



제3장 현장조사 및 시험

제3장 현장조사 및 시험

3 현장조사 및 시험

3.1 개요

본 과업 대상시설물인 내곡터널(상행선)은 성남시 수정구 상적동에서 서울특별시 서초구 내곡동을 연결하는 구조물로서 NATM공법으로 시공되었으며, 연장은 1,040m, 폭 B=13.0m의 편도 3차로 도로터널이다. 배수형식은 측벽 하부배수형식이며, 직선/곡선의 터널선형과 S=-1.9%의 종단선형, 환기방식은 자연환기방식이고 갹문형식은 원통절개식으로 시공되어 있다.

본 시설물에 대한 외관조사는 대상터널의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 터널부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다.



외관조사 범위는 터널 및 부대시설 등의 현 상태를 조사하였고, 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2024.12, 국토교통부/국토안전관리원)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

본 장에서는 외관조사 결과 확인된 결함과 손상상태에 대하여 터널의 구성 부재별로 사진을 첨부하여 설명하고 발생 원인을 분석하여 보수·보강 및 유지관리방안을 마련하는 데 참고할 수 있도록 하였으며, 전체부재에 대한 외관조사망도를 작성하여 향후 터널의 점검 및 유지관리시 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.

【표 3.1】외관조사방향

구 분	외 관 조 사 방 향
예비조사 및 현장답사	·부재별 근접조사에 필요한 고소작업차 및 사다리 등의 장비 활용방안과 교통통제 방안 등 일정계획 수립 ·사전조사를 통한 주요 손상 및 결함, 현황 확인 ·결함 및 손상의 발생 원인을 추정하고 조사방향 결정 ·현장조사 안전조치 계획수립
현장조사	·신규손상 발생 및 진전여부 확인 ·신축이음부 누수 조사 및 분석 ·보수부 보수상태 확인 및 재손상 발생 여부 확인 ·안전성에 영향을 미치는 손상 발생여부 ·터널 주변 환경조사

【표 3.2】터널 부재별 외관조사 항목

구 분	조사부재	조 사 항 목	비 고
입 · 출 구 부	갱구부	·벽체 균열 및 누수 상태조사 ·콘크리트 박리, 박락 상태조사 ·기타 콘크리트 열화 상태조사	<점검도구> ·필기도구(분필) ·균열경 ·점검망치 ·랜턴 ·줄자 ·카메라 ·고소작업차 ·사다리
	비탈면 (주변사면)	·수목, 식생 상태조사 ·사면의 절리방향, 낙석 유무 조사 ·사면 지반의 변형 현상의 존재 및 상태조사 ·지하수 유출 ·배수로 상태조사	
터 널 내 부	라이닝 (환기갱)	·청소상태 ·균열, 단차, 누수(백태)상태 ·시공이음부 누수 및 손상상태 ·박리, 박락 및 변형조사 ·침음조사에 의한 공동발생 유무	
	배수시설	·배수상태 및 청소상태 ·배수구 덮개 망실 및 파손	
	바닥면 (포장부 포함)	·포장면 요철, 균열, 함몰 ·포장층의 파손 및 보수상태 ·용수로 인한 손상 ·부풀음 상태조사	
기 타	공동구	·균열상태조사 ·파손 발생유무 ·공동구 덮개 망실 및 파손	
	소화설비	·소화전 표시등 작동 여부 및 격납 상태 ·소화전 개폐 상태	

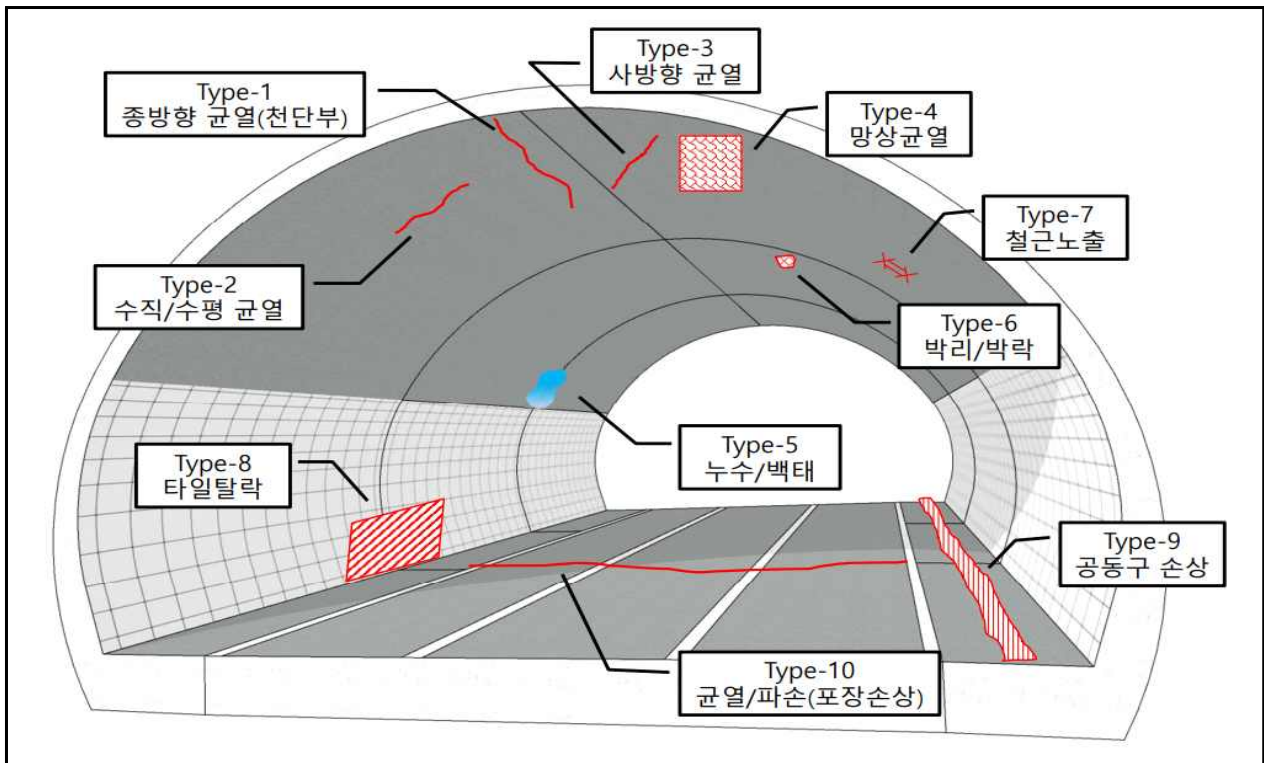
【표 3.2】 터널 부재별 외관조사 항목(계속)

구 분	조사부재	조 사 항 목	비 고
기 타	안전간판	·안전 표지판 설치현황 및 파손 유무	
	조명시설	·조명시설 점등 및 부점등 여부 ·조명등의 파손 및 오염상태	
	환기시설	·환기구 상태 ·기타조사(육안조사 등)	

3.2 터널 주요 조사항목

터널에서 발생하는 균열의 발생원인과 형태가 다양하므로 여러 가지 관점에서 균열 및 단면손상 발생의 원인을 도출하고 그 형태를 조사하여야 한다.

본 과업대상 개착식 및 NATM터널 구간에 발생한 주요 손상 패턴은 다음 그림과 같으며, 주요 손상의 추정원인은 다음 표와 같다.



구 분	손상내용	추정 원인	비 고
TYPE-1	종방향 균열 (천장부)	·구조적인 균열 : 이완토압, 지압작용, 지보공 편중침하 ·비구조적 균열 : 건조수축, 횡방향 온도변화	
TYPE-2	수직/수평균열	·구조적인 균열 : 부등침하 ·비구조적 균열 : 종방향구속, 건조수축	
TYPE-3	사방향균열	·구조적인 균열 : 부등침하 ·비구조적 균열 : 초기수화열, 건조수축, 온도균열	
TYPE-4	망상균열	·동결융해 및 화학작용 ·콘크리트 비비기를 시작하여 타설 까지의 시간과다	
TYPE-5	누수/백태	·수밀성 부족 ·관통균열을 통한 누수	
TYPE-6	박리/박락	·온도변화 및 건조수축 ·이음부 주변 균열진전	
TYPE-7	철근노출	·철근팽창압 ·박락 진전	
TYPE-8	타일탈락	·타일 부착력 저하	
TYPE-9	공동구 손상	·콘크리트 열화 ·제설제 영향	
TYPE-10	포장 손상	·포장 줄눈부 이물질 퇴적 ·신축거동 ·콘크리트 열화	

3.3 측점분할

측점분할은 향후 유지관리에 있어 기존 외관조사망도에 기입된 사항과의 일관성을 유지할 수 있도록 시공이음을 기준으로 총 120개의 Span으로 측점을 분할하고, 현재 유지관리 되고 있는 터널의 차량 진행순서 순으로 각각의 번호를 부여하였으며, Span 별 연장은 기 점검 및 진단 시 실측한 값을 인용하였다.

