

3. 기장2터널(부산)

- 3.1 시설물 개요
- 3.2 자료수집 및 분석
- 3.3 현장조사
- 3.4 콘크리트 내구성 조사
- 3.5 상태평가
- 3.6 안전성평가
- 3.7 종합평가 및 안전등급 지정
- 3.8 보수·보강 및 유지관리 방안
- 3.9 종합결론

3. 기장2터널(부산)

3.1 시설물의 개요

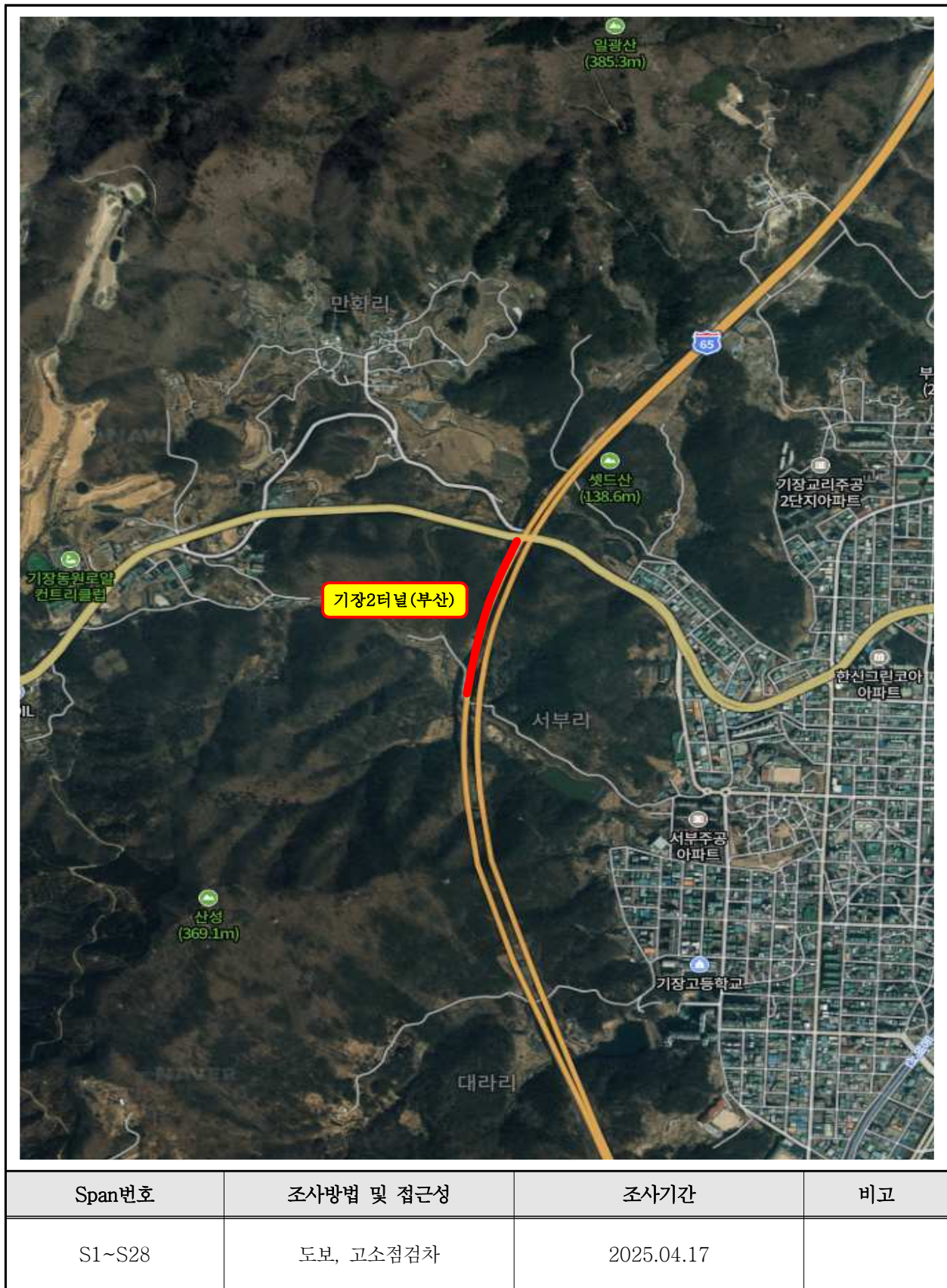
본 시설물인 기장2터널(부산)은 부산광역시 기장군 기장읍(고속국도65호선)에 위치한 터널로 2008년 12월에 준공하여 약 17년간 공용중인 시설물이며, 해당 터널은 1종 시설물로서 연장 265.0m, 편도 3차로, 평면선형은 직선, 종단구배는 -1.4%, 공법은 본선 NATM공법, 갱문은 벨마우스, 환기방식은 자연환기 방식으로 시공되어있다.

3.1.1 일반사항

【표 3.1.1】 기장2터널(부산) 일반사항

시설물명	기장2터널(부산)	시설물번호	TU2008-0000194
노 선 명	고속국도65호선	관리번호	-
위 치	부산광역시 기장군 기장읍 서부리 산 7-15		
터널형식	NATM	관리주체	부산울산고속도로(주)
차 선 수	편도 3차선	환기방식	자연환기-배기
연 장	265.0m	설 계 사	한국기술개발(주)
내공단면	폭 : 10.3m(차도), 높이 8.4m	시 공 사	경남기업(주)
배수형식	배수식	감 리 사	-
종단기울기	-1.4%	착 공	2004년 11월 20일
평균선형	곡선반경 R=1,600m	준 공	2008년 12월 31일
연결통로	-	갱문형식	벨마우스
주요공법	NATM	보조공법	격자지보, 휘폴링, 강관 다단 그라우팅
			
외부 전경		내부 전경	

3.1.2 위치도 및 전경사진

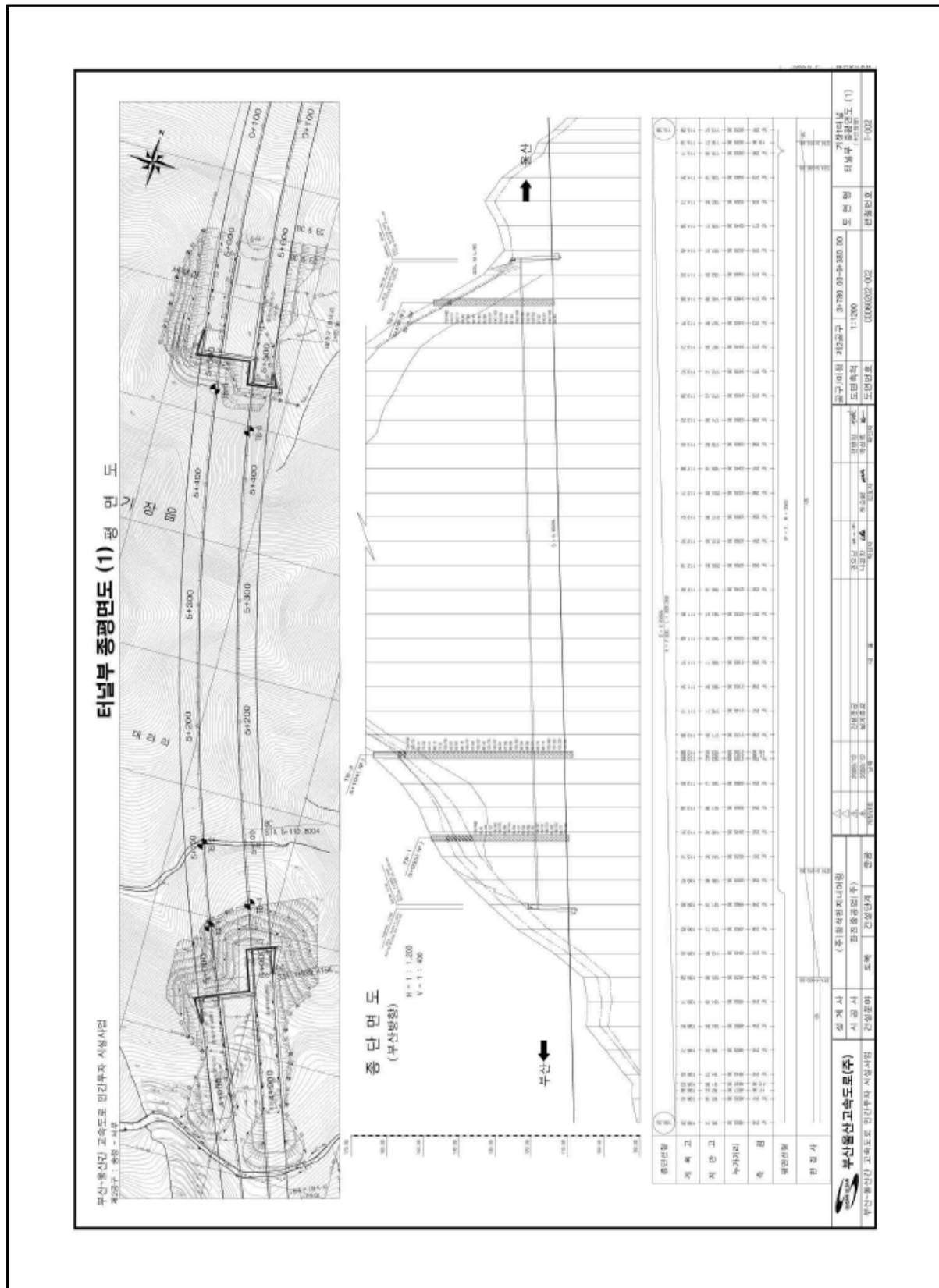


【그림 3.1.1】 위치도

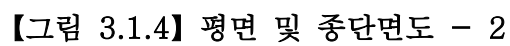
	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수구 전경
	
