

신 월 여 의 지 하 도 로
안 전 점 검 (정 기 , 정 밀) 용 역
(정밀안전점검)

[신월여의지하도로(인천방향)]

2024. 04

서 울 터 널 주 식 회 사

점검기관 : (주)명성엔지니어링

정밀안전점검
신월여의지하도로
안전점검용역

(인천방향)
신월여의지하도로

2024.04.

서울터널주식회사

제 출 문

서울터널 주식회사 귀중

귀사와 계약한 체결한『안전점검(정기, 정밀) 용역』 중 신월여의지하도로 정밀안전점검 과업을 성실히 수행하고, 그 결과를 본 보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

2024년 04월

주식회사 명 성 엔 지 니 어 링
경기도 성남시 분당구 야탑로 69번길 18
대표이사 김 선 무 (인)



신월여의지하도로(인천방향) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황					
용역명	신월여의지하도로 안전점검(정기, 정밀) 용역 (정밀안전점검)	점검기간	2024.01.02 ~ 2024.04.15		
관리주체명	신월여의지하도로 관리사무소	대표자	박영호		
공동수급	독자수행 100%	계약방법	일반경쟁		
시설물 구분	터널	종류	도로터널	종별	1종
준공일	2021년 04월 15일	진단금액 (천원)	53,169	안전등급	B
시설물 위치	서울 영등포구 영등포동7가 94-411	시설물규모	연장 : 7,085m, 2차로		
나. 진단 실시결과 현황					
중대결함	-				
점검 주요결과	◦ BOX구간 균열(0.3mm이상), 백태, 균열부백태, 누수, 박리 ◦ NATM구간 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 백태, 피복부족, 파손 및 철근노출, 들뜸, 박리, 박락, 파손, 균형, 재료분리, 누수, 타일탈락, 격벽파손, 풍도슬래브 파손, 몰탈파손, 파손 및 철근노출, 격벽 파손 및 철근노출 ◦ 포장부 포장균열, 망상균열, 파손, 박리, 들뜸, 체수 ◦ 공동구 본체 파손, 덮개 파손, 탈락 실란트미시공 ◦ 배수시설 배수로 체수, 유도배수관 누수, 길이부족 ◦ 갭문 상태양호 ◦ 부대시설물 백태, 누수 및 백태, 체수, 트레이 내부 체수 ◦ 부속시설 신호기 파손, 비상구 표지판 파손 ◦ 공중이 이용하는 부위 - 차량의 주행성에 대한 안전성 저하 및 중대결함은 없음 - 신축이음부 및 추락방지시설 내의 시급한 보수 또는 보강이 요구되는 손상은 없음				
주요 보수·보강	◦ 표면처리, 주입보수, 단면보수, 단면보수(방청), 지수보수, 실란트 재시공, 주의관찰 등				

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 훈	2024.01.02 ~ 2024.04.15	특급
참여기술자	정 지 운	2024.01.02 ~ 2024.04.15	특급
	서 동 진	2024.01.02 ~ 2024.04.15	특급
	장 진 원	2024.01.02 ~ 2024.04.15	특급
	황 상 윤	2024.01.02 ~ 2024.04.15	특급
	양 주 윤	2024.01.02 ~ 2024.04.15	초급
	손 기 영	2024.01.02 ~ 2024.04.15	초급
	전 희 균	2024.01.02 ~ 2024.04.15	초급

※참여기술자 현황은 참여기술자 명단 참조

라. 참고사항

차기 안전점검 및 진단 시 중점점검부위 : BOX 및 NATM구간 누수, 백태, 파손 및 철근노출, 피복부족, 포장 파손, 박리, 들뜸, 풍도슬래브 파손 및 철근노출
정밀안전점검(긴급안전점검) 또는 정밀안전진단 실시 여부 : 필요없음

신월여의지하도로(인천방향) 정밀안전점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견

- 외관조사 결과, 주요 손상으로는 BOX 및 NATM구간에 균열, 망상균열, 백태, 누수, 파손, 박리, 철근노출, 피복부족, 풍도슬래브 파손 및 철근노출 등의 손상이 조사되었다. 조사된 손상은 내구성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 보수 및 정비가 필요한 상태이며, 주기적인 주의관찰이 요구된다.
- 콘크리트 비파괴시험 결과, 콘크리트 부재의 강도는 양호한 것으로 측정되었으며, 철근탐사 시험 결과 측정된 철근배근 간격 및 피복두께는 준공도면의 설계치와 비교시 전반적으로 일치한 것으로 확인되었으며, 탄산화는 진행속도가 양호하여 철근부식의 우려는 없는 것으로 분석되었다.
- 대상 구조물의 상태평가 결과, 결함지수가 0.177로 상태평가 등급은 ‘B’로 산정되었다.
- 정밀안전점검 종합평가 결과, 기준 ‘B’로 평가되어 안전등급은 “B등급(양호)”으로 지정되었다. 대상 구조물은 안전성 및 사용성이 양호한 상태로 판단되며 외관조사에서 나타난 부분적인 손상에 대하여 보수를 실시하고, 중점유지관리사항에 대한 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 구조물의 원활한 기능발휘와 더불어 건전한 상태를 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

책임기술자 : 이 상 훈 (서명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태 평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
본선	NATM구간	b	· 균열(0.3mm미만), 망상균열, 백태 · 균열(0.3mm이상) · 누수 · 들뜸, 박리, 박락, 파손, 굽힘, 재료분리, 격벽 파손 · 피복부족, 파손 및 철근노출	· 표면처리 · 주입보수 · 지수보수 · 단면보수 · 단면보수(방청)
	BOX구간	a	· 백태, 균열부백태 · 균열(0.3mm이상) · 박리 · 누수	· 표면처리 · 주입보수 · 단면보수 · 지수보수
RAMP	NATM구간	a	· 균열(0.3mm미만), 백태 · 균열(0.3mm이상) · 누수 · 박리, 파손, 몰탈파손 · 파손 및 철근노출	· 표면처리 · 주입보수 · 지수보수 · 단면보수 · 단면보수(방청)
	BOX구간	a	· 망상균열, 백태, 누수흔적 및 백태 · 누수	· 표면처리 · 지수보수
배수시설		-	· 상태양호	· 주의관찰
갯문상태		-	· 상태양호	· 주의관찰
공동구상태		-	· 덮개파손 · 파손	· 재시공 · 주의관찰

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

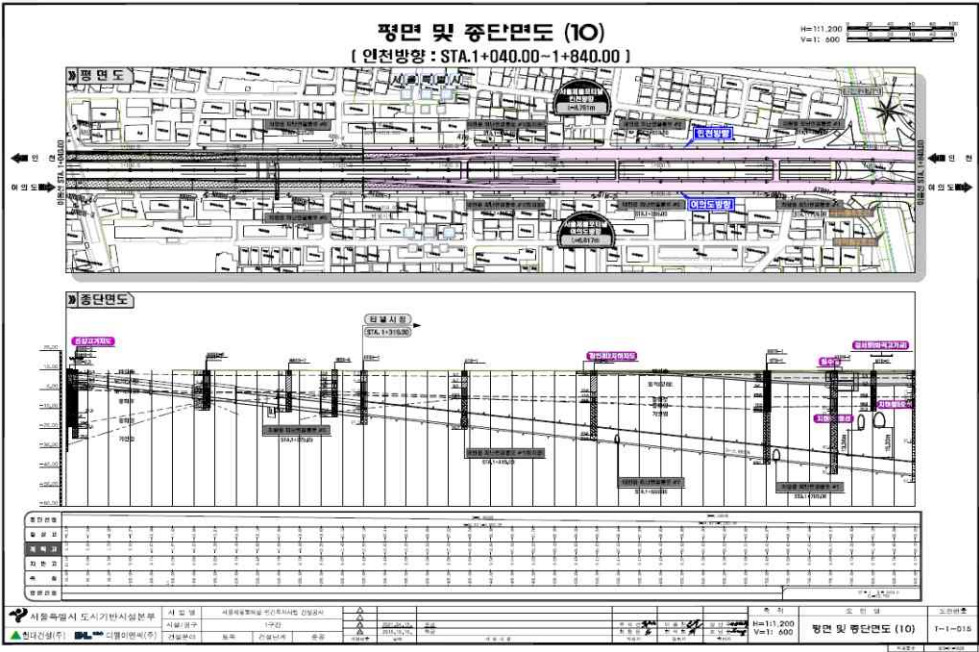
검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	구조계산서 등 확인결과, 내진설계가 적용된 것으로 조사됨

라. 현장시험 (비파괴 및 추가시험)

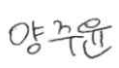
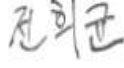
시험명	시 험 위 치	시 험 결 과				비 고	
비파괴 강도 (MPa)	시험종류	추정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)			
	반발경도법	24.1~27.2	24.0	100.4~113.3			
	검토의견	■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨					
철근탐사 (mm)	부재	철근종류	측정치		설계치		
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
	라이닝	주철근	125~225	60~68	125~200	60	
		배력철근	145~215	61~67	200	60	
	검토의견	■ 준공도면과 비교시 전반적으로 일치한 것으로 확인됨					
탄산화 잔여깊이 (mm)	부재	잔여깊이	평가	잔존수명			
	탄산화 잔여깊이	58.0~63.0	a	100년이상			
	검토의견	■ 탄산화 잔여깊이가 30mm이상인 “a” 로 평가되며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨					

신월여의지하도로(인천방향) 현황표

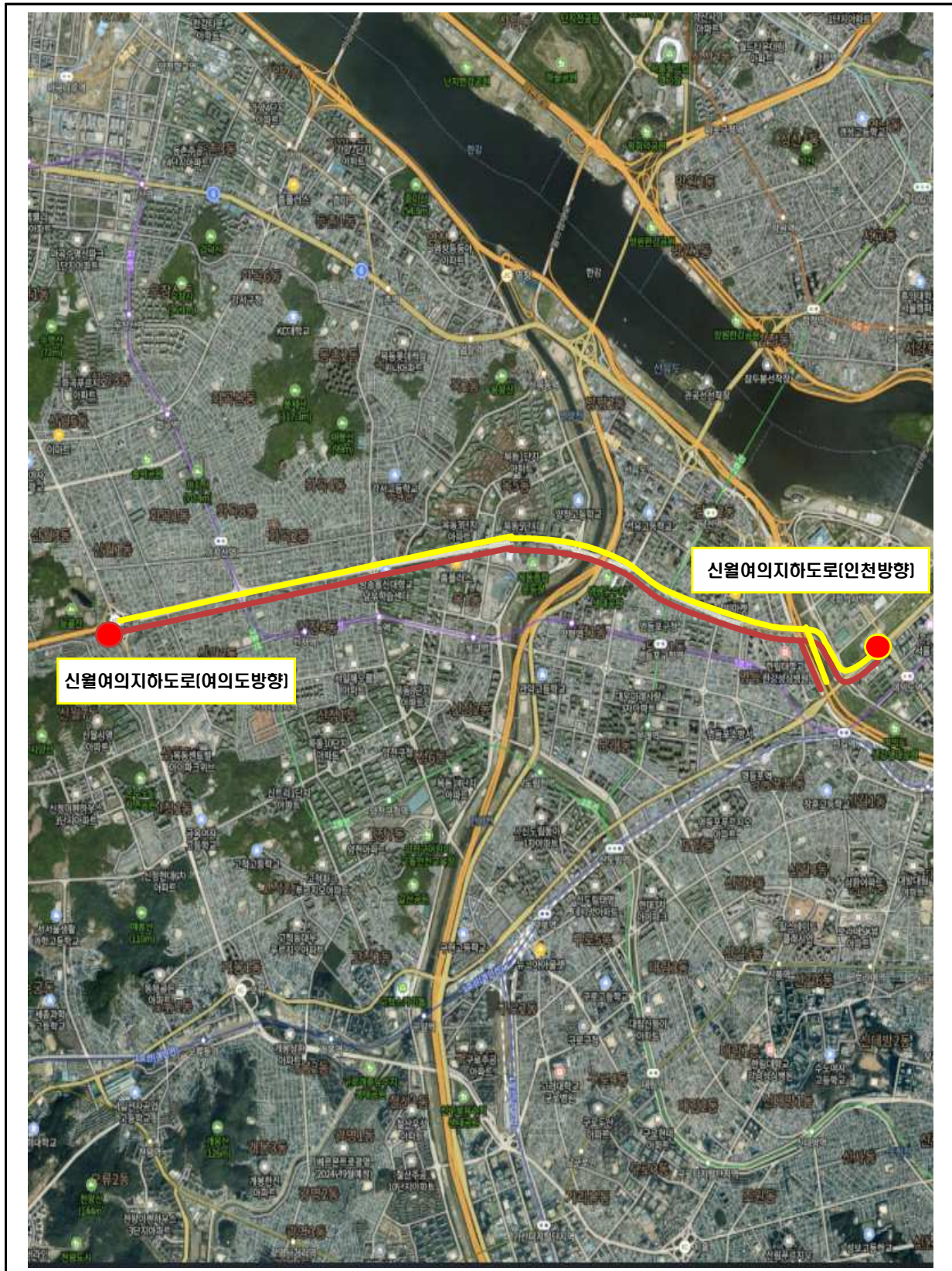
작성일 : 2024년 04월 10일

구 분	내 용	구 분	내 용
시설물명	신월여의지하도로(인천방향)	시설물번호	TU2021-0000020
위 치 (시 점)	서울특별시 영등포구 여의대로 76	위 치 (종 점)	서울특별시 양천구 신월동 835
터널형식	NATM + BOX형	관리주체	서울터널주식회사
차 선 수	2차로 (RAMP연결부 3차로)	환기방식	수직갱 종류식, 집중배연식
연 장	7,085m	설 계 사	(주)삼보기술단 외 2개사
내공단면	B : 11.63m, H : 6.29m (풍도슬래브 H=3.0m)	시 공 사	디엘이앤씨(주), 현대건설(주) 외 5개사
배수형식	배수식(측벽 · 중앙 배수관)	감 리 사	(주)동부엔지니어링, (주)유신 외 12개사
종단기울기	0.5 ~ 6.96%	착 공	2015년 10월 16일
최소곡선반경	300m	준 공	2021년 04월 15일
연결통로	피난연락갱, 수직갱	갱문형식	면벽식
주요공법	NATM	보조공법	강관다단그라우팅
기 타	평면 및 종단면도 (10) [인천방향 : STA.1+040.00 ~ 1+840.00] 		

정밀안전점검 참여기술진 명단

참여업무	성명	자격사항	기술등급	참여기간	서명
사업책임기술자	이 상 훈	콘크리트기사	특급	2024.01.02 ~ 2024.04.15	
참여기술자	정 지 운	토목기사	특급	2024.01.02 ~ 2024.04.15	
	서 동 진	토목기사	특급	2024.01.02 ~ 2024.04.15	
	장 진 원	토목기사	특급	2024.01.02 ~ 2024.04.15	
	황 상 윤	토목기사	특급	2024.01.02 ~ 2024.04.15	
	양 주 윤	학·경력기술자	초급	2024.01.02 ~ 2024.04.15	
	손 기 영	전문학사	초급	2024.01.02 ~ 2024.04.15	
	전 희 군	공학사	초급	2024.01.02 ~ 2024.04.15	

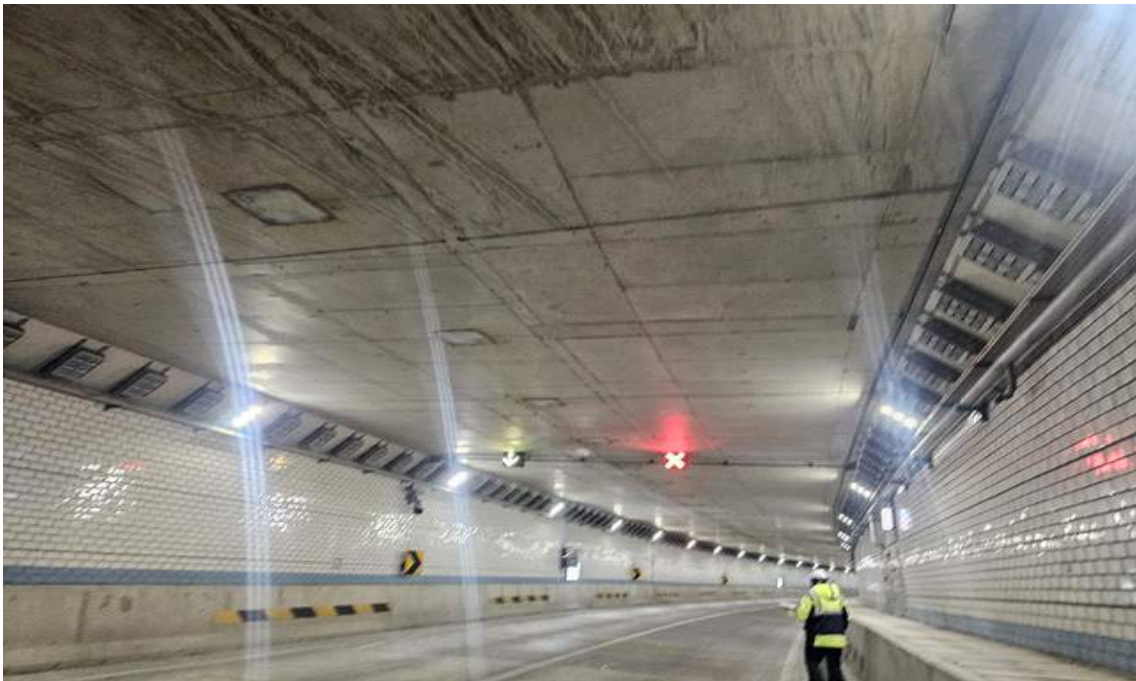
시설물 위치도



시설물의 전경사진



BOX구간 내부 전경



BOX구간 슬래브 전경



BOX구간 벽체 전경



BOX구간 포장 전경



NATM구간 라이닝 전경



NATM구간 측벽 전경



NATM구간 공동구 전경



NATM구간 포장 전경



본선 갯문 시점부 전경



RAMP-D 갯문 진입부 전경



피난연락갱 전경



제트팬 전경

정밀안전점검 결과 요약문

1. 과업의 개요

1.1 과업의 목적

본 용역은 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법(약칭 : 시설물안전법) 제11조 및 동법 시행령 제8조에 의거 실시하는 안전점검으로 재해를 예방하고, 시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견함으로써 신속하고 적절한 하자보수 조치를 취하고 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사·측정·평가하여 향후 시설물의 유지관리 및 정기·정밀안전점검 등 필요한 자료를 제공하는 데 그 목적이 있다.

본 정밀안전점검은 경험과 기술을 갖춘 전문가가 용역 발주자와 충분한 사전 업무범위 및 내용을 협의한 후 수행하였으며, 근접 육안조사를 기본으로 필요 시 접근장비를 이용한 정밀 외관조사를 실시하되 현장조사 시에는 각종 안전조치를 취하였다. 현장 외관조사 결과 및 각종 측정 및 시험결과를 바탕으로 상태평가 결과를 도출하고 점검결과에 따라 적정한 보수 보강방법을 제시하였다

1.2 과업의 범위

가. 정밀안전점검

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 조사결과 검토 및 분석
- 4) 시설물의 상태평가
- 5) 종합평가 및 안전등급 지정
- 6) 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시
- 7) 보고서 작성

나. 과업기간

2024. 01. 02 ~ 2024. 04. 15

1.3 시설물의 개요

1) 시설물의 현황

구 분	내 용	구 분	내 용
시설물명	신월여의지하도로(인천방향)	시설물번호	TU2021-0000020
위 치 (시 점)	서울특별시 영등포구 여의대로 76	위 치 (종 점)	서울특별시 양천구 신월동 835
터널형식	NATM + BOX형	관리주체	서울터널주식회사
차 선 수	2차로 (RAMP연결부 3차로)	환기방식	수직갱 종류식, 집중배연식
연 장	7,085m	설 계 사	(주)삼보기술단 외 2개사
내공단면	B : 11.63m, H : 6.29m (풍도슬래브 H=3.0m)	시 공 사	디엘이앤씨(주), 현대건설(주) 외 5개사
배수형식	배수식(측벽·중앙 배수관)	감 리 사	(주)동부엔지니어링, (주)유신 외 12개사
종단기울기	0.5 ~ 6.96%	착 공	2015년 10월 16일
최소곡선반경	300m	준 공	2021년 04월 15일
연결통로	피난연락갱, 수직갱	갱문형식	면벽식
주요공법	NATM	보조공법	강관다단그라우팅
기 타			

2. 자료수집 및 분석

2.1 점검 이력

구분		점검기간	점검기관	안전 등급	주요점검/진단 결과
1	정기안전 점검	2021-12-20~2 021-12-31	(주)명성엔지니어링	양호	-라이닝파손, 누수및백태 -접속터널횡갱누수 -신호등파손
2	정기안전 점검	2022-06-22~2 022-06-30	(주)명성엔지니어링	양호	-본선천단부(슬래브)균열, 누수, 백태, 파손, 박리, 피복부족, 시공미흡 -본선측벽부누수, 백태, 파손, 타일탈락 -본선공동구덮개파손 -RAMP천단부(슬래브)균열 -RAMP풍도슬래브파손 -RAMP측벽부누수, 누수흔적, 백태 -U-type옹벽균열 -부대시설횡갱누수, 전기실체수, 소화수조누수및백태 -부속시설신호기파손
3	정기안전 점검	2022-10-04~2 022-12-21	(주)명성엔지니어링	양호	-본선천단부(슬래브)균열, 누수, 백태, 파손, 박리, 피복부족, 시공미흡 -본선측벽부누수, 백태, 파손, 타일탈락 -본선공동구덮개파손 -RAMP천단부(슬래브)균열 -RAMP풍도슬래브파손 -RAMP측벽부누수, 누수흔적, 백태, 결빙, 타일탈락 -U-type옹벽균열 -부대시설횡갱체수, 전기실체수, 소화수조누수및백태 -부속시설신호기파손
4	정기안전 점검	2023-04-17~2 023-06-30	(주)명성엔지니어링	양호	-본선천단부(슬래브)균열및재균열, 누수, 백태, 파손, 박리, 피 복부족, 표면불량, 시공미흡 -본선측벽부백태, 누수, 파손, 철근노출, 박리, 박락, 타일탈락 -본선포장부파손 -본선공동구덮개파손, 파손, 실란트미시공 -RAMP천단부(슬래브)상태양호 -RAMP풍도슬래브파손 -RAMP측벽부누수및누수흔적, 백태, 타일탈락 -U-type옹벽상태양호 -부대시설횡갱체수, 백태, 소화수조누수및백태, 누수흔적 -부속시설신호기파손

구분		점검기간	점검기관	안전 등급	주요점검/진단 결과
5	정기안전 점검	2023-10-17~2 023-12-22	(주)명성엔지니어링	양호	-본선천단부(슬래브)균열및재균열, 누수, 백태, 파손, 박리, 피 복부족, 표면불량, 시공미흡 -본선측벽부백태, 누수, 파손, 철근노출, 박리, 박락, 타일탈락 -본선포장부파손 -본선공동구덮개파손, 파손, 실란트미시공 -RAMP천단부(슬래브)상태양호 -RAMP풍도슬래브파손 -RAMP측벽부누수및누수혼적, 백태, 타일탈락 -U-type옹벽상태양호 -부대시설횡갱누수, 체수, 백태, 소화수조누수및백태, 누수 혼적 -부속시설신호기파손

2.2 보수 · 보강 이력

번호	보수시기	공사구간	공사내역	시공사
1	~ 2023년	라이닝 공동구 등	준공이후 열화부 하자보수(부분)	—

2.3 자료수집 및 분석 결과요약

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교·검토 후, 과업을 진행 토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록 함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것 으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석 하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토 함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○전차 안전점검 자료를 확인한 결과, 일부 부재에서 손상이 확인되었고, 금 회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검함	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기안전점검 총 5회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

3. 현장조사 및 시험

3.1 외관조사 결과요약

1) 금회(2024년) 점검 외관조사 결과요약

구 분		결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
본선	BOX구간	균열(Cw0.3mm이상)	m	1	3.00	주입보수	
		백태	m ²	1	9.00	표면처리	
		균열부백태	m ²	4	1.20	표면처리	
		박리	m ²	1	0.10	단면보수	
		누수흔적	m ²	3	27.05	주의관찰	
		누수(떨어짐, 스며있음)	EA	10	10.00	지수보수	
	NATM구간	균열(Cw0.3mm미만)	m	9	19.60	표면처리	
		균열(Cw0.3mm이상)	m	320	2,814.00	주입보수	
		재균열(Cw0.3mm이상)	m	34	202.00	주입보수	
		망상균열	m ²	7	78.40	표면처리	
		백태	m ²	42	19.59	표면처리	
		들뜸, 박리, 박락, 파손, 굽힘, 보수부 들뜸, 보수부 파손	m ²	66	12.48	단면보수	
		단면불량	m ²	2	0.34	단면보수	
		피복부족	m ²	8	104.50	단면보수(방청)	
		파손 및 철근노출	m ²	3	0.49	단면보수(방청)	
		재료분리	m ²	1	0.09	단면보수	
		누수흔적	m ²	4	3.39	주의관찰	
		누수(흐름, 떨어짐, 스며있음)	EA	52	52.00	지수보수	
		타일탈락	EA	16	16.00	재시공	
		격벽 파손	m ²	2	0.18	단면보수	
	포장부	포장 균열	m	2	8.00	주의관찰	
		포장 망상균열	m ²	7	768.00	주의관찰	
		포장 파손, 박리	m ²	17	13.14	단면보수	
		포장 들뜸	m ²	19	728.00	주의관찰	
	공동구	파손	m ²	2	0.25	주의관찰	
		덮개탈락, 덮개파손	EA	77	77.00	재시공	
		실란트 미시공	m	1	1.50	주의관찰	
	배수시설	배수로 체수	m	8	80.00	주의관찰	
	갯문	상태양호	-	-	-	-	

구 분		결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
RAMP	BOX구간	망상균열	m ²	1	20.00	표면처리	
		백태	m ²	4	7.95	표면처리	
		누수흔적 및 백태	m ²	1	0.40	표면처리	
		누수(떨어짐, 스며있음)	EA	5	5.00	지수보수	
	NATM구간	균열(Cw0.3mm미만)	m	1	5.00	표면처리	
		균열(Cw0.3mm이상)	m	21	188.00	주입보수	
		채균열(Cw0.3mm이상)	m	1	14.00	주입보수	
		백태	m ²	11	10.36	표면처리	
		박리, 파손	m ²	5	3.00	단면보수	
		누수흔적	m ²	4	0.90	주의관찰	
		누수(떨어짐, 스며있음)	EA	4	4.00	지수보수	
		타일탈락	EA	31	60.00	재시공	
		풍도슬래브 파손(굽힘)	m ²	28	10.36	단면보수	
		풍도슬래브 몰탈파손	m ²	7	3.90	단면보수	
		풍도슬래브 파손 및 철근노출	m ²	1	1.50	단면보수(방청)	
		풍도슬래브 격벽 파손 및 철근노출	m ²	1	12.00	단면보수(방청)	
		풍도슬래브 댐퍼 변형	m	1	0.50	정비	
		풍도슬래브 댐퍼 고정볼트 탈락 및 파손	EA	9	9.00	정비	
		풍도슬래브 댐퍼 덮개 탈락 및 파손	EA	1	1.00	정비	
	포장부	포장 파손	m ²	1	0.09	단면보수	
		포장 들뜸	m ²	5	130.00	주의관찰	
		포장 체수	m ²	1	0.30	주의관찰	
	공동구	파손	m ²	2	0.20	주의관찰	
		덮개파손	EA	11	11.00	재시공	
	배수시설	유도배수관 누수	EA	2	2.00	정비	
		유도배수관 길이부족	m	1	1.50	재시공	
	갹문	상태양호	-	-	-	-	

구 분		결함내용 및 손상, 열화내용		단위	개소	손상물량	조치방안	비고
부대 시설	피난연락경	채수		m ²	1	8.00	주의관찰	
		누수(떨어짐, 스며있음)		EA	11	11.00	지수보수	
	U-TYPE 옹벽	상태양호		-	-	-	-	
	기타시설	전기실	누수 및 백태	m ²	3	1.75	지수보수	
			트레이 내부 채수	EA	2	2.00	주의관찰	
		소화수조	백태	m ²	1	0.10	표면처리	
			누수 및 백태	m ²	7	1.40	지수보수	
			누수혼적	m ²	1	0.09	주의관찰	
		펌프실	백태	m ²	1	0.03	표면처리	
	부속시설	신호기 파손		EA	4	4.00	재설치	
		비상구 표지판 파손		EA	2	2.00	재설치	

2) 기 점검결과와의 비교, 분석

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

3.2 내구성 결과요약

1) 금회(2024년) 점검 내구성조사 결과요약

시험명	시 험 위 치	시 험 결 과				비 고	
비파괴 강도 (MPa)	시험종류	추정강도(A)		설계기준강도(B)	A/B×100(%)		
	반발경도법	24.1~27.2		24.0	100.4~113.3		
	검토의견	■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨					
철근탐사 (mm)	부재	철근종류	측정치		설계치		
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
	라이닝	주철근	125~205	60~68	125~200	60	
		배력철근	145~215	61~67	200	60	
	검토의견	■ 준공도면과 비교시 전반적으로 일치한 것으로 확인됨					
탄산화 잔여깊이 (mm)	부재	잔여깊이		평가	잔존수명		
	탄산화 잔여깊이	58.0~63.0		a	100년이상		
	검토의견	■ 탄산화 잔여깊이가 30mm이상인 “a” 로 평가되며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨					

2) 기 점검 결과와의 비교, 분석

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

4. 시설물의 상태평가

4.1 시설물 전체 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산결함도 점수	상태평가 결과	연장(m)	차선	연장×차선	연장비	환산결함도 점수×연장비
본선	가. NATM(무근)	0.214	b	4,856.9	2	9,714	0.635	0.136
	나. NATM(철근)	0.12	a	1,929.1	2	3,858	0.252	0.030
	다. BOX	0.072	a	527.9	2	1,056	0.069	0.005
RAMP	가. NATM(무근)	0.239	b	200.1	1	200	0.013	0.003
	나. NATM(철근)	0.105	a	265.7	1	266	0.017	0.002
	다. BOX	0.069	a	209.5	1	210	0.014	0.001
								0.177
								B

▶ 결함도 범위 = $0.150 \leq \text{결함도 지수}(0.177) < 0.300$ ▶ 『B』

4.2 기 점검결과와의 비교, 분석

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

5. 종합평가 및 안전등급의 지정

5.1 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가결과
	환산결합도점수	기준	S·F	기준	
신월여의지하도로(인천방향)	0.177	B	-	-	B
종합평가	- 신월여의지하도로(인천방향)의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B” 로 평가됨 - 종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

5.2 안전등급 지정

구조물명	안전등급
신월여의지하도로(인천방향)	B등급(양호)

6. 보수·보강 및 유지관리방안

6.1 보수·보강 및 우선순위

구 분		결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
본선	BOX구간	균열(Cw0.3mm이상)	m	1	3.00	주입보수	2순위
		백태	m ²	1	9.00	표면처리	3순위
		균열부백태	m ²	4	1.20	표면처리	3순위
		박리	m ²	1	0.10	단면보수	3순위
		누수흔적	m ²	3	27.05	주의관찰	주의관찰
		누수(떨어짐, 스며있음)	EA	10	10.00	지수보수	2순위
	NATM구간	균열(Cw0.3mm미만)	m	9	19.60	표면처리	3순위
		균열(Cw0.3mm이상)	m	320	2,814.00	주입보수	2순위
		재균열(Cw0.3mm이상)	m	34	202.00	주입보수	2순위
		망상균열	m ²	7	78.40	표면처리	3순위
		백태	m ²	42	19.59	표면처리	3순위
		들뜸, 박리, 박락, 파손, 굽힘, 보수부 들뜸, 보수부 파손	m ²	66	12.48	단면보수	2순위
		단면불량	m ²	2	0.34	단면보수	3순위
		피복부족	m ²	8	104.50	단면보수(방청)	1순위
		파손 및 철근노출	m ²	3	0.49	단면보수(방청)	1순위
		재료분리	m ²	1	0.09	단면보수	3순위
		누수흔적	m ²	4	3.39	주의관찰	주의관찰
		누수(흐름, 떨어짐, 스며있음)	EA	52	52.00	지수보수	2순위
		타일탈락	EA	16	16.00	재시공	3순위
		격벽 파손	m ²	2	0.18	단면보수	3순위
	포장부	포장 균열	m	2	8.00	주의관찰	주의관찰
		포장 망상균열	m ²	7	768.00	주의관찰	주의관찰
		포장 파손, 박리	m ²	17	13.14	단면보수	2순위
		포장 들뜸	m ²	19	728.00	주의관찰	주의관찰
	공동구	파손	m ²	2	0.25	주의관찰	주의관찰
		덮개탈락, 덮개파손	EA	77	77.00	재시공	3순위
		실란트 미시공	m	1	1.50	주의관찰	주의관찰
	배수시설	배수로 체수	m	8	80.00	주의관찰	주의관찰
	갯문	상태양호	-	-	-	-	-

구 분		결합내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
RAMP	BOX구간	망상균열	m ²	1	20.00	표면처리	3순위
		백태	m ²	4	7.95	표면처리	3순위
		누수흔적 및 백태	m ²	1	0.40	표면처리	3순위
		누수(떨어짐, 스며있음)	EA	5	5.00	지수보수	2순위
	NATM구간	균열(Cw0.3mm미만)	m	1	5.00	표면처리	3순위
		균열(Cw0.3mm이상)	m	21	188.00	주입보수	2순위
		재균열(Cw0.3mm이상)	m	1	14.00	주입보수	2순위
		백태	m ²	11	10.36	표면처리	3순위
		박리, 파손	m ²	5	3.00	단면보수	2순위
		누수흔적	m ²	4	0.90	주의관찰	주의관찰
		누수(떨어짐, 스며있음)	EA	4	4.00	지수보수	2순위
		타일탈락	EA	31	60.00	재시공	3순위
		풍도슬래브 파손(굽힘)	m ²	28	10.36	단면보수	2순위
		풍도슬래브 몰탈파손	m ²	7	3.90	단면보수	2순위
		풍도슬래브 파손 및 철근노출	m ²	1	1.50	단면보수(방청)	1순위
		풍도슬래브 격벽 파손 및 철근노출	m ²	1	12.00	단면보수(방청)	1순위
		풍도슬래브 댐퍼 변형	m	1	0.50	정비	3순위
		풍도슬래브 댐퍼 고정볼트 탈락 및 파손	EA	9	9.00	정비	3순위
		풍도슬래브 댐퍼 덮개 탈락 및 파손	EA	1	1.00	정비	3순위
	포장부	포장 파손	m ²	1	0.09	단면보수	3순위
		포장 들뜸	m ²	5	130.00	주의관찰	주의관찰
		포장 체수	m ²	1	0.30	주의관찰	주의관찰
	공동구	파손	m ²	2	0.20	주의관찰	주의관찰
		덮개파손	EA	11	11.00	재시공	3순위
	배수시설	유도배수관 누수	EA	2	2.00	정비	3순위
		유도배수관 길이부족	m	1	1.50	재시공	3순위
	갯문	상태양호	-	-	-	-	-

구 분		결함내용 및 손상, 열화내용		단위	개소	손상물량	조치방안	비고
부대 시설	피난연락경	체수		m ²	1	8.00	주의관찰	주의관찰
		누수(떨어짐, 스며있음)		EA	11	11.00	지수보수	2순위
	U-TYPE 옹벽	상태양호		-	-	-	-	-
	기타시설	전기실	누수 및 백태	m ²	3	1.75	지수보수	2순위
			트레이 내부 체수	EA	2	2.00	주의관찰	주의관찰
		소화수조	백태	m ²	1	0.10	표면처리	3순위
			누수 및 백태	m ²	7	1.40	지수보수	2순위
			누수흔적	m ²	1	0.09	주의관찰	주의관찰
		펌프실	백태	m ²	1	0.03	표면처리	3순위
부속시설		신호기 파손		EA	4	4.00	재설치	3순위
		비상구 표지판 파손		EA	2	2.00	재설치	3순위

6.2 중점 유지관리사항

구 분	세 부 내 용	
BOX 구간		
	본선 BOX구간 슬래브 S001 누수(떨어짐)	본선 BOX구간 슬래브 S712 누수(떨어짐)
조사 결과	· 누수, 백태 등 ⇒ 누수로 인해 주변 콘크리트 오염, 내부 철근 부식 등 손상 발생에 따른 콘크리트 내구성저하 및 및 주행 차량 안전성저하 등이 발생될 우려가 있으므로 우선적인 보수가 필요함 ⇒ 보수 전까지는 주행차량의 안전사고가 발생되지 않도록 지속적인 점검 필요함	
NATM 구간		
	본선 NATM구간 천단부 S128 누수(떨어짐)	본선 NATM구간 천단부 S137 누수(떨어짐), 백태
조사 결과	· 누수, 백태 등 ⇒ 누수로 인해 주변 콘크리트 오염, 내부 철근 부식 등 손상 발생에 따른 콘크리트 내구성 저하 등이 발생될 우려가 있으므로 우선적인 보수가 필요함 ⇒ 보수시 재료의 품질관리, 숙련된 작업자 배치 등을 통해 재손상 발생 방지 필요함 ⇒ 보수 전까지는 손상의 진전여부에 대한 지속적인 점검 필요함	

구 분	세 부 내 용	
포장		
	본선 NATM구간 천단부 S084 파손 및 철근노출	본선 NATM구간 천단부 S532 피복부족
조사 결과	· 콘크리트 파손 및 철근노출, 피복부족 ⇒ 시공시 물리적 충격, 시공미흡 등에 의한 손상으로, 현재 철근이 일부 외기와 접촉하는 상태로 부식 발생 가능성이 있으므로, 단면보수(방청)가 필요함	
부대 시설		
	본선 포장부 S208~211 들뜸	본선 포장부 S438 파손
조사 결과	· 포장 파손, 박리, 들뜸 등 ⇒ 파손, 박리의 경우 시공미흡, 건조수축, 차량윤하중에 의한 충격 등의 원인에 의한 것으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수를 통한 유지관리가 요구됨 ⇒ 포장 들뜸부의 경우 차량 주행시 소음 및 진동이 발생하는 구간으로 시공미흡, 차량 윤하중 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 진전여부에 대하여 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 필요함	

구 분	세 부 내 용	
풍도 슬래브		
	RAMP-D 풍도슬래브 S53 상면 파손	RAMP-D 풍도슬래브 S54 상면 파손
		
	RAMP-D 풍도슬래브 S54 격벽 파손 및 철근노출	RAMP-D 풍도슬래브 S54 격벽 파손 및 철근노출
		
	RAMP-D 풍도슬래브 S54 격벽 파손 및 철근노출(외측)	RAMP-D 풍도슬래브 S54 격벽 파손 및 철근노출(내측)
조사 결과	• 풍도슬래브(S52~54) 파손 및 철근노출 등 ⇒ 높이제한 위반차량의 충격에 의해 발생한 손상으로 각 손상별 단면보수, 단면보수(방청), 정비를 통한 유지관리가 요구됨 ⇒ 추후 재손상 방지를 위해 높이제한 위반차량의 출입을 제한하는 시설물의 설치가 필요함	

7. 종합결론

7.1 정밀안전점검 실시결과의 종합결론

신월여의지하도로(인천방향)의 정밀안전점검 종합평가 결과, 기준 ‘B’로 평가되어 안전등급은 “B등급(양호)”으로 지정되었다. 대상 구조물은 안전성 및 사용성이 양호한 상태로 판단되며 외관조사에서 나타난 부분적인 손상에 대하여 보수를 실시하고, 중점유지관리사항에 대한 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 구조물의 원활한 기능발휘와 더불어 건전한 상태를 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

7.2 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부

내구성능의 현저한 저하 또는 구조적 안전성에 문제가 될 만한 사안은 발생되지 않은 상태에서 시설물의 정밀안전진단 및 사용제한은 필요치 않은 것으로 검토되었다.

7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

BOX 및 라이닝 누수의 경우 강우, 하천수 등에 따른 누수로 인해 주변 콘크리트 오염, 내부 철근 부식, 포장 빙판 발생에 따른 콘크리트 내구성 저하 및 주행차량 안전사고 등이 발생될 우려가 있으므로 우선적인 보수가 필요하며, 보수 전까지는 주행차량의 안전사고가 발생되지 않도록 지속적인 점검 요구된다.

풍도슬래브에 발생한 손상의 경우 S52~54에 집중적으로 확인되었으며, 이는 높이제한 위반 차량의 충격에 의해 발생한 손상으로 각 손상별 단면보수, 단면보수(방청), 정비를 통한 유지관리가 요구된다. 또한 추후 재손상 방지를 위해 높이제한 위반차량의 출입을 제한하는 시설물의 설치가 필요하다.

7.4 기타 필요한 사항

시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

보고서 목차

● 서두

● 정밀안전점검 결과 요약문

제1장 정밀안전점검 개요	1
1.1 과업의 목적	3
1.2 과업의 범위 및 내용	3
1.2.1 과업의 범위	3
1.2.2 과업수행기간	3
1.2.3 과업의 내용	4
1.3 과업수행 절차 및 일정	5
1.3.1 과업수행 절차	5
1.3.2 과업수행 일정	6
1.4 대상시설물의 현황	7
1.5 사용장비 및 시험기기의 현황	8
제2장 자료수집 및 분석	9
2.1 자료수집 현황	11
2.1.1 자료수집 현황	11
2.2 건설 관련자료 검토결과 요약	12
2.2.1 주요 설계도면	12
2.2.2 구조계산서	33
2.2.3 지반조사보고서	38
2.3 기존 점검 및 진단자료 분석	41
2.3.1 점검 및 진단 이력	41
2.3.2 기존 정밀안전점검 분석	42

2.4 보수 · 보강 이력	42
2.5 내진설계 여부	42
2.6 시설물의 용도변경 여부 확인	43
2.7 자료분석 결과요약	43

제3장 현장조사 및 시험 개요 45

3.1 현장조사 개요	47
3.1.1 현장조사 수행 현황	47
3.1.2 현장조사 항목	49
3.1.3 하중상태 등 조사	55
3.2 터널 축점분할	56
3.3 현장조사 결과	61
3.3.1 본선	61
3.3.2 RAMP-D	93
3.3.3 부대시설물	118
3.3.4 부속시설물	126
3.3.5 공중이 이용하는 부위	128
3.3.6 외관조사 결과	129
3.3.7 이전 상태와 현 상태 비교	132
3.4 내구성 시험 및 측정 개요	135
3.4.1 콘크리트 내구성 조사	135
3.4.2 시험내용 및 평가기준	135
3.5 내구성 조사 결과	143
3.5.1 콘크리트 강도시험	146
3.5.2 철근탐사 시험	149
3.5.3 탄산화 깊이 측정	150
3.5.4 내구성조사 결과 요약	152
3.5.5 기 점검결과 비교	152

제4장 상태평가 153

4.1 개요	155
--------------	-----

4.2 상태평가 항목 및 기준	155
4.2.1 상태평가 기준	155
4.2.2 상태평가 항목 및 기준	160
4.2.3 상태평가결과 산정방법	168
4.3 상태평가 결과	171
4.3.1 구간분할	171
4.3.2 상태평가 결과	171
4.3.3 기 점검결과와의 비교	175
제5장 종합평가 및 안전등급 지정	177
5.1 개요	179
5.2 종합평가 기준	179
5.3 종합평가 결과 산정 절차	179
5.4 종합평가 결과	181
5.4.1 검토 개요	181
5.4.2 종합평가 결과	181
5.5 시설물의 안전등급	182
5.5.1 안전등급기준	182
5.5.2 안전등급 지정	182
제6장 보수·보강 및 유지관리방안	183
6.1 개 요	185
6.2 보수·보강 방안	186
6.2.1 보수·보강의 필요성 판단	186
6.2.2 보수·보강 수준 결정	186
6.2.3 보수·보강 공법 선정	187
6.2.4 보수·보강의 업무 흐름도	189
6.2.5 보수·보강 방안	190
6.3 보수·보강 공법	193
6.3.1 균열보수공법	193
6.3.2 단면보수공법	201

6.3.3 누수보수공법	205
6.3.4 포장보수공법	212
6.4 유지관리 방안	214
6.4.1 개요	214
6.4.2 유지관리 일반	214
6.4.3 중점 유지관리사항	217

제7장 종합결론	221
7.1 개요	223
7.2 현장조사 및 시험	223
7.2.1 본선	223
7.2.2 RAMP-D	227
7.2.3 부대시설물	229
7.2.4 부속시설물	230
7.2.5 공중이 이용하는 부위	230
7.2.6 내구성 조사결과	230
7.3 시설물의 상태평가	231
7.4 안전등급 지정	231
7.5 종합결론	232
7.5.1 정밀안전점검 실시결과의 종합결론	232
7.5.2 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부	232
7.5.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항	232
7.5.4 기타 필요한 사항	232

● 부 록

1. 과업지시서
2. 외관조사망도
3. 측정, 시험 성과표
4. 상태평가 결과자료
5. 시설물관리대장 사본
6. 현장조사 및 외관조사 사진첩
7. 사용장비 및 기기의 사진
8. 사전조사 자료 일체

표 목 차

【표 1.2.1】 과업의 내용	4
【표 1.3.1】 정밀안전점검 과업수행 일정	6
【표 1.4.1】 신월여의지하도로(인천방향) 현황표	7
【표 1.5.1】 주요 사용장비 및 시험기기 일반사항	8
【표 2.1.1】 자료수집 현황	11
【표 2.3.1】 점검 및 진단 이력	41
【표 2.3.1】 점검 및 진단 이력(계속)	42
【표 2.4.1】 보수·보강 이력	42
【표 2.5.1】 내진설계 이력	42
【표 2.7.1】 자료분석 결과요약	43
【표 3.1.1】 터널 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위	49
【표 3.1.2】 터널의 상태변화 점검항목	49
【표 3.1.3】 지하도로의 상태변화 점검항목	50
【표 3.1.4】 정밀안전점검 점검항목	50
【표 3.1.5】 공중이 이용하는 부위 점검항목	50
【표 3.1.6】 부재별 주요조사 항목	51
【표 3.1.7】 NATM구간 주요 손상현황	52
【표 3.1.8】 BOX구간 주요 손상현황(균열)	53
【표 3.2.1】 축점분할 자료 인천방향	56
【표 3.3.1】 BOX구간 외관조사 손상물량	65
【표 3.3.2】 BOX구간 기 점검결과 비교	65
【표 3.3.3】 NATM구간 외관조사 손상물량	79
【표 3.3.4】 NATM구간 기 점검결과 비교	79
【표 3.3.5】 포장부 외관조사 손상물량	84
【표 3.3.6】 포장부 기 점검결과 비교	84
【표 3.3.7】 공동구 외관조사 손상물량	88
【표 3.3.8】 공동구 기 점검결과 비교	88
【표 3.3.9】 배수시설 외관조사 손상물량	90
【표 3.3.10】 배수시설 기 점검결과 비교	90
【표 3.3.11】 갯문 외관조사 손상물량	92
【표 3.3.12】 갯문 기 점검결과 비교	92

【표 3.3.13】 BOX구간 외관조사 손상물량	96
【표 3.3.14】 BOX구간 기 점검결과 비교	96
【표 3.3.15】 NATM구간 외관조사 손상물량	108
【표 3.3.16】 NATM구간 기 점검결과 비교	108
【표 3.3.17】 포장부 외관조사 손상물량	111
【표 3.3.18】 포장부 기 점검결과 비교	111
【표 3.3.19】 공동구 외관조사 손상물량	113
【표 3.3.20】 공동구 기 점검결과 비교	113
【표 3.3.21】 배수시설 외관조사 손상물량	115
【표 3.3.22】 배수시설 기 점검결과 비교	115
【표 3.3.23】 갯문 외관조사 손상물량	117
【표 3.3.24】 갯문 기 점검결과 비교	117
【표 3.3.25】 피난연락갱 손상물량	120
【표 3.3.26】 피난연락갱 기 점검결과 비교	120
【표 3.3.27】 U-TYPE 옹벽 외관조사 손상물량	122
【표 3.3.28】 U-TYPE 옹벽 기 점검결과 비교	122
【표 3.3.29】 기타시설 외관조사 손상물량	125
【표 3.3.30】 기타시설 기 점검결과 비교	125
【표 3.3.31】 부속시설 손상물량	127
【표 3.3.32】 부속시설 기 점검결과 비교	127
【표 3.3.33】 대상부재 여부 확인	128
【표 3.3.34】 외관조사 결과	129
【표 3.3.35】 기 점검결과와 손상물량 비교표	132
【표 3.4.1】 보정반발경도(Ro)	136
【표 3.4.2】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)	136
【표 3.4.3】 재령계수 α 값	137
【표 3.4.4】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인	141
【표 3.4.5】 탄산화 상태평가 기준	142
【표 3.5.1】 콘크리트 비파괴시험 현황	143
【표 3.5.2】 비파괴강도 시험결과	146
【표 3.5.3】 비파괴강도시험 결과분석	148
【표 3.5.4】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교	148
【표 3.5.5】 철근탐사 시험결과	149
【표 3.5.6】 탄산화깊이 측정결과 및 평가	150
【표 3.5.7】 탄산화깊이 기 점검결과와의 비교	151
【표 3.5.8】 내구성조사 결과 요약	152

【표 3.5.9】 내구성조사 기 점검결과 비교	152
【표 4.2.1】 터널의 기본시설물과 공중이 이용하는 부위	155
【표 4.2.2】 터널 상태평가 항목	156
【표 4.2.3】 NATM터널(무근콘크리트라이닝) 결함지수 산정기준	156
【표 4.2.4】 NATM터널(철근콘크리트라이닝) 결함지수 산정기준	157
【표 4.2.5】 개착터널 결함지수 산정기준	157
【표 4.2.6】 부대시설 상태평가 항목	158
【표 4.2.7】 부대시설의 가중치	159
【표 4.2.8】 균열 상태평가 기준	160
【표 4.2.9】 누수 상태평가 기준	161
【표 4.2.10】 파손 및 손상 상태평가 기준	162
【표 4.2.11】 재질열화 상태평가 기준	163
【표 4.2.12】 배수상태 상태평가 기준	164
【표 4.2.13】 지반상태 상태평가 기준	164
【표 4.2.14】 갱문(접속부)상태 상태평가 기준	165
【표 4.2.15】 공동구상태 상태평가 기준	165
【표 4.2.16】 특수조건(추가점수) 상태평가 기준	165
【표 4.2.17】 추락방지시설의 상태평가기준	166
【표 4.2.18】 도로포장의 상태평가기준	166
【표 4.2.19】 도로부 신축이음부의 상태평가기준	167
【표 4.2.20】 환기구 등의 덮개의 상태평가기준	167
【표 4.2.21】 터널 상태평가 결과 산정	168
【표 4.2.22】 부대시설의 가중치	170
【표 4.3.1】 NATM터널(무근콘크리트라이닝) 결함지수 산정	171
【표 4.3.2】 NATM터널(철근콘크리트라이닝) 결함지수 산정	171
【표 4.3.3】 BOX구간 결함지수 산정	172
【표 4.3.4】 터널 주변 상태 결함점수 산정	172
【표 4.3.5】 NATM터널(무근콘크리트라이닝) 결함지수 산정	173
【표 4.3.6】 NATM터널(철근콘크리트라이닝) 결함지수 산정	173
【표 4.3.7】 BOX구간 결함지수 산정	173
【표 4.3.8】 터널 주변 상태 결함점수 산정	174
【표 4.3.9】 전체시설물의 상태평가 결과	174
【표 4.3.10】 공중이 이용하는 부위 평가결과	175
【표 4.3.11】 기 점검결과와의 상태평가 결과 비교	175
【표 5.4.1】 종합평가 결과	181
【표 5.5.1】 시설물의 안전등급	182

【표 5.5.2】 안전등급 지정	182
【표 6.1.1】 보수·보강 우선순위 결정 기준	185
【표 6.2.1】 결함내용별 보수·보강방안	190
【표 6.3.1】 표면처리공법 비교표	195
【표 6.3.2】 수지주입공법의 종류	196
【표 6.3.3】 균열폭에 알맞은 수지의 점도	196
【표 6.3.4】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격	196
【표 6.3.5】 에폭시계 수지의 규격	197
【표 6.3.6】 주입보수공법 비교표	198
【표 6.3.7】 단면보수공법 비교표	204
【표 6.3.8】 누수보수공법의 적용성 검토	207
【표 6.3.9】 주입공법별 특징	208
【표 6.3.10】 유도배수공법 특징	209
【표 6.3.11】 배면 그라우팅 공법별 특징	210
【표 6.3.12】 전면지수 공법별 특징	211
【표 6.3.13】 교명포장 공법별 특징	213
【표 6.4.1】 중점 유지관리사항	217

그림 목 차

【그림 1.3.1】 정밀안전점검 과업수행 흐름도	5
【그림 2.2.1】 신월여의지하도로 평면 및 종단면도	12
【그림 2.2.2】 신월여의지하도로 표준 지보패턴표	17
【그림 2.2.3】 신월여의지하도로 표준단면도	19
【그림 2.2.4】 신월여의지하도로 표준 지보공도	23
【그림 2.2.5】 신월여의지하도로 콘크리트 라이닝 구조도	26
【그림 2.2.6】 신월여의지하도로 갯문 일반도	30
【그림 2.2.7】 신월여의지하도로 갯문 구조도	31
【그림 2.2.8】 신월여의지하도로 공기정화시설 현황도	32
【그림 3.4.1】 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차	135
【그림 3.4.2】 철근탐사 측정원리	138
【그림 3.4.3】 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차	138
【그림 3.4.4】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하	140
【그림 3.5.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(반발경도시험)	144
【그림 3.5.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(탄산화, 철근탐사)	145
【그림 3.5.3】 반발경도시험 압축강도 추정결과	147
【그림 3.5.4】 탄산화깊이 측정결과	150
【그림 4.2.1】 부대시설 분류	158
【그림 4.2.2】 상태평가 결과 산정절차	169
【그림 5.3.1】 터널의 종합평가 결과 산정절차	180
【그림 5.4.1】 종합평가 결과 산정	181
【그림 6.2.1】 보수·보강 범위의 결정	186
【그림 6.2.2】 보수·보강 공법 선정 흐름도	188
【그림 6.2.3】 보수·보강의 업무 흐름도	189
【그림 6.3.1】 표면처리공법 개요도	193
【그림 6.3.2】 표면처리공법 시공 흐름도	194
【그림 6.3.3】 균열 보수공법 개요도	197
【그림 6.3.4】 철근이 부식되지 않은 경우의 충전공법	199
【그림 6.3.5】 철근이 부식된 경우의 충전공법	199
【그림 6.3.6】 충전공법 시공순서도	199
【그림 6.3.7】 단면보수공법 개요도	202

【그림 6.3.8】 단면보수공법 시공 흐름도	203
【그림 6.3.9】 충전주입방수 공법의 개요	205
【그림 6.3.10】 충전주입방수 공법의 시공순서도	205
【그림 6.3.11】 배면주입방수 공법의 개요	206
【그림 6.3.12】 배면주입방수 공법의 시공순서도	206
【그림 6.3.13】 유도배수공(동판의 경우) 상세도	207
【그림 6.4.1】 유지관리 흐름도	216

사 진 목 차

【사진 3.1.1】 외관조사 전경	48
【사진 3.1.2】 하중상태 등 조사	55
【사진 3.3.1】 BOX구간 슬래브 전경	61
【사진 3.3.2】 BOX구간 슬래브 손상현황	62
【사진 3.3.2】 BOX구간 슬래브 손상현황(계속)	63
【사진 3.3.3】 BOX구간 벽체 전경	64
【사진 3.3.4】 BOX구간 벽체 손상현황	64
【사진 3.3.4】 BOX구간 벽체 손상현황(계속)	65
【사진 3.3.5】 NATM구간 천단부 전경	66
【사진 3.3.6】 NATM구간 천단부 손상현황	67
【사진 3.3.6】 NATM구간 천단부 손상현황(계속)	68
【사진 3.3.6】 NATM구간 천단부 손상현황(계속)	69
【사진 3.3.6】 NATM구간 천단부 손상현황(계속)	70
【사진 3.3.6】 NATM구간 천단부 손상현황(계속)	71
【사진 3.3.6】 NATM구간 천단부 손상현황(계속)	72
【사진 3.3.7】 NATM구간 측벽부 전경	73
【사진 3.3.8】 NATM구간 측벽부 손상현황	74
【사진 3.3.8】 NATM구간 측벽부 손상현황(계속)	75
【사진 3.3.8】 NATM구간 측벽부 손상현황(계속)	76
【사진 3.3.8】 NATM구간 측벽부 손상현황(계속)	77
【사진 3.3.9】 NATM구간 풍도슬래브 전경	78
【사진 3.3.10】 NATM구간 풍도슬래브 손상현황	78
【사진 3.3.11】 포장부 전경	80
【사진 3.3.12】 포장부 손상현황	81
【사진 3.3.12】 포장부 손상현황(계속)	82
【사진 3.3.12】 포장부 손상현황(계속)	83
【사진 3.3.13】 공동구 전경	85
【사진 3.3.14】 공동구 손상현황	86
【사진 3.3.14】 공동구 손상현황(계속)	87
【사진 3.3.15】 배수시설 전경	89
【사진 3.3.16】 배수시설 손상현황	90
【사진 3.3.17】 갯문 전경	91
【사진 3.3.18】 갯문 손상현황	91

【사진 3.3.19】 BOX구간 슬래브 전경	93
【사진 3.3.20】 BOX구간 슬래브 손상현황	94
【사진 3.3.21】 BOX구간 벽체 전경	95
【사진 3.3.22】 BOX구간 벽체 손상현황	95
【사진 3.3.22】 BOX구간 벽체 손상현황(계속)	96
【사진 3.3.23】 NATM구간 천단부 전경	97
【사진 3.3.24】 NATM구간 천단부 손상현황	98
【사진 3.3.24】 NATM구간 천단부 손상현황(계속)	99
【사진 3.3.25】 NATM구간 측벽부 전경	100
【사진 3.3.26】 NATM구간 측벽부 손상현황	100
【사진 3.3.26】 NATM구간 측벽부 손상현황(계속)	101
【사진 3.3.26】 NATM구간 측벽부 손상현황(계속)	102
【사진 3.3.27】 NATM구간 풍도슬래브 전경	103
【사진 3.3.28】 NATM구간 풍도슬래브 손상현황	103
【사진 3.3.38】 NATM구간 풍도슬래브 손상현황(계속)	104
【사진 3.3.28】 NATM구간 풍도슬래브 손상현황(계속)	105
【사진 3.3.28】 NATM구간 풍도슬래브 손상현황(계속)	106
【사진 3.3.28】 NATM구간 풍도슬래브 손상현황(계속)	107
【사진 3.3.29】 포장부 전경	109
【사진 3.3.30】 포장부 손상현황	110
【사진 3.3.31】 공동구 전경	112
【사진 3.3.32】 공동구 손상현황	112
【사진 3.3.32】 공동구 손상현황(계속)	113
【사진 3.3.33】 배수시설 전경	114
【사진 3.3.34】 배수시설 손상현황	115
【사진 3.3.35】 갯문 전경	116
【사진 3.3.36】 갯문 손상현황	116
【사진 3.3.37】 피난연락갱 전경	118
【사진 3.3.38】 피난연락갱 손상현황	118
【사진 3.3.38】 피난연락갱 손상현황(계속)	119
【사진 3.3.39】 U-TYPE 옹벽 전경	121
【사진 3.3.40】 U-TYPE 옹벽 손상현황	122
【사진 3.3.41】 기타시설 전경	123
【사진 3.3.42】 기타시설 손상현황	124
【사진 3.3.43】 부속시설 전경	126
【사진 3.3.44】 기타시설 손상현황	127
【사진 3.5.1】 콘크리트 내구성조사 전경	143

제1장 정밀안전점검 개요

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위 및 내용

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.4 대상시설물의 현황

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

제1장 정밀안전점검 개요

1.1 과업의 목적

본 용역은 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법(약칭 : 시설물안전법) 제11조 및 동법 시행령 제8조에 의거 실시하는 안전점검으로 재해를 예방하고, 시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견함으로써 신속하고 적절한 하자보수 조치를 취하고 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사·측정·평가하여 향후 시설물의 유지관리 및 정기·정밀안전점검 등 필요한 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

본 정밀안전점검은 경험과 기술을 갖춘 전문가가 용역 발주자와 충분한 사전 업무범위 및 내용을 협의한 후 수행하였으며, 근접 육안조사를 기본으로 필요 시 접근장비를 이용한 정밀 외관조사를 실시하되 현장조사 시에는 각종 안전조치를 취하였다. 현장 외관조사 결과 및 각종 측정 및 시험결과를 바탕으로 상태평가 결과를 도출하고 점검결과에 따라 적정한 보수 보강방법을 제시하였다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

가. 정밀안전점검

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 조사결과 검토 및 분석
- 4) 상태평가
- 5) 종합평가 및 안전등급 지정
- 6) 보수보강방법 및 유지관리방안 제시
- 7) 보고서 작성

1.2.2 과업수행기간

2024. 01. 02 ~ 2024. 04. 15

1.2.3 과업의 내용

본 과업은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2023. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

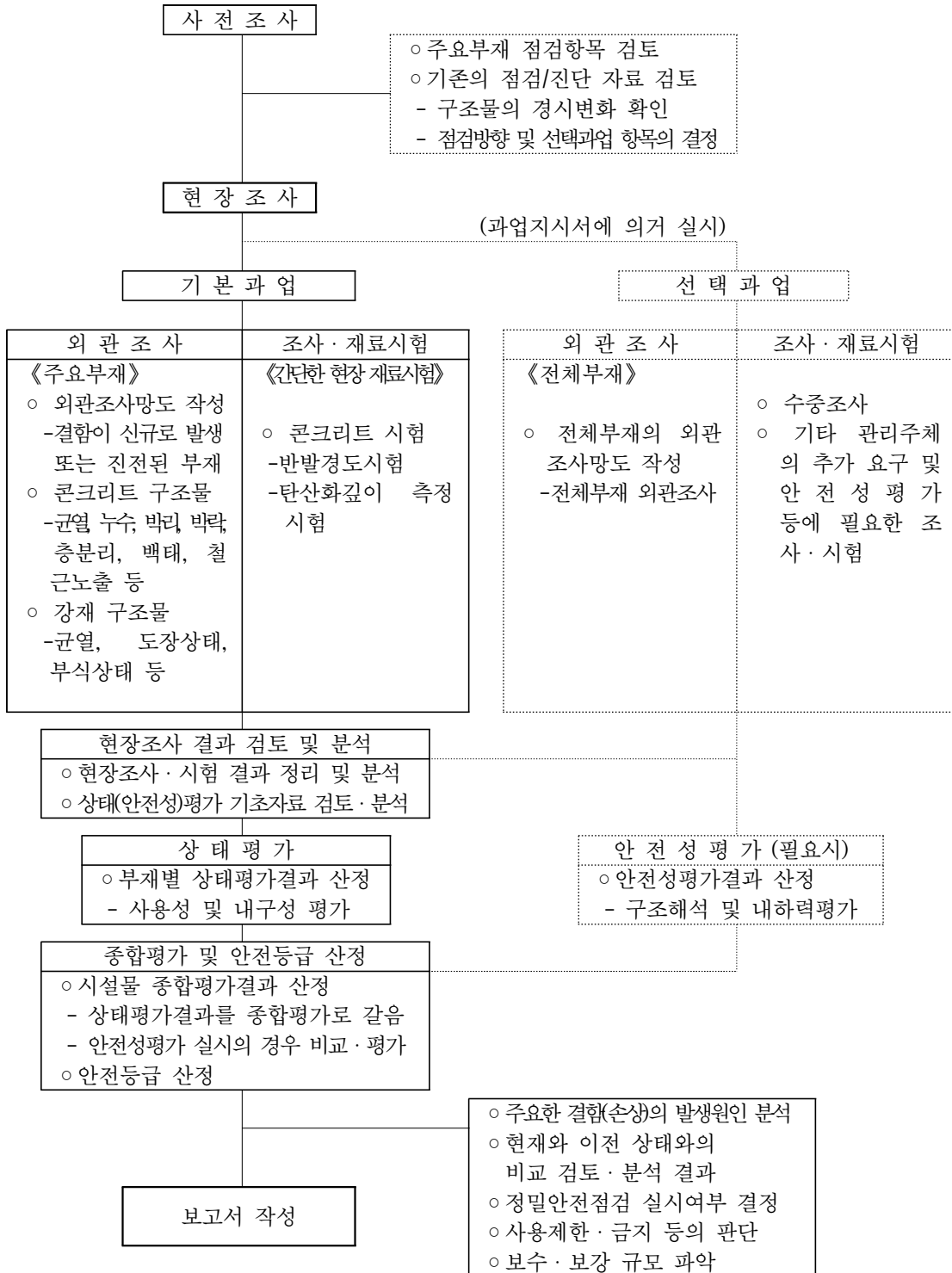
【표 1.2.1】과업의 내용

과업의 범위		과업의 내용	비고
설계도서 및 관련자료 수집·검토		1) 설계자료 검토(준공도면, 구조계산서, 특별시방서) 2) 시설물관리대장, 시공관련자료 3) 기존 안전점검 실시결과 및 보수·보강 이력 검토	시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (2023.12) 적용
현장 조사 및 시험	외관 조사	1) 제원 및 시공상태 조사 2) 외관 결함 및 손상 등 외관조사 3) 기 점검결과와의 비교	
	내구성 조사	1) 콘크리트 - 콘크리트 강도 조사 : 반발경도시험 - 탄산화 깊이 측정 - 철근탐사시험 : 피복두께	
상태평가		1) 부재별 상태평가 산정 후 시설물 전체의 상태평가 결과 산정 2) 탄산화에 대한 평가 후 상태평가 항목으로 반영 3) 기 점검결과와의 비교	
종합평가 및 안전등급 지정		1) 상태평가 결과를 이용하여 안전등급 지정	
보수 및 보강 대책 수립		1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가 2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 공법 제시 3) 보수·보강 물량 및 보수·보강 우선순위 제시	
유지관리 대책 수립		1) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시	
보고서 작성		1) 최종보고서 작성 및 제출	

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.3.1 과업수행 절차

본 정밀안전점검 과업수행 흐름도는 다음과 같다.



