제1장 정밀안전진단 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

1.6 기호의 정의

제1장 정밀안전진단 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”(이하 ” 시특법 “이라 한다.) 제7조 및 동법 시행령 제9조에 의한 정밀안전진단으로서 시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 조치를 취하며, 상태 및 구조적 안전성, 사용성을 종합적으로 검토·평가하여 적절한 보수·보강방법 및 유지관리방안을 수립하여, 시설물의 재난예방과 안전성 확보를 통해 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

가. 정밀안전진단

1) 자료수집 및 분석

2) 현장조사 및 시험

3) 상태평가

4) 안전성평가

5) 종합평가 및 안전등급 지정

6) 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시

7) 보고서 작성

1.2.2 과업수행기간

2023. 05. 31 ~ 2023. 07. 29

1.2.3 과업의 내용

본 과업은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

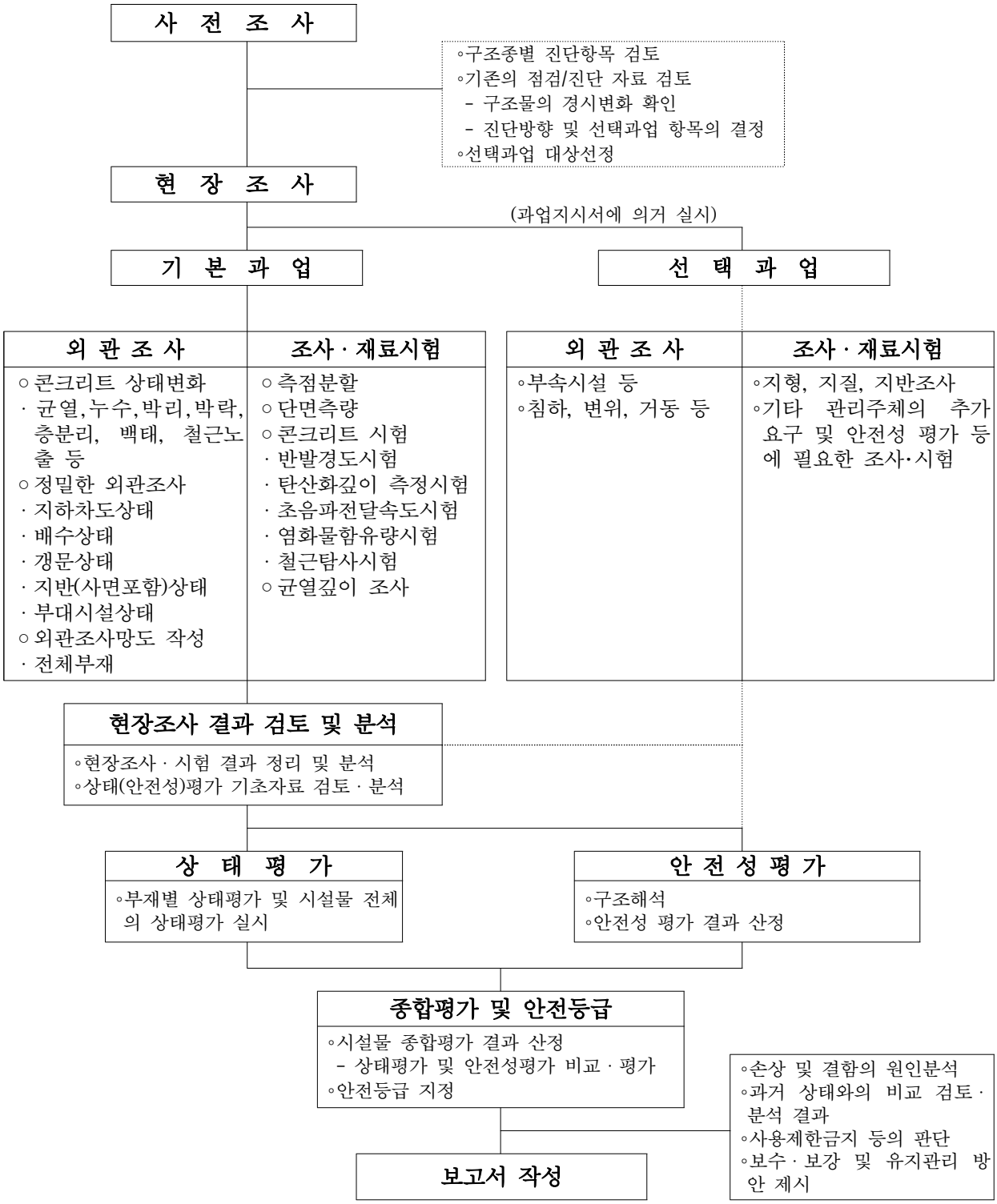
【표 1.2.1】 과업의 내용

<table>
<tr><th colspan="2">과 업 의 범 위</th><th>과 업 의 내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td colspan="2">설계도서 및
관련자료
수집·검토</td><td>1) 설계자료 검토(준공도면, 구조계산서, 특별시방서)
2) 시설물관리대장, 시공관련자료
3) 기존 안전점검 실시결과 및 보수·보강 이력 검토</td><td rowspan="9">시설물의 안전
및 유지관리
실시
세부지침
(2022.12) 적용</td></tr>
<tr><td rowspan="2">현장
조사
및
시험</td><td>외관
조사</td><td>1) 제원 및 시공상태 조사
2) 외관 결함 및 손상 등 외관조사
3) 기 진단결과와의 비교</td></tr>
<tr><td>내구성
조사</td><td>1) 콘크리트
- 콘크리트 강도 조사 : 반발경도시험, 초음파전달속도시험
- 철근탐사시험 : 배근 간격, 피복두께
- 탄산화 깊이 측정
- 균열깊이 조사
- 염화물 함유량 시험
2) 단면측량
3) 선형측량</td></tr>
<tr><td colspan="2">상태평가</td><td>1) 부재별 상태평가 산정 후 시설물 전체의 상태평가 결과 산정
2) 탄산화 및 염화물에 대한 평가 후 상태평가 항목으로 반영
3) 기 진단결과와의 비교</td></tr>
<tr><td colspan="2">안전성 평가</td><td>1) 조사, 시험, 측정결과의 분석
2) 기존의 구조계산서, 안전성평가 자료 검토·분석
3) 구조 안전성 평가
4) 시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견</td></tr>
<tr><td colspan="2">종합평가 및
안전등급 지정</td><td>1) 상태평가 및 안전성평가 결과를 이용하여 안전등급 지정</td></tr>
<tr><td colspan="2">보수 및 보강
대책 수립</td><td>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</td></tr>
<tr><td colspan="2">유지관리 대책
수립</td><td>1) 유지 관리상 문제점과 지침 기준 작성
2) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시</td></tr>
<tr><td colspan="2">보고서 작성</td><td>1) 최종보고서 작성 및 제출</td></tr>
</table>

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.3.1 과업수행 절차

본 지하차도의 정밀안전진단 과업수행 흐름도는 다음과 같다.



【그림 1.3.1】 정밀안전진단 과업수행 흐름도

1.3.2 과업수행 일정

【표 1.3.1】정밀안전진단 과업수행 일정

공 종	2023년 05월 31일 ~ 2023년 07월 29일						비 고
	10	20	30	40	50	60	
1. 착수 및 현장답사							- 05/31 착수
2. 자료수집 및 분석 · 관계도서 수집 및 분석 점검계획 수립							
3. 현장조사 및 시험 · 외관조사 및 재료시험							-현장조사 -필요시 추가조사
4. 점검 결과 분석 · 현장조사 결과 정리 및 분석 · 상태평가 및 안전성평가							
5. 종합평가 · 종합평가 및 안전등급 지정							
6. 보수보강방법 · 보수보강방법 제시							
7. 보고서 작성 · 보고서 작성 · 보고서 수정 및 납품							- 07/29 준공예정

1.4 대상시설물의 현황

1.4.1 현황

본 과업의 대상시설물인 남태령지하차도의 현황은 다음과 같다.

【표 1.4.1】 남태령지하차도 현황표

작성일 : 2023년 07월 25일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>남태령지하차도</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>UR2003-0000137</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년도</td><td>2003년 10월 31일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>과천남태령</td></tr>
<tr><td colspan="2">위 치</td><td colspan="4">경기도 과천시 과천동 569-3</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24, DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>시도(과천대로)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=920.0m(BOX : 570.0m, U-TYPE 옹벽 : 350.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=18.5m～19.5m, 왕복 4차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">BOX 구간</td><td>연장</td><td>L=570.0m</td><td rowspan="2">U-TYPE 구간</td><td>연장</td><td>L=350.0m(190.0+160.0)</td></tr>
<tr><td>토피고</td><td>H=5.6m～10.0m</td><td>옹벽 높이</td><td>H=1.6m～9.2m</td></tr>
<tr><td colspan="2">통과높이</td><td>5.0m</td><td colspan="2">펌프장유무</td><td>유</td></tr>
<tr><td colspan="2">신축이음유무</td><td>유</td><td colspan="2">관리주체</td><td>과천시청</td></tr>
<tr><td colspan="3"> </td><td colspan="3">
 </td></tr>
</table>

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 주요 진단장비는 다음과 같다.

【표 1.5.1】 주요 사용장비 및 시험기기 일반사항

구분	기기명	측정 항목	사진
휴대 장비	줄자	손상부위 및 부재단면 측정	
	균열 게이지	균열폭 측정	
	망치	부재 들뜸 및 공동 확인	
	디지털 카메라 / 비디오 카메라	손상 및 각종 현황 촬영	
	버니어 캘리퍼스	부재단면 및 탄산화 깊이 측정	
비파괴 시험 장비	반발경도측정기 (Schmidt Hammer-NR)	콘크리트 강도 추정	
	초음파 탐사기 (Pundit)	콘크리트 강도 추정 및 균열 깊이 측정	
	철근 탐사기 (RC Radar NJJ-95A)	철근 배근상태 및 피복두께 측정	
	탄산화 시험 용액 (1% 페놀프탈레인 용액)	탄산화 깊이 측정	
	광파기 (CX-105)	단면 측량	
접근 장비	고소 점검차	지하차도 및 U-TYPE 옹벽 조사	

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 자료분석 결과요약

제2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

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

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

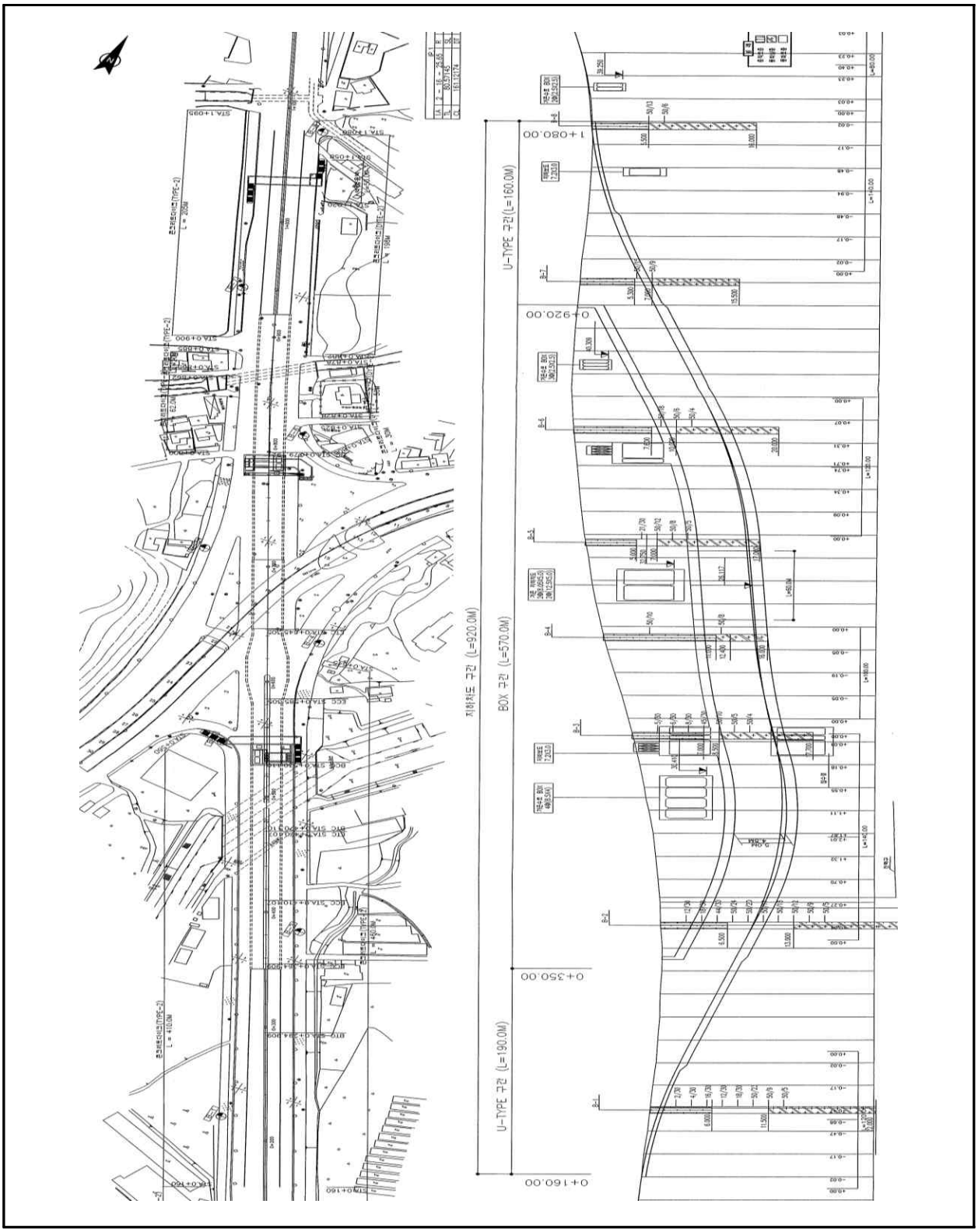
2.1.1 자료수집 현황

【표 2.1.1】 자료수집 현황

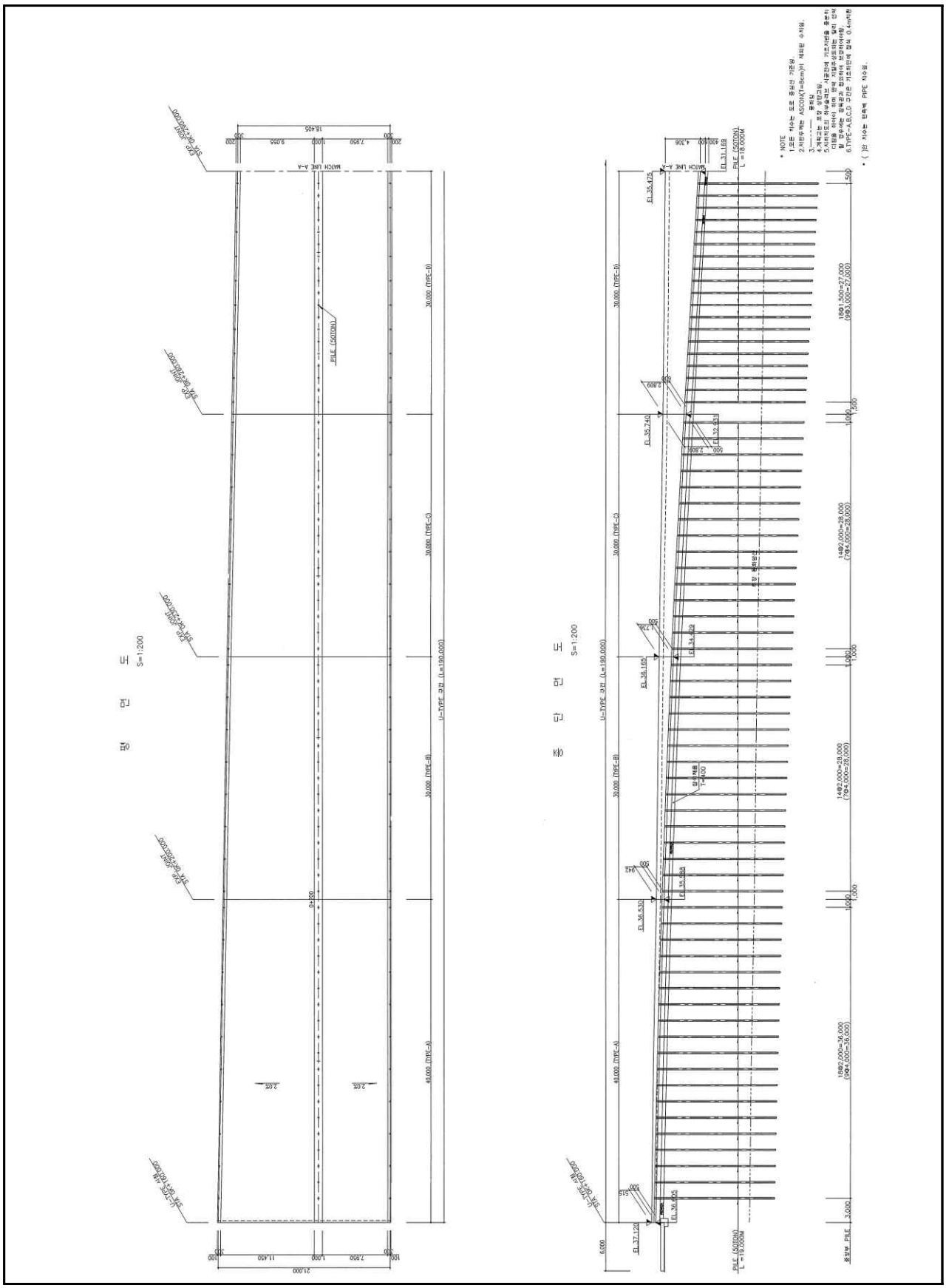
보존대상 목록		보유 현황	비 고
설계 도서	◇ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	○	◇ 도서
	◇ 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도(종 · 횡), 상 · 하부 구조물도, 거더, 신축이음, 받침장치 상세도	○	◇ 도서, FMS
시설물 관리대장	◇ 기본현황 ◇ 상세제원 ◇ 유지관리 이력	○	◇ FMS
시공 관련 자료	◇ 시공관련 자료 ◇ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리·선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 주요 구조부위에 대한 계측 관련자료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

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

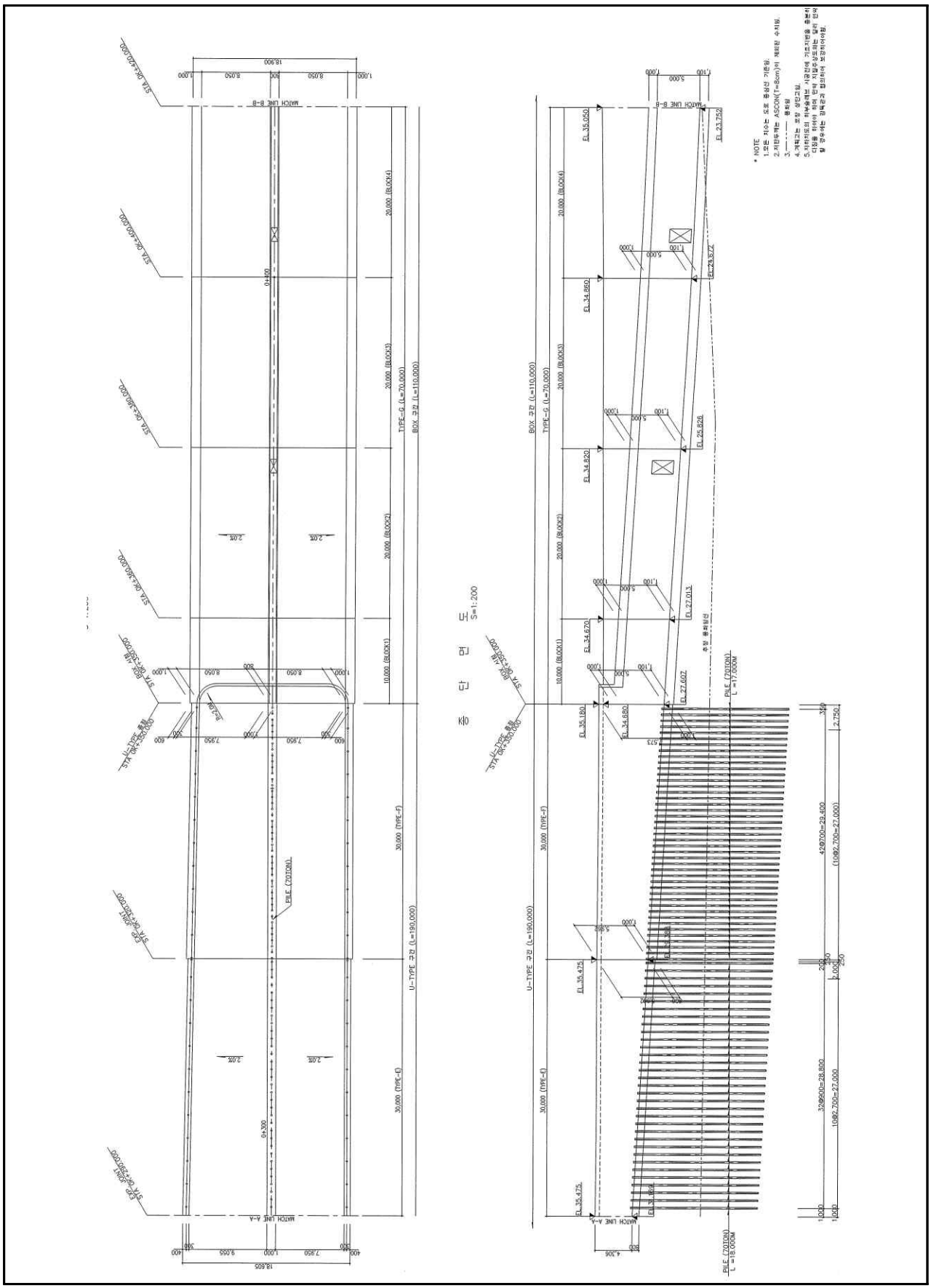
2.2.1 주요 설계도면



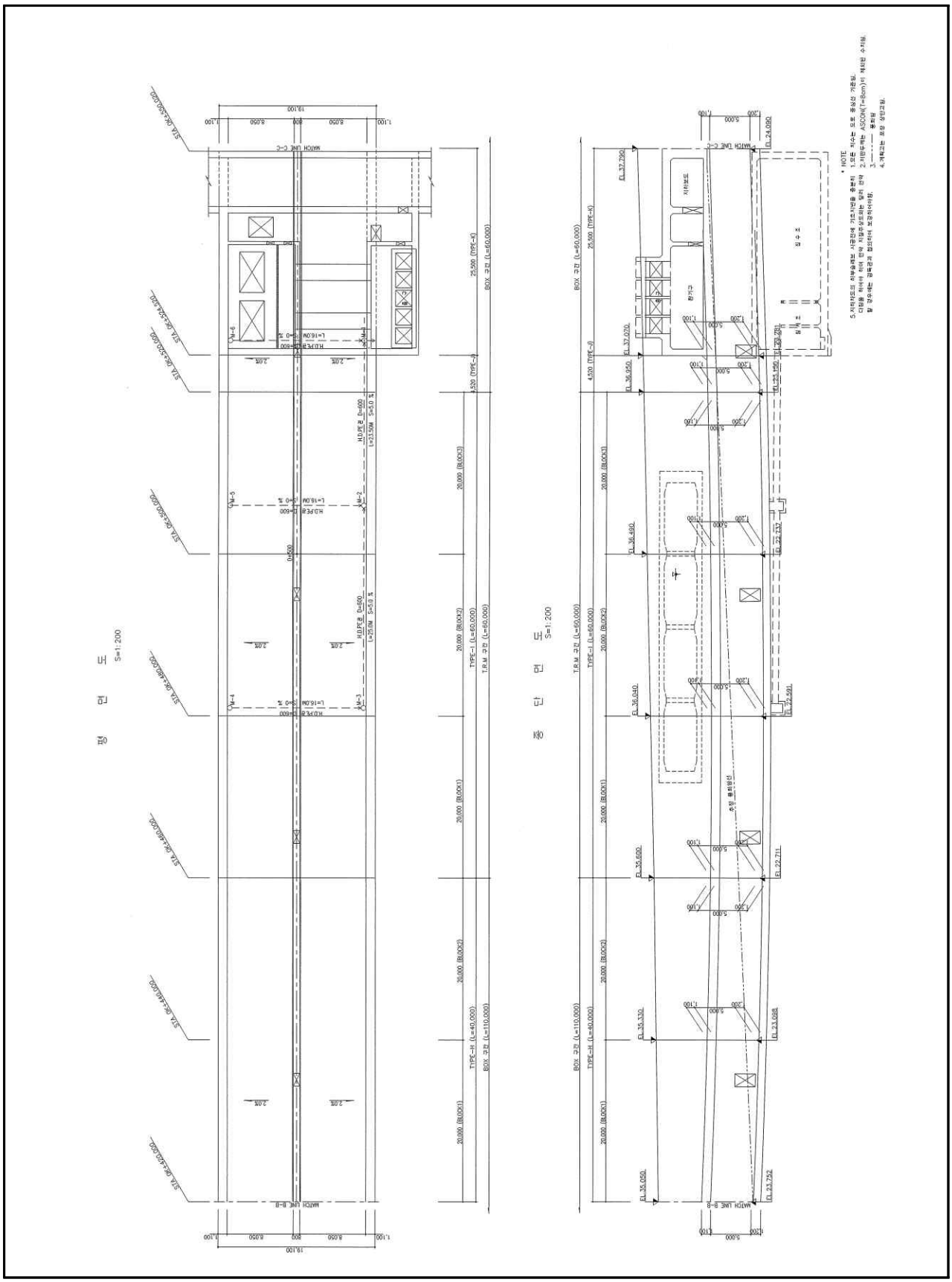
【그림 1.4.1】 남태령지하차도 종평면도



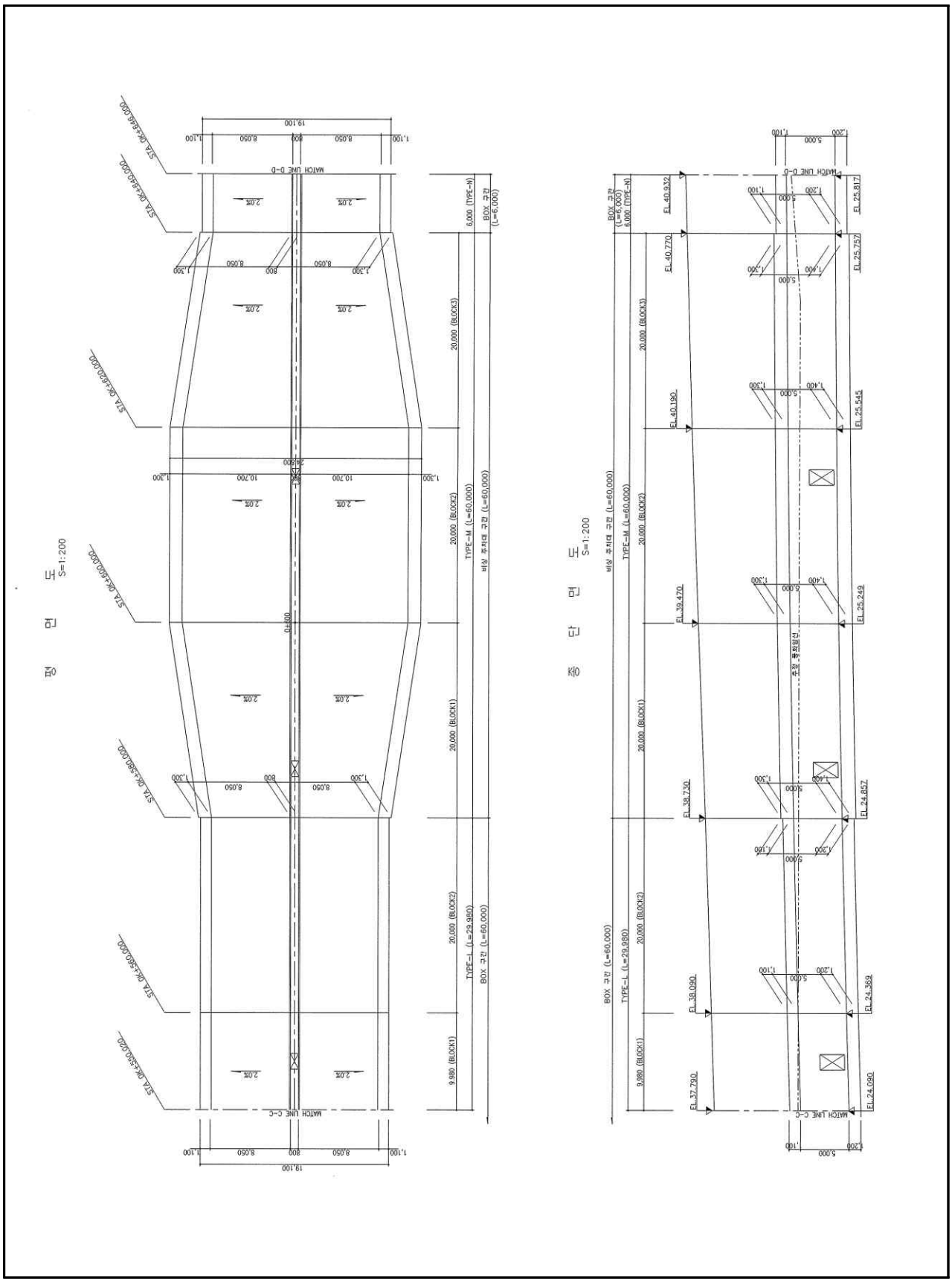
【그림 1.4.2】 남태령지하차도 평면도 및 종단면도(1)