공동구 전경	비상전화 전경

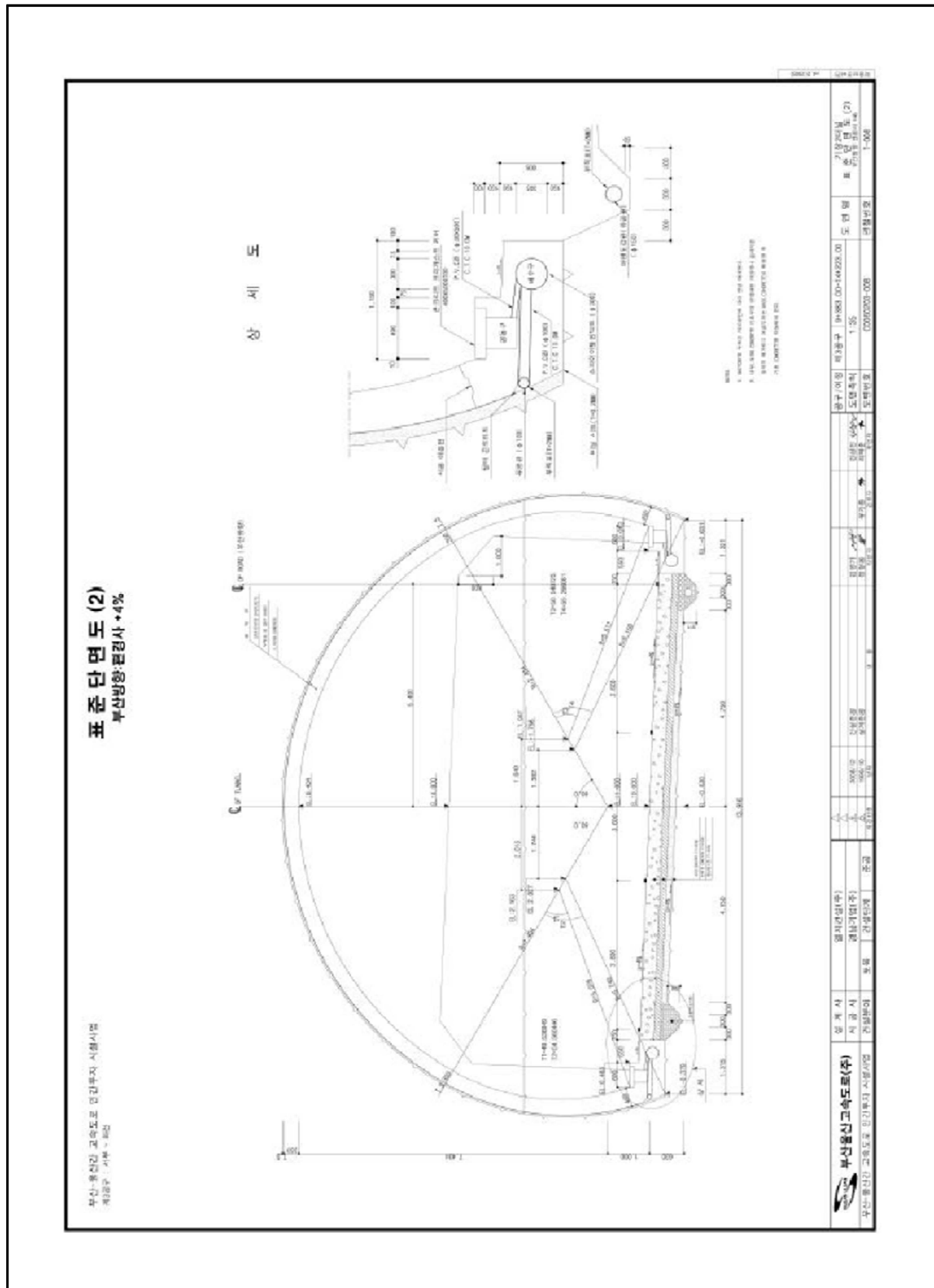
【그림 3.1.2】 부재별 현황

3.1.3 시설물 일반도

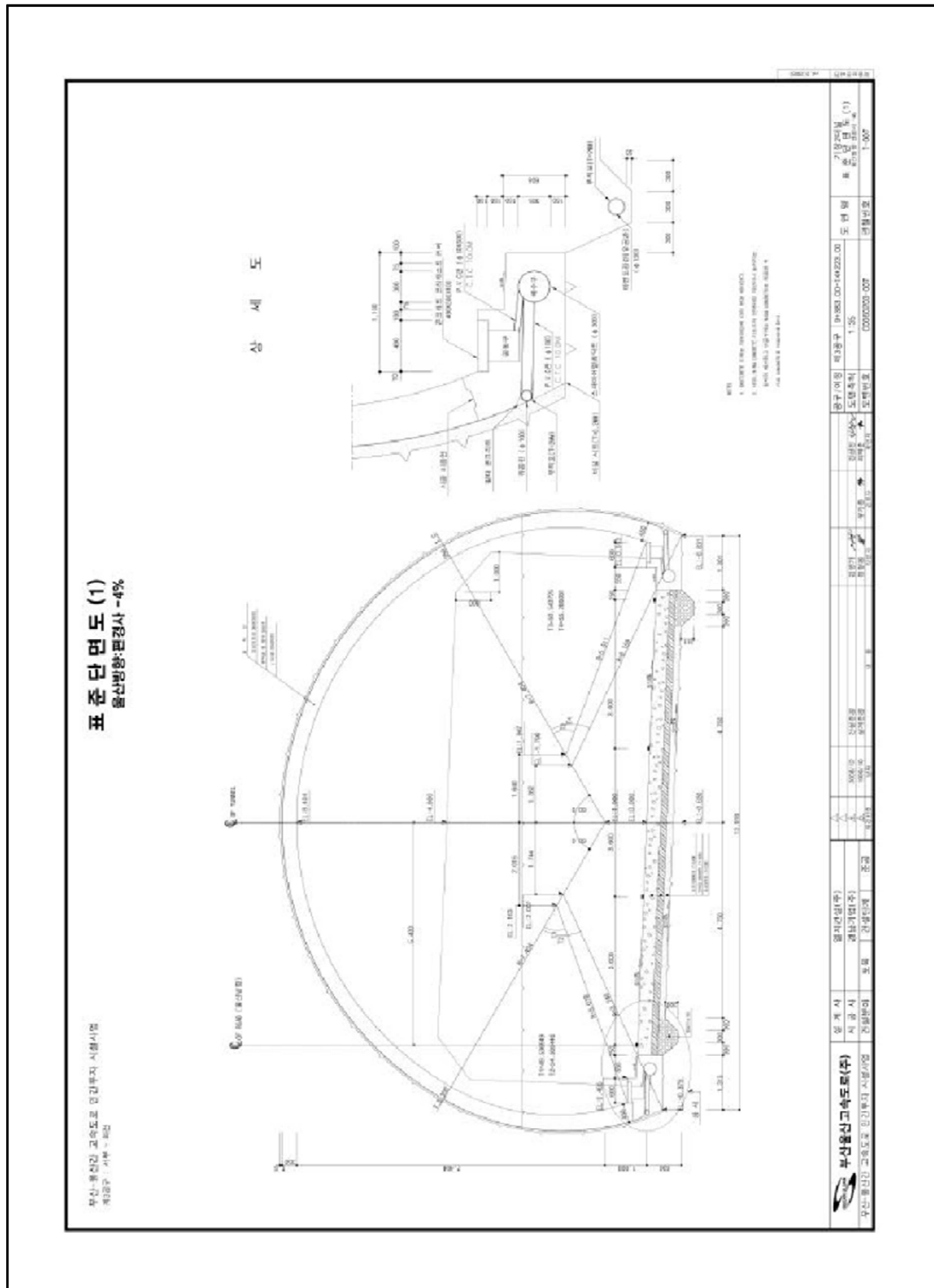


【그림 3.1.3】 평면 및 종단면도 - 1

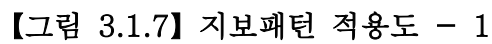


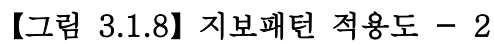


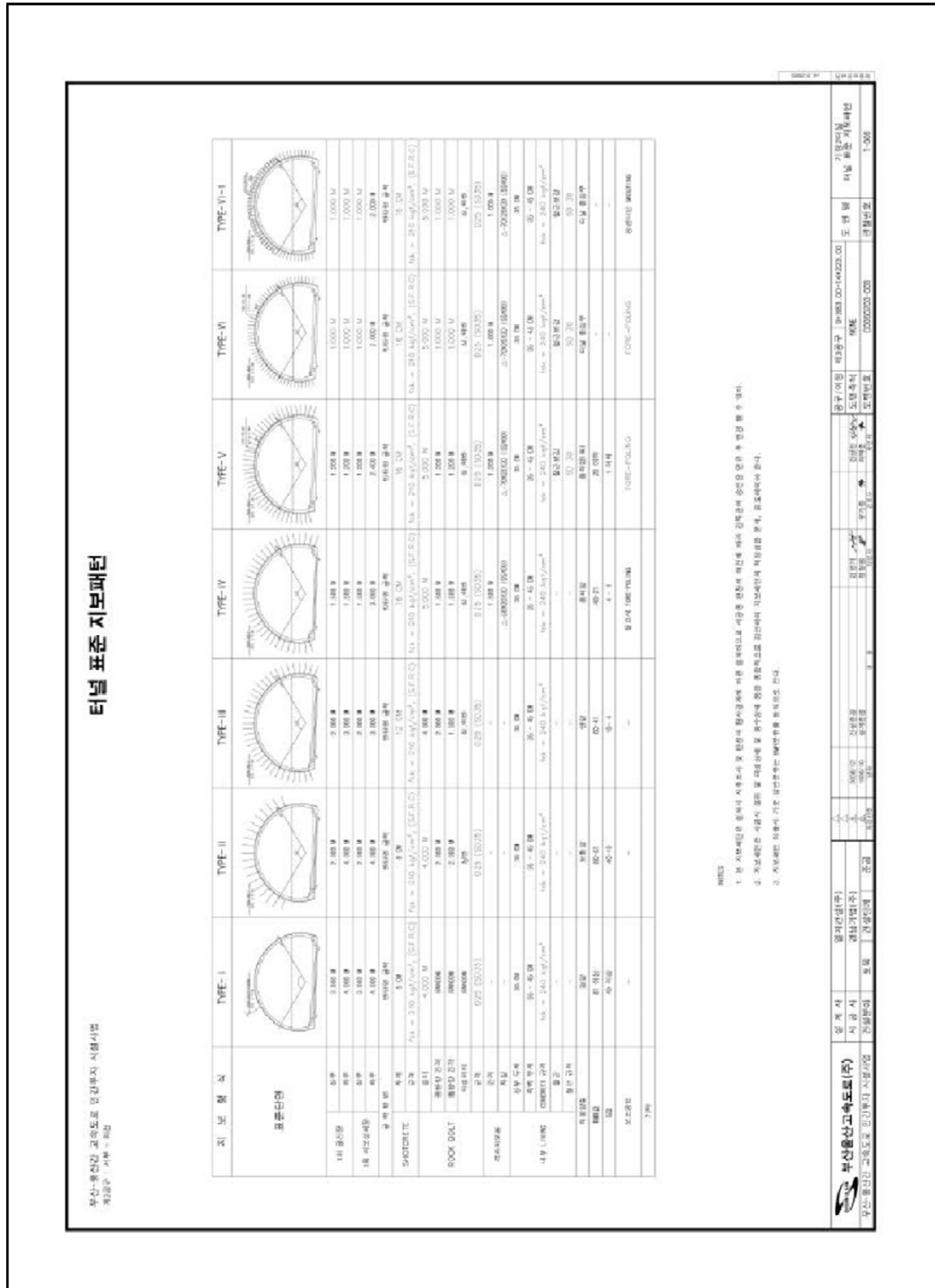
【그림 3.1.5】 표준단면도 - 1



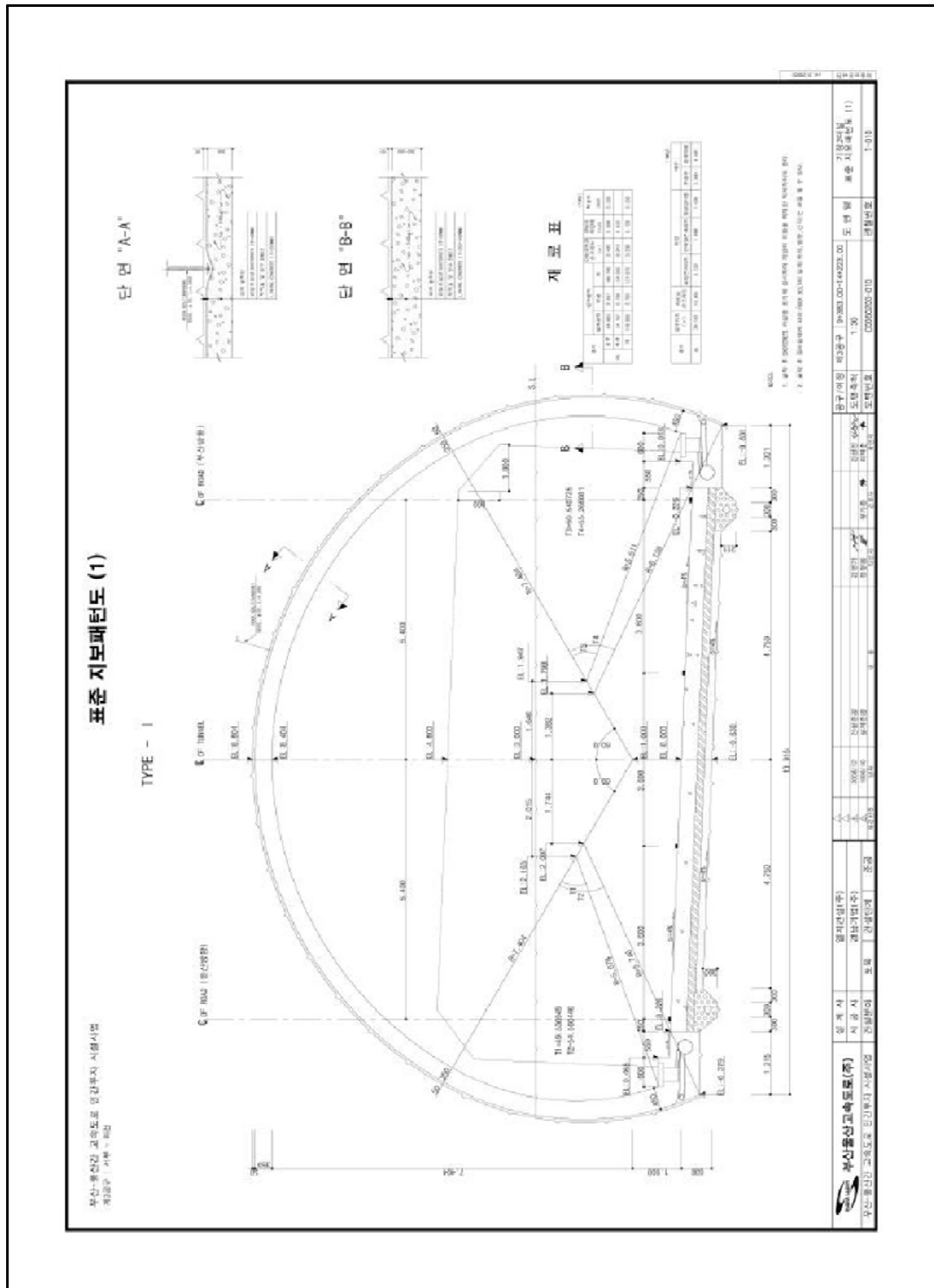
【그림 3.1.6】 표준단면도 - 2



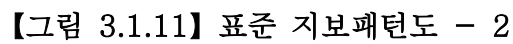


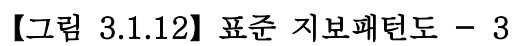


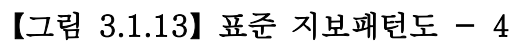
【그림 3.1.9】 지보패턴 개요도

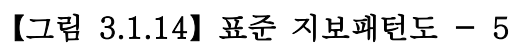


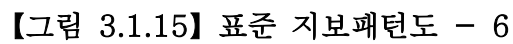
【그림 3.1.10】 표준 지보패턴도 - 1

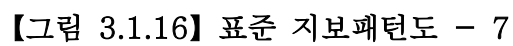


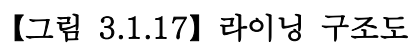






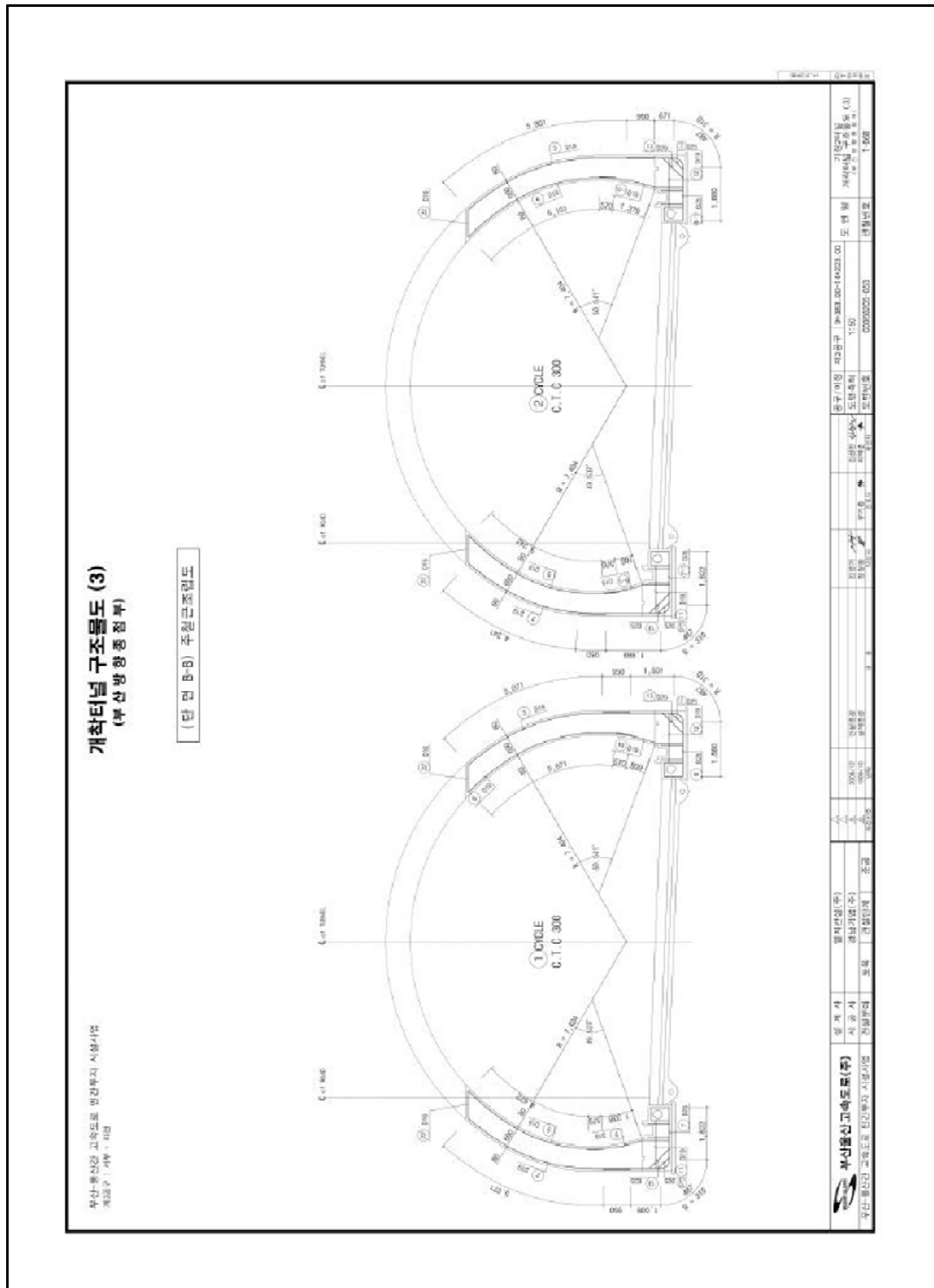








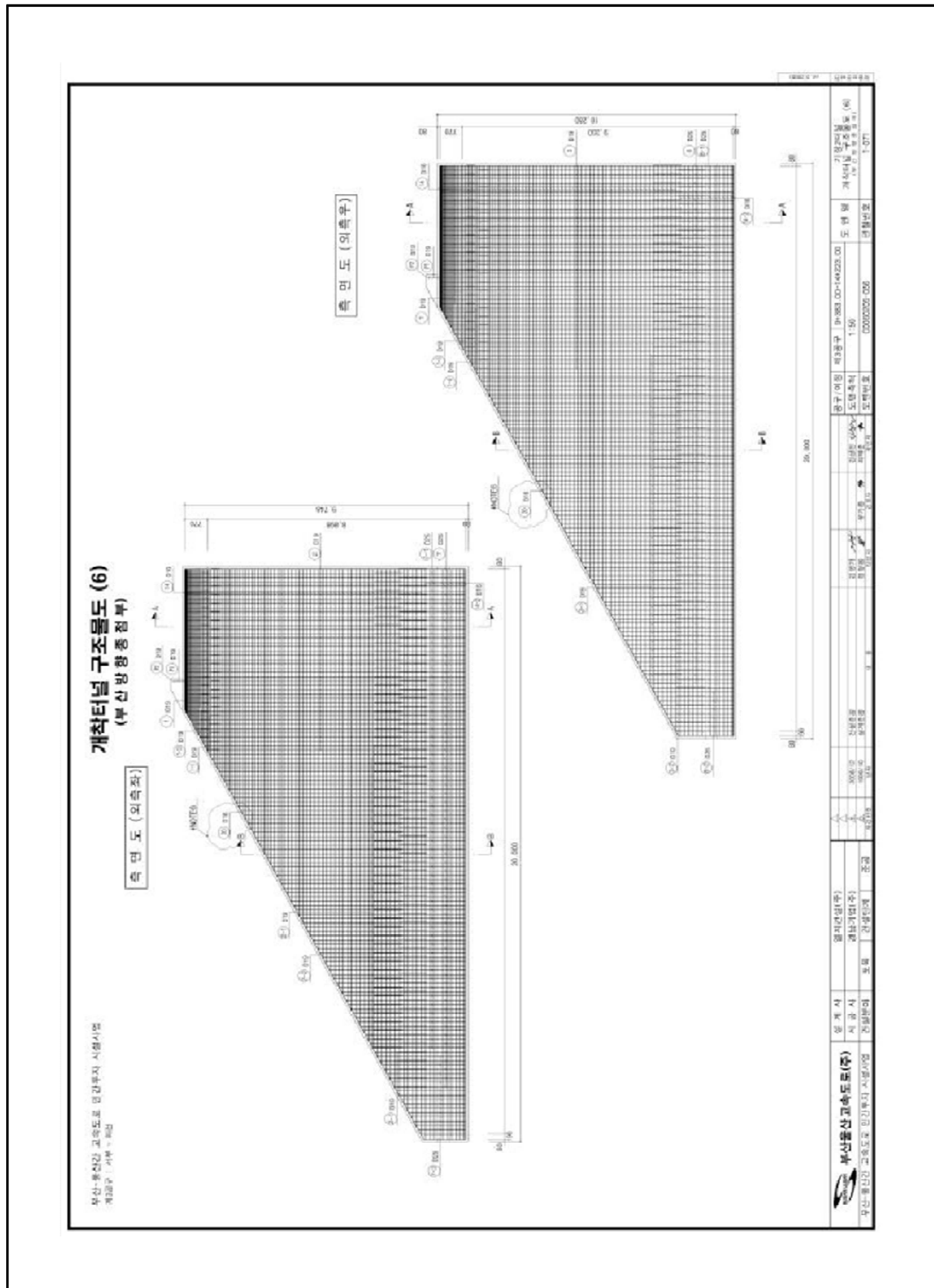




【그림 3.1.20】 개착터널 구조물도 - 3

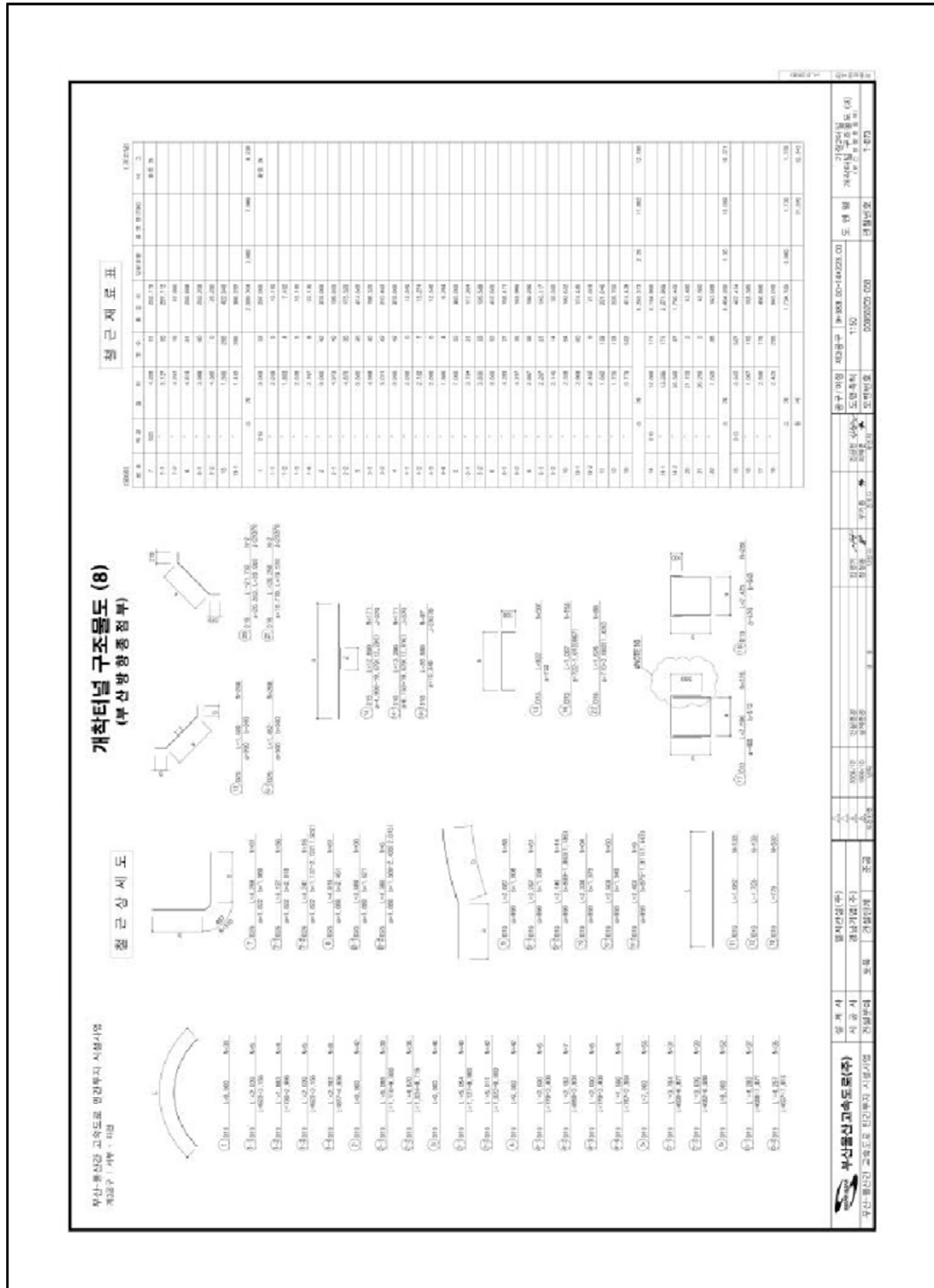




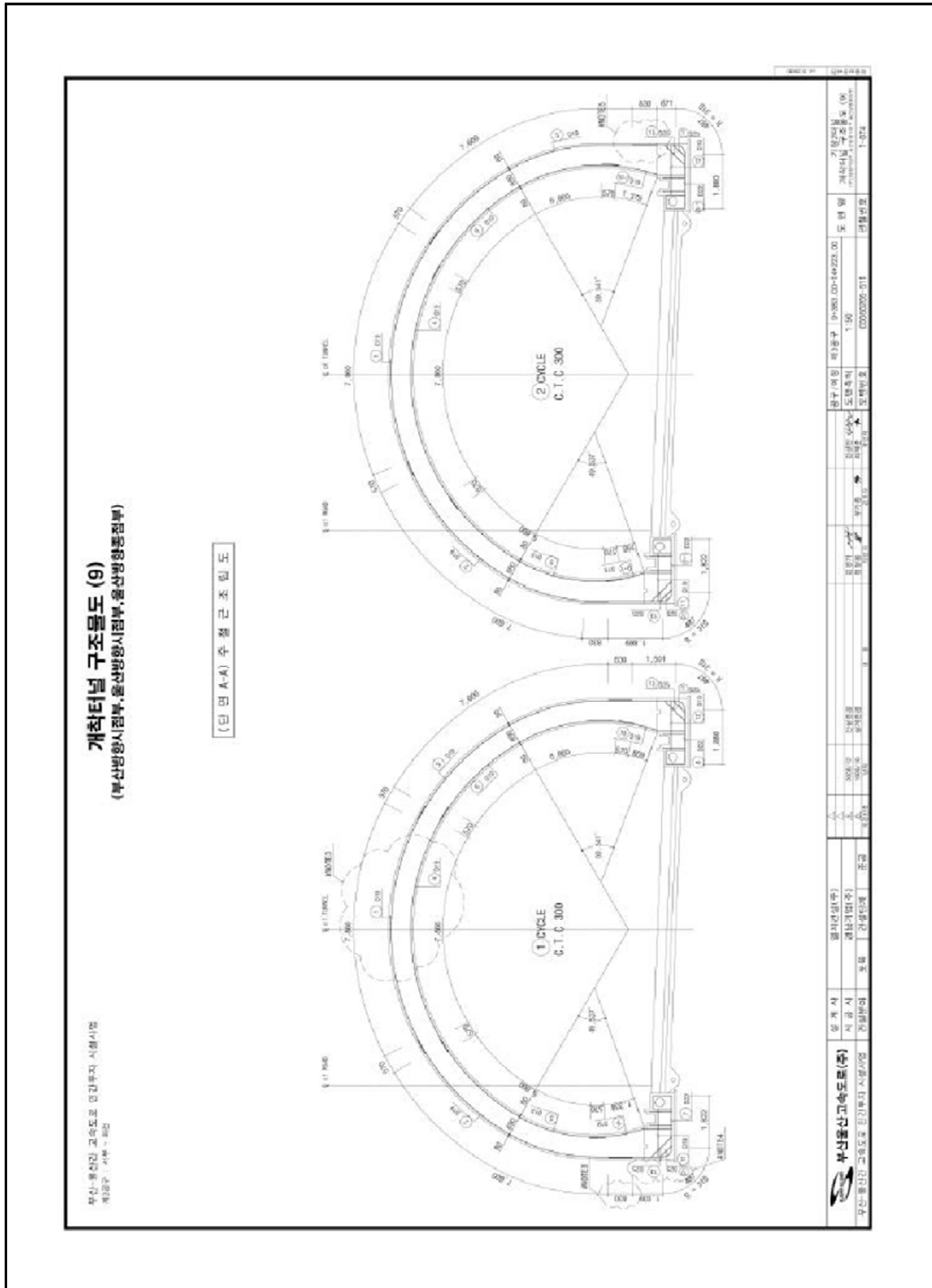


【그림 3.1.23】 개착터널 구조물도 - 6

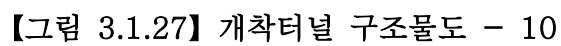


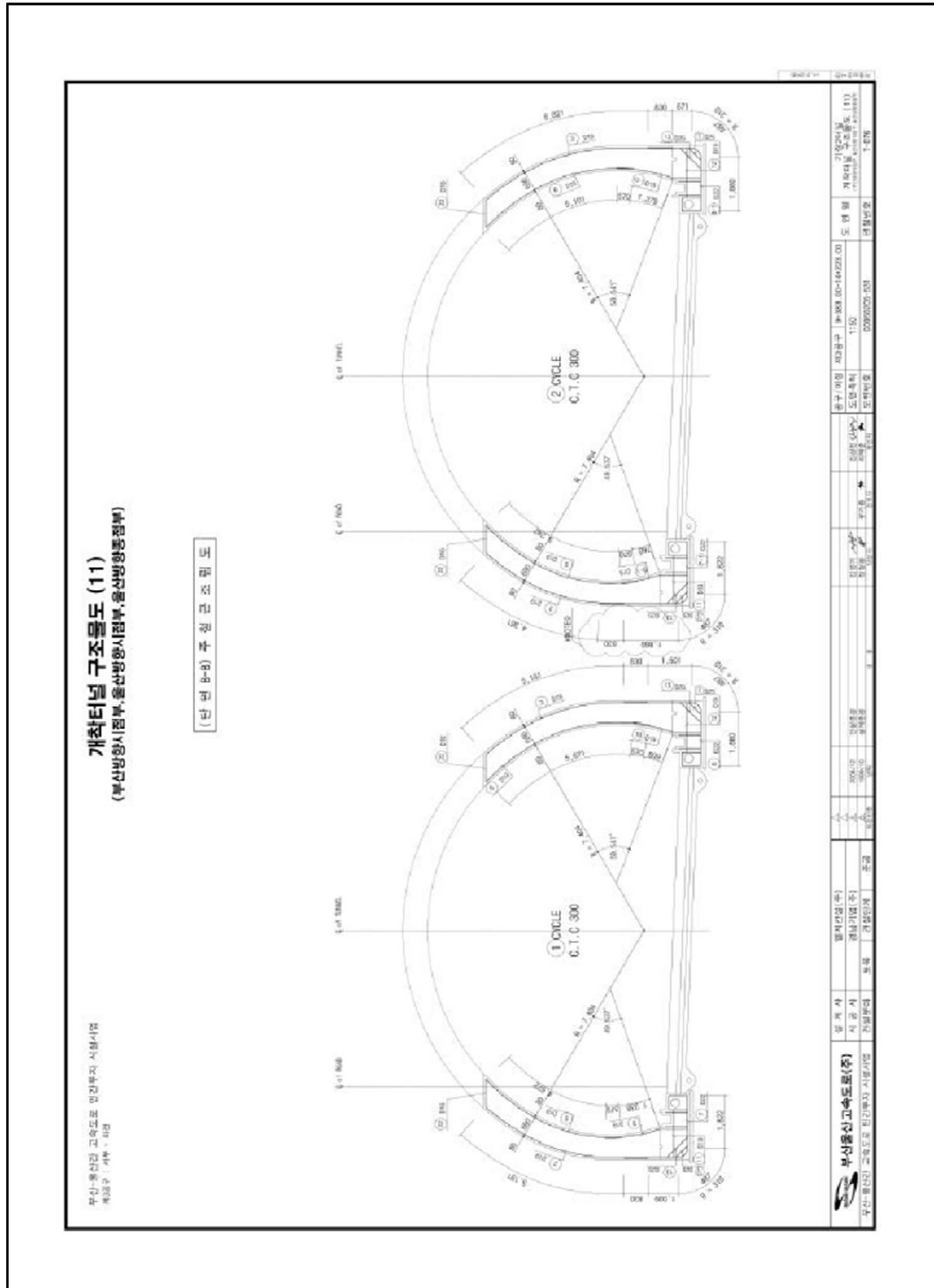


【그림 3.1.25】 개착터널 구조물도 - 8

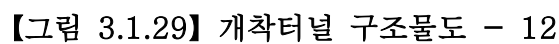


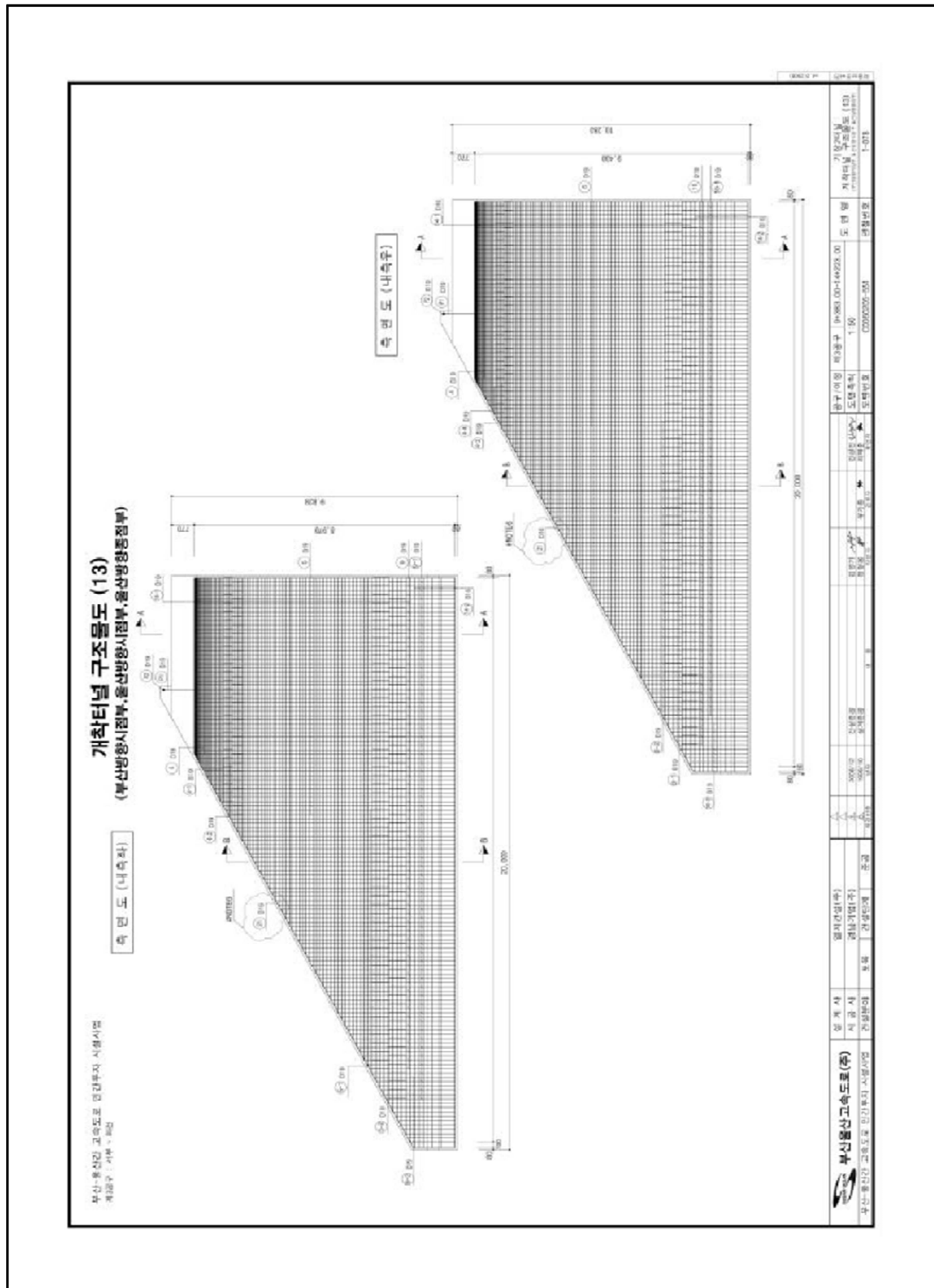
【그림 3.1.26】 개착터널 구조물도 - 9



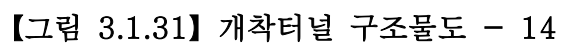


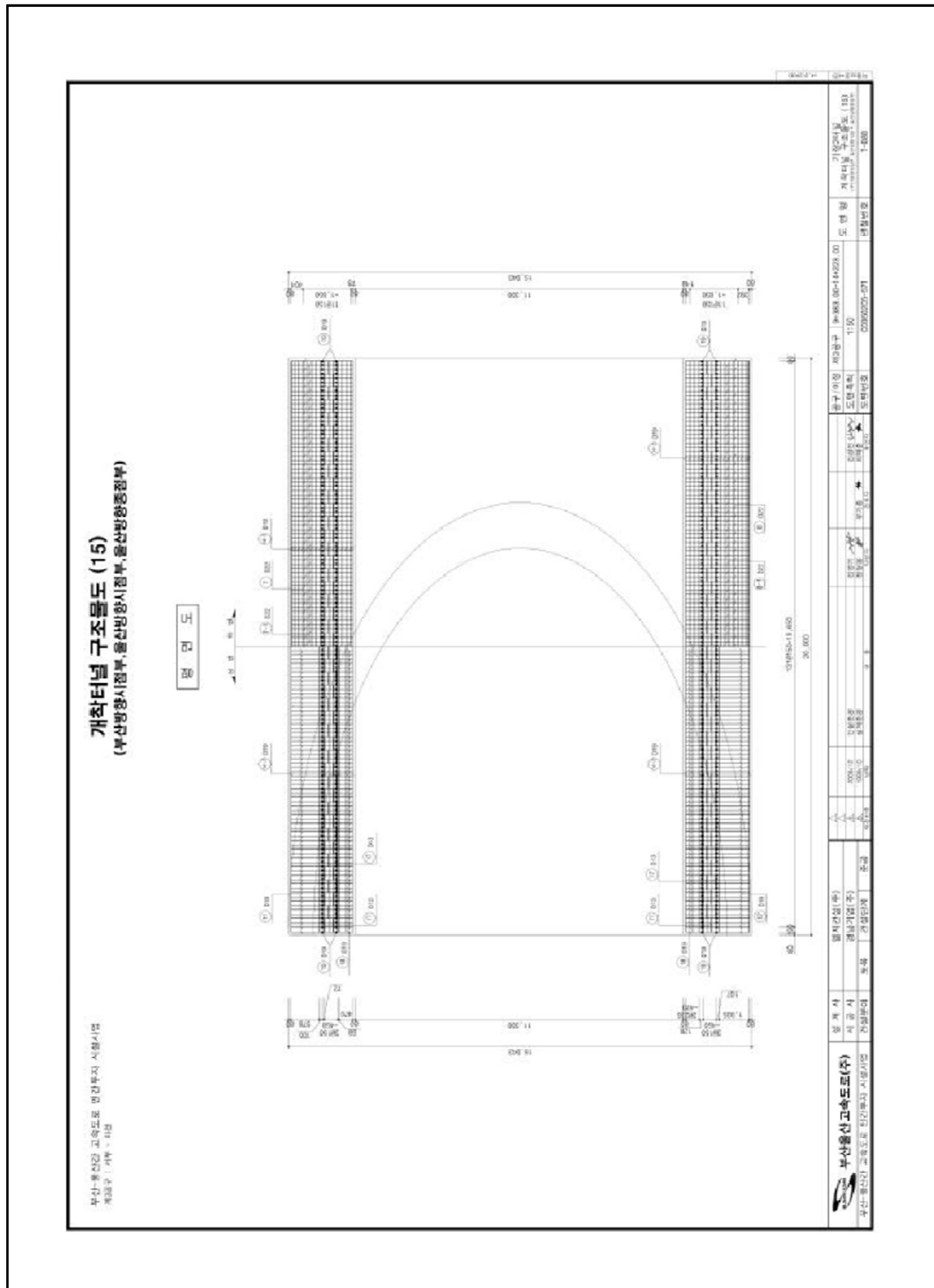
【그림 3.1.28】 개착터널 구조물도 - 11



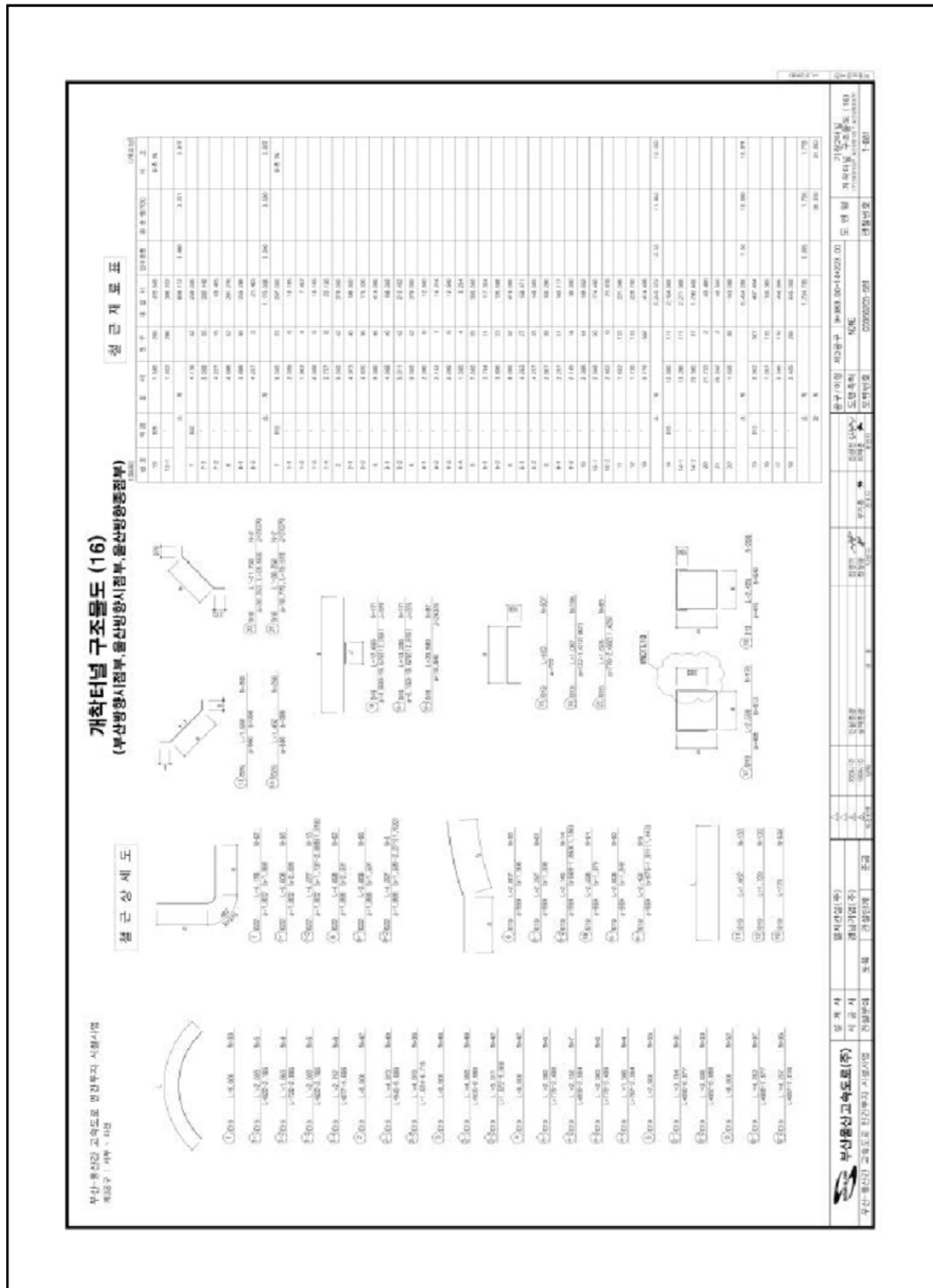


【그림 3.1.30】 개착터널 구조물도 - 13

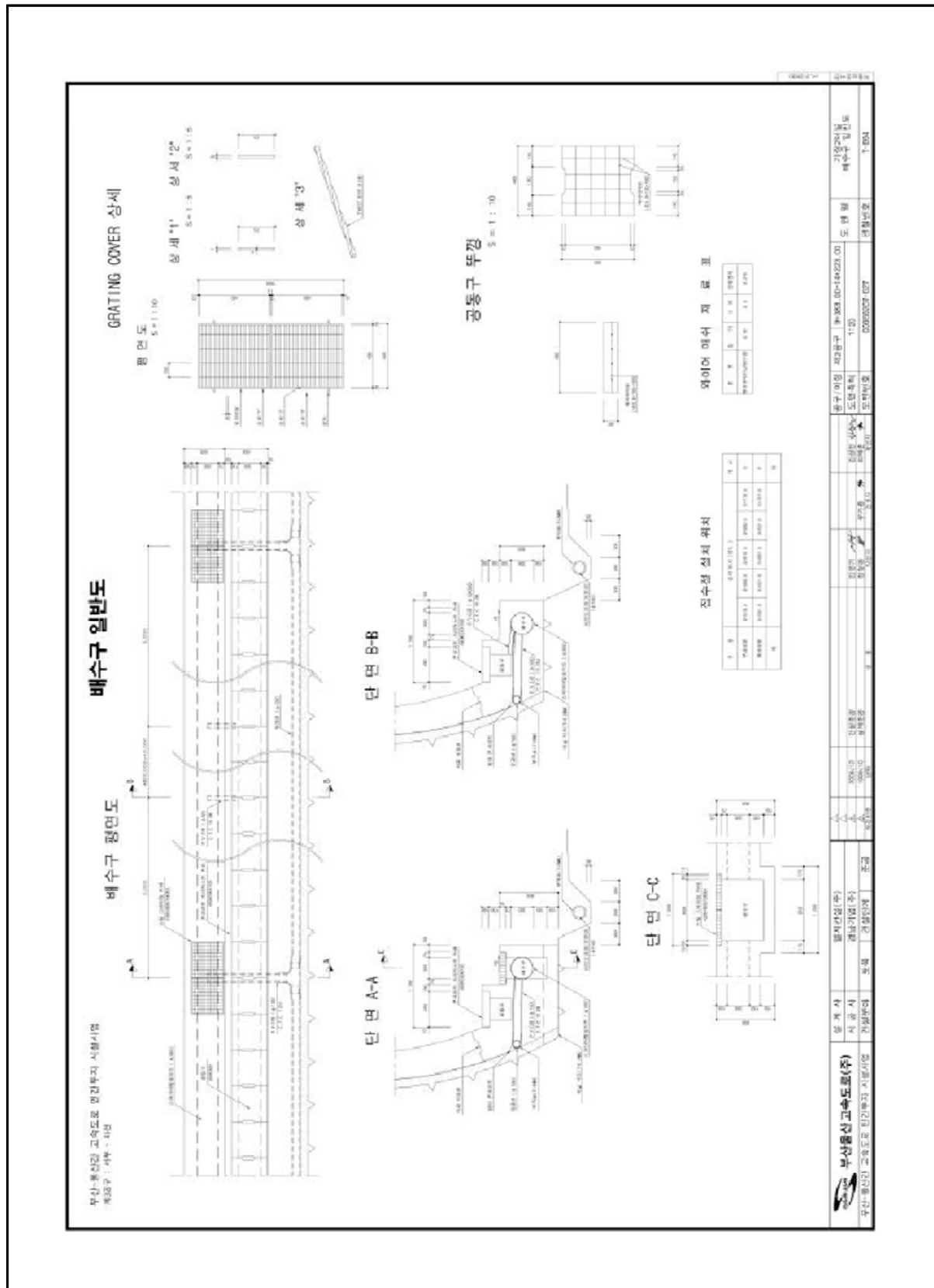




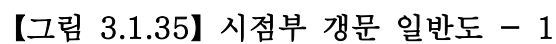
【그림 3.1.32】 개착터널 구조물도 - 15

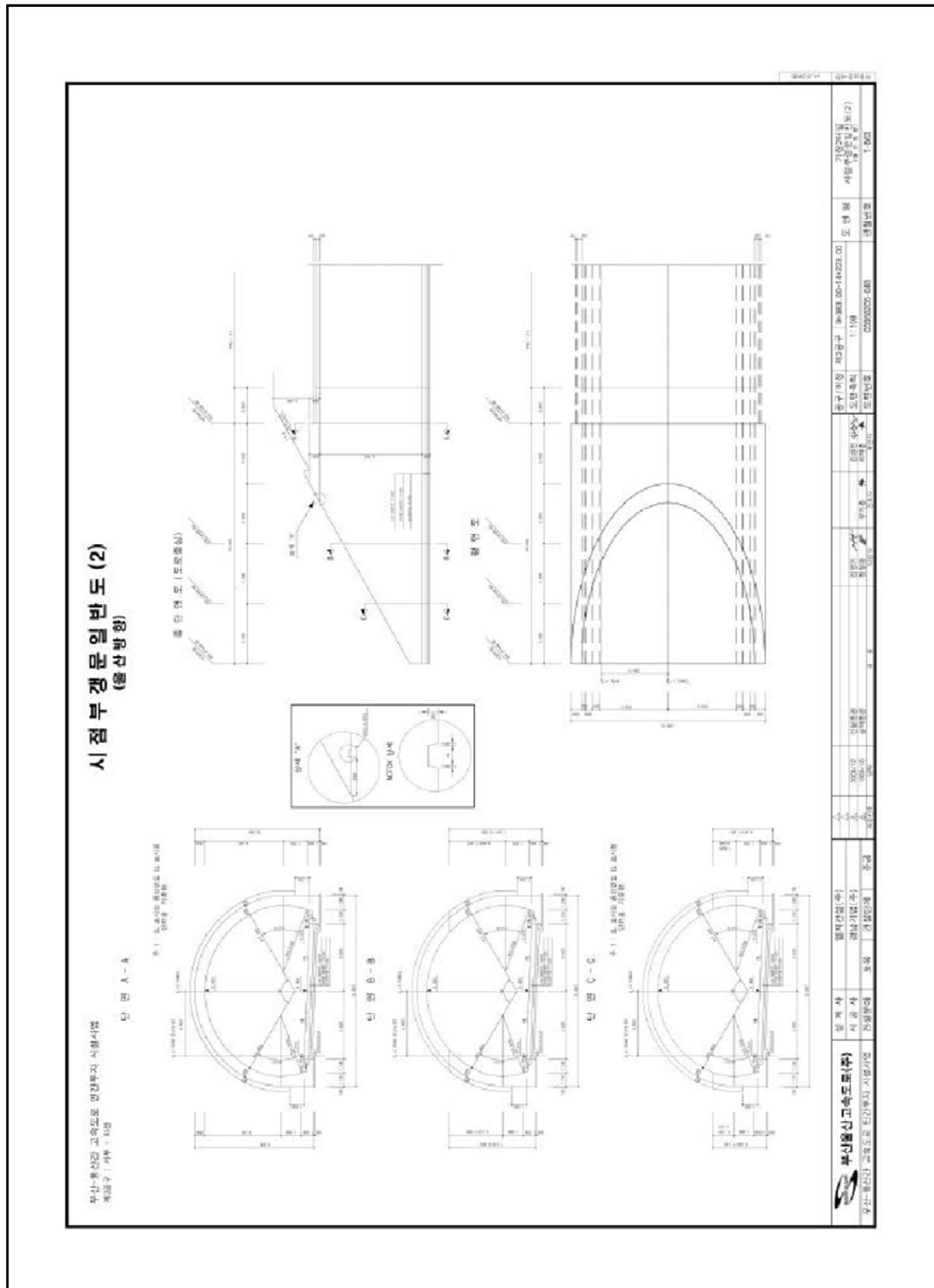


【그림 3.1.33】 개착터널 구조물도 - 16

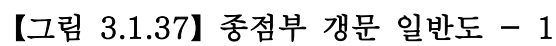


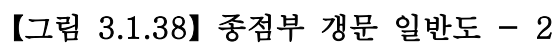
【그림 3.1.34】 배수구 일반도





【그림 3.1.36】 시점부 갯문 일반도 - 2





3.2 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.

3.2.1 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 제3공구 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 제3공구 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 보수 실시 ◦보강 미 실시

나. 구조계산서 검토

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

해 석 위 치	지보대형	굴착방법	구 분
STA0+520 (부산방향 기준)	· 부산방향 : TYPE - 6 · 울산방향 : TYPE - 5	방단면굴착	경구부
STA0+670 (부산방향 기준)	· 부산방향 : TYPE - 5 · 울산방향 : TYPE - 3	방단면굴착	본선부
STA0+700 (울산방향 기준)	· 부산방향 : TYPE - 6 · 울산방향 : TYPE - 6	방단면굴착	경구부

구 조 물 종 류	적용 설계방법
무근 콘크리트 라이닝	허용응력설계법
철근보강 콘크리트 라이닝	강도 설계법

● 작용하중

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

● 구조계산 결과

구 분	모멘트 (tonf·m)	축력 (tonf)	전단력 (tonf)	비 고
축 벽 부	0.32	17.58	0.85	1면 부재
아 치 부	0.51	10.85	0.72	16면 부재
천 단 부	0.59	8.75	0.51	25면 부재

● 단면검토

1) 축벽부
 $P = 12.45 \text{ tonf}$ $M = 0.23 \text{ tonf} \cdot \text{m}$ $V = 0.49 \text{ tonf}$
단 면 : $A = 0.425 \text{ m}^2$ $Z = 0.030 \text{ m}^3$

$$f = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z} = \frac{12.45}{0.425} + \frac{0.23}{0.030} = 39.961 \text{ tonf/m}^2 \text{ (압축)}$$

$$f_c = \frac{12.45}{0.425} - \frac{0.23}{0.030} = 21.627 \text{ tonf/m}^2 \text{ (인장)}$$

$$\therefore f_c = 39.961 \text{ tonf/m}^2 < f_{ca} = 120 \text{ tonf/m}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$f_c = 21.627 \text{ tonf/m}^2 < f_{ca} = 120 \text{ tonf/m}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{0.49}{0.425} = 1.153 \text{ tonf/m}^2 < \tau_a = 14 \text{ tonf/m}^2 \quad \text{O.K.}$$

2) 아치부
 $P = 6.91 \text{ tonf}$ $M = 0.32 \text{ tonf} \cdot \text{m}$ $V = 0.23 \text{ tonf}$
