

제 2 장 해운대터널(울산)

2.1 시설물 개요

2.2 외관조사

2.3 내구성조사

2.4 종합평가

2.5 사용제한 필요성

2.6 보수·보강 및 유지관리방안

2.7 종합결론

제 2 장 해운대터널(울산)

2.1 시설물개요

2.1.1 해운대터널(울산) 전경



2.1.2 터널현황

본 과업 대상구조물인 해운대터널(울산)의 터널현황은 다음 표와 같다.

<표 2.1.1> 해운대터널(울산) 터널현황

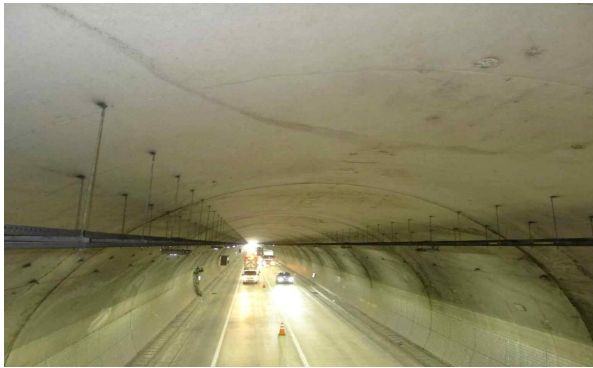
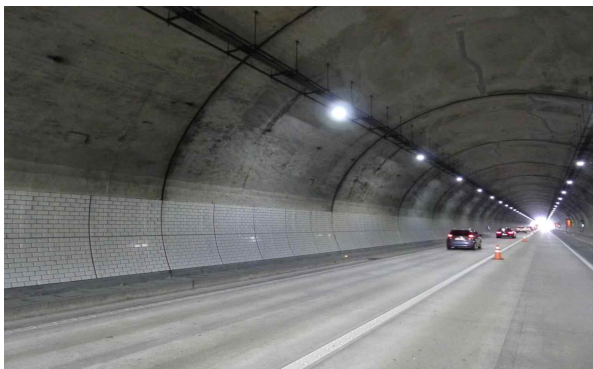
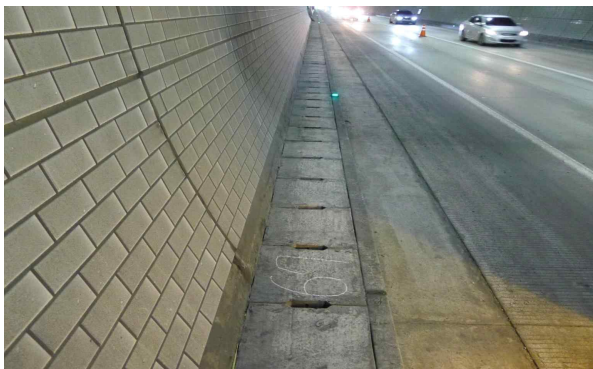
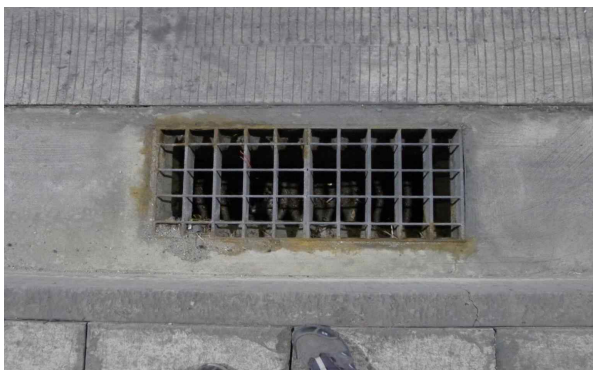
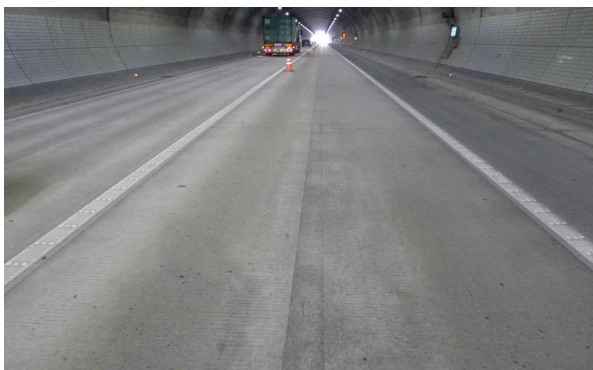
터널명	해운대터널(울산)		
시설물번호	TU2008 - 0000191	관리번호	-
노선명	부산울산고속도로 (고속국도65호선)	시행청	부산울산고속도로(주)
시점	부산광역시 해운대구 좌동 산 117-4	종점	부산광역시 해운대구 송정동
터널형식	NATM	관리주체	부산울산고속도로(주)
차선수	편도 2차로	환기방식	자연환기-배기
연장	L = 680m	설계사	신성엔지니어링(주)
내공단면	폭 : 7.2m(차도폭) 높이 : 7.3m	시공사	울트라건설(주)
배수형식	배수식	감리사	-
종단기울기	-1.1%	착공	2001년 11월 29일
평균선형	직선	준공	2008년 12월 31일
연결통로	-	개문형식	면벽식(시점) 원통절개식(종점)
주요공법	강섬유보강 슛크리트, 락볼트	보조공법	격자지보, 휘폴링, 강관 다단 그라우팅

2.1.3 위치도

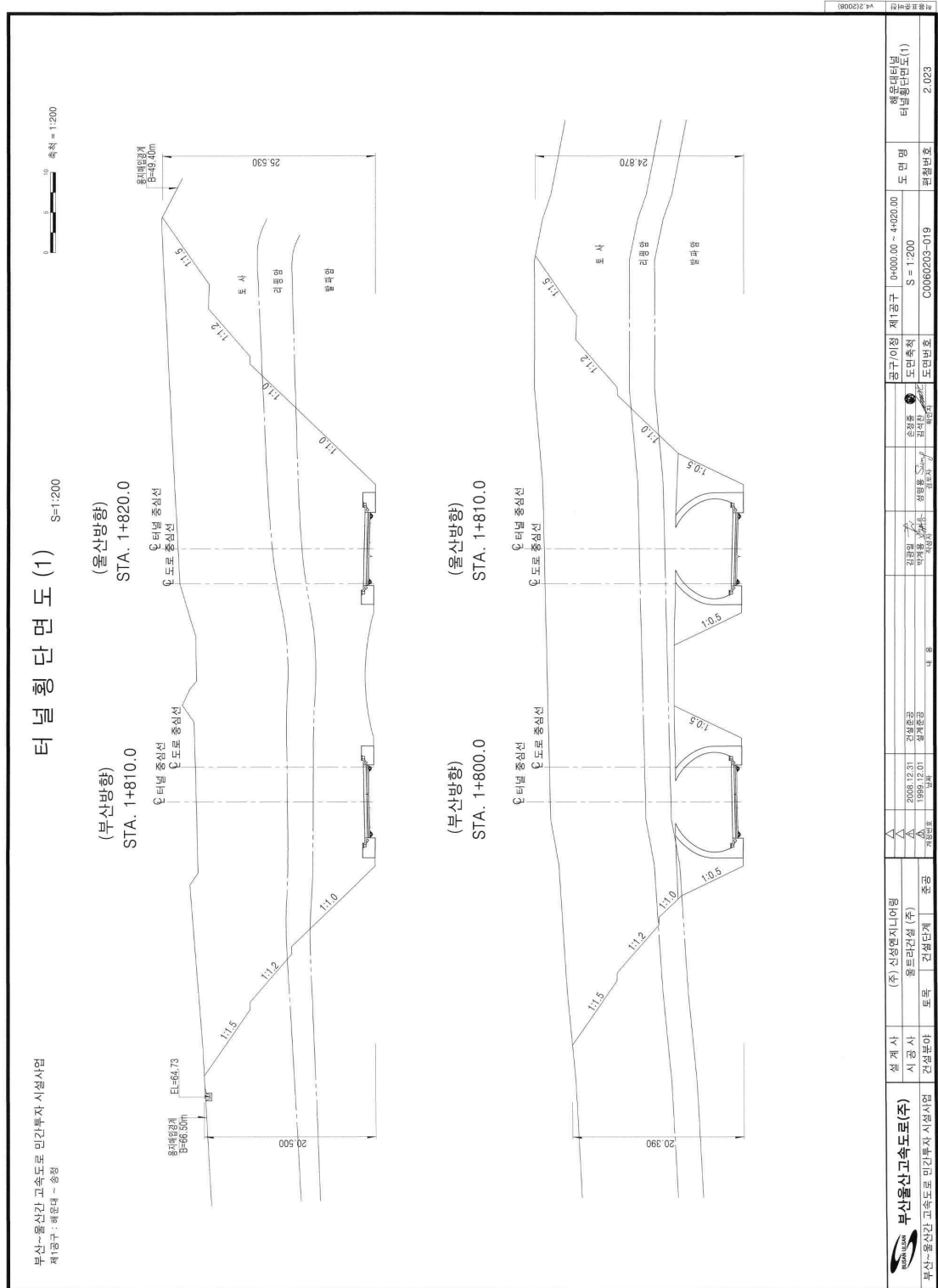


<그림 2.1.1> 위치도

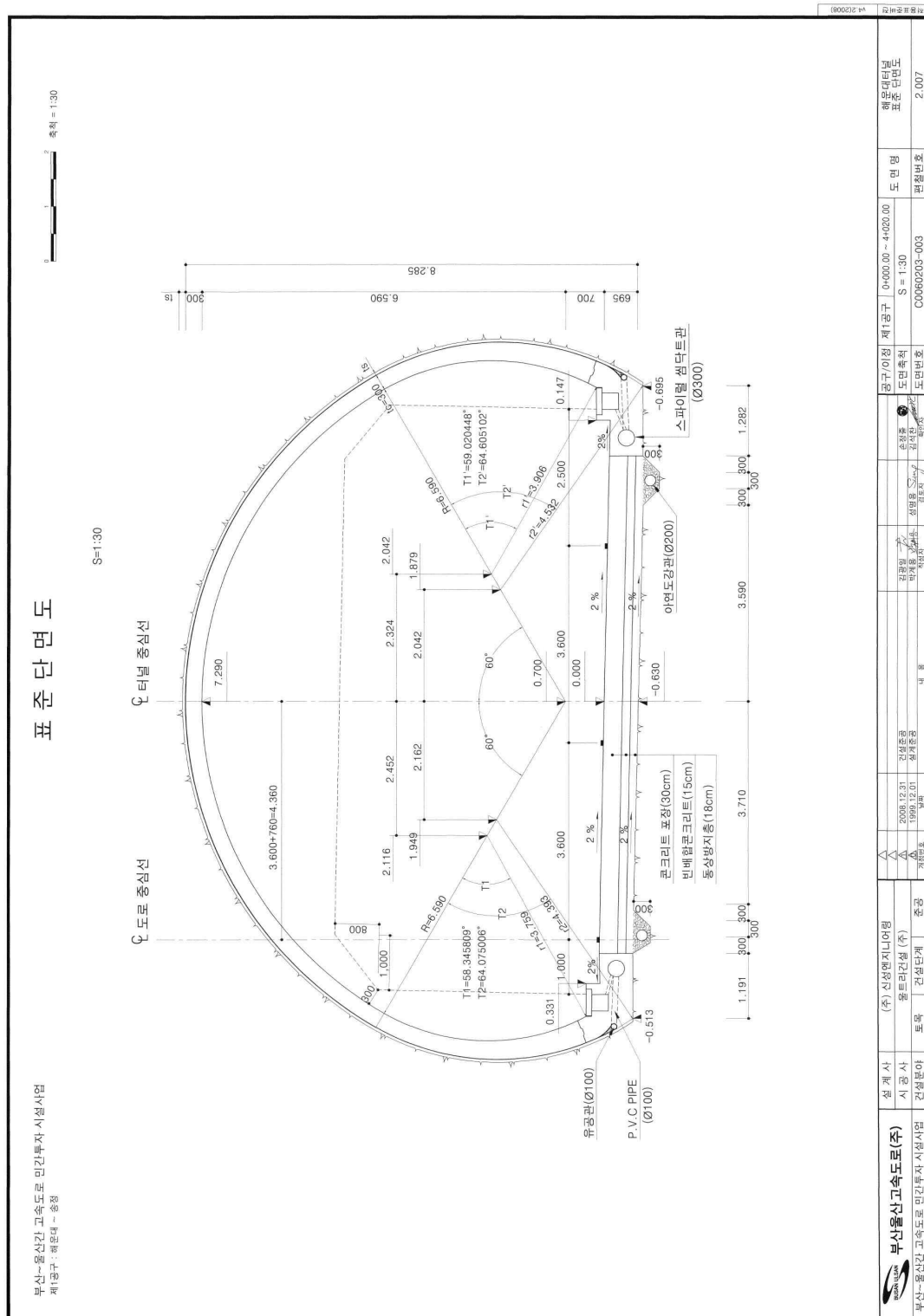
2.1.4 부재별 전경

	
a. 터널 내부 전경	b. 천단부 전경
	
c. 측벽부 전경	d. 공동구 전경
	
e. 배수시설 전경	f. 포장부 전경
	
g. 갭문 및 사면 전경	h. 옹벽(시점) 전경

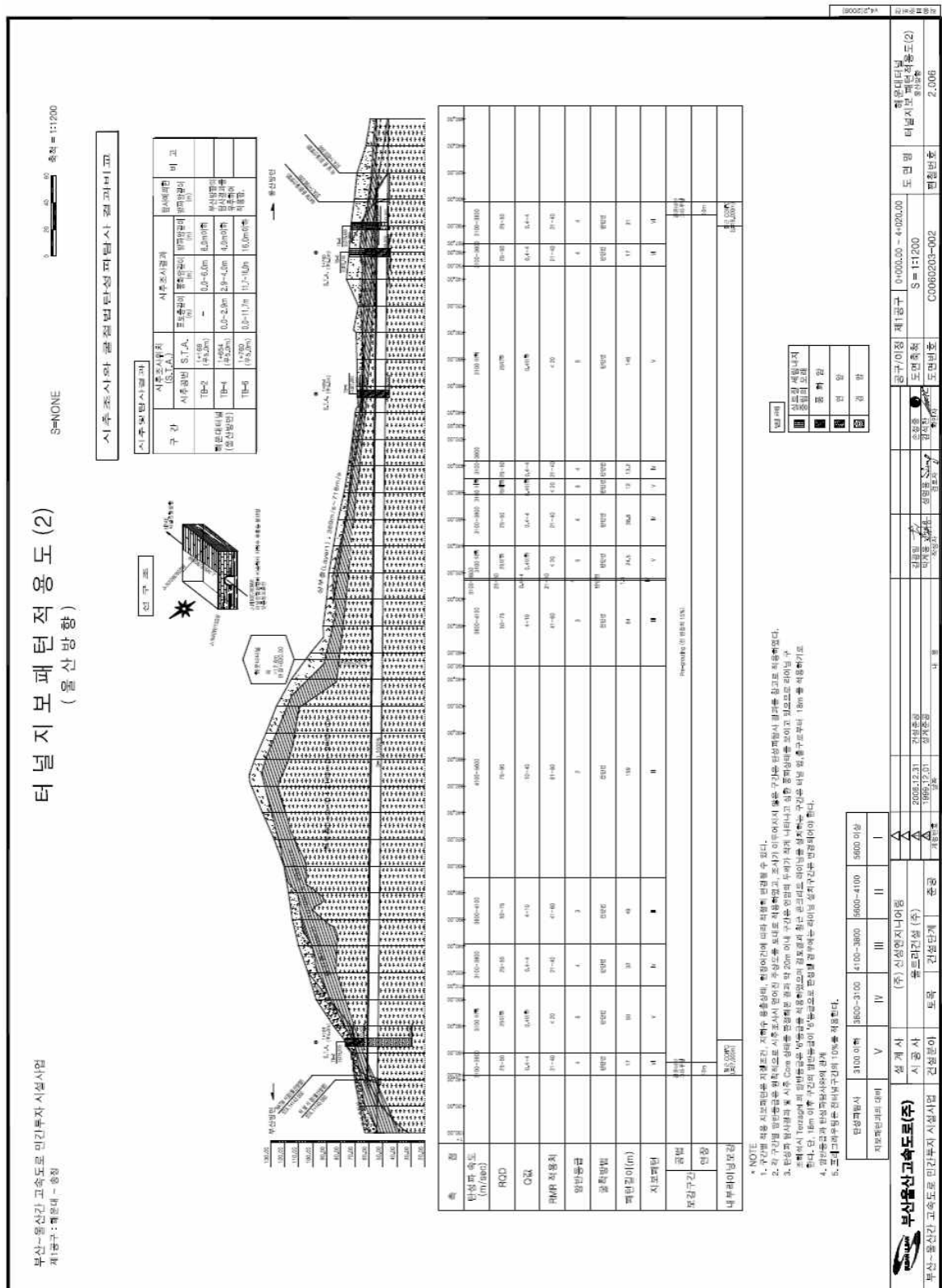
<사진 2.1.1> 부재별 전경



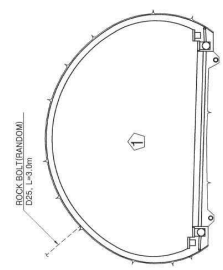
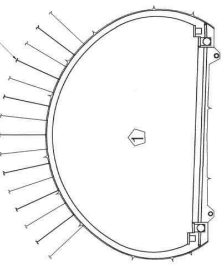
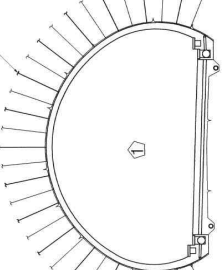
<그림 2.1.3> 횡단면도



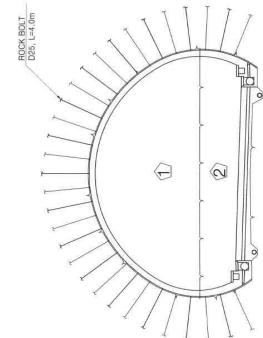
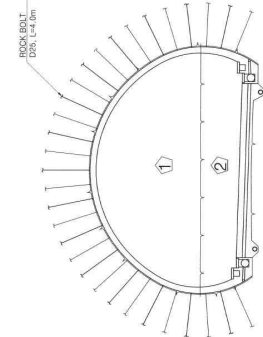
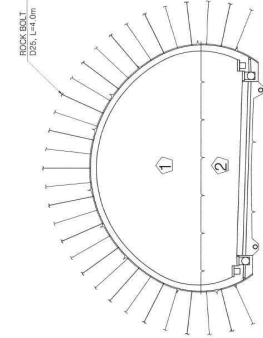
<그림 2.1.4> 표준단면도



<그림 2.1.5> 지보패턴 적용도

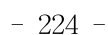
부산~울산간 고속도로 민간투자·시설사업 제1공구 : 해운대 ~ 울진									
지 보 패 턴 개 요 도 (1)									
S=NONE									
구 분	TYPE - 1	TYPE - 2	TYPE - 3						
표 준 지 보 공 도									
	적 용 규 격								
	대 상 암 반 (RMR 값)	81 이상		230.0 m		260.0 m			
	굴 착 공 법	진 단 면 굴 착		80 ~ 61		60 ~ 41			
	1회 굴진장/지보설치길이	3.5m / 7.0m		3.5m / 3.5m		2.0m / 2.0m			
지 보 패 턴	쏘크리트 두께	5 cm (일반)		5 cm (강섬유 보강)		8 cm (강섬유 보강)			
	길 이	3.0 m		3.0 m		4.0 m			
	갯 수	RANDOM 1.142 {상부:0.571, 측벽:0.571}		3.750 {상부:3.750, 측벽: -}		7.750 {상부:4.750, 측벽:3.000}			
	간 격	RANDOM		종방향: 2.0m, 횡방향: 2.0m		종방향: 2.0m, 횡방향: 1.5m			
강 지 보 공	강재규격	—		—		H - 100 x 100 x 6 x 8			
	설치간격	—		—		RANDOM			
	두께	30 cm		30 cm		30 cm			
라이닝 콘크리트		—		—		—			

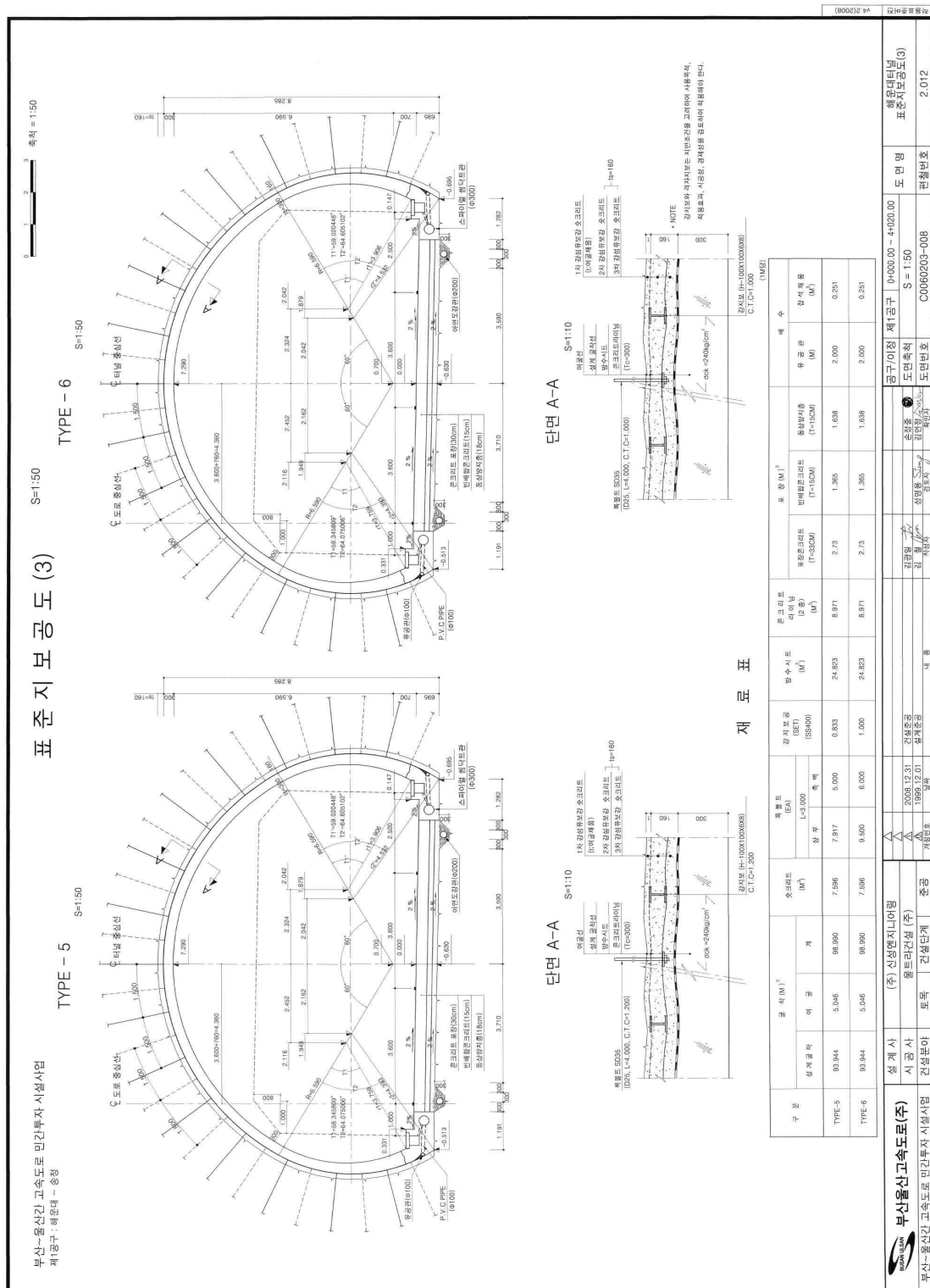
<그림 2.1.6> 지보패턴 개요도(1)

부산~울산간 고속도로 민간투자 시정사업 제1공구 : 해운대 ~ 송정		지 보 패 턴 개 요 도 (2)		S=NONE	
구 분	TYPE - 4	TYPE - 5	TYPE - 6		
표 준 지 보 공 도					
	적 용 길 이	360.0 m	330.0 m	68.0 m	
	대 상 암 반 (RMR 값)	40 ~ 21	20 이하	20 이하, 특수구간	
	굴 착 공 법	반 단 면 굴 착	반 단 면 굴 착	반 단 면 굴 착	
	1회 굴진장/지보설치길이	상부:1.5m/1.5m, 하부:3.0m/3.0m	1.2m / 1.2m	1.0m / 1.0m	
지 보 패 턴	샷크리트 두께	12 cm (강섬유 보강)	16 cm (강섬유 보강)	16 cm (강섬유 보강)	
	길 이	4.0 m	4.0 m	4.0 m	
	폭 볼 트	10.333 {상부:6.333, 측벽:4.000}	12.917 {상부:7.917, 측벽:5.000}	15.500 {상부:9.500, 측벽:6.000}	
	간 격	총방향 : 1.5m, 횡방향 : 1.5m	총방향 : 1.2m, 횡방향 : 1.5m	총방향 : 1.0m, 횡방향 : 1.5m	
	강재규격	H - 100 x 100 x 6 x 8	H - 100 x 100 x 6 x 8	H - 100 x 100 x 6 x 8	
강 지 보 공	설치간격	1.5 m	1.2 m	1.0 m	
	두께	30 cm	30 cm	30 cm	
	철근배근	—	—	D19 @ 200 (갹구부등 종요구간에 설치)	

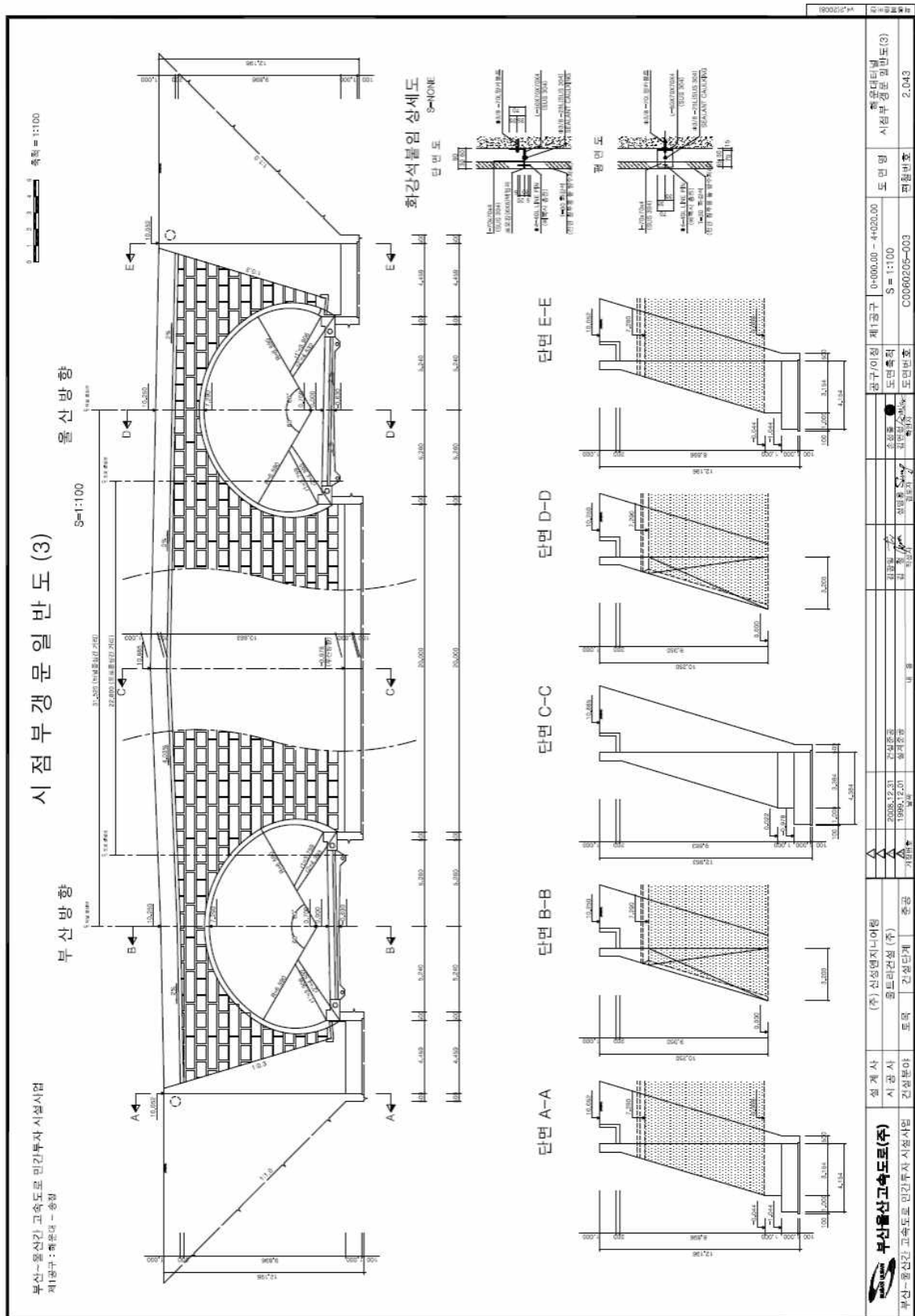
<그림 2.1.7> 지보패턴 개요도(2)

<그림 2.1.8> 표준 지보공(1)