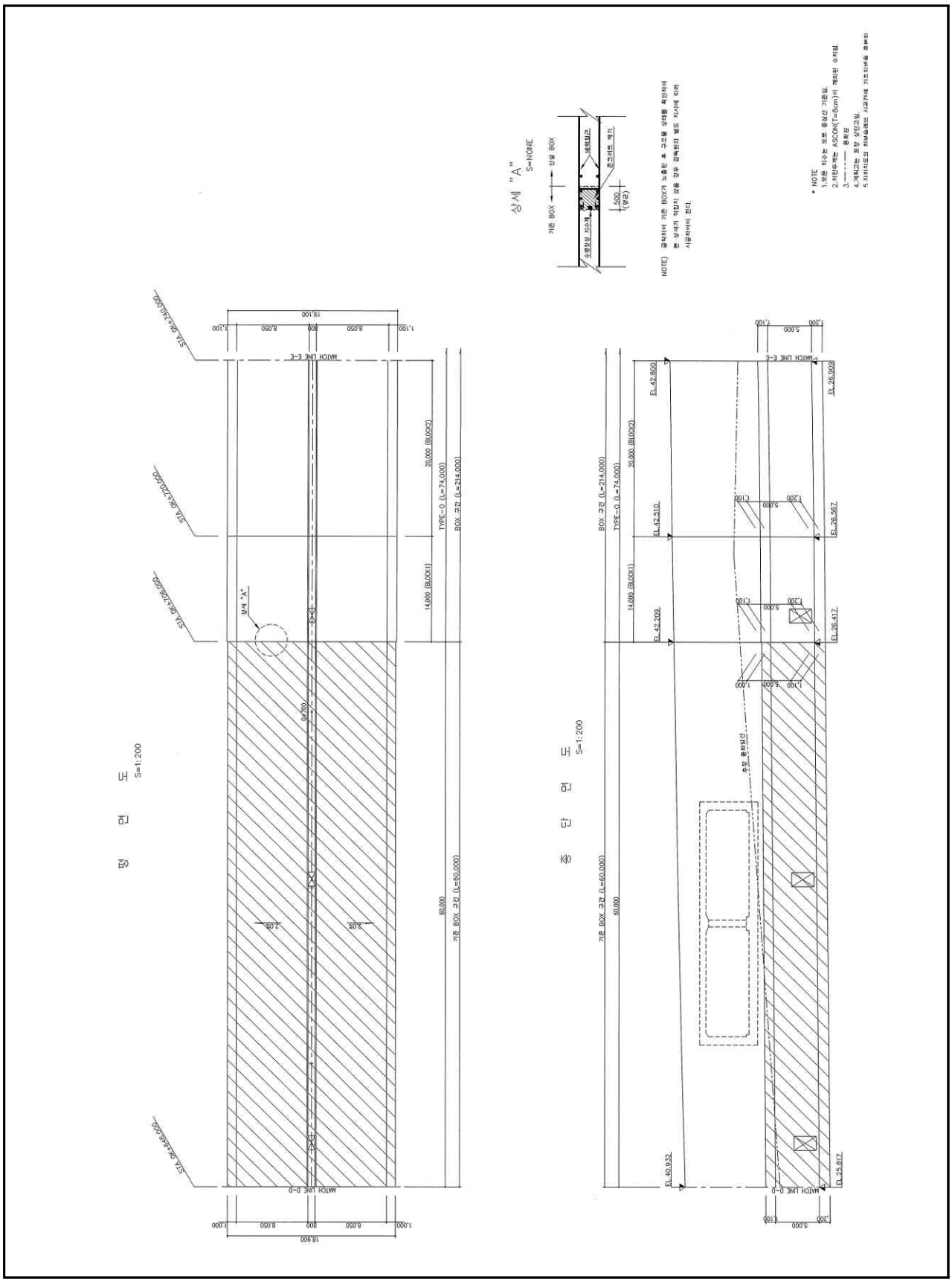
【그림 1.4.3】 남태령지하차도 평면도 및 종단면도(2)



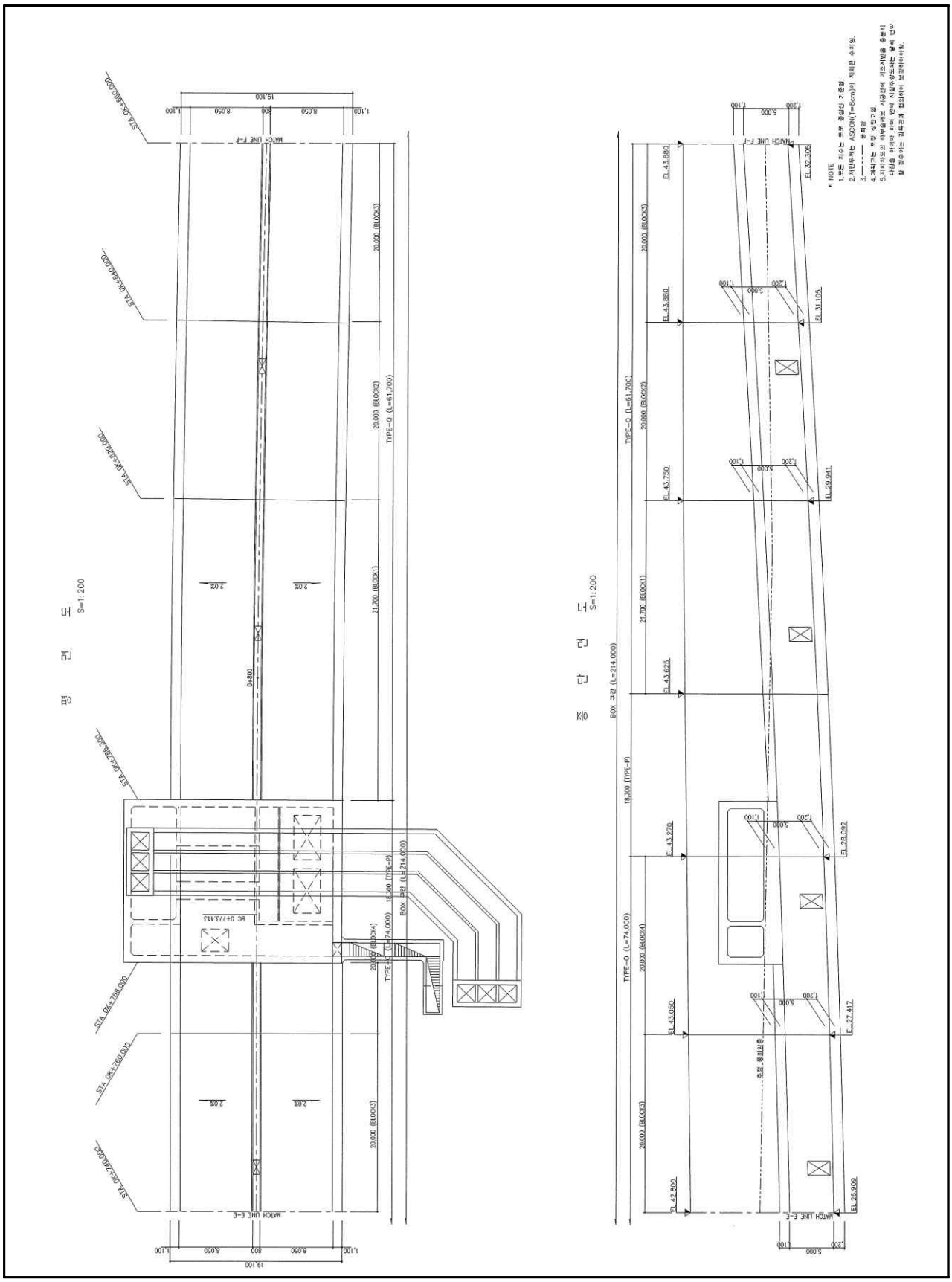
【그림 1.4.4】 남태령지하차도 평면도 및 종단면도(3)



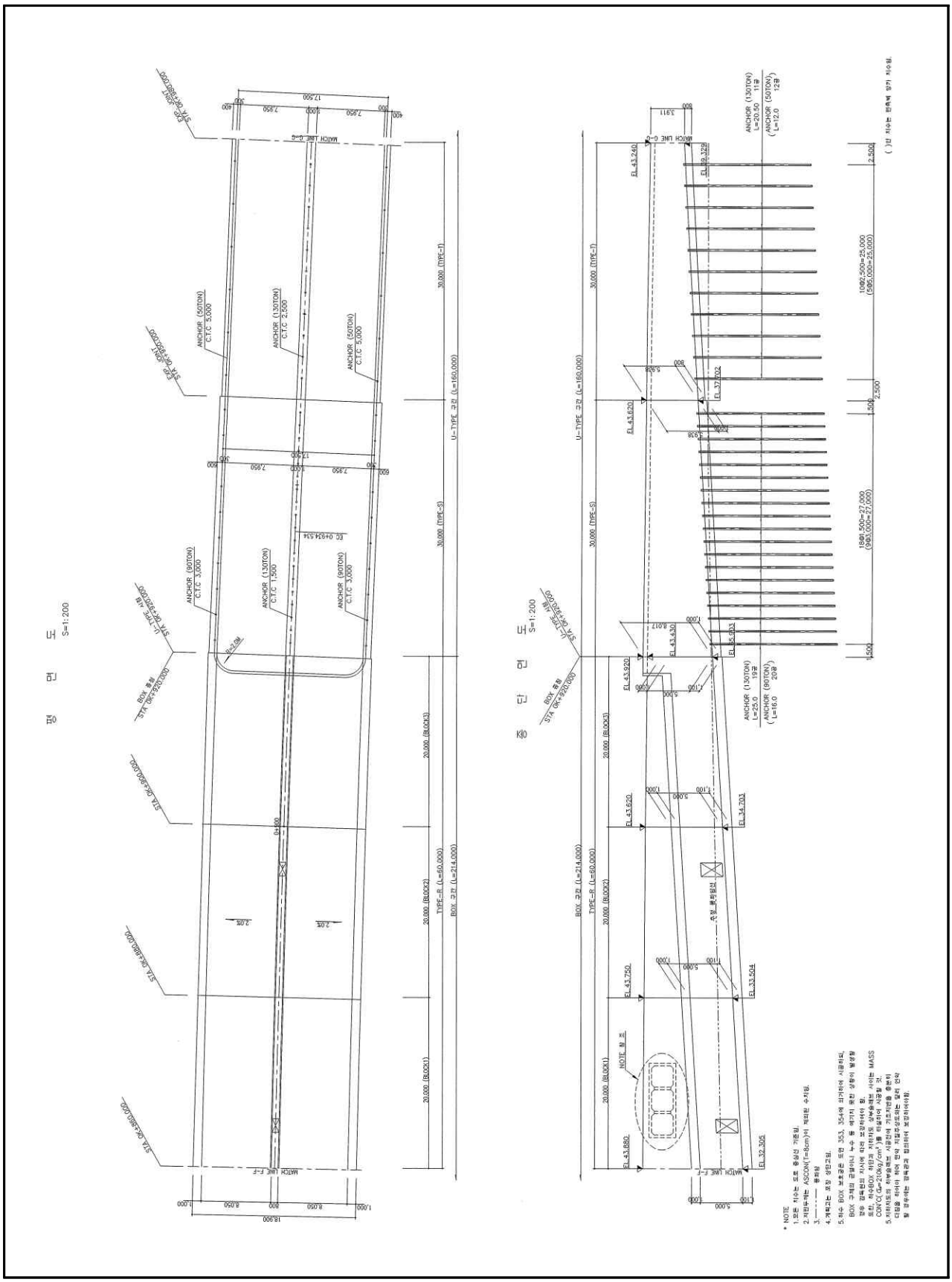
【그림 1.4.5】 남태령지하차도 평면도 및 종단면도(4)



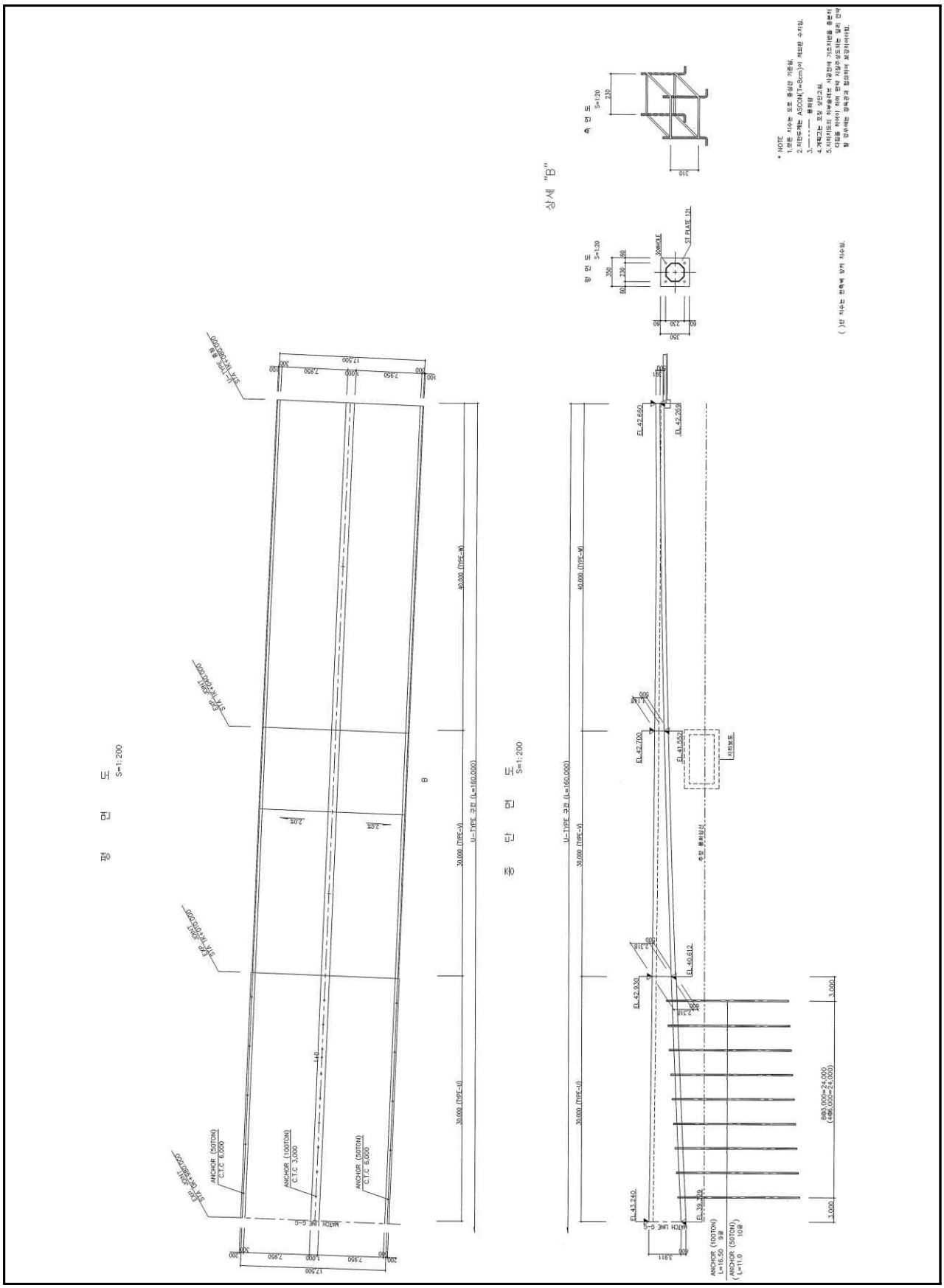
【그림 1.4.6】 남태령지하차도 평면도 및 종단면도(5)



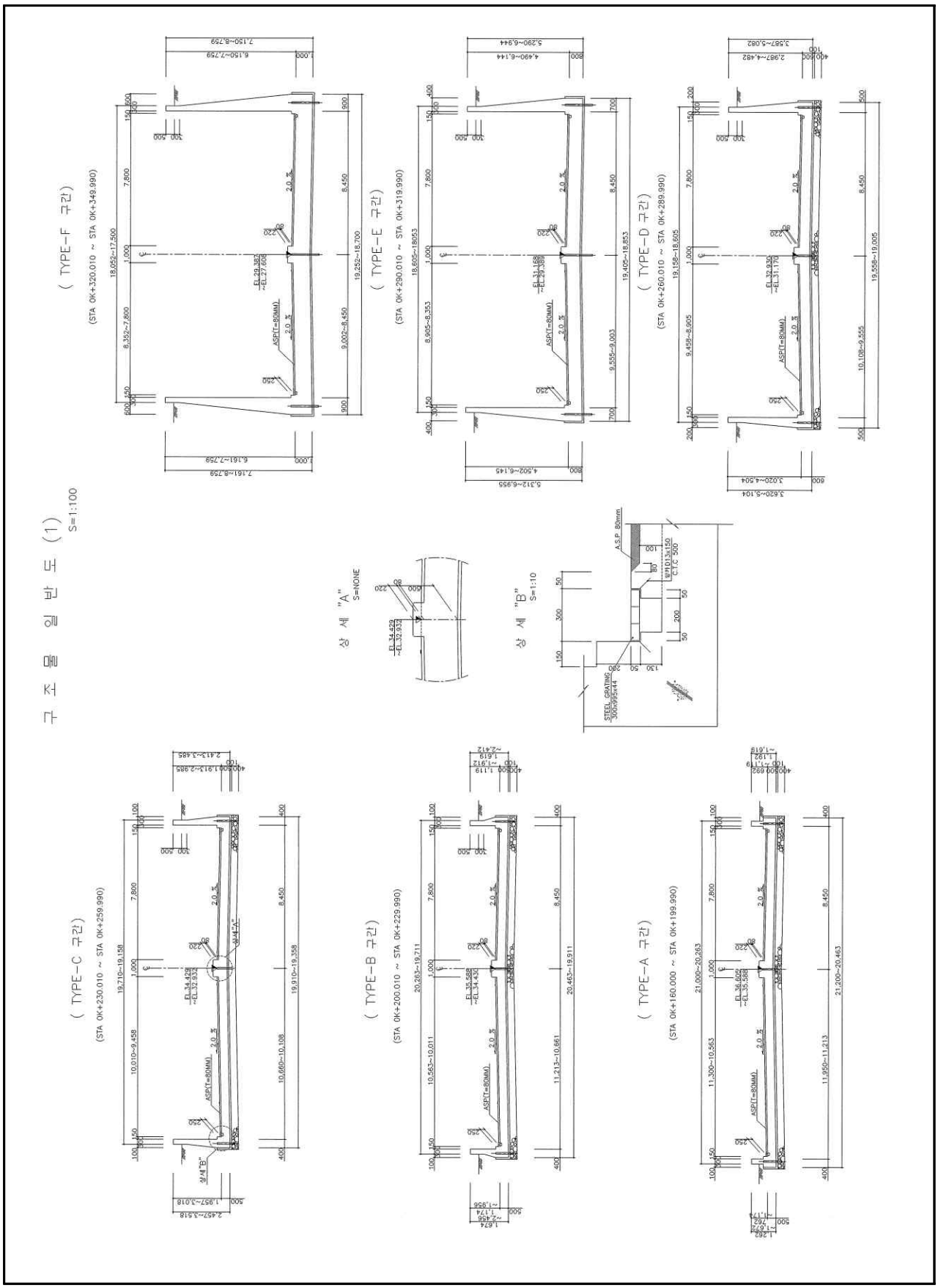
【그림 1.4.7】 남태령지하차도 평면도 및 종단면도(6)



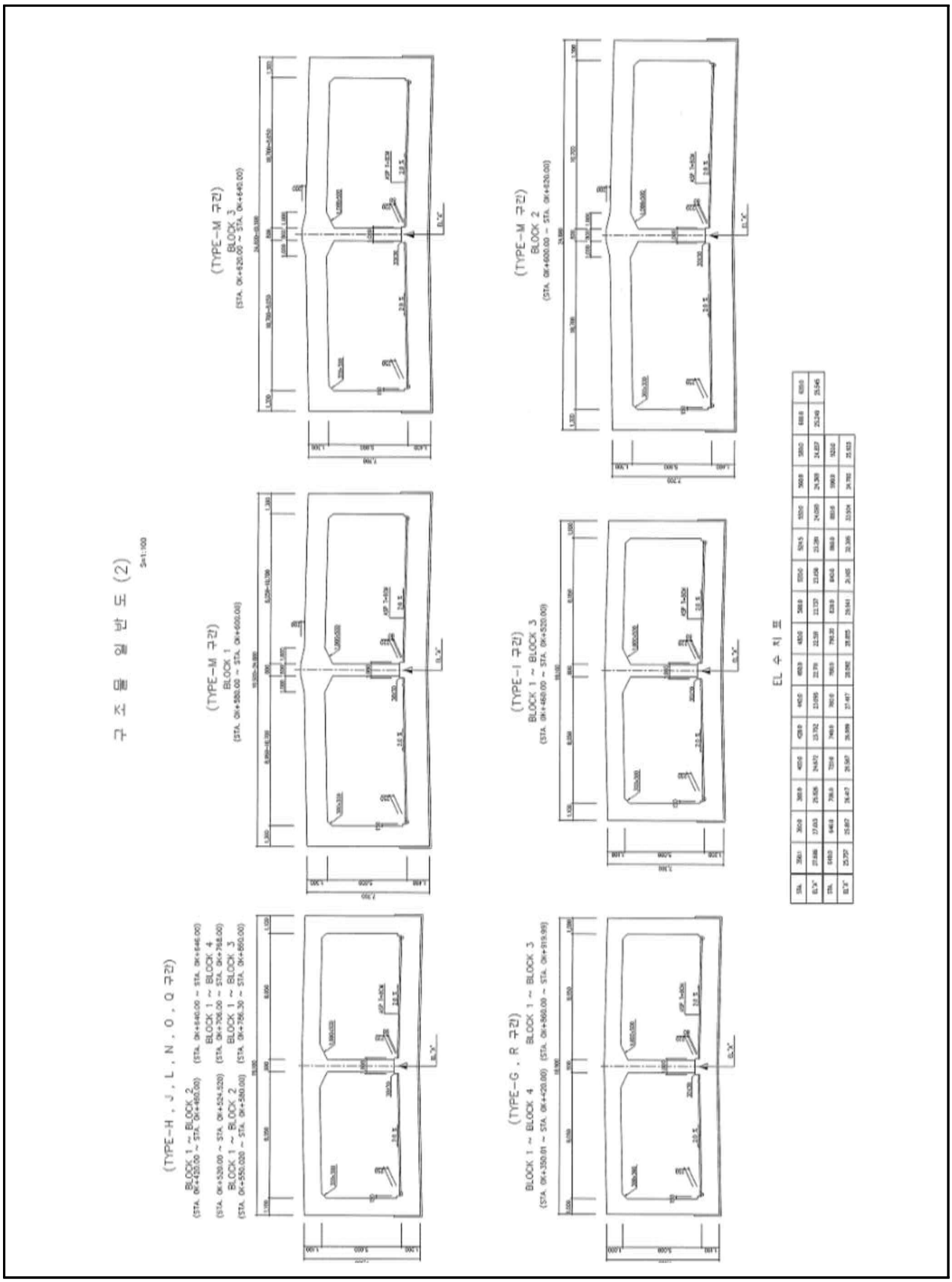
【그림 1.4.8】 남태령지하차도 평면도 및 종단면도(7)



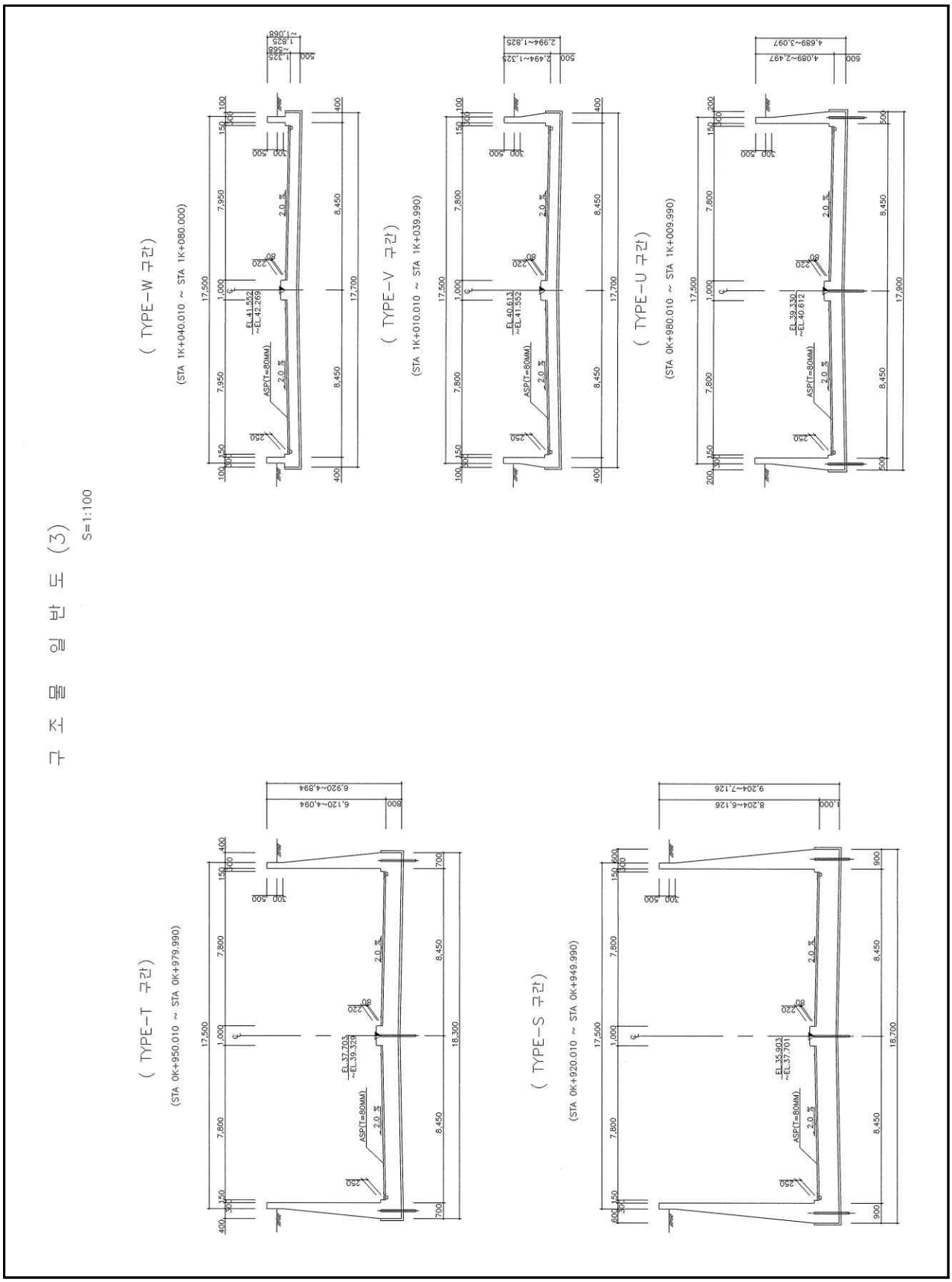
【그림 1.4.9】 남태령지하차도 평면도 및 종단면도(8)



