제3장 현장조사 및 시험

3.1 현장조사 개요

3.2 터널 측점분할

3.3 준공도서 검토분석

3.4 현장조사 결과

3.5 내구성 시험 및 측정 개요

3.6 내구성 조사 결과

제3장 현장조사 및 시험 개요

3.1 현장조사 개요

본 과업대상인 신월여의지하도로 방음터널은 서울특별시 영등포구 영등포동 7가 94-411에 위치하며 2021년 04월 15일에 준공된 길이 40.0m, 폭 9.86~12.3m, 높이 2.5~2.7m 의 방음터널이다.

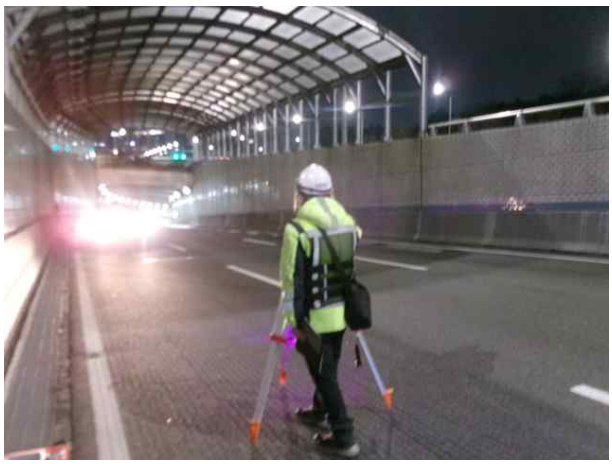
현장조사는 대상 시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 구조적 손상유무를 판단하기 위해 부재 전체에 대하여 가능한 근접 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 따라서, 사전 현장답사를 통해 주변 여건을 파악하여 현장 접근에 필요한 접근방법 및 장비 동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상을 파악하는 등의 사전검토를 통하여 주요 손상을 파악한 후 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-방음시설(2026.1, 국토교통부/국토안전관리원)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는 데 주안점을 두고 현장조사 방향을 결정하였다.

본 시설물의 현장조사시에는 내・외부로 도보로 작업을 실시하였으며, 주요 및 보조부재, 포장부, 배수시설 등 구조물에 최대한 근접한 상태에서 조사를 실시하였다.

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

3.1.1 현장조사 수행 현황

방음터널 현장조사는 조명장비, 점검차량, 카메라 등의 접근장비를 이용하여 최대한 방음터널 구조물에 근접한 후 육안조사 및 비피괴시험, 변위측정 등을 실시하였으며, 조사결과는 구조물도, 주변구조물의 상태, 주변 지형상태 등을 고려하여 분석하였다.

방음터널 측정분할	방음터널 부재치수 측정
	
변형 및 변위 측정	변형 및 변위 측정
반발경도 시험	탄산화 깊이 시험

【사진 3.1.1】현장조사 전경

3.1.2 현장조사 항목

가. 방음터널 시설물의 안전점검 대상 시설

【표 3.1.1】 방음터널 시설물의 안전점검 대상시설 범위

구 분	시설물명	점검 실시범위		비 고
		정기안전점검	정밀안전점검	
기본 시설물	◦골조(주골조 및 보조골조)	○	○	
	◦방음판	○	○	
	◦기초콘크리트	○	○	
부대 시설물	◦배수시설	○	○	
	◦안전 및 기타시설	○	○	
	◦점검시설	○	○	
	◦방재시설	○	○	
공중이 이용하는 부위	◦추락방지시설	○	○	
	◦도로포장	○	○	
	◦도로부 신축이음부	○	○	
	◦환기구 등의 덮개	○	○	

나. 정밀안전점검 점검항목

금회 정밀안전점검시 현장답사, 기존자료 등을 토대로 현장조사 방법을 결정하였으며, 부위별 점검항목별로 현장조사를 실시하였다.

【표 3.1.2】 방음터널 기본시설의 정밀안전점검 점검항목

점 검 부 위		점 검 항 목	비고
골조	주골조	◦ 변위・변형(기움, 처짐 등) 상태 ◦ 변형, 파단 등 손상 상태 ◦ 부식 또는 단면 손실 상태 ◦ 연결부 볼트 풀림 및 탈락, 용접불량	
	보조골조	◦ 변형, 파단 등 손상 상태 ◦ 부식 또는 단면 손실 상태 ◦ 연결부 볼트 풀림 및 탈락, 용접불량	
기초연결부		◦ 기초연결부의 상태(앵커볼트 결함, 너트 풀림 등)	
기초콘크리트		◦ 콘크리트 표면 손상상태 또는 철근 노출 상태	
방음판		◦ 불투명방음판의 부식 또는 변형 ◦ 투명방음판의 균열 또는 파손	

【표 3.1.3】 방음터널 부속시설의 정밀안전점검 점검항목

점 검 부 위		점 검 항 목	비고
부속시설	배수시설	◦ 막힘 및 손상 상태	
	안전 및 기타시설	◦ 방호벽, 가드레일, 조명설비 등의 손상상태	
	점검시설	◦ 손상 상태	
	방재시설	◦ 방재시설의 설치상태	

【표 3.1.4】 공중이 이용하는 부위 점검항목

구분		조사항목	내용
추락방지시설	부재 상태 및 내구성	규격	◦ 변위・변형(기옮, 처짐 등) 상태
		접합 및 고정상태	◦ 부식 또는 단면 손실 상태
		탈락 및 파손	◦ 연결부 볼트 풀림 및 탈락, 용접불량
		부식도	◦ 연결부 볼트 풀림 및 탈락, 용접불량
	변위 · 변형	처짐변형	◦ 지지구조 철물, 연결재 등의 처짐 및 변형유무
도로포장	포장상태 및 내구성	아스팔트 상태	◦ 균열, 함몰, 단차 및 요철, 블리딩, 마모 발생 상태
		콘크리트 상태	◦ 균열, 마모, 박리, 파손 발생 상태
		신축이음 전후, 구조물 경계부	◦ 단차, 파손 발생 상태
		곡선부, 중차량 통행차로	◦ 마모, 바퀴자국 발생 상태
		배수구 주변	◦ 물고임 발생 상태
도로부 신축이음부	본체 설치상태 및 부재 내구성	설치 및 관리상태	◦ 충격음, 본체유동 및 파손, 누수, 유간부족 및 과다, 유간 오물 퇴적 발생 상태
		고무재	◦ 고무판 마모, 강판노출 및 부식 상태
		강재	◦ 강재 연결부 이완 및 파손 상태
	후타재 설치상태 및 부내구성		◦ 단차(본체, 교면포장, 접속슬래브), 균열 및 파손 발생 상태
환기구 등의 덮개	부재 상태 및 내구성	규격	◦ 지지구조 및 연결재 등의 규격
		접합 및 고정상태	◦ 지지구조, 연결재 등의 접합 및 고정상태
		탈락 및 파손	◦ 지지구조, 연결재 등의 탈락 및 파손 유무
		부식도	◦ 지지구조, 연결재 등의 부식 유무
		걸침턱 및 추락방지시설	◦ 걸침턱, 추락방지시설 등의 상태 및 유무
	변위 · 변형	처짐변형	◦ 환기구 덮개 등의 처짐 및 변형 유무

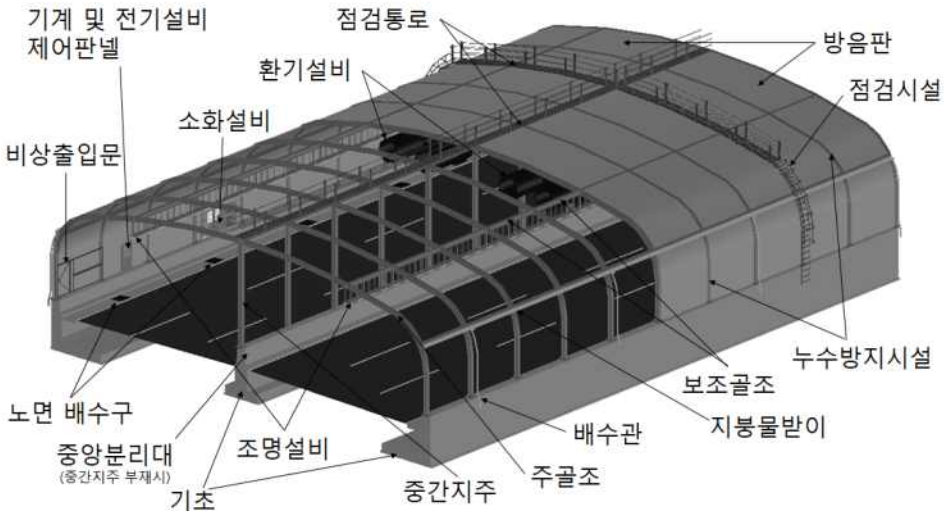
라. 부재별 주요조사 항목

본 구조물에 발생한 주요 변상들에 대하여 대표적인 특징을 나타내면 다음과 같으며 부재별, 결함별로 세분화하여 기술하였다.

【표 3.1.5】 부재별 주요조사 항목

구 분		조 사 항 목	비 고
현장답사		•현장접근에 필요한 고소차, 사다리 등의 접근방법, 일정계획을 수립 •예비조사를 통해 구조물에 발생된 주요 결함을 형태별로 분류 •결함 및 손상의 발생 원인을 추정하고 조사방향 결정 •현장조사 안전조치 사항	
기존자료 검토		•금회 최초 조사로 인한 준공도면 일치 확인	
기본시설	주골조 보조골조 기초콘크리트 방음판	•변위 및 변형(기움, 처짐 등) 발생 유무 확인 •변형, 파단, 부식, 단면 손실, 볼트 풀림 및 탈락 발생 유무 확인 •기초연결부 앵커볼트 및 너트 풀림 발생 유무 확인 •방음판 부식, 변형, 균열, 파손 발생 유무 확인	
부속시설	배수시설 안전 및 기타시설 점검시설 방재시설	•막힘 및 손상 발생 유무 확인 •방호벽, 가드레일, 조명설비 등의 손상 발생 유무 확인 •점검로 파손, 변형, 탈락 발생 유무 확인 •방재시설 설치 상태 확인	

【표 3.1.6】 방음터널 주요 손상현황

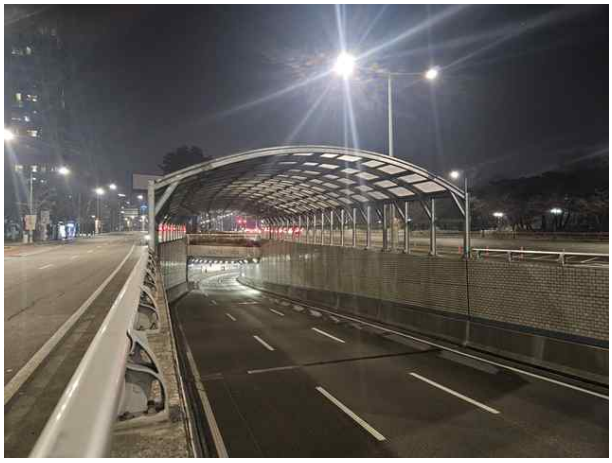


방음터널에 설치되는 시설

구분		조사항목		내 용
주골조 · 보조골조	내구성	변형(좌굴), 파단		주골조의 변형(좌굴)
		용접 접합상태		용접부 결함(균열, 부식 등)
		볼트 접합상태		볼트 누락, 풀림, 이완 등
		강재의 부식도		강재 부식상태
주골조	변위 · 변형	기울기		주골조의 기울기
		처짐		주골조의 처짐
방음판		부식 또는 변형		불투명방음판의 부식 또는 변형
		균열 또는 파손		투명방음판의 균열 또는 파손
기초콘크리트		균열		기초콘크리트의 균열
		파손 및 손상		기초콘크리트 파손 및 손상
		재질열화	백태, 박리, 층분리 및 박락	기초콘크리트 표면 백태, 박리, 층분리 및 박락
			철근부식	기초콘크리트 철근 부식
			탄산화	기초콘크리트 탄산화
기초연결부		볼트 풀림 · 탈락, 부식		기초연결부 볼트 풀림 · 탈락, 부식

3.1.3 하중상태 등 조사

본 방음터널에 대한 준공도면과 현재 부재의 상태를 확인한 결과, 대체로 준공도면과 일치하는 것으로 확인되었다.

	
방음터널 내부 전경	방음터널 외부 전경

【사진 3.1.2】 하중상태 등 조사

3.2 방음터널 측점분할

현장조사 및 시험, 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위하여 시공이음 경계를 기준으로 하여 방음터널에 대한 측점분할(Span No.)을 실시하였다.