가. 내곡터널(상행) 축점분할

Span No.	연장(m)	라이닝	지보패턴	Span No.	연장(m)	라이닝	지보패턴
S1	7.5	철근	개착	S21	8.5	무근	I
S2	7.5	철근	개착	S22	8.5	무근	I
S3	7.5	철근	개착	S23	8.5	무근	I
S4	7.5	철근	개착	S24	8.5	무근	I
S5	8.5	철근	IV (철근보강)	S25	8.5	무근	I
S6	8.5	무근	III	S26	8.5	무근	I
S7	8.5	무근	III	S27	8.5	무근	I
S8	8.5	무근	III	S28	8.5	무근	I
S9	8.5	무근	III	S29	8.5	무근	I
S10	8.5	무근	III	S30	8.5	무근	I
S11	8.5	무근	III	S31	8.5	무근	I
S12	8.5	무근	III	S32	8.5	무근	I
S13	8.5	무근	III	S33	8.5	무근	I
S14	8.5	무근	III	S34	8.5	무근	II
S15	8.5	무근	III	S35	8.5	무근	II
S16	8.5	무근	I	S36	8.5	무근	II
S17	8.5	무근	I	S37	8.5	무근	II
S18	8.5	무근	I	S38	6.1	철근	III
S19	8.5	무근	I	S39	11.3	철근	III
S20	8.5	무근	I	S40	11.3	철근	III

Span No.	연장(m)	라이닝	지보패턴	Span No.	연장(m)	라이닝	지보패턴
S41	11.3	철근	Ⅲ	S61	8.5	무근	Ⅱ
S42	8.5	무근	Ⅱ	S62	8.5	무근	Ⅱ
S43	8.5	무근	Ⅱ	S63	8.5	무근	Ⅱ
S44	8.5	무근	Ⅱ	S64	8.5	무근	Ⅱ
S45	8.5	무근	Ⅱ	S65	8.5	무근	I
S46	8.5	무근	Ⅱ	S66	8.5	무근	I
S47	8.5	무근	Ⅱ	S67	8.5	무근	I
S48	8.5	무근	Ⅱ	S68	8.5	무근	I
S49	8.5	무근	Ⅱ	S69	8.5	무근	I
S50	8.5	무근	Ⅱ	S70	8.5	무근	I
S51	8.5	무근	Ⅱ	S71	8.5	무근	I
S52	8.5	무근	Ⅱ	S72	8.5	무근	I
S53	8.5	무근	I	S73	8.5	무근	I
S54	8.5	무근	I	S74	8.5	무근	Ⅱ
S55	8.5	무근	I	S75	8.5	무근	Ⅱ
S56	8.5	무근	I	S76	8.5	무근	Ⅱ
S57	8.5	무근	I	S77	8.5	무근	Ⅱ
S58	8.5	무근	I	S78	13.3	철근	Ⅲ
S59	8.5	무근	I	S79	13.3	철근	Ⅲ
S60	8.5	무근	Ⅱ	S80	13.4	철근	Ⅲ

Span No.	연장(m)	라이닝	지보패턴	Span No.	연장(m)	라이닝	지보패턴
S81	8.5	무근	Ⅱ	S101	8.5	무근	Ⅳ
S82	8.5	무근	Ⅱ	S102	8.5	무근	Ⅳ
S83	8.5	무근	Ⅱ	S103	8.5	무근	Ⅳ
S84	8.5	무근	Ⅱ	S104	8.5	무근	Ⅳ
S85	8.5	무근	Ⅱ	S105	8.5	무근	Ⅳ
S86	8.5	무근	Ⅱ	S106	8.5	무근	Ⅳ
S87	8.5	무근	Ⅲ	S107	8.5	무근	Ⅳ
S88	8.5	무근	Ⅲ	S108	8.5	무근	Ⅳ
S89	8.5	무근	Ⅲ	S109	8.5	무근	Ⅳ
S90	8.5	무근	Ⅲ	S110	8.5	무근	Ⅳ
S91	8.5	무근	Ⅲ	S111	8.5	무근	Ⅳ
S92	8.5	무근	Ⅲ	S112	9.2	철근	Ⅳ (철근보강)
S93	8.5	무근	Ⅳ	S113	9.2	철근	개착
S94	8.5	무근	Ⅳ	S114	9.2	철근	개착
S95	8.5	무근	Ⅳ	S115	9.2	철근	개착
S96	8.5	무근	Ⅳ	S116	9.2	철근	개착
S97	8.5	무근	Ⅳ	S117	9.2	철근	개착
S98	8.5	무근	Ⅳ	S118	9.2	철근	개착
S99	8.5	무근	Ⅳ	S119	9.3	철근	개착
S100	8.5	무근	Ⅳ	S120	9.3	철근	개착

3.4 외관조사(라이닝)

내곡터널(상행선)에서 라이닝은 수압 또는 상재하중 등의 외력작용 및 주지보 단계에서 변위가 수렴되지 않은 경우 이를 지지하며, 지보재 재료 부식 등의 노후화에 대한 보호로 내구성을 확보하고, 터널내 시설물 보호 및 미관을 유지시키는 부재이다.

벽체 표면에는 운전자의 시인성 향상, 터널의 미관 등을 위한 자기질 타입의 타일 마감이 시공되어 있다.

내곡터널(상행선)은 1994년 준공하여 31년동안 공용 중인 도로터널로서 금회 라이닝에 대한 조사는 천장부 및 측벽부 구간으로 세분화하여 현장조사를 실시하였다.

현장조사의 경우 도보 및 고소작업차를 이용하여 조사된 손상에 대해 최대한 근접한 상태에서 외관조사를 실시하였다.



【 터널 라이닝 전경 】

가. 균열

1) 외관조사 결과

- 내곡터널(상행선)의 본선 라이닝에 발생한 균열은 대부분 폭 0.3mm이하의 균열이며, 측벽부에 비해 천장부에서 주로 발생한 것으로 확인되었다. 본 구간에 발생한 균열현황은 다음과 같다.

【표 3.3】 터널 라이닝 균열 외관조사 결과

구 분	균열(m/개소)			보수부 재균열(m/개소)		망상균열 (m ² /개소)	비 고
	0.1mm이하	0.3mm이하	0.3mm초과~0.5mm이하	0.3mm이하	0.3mm초과~0.5mm이하		
1 span	-	-	-	-	-	-	
2 span	-	-	-	-	-	-	
3 span	-	-	-	-	-	-	
4 span	-	-	-	-	-	-	
5 span	-	-	-	-	-	-	
6 span	-	-	-	-	-	-	
7 span	-	-	-	-	-	-	
8 span	-	-	-	-	-	-	
9 span	-	-	-	-	-	-	
10 span	-	-	-	-	-	-	
11 span	-	-	-	-	-	-	
12 span	-	-	-	-	-	-	
13 span	-	-	-	0.9/1	-	-	
14 span	-	1.0/1	-	-	-	-	
15 span	-	-	-	-	-	-	
16 span	-	-	-	-	-	-	
17 span	-	-	-	-	-	-	
18 span	-	-	-	-	-	-	
19 span	-	-	-	-	-	-	
20 span	-	-	-	-	-	-	
21 span	-	-	-	-	-	-	
22 span	-	-	-	-	-	-	
23 span	-	1.0/1	-	-	-	-	
24 span	-	-	-	-	-	-	
25 span	-	-	-	-	-	3.00/1	
26 span	-	-	-	-	-	0.50/1	
27 span	-	-	-	-	-	-	
28 span	-	-	-	-	-	-	
29 span	-	-	-	2.0/1	-	2.00/1	
30 span	-	-	-	9.0/1	-	-	
31 span	-	-	-	-	-	-	
32 span	-	1.5/3	-	-	-	-	
33 span	-	-	-	-	-	-	
34 span	-	-	-	-	-	-	
35 span	-	0.5/1	-	-	-	-	
36 span	-	-	-	0.8/1	-	-	
37 span	-	-	-	0.8/1	-	-	
38 span	-	-	-	-	-	-	
39 span	-	-	-	-	-	-	
40 span	-	-	-	-	-	-	

【표 3.3】 터널 라이닝 균열 외관조사 결과(계속)

구 분	균열(m/개소)			보수부 재균열(m/개소)		망상균열 (m ² /개소)	비 고
	0.1mm이하	0.3mm이하	0.3mm초과~0.5mm이하	0.3mm이하	0.3mm초과~0.5mm이하		
41 span	-	2.6/2	-	-	-	-	
42 span	-	2.0/2	-	-	-	-	
43 span	-	1.7/2	-	-	-	-	
44 span	-	-	-	-	-	-	
45 span	-	3.0/2	-	-	-	-	
46 span	-	0.6/1	-	-	-	-	
47 span	-	-	-	-	-	-	
48 span	-	0.5/1	-	-	-	-	
49 span	-	1.0/1	-	-	-	-	
50 span	-	-	-	-	-	-	
51 span	-	3.0/1	-	-	-	-	
52 span	1.5/1	1.1/2	-	-	-	-	
53 span	-	0.5/1	-	-	-	-	
54 span	-	4.5/4	-	-	-	-	
55 span	-	-	-	-	-	-	
56 span	-	1.5/2	-	-	-	-	
57 span	-	-	-	-	-	-	
58 span	-	2.0/2	-	-	-	-	
59 span	-	-	-	-	-	-	
60 span	-	4.0/1	-	-	-	-	
61 span	-	1.0/1	-	-	-	-	
62 span	-	-	-	-	-	-	
63 span	-	3.2/4	-	-	-	-	
64 span	-	1.2/2	-	-	-	-	
65 span	-	2.2/3	-	-	-	-	
66 span	-	0.4/2	-	-	-	-	
67 span	-	-	-	-	-	-	
68 span	-	-	-	-	-	-	
69 span	-	3.8/5	-	-	-	-	
70 span	-	-	-	-	-	-	
71 span	-	2.7/2	-	-	-	-	
72 span	-	0.3/1	-	-	-	-	
73 span	-	1.0/1	-	-	-	-	
74 span	-	1.4/2	-	-	-	-	
75 span	-	2.6/2	-	-	-	-	
76 span	-	-	-	-	-	-	
77 span	-	6.0/2	-	-	-	-	
78 span	-	2.2/1	-	-	-	-	
79 span	-	-	-	-	-	-	
80 span	-	1.0/1	-	-	-	-	

【표 3.3】 터널 라이닝 균열 외관조사 결과(계속)

