPa로 측정되었으며, 금회 실시한 비파괴강도는 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 라이닝 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.
- 탄산화 깊이 측정결과, 탄산화깊이는 6.5~7.0mm로 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, 기존점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었으며, 환산결함도 점수가 24년 정밀안전진단 0.231 ⇨ 25년 정밀안전점검 0.23(0.233)으로 소폭 상승하였으며, 전회 정밀안전진단의 염화물평가의 가중치가 제외되어 터널 결함점수의 합이 43점 ⇨ 41점으로 조정된 것이 상태평가 점수 변화의 주된 원인으로 확인되었다.

다. 종합평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되어 종합평가 등급이 “B등급” 으로 산정되었다.
- 환산결함도 점수가 24년 정밀안전진단 0.231 ⇨ 25년 정밀안전점검 0.23(0.233)으로 소폭 상승하였으며, 전회 정밀안전진단의 염화물평가의 가중치가 제외되어 터널 결함점수의 합이 43점 ⇨ 41점으로 조정된 것이 상태평가 점수 변화의 주된 원인으로 확인되었다.

2.8.2 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 진단결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

2.8.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

기장1터널(울산)에 대한 정밀안전진단결과 중점관리 사항은 아래와 같다.

- ① 라이닝 균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인
- ② 라이닝 조인트부 들뜸 및 박락 : 탈락으로 인한 안전사고 우려
- ③ 공동구 덮개 파손 : 손상 진전으로 인한 이용자 안전사고 우려
- ④ 배수시설 이물질퇴적 : 우천시 배수기능 저하 우려
- ⑤ 포장부 파손 : 콘크리트 탈락으로 주행차량의 안전성 우려

2.8.4 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.