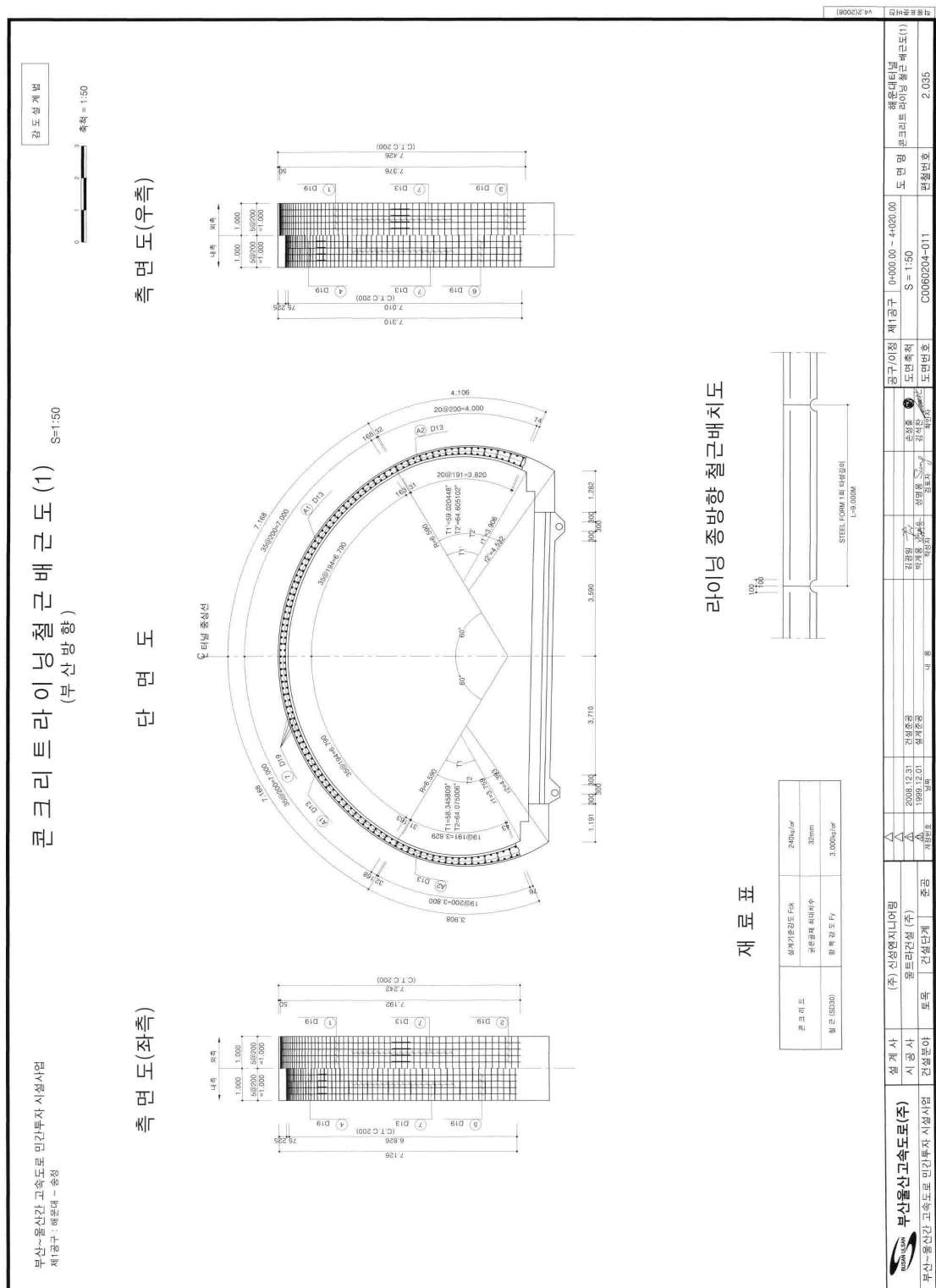




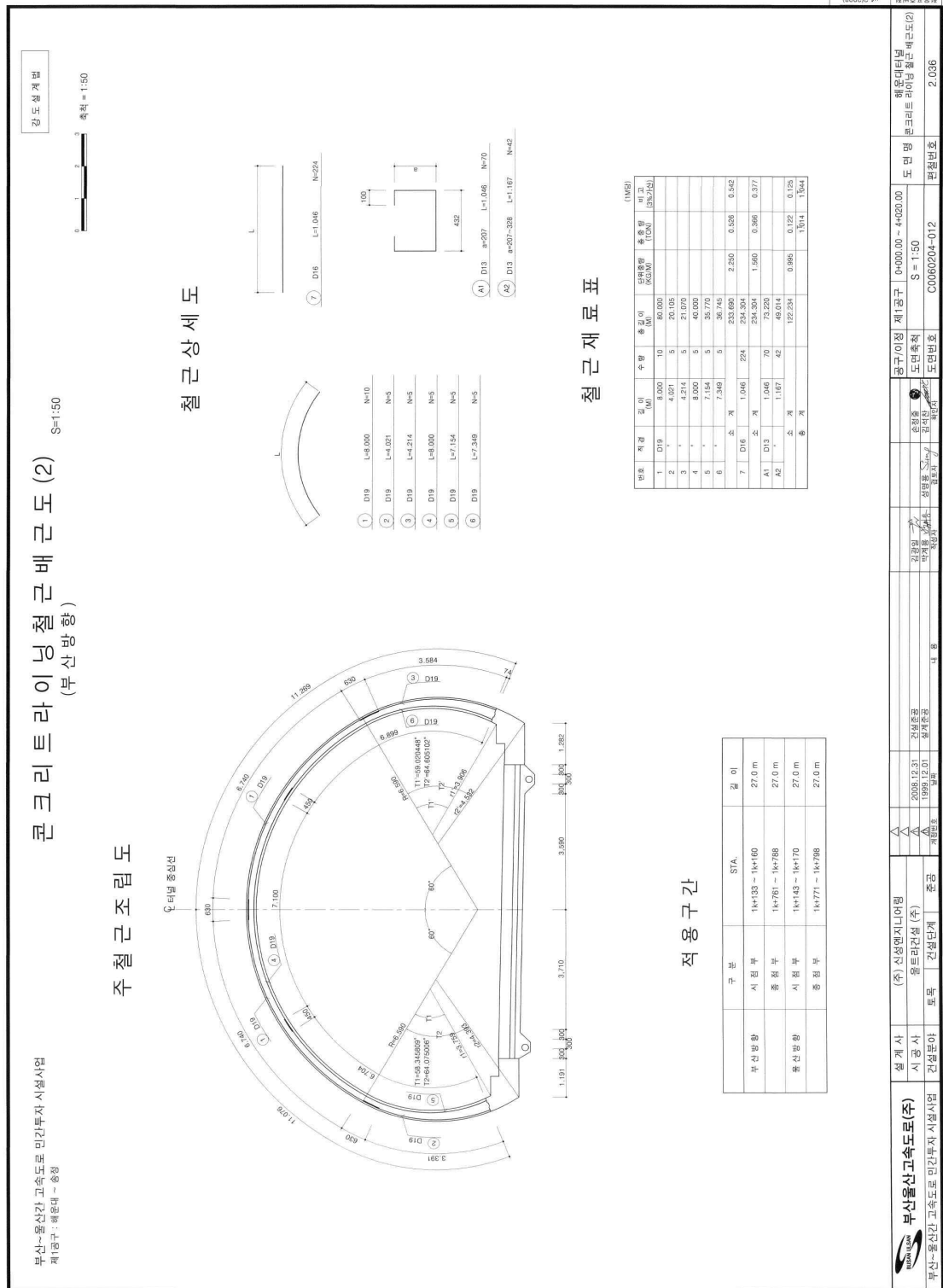
<그림 2.1.10> 표준 지보공(3)



<그림 2.1.11> 시점부 갱문 일반도

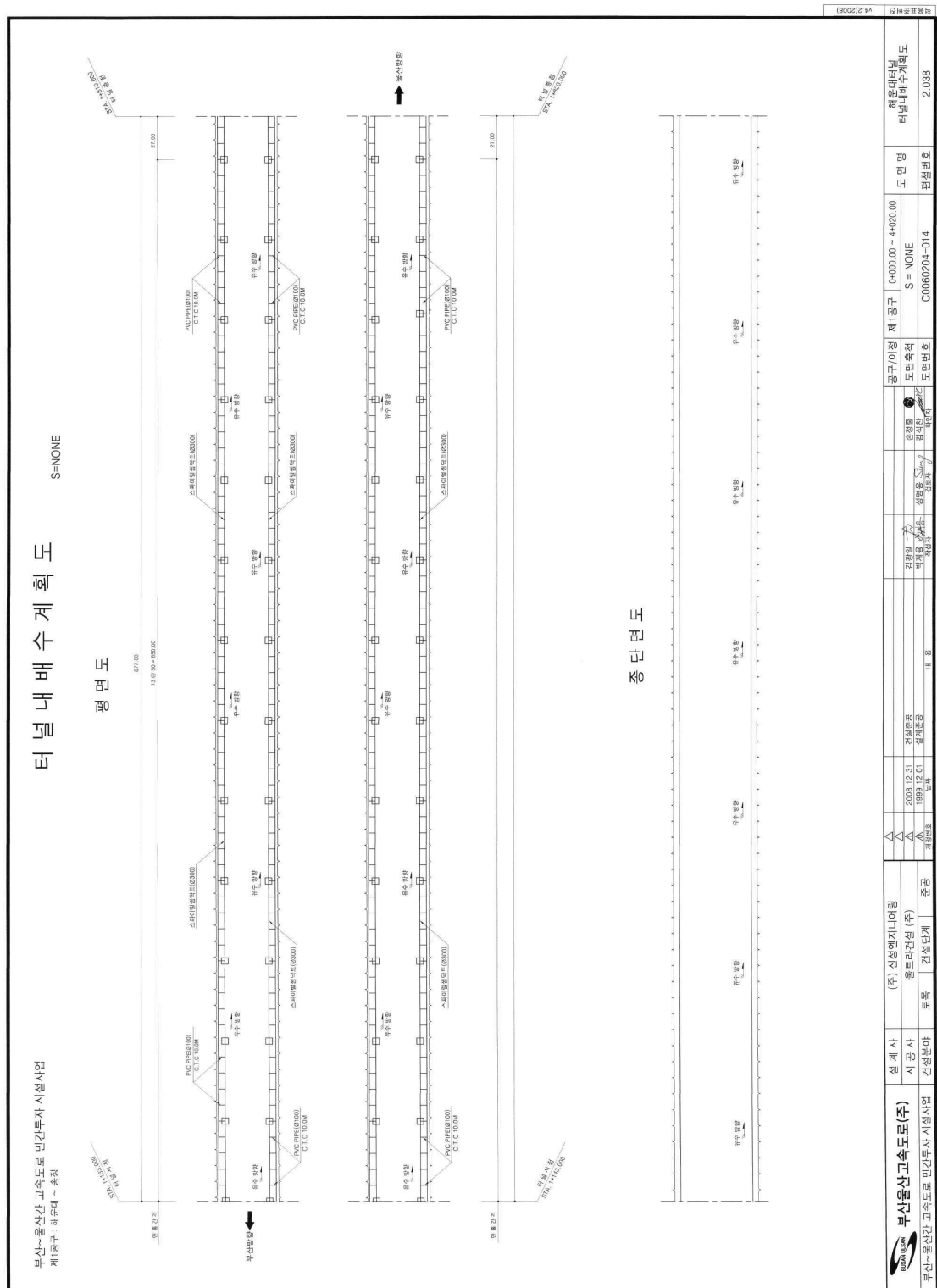


<그림 2.1.13> 콘크리트 라이닝 철근 배근도(1)



<그림 2.1.14> 콘크리트 라이닝 철근 배근도(2)

<그림 2.1.15> 공동구 및 배수구 상세도



<그림 2.1.16> 터널내 배수계획도

2.1.6 자료수집 및 분석

본 과업에 대한 자료조사는 현장을 답사하여, 각각의 특성을 파악하고 점검 등의 추진방향과 세부수행계획을 수립하였다. 또한, 본 과업 대상구조물의 점검 시 관련 자료를 수집하여 정밀안전점검 및 유지관리 시 필요한 자료를 정리 및 분석하였고, 적절한 보수·보강공법의 제시 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

가. 자료수집 현황

과업기간 중 수집된 자료는 다음 목록과 같다.

<표 2.1.2> 자료수집 목록

보존대상 목록		보유현황	관리주체 보유현황
설계도서	◦ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	◎	◦ 부산-울산간 고속도로 민간투자시설사업 제1공구 공사시방서, 구조계산서, 준공내역서, 토질조사보고서, 설계도(준공) (2008, 부산울산고속도로(주))
	◦ 설계도면 - 위치도, 평면도, 표준단면도, 일반도, 구조도 등	◎	
시설물 관리대장	◦ 기본현황 및 상세제원 ◦ 점검 및 진단 이력 ◦ 보수·보강 및 유지관리 이력	◎	◦ 시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ◦ 사고기록	◎	◦ 부산-울산간 고속도로 민간투자시설사업 제1공구 품질관리계획서(준공) (2008, 부산울산고속도로(주))
안전점검 및 정밀안전진단 자료		◎	◦ 시설물정보관리 종합시스템(FMS) (2009년 ~ 2022년 정기, 정밀점검) ◦ 2021년 부산울산고속도로 정밀안전점검용역[터널] (2021.08 ㈜아워브레인)
보수·보강 관련자료		◎	◦ 시설물정보관리 종합시스템(FMS) 보수·보강 이력사항(2022년)

나. 구조계산서 검토

해운대터널(울산)는 「부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업」의 일환으로 2008년 준공된 터널이며, 준공도서 및 FMS를 통한 제반자료 수집·검토한 결과는 다음과 같다.

<표 2.1.3> 구조계산서(2002.03) 요약

구 분	검 토 결 과					비 고
단면 선정	본 설계구간의 수치해석 단면은 지질조사자료, 지반조건, 표준지보패턴 및 터널 주변여건 등을 고려하여 다음과 같이 2개 단면을 선정					
	구 분	해 석 위 치	지 보 패 턴	지반조건	계획고 심도 (m)	비 고
	송 정	STA.1k200	Type - V	연 알	28.86	동해남부선(계획) 통과
터 널	STA.1k760	Type - VI	연 알	6.57	출구부 편도합	

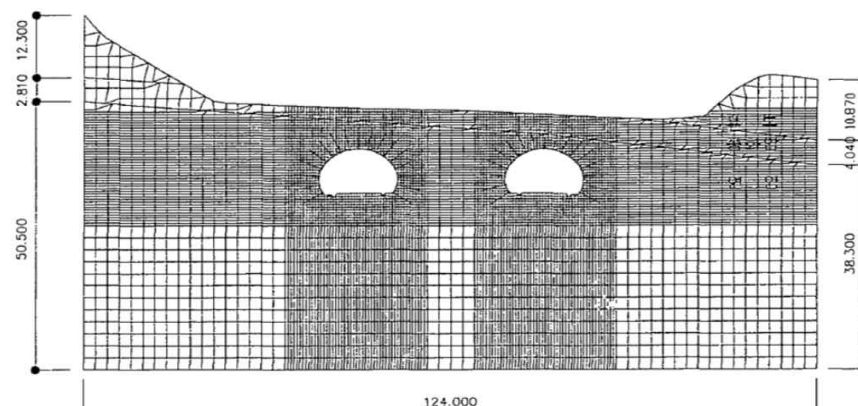
단면 STA. 1K200	지반특성치 및 지보패턴						
	(1) 지반 특성치						
	구 분	단위중량 (tf/m³)	점착력 (tf/m²)	마찰각 (°)	변형계수 (tf/m²)	포아송비 (v)	축압계수 (K ₀)
토사	2.0	3	20	2	0.35	송정2터널 : 0.5, 1.5 동해남부선 : 1.0, 2.0	
II	2.6	40	40	1,000	0.20		
III	2.5	30	35	500	0.22		
IV	2.4	20	30	100	0.26		
V	2.2	10	25	40	0.30		
(2) 지보패턴							
구 분		송정2터널		동해남부선			
		울 산 방 향	부 산 방 향				
굴 착 방 법		반단면 굴착	반단면 굴착	전단면 굴착			
굴 진 장 (m)		1.2	1.2	3.5			
쉴크리트 두께 (cm)		16.0	16.0	15.0			
목 볼 트	깊 이 (m)	4.0	4.0	3.0			
	횡간격 (m)	1.5	1.5	2.0			
	종간격 (m)	1.2	1.2	2.0			

해석모델	

<표 2.1.3> 구조계산서(2002.03) 요약(계속)

구 분	검토 결과								비고																																			
단면 STA. 1K200 (계속)	● 결과 분석																																											
	- 상기 단면에 대하여 송정2터널(변경: 해운대터널) 및 동해남부선(계획)의 2차원 연속체 해석(FLAC·2D)을 수행한 결과를 종합하면 다음과 같다.																																											
	<table><tr><th rowspan="2">구 분</th><th colspan="2">최대 천단변위(mm)</th><th colspan="2">최대 내공변위(mm)</th><th colspan="2">최대 압축응력(kgf/cm²)</th><th colspan="2">록볼트 최대축력(tonf)</th></tr><tr><th>Ko=0.5</th><th>Ko=1.5</th><th>Ko=0.5</th><th>Ko=1.5</th><th>Ko=0.5</th><th>Ko=1.5</th><th>Ko=0.5</th><th>Ko=1.5</th></tr><tr><td>송정2터널 선시공시</td><td>3.671 (0.553)</td><td>3.185 (0.668)</td><td>4.493 (1.535)</td><td>3.337 (4.627)</td><td>54.428 (3.943)</td><td>56.239 (15.034)</td><td>1.444 (0.426)</td><td>1.469 (1.522)</td></tr><tr><td>송정2터널 후시공시</td><td>3.563 (0.228)</td><td>2.703 (0.607)</td><td>3.741 (1.015)</td><td>2.708 (4.675)</td><td>45.475 (6.003)</td><td>61.292 (25.069)</td><td>1.706 (0.543)</td><td>1.499 (1.685)</td></tr></table>									구 분	최대 천단변위(mm)		최대 내공변위(mm)		최대 압축응력(kgf/cm ²)		록볼트 최대축력(tonf)		Ko=0.5	Ko=1.5	Ko=0.5	Ko=1.5	Ko=0.5	Ko=1.5	Ko=0.5	Ko=1.5	송정2터널 선시공시	3.671 (0.553)	3.185 (0.668)	4.493 (1.535)	3.337 (4.627)	54.428 (3.943)	56.239 (15.034)	1.444 (0.426)	1.469 (1.522)	송정2터널 후시공시	3.563 (0.228)	2.703 (0.607)	3.741 (1.015)	2.708 (4.675)	45.475 (6.003)	61.292 (25.069)	1.706 (0.543)	1.499 (1.685)
	구 분	최대 천단변위(mm)		최대 내공변위(mm)		최대 압축응력(kgf/cm ²)		록볼트 최대축력(tonf)																																				
		Ko=0.5	Ko=1.5	Ko=0.5	Ko=1.5	Ko=0.5	Ko=1.5	Ko=0.5	Ko=1.5																																			
	송정2터널 선시공시	3.671 (0.553)	3.185 (0.668)	4.493 (1.535)	3.337 (4.627)	54.428 (3.943)	56.239 (15.034)	1.444 (0.426)	1.469 (1.522)																																			
	송정2터널 후시공시	3.563 (0.228)	2.703 (0.607)	3.741 (1.015)	2.708 (4.675)	45.475 (6.003)	61.292 (25.069)	1.706 (0.543)	1.499 (1.685)																																			
	·허용 휨압축응력 : $f_{ck} = 0.4 \times 210 = 84\text{kgf/cm}^2$																																											
	·허용 록볼트축력 : $0.5f_y \cdot A_s = 0.5 \times 3500 \times \pi/4 \times 2.542 = 8.867 \text{ tonf}$																																											
	- 터널해석을 수행한 결과, 천단침하는 0.043~3.671mm의 범위내에 있으며 Ko=0.5에서 최대치를 보이고 있다.																																											
- 슛크리트 응력 및 록볼트 축력이 허용기준 범위 안에 있어 터널의 안정성에는 문제가 없는 것으로 판단된다.																																												
- 동해남부선(계획)의 굴착에 따른 상호영향은 거의 없는 것으로 나타나고 있으나, 송정터널이 건설된 후 동해남부선의 시공시에는 동해남부선의 굴착 및 지보패턴에 대한 정밀한 검토가 필요하다.																																												
단면 STA. 1K760	● 지반특성치 및 지보패턴																																											
	(1) 지반 특성치																																											
	<table><tr><th>구 분</th><th>단위중량 (tf/m³)</th><th>점착력 (tf/m²)</th><th>마찰각 (°)</th><th>변형계수 (tf/m²)</th><th>포아송비 (v)</th><th>축압계수 (Ko)</th></tr><tr><td>토사</td><td>2.0</td><td>3</td><td>20</td><td>2</td><td>0.35</td><td rowspan="3">0.5, 1.5</td></tr><tr><td>Ⅳ</td><td>2.4</td><td>20</td><td>30</td><td>100</td><td>0.26</td></tr><tr><td>Ⅴ</td><td>2.2</td><td>10</td><td>25</td><td>40</td><td>0.30</td></tr></table>									구 분	단위중량 (tf/m ³)	점착력 (tf/m ²)	마찰각 (°)	변형계수 (tf/m ²)	포아송비 (v)	축압계수 (Ko)	토사	2.0	3	20	2	0.35	0.5, 1.5	Ⅳ	2.4	20	30	100	0.26	Ⅴ	2.2	10	25	40	0.30									
	구 분	단위중량 (tf/m ³)	점착력 (tf/m ²)	마찰각 (°)	변형계수 (tf/m ²)	포아송비 (v)	축압계수 (Ko)																																					
	토사	2.0	3	20	2	0.35	0.5, 1.5																																					
	Ⅳ	2.4	20	30	100	0.26																																						
	Ⅴ	2.2	10	25	40	0.30																																						
	(2) 지보패턴																																											
	<table><tr><th colspan="2">구 분</th><th>울 산 방 향</th><th>부 산 방 향</th></tr><tr><th colspan="2">굴 착 방 법</th><td>반단면 굴착</td><td>반단면 굴착</td></tr><tr><td colspan="2">굴 진 장 (m)</td><td>1.0</td><td>1.0</td></tr><tr><td colspan="2">스 크 리 트 두 께 (cm)</td><td>16.0</td><td>16.0</td></tr><tr><td rowspan="3">록 볼 트</td><td>길 이 (m)</td><td>4.0</td><td>4.0</td></tr><tr><td>횡 간 격 (m)</td><td>1.5</td><td>1.5</td></tr><tr><td>종 간 격 (m)</td><td>1.0</td><td>1.0</td></tr></table>									구 분		울 산 방 향	부 산 방 향	굴 착 방 법		반단면 굴착	반단면 굴착	굴 진 장 (m)		1.0	1.0	스 크 리 트 두 께 (cm)		16.0	16.0	록 볼 트	길 이 (m)	4.0	4.0	횡 간 격 (m)	1.5	1.5	종 간 격 (m)	1.0	1.0									
	구 분		울 산 방 향	부 산 방 향																																								
굴 착 방 법		반단면 굴착	반단면 굴착																																									
굴 진 장 (m)		1.0	1.0																																									
스 크 리 트 두 께 (cm)		16.0	16.0																																									
록 볼 트	길 이 (m)	4.0	4.0																																									
	횡 간 격 (m)	1.5	1.5																																									
	종 간 격 (m)	1.0	1.0																																									

<표 2.1.3> 구조계산서(2002.03) 요약(계속)

구 분	검토 결과	비고																							
단면 STA. 1K760 (계속)	④ 해석모델 																								
	④ 결과 분석 - 상기 단면에 대한 2차원 연속체 해석(FLAC-2D)을 수행한 결과를 종합하면 다음과 같다. <table border="1"><thead><tr><th colspan="2">최대 천단변위(mm)</th><th colspan="2">최대 내공변위(mm)</th><th colspan="2">최대 압축응력(kgf/cm²)</th><th colspan="2">목볼트 최대축력(tonf)</th></tr><tr><th>Ko=0.5</th><th>Ko=1.5</th><th>Ko=0.5</th><th>Ko=1.5</th><th>Ko=0.5</th><th>Ko=1.5</th><th>Ko=0.5</th><th>Ko=1.5</th></tr></thead><tbody><tr><td>14.610</td><td>13.070</td><td>0.792</td><td>1.797</td><td>53.688</td><td>45.102</td><td>2.997</td><td>2.377</td></tr></tbody></table> ·허용 침압축응력 : $f_{\alpha} = 0.4 \times 210 = 84\text{kgf/cm}^2$ ·허용 목볼트축력 : $0.5f_y \cdot A_s = 0.5 \times 3500 \times \pi/4 \times 2.542 = 8.867 \text{ tonf}$ - 터널해석을 수행한 결과, 천단침하는 6.966~14.610mm의 범위내에 있으며, Ko=0.5에서 최대치를 보이고 있다. - 숏크리트 응력 및 목볼트 축력이 허용기준 범위 안에 있어 터널의 안정성에는 문제가 없는 것으로 판단된다.	최대 천단변위(mm)		최대 내공변위(mm)		최대 압축응력(kgf/cm²)		목볼트 최대축력(tonf)		Ko=0.5	Ko=1.5	Ko=0.5	Ko=1.5	Ko=0.5	Ko=1.5	Ko=0.5	Ko=1.5	14.610	13.070	0.792	1.797	53.688	45.102	2.997	2.377
최대 천단변위(mm)		최대 내공변위(mm)		최대 압축응력(kgf/cm²)		목볼트 최대축력(tonf)																			
Ko=0.5	Ko=1.5	Ko=0.5	Ko=1.5	Ko=0.5	Ko=1.5	Ko=0.5	Ko=1.5																		
14.610	13.070	0.792	1.797	53.688	45.102	2.997	2.377																		

다. 토질조사 검토

본 터널은 설계 당시 6개소에 대한 시추조사를 실시하였으며, 지표로부터 표토층, 붕적토층, 잔류토층, 풍화암 및 기반암인 연·경암의 순으로 구성되어 있고, 지반조사보고서(부산~울산간 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사보고서(제1공구 해운대~송정), 2005.03)를 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 시추조사(2005.03) 결과

<표 2.1.4> 시추조사(2005.03) 결과표

공 번	지 층 명	심 도 (m)	구성 상태	S.P.T / RQD / TCR(%)	공 내 지하수위	비 고
TB - 1	풍화암	0.0 - 6.0	응회암	50/5 ~ 50/2	15.0m	
	연암	6.0 - 48.0		0-75 / 32-100		
TB - 2	풍화암	0.0 - 6.0	응회암	50/5 ~ 50/3	11.4m	
	연암	6.0 - 13.5		0-55 / 25-93		
	경암	13.5 - 48.0		20-100 / 59-100		
TB - 3	붕적토층	0.0 - 0.5	실트질 모래(SM)	-	2.1m	
		0.5 - 1.7	실트질 자갈(GM)	50/23		
	잔류토층	1.7 - 3.8	실트질 모래(SM)	50/18 ~ 50/14		
	풍화암	3.8 - 4.2	안산암질 응회암	-		
	연암	4.2 - 28.0		0-70 / 60-100		
TB - 4	매립토층	0.0 - 2.0	실트질 모래(SM)	28/30 ~ 50/20	2.9m	
	붕적토층	2.0 - 2.9	실트질 모래(SM)	-		
	풍화암	2.9 - 4.0	안산암질 응회암	50/6		
	연암	4.0 - 23.0		0-45 / 50-100		
TB - 5	붕적토층	0.0 - 1.3	실트질 점토(CL)	-	none	
		1.3 - 1.7	자갈 섞인 전석	-		
	잔류토층	1.7 - 14.7	실트질 모래(SM)	33/30 ~ 50/15		
	풍화암	14.7 - 17.7	안산암질 응회암	50/10 ~ 50/8		
	연암	17.7 - 25.0		10-40 / 65-100		
	풍화암	25.0 - 32.0		50/8 ~ 50/3		
	연암	32.0 - 35.0		0-55 / 20-100		
TB - 6	잔류토층	0.0 - 11.7	실트질 모래(SM)	6/30 ~ 50/12	none	
	풍화암	11.7 - 16.0	안산암질 응회암	50/8 ~ 50/2		
	연암	16.0 - 28.0		5-40 / 35-100		
	경암	28.0 - 29.5		50/7		

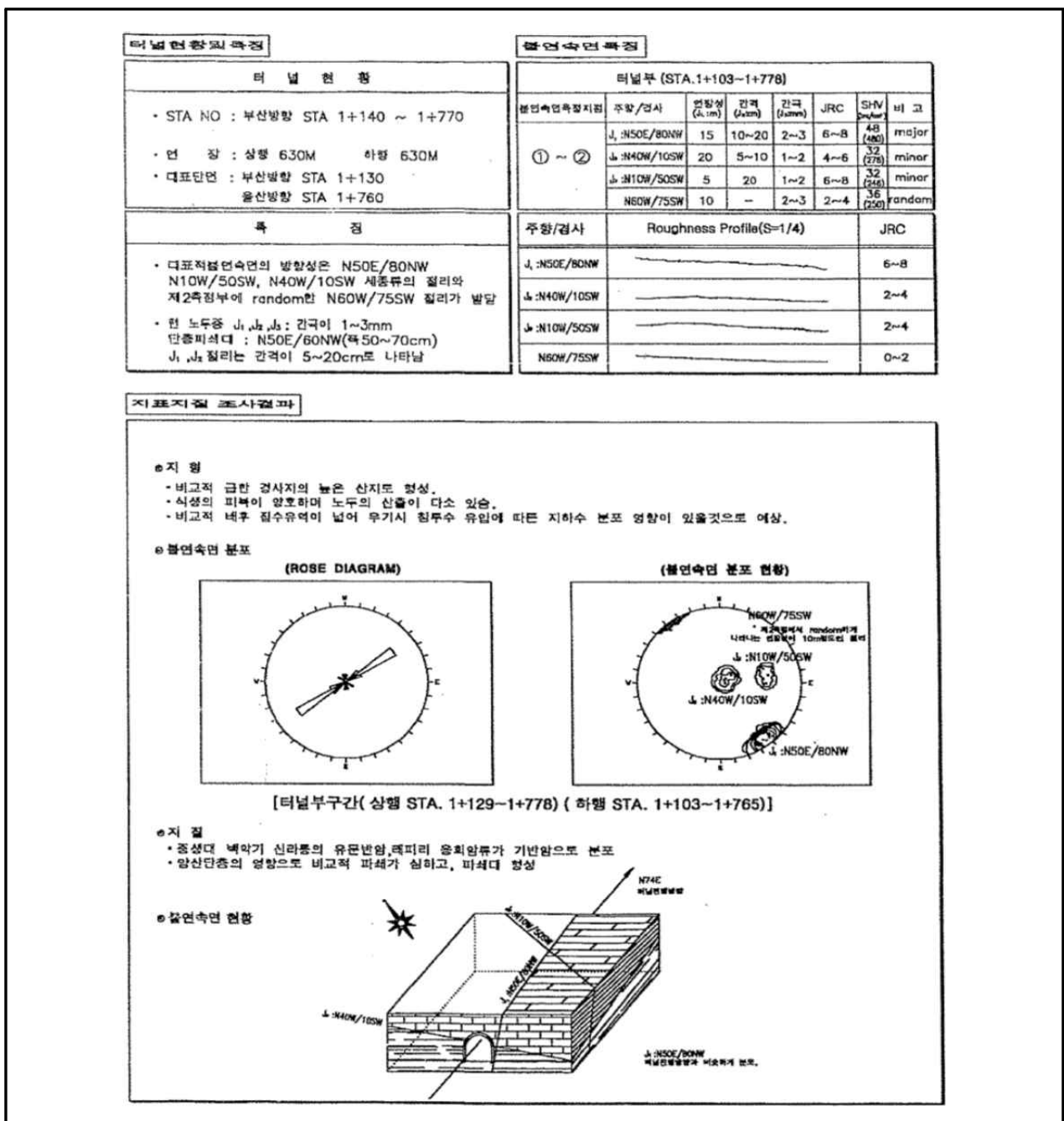
<표 2.1.5> 시추조사(2005.03) 결과 요약

구 분		지 층 특 성
터널입구부 (TB-1,2)	풍화암층	응회암을 모암으로 하는 풍화암은 조사지점에서 지표에서부터 6.0m의 두께로 분포하고 있다. 표준관입시험에 의한 N치는 50/5~50/2의 범위로 매우 조밀한 상대밀도를 나타내고 있으며 황갈색을 띠고 있다.
	연암층	풍화암 하부인 현 지표하 6.0m 깊이에서부터 7.5m 이상의 두께로 분포하는 연암은 응회암으로 구성되어 있다. 대체로 심한 풍화 내지 보통 풍화의 풍화도를 보이며, 약함 내지 강한 상태로 나타나고 보통 간격 내지 매우 좁은 간격으로 분포하고 있다. RQD는 0~75%, 코아회수율(TCR)은 25~100%의 범위로 각각 나타나고 있다.
	경암층	경암은 TB-2지점에서 현 지표하 13.5m 깊이에서부터 34m 이상의 두께로 분포하며 모암은 응회암이다. 풍화정도는 보통 풍화, 신선한 상태를 나타내고 보통 강함 내지 매우 강한 강도를 보이며 넓은 간격 내지 매우 좁은 간격으로 분포하고 있다. RQD는 25~100%, 코아회수율(TCR)은 59~100%의 범위로 각각 나타나고 있다.
	공내 지하수위	시추조사 완료후 측정된 공내지하수위는 현 지표하 11.4~15.0m의 깊이에 분포하는 것으로 확인되었다.
터널출구부 (TB-3~6)	매립토층	TB-4지점에서 2.0m의 두께로 분포하는 매립토층은 실트질 모래(SM)로 구성되어 있으며, 소량의 자갈을 함유하고 있다. 표준관입시험에 의한 N치를 보면 28/30~50/20의 범위로 나타나며 대체로 회색 내지 갈색을 띠고, 함수상태는 습한 상태를 보이고 있다.
	붕적토층	붕적토층은 TB-3,4,5지점에서 0.9~1.7m의 두께로 분포하는 층으로서 실트질 점토(CL), 실트질 모래(SM), 실트질 자갈(GM), 자갈 섞인 전석 등으로 구성되어 있다. 자갈층에서의 표준관입시험 결과 N치는 50/23 내외로 나타내며 갈색, 암갈색 등을 띠고 습한 상태를 보이고 있다.
	잔류토층	잔류토층은 TB-3,4,5지점에서 2.1~13.0m의 두께로 분포하며 실트질 모래(SM)로 구성되어 있다. 표준관입시험에 의한 N치는 6/30~50/14의 범위로 느슨함 내지 매우 조밀한 상대밀도를 나타내고 있으며, 대체로 심도가 증가할수록 상대밀도가 점증하는 경향을 보인다. 담갈색, 갈색 등을 띠며 습한 상태로 나타나고 있다.
	풍화암층	안산암질응회암을 모암으로 하는 풍화암은 전 조사지점에서 현 지표하 2.9~14.7m 깊이에서부터 0.4~7.3m의 두께로 분포하고 있다. TB-5지점에서는 연암 사이에 7.0m의 두께로 TB-6지점에서는 연암 하부인 현 지표하 28.0m 깊이에서부터 1.5m 이상의 두께로 각각 나타나고 있다. 표준관입시험에 의한 N치는 50/10~50/2의 범위로 매우 조밀한 상대밀도를 나타내고 있으며 회갈색, 담갈색, 녹갈색 등을 띠고 있다.
	연암층	풍화암 하부인 현 지표하 4.0~17.7m 깊이에서부터 분포하는 연암은 안산암질응회암으로 구성되어 있으며 TB-5지점에서는 현 지표하 25.0~32.0m 구간, TB-6지점에서는 현 지표하 28.0m 이하 깊이에서 각각 풍화암이 나타나고 있다. 심한 풍화 내지 보통 풍화의 풍화도를 보이며, 약함 내지 강한 상태로 나타나고 넓은 간격내지 매우 좁은 간격으로 분포하고 있다. RQD는 0~60%, 코아회수율(TCR)은 20~100%의 범위로 각각 나타나고 있다.
	공내 지하수위	시추조사 완료후 측정된 공내지하수위는 현 지표하 2.1m 이하의 깊이에 분포하는 것으로 확인되었다.