구 분	균열(m/개소)			보수부 재균열(m/개소)		망상균열 (m'개소)	비 고
	0.1mm이하	0.3mm이하	0.3mm초과~0.5mm이하	0.3mm이하	0.3mm초과~0.5mm이하		
81 span	-	2.0/2	-	-	-	-	
82 span	-	-	-	-	-	-	
83 span	-	-	-	-	-	-	
84 span	-		-	-	-	-	
85 span	-	3.5/3	-	-	-	-	
86 span	-	1.0/1	-	-	-	-	
87 span	-	1.9/2	-	-	-	-	
88 span	-	-	-	-	-	-	
89 span	-	-	-	-	-	-	
90 span	-	1.0/1	-	-	-	-	
91 span	-	-	-	-	-	-	
92 span	-	-	-	-	-	-	
93 span	-	1.2/1	-	-	-	-	
94 span	-	2.5/3	-	-	-	-	
95 span	-	-	-	-	-	-	
96 span	-	-	-	-	-	-	
97 span	-	-	-	-	-	-	
98 span	-	-	-	-	-	-	
99 span	-	-	-	-	-	-	
100 span	-	-	-	-	-	-	
101 span	-	1.0/1	-	-	-	-	
102 span	-	0.6/1	-	-	-	-	
103 span	-	2.5/2	-	-	-	-	
104 span	-	-	-	-	-	-	
105 span	-	-	-	-	-	-	
106 span	-	-	-	-	-	-	
107 span	-	9.6/2	-	-	-	-	
108 span	-	12.0/4	-	-	-	-	
109 span	-	-	-	-	-	-	
110 span	-	-	-	-	-	-	
111 span	-	-	-	-	-	-	
112 span	-	-	-	-	-	-	
113 span	-	1.2/1	-	-	-	-	
114 span	-	-	-	-	-	-	
115 span	-	-	-	-	-	-	
116 span	1.6/2	11.0/6	-	-	-	-	
117 span	0.4/1	13.5/4	-	-	-	25.0/1	
118 span	-	4.2/3	-	-	-	51.0/3	
119 span	-	-	-	-	-	85.0/1	
120 span	-	-	-	-	-	-	
합 계	4.0/5	129.2/105	-	13.5/5	-	166.5/8	

 천장부 종방향/보수부 재균열($Cw=0.3mm$) SP-13	 천장부 종방향 균열($Cw=0.2mm$) SP-77
 좌측벽 횡방향 균열($Cw=0.2mm$) SP-35	 천장부 사방향 균열($Cw=0.2mm$) SP-93
 천장부 망상균열($A=2.0m \times 1.0m$) SP-29	 천장부 망상균열($A=8.5m \times 10.0m$) SP-119

【 터널 라이닝 균열 손상 사진 】

2) 정밀안전진단(2023년) 결과와 비교·분석

- 기 시행한 진단 결과와의 비교분석 결과, 라이닝 균열에 대하여 보수가 이루어진 상태로 금회 점검시 손상규모의 조정, 보수·보강 등의 원인에 의해 수량이 감소된 것으로 조사되었다.
- 그 외 보수부재균열($C_w=0.3\text{mm}$ 이하), 망상균열($C_w=0.3\text{mm}$ 이하)의 경우도 보수·보강 등의 원인에 의해 수량이 감소된 것으로 조사되었다.

【표 3.4】 터널 라이닝 균열발생에 대한 진단(2023년) 결과와의 비교

구 분		기 진단(2023년)	금회 점검(2025년)	비 고
균 열	균열($C_w=0.1\text{mm}$ 이하)(m/개소)	5.0/5	4.0/4	▼
	균열($C_w=0.2\text{mm} \sim 0.3\text{mm}$)(m/개소)	144.8/120	129.2/105	▼
	보수부재균열($C_w=0.3\text{mm}$ 이하)(m/개소)	81.6/13	13.5/5	▼
	망상균열($C_w=0.3\text{mm}$ 이하)(m^2 /개소)	586.57/46	166.5/8	▼

3) 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 금회 내곡터널의 라이닝에 발생한 종방향균열(Type-1)은 대부분 무근콘크리트 천장부에 발생한 균열로 연속성은 없는 균열로 콘크리트의 온도변화 및 건조수축, 응력불균형, 소성변형에 따른 추가하중, 거푸집의 조기 탈형 등에 의해 발생한 것으로 판단되며 발생한 종방향 균열은 대부분 보수부재균열로, 외관조사 결과에서 언급한 바와 같이 공용기간 증대에 따른 보수재의 열화로 균열부가 노출된 상태로 확인되었다.
- 횡방향 균열(Type-2)는 대부분 천장부에서 조사되었으며, 온도변화 및 건조수축 등의 비구조적 균열로 판단된다.
- 일부 측벽부(Span 1 좌측벽체)에서 발생한 균열은 측벽부의 타설경계면(공동구/라이닝)에서 발생한 것으로 조사되었다. 일반적으로 라이닝 하부는 외적으로는 기존 타설된 공동구 및 배수구의 단부구속 영향을 받게되고 내적으로는 라이닝의 소성수축과 건조수축에 따라 접속부로부터 인장응력을 받는데 이로인해 횡방향 균열이 발생한 것으로 판단된다.

- 사방향 균열(Type-3)은, 지진 및 사면활동과 같은 외적인 하중으로 인해 라이닝에 발생하는 전단균열이 아닌 재료 및 시공 등의 원인으로 발생한 균열로, 대부분의 손상이 폭 0.3mm 이하의 균열로 조사되었다.
- 망상균열(Type-4)은 시멘트의 이상팽창에 의해 방사형으로 불규칙하게 발생하기도 하고, 물시멘트비의 부배합으로 인한 수화열의 과다발생 및 건조수축, 콘크리트 품질에 의한 블리딩 및 레이턴스의 발생, 타설 및 양생 과정에서 과다짐 및 거푸집의 조기탈형 등으로 주로 발생한다.
본 시설물에서 발생한 망상균열은 대부분 천장부에서 발생되었으며, 외부에 노출되어 우수의 영향을 직접적으로 받는 시·종점측 갱구부에서 다수 발생하였으며 터널의 내·외부의 온도차, 콘크리트 재료적 특성과 시공에 따라 발생한 비구조적 균열(폭 0.3mm이하)로 판단된다.
- 본 시설물에서 발생한 Type1~Type4의 균열들은 대부분 연속성이 없으며, 균열폭 또한 0.3mm이하의 균열로 구조물의 안전성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단되나, 내구성 향상을 위해 표면보수 및 주입보수를 실시함이 타당할 것으로 보여진다.

나. 누수 및 백태

1) 외관조사 결과

- 본선구간의 천장부 및 좌우측 측벽에서 누수흔적 및 백태가 조사되었다.

【표 3.5】 터널 라이닝 누수 및 백태 외관조사 결과

구 분	누수흔적(m'개소)	백태(선백태)(m/개소)	백태(선백태/보수부) (m/개소)	백태(면백태)(m'개소)	비 고
1 span	-	-	-	-	
2 span	0.16/1	-	-	0.02/1	
3 span	-	-	-	-	
4 span	-	-	-	-	
5 span	-	-	-	-	
6 span	-	-	-	-	
7 span	-	-	-	-	
8 span	-	-	-	0.09/1	
9 span	-	-	-	-	
10 span	-	-	-	-	
11 span	-	-	-	-	
12 span	-	-	-	-	
13 span	-	-	-	-	
14 span	-	-	-	-	
15 span	-	-	-	-	
16 span	-	-	-	-	
17 span	-	-	-	0.03/1	
18 span	-	-	-	0.65/2	
19 span	-	-	-	-	
20 span	-	-	-	-	

【표 3.5】 터널 라이닝 누수 및 백태 외관조사 결과(계속)

구 분	누수흔적(m ² /개소)	백태(선백태)(m/개소)	백태(선백태/보수부) (m/개소)	백태(면백태)(m ² /개소)	비 고
21 span	-	-	-	-	
22 span	-	-	-	-	
23 span	-	-	-	-	
24 span	-	-	-	-	
25 span	-	-	-	-	
26 span	-	-	-	-	
27 span	-	-	-	-	
28 span	-	-	-	-	
29 span	-	-	-	-	
30 span	-	-	-	-	
31 span	-	-	-	-	
32 span	-	-	-	-	
33 span	-	-	-	-	
34 span	-	-	-	-	
35 span	-	-	-	-	
36 span	-	-	-	-	
37 span	-	-	-	-	
38 span	-	-	-	-	
39 span	-	-	-	-	
40 span	-	0.8/1	0.5/1	-	
41 span	-	-	-	-	
42 span	-	-	-	-	
43 span	-	-	-	-	
44 span	-	-	-	-	
45 span	-	-	-	-	
46 span	-	-	-	-	
47 span	-	-	-	-	
48 span	-	-	-	-	
49 span	-	-	-	-	
50 span	-	-	-	-	
51 span	-	-	-	-	
52 span	-	-	-	-	
53 span	-	-	-	-	
54 span	-	-	-	-	
55 span	-	-	-	-	
56 span	-	-	-	-	
57 span	-	-	-	-	
58 span	-	-	-	-	
59 span	-	-	-	-	
60 span	-	-	-	-	

【표 3.5】 터널 라이닝 누수 및 백태 외관조사 결과(계속)

구 분	누수흔적(m ² /개소)	백태(선백태)(m/개소)	백태(선백태/보수부) (m/개소)	백태(면백태)(m ² /개소)	비 고
61 span	-	-	-	-	
62 span	-	-	-	-	
63 span	-	-	-	-	
64 span	-	-	-	-	
65 span	-	-	-	-	
66 span	-	-	-	-	
67 span	-	-	-	-	
68 span	-	-	-	-	
69 span	-	-	-	-	
70 span	-	-	-	-	
71 span	-	-	-	-	
72 span	-	-	-	-	
73 span	-	-	-	-	
74 span	-	-	-	-	
75 span	-	-	-	-	
76 span	-	-	-	-	
77 span	-	-	-	-	
78 span	-	-	-	-	
79 span	-	1.0/1	-	0.06/1	
80 span	-	-	-	-	
81 span	-	-	-	-	
82 span	-	-	-	-	
83 span	-	-	-	-	
84 span	-	-	-	-	
85 span	-	-	-	-	
86 span	-	-	-	-	
87 span	-	-	-	0.04/1	
88 span	-	-	-	0.09/1	
89 span	-	-	-	-	
90 span	-	-	-	-	
91 span	-	-	-	-	
92 span	-	-	-	-	
93 span	-	-	-	-	
94 span	-	-	-	-	
95 span	-	-	-	-	
96 span	-	-	-	-	
97 span	-	-	-	0.90/1	
98 span	-	-	-	-	
99 span	-	-	-	-	
100 span	-	-	-	-	