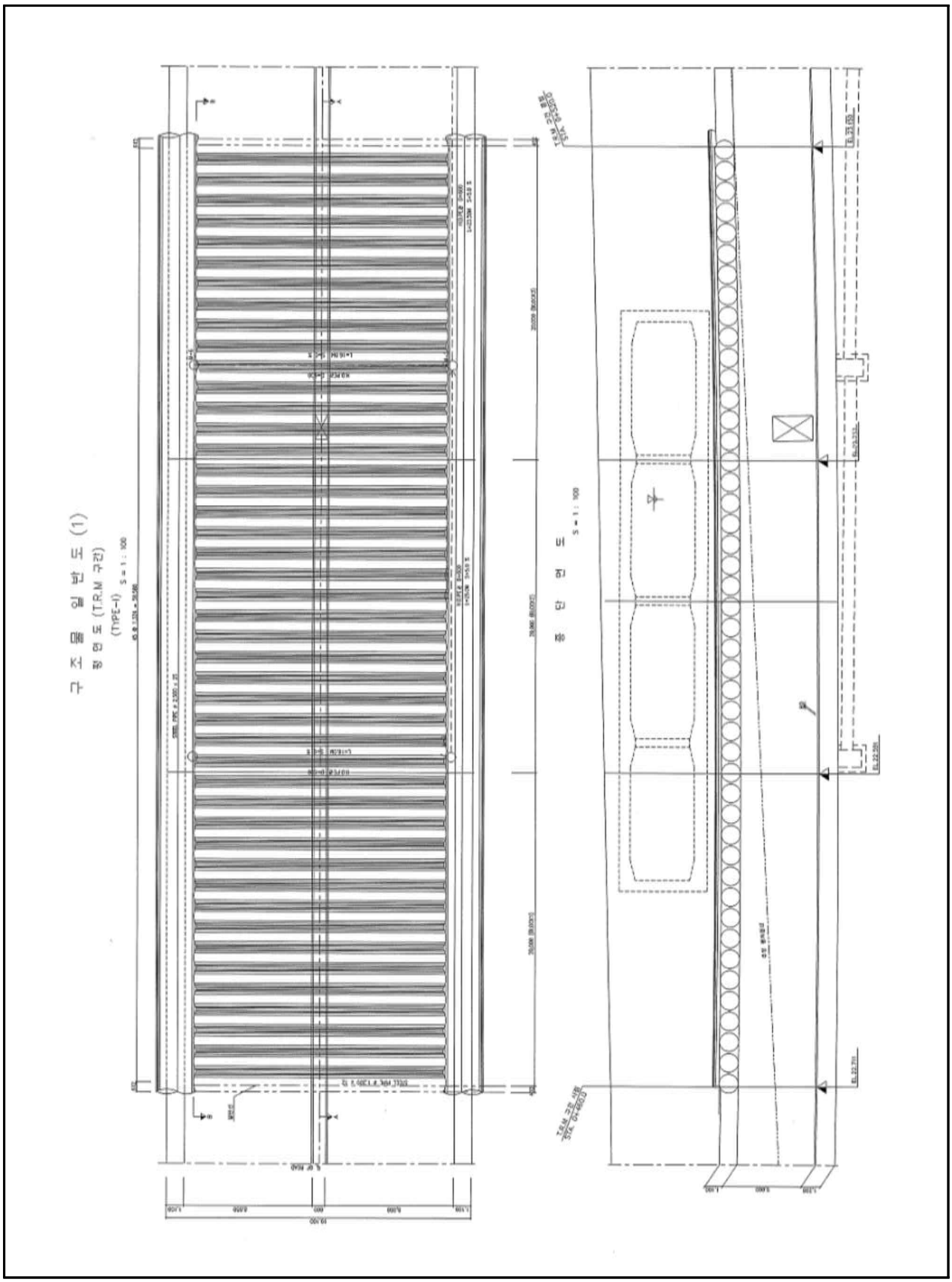
【그림 1.4.10】 남태령지하차도 구조물 일반도(1)



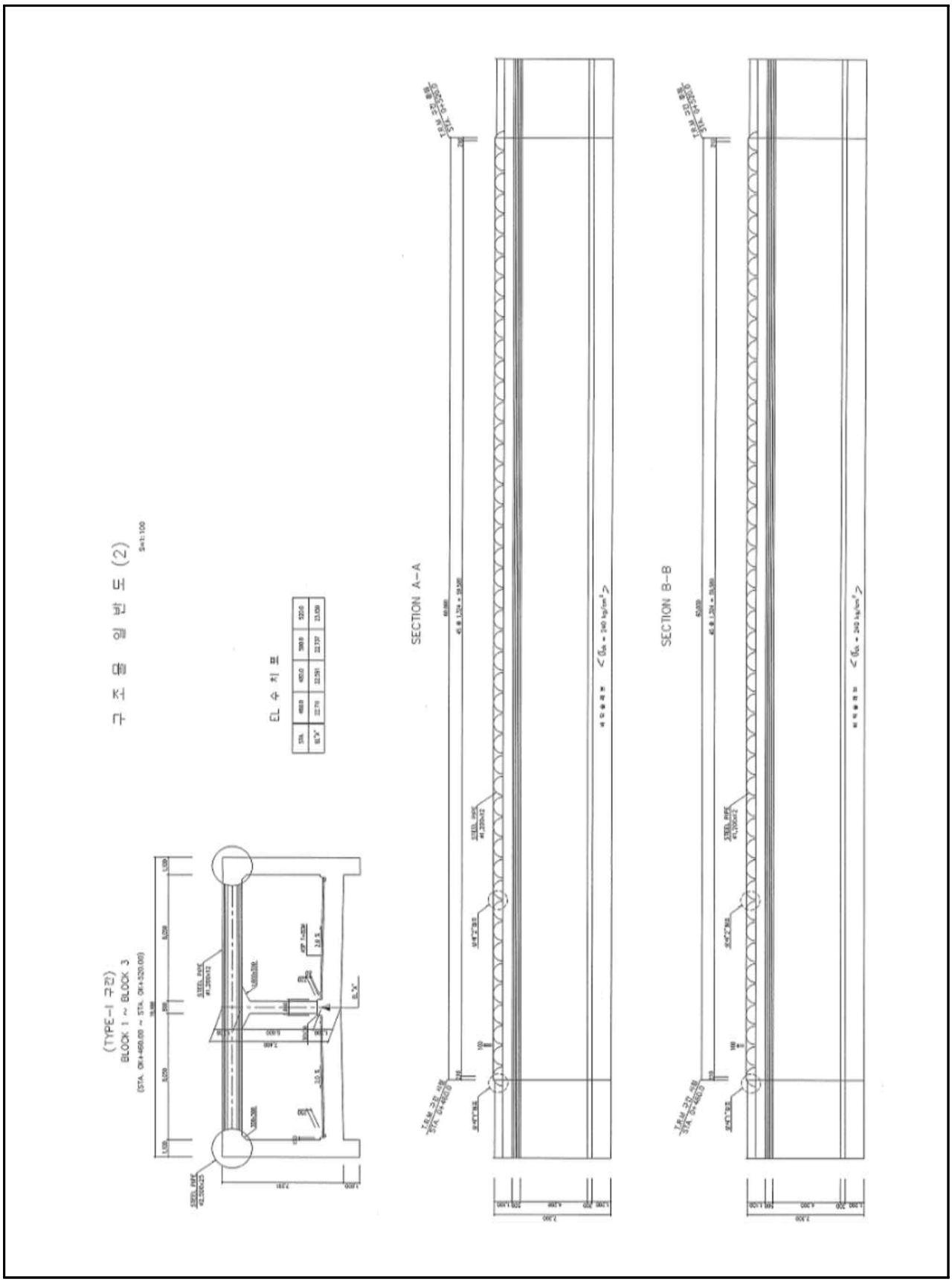
【그림 1.4.11】남태령지하차도 구조물 일반도(2)



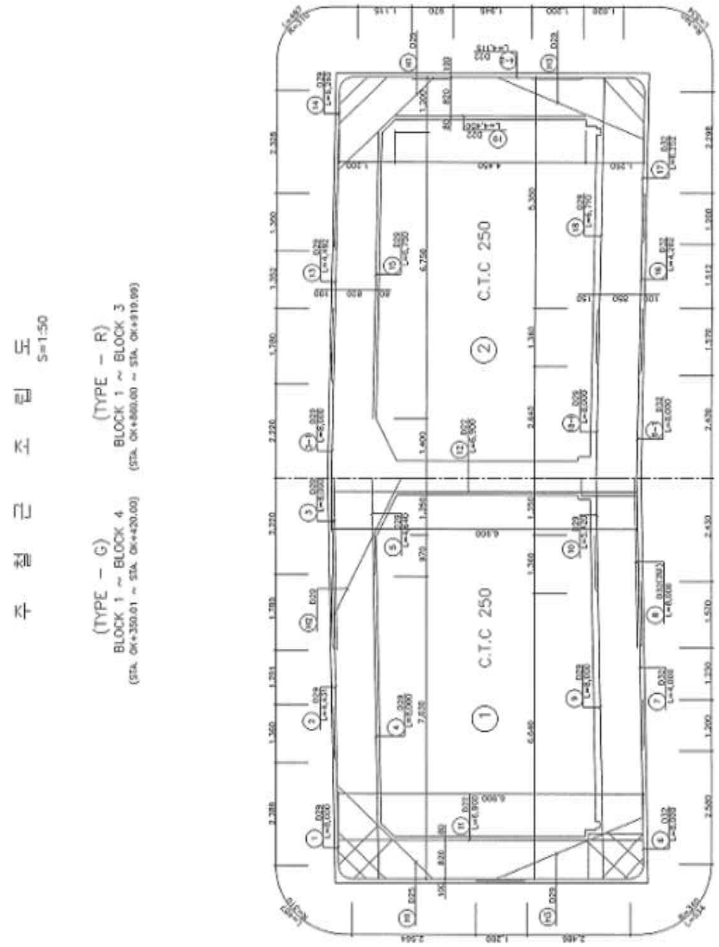
【그림 1.4.12】 남태령지하차도 구조물 일반도(3)



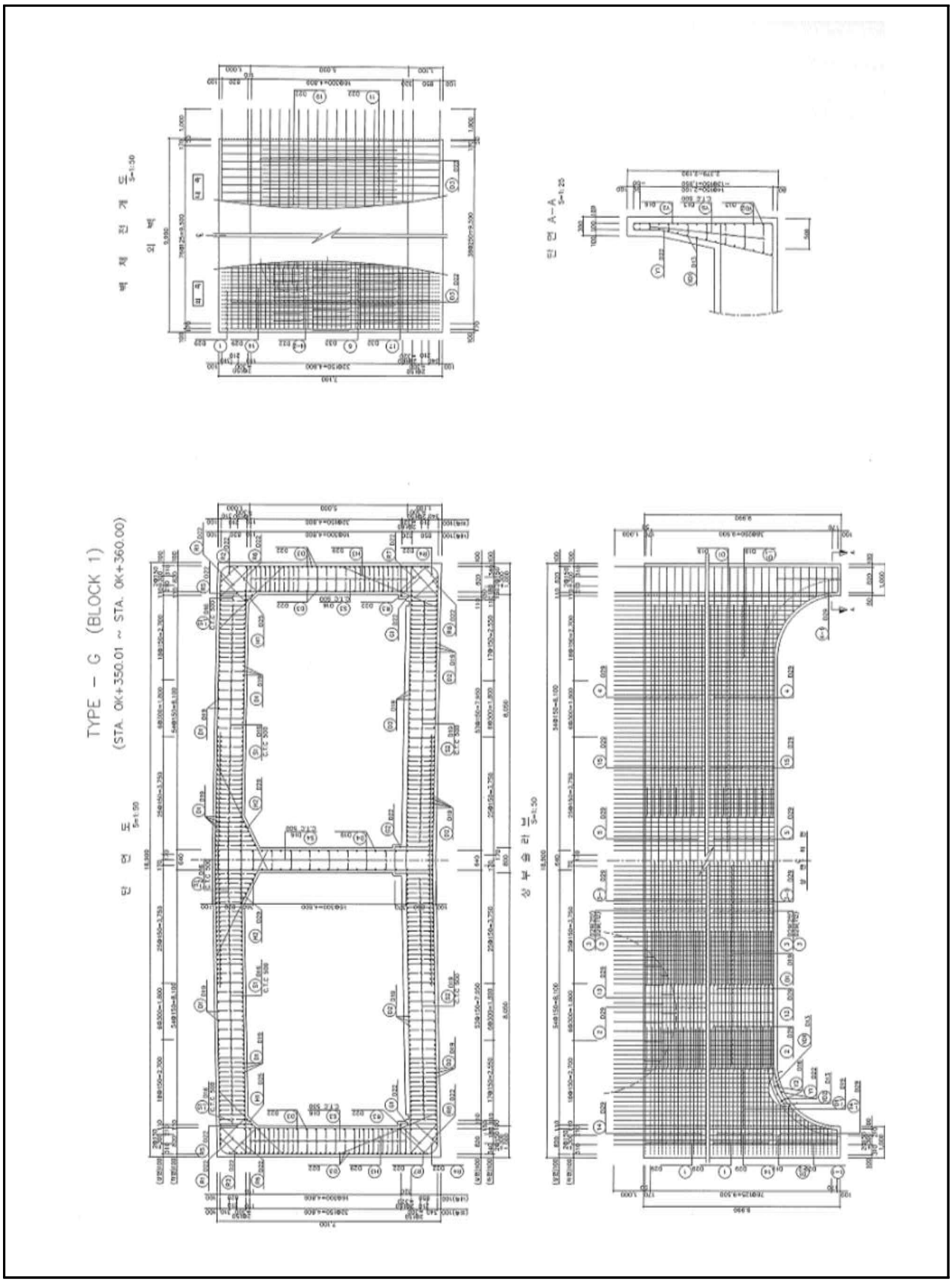
【그림 1.4.13】 남태령지하차도 일반도-TRM구간(1)



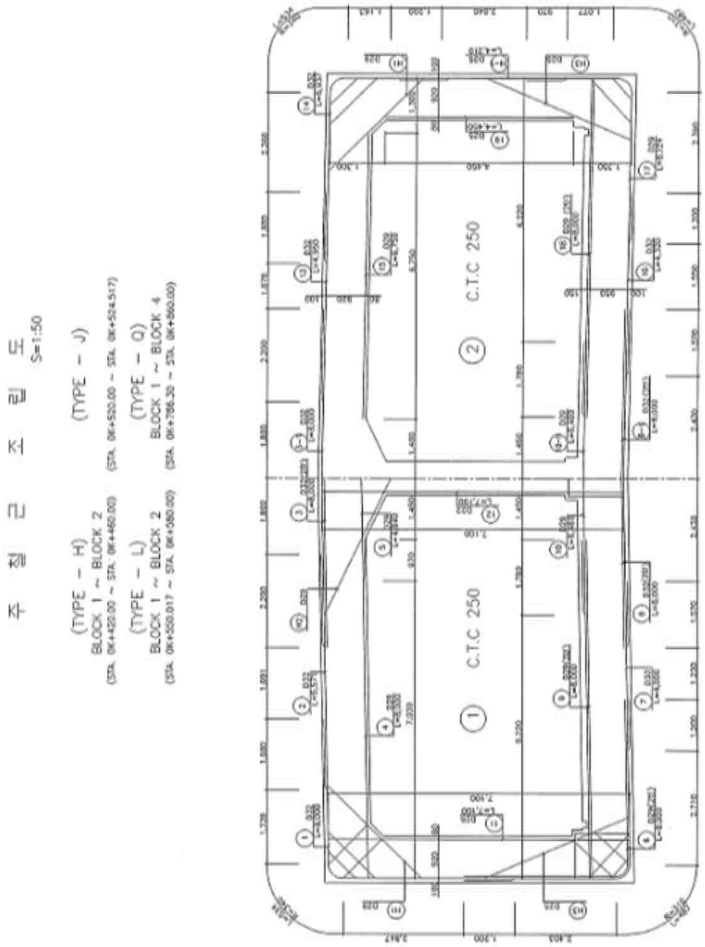
【그림 1.4.14】 남태령지하차도 일반도-TRM구간(2)



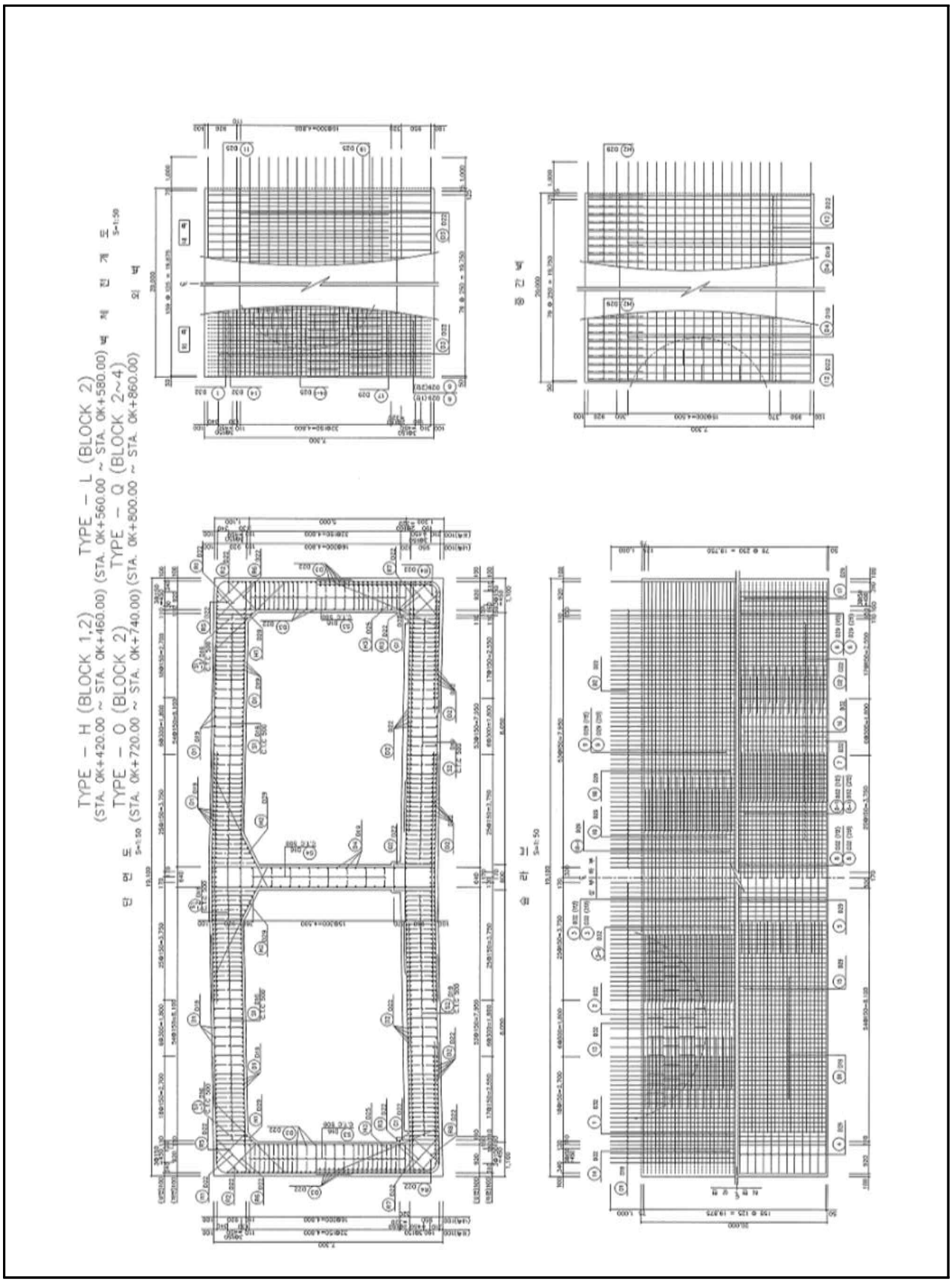
【그림 1.4.15】 남태령지하차도 구조도 TYPE-G(1)



【그림 1.4.16】 남태령지하차도 구조도 TYPE-G(2)



【그림 1.4.17】 남태령지하차도 구조도 TYPE-H,J,L,Q(1)



【그림 1.4.18】 남태령지하차도 구조도 TYPE-H,J,L,Q(2)

2.2.2 구조계산서

가. 설계기준

1.1 형식 : 지하차도 BOX-TYPE
1.2 제원 : B=18.9M, H=7.1M
1.3 설계하중 : DB-24
1.4 설계기준강도
CON'C : 240 kg/㎠
철 근 : 3000 kg/㎠

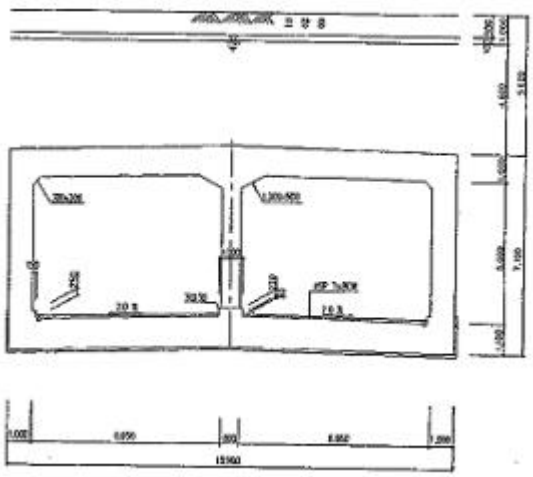
1.5 단위중량
철근 CON'C : 2.5 t/㎥
무근 CON'C : 2.35 t/㎥
흙 : 1.9 t/㎥

1.6 흙의성질
내부마찰각 : 30°
정지토압계수 : 1-SIN30° =0.5

1.7 하중증가계수
사 하 중 : 1.3
활 하 중 : 2.15
측벽토압 : 1.7
1/2측벽토압 : 0.65
수 압 : 1.3

1.8 참고문헌
도로교 표준 시방서 (건설교통부)
콘크리트 표준 시방서 (건설교통부)

나. 단면가정



다. 구조검토 결과 요약

TITLE : < 상부 슬라브 JOINT-29>

1) 단면및 기타 자료 입력

B = 100.0 Cm : H = 100.0 Cm : σck = 240 kg/㎠ : σy = 3000 kg/㎠
인장 철근 : As1= 2980.125 = 51.392 ㎠
D1 = 8.0 Cm : D2 = 0.0 Cm
D = H - d1 = 100.0 - 8.0 = 92.0 Cm

2) 철근비 검토

Pb = 0.85 × K1 × σck ÷ σy × 6120 ÷ (6120 + σy) = 0.0388
Pmax = 0.75 x Pb = 0.75 × 0.0388 = 0.0291
Pmin = 14 ÷ σy = 14 ÷ 3000 = 0.0047
PUse = 51.39 ÷ (100.0 × 92.0) = 0.0056

<< Pmin(0.0047) < Puse(0.0056) < Pmax(0.0291) ---> 과소 철근보 >>

3) Moment에 대한 검토
A = As1 × σy ÷ (0.85 × σck × B) = 7.56 Cm
ΦMn = Fm × As1 × σy × (D - A ÷ 2) = 115.614 T.M > 86.054 T.M -- < O.K > --

4) 전단에 대한 검토

ΦSn = 0.7 × 0.53 × ROOT(σck) × B × D = 52.877 Ton > 14.903 Ton -- < O.K > --

5) 균열에 대한 검토

실하중 작용시 Moment .....(Mc) = 61.902 T.M
중립축 .....(x) = 24.912 Cm
인장측 환산 철근의 갯수 (29 mm) = 8.000 EA
인장측 철근의 인장응력 ....(σS) = 1439.14 kg/㎠
Dc1 (인장 철근 중심까지 덮개)... = 8.00 Cm
Dc2 (최외단 철근 중심까지 덮개). = 8.00 Cm
DA (유효 인장 단면적)..... = 200.00 Cm

균열검토시 허용 인장응력 (σSa) = Z / (Dc2 x DA) ^ (1/3)
= 23170 / (8.00 x 200.00) ^ (1/3) = 1981.01 kg/㎠ > 0.6 x 3000 ==> 1800 kg/㎠

<< σS(1439.14) < σSa(1800.00) ---> O.K >>

R = (100.00 - 24.91) / (100.00 - 24.91 - 8.00) = 1.119

균열폭 검토

Z = σS1 x (Dc2 x DA) ^ (1/3) = 1439.14 x (8.00 x 200.00) ^ (1/3) = 16832.3 Kg/Cm
W = 1.06 x 1.119 x 16832.3 / 100000 = 0.20 < 0.004 x (80 - 29 / 2) = 0.26 mm < O.K >

TITLE : < 하부 슬라브 JOINT-10>

1) 단면및 기타 자료 입력

B = 100.0 Cm : H = 110.0 Cm : σck = 240 kg/㎠ : σy = 3000 kg/㎠
인장 철근 : As1= (3290.125) + (3290.250) = 63.536 + 31.768 = 95.304 ㎠
D1 = (63.536 x 10.0 + 31.768 x 20.0) / 95.304 = 13.3 Cm : D2 = 0.0 Cm
D = H - d1 = 110.0 - 13.3 = 96.7 Cm

2) 철근비 검토

Pb = 0.85 × K1 × σck ÷ σy × 6120 ÷ (6120 + σy) = 0.0388
Pmax = 0.75 x Pb = 0.75 × 0.0388 = 0.0291
Pmin = 14 ÷ σy = 14 ÷ 3000 = 0.0047
PUse = 95.30 ÷ (100.0 × 96.7) = 0.0099

<< Pmin(0.0047) < Puse(0.0099) < Pmax(0.0291) ---> 과소 철근보 >>

3) Moment에 대한 검토
A = As1 ×σy ÷ (0.85 ×σck × B) = 14.02 Cm
ΦMn = Fm × As1 ×σy × (D - A ÷ 2) = 217.894 T.M > 172.943 T.M -- < O.K > --

4) 전단에 대한 검토

ΦSn = 0.7 × 0.53 × ROOT(σck) × B × D = 55.559 Ton < 112.035 Ton
< 전단 철근 보강 필요 >
Av = (Su - Sn) × SCTC ÷ (0.7 × σy × D) = 4.17 ㎠
< D19@0.150-2 EA = 5.73 ㎠ < O.K >

5) 균열에 대한 검토

실하중 작용시 Moment .....(Mc) = 124.984 T.M
중립축 .....(x) = 33.038 Cm
인장측 환산 철근의 갯수 (32 mm) = 12.000 EA
인장측 철근의 인장응력 ....(σS) = 1531.07 kg/㎠
Dc1 (인장 철근 중심까지 덮개)... = 13.33 Cm
Dc2 (최외단 철근 중심까지 덮개). = 10.00 Cm
DA (유효 인장 단면적)..... = 222.22 Cm

균열검토시 허용 인장응력 (σSa) = Z / (Dc2 x DA) ^ (1/3)
= 23170 / (10.00 x 222.22) ^ (1/3) = 1775.54 kg/㎠ < 0.6 x 3000 = 1800 kg/㎠

<< σS(1531.07) < σSa(1775.54) ---> O.K >>

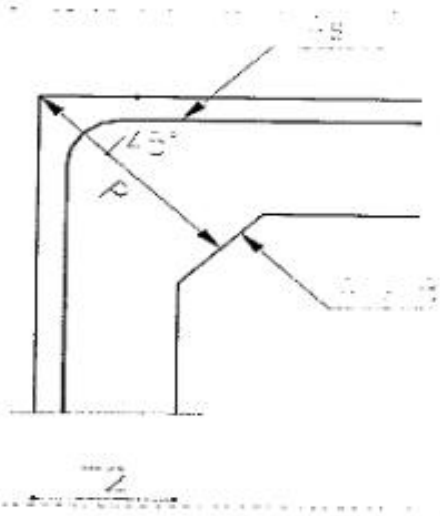
R = (110.00 - 33.04) / (110.00 - 33.04 - 13.33) = 1.210

균열폭 검토

Z = σS1 x (Dc2 x DA) ^ (1/3) = 1531.07 x (10.00 x 222.22) ^ (1/3) = 19979.8 Kg/Cm
W = 1.06 x 1.210 x 19979.8 / 100000 = 0.26 < 0.004 x (100 - 32 / 2) = 0.34 mm < O.K >

0 우각부 검토 (허용 응력 설계법)

1) 상부



T1=	1.000	m	
T2=	1.000	m	
A =	0.300	m	◆ 수평
B =	0.300	m	◆ 수직
w =	1.000	m	
As=	51.400	Cm²	

R = SQRT(2) x A / (A + B) x [T2 + B + (T1 x B / A)]
= SQRT(2) x 30.0 / 30.0 + 30.0) x [100.0 + 30.0 + (100.0 x 30.0 / 30.0)]
= 162.6 Cm

◆ 상하중에 의한 모멘트 (Mo) = 60.585 T.M

◆ 철근의 허용 인장 응력 (6sa) = 1500 Kg/Cm²

◆ 콘크리트의 설계기준강도(6ck) = 240 Kg/Cm²

▶ 인장 응력의 최대값

$$6tmax = \frac{5 \times Mo}{R^2 \times W} = \frac{5 \times 6058500.0}{26450.0 \times 100.0} = 11.453 \ Kg/Cm^2$$

11.453 > 0.42 x SQRT(240) = 6.5 Kg/Cm²

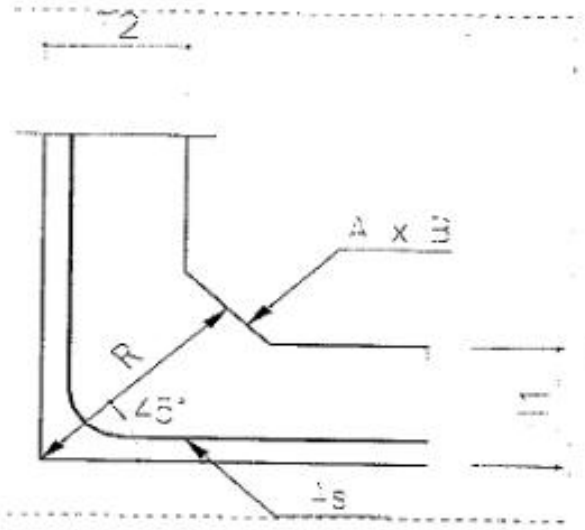
※ 보강 철근 필요

▶ 보강 철근량 계산

$$As\ req = \frac{2 \times Mo}{R \times 6sa} = \frac{2 \times 6058500.0}{162.6 \times 1500} = 49.670 \ Cm^2$$

→→ 49.670 - 51.400 / 2 = 24.0 < D22 @ 125 - 2단 = 62.0 Cm² O.K

2) 하부



T1=	1.000	m	
T2=	1.100	m	
A =	0.300	m	◆ 수평
B =	0.300	m	◆ 수직
w =	1.000	m	
As=	63.500	Cm²	

R = SQRT(2) x A / (A + B) x [T2 + B + (T1 x B / A)]
= SQRT(2) x 30.0 / 30.0 + 30.0) x [110.0 + 30.0 + (100.0 x 30.0 / 30.0)]
= 169.7 Cm

◆ 설하중에 의한 모멘트 (Mo) = 82.015 T.M

◆ 철근의 허용 인장 응력 (6sa) = 1500 Kg/Cm²

◆ 콘크리트의 설계기준강도(6ck) = 240 Kg/Cm²

▶ 인장 응력의 최대값

$$6tmax = \frac{5 \times Mo}{R^2 \times W} = \frac{5 \times 8201500.0}{28800.0 \times 100.0} = 14.239 \ Kg/Cm^2$$

14.239 > 0.42 x SQRT(240) = 6.5 Kg/Cm²

※ 보강 철근 필요

▶ 보강 철근량 계산

$$As\ req = \frac{2 \times Mo}{R \times 6sa} = \frac{2 \times 8201500.0}{169.7 \times 1500} = 64.437 \ Cm^2$$

→→ 64.437 - 63.500 / 2 = 32.7 < D22 @ 125 - 2단 = 62.0 Cm² O.K

2.2.3 지반조사보고서

1. 본 지역은 선캠브리아기에 생성된 호상흑운모 편마암과 이를 부정합 관계로 피복하는 신생대 제4기의 하상퇴적층(Alluvium Deposit)이 분포하고 있다.