2) 지표지질조사(2005.03) 결과

본 조사지역은 비교적 낮은 구릉으로 이루어져 있으나, 급한 경사지를 이루며, 비교적 집수유역이 넓어 우기시 침투수 유입에 따른 지하수의 분포 영향이 있을것으로 예상된다. 본구간의 시점부(해운대측)에서는 수평변위가 50~70cm 내외의 파쇄대가 나타나고 있으며, 점토가 충전되어 있고 파쇄대도 나타나고 있는데, 이 파쇄대의 주향은 양산단층의 주향과 비교적 유사하다. 본 터널절토부(터널시점부)구간의 대표적 불연속면의 방향성은 N50E/80NW, N10W/50SW, N40W/10SW 세종류의 절리가 분포하고 있다. 절리면의 간격은 5~20cm를 보이며 절리의 흠이격은 1~3mm를 나타내고 있다.

<표 2.1.6> 지표지질조사(2005.03) 결과자료



라. 기 점검 및 진단자료

해운대터널(울산)은 2008년 준공 이후 정기·정밀안전점검을 주기적으로 실시하고 있는 것으로 조사되었으며, 최근 실시된 정밀안전점검(2021.08)결과 종합평가 등급은 “B”등급으로 평가되었다.

해운대터널(울산)의 2021년 정밀안전점검 결과는 아래와 같다.

- 1) 종합평가결과 안전등급은 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”인 B등급(양호)으로 지정되었으며, 기존 정밀안전점검(2019년)과 비교 시 안전등급은 동일한 상태이나, 콘크리트 라이닝 손상에 대해 보수가 실시되면서 결함도 점수는 소폭 감소된 것으로 평가되었다.
- 2) 본 터널은 구조안전성에 영향을 미치는 보강이 필요한 부위 및 중대한 결함에 포함되는 손상은 없는 것으로 분석되었으며, 특별한 문제점이 없는 상태이다. 일부 부재에 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요한 상태로서 손상의 상태·효율성·경제성 등을 고려하여 금회 정밀안전점검에서 보수방안을 제안하였다.
- 3) 정밀안전점검 결과를 종합적으로 분석하면, 현재 구조적인 손상의 발생이나, 내구성을 크게 저하시킬만한 특이사항은 없는 것으로 판단되며, 현재 발생한 손상에 대하여 시설물의 내구성 및 사용성 측면에서 보수 및 유지관리가 요구된다.

따라서, 금회 과업에서는 2021년 실시된 정밀안전점검 자료를 기초로 하여 터널의 라이닝(균열, 누수, 파손 및 손상, 재질열화 등) 및 터널 주변상태(배수시설, 갭문, 공동구, 지반 등) 등 주요변상, 하중상태의 변화, 공중이 이용하는 부위 등에 대하여 정밀한 외관조사를 실시하고, 이전 안전점검(2021.08)시 지적된 사항에 대한 보수·보강 여부 확인, 손상의 진전 및 심화, 신규·추가 발생 등의 결함원인을 분석해서 발생한 손상은 보수 및 유지관리를 취할 수 있는 방향으로 정밀안전점검을 실시하였다.

<표 2.1.7> 기존 점검·진단 이력

번호	점검·진단기간	점검·진단 기관명	비용 (천원)	주요 점검·진단 결과
	점검·진단구분	점검·진단 책임기술자	상태 등급	주요 보수보강(안)
1	2022-09-21 ~ 2022-10-20	자체수행	0	전반적으로 상태가 양호함, 세부결과 보고서 참고
	정기안전점검	강춘길	양호	주의관찰 등, 세부결과 보고서 참고
2	2022-05-23 ~ 2022-06-15	자체수행	0	전반적으로 상태가 양호함, 세부결과 보고서 참고
	정기안전점검	강춘길	양호	주의관찰 등, 세부결과 보고서 참고
3	2021-06-07 ~ 2021-06-07	자체수행	0	· 집수정 이물질 퇴적
	정기안전점검	강춘길	양호	· 준설 및 청소
4	2021-03-03 ~ 2021-08-23	(주)아워브레인	9,967.4	- 천단부 : 균열, 박락, 철근노출 등 - 측벽부 : 균열, 망상균열, 백태, 누수흔적, 타일균열, 타일파손 및 탈락 등 - 갭문 : 웬스파손 - 공동구 : 균열, 백태, 박락, 파손, 누수흔적, 덮개파손 등 - 배수시설 : 측구 균열, 망상균열, 파손, 집수구 토사퇴적 등 - 포장면 : 파손 - 부속시설 : 시선유도등 망실
	정밀안전점검	이현용	B등급	- 표면처리공법, 주입보수공법, 단면보수, 타일 재시공, 웬스 재시공, 청소, 주의관찰 등
5	2020-12-30 ~ 2020-12-30	자체수행	0	· 라인닝 균열 및 박락 · 공동구 커버 균열 및 파손
	정기안전점검	강춘길	양호	· 지속 주의관찰 및 교체
6	2020-06-30 ~ 2020-06-30	자체수행	0	양호함
	정기안전점검	조재성	양호	없음

<표 2.1.7> 기존 점검·진단 이력(계속)

번호	점검·진단기간	점검·진단 기관명	비용 (천원)	주요 점검·진단 결과
	점검·진단구분	점검·진단 책임기술자	상태 등급	주요 보수보강(안)
7	2019-05-22 ~ 2019-05-22	자체수행	0	공동구 균열 및 파손 집수정 이물질 퇴적
	정기안전점검	이건수	양호	균열 및 파손 - 공동구 교체 이물질 퇴적 - 청소조치
8	2019-03-19 ~ 2019-12-22	한국시설기술 단(주)	2,617	-라 이 닝 : 균열(폭 0.3mm미만, 이상), 망상균열, 누수, 백 태, 박락, 철근노출, 재료분리, 타일 탈락 및 파손 -갯 문 : 상태양호 -배수시설 : 균열(폭 0.3mm미만, 이상), 망상균열, 파손 -공 동 구 : 균열(폭 0.3mm이상), 파손, 공동구 덮개 파손 -포 장 : 파손 -옹 벽 : 상태양호 -갯구부사면 : 웬스 파손
	정밀안전점검	황보기수	B등급	-주요보수 : 표면처리, 주입보수, 단면복구(방청), 공동구 덮개 재설치, 타일재설치, 팻칭보수 등 -주요보강 : 해당사항 없음
9	2019-03-19 ~ 2019-12-22	한국시설기술 단(주)	4,281	-라이닝 콘크리트의 균열(폭 0.3mm미만, 이상), 망상균열, 누수, 백태, 박락, 철근노출, 재료분리, 타일 탈락 및 파손, 배수시설의 균열, 망상균열, 파손, 공동구의 균열, 파손, 공 동구 덮개 파손 등이 조사됨. -내구성시험결과, 내구성저하요인은 조사되지 않았으며, 구조해석 검토결과, 안전성을 확보하고 있음. -안전성능평가 결과(A), 내구성능평가 결과(A), 사용성능 평가 결과(B) -종합평가 결과 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제 점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급으로 평가됨.
	2중성능평가	황보기수	A등급	-주요보수 : 표면처리, 주입보수, 단면복구(방청), 공동구 덮개 재설치, 타일재설치, 팻칭보수 등 -주요보강 : 해당 없음
10	2018-09-28 ~ 2018-09-28	자체수행	0	- 양호함
	정기안전점검	박형근	양호	- 없음
11	2018-05-18 ~ 2018-05-18	자체수행	0	- 양호함
	정기안전점검	박형근	양호	- 없음

<표 2.1.7> 기존 점검·진단 이력(계속)

번호	점검·진단기간	점검·진단 기관명	비용 (천원)	주요 점검·진단 결과
	점검·진단구분	점검·진단 책임기술자	상태 등급	주요 보수보강(안)
12	2017-11-29 ~ 2017-11-29	자체수행	0	- 양호함
	정기안전점검	박형근	양호	- 없음
13	2017-06-26 ~ 2017-06-26	자체수행	0	- 양호함
	정기안전점검	박형근	양호	- 없음
14	2016-11-16 ~ 2016-12-30	(주)엠케이에스이	15,805	-라이닝 균열(0.3mm내외), 조인트부 박락 -측벽부 타일탈락 및 파손, 백태 -공동구 덮개파손
	정밀안전점검	정석기	A등급	-표면처리, 주입보수, 단면보수, 타일 재시공 등
15	2016-04-04 ~ 2016-04-04	자체수행	0	- 양호함
	정기안전점검	옥병석	양호	- 양호함
16	2015-07-21 ~ 2015-07-21	자체수행	0	- 양호
	정기안전점검	최문용	양호	- 양호
17	2015-05-27 ~ 2015-05-27	자체수행	0	- 양호
	정기안전점검	최문용	양호	- 양호

<표 2.1.7> 기존 점검·진단 이력(계속)

번호	점검·진단기간	점검·진단 기관명	비용 (천원)	주요 점검·진단 결과
	점검·진단구분	점검·진단 책임기술자	상태 등급	주요 보수보강(안)
18	2014-11-03 ~ 2014-11-03	자체수행	0	양호
	정기안전점검	최문용	양호	양호
19	2014-06-09 ~ 2014-06-09	자체수행	0	양호
	정기안전점검	최문용	양호	양호
20	2013-10-01 ~ 2013-12-03	자체수행	0	양호
	정밀안전점검	장석균	A등급	양호
21	2013-04-26 ~ 2013-04-26	자체수행	0	양호
	정기안전점검	장석균	양호	양호
22	2012-10-10 ~ 2012-10-11	자체수행	0	이상없음
	정기안전점검	장석균	양호	이상없음
23	2012-04-10 ~ 2012-04-11	자체수행	0	양호
	정기안전점검	장석균	양호	양호

<표 2.1.7> 기존 점검·진단 이력(계속)

번호	점검·진단기간	점검·진단 기관명	비용 (천원)	주요 점검·진단 결과
	점검·진단구분	점검·진단 책임기술자	상태 등급	주요 보수보강(안)
24	2011-11-07 ~ 2011-11-08	자체수행	0	양호
	정기안전점검	강춘길	양호	없음
25	2011-04-11 ~ 2011-04-12	자체수행	0	이상없음
	정기안전점검	강춘길	양호	없음
26	2010-07-07 ~ 2010-12-08	자체수행	0	양호함
	정기안전점검	김동광	양호	양호함
27	2009-08-04 ~ 2009-11-25	자체수행	0	타일부 먼지오염
	정기안전점검	신재환	양호	타일 청소요
28	2009-03-06 ~ 2009-06-30		0	이상없음
	정기안전점검	이재덕	양호	없음

<표 2.1.8> 2019년 08월 정밀안전점검보고서 요약

구 분	내용	비고
용역명	· 2018년도 정밀안전점검 및 성능평가 용역(해운대터널-부산)	
용역기간	· 2018년 08월 ~ 2019년 08월	
용역사	· (주)동성엔지니어링	
외관조사	· 해운대터널(울산)에 대한 정밀안전점검 결과, 천단부 종방향 균열에 대한 주입이 적절히 이루어지지 않아 재균열이 발생된 것으로 검토되어 재보수가 필요하다. · 벽체 누수구간은 구조물 연결시공구간의 취약부를 통하여 지하수가 유입되어 발생한 것으로 파악되며, 손상확대 및 추가손상 발생 여부에 대한 주의관찰이 필요할 것이다.	
내구성평가	· 콘크리트강도가 27.2~28.5MPa로 측정되어 설계기준강도(24MPa)를 상회하고 있음 · 탄산화 잔여깊이 32.6~54.5mm “a”로 탄산화에 의한 철근부식의 영향은 없음	
상태평가	· 상태평가 결함도점수 : 0.213(B)	
종합평가 (안전등급)	· 해운대터널(울산)의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성확보를 위해 일부 보수가 필요한 “B”로 평가됨 · 상태평가 결과를 통한 종합평가 결과 해운대터널(울산)은 “B”로 평가됨	
종합결론	· 해운대터널(울산)에 대하여 현장조사, 시험 및 측정, 시설물 평가를 실시한 결과, 라이닝 종방향 균열, 보수부재균열 및 벽체 누수, 백태, 박락, 철근노출, 공동구 균열, 파손 등이 조사되었으나, 조사된 결함에 대해서 제안한 공법대로 보수를 실시하고, 보수부 및 중점유지관리가 필요한 부위에 대하여 주기적인 점검 및 유지관리를 실시한다면 구조물의 안전성과 사용성 확보를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.	

<표 2.1.9> 2021년 08월 정밀안전점검보고서 요약

구 분		내 용	비 고
용역명		· 2021년 부산울산고속도로 정밀안전점검 용역[터널]	
용역기간		· 2021.03.03.~2021.08.23.	
용역사		· (주)아워브레인	
외관조사	라이닝	· 균열, 박락, 철근노출 등	b
	측벽부	· 균열, 망상균열, 백태, 누수흔적, 타일균열, 타일파손 및 탈락 등	b
	갯문	· 웬스파손	-
	공동구	· 균열, 백태, 박락, 파손, 누수흔적, 덮개파손 등	-
	배수시설	· 측구 균열, 망상균열, 파손, 집수구 토사퇴적 등	-
	포장면	· 파손	-
	부대시설	· 갯구부 옹벽 양호	a
	부속시설	· 시선유도등 망실	-
비파괴시험	강도	· 콘크리트 강도는 모든 측정위치에서 측정강도가 설계기준강도를 100%이상 상회하는 양호한 상태로 평가되었다.	-
	탄산화	· 잔여 깊이는 57.2~59.9mm로서 등급은 ‘a’ 이며, 잔존수명(철근까지 탄산화 도달시간)은 100년 이상으로 분석되어 탄산화에 따른 급격한 성능저하 및 철근부식의 영향은 없을 것으로 판단된다.	a
상태평가		· B등급(상태평가지수 0.206)	
안전성평가		· 미 실시	
안전등급		· B등급	
종합의견		· 종합평가결과 안전등급은 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”인 B등급(양호)으로 지정되었으며, 기존 정밀안전점검(2019년)과 비교 시 안전등급은 동일한 상태이나, 콘크리트 라이닝 손상에 대해 보수가 실시되면서 결함도 점수는 소폭 감소된 것으로 평가되었다. · 본 터널은 구조안전성에 영향을 미치는 보강이 필요한 부위 및 중대한 결함에 포함되는 손상은 없는 것으로 분석되었으며, 특별한 문제점이 없는 상태이다. 일부 부재에 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요한 상태로서 손상의 상태·효율성·경제성 등을 고려하여 금회 정밀안전점검에서 보수방안을 제안하였다. · 정밀안전점검 결과를 종합적으로 분석하면, 현재 구조적인 손상의 발생이나, 내구성을 크게 저하시킬만한 특이사항은 없는 것으로 판단되며, 현재 발생된 손상에 대하여 시설물의 내구성 및 사용성 측면에서 보수 및 유지관리가 요구된다.	

마. 보수·보강 이력 및 용도변경

본 터널은 준공 이후 현재까지 주기적인 점검을 실시하고 있으며, 시설물통합정보관리시스템(FMS)에 입력된 보수·보강이력은 다음과 같다.

또한, 금회 정밀안전점검시 시설물통합정보관리시스템(FMS) 및 관리주체 보수·보강 이력사항에 기록되지 않은 사항에 대하여 주의깊은 점검을 실시하였다.

1) 보수·보강 이력

<표 2.1.10> 보수·보강 이력

번호	공사명	보수·보강공사 부위	설계자	시공자
	공사기간	공사내역	공사비(천원)	책임기술자
1	2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사	천단부, 공동구	(주)엠케이에스이	진양건설(주)
	2022-01-03 ~ 2022-12-31	주입보수(329m), 단면보수(1m²)	20,000	이재명
2	2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사	천단부	-	진양건설(주)
	2022-01-03 ~ 2022-11-30	라이닝 균열보수	50,000	이재명

2) 용도변경 여부 확인

기존 점검 결과 등을 통해 터널 현황 검토 결과, 구조물의 구조 및 용도 변경 사항은 기록된 바가 없으며, 현장조사 결과, 특이사항은 없는 것으로 조사되었다.

바. 시설물의 내진설계 여부 확인

해운대터널(울산)는 2008년 준공된 터널로 시설물관리대장(FMS) 등을 검토한 결과 내진설계가 적용된 터널인 것으로 확인되었다.

<표 2.1.11> 내진 설계여부

적용유무				내진설계							비고				
내진설계 적용				- 시설물관리대장(FMS)에 내진설계 적용으로 표기됨											
시설물번호		관리번호		시설물명		노선		시설물분류							
						구분	세부노선	시설물종류	시설물종별	시설물구분	SOC성능평가대상				
TU2008-0000191				해운대터널(울산)		고속국도	고속국도65호선	1종시설물에 해당하지 않는 고속국도·일반국도 및 특별시도·광역시도의 터널	2종	터널	유				
주소 (시,도) (시,군,구) (읍,면,동) (리,번지 등 주소)				관리주체		관리주체구분			소유자		소유자구분				
부산광역시	해운대구	좌동 산 117-4		부산울산고속도로(주)	공공			민간	국토해양부	공공		민간			
					중앙부처	지자체	(국가/지방)공기업	중앙부처		지자체	(국가/지방)공기업				
사업계획 승인일		준공 (사용승인)일		하자담보책임 만료일		2. 상세제원		3. 안전점검 및 정밀안전진단 이력		4. 보수·보강 이력		환기구 덮개 (접근 가능한 환기구)		5. 첨부자료 목록	
		2008년 12월 31일		2018년 12월 31일		유		유		유				터(울)1.JPG 터(울)3.JPG	
설계기간				설계자		공사기간			시공자			총공사비(백만원)			
1997-12-01 ~ 2008-12-31				신성엔지니어링(주)		2001-11-29 ~ 2008-12-31			울트라건설(주)			15,982			
내진정보		내진설계 대상 유무		내진설계 적용 유무		적용내진설계기준			내진성능평가 실시 유무			내진보강 유무			
		불명		적용					불명			불명			
영21조대상		관리기간		관리자(책임관리원)		사업주체(발주자)			공사명			공사감독·공사관리관			
아니오						부산울산고속도로(주)			부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업						
기타 기본현황															
작성일				작성자				최종 수정일				최종 수정자			
2008년 12월 16일				부산울산고속도로(주) (인)				2019년 11월 26일				박준형			
비고															

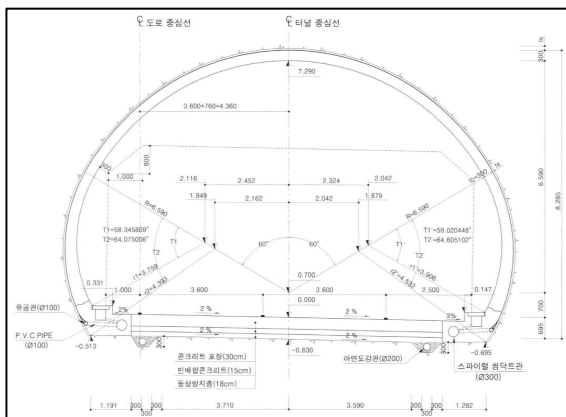
사. 주변현황 및 하중변화

해운대터널은 부산광역시 해운대구 좌동~송정동에 위치하며, 북측과 남측은 부흥봉 등 산계가 형성되어 있고 동측은 송정해수욕장, 남측으로 송정터널이 인접하여 있다.

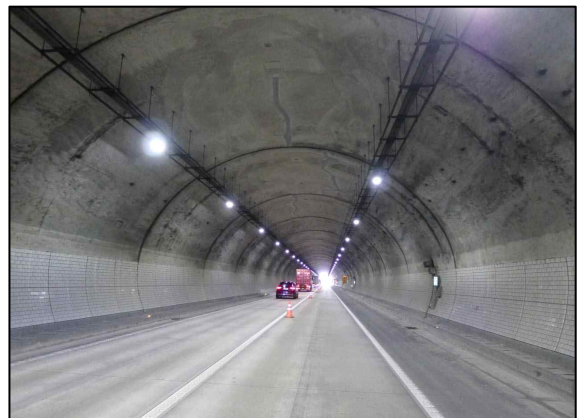
FMS(시설물통합정보관리시스템 fms.or.kr) 및 관리주체인 부산울산고속도로(주)에 보관된 준공관련자료를 검토한 결과 준공시 고려되었던 하중 이외의 터널내부 추가하중은 없으며, 터널외부 주변 현황의 변화 또한 없는 것으로 확인되었다. 향후 본 터널 내부에 부속시설 설치 및 터널 외부 주변 현황의 변화시 그에 따른 구조검토를 실시하여 하중변화에 따른 터널의 안정성을 확보하여야 할 것이다.



a. 시설물 주변 현황



b. 터널 표준 단면도



c. 터널 내부 전경

<사진 2.1.2> 주변현황 및 하중변화



d. 2021년 시점부 주변 현황



e. 2023년 시점부 주변 현황(특이한 변화 없음)



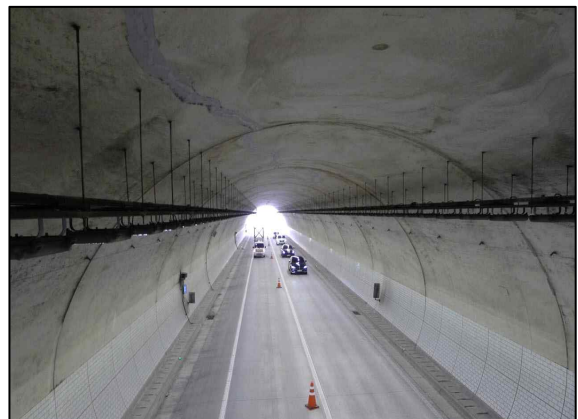
f. 2021년 종점부 주변 현황



g. 2023년 종점부 주변 현황(특이한 변화 없음)



h. 2021년 터널 내부 현황



i. 2023년 터널 내부 현황(변상 및 추가시설 없음)

<사진 2.1.2> 주변현황 및 하중변화(계속)

아. 정밀안전점검 과업진행 방향

금회 정밀안전점검에 필요한 수집 자료를 분석·검토한 결과 과업수행을 위한 방향은 아래와 같이 수립하였다.

<표 2.1.12> 정밀안전점검 과업진행 방향

구분	수집자료	자료 분석 결과	과업진행 방향
건설 관련 자료	◦ 준공도서 있음 -구조계산서 -준공도면	◦ 준공도서(구조계산서, 도면, 보고서 등)는 설계 당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨.	◦ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교, 검토 ◦ 부속시설, 추가하중 변화 확인
유지 관리 자료	◦ 점검 이력 -2009년 ~ 2022년 (정기, 정밀점검) -정밀안전점검 보고서 (2021년 08월)	◦ 천단부 : 라이닝 균열(폭 0.3mm이상), 조인트 부 콘크리트 박락 보수 및 진전 여부 ◦ 측벽부 : 균열, 망상균열, 백태, 누수흔적, 타일균열, 타일파손 및 탈락 등 ◦ 갯문 : 웬스파손 ◦ 공동구 : 균열, 백태, 박락, 파손, 누수흔적, 덮개파손 등 ◦ 배수시설 : 측구 균열, 망상균열, 파손, 집수구 토사퇴적 등 ◦ 포장면 : 파손	◦ 이전 안전점검에서 조사된 주요손상의 진전 및 심화, 추가 발생 확인 ◦ 외관조사시 발생한 손상에 대하여 보수 및 유지관리를 취할 수 있는 방향으로 과업 시행 ◦ 구조물의 용도 및 구조변경 등에 대한 이력조사를 실시하여 안전성 확보 여부 확인
	◦ 보수·보강 이력 - FMS에 입력사항	◦ 준공이후 하자보수 및 유지관리를 실시하고 있는 상태임.	◦ 보수·보강 이력사항에 기록되지 않은 사항에 대하여 주의깊은 점검을 실시

2.2 외관조사

2.2.1 개요

과업대상 터널인 해운대터널(울산)는 부산광역시 해운대구 좌동~송정동(부산울산선 0.903km)에 위치한 터널로 시공사인 울트라건설(주)이 2008년 12월에 준공하여 약 15년이 경과되었으며, 터널의 총 연장은 680.0m이고 편도 2차로인 2종 시설물이다.

본 터널의 평면선형은 직선, 종단구배는 -1.1%이고 NATM공법을 사용하였으며, 갱문은 면벽식(시점) 및 원통절개형(종점)으로 확인되고 환기방식은 자연환기 방식이다.

해운대터널(울산)의 내부는 콘크리트 라이닝으로 시공되어 있으며, 측벽부는 타일마감이 실시된 구조물로서 본 과업은 대상터널의 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 현장에 필요한 접근방법 및 장비 동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상에 대한 사전검토 후 『시설물의 안전 및 유지관리 실시세부지침_터널편(2022.12, 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.

본 터널의 외관조사는 현장여건(내공단면, 부대시설, 교통상황 등)을 고려하여 근접장비(고소작업차량 등)를 활용하였으며, 기본시설물(라이닝, 갱문 등)과 부대시설(환기구, 피난연락갱, 갱구부 옹벽 등)로 구분하여 실시하였고 특히 터널의 안전성을 저해할 만한 구조적인 결함의 유무를 확인하고자 하였다.

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.

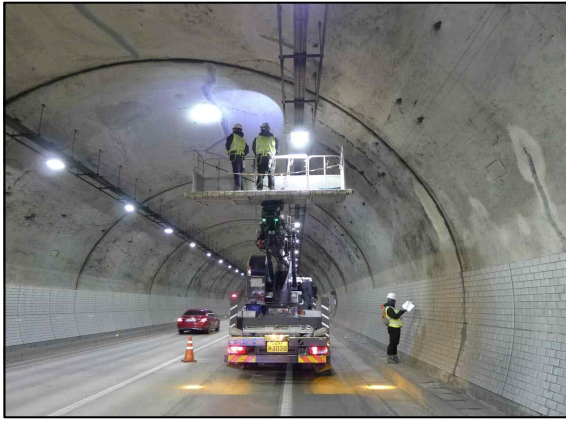
금회 해운대터널(울산)의 정밀안전점검용역 현장조사 및 시험 일정은 다음과 같다.

<표 2.2.1> 현장조사 기간

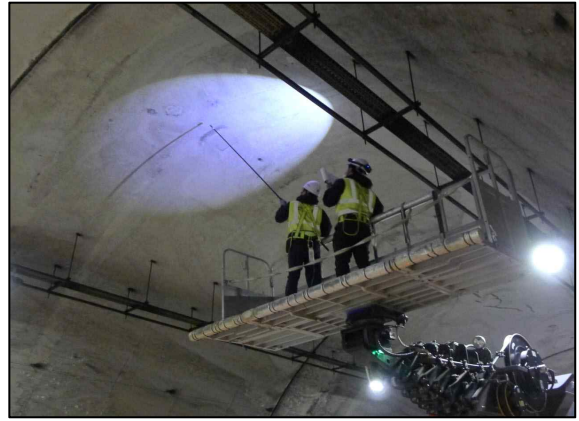
구 분	일 시	조사내용	수행자
사전답사	2023.02.22~2023.02.24	현장답사, 구조물 현황조사	허장호 외 10명
현장조사	2023.04.24~2023.05.31	도보를 이용한 구조물 외관조사 및 비파괴시험 근접장비를 이용한 구조물 외관조사 및 비파괴시험	

가. 현장 접근방법 및 장비 동원

터널 시설물에 대한 외관조사는 근접 육안조사를 원칙으로 콘크리트 라이닝 천단부 및 어깨부 등은 고소작업차량을 이용하였으며, 그 외 측벽부, 포장부, 공동구 및 배수시설 등은 교통통제 후 도보로 현장 조사를 수행하였다.



a. 고소작업차량을 이용한 천단부 외관조사현황①



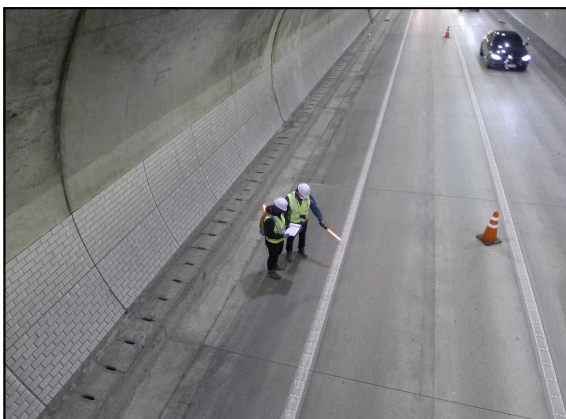
b. 고소작업차량을 이용한 천단부 외관조사현황②



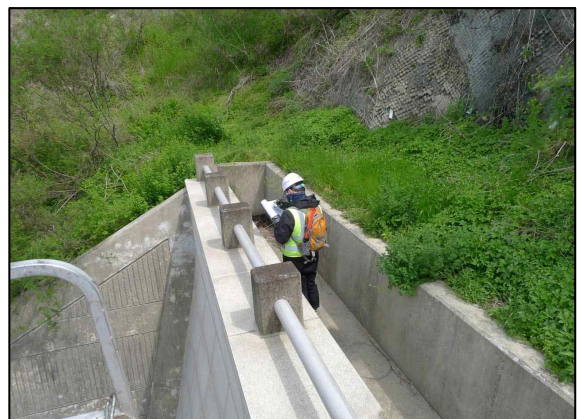
c. 고소작업차량을 이용한 갱구부 외관조사현황



d. 고소작업차량을 이용한 사면 외관조사현황



e. 교통통제 후 포장부 외관조사현황



f. 갱문 및 사면 외관조사 현황

<사진 2.2.1> 외관조사 현황

나. 터널 측점 분할

금회 과업대상시설물의 정밀안전점검 시 외관조사, 재료시험, 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위하여 측점분할(Span. No)을 세부지침에 의거하여 시공이음 경계를 기준으로 실시하였으며, 설계도면 등 준공도서 검토를 통해 무근구간, 철근보강구간을 구분하여 다음과 같이 정리하였다.

<표 2.2.2> 터널 측점분할

Span 번호	Span 거리(m)	누적거리 (m)	Span 번호	Span 거리(m)	누적거리 (m)	Span 번호	Span 거리(m)	누적거리 (m)
1	8.0	8.0	27	9.0	242.0	53	9.0	476.0
2	9.0	17.0	28	9.0	251.0	54	9.0	485.0
3	9.0	26.0	29	9.0	260.0	55	9.0	494.0
4	9.0	35.0	30	9.0	269.0	56	9.0	503.0
5	9.0	44.0	31	9.0	278.0	57	9.0	512.0
6	9.0	53.0	32	9.0	287.0	58	9.0	521.0
7	9.0	62.0	33	9.0	296.0	59	9.0	530.0
8	9.0	71.0	34	9.0	305.0	60	9.0	539.0
9	9.0	80.0	35	9.0	314.0	61	9.0	548.0
10	9.0	89.0	36	9.0	323.0	62	9.0	557.0
11	9.0	98.0	37	9.0	332.0	63	9.0	566.0
12	9.0	107.0	38	9.0	341.0	64	9.0	575.0
13	9.0	116.0	39	9.0	350.0	65	9.0	584.0
14	9.0	125.0	40	9.0	359.0	66	9.0	593.0
15	9.0	134.0	41	9.0	368.0	67	9.0	602.0
16	9.0	143.0	42	9.0	377.0	68	9.0	611.0
17	9.0	152.0	43	9.0	386.0	69	9.0	620.0
18	9.0	161.0	44	9.0	395.0	70	9.0	629.0
19	9.0	170.0	45	9.0	404.0	71	9.0	638.0
20	9.0	179.0	46	9.0	413.0	72	9.0	647.0
21	9.0	188.0	47	9.0	422.0	73	9.0	656.0
22	9.0	197.0	48	9.0	431.0	74	9.0	665.0
23	9.0	206.0	49	9.0	440.0	75	9.0	674.0
24	9.0	215.0	50	9.0	449.0	76	6.0	680.0
25	9.0	224.0	51	9.0	458.0			
26	9.0	233.0	52	9.0	467.0			

주1)  : 철근보강구간

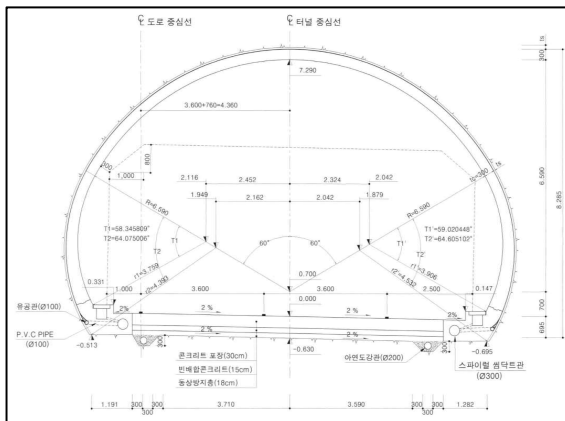
주2) 측점분할은 측벽부 하단 조인트에 각각 Span. No가 분필로 표기됨(기 표기된 Span. No 및 거리와의 측점오차 없음)

2.2.2 콘크리트 라이닝(천단부, 측벽부)

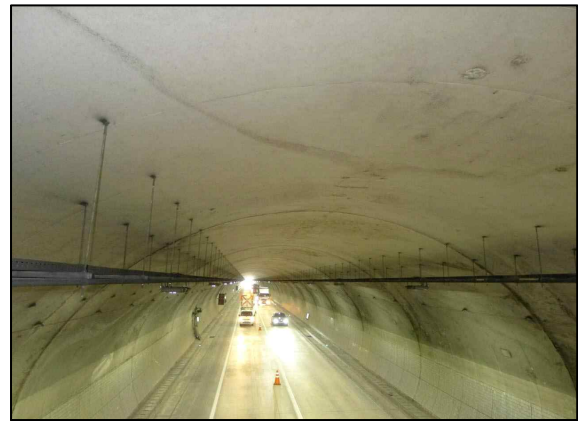
가. 현황

콘크리트 라이닝은 터널내부 시설물인 숏크리트, 록볼트, 강지보 등을 보호하며, 내구성 및 장기 안전을 확보, 미관유지, 공기역학적 기능향상, 내부 시설물 설치 위치 제공 등의 부수적 기능을 담당하고 있다.

