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

[신월여의지하도로 방음터널]

2026. 04

서 울 터 널 주 식 회 사

점검기관 : ㈜명성엔지니어링

정밀안전점검용역

신월여의지하도로 안전점검용역

신월여의지하도로 방음터널

2026.04.

서울터널주식회사

제 출 문

서울터널 주식회사 귀중

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

2026년 04월

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

신월여의지하도로 방음터널 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황					
용 역 명	신월여의지하도로 안전점검(정기, 정밀) 용역 (방음터널)	점검기간	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15		
관리주체명	신월여의지하도로 관리사무소	대표자	박 영 호		
공동수급	독자수행 100%	계약방법	일반경쟁		
시설물 구분	방음시설	종 류	방음터널	종 별	3종
준공일	2021년 04월 15일	진단금액 (천원)	8,800	안전등급	A
시설물 위치	서울특별시 영등포구 여의도동 2-11	시설물규모	연장 : 40m, 폭 : 9.86m~12.3m		

나. 진단 실시결과 현황	
중대한 결함 등	◦ 상태양호
공중이 이용하는 부위의 결함	◦ 상태양호
점검 주요결과	◦ 주골조 상태양호 ◦ 보조골조 상태양호 ◦ 기초연결부 상태양호 ◦ 기초콘크리트 상태양호 ◦ 방음판 상태양호 ◦ 부속시설 방호벽 균열(0.3㎜미만), 백태 ◦ 공중이 이용하는 부위 - 차량의 주행성에 대한 안전성 저하 및 중대결함은 없음 - 주골조, 방음판 및 기초콘크리트 내의 시급한 보수 또는 보강이 요구되는 손상은 없음
주요 보수·보강	◦ 표면처리, 주의관찰 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 훈	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	특급
참여기술자	정 지 운	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	특급
	장 진 원	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	특급
	황 상 윤	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	특급
	서 동 진	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	특급
	손 기 영	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	중급
	양 주 윤	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	초급
	전 희 균	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	초급
	이 석 진	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	초급

※ 참여기술자 현황은 참여기술자 명단 참조

라. 참고사항

※ 차기 안전점검 및 진단 시 중점점검부위 : 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생여부 확인
※ 정밀안전점검(긴급안전점검) 또는 정밀안전진단 실시 여부 : 필요없음

신월여의지하도로 방음터널 정밀안전점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
• 현장조사 결과, 골조, 기초연결부, 기초콘크리트, 방음판 등 기본시설의 경우 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 이외의 부재 또한 전반적으로 손상이 없는 양호한 상태이나 부속시설 중 기타시설 방호벽에서 균열(0.3㎜미만), 백태 등의 손상이 조사되었다. 조사된 손상은 손상의 진전방지 및 내구성 확보를 위해 표면처리 등의 보수가 필요한 상태이며, 본 시설물에 대한 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요구된다. • 비파괴시험 결과, 콘크리트 부재의 강도는 양호한 것으로 측정되었으며, 철근탐사 시험결과 측정된 배근간격은 안전점검종합보고서 및 초기점검보고서의 설계치와 전반적으로 일치하는 상태이고, 탄산화 깊이 측정은 진행속도가 양호하여 철근부식의 우려는 없는 것으로 분석되었다. • 대상 구조물의 상태평가 결과, 결함지수가 0.100으로 상태평가 등급은 'A'로 산정되었다. • 신월여의지하도로 방음터널의 정밀안전점검 종합평가 결과, 기준 'A'로 평가되어 안전등급은 "A등급(우수)"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 : A
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
기본시설	주골조	a	· 상태양호	· 주의관찰
	보조골조	a	· 상태양호	· 주의관찰
	기초연결부	a	· 상태양호	· 주의관찰
	기초콘크리트	a	· 상태양호	· 주의관찰
	방음판	a	· 상태양호	· 주의관찰
공중이 이용하는 부위	추락방지시설 (주골조, 보조골조, 기초콘크리트)	a	· 상태양호	· 주의관찰
	환기구 등의 덮개 (방음판)	a	· 상태양호	· 주의관찰
	도로포장	a	· 상태양호	· 주의관찰
	도로부 신축이음부	a	· 상태양호	· 주의관찰

나. 안전성평가 결과

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

다. 내진성능 검토 수행 여부

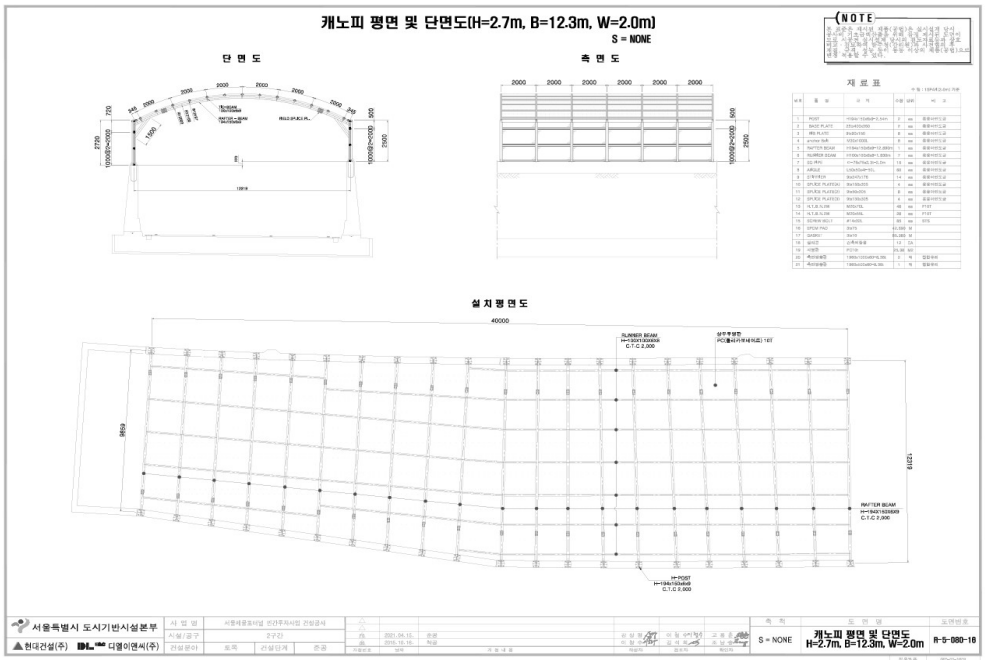
검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
해당상항 없음	불명	-	구조계산서, FMS 등 확인결과, 내진설계 적용 여부를 확인할 수 없음.

라. 현장시험 (비파괴 및 추가시험)

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

신월여의지하도로 방음터널 현황표

작성일 : 2026년 04월 1일

구 분	내 용	구 분	내 용
시설물명	신월여의지하도로 방음터널	시설물번호	SF2021-0000001
위 치 (시 점)	서울특별시 영등포구 여의도동 2-11	위 치 (종 점)	서울특별시 영등포구 여의도동 2-11
형식	방음터널	관리주체	서울터널주식회사
연 장	40.0m	설 계 사	㈜삼보기술단 외 2개사
폭	9.86m～12.3m	시 공 사	디앨이앤씨, 현대건설 외 5개사
측면 높이	2.50m ~ 2.72m	감 리 사	(주)유신 외 13개사
캐노피 간격	2.0m	착 공	2015년 10월 16일
방음판구조	투명방음판	준 공	2021년 04월 15일
기 타			

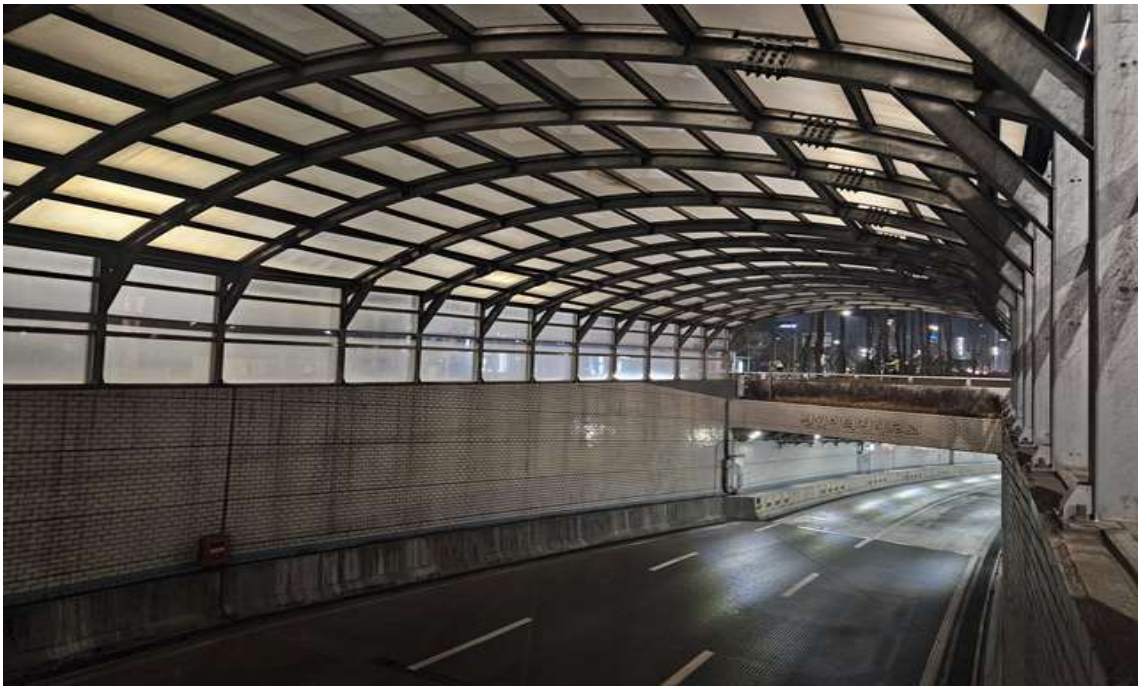
정밀안전점검 참여기술진 명단

참여업무	성 명	자격사항	기술등급	참여기간	서명
사업책임기술자	이 상 훈	콘크리트기사	특급	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	
참여기술자	정 지 운	토목기사	특급	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	
	장 진 원	토목기사	특급	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	
	황 상 윤	토목기사	특급	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	
	서 동 진	토목기사	특급	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	
	손 기 영	전문학사	중급	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	
	양 주 윤	학·경력기술자	초급	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	양주윤
	전 희 균	공학사	초급	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	전희균
	이 석 진	토목산업기사	초급	2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15	이석진

시설물 위치도

시설물의 전경사진

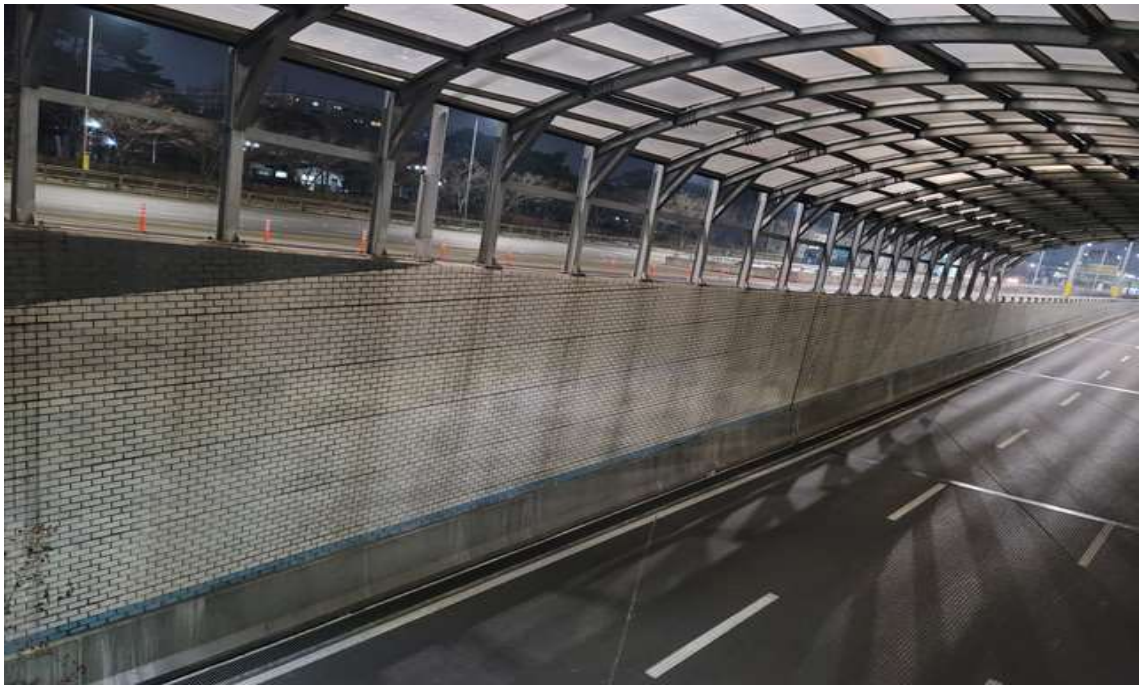
방음터널 전경



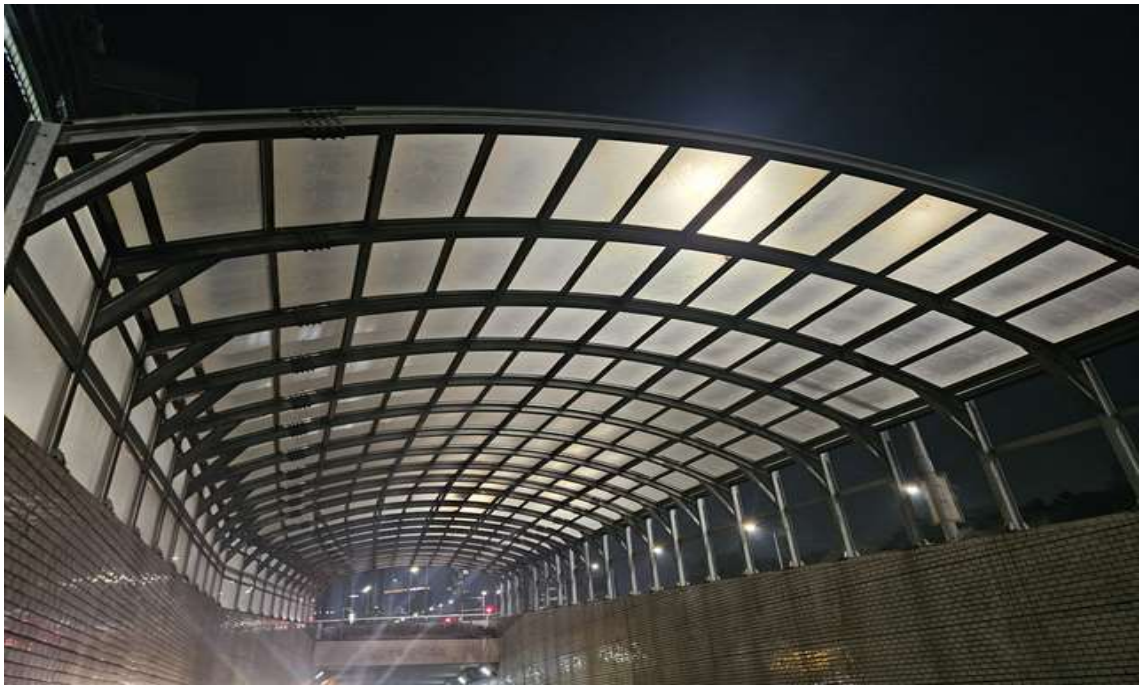
주골조 전경

보조골조 전경

기초연결부 전경



기초콘크리트 전경



방음판 전경

내부 배수시설 전경

내부 도로포장 전경

정밀안전점검 결과 요약문

1. 과업의 개요

1.1 과업의 목적

본 용역은 시설물의 안전관리에 관한 특별법 제6조, 제7조 및 동법 시행령 제6조, 제9조에 의거 실시하는 안전점검 용역으로 대상시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견하고, 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 정밀한 외관조사를 통해 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사하여 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

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

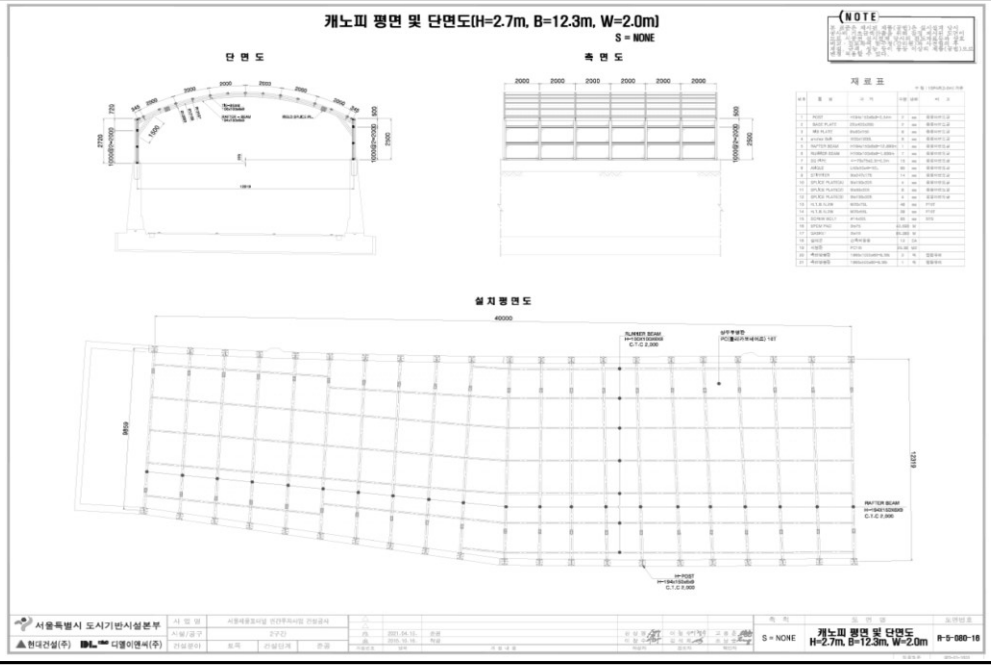
7) 보고서 작성

나. 과업기간

2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15

1.3 시설물의 개요

1) 시설물의 현황

구 분	내 용	구 분	내 용
시설물명	신월여의지하도로 방음터널	시설물번호	SF2021-0000001
위 치 (시 점)	서울특별시 영등포구 여의도동 2-11	위 치 (종 점)	서울특별시 영등포구 여의도동 2-11
형식	방음터널	관리주체	서울터널주식회사
연 장	40.0m	설 계 사	㈜삼보기술단 외 2개사
폭	9.86m～12.3m	시 공 사	디앨이앤씨, 현대건설 외 5개사
측면 높이	2.50m ~ 2.72m	감 리 사	(주)유신 외 13개사
캐노피 간격	2.0m	착 공	2015년 10월 16일
방음판구조	투명방음판	준 공	2021년 04월 15일
기 타			

2. 자료수집 및 분석

2.1 점검 이력

신월여의지하도로(방음터널)은 2025년 07월 10일 3종 시설물로 등록되어 준공 이후 실시하는 최초의 안전점검(정밀안전점검)이다.

2.2 보수·보강 이력

번호	보수시기	공사구간	공사내역	시공사
1	-	-	-	-

2.3 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	수집 자료	자료분석 결과	과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇준공도서 - 지반조사보고서 - 각족계산서 - 공사시방서 - 준공내역서 - 준공도면 - 실시설계보고서 - 기타 특이사항 보고서 - 사고기록 등	◇구조계산서 및 준공도면은 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇주요 설계변경 내용 및 시공시 문제점이 없는 것으로 파악됨	◇ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교 · 검토함 ⇒ 치수가 상이할 경우 도면을 재작성하며 실측치를 구조계산에 반영 ⇒ 치수가 동일할 경우 준공도면을 기준으로 과업 진행 ◇구조물의 제원변경확인 및 추가손상 발생에 대한 안정성 확보여부 확인
유 지 관 리 자 료	◇기 정기안전점검 및 정밀안전점검 보고서	◇해당 시설물은 2021년 04월 15일 준공되어 2025년 07월 10일에 3종으로 등록된 시설물로 준공이후 실시하는 최초의 정밀안전점검임	◇신규손상의 발생여부 확인
	◇보수 · 보강 이력 - 시설물정보관리종합시스템 보수 · 보강 및 점검이력	◇준공이후 시설물정보관리종합시스템에 등록된 보수 · 보강 및 점검이력은 없는 것으로 확인됨	◇현장조사시 기존 보수여부확인 후 보수부 현황상태 확인

3. 현장조사 및 시험

3.1 현장조사 결과요약

가. 금회(2026년) 정밀안전점검 현장조사 결과요약

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

나. 기 점검결과와의 비교, 분석

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

3.2 내구성 결과요약

가. 금회(2026년) 정밀안전점검 내구성조사 결과요약

<table>
<tr><th>시험명</th><th>시 험 위 치</th><th colspan="5">시 험 결 과</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="3">비파괴 강도 (㎫)</td><td>시험종류</td><td colspan="2">추정강도(A)</td><td colspan="2">설계기준강도(B)</td><td>A/B×100(%)</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>반발경도법</td><td colspan="2">28.3 ~ 28.6</td><td colspan="2">27.0</td><td>104.9 ~ 105.9</td></tr>
<tr><td>검토의견</td><td colspan="6">■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td rowspan="5">철근탐사 (㎜)</td><td rowspan="2">부재</td><td rowspan="2">철근종류</td><td colspan="2">측정치</td><td colspan="2">설계치</td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기초콘크리트</td><td>주철근</td><td>255 ~ 275</td><td>103 ~105</td><td>250</td><td>80</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>-</td><td>77 ~ 79</td><td>300</td><td>80</td></tr>
<tr><td>검토의견</td><td colspan="6">■ 안전점검종합보고서 및 초기점검보고서를 참고한 결과, 전반적으로 설계치와 일치한 것으로 확인됨</td></tr>
<tr><td rowspan="3">탄산화 잔여깊이 (㎜)</td><td>부재</td><td colspan="2">잔여깊이</td><td colspan="2">평가</td><td>잔존수명</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>탄산화 잔여깊이</td><td colspan="2">71.0 ~ 73.5</td><td colspan="2">a</td><td>100년이상</td></tr>
<tr><td>검토의견</td><td colspan="6">■ 탄산화 잔여깊이가 30㎜이상인 “a”로 평가되며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨</td></tr>
<tr><td>변위·변형</td><td>주골조</td><td colspan="2">3개소 양호</td><td colspan="3">■ 3축한계에 저촉되는 구간, 처침 및 변형의 징후는 없는 것으로 확인된다.</td></tr>
</table>

나. 기 점검 결과와의 비교, 분석

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 금회 내구성시험은 전반적으로 양호한 상태로 측정되었다.

4. 시설물의 상태평가

4.1 시설물 전체 상태평가 결과

구분	주골조	보조골조	방음판	기초연결부	기초
상태평가	A	A	A	A	A
결함도 점수	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치	0.28	0.12	0.10	0.15	0.35
종합평가 점수	0.028	0.012	0.010	0.015	0.035
종합평가 결과 점수	0.100				
종합평가 결과 등급	A				

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
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
신월여의지하도로 방음터널	0.100	A	-	-	A
종합평가	• 신월여의지하도로 방음터널의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 문제점이 없는 최상의 상태인 “A”로 평가됨 • 종합평가 결과, “A”로 평가됨				

5.2 안전등급 지정

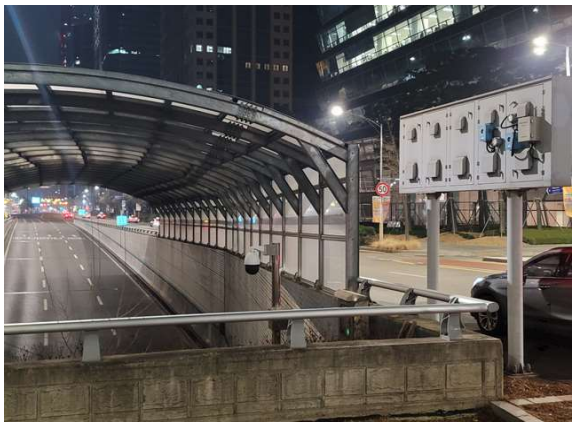
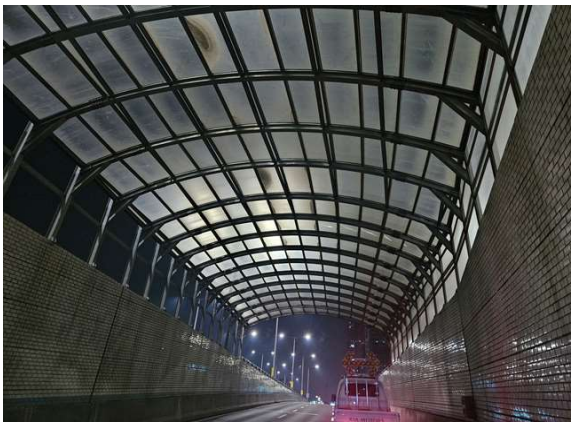
구조물명	안전등급
신월여의지하도로 방음터널	A등급(우수)

6. 보수 · 보강 및 유지관리방안

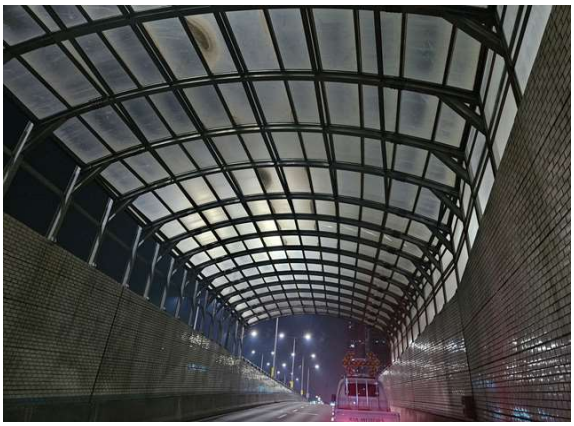
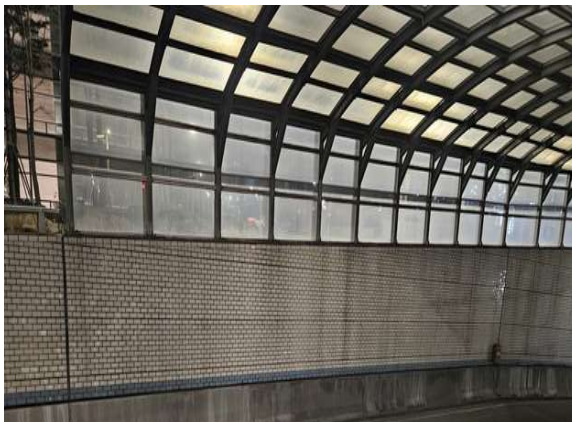
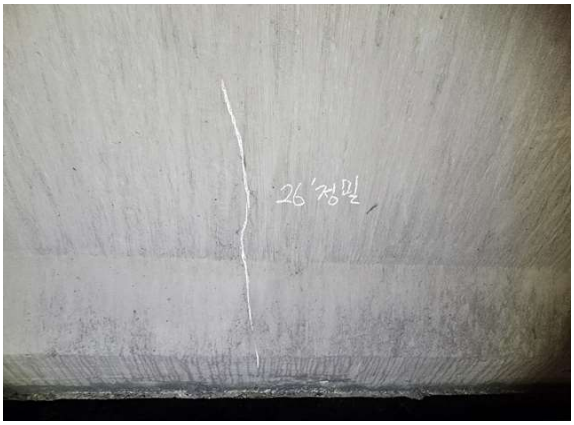
6.1 보수·보강 및 우선순위

구 분			결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
기본 시설	주골조		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
	보조골조		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
	기초연결부		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
	기초콘크리트		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
	방음판		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
부속 시설	배수시설		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
	안전 및 기타시설	가드레일	상태양호	-	-	-	-	주의관찰
		조명설비	상태양호	-	-	-	-	주의관찰
		CCTV	상태양호	-	-	-	-	주의관찰
		하부 방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	2	1.50	표면처리	3순위
			백태	㎡	24	19.40	표면처리	3순위
	방재시설		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
공중이 이용하는 부위	추락방지시설		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
	도로포장		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
	도로부 신축이음부		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
	환기구 등의 덮개		상태양호	-	-	-	-	주의관찰

6.2 중점 유지관리사항

<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="2">세 부 내 용</th></tr>
<tr><td rowspan="2">주골조</td><td> </td><td>  </td></tr>
<tr><td>S1~S2 주골조 상태현황</td><td>S1~S2 주골조 상태현황</td></tr>
<tr><td>조사
결과</td><td colspan="2">· 상태양호
⇒ 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상 및 변위·변형의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료됨</td></tr>
<tr><td rowspan="2">보조
골조</td><td>  </td><td> </td></tr>
<tr><td>S1~S2 보조골조 상태현황</td><td>S1~S2 보조골조 상태현황</td></tr>
<tr><td>조사
결과</td><td colspan="2">· 상태양호
⇒ 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료됨</td></tr>
</table>

구 분	세 부 내 용	
기초 연결부		
	S1 기초연결부(좌) 상태현황	S2 기초연결부(우) 상태현황
조사 결과	· 상태양호 ⇒ 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료됨	
기초콘크리트		
	S1 기초콘크리트(우) 상태현황	S2 기초콘크리트(우) 상태현황
조사 결과	· 상태양호 ⇒ 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료됨	

구 분	세 부 내 용	
방음판		
	S2 상부 방음판 상태현황	S1 좌측면 방음판 상태현황
조사 결과	· 상태양호 ⇒ 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료됨	
부속 시설		
	안전 및 기타시설(하부 방호벽(좌)) S1 균열(0.3㎜미만)	안전 및 기타시설(하부 방호벽(좌)) S2 백태(4.0x1.0)
조사 결과	· 균열(0.3㎜미만), 백태 등 ⇒ 건조수축, 거푸집 조기탈거, 온도변화, 외부 우수유입, 습기흡착 등에 의한 손상으로 진전을 방지하고, 부재의 내구성을 확보하기 위한 표면처리 등의 보수조치를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료됨	

7. 종합결론

7.1 정밀안전점검 실시결과의 종합결론

신월여의지하도로 방음터널의 정밀안전점검 종합평가 결과, 기준 ‘A’로 평가되어 안전등급은 “A등급(우수)”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 상태로서 시설물의 정밀안전진단 및 사용제한은 필요치 않은 것으로 검토되었다.

7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

점검당시 주요부재 등에 대하여 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 부속시설 하부 방호벽에서 균열(0.3㎜미만), 백태 등의 손상이 조사되어 발생한 손상에 대하여 표면처리 등의 보수를 실시하고, 주기적인 점검을 통한 변위·변형, 신규손상 등의 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

7.4 기타 필요한 사항

시설물의 안전성 유지는 점검당시 시설물의 상태가 양호한 상태로 조사되었으나 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

제 1장 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

제 2장 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 ····· 14

2.2.3 지반조사보고서 ····· 26

2.3 기존 점검 및 진단자료 분석 ····· 29

2.3.1 점검 및 진단 이력 ····· 29

2.3.2 기존 정밀안전점검 분석 ····· 29

2.4 보수 · 보강 이력 ····· 29
2.5 내진설계 여부 ····· 29
2.6 시설물의 용도변경 여부 확인 ····· 30
2.7 자료분석 결과요약 ····· 30

제 3장 현장조사 및 시험 ····· 31
3.1 현장조사 개요 ····· 33
3.1.1 현장조사 수행 현황 ····· 33
3.1.2 현장조사 항목 ····· 35
3.1.3 하중상태 등 조사 ····· 39
3.2 방음터널 측점분할 ····· 39
3.3 준공도서 검토분석 ····· 40
3.4 현장조사 결과 ····· 41
3.4.1 기본시설 ····· 41
3.4.2 부속시설 ····· 51
3.4.3 공중이 이용하는 부위 ····· 60
3.4.4 현장조사 결과 ····· 62
3.4.5 이전 상태와 현 상태 비교 ····· 63
3.5 내구성 시험 및 측정 개요 ····· 64
3.5.1 콘크리트 내구성 조사 ····· 64
3.5.2 시험내용 및 평가기준 ····· 64
3.6 내구성 조사 결과 ····· 72
3.6.1 콘크리트 강도시험 ····· 74
3.6.2 철근탐사 시험 ····· 76
3.6.3 탄산화 깊이 측정 ····· 77
3.6.4 변위 · 변형 측정 ····· 80
3.6.4 내구성조사 결과 요약 ····· 87
3.6.5 기 점검결과 비교 ····· 88

제 4장 상태평가 개요 ····· 89
4.1 개요 ····· 91
4.2 상태평가 항목 및 기준 ····· 91
4.2.1 상태평가 기준 ····· 91
4.2.2 상태평가기준 및 방법 ····· 94
4.2.3 상태평가결과 산정 방법 ····· 101
4.3 상태평가 결과 ····· 113
4.3.1 구간분할 ····· 113
4.3.2 상태평가 결과 ····· 113
4.3.3 기 점검결과와의 비교 ····· 118

제 5장 종합평가 및 안전등급 지정 ····· 119
5.1 개요 ····· 121
5.2 종합평가 기준 ····· 121
5.3 종합평가 결과 산정 절차 ····· 121
5.4 종합평가 결과 ····· 123
5.4.1 검토 개요 ····· 123
5.4.2 종합평가 결과 ····· 123
5.5 시설물의 안전등급 ····· 124
5.5.1 안전등급기준 ····· 124
5.5.2 안전등급 지정 ····· 124

제 6장 보수·보강 및 유지관리방안 ····· 125
6.1 개 요 ····· 127
6.2 보수 · 보강 방안 ····· 128
6.2.1 보수 · 보강의 필요성 판단 ····· 128
6.2.2 보수 · 보강 수준 결정 ····· 128
6.2.3 보수 · 보강 공법 선정 ····· 129
6.2.4 보수·보강의 업무 흐름도 ····· 131
6.2.5 보수·보강 방안 ····· 132
6.3 보수·보강 공법 ····· 133

6.3.1 균열보수공법 ····· 133
6.3.2 단면보수공법 ····· 141
6.3.3 누수보수공법 ····· 145
6.3.4 포장보수공법 ····· 152
6.4 유지관리 방안 ····· 154
6.4.1 개요 ····· 154
6.4.2 유지관리 일반 ····· 154
6.4.3 중점 유지관리사항 ····· 157

제 7장 종 합 결 론 ····· 161
7.1 개요 ····· 163
7.2 현장조사 및 시험 ····· 163
7.2.1 현장조사 ····· 163
7.2.2 내구성 조사결과 ····· 165
7.3 시설물의 상태평가 ····· 166
7.4 안전등급 지정 ····· 166
7.5 종합결론 ····· 167
7.5.1 정밀안전점검 실시결과의 종합결론 ····· 167
7.5.2 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부 ····· 167
7.5.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항 ····· 167
7.5.4 기타 필요한 사항 ····· 167

◉ 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 방음터널 현황표 ····· 7
【표 1.5.1】 주요 사용장비 및 시험기기 일반사항 ····· 8
【표 2.1.1】 자료수집 현황 ····· 11
【표 2.4.1】 보수·보강 이력 ····· 29
【표 2.5.1】 내진설계 이력 ····· 29
【표 2.7.1】 자료분석 결과 요약 ····· 30
【표 3.1.1】 방음터널 시설물의 안전점검 대상시설 범위 ····· 35
【표 3.1.2】 방음터널 기본시설의 정밀안전점검 점검항목 ····· 35
【표 3.1.3】 방음터널 부속시설의 정밀안전점검 점검항목 ····· 36
【표 3.1.4】 공중이 이용하는 부위 점검항목 ····· 36
【표 3.1.6】 부재별 주요조사 항목 ····· 37
【표 3.1.7】 방음터널 주요 손상현황 ····· 38
【표 3.2.1】 측점분할 자료 방음터널 ····· 39
【표 3.4.1】 골조 현장조사 손상물량 ····· 44
【표 3.4.2】 골조 기 점검결과 비교 ····· 44
【표 3.4.3】 기초연결부 현장조사 손상물량 ····· 46
【표 3.4.4】 기초연결부 기 점검결과 비교 ····· 46
【표 3.4.5】 기초콘크리트 현장조사 손상물량 ····· 48
【표 3.4.6】 기초콘크리트 기 점검결과 비교 ····· 48
【표 3.4.7】 방음판 현장조사 손상물량 ····· 50
【표 3.4.8】 방음판 기 점검결과 비교 ····· 50
【표 3.4.9】 배수시설 현장조사 손상물량 ····· 52
【표 3.4.10】 배수시설 기 점검결과 비교 ····· 52
【표 3.4.11】 안전 및 기타시설 현장조사 손상물량 ····· 56
【표 3.4.12】 안전 및 기타시설 기 점검결과 비교 ····· 56
【표 3.4.13】 방재시설 현장조사 손상물량 ····· 59
【표 3.4.14】 방재시설 기 점검결과 비교 ····· 59
【표 3.4.15】 대상부재 여부 확인 ····· 60
【표 3.4.16】 공중이 이용하는 부위 현장조사 손상물량 ····· 61

【표 3.4.17】 공중이 이용하는 부위 기 점검결과 비교 ····· 61
【표 3.4.18】 현장조사 결과 ····· 62
【표 3.4.19】 기 점검결과와 손상물량 비교표 ····· 63
【표 3.5.1】 보정반발경도(Ro) ····· 65
【표 3.5.2】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험) ····· 65
【표 3.5.3】 재령계수 α값 ····· 66
【표 3.5.4】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인 ····· 70
【표 3.5.5】 탄산화 상태평가 기준 ····· 71
【표 3.6.1】 콘크리트 비파괴시험 현황 ····· 72
【표 3.6.2】 비파괴강도 시험결과 ····· 74
【표 3.6.3】 비파괴강도시험 결과분석 ····· 75
【표 3.6.4】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교 ····· 75
【표 3.6.5】 철근탐사 시험결과 ····· 76
【표 3.6.6】 탄산화깊이 측정결과 및 평가 ····· 77
【표 3.6.7】 탄산화깊이 결과분석 ····· 78
【표 3.6.8】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측 ····· 78
【표 3.6.9】 탄산화깊이 기 점검결과와의 비교 ····· 79
【표 3.6.10】 변위·변형 측량 결과 ····· 81
【표 3.6.11】 변위, 변형 측량 결과 ····· 84
【표 3.6.12】 변위·변형 측량 기 점검결과와의 비교 ····· 84
【표 3.6.13】 주골조 기울음 측정 결과 ····· 85
【표 3.6.14】 기울기 측정 기 점검결과와의 비교 ····· 86
【표 3.6.15】 내구성조사 결과 요약 ····· 87
【표 3.6.16】 내구성조사 기 점검결과 비교 ····· 88
【표 4.2.1】 방음터널의 기본시설물과 공중이 이용하는 부위의 종류 ····· 91
【표 4.2.2】 방음터널 부재별 상태평가 항목 ····· 92
【표 4.2.3】 등급에 따른 결함도 지수 기준 ····· 93
【표 4.2.4】 단면형상에 따른 방음터널의 부재별 가중치 ····· 93
【표 4.2.5】 방음터널 결함도 점수 범위에 따른 안전등급 기준 ····· 93
【표 4.2.6】 방음터널 부재별 상태평가 기준 ····· 94
【표 4.2.7】 주골조의 내구성 상태평가기준 ····· 95
【표 4.2.8】 주골조의 기울기에 대한 상태평가기준 ····· 96
【표 4.2.9】 주골조의 처짐에 대한 상태평가기준 ····· 96
【표 4.2.10】 보조골조의 내구성 상태평가기준 ····· 97
【표 4.2.11】 방음판의 손상 상태평가기준 ····· 97
【표 4.2.12】 기초콘크리트 상태평가기준 ····· 98

【표 4.2.13】 기초연결부 상태평가기준 ····· 98
【표 4.2.14】 추락방지시설의 상태평가기준 ····· 99
【표 4.2.15】 도로포장의 상태평가기준 ····· 99
【표 4.2.16】 도로부 신축이음부의 상태평가기준 ····· 100
【표 4.2.17】 환기구 등의 덮개의 상태평가기준 ····· 100
【표 4.2.18】 주골조에 대한 내구성 평가 결과 ····· 102
【표 4.2.19】 주골조의 변위・변형 평가 결과 ····· 103
【표 4.2.20】 주골조에 대한 상태평가 결과 ····· 103
【표 4.2.21】 보조골조에 대한 내구성 평가 결과 ····· 104
【표 4.2.22】 방음판에 대한 평가 결과 ····· 106
【표 4.2.23】 기초콘크리트에 대한 평가 결과 ····· 107
【표 4.2.24】 기초연결부에 대한 평가 결과 ····· 108
【표 4.2.25】 등급에 따른 결함도 점수 기준 ····· 109
【표 4.2.26】 결함도 범위에 따른 안전등급 기준 ····· 109
【표 4.2.27】 방음터널에 대한 종합평가 결과 ····· 109
【표 4.3.1】 주골조에 대한 내구성 평가 결과 ····· 113
【표 4.3.2】 주골조의 변위, 변형 평가 결과 ····· 114
【표 4.3.3】 주골조에 대한 상태평가 결과 ····· 114
【표 4.3.4】 보조골조에 대한 내구성 평가결과 ····· 114
【표 4.3.5】 방음판에 대한 내구성 평가결과 ····· 115
【표 4.3.6】 기초콘크리트에 대한 상태평가 결과 ····· 115
【표 4.3.7】 기초연결부에 대한 상태평가 결과 ····· 115
【표 4.3.8】 종합평가 ····· 116
【표 4.3.9】 공중이 이용하는 부위 평가결과 ····· 117
【표 4.3.10】 기 점검결과와의 상태평가 결과 비교 ····· 118
【표 5.4.1】 종합평가 결과 ····· 123
【표 5.5.1】 시설물의 안전등급 ····· 124
【표 5.5.2】 안전등급 지정 ····· 124
【표 6.1.1】 보수・보강 우선순위 결정 기준 ····· 127
【표 6.2.1】 결함내용별 보수·보강방안 ····· 132
【표 6.3.1】 표면처리공법 비교표 ····· 135
【표 6.3.2】 수지주입공법의 종류 ····· 136
【표 6.3.3】 균열폭에 알맞은 수지의 점도 ····· 136
【표 6.3.4】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격 ····· 136
【표 6.3.5】 에폭시계 수지의 규격 ····· 137
【표 6.3.6】 주입보수공법 비교표 ····· 138

【표 6.3.7】 단면보수공법 비교표 ····· 144
【표 6.3.8】 누수보수공법의 적용성 검토 ····· 147
【표 6.3.9】 주입공법별 특징 ····· 148
【표 6.3.10】 유도배수공법 특징 ····· 149
【표 6.3.11】 배면 그라우팅 공법별 특징 ····· 150
【표 6.3.12】 전면지수 공법별 특징 ····· 151
【표 6.3.13】 교명포장 공법별 특징 ····· 153
【표 6.4.1】 중점 유지관리사항 ····· 157

그 림 목 차

【그림 1.3.1】 정밀안전점검 과업수행 흐름도 ····· 5
【그림 2.2.1】 평면 및 단면도 ····· 12
【그림 2.2.2】 캐노피 상세도 ····· 13
【그림 3.5.1】 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차 ····· 64
【그림 3.5.2】 철근탐사 측정원리 ····· 67
【그림 3.5.3】 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차 ····· 67
【그림 3.5.4】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 ····· 69
【그림 3.6.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(반발경도, 철근탐사, 탄산화) ····· 73
【그림 3.6.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(변위・변형) ····· 73
【그림 3.6.3】 반발경도시험 압축강도 추정결과 ····· 74
【그림 3.6.4】 탄산화깊이 측정결과 ····· 77
【그림 3.6.5】 방음터널 표준단면도 ····· 80
【그림 4.2.1】 방음터널 단면형상 별 골조부재 구분 ····· 93
【그림 4.2.2】 전체 방음터널의 상태평가결과 산정 방법 예 ····· 101
【그림 4.2.3】 방음터널의 상태평가 체계 ····· 101
【그림 4.2.4】 주골조 전개도 ····· 102
【그림 4.2.5】 보조골조 전개도 ····· 104
【그림 4.2.6】 방음판 전개도 ····· 105
【그림 4.2.7】 기초콘크리트 전개도 ····· 106
【그림 4.2.8】 기초연결부 전개도 ····· 108
【그림 4.2.9】 단면비균일 방음터널 ····· 110
【그림 4.2.10】 방음터널의 유효둘레 ····· 110
【그림 4.2.11】 길이비균일 방음터널 ····· 111
【그림 5.3.1】 방음터널의 종합평가 결과 산정절차 ····· 122
【그림 5.4.1】 종합평가 결과 산정 ····· 123
【그림 6.2.1】 보수・보강 범위의 결정 ····· 128
【그림 6.2.2】 보수・보강 공법 선정 흐름도 ····· 130
【그림 6.2.3】 보수・보강의 업무 흐름도 ····· 131
【그림 6.3.1】 표면처리공법 개요도 ····· 133
【그림 6.3.2】 표면처리공법 시공 흐름도 ····· 134
【그림 6.3.3】 균열 보수공법 개요도 ····· 137

【그림 6.3.4】 철근이 부식되지 않은 경우의 충진공법 ····· 139
【그림 6.3.5】 철근이 부식된 경우의 충진공법 ····· 139
【그림 6.3.6】 충진공법 시공순서도 ····· 139
【그림 6.3.7】 단면보수공법 개요도 ····· 142
【그림 6.3.8】 단면보수공법 시공 흐름도 ····· 143
【그림 6.3.9】 충전주입방수 공법의 개요 ····· 145
【그림 6.3.10】 충전주입방수 공법의 시공순서도 ····· 145
【그림 6.3.11】 배면주입방수 공법의 개요 ····· 146
【그림 6.3.12】 배면주입방수 공법의 시공순서도 ····· 146
【그림 6.3.13】 유도배수공(동판의 경우) 상세도 ····· 147
【그림 6.4.1】 유지관리 흐름도 ····· 156