【표 3.5】 터널 라이닝 누수 및 백태 외관조사 결과(계속)

구 분	누수혼적(m ³ /개소)	백태(선백태)(m/개소)	백태(선백태/보수부) (m/개소)	백태(면백태)(m ³ /개소)	비 고
101 span	-	-	-	-	
102 span	-	-	-	-	
103 span	-	-	-	-	
104 span	-	-	-	-	
105 span	-	-	-	-	
106 span	-	-	-	-	
107 span	-	-	-	-	
108 span	-	-	-	-	
109 span	-	-	-	-	
110 span	-	-	-	-	
111 span	-	-	-	-	
112 span	-	-	-	-	
113 span	-	-	-	-	
114 span	-	-	-	-	
115 span	-	-	-	-	
116 span	-	-	-	-	
117 span	-	-	-	-	
118 span	-	-	-	-	
119 span	-	-	-	-	
120 span	-	-	-	-	
합 계	0.16/1	1.80/2	0.5/1	1.89/10	

	
벽체 누수흔적(A=0.1m×1.6m) SP-2	천장부 백태(A=1.0m×0.8m) SP-40
	
천장부 백태(L=0.5m) SP-40	천장부 백태(A=0.5m×2.0m) SP-79

【 터널 라이닝 누수·백태 손상 사진 】

2) 정밀안전진단(2023년) 결과와 비교·분석

- 전차에 실시한 정밀안전진단 결과와 비교분석 결과, 일부 보수가 이루어져 손상수량이 감소된 것으로 확인되었다.

【표 3.6】 터널 라이닝 누수 및 백태에 대한 진단(2023년) 결과와의 비교

구 분		기 진단(2023년)	금회 점검(2025년)	비 고
누수 및 백태	누수흔적(m ² /개소)	7.16/4	2.16/2	▼
	백태(선백태)(m/개소)	4.5/7	1.8/2	▼
	백태(선백태/보수부)(m/개소)	0.5/1	0.5/1	-
	백태(면백태)(m ² /개소)	1.89/10	1.89/10	-

3) 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 금회 발생한 누수흔적과 관련하여 터널 상부의 계곡이나 소류지 등은 확인되지 않은 상태로 발생한 누수흔적의 손상은 공용기간 증대에 따른 수밀성 저하로 인해 유입된 우수 등의 영향으로 발생한 손상으로 판단되며, 기 진단결과와 비교검토 결과 손상의 진전은 미미하며, 신규 조사된 손상은 주기적인 관찰을 실시해야 할 것으로 판단된다.

다. 단면손상 및 재질열화

1) 외관조사 결과

- 터널에 구조적으로 영향을 미칠만한 중요손상은 발생되지 않은 상태이며, 주요손상으로 이음부 주변의 박락 및 파손, 박리, 재료분리, 마감불량 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.7】 터널 라이닝 단면손상 및 재질열화 외관조사 결과

구 분	파손 (㎡/개소)	박리 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	재료분리 (㎡/개소)	마감불량 (㎡/개소)	철근노출 (㎡/개소)	비 고
1 Span	0.05/1	-	-	-	-	-	
2 Span	0.01/1	-	0.04/1	-	-	-	
3 Span	-	-	-	-	-	-	
4 Span	-	-	-	-	-	-	
5 Span	-	-	-	-	-	-	

【표 3.7】 터널 라이닝 단면손상 및 재질열화 외관조사 결과(계속)

구 분	파손 (㎡/개소)	박리 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	재료분리 (㎡/개소)	마감불량 (㎡/개소)	철근노출 (㎡/개소)	비 고
6 Span	-	-	-	-	-	-	
7 Span	-	-	-	-	-	-	
8 Span	-	-	-	-	-	-	
9 Span	-	-	-	-	-	-	
10 Span	-	-	-	-	-	-	
11 Span	-	-	-	-	-	-	
12 Span	0.19/2	-	-	-	-	-	
13 Span	-	-	-	-	-	-	
14 Span	-	-	-	-	-	-	
15 Span	-	2.40/1	0.10/1	-	-	-	
16 Span	-	1.00/1	-	-	-	-	
17 Span	-	-	-	-	-	-	
18 Span	-	-	-	-	-	-	
19 Span	-	-	-	-	-	-	
20 Span	-	-	0.01/1	-	-	-	
21 Span	-	-	-	-	-	-	
22 Span	-	-	-	-	-	-	
23 Span	0.03/1	-	-	-	-	-	
24 Span	-	-	-	-	-	-	
25 Span	-	-	-	-	-	-	
26 Span	-	-	-	-	-	-	
27 Span	-	-	-	-	-	-	
28 Span	-	-	-	-	-	-	
29 Span	-	-	0.01/1	-	-	-	
30 Span	-	-	-	-	-	-	
31 Span	-	1.28/2	-	-	-	-	
32 Span	-	-	-	-	-	-	
33 Span	-	-	-	-	-	-	
34 Span	-	-	-	-	-	-	
35 Span	-	-	-	-	-	-	
36 Span	-	-	-	-	-	-	
37 Span	-	-	-	-	-	-	
38 Span	-	-	-	-	-	-	
39 Span	-	0.25/1	-	-	-	-	
40 Span	-	-	-	-	-	-	

【표 3.7】 터널 라이닝 단면손상 및 재질열화 외관조사 결과(계속)

구 분	파손 (m ² /개소)	박리 (m ² /개소)	박락 (m ² /개소)	재료분리 (m ² /개소)	마감불량 (m ² /개소)	철근노출 (m ² /개소)	비 고
41 Span	-	-	-	-	-	-	
42 Span	-	-	-	-	-	-	
43 Span	-	-	-	-	-	-	
44 Span	-	-	-	-	-	-	
45 Span	-	-	-	-	-	-	
46 Span	-	-	-	-	-	-	
47 Span	-	-	-	-	-	-	
48 Span	-	-	-	-	-	-	
49 Span	-	-	-	-	-	-	
50 Span	-	-	-	-	-	-	
51 Span	-	-	-	-	-	-	
52 Span	-	-	-	-	-	-	
53 Span	-	-	-	-	-	-	
54 Span	-	-	-	-	-	-	
55 Span	-	-	-	-	-	-	
56 Span	-	-	-	-	-	-	
57 Span	-	-	-	-	-	-	
58 Span	-	-	-	-	-	-	
59 Span	-	-	-	-	-	-	
60 Span	-	-	-	-	-	-	
61 Span	-	-	-	-	-	-	
62 Span	-	-	-	-	-	-	
63 Span	-	-	-	-	-	-	
64 Span	-	-	-	-	-	-	
65 Span	-	-	-	-	-	-	
66 Span	-	-	-	-	-	-	
67 Span	-	-	-	-	-	-	
68 Span	-	-	0.10/1	-	-	-	
69 Span	-	-	-	-	-	-	
70 Span	-	-	0.40/1	-	-	-	
71 Span	-	-	-	-	-	-	
72 Span	-	-	-	-	-	-	
73 Span	-	-	-	-	-	-	
74 Span	-	-	-	-	-	-	
75 Span	-	-	-	-	-	-	

【표 3.7】 터널 라이닝 단면손상 및 재질열화 외관조사 결과(계속)

구 분	파손 (㎡/개소)	박리 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	재료분리 (㎡/개소)	마감불량 (㎡/개소)	철근노출 (㎡/개소)	비 고
76 Span	-	-	-	-	-	-	
77 Span	-	-	-	-	-	-	
78 Span	-	-	-	-	-	-	
79 Span	-	-	-	-	-	3.69/14	
80 Span	-	-	-	-	-	0.23/2	
81 Span	-	-	-	-	-	-	
82 Span	-	-	-	0.03/1	-	-	
83 Span	-	-	-	-	-	-	
84 Span	-	-	-	-	0.01/1	-	
85 Span	-	-	-	-	-	-	
86 Span	-	-	-	-	0.01/1	-	
87 Span	-	-	-	-	-	-	
88 Span	-	-	0.03/1	-	-	-	
89 Span	-	-	-	-	0.01/1	-	
90 Span	-	-	-	-	-	-	
91 Span	-	-	-	-	-	-	
92 Span	-	-	-	-	-	-	
93 Span	-	-	-	-	-	-	
94 Span	-	-	-	-	-	-	
95 Span	-	-	-	-	-	-	
96 Span	-	-	-	-	-	-	
97 Span	-	-	-	-	-	-	
98 Span	-	-	-	-	-	-	
99 Span	-	-	0.04/1	-	-	-	
100 Span	-	-	-	-	-	-	
101 Span	-	-	-	-	-	-	
102 Span	-	-	-	-	-	-	
103 Span	-	-	-	-	-	-	
104 Span	-	-	-	-	-	-	
105 Span	-	-	0.04/1	-	-	-	
106 Span	-	-	-	-	-	-	
107 Span	-	-	0.10/2	-	-	-	
108 Span	-	-	-	-	-	-	
109 Span	-	-	-	-	-	-	
110 Span	-	-	0.06/1	-	-	-	

【표 3.7】 터널 라이닝 단면손상 및 재질열화 외관조사 결과(계속)

구 분	파손 (㎡/개소)	박리 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	재료분리 (㎡/개소)	마감불량 (㎡/개소)	철근노출 (㎡/개소)	비 고
111 Span	-	-	-	-	-	-	
112 Span	-	-	-	-	-	-	
113 Span	-	-	-	-	-	-	
114 Span	-	-	-	-	-	-	
115 Span	-	-	-	-	-	-	
116 Span	-	-	-	-	-	-	
117 Span	-	-	-	-	-	-	
118 Span	-	-	-	-	-	-	
119 Span	-	-	-	-	-	-	
120 Span	-	-	-	-	-	-	
합 계	0.28/5	4.93/5	0.93/12	0.03/1	0.03/β	3.92/16	



천장부 파손(A=0.2m×0.2m) SP-12



천장부 박리(A=0.8m×0.3m) SP-15

	
벽체 박락(A=0.5m×0.2m) SP-68	천장부 철근노출(A=0.1m×0.8m) SP-79

【 터널 라이닝 단면 손상 및 재질열화 사진 】

2) 정밀안전진단(2023년) 결과와 비교·분석

- 금회 외관조사와 기 진단 결과와 비교 분석한 바, 구조물의 단면손상이나 재질 열화의 증·감이 없는 것으로 조사되었다.