터널내부의 좌·우 측벽부는 타일마감을 실시한 것으로 확인되었다. 타일은 내부의 조명을 균등히 분산시켜 조명효과를 개선하고, 터널 벽면의 위치를 운전자에게 쉽게 인식시켜 통행 안전성 증진 등 터널내 시선유도 효과와 시각환경을 높이고 있다.



a. 콘크리트 라이닝 단면도



b. 콘크리트 라이닝(천단부) 전경



c. 콘크리트 라이닝(측벽부) 전경



d. 측벽부 타일 시공현황

<사진 2.2.2> 콘크리트 라이닝 전경

나. 천단부

1) 외관조사 결과

콘크리트 라이닝의 천단부에 대한 외관조사결과, 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 보수부재 균열(0.3mm미만), 균열부백태, 시공이음부 박락 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

<표 2.2.3> 천단부 손상현황

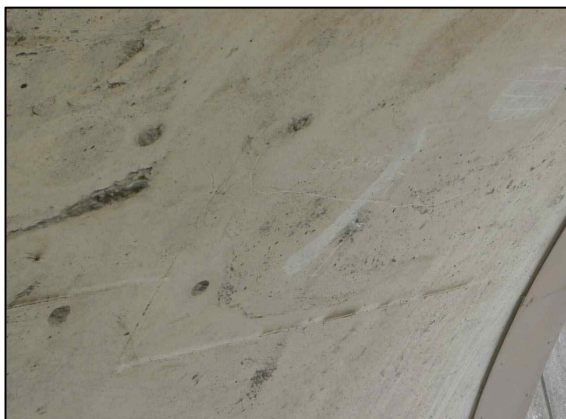
구분	균열				손상 및 열화
	0.3mm미만	0.3mm이상	보수부재균열 (0.3mm미만)	균열부백태 (0.3mm미만)	박락, 보수부박락
	(m/EA)	(m/EA)	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)
S1	1.00 / 1	-	-	-	-
S2	1.00 / 1	-	2.50 / 1	-	-
S3	-	-	-	-	0.12 / 2
S4	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-
S6	-	-	-	-	-
S7	-	-	-	-	-
S8	-	-	-	-	-
S9	-	-	-	-	-
S10	-	-	-	-	-
S11	-	-	-	-	-
S12	2.00 / 1	-	-	-	-
S13	-	-	-	-	-
S14	-	-	-	-	-
S15	-	-	-	-	-
S16	-	-	-	-	-
S17	-	-	-	-	-
S18	-	-	-	-	-
S19	-	-	-	-	-
S20	1.50 / 1	-	-	-	-
S21	-	-	-	-	-
S22	-	-	-	-	-
S23	-	-	-	-	-
S24	-	-	-	-	-
S25	-	-	-	-	-
S26	-	-	-	-	-
S27	-	-	-	-	-
S28	-	-	-	-	-
S29	-	-	-	-	-
S30	-	-	-	-	-

<표 2.2.3> 천단부 손상현황(계속)

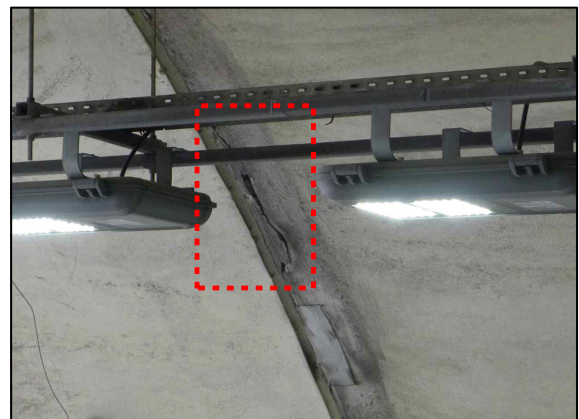
구분	균열				손상 및 열화
	0.3mm미만	0.3mm이상	보수부재균열 (0.3mm미만)	균열부백태 (0.3mm미만)	박락, 보수부박락
	(m/EA)	(m/EA)	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)
S31	-	-	-	-	-
S32	-	-	-	1.00 / 1	-
S33	-	-	-	-	-
S34	-	10.00 / 1	-	-	-
S35	-	-	-	-	-
S36	-	-	-	-	-
S37	-	-	-	-	-
S38	-	-	-	-	0.06 / 3
S39	-	-	-	-	-
S40	-	-	-	-	-
S41	-	-	-	-	-
S42	-	-	-	-	-
S43	-	-	-	-	-
S44	-	-	-	-	-
S45	-	-	-	-	-
S46	-	-	-	-	-
S47	-	-	-	-	-
S48	-	-	-	-	0.04 / 1
S49	-	-	-	-	0.02 / 1
S50	-	-	-	-	-
S51	-	-	-	-	0.08 / 2
S52	-	-	-	-	-
S53	-	-	-	-	-
S54	-	-	-	-	-
S55	-	-	-	-	-
S56	-	-	-	-	-
S57	-	-	-	-	-
S58	-	-	-	-	-
S59	-	-	-	-	-
S60	2.00 / 1	-	-	-	-

<표 2.2.3> 천단부 손상현황(계속)

구분	균열				손상 및 열화
	0.3mm미만	0.3mm이상	보수부재균열 (0.3mm미만)	균열부백태 (0.3mm미만)	박락, 보수부박락
	(m/EA)	(m/EA)	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)
S61	-	-	-	-	-
S62	-	-	-	-	-
S63	-	-	-	-	-
S64	-	-	-	-	-
S65	-	-	-	-	-
S66	-	-	-	-	-
S67	-	-	-	-	0.02 / 1
S68	-	-	-	-	0.07 / 2
S69	-	-	-	-	0.02 / 1
S70	-	-	-	-	-
S71	-	-	-	-	-
S72	-	-	-	-	-
S73	-	-	-	-	-
S74	-	-	-	-	-
S75	-	-	-	-	0.05 / 1
S76	-	-	-	-	-
합계	7.50 / 5	10.00 / 1	2.50 / 1	1.00 / 1	0.48 / 14

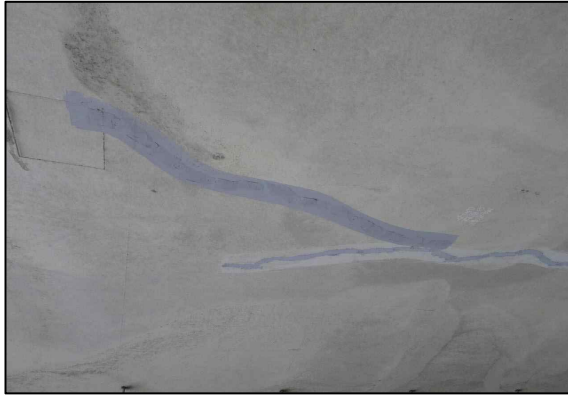


a. 천단부 S1 균열(0.3mm미만)



b. 천단부 S3(J2) 시공이음부 박락

<사진 2.2.3> 천단부 손상현황



c. 천단부 S3 균열 보수현황



d. 천단부 S11 균열 보수현황



e. 천단부 S12 균열(0.3mm미만)



f. 천단부 S20 균열(0.3mm미만)



g. 천단부 S32 균열부백태(0.3mm미만)



h. 천단부 S34 균열(0.3mm 이상)



i. 천단부 S38(J38) 시공이음부 박락



j. 천단부 S60 균열(0.3mm미만)

<사진 2.2.3> 천단부 손상현황(계속)



k. 천단부 S67(J67) 시공이음부 박락



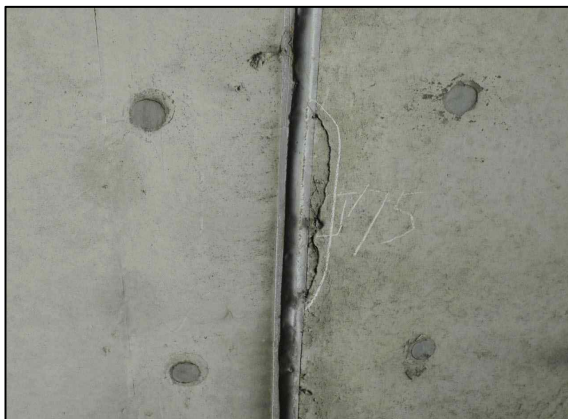
l. 천단부 S68(J68) 시공이음부 박락



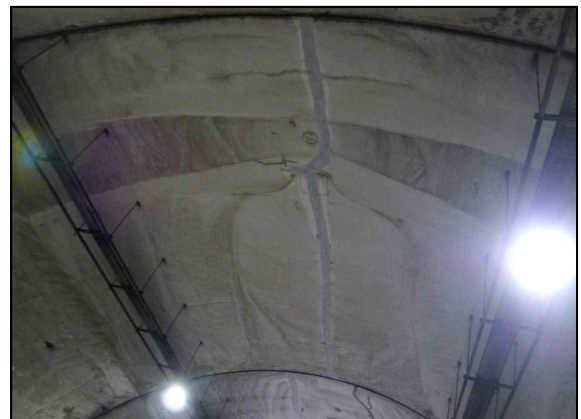
m. 천단부 S72 균열 보수현황



n. 천단부 S74 단면보수 현황



o. 천단부 S75(J75) 시공이음부 박락



p. 천단부 균열 보수현황

<사진 2.2.3> 천단부 손상현황(계속)

2) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

콘크리트 라이닝의 천단부에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 기 조사된 균열(0.3mm이상)에 대한 전반적인 주입보수를 시행하여 균열폭 $C_w=0.3\text{mm}$ 이상은 손상물량이 감소하였으며, S74 경간의 철근노출에 대한 단면보수를 시행한 것으로 확인되었다. 금회 점검시 추가로 조사된 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 시공이음부 박락은 이전 점검에서 누락된 손상으로 판단되며, S32 경간에서 조사된 균열 부백태는 기존 균열보수부에 백태가 발생하여 신규 손상으로 조사되었다.

<표 2.2.4> 천단부 기 점검 결과와의 비교

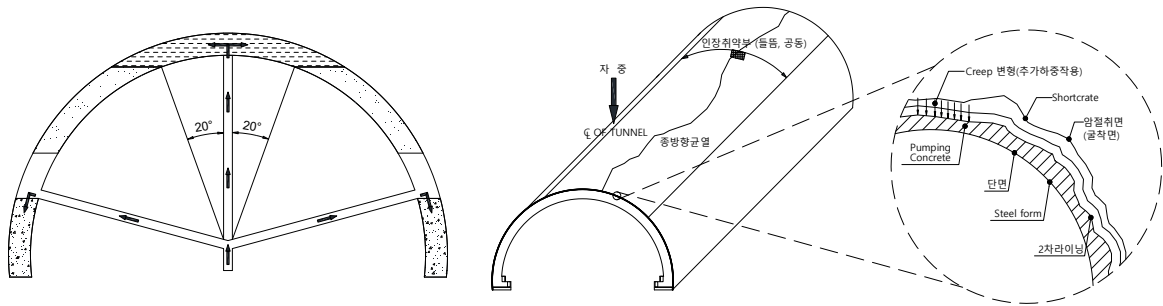
구 분	결 합 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
천단부	균열, 재균열(0.3mm미만)	5.50	10.00	↑ 4.50	m	기 점검시 누락
	균열, 재균열(0.3mm이상)	311.50	10.00	↓ 301.50	m	보수
	균열부백태(0.3mm미만)	-	1.00	↑ 1.00	m	보수부 재손상
	박락, 보수부 박락	0.21	0.48	↑ 0.27	m ²	시공미흡, 누락
	철근노출	0.01	-	↓ 0.01	m ²	보수

3) 검토의견

① 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상)

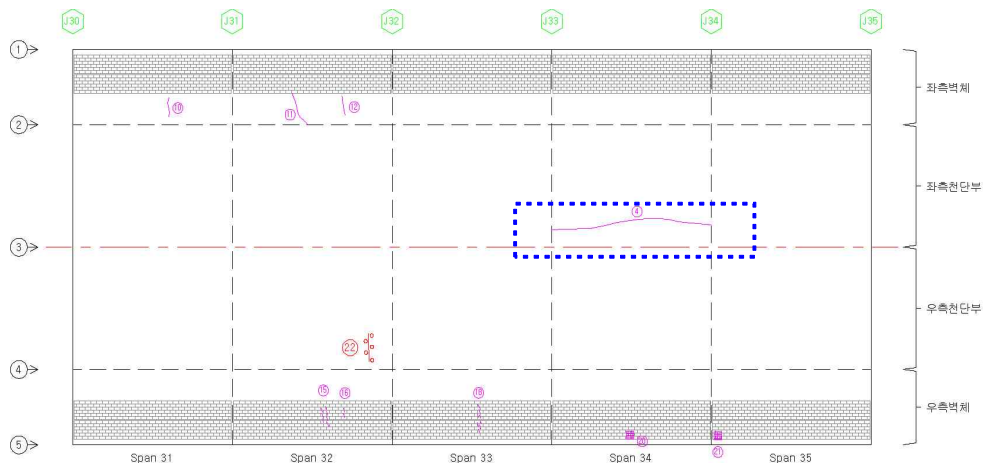
천단부의 종방향 균열이 발생하는 공간적인 위치는 대부분 천단부 터널 중심선 기준 좌·우 20°의 범위이며, 원인은 콘크리트 온도변화 및 건조수축, 2차라이닝에 작용하중 증가 등에 따른 라이닝 인장 취약부에 자중, 라이닝 두께 차이에 의한 응력불균형, 1차 라이닝의 소성변형에 따른 추가하중, 지반의 Creep 등의 복합적인 요인 등에 의하여 발생하는 것으로 연구·검토되고 있다. 본 해운대터널(울산)의 균열은 NATM터널(무근) 구간에서 연구결과와 유사하게 천단부 터널 중심선 기준으로부터 좌·우 20°의 범위에 종방향으로 발생하고 있으며, 기 정밀안전점검(2021.08) 이후 균열(0.3mm이상)에 대한 전반적인 보수를 시행하여 금회 점검시 Span. 12, 20, 34, 60에서 조사되었다. NATM터널(무근) 구간에서 조사된 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상)의 손상물량은 15.5m로 터널 총 연장(680.0m)을 고려하면 손상 비중은 적은 것으로 판단되나, 콘크리트 라이닝의 내구성 저하방지를 위해 균열폭(0.3mm미만: 표면보수, 0.3mm이상: 주입보수)에 따른 보수를 시행하여 유지관리하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.

또한, NATM터널(철근) 구간의 Span. 1, 2에서 발생한 균열은 $C_w=0.3\text{mm}$ 미만으로 시공초기의 건조수축 및 온도변화 등의 요인에 의한 손상으로 판단되며, 조사된 균열(0.3mm미만)에 대한 표면보수가 요구된다.



a. 천단부 종균열 발생 부위

b. 천단부 종균열 영향요인 모식도



c. 천단부 종균열 발생 현황(외관조사망도 S34)

<그림 1.2.1> 콘크리트 라이닝(천단부) 종균열 발생 현황

② 보수부 재균열(0.3mm미만)

Span. 2에서 조사된 보수부 재균열은 균열부위에 대한 보수 미흡(표면보수층의 두께 부족, 부분 미충진 등의 충전불량)으로 인한 표면 보수재 경화로 균열이 재노출된 것으로 판단되며, 손상부에 대한 보수가 요구된다.

③ 균열의 진행성 검토

콘크리트 라이닝에 발생한 균열폭 $Cw=0.3\text{mm}$ 이상의 균열 및 보수부 재균열은 보수·보강 이력사항을 확인한 결과 “2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사 (2022.12)_진양건설(주)” 균열에 대한 주입보수를 시행한 것으로 검토되었다.

이전 정밀안전점검(2021.08)에서 조사된 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상)에 대한 진행성 여부를 측정·조사한 결과 균열폭 및 단차 등의 변화는 관찰되지 않아 균열의 진행성은 없는 것으로 판단되며, 금회 점검시 추가로 조사된 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상)은 새로운 손상이 아닌 이전 점검자가 미처 확인하지 못하여 조사가 누락된 손상으로 보여진다.

a. 천단부 S1 균열(0.3mm미만)		b. 천단부 S34 균열(0.3mm이상)	
2021년 정밀안전점검	2023년 정밀안전점검	2021년 정밀안전점검	2023년 정밀안전점검
균열 진행성 없음		균열 진행성 없음	
c. 천단부 S8 균열(0.3mm이상)		d. 천단부 S72 균열(0.3mm이상)	
2021년 정밀안전점검	2023년 정밀안전점검	2021년 정밀안전점검	2023년 정밀안전점검
균열(0.3mm이상) ⇒ 균열 주입보수를 실시함		균열(0.3mm이상) ⇒ 균열 주입보수를 실시함	

<사진 2.2.4> 천단부 균열의 진행성 검토

④ 균열부백태(0.3mm미만)

천단부 Span. 32에서 조사된 균열부백태는 균열 발생 부위로 자연환경의 미묘한 변화 및 대기중의 부유 오염 물질 등의 영향을 받아 콘크리트 내부에 존재하는 석회화합물과 반응하여 표면에 퇴적되어 나타나는 현상으로서 내구성 저하 방지를 위한 주입보수가 요구된다.

⑤ 시공이음부 들뜸, 박락

콘크리트 라이닝 시공이음부 주변 들뜸 및 박락은 반원형 균열의 진전 및 강재거푸집 설치에 따른 유압 Jack의 불균형에 의한 국부적인 지압력과 거푸집 조기탈형에 의한 양생불량 등의 요인에 의한 손상으로 판단되며, 향후 손상부 탈락으로 주행차량의 안전사고가 우려되므로 손상 제거 후 보수(단면보수)가 필요할 것으로 판단된다.

또한, 기 보수부 박락은 보수 미흡(치핑 미실시, 표면보수층의 두께 부족 등) 및 공용년수 증가로 인한 표면 보수재 경화 등의 요인으로 손상이 재노출된 것으로 판단되며, 이 또한, 손상부의 탈락으로 주행차량의 안전사고가 우려되므로 손상부에 대한 제거 후 보수(단면보수)가 요구된다.

다. 측벽부

1) 외관조사 결과

측벽부에 대한 외관조사결과, 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 망상균열, 백태, 타일 균열 및 탈락 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

<표 2.2.5> 측벽부 손상현황

구분	균열			손상 및 열화		
	0.3mm미만	0.3mm이상	망상균열	백태	타일 균열	타일 탈락
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(EA)	(EA)
S1	3.50 / 3	1.50 / 1	-	0.05 / 1	-	-
S2	3.00 / 1	-	-	-	-	-
S3	10.00 / 3	-	-	-	-	-
S4	5.10 / 3	-	1.25 / 1	-	-	1
S5	2.00 / 1	-	-	-	-	-
S6	-	-	-	-	-	-
S7	1.00 / 1	-	-	-	-	-
S8	-	-	-	-	-	-
S9	-	-	-	-	-	-
S10	-	-	-	-	-	-
S11	-	-	-	-	-	-
S12	-	-	-	-	-	-
S13	-	-	-	-	-	-
S14	8.00 / 2	-	-	-	-	-
S15	-	-	-	-	-	-
S16	-	-	-	-	-	-
S17	-	-	-	-	-	-
S18	-	-	-	-	-	-
S19	1.00 / 1	-	-	-	-	-
S20	-	-	-	-	-	-
S21	-	-	-	-	-	-
S22	-	-	-	-	-	-
S23	3.00 / 1	-	-	-	-	-
S24	1.50 / 1	-	-	-	-	-
S25	-	-	-	-	-	-
S26	-	-	2.00 / 1	-	-	-
S27	2.00 / 2	-	-	-	-	-
S28	-	-	2.00 / 1	-	-	-
S29	-	-	-	-	-	-
S30	6.00 / 3	-	-	-	-	-

<표 2.2.5> 측벽부 손상현황(계속)

구분	균열			손상 및 열화		
	0.3mm미만	0.3mm이상	망상균열	백태	타일 균열	타일 탈락
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(EA)	(EA)
S31	1.00 / 1	-	-	-	-	-
S32	2.50 / 2	-	-	-	9	-
S33	-	-	-	-	8	-
S34	-	-	-	-	-	1
S35	-	-	-	-	-	1
S36	-	-	-	-	-	-
S37	-	-	-	-	-	-
S38	-	-	-	-	-	-
S39	1.00 / 1	-	0.20 / 1	-	-	-
S40	-	-	-	-	-	-
S41	1.20 / 1	-	-	-	-	-
S42	5.00 / 1	-	-	-	-	-
S43	-	-	-	-	-	-
S44	9.50 / 2	-	-	-	-	-
S45	-	-	-	-	-	-
S46	-	-	-	-	-	-
S47	3.00 / 1	-	-	-	-	-
S48	-	-	-	-	-	3
S49	-	-	-	-	-	11
S50	-	-	-	-	-	6
S51	-	-	-	-	-	5
S52	1.00 / 2	-	-	-	-	-
S53	-	-	-	-	-	-
S54	-	-	-	-	-	-
S55	1.00 / 1	-	-	-	-	-
S56	-	-	-	-	-	-
S57	2.00 / 1	-	-	-	-	-
S58	-	-	-	-	-	-
S59	-	-	-	-	-	-
S60	-	-	-	-	-	-

<표 2.2.5> 측벽부 손상현황(계속)

구분	균열			손상 및 열화		
	0.3mm 미만	0.3mm 이상	망상균열	백태	타일 균열	타일 탈락
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(EA)	(EA)
S61	-	-	-	-	-	-
S62	-	-	-	-	-	-
S63	-	-	-	-	-	-
S64	-	-	-	-	-	-
S65	-	-	-	-	-	-
S66	-	-	-	-	-	-
S67	-	-	-	-	-	-
S68	-	-	-	-	-	-
S69	3.00 / 1	-	-	-	-	-
S70	7.00 / 2	-	-	-	-	-
S71	0.50 / 1	-	-	-	-	2
S72	5.50 / 1	-	-	-	-	-
S73	2.00 / 1	-	-	-	-	-
S74	-	-	-	-	-	-
S75	0.60 / 1	-	-	-	-	-
S76	0.70 / 1	-	-	1.20 / 2	-	-
합계	92.60 / 43	1.50 / 1	5.45 / 4	1.25 / 3	17	30



a. 측벽부 S1 좌측 백태

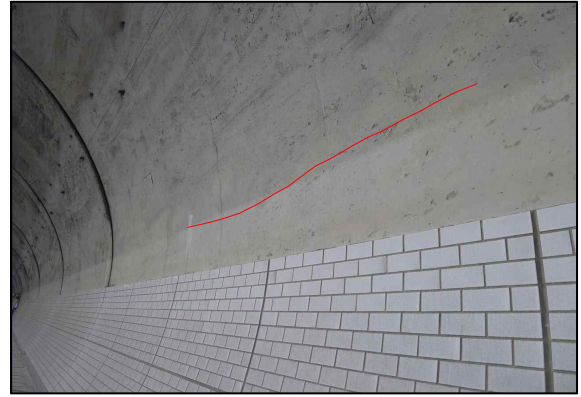


b. 측벽부 S4 우측 망상균열

<사진 2.2.5> 측벽부 손상현황



c. 측벽부 S4 우측 타일탈락, 파손



d. 측벽부 S14 우측 균열(0.3mm미만)



e. 측벽부 S23 우측 균열(0.3mm미만)



f. 측벽부 S33 좌측 타일 균열



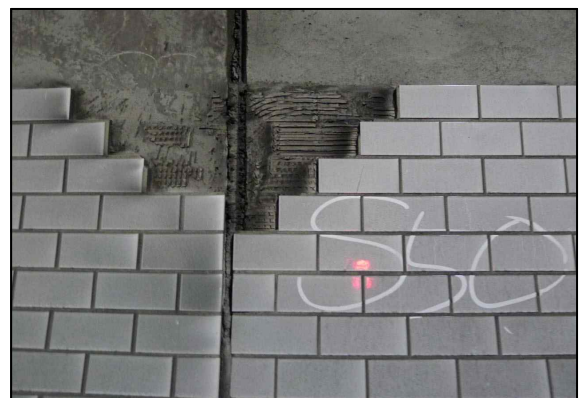
g. 측벽부 S39 우측 망상균열



h. 측벽부 S44 우측 균열(0.3mm미만)

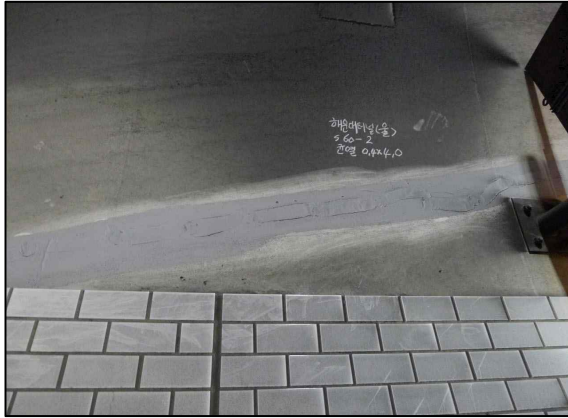


i. 측벽부 S49 우측 타일 탈락



j. 측벽부 S50 타일 탈락

<사진 2.2.5> 측벽부 손상현황(계속)



k. 측벽부 S60 균열 보수현황



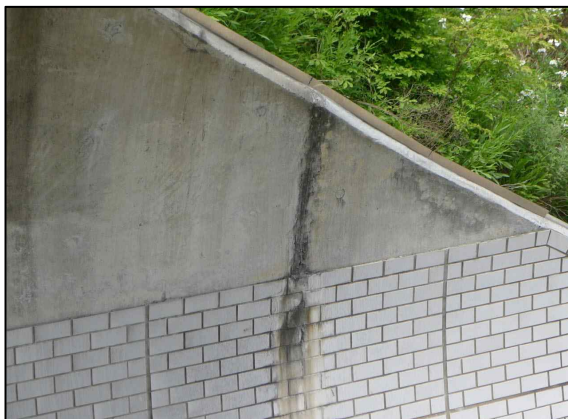
l. 측벽부 S70 우측 균열(0.3mm 미만)



m. 측벽부 S72 균열 보수현황



n. 측벽부 S71 좌측 타일 탈락, 파손



o. 측벽부 S76 좌측 백태, 표면오염



p. 측벽부 S76 우측 백태, 표면오염

<사진 2.2.5> 측벽부 손상현황(계속)

2) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

측벽부에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 기 조사된 균열(0.3mm 이상)에 대한 주입보수를 시행하여 균열폭 $Cw=0.3\text{mm}$ 이상은 손상물량이 감소하였으며, S75의 시공이음부 누수흔적은 없는 것으로 확인되었다. 금회 점검시 추가로 조사된 균열(0.3mm 미만, 0.3mm 이상), 망상균열은 이전 점검에서 누락된 손상으로 판단되

며, 기타 손상으로 백태, 타일 균열 및 탈락은 손상물량의 변동이 없는 것으로 검토되었다.

<표 2.2.6> 측벽부 기 점검 결과와의 비교

구 분	결 합 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전 (2021년) 정밀안전점검	금회 (2023년) 정밀안전점검			
측벽부	균열(0.3mm미만)	85.40	92.60	↑ 7.20	m	기 점검시 누락
	균열(0.3mm이상)	17.50	1.50	↓ 16.00	m	보수
	망상균열	5.45	6.25	↑ 0.80	m ²	건조수축, 누락
	백태	1.25	1.25	-	m ²	-
	누수흔적	0.20	-	↓ 0.20	m ²	손상 없음
	타일 균열	17	17	-	EA	-
	타일 탈락	30	30	-	EA	-

3) 검토의견

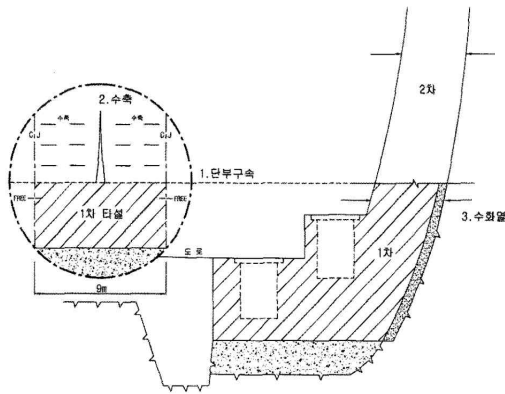
① 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 망상균열

측벽부에서 조사된 종방향 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상)은 천단부와 벽체와의 곡선반경이 변하는 구간에서 발생하고 있으며, 이는 굴착면의 품질관리 미흡과 숏크리트에 작용하는 응력집중 및 불균형, 여굴과 미굴에 따른 라이닝 좌·우 두께 차이, 숏크리트와 라이닝의 들뜸에 따른 지반-구조물 상호작용의 차이, 거푸집 밀착과 탈형을 위한 Jacking force 등의 복합적인 원인에 의한 것으로 판단된다.

또한, 측벽부의 Span. 4, 26, 28, 39에서 망상균열이 조사되었으며, 균열폭은 0.1~0.2mm 정도로 시공초기에 다짐불량, 재료적수축, 거푸집조기 탈형 등의 원인으로 망상균열이 발생한 것으로 판단된다.

측벽부의 콘크리트 라이닝에서 횡균열이 Span. 24, 27, 29~33, 52, 55에 발생하였으며, 측벽에 타일마감이 시공된 경우에는 반사균열의 형태로 균열이 조사되었다. 금회 점검시 조사된 횡균열은 공동구 및 배수구 등 하부구조물을 우선 시공한 후 강제거푸집을 기존 타설부 및 신설부에 맞대어 2차 라이닝을 타설하게 되며, 이때 2차 라이닝 하부는 외적으로 기존 타설된 공동구 및 배수구의 단부구속 영향을 받게 되고 내적으로는 2차 라이닝의 소성수축과 건조수축에 따라 접속부로부터 인장응력이 발생하여 횡균열이 발생한 것으로 판단된다.

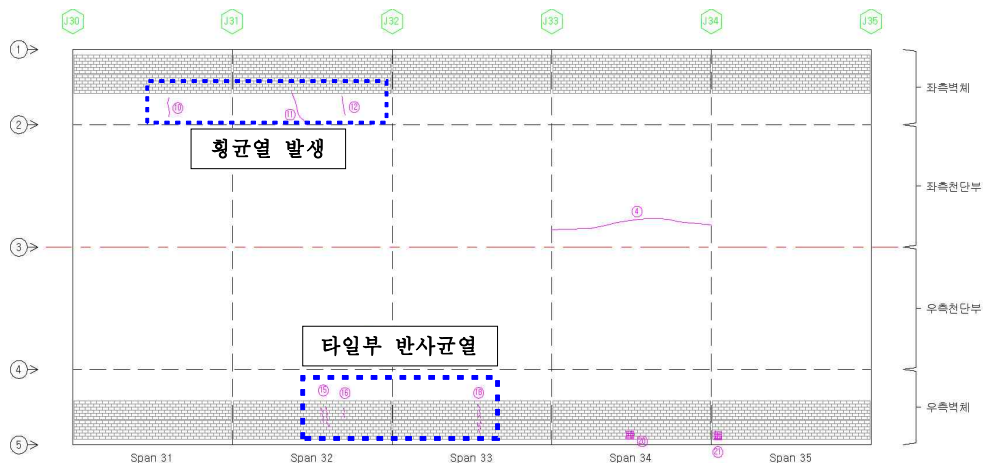
금회 점검시 조사된 균열은 구조물의 내구성 저하 방지를 위해 균열폭(0.3mm미만: 표면보수, 0.3mm이상: 주입보수)에 따른 보수를 시행하여 유지관리하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.



a. 측벽부 횡균열 발생 모식도



b. 측벽부 S33 횡균열(타일부 반사균열) 발생 현황



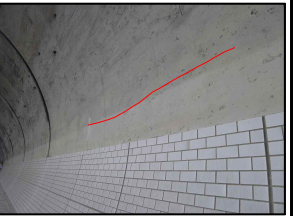
c. 측벽부 S31~33 횡균열, 타일부 반사균열 발생 현황(외관조사망도)

<그림 2.2.2> 콘크리트 라이닝(측벽부) 횡균열 발생 현황

② 균열의 진행성 검토

콘크리트 라이닝에 발생한 균열폭 $Cw=0.3\text{mm}$ 이상의 균열은 보수·보강 이력사항을 확인한 결과 “2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사(2022.12)_진양건설(주)” 균열에 대한 주입보수를 시행한 것으로 검토되었다.