단 면 : $A = 0.350 \text{ m}^2$ $Z = 0.020 \text{ m}^3$

$$f = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z} = \frac{6.91}{0.350} + \frac{0.32}{0.020} = 35.743 \text{ tonf/m}^2 \text{ (압축)}$$

$$f_c = \frac{6.91}{0.350} - \frac{0.32}{0.020} = 3.743 \text{ tonf/m}^2 \text{ (인장)}$$

$$\therefore f_c = 35.743 \text{ tonf/m}^2 < f_{ca} = 120 \text{ tonf/m}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$f_c = 3.743 \text{ tonf/m}^2 < f_{ca} = 120 \text{ tonf/m}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{0.23}{0.350} = 0.657 \text{ tonf/m}^2 < \tau_a = 14 \text{ tonf/m}^2 \quad \text{O.K.}$$

● 설계조건

1) 설계방법 : 허용응력설계법

2) 콘크리트

$$\textcircled{1} \text{ 설계기준강도 : } f_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2$$

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

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

$$\tau_a = 0.25\sqrt{f_{ck}} = 3.9 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\textcircled{2} \text{ 타 설 계 수 : } E_c = 15,000\sqrt{f_{ck}} = 2.32E+05 \text{ kgf/cm}^2$$

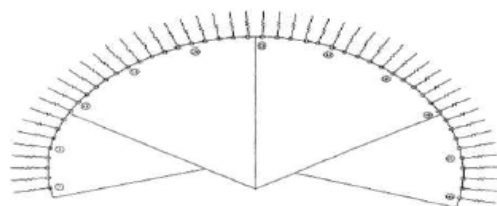
$$\textcircled{3} \text{ 단 위 중 량 : } \gamma_c = 2.35 \text{ tonf/m}^3$$

3) 지 반

$$\textcircled{1} \text{ 단 위 중 량 : } \gamma_R = 2.68 \text{ tonf/m}^3$$

$$\textcircled{2} \text{ 타 설 계 수 : } E_R = 4.30E+06 \text{ tonf/m}^2$$

● 해석모델



3) 천단부

$$P = 5.37 \text{ tonf}$$

$$M = 0.36 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$V = 0.21 \text{ tonf}$$

$$\text{단 면 : } A = 0.350 \text{ m}^2$$

$$Z = 0.020 \text{ m}^3$$

$$f = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z} = \frac{5.37}{0.350} + \frac{0.36}{0.020} = 33.343 \text{ tonf/m}^2 \text{ (압축)}$$

$$f_c = \frac{5.37}{0.350} - \frac{0.36}{0.020} = -2.657 \text{ tonf/m}^2 \text{ (인장)}$$

$$\therefore f_c = 33.343 \text{ tonf/m}^2 < f_{ca} = 120 \text{ tonf/m}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$f_t = 2.657 \text{ tonf/m}^2 < f_{ta} = 23 \text{ tonf/m}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{0.21}{0.350} = 0.600 \text{ tonf/m}^2 < \tau_a = 14 \text{ tonf/m}^2 \quad \text{O.K.}$$

● 균열검토

$f_t < 0.6f_{ta} = 13.8 \text{ tonf/m}^2$
원모멘트 및 축방향력에 대한 콘크리트의 인장응력이 설계인장강도의 60%보다 작으므로 균열에 대한 검토를 하지 않아도 됨.

● 검토결과

- 발생응력에 대해 검토한 결과 설계기준강도 $f_{ck} = 30 \text{ kgf/cm}^2$ 내에 존재하므로 안전.
- ACI Committee 209 에서는 양의 시간에서 Con'c 압축강도를 28일 기준으로 다음과 같이 나타내고 있다.

$$f_c'(t) = \frac{t}{(a+bt)} f_c'(28)$$

여기서 $f_c'(28)$: 28일 콘크리트 압축강도

a, b : 시험체 종류와 양생방법에 따라 결정되는 상수

(보통 Con'c, 습윤양생시 a = 4.0 b = 0.85)

t : 양생일수 3 일

- 발형시점인 3일후의 Con'c 강도 $f_c'(3) = 109.9 \text{ kgf/cm}^2$

- 따라서 거푸집 발형시기의 강도를 30 kgf/cm^2 으로 고려할때 거푸집 발형시의 라이닝의 안정에는 문제가 없는것으로 판단됨.

설계조건

1) 설계방법 : 강도설계법

2) 콘크리트

① 설계기준강도 : $f_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2$ ② 탄성계수 : $E_c = 15,000 \sqrt{f_{ck}} = 2.32 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ ③ 단위중량 : $\gamma_c = 2.50 \text{ tonf/m}^3$ ④ 온도변형계수 : $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}$

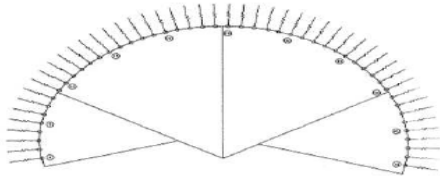
3) 철근(SD30)

① 항복강도 : $f_y = 3000 \text{ kgf/cm}^2$ ② 탄성계수 : $E_s = 2.00 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$

4) 지반

① 단위중량 : $\gamma_R = 2.51 \text{ tonf/m}^3$ ② 탄성계수 : $E_R = 4.30 \times 10^4 \text{ tonf/m}^2$

해석모델



작용하중

1) 지중

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

2) 발파에 의한 일반이연하중