【그림 1.3.1】 정밀안전점검 과업수행 흐름도

1.3.2 과업수행 일정

【표 1.3.1】 정밀안전점검 과업수행 일정

공 중		2024년 01월 02일 ~ 2024년 04월 15일					비 고
		20	40	60	80	105	
1. 착수 및 현장답사							- 01/02 착수
2. 자료수집 및 분석							
· 관계도서 수집 및 분석							
· 점검계획 수립							
3. 현장조사 및 시험							-현장조사 -필요시 추가조사
· 외관조사 및 재료시험							
4. 점검 결과 분석							
· 현장조사 결과 정리 및 분석							
· 상태평가							
5. 종합평가							
· 종합평가 및 안전등급 지정							
6. 보수보강방법							
· 보수보강방법 제시							
7. 보고서 작성							- 04/15 준공예정
· 보고서 작성							
· 보고서 수정 및 납품							
공정율 (%)	진행	15.0	20.0	20.0	20.0	25.0	
	합계	15.0	35.0	55.0	75.0	100.0	

1.4 대상시설물의 현황

본 과업의 대상시설물인 신월여의지하도로(인천방향)의 현황은 다음과 같다.

【표 1.4.1】 신월여의지하도로(인천방향) 현황표

작성일 : 2024년 04월 10일

구 분	내 용	구 분	내 용
시설물명	신월여의지하도로(인천방향)	시설물번호	TU2021-0000020
위 치 (시 점)	서울특별시 영등포구 여의대로 76	위 치 (중 점)	서울특별시 양천구 신월동 835
터널형식	NATM + BOX형	관리주체	서울터널주식회사
차 선 수	2차로 (RAMP연결부 3차로)	환기방식	수직갱 종류식, 집중배연식
연 장	7,085m	설 계 사	(주)삼보기술단 외 2개사
내공단면	B : 11.63m, H : 6.29m (풍도슬래브 H=3.0m)	시 공 사	디엘이앤씨(주), 현대건설(주) 외 5개사
배수형식	배수식(측벽 · 중앙 배수관)	감 리 사	(주)동부엔지니어링, (주)유신 외 12개사
종단기울기	0.5 ~ 6.96%	착 공	2015년 10월 16일
최소곡선반경	300m	준 공	2021년 04월 15일
연결통로	피난연락갱, 수직갱	갱문형식	면벽식
주요공법	NATM	보조공법	강관다단그라우팅
기 타			

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 주요 점검장비는 다음과 같다.

【표 1.5.1】 주요 사용장비 및 시험기기 일반사항

구분	기기명	측정 항목	사진
휴대 장비	줄자	손상부위 및 부재단면 측정	
	균열 게이지	균열폭 측정	
	망치	부재 들뜸 및 공동 확인	
	디지털 카메라 / 비디오 카메라	손상 및 각종 현황 촬영	
	버니어 캘리퍼스	부재단면 및 탄산화 깊이 측정	
비파괴 시험 장비	반발경도측정기 (Schmidt Hammer-NR)	콘크리트 강도 추정	
	그라인더	비파괴 시험 실시 전 콘크리트 면처리	
	햄머드릴	콘크리트 탄산화조사	
	철근 탐사기 (RC Radar NJJ-95A)	철근 배근상태 및 피복두께 측정	
	탄산화 시험 용액 (1% 페놀프탈레인 용액)	탄산화 깊이 측정	

제2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

2.3 기존 점검 및 진단자료 분석

2.4 보수·보강 이력

2.5 내진설계 여부

2.6 시설물의 용도변경 여부 확인

2.7 자료분석 결과요약

제2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

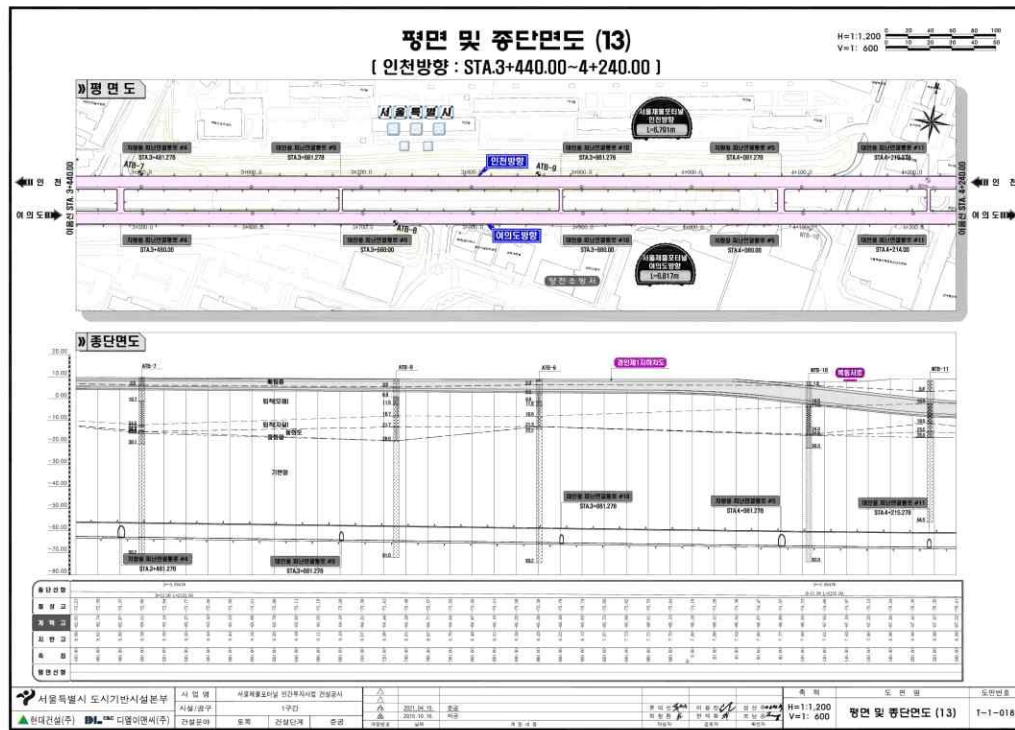
본 과업에 대한 자료조사는 주변현황 자료와 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련자료로 대별되며, 자료 분석을 통하여 과업 수행의 추진방향과 세부계획을 수립하였다.

또한, 본 과업 대상구조물의 관련자료를 수집·분석하여 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인 분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강대책 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

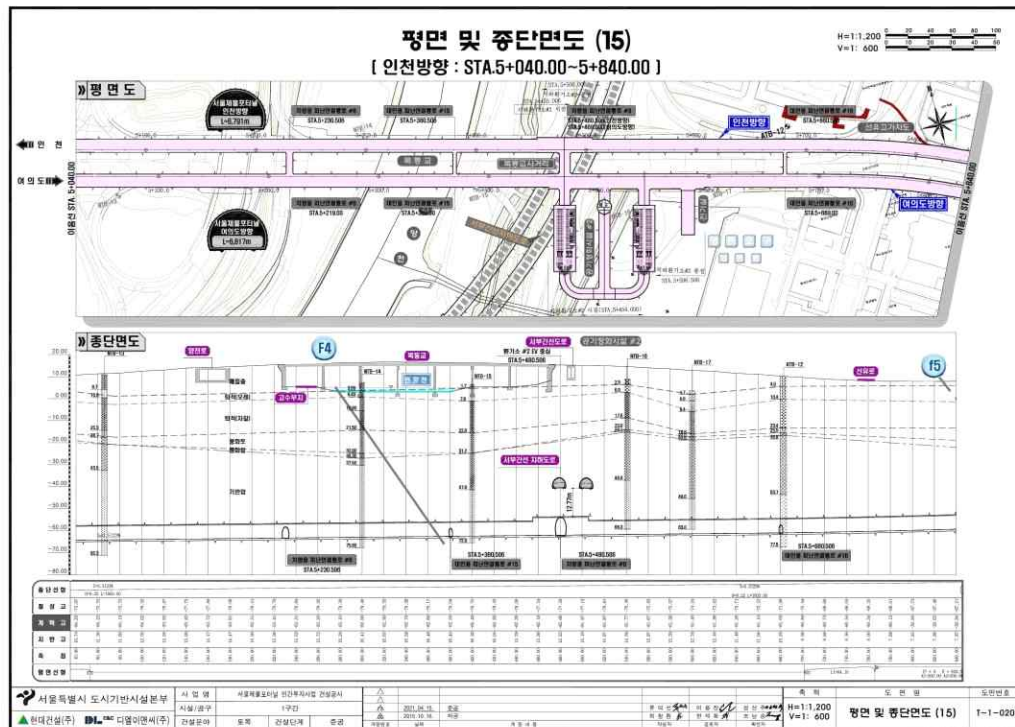
2.1.1 자료수집 현황

【표 2.1.1】 자료수집 현황

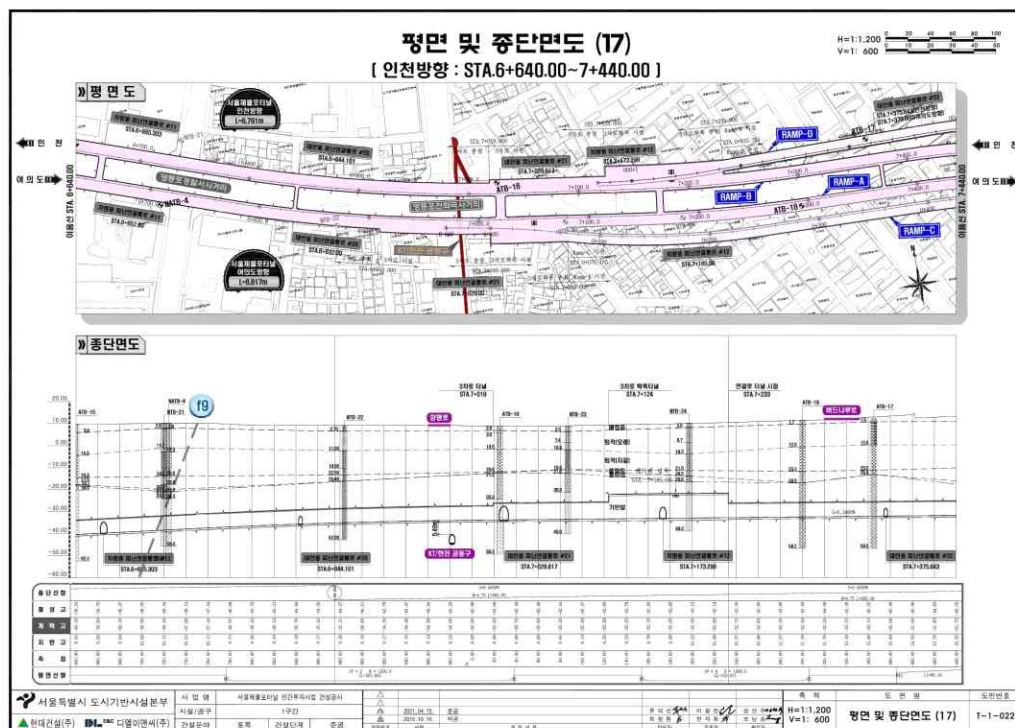
보존대상 목록		보유 현황	비 고
설계 도서	◇ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	○	◇ FMS, 파일
	◇ 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도(중·횡), 구조물도, 상세도	○	◇ FMS, 파일
시설물 관리대장	◇ 기본현황 ◇ 상세제원 ◇ 유지관리 이력	○	◇ FMS, 파일
시공 관련 자료	◇ 시공관련 자료 ◇ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리·선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 주요 구조부위에 대한 계측 관련자료 ◇ 사고기록	○	◇ FMS, 파일
안전점검 및 정밀안전진단 자료		○	◇ 도서, 파일, FMS
보수·보강 자료		○	



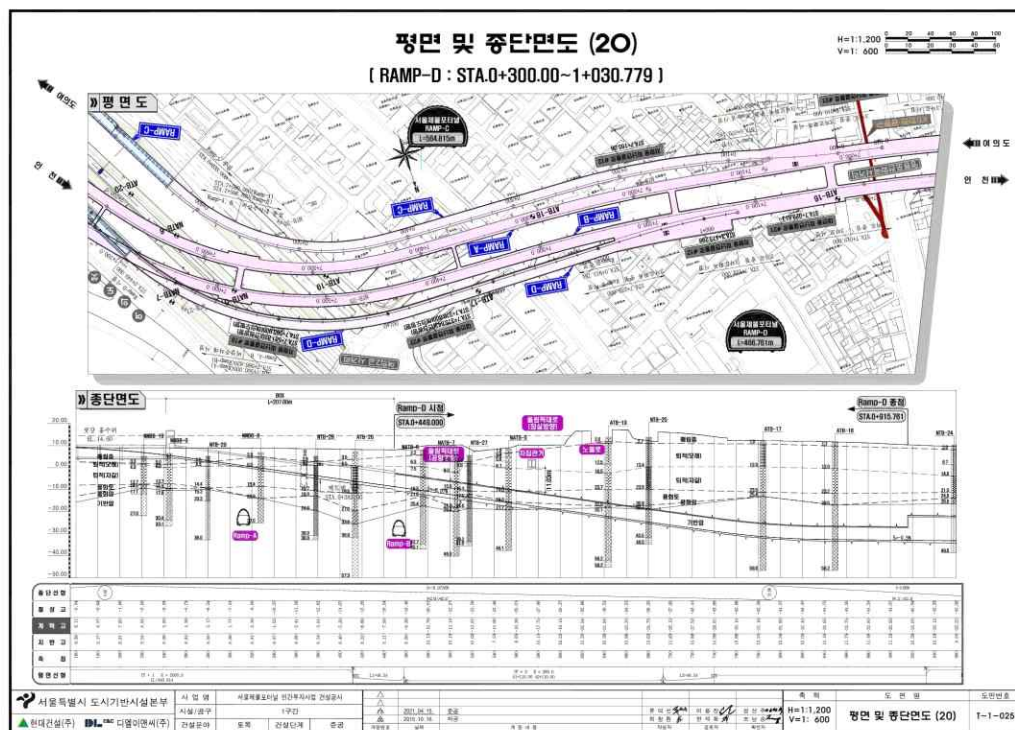
【그림 2.2.1】 평면 및 종단면도(계속)



【그림 2.2.1】 평면 및 종단면도(계속)



【그림 2.2.1】 평면 및 종단면도(계속)



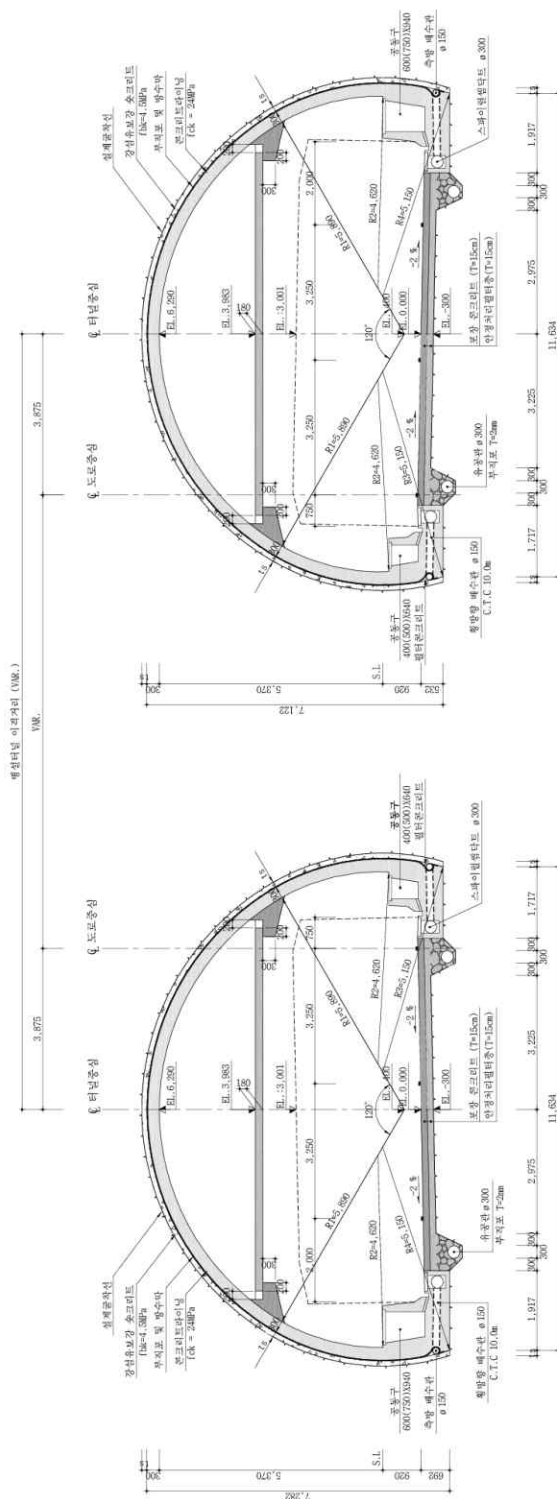
【그림 2.2.1】 평면 및 종단면도(계속)

【그림 2.2.2】 표준 지보패턴표(계속)

표준 단면도 (1)
- 2차로 -
S = 1 : 50

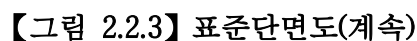
여 의 도 방 향 : -2%

인 천 방 향 : -2%



【그림 2.2.3】 표준단면도

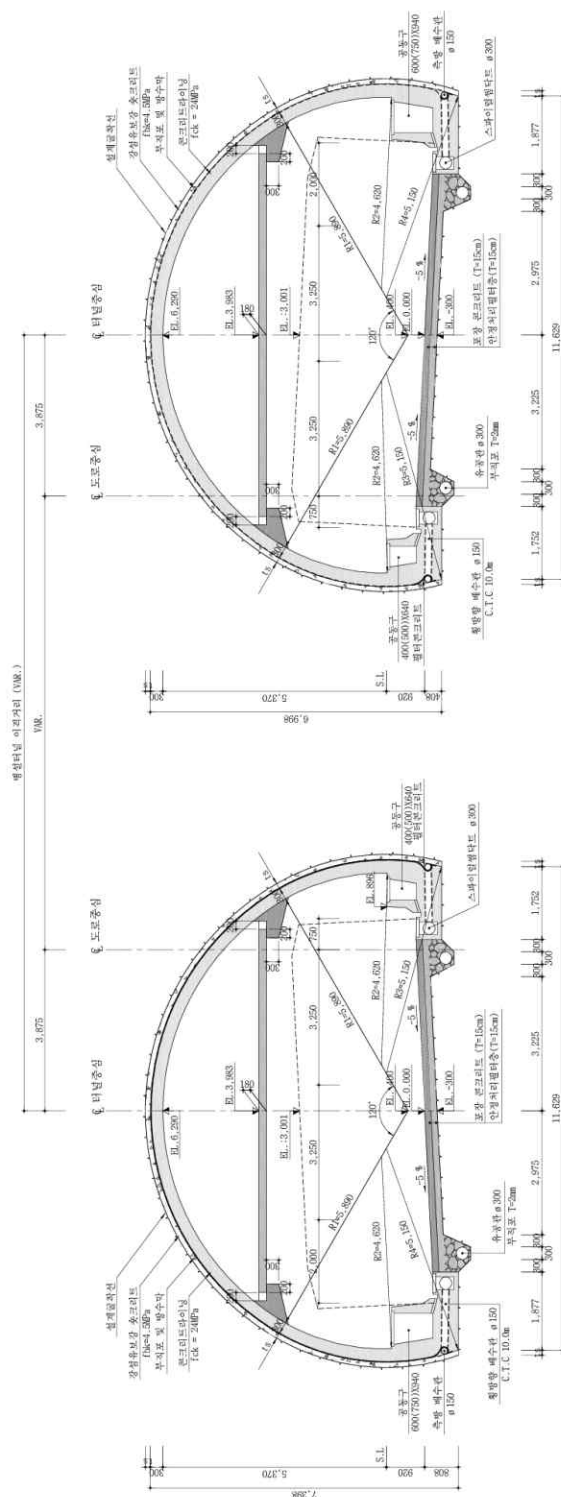
[illegible]



표준 단면도 (4)
S = 1 : 50
- 2차로 -

여 의 도 방 향 : -5%

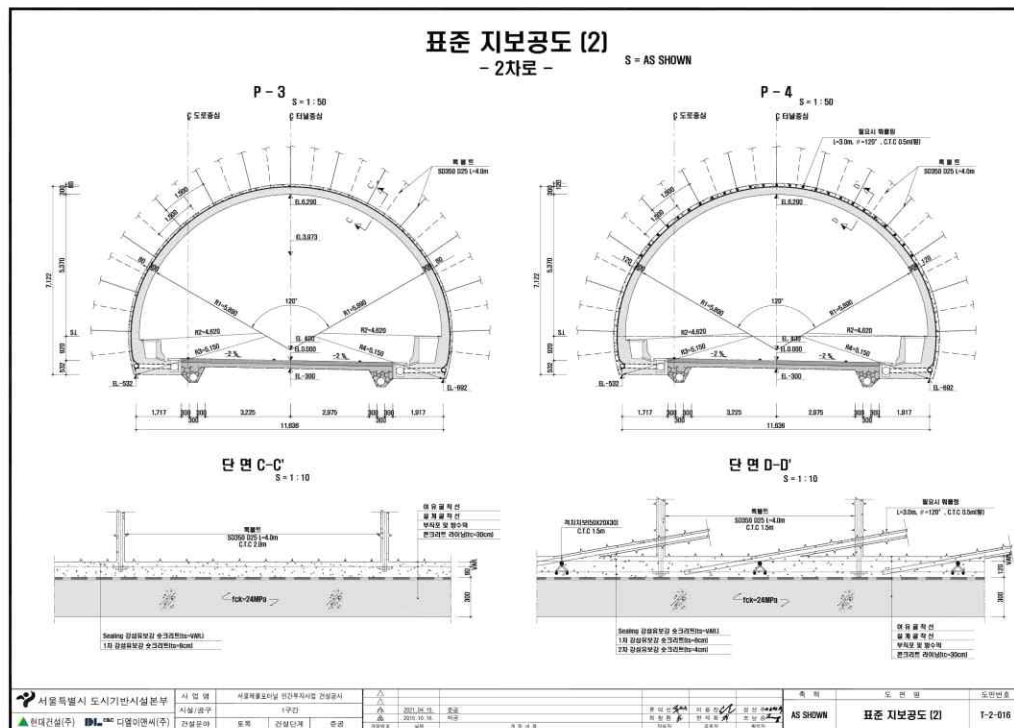
인 천 방 향 : -5%



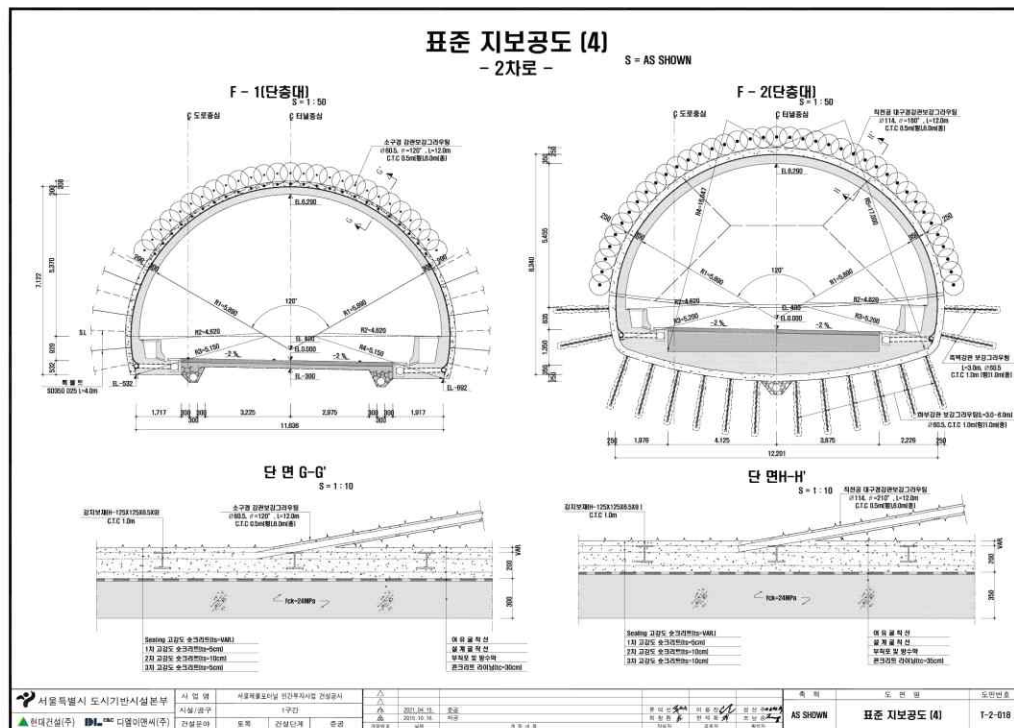
(NOTE)
1. 본 단면은 여의도방향 및 인천방향의 본선 구간을 편성시 -5% 구간에 적용한다.
2. 승크로트 두께 및 타이널은 시공계획에 따라 결정 적용한다.

도면번호	T-2-005
도면명	표준 단면도 (4)
속 치	S=1 : 50
작성	이동진
검토	최정민
승인	최정민
작성 일자	2023.04.15
검토 일자	2023.04.15
승인 일자	2023.10.16
작성 부서	토목
검토 부서	토목
승인 부서	토목
작성 인	이동진
검토 인	최정민
승인 인	최정민

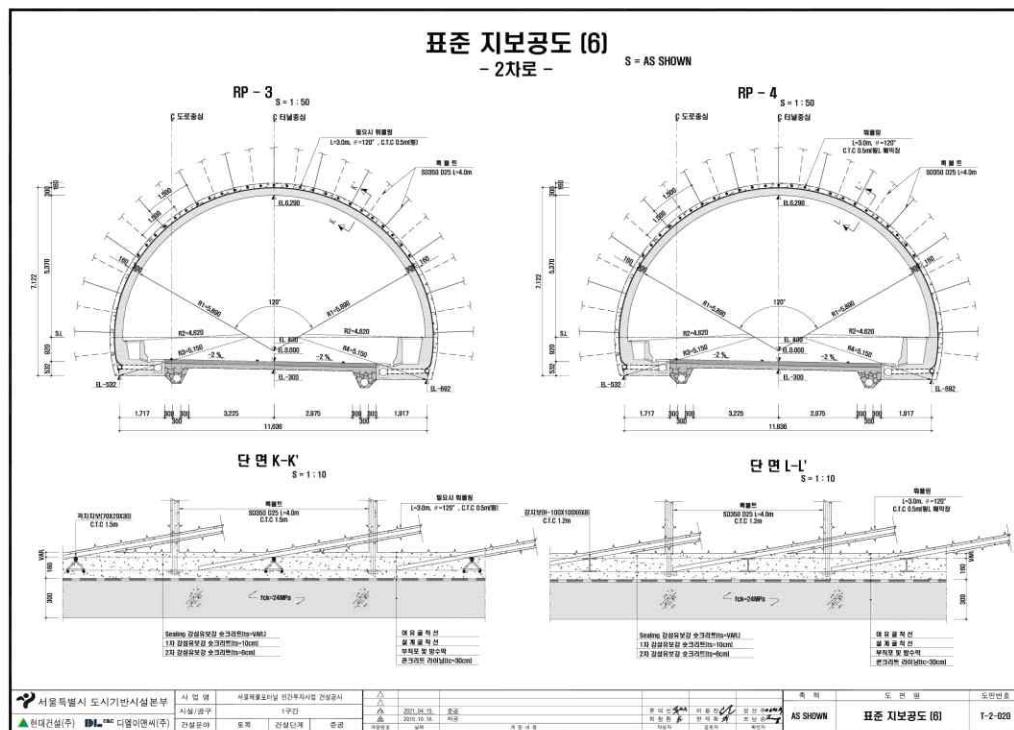
【그림 2.2.3】 표준단면도(계속)



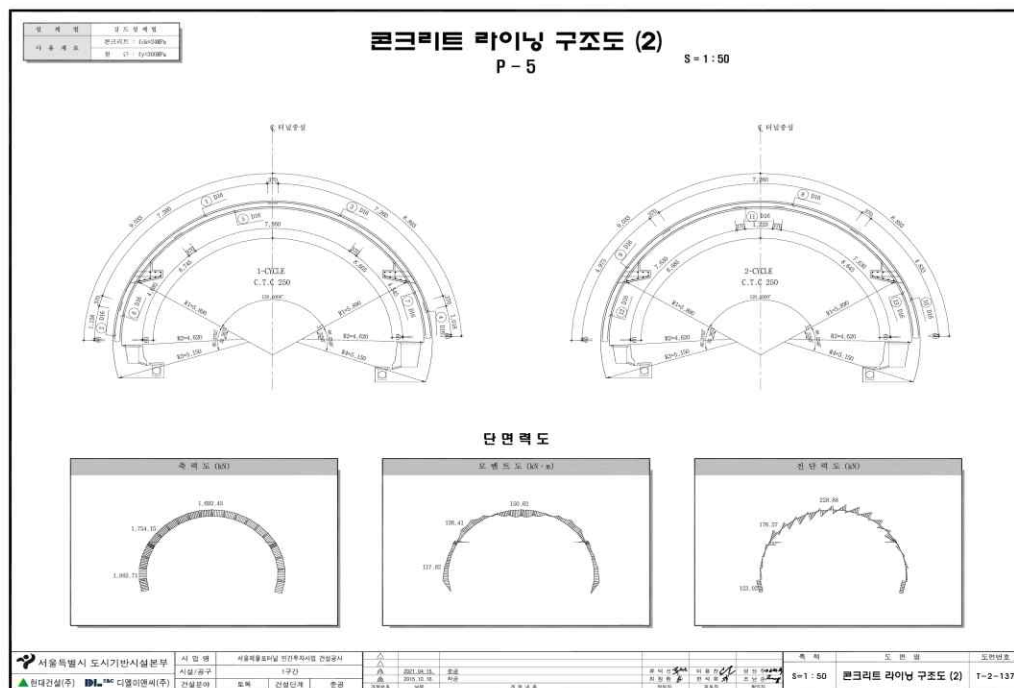
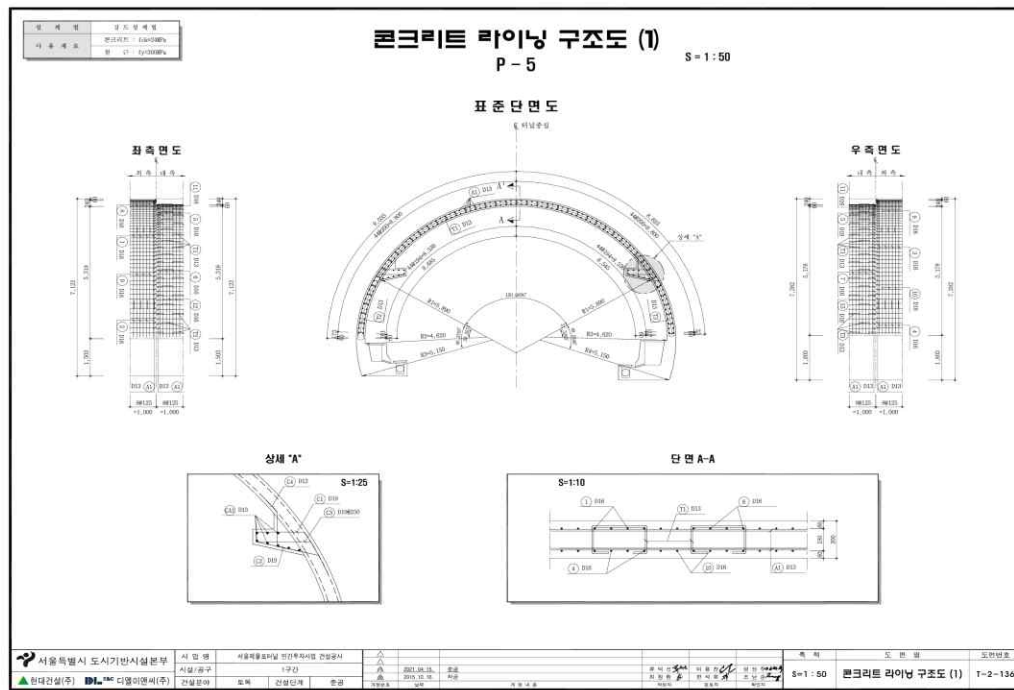
【그림 2.2.4】 표준 지보공도



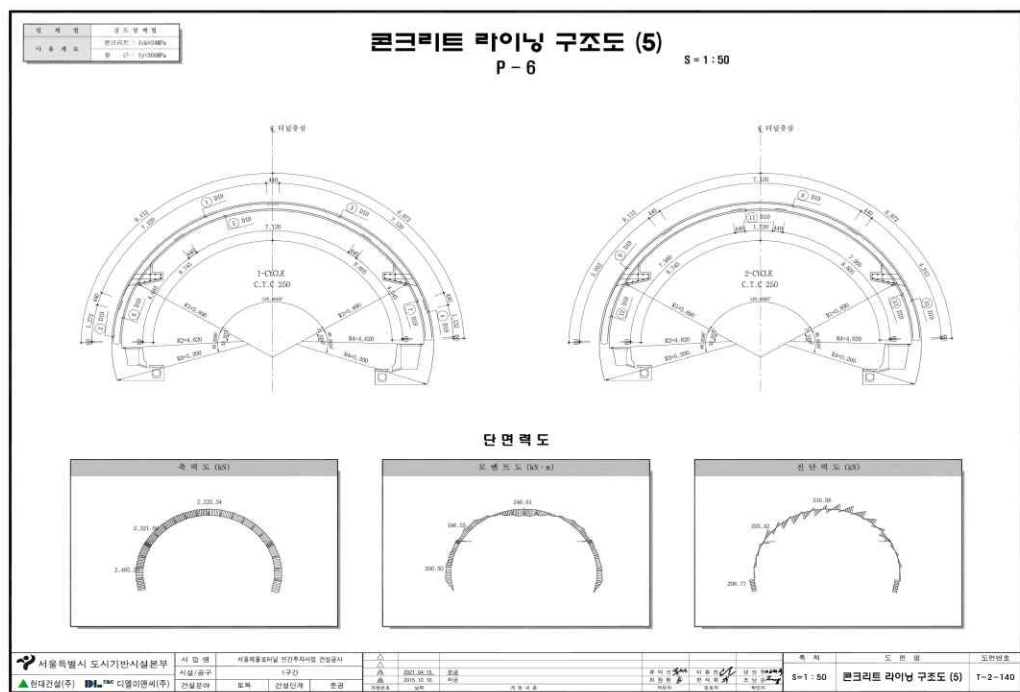
【그림 2.2.4】 표준 지보공도(계속)



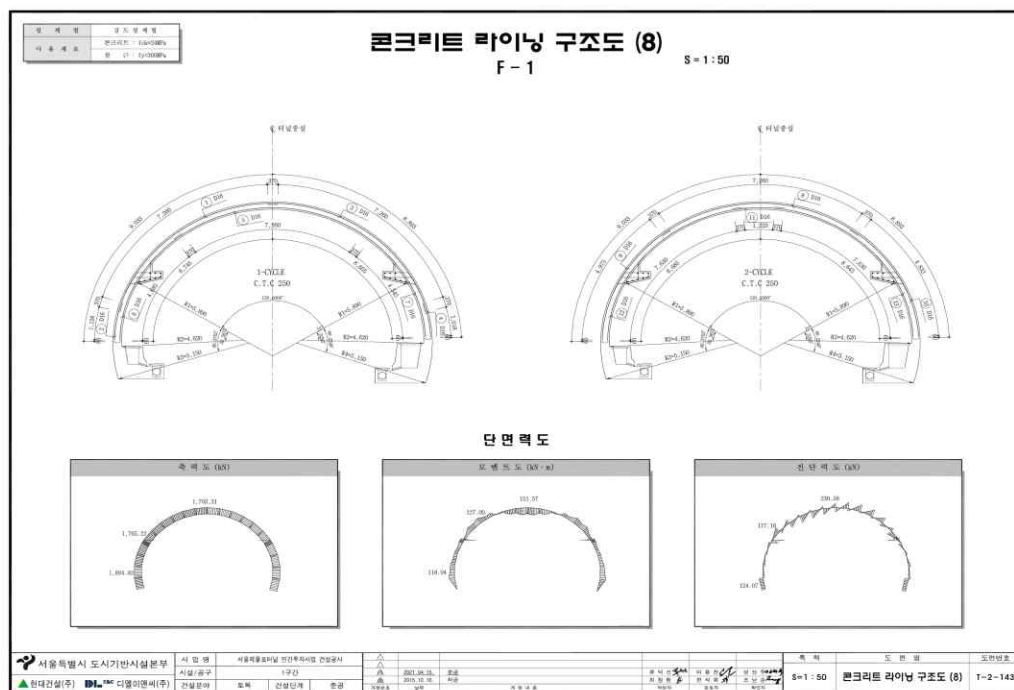
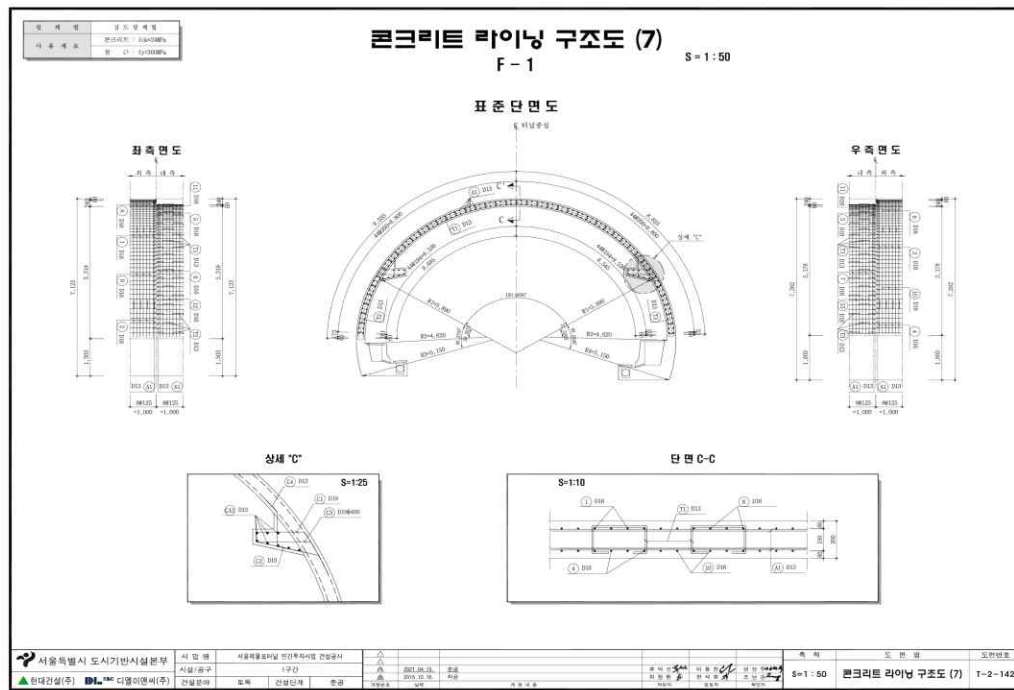
【그림 2.2.4】 표준 지보공도(계속)



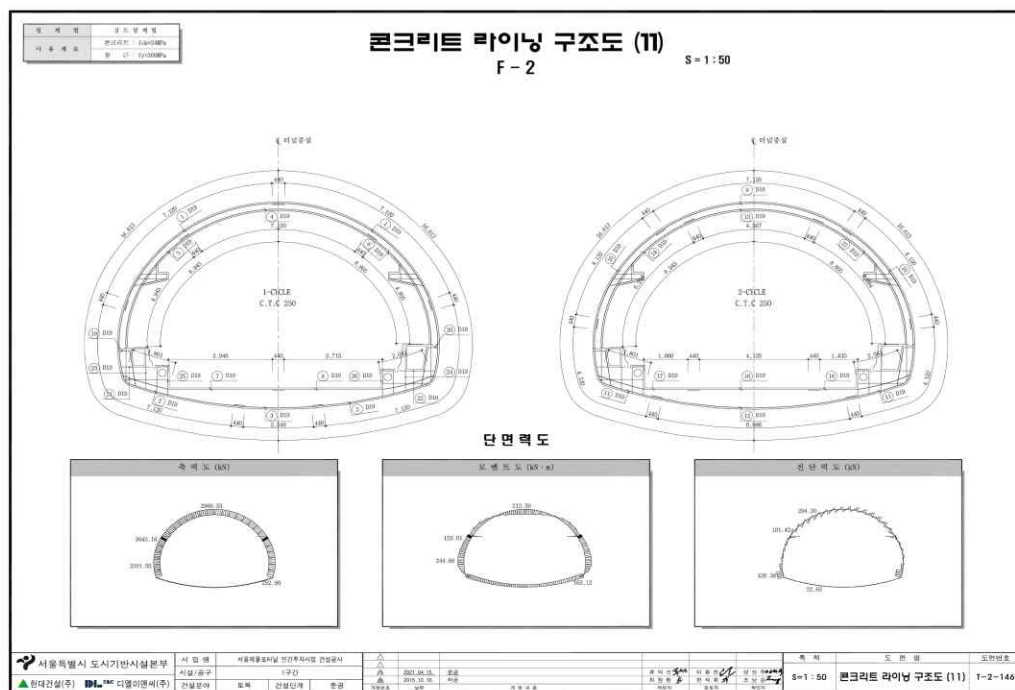
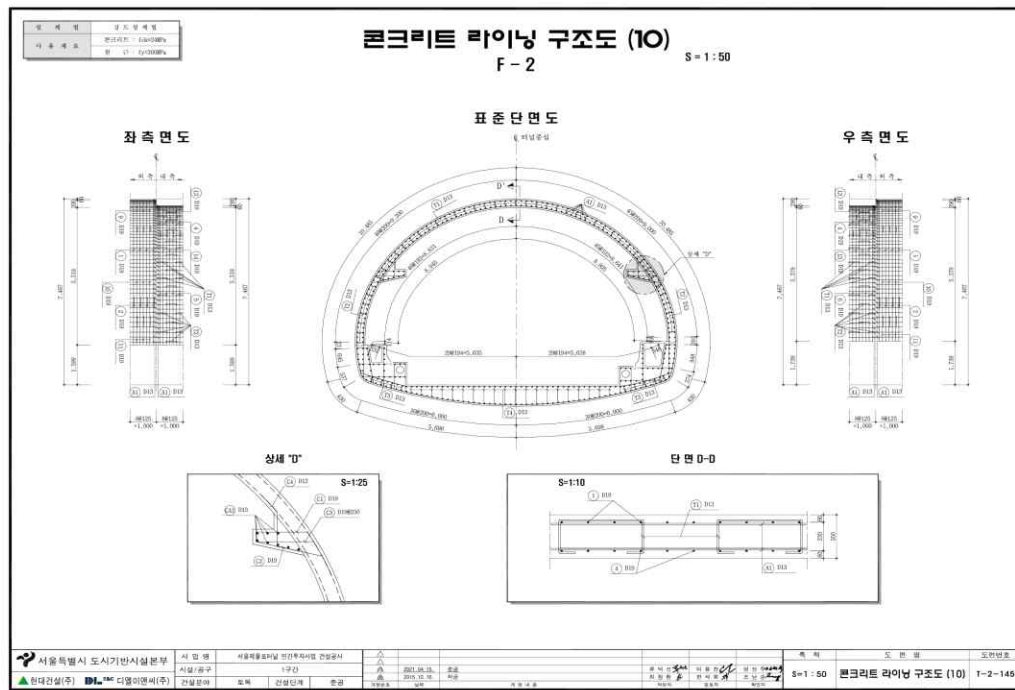
【그림 2.2.5】 콘크리트 라이닝 구조도



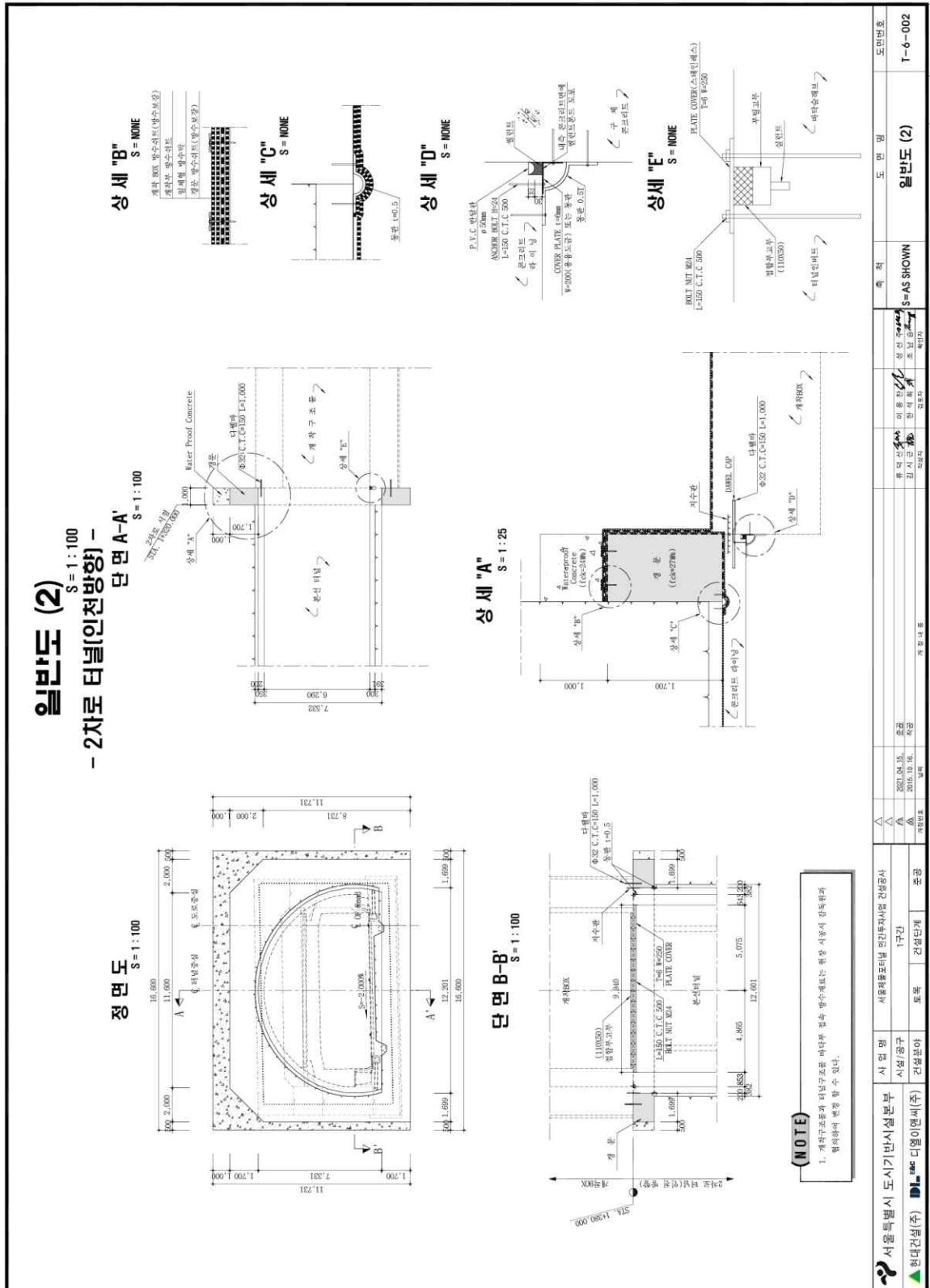
【그림 2.2.5】 콘크리트 라이닝 구조도(계속)



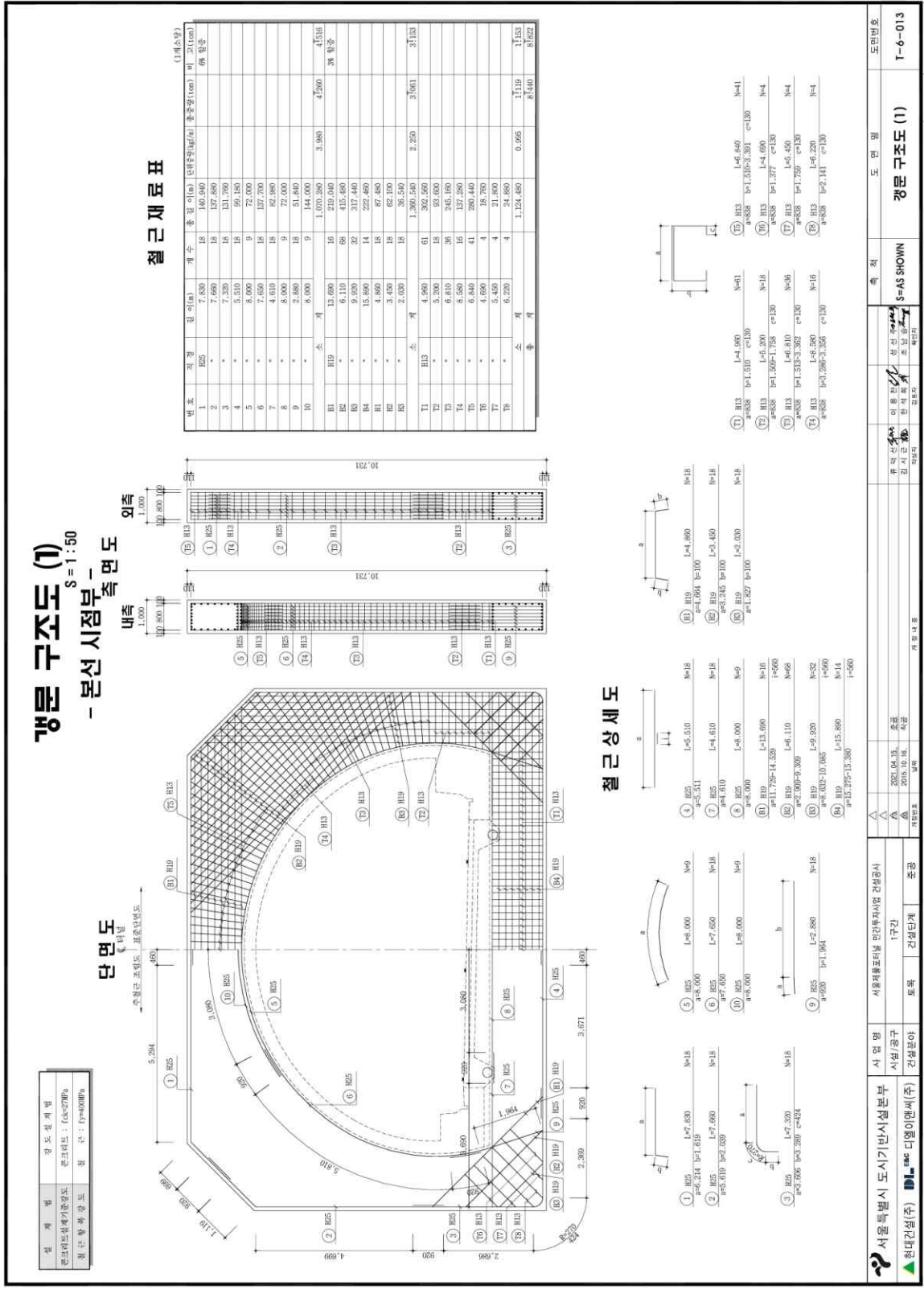
【그림 2.2.5】 콘크리트 라이닝 구조도(계속)

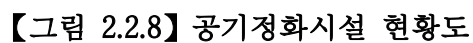


【그림 2.2.5】 콘크리트 라이닝 구조도(계속)



【그림 2.2.6】 갯문 일반도





설계기준

S = NONE

1. 일반 사항

▶ 기념물형

구분	내용
기념비석	분량: 인형 1형 35A 1400.000 + 84130.000 (Shape-3로 동일) 재료비: 35A 1400.000 + 84020.000 명판비: Shape3 35A 100.000 + 89450.000
기념비형	분량: 석회암 1형 1 + 8.730m (Shape-3로 동일) 인형 1형 1 + 8.730m 명판비: Shape3 1 + 304.930m 재료비: 1 + 480.700m
문헌 등기	분량: 3.0m + 4.00m 인판비: 3.0m + 4.00m
유기명석	유기명 돌출부 + 등판석 등기

2. 설계 사항

▶ 기준치 및 치령치

구분	계산방법 (단위: mm)	보정계수
지름 한계	도면의 구조치에 기준치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95), 도면치에 대한 환산 계수(0.95) (도면치에 대한 환산 계수(0.95), 도면치에 대한 환산 계수(0.95))	지하구조, 안전구조
내장 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95), 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95), 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	내장구조
문헌 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95), 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95), 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	문헌 한계
재료 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95), 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95), 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	재료 한계
유기명 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95), 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95), 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	유기명 한계

▶ 설계기준 (기준치로 인한 한계치를 설계 치령치에 대한 환산, 2002)

구분	기준치	한계치
지름 한계	350mm	350mm
내장 한계	350mm	350mm

▶ 발파기준 (기준치로 인한 한계치를 설계 치령치에 대한 환산, 2014)

구분	기준치	한계치
지름 한계	350mm	350mm
내장 한계	350mm	350mm

▶ 기념비형

기념비석(도면치)의 구조치에 기준치에 대한 환산 계수(0.95)

구분	계산방법	보정계수
지름 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	지하구조, 안전구조
내장 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	내장구조
문헌 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	문헌 한계
재료 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	재료 한계
유기명 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	유기명 한계

▶ 단면 구조(도면치에 대한 환산, 2011)

구분	계산방법	보정계수
지름 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	지하구조, 안전구조
내장 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	내장구조
문헌 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	문헌 한계
재료 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	재료 한계
유기명 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	유기명 한계

▶ 원단 구조(도면치에 대한 환산, 2011)

구분	계산방법	보정계수
지름 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	지하구조, 안전구조
내장 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	내장구조
문헌 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	문헌 한계
재료 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	재료 한계
유기명 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	유기명 한계

▶ 기념비형

기념비석(도면치)의 구조치에 기준치에 대한 환산 계수(0.95)

구분	계산방법	보정계수
지름 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	지하구조, 안전구조
내장 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	내장구조
문헌 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	문헌 한계
재료 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	재료 한계
유기명 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	유기명 한계

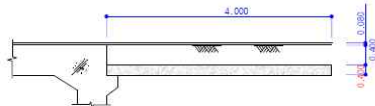
▶ 단면 구조(도면치에 대한 환산, 2011)

구분	계산방법	보정계수
지름 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	지하구조, 안전구조
내장 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	내장구조
문헌 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	문헌 한계
재료 한계	도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95) 도면치에 대한 환산 계수(0.95)	재료 한계

제 10 절 역학적 검토																		
1. 기초 검토																		
구분	지반종	Qmax(kN/m²)	Qsk(kN/m²)	비고														
현상	회색층	52.26	433.77	OK														
준공	회색층	52.23	484.51	OK														
2. 기둥 검토																		
구분	최대압력, kN/m	최소압력, kN/m	CF	비고														
준공	778.69	854.54	1.098	무해특성 지름														
3. 단면 설계 정리																		
※ 하부구조																		
구분	보 지름 (mm)	기둥 지름 (mm)	축 차 (mm)	최소지중 토중압력 (kN/m²)	최대지중 토중압력 (kN/m²)	최대지중 수중압력 (kN/m²)	Qmax (kN/m²)	Qsk (kN/m²)	γ ₁ (kN/m³)	γ ₂ (kN/m³)	비고							
현상	300	300	0	52.26	52.26	0	52.26	433.77	1.00	1.00	기둥단면							
준공	300	300	0	52.23	52.23	0	52.23	484.51	1.00	1.00	기둥단면							
4. 배력설계 검토																		
(1) 순도, 수중순도																		
- 역, 계, permit	0.0000																	
- 계, 계, permit	0.0000																	
- 주철근량 비례																		
(2) 배력설계																		
- 주철근의 30% 이상																		
(3) 부지중 순도 / 배력설계																		
4.1 하부 순도비 - 현상																		
구분	사중수중순도 (mm²)	필요배력순도 (mm²)	순도비율 (mm²)	사중수중순도 (mm²)	검토													
현상	119g 1.25	1588.00g	317.76g	1200.00g	안전	119g 1.50	1588.00g	1324.00g	OK									
준공	119g 1.25	2292.00g	458.40g	1200.00g	안전	119g 1.50	2292.00g	1324.00g	OK									
현상	25g 1.25	4053.60g	810.72g	1200.00g	안전	25g 1.50	4053.60g	1324.00g	OK									
준공	25g 1.25	2292.00g	458.40g	1200.00g	안전	25g 1.50	2292.00g	1324.00g	OK									
현상	119g 1.25	2292.00g	458.40g	1200.00g	안전	119g 1.50	2292.00g	1324.00g	OK									
준공	119g 1.25	2292.00g	458.40g	1200.00g	안전	119g 1.50	2292.00g	1324.00g	OK									
4.2 하부 순도비 - 준공																		
구분	사중수중순도 (mm²)	필요배력순도 (mm²)	순도비율 (mm²)	사중수중순도 (mm²)	검토													
현상	119g 1.25	4073.60g	814.72g	1200.00g	안전	119g 1.50	4073.60g	1324.00g	OK									
준공	119g 1.25	2292.00g	458.40g	1200.00g	안전	119g 1.50												

접속 슬래브 설계

(1) 단면가장 및 설계조건



$y_a = 23.600 \text{ kN/m}^2$ (아스콘 표층의 압력중량)
 $y_b = 19.000 \text{ kN/m}^2$ (포장층의 압력중량)
 $y_c = 25.000 \text{ kN/m}^2$ (활판 콘크리트의 압력중량)

1) 접속슬래브 설계 조건

· 접속판 길이(교축방향)와 70% 자간으로 한 단순보로 계산하여도 좋다.

$$L_b = 0.7 \times 4,000 = 2,800 \text{ mm}$$

2) 고정하중에 의한 단면력

① 등분포 고정하중
 $W1 = 0.080 \times 23.60 = 1.880 \text{ kN}$: 접속판 폭 포장
 $W2 = 0.400 \times 19.00 = 7.600 \text{ kN}$: 접속판 폭 포장층
 $W3 = 0.400 \times 25.00 = 10.000 \text{ kN}$: 접속판 자중

② 고정하중에 의한 단면력
 $V_d = (1.880 + 7.600 + 10.000) \times 2,800 / 2 = 27,272 \text{ kN}$
 $M_d = (1.880 + 7.600 + 10.000) \times 2,800^2 / 6 = 19,090 \text{ kN} \cdot \text{m}$

3) 활하중에 의한 단면력 (DB-24 하중을 재현한다.)