이전 정밀안전점검(2021.08)에서 조사된 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상)에 대한 진행성 여부를 측정·조사한 결과 균열폭 및 단차 등의 변화는 관찰되지 않아 균열의 진행성은 없는 것으로 판단되며, 금회 점검시 추가로 조사된 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상)은 새로운 손상이 아닌 이전 점검자가 미처 확인하지 못하여 조사가 누락된 손상으로 보여진다.

a. 측벽부 S4 망상균열(Cw = 0.1mm)		b. 측벽부 S14 균열(Cw = 0.2mm)	
			
2021년 정밀안전점검	2023년 정밀안전점검	2021년 정밀안전점검	2023년 정밀안전점검
균열 진행성 없음		균열 진행성 없음	
c. 측벽부 S60 균열(Cw = 0.4mm)		d. 측벽부 S72 균열(Cw = 0.3mm)	
			
2021년 정밀안전점검	2023년 정밀안전점검	2021년 정밀안전점검	2023년 정밀안전점검
균열(0.3mm 이상) ⇒ 균열 주입보수를 실시함		균열(0.3mm 이상) ⇒ 균열 주입보수를 실시함	

<사진 2.2.6> 측벽부 균열의 진행성 검토

③ 백태, 표면오염

Span. 1에서 조사된 백태는 균열 발생 부위로 수분 유입 및 대기중의 부유 오염 물질 등의 영향을 받아 콘크리트 내부에 존재하는 석회화합물과 반응하여 표면에 퇴적되어 나타나는 현상으로 내구성 저하 방지를 위한 주입보수가 요구된다.

또한, 종점 갱구부는 원통절개식으로 외기에 노출된 부재의 특성상 우기시 표면수가 유입되어 Span. 76에서 백태 및 표면오염이 조사되었으며, 콘크리트 부재의 열화, 박리 등을 야기할 수 있으므로 손상부에 대한 표면보수가 요구된다.

④ 타일 탈락, 파손

본 터널 측벽부에 조사된 타일 탈락 및 파손은 시공이음 주변, 타일 상단 및 하단부에 집중적으로 발생하고 있으며, 이는 공용중 외부 충격 및 온도변화에 따른 신축·터널 내 지속적인 진동·타일 부착력 저하 등의 복합적 요인에 의한 것으로 판단되고 현 상태에서의 보수보다는 주의관찰이 요구된다.

⑤ 타일 균열

측벽부 Span. 32, 33에 타일 균열이 발생한 것으로 조사되었으며, 이는 콘크리트 라이닝의 횡균열이 타일부착부에 반사되어 나타나는 현상으로 손상정도가 경미하여 주의관찰이 요구된다.

2.2.3 터널 주변시설

가. 갱문

1) 현황

터널 외부의 시·종점부에 시공된 갱문은 터널 본체와의 접속 구조물로서 일반적으로 토피고가 낮으며, 외부환경에 노출되어 있어 주변환경의 영향을 많이 받는 터널의 기본시설물이다.

해운대터널(울산)의 갱문 형식은 시점부는 면벽식이고, 종점부는 원통절개식으로 시공되어 있는 것으로 확인되었다.



a. 시점부 갱문(면벽식) 전경



b. 종점부 갱문(원통절개식) 전경

<사진 2.2.7> 갱문 전경

2) 외관조사 결과

갱문 및 본선과의 접속부에 대한 외관조사결과, 구조물에 손상이 발생되지 않은 건전한 상태인 것으로 조사되었다.

<표 2.2.7> 갱문 손상현황

구분	상태양호
시점부	-
종점부	-
합계	-



a. 시점 갭문 면벽 상태양호



b. 종점 갭문 상태양호

<사진 2.2.8> 갭문 손상현황

3) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

시·종점 갭문에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 기 점검 및 금회 점검에서 손상이 발생하지 않은 건전한 상태로 조사되어 손상물량의 변동은 없는 것으로 검토되었다.

<표 2.2.8> 갭문 기 점검 결과와의 비교

구 분	결 합 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
갭문	상태양호	-	-	-	-	-

4) 검토의견

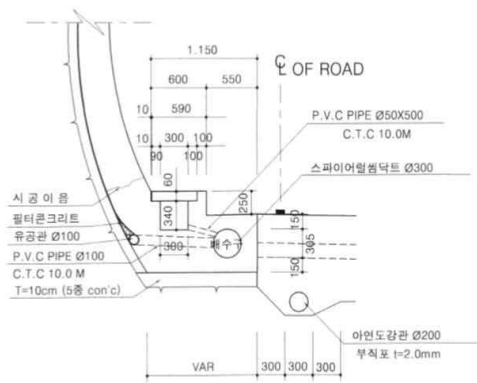
① 갭문 상태양호

시·종점에 시공된 갭문은 특이 손상이 발생되지 않은 건전한 상태이며, 현 상태를 지속적으로 유지할 수 있도록 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요구된다.

나. 배수시설

1) 현황

본 터널은 측면 배수방식을 채택한 배수형 터널로서 포장부 좌·우측에는 측구가 시공되어 유수가 시점에서 종점으로 흐르는 구배 경사를 이루고 일정 간격으로 집수구가 그레이팅 덮개로 설치되어있다.



a. 배수시설 상세도(측면 배수형)



b. 배수시설 집수구 전경

<사진 2.2.9> 배수시설 전경

2) 외관조사 결과

터널 내부 배수시설에 대한 외관조사결과, 측구에 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 망상균열, 파손이 조사되었으며, 그레이팅이 설치된 집수구의 내부에 이물질이 퇴적된 것으로 확인되었다.

<표 2.2.9> 배수시설 손상현황

구분	측구				집수구
	균열(0.3mm미만)	균열(0.3mm이상)	망상균열	파손	이물질 퇴적
	(m/EA)	(m/EA)	(m'/EA)	(m'/EA)	(EA)
S1	-	0.60 / 1	0.40 / 1	0.20 / 1	-
S2	-	0.50 / 1	-	-	2
S3	-	-	-	-	-
S4	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-
S6	0.60 / 1	-	-	-	-
S7	-	-	-	-	2
S8	-	0.60 / 1	-	-	-
S9	-	-	-	-	-

<표 2.2.9> 배수시설 손상현황(계속)

구분	측구				집수구
	균열(0.3mm미만)	균열(0.3mm이상)	망상균열	파손	이물질 퇴적
	(m/EA)	(m/EA)	(m ² /EA)	(m ² /EA)	(EA)
S10	-	0.60 / 1	-	-	-
S11	-	-	-	0.03 / 1	-
S12	-	-	-	-	-
S13	-	-	-	-	2
S14	-	-	-	-	-
S15	-	1.20 / 2	-	-	-
S16	-	-	-	-	-
S17	-	-	-	-	-
S18	-	-	-	-	2
S19	0.60 / 1	-	-	-	-
S20	0.60 / 1	-	-	-	-
S21	-	1.20 / 2	-	-	-
S22	0.60 / 1	-	-	-	-
S23	-	0.60 / 1	-	-	-
S24	-	-	-	-	2
S25	-	-	-	-	-
S26	-	-	-	-	-
S27	-	-	-	-	-
S28	-	0.60 / 1	-	-	-
S29	-	-	-	-	2
S30	-	-	-	-	-
S31	-	0.60 / 1	-	-	-
S32	-	-	-	-	-
S33	0.60 / 1	-	-	-	-
S34	-	-	-	-	-
S35	-	-	-	-	2
S36	0.60 / 1	-	-	-	-
S37	0.60 / 1	-	-	-	-
S38	0.60 / 1	-	-	-	-
S39	-	-	-	-	-
S40	-	-	-	-	2
S41	-	-	-	-	-
S42	-	-	-	-	-

<표 2.2.9> 배수시설 손상현황(계속)

구분	측구				집수구
	균열(0.3mm미만)	균열(0.3mm이상)	망상균열	파손	이물질 퇴적
	(m/EA)	(m/EA)	(m'/EA)	(m'/EA)	(EA)
S43	-	-	-	-	-
S44	-	-	-	-	-
S45	0.60 / 1	-	-	-	-
S46	-	-	-	-	2
S47	-	-	-	-	-
S48	-	-	-	-	-
S49	-	-	-	-	-
S50	0.60 / 1	-	-	-	-
S51	-	0.60 / 1	-	-	-
S52	-	-	-	-	2
S53	1.20 / 2	-	-	-	-
S54	-	-	-	-	-
S55	-	-	-	-	-
S56	-	-	-	-	-
S57	-	-	-	-	2
S58	-	-	-	-	-
S59	-	-	-	-	-
S60	-	-	-	-	-
S61	-	-	-	-	-
S62	-	-	-	-	-
S63	-	-	-	-	2
S64	0.60 / 1	-	-	-	-
S65	-	1.20 / 2	-	-	-
S66	-	-	-	-	-
S67	0.60 / 1	-	-	-	-
S68	0.60 / 1	0.60 / 1	-	-	2
S69	-	-	-	-	-
S70	-	-	-	-	-
S71	-	0.60 / 1	-	-	-
S72	-	-	-	-	-
S73	-	-	-	-	-
S74	-	-	-	-	2
S75	-	-	-	0.08 / 1	-
S76	-	-	-	-	-
합계	9.00 / 15	9.50 / 16	0.40 / 1	0.31 / 3	28



a. 측구 S11 파손



b. 측구 S15 균열(0.3mm미만)



c. 측구 S45 균열(0.3mm미만)



d. 집수구 S7 이물질 퇴적



e. 집수구 S13 이물질 퇴적



f. 집수구 S18 이물질 퇴적



g. 집수구 S57 이물질 퇴적



h. 집수구 S74 이물질 퇴적

<사진 2.2.10> 배수시설 손상현황

3) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

터널 내부 배수시설에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 기 조사된 손상부에 대한 보수가 시행되지 않은 것으로 확인되었으며, 기 점검시 누락된 측구 균열(0.3mm미만)이 추가로 조사되어 손상물량이 증가하였다. 또한 기 점검시 조사된 측구 균열(0.3mm이상)은 일부 기 물량산출 오류로 손상물량이 감소하였으며, 그 밖에 손상은 증·감이 없는 것으로 검토되었다.

<표 2.2.10> 배수시설 기 점검 결과와의 비교

구 분	결 합 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
배수시설	균열(0.3mm미만)	7.60	9.00	↑ 1.40	m	건조수축, 누락
	균열(0.3mm이상)	10.10	9.50	↓ 0.60	m	손상 오류
	망상균열	0.40	0.40	-	m ²	-
	파손	0.31	0.31	-	m ²	-
	토사퇴적	28	28	-	EA	-

4) 검토의견

① 측구 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상)

측구에서 조사된 균열은 콘크리트 경화시 수축과 구속의 영향으로 공동구에서 횡방향으로 발생하고 있으며, 점검일 현재 균열폭은 대부분 Cw=0.1~0.3mm의 균열로서 주의 관찰이 요구되고 향후 포장부 보수시에 일괄적으로 보수하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.

② 측구 파손

측구 파손은 포장부와 경계인 종방향 시공줄눈 주변 및 측구 균열에서 발생하였으며, 이는 온도변화에 따른 강성포장체의 신축거동, 공용중 차량의 충격하중, 손상부 동결융해작용 등의 요인에 의한 것으로 판단되고 손상이 심화되지 않도록 단면보수를 통한 유지관리가 요구된다.

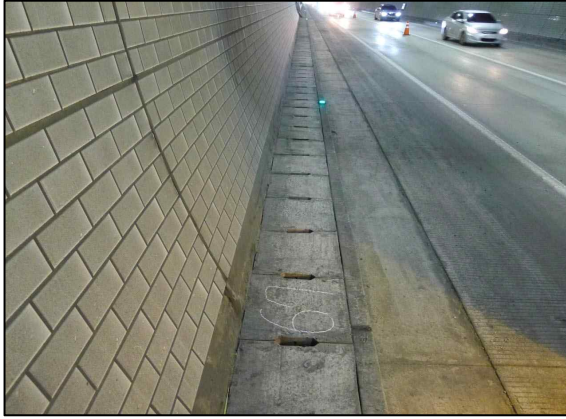
③ 집수구 이물질퇴적

집수구 상면에 설치된 그레이팅은 전반적으로 양호한 상태이나, 배수시설 내부는 환경적인 요인 등의 영향으로 이물질이 퇴적되고 있는 것으로 조사되었다. 배수시설 내부에 이물질이 지속적으로 유입될 시 배수 기능의 상실 우려되므로 원활한 배수처리를 위해 주기적인 준설 및 청소가 요구된다.

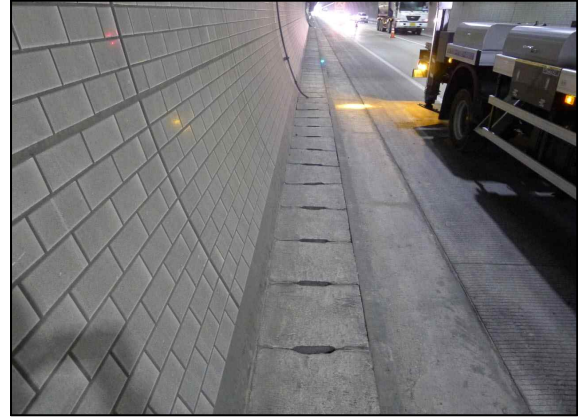
다. 공동구

1) 현황

본 터널의 공동구는 좌·우측에 시공되어 있으며, 공동구 내의 수용시설 보호 및 터널의 유지관리상 편의를 위하여 공동구 상부에는 콘크리트 덮개가 설치되어 있다.



a. 공동구 전경



b. 공동구 덮개 설치현황

<사진 2.2.11> 공동구 전경

2) 외관조사 결과

공동구에 대한 외관조사결과, 측면에 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 백태, 파손, 박락, 누수 흔적, 덮개 파손이 발생한 것으로 조사되었다.

<표 2.2.11> 공동구 손상현황

구분	균열		손상 및 열화				
	0.3mm미만	0.3mm이상	백태	파손	박락	누수흔적	덮개 파손
	(m/EA)	(m/EA)	(m ² /EA)	(m ² /EA)	(m ² /EA)	(m ² /EA)	(EA)
S1	-	0.70 / 2	-	0.09 / 1	-	-	1
S2	-	-	-	-	-	-	-
S3	-	-	-	-	-	-	-
S4	-	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-	-	-
S6	0.30 / 1	-	-	-	-	-	-
S7	-	0.30 / 1	-	-	-	-	-
S8	-	0.40 / 1	-	-	-	-	-
S9	-	-	-	-	-	-	1
S10	-	0.40 / 1	-	-	-	-	-
S11	-	0.40 / 1	-	-	-	-	-
S12	-	-	-	-	-	-	-
S13	-	-	-	-	-	-	-

<표 2.2.11> 공동구 손상현황(계속)

구분	균열		손상 및 열화				
	0.3mm미만	0.3mm이상	백태	파손	박락	누수흔적	덮개 파손
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(EA)
S14	-	-	-	-	-	-	-
S15	-	0.80 / 2	-	-	-	-	-
S16	-	-	-	-	-	-	-
S17	-	-	-	-	-	-	1
S18	-	-	-	0.10 / 1	-	-	-
S19	0.30 / 1	-	-	-	-	-	2
S20	0.60 / 1	-	-	-	-	-	-
S21	-	0.80 / 2	-	-	-	-	-
S22	0.40 / 1	-	-	-	-	-	-
S23	-	0.40 / 1	-	-	0.02 / 1	-	-
S24	-	0.40 / 1	-	-	-	-	-
S25	-	-	-	-	-	-	-
S26	-	-	-	0.12 / 1	-	-	-
S27	-	-	-	-	0.03 / 1	-	-
S28	0.30 / 1	-	-	-	-	-	-
S29	-	-	-	-	-	-	-
S30	-	-	-	-	-	-	-
S31	-	0.90 / 2	-	-	0.15 / 1	-	-
S32	-	-	0.15 / 1	-	-	0.01 / 1	-
S33	2.30 / 2	-	-	-	-	-	-
S34	-	-	-	-	-	-	-
S35	-	-	-	-	-	-	-
S36	-	-	-	-	-	-	-
S37	0.30 / 1	-	-	-	-	-	-
S38	0.30 / 1	-	-	-	-	-	-
S39	0.30 / 1	-	-	-	-	-	-
S40	-	0.30 / 1	-	-	-	-	1
S41	-	-	-	-	-	-	-
S42	-	-	-	-	-	-	-
S43	-	-	-	-	-	-	-
S44	-	-	-	-	-	-	-
S45	-	-	-	-	-	-	-

<표 2.2.11> 공동구 손상현황(계속)

구분	균열		손상 및 열화				
	0.3mm미만	0.3mm이상	백태	파손	박락	누수흔적	덮개 파손
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(EA)
S46	-	-	-	-	-	-	-
S47	-	-	-	-	-	-	-
S48	-	-	-	-	-	-	-
S49	-	-	-	-	-	-	-
S50	-	-	-	-	-	-	-
S51	-	0.30 / 1	-	-	-	-	-
S52	0.30 / 1	-	-	-	-	-	-
S53	-	-	-	-	-	-	-
S54	-	-	-	-	-	-	-
S55	-	-	-	-	-	-	-
S56	-	-	-	-	-	-	5
S57	-	-	-	-	-	-	-
S58	-	-	-	-	-	-	-
S59	-	-	-	-	-	-	-
S60	-	-	-	-	-	-	-
S61	-	-	-	-	-	-	-
S62	-	-	-	-	-	-	-
S63	-	0.40 / 1	-	-	-	-	-
S64	0.40 / 1	-	-	-	-	-	-
S65	-	0.80 / 2	-	-	-	-	-
S66	-	-	-	-	-	-	-
S67	0.40 / 1	-	-	-	-	-	-
S68	-	0.80 / 2	-	-	-	-	-
S69	-	-	-	-	-	-	1
S70	-	-	-	-	-	-	1
S71	-	0.40 / 1	-	-	-	-	-
S72	-	-	-	-	-	-	-
S73	-	-	-	-	-	-	-
S74	0.40 / 1	-	-	-	-	-	-
S75	-	-	-	-	-	-	1
S76	-	-	-	-	-	-	-
합계	6.60 / 14	8.50 / 22	0.15 / 1	0.31 / 3	0.20 / 3	0.01 / 1	13



a. 공동구 S1 측면 균열(0.3mm이상)



b. 공동구 S1 좌측 덮개 파손



c. 공동구 S6 측면 균열(0.3mm미만)



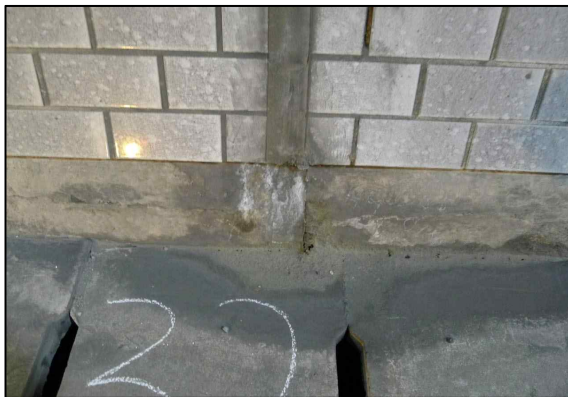
d. 공동구 S17 우측 덮개 파손



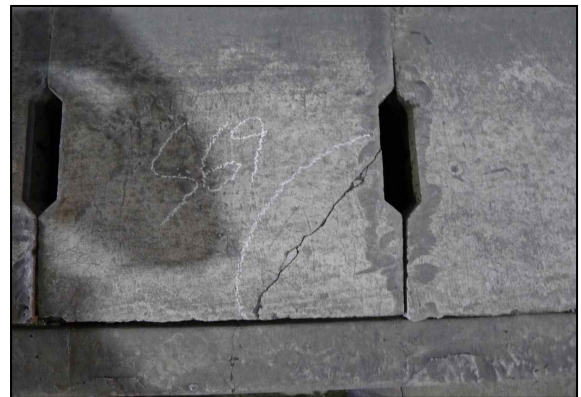
e. 공동구 S18 우측 파손



f. 공동구 S19 우측 덮개 파손



g. 공동구 S32(J32) 우측 백태, 누수흔적



h. 공동구 S69 우측 덮개 파손

<사진 2.2.12> 공동구 손상현황

3) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

공동구에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 기 조사된 손상에 대한 보수가 시행되지 않은 것으로 확인되었으며, 금회 점검시 누락된 손상으로 보여지는 측면 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상) 및 공용중 외력에 의한 공동구 덮개파손이 추가로 조사되어 손상물량이 증가하였다. 그 밖에 손상은 증·감이 없는 것으로 검토되었다.

<표 2.2.12> 공동구 기 점검 결과와의 비교

구 분	결 합 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전 (2021년) 정밀안전점검	금회 (2023년) 정밀안전점검			
공동구	균열(0.3mm미만)	3.90	6.60	↑ 2.70	m	건조수축, 누락
	균열(0.3mm이상)	7.70	8.50	↑ 0.80	m	기 점검시 누락
	백태	0.15	0.15	-	m ²	-
	파손	0.31	0.31	-	m ²	-
	박락	0.20	0.20	-	m ²	-
	누수흔적	0.01	0.01	-	m ²	-
	덮개 파손	15	16	↑ 1	EA	외부 충격

4) 검토의견

① 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상)

공동구 측면에서 다수 조사된 균열은 콘크리트 경화시 수축과 구속의 영향으로 수직 방향으로 발생하고 있으며, 점검일 현재 균열폭은 대부분 Cw=0.1~0.3mm의 균열로 조사되고 균열폭 Cw=0.3mm 이상의 균열에 대해서는 주입보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

② 파손

공동구 측면에서 발생한 파손은 주행차량의 충돌에 의한 손상으로 판단되며, 손상 정도는 경미하나 내구성 저하 방지를 위해 손상부에 대한 단면보수가 요구된다.

③ 백태, 누수흔적

Span. 32의 시공이음부에서 백태 및 누수흔적이 발생한 것으로 조사되었으며, 이는 콘크리트 라이닝 배면에서 유입된 침투수에 의한 손상으로 판단되고 점검일 현재 손상부는 건조한 상태로서 표면보수를 시행한 후 지속적인 점검을 통한 유지관리가 요구된다.

④ 덮개 파손

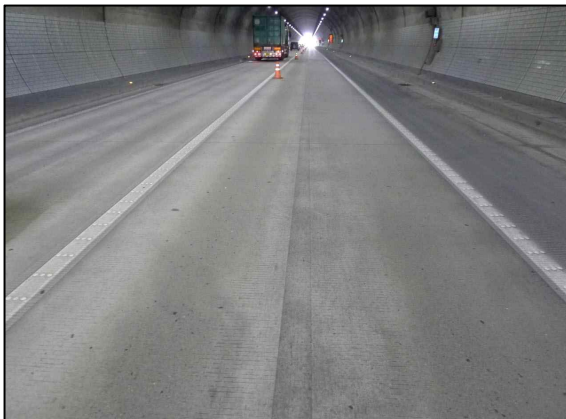
공동구의 덮개에서 조사된 파손은 덮개판 설치시 충격 및 공용중 외력에 의한 손상으로 판단되며, 유지관리시 점검자 및 관리자의 안전사고 발생 위험을 내재하고 있어 손상부에 대한 덮개 재설치가 요구된다.

라. 포장부

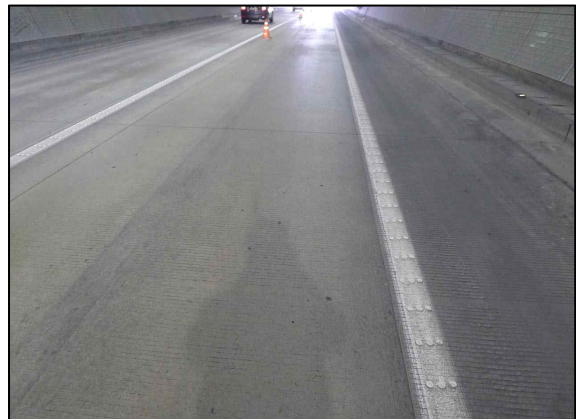
1) 현황

본 터널의 포장부는 주행차량의 안전운행 및 쾌적한 주행성을 제공하는 부재로 콘크리트 포장이 시공되어 있으며, 줄눈은 일정 간격으로 횡방향 및 종방향으로 설치되어 있다.

또한, 포장부의 설계도면 검토결과, 노반에서 동상방지층 180mm, 빈배합 콘크리트 150mm, 콘크리트 포장 300mm의 두께, -1.1%의 종단구배를 형성하는 것으로 검토되었다.



a. 포장부 전경



b. 콘크리트 포장 현황

<사진 2.2.13> 포장부 전경

2) 외관조사 결과

포장부에 대한 외관조사결과, 포장 균열 및 망상균열, 파손, 재료분리가 발생하고 있는 것으로 조사되었다.

<표 2.2.13> 포장부 손상현황

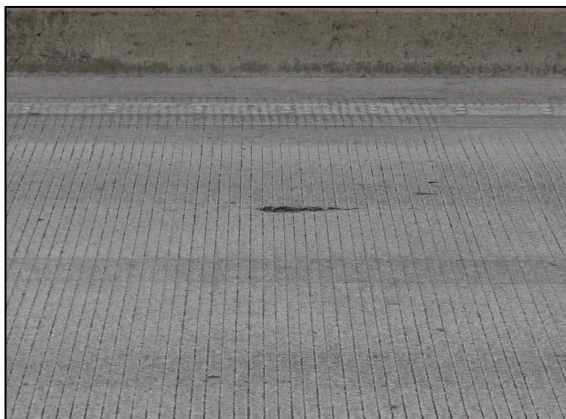
구분	포장균열	망상균열	파손	재료분리
	(m/EA)	(m'/EA)	(m'/EA)	(m'/EA)
S1	-	-	-	-
S2	-	-	-	-
S3	-	-	-	-
S4	-	-	-	-
S5	-	-	0.02 / 1	-
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-
S9	-	-	-	-
S10	-	-	-	-
S11	-	-	-	-
S12	-	-	-	-
S13	-	-	-	6.00 / 1
S14	-	-	-	-
S15	-	-	-	-
S16	-	-	-	-
S17	-	-	-	-
S18	-	-	0.24 / 4	-
S19	-	-	0.01 / 1	-
S20	-	-	-	-
S21	-	-	0.06 / 4	-
S22	-	-	-	-
S23	-	-	-	-
S24	-	-	0.10 / 2	-
S25	-	-	0.08 / 1	-
S26	-	-	0.01 / 1	-
S27	-	-	-	-
S28	6.00 / 2	-	0.15 / 5	-
S29	-	-	-	-
S30	-	-	-	-

<표 2.2.13> 포장부 손상현황(계속)

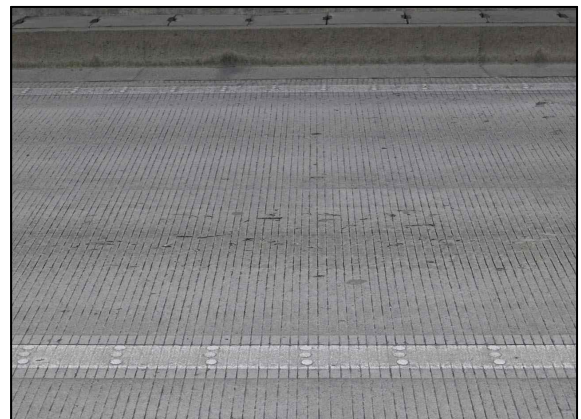
구분	포장균열	망상균열	파손	재료분리
	(m/EA)	(m'/EA)	(m'/EA)	(m'/EA)
S31	-	-	-	-
S32	-	-	-	-
S33	-	-	-	-
S34	-	-	-	-
S35	-	-	0.02 / 1	-
S36	-	-	-	3.00 / 1
S37	-	-	-	-
S38	-	-	-	-
S39	-	-	-	-
S40	-	-	-	-
S41	-	-	-	-
S42	-	-	-	-
S43	-	-	0.40 / 1	-
S44	-	-	-	-
S45	-	-	-	-
S46	-	-	0.06 / 1	-
S47	-	-	-	-
S48	-	-	-	-
S49	-	-	-	-
S50	-	-	-	-
S51	-	-	-	-
S52	-	-	-	-
S53	-	-	0.01 / 1	-
S54	-	-	0.06 / 4	-
S55	-	-	0.01 / 1	-
S56	-	-	0.01 / 1	-
S57	-	-	-	-
S58	-	-	-	-
S59	-	-	-	-
S60	-	-	-	-

<표 2.2.13> 포장부 손상현황(계속)

구분	포장균열	망상균열	파손	재료분리
	(m/EA)	(m ² /EA)	(m ² /EA)	(m ² /EA)
S61	-	-	-	-
S62	-	-	-	-
S63	-	-	0.02 / 1	-
S64	-	-	-	-
S65	-	-	-	-
S66	-	-	-	-
S67	-	-	0.04 / 1	-
S68	-	-	-	-
S69	-	-	-	-
S70	-	-	-	-
S71	-	-	-	-
S72	-	-	-	-
S73	-	-	-	-
S74	-	-	-	-
S75	-	13.50 / 1	-	-
S76	-	9.00 / 1	0.10 / 1	0.30 / 1
합계	6.00 / 2	22.50 / 2	1.40 / 32	9.30 / 3

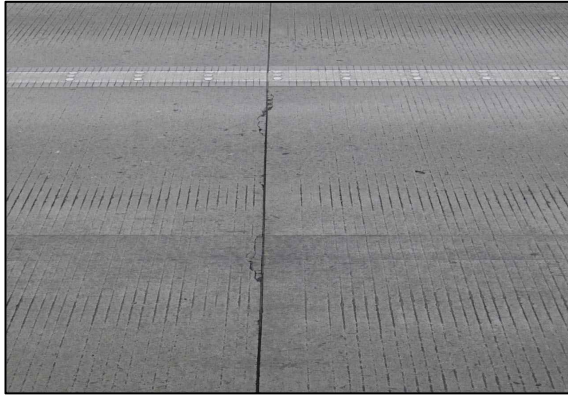


a. 포장부 S5 파손



b. 포장부 S13 재료분리

<사진 2.2.14> 포장부 손상현황



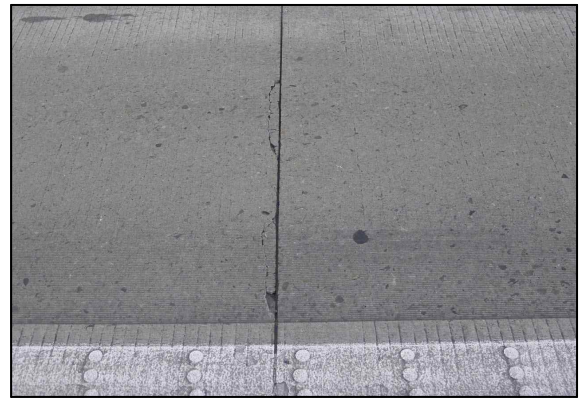
c. 포장부 S18 줄눈 주변 파손



d. 포장부 S19 파손



e. 포장부 S21 줄눈 주변 파손



f. 포장부 S24 줄눈 주변 파손



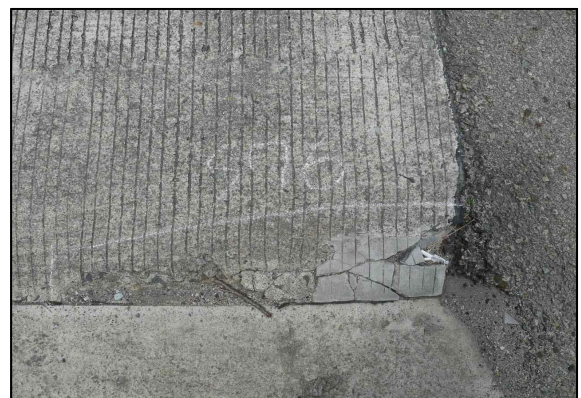
g. 포장부 S28 균열



h. 포장부 S36 재료분리



i. 포장부 S75 망상균열



j. 포장부 S76 파손

<사진 2.2.14> 포장부 손상현황(계속)

3) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

포장부에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 기 조사된 손상부에 대한 보수가 시행되지 않은 것으로 확인되었으며, 공용기간이 증가하면서 반복적인 차량 윤하중재하로 포장 균열 및 망상균열, 파손이 신규 및 추가로 발생하고 기 점검시 누락된 재료분리가 신규로 조사되어 손상물량이 증가하고 있는 것으로 검토되었다.