본선터널의 Type I, II, III, IV 주변지반은 연암-강암으로써 잘거획인 지반 이연의 우려가 적으므로 발파의 영향을 고려하여 이연하중(0.5m)을 적용하였다.

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

3) 잔류수압

본 터널은 배수형으로서 여분적으로는 수압이 작용하지 않으나, 유도배수층의 부족으로 시간의 경과에 따라 제 기능을 발휘하지 못할 경우 내부라이닝은 잔류수압을 받게 되므로 다음과 같이 잔류수압을 터널 높이에 적용 하였다.

3) 천단부

 $P = 8.75 \text{ tonf} \quad M = 0.59 \text{ tonf} \cdot \text{m} \quad V = 0.51 \text{ tonf}$
 $\text{단면} : A = 0.350 \text{ m}^2, \quad Z = 0.020 \text{ m}^3$

$$I = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

$$= \frac{8.75}{0.350} + \frac{0.59}{0.020} = 54.500 \text{ tonf/m}^2 \quad (\text{압축})$$

$$= \frac{8.75}{0.350} - \frac{0.59}{0.020} = -4.500 \text{ tonf/m}^2 \quad (\text{인장})$$

$$\therefore I_c = 54.500 \text{ tonf/m}^2 < I_{ca} = 960 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

$$I_t = 4.500 \text{ tonf/m}^2 < I_{ta} = 65 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{0.51}{0.350} = 1.457 \text{ tonf/m}^2 < \tau_s = 39 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

균열검토

$$f_t < 0.6 f_{tk} = 39.04 \text{ tonf/m}^2$$

휨모멘트 및 축방향력에 대한 콘크리트의 인장응력이 설계인장강도의 60%보다

작으므로 휨균열에 대한 검토를 하지 않아도 됨.

구조계산 결과

구분	모멘트 (tonf·m)	축력 (tonf)	전단력 (tonf)	비고
측벽부	0.32	17.58	0.58	1면 부재
아치부	0.51	10.85	0.72	16면 부재
천단부	0.59	8.75	0.51	25면 부재

단면검토

1) 측벽부

 $P = 17.58 \text{ tonf} \quad M = 0.32 \text{ tonf} \cdot \text{m} \quad V = 0.58 \text{ tonf}$
 $\text{단면} : A = 0.425 \text{ m}^2, \quad Z = 0.030 \text{ m}^3$

$$I = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

$$= \frac{17.58}{0.425} + \frac{0.32}{0.030} = 52.031 \text{ tonf/m}^2 \quad (\text{압축})$$

$$= \frac{17.58}{0.425} - \frac{0.32}{0.030} = 30.598 \text{ tonf/m}^2 \quad (\text{압축})$$

$$\therefore I_c = 52.031 \text{ tonf/m}^2 < I_{ca} = 960 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

$$I_t = 30.598 \text{ tonf/m}^2 < I_{ca} = 960 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{0.58}{0.425} = 1.365 \text{ tonf/m}^2 < \tau_s = 39 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

2) 아치부

 $P = 10.85 \text{ tonf} \quad M = 0.51 \text{ tonf} \cdot \text{m} \quad V = 0.72 \text{ tonf}$
 $\text{단면} : A = 0.350 \text{ m}^2, \quad Z = 0.020 \text{ m}^3$

$$I = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

$$= \frac{10.85}{0.350} + \frac{0.51}{0.020} = 56.500 \text{ tonf/m}^2 \quad (\text{압축})$$

$$= \frac{10.85}{0.350} - \frac{0.51}{0.020} = 5.500 \text{ tonf/m}^2 \quad (\text{압축})$$

$$\therefore I_c = 56.500 \text{ tonf/m}^2 < I_{ca} = 960 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

$$I_t = 5.500 \text{ tonf/m}^2 < I_{ca} = 960 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{0.72}{0.350} = 2.057 \text{ tonf/m}^2 < \tau_s = 39 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

다. 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 매 1.0m 간격으로 표준관입시험을 한국산업규격(KS F2307)에 의거 연속성 있게 실시하였으며 조사의 정확성을 위해 지표면으로부터 공벽 붕괴가 예상되는 풍화암까지는 케이싱(Casing)을 삽입하고 천공하였다. 풍화암층을 포함한 토사층은 S.P.T Sampler에 의하여 시료를 채취하였으며 기반암층에서는 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.

1) 시추조사 결과

(1) 붕적층(Colluvial deposit) - 점토자갈층

본 지층은 사면의 활동, 붕괴 및 기타요인에 의하여 형성된 점토자갈층으로 자갈, 호박돌, 전석 및 점토로 구성된다. 본 층은 5.6~10.5m의 층후를 보이며, 표준관입시험 결과 N치 5~50회 이상의 느슨~매우조밀한 결과치를 보인다. 이는 자갈, 호박돌 및 전석의 불규칙적인 분포로 인한 과다치로 추정되는 바 신뢰도는 다소 떨어지며, 대부분의 심도에서 코아상태로 회수되었다. 토질의 색은 황갈색~담청색 계통이다.