【표 3.2.1】 방음터널 측점분할 자료

구분	평가단위	SPAN	거리 (m)	누적거리 (m)
방음터널	001	S01	20.0	20.0
	002	S02	20.0	40.0

3.3 준공도서 검토분석

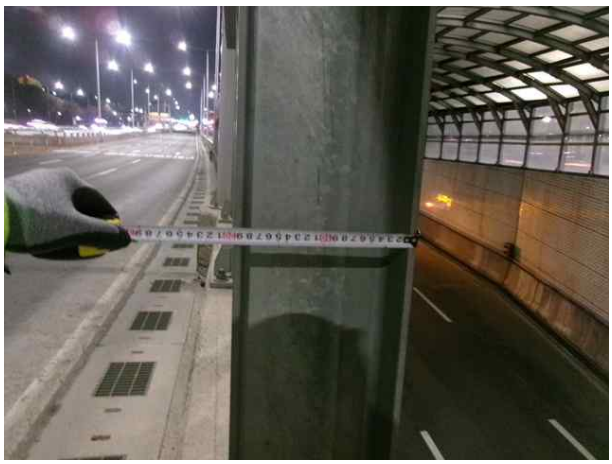
과업대상시설물의 구조계산서, 준공도면 및 현장 측정 비교검토 결과 확인가능한 부재의 치수의 경우 구조계산서, 준공도면과 유사한 것으로 확인되었다.

【표 3.3.1】 시설물의 준공도서 검토 분석

부재	준공도면 (㎜)	현장 실측 (㎜)	부재	준공도면 (㎜)	현장 실측 (㎜)
주골조의 폭 #1	150.00	150.00	주골조의 두께	-	8.90
주골조의 폭 #2	-	200.00	기초연결부 볼트	30.00	30.02

주골조 부재치수 현장측정

주골조 부재치수 현장측정



주골조 부재치수 현장측정

기초연결부 볼트 부재치수 현장측정

【사진 3.3.1】 부재 현장측정 전경

3.4 현장조사 결과

본 방음터널은 말굽형으로 고유기능을 수행하는 주골조, 보조골조, 방음판, 기초콘크리트 및 기초연결부로 시공되어 있으며, 이외에 소방, 유지관리 등을 위한 방재시설, 배수시설 등이 설치되어있다. 공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있는 상태이다.

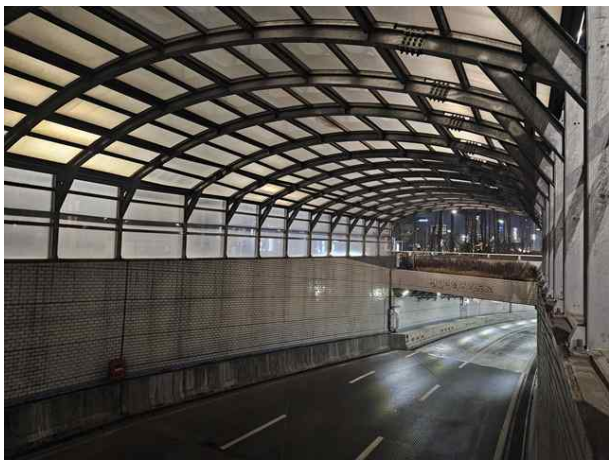
3.4.1 기본시설

본 시설물의 기본시설물은 골조, 기초연결부, 기초콘크리트, 방음판으로 이루어져 있다.

가. 골조

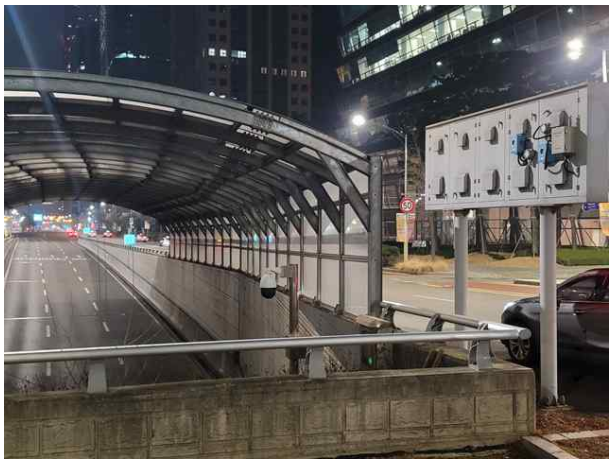
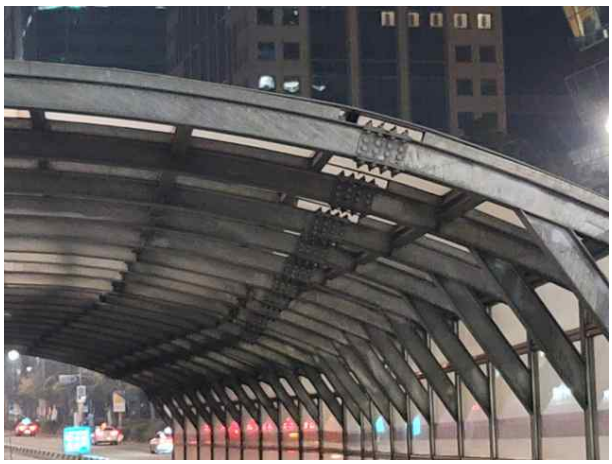
본 시설물의 골조는 주골조와 보조골재로 이루어져 있으며 H형강의 강재로 시공되었고 부식 방지를 위해 표면에 아연 도금이 되어있다.

1) 주골조

	
내부 주골조 전경	외부 주골조 전경

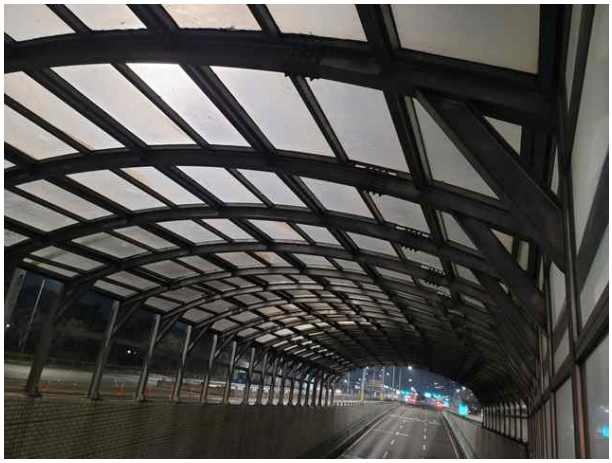
【사진 3.4.1】 주골조 전경

① 주골조에 대한 현장조사 결과, 용접 및 접합불량, 부식, 변형(좌굴), 파단 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

	
S01~S02 주골조 상태현황	S01~S02 주골조 상태현황
S02 주골조 상태현황	S02 주골조 상태현황
	
S02 주골조 연결부 상태현황	S02 주골조 연결부 상태현황

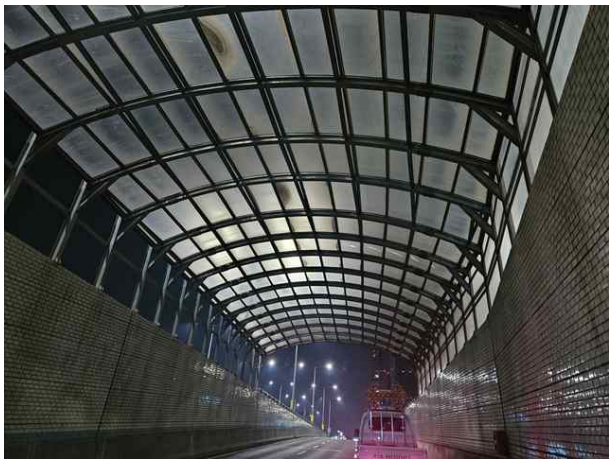
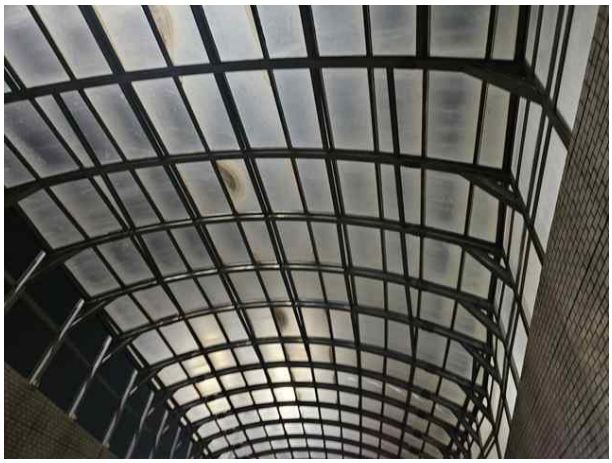
【사진 3.4.2】주골조 손상현황

2) 보조골조

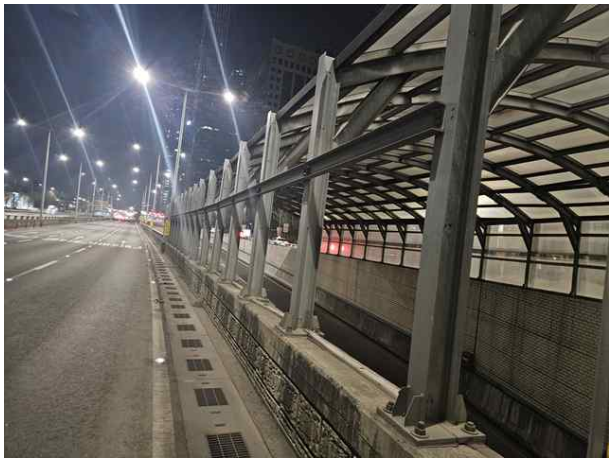
	
내부 보조골조 전경	외부 보조골조 전경

【사진 3.4.3】 보조골조 전경

① 보조골조에 대한 현장조사 결과, 용접 및 접합불량, 부식, 변형(좌굴), 파단 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

	
S01 보조골조 상태현황	S02 보조골조 상태현황

【사진 3.4.4】 보조골조 손상현황

	
S01 보조골조 상태현황	S01~S02 보조골조 상태현황

【사진 3.4.4】 보조골조 손상현황(계속)

3) 현장조사 결과

주골조 및 보조골조는 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

【표 3.4.1】 골조 현장조사 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
주골조	상태양호	-	-	-	-	
보조골조	상태양호	-	-	-	-	

4) 기 점검결과와 비교

금회 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 주골조 및 보조골조는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.4.2】 골조 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		2026년 정밀안전점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
주골조	상태양호	-	-	-	-	-	- -	
보조골조	상태양호	-	-	-	-	-	- -	

나. 기초연결부

본 시설물의 기초연결부는 앵커볼트를 이용하여 주골조와 기초부를 연결하는 부분으로 신월여의지하도로 여의도방향 시점부 옹벽 상부에 시공되어있다.

기초연결부 전경 #1	기초연결부 전경 #2

【사진 3.4.5】 기초연결부 전경

① 기초연결부 현장조사 결과, 볼트 풀림, 탈락, 부식 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

S01 기초연결부(좌) 상태현황	S01 기초연결부(좌) 상태현황

【사진 3.4.6】 기초연결부 손상현황

S02 기초연결부(우) 상태현황	S02 기초연결부(좌) 상태현황

【사진 3.4.6】 기초연결부 손상현황(계속)

1) 현장조사 결과

기초연결부는 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

【표 3.4.3】 기초연결부 현장조사 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
기초연결부	상태양호	-	-	-	-	

5) 기 점검결과와 비교

금회 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 기초연결부는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.4.4】 기초연결부 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		2026년 정밀안전점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
기초연결부	상태양호	-	-	-	-	-	- -	

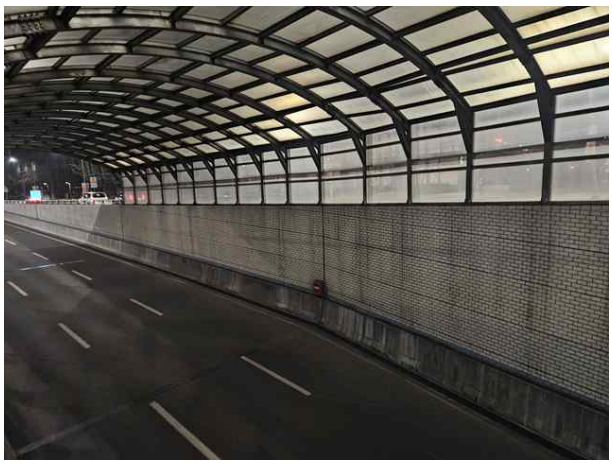
다. 기초콘크리트

본 시설물의 기초콘크리트는 신월여의지하도로(여의도방향) 진출부 터널 좌·우측 옹벽에 시공되어있다.