2. 본 역의 지층분포 상태는 지표로부터 1)하상퇴적층, 2)풍화토, 3)풍화암의 순서로 분포되어 있으며, 이를 공별로 구분하여 요약하면 아래와 같다.

1) 하상퇴적층(Alluvium Deposit)
구성물질 : 세립~조립질 모래, 자갈 등
두께 : 2.7 ~ 4.7m, 상대밀도 : 보통조밀~조밀(12/30~49/30)
색도 : 회갈, 갈, 황갈, 함수상태 : 포화

2) 풍화토(Completely Weathered Rock)
암종 : 호상 흑운모 편마암(Banded Biotite Gneiss)
분포심도 : 2.7~6.2m, 두께 : 1.5~3.4m
암색 : 황갈, 풍화정도 : 완전풍화
상대밀도 : 조밀 ~ 매우 조밀("N" : 36/30~50/14)

4) 풍화암(Highly Weathered Rock)
암종 : 호상 흑운모 편마암(Banded Biotite Gneiss)
분포심도 : 6.0~6.2m하부, 두께 : 1.4~5.0m이상
암 색 : 황갈, 풍화정도 : 심한풍화
상대밀도 : 매우 조밀("N" : 50/10~50/6)

3. SIG 코아채취
1) A열 47번공 30cm이격
채취심도 : 0.0~6.1m
코아회수율 : 51 ~ 80%, R.Q.D : 0~29%
암반으로 분류 : 풍화암

2) B열 102번공
채취심도 : 0.0~7.0m
코아회수율 : 30 ~ 99%, R.Q.D : 8~80%
암반으로 분류 : 풍화암

3. 공내지하수위 측정결과

공 번	지하수위(G.L.(-)m)	공 번	지하수위(G.L.(-)m)
BH - 1	0.8	BH - 2	1.2
BH - 3	1.3	BH - 4	0.8

DRILL LOG

Sheet 1 of 1

PROJECT: 남태령 네거리 입체교차로 건설공사 지질조사	HOLE NO: BH-1 ELEVATION: 30.820M
CLIENT: 남양진흥기업(주)	GROUND WATER TABLE: 0.8M
BORING METHOD: Rotary & Wash	TOTAL DEPTH: 9.0M
DATE: 2000. 2. 16	LOCATION:

USED MATHINE: SM-500

DEPTH (M)	THICKNESS (M)	SYMBOLIC LOG	GEOLOGY SOIL	COLOR	DESCRIPTION
4.7	4.7		모래 자갈	갈~황갈	모래 자갈: 0.0 ~4.7m 하상퇴적층 (Alluvium Deposit) 세립~조립질 모래, 자갈 갈~황갈색, 포화 Medium Dense~Dense Non Plasticity
6.2	1.5		풍화토	황갈	풍화토: 4.7~6.2m Completely Weathered 굴진 및 타격에 의해 실트질 모래로 와해 황갈색, 습윤
9.0	2.8		풍화암	황갈	풍화암: 6.2m~9.0m Banded Biotite Gneiss Highly Wathered 굴진 및 타격에 의해 실트질 모래로 와해 Very Danse
					Bottom of Hole

SOIL TEST (IN SITU)

DEPTH (M)	N VALUE	S. P. T. 10 20 30 40 50
1.5	49/30	(26, 29, 20)
3.0	22/30	(12, 11, 11) Non Sample Slime
4.5	38/30	(19, 20, 18)
6.0	50/10	(35, 50/10)
7.5	50/9	
9.0	50/9	

2.3 기존 점검 및 진단자료 분석

2.3.1 점검 및 진단 이력

【표 2.3.1】남태령지하차도 점검 및 진단 이력

구분		점검기간	점검기관	안전등급	주요점검/진단 결과
1	정기안전점검	2004-06-01 ~2004-06-30	-	양호	외관(육안)점검상태 양호
2	정기안전점검	2004-12-01 ~2004-12-31	-	양호	외관(육안)점검상태 양호
3	정밀안전점검	2005-04-08 ~2005-07-06	(주)다음기술단	C등급	천정부균열, 누수, 백태
4	정기안전점검	2005-04-08 ~2005-07-06	-	양호	box구간 천정부 종횡방향균열다수, trm구간백태
5	정기안전점검	2006-05-06 ~2006-05-06	-	양호	특이사항없음
6	정밀안전점검	2005-04-08 ~2006-07-06	-	B등급	강도시험 기준치 이내
7	정기안전점검	2006-11-25 ~2006-11-25	-	양호	특이사항없음
8	정기안전점검	2007-05-15 ~2007-05-18	-	양호	외관점검상태양호
9	정밀안전점검	2007-09-27 ~2007-12-25	(주)태원코퍼레이션	B등급	균열, 백태 등
10	정기안전점검	2008-06-09 ~2008-06-13	-	보통	특이사항 무
11	정기안전점검	2008-06-25 ~2008-06-25	-	보통	특이사항 없음
12	정기안전점검	2008-06-25 ~2008-07-02	-	보통	특이사항없음
13	정기안전점검	2008-11-20 ~2008-11-30	-	보통	이상없음
14	정밀안전점검	2009-06-23 ~2009-08-22	(주)호원기업	B등급	천단부 누수 및 백태,벽체 균열(cw:0.3mm)
15	정기안전점검	2009-12-08 ~2009-12-10	자체수행	보통	천단부/벽체에 누수및백태, 옹벽에 균열(0.3mm이상) 및 파손
16	정기안전점검	2010-06-28 ~2010-06-29	자체수행	양호	특이사항 없음.
17	정기안전점검	2010-12-23 ~2010-12-24	자체수행	보통	2010년 일부 보수공사 실시하여 정기점검시 특이사항 없음.

【표 2.3.1】 남태령지하차도 점검 및 진단 이력 (계속)

구분		점검기간	점검기관	안전등급	주요점검/진단 결과
18	정밀안전점검	2011-03-02 ~2011-04-30	서정엔지니어링(주)	B등급	남태령지하차도에 대한 외관상태 및 내구성 조사결과, 포장면 망상균열 및 패임, BOX구간 균열, 균열부 백태, 타일 들뜸 및 파손, TRM구간 전반적인 누수, 백태 등의 손상이 조사되었으며, U-Type 옹벽 구간의 경우 건조수축성 균열, 경미한 타일 균열, 탈락이 조사되어 내구성 증진차원의 보수 및 주의관찰이 필요한 상태이며, 지하차도 내부 차량 추돌에 의한 시설물 파손, 그레이팅 망실 등에 대하여도 유지관리 차원의 재설치가 필요한 것으로 조사되었다. 특히, TRM구간 누수 및 백태 경우, 차기 점검 시에도 중점유지관리 항목으로 선정하여 지속적인 주의관찰이 필요하며, 중·장기적으로는 BOX 상단부 차수 그라우팅, BOX 측면부 유도배수관 신설, 누수·열화된 상부슬래브 보강 등의 유지관리계획 수립이 바람직 할 것으로 사료된다.
19	정기안전점검	2011-12-26 ~2011-12-27	자체수행	보통	특이사항없음
20	정기안전점검	2012-06-01 ~2012-06-29	자체수행	양호	특이사항없음
21	정기안전점검	2012-12-01 ~2012-12-17	자체수행	양호	이상없음
22	정기안전점검	2013-06-24 ~2013-06-25	자체수행	양호	이상없음
23	정밀안전진단	2013-08-12 ~2013-11-09	(재)한국건설안전기술원	B등급	정밀안전진단 결과 안전성에 영향을 주는 구조적 손상은 조사되지 않았으나, Box 및 T.R.M 구간에 발생되고 있는 누수는 주행차량의 안전을 위협할 수 있음으로 조속한 보수가 요구된다. 특히 T.R.M 구간은 지속적인 보수에도 불구하고 누수가 진행되고 있음으로 보수 공사 시에는 시방서에 제시된 자재, 시공순서, 시공방법 등을 준수하여 시공될 수 있도록 철저한 관리감독이 요구된다.그 밖에 조사된 손상들에 대해서도 구조물의 장기적인 내구성 확보와 유지관리 차원의 보수가 필요하며, 보수 후에도 정기적인 점검 또는 진단을 통하여 관리되어진다면 시설물 공용에는 지장이 없을 것으로 판단된다.
24	정기안전점검	2014-06-23 ~2014-06-27	자체수행	양호	특이사항 없음
25	정기안전점검	2014-12-01 ~2014-12-05	자체수행	양호	특이사항 없음
26	정밀안전점검	2015-02-24 ~2015-05-24	우화엔지니어링(주)	B등급	BOX내부 T.R.M구간에 재발생된 누수, 백태에 대한 하자보수가 필요하며, 포장부 망상균열 및 패임, 난간 파손, 가드레일 변형, 국부적인 콘크리트 파손 등은 긴급을 요하는 보수 사항이 아니므로 유지관찰 후 일괄보수를 시행하여야 할 것으로 판단된다.

【표 2.3.1】 남태령지하차도 점검 및 진단 이력 (계속)

구분		점검기간	점검기관	안전등급	주요점검/진단 결과
27	정기안전점검	2015-12-28 ~2015-12-29	자체수행	양호	특이사항 없음
28	정기안전점검	2016-06-27 ~2016-06-30	자체수행	보통	특이사항 없음
29	정기안전점검	2016-11-04 ~2016-12-13	우화엔지니어링(주)	양호	-전회 정밀점검 이후 신축이음부 파손이 추가 조사되었으며, 기 조사된 box내부 천정면 균열 및 백태, 보수재 탈락, 누수, 파손, 망상균열, 타일 탈락 및 파손, u-type구간 타일 탈락, 실링재 파손, 포장부 균열 및 패임, 연석 및 중분대 파손, 신축이음부 마모, 갈라짐 등은 구조물의 내구성 저하를 유발하는 구조적 손상이 아닌 경미한 손상으로서 지속적 점검 및 관찰 후 손상증대 시 일괄 보수함이 타당한 것으로 판단되며, 추가 조사된 신축이음 파손은 고무계재료를 녹여 사용하므로 동절기인 현재 긴급한 보수보다 하절기 온도 상승시 보수함이 타당한 것으로 판단된다
30	정밀안전점검	2017-03-03 ~2017-06-04	한세이엔씨(주)	B등급	외관조사결과,전차정밀점검(2013년)후교대 ? 교각에대한표면보수가진행된것으로조사되었으며,구조적으로문제가되는손상등심각한결함은없는상태이나장기적으로내구성을저해할수있는비구조적인손상들이조사되었다. 주부재인바닥판상태는균열및망상균열이다수조사되어콘크리트표면보수가필요할것으로판단되며,포장에전반적으로발생한망상균열은차량의주행성을저해하지는않으나손상부로겨울철제빙염에의한콘크리트바닥판의열화를가중시킬수있는상태이므로교면포장및접속부포장에대한재포장계획이필요할것으로판단된다.또한거더,받침장치,신축이음,배수시설,방호벽,중앙분리대등에발생된비구조적손상에대해서는손상정도및접근방법에따라중,장기적인보수계획이필요할것으로판단된다. 내구성조사결과,전반적으로양호하며,상태평가에의한안전등급은“b“로나타남
31	정기안전점검	2017-09-04 ~2017-12-02	(주) 상생뉴텍	보통	BOX구간:철근노출,균열및백태,누수및누수흔적등 U-Type구간:타일균열,백태,파손,탈락 포장부:아스콘균열,포트홀 난간및연석:연석균열및파손,난간변형 신축이음:파손 배수시설:이물질퇴적및체수,그레이팅망실및이격

【표 2.3.1】 남태령지하차도 점검 및 진단 이력 (계속)

구분		점검기간	점검기관	안전등급	주요점검/진단 결과
32	정기안전점검	2018-02-09 ~2018-05-09	효심주식회사	양호	외관조사결과주요손상으로포장균열,망상균열,파손,미끄럼방지포장마모,연석박리,중앙분리대파손,난간지주파손,배수로이물질퇴적,배수로그레이팅망실및이격,신축이음실란트열화,포장부파손,U-Type옹벽타일탈락,Box구간진입부균열(Cw=0.3mm이상),긁힘,균열및백태,박리,상부유도배수관누수,중간벽체누수흔적및오염,타일탈락,외부벽체누수흔적및오염등의손상이조사되었다. 특히, BOX구간 상부에서 외부충격에 인한 유도배수관 파손 및 변형으로 누수가 조사되었으며, 기 손상으로 인한 벽체 누수오염 및 백태 등의 2차 손상이 발생하여 내구성 저하가 우려되므로 우선적인 보수가 필요할 것으로 사료된다. 또한, U-Type 구간에서 조사된 포장 망상균열, 미끄럼방지 포장 마모는 차량주행 안전을 위해 재포장 조치가 필요할 것으로 판단된다.
33	정밀안전진단	2018-09-11 ~2018-11-09	(주)부루빌	B등급	-외관조사결과포장부미끄럼방지포장마모,망상균열,포장파손,패임,소성변형,균열등발생,신축이음부열화등손상발생,환기실및전기실균열,백태,누수,철근노출등공용년수증가등에따른손상발생,옹벽구간배면벽체균열,박리,BOX구간균열,누수,백태,타일탈락및파손등발생,특히,BOX구간중TRM구간(60m)에서누수,백태등공용시작후지속적발생등 -내구성조사결과콘크리트압축강도등전반적으로양호하나,철근탐사결과일부배근간격상이및피복두께부족 -상태평가결과 “B” 등급으로산정 -안전성평가결과BOX구간및U-TYPE옹벽구간모두현재작용하는하중에대하여안전성을확보 -안전등급결과「보조부재에경미한결함이발생하였으나기능발휘에는지장이없으며내구성증진을위하여일부의보수가필요한상태」인 “B” 등급
34	정기안전점검	2019-02-14 ~2019-06-13	(주)건설표준시험원	양호	금회남태령지하차도에대한상반기정기점검결과주요손상으로는포장부아스콘마모및망상균열,패임,파손,소상변형,신축이음파손,이격마모,연석및중앙분리대박리,박락,파손,배수시설이물질퇴적,그레이팅망실,BOX구간균열(폭0.3㎜이상),누수및백태,콘크리트파손,들뜸박리,철근노출,유도배수관파손,소화기및전화함불량,U-TYPE구간균열(폭0.3㎜이상),콘크리트박리,박락,백태,벽체파손등의손상이조사되었다. 조사된 손상 중 배수시설 이물질 퇴적의 경우 체수를 유발하므로 주기적인 청소가 필요하고, 신축이음부 파손 이격부 중 신축이음 미설치 구간이 포함되어 전반적인 신축이음 재설치 등이 요구되며, BOX구간 내부 누수의 경우 동절기에 도로 결빙으로 차량의 사고를 유발 할수 있으므로 누수보수 및 유도배수 등의 조치가 요구된다. 이외에 조사된 손상들도 지하차도의 내구성 및 안전성 확보를 위한 전반적인 보수가 요구된다. 점검일 현재 남태령 지하차도 내부 교명 교체 공사가 시행중인 것으로 확인되었으며, 설치상태는 전반적으로 양호한 것으로 확인되었다.

【표 2.3.1】 남태령지하차도 점검 및 진단 이력 (계속)

구분		점검기간	점검기관	안전등급	주요점검/진단 결과
35	정기안전점검	2019-09-26 ~2019-12-09	주식회사국지건설	양호	준공후약16년이경과된남태령지하차도에대한2019년하반기정기안전점검을실시한결과발생된손상의종류는전회차정기안전점검에서확인된손상이며추가손상은없는것으로조사되었다.전면아스콘재포장과신축이음재설치,일부유도배수관,표면처리및단면보수를실시한상태이며,금회점검시확인된주요손상으로는배수시설이물질퇴적의경우체수를유발하므로주기적인청소가필요하다.그외확인된손상들은구조물의안정성에는영향이없는비구조적인손상인것으로판단되나,지하차도의내구성확보를위해일부보수가필요한상태로조사되었다. 점검일현재TRM구간슬래브하면은보수공사가시행중인것으로확인되었으며,보수상태는전반적으로양호한것으로확인되었다.
36	정밀안전점검	2020-04-13 ~2020-07-11	주식회사무구이엔씨	B등급	남태령지하차도는전차손상에대한보수를실시한상태로외관조사결과BOX구간균열,누수,백태,누수흔적,콘크리트들뜸,파손,박리,유도배수관파손,타일탈락,파손들뜸,철근노출,U-TYPE균열,박리,박락,타일파손,탈락,표면박리,백태누수흔적,아스콘포장파손,포트홀,망상균열,연석/중앙분리대균열,박리,파손,박락,신축이음실런트열화,이격,배수시설그레이팅망실등의손상이조사되었다.상기조사된손상중벽체타일탈락,파손손상이지속적으로발생되고있는상태로차량통행에방해가될수있으므로타일재설치등의보수를실시하는것이바람직할것으로판단되며,또한조사된손상은대부분국부적으로발생된손상으로현상태에서보수를실시하기보다는지속적인점검및주의관찰을통하여차후에보수시기를정하는것이바람직할것으로판단된다. 외관조사결과와상태평가결과를종합적으로평가한남태령지하차도의안전등급은 “보조부재에경미한결함이발생하였으나,기능발휘에는지장이없으며내구성증진을위하여일부의보수가필요한상태” 인B등급으로평가됨. 긴급을요하는문제점은없으므로발생된손상에대한내구성확보차원의보수및지속적인유지관리를수행하면지하차도로서의기능을확보할수있을것으로판단됨.
37	정기안전점검	2020-10-23 ~2020-12-15	장일이앤씨	양호	외관조사결과 금회점검결과20년상반기정밀안전점검시조사된Box구간의균열,누수(흔적),백태,콘크리트단면손상,타일손상,철근노출,U-TYPE옹벽구간의균열,단면손상,표면박리,백태,누수흔적,포장부포장파손(포트홀),망상균열,난간및연석,중앙분리대의균열,단면손상,가드레일변형,조인트실런트열화(이격),배수시설그레이팅망실등이조사되었으며,기점검과비교하여기존손상의진전및신규손상은발생되지않은것으로조사되었다. 조치필요한 사항 금회조사된손상들중균열(Cw=0.3mm이상),철근노출,유도배수관파손,타일손상,단면손상등에대해서는내구성및사용성확보를위해우선적인보수조치가필요할것으로판단되며,기타발생된손상에대해서는관리주체의유지관리계획에따른보수조치가필요할것으로판단된다. 종합평가 남태령지하차도에대한정기안전점검결과안전등급은 “양호” 에해당하는것으로평가되었으며,금회조사된손상에대해유지관리계획에따라보수를실시한다면구조물의사용성과목표한내구연한확보에는지장이없을것으로판단된다.

【표 2.3.1】 남태령지하차도 점검 및 진단 이력 (계속)

구분		점검기간	점검기관	안전등급	주요점검/진단 결과
38	정기안전점검	2021-03-16 ~2021-05-29	(주)에이스디이씨	양호	남태령지하차도에대한정기안전점검결과,대상시설물의주요손상은균열,망상균열,누수/백태(누수흔적),들뜸,파손,박리,타일손상(균열,들뜸,파손,탈락,긁힘),철근노출등,그레이팅망실(이격),박스구간유도배수관파손및주변부누수등인것으로조사되었다.조사된손상은대부분공용기간의증가와콘크리트의재료적인특성에기인한비구조적인손상이대부분이며긴급을요하는보수보강은필요없을것으로판단된다. 대상시설물에대한정밀안전진단등의조치는필요치않으며본보고서에서제시한보수방안을참고하여주기적인보수가필요할것으로판단된다. -Box구간:균열,망상균열,누수/백태(누수흔적),들뜸,파손,박리,타일손상(균열,들뜸,파손,탈락,긁힘),철근노출등 -U-type구간:균열,박리(박락),표면박리,백태,누수흔적,조인트갈라짐(마모),실런트열화(이격),타일손상(균열/백태,파손,탈락)등
39	정기안전점검	2021-07-22 ~2021-10-19	(주)티원	양호	포장부:파손,포트홀,망상균열,소성변형 BOX구간:균열,누수,백태,누수흔적,콘크리트들뜸,파손,박리,망상균열,유도배수관파손,타일균열,타일들뜸,타일탈락,타일긁힘,철근노출 U-TYPE구간:균열,박리,박락,타일균열,타일파손,타일탈락,백태,누수흔적 난간:난간및지주대파손 연석:균열,박리,파손,박락 중분대:균열,박리,박락,파손,가드레일변형 신축이음:실런트열화,이격 배수시설:그레이팅망실 방재시설:파손
40	정밀안전점검	2022-03-03 ~2022-05-27	지케이엔지니어링주식회사	B등급	BOX구간슬래브하면:균열,망상균열,긁힘 BOX구간벽체:타일균열,타일파손,누수흔적등 신축이음:실런트열화,탈락 U-TYPE구간:균열,타일부백태,파손,타일손상등 포장면:아스콘균열,아스콘망상균열,아스콘파손 부대시설:연석균열,유도배수관파손,소화전함파손등
41	정기안전점검	2022-09-30 ~2022-12-27	(주)티원	양호	BOX구간:균열(0.3mm미만),균열(0.3mm이상),망상균열,균열부백태,누수흔적,들뜸및박리,박락및철근노출,보수부들뜸,표면열화,타일균열,타일긁힘,타일탈락,타일들뜸 신축이음:실런트열화및이격,실런트탈락 포장면:아스콘균열,아스콘망상균열,아스콘마모,파손및패임 U-TYPE옹벽:균열(0.3mm미만),균열(0.3mm이상),균열부백태,누수흔적,백태,박락및파손,타일균열,타일탈락 연석및중앙분리대:균열(0.3mm미만),박리및파손,표면박리,이물질퇴적,난간변형,가드레일변형,난간파손 배수시설:이물질퇴적,유도배수관누수,유도배수관변형,유도배수관파손,유도배수관고정불량,그레이팅유실 방재시설:소화전파손,소화전개폐불량 기타부재:조명등파손

2.3.2 기존 정밀안전진단 분석(2018년)

가. 외관조사 분석

구 분	점검 결과
포장부	미끄럼방지 포장의 마모, 균열은 시점측 옹벽에서 BOX구간 시점측까지 전반적으로 발생하고 있으며, 미끄럼방지 포장의 균열은 기존 포장면의 균열 미보수 상태로 방지포장을 실시하여 발생하고 있는 반사균열과 차량 주행에 따른 윤하중 및 반복통행 등에 의해 발생하고 있는 것으로 판단된다. 파손 및 소성변형은 국부적으로 발생하고 있으며, 발생위치는 신축이음부 주변에서 주로 발생하고 있는 것으로 조사되었다. 포장 패임은 차선 중앙부에서 주로 조사된 점을 감안할 때 시공이음부의 처리불량 등에 의해 발생한 것으로 판단된다. 포장에서 발생된 패임, 균열, 마모 등의 손상은 공용년수 증가와 함께 포트홀 등 2차 손상 발생과 차량 주행성 확보 등을 위해 장기적으로 전면보수를 실시하는 것이 필요하다.
신축이음부	포장 신축이음부 마모, 갈라짐, 이격 등은 신축이음부 본체가 아닌 이음부 주변에서 온도변화에 따른 신축거동 및 차량 반복통행 등에 의해 발생하고 있으며, 벽체부 실런트 열화 및 갈라짐은 신축작용 및 공용년수 증가 등에 따라 발생된 것으로 판단되며, 포장부의 신축이음부는 포장 보수시 연계하여 보수를 실시하는 것이 필요하다.
난간, 연석, 중앙분리대	난간은 옹벽 좌우측, 갱구부 상단에 알루미늄 재질로 시공되어 있으며, 중앙분리대는 차량방호책이 설치되어 있다. 난간의 주요손상은 변형, 파손, 긁힘, 연결부 탈락, 지주파손 등이며, 연석부는 균열, 파손, 중앙분리대는 가드레일 변형, 중앙분리대 파손, 박리 등이 조사되었다. 난간 지주 파손, 변형 등은 차량 등 외부 충격 등에 의해 발생한 상태로 안전성확보를 위한 보수가 필요하며, 연석부 및 중앙분리대의 파손, 박리 등은 적절한 보수가 요구된다.
배수시설	배수로는 옹벽 및 BOX구간 외측으로 이물질 방지를 위한 그레이팅과 함께 설치되어 있으며, 금회 조사시 그레이팅 망실과 이물질 퇴적이 일부 조사되었다. 그레이팅 망실은 토사 등 이물질 유입으로 우수 배제 등에 문제가 발생할 수 있으므로 재설치가 요구되며, 이물질 퇴적부위는 주기적인 청소가 필요하다.
BOX구간	슬래브하면에서 주로 조사된 균열은 폭 0.3㎜ 미만의 균열이 주로 발생하고 있지만, 0.3㎜이상 균열도 일부 조사되었다. 발생된 균열은 종, 횡, 망상균열, 보수부 재균열 형태로 발생되고 있으며, 슬래브하면 전구간에 연속성을 가진 균열이 아닌 1m 내외 균열로 확인되어 구조적 균열은 아닌 것으로 판단되나, 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다. 누수 및 백태는 벽체와 슬래브하면에서 발생되고 있으며, 벽체의 누수 및 백태는 타일부에서 조사되었다. 슬래브의 누수는 신축이음부의 유도배수관 주변과 일부 콘크리트 공극부위에서 발생하고 있으며, 균열부 누수에 따른 백태도 함께 발생하고 있는 것으로 조사되었다. 벽체부의 누수 및 백태는 타일부로 유입되어 타일 탈락 등을 유발시키는 것으로 판단된다. 조사 당시에는 누수가 발생되지 않았으나 향후 강우 등에 따른 누수로 인해 동절기 고드름 발생 등으로 주행성 저하 및 안전사고 발생 등이 발생될 우려가 있으므로 우선적인 보수가 필요할 것으로 판단된다. 콘크리트 단면손상은 들뜸, 박리, 철근노출, 파손 등으로 슬래브에서 발생하고 있으며, 각 손상은 국부적으로 조사되었다. 파손 등은 외부충격, 철근노출은 피복두께 부족과 공용년수 증가 등에 따른 열화로 슬래브에서 발생된 손상은 하부로 낙하가 우려되므로 보수가 필요하다.