사 진 목 차

【사진 3.1.1】 현장조사 전경 ····· 34
【사진 3.1.2】 하중상태 등 조사 ····· 39
【사진 3.3.1】 부재 현장측정 전경 ····· 40
【사진 3.4.1】 주골조 전경 ····· 41
【사진 3.4.2】 주골조 손상현황 ····· 42
【사진 3.4.3】 보조골조 전경 ····· 43
【사진 3.4.4】 보조골조 손상현황 ····· 43
【사진 3.4.5】 기초연결부 전경 ····· 45
【사진 3.4.6】 기초연결부 손상현황 ····· 45
【사진 3.4.7】 기초콘크리트 전경 ····· 47
【사진 3.4.8】 기초콘크리트 손상현황 ····· 47
【사진 3.4.9】 방음판 전경 ····· 49
【사진 3.4.10】 방음판 손상현황 ····· 49
【사진 3.4.11】 배수시설 전경 ····· 51
【사진 3.4.12】 배수시설 손상현황 ····· 52
【사진 3.4.13】 안전 및 기타시설 전경 ····· 53
【사진 3.4.14】 안전 및 기타시설 손상현황 ····· 54
【사진 3.4.15】 점검시설 전경 ····· 57
【사진 3.4.16】 방재시설 전경 ····· 58
【사진 3.4.17】 방재시설 손상현황 ····· 58
【사진 3.4.18】 공중이 이용하는 부위 손상현황 ····· 61
【사진 3.6.1】 콘크리트 내구성조사 전경 ····· 72
【사진 3.6.2】 광파기를 이용한 변위·변형 측량 현장사진 ····· 80
【사진 3.6.3】 경사계를 이용한 기울기 측정 현장사진 ····· 85

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 안전관리에 관한 특별법 제6조, 제7조 및 동법 시행령 제6조, 제9조에 의거 실시하는 안전점검 용역으로 대상시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견하고, 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 정밀한 외관조사를 통해 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사하여 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) 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시

7) 보고서 작성

1.2.2 과업수행기간

2026. 03. 03 ~ 2026. 04. 15

1.2.3 과업의 내용

본 과업은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2026. 01, 국토교통부/국토안전관리원)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

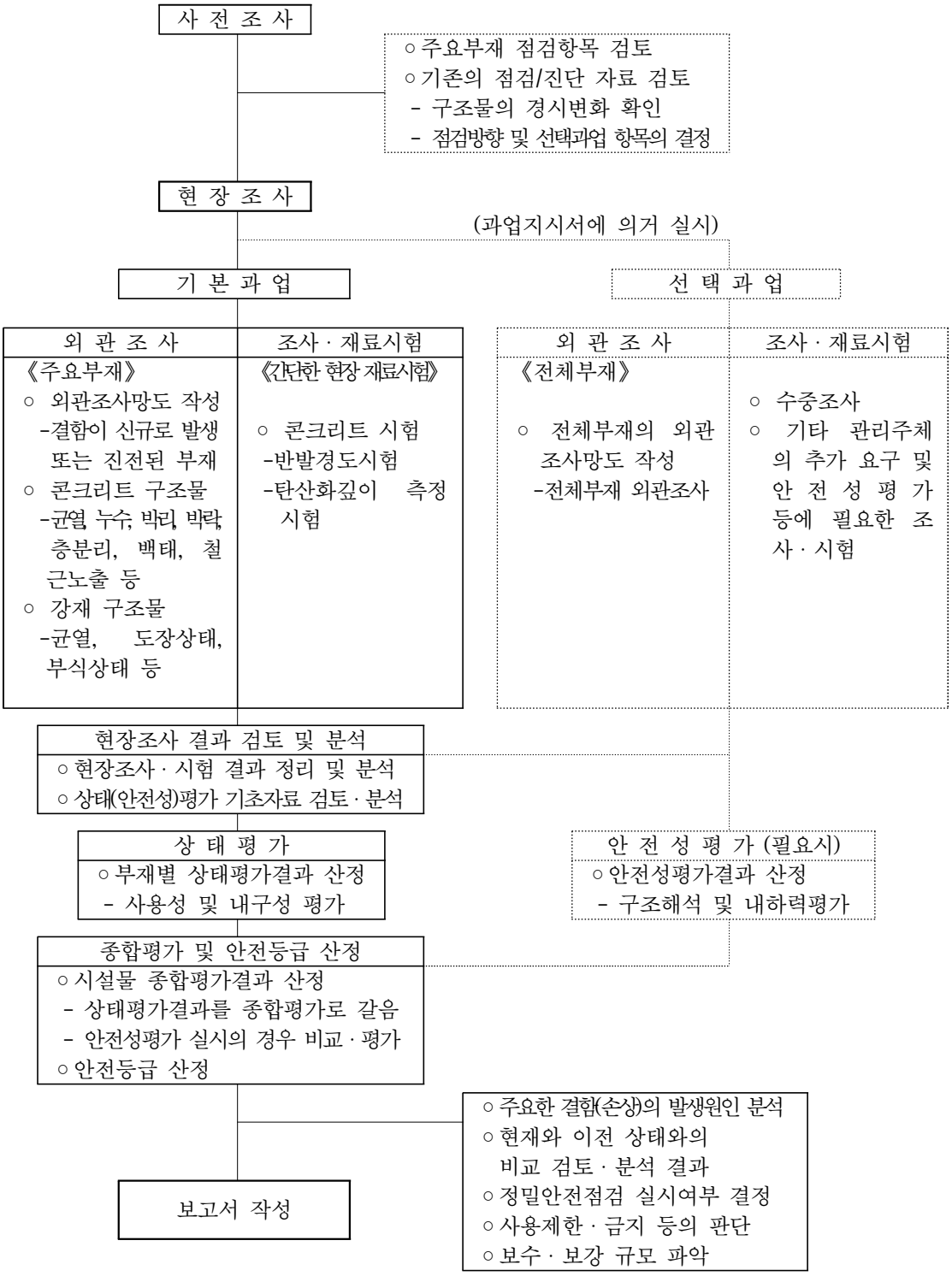
【표 1.2.1】 과업의 내용

과 업 의 범 위		과 업 의 내 용	비 고
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 (2026.01) 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

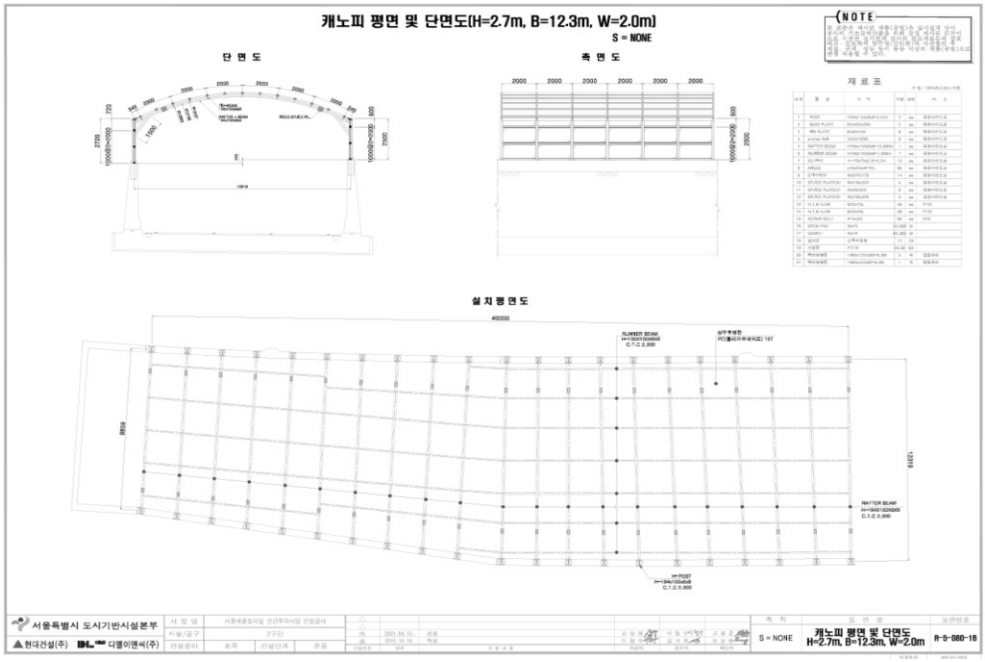
공 종	2026년 03월 03일 ~ 2026년 04월 15일							비 고
	7	14	21	35	42	49	59	
1. 자료수집 및 분석 ·관계도서 수집 및 분석 현장답사 및 점검계획 수립								- 3/3 착수
2. 현장조사 및 시험 ·외관조사 ·재료시험 및 측정								-현장조사 및 시험 -구조물별 조사팀 운영 -필요시 추가조사
3. 상태평가 ·상태평가 결과작성								-현장조사와 내업작업 병행 실시
4. 종합평가 및 안전등급 지정 ·종합평가 ·안전등급 지정								
5. 보수보강 및 유지관리 방안 제시 ·보수보강방안 제시 ·유지관리방안 제시								
6. 보고서 작성 ·보고서 작성 ·보고서 수정 및 납품								- 04/15 준공예정
공정율(%) 진행	15	15	15	15	15	15	10	
공정율(%) 누계	15	30	45	60	75	90	100	

1.4 대상시설물의 현황

본 과업의 대상시설물인 신월여의지하도로 방음터널의 현황은 다음과 같다.

【표 1.4.1】 신월여의지하도로 방음터널 현황표

작성일 : 2026년 04월 01일

구 분	내 용	구 분	내 용
시설물명	신월여의지하도로 방음터널	시설물번호	SF2021-0000001
위 치 (시 점)	서울특별시 영등포구 여의도동 2-11	위 치 (종 점)	서울특별시 영등포구 여의도동 2-11
형식	방음터널	관리주체	서울터널주식회사
연 장	40.0m	설 계 사	㈜삼보기술단 외 2개사
폭	9.86m~12.3m	시 공 사	디앨이앤씨, 현대건설 외 5개사
측면 높이	2.50m ~ 2.72m	감 리 사	(주)유신 외 13개사
캐노피 간격	2.0m	착 공	2015년 10월 16일
방음판구조	투명방음판	준 공	2021년 04월 15일
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	줄 자	구조물 부재 치수 측정	
	디지털 카메라	구조물 현황 사진 촬영	
	균열게이지	외관조사시 균열폭 측정	
	균열측정기	균열폭의 크기와 길이를 확대렌즈를 통해 육안으로 확인	
	버니어 캘리퍼스	부재 상세치수 측정 및 탄산화 시험	
비파괴 시험 장비	콘크리트 슈미트해머	콘크리트 강도조사	
	암반 슈미트해머	암반강도조사	
	그라인더	비파괴 시험 실시 전 콘크리트 면처리	
	햄머드릴	콘크리트 탄산화 및 염화물 시험	
	탄산화시험 SET	콘크리트 탄산화 시험	
	Rc-Radar	철근배근측정	
	디지털 경사계	하부구조 변위 및 직립도 측정	
	광파기	하부구조 변위 및 직립도 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 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

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.

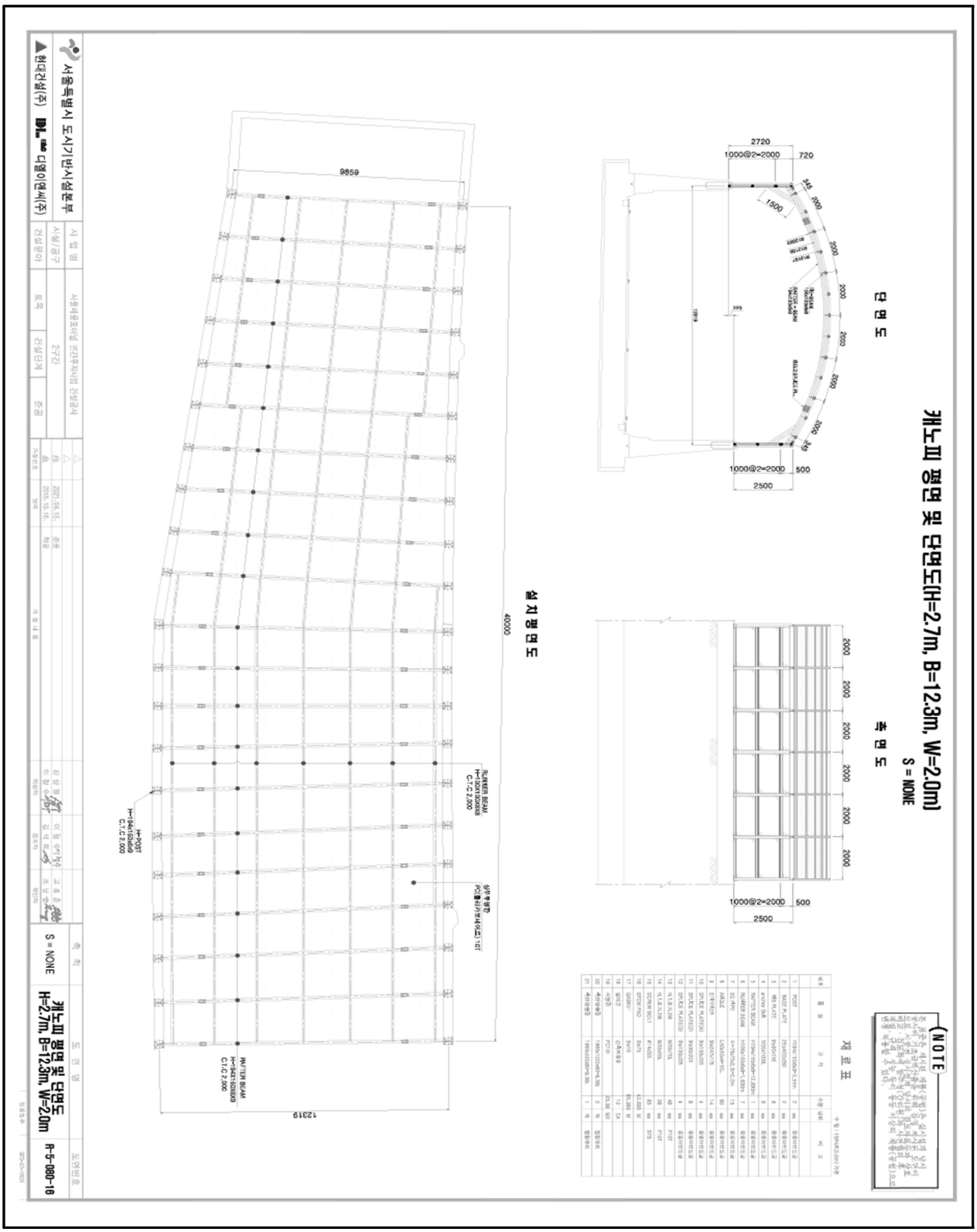
2.1.1 자료수집 현황

【표 2.1.1】 자료수집 현황

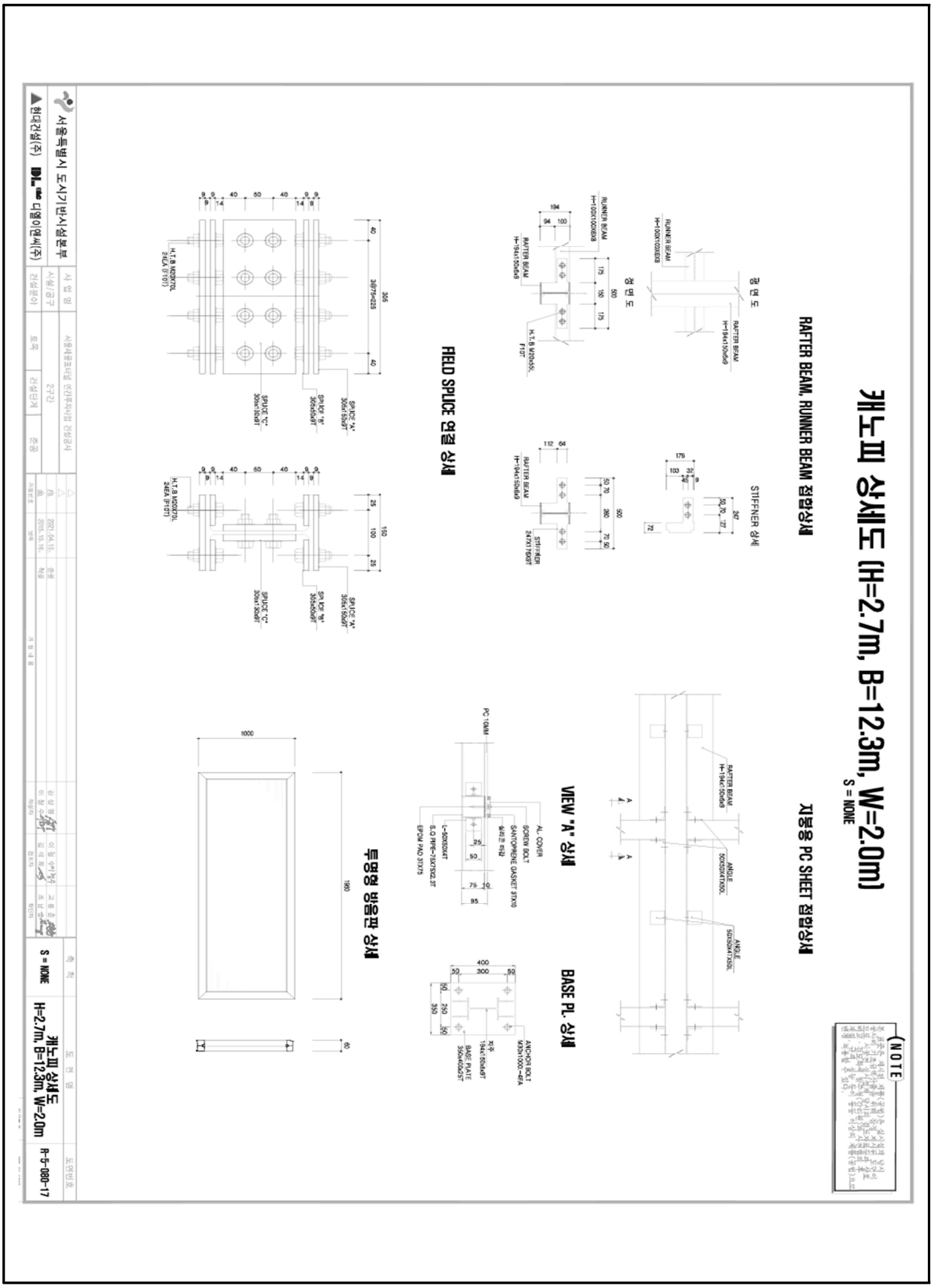
보존대상 목록		보유 현황	비 고
설계 도서	◇공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	 보유 보유 보유 보유 보유	◇FMS, 파일
	◇설계도면 - 위치도, - 평면도 - 단면도(종 · 횡) - 구조물도, 상세도	보유 보유 보유 보유 일부보유	◇FMS, 파일
시설물 관리대장	◇기본현황 ◇상세제원 ◇유지관리 이력	보유 보유 보유	◇FMS, 파일
시공 관련 자료	◇시공관련 자료 ◇품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리·선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 주요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

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

2.2.1 주요 설계도면



【그림 2.2.1】 평면 및 단면도



【그림 2.2.2】캐노피 상세도

2.2.2 구조계산서

가. 설계조건

1.기본설계조건

1)방음터널설치지역: 내륙(서울)

2)기본풍속 : 30.0 m/s

방음벽 기초 및 지주의 지역별 표준 설계풍하중 (국토해양부 2010.12)

기본풍속 (m/s)	지명	토 공 부 (방음벽높이) kN/m2			교 량 부 kN/m²
		H≤4.5m	4.5m≤H≤9.0m	9.0m<H	
30.0	서울, 인천, 대구, 대전, 광주, 춘천, 청주, 수원, 추풍령, 전주, 익산, 진주, 서산	0.7	0.9	1.0	1.1
35	부산, 울산, 강릉, 포항, 군산, 목포, 충무	0.9	1.2	1.3	1.5
40	여수, 속초	1.2	1.5	1.5	2.0
45	-	1.5	1.5	1.5	2.5

주) "이상기상 대비 구조물의 내풍설계기준 정비 및 개발", 2010, 반영

3)방음터널 폭(B): 12.32 M

4)방음터널 지주설치간격(W): 2.00 M

5)방음터널기초설계강도(fck): 27.0 MPa

6)허용응력

① POST, BEAM, BASE PLATE 허용휨응력(fa): 160 MPa (도로교설계기준 3.3.2.1 구조용강재의 허용응력)
② POST, BEAM, BASE PLATE 허용전단응력(τa): 90 MPa (도로교설계기준 3.3.2.1 구조용강재의 허용응력)
③ 앵커볼트허용인장응력(σba): 140 MPa (도로교설계기준 3.3.2.1 구조용강재의 허용응력)
④ 앵커볼트허용전단응력(τsa): 90 MPa (도로교설계기준 3.3.2.3 이음용강재의 허용응력)

— 103 —

⑤ H.T.B (F10T) M22의 허용전단응력(2면마찰): 78 kN/EA (도로교설계기준 3.3.2.3 이음용강재의 허용응력)
⑥ 공장용접허용전단응력(τwa): 110 MPa (도로교설계기준 3.3.2.3 용접부의 허용응력)

7)하중조합

① D+SW
② D+(±T)
③ D+(±T)+SW
④ D+W+SW
⑤ D+W+(±T)+SW
⑥ D+W
⑦ D+(±T)+W

8)사용재료

8.1) 주요강재

- 측면 기둥재(H 형강) : H - 194×150×6×9 (SM 275)
- 중앙부 기둥재(H 형강) : H - 194×150×6×9 (SM 275)
- 지붕재(H 형강) : H - 194×150×6×9 (SM 275)
- 중방향 보강재(H 형강) : H - 100X100X6X8 (SM 275)
- 판보강재(Square Bar) : □ - 75X75X2.3T (SM 275)

8.2) 이음볼트 및 앵커볼트

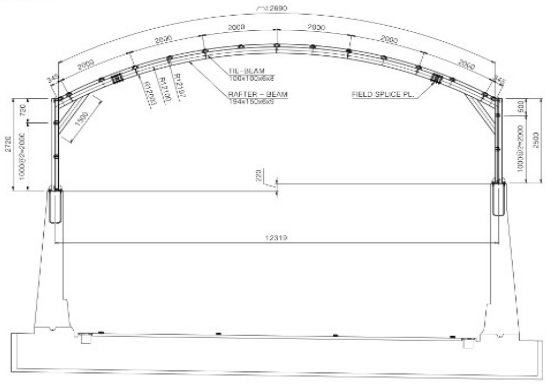
- 부재연결용: F10T M20
- 기초고정용: L형앙카볼트 M30

8.3) 방음판

- 지붕용 PC SHEET 10T : 단위중량 = 180.0 (N/m²)

— 104 —

2.단면가정



— 105 —

나. 구조계산서 결과 요약

5. 구조해석

5.1 지점경계조건

- Anchor부는 Bolt Connection으로 계획하며 Bolt의 설계를 위하여 방음터널 해석시는 Fixed로 계산된 지점 작용력 및 Flame 단면력을 사용한다.

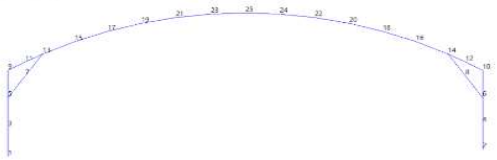
5.2 Load Combination

LC 1	D+SW	- 허용응력 증가계수 : 1.00	여기서,	D:	고정하중
LC 2	D+(±T)	- 허용응력 증가계수 : 1.15		SW:	설하중
LC 3	D+(±T)+SW	- 허용응력 증가계수 : 1.15		T:	온도하중
LC 4	D+W+SW	- 허용응력 증가계수 : 1.25		W:	풍하중
LC 5	D+W+(±T)+SW	- 허용응력 증가계수 : 1.35		E:	지진하중
LC 6	D+W	- 허용응력 증가계수 : 1.25			
LC 7	D+(±T)+W	- 허용응력 증가계수 : 1.35			
LC 8	D+E	- 허용응력 증가계수 : 1.5			

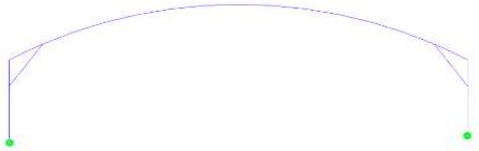
- 허용응력에 허용응력 증가계수를 곱하여 허용응력을 할증하는 대신, 작용하중을 증가계수로 나누어 부재응력 검토시 허용응력이 일정한 값이 되게 한다.

5.3 모델링

① 절점 및 부재



② 지점조건

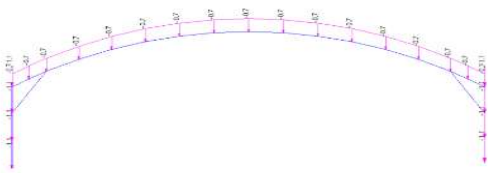


— 116 —

5.4 하중재하

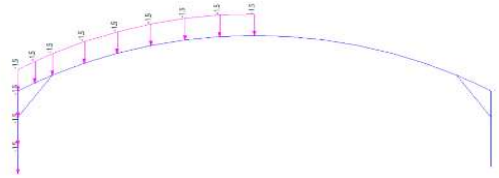
LC1: 고정하중

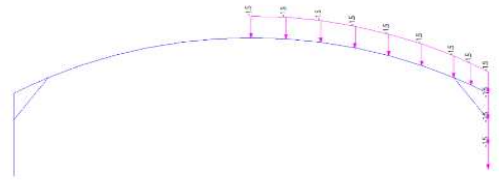
등분포하중



LC2: 설하중

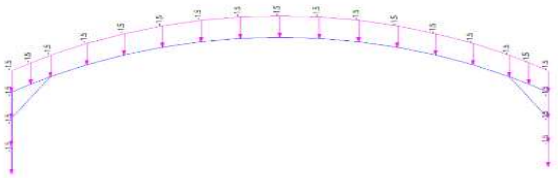
- 편측재하





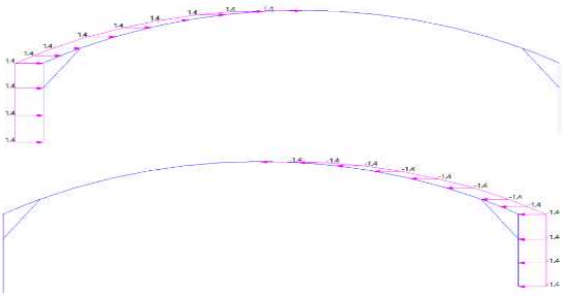
— 117 —

- 전체재하

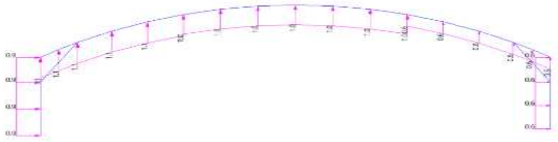


LC3: 풍하중

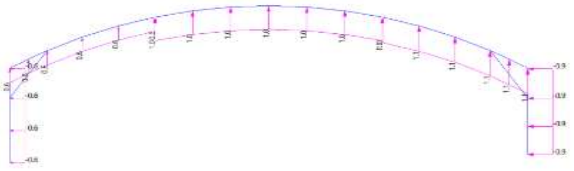
- 풍하중 편측재하



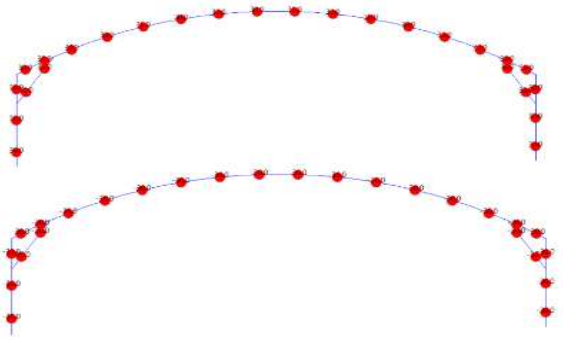
- 풍하중 편측재하(건축구조기준)



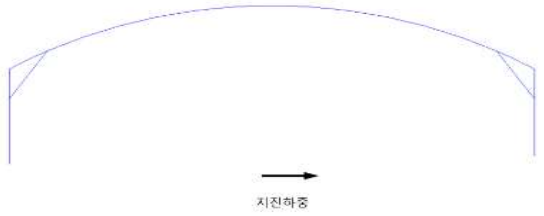
— 118 —



LC4 : 온도하중(+, -)



LC5 : 지진하중



5.5 해석결과

1) REACTION

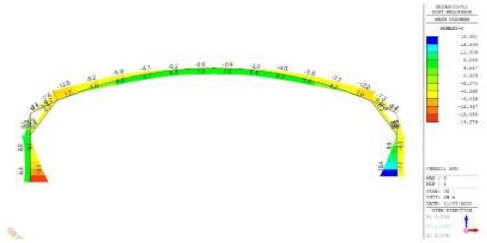
Node	Load	지점작용력			1M당 지점작용력			비고
		S(kN)	N(kN)	M(kN.m)	S(kN)	N(kN)	M(kN.m)	
1(좌측부)	고정(자중)	1.859	3.491	1.979	0.930	1.745	0.989	
2(우측부)	고정(자중)	-1.859	3.399	-1.686	-0.930	1.699	-0.843	
1(좌측부)	고정하중	3.799	7.432	4.109	1.899	3.716	2.054	
2(우측부)	고정하중	-3.799	7.142	-3.515	-1.899	3.571	-1.758	
1(좌측부)	설하중(좌)	4.146	11.567	2.404	2.073	5.784	1.202	
2(우측부)	설하중(좌)	-4.146	1.996	-6.224	-2.073	0.998	-3.112	
1(좌측부)	설하중(우)	4.025	2.038	6.435	2.012	1.019	3.217	
2(우측부)	설하중(우)	-4.025	11.193	-1.338	-2.012	5.596	-0.669	
1(좌측부)	설하중(전체)	8.171	13.605	6.839	4.085	6.802	4.419	
2(우측부)	설하중(전체)	-8.171	13.189	-7.563	-4.085	6.594	-3.781	
1(좌측부)	풍하중(좌)	8.062	-1.288	-11.548	4.031	-0.644	-5.774	
2(우측부)	풍하중(좌)	-4.513	1.288	-8.923	-2.256	0.644	-4.461	
1(좌측부)	풍하중(우)	3.955	1.271	8.004	1.977	0.635	4.002	
2(우측부)	풍하중(우)	8.312	-1.271	11.801	4.156	-0.635	5.901	
1(좌측부)	온도하중(+)	1.047	0.018	3.122	0.524	0.009	1.561	
2(우측부)	온도하중(+)	-1.047	-0.018	-3.111	-0.524	-0.009	-1.556	
1(좌측부)	온도하중(-)	-1.047	-0.018	-3.122	-0.524	-0.009	-1.561	
2(우측부)	온도하중(-)	1.047	0.018	3.111	0.524	0.009	1.556	
1(좌측부)	건물하중(좌)	-7.280	-6.598	-7.061	-3.640	-3.299	-3.530	
2(우측부)	건물하중(좌)	3.550	-4.952	3.705	1.775	-2.476	1.853	
1(좌측부)	건물하중(우)	-3.491	-5.007	-4.389	-1.745	-2.504	-2.195	
2(우측부)	건물하중(우)	7.144	-6.543	6.058	3.572	-3.272	3.029	
1(좌측부)	지진하중	2.741	0.678	5.244	1.371	0.339	2.622	
2(우측부)	지진하중	2.650	0.687	5.277	1.325	0.343	2.639	
1(좌측부)	지진하중(좌)	0.073	0.432	2.401	0.036	0.216	1.201	
2(우측부)	지진하중(좌)	0.073	-0.432	2.911	0.036	-0.216	1.455	

(+ 방향 : →↓ 시계방향)

— 120 —

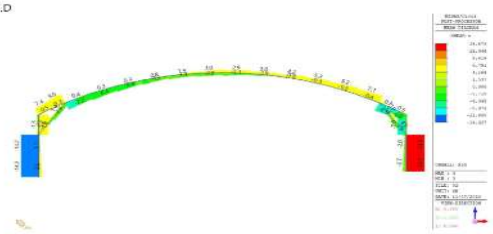
Node	Load	지점작용력		
		S(kN)	N(kN)	M(kN.m)
1(좌측부)	SLC1(all)	13.829	24.527	14.926
	SLC2(all)	6.705	10.940	9.210
	SLC3(all)	14.876	24.545	18.048
	SLC4(all)	17.784	25.798	22.930
	SLC5(all)	18.831	25.816	26.052
	SLC6(all)	9.613	12.194	14.091
	SLC7(all)	10.660	12.211	17.213
	SLC8	8.399	11.600	11.332
	최대부재력	18.831	25.816	26.052
2(우측부)	SLC1(all)	-13.829	23.729	-12.764
	SLC2(all)	-6.705	10.559	-8.313
	SLC3(all)	-14.876	23.747	-15.876
	SLC4(all)	-18.342	25.017	-21.687
	SLC5(all)	-19.389	25.035	-24.798
	SLC6(all)	-10.171	11.828	-14.124
	SLC7(all)	-11.218	11.846	-17.236
	SLC8	-3.008	11.227	0.076
	최대부재력	-19.389	25.035	-24.798
측벽부 적용부재력		19.389	25.816	26.052

2) BMD

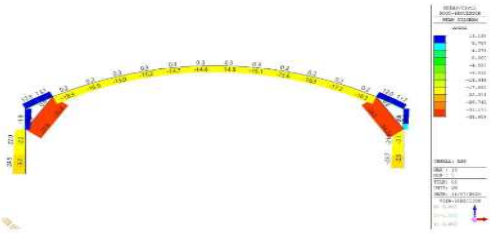


— 121 —

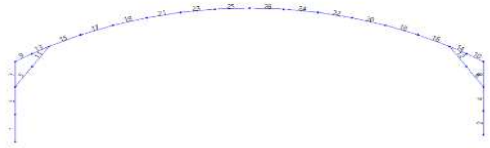
3) S.F.D



4) A.F.D



5) 단면력 집계



— 122 —

6. 부재 검토

6.1 외측기둥부 검토

1.1 단면 제원

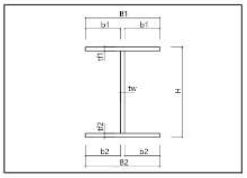
사용강종 : SM275

B_1 = 0.1500 m B_2 = 0.1500 m

b_1 = 0.0720 m b_2 = 0.0720 m

t_{f1} = 0.0090 m t_{f2} = 0.0090 m

t_w = 0.0060 m H = 0.1940 m



1.2 단면 계수

A (mm²)	3.901000E+03	I_{yy} (mm⁴)	2.690000E+07	I_{zz} (mm⁴)	5.070000E+06
r_y (mm)	8.303531E+01	r_z (mm)	3.605620E+01	K (mm⁴)	8.560000E+04

검토위치	y_1 (mm)	-75.0	z_1 (mm)	97.0	y_2 (mm)	75.0	z_2 (mm)	97.0
	y_3 (mm)	75.0	z_3 (mm)	-97.0	y_4 (mm)	-75.0	z_4 (mm)	-97.0

1.3 작용하중

구 분	F_x (kN)	F_y (kN)	F_z (kN)	M_x (kN·m)	M_y (kN·m)	M_z (kN·m)	비 고
Max	-10.890	0.000	13.830	0.000	13.810	0.000	
Min	-19.100	0.000	-13.935	0.000	-19.280	0.000	

1.4 응력검토

[1] Max

1) 허용휨인장응력 (f_{ta}) [도기 P3-10, 표3.3.1]

구 분	SM275	
Top Flange	16 이하	240.000
Bottom Flange	16 이하	240.000
Left Web	16 이하	240.000

2) 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향압축응력 (f_{cag}) [도기 P3-11, 표3.3.2]

▶ Y 축에 대한 유효좌굴길이

부재의 유효좌굴길이 ℓ_y = 2500.000 mm

부재 총단면의 단면회전반경 r_y = 83.035 mm

세장비 ℓ_y / r_y = 30.108

▶ Z 축에 대한 유효좌굴길이

부재의 유효좌굴길이 ℓ_z = 2500.000 mm

부재 총단면의 단면회전반경 r_z = 36.056 mm

세장비 ℓ_z / r_z = 69.336

▶ 세장비 검토

세장비 ℓ / r = 69.336 ≤ 120.000 ..... OK

— 147 —

4) 허용 오일러 좌굴응력 [도기 P3-47, 식3.4.13~14]

f_{E2} (MPa)	$1200000/(L_y/r_y)^2$	1323.814
f_{E1} (MPa)	$1200000/(L_x/r_x)^2$	249.610

5) 허용전단응력 (v_a) [도기 P3-18, 표3.3.5]

구 분	SM275	
Top Flange	16 이하	135.000
Bottom Flange	16 이하	135.000
Left Web	16 이하	135.000

6) 자유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력

▶ 압축응력을 받는 자유돌출판의 최소두께 [도기 P3-37]

Top Flange(L)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_f = 9.000 mm ..... OK

Top Flange(R)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_f = 9.000 mm ..... OK

Bottom Flange(L)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_f = 9.000 mm ..... OK

Bottom Flange(R)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_f = 9.000 mm ..... OK

▶ 자유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (f_{cal}) [도기 P3-38, 표3.4.4]

Top Flange(L) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Top Flange(R) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Bottom Flange(L) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Bottom Flange(R) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

7) 보강된판 및 양연지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력

▶ Left Web

판두께 t = 6.0 mm

판의 고정연 사이의 거리 b = 176.0 mm

응력구배계수 i = $0.65\Phi^2 + 0.13\Phi + 1.0$ = 3.551

응력구배 Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = 1.884

판의 양연에서의 응력 f_1 = -47.969 MPa, f_2 = 42.386 MPa

압축응력을 받는 양연지지판의 최소두께 [도기 P3-35, 표3.4.2]

t ≤ 40mm

t_{min} = b / 56i = 176 / 198.86 = 0.9 ≤ t = 6.0 mm ..... OK

양연지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (f_{cal}) [도기 P3-36, 표3.4.3]

구 분	SM275
16 이하	b/39.3i ≤ t
	240.000

8) 허용응력 요약

구 분	f_{cal}	f_{cal}	f_{ba}	f_{ba}	v_a
Top Flange	240.000	162.996	221.838	240.000	135.000
Bottom Flange	240.000	162.996	221.838	240.000	135.000
Left Web	240.000	162.996	221.838	240.000	135.000

f_{CO} = $f_{CBP} \cdot f_{cal} / f_{CBC}$

9) 축방향력 및 휨모멘트를 받는 부재의 허용응력 검토

▶ 축방향력에 의한 응력

f_c = P / A = -10.890 × 10^3 / 3.9010E+03 = -2.792 MPa

▶ 휨모멘트에 의한 응력

f_{by1} = $M_y \times z_1 / I_{yy}$ = -49.798 MPa f_{bz1} = $M_z \times y_1 / I_{zz}$ = 0.000 MPa

f_{by2} = $M_y \times z_2 / I_{yy}$ = -49.798 MPa f_{bz2} = $M_z \times y_2 / I_{zz}$ = 0.000 MPa

f_{by3} = $M_y \times z_3 / I_{yy}$ = 49.798 MPa f_{bz3} = $M_z \times y_3 / I_{zz}$ = 0.000 MPa

f_{by4} = $M_y \times z_4 / I_{yy}$ = 49.798 MPa f_{bz4} = $M_z \times y_4 / I_{zz}$ = 0.000 MPa

f_{11} (y_1, z_1)	-52.590	f_{22} (y_2, z_2)	-52.590
f_{33} (y_3, z_3)	47.007	f_{44} (y_4, z_4)	47.007

▶ Position 1 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-2.792 + \frac{-49.798}{\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{1323.814}\right|\right\}} + \frac{0.000}{\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{249.610}\right|\right\}}$$

= -52.695 MPa ≤ f_{cal} = 240.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cal}} + \frac{f_{by}}{f_{bay}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} + \frac{f_{bz}}{f_{baz}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-2.792}{162.996} + \frac{-49.798}{214.558\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{1323.814}\right|\right\}} + \frac{0.000}{240.000\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{249.610}\right|\right\}}$$

= -0.250 ≤ 1.000 ..... OK

▶ Position 2 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-2.792 + \frac{49.798}{\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{1323.814}\right|\right\}} + \frac{0.000}{\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{249.610}\right|\right\}}$$

= -52.695 MPa ≤ f_{cal} = 240.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cal}} + \frac{f_{by}}{f_{bay}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} + \frac{f_{bz}}{f_{baz}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-2.792}{162.996} + \frac{-49.798}{214.558\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{1323.814}\right|\right\}} + \frac{0.000}{240.000\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{249.610}\right|\right\}}$$

= -0.250 ≤ 1.000 ..... OK

▶ Position 3 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-2.792 + \frac{49.798}{\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{1323.814}\right|\right\}} + \frac{0.000}{\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{249.610}\right|\right\}}$$

= 47.112 MPa ≤ f_{ba} = 240.000 MPa ..... OK

▶ Position 4 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-2.792 + \frac{49.798}{\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{1323.814}\right|\right\}} + \frac{0.000}{\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{249.610}\right|\right\}}$$

= 47.112 MPa ≤ f_{ba} = 240.000 MPa ..... OK

▶ Position 1 (z-direction)

$$f_c + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-2.792 + \frac{0.000}{\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{249.610}\right|\right\}} + \frac{-49.798}{\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{1323.814}\right|\right\}}$$

= -52.695 MPa ≤ f_{cal} = 240.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cal}} + \frac{f_{by}}{f_{bay}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} + \frac{f_{bz}}{f_{baz}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-2.792}{221.838} + \frac{0.000}{213.587\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{249.610}\right|\right\}} + \frac{-49.798}{240.000\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{1323.814}\right|\right\}}$$

= -0.221 ≤ 1.0 ..... OK

▶ Position 2 (z-direction)

$$f_c + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-2.792 + \frac{0.000}{\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{249.610}\right|\right\}} + \frac{49.798}{\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{1323.814}\right|\right\}}$$

= -52.695 MPa ≤ f_{cal} = 140.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cal}} + \frac{f_{by}}{f_{bay}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} + \frac{f_{bz}}{f_{baz}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-2.792}{221.838} + \frac{0.000}{213.587\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{249.610}\right|\right\}} + \frac{-49.798}{240.000\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{1323.814}\right|\right\}}$$

= -0.221 ≤ 1.0 ..... OK

▶ Position 3 (z-direction)

$$f_c + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-2.792 + \frac{0.000}{\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{249.610}\right|\right\}} + \frac{49.798}{\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{1323.814}\right|\right\}}$$

= 47.112 MPa ≤ f_{ba} = 240.000 MPa ..... OK

▶ Position 4 (z-direction)

$$f_c + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-2.792 + \frac{0.000}{\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{249.610}\right|\right\}} + \frac{49.798}{\left\{1 - \left|\frac{-2.792}{1323.814}\right|\right\}}$$

= 47.112 MPa ≤ f_{ba} = 140.000 MPa ..... OK

10) 전단응력에 대한 검토

v_z = $F_z / A_w + M_x \times t / K$

= 13.830 × 10^3 / 1164.000 + 0.000 × 10^6 × 6.000E+00 / 8.5600E+04

= 11.881 MPa ≤ v_a = 135.000 MPa ..... OK

v_y = $F_y / A_f + M_z \times t / K$

= 0.000 × 10^3 / 1800.000 + 0.000 × 10^6 × 9.000E+00 / 8.5600E+04

= 0.000 MPa ≤ v_a = 135.000 MPa ..... OK

여기서, t = 복부 두께 .