외부 기초콘크리트 전경	내부 기초콘크리트 전경

【사진 3.4.7】 기초콘크리트 전경

① 기초콘크리트에 대한 현장조사 결과, 균열, 파손 및 손상 등이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

	
S01 기초콘크리트(우) 상태현황	S01 기초콘크리트(좌) 상태현황

【사진 3.4.8】 기초콘크리트 손상현황

S02 기초콘크리트(좌) 상태현황	S02 기초콘크리트(우) 상태현황

【사진 3.4.8】 기초콘크리트 손상현황(계속)

1) 현장조사 결과

기초콘크리트는 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

【표 3.4.5】 기초콘크리트 현장조사 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
기초콘크리트	상태양호	-	-	-	-	

2) 기 점검결과와 비교

금회 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 기초콘크리트는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.4.6】 기초콘크리트 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		2026년 정밀안전점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
기초콘크리트	상태양호	-	-	-	-	-	- -	

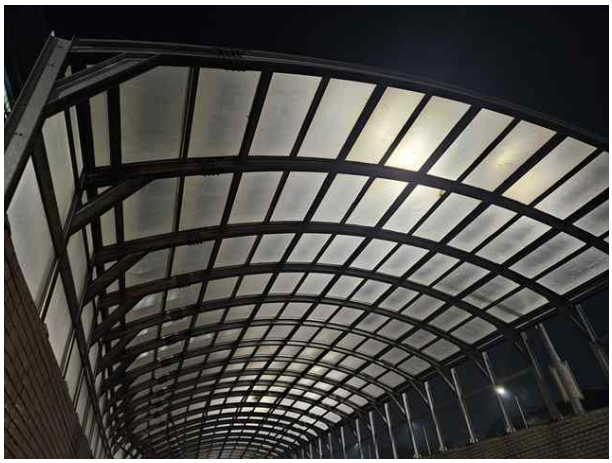
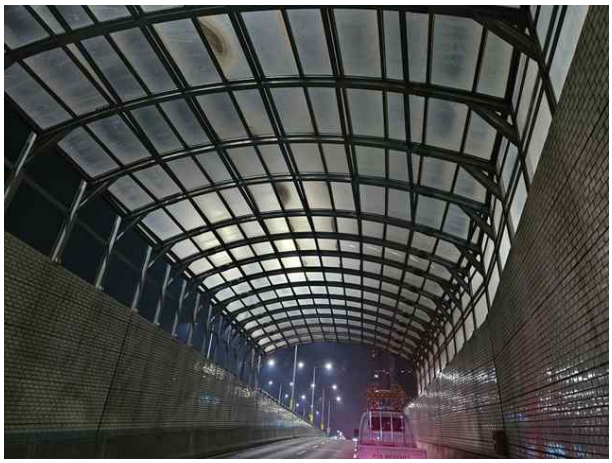
라. 방음판

본 시설물의 방음판은 상부와 좌측면에 투명방음판으로 시공되어 있으며, 우측면은 방음판이 시공되어 있지 않은 상태이다.

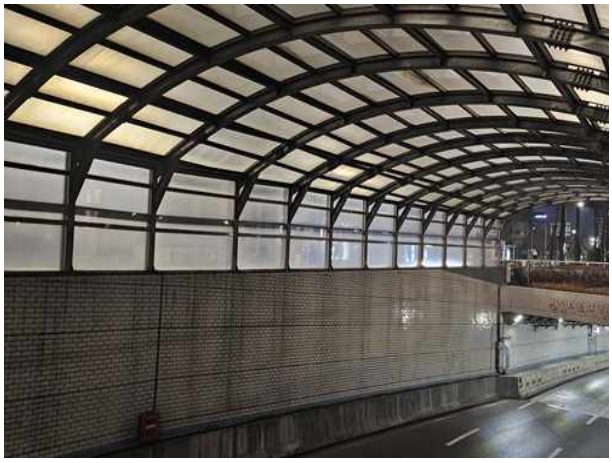
방음판 전경	방음판 미설치구간 전경

【사진 3.4.9】 방음판 전경

① 방음판에 대한 현장조사 결과, 균열, 파손 등이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

	
S01 상부 방음판 상태현황	S02 상부 방음판 상태현황

【사진 3.4.10】 방음판 손상현황

	
S01 좌측면 방음판 상태현황	S02 좌측면 방음판 상태현황

【사진 3.4.10】 방음판 손상현황(계속)

1) 현장조사 결과

방음판은 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

【표 3.4.7】 방음판 현장조사 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
방음판	상태양호	-	-	-	-	

2) 기 점검결과와 비교

금회 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 방음판은 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.4.8】 방음판 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		2026년 정밀안전점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
방음판	상태양호	-	-	-	-	-	- -	

3.4.2 부속시설

본 시설물에 해당하는 부속시설은 배수시설, 안전 및 기타시설, 점검시설, 방재시설로 구성되어있다.

가. 배수시설

본 시설물의 배수시설은 Span 1은 1·3차선 갓길, Span 2는 1·2차선 갓길에 배수로가 시공되어있다.

배수시설 전경 #1	배수시설 전경 #2

【사진 3.4.11】배수시설 전경

① 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수 막힘 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

S01 배수시설 상태현황	S02 배수시설 상태현황

【사진 3.4.12】 배수시설 손상현황

1) 현장조사 결과

배수시설은 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

【표 3.4.9】 배수시설 현장조사 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
배수시설	상태양호	-	-	-	-	

2) 기 점검결과와 비교

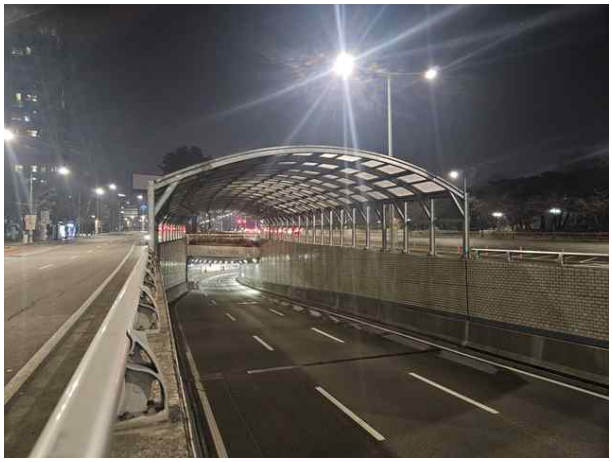
금회 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 배수시설은 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.4.10】 배수시설 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		2026년 정밀안전점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-	- -	

나. 안전 및 기타시설

본 시설물의 안전 및 기타시설은 진입 및 진출부 가드레일 각각 1개소 및 조명시설(가로등) 2개소, 옹벽 하부 방호벽(좌・우), CCTV 1개소가 시공되어 있다.

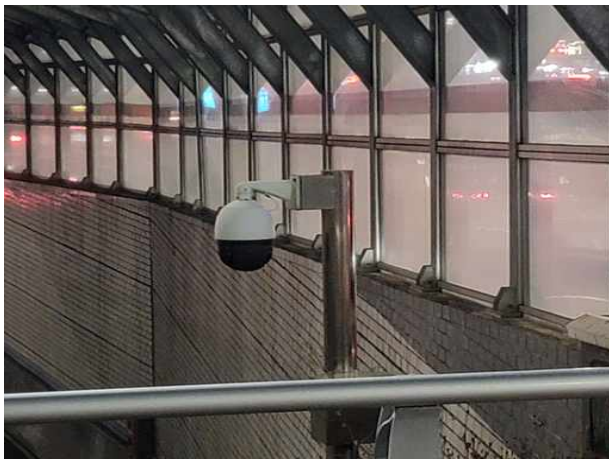
	
안전 및 기타시설 진입 접속부 CCTV 전경	안전 및 기타시설 진출 접속부 가드레일 전경
안전 및 기타시설 조명설비(가로등) 전경	안전 및 기타시설 하부 방호벽(우) 전경

【사진 3.4.13】 안전 및 기타시설 전경

① 안전 및 기타시설(가드레일, 조명설비, CCTV)에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

② 안전 및 기타시설(하부 방호벽)에 대한 현장조사 결과, 건조수축, 거푸집 조기탈거, 온도변화, 외부 우수유입, 습기흡착 등 복합적인 원인에 의한 균열(0.3㎜미만), 백태 등의 손상이 조사되었으며, 발생한 손상에 대하여 손상의 진전을 방지하고, 부재의 내구성을 확

보하기 위한 표면처리 등의 보수조치를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

	
안전 및 기타시설(진입 접속부 가드레일) 상태현황	안전 및 기타시설(진입 접속부 CCTV) 상태현황
안전 및 기타시설(조명설비(가로등)) 상태현황	안전 및 기타시설(조명설비(가로등)) 상태현황

【사진 3.4.14】 안전 및 기타시설 손상현황

안전 및 기타시설(하부 방호벽(좌)) S01 균열(0.3㎜미만)	안전 및 기타시설(하부 방호벽(좌)) S01 균열(0.3㎜미만)
안전 및 기타시설(하부 방호벽(우)) S01 백태(0.5x1.0)	안전 및 기타시설(하부 방호벽(좌)) S01 백태(1.0x1.0)
안전 및 기타시설(하부 방호벽(좌)) S02 백태(0.1x1.0)	안전 및 기타시설(하부 방호벽(좌)) S02 백태(4.0x1.0)

【사진 3.4.14】 안전 및 기타시설 손상현황(계속)

1) 현장조사 결과

① 안전 및 기타시설(가드레일, 조명설비, CCTV)은 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

② 안전 및 기타시설(하부 방호벽)은 발생한 건조수축, 온도변화, 외부 우수유입, 습기흡착 등으로 인한 균열, 백태 손상에 대하여 손상의 진전을 방지하고, 부재의 내구성을 확보하기 위한 표면처리 등의 보수조치를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

【표 3.4.11】 안전 및 기타시설 현장조사 손상물량

구 분		결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
안전 및 기타 시설	가드레일	상태양호	-	-	-	-	
	조명설비	상태양호	-	-	-	-	
	CCTV	상태양호	-	-	-	-	
	하부 방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	2	1.50	표면처리	
		백태	㎡	24	19.40	표면처리	

2) 기 점검결과와 비교

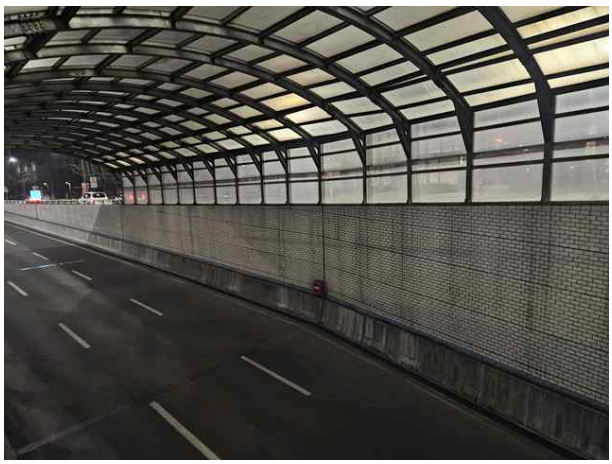
금회 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 안전 및 기타시설의 경우 전반적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나 하부 방호벽에서 균열, 백태의 손상이 조사되었다.

【표 3.4.12】 안전 및 기타시설 기 점검결과 비교

구 분		결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		2026년 정밀안전점검		증감	비고
				개소	손상물량	개소	손상물량		
안전 및 기타 시설	가드레일	상태양호	-	-	-	-	-	- -	
	조명설비	상태양호	-	-	-	-	-	- -	
	CCTV	상태양호	-	-	-	-	-	- -	
	하부 방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	-	-	2	1.50	▲ 1.50	신규손상
		백태	㎡	-	-	24	19.40	▲ 19.40	신규손상

다. 점검시설

본 시설물의 점검시설은 시공되지 않은 상태이다.

외부 점검시설 설치여부(우) 상태현황	내부 점검시설 설치여부(우) 상태현황
	
외부 점검시설 설치여부(좌) 상태현황	내부 점검시설 설치여부(좌) 상태현황

【사진 3.4.15】점검시설 상태현황

라. 방재시설

본 시설물의 방재시설은 Span 1에 소화함(소화기 2개소)가 설치되어 있는 것으로 조사되었다.

방재시설(소화함) 전경 #1	방재시설(소화함) 전경 #2

【사진 3.4.16】 방재시설 전경

① 방재시설(소화함)에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

방재시설(소화함) S01 상태현황	방재시설(소화함) S01 상태현황

【사진 3.4.17】 방재시설 손상현황

1) 현장조사 결과

방재시설(소화함)은 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

【표 3.4.13】 방재시설 현장조사 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
방재시설	상태양호	-	-	-	-	

2) 기 점검결과와 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.4.14】 방재시설 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		2026년 정밀안전점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
방재시설	상태양호	-	-	-	-	-	- -	

3.4.3 공중이 이용하는 부위

가. 개요

- 시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침(국토교통부 고시 제2022-539호, 2022.9.28.)상의 제8조 제9항 중 "구조안전에 영향을 줄 수 있는 중대한 결함"을 "법 제22조 제1항 및 제2항에 따른 중대한 결함 및 공중이 이용하는 부위의 결함(이하 "중대한결함 등"이라 한다)"으로 하고, 같은 조 제10항인 중대한 결함 등의 세부결함의 정도는 세부지침에 따르도록 규정되어 있다.
- 중대한 결함이 아니더라도 사용자가 직접 이용하는 부위에서 사용자의 안전을 위협할 수 있는 결함(공중이 이용하는 부위에 결함)에 대해서는 사용제한·금지 등 긴급안전조치와 위험표지판 설치, 기한내 보수보강 이행 등의 조치가 이루어지도록 해야 한다.