구 분	점검 결과
BOX구간	벽체에서 조사된 타일 손상은 타일 균열, 긁힘, 들뜸, 파손, 탈락 등의 형태로 발생하고 있는 것으로 조사되었다. 타일 들뜸 및 탈락의 경우 벽체 누수 유입도 한 원인으로 작용하는 것으로 판단되고, 타일 균열은 내부 콘크리트 균열의 신축작용 등에 의해 발생하고 있는 것으로 판단되며, 장기적인 유지관리차원에서 보수가 요구된다. 슬래브와 벽체에 설치된 유도 배수관은 변형, 파손이 일부 조사되었다. 유도배수관의 파손, 변형은 누수로 진행되고 있는 상태로 동절기 파손 및 변형부위에서 측빙 등 발생에 따른 차량 주행성 저하 및 안전사고 발생이 우려되므로 보수가 요구된다. BOX내부 헌치부 좌우측에 설치되어 있는 조명등은 전반적으로 양호한 상태이나, 조명등 파손이 국부적으로 조사되었다. 기타 설비로 소화기, 비상전화, CCTV 등이 설치되어 있으며, 일부 소화기함의 개폐불량, 소화기함 파손, 비상전화함 불량이 조사되었다. BOX구간 상부는 수로BOX, 지하차도 구조물이 있으며, 금회 조사시 침하 등 특이사항은 없는 것으로 조사되었다.
TRM구간	TRM(Tunnel-Tubular Roof Construction Method)구간은 BOX구간 전체 연장 L=570.0m중 L=60.0m로 구간 상부에 양재천이 횡단하고 있어 강관 추진 후 본 BOX구조물을 시공하는 TRM공법을 적용한 것으로 조사되었다. TRM구간의 외관조사 결과 벽체와 슬래브하면에 누수, 누수 및 백태, 누수흔적, 타일균열, 타일탈락 및 파손, 타일들뜸 등이 조사되었다. 슬래브하면의 누수는 양재천의 하천수가 강관 접합부 및 강관 내부 콘크리트 공극부위를 통하여 용접불량 부위로 유출되고 있는 것으로 판단되며, 측빙발생 등에 따른 안전사고 방지 및 내구성확보 등을 위해 장기적으로 전면 누수보수가 필요하다. 또한, 기 정밀점검(2017) 시 TRM구간에 대한 손상물량을 별도 산정하지 않아 기 정밀안전진단(2013)의 대표 손상물량과 비교한 결과 다음과 같이 누수 및 백태 물량이 다소 증가하였으며, 균열 및 균열부 백태는 누수로 진행된 것으로 판단된다.
U-TYPE 옹벽구간	옹벽구간은 시점측 L=190m, 종점측 L=160m로 구성되어 있다. 옹벽구간의 주요손상은 벽체 타일부 손상(타일 파손, 탈락, 타일 균열), 배면 벽체의 균열, 박리, 박락, 파손, 백태 등이 조사되었다. 벽체 타일파손, 탈락, 균열은 외부충격, 시공미흡, 벽체 균열에 따른 신축거동 등에 의해 발생한 상태이며, 배면 벽체의 균열은 건조수축, 온도변화 등에 의해 발생된 비 구조적 균열로 판단되나, 장기적인 내구성 확보를 위해 보수가 필요하다. 발생된 손상물량을 기 점검결과와 비교해 볼 때 일부 손상은 신규로 조사되어 물량이 증가하였으나, 일부 물량은 손상물량 산정 오류 등에 의해 증감이 발생한 것으로 판단된다.
환기구 및 전기실	지하차도의 환기구는 시종점측에 2개소가 설치되어 있다. 환기구 외관조사 결과 균열, 누수, 백태, 재료분리, 철근노출, 체수, 몰탈 균열, 출입문 개폐불량 등이 주요손상으로 조사되었다. 균열은 횡방향 균열이 대부분이나 일부 종방향 형태의 균열이 조사되었으며, 건조수축, 수화열, 온도응력 등에 의한 비구조적 균열로 판단되나, 장기적인 내구성 확보를 위한 보수가 요구된다. 일부 공극부위 및 시공이음부로 유입된 지하수로 인해 누수 및 백태는 슬래브에서 주로 발생되었으며, 재료분리 및 철근노출 등의 손상과 함께 내구성 확보를 위한 보수가 요구된다.

나. 비파괴조사 분석

구 분	점검 결과
반발경도시험	반발경도시험 결과 옹벽구간 압축강도는 21.9~28.6MPa, BOX구간 압축강도는 22.1~32.6MPa로 설계기준 강도인 24MPa에 90% 이상으로 평가되어 콘크리트 압축강도는 양호한 것으로 판단된다.
초음파전달속도시험	초음파 전달속도시험 결과 옹벽구간 압축강도는 21.4~28.6MPa, BOX구간 압축강도는 22.0~27.4MPa로 설계기준 강도인 24MPa에 90%으로 평가되어 콘크리트 압축강도는 양호한 것으로 판단된다.
철근탐사	철근탐사 결과 옹벽구간 벽체 주철근 배근간격은 100~300㎜, BOX구간 슬래브 주철근 배근간격은 100~470㎜로 측정되어 준공도면과 대체로 일치하나 일부 위치에서는 배근간격이 다소 상이하고, 피복두께도 다소 부족한 것으로 측정되어 지속적인 주의관찰이 요구된다.
탄산화시험	탄산화시험 결과 옹벽구간 벽체 탄산화 깊이는 15.0~22.0㎜, BOX구간 슬래브 탄산화 깊이는 11.0~26.0㎜로 측정되어, 상태평가 기준 a~b인 상태로 전반적으로 탄산화에 따른 철근부식 가능성이 낮은 것으로 평가되었다.
염화물함유량시험	염화물 함유량 시험 결과 옹벽구간 0.1629~1.0546kg/㎥, BOX구간 0.0702~0.2716kg/㎥으로 조사되어 BOX구간은 전반적으로 양호(a등급)하나 옹벽구간 일부 지점은 염화물은 함유하고 있으나 철근부식 가능성은 낮은 상태(b등급)로 판단된다.
균열깊이 측정	균열깊이 측정결과 측정된 균열깊이는 31.5~81.8㎜로 일부 벽체 및 슬래브에서 피복두께 이상으로 깊이가 측정되어 향후 내구성 저하가 우려되므로 지속적인 주의관찰이 요구된다.
측량결과	계획선형오차(기울기) 측정결과 0.17%~2.79% 으로 측정되어 경사 또는 전도가 발생되지 않았거나 또는 발생되었더라도 매우 경미한 수준으로 근본적인 보수는 필요치 않은 상태로 판단된다. 옹벽 선형측량결과 측량값과 도면상의 선형차는 0.8~9.5㎜ 수준으로 시공 상태는 비교적 양호하며, 공용 중 침하, 활동, 전도 등에 의한 변위는 없는 것으로 판단된다. 옹벽 수준측량결과 설계도면과의 오차는 약 10~50㎜ 수준으로 측정되어 침하에 의한 변위는 없는 것으로 판단된다.
탄성파탐사	지오폰을 5m 간격으로 실시한 탄성파 탐사 결과는 다음과 같이 횡방향 탐사결과 층후는 제1속도층(토사층, 8.5~14.9m), 제2속도층(풍화암층, 4.4~9.9m), 제3속도층(기반암층, 13.3~20.3m)으로 나타났으며, 종방향 탐사결과 층후는 제1속도층(토사층, 9.5~10.8m), 제2속도층(풍화암층, 8.0~9.0m), 제3속도층(기반암층, 18.5~18.8m)으로 나타났다.

다. 상태평가 분석

구 분	기본시설 (BOX구간) 결합지수	부대시설					상태평가 결과
		시점 옹벽	종점 옹벽	환기시설	결합지수	가중치	
남태령 지하차도	0.178	0.130	0.132	0.146	0.136	1.00	0.178 (B)

라. 안전성평가 분석

1) U-TYPE구간 검토 결과

구 분		휨모멘트 (M_u)	공칭강도 (ϕM_n)	$\phi M_n / M_u$	전단력 (V_u)	ϕV_n	$\phi V_n / V_u$
하부슬래브	외측단부	1,651.822	2,258.890	1.37	431.467	523.752	1.21
	중앙부	927.837	1,301.452	1.40	390.190	520.517	1.33
	중앙지점부	710.198	929.639	1.31	476.957	734.847	1.54
벽체	벽체하부	1,458.078	1,965.823	1.35	324.623	462.515	1.42

2) BOX구간 검토 결과

구 분		계수 모멘트 (Mu)	공칭 모멘트 (ϕM_n)	안전율 (S.F) $(\phi M_n$/Mu)	계수 전단력 (Vu)	공칭 전단력 (ϕV_n)	안전율 (S.F) $(\phi V_n$/Vu)
상부슬래브	외측지점부	1,937.272	3,078.155	1.59	1,072.388	1,839.841	1.72
	중앙부	2,107.079	2,713.596	1.29	-	-	-
	중앙지점부	4,560.546	6,125.112	1.34	1,619.311	2,061.113	1.27
하부슬래브	외측지점부	2,205.258	4,557.742	2.07	1,004.762	2,207.809	2.20
	중앙부	2,201.398	3,423.625	1.56	-	-	-
	중앙지점부	4,198.060	4,719.759	1.12	1,392.485	2,281.402	1.64
벽체	상부	2,238.235	3,376.664	1.51	389.221	762.063	1.96
	중앙부	1,888.949	4,414.672	2.34	-	-	-
	하부	2,181.393	5,361.787	2.46	482.935	860.043	1.78

마. 종합평가 및 안전등급 지정 결과

<table>
<tr><th colspan="3">구 분</th><th colspan="6">남태령지하차도</th></tr>
<tr><th>구 분</th><th colspan="2">상태평가</th><th colspan="5">안전성평가</th><th>종합평가</th></tr>
<tr><td rowspan="3">지하차도</td><td rowspan="3">0.178</td><td rowspan="6">B</td><td>상부슬래브</td><td colspan="2">중앙지점부</td><td>1.27</td><td>A</td><td rowspan="6">A</td><td rowspan="6">B</td></tr>
<tr><td>하부슬래브</td><td colspan="2">중앙지점부</td><td>1.12</td><td>A</td></tr>
<tr><td>벽체</td><td colspan="2">상 부</td><td>1.51</td><td>A</td></tr>
<tr><td rowspan="3">옹벽</td><td rowspan="3">0.130</td><td rowspan="2">하부슬래브</td><td>외측 단부</td><td>1.21</td><td>A</td></tr>
<tr><td colspan="2">중앙지점부</td><td>1.31</td><td>A</td></tr>
<tr><td>벽체</td><td colspan="2">벽체 하부</td><td>1.35</td><td>A</td></tr>
</table>

바. 종합결론

상태평가 결과 및 안전성평가 결과를 고려한 종합평가 결과 남태령 지하차도의 안전등급은 「보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태」인 “B” 등급으로 일부 발생된 손상 중 TRM구간에 대한 시급한 보수와 함께 보수보강 방안에 제시한 보수 계획을 수립하여 보수를 실시하고, 지속적인 유지관리를 실시하면 사용성 및 안전성에 문제가 없을 것으로 판단된다.

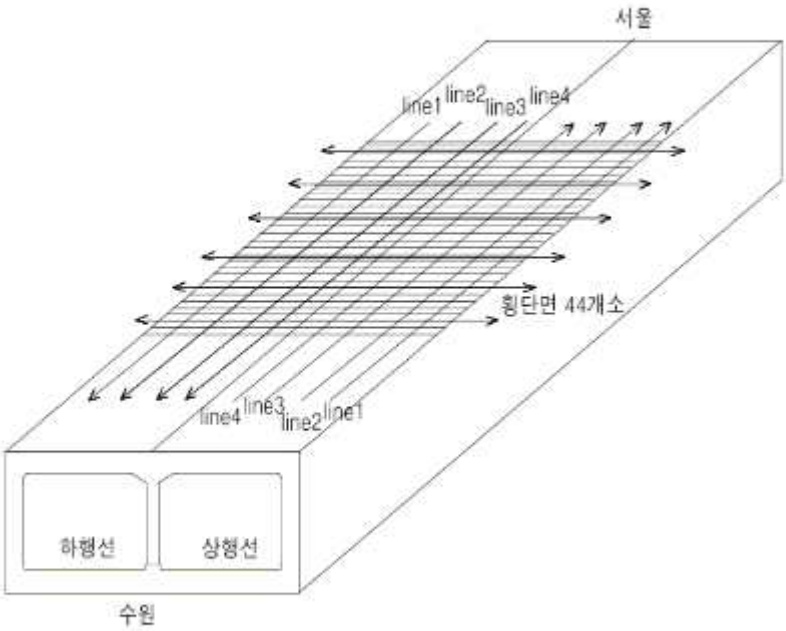
2.3.3 GPR탐사결과 (2013년)

가. 상행선(서울방향)

1) 탐사측선

구분	방향	대상부위	탐사구간	탐사연장	탐사심도
상행선 (T.R.M)	Line-1	우측벽에서 약 1.0m 지점	sta. 300~sta. 360	약 60m	4.0m
	Line-2	우측벽에서 약 3.0m 지점	sta. 300~sta. 360	약 60m	
	Line-3	우측벽에서 약 5.0m 지점	sta. 300~sta. 360	약 60m	
	Line-4	우측벽에서 약 7.0m 지점	sta. 300~sta. 360	약 60m	
	횡방향	우측에서 좌측	수평관(P2~P45)	약 308m	
누계	□ 약 550m(종방향:ΣL=약240m, 횡방향:ΣL=308m)				

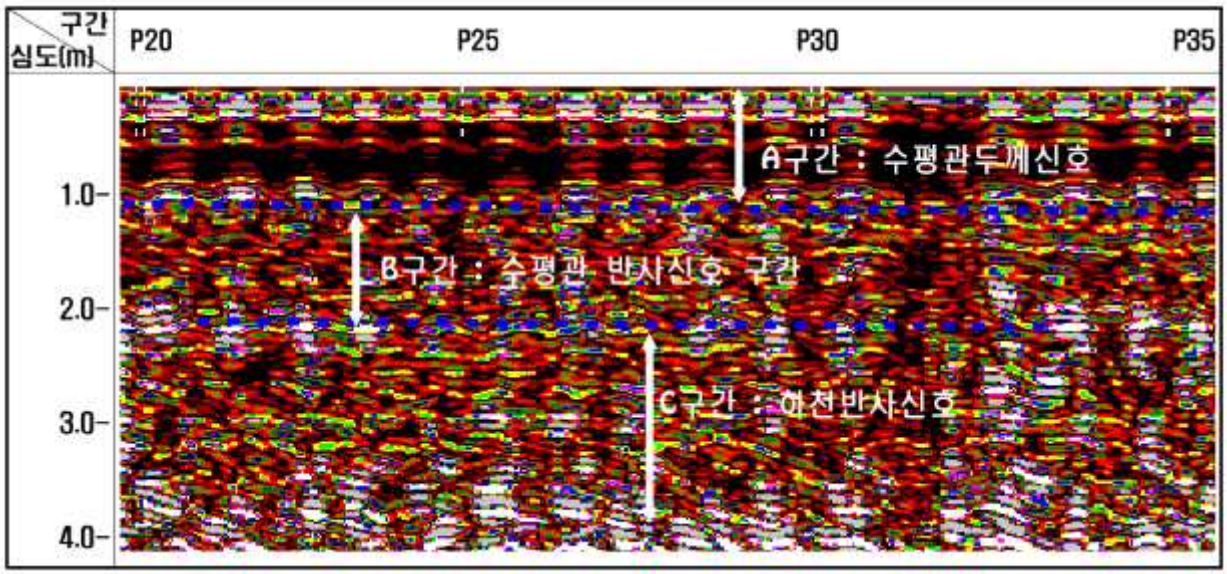
2) 탐사측선도 및 전경



3) 누수 및 포화대 분석결과

구분		발생구간(sta)	분포심도(mm)	비고
하행선	Line-1(약 1.0m구간)	P30~P35 부근	1.2m~4.0m	
	Line-2(약 3.0m구간)	P5~P10 부근, P30~P40 부근,	1.2m~4.0m	
	Line-3(약 5.0m구간)	P10~P15 부근	1.2m~4.0m	
	Line-4(약 7.0m구간)	P5~P15 부근	1.2m~4.0m	

4) 단면분석



A구간 : 수평관 압입 구간의 콘크리트 타설 상태는 비교적 건전한 것으로 분석됨

B구간 : 시공된 수평관 직경에 비례하여 가지시 신호가 반사되는 구간으로서 하천에 의한 포화대는 약세한 것으로 분석됨

C구간 : Box구간의 반사 신호는 기계특성의 물리적 필터 효과에 의해 비교적 약세로 형성되었으나, 약 4.0m 전후에서 표현되는 강한 반사 신호를 관측할 수 있음(하천에 의한 반사)

5) 평가

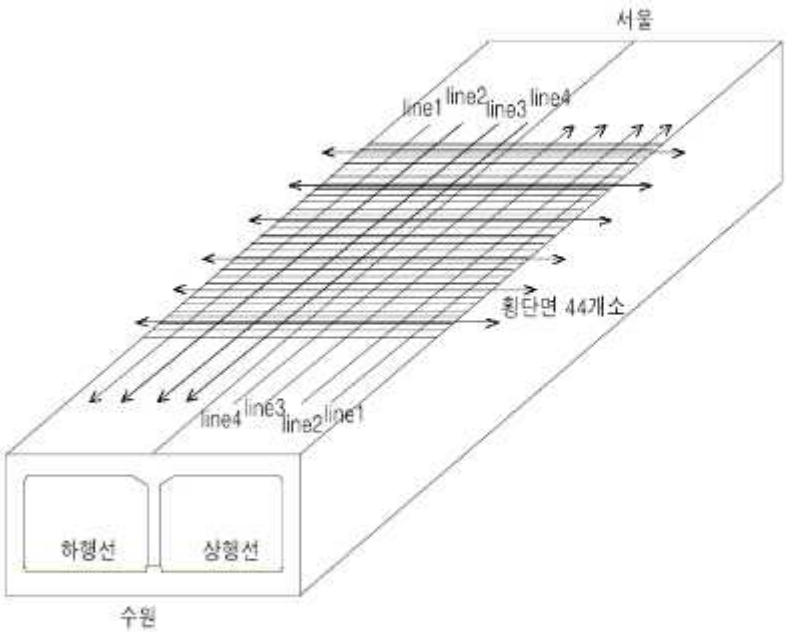
T.R.M(Tunnel-Tubular Roof Construction Method) 누수유로 예상 구간은 Roof 전체에 해당되며 Pipe no. 10 전후, Pipe no. 30~40 구간이 비교적 우세한 것으로 분석된다. 전반적인 배면 상태는 하천 침투수에 의한 포화대 및 습윤 상태가 지속된 것으로 추정되나, 해당 구간의 압입된 수평관 반사 신호는 정상적 지시가 우세한 상태로서 하천 횡단에 의한 침투수에 의한 영향은 미약한 것으로 사료된다.

나. 하행선(과천방향)

1) 탐사측선

구분		대상부위	탐사구간	탐사연장	탐사심도
하행선 (T.R.M)	Line-1	우측벽에서 약 1.0m 지점	sta. 370~sta. 290	약 80m	4.0m
	Line-2	우측벽에서 약 3.0m 지점	sta. 370~sta. 290	약 80m	
	Line-3	우측벽에서 약 5.0m 지점	sta. 375~sta. 285	약 90m	
	Line-4	우측벽에서 약 7.0m 지점	sta. 375~sta. 285	약 90m	
	횡방향	우측에서 좌측	수평관(P2~P45)	약 308m	
누계	□ 약 650m(종방향:ΣL=약340m, 횡방향:ΣL=308m)				

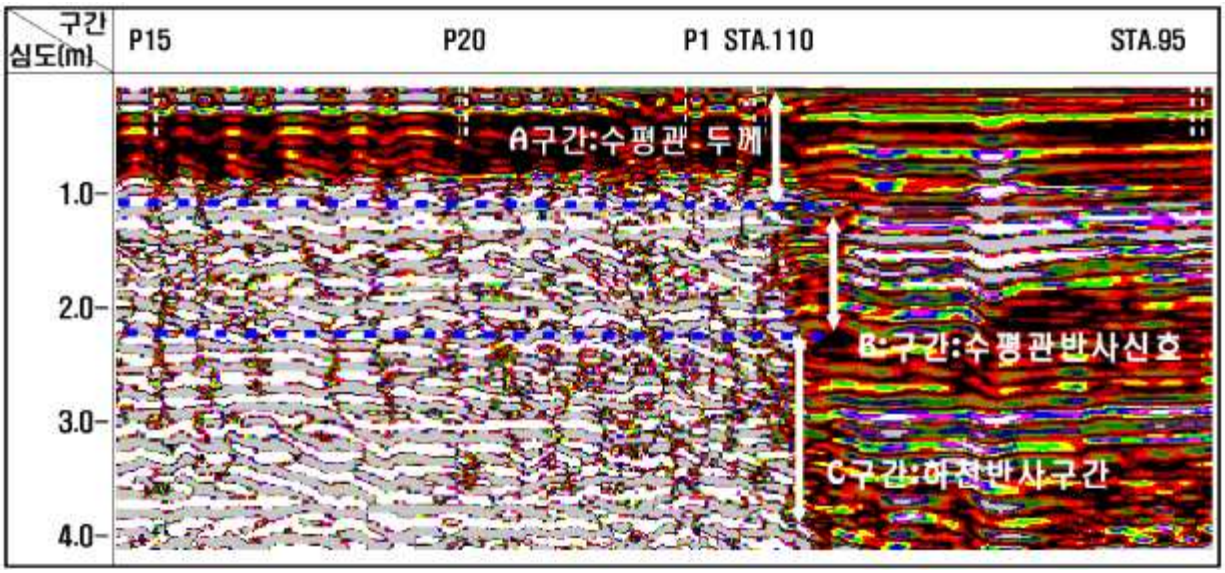
2) 탐사측선도 및 전경



3) 누수 및 포화대 분석결과

구분		발생구간(sta)	분포심도(mm)	비고
하행선	Line-1(약 1.0m구간)	P1~P20 부근 P30~P45 부근	1.2m~4.0m	
	Line-2(약 3.0m구간)	P5~P15 부근 P30~P45 부근,	1.2m~4.0m	
	Line-3(약 5.0m구간)	P1~P15 부근 P30~P45 부근,	1.2m~4.0m	
	Line-4(약 7.0m구간)	P25~P45 부근,	1.2m~4.0m	

4) 단면분석



A구간 : 수평관 압입 구간의 콘크리트 타설 상태는 비교적 건전한 것으로 분석됨

B, C구간 : 시공된 수평관 직경에 비례하여 가지시 신호가 및 하천에 의한 포화대 신호가 우세한 것으로 관측됨

5) 평가

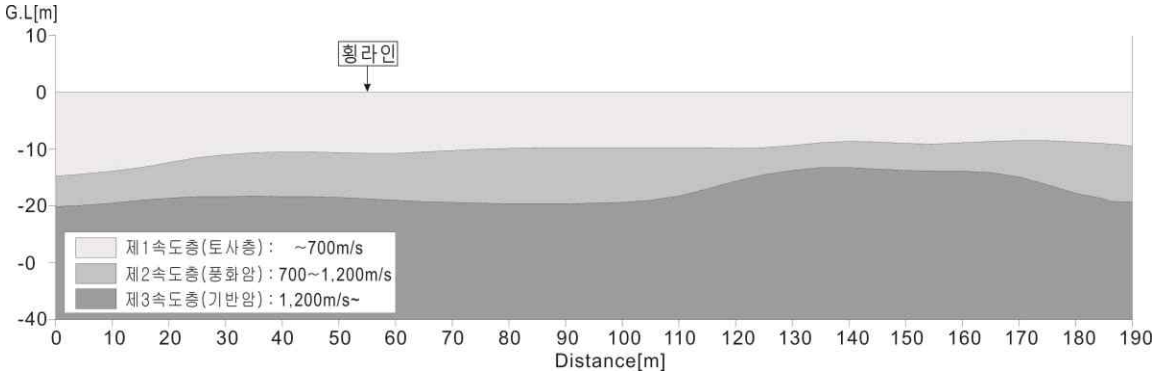
T.R.M(Tunnel-Tubular Roof Construction Method) 누수 예상 구간은 Roof 전체에 해당되며 Pipe no. 1~20, Pipe no. 30~45 구간이 우세한 것으로 분석된다. 전반적인 배면 상태는 하천 침투수에 의한 포화대 및 습윤 상태가 지속된 것으로 추정되나, 해당 구간의 압입된 수평관 신호는 정상적 지시가 우세한 상태로서 하천 횡단에 의한 침투수에 의한 영향은 미약한 것으로 사료된다.

2.3.4 탄성파탐사 결과 (2013년)

지오폰을 5m 간격으로 실시한 탄성파 탐사 결과는 다음과 같이 횡방향 탐사결과 층후는 제1속도층(토사층, 8.5～14.9m), 제2속도층(풍화암층, 4.4～9.9m), 제3속도층(기반암층, 13.3～20.3m)으로 나타났으며, 종방향 탐사결과 층후는 제1속도층(토사층, 9.5～10.8m), 제2속도층(풍화암층, 8.0～9.0m), 제3속도층(기반암층, 18.5～18.8m)으로 나타났다.

가. Line-1(종라인 L=190m) 결과

결과 단면 및 분석

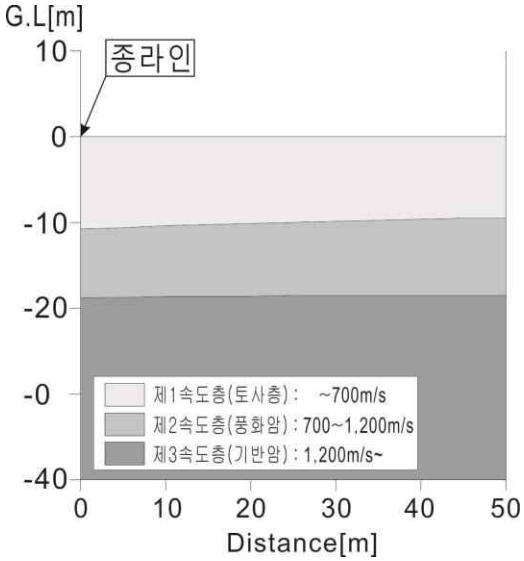


- 탐사는 수원방향 출구측 옹벽 우측 체육공원측에서 도로와 같은 방향으로 실시
- 측선거리 120～170 구간의 제2속도층이 상대적으로 깊지 않은 양상을 나타내고 있음
- 탐사결과 층후는 제1속도층(8.5～14.9m), 제2속도층(4.4～9.9m)로 나타남

구 분	제1속도층(토사층)			제2속도층(풍화암)			제3속도층(기반암)		
속도층	(700m/s이하)			(700～1200m/s)			(1200m/s이상)		
층후 및 출현심도	층 후(m)			층 후(m)			출현심도(m)		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균
	8.5	14.9	10.2	4.4	9.9	7.3	13.3	20.3	17.5

나. Line-2(횡라인 L=50m) 결과

결과 단면 및 분석

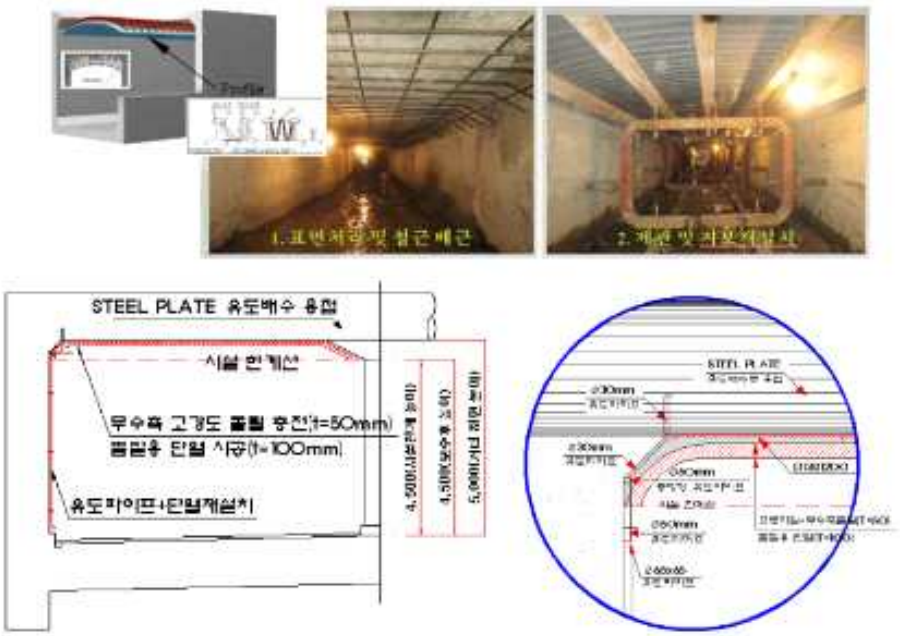


- 탐사는 종라인 측선거리 55m 지점의 연직한 방향으로 측선길이 50m 수행
- 탐사구간 전반적으로 큰 층후변화가 없는 양상을 나타내고 있음
- 탐사결과 층후는 제1속도층(9.5～10.8m), 제2속도층(8.0～9.0m)로 나타남

구 분	제1속도층(토사층)			제2속도층(풍화암)			제3속도층(기반암)		
속도층	(700m/s이하)			(700～1200m/s)			(1200m/s이상)		
층후 및 출현심도	층 후(m)			층 후(m)			출현심도(m)		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균
	9.5	10.8	10.0	8.0	9.0	8.5	18.5	18.8	18.6

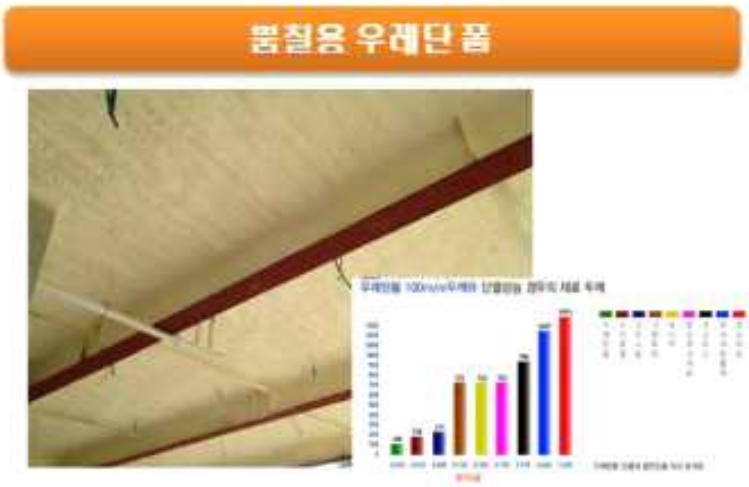
2.3.5 보수・보강 방안(2013년)

2013년 정밀안전진단시 보수・보강방안으로 전면지수 + 유도배수 방안을 제안하였으며, 이를 채택하여 동지수판설치, 단열폼 설치, 마감코팅 등을 시공한 것으로 확인되었다.