11) 압섬응력에 대한 검토

$$\left(\frac{f_b}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{v_z}{v_a}\right)^2 = \left(\frac{49.798}{240.000}\right)^2 + \left(\frac{11.881}{135.000}\right)^2 = 0.051 < 1.200 \text{ ..... OK}$$

[2] Min

1) 허용휨인장응력 (f_{ta}) [도기 P3-10, 표3.3.1]

구 분	SM275	
Top Flange	16 이하	240.000
Bottom Flange	16 이하	240.000
Left Web	16 이하	240.000

2) 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향압축응력 (f_{cag}) [도기 P3-11, 표3.3.2]

▶ Y 축에 대한 유효좌굴길이

부재의 유효좌굴길이 ℓ_y = 2500.000 mm

부재 총단면의 단면회전반경 r_y = 83.035 mm

세장비 ℓ_y / r_y = 30.108

▶ Z 축에 대한 유효좌굴길이

부재의 유효좌굴길이 ℓ_z = 2500.000 mm

부재 총단면의 단면회전반경 r_z = 36.056 mm

세장비 ℓ_z / r_z = 69.336

▶ 세장비 검토

세장비 ℓ / r = 69.336 ≤ 120.000 ..... OK

구 분		SM275	
Top Flange	16 이하	20 < ℓ/r ≤ 93.0	
		Fcagz = 240 - 1.5×(ℓ/r - 18) =	162.996
Bottom Flange	16 이하	20 < ℓ/r ≤ 93.0	
		Fcagz = 240 - 1.5×(ℓ/r - 18) =	162.996
Left Web	16 이하	20 < ℓ/r ≤ 93.0	
		Fcagz = 240 - 1.5×(ℓ/r - 18) =	162.996
Top Flange	16 이하	20 < ℓ/r ≤ 93.0	
		Fcagz = 240 - 1.5×(ℓ/r - 18) =	221.838
Bottom Flange	16 이하	20 < ℓ/r ≤ 93.0	
		Fcagz = 240 - 1.5×(ℓ/r - 18) =	221.838
Left Web	16 이하	20 < ℓ/r ≤ 93.0	
		Fcagz = 240 - 1.5×(ℓ/r - 18) =	221.838

3) 허용휨압축응력 (f_{bagz}) [도기 P3-16, 표3.3.4]

▶ Top Flange

압축플랜지 고정점간 거리 ℓ = 2000.000 mm

압축플랜지 폭 b = 150.000 mm

복부판의 총단면적 A_w = 1056.000 mm²

압축플랜지 총단면적 A_c = 1350.000 mm²

$\frac{A_w}{A_c}$ = 0.782 ≤ 2.000 , $\frac{l}{b}$ = 13.333 , $K = \sqrt{3+\frac{A_w}{2A_c}}$ = 1.841

구 분		SM275	
$\frac{A_w}{A_c}$ ≤ 2.0	16 이하	4.5 < ℓ/b ≤ 30.0	
		240 - 2.9×(ℓ/b - 4.5) =	214.558

▶ Bottom Flange

압축플랜지 고정점간 거리 ℓ = 2000.000 mm

압축플랜지 폭 b = 150.000 mm

복부판의 총단면적 A_w = 1056.000 mm²

압축플랜지 총단면적 A_c = 1350.000 mm²

$\frac{A_w}{A_c}$ = 0.782 ≤ 2.000 , $\frac{l}{b}$ = 13.333 , $K = \sqrt{3+\frac{A_w}{2A_c}}$ = 1.841

구 분		SM275	
$\frac{A_w}{A_c}$ ≤ 2.0	16 이하	4.5 < ℓ/b ≤ 30.0	
		240 - 2.9×(ℓ/b - 4.5) =	214.558

▶ Left Web

압축플랜지 고정점간 거리 ℓ = 2000.000 mm

압축플랜지 폭 b = 176.000 mm

복부판의 총단면적 A_w = 2700.000 mm²

압축플랜지 총단면적 A_c = 1056.000 mm²

$\frac{A_w}{A_c}$ = 2.557 > 2.000 , $\frac{l}{b}$ = 11.364 , $K = \sqrt{3+\frac{A_w}{2A_c}}$ = 2.068

구 분		SM275	
$\frac{A_w}{A_c}$ > 2.0	16 이하	9.3/K < ℓ/b ≤ 30.0	
		240 - 1.86×(K×ℓ/b - 9.3)	213.587

4) 허용 오일러 좌굴응력 [도기 P3-47, 식3.4.13~14]

f_{by} (MPa)	1200000/(l_y/r_y)²	1985.721
f_{bz} (MPa)	1200000/(l_y/r_z)²	374.414

5) 허용전단응력 (v_a) [도기 P3-18, 표3.3.5]

구 분	SM275	
Top Flange	16 이하	135.000
Bottom Flange	16 이하	135.000
Left Web	16 이하	135.000

6) 사유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력

▶ 압축응력을 받는 자유돌출판의 최소두께 [도기 P3-37]

Top Flange(L)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_c = 9.000 mm ..... OK

Top Flange(R)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_c = 9.000 mm ..... OK

Bottom Flange(L)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_c = 9.000 mm ..... OK

Bottom Flange(R)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_c = 9.000 mm ..... OK

▶ 자유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (f_{cal}) [도기 P3-38, 표3.4.4]

Top Flange(L) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Top Flange(R) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Bottom Flange(L) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Bottom Flange(R) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

7) 보강판판 및 양면지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력

▶ Left Web

판두께 t = 6.0 mm

판의 고정된 사이의 거리 b = 176.0 mm

응력구배계수 i = 0.65Φ² + 0.13Φ + 1.0 = 3.480

응력구배 Φ = (f_1 - f_2) / f_1 = 1.856

판의 양연에서의 응력 f_1 = -67.968 MPa, f_2 = 58.176 MPa

압축응력을 받는 양면지지판의 최소두께 [도기 P3-35, 표3.4.2]

t ≤ 40mm

t_{min} = b / 56i = 176 / 194.89 = 0.9 ≤ t = 6.0 mm ..... OK

양면지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (f_{cal}) [도기 P3-36, 표3.4.3]

구 분	SM275
16 이하	b/39.3i ≤ t
	240.000

8) 허용응력 요약

구 분	f_{cal}	f_{cag}	f_{bag}	f_{ba}	v_a
Top Flange	240.000	162.996	221.838	240.000	135.000
Bottom Flange	240.000	162.996	221.838	240.000	135.000
Left Web	240.000	162.996	221.838	240.000	135.000

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cac}

9) 축방향력 및 휨모멘트를 받는 부재의 허용응력 검토

▶ 축방향력에 의한 응력

f_c = P / A = -19.100 × 10^3 / 3.9010E+03 = -4.896 MPa

▶ 휨모멘트에 의한 응력

f_{by1} = M_y × z_1 / I_{yy} = 69.523 MPa f_{bz1} = M_z × y_1 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{by2} = M_y × z_2 / I_{yy} = 69.523 MPa f_{bz2} = M_z × y_2 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{by3} = M_y × z_3 / I_{yy} = -69.523 MPa f_{bz3} = M_z × y_3 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{by4} = M_y × z_4 / I_{yy} = -69.523 MPa f_{bz4} = M_z × y_4 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{b1} (y_1, z_1)	64.626	f_{b2} (y_2, z_2)	64.626
f_{b3} (y_3, z_3)	-74.419	f_{b4} (y_4, z_4)	-74.419

▶ Position 1 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{by}}\right)} + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{bz}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-4.896 + \frac{69.523}{\left(1 - \left|\frac{-4.896}{1985.721}\right|\right)} + \frac{0.000}{\left(1 - \left|\frac{-4.896}{374.414}\right|\right)}$$

= 64.798 MPa ≤ f_{ca} = 240.000 MPa ..... OK

▶ Position 2 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{by}}\right)} + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{bz}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-4.896 + \frac{69.523}{\left(1 - \left|\frac{-4.896}{1985.721}\right|\right)} + \frac{0.000}{\left(1 - \left|\frac{-4.896}{374.414}\right|\right)}$$

= 64.798 MPa ≤ f_{ca} = 240.000 MPa ..... OK

▶ Position 3 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{by}}\right)} + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{bz}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-4.896 + \frac{-69.523}{\left(1 - \left|\frac{-4.896}{1985.721}\right|\right)} + \frac{0.000}{\left(1 - \left|\frac{-4.896}{374.414}\right|\right)}$$

= -74.591 MPa ≤ f_{cal} = 240.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cac}} + \frac{f_{by}}{f_{bag}\left(1-\frac{f_c}{f_{by}}\right)} + \frac{f_{bz}}{f_{bza}\left(1-\frac{f_c}{f_{bz}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-4.896}{162.996} + \frac{-69.523}{118.254\left(1 - \left|\frac{-4.896}{1985.721}\right|\right)} + \frac{0.000}{240.000\left(1 - \left|\frac{-4.896}{374.414}\right|\right)}$$

= -0.616 ≤ 1.000 ..... OK

▶ Position 4 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{by}}\right)} + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{bz}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-4.896 + \frac{69.523}{\left(1 - \left|\frac{-4.896}{1985.721}\right|\right)} + \frac{0.000}{\left(1 - \left|\frac{-4.896}{374.414}\right|\right)}$$

= -74.591 MPa ≤ f_{cal} = 240.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cac}} + \frac{f_{by}}{f_{bag}\left(1-\frac{f_c}{f_{by}}\right)} + \frac{f_{bz}}{f_{bza}\left(1-\frac{f_c}{f_{bz}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-4.896}{98.396} + \frac{-69.523}{118.254\left(1 - \left|\frac{-4.896}{1985.721}\right|\right)} + \frac{0.000}{240.000\left(1 - \left|\frac{-4.896}{374.414}\right|\right)}$$

= -0.636 ≤ 1.000 ..... OK

▶ Position 1 (z-direction)

$$f_c + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{by}}\right)} + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{bz}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-4.896 + \frac{0.000}{\left(1 - \left|\frac{-4.896}{374.414}\right|\right)} + \frac{69.523}{\left(1 - \left|\frac{-4.896}{1985.721}\right|\right)}$$

= 64.798 MPa ≤ f_{ca} = 240.000 MPa ..... OK

▶ Position 2 (z-direction)

$$f_c + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-4.896 + \frac{0.000}{\left(1 - \left|\frac{-4.896}{374.414}\right|\right)} + \frac{69.523}{\left(1 - \left|\frac{-4.896}{1985.721}\right|\right)}$$

= 64.798 MPa ≤ f_{ca} = 240.000 MPa ..... OK

▶ Position 3 (z-direction)

$$f_c + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-4.896 + \frac{0.000}{\left(1 - \left|\frac{-4.896}{374.414}\right|\right)} + \frac{-69.523}{\left(1 - \left|\frac{-4.896}{1985.721}\right|\right)}$$

= -74.591 MPa ≤ f_{cal} = 240.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cm}} + \frac{f_{bz}}{f_{bbz}\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} + \frac{f_{by}}{f_{by}\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-4.896}{221.838} + \frac{0.000}{213.587\ \left(1 - \left|\frac{-4.896}{374.414}\right|\right)} + \frac{-69.523}{240.000\ \left(1 - \left|\frac{-4.896}{1985.721}\right|\right)}$$

= -0.312 ≤ 1.0 ..... OK

▶ Position 4 (z-direction)

$$f_c + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-4.896 + \frac{0.000}{\left(1 - \left|\frac{4.896}{374.414}\right|\right)} + \frac{-69.523}{\left(1 - \left|\frac{4.896}{1985.721}\right|\right)}$$

= -74.591 MPa ≤ f_{cal} = 240.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cm}} + \frac{f_{bz}}{f_{bbz}\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} + \frac{f_{by}}{f_{by}\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-4.896}{221.838} + \frac{0.000}{213.587\ \left(1 - \left|\frac{4.896}{249.610}\right|\right)} + \frac{-69.523}{240.000\ \left(1 - \left|\frac{4.896}{1323.814}\right|\right)}$$

= -0.313 ≤ 1.0 ..... OK

10) 전단응력에 대한 검토

u_z = F_z / A_w + M_x × t / K

= -13.935 × 10^3 / 1164.000 + 0.000 × 10^6 × 6.000E+00 / 8.5600E+04

= -11.972 MPa ≤ u_a = 135.000 MPa ..... OK

u_y = F_y / A_f + M_x × t / K

= 0.000 × 10^3 / 1800.000 + 0.000 × 10^6 × 9.000E+00 / 8.5600E+04

= 0.000 MPa ≤ u_a = 135.000 MPa ..... OK

6.2 지붕부 검토

1.1 단면 제원

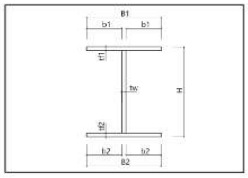
사용강종 : SM275

B_1 = 0.1500 m B_2 = 0.1500 m

b_1 = 0.0720 m b_2 = 0.0720 m

t_{f1} = 0.0090 m t_{f2} = 0.0090 m

t_w = 0.0060 m H = 0.1940 m



1.2 단면 계수

A (mm^2)	3.901000E+03	I_{yy} (mm^4)	2.690000E+07	I_{zz} (mm^4)	5.070000E+06
r_y (mm)	8.303531E+01	r_z (mm)	3.605620E+01	K (mm^4)	8.560000E+04

검토위치	y_1 (mm)	-75.0	z_1 (mm)	97.0	y_2 (mm)	75.0	z_2 (mm)	97.0
	y_3 (mm)	75.0	z_3 (mm)	-97.0	y_4 (mm)	-75.0	z_4 (mm)	-97.0

1.3 작용하중

구 분	F_x (kN)	F_y (kN)	F_z (kN)	M_x (kN-m)	M_y (kN-m)	M_z (kN-m)	비 고
Max	-9.720	0.000	2.330	0.000	6.800	0.000	
Min	-18.252	0.000	-7.204	0.000	-12.759	0.000	

1.4 응력검토

[1] Max

1) 허용휨인장응력 (f_{ta}) [도기 P3-10, 표3.3.1]

구 분	SM275	
Top Flange	16 이하	240.000
Bottom Flange	16 이하	240.000
Left Web	16 이하	240.000

2) 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향압축응력 (f_{cag}) [도기 P3-11, 표3.3.2]

▶ Y 축에 대한 유효좌굴길이

부재의 유효좌굴길이 ℓ_y = 12700.000 mm

부재 총단면의 단면회전반경 r_y = 83.035 mm

세장비 ℓ_y / r_y = 152.947

▶ Z 축에 대한 유효좌굴길이

부재의 유효좌굴길이 ℓ_z = 12700.000 mm

부재 총단면의 단면회전반경 r_z = 36.056 mm

세장비 ℓ_z / r_z = 352.228

▶ 세장비 검토

세장비 ℓ / r = 352.228

4) 허용 오일러 좌굴응력 [도기 P3-47, 식3.4.13~14]

f_{Ey} (MPa)	$1200000/(l_y/r_y)^2$	51.298
f_{Ez} (MPa)	$1200000/(l_z/r_z)^2$	9.672

5) 허용전단응력 (u_a) [도기 P3-18, 표3.3.5]

구 분	SM275	
Top Flange	16 이하	135.000
Bottom Flange	16 이하	135.000
Left Web	16 이하	135.000

6) 자유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력

▶ 압축응력을 받는 자유돌출판의 최소두께 [도기 P3-37]

Top Flange(L)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_f = 9.000 mm ..... OK

Top Flange(R)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_f = 9.000 mm ..... OK

Bottom Flange(L)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_f = 9.000 mm ..... OK

Bottom Flange(R)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_f = 9.000 mm ..... OK

▶ 자유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (f_{cal}) [도기 P3-38, 표3.4.4]

Top Flange(L) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Top Flange(R) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Bottom Flange(L) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Bottom Flange(R) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

7) 보강된판 및 양연지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력

▶ Left Web

판두께 t = 6.0 mm

판의 고정연 사이의 거리 b = 176.0 mm

응력구배계수 i = $0.65\Phi^2$ + 0.13Φ + 1.0 = 3.336

응력구배 Φ = (f_1 - f_2) / f_1 = 1.799

판의 양연에서의 응력 f_1 = -24.737 MPa, f_2 = 19.754 MPa

압축응력을 받는 양연지지판의 최소두께 [도기 P3-35, 표3.4.2]

t ≤ 40mm

t_{min} = b / 56i = 176 / 186.84 = 0.9 ≤ t = 6.0 mm ..... OK

양연지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (f_{ca}) [도기 P3-36, 표3.4.3]

구 분	SM275
16 이하	b/39.3i ≤ t
	240.000

8) 허용응력 요약

구 분	f_{cal}	f_{cac}	f_{cay}	f_{ta}	u_a
Top Flange	240.000	14.416	145.407	240.000	135.000
Bottom Flange	240.000	14.416	63.791	240.000	135.000
Left Web	240.000	14.416	63.791	240.000	135.000

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cac}

9) 축방향력 및 휨모멘트를 받는 부재의 허용응력 검토

▶ 축방향력에 의한 응력

f_c = P / A = -9.720 × 10^3 / 3.9010E+03 = -2.492 MPa

▶ 휨모멘트에 의한 응력

f_{by1} = M_y × z_1 / I_{yy} = -24.520 MPa f_{bz1} = M_z × y_1 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{by2} = M_y × z_2 / I_{yy} = -24.520 MPa f_{bz2} = M_z × y_2 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{by3} = M_y × z_3 / I_{yy} = 24.520 MPa f_{bz3} = M_z × y_3 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{by4} = M_y × z_4 / I_{yy} = 24.520 MPa f_{bz4} = M_z × y_4 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{11} (y_1, z_1)	-27.012	f_{12} (y_2, z_2)	-27.012
f_{13} (y_3, z_3)	22.029	f_{14} (y_4, z_4)	22.029

▶ Position 1 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-2.492 + \frac{-24.520}{\left(1 - \left|\frac{-2.492}{51.298}\right|\right)} + \frac{0.000}{\left(1 - \left|\frac{-2.492}{9.672}\right|\right)}$$

= -28.264 MPa ≤ f_{cal} = 240.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cm}} + \frac{f_{bz}}{f_{bbz}\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} + \frac{f_{by}}{f_{by}\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-2.492}{14.416} + \frac{24.520}{214.384\ \left(1 - \left|\frac{-2.492}{51.298}\right|\right)} + \frac{0.000}{240.000\ \left(1 - \left|\frac{-2.492}{9.672}\right|\right)}$$

= -0.282 ≤ 1.000 ..... OK

▶ Position 2 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{bz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-2.492 + \frac{-24.520}{\left(1 - \left|\frac{-2.492}{51.298}\right|\right)} + \frac{0.000}{\left(1 - \left|\frac{-2.492}{9.672}\right|\right)}$$

= -28.264 MPa ≤ f_{cal} = 210.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cr}} + \frac{f_{bx}}{f_{bxu}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{by}}{f_{byu}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-2.492}{13.765} + \frac{-24.520}{214.364\left(1 - \left|\frac{-2.492}{51.298}\right|\right)} + \frac{0.000}{240.000\left(1 - \left|\frac{-2.492}{9.672}\right|\right)}$$

= -0.290 ≤ 1.000 ..... OK

▶ Position 3 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{bx}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-2.492 + \frac{24.520}{\left(1 - \left|\frac{-2.492}{51.298}\right|\right)} + \frac{0.000}{\left(1 - \left|\frac{-2.492}{9.672}\right|\right)}$$

= 23.281 MPa ≤ f_{ba} = 240.000 MPa ..... OK

▶ Position 4 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{bx}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-2.492 + \frac{24.520}{\left(1 - \left|\frac{-2.492}{51.298}\right|\right)} + \frac{0.000}{\left(1 - \left|\frac{-2.492}{9.672}\right|\right)}$$

= 23.281 MPa ≤ f_{ba} = 240.000 MPa ..... OK

▶ Position 1 (z-direction)

$$f_c + \frac{f_{bx}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-2.492 + \frac{0.000}{\left(1 - \left|\frac{-2.492}{9.672}\right|\right)} + \frac{-24.520}{\left(1 - \left|\frac{-2.492}{51.298}\right|\right)}$$

= -28.264 MPa ≤ f_{cal} = 240.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cr}} + \frac{f_{bx}}{f_{bxu}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{by}}{f_{byu}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-2.492}{59.815} + \frac{0.000}{213.587\left(1 - \left|\frac{-2.492}{9.672}\right|\right)} + \frac{-24.520}{240.000\left(1 - \left|\frac{-2.492}{51.298}\right|\right)}$$

= -0.149 ≤ 1.0 ..... OK

▶ Position 2 (z-direction)

$$f_c + \frac{f_{bx}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-2.492 + \frac{0.000}{\left(1 - \left|\frac{-2.492}{9.672}\right|\right)} + \frac{-24.520}{\left(1 - \left|\frac{-2.492}{51.298}\right|\right)}$$

= -28.264 MPa ≤ f_{cal} = 210.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cr}} + \frac{f_{bx}}{f_{bxu}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{by}}{f_{byu}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-2.492}{59.815} + \frac{0.000}{183.579\left(1 - \left|\frac{-2.492}{9.672}\right|\right)} + \frac{-24.520}{240.000\left(1 - \left|\frac{-2.492}{51.298}\right|\right)}$$

= -0.149 ≤ 1.0 ..... OK

▶ Position 3 (z-direction)

$$f_c + \frac{f_{bx}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-2.492 + \frac{0.000}{\left(1 - \left|\frac{-2.492}{9.672}\right|\right)} + \frac{24.520}{\left(1 - \left|\frac{-2.492}{51.298}\right|\right)}$$

= 23.281 MPa ≤ f_{ba} = 240.000 MPa ..... OK

▶ Position 4 (z-direction)

$$f_c + \frac{f_{bx}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-2.492 + \frac{0.000}{\left(1 - \left|\frac{-2.492}{9.672}\right|\right)} + \frac{24.520}{\left(1 - \left|\frac{-2.492}{51.298}\right|\right)}$$

= 23.281 MPa ≤ f_{ba} = 210.000 MPa ..... OK

11) 전단응력에 대한 검토

υ_x = F_z / A_w + M_x × t / K

= 2.330 × 10^3 / 1164.000 + 0.000 × 10^6 × 6.000E+00 / 8.5600E+04

= 2.002 MPa ≤ υ_a = 135.000 MPa ..... OK

υ_y = F_y / A_f + M_y × t / K

= 0.000 × 10^3 / 1800.000 + 0.000 × 10^6 × 9.000E+00 / 8.5600E+04

= 0.000 MPa ≤ υ_a = 135.000 MPa ..... OK

여기서, t = 복부 두께 .

12) 압성응력에 대한 검토

$$\left(\frac{f_b}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon_x}{\upsilon_a}\right)^2 = \left(\frac{24.520}{240.000}\right)^2 + \left(\frac{2.002}{135.000}\right)^2 = 0.011 < 1.200 \text{ ..... OK}$$

[2] Min

1) 허용휨인장응력 (f_{b1}) [도기 P3-10, 표3.3.1]

구 분	SM275	
Top Flange	16 이하	240.000
Bottom Flange	16 이하	240.000
Left Web	16 이하	240.000

▶ Left Web

압축플랜지 고정점간 거리 l = 2000.000 mm

압축플랜지 폭 b = 176.000 mm

복부판의 총단면적 A_w = 2700.000 mm^2

압축플랜지 총단면적 A_c = 1056.000 mm^2

$\frac{A_w}{A_c}$ = 2.557 > 2.000 , $\frac{l}{b}$ = 11.364 , $K = \sqrt{3+\frac{A_w}{2A_c}}$ = 2.068

구 분		SM275
$\frac{A_w}{A_c}$ > 2.0	40 이하	9.3/K < l/b ≤ 30.0
		240 - 1.86×(K×l/b - 9.3) = 213.587

4) 허용 오일러 좌굴응력 [도기 P3-47, 식3.4.13~14]

f_{b1} (MPa)	1200000/(l_y/r_y)^2	51.298
f_{b2} (MPa)	1200000/(l_y/r_y)^2	9.672

5) 허용전단응력 (υ_a) [도기 P3-18, 표3.3.5]

구 분	SM275	
Top Flange	16 이하	135.000
Bottom Flange	16 이하	135.000
Left Web	16 이하	135.000

6) 자유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력

▶ 압축응력을 받는 자유돌출판의 최소두께 [도기 P3-37]

Top Flange(L)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_t = 9.000 mm ..... OK

Top Flange(R)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_t = 9.000 mm ..... OK

Bottom Flange(L)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm < t_t = 9.000 mm ..... OK

Bottom Flange(R)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_t = 9.000 mm ..... OK

▶ 자유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (f_{cal}) [도기 P3-38, 표3.4.4]

Top Flange(L) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Top Flange(R) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Bottom Flange(L) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Bottom Flange(R) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

7) 보강판판 및 양연지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력

▶ Left Web

판두께 t = 6.0 mm

판의 고정단 사이의 거리 b = 176.0 mm

응력구배계수 i = 0.65α^2 + 0.13Φ + 1.0 = 3.336

응력구배 Φ = (f_1 - f_2) / f_1 = 1.798

판의 양연에서의 응력 f_1 = -46.417 MPa, f_2 = 37.059 MPa

압축응력을 받는 양연지지판의 최소두께 [도기 P3-35, 표3.4.2]

t ≤ 40mm

t_{min} = b / 56i = 176 / 186.82 = 0.9 ≤ t = 6.0 mm ..... OK

양연지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (f_{cal}) [도기 P3-36, 표3.4.3]

구 분	SM275
16 이하	b/39.3i ≤ t
	240.000

8) 허용응력 요약

구 분	f_{cal}	f_{cac}	f_{cra}	f_{ba}	υ_a
Top Flange	240.000	256.848	145.407	240.000	135.000
Bottom Flange	240.000	14.416	63.791	240.000	135.000
Left Web	240.000	14.416	63.791	240.000	135.000

f_{cr} = f_{cra} · f_{cac} / f_{cac}

10) 축방향력 및 휨모멘트를 받는 부재의 허용응력 검토

▶ 축방향력에 의한 응력

f_c = P / A = -18.252 × 10^3 / 3.9010E+03 = -4.679 MPa

▶ 휨모멘트에 의한 응력

f_{by1} = M_y × z_1 / I_{yy} = 46.007 MPa f_{bz1} = M_z × y_1 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{by2} = M_y × z_2 / I_{yy} = 46.007 MPa f_{bz2} = M_z × y_2 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{by3} = M_y × z_3 / I_{yy} = -46.007 MPa f_{bz3} = M_z × y_3 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{by4} = M_y × z_4 / I_{yy} = -46.007 MPa f_{bz4} = M_z × y_4 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{11} (y_1, z_1)	41.328	f_{22} (y_2, z_2)	41.328
f_{33} (y_3, z_3)	-50.685	f_{44} (y_4, z_4)	-50.685

▶ Position 1 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{bx}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{by}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ey}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-4.679 + \frac{46.007}{\left(1 - \left|\frac{-4.679}{51.298}\right|\right)} + \frac{0.000}{\left(1 - \left|\frac{-4.679}{9.672}\right|\right)}$$

= 45.945 MPa ≤ f_{ca} = 240.000 MPa ..... OK

▶ Position 2 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{bcy}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} + \frac{f_{bcz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-4.679 + \frac{46.007}{\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{51.298}\right|\right\}} + \frac{0.000}{\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{9.672}\right|\right\}}$$

= 45.945 MPa ≤ f_{ca} = 240.000 MPa ..... OK

▶ Position 3 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{bcy}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} + \frac{f_{bcz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-4.679 + \frac{46.007}{\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{51.298}\right|\right\}} + \frac{0.000}{\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{9.672}\right|\right\}}$$

= -55.303 MPa ≤ f_{cal} = 210.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cay}} + \frac{f_{bcy}}{f_{bcay}\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} + \frac{f_{bcz}}{f_{bcaz}\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-4.679}{256.848} + \frac{-46.007}{214.558\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{51.298}\right|\right\}} + \frac{0.000}{240.000\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{9.672}\right|\right\}}$$

= -0.213 ≤ 1.000 ..... OK

▶ Position 4 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{bcy}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} + \frac{f_{bcz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-4.679 + \frac{-46.007}{\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{51.298}\right|\right\}} + \frac{0.000}{\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{9.672}\right|\right\}}$$

= -55.303 MPa ≤ f_{cal} = 240.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cay}} + \frac{f_{bcy}}{f_{bcay}\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} + \frac{f_{bcz}}{f_{bcaz}\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-4.679}{256.848} + \frac{-46.007}{214.558\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{51.298}\right|\right\}} + \frac{0.000}{240.000\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{9.672}\right|\right\}}$$

= -0.213 ≤ 1.000 ..... OK

▶ Position 1 (z-direction)

$$f_c + \frac{f_{bcy}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} + \frac{f_{bcz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-4.679 + \frac{0.000}{\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{9.672}\right|\right\}} + \frac{46.007}{\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{51.298}\right|\right\}}$$

= 45.945 MPa ≤ f_{ca} = 240.000 MPa ..... OK

▶ Position 2 (z-direction)

$$f_c + \frac{f_{bcy}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} + \frac{f_{bcz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-4.679 + \frac{0.000}{\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{9.672}\right|\right\}} + \frac{46.007}{\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{51.298}\right|\right\}}$$

= 45.945 MPa ≤ f_{ca} = 240.000 MPa ..... OK

▶ Position 3 (z-direction)

$$f_c + \frac{f_{bcy}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} + \frac{f_{bcz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-4.679 + \frac{0.000}{\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{9.672}\right|\right\}} + \frac{-46.007}{\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{51.298}\right|\right\}}$$

= -55.303 MPa ≤ f_{cal} = 240.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cay}} + \frac{f_{bcy}}{f_{bcay}\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} + \frac{f_{bcz}}{f_{bcaz}\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-4.679}{145.407} + \frac{0.000}{213.587\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{9.672}\right|\right\}} + \frac{-46.007}{240.000\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{51.298}\right|\right\}}$$

= -0.243 ≤ 1.0 ..... OK

▶ Position 4 (z-direction)

$$f_c + \frac{f_{bcy}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} + \frac{f_{bcz}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-4.679 + \frac{0.000}{\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{9.672}\right|\right\}} + \frac{-46.007}{\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{51.298}\right|\right\}}$$

= -55.303 MPa ≤ f_{cal} = 240.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cay}} + \frac{f_{bcy}}{f_{bcay}\left(1-\frac{f_c}{f_{ey}}\right)} + \frac{f_{bcz}}{f_{bcaz}\left(1-\frac{f_c}{f_{ez}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-4.679}{145.407} + \frac{0.000}{213.587\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{9.672}\right|\right\}} + \frac{-46.007}{240.000\left\{1 - \left|\frac{-4.679}{51.298}\right|\right\}}$$

= -0.243 < 1.0 ..... OK

11) 전단응력에 대한 검토

u_x = F_x / A_w + M_x × t / K

= -7.204 × 10^3 / 1164.000 + 0.000 × 10^6 × 6.000E+00 / 8.5600E+04

= -6.189 MPa ≤ u_a = 135.000 MPa ..... OK

u_y = F_y / A_f + M_x × t / K

= 0.000 × 10^3 / 1800.000 + 0.000 × 10^6 × 9.000E+00 / 8.5600E+04

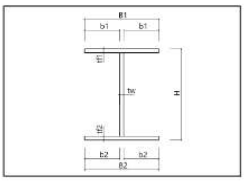
= 0.000 MPa ≤ u_a = 135.000 MPa ..... OK

6.3 브라켓 검토

1.1 단면 제원

사용강종 : SM275

B_1	=	0.1500	m	B_2	=	0.1500	m
b_1	=	0.0720	m	b_2	=	0.0720	m
t_{f1}	=	0.0090	m	t_{f2}	=	0.0090	m
t_w	=	0.0060	m	H	=	0.1940	m



1.2 단면 계수

A (mm^2)	3.901000E+03	I_{yy} (mm^4)	2.690000E+07	I_{zz} (mm^4)	5.070000E+06
r_y (mm)	8.303531E+01	r_z (mm)	3.605620E+01	K (mm^4)	8.560000E+04

검토위치							
	y_1 (mm)	-75.0	z_1 (mm)	97.0	y_2 (mm)	75.0	z_2 (mm)	97.0
	y_3 (mm)	75.0	z_3 (mm)	-97.0	y_4 (mm)	-75.0	z_4 (mm)	-97.0

1.3 작용하중

구 분	F_x (kN)	F_y (kN)	F_z (kN)	M_x (kN-m)	M_y (kN-m)	M_z (kN-m)	비 고
Max	5.140	0.000	1.460	0.000	0.320	0.000	
Min	-35.180	0.000	-1.820	0.000	-5.000	0.000	

1.4 응력검토

[1] Max

1) 허용휨인장응력 (f_{ta}) [도기 P3-10, 표3.3.1]

구 분	SM275	
Top Flange	16 이하	240.000
Bottom Flange	16 이하	240.000
Left Web	16 이하	240.000

2) 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향압축응력 (f_{cal}) [도기 P3-11, 표3.3.2]

▶ Y 축에 대한 유효좌굴길이

부재의 유효좌굴길이 ℓ_y = 1500.000 mm

부재 종단면의 단면회전반경 r_y = 83.035 mm

세장비 ℓ_y / r_y = 18.065

▶ Z 축에 대한 유효좌굴길이

부재의 유효좌굴길이 ℓ_z = 1500.000 mm

부재 종단면의 단면회전반경 r_z = 36.056 mm

세장비 ℓ_z / r_z = 41.602

▶ 세장비 검토

세장비 ℓ / r = 41.602

4) 허용 오일러 좌굴응력 [도기 P3.47, 식3.4.13~14]

f_{ey} (MPa)	1200000/(ℓ_y/r_y)^2	3677.260
f_{ez} (MPa)	1200000/(ℓ_y/r_z)^2	693.360

5) 허용전단응력 (u_a) [도기 P3-18, 표3.3.5]

구 분	SM275	
Top Flange	16 이하	135.000
Bottom Flange	16 이하	135.000
Left Web	16 이하	135.000

6) 자유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력

▶ 압축응력을 받는 자유돌출판의 최소두께 [도기 P3-37]

Top Flange(L)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_f = 9.000 mm ..... OK

Top Flange(R)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_f = 9.000 mm ..... OK

Bottom Flange(L)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_f = 9.000 mm ..... OK

Bottom Flange(R)

t_{min} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 mm ≤ t_f = 9.000 mm ..... OK

▶ 자유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (f_{cal}) [도기 P3-38, 표3.4.4]

Top Flange(L) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Top Flange(R) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Bottom Flange(L) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Bottom Flange(R) t = 9.000 mm

t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

7) 보강된판 및 양면지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력

▶ Left Web

판두께 t = 6.0 mm

판의 고정연 사이의 거리 b = 176.0 mm

응력구배계수 i = 0.65Φ^2 + 0.13Φ + 1.0 = 1.625

응력구배 Φ = (f_1 - f_2) / f_1 = 0.885

판의 양연에서의 응력 f_1 = -2.364 MPa, f_2 = -0.271 MPa

압축응력을 받는 양연지지판의 최소두께 [도기 P3-35, 표3.4.2]

t ≤ 40mm

t_{min} = b / 56i = 176 / 90.987 = 1.9 ≤ t = 6.0 mm ..... OK

양연지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (f_{cal}) [도기 P3-36, 표3.4.3]

구 분	SM275
16 이하	b/39.3i ≤ t
	240.000

8) 허용응력 요약

구 분	f_{cal}	f_{cax}	f_{cay}	f_{ta}	u_a
Top Flange	240.000	204.597	240.000	240.000	135.000
Bottom Flange	240.000	204.597	240.000	240.000	135.000
Left Web	240.000	204.597	240.000	240.000	135.000

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

9) 축방향력 및 휨모멘트를 받는 부재의 허용응력 검토

▶ 축방향력에 의한 응력

f_c = P / A = -5.140 × 10^3 / 3.9010E+03 = -1.318 MPa

▶ 휨모멘트에 의한 응력

f_{by1} = M_y × z_1 / I_{yy} = -1.154 MPa f_{cx1} = M_z × y_1 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{by2} = M_y × z_2 / I_{yy} = -1.154 MPa f_{cx2} = M_z × y_2 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{by3} = M_y × z_3 / I_{yy} = 1.154 MPa f_{cx3} = M_z × y_3 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{by4} = M_y × z_4 / I_{yy} = 1.154 MPa f_{cx4} = M_z × y_4 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{11} (y_1, z_1)	-2.472	f_{22} (y_2, z_2)	-2.472
f_{33} (y_3, z_3)	-0.164	f_{44} (y_4, z_4)	-0.164

▶ Position 1 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{bx1}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{bz1}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-1.318 + \frac{-1.154}{\left(1-\left|\frac{-1.318}{3677.260}\right|\right)} + \frac{0.000}{\left(1-\left|\frac{-1.318}{693.360}\right|\right)}$$

= -2.472 MPa ≤ f_{cal} = 240.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cao}} + \frac{f_{bx1}}{f_{bax}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{bz1}}{f_{baz}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-1.318}{204.597} + \frac{-1.154}{214.558\left(1-\left|\frac{-1.318}{3677.260}\right|\right)} + \frac{0.000}{240.000\left(1-\left|\frac{-1.318}{693.360}\right|\right)}$$

= -0.012 ≤ 1.000 ..... OK

▶ Position 2 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{bx2}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{bz2}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-1.318 + \frac{-1.154}{\left(1-\left|\frac{-1.318}{3677.260}\right|\right)} + \frac{0.000}{\left(1-\left|\frac{-1.318}{693.360}\right|\right)}$$

= -2.472 MPa ≤ f_{cal} = 240.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cao}} + \frac{f_{bx2}}{f_{bax}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{bz2}}{f_{baz}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-1.318}{204.597} + \frac{-1.154}{214.558\left(1-\left|\frac{-1.318}{3677.260}\right|\right)} + \frac{0.000}{240.000\left(1-\left|\frac{-1.318}{693.360}\right|\right)}$$

= -0.012 ≤ 1.000 ..... OK

▶ Position 3 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{bx3}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{bz3}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-1.318 + \frac{1.154}{\left(1-\left|\frac{-1.318}{3677.260}\right|\right)} + \frac{0.000}{\left(1-\left|\frac{-1.318}{693.360}\right|\right)}$$

= -0.163 MPa ≤ f_{cal} = 240.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cao}} + \frac{f_{bx3}}{f_{bax}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{bz3}}{f_{baz}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-1.318}{204.597} + \frac{1.154}{214.558\left(1-\left|\frac{-1.318}{3677.260}\right|\right)} + \frac{0.000}{240.000\left(1-\left|\frac{-1.318}{693.360}\right|\right)}$$

= -0.001 ≤ 1.000 ..... OK

▶ Position 4 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{bx4}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{bz4}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-1.318 + \frac{1.154}{\left(1-\left|\frac{-1.318}{3677.260}\right|\right)} + \frac{0.000}{\left(1-\left|\frac{-1.318}{693.360}\right|\right)}$$

= -0.163 MPa < f_{cal} = 240.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cao}} + \frac{f_{bx4}}{f_{bax}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{bz4}}{f_{baz}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-1.318}{204.597} + \frac{1.154}{214.558\left(1-\left|\frac{-1.318}{3677.260}\right|\right)} + \frac{0.000}{240.000\left(1-\left|\frac{-1.318}{693.360}\right|\right)}$$

= -0.001 ≤ 1.000 ..... OK

▶ Position 1 (z-direction)

$$f_c + \frac{f_{bx1}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{bz1}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-1.318 + \frac{0.000}{\left(1-\left|\frac{-1.318}{693.360}\right|\right)} + \frac{-1.154}{\left(1-\left|\frac{-1.318}{3677.260}\right|\right)}$$

$$\frac{f_c}{f_{cao}} + \frac{f_{bx1}}{f_{bax}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{bz1}}{f_{baz}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le 1.0$$

$$\frac{-1.318}{240.000} + \frac{0.000}{213.587\left(1-\left|\frac{-1.318}{693.360}\right|\right)} + \frac{1.154}{240.000\left(1-\left|\frac{-1.318}{3677.260}\right|\right)}$$

= -0.001 ≤ 1.0 ..... OK

11) 전단응력에 대한 검토

u_x = F_z / A_w + M_x × t / K

= 1.460 × 10^3 / 1164.000 + 0.000 × 10^6 × 6.000E+00 / 8.5600E+04

= 1.254 MPa ≤ u_a = 135.000 MPa ..... OK

u_y = F_y / A_f + M_x × t / K

= 0.000 × 10^3 / 1800.000 + 0.000 × 10^6 × 9.000E+00 / 8.5600E+04

= 0.000 MPa ≤ u_a = 135.000 MPa ..... OK

여기서, t = 복부 두께 .

12) 합성응력에 대한 검토

$$\left(\frac{f_a}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{u_x}{v_x}\right)^2 = \left(\frac{1.154}{240.000}\right)^2 + \left(\frac{1.254}{135.000}\right)^2 = 0.0001 < 1.200$$ ..... OK

[2] Min

1) 허용휨인장응력 (f_{ta}) [도기 P3-10, 표3.3.1]

구 분	SM275	
Top Flange	16 이하	240.000
Bottom Flange	16 이하	240.000
Left Web	16 이하	240.000

2) 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향압축응력 (f_{cao}) [도기 P3-11, 표3.3.2]

▶ Y 축에 대한 유효좌굴길이

부재의 유효좌굴길이 ℓ_y = 1500.000 mm

부재 종단면의 단면회전반경 r_y = 83.035 mm

세장비 ℓ_y / r_y = 18.065

▶ Z 축에 대한 유효좌굴길이

부재의 유효좌굴길이 ℓ_z = 1500.000 mm

부재 종단면의 단면회전반경 r_z = 36.056 mm

세장비 ℓ_z / r_z = 41.602

▶ 세장비 검토

세장비 ℓ / r = 41.602

구 분		SM275	
Top Flange	16 이하	20 < ℓ/r ≤ 93.0	
		Fcagz = 240 - 1.5×(ℓ/r - 18) =	162.996
Bottom Flange	16 이하	20 < ℓ/r ≤ 93.0	
		Fcagz = 240 - 1.5×(ℓ/r - 18) =	162.996
Left Web	16 이하	20 < ℓ/r ≤ 93.0	
		Fcagz = 240 - 1.5×(ℓ/r - 18) =	162.996
Top Flange	16 이하	ℓ/r ≤ 18.6	
		Fcagy =	240.000

8) 허용응력 요약

구 분	f_{cal}	f_{cax}	f_{cay}	f_{ta}	u_a
Top Flange	240.000	162.996	240.000	240.000	135.000
Bottom Flange	240.000	162.996	240.000	240.000	135.000
Left Web	240.000	162.996	240.000	240.000	135.000

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

10) 축방향력 및 휨모멘트를 받는 부재의 허용응력 검토

▶ 축방향력에 의한 응력

f_c = P / A = -35.180 × 10^3 / 3.9010E+03 = -9.018 MPa

▶ 휨모멘트에 의한 응력

f_{by1} = M_y × z_1 / I_{yy} = 18.030 MPa f_{cx1} = M_z × y_1 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{by2} = M_y × z_2 / I_{yy} = 18.030 MPa f_{cx2} = M_z × y_2 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{by3} = M_y × z_3 / I_{yy} = -18.030 MPa f_{cx3} = M_z × y_3 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{by4} = M_y × z_4 / I_{yy} = -18.030 MPa f_{cx4} = M_z × y_4 / I_{zz} = 0.000 MPa

f_{11} (y_1, z_1)	9.012	f_{22} (y_2, z_2)	9.012
f_{33} (y_3, z_3)	-27.048	f_{44} (y_4, z_4)	-27.048

▶ Position 1 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{bx1}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{bz1}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-9.018 + \frac{18.030}{\left(1-\left|\frac{-9.018}{3677.260}\right|\right)} + \frac{0.000}{\left(1-\left|\frac{-9.018}{693.360}\right|\right)}$$

= 9.056 MPa ≤ f_{ta} = 240.000 MPa ..... OK

▶ Position 2 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{bx2}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{bz2}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-9.018 + \frac{18.030}{\left(1-\left|\frac{-9.018}{3677.260}\right|\right)} + \frac{0.000}{\left(1-\left|\frac{-9.018}{693.360}\right|\right)}$$

= 9.056 MPa ≤ f_{ta} = 240.000 MPa ..... OK

▶ Position 3 (y-direction)

$$f_c + \frac{f_{bx3}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{bz3}}{\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le f_{cal}$$

$$-9.018 + \frac{-18.030}{\left(1-\left|\frac{-9.018}{3677.260}\right|\right)} + \frac{0.000}{\left(1-\left|\frac{-9.018}{693.360}\right|\right)}$$

= -27.092 MPa ≤ f_{cal} = 240.000 MPa ..... OK

$$\frac{f_c}{f_{cao}} + \frac{f_{bx3}}{f_{bax}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ex}}\right)} + \frac{f_{bz3}}{f_{baz}\left(1-\frac{f_c}{f_{Ez}}\right)} \le 1.0$$

7. 이음부 검토

7.1 지붕거더부 볼트 이음 검토

1) 부재 재원

- 연결부재 : H형강 194x150x6x9 (SM275)

fa = 240.0 Mpa τ_a = 130.0 Mpa

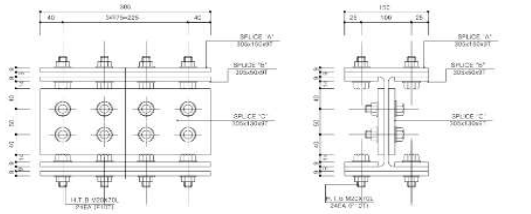
- 이음부재 : PLATE (SM275)

fa = 240.0 Mpa

- 연결볼트 : F10T M20 고장력볼트

허용전단력(2면마찰) : 78 kN (도로교 설계기준 3.3.2.3절 참조)

2) Flange 연결



- Bolt 소요 개수 산정

작용응력과 모재강도 75%중 큰 값으로 설계

Flange 단면적 Af = Bxt = 1,350 mm^2

작용응력 ft(작용) = (M x y) / I = 29.7 MPa (발생 모멘트=8.23kN · m, 발생전단력=6.37kN)

모재강도 75% ft(모재) = 180.0 MPa

계산작용력보단 모재강도75%가 크므로 ft = 180.0 MPa

Flange 단면인장력 Tf = ft x Af = 180 x Af = 243 kN

$$Fsa > \frac{Tf}{n} \qquad n > \frac{Tf}{Fsa} = \mathbf{3.115}$$

따라서 n=4ea 사용 (연단거리 40mm , 중심간격 75mm)

- SPLICE PLATE

외부 PLATE - PL 305x150x9 내부 PLATE - 2 PL 305x50x9 사용

압축응력 검토

외부 PL Af = 150x9 = 1,350 mm^2

내부 PL Af = 50x9x2ea = 900 mm^2

따라서 PL ΣA = 2,250 mm^2

$$fc = \frac{Tf}{\Sigma A} = 108.0 \text{ Mpa} < 240.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K}$$

인장응력 검토

외부 PL 순단면적 = 1350 - (25x9x2ea) = 900.0 mm^2

내부 PL 순단면적 = 900 - (25x9x2ea) = 450.0 mm^2

따라서 PL ΣA = 1,350.0 mm^2

$$ft = \frac{Tf}{\Sigma A} = 180.0 \text{ Mpa} < 240.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K}$$

- BOLT 작용력 검토

연직력에 대한 검토

$$Pp = \frac{Tf}{n} = \frac{243.0}{4} = 60.75 \text{ KN} < 78 \text{ KN} \longrightarrow \text{O.K}$$

웨전단력에 대한 검토

$$Ph = \frac{VxQ}{I} \times \frac{P}{n} = \frac{538,902}{281,500,000.00} \times \frac{75.00}{2}$$

= 0.07 KN

여기서, V = 전단력 (KN)

Q = 중립축에 대한 접합선 외측의 단면1차모멘트 (mm^3)

I = 중립축에 대한 총단면의 단면 2차모멘트 (mm^4)

p = 접합선 방향의 볼트의 평균 핏치 = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 (mm)

n = 접합선 직각의 볼트의 개수 (ea)

합성력 검토

$$P=\sqrt{Pp^2 + Ph^2} = \sqrt{60.75^2 + 0.07^2} = 60.75 < 78 \text{ KN} \longrightarrow \text{O.K}$$

- 모재의 응력 검토

As = 194 x 9 = 1746 mm^2

Asn = (194 - 23 x 2) x 9

= 1332.0 mm^2

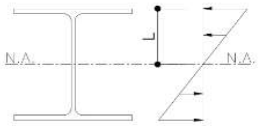
ft = 1746 x 180.0 / 1332.0

= 236 Mpa < 240 Mpa ⟶ O.K

3) Web 연결

- BOLT

각 위치에 작용하는 응력 산정.