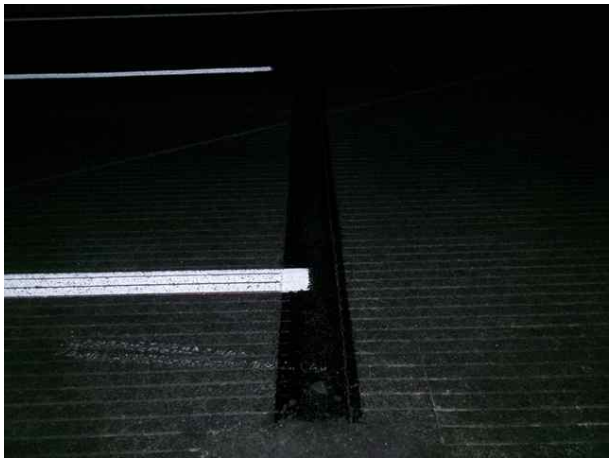
나. 대상부재 여부 확인

【표 3.4.15】 대상부재 여부 확인

구 분	신월여의지하도로 방음터널	비 고
추락방지시설	○	주골조, 보조골조, 기초콘크리트
도로포장	○	아스팔트 콘크리트 포장 상태
도로부 신축이음부	○	아스팔트 콘크리트 포장 신축이음부 탄성조인트 일부 시공
환기구 등의 덮개	○	방음판

다. 점검결과

- 도로부 신축이음부 및 도로포장(아스팔트 콘크리트 포장 및 탄성조인트)의 경우 차량의 주행성에 대한 안전성 저하 및 중대결함은 없는 것으로 조사되었다.
- 추락방지시설(주골조, 보조골조, 기초콘크리트) 내의 시급한 보수 또는 보강이 요구되는 손상은 없는 것으로 확인되었다.
- 환기구 등의 덮개(방음판)의 시급한 보수 또는 보강이 요구되는 손상은 없는 것으로 확인되었다.
- 추락방지시설(주골조, 보조골조, 기초콘크리트), 환기구 등의 덮개(방음판)의 내용은 "3.4 현장조사 결과 / 3.4.1 기본시설"의 내용에 기입되어 있다.

	
S01~S02 도로포장 상태현황	S02 도로부 신축이음부 상태현황

【사진 3.4.18】 공중이 이용하는 부위 손상현황

1) 현장조사 결과

공중이 이용하는 부위는 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

【표 3.4.16】 공중이 이용하는 부위 현장조사 손상물량

구 분		결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
공중이 이용하는 부위	도로포장	상태양호	-	-	-	-	
	도로부 신축이음부	상태양호	-	-	-	-	

2) 기 점검결과와 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.4.17】 공중이 이용하는 부위 기 점검결과 비교

구 분		결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		2026년 정밀안전점검		증감	비고
				개소	손상물량	개소	손상물량		
공중이 이용하는 부위	도로포장	상태양호	-	-	-	-	-	- -	
	도로부 신축이음부	상태양호	-	-	-	-	-	- -	

3.4.4 현장조사 결과

신월여의지하도로 방음터널에 대한 현장조사 결과는 다음과 같다.

【표 3.4.18】현장조사 결과

구 분			결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
기본 시설	주골조		상태양호	-	-	-	-	
	보조골조		상태양호	-	-	-	-	
	기초연결부		상태양호	-	-	-	-	
	기초콘크리트		상태양호	-	-	-	-	
	방음판		상태양호	-	-	-	-	
부속 시설	배수시설		상태양호	-	-	-	-	
	안전 및 기타시설	가드레일	상태양호	-	-	-	-	
		조명설비	상태양호	-	-	-	-	
		CCTV	상태양호	-	-	-	-	
		방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	2	1.50	표면처리	
			백태	㎡	24	19.40	표면처리	
	방재시설		상태양호	-	-	-	-	
공중이 이용하는 부위	추락방지시설		상태양호	-	-	-	-	
	도로포장		상태양호	-	-	-	-	
	도로부 신축이음부		상태양호	-	-	-	-	
	환기구 등의 덮개		상태양호	-	-	-	-	

3.4.5 이전 상태와 현 상태 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.4.19】기 점검결과와 손상물량 비교표

구 분			결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		2026년 정밀안전점검		증감	비고
					개소	손상물량	개소	손상물량		
기본 시설	주골조		상태양호	-	-	-	-	-	- -	
	보조골조		상태양호	-	-	-	-	-	- -	
	기초연결부		상태양호	-	-	-	-	-	- -	
	기초콘크리트		상태양호	-	-	-	-	-	- -	
	방음판		상태양호	-	-	-	-	-	- -	
부속 시설	배수시설		상태양호	-	-	-	-	-	- -	
	안전 및 기타시설	가드레일	상태양호	-	-	-	-	-	- -	
		조명설비	상태양호	-	-	-	-	-	- -	
		CCTV	상태양호	-	-	-	-	-	- -	
		하부 방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	-	-	20	16.46	▲ 16.46	신규손상
			백태	㎡	-	-	42	8.68	▲ 8.68	신규손상
	방재시설		상태양호	-	-	-	-	-	- -	
공중이 이용하는 부위	추락방지시설		상태양호	-	-	-	-	-	- -	
	도로포장		상태양호	-	-	-	-	-	- -	
	도로부 신축이음부		상태양호	-	-	-	-	-	- -	
	환기구 등의 덮개		상태양호	-	-	-	-	-	- -	

3.5 내구성 시험 및 측정 개요

3.5.1 콘크리트 내구성 조사

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

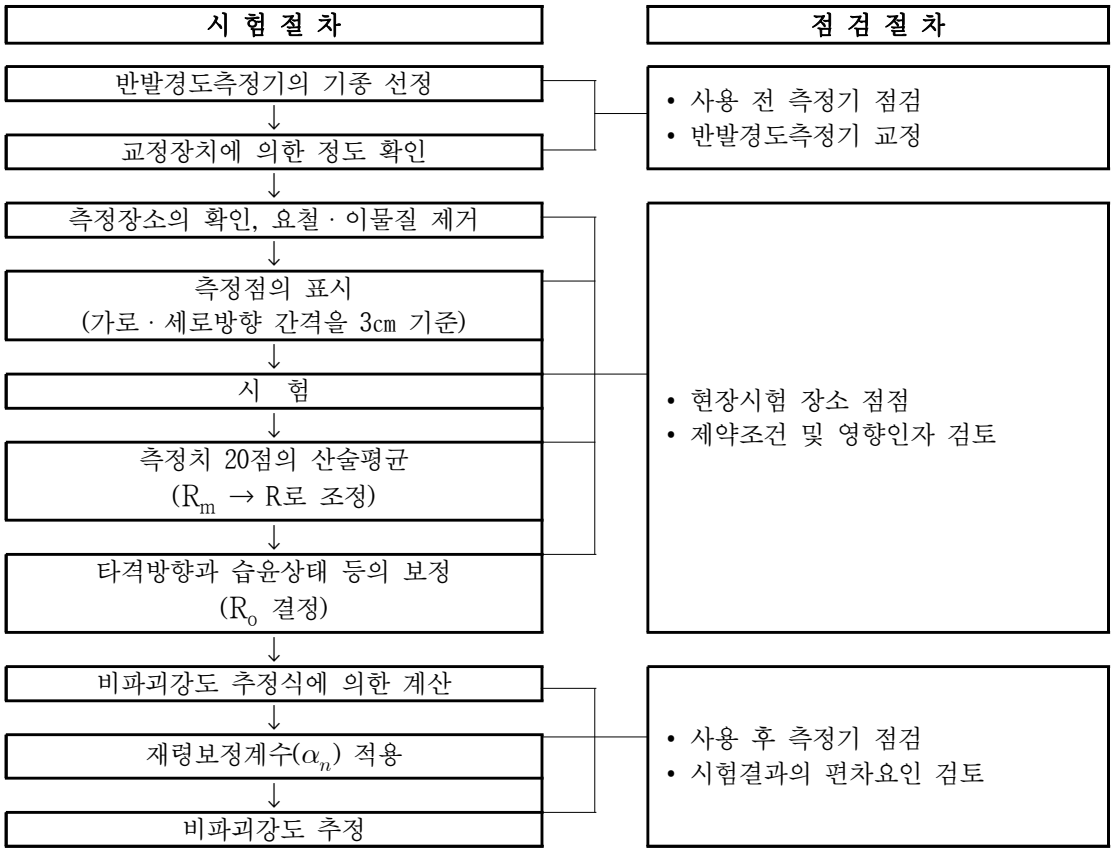
3.5.2 시험내용 및 평가기준

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도시험

콘크리트의 표면 경도를 측정하여, 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 검사방법이다. 반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발경도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

① 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차



【그림 3.5.1】 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

현장조사 결과에 의해 결정된 측정개소에 대해서 타격점 상호간의 간격은 3㎝를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하여 반발경도 값의 산술평균값(R_m)을 구한다. 산술평균값(R_m)에 대해서는 릴렘(RILEM) 규정에 따라 각 반발경도의 값이 $R_m \pm 20\%$의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R을 결정한다.

② 보정반발경도(R_o)

【표 3.5.1】 보정반발경도(Ro)

◈ 보정반발경도 : $R_o = R + \Delta R_1 + \Delta R_2$

여기서, R : 반발경도

ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

㉠ 타격방향에 따른 보정값(ΔR_1)

- 수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 함

⇒ 하향 타격(-90°)의 경우 : (+)값으로 보정

상향 타격(+90°)의 경우 : (-)값으로 보정

α / R	보 정 값			
	+90°	+45°	-45°	-90°
10	-	-	+2.4	+3.2
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.1	+1.5	+2.2
60	-2.2	-1.6	+1.3	+1.7

㉡ 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값(ΔR_2)

- 콘크리트는 함수율이 증가함에 따라 반발경도가 저하됨

⇒ 측정위치가 습하고 타격의 흔적이 보이는 경우 : ΔR_2 = +3으로 보정

측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : ΔR_2 = +5로 보정

③ 압축강도의 추정

보정반발경도(R_o)로부터 압축강도(F_c)의 상관관계를 도출한 제안식들은 다음과 같다.

【표 3.5.2】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

구 분	추 정 식(㎫)	비 고
일본재료학회	$F_c = -18.0 + 1.27R_o$	금회 적용(식①)
일본건축학회	$F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$	금회 적용(식②)
※ 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2026. 1, 국토교통부/국토안전관리원)		

④ 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 아래 식과 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α는 아래【표 3.5.3】와 같으며, 2021년 04월 15일 준공이후, 1000일 이상의 재령에 대해서는 0.65를 적용하였다.

$$F_{28}' = \alpha \cdot F_c$$

【표 3.5.3】 재령계수 α값

재령(일)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000
α	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63

나. 철근탐사시험

1) 개 요

본 시험은 전자파레이더를 이용한 철근탐사 시험기(RC Radar)를 활용하여 철근콘크리트 구조물에 배근된 철근간격, 콘크리트 피복을 측정하기 위해 실시한다.

철근콘크리트 구조물의 부재 내부에 배근되어 있는 철근의 피복두께가 지나치게 작은 경우에는 콘크리트의 탄산화 등에 따른 열화손상에 대한 저항성이 저하되어 내구성이 감소할 가능성이 있으며, 피복두께가 지나치게 큰 경우에는 강도감소 등을 수반할 우려가 있으므로 철근탐사는 설계 당시와 같이 콘크리트 내에 배근되어 있는 철근의 배근상태 및 피복두께를 파악하기 위하여 실시한다. 금회, 정밀안전점검에서는 탄산화깊이 측정을 위한 피복두께측정을 위해 철근탐사를 실시하였다.

2) 측정원리

전자파레이더의 원리는 현재 널리 사용되고 있는 레이더와 동일하다. 즉, 콘크리트용 전자파레이더는 임펄스 상의 전자파를 송신안테나로부터 콘크리트 내로 방사하면 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율, 도전율)이 다른 물체(철근, 매설관, 공동 등)와의 경계에서 반사한다. 이를 수신안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 계산하면 그 위치를 구할 수 있다. 원리를 아래【그림 3.4.2】에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

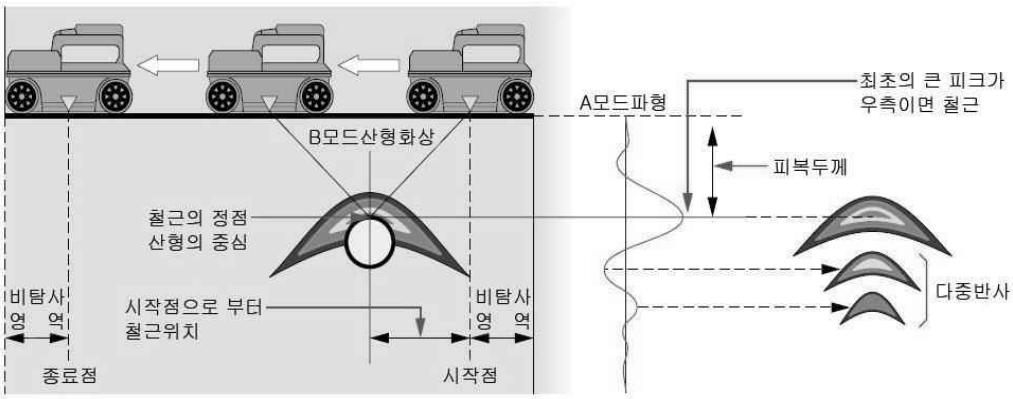
$$V = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (m/sec)$$

여기서, C : 진공 중에서 전자파의 속도(3×10^8 m/sec)

ε_r : 콘크리트의 상대유전율(6~10)

또한, 반사물체까지의 거리(D)는 송신 시각으로부터 수신 시각까지의 시간차(T)의 측정치와 콘크리트 내부의 전파속도(V)로부터 구할 수 있다.

$$D = \frac{1}{2} V T \quad (m)$$



【그림 3.5.2】 철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

철근탐사시험 방법에 대한 절차는 KS F 2734 및 KS F 2735의 규정에 준한다.