구 분	전면지수 + 유도배수
공법 개요도	
공법 개요	유도배수 설치 후 경질염화비닐재(Profile)를 제관하고, 무수축 고강도 모르타르를 충진하여 일체화된 복합단면으로 누수를 방지하는 공법
시공 방법	유도배수 파이프 설치→제관공→동바리 설치→무수축 고강도 모르타르 충전→양생 및 마무리
장 점	·하면에 프로파일 시공으로 도로에 직접적인 낙수 차단 ·내화학성, 내식성, 내마모성, 내충격성이 우수 ·시공속도가 빠르며, 균질한 품질 확보, 수압으로 인한 손상 최소화(유도배수) ·연속면 형태로 시공이음부 없음(누수차단)
단 점	·지하차도 적용 시공실적이 없음, ·프로파일 하면에 단열 시공으로 미관 저하 ·여러 공법의 혼용으로 시공이 난해함 ·하천수 유입으로 강관 주변 문제 발생시 해체 비용 발생
경제성	예상비용 : 6 억
검토 결과	·프로파일에 의해 차도부로직접적인 누수는 차단 ·일정두께의 단면 형성으로 전면 차수가 가능 ·지하차도 시공사례가 없음, 단면축소 발생하나 통행에 문제없음

※ 동결방지용 단열

구 분	기성 제품 사용	뿜칠용 단열
공법 개요	일정두께 이상의 기성 단열 제품을 사용하여 유도배수로와 PVC 판넬 사에 설치	하면에서일정 두께 이상 뿜칠 적정 두께를 확보
장점	·공장 제품으로 품질이 균일 ·제품 선택의 폭이 넓음 ·두께에 비해 단열효과 큼	·복잡한 단면도 시공이 용이 ·시공성이 좋음 ·밀착 시공이 가능
단점	·시공시 유도배수로에 밀착 시공이 어려움 ·결로 발생 우려	·시공 후 제거할 경우 난해 ·시공시 감독관의 두께 관리 필요 ·보양비용이 추가 발생
경제성	32,800 원/㎡ (40T 기준)	23,000 원/㎡(100mm 기준)
검토 결과	·뿜칠용 단열이 적용 가능하나, 강관의 유지관리가 어려움	



2.4 보수 · 보강 이력

【표 2.4.1】 남태령지하차도 보수·보강 이력

번호	보수시기	공사구간	공사내역	시공사
1	2004.01.15 ~ 2004.01.19	TRM구간	우레탄 방수 보수공사	남양진흥기업 주식회사
2	2004.03.29 ~ 2004.05.14	TRM구간	1차보수(복합방수 그라우팅) WGS 공법 시공(우지스시공)	
3	2004.12.16 ~ 2004.12.23	TRM구간	2차보수(TRM 천정부 우레탄 주입)	
4	2005.04.19 ~ 2005.05.03	TRM구간	3차 보수(상부 헌치부 그라우팅)	
5	2005.08.24 ~ 2005.08.31	TRM구간	4차보수(스라브, 헌치부 그라우팅)	
6	2005.11.02 ~ 2006.01.07	TRM구간	남태령 지하차도 누수보수공사(408,509,000)	주식회사 비앤비코리아
7	2006.03.31	TRM구간	지하차도 누수(Sta. 0+460~0+520)	남양진흥기업 주식회사
8	-	U-Type옹벽 구간 및 Box구간	포장 균열 및 파손부 보수 타일 파손부 보수 소화전 파손부 보수 배수덮개 망실구간 재설치	-
9	2008.10.20 ~ 2008.10.24	TRM구간	TRM구간 누수보수공사 천정부 누수구간 에폭시 주입 및 유도수로 열선교체 추진	주식회사 비앤비코리아
10	2010.05.17 ~ 2010.08.31	U-Type옹벽 구간, Box구간 , TRM구간	지하차도 신축이음재설치 96.2m TRM구간 누수(주입) 보수공사(터보씰 U주입공법)	우성건설(주)
11	2013.12.27 ~ 2014.06.30	지하차도 TRM구간	동지수판설치, 단열폼 설치, 마감코팅 등	(주)에코구조 이엔지
12	2014.06.12 ~ 2014.08.11	지하차도	주입보수, 신축이음교체, 타일재설치 및 탄산화 보수 등	(주)애플시설공사
13	2019.05.27 ~ 2019.10.18.	포장부, 신축이음부	노면 재포장, 신축이음 교체	(주)호원기업

2.5 내진설계 여부

본 과업대상 구조물은 2003년 준공된 구조물로 설계 당시 내진설계가 반영된 것으로 확인되었다.

【표 2.5.1】 남태령지하차도 내진설계 이력

내진설계 적용유무	내진설계 반영여부	비고
적용	구조계산서 확인 결과 옹벽 및 BOX구간 모두 내진설계를 적용한 것으로 확인됨.	

2.6 자료분석 결과요약

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

【표 2.6.1】 자료분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 남태령지하차도 준공도서 - 지반조사보고서 - 수치해석보고서 - 라이닝 구조계산서 - 준공도면 - 계측관리보고서	◇ 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
유 지 관 리 자 료	◇ 기 정밀안전진단 보고서 ◇ 기 정밀안전점검 보고서	◇슬래브 균열, 누수 등 ◇벽체 타일손상 ◇포장 파손, 패임 등 ◇난간, 연석 파손, 변형 등 ◇옹벽부 균열, 파손 등 ◇내구성 조사결과, 설계기준을 만족하고 있는 상태로 확인됨 ◇TRM구간 시공이후 지속적인 누수 발생	◇전회 점검결과와 금회 진단결과를 비교·검토하여 추가 손상 및 진전 여부를 확인하여 대책방안 마련 ◇전회 점검결과와 비교·검토하여 내구성 저하 여부 확인 ◇구조물의 제원변경확인 및 추가손상 발생에 대한 안정성 확보여부 확인 ◇TRM구간 누수부 보수·보강 대책 수립
	◇보수·보강 이력 - 시설물 관리대장 - 시설물정보관리종합시스템 보수 및 점검이력	◇2014년 TRM구간 누수 보수, 타일재설치, 탄산화 보수이후 보수이력 없음	◇보수부 상태 확인

제3장 현장조사 및 시험

3.1 현장조사 개요

3.2 내구성 시험 및 측정 개요

3.3 G.P.R 탐사 개요

제3장 현장조사 및 시험 개요

3.1 현장조사 개요

본 과업대상인 남태령지하차도는 과천시 과천동 512번지 일원에 위치하며 과천대로상에 있는 지하차도로 2003년 10월에 총길이 920m(본선 BOX구간 510m, T.R.M구간 60m, U-Type 옹벽구간 350m), 유효폭 14m, 유효높이 5.1m로 준공되었다.

시설물에 대한 외관조사는 대상 지하차도의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 구조적 손상유무를 판단하기 위해 부재 전체에 대하여 가능한 근접 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 따라서, 사전 현장답사를 통해 주변 여건을 파악하여 현장 접근에 필요한 접근방법 및 장비 동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상을 파악하는 등의 사전검토를 통하여 주요 손상을 파악한 후 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-터널편(2022.12, 국토교통부/국토안전관리원)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는 데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

본 지하차도의 외관조사시에는 고소작업차를 이용하여 슬래브 및 헌치부, U-TYPE옹벽 상부를 조사하고 그 외 포장부 및 연석부 등은 도보를 이용하여 구조물에 최대한 근접한 상태에서 조사를 실시하였다.

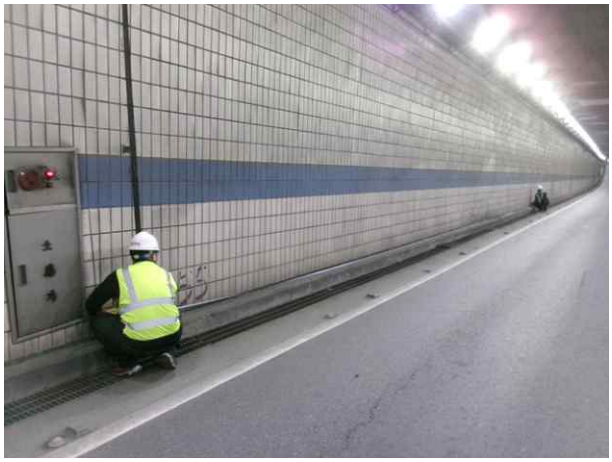
본 장에서는 외관조사 결과 확인된 결함과 손상 상태에 대하여 구성 부재별로 사진을 첨부하여 설명하고 발생 원인을 분석하여 보수·보강 및 유지관리 방안을 마련하는 데 참고할 수 있도록 하였으며, 전체 부재에 대한 외관조사망도를 작성하여 향후 지하차도의 점검 및 유지관리시 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.

3.1.1 현장조사 수행 현황

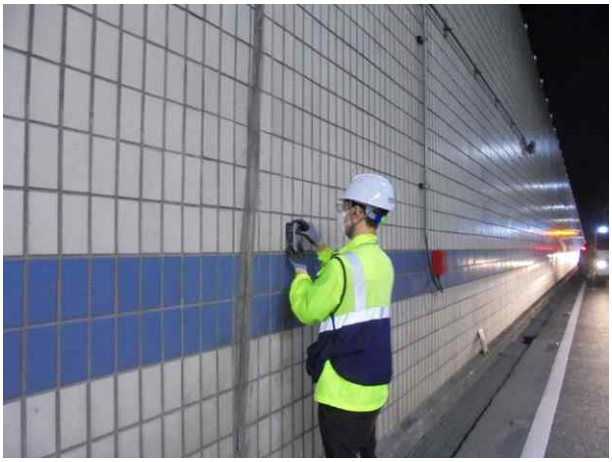
지하차도 외관조사는 조명장비, 점검차량, 카메라 등의 접근장비를 이용하여 최대한 지하차도 슬래브에 근접한 후 육안조사를 실시하였으며, 조사결과는 지보패턴, 주변구조물의 상태, 주변 지형상태 등을 고려하여 분석하였다.

고소작업차를 활용한 근접조사(BOX구간)	고소작업차를 활용한 근접조사(T.R.M구간)
고소작업차를 활용한 근접조사(U-Type 옹벽)	고소작업차를 활용한 근접조사
교통통제	

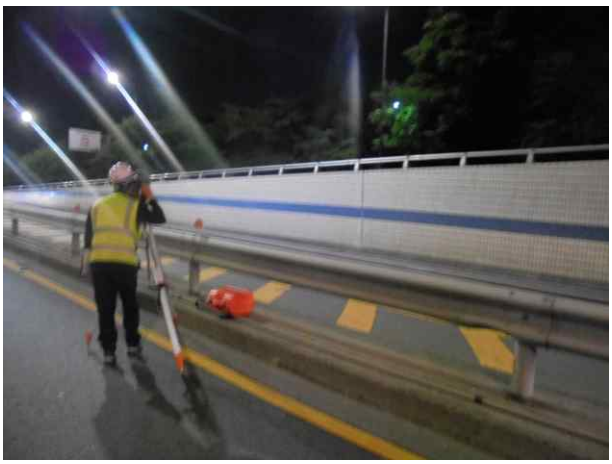
【사진 3.1.1】 외관조사 전경



측점분할



옹벽 기울기 측정



측량 작업

도보 조사

【사진 3.1.1】 외관조사 전경 (계속)

3.1.2 현장조사 항목

가. 지하차도 상태변화 점검항목

【표 3.1.1】 지하차도 상태변화 점검항목

구분	점검항목
철근 콘크리트	◦균열, 누수 ◦파손 및 손상 ◦재질열화 (박리, 층분리 및 박락, 백태, 철근노출, 탄산화, 염화물)
지하차도 주변상태 등	◦배수상태 ◦갱문상태

나. 지하차도 정밀안전진단 항목

금번 정밀안전진단시 현장답사, 기존자료 등을 토대로 외관조사 방법을 결정하였으며, 부위별 점검항목별로 외관조사를 실시하였다.

【표 3.1.2】 지하차도 정밀안전진단 항목

점검부위	진단항목	검사방법
내부	◦균열조사 -위치, 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진행성여부 등	초음파 검사법 균열 측정기 육안조사 등
	◦누수조사 -위치, 누수량, 탁도, 수질 등	적외선 탐사법 육안조사 등
	◦콘크리트 라이닝 -콘크리트 두께조사, 강도, 철근배근 탐사 및 철근부식도측정 -열화조사 -파손 및 손상, 박리, 층분리 및 박락, 백태, 철근노출 -탄산화 및 염화물 함유량 조사	탄산화시험 레이다 탐사법 충격탄성파 시험 염화물함유량시험 표면타격법 코아채취 시험 초음파 속도 육안조사 등
	◦내부 결함 탐사 -공동 및 공극조사 -강지보공 조사, 설치간격, 규격 등	레이다 탐사법 내시경조사 육안조사 등
	◦터널 계측 -내공변위, 단면측량, 라이닝 응력측정, 변형률 측정	광파측량기, 내공변위계 등
	◦지반상태 -풍화정도, 일축압축강도, R.Q.D	시추조사 육안조사 등
	◦배수・공동구 상태조사 -배수상태, 퇴적물 상태, 뚜껑파손 상태	육안조사 내시경 조사 등
	◦진동 및 소음상태	진동 및 소음측정기 등
	◦기타조사	육안조사 등

【표 3.1.2】 지하차도 정밀안전진단 항목 (계속)

점검부위	진단항목	검사방법
외부	◦균열조사 -위치, 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진행성여부 등	초음파 검사법 균열 측정기 육안조사 등
	◦누수조사 -위치, 누수량, 탁도, 수질 등	수질검사 육안조사 등
	◦콘크리트 강도 -반발경도시험, 일축압축강도	반발경도법 코아채취시험
	◦터널주변 조사 -지표 및 지질조사, 사면조사, 토지이용 조건 -환기구 상태(덮개 등) -점검로 상태(점검자의 안전확보를 위한 상태 등)	보링조사 육안조사 등
	◦기타조사	광파측량기, 내공변위계 등
기타	-표지판 여부 -퇴적물 상태 -안전 및 유지관리 계획여부, 청소상태 -시설물 이력카드 작성 여부 및 보수이력 확인 -진동 및 소음상태	

다. 부재별 주요조사 항목

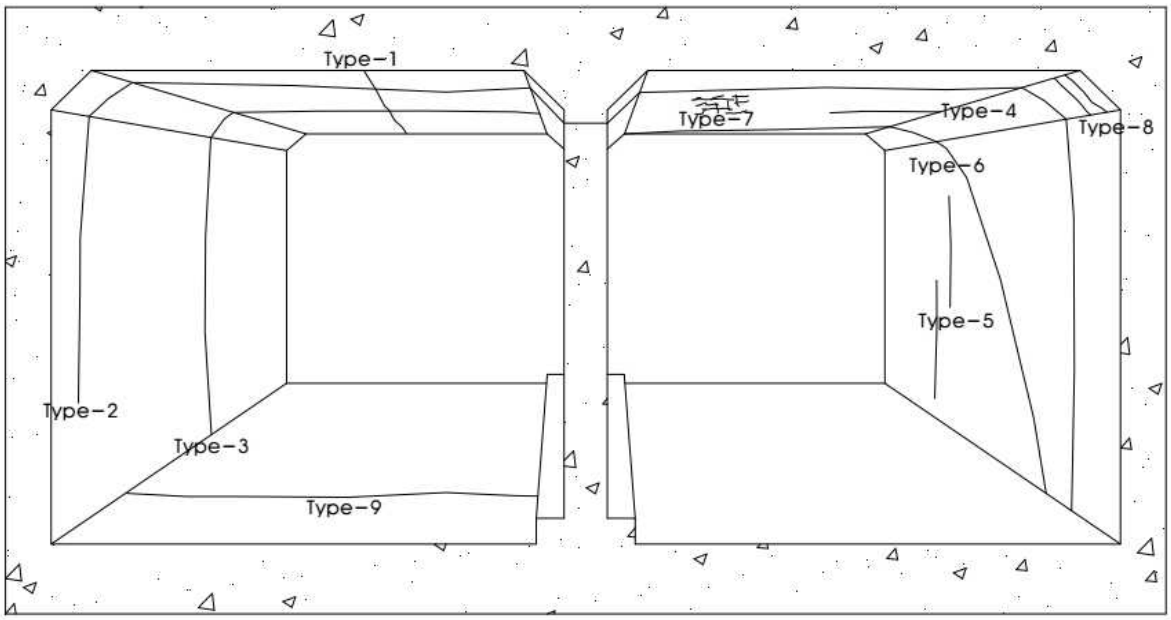
금번 정밀안전진단시 현장답사, 기존자료 등을 토대로 외관조사 방법을 결정하였으며, 부위별 점검항목별로 외관조사를 실시하였다.

【표 3.1.3】 부재별 주요조사 항목

구분		조사항목	비고
현장답사		•현장접근에 필요한 고소차 등의 접근방법, 일정계획을 수립 •예비조사를 통해 지하차도에 발생된 주요 결함을 형태별로 분류 •결함 및 손상의 발생 원인을 추정하고 조사방향 결정 •현장조사 안전조치 사항	
기존자료 검토		슬래브 균열 발생 유무 확인 •조인트부 반원형 균열 발생, 들뜸 및 박락 유무 확인 •조인트부 누수 및 배수시설 확인 •측벽부 타일들뜸 발생 및 진전 유무 확인	
U-TYPE 구간	옹벽	•벽체 균열 및 누수상태조사 •콘크리트 박리, 박락 상태조사 •기타 콘크리트 열화상태 조사	
BOX구간	슬래브, 벽체	•균열, 단차, 누수상태 •조인트부 누수 및 손상상태 •박리, 박락 및 변형조사	
기타구간	포장부, 연석부, 배수시설	•균열, 박리, 파손, 침하 유무 확인 •균열, 박리, 박락 유무 확인 •배수상태 •배수구 덮개 파손 및 망실	

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

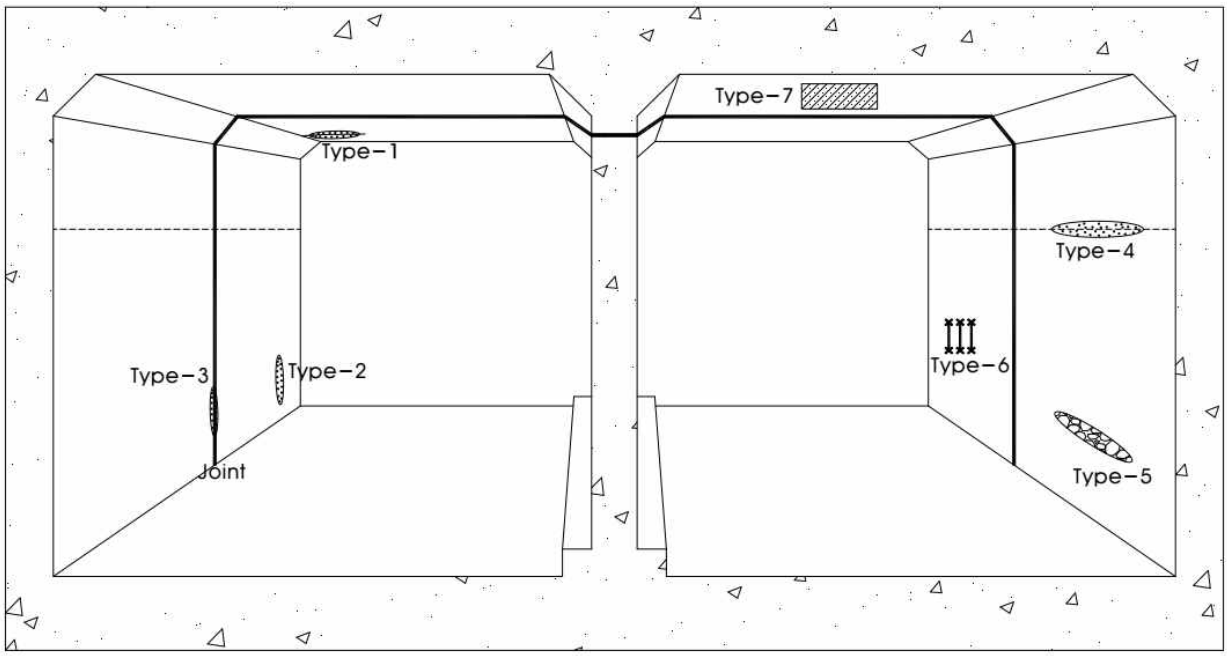
【표 3.1.4】지하차도 BOX구간 균열발생 현황



지하차도(Box Type)의 균열발생 현황

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

【표 3.1.5】 지하차도 BOX구간 손상현황(단면결함)

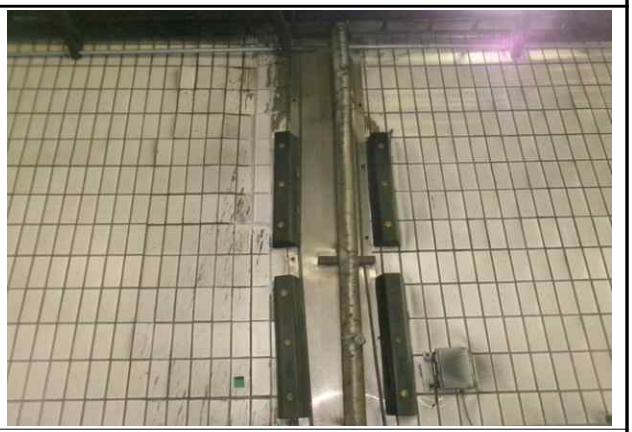
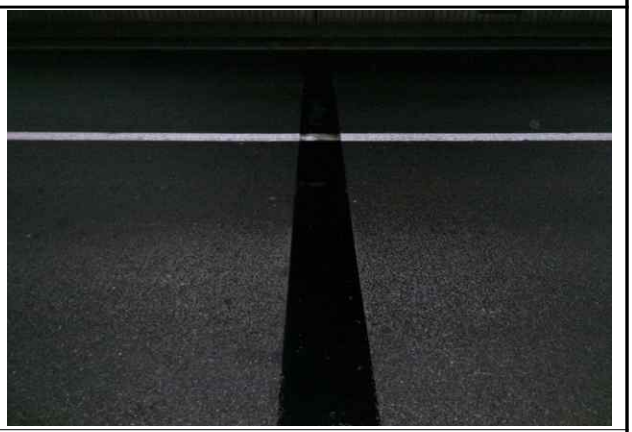


지하차도(Box Type)의 손상현황(단면결함)

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

3.2 하중상태 등 조사

본 지하차도에 대한 준공도면과 현재 부재의 상태를 확인한 결과, 대체로 준공도면과 일치하는 것으로 확인되었으며, BOX구간 및 T.R.M구간에 준공이후 누수에 의한 손상으로 지수보수, 유도배수관 설치, 동지수판 및 단열폼 설치 등의 전면 보수를 실시하였다. 2019년 노면 재포장이 시공되어 포장 및 신축이음부 손상에 대한 전면 보수(서울방향 STA.330～570 제외)가 실시되었다.

T.R.M구간 슬래브 전경	T.R.M구간 슬래브 전경
	
T.R.M구간 유도배수관 전경	BOX구간 유도배수관 전경
	
포장 전경	신축이음부 전경

【사진 3.2.1】 하중상태 등 조사

3.3 현장조사 결과

3.3.1 BOX구간

본 지하차도 BOX구간은 STA.0～110m, STA.170～570m 구간으로 철근콘크리트(RC) 구조물이며, 내부 벽체는 타일로 마감처리 되어있다.

외관조사 결과 BOX 내부 균열, 백태, 파손, 박리, 들뜸 등에 대한 보수가 일부 실시되었으며, 미보수 및 신규 발생된 콘크리트 균열, 누수 및 백태, 박리, 박락, 파손, 철근노출, 타일손상(타일균열, 파손, 탈락, 들뜸) 등이 조사되었다.

BOX구간 내부에 발생된 손상별 세부적인 점검내용은 다음과 같다.

가. 균열

BOX구간 균열은 주로 슬래브하면과 헌치부에서 폭 0.1～0.3㎜ 규모로 조사되었으며, 균열의 길이는 대부분 1m 내외의 비연속성 균열로 종・횡방향, 망상형의 형태로 발생되어 있다. 이와 같은 균열의 발생 규모 및 형상으로 볼 때 구조적 원인에 의해 발생된 것은 아닌 것으로 판단되나 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.

BOX구간 서울방향 슬래브 STA.022 균열(Cw=0.2㎜)

BOX구간 서울방향 슬래브 STA.035 망상균열

【사진 3.3.1】BOX구간 외관조사 결과(균열)

BOX구간 서울방향 슬래브 STA.203 균열부백태	BOX구간 서울방향 슬래브 헌치 STA.419 균열(Cw=0.2㎜)
BOX구간 과천방향 슬래브 헌치 STA.066 균열(Cw=0.2㎜)	BOX구간 과천방향 슬래브 STA.288 균열(Cw=0.2㎜)
BOX구간 서울방향 슬래브 STA.423 균열 보수	BOX구간 서울방향 슬래브 STA.423 균열 보수

【사진 3.3.1】BOX구간 외관조사 결과(균열) (계속)

나. 누수 및 백태

BOX구간 내부에 발생된 누수 및 백태는 슬래브, 벽체부에서 국부적으로 관찰되며, Joint부 유도배수관 누수, 콘크리트 내부공극을 통한 누수, 균열부 누수, 기 손상부 진전에 따른 누수 등에 의해 백태를 동반한 손상이 조사되었다. 조사 당시 우기시가 아님에도 일부 떨어짐(상태평가 기준 : C), 스며있음(상태평가 기준:B) 구간이 관찰되었으며, 향후 강우 등에 따른 누수로 인해 주변 콘크리트 오염, 내부 철근 부식, 동절기 고드름 생성, 포장 빙판 발생에 따른 주행성 저하 및 주행차량 안전사고 등이 발생될 우려가 있으므로 우선적인 보수가 필요할 것으로 판단된다.

BOX구간 서울방향 벽체 STA.050 누수(스며있음)	BOX구간 서울방향 슬래브 STA.203 균열부백태
BOX구간 서울방향 슬래브 STA.320 누수(떨어짐)	BOX구간 서울방향 벽체 STA.350 백태

【사진 3.3.2】BOX구간 외관조사 결과(누수 및 백태)

BOX구간 과천방향 슬래브 STA.171 백태, 누수(떨어짐)	BOX구간 과천방향 슬래브 헌치 STA.316 백태
BOX구간 과천방향 슬래브 STA.322 누수(떨어짐)	BOX구간 과천방향 슬래브 STA.356 누수흔적
BOX구간 과천방향 슬래브 STA.324 누수(떨어짐)	

【사진 3.3.2】BOX구간 외관조사 결과(누수 및 백태) (계속)

다. 단면손상

BOX내부 콘크리트 단면손상은 파손, 박리, 박락, 들뜸, 철근노출, 보수부 박리, 들뜸 등으로 슬래브, 헌치부에서 국부적으로 조사되었으며, 조사된 손상은 물리적 충격, 시공미흡, 보수미흡, 공용기간 경과, 누수에 의한 2차손상 등에 의해 발생된 것으로 판단되고 손상의 진전시 하부 낙하로 인한 차량사고를 유발할 우려가 있으므로 안전사고 방지를 위한 보수가 필요하다.