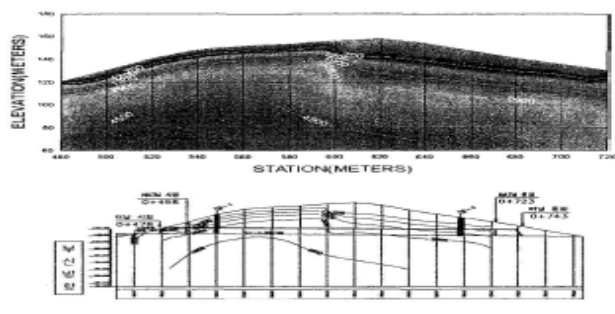
(2) 풍화잔류토층(Residual soil)

본 지층은 기반암의 차별 풍화에 의해 형성된 풍화잔류토층으로, 완전히 풍화되어 실트 섞인 모래 또는, 실트 섞인 점토 상태로 분포하며, 부분적으로 미풍화된 암편이 협재되어 나타난다. 표준관입시험 결과 N치 40~50회 이상의 매우조밀한 상대밀도를 보이며, 미 풍화된 암맥이 부분적으로 분포하여 연경이 교호하는 양상을 나타내지만, 대체적으로 하부로 갈수록 견고해지는 양상을 보인다. 본 조사 지역에서의 층후는 6.4m이며, TB-3호공에서만 분포한다. 토질의 색은 황갈색 계통이다.

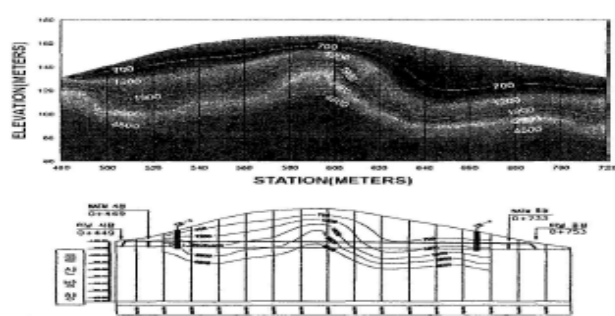
(3) 풍화암층(Weathered rock)

본 지층은 하부 기반암의 차별 풍화에 의해 형성된 지층으로 본래의 암성은 거의 상실되어 있다. 또한, 모암조직이 다소 변질-변색되어 잔재하며, 미 풍화된 암맥 및 암괴가 다량 협재하여 연경이 교호하는 경우가 많다. 또한, 표준관입시험 결과 N치가 모두 50/10회 이상이며, 부분적으로 협재된 암맥으로 인해 표준관입시험이 불가하였으며, 일부 심도에서는 암편상의 코아상태로 회수되었다. 기반암층의 차별 풍화로 층후는 GL기준 10.5~12.0m의 심도에 분포한다. 본 조사지역에서는 TB-3, 4호공에서만 분포하며, 토질의 색은 황갈색이다.

2) 탄성과탐사 결과

탐사결과		탄성과속도 (m.sec)	지 층	
		700이하	풍화토	
		700-1200	풍화암	
		1200-1900	연암	
		1900-2900	보통암	
		2900-4500	경암	
		4500이상	극경암	
터널구간 탄성과 속도분포	구 간	지 층	구 간	지 층
	OK480~OK492	경암	OK611~OK621	보통암
	OK492~OK560	보통암	OK621~OK634	연암
	OK560~OK579	경암	OK634~OK672	풍화암
	OK579~OK604	극경암	OK672~OK720	연암
	OK604~OK611	경암	-	-
결과분석	봉적도에 의한 점토자갈층과 풍화토층이 제1속도층이며, 풍화암층 및 연암이하에서 제2, 3속도층이 나타나며, 터널시점부에서 층후가 얇고, 중점부는 시점부에 비해 매우 두꺼운 층후를 보인다.			

기장2터널(부산)

탐사결과			탄성과속도 (m.sec)	지 층
			700이하	풍화토
			700-1200	풍화암
			1200-1900	연암
			1900-2900	보통암
			2900-4500	경암
			4500이상	극경암
터널구간 탄성과 속도분포	구 간	지 층	구 간	지 층
	OK480~OK487	연암	OK644~OK714	보통암
	OK487~OK502	보통암	OK714~OK720	연암
	OK502~OK644	경암	-	-
결과분석	제1속도층은 점토자갈 및 풍화토층에 해당하며, 제2속도층과 제3속도층은 연암이상의 속도분포를 가지는 기반암으로 판단된다. 층의 기록이 STA.0+520과 STA.0+640에서 탄성과탐사 이상대가 분포하며, 이상대에 의한 중단방향의 층후의 기록이 매우 심한 것으로 나타나며, 전체적으로 층후의 두께는 SE-01과 비슷한 양상을 보인다.			

기장2터널(울산)

3) 암반에 따른 암석 실내시험 결과

본 구간에 분포하는 기반암의 공학적 특성을 파악하기 위하여, 실내암석시험을 실시하였으며 그 결과 비중 2.53~2.77, 흡수율 0.86~1.796%, 공극율 0.29~0.36, Young률 0.27~0.44, Poisson비 0.11~0.28, 탄성파속도(P) 5.40~6.19km/s, 인장강도 29.3~85.3kg/cm², 일축압축강도 785.9~1,682.3kg/cm², 점착력 C 107.02~123.61kg/cm², ϕ 58.9~72.3° 의 과치를 보인다.

공번	심도 (m)	비중	흡수 율 (%)	공극 율	탄성계수		탄성파 속도 (P) (km/s)	일축압 축 강도 (kg/cm ²)	인장 강도 (kg/cm ²)	삼축압축시험		비고
					Young율 (106kg/cm ²)	Poisson비				점착력 (kg/cm ²)	내부 마찰각 (°)	
TB-1	19.1~19.8m	2.77	0.87	0.29	0.44	0.25	5.45	1,623.9	83.9	123.61	71.6	-
TB-2	19.0~19.6m	2.53	1.76	0.36	0.27	0.11	5.40	785.9	29.3	107.02	58.9	-
TB-3	20.6~21.4m	2.62	0.88	0.30	0.43	0.28	6.09	1,444.1	64.7	110.03	71.8	-
TB-4	18.2~19.0m	2.66	0.86	0.29	0.43	0.25	6.19	1,682.3	85.3	112.93	72.3	-

3.2.2 시설물 점검이력

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

【표 3.2.1】 기장2터널(부산) 점검이력사항

번호	구분	기간	점검업체	등급	주요 점검 결과
1	정기안전 점검	2025.03.03 ~2025.06.30	한국도로공사	양호	· 라이닝 측벽부 보수부 균열 등 · 배수시설 측구 상단 균열, 집수정 그레이팅 커버 부식 및 이물질 퇴적 등 · 공동구 측면 균열, 덮개 들뜸 등 · 포장부 접속부 파손 등 · 갯문 망상균열, 백태 등
2	정밀안전 진단	2024.03.11 ~2024.08.23	(주)명성엔지니어링	B등급	• 기장2터널(부산)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 0.180 ⇨ 24년 정밀안전진단 0.180 으로 동일한 것으로 분석되었으며, 동일한 원인으로는 라이닝부 및 주변시설에 발생한 손상의 신규 및 추가 손상이 미미함에 따라 환산결함도 점수가 동일한 것으로 판단된다. • 대상 시설물은 금회 진단결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.
3	1종 성능평가	2024.03.11 ~2024.08.23	(주)명성엔지니어링	B등급	• 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	-라이닝 벽체 철근 노출

【표 3.2.1】 기장2터널(부산) 점검이력사항(계속)

번호	구분	기간	점검업체	등급	주요 점검 결과
5	정밀안전 점검	2023.02.20 ~2023.08.23	(주)엠케이 에스이	B등급	-천단부균열(0.3mm미만,0.3mm이상),망상균열,시공이음 박락및보수부박락,재료분리 -측벽부균열,재균열(0.3mm미만,0.3mm이상),망상균열, 백태,타일파손및탈락 -갯문백태,보수부들뜸 -배수시설균열(0.3mm미만,0.3mm이상),파손,집수구토사 퇴적,그레이팅부식 -공동구균열(0.3mm미만,0.3mm이상),백태,파손,덮개파 손 -포장부파손,잡철물노출 -갯문사면표층유실,토사유실
6	정기안전 점검	2023.03.06 ~2023.06.26	자체수행	양호	-천단부 균열(cw=0.3mm미만,이상), 망상균열, 박락, 보수부 박락, 재료분리 등 -측벽부 균열(cw=0.3mm미만,이상), 망상균열, 백태, 타일 파손 및 탈락 등 -갯문 백태, 보수부 들뜸 등 -배수시설 측구 균열(cw=0.3mm미만,이상), 파손, 집수구 토사퇴적 및 그레이팅 부식 등 -공동구 균열(cw=0.3mm미만,이상), 파손, 덮개파손 등 -포장부 파손, 잡철물노출 등 -사면 표층 유실 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,망상균열,박락,재료분리등 -측벽부:균열,망상균열,백태,타일파손및탈락등 -갯문:표층유실,배수로토사퇴적등 -공동구:균열,백태,파손,덮개파손등 -배수시설: 측구 균열, 파손, 집수구 토사퇴적, 그레이팅부식 등 -포장면:파손,잡철물노출등
10	정기안전 점검	2021.06.09 ~2021.06.09	자체수행	양호	-배수상태:집수구토사퇴적 -공동구상태:커버균열
11	정기안전 점검	2020.10.14 ~2020.10.14	자체수행	양호	-집수정 토사 퇴적 및 공동구 균열

【표 3.2.1】 기장2터널(부산) 점검이력사항(계속)

번호	구분	기간	점검업체	등급	주요 점검 결과
12	정기안전 점검	2020.06.30 ~2020.06.30	자체수행	양호	-양호함
13	정기안전 점검	2019.10.30 ~2019.10.30	자체수행	양호	-라이닝 균열 -공동구 균열
14	정밀안전 진단	2018.08.16 ~2019.08.23	(주)동성엔지니어링	B등급	-라이닝균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 박락, 재료분리 -벽체균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 망상균열, 백태, 재료분리, 누수흔적, 표면오염, 브라켓 부식 -타일마감부타일파손 -공동구균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 파손, 덮개파손 -배수로균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 파손 -배수시설집수구토사퇴적, 그레이팅부식 -포장부파손, 잡철물노출 -갯문파손 -사면도수로이물질퇴적
15	1종성능 평가	2018.08.16 ~2019.08.23	(주)동성엔지니어링	B등급	-라이닝균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 박락, 재료분리 -벽체균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 망상균열, 백태, 재료분리, 누수흔적, 표면오염, 브라켓 부식 -타일마감부타일파손 -공동구균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 파손, 덮개파손 -배수로균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 파손 -배수시설집수구토사퇴적, 그레이팅부식 -포장부파손, 잡철물노출 -갯문파손 -사면도수로이물질퇴적
16	정기안전 점검	2019.05.27 ~2019.05.27	자체수행	양호	-공동구균열및파손 -집수정이물질퇴적
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

【표 3.2.1】 기장2터널(부산) 점검이력사항(계속)

번호	구분	기간	점검업체	등급	주요 점검 결과
20	정기안전 점검	2017.05.15 ~2017.05.15	자체수행	양호	-양호함
21	정밀안전 점검	2016.11.16 ~2016.12.30	(주)엠케이 에스이	B등급	-라이닝균열,조인트부박락,파손 -측벽부타일파손및탈락,누수흔적 -공동구측면파손 -배수시설집수구이물질퇴적 -포장면파손
22	정기안전 점검	2016.04.18 ~2016.04.18	자체수행	양호	-양호함
23	정기안전 점검	2015.08.03 ~2015.08.03	자체수행	양호	-양호
24	정기안전 점검	2015.04.16 ~2015.04.16	자체수행	양호	-양호
25	정기안전 점검	2014.11.05 ~2014.11.05	자체수행	양호	-양호
26	정기안전 점검	2014.06.11 ~2014.06.11	자체수행	양호	-양호
27	정밀안전 점검	2013.10.01 ~2013.12.03	자체수행	A등급	-라이닝 균열
28	정기안전 점검	2013.05.13 ~2013.05.13	자체수행	양호	-양호
29	정기안전 점검	2012.10.10 ~2012.10.11	자체수행	양호	-양호
30	정기안전 점검	2012.04.11 ~2012.04.12	자체수행	양호	-양호
31	정기안전 점검	2011.10.06 ~2011.10.06	자체수행	양호	-양호함
32	정기안전 점검	2011.03.24 ~2011.03.24	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	2008.08.14 ~2008.12.31	(주)다린이 앤씨	A등급	-문제점이 없는 최상의 상태

3.2.3 전차 정밀안전진단 실시결과(2024년 08월)

【표 3.2.2】기장2터널(부산) 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), 보수부 균열, 망상균열, 재료분리, 박락, 층분리 등 · 측벽부 균열(0.3mm미만, 이상), 보수부 균열, 망상균열, 백태, 보수부 박락, 타일 파손 등 · 갯문 백태, 보수부 들뜸 등 · 사면 표층유실, 토사유실, 배수측구 파손 등 · 공동구 균열(0.3mm미만, 이상), 파손, 덮개 파손 등 · 배수시설 측구 균열(0.3mm미만, 이상), 파손, 집수구 토사퇴적, 그레이팅 부식 등 · 포장부 포장 파손, 잡철물노출 등 · 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 : 0.180(B)
	안전성평가 등급	· 안전율(S·F) : 1.08(A)
	종합평가 (안전등급)	· 기장2터널(부산)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, 기장2터널(부산)은 응력 및 단면력은 허용범위 이내에서 작용하고 있으며, 최소 안전율 1.0이상을 확보하고 있는 “A” 로 평가됨. · 상태평가 및 안전성평가 결과를 통한 종합평가 결과 기장2터널(부산)은 “B” 로 평가됨
종합결론		· 기장2터널(부산)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 0.180 ⇨ 24년 정밀안전진단 0.180으로 동일한 것으로 분석되었으며, 동일한 원인으로는 라이닝부 및 주변시설에 발생한 손상의 신규 및 추가 손상이 미미함에 따라 환산결함도 점수가 동일한 것으로 판단된다. · 대상 시설물은 금회 진단결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

3.2.4 전차 정밀안전점검 실시결과(2023년 08월)

【표 3.2.3】 기장2터널(부산) 전차 정밀안전점검 사항

구 분		정밀안전점검 결과
점검개요		· 점검기관 : (주)엠케이에스이 · 점검기간 : 2023년 02월 20일 ~ 2023년 08월 23일
상태 평 가	외관 조사	· 천단부 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 망상균열, 시공이음 박락 및 보수부 박락, 재료분리 · 측벽부 균열, 재균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 망상균열, 백태, 타일파손 및 탈락 · 갯문 백태, 보수부 들뜸 · 배수시설 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 파손, 집수구 토사퇴적, 그레이팅 부식 · 공동구 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 백태, 파손, 덮개파손 · 포장부 파손, 잡철물노출 · 갯문 사면 표층유실, 토사유실
	내구성 조사	· 내구성시험 결과, 반발경도법에 의한 비파괴 강도는 100%를 상회하는 것으로 측정되어 도저하는 없는 것으로 판단되고 탄산화 시험은 모든 측정부위에서 탄산화 잔여깊이가 0mm이상으로 탄산화에 의한 내구성 저하는 발생하지 않은 것으로 검토되었다.
	상태 등급	· 본 기장2터널(부산)의 상태평가 결과 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한” 「B등급」의 상태로평가되었다.
보수·보강		· 표면처리, 주입보수, 단면보수, 청소, 덮개 재설치, 절삭 후 단면보수, 되메우기 등
종합결론		1) 기장2터널(부산)는 준공 후 15년이 경과된 NATM 터널으로 금회 정밀안전점검결과 콘크리트 라이닝에서 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 망상균열, 시공이음부 박락 및 보수부 박락, 재료분리 등이 발생하고 터널 주변시설의 배수시설 집수구 이물질 퇴적, 측구 균열 및 파손, 공동구 균열 및 파손, 덮개 파손, 포장부 파손, 잡철물노출 등의 손상이 조사되어 손상부에 대한 적절한 보수가 요구된다. 또한, 콘크리트 라이닝의 시공이음부에 발생한 들뜸 및 박락은 향후 손상부 탈락으로 주행차량의 안전사고가 우려되므로 우선적으로 손상 제거 후 보수 등의 유지관리가 요구된다. 2) 내구성시험 결과, 반발경도법에 의한 비파괴 강도는 100%를 상회하는 것으로 측정되어 강도저하는 없는 것으로 판단되고 탄산화 시험은 모든 측정부위에서 탄산화 잔여깊이가 30mm이상으로 탄산화에 의한내구성 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-결함부에대하여 보수를 시행한다면 공용상의 문제는 없을 것으로 판단되고 시설물 등급의 상향 또는 현 상태의등급을 지속적으로 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 4)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 발생될 수 있으므로 덮개파손부 교체와 함께 점검·유지관리자에 대한 안전교육 필요

3.2.5 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇준공도서 - 지반조사보고서 - 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 층분리 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

3.2.6 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 3.2.4】 기장2터널(부산) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

3.2.7 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 3.2.5】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	—	—
· 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었다.			

3.2.8 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

3.2.9 시설물의 하중변화 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 하중변화 이력은 없는 것으로 확인되었다.

3.3 현장조사

3.3.1 개요

기장2터널(부산)은 부산광역시 기장군 기장읍(부산울산선 9.9km)에 위치한 1종 터널 시설물로, 2008년 12월에 준공되어 약 17년이 경과되었으며, 지리적인 위치는 산성(369.1m)의 동쪽 자락을 기준으로 남북을 관통하여 위치해 있으며, 총연장은 265.0m, 폭 10.3m, 높이 8.4m이고 편도 3차로로 시공되었다.

본 터널은 NATM공법으로 시공된 굴착터널로서, 종단구배는 -1.400% , 평면선형은 곡선($R=1,600m$)으로 시공되었으며, 갭문은 시점 및 종점 모두 벨마우스식(마제형)이고, 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.

기장2터널(부산)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~S28	도보, 고소점검차	2025.04.16	
			
도보조사 전경		측점분할 전경	
			
고소점검차를 이용한 근접조사		고소점검차를 이용한 근접조사	
			
터널 라이닝 비파괴시험			

【그림 3.3.1】 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 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 265.0m터널로써 구조물의 형식은 다음 그림과 같이 총 28SPAN 구간으로 분할하였다. 또한, 상태평가를 위한 쉬트(Sheet) 구분을 하였고, 그 결과는 [표3.3.1]에 수록하였다.

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
철근구간							무근구간		
S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
무근구간									
S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28		
무근구간				철근구간					

【그림 3.3.2】 Span별 시공현황

【표 3.3.1】 구간분할

구분	쉬트 (Sheet)	스판 (Span)	거리 (m)	누적 (m)	구분	쉬트 (Sheet)	스판 (Span)	거리 (m)	누적 (m)
철근구간	Sh1	S1	10.0	10.0	무근구간	Sh7	S17	10.0	161.0
		S2	9.0	19.0			S18	10.0	171.0
		S3	8.0	27.0			S19	10.0	181.0
	Sh2	S4	8.0	35.0		Sh8	S20	10.0	191.0
		S5	8.0	43.0			S21	9.5	200.5
		S6	9.5	52.5			S22	9.5	210.0
	Sh3	S7	9.5	62.0		Sh9	S23	9.5	219.5
무근구간	Sh4	S8	9.5	71.5	철근구간	Sh10	S24	9.5	229.0
		S9	9.5	81.0			S25	8.5	237.5
		S10	10.0	91.0			S26	8.5	246.0
	Sh5	S11	10.0	101.0		Sh11	S27	9.5	255.5
		S12	10.0	111.0			S28	9.5	265.0
		S13	10.0	121.0			—	—	—
	Sh6	S14	10.0	131.0		—	—	—	—
		S15	10.0	141.0		—	—	—	—
		S16	10.0	151.0		—	—	—	—

3.3.2 외관조사 결과

가. 기본시설물(라이닝, 갯문)

1) 천장부

본 터널의 라이닝 두께는 300mm이며, 천장부 외관조사시 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다. 측벽부는 미관 및 조명효과를 증대시켜 시거환경 확보와 차량 운전자의 사고 예방을 목적으로 도장마감으로 시공되어있고, 교통통제 후 도보를 이용한 조사를 실시하였다.