① 활하중에 의한 단면력
 $\lambda = 15 / (40 + L) \leq 0.3 : \lambda = 0.300$
 $P = \frac{2 \times 96,000 \times (1 + \lambda) / \{3 \times (0.2 + 20)\}}{2 \times 96,000 \times (1 + \lambda) / \{3 \times (0.2 + 20)\} + 71,724} = 71,724 \text{ kN}$
 $V_l = P / 2 = 35,862 \text{ kN}$
 $M_l = P \times L / 4 / E = 60,207 \text{ kN} \cdot \text{m}$

4) 하중 조합

구분	계수	사중하중	계수	계축하중
교축방향	1.0	27,272	1.30	36,454
활하중	1.0	35,862	2.15	77,103
계		63,134		113,557

(3) 사중하중 검토

플레지온강도	$f_{cu} = 24 \text{ MPa}$	부재폭	$b_p = 1,000 \text{ mm}$
플레지온강도계수	$E_s = 200,000 \text{ MPa}$	부재의 총두께	$h = 400 \text{ mm}$
콘크리트항복강도계수	$E_c = 26,985 \text{ MPa}$	단면높이	$d = 300 \text{ mm}$
단면계수비	$n = 7.42$	사중하중단면	$A_s = 2,292 \text{ mm}^2$
콘크리트 유효폭	$d' = 100 \text{ mm}$	사중하중단면적	$M_u = 69.30 \text{ kN} \cdot \text{m}$

· 주철근방향의 재현에 의한 검토

$$M_u = 69.30 \text{ kN} \cdot \text{m} = 6.930 \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$p = A_s / (b \cdot d) = 0.00764$$

$$k = n \cdot p + \sqrt{(n \cdot p)^2 + (n \cdot p)} = 0.2847, j = 1 - k / 3 = 0.9051$$

$$f_{ty} = f_y / (p \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 111.35 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 180 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

· 활하중 방향에 의한 균열검토

$$C_o = \text{회복탄력성} = \text{사중하중단면} / 2 = 90.6$$

$$s = 375 \cdot (210 / f_y) - 2.5 \cdot C_o = 480.99$$

$$s = 300 \cdot (210 / f_y) = 666.79$$

$$s = 480.99 \text{ mm} > 125 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

· 사중하중에 의한 균열계산

$$A = 2 \cdot d' \cdot b \cdot N = 25,000 \text{ mm}^2, y_1 = h - k \cdot d - d' = 214.68457 \text{ mm}$$

$$R = y_2 / y_1 = 1.486, y_2 = 1 - k \cdot d = 314.68457 \text{ mm}$$

$$w = 1.08 \cdot R \cdot f_y \cdot \sqrt{(d' / A)} \cdot 10^{-6} = 0.23927 \text{ mm}$$

$$w_u = 0.008 \cdot f_{ty} \cdot \sqrt{(d' / A)} \cdot 10^{-6} \times 90.6 = 0.54 \text{ mm} \quad \text{MAX} \rightarrow 0.54$$

$$w = 0.54 \text{ mm} < w_u = 0.54 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

(4) 활하중 검토

· 활하중 주철근
 사중하중단면 : $D 19 \text{ } \varnothing 250 = 1,146 \text{ mm}^2$
 ∴ 총 사중 하중단면 = 1,146 mm^2 > 인장주철근/3 (= 764 mm^2) OK

· 활하중 단면의 배철량
 사중하중단면 : $D 19 \text{ } \varnothing 150 = 844.67 \text{ mm}^2$
 ∴ 총 사중 하중단면 = 844.67 mm^2 > 인장주철근/4 (= 573 mm^2) OK

· 활하중 단면의 배철량
 사중하중단면 : $D 19 \text{ } \varnothing 150 = 844.67 \text{ mm}^2$
 ∴ 총 사중 하중단면 = 844.67 mm^2 > 인장하중 배철량/2 (= 422 mm^2) OK

(2) 단면검토

플레지온강도	$f_{cu} = 24 \text{ MPa}$	부재폭	$b_p = 1,000 \text{ mm}$
플레지온강도계수	$E_s = 200,000 \text{ MPa}$	부재의 총두께	$h = 400 \text{ mm}$
콘크리트항복강도계수	$E_c = 26,985 \text{ MPa}$	단면높이	$d = 300 \text{ mm}$
단면계수비	$n = 7.42$	사중하중단면	$A_s = 2,292 \text{ mm}^2$
콘크리트 유효폭	$d' = 100 \text{ mm}$	사중하중단면적	$M_u = 113,557 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$T = A_s \cdot f_y = 2292.000 \times 300 = 687,600$$

$$C = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot a \cdot b = 0.85 \times 24 \times a \times 1000 = 20,400 \times a$$

$$T = C \text{ 이므로, } a = 33.706 \text{ mm}$$

$$e_y = f_y / E_s = 300 / 200,000 = 0.0015$$

$$e_t = 0.003 \cdot (d_t - c) / c = 0.003 \times (300 - 33.706) / 33.706 = 0.0197$$

$$e_t \geq 0.005 \text{ 이므로, 인장재배철량인 } \phi = 0.85 \text{ 를 적용한다.} \quad \text{OK}$$

$$a = \frac{f_y}{f_y + f_{cu}} \cdot \frac{f_{cu}}{b} \cdot b \quad \text{①}$$

$$M_u = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - a / 2) \quad \text{②}$$

$$f_y / (1.7 \cdot f_{cu} \cdot b) \cdot A_s \cdot d - d \cdot f_y \cdot A_s + M_u / \phi \rightarrow A_s^2 + B \cdot A_s + C = 0 \quad \text{③}$$

③을 근의공식에 대입하여 A_s 를 구한다.

여기서,
 $A = f_y^2 / (1.7 \cdot f_{cu}) = 2,205,882.353$
 $B = -d \cdot f_y = -90,000$
 $C = M_u / \phi = 166,190,762.9$
 $A_{s, req} = 1815.310 \text{ mm}^2$

① 최소 철근량

$$\text{균형철근비} (p_{bal}) = 0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_{cu} / f_y \cdot 600 / (600 + f_y) = 0.0386393$$

$$\text{최대철근비} (p_{max}) = 0.714 \cdot \beta_1 = 0.0275103$$

$$\text{최소철근비} (p_{min}) = \text{MAX} \{ (0.05 \cdot \sqrt{f_{cu} / f_y}), (1.4 / f_y) \} = 0.0048667$$

$$\text{최소 철근 } A_{s, min} = (1.4 / f_y) \cdot b \cdot d = 1,400 \text{ mm}^2$$

$$\text{필요 철근 } A_{s, req} = 1,815.31 \text{ mm}^2$$

$$\therefore \text{최소 철근 } A_{s, min} = 1,400 \text{ mm}^2 < A_{s, req} = 1,815.31 \text{ mm}^2$$

② 사용 철근량

사용 철근량 $A_{s, use}$: $D 19 \text{ } \varnothing 105 = 2,292 \text{ mm}^2$ ∴ 총 사용 철근량 = 2,292 mm^2
 $D 19 \text{ } \varnothing 105 = 2,292 \text{ mm}^2$

$$\text{사용 철근비} (p) = A_s / b \cdot d = 0.00764$$

$$p_{min} \leq p_{use} \leq p_{max} \quad \text{OK}$$

③ 균형모멘트 강도

$$a = A_s \cdot f_y / (0.85 \cdot f_{cu} \cdot b) = 33.706 \text{ mm}$$

$$\phi \cdot M_u = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - a / 2) = 1.665E+08 \text{ N} \cdot \text{mm} = 166.49 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

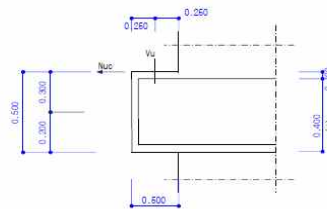
$$\phi \cdot M_u = 166.49 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 132.75 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{OK}$$

④ 전단에 대한 검토

$$\phi V_o = 0.8 \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_{cu}} \cdot b \cdot d = 195.98 \text{ kN}$$

$$\phi V_o = 195.98 \text{ kN} > V_u = 112.66 \text{ kN} \quad \therefore \phi V_o > V_u \text{ 이므로, 전단보강 불필요}$$

14.2 BRACKET 설계



· 접속슬래브와 BRACKET의 연결은
 Dowel-BAR에 의한 HINDE 연결로
 접속 슬래브의 보력을 목적으로 설계.

(1) 검토 조건

$$\text{① } a_v / d \leq 1.0$$

$$0.250 / 0.400 = 0.625 \leq 1.0 \quad \text{Bracket으로 설계}$$

$$\text{② 지지면의 고정에서 길이는 0.6d 이상}$$

$$0.250 \text{ mm} > 0.6 \cdot 0.400 = 0.240 \quad \text{OK}$$

$$\text{③ 모멘트 강도 감소계수} \rightarrow \phi = 0.80$$

④ $V_u = \phi V_n$

(2) 작용하중 산정 (접속슬래브 계산 참조)

· 자중 : $V_{sw} = 0.600 \times 0.600 \times 25.000 = 6.250 \text{ kN}$
 · 고정하중 : $V_{ed} = 6.250 + 27.272 = 33.522 \text{ kN}$
 · 활하중 (DB-24) : $V_l = 35.862 \text{ kN}$
 · 계수단면력 : $V_u = 1.8 \cdot D + 2.15 \cdot L = 120.682 \text{ kN}$

(3) 전단 강도에 의한 철근량 계산

플레지온강도	$f_{cu} = 24 \text{ MPa}$	부재폭	$b_p = 1,000 \text{ mm}$
플레지온강도계수	$E_s = 200,000 \text{ MPa}$	부재의 총두께	$h = 500 \text{ mm}$
콘크리트항복강도계수	$E_c = 26,985 \text{ MPa}$	단면높이	$d = 400 \text{ mm}$
단면계수비	$n = 7.42$	사중하중단면	$A_s = 2,292 \text{ mm}^2$

② 설계 단면력 산정
 $V_u = 120.682 \text{ kN}$
 $N_{uc} = 0.2 \times 120.682 = 24.136 \text{ kN}$
 $M_u = V_u \cdot a_v + N_{uc} \cdot (h - d) = 32.684 \text{ kN} \cdot \text{m}$

③ 전단하중률 (Avf) 의 설계
 전단하중률이 전단력에 수직인 경우,
 $V_n, max \leq \text{Min} \{ 0.2 \cdot f_{ck} \cdot b \cdot d, 6.6 \cdot b \cdot d \}$
 $\leq \text{Min} \{ 1920.000 \cdot 0.2, 2240.000 \} = 1920.000 \text{ kN}$
 $\phi \cdot V_n, max = 0.80 \times 1920.000 = 1536.000 \text{ kN}$
 $\phi \cdot V_u = 120.682 \text{ kN} < 1536.000 \text{ kN} \quad \text{OK}$
 $Avf = V_u / (\phi \cdot f_y \cdot \mu) = 369 \text{ mm}^2$ ($\mu = 1.4 \cdot \lambda \cdot \lambda = 1.0$: 일자로 된 콘크리트)

④ 최요점의 휨근 (A_f) 의 설계

$$M_u = 32.684 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_u / \phi = A_s \cdot f_y \cdot (d - a) \cdots ① \quad a = A_s \cdot f_y / (0.85 \cdot f'_{ck} \cdot b) \cdots ②$$

$$f_y^2 / (1.7 \cdot f'_{ck} \cdot b) \cdot A_s^2 - d \cdot f_y \cdot A_s + M_u / \phi = 0 \cdots ③ \rightarrow A_s^2 + B \cdot A_s + C = 0$$

③을 근의공식에 대입하여 A_s를 구한다.

여기서,

$$A = f_y^2 / (1.7 \cdot f'_{ck} \cdot b) = 2.25882353$$

$$B = -d \cdot f_y = -120000$$

$$C = M_u / \phi = 40730141.35$$

$$A_s = 541.6624189 \text{ mm}^2 \text{ (제산에 의한 요구량)}$$

⑤ 중앙단면의 휨근 (A_n) 의 설계

$$N_{uc} = 24.198 \text{ kN}$$

$$A_n = N_{uc} / (\phi \cdot f_y) = 101 \text{ mm}^2$$

⑥ 좌단단면의 휨근 (A_s) 의 산정

중앙단면의 휨근 (A_f + A_n) 과 (2 · A_{sf} / 3 + A_n) 중 큰 값을 취함.

$$A_{s, req} = \max (442, 340) = 442 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, min} = 0.04 \cdot (f'_{ck} / f_y) \cdot b \cdot d = 1,280 \text{ mm}^2$$

→ MAX (1,280 mm²)

사실 휨근량 A_{s, req} = 0.19 @ 125 = 2292 mm²

⑦ 종단단면의 휨근 (A_n) 의 산정

$$A_n = 0.5 \cdot (A_s - A_n) = 0.5 \cdot (2,292 - 101) = 1,096 \text{ mm}^2$$

사실 휨근량 A_{s, req} = H.19 @ 250 = 1148 mm² (1단)

⑧ 종단단면의 휨근량

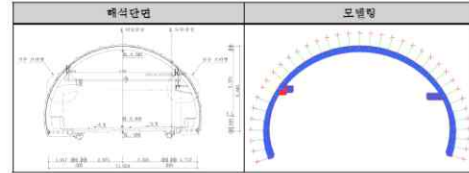
$$A_s = 1148 \text{ mm}^2 \geq 1,096 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

휨근의 배치방향 : 2/3 · d = 2/3 · 400 = 267 mm 구간은 1단 설치

1. 콘크리트 라이닝 설계

1.1 RP-2

가. 해석단면 및 모델링



나. 지반스프링계수

구 분	일반 변형계수 (E _s MPa)	라이닝 등가반경 (R, m)	E _s /R (kN/m ³)	비 고
암반등급 III	1000	4.81	207.783	E _s =E _s /R=L

다. 적용하중

이완하중 (kN/m ²)	감류수압 (kN/m ²)	중도승압보 (kN/m ²)	기타
61.77	23.4	과 : 42.04 후 : 259.24	자중, 건조수축

라. 단면제원

검토위치	B (m)	T (m)	Z (m ³)	I (m ⁴)
천 단 부	1.00	0.30	1.50x10 ⁻²	2.25x10 ⁻³
어 개 부	1.00	0.30	1.50x10 ⁻²	2.25x10 ⁻³
측 벽 부	1.00	0.30	1.50x10 ⁻²	2.25x10 ⁻³

다. 단면력검토

1) 단면력

구 분	하중조합	모멘트 (kN·m)	축력 (kN)	전단력 (kN)
천 단 부	LC 7	29.22	840.98	55.94
어 개 부	LC 3	228.02	550.64	126.29
측 벽 부	LC 5	94.94	1104.85	92.63

2) 단면력도



3) 응력검토

구 분	인장면(MPa)		압축면	전단력(kN)	검토결과
	발생응력	허용응력	강도비	허용	
천 단 부	-	0.33	1.00	55.94	OK
어 개 부	13.37	1.13	1.00	126.29	NG
측 벽 부	2.65	1.03	1.00	92.63	NG

바. 검토결과

- 강도설계법으로 무근콘크리트 검토결과 어개부, 측벽부에서 허용강도 초과로 원근보 강 필요.

사. 철근량산정

1) 주철근 및 전단철근 검토

구 분	모멘트(kN·m)		축력(kN)	인장면	압축면	전단철근
	M _u	ΦM _u	F _u	ΦF _u		
어 개 부	228.02	240.99	550.64	531.96	H22@150	H22@150
측 벽 부	94.94	225.04	1104.85	2618.84	H22@150	H22@150

2) 배철근 검토

구 분	B (mm)	T (mm)	최소 철근비	필요철근량 (mm ² /m)	사용철근량 (mm ² /m)	사용철근	검토 결과
어 개 부	1000	300	0.002	600	1267	H13@200	OK
측 벽 부	1000	300	0.002	600	1267	H13@200	OK

3) 사용철근 검토

구 분	사용하중 모멘트 (kN·m)	f _c (MPa)	f _t (MPa)	f _{st} (MPa)	소요철근간격 (mm)	적용간격 (mm)	검토 결과
어 개 부	138.03	18.00	251.12	251.12	191.10	150.00	OK
측 벽 부	70.20	8.14	127.71	127.71	493.29	150.00	OK

4) 철근량 산정결과

구 분	주철근	배철근	전단철근
천 단 부	H22@150	H13@200	H13@400
어 개 부	H22@150	H13@200	H13@400
측 벽 부	H22@150	H13@200	H13@400

5) 원관량 산정

★ 개요

▷ 벽체 검토 조건

$f_{ck} = 24.0 \text{ MPa}$ $f_y = 400.0 \text{ MPa}$ $\lambda = 1.00$
 $\alpha_c = 0.65$ $\alpha_s = 0.75$ $\alpha = 0.30$

각면 보멘의 $M_u = 222.020 \text{ KN}\cdot\text{m}$ 각 면 축력 $P_u = 550.040 \text{ KN}$
 압면의 두께 $H = 300.000 \text{ mm}$ 압 령 폭 $B = 1000.000 \text{ mm}$
 축 요 길이 $D = 240.000 \text{ mm}$ 외 측 두께 $D_c = 60.000 \text{ mm}$
 각 유선 길이 $e = 414.100 \text{ mm}$

입상각 원관 $A_{st} = 2500.067 \text{ mm}^2$
 1단 ($d_c = 60 \text{ mm}$) : H 22 @ 150 mm
 압축각 원관 $A_{sc} = 2500.067 \text{ mm}^2$
 1단 ($d_c = 60 \text{ mm}$) : H 22 @ 150 mm

▷ 평형상태 검토

$c = 600/(600+f_y)/d = 144.000 \text{ mm}$
 $k_1 = 0.250$ $a = k_1 c = 122.40 \text{ mm}$
 $C_{ck} = 0.25 f_{ck} B H = 6,150,000.0 \text{ N}$
 소정관심 $x = (C_{ck} H/2 + f_y A_{sc} d_c + f_y A_{st} d)/(C_{ck} + f_y A_{sc} + f_y A_{st})$
 $= 150.00 \text{ mm}$
 콘크리트 $C_c = 0.25 f_{ck} a b = 2,496,960.0 \text{ N}$
 압축원관 $C_s = (f_s - 0.25 f_{ck}) A_{sc} = 550,537.7 \text{ N}$
 ($f_{sc} < f_y \rightarrow f_s = E_s \epsilon_c = 350.00 \text{ MPa}$)
 입상원관 $T_s = f_y A_{st} = 1,032,267.0 \text{ N}$
 평형축력 $P_b = C_c + C_s - T_s = 3,315,281.0 \text{ N}$
 평형보멘 $M_b = C_c(x-a/2) + C_s(x-d_c) + T_s(d-x) = 391,136,900.0 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 평형관심 $e_b = M_b / P_b = 183.959 \text{ mm}$
 $e < e_b \rightarrow$ 압축파괴영역

▷ 거동 강도 검토

$\epsilon_{sc} = 0.0018 < \epsilon_y = 0.0020$
 $\rightarrow$ 평형상태에서 압축원관이 항복하지 않음.
 원관의 손해를 Trial & Error Method로 계산한다.
 $c = 19.951 \text{ mm}$ 로 가정한다. $a = k_1 c = 67.374 \text{ mm}$
 $\epsilon_{sc} = 0.0007$ $f_s = 149.16 \text{ MPa}$
 $P_b = 0.25 f_{ck} a b + A_{sc} f_s (1 - 0.25 f_{ck}) - A_{st} f_y$
 $= 604,655.0 \text{ N}$
 $M_b = 0.25 f_{ck} a b (x-a/2) + A_{sc} f_s (x-d_c) + A_{st} f_y (d-x)$
 $= 203,514,400.0 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $e = M_b / P_b = 414.100 \text{ mm}$ $e = 414.100 \text{ mm} \rightarrow$ say O.K.

최저단 원관의 순인장변형률 $\epsilon_t = 0.00002$
 $0.005 \leq \epsilon_t \leq 0.00002 \rightarrow$ 인장파괴영역
 $0.005 \leq \epsilon_t$ 이므로 강도감소계수를 0.95를 적용한다.
 보정 $\phi = 0.95$
 $\phi P_b = 551,955 \text{ KN}$ $\geq P_u = 550.040 \text{ KN}$ $\rightarrow$ O.K.
 $\phi M_b = 240,987 \text{ KN}\cdot\text{m}$ $\geq M_u = 222.020 \text{ KN}\cdot\text{m}$ $\rightarrow$ O.K.

▷ 전단력 검토

각 유선단면 $V_u = 126.290 \text{ KN}$
 $\phi V_c = \phi V (1 + \rho_w / 14 A_g) \lambda \sqrt{f_{ck}} B D / 1000 = 106.230 \text{ KN}$
 $\phi V_c = 106.230 \text{ KN}$ $\geq V_u = 126.290 \text{ KN}$ $\rightarrow$ 전단원관 필요없음.

4

— 3687 —

★ 개요

▷ 벽체 검토 조건

$f_{ck} = 24.0 \text{ MPa}$ $f_y = 400.0 \text{ MPa}$ $\lambda = 1.00$
 $\alpha_c = 0.65$ $\alpha_s = 0.75$ $\alpha = 0.30$

각면 보멘의 $M_u = 94.940 \text{ KN}\cdot\text{m}$ 각 면 축력 $P_u = 1104.050 \text{ KN}$
 압면의 두께 $H = 300.000 \text{ mm}$ 압 령 폭 $B = 1000.000 \text{ mm}$
 축 요 길이 $D = 240.000 \text{ mm}$ 외 측 두께 $D_c = 60.000 \text{ mm}$
 각 유선 길이 $e = 35.930 \text{ mm}$

입상각 원관 $A_{st} = 2500.067 \text{ mm}^2$
 1단 ($d_c = 60 \text{ mm}$) : H 22 @ 150 mm
 압축각 원관 $A_{sc} = 2500.067 \text{ mm}^2$
 1단 ($d_c = 60 \text{ mm}$) : H 22 @ 150 mm

▷ 평형상태 검토

$c = 600/(600+f_y)/d = 144.000 \text{ mm}$
 $k_1 = 0.250$ $a = k_1 c = 122.40 \text{ mm}$
 $C_{ck} = 0.25 f_{ck} B H = 6,150,000.0 \text{ N}$
 소정관심 $x = (C_{ck} H/2 + f_y A_{sc} d_c + f_y A_{st} d)/(C_{ck} + f_y A_{sc} + f_y A_{st})$
 $= 150.00 \text{ mm}$
 콘크리트 $C_c = 0.25 f_{ck} a b = 2,496,960.0 \text{ N}$
 압축원관 $C_s = (f_s - 0.25 f_{ck}) A_{sc} = 550,537.7 \text{ N}$
 ($f_{sc} < f_y \rightarrow f_s = E_s \epsilon_c = 350.00 \text{ MPa}$)
 입상원관 $T_s = f_y A_{st} = 1,032,267.0 \text{ N}$
 평형축력 $P_b = C_c + C_s - T_s = 3,315,281.0 \text{ N}$
 평형보멘 $M_b = C_c(x-a/2) + C_s(x-d_c) + T_s(d-x) = 391,136,900.0 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 평형관심 $e_b = M_b / P_b = 183.959 \text{ mm}$
 $e < e_b \rightarrow$ 압축파괴영역

▷ 거동 강도 검토

$\epsilon_{sc} = 0.0018 < \epsilon_y = 0.0020$
 $\rightarrow$ 평형상태에서 압축원관이 항복하지 않음.
 원관의 손해를 Trial & Error Method로 계산한다.
 $c = 19.951 \text{ mm}$ 로 가정한다. $a = k_1 c = 67.374 \text{ mm}$
 $\epsilon_{sc} = 0.0007$ $f_s = 149.16 \text{ MPa}$
 $P_b = 0.25 f_{ck} a b + A_{sc} f_s (1 - 0.25 f_{ck}) - A_{st} f_y$
 $= 604,655.0 \text{ N}$
 $M_b = 0.25 f_{ck} a b (x-a/2) + A_{sc} f_s (x-d_c) + A_{st} f_y (d-x)$
 $= 203,514,400.0 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 $e = M_b / P_b = 414.100 \text{ mm}$ $e = 414.100 \text{ mm} \rightarrow$ say O.K.

최저단 원관의 순인장변형률 $\epsilon_t = 0.00002$
 $0.005 \leq \epsilon_t \leq 0.00002 \rightarrow$ 인장파괴영역
 $0.005 \leq \epsilon_t$ 이므로 강도감소계수를 0.95를 적용한다.
 보정 $\phi = 0.95$
 $\phi P_b = 551,955 \text{ KN}$ $\geq P_u = 550.040 \text{ KN}$ $\rightarrow$ O.K.
 $\phi M_b = 240,987 \text{ KN}\cdot\text{m}$ $\geq M_u = 222.020 \text{ KN}\cdot\text{m}$ $\rightarrow$ O.K.

▷ 전단력 검토

각 유선단면 $V_u = 92.630 \text{ KN}$
 $\phi V_c = \phi V (1 + \rho_w / 14 A_g) \lambda \sqrt{f_{ck}} B D / 1000 = 105.631 \text{ KN}$
 $\phi V_c = 105.631 \text{ KN}$ $\geq V_u = 92.630 \text{ KN}$ $\rightarrow$ 전단원관 필요없음.

5

— 3688 —

6) 사용성 검토(균열 검토)

★ 개요

▷ 검토 조건

$f_{ck} = 24.0 \text{ MPa}$ $f_y = 400.0 \text{ MPa}$ $\lambda = 1.00$

사용 보멘의 $M_o = 130.030 \text{ KN}\cdot\text{m}$ (사용하중 보멘)
 Used $A_s = H/2 @ 150.00 \text{ mm}$ ($D_c = 60.00 \text{ mm}$)
 $= 2550.067 \text{ mm}^2$
 $\alpha = E_s / E_c = 200000 / (0.077 \text{ mc} \cdot 1.5 \cdot \lambda \sqrt{f_{ck} + 34}) = 9$
 $\rho = A_s / (B \cdot D) = 0.01075$
 $\epsilon = -\rho \sqrt{f_{ck} + 34} = 0.330$ ($j = 0.897$)
 $x = \epsilon d = 31.021 \text{ mm}$
 $f_c = 2 M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 15.997 \text{ MPa}$
 $f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 251.117 \text{ MPa}$
 $f_{st} = (f_s - D_c \cdot \min \cdot x) / (D - x) = 251.117 \text{ MPa}$
 최하단원관 소요관심길이
 $s = \text{Min} [375 \cdot (210/f_{st}) - 250, 300 \cdot (210/f_{st})] = 191.10 \text{ mm}$
 여기서 $C_c = 60 \text{ mm}$ - 주철관 직경/2 = 49.00 mm
 최하단원관 평간거리 = 150.00 mm $\geq 191.10 \text{ mm} \rightarrow$ O.K.

★ 개요

▷ 검토 조건

$f_{ck} = 24.0 \text{ MPa}$ $f_y = 400.0 \text{ MPa}$ $\lambda = 1.00$

사용 보멘의 $M_o = 70.200 \text{ KN}\cdot\text{m}$ (사용하중 보멘)
 Used $A_s = H/2 @ 150.00 \text{ mm}$ ($D_c = 60.00 \text{ mm}$)
 $= 2550.067 \text{ mm}^2$
 $\alpha = E_s / E_c = 200000 / (0.077 \text{ mc} \cdot 1.5 \cdot \lambda \sqrt{f_{ck} + 34}) = 9$
 $\rho = A_s / (B \cdot D) = 0.01075$
 $\epsilon = -\rho \sqrt{f_{ck} + 34} = 0.330$ ($j = 0.897$)
 $x = \epsilon d = 31.021 \text{ mm}$
 $f_c = 2 M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 8.138 \text{ MPa}$
 $f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 127.714 \text{ MPa}$
 $f_{st} = (f_s - D_c \cdot \min \cdot x) / (D - x) = 127.714 \text{ MPa}$
 최하단원관 소요관심길이
 $s = \text{Min} [375 \cdot (210/f_{st}) - 250, 300 \cdot (210/f_{st})] = 493.29 \text{ mm}$
 여기서 $C_c = 60 \text{ mm}$ - 주철관 직경/2 = 49.00 mm
 최하단원관 평간거리 = 150.00 mm $\geq 493.29 \text{ mm} \rightarrow$ O.K.

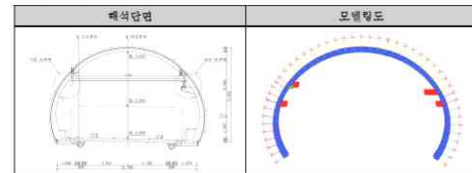
6

— 3689 —

1. 콘크리트 라이닝 설계

1.1 EV-C

가. 해석단면 및 모델링



나. 기판스트링계수

구 분	양판 변형계수 (ϵ_s , MPa)	라이닝 등가반경 (R, m)	$E_s R$ (kN/m^3)	비 고
양판등급 III	5.000	5.830	657.633	$E_s = E_s / R \cdot L$

다. 적용하중

이완하중 (kN/m^2)	강류수압 (kN/m^2)	풍도슬래브 (kN/m)	기타
56.37	29.40	좌 : 50.70 우 : 391.97	자중(프로그램 내 자동계산)

라. 단면계현

검토위치	B (m)	T (m)	Z (m^3)	I (m^4)
전 단 부	1.0	0.35	2.04×10^{-2}	3.57×10^{-4}
여 계 부	1.0	0.35	2.04×10^{-2}	3.57×10^{-4}
측 부	1.0	0.35	2.04×10^{-2}	3.57×10^{-4}

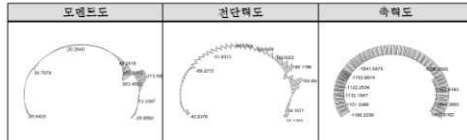
1

— 3690 —

다. 단면력검토
1) 단면력

구 분	하중조합	모멘트 (kN·m)	축력 (kN)	전단력 (kN)
전 단 부	LC 6	32.33	430.27	75.51
어 개 부	LC 5	262.47	1437.13	193.49
측 벽 부	LC 5	30.00	1454.84	52.14

2) 단면력도



3) 용력검토

구 분	인장면(MPa)		압축면		전단력(kN)		검토결과
	발생용력	허용용력	강도비	허용	V_u	ϕV_u	
전 단 부	0.21		0.31		75.51		OK
어 개 부	8.75	1.13	1.06	1.00	193.49	103.74	NG
측 벽 부	-		0.66		52.14		OK

바. 검토결과

- 강도설계법으로 무근콘크리트 검토결과 어개부에서 허용강도 초과로 결근보강 필요.

2

— 3691 —

사. 철근량산정

1) 주철근 및 전단철근 검토

구 분	모멘트(kN·m)		축력(kN)		주철근		전단철근
	M_u	ϕM_u	P_u	ϕP_u	인장면	압축면	
어 개 부	262.47	372.87	1437.13	2042.16	H22@125	H22@125	필요없음

2) 배철근 검토

구 분	B (mm)	T (mm)	최소 철근비	필요철근량 (mm ² /m)	사용철근량 (mm ² /m)	사용철근	검토 결과
어 개 부	1000	350	0.002	700	1267	H13@200	OK

3) 사용성 검토

구 분	사용하중 모멘트 (kN·m)	f_t (MPa)	f_c (MPa)	f_a (MPa)	소요철근간격 (mm)	적용간격 (mm)	검토 결과
어 개 부	232.95	18.54	292.18	292.18	147.03	125.00	OK

4) 철근량 산정결과

구 분	주철근	배철근	전단철근
전 단 부	H22@125	H13@200	H13@400
어 개 부	H22@125	H13@200	H13@400
측 벽 부	H22@125	H13@200	H13@400

3

— 3692 —

6) 사용성 검토(균열 검토)

★ 전단부 ▷ 검토조건 fck = 27.0 MPa fy = 400.0 MPa λ = 1.00 사용 모멘트 Mo = 262.470 kN·m 단면의 두께 H = 600.000 mm 단 면 폭 B = 1000.000 mm 축 소 율 이 D = 540.000 mm 좌 측 두께 Dc = 60.000 mm ▷ 사용성 검토 (균열 검토) Mo = 262.470 kN·m (사용하중 모멘트) Used As = H25 @ 125.00 mm (Dc = 60.00 mm) = 4053.600 mm² n = Es/Ec = 200000 / (0.077 mc^{1.5} · λ^{1.5} / (Fck + Δf)) = 7 ρ = As/(B·D) = 0.00751 k = -np + √((np)² + 2np) = 0.276 (j = 0.908) x = k·D = 142.967 mm fc = 2Mo / (B·x·(D - x/3)) = 7.362 MPa fs = Mo / (As·(D - x/3)) = 135.070 MPa fst = fs·(H - Dc,min - x) / (D - x) = 135.270 MPa 최저단철근 소요량상한계 s = Min [875·(210/fst) - 25Cr, 300·(210/fst)] = 463.42 mm ...여기서, Cr = dc,min - 주철근 피경/2 = 47.50 mm 최저단철근 평균배간간격 = 125.00 mm ≤ 463.42 mm OK ★ 어개부 ▷ 검토조건 fck = 27.0 MPa fy = 400.0 MPa λ = 1.00 사용 모멘트 Mo = 248.140 kN·m 단면의 두께 H = 600.000 mm 단 면 폭 B = 1000.000 mm 축 소 율 이 D = 540.000 mm 좌 측 두께 Dc = 60.000 mm ▷ 사용성 검토 (균열 검토) Mo = 248.140 kN·m (사용하중 모멘트) Used As = H25 @ 125.00 mm (Dc = 60.00 mm) = 4053.600 mm² n = Es/Ec = 200000 / (0.077 mc^{1.5} · λ^{1.5} / (Fck + Δf)) = 7 ρ = As/(B·D) = 0.00751 k = -np + √((np)² + 2np) = 0.276 (j = 0.908) x = k·D = 142.967 mm fc = 2Mo / (B·x·(D - x/3)) = 6.794 MPa fs = Mo / (As·(D - x/3)) = 124.840 MPa fst = fs·(H - Dc,min - x) / (D - x) = 124.840 MPa 최저단철근 소요량상한계 s = Min [875·(210/fst) - 25Cr, 300·(210/fst)] = 504.64 mm ...여기서, Cr = dc,min - 주철근 피경/2 = 47.50 mm 최저단철근 평균배간간격 = 125.00 mm ≤ 504.64 mm OK	
---	--

12

— 3701 —

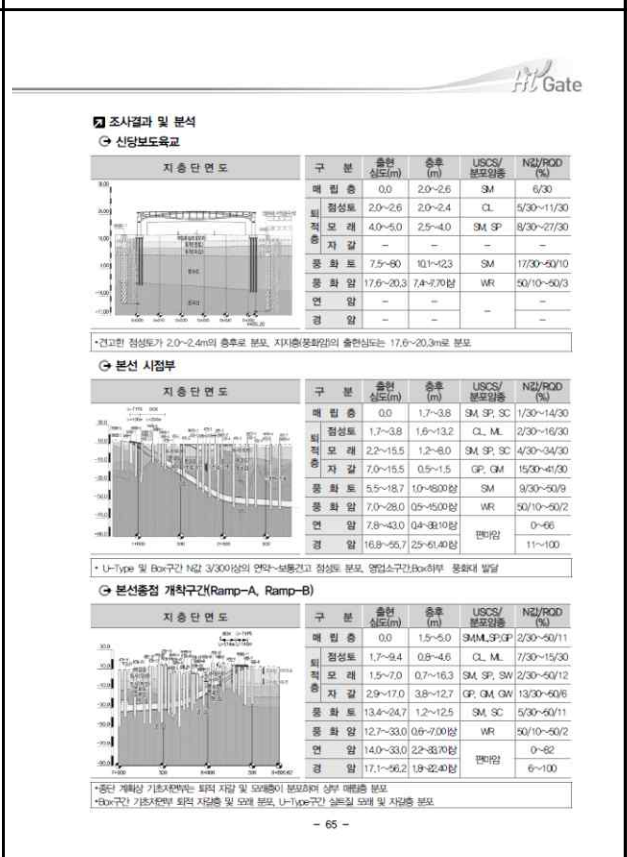
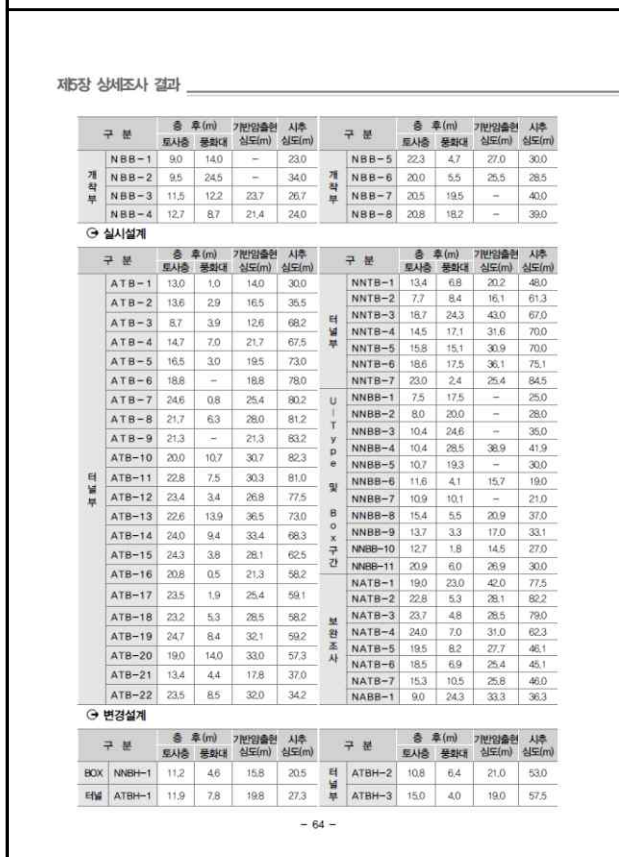
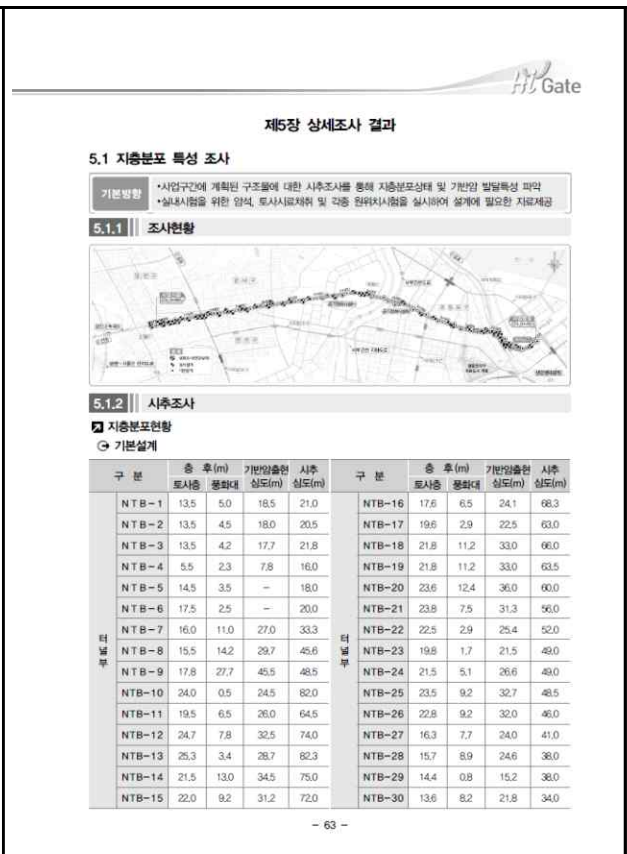
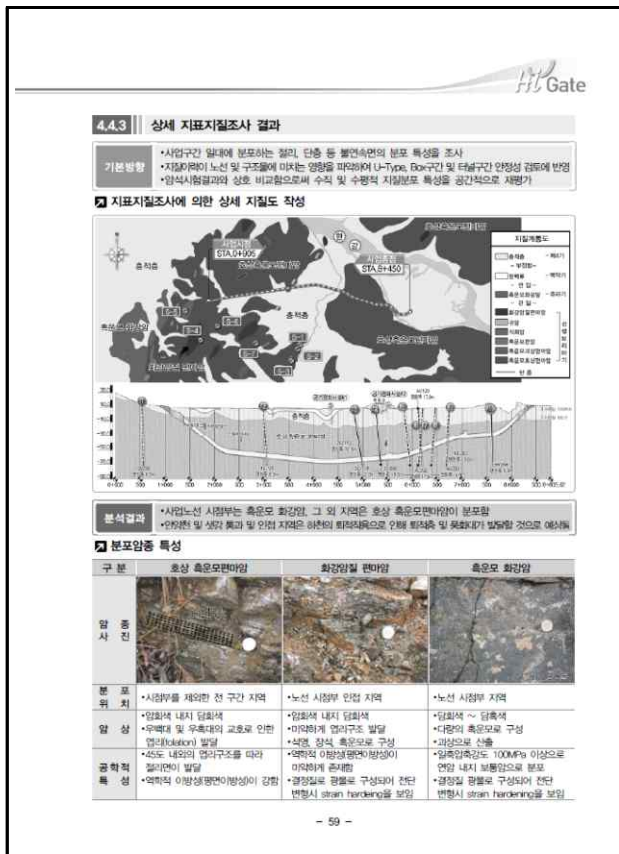
★ 측벽부 ▷ 검토조건 fck = 27.0 MPa fy = 400.0 MPa λ = 1.00 사용 모멘트 Mo = 536.020 kN·m 단면의 두께 H = 600.000 mm 단 면 폭 B = 1000.000 mm 축 소 율 이 D = 540.000 mm 좌 측 두께 Dc = 60.000 mm ▷ 사용성 검토 (균열 검토) Mo = 536.020 kN·m (사용하중 모멘트) Used As = H25 @ 125.00 mm (Dc = 60.00 mm) = 4053.600 mm² n = Es/Ec = 200000 / (0.077 mc^{1.5} · λ^{1.5} / (Fck + Δf)) = 7 ρ = As/(B·D) = 0.00751 k = -np + √((np)² + 2np) = 0.276 (j = 0.908) x = k·D = 142.967 mm fc = 2Mo / (B·x·(D - x/3)) = 14.076 MPa fs = Mo / (As·(D - x/3)) = 269.674 MPa fst = fs·(H - Dc,min - x) / (D - x) = 269.674 MPa 최저단철근 소요량상한계 s = Min [875·(210/fst) - 25Cr, 300·(210/fst)] = 173.27 mm ...여기서, Cr = dc,min - 주철근 피경/2 = 47.50 mm 최저단철근 평균배간간격 = 125.00 mm ≤ 173.27 mm OK	
--	--

13

— 3702 —

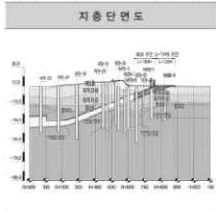
2.2.3 지반조사보고서

[illegible]



제5장 상세조사 결과

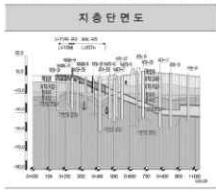
➔ 램프 개착구간-여의도 방향(Ramp-C)



구분	심도 (m)	층수	U/CSS/ 분포도	NZ/RD (%)	
배지층	0.0	1.7~5.0	SM, SP	2/30~1/300	
퇴적층	점성토	2.6	1.6	ML	8/30~1/5/30
	모래	1.7~5.0	1.6~14.5	SM, SP	2/30~50/2/2
	자갈	4.2~16.5	7.1~12.5	GP, OM, GW	15/30~50/10
	동화토	13.7~24.7	2.3~8.7	SM	20/30~50/11
	동화암	16.0~31.5	0.6~6.6	WR	50/10~50/2
연암	17.0~33.0	5.9~20.0		0~82	
결암	26.6~56.2	20~22.40	면암	6~95	

•중점 Bar-U-Type구간 기초지연부는 퇴적 자갈층이 분포하고 상부에는 매립 모래층 분포

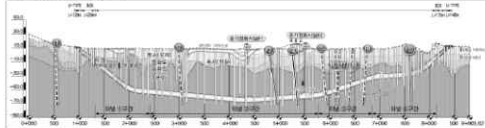
➔ 램프 개착구간-인천 방향(Ramp-D)



구분	심도(m)	층수(m)	USCS/토질분류	N ₆₀ (ROD)	
매립층	0.0	1.5~5.0	SM	2/30~19/30	
지반층	점성토	2.6	1.6	ML	8/30~15/30
	모래	15.0	0.7~14.5	SM, SP, SD	2/30~50/23
	자갈	3.6~16.5	7.1~12.7	GP, GM, GW	13/30~50/6
	풍화토	13.7~24.7	1.2~8.7	SM	20/30~60/11
	회암	12~31.5	0.6~6.6	WR	0/10~50/2
연암	14.5~33.0	28~33.0(7.4)		50~100	
경암	17.1~56.2	19~32.0(4.4)	편마암	6~100	

*Box 구간 N값 13/30~50/6의 외적 자갈층이 주로 분포, U-Type 구간 매립 모래층이 분포

④ 터널구간 자중분석



- 66 -



● 터널 ①구간(STA.1+319~2+420)

구	비	습한지(50m)	습률(%)	USCS/분류지점	N200/ROD(%)
매	부	0.0	2.2~3.5	SM, SC	1/30~1/30
미	형	2.3~3.8	2.0~13.2	SM, CL	2/30~4/30
	로	2.2~12.6	1.2~6.0	SM, SC, SP	4/30~34/30
	조	7.0~8.8	1.0~1.5	GP, SM	3/30~4/30
중	하	5.5~18.7	1.0~9.3 이상	SM	5/30~50/11
중	상	7.0~28.0	0.5~15.0	면역질	50/10~50/2
경	상	7.8~43.0	0.4~27.8 이상	면역질	0~9
경	하	16.8~55.7	2.5~51.4 이상	면역질	23~100

구 분	지 출 분 석
타 인 사 용	·세무상변 신고금(기초세) 대변보 영안 및 계약으로 구성

터널 상단	• 상부 0.5H 구간은 대부분 연암 및 양암으로 구성
0.5H 구간	• STA. 1+319구간은 상부 1.0D 상부에 풍화대 분포
터널 바닥	• 타원통과 구간은 시암부는 연암이 STA. 1+750 이후부터는 경암이 우세함
터널 구간	• 연암과 II~IV 등급은 편차가 심함

- 터널 ②구간(STA.2+420~5+794)

구 분	출입점(도)	출점(%)	USCS/분포출점	NZU/ROD(%)	
매 입 품	0.0	1.7~6.7	GP, SM, SC, SP, CL	1/50~50/2	
회 적 품	정성품	1.7~6.7	CL, ML	1/30~19/30	
	오 래	2.5~15.5	1.2~12.3	SM, SC	5/100~50/100
	자 갈	6.0~21.5	0.5~15.1	GP, GM, GW	7/50~50/5
용 회 품	14.5~25.3	0.5~20.0	SM	1/30~50/8	
용 회 품	18.0~39.0	0.6~16.6	반합금	50/10~50/2	
연 알	18.9~45.5	1.0~54.1 이상	반합금	0~88	
연	22.8~53.7	14.0~60.4 이상	반합금	0~100	

구 분	지 총 분 석
회 사 수 명	-6814명 중(국외) 92 명(국외) 제외하고 재평가 재평가 20

타 동 구 간	• 다중통과구간인 F3, F4 통과구간을 제외하고 대부분 양호함. 현도
0.5 H 구 간	• 대부분 1~10등급으로 비교적 양호한 양상분포
터 널	• 다중통과구간은 대부분 경양호 분포함. RQD = 41~100%
통 과 구 간	• 안정성과 인접하여 F3, F4 단층대 통과구간(FB-11, NATB-2, 3, NTB-15)은 단층활동 및 비파괴 무해

• 터널 ③구간(STA.5+794~6+873)

구분	출현빈도(n)	출현%	USCS/분류방법	NZ/ROD(%)	
매립토	0.0	1.1~3.9	SM, SC, ML, CL	2/30~50/21	
	점성토	1.3~2.6	1.1~96	ML, CL	2/30~12/30
퇴적층	모래	2.0~12.2	2.6~11.8	SM, SP	4/30~50/11
	자갈	10.5~14.8	8.0~13.0	GP, GM, GW	10/30~50/6
풍화토	21.8~24.3	2.9~11.2	SM	18/30~50/8	
풍화암	27.5~32.0	0.6~7.0	면암	50/10~50/2	
연암	25.4~36.5	1.9~26.6 이상	면암	0~62	
	30.0~55.0	11.0~32.5 이상	면암	0~100	

- 67 -

제5장 상세조사 결과



구분	지속 분석
터널 상단 0.5H 구간	•터널상부 0.5H구간은 대부분 경암으로 구성 •3구구 중량부인 STA. 6+800 주변부는 암질상대가 불균일 연암이 길게 분포
터널 구간	•터널통과구간은 대부분 경암으로 분포, 암반등급은 II~III등급으로 양호함 •터널상부에서 단층파쇄대를 확인하였으나, 통과구간 하부까지 연장성은 확인되지 않음

• 터널 ④구간(STA.6+873~8+160)

구 분	출입심도(m)	층수(층)	USCS/분포광물	N값(ROD%)	
배 합 층	0.0	1.5~0.0	SP, SM, ML	2/30~19/30	
퇴적층	점성토	1.7~7.5	0.8~3.3	CL, ML	7/30~15/30
	모래	1.5~5.0	0.7~1.45	SP, SM	2/30~50/22
	자갈	2.9~16.5	7.1~12.7	GP, GM, GW	13/30~50/6
풍 화 토	13.4~24.7	0.5~8.7	SM, SC	5/30~50/11	
풍 화 암	12.9~31.5	0.6~6.6	편마암	50/10~50/2	
연	14.5~33.0	2.2~33.7 이상	편마암	0~62	
경	17.1~46.2	1.8~24.9 이상	편마암	6~100	

3	M	11
---	---	----

구분	시정분석
터널상단 0.5H 구간	• 타당성부 0.5H구간은 대부분 퇴적모래, 자갈층, 풍화암, 풍화암, 연암 및 경암으로 구성 • STA. 7+645부터 토사, 풍화암 무세
터널과 구간	• STA. 7+667까지 연암이 우세하고 이후로 풍화암, 풍화암이 주로 분포 • ATB-17~19, NATB-6, 7부근에는 암질대각이 불량한 연암이 급개 분포

- 68 -



5.1.6 GPR탐사

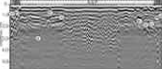
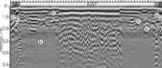
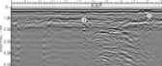
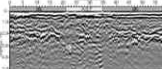
기본방향

- U-Type 용벽 및 개착구간에 위치하는 자장물 현황에 대한 매설심도 정밀조사 실시(12측선)
- 현황분석시 파악된 자장물의 실제위치 및 매설심도 파악

☞ 탐사위치 및 현황(기본설계)



▶ 탐사결과 및 분석(기본설계)

측 선	탐사결과	분포심도(GL-m)
GPR-1 (여역도 0400.0)	 The figure shows two panels for GPR-1. The left panel is a raw GPR data plot with a vertical axis from 0 to 100 and a horizontal axis from 0 to 10. The right panel is an interpretation diagram showing a cross-section of the ground with various features labeled with numbers and distances.	•상수도: 0.7~3.0m •하수도: 0.9~1.7m •미상관: 1.2~1.7m
GPR-2 (여역도 0409.0)	 The figure shows two panels for GPR-2. The left panel is a raw GPR data plot with a vertical axis from 0 to 100 and a horizontal axis from 0 to 10. The right panel is an interpretation diagram showing a cross-section of the ground with various features labeled with numbers and distances.	•상수도: 0.8~3.0m •하수도: 0.7~1.2m •미상관: 1.3m
GPR-3 (인 천 0409.9~ 1408.5)	 The figure shows two panels for GPR-3. The left panel is a raw GPR data plot with a vertical axis from 0 to 100 and a horizontal axis from 0 to 10. The right panel is an interpretation diagram showing a cross-section of the ground with various features labeled with numbers and distances.	•하수도: 0.9~1.2m
GPR-4 (여역도 0409.9~ 1409.4)	 The figure shows two panels for GPR-4. The left panel is a raw GPR data plot with a vertical axis from 0 to 100 and a horizontal axis from 0 to 10. The right panel is an interpretation diagram showing a cross-section of the ground with various features labeled with numbers and distances.	•미상관: 3.2m

- 71 -

2.3 기존 점검 및 진단자료 분석

2.3.1 점검 및 진단 이력

신월여의지하도로(인천방향)는 1종 시설물로서 2021년 4월 15일에 준공이후, 기준에 따라 지속적으로 점검을 실시해 왔으며, 현재까지 정기안전점검 5회를 실시한 것으로 확인되었으며, 그 이력사항은 다음과 같다.

【표 2.3.1】 점검 및 진단 이력

구분		점검기간	점검기관	안전 등급	주요점검/진단 결과
1	정기안전 점검	2021-12-20~ 2021-12-31	(주)명성엔지니어링	양호	-라이닝파손, 누수및백태 -접속터널횡갱누수 -신호등파손
2	정기안전 점검	2022-06-22~ 2022-06-30	(주)명성엔지니어링	양호	-본선천단부(슬래브)균열, 누수, 백태, 파손, 박리, 피복부족, 시공미흡 -본선측벽부누수, 백태, 파손, 타일탈락 -본선공동구덮개파손 -RAMP천단부(슬래브)균열 -RAMP풍도슬래브파손 -RAMP측벽부누수, 누수혼적, 백태 -U-type옹벽균열 -부대시설횡갱누수, 전기설체수, 소화수조누수및백태 -부속시설신호기파손
3	정기안전 점검	2022-10-04~ 2022-12-21	(주)명성엔지니어링	양호	-본선천단부(슬래브)균열, 누수, 백태, 파손, 박리, 피복부족, 시공미흡 -본선측벽부누수, 백태, 파손, 타일탈락 -본선공동구덮개파손 -RAMP천단부(슬래브)균열 -RAMP풍도슬래브파손 -RAMP측벽부누수, 누수혼적, 백태, 결빙, 타일탈락 -U-type옹벽균열 -부대시설횡갱체수, 전기설체수, 소화수조누수및백태 -부속시설신호기파손
4	정기안전 점검	2023-04-17~ 2023-06-30	(주)명성엔지니어링	양호	-본선천단부(슬래브)균열및재균열, 누수, 백태, 파손, 박리, 피복부족, 표면불량, 시공미흡 -본선측벽부백태, 누수, 파손, 철근노출, 박리, 박락, 타일탈락 -본선포장부파손 -본선공동구덮개파손, 파손, 실란트미시공 -RAMP천단부(슬래브)상태양호 -RAMP풍도슬래브파손 -RAMP측벽부누수및누수혼적, 백태, 타일탈락 -U-type옹벽상태양호 -부대시설횡갱체수, 백태, 소화수조누수및백태, 누수혼적 -부속시설신호기파손

【표 2.3.1】 점검 및 진단 이력(계속)

구분	점검기간	점검기관	안전 등급	주요점검/진단 결과
5	정기안전 점검	2023-10-17~ 2023-12-22 (주)명성엔지니어링	양호	-본선천단부(슬래브)균열및재균열, 누수, 백태, 파손, 박리, 피복 부족, 표면불량, 시공미흡 -본선측벽부백태, 누수, 파손, 철근노출, 박리, 박락, 타일탈락 -본선포장부파손 -본선공동구덮개파손, 파손, 실란트미시공 -RAMP천단부(슬래브)상태양호 -RAMP풍도슬래브파손 -RAMP측벽부누수및누수흔적, 백태, 타일탈락 -U-type옹벽상태양호 -부대시설형강누수, 체수, 백태, 소화수조누수및백태, 누수흔적 -부속시설신호기파손

2.3.2 기존 정밀안전점검 분석

신월여의지하도로(인천방향)는 금회(2024년 상반기)에 실시하는 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2.4 보수 · 보강 이력

【표 2.4.1】 보수·보강 이력

번호	보수시기	공사구간	공사내역	시공사
1	~2023년	라이닝 공동구 등	준공이후 열화부 하자보수(부분)	-

2.5 내진설계 여부

본 과업대상 구조물은 설계 당시 내진설계가 반영된 것으로 확인되었다.

【표 2.5.1】 내진설계 이력

내진설계 적용유무	내진설계 반영여부	비고
적용	구조계산서 확인 결과 내진설계를 적용한 것으로 확인됨.	

2.6 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS (시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

2.7 자료분석 결과요약

본 과업의 효과적인 용역 수행을 위하여 건설관련 자료와 유지관리 자료(기 점검자료, 보수보강자료 등) 등을 입수하였으며, 수집 자료를 검토한 결과 및 진단과업 진행방향은 다음과 같다.

【표 2.7.1】 자료분석 결과요약

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교·검토 후, 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○전차 안전점검 자료를 확인한 결과, 일부 부재에서 손상이 확인되었고, 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검함	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기안전점검 총 5회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적절하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

제3장 현장조사 및 시험

3.1 현장조사 개요

3.2 터널 측점분할

3.3 현장조사 결과

3.4 내구성 시험 및 측정 개요

3.5 내구성 조사 결과

제3장 현장조사 및 시험 개요

3.1 현장조사 개요

본 과업대상인 신월여의지하도로(인천방향)는 서울특별시 영등포구 영등포동 7가 94-411에 위치하며 2021년 04월 15일에 준공된 총길이 7,085m(Ramp-D구간 674m), 2차로(합류구간 3차로)의 지하도로다.

외관조사는 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-터널편(2023.12, 국토교통부/국토안전관리원)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는 데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

본 시설물의 외관조사시에는 풍도슬래브 내부로 이동작업하여 라이닝 및 풍도슬래브 상부를 조사하고, 그 외 포장부 및 공동구, 측벽 등은 도보를 이용하여 구조물에 최대한 근접한 상태에서 조사를 실시하였다.

본 장에서는 외관조사 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 외관조사망도를 작성하여 향후 점검 및 유지관리시 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.

3.1.1 현장조사 수행 현황

지하도로 외관조사는 조명장비, 점검차량, 카메라 등의 접근장비를 이용하여 최대한 지하도로 슬래브에 근접한 후 육안조사를 실시하였으며, 조사결과는 지보패턴, 주변구조물의 상태, 주변 지형상태 등을 고려하여 분석하였다.



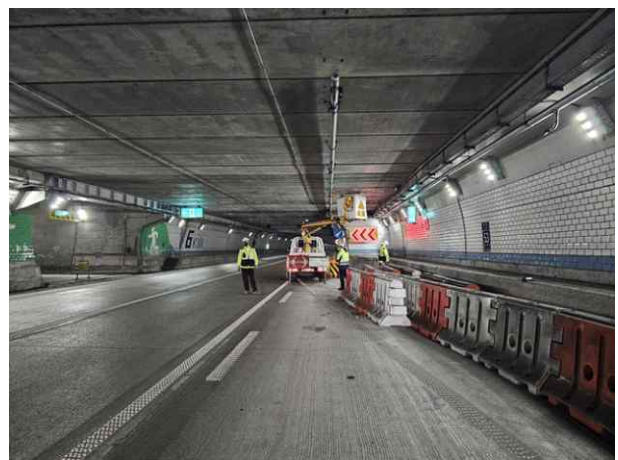
지하차도 내부 이동점검



지하차도 내부 이동점검



지하차도 내부 이동점검



지하차도 내부 이동점검



비파괴시험



비파괴시험

【사진 3.1.1】외관조사 전경

3.1.2 현장조사 항목

가. 터널 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

【표 3.1.1】 터널 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기안전점검	정밀안전점검	정밀안전진단	
기본 시설물	◦라이닝	○	○	○	
	◦갱문	○	○	○	
	◦개착터널	○	○	○	
	◦지하도로	○	○	○	
	◦지하역사1)	○	○	○	
부대 시설물	◦연직갱 및 경사갱	○		○	
	◦환기구2)	○		○	
	◦피난연락갱	○		○	
	◦연결터널(환기시설)	○		○	
	◦갱구부옹벽	○		○	
공중이 이용하는 부위	◦추락방지시설	○	○	○	
	◦도로포장	○	○	○	
	◦도로부 신축이음부	○	○	○	
	◦환기구 등의 덮개	○	○	○	

나. 상태변화 점검항목

【표 3.1.2】 터널의 상태변화 점검항목

구 분	점 검 항 목
라이닝 상태	◦ 균열 ◦ 누수 ◦ 파손 및 손상 ◦ 재질열화 (박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)
터널주변 상태 등	◦ 배수상태 ◦ 지반상태 ◦ 갱문상태 ◦ 공동구상태 ◦ 특수조건 : 추가점수 부여

【표 3.1.3】 지하도로의 상태변화 점검항목

구 분	점 검 항 목
철근 콘크리트	◦ 균열, 누수 ◦ 파손 및 손상 ◦ 재질열화 (박리, 층분리 및 박락, 백태, 철근노출, 탄산화, 염화물)
지하도로주변 상태 등	◦ 배수상태 ◦ 갯문상태

다. 정밀안전점검 점검항목

금회 정밀안전점검시 현장답사, 기존자료 등을 토대로 외관조사 방법을 결정하였으며, 부위별 점검항목별로 외관조사를 실시하였다.