L	t(Web두께)	비 고
75	6	

f1= M x y / I = 29.7 Mpa

f2= 180.0 Mpa

볼트 작용력

$$f = \underbrace{180.0}_{f1,f2중\ 큰값} \{ 194 / 2 - 68 \} / 75$$

= 69.60 Mpa

볼트 개당 작용력

Pn = 69.60 x 75 x 9mm / 2

= 23.5 kN < 78.0 kN O.K

전단력에 의해 볼트에 작용하는 작용력

Vn = V / 4 = 1.59 kN/ea < 78.0 kN O.K

볼트 1개에 작용하는 총 작용력 P는

$$P = \sqrt{Pn^2 + Vn^2} = 23.54 \text{ kN} < 78.0 \text{ kN} \quad \text{O.K}$$

- SPLICE PLATE

t = 9mm 적용시

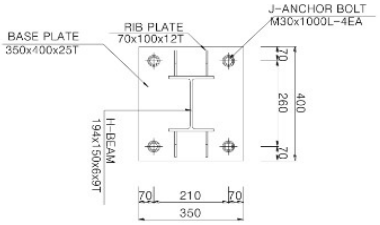
Isw = 3,295.500 I = 26,900.000

Msw= Ms x Isw / I = 8.23 x 3295500 / 26900000 = 2.0 KN·m

f= Msw x y / Isw = 2 x 0.065 / 3295500 = 39 Mpa < 240.0 Mpa O.K

8. 지주 검토

8.1 지주 검토 (측벽부)



측벽부 H - 194 X 150 X 6 X 9 사용

8.1.1 기본설계조건

·방음터널 설치 지역 :	**내륙(남양주)**		
·기본풍속	30.0	kN/m	(도로교설계기준 2.1.11 풍하중)
·방음터널 설치높이(H'):	2.5	m	
·방음터널 설치간격(B'):	2.0	m	
·방음터널 기초 설계감도(fck) :	27.0	MPa	
·허용응력증가계수 :	1.0		(도로교설계기준 2.2.2.2 풍하중만 고려할 경우 증가계수)
·지주 ,BASE 허용휨응력(fa) :	160.0	MPa	(도로교설계기준 3.3.2.1 구조용 강재의 허용응력)
·POST,BASE 허용전단응력(τa) :	90.0	MPa	(도로교설계기준 3.3.2.1 구조용 강재의 허용응력)
·앵커볼트 허용전단응력(τsa) :	60.0	MPa	(도로교설계기준 3.3.2.3 이음용 강재의 허용응력)
·앵커볼트 허용인장응력(τba) :	160.0	MPa	(도로교설계기준 3.3.2.1 구조용 강재의 허용응력)
·공장용접 허용휨응력(fwa) :	160.0	MPa	(도로교설계기준 3.3.2.3 용접부 허용응력)
·공장용접 허용전단응력(τwa) :	90.0	MPa	(도로교설계기준 3.3.2.3 용접부 허용응력)
·Con'c 허용휨압축응력(fca) :	10.8	MPa	(도로교설계기준 2.2.2.4 콘크리트에서의 허용응력)
·Con'c 부착강도(fck) :	0.7	MPa	(일본도로설계요령 5.2.2 콘크리트의 허용부착응력도)
·Steel 탄성계수(Es) :	210000.0	MPa	
·Con'c 탄성계수(Ec) :	24847.3	MPa	

·n = Es / Ec = 8

→ $Ab \geq \frac{T}{2\tau ba} = \frac{89.5}{2x160/10} = 2.7982$ ㎠

→ $D \geq \frac{\sqrt{2.798x4}}{\sqrt{\pi}} = 1.888$ ㎝ < 가정 D = 30 mm ---------- O.K

4) 앵커볼트 매입길이 설계

앵커볼트와 콘크리트와의 허용부착강도로 부터

$L \geq \frac{T}{2\pi Dfca} = \frac{90x100}{2xπx30x0.7} = 67.897$ ㎝

HOOK를 설치한 앵커의 경우 (일본 가설구조물의 해설 中 앵커볼트 매입길이 검토)

$Lh \geq \frac{2}{3} L = \frac{2x67.9}{3} = 45.3$ ㎝ → 매입길이는 여유치 적용하여 490 mm

BASE두께 25mm 너트와셔 30mm 노출높이 15mm 를 고려한 M30 x **560** 이상의 L 사용

5) BASE PLATE SIZE 검토

콘크리트 허용휨압축응력에 대하여

$fc = \frac{2T}{yB} = \frac{2x89.5}{11.7xB} \leq fca = 10.8$ MPa

→ $B \geq \frac{2T}{yfca} = \frac{2x89.5x10}{11.7x11} = 14.144$ ㎝ < 가정 B = 350 mm -------- O.K

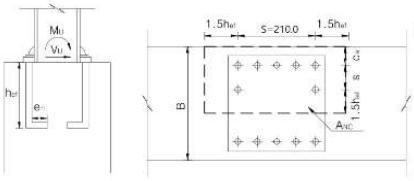
6) 콘크리트 파괴강도(ΦNcbg)

* 발생 단면력(강도 설계법) - 하중증가계수 1.3 적용

M = **33.9** kN.m

V = **25.2** kN

$T = \frac{M}{j} = \frac{33.9x100}{29.09} = 116.4$ KN



방음벽 기초 폭원

B = 450 mm

Ca_1 = 95 mm

Ca_2 = 95 mm

S = 0 mm

- 설계 인장강도

콘크리트 파괴강도	ΦNcbg	373.01	
앵커뽑힘강도	ΦNpn	367.42	
콘크리트 측면 파열강도	ΦNsb	-	

ΦNn ≥ Nua , 367.42 KN ≥ 116.42 KN (전체인장력) --------- O.K

- 설계 전단강도

콘크리트 전단 파괴강도	ΦVcb	21.79	
콘크리트 프라이아웃강도	ΦVcp	362.63	

ΦVn ≥ Vua , 21.79 KN ≥ 25.21 / 4 = 6.30 KN (전체수평력/앵커개수) --------- O.K

- 인장과 전단이 동시에 작용하는 경우

Nua = 116.42 KN

0.2ΦNn = 0.20 x 367.42 = 73.48 < Nua = 116.42

Vua = 6.30 KN

0.2ΦVn = 0.20 x 21.79 = 4.36 < Vua = 6.30

Nua > 0.2ΦNn 이고 Vua > 0.2ΦVn 인 경우, 다음식을 적용하여 검토해야 한다.

$\frac{Nua}{\Phi Nn} + \frac{Vua}{\Phi Vn} \leq 1.2$

$\left(\frac{116.42}{367.42} + \frac{6.30}{21.79} \right) = 0.606 \leq 1.2$ --------- O.K

8.1.3. POST - BASE 용접부 및 BASE PLATE 두께 설계

1) 발생 단면력

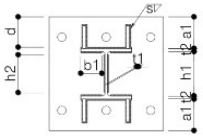
M = 26.05 kN.m

V = 19.39 kN

2) 용접부 설계

용접각장 가정 S = 10mm (도로교 설계기준 3.5.2.4 최소모재두께 8mm이상시 6mm이상으로 함)

용접부 목두께 a = S x sin45°= 7.07 mm



- 용접부 부재별 치수(mm) -

BASE h =	400	BASE b =	350
POST H =	194	POST B =	150
POST t1=	6	POST t2=	9
용접부 h1=	176	용접부 h2=	156
Rib a1 =	103	Rib d =	60
POST r =	13	용접부 b1=	59
Rib 길이 s =	**70**	Rib개수(n)	**4** EA
중립축 길이 y =	167		

단면2차모멘트

$$I_x = 2\times\left[\frac{a\times h_1^3}{12}\right] + 2\times B\times a\times\left[\frac{H}{2}+\left(\frac{a}{2}\right)\right]^2 + 4\times a\times\left(\frac{B}{2}-r-\frac{t_1}{2}\right)\times\left[\frac{h_1}{2}+\left(\frac{a}{2}\right)\right]^2 + 2n\times\left[\frac{a\times d^3}{12}\right] + 2n\times a\times d\times\left[\frac{H}{2}+r2+\left(\frac{d}{2}\right)\right]^2$$

$= 2x\frac{7.07x156^3}{12} + 2x150x7.07x(194/2+7.07/2)^2 + 4x7.07x(150/2-13-6/2)$

$x (176/2-7.07/2)^2 + 8x\frac{7.07x60^3}{12} + 8x7.07x60x(194/2+9+60/2)^2$

= 101,616,297 mm⁴ = 10,162 cm⁴

$Zx = \frac{Ix}{y} = 608$ ㎤

전단에 대한 단면적

Aw = 2(h2xa)+4(b1xa)+2(Bxa)+4x(dxa) = 7,693 ㎟ = 76.9332 ㎠

휨응력 검토

$fwb = \frac{M}{Zx} = \frac{26x100}{608} = 42.8$ MPa < fwa = 160.0 MPa --------- O.K

전단응력 검토

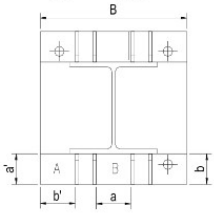
$\tau ws = \frac{V}{Aw} = \frac{19}{76.93} = 2.52$ MPa < τwa = 90.0 MPa --------- O.K

휨과 전단의 합성응력에 대한 검토 (도로교 설계기준 3.5.2.8 용접이음부의 합성응력 검토)

$(fwb/fwa)^2+(\tau ws/\tau wa)^2 = 0.07 < 1.0$ ---------- O.K

3) BASE PLATE 두께 설계

$fc = \frac{2T}{y \times B} = \frac{2x90x10}{11.7x35} = 4.4$ MPa



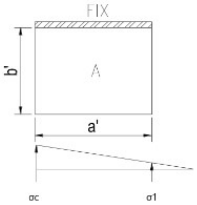
BASE PLATE 폭 B = 350 mm

Rib간 최대간격 a = 100 mm

H-Flange - BASE끝단거리 a'= b = 103 mm

Rib - BASE끝단거리 b' = 113 mm

A 영역에서의 모멘트(1변지지) (Theory of Plates and Shells, TIMOSHENKO)



콘크리트 압축면 거리 y'= 11.723 cm

fc = 4.4 MPa

f1 =4.4x(11.7-10)/10= 0.6 MPa

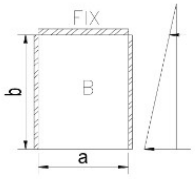
fq =(4+0.6)/2 = 2.5 MPa

b'/a' = 1.0971 → α= 0.0914

Mmax = α x fq x b'²

=0.091x2x0.113²= 2,898.2 N·m (단위폭 1m당)

B 영역에서의 모멘트(3변지지) (Theory of Plates and Shells, TIMOSHENKO)



fc = 4.4 MPa

f1 =4x(11.7-10.0)/10.0= 0.6 MPa

fq =(4+0.6)/2= 2.5 MPa

b / a = 1.03 → α= 0.05806

Mmax = α x fq x b'²

=0.058x2.5x0.103²= 1,529.9 N·m (단위폭 1m당)

BASE PLATE 두께 설계

$fb = \frac{6Mmax}{Bxt^2} = \frac{6x2,898}{1 \times t^2} \leq fa = 160.0$ MPa

$\longrightarrow t \geq \frac{\sqrt{6Mmax}}{\sqrt{fca}} = \frac{\sqrt{6x2,898}}{\sqrt{160}} = 1.04$ or < 설계 t = **25** mm -------- O.K

4) RIB PLATE 설계

RIB 길이 s = 70 mm RIB 높이 h' = **100** mm 압축측 RIB갯수= **2** ea

RIB부 작용 전단력 산정

Vr =fq x B x a' /2 = 2.5x0.350x0.103/2= 44.771 KN (RIB 한개당)

$\tau r = \frac{Vr}{t \times h'} = \frac{44.771}{0.100 \times t} \leq \tau ca = 90.0$ MPa

$\longrightarrow t \geq \frac{Vr}{h' \tau ca} = \frac{44.771}{0.100x90} = 0.4975$ or < 설계 t = **12** mm -------- O.K

(단, 용접치수보다 크게 두께 설계)

— 195 —

9. 용접검토

1) 설계용접(필렛용접) 치수 검토 (도로교 설계기준 3.5.2.4)

주요부재의 응력을 전달하는 필렛용접의 치수는 다음의 제한 내에 있는 것을 표준으로 한다.

$$t_1 > S \geq \sqrt{2t_2}$$

여기서, t1 = 얇은 쪽의 모재의 두께 (mm)

t2 = 두꺼운 쪽의 모재의 두께 (mm)

S = 용접치수 (mm)

t1 = 9 mm ---------- H형강 PLATE 두께

t2 = 9 mm ---------- H형강 PLATE 두께

$\sqrt{(2 \times t1)} = \sqrt{(2 \times 9)} = 4.243$ mm

∴ S = 6 mm

2) 용접부 목두께(유효두께)

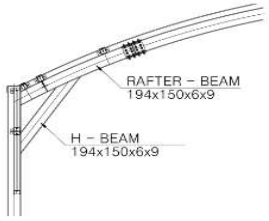
a = 0.707 x s a = 4.2 mm

3) 용접부 허용응력(MPa)

강 종		응력의종류	SM275
공장용접	전단면용입 홈 용 접	압축응력	160
		인장응력	160
		전단응력	90
	필렛용접 부분용입홈용접	전단응력	90
현장용접		각각의 경우에 있어서 상기의 90%로 한다.	

— 196 —

4) 공장용접부 응력검토



① 용접"A" (방음터널도면 참조)

ⓐ 전단력

V = 9.1 kN

ⓑ 용접의 유효길이 (용접길이)

L = (2 x 150) + (4 x 69) + (2 x 371) = 1318 mm

(2면 필렛용접)

ⓒ 전단응력 검토

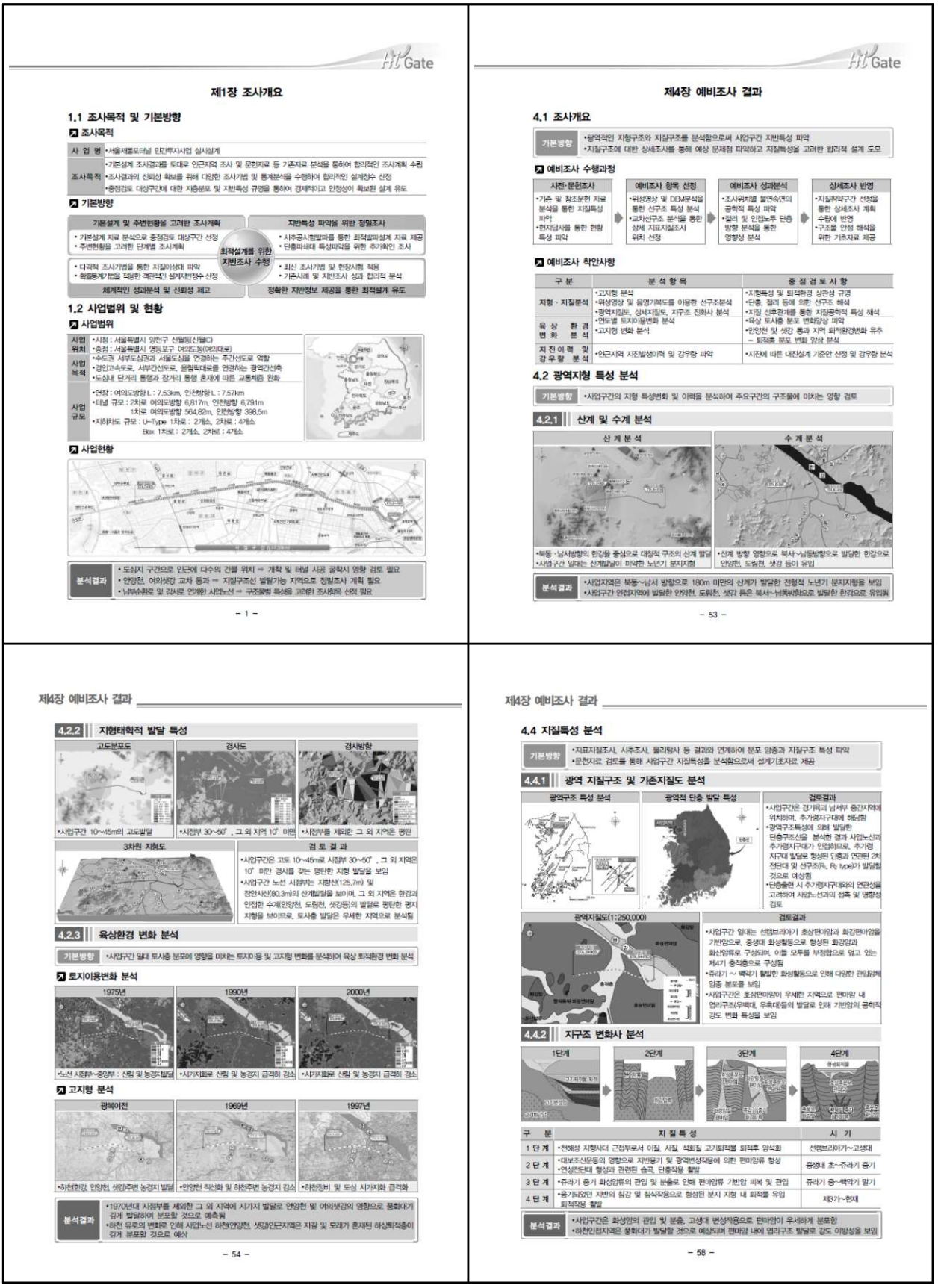
$\tau = \frac{P_h}{a \times L} = \frac{9.05 \times 10^{-3}}{4.24 \times 1318}$

τ = 1.6 MPa < τa = 90 MPa ---------- O.K

— 197 —

-

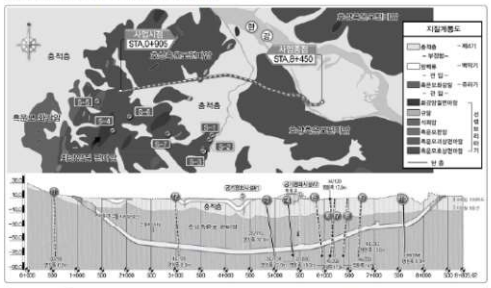
2.2.3 지반조사보고서


제1장 조사개요
1.1 조사목적 및 기본방향
1.2 사업범위 및 현황
제4장 예비조사 결과
4.1 조사개요
4.2 광역지형 특성 분석
4.2.1 산계 및 수계 분석
4.2.2 지형태학적 발달 특성
4.2.3 육상환경 변화 분석
4.4 지질특성 분석
4.4.1 광역 지질구조 및 기존지질도 분석
4.4.2 지구조 변화사 분석

4.4.3 상세 지표지질조사 결과

기본방향
- 사업구간 일대에 분포하는 절리, 단층 등 불연속면의 분포 특성을 조사
- 지질이력이 노선 및 구조물에 미치는 영향을 파악하여 U-Type, Box구간 및 터널구간 안정성 검토에 반영
- 암석시험결과와 상호 비교함으로써 수직 및 수평적 지질분포 특성을 공간적으로 재평가

지표지질조사에 의한 상세 지질도 작성



분석결과
- 사업노선 시점부는 흑운모 화강암, 그 외 지역은 호상 흑운모편마암이 분포함
- 안정된 및 생각 톤과 및 인접 지역은 하천의 퇴적층으로 인해 퇴적층 및 풍화대가 발달할 것으로 예상됨

분포암종 특성

구 분	호상 흑운모편마암	화강암질 편마암	흑운모 화강암
암 종 사 진			
분 포 위 치	•시점부를 제외한 전 구간 지역	•노선 시점부 인접 지역	•노선 시점부 지역
암 상	•암회색 내지 담회색 •우백대 및 우흑대의 교호로 인한 엽리(folation) 발달	•암회색 내지 담회색 •미약하게 엽리구조 발달 •석영, 장석, 흑운모로 구성	•담회색 ~ 담흑색 •다량의 흑운모로 구성 •과상으로 산출
공학적 특 성	•45도 내외의 엽리구조를 따라 절리면이 발달 •역학적 이방성평면(이방성)이 강함	•역학적 이방성평면(이방성)이 미약하게 존재함 •결정질로 광물로 구성되어 전단 변형시 strain hardening을 보임	•일축압축강도 100MPa 이상으로 연암 내지 보통암으로 분포 •결정질 광물로 구성되어 전단 변형시 strain hardening을 보임

제5장 상세조사 결과

5.1 지층분포 특성 조사

기본방향
- 사업구간에 계획된 구조물에 대한 시추조사를 통해 지층분포상태 및 기반암 발달특성 파악
- 실내시험을 위한 암석, 토사시료채취 및 각종 현위치시험을 실시하여 설계에 필요한 자료제공

5.1.1 조사현황

5.1.2 시추조사

지층분포현황

기본설계

구 분		층 후(m) 토사층	풍화대	기반암출현 심도(m)	시추 심도(m)	구 분		층 후(m) 토사층	풍화대	기반암출현 심도(m)	시추 심도(m)
터널부	NTB-1	13.5	5.0	18.5	21.0	터널부	NTB-16	17.6	6.5	24.1	68.3
	NTB-2	13.5	4.5	18.0	20.5		NTB-17	19.6	2.9	22.5	63.0
	NTB-3	13.5	4.2	17.7	21.8		NTB-18	21.8	11.2	33.0	66.0
	NTB-4	5.5	2.3	7.8	16.0		NTB-19	21.8	11.2	33.0	63.5
	NTB-5	14.5	3.5	-	18.0		NTB-20	23.6	12.4	36.0	60.0
	NTB-6	17.5	2.5	-	20.0		NTB-21	23.8	7.5	31.3	56.0
	NTB-7	16.0	11.0	27.0	33.3		NTB-22	22.5	2.9	25.4	52.0
	NTB-8	15.5	14.2	29.7	45.6		NTB-23	19.8	1.7	21.5	49.0
	NTB-9	17.8	27.7	45.5	48.5		NTB-24	21.5	5.1	26.6	49.0
	NTB-10	24.0	0.5	24.5	82.0		NTB-25	23.5	9.2	32.7	48.5
	NTB-11	19.5	6.5	26.0	64.5		NTB-26	22.8	9.2	32.0	46.0
	NTB-12	24.7	7.8	32.5	74.0		NTB-27	16.3	7.7	24.0	41.0
	NTB-13	25.3	3.4	28.7	82.3		NTB-28	15.7	8.9	24.6	38.0
	NTB-14	21.5	13.0	34.5	75.0		NTB-29	14.4	0.8	15.2	38.0
	NTB-15	22.0	9.2	31.2	72.0		NTB-30	13.6	8.2	21.8	34.0

제5장 상세조사 결과

구 분		층 후(m) 토사층	풍화대	기반암출현 심도(m)	시추 심도(m)	구 분		층 후(m) 토사층	풍화대	기반암출현 심도(m)	시추 심도(m)
개착부	NBB-1	9.0	14.0	-	23.0	개착부	NBB-5	22.3	4.7	27.0	30.0
	NBB-2	9.5	24.5	-	34.0		NBB-6	20.0	5.5	25.5	28.5
	NBB-3	11.5	12.2	23.7	26.7		NBB-7	20.5	19.5	-	40.0
	NBB-4	12.7	8.7	21.4	24.0		NBB-8	20.8	18.2	-	39.0

실시설계

구 분		층 후(m) 토사층	풍화대	기반암출현 심도(m)	시추 심도(m)	구 분		층 후(m) 토사층	풍화대	기반암출현 심도(m)	시추 심도(m)
터널부	ATB-1	13.0	1.0	14.0	30.0	터널부	NNTB-1	13.4	6.8	20.2	48.0
	ATB-2	13.6	2.9	16.5	35.5		NNTB-2	7.7	8.4	16.1	61.3
	ATB-3	8.7	3.9	12.6	68.2		NNTB-3	18.7	24.3	43.0	67.0
	ATB-4	14.7	7.0	21.7	67.5		NNTB-4	14.5	17.1	31.6	70.0
	ATB-5	16.5	3.0	19.5	73.0		NNTB-5	15.8	15.1	30.9	70.0
	ATB-6	18.8	-	18.8	78.0		NNTB-6	18.6	17.5	36.1	75.1
	ATB-7	24.6	0.8	25.4	80.2		NNTB-7	23.0	2.4	25.4	84.5
	ATB-8	21.7	6.3	28.0	81.2	U-Type 및 Box구간	NNBB-1	7.5	17.5	-	25.0
	ATB-9	21.3	-	21.3	83.2		NNBB-2	8.0	20.0	-	28.0
	ATB-10	20.0	10.7	30.7	82.3		NNBB-3	10.4	24.6	-	35.0
	ATB-11	22.8	7.5	30.3	81.0		NNBB-4	10.4	28.5	38.9	41.9
	ATB-12	23.4	3.4	26.8	77.5		NNBB-5	10.7	19.3	-	30.0
	ATB-13	22.6	13.9	36.5	73.0		NNBB-6	11.6	4.1	15.7	19.0
	ATB-14	24.0	9.4	33.4	68.3		NNBB-7	10.9	10.1	-	21.0
	ATB-15	24.3	3.8	28.1	62.5		NNBB-8	15.4	5.5	20.9	37.0
	ATB-16	20.8	0.5	21.3	58.2		NNBB-9	13.7	3.3	17.0	33.1
	ATB-17	23.5	1.9	25.4	59.1		NNBB-10	12.7	1.8	14.5	27.0
	ATB-18	23.2	5.3	28.5	58.2		NNBB-11	20.9	6.0	26.9	30.0
	ATB-19	24.7	8.4	32.1	59.2	보완조사	NATB-1	19.0	23.0	42.0	77.5
	ATB-20	19.0	14.0	33.0	57.3		NATB-2	22.8	5.3	28.1	82.2
	ATB-21	13.4	4.4	17.8	37.0		NATB-3	23.7	4.8	28.5	79.0
	ATB-22	23.5	8.5	32.0	34.2		NATB-4	24.0	7.0	31.0	62.3
							NATB-5	19.5	8.2	27.7	46.1
							NATB-6	18.5	6.9	25.4	45.1
							NATB-7	15.3	10.5	25.8	46.0
							NABB-1	9.0	24.3	33.3	36.3

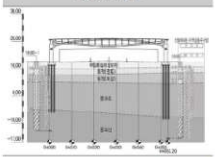
변경설계

구 분		층 후(m) 토사층	풍화대	기반암출현 심도(m)	시추 심도(m)	구 분		층 후(m) 토사층	풍화대	기반암출현 심도(m)	시추 심도(m)
BOX	NNBH-1	11.2	4.6	15.8	20.5	터널부	ATBH-2	10.8	6.4	21.0	53.0
터널	ATBH-1	11.9	7.8	19.8	27.3		ATBH-3	15.0	4.0	19.0	57.5

조사결과 및 분석

신당보도육교

지층단면도

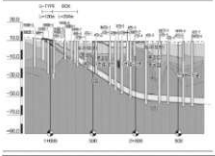


구 분		출현 심도(m)	층후 (m)	USCS/ 분포암종	N값/RQD (%)
매 립 층		0.0	2.0~2.6	SM	6/30
퇴적층	점성토	2.0~2.6	2.0~2.4	CL	5/30~11/30
	모 래	4.0~5.0	2.5~4.0	SM, SP	8/30~27/30
	자 갈	-	-	-	-
풍 화 토		7.5~80	10.1~12.3	SM	17/30~50/10
풍 화 암		17.6~20.3	7.4~7.70	WR	50/10~50/3
연 암		-	-	-	-
경 암		-	-		-

• 견고한 점성토가 2.0~2.4m의 층후로 분포, 지지층(풍화암)의 출현심도는 17.6~20.3m로 분포

본선 시점부

지층단면도

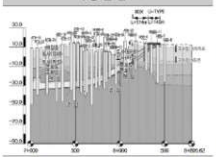


구 분		출현 심도(m)	층후 (m)	USCS/ 분포암종	N값/RQD (%)
매 립 층		0.0	1.7~3.8	SM, SP, SC	1/30~14/30
퇴적층	점성토	1.7~3.8	1.6~13.2	CL, ML	2/30~16/30
	모 래	2.2~15.5	1.2~8.0	SM, SP, SC	4/30~34/30
	자 갈	7.0~15.5	0.5~1.5	GP, GM	15/30~41/30
풍 화 토		5.5~18.7	1.0~18.00	SM	9/30~50/9
풍 화 암		7.0~28.0	0.5~15.00	WR	50/10~50/2
연 암		7.8~43.0	0.4~38.10	편마암	0~66
경 암		16.8~55.7	2.5~61.40		11~100

• U-Type 및 Box구간 N값 3/300상의 연약~보통견고 점성토, 분포, 영업소구간,Box하부 풍화대 발달

본선종점 개착구간(Ramp-A, Ramp-B)

지층단면도



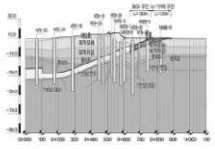
구 분		출현 심도(m)	층후 (m)	USCS/ 분포암종	N값/RQD (%)
매 립 층		0.0	1.5~5.0	SM,ML,SP,GP	2/30~50/11
퇴적층	점성토	1.7~9.4	0.8~4.6	CL, ML	7/30~15/30
	모 래	1.5~7.0	0.7~16.3	SM, SP, SW	2/30~50/12
	자 갈	2.9~17.0	3.8~12.7	GP, GM, GW	13/30~50/6
풍 화 토		13.4~24.7	1.2~12.5	SM, SC	5/30~50/11
풍 화 암		12.7~33.0	0.6~7.00	WR	50/10~50/2
연 암		14.0~33.0	2.2~38.70	편마암	0~82
경 암		17.1~56.2	1.8~42.40		6~100

• 종단 계획상 기존지반부는 퇴적 자갈 및 모래층이 분포하여 상부 매립층 분포
• Box구간 기존지반부 퇴적 자갈층 및 모래 분포, U-Type구간 실트질 모래 및 자갈층 분포

제5장 상세조사 결과

⊙ 램프 개착구간-여의도 방향(Ramp-C)

지 층 단 면 도

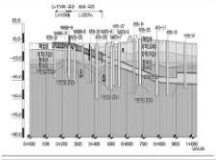


구 분		출현 심도(m)	층후 (m)	USCS/ 분포암종	N값/RQD (%)
매 립 층		0.0	1.7~5.0	SM, SP	2/30~19/30
퇴적층	점성토	2.6	1.6	ML	8/30~15/30
	모 래	1.7~5.0	1.6~14.5	SM, SP	2/30~50/22
	자 갈	4.2~16.5	7.1~12.5	GP, GM, GW	15/30~50/6
풍 화 토		13.7~24.7	2.3~8.7	SM	20/30~50/11
풍 화 암		16.0~31.5	0.6~6.6	WR	50/10~50/2
연 암		17.0~33.0	5.9~29.70 암	편마암	0~62
경 암		26.6~56.2	2.0~22.40 암		6~95

*종점 Box~U-Type구간 기존지면부는 퇴적 자갈층이 분포하고 상부에는 매립 모래층 분포

⊙ 램프 개착구간-인천 방향(Ramp-D)

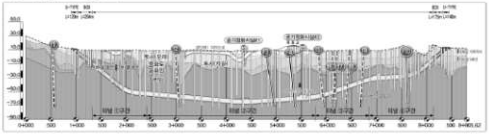
지 층 단 면 도



구 분		출현 심도(m)	층후 (m)	USCS/ 분포암종	N값/RQD (%)
매 립 층		0.0	1.5~5.0	SM	2/30~19/30
퇴적층	점성토	2.6	1.6	ML	8/30~15/30
	모 래	1.5~5.0	0.7~14.5	SM, SP, SW	2/30~50/22
	자 갈	3.6~16.5	7.1~12.7	GP, GM, GW	13/30~50/6
풍 화 토		13.7~24.7	1.2~8.7	SM	20/30~50/11
풍 화 암		12.7~31.5	0.6~6.6	WR	50/10~50/2
연 암		14.5~33.0	2.9~33.70 암	편마암	0~62
경 암		17.1~56.2	1.8~22.40 암		6~100

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

⊙ 터널구간 지층분석



HL Gate

◉ 터널 ①구간(STA.1+319~2+420)

구 분		출현심도(m)	층후(m)	USCS/분포암종	N값/RQD(%)
매 립 층		0.0	2.2~3.5	SM, SC	1/30~11/30
퇴적층	점성토	2.2~3.8	2.0~13.2	ML, CL	2/30~16/30
	모 래	2.2~12.6	1.2~8.0	SM, SC, SP	4/30~34/30
	자 갈	7.0~13.8	0.7~0.9	GP, GM	30/30~41/30
풍 화 토		5.5~18.7	1.0~9.3 이상	SM	9/30~50/11
풍 화 암		7.0~28.0	0.5~15.0	편마암	50/10~50/2
연 암		7.8~43.0	0.4~27.8 이상	편마암	0~49
경 암		16.8~55.7	2.5~51.4 이상	편마암	23~100

구 분	지 층 분 석
터널상단 0.5H구간	•터널상부 0.5H구간은 대부분 연암 및 경암으로 구성 •STA. 1+319구간은 상부 1.0D 상부에 풍화대 분포
터널 통과구간	•터널통과구간은 시점부는 연암이 STA. 1+750 이후부터는 경암이 우세함 •암반등급 II~IV등급으로 편차가 심함

◉ 터널 ②구간(STA.2+420~5+794)

구 분		출현심도(m)	층후(m)	USCS/분포암종	N값/RQD(%)
매 립 층		0.0	1.7~6.7	GP, SM, SC, SP, CL	1/30~50/2
퇴적층	점성토	1.7~6.7	2.0~14.5	CL, ML	1/30~18/30
	모 래	2.5~15.5	1.2~12.3	SP, SM, SC	5/30~50/28
	자 갈	6.0~21.5	0.5~15.1	GP, GM, GW	7/30~50/5
풍 화 토		14.5~25.3	0.5~20.0	SM	11/30~50/8
풍 화 암		18.0~39.0	0.6~16.6	편마암	50/10~50/2
연 암		18.8~45.5	1.0~54.1 이상	편마암	0~68
경 암		22.8~53.7	14.0~60.4 이상	편마암	0~100

구 분	지 층 분 석
터널상단 0.5H구간	•터널상부 0.5H구간은 F3 통과구간을 제외하고 대부분 경암으로 분포 •대부분 I~II등급으로 비교적 양호한 양반상태
터널 통과구간	•터널통과구간은 대부분 경암으로 분포하며, RQD= 41~100% •인양현대 인접하여 F3, F4 단층대 통과구간(ATB-11, NATB-2, 3, NTB-15)은 단층점토 및 파쇄대 우세

◉ 터널 ③구간(STA.5+794~6+873)

구 분		출현심도(m)	층후(m)	USCS/분포암종	N값/RQD(%)
매 립 층		0.0	1.1~3.9	SM, SC, ML, CL	2/30~50/21
퇴적층	점성토	1.3~2.6	1.1~9.6	ML, CL	2/30~12/30
	모 래	2.0~12.2	2.6~11.8	SM, SP	4/30~50/11
	자 갈	10.5~14.8	8.0~13.0	GP, GM, GW	10/30~50/6
풍 화 토		21.8~24.3	2.9~11.2	SM	18/30~50/8
풍 화 암		27.5~32.0	0.6~7.0	편마암	50/10~50/2
연 암		25.4~36.5	1.9~26.6 이상	편마암	0~62
경 암		30.0~55.0	11.0~32.5 이상	편마암	0~100

제5장 상세조사 결과

코어박스(NTB-18)	코어박스(NTB-19)	코어박스(NTB-20)
•RQD: 0~37%의 단층파쇄대 분포 •단층각력, 단층활면, 점토층진 및 토사화 •단층경사: 40~50°	•39.0~51.0m: 단층파쇄로 인한 변질 풍화대, 단층점토 및 토사화 구간 •단층대 하부 RQD는 53%로 암질 양호	•6단층대로 단층각력 및 단층활면 발달 •단층파쇄구간 RQD: 15~45% •단층경사 40~50° 우세

구 분	지 층 분 석
터널상단 0.5H구간	•터널상부 0.5H구간은 대부분 경암으로 구성 •③구간 종점부인 STA. 6+800 주변부는 암질상태가 불량한 연암이 깊게 분포
터널 통과구간	•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		출현심도(m)	층후(m)	USCS/분포암종	N값/RQD(%)
매 립 층		0.0	1.5~5.0	SP, SM, ML	2/30~19/30
퇴적층	점성토	1.7~7.5	0.8~3.3	CL, ML	7/30~15/30
	모 래	1.5~5.0	0.7~14.5	SP, SM	2/30~50/22
	자 갈	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		12.7~31.5	0.6~6.6	편마암	50/10~50/2
연 암		14.5~33.0	2.2~33.7 이상	편마암	0~62
경 암		17.1~56.2	1.8~24.9 이상	편마암	6~100

구 분	지 층 분 석
터널상단 0.5H구간	•터널상부 0.5H구간은 대부분 퇴적모래, 자갈층, 풍화토, 풍화암, 연암 및 경암으로 구성 •STA. 7+645부터 토사, 풍화암 우세
터널 통과구간	•STA. 7+667까지 연암이 우세하고 이후로 풍화토, 풍화암이 주로 분포 •ATB-17~19, NATB-5, 7부근에는 암질상태가 불량한 연암이 깊게 분포

HL Gate

5.1.6 GPR탐사

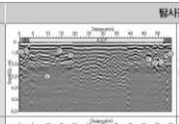
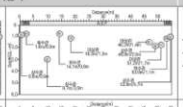
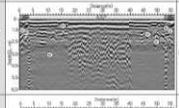
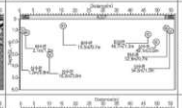
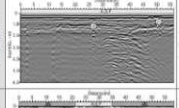
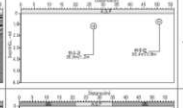
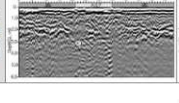
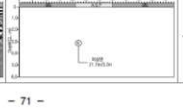
기본방향
- U-Type 옹벽 및 개착구간에 위치하는 지장물 현황에 대한 매설심도 정밀조사 실시(12측선)
- 현황분석시 파악된 지장물의 실제위치 및 매설심도 파악

탐사위치 및 현황(기본설계)

시점부 개착구간

종점부 램프구간

탐사결과 및 분석(기본설계)

측 선	탐사결과		분포심도(GL.-m)
GPR-1 (여의도 0+900.0)			•상수도 : 0.7~3.0m •하수도 : 0.8~1.1m •미상관 : 1.2~1.7m
GPR-2 (여의도 0+929.6)			•상수도 : 0.8~3.0m •하수도 : 0.7~1.2m •미상관 : 1.3m
GPR-3 (인천 0+691.9~ 1+087.5)			•하수도 : 0.9~1.2m
GPR-4 (여의도 0+618.9~ 1+094.4)			•미상관 : 3.2m

2.3 기존 점검 및 진단자료 분석

2.3.1 점검 및 진단 이력

신월여의지하도로 방음터널은 2025년 07월 10일 3종 시설물로 등록되어 준공 이후 실시하는 최초의 정밀안전점검이다.

2.3.2 기존 정밀안전점검 분석

신월여의지하도로 방음터널은 2025년 07월 10일 3종 시설물로 등록되어 준공 이후 실시하는 최초의 정밀안전점검이다.

2.4 보수 · 보강 이력

【표 2.4.1】 보수·보강 이력

번호	보수시기	공사구간	공사내역	시공사
1	-	-	-	-

2.5 내진설계 여부

본 과업대상 구조물은 내진설계 여부가 확인되지 않았다.

【표 2.5.1】 내진설계 이력

내진설계 적용유무	내진설계 반영여부	비고
불명	불명	

2.6 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS (시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

2.7 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

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

【표 2.7.1】 자료분석 결과 요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇준공도서 - 지반조사보고서 - 각족계산서 - 공사시방서 - 준공내역서 - 준공도면 - 실시설계보고서 - 기타 특이사항 보고서 - 사고기록 등	◇구조계산서 및 준공도면은 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇주요 설계변경 내용 및 시공시 문제점이 없는 것으로 파악됨	◇ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교 · 검토함 ⇒ 치수가 상이할 경우 도면을 재작성하며 실측치를 구조계산에 반영 ⇒ 치수가 동일할 경우 준공도면을 기준으로 과업 진행 ◇구조물의 제원변경확인 및 추가손상 발생에 대한 안정성 확보 여부 확인
유 지 관 리 자 료	◇기 정기안전점검 및 정밀안전점검 보고서	◇해당 시설물은 2021년 04월 15일 준공되어 2025년 07월 10일에 3종으로 등록된 시설물로 준공이후 실시하는 최초의 정밀안전점검임	◇신규손상의 발생여부 확인
	◇보수 · 보강 이력 - 시설물정보관리종합시스템 보수 · 보강 및 점검이력	◇준공이후 시설물정보관리종합시스템에 등록된 보수 · 보강 및 점검이력은 없는 것으로 확인됨	◇현장조사시 기존 보수여부확인 후 보수부 현황상태 확인

제3장 현장조사 및 시험

3.1 현장조사 개요

3.2 터널 측점분할

3.3 준공도서 검토분석

3.4 현장조사 결과

3.5 내구성 시험 및 측정 개요

3.6 내구성 조사 결과

제3장 현장조사 및 시험 개요

3.1 현장조사 개요

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

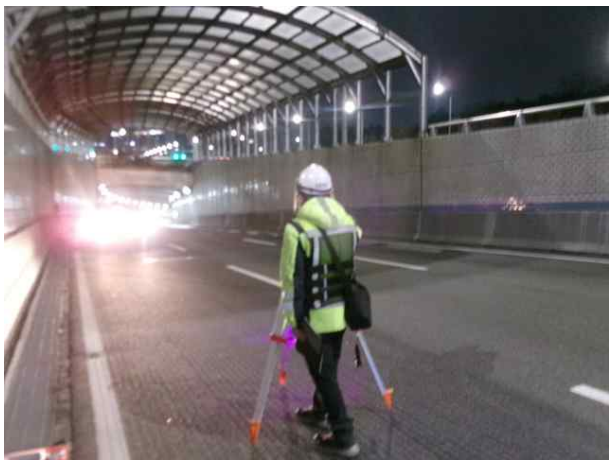
현장조사는 대상 시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 구조적 손상유무를 판단하기 위해 부재 전체에 대하여 가능한 근접 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 따라서, 사전 현장답사를 통해 주변 여건을 파악하여 현장 접근에 필요한 접근방법 및 장비 동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상을 파악하는 등의 사전검토를 통하여 주요 손상을 파악한 후 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-방음시설(2026.1, 국토교통부/국토안전관리원)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의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

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

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

3.1.1 현장조사 수행 현황

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

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

【사진 3.1.1】현장조사 전경

3.1.2 현장조사 항목

가. 방음터널 시설물의 안전점검 대상 시설

【표 3.1.1】 방음터널 시설물의 안전점검 대상시설 범위

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

나. 정밀안전점검 점검항목

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

【표 3.1.2】 방음터널 기본시설의 정밀안전점검 점검항목

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

【표 3.1.3】 방음터널 부속시설의 정밀안전점검 점검항목

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

【표 3.1.4】 공중이 이용하는 부위 점검항목

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

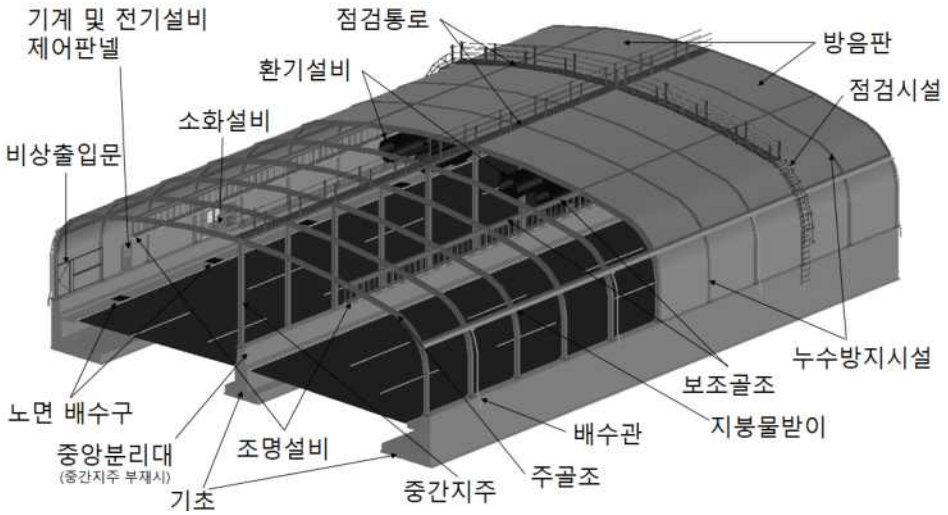
라. 부재별 주요조사 항목

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

【표 3.1.5】 부재별 주요조사 항목

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

【표 3.1.6】 방음터널 주요 손상현황

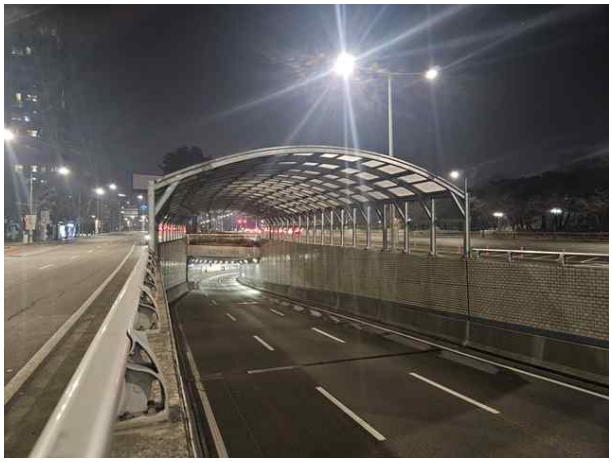


방음터널에 설치되는 시설

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

3.1.3 하중상태 등 조사

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

	
방음터널 내부 전경	방음터널 외부 전경

【사진 3.1.2】 하중상태 등 조사

3.2 방음터널 측점분할

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

【표 3.2.1】 방음터널 측점분할 자료

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

3.3 준공도서 검토분석

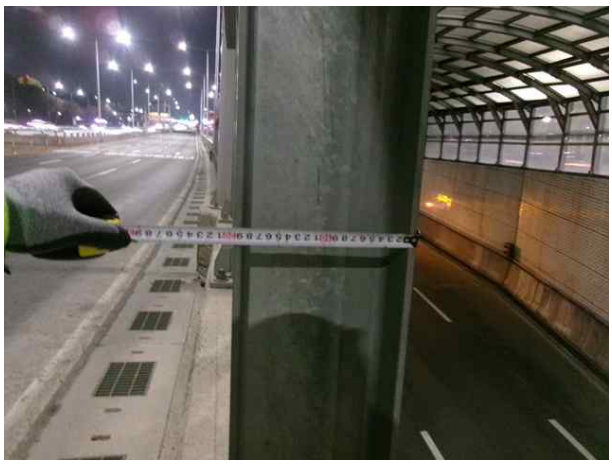
과업대상시설물의 구조계산서, 준공도면 및 현장 측정 비교검토 결과 확인가능한 부재의 치수의 경우 구조계산서, 준공도면과 유사한 것으로 확인되었다.