<표 2.2.14> 포장부 기 점검 결과와의 비교

구 분	결 합 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
포장부	포장균열	-	6.00	↑ 6.00	m	차량 윤하중재하
	망상균열	-	22.50	↑ 22.50	m ²	차량 윤하중재하
	파손	1.01	1.40	↑ 0.39	m ²	차량 윤하중재하
	재료분리	-	9.30	↑ 9.30	m ²	시공미흡, 누락

4) 검토의견

① 포장 균열, 망상균열

일부 구간에서 조사된 포장부 균열은 건조수축 및 온도변화, 공용중 반복적인 차량 윤하중 재하 등의 요인에 의한 손상으로 판단되며, 손상 정도가 경미하여 주의관찰이 요구된다.

② 포장 파손(줄눈 주변)

포장부에 설치된 줄눈 주변으로 파손이 국부적으로 발생하고 있으며, 이는 온도변화에 따른 강성포장체의 신축거동, 반복적인 차량 통행에 의한 하중 등의 요인에 의한 손상으로 판단된다. 금회 점검시 조사된 포장부 줄눈에 발생한 단면손상은 방치시 심화 및 증가할 것으로 예상되어 진행을 억제하고 차량의 주행성 및 안전성을 확보할 수 있도록 손상부 절삭 후 무수축콘크리트 타설을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

③ 파손(패임) 및 재료분리

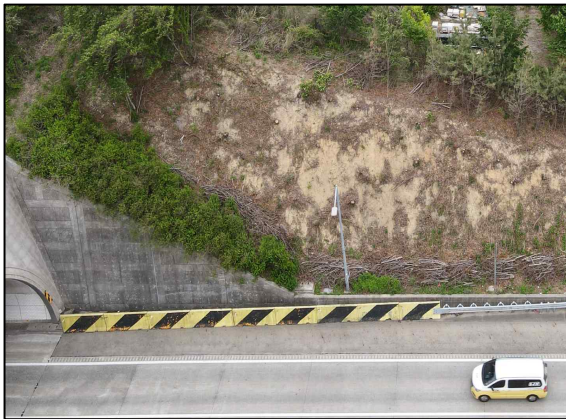
포장부에서 조사된 파손(패임), 재료분리는 콘크리트 타설시 품질관리미흡(배합 및 골재불량, 다짐미흡 등)에 의한 손상으로 판단되며, 향후 차량의 반복적인 통행에 의한 하중으로 마모, 골재 탈리 등의 손상이 발생할 수 있으므로 보수를 시행하여 유지관리하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.

2.2.4 부대시설

가. 갱구부 옹벽

1) 현황

본 터널의 시점부 갱문은 면벽식으로 갱구부 옹벽이 시점 좌측에 콘크리트로 시공되어 있으며, 옹벽 상단에는 배수처리를 위한 도수로가 설치된 것으로 확인되었다.



a. 시점부 우측 갱구부 옹벽 전경①



b. 시점부 우측 갱구부 옹벽 전경②

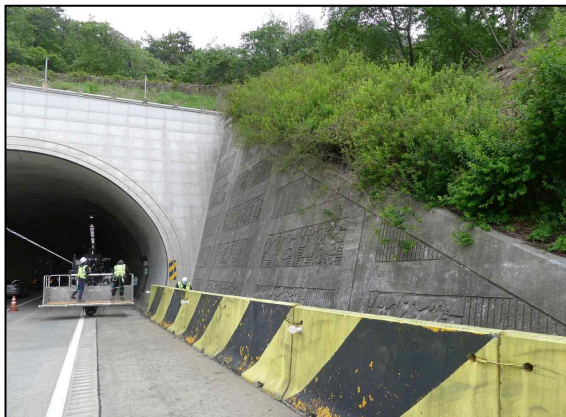
<사진 2.2.15> 갱구부 옹벽 전경

2) 외관조사 결과

갱구부 옹벽에 대한 외관조사결과, 손상이 발생하지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

<표 2.2.15> 갱구부 옹벽 손상현황

구분	상태양호
시점부	-
합계	-



a. 갱구부 옹벽(시점 우측) 상태양호①



b. 갱구부 옹벽(시점 우측) 상태양호②

<사진 2.2.16> 갱구부 옹벽 손상현황

3) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

갱구부 옹벽에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 기 점검 및 금회 점검에서 손상이 발생하지 않은 건전한 상태로 조사되어 손상물량의 변동은 없는 것으로 검토되었다.

<표 2.2.16> 갱구부 옹벽 기 점검 결과와의 비교

구 분	결 합 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
옹벽	상태양호	-	-	-	-	-

4) 검토의견

① 갱구부 옹벽 상태양호

시점의 우측에 시공된 갱구부 옹벽은 특이 손상이 발생하지 않은 건전한 상태이며, 현 상태를 지속적으로 유지할 수 있도록 주의관찰이 요구된다.

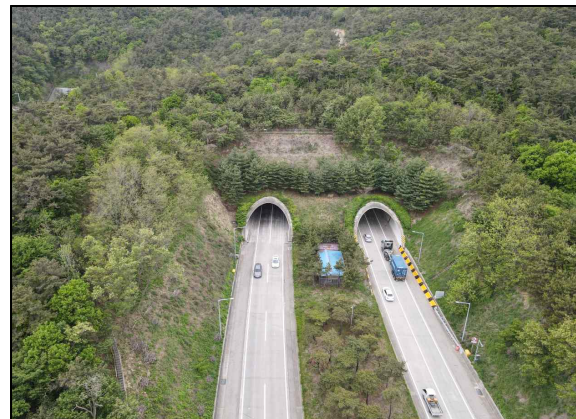
나. 사면

1) 현황

시점 및 종점에는 터널 시공을 위해 절취된 사면이 있으며, 사면의 표면보호를 위해 식생공이 시공된 상태이고 점검을 위한 점검계단이 설치된 것으로 확인되었다.



a. 시점부 사면 전경



b. 종점부 사면 전경

<사진 2.2.17> 사면 전경

2) 외관조사 결과

사면에 대한 외관조사결과, 종점부에 휨스 파손이 발생한 것으로 조사되었다.

<표 2.2.17> 사면 손상현황

구분	웬스 파손 (m/EA)
시점부	-
종점부	2.00 / 1
합계	2.00 / 1



a. 종점부 웬스 파손



b. 시점부 사면 표면보호공 상태양호



c. 종점부 사면 표면보호공 상태양호



d. 사면 내 점검계단 및 웬스 설치현황

<사진 2.2.18> 사면 손상현황

3) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

사면에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 기 조사된 손상부에 대한 보수가 시행되지 않은 것으로 확인되었으며, 금회 점검시 신규 및 추가 손상이 조사되지 않아 손상물량의 변동은 없는 것으로 검토되었다.

<표 2.2.18> 사면 기 점검 결과와의 비교

구 분	결 합 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
사면	웬스 파손	2.00	2.00	-	m	-

4) 검토의견

① 사면 표면보호공 상태양호

사면의 표면보호를 위해 시공된 녹생토는 전반적으로 식생 활착이 양호한 상태로 조사되어 주의관찰이 요구된다.

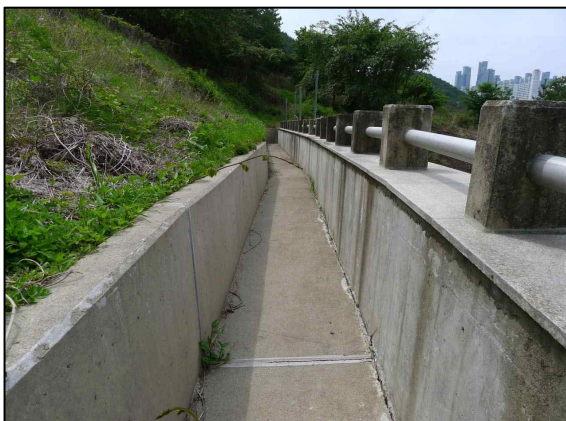
② 웬스 파손

사면 내에 웬스가 일부 구간에 설치되어 있는 것으로 확인되었으며, 공용중 외력에 의한 웬스가 일부 파손된 것으로 조사되었다. 사면에 설치된 웬스는 야생 동물이 고속도로로 진입하지 못하게 하여 주행중인 차량의 안전사고를 예방하기 위한 야생동물유도울타리로서 웬스 파손에 대한 부분적인 보수가 요구된다.

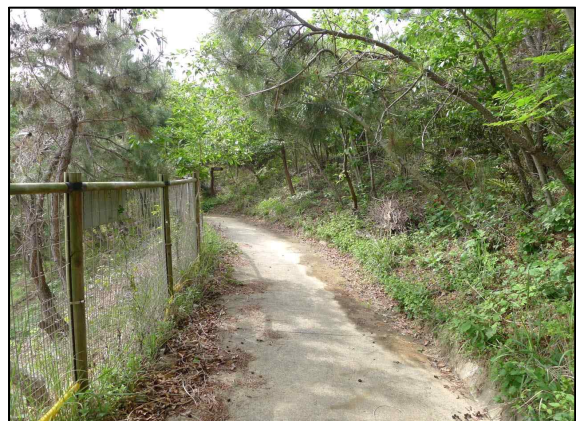
다. 터널 외부배수로

1) 현황

본 터널의 시점 갱구부 및 용벽 상단에 배수로, 사면 소단배수로가 시공되어 있으며, 강우나 강설 등에 의한 지표수의 구조물 내 유입을 막고 용벽 및 사면의 안전성을 확보할 목적으로 시공되었다.



a. 시점 갱구부 상단 배수로 전경



b. 중점부 사면 소단 배수로

<사진 2.2.19> 터널 외부배수로

2) 외관조사 결과

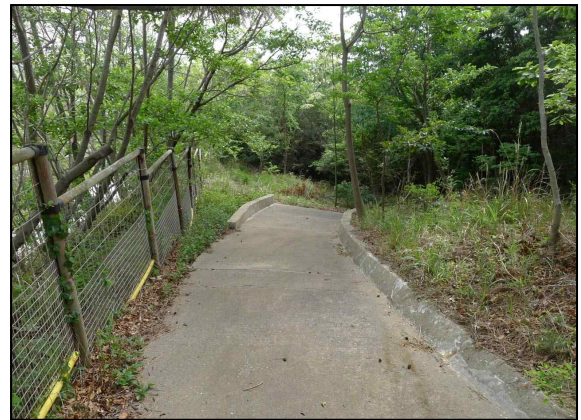
터널 외부배수로에 대한 외관조사결과, 시점 갱구부 상단에 설치된 도수로에서 재균열(0.3mm이상)이 1개소 발생한 것으로 조사되었다.

<표 2.2.19> 터널 외부배수로 손상현황

구분	도수로 재균열(0.3mm이상) (m/EA)
시점부	1.00 / 1
종점부	-
합계	1.00 / 1



a. 시점 도수로 재균열(0.3mm이상)



b. 종점부 사면 소단 배수로 상태양호

<사진 2.2.20> 터널 외부배수로 손상현황

3) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

터널 외부배수로에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교 결과, 시점 갱구부 상단 도수로에 보수미흡에 의한 균열(0.3mm이상)이 재노출된 것으로 조사되어 손상물량이 증가한 것으로 검토되었다.

<표 2.2.20> 터널 외부배수로 기 점검 결과와의 비교

구분	결함내용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
외부 배수로	도수로 재균열(0.3mm이상)	-	1.00	↑ 1.00	m	보수미흡, 재손상

4) 검토의견

① 도수로 재균열(0.3mm이상)

시점 갭문 상단부에 설치된 도수로에서 조사된 균열은 균열부위에 대한 보수 미흡(표면보수층의 두께 부족, 부분 미충진 등의 충전불량)으로 인한 표면 보수재 경화로 균열이 재노출된 것으로 판단되며, 손상부는 균열폭(0.3mm미만: 표면보수, 0.3mm이상: 주입보수)에 따른 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

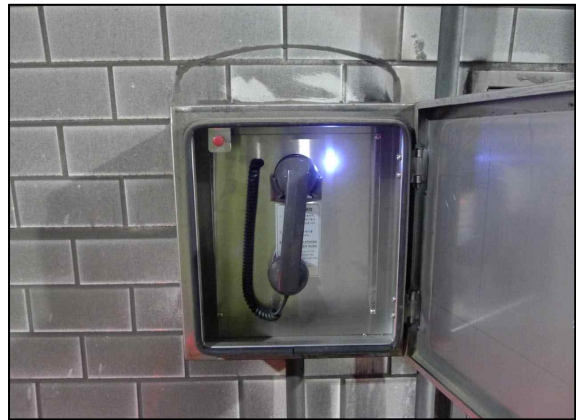
2.2.5 기타 부속시설

가. 현황

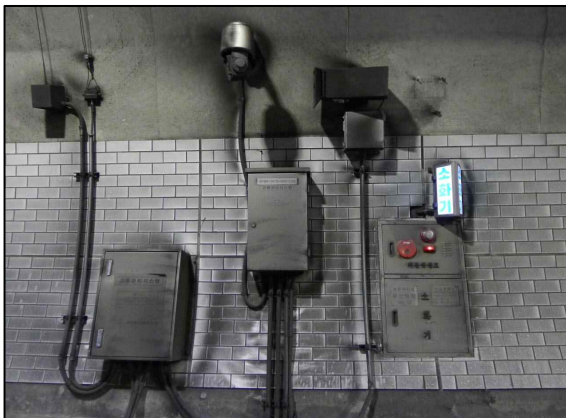
본 터널의 내부에는 조명시설, 소화시설, 비상전화시설, 비상구 표시등, CCTV 등이 설치 및 비치되어 있으며, 공용 중 발생할 수 있는 기타 부속시설의 외관상태 등에 대하여 주안점을 두고 조사를 시행하였다.



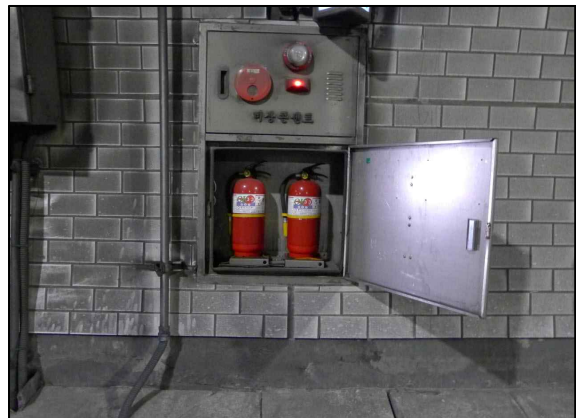
a. 비상구 표시등 설치현황



b. 비상전화시설 설치현황

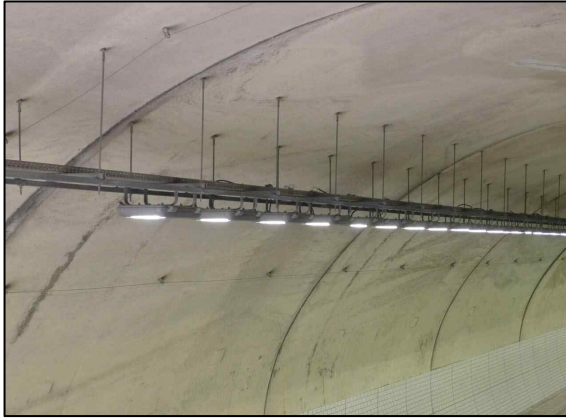


c. 터널 내부 CCTV 설치현황



d. 소화시설 비치현황

<사진 2.2.21> 기타 부속시설 전경



e. 조명시설 설치현황



f. 교통안내 표지판 설치현황

<사진 2.2.21> 기타 부속시설 전경(계속)

나. 외관조사 결과

기타 부속시설에 대한 외관조사결과, 내부에 설치 및 비치된 부속시설의 외관 및 관리상태는 양호한 것으로 확인되었다.

<표 2.2.21> 기타 부속시설 손상현황

구분	상태양호
-	-
합계	-

다. 기 점검·진단 결과와 비교·분석

기타 부속시설에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 손상이 발생하지 않은 양호한 상태로 손상물량의 변동은 없는 것으로 검토되었다.

<표 2.2.22> 기타 부속시설기 점검 결과와의 비교

구분	결함내용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
부속시설	상태양호	-	-	-	-	-

라. 검토의견

① 기타 부속시설 상태양호

본 터널의 내부에 설치된 부속시설의 설치상태가 양호하고 시설물의 사용성을 저해할만한 문제점은 없는 것으로 판단되며, 공용중 부속시설의 상태변화 및 제기능 확보에 대한 지속적인 관찰 및 점검이 요구된다.

2.2.6 공중이 이용하는 부위

가. 현황

터널 시설물에 공중이 이용하는 부위가 해당되는지 여부를 확인하고, 해당 부위의 결함조사 실시 및 상태평가 후 공중의 안전에 영향을 미치는 것으로 인정되는 대통령령으로 정하는 중대한 결함 등이 발견된 경우 관리주체에게 통보하여야 한다.

<표 2.2.23> 공중이 이용하는 부위의 적용 범위

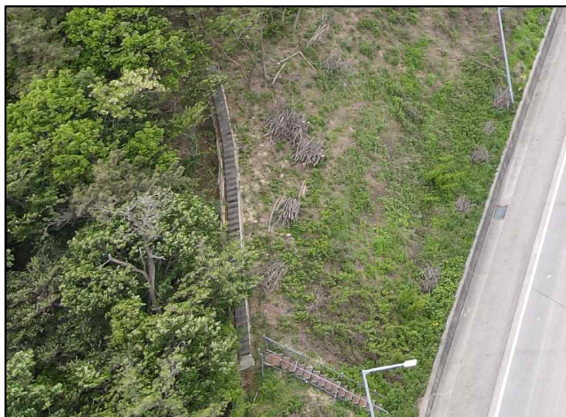
구 분	부재명	금회 대상 부재	비고
공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설	사면 내 점검계단	
	◦ 도로포장	콘크리트 포장 (L=680.0m)	
	◦ 도로부 신축이음부	해당없음	
	◦ 환기구 등의 덮개	공동구 덮개	

※조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사망도 및 사진대지를 작성하여 「법」 제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

나. 추락방지시설

1) 외관조사 및 검토의견

터널의 시·종점 사면에 안전점검 및 유지관리를 위하여 점검계단이 설치되어 있으며, 외관조사결과 연결부 체결상태 및 고정상태는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었으나, 외기 노출부재의 특성상 지속적인 수분점착으로 경미한 부식이 발생하여 주의관찰이 요구된다. 금회 조사된 손상은 기능에 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태로 중대한 결함은 없는 것으로 조사·검토되었다.



a. 사면 내 점검계단 설치현황, 경미한 부식



b. 사면 내 점검계단 설치현황

<사진 2.2.22> 추락방지시설 손상현황

다. 도로포장

1) 외관조사 및 검토의견

본 해운대터널(울산)은 총 연장 680.0m로 콘크리트 포장이 시공되어 있으며, 포장균열 및 망상균열, 파손, 재료분리 등의 손상이 조사되었으며, 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아닌 것으로 검토되었다. 금회 조사된 손상은 일부 보수가 요구되나, 중대한 결함은 발생하지 않은 것으로 검토되었다.

※ 도로포장부에 대한 세부 외관조사 내용은 『시설물편 2장 2.2.3 포장부』에 상세히 기술하였음.



a. 포장부 S21 줄눈 주변 파손



b. 포장부 S36 재료분리

<사진 2.2.23> 도로포장 손상현황

라. 환기구 등의 덮개

1) 외관조사 및 검토의견

본 공동구의 상부에는 콘크리트 덮개가 설치되어 시설물의 안전점검 및 유지관리자가 이용하고 있어 공중이 이용하는 부위에 대한 점검결과 덮개 파손이 발생한 것으로 조사되었으며, 덮개 손상으로 유지관리시에 안전사고 발생 위험을 내재하고 있어 손상부에 대한 일부 보수가 필요한 상태로 검토되었다.

또한, 포장부 좌·우측에는 측구가 시공되어 일정한 간격으로 집수구가 위치하고 상면에는 철재 그레이팅 덮개가 설치된 것으로 확인되었다. 배수시설의 그레이팅 덮개는 차량 이동 구간에 인접하게 설치된 상태이며, 공용중 덮개 유실, 지지상태 불량 등으로 주행차량의 안전사고 발생 가능성이 있어 공중이 이용하는 부위에 포함하였다. 그레이팅 덮개에 대한 점검결과 덮개의 지지상태는 양호하였으며, 덮개 유실 등의 손상이 발생하지 않은 상태로 지속적인 점검을 통한 주의관찰이 요구된다.

※ 환기구 등의 덮개에 대한 세부 외관조사 내용은 『시설물편 2장 2.2.3 배수시설 및 공동구』에 상세히 기술하였음.



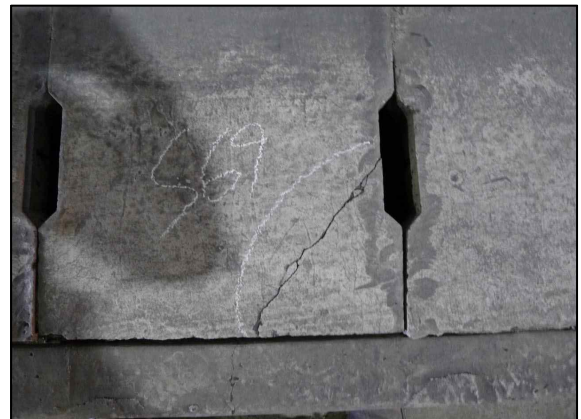
a. 공동구 S2 좌측 덮개 파손



b. 공동구 S17 우측 덮개 파손



c. 공동구 S19 우측 덮개 파손



d. 공동구 S69 우측 덮개 파손



e. 집수구 S18 그레이팅 덮개 양호



f. 집수구 S57 그레이팅 덮개 양호

<사진 2.2.24> 환기구 등의 덮개 손상현황

2.2.7 유해·위험요인(10대) 위험요소 점검결과

가. 개요

공중이용시설의 중대시민재해 유발 가능성이 높은 유해·위험요소를 선정하여 집중관리 함으로써 국민의 안전을 도모하는 목적이 있다.

<표 2.2.24> 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	
터널접속부 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	

나. 점검결과

본 과업대상 해운대터널(울산)은 중대시민재해를 유발할 수 있는 위험요소로 낙하물(고드름 낙하사고), 콘크리트 열화(터널 배수구 뚜껑파손) 등의 항목이 해당된다.

공중이용시설 10대 위험요소 중 터널에 해당하는 항목에 대한 점검결과, 본 터널은 포장부 좌·우측에 측구를 시공하여 일정간격으로 집수구(그레이팅 덮개)가 설치되어 있으며, 일부 균열 및 파손 등의 손상이 확인되었지만, 재해를 유발할 정도의 손상은 아닌 것으로 검토되었다. 또한 터널의 입·출구부의 라이닝의 누수는 없는 상태이며, 향후 소형결함으로도 재해 발생 가능성이 있으므로 유해·위험요인이 있는 취약시설물에 대한 중점관리 및 예방차원의 긴급보수·보강 등의 유지관리가 요구된다.

<표 2.2.25> 공중이용시설 10대 위험요소(터널)

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



a. 시점부 갯문 상태양호



b. 종점부 갯문 상태양호



c. 천단부 상태양호(누수 없음)



d. 배수시설 상태양호

<사진 2.2.25> 유해·위험요인 손상현황

2.2.8 기 점검결과와 비교

기 실시한 정밀안전점검(2021. 08)과 금회 실시한 정밀안전점검과 비교결과 라이닝의 균열(0.3mm 이상), 철근노출에 대한 보수를 시행하여 균열(0.3mm 이상), 철근노출이 감소하였으며, 준공 후 공용년수 증가로 인한 노후화, 시공미흡, 공용중 외부충격, 기 점검시 조사 누락 등의 요인으로 손상이 일부 부재에서 증가하는 것으로 검토되었다. 본 터널은 유지관리 차원의 점검 및 보수를 실시하여 시설물의 내구성 및 안전성을 확보해야 할 것으로 판단된다.

<표 2.2.26> 기 점검결과와의 비교

구 분	결 합 내 용	이전 (2021년) 정밀안전점검	금회 (2023년) 정밀안전점검	손상물량 비교	단위	증감원인
천단부	균열, 재균열(0.3mm미만)	5.50	10.00	↑ 4.50	m	기 점검시 누락
	균열, 재균열(0.3mm이상)	311.50	10.00	↓ 301.50	m	보수
	균열부백태(0.3mm미만)	-	1.00	↑ 1.00	m	보수부 재손상
	박락, 보수부 박락	0.21	0.48	↑ 0.27	m ²	시공미흡, 누락
	철근노출	0.01	-	↓ 0.01	m ²	보수
측벽부	균열(0.3mm미만)	85.40	92.60	↑ 7.20	m	기 점검시 누락
	균열(0.3mm이상)	17.50	1.50	↓ 16.00	m	보수
	망상균열	5.45	6.25	↑ 0.80	m ²	건조수축, 누락
	백태	1.25	1.25	-	m ²	-
	누수흔적	0.20	-	↓ 0.20	m ²	손상 없음
	타일 균열	17	17	-	EA	-
	타일 탈락	30	30	-	EA	-
갯문	상태양호	-	-	-	-	-
배수시설	균열(0.3mm미만)	7.60	9.00	↑ 1.40	m	건조수축, 누락
	균열(0.3mm이상)	10.10	9.50	↓ 0.60	m	손상 오류
	망상균열	0.40	0.40	-	m ²	-
	파손	0.31	0.31	-	m ²	-
	토사퇴적	28	28	-	EA	-
공동구	균열(0.3mm미만)	3.90	6.60	↑ 2.70	m	건조수축, 누락
	균열(0.3mm이상)	7.70	8.50	↑ 0.80	m	기 점검시 누락
	백태	0.15	0.15	-	m ²	-
	파손	0.31	0.31	-	m ²	-
	박락	0.20	0.20	-	m ²	-
	누수흔적	0.01	0.01	-	m ²	-
	덮개 파손	15	16	↑ 1	EA	외부 충격
포장부	포장균열	-	6.00	↑ 6.00	m	차량 윤하중재하
	망상균열	-	22.50	↑ 22.50	m ²	차량 윤하중재하
	파손	1.01	1.40	↑ 0.39	m ²	차량 윤하중재하
	재료분리	-	9.30	↑ 9.30	m ²	시공미흡, 누락
옹벽	상태양호	-	-	-	-	-
사면	웬스 파손	2.00	2.00	-	m	-
외부 배수로	도수로 재균열(0.3mm이상)	-	1.00	↑ 1.00	m	보수미흡, 재손상
부속시설	상태양호	-	-	-	-	-

2.3 내구성조사

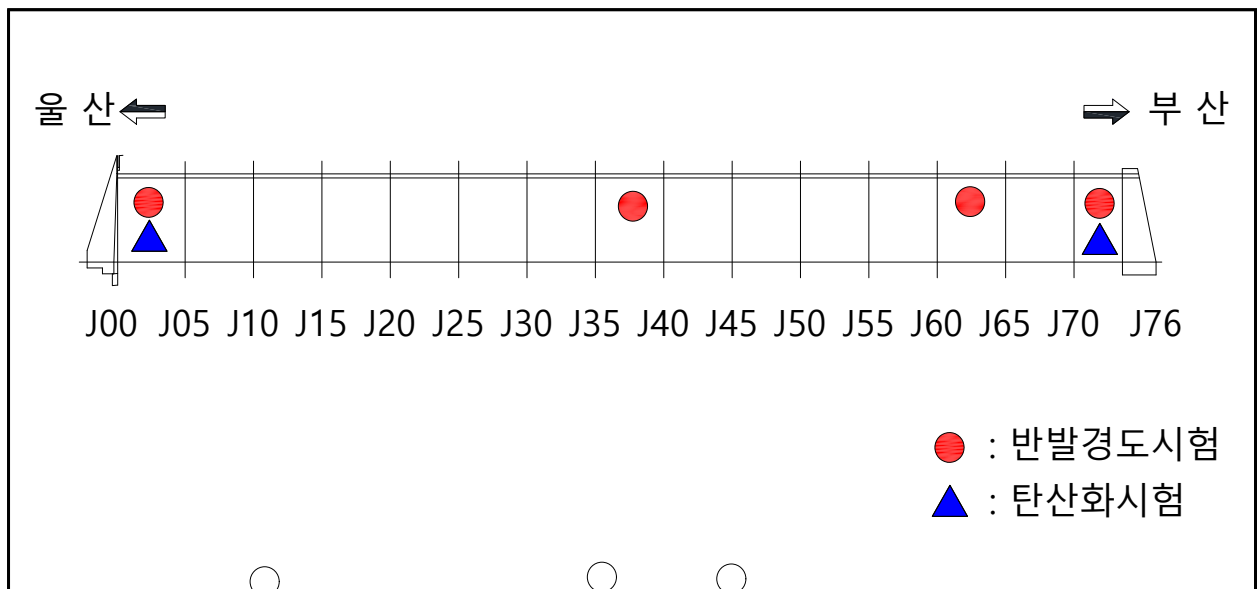
2.3.1 시험 현황

대상 구조물에 대한 콘크리트의 품질상태, 강도 등을 파악하기 위하여 필요한 현장시험을 수행하였으며, 콘크리트 강도는 반발경도시험을 수행하여 콘크리트의 비파괴강도를 추정하고, 철근탐사시험을 통해 탄산화시험에 필요한 피복두께를 실측하여 자료를 수집하였다.

반발경도시험, 철근탐사시험 등은 시험과정에서 콘크리트 부재에 전혀 손상을 주지 않으므로 가급적 단면력이 크게 발생하는 부위로서 구조물을 대표할 수 있는 위치를 선정하여 콘크리트의 품질확보 정도를 확인할 수 있도록 하였으며, 비파괴시험 성과물은 부록에 수록하였다.

<표 2.3.1> 콘크리트 비파괴시험 총괄표

구분	세부지침 기준	기준수량	금회 시험수량
반발경도시험	• 총수량 = (총연장 ÷ 300m)개소	2	4
탄산화 깊이측정	• 총연장 1,000m미만 : 2개소 • 총연장 1,000m이상 : 최소2개소+1,000m당 1개소 추가	2	2
철근탐사시험	• 탄산화 깊이측정 시 실측 철근 피복측정	-	2



<그림 2.3.1> 비파괴시험 위치도

2.3.2 시험결과 및 분석

가. 반발경도시험

반발경도시험은 표면에 곰보, 공극, 노출된 자갈 등이 있는 부위들은 측정위치에서 제외하였으며, 콘크리트 표면의 요철, 부착물, 분말 등은 그라인딩으로 제거하여 실시하였다. 또한, 반발경도 측정값은 각 측정부위에 따라 타격방향, 표면의 건습상태, 재령 등에 의한 보정을 한 후 콘크리트 강도를 추정하였다.

반발경도 시험법에 의한 비파괴강도는 콘크리트 라이닝에 대하여 외관상 건전부위와 불량부위를 선정하여 실시하였으며, 그 결과는 다음 표와 같다.

<표 2.3.2> 콘크리트 라이닝 비파괴 강도 측정결과 [단위 : MPa]

시 험 위 치	비파괴시험	반발경도법	
	반발경도 (R_0)	일본재료학회	일본건축학회
Span. 01 라이닝(건전부)	45.8	25.4	26.8
Span. 38 라이닝(건전부)	46.5	25.9	27.1
Span. 62 라이닝(건전부)	46.0	25.5	26.9
Span. 76 라이닝(비건전부)	46.3	25.8	27.0
평균(MPa)		25.6	26.9
표준편차		0.2	0.1
변동계수		0.7	0.3
M A X		25.9	27.1
M I N		25.4	26.8

주) 대상시설물의 콘크리트 라이닝은 전반적으로 양호한 상태로 조사되어 비건전부위는 종점 갱구부의 형식이 원통절개형으로 환경적인 요인(우수 및 표면수 유입, 동결융해작용, 온도변화 등)에 의해 콘크리트 라이닝 표면이 열화될 가능성이 있어 Span. 76를 가장 취약한 부분으로 판단하여 선정하였다.