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



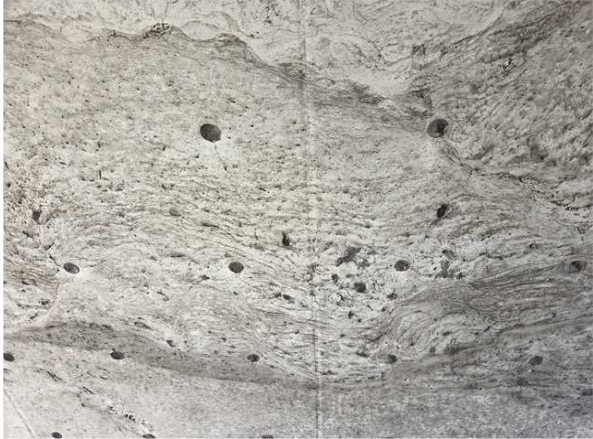
【사진 3.3.1】 천장부 전경

(1) 조사결과

- 천장부에 대한 현장조사 결과, 기 발생된 손상인 균열(폭 0.3mm미만, 이상), 망상균열, 박락, 보수부 박락, 재료분리 등이 확인되었다. 금회 점검에서 보수부 재균열 손상이 추가 발생되었으며, 재료분리 손상은 일부 보수가 실시된 것으로 확인되었다.

【표 3.3.2】 천장부 손상현황

구분	균열 (0.3mm미만) (m/개소)		보수부 균열 (0.3mm미만) (m/개소)		균열 (0.3mm이상) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		박락, 보수부 박락, 충분리 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)	
Sh1	1.20	1	-	-	-	-	20.00	1	-	-	-	-
Sh2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	3	0.10	1
Sh3	0.80	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sh4	-	-	-	-	1.20	1	-	-	0.11	3	-	-
Sh5	-	-	9.00	1	-	-	-	-	0.03	1	-	-
Sh6	1.50	1	-	-	-	-	-	-	0.01	1	-	-
Sh7	2.00	1	3.00	1	-	-	-	-	0.13	2	-	-
Sh8	1.20	1	9.00	1	-	-	-	-	0.13	3	-	-
Sh9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	2	-	-
Sh10	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	1	-	-
Sh11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	6.70	5	21.00	3	1.20	1	20.00	1	0.65	16	0.26	4

			
현 황	■ S02 천장부 망상균열	현 황	■ S03 천장부 균열(0.3mm미만)
원 인	■ 온도변화, 건조수축 등	원 인	■ 온도변화, 건조수축 등
대 책	■ 표면처리	대 책	■ 표면처리
			
현 황	■ S04 천장부 박락	현 황	■ S05 천장부 재료분리
원 인	■ 거푸집 조기탈형, 신축작용 등	원 인	■ 거푸집 조기탈형, 다짐불량 등
대 책	■ 단면보수	대 책	■ 단면보수
			
현 황	■ S13 천장부 재균열(0.3mm미만)	현 황	■ S20 천장부 재균열(0.3mm미만)
원 인	■ 보수재 열화, 건조수축 등	원 인	■ 보수재 열화, 건조수축 등
대 책	■ 표면처리	대 책	■ 표면처리

【사진 3.3.2】 천장부 손상현황

			
현 황	■ S07 천장부 균열(0.3mm미만)	현 황	■ S08 천장부 균열(0.3mm이상)
원 인	■ 온도변화, 건조수축 등	원 인	■ 온도변화, 건조수축 등
대 책	■ 표면처리	대 책	■ 주입보수
			
현 황	■ S12 천장부 보수부 박락	현 황	■ S12 천장부 층분리
원 인	■ 거푸집 조기탈형, 신축작용 등	원 인	■ 거푸집 조기탈형, 신축작용 등
대 책	■ 단면보수	대 책	■ 단면보수
			
현 황	■ S18 천장부 보수부 재균열(0.3mm미만)	현 황	■ S26 천장부 박락
원 인	■ 보수재 열화, 건조수축 등	원 인	■ 거푸집 조기탈형, 신축작용 등
대 책	■ 표면처리	대 책	■ 단면보수

【사진 3.3.2】 천장부 손상현황(계속)

(2) 기 점검 결과 비교

- 24년 정밀안전진단과 비교한 결과, 대체로 손상의 변화가 없는 것으로 조사되었으며, 보수부 균열 손상이 추가 발생된 것으로 확인되었다. 또한, 재료분리 손상은 일부 보수가 실시되었다.

【표 3.3.3】 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	6.70	5	6.70	5	- -	변동없음
	보수부 균열(0.3mm미만)	m	3.00	1	21.00	3	▲ 18.00	신규손상
	균열(0.3mm이상)	m	1.20	1	1.20	1	- -	변동없음
	망상균열	m ²	20.00	1	20.00	1	- -	변동없음
	박락, 보수부 박락, 충분리	m ²	0.65	16	0.65	16	- -	변동없음
	재료분리	m ²	0.26	4	0.10	1	▼ 0.16	일부보수

(3) 검토의견

- 천장부에서 조사된 균열 및 보수부 균열(0.3mm미만), 망상균열의 경우 라이닝 콘크리트의 계절변화에 따른 온도변화 및 건조수축, 거푸집 조기탈형 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 없는 손상이나, 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 조사된 균열(0.3mm이상)의 경우 라이닝 콘크리트의 계절변화에 따른 온도변화 및 건조수축, 거푸집 조기탈형 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 연장성이 없는 비 구조적인 손상으로 판단되며, 다만, 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 주입보수 등의 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 라이닝 표면에 발생된 박락, 보수부 박락, 충분리, 재료분리의 경우 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 보수미흡, 온도변화에 의한 신축작용 등에 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

2) 측벽부

본 터널의 라이닝 두께는 300mm이며, 천장부 외관조사시 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다. 측벽부는 미관 및 조명효과를 증대시켜 시거환경 확보와 차량 운전자의 사고 예방을 목적으로 도장마감으로 시공되었고, 교통통제 후 도보를 이용한 조사를 실시하였다.

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



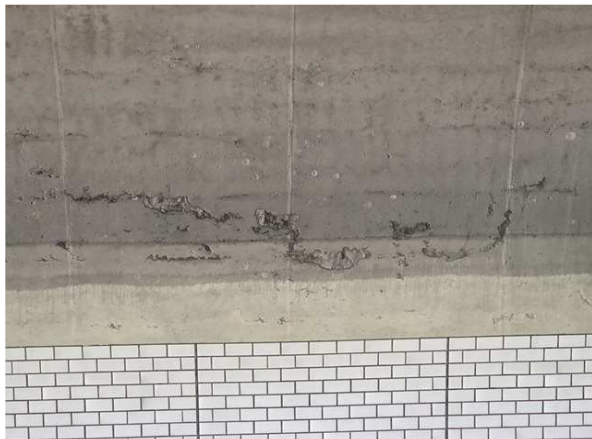
【사진 3.3.3】 측벽부 전경

(1) 조사결과

- 측벽부에 대한 현장조사 결과, 기존 손상인 균열, 망상균열, 백태, 보수부 박락, 타일 파손 및 달락 등이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상으로 균열 및 재료분리 등의 손상이 추가로 조사되었다.

【표 3.3.4】 측벽부 손상현황

구분	균열 (0.3mm미만) (m/개소)		보수부 균열 (0.3mm미만) (m/개소)		균열 (0.3mm이상) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)		재료분리, 보수부 박락 (㎡/개소)		타일 파손 (개소/개소)	
Sh1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	1	9.00	9
Sh2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	2	3.00	3
Sh3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10	1	-	-
Sh4	1.50	2	3.50	2	-	-	-	-	-	-	-	-	16.00	16
Sh5	5.00	2	5.00	2	-	-	2.00	1	-	-	0.06	1	-	-
Sh6	1.00	1	5.00	2	2.00	1	-	-	-	-	-	-	1.00	1
Sh7	2.00	1	6.00	3	-	-	4.00	2	-	-	-	-	-	-
Sh8	2.50	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1
Sh9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sh10	-	-	-	-	-	-	-	-	0.18	3	-	-	-	-
Sh11	2.50	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	14.50	10	19.50	9	2.00	1	6.00	3	0.18	3	0.28	5	30.00	30

			
현 황	■ S01 측벽부 타일파손	현 황	■ S02 측벽부 보수부 박락
원 인	■ 외부충격 등	원 인	■ 거푸집 조기탈형, 신축작용 등
대 책	■ 정비	대 책	■ 단면보수
			
현 황	■ S07 측벽부 재료분리	현 황	■ S09 측벽부 보수부 재균열(0.3mm미만)
원 인	■ 시공미흡, 다짐불량 등	원 인	■ 온도변화, 건조수축 등
대 책	■ 주입보수	대 책	■ 표면처리
			
현 황	■ S10 측벽부 타일파손	현 황	■ S13 측벽부 망상균열
원 인	■ 외부충격 등	원 인	■ 온도변화, 건조수축 등
대 책	■ 주입보수	대 책	■ 표면처리

【사진 3.3.4】 측벽부 손상현황

			
현 황	■ S14 측벽부 타일파손	현 황	■ S18 측벽부 보수부 재균열(0.3mm미만)
원 인	■ 외부충격, 신축작용 등	원 인	■ 온도변화, 건조수축 등
대 책	■ 정비	대 책	■ 표면처리
			
현 황	■ S19 측벽부 균열(0.3mm미만)	현 황	■ S21 측벽부 보수부 박락
원 인	■ 온도변화, 건조수축 등	원 인	■ 보수미흡, 신축작용 등
대 책	■ 표면처리	대 책	■ 단면보수
			
현 황	■ S26 측벽부 박락	현 황	■ S28 측벽부 균열(0.3mm미만)
원 인	■ 습기흡착 등	원 인	■ 온도변화, 건조수축 등
대 책	■ 표면처리	대 책	■ 표면처리

【사진 3.3.4】 측벽부 손상현황(계속)

(2) 기 점검 결과 비교

- 24년 정밀안전진단과 비교한 결과, 기존 손상인 균열, 망상균열, 백태, 보수부 박락, 타일 파손 및 탈락 등이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상으로 균열 및 재료분리 등의 손상이 추가로 조사되었다.

【표 3.3.5】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	13.50	9	14.50	10	▲	1.00	신규손상
	보수부 균열(0.3mm미만)	m	19.50	9	19.50	10	—	—	변동없음
	보수부 균열(0.3mm이상)	m	2.00	1	2.00	1	—	—	변동없음
	망상균열	m ²	6.00	3	6.00	3	—	—	변동없음
	백태	m ²	0.18	3	0.18	3	—	—	변동없음
	재료분리, 보수부 박락	m ²	0.12	2	0.28	5	▲	0.16	신규손상
	타일 파손 및 탈락	EA	30.00	30	30.00	30	—	—	변동없음

(3) 검토의견

- 측벽부에서 조사된 균열 및 재균열(0.3mm미만), 망상균열, 백태 손상은 라이닝 콘크리트의 계절변화에 따른 온도변화 및 건조수축, 거푸집 조기탈형, 습기흡착 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나, 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 조사된 균열(0.3mm이상)의 경우 라이닝 콘크리트의 계절변화에 따른 온도변화 및 건조수축, 거푸집 조기탈형 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나, 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 조사된 재료분리 및 보수부 박락 손상은 시공미흡 및 보수미흡, 보수재료의 열화 등에 의한 복합적인 원인으로 발생한 것으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나, 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 조사된 타일 파손 및 탈락의 경우 외부충격, 온도변화에 의한 신축작용, 지속적인 진동 발생 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원의 정비 등 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

3) 갯문

본 터널의 갯문은 개착구간의 시·종점부에 벨마우스 형식으로 시공되어있다. 외관조사시 균열, 파손, 박락 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 3.3.5】 갯문 전경

(1) 조사결과

- 갯문 외관조사 결과, 기 발생된 손상인 시점측 갯문 보수부 충분리, 백태 등이 확인되었으며, 금회 점검에서 별도의 신규손상은 조사되지 않았다.

【표 3.3.6】 갯문 손상현황

구분	보수부 충분리 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)	
시점부	1.00	1	0.06	1
종점부	—	—	—	—
합계	1.00	1	0.06	1

			
현 황	■ 시점부 백태	현 황	■ 시점부 보수부 충분리
원 인	■ 습기흡착 등	원 인	■ 보수재료 열화 등
대 책	■ 표면처리	대 책	■ 단면보수
			
현 황	■ 시점부 백태	현 황	■ 시점부 보수부 충분리
원 인	■ 습기흡착 등	원 인	■ 보수재료 열화 등
대 책	■ 표면처리	대 책	■ 단면보수
			
현 황	■ 종점부 상태현황	현 황	■ 종점부 상태현황
원 인	■ -	원 인	■ -
대 책	■ -	대 책	■ -

【사진 3.3.6】 갯문 손상현황

(2) 기 점검 결과 비교

- 24년 정밀안전진단과 비교한 결과, 기 조사된 손상인 시점측 갯문 보수부 충분리, 백태 등이 확인되었으며, 금회 점검에서 별도의 신규손상은 조사되지 않았다.

【표 3.3.7】 갯문 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단 위	2024년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
갯문	백태	m ²	0.06	1	0.06	1	- -	변동없음
	보수부 충분리	m ²	1.00	1	1.00	1	- -	변동없음

(3) 검토의견

- 갯문에서 조사된 보수부 충분리의 경우 보수재료의 열화, 보수미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 지속적으로 외기에 노출되는 부재의 특성상 내구성 확보차원의 적절한 보수가 필요한 상태이다.
- 조사된 백태의 경우 외부 우수유입, 습기흡착 등에 의한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나 지속적으로 외부에 노출되는 부재 특성상 손상의 진전방지 및 내구성 확보차원의 적절한 보수가 필요한 상태이다.

나. 부속시설물(사면, 공동구, 배수시설, 포장부, 기타부속시설)

1) 사면

본 터널 입·출구부에 있는 사면은 준공이후 지형의 변화나 사면활동 등의 외형적인 변화는 없는 것으로 관찰되었다. 터널부 사면의 외관조사시 강우나 폭설 등에 의한 토사층의 침식, 암반면의 탈락 등 절토사면의 파괴징후 및 손상 발생여부에 대해 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 3.3.7】 사면 전경

(1) 조사결과

- 사면 외관조사 결과, 터널 종점부 주변 사면에 기 발생된 손상인 표층유실, 토사유실, 배수측구 파손 등이 확인되었으며, 신규손상으로 배수로 체수, 측구 공동이 추가로 조사되었다.

【표 3.3.8】 사면 손상현황

구분	표층유실 (㎡/개소)		토사유실 (㎡/개소)		배수측구 파손 (㎡/개소)		체수 (㎡/개소)		공동 (㎡/개소)	
시점부	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25	1
종점부	53.00	1	1.50	1	0.16	1	8.00	2	—	—
합계	53.00	1	1.50	1	0.16	1	8.00	2	0.25	1

			
현 황	■ 종점부 배수로 체수	현 황	■ 종점부 공동
원 인	■ 시공미흡, 우수유입 등	원 인	■ 우천시 세굴, 지속적인 우수유입 등
대 책	■ 주의관찰	대 책	■ 되메우기
			
현 황	■ 종점부 토사유실	현 황	■ 종점부 배수측구 파손
원 인	■ 우천, 자연적 요소 등	원 인	■ 인위적인 충격 등
대 책	■ 주의관찰	대 책	■ 단면보수
			
현 황	■ 시점부 상태현황	현 황	■ 시점부 점검계단 및 배수로 상태현황
원 인	■ -	원 인	■ -
대 책	■ -	대 책	■ -

【사진 3.3.8】 사면 손상현황

(2) 기 점검 결과 비교

- 24년 정밀안전진단과 비교한 결과, 터널 종점부 주변 사면에 기 발생한 손상인 표층유실, 토사유실, 측구 파손 등이 확인되었으며, 신규손상으로 배수로 채수, 공동이 추가로 조사되었다.

【표 3.3.9】 사면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2024년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증·감		비고
			물량	개소	물량	개소			
사면	표층유실	m ²	53.00	1	53.00	1	-	-	변동없음
	토사유실	m ²	1.50	1	1.50	1	-	-	변동없음
	배수측구 파손	m ²	0.16	-	0.16	1	-	-	변동없음
	채수	m ²	-	-	8.00	2	▲	8.00	신규손상
	공동	m ²	-	-	0.25	1	▲	0.25	신규손상

(3) 검토의견

- 터널부 사면에서 조사된 표층유실의 경우 우천 등의 자연적인 요소에 의한 손상으로 판단되며, 시급한 보수 보다는 주기적인 점검을 통하여 손상의 진전여부를 확인하는 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 조사된 토사유실, 공동의 경우 우천시 세굴, 배수측구 성토 연약지반부에 지속적인 우수유입 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 우천시 손상의 지속적인 진전을 방지하기 위하여 되메우기 등의 적절한 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다.
- 조사된 배수측구 파손의 경우 외부충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 내구성 확보차원의 단면보수 등 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다.
- 조사된 배수측구 채수의 경우 배수로의 시공미흡 및 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 시급한 보수보다는 손상부로 인한 2차손상 발생시 보수를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다.

2) 공동구

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



【사진 3.3.9】 공동구 전경

(1) 조사결과

- 공동구 외관조사 결과, 기 발생된 손상인 공동구 균열, 파손, 덮개 파손 등의 손상이 확인되었다. 금회 점검에서 균열 손상의 일부 보수가 실시되었으며, 파손 손상의 신규 손상이 일부 발생한 것으로 조사되었다.

【표 3.3.10】 공동구 손상현황

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열(0.3mm이상) (m/개소)		파손 (㎡/개소)		덮개 파손 (㎡/개소)	
Sh1	4.20	14	1.80	6	0.02	1	—	—
Sh2	0.40	2	0.60	2	—	—	—	—
Sh3	—	—	0.30	1	—	—	—	—
Sh4	2.80	9	1.50	5	0.15	1	2.00	2
Sh5	1.10	4	1.20	4	0.41	2	—	—
Sh6	1.20	5	3.00	10	0.06	3	—	—
Sh7	2.10	8	1.50	5	—	—	—	—
Sh8	1.20	4	2.10	7	0.62	3	1.00	1
Sh9	0.90	1	—	—	0.85	2	—	—
Sh10	0.80	3	1.20	4	0.12	2	—	—
Sh11	3.00	11	—	—	0.21	4	—	—
합계	17.70	63	13.20	44	2.44	18	3.00	3

			
현 황	■ S01 공동구 파손	현 황	■ S04 공동구 균열(0.3mm이상)
원 인	■ 외부충격 등	원 인	■ 온도변화, 건조수축 등
대 책	■ 단면보수	대 책	■ 주입보수
			
현 황	■ S10 공동구 균열(0.3mm이상)	현 황	■ S10 공동구 덮개 파손
원 인	■ 온도변화, 건조수축 등	원 인	■ 외부충격 등
대 책	■ 주입보수	대 책	■ 정비
			
현 황	■ S21 공동구 균열(0.3mm이상)	현 황	■ S23 공동구 파손
원 인	■ 온도변화, 건조수축 등	원 인	■ 외부충격 등
대 책	■ 주입보수	대 책	■ 단면보수

【사진 3.3.10】 공동구 손상현황

(2) 기 점검 결과 비교

- 24년 정밀안전진단과 비교한 결과, 기존 손상인 공동구 균열, 파손, 덮개 파손 등의 손상이 확인되었고, 금회 점검에서 균열 손상의 일부 보수가 실시되었으며, 파손 손상의 신규 손상이 일부 발생한 것으로 조사되었다.