【표 3.1.4】 정밀안전점검 점검항목

점 검 부 위	점 검 항 목	비고
터널내부	◦ 라이닝 등 주요변상 · 균열, 누수, 파손 및 손상 · 박리, 박락, 백태 · 철근노출 등 ◦ 하중상태의 변화 ◦ 기타조사 ◦ 반발경도법에 의한 강도조사 ◦ 탄산화 시험	
터널외부	◦ 갯문의 주요변상 · 균열, 침하 등 ◦ 공중이 이용하는 부위 ◦ 결함원인분석을 위한 지상부조사	

【표 3.1.5】 공중이 이용하는 부위 점검항목

점 검 부 위	점 검 항 목	비고
공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설의 상태 ◦ 도로부 포장 및 신축이음부 상태 ◦ 환기구 등의 덮개 상태 ◦ 기타조사	

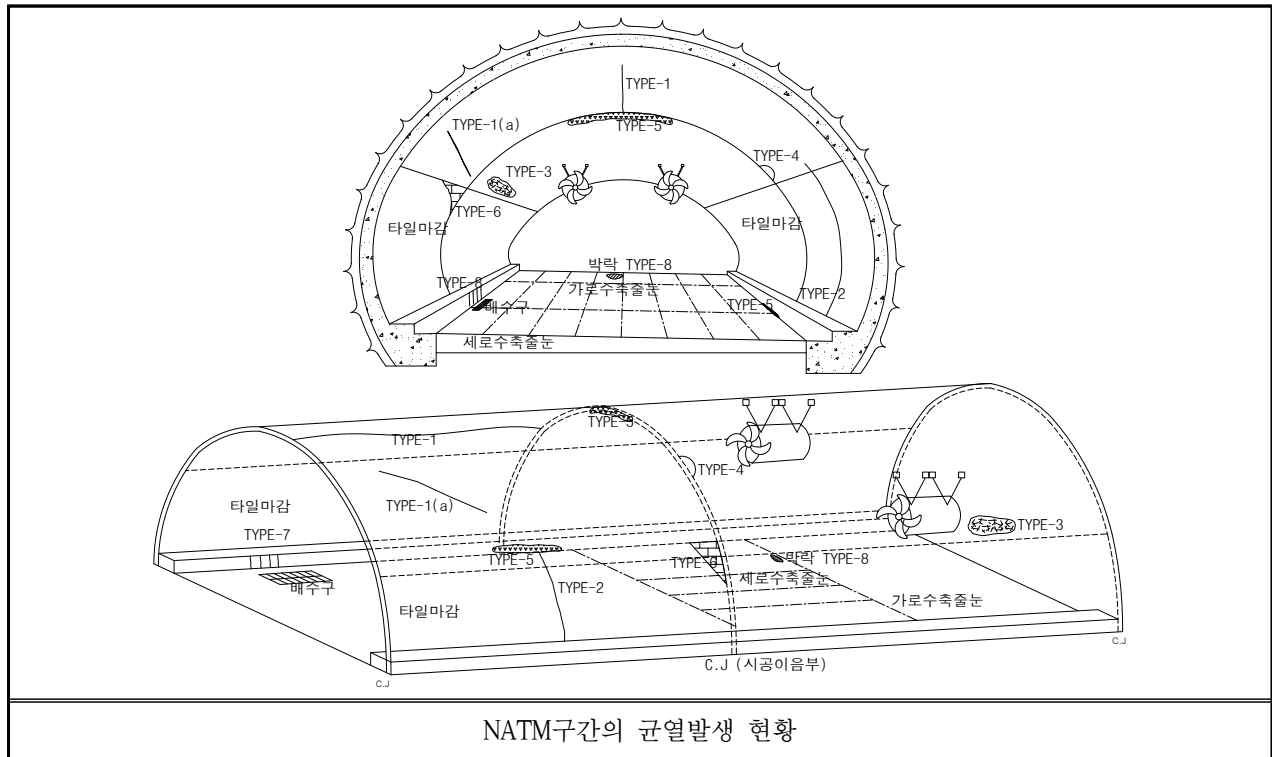
라. 부재별 주요조사 항목

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

【표 3.1.6】 부재별 주요조사 항목

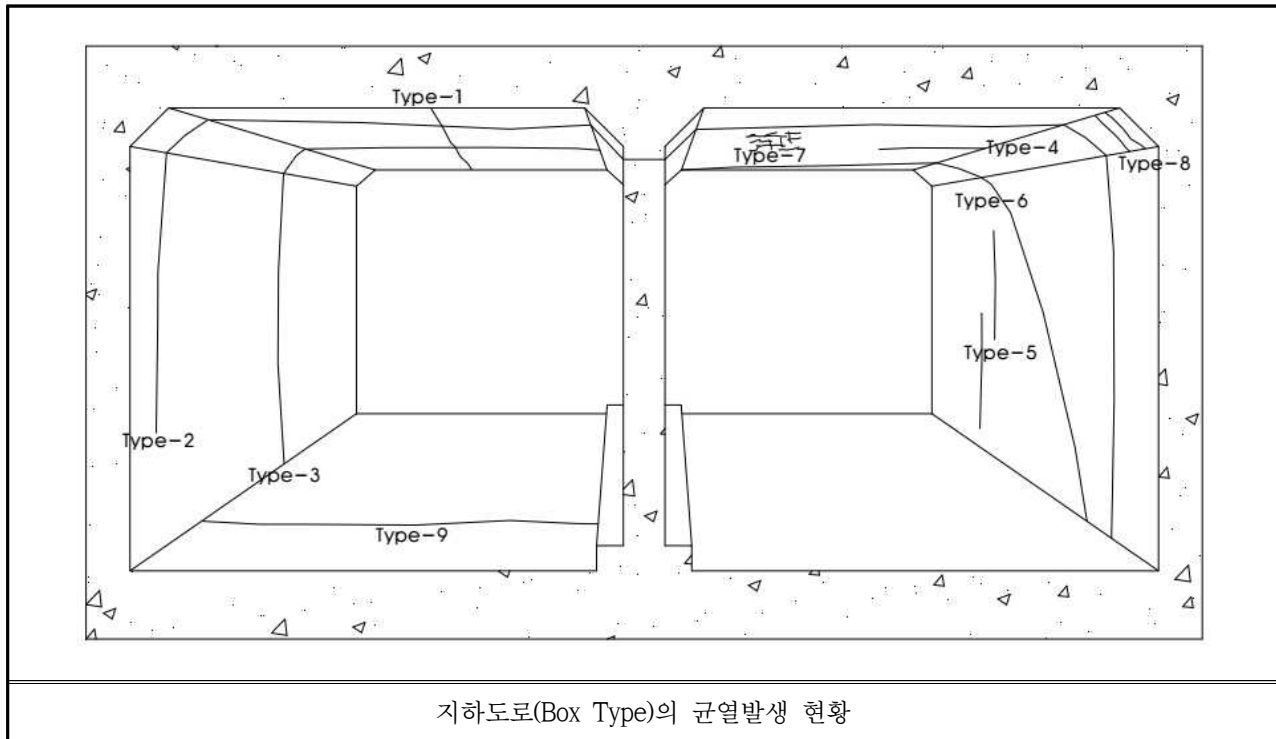
구 분		조 사 항 목	비 고
현장답사		•현장접근에 필요한 고소차, 사다리 등의 접근방법, 일정계획을 수립 •예비조사를 통해 구조물에 발생된 주요 결함을 형태별로 분류 •결함 및 손상의 발생 원인을 추정하고 조사방향 결정 •현장조사 안전조치 사항	
기존자료 검토		•천단부 및 측벽부 라이닝 균열 발생 유무, 보수 유무 확인 •조인트부 반원형 균열 발생, 들뜸 및 박락, 누수 유무 확인 •공동구 균열 발생 및 진전 유무 확인 •포장부 균열 발생 및 진전 유무 확인	
NATM구간	천단부 측벽부	•천단부 및 측벽부 라이닝 균열 발생 유무, 보수 유무 확인 •조인트부 반원형 균열 발생, 들뜸 및 박락, 누수 유무 확인	
BOX구간	슬래브 벽체	•균열, 단차, 누수상태 •박리, 박락 및 변형조사 •조인트부 누수 및 손상상태	
기타구간	포장부 공동구 배수시설	•균열, 박리, 파손, 침하 유무 확인 •균열, 박리, 박락 유무 확인 •배수상태 •배수구 덮개 파손 및 망실	
U-TYPE 구간	옹벽	•벽체 균열 및 누수상태조사 •기타 콘크리트 열화상태 조사 •콘크리트 박리, 박락 상태조사	

【표 3.1.7】 NATM구간 주요 손상현황



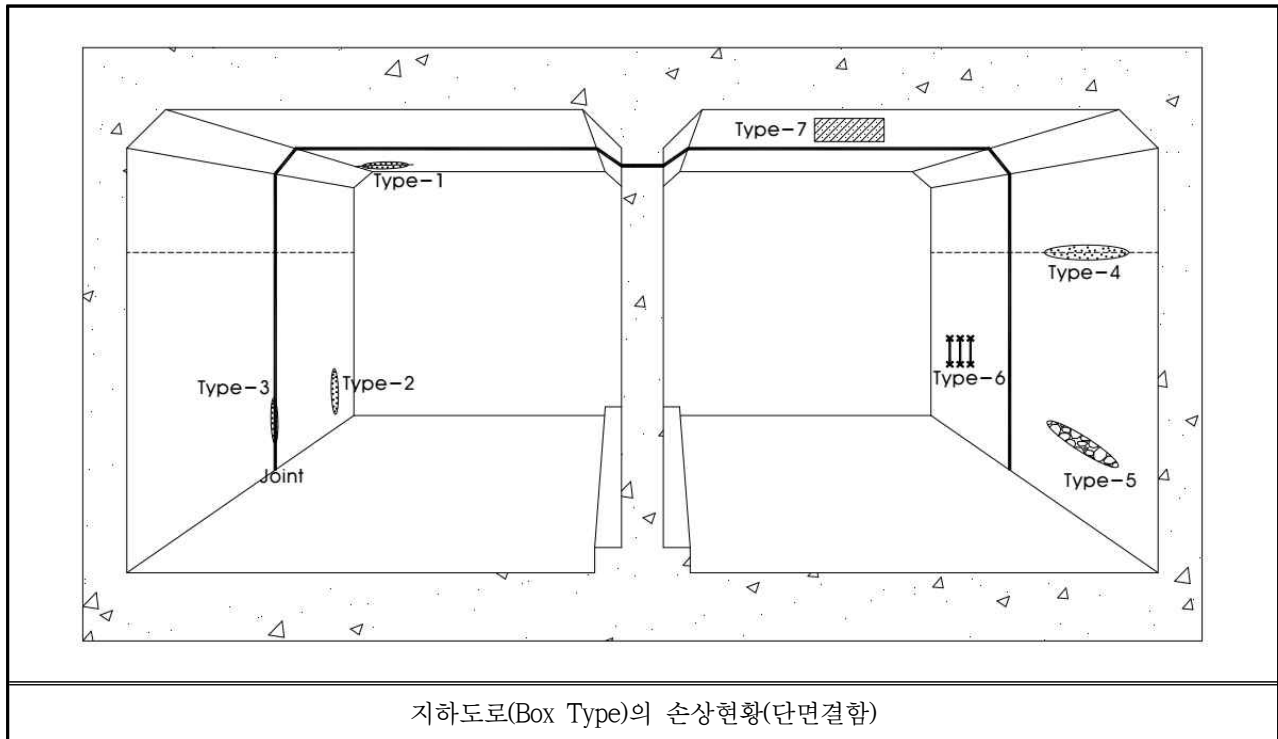
구분	손상내용	발생원인
Type-1	- 종방향균열 ■ 구조적 균열인 경우 ■ 비구조적 균열인 경우	■ 이완토압, 지압작용, 지보공 편중침하 ■ 건조수축, 횡방향 온도변화
Type-1(a)	- 사방방향균열 ■ 구조적 균열인 경우 ■ 비구조적 균열인 경우	■ 부등침하 ■ 초기수화열, 건조수축, 온도균열
Type-2	■ 횡방향균열	■ 종방향구속, 건조수축
Type-3	■ 망상균열	■ 동결융해 및 화학작용 ■ 콘크리트 비비기를 시작하여 타설까지의 시간과다
Type-4 시공이음부 반원형균열	■ 시공이음부 반원형균열	■ 거푸집 조기탈영 및 시공이음부 시공 미진 ■ 슬럼프가 큰 콘크리트 타설 ■ 천장부 라이닝 두께 부족
Type-5	■ 누수 및 공동구 하부 누수	■ 시공이음 경계부에 방수결함
Type-6	■ 타일마감부의 박락	■ 시공이음부에 맞닿아 발생
Type-7	■ 공동구 측면 파손 및 횡방향 균열	■ 종방향 구속
Type-8	■ 가로 및 세로수축줄눈부의 줄눈부 박락 및 노면 재료분리	■ 시공미흡, 건조수축

【표 3.1.8】 BOX구간 주요 손상현황(균열)



구 분	손상내용	발생원인
Type-1	종방향균열 (슬래브 중앙부 및 헌치부 발생)	• 거푸집 조기 탈형, 초과 가설하중 재하, 인장철근의 절단(절곡)위치 불량, 내하력 저하, 설계하중 이상의 초과하중 재하
Type-2	2런박스 연결 횡방향 균열	• 수화열, 건조수축, 종방향 부등침하
Type-3	1런박스 횡방향 균열	• 수화열, 종방향 부등침하
Type-4	슬래브 횡방향 균열	• 수화열, 건조수축
Type-5	벽체 수직균열	• 수화열, 건조수축
Type-6	벽체-슬래브 연결 사방향균열	• 종방향 부등침하
Type-7	망상균열	• 건조수축, 시공불량
Type-8	헌치부 균열	• 건조수축
Type-9	바닥 횡방향 균열	• 건조수축

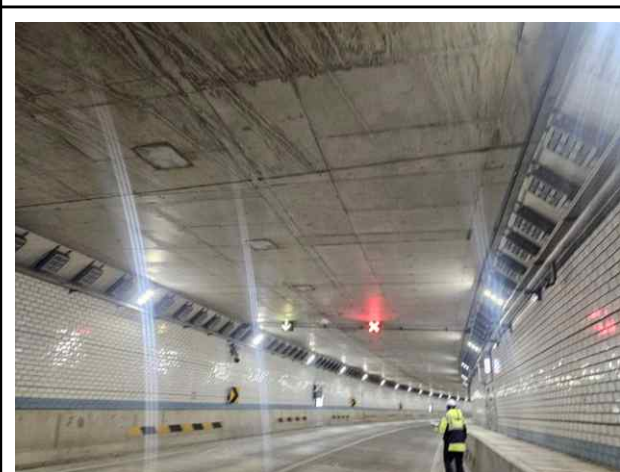
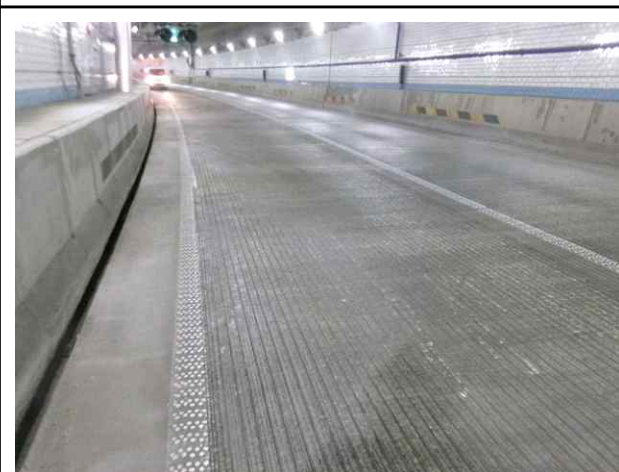
【표 3.1.8】 BOX구간 주요 손상현황(단면결합)



구 분	손상내용	발생원인
Type-1	균열부 누수 및 백태	• 관통균열로 인한 지하수 유입
Type-2	구체(단면)을 통한 누수 및 백태	• 단면 내부의 재료분리, 공동 등의 치밀성 부족 결함부를 통한 누수
Type-3	Joint부 누수 및 백태	• Joint부 방수처리 시공 불량, 유도배수관 설치 불량
Type-4	벽체 시공이음부 백태 면상백태	• 시공이음부에 발생된 균열을 통해 누수 • 시공이음부 재료분리부(치밀성부족)를 통한 누수
Type-5	재료분리(표면)	• 시공시 다짐불량
Type-6	철근노출	• 시공시 설계피복두께 미확보
Type-7	보수부 손상 재발생	• 보수 시공 불량
Type-8	기타 손상	• 결로현상, 누수흔적, 철근 녹물흔적, 체수

3.1.3 하중상태 등 조사

본 지하도로에 대한 준공도면과 현재 부재의 상태를 확인한 결과, 대체로 준공도면과 일치하는 것으로 확인되었으며, BOX구간 및 NATM구간에 준공이후 균열보수, 누수보수 등 주기적으로 보수를 실시하였다. 현재, 종점측(요금소부근) 부근에 가산드림타워 지식산업센터 신축공사를 실시하고 있는 중으로 확인되었다.

	
NATM구간 천단부 전경	NATM구간 도로부 전경
	
BOX구간 슬래브 전경	BOX구간 도로부 전경

【사진 3.1.2】 하중상태 등 조사

3.2 터널 측점분할

외관조사 및 시험, 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위하여 시공이음 경계를 기준으로 하여 측점분할(Span No.)을 실시하였으며, 준공도서 검토를 통해 무근구간, 철근보강구간, BOX구간을 구분하여 정리하였다. 또한, 상태평가를 실시하는 기준 약 30m의 거리를 맞추기 위해 대략 Span 3개소를 합쳐 1개의 Sheet로 하여 상태평가를 실시하였다.

【표 3.2.1】 측점분할 자료 인천방향

구분	Sheet	SPAN BOX	철근 무근	거리 (m)	누적거리 (m)	구분	Sheet	SPAN BOX	철근 무근	거리 (m)	누적거리 (m)
NATM 구간	001	S007~S010	철근	29.6	29.6	NATM 구간	036	S132~S134	무근	25.8	859.4
	002	S011~S014	철근	27.3	56.9		037	S135~S136	무근	16.2	875.6
	003	S015~S018	철근	26.5	83.4		038	S137~S139	철근	28.8	904.4
	004	S019~S022	철근	26.3	109.7		039	S140~S142	철근	26.0	930.4
	005	S023~S026	철근	26.9	136.6		040	S143~S145	철근	26.7	957.1
	006	S027~S030	철근	29.6	166.2		041	S146~S148	철근	26.4	983.5
	007	S031~S034	철근	29.4	195.6		042	S149~S152	무근	27.1	1,010.6
	008	S035~S037	철근	25.8	221.4		043	S153~S155	무근	29.8	1,040.4
	009	S038~S040	철근	24.1	245.5		044	S156~S158	무근	30.0	1,070.4
	010	S041~S043	무근	21.7	267.2		045	S159~S160	철근	19.5	1,089.9
	011	S044~S045	철근	18.4	285.6		046	S161~S163	무근	28.1	1,118.0
	012	S046~S047	철근	13.3	298.9		047	S164~S165	무근	20.7	1,138.7
	013	S048~S050	무근	26.9	325.8		048	S166~S167	무근	21.7	1,160.4
	014	S051~S052	무근	17.3	343.1		049	S168~S169	무근	21.6	1,182.0
	015	S053~S055	철근	21.5	364.6		050	S170~S171	무근	21.6	1,203.6
	016	S056~S059	철근	27.1	391.7		051	S172~S173	무근	22.8	1,226.4
	017	S060~S063	철근	23.1	414.8		052	S174~S175	무근	23.6	1,250.0
	018	S064~S068	철근	27.3	442.1		053	S176~S177	철근	23.8	1,273.8
	019	S069~S071	철근	15.5	457.6		054	S178~S179	무근	22.6	1,296.4
	020	S072~S074	철근	15.4	473.0		055	S180~S181	무근	24.0	1,320.4
	021	S075~S076	무근	9.1	482.1		056	S182~S183	무근	24.0	1,344.4
	022	S077~S080	철근	21.5	503.6		057	S184~S185	무근	24.0	1,368.4
	023	S081~S082	무근	10.0	513.6		058	S186~S187	무근	24.1	1,392.5
	024	S083~S085	철근	30.1	543.7		059	S188~S189	무근	24.0	1,416.5
	025	S086~S090	무근	26.6	570.3		060	S190	무근	12.0	1,428.5
	026	S091~S096	무근	29.5	599.8		061	S191~S192	철근	24.1	1,452.6
	027	S097~S102	무근	26.8	626.6		062	S193~S194	무근	21.9	1,474.5
	028	S103~S108	무근	28.7	655.3		063	S195~S196	무근	22.3	1,496.8
	029	S109~S114	무근	27.0	682.3		064	S197~S198	무근	21.9	1,518.7
	030	S115~S117	무근	19.3	701.6		065	S199~S200	무근	22.0	1,540.7
	031	S118~S119	무근	14.6	716.2		066	S201~S202	무근	24.1	1,564.8
	032	S120~S122	철근	29.6	745.8		067	S203~S204	무근	24.1	1,588.9
	033	S123~S125	무근	29.8	775.6		068	S205~S206	무근	24.0	1,612.9
	034	S126~S128	무근	28.1	803.7		069	S207~S208	철근	24.0	1,636.9
	035	S129~S131	무근	29.9	833.6		070	S209~S210	무근	21.9	1,658.8

【표 3.2.1】측점분할 자료 인천방향(계속)

구분	Sheet	SPAN BOX	철근 무근	거리 (m)	누적거리 (m)	구분	Sheet	SPAN BOX	철근 무근	거리 (m)	누적거리 (m)
NATM 구간	071	S211~S212	무근	21.9	1,680.7	NATM 구간	106	S279~S280	무근	21.8	2,458.8
	072	S213~S214	무근	22.8	1,703.5		107	S281~S282	무근	24.4	2,483.2
	073	S215~S216	무근	24.0	1,727.5		108	S283~S284	무근	24.0	2,507.2
	074	S217~S218	무근	24.0	1,751.5		109	S285~S286	무근	24.0	2,531.2
	075	S219~S220	무근	24.0	1,775.5		110	S287~S288	무근	24.1	2,555.3
	076	S221~S222	무근	23.9	1,799.4		111	S289~S290	무근	24.0	2,579.3
	077	S223	무근	11.8	1,811.2		112	S291~S292	무근	24.0	2,603.3
	078	S224~S225	철근	24.0	1,835.2		113	S293~S294	철근	24.3	2,627.6
	079	S226~S227	무근	21.8	1,857.0		114	S295~S297	철근	25.9	2,653.5
	080	S228~S229	무근	21.8	1,878.8		115	S298~S299	무근	24.3	2,677.8
	081	S230~S231	무근	21.9	1,900.7		116	S300~S301	무근	24.0	2,701.8
	082	S232~S233	무근	21.9	1,922.6		117	S302	무근	12.0	2,713.8
	083	S234~S235	무근	23.3	1,945.9		118	S303~S304	철근	24.0	2,737.8
	084	S236~S237	무근	23.8	1,969.7		119	S305~S306	철근	21.2	2,759.0
	085	S238~S239	무근	23.8	1,993.5		120	S307~S308	무근	21.9	2,780.9
	086	S240	무근	12.0	2,005.5		121	S309~S310	무근	22.7	2,803.6
	087	S241~S242	철근	23.6	2,029.1		122	S311~S312	무근	24.1	2,827.7
	088	S243~S244	무근	22.0	2,051.1		123	S313~S314	무근	24.2	2,851.9
	089	S245~S246	무근	21.7	2,072.8		124	S315	무근	12.0	2,863.9
	090	S247~S248	무근	24.0	2,096.8		125	S316~S317	철근	24.3	2,888.2
	091	S249~S251	무근	26.8	2,123.6		126	S318~S320	무근	19.8	2,908.0
	092	S252~S253	무근	21.1	2,144.7		127	S321~S323	철근	29.9	2,937.9
	093	S254~S255	무근	24.0	2,168.7		128	S324~S325	철근	19.8	2,957.7
	094	S256~S257	무근	24.1	2,192.8		129	S326~S328	무근	29.9	2,987.6
	095	S258	무근	12.3	2,205.1		130	S329~S331	철근	30.0	3,017.6
	096	S259~S260	철근	24.4	2,229.5		131	S332~S334	철근	29.7	3,047.3
	097	S261~S262	무근	22.2	2,251.7		132	S335~S337	철근	29.9	3,077.2
	098	S263~S264	무근	22.1	2,273.8		133	S338~S340	철근	24.5	3,101.7
	099	S265~S266	무근	22.1	2,295.9		134	S341~S343	철근	30.3	3,132.0
	100	S267~S268	무근	22.3	2,318.2		135	S345~S346	철근	30.1	3,162.1
	101	S269~S270	무근	22.2	2,340.4		136	S347~S349	철근	30.0	3,192.1
	102	S271~S272	무근	24.4	2,364.8		137	S350~S351	철근	19.9	3,212.0
	103	S273~S274	무근	24.1	2,388.9		138	S352~S353	철근	15.4	3,227.4
	104	S275~S276	무근	24.1	2,413.0		139	S354~S356	무근	25.2	3,252.6
	105	S277~S278	철근	24.0	2,437.0		140	S357~S358	무근	19.9	3,272.5

【표 3.2.1】측점분할 자료 인천방향(계속)

구분	Sheet	SPAN BOX	철근 무근	거리 (m)	누적거리 (m)	구분	Sheet	SPAN BOX	철근 무근	거리 (m)	누적거리 (m)
NATM 구간	141	S359~S360	철근	20.2	3,292.7	NATM 구간	176	S451~S453	무근	29.5	4,158.2
	142	S361~S363	무근	29.8	3,322.5		177	S454~S456	무근	29.6	4,187.8
	143	S364~S366	무근	25.0	3,347.5		178	S457~S458	무근	19.8	4,207.6
	144	S367~S369	무근	29.8	3,377.3		179	S459~S461	철근	29.9	4,237.5
	145	S370~S371	철근	20.1	3,397.4		180	S462~S464	무근	29.4	4,266.9
	146	S372~S374	무근	29.9	3,427.3		181	S465~S467	무근	29.6	4,296.5
	147	S375~S377	무근	30.1	3,457.4		182	S468~S470	무근	29.6	4,326.1
	148	S378~S380	무근	27.9	3,485.3		183	S471~S473	무근	30.0	4,356.1
	149	S381~S383	무근	26.9	3,512.2		184	S474~S476	무근	29.8	4,385.9
	150	S384~S386	무근	27.0	3,539.2		185	S477~S479	무근	30.2	4,416.1
	151	S387~S388	무근	17.9	3,557.1		186	S480~S481	철근	19.9	4,436.0
	152	S389~S390	무근	19.6	3,576.7		187	S482~S484	무근	29.6	4,465.6
	153	S391~S393	철근	23.7	3,600.4		188	S485~S487	무근	30.0	4,495.6
	154	S394~S396	무근	24.7	3,625.1		189	S488~S490	무근	29.8	4,525.4
	155	S397~S399	무근	29.7	3,654.8		190	S491~S493	무근	29.8	4,555.2
	156	S400~S402	무근	30.0	3,684.8		191	S494~S496	무근	29.7	4,584.9
	157	S403~S405	무근	29.7	3,714.5		192	S497~S499	무근	29.6	4,614.5
	158	S406~S408	무근	29.9	3,744.4		193	S500~S501	철근	20.2	4,634.7
	159	S409~S410	무근	14.8	3,759.2		194	S502~S504	무근	29.8	4,664.5
	160	S411~S413	철근	20.7	3,779.9		195	S505~S507	무근	30.0	4,694.5
	161	S414~S415	철근	17.0	3,796.9		196	S508~S510	무근	29.8	4,724.3
	162	S416~S417	철근	19.8	3,816.7		197	S511~S513	무근	29.8	4,754.1
	163	S418~S420	무근	26.6	3,843.3		198	S514~S516	무근	30.0	4,784.1
	164	S421~S422	무근	19.7	3,863.0		199	S517~S519	무근	29.8	4,813.9
	165	S423~S424	무근	16.3	3,879.3		200	S520~S521	철근	20.0	4,833.9
	166	S425~S427	철근	23.4	3,902.7		201	S522~S524	무근	29.9	4,863.8
	167	S428~S429	무근	18.0	3,920.7		202	S525~S526	무근	19.8	4,883.6
	168	S430~S431	철근	19.6	3,940.3		203	S527~S528	철근	20.0	4,903.6
	169	S432~S434	무근	29.7	3,970.0		204	S529~S530	무근	19.8	4,923.4
	170	S435~S436	무근	19.9	3,989.9		205	S531~S532	철근	20.0	4,943.4
	171	S437~S438	무근	19.8	4,009.7		206	S533~S534	철근	19.8	4,963.2
	172	S439~S441	철근	29.6	4,039.3		207	S535~S537	무근	29.9	4,993.1
	173	S442~S444	무근	29.6	4,068.9		208	S538~S539	무근	20.0	5,013.1
	174	S445~S447	무근	29.9	4,098.8		209	S540~S541	철근	19.9	5,033.0
	175	S448~S450	무근	29.9	4,128.7		210	S542~S544	무근	29.8	5,062.8

【표 3.2.1】측점분할 자료 인천방향(계속)

구분	Sheet	SPAN BOX	철근 무근	거리 (m)	누적거리 (m)	구분	Sheet	SPAN BOX	철근 무근	거리 (m)	누적거리 (m)
NATM 구간	211	S545~S547	무근	29.8	5,092.6	NATM 구간	246	S625~S626	무근	24.0	5,917.9
	212	S548~S550	무근	29.9	5,122.5		247	S627~S628	무근	24.0	5,941.9
	213	S551~S553	무근	29.9	5,152.4		248	S629~S630	무근	24.0	5,965.9
	214	S554~S556	무근	29.9	5,182.3		249	S631~S632	무근	15.4	5,981.3
	215	S557~S558	무근	19.8	5,202.1		250	S633~S635	철근	30.6	6,011.9
	216	S559~S560	무근	20.1	5,222.2		251	S636~S637	무근	21.0	6,032.9
	217	S561~S562	철근	19.8	5,242.0		252	S638~S639	무근	24.0	6,056.9
	218	S563~S565	무근	29.9	5,271.9		253	S640~S641	무근	24.0	6,080.9
	219	S566~S568	무근	29.9	5,301.8		254	S642~S643	무근	24.0	6,104.9
	220	S569~S571	무근	29.9	5,331.7		255	S644~S646	무근	28.0	6,132.9
	221	S572~S574	무근	29.7	5,361.4		256	S647~S648	무근	24.0	6,156.9
	222	S575~S577	무근	29.8	5,391.2		257	S649~S650	무근	24.0	6,180.9
	223	S578~S579	무근	19.8	5,411.0		258	S651~S653	철근	29.0	6,209.9
	224	S580~S581	무근	20.0	5,431.0		259	S654~S655	무근	23.8	6,233.7
	225	S582~S583	철근	15.3	5,446.3		260	S656~S657	무근	24.0	6,257.7
	226	S584~S586	무근	25.0	5,471.3		261	S658~S659	무근	24.1	6,281.8
	227	S587~S588	무근	19.8	5,491.1		262	S660~S661	무근	24.1	6,305.9
	228	S589~S590	철근	18.2	5,509.3		263	S662~S663	무근	24.2	6,330.1
	229	S591~S592	무근	24.2	5,533.5		264	S664~S665	무근	24.0	6,354.1
	230	S593~S594	무근	22.9	5,556.4		265	S666~S668	무근	26.0	6,380.1
	231	S595~S596	무근	24.0	5,580.4		266	S669~S670	철근	21.5	6,401.6
	232	S597~S599	무근	30.2	5,610.6		267	S671	철근	12.1	6,413.7
	233	S600~S601	무근	20.8	5,631.4		268	S672~S673	무근	20.0	6,433.7
	234	S602~S603	철근	19.1	5,650.5		269	S674~S675	무근	23.8	6,457.5
	235	S604	철근	12.0	5,662.5		270	S676~S677	무근	24.0	6,481.5
	236	S605~S606	무근	22.0	5,684.5		271	S678~S679	무근	24.0	6,505.5
	237	S607~S608	무근	24.0	5,708.5		272	S680~S681	무근	24.0	6,529.5
	238	S609~S610	무근	24.0	5,732.5		273	S682	무근	12.0	6,541.5
	239	S611~S612	무근	24.0	5,756.5		274	S683~S684	철근	19.8	6,561.3
	240	S613~S614	무근	24.0	5,780.5		275	S685~S686	무근	21.9	6,583.2
	241	S615~S616	철근	20.3	5,800.8		276	S687	무근	12.0	6,595.2
	242	S617~S618	무근	21.0	5,821.8		277	S688~S689	철근	24.0	6,619.2
	243	S619~S620	무근	24.0	5,845.8		278	S690~S691	철근	24.0	6,643.2
	244	S621~S622	무근	24.0	5,869.8		279	S692	철근	12.0	6,655.2
	245	S623~S624	무근	24.1	5,893.9		280	S693~S694	무근	24.0	6,679.2

【표 3.2.1】측점분할 자료 인천방향(계속)

구분	Sheet	SPAN BOX	철근 무근	거리 (m)	누적거리 (m)	구분	Sheet	SPAN BOX	철근 무근	거리 (m)	누적거리 (m)
NATM 구간	281	S695~S697	철근	23.8	6,703.0	BOX 구간	007	S705	철근	20.8	251.2
	282	S698	무근	12.0	6,715.0		008	S706	철근	20.0	271.2
	283	S699~S700	철근	23.9	6,738.9		009	S707	철근	20.2	291.4
	284	S701~S702	철근	24.0	6,762.9		010	S708	철근	17.8	309.2
	285	S703~S704	철근	23.1	6,786.0		011	S709	철근	24.3	333.5
BOX 구간	001	S001	철근	40.4	40.4		012	S710	철근	18.2	351.7
	002	S002	철근	40.1	80.5		013	S711	철근	40.6	392.3
	003	S003	철근	40.0	120.5		014	S712	철근	40.0	432.3
	004	S004	철근	40.2	160.7		015	S713	철근	41.0	473.3
	005	S005	철근	39.9	200.6		016	S714	철근	30.3	503.6
	006	S006	철근	29.8	230.4		017	S715	철근	24.3	527.9
RAMP-D											
구분	Sheet	SPAN BOX	철근 무근	거리 (m)	누적거리 (m)	구분	Sheet	SPAN BOX	철근 무근	거리 (m)	누적거리 (m)
NATM 구간	001	S001~S004	무근	27.2	27.2	NATM 구간	013	S036~S038	철근	26.7	334.2
	002	S005~S007	무근	27.2	54.4		014	S039~S041	철근	22.6	356.8
	003	S008~S010	무근	27.3	81.7		015	S042~S044	철근	27.0	383.8
	004	S011~S013	무근	27.3	109.0		016	S045~S047	철근	27.4	411.2
	005	S014~S016	무근	27.3	136.3		017	S048~S050	철근	27.4	438.6
	006	S017~S019	무근	27.4	163.7		018	S051~S054	철근	27.2	465.8
	007	S020~S021	무근	18.3	182.0	BOX 구간	001	S055	철근	40.0	40.0
	008	S022~S023	무근	18.1	200.1		002	S056	철근	40.7	80.7
	009	S024~S026	철근	27.1	227.2		003	S057	철근	40.8	121.5
	010	S027~S029	철근	26.8	254.0		004	S058	철근	40.8	162.3
	011	S030~S032	철근	26.7	280.7		005	S059	철근	30.5	192.8
	012	S033~S035	철근	26.8	307.5		006	S060	철근	16.7	209.5

3.3 현장조사 결과

본 지하도로는 기본시설물인 BOX구간, NATM구간, 갱문 및 부대시설물인 피난연락갱, 공기정화시설, 갱구부옹벽(U-TYPE) 등으로 시공되어 있다. 공중이 이용하는 부위는 도로포장, 환기구 등의 덮개가 있는 상태이다.

또한, 신월여의지하도로는 본선 및 RAMP 구간을 나누어 현장조사 결과를 작성하였다.

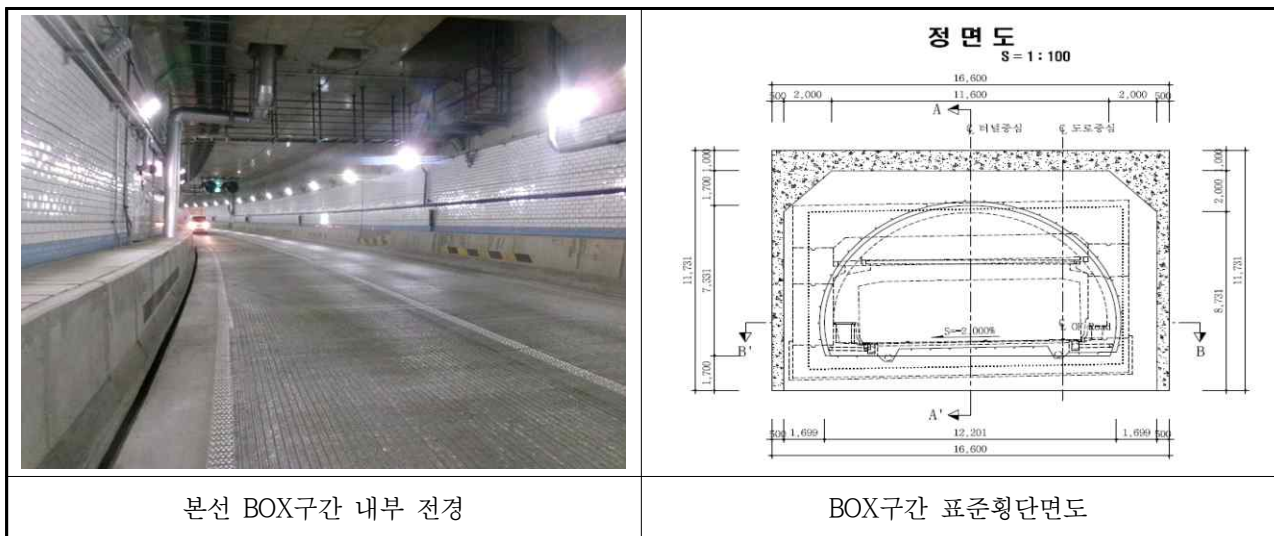
3.3.1 본선

본선구간은 시·종점의 BOX구간, 중간의 NATM구간 및 갱문으로 이루어진 구조물이며, 내부벽체는 타일로 마감처리 되어있다. 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. BOX구간

본선 BOX구간은 SPAN 1~6, 705~715에 시공되어 있다.

1) 슬래브



【사진 3.3.1】 BOX구간 슬래브 전경

- ① BOX구간 슬래브에 대한 외관조사 결과 균열(0.3mm이상), 균열부백태, 누수흔적, 누수(떨어짐, 스며있음) 등이 조사되었다.
- ② 균열(0.3mm이상)의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 주입보수를 실시하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

- ③ 균열부백태의 경우 미세균열부 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 손상의 정도는 미미하나 손상 진전 방지를 위해 표면처리 등의 보수가 요구된다.
- ④ 누수(떨어짐, 스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 대체로 시공이음부에서 확인되었으며, 누수는 철근콘크리트에 영향을 미치므로 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- ⑤ 누수흔적은 현재 누수가 발생하지 않은 상태로 우천시 누수여부에 대한 지속적인 주의 관찰이 요구된다.

	
본선 BOX구간 슬래브 S001 누수(떨어짐)	본선 BOX구간 슬래브 S003 균열(Cw=0.3mm)
	
본선 BOX구간 슬래브 S003 균열부백태	본선 BOX구간 슬래브 S003 누수(떨어짐)

【사진 3.3.2】 BOX구간 슬래브 손상현황

	
본선 BOX구간 슬래브 S003 누수(스며있음)	본선 BOX구간 슬래브 S005 누수흔적
	
본선 BOX구간 슬래브 S006 균열부백태	본선 BOX구간 슬래브 S712 누수(떨어짐)
	
본선 BOX구간 슬래브 S714 균열부백태	본선 BOX구간 슬래브 S714 누수(스며있음)

【사진 3.3.2】 BOX구간 슬래브 손상현황(계속)

2) 벽체



【사진 3.3.3】 BOX구간 벽체 전경

- ① BOX구간 벽체에 대한 외관조사 결과 박리, 백태, 누수흔적이 조사되었다.
- ② 박리의 경우 시공미흡, 외부충격 등에 의해 발생한 손상으로 내구성 확보차원에서 단면 보수가 요구된다.
- ③ 백태의 경우 미세균열부 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 손상의 정도는 미미하나 손상 진전 방지를 위해 표면처리 등의 보수가 요구된다.
- ④ 누수흔적은 현재 누수가 발생하지 않은 상태로 우천시 누수여부에 대한 지속적인 주의 관찰이 요구된다.



【사진 3.3.4】 BOX구간 벽체 손상현황

	
본선 BOX구간 벽체 S712 누수흔적	본선 BOX구간 벽체 전경

【사진 3.3.4】 BOX구간 벽체 손상현황(계속)

3) 외관조사 결과

BOX 구간은 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 우수유입, 수분침투 등의 원인에 의한 손상이 확인되었으며, 조사된 손상은 다음과 같다.

【표 3.3.1】 BOX구간 외관조사 손상물량

구 분	결합내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
BOX구간	균열(Cw0.3mm이상)	m	1	3.00	주입보수	
	백태	m ²	1	9.00	표면처리	
	균열부백태	m ²	4	1.20	표면처리	
	박리	m ²	1	0.10	단면보수	
	누수흔적	m ²	3	27.05	주의관찰	
	누수(떨어짐, 스며있음)	EA	10	10.00	지수보수	

4) 기 점검결과와 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.3.2】 BOX구간 기 점검결과 비교

구 분	결합내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
BOX구간	균열(Cw0.3mm이상)	m	-	-	1	3.00	▲ 3.00	
	백태	m ²	-	-	1	9.00	▲ 9.00	
	균열부백태	m ²	-	-	4	1.20	▲ 1.20	
	박리	m ²	-	-	1	0.10	▲ 0.10	
	누수흔적	m ²	-	-	3	27.05	▲ 27.05	
	누수(떨어짐, 스며있음)	EA	-	-	10	10.00	▲ 10.00	

나. NATM구간

본선 NATM구간은 SPAN 7~704에 시공되어 있다.

1) 천단부



【사진 3.3.5】 NATM구간 천단부 전경

- ① NATM구간 천단부 외관조사 결과 균열 및 재균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 들뜸, 박리, 박락, 파손, 굽힘, 단면불량, 누수(떨어짐, 스며있음), 누수흔적, 백태, 파손 및 철근노출, 피복부족, 격벽파손 등이 조사되었으며, 일부구간 균열, 백태, 균열부백태, 누수 등에 대한 하자보수 상태는 양호한 것으로 확인되었다.
- ② 균열 및 재균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 보수미흡 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 균열에 대한 표면처리, 주입보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.
- ③ 콘크리트 들뜸, 박리, 박락, 파손, 굽힘, 단면불량, 격벽파손 등의 손상은 시공이음부(조인트부)가 맞닿음, 거푸집탈거시 충격 등에 의한 국부적인 손상으로 판단되며, 그 정도가 심하지 않아 콘크리트에 미치는 영향은 적으나, 균열 보수시 동시에 일괄 단면보수하는 유지관리가 요망된다.
- ④ 누수(떨어짐, 스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 대체로 시공이음부에서 확인되었으며, 내구성 확보 및 손상의 진전 방지를 위해 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- ⑤ 누수흔적, 백태는 우수유입, 수분침투 등에 의해 발생된 것으로 백태는 표면처리, 누수흔적은 우천시 손상의 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ⑥ 콘크리트 파손 및 철근노출, 피복부족은 물리적 충격, 시공미흡 등에 의한 손상으로, 현재 철근이 일부 외기와 접촉하는 상태로 부식 발생 가능성이 있으므로, 단면보수(방청)가 필요한 상태이다.

	
본선 NATM구간 천단부 S034 박리	본선 NATM구간 천단부 S037 들뜸
	
본선 NATM구간 천단부 S051 누수흔적	본선 NATM구간 천단부 S068 백태
	
본선 NATM구간 천단부 S076 균열(Cw=0.5mm)	본선 NATM구간 천단부 S084 파손 및 철근노출

【사진 3.3.6】 NATM구간 천단부 손상현황

	
본선 NATM구간 천단부 S091 균열(Cw=0.5mm)	본선 NATM구간 천단부 S120 재균열(Cw=0.5mm)
	
본선 NATM구간 천단부 S127 누수(스며있음)	본선 NATM구간 천단부 S128 누수(떨어짐)
	
본선 NATM구간 천단부 S135 재균열(Cw=0.5mm)	본선 NATM구간 천단부 S137 누수(떨어짐), 백태

【사진 3.3.6】 NATM구간 천단부 손상현황(계속)

	
본선 NATM구간 천단부 S179 재균열($C_w=0.5\text{mm}$)	본선 NATM구간 천단부 S182 파손
	
본선 NATM구간 천단부 S208 박리	본선 NATM구간 천단부 S216 균열($C_w=0.5\text{mm}$)
	
본선 NATM구간 천단부 S223 망상균열	본선 NATM구간 천단부 S232 반원형균열($C_w=0.5\text{mm}$)

【사진 3.3.6】 NATM구간 천단부 손상현황(계속)

	
본선 NATM구간 천단부 S260 피복부족	본선 NATM구간 천단부 S310 균열(Cw=0.5mm)
	
본선 NATM구간 천단부 S322 박리	본선 NATM구간 천단부 S332 피복부족
	
본선 NATM구간 천단부 S341 피복부족	본선 NATM구간 천단부 S345 피복부족

【사진 3.3.6】 NATM구간 천단부 손상현황(계속)

본선 NATM구간 천단부 S378 백태	본선 NATM구간 천단부 S384 박리
본선 NATM구간 천단부 S393 파손	본선 NATM구간 천단부 S450 파손
본선 NATM구간 천단부 S516 박락	본선 NATM구간 천단부 S532 피복부족

【사진 3.3.6】 NATM구간 천단부 손상현황(계속)

	
본선 NATM구간 천단부 S614 균열(Cw=0.5mm)	본선 NATM구간 천단부 S702 파손
	
본선 NATM구간 천단부 S704 벽 파손	본선 NATM구간 천단부 균열보수 양호
	
본선 NATM구간 천단부 백태보수 양호	본선 NATM구간 천단부 누수보수 양호

【사진 3.3.6】 NATM구간 천단부 손상현황(계속)

2) 측벽부



【사진 3.3.7】 NATM구간 측벽부 전경

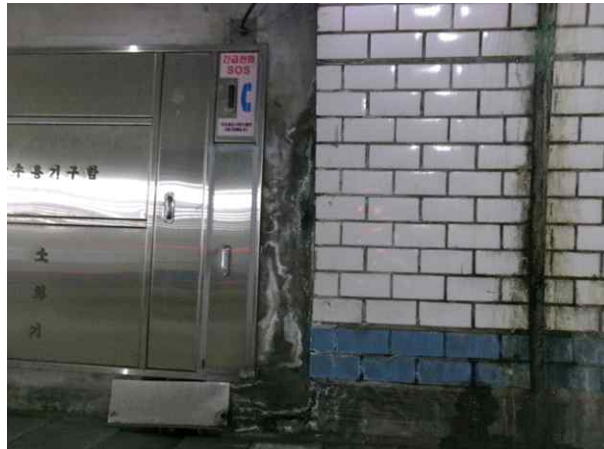
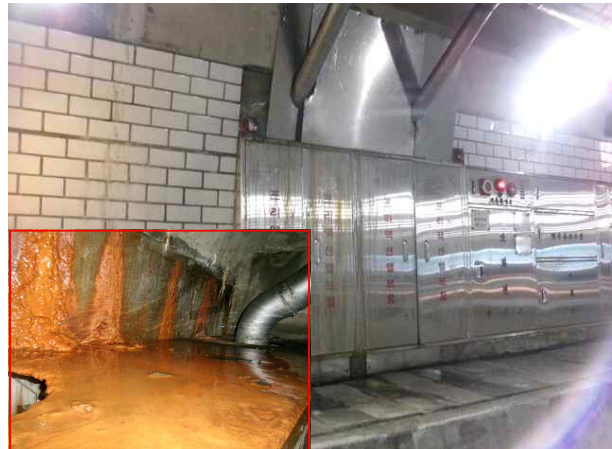
- ① NATM구간 측벽부에 대한 외관조사 결과 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 들뜸, 박락, 파손, 재료분리, 보수부 들뜸, 보수부 파손, 누수(흐름, 떨어짐, 스며있음), 누수흔적, 백태, 파손 및 철근노출, 타일탈락 등이 조사되었으며, 일부 구간 백태, 균열부백태 등에 대하여 하자보수를 실시하였다.
- ② 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 주입보수 등의 보수를 실시하는 것이 요구된다.
- ③ 콘크리트 들뜸, 박락, 파손, 재료분리, 보수부 들뜸, 보수부 파손이 확인되었고, 시공이음부(조인트부)가 맞닿음, 거푸집탈거시 충격, 보수미흡 등의 원인으로 발생한 손상으로 판단되며, 일부 손상(풍도슬래브 지지대 손상)의 경우 탈락시 차량의 안전사고를 유발할 우려가 있으므로 깨어내기 후 단면보수를 실시하는 것이 요구된다.
- ④ 누수(흐름, 떨어짐, 스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 대체로 시공이음부에서 확인되었으며, 내구성 확보 및 손상의 진전 방지를 위해 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- ⑤ 누수흔적, 백태는 우수유입, 수분침투 등에 의해 발생한 것으로 백태는 표면처리, 누수흔적은 우천시 손상의 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ⑥ 파손 및 철근노출은 시공당시 물리적 충격 등에 의한 손상으로, 현재 철근이 일부 외기와 접촉하는 상태로 부식 발생 가능성이 있으므로, 단면보수(방청)가 필요한 상태이다.
- ⑦ 타일탈락은 시공미흡에 따른 부착강도 저하 등에 의한 손상으로 판단되며, 주행차량의 시야 및 미관 확보 등을 위해 타일 재시공을 실시하는 것이 요구된다.

	
본선 NATM구간 측벽부 S016 박락	본선 NATM구간 측벽부 S018 누수(스며있음)
	
본선 NATM구간 측벽부 S028 누수(떨어짐)	본선 NATM구간 측벽부 S029 누수(떨어짐)
	
본선 NATM구간 측벽부 S035 균열(Cw=0.5mm)	본선 NATM구간 측벽부 S043 백태

【사진 3.3.8】 NATM구간 측벽부 손상현황

	
본선 NATM구간 측벽부 S051 누수(떨어짐)	본선 NATM구간 측벽부 S064 백태
	
본선 NATM구간 측벽부 S084 누수(스며있음)	본선 NATM구간 측벽부 S090 누수(떨어짐)
	
본선 NATM구간 측벽부 S099 누수(떨어짐)	본선 NATM구간 측벽부 S127 누수(떨어짐)

【사진 3.3.8】 NATM구간 측벽부 손상현황(계속)

	
본선 NATM구간 측벽부 S128 누수(떨어짐)	본선 NATM구간 측벽부 S137 누수(흐름)
	
본선 NATM구간 측벽부 S138 백태	본선 NATM구간 측벽부 S160 누수(흐름)
	
본선 NATM구간 측벽부 S268 타일탈락	본선 NATM구간 측벽부 S357 파손 및 철근노출

【사진 3.3.8】 NATM구간 측벽부 손상현황(계속)

	
본선 NATM구간 측벽부 S453 들뜸	본선 NATM구간 측벽부 S480 보수부 파손
	
본선 NATM구간 측벽부 S592 균열($C_w=0.2\text{mm}$)	본선 NATM구간 측벽부 S624 망상균열($C_w=0.1\sim0.2\text{mm}$)
	
본선 NATM구간 측벽부 백태보수 양호	본선 NATM구간 측벽부 균열부백태보수 양호

【사진 3.3.8】 NATM구간 측벽부 손상현황(계속)

3) 풍도슬래브



【사진 3.3.9】 NATM구간 풍도슬래브 전경

- ① 풍도슬래브 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 신규손상 발생여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.



【사진 3.3.10】 NATM구간 풍도슬래브 손상현황

4) 외관조사 결과

NATM 구간은 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 보수미흡, 우수유입, 수분 침투, 시공미흡 등의 원인에 의한 손상이 확인되었으며, 조사된 손상은 다음과 같다.

【표 3.3.3】 NATM구간 외관조사 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
NATM구간	균열(Cw0.3mm미만)	m	9	19.60	표면처리	
	균열(Cw0.3mm이상)	m	320	2,814.00	주입보수	
	재균열(Cw0.3mm이상)	m	34	202.00	주입보수	
	망상균열	m ²	7	78.40	표면처리	
	백태	m ²	42	19.59	표면처리	
	들뜸, 박리, 박락, 파손, 굽힘, 보수부 들뜸, 보수부 파손	m ²	66	12.48	단면보수	
	단면불량	m ²	2	0.34	단면보수	
	피복부족	m ²	8	104.50	단면보수(방청)	
	파손 및 철근노출	m ²	3	0.49	단면보수(방청)	
	재료분리	m ²	1	0.09	단면보수	
	누수흔적	m ²	4	3.39	주의관찰	
	누수(흐름, 떨어짐, 스며있음)	EA	52	52.00	지수보수	
	타일탈락	EA	16	16.00	재시공	
	격벽 파손	m ²	2	0.18	단면보수	

5) 기 점검결과와 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.3.4】 NATM구간 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
NATM구간	균열(Cw0.3mm미만)	m	-	-	9	19.60	▲ 19.60	
	균열(Cw0.3mm이상)	m	-	-	320	2,814.00	▲ 2,814.00	
	재균열(Cw0.3mm이상)	m	-	-	34	202.00	▲ 202.00	
	망상균열	m ²	-	-	7	78.40	▲ 78.40	
	백태	m ²			42	19.59	19.59	
	들뜸, 박리, 박락, 파손, 굽힘, 보수부 들뜸, 보수부 파손	m ²	-	-	66	12.48	▲ 12.48	
	단면불량	m ²	-	-	2	0.34	▲ 0.34	
	피복부족	m ²	-	-	8	104.50	▲ 104.50	
	파손 및 철근노출	m ²	-	-	3	0.49	▲ 0.49	
	재료분리	m ²	-	-	1	0.09	▲ 0.09	
	누수흔적	m ²	-	-	4	3.39	▲ 3.39	
	누수(흐름, 떨어짐, 스며있음)	EA	-	-	52	52.00	▲ 52.00	
	타일탈락	EA	-	-	16	16.00	▲ 16.00	
	격벽 파손	m ²	-	-	2	0.18	▲ 0.18	

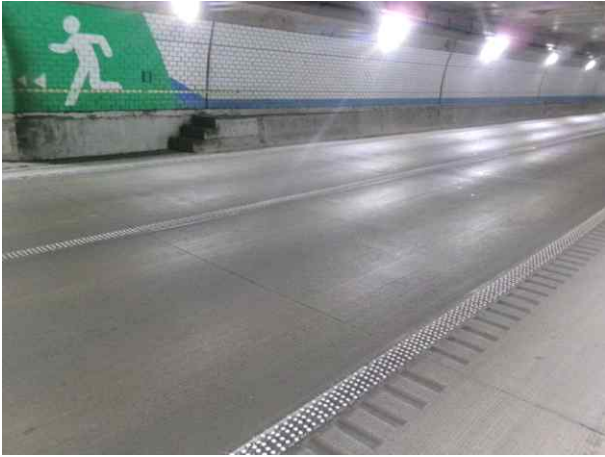
다. 포장

본 시설물의 포장은 콘크리트 포장($t=300\text{mm}$, 포장콘크리트(150mm) + 안정처리필터층(150mm))으로 총 폭 $8.0\text{m}(0.9+3.225+2.975+0.9)$, 종단경사 $0.5\sim6.96\%$ 로 시공되어있다.



【사진 3.3.11】 포장부 전경

- ① 본선 포장부에 대한 외관조사 결과 포장 균열, 망상균열, 파손, 박리, 들뜸 등이 조사되었다.
- ② 포장 균열, 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 지속적인 차량윤하중 등의 원인에 의한 비구조적인 손상으로 판단되며, 즉각적인 보수보다는 주기적으로 점검을 실시하는 유지관리가 요망된다.
- ③ 콘크리트 파손, 박리의 경우 대부분 종·횡방향 조인트부에 발생한 손상으로 시공미흡, 건조수축, 차량윤하중에 의한 충격 등의 원인에 의한 것으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수를 통한 유지관리가 요구된다.
- ④ 포장 들뜸부의 경우 차량 주행시 소음 및 진동이 발생하는 구간으로 시공미흡, 차량 윤하중 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 진전여부에 대하여 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 필요하다.

	
본선 포장부 S208~211 들뜸	본선 포장부 S208~211 들뜸
	
본선 포장부 S346~347 들뜸	본선 포장부 S386 들뜸
	
본선 포장부 S438 파손	본선 포장부 S438 파손

【사진 3.3.12】 포장부 손상현황

	
본선 포장부 S467 파손	본선 포장부 S623 파손
	
본선 포장부 S637 파손, 망상균열	본선 포장부 S648~649 들뜸
	
본선 포장부 S659 파손	본선 포장부 S661 균열

【사진 3.3.12】 포장부 손상현황(계속)

	
본선 포장부 S668 들뜸	본선 포장부 S673 파손
	
본선 포장부 S706 파손	본선 포장부 S711 망상균열
	
본선 포장부 S714 망상균열	본선 포장부 S715 망상균열

【사진 3.3.12】 포장부 손상현황(계속)

1) 외관조사 결과

포장부는 시공초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 차량운하중 등의 원인에 의한 손상이 확인되었으며, 조사된 손상은 다음과 같다.

【표 3.3.5】포장부 외관조사 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
포장부	포장 균열	m	2	8.00	주의관찰	
	포장 망상균열	m ²	7	768.00	주의관찰	
	포장 파손, 박리	m ²	17	13.14	단면보수	
	포장 들뜸	m ²	19	728.00	주의관찰	

2) 기 점검결과와 비교

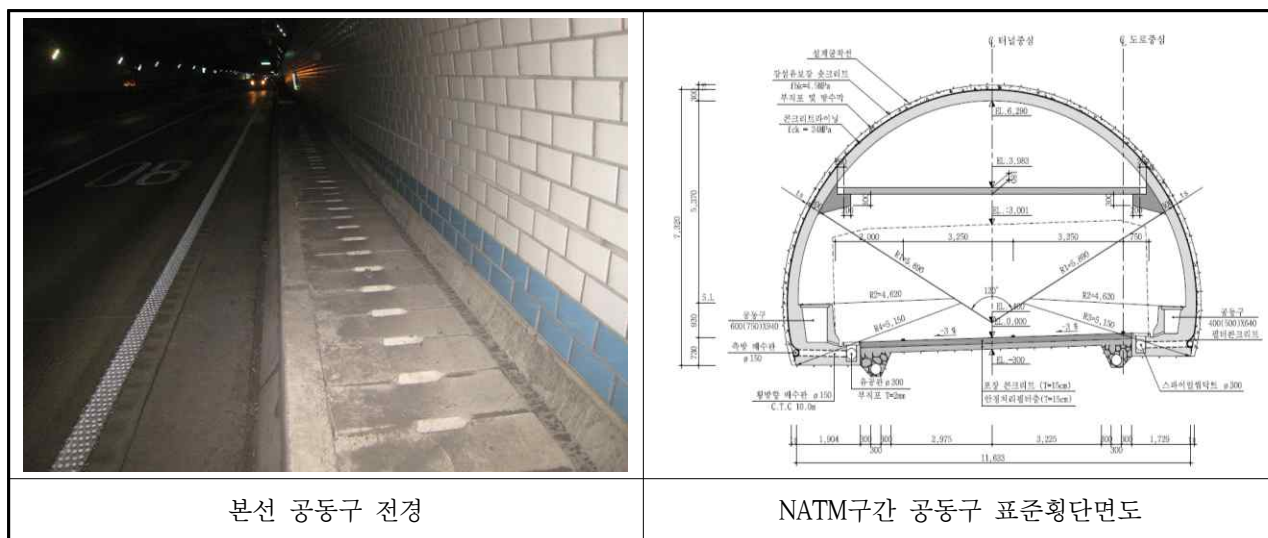
금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.3.6】포장부 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
포장부	포장 균열	m	-	-	2	8.00	▲ 8.00	
	포장 망상균열	m ²	-	-	7	768.00	▲ 768.00	
	포장 파손, 박리	m ²	-	-	17	13.14	▲ 13.14	
	포장 들뜸	m ²	-	-	19	728.00	▲ 728.00	

라. 공동구

본 시설물의 공동구는 1차선측(400(500)X640), 갓길측(600(750)X940) 콘크리트로 시공되어 있으며 상부는 덮개로 덮여 있는 상태이다.



【사진 3.3.13】 공동구 전경

- ① 본선 공동구에 대한 외관조사 결과 파손, 덮개탈락, 덮개파손, 실란트 미시공이 조사되었으며, 일부구간 하자보수를 실시하였다.
- ② 콘크리트 파손의 경우 시공시 물리적 충격에 의한 시공미흡 등에 의한 국부적인 손상으로 즉각적인 보수보다는 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ③ 덮개탈락, 덮개파손의 경우 품질불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 점검자의 안전을 위해 덮개 재시공을 실시하는 것이 요구된다.
- ④ 실란트 미시공의 경우 시공미흡에 의한 손상으로 즉각적인 보수보다는 주의관찰이 요구되며, 추후 포장부 및 공동구 보수시 일괄보수를 실시하는 보수대책 수립이 요구된다.

	
본선 공동구 S005 덮개파손	본선 공동구 S015 파손
	
본선 공동구 S312 실란트 미시공	본선 공동구 S337 덮개파손
	
본선 공동구 S363 덮개파손	본선 공동구 S385 덮개파손

【사진 3.3.14】 공동구 손상현황

	
본선 공동구 S391 파손	본선 공동구 S404 덮개파손
	
본선 공동구 S543 덮개파손	본선 공동구 S681 덮개파손
	
본선 공동구 S685 덮개탈락	본선 공동구 덮개파손 보수 양호

【사진 3.3.14】 공동구 손상현황(계속)

1) 외관조사 결과

공동구는 외부충격, 시공미흡, 품질불량 등의 원인에 의한 손상이 확인되었으며, 조사된 손상은 다음과 같다.

【표 3.3.7】 공동구 외관조사 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
공동구	파손	m ²	2	0.25	주의관찰	
	덮개탈락, 덮개파손	EA	77	77.00	재시공	
	실란트 미시공	m	1	1.50	주의관찰	

2) 기 점검결과와 비교

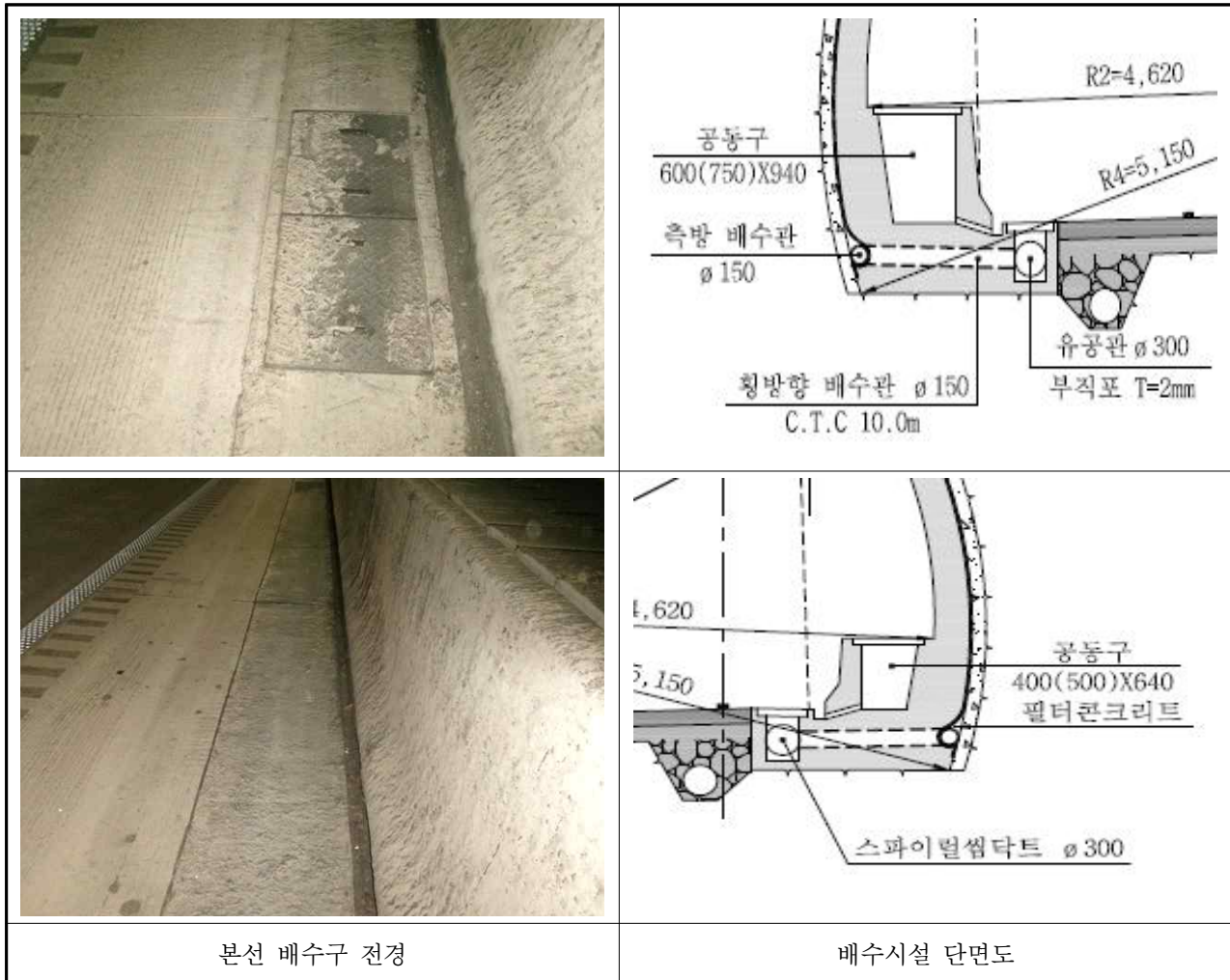
금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.3.8】 공동구 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
공동구	파손	m ²	-	-	2	0.25	▲ 0.25	
	덮개탈락, 덮개파손	EA	-	-	77	77.00	▲ 77.00	
	실란트 미시공	m	-	-	1	1.50	▲ 1.50	

마. 배수시설

본 시설물의 배수시설은 1·2차선 갓길에 $\varnothing 300$ 의 배수로가 시공되어있다.