탐 사 절 차	점 검 절 차
탐사장소의 선정	• 사용 전 점검 • 탐사기 교정
탐사 철근종류의 결정	
탐사장소의 요철 제거	• 현장 점검 • 제약조건 및 영향인자 검토
탐사대상의 유전율 파악 (레이다방식 장비)	
SCAN	
Marker 등에 의한 철근 탐사위치 표시	
철근 배근상태 표시 및 기록	• 사용 후 점검

【그림 3.5.3】 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

4) 탐사조건 및 적용한계(RC Radar의 경우)

① 탐사조건

- 적용 가능한 조건
  - 탐사심도 200㎜이내
  - 탐사대상 철근지름이 ø6㎜이상
  - 콘크리트의 질이 균일한 곳
  - 철근이 안테나 진행방향과 직교인 경우
- 적용 곤란한 조건
  - 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우
  - 100㎜이하의 피치로 배근되어 있는 경우
  - 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우

② 적용한계

- 탐사대상 물체의 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우
- 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우
- 비유전율에 따라 피복두께의 차이가 있으므로 탐사 대상물의 비유전율을 추정하기 어려움
- 철근직경과 복철근 및 경사철근의 판독 불가능
- 탐사대상 표면에 요철이 많은 장소는 탐사결과의 신뢰성 저하
- 안테나의 사용으로 좁고, 짧은 위치의 탐사 불편

다. 탄산화깊이 측정

1) 개 요

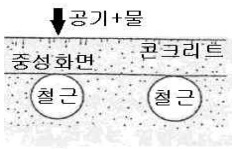
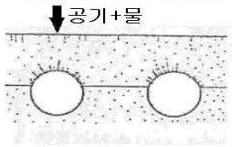
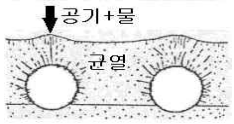
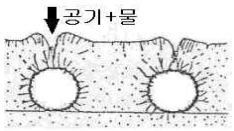
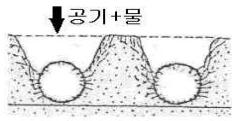
탄산화란 콘크리트의 탄산화(Carbonation) 과정에서 나타나는 현상으로 탄산화에 의해서 문제가 발생되는 것은 콘크리트 자체에서 생기는 것이 아니고, 콘크리트 중의 철근에 녹이 발생함으로써 문제를 일으키는 것이다.

$$\underset{\text{수산화칼슘}}{Ca(OH)_2} + \underset{\text{탄산가스}}{CO_2} \rightarrow \underset{\text{탄산칼슘}}{CaCo_3} + \underset{\text{물}}{H_2O}$$

(pH 12~13) (대기 중에 존재) (pH 8.5~10)

탄산화가 일어나는 메카니즘을 보면 시멘트의 수화반응에서 생성되는 수산화칼슘($Ca(OH)_2$)은 pH 12~13정도의 강알칼리성을 나타내지만 대기 중에 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(약 0.03%)와 접촉하면 탄산칼슘과 물로 변화하고 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH

가 8.5~10 정도로 낮아지게 된다. 따라서, 콘크리트의 탄산화는 일반환경 하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매입된 철근의 부식에 따른 문제가 가장 기본적이며 중요하다. 콘크리트 내부의 pH가 11이상에서 철근은 표면에 1×10^{-6}㎜ 두께의 수산화물($\gamma-Fe_2O_3\cdot nH_2O$) 부동태막을 형성하므로 산소 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 탄산화에 의하여 pH가 11보다 낮아지면 부동태막이 파괴되면서 철근에 녹이 발생하게 된다. 이러한 녹은 원래 부피의 약 2.5배에서 최대 7배까지 팽창하고 녹의 팽창압력에 의해 콘크리트 내부에는 균열이 발생하게 되며 철근의 부착강도 저하, 피복 콘크리트의 탈락, 철근 단면적의 감소 등 구조물의 내구성 저하를 초래하게 된다. 이러한 원인으로 녹의 진행과 함께 콘크리트 구조물의 내구성면에서 탄산화를 파악하는 것이 중요하다.

	STEP 1 • 정상, 재료 및 강도상의 변화는 거의 없음 (약간의 건조수축에 의한 균열)
	STEP 2 • 녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생
	STEP 3 • 철근의 윗면이 팽창함 • 균열이 표면까지 연장되어 공기와 수분의 침입이 격화되어 동해 등의 다른 열화도 유발시키며 녹물이 보임
	STEP 4 • 철근 윗면의 피복이 떨어지고, 철근의 노출이 시작됨 • 철근단면적이 감소함
	STEP 5 • 철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출됨 • 내구성능은 없음

【그림 3.5.4】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

2) 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로는 환경조건(대기 중의 탄산가스 농도, 온도, 습도, 마감재 등)을 주원인으로 하는 외적요인 및 콘크리트 자체의 성능 · 품질(함수율, 강도, 시멘트의 종류, 배합조건, 시공조건 등)을 주원인으로 하는 내적요인에 의해 복합적인 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 대표적인 원인을 정리하면 다음과 같다.

【표 3.5.4】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

구분	영향인자	탄산화 속도
내적 요인 내적 요인	시멘트의 종류	• 수화반응이 느릴수록 탄산화 속도가 빠름 • 조강 포틀랜드시멘트 < 보통 포틀랜드시멘트 < 중용열 포틀랜드시멘트
	골재의 종류	• 투기성이 큰 골재일수록 탄산화 속도가 빠름
	계면활성제 종류	• 동일 물-시멘트비, 동일 슬럼프라면 탄산화 속도와 무관함
	압축강도	• 압축강도가 낮을수록 탄산화 속도가 빠름
	물-시멘트비	• 물-시멘트비가 증가하면 탄산화 속도가 빠름
	시공 정밀도	• 다짐이 불충분할수록 탄산화 속도가 빠름
	콘크리트 결함부	• 균열부위, 이음부, 손상부위 등에서 탄산화 속도가 빠름
외적 요인	온도	• 온도 상승시 탄산화 속도가 빠름 • 20~50 ° C 사이에서는 영향이 크지 않음
	이산화탄소 농도	• 농도가 클수록 탄산화 속도가 빠름 • 탄산가스 농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼
	습도	• 상대습도 50~70% 에서 탄산화 속도가 최대
	실내, 실외	• 실내의 탄산화 속도가 빠름

3) 탄산화깊이의 측정

본 과업에서는 일반적으로 현장에서 간편하게 이용되는 페놀프탈레인법(페놀프탈레인은 pH 지시약의 일종으로 1% 알칼리용액)을 이용하여 콘크리트의 탄산화 진행 정도를 측정한다.

콘크리트 파단면에 1% 페놀프탈레인 용액을 도포한 후 색의 변화를 관찰하는 방법으로 강알칼리성일수록 짙은 보라색을 띠며 pH 9이하에서는 무색을 나타낸다. 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 버니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

4) 탄산화를 고려한 잔존수명 예측

탄산화 속도는 경과시간(t)의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$법으로 표현된다. 탄산화(C)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

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

여기서, C : 탄산화깊이(㎜)

A : 탄산화 속도계수(㎜/ $\sqrt{년}$)

t : 재령(년)

여기서 구해진 탄산화 속도계수(A)를 실제 탄산화깊이와 경과년수를 이용하여 역추적으로 구한 후 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하면 콘크리트의 탄산화에 의한 잔존수명을 예측할 수 있다.

수명예측(년) = (철근피복 / 탄산화 속도계수)^2

잔존수명예측(년) = 수명예측년수 - 경과년수

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.5.5】 탄산화 상태평가 기준

기 준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	• 30㎜이상	• 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	• 10㎜이상 ~ 30㎜미만	• 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	• 0㎜이상 ~ 10㎜미만	• 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 0㎜미만	• 철근부식 발생조건 만족
e	• 0㎜미만	• 철근부식도 조사 등을 통해 철근부식 발생 확인

3.6 내구성 조사 결과

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2026. 1, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였으며, 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 철근탐사시험, 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 3.6.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		실시 수량 (개소)	비 고
측점분할	• 20m 간격 • 신축이음부	-	-	
변위・변형 조사	• 변형이 발생되었거나, 발생가능성이 있는 주골조 3개이상	3	3	
반발경도시험	• 측벽 - 총연장 200m미만 = 2개소 (측벽당 1개소) - 총연장 200m이상 = (총연장÷200m)×2개소 • 중분대 : (총연장÷200m)개소 (중분대는 중간기둥이 있는경우에 한함)	2	2	
철근탐사시험		2	2	
탄산화깊이 측정	• 측벽 - 총연장 500m미만 = 2개소 (측벽당 1개소) - 총연장 500m이상 = 최초 2개소 + 500m당 1개소 추가 •중분대 : (총연장÷500m)개소 (중분대는 중간기둥이 있는경우에 한함)	2	2	

반발경도시험(단면정리)

반발경도시험

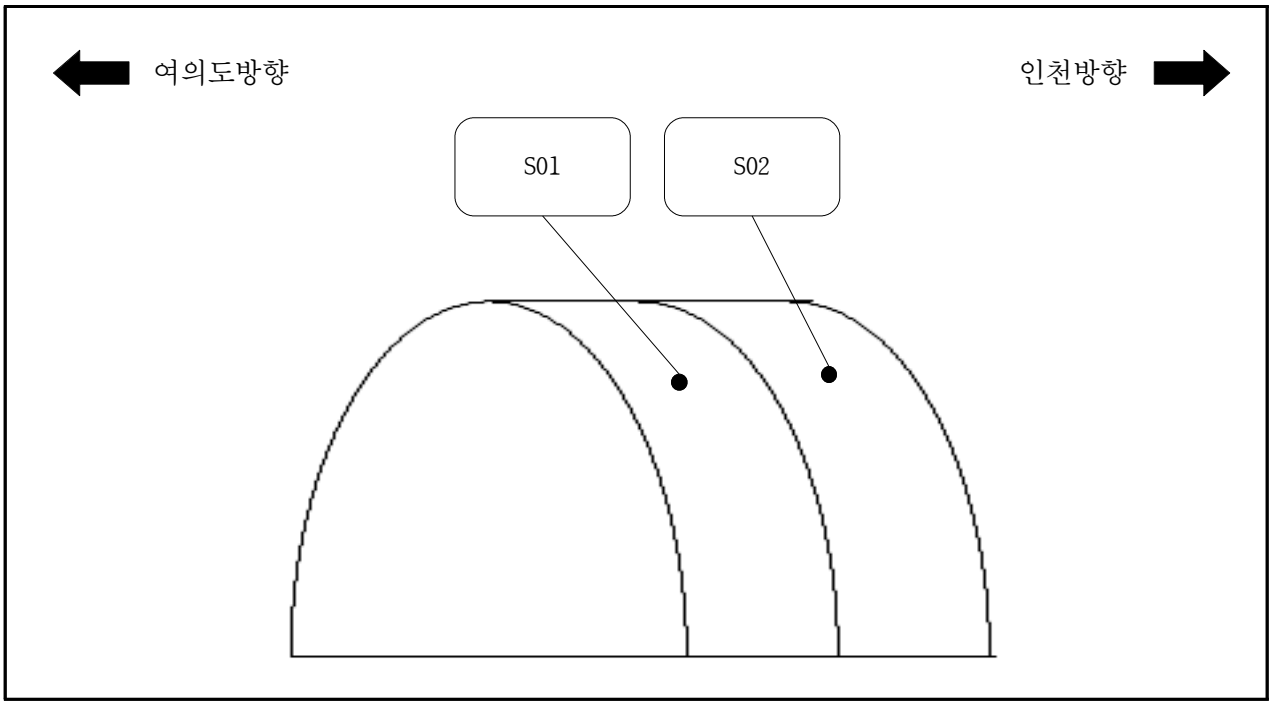
탄산화 깊이 측정(드릴링)

탄산화 깊이 측정(페놀프탈레인)