【표 3.8】 터널 라이닝 단면손상 및 재질열화에 대한 진단(2023년) 결과와의 비교

구 분		기 진단(2023년)	금회 점검(2025년)	비 고
단면손상 및 재질열화	파손(m ² /개소)	0.28/5	0.28/5	-
	박리(m ² /개소)	4.93/5	4.93/5	-
	박락(m ² /개소)	0.93/12	0.93/12	-
	재료분리(m ² /개소)	0.03/1	0.03/1	-
	마감불량(m ² /개소)	0.03/3	0.03/3	-
	철근노출(m ² /개소)	3.92/16	3.92/16	-

3) 검토의견

- 벽체 및 천장부에서 파손이 조사되었으며, 외부충격 및 공용증가 등의 환경적인 요인에 의해 발생한 손상으로 아주 경미한 상태로 확인되었다.
- 조사된 박리의 손상은 대부분 $t=5\text{mm}$ 의 경미한 표면박리로 공용증가에 따른 표면탈락의 손상으로 판단되며, 현재 시급한 보수는 필요치 않은 상태로 확인되어 주의관찰을 실시함이 바람직하다.
- 천장부에서 발생한 철근노출의 손상은 대부분 타설 및 다짐불량, 시공불량 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 예방적 유지관리 차원의 단면보수(표면보수) 및 방청 처리 등을 실시함이 바람직하다.
- 그 외 재료분리 및 마감불량의 손상은 타설 및 다짐불량, 시공미흡 등의 시공적인 요인에 의한 손상으로 현재 국부적으로 발생한 것으로 확인되었으며, 손상의 진전은 미미한 상태로 조사 되었다.

라. 기타손상

1) 외관조사 결과

- 상기 조사된 손상 이외에 천장부의 실링재 박리, 단차, 잡철물노출, 보수재 박리, 측벽부의 타일손상(균열, 파손/들뜸/박리 등)이 조사되었다.

【표 3.9】 터널 라이닝 기타손상 외관조사 결과

구 분	실링재 박리 (m/개소)	단차 (EA/개소)	잡철물노출 (㎡/개소)	보수재 박리 (㎡/개소)	타일손상			비 고
					균열 (m/개소)	파손/들뜸/박리 (EA/개소)	탈락/철근노출 (㎡/개소)	
기타손상	5.0/1	11.0/11	0.03/2	34.10/6	84.07/340	4,401.0/4,401	0.11/2	



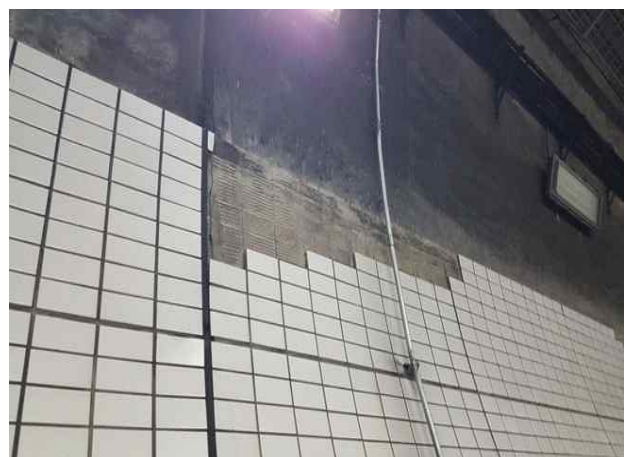
좌측벽 타일균열(L=0.6m) SP-9



천장부 잡철물노출(A=0.1m×0.1m) SP-15



좌측벽 타일탈락 및 파손(7EA) SP-10



좌측벽 타일탈락 및 파손(40EA) SP-34

【 터널 라이닝 기타손상 사진 】

2) 정밀안전진단(2023년) 결과와 비교·분석

- 금회 외관조사와 기 진단(2023년) 결과와 비교 분석한 바, 천장부에서 조사된 실링재 박리/단차, 잡철물노출 등의 손상은 진전 및 변동이 없는 상태로 확인되었다.
- 그 외 측벽부에서 조사된 타일손상의 경우 기 진단(2023년) 결과와 비교시 타일 파손이 추가로 조사되어, 손상수량이 전반적으로 증가된 것으로 확인되었다.

【표 3.10】 터널 라이닝 기타손상에 대한 진단(2023년) 결과와의 비교

구 분		기 진단(2023년)	금회 점검(2025년)	비 고
기타손상	실링재 박리(m/개소)	5.0/1	5.0/1	-
	단차(EA/개소)	11.0/11	11.0/11	-
	잡철물노출(m ² /개소)	0.03/2	0.03/2	-
	보수재 박리(m ² /개소)	34.10/6	34.10/6	-
	타일균열(m/개소)	84.07/340	84.07/340	-
	타일 파손/들뜸, 박리(EA/개소)	4,398.0/4398	4,401.0/4,401	▲
	타일탈락/철근노출(m ² /개소)	0.11/2	0.11/2	-

3) 검토의견

- 실링재 박리의 손상은 공용년수에 증가에 따른 실링재의 접착력 부족 등 열화에 의한 손상으로 판단되며, 단차의 손상은 시공미흡에 따른 손상으로 일부 측정오차에 따른 편차는 있었으나, 측정결과 추가적인 손상은 발생하지 않은 상태로 확인되어 전반적으로 양호한 상태로 판단된다.

【표 3.11】 터널 라이닝 단차량 측정결과

(단위 : mm)

구 분		2017 진단	2020 정밀	2023 진단	금회 정밀	비 고
단 차	Span 2	30.0	27.0	30.0	30.0	-
	Span 5	20.0	28.0	20.0	25.0	▲
	Span 7	25.0	21.0	25.0	25.0	-
	Span 14	15.0	12.0	20.0	15.0	▼
	Span 39	35.0	30.0	32.0	30.0	▼
	Span 42	25.0	18.0	26.0	26.0	-
	Span 60	30.0	27.0	32.0	30.0	▼
	Span 75	23.0	28.0	30.0	28.0	▼
	Span 77	25.0	20.0	27.0	27.0	-
	Span 80	25.0	22.0	25.0	25.0	-
	Span 83	20.0	12.0	20.0	20.0	-

- 보수재 박리의 손상은 기존 손상 보수부(균열보수부)의 보수재 열화로 인해 발생한 손상이며 현재 손상의 진전은 없는 상태로 확인되어 지속적인 주의관찰을 통한 유지관리가 요구된다.
- 타일손상은 좌우측 측벽부에서 조사되었으며, 공용 중 지속적인 타일탈락, 파손 등의 손상이 발생되어 손상수량이 증가되고 있는 것으로 확인되었다.

3.5 외 관조사(터널주변)

가. 갯문

본 대상시설물의 갯문은 터널 시공시 절개된 경사면 방호를 위하여 터널 입출구부에 본체와 접속되어있는 구조물로, 시점부와 종점부가 원통절개식으로 시공되어 있으며 갯구부는 락볼트로 보강 되어 있는 것으로 조사되었다.

	
시점부 갯문전경	종점부 갯문전경
	
갯문 주변 배수로 전경	갯문 사면 전경

【 갯문 및 주변 전경사진 】

1) 외관조사 결과

- 내곡터널(상행선) 시·중점부 갯문의 점검결과, 구조적인 손상은 발생되지 않았으며, 단면보수 실시 되었으나 갯문 보수부 균열, 배수로 이물질퇴적, 토사퇴적 등이 조사되었다.

【표 3.12】 갯문 외관조사 결과

구 분		균열(Cw=0.3mm초과) (m/개소)	박리, 박락, 파손 (㎡/개소)	망상균열 (㎡/개소)	이격, 갯구이격 (m/개소)	비 고
갯 문	시 점	-	-	-	7.5/2	
	중 점	-	-	-	-	
	합 계	-	-	-	7.5/2	
구 분		측구배수로 미설치 (m/개소)	배수로 이물질퇴적 (m/개소)	토사퇴적 (EA/개소)	배수로파손 (㎡/개소)	비 고
배수로	시 점	20.0/1	-	2.0/2	-	
	중 점	-	20.0/1	2.0/2	6.00/1	
	합 계	20.0/1	20.0/1	4.0/4	6.00/1	

2) 정밀안전진단(2023년) 결과와 비교·분석

- 기 진단(2023년)과 비교분석한 결과 갯구부에 대한 보수가 이루어져 균열, 망상균열, 파손 등의 손상은 감소로 조사되었다. 그 외 배수로 이물질 퇴적, 토사퇴적, 배수로 파손 등의 손상은 증·감이 없는 것으로 조사되었다.

【표 3.13】 갯문에 대한 진단(2023년) 결과와의 비교

구 분		기 진단(2023년)	금회 점검(2025년)	비 고
갯문	균열(Cw=0.3mm초과)(m/개소)	13.8/4	-	▼
	망상균열(㎡/개소)	90.00/2	-	▼
	박리, 박락, 파손(㎡/개소)	0.71/5	-	▼
	이격, 갯구이격(m/개소)	7.5/2	7.5/2	-
	측구배수로 미설치(m/개소)	20.1/1	20.1/1	-
	배수로 이물질퇴적(m/개소)	20.0/1	20.0/1	-
	토사퇴적(ea/개소)	4.0/4	4.0/4	-
	배수로파손(㎡/개소)	6.00/1	6.00/1	-

3) 검토의견

- 기 진단(2023년) 당시 균열($C_w=0.3\text{mm}$ 초과) 및 망상균열은 시·중점부 갭문부에서 조사되었나, 보수가 이루어져 상태가 양호한 것으로 조사되었다.
- 이격은 갭문 외측에서 발생한 손상으로, 공용중 신축거동에 의한 이격으로 조사되었으며, 향후 지속적인 이격 주의관찰할 필요가 있다.
- 배수로 이물질퇴적은 청소 등의 조치를 취하고, 배수로 파손의 손상은 재설치가 요구된다. 또한 갭문 주변부는 원활한 배수 등을 위해 주기적인 제초작업이 요구된다.