【사진 3.3.15】 배수시설 전경

- ① 본선 배수시설에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 확인되었으나, 일부구간 채수가 조사되었다.
- ② 채수의 경우 우천시 우수유입, 배수구 막힘에 따른 역류 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상에 대하여 주의관찰을 실시하고 손상의 진전시 누수부 지수보수, 배수시설 막힘구간 정비 등을 통한 보수대책 수립이 요구된다.



【사진 3.3.16】 배수시설 손상현황

1) 외관조사 결과

배수시설은 우천시 우수유입, 배수구 막힘에 따른 역류 등에 의한 손상이 확인되었으며, 조사된 손상은 다음과 같다.

【표 3.3.9】 배수시설 외관조사 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
배수시설	배수로 채수	m	8	80.00	주의관찰	

2) 기 점검결과와 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.3.10】 배수시설 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
배수시설	배수로 채수	m	-	-	8	80.00	▲ 80.00	

바. 갯문

본 시설물의 갯문은 면벽식으로 시공되어 있다.



【사진 3.3.17】갯문 전경

- ① 금회 점검결과, 유지관리상에 영향을 미치는 손상은 발생하지 않은 것으로 확인되었으며, 시·종점 갯문은 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



【사진 3.3.18】갯문 손상현황

1) 외관조사 결과

갱문은 손상이 없는 양호한 상태이다.

【표 3.3.11】 갯문 외관조사 손상물량

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

2) 기 점검결과와 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.3.12】 갯문 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
갱문	상태양호	-	-	-	-	-	- -	

3.3.2 RAMP-D

RAMP-D 구간은 BOX구간, NATM구간 및 갱문으로 이루어진 구조물이며, 벽체는 타일, 내부 벽체는 콘크리트로 마감처리 되어있다. 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. BOX구간

RAMP-D BOX구간은 SPAN 55~60에 시공되어 있다.

1) 슬래브



【사진 3.3.19】 BOX구간 슬래브 전경

- ① BOX구간 슬래브에 대한 외관조사 결과 망상균열, 백태, 누수흔적 및 백태, 누수(스며있음) 등이 조사되었다.
- ② 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 유리할 것으로 판단된다.
- ③ 백태, 누수 및 백태의 경우 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 내구성 확보 및 손상 진전 방지를 위해 표면처리, 지수보수 등의 보수가 요구된다.
- ④ 누수(스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 시공이음부에서 확인되었으며, 누수는 철근콘크리트에 영향을 미치므로 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.

	
RAMP-D BOX구간 슬래브 S57 백태	RAMP-D BOX구간 슬래브 S58 누수(스며있음)
	
RAMP-D BOX구간 슬래브 S58 누수흔적 및 백태	RAMP-D BOX구간 슬래브 S58 망상균열(Cw=0.1~0.2mm)
	
RAMP-D BOX구간 슬래브 S59 누수(스며있음)	RAMP-D BOX구간 슬래브 S60 백태

【사진 3.3.20】 BOX구간 슬래브 손상현황

2) 벽체



【사진 3.3.21】 BOX구간 벽체 전경

- ① BOX구간 벽체에 대한 외관조사 결과 누수(떨어짐, 스며있음) 등의 손상이 조사되었으며, 누수에 대한 하자보수가 실시되었다.
- ② 누수(떨어짐, 스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 대체로 시공이음부에서 확인되었으며, 누수는 철근콘크리트에 영향을 미치므로 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.



【사진 3.3.22】 BOX구간 벽체 손상현황

	
RAMP-D BOX구간 벽체 S58 누수(스며있음)	RAMP-D BOX구간 벽체 누수보수 양호

【사진 3.3.22】 BOX구간 벽체 손상현황(계속)

3) 외관조사 결과

BOX 구간은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투 등의 원인에 의한 손상이 확인되었으며, 조사된 손상은 다음과 같다.

【표 3.3.13】 BOX구간 외관조사 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
BOX구간	망상균열	m ²	1	20.00	표면처리	
	백태	m ²	4	7.95	표면처리	
	누수흔적 및 백태	m ²	1	0.40	표면처리	
	누수(떨어짐, 스며있음)	EA	5	5.00	지수보수	

4) 기 점검결과와 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

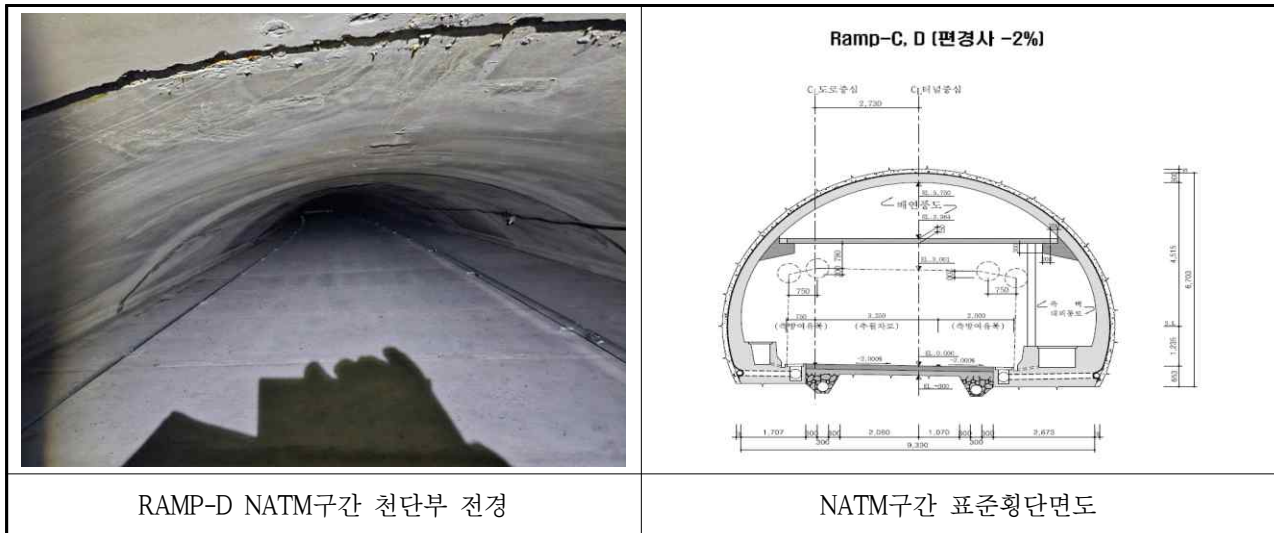
【표 3.3.14】 BOX구간 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
BOX구간	망상균열	m ²	-	-	1	20.00	▲ 20.00	
	백태	m ²	-	-	4	7.95	▲ 7.95	
	누수흔적 및 백태	m ²	-	-	1	0.40	▲ 0.40	
	누수(떨어짐, 스며있음)	EA	-	-	5	5.00	▲ 5.00	

나. NATM구간

RAMP-D NATM구간은 SPAN 1~54에 시공되어 있다.

1) 천단부



【사진 3.3.23】 NATM구간 천단부 전경

- ① NATM구간 천단부 외관조사 결과 균열 및 재균열(0.3mm미만, 이상), 파손, 누수흔적 등이 조사되었으며, 일부구간 균열 등의 손상에 대한 하자보수를 실시하였다.
- ② 균열 및 재균열(0.3mm미만, 이상)의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 보수미흡 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 균열에 대한 표면처리, 주입보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.
- ③ 콘크리트 파손은 시공이음부(조인트부)가 맞닿음, 거푸집탈거시 충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 그 정도가 심하지 않아 콘크리트에 미치는 영향은 적으나, 균열 보수시 동시에 일괄 단면보수하는 유지관리가 요망된다.
- ④ 누수(스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 시공이음부에서 확인되었으며, 내구성 확보 및 손상의 진전 방지를 위해 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.

	
RAMP-D NATM구간 천단부 S03 균열(Cw=0.5mm)	RAMP-D NATM구간 천단부 S07 균열(Cw=0.5mm)
	
RAMP-D NATM구간 천단부 S10 균열(Cw=0.5mm)	RAMP-D NATM구간 천단부 S14 재균열(Cw=0.5mm)
	
RAMP-D NATM구간 천단부 S20 균열(Cw=0.5mm)	RAMP-D NATM구간 천단부 S22 균열(Cw=0.3mm)

【사진 3.3.24】 NATM구간 천단부 손상현황

	
RAMP-D NATM구간 천단부 S25 누수흔적	RAMP-D NATM구간 천단부 S51 균열(Cw=0.3mm)
	
RAMP-D NATM구간 천단부 S54 파손	RAMP-D NATM구간 천단부 S54 파손
	
RAMP-D NATM구간 천단부 S51 균열(Cw=0.5mm)	RAMP-D NATM구간 천단부 균열보수 양호

【사진 3.3.24】 NATM구간 천단부 손상현황(계속)

2) 측벽부



【사진 3.3.25】 NATM구간 측벽부 전경

- ① NATM구간 측벽부에 대한 외관조사 결과 박리, 파손, 백태, 누수흔적, 타일탈락 등이 조사되었다.
- ② 콘크리트 박리, 파손의 경우 시공이음부(조인트부)가 맞닿음, 거푸집탈거시 충격 등에 의한 국부적인 손상으로 판단되며, 그 정도가 심하지 않아 콘크리트에 미치는 영향은 적으나, 내구성 확보차원에서 단면보수를 실시하는 것이 요구된다.
- ③ 누수흔적, 백태는 우수유입, 수분침투 등에 의해 발생된 것으로 백태는 표면처리, 누수 흔적은 우천시 손상의 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ④ 타일탈락은 시공미흡에 따른 부착강도 저하 등에 의한 손상으로 판단되며, 주행차량의 시야 및 미관 확보 등을 위해 타일 재시공을 실시하는 것이 요구된다.



【사진 3.3.26】 NATM구간 측벽부 손상현황

	
RAMP-D NATM구간 측벽부 S15 타일탈락	RAMP-D NATM구간 측벽부 S17 백태
	
RAMP-D NATM구간 측벽부 S17 타일탈락	RAMP-D NATM구간 측벽부 S20~21 타일탈락
	
RAMP-D NATM구간 측벽부 S28 백태	RAMP-D NATM구간 측벽부 S29 백태

【사진 3.3.26】 NATM구간 측벽부 손상현황(계속)

	
RAMP-D NATM구간 측벽부 S44 타일탈락	RAMP-D NATM구간 측벽부 S46 타일탈락
	
RAMP-D NATM구간 측벽부 S47 박리	RAMP-D NATM구간 측벽부 S49 타일탈락
	
RAMP-D NATM구간 측벽부 S49 파손	RAMP-D NATM구간 측벽부 S50 타일탈락

【사진 3.3.26】 NATM구간 측벽부 손상현황(계속)

3) 풍도슬래브



【사진 3.3.27】 NATM구간 풍도슬래브 전경

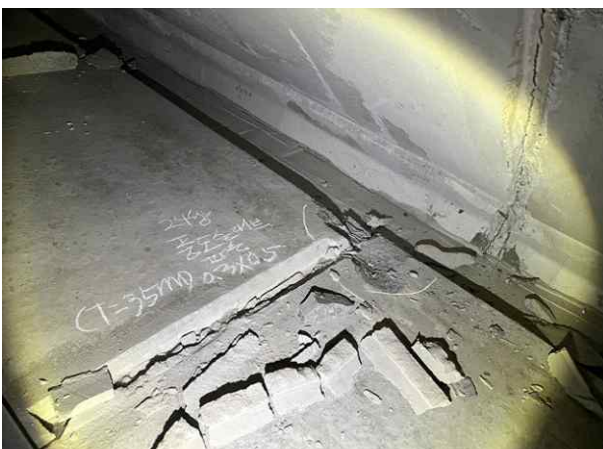
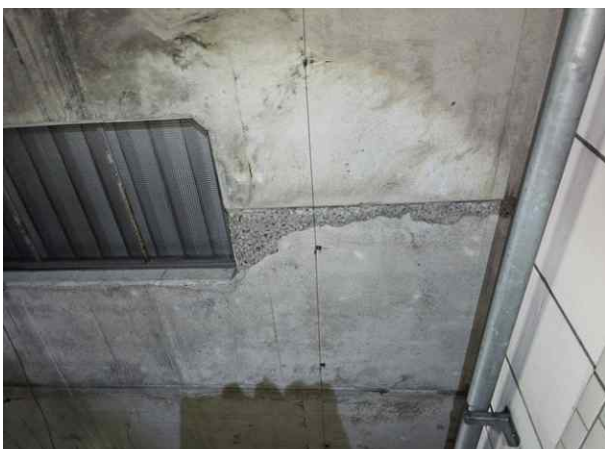
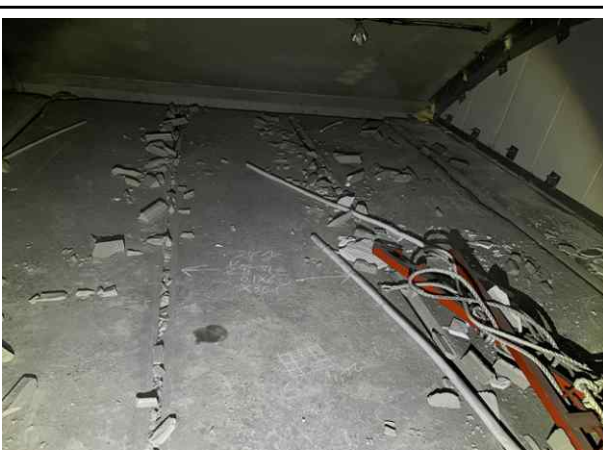
- ① 풍도슬래브 외관조사 결과 풍도슬래브 파손(균형), 몰탈파손, 파손 및 철근노출, 격벽 파손 및 철근노출, 댐퍼 변형, 댐퍼 고정볼트 및 덮개 탈락 및 파손 등의 손상이 조사되었다.
- ② 풍도슬래브에 발생한 손상의 경우 S52~54에 집중적으로 확인되었으며, 이는 높이제한 위반차량의 충격에 의해 발생한 손상으로 각 손상별 단면보수, 단면보수(방청), 정비를 통한 유지관리가 요구된다. 또한 추후 재손상 방지를 위해 높이제한 위반차량의 출입을 제한하는 시설물의 설치가 필요하다.



【사진 3.3.28】 NATM구간 풍도슬래브 손상현황

	
RAMP-D 풍도슬래브 S53 댐퍼 덮개탈락 및 파손	RAMP-D 풍도슬래브 S53 댐퍼 변형
	
RAMP-D 풍도슬래브 S53 댐퍼 볼트탈락 및 파손	RAMP-D 풍도슬래브 S53 상면 몰탈파손
	
RAMP-D 풍도슬래브 S53 상면 파손	RAMP-D 풍도슬래브 S53 상면 파손

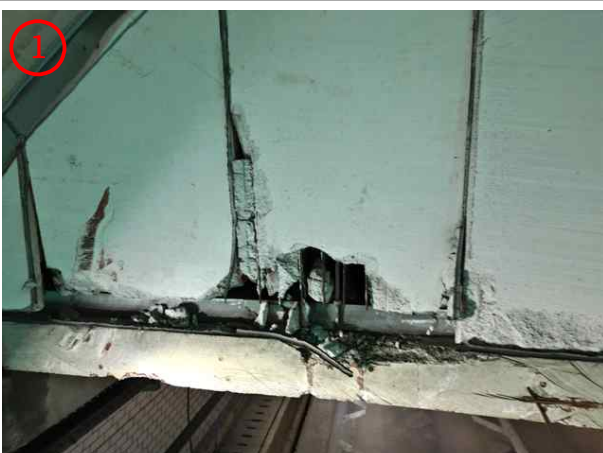
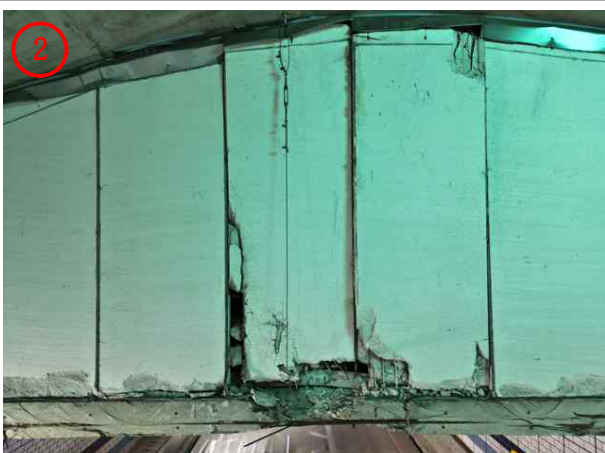
【사진 3.3.38】 NATM구간 풍도슬래브 손상현황(계속)

	
RAMP-D 풍도슬래브 S53 상면 파손	RAMP-D 풍도슬래브 S53 상면 파손
	
RAMP-D 풍도슬래브 S53 상면 파손	RAMP-D 풍도슬래브 S53 하면 파손
	
RAMP-D 풍도슬래브 S54 상면 몰탈파손	RAMP-D 풍도슬래브 S54 상면 파손

【사진 3.3.28】 NATM구간 풍도슬래브 손상현황(계속)

	
RAMP-D 풍도슬래브 S54 상면 파손	RAMP-D 풍도슬래브 S54 상면 파손
	
RAMP-D 풍도슬래브 S54 상면 파손	RAMP-D 풍도슬래브 S54 상면 파손
	
RAMP-D 풍도슬래브 S54 하면 파손	RAMP-D 풍도슬래브 S54 하면 파손(굽힘)

【사진 3.3.28】 NATM구간 풍도슬래브 손상현황(계속)

	
RAMP-D 풍도슬래브 S54 격벽 파손 및 철근노출	RAMP-D 풍도슬래브 S54 격벽 파손 및 철근노출
	
RAMP-D 풍도슬래브 S54 격벽 파손 및 철근노출(외측)	RAMP-D 풍도슬래브 S54 격벽 파손 및 철근노출(외측)
	
RAMP-D 풍도슬래브 S54 격벽 파손 및 철근노출(내측)	RAMP-D 풍도슬래브 S54 격벽 파손 및 철근노출(내측)

【사진 3.3.28】 NATM구간 풍도슬래브 손상현황(계속)

4) 외관조사 결과

NATM 구간은 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투, 보수 미흡 등의 원인에 의한 손상이 확인되었으며, 조사된 손상은 다음과 같다.

【표 3.3.15】 NATM구간 외관조사 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
NATM구간	균열(Cw0.3mm미만)	m	1	5.00	표면처리	
	균열(Cw0.3mm이상)	m	21	188.00	주입보수	
	재균열(Cw0.3mm이상)	m	1	14.00	주입보수	
	백태	m ²	11	10.36	표면처리	
	박리, 파손	m ²	5	3.00	단면보수	
	누수흔적	m ²	4	0.90	주의관찰	
	누수(떨어짐, 스며있음)	EA	4	4.00	지수보수	
	타일탈락	EA	31	60.00	재시공	
	풍도슬래브 파손(굽힘)	m ²	28	10.36	단면보수	
	풍도슬래브 몰탈파손	m ²	7	3.90	단면보수	
	풍도슬래브 파손 및 철근노출	m ²	1	1.50	단면보수(방청)	
	풍도슬래브 격벽 파손 및 철근노출	m ²	1	12.00	단면보수(방청)	
	풍도슬래브 댐퍼 변형	m	1	0.50	정비	
	풍도슬래브 댐퍼 고정볼트 탈락 및 파손	EA	9	9.00	정비	
	풍도슬래브 댐퍼 덮개 탈락 및 파손	EA	1	1.00	정비	

5) 기 점검결과와 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.3.16】 NATM구간 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
NATM구간	균열(Cw0.3mm미만)	m	-	-	1	5.00	▲ 5.00	
	균열(Cw0.3mm이상)	m	-	-	21	188.00	▲ 188.00	
	재균열(Cw0.3mm이상)	m	-	-	1	14.00	▲ 14.00	
	백태	m ²	-	-	11	10.36	▲ 10.36	
	박리, 파손	m ²	-	-	5	3.00	▲ 3.00	
	누수흔적	m ²	-	-	4	0.90	▲ 0.90	
	누수(떨어짐, 스며있음)	EA	-	-	4	4.00	▲ 4.00	
	타일탈락	EA	-	-	31	60.00	▲ 60.00	
	풍도슬래브 파손(굽힘)	m ²	-	-	28	10.36	▲ 10.36	
	풍도슬래브 몰탈파손	m ²	-	-	7	3.90	▲ 3.90	
	풍도슬래브 파손 및 철근노출	m ²	-	-	1	1.50	▲ 1.50	
	풍도슬래브 격벽 파손 및 철근노출	m ²	-	-	1	12.00	▲ 12.00	
	풍도슬래브 댐퍼 변형	m	-	-	1	0.50	▲ 0.50	
	풍도슬래브 댐퍼 고정볼트 탈락 및 파손	EA	-	-	9	9.00	▲ 9.00	
	풍도슬래브 댐퍼 덮개 탈락 및 파손	EA	-	-	1	1.00	▲ 1.00	

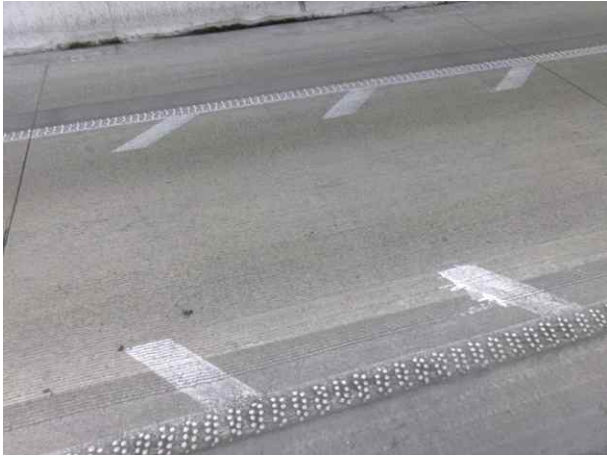
다. 포장

본 시설물의 포장은 콘크리트 포장($t=300\text{mm}$, 포장콘크리트(150mm) + 안정처리필터층(150mm))으로 총 폭 $4.95\text{m}(0.9+2.08+1.07+0.9)$, 종단경사 $0.5\sim6.96\%$ 로 시공되어있다.



【사진 3.3.29】 포장부 전경

- ① RAMP-D 포장부에 대한 외관조사 결과 포장 파손, 들뜸, 체수가 조사되었다.
- ② 포장 파손의 경우 조인트부에 발생한 손상으로 시공미흡, 건조수축, 차량운하중에 의한 충격 등의 원인에 의한 것으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수를 통한 유지관리가 요구된다.
- ③ 포장 들뜸부의 경우 차량 주행시 소음 및 진동이 발생하는 구간으로 시공미흡, 차량 운하중 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 진전여부, 들뜸부 파손여부에 대하여 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 필요하다.
- ④ 체수의 경우 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 요구된다. 특히 겨울철 체수시 빙판 등에 의한 차량의 안전사고 위험이 있으므로 동절기 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

	
RAMP-D 포장부 S03 파손	RAMP-D 포장부 S26~28 들뜸(S26)
	
RAMP-D 포장부 S26~28 들뜸(S27)	RAMP-D 포장부 S26~28 들뜸(S28)
	
RAMP-D 포장부 S26~28 들뜸(S28)	RAMP-D 포장부 S45 चे수

【사진 3.3.30】포장부 손상현황

1) 외관조사 결과

포장부는 시공초기 시공미흡, 건조수축, 차량운하중, 우수유입 등의 원인에 의한 손상이 확인되었으며, 조사된 손상은 다음과 같다.

【표 3.3.17】 포장부 외관조사 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
포장부	포장 파손	m ²	1	0.09	단면보수	
	포장 들뜸	m ²	5	130.00	주의관찰	
	포장 체수	m ²	1	0.30	주의관찰	

2) 기 점검결과와 비교

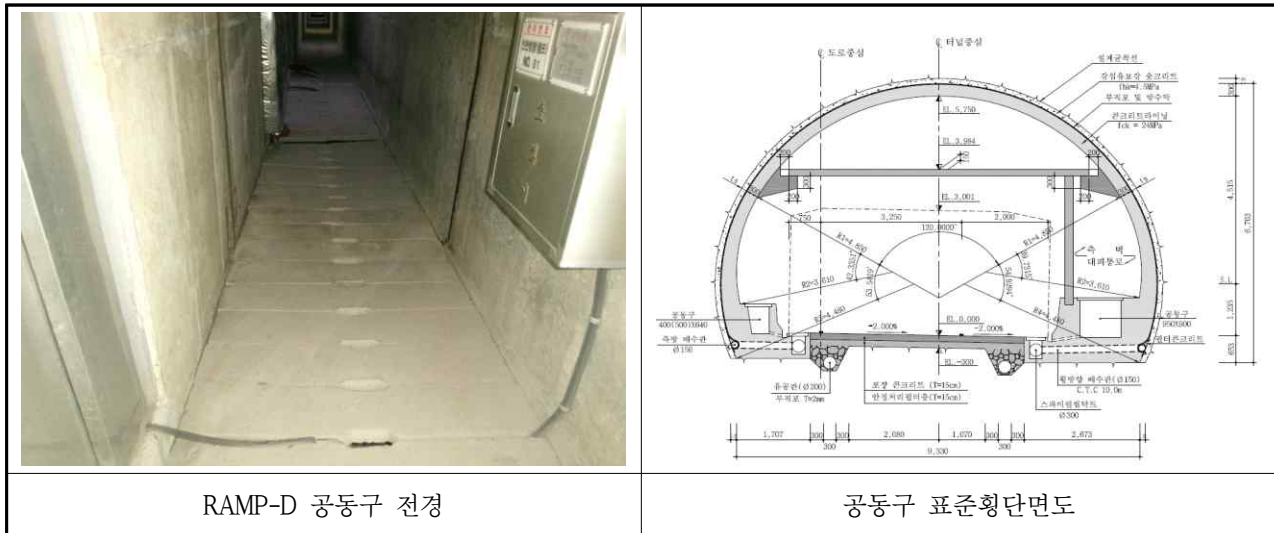
금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.3.18】 포장부 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
포장부	포장 파손	m ²	-	-	1	0.09	▲ 0.09	
	포장 들뜸	m ²	-	-	5	130.00	▲ 130.00	
	포장 체수	m ²	-	-	1	0.30	▲ 0.30	

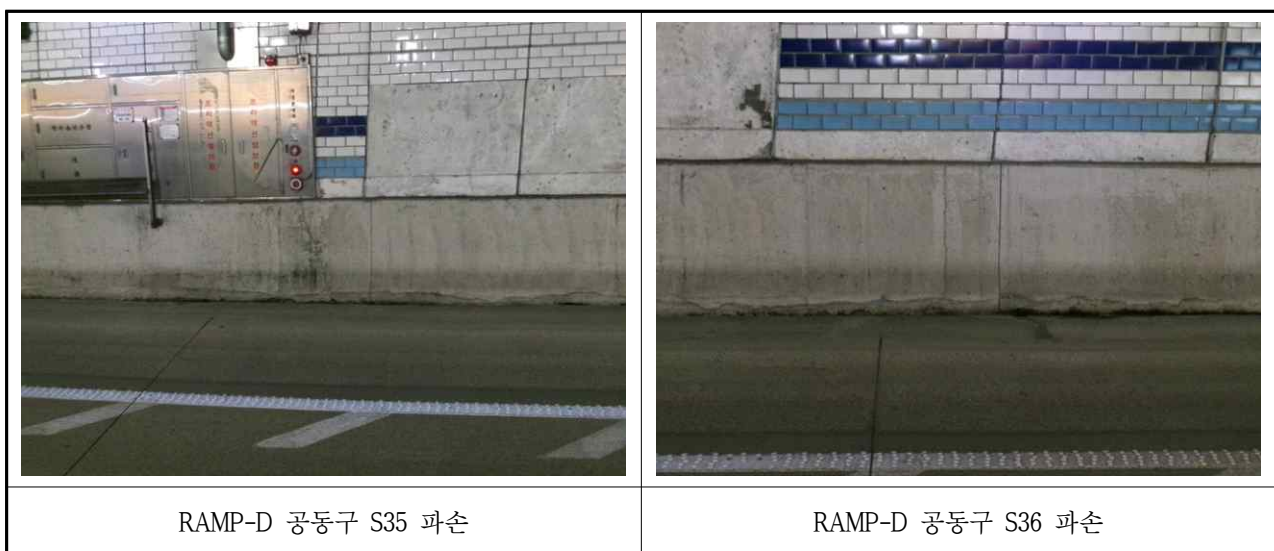
라. 공동구

본 시설물의 공동구는 대피통로측(950X900), 외측(400(500)X640) 콘크리트로 시공되어 있으며 상부는 덮개로 덮여 있는 상태이다.



【사진 3.3.31】 공동구 전경

- ① RAMP-D 공동구에 대한 외관조사 결과 파손, 덮개파손이 조사되었다.
- ② 콘크리트 파손의 경우 시공시 물리적 충격에 의한 시공미흡 등에 의한 국부적인 손상으로 즉각적인 보수보다는 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ③ 덮개파손의 경우 품질불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 점검자의 안전을 위해 덮개 재시공을 실시하는 것이 요구된다.



【사진 3.3.32】 공동구 손상현황



【사진 3.3.32】 공동구 손상현황(계속)

1) 외관조사 결과

공동구는 품질불량, 시공미흡 등의 원인에 의한 손상이 확인되었으며, 조사된 손상은 다음과 같다.

【표 3.3.19】 공동구 외관조사 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
공동구	파손	m ²	2	0.20	주의관찰	
	덮개파손	EA	11	11.00	재시공	

2) 기 점검결과와 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.3.20】 공동구 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
공동구	파손	m ²	-	-	2	0.20	▲ 0.20	
	덮개파손	EA	-	-	11	11.00	▲ 11.00	

마. 배수시설

본 시설물의 배수시설은 갯길에 유공관($\varnothing 200$), 스파이럴썸닥트($\varnothing 300$)의 배수로가 시공되어있다.



【사진 3.3.33】 배수시설 전경

- ① 배수시설에 대한 외관조사 결과 유도배수관 누수, 길이부족 등의 손상이 조사되었다.
- ② 유도배수관 누수, 길이부족의 경우 시공미흡, 차량의 충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 2차손상 발생 방지를 위하여 정비(재시공 등)를 통한 보수대책 수립이 요구된다.

	
RAMP-D 배수시설 S55 유도배수관 누수	RAMP-D 배수시설 S57 유도배수관 길이부족

【사진 3.3.34】 배수시설 손상현황

1) 외관조사 결과

배수시설은 시공미흡, 차량의 충격 등의 원인에 의한 손상이 확인되었으며, 조사된 손상은 다음과 같다.

【표 3.3.21】 배수시설 외관조사 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
배수시설	유도배수관 누수	EA	2	2.00	정비	
	유도배수관 길이부족	m	1	1.50	재시공	

2) 기 점검결과와 비교

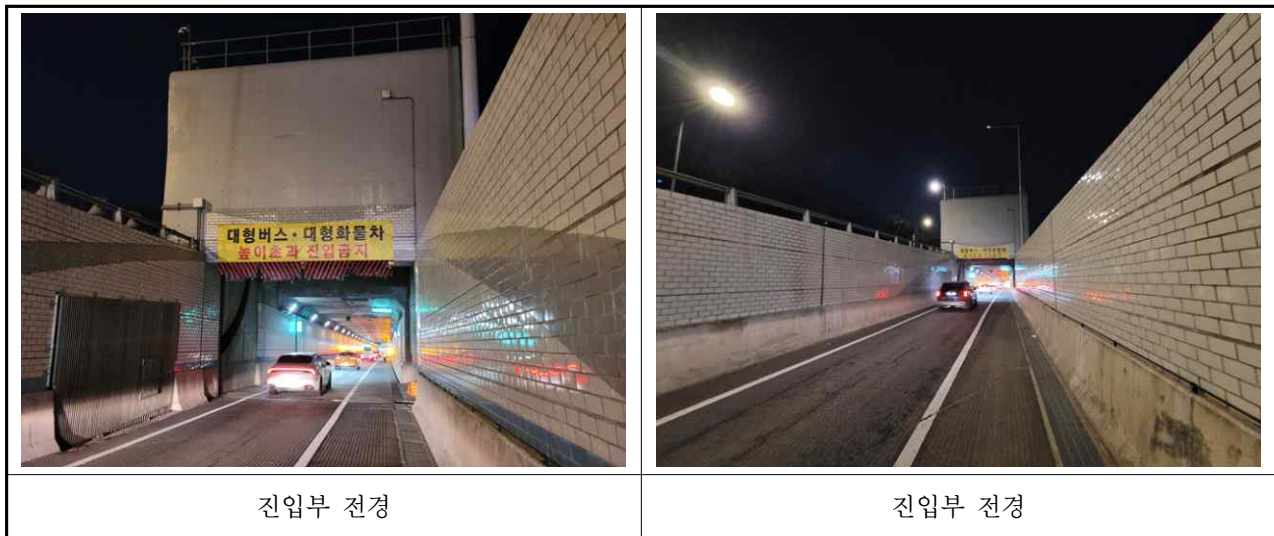
금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.3.22】 배수시설 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
배수시설	유도배수관 누수	EA	-	-	2	2.00	▲ 2.00	
	유도배수관 길이부족	m	-	-	1	1.50	▲ 1.50	

바. 갯문

본 시설물의 갯문은 면벽식으로 시공되어 있다.



【사진 3.3.35】갯문 전경

- ① 금회 점검결과, 유지관리상에 영향을 미치는 손상은 발생하지 않은 것으로 확인되었으며, 진입부 갯문은 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



【사진 3.3.36】갯문 손상현황

1) 외관조사 결과

갱문은 손상이 없는 양호한 상태이다.

【표 3.3.23】 갱문 외관조사 손상물량

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

2) 기 점검결과와 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.3.24】 갱문 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
갱문	상태양호	-	-	-	-	-	- -	

3.3.3 부대시설물

본 지하차도의 부대시설물은 피난연락갱, 공기정화시설, 갱구부 옹벽, 기타시설(집수정, 환기실, 전기실 등)이 시공되어 있고, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 피난연락갱

피난연락갱은 대인용 25개소, 차량용 15개소가 시공되어 있다.

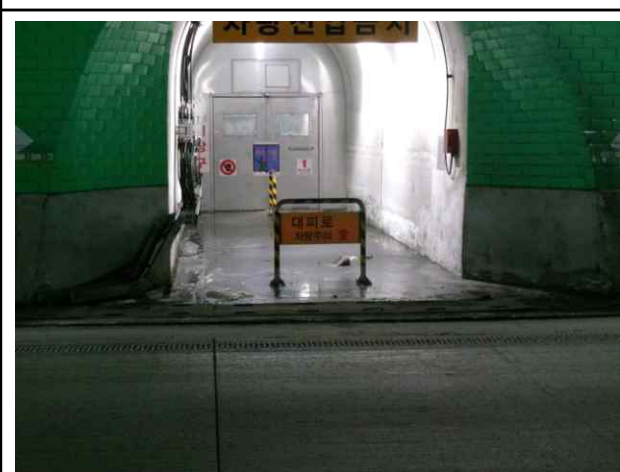
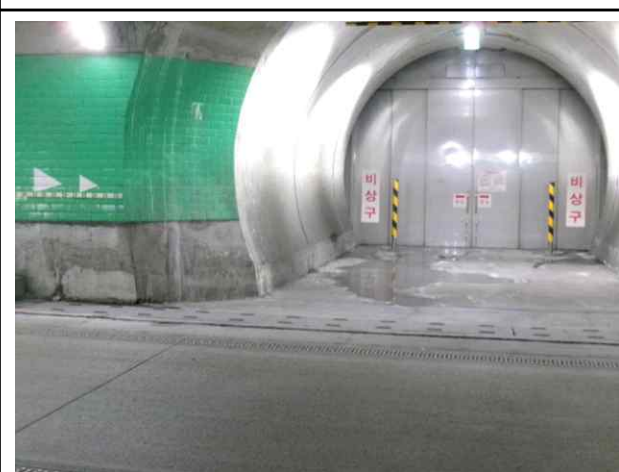
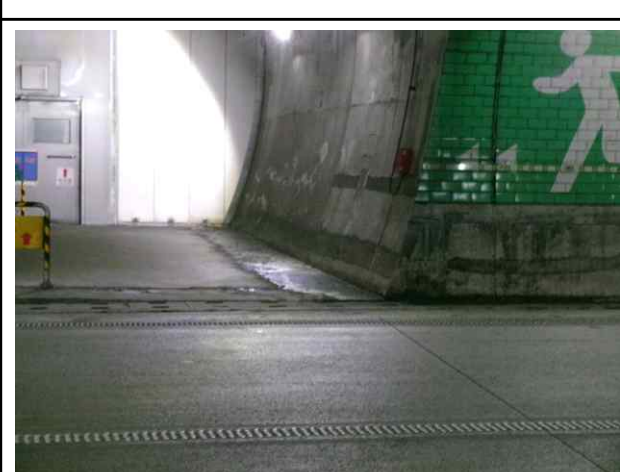


【사진 3.3.37】 피난연락갱 전경

- ① 피난연락갱에 대한 외관조사 결과 누수(떨어짐, 스며있음), 체수 등이 조사되었다.
- ② 누수(떨어짐, 스며있음), 체수의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 누수는 철근콘크리트에 영향을 미치므로 지수보수를 실시하는 것이 바람직하고, 체수는 주의관찰이 요구된다.



【사진 3.3.38】 피난연락갱 손상현황

	
피난연락갱 S057 누수(떨어짐)	피난연락갱 S084 누수(스며있음)
	
피난연락갱 S122 체수	피난연락갱 S144 누수(떨어짐)
	
피난연락갱 S160 누수(떨어짐)	피난연락갱 S566 누수(떨어짐)

【사진 3.3.38】 피난연락갱 손상현황(계속)

1) 외관조사 결과

피난연락갱은 우수유입 등의 원인에 의한 손상이 확인되었으며, 조사된 손상은 다음과 같다.

【표 3.3.25】 피난연락갱 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
피난연락갱	체수	m ²	1	8.00	주의관찰	
	누수(떨어짐, 스며있음)	EA	11	11.00	지수보수	

2) 기 점검결과와 비교

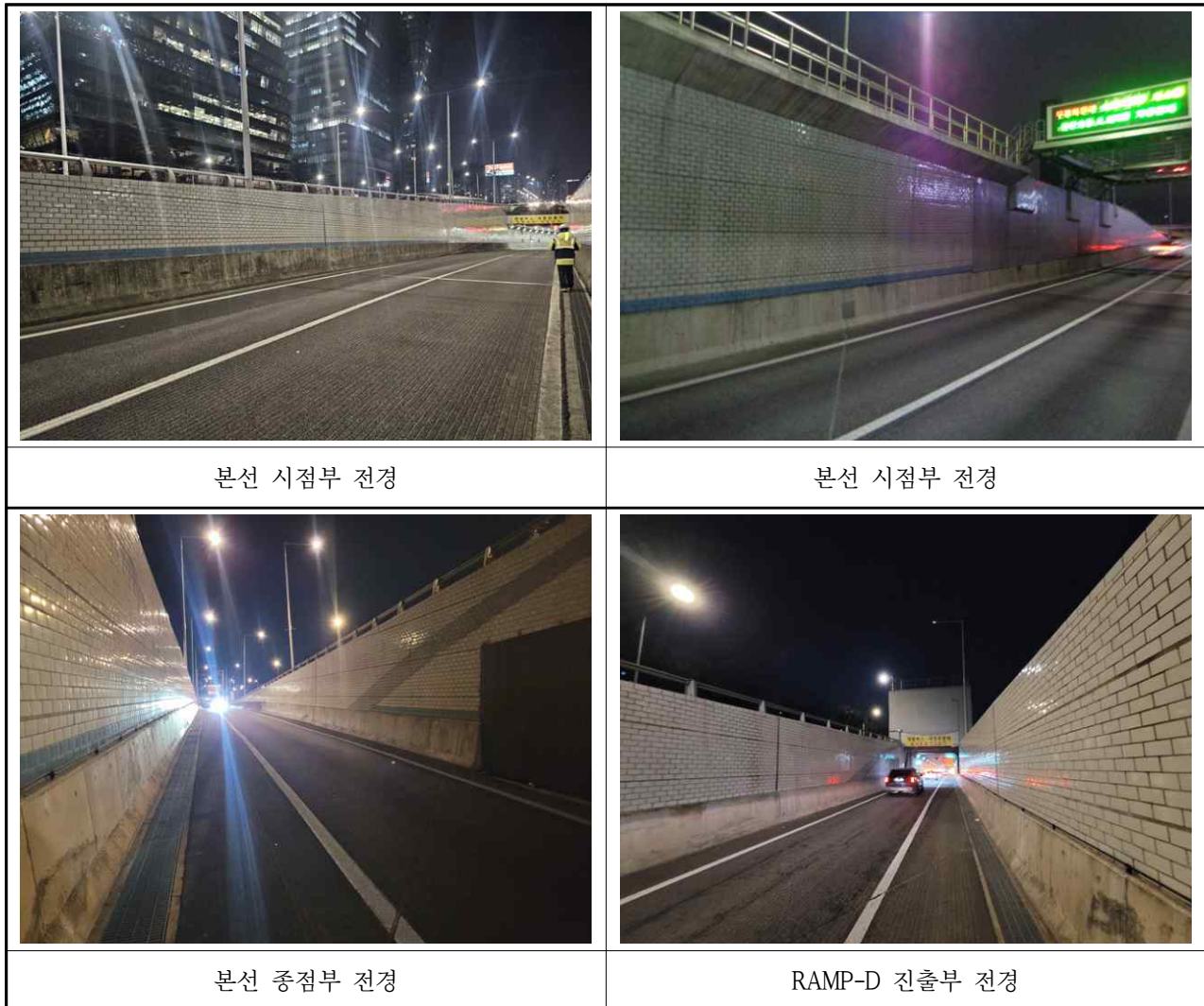
금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.3.26】 피난연락갱 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
피난연락갱	체수	m ²	-	-	1	8.00	▲ 8.00	
	누수(떨어짐, 스며있음)	EA	-	-	11	11.00	▲ 11.00	

나. U-TYPE 옹벽

본 시설물의 U-TYPE 옹벽은 본선 시·종점부, RAMP-D 진입부에 시공되어 있다.



【사진 3.3.39】 U-TYPE 옹벽 전경

- ① U-TYPE 옹벽에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 신규손상 발생여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.



【사진 3.3.40】 U-TYPE 용벽 손상현황

1) 외관조사 결과

U-TYPE 용벽은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.3.27】 U-TYPE 용벽 외관조사 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
U-TYPE 용벽	상태양호	-	-	-	-	

2) 기 점검결과와 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.3.28】 U-TYPE 용벽 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
U-TYPE 용벽	상태양호	-	-	-	-	-	-	

다. 기타시설

본 시설물의 기타시설은 펌프실, 소화수조, 전기실 등이 시공되어 있다.

	
본선 펌프실 전경	본선 소화수조 전경
	
RAMP-D 전기실 전경	RAMP-D 전기실 전경

【사진 3.3.41】기타시설 전경

- ① 기타시설에 대한 외관조사 결과 백태, 누수 및 백태, 누수흔적, 트레이 내부 체수 등의 손상이 조사되었다.
- ② 상기 발생한 손상의 경우 우수유입, 수분침투 등에 의해 발생된 것으로 백태, 누수 및 백태는 표면처리, 지수보수가 요구되며, 누수흔적은 우천시 손상의 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ③ 트레이 내부 체수는 전기실 내 전선 트레이부에 발생한 손상으로 점검일 현재 체수 상태는 미미하나 우천시 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 요구되며, 트레이 내 체수시 2차손상 발생이 우려되므로 그에 대한 방지대책(체수부 유도배수, 전선 이동 등)을 수립하는 것이 요구된다.

	
펌프실 S003 벽체 백태	소화수조 S006 벽체 누수 및 백태
	
소화수조 S006 슬래브 누수흔적	RAMP-D 전기실 측벽부 누수 및 백태
	
RAMP-D 전기실 측벽부 누수 및 백태	RAMP-D 전기실 트레이 내부 채수

【사진 3.3.42】 기타시설 손상현황

1) 외관조사 결과

기타시설은 시공초기 우수유입, 수분침투 등의 원인에 의한 손상이 확인되었으며, 조사된 손상은 다음과 같다.

【표 3.3.29】 기타시설 외관조사 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용		단위	개소	손상물량	조치방안	비고
기타시설	전기실	누수 및 백태	m ²	3	1.75	지수보수	
		트레이 내부 체수	EA	2	2.00	주의관찰	
	소화수조	백태	m ²	1	0.10	표면처리	
		누수 및 백태	m ²	7	1.40	지수보수	
		누수흔적	m ²	1	0.09	주의관찰	
	펌프실	백태	m ²	1	0.03	표면처리	

2) 기 점검결과와 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.3.30】 기타시설 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감		비고
			개소	손상물량	개소	손상물량			
기타시설	전기실	누수 및 백태	m ²	-	-	3	1.75	▲ 1.75	
		트레이 내부 체수	EA	-	-	2	2.00	▲ 2.00	
	소화수조	백태	m ²	-	-	1	0.10	▲ 0.10	
		누수 및 백태	m ²	-	-	7	1.40	▲ 1.40	
		누수흔적	m ²	-	-	1	0.09	▲ 0.09	
	펌프실	백태	m ²	-	-	1	0.03	▲ 0.03	

3.3.4 부속시설물

부속시설은 사고 발생시 안전 대피 및 비상연락이 가능토록 신호기, 표시등, 소화시설, 제트 팬 등이 설치되어 있고, 안전운전을 위해 조명시설이 설치되어 있는 것으로 확인되었다.



【사진 3.3.43】 부속시설 전경

- ① 부속시설에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 확인되었으며, 일부구간 신호기 파손, 비상구 표지판 파손이 조사되었다.
- ② 신호기 파손, 비상구 표지판 파손의 경우 높이제한 위반차량의 충돌에 의한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전확보를 위해 재설치를 통한 보수가 요구되고, 추후 재손상 방지를 위해 높이제한 위반차량의 출입을 제한하는 시설물의 설치가 필요하다.



【사진 3.3.44】기타시설 손상현황

1) 외관조사 결과

부속시설은 전반적으로 양호한 상태이며, 차량충돌에 의한 신호기 파손, 비상구 표지판 파손이 일부 조사되었다.

【표 3.3.31】부속시설 손상물량

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
부속시설	신호기 파손	EA	4	4.00	재설치	
	비상구 표지판 파손	EA	2	2.00	재설치	

2) 기 점검결과와 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.3.32】부속시설 기 점검결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감	비고
			개소	손상물량	개소	손상물량		
부속시설	신호기 파손	EA	-	-	4	4.00	▲ 4.00	
	비상구 표지판 파손	EA	-	-	2	2.00	▲ 2.00	

3.3.5 공중이 이용하는 부위

가. 개요

- 시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침(국토교통부 고시 제2022-539호, 2022.9.28.)상의 제8조제9항 중 “구조안전에 영향을 줄 수 있는 중대한 결함”을 “법 제22조제1항 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 3.3.33】대상부재 여부 확인

구 분	신월여의지하도로	비 고
추락방지시설	○	환기시설 연직갱 계단부 난간 시공
도로포장	○	콘크리트포장 상태
도로부 신축이음부	○	BOX구간 신축이음부 탄성조인트 일부 시공
환기구 등의 덮개	×	해당시설 없음

다. 점검결과

- 차량의 주행성에 대한 안전성 저하 및 중대결함은 없는 것으로 조사되었다.
- 신축이음부 및 추락방지시설 내의 시급한 보수 또는 보강이 요구되는 손상은 없는 것으로 확인되었다.
- 각 부재별 손상내용은 본 보고서 “3.3 현장조사 결과” 참조

3.3.6 외관조사 결과

신월여의지하도로(인천방향)에 대한 외관조사 결과는 다음과 같다.

【표 3.3.34】 외관조사 결과

구 분		결합내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
본선	BOX구간	균열(Cw0.3mm이상)	m	1	3.00	주입보수	
		백태	m ²	1	9.00	표면처리	
		균열부백태	m ²	4	1.20	표면처리	
		박리	m ²	1	0.10	단면보수	
		누수흔적	m ²	3	27.05	주의관찰	
		누수(떨어짐, 스며있음)	EA	10	10.00	지수보수	
	NATM구간	균열(Cw0.3mm미만)	m	9	19.60	표면처리	
		균열(Cw0.3mm이상)	m	320	2,814.00	주입보수	
		재균열(Cw0.3mm이상)	m	34	202.00	주입보수	
		망상균열	m ²	7	78.40	표면처리	
		백태	m ²	42	19.59	표면처리	
		들뜸, 박리, 박락, 파손, 굽힘, 보수부 들뜸, 보수부 파손	m ²	66	12.48	단면보수	
		단면불량	m ²	2	0.34	단면보수	
		피복부족	m ²	8	104.50	단면보수(방청)	
		파손 및 철근노출	m ²	3	0.49	단면보수(방청)	
		재료분리	m ²	1	0.09	단면보수	
		누수흔적	m ²	4	3.39	주의관찰	
		누수(흐름, 떨어짐, 스며있음)	EA	52	52.00	지수보수	
		타일탈락	EA	16	16.00	채시공	
		격벽 파손	m ²	2	0.18	단면보수	
	포장부	포장 균열	m	2	8.00	주의관찰	
		포장 망상균열	m ²	7	768.00	주의관찰	
		포장 파손, 박리	m ²	17	13.14	단면보수	
		포장 들뜸	m ²	19	728.00	주의관찰	
	공동구	파손	m ²	2	0.25	주의관찰	
		덮개탈락, 덮개파손	EA	77	77.00	채시공	
		실란트 미시공	m	1	1.50	주의관찰	
	배수시설	배수로 체수	m	8	80.00	주의관찰	
	갭문	상태양호	-	-	-	-	

【표 3.3.34】외관조사 결과(계속)

구 분		결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
RAMP	BOX구간	망상균열	m ²	1	20.00	표면처리	
		백태	m ²	4	7.95	표면처리	
		누수흔적 및 백태	m ²	1	0.40	표면처리	
		누수(떨어짐, 스며있음)	EA	5	5.00	지수보수	
	NATM구간	균열(Cw0.3mm미만)	m	1	5.00	표면처리	
		균열(Cw0.3mm이상)	m	21	188.00	주입보수	
		재균열(Cw0.3mm이상)	m	1	14.00	주입보수	
		백태	m ²	11	10.36	표면처리	
		박리, 파손	m ²	5	3.00	단면보수	
		누수흔적	m ²	4	0.90	주의관찰	
		누수(떨어짐, 스며있음)	EA	4	4.00	지수보수	
		타일탈락	EA	31	60.00	재시공	
		풍도슬래브 파손(굽힘)	m ²	28	10.36	단면보수	
		풍도슬래브 물탈파손	m ²	7	3.90	단면보수	
		풍도슬래브 파손 및 철근노출	m ²	1	1.50	단면보수(방청)	
		풍도슬래브 격벽 파손 및 철근노출	m ²	1	12.00	단면보수(방청)	
		풍도슬래브 댐퍼 변형	m	1	0.50	정비	
		풍도슬래브 댐퍼 고정볼트 탈락 및 파손	EA	9	9.00	정비	
		풍도슬래브 댐퍼 덮개 탈락 및 파손	EA	1	1.00	정비	
	포장부	포장 파손	m ²	1	0.09	단면보수	
		포장 들뜸	m ²	5	130.00	주의관찰	
		포장 체수	m ²	1	0.30	주의관찰	
	공동구	파손	m ²	2	0.20	주의관찰	
		덮개파손	EA	11	11.00	재시공	
	배수시설	유도배수관 누수	EA	2	2.00	정비	
		유도배수관 길이부족	m	1	1.50	재시공	
	갯문	상태양호	-	-	-	-	

【표 3.3.34】외관조사 결과(계속)

구 분		결함내용 및 손상, 열화내용		단위	개소	손상물량	조치방안	비고
부대 시설	피난연락궤	채수		m ²	1	8.00	주의관찰	
		누수(떨어짐, 스며있음)		EA	11	11.00	지수보수	
	U-TYPE 옹벽	상태양호		-	-	-	-	
	기타시설	전기실	누수 및 백태	m ²	3	1.75	지수보수	
			트레이 내부 채수	EA	2	2.00	주의관찰	
		소화수조	백태	m ²	1	0.10	표면처리	
			누수 및 백태	m ²	7	1.40	지수보수	
			누수혼적	m ²	1	0.09	주의관찰	
		펌프실	백태	m ²	1	0.03	표면처리	
부속시설		신호기 파손		EA	4	4.00	재설치	
		비상구 표지판 파손		EA	2	2.00	재설치	

3.3.7 이전 상태와 현 상태 비교

【표 3.3.35】 기 점검결과와 손상물량 비교표

구 분		결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감		비고
				개소	손상물량	개소	손상물량			
본선	BOX구간	균열(Cw0.3mm이상)	m	-	-	1	3.00	▲	3.00	
		백태	m ²	-	-	1	9.00	▲	9.00	
		균열부백태	m ²	-	-	4	1.20	▲	1.20	
		박리	m ²	-	-	1	0.10	▲	0.10	
		누수흔적	m ²	-	-	3	27.05	▲	27.05	
		누수(떨어짐, 스며있음)	EA	-	-	10	10.00	▲	10.00	
	NATM구간	균열(Cw0.3mm미만)	m	-	-	9	19.60	▲	19.60	
		균열(Cw0.3mm이상)	m	-	-	320	2,814.00	▲	2,814.00	
		재균열(Cw0.3mm이상)	m	-	-	34	202.00	▲	202.00	
		망상균열	m ²	-	-	7	78.40	▲	78.40	
		백태	m ²	-	-	42	19.59		19.59	
		들뜸, 박리, 박락, 파손, 굽힘, 보수부 들뜸, 보수부 파손	m ²	-	-	66	12.48	▲	12.48	
		단면불량	m ²	-	-	2	0.34	▲	0.34	
		피복부족	m ²	-	-	8	104.50	▲	104.50	
		파손 및 철근노출	m ²	-	-	3	0.49	▲	0.49	
		재료분리	m ²	-	-	1	0.09	▲	0.09	
		누수흔적	m ²	-	-	4	3.39	▲	3.39	
		누수(흐름, 떨어짐, 스며있음)	EA	-	-	52	52.00	▲	52.00	
		타일탈락	EA	-	-	16	16.00	▲	16.00	
		격벽 파손	m ²	-	-	2	0.18	▲	0.18	
	포장부	포장 균열	m	-	-	2	8.00	▲	8.00	
		포장 망상균열	m ²	-	-	7	768.00	▲	768.00	
		포장 파손, 박리	m ²	-	-	17	13.14	▲	13.14	
		포장 들뜸	m ²	-	-	19	728.00	▲	728.00	
	공동구	파손	m ²	-	-	2	0.25	▲	0.25	
		덮개탈락, 덮개파손	EA	-	-	77	77.00	▲	77.00	
		실란트 미시공	m	-	-	1	1.50	▲	1.50	
	배수시설	배수로 체수	m	-	-	8	80.00	▲	80.00	
	갹문	상태양호	-	-	-	-	-	-	-	

【표 3.3.35】 기 점검결과와 손상물량 비교표(계속)

구 분		결함내용 및 손상, 열화내용	단위	기존점검		금회점검		증감	비고
				개소	손상물량	개소	손상물량		
R A M P	BOX구간	망상균열	m ²	-	-	1	20.00	▲ 20.00	
		백태	m ²	-	-	4	7.95	▲ 7.95	
		누수흔적 및 백태	m ²	-	-	1	0.40	▲ 0.40	
		누수(떨어짐, 스며있음)	EA	-	-	5	5.00	▲ 5.00	
	NATM구간	균열(Cw0.3mm미만)	m	-	-	1	5.00	▲ 5.00	
		균열(Cw0.3mm이상)	m	-	-	21	188.00	▲ 188.00	
		재균열(Cw0.3mm이상)	m	-	-	1	14.00	▲ 14.00	
		백태	m ²	-	-	11	10.36	▲ 10.36	
		박리, 파손	m ²	-	-	5	3.00	▲ 3.00	
		누수흔적	m ²	-	-	4	0.90	▲ 0.90	
		누수(떨어짐, 스며있음)	EA	-	-	4	4.00	▲ 4.00	
		타일탈락	EA	-	-	31	60.00	▲ 60.00	
		풍도슬래브 파손(굽힘)	m ²	-	-	28	10.36	▲ 10.36	
		풍도슬래브 몰탈파손	m ²	-	-	7	3.90	▲ 3.90	
		풍도슬래브 파손 및 철근노출	m ²	-	-	1	1.50	▲ 1.50	
		풍도슬래브 격벽 파손 및 철근노출	m ²	-	-	1	12.00	▲ 12.00	
		풍도슬래브 댐퍼 변형	m	-	-	1	0.50	▲ 0.50	
		풍도슬래브 댐퍼 고정볼트 탈락 및 파손	EA	-	-	9	9.00	▲ 9.00	
		풍도슬래브 댐퍼 덮개 탈락 및 파손	EA	-	-	1	1.00	▲ 1.00	
	포장부	포장 파손	m ²	-	-	1	0.09	▲ 0.09	
		포장 들뜸	m ²	-	-	5	130.00	▲ 130.00	
		포장 체수	m ²	-	-	1	0.30	▲ 0.30	
	공동구	파손	m ²	-	-	2	0.20	▲ 0.20	
		덮개파손	EA	-	-	11	11.00	▲ 11.00	
	배수시설	유도배수관 누수	EA	-	-	2	2.00	▲ 2.00	
		유도배수관 길이부족	m	-	-	1	1.50	▲ 1.50	
	갱문	상태양호	-	-	-	-	-	- -	

【표 3.3.35】 기 점검결과와 손상물량 비교표(계속)

구 분		결함내용 및 손상, 열화내용		단위	기존점검		금회점검		증감	비고
					개소	손상물량	개소	손상물량		
부대 시설	피난 연락궤	체수		m ²	-	-	1	8.00	▲ 8.00	
		누수(떨어짐, 스며있음)		EA	-	-	11	11.00	▲ 11.00	
	U-TYPE 옹벽	상태양호		-	-	-	-	-	- -	
	기타 시설	전기실	누수 및 백태	m ²	-	-	3	1.75	▲ 1.75	
			트레이 내부 체수	EA	-	-	2	2.00	▲ 2.00	
		소화수조	백태	m ²	-	-	1	0.10	▲ 0.10	
			누수 및 백태	m ²	-	-	7	1.40	▲ 1.40	
			누수흔적	m ²	-	-	1	0.09	▲ 0.09	
		펌프실	백태	m ²	-	-	1	0.03	▲ 0.03	
	기타시설		신호기 파손	EA	-	-	4	4.00	▲ 4.00	
			비상구 표지판 파손	EA	-	-	2	2.00	▲ 2.00	

3.4 내구성 시험 및 측정 개요

3.4.1 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.

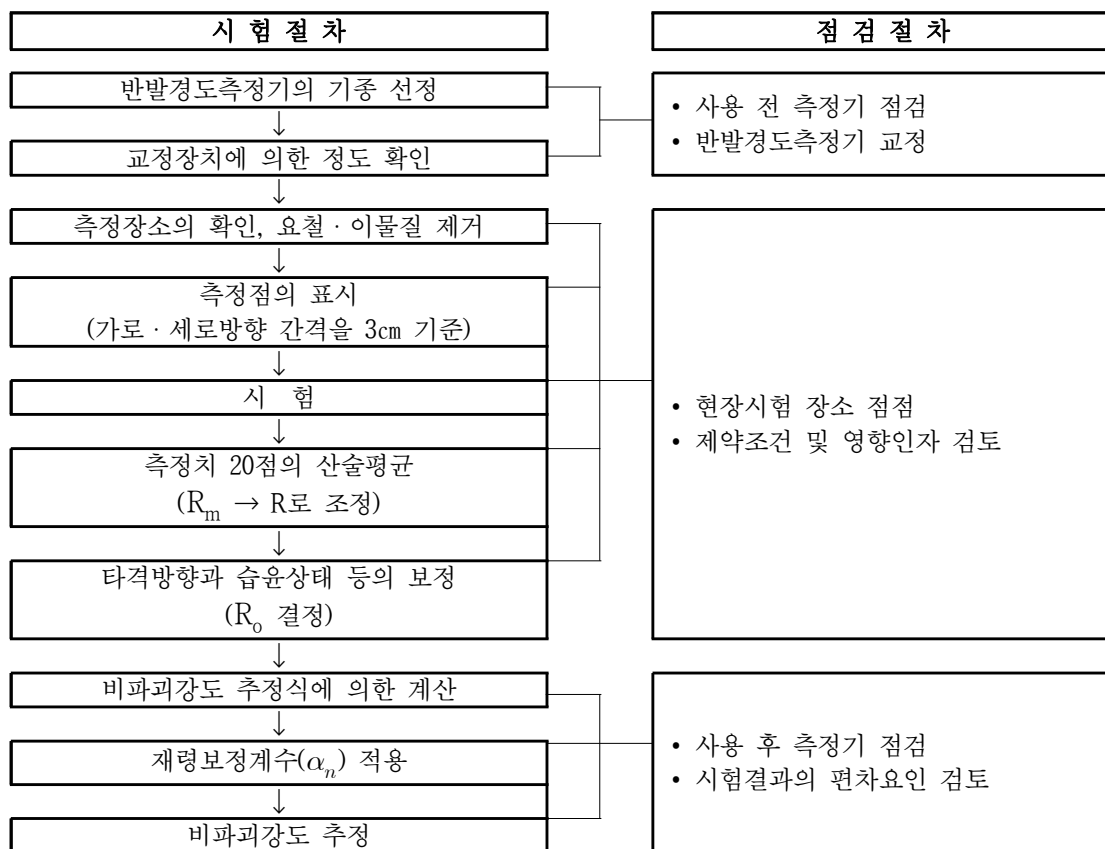
3.4.2 시험내용 및 평가기준

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 3.4.1】 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

외관조사 결과에 의해 결정된 측정개소에 대해서 타격점 상호간의 간격은 3cm를 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 R 을 결정한다.

② 보정반발경도(R_o)

【표 3.4.1】 보정반발경도(R_o)

◆ 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($+90^\circ$)의 경우 : (-)값으로 보정	α	보 정 값			
	R	$+90^\circ$	$+45^\circ$	-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 : $\Delta R_2 = +3$으로 보정 측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : $\Delta R_2 = +5$로 보정					

③ 압축강도의 추정

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

【표 3.4.2】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	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(2023. 12, 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 α 는 아래【표 3.4.3】와 같으며, 2021년 04월 15일 준공이후, 1000일 이상의 재령에 대해서는 0.65를 적용하였다.

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

【표 3.4.3】 재령계수 α 값

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.