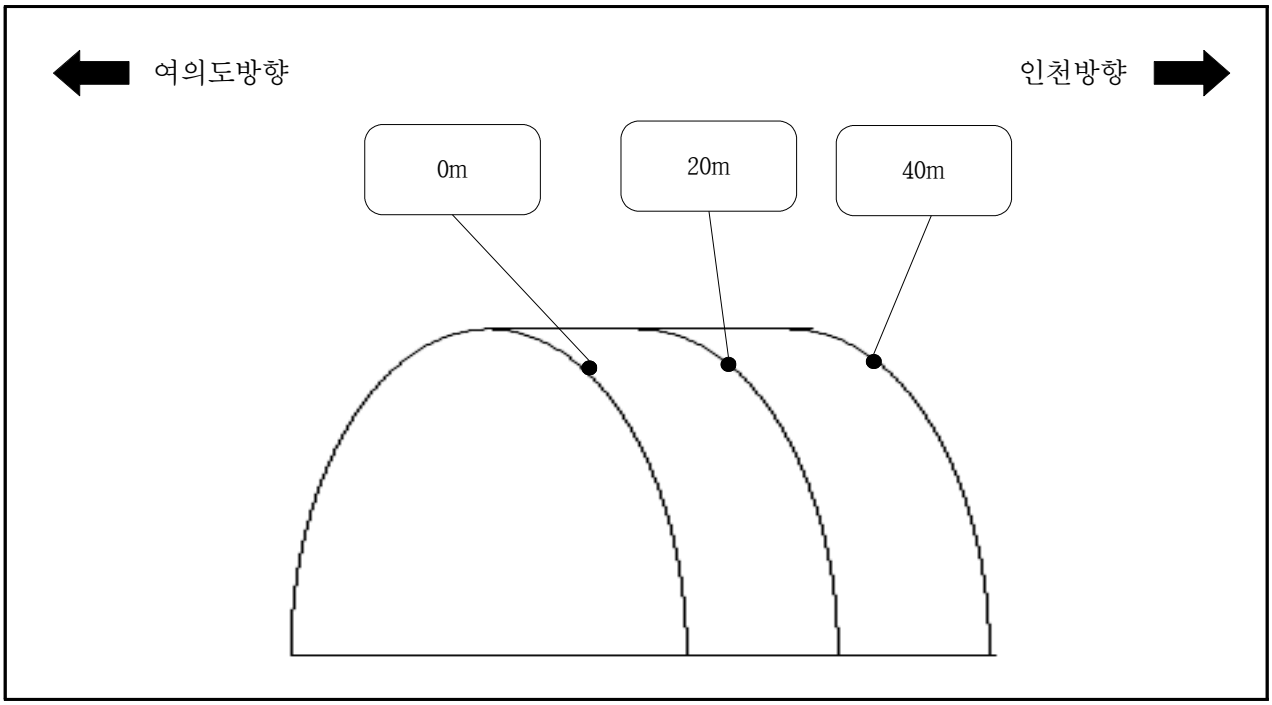
탄산화 깊이 측정

철근탐사시험

【사진 3.6.1】 콘크리트 내구성조사 전경



【그림 3.6.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(반발경도, 철근탐사, 탄산화)



【그림 3.6.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(변위・변형)

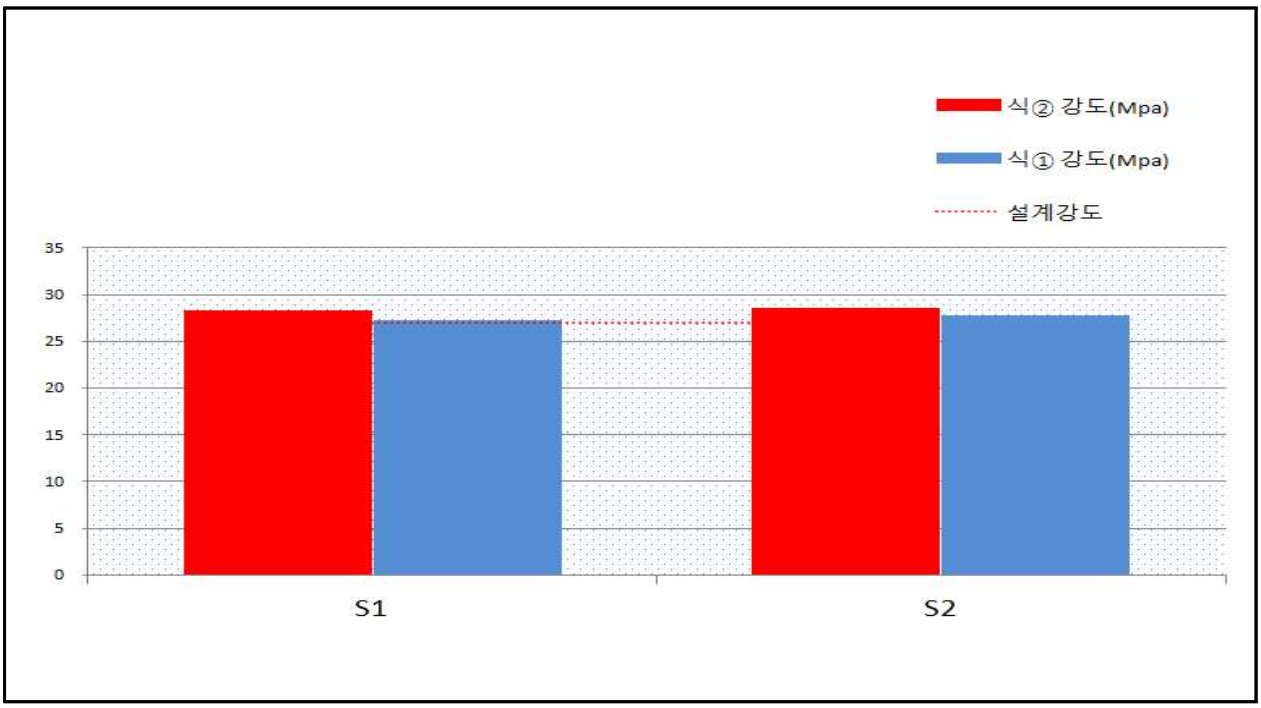
3.6.1 콘크리트 강도시험

신월여의지하도로 방음터널의 콘크리트 비파괴강도시험은 반발경도법을 이용하여 총 2개소(좌측벽 1개소, 우측벽 1개소)의 비파괴강도시험을 실시하였으며, 측정결과는 다음과 같다.

가. 비파괴강도 시험결과

【표 3.6.2】비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도 (R_o)	재령 보정	반발경도법(MPa)		설계기준 강도 (MPa)
				식①	식②	
기초 콘크리트	S1	47.2	0.65	27.3	28.3	27.0
	S2	47.4		27.8	28.6	
평균	-		-	27.5	28.5	-
편차	-		-	0.35	0.20	-
변동계수	-		-	0.013	0.007	-
최대값	-		-	27.8	28.6	-
최소값	-		-	27.3	28.3	-



【그림 3.6.3】반발경도시험 압축강도 추정결과

- 비파괴강도시험 검토결과, 반발경도법에 의한 콘크리트 강도는 28.3~28.6MPa로 설계기준강도(27MPa) 대비 104.9~105.9%로 비파괴 추정강도는 설계기준강도를 상회하는 값으로 분석되었다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.6.3】 비파괴강도시험 결과분석

구 분	시험방법	추정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
신월여의지하도로 방음터널	반발경도법	28.3 ~ 28.6	27.0	104.9 ~ 105.9

나. 기 점검결과와의 비교

【표 3.6.4】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분		기존점검	2026년 정밀안전점검	설계기준강도
신월여의지하도로 방음터널	반발경도법	-	28.3 ~ 28.6	27.0
검토의견		■ 금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이며, 측정된 강도는 설계기준강도의 100%를 상회하여 양호한 상태로 분석되었다.		

3.6.2 철근탐사 시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 탄산화 깊이측정 시험을 위한 피복두께 측정을 위해 탄선화시험과 동일한 부위에서 2개소(좌측벽 1개소, 우측벽 1개소)의 철근탐사 시험을 실시하였으며, 측정결과는 다음과 같다.

가. 철근탐사 시험결과

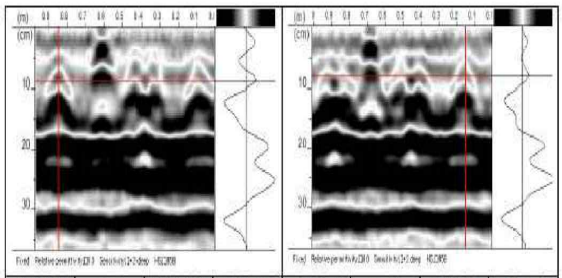
【표 3.6.5】철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
기초 콘크리트	S01	주철근	@275	103	@250	80	
		배력철근	-	77	@300	80	
	S02	주철근	@255	105	@250	80	
		배력철근	-	79	@300	80	

안전점검종합보고서 및 초기점검 보고서 첨부 자료

< 안전정검종합보고서 2구간 >

철근배근탐사 DATA



측정위치	구 분	배근간격	피복두께	측정위치	구 분	배근간격	피복두께
Ramp-A U1	수직철근	253	98	Ramp-A U1	수평철근	310	99

< 초기점검보고서 1구간 >

측정위치		철근종류	설 계(㎜)		조 사(㎜)		비고
			배 근	피복	배 근	피복	
개착	U-TYPE 5 벽체	주철근	250	80	247~252	78~81	
		배력철근	300		298~301		
	U-TYPE 6 벽체	주철근	250	80	248~251	78~82	
		배력철근	300		299~303		
	BOX_TYPE 1 벽체	주철근	125	80	124~126	79~81	
		배력철근	150		149~151		
	BOX_TYPE 5 벽체	주철근	125	80	123~127	77~82	
		배력철근	150		148~151		
	BOX_TYPE 7 벽체	주철근	125	80	124~128	78~81	
		배력철근	300		298~303		

본 과업대상에 대하여 철근탐사 수행결과, 측정된 철근배근 간격 및 피복두께는 설계도면의 부재로 안전점검종합보고서를 참고하여 비교・분석하였으며, 전반적으로 일치한 것으로 확인되었다.

3.6.3 탄산화 깊이 측정

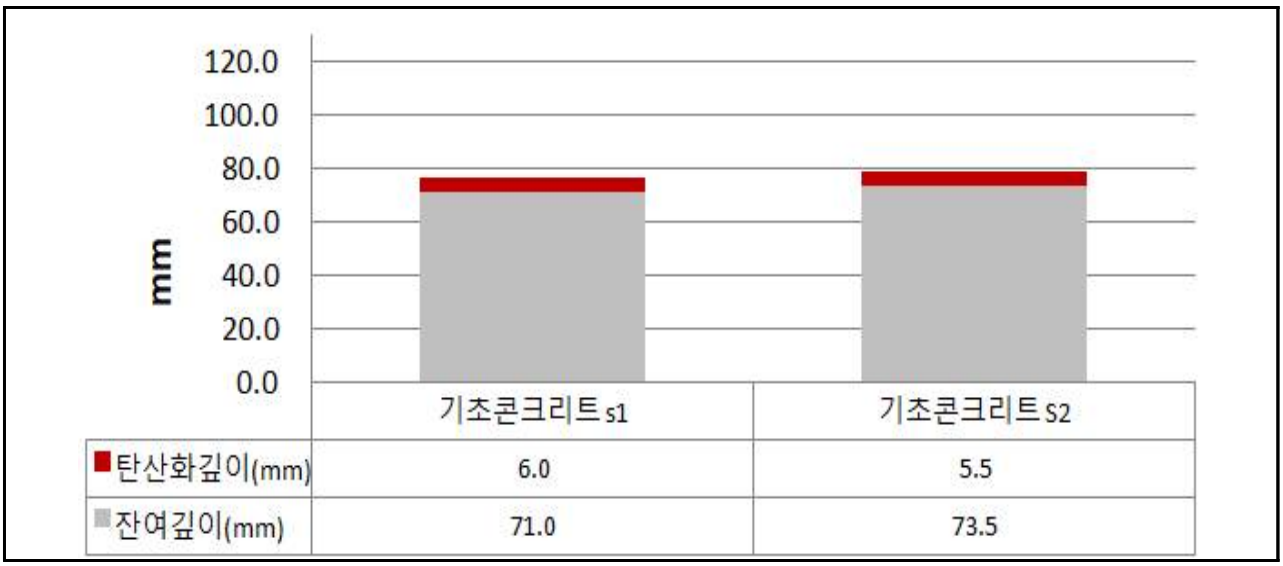
탄산화 깊이 측정은 총 2개소(좌측벽 1개소, 우측벽 1개소)의 탄산화 잔여깊이를 측정하였으며, 실측 최소 피복두께를 적용하기 위해 철근탐사시험과 결과를 피복두께로 하여 결과를 평가하였고, 그 결과는 다음과 같다.