【표 3.3.1】 시설물의 준공도서 검토 분석

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

주골조 부재치수 현장측정

주골조 부재치수 현장측정



주골조 부재치수 현장측정

기초연결부 볼트 부재치수 현장측정

【사진 3.3.1】 부재 현장측정 전경

3.4 현장조사 결과

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

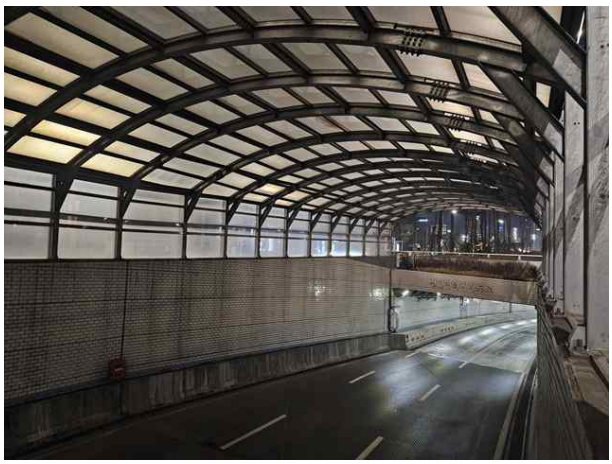
3.4.1 기본시설

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

가. 골조

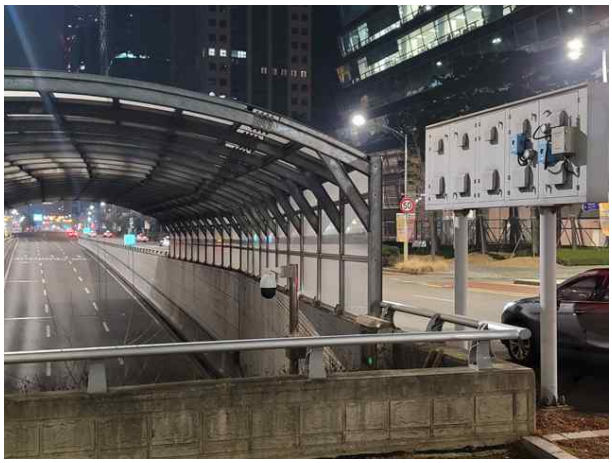
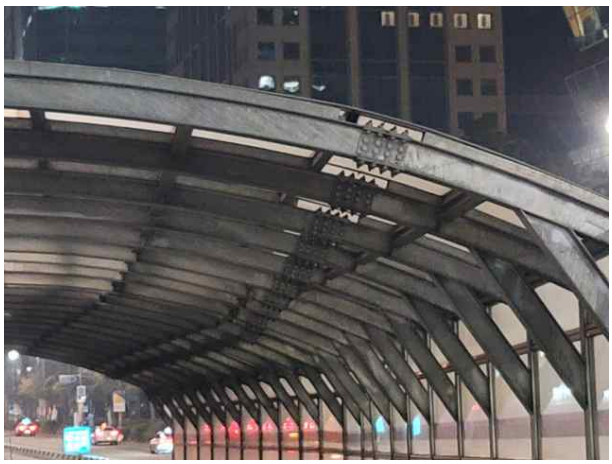
본 시설물의 골조는 주골조와 보조골재로 이루어져 있으며 H형강의 강재로 시공되었고 부식 방지를 위해 표면에 아연 도금이 되어있다.

1) 주골조

	
내부 주골조 전경	외부 주골조 전경

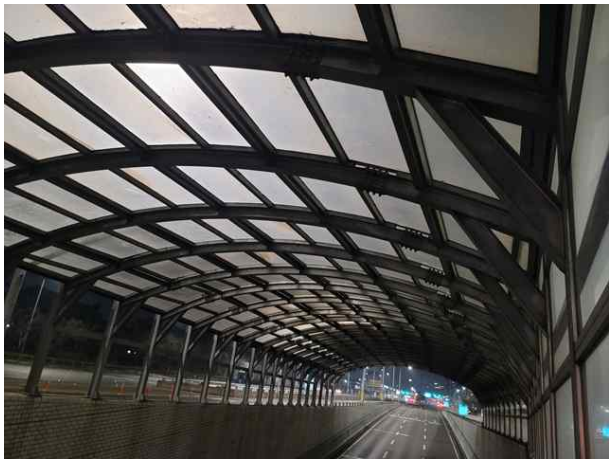
【사진 3.4.1】 주골조 전경

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

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

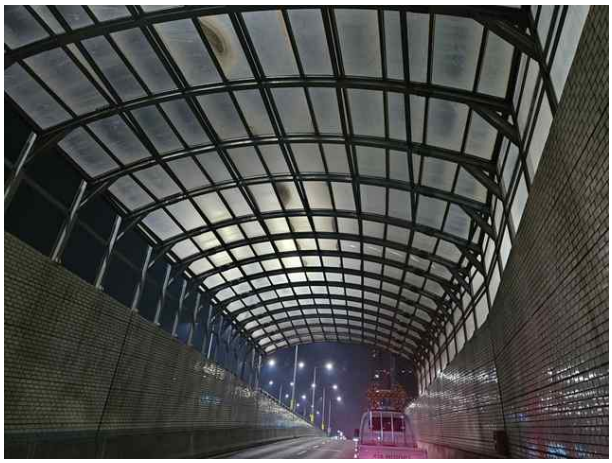
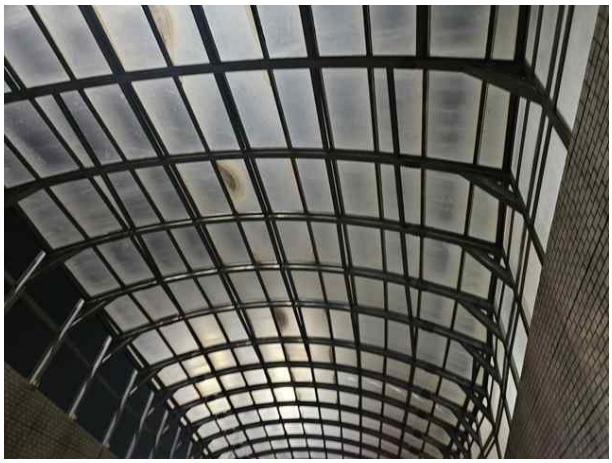
【사진 3.4.2】주골조 손상현황

2) 보조골조

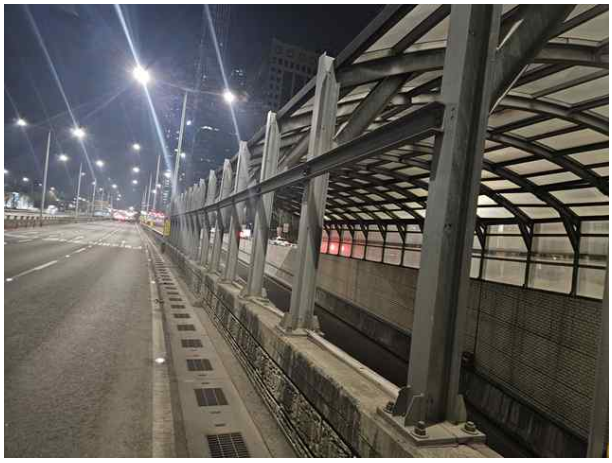
	
내부 보조골조 전경	외부 보조골조 전경

【사진 3.4.3】 보조골조 전경

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

	
S01 보조골조 상태현황	S02 보조골조 상태현황

【사진 3.4.4】 보조골조 손상현황

	
S01 보조골조 상태현황	S01~S02 보조골조 상태현황

【사진 3.4.4】 보조골조 손상현황(계속)

3) 현장조사 결과

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

【표 3.4.1】 골조 현장조사 손상물량

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

4) 기 점검결과와 비교

금회 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 주골조 및 보조골조는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.4.2】 골조 기 점검결과 비교

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

나. 기초연결부

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

기초연결부 전경 #1	기초연결부 전경 #2

【사진 3.4.5】 기초연결부 전경

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

S01 기초연결부(좌) 상태현황	S01 기초연결부(좌) 상태현황

【사진 3.4.6】 기초연결부 손상현황

S02 기초연결부(우) 상태현황	S02 기초연결부(좌) 상태현황

【사진 3.4.6】 기초연결부 손상현황(계속)

1) 현장조사 결과

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

【표 3.4.3】 기초연결부 현장조사 손상물량

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

5) 기 점검결과와 비교

금회 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 기초연결부는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.4.4】 기초연결부 기 점검결과 비교

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

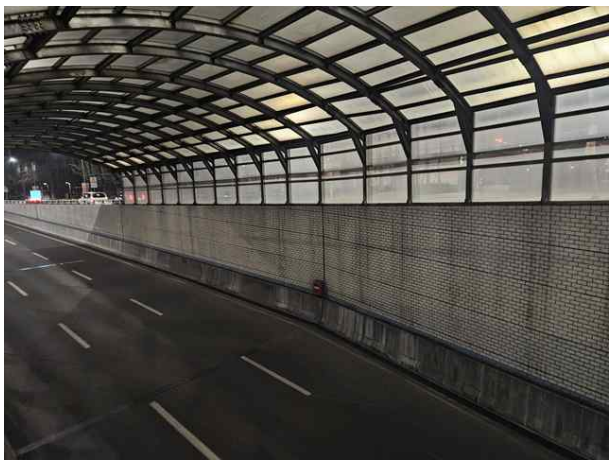
다. 기초콘크리트

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

외부 기초콘크리트 전경	내부 기초콘크리트 전경

【사진 3.4.7】 기초콘크리트 전경

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

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

【사진 3.4.8】 기초콘크리트 손상현황

S02 기초콘크리트(좌) 상태현황	S02 기초콘크리트(우) 상태현황

【사진 3.4.8】 기초콘크리트 손상현황(계속)

1) 현장조사 결과

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

【표 3.4.5】 기초콘크리트 현장조사 손상물량

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

2) 기 점검결과와 비교

금회 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 기초콘크리트는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.4.6】 기초콘크리트 기 점검결과 비교

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

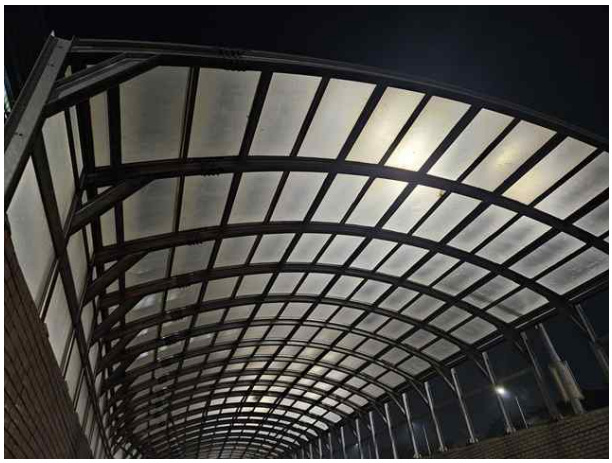
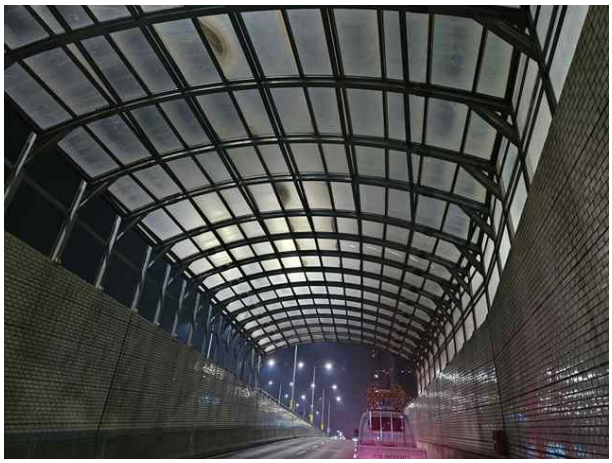
라. 방음판

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

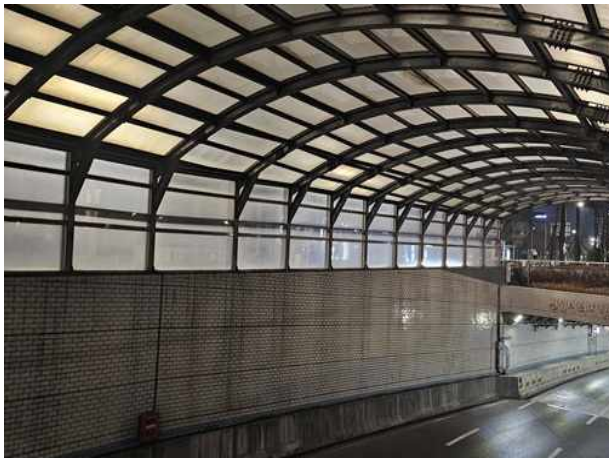
방음판 전경	방음판 미설치구간 전경

【사진 3.4.9】 방음판 전경

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

	
S01 상부 방음판 상태현황	S02 상부 방음판 상태현황

【사진 3.4.10】 방음판 손상현황

	
S01 좌측면 방음판 상태현황	S02 좌측면 방음판 상태현황

【사진 3.4.10】 방음판 손상현황(계속)

1) 현장조사 결과

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

【표 3.4.7】 방음판 현장조사 손상물량

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

2) 기 점검결과와 비교

금회 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 방음판은 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.4.8】 방음판 기 점검결과 비교

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

3.4.2 부속시설

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

가. 배수시설

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

배수시설 전경 #1	배수시설 전경 #2

【사진 3.4.11】배수시설 전경

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

S01 배수시설 상태현황	S02 배수시설 상태현황

【사진 3.4.12】 배수시설 손상현황

1) 현장조사 결과

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

【표 3.4.9】 배수시설 현장조사 손상물량

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

2) 기 점검결과와 비교

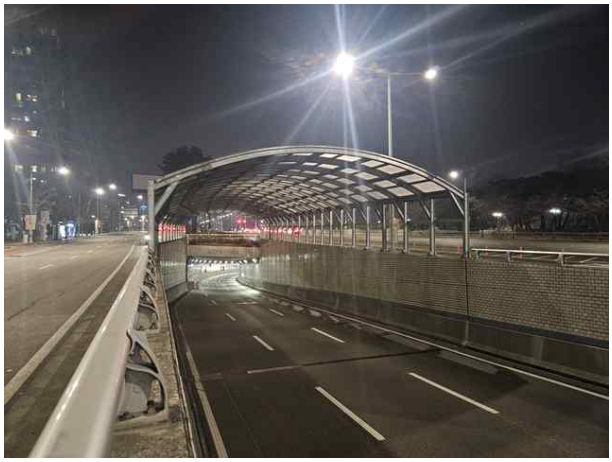
금회 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 배수시설은 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.4.10】 배수시설 기 점검결과 비교

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

나. 안전 및 기타시설

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

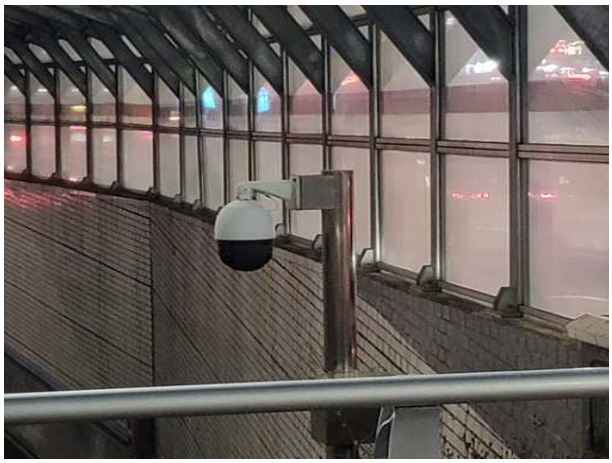
	
안전 및 기타시설 진입 접속부 CCTV 전경	안전 및 기타시설 진출 접속부 가드레일 전경
안전 및 기타시설 조명설비(가로등) 전경	안전 및 기타시설 하부 방호벽(우) 전경

【사진 3.4.13】 안전 및 기타시설 전경

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

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

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

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

【사진 3.4.14】 안전 및 기타시설 손상현황

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

【사진 3.4.14】 안전 및 기타시설 손상현황(계속)

1) 현장조사 결과

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

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

【표 3.4.11】 안전 및 기타시설 현장조사 손상물량

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

2) 기 점검결과와 비교

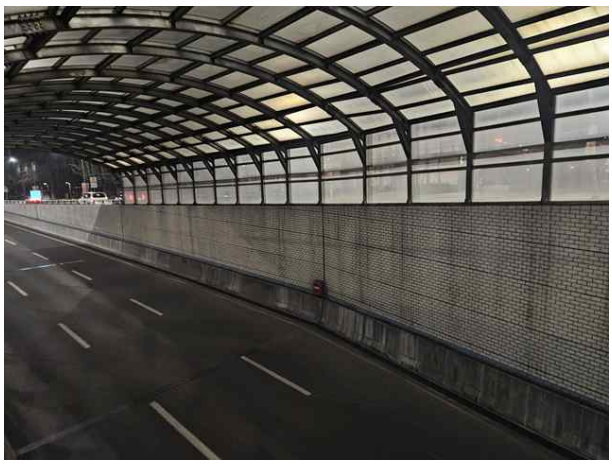
금회 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 안전 및 기타시설의 경우 전반적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나 하부 방호벽에서 균열, 백태의 손상이 조사되었다.

【표 3.4.12】 안전 및 기타시설 기 점검결과 비교

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

다. 점검시설

본 시설물의 점검시설은 시공되지 않은 상태이다.

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

【사진 3.4.15】점검시설 상태현황

라. 방재시설

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

방재시설(소화함) 전경 #1	방재시설(소화함) 전경 #2

【사진 3.4.16】 방재시설 전경

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

방재시설(소화함) S01 상태현황	방재시설(소화함) S01 상태현황

【사진 3.4.17】 방재시설 손상현황

1) 현장조사 결과

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

【표 3.4.13】 방재시설 현장조사 손상물량

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

2) 기 점검결과와 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.4.14】 방재시설 기 점검결과 비교

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

3.4.3 공중이 이용하는 부위

가. 개요

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

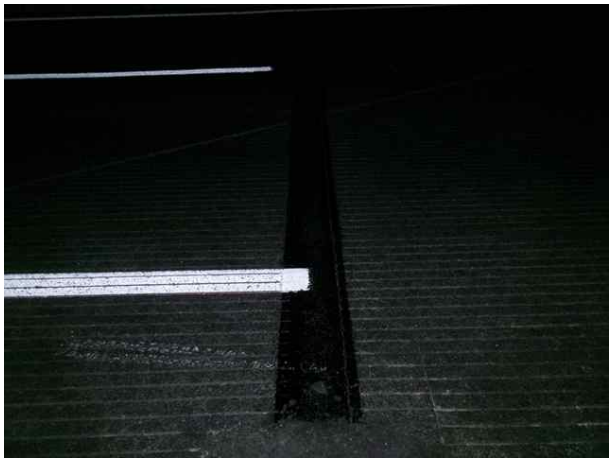
나. 대상부재 여부 확인

【표 3.4.15】 대상부재 여부 확인

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

다. 점검결과

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

	
S01~S02 도로포장 상태현황	S02 도로부 신축이음부 상태현황

【사진 3.4.18】 공중이 이용하는 부위 손상현황

1) 현장조사 결과

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

【표 3.4.16】 공중이 이용하는 부위 현장조사 손상물량

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

2) 기 점검결과와 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.4.17】 공중이 이용하는 부위 기 점검결과 비교

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

3.4.4 현장조사 결과

신월여의지하도로 방음터널에 대한 현장조사 결과는 다음과 같다.

【표 3.4.18】현장조사 결과

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

3.4.5 이전 상태와 현 상태 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 3.4.19】기 점검결과와 손상물량 비교표

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

3.5 내구성 시험 및 측정 개요

3.5.1 콘크리트 내구성 조사

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

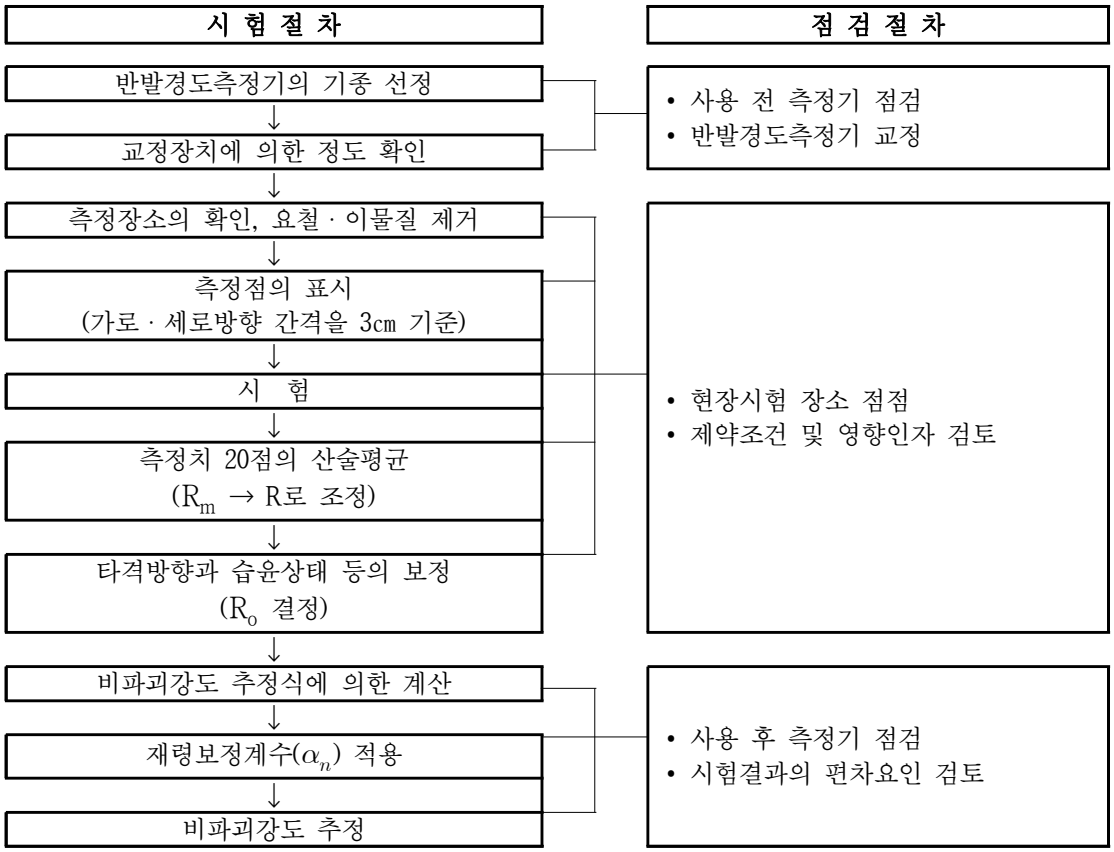
3.5.2 시험내용 및 평가기준

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도시험

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

① 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차



【그림 3.5.1】 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

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

② 보정반발경도(R_o)

【표 3.5.1】 보정반발경도(Ro)

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

여기서, R : 반발경도

ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

㉠ 타격방향에 따른 보정값(ΔR_1)

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

⇒ 하향 타격(-90°)의 경우 : (+)값으로 보정

상향 타격(+90°)의 경우 : (-)값으로 보정

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

㉡ 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값(ΔR_2)

- 콘크리트는 함수율이 증가함에 따라 반발경도가 저하됨

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

측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : ΔR_2 = +5로 보정

③ 압축강도의 추정

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

【표 3.5.2】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

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

④ 28일 강도의 추정

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

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

【표 3.5.3】 재령계수 α값

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

나. 철근탐사시험

1) 개 요

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

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

2) 측정원리

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

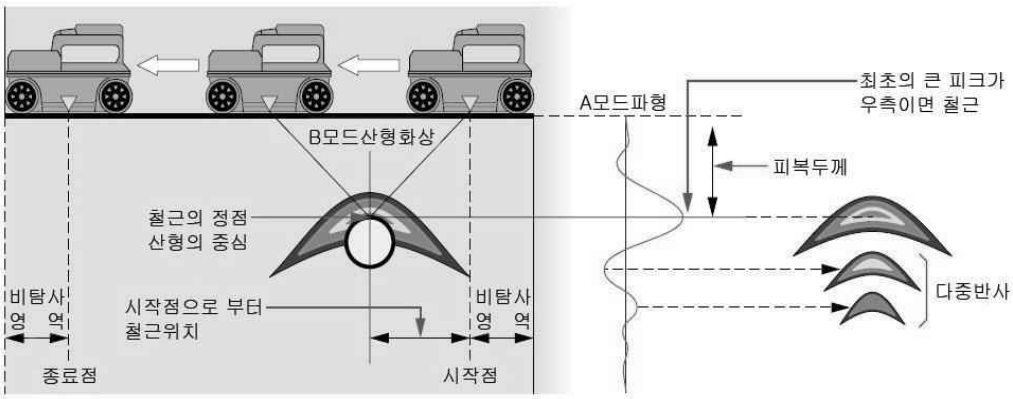
$$V = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (m/sec)$$

여기서, C : 진공 중에서 전자파의 속도(3×10^8 m/sec)

ε_r : 콘크리트의 상대유전율(6~10)

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

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



【그림 3.5.2】 철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

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

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

【그림 3.5.3】 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

4) 탐사조건 및 적용한계(RC Radar의 경우)

① 탐사조건

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

② 적용한계

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

다. 탄산화깊이 측정

1) 개 요

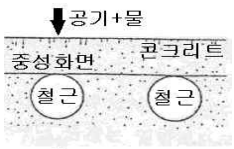
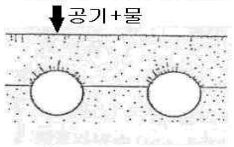
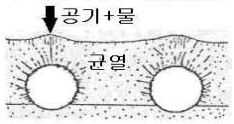
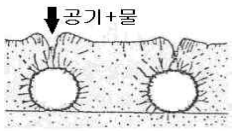
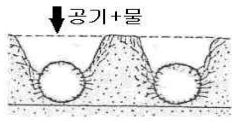
탄산화란 콘크리트의 탄산화(Carbonation) 과정에서 나타나는 현상으로 탄산화에 의해서 문제가 발생되는 것은 콘크리트 자체에서 생기는 것이 아니고, 콘크리트 중의 철근에 녹이 발생함으로써 문제를 일으키는 것이다.

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

(pH 12~13) (대기 중에 존재) (pH 8.5~10)

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

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

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

【그림 3.5.4】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

2) 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

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

【표 3.5.4】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

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

3) 탄산화깊이의 측정

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

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

4) 탄산화를 고려한 잔존수명 예측

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

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

여기서, C : 탄산화깊이(㎜)

A : 탄산화 속도계수(㎜/ $\sqrt{년}$)

t : 재령(년)

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

수명예측(년) = (철근피복 / 탄산화 속도계수)^2

잔존수명예측(년) = 수명예측년수 - 경과년수

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.5.5】 탄산화 상태평가 기준

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

3.6 내구성 조사 결과

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

【표 3.6.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

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

반발경도시험(단면정리)

반발경도시험

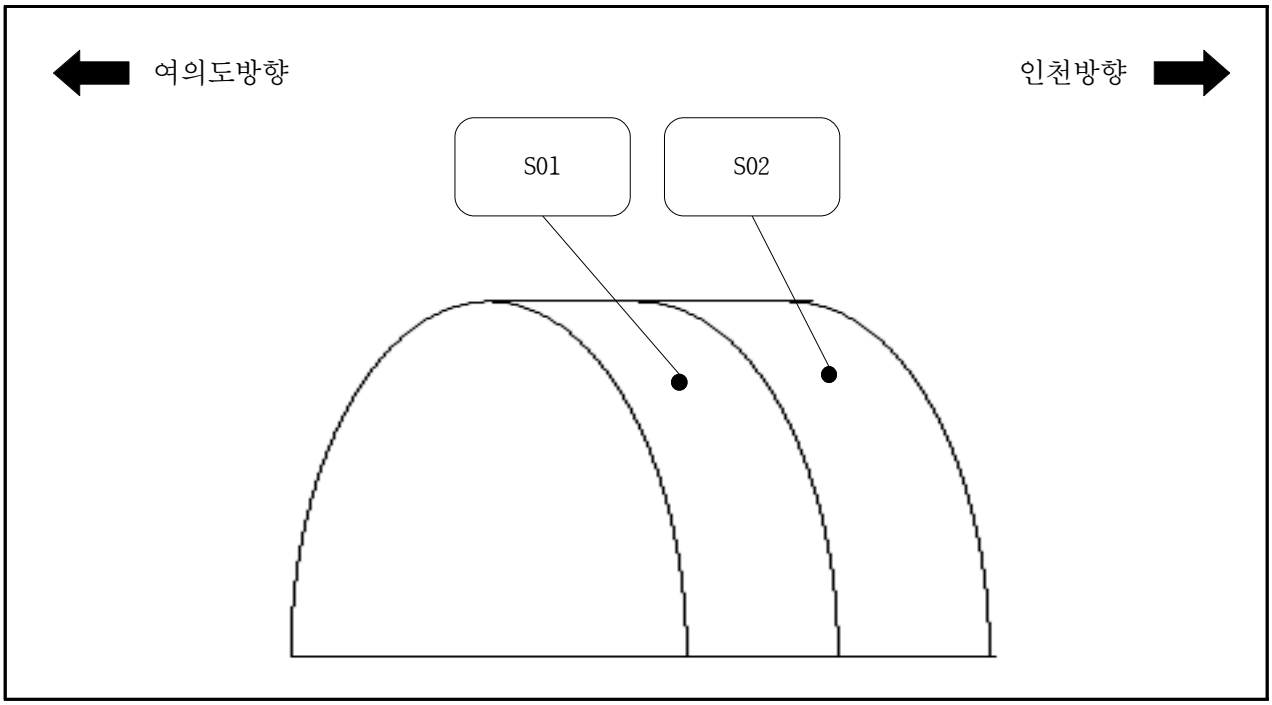
탄산화 깊이 측정(드릴링)

탄산화 깊이 측정(페놀프탈레인)

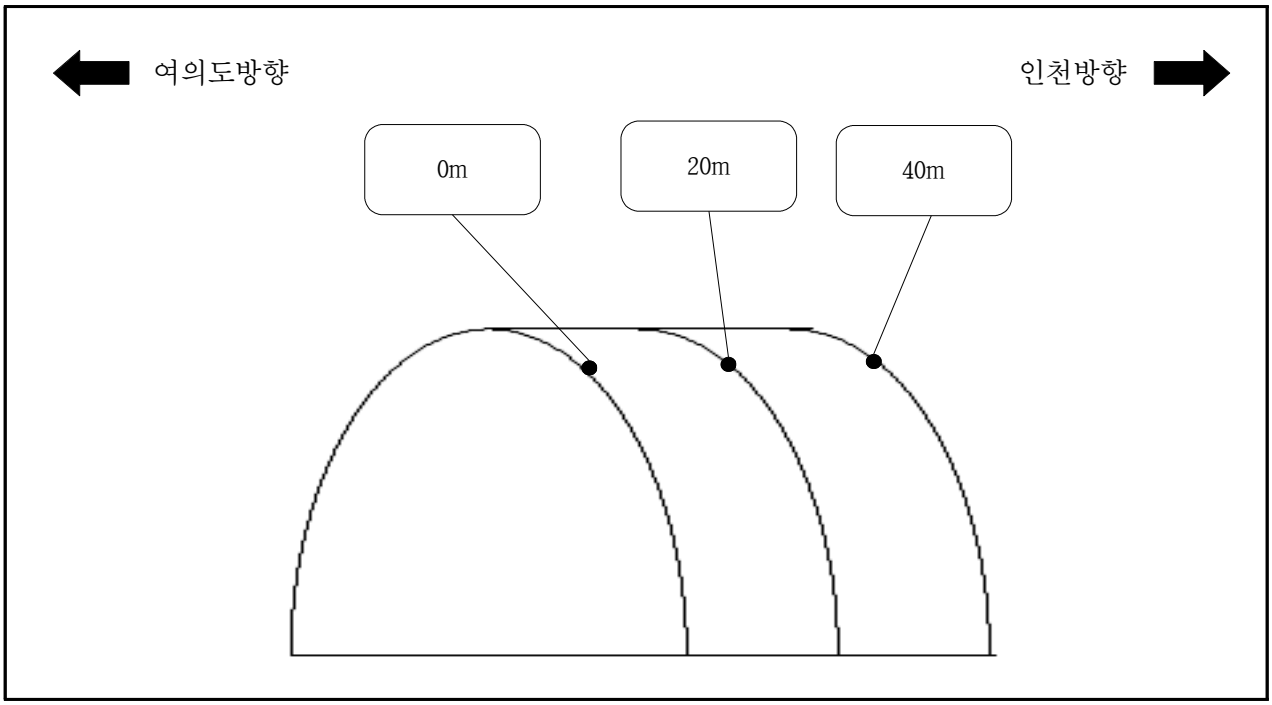
탄산화 깊이 측정

철근탐사시험

【사진 3.6.1】 콘크리트 내구성조사 전경



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



【그림 3.6.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(변위・변형)

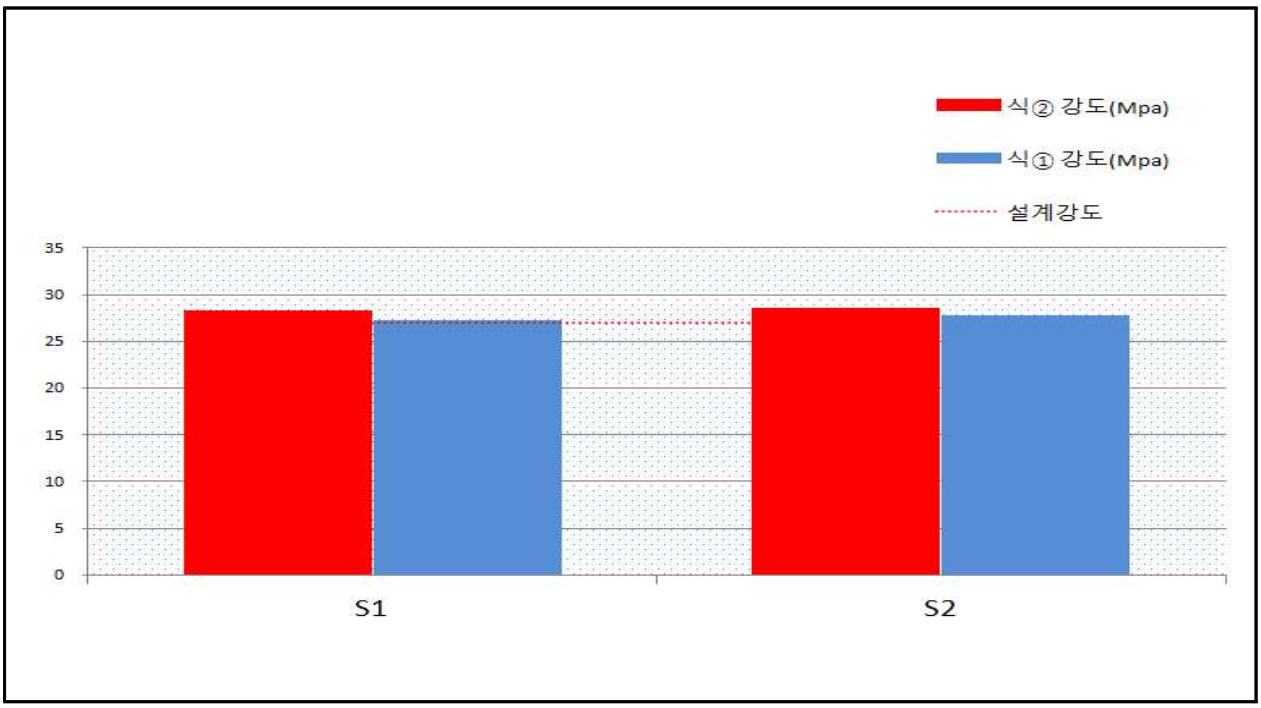
3.6.1 콘크리트 강도시험

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

가. 비파괴강도 시험결과

【표 3.6.2】비파괴강도 시험결과

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



【그림 3.6.3】반발경도시험 압축강도 추정결과

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

【표 3.6.3】 비파괴강도시험 결과분석

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

나. 기 점검결과와의 비교

【표 3.6.4】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

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

3.6.2 철근탐사 시험

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

가. 철근탐사 시험결과

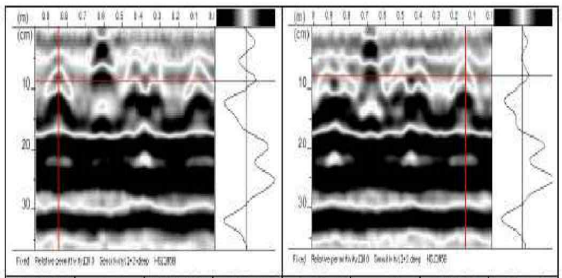
【표 3.6.5】철근탐사 시험결과

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

안전점검종합보고서 및 초기점검 보고서 첨부 자료

< 안전정검종합보고서 2구간 >

철근배근탐사 DATA



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

< 초기점검보고서 1구간 >

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

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

3.6.3 탄산화 깊이 측정

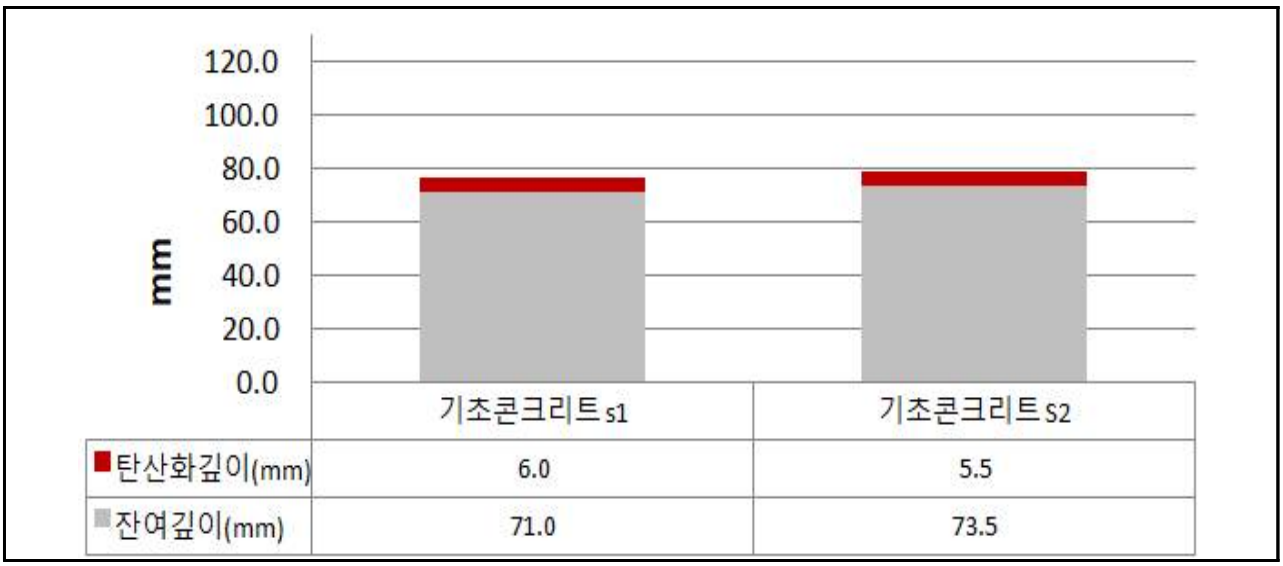
탄산화 깊이 측정은 총 2개소(좌측벽 1개소, 우측벽 1개소)의 탄산화 잔여깊이를 측정하였으며, 실측 최소 피복두께를 적용하기 위해 철근탐사시험과 결과를 피복두께로 하여 결과를 평가하였고, 그 결과는 다음과 같다.