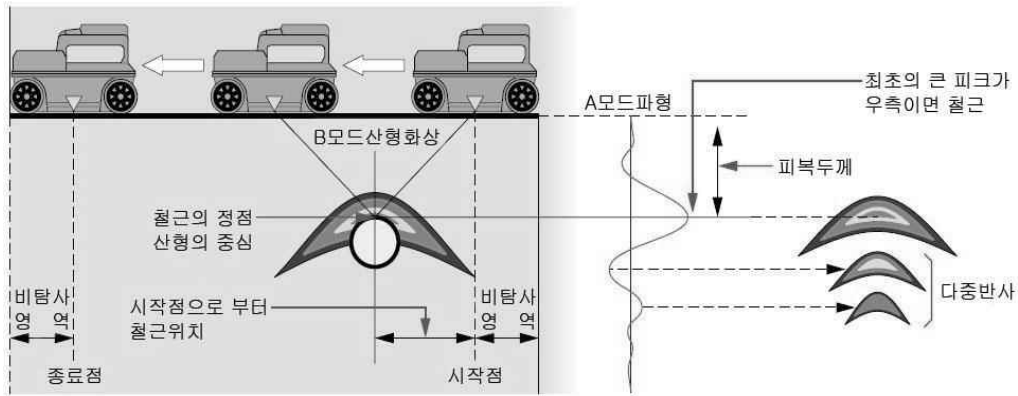
$$V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{m/sec})$$

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.

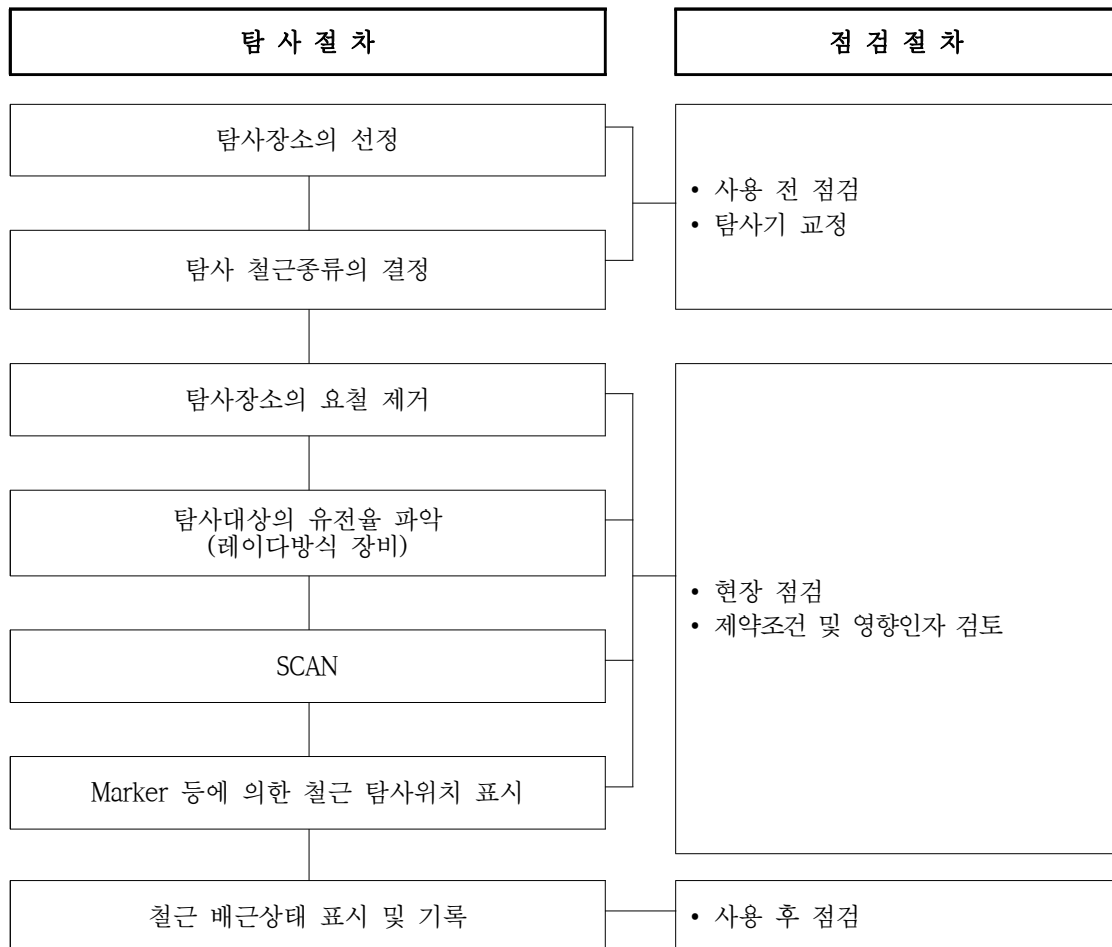
$$D = \frac{1}{2} V T \quad (\text{m})$$



【그림 3.4.2】 철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

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



【그림 3.4.3】 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

4) 탐사조건 및 적용한계(RC Radar의 경우)

① 탐사조건

- 적용 가능한 조건
 - 탐사심도 200mm이내
 - 탐사대상 철근지름이 $\phi 6\text{mm}$ 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
 - 100mm이하의 피치로 배근되어 있는 경우
 - 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우

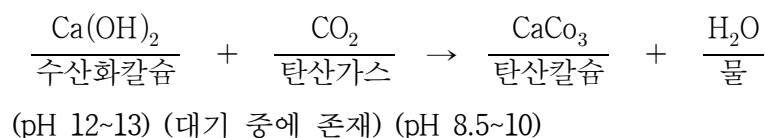
② 적용한계

- 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

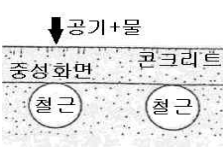
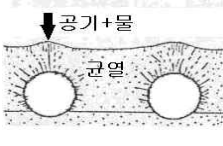
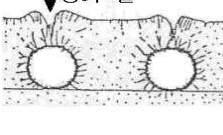
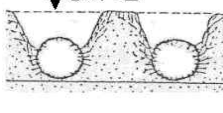
1) 개 요

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



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 $1 \times 10^{-6} \text{mm}$ 두께의 수산화물($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 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 3.4.4】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

2) 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로서는 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 3.4.4】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(mm)

A : 탄산화 속도계수(mm/ $\sqrt{\text{년}}$)

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.

$$\text{수명예측(년)} = (\text{철근피복} / \text{탄산화 속도계수})^2$$

$$\text{잔존수명예측(년)} = \text{수명예측년수} - \text{경과년수}$$

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.4.5】 탄산화 상태평가 기준

기 준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	• 30mm이상	• 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	• 10mm이상 ~ 30mm미만	• 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	• 0mm이상 ~ 10mm미만	• 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 0mm미만	• 철근부식 발생
e	-	-

3.5 내구성 조사 결과

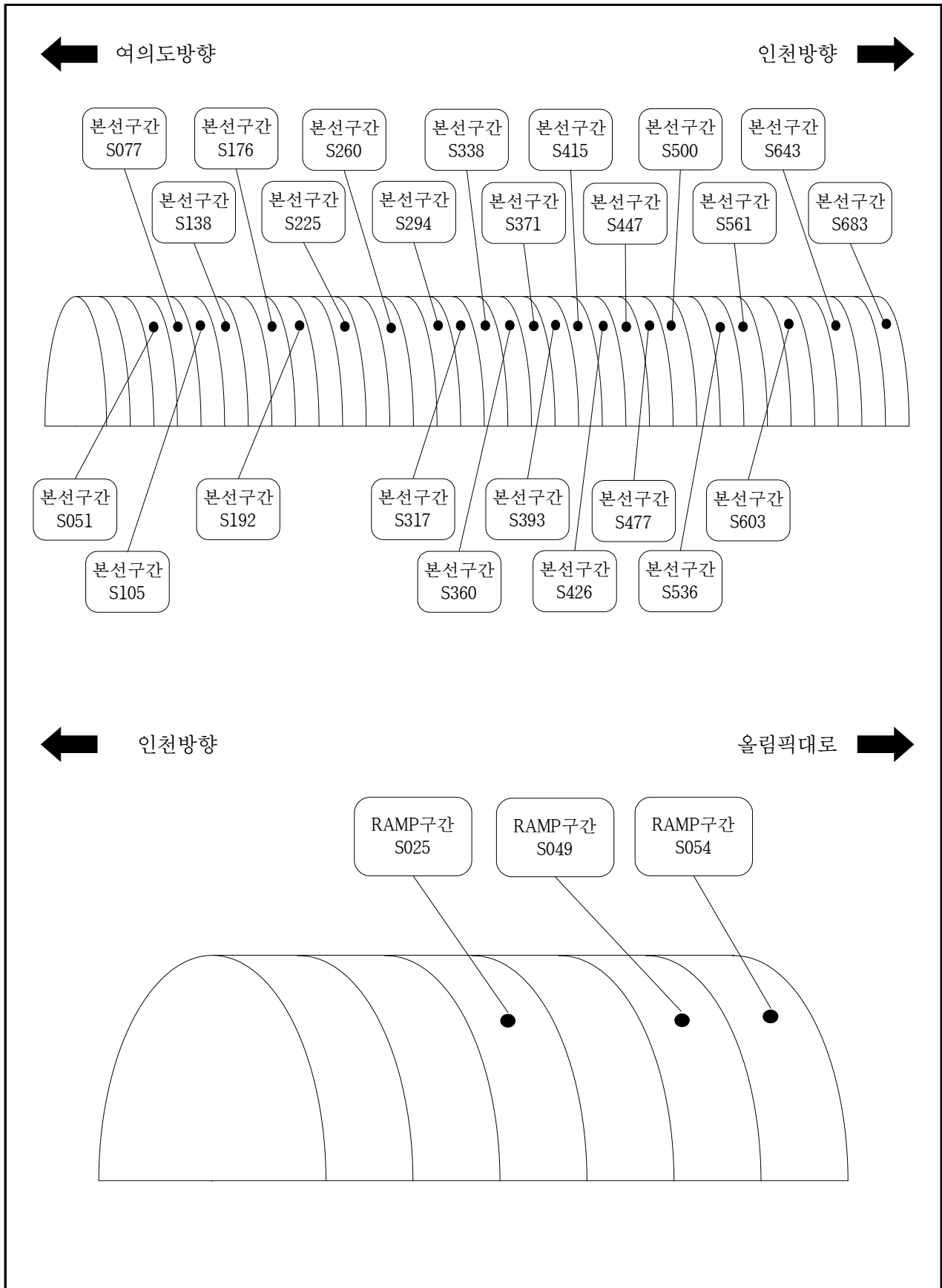
본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2023. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였으며, 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 철근탐사시험, 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 3.5.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

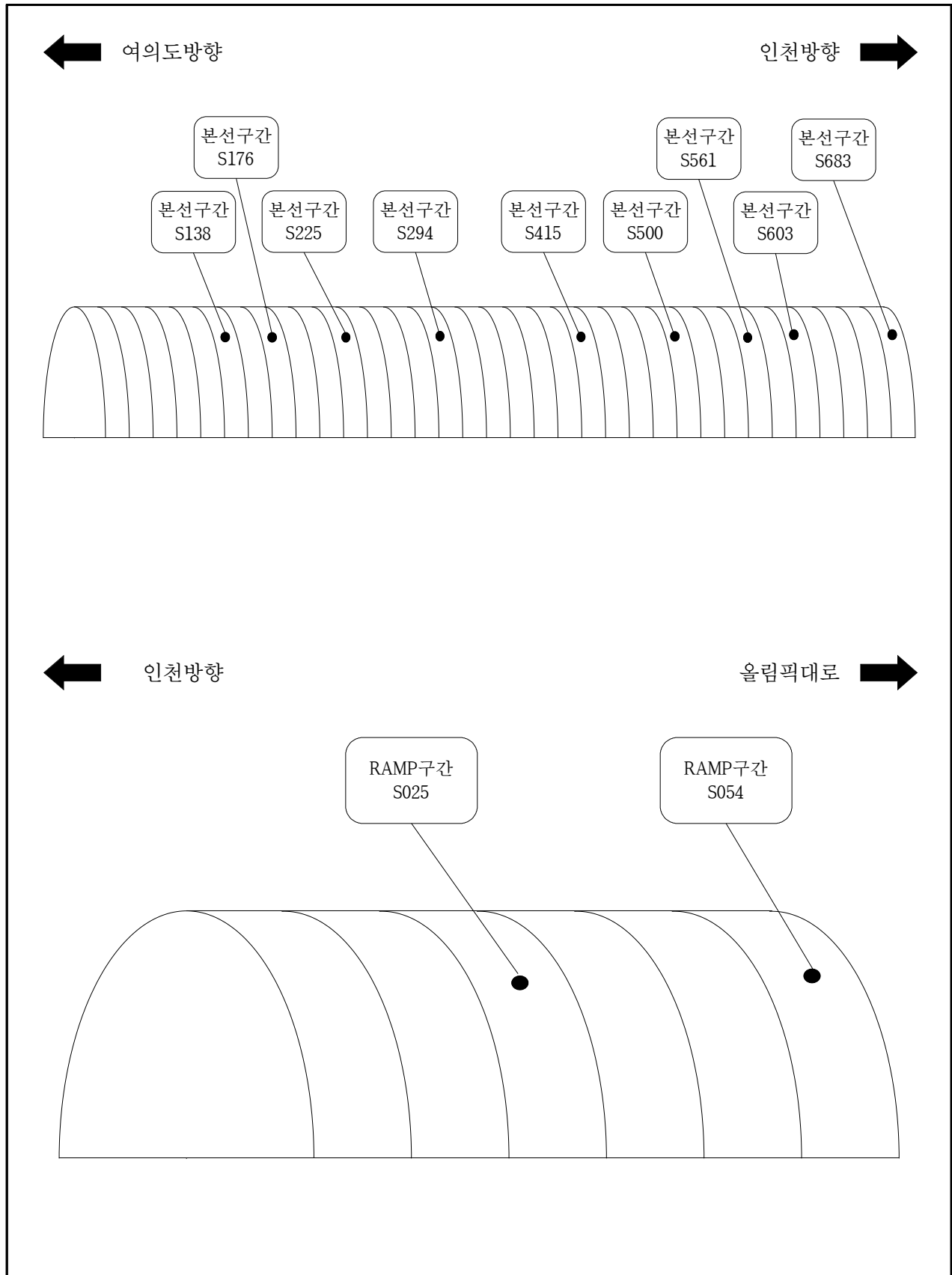
항 목	기준수량		실시 수량 (개소)		비 고
			본선	RAMP	
측점분할	• 5~20m 간격(책임기술자 조정 가능)	-	-		
반발경도시험	• 총수량 = (총연장 ÷ 300m)	27	24	3	
탄산화깊이 측정	- 철근콘크리트 구조물 • 총연장 1,000m미만 = 2개소 • 총연장 1,000m이상 = 최초 2개소 + 1,000m당 1개소 추가	11	9	2	
철근탐사시험		11	9	2	

		
반발경도시험(단면정리)	반발경도시험	탄산화 깊이 측정(드릴링)
		
탄산화 깊이 측정(페놀프탈레인)	탄산화 깊이 측정	철근탐사시험

【사진 3.5.1】 콘크리트 내구성조사 전경



【그림 3.5.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(반발경도시험)



【그림 3.5.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(탄산화, 철근탐사)

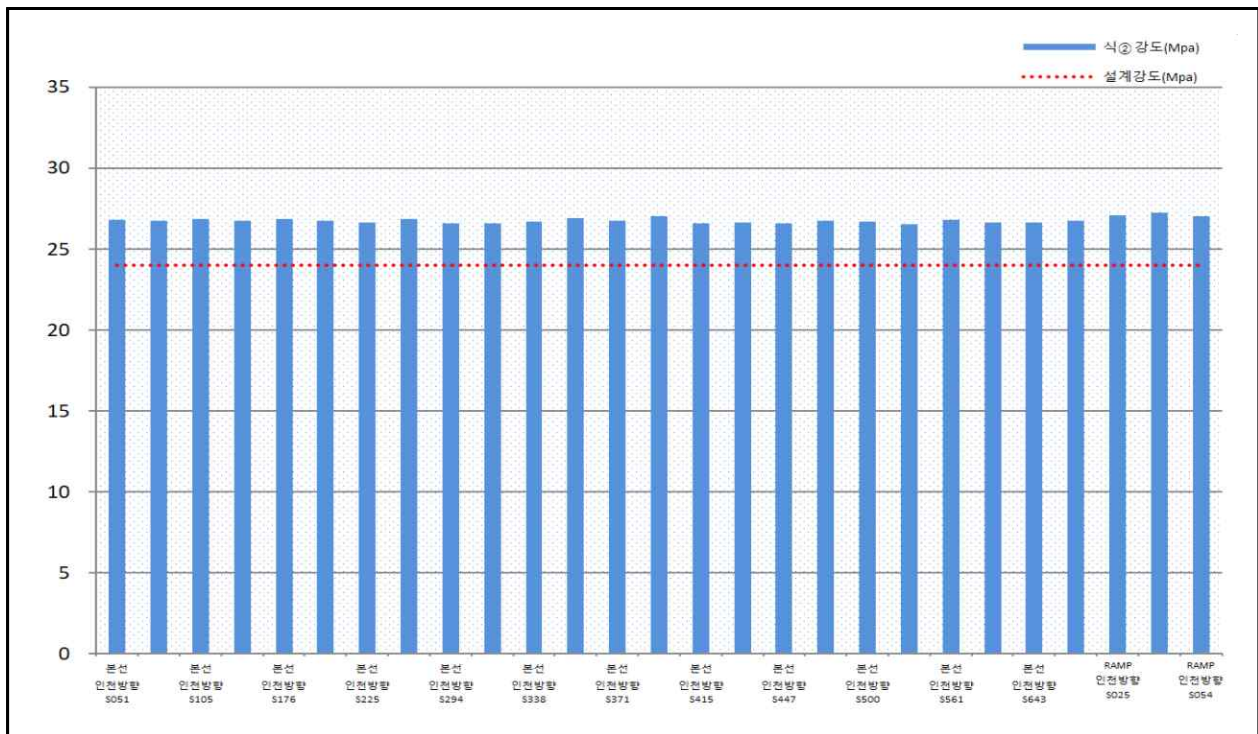
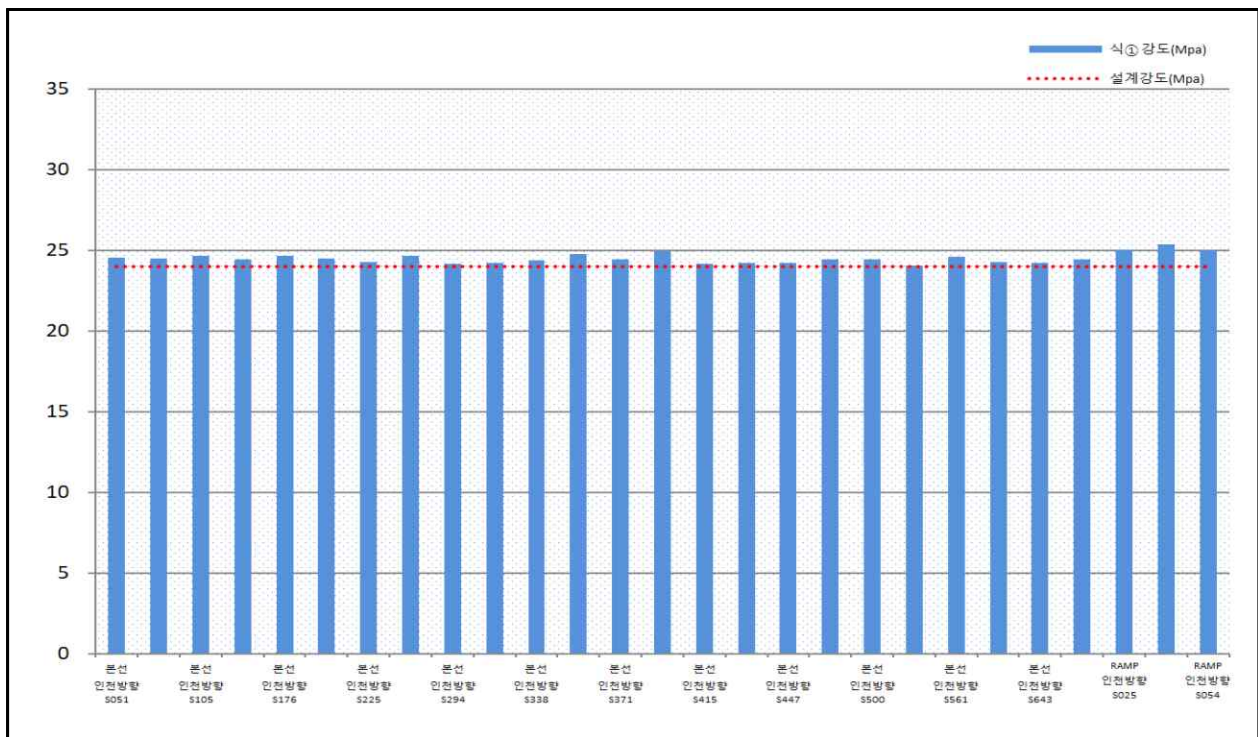
3.5.1 콘크리트 강도시험

신월여의지하도로의 콘크리트 비파괴강도시험은 반발경도법을 이용하여 총 27개소(본선 구간 24개소, RAMP구간 3개소)의 비파괴강도시험을 실시하였으며, 측정결과는 다음과 같다.

가. 비파괴강도 시험결과

【표 3.5.2】 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도 (R_o)	재령 보정	반발경도법(MPa)		설계기준 강도 (MPa)
				식①	식②	
본선구간	S051	43.9	0.65	24.5	26.8	24
	S077	43.9		24.5	26.8	
	S105	44.0		24.6	26.8	
	S138	43.8		24.5	26.7	
	S176	44.0		24.6	26.8	
	S192	43.9		24.5	26.8	
	S225	43.6		24.3	26.6	
	S260	44.0		24.6	26.8	
	S294	43.4		24.2	26.6	
	S317	43.5		24.2	26.6	
	S338	43.7		24.4	26.7	
	S360	44.2		24.8	26.9	
	S371	43.8		24.5	26.7	
	S393	44.4		24.9	27.0	
	S415	43.4		24.2	26.6	
	S426	43.5		24.2	26.6	
	S447	43.5		24.2	26.6	
	S477	43.8		24.5	26.7	
	S500	43.8		24.4	26.7	
	S536	43.3		24.1	26.5	
	S561	44.0		24.6	26.8	
	S603	43.6		24.3	26.6	
	S643	43.5		24.2	26.6	
	S683	43.8		24.5	26.7	
RAMP 구간	S025	44.5		25.1	27.0	
	S049	44.9		25.4	27.2	
	S054	44.4		25.0	27.0	



【그림 3.5.3】 반발경도시험 압축강도 추정결과

- 비파괴강도시험 검토결과, 반발경도법에 의한 콘크리트 강도는 24.1~27.2MPa로 설계 기준강도(24MPa) 대비 100.4~113.3%로 비파괴 추정강도는 설계기준강도를 상회하는 값으로 분석되었다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.5.3】 비파괴강도시험 결과분석

구 분	시험방법	추정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
신월여의지하도로	반발경도법	24.1~27.2	24.0	100.4~113.3

나. 기 점검결과와의 비교

【표 3.5.4】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분		기존점검	금회점검	설계기준강도
신월여의지하도로	반발경도법	-	24.1~27.2	24.0
검토의견		■ 금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.		

3.5.2 철근탐사 시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 탄산화 깊이측정 시험을 위한 피복두께 측정을 위해 탄산화시험과 동일한 부위에서 11개소(본선구간 9개소, RAMP구간 2개소)의 철근탐사 시험을 실시하였으며, 측정결과는 다음과 같다.

가. 철근탐사 시험결과

【표 3.5.5】 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
본선구간	S138	주철근	@125	64	@125	60	
		배력철근	@200	66	@200	60	
	S176	주철근	@205	63	@200	60	
		배력철근	@210	65	@200	60	
	S225	주철근	@195	64	@200	60	
		배력철근	@190	67	@200	60	
	S294	주철근	@200	64	@200	60	
		배력철근	@170	67	@200	60	
	S415	주철근	@200	64	@200	60	
		배력철근	@185	62	@200	60	
	S500	주철근	@195	68	@200	60	
		배력철근	@190	64	@200	60	
	S561	주철근	@180	64	@200	60	
		배력철근	@175	61	@200	60	
	S603	주철근	@195	62	@200	60	
		배력철근	@175	63	@200	60	
	S696	주철근	@190	60	@200	60	
		배력철근	@205	63	@200	60	
RAMP 구간	S025	주철근	@125	61	@125	60	
		배력철근	@215	63	@200	60	
	S054	주철근	@140	60	@125	60	
		배력철근	@190	63	@200	60	

본 과업대상에 대하여 철근탐사 수행결과, 측정된 철근배근 간격 및 피복두께는 준공도면의 설계치와 비교시 전반적으로 일치한 것으로 확인되었다.

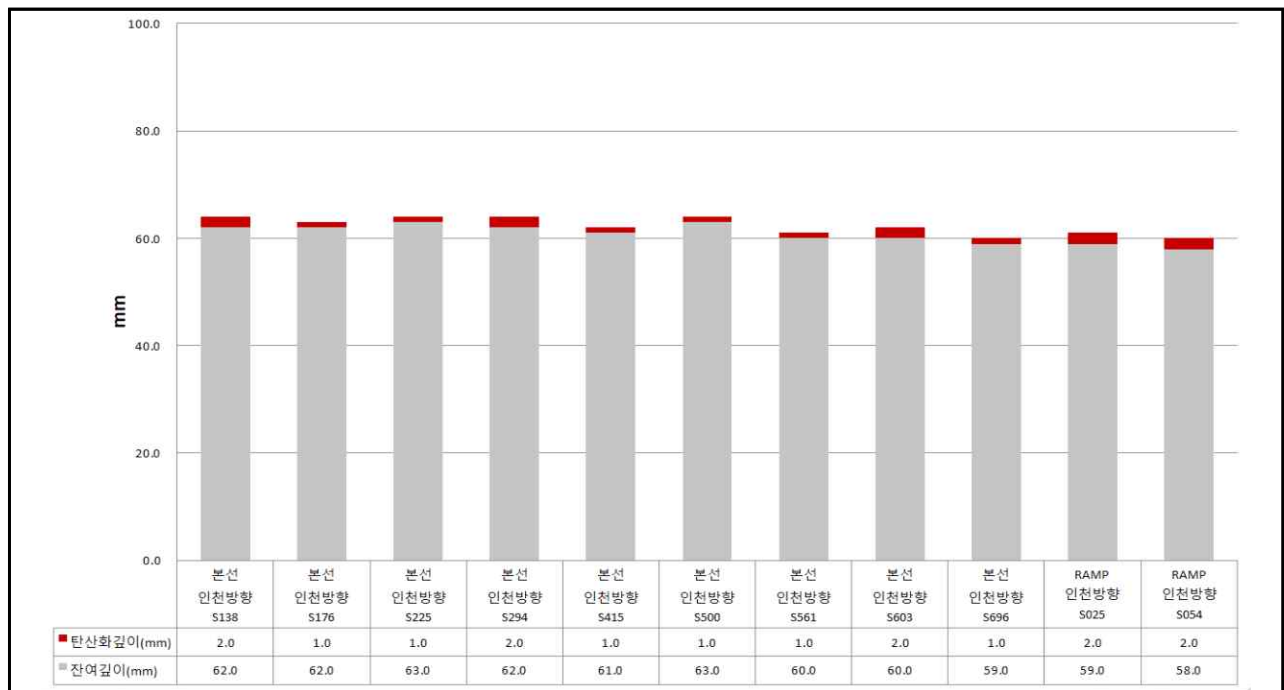
3.5.3 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 11개소(본선구간 9개소, RAMP구간 2개소)의 탄산화 잔여깊이를 측정하였으며, 실측 최소 피복두께를 적용하기 위해 철근탐사시험과 결과를 피복두께로 하여 결과를 평가하였고, 그 결과는 다음과 같다.

가. 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.5.6】 탄산화깊이 측정결과 및 평가

시험위치		실측 피복두께 (mm)	탄산화 깊이 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과 (등급)	잔존 수명예측 (년)	탄산화 속도계수 (A)	비 고
본선구간	S138	64.0	2.0	62.0	a	3,069	1.155	
	S176	63.0	1.0	62.0	a	11,904	0.577	
	S225	64.0	1.0	63.0	a	12,285	0.577	
	S294	64.0	2.0	62.0	a	3,069	1.155	
	S415	62.0	1.0	61.0	a	11,529	0.577	
	S500	64.0	1.0	63.0	a	12,285	0.577	
	S561	61.0	1.0	60.0	a	11,160	0.577	
	S603	62.0	2.0	60.0	a	2,880	1.155	
	S696	60.0	1.0	59.0	a	10,797	0.577	
RAMP 구간	S025	61.0	2.0	59.0	a	2,788	1.155	
	S054	60.0	2.0	58.0	a	2,697	1.155	



【그림 3.5.4】 탄산화깊이 측정결과

콘크리트 부재에 대한 탄산화 깊이 측정결과, 실측 피복두께와 비교시 탄산화 잔여깊이가 30.0mm 이상으로 측정되어 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2023. 12)』의 건전성 평가 기준에 의거 “a”로 평가되었으며, 철근까지의 탄산화 도달기간은 시험개소 모두 100년 이상으로 측정되어 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

나. 기 점검결과와의 비교

【표 3.5.7】탄산화깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	기존점검	금회점검	비 고
탄산화 잔여깊이	-	58.0~63.0	a등급
검토의견	금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.		

3.5.4 내구성조사 결과 요약

【표 3.5.8】 내구성조사 결과 요약

시험명	시 험 위 치	시 험 결 과				비 고	
비파괴 강도 (MPa)	시험종류	추정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)			
	반발경도법	24.1~27.2	24.0	100.4~113.3			
	검토의견	■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따 른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨					
철근탐사 (mm)	부재	철근종류	측정치		설계치		
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
	라이닝	주철근	125~205	60~68	125~200	60	
		배력철근	145~215	61~67	200	60	
	검토의견	■ 준공도면과 비교시 전반적으로 일치한 것으로 확인됨					
탄산화 잔여깊이 (mm)	부재	잔여깊이	평가	잔존수명			
	탄산화 잔여깊이	58.0~63.0	a	100년이상			
	검토의견	■ 탄산화 잔여깊이가 30mm이상인 “a” 로 평가되며, 탄산 화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨					

3.5.5 기 점검결과 비교

【표 3.5.9】 내구성조사 기 점검결과 비교

시험명	시험부위		시험결과		비고
			기존점검	금회점검	
비파괴강도 (MPa)	콘크리트 라이닝		-	24.1~27.2	■ 금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.
철근탐사 (mm)	주철근	배근간격	-	125~205	
		피복두께	-	60~68	
	배력철근	배근간격	-	145~215	
		피복두께	-	61~67	
탄산화 잔여깊이 (mm)	콘크리트 라이닝		-	58.0~63.0	

제4장 상태평가

4.1 개요

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.3 상태평가 결과

제4장 상태평가

4.1 개요

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침, 2023. 12」의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

상태평가가 정확히 이루어졌는지 확인하는 동시에 기록용 문서로서 이용하기 위하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시한 사람은 외관조사 결과를 안전점검 및 정밀안전진단 서식에 각각의 결함의 형태, 크기, 양 및 심각한 정도 등을 기록하여야 한다.

안전점검 및 정밀안전진단 수행 책임기술자는 「세부지침」의 상태평가 기준 및 절차에 따라 조사 및 평가하는 것을 원칙으로 한다.

정밀안전점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.2.1 상태평가 기준

가. 기본시설 및 부대시설

터널의 기본시설과 부대시설은 다음 【표 4.2.1】과 같다. 터널 부대시설 중에서 시설물의 중요도가 상대적으로 작으며 본선 구조물에 부분적으로 확폭 또는 접속된 별도공간인 비상주차대, 대피소/변압기굴, 덕트슬래브, 배전실/통신실/기재갱 등은 상태평가지 기본시설에 포함하여 평가한다.

금회 정밀안전점검의 실시범위는 기본시설물 및 공중이 이용하는 부위로 한정되어 그에 대해 상태평가를 실시하였다.

【표 4.2.1】 터널의 기본시설물과 공중이 이용하는 부위의 종류

기본시설물	공중이 이용하는 부위
· 본선라이닝	· 추락방지시설
· 갹문	· 도로포장
· 개착터널	· 도로부 신축이음부
-	· 환기구 등의 덮개

나. 상태평가 항목

터널의 상태평가는 라이닝 상태평가와 터널주변 상태평가로 구분하여 실시하며 상태평가 시 고려해야할 주요 평가항목은 다음과 같다.

【표 4.2.2】터널 상태평가 항목

구분		평 가 항 목
상태 평가	라이닝 상 태	· 균열, 누수, 파손 및 손상 · 재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)
	터널주변 상 태	· 배수상태, 지반상태, 갱문상태, 공동구 상태 · 특수조건 : 도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널(추가점수 부여)

다. 결함지수 산정기준

금회 대상 시설물의 경우 NATM구간과 BOX구간으로 구분되었으며, 결함지수 산정기준은 다음과 같다.

1) NATM터널(무근콘크리트 라이닝)

【표 4.2.3】NATM터널(무근콘크리트라이닝) 결함지수 산정기준

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
라이닝	균열	0 ~ 2	3 ~ 5	6 ~ 8	9 ~ 11	12 ~ 13	
	누수	0	1	2	3	4 ~ 5	
	파손 및 손상	0	0	1	2	3	
	재질 열화	박리	0	0	1	1	1
		층분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
터널 주변	배수상태	문제가 없는 경우 : 0					
		배수불량 또는 막힘 : 1~2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문(접속부) 상태	손상 : 0 ~ 1					
	공동구상태	문제가 없는 경우 : 0					
		덮개파손 및 오염됨 : 0.5					
이물질 퇴적 및 침수 : 1							
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1 ~ 3					
라이닝 결함지수(f) = $\frac{\sum \text{결함점수}}{27}$, 터널결함지수(F) = $\frac{\sum \text{결함점수}}{34}$							

2) NATM터널(철근콘크리트 라이닝)

【표 4.2.4】 NATM터널(철근콘크리트라이닝)결합지수 산정기준

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
라이닝	균열	0 ~ 2	3 ~ 5	6 ~ 8	9 ~ 11	12 ~ 13	
	누수	0	1	2	3	4 ~ 5	
	파손 및 손상	0	0	1	2	3	
	재질 열화	박리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄산화	0	1	2	3	-
염화물		0	1	1	2	-	
터널 주변	배수상태	문제가 없는 경우 : 0					
		배수불량 또는 막힘 : 1~2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문(접속부) 상태	손상 : 0 ~ 1					
	공동구상태	문제가 없는 경우 : 0					
		덮개파손 및 오염됨 : 0.5					
이물질 퇴적 및 침수 : 1							
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1 ~ 3					
		$\text{라이닝 결합지수 (f)} = \frac{\Delta \text{결합점수}}{36}$, $\text{터널결합지수 (F)} = \frac{\Delta \text{결합점수}}{43}$					

3) 개착터널(철근콘크리트 구조물)

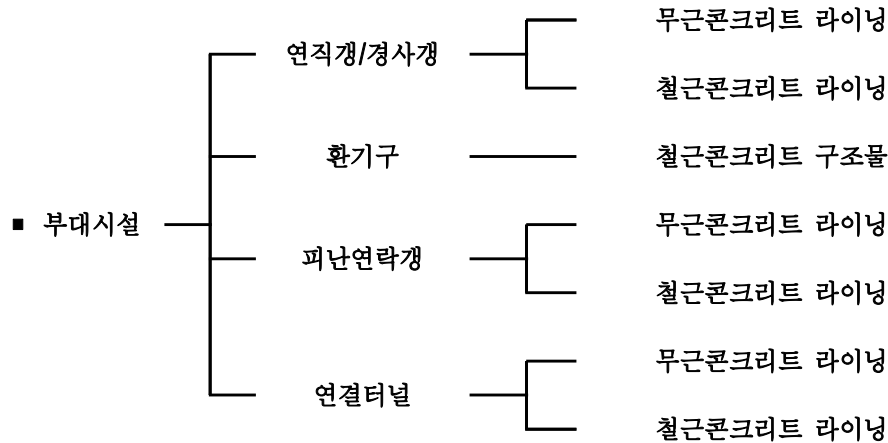
【표 4.2.5】 개착터널 결합지수 산정기준

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
라이닝	균열	0 ~ 2	3 ~ 5	6 ~ 8	9 ~ 11	12 ~ 13	
	누수	0	1	2	3	4 ~ 5	
	파손 및 손상	0	0	1	2	3	
	재질 열화	박리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄산화	0	1	2	3	-
염화물	0	1	1	2	-		
터널 주변	배수상태	문제가 없는 경우 : 0					
		배수불량 또는 막힘 : 1~2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문(접속부) 상태	손상 : 0 ~ 1					
	공동구상태	문제가 없는 경우 : 0					
		덮개파손 및 오염됨 : 0.5					
이물질 퇴적 및 침수 : 1							
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1 ~ 3					
		$\text{라이닝 결합지수}(f) = \frac{\Sigma \text{결합점수}}{36}, \quad \text{터널결합지수}(F) = \frac{\Sigma \text{결합점수}}{43}$					

라. 부대시설 결함지수 산정기준

1) 터널 부대시설 분류

터널 부대시설 중에서 중요도 및 규모가 상대적으로 큰 별도평가 부대시설을 기능 및 구조물의 재질에 따라 분류하면 【그림 4.2.1】과 같다.



【그림 4.2.1】 부대시설 분류

2) 부대시설 상태평가 항목

터널 부대시설은 기본시설과 같이 무근 및 철근콘크리트로 구성되어 있으므로 상태평가 시 고려해야할 주요 평가항목은 다음 【표 4.2.6】과 같다.

부대시설 중에 숏크리트, 록볼트 등으로 터널의 안전성이 확보되거나 지반이 견고하여 풍화의 우려가 없고 사용상 지장이 없어 콘크리트 라이닝을 생략한 경우에는 책임기술자가 현장여건을 고려하여 상태평가 항목 및 평가기준을 조정할 수 있다.

【표 4.2.6】 부대시설 상태평가 항목

구 분	평 가 항 목
부 대 시 설 상 태 평 가	· 균 열 · 누 수 · 파손 및 손상 · 재질열화 (박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)

3) 부대시설 가중치

부대시설 평가결과를 기본시설을 포함한 전체시설물의 상태평가 결과에 반영하기 위한 방법으로 다음과 같이 기본시설과 별도로 부대시설 결함점수에 따른 가중치를 정하였으며, 부대시설 평가기준은 기존의 산정 개념과 유사하게 보수적인 관점에서 하위상태에 비중을 두어 산정한다.

부대시설 가중치 적용은 기본시설 결합지수(F)에 부대시설 가중치(W)를 곱하여 전체 시설물의 결합지수(F)를 산정하고, 시설물 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

$$\text{시설물의 결합지수(F)} = \text{기본시설 결합지수(F)} \times \text{부대시설 가중치(W)}$$

【표 4.2.7】 부대시설의 가중치

가중치(W)	1.0	1.00	1.02	1.05	1.10
부대시설 결합지수	$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
시설물 상태평가	· 문제점이 없는 최상의 상태	· 기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태	· 부재의 손상이 있으나 기본시설 기능 수행에 문제가 없는 상태	· 부재의 손상이 중대하여 기본 시설에 영향을 주는 상태	· 기본시설의 기능수행에 문제를 일으켜 즉각적인 조치가 필요한 상태

부대시설의 상태평가는 개별 부대시설을 각각 평가한 후 산술평균하여 부대시설 결합지수를 산정하고 부대시설 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

$$\text{부대시설의 결합지수(f)} = \sum (f_n) / N$$

여기서, f_n : 개별 부대시설의 상태평가 결합지수

N : 개별 부대시설의 개수

부대시설 상태평가 결과 산정

- A등급(우수) : 터널 결합지수(f) $0.00 \leq f < 0.15$
- B등급(양호) : 터널 결합지수(f) $0.15 \leq f < 0.30$
- C등급(보통) : 터널 결합지수(f) $0.30 \leq f < 0.55$
- D등급(미흡) : 터널 결합지수(f) $0.55 \leq f < 0.75$
- E등급(불량) : 터널 결합지수(f) $0.75 \leq f$

4.2.2 상태평가 항목 및 기준

가. 기본시설물 상태평가항목 및 기준

1) 균열

【표 4.2.8】 균열 상태평가 기준

평가기준		a	b	c	d	e
구 분	무균(균열)	0.1mm 이하	0.1mm 초과 0.3mm 이하	0.3mm 초과 1.0mm 이하	1.0mm 초과 3.0mm 이하	3.0mm 초과
	철근(균열)	0.1mm 이하	0.1mm 초과 0.3mm 이하	0.3mm 초과 0.5mm 이하	0.5mm 초과 1.0mm 이하	1.0mm 초과
개착터널	철근(균열)	0.1mm 이하	0.1mm 초과 0.3mm 이하	0.3mm 초과 0.5mm 이하	0.5mm 초과 1.0mm 이하	1.0mm 초과
조적식 라이닝	줄눈균열	없 음	아주 경미한 줄눈깨짐	벽돌 2개소 이하	벽돌 2개소 초과 ~5개소미만	벽돌 5개소 이상

주) 진행성 균열의 경우 상태평가결과가 “d” 이하 또는

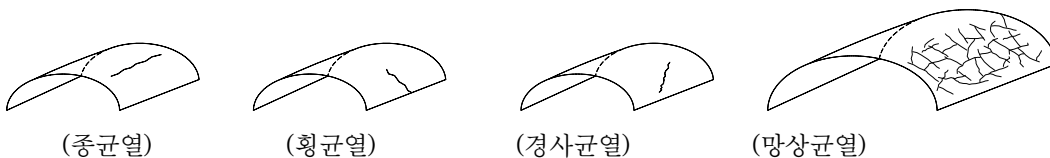
고정 균열의 경우 면적을 20% 이상으로 “e” 이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

<해 설>

① 진행성의 유무가 확인되지 않은 경우에 적용하며 진행성이 확인되는 경우 평가는 하향조정하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰하도록 한다.

※ 진행성 여부의 판별은 주기적인 점검(정기안전점검) 결과를 활용하여 균열 단부의 확대폭 및 깊이, 단차의 시간에 따른 변화를 조사하여 판단한다.

② 균열형상은 종균열, 횡균열, 경사균열, 망상균열로 구분하며 횡균열을 제외한 균열의 평가는 균열이 다음스판(Span)에 연속적으로 이어져 있는 경우는 책임기술자의 판단에 의하여 평가결과는 하향조정할 수 있다.

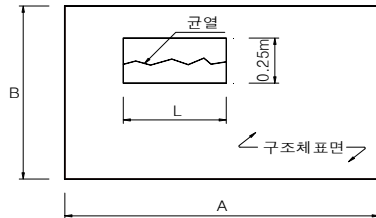


③ 균열의 발생위치는 천장부, 어깨부, 측벽부로 표기하며, 균열에 의한 단차가 발생하였거나 구조체를 관통하는 균열일 경우 책임기술자의 판단에 의해 하향조정할 수 있다.

④ 구조적 균열은 설계 오류로 인한 균열, 외부 하중에 의한 균열, 단면 및 철근량의 부족에 의한 균열 등이 있다. 콘크리트 구조의 구조적 균열은 콘크리트와 철근사이의 응력, 변형률, 미끄러짐(slip), 부착응력 등에 따라 균열형성단계와 균열안정화 단계의 2단계로 형성된다. 구조적 균열발생시 면적율에 관계없이 평가는 1단계 하향조정하고, “d”이상으로 발생하였을 경우에는 안전성평가를 통하여 과하중의 양상과 그 결과의 분석을 실시하도록 한다.

⑤ 조적식 라이닝의 경우 줄눈깨짐의 연속성 정도에 따라 평가는 하향 조정하도록 한다.

- ⑥ 보수·보강부위는 기존의 균열폭과 길이의 변화, 새로운 균열 및 들뜸의 진행성 유무 등을 주기적인 점검(정기안전점검) 결과를 활용하여 평가할 수 있다.
- ⑦ 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율 20% 이상과 구조적균열 및 단차균열일 경우의 평가는 a→b, b→c, c→d, d→e로 하향 조정할 수 있다.
- 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하다.



$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{구조체 표면(점검단위)면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이(L)} \times 0.25}{A \times B(m)} \times 100 = \%$$

2) 누수

【표 4.2.9】 누수 상태평가 기준

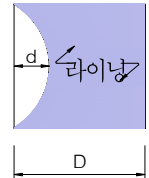
평가기준 구 분	a	b	c	d	e
	없 음	스며 있음	떨 어 짐	흐 름	분 출
누 수					
해 설	1) 누수발생부위는 아치부와 측벽부, 노면으로 구분하며, 아치부에 누수가 발생하여 차량통행에 지장을 주는 경우 평가는 하향조정하도록 한다. 2) 아치부에 발생된 누수가 얼어 고드름이 형성된 경우와 측벽부에 발생된 누수가 얼어서 건축한계를 초과하여 차량통행에 지장을 주는 경우에는 평가를 하향조정 하도록 한다. 3) 노면에 토사유출 또는 동결이 발생되어 차량통행에 지장이 될 경우에는 평가를 하향조정하고, 그 원인을 정밀조사하도록 한다. 4) 누수가 배수공과 시공이음, 신축이음의 결합, 균열, 배면공동, 수맥 등의 영향으로 인하여 발생될 경우에는 수압 등에 의한 구조적 결함을 유발 시킬 수 있는지의 여부 등을 검토할 수 있다. 5) 누수는 건기시와 우기시에 따라 계절별로 차이가 발생할 수 있으므로 계절적요인을 반영하여 평가할 수 있다. 6) 보수·보강부위는 누수상태(수질, 수량, 물흐름)의 변화 유무 등을 주기적인 점검(정기안전점검) 결과를 활용하여 평가할 수 있다. 7) 누수형상은 점상누수, 선상누수, 면상누수로 구분하며 누수위치는 천단부, 어깨부, 측벽부, 바닥부로 구분하여 평가함				

주) 상태평가결과가 “d” 이하이며, 토립자와 함께 나와 구조적 결함을 유발시킬 수 있거나 고드름 및 측벽 등으로 차량통행에 현저한 지장을 주는 경우 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

3) 파손 및 손상

【표 4.2.10】 파손 및 손상 상태평가 기준

평가기준 구 분		a	b	c	d	e
콘크리트 라이닝	손 상 도	없 음	1/6 미만	1/6 이상 1/3 미만	1/3 이상 1/2 미만	1/2 이상
	손상면적	없 음	아주 경미한 상태	경미한 손상 (10cm×10cm미만)	중간 손상 (10cm×10cm이상, 30cm×30cm미만)	극심한 손상 (30cm×30cm이상)
조적식 라이닝	손상두께	없 음	벽돌부분 손상	벽돌 1개 이하	벽돌 1개 초과 ~2개 미만	벽돌 2개 이상
해 설		1) 손상도는 콘크리트 라이닝에 대한 것으로 라이닝 두께에 대한 손상된 두께를 말하며, 일반적으로 라이닝 설계두께를 기준으로 하고, 라이닝 측정두께가 있는 경우 이를 기준으로 한다. ※ 손상도 = d(파손 및 손상두께) / D(라이닝두께) 2) 조적식 라이닝에서 파손 및 손상두께는 벽돌두께를 기준으로 적용한다. 3) 조적식 라이닝인 경우 파손 및 손상면적은 벽돌크기를 기준으로 하여 산정 하도록 한다. 4) 지반탐사 등으로 측정된 라이닝 두께가 설계두께에 못 미치는 경우에는 이를 손상으로 평가 할 수 있다. 5) 파손 및 손상발생부위는 아치부와 측벽부로 구분하며, 아치부에 파손 및 손상이 발생하여 낙하위험이 있는 경우 평가는 하향조정한다. 6) 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율이 20% 이상일 경우의 평가는 a→b, b→c, c→d, d→e로 하향 조정할 수 있다.				



주) 파손 및 손상에 대한 면적율이 20%이상으로 상태평가결과가 “d” 이하이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다. 여기서, 손상도 평가 시 기준면적은 설계두께의 2배와 같은 일변의 길이를 갖는 정사각형의 면적 또는 이와 동일한 면적을 갖는 독립된 부위를 말한다.

4) 재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)

【표 4.2.11】 재질열화 상태평가 기준

평가기준 구 분	a	b	c	d	e
박 리	없 음	6mm 미만	6mm 이상 25mm 미만	25mm이상 이거나 조골재 손실	박리가 극심하여 즉시 보수를 요하는 상태
층분리 및 박락	없 음	깊이 12mm미만 또는 직경 75mm미만	깊이 12~25mm미만 또는 직경 75~150mm미만	깊이 25mm이상 또는 직경 150mm이상	박락이 극심하여 즉시 보수를 요하는 상태
백 태, 재료분리	없 음	면적율 5%미만	면적율 5%이상 10%미만	면적율 10%이상 20%미만	면적율 20%이상
철근노출	없 음	면적율 1%미만	면적율 1%이상 3%미만	면적율 3%이상 5%미만	면적율 5%이상
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 미만	-
전염화물 이온량	0.3kg/m ³ 이하	0.3kg/m ³ 초과 1.2kg/m ³ 미만	1.2kg/m ³ 이상 2.5kg/m ³ 미만	2.5kg/m ³ 이상	-
해 설	1) 박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리는 콘크리트의 재질에 대한 평가로서 경년이나 주변 환경 영향 등에 따라 열화되는 특성을 나타낸다. 2) 박리는 콘크리트 라이닝의 박리된 깊이를 기준으로 하며, 층분리 및 박락은 콘크리트 박락된 깊이, 직경, 상태 등을 고려하여 판단하도록 한다. 3) 박리·층분리 및 박락이 심한 경우에는 다른 변상조건들과 비교·검토하여 그 원인을 조사하도록 한다. 4) 백태 및 재료분리의 경우 발생범위와 정도로부터 판단하도록 한다. 5) 철근노출은 철근콘크리트 라이닝인 경우에 적용하며, 심한 부식이 우려되는 경우에는 부식도를 측정하여 철근의 부식상태를 평가하도록 한다. 또한, 철근노출 발생 면적은 철근 노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다. 6) 탄산화 깊이에 대한 평가는 제1장 교량[표 1.28] 해설을 따른다. 〈일본구조물진단기술협회「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」(2003년)〉 7) 채취 코어의 전염화물 이온 시험결과에서 염화물에 의한 강재부식 가능성을 평가하며, 염화물 함유량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가기준 범위를 “a~d”로 한다. 염화물 함유량 분석은 철근 깊이까지 깊이별(10mm ~ 20mm)로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 하며, 염화물 이온농도의 분포를 도시한다. 〈일본구조물진단기술협회「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」(2003년)〉 8) 박리, 층분리 및 박락의 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율이 20% 이상일 경우의 평가는 a→b, b→c, c→d, d→e로 하향 조정할 수 있다.				

주) 탄산화 잔여깊이 또는 전염화물 이온량에 대한 상태평가결과가 “d” 등급이고, 철근노출의 상태평가결과가 “e” 등급이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

5) 배수상태

【표 4.2.12】 배수상태 상태평가 기준

구 분	문제가 없는 경우	배수불량 및 막힘 (배수시설 작동불량)
결합점수	0	1~2
해 설	1) 배수상태는 지하수를 유도하여 배수를 허용하는 배수형 터널의 경우에 한하며, 배수형터널이 아닌 경우에는 전문가의 판단에 따라 별도로 적용하도록 한다. 2) 배수된 물의 함유성분에 의한 오염이 우려되는 경우에는 수질을 조사하여 오염의 원인을 평가하도록 한다. 3) 배수된 물에 토사가 섞여 나오는 경우에는 지속적인 토사유출로 라이닝 배면에 문제가 발생할 가능성이 있으므로 토사유출량과 터널안정성에 대해 정밀조사하도록 한다. 4) 집수정이 설치된 경우 배수시설(펌프설비 등)의 작동유무, 정착상태, 전원설비상태 등을 점검하고 작동이 안되거나 정착이 불량한 경우 관리주체에 통보하여 교체 또는 수리 등의 조치가 가능하도록 하여야 한다.	

6) 지반상태

【표 4.2.13】 지반상태 상태평가 기준

구 분	풍화변질 및 단층파쇄대			
	풍화변질	단 층 파 쇄 대		
		영향범위 외	영향범위 내	
			중·소규모 단층	대규모 단층
결합점수	1	1	2	3
해 설	1) 기시공된 터널에서는 주변지반상태를 육안으로 확인하는 것이 쉽지 않으므로 설계 및 시공 자료를 참고하여 판단하도록 하며, 안전성 평가시 지반조사를 실시하여 지반상태를 평가하도록 한다. 2) 지반상태가 터널에 영향을 미치는 범위는 0.5D를 기준으로 한다. (여기서, D는 터널의 직경을 의미함) 3) 지반의 풍화변질상태는 육안으로 확인할 수 있는 갱구부 주변의 지반이나 노출된 암반으로부터 평가하도록 한다. 4) 터널에 직접적인 영향을 주는 지질구조(단층, 습곡, 선구조선)의 영향은 지질도나 시공자료, 지표지질조사결과 그리고 필요시 인공위성사진, 항공사진 등을 이용하여 검토하도록 한다. 5) 이완토압, 편토압, 소성압 등으로 인하여 내공변위가 발생한 경우에는 단층파쇄대의 영향범위 내에 해당하는 점수를 부여한다. 6) 도심지 터널의 경우 낮은 심도로 인하여 불량지반, 복합지반에 위치하는 경우에 지반상태를 평가하고 영향범위에 따른 점수를 부여한다.			

7) 갯문(접속부)상태

【표 4.2.14】 갯문(접속부)상태 상태평가 기준

구 분	손 상	
	보통인 상태	불량한 상태
결합점수	0~0.5	1
해 설	1) 갯구부는 터널의 입출구부로서 차량의 통행에 직접적인 영향을 주기 때문에 갯문(접속부)상태를 반영하여 손상여부를 평가한다. 2) 갯문(접속부)의 평가방법은 일반 콘크리트구조물에서의 평가방법에 준하며, 특히 주변지반의 변화상태 등에 유의하여야 한다. 3) 갯문(접속부)에 심각한 손상이 발생한 경우, 주변 지반조사를 실시하여 손상원인을 규명 하도록 한다.	

주) 갯문(접속부)의 상태가 양호할 경우, 책임기술자 판단 하에 최소점수인 0점을 부여할 수 있다.

8) 공동구 상태

【표 4.2.15】 공동구상태 상태평가 기준

구 분	문제가 없는 경우	덮개파손 및 오염됨	이물질 퇴적 및 침수
결합점수	0	0.5	1
해 설	1) 통신케이블, 신호용케이블, 전기케이블 등의 보호를 위해 터널내에 설치되는 공간을 가리키며, 일반적으로 배수시설과 병행하여 시공된다. 2) 공동구의 오염상태, 덮개파손, 이물질의 퇴적이나 침수 등을 조사하여 상태를 평가하도록 한다.		

9) 특수조건(추가점수)

【표 4.2.16】 특수조건(추가점수) 상태평가 기준

구 분	도심지 토사터널		전력구터널, 전차선을 설치한 터널		
	주의범위 (1D~2D)	제한범위 (1D 미만)	측벽부 낙수	아치부 낙수	동결위험
결합점수	1	2	1	2	3
해 설	1) 도심지 토사터널은 터널심도, 인접시설물(건축물, 철도, 도로 등)과의 거리 등을 검토·분석하고 터널에 영향을 미치는 범위를 고려하여 이를 반영한다. 2) 전력구터널, 전차선을 설치한 터널은 전기를 사용하므로 누전문제에 대한 위험성을 상태평가에 추가 반영하도록 하고, 특히 전차선을 설치한 터널은 동결시 차량운행에 지장을 초래할 수 있으므로 이를 반영한다. 3) 기타 일반적인 터널조건과 다른 특수터널인 경우, 조사자의 판단에 따라 상태평가에 특수조건을 부과하여 가점하도록 한다.				

나. 공중이 이용하는 부위의 상태평가항목 및 기준

1) 추락방지시설

【표 4.2.17】 추락방지시설의 상태평가기준

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

2) 도로포장

【표 4.2.18】 도로포장의 상태평가기준

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

3) 도로부 신축이음부

【표 4.2.19】 도로부 신축이음부의 상태평가기준

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

4) 환기구 등의 덮개

【표 4.2.20】 환기구 등의 덮개의 상태평가기준

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

4.2.3 상태평가결과 산정방법

가. 기본시설물 상태평가결과 산정

1) 1단계 : 라이닝 결함지수(f) 산정

- ① 라이닝 단위길이별 평가항목에 대해 최저의 결함점수를 부여한다. 균열의 결함점수는 일반적으로 평균값으로 취하며 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.
- ② 라이닝 단위길이별 결함지수를 구한다.
- ③ 라이닝 전체에 대한 결함지수(f)를 구한다. 이때 라이닝 단위길이별 평가항목에 대한 결함점수를 산술평균하여 구한다.

2) 2단계 : 라이닝 상태평가 결과 산정

- ① 라이닝 단위길이별 평가항목과 결함지수에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.
- ② 라이닝 전체의 평가항목(산술평균값)과 결함지수(f)에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.

3) 3단계 : 터널 주변 상태 결함점수 산정

- ① 터널 주변 상태에 대한 배수, 지반, 갯문, 공동구상태의 결함점수를 부여한다.
- ② 특수조건에 해당 될 경우에는 추가점수를 부여한다. 터널결함지수(F) 산정시 분모에 대한 영향은 고려하지 않는다.

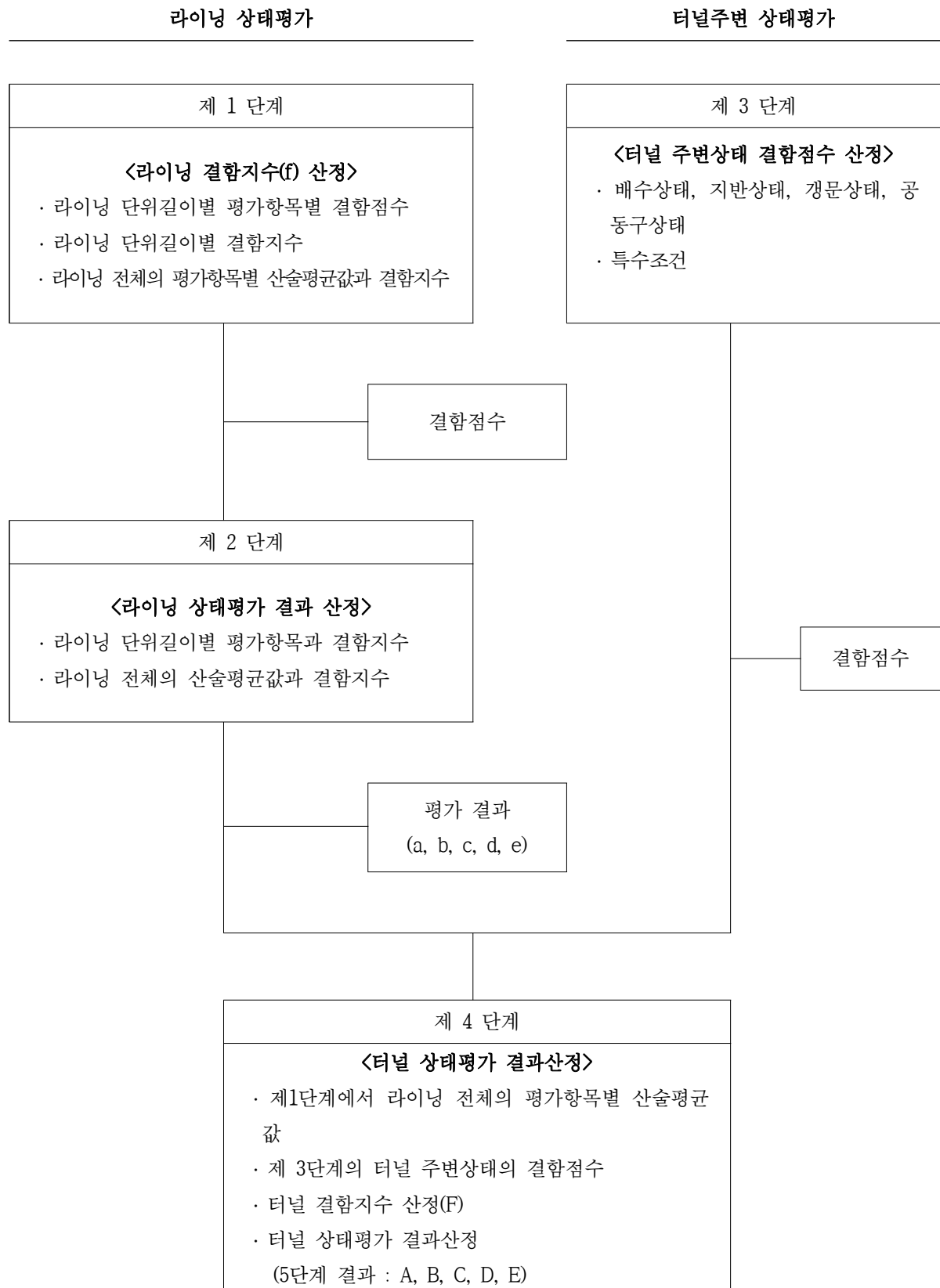
4) 4단계 : 터널 상태평가 결과 산정

- ① 제1단계의 라이닝 결함지수(f) 산정시 사용한 평가항목별 결함점수 산술평균값과, 제3단계의 터널 주변상태 평가 결함점수를 합한다.
- ② 터널 결함지수(F)를 산정하고, 터널 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

③ 터널 상태평가 결과 산정

【표 4.2.21】 터널 상태평가 결과 산정

기 준	A(우수)	B(양호)	C(보통)	D(미흡)	E(불량)
터 널 결함지수	$0.00 \leq F < 0.15$	$0.15 \leq F < 0.30$	$0.30 \leq F < 0.55$	$0.55 \leq F < 0.75$	$0.75 \leq F$



【그림 4.2.2】 상태평가 결과 산정절차

나. 부대시설 상태평가 결과 산정

1) 1단계 : 부대시설 결함지수(f) 산정

- ① 평가단위별 평가항목에 대해 최저의 결함점수를 부여한다. 균열의 결함점수는 일반적으로 평균값으로 취하며 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.
- ② 부대시설 평가단위별 결함지수를 구한다.
- ③ 부대시설에 대한 결함지수(f)를 구한다. 이때에 부대시설 평가항목에 대한 결함점수를 산술평균하여 구한다.