【표 3.3.11】 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	17.70	63	17.70	63	— —	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	13.80	46	13.20	44	▼ 0.60	일부보수
	파손	m ²	1.44	15	2.44	18	▲ 1.00	신규손상
	덮개 파손	EA	3.00	3	3.00	3	— —	변동없음

(3) 검토의견

- 공동구에서 조사된 공동구 균열(0.3mm미만)의 경우 온도변화 및 건조수축, 거푸집 조기탈형 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 조사된 공동구 균열(0.3mm이상)의 경우 온도변화 및 건조수축, 거푸집 조기탈형 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 주입보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 조사된 공동구 파손의 경우 외부충격, 지속적인 진동 발생, 온도변화 등에 의한 신축작용 등에 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 조사된 공동구 덮개 파손의 경우 외부충격, 공용기간 증가 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 점검 및 피난자의 안전 및 원활한 배수를 통한 차량의 안정적인 주행을 위한 정비 등의 보수가 필요하다고 판단된다.

3) 배수시설

본 터널의 좌·우벽체 하단부에 위치한 배수시설에 대한 효율적인 유지관리를 위해 설치된 시설물로 배수구 막힘, 오염 등에 주안점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 3.3.11】 배수시설 전경

(1) 조사결과

- 배수시설 외관조사 결과, 기 발생된 손상인 배수시설 측구 균열, 측구 파손, 집수구 토사퇴적, 그레이팅 부식 등의 손상이 확인되었고, 금회 점검에서 측구 균열 손상이 추가 조사되었으며, 배수시설 측구 파손 손상이 일부 보수되어 손상물량이 소폭 감소하였다.

【표 3.3.12】 배수시설 손상현황

구분	측구 균열(0.3mm미만) (㎡/개소)		측구 균열(0.3mm이상) (㎡/개소)		측구 파손 (㎡/개소)		집수구 토사퇴적 (개소/개소)		그레이팅 부식 (개소/개소)	
Sh1	1.00	2	—	—	0.15	1	—	—	—	—
Sh2	—	—	—	—	—	—	2.00	2	1.00	1
Sh3	0.50	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh4	2.60	5	—	—	—	—	2.00	2	1.00	1
Sh5	1.20	2	—	—	0.09	3	—	—	—	—
Sh6	3.00	5	—	—	—	—	2.00	2	1.00	1
Sh7	2.70	5	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh8	2.40	4	—	—	0.03	1	2.00	2	1.00	1
Sh9	8.00	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Sh10	8.50	2	0.50	1	—	—	1.00	1	1.00	1
Sh11	—	—	—	—	0.11	3	—	—	—	—
합계	29.90	27	0.50	1	0.38	8	9.00	9	5.00	5

			
현 황	■ S02 배수시설 측구 파손	현 황	■ S04 배수시설 집수구 토사퇴적
원 인	■ 지속적인 진동 발생, 온도변화 등	원 인	■ 공용기간 증가 등
대 책	■ 단면보수	대 책	■ 정비
			
현 황	■ S10 배수시설 집수구 토사퇴적	현 황	■ S26 배수시설 균열(0.3mm미만)
원 인	■ 공용기간 증가 등	원 인	■ 온도변화, 건조수축 등
대 책	■ 정비	대 책	■ 표면처리
			
현 황	■ S25 배수시설 그레이팅 부식	현 황	■ S26 배수시설 균열(0.3mm이상)
원 인	■ 공용기간 증가 등	원 인	■ 온도변화, 건조수축 등
대 책	■ 정비	대 책	■ 주입보수

【사진 3.3.12】 배수시설 손상현황

(2) 기 점검 결과 비교

- 24년 정밀안전진단과 비교한 결과, 기 발생한 손상인 배수시설 측구 균열, 측구 파손, 집수구 토사퇴적, 그레이팅 부식 등의 손상이 확인되었고, 금회 점검에서 측구 균열 손상이 추가 조사되었으며, 배수시설 측구 파손 손상이 일부 보수되어 손상물량이 소폭 감소하였다.

【표 3.3.13】 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2024년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수 시설	측구 균열(0.3mm미만)	m	17.10	35	29.90	27	▲ 12.80	일부보수 신규손상
	측구 균열(0.3mm이상)	m	0.50	1	0.50	1	— —	변동없음
	측구 파손	m ²	1.97	11	0.38	8	▼ 1.59	일부보수
	집수구 토사퇴적	EA	9.00	9	9.00	9	— —	변동없음
	그레이팅 부식	EA	5.00	5	5.00	5	— —	변동없음

(3) 검토의견

- 배수시설에서 조사된 배수시설 측구 균열(0.3mm미만)의 경우 온도변화 및 건조수축, 거푸집 조기탈형 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 조사된 배수시설 측구 균열(0.3mm이상)의 경우 온도변화 및 건조수축, 거푸집 조기탈형 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 주입보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 조사된 배수시설 측구 파손의 경우 외부충격, 지속적인 진동 발생, 온도변화 등에 의한 신축 작용 등에 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 조사된 배수시설 집수구 토사퇴적, 그레이팅 부식의 경우 외부충격, 공용기간 증가 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 점검 및 피난자의 안전 및 원활한 배수를 통한 차량의 안정적인 주행을 위한 정비 등의 보수가 필요하다고 판단된다.

4) 포장부

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



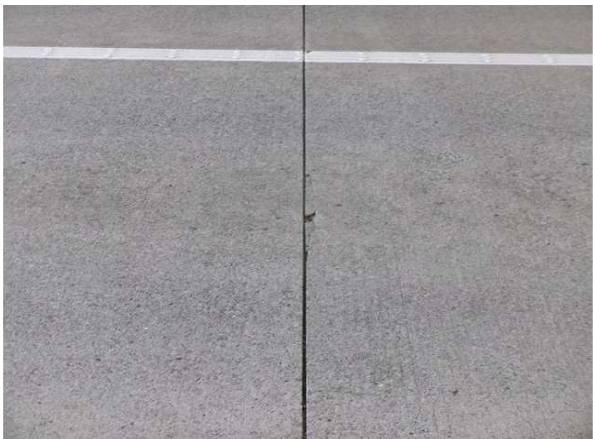
【사진 3.3.13】 포장부 전경

(1) 조사결과

- 포장부 외관조사 결과, 기 발생된 손상인 포장 파손, 잡철물노출 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 포장 파손 손상이 추가로 조사되었다.

【표 3.3.14】 포장부 손상현황

구분	포장 파손 (㎡/개소)		잡철물노출 (㎡/개소)	
Sh1	1.11	3	—	—
Sh2	0.04	4	—	—
Sh3	0.02	1	—	—
Sh4	0.17	5	—	—
Sh5	—	—	—	—
Sh6	0.02	2	—	—
Sh7	0.01	1	0.01	1
Sh8	—	—	—	—
Sh9	0.02	1	—	—
Sh10	0.04	2	0.01	1
Sh11	0.02	2	—	—
합계	1.46	21	0.02	2

			
현 황	■ S01 포장부 파손	현 황	■ S10 포장부 파손
원 인	■ 외부충격, 신축작용 등	원 인	■ 신축작용 등
대 책	■ 단면보수	대 책	■ 단면보수
			
현 황	■ S19 포장부 잡철물노출	현 황	■ S23 포장부 파손
원 인	■ 시공미흡 등	원 인	■ 외부충격, 신축작용 등
대 책	■ 정비 후 단면보수	대 책	■ 단면보수
			
현 황	■ S24 포장부 잡철물노출	현 황	■ S26 포장부 파손
원 인	■ 시공미흡 등	원 인	■ 외부충격, 신축작용 등
대 책	■ 정비 후 단면보수	대 책	■ 단면보수

【사진 3.3.14】 포장부 손상현황

(2) 기 점검 결과 비교

- 24년 정밀안전진단과 비교한 결과, 기 발생된 손상인 포장 파손, 잡철물노출 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 포장 파손 손상이 추가로 조사되었다.

【표 3.3.15】 포장부 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단 위	2024년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
포장부	포장 파손	m ²	1.43	21	1.46	21	▲ 0.03	손상진전
	잡철물노출	m ²	0.02	2	0.02	2	－ －	변동없음

(3) 검토의견

- 콘크리트 포장에서 조사된 포장 파손의 경우 시공시 다짐불량, 중차량의 반복통행에 의한 진동 및 하중 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 현재 차량의 주행성에 영향을 미치는 정도는 아니나, 손상의 진전 및 내구성 확보를 위해 단면보수 등의 적절한 보수가 필요하며, 보수 후에도 차량하중으로 인한 재손상이 우려되므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.
- 조사된 잡철물노출의 경우 시공초기 마감미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 현재 차량의 주행성에 영향을 미치는 정도는 아니나, 손상의 진전 및 내구성 확보를 위해 정비를 실시하고 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다.

4) 기타부속시설

본 터널의 기타부속시설은 조명시설, 소화시설, CCTV 등이 설치되어 있다.



【사진 3.3.15】 기타부속시설 전경

(1) 조사결과

- 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.

【표 3.3.16】 기타부속시설 손상현황

구분	상태양호	
기타 부속시설	—	—
합계	—	—

			
현 황	■ 조명시설 상태현황	현 황	■ 표지판 상태현황
원 인	■ -	원 인	■ -
대 책	■ -	대 책	■ -
			
현 황	■ 소화기 상태현황	현 황	■ 비상전화 상태현황
원 인	■ -	원 인	■ -
대 책	■ -	대 책	■ -
			
현 황	■ CCTV 상태현황	현 황	■ 소화기함, 비상전화 상태현황
원 인	■ -	원 인	■ -
대 책	■ -	대 책	■ -

【사진 3.3.16】 기타부속시설 손상현황

(2) 기 점검 결과 비교

- 24년 정밀안전진단과 비교한 결과, 기타 부속시설은 전반적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.3.17】 기타부속시설 기 점검 결과 비교

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

(3) 검토의견

- 기타 부속시설에 대한 외관조사 결과, 조사된 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

다. 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”, “현장조사 결과 - 배수시설”에 기입된 사항으로 대체하였다.

라. 터널의 공중이용시설 유해·위험요인(10대) 위험요소 점검결과

1) 개요

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

【표 3.3.18】 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 기장2터널(부산)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 3.3.17】 터널의 공중이용시설 10대 위험요소 손상현황

3.3.3 현장조사 결과요약

가. 외관조사 총괄표

【표 3.3.19】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
천장부	균열(0.3mm미만)	m	6.70	5	
	보수부 균열(0.3mm미만)	m	21.00	3	
	균열(0.3mm이상)	m	1.20	1	
	망상균열	m ²	20.00	1	
	박락, 보수부 박락, 충분리	m ²	0.65	16	
	재료분리	m ²	0.10	1	
측벽부	균열(0.3mm미만)	m	14.50	10	
	보수부 균열(0.3mm미만)	m	19.50	10	
	보수부 균열(0.3mm이상)	m	2.00	1	
	망상균열	m ²	6.00	3	
	백태	m ²	0.18	3	
	재료분리, 보수부 박락	m ²	0.28	5	
	타일 파손 및 탈락	EA	30.00	30	
갯문	백태	m ²	0.06	1	
	보수부 충분리	m ²	1.00	1	
사면	표층유실	m ²	53.00	1	
	토사유실	m ²	1.50	1	
	배수측구 파손	m ²	0.16	1	
	체수	m ²	8.00	2	
	공동	m ²	0.25	1	
공동구	균열(0.3mm미만)	m	17.70	63	
	균열(0.3mm이상)	m	13.20	44	
	파손	m ²	2.44	18	
	덮개 파손	EA	3.00	3	
배수시설	측구 균열(0.3mm미만)	m	29.90	27	
	측구 균열(0.3mm이상)	m	0.50	1	
	측구 파손	m ²	0.38	8	
	집수구 토사퇴적	EA	9.00	9	
	그레이팅 부식	EA	5.00	5	
포장부	포장 파손	m ²	1.46	21	
	잡철물노출	m ²	0.02	2	
기타부속시설	상태양호	—	—	—	

3.3.4 전회차 손상물량 비교

【표 3.3.20】 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2024년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
천장부	균열(0.3mm미만)	m	6.70	5	6.70	5	— —	변동없음
	보수부 균열(0.3mm미만)	m	3.00	1	21.00	3	▲ 18.00	신규손상
	균열(0.3mm이상)	m	1.20	1	1.20	1	— —	변동없음
	망상균열	m ²	20.00	1	20.00	1	— —	변동없음
	박락, 보수부 박락, 충분리	m ²	0.65	16	0.65	16	— —	변동없음
	재료분리	m ²	0.26	4	0.10	1	▼ -0.16	일부보수
측벽부	균열(0.3mm미만)	m	13.50	9	14.50	10	▲ 1.00	신규손상
	보수부 균열(0.3mm미만)	m	19.50	9	19.50	10	— —	변동없음
	보수부 균열(0.3mm이상)	m	2.00	1	2.00	1	— —	변동없음
	망상균열	m ²	6.00	3	6.00	3	— —	변동없음
	백태	m ²	0.18	3	0.18	3	— —	변동없음
	재료분리, 보수부 박락	m ²	0.12	2	0.28	5	▲ 0.16	신규손상
	타일 파손 및 탈락	EA	30.00	30	30.00	30	— —	변동없음
갯문	백태	m ²	0.06	1	0.06	1	— —	변동없음
	보수부 충분리	m ²	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
사면	표층유실	m ²	53.00	1	53.00	1	— —	변동없음
	토사유실	m ²	1.50	1	1.50	1	— —	변동없음
	배수측구 파손	m ²	0.16	—	0.16	1	— —	변동없음
	체수	m ²	—	—	8.00	2	▲ 8.00	신규손상
	공동	m ²	—	—	0.25	1	▲ 0.25	신규손상
공동구	균열(0.3mm미만)	m	17.70	63	17.70	63	— —	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	13.80	46	13.20	44	▼ -0.60	일부보수
	파손	m ²	1.44	15	2.44	18	▲ 1.00	신규손상
	덮개 파손	EA	3.00	3	3.00	3	— —	변동없음
배수 시설	측구 균열(0.3mm미만)	m	17.10	35	29.90	27	▲ 12.80	일부보수 신규손상
	측구 균열(0.3mm이상)	m	0.50	1	0.50	1	— —	변동없음
	측구 파손	m ²	1.97	11	0.38	8	▼ -1.59	일부보수
	집수구 토사퇴적	EA	9.00	9	9.00	9	— —	변동없음
	그레이팅 부식	EA	5.00	5	5.00	5	— —	변동없음
포장부	포장 파손	m ²	1.43	21	1.46	21	▲ 0.03	손상진전
	잡철물노출	m ²	0.02	2	0.02	2	— —	변동없음
기타 부속시설	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—

3.4 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.

3.4.1 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.

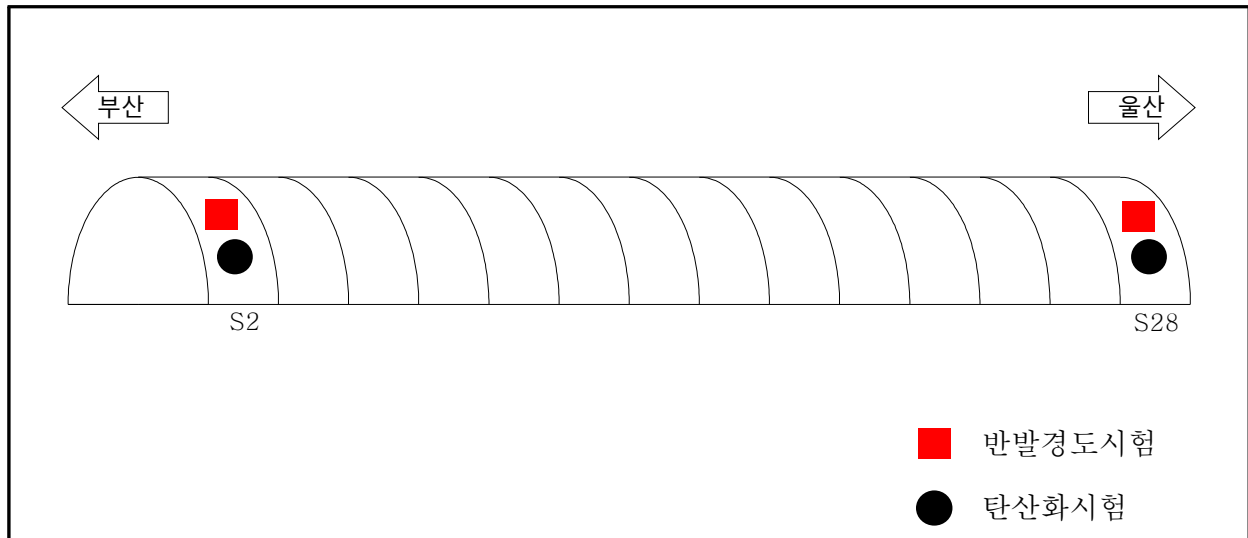
【표 3.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

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 3.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

3.4.2 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.



【사진 3.4.1】 강도시험 현장사진

1) 반발경도 시험

(1) 반발경도 시험결과

【표 3.4.2】 콘크리트 라이닝 반발경도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료학회	일본건축학회			
라 이 닝	S2	라이닝	43.8	23.7	25.9	0.63	24.0	건전부
	S28	라이닝	43.5	23.5	25.8			비건전부
평 균			—	23.6	25.9	—	—	
표준편차			—	0.14	0.07	—	—	
변동계수			—	0.006	0.003	—	—	
최대값			—	23.7	25.9	—	—	
최소값			—	23.5	25.8	—	—	

【표 3.4.3】 콘크리트 라이닝 반발경도 추정강도

시험위치	압축강도(MPa) 추정		설계기준강도 (MPa)	평균 추정강도 (MPa)	강도비교 (%)	비고
	일본건축학회					
라이닝	25.8	~ 25.9	24.0	25.9	107.9	

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 25.8~25.9MPa로 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 3.4.4】 기 점검결과와의 비교

구 분	2024년 정밀안전진단	2025년 정밀안전점검	설계기준강도(MPa)
반발경도법	27.3 ~ 28.4	25.8 ~ 25.9	24.0
검토의견	■ 기준 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 3.4.5】 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	기장2터널(부산) 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 3.4.2】 탄산화 깊이 시험 현장사진

1) 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.4.6】 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	6.5	67	60.5	a	1.58	100년 이상	17	
S28 라이닝	5.5	62	56.5	a	1.33	100년 이상	17	

- 탄산화 깊이 측정결과, 탄산화깊이는 5.5~6.5mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 3.4.7】 탄산화 깊이 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
라이닝	5.5 ~ 6.5	56.5 ~ 60.5	

2) 기 점검결과와의 비교

【표 3.4.8】 기 점검결과와의 비교

구 분	2024년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		비 고
	잔여깊이(mm)	평가결과	잔여깊이(mm)	평가결과	
라이닝	69.5 ~ 80.0	a	56.5 ~ 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 3.4.9】 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

3.4.3 콘크리트 내구성 조사 결과요약

【표 3.4.10】금회 점검 내구성 조사 결과요약

시험명	시험부위		시험 결과			검토 의견
비파괴 강도 (MPa)	반발경도 라이닝 (설계기준 : 24MPa)		25.8	~	25.9	측정결과, 설계기준강도를 100% 상회하는 것으로 조사됨.
탄산화 깊이 (mm)	라이닝	진행깊이(mm)	5.5	~	6.5	실측 피복두께 대비 탄산화 잔여 깊이가 30mm 이상으로 확인되어 탄산화에 의한 부식이 발생할 가 능성이 없는 ‘a’ 등급으로 평가 됨
		잔여깊이(mm)	56.5	~	60.5	

【표 3.4.11】내구성조사 기 점검과의 비교 결과요약

시험명	시험부위	2024년 정밀안전진단	2025년 정밀안전점검	비고
비파괴 강도 (MPa)	라이닝 (설계기준: 24MPa)	27.3 ~ 28.4	25.8 ~ 25.9	측정 위치에 따른 편차로 인하여 정밀한 비교는 어려우나 설계강도를 100% 상회하 고 있는 것으로 확인되어 콘크리트의 강도 상태는 양호한 것으로 판단됨
탄산화 깊이 (mm)	라이닝 잔여깊이	69.5 ~ 80.0	56.5 ~ 60.5	측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전 차와 비교해서 급격한 진전없이 30mm 이 상의 잔여깊이를 확보하여 양호한 상태로 확인되며, 탄산화 진행으로 인한 철근부식 의 영향은 없는 것으로 판단됨.