<표 2.3.3> 해운대터널(울산) 비파괴 강도 측정결과

[단위 : MPa]

부재	종류	시험압축강도 (A)	설계기준강도 (B)	(A/B)×100 (%)
콘크리트 라이닝	건전부	26.8~27.1	24.0	112~113
	비건전부	27.0	24.0	113

주) 설계기준강도(24.0MPa)는 준공도서를 검토하여 활용

콘크리트 비파괴 시험결과 라이닝의 비파괴 강도는 건전부 26.8~27.1MPa, 비건전부 27.0MPa로 측정되었으며, 비건전부/건전부를 비교평가 결과 99~100%로 건전부 대비 큰 차이를 보이는 않는 것으로 검토되었다. 또한, 설계강도값과 비교평가 결과 설계기준강도 (24.0MPa) 대비 100%이상을 확보하고 있는 것으로 측정되어 피복콘크리트의 내구성능은 양호한 상태로 검토되었다.



a. 표면요철제거 현황



b. 반발경도시험 현황

<사진 2.3.1> 반발경도시험 현황

2.3.3 탄산화시험

본 구조물에서는 측정위치에 타정공구 및 드릴을 이용하여 국부적으로 파손시킨 면에 페놀프탈레인 용액을 지시약으로 사용하는데, 이는 알칼리성 콘크리트의 탄산화가 진행된 면에서는 무색으로 변화가 없는 무색의 깊이가 곧 탄산화 진행 깊이가 된다. 구조물의 내구성에 영향이 없는 부위에는 코어시편을 채취하여 탄산화 깊이를 측정하였으며, 측정결과는 다음 표와 같다.

$$C = A\sqrt{t}$$

여기서, C : 탄산화깊이(mm) → 탄산화 잔여깊이

A : 탄산화 속도계수

t : 콘크리트 타설 후 경과된 시간(년)

<표 2.3.4> 탄산화 깊이의 측정결과

시험위치		탄산화 깊이(mm) (C)	공용년수 (t)	탄산화 속도계수 (A)	탄산화 잔여깊이 (mm)	잔존수명 (td)	이론 탄산화깊이 (mm)
라이닝	Span. 01 라이닝	5.5	15	1.42	53.5	100년 이상	11.11
	Span. 75 라이닝	4.7	15	1.21	57.3	100년 이상	11.11

- ※ A = 탄산화깊이 / $\sqrt{(\text{경과년수} : 15\text{년})}$
 ※ 잔존수명 = (탄산화 잔여깊이 / A)²
 ※ 이론깊이:岸谷式에 의한 탄산화 이론깊이(w/c : 0.55, R : 1 적용)
 ※ 피복두께는 시험위치에서 측정하였으며, 그 결과자료는 부록에 첨부

본 과업에서 탄산화에 의한 수명 평가는 경과년수와 탄산화깊이와의 관계를 통해 탄산화 속도계수를 역추적하여 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하였다. 앞서 언급한 식 $C=A\sqrt{t}$ 에서 준공 후 현재까지의 경과년수 t는 설계도로부터 구할 수 있고 탄산화 깊이 C는 현장조사를 통하여 얻을 수 있으므로 탄산화 속도계수 A를 계산할 수 있다. 측정결과 이론 탄산화깊이(11.11mm)보다 적은 값으로 측정되었으며, 모든 측정부재에서 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간을 추정한 결과 100년 이상으로 탄산화에 의한 철근부식은 없을 것으로 판단된다.



<그림 2.3.2> 탄산화 깊이측정 결과분석



a. 탄산화시험부 부재 천공 현황



b. 탄산시험부 변색유무 확인



c. 탄산화깊이 측정현황



d. 탄산화시험부 피복두께 측정현황

<사진 2.3.2> 탄산화시험 현황

2.3.4 기 점검결과와 비교

가. 비파괴강도

<표 2.3.5> 기 점검결과와 비파괴강도 비교

[단위:MPa]

구 분	콘크리트 라이닝	비교
2019년 정밀안전점검	27.2 ~ 28.5	
2021년 정밀안전점검	27.6 ~ 28.5	
금회 정밀안전점검	26.8 ~ 27.1	

기 실시한 정밀안전점검과의 비파괴강도 비교결과 측정위치, 표면요철 및 습윤상태 등에 의한 미소한 차이는 있으나 비파괴강도의 저하는 없는 것으로 검토되었다.

나. 탄산화깊이

<표 2.3.6> 기 점검결과와 탄산화 비교

[단위:mm]

구 분	콘크리트 라이닝		비교
	탄산화깊이	잔여깊이	
2019년 정밀안전점검	7.5 ~ 11.4	32.6 ~ 54.5	
2021년 정밀안전점검	5.1 ~ 5.8	57.2 ~ 59.9	
금회 정밀안전점검	4.7 ~ 5.5	53.5 ~ 57.3	

기 실시한 정밀안전점검과의 탄산화깊이 비교결과 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (2022.12)” 건전성 평가기준(탄산화 잔여깊이 30mm이상: a등급)에 준하여 향후 탄산화에 의한 철근 부식의 가능성은 없을 것으로 판단된다.

2.4 종합평가

2.4.1 상태평가

본 터널은 기본시설물과 부대시설물을 구분하여 상태평가기준을 적용하였으며, 상태평가를 위한 단위는 터널 라이닝의 시공이음 및 신축이음, 철근과 무근 경계, 단면변화로 인한 경계 등을 고려하여 쉬트(Sheet)를 30m 전·후로 선정하였다.

터널 상태평가등급 산정과정은 외관조사 및 내구성시험으로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022.12)」의 상태평가 기준에 따라 시설물의 상태를 정량적이고 객관적으로 신뢰성 있는 평가결과를 도출하였으며, 본 터널의 상태평가 결과는 다음 표와 같다.

가. 기본시설물 상태평가

1) 철근콘크리트 라이닝 상태평가

① 라이닝 결함지수 산정

<표 2.4.1> 라이닝 결함지수 산정(철근콘크리트 라이닝)

Sheet No.	면적 (㎡)	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						결함점수 합계	라이닝 결함 지수
					박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화		
1-2	508.30	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.147
3-4	538.20	4	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0.147
73-74	538.20	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.117
75-76	448.50	4	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0.147
평균	-	4.250	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	4.750	0.139

주) 라이닝 결함지수(f) = (Σ결함점수 / 총점 34)를 적용, 염화물 시험(선택과업) 미 실시

② 라이닝 상태평가결과 산정

<표 2.4.2> 라이닝 상태평가결과 산정(철근콘크리트 라이닝)

Sheet No.	면적 (㎡)	균열		누수		파손 및 손상				박리		박락		백태		재료 분리		철근 노출		탄산화	
		균열 폭 (mm)				손상도 (%)	손상 면적 (㎡)	깊이 (mm)	깊이 (mm)	면적율 (%)	면적율 (%)	면적율 (%)	면적율 (%)	면적율 (%)	면적율 (%)	잔여 깊이 (mm)					
1-2	508.30	0.3	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0.01	b	0	a	0	a	53.5	a
3-4	538.20	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	15.0	c	0	a	0	a	0	a	-	-
73-74	538.20	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	-	-
75-76	448.50	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	15.0	c	0.14	b	0	a	0	a	57.3	a

주) 파손 및 손상의 상태평가 = 손상도 및 손상면적 중 낮은 값을 선정

2) 무근콘크리트 라이닝 상태평가

① 라이닝 결함지수 산정

<표 2.4.3> 라이닝 결함지수 산정(무근콘크리트 라이닝)

Sheet No.	면적 (m')	균열	누수	파손 및 손상	재질열화				결함점수 합계	라이닝 결함지수
					박리	박락	백태	재료 분리		
5-7	807.30	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
8-10	807.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
11-13	807.30	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
14-16	807.30	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
17-19	807.30	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
20-22	807.30	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
23-25	807.30	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
26-28	807.30	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
29-31	807.30	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
32-34	807.30	5	0	0	0	0	0	0	5	0.185
35-37	807.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
38-40	807.30	4	0	0	0	1	0	0	5	0.185
41-43	807.30	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
44-46	807.30	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
47-49	807.30	4	0	0	0	1	0	0	5	0.185
50-52	807.30	4	0	0	0	1	0	0	5	0.185
53-55	807.30	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
56-58	807.30	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
59-61	807.30	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
62-64	807.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
65-67	807.30	0	0	0	0	1	0	0	1	0.037
68-70	807.30	4	0	0	0	1	0	0	5	0.185
71-72	538.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
평균	-	3.173	0.000	0.000	0.000	0.217	0.000	0.000	3.390	0.125

주) 라이닝 결함지수(f) = (Σ결함점수 / 총점 27)를 적용

② 라이닝 상태평가결과 산정

<표 2.4.4> 라이닝 상태평가결과 산정(무근콘크리트 라이닝)

Sheet No.	면적 (㎡)	균열		누수		파손 및 손상				박리		박락		백태		재료분리	
		균열 폭 (mm)				손상도 (%)		손상 면적 (㎡)		깊이 (mm)		깊이 (mm)		면적율 (%)		면적율 (%)	
5-7	807.30	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
8-10	807.30	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
11-13	807.30	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
14-16	807.30	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
17-19	807.30	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
20-22	807.30	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
23-25	807.30	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
26-28	807.30	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
29-31	807.30	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
32-34	807.30	0.3	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
35-37	807.30	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
38-40	807.30	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	15.0	c	0	a	0	a
41-43	807.30	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
44-46	807.30	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
47-49	807.30	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	15.0	c	0	a	0	a
50-52	807.30	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	15.0	c	0	a	0	a
53-55	807.30	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
56-58	807.30	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
59-61	807.30	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
62-64	807.30	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
65-67	807.30	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	15.0	c	0	a	0	a
68-70	807.30	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	15.0	c	0	a	0	a
71-72	538.20	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a

주) 파손 및 손상의 상태평가 = 손상도 및 손상면적 중 낮은 값을 선정

나. 부대시설물 상태평가

1) 갯구부 옹벽 상태평가

<표 2.4.5> 갯구부 옹벽 상태평가 결과

구분	침하		활동		배수공 상태		계획 선형오차		파손 및 손상				균열			마모/침식				
	침하량 (cm)		활동량 (cm)				기울기 (%)		깊이 (mm)	면적률 (%)		상태등 급	균열폭 (mm)	면적률 (%)	상태등 급	표면상태				
시점 옹벽	0	a	0	a	양호	a	0	a	0	0	a	0	0	a	양호	a				
구분	재료열화											주변영향 인자								
	박리			박락 및 층분리			백태		탄산화		철근 노출	배수 시설	사면조사							
	깊이 (mm)	면적률 (%)	상태 등급	깊이 (mm)	면적률 (%)	상태 등급	표면 상태	잔여 깊이 (mm)	면적률 (%)	사면 구배	낙석 흔적		침출수							
시점 옹벽	0	0	a	0	0	a	없음	a	-	-	0	a	양호	a	적절	a	없음	a	무	a

2) 개별 부대시설물 상태평가 결과

<표 2.4.6> 개별 부대시설물 상태평가 결과

구분	개별 결함지수 (f)	개소	개별 평가결과	비고
갯구부 옹벽	0.000	1	a	
합계	0.000	1	-	

3) 부대시설물 상태평가 결과

<표 2.4.7> 부대시설물 상태평가 결과

구분	개별 결함지수 (fn)	개별 시설물 개소 (N)	부대시설물 결함지수 (f)	상태평가 등급
결함지수 산정	0.000	1	0.000	A
부대시설 가중치 (W)	1.00			

주) 부대시설물의 결함지수(f) = $\sum(fn) / N$

다. 터널 주변상태 결함점수 산정

터널 주변상태에 대한 결함점수 및 산정근거

- ① 배수상태 : 집수구 내부에 이물질이 퇴적된 상태로 1점 적용
- ② 지반상태 : 지반조사보고서(2005.03)에 시점부(해운대측)는 수평변위가 50~70cm 내외의 파쇄대가 나타나고 이 파쇄대의 주향은 양상단층의 주향과 비교적 유사한 것으로 검토되었으며, 지반상태가 터널에 영향을 미치는 범위는 0.5D를 기준으로 평가시 약 6.56m로 단층파쇄대 영향범위 내로 2점을 부여
(D: 터널의 직경, 본 시설물의 직경은 표준단면도의 최대폭을 적용)
- ③ 갯문상태 : 갯문(접속부)에 손상이 없는 건전한 상태로 0점 적용
- ④ 공동구상태 : 공동구에 균열, 파손, 덮개파손이 발생한 상태로 0.5점 적용
- ⑤ 특수조건 : 대상시설물은 특수조건에 해당되지 않는 것으로 검토되어 가점 미적용

<표 2.4.8> 터널 주변상태 결함점수 산정

항목	터널 주변상태				특수조건	합계
	배수상태	지반상태	갯문(접속부) 상태	공동구		
결함지수	1.0	2.0	0.0	0.5	-	3.5

라. 터널 상태평가 결과

1) NATM(철근콘크리트)구간

<표 2.4.9> NATM(철근콘크리트)구간 상태평가 결과

항목	라이닝										주변상태				특수 조건	합계
	균열	누수	파손 및 손상	재질열화							배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동구 상태		
				박리	충분리/박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	염 화 물						
결 함 점 수	4.250	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000	-	1.0	2.0	0.0	0.5	-	8.250
											결함지수(F)=결함점수 합계/41					0.201
											평가등급					b

2) NATM(무근콘크리트)구간

<표 2.4.10> NATM(무근콘크리트)구간 상태평가 결과

항목	라이닝							주변상태				특수 조건	합계
	균열	누수	파손 및 손상	재질열화				배수 상태	지반 상태	갱문 상태	공동구 상태		
				박리	충분리/ 박락	백태	재료 분리						
결함 점수	3.173	0.000	0.000	0.000	0.217	0.000	0.000	1.0	2.0	0.0	0.5	-	6.890
							결함지수(F)=결함점수 합계/34						0.203
							평가등급						b

3) 기본시설물(터널)

<표 2.4.11> 해운대터널(울산) 터널 구간 상태평가 결과

번호	구 분	연장(m)	연장비	결함지수 (F)	연장비 ×결함지수
1	NATM(철근콘크리트) 구간	68.00	0.100	0.201	0.020
2	NATM(무근콘크리트) 구간	612.00	0.900	0.203	0.182
터널 결함지수					0.202
상태평가 결과					B

주) NATM 터널의 철근구간 및 무근구간으로 구분하여 연장별 가중치 적용(연장별가중치 = 해당구간연장 / 전체연장)

마. 전체 상태평가 결과

<표 2.4.12> 해운대터널(울산) 상태평가 결과

구조물	결함지수	상태평가 결과	시설물의 결함지수 (F)	
기본시설	0.202	B	기본시설 결함지수(F) × 부대시설 가중치(W) = 0.202 × 1.00	
부대시설	0.000	A		
			결함지수	0.202
			상태평가 등급	B

본 해운대터널(울산)의 상태평가 결과 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”인 「B등급」으로 평가되었다.

2.4.2 종합평가

가. 종합평가등급 산정절차

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 등급, 안전성평가 등급)

나. 종합평가등급 결과

<표 2.4.13> 안전등급 지정

구 분	상태평가		안전성평가	
	평가지수	평가기준	안전율	평가기준
평가결과	0.202	B	미 실시 (정밀안전진단 과업)	
안전등급 지 정	상태평가 B 안전성평가 (미 실시) - 안전등급 B			

안전등급은 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 등급을 안전등급으로 지정하나 금회 실시한 정밀안전점검에서는 안전성평가(정밀안전진단 과업)를 실시하지 않아 안전등급은 B등급 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”로 지정되었다.

2.4.3 기 점검결과와 비교

가. 이전 점검결과와 결합 지수 비교

기 실시되었던 점검결과와 금회 실시한 정밀안전점검 비교결과 콘크리트 라이닝의 균열(0.3mm 이상)에 대한 전반적인 보수를 시행하여 무근구간의 결합지수가 상향 변동되었으며, 철근구간의 Span. 1에서 균열(0.3mm 이상)이 추가 조사되어 결합지수가 소폭 하향 변동된 것으로 검토되었다.

또한, 터널주변상태의 지반상태는 기 정밀안전점검에서 단층과쇄대 영향범위 외로 1점으로 평가하였으며, 지반조사보고서(2005.03) 검토결과 단층과쇄대가 영향범위 내인 것으로 검토되어 2점을 부여하여 결합지수가 하향 변동되었다.

<표 2.4.14> 기 점검결과와 결합 지수 비교

구 분			결합 지수		기 점검과 비교	결합점수 변화요인
			2021년 정밀안전점검	금회 정밀안전점검		
기본 시설물	라이닝	철근	0.130	0.139	↑ 0.009	·Span. 1에서 균열(0.3mm 이상)이 추가 조사됨
		무근	0.150	0.125	↓ 0.025	·균열(0.3mm 이상)에 대한 전반적인 보수가 시행됨
부대 시설물	갱구부 옹벽		0.00	0.00	-	·변동없음
터널 주변 상태	배수상태		1.00	1.00	-	·변동없음
	지반상태		1.00	2.00	↑ 1.00	·지반조사보고서 검토결과, 단층과쇄대 의 영향범위 내로 평가됨.(2점 부여)
	갱문상태		0.50	0.00	↓ 0.500	·손상이 없는 양호한 상태임
	공동구 상태		0.50	0.50	-	·변동없음
	특수조건		-	-	-	·해당없음
내구성 시험	탄산화		0.00	0.00	-	·변동없음
	염화물		-	-	-	·선택과업(금회 대상 아님)

나. 이전 점검결과와 상태평가 등급 비교

기 실시되었던 점검결과와 금회 실시한 정밀안전점검 비교결과 상태평가등급은 『B등급』으로 동일한 것으로 평가되었다.

<표 2.4.15> 기 점검결과와 상태평가 비교

구 분	상태평가		안전성평가		안전 등급	비교
	종합평가 지수	상태평가 등급	안전율	안전성평가 등급		
2019년 정밀안전점검	0.213	B	-	미 실시	B등급	
2021년 정밀안전점검	0.206	B	-	미 실시	B등급	
금회 정밀안전점검	0.202	B	-	미 실시	B등급	

2.4.4 공중이 이용하는 부위 상태평가

터널 시설물에 공중이 이용하는 부위가 해당되는지 여부를 확인하고, 해당 부위의 결함조사 실시 및 상태평가 후 공중의 안전에 영향을 미치는 것으로 인정되는 대통령령으로 정하는 중대한 결함 등이 발견된 경우 관리주체에게 통보하여야 한다.

가. 각 평가항목 및 기준에 따른 상태평가

1) 추락방지시설

터널의 종점 사면에 점검계단이 설치된 상태로 점검결과 경미한 부식이 발생한 것으로 조사되었으며, 추락방지시설에 대한 상태평가 결과 “추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태”인 『b』의 상태로 평가되었다.

2) 도로포장

본 터널은 전경간 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 도로포장에 대한 상태평가 결과 “포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생한 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태”인 『b』의 상태로 평가되었다.

3) 도로부 신축이음

대상시설물은 도로부 신축이음이 없는 것으로 확인되어 평가를 생략하였다.

4) 환기구 등의 덮개

터널 내부의 공동구 덮개 및 배수시설 그레이팅 덮개는 유지관리자 및 이동 차량의 안전사고 발생 위험을 내재하고 있는 것을 판단하여 점검을 실시하였으며, 점검결과 공동구 콘크리트 덮개에 파손이 발생한 것으로 조사되었다. 환기구 등의 덮개에 대한 상태평가 결과 “덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태”인 『c』의 상태로 평가되었다.

<표 2.4.16> 공중이 이용하는 부위 상태평가 결과

구 분	시설물명	등급	비고
공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설	b	사면 내 점검계단
	◦ 도로포장	b	콘크리트 포장
	◦ 도로부 신축이음부	-	해당없음
	◦ 환기구 등의 덮개	c	공동구 덮개, 배수시설 그레이팅 덮개

※조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사망도 및 사진대지를 작성하여 「법」 제 22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

나. 상태평가 결과

본 터널은 공중이 이용하는 부위로 추락방지시설(사면 내 점검계단), 도로포장, 환기구 등의 덮개(공동구 덮개, 배수시설 그레이팅 덮개) 등이 해당되며, 금회 점검시 조사된 결함으로 각 평가항목 및 기준에 따라 상태평가 결과 중대한 결함은 발생하지 않은 상태로 평가되었다.

2.5 사용제한 필요성

정밀안전점검 대상 시설물인 해운대터널(울산)은 2008년 준공 후 15년이 경과된 터널으로서 금회 정밀안전점검 결과 시공상태가 양호하고, 활하중 작용 등 외력에 의한 구조적 결함이나 손상이 없는 상태로서 국부적으로 발생한 손상·결함부에 대해 보수를 시행한다면 구조물의 기능성과 안전성을 확보할 수 있으므로 현재 상태의 정밀안전진단 및 사용제한 등의 필요성이 없으며 향후 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 의한 정기점검, 정밀안전점검 등의 시행과 동절기와 해빙기를 전·후하여 특별점검 등 지속적 유지관리를 행하면 설계시 의도한 내구연한을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

2.6 보수·보강 및 유지관리 방안

2.6.1 보수·보강 대상

1) 보강의 필요성 평가

본 대상구조물은 내구성과 관련된 심각한 결함 및 손상은 없는 상태이며 현 상태에서 구조적인 보강의 필요성은 없는 것으로 검토되었다.

2) 중대결함의 유무

‘시설물의 안전관리에 관한 특별법’ 제11조 ①항, 동법 시행령 제12조에서는 “대통령령이 정하는 중대한 결함”을 다음 [표 2.6.1]과 같이 명시하고 있다. 이들 결함(손상·열화 포함)들은 단순히 존재여부만으로 중대결함으로 분류하기에는 무리가 있으며 구조물의 안전성과 사용성에 미치는 영향, 발생원인 및 시기, 진행성과 비진행성 등이 고려되어야 한다.

현장조사 결과 본 구조물은 조사결과 시특법 시행령에 명시된 주요결함은 없는 것으로 조사되었다. 따라서, 시급한 보수와 함께 결함의 진행유무를 관찰하여 적극적인 보수 또는 개선을 필요로 할 만한 손상은 없는 것으로 판단된다.

<표 2.6.1> 시특법 시행령 제18조에 의한 “대통령령이 정하는 중대한 결함”유무(터널)

구 분	대통령령이 정하는 중대한 결함	해당유무
결함의 종류	1. 터널지반의 부등침하	없음.
	2. 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실	내력손실 없음.
	3. 균열 심화 및 탈락	없음.
	4. 라이닝부 심한 누수 및 변형	없음.
	5. 시공이음부 천단 반원형 균열(폭 1mm이상)의 박락	없음.
	6. 시설물을 이용하는 공중의 안전에 영향을 미치는 결함 - 시설물의 난간 등 추락방지시설의 파손 - 도로터널의 포장 부분이나 신축 이음부의 파손 - 보행자 또는 차량이 이동하는 구간에 있는 환기구 등의 덮개파손 - 그 밖에 공중의 안전에 영향을 미치는 결함 (국토교통부령으로 정하는 부위 결함)	없음.

2.6.2 부재별 보수·보강방안

해운대터널(울산)에 발생된 부재별 손상현황 및 보수·보강방안은 다음 표와 같다.

<표 2.6.2> 부재별 보수·보강 일람표

구 분	결함 및 손상 내용	손상물량	보수물량	단위	보수·보강 방안	우선 순위	비고
천단부	균열(0.3mm미만)	10.00	2.50	m/m ²	표면보수	3	
	균열(0.3mm이상)	10.00	10.00	m	주입보수	1	
	균열부백태	1.00	1.00	m	주입보수	1	
	박락, 보수부 박락	0.48	1.00	m ² /식	제거 후 단면보수	1	
측벽부	균열(0.3mm미만)	92.60	23.15	m/m ²	표면보수	3	
	균열(0.3mm이상)	1.50	1.50	m	주입보수	1	
	망상균열	6.25	9.38	m ²	표면보수	3	
	백태	1.25	1.88	m ²	표면보수	3	
	타일 탈락	30	-	EA	주의관찰	-	
	타일 균열	17	-	EA	주의관찰	-	
배수시설	측구 균열(0.3mm미만)	9.00	-	m	주의관찰	-	
	측구 균열(0.3mm이상)	9.50	-	m	주의관찰	-	
	측구 망상균열	0.40	-	m ²	주의관찰	-	
	측구 파손	0.31	1.00	m ²	단면보수	2	
	집수구 이물질 퇴적	28	28	EA	청소	1	
공동구	균열(0.3mm미만)	6.60	-	m	주의관찰	-	
	균열(0.3mm이상)	8.50	8.50	m	주입보수	2	
	백태	0.15	1.00	m ²	표면보수	2	
	파손	0.31	1.00	m ²	단면보수	2	
	박락	0.20	1.00	m ²	단면보수	2	
	누수혼적	0.01	1.00	m ²	표면보수	2	
	덮개 파손	16	16	EA	덮개 재설치	2	
포장부	포장 균열	6.00	-	m	주의관찰	-	
	망상균열	22.50	-	m ²	주의관찰	-	
	파손	1.40	2.10	m ²	절삭 후 단면보수	2	
	재료분리	9.30	13.95	m ²	절삭 후 단면보수	3	
사면	웬스 파손	2.00	2.00	m	웬스 재설치	3	
도수로	재균열(0.3mm이상)	1.00	1.00	m	주입보수	2	

※ 면적환산 = 균열보수(0.3mm미만) : L(길이) × 0.25m(폭)

※ 각 손상물량별로 추가보수 등 여유수량을 감안하여 할증을 적용하였으며, 명확하게 수량산출이 가능한 손상은 할증 적용을 제외하였음. (보수물량 = 손상물량 × 1.5(할증))

※ 보수 최소 물량은 시공성을 고려하여 1.0으로 산출하였다.

※ 보수·보강 우선순위 3순위 : 발생된 손상이 경미하여 현 상태의 보수보다는 손상 진행상황에 대한 점검을 통하여 보수여부 판단.

2.6.3 보수·보강 개략공사비

<표 2.6.3> 부재별 보수·보강 개략공사비

점검부위	결합 및 손상내용	손상물량	보수물량	단위	보수·보강(안) 공법	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위	비고
천단부	균열(0.3mm미만)	10.00	2.50	m/m ²	표면보수	65	162	3	
	균열(0.3mm이상)	10.00	10.00	m	주입보수	80	800	1	
	균열부백태	1.00	1.00	m	주입보수	80	80	1	
	박락, 보수부 박락	0.48	1.00	m ² /식	제거 후 단면보수	3,000	3,000	1	
측벽부	균열(0.3mm미만)	92.60	23.15	m/m ²	표면보수	65	1,505	3	
	균열(0.3mm이상)	1.50	1.50	m	주입보수	80	120	1	
	망상균열	6.25	9.38	m ²	표면보수	65	609	3	
	백태	1.25	1.88	m ²	표면보수	65	122	3	
배수시설	측구 파손	0.31	1.00	m ²	단면보수	240	240	2	
	집수구 이물질 퇴적	28	28	EA	청소	20	560	1	
공동구	균열(0.3mm이상)	8.50	8.50	m	주입보수	80	680	2	
	백태	0.15	1.00	m ²	표면보수	65	65	2	
	파손	0.31	1.00	m ²	단면보수	240	240	2	
	박락	0.20	1.00	m ²	단면보수	240	240	2	
	누수흔적	0.01	1.00	m ²	표면보수	65	65	2	
	덮개 파손	16	16	EA	덮개 재설치	500	8,000	2	
포장부	파손	1.40	2.10	m ²	절삭 후 단면보수	300	630	2	
	재료분리	9.30	13.95	m ²	절삭 후 단면보수	300	4,185	3	
사면	웬스 파손	2.00	2.00	m	웬스 재설치	300	600	3	
도수로	재균열(0.3mm이상)	1.00	1.00	m	주입보수	80	80	2	
순 공 사 비							21,983		
제경비(순공사비×0.5)							10,992		
총 공 사 비							32,975		

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

<표 2.6.4> 우선 순위별 보수·보강 개략공사비

구 분	순공사비 (천원)	제경비 (순공사비×0.5)	개략공사비 (천원)
1순위	4,560	2,280	6,840
2순위	10,240	5,120	15,360
3순위	7,183	3,592	10,775
개략공사비 총계	32,975		

2.6.4 유지관리 방안

가. 유지관리의 목적 및 필요성

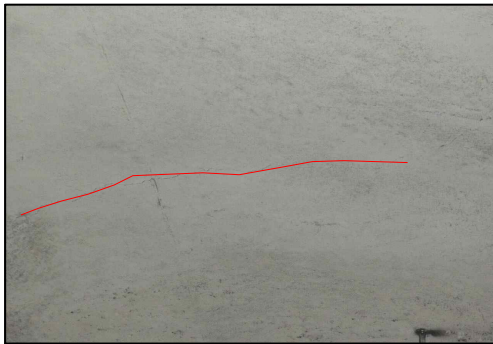
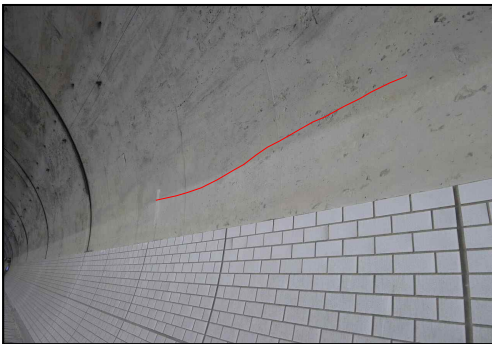
도로시설물의 유지관리란 기존에 건설된 시설물이 기능을 보존케하고 이용차량의 편의와 안전을 도모하기 위하여 기존 시설을 점검하고 손상된 부분의 원상복귀와 추가시설을 보완하여 수명기간 동안 안전과 기능을 충분히 발휘하게 하기 위한 일련의 과정을 말한다. 도로시설물 유지관리의 주요내용은 ① 시설물 안전점검, ② 이상발견, ③ 보수필요여부 판정, ④ 적정 보수공법 선정, ⑤ 보수공사 실시, ⑥보수효과 확인 등으로 구분된다.