2) 2단계 : 전체 부대시설 상태평가 결과 산정

- ① 부대시설별 평가항목과 결함지수에 대한 평가를 5단계 (a, b, c, d, e)로 매긴다.
- ② 평가항목(산술평균값)과 결함지수(f)에 대한 평가를 5단계 (a, b, c, d, e)로 매긴다.
- ③ 개별 부대시설을 각각 평가한 후 산술평균하여 부대시설 결함지수를 산정하고 전체 부대시설 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

$$\text{부대시설의 결함지수}(f) = \sum (f_n)/N$$

여기서, f_n : 개별 부대시설의 상태평가 결함지수

N : 개별 부대시설의 개수

3) 3단계 : 전체 시설물 상태평가 결과 산정

- ① 기본시설 결함지수(F)에 부대시설 가중치(W)를 곱하여 전체시설물의 결함지수(F)를 산정하고, 시설물 상태평가 결과를 5단계 (A, B, C, D, E)로 매긴다.

$$\text{시설물의 결함지수}(F) = \text{기본시설 결함지수}(F) \times \text{부대시설 가중치}(W)$$

【표 4.2.22】 부대시설의 가중치

가중치(W)	1.0	1.00	1.02	1.05	1.10
부대시설 결함지수	$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
시설물 상태평가	· 문제점이 없는 최상의 상태	· 기능수행에 영향 이 없으나 일부 보수가 필요한 상태	· 부재의 손상이 있 으나 기본시설 기능 수행에 문 제가 없는 상태	· 부재의 손상이 중 대하여 기본 시 설에 영향을 주 는 상태	· 기본시설의 기능 수행에 문제를 일으켜 즉각적인 조치가 필요한 상태

4.3 상태평가 결과

4.3.1 구간분할

정밀안전점검을 위한 외관조사, 각종 내구성조사 및 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위해서는 구조형식별 분류 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이며, 금회 점검시 실시한 구간분할의 결과는 제3장 현장조사 및 시험 - 3.2 터널 측점분할에 수록하였다.

4.3.2 상태평가 결과

상태평가 결과는 본선 및 RAMP구간으로 각각 나누어 결과를 산정하였으며, 세부산정 내용은 부록에 수록하였다.

가. 본선 구간

1) NATM(무근콘크리트) 결함지수 산정

【표 4.3.1】 NATM(무근콘크리트) 결함지수 산정

구분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화							터널 주변	결합 점수	결합 지수 (A)	연장비 (B)	연장비 고려 결합지수 (A)*(B)
				박리	충분리 및 박락	백태	재료 분리	-	-	-					
산술 평균	5.09	0.07	0.01	0.05	0.05	0.00	0.00	-	-	-	2.00	7.28	0.21	1.000	0.214
기본시설 결함지수															0.214

결함지수	0.214
NATM(무근콘크리트) 상태평가결과	B

2) NATM(철근콘크리트) 결함지수 산정

【표 4.3.2】 NATM(철근콘크리트) 결함지수 산정

구분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화							터널 주변	결합 점수	결합 지수 (A)	연장비 (B)	연장비 고려 결합지수 (A)*(B)
				박리	충분리 및 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	-					
산술 평균	2.52	0.13	0.00	0.12	0.05	0.00	0.00	0.10	0.00	-	2.00	4.92	0.12	1.000	0.120
기본시설 결함지수															0.120

결함지수	0.120
NATM(철근콘크리트) 상태평가결과	A

3) BOX구간 결함지수 산정

【표 4.3.3】 BOX구간 결함지수 산정

구분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화							터널 주변	결함 점수	결함 지수 (A)	연장비 (B)	연장비 고려 결함지수 (A)*(B)
				박리	충분리 및 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	-					
산술 평균	0.24	0.65	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	2.00	2.94	0.07	1.000	0.072
											기본시설 결함지수			0.072	

결함지수	0.072
NATM(철근콘크리트) 상태평가결과	A

4) 주변 상태 결함점수 산정

- 터널 주변상태에 대한 결함점수 및 산정근거
 - 배수상태 : 문제가 없는 것으로 조사되어 0점 부여
 - 지반상태 : 지반의 풍화변질 및 단층파쇄대 영향범위 외 이므로 1.0점 부여
 - 갯문상태 : 보통인 상태로 조사되어 0.5점 부여
 - 공동구 상태 : 덮개파손 등의 손상이 조사되어 0.5점 부여
 - 특수조건 : 미반영

【표 4.3.4】 터널 주변 상태 결함점수 산정

터널주변	배수상태	지반상태	갯문상태	공동구상태	특수조건	합 계
결함점수	0.0	1.0	0.5	0.5	-	2.0

나. RAMP-D 구간

1) NATM(무근콘크리트) 결합지수 산정

【표 4.3.5】 NATM(무근콘크리트) 결합지수 산정

구분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화							터널 주변	결합 점수	결합 지수 (A)	연장비 (B)	연장비 고려 결합지수 (A)*(B)
				박리	충분리 및 박락	백태	재료 분리	-	-	-					
산술 평균	6.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	2.00	8.13	0.24	1.000	0.239
기본시설 결합지수														0.239	

결합지수	0.239
NATM(무근콘크리트) 상태평가결과	B

2) NATM(철근콘크리트) 결합지수 산정

【표 4.3.6】 NATM(철근콘크리트) 결합지수 산정

구분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화							터널 주변	결합 점수	결합 지수 (A)	연장비 (B)	연장비 고려 결합지수 (A)*(B)
				박리	충분리 및 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	-					
산술 평균	1.40	0.60	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	-	2.00	4.30	0.10	1.000	0.105
기본시설 결합지수														0.105	

결합지수	0.105
NATM(철근콘크리트) 상태평가결과	A

3) BOX구간 결합지수 산정

【표 4.3.7】 BOX구간 결합지수 산정

구분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화							터널 주변	결합 점수	결합 지수 (A)	연장비 (B)	연장비 고려 결합지수 (A)*(B)
				박리	충분리 및 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	-					
산술 평균	0.00	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	2.00	2.83	0.07	1.000	0.069
기본시설 결합지수														0.069	

결합지수	0.069
NATM(철근콘크리트) 상태평가결과	A

4) 주변 상태 결함점수 산정

- 터널 주변상태에 대한 결함점수 및 산정근거
 - 배수상태 : 문제가 없는 것으로 조사되어 0점 부여
 - 지반상태 : 지반의 풍화변질 및 단층파쇄대 영향범위 외 이므로 1.0점 부여
 - 갱문상태 : 보통인 상태로 조사되어 0.5점 부여
 - 공동구 상태 : 덮개파손 등의 손상이 조사되어 0.5점 부여
 - 특수조건 : 미반영

【표 4.3.8】 터널 주변 상태 결함점수 산정

터널주변	배수상태	지반상태	갱문상태	공동구상태	특수조건	합 계
결함점수	0.0	1.0	0.5	0.5	-	2.0

다. 상태평가 결과

본 시설물의 결함점수 및 터널 주변 결함점수를 모두 합한 결함지수 총점에 의한 상태평가 결과를 산정하였다. 또한, 본선 및 RAMP구간으로 구분하여 NATM(무근, 철근), BOX구간 구조형식별로 나누어 산정하였고, 각각의 연장 비율에 의해 본 시설물의 상태평가 결과를 산정하였다.

【표 4.3.9】 전체시설물의 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산결함도 점수	상태평가 결과	연장(m)	차선	연장×차선	연장비	환산결함도 점수×연장비
본선	가. NATM(무근)	0.214	b	4,856.9	2	9,714	0.635	0.136
	나. NATM(철근)	0.12	a	1,929.1	2	3,858	0.252	0.030
	다. BOX	0.072	a	527.9	2	1,056	0.069	0.005
RAMP	가. NATM(무근)	0.239	b	200.1	1	200	0.013	0.003
	나. NATM(철근)	0.105	a	265.7	1	266	0.017	0.002
	다. BOX	0.069	a	209.5	1	210	0.014	0.001
								0.177
								B

▶ 결함도 범위 = 0.150 ≤ 결함도 지수(0.177) < 0.300 □ 『B』

라. 공중이 이용하는 부위 평가결과

【표 4.3.10】 공중이 이용하는 부위 평가결과

추락방지시설	도로포장	도로부 신축이음부	환기구 등의 덮개
A	B	A	-

4.3.3 기 점검결과와의 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 4.3.11】 기 점검결과와의 상태평가 결과 비교

구 분	전회점검		금회점검	
	등급	결합지수	등급	결합지수
상태평가 결과	-	-	B	0.177

제5장 종합평가 및 안전등급 지정

5.1 개요

5.2 종합평가 기준

5.3 종합평가 결과 산정 절차

5.4 종합평가 결과

5.5 시설물의 안전등급

제5장 종합평가 및 안전등급 지정

5.1 개요

시설물의 종합평가는 구조물 부재의 결함 및 손상에 대하여 평가기준 및 상태평가 기법에 따라 수행한 상태평가결과와 시설물의 안전성평가결과를 고려하여 개별시설물의 종합평가결과를 결정한다.

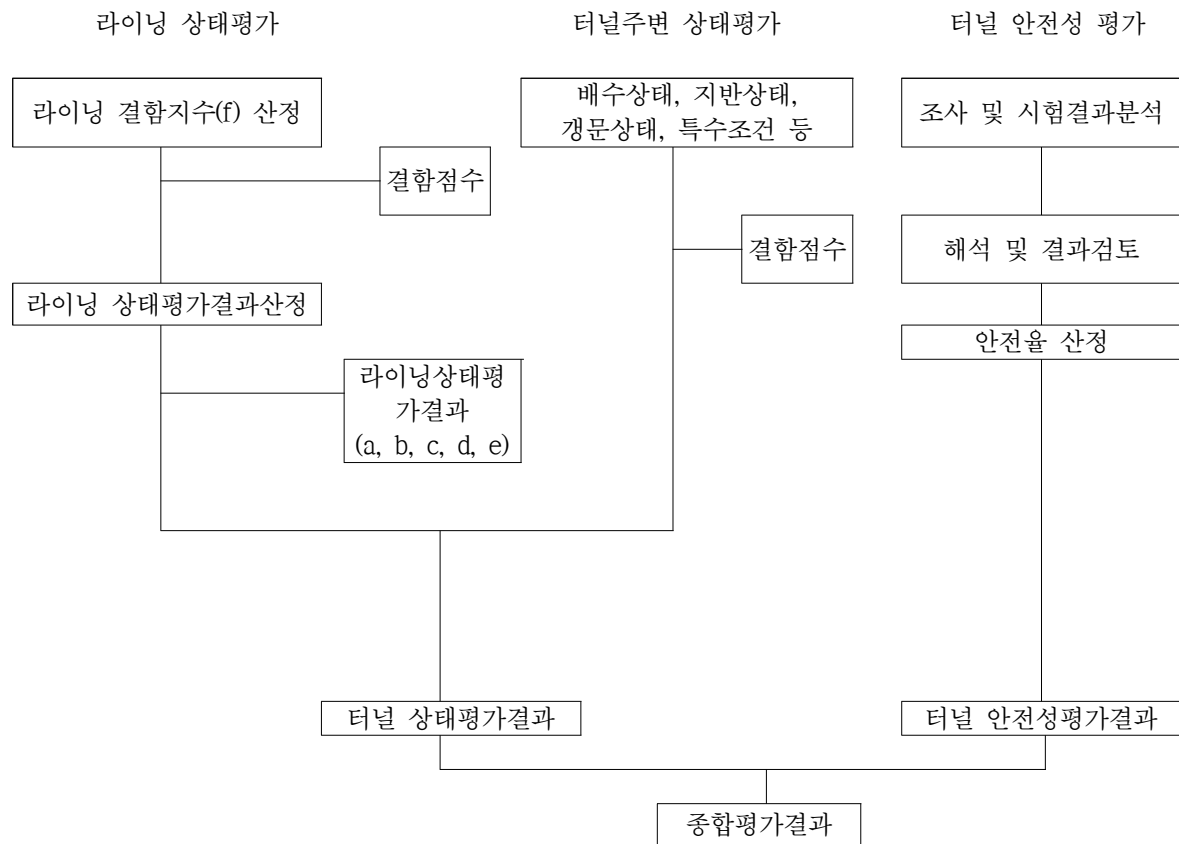
시설물에 대한 종합평가는 상태평가만 실시하거나 또는 상태평가와 안전성평가를 각각 실시한 후 이들 결과를 기초로 종합하여 이루어진다. 즉, 상태평가만 실시하는 경우에는 상태평가결과를 종합평가결과로 갈음하여 상태평가결과가 종합평가결과로 결정되지만 상태평가와 안전성평가를 동시에 실시한 경우에는 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교 검토하여 최종적인 종합평가결과를 부여하게 된다.

5.2 종합평가 기준

시설물의 종합평가는 상태평가만 실시한 경우에는 상태평가결과에 의해 부여된 상태평가등급이 그 시설물에 대한 종합평가등급으로 결정되지만 상태평가와 안전성평가를 동시에 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교하여 최저평가결과를 종합평가결과로 결정한다.

5.3 종합평가 결과 산정 절차

금회 정밀안전점검에서는 상태평가만 실시하여, 상태평가결과(NATM 상태평가 + BOX 상태평가 + 터널주변 상태평가)를 종합평가 결과로 결정한다.



【그림 5.3.1】 터널의 종합평가 결과 산정절차

5.4 종합평가 결과

5.4.1 검토 개요

- 시설물 종합평가 등급은 시설물 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 결과를 종합평가 등급으로 결정하므로 대상 시설물의 종합평가 결과는 「B」로 결정된다.

○ 종합평가 결과 = MIN (상태평가 결과, 안전성평가 결과)



【그림 5.4.1】종합평가 결과 산정

5.4.2 종합평가 결과

외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토한 결과, 종합평가 결과는 “B”로 평가되었다.

【표 5.4.1】종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
신월여의지하도로 (인천방향)	0.177	B	-	-	B
종합평가	- 신월여의지하도로(인천방향)의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B”로 평가됨 - 종합평가 결과, “B”로 평가됨				

5.5 시설물의 안전등급

5.5.1 안전등급기준

안전점검(정기안전점검은 제3종시설물에 한한다)을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대하여 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정한다.

다만 안전점검등의 실시결과 기존의 안전등급보다 상향하여 조정할 경우에는 해당 시설물에 대한 보수·보강 조치 등 그 사유가 분명하여야 한다.

【표 5.5.1】 시설물의 안전등급

안전등급	시설물의 상태 및 안전성
A(우수)	• 문제점이 없는 최상의 상태
B(양호)	• 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C(보통)	• 주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D(미흡)	• 주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E(불량)	• 주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

5.5.2 안전등급 지정

신월여의지하도로(인천방향)에 대한 상태평가결과 시설물의 상태는 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』로 안전등급 B등급으로 평가되었다.

【표 5.5.2】 안전등급 지정

구조물명	안전등급
신월여의지하도로(인천방향)	B등급(양호)

제6장 보수·보강 및 유지관리방안

6.1 개요

6.2 보수·보강 방안

6.3 보수·보강 공법

6.4 유지관리 방안

제6장 보수·보강 및 유지관리방안

6.1 개 요

구조물의 잔존수명을 증가시키고 추가적인 손상을 방지하기 위해서는 외관조사 결과에서 나타난 손상에 대해 설계, 시공, 유지관리의 측면으로 구분하여 구조요소별로 적절한 보수를 실시하여야 하고, 구조내력이 부족할 경우 구조검토, 내하력평가 결과를 토대로 원상회복 및 성능향상을 위한 보강을 시행하여야 한다. 그러나 보수·보강의 여부의 결정은 경제성, 효율성, 구조성능의 회복 정도에 따른 안전성, 노선의 중요도 등을 고려하여 신중히 결정하여야 한다.

일반적으로 구조물에 발생하는 결함 및 손상은 설계, 시공, 유지관리의 원인으로 대별할 수 있다. 즉, 보수·보강방법, 재료 등을 선정함에 있어 손상원인을 정확하게 판단하여 가장 최적의 방안을 적용하는 것이 무엇보다도 중요하며, 보수·보강 대책의 효과, 시공성, 안전성, 경제성 등의 검토가 요구된다. 또한, 각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 시설물에서 발생한 각종 결함에 대하여 보강을 보수보다, 주요부재를 보조부재보다 우선하여 보수·보강 순위를 결정하여야 한다. 이는 동일한 결함에 대해서도 구성부재의 중요도, 구조물에 미치는 영향정도에 따라 보수시기를 달리할 수 있다는 것을 의미한다. 아래의 표는 대상구조물에 적용한 보수·보강의 우선순위를 나타낸다.

【표 6.1.1】 보수·보강 우선순위 결정 기준

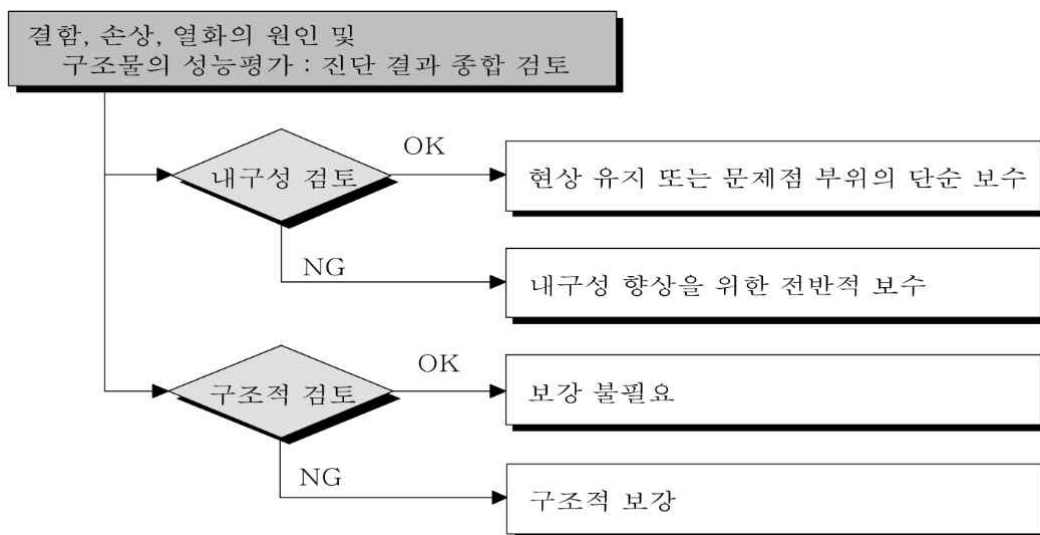
구분	순위	내 용
단기	1순위	『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제12조(중대한 결함)의 “대통령이 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 등 - 주요부재에 발생한 결함 및 손상이 커 상태평가 기준 “d” 이하인 경우 - 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우 - 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상
	2순위	- 보조부재에 발생한 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 - 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
중장기	3순위	기능발휘에는 지장이 없으나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상
	주의관찰	1~3순위를 제외한 손상으로서 지속적인 관찰을 통해 향후 발전상태에 따라 보수보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 - 콘크리트의 0.1mm이하의 비구조적 미세균열(단, 균열집중구간은 제외) - 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않은 경우

6.2 보수·보강 방안

6.2.1 보수·보강의 필요성 판단

보수의 필요성은 발생한 손상이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하였으며, 이를 위해 각종 지침 및 기준(표준시방서 등)을 참조하였다.

보강을 할 경우 부재안전율을 각종 기준에서 정하는 수치이상으로 하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하였다.



【그림 6.2.1】 보수·보강 범위의 결정

6.2.2 보수·보강 수준 결정

조사 및 시험을 통하여 얻은 결과를 기초자료로 종합적인 평가를 실시한 후 보수·보강의 수준을 결정하게 된다. 손상 및 열화에 대하여 분포면적, 분포유형, 시설물의 안전성, 현상태의 내구성능, 보수 후의 회복목표수준 등을 고려하여 보수·보강 여부 및 수준을 아래의 경우 중에서 결정한다.

- ① 현상유지
- ② 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- ③ 초기 수준이상으로 개선
- ④ 개축

6.2.3 보수·보강 공법 선정

가. 보수·보강 공법 선정

우수한 성능의 보수·보강 공법도 적용구조물의 형식과 환경조건에 따라서 그 성능이 충분히 발휘되지 않는 경우가 있다. 따라서 보수·보강 공법 선정시에는 구조물의 중요도, 형식, 기능, 환경조건 혹은 보수 후의 내용년수 등을 고려하고 공법이 그 성능을 충분하게 발휘할 수 있는지 확인하여야 한다.

나. 보수재료의 선정

보수재료는 보수공법의 사용목적에 부합하고 시공하기에 적절한 기본적인 성능을 만족하여야 한다.

다. 보수재료의 기본 특성 설정

보수재료의 선정을 위한 기본은 구조물의 종류 및 기능, 보수재료의 종류 및 성능 규격치, 환경조건, 시공조건 및 보수부위의 내용년수 등을 설정한다.

라. 보수재료의 요구 성능 설정

보수재료의 요구 성능은 보호성능, 내구성능, 시공성능 및 기본적인 성능을 고려하여 설정한다. 일반적으로 보수재료에 요구되는 성능으로는 시공성과 내구성능이다. 보수재료는 재료 자체의 특성을 충분하게 발휘할 수 있도록 시공되어야 한다. 즉, 시공환경에서 간단하면서도 균일하게 시공이 되는 것이 중요하다. 내구성능은 보수재료의 원래의 목적이 되는 성능이지만 보수 후의 고용기간 중 소정의 수준을 만족시키는 것을 나타내는 성능이다. 재료 자체의 열화에 대한 저항성과 밀접한 관계가 있다. 부착성과 수축성 등은 보수재료가 구조물과 일체화해서 거동하는 것에 기본이 되는 성능이고, 이것이 불충분한 경우에 이들 재료는 그 본래의 목적을 달성할 수 없다.

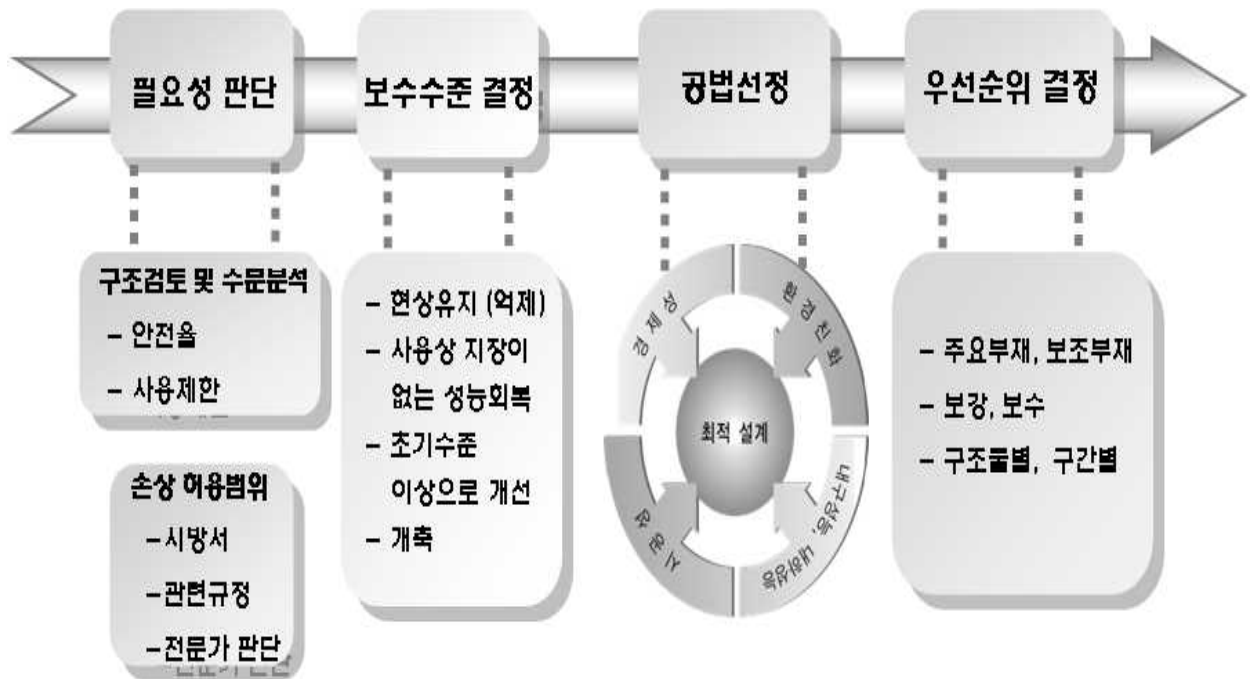
마. 적용 가능한 보수재료의 선정

구체적인 요구 성능 및 그 요구수준이 결정되면 그것을 만족시키는 재료의 후보를 선정한다. 단, 재료를 새로 설계하는 것이 곤란한 경우에는 시판 재료 중에서 요구성능을 만족시키는 것으로 생각되는 것을 선택하던지, 혹은 요구성능을 만족하도록 복수의 시판재료를 조합한 재료시스템을 구축해도 좋다. 재료를 조합해서 사용하는 경우에는 고려방법과 조합의

가능성, 문제점 등에 관해서 명확히 해둘 필요가 있다.

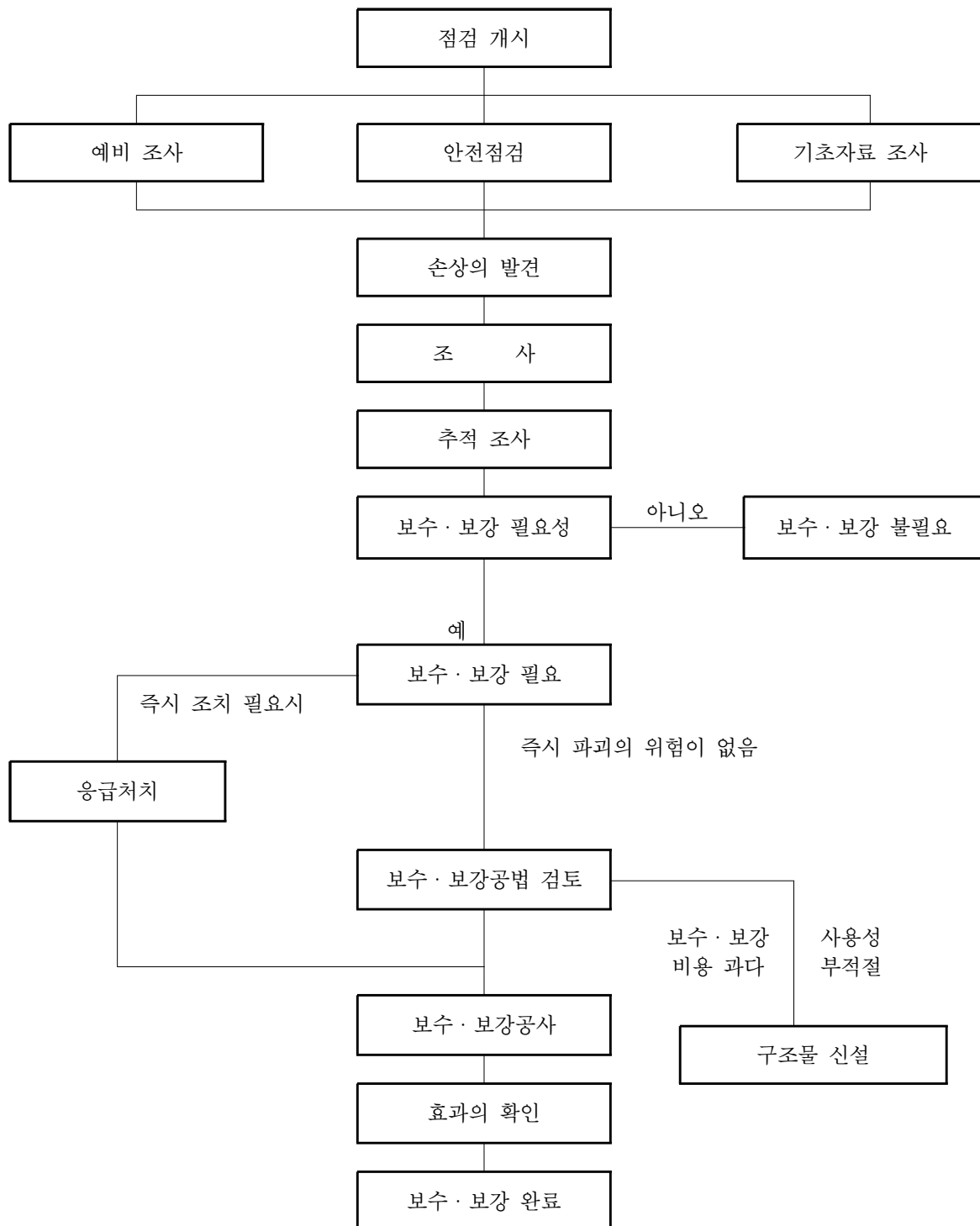
바. 보수재료의 성능조사

보수재료가 요구성능을 만족하고 있는가를 적당한 방법을 통해서 조사해야 한다. 이 조사는 설계된 재료의 성능 평가값이 요구성능의 수준 이상인 것을 확인하는 것으로 성능조사의 구체적인 방법은 다음과 같다. 첫 번째 방법으로는 재료의 다양한 특성값을 사용해서 요구성능을 직접 평가하고 그 결과를 요구수준과 비교하는 것이다. 또 다른 방법으로는 공공기관이 정한 규격시험을 통해 얻어진 재료시험 결과를 공공기관이 설정한 규격치와 비교하는 것이다.



【그림 6.2.2】 보수·보강 공법 선정 흐름도

6.2.4 보수·보강의 업무 흐름도



【그림 6.2.3】 보수·보강의 업무 흐름도

6.2.5 보수·보강 방안

【표 6.2.1】결함내용별 보수·보강방안

구 분		결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
본선	BOX구간	균열(Cw0.3mm이상)	m	1	3.00	주입보수	2순위
		백태	m ²	1	9.00	표면처리	3순위
		균열부백태	m ²	4	1.20	표면처리	3순위
		박리	m ²	1	0.10	단면보수	3순위
		누수흔적	m ²	3	27.05	주의관찰	주의관찰
		누수(떨어짐, 스며있음)	EA	10	10.00	지수보수	2순위
	NATM구간	균열(Cw0.3mm미만)	m	9	19.60	표면처리	3순위
		균열(Cw0.3mm이상)	m	320	2,814.00	주입보수	2순위
		재균열(Cw0.3mm이상)	m	34	202.00	주입보수	2순위
		망상균열	m ²	7	78.40	표면처리	3순위
		백태	m ²	42	19.59	표면처리	3순위
		들뜸, 박리, 박락, 파손, 굽힘, 보수부 들뜸, 보수부 파손	m ²	66	12.48	단면보수	2순위
		단면불량	m ²	2	0.34	단면보수	3순위
		피복부족	m ²	8	104.50	단면보수(방청)	1순위
		파손 및 철근노출	m ²	3	0.49	단면보수(방청)	1순위
		재료분리	m ²	1	0.09	단면보수	3순위
		누수흔적	m ²	4	3.39	주의관찰	주의관찰
		누수(흐름, 떨어짐, 스며있음)	EA	52	52.00	지수보수	2순위
		타일탈락	EA	16	16.00	채시공	3순위
		격벽 파손	m ²	2	0.18	단면보수	3순위
	포장부	포장 균열	m	2	8.00	주의관찰	주의관찰
		포장 망상균열	m ²	7	768.00	주의관찰	주의관찰
		포장 파손, 박리	m ²	17	13.14	단면보수	2순위
		포장 들뜸	m ²	19	728.00	주의관찰	주의관찰
	공동구	파손	m ²	2	0.25	주의관찰	주의관찰
		덮개탈락, 덮개파손	EA	77	77.00	채시공	3순위
		실란트 미시공	m	1	1.50	주의관찰	주의관찰
	배수시설	배수로 체수	m	8	80.00	주의관찰	주의관찰
	갭문	상태양호	-	-	-	-	-

【표 6.2.1】결함내용별 보수·보강방안(계속)

구 분		결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
RAMP	BOX 구간	망상균열	m ²	1	20.00	표면처리	3순위
		백태	m ²	4	7.95	표면처리	3순위
		누수흔적 및 백태	m ²	1	0.40	표면처리	3순위
		누수(떨어짐, 스며있음)	EA	5	5.00	지수보수	2순위
	NATM 구간	균열(Cw0.3mm미만)	m	1	5.00	표면처리	3순위
		균열(Cw0.3mm이상)	m	21	188.00	주입보수	2순위
		재균열(Cw0.3mm이상)	m	1	14.00	주입보수	2순위
		백태	m ²	11	10.36	표면처리	3순위
		박리, 파손	m ²	5	3.00	단면보수	2순위
		누수흔적	m ²	4	0.90	주의관찰	주의관찰
		누수(떨어짐, 스며있음)	EA	4	4.00	지수보수	2순위
		타일탈락	EA	31	60.00	채시공	3순위
		풍도슬래브 파손(굽힘)	m ²	28	10.36	단면보수	2순위
		풍도슬래브 몰탈파손	m ²	7	3.90	단면보수	2순위
		풍도슬래브 파손 및 철근노출	m ²	1	1.50	단면보수(방청)	1순위
		풍도슬래브 격벽 파손 및 철근노출	m ²	1	12.00	단면보수(방청)	1순위
		풍도슬래브 댐퍼 변형	m	1	0.50	정비	3순위
		풍도슬래브 댐퍼 고정볼트 탈락 및 파손	EA	9	9.00	정비	3순위
		풍도슬래브 댐퍼 덮개 탈락 및 파손	EA	1	1.00	정비	3순위
	포장부	포장 파손	m ²	1	0.09	단면보수	3순위
		포장 들뜸	m ²	5	130.00	주의관찰	주의관찰
		포장 체수	m ²	1	0.30	주의관찰	주의관찰
	공동구	파손	m ²	2	0.20	주의관찰	주의관찰
		덮개파손	EA	11	11.00	채시공	3순위
	배수시설	유도배수관 누수	EA	2	2.00	정비	3순위
		유도배수관 길이부족	m	1	1.50	채시공	3순위
	갯문	상태양호	-	-	-	-	-

【표 6.2.1】결함내용별 보수·보강방안(계속)

구 분		결함내용 및 손상, 열화내용		단위	개소	손상물량	조치방안	비고
부대 시설	피난연락경	채수		m ²	1	8.00	주의관찰	주의관찰
		누수(떨어짐, 스며있음)		EA	11	11.00	지수보수	2순위
	U-TYPE 옹벽	상태양호		-	-	-	-	-
	기타시설	전기실	누수 및 백태	m ²	3	1.75	지수보수	2순위
			트레이 내부 채수	EA	2	2.00	주의관찰	주의관찰
		소화수조	백태	m ²	1	0.10	표면처리	3순위
			누수 및 백태	m ²	7	1.40	지수보수	2순위
			누수혼적	m ²	1	0.09	주의관찰	주의관찰
		펌프실	백태	m ²	1	0.03	표면처리	3순위
부속시설		신호기 파손		EA	4	4.00	재설치	3순위
		비상구 표지판 파손		EA	2	2.00	재설치	3순위

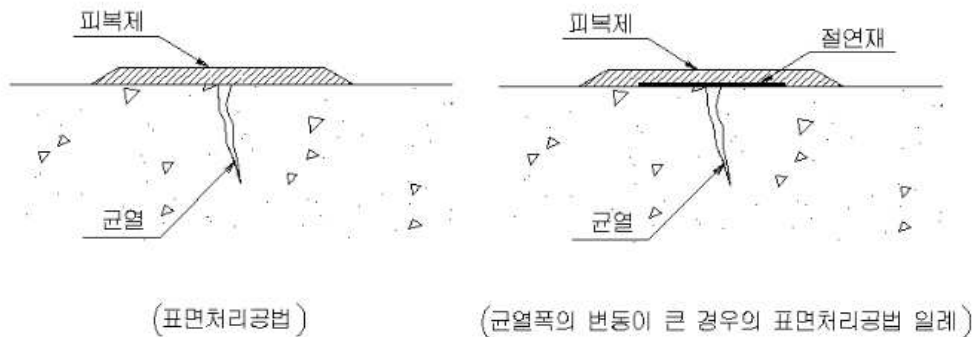
6.3 보수·보강 공법

6.3.1 균열보수공법

가. 표면처리공법

1) 적용 범위

- 대상교량에 발생한 폭 0.2mm 이하의 균열과 백태 등의 표면손상은 진전방지 및 미관을 고려한 표면처리 보수를 실시한다.
- 폭 0.2mm 이하의 미세한 균열에 대해 직접 그 균열의 표면을 피복하여 방수성, 내수성을 지니도록 하는 것으로 그 효과는 균열표면의 보수에 그치므로 본 공법 적용시 균열의 진행여부에 대한 주기적인 관찰이 요구된다.



<사용 재료>

- | | |
|---------------|----------------------|
| ① 폴리머시멘트 페이스트 | ③ 도막 탄성방수재 (아크릴 수지계) |
| ② 시멘트 필러 | ④ 도막 탄성방수재 (우레탄 수지계) |

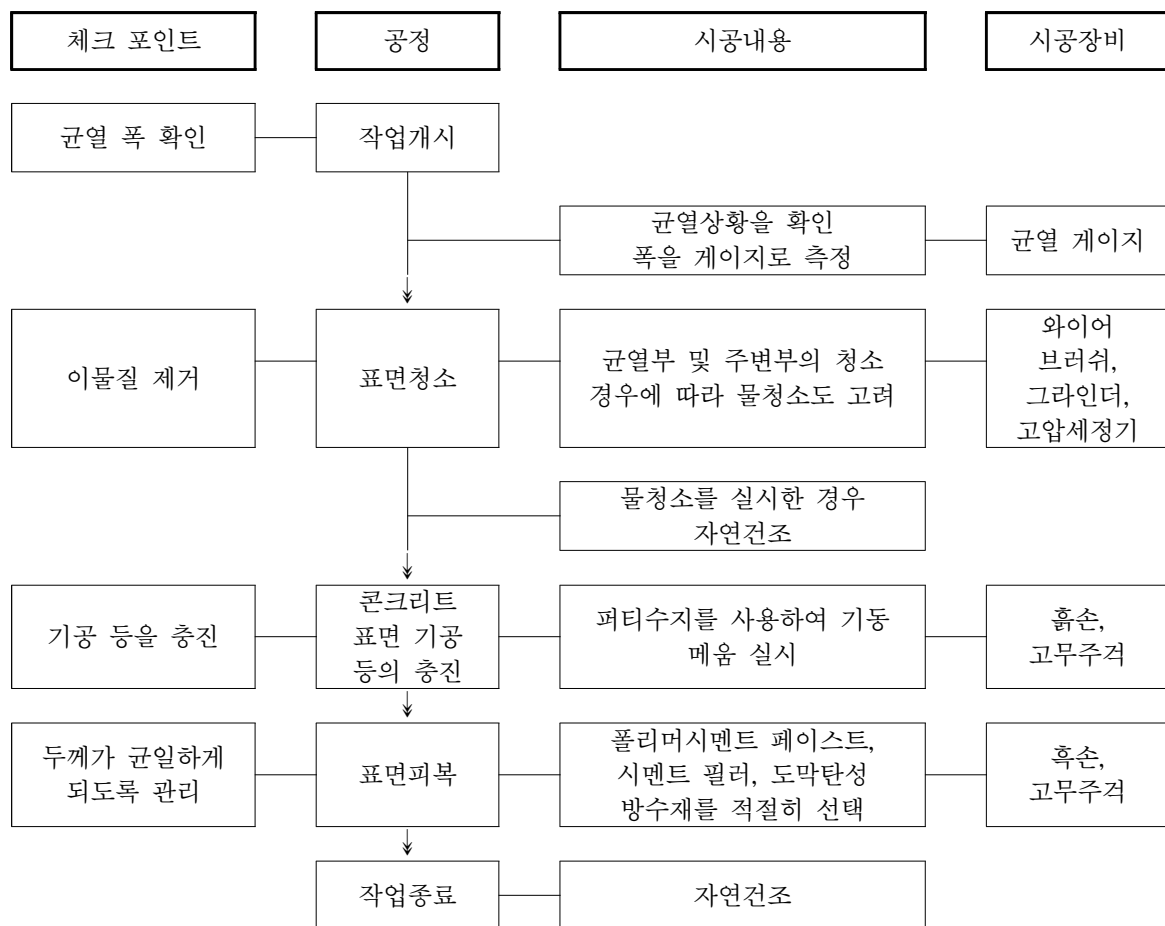
【그림 6.3.1】 표면처리공법 개요도

2) 시공시 주의사항

- ① 기존의 도막 및 이물질을 수공구 또는 샌더 등의 전동공구를 사용하여 제거한다.
- ② 도막을 완전히 제거한 후 고압수세정기(100~150kg/m²)를 사용하여 표면위에 남아있는 이물질을 완전히 제거한다.(물을 사용할수 없는 경우에는 압축공기나 진공 청소기를 사용한다.)
- ③ 세정 순서는 위쪽에서 아래쪽으로 하고 오염된 물이 아래쪽 벽면에 부착되지 않도록 주의하여 세정한다.
- ④ 유지 등으로 더러워진 부분은 용제나 전용세제를 사용하여 세정한다.
- ⑤ 충분히 건조한 후 담당자의 확인을 받아야 한다.

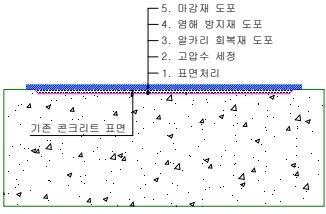
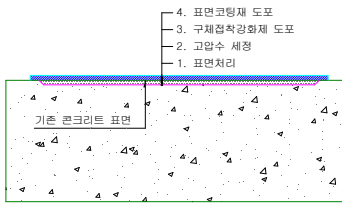
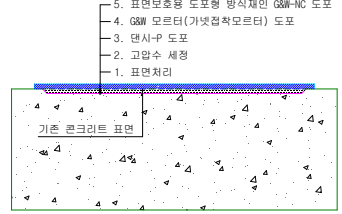
- ⑥ 제품선정 후 제품 시방규정에 의한 표준 도포량 확인한다.
- ⑦ 직사광선, 바람 등이 현저한 장소에서 시공할 때는 급격한 건조를 방지하기 위한 조치를 취하여야 한다.
- ⑧ 동절기 시공 시에는 따뜻한 날을 선택하여 시공하여야 한다.
- ⑨ 혼화제는 사용 전에 수회 흔들어야 한다.
- ⑩ 시공완료 후 충분히 건조한 후 담당자의 확인을 받아야 한다.

3) 시공 흐름도



【그림 6.3.2】 표면처리공법 시공 흐름도

【표 6.3.1】표면처리공법 비교표

공 법 명	하이브리드(HRM) 공법	FCSM 공법	리폼시스템 공법
공법개요	친환경 재료인 메타카올린과 제올라이트를 포함하고 있어 강도 발현이 우수할뿐만 아니라 알칼리 골재 반응을 억제하고, 염소이온 및 암모니아 가스 흡착 기능을 가지고 있어 내화학 기능확보가 가능하여 손상된 RC구조물을 보수하는 공법	고인성 PVA섬유의 3차원적 가교작용에 의해 몰탈에 강력한 균열저항성과 연성이 향상된 섬유복합몰탈을 이용한 콘크리트 구조물의 보수공법	구상형 용융슬래그 골재와 CORE-CELL 중합반응 수성아크릴계 폴리머를 사용하는 고성능 폴리머 시멘트를 이용하여 손상된 RC구조물을 보수하는 공법
부착강도	표준부착강도 10.0 kgf/cm ² 이상	표준부착강도 10.0 kgf/cm ² 이상	표준부착강도 10.0 kgf/cm ² 이상
장 점	- 부식철근 아질산 방청성분에 의한 철근 부동태 재생, 방청 - 콘크리트 표면 강화 - 방청표면 피복제, CO₂, 가스, 산소, 수분 차단 - 환경 친화적인 수성제품 - 메타카올린과 제올라이트를 포함하고 있어 내화학적 기능을 확보하고 있음. - 탄산화 콘크리트 알칼리 회복기능	- PVA 섬유의 3차원 가교작용으로 균열억제 - 우수한 휨 강성과 연성으로 보강성능 발휘 - 건조수축 및 진동에 의한 균열에 강력한 저항성 - 내마모성, 내충격성, 부착성이 우수 - 구체와 역학적 거동이 동일하여 박리-박락 없음 - 내구성 5배 이상 우수, 구조물 Life Cycle을 연장 - 중성화저항성, 내화학성, 내화성이 우수 - 스프레이시 리바운드가 1% 이내로 적다.	- 습윤면 부착강도 매우 우수 - 준기계화시공으로 공기단축(시공성, 작업성 우수) - 기존 Con'c 물성치와 유사 - 환경친화적임 - 수밀성, 내화확성, 내마모성 우수 - 투습성 및 통기성 확보 - 균열발생 억제 가능 - 하수관거 시공실적 많음
단 점	전문시공 필요	- 몰탈 교반시에 숙련공 필요 - 시공실적이 적음	- 전문시공 필요 5 ° C 이하 작업불가
공정순서			
시 공 성	시공 공정 다소 복잡	시공 공정 다소 복잡	뿔칠시공시 1회 최대 22cm까지 시공가능하며 리바운드량이 5% 미만
구조적 안전성	양 호	양 호	양 호
사 용 성	양 호	양 호	양 호

나. 주입보수공법

1) 개요

균열(0.3mm이상)부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다.

균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안전성 여부 등을 종합적으로 판단하여 보수 목적에 따라 가장 유리한 보수 대책을 선정하여야 한다. 또한, 균열보수는 균열 폭과 균열깊이를 고려하여 이에 적합한 주입속도, 점도 및 양생 속도를 갖는 수지재료를 사용하여야 한다.

2) 수지주입공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며, 이 중 저압·저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있어 유리하다.

【표 6.3.2】 수지주입공법의 종류

압입식 공법	흡입식 공법
· 수동식 주입 : 인력 · 기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 · 저압·저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력 · 자동주입식 기계주입 : 자동주입기	· 균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치하여, 흡입펌프로 충전재를 흡입주입

【표 6.3.3】 균열폭에 알맞은 수지의 점도

형 상	점도(20℃, cp)	주입 가능한 균열 폭
액 상	저점도	500±200
	고점도	1,500±500
Gel 상태	6,000±1,000	0.5~5.0mm 전후

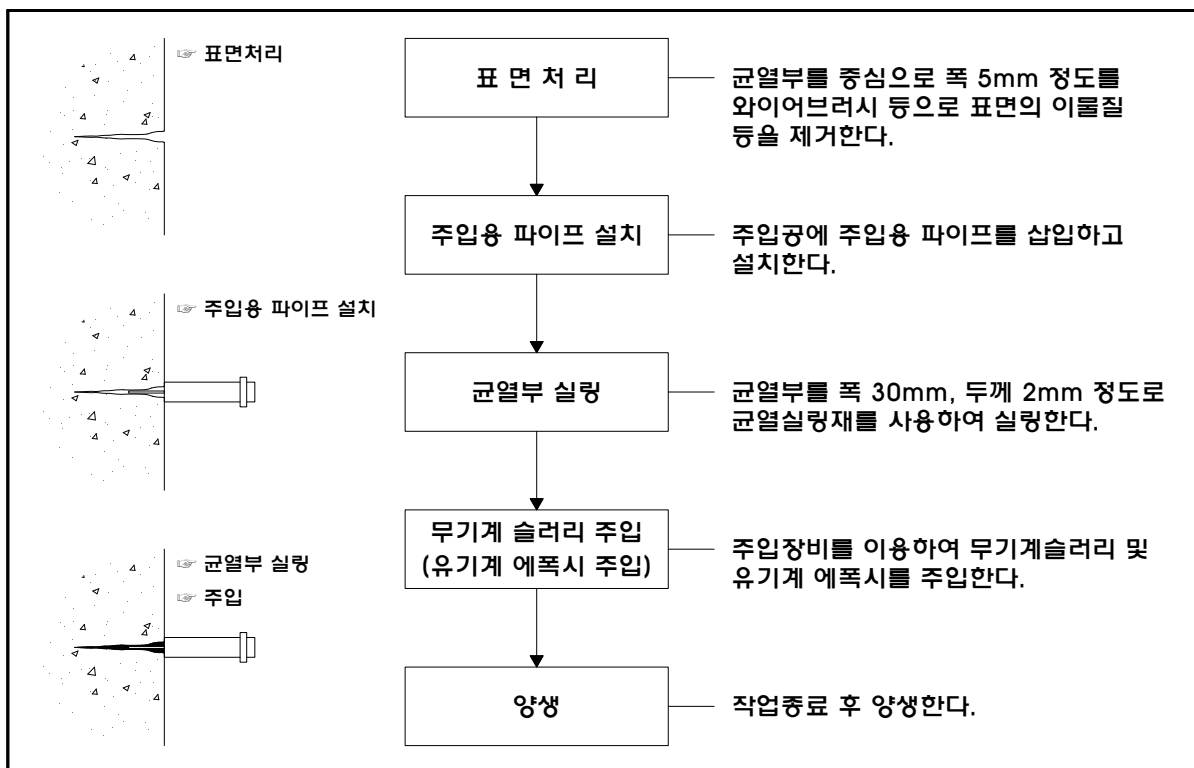
【표 6.3.4】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

균열 폭(mm)	주입파이프/패커간격(mm)	비고
0.3이하	50~100	
0.3~0.5	100~200	
0.5~1.0	150~250	
1.0이상	200~300	

【표 6.3.5】 에폭시계 수지의 규격

시험항목	시험방법	시험조건	실링 및 퍼티용 규격치	주입용 규격치
비 중	KS M 3015	20℃ 7일간	1.7±0.2	1.2±0.2
사용가능시간	온도상승법	20℃	60이상	30이상
점 도	JIS K 6838	〃	-	5,000이하
압축항복강도	KS M 3015	20℃ 7일간	6.0이상	6.0이상
휨강도	〃	〃	3.5이상	4.0이상
인장강도	〃	〃	2.0이상	2.0이상
압축탄성계수	ASTM D 695	〃	0.1~0.6	0.1~0.6
인장전단강도	KS M 3722	〃	100이상	100이상
충격강도	KS M 3015	〃	0.15이상	0.3이상
경 도	ASTM D 2240	〃	80이상	80이상

3) 시공방법

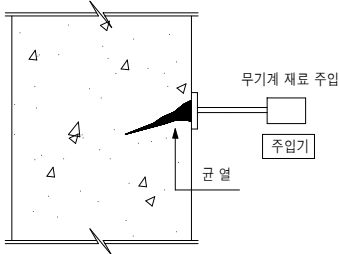
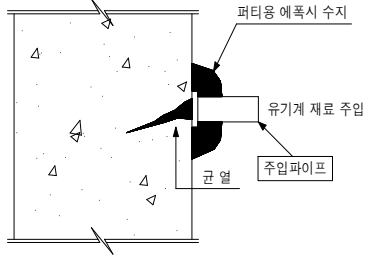


【그림 6.3.3】 균열 보수공법 개요도

4) 시공시 주의사항

- ① 대기온도가 10~30℃ 일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다.
- ② 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.
- ③ 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 루트마다 시험을 실시하여 품질을 확보한다.
- ④ 썰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.
- ⑤ 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 썰링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 표면처리 한다.

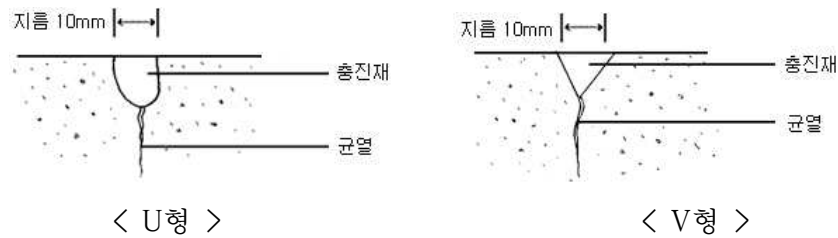
【표 6.3.6】 주입보수공법 비교표

구 분	폴리머 슬러리시멘트 주입공법	에폭시 주입공법
개요도		
공법 개요	균열부위를 컷팅하고 균열부를 썰링한 후에 무기계재료인 폴리머 슬러리시멘트를 주입기를 통하여 주입하는 공법	균열부위를 컷팅하고 균열부를 썰링한 후에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법
시공 방법	표면처리→U.V컷팅→주입기설치→균열부 썰링→폴리머슬러리시멘트주입→단면복구	표면처리→U.V컷팅→주입기설치→균열부 썰링→에폭시주입→단면복구
특징	- 품질관리가 용이하고 재균열 발생우려 없음 - 균열보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 - 콘크리트 모체와 동등한 탄성계수, 열팽창 계수, 투수성 확보 - 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함 - 보통형식의 것은 경화시간이 낮고 공기가 길어짐 - 공정이 다소 복잡하여 시공전문가필요 - 유기계에 비해 접착강도 떨어짐	- 인장, 휨강도가 우수함 - 건조한 환경에 유리함 - 경화시간이 빠름 - 시공실적 다수 - 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움 - 주입압력이 크면 균열이 확대되므로 주의 - 탄성계수, 열팽창계수가 콘크리트와 다름

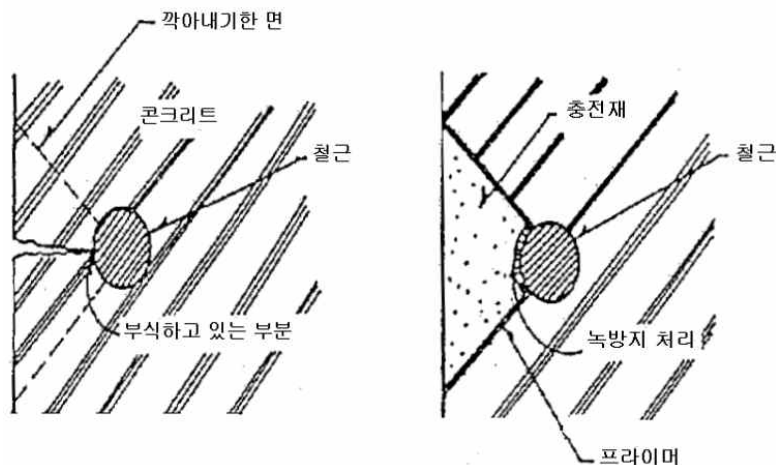
다. 충전공법

1) 개 요

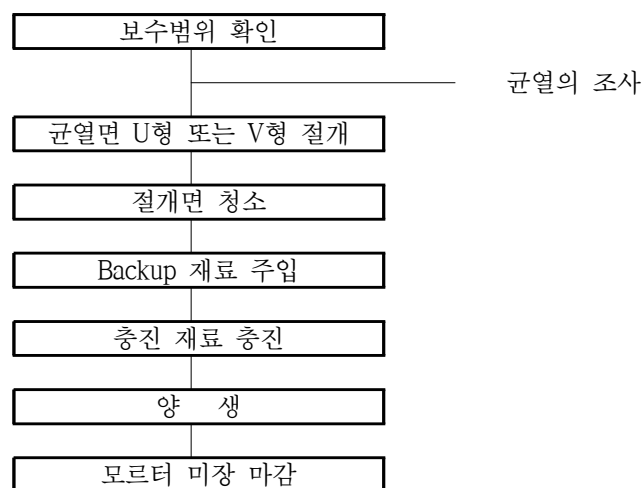
충진공법은 0.5mm이상의 비교적 큰 폭의 균열보수에 적용하는 공법으로 균열을 따라 콘크리트를 U형 또는 V형으로 잘라내고 그 부분에 보수재를 충전하는 방법이다. 이 공법은 철근이 부식하지 않는 경우와 철근이 부식하고 있는 경우에 따라 보수방법이 다르다.



【그림 6.3.4】 철근이 부식되지 않은 경우의 충전공법



【그림 6.3.5】 철근이 부식된 경우의 충전공법



【그림 6.3.6】 충전공법 시공순서도

2) 철근이 부식되지 않은 경우

균열을 따라 약 10mm의 폭으로 콘크리트를 U형 또는 V형으로 잘라낸 후, 이 잘라낸 부분에 시일재, 탄성형 에폭시 수지 및 폴리머 시멘트 몰탈 등을 충전하고 균열을 보수한다. U자형으로 잘라내는 경우는 균열을 따라서 양측에 커터로 구조물을 절단한 후 그 사이의 콘크리트를 깨어내는 방법으로 실시한다. 이에 비해 V자형으로 잘라내는 경우에는 전동 드릴 끝에 원추형 다이아몬드 비트를 부착하여 균열에 따라 잘라내는 방법으로 안전하지만, 폴리머 시멘트 몰탈을 충전하는 경우에는 충전한 몰탈의 박리, 박락이 일어나기 쉽기 때문에 U형을 채용하는 것이 바람직하다.

3) 철근이 부식되어 있는 경우

철근이 부식하고 있는 부분을 충분히 처리할 수 있을 정도로 콘크리트를 깨어내고, 철근의 녹을 제거하여 철근의 방청처리 후, 콘크리트에 프라이머 도포를 행한 후에 폴리머 시멘트 모르타와 에폭시 수지 모르타 등의 재료를 충전하는 방법으로 실시한다. 이 방법은 철근이 부식하고 있는 경우에 있어서 콘크리트 구조물의 내구성 회복을 목표로 한 균열 보수방법이 주류이므로 재료와 공법에 따라 크게 나누면

- ① 보수재료에 의해 물리적으로 부식을 방지하는 방법
- ② 콘크리트에 알칼리성을 부여하여 화학적으로 부식을 억제하는 방법
- ③ ①과②를 혼용하는 방법이 있다.

4) 시공순서

충진공법의 시공은 균열의 정도와 손상상황 즉 진행성 유무, 철근 부식의 유무와 재료의 종류에 다소 차이는 있으나 일반적인 시공순서는 다음과 같다.

- 커트 범위를 확인한 후 마크를 한다
- 균열에 따라 커터로 U자형 또는 U자형으로 커트한다. 절삭단면은 폭 10~50mm, 깊이는 10~50mm 정도로 한다.
- 커트한 부분은 압축공기 또는 고성능 진공청소기로 청소한다.
- 피착면을 건조시킨 후 전용 프라이머를 도포한다.
- 충전재를 소정의 배합비로 혼합, 교반한다.
- 프라이머 건조 후, 혼합한 충전재를 충전하고 피착체면에서 공극의 잔류여 부를 확인한 다음 공극이 있으면 공기를 빼고 채운다.
- 충전재의 표면을 주걱으로 충분히 눌러서 평활하게 마무리한다.
- 충전재가 경화할 때까지 양생한다.
- 충전재가 경화한 다음 주변의 불순물 등을 주걱, 신나, 샌더 등으로 제거하고 청소한다.

6.3.2 단면보수공법

가. 단면보수공법(철근비노출부)

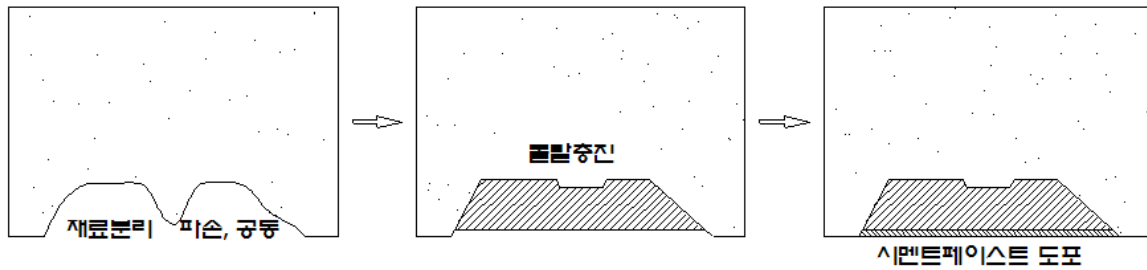
1) 개요

이 공법은 재료분리, 파손, 공동 등 단면결손부에 대하여 열화된 구체를 강화하기 위해 폴리머 몰탈 또는 무수축 몰탈 등으로 단면을 수복시키는 공법이다.

2) 시공방법

- ① 손상부 표면제거 - 콘크리트 건전부까지 치핑한다.
- ② 고압세척 및 콘크리트 접착제 도포 - 고압세정기 사용하여 이물질제거
- ③ 몰탈충전 - 몰탈로 단면복구
- ④ 표면처리 - 시멘트페이스트 등 도포

3) 개요도



4) 결손 단면복구용 재료 성질

- ① 장시간 보관에도 재료의 성질 변화가 없을 것
- ② 부착력이 높은 재료

5) 주의사항

- ① 고압세정기의 용량은 50~150 kg/cm²를 사용
- ② 1회 도포시 두께는 10mm 정도로 한다.

6) 콘크리트 충전

- ① 단면결손이 큰 공동에 대한 보수시 단면복구 재료는 일반 콘크리트를 단면복구재로 사용하여 충전시킨 후 단면을 복구한다.

7) 단면복구시 보수두께 기준

구 분	단면보수 두께 기준
비 철근노출	- 단면복구공법의 설계두께는 중성화상태, 철근의 노출 및 부식 상태, 원콘크리트의 상태에 따라 시공현장에서 결정해야 함 - 일반적인 재료분리, 침식, 파손의 경우 - 철근 노출이 발생되지 않은 부분의 단면복구에 대해서는 대부분 설계두께로 30mm를 적용하고 있음 - 콘크리트 표면에 경미한 곰보, 열화발생시 평균 10mm 정도를 제안함 (결함 및 열화깊이가 깊은 경우 깊이는 증가될 수 있음)

8) 단면보수 후 재 탈락 방지 방안

- ① 모르타가 경화된 후(7일 이후) 타점봉을 두들겨 소리로 부착면의 들뜸 유무를 검사한다. 들뜸이 있다고 판단되면 코어로 확인하여 보완 등의 조치를 취해야 한다.
- ② 철근노출부 단면보수시 굵은 골재 최대치수 이상으로 철근을 노출하고 단면보수를 수행하여야 재 탈락이 감소한다.
- ③ 단면보수시 현장조사시 결함 두께를 고려하며 시공시 주의사항 및 시공순서에 따라 보수를 실시한다.

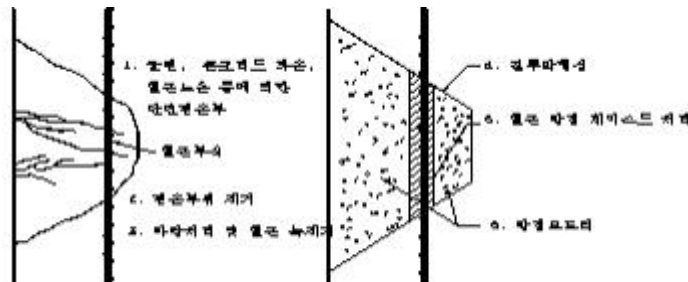
가. 단면보수(철근방청)공법

1) 적용 범위

외관조사 결과, 바닥판, 교대의 단면손상 등이 조사되었다. 이는 시공시의 다짐불량, 피복 두께 부족, 공용기간의 증가로 인한 콘크리트 열화, 외부충격 등에 의하여 발생된 것으로 판단되며 일부손상에 대해서는 콘크리트 내구성 차원의 보수가 이루어져야 한다.

본 공법은 상기 단면 손상부에 대한 보수공법으로, 현재 조사된 부위의 불건전 콘크리트와 기타 이물질 부위를 제거하고, 부식이 발생된 철근은 녹을 제거하고 방청 처리를 한 후 방청모르타를 도포하는 순서로 보수시공을 진행한다.