가. 탄산화 깊이 측정결과

1) 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

【표 3.6.6】탄산화깊이 측정결과 및 평가

시험위치		실측 피복두께 (㎜)	탄산화 깊이 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과 (등급)	잔존 수명예측 (년)	탄산화 속도계수 (A)	비 고
기초 콘크리트	S01	77.0	6.0	71.0	a	100년이상	2.683	
	S02	79.0	5.5	73.5	a	100년이상	2.460	



【그림 3.6.4】탄산화깊이 측정결과

콘크리트 부재에 대한 탄산화 깊이 측정결과, 실측 피복두께와 비교시 탄산화 잔여깊이가 30.0㎜ 이상으로 측정되어 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2026. 01)』의 탄산화 상태평가 기준에 의거 “a”로 평가되었으며, 철근까지의 탄산화 도달기간은 시험개소 모두 100년 이상으로 측정되어 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

【표 3.6.7】 탄산화깊이 결과분석

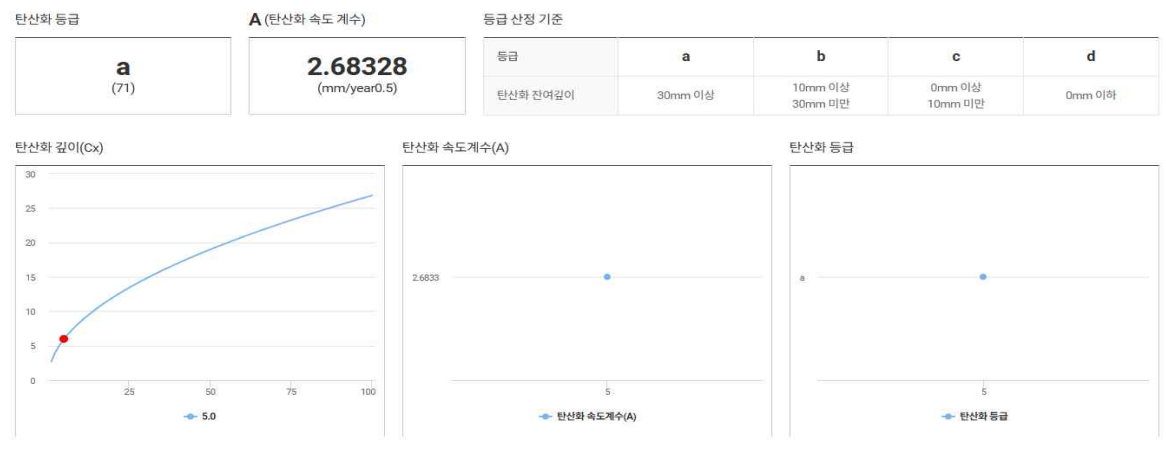
구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비 고
탄산화 잔여깊이	5.5 ~ 6.0	71.0 ~ 73.5	a등급

2) 시설물 내구성 예측 서비스를 활용한 내구성 예측

국토안전관리원에서 시행하고있는 시설물 내구성 예측 서비스를 활용하여 공용년수 증가에 따른 탄산화의 향후 추이를 예측해 보았다. 신월여의지하도로 방음터널의 기초콘크리트 벽체를 대상으로 내구성 예측 서비스를 활용하여 100년 후 탄산화 깊이 및 탄산화 속도계수를 예측하였으며, 그 결과는 아래 표와 같다.

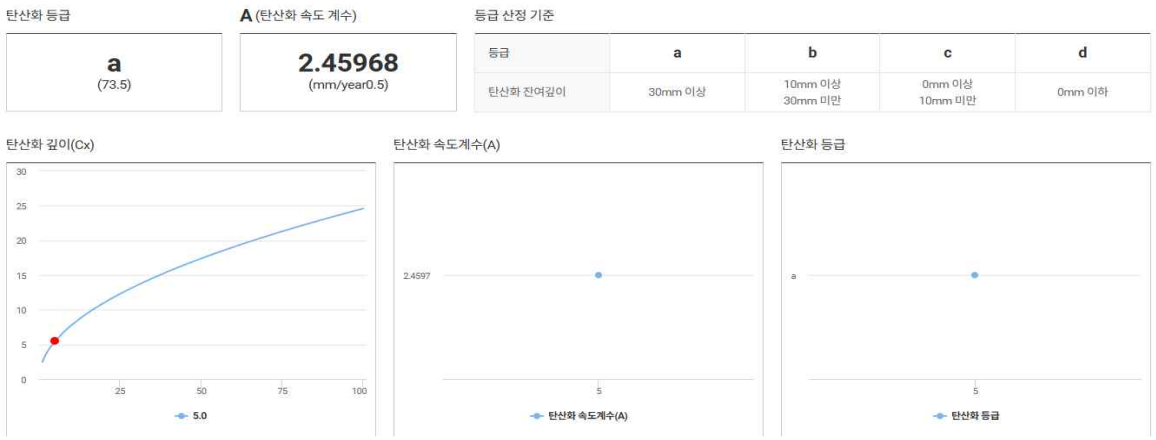
【표 3.6.8】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측

기초콘크리트 - S01	
실측 피복두께(㎜)	77.0
탄산화 진행깊이(㎜)	6.0
잔여깊이(㎜)	71.0
탄산화 속도계수	2.683
공용년수	5년
잔존수명	100년 이상
평가	a



【표 3.6.8】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

기초콘크리트 - S02	
실측 피복두께(㎜)	79.0
탄산화 진행깊이(㎜)	5.5
잔여깊이(㎜)	73.5
탄산화 속도계수	2.460
공용년수	5년
잔존수명	100년 이상
평가	a



나. 기 점검결과와의 비교

【표 3.6.9】 탄산화깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	기존점검	금회점검	비 고
탄산화 잔여깊이	-	71.0 ~ 73.5	a등급
검토의견	■ 금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이며, 철근까지의 탄산화 도달기간은 시험개소 모두 100년 이상으로 측정되어 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.		

3.6.4 변위・변형 측정

가. 광파기를 이용한 변위・변형 측량

1) 측정방법

방음터널의 변형이 발생되었거나, 발생가능성이 있는 주골조 3개 이상을 선정하고, 단면측량을 실시하여 변위・변형 여부를 검토하였으며, 기계점의 좌표를 X : 0.000, Y : 0.000, Z : 0.000 으로 설정하여 단면측량을 실시하였다.

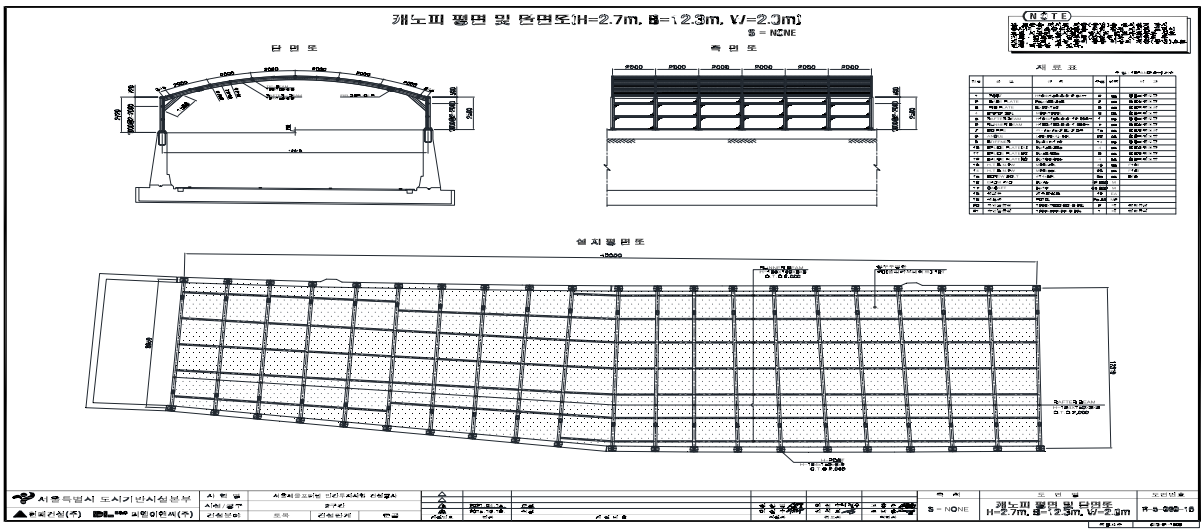
본 보고서에 설계도서 기준 폭 9.86구간은 빨간색, 폭 12.30구간은 파란색으로 표기하였다.

방음터널 광파기 측량 #1

방음터널 광파기 측량 #2

【사진 3.6.2】 광파기를 이용한 변위・변형 측량 현장사진

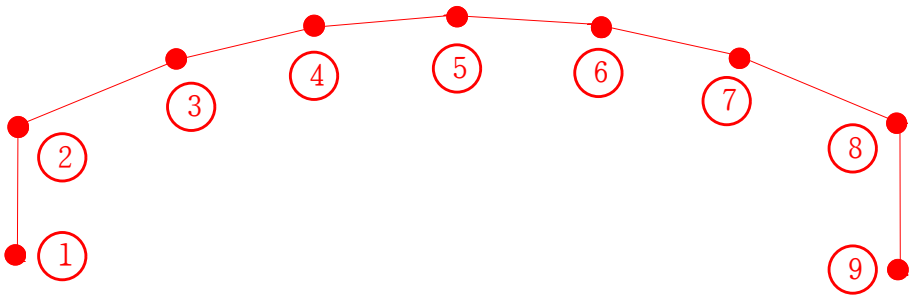
2) 변위・변형 측량 실시 결과

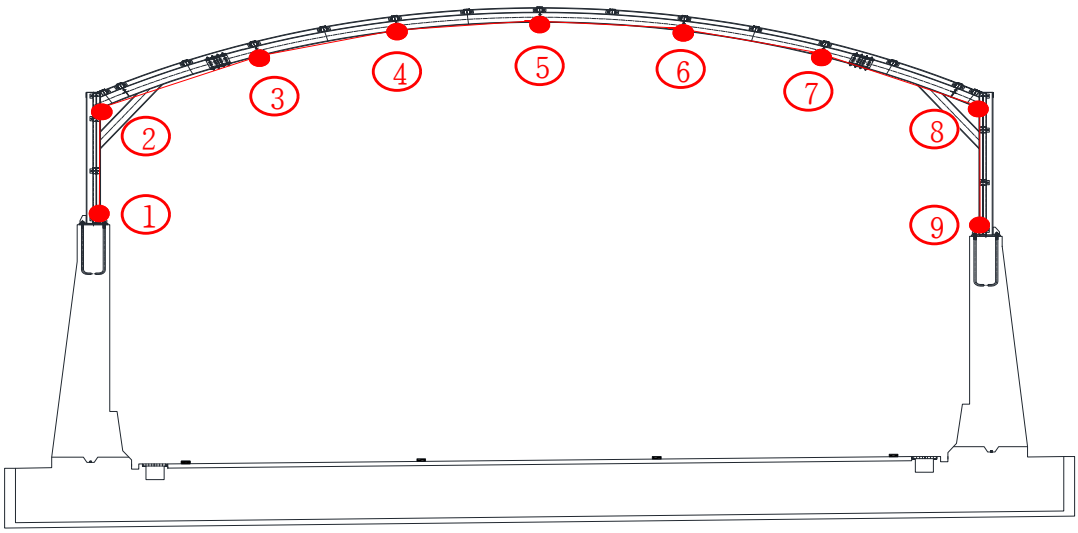


【그림 3.6.5】 방음터널 표준단면도

【표 3.6.10】 변위・변형 측량 결과

No	측정위치	금회 (2026년) 계획선형 좌표값				비고
		측점번호	X	Y	Z	
1	0m (주골조 SPAN.1 No.1)	1	-2.2238	-13.1554	-1.1873	초기치
		2	-2.2187	-13.1497	0.0975	
		3	-2.9739	-12.7943	1.2955	
		4	-4.7472	-11.9505	1.8239	
		5	-6.4183	-11.1634	1.9773	
		6	-8.1729	-10.3360	1.8356	
		7	-10.9618	-9.0190	0.9512	
		8	-10.9634	-9.0192	0.0864	
		9	-10.9642	-9.0232	-1.4303	