BOX구간 서울방향 슬래브 STA.301 박리	BOX구간 서울방향 슬래브 STA.319 박락
BOX구간 서울방향 슬래브 STA.353 박리	BOX구간 서울방향 슬래브 STA.526 박리

【사진 3.3.3】BOX구간 외관조사 결과(단면손상)

BOX구간 과천방향 슬래브 헌치 STA.316 파손	BOX구간 과천방향 슬래브 STA.322 박락 및 철근노출
BOX구간 과천방향 슬래브 STA.351 들뜸	BOX구간 과천방향 벽체 STA.356 박락
BOX구간 과천방향 슬래브 STA.392 들뜸	BOX구간 과천방향 슬래브 STA.515 박리

【사진 3.3.3】BOX구간 외관조사 결과(단면손상) (계속)

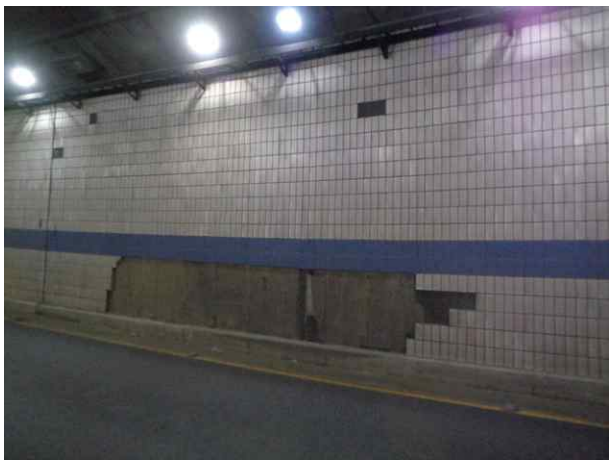
라. 타일손상

타일은 조명효과 향상, 운전자의 시선유도, 마감에 따른 미관성 향상 등의 목적으로 측벽부에 설치되어 있다.

타일에 대한 외관조사 결과, 물리적 충격, 시공초기 마감미흡, 누수, 내부콘크리트 균열의 신축작용, 공용년수 경과에 따른 접착력 저하 등의 시공적·환경적 원인에 의한 타일균열, 긁힘, 파손, 탈락, 들뜸 등의 손상이 조사되었다. 조사된 손상은 내부의 미관을 저해할 수 있으나 구조물에 미치는 영향이 적으므로 단기적인 보수보다는 장기적인 관점에서 보수대책 수립이 필요하며, 보수시에는 누수부위에 대한 보수가 선행되어야 한다.

BOX구간 서울방향 벽체 STA.059 타일탈락	BOX구간 서울방향 벽체 STA.067 타일균열, 들뜸
BOX구간 서울방향 벽체 STA.315 타일탈락	BOX구간 서울방향 벽체 STA.520 타일탈락

【사진 3.3.4】BOX구간 외관조사 결과(타일손상)

BOX구간 서울방향 벽체 STA.570 타일파손	BOX구간 과천방향 벽체 STA.006 타일들뜸
	
BOX구간 과천방향 벽체 STA.026 타일파손	BOX구간 과천방향 벽체 STA.064 타일파손
BOX구간 과천방향 벽체 STA.103 타일파손	BOX구간 서울방향 벽체 STA.170 타일탈락 보수

【사진 3.3.4】BOX구간 외관조사 결과(타일손상) (계속)

마. 외관조사 결과

- BOX 구간은 시공초기 건조수축, 시공미흡, 보수미흡, 누수, 공용기간 경과 등의 원인에 의한 손상이 확인되었으며, 조사된 손상은 다음과 같다.

【표 3.3.1】BOX구간 외관조사 결과

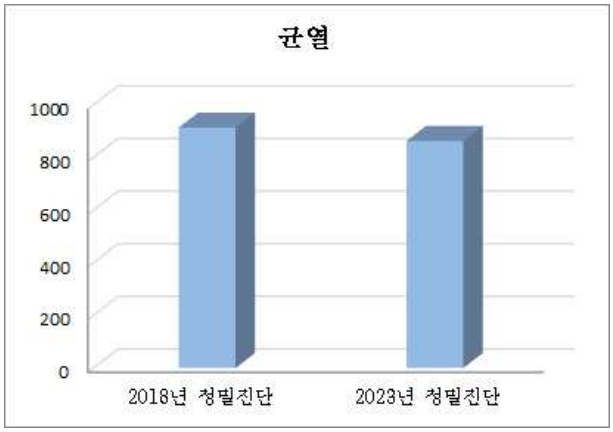
구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
BOX구간	균열(Cw0.3㎜미만)	m	882	821.7	표면처리	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	19	41.8	주입보수	
	망상균열	㎡	29	186.15	표면처리	
	균열부백태	㎡	25	8.34	표면처리	
	누수흔적, 백태	㎡	83	84.84	표면처리	
	누수	EA	9	9	지수보수	
	들뜸, 파손, 박리, 박락, 패임	㎡	31	6.07	단면보수	
	보수부 들뜸, 박리	㎡	6	1.58	단면보수	
	박락 및 철근노출	㎡	1	1.44	단면보수(방청)	
	실런트 탈락	㎡	1	0.02	실런트 재설치	
	철근노출	㎡	1	0.02	단면보수(방청)	
	타일균열	m	48	26.1	주의관찰	
	타일긁힘	EA	24	24	주의관찰	
	타일탈락, 들뜸, 파손	EA	4278	4278	타일 재설치	

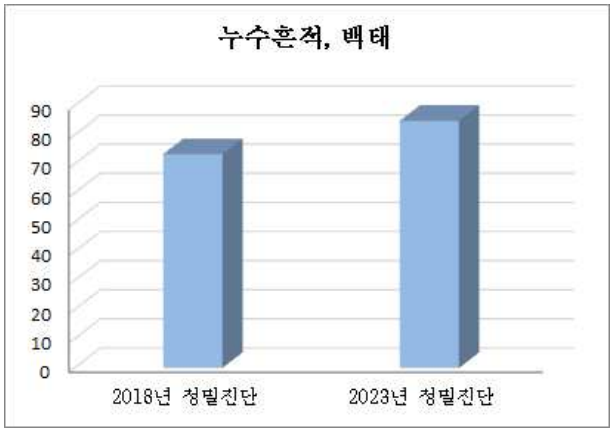
바. 기 진단(2018년) 결과와 비교

- 기 발생한 손상에 대한 보수가 일부 실시된 상태이나, 미 보수된 균열 및 콘크리트 박리, 박락, 파손, 누수 및 백태, 타일손상 등의 손상이 추가 조사되었다.

【표 3.3.2】BOX구간 기 진단(2018년) 결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	전회(2018년) 진단	금회(2023년) 진단	증감		비고
BOX구간	균열(Cw0.3㎜미만)	m	853.2	821.7	▼	31.5	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	61.3	38.8	▼	22.5	
	망상균열	㎡	238.73	186.15	▼	52.6	
	균열부백태	㎡	-	7.7	▲	7.7	
	누수흔적, 백태	㎡	73.4	83.41	▲	10.01	
	누수	EA	4	9	▲	5	
	들뜸, 파손, 박리, 박락, 패임	㎡	20.61	6.07	▼	14.5	
	보수부 들뜸, 박리	㎡	-	1.58	▲	1.6	
	박락 및 철근노출	㎡	-	1.44	▲	1.4	
	실런트 탈락	㎡	-	0.02	-	-	
	철근노출	㎡	0.02	0.02	-	-	
	타일균열	m	16.74	26.1	▲	9.4	
	타일긁힘	EA	12	24	▲	12	
	타일탈락, 들뜸, 파손	EA	757.27(㎡)	4278	-	-	
	도장박리	㎡	0.86	-	▼	0.9	





【그림 3.3.1】BOX구간 기 진단(2018년) 결과 비교

사. 검토의견

기 발생한 손상은 내구성 확보를 위한 보수가 필요하며, 누수 및 백태 구간의 경우 강우 등에 따른 누수로 인해 주변 콘크리트 오염, 내부 철근 부식, 동절기 고드름 생성, 포장 빙판 발생에 따른 주행성 저하 및 주행차량 안전사고 등이 발생될 우려가 있으므로 우선적인 보수가 필요할 것으로 판단된다.

보수시 표면정리, 적합한 보수재 사용 등에 대해 주의를 기울여야 하고, 보수후에도 손상의 재발생 및 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.

3.3.2 T.R.M구간

T.R.M(Tunnel-Tubular Roof Construction Method)은 수평관 압입 굴진공법이다. 이 공법은 강관을 작업구내에서 유압 Jack으로 압입한 후 강관내부 굴착 및 콘크리트를 주입함으로서 Roof을 완성시키고 강관의 하부를 굴착함으로서 구조물을 축조하는 공법이다.

본 지하차도의 T.R.M구간은 BOX구간 전체 연장 L=570.0m중 L=60.0m로 구간 상부에 양재천이 횡단하고 있어 강관을 추진한 후 본 BOX구조물을 시공하는 T.R.M공법을 적용한 것으로 조사되었다.

T.R.M구간은 시공이후 누수가 지속적으로 발생하여 2004년부터 2014년까지 지속적으로 보수를 실시하였으나 현재까지 누수가 발생되고 있는 상태이다.

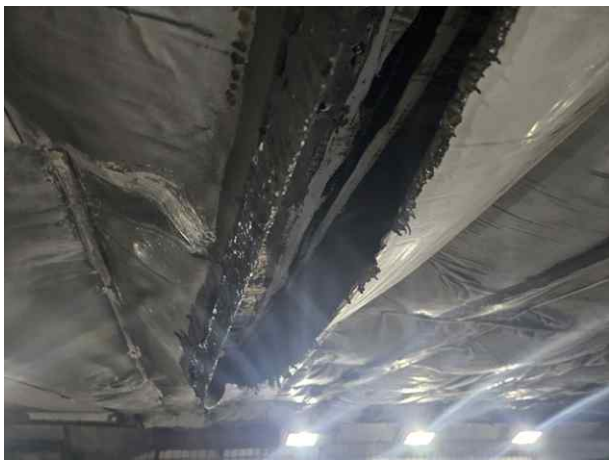
【표 3.3.3】 T.R.M구간 보수・보강이력

번호	보수시기	공사구간	공사내역	시공사
1	2004.01.15 ~ 2004.01.19	TRM구간	우레탄 방수 보수공사	남양진흥기업 주식회사
2	2004.03.29 ~ 2004.05.14	TRM구간	1차보수(복합방수 그라우팅) WGS 공법 시공(우지스시공)	
3	2004.12.16 ~ 2004.12.23	TRM구간	2차보수(TRM 천정부 우레탄 주입)	
4	2005.04.19 ~ 2005.05.03	TRM구간	3차 보수(상부 헌치부 그라우팅)	
5	2005.08.24 ~ 2005.08.31	TRM구간	4차보수(스라브, 헌치부 그라우팅)	
6	2005.11.02 ~ 2006.01.07	TRM구간	남태령 지하차도 누수보수공사(408,509,000)	주식회사 비앤비코리아
7	2006.03.31	TRM구간	지하차도 누수(Sta. 0+460~0+520)	남양진흥기업 주식회사
8	2008.10.20 ~ 2008.10.24	TRM구간	TRM구간 누수보수공사 천정부 누수구간 에폭시 주입 및 유도수로 열선교체 추진	주식회사 비앤비코리아
9	2010.05.17 ~ 2010.08.31	U-Type옹벽 구간, Box구간 , TRM구간	지하차도 신축이음재설치 96.2m TRM구간 누수(주입) 보수공사(터보씰 U주입공법)	우성건설(주)
10	2013.12.27 ~ 2014.06.30	지하차도 TRM구간	동지수판설치, 단열폼 설치, 마감코팅 등	(주)에코구조 이엔지

TRM구간의 외관조사 결과 누수가 전구간에 걸쳐 다수 조사되었으며, 그에 따른 주변 오염(백태 등), 타일손상(타일균열, 파손, 탈락, 들뜸 등) 등이 확인되었다. 또한 동절기 누수에 의한 고드름 형성, 하부 낙수된 물의 동결에 의한 빙판길이 형성되어 주행차량의 안전사고 발생 우려가 있다.

가. 누수 및 백태

T.R.M구간에 발생된 누수 및 백태는 양재천의 하천수가 강관과 그라우팅재의 접합부로 유입되어 그라우팅재와 하부 플레이트 사이에 빈 공간에서 유로를 형성하여 하부 플레이트 결함부(용접불량부 또는 파손부)로 유출되거나 또는, 하천수가 강관 내부 콘크리트 공극부위를 통하여 용접불량 부위로 유출되고 있는 것으로 판단된다. 현재 T.R.M구간은 2014년 동지수판 및 단열폼 등의 설치로 인해 외부적으로 강관의 상태 조사가 불가하며, 공용기간 경과, 보수재 마감미흡 등에 의해 국부적인 누수가 확인되었고, 서울방향 STA.110～120m 구간은 보수불량(방수포 누출 및 찢어짐, 보수재 파손 등) 부위가 조사되었다. 조사된 손상에 의해 동절기 상부 고드름이 형성, 낙수로 인한 포장 결빙, 보수불량부 보수재 탈락에 따른 주행차량의 안전사고를 유발할 우려가 있으므로 누수보수에 대한 대책수립이 요구된다.

	
BOX구간 서울방향 슬래브 STA.110 방수포 탈락	BOX구간 서울방향 슬래브 STA.110～120 보수불량
BOX구간 서울방향 슬래브 STA.150 누수(떨어짐)	BOX구간 서울방향 슬래브 STA.170 누수(떨어짐), 백태

【사진 3.3.5】T.R.M구간 외관조사 결과(누수 및 백태)

BOX구간 서울방향 벽체 STA.145 백태(누수흔적)	BOX구간 서울방향 벽체 STA.153 누수흔적
BOX구간 서울방향 벽체 STA.155 누수(스며있음)	BOX구간 서울방향 벽체 STA.165 백태(누수흔적)
BOX구간 과천방향 슬래브 STA.115~125 누수(떨어짐)	

【사진 3.3.5】 T.R.M구간 외관조사 결과(누수 및 백태) (계속)

BOX구간 과천방향 슬래브 STA.168 백태	BOX구간 과천방향 슬래브 STA.170 백태
BOX구간 과천방향 슬래브 STA.170 누수(떨어짐)	BOX구간 과천방향 벽체 STA.120 누수흔적, 백태
BOX구간 과천방향 벽체 STA.158 백태	BOX구간 과천방향 벽체 STA.170 누수흔적

【사진 3.3.5】 T.R.M구간 외관조사 결과(누수 및 백태) (계속)

나. 타일손상

T.R.M구간 타일에 대한 외관조사 결과, 물리적 충격, 시공미흡, 누수, 내부콘크리트 균열의 신축작용, 공용년수 경과에 따른 접착력 저하 등의 시공적·환경적 원인에 의한 타일균열, 파손, 탈락, 들뜸 등의 손상이 조사되었다. 조사된 손상은 보수시 누수부위에 대한 보수가 선행되어야 하며, 구조물에 미치는 영향이 적으므로 단기적인 보수보다는 장기적인 관점에서 보수대책 수립이 필요하다.

BOX구간 서울방향 벽체 STA.130 타일균열	BOX구간 서울방향 벽체 STA.157 타일탈락
BOX구간 서울방향 벽체 STA.163 타일탈락	BOX구간 서울방향 벽체 STA.170 타일탈락, 들뜸

【사진 3.3.6】T.R.M구간 외관조사 결과(타일손상)

BOX구간 과천방향 벽체 STA.124 타일탈락, 들뜸	BOX구간 과천방향 벽체 STA.126 타일탈락
BOX구간 과천방향 벽체 STA.132 타일파손	BOX구간 과천방향 벽체 STA.144 타일파손
BOX구간 과천방향 벽체 STA.167 타일탈락	BOX구간 서울방향 벽체 STA.160 타일탈락 보수

【사진 3.3.6】 T.R.M구간 외관조사 결과(타일손상) (계속)

다. 외관조사 결과

- T.R.M구간은 시공미흡, 보수미흡, 누수 등의 원인에 의한 손상이 확인되었으며, 조사된 손상은 다음과 같다.

【표 3.3.4】 T.R.M구간 외관조사 결과

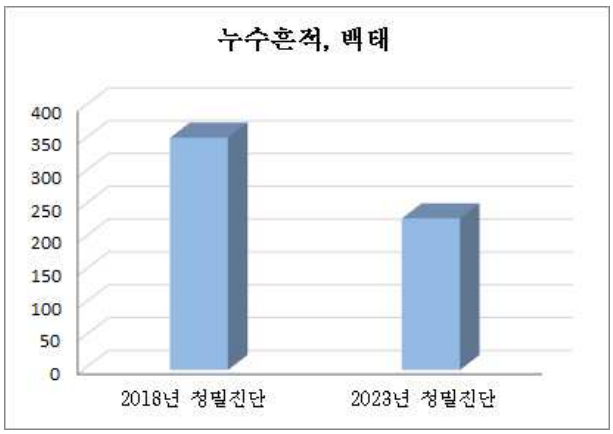
구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
T.R.M구간	균열부백태	㎡	6	1.2	표면처리	
	누수흔적, 백태	㎡	177	230.8	표면처리	
	누수	EA	35	35	지수보수	
	박락	㎡	1	0.04	단면보수	
	보수부 불량	㎡	1	60.0	누수보수	
	방수포 탈락	㎡	1	1.5	누수보수	
	타일균열	m	24	83.7	주의관찰	
	타일탈락, 들뜸, 파손	EA	604	604	타일 재설치	

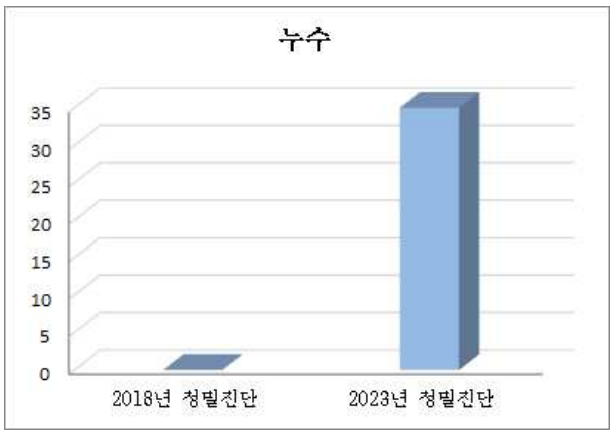
라. 기 진단(2018년) 결과와 비교

- 기 발생한 손상에 대한 보수가 일부 실시된 상태이나, 누수 및 백태, 타일손상 등의 손상이 추가 조사되었다.

【표 3.3.5】 T.R.M구간 기 진단(2018년) 결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	전회(2018년) 진단	금회(2023년) 진단	증감		비고
T.R.M구간	균열부백태	㎡	1.2	1.2	-	-	
	누수흔적, 백태	㎡	353.77	230.8	▼	123.0	
	누수	EA	-	35	▲	35	
	박락	㎡	-	0.04	-	-	
	보수부 불량	㎡	-	60.0	▲	60.0	
	방수포 탈락	㎡	-	1.5	▲	1.5	
	타일균열	m	11.8	83.7	▲	71.9	
	타일탈락, 들뜸, 파손	EA	162	604	▲	442	





【그림 3.3.2】T.R.M구간 기 진단(2018년) 결과 비교

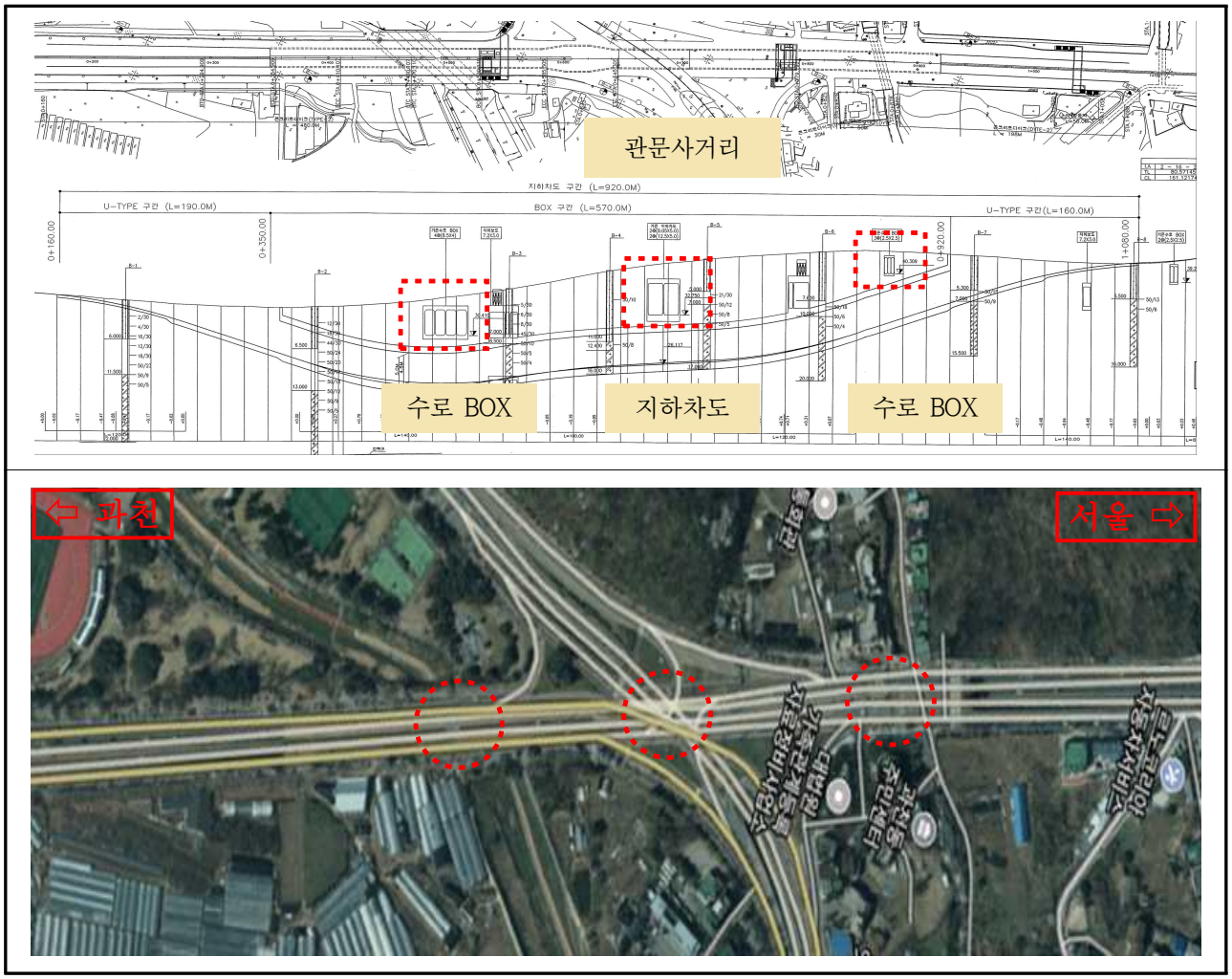
사. 검토의견

누수 및 백태, 보수불량 구간의 경우 하천수 유입, 강우 등에 의해 동절기 고드름 생성, 포장 빙판 발생에 따른 주행성 저하 및 주행차량 안전사고 등이 발생될 우려가 있으므로 우선적인 보수가 필요할 것으로 판단된다.

보수시 표면정리, 적합한 보수재 사용 등에 대해 주의를 기울여야 하고, 보수후에도 손상의 재발생 및 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.

3.3.3 BOX구간 및 T.R.M구간 상부

BOX구간 및 T.R.M구간 상부는 시점측 T.R.M구간 상부에 수로 BOX와 양재천이 지나가며, 관문사거리에 지하차도와 같은 BOX구조물이 시공되어 있으며, 종점측에 수로 BOX가 설치되어 있다. 이는 모두 설계당시 고려된 시설들로 점검일 현재 BOX 구조물에 영향을 줄만한 특이사항은 관찰되지 않은 것으로 조사되었다.



【그림 3.3.3】BOX구간 및 T.R.M구간 상부 현황도

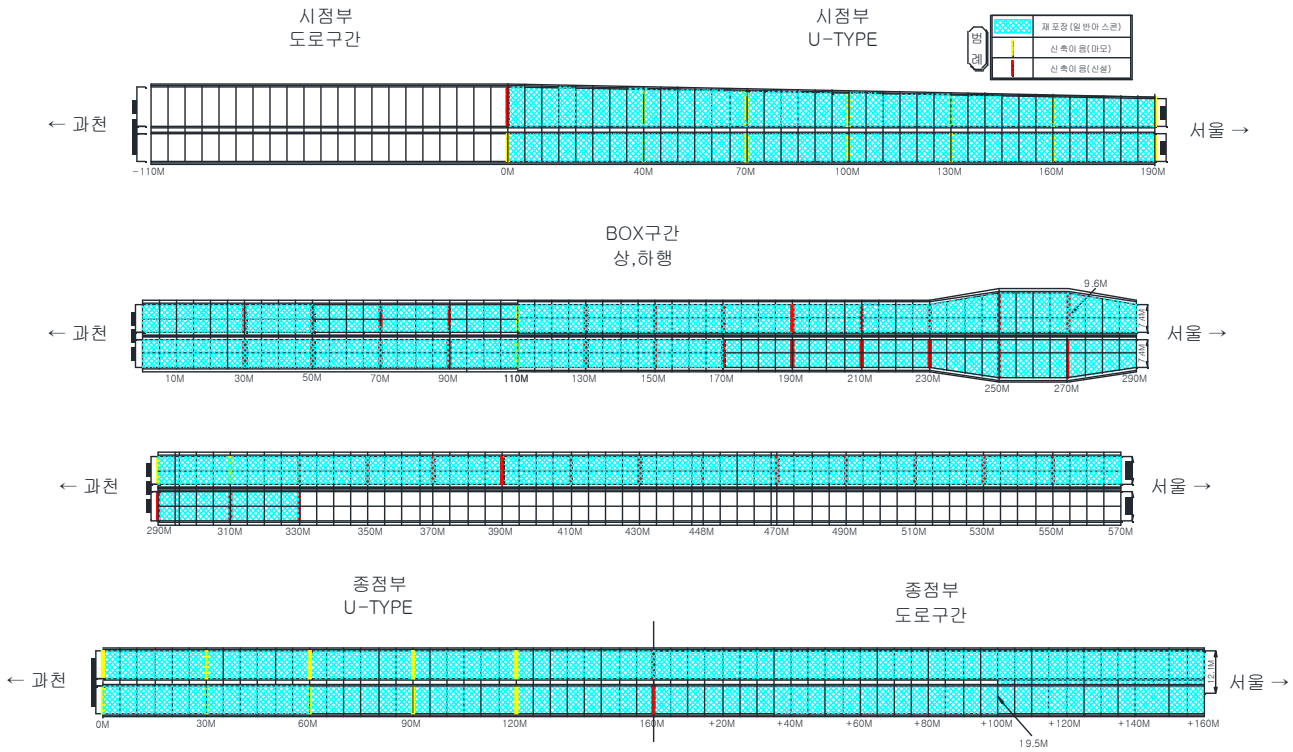
BOX구간 상부_시점측	BOX구간 상부_시점측 수로BOX(양재천)
BOX구간 상부_지하차도 전경	BOX구간 상부_관문사거리
BOX구간 상부_종점측 수로BOX	BOX구간 상부_종점측

【사진 3.3.7】BOX구간 및 T.R.M구간 상부 현황

3.3.4 포장부

가. 외관조사 결과

남태령지하차도는 아스콘 포장으로 시공되었으며, 2019년 노면 재포장이 시공되어 포장 손상부에 대한 전면 보수(서울방향 STA.330~570 제외)가 실시되었다.



【그림 3.3.4】포장부 보수계획도(2019년)

포장부 외관조사 결과 균열, 망상균열, 박리, 밀림, 탈락, 마모, 파손, 패임 등이 조사되었다. 조사된 손상은 대체적으로 미보수 구간 및 차선 중앙부, 신축이음부 주변에서 확인되었으며, 차량의 윤하중 및 반복통행, 시공이음부 처리불량 등에 의한 시공미흡, 보수미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단된다. 균열, 망상균열은 진전여부에 대한 주의관찰이 요구되며, 박리, 밀림, 탈락, 마모, 파손, 패임 등의 손상은 방치시 손상의 진전 및 2차손상이 발생될 가능성이 있고 주행차량의 안전사고 방지를 위해 아스콘 팻칭 등과 같은 소파보수를 실시하는 것이 필요하다. 이후 진전여부에 대하여 미보수구간의 포장보수에 대한 대책수립이 요구된다.