2) 보수방법

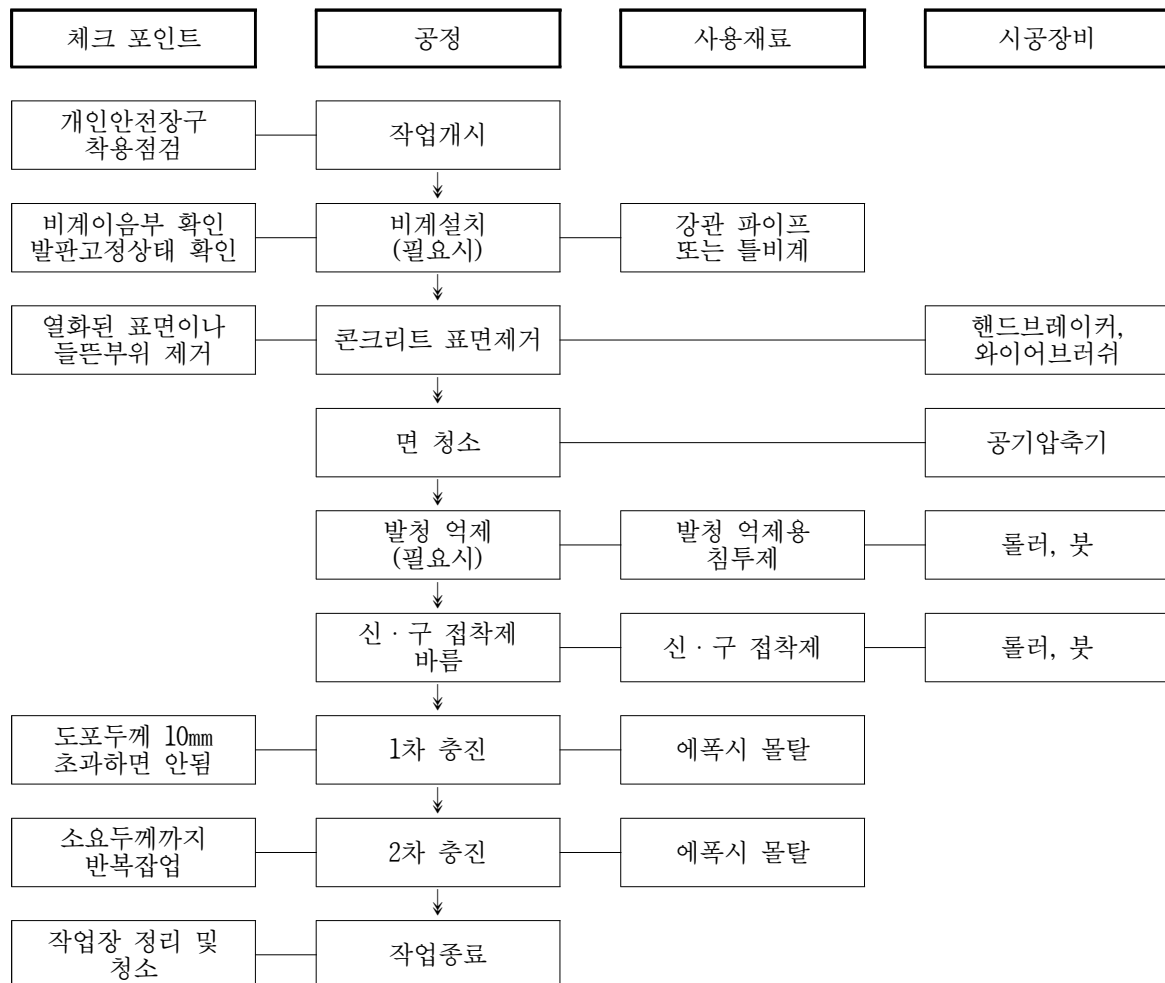


【그림 6.3.7】 단면보수공법 개요도

3) 시공방법 및 유의사항

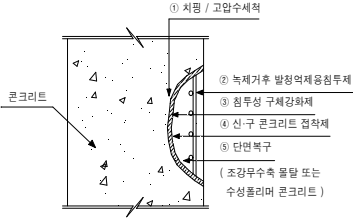
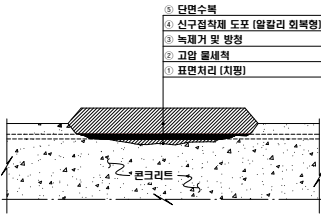
- ① 기존 콘크리트의 열화부위 및 탄산화 부분을 브레이커 등을 이용하여 제거한다.
- ② 콘크리트 표면제거 시 파편 및 분진이 발생되므로 보호안경을 착용 후 작업에 임한다.
- ③ 콘크리트 표면제거 후 고압세척기를 이용하여 고압 세척한다.
- ④ 콘크리트 제거 후 공기압축기를 사용하여 표면을 깨끗이 청소한다.
- ⑤ 기온이 5℃ 이하에서는 작업을 중지해야 한다.

- ⑥ 철근 부식의 원인이 되는 전해질을 제거하고 공극을 메워 콘크리트 밀도증가로 산소와 물이 차단되도록 발청 억제용 침투제를 도포한다.
- ⑦ 신·구재료의 접착력을 증진시키기 위하여 신·구 접착제를 도포한다.
- ⑧ 비가 예상되거나 습도가 80%이상일 경우, 안개가 심한 경우에는 작업을 중지하여야 한다.
- ⑨ 기존 콘크리트 탈락부위에 1차 충진은 에폭시 몰탈로 실시한다.
- ⑩ 에폭시몰탈 시공시 미장두께는 10mm를 넘어서서는 안 된다.
- ⑪ 기온이 30℃ 이하에서는 1차 충진 후 최소 2시간 경과 후에 2차 충진을 실시한다.
- ⑫ 에폭시몰탈은 상온에서 배합후 시간이 경과하면 접착력 및 강도가 저하되므로 작업종료 후 남은 것은 재사용하지 말고 버려야 한다.
- ⑬ 에폭시 몰탈의 혼합량은 중량비를 기준으로 저울을 이용하여 정확히 계량하여야 한다.



【그림 6.3.8】 단면보수공법 시공 흐름도

【표 6.3.7】 단면보수공법 비교표

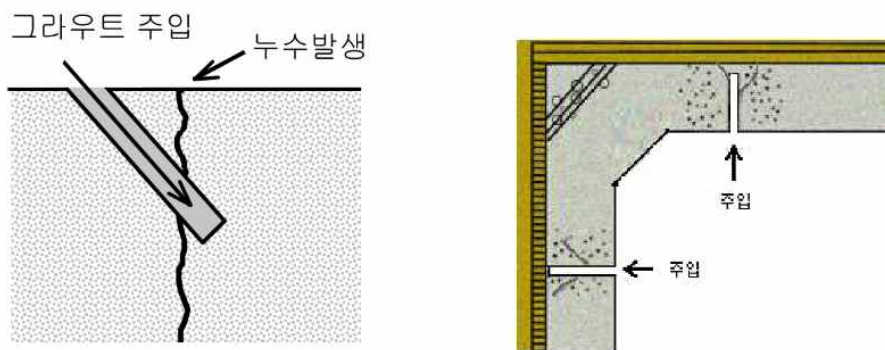
구 분	폴리머시멘트공법	PMI공법	에코플래시공법
개 요 도			
공법개요	노출된 철근은 녹을 제거한 후 발청억제용 침투제로 방청하고 구체는 침투성 구체강화제를 도포한 후 조강무수축 몰탈 또는 수성폴리머 몰탈을 사용하여 단면복구를 하는 방법.	고분자 융합 신소재와 탄소 나노튜브 하이브리드화 시켜 초기발생하는 수화열에 대한 저항성을 확보하여 초기균열 예방 및 내구성, 내식성이 우수한 다기능 복합 표면보수공법	탄산화, 염해, 동해 및 화학적 부식 등의 열화원인에 대응하여 천연광물을 함유한 모르타르와 특수건식 스프레이를 이용하여 화학적 물리적으로 개보수하고 접착보강핀을 추가하여 장기부착하여 강도를 증진시킨 보수공법.
시공방법	치핑/고압수 세척 → 노출철근의 녹제거 → 발청억제용 침투제 도포 (철근) → 침투성 구체강화제 도포 → 신·구 Con'c 접착제 도포 → 조강 무수축 몰탈 또는 수성폴리머 Con'c로 단면복구.	손상부 치핑/고압물세척 → 철근녹제거/방청처리 → 구체 접착강화제 도포(필요시) → 모르타르 도포 → 표면코팅제 도포	표면하지처리(치핑)→고압물세척→ERH-PIN 시공 → ERH 모르타르 충전 → ERH 프라이밍 도포 → ERH 코트 도포
장 점	- 수밀성, 내마모성, 내구성 우수함. - 경화시간이 짧다. - 유기성 및 무기성으로 구성되며 제품 다양. - 국내실적 다수.	- 수화열에 대한 저항성 우수 - 내구성 및 내식성 우수 - 유연성과 강한 부착력을 유지함으로써 장기적인 내구성 확보 - 내화학적, 통기성, 방수성 우수 - 구체와 역학적 거동 동일 박리,박락 없음 - 탄산화, 염해방지 성능 우수	- 소단면 대단면에 이르는 기계화(건식스프레이) 시공을 통한 우수한 품질과 공기단축 - 천연재료 사용 기존 콘크리트와 물리적 성질이 유사하여 시공 후 재손상 발생가능적음 - 물리적 접착 보강핀을 통한 장기부착강도 확보 - 무기코트재료 표면피복(음용수 부위적합) - 리튬실리케이트를 이용한 내구성 회복 효과
단 점	- 유기질 재료로 통기성 확보 어려움. - 유기질재료로서 Con'c 모재와 물성의 차이가 있음.	숙련공 필요	공정이 다소 복잡 시공전문가 필요

6.3.3 누수보수공법

가. 충전 주입공법

충전 방수 주입공법은 수밀하지 못한 콘크리트 구조물의 표면에 부분적으로 스며 나오는 누수에 대한 보수공법으로

- 일부 쉬트 방수한 벽체에서 누수 시발점을 모르고 누수부위가 불분명하게 벽체면에 물기만 있는 상태로서 누수량이 모여 물방울이 되어 떨어질 때
- 누수위치가 확실한 국부적인 포인트를 보수할 때
- 콘크리트의 파취가 곤란한 부위
- 구체의 두께가 두텁고 공극 혹은 균열이 망상으로 발생했을 경우
- 누수발생 부위중 석회분이 흘러내려 백화현상이 심한 부위 등에 적용된다.



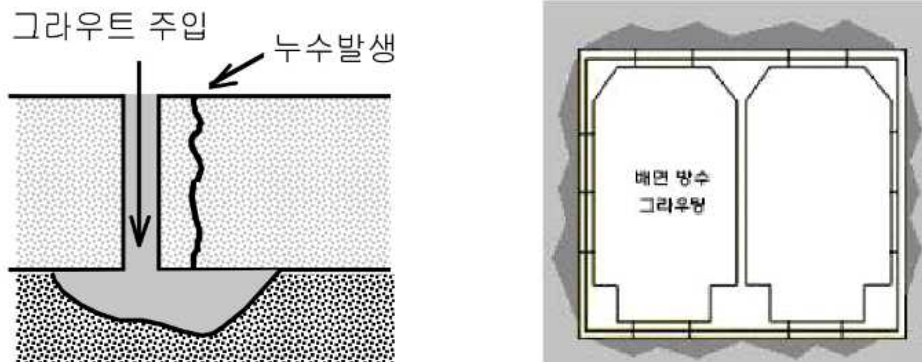
【그림 6.3.9】 충전주입방수 공법의 개요



【그림 6.3.10】 충전주입방수 공법의 시공순서도

나. 배면 주입공법

배면 방수 주입공법은 누수면적이 넓으면서 누수발생 위치가 불분명하고 산발적으로 스며 나오는 누수문제에 대한 보수·보강 공법이다. 배면 방수 쉬트가 파손되었던지 배면의 방수 상태 불량으로 지하수가 침투되어 구조물 내부로 누수가 발생할 때 구조물 내부에서 구조체를 토사층까지 천공, 주입하여 배면 토사층을 고결시키고 지하수 유속이 없도록 지반을 불투수층화시켜 배면의 파손된 방수층을 보호하게 된다. 또한 배면에 주입된 그라우트의 주입압과 지하수로 인한 수압이 구조물에 대한 침투 압력을 증가시켜 수밀치 못한 콘크리트에서 각종 누수 원인에 따라 배면 그라우팅 주입액이 구조물 내부로 유입되어 그라우트에 의하여 유로가 막혀 공극이 충전되므로 수밀 콘크리트가 되어 방수가 되는 것이다.



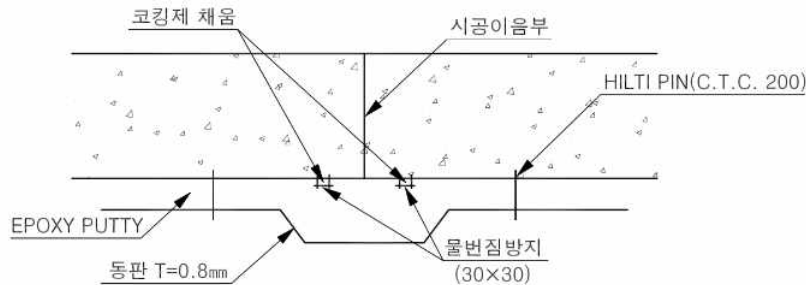
【그림 6.3.11】 배면주입방수 공법의 개요



【그림 6.3.12】 배면주입방수 공법의 시공순서도

다. 유도 배수공

시공이음부에서 누수가 발생하는 부위는 다음과 같이 동판 또는 F.R.P 판넬로 유도배수공을 설치하여 누수되는 물을 유도배수 처리한다.



【그림 6.3.13】 유도배수공(동판의 경우) 상세도

라. 누수보수공법의 적용성 검토

【표 6.3.8】 누수보수공법의 적용성 검토

구 분	충전주입공법	배면누수공법	유도배수
공법개요	●단면(구체) 내부에 방수층 형성	●배면부에 방수층을 형성하는 공법	●유입되는 지하수를 배수처리하는 공법
장 점	●배면주입에 비해 공사비 저렴 ●국부적인 누수 결함에 유리	●배면부의 손상된 방수층 재형성 가능 ●누수 재발생 가능성 없음 ●누수면적이 넓으면서, 산발적인 누수결함에 유리	●시공이 간단함 ●공사비 저렴 ●향후 유지보수가 용이함 ●단면결손을 유발하지 않음
단 점	●배면부의 손상된 방수층 재형성이 어려움 ●누수 재발생 가능성 있음 ●누수 면적이 넓을 경우 불리	●공사비 많이 소요(배면부 공동 및 공극) ●누수면적이 넓지 않을 경우 공사비 과다 투입될 가능성 있음	●미관성 저하
적 용 성	●균열부 누수 ●시공이음부 누수 ●면상누수(구체누수)	●균열부 누수 ●시공이음부 누수 ●면상누수(구체누수) ●Joint부 누수	●Joint부 누수 ●누수량이 다소 많은 곳
적용순서	●누수부 충전주입 → 누수여부 확인 → 배면주입공법 적용 ●유도배수 → 누수량이 다소 많은 곳 (Joint부)		

- 1) 지하차도의 누수에 대하여 1차적으로 충전주입공법 적용 재 누수여부를 확인 - 2차적으로 배면주입에 의한 공법을 적용.
- 2) 1차적으로 충전주입공법시 국부적으로 미세균열부에 주입이 충실히 되지 않아 미세균열부에서 누수가 재발생되는 가능성이 있으므로 시공시 숙련된 작업공에 의하여 보수가 시행되어 정밀한 시공이 이루어져야 함.
- 3) 누수량이 다소 많이 발생하는 것은 유도배수를 통한 보수가 이루어져야 함.

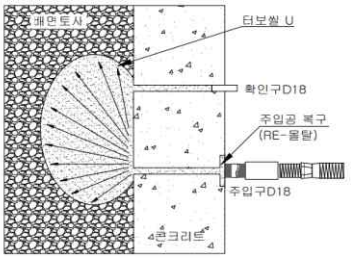
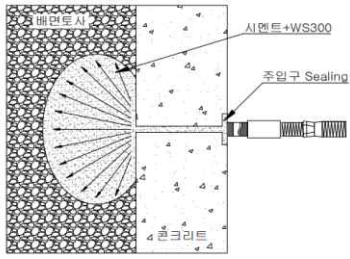
【표 6.3.9】 주입공법별 특징

구분	폴리우레탄 주입공법	핀그라우트공법	아크릴계
공법별 개요도			
공법 개요	· 수압이 없는 구조물에 지수를 목적으로 함 · 발포성 우레탄 주입, 크랙의 공극을 충전하는 공법	NL 페이스트(폴리우레탄계)를 균열부 등에 주입하여 충전하고 물과 반응하여 부피가 팽창시켜 누수부를 차단하는 공법	무기계 주입재(시멘트계)를 패커를 통해 습식 누수부 균열에 주입하여 재균열 방지 및 광범위하게 균열억제 등의 효과 기대 배면에 약액을 주입하여 방수층을 형성하기도 함
시공방법	· 누수 균열부에서 10~20cm 이격하여 천공, 주입구 설치 · 주입기의 최대 토출압력이 200kgf/cm²이 되어야 함 · 24시간이상 양생후 주입구를 제거하고 콘크리트면의 이물질 제거 후 폭 1.0m에 표면마감은 일정한 선형을 유지하여 정리	균열 및 누수부위 V 컷팅 → NL 포켓 설치 → 급결지수제로 도포 및 NL PATE를 주입 → 주입관을 밀봉한 후 지수부를 확인 → 주입관 절단 후 표면처리	· 균열 부위 20~30cm 간격 패커 설치 · 무기계 고성능 반응 촉진제 주입 · 무기계 특수 혼화재 주입 · 고성능 무기계 그라우트(초미립자 시멘트+SH+GH)주입
장점	· 지속적이지 못하나 순간적으로 지수효과가 있음 · 사용장비가 비교적 간단 · 국부적인 누수시 재하자의 발생이 높으나 초기비용이 비교적 낮음 · 극소량으로 발생시 내구성이 없는 응급처치용으로 사용하기도 함	· 물이 배어나오는 곳의 수밀성, 방수성을 회복시킴 · 수지가 저절로 콘크리트중의 물을 흡수하여 지수 · 시공이 간단하다.(그리스건) · 수압이 강하고 유동성이 있는 구조물에 대하여 유도배수가 가능한 공법과 작업성의 용이	· 다소의 누수가 있어도 U컷트, V컷트 등의 도수공법을 병용하지 않고 무기계 지수 주입재만에 의해 지수 가능 · 본 공법은 0.2mm 이상의 균열 혹은 공동에도 무기계 지수 주입재를 충전해 견고한 보수를 할 수 있음
단점	· 재하자의 발생율이 높음 · 다량 누수구간시 전체주입비용이 과다 · 단면 원상복구 불가 및 지수효과 기대가 어려움 · 발포속도가 너무 빨라서 주입부근에서만 효과를 볼 수 있고, 물이 없어지면 수축현상이 일어남	· 숙련된 기능공에 의한 작업이 요구됨 · 재하자의 발생율이 높음 · 다량 누수구간시 전체 주입비용 과다	· 다량 누수 구간시 전체 주입비용이 증가 · 광범위한 누수부 보수는 어려움
경제성	160,000 원/m ²	180,000 원/m ²	200,000 원/m ²
검토 결과	· 남태령지하차도 T.R.M구간에 적용이 어려움 · BOX구간 누수부 적용이 가능하며, 일반적으로 폴리우레탄 주입공법 시공		

【표 6.3.10】 유도배수공법 특징

구분	유도배수 공법
공법별 개요도	
공법 개요	• 누수되는 부위 및 누수가 예상되는 구간에 유도배수 파이프를 설치 • 재설치 부위는 기존 배수관 제거 후 유도배수관 설치
시공 방법	• 이물질 제거 → 강관 하면 누수부 용접 및 방수쉬트 부착(T.R.M구간) → 유도 배수로 설치 및 용접, 실리콘 마감 → 유도파이프 → 단열 → 마무리
장점	• 시공이 간단함 • 공사비 저렴 • 향후 유지보수가 용이함 • 단면결손을 유발하지 않음
단점	• 근본적인 누수 차단 방안은 아님 • 동절기 시 유도배수관이 손상될 수 있음(단열 필요) • 접합부가 많고 매연 등에 의해 수명이 짧음
경제성	• 96,000 원/㎡
검토결과	• 시공비가 저렴하고 유지보수가 용이함

【표 6.3.11】 배면 그라우팅 공법별 특징

구분	비경화점착유연형계 (터보셀 방수층 형성공법)	시멘트 배면복구제
공법의 개요	· 점착,유연형의 재료인 터보셀을 기존 방수층까지 천공하여 주입함으로서 방수층을 재형성하는 공법	· 시멘트 계열의 그라우트제를 이용한 구채배면 또는 구채 공극에 천공 주입하는 누수 보수 공법
개요도		
구체 거동 대응력	· 젤상으로 구체와 점착의 형태로 부착이 되기 때문에 구체가 거동을 하더라도 유동적으로 대처하므로 재료자체의 손상도 없음	· 압축강도가 512kg/cm ² (재령28일)인 경화형 재료는 습윤면, 수중상태에서 점착이 어려울 뿐 아니라 구체의 거동에 대응하기가 어려움
점도	3,000,000 cP (20℃) · 높은 점도 때문에 배면에 압착의 형태를 이루면서 밀실하게 채워질 수 있고 유실될 우려가 없음	- · 굳기 전까지의 점도가 매우 낮기 때문에 유실될 우려가 높음
재료간의 계면분리 현상	· 굳지않은 제품으로서 주입시차에 따른 재료 분리현상이 없이 연속된 방수층을 형성	· 선 주입된 재료와 후속 주입된 재료의 시차에 의한 계면 분리가 생기며 그 계면은 누수의 경로가 됨
이물질과의 부착력	· 이물질이 있더라도 높은 점착력으로 부착에 문제가 없어 기존방수층을 복원하는 효과가 있음	· 이물질이 있는 경우 점착 불량에 문제가 발생하며 기존 방수층을 복원시키지 못함
습윤, 수중면 점착성	· 고점도의 재료로서 수중, 습윤상태에서도 점착을 이룸	· 습윤상태에서 점착이 불가능
위부온도 영향	· 온도변화에 영향을 받지 않음	· 현장의 온도가 높으면 양생과정에서 수분이 빨리 증발하므로 강도발현이 어려움
장점	· 높은 점착력으로 이물질, 습윤상태의 바탕면(배면)에서도 부착이 이루어지는 특성을 가지고 있음 · 일액형의 재료로서 굳지 않는 젤상을 유지하므로 구체가 거동하더라도 방수층의 손상, 들뜸 현상이 생기지 않음 · 바탕면과 점착력이 우수하므로 누수가발생하더라도 부분보수가 가능하여 유지관리비 절감의 효과가있다. · 환경친화적소재(VOC0.02%이내) · 동절기에도시공가능 · 양생기간이 불필요하고 작업시 위험성이적음.	· 시멘트 계열의 무기질계로서 콘크리트 구조물의 열팽창계수 및 탄성계수와 유사한 특성을 가지고 있고 내구성이 우수함
단점	· 전용장비가 반드시 필요함 · 노출시공이 불가능함	· 구체거동 시 대응력이 미약하여 방수층이 쉽게 손상된다. · 재료간의 계면분리 현상으로 인해 추가 누수 경로 제공 · 습윤상태에서의 시공이 불가능함 · 공사후 누수발생시 누수지점 확인이 어려워 부분보수가 불가능하므로 유지관리 비용이 상승한다
경제성	· 285,000 원/m ²	· 293,000 원/m ²
검토결과	· 방수의 효과를 기대하기 위해서는 T.R.M구간 시공 필요 · 터보셀 방수층 형성공법의 경우 누수가 면에 없으며, 단기간 누수 재발시 하자보수 가능	· 방수층(탄성고무재)을 형성하여 신축거동시 손상

【표 6.3.12】 전면지수 공법별 특징

구분	RPPR 공법	플로팅 공법
공법별 개요도		
공법 개요	· 단면에 경질염화비닐재(프로파일)를 결합하여 제관하고, 무수축 고강도 모르타르를 충전하여 일체화된 복합단면으로 누수를 방지하는 공법	· 단면에 스트립라이너를 직선형으로 제관하고 고강도 특수 충전재를 주입하여 강성복합관을 형성하는 공법
시공 방법	· 표면처리→앵커 및 버팀대 설치→프로파일 제관→동바리 설치→무수축 고강도 모르타르 충전→양생 및 마무리	· 표면처리→스페이서 설치→스트립 및 조이너 설치→동바리 설치→특수충전재 주입→양생 및 마무리
장점	· 강성복합단면으로 강도증진 및 방수효과 우수 · 내화학적, 내식성, 수밀성, 내마모성, 내구성 등 우수 · 기계화시공으로 시공속도가 빠르며, 균질한 품질확보 · 단면형상에 관계없이 제관이 가능 · 연속면 형태로 시공이음부 없음(누수차단)	· 내식성, 수밀성, 내약품성, 내마모성 등 우수 · 현장상황에 따라 전체, 벽체 및 바닥 일부만 시공할 수 있으며, 종방향 지장물(통신, 상수관, 가스관 등)이 있어도 시공이 가능 · 단면형상에 관계없이 제관이 가능
단점	· 손상으로 인한 해체 비용이 발생 · 기계제관으로 전문작업자가 필요 · 동바리 설치로 교통통제가 필요	· 동바리 설치로 교통통제가 필요 · 작업이 복잡하고 인력에 의한 작업으로 균질성 저하
경제성	· 315,000 원/㎡	· 389,000 원/㎡
검토결과	· 누수부에 지수작업이 선행되어야 함(배면 그라우팅 및 방수쉬트 부착) · 시공 후 강관과 몰탈사이 누수가 진행되어 동결 및 해빙이 반복될 경우 충전재가 손상되기 쉽고 손상에 따른 보수가 어려울 것으로 예상됨 · 하천수 유입시 동결 방지를 위해 추가적인 단열시설이 필요	

6.3.4 포장보수공법

가. 포장면 보수(아스콘 패칭 공법)

1) 공법개요

포트홀, 단차, 부분적인 균열 등 적은 면적의 손상된 곳을 직접 채우는 임시적인 방법과 불량 부분을 약간 크게 절취하여 수리하는 방법으로 구분할 수 있다. 전자는 특히 긴급성을 필요로 하는 경우에 쓰인다. 사용하는 재료는 기존 포장과 같은 재료를 사용하는 하는 것이 바람직하나 긴급히 대응하여야 하는 것과 기설 포장과 같은 재료를 얻기 어려울 때에는 쉽게 구할 수 있는 재료를 사용해도 좋다. 패칭 재료는 일반적으로 가열 아스팔트 혼합물이 사용되며, 긴급을 요할 때는 상온 아스팔트 혼합물도 사용된다.

2) 시공방법

- ① 가열 혼합식 공법 : 가열 혼합식 공법에 의한 혼합물은 기존 포장과 부착이 좋고 내구성과 안정성이 우수하며 시공직후 안정되어 대형차 교통량이 많은 도로에 적합하다. 반면에 혼합물의 온도관리를 엄중히 하지 않아 온도가 떨어진 혼합물로 포설한 부분은 충분한 밀도가 얻어지지 않고 기존 포장과의 부착도 기대할 수 없게 된다. 따라서 혼합물의 운반에 있어 천막포 등으로 덮어 보온에 특히 주의하여 온도강하를 방지해야 한다.
- ② 상온 혼합식 공법 : 상온 혼합식 공법에 사용하는 혼합물은 상온에서 취급하는 것이 특징이므로 운반과 포설에 편리하다. 상온 혼합물에 의한 포설에서도 가열 혼합식과 거의 같은 순서, 방법으로 시행하면 된다. 혼합물은 어느 기간 동안 저장할 수 있으나 가열 혼합물과 비교할 때 안정성, 내구성이 떨어지므로 대형차 교통량이 많은 도로에서는 긴급을 요하는 장소 이외에는 사용하지 않는 것이 좋다.
- ③ 구스아스팔트 : 가열 혼합식 공법과 거의 동일.

나. 포장면 보수(아스콘 쉐링 공법)

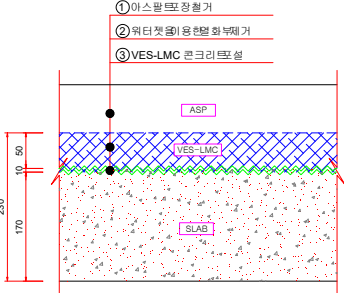
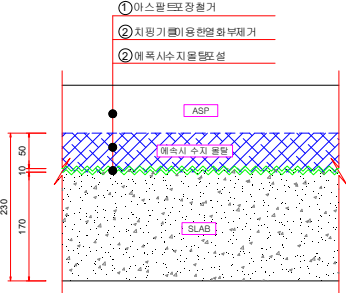
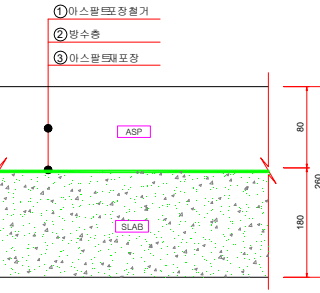
1) 공법개요

포장면에 발생한 균열부에 적용하며, 균열의 봉합을 주목적으로 한다.

2) 시공방법

- 시공부위 절단 및 깨기
- 압축공기 청소 및 Tape부착 : 파편, 미세먼지, 미량의 습기제거, 점착성 이물질을 제거후 포장 깨기 측면에 Tape를 부착한다.
- 시공부위 가열 및 백업제 서치 : 양호한 주입을 위하여 히트랜스를 사용해 시공부위를 가열 (약 70° C유지)한 후 백업제를 설치한다.
- 1차 도포 및 지지판 설치 : 시공부위에 로드셀을 2mm ~ 3mm정도로 1차도포 후 지지판 (철판 : 5 ~ 6mm)을 설치한다
- 조인트제(로드셀)의 주입
- 마무리 작업 : 스퀴즈나 롤러로 평탄한면(평탄화)을 만든 후 석회가루 또는 탈크가루를 표면에 살포해 냉각시키면 시공즉시 차량통행이 가능하다.

【표 6.3.13】 교명포장 공법별 특징

구분		초속경라텍스개질 콘크리트(VES-LMC)	에폭시 수지 몰탈	아스팔트
재료의 구성		초속경 시멘트 + 라텍스 + 조세골재 (13mm) + 물	에폭시수지 + 규사 + 탄산칼슘	아스팔트 + 조세골재 + 쇄석 + 석분
포장 구조				
적용대상		■ 기존 포장면 재포장	■ 주차장 및 기계실, 전기실, 화학공장 바닥 ■ 신설 및 부분보수 교면 재포장	■ 신설 및 기존 포장면 재포장
공법특징		■ 열화부 선택적 제거 가능 ■ 단기차단으로 안전에 유리 ■ 절대공기 최소 ■ 주행성 회복 ■ 공용수명 증진 ■ 교량 바닥판 슬래브 단면보강 효과 ■ 초기 공사비 과다	■ 압축강도가 극히 우수 ■ 내약품성 및 내마모성이 우수 (콘크리트의 8배) ■ 원하는색상을 낼 수 있다 ■ 표면이 미려하고 하지의 요철, 굴곡상태의 은폐효과 양호 ■ 초기 공사비 및 유지보수비 가장 비쌈 ■ 워커빌리티 불량(믹서된 재료는 10분 이내 소모) ■ 빠른 교통개방을 요하는 보수공사에는 부적합	■ 주행성이 타 포장공법보다 우수 ■ 재료색상의 특성상 운전자의 피로도 우수 ■ 초기 공사비 저렴 ■ 반복적인 유지보수 필요 ■ 교량의 내구성 저하 (우수침투) ■ 포장층 두께로 인한 교량 사하중 증가
교통개방 시기		■ 3~4시간 양생후 교통개방	■ 2일 이상 양생 후 교통개방	■ 다짐 완료 후 상온 상태에서 교통개방
공용수명		■ 20년 이상	■ 20년 이상	■ 3~7년
재료적 특성	강도	■ 압축강도 400 - 450 kgf/cm ² ■ 휨강도 60 - 100 kgf/cm ²	■ 압축강도 700 kgf/cm ² 이상 ■ 휨강도 취성적임	■ Flow(1/100cm) 28 - 94
	균열 저항성	■ 균열저항성이 크고, 균열발생이 거의없음	■ 기존 콘크리트와의 변형특성차 및 취성적인 성질에 의한 공용 중 균열 발생	■ 거북등균열, 선상균열, 종횡방향균열 발생
	투수성	■ 시멘트의 분말도 및 라텍스필름막 형성과 공극 충전효과에 의해 투수성이 매우 낮음	■ 재료적인 특성상 불투성이나 균열 틈새로 물이 침투가능	■ 아스팔트의 노화, 균열 등에 의해 투수성이 큼
	부착성	■ 부착강도 16-23 kg/cm ² 으로 바닥판 콘크리트와 완전 부착	■ 기존콘크리트와의 거동 불일치에 의한 응력집중 발생 ■ 취성적인 성질에 의해 공용 중 박리 및 탈락 가능성	■ 우수의 침투 등에 의해 박리 및 탈락됨

6.4 유지관리 방안

6.4.1 개요

구조물의 유지관리는 시설물의 기능성과 안전성을 유지하기 위하여 정기점검 및 정밀점검을 통하여 구조물의 손상여부를 확인할 수 있고 특히, 초기에 결함을 찾아서 그 결함정도에 따라 적절한 보수공법의 선정, 보수시기 등을 판단하여 신속한 보수가 실시되어야 한다.

초기에 발견된 결함의 보수시기를 놓치면 장기적으로 보수가 어려울 뿐만 아니라 많은 보수비와 보수기간의 장기화로 통행차량의 불편과 동시에 물류비 증액의 원인이 된다.

따라서, 유지관리는 손상된 부분을 원상복구하며, 경과시간에 따른 시설물의 개량, 보수·보강에 필요한 활동을 하는 것으로 교량의 각 부위별로 발생 가능한 손상에 대하여 주의 깊게 점검하여 그 원인을 미리 해소하는 예방활동에 목표를 두어야 한다.

본 과업에서는 유지관리업무에 대한 일반적 사항과 정밀안전진단 결과를 바탕으로 한 중점 유지관리 방안에 대하여 제안하였다.

6.4.2 유지관리 일반

가. 개요

구조물은 건설 후 각종 자연환경 및 인위적인 사용 환경의 영향을 받아 시간경과와 함께 물리적, 화학적으로 노후화되어 사용성 및 안전성이 저하된다. 유지관리란 이렇게 노후화되는 구조물의 기능을 항상 양호한 상태로 유지하고 이용자의 편의와 안전을 확보함은 물론 기능상 지장을 주는 요소를 사전에 발견하고 제거하고, 점검을 통하여 이상이 발견된 개소에 대하여는 보수 및 보강을 실시하는 작업을 말한다.

나. 유지관리 업무 및 흐름

1) 자료관리

자료관리는 대상구조물이 처해있는 상황을 문서를 통하여 객관적으로 확인할 수 있도록 하기위한 자료를 관리하는 업무를 말하며 일반적으로 설계도서, 구조물대장, 보수·보강대장, 사고이력 등의 자료를 정리·관리하는 일을 말한다. 자료는 구조물의 점검, 보수·보강시마다 계속 증가하므로 수정이 편리하도록 작성되어야 하며, 이런 점에서 볼 때 관련내용을 전산화하여 관리하면 효율적이다.

일반적으로 구조물의 유지관리시 필요한 관련 자료를 열거하면 다음과 같다.

- ① 설계도서(시공 및 보수 도면, 구조계산서 등)
- ② 공사내역서 및 시방서
- ③ 사진 및 시험 결과
- ④ 보수·보강 이력
- ⑤ 사고기록, 점검 및 진단 이력
- ⑥ 상태 및 안전성 평가 기록

2) 일상관리

일상관리는 구조물의 내구적인 손상을 예방하는 차원에서 수행하는 작업을 말하는 것으로 청소가 대표적인 경우이다. 또한, 소모성 물품의 교환, 부착물의 정비 등 간단한 작업이 여기에 포함된다.

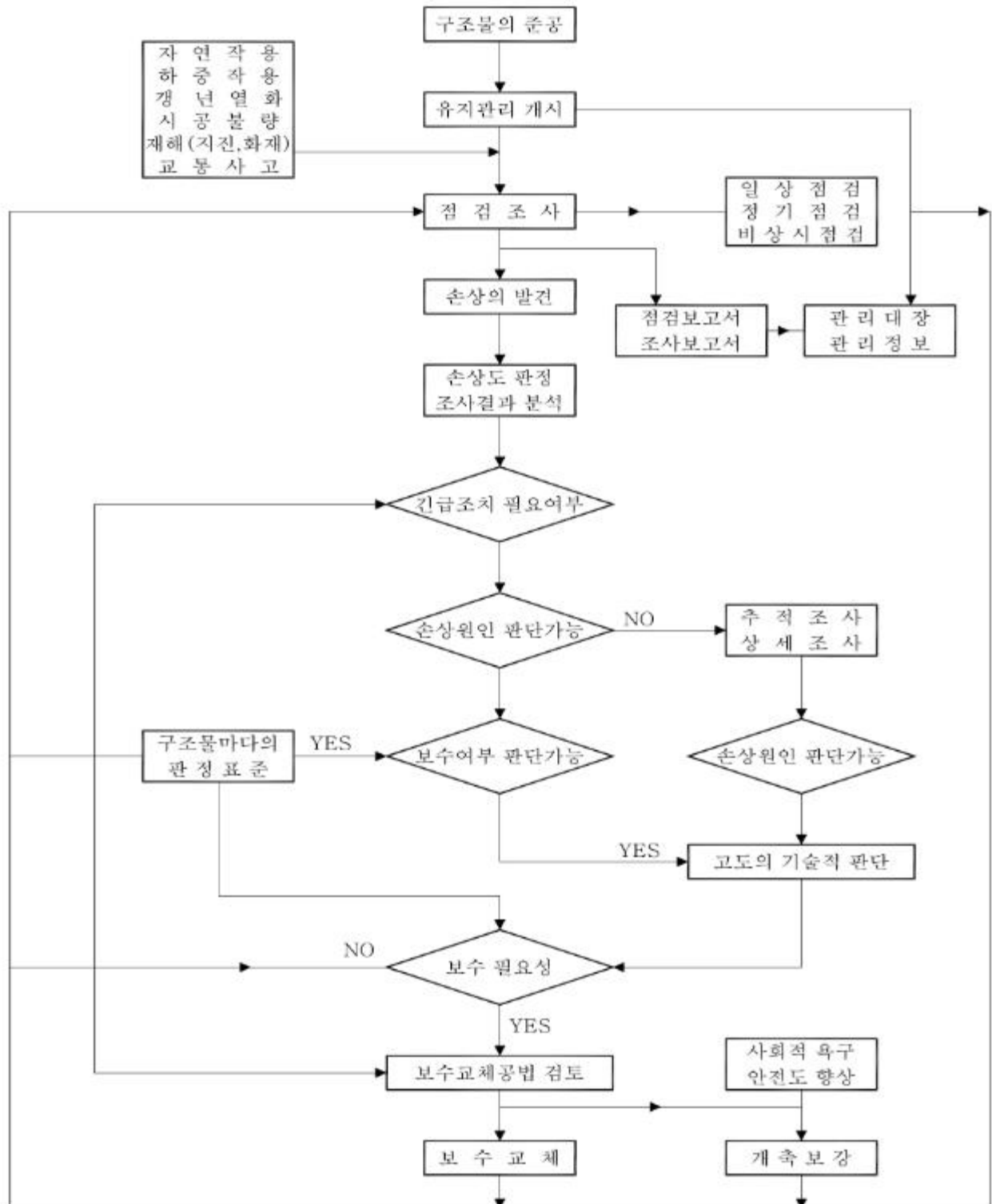
3) 점검 및 진단

점검은 구조물의 현황을 파악하여 이상 및 손상을 조기에 발견함으로서 안전하고 원활한 기능을 확보하고 합리적인 유지관리 자료를 획득하기 위하여 실시한다. 또한 유지관리상 필요한 손상과 이상의 정도를 계속적으로 파악하기 위하여도 점검이 필요하다. 점검은 일상점검, 정기점검(초기점검 포함) 및 긴급점검으로 나누며, 점검결과 이상의 정도가 심하거나 보수·보강에 대한 필요성이 있는 경우에는 상세조사를 실시한다. 또한 위의 조사를 통하여 유지관리 담당자가 대상구조물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단될 때에는 전문가에 의한 안전진단을 실시한다.

4) 보수 및 보강

점검이나 진단을 통하여 손상을 발견하였을 때는 손상의 원인을 정확히 파악하여 보수·보강 또는 신설이나 교체를 시행하여야 한다. 보수는 손상된 부위를 고쳐서 원래의 기능으로 회복시키는 작업을 의미하며, 보강은 현 상태의 손상방지는 물론 구조적 내하력 및 지지력을 현 상태 이상으로 향상시키는 것을 목적으로 실시하는 작업을 말한다.

효율적인 유지관리를 위한 흐름도는 다음과 같다.



【그림 6.4.1】 유지관리 흐름도

6.4.3 중점 유지관리사항

금회 정밀안전점검 결과에 따라 조사된 손상 등에 대해 향후 점검시 중점 유지관리사항은 다음과 같다.

【표 6.4.1】 중점 유지관리사항

구 분	세 부 내 용	
BOX 구간		
	본선 BOX구간 슬래브 S001 누수(떨어짐)	본선 BOX구간 슬래브 S712 누수(떨어짐)
조사 결과	· 누수, 백태 등 ⇒ 누수로 인해 주변 콘크리트 오염, 내부 철근 부식 등 손상 발생에 따른 콘크리트 내구성저하 및 주행차량 안전성저하 등이 발생될 우려가 있으므로 우선적인 보수가 필요함 ⇒ 보수 전까지는 주행차량의 안전사고가 발생되지 않도록 지속적인 점검 필요함	
NATM 구간		
	본선 NATM구간 천단부 S128 누수(떨어짐)	본선 NATM구간 천단부 S137 누수(떨어짐), 백태
조사 결과	· 누수, 백태 등 ⇒ 누수로 인해 주변 콘크리트 오염, 내부 철근 부식 등 손상 발생에 따른 콘크리트 내구성 저하 등이 발생될 우려가 있으므로 우선적인 보수가 필요함 ⇒ 보수시 재료의 품질관리, 숙련된 작업자 배치 등을 통해 재손상 발생 방지 필요함 ⇒ 보수 전까지는 손상의 진전여부에 대한 지속적인 점검 필요함	

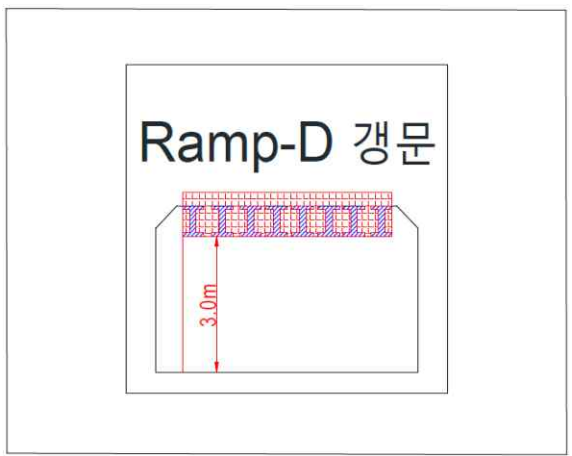
【표 6.4.1】중점 유지관리사항 (계속)

구 분	세 부 내 용	
NATM 구간		
	본선 NATM구간 천단부 S084 파손 및 철근노출	본선 NATM구간 천단부 S532 피복부족
조사 결과	콘크리트 파손 및 철근노출, 피복부족 ⇒ 시공시 물리적 충격, 시공미흡 등에 의한 손상으로, 현재 철근이 일부 외기와 접촉하는 상태로 부식 발생 가능성이 있으므로, 단면보수(방청)가 필요함	
포장부		
	본선 포장부 S208~211 들뜸	본선 포장부 S438 파손
조사 결과	포장 파손, 박리, 들뜸 등 ⇒ 파손, 박리의 경우 시공미흡, 건조수축, 차량운하중에 의한 충격 등의 원인에 의한 것으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수를 통한 유지관리가 요구됨 ⇒ 포장 들뜸부의 경우 차량 주행시 소음 및 진동이 발생하는 구간으로 시공미흡, 차량 운하중 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 진전여부에 대하여 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 필요함	

【표 6.4.1】중점 유지관리사항 (계속)

구 분	세 부 내 용	
풍도 슬래브		
	RAMP-D 풍도슬래브 S53 상면 파손	RAMP-D 풍도슬래브 S54 상면 파손
		
	RAMP-D 풍도슬래브 S54 격벽 파손 및 철근노출	RAMP-D 풍도슬래브 S54 격벽 파손 및 철근노출
		
	RAMP-D 풍도슬래브 S54 격벽 파손 및 철근노출(외측)	RAMP-D 풍도슬래브 S54 격벽 파손 및 철근노출(내측)
조사 결과	· 풍도슬래브(S52~54) 파손 및 철근노출 등 ⇒ 높이제한 위반차량의 충격에 의해 발생한 손상으로 각 손상별 단면보수, 단면보수(방청), 정비를 통한 유지관리가 요구됨 ⇒ 추후 재손상 방지를 위해 높이제한 위반차량의 출입을 제한하는 시설물의 설치가 필요함	

【표 6.4.1】 중점 유지관리사항 (계속)

구 분	세 부 내 용
차량 높이 제한 시설 (예)	  차량 높이제한시설 시공예시
	  차량 높이제한시설 보수 예상도
대책 방안	· 높이제한 위반차량의 진입 예방 ⇒ 높이제한 위반차량의 충격에 의해 손상이 발생된 상태임 ⇒ 이를 예방하기 위하여 H-beam 등을 사용한 차량 높이제한시설을 설치하고 유지관리가 필요함

제7장 종합 결론

7.1 개 요

7.2 현장조사 및 시험

7.3 시설물의 상태평가

7.4 안전등급 지정

7.5 종합결론

제7장 종합결론

7.1 개요

신월여의지하도로(인천방향)는 서울시 영등포구 여의대로에서 양천구 신월동까지 연결된 지하도로로서 2021년 04월 15일에 준공되어 약 3년이 경과된 1종 시설물이다.

본 과업은 정밀안전점검이며, 시공자료 분석을 포함하여, 근접 육안조사를 이용한 외관조사와 재료시험 등을 이용한 내구성조사 등 현장조사 결과를 통한 상태평가를 바탕으로 구조물을 평가하였으며, 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

7.2 현장조사 및 시험

7.2.1 본선

가. BOX구간

1) 슬래브

- ① BOX구간 슬래브에 대한 외관조사 결과 균열(0.3mm이상), 균열부백태, 누수흔적, 누수(떨어짐, 스며있음) 등이 조사되었다.
- ② 균열(0.3mm이상)의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 주입보수를 실시하는 것이 유리할 것으로 판단된다.
- ③ 균열부백태의 경우 미세균열부 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 손상의 정도는 미미하나 손상 진전 방지를 위해 표면처리 등의 보수가 요구된다.
- ④ 누수(떨어짐, 스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 대체로 시공이음부에서 확인되었으며, 누수는 철근콘크리트에 영향을 미치므로 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- ⑤ 누수흔적은 현재 누수가 발생하지 않은 상태로 우천시 누수여부에 대한 지속적인 주의 관찰이 요구된다.

2) 벽체

- ① BOX구간 벽체에 대한 외관조사 결과 박리, 백태, 누수흔적이 조사되었다.
- ② 박리의 경우 시공미흡, 외부충격 등에 의해 발생한 손상으로 내구성 확보차원에서 단면보수가 요구된다.

- ③ 백태의 경우 미세균열부 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 손상의 정도는 미미하나 손상 진전 방지를 위해 표면처리 등의 보수가 요구된다.
- ④ 누수혼적은 현재 누수가 발생하지 않은 상태로 우천시 누수여부에 대한 지속적인 주의 관찰이 요구된다.

나. NATM구간

1) 천단부

- ① NATM구간 천단부 외관조사 결과 균열 및 재균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 들뜸, 박리, 박락, 파손, 굽힘, 단면불량, 누수(떨어짐, 스며있음), 누수혼적, 백태, 파손 및 철근노출, 피복부족, 격벽파손 등이 조사되었으며, 일부구간 균열, 백태, 균열부백태, 누수 등에 대한 하자보수 상태는 양호한 것으로 확인되었다.
- ② 균열 및 재균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 보수미흡 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 균열에 대한 표면처리, 주입보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.
- ③ 콘크리트 들뜸, 박리, 박락, 파손, 굽힘, 단면불량, 격벽파손 등의 손상은 시공이음부(조인트부)가 맞닿음, 거푸집탈거시 충격 등에 의한 국부적인 손상으로 판단되며, 그 정도가 심하지 않아 콘크리트에 미치는 영향은 적으나, 균열 보수시 동시에 일괄 단면보수하는 유지관리가 요망된다.
- ④ 누수(떨어짐, 스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 대체로 시공이음부에서 확인되었으며, 내구성 확보 및 손상의 진전 방지를 위해 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- ⑤ 누수혼적, 백태는 우수유입, 수분침투 등에 의해 발생한 것으로 백태는 표면처리, 누수혼적은 우천시 손상의 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ⑥ 콘크리트 파손 및 철근노출, 피복부족은 물리적 충격, 시공미흡 등에 의한 손상으로, 현재 철근이 일부 외기와 접촉하는 상태로 부식 발생 가능성이 있으므로, 단면보수(방청)가 필요한 상태이다.

2) 측벽부

- ① NATM구간 측벽부에 대한 외관조사 결과 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 들뜸, 박락, 파손, 재료분리, 보수부 들뜸, 보수부 파손, 누수(흐름, 떨어짐, 스며있음), 누수혼적, 백태, 파손 및 철근노출, 타일탈락 등이 조사되었으며, 일부 구간 백태, 균열부백태 등에 대하여 하자보수를 실시하였다.

- ② 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 주입보수 등의 보수를 실시하는 것이 요구된다.
- ③ 콘크리트 들뜸, 박락, 파손, 재료분리, 보수부 들뜸, 보수부 파손이 확인되었고, 시공이음부(조인트부)가 맞닿음, 거푸집탈거시 충격, 보수미흡 등의 원인으로 발생한 손상으로 판단되며, 일부 손상(풍도슬래브 지지대 손상)의 경우 탈락시 차량의 안전사고를 유발할 우려가 있으므로 깨어내기 후 단면보수를 실시하는 것이 요구된다.
- ④ 누수(흐름, 떨어짐, 스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 대체로 시공이음부에서 확인되었으며, 내구성 확보 및 손상의 진전 방지를 위해 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- ⑤ 누수흔적, 백태는 우수유입, 수분침투 등에 의해 발생한 것으로 백태는 표면처리, 누수흔적은 우천시 손상의 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ⑥ 파손 및 철근노출은 시공당시 물리적 충격 등에 의한 손상으로, 현재 철근이 일부 외기와 접촉하는 상태로 부식 발생 가능성이 있으므로, 단면보수(방청)가 필요한 상태이다.
- ⑦ 타일탈락은 시공미흡에 따른 부착강도 저하 등에 의한 손상으로 판단되며, 주행차량의 시야 및 미관 확보 등을 위해 타일 재시공을 실시하는 것이 요구된다.

3) 풍도슬래브

- ① 풍도슬래브 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 신규손상 발생여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.

다. 포장

- ① 본선 포장부에 대한 외관조사 결과 포장 균열, 망상균열, 파손, 박리, 들뜸 등이 조사되었다.
- ② 포장 균열, 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 지속적인 차량윤하중 등의 원인에 의한 비구조적인 손상으로 판단되며, 즉각적인 보수보다는 주기적으로 점검을 실시하는 유지관리가 요망된다.
- ③ 콘크리트 파손, 박리의 경우 대부분 종·횡방향 조인트부에 발생한 손상으로 시공미흡, 건조수축, 차량윤하중에 의한 충격 등의 원인에 의한 것으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수를 통한 유지관리가 요구된다.
- ④ 포장 들뜸부의 경우 차량 주행시 소음 및 진동이 발생하는 구간으로 시공미흡, 차량 윤하중 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 진전여부에 대하여 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 필요하다.

라. 공동구

- ① 본선 공동구에 대한 외관조사 결과 파손, 덮개탈락, 덮개파손, 실란트 미시공이 조사되었으며, 일부구간 하자보수를 실시하였다.
- ② 콘크리트 파손의 경우 시공시 물리적 충격에 의한 시공미흡 등에 의한 국부적인 손상으로 즉각적인 보수보다는 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ③ 덮개탈락, 덮개파손의 경우 품질불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 점검자의 안전을 위해 덮개 재시공을 실시하는 것이 요구된다.
- ④ 실란트 미시공의 경우 시공미흡에 의한 손상으로 즉각적인 보수보다는 주의관찰이 요구되며, 추후 포장부 및 공동구 보수시 일괄보수를 실시하는 보수대책 수립이 요구된다.

마. 배수시설

- ① 본선 배수시설에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 확인되었으나, 일부구간 채수가 조사되었다.
- ② 채수의 경우 우천시 우수유입, 배수구 막힘에 따른 역류 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상에 대하여 주의관찰을 실시하고 손상의 진전시 누수부 지수보수, 배수시설 막힘구간 정비 등을 통한 보수대책 수립이 요구된다.

바. 갯문

- ① 금회 점검결과, 유지관리상에 영향을 미치는 손상은 발생하지 않은 것으로 확인되었으며, 시·종점 갯문은 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

7.2.2 RAMP-D

가. BOX구간

1) 슬래브

- ① BOX구간 슬래브에 대한 외관조사 결과 망상균열, 백태, 누수흔적 및 백태, 누수(스며있음) 등이 조사되었다.
- ② 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 유리할 것으로 판단된다.
- ③ 백태, 누수 및 백태의 경우 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 내구성 확보 및 손상 진전 방지를 위해 표면처리, 지수보수 등의 보수가 요구된다.
- ④ 누수(스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 시공이음부에서 확인되었으며, 누수는 철근콘크리트에 영향을 미치므로 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.

2) 벽체

- ① BOX구간 벽체에 대한 외관조사 결과 누수(떨어짐, 스며있음) 등의 손상이 조사되었으며, 누수에 대한 하자보수가 실시되었다.
- ② 누수(떨어짐, 스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 대체로 시공이음부에서 확인되었으며, 누수는 철근콘크리트에 영향을 미치므로 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.

나. NATM구간

1) 천단부

- ① NATM구간 천단부 외관조사 결과 균열 및 재균열(0.3mm미만, 이상), 파손, 누수흔적 등이 조사되었으며, 일부구간 균열 등의 손상에 대한 하자보수를 실시하였다.
- ② 균열 및 재균열(0.3mm미만, 이상)의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 보수미흡 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 균열에 대한 표면처리, 주입보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.
- ③ 콘크리트 파손은 시공이음부(조인트부)가 맞닿음, 거푸집탈거시 충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 그 정도가 심하지 않아 콘크리트에 미치는 영향은 적으나, 균열 보수시 동시에 일괄 단면보수하는 유지관리가 요망된다.
- ④ 누수(스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 시공이음부에서 확인되었으며, 내구성 확보 및 손상의 진전 방지를 위해 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.

2) 측벽부

- ① NATM구간 측벽부에 대한 외관조사 결과 박리, 파손, 백태, 누수흔적, 타일탈락 등이 조사되었다.
- ② 콘크리트 박리, 파손의 경우 시공이음부(조인트부)가 맞닿음, 거푸집탈거시 충격 등에 의한 국부적인 손상으로 판단되며, 그 정도가 심하지 않아 콘크리트에 미치는 영향은 적으나, 내구성 확보차원에서 단면보수를 실시하는 것이 요구된다.
- ③ 누수흔적, 백태는 우수유입, 수분침투 등에 의해 발생된 것으로 백태는 표면처리, 누수흔적은 우천시 손상의 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ④ 타일탈락은 시공미흡에 따른 부착강도 저하 등에 의한 손상으로 판단되며, 주행차량의 시야 및 미관 확보 등을 위해 타일 재시공을 실시하는 것이 요구된다.

3) 풍도슬래브

- ① 풍도슬래브 외관조사 결과 풍도슬래브 파손(균열), 몰탈파손, 파손 및 철근노출, 격벽 파손 및 철근노출, 댐퍼 변형, 댐퍼 고정볼트 및 덮개 탈락 및 파손 등의 손상이 조사되었다.
- ② 풍도슬래브에 발생한 손상의 경우 S52~54에 집중적으로 확인되었으며, 이는 높이제한 위반차량의 충격에 의해 발생한 손상으로 각 손상별 단면보수, 단면보수(방청), 정비를 통한 유지관리가 요구된다. 또한 추후 재손상 방지를 위해 높이제한 위반차량의 출입을 제한하는 시설물의 설치가 필요하다.

다. 포장

- ① RAMP-D 포장부에 대한 외관조사 결과 포장 파손, 들뜸, 체수가 조사되었다.
- ② 포장 파손의 경우 조인트부에 발생한 손상으로 시공미흡, 건조수축, 차량운하중에 의한 충격 등의 원인에 의한 것으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수를 통한 유지관리가 요구된다.
- ③ 포장 들뜸부의 경우 차량 주행시 소음 및 진동이 발생하는 구간으로 시공미흡, 차량 운하중 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 진전여부, 들뜸부 파손여부에 대하여 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 필요하다.
- ④ 체수의 경우 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 요구된다. 특히 겨울철 체수시 빙판 등에 의한 차량의 안전사고 위험이 있으므로 동절기 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

라. 공동구

- ① RAMP-D 공동구에 대한 외관조사 결과 파손, 덮개파손이 조사되었다.
- ② 콘크리트 파손의 경우 시공시 물리적 충격에 의한 시공미흡 등에 의한 국부적인 손상으로 즉각적인 보수보다는 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ③ 덮개파손의 경우 품질불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 점검자의 안전을 위해 덮개 재시공을 실시하는 것이 요구된다.

마. 배수시설

- ① 배수시설에 대한 외관조사 결과 유도배수관 누수, 길이부족 등의 손상이 조사되었다.
- ② 유도배수관 누수, 길이부족의 경우 시공미흡, 차량의 충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 2차손상 발생 방지를 위하여 정비(재시공 등)를 통한 보수대책 수립이 요구된다.

바. 갯문

- ① 금회 점검결과, 유지관리상에 영향을 미치는 손상은 발생하지 않은 것으로 확인되었으며, 진입부 갯문은 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

7.2.3 부대시설물

가. 피난연락갱

- ① 피난연락갱에 대한 외관조사 결과 누수(떨어짐, 스며있음), 체수 등이 조사되었다.
- ② 누수(떨어짐, 스며있음), 체수의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 누수는 철근콘크리트에 영향을 미치므로 지수보수를 실시하는 것이 바람직하고, 체수는 주의관찰이 요구된다.

나. U-TYPE옹벽

- ① U-TYPE 옹벽에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 신규손상 발생여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.

다. 기타시설

- ① 기타시설에 대한 외관조사 결과 백태, 누수 및 백태, 누수혼적, 트레이 내부 체수 등의 손상이 조사되었다.

- ② 상기 발생한 손상의 경우 우수유입, 수분침투 등에 의해 발생된 것으로 백태, 누수 및 백태는 표면처리, 지수보수가 요구되며, 누수흔적은 우천시 손상의 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ③ 트레이 내부 체수는 전기실 내 전선 트레이부에 발생한 손상으로 점검일 현재 체수 상태는 미미하나 우천시 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 요구되며, 트레이 내 체수시 2차손상 발생이 우려되므로 그에 대한 방지대책(체수부 유도배수, 전선 이동 등)을 수립하는 것이 요구된다.

7.2.4 부속시설물

- ① 부속시설에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 확인되었으며, 일부구간 신호기 파손, 비상구 표지판 파손이 조사되었다.
- ② 신호기 파손, 비상구 표지판 파손의 경우 높이제한 위반차량의 충돌에 의한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전확보를 위해 재설치를 통한 보수가 요구되고, 추후 재손상 방지를 위해 높이제한 위반차량의 출입을 제한하는 시설물의 설치가 필요하다.

7.2.5 공중이 이용하는 부위

- ① 차량의 주행성에 대한 안전성 저하 및 중대결함은 없는 것으로 조사되었다.
- ② 신축이음부 및 추락방지시설 내의 시급한 보수 또는 보강이 요구되는 손상은 없는 것으로 확인되었다.

7.2.6 내구성 조사결과

- ① 비파괴강도시험 검토결과, 반발경도법에 의한 콘크리트 강도는 24.1~27.2MPa로 설계 기준강도(24MPa) 대비 100.4~113.3%로 비파괴 추정강도는 설계기준강도를 상회하는 값으로 분석되었다.
- ② 철근탐사 수행결과, 측정된 철근배근 간격 및 피복두께는 준공도면의 설계치와 비교시 전반적으로 일치한 것으로 확인되었다.
- ③ 탄산화 깊이 측정결과, 실측 피복두께와 비교시 탄산화 잔여깊이가 30.0mm 이상으로 측정되어 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2023. 12)』의 건전성 평가 기준에 의거 “a”로 평가되었으며, 철근까지의 탄산화 도달기간은 시험개소 모두 100년 이상으로 측정되어 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

7.3 시설물의 상태평가

구 분	구조형식	환산결합도 점수	상태평가 결과	연장(m)	차선	연장× 차선	연장비	환산결합도 점수×연장비
본선	가. NATM(무근)	0.214	b	4,856.9	2	9,714	0.635	0.136
	나. NATM(철근)	0.12	a	1,929.1	2	3,858	0.252	0.030
	다. BOX	0.072	a	527.9	2	1,056	0.069	0.005
RAMP	가. NATM(무근)	0.239	b	200.1	1	200	0.013	0.003
	나. NATM(철근)	0.105	a	265.7	1	266	0.017	0.002
	다. BOX	0.069	a	209.5	1	210	0.014	0.001
								0.177
								B

▶ 결합도 범위 = 0.150 ≤ 결합도 지수(0.177) < 0.300 ■ 『B』

7.4 안전등급 지정

구조물명	안전등급
신월여의지하도로(인천방향)	B등급(양호)

7.5 종합결론

7.5.1 정밀안전점검 실시결과의 종합결론

신월여의지하도로(인천방향)의 정밀안전점검 종합평가 결과, 기준 ‘B’로 평가되어 안전등급은 “B등급(양호)”으로 지정되었다. 대상 구조물은 안전성 및 사용성이 양호한 상태로 판단되며 외관조사에서 나타난 부분적인 손상에 대하여 보수를 실시하고, 중점유지관리사항에 대한 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 구조물의 원활한 기능발휘와 더불어 건전한 상태를 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

7.5.2 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부

내구성능의 현저한 저하 또는 구조적 안전성에 문제가 될 만한 사안은 발생되지 않은 상태로서 시설물의 정밀안전진단 및 사용제한은 필요치 않은 것으로 검토되었다.

7.5.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

BOX 및 라이닝 누수의 경우 강우, 하천수 등에 따른 누수로 인해 주변 콘크리트 오염, 내부 철근 부식, 포장 빙판 발생에 따른 콘크리트 내구성 저하 및 주행차량 안전사고 등이 발생할 우려가 있으므로 우선적인 보수가 필요하며, 보수 전까지는 주행차량의 안전사고가 발생되지 않도록 지속적인 점검 요구된다.

풍도슬래브에 발생한 손상의 경우 S52~54에 집중적으로 확인되었으며, 이는 높이제한 위반차량의 충격에 의해 발생한 손상으로 각 손상별 단면보수, 단면보수(방청), 정비를 통한 유지관리가 요구된다. 또한 추후 재손상 방지를 위해 높이제한 위반차량의 출입을 제한하는 시설물의 설치가 필요하다.

7.5.4 기타 필요한 사항

시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.