가. 탄산화 깊이 측정결과

1) 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

【표 3.6.6】탄산화깊이 측정결과 및 평가

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



【그림 3.6.4】탄산화깊이 측정결과

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

【표 3.6.7】 탄산화깊이 결과분석

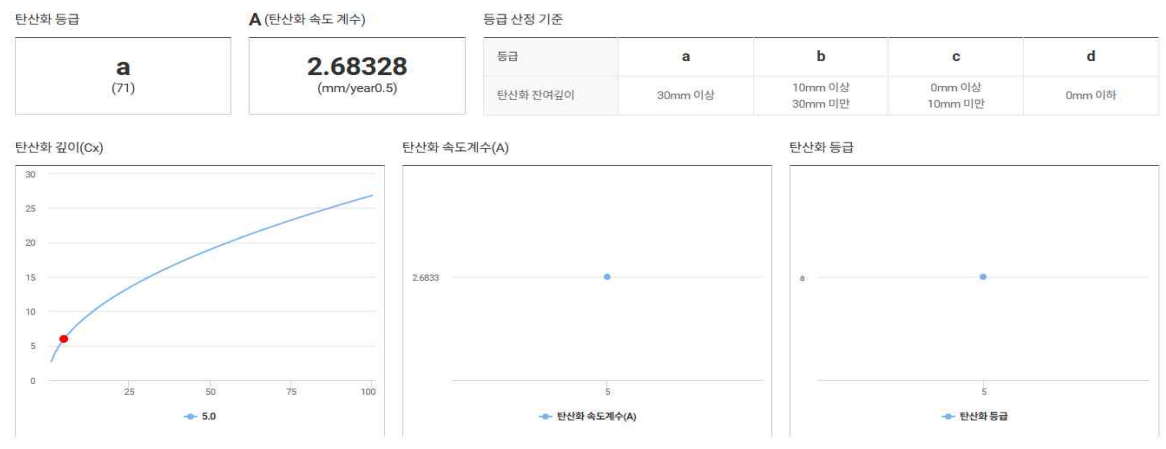
구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비 고
탄산화 잔여깊이	5.5 ~ 6.0	71.0 ~ 73.5	a등급

2) 시설물 내구성 예측 서비스를 활용한 내구성 예측

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

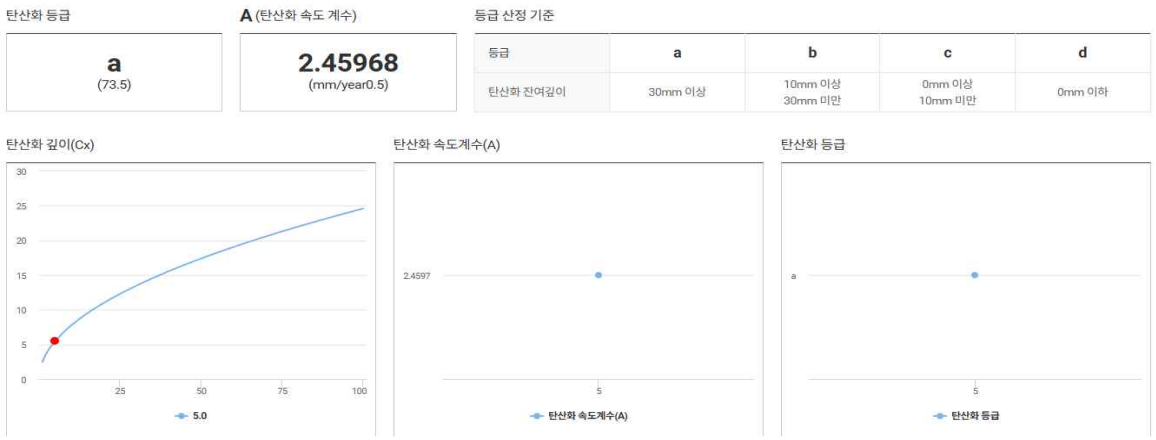
【표 3.6.8】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측

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



【표 3.6.8】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

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



나. 기 점검결과와의 비교

【표 3.6.9】 탄산화깊이 기 점검결과와의 비교

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

3.6.4 변위・변형 측정

가. 광파기를 이용한 변위・변형 측량

1) 측정방법

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

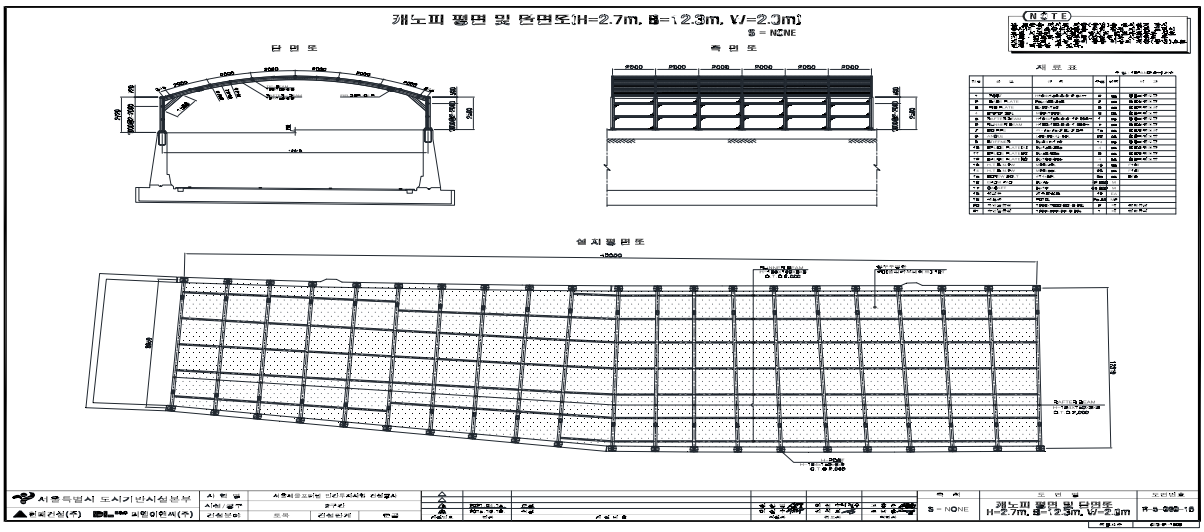
본 보고서에 설계도서 기준 폭 9.86구간은 빨간색, 폭 12.30구간은 파란색으로 표기하였다.

방음터널 광파기 측량 #1

방음터널 광파기 측량 #2

【사진 3.6.2】 광파기를 이용한 변위・변형 측량 현장사진

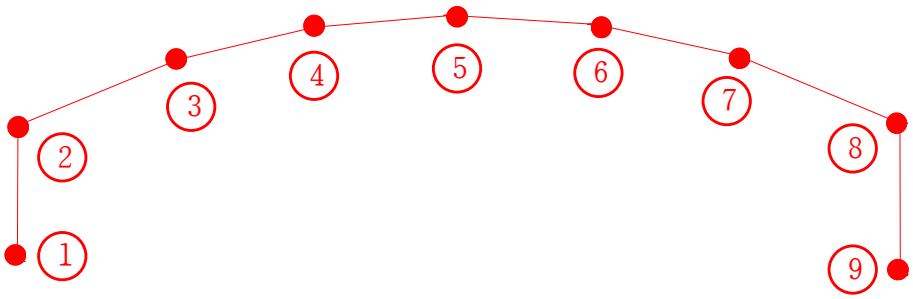
2) 변위・변형 측량 실시 결과

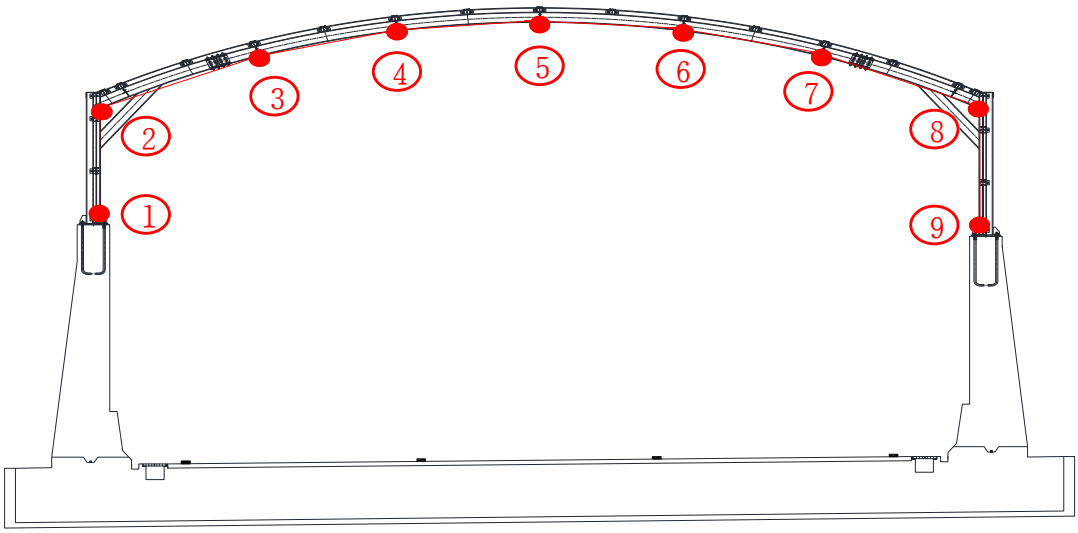


【그림 3.6.5】 방음터널 표준단면도

【표 3.6.10】 변위・변형 측량 결과

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

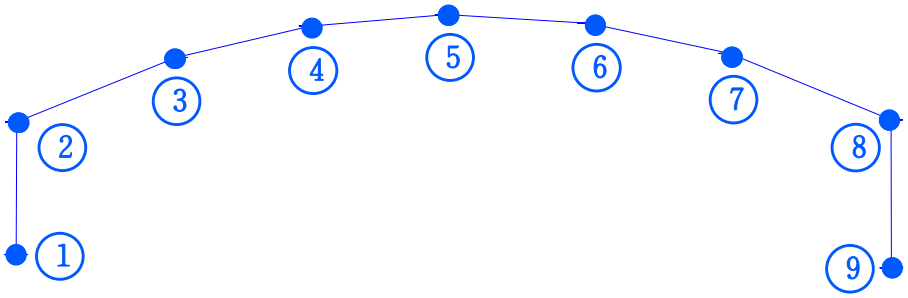


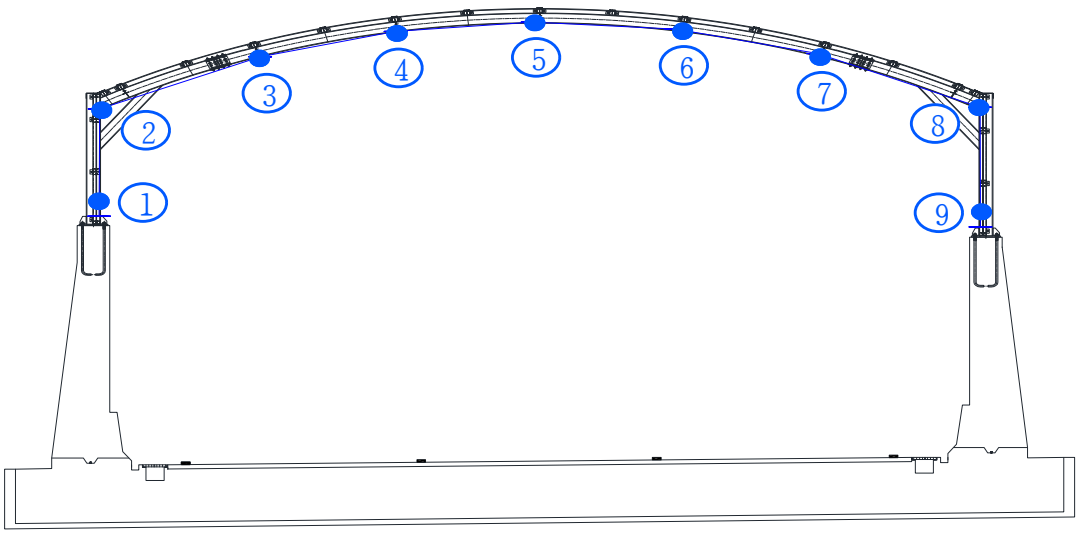


비고	■ 변위・변형 조사는 주골조를 기준으로 광파기를 이용하여 무타켓 측량을 실시하였다.
평가 결과	■ 변위・변형 조사 결과는 측량의 결과값과 설계도면상의 형상이 유사한 것으로 나타났으며, 금회 점검 시 측량한 계측치를 초기값으로 하여 추후 점검 시 변위・변형(기울기 및 처짐) 발생 여부를 파악하는 것이 필요한 것으로 판단됨

【표 3.6.10】 변위・변형 측량 결과(계속)

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

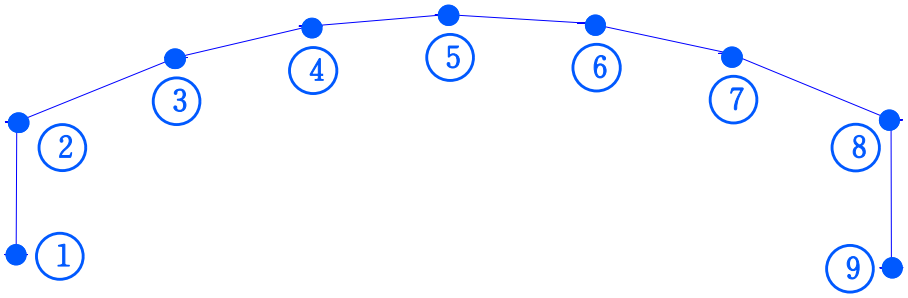


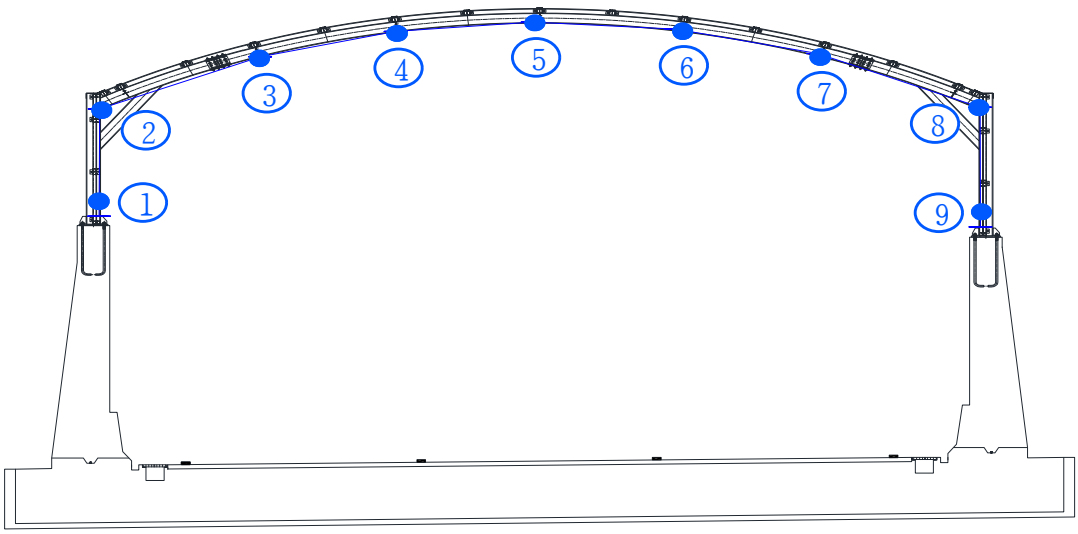


비고	■ 변위・변형 조사는 주골조를 기준으로 광파기를 이용하여 무타켓 측량을 실시하였다.
평가 결과	■ 변위・변형 조사 결과는 측량의 결과값과 설계도면상의 형상이 유사한 것으로 나타났으며, 금회 점검 시 측량한 계측치를 초기값으로 하여 추후 점검 시 변위・변형(기울기 및 처짐) 발생 여부를 파악하는 것이 필요한 것으로 판단됨

【표 3.6.10】 변위・변형 측량 결과(계속)

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





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

【표 3.6.11】 변위, 변형 측량 결과

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

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

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

3) 변위・변형 측량 기 점검결과와의 비교

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

【표 3.6.12】 변위・변형 측량 기 점검결과와의 비교

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

나. 경사계를 이용한 기울기 측정

1) 측정방법

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

방음터널 기울기 측정 #1

방음터널 기울기 측정 #2

【사진 3.6.3】 경사계를 이용한 기울기 측정 현장사진

2) 경사계를 이용한 기울음 측정 결과

【표 3.6.13】 주골조 기울음 측정 결과

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

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

3) 기울기 측정 기 점검결과와의 비교

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

【표 3.6.14】 기울기 측정 기 점검결과와의 비교

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

3.6.4 내구성조사 결과 요약

【표 3.6.15】 내구성조사 결과 요약

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

3.6.5 기 점검결과 비교

【표 3.6.16】 내구성조사 기 점검결과 비교

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

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, 2026. 01」의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

상태평가가 정확히 이루어졌는지 확인하는 동시에 기록용 문서로서 이용하기 위하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시한 사람은 외관조사 결과를 안점점검 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

방음터널의 기본시설과 부대시설은 다음 【표 4.2.1】과 같다.

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

【표 4.2.1】 방음터널의 기본시설물과 공중이 이용하는 부위의 종류

기본시설물	공중이 이용하는 부위
· 주골조	· 추락방지시설
· 보조골조	· 도로포장
· 방음판	· 도로부 신축이음부
· 기초콘크리트	· 환기구 등의 덮개
· 기초연결부	-

나. 상태평가 부재별 항목

방음터널의 상태평가는 조골조, 보조골조, 방음판, 기초콘크리트, 기초연결부 상태평가로 구분하여 실시하며 상태평가시 고려해야할 주요 평가항목은 다음과 같다.

【표 4.2.2】 방음터널 부재별 상태평가 항목

구분		조사항목	
주골조 · 보조 골조	내구성	변형(좌굴), 파단	
		용접 접합상태	
		볼트 접합상태	
		강재의 부식도	
주골조	변위 · 변형	기울기	
		처짐	
방음판		부식 또는 변형	
		균열 또는 파손	
기초콘크리트		균열	
		파손 및 손상	
		재질 열화	백태, 박리, 층분리 및 박락
			철근부식
			탄산화
기초연결부		볼트 풀림 · 탈락, 부식	

다. 결함지수 산정기준

1) 평가단위별 부재 상태평가 산정

개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가결과 중 최젓값을 개별부재 상태평가결과로 산정한다.

한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가기준 중 최젓값을 경간(지점) 상태평가결과로 산정한다.

2) 전체 시설물의 상태평가결과 결정

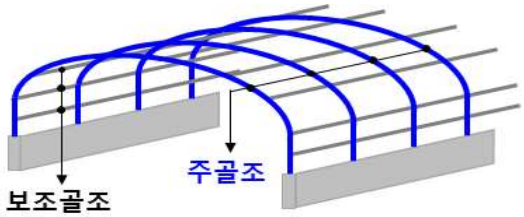
구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다. 환산 결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준값이며, [표 4.2.3], [표 4.2.5]의 등급에 따른 결함도 지수 기준 및 결함도 점수 범위에 따른 안전등급 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

1) 등급에 따른 결함도 지수 기준

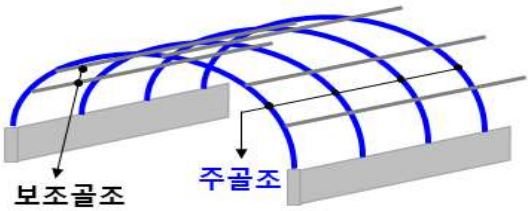
【표 4.2.3】 등급에 따른 결함도 지수 기준

기준	a	b	c	d	e
결함도 지수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00

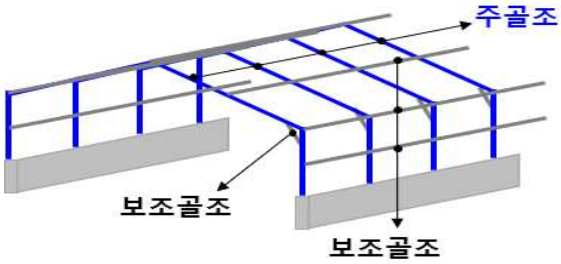
2) 단면형상에 따른 방음터널의 부재별 가중치



(a) 말굽형



(b) 아치형



(c) 지붕형

【그림 4.2.1】 방음터널 단면형상 별 골조부재 구분

【표 4.2.4】 단면형상에 따른 방음터널의 부재별 가중치

구분	결함도 평가항목	말굽형	지붕형		아치형
			가새있음	가새없음	
골조	주골조	28	28	30	26
	보조골조	12	12	10	9
방음판	방음판	10	10	10	10
기초연결부	기초연결부	15	15	15	20
기초	기초콘크리트	35	35	35	35

3) 방음터널 결함도 점수 범위에 따른 안전등급 기준

【표 4.2.5】 방음터널 결함도 점수 범위에 따른 안전등급 기준

기준	A	B	C	D	E
결함도점수 범위	$0 \le X < 0.13$	$0.13 \le X < 0.26$	$0.26 \le X < 0.49$	$0.49 \le X < 0.79$	$0.79 \le X$

4.2.2 상태평가기준 및 방법

가. 상태평가항목 및 기준

1) 부재별 상태평가 적용범위

부재별 상태평가기준은 방음터널을 골조, 방음판, 기초연결부 및 기초콘크리트로 구분하고, 골조는 주골조와 보조골조로 세분하였으며, 아래의 표와 같이 부재별 상태평가기준을 마련하였다.

부재별 상태평가는 전체 수량에 대한 손상수량의 비율에 의해 평가하는 정량적 평가와 시설물의 상태에 대한 점검자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행하며 정성적 평가 시 점검자에 의한 편차를 줄이기 위해 손상수량 및 손상현황에 대한 정도를 정확히 파악하여야 한다.

【표 4.2.6】 방음터널 부재별 상태평가 기준

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

나. 상태평가항목별 기준

1) 주골조의 내구성

【표 4.2.7】 주골조의 내구성 상태평가기준

기준	변형 또는 파단	볼트 접합상태	용접 접합상태	강재의 부식
a	○없음	○결함이 없는 상태	○결함이 없는 상태	○없음
b	○주골조 부재는 변형이 없으나, 보강재*에 경미한 변형 발생	○주골조 연결부의 볼트 풀림・탈락발생율1) 5% 미만	○용접연결부에 국부적인 미세결함이 있는 양호한 상태	○주골조 표면 도금(도장) 일부에 박리 등의 손상발생면적이 10% 미만 ○부식발생 면적2) 2% 미만
c	○주골조 부재의 국부적 변형	○주골조 연결부의 볼트 풀림・탈락발생율 5% 이상 10% 미만	○용접연결부에 부분적으로 결함이 있는 보통의 상태	○주골조 표면 도금(도장) 일부에 박리 등의 손상발생면적이 10% 이상인 상태 ○부식발생 면적 2%이상 10% 미만 ○부식에 의한 단면손상 면적 2% 미만
d	○주골조 부재의 전반적 변형 및 파단 ○좌굴에 의한 주골조 부재 변형	○주골조 연결부의 볼트 풀림・탈락발생율 10% 이상 30% 미만	○용접연결부에 광범위하게 결함이 발생되어 내력저하의 우려가 있는 불량한 상태	○부식발생 면적 10% 이상의 광범위한 부식 ○부식에 의한 단면손상 면적 2% 이상 10% 미만
e	○좌굴에 의한 과대 변형 및 파단으로 주골조 부재의 안전성 저하	○주골조 연결부의 볼트 풀림・탈락발생율 30% 이상	○용접연결부 전반에 걸쳐 심각한 결함(변형, 단면 손실 등)이 발생하여 연결기능이 상실된 상태	○부식에 의한 단면손상 면적 10% 이상

* 주골조(구조부재)의 좌굴 등을 방지하기 위해 장치되는 판 또는 작은 부재(스티프너, 가새, 사이드앵글 등)를 의미함.

* 볼트 풀림 또는 탈락 발생율(%) = $\frac{\text{풀림또는탈락발생개소}}{\text{조사단위개소}} \times 100$

* 부식 발생 또는 단면손상 면적률(%) = $\frac{\text{결함및손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$

2) 주골조의 기울기

【표 4.2.8】 주골조의 기울기에 대한 상태평가기준

기준	기울기(각변위)	내 용
a	1/750 이내	예민한 기계기초의 위험 침하 한계
b	1/500 이내	구조물의 균열발생 한계
c	1/250 이내	구조물의 경사도 감지
d	1/150 이내	구조물의 구조적 손상이 예상되는 한계
e	1/150 초과	구조물이 위험할 정도

* 시공오차를 제외한 순 기울기
* 상태평가결과가 "d" 이하이면서 균열의 심한 변화를 동반하는 경우 중대한 결함으로 본다.

3) 주골조의 처짐

【표 4.2.9】 주골조의 처짐에 대한 상태평가기준

기준	평가기준 (보 및 슬래브의 처짐, L : 경간길이(㎝))
a	L / 480 이하
b	L / 480 이하(경미한 손상)
c	L / 240 이하
d	L / 150 이하
e	L / 150 초과

* 시공오차를 제외한 순 변위·변형
* 상태평가결과가 "d" 이하이면서 과다한 균열을 동반하는 경우 16.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

4) 보조골조의 내구설

【표 4.2.10】 보조골조의 내구성 상태평가기준

기준	변형 또는 파단	볼트 접합상태	용접 접합상태	강재의 부식
a	○없음	○볼트연결부에 손상이 없는 경우	○용접연결부에 결함이 없는 상태	○없음
b	○보조골조 부재의 경미한 변형	○볼트연결부에 경미한 손상이 발생한 상태	○용접연결부에 국부적인 미세결함이 있는 양호한 상태	○부식발생 면적 2% 미만
c	○보조골조 부재의 국부적 변형	○볼트연결부에 볼트 이완, 조임 미흡이 일부 발생한 상태	○용접연결부에 부분적으로 결함이 있는 보통의 상태	○부식발생 면적* 2%이상 10% 미만 ○부식에 의한 단면손상 면적* 2% 미만
d	○보조골조 부재의 전반적 변형	○볼트연결부에 볼트 풀림이 다수 발생하거나, 볼트 체결 누락 등으로 접합상태가 불량한 상태	○용접연결부에 광범위하게 결함이 발생되어 내력저하의 우려가 있는 불량한 상태	○부식발생 면적 10% 이상 ○부식에 의한 단면손상 면적 2% 이상 10% 미만
e	○보조골조 부재의 파단	○볼트연결부에 심각한 손상이 발생한 상태	○용접연결부 전반에 걸쳐 심각한 결함(변형, 단면 손실 등)이 발생하여 연결기능이 상실된 상태	○보조골조의 심각한 변형으로 파괴가 임박하거나, 부식에 의한 단면손상 면적 10% 이상인 경우

* 부식 발생 또는 단면손상 면적률(%) = $\frac{\text{결함 및 손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$

5) 방음판

【표 4.2.11】 방음판의 손상 상태평가기준

기준	불투명방음판의 부식 또는 변형	투명방음판의 균열 또는 파손
a	○규격에 맞게 설치·고정되어 있고, 방음판 부식·변형이 없는 경우	○방음판에 균열이나 파손이 없는 경우
b	○일부 방음판에 부분적인 변형 또는 부식이 발생하였으나, 탈락의 우려 없이 고정되어 있는 상태 ○일부 누수방지시설에 경미한 손상이 발생하였으나, 내부 체수 흔적이 없는 상태	○경미한 균열이나 부분적으로 파손된 방음판이 일부 있는 상태 ○일부 누수방지시설에 경미한 손상이 발생하였으나, 내부 체수 흔적이 없는 상태
c	○다수 방음판에 전체적인 변형 또는 부식이 발생하고 부분탈락의 가능성이 있으나, 전체탈락의 가능성은 없는 상태로 기능성 유지를 위해 일부 보수가 필요한 상태 ○누수방지시설의 부분적인 손상으로 방음터널 내부에 경미한 누수 흔적 및 백태가 발생한 상태	○벽체부 일부 방음판에 전면적인 균열이나 파손이 발생하여 보수가 필요한 상태 ○누수방지시설의 부분적인 손상으로 방음터널 내부에 경미한 누수 흔적 및 백태가 발생한 상태
d	○심각한 부식 또는 변형으로 일부 방음판이 전체탈락의 우려가 있어 긴급 보수가 필요한 상태 ○탈락한 방음판이 일부 있어 방음터널 내부로 우수가 유입될 수 있는 상태 ○누수방지시설의 전반적 손상으로 체수 구간이 다수 발생한 상태	○전면적인 균열이 발생하거나 파손된 방음판이 지붕에 다수 있어 긴급한 보수가 필요한 상태 ○탈락한 방음판이 일부 있어 방음터널 내부로 우수가 유입될 수 있는 상태 ○누수방지시설의 전반적 손상으로 체수 구간이 다수 발생한 상태
e	○심각한 변형 등으로 다수 방음판의 전체탈락 발생이 임박하여 방음터널 통과를 즉각 금지하여야 하는 상태	○탈락이 임박한 방음판이 지붕에 다수 있어 즉각 방음터널의 통행을 금지하여야 하는 상태

6) 기초콘크리트

【표 4.2.12】 기초콘크리트 상태평가기준

기준	균열	파손 및 손상	재질열화		
			백태, 박리, 층분리 및 박락	철근노출	탄산화
a	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 탄산화깊이[2] 0.25미만
b	○ 균열폭 0.3㎜ 미만	○ 손상면적[1] 2%미만	○ 백태면적율 5% 미만 ○ 박리깊이 0.5㎜ 미만 ○ 박락 및 층분리 깊이 15㎜ 미만	○ 철근부식 손상면적률 1% 미만	○ 탄산화깊이 0.25 이상 0.5미만
c	○ 균열폭 0.3㎜ 이상 0.5㎜ 미만	○ 손상면적 2%이상 10%미만	○ 백태면적율 5%~10% ○ 박리깊이 0.5~1㎜ ○ 박락 및 층분리 깊이 15~20㎜	○ 철근부식 손상면적률 1% 이상 2% 미만	○ 탄산화깊이 0.5 이상 0.75미만
d	○ 균열폭 0.5㎜ 이상 1.0㎜ 미만	○ 손상면적 10%이상 20%미만	○ 백태면적율 10%~20% ○ 박리깊이 1~25㎜ ○ 박락 및 층분리 깊이 20~25㎜	○ 철근부식 손상면적률 2% 이상 5% 미만	○ 탄산화깊이 0.75 이상 1.0미만
e	○ 균열폭 1.0㎜ 이상	○ 손상면적 20%이상	○ 백태면적율 20% 이상 ○ 박리깊이 25㎜ 이상 ○ 박락 및 층분리 깊이 25㎜ 이상	○ 철근부식 손상면적률 5% 이상	○ 탄산화깊이 1.0 이상

주1) 손상면적률(%) = $\frac{\text{손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$

(손상은 백태와 철근노출을 포함한다.)

주2) 탄산화깊이는 측정된 철근의 피복두께 대비 비율로 산정(= 탄산화깊이/철근의 피복두께)

7) 기초연결부

【표 4.2.13】 기초연결부 상태평가기준

기준	상태기준 설명
a	○ 결함이 없는 상태
b	○ 볼트 또는 접합판재에 일부 부식이 발생한 상태 ○ 접합부 이격 상태는 양호하나, 기초연결부 볼트 풀림 또는 탈락 발생율 5% 미만
c	○ 볼트 풀림 또는 탈락 발생율 5% 이상 10% 미만 ○ 부식으로 인한 볼트 또는 베이스플레이트 두께 평균 감소율 5% 미만 ○ 너트 조임 후 노출된 기초볼트 길이가 10mm 미만 ○ 무수축몰탈 손상 등으로 인한 베이스플레이트와 기초콘크리트 간 이격 발생
d	○ 볼트 풀림 또는 탈락 발생율 10% 이상 30% 미만 ○ 부식으로 인한 볼트 또는 베이스플레이트 두께 평균 감소율 5% 이상 10% 미만
e	○ 볼트 풀림 또는 탈락 발생율 30% 이상 ○ 부식으로 인한 볼트 또는 베이스플레이트 두께의 평균 감소율 10%이상

다. 공중이 이용하는 부위의 상태평가항목별 기준

1) 추락방지시설

【표 4.2.14】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 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

2) 도로포장

【표 4.2.15】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 4.2.16】 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 4.2.17】 환기구 등의 덮개의 상태평가기준

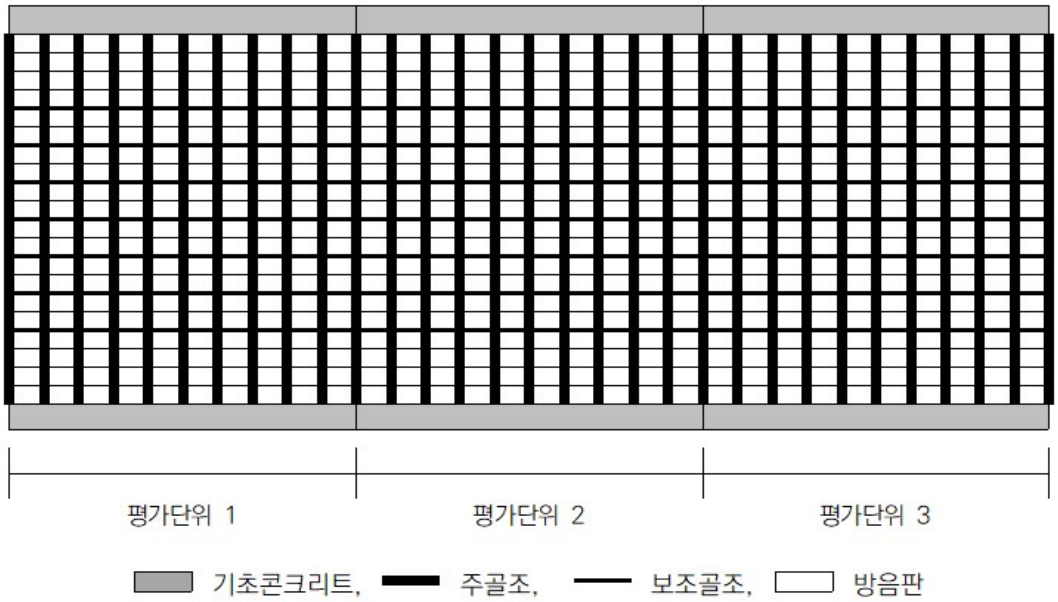
평가기준	구분
a	○환기구 등의 덮개가 최상의 상태
b	○덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태 ○기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태
c	○덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태
d	○덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태
e	○결함 및 파손 정도가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

4.2.3 상태평가결과 산정 방법

가. 지붕형 2차로 방음터널에 대한 전체 상태평가결과 산정 사례예시

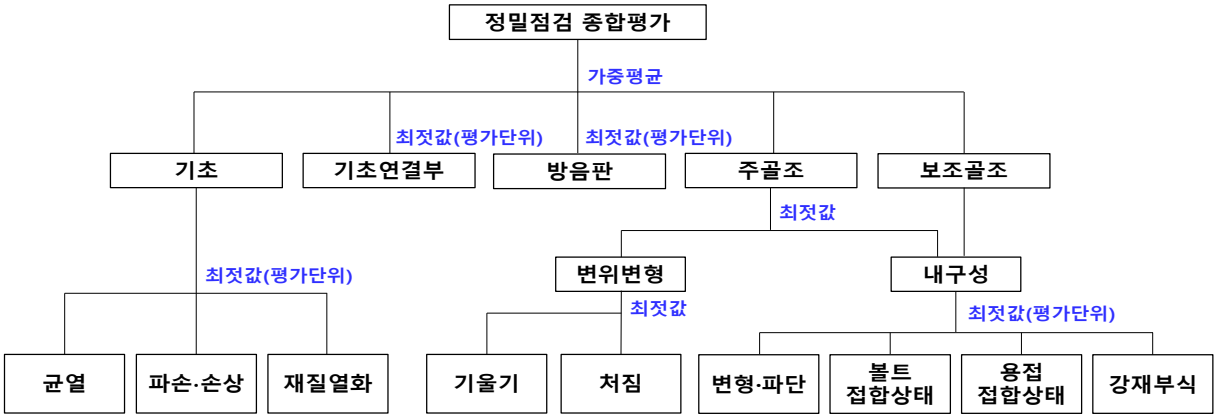
1) 방음터널의 제원

○ 단면형 : 지붕형 (가새없음)
○ 차로수 : 2차로
○ 길이 : 60m
○ 폭 : 9.5m
○ 방음판 : 지붕 투명형(PMMA), 측벽 흡음형+투명형(PMMA)



【그림 4.2.2】 전체 방음터널의 상태평가결과 산정 방법 예

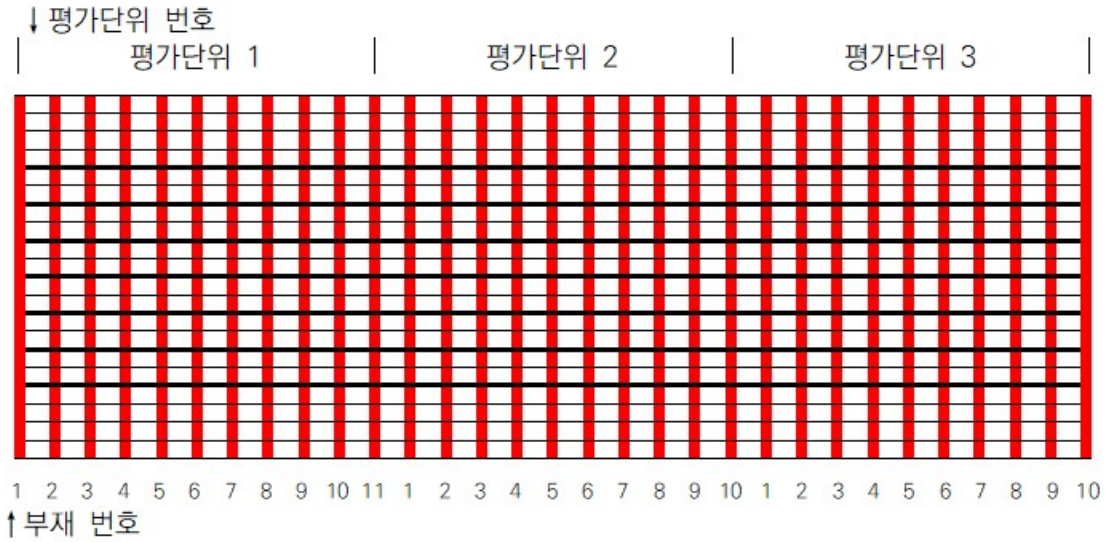
2) 방음터널의 상태평가 체계



【그림 4.2.3】 방음터널의 상태평가 체계

3) 주골조의 내구성 평가

주골조의 내구성 평가는 단위 주골조에 대한 결함도점수 중 최젓값으로 평가단위별 상태평가 결과를 산정하며, 평가단위 별 상태평가 결과에 따른 결함도점수를 평균하여 주골조에 대한 결함도 점수를 산정한다.



【그림 4.2.4】 주골조 전개도

【표 4.2.18】 주골조에 대한 내구성 평가 결과

(변형: 변형 또는 파단, 볼트: 볼트 접합상태, 용접: 용접 접합상태, 부식: 강재의 부식)

부재번호	평가단위														
	1					2					3				
	변형	볼트	용접	부식	결과	변형	볼트	용접	부식	결과	변형	볼트	용접	부식	결과
1	a	a	a	b	b	a	a	a	b	b	a	a	a	b	b
2	a	a	a	b	b	a	a	a	b	b	a	a	a	a	a
3	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	a	a	a	a	a
4	a	a	a	b	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
5	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
7	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
8	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
9	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
10	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
11	a	a	a	a	a										
평가단위 결과	0.2					0.2					0.2				
주골조 평균[1]	0.2														
주골조 평가결과	b (0.2)														

※ 주골조 평균 = 0.2×11/31(평가단위 1) + 0.2×10/31(평가단위 2) + 0.2×10/31(평가단위 3)

[표 4.2.18]는 [표 4.2.7]의 평가기준에 따른 주골조 31개(평가단위 1: 11개, 평가단위 2: 10개, 평가단위 3: 10개)에 대한 상태평가결과이다. [표 16.10]의 평가기준에 따라 각 주골조별로 평가된 등급별로 [표 16.21]에 제시된 결함도 점수를 부여하고, 그 중 최젓값으로 각 평가단위에 대한 결함도점수를 구한다. 주골조에 대한 평가결과는 3개 평가단위에 대한 값을 주골조의 개수를 고려한 평균값으로 산정한다.

4) 주골조의 변위・변형 평가

주골조의 변위・변형 평가는 주골조 중 3개소 이상에서 측정된 기울기 및 처짐 측정 결과 중 최젓값으로 처짐과 기울기에 대한 결함도점수를 결정하고, 이 중 최젓값으로 주골조의 변위・변형에 대한 결함도 점수를 산정한다.

【표 4.2.19】 주골조의 변위・변형 평가 결과

	측정 결과	평가 결과	결함도점수
처짐	7.2	a	0.10
기울기	0.0009	a	0.10
변위・변형 평가결과		a	0.10

5) 주골조에 대한 상태평가

주골조에 대한 상태평가 결과는 주골조에 대한 내구성평가와 변위・변형 평가 결과 중 최젓값으로 산정한다.

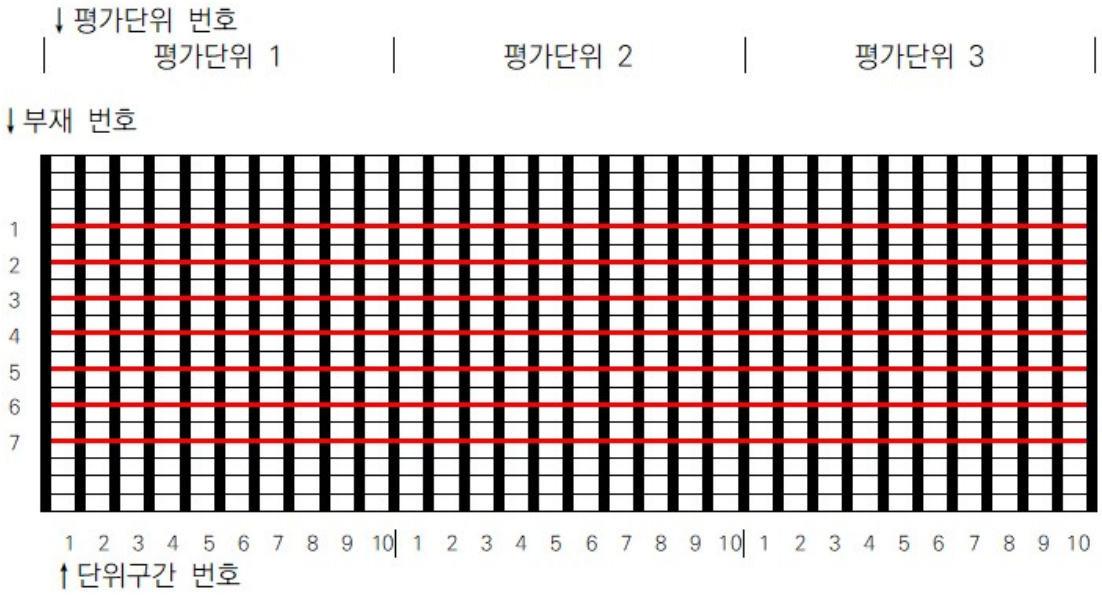
【표 4.2.20】 주골조에 대한 상태평가 결과

	주골조		비고
	내구성	변위・변형	
결함도점수	0.200	0.100	
부재별 평가 결과	b	a	
주골조별 평가 결과	b		

6) 보조골조의 내구성 평가

보조골조의 내구성 평가는 각 평가단위 내 보조골조에 대한 결함도점수 중 최젓값으로 평가단위별 상태평가 결과를 산정하며, 평가단위 별 상태평가 결과에 따른 결함도점수를 평균하여 보조골조에 대한 결함도 점수를 산정한다.

[그림 4.2.5]은 보조골조 전개도이다. 그림에서 보조골조는 빨간색으로 표시하였으며, 상단에는 평가단위 번호, 좌측에는 부재번호, 하단에는 단위구간 번호가 제시되어 있다.



【그림 4.2.5】보조골조 전개도

【표 4.2.21】보조골조에 대한 내구성 평가 결과

단위구간 번호	보조골조 부재																							
	평가단위 1								평가단위 2								평가단위 3							
	1	2	3	4	5	6	7	결과	1	2	3	4	5	6	7	결과	1	2	3	4	5	6	7	결과
1	a	b	a	a	a	a	a	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
2	a	a	b	a	a	a	a	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
3	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
4	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
5	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
7	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
8	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
9	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b
10	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b
평가단위 결과	0.2								0.1								0.2							
보조골조 평균	0.167																							
보조골조 평가결과	b (0.167)																							

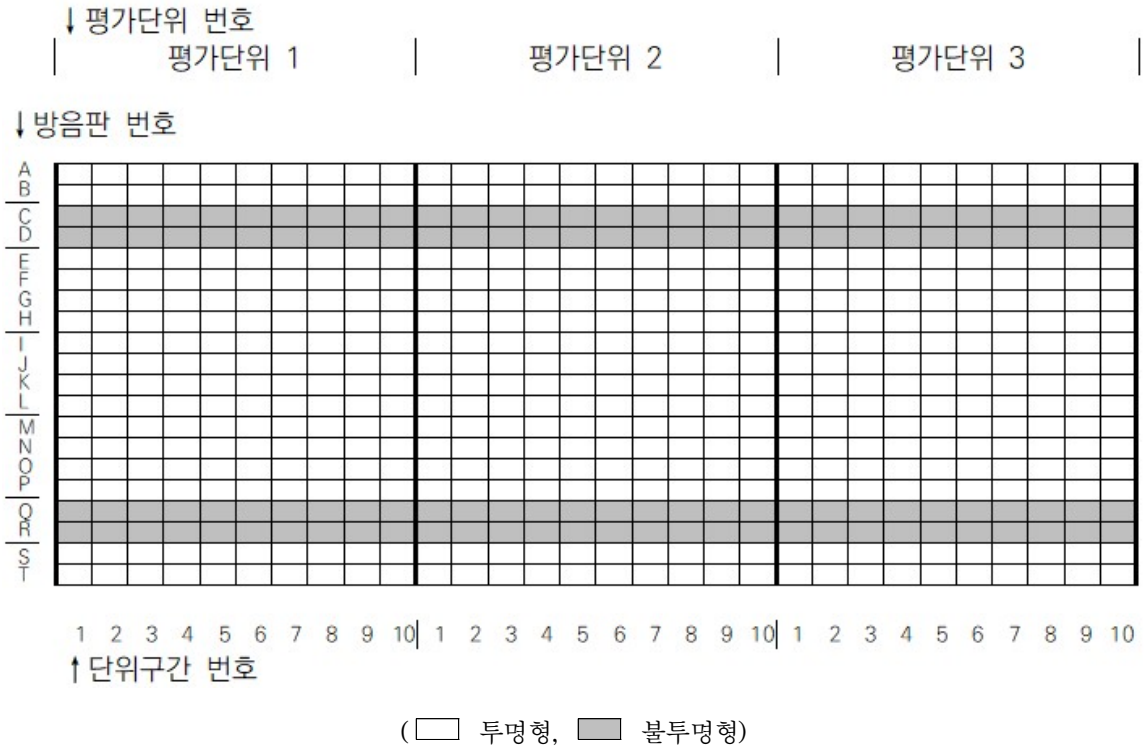
[표 4.2.21]은 [표 4.2.10]의 평가기준에 따른 보조골조 210개(각 평가단위 단 70개)에 대한 상태평가결과이다. [표 4.2.10]의 평가기준에 따라 각 보조골조 부재별로 평가된 등급별로 [표 4.2.3]에 제시된 결함도 점수를 부여하고, 그 중 최젓값으로 각 단위구간 및 평가단위에 대한 결함도점수를 구한다. 보조골조에 대한 평가결과는 3개 평가단위에 대한 평균값(평가단위 1: 0.2, 평가단위 2: 0.1, 평가단위 3: 0.2)으로 산정한다.