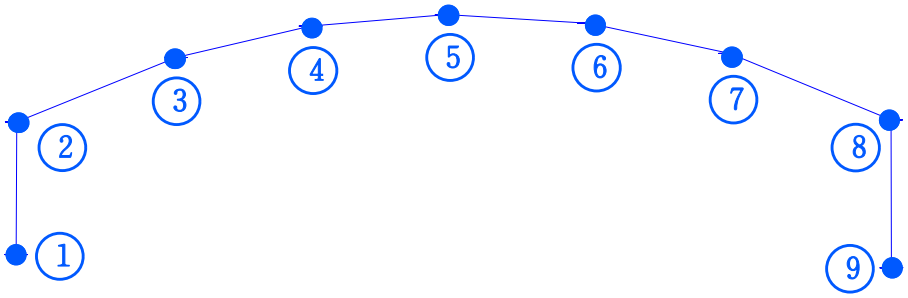


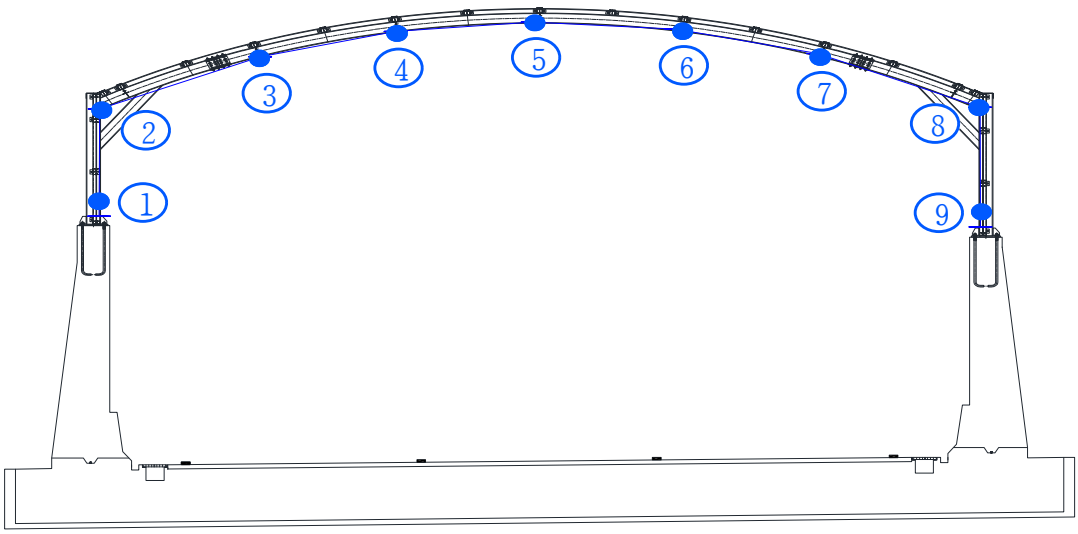


비고	■ 변위・변형 조사는 주골조를 기준으로 광파기를 이용하여 무타켓 측량을 실시하였다.
평가 결과	■ 변위・변형 조사 결과는 측량의 결과값과 설계도면상의 형상이 유사한 것으로 나타났으며, 금회 점검 시 측량한 계측치를 초기값으로 하여 추후 점검 시 변위・변형(기울기 및 처짐) 발생 여부를 파악하는 것이 필요한 것으로 판단됨

【표 3.6.10】 변위・변형 측량 결과(계속)

No	측정위치	금회 (2026년) 계획선형 좌표값				비고
		측점번호	X	Y	Z	
2	20m (주골조 SPAN.1 No.11)	1	-18.5284	-49.9747	-1.9682	초기치
		2	-18.5645	-50.0387	-0.6375	
		3	-19.2629	-49.6562	0.5916	
		4	-22.1206	-48.0212	1.6126	
		5	-23.8263	-47.0637	1.7852	
		6	-25.5774	-46.0923	1.6381	
		7	-28.4267	-44.5033	0.6083	
		8	-29.1968	-44.1436	-0.5658	
		9	-29.1195	-44.0379	-2.1962	

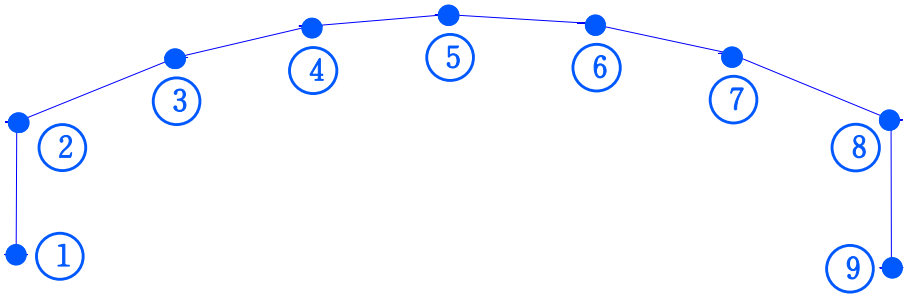


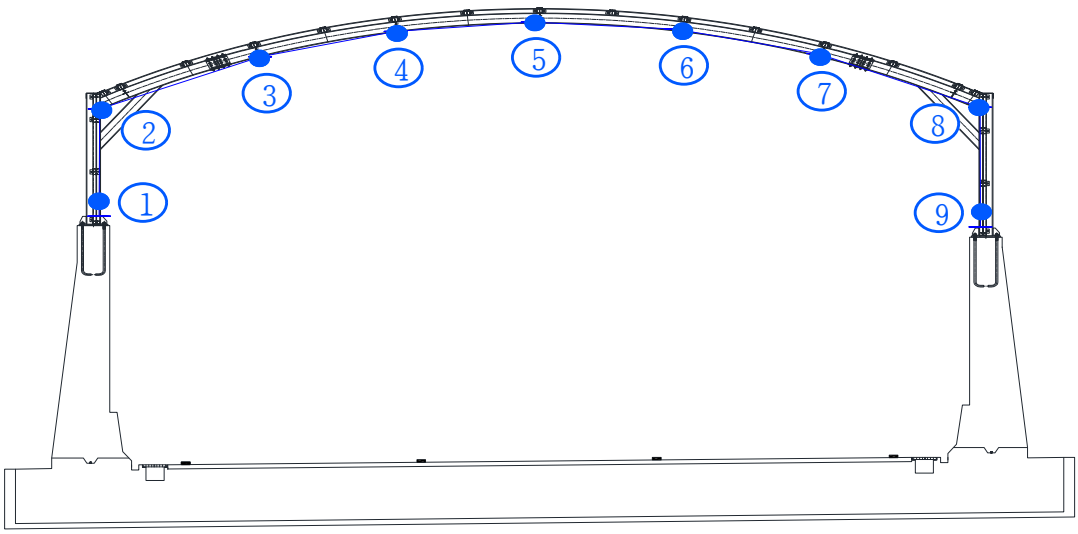


비고	■ 변위・변형 조사는 주골조를 기준으로 광파기를 이용하여 무타켓 측량을 실시하였다.
평가 결과	■ 변위・변형 조사 결과는 측량의 결과값과 설계도면상의 형상이 유사한 것으로 나타났으며, 금회 점검 시 측량한 계측치를 초기값으로 하여 추후 점검 시 변위・변형(기울기 및 처짐) 발생 여부를 파악하는 것이 필요한 것으로 판단됨

【표 3.6.10】 변위・변형 측량 결과(계속)

No	측정위치	금회 (2026년) 계획선형 좌표값				비고
		측점번호	X	Y	Z	
3	40m (주골조 SPAN.2 No.10)	1	0.8558	-11.4827	3.5362	초기치
		2	0.8523	-11.4792	5.7848	
		3	-1.1841	-10.5264	6.7939	
		4	-2.954	-9.69	7.2527	
		5	-4.7468	-8.8414	7.3849	
		6	-6.4607	-8.0328	7.2112	
		7	-8.1507	-7.2307	6.733	
		8	-10.1495	-6.276	5.7529	
		9	-10.1479	-6.2626	3.7364	





비고	■ 변위・변형 조사는 주골조를 기준으로 광파기를 이용하여 무타켓 측량을 실시하였다.
평가 결과	■ 변위・변형 조사 결과는 측량의 결과값과 설계도면상의 형상이 유사한 것으로 나타났으며, 금회 점검 시 측량한 계측치를 초기값으로 하여 추후 점검 시 변위・변형(기울기 및 처짐) 발생 여부를 파악하는 것이 필요한 것으로 판단됨

【표 3.6.11】 변위, 변형 측량 결과

구분	처짐(cm)	비고(경간길이cm)
0m	0.00	985.9
20m	0.00	1231.9
40m	0.00	1231.9

① 변위・변형 조사 결과는 측량의 결과값과 설계도면상의 형상이 유사한 것으로 나타났다.

② 이전 점검에서의 측량데이터가 없는바 금회 점검 시 측량한 계측치를 초기값으로 하여 추후 점검 시 변위・변형(기울기 및 처짐) 발생 여부를 파악하는 것이 필요한 것으로 판단된다.

3) 변위・변형 측량 기 점검결과와의 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이며, 금회 측정결과 건축한계에 저촉되는 구간, 처침 및 변형의 징후는 없는 것으로 확인된다. 따라서, 시설물의 안전성에는 이상이 없을 것으로 사료된다.

【표 3.6.12】 변위・변형 측량 기 점검결과와의 비교

구분	기존점검	2026년 정밀안전점검	비고
	처짐(cm)	처짐(cm)	
0m	-	0.00	
20m	-	0.00	
40m	-	0.00	

나. 경사계를 이용한 기울기 측정

1) 측정방법

방음터널의 변형이 발생되었거나, 발생가능성이 있는 주골조 3개 이상을 선정하고 주골조 1개소에서 3회씩 기울기를 측정하였다.

방음터널 기울기 측정 #1

방음터널 기울기 측정 #2

【사진 3.6.3】 경사계를 이용한 기울기 측정 현장사진

2) 경사계를 이용한 기울음 측정 결과

【표 3.6.13】 주골조 기울음 측정 결과

구분 (주골조 번호)		설계 기울기(°)	측정 기울기(°)			비고
			1	2	3	
평가단위 1	1	90	90.0	90.0	90.0	
	11	90	90.0	90.0	90.0	
평가단위 2	1	90	90.0	90.0	90.0	
	10	90	89.9	90.0	90.0	

① 기울기 측정 실시 결과, 설계 값과 다소 차이가 있으나 이는 측정오차로 판단되며, 건축한계에 저촉되는 구간, 처침 및 변형의 징후는 없는 것으로 확인된다. 따라서, 시설물의 안전성에는 이상이 없을 것으로 사료된다.

3) 기울기 측정 기 점검결과와의 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이며, 금회 측정결과 건축한계에 저촉되는 구간, 처침 및 변형의 징후는 없는 것으로 확인된다. 따라서, 시설물의 안전성에는 이상이 없을 것으로 사료된다.

【표 3.6.14】 기울기 측정 기 점검결과와의 비교

구분		기존점검			2026년 정밀안전점검			비고
		1	2	3	1	2	3	
평가단위 1	1	-	-	-	90.0	90.0	90.0	
	11	-	-	-	90.0	90.0	90.0	
평가단위 2	1	-	-	-	90.0	90.0	90.0	
	10	-	-	-	89.9	90.0	90.0	

3.6.4 내구성조사 결과 요약

【표 3.6.15】 내구성조사 결과 요약

<table>
<tr><th>시험명</th><th>시 험 위 치</th><th colspan="5">시 험 결 과</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="3">비파괴 강도 (㎫)</td><td>시험종류</td><td colspan="2">추정강도(A)</td><td colspan="2">설계기준강도(B)</td><td>A/B×100(%)</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>반발경도법</td><td colspan="2">28.3 ~ 28.6</td><td colspan="2">27.0</td><td>104.9 ~ 105.9</td></tr>
<tr><td>검토의견</td><td colspan="5">■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td rowspan="5">철근탐사 (㎜)</td><td rowspan="2">부재</td><td rowspan="2">철근종류</td><td colspan="2">측정치</td><td colspan="2">설계치</td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기초콘크리트</td><td>주철근</td><td>255 ~ 275</td><td>103 ~105</td><td>250</td><td>80</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>-</td><td>77 ~ 79</td><td>300</td><td>80</td></tr>
<tr><td>검토의견</td><td colspan="5">■ 안전점검종합보고서 및 초기점검보고서를 참고한 결과, 전반적으로 설계치와 일치한 것으로 확인됨</td></tr>
<tr><td rowspan="3">탄산화 잔여깊이 (㎜)</td><td>부재</td><td colspan="2">잔여깊이</td><td colspan="2">평가</td><td>잔존수명</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>탄산화 잔여깊이</td><td colspan="2">71.0 ~ 73.5</td><td colspan="2">a</td><td>100년이상</td></tr>
<tr><td>검토의견</td><td colspan="5">■ 탄산화 잔여깊이가 30㎜이상인 “a”로 평가되며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨</td></tr>
<tr><td>변위・변형</td><td>주골조</td><td colspan="2">3개소 양호</td><td colspan="3">■ 3축한계에 저촉되는 구간, 처짐 및 변형의 징후는 없는 것으로 확인된다.</td><td></td></tr>
</table>

3.6.5 기 점검결과 비교

【표 3.6.16】 내구성조사 기 점검결과 비교

<table>
<tr><th rowspan="2">시 험 명</th><th colspan="2" rowspan="2">시험부위</th><th colspan="2">시험 결과</th><th rowspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th>기존점검</th><th>금회점검</th></tr>
<tr><td>비파괴강도 (㎫)</td><td colspan="2">기초콘크리트</td><td>-</td><td>28.3 ~ 28.6</td><td rowspan="7">■ 금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 금회 내구성시험은 전반적으로 양호한 상태로 측정되었다.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">철근탐사 (㎜)</td><td rowspan="2">주철근</td><td>배근간격</td><td>-</td><td>255 ~ 275</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>-</td><td>103 ~105</td></tr>
<tr><td rowspan="2">배력철근</td><td>배근간격</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>-</td><td>77 ~ 79</td></tr>
<tr><td>탄산화 잔여깊이 (㎜)</td><td colspan="2">기초콘크리트</td><td>-</td><td>71.0 ~ 73.5</td></tr>
<tr><td>변위・변형</td><td colspan="2">주골조</td><td>-</td><td>3개소 양호</td></tr>
</table>