나. 대상시설물의 점검 동선 및 점검방법

해운대터널				
대상시설물 점검 동선	◦ 점검방향			
	① 도보점검 : 시점(부산) ⇒ 측벽부, 공동구, 배수시설, 포장부 조사 ⇒ 종점(울산)			
	② 고소작업차량 : 시점(부산) ⇒ 천단부, 갱구부 및 옹벽 조사, 비파괴시험 ⇒ 종점(울산)			
③ 도보점검 : 시·종점 갱구부 주변 외부 배수로 및 사면 조사				
◦ 장비투입 현황				
고소작업차량 + 교통통제: 라이링 천단부 및 비파괴시험				
드론: 시설물 전경, 주변 현황 파악				
1	도보로 포장부, 공동구 등 점검		2	고소작업차량으로 천단부 점검
3	도보로 외부 배수로 및 사면 점검			

다. 중점유지관리 사항

1) 라이닝 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 시공이음부 들뜸, 박락

주요부위 및 손상		
	천단부 S12 균열(0.3mm미만)	천단부 S34 균열(0.3mm이상)
		
	천단부 S39(J39) 시공이음부 박락	천단부 S60 균열(0.3mm미만)
		
	천단부 S75(J75) 시공이음부 박락	천단부 S76 균열(0.3mm미만)
		
	측벽부 S14 우측 균열(0.3mm미만)	측벽부 S70 우측 균열(0.3mm미만)

1) 라이닝 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 시공이음부 들뜸, 박락 - 계속

금회 정밀안전점검 검토의견	◦ 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상) 천단부의 종방향 균열이 발생하는 공간적인 위치는 대부분 천단부 터널 중심선 기준 좌·우 20°의 범위이며, 원인은 콘크리트 온도변화 및 건조수축, 2차라이닝에 작용하중 증가 등에 따른 라이닝 인장 취약부에 자중, 라이닝 두께 차이에 의한 응력불균형, 1차라이닝의 소성변형에 따른 추가하중, 지반의 Creep 등의 복합적인 요인 등에 의하여 발생하는 것으로 연구·검토되고 있다. 본 해운대터널(울산)의 균열은 NATM터널(무근) 구간에서 연구결과와 유사하게 천단부 터널 중심선 기준으로부터 좌·우 20°의 범위에 종방향으로 발생하고 있으며, 기 정밀안전점검(2021.08) 이후 균열(0.3mm이상)에 대한 전반적인 보수를 시행하여 금회 점검시 Span. 12, 20, 34, 60에서 조사되었다. NATM터널(무근) 구간에서 조사된 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상)의 손상물량은 15.5m로 터널 총 연장(680.0m)을 고려하면 손상 비중은 적은 것으로 판단되나, 콘크리트 라이닝의 내구성 저하방지를 위해 균열폭(0.3mm미만: 표면보수, 0.3mm이상: 주입보수)에 따른 보수를 시행하여 유지관리하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. 또한, NATM터널(철근) 구간의 Span. 1, 2에서 발생한 균열은 $C_w=0.3\text{mm}$ 미만으로 시공 초기의 건조수축 및 온도변화 등의 요인에 의한 손상으로 판단되며, 조사된 균열(0.3mm미만)에 대한 표면보수가 요구된다. ◦ 균열의 진행성 검토 콘크리트 라이닝에 발생한 균열폭 $C_w=0.3\text{mm}$ 이상의 균열 및 보수부 재균열은 보수·보강 이력사항을 확인한 결과 “2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사(2022.12)_진양 건설(주)” 균열에 대한 주입보수를 시행한 것으로 검토되었다. 이전 정밀안전점검(2021.08)에서 조사된 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상)에 대한 진행성 여부를 측정·조사한 결과 균열폭 및 단차 등의 변화는 관찰되지 않아 균열의 진행성은 없는 것으로 판단되며, 금회 점검시 추가로 조사된 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상)은 새로운 손상이 아닌 이전 점검자가 미처 확인하지 못하여 조사가 누락된 손상으로 보여진다. ◦ 시공이음부 들뜸, 박락 콘크리트 라이닝 시공이음부 주변 들뜸 및 박락은 반원형 균열의 진전 및 강재거푸집 설치에 따른 유압 Jack의 불균형에 의한 국부적인 지압력과 거푸집 조기탈형에 의한 양생 불량 등의 요인에 의한 손상으로 판단되며, 향후 손상부 탈락으로 주행차량의 안전사고가 우려되므로 손상 제거 후 보수가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 기 보수부 박락은 보수 미흡(치핑 미실시, 표면보수층의 두께 부족 등) 및 공용년수 증가로 인한 표면 보수재 경화 등의 요인으로 손상이 재노출된 것으로 판단되며, 이 또한, 손상부의 탈락으로 주행차량의 안전사고가 우려되므로 손상부에 대한 제거 후 보수가 요구된다.
점검요령	◦ 점검방향 ① 도보점검 : 시점(부산) ⇒ 측벽부 조사 ⇒ 종점(울산) ② 고소작업차량 : 시점(부산) ⇒ 천단부, 비파괴시험 ⇒ 종점(울산) ◦ 장비투입 고소작업차량 + 교통통제: 고속도로순찰대 신고, 건설기계작업계획서 제출·승인 후 점검
중점점검사항	◦ 라이닝 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상)의 진전 및 추가 발생 유무 ◦ 시공이음부 들뜸, 박락 등의 손상 탈락 및 추가 발생 유무

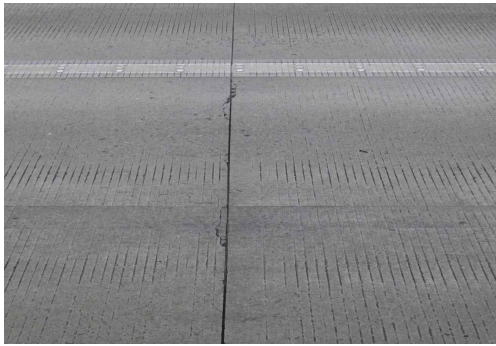
2) 배수시설 집수구 이물질퇴적 및 측구 파손

주요부위 및 손상		
	측구 S11 파손	집수구 S7 이물질 퇴적
		
	집수구 S13 이물질 퇴적	집수구 S57 이물질 퇴적
금회 정밀안전점검 검토의견	◦ 측구 파손 측구 파손은 포장부와의 경계인 종방향 시공줄눈 주변 및 측구 균열에서 발생하였으며, 이는 온도변화에 따른 강성포장체의 신축거동, 공용중 차량의 충격하중, 손상부 동결융해 작용 등의 요인에 의한 것으로 판단되고 손상이 심화되지 않도록 단면보수를 통한 유지관리가 요구된다. ◦ 집수구 이물질퇴적 집수구 상면에 설치된 그레이팅은 전반적으로 양호한 상태이나, 배수시설 내부는 환경적인 요인 등의 영향으로 이물질이 퇴적되고 있는 것으로 조사되었다. 배수시설 내부에 이물질이 지속적으로 유입될 시 배수 기능의 상실이 우려되므로 원활한 배수처리를 위해 주기적인 준설 및 청소가 요구된다.	
점검요령	◦ 점검방향 ① 도보점검 : 시점(부산) ⇒ 배수시설 ⇒ 종점(울산)	
중점점검사항	◦ 터널 내 집수구 이물질퇴적 추가 발생 및 배수기능 불량 여부 확인 ◦ 공용중 측구 균열 및 파손의 추가 발생 유무	

3) 공동구 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 덮개 파손

주요부위 및 손상		
	공동구 S1 측면 균열(0.3mm이상)	공동구 S2 좌측 덮개 파손
		
	공동구 S6 측면 균열(0.3mm미만)	공동구 S69 우측 덮개 파손
금회 정밀안전점검 검토의견	◦ 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상) 공동구 측면에서 다수 조사된 균열은 콘크리트 경화시 수축과 구속의 영향으로 수직방향으로 발생하고 있으며, 점검일 현재 균열폭은 대부분 $Cw=0.1\sim0.3mm$의 균열로 조사되고 균열폭 $Cw=0.3mm$ 이상의 균열에 대해서는 주입보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ◦ 파손 공동구 측면에서 발생한 파손은 주행차량의 충돌에 의한 손상으로 판단되며, 손상정도는 경미하나 내구성 저하 방지를 위해 손상부에 대한 단면보수가 요구된다. ◦ 덮개 파손 공동구의 덮개에서 조사된 파손은 덮개판 설치시 충격 및 공용중 외력에 의한 손상으로 판단되며, 유지관리시 점검자 및 관리자의 안전사고 발생 위험을 내재하고 있어 손상부에 대한 덮개 재설치가 요구된다.	
점검요령	◦ 점검방향 ① 도보점검 : 시점(부산) ⇒ 공동구 ⇒ 종점(울산)	
중점점검사항	◦ 공동구 균열 및 파손 추가 발생 유무 ◦ 공동구 덮개 파손 추가 발생 유무	

4) 포장부 균열, 줄눈 주변 파손, 재료분리

주요부위 및 손상		
	포장부 S18 줄눈 주변 파손	포장부 S21 줄눈 주변 파손
		
	포장부 S28 균열	포장부 S36 재료분리
금회 정밀안전점검 검토의견	◦ 포장 균열, 망상균열 일부 구간에서 조사된 포장부 균열은 건조수축 및 온도변화, 공용중 반복적인 차량 율하중 재하 등의 요인에 의한 손상으로 판단되며, 손상 정도가 경미하여 주의관찰이 요구된다. ◦ 포장 파손 포장부에 설치된 줄눈 주변으로 파손이 국부적으로 발생하고 있으며, 이는 온도변화에 따른 강성포장체의 신축거동, 반복적인 차량 통행에 의한 하중 등의 요인에 의한 손상으로 판단된다. 금회 점검시 조사된 포장부 줄눈에 발생한 단면손상은 방치시 심화 및 증가할 것으로 예상되어 진행을 억제하고 차량의 주행성 및 안전성을 확보할 수 있도록 손상부 절삭 후 무수축콘크리트 타설을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ◦ 파손(패임) 및 재료분리 포장부에서 조사된 파손(패임), 재료분리는 콘크리트 타설시 품질관리미흡(배합 및 골재 불량, 다짐미흡 등)에 의한 손상으로 판단되며, 향후 차량의 반복적인 통행에 의한 하중으로 마모, 골재 탈리 등의 손상이 발생할 수 있으므로 보수를 시행하여 유지관리하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.	
점검요령	◦ 점검방향 ① 도보점검 : 시점(부산) ⇒ 포장부 ⇒ 종점(울산)	
중점점검사항	◦ 포장 균열의 진전 및 추가 손상 발생 유무 ◦ 포장 줄눈 주변 파손의 심화 및 주행성 저하 유무	

2.7 종합결론

가. 외관조사

부 재	주요결합 및 외관조사결과	검토의견
천단부	◦ 콘크리트 라이닝의 천단부에 대한 외관조사결과, 균열(0.3mm미만, 0.3mm 이상), 보수부재균열(0.3mm미만), 균열부백태, 시공이음부 박락 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.	① 균열(0.3mm미만, 0.3mm 이상) 천단부의 종방향 균열이 발생하는 공간적인 위치는 대부분 천단부 터널 중심선 기준 좌·우 20°의 범위이며, 원인은 콘크리트 온도변화 및 건조수축, 2차라이닝에 작용하중 증가 등에 따른 라이닝 인장 취약부에 자중, 라이닝 두께 차이에 의한 응력불균형, 1차라이닝의 소성변형에 따른 추가하중, 지반의 Creep 등의 복합적인 요인 등에 의하여 발생하는 것으로 연구·검토되고 있다. 본 해운대터널(울산)의 균열은 NATM터널(무근) 구간에서 연구결과와 유사하게 천단부 터널 중심선 기준으로부터 좌·우 20°의 범위에 종방향으로 발생하고 있으며, 기 정밀안전점검(2021.08) 이후 균열(0.3mm 이상)에 대한 전반적인 보수를 시행하여 금회 점검시 Span. 12, 20, 34, 60에서 조사되었다. NATM터널(무근) 구간에서 조사된 균열(0.3mm미만, 0.3mm 이상)의 손상물량은 15.5m로 터널 총 연장(680.0m)을 고려하면 손상 비중은 적은 것으로 판단되나, 콘크리트 라이닝의 내구성 저하방지를 위해 균열폭(0.3mm미만: 표면보수, 0.3mm 이상: 주입보수)에 따른 보수를 시행하여 유지관리하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. 또한, NATM터널(철근) 구간의 Span. 1, 2에서 발생한 균열은 Cw=0.3mm 미만으로 시공초기의 건조수축 및 온도변화 등의 요인에 의한 손상으로 판단되며, 조사된 균열(0.3mm미만)에 대한 표면보수가 요구된다. ② 보수부 재균열(0.3mm미만) Span. 2에서 조사된 보수부 재균열은 균열부위에 대한 보수 미흡(표면보수층의 두께 부족, 부분 미충진 등의 충전불량)으로 인한 표면 보수재 경화로 균열이 재도출된 것으로 판단되며, 손상부에 대한 보수가 요구된다. ③ 균열의 진행성 검토 콘크리트 라이닝에 발생한 균열폭 Cw=0.3mm 이상의 균열 및 보수부 재균열은 보수·보강 이력사항을 확인한 결과 “2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사(2022.12) 진양건설(주)” 균열에 대한 주입보수를 시행한 것으로 검토되었다. 이전 정밀안전점검(2021.08)에서 조사된 균열(0.3mm미만, 0.3mm 이상)에 대한 진행성 여부를 측정·조사한 결과 균열폭 및 단차 등의 변화는 관찰되지 않아 균열의 진행성은 없는 것으로 판단되며, 금회 점검시 추가로 조사된 균열(0.3mm미만, 0.3mm 이상)은 새로운 손상이 아닌 이전 점검자가 미처 확인하지 못하여 조사가 누락된 손상으로 보여진다.

부 재	주요결합 및 외관조사결과	검토의견
천단부	◦ (계속)	④ 균열부백태(0.3mm미만) 천단부 Span. 32에서 조사된 균열부백태는 균열 발생 부위로 자연환경의 미묘한 변화 및 대기중의 부유 오염 물질 등의 영향을 받아 콘크리트 내부에 존재하는 석회화합물과 반응하여 표면에 퇴적되어 나타나는 현상으로서 내구성 저하 방지를 위한 주입보수가 요구된다. ⑤ 시공이음부 들뜸, 박락 콘크리트 라이닝 시공이음부 주변 들뜸 및 박락은 만원형 균열의 진전 및 강재거푸집 설치에 따른 유압 Jack의 불균형에 의한 국부적인 지압력과 거푸집 조기탈형에 의한 양생불량 등의 요인에 의한 손상으로 판단되며, 향후 손상부 탈락으로 주행차량의 안전사고가 우려되므로 손상 제거 후 보수(단면보수)가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 기 보수부 박락은 보수 미흡(치핑 미실시, 표면보수층의 두께 부족 등) 및 공용년수 증가로 인한 표면 보수재 경화 등의 요인으로 손상이 재노출된 것으로 판단되며, 이 또한, 손상부의 탈락으로 주행차량의 안전사고가 우려되므로 손상부에 대한 제거 후 보수(단면보수)가 요구된다.
측벽부	◦ 측벽부에 대한 외관조사결과, 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 망상균열, 백태, 타일 균열 및 탈락 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.	① 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 망상균열 측벽부에서 조사된 종방향 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상)은 천단부와 벽체와의 곡선반경이 변하는 구간에서 발생하고 있으며, 이는 굴착면의 품질관리 미흡과 슛크리트에 작용하는 응력집중 및 불균형, 여굴과 미굴에 따른 라이닝 좌·우 두께 차이, 슛크리트와 라이닝의 들뜸에 따른 지반-구조물 상호작용의 차이, 거푸집 밀착과 탈형을 위한 Jacking force 등의 복합적인 원인에 의한 것으로 판단된다. 또한, 측벽부의 Span. 4, 26, 28, 39에서 망상균열이 조사되었으며, 균열폭은 0.1~0.2mm 정도로 시공초기에 다짐불량, 재료적수축, 거푸집조기 탈형 등의 원인으로 망상균열이 발생한 것으로 판단된다. 측벽부의 콘크리트 라이닝에서 횡균열이 Span. 24, 27, 29~33, 52, 55에 발생하였으며, 측벽에 타일마감이 시공된 경우에는 반사균열의 형태로 균열이 조사되었다. 금회 점검시 조사된 횡균열은 공동구 및 배수구 등 하부구조물을 우선 시공한 후 강재거푸집을 기존 타설부 및 신설부에 맞대어 2차 라이닝을 타설하게 되며, 이때 2차 라이닝 하부는 외적으로 기존 타설된 공동구 및 배수구의 단부구속 영향을 받게 되고 내적으로는 2차 라이닝의 소성수축과 건조수축에 따라 접속부로부터 인장응력이 발생하여 횡균열이 발생한 것으로 판단된다. 금회 점검시 조사된 균열은 구조물의 내구성 저하 방지를 위해 균열폭(0.3mm미만: 표면보수, 0.3mm이상: 주입보수)에 따른 보수를 시행하여 유지관리하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.

부 재	주요결함 및 외관조사결과	검토의견
측벽부	◦ (계속)	② 균열의 진행성 검토 콘크리트 라이닝에 발생한 균열폭 $C_w=0.3\text{mm}$ 이상의 균열은 보수·보강 이력사항을 확인한 결과 “2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사(2022.12)_진양건설(주)” 균열에 대한 주입보수를 시행한 것으로 검토되었다. 이전 정밀안전점검(2021.08)에서 조사된 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상)에 대한 진행성 여부를 측정·조사한 결과 균열폭 및 단차 등의 변화는 관찰되지 않아 균열의 진행성은 없는 것으로 판단되며, 금회 점검시 추가로 조사된 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상)은 새로운 손상이 아닌 이전 점검자가 미처 확인하지 못하여 조사가 누락된 손상으로 보여진다. ③ 백태, 표면오염 Span. 1에서 조사된 백태는 균열 발생 부위로 수분 유입 및 대기중의 부유 오염 물질 등의 영향을 받아 콘크리트 내부에 존재하는 석회화합물과 반응하여 표면에 퇴적되어 나타나는 현상으로 내구성 저하 방지를 위한 주입보수가 요구된다. 또한, 종점 갱구부는 원통절개식으로 외기에 노출된 부재의 특성상 우기시 표면수가 유입되어 Span. 76에서 백태 및 표면오염이 조사되었으며, 콘크리트 부재의 열화, 박리 등을 야기할 수 있으므로 손상부에 대한 표면보수가 요구된다. ④ 타일 탈락, 파손 본 터널 측벽부에 조사된 타일 탈락 및 파손은 시공이음 주변, 타일 상단 및 하단부에 집중적으로 발생하고 있으며, 이는 공용중 외부 충격 및 온도변화에 따른 신축·터널내 지속적인 진동·타일 부착력 저하 등의 복합적 요인에 의한 것으로 판단되고 현 상태에서의 보수보다는 주의관찰이 요구된다. ⑤ 타일 균열 측벽부 Span. 32, 33에 타일 균열이 발생한 것으로 조사되었으며, 이는 콘크리트 라이닝의 횡균열이 타일부착부에 반사되어 나타나는 현상으로 손상정도가 경미하여 주의관찰이 요구된다.
갱문	◦ 갱문 및 본선과의 접속부에 대한 외관조사결과, 구조물에 손상이 발생되지 않은 건전한 상태인 것으로 조사되었다.	① 갱문 상태양호 시·종점에 시공된 갱문은 특이 손상이 발생되지 않은 건전한 상태이며, 현 상태를 지속적으로 유지할 수 있도록 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요구된다.

부 재	주요결함 및 외관조사결과	검토의견
배수시설	◦ 터널 내부 배수시설에 대한 외관조사결과, 측구에 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 망상균열, 파손이 조사되었으며, 그레이팅이 설치된 집수구의 내부에 이물질이 퇴적된 것으로 확인되었다.	① 측구 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상) 측구에서 조사된 균열은 콘크리트 경화시 수축과 구속의 영향으로 공동구에서 횡방향으로 발생하고 있으며, 점검일 현재 균열폭은 대부분 $Cw=0.1\sim0.3mm$의 균열로서 주의관찰이 요구되고 향후 포장부 보수시에 일괄적으로 보수하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. ② 측구 파손 측구 파손은 포장부와 의 경계인 종방향 시공줄눈 주변 및 측구 균열에서 발생하였으며, 이는 온도변화에 따른 강성포장체의 신축거동, 공용중 차량의 충격하중, 손상부 동결융해작용 등의 요인에 의한 것으로 판단되고 손상이 심화되지 않도록 단면보수를 통한 유지관리가 요구된다. ③ 집수구 이물질퇴적 집수구 상면에 설치된 그레이팅은 전반적으로 양호한 상태이나, 배수시설 내부는 환경적인 요인 등의 영향으로 이물질이 퇴적되고 있는 것으로 조사되었다. 배수시설 내부에 이물질이 지속적으로 유입될 시 배수 기능의 상실이 우려되므로 원활한 배수처리를 위해 주기적인 준설 및 청소가 요구된다.
공동구	◦ 공동구에 대한 외관조사결과, 측면에 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 백태, 파손, 박락, 누수흔적, 덮개 파손이 발생한 것으로 조사되었다.	① 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상) 공동구 측면에서 다수 조사된 균열은 콘크리트 경화시 수축과 구속의 영향으로 수직방향으로 발생하고 있으며, 점검일 현재 균열폭은 대부분 $Cw=0.1\sim0.3mm$의 균열로 조사되고 균열폭 $Cw=0.3mm$ 이상의 균열에 대해서는 주입보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ② 파손 공동구 측면에서 발생한 파손은 주행차량의 추돌에 의한 손상으로 판단되며, 손상정도는 경미하나 내구성 저하 방지를 위해 손상부에 대한 단면보수가 요구된다. ③ 백태, 누수흔적 Span. 32의 시공이음부에서 백태 및 누수흔적이 발생한 것으로 조사되었으며, 이는 콘크리트 라이닝 배면에서 유입된 침투수에 의한 손상으로 판단되고 점검일 현재 손상부는 건조한 상태로서 표면보수를 시행한 후 지속적인 점검을 통한 유지관리가 요구된다. ④ 덮개 파손 공동구의 덮개에서 조사된 파손은 덮개판 설치시 충격 및 공용중 외력에 의한 손상으로 판단되며, 유지관리시 점검자 및 관리자의 안전사고 발생 위험을 내재하고 있어 손상부에 대한 덮개 재설치가 요구된다.

부 재	주요결합 및 외관조사결과	검토의견
포장부	◦ 포장부에 대한 외관조사결과, 포장 균열 및 망상균열, 파손, 재료분리가 발생하고 있는 것으로 조사되었다.	① 포장 균열, 망상균열 일부 구간에서 조사된 포장부 균열은 건조수축 및 온도변화, 공용중 반복적인 차량 운하중 재하 등의 요인에 의한 손상으로 판단되며, 손상 정도가 경미하여 주의관찰이 요구된다. ② 포장 파손(줄눈 주변) 포장부에 설치된 줄눈 주변으로 파손이 국부적으로 발생하고 있으며, 이는 온도변화에 따른 강성포장체의 신축거동, 반복적인 차량 통행에 의한 하중 등의 요인에 의한 손상으로 판단된다. 급회 점검시 조사된 포장부 줄눈에 발생한 단면손상은 방치시 심화 및 증가할 것으로 예상되어 진행을 억제하고 차량의 주행성 및 안전성을 확보할 수 있도록 손상부 절삭 후 무수축콘크리트 타설을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ③ 파손(패임) 및 재료분리 포장부에서 조사된 파손(패임), 재료분리는 콘크리트 타설시 품질관리미흡(배합 및 골재불량, 다짐미흡 등)에 의한 손상으로 판단되며, 향후 차량의 반복적인 통행에 의한 하중으로 마모, 골재 탈리 등의 손상이 발생할 수 있으므로 보수를 시행하여 유지관리하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.
부대시설	◦ 갱구부 옹벽 갱구부 옹벽에 대한 외관조사결과, 손상이 발생하지 않은 양호한 상태로 조사되었다. ◦ 사면 사면에 대한 외관조사결과, 종점부에 웬스 파손이 발생한 것으로 조사되었다. ◦ 터널 외부배수로 터널 외부배수로에 대한 외관조사결과, 시점 갱구부 상단에 설치된 도수로에서 균열(0.3mm이상)이 1개소 발생한 것으로 조사되었다.	① 갱구부 옹벽 상태양호 시점의 우측에 시공된 갱구부 옹벽은 특이 손상이 발생하지 않은 건전한 상태이며, 현 상태를 지속적으로 유지할 수 있도록 주의관찰이 요구된다. ① 사면 표면보호공 상태양호 사면의 표면보호를 위해 시공된 녹생토는 전반적으로 식생 활착이 양호한 상태로 조사되어 주의관찰이 요구된다. ② 웬스 파손 사면 내에 웬스가 일부 구간에 설치되어 있는 것으로 확인되었으며, 공용중 외력에 의한 웬스가 일부 파손된 것으로 조사되었다. 사면에 설치된 웬스는 야생 동물이 고속도로로 진입하지 못하게 하여 주행중인 차량의 안전사고를 예방하기 위한 야생동물유도울타리로서 웬스 파손에 대한 부분적인 보수가 요구된다. ① 도수로 균열(0.3mm이상) 시점 갱문 상단부에 설치된 도수로에서 조사된 균열은 균열부위에 대한 보수 미흡(표면보수층의 두께 부족, 부분 미충진 등의 충전불량)으로 인한 표면 보수재 경화로 균열이 재노출된 것으로 판단되며, 손상부는 균열폭(0.3mm미만: 표면보수, 0.3mm이상: 주입보수)에 따른 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

부 재	주요결합 및 외관조사결과	검토의견
기타 부속시설	◦ 기타 부속시설에 대한 외관조사결과, 내부에 설치 및 비치된 부속시설의 외관 및 관리상태는 양호한 것으로 확인되었다.	① 기타 부속시설 상태양호 본 터널의 내부에 설치된 부속시설의 설치상태가 양호하고 시설물의 사용성을 저해할만한 문제점은 없는 것으로 판단되며, 공용중 부속시설의 상태변화 및 제기능 확보에 대한 지속적인 관찰 및 점검이 요구된다.
공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설 (사면 내 점검계단)	◦ 터널의 시·종점 사면에 안전점검 및 유지관리를 위하여 점검계단이 설치되어 있으며, 외관조사결과 연결부 체결상태 및 고정상태는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었으나, 외기 노출부재의 특성상 지속적인 수분접촉으로 경미한 부식이 발생하여 주의관찰이 요구된다. 금회 조사된 손상은 기능에 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태로 중대한 결함은 없는 것으로 조사·검토되었다.
	◦ 도로포장 (교면포장)	◦ 본 해운대터널(울산)은 총 연장 680.0m로 콘크리트 포장 이 시공되어 있으며, 포장균열 및 망상균열, 파손, 재료분리 등의 손상이 조사되었으며, 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아닌 것으로 검토되었다. 금회 조사된 손상은 일부 보수가 요구되나, 중대한 결함은 발생하지 않은 것으로 검토되었다.
	◦ 환기구 등의 덮개 (공동구 덮개, 배수시설 그레이팅)	◦ 본 공동구의 상부에는 콘크리트 덮개가 설치되어 시설물의 안전점검 및 유지관리자가 이용하고 있어 공중이 이용하는 부위에 대한 점검결과 덮개 파손이 발생한 것으로 조사되었으며, 덮개 손상으로 유지관리에 안전사고 발생 위험을 내재하고 있어 손상부에 대한 일부 보수가 필요한 상태로 검토되었다. - 또한, 포장부 좌·우측에는 측구가 시공되어 일정한 간격으로 집수구가 위치하고 상면에는 철재 그레이팅 덮개가 설치된 것으로 확인되었다. 배수시설의 그레이팅 덮개는 차량이동 구간에 인접하게 설치된 상태이며, 공용중 덮개 유실, 지지상태 불량 등으로 주행차량의 안전사고 발생 가능성이 있어 공중이 이용하는 부위에 포함하였다. 그레이팅 덮개에 대한 점검결과 덮개의 지지상태는 양호하였으며, 덮개 유실 등의 손상이 발생하지 않은 상태로 지속적인 점검을 통한 주의관찰이 요구된다.
유해· 위험요인 (10대)	◦ 본 과업대상 해운대터널(울산)은 중대시민재해를 유발할 수 있는 위험요소로 낙하물(고드름 낙하사고), 콘크리트 열화(터널 배수구 뚜껑파손) 등의 항목이 해당된다.	◦ 공중이용시설 10대 위험요소 중 터널에 해당하는 항목에 대한 점검결과, 본 터널은 포장부 좌·우측에 측구를 시공하여 일정간격으로 집수구(그레이팅 덮개)가 설치되어 있으며, 일부 균열 및 파손 등의 손상이 확인되었지만, 재해를 유발할 정도의 손상은 아닌 것으로 검토되었다. 또한 터널의 입·출구부의 라이닝의 누수는 없는 상태이며, 향후 소형 결함으로도 재해 발생 가능성이 있으므로 유해·위험요인이 있는 취약시설물에 대한 중점관리 및 예방 차원의 긴급보수·보강 등의 유지관리가 요구된다.

나. 내구성 조사

시 험 명	시험부위		시험 결과	책임기술자 의견
비파괴강도 (MPa)	라이닝		26.8 ~ 27.1	· 설계강도 이상을 확보 - 라이닝: 24.0MPa
탄산화시험 (mm)	라이닝	탄산화 깊이	4.7 ~ 5.5	· 탄산화 등급은 “a”등급
		잔여깊이	53.5 ~ 57.3	
종합평가	· 비파괴강도 측정결과, 라이닝의 설계기준강도를 상회하는 것으로 측정·검토됨. 건전부와 비건전부 비교결과 비건전부의 강도저하는 있으나 설계기준강도 100%이상으로 강도부족에 의한 내구성저하는 없는 것으로 분석됨. · 탄산화시험결과, 라이닝의 탄산화 잔여깊이는 30mm이상으로 상태평가 기준“a”등급으로 조사되어 탄산화에 대한 철근부식 발생 우려는 없는 것으로 판단됨.			

다. 종합평가

1) 상태평가

구조물	결함지수	상태평가 결과	시설물의 결함지수 (F)	
기본시설	0.202	B	기본시설 결함지수(F) × 부대시설 가중치(W) = 0.202 × 1.00	
부대시설	0.000	A		
			결함지수	0.202
			상태평가 등급	B

본 해운대터널(울산)의 상태평가 결과 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”인 「B등급」으로 평가되었다.

2) 종합평가

구 분	상태평가		안전성평가	
	평가지수	평가기준	안전율	평가기준
평가결과	0.202	B	미 실시 (정밀안전진단 과업)	
안전등급 지 정	상태평가 B 안전성평가 (미 실시) - 안전등급 B			

안전등급은 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 등급을 안전등급으로 지정하나 금회 실시한 정밀안전점검에서는 안전성평가(정밀안전진단 과업)를 실시하지 않아 안전등급은 B등급 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”로 지정되었다.

3) 공중이 이용하는 부위 상태평가

구 분	시설물명	등급	비고
공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설	b	사면 내 점검계단
	◦ 도로포장	b	콘크리트 포장
	◦ 도로부 신축이음부	-	해당없음
	◦ 환기구 등의 덮개	c	공동구 덮개, 배수시설 그레이팅 덮개

본 터널은 공중이 이용하는 부위로 추락방지시설(사면 내 점검계단), 도로포장, 환기구 등의 덮개(공동구 덮개, 배수시설 그레이팅 덮개) 등이 해당되며, 금회 점검시 조사된 결함으로 각 평가항목 및 기준에 따라 상태평가 결과 중대한 결함은 발생하지 않은 상태로 평가되었다.

라. 정밀안전진단 및 사용제한 필요성

정밀안전점검 대상 시설물인 해운대터널(울산)은 2008년 준공 후 15년이 경과된 터널으로서 금회 정밀안전점검 결과 시공상태가 양호하고, 활하중 작용 등 외력에 의한 구조적 결함이나 손상이 없는 상태로서 국부적으로 발생한 손상·결함부에 대해 보수를 시행한다면 구조물의 기능성과 안전성을 확보할 수 있으므로 현재 상태의 정밀안전진단 및 사용제한 등의 필요성이 없으며 향후 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 의한 정기점검, 정밀안전점검 등의 시행과 동절기와 해빙기를 전·후하여 특별점검 등 지속적 유지관리를 행하면 설계시 의도한 내구연한을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

마. 보수·보강 방안

1) 보수·보강 방안 및 개략공사비

점검부위	결함 및 손상내용	손상물량	보수물량	단위	보수·보강(안) 공법	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위	비고
천단부	균열(0.3mm미만)	10.00	2.50	m/m ²	표면보수	65	162	3	
	균열(0.3mm이상)	10.00	10.00	m	주입보수	80	800	1	
	균열부백태	1.00	1.00	m	주입보수	80	80	1	
	박락, 보수부 박락	0.48	1.00	m ² /식	제거 후 단면보수	3,000	3,000	1	
측벽부	균열(0.3mm미만)	92.60	23.15	m/m ²	표면보수	65	1,505	3	
	균열(0.3mm이상)	1.50	1.50	m	주입보수	80	120	1	
	망상균열	6.25	9.38	m ²	표면보수	65	609	3	
	백태	1.25	1.88	m ²	표면보수	65	122	3	
배수시설	측구 파손	0.31	1.00	m ²	단면보수	240	240	2	
	집수구 이물질 퇴적	28	28	EA	청소	20	560	1	
공동구	균열(0.3mm이상)	8.50	8.50	m	주입보수	80	680	2	
	백태	0.15	1.00	m ²	표면보수	65	65	2	
	파손	0.31	1.00	m ²	단면보수	240	240	2	
	박락	0.20	1.00	m ²	단면보수	240	240	2	
	누수흔적	0.01	1.00	m ²	표면보수	65	65	2	
	덮개 파손	16	16	EA	덮개 재설치	500	8,000	2	
포장부	파손	1.40	2.10	m ²	절삭 후 단면보수	300	630	2	
	재료분리	9.30	13.95	m ²	절삭 후 단면보수	300	4,185	3	
사면	웬스 파손	2.00	2.00	m	웬스 재설치	300	600	3	
도수로	재균열(0.3mm이상)	1.00	1.00	m	주입보수	80	80	2	
순 공 사 비							21,983		
제경비(순공사비×0.5)							10,992		
총 공 사 비							32,975		

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

바. 종합결론

1) 해운대터널(울산)는 준공 후 15년이 경과된 NATM 터널으로 금회 정밀안전점검결과 콘크리트 라이닝에서 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 균열부백태, 망상균열, 백태, 시공이음부 들뜸 및 박락 등이 발생하고 터널 주변시설의 배수시설 집수구 막힘, 측구 균열 및 파손, 공동구 균열 및 파손, 덮개 파손, 포장부 균열 및 줄눈 주변 파손 등의 손상이 조사되어 손상부에 대한 적절한 보수가 요구된다.

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%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, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태」인 “B등급”으로 평가되었으며, 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(0.3mm이상)의 진전 및 추가 발생유무
- 시공이음 들뜸 및 박락의 손상부 탈락 발생유무
- 포장 줄눈 주변 파손의 심화 및 주행성 지하 유무

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