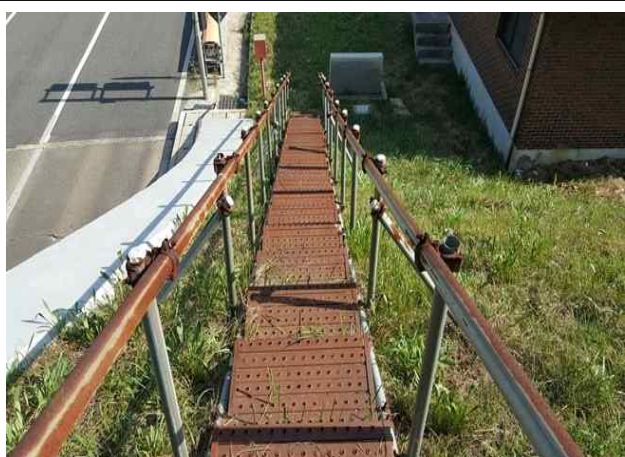
갭문 보수 상태양호



배수로 이물질퇴적



측구배수로 미설치



점검로 부식

【 갭문 주변 손상 및 보수 사진 】

나. 사면

내곡터널(상행선) 시·종점부 사면에 대한 점검결과 침하, 지반활동(산사태) 등의 이상징후는 조사되지 않았으며, 수목류의 식생 및 생육상태 또한 양호한 것으로 조사되었다.



【 갭구부 사면 전경 사진 】

1) 외관조사 결과

- 터널 시·종점부 갭구부 사면의 점검결과, 능형망 파손, 웬스 파손, 국부 침하, 식생, 계단부식 등이 조사되었다.

【표 3.14】 사면 외관조사 결과

구 분		능형망 파손 (㎡/개소)	웬스파손 (m/개소)	국부침하 (㎡/개소)	암 이완 (㎡/개소)	식생 (m/개소)	계단부식 (㎡/개소)	비 고
사면	시 점	1.00/1	1.0/1	0.40/1	0.25/1	10.6/1	24.3/2	
	종 점	-	-	-	-	30.0/2	-	
	합 계	1.00/1	1.0/1	0.40/1	0.25/1	40.6β	24.3/2	

2) 정밀안전진단(2023년) 결과와 비교·분석

- 기 진단 및 점검 결과와 비교 분석한 결과 전반적으로 수량의 변동이 없는 상태로 조사되었으며, 특이사항은 없는 것으로 확인되었다.

【표 3.15】사면에 대한 대한 진단(2023년) 결과와의 비교

구 분		기 진단(2017년)	금회 점검(2023년)	비 고
사면	능형망파손(m ² /개소)	1.00/1	1.00/1	-
	웬스파손(m/개소)	1.0/1	1.0/1	-
	국부침하(m ² /개소)	0.40/1	0.40/1	-
	암이완(m ² /개소)	0.25/1	0.25/1	-
	식생(m/개소)	40.6/3	40.6/3	-
	계단부식(m ² /개소)	24.30/2	24.30/2	-

다. 공동구 및 배수시설

공동구 및 배수로는 내곡터널(상행선) 좌·우측에 설치되어 있으며, 터널 내 원활한 배수를 위하여 설치되며, 배수가 불량할 경우, 콘크리트 열화 및 토압(수압)증가로 터널의 안전성에 문제를 유발할 수 있어 주의관찰이 요구된다.



공동구 배수로 외부 전경

공동구 배수로 내부 전경

【 공동구 및 배수로 전경 사진 】

1) 외관조사 결과

- 공동구에 벽체 균열(0.3mm미만), 공동구 덮개 균열, 파손, 설치불량 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.16】 공동구 외관조사 결과

구분	손상명	물 량	비 고
공동구	균열(0.3mm미만)(m/개소)	3.0/10	
	파손(m ² /개소)	0.20/1	
	덮개 균열(m/개소)	1.5/3	
	덮개 파손/설치불량(EA/개소)	22.0/22	



공동구 균열(Cw=0.2mm, L=0.3m) SP-2



공동구 덮개 파손(1EA) SP-4



공동구 덮개 탈락(1EA) SP-35



공동구 덮개 철근노출(1EA) SP-68

【 공동구 손상 사진 】

2) 정밀안전진단(2023년) 결과와 비교·분석

- 기 진단(2023년)과 비교분석한 결과 점검자의 판단 차이로 인한 수량이 일부 조정된 것으로 조사되었다.
- 공동구 벽체파손, 덮개파손 및 설치불량의 경우 금회 점검 시 신규로 조사되어 손상이 증가된 것으로 조사되었다.

【표 3.17】 공동구에 대한 진단(2023년) 결과와의 비교

구 분		기 진단(2023년)	금회 점검(2025년)	비 고
공동구	균열(0.3mm미만)(m/개소)	3.0/10	3.0/10	-
	파손(m ² /개소)	0.20/1	0.20/1	-
	덮개 균열((m/개소)	1.0/2	1.5/3	▲
	덮개 파손/설치불량(EA/개소)	21.0/21	22.0/22	▲

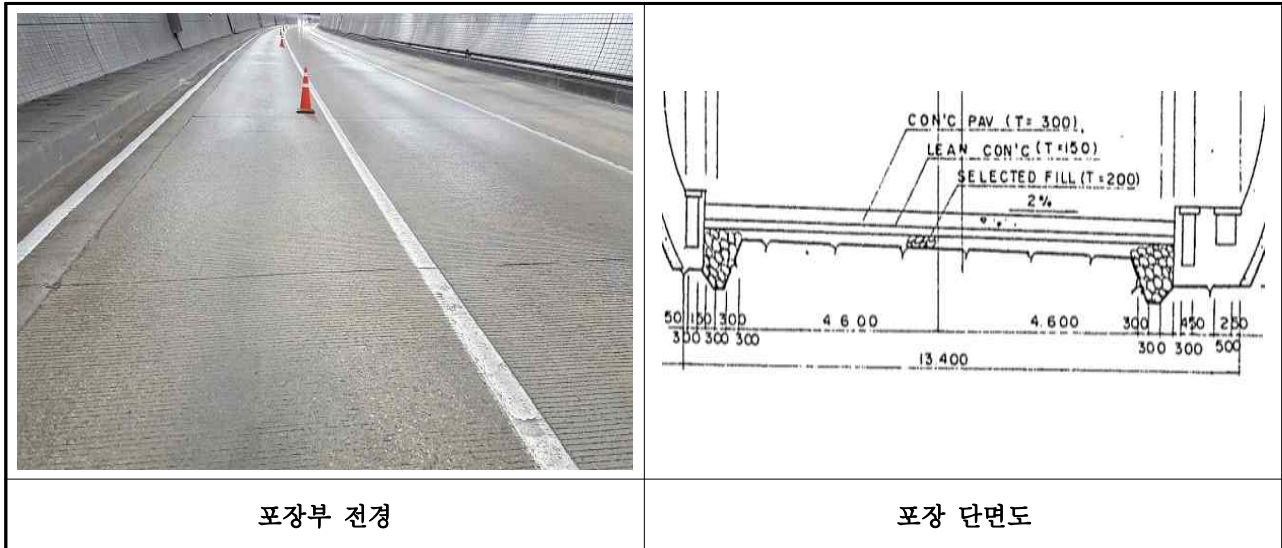
3) 검토의견

- 공동구에서 조사된 손상은 차량충돌 등 외부충격에 의한 파손과 공용기간 증가로 인한 콘크리트 재료적 특성에서 기인한 손상으로, 손상이 경미하여 주의 관찰하여 관리함이 타당하다.

3.6 외관조사(부대시설)

가. 도로포장

내곡터널(상행선) 포장은 콘크리트 포장($t=300\text{mm}$)으로 좌측에서 우측으로 2% 횡단경사로 이루어져 있다.



【 포장부 전경 사진 및 도면 】

1) 외관조사 결과

- 포장에 발생된 주요 손상으로는 균열, 망상균열, 포장파손/패임/긁힘, 마모, 보수 불량 및 접속부 아스콘 균열 등의 손상이 조사되었으며, 포장파손의 경우 대부분 주행차로, 줄눈부, 공동구 접합부 주위에서 발생되었다.

【표 3.16】 포장부 외관조사 결과

구분	손상명	물 량	비 고
포 장	균열(m/개소)	55.0/46	
	망상균열(m ² /개소)	78.00/2	
	포장파손/패임/긁힘(m ² /개소)	13.47/86	
	포장마모(m ² /개소)	6.00/2	
	보수불량	0.30/2	
	접속부 아스콘 파손	0.20/1	

	
포장 파손(A=1.0m×4.0m) SP-1	포장 균열(L=10.5m) SP-1
	
포장 파손(A=0.5m×0.5m) SP-28	포장 보수부 균열(L=0.5m) SP-29
	
포장 파손(A=0.3m×0.5m)2개소 SP-53	포장 파손(줄눈부) L=5.5m SP-72

【 포장 손상 사진 】

2) 정밀안전진단(2023년) 결과와 비교·분석

- 기 진단(2023년)과 비교분석한 결과 전반적으로 신규손상의 증가로 인해 손상의 수량이 증가된 것으로 확인되었다.