보조골조평가결과 = (0.2 + 0.1 + 0.2)/3 = 0.167

7) 방음판 평가

방음판 평가는 각 평가단위 내 방음판에 대한 결함도점수 중 최젓값으로 평가단위별 상태평가 결과를 산정하며, 평가단위 별 상태평가 결과에 따른 결함도점수를 평균하여 방음판에 대한 결함도 점수를 산정한다.

[그림 4.2.6]은 방음판 전개도이다. 그림에서 투명형은 백색, 불투명형은 회색으로 표시하였으며, 상단에는 평가단위 번호, 좌측에는 방음판번호, 하단에는 단위구간 번호가 제시되어 있다.



【그림 4.2.6】 방음판 전개도

【표 4.2.22】 방음판에 대한 평가 결과

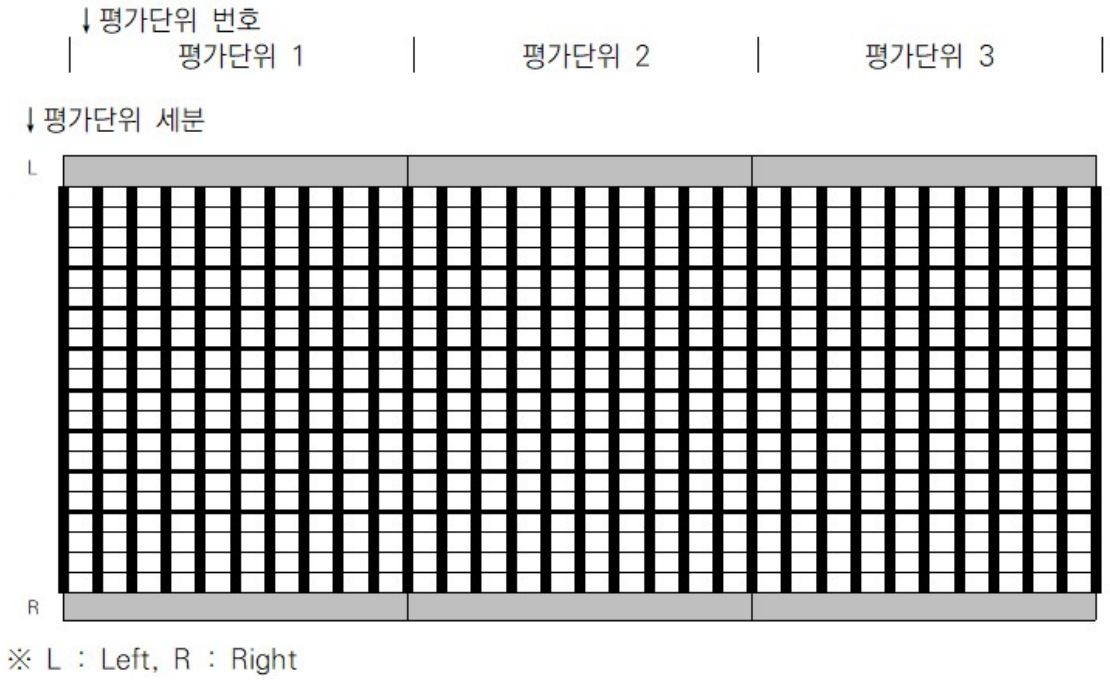
평가단위 번호	1	2	3
결함도점수	0.40	0.40	0.40
전체평균(등급)	0.40 (c)		

[표 4.2.22]는 [표 4.2.11]의 평가기준에 따른 방음판 600개(각 평가단위 단 200개)에 대한 상태평가 결과이다. [표 4.2.11]의 평가기준에 따른 각 방음판 등급별로 [표 4.2.3]에 제시된 결함도 점수를 부여하고, 그 중 최젓값으로 각 단위구간 및 평가단위에 대한 결함도점수를 구한다. 방음판에 대한 평가결과는 3개 평가단위에 대한 평균값(평가단위 1: 0.4, 평가단위 2: 0.4, 평가단위 3: 0.4)으로 산정한다.

방음판 평가결과 = (0.4 + 0.4 + 0.4)/3 = 0.4

8) 기초콘크리트 평가

기초콘크리트 평가는 각 평가단위 별 상태평가 결과를 평균하여 결함도 점수를 산정한다. [그림 4.2.7]은 기초콘크리트 전개도이다. 그림의 상단에는 평가단위 번호가 제시되어 있으며, 그림을 기준으로 상단 측벽의 기초콘크리트는 L, 하단 측벽의 기초콘크리트는 R로 표시하였다.



【그림 4.2.7】 기초콘크리트 전개도

【표 4.2.23】 기초콘크리트에 대한 평가 결과

(균열: 균열, 파손: 파손 및 손상, 열화: 재질열화)

평가단위	기초콘크리트											
	1				2				3			
평가단위 세분	균열	파손	열화	결과	균열	파손	열화	결과	균열	파손	열화	결과
L	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
R	b	a	a	b	a	a	a	a	b	a	a	b
Span 평가	0.2				0.1				0.2			
주골조 평균	0.167											
내구성평가	b (0.167)											

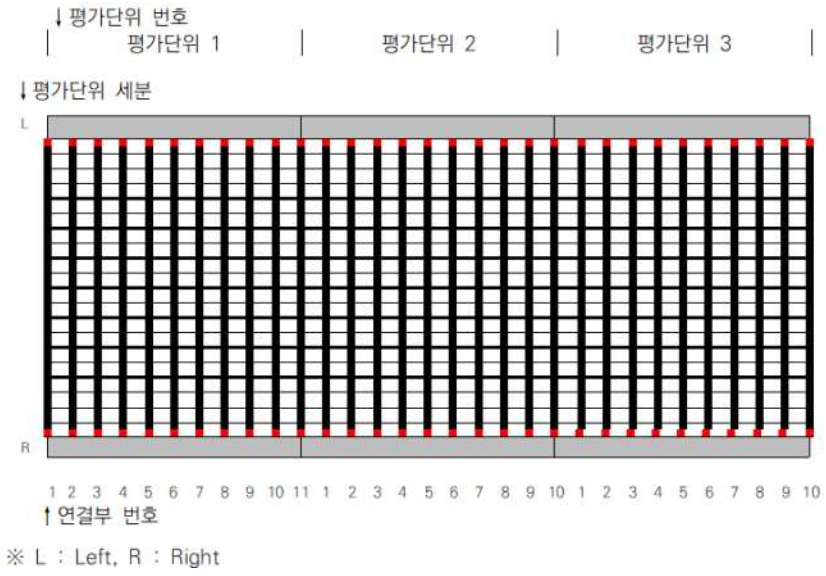
[표 4.2.23]은 [표 4.2.12]의 평가기준에 따른 기초콘크리트(각 평가단위별 2개)에 대한 상태평가 결과이다. [표 4.2.12]의 평가기준에 따라 각 기초콘크리트 부재별로 평가된 등급에 따라 [표 4.2.3]에 제시된 결함도 점수를 부여하고, L과 R 기초콘크리트 중 최젓값으로 각 평가단위에 대한 결함도 점수를 구한다. 기초콘크리트에 대한 평가결과는 3개 평가단위에 대한 평균값(평가단위 1: 0.2, 평가단위 2: 0.1, 평가단위 3: 0.2)으로 산정한다.

기초콘크리트 평가결과 = (0.2 + 0.1 + 0.2)/3 = 0.167

9) 기초연결부 평가

기초연결부 평가는 각 평가단위 내 기초연결부에 대한 결함도 점수 중 최젓값으로 평가단위별 상태평가 결과를 산정하며, 평가단위 별 상태평가 결과에 따른 결함도점수를 평균하여 기초연결부에 대한 결함도 점수를 산정한다.

[그림 4.2.8]는 기초연결부 전개도이다. 그림에서 각 기초연결부는 빨간색으로 표시하였다. 또한 상단에는 평가단위 번호, 하단에는 연결부 번호가 제시되어 있다. 참고로 그림을 기준으로 상단 측벽은 L, 하단 측벽은 R로 표시하였다.



【그림 4.2.8】 기초연결부 전개도

【표 4.2.24】 기초연결부에 대한 평가 결과

평가단위 연결부 번호	기초연결부					
	1		2		3	
	L	R	L	R	L	R
1	b	a	a	a	a	a
2	b	a	a	a	a	a
3	a	a	a	a	a	a
4	a	a	a	a	a	a
5	a	a	a	a	a	a
6	a	a	a	a	a	a
7	a	a	a	a	a	a
8	a	a	a	a	a	a
9	a	a	a	a	a	a
10	a	a	a	a	a	a
11	a	a				
평가단위 결과	0.2		0.1		0.1	
기초연결부 평균	0.135					
평가결과[1]	0.135 (b)					

※ 기초연결부 평균 = 0.2×11/31(평가단위 1) + 0.1×10/31(평가단위 2) + 0.1×10/31(평가단위 3)

[표 4.2.24]는 [표 4.2.13]의 평가기준에 따른 기초연결부 62개(평가단위 1: 22개, 평가단위 2: 20개, 평가단위 3: 20개)에 대한 상태평가 결과이다. [표 4.2.13]의 평가기준에 따라 각 기초연결부별로 평가된 등급별로 [표 4.2.3]에 제시된 결함도 점수를 부여하고, 그 중 최젓값으로 각 평가단위에 대한 결함도 점수를 구한다. 기초연결부에 대한 평가결과는 3개 평가단위에 대한 값을 기초연결부의 개수를 고려한 평균값으로 산정한다.

10) 종합평가

주골조, 보조골조, 기초, 기초연결부 및 방음판의 평가결과를 [표 4.2.25]의 결함도 점수와 가중평균하여 종합평가점수를 [표 4.2.27과 같이 산정하며, 종합평가점수에 따라 [표 4.2.26]의 결함도 범위에 따른 안전등급 기준을 적용하여 종합평가결과(안전등급)를 산정한다. 참고로 가중값은 지붕형(가새없음)에 대한 가중값을 적용하였다.

【표 4.2.25】 등급에 따른 결함도 점수 기준

기준	a	b	c	d	e
결함도 점수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00

【표 4.2.26】 결함도 범위에 따른 안전등급 기준

기준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤X<0.13	0.13≤X<0.26	0.26≤X<0.49	0.49≤X<0.79	0.79≤X

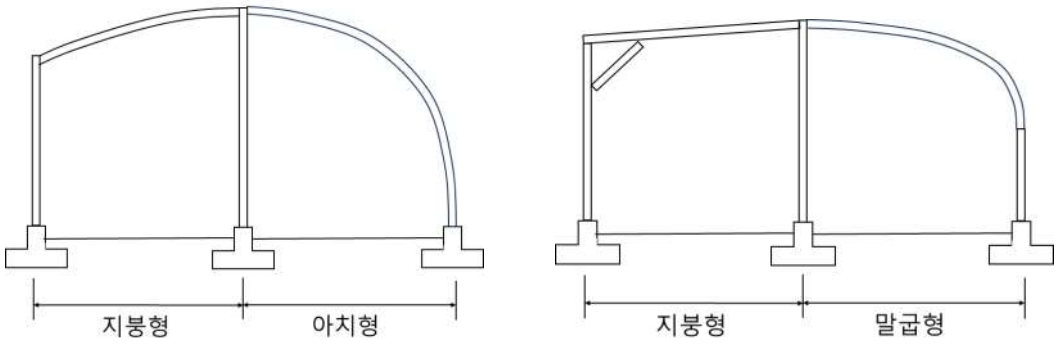
【표 4.2.27】 방음터널에 대한 종합평가 결과

	주골조	보조골조	방음판	기초연결부	기초
상태평가	b	b	c	b	b
결함도점수	0.20	0.167	0.400	0.135	0.167
가중치	0.30	0.10	0.100	0.150	0.350
종합평가점수	0.060	0.017	0.040	0.020	0.058
종합평가결과	B(0.195)				

나. 복합 방음터널의 상태평가 방법

본 세부지침에서 방음터널은 단면의 종류별로 부재에 대한 중요도를 달리하고 있으므로, 하나의 방음터널이 이종의 단면으로 구성되거나(단면비균일), 종방향으로 서로 다른 형식(길이비균일)으로 구성된 경우의 상태평가 방법은 다음과 같다.

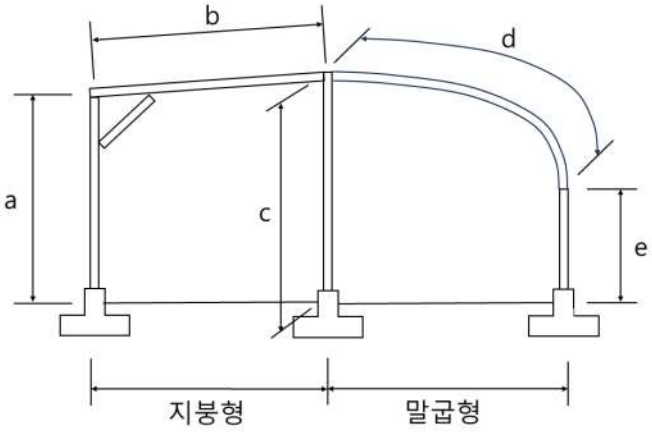
1) 단면비균일에 대한 상태평가 방법



(a) 지붕형 + 아치형 (b) 지붕형 + 말굽형

【그림 4.2.9】 단면비균일 방음터널

단면비균일 방음터널에 대한 상태평가는 다른 형식을 갖는 부분에 대하여 각각 해당하는 방법으로 안전등급을 산정하고, 유효둘레를 이용한 가중값으로 최종 안전등급을 결정한다.



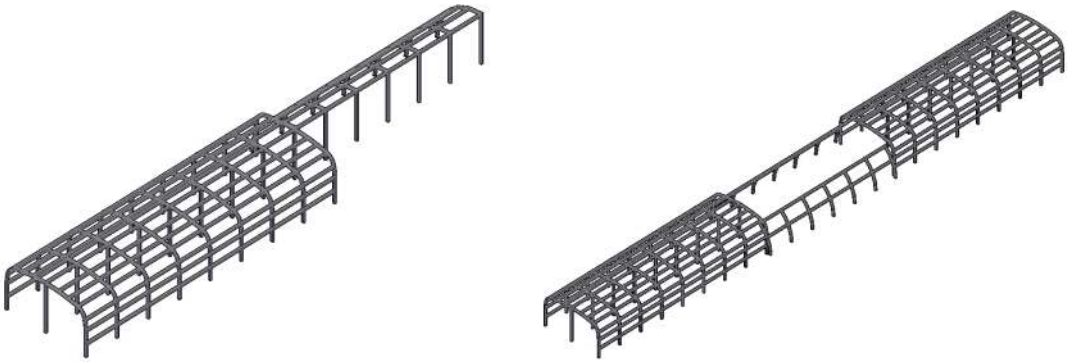
【그림 4.2.10】 방음터널의 유효둘레

○ 예시

구분	좌측(지붕형)	우측(아치형)
유효둘레	측벽높이(a) 5m + 폭(b) 6m + 중간기둥 높이(c)1) 6m = 17m	리브길이(d+e) 10m = 10m
가중치	0.630 (= 17/(11+10+6))	0.370 (= 10/(11+10+6))

주1) 중간기둥을 공유하고 있는 경우 좌측 또는 우측에 포함하여 평가하며, 없는 경우 제외

2) 길이비균일에 대한 상태평가 방법



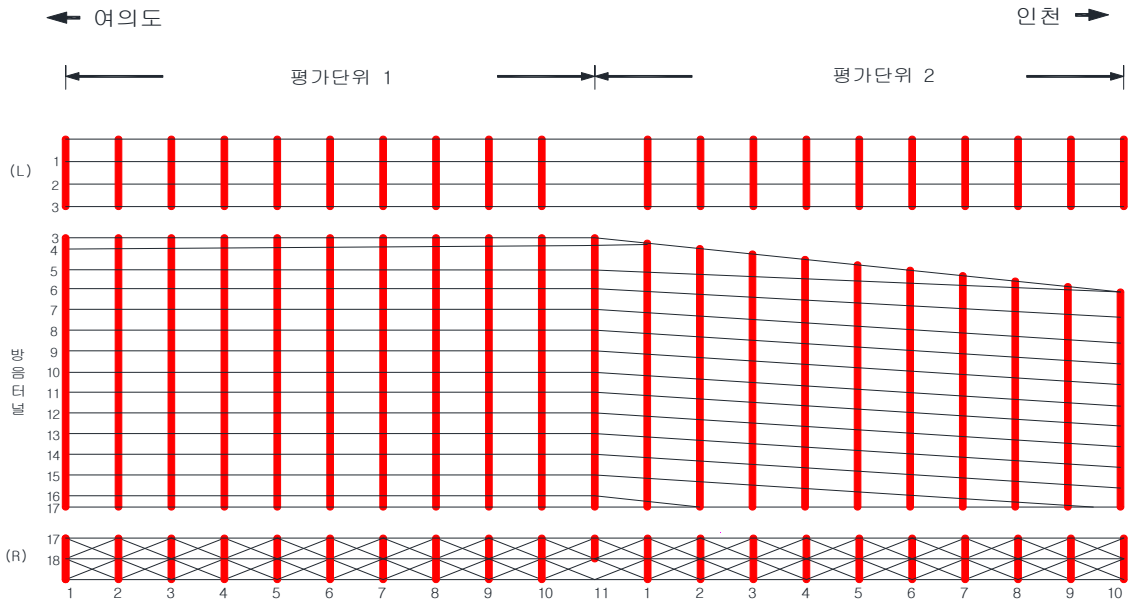
(a) 말굽형 4차로 + 반아치형 2차로 (b) 말굽형 + 반아치형 + 말굽형

【그림 4.2.11】 길이비균일 방음터널

길이비균일 방음터널의 경우 각 형식의 길이에 따른 가중치를 적용하여 최종 안전등급을 결정할 수 있다. 예를 들어, [그림 4.2.11](a)에서 말굽형 구간의 길이가 500m, 유효둘레가 30m이고, 반아치형 구간의 길이가 200m, 유효둘레가 20m일 경우 가중치는 말굽형 구간 0.789(= 30x500/(30x500+20x200)), 반아치형 구간 0.211(= 20x200/(30x500+20x200))으로 산정할 수 있다.

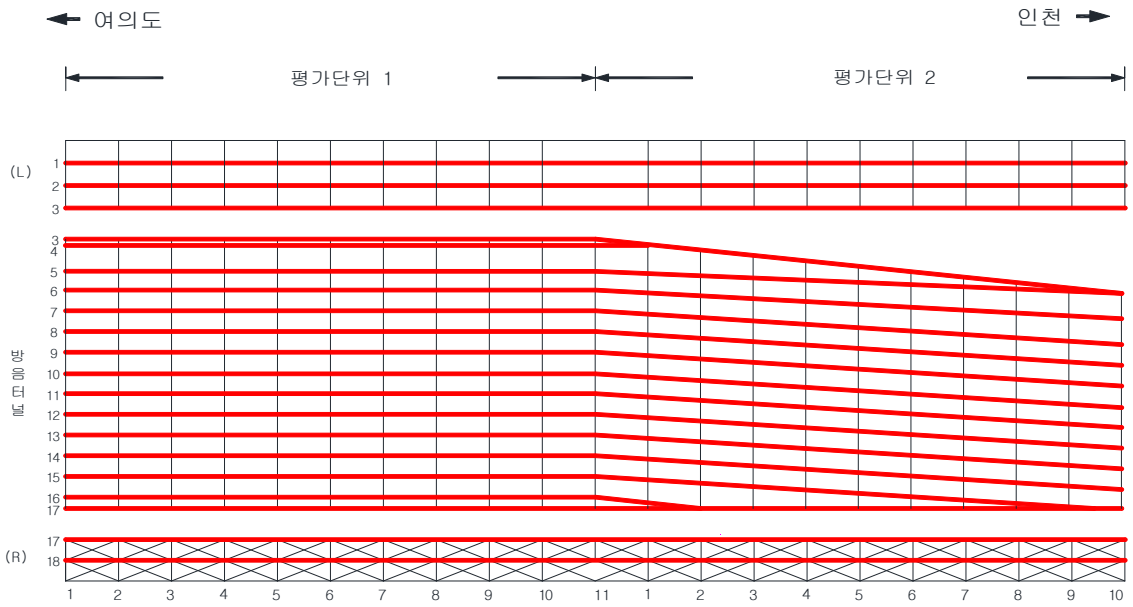
4.2.4 금회 상태평가 평가단위 내구성평가 대상 도면

가. 주골조



주골조

나. 보조골조



보조골조

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 방음터널 측점분할에 수록하였다.

4.3.2 상태평가 결과

상태평가 결과는 부재별로 각각 나누어 결과를 산정하였으며, 세부산정 내용은 부록에 수록하였다.

가. 기본시설물 평가 결과

1) 주골조에 대한 내구성 평가 결과

【표 4.3.1】 주골조에 대한 내구성 평가 결과

부재번호	평가단위									
	1					2				
	변형	볼트	용접	부식	결과	변형	볼트	용접	부식	결과
1	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
2	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
3	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
4	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
5	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
7	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
8	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
9	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
10	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
11	a	a	a	a	a	-	-	-	-	-
최젓값	0.10					0.10				
평가단위결과	a					a				
주골조 평균	0.100									
주골조 평가결과	A									

2) 주골조의 변위, 변형 평가 결과

【표 4.3.2】 주골조의 변위, 변형 평가 결과

구분	처짐		기울기	비고(경간길이cm)
Point 01	0.00		0.00	985.9
Point 02	0.00		0.00	1231.9
Point 03	0.00		0.00	1231.9
구분	**측정 결과**	**평가 결과**	**결함도 점수**	**비고**
처짐	0	a	0.10	
기울기	0	a	0.10	
변위, 변형 평가결과	-	A	0.100	

3) 주골조에 대한 상태평가 결과

【표 4.3.3】 주골조에 대한 상태평가 결과

구분	주골조		비고
	내구성	변위, 변형	
결함도 점수	0.10	0.10	
부재별 평가 결과	A	A	
주골조별 평가 결과	0.100		점수
	A		등급

4) 보조골조에 대한 내구성 평가결과

【표 4.3.4】 보조골조에 대한 내구성 평가결과

부재 번호	평가단위																																			
	1																			2																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	결과	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	결과
1	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
2	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
3	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
4	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
5	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
7	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
8	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
9	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
10	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
최젓값	0.10																			0.10																		
평가단위 결과	a																			a																		
보조골조 평균	0.100																																					
보조골조 평가결과	A																																					

5) 방음판에 대한 평가결과

【표 4.3.5】 방음판에 대한 내구성 평가결과

부재번호	평가단위	
	1	2
최젓값 점수	0.10	0.10
최젓값 등급	a	a
방음판 평균	0.100	
방음판 평가결과	A	

6) 기초콘크리트에 대한 상태평가 결과

【표 4.3.6】 기초콘크리트에 대한 상태평가 결과

부재번호	평가단위							
	1				2			
	균열	파손	열화	결과	균열	파손	열화	결과
L	a	a	a	a	a	a	a	a
R	a	a	a	a	a	a	a	a
최젓값	0.10				0.10			
평가단위결과	a				a			
기초콘크리트 평균	0.100							
기초콘크리트 평가결과	A							

7) 기초연결부에 대한 상태평가 결과

【표 4.3.7】 기초연결부에 대한 상태평가 결과

부재번호	평가단위					
	1			2		
	L	R	결과	L	R	결과
1	a	a	a	a	a	a
2	a	a	a	a	a	a
3	a	a	a	a	a	a
4	a	a	a	a	a	a
5	a	a	a	a	a	a
6	a	a	a	a	a	a
7	a	a	a	a	a	a
8	a	a	a	a	a	a
9	a	a	a	a	a	a
10	a	a	a	a	a	a
11	a	a	a	-	-	-
최젓값	0.10			0.10		
평가단위결과	a			a		
기초연결부 평균	0.100					
기초연결부 평가결과	A					

나. 상태평가 결과

1) 종합평가

【표 4.3.8】종합평가

구분	주골조	보조골조	방음판	기초연결부	기초
상태평가	A	A	A	A	A
결함도 점수	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치	0.28	0.12	0.10	0.15	0.35
종합평가 점수	0.028	0.012	0.010	0.015	0.035
종합평가 결과 점수	0.100				
종합평가 결과 등급	A				

다. 공중이 이용하는 부위 평가결과

1) 추락방지시설

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

2) 도로포장

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

3) 도로부 신축이음부

평가기준	평가내용
a	ㅇ신축이음부에 손상이 없는 상태
b	ㅇ신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생된 상태로 기능 발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	ㅇ신축이음 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	ㅇ신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태 ㅇ신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
e	ㅇ신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태

4) 환기구 등의 덮개

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

5) 평가결과

【표 4.3.9】 공중이 이용하는 부위 평가결과

추락방지시설	도로포장	도로부 신축이음부	환기구 등의 덮개
A	A	A	A

4.3.3 기 점검결과와의 비교

금회 점검이 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

【표 4.3.10】 기 점검결과와의 상태평가 결과 비교

구 분	전회점검		2026년 정밀안전점검	
	등급	결함지수	등급	결함지수
상태평가 결과	-	-	A	0.100

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.

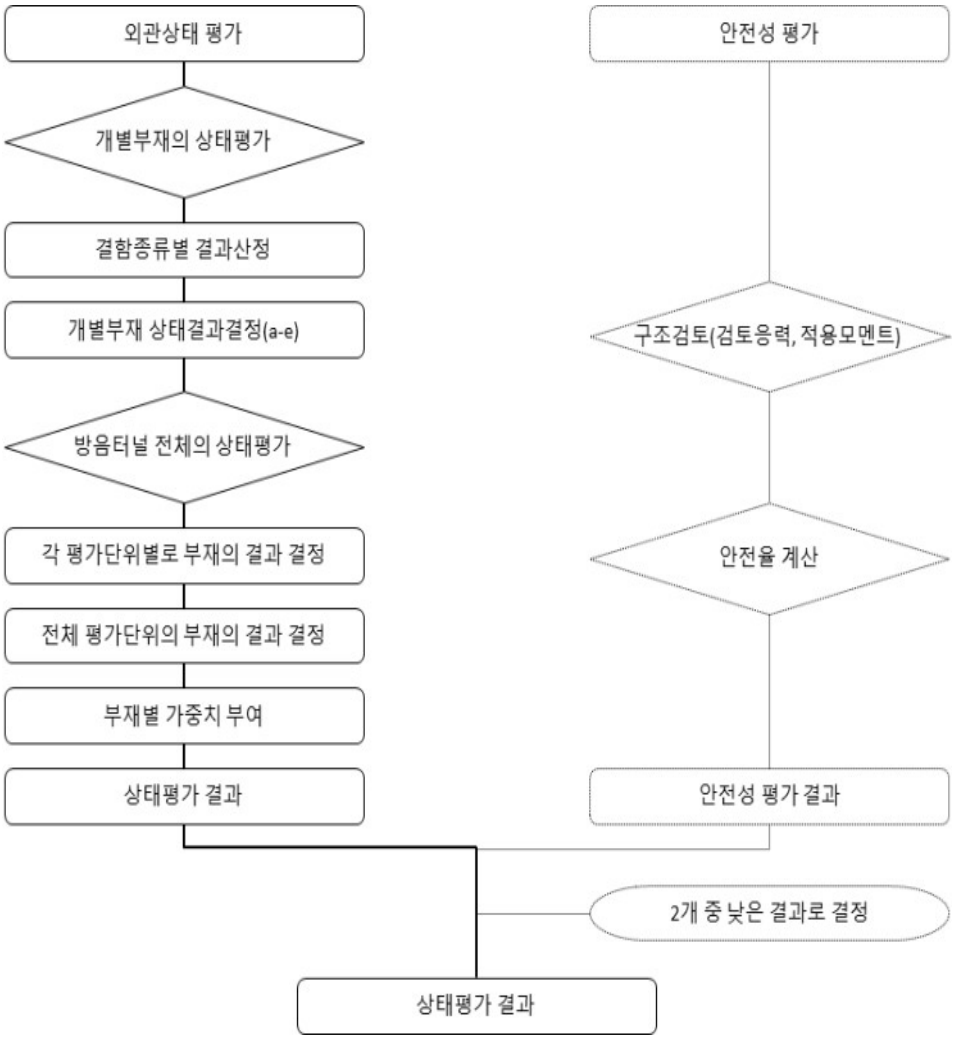
시설물에 대한 종합평가는 상태평가만 실시하거나 또는 상태평가와 안전성평가를 각각 실시한 후 이들 결과를 기초로 종합하여 이루어진다. 즉, 상태평가만 실시하는 경우에는 상태평가결과를 종합평가결과로 갈음하여 상태평가결과가 종합평가결과로 결정되지만 상태평가와 안전성평가를 동시에 실시한 경우에는 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교 검토하여 최종적인 종합평가결과를 부여하게 된다.

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 종합평가 결과로 결정한다.



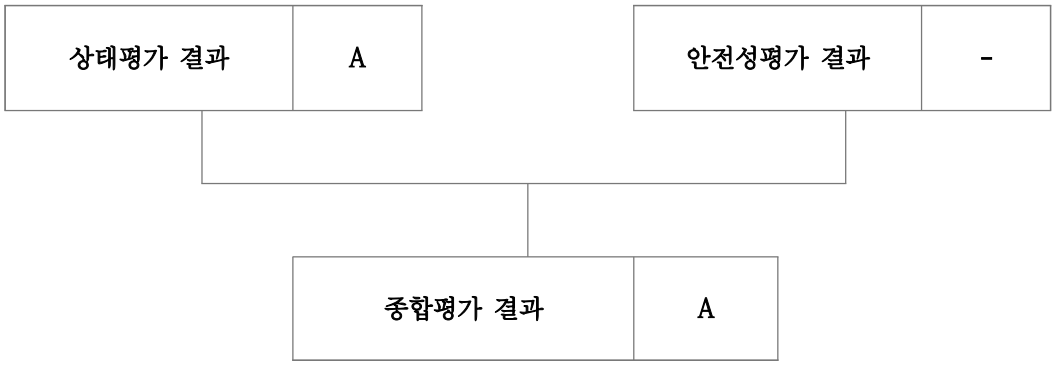
【그림 5.3.1】 방음터널의 종합평가 결과 산정절차

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 「A」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 “A” 로 평가되었다.

【표 5.4.1】종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
신월여의지하도로 방음터널	0.100	A	-	-	A
종합평가	• 신월여의지하도로 방음터널의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 문제점이 없는 최상의 상태인 “A” 로 평가됨 • 종합평가 결과, “A” 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 방음터널에 대한 상태평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 5.5.2】 안전등급 지정

구조물명	안전등급
신월여의지하도로 방음터널	A등급(우수)

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 발생된 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

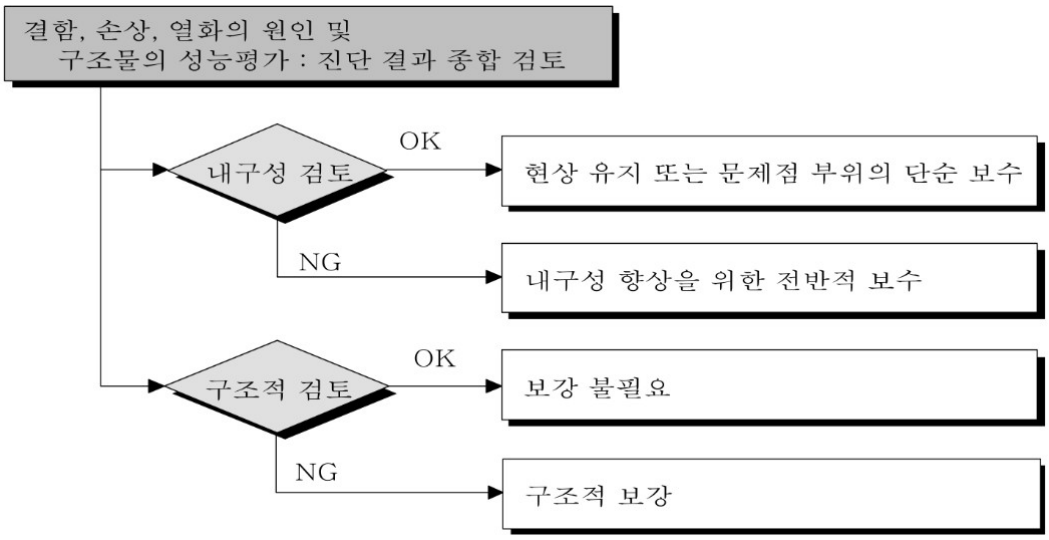
구분	순위	내 용
단기	1순위	• 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제12조(중대한 결함)의 "대통령이 정하는 중대한 결함"에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 등 • 주요부재에 발생된 결함 및 손상이 커 상태평가 기준 "d" 이하인 경우 • 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우 • 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상
중장기	2순위	• 보조부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 • 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
	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 보수·보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 - 콘크리트의 0.1㎜이하의 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 발생된 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.

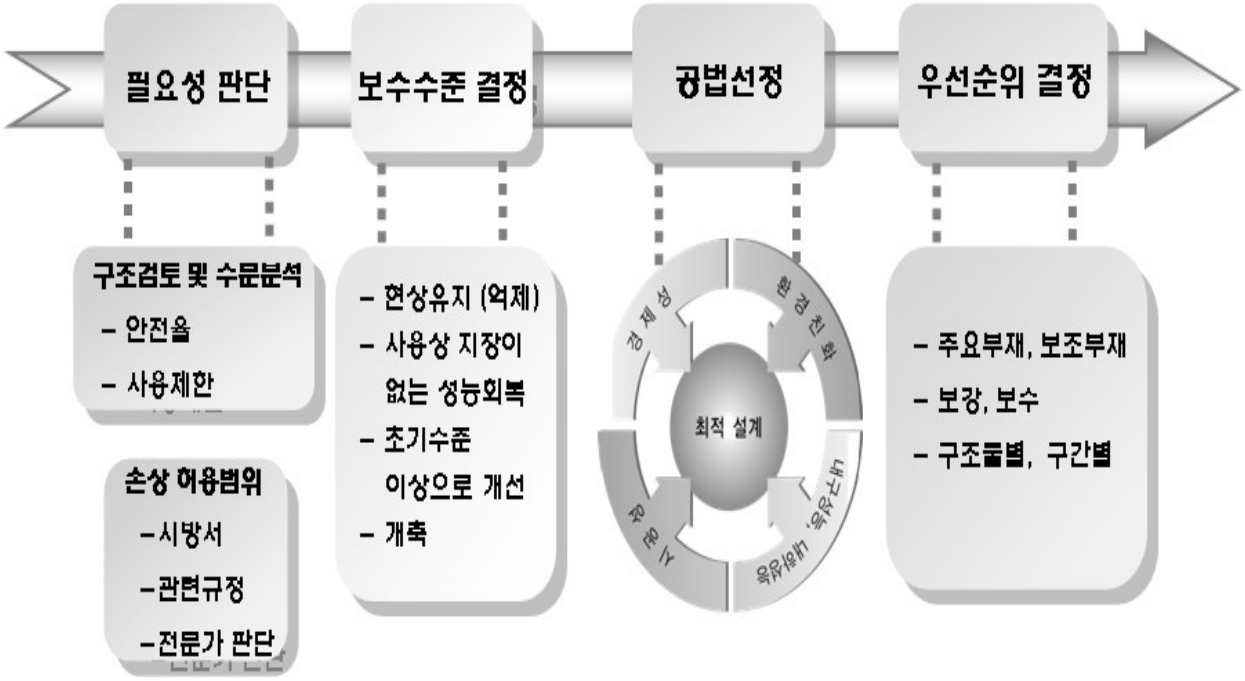
마. 적용 가능한 보수재료의 선정

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.

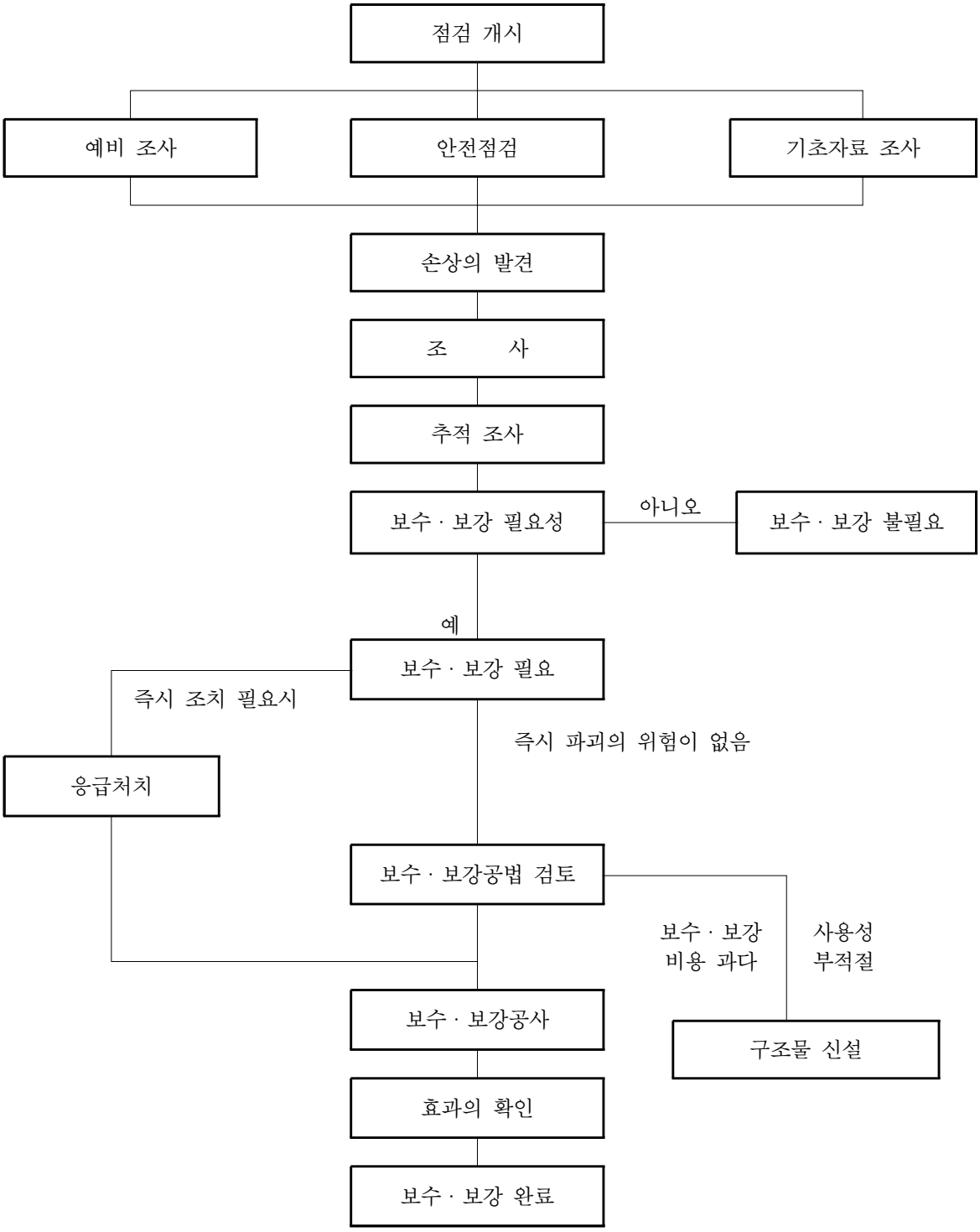
바. 보수재료의 성능조사

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
기본 시설	주골조		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
	보조골조		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
	기초연결부		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
	기초콘크리트		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
	방음판		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
부속 시설	배수시설		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
	안전 및 기타시설	가드레일	상태양호	-	-	-	-	주의관찰
		조명설비	상태양호	-	-	-	-	주의관찰
		CCTV	상태양호	-	-	-	-	주의관찰
		방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	2	1.50	표면처리	3순위
			백태	㎡	24	19.40	표면처리	3순위
	방재시설		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
공중이 이용하는 부위	도로포장		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
	도로포장		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
	도로부 신축이음부		상태양호	-	-	-	-	주의관찰
	도로부 신축이음부		상태양호	-	-	-	-	주의관찰

6.3 보수·보강 공법

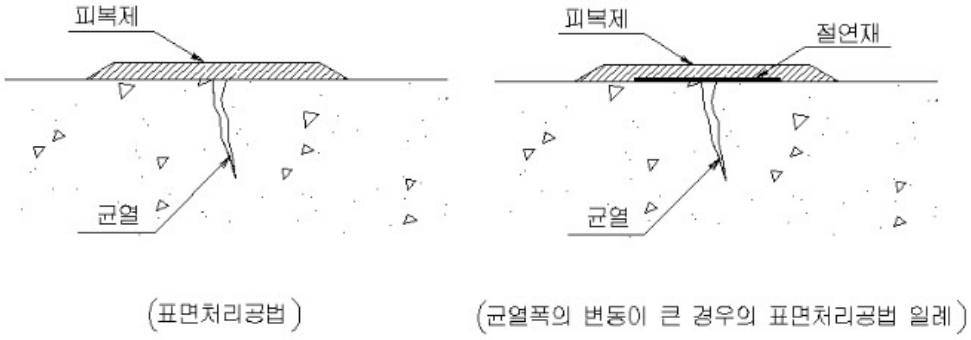
6.3.1 균열보수공법

가. 표면처리공법

1) 적용 범위

· 대상교량에 발생한 폭 0.2㎜ 이하의 균열과 백태 등의 표면손상은 진전방지 및 미관을 고려한 표면처리 보수를 실시한다.

· 폭 0.2㎜ 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/㎡)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.

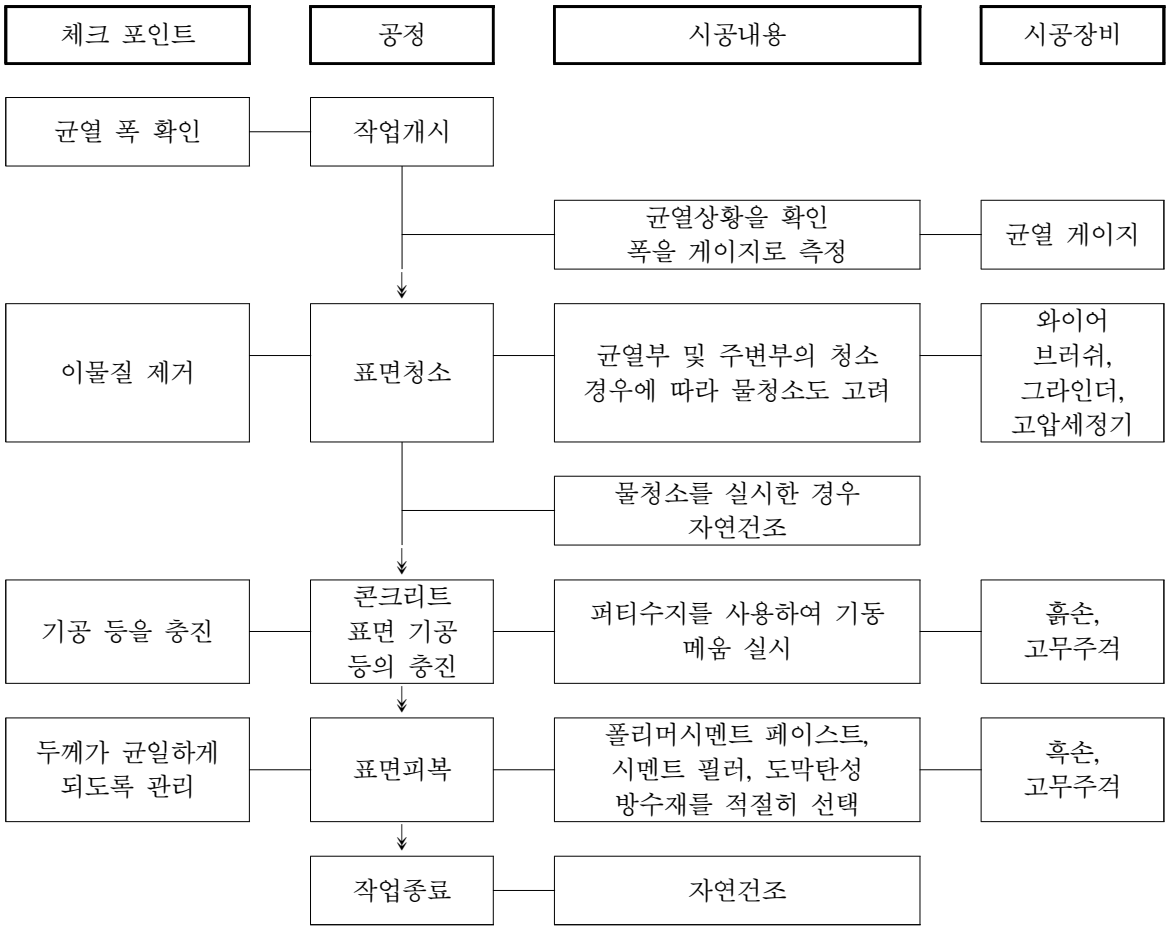
⑦ 직사광선, 바람 등이 현저한 장소에서 시공할 때는 급격한 건조를 방지하기 위한 조치를 취하여야 한다.

⑧ 동절기 시공 시에는 따뜻한 날을 선택하여 시공하여야 한다.

⑨ 혼화재는 사용 전에 수회 흔들어야 한다.