3.5 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.

3.5.1 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 3.5.1】 구간현황

구분	쉬트 (Sheet)	스판 (Span)	거리 (m)	누적 (m)	구분	쉬트 (Sheet)	스판 (Span)	거리 (m)	누적 (m)
철근구간	Sh1	S1	10.0	10.0	무근구간	Sh7	S17	10.0	161.0
		S2	9.0	19.0			S18	10.0	171.0
		S3	8.0	27.0			S19	10.0	181.0
	Sh2	S4	8.0	35.0		Sh8	S20	10.0	191.0
		S5	8.0	43.0			S21	9.5	200.5
		S6	9.5	52.5			S22	9.5	210.0
	Sh3	S7	9.5	62.0		Sh9	S23	9.5	219.5
무근구간	Sh4	S8	9.5	71.5	철근구간	Sh10	S24	9.5	229.0
		S9	9.5	81.0			S25	8.5	237.5
		S10	10.0	91.0			S26	8.5	246.0
	Sh5	S11	10.0	101.0	Sh11	S27	9.5	255.5	
		S12	10.0	111.0		S28	9.5	265.0	
		S13	10.0	121.0	—	—	—	—	—
	Sh6	S14	10.0	131.0	—	—	—	—	—
		S15	10.0	141.0	—	—	—	—	—
		S16	10.0	151.0	—	—	—	—	—

나. 시설물의 상태등급

1) 철근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 3.5.2】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Sheet No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						결함점수 합계	라이닝 결함지수
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리	철근노출	탄산화		
Sh1	b	a	a	a	b	a	b	a	a	3	0.08
Sh2	a	a	a	a	b	a	b	a	—	0	0.00
Sh3	b	a	a	a	a	a	b	a	—	3	0.08
Sh10	a	a	a	a	b	b	a	a	—	0	0.00
Sh11	b	a	a	a	a	a	a	a	a	3	0.08
산술평균	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.05

2) 무근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 3.5.3】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화				결함점수 합계	라이닝 결함지수
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리		
Sh4	b	a	a	a	b	a	a	a	0.19
Sh5	b	a	a	a	b	a	a	a	0.11
Sh6	b	a	a	a	b	a	a	a	0.19
Sh7	b	a	a	a	b	a	a	a	0.11
Sh8	b	a	a	a	b	a	a	a	0.11
Sh9	a	a	a	a	b	a	a	a	0.00
산술평균	3.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.17	0.12

3) 주변상태 결함점수 산정

【표 3.5.4】 주변상태 결함점수 산정 결과

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

3.5.2 상태평가 결과

가. 철근 콘크리트 상태평가 결과

【표 3.5.5】 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	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	0.50	0.50	0.00	5.80
														결합지수	0.13

나. 무근 콘크리트 상태평가 결과

【표 3.5.6】 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
6	3.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	0.50	0.50	0.00	7.17
												결합지수	0.21

다. 터널 상태평가 결과

【표 3.5.7】 터널상태평가 결과

기장2터널(부산)					
구조물	구간별 결합지수	상태평가	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결합점수 (F)
NATM 터널(철근)	0.13	A	107.50	0.406	0.05
NATM 터널(무근)	0.21	B	157.50	0.594	0.13
결합지수					0.18
상태평가 등급					B

라. 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 발생된 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

3.5.3 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 0.18로 “기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태”인 B등급(양호, $0.15 \leq \text{결함지수} < 0.30$)으로 평가되었다.

나. 기 정밀안전점검 결과와의 비교

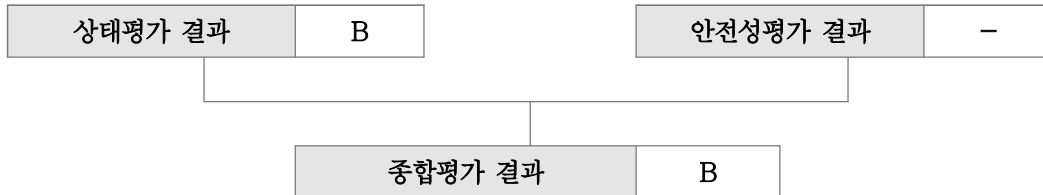
【표 3.5.8】 기 점검결과와의 비교 결과

구 분	2023년 정밀안전점검	2024년 정밀안전진단	2025년 정밀안전점검	비 고
결함지수	0.180	0.180	0.18	
상태등급	B	B	B	
검토의견	- 금회 상태평가 결과, “B등급”으로 평가되었으며, 기존점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다. - 환산결함도 점수가 24년 정밀안전진단 0.180 ⇨ 25년 정밀안전점검 0.18로 동일한 것으로 분석되었으며, 동일한 원인으로는 라이닝부 및 주변시설에 발생한 손상의 신규 및 추가 손상이 미미함에 따라 환산결함도 점수가 동일한 것으로 판단된다.			

3.6 종합평가 및 안전등급 지정

3.6.1 종합평가 결과

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



【그림 3.6.1】 종합평가 결과

【표 3.6.1】 종합평가결과 산정표

시설물 종합평가결과 산정표				
시설물명	기장2터널(부산)			
평가구분	터널결합지수	평가결과	비 고	
상태평가	F=0.18	B	근거 표번호	표 3.5.7
안전성평가	해당없음	—	—	—
종합평가	0.18	B		
종합평가 결과	■ 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되어 종합평가 등급이 “B등급” 으로 산정되었다. ■ 환산결함도 점수가 24년 정밀안전진단 0.180 ⇨ 25년 정밀안전점검 0.18.로 동일한 것으로 분석되었으며, 신규 손상의 발생에도 환산결함도 점수가 동일한 원인은 해당부채의 손상이 기존 손상의 위치 및 손상의 정도가 유사하여 환산결함도 점수가 유지된 것으로 계산되었다.			

【표 3.6.2】 종합평가 등급 변화 비교

시행년도	분류	상태평가	안전성평가	종합평가	비 고
2023	정밀안전점검	B (0.180)	—	B	
2024	정밀안전진단	B (0.180)	A (1.08)	B	
2025	정밀안전점검	B (0.18)	—	B	

3.6.2 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 3.6.3】 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

3.7 보수·보강 및 유지관리방안

3.7.1 보수·보강 방안

【표 3.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
천장부	균열(0.3mm미만)	m	6.70	5	표면처리	3순위
	보수부 균열(0.3mm미만)	m	21.00	3	표면처리	3순위
	균열(0.3mm이상)	m	1.20	1	주입보수	2순위
	망상균열	m ²	20.00	1	표면처리	3순위
	박락, 보수부 박락, 층분리	m ²	0.65	16	단면보수	2순위
	재료분리	m ²	0.10	1	단면보수	3순위
측벽부	균열(0.3mm미만)	m	14.50	10	표면처리	3순위
	보수부 균열(0.3mm미만)	m	19.50	10	표면처리	3순위
	보수부 균열(0.3mm이상)	m	2.00	1	주입보수	2순위
	망상균열	m ²	6.00	3	표면처리	3순위
	백태	m ²	0.18	3	표면처리	2순위
	재료분리, 보수부 박락	m ²	0.28	5	단면보수	2순위
	타일 파손 및 탈락	EA	30.00	30	정비	3순위
갯문	백태	m ²	0.06	1	표면처리	2순위
	보수부 층분리	m ²	1.00	1	단면보수	2순위
사면	표층유실	m ²	53.00	1	주의관찰	—
	토사유실	m ²	1.50	1	되메우기	2순위
	배수측구 파손	m ²	0.16	1	단면보수	2순위
	체수	m ²	8.00	2	주의관찰	—
	공동	m ²	0.25	1	주의관찰	—
공동구	균열(0.3mm미만)	m	17.70	63	표면처리	3순위
	균열(0.3mm이상)	m	13.20	44	주입보수	3순위
	파손	m ²	2.44	18	단면보수	3순위
	덮개 파손	EA	3.00	3	정비	3순위
배수시설	측구 균열(0.3mm미만)	m	29.90	27	표면처리	3순위
	측구 균열(0.3mm이상)	m	0.50	1	주입보수	3순위
	측구 파손	m ²	0.38	8	단면보수	3순위
	집수구 토사퇴적	EA	9.00	9	정비	2순위
	그레이팅 부식	EA	5.00	5	정비	2순위
포장부	포장 파손	m ²	1.46	21	단면보수	3순위
	잡철물노출	m ²	0.02	2	단면보수	3순위

3.7.2 개략공사비

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 3.7.2】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
천장부	균열(0.3㎜미만)	표면보수	6.70	2.51	㎡	299	750	3순위
	보수부 균열(0.3㎜미만)	표면보수	21.00	1.13	㎡	299	338	3순위
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	1.20	1.80	m	103	185	2순위
	망상균열	표면보수	20.00	30.00	㎡	299	8,970	3순위
	박락, 보수부 박락, 충분리	단면보수	0.65	0.98	㎡	1,152	1,129	2순위
	재료분리	단면보수	0.10	0.39	㎡	1,152	449	3순위
측벽부	균열(0.3㎜미만)	표면보수	14.50	5.43	㎡	299	1,624	3순위
	보수부 균열(0.3㎜미만)	표면보수	19.50	7.31	㎡	299	2,186	3순위
	보수부 균열(0.3㎜이상)	주입보수	2.00	3.00	m	103	309	2순위
	망상균열	표면보수	6.00	9.00	㎡	299	2,691	3순위
	백태	표면보수	0.18	0.27	㎡	299	81	2순위
	재료분리, 보수부 박락	단면보수	0.28	0.18	㎡	1,152	207	2순위
	타일 파손 및 탈락	정비	30.00	30.00	EA	7	210	3순위
갯문	백태	표면보수	0.06	0.09	㎡	299	27	2순위
	보수부 충분리	단면보수	1.00	1.50	㎡	1,152	1,728	2순위
사면	토사유실	되메우기	1.50	1.50	식	7	11	2순위
	배수측구 파손	단면보수	0.16	0.24	㎡	1,152	276	2순위
공동구	균열(0.3㎜미만)	표면보수	17.70	6.64	㎡	299	1,985	3순위
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	13.20	20.70	m	103	2,132	3순위
	파손	단면보수	2.44	2.16	㎡	1,152	2,488	3순위
	덮개 파손	정비	3.00	3.00	EA	7	21	3순위
배수시설	측구 균열(0.3㎜미만)	표면보수	29.90	11.21	㎡	299	3,352	3순위
	측구 균열(0.3㎜이상)	주입보수	0.50	0.75	m	103	77	3순위
	측구 파손	단면보수	0.38	2.96	㎡	1,152	3,410	3순위
	집수구 토사퇴적	정비	9.00	9.00	EA	7	63	2순위
	그레이팅 부식	정비	5.00	5.00	EA	7	35	2순위
포장부	포장 파손	단면보수	1.46	2.15	㎡	1,152	2,477	3순위
	잡철물노출	단면보수	0.02	0.03	㎡	1,152	35	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	-		4,051		33,195		
	재경비 (순공사비의 50%)	-		2,026		16,598		
	합계	-		6,077		49,793		
개략공사비 총계(천원)		55,870						

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 개략공사비 금액에서 제외함.

3.7.3 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.

【표 3.7.3】 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	
	■ 층분리 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	
사면	■ 토사유실, 공동	■ 정기 및 차기 안전점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
공동구	■ 덮개 파손	■ 정기 및 차기 안전점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 보수 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	

3.8 종합결론

본 시설물인 기장2터널(부산)은 부산광역시 기장군 기장읍(고속국도65호선)에 위치한 터널로 2008년 12월에 준공하여 약 17년간 공용중인 시설물이며, 해당 터널은 1종 시설물로서 연장 265.0m, 편도 3차로, 평면선형은 직선, 종단구배는 -1.400%, 공법은 본선 NATM공법, 갯문은 벨마우스, 환기방식은 자연환기 방식으로 시공되어있다. 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

3.8.1 정밀안전점검 결과

가. 현장조사 및 시험

1) 천장부

- 천장부에서 조사된 균열 및 보수부 균열(0.3mm미만), 망상균열의 경우 라이닝 콘크리트의 계절변화에 따른 온도변화 및 건조수축, 거푸집 조기탈형 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 없는 손상이나, 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 조사된 균열(0.3mm이상)의 경우 라이닝 콘크리트의 계절변화에 따른 온도변화 및 건조수축, 거푸집 조기탈형 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 연장성이 없는 비 구조적인 손상으로 판단되며, 다만, 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 주입보수 등의 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 라이닝 표면에 발생된 박락, 보수부 박락, 층분리, 재료분리의 경우 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 보수미흡, 온도변화에 의한 신축작용 등에 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

2) 측벽부

- 측벽부에서 조사된 균열 및 재균열(0.3mm미만), 망상균열, 백태 손상은 라이닝 콘크리트의 계절변화에 따른 온도변화 및 건조수축, 거푸집 조기탈형, 습기흡착 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나, 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 조사된 균열(0.3mm이상)의 경우 라이닝 콘크리트의 계절변화에 따른 온도변화 및 건조수축, 거푸집 조기탈형 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나, 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 조사된 재료분리 및 보수부 박락 손상은 시공미흡 및 보수미흡, 보수재료의 열화 등에 의한

복합적인 원인으로 발생한 것으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나, 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

- 조사된 타일 파손 및 탈락의 경우 외부충격, 온도변화에 의한 신축작용, 지속적인 진동 발생 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원의 정비 등 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

3) 갯문

- 갯문에서 조사된 보수부 충분리의 경우 보수재료의 열화, 보수미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 지속적으로 외기에 노출되는 부재의 특성상 내구성 확보차원의 적절한 보수가 필요한 상태이다.
- 조사된 백태의 경우 외부 우수유입, 습기흡착 등에 의한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나 지속적으로 외부에 노출되는 부재 특성상 손상의 진전방지 및 내구성 확보차원의 적절한 보수가 필요한 상태이다.

4) 사면

- 터널부 사면에서 조사된 표층유실의 경우 우천 등의 자연적인 요소에 의한 손상으로 판단되며, 시급한 보수 보다는 주기적인 점검을 통하여 손상의 진전여부를 확인하는 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 조사된 토사유실, 공동의 경우 우천시 세굴, 배수측구 성토 연약지반부에 지속적인 우수유입 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 우천시 손상의 지속적인 진전을 방지하기 위하여 되메우기 등의 적절한 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다.
- 조사된 배수측구 파손의 경우 외부충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 내구성 확보차원의 단면보수 등 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다.
- 조사된 배수측구 체수의 경우 배수로의 시공미흡 및 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 시급한 보수보다는 손상부로 인한 2차손상 발생시 보수를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다.

5) 공동구

- 공동구에서 조사된 공동구 균열(0.3mm미만)의 경우 온도변화 및 건조수축, 거푸집 조기탈형 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

- 조사된 공동구 균열(0.3mm이상)의 경우 온도변화 및 건조수축, 거푸집 조기탈형 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 주입보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 조사된 공동구 파손의 경우 외부충격, 지속적인 진동 발생, 온도변화 등에 의한 신축작용 등에 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 조사된 공동구 덮개 파손의 경우 외부충격, 공용기간 증가 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 점검 및 피난자의 안전 및 원활한 배수를 통한 차량의 안정적인 주행성을 위한 정비 등의 보수가 필요하다고 판단된다.

6) 배수시설

- 배수시설에서 조사된 배수시설 측구 균열(0.3mm미만)의 경우 온도변화 및 건조수축, 거푸집 조기탈형 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 조사된 배수시설 측구 균열(0.3mm이상)의 경우 온도변화 및 건조수축, 거푸집 조기탈형 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 주입보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 조사된 배수시설 측구 파손의 경우 외부충격, 지속적인 진동 발생, 온도변화 등에 의한 신축 작용 등에 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 구조적인 안전성에 미치는 영향은 적으나 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 조사된 배수시설 집수구 토사퇴적, 그레이팅 부식의 경우 외부충격, 공용기간 증가 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 점검 및 피난자의 안전 및 원활한 배수를 통한 차량의 안정적인 주행성을 위한 정비 등의 보수가 필요하다고 판단된다.

7) 포장부

- 콘크리트 포장에서 조사된 포장 파손의 경우 시공시 다짐불량, 중차량의 반복통행에 의한 진동 및 하중 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 현재 차량의 주행성에 영향을 미치는 정도

는 아니나, 손상의 진전 및 내구성 확보를 위해 단면보수 등의 적절한 보수가 필요하며, 보수 후에도 차량하중으로 인한 재손상이 우려되므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

- 조사된 잡철물노출의 경우 시공초기 마감미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 차량의 주행성에 영향을 미치는 정도는 아니나, 손상의 진전 및 내구성 확보를 위해 정비를 실시하고 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다.

8) 기타부속시설

- 기타부속시설에 대한 외관조사 결과, 조사된 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

9) 공중이 이용하는 부위

(1) 추락방지시설

- 공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 미설치된 상태이다.

(2) 도로부 포장 및 신축이음부

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

(3) 환기구 등의 덮개

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

10) 내구성 조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 25.8~25.9MPa로 측정 되었으며, 금회 실시한 비파괴 강도는 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 라이닝 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.
- 탄산화 깊이 측정결과, 탄산화깊이는 5.5~6.5mm로 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 0.180 ⇨ 25년 정밀안전점검 0.18로 동일한 것으로 분석되었으며, 동일한 원인으로는 라이닝부 및 주변시설에 발생한 손상의 신규 및 추가 손상이 미미함에 따라 환산결함도 점수가 동일한 것으로 판단된다.

다. 종합평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되어 종합평가 등급이 “B등급” 으로 산정되었다.
- 환산결함도 점수가 24년 정밀안전진단 0.180 ⇨ 25년 정밀안전점검 0.18로 동일한 것으로 분석되었으며, 동일한 원인으로는 라이닝부 및 주변시설에 발생한 손상의 신규 및 추가 손상이 미미함에 따라 환산결함도 점수가 동일한 것으로 판단된다.

3.8.2 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 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

3.8.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

기장2터널(부산)에 대한 정밀안전점검 결과 중점관리 사항은 아래와 같다.

- ① 라이닝 균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인
- ② 라이닝 조인트부 층분리 및 박락 : 탈락으로 인한 안전사고 우려
- ③ 사면 토사유실 : 지속적인 유실로 손상 증대 여부 확인
- ④ 공동구 덮개 파손 : 손상 진전으로 인한 이용자 안전사고 우려
- ⑤ 포장부 파손 : 콘크리트 탈락으로 주행차량의 안전성 우려

3.8.4 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.