【표 3.17】 포장에 대한 진단(2023년) 결과와의 비교

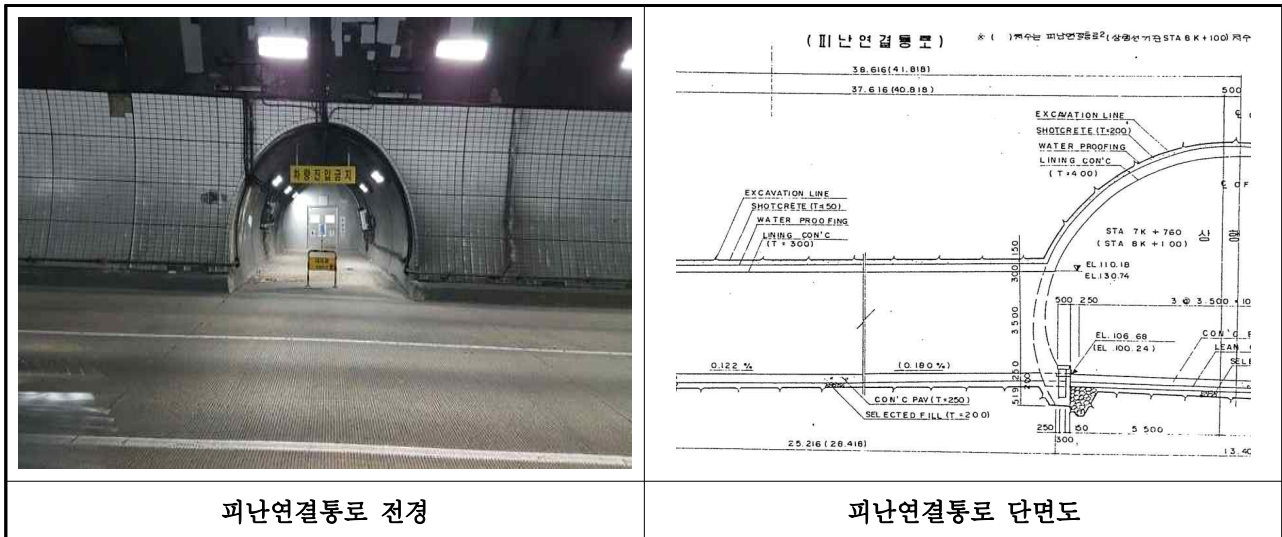
구 분		기 진단(2023년)	금회 점검(2025년)	비 고
포 장	균열(m/개소)	51.0/45	55.0/46	▲
	망상균열(m ² /개소)	78.00/2	78.00/2	-
	포장파손/패임/긁힘, 포트홀(m ² /개소)	13.47/86	13.47/86	-
	포장마모(m ² /개소)	3.00/1	6.00/2	▲
	보수불량(m ² /개소)	0.30/2	0.30/2	-
	접속부 아스콘 파손(m ² /개소)	0.20/1	0.20/1	-

3) 검토의견

- 내곡터널(상행선)의 포장은 콘크리트 포장으로, 신축거동을 위하여 시공된 신축 줄눈에서 집중적으로 발생된 것으로 조사되었다. 줄눈부 이물질 침투와 공용 중 지속적인 차량통행으로 인하여 발생된 손상으로 판단된다.
- 내곡터널(상행선)은 평소 통행량이 많은 구간으로 손상부에 대한 포장보수를 실시하여 안전사고를 미연에 방지함이 바람직하다.

나. 대인용 피난연결통로

내곡터널(상행선)의 피난연결통로는 구간 내 총 2개소(40 Span, 79 Span)가 설치되어 있다.



【 피난연결통로 전경 사진 및 도면 】

1) 외관조사 결과

- 대인용 피난연결통로에 대한 외관조사 결과 균열($C_w = 0.1 \sim 1.0\text{mm}$), 백태, 박리/박락, 철근노출 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.18】 피난연결통로 외관조사 결과

구분	손상명	물 량	비 고
40 Span 피난연결통로	균열(0.3mm이하)(m/개소)	3.3/6	
	보수부재균열(0.3mm이하)(m/개소)	1.2/1	
	백태(선백태)(m/개소)	0.8/1	
	박락(m^2 /개소)	0.15/1	
	철근노출(m^2 /개소)	0.07/2	
79 Span 피난연결통로	균열(0.3mm이하)(m/개소)	5.2/7	
	균열(0.3mm초과)(m/개소)	3.0/1	
	보수부재균열(0.3mm이하)(m/개소)	0.5/1	
	백태(선백태)(m/개소)	1.0/1	
	백태(면백태)(m^2 /개소)	0.03/1	
	박리(m^2 /개소)	0.36/1	
	박락(m^2 /개소)	0.71/4	
	철근노출(m^2 /개소)	0.06/2	

	
피난연결통로 천장부 종균열(L=1.0m) SP-40	피난연결통로 균열(L=0.4m) SP-40
	
피난연결통로 박리(A=0.1m×1.5m) SP-79	피난연결통로 백태(L=0.8m) SP-40

【 피난연결통로 손상 사진 】

2) 정밀안전진단(2023년) 결과와 비교·분석

- 기 진단(2023년)과 비교분석한 결과 전반적으로 손상의 수량은 진전이 없는 상태로 조사되었다.

【표 3.19】 피난연결통로에 대한 진단(2023년) 결과와의 비교

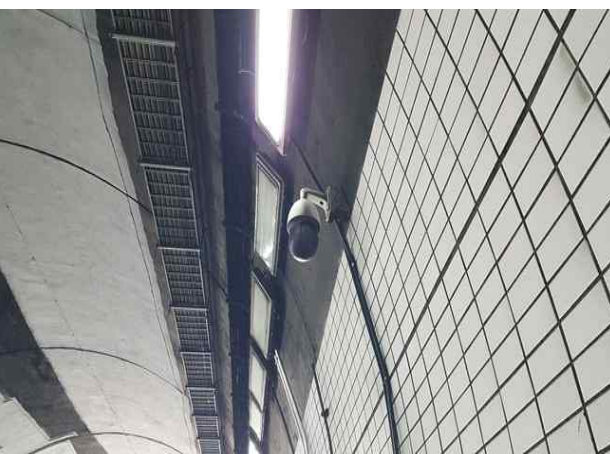
구 분		기 진단(2023년)	금회 점검(2025년)	비 고
피난 연결 통로	균열(0.3mm이하)(m/개소)	8.5/13	8.5/13	-
	균열(0.3mm초과)(m/개소)	3.0/1	3.0/1	-
	보수부재균열(0.3mm이하)(m/개소)	1.7/2	1.7/2	-
	백태(선백태)(m/개소)	1.8/2	1.8/2	-
	백태(면백태)(m²/개소)	0.03/1	0.03/1	-
	박락(m²/개소)	0.86/5	0.86/5	-
	박리(m²/개소)	0.36/1	0.36/1	-
	철근노출(m²/개소)	0.13/4	0.13/4	-

3) 검토의견

- 피난연결통로에서 조사된 균열의 경우 천장부 및 측벽부에서 종균열 및 횡균열의 패턴으로 조사되었으며 건조수축 및 온도변화 등의 요인에 의해 발생한 균열로 판단된다.
- 균열부에 대한 표면처리가 필요하며, 철근노출의 경우 내구성 저하방지를 위하여 단면보수(방청)을 실시함이 타당할 것으로 판단된다.

3.7 기타 부속시설

내곡터널(상행선) 내부에는 조명시설, 소화전, CCTV, 피난유도등, 비상전화 등의 부속시설이 설치되어 있으며, 현재 소화전 및 비상전화 등에 대한 보수 공사가 진행 중인 상태로 조사되었다.

	
조명설비 전경	소화전 보수 중
	
비상전화 보수 중	CCTV 전경

【 기타 부속시설 및 보수 중 사진 】

1) 외관조사 결과

- 조명등의 설치상태 및 작동상태는 전반적으로 양호한 상태로 확인되었다.
- 소화전함은 50m마다 설치되어 있으며 현재 보수공사 중에 있으며, 비상전화 또한 소화전함과 같이 보수 공사중에 있는 것으로 조사되었다.
- 그 외 CCTV는 양호한 상태로 조사되었다.

3.8 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 2021년 12월 개정된 세부지침에 신규로 편입된 기본과업 항목으로서 ‘추락방지시설’, ‘도로포장’, ‘도로부 신축이음부’, ‘환기구 등의 덮개’ 등으로 구분되며 금회 점검 해당 부재는 다음과 같다.

【표 3.20】 공중이 이용하는 부위

구 분	부 재 명		금회 점검유무
추락방지시설	안전난간	갹구부 점검계단(안전난간)	○
도로포장	포장	콘크리트 포장	○
도로부 신축이음부	해당사항 없음	-	-
환기구 등의 덮개	해당사항 없음	-	-

1) 외관조사 결과

① 추락방지시설

- 내곡터널(상행선)의 추락방지시설 점검결과, 갹구부 점검을 위해 설치된 점검 계단은 일부 부식 및 식생이 발생한 상태이나, 체결상태 및 지지상태는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.



【 추락방지시설 외관조사 사진 】

② 도로포장

- 내곡터널(상행선)의 도로포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 균열, 망상균열, 포장파손, 패임, 마모 등의 손상이 조사되었으며 보수가 필요하다.

	
포장 파손(A=1.0m×4.0m) SP-1	포장 균열(L=10.5m) SP-1
	
포장 파손(A=0.5m×0.5m) SP-28	포장 보수부 균열(L=0.5m) SP-29
	
포장 파손(A=0.3m×0.5m)2개소 SP-53	포장 파손(줄눈부) L=5.5m SP-72

【 도로포장 외관조사 사진 】

3.9 콘크리트 내구성조사

가. 개 요

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

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침, 국토안전관리원, 2024. 12』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

나. 조사 항목 및 수량

1) 조사 항목

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

【표 3.21】 콘크리트 내구성조사 현황

항 목	기준수량	수 량(개소)		비 고
	콘크리트 라이닝	기준	실시	
측점분할	• 5~20m 간격	5~20m	Span기준 분할	
반발경도 시험	• 총수량 = (총연장÷300m)개소	4	5	
탄산화 깊이 측정	• 총수량 1,000m 미만 : 2개소 • 총수량 1,000m 이상 : 최소2개소 + 1,000m당 1개소 추가	3	3	

2) 내구성조사 항목별 위치선정 사유

【표 3.22】 콘크리트 내구성조사 위치선정 사유

항목	선 정 사 유	비고
콘크리트 강도 (반발경도시험)	- 콘크리트 라이닝 중 일정한 간격으로 임의로 선정하여 실시 - 기 점검과 비교 가능한 위치 선정 : 강도변화 확인	
탄산화깊이 측정	- 콘크리트 라이닝중 다양한 위치에서 실시 - 기 점검과 비교 가능한 위치 선정 : 탄산화진행여부 확인	

1) 비파괴강도 시험결과

【표 3.23】콘크리트라이닝 비파괴강도 시험결과

시험위치	반발경도법(MPa)			설계기준강도(MPa)	비고
	일본재료학회	일본건축학회	평균		
SP-2 라이닝	26.1	27.3	26.7	24.0	비건전
SP-28 라이닝	26.9	27.7	27.3		건전
SP-58 라이닝	27.4	28.0	27.7		건전
SP-79 라이닝	25.6	27.0	26.3		비건전
SP-119 라이닝	27.9	28.3	28.1		건전



【 콘크리트 반발경도 조사 사진 】

- 비파괴 강도시험 결과 일본재료학회식은 설계기준 대비 106~116%, 일본건축학회식은 112~118%로 검토되어 측정강도는 설계기준(24MPa) 대비 90%이상 상회하는 상태로 콘크리트 내구성은 확보하고 있는 것으로 판단된다.