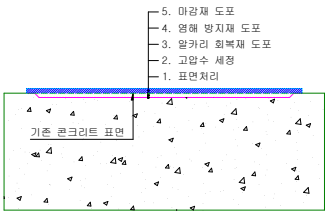
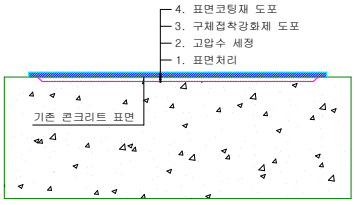
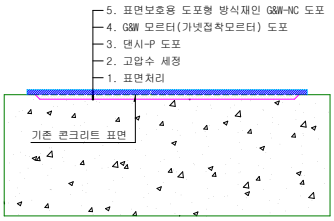
⑩ 시공완료 후 충분히 건조한 후 담당자의 확인을 받아야 한다.

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 알카리 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/㎠ 이상	표준부착강도 10.0 kgf/㎠ 이상	표준부착강도 10.0 kgf/㎠ 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 알카리 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, 내화학성, 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	•뿜칠시공시 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(0.3㎜이상)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	0.1㎜ 전후
	고점도	1,500±500	0.2㎜ 전후
Gel 상태		6,000±1,000	0.5~5.0㎜ 전후

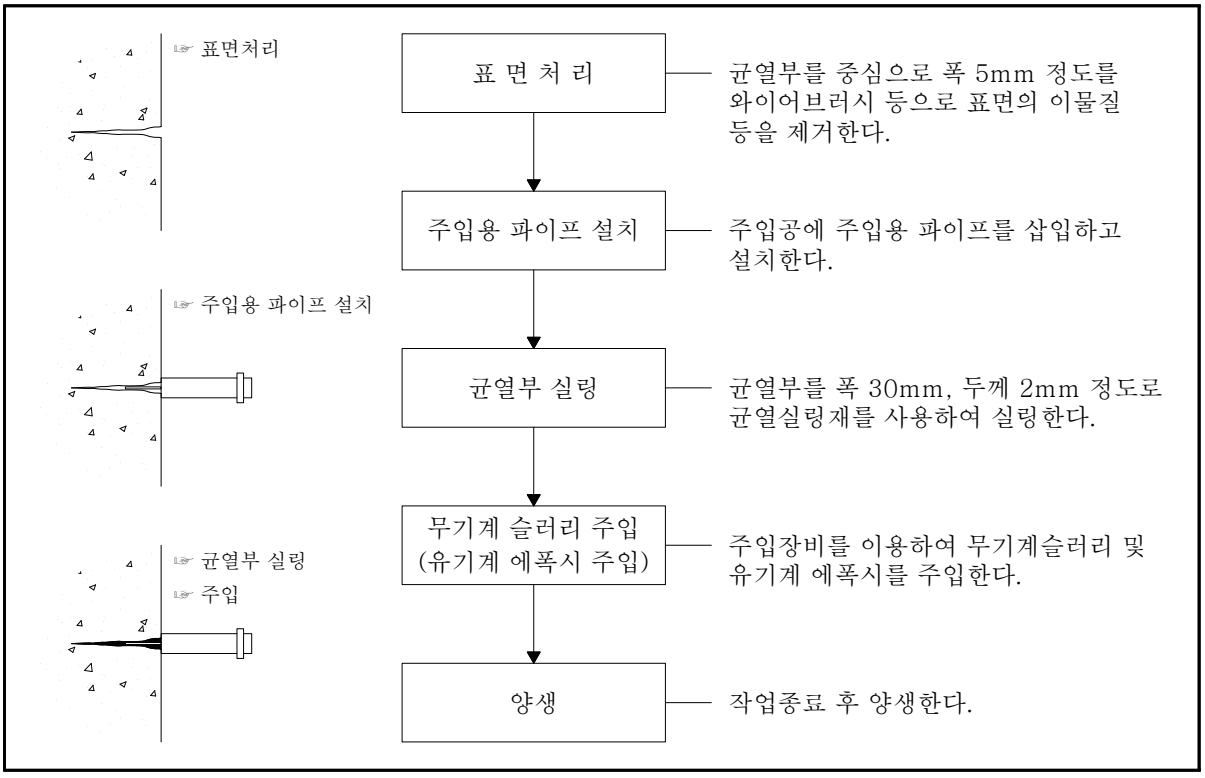
【표 6.3.4】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

균열 폭(㎜)	주입파이프/패커간격(㎜)	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.

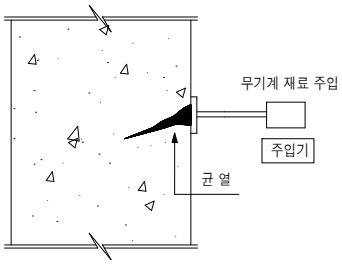
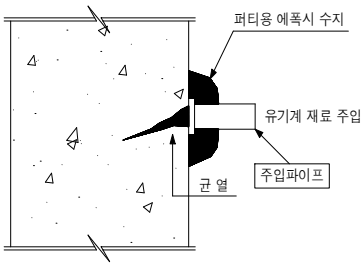
② 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.

③ 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 루트마다 시험을 실시하여 품질을 확보한다.

④ 씰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.

⑤ 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 씰링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 표면처리 한다.

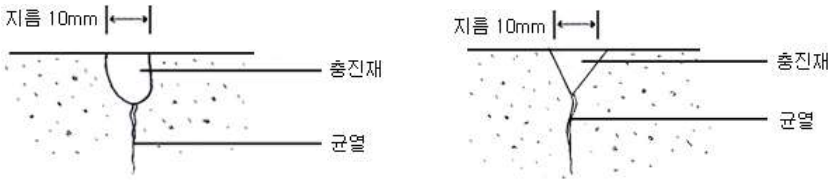
【표 6.3.6】 주입보수공법 비교표

구 분	폴리머 슬러리시멘트 주입공법	에폭시 주입공법
개요도		
공법 개요	균열부위를 컷팅하고 균열부를 씰링한 후에 무기계재료인 폴리머 슬러리시멘트를 주입기를 통하여 주입하는 공법	균열부위를 컷팅하고 균열부를 씰링한 후에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법
시공 방법	표면처리→U.V컷팅→주입기설치→ 균열부 씰링→폴리머슬러리 시멘트주입→단면복구	표면처리→U.V컷팅→주입기설치→ 균열부 씰링→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 늦고 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. 충진공법

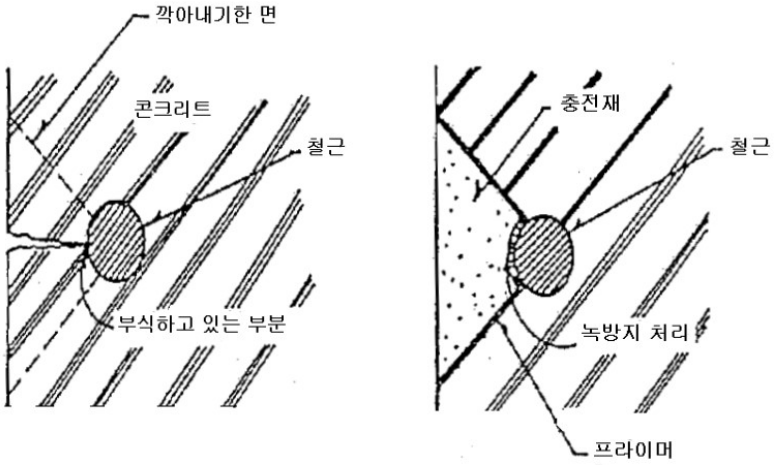
1) 개 요

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.

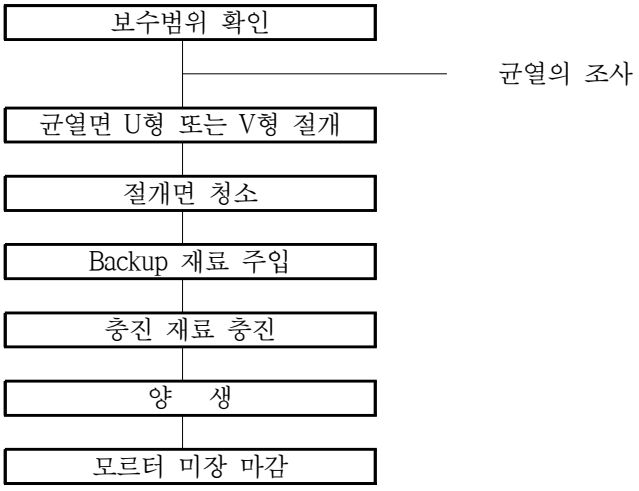


< U형 > < V형 >

【그림 6.3.4】 철근이 부식되지 않은 경우의 충진공법



【그림 6.3.5】 철근이 부식된 경우의 충진공법



【그림 6.3.6】 충진공법 시공순서도

2) 철근이 부식되지 않은 경우

균열을 따라 약 10mm의 폭으로 큰크리트를 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 모르터와 에폭시 수지 모르터 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 알카리성을 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 컷터로 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 제거하 고 청소한다.

6.3.2 단면보수공법

가. 단면보수공법(철근비노출부)

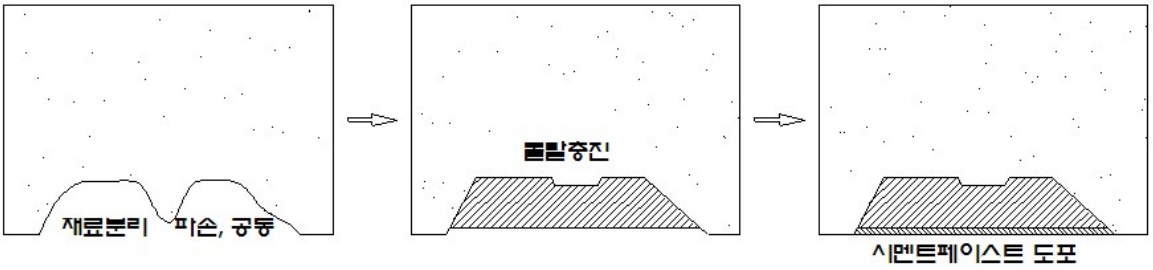
1) 개요

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/㎠를 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 30㎜를 적용하고 있음 - 콘크리트 표면에 경미한 곰보, 열화발생시 평균 10㎜ 정도를 제안함 (결함 및 열화깊이가 깊은 경우 깊이는 증가될 수 있음)

8) 단면보수 후 재 탈락 방지 방안

① 모르터가 경화된 후(7일 이후) 타검봉을 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.

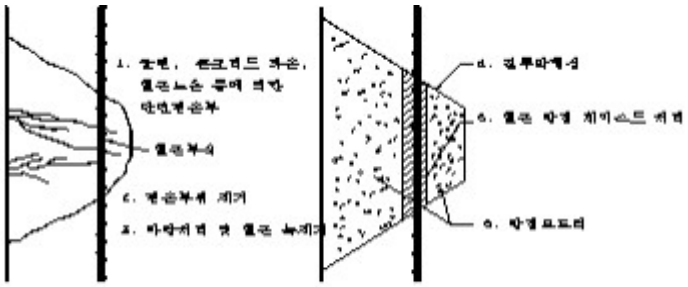
가. 단면보수(철근방청)공법

1) 적용 범위

외관조사 결과, 바닥판, 교대의 단면손상 등이 조사되었다. 이는 시공시의 다짐불량, 피복두께 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 방청모르터를 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.

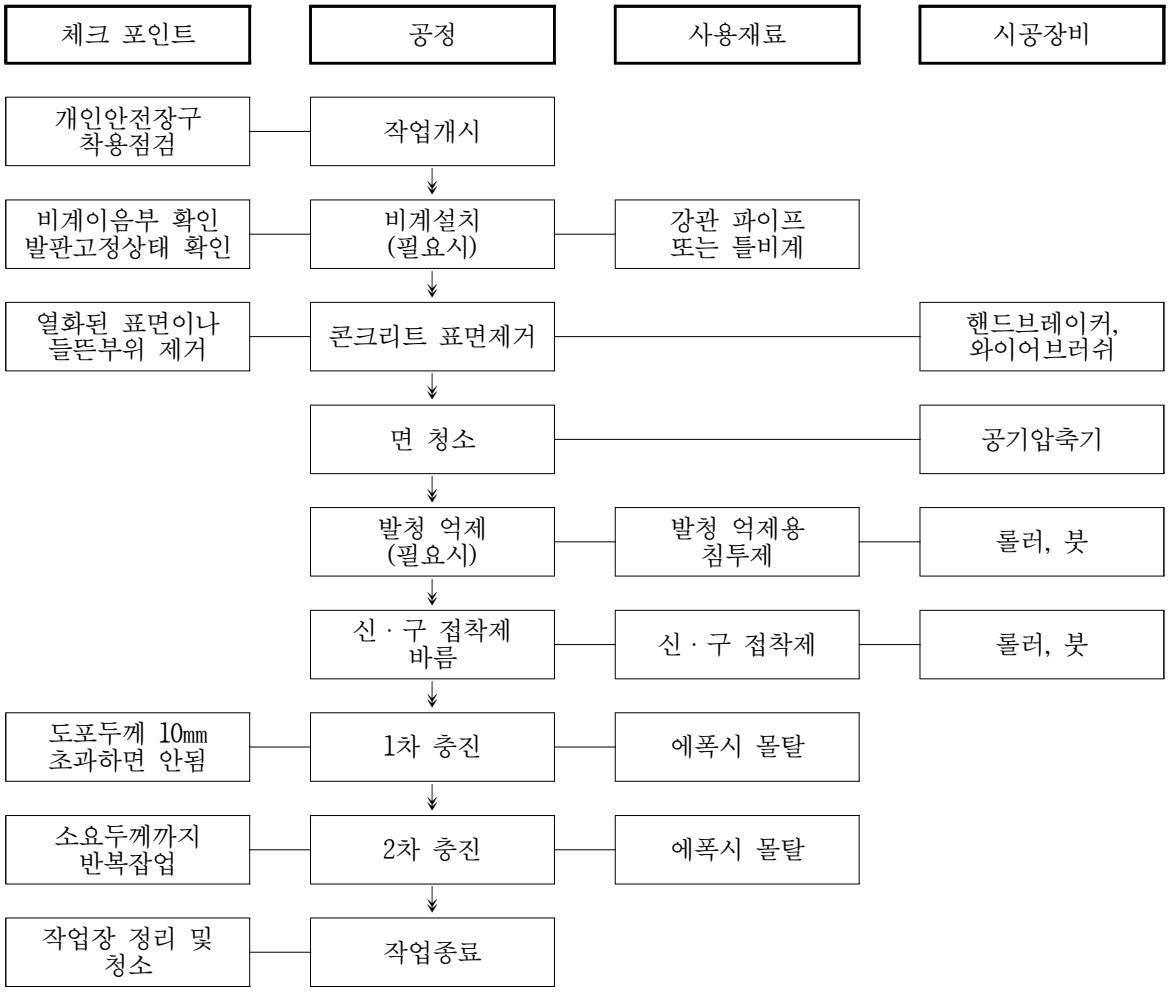
⑨ 기존 콘크리트 탈락부위에 1차 충진은 에폭시 몰탈로 실시한다.

⑩ 에폭시몰탈 시공시 미장두께는 10㎜를 넘어서서는 안 된다.

⑪ 기온이 30℃ 이하에서는 1차 충진 후 최소 2시간 경과 후에 2차 충진을 실시한다.

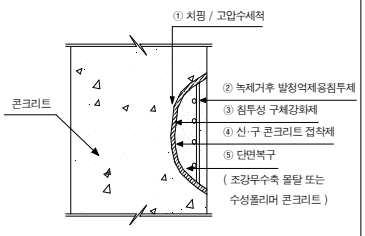
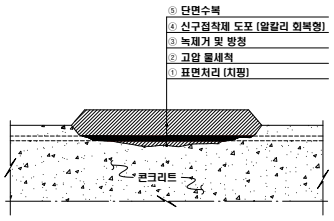
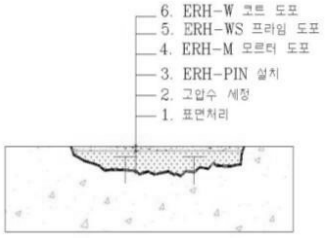
⑫ 에폭시몰탈은 상온에서 배합후 시간이 경과하면 접착력 및 강도가 저하되므로 작업종료 후 남은 것은 재사용하지 말고 버려야 한다.

⑬ 에폭시 몰탈의 혼합량은 중량비를 기준으로 저울을 이용하여 정확히 계량하여야 한다.



【그림 6.3.8】 단면보수공법 시공 흐름도

【표 6.3.7】 단면보수공법 비교표

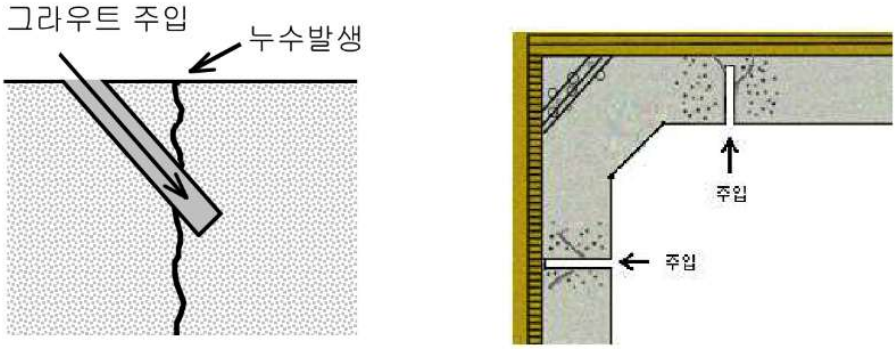
구 분	폴리머시멘트공법	PMI공법	에코플래시공법
개 요 도			
공법개요	•노출된 철근은 녹을 제거한 후 발청억제용 침투제로 방청하고 구체는 침투성 구체 강화제를 도포한 후 조강무수축 몰탈 또는 수성폴리머 몰탈을 사용하여 단면복구를 하는 방법.	•고분자 융합 신소재와 탄소나노튜브 하이브리드화 시켜 초기발생하는 수화열에 대한 저항성을 확보하여 초기균열 예방 및 내구성, 내식성이 우수한 다기능 복합 표면보수공법	•탄산화, 염해, 동해 및 화학적 부식 등의 열화원인에 대응하여 천연광물을 함유한 모르타르와 특수건식 스프레이를 이용하여 화학적 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 접착강화재 도포(필요시) → 모르터 도포 → 표면코팅재 도포	•표면하지처리(치핑)→고압물세척→ERH-PIN 시공 → ERH 모르타르 충전 → ERH 프라임 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 유지함으로서 장기적인 내구성 확보 •내화학성, 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 발생가능 적음 •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.

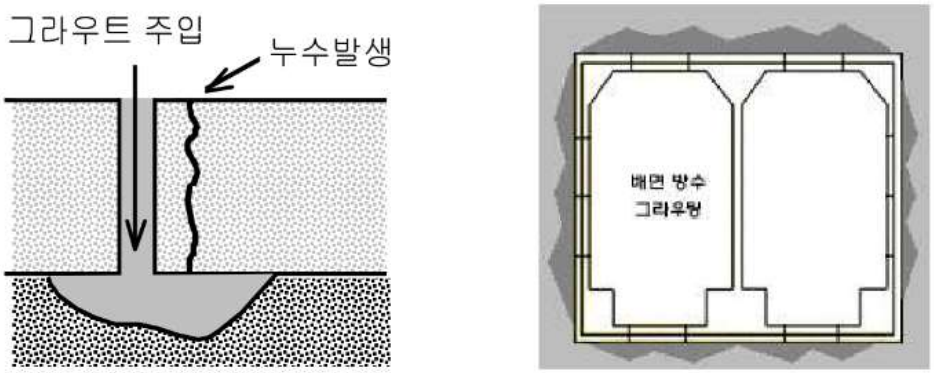


【그림 6.3.9】 충전주입방수 공법의 개요

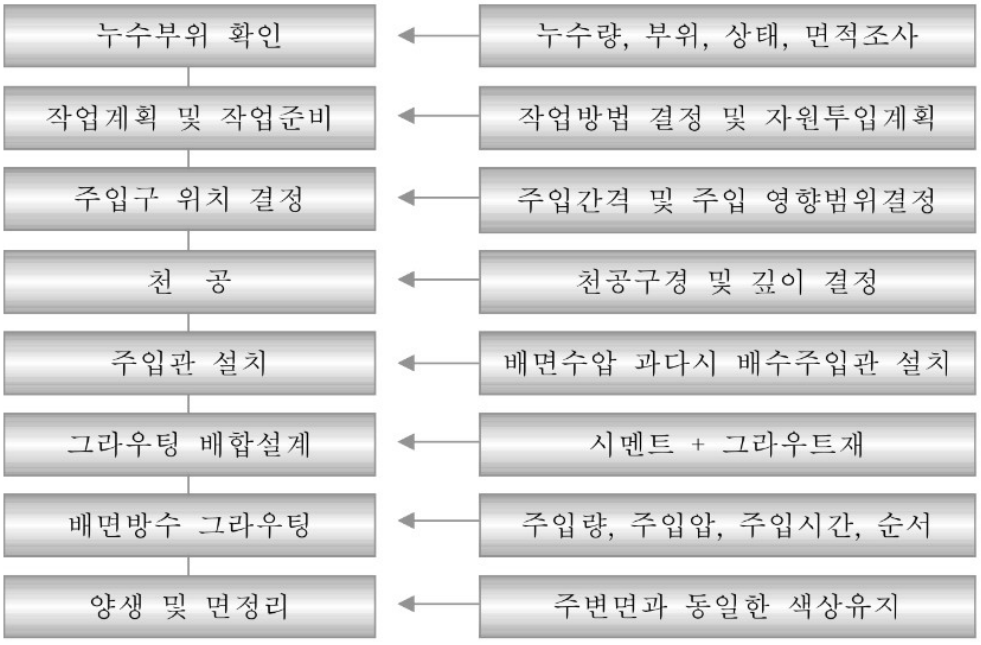
【그림 6.3.10】 충전주입방수 공법의 시공순서도

나. 배면 주입공법

배면 방수 주입공법은 누수면적이 넓으면서 누수발생 위치가 불분명하고 산발적으로 스며나오는 누수문제에 대한 보수·보강 공법이다. 배면 방수 쉬트가 파손되었던지 배면의 방수상태 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.



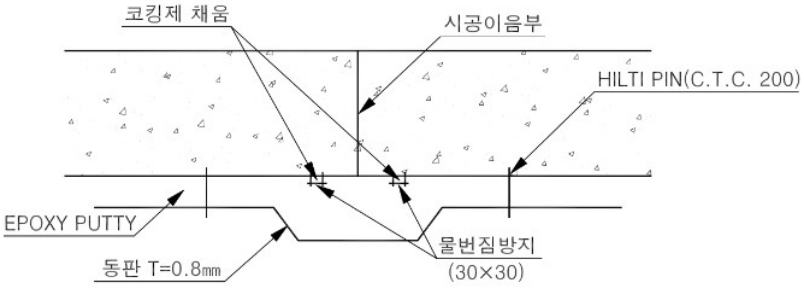
【그림 6.3.11】 배면주입방수 공법의 개요



【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

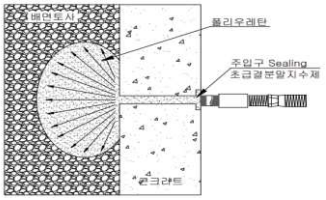
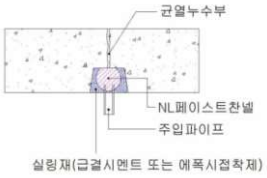
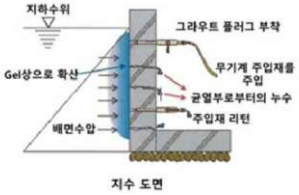
구 분	충전주입공법	배면누수공법	유도배수
공법개요	•단면(구체) 내부에 방수층 형성	•배면부에 방수층을 형성하는 공법	•유입되는 지하수를 배수처리하는 공법
장 점	•배면주입에 비해 공사비 저렴 •국부적인 누수 결함에 유리	•배면부의 손상된 방수층 재형성 가능 •누수 재발생 가능성 없음 •누수면적이 넓으면서, 산발적인 누수결함에 유리	•시공이 간단함 •공사비 저렴 •향후 유지보수가 용이함 •단면결손을 유발하지 않음
단 점	•배면부의 손상된 방수층 재형성이 어려움 •누수 재발생 가능성 있음 •누수 면적이 넓을 경우 불리	•공사비 많이 소요(배면부 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 많은곳 (Joint부)		

1) 지하차도의 누수에 대하여 1차적으로 충전주입공법 적용 재 누수여부를 확인 - 2차적으로 배면주입에 의한 공법을 적용.

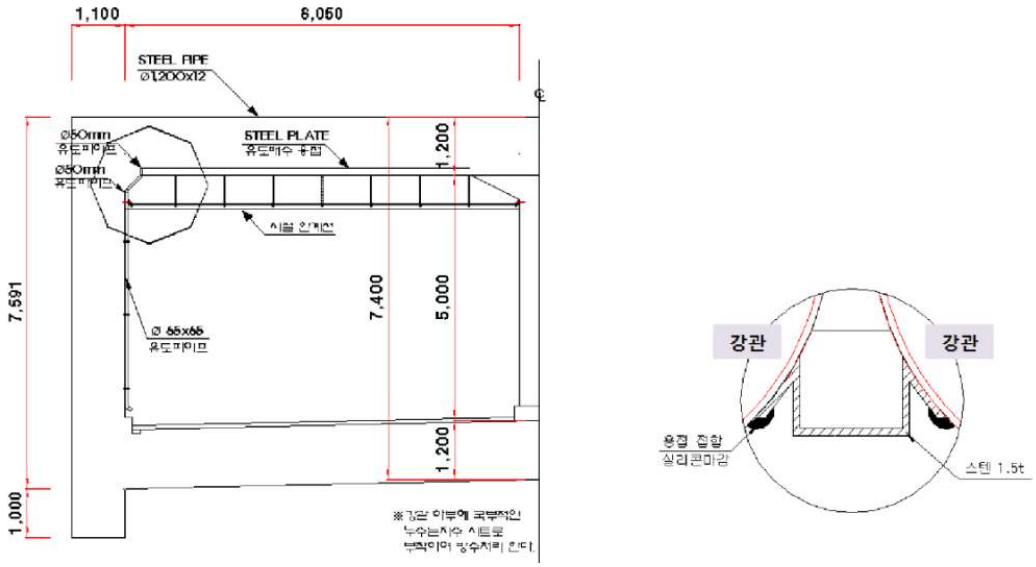
2) 1차적으로 충전주입공법시 국부적으로 미세균열부에 주입이 충실히 되지 않아 미세균열부에서 누수가 재발생되는 가능성이 있으므로 시공시 숙련된 작업공에 의하여 보수가 시행되어 정밀한 시공이 이루어져야 함.

3) 누수량이 다소 많이 발생되는 것은 유도배수를 통한 보수가 이루어져야 함.

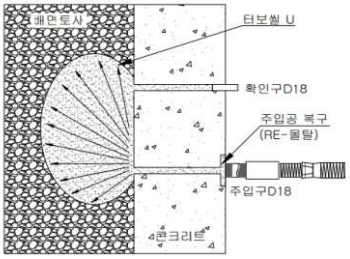
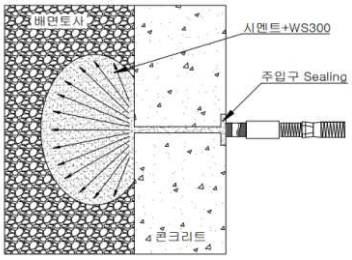
【표 6.3.9】 주입공법별 특징

구분	폴리우레탄 주입공법	핀그라우트공법	아크릴계
공법별 개요도			
공법 개요	·수압이 없는 구조물에 지수를 목적으로함 ·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 효과기대 배면에 약액을 주입하여 방수층을 형성하기도 함
시공방법	·누수 균열부에서 10~20cm 이격하여 천공, 주입구 설치 ·주입기의 최대 토출압력이 200kgf/㎠이 되어야 함 ·24시간이상 양생후 주입구를 제거하고 콘크리트면의 이물질을 제거후 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 ·à무기계 고성능 반응 촉진제 주입 ·à무기계 특수 혼화재 주입 ·à고성능 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 충진해 견고한 보수를 할 수 있음
단점	·재하자의 발생율이 높음 ·다량 누수구간시 전체주입 비용이 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/㎡	180,000 원/㎡	200,000 원/㎡
검토 결과	·남태령지하차도 T.R.M구간에 적용이 어려움 ·BOX구간 누수부 적용이 가능하며, 일반적으로 폴리우레탄 주입공법 시공		

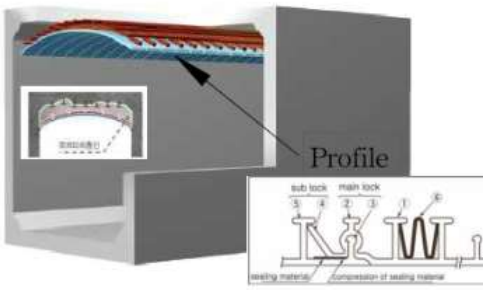
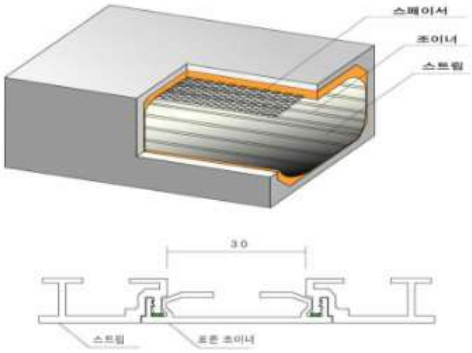
【표 6.3.10】유도배수공법 특징

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 (터보씰 방수층 형성공법)	시멘트 배면복구제
공법의 개요	·점착,유연형의 재료인 터보씰을 기존 방수층까지 천공하여 주입함으로서 방수층을 재형성하는 공법	·시멘트 계열의 그라우트제를 이용한 구체배면 또는 구체 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/㎠(재령28일)인 경화형 재료는 습윤면, 수중상태에서 접착이 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 접착 불량의 문제가 발생하며 기존 방수층을 복원시키지 못함
습윤, 수중면 접착성	·고점도의 재료로서 수중, 습윤상태에서도 접착을 이룸	·습윤상태에서 접착이 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/㎡	·293,000 원/㎡
검토결과	·방수의 효과를 기대하기 위해서는 T.R.M구간 시공 필요 ·터보씰 방수층 형성공법의 경우 누수가 면에 방수층(탄성고무재)을 형성하여 신축거동시 손상 없으며, 단기간 누수 재발시 하자보수 가능	

【표 6.3.12】 전면지수 공법별 특징

구분	RPPR 공법	플로링 공법
공법별 개요도		
공법 개요	·단면에 경질염화비닐재(프로파일)를 결합하여 제관하고, 무수축 고강도 모르타르를 충진하여 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 ·내화학성, 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 충진재가 손상되기 쉽고 손상에 따른 보수가 어려울 것으로 예상됨 ·하천수 유입시 동결 방지를 위해 추가적인 단열시설이 필요	

6.3.4 포장보수공법

가. 포장면 보수(아스콘 팻칭 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. 팻칭 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 씰링 공법)

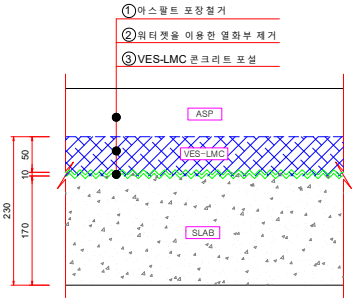
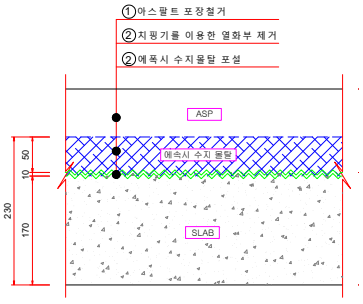
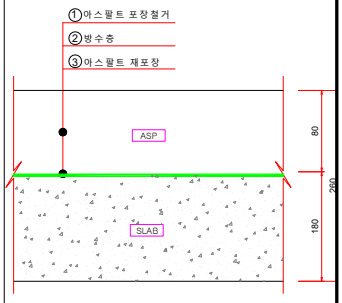
1) 공법개요

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 로드씰을 2mm ~ 3mm정도로 1차도포 후 지지판(철판 : 5 ~ 6mm)을 설치한다
- 조인트제(로드씰)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 + 탄살칼슘	아스팔트 + 조세골제 + 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 불리(믹서된 재료는 10분이내 소모) ■빠른 교통개방을 요하는 보수 공사에는 부적합	■주행성이 타 포장공법보다 우수 ■재료색상의 특성상 운전자 눈의 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/㎠ ■휨강도 60 - 100 kgf/㎠	■압축강도 700 kgf/㎠ 이상 ■휨강도 취성적임	■Flow(1/100㎝) 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 충진교과에 의해 투수성이 매우 낮음	■재료적인 특성상 불투성이나 균열 틈새로 물이 침투가능	■아스팔트의 노화, 균열 등에 의해 투수성이 큼
	부착성	■부착강도 16-23 kg/㎠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 적정한 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 바탕으로한 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·보강 시마다 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 것으로서 청소가 대표적인 경우이다. 또한, 소모성 물품의 교환, 부착물의 정비 등 간단한 작업이 여기에 포함된다.

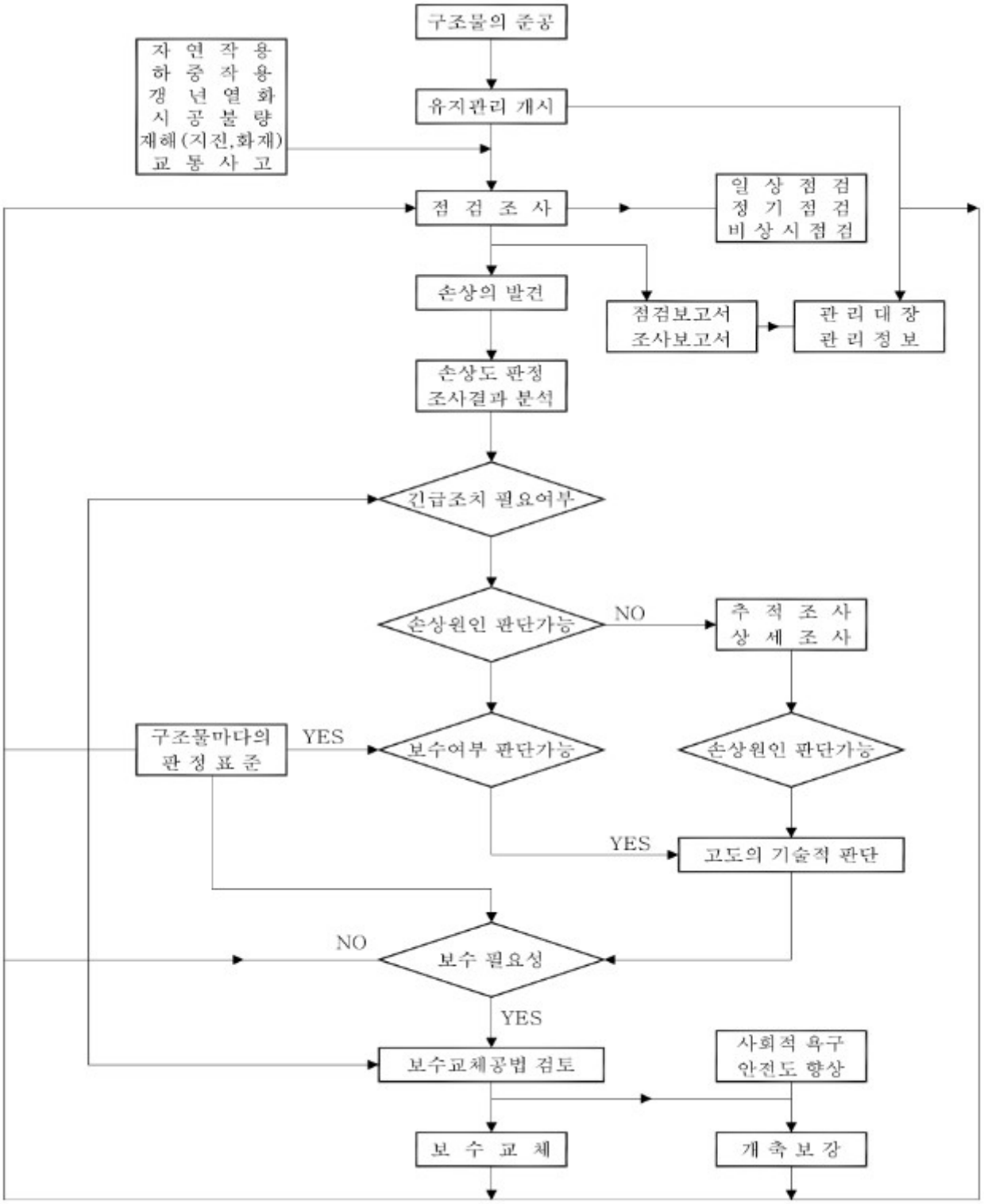
3) 점검 및 진단

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. 보수란 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.

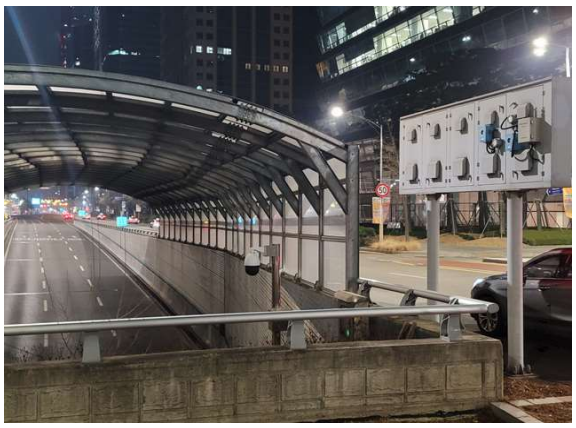


【그림 6.4.1】 유지관리 흐름도

6.4.3 중점 유지관리사항

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

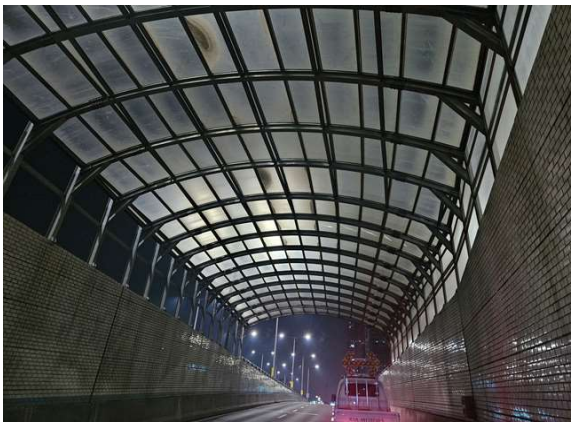
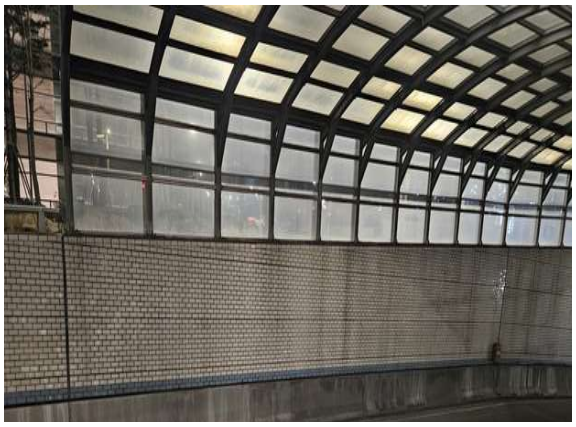
【표 6.4.1】 중점 유지관리사항

구 분	세 부 내 용	
주골조		
	S1~S2 주골조 상태현황	S1~S2 주골조 상태현황
조사 결과	· 상태양호 ⇒ 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상 및 변위·변형의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료됨	
보조 골조		
	S1~S2 보조골조 상태현황	S1~S2 보조골조 상태현황
조사 결과	· 상태양호 ⇒ 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료됨	

【표 6.4.1】 중점 유지관리사항 (계속)

구 분	세 부 내 용	
기초 연결부		
	S1 기초연결부(좌) 상태현황	S2 기초연결부(우) 상태현황
조사 결과	· 상태양호 ⇒ 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료됨	
기초콘 크리트		
	S1 기초콘크리트(우) 상태현황	S2 기초콘크리트(우) 상태현황
조사 결과	· 상태양호 ⇒ 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료됨	

【표 6.4.1】 중점 유지관리사항 (계속)

구 분	세 부 내 용	
방음판		
	S2 상부 방음판 상태현황	S1 좌측면 방음판 상태현황
조사 결과	· 상태양호 ⇒ 점검당시 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 신규손상의 발생여부를 확인하는 것이 바람직할 것으로 사료됨	
부속 시설		
	안전 및 기타시설(하부 방호벽(좌)) S1 균열(0.3㎜미만)	안전 및 기타시설(하부 방호벽(좌)) S2 백태(4.0x1.0)
조사 결과	· 균열(0.3㎜미만), 백태 등 ⇒ 건조수축, 거푸집 조기탈거, 온도변화, 외부 우수유입, 습기흡착 등에 의한 손상으로 진전을 방지하고, 부재의 내구성을 확보하기 위한 표면처리 등의 보수조치를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료됨	

제7장 종 합 결 론

7.1 개 요

7.2 현장조사 및 시험

7.3 시설물의 상태평가

7.4 안전등급 지정

7.5 종합결론

제7장 종 합 결 론

7.1 개요

신월여의지하도로 방음터널은 서울시 영등포구 여의대로에서 양천구 신월동까지 연결된 지하도로의 여의도방향 출구에 시공되어 있는 시설물로서 2021년 04월 15일에 준공되어 2025년 07월 10일에 3종으로 등록된 약 5년이 경과된 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 현장조사

가. 골조

1) 주골조

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

2) 보조골조

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

나. 기초연결부

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

다. 기초콘크리트

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

라. 방음판

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

마. 부속시설

1) 배수시설

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

2) 안전 및 기타시설

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

② 안전 및 기타시설(하부 방호벽)에 대한 현장조사 결과, 건조수축, 거푸집 미제거, 온도변화, 외부 우수유입, 습기흡착 등 복합적인 원인에 의한 균열(0.3㎜미만), 백태 등의 손상이 조사되었으며, 발생한 손상에 대하여 손상의 진전을 방지하고, 부재의 내구성을 확보하기 위한 표면처리 등의 보수조치를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

3) 점검시설

① 본 시설물의 점검시설은 시공되지 않은 상태이다.

4) 방재시설

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

바. 공중이 이용하는 부위

① 도로부 신축이음부 및 도로포장(아스팔트 콘크리트 포장 및 탄성조인트)의 경우 차량의 주행성에 대한 안전성 저하 및 중대결함은 없는 것으로 조사되었다.

② 추락방지시설(주골조, 보조골조, 기초콘크리트) 내의 시급한 보수 또는 보강이 요구되는 손상은 없는 것으로 확인되었다.

③ 환기구 등의 덮개(방음판)의 시급한 보수 또는 보강이 요구되는 손상은 없는 것으로 확인되었다.

7.2.2 내구성 조사결과

① 비파괴강도시험 검토결과, 반발경도법에 의한 콘크리트 강도는 28.3~28.6MPa로 설계기준강도(27MPa) 대비 104.9~105.9%로 비파괴 추정강도는 설계기준강도를 상회하는 값으로 분석되었다.

② 본 과업대상에 대하여 철근탐사 수행결과, 해당구간의 철근배근 간격 및 피복두께는 설계도면의 부재로 초기점검보고서를 참고하여 비교・분석하였으며, 전반적으로 일치한 것으로 확인되었다.

③ 탄산화 깊이 측정결과, 실측 피복두께와 비교시 탄산화 잔여깊이가 30.0㎜ 이상으로 측정되어 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2026. 1)』의 탄산화 상태평가 기준에 의거 “a”로 평가되었으며, 철근까지의 탄산화 도달기간은 시험개소 모두 100년 이상으로 측정되어 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

④ 변위・변형 측량 실시 결과, 설계도서와 측정형상이 일치하는바 건축한계에 저촉되는 구간, 처침 및 변형의 징후는 없는 것으로 확인된다. 따라서, 시설물의 안전성에는 이상이 없을 것으로 사료된다.

⑤ 기울기 측정 실시 결과, 설계 값과 다소 차이가 있으나 이는 측정오차로 판단되며, 건축한계에 저촉되는 구간, 처침 및 변형의 징후는 없는 것으로 확인된다. 따라서, 시설물의 안전성에는 이상이 없을 것으로 사료된다.

7.3 시설물의 상태평가

구분	주골조	보조골조	방음판	기초연결부	기초
상태평가	A	A	A	A	A
결함도 점수	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치	0.28	0.12	0.10	0.15	0.35
종합평가 점수	0.028	0.012	0.010	0.015	0.035
종합평가 결과 점수	0.100				
종합평가 결과 등급	A				

7.4 안전등급 지정

구조물명	안전등급
신월여의지하도로 방음터널	A등급(우수)

7.5 종합결론

7.5.1 정밀안전점검 실시결과의 종합결론

신월여의지하도로 방음터널의 정밀안전점검 종합평가 결과, 기준 ‘A’로 평가되어 안전등급은 “A등급(우수)”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

점검당시 주요부재 등에 대하여 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 부속시설 하부 방호벽에서 균열(0.3㎜미만), 백태 등의 손상이 조사되어 발생한 손상에 대하여 표면처리 등의 보수를 실시하고, 주기적인 점검을 통한 변위·변형, 신규손상 등의 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

7.5.4 기타 필요한 사항

시설물의 안전성 유지는 점검당시 시설물의 상태가 양호한 상태로 조사되었으나 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.