【표 3.24】반발경도 시험에 대한 진단(2023년) 결과와의 비교

구 분	기 진단(2023년)	금회 점검(2025)	설계기준강도
반발경도법(MPa)	26.5~39.0	26.3~28.1	24.0
검토의견	• 기 진단(2023년)과 비교·분석한 결과, 설계기준강도대비 90% 이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.		

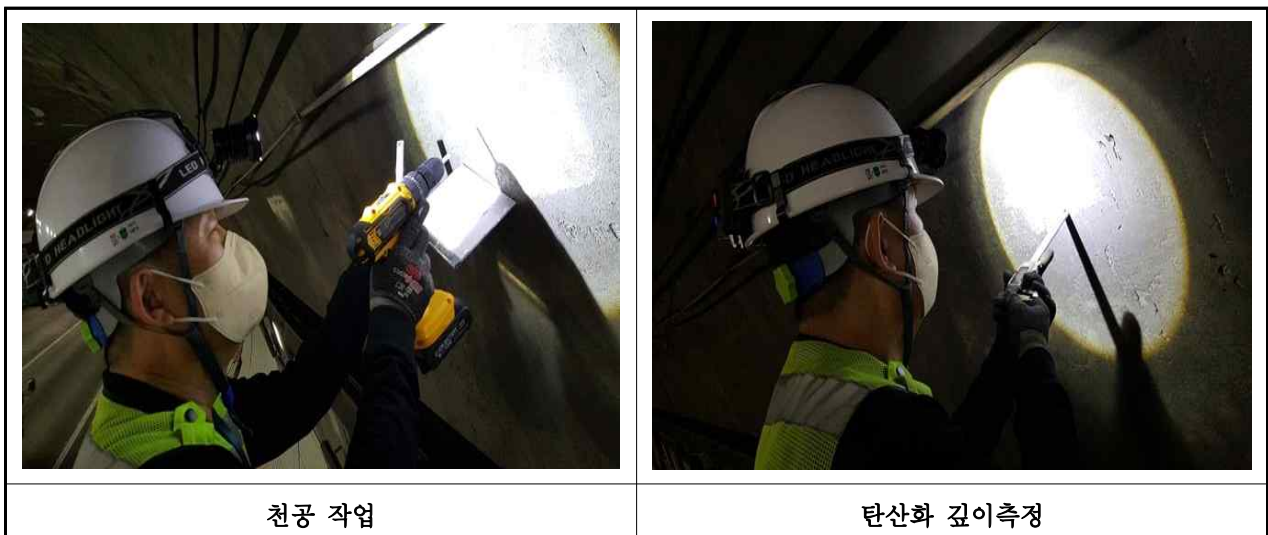
나. 탄산화 깊이 측정 시험

탄산화시험은 드릴에 의한 탄산화 진행깊이 측정을 실시하였으며, 시약을 분무한 시험지에 드릴링된 석공가루를 떨어지도록 한 뒤, 시험지가 변색되는 시점의 깊이를 측정하였으며, 탄산화 깊이 측정 시험은 콘크리트 라이닝에서 3개소를 실시하고, 철근탐사기를 보유하고 있지않아 설계도서와 전화차 정밀안전점검 및 정밀안전진단 결과를 참고하여 설계피복두께를 적용하여 보수적으로 평가하였다.

1) 탄산화 잔여깊이 측정 결과

【표 3.25】 탄산화 잔여깊이 측정결과 및 평가

시험위치	탄산화 깊이 (mm)	설계 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
SP-2 라이닝	7.1	50.0	42.9	a	1.28	100년이상	
SP-79 라이닝	8.2	50.0	41.8	a	1.47	100년이상	
SP-119 라이닝	8.8	50.0	41.2	a	1.58	100년이상	



【 탄산화 깊이 조사 사진 】

2) 정밀안전진단(2023년) 결과와 비교·분석

【표 3.26】 탄산화 잔여깊이 측정에 대한 진단(2023년) 결과와의 비교

구 분		기 진단(2023년)	금회 점검(2025년)	비 고
탄산화 잔여깊이(mm)	콘크리트 라이닝	29.4~77.6	41.2~42.9	
검토의견		기 진단(23년)과 비교·분석한 결과, 측정 위치에 따라 편차는 있으나, 전반적으로 탄산화 잔여 깊이가 30mm 이상 확보하고 있는 상태로 탄산화로 인한 철근부식 우려는 없는 것으로 판단된다.		

3.11 현장조사 및 시험 결과 요약

가. 외관조사 결과 요약

【표 3.27】금회 점검 외관조사 결과 요약

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
라이닝		• 균열(Cw=0.3mm미만/이상), 망상균열 • 누수흔적, 백태 • 단면손상(파손, 박리/박락, 재료분리, 마감불량), 철근노출 등 • 실링재 박리, 단차, 잡철물노출, 보수재 박리, 타일손상(균열, 파손, 들뜸/박리 등)	• 건조수축 등에 의한 비구조적 균열이며, 내구성 저하방지를 위한 보수가 요구됨. • 외부 수분유입에 의한 손상으로 표면보수, 주의관찰이 필요함. • 비구조적인 결함으로 표면처리, 단면복구(방청) 등 보수 및 주의관찰 필요함. • 시공미흡, 열화에 따른 손상이며 실링보수, 타일제설치 등 보수가 필요하며 단차의 경우 차후 점검/진단 시 주기적인 점검이 필요함.
갯문		• 이격 • 배수로 이물질 퇴적, 토사퇴적, 측구배수로 미설치	• 신축거동, 지반안정화 과정에 의한 손상으로 주의관찰이 필요함. • 청소 등 주의관찰이 필요함.
사면		• 사면보호망 훼손, 식생, 계단부식	• 보수 등 주의관찰이 필요함.
공동구		• 균열(Cw=0.3mm미만) • 파손 • 덮개손상(파손/설치불량)	• 공용기간 증가에 따른 손상으로 관찰 요함. • 외부충격에 의한 손상으로 교체가 필요함. • 점검자들의 안전을 위한 덮개교체 필요함.
부대 시설	포장	• 포장균열, 망상균열, 파손/패임/긁힘, 마모 등	• 줄눈부 이물질 혼입에 따른 공용중 지속적인 통행 차륜하중에 의한 손상으로 포장보수(주입보수, 단면보수) 필요.
	피난 연결 통로	• 균열(Cw=0.3mm미만, 이상)	• 건조수축 및 온도변화에 의한 균열로 주입보수가 필요함.
		• 백태(선백태/면백태)	• 표면처리 필요함.
		• 박리/박락	• 구조물의 신축거동에 의한 손상으로 표면처리, 단면복구 등 보수 및 주의관찰 필요함.
		• 철근노출	• 단면복구(방청) 보수 및 주의관찰 필요함.
부속시설		• 소화전, 비상전화 보수공사 중	-
공중이 이용하는 부위	추락 방지 시설	• 체결상태, 지지상태 양호	• 주의관찰
		• 점검계단 부식, 식생발생	• 주의관찰
	도로 포장	• 포장균열, 망상균열, 파손/패임/긁힘, 마모 등	• 줄눈부 이물질 혼입에 따른 공용중 지속적인 통행 차륜하중에 의한 손상으로 포장보수(주입보수, 단면보수) 필요.

나. 콘크리트 내구성조사 결과요약

【표 3.28】 내구성조사 결과요약

구 분		시 험 결 과	기 준	비 고
콘크리트 강도(Mpa)	라이닝	26.3 ~ 28.1	24	설계기준강도 90% 이상 만족
탄산화 잔여깊이(mm)	라이닝	41.2 ~ 42.9	잔여깊이 30mm 이상	탄산화 “a등급”
- 기 진단(2023년)과 비교·분석한 결과, 설계기준강도대비 90% 이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨. - 기 진단(2023년)과 비교·분석한 결과, 측정 위치에 따라 편차는 있으나, 전반적으로 탄산화 잔여 깊이가 30mm 이상 확보하고 있는 상태로 탄산화로 인한 철근부식 우려는 없는 것으로 판단된다.				

다. 기 정밀안전진단(2023년) 결과와 비교

【표 3.29】 기 정밀안전진단(2023년) 결과와의 비교

시 험 명		시 험 결 과		비 고
		2023년 진단	금회 점검	
콘크리트 강도(Mpa)	반발경도	26.5~29.0	26.3~28.1	
탄산화잔여깊이(mm)	탄산화시험	42.3~43.9	41.2~42.9	
기 정밀안전진단(2023년)과 내구성 조사 결과를 비교·분석한 결과, 라이닝 콘크리트 강도 측정값 및 탄산화 잔여깊이 측정값에 다소 편차가 있으나, 공용증가로 인한 강도저하 및 탄산화 진행에 따른 철근부식 우려는 없는 상태로 구조물의 내구성에는 문제가 없는 것으로 판단된다.				