【표 3.3.6】 포장부 외관조사 결과

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
포장부	포장균열	m	16	79.5	주의관찰	
	망상균열	㎡	12	62.8	주의관찰	
	박리	㎡	3	0.65	주의관찰	
	아스콘 밀림	㎡	2	0.5	아스콘팻칭	
	아스콘 탈락	㎡	1	0.3	아스콘팻칭	
	포장마모	㎡	1	4.0	주의관찰	
	파손, 패임	㎡	4	0.45	아스콘팻칭	

시점부 U-Type구간 서울방향 포장 STA.040 아스콘 밀림

시점부 U-Type구간 서울방향 포장 STA.190 균열

BOX구간 서울방향 포장 STA.000 파손

BOX구간 서울방향 포장 STA.170 박리

【사진 3.3.8】 포장부 외관조사 결과

BOX구간 서울방향 포장 STA.345 패임	BOX구간 서울방향 포장 STA.350 균열
BOX구간 서울방향 포장 STA.408 망상균열	BOX구간 서울방향 포장 STA.470~490 포장마모
BOX구간 서울방향 포장 STA.510 균열	BOX구간 과천방향 포장 STA.380 패임 보수

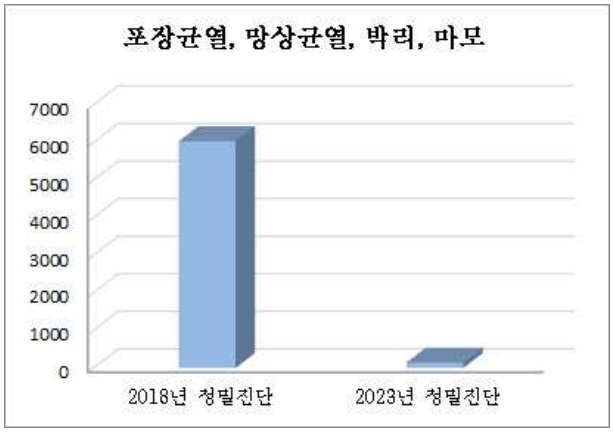
【사진 3.3.8】 포장부 외관조사 결과 (계속)

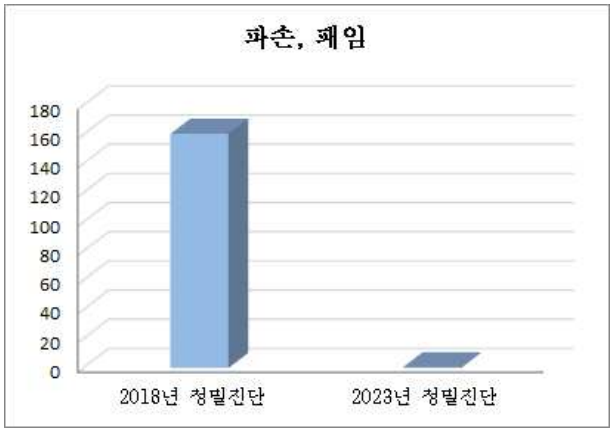
나. 기 진단(2018년) 결과와 비교

- 기 진단(2018년)이후 전면 재포장을 실시하였으나, 미보수 및 추가 조사된 포장균열, 박리, 밀림, 탈락, 마모 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.3.7】 포장부 기 진단(2018년) 결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	전회(2018년) 진단	금회(2023년) 진단	증감		비고
포장부	포장균열	m	75.6	79.5	▲	3.9	
	망상균열	㎡	2435.0	62.8	▼	2372.2	
	박리	㎡	190.0	0.65	▼	189.4	
	아스콘 밀림	㎡	-	0.5	▲	0.5	
	아스콘 탈락	㎡	-	0.3	▲	0.3	
	포장마모	㎡	3334.12	4.0	▼	3330.1	
	파손, 패임	㎡	160.46	0.45	▼	160.0	





【그림 3.3.5】 포장부 기 진단(2018년) 결과 비교

다. 검토의견

- 기 발생한 손상은 지속적인 차량 통행시 요철로 인한 주행성 저하 및 사용년수 증가에 따른 손상의 진전이 우려되므로 주행차량의 안전사고 방지를 위해 밀림, 탈락, 파손, 패임 등의 손상에 대하여 소파보수를 실시하고, 균열 등의 손상은 포장부 보수계획에 따라 적정시기에 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

3.3.5 신축이음부

가. 외관조사 결과

남태령지하차도 신축이음부에 대하여 2019년 신축이음 손상부와 미설치 구간에 대한 재설치가 실시되어 기 발생한 손상에 대한 전반적인 보수가 실시되었다.

외관조사 결과 온도변화에 따른 신축거동 및 차량 반복통행 등에 의한 신축이음부 박리, 박락이 조사되었으며, 조사된 손상은 손상의 정도가 경미하나 주행차량의 안전사고 방지, 방치시 손상부 체수현상에 의한 손상 진전 방지를 위해 보수가 요구된다.

【표 3.3.8】 신축이음부 외관조사 결과

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
신축이음	조인트 박리, 박락	㎡	3	3.0	주의관찰	

BOX구간 서울방향 신축이음부 STA.000 조인트 박락

BOX구간 서울방향 신축이음부 STA.292 조인트 박리

BOX구간 과천방향 신축이음부 STA.570 조인트 박락

종점부 U-Type구간 과천방향 신축이음부 STA.060 전경

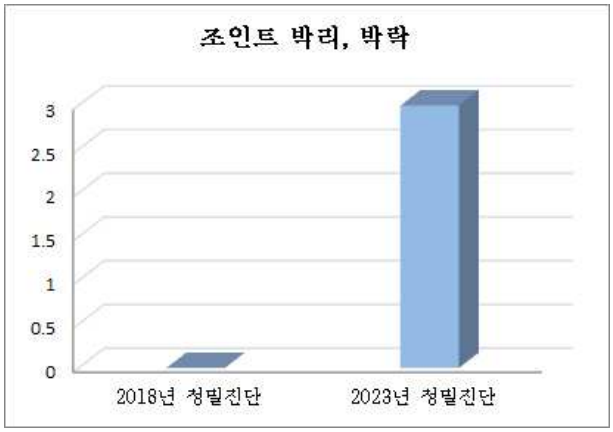
【사진 3.3.9】 신축이음부 외관조사 결과

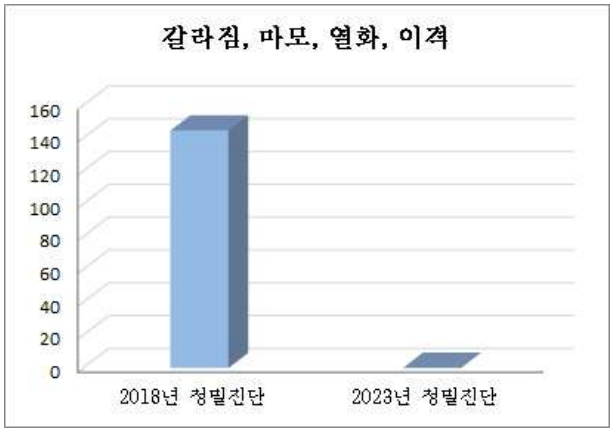
나. 기 진단(2018년) 결과와 비교

- 기 진단(2018년)이후 신축이음부 보수 및 재설치를 실시하였으나, 미보수 및 추가 조사된 조인트 박리, 박락이 조사되었다.

【표 3.3.9】신축이음부 기 진단(2018년) 결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	전회(2018년) 진단	금회(2023년) 진단	증감		비고
신축이음	조인트 박리, 박락	㎡	-	3.0	▲	3.0	
	신축이음 갈라짐, 마모	m	74.5	-	▼	74.5	
	실런트 열화, 이격	m	70.2	-	▼	70.2	





【그림 3.3.6】신축이음부 기 진단(2018년) 결과 비교

다. 검토의견

- 기 발생한 손상은 지속적인 차량 통행시 요철로 인한 주행성 저하 및 사용년수 증가에 따른 손상의 진전이 우려되므로 신축이음부 보수계획에 따라 적정시기에 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

3.3.6 난간, 연석, 중앙분리대

가. 외관조사 결과

난간은 옹벽 좌우측, 갱구부 상단에 알루미늄 재질로 시공되어 있으며, 중앙분리대는 강재 가드레일과 콘크리트, 연석부는 콘크리트로 시공되어 있다.

난간 및 연석, 중앙분리대에 대한 외관조사 결과 기 발생한 손상에 대하여 보수가 일부 실시되었으며, 중앙분리대 및 연석부 균열, 파손, 박리, 박락, 표면열화, 난간 파손, 중앙분리대 가드레일 변형, 케이블박스 파손 등이 조사되었다. 중앙분리대 및 연석부에 발생한 균열은 규모가 경미하고 진전 가능성이 낮으므로 보수보다는 주의관찰이 요구되며, 단면손상(파손, 박리, 박락 등)부는 내구성 및 주행차량의 안전 확보 차원에서 보수가 필요할 것으로 사료된다. 난간 파손, 가드레일 변형, 케이블박스 파손의 경우 재설치를 통한 보수가 필요하다.

【표 3.3.10】 난간, 연석, 중앙분리대 외관조사 결과

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
난간, 연석 및 중앙분리대	균열(Cw0.3㎜미만)	m	180	114.9	주의관찰	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	5	5.0	주입보수	
	파손, 박리, 박락	㎡	25	9.33	단면보수	
	표면박리, 표면열화	㎡	4	130.5	단면보수	
	가드레일변형	m	1	5.0	재설치	
	난간파손	EA	1	1	재설치	
	케이블박스 파손	EA	2	2	재설치	

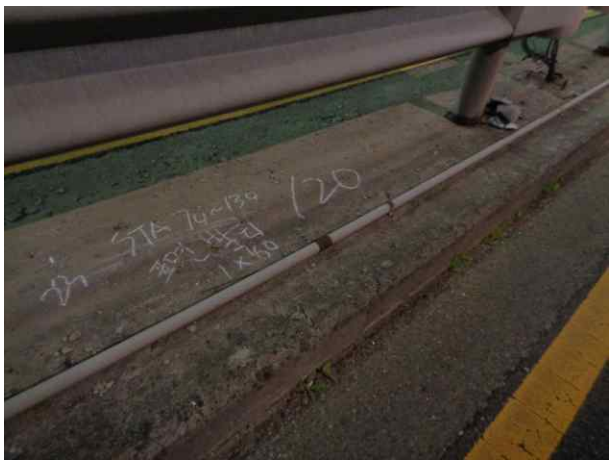
BOX구간 서울방향 연석 STA.290 파손

BOX구간 서울방향 연석 STA.470~490 표면박리

【사진 3.3.10】 난간, 연석, 중앙분리대 외관조사 결과

BOX구간 중앙분리대 STA.570 파손	BOX구간 과천방향 연석 STA.296 파손
BOX구간 과천방향 연석 STA.338 파손	BOX구간 과천방향 연석 STA.356 파손
시점부 U-Type구간 서울방향 난간 STA.012 난간 파손	시점부 U-Type구간 서울방향 연석 STA.013 균열(Cw=0.2㎜)

【사진 3.3.10】 난간, 연석, 중앙분리대 외관조사 결과 (계속)

	
시점부 U-Type구간 중앙분리대 STA.065 균열(Cw=0.2㎜)	시점부 U-Type구간 중앙분리대 STA.070～130 표면박리
종점부 U-Type구간 중앙분리대 STA.057 케이블박스 파손	종점부 U-Type구간 중앙분리대 STA.090 가드레일 변형
종점부 U-Type구간 과천방향 연석 STA.120 파손	시점부 U-Type구간 중앙분리대 STA.118 파손 보수

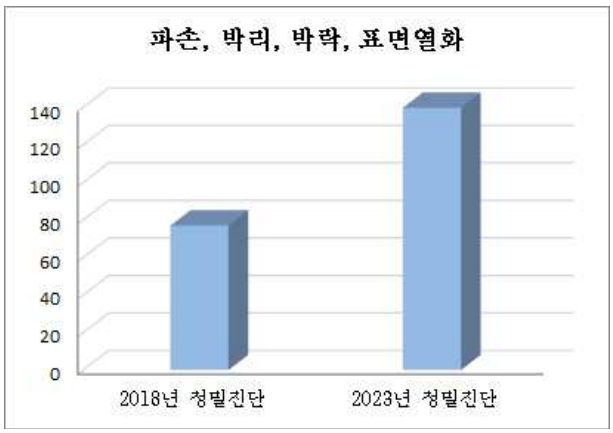
【사진 3.3.10】 난간, 연석, 중앙분리대 외관조사 결과 (계속)

나. 기 진단(2018년) 결과와 비교

- 기 발생한 손상에 대한 보수가 일부 실시된 상태이나, 미 보수 및 추가 조사된 균열, 박리, 열화, 케이블박스 파손 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.3.11】 난간, 연석, 중앙분리대 기 진단(2018년) 결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	전회(2018년) 진단	금회(2023년) 진단	증감		비고
난간, 연석, 중앙분리대	균열(Cw0.3㎜미만)	m	156.1	114.9	▼	41.2	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	-	5.0	▼	5.0	
	파손, 박리, 박락, 표면열화	㎡	77.01	139.83	▲	62.82	
	가드레일변형	m	5.0	5.0	-	-	
	난간파손	EA	1	1	-	-	
	케이블박스 파손	EA	-	2	▲	2	
	난간 변형, 긁힘, 탈락	m	20.0	-	▼	20.0	



【그림 3.3.7】 난간, 연석, 중앙분리대 기 진단(2018년) 결과 비교

다. 검토의견

- 난간, 연석, 중앙분리대에 발생한 단면손상(파손, 박리, 박락, 열화 등)은 터널의 구조적 안전성에 큰 문제는 없으나, 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.
- 가드레일 변형, 난간 파손, 케이블박스 파손 등은 주행차량의 안전성 확보 등을 위하여 재설치 등을 통한 보수가 요구된다.

3.3.7 배수시설

가. 외관조사 결과

U-Type옹벽 및 BOX구간 외측으로 이물질 방지를 위한 그레이팅과 함께 배수로가 시공되어 있으며, 기 발생한 이물질퇴적에 대한 정비가 실시되었고 배수로 그레이팅 유실이 조사되었다. 그레이팅 유실은 토사 등 이물질 유입으로 배수기능에 문제가 발생할 수 있으므로 재설치를 통한 보수가 필요하다.

BOX구간 슬래브와 벽체에 유도배수관이 설치되어 있으며, 물리적 충격, 공용기간 경과, 누수, 동절기 유입수 팽창 등에 의한 원인으로 유도배수관 고정불량, 변형, 누수, 백태 등의 손상이 조사되었다. 현재 누수가 진행되고 있는 상태로 동절기 누수부위에서 고드름 형성 및 낙수 결빙으로 차량 주행성 저하 및 안전사고 발생이 우려되므로 보수가 요구된다.

유도배수관의 배수기능에 대한 조사결과 유도배수관 일부가 내부 이물질퇴적 등에 의해 기능을 발휘하지 못하고 있는 것으로 판단되며, 전반적으로 유도배수관 누수, 변형 등이 조사되어 단기적인 대책으로는 부분 재설치, 실링보수, 내부 퇴적물 청소, 장기적인 대책으로는 유도배수관 재설치가 필요할 것으로 판단된다.

【표 3.3.12】 배수시설 외관조사 결과

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
배수시설	유도배수관 고정불량	EA	1	1	재설치	
	유도배수관 녹물오염	㎡	1	0.05	재설치	
	유도배수관 누수	EA	4	4	재설치	
	유도배수관 누수흔적	EA	1	1	재설치	
	유도배수관 백태	㎡	3	0.14	재설치	
	유도배수관 변형	m	5	9.0	재설치	
	그레이팅 유실	EA	1	1	재설치	

BOX구간 서울방향 배수시설 STA.170 유도배수관 변형

BOX구간 서울방향 배수시설 STA.318 유도배수관 백태

【사진 3.3.11】 배수시설 외관조사 결과

BOX구간 서울방향 배수시설 STA.353 유도배수관 누수흔적

BOX구간 과천방향 배수시설 STA.356 유도배수관 고정불량

BOX구간 과천방향 배수시설 STA.113 유도배수관 누수

BOX구간 과천방향 배수시설 STA.116~124 유도배수관 누수

【사진 3.3.11】 배수시설 외관조사 결과 (계속)

BOX구간 과천방향 배수시설 STA.170 유도배수관 백태	BOX구간 과천방향 배수시설 STA.321 유도배수관 변형
BOX구간 과천방향 배수시설 STA.356 유도배수관 변형	BOX구간 과천방향 배수시설 STA.009 그레이팅 탈락
BOX구간 과천방향 배수시설 STA.470~510 이물질퇴적 정비	BOX구간 서울방향 배수시설 STA.318 유도배수관 파손 보수

【사진 3.3.11】 배수시설 외관조사 결과 (계속)

나. 기 진단(2018년) 결과와 비교

- 기 진단(2018년)이후 일부 보수를 실시하였으나, 미보수 및 추가 조사된 유도배수관 누수, 고정불량, 변형, 백태 등의 손상이 추가 조사되었다.

【표 3.3.13】 배수시설 기 진단(2018년) 결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	전회(2018년) 진단	금회(2023년) 진단	증감		비고
배수시설	유도배수관 고정불량	EA	-	1	▲	1	
	유도배수관 녹물오염	㎡	-	0.05	▲	0.1	
	유도배수관 누수	EA	-	4	▲	4	
	유도배수관 누수흔적	EA	-	1	▲	1	
	유도배수관 백태	㎡	-	0.14	▲	0.1	
	유도배수관 변형	m	-	9.0	▲	9.0	
	그레이팅 유실	EA	3	1	▼	2	
	이물질퇴적	m	6.0	-	▼	6.0	
	유도배수관 파손	m	-	9.0	▼	9.0	

다. 검토의견

그레이팅 유실은 토사 등 이물질 유입으로 배수기능에 문제가 발생할 수 있으므로 재설치를 통한 보수가 필요하다.

물리적 충격, 공용기간 경과, 누수, 동절기 유입수 팽창 등에 의한 원인으로 유도배수관 고정불량, 변형, 누수, 백태 등의 손상은 현재 누수가 진행되고 있는 상태로 동절기 누수부위에서 고드름 형성 및 낙수 결빙으로 차량 주행성 저하 및 안전사고 발생이 우려되므로 보수가 요구된다.

3.3.8 U-Type 옹벽구간

가. 외관조사 결과

U-Type 옹벽구간은 지하차도의 시점측과 종점측에 위치하며, 시점측 190m, 종점측 160m로 시공되어 있다.

U-Type 옹벽구간의 외관조사 결과 물리적 충격, 시공미흡, 초기 건조수축, 온도변화, 공용기간 경과에 따른 부착력 저하 등에 의한 균열, 누수흔적, 백태, 파손 박리, 실런트 열화 및 이격, 타일균열, 타일탈락, 타일파손 등이 조사되었다.

균열의 경우 건조수축, 온도변화 등에 의한 비구조적인 손상으로 판단되나, 내구성 확보차원에서 보수를 실시하는 것이 필요하다. 단면손상(파손, 박리 등)의 경우 구조물의 내구성 확보 차원에서 단면보수를 실시하는 것이 요구된다.

타일균열의 경우 구조물에 미치는 영향이 적으므로 보수보다는 진전여부에 대한 주의관찰이 요구되며, 타일탈락, 파손의 경우 장기적인 관점에서 재설치 등과 같은 보수대책 수립이 요구된다.

실런트 손상은 강우시 내부 유입수에 의한 2차손상이 발생할 우려가 있으므로 보수를 실시하는 것이 요구된다.

【표 3.3.14】 U-Type 옹벽구간 외관조사 결과

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
U-Type옹벽	균열(Cw0.3㎜미만)	m	282	194.6	표면처리	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	4	1.8	주입보수	
	균열부백태	㎡	8	1.76	표면처리	
	백태	㎡	35	5.3	표면처리	
	누수흔적	㎡	13	1.59	표면처리	
	파손, 박리	㎡	21	80.45	단면보수	
	표면박리	㎡	2	4.0	단면보수	
	실런트 열화	m	21	83.0	실런트 재설치	
	실런트 이격	m	2	1.8	실런트 재설치	
	타일균열	m	244	247.0	주의관찰	
	타일탈락, 파손	EA	175	175	타일 재설치	

시점부 U-Type구간 서울방향 벽체 STA.001 박리	시점부 U-Type구간 서울방향 벽체 STA.026 균열(Cw=0.2㎜)
시점부 U-Type구간 서울방향 벽체 STA.040 실런트 열화	시점부 U-Type구간 서울방향 벽체 STA.170 박리
시점부 U-Type구간 과천방향 벽체 STA.053 백태	시점부 U-Type구간 과천방향 벽체 STA.084 균열부백태

【사진 3.3.12】U-Type 옹벽구간 외관조사 결과

시점부 U-Type구간 과천방향 벽체 STA.100 파손	종점부 U-Type구간 서울방향 벽체 STA.000 타일탈락
종점부 U-Type구간 과천방향 벽체 STA.030 파손	종점부 U-Type구간 과천방향 벽체 STA.090 파손
종점부 U-Type구간 과천방향 벽체 STA.110 타일균열, 백태	시점부 U-Type구간 과천방향 벽체 STA.003 균열 보수

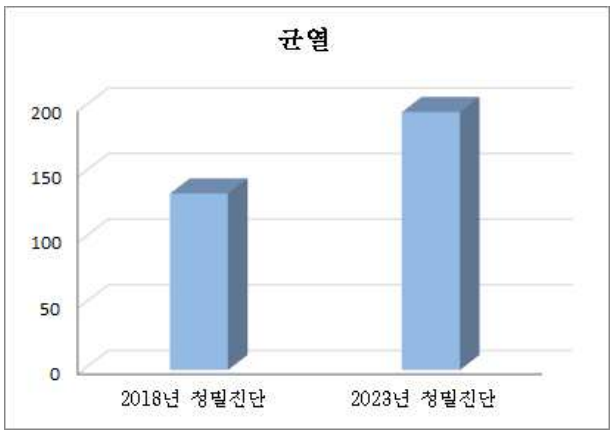
【사진 3.3.12】 U-Type 옹벽구간 외관조사 결과 (계속)

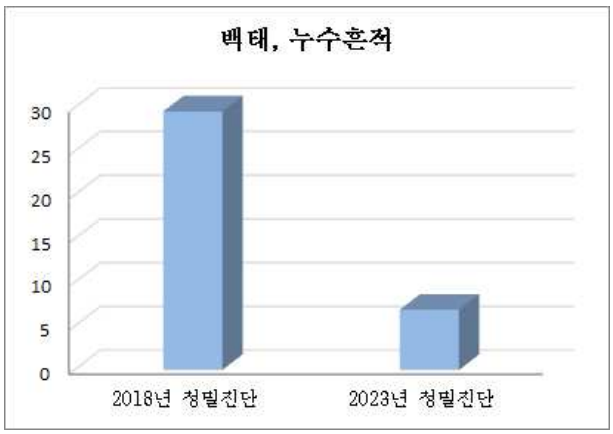
나. 기 진단(2018년) 결과와 비교

- 기 진단(2018년)이후 일부 보수를 실시하였으나, 미 보수 및 추가 조사된 균열, 실란트 열화, 타일탈락, 파손 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.3.15】U-Type 옹벽구간 기 진단(2018년) 결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	전회(2018년) 진단	금회(2023년) 진단	증감		비고
U-Type 옹벽	균열(Cw0.3㎜미만)	m	132.74	194.6	▲	61.9	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	1.6	1.8	▲	0.2	
	균열부백태	㎡	6.21	1.76	▼	4.45	
	백태	㎡	27.49	5.3	▼	22.2	
	누수흔적	㎡	2.09	1.59	▼	0.5	
	파손, 박리	㎡	90.24	80.45	▼	9.8	
	표면박리	㎡	64.0	4.0	▼	60.0	
	실런트 열화	m	-	83.0	▲	83.0	
	실런트 이격	m	1.8	1.8	-	-	
	타일균열	m	523.41	247.0	▼	276.4	
	타일탈락, 파손	EA	136	175	▲	39	





【그림 3.3.8】U-Type 옹벽구간 기 진단(2018년) 결과 비교

다. 검토의견

기 발생한 손상은 물리적 충격, 시공미흡, 초기 건조수축, 온도변화, 공용기간 경과에 따른 부착력 저하 등에 의한 것으로 내구성 확보 차원에서 보수 및 장기적인 관점에서 보수대책 수립이 요구된다.

3.3.9 부속시설(조명시설, 소화기함 등 기타설비)

가. 외관조사 결과

남태령지하차도는 사고 발생시 안전 대피 및 비상연락이 가능토록 표시등, 소화시설 등이 설치되어 있고, 안전운전을 위해 조명시설이 설치되어 있는 것으로 조사되었다.

부속시설에 대한 외관조사 결과 표시등, 조명시설 등의 부속시설은 기능 발휘에 문제가 없는 상태로 확인되었으나, 조명등 파손에 대한 보수가 실시되었고 소화기함 손상(파손, 개폐불량, 전등파손), 비상전화함 파손이 조사된 바 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

【표 3.3.16】 부속시설 외관조사 결과

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
부속시설	소화기함 파손	EA	2	2	재설치	
	소화기함 개폐불량	EA	1	1	재설치	
	소화기함 전등파손	EA	1	1	재설치	
	비상전화함 파손	EA	1	1	재설치	

BOX구간 과천방향 부속시설 STA.260 비상전화함 파손

BOX구간 과천방향 부속시설 STA.450 소화기함 전등파손

BOX구간 과천방향 부속시설 STA.020 소화기함 개폐불량

BOX구간 과천방향 부속시설 STA.095 소화기함 파손

【사진 3.3.13】 부속시설 외관조사 결과

BOX구간 부속시설 비상전화(비상벨) 전경	BOX구간 과천방향 배수시설 STA.320 조명등 파손 보수

【사진 3.3.13】 부속시설 외관조사 결과 (계속)

나. 기 진단(2018년) 결과와 비교

- 기 진단(2018년)이후 조명등 파손에 대한 보수를 실시하였으며, 소화기함 손상(파손, 전등파손), 비상전화함 파손 등의 손상이 추가 조사되었다.

【표 3.3.17】 부속시설 기 진단(2018년) 결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	전회(2018년) 진단	금회(2023년) 진단	증감		비고
부속시설	소화기함 파손	EA	1	2	▲	1	
	소화기함 개폐불량	EA	1	1	-	-	
	소화기함 전등파손	EA	-	1	▲	1	
	비상전화함 파손	EA	-	1	▲	1	
	조명등 파손	EA	1	-	▼	1	

다. 검토의견

표시등, 조명시설 등의 부속시설은 기능 발휘에 문제가 없는 상태로 확인되었으나, 소화기함 손상(파손, 개폐불량, 전등파손), 비상전화함 파손이 조사된 바 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

3.3.10 환기시설(전기실 포함)

가. 외관조사 결과

본 지하차도의 환기시설은 2개소가 설치되어 있으며, 시점측 환기시설(BOX구간 STA.175m)와 종점측 환기시설(BOX구간 STA.430m)이다.

환기시설 외관조사 결과 균열, 누수, 백태, 박락 및 철근노출, 재료분리, 체수 등의 손상이 조사되었다. 균열의 경우 건조수축, 온도변화, 수화열, 거푸집 조기탈형 등에 의한 비구조적 손상으로 판단되나 내구성 확보차원에서 보수가 요구된다. 누수 및 백태의 경우 시공미흡에 따른 구간으로 우수가 유입되어 발생하는 것으로 판단되며, 누수량은 경미하나 방치시 콘크리트 열화 등의 2차손상을 발생할 우려가 있으므로 보수가 요구된다. 박락, 철근노출, 재료분리 등의 단면손상부는 내구성 확보를 위해 보수가 필요하다.

【표 3.3.18】 환기시설 외관조사 결과

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
환기시설	균열(Cw0.3㎜미만)	m	203	278.3	주의관찰	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	9	13.4	주입보수	
	균열,백태	㎡	2	0.3	표면처리	
	누수,백태	㎡	1	0.1	표면처리	
	망상균열	㎡	2	3.25	주의관찰	
	몰탈 균열	m	4	6.7	주의관찰	
	몰탈 망상균열	㎡	1	9.0	주의관찰	
	박락 및 철근노출	㎡	4	2.8	단면보수(방청)	
	백태	㎡	3	0.25	표면처리	
	재료분리	㎡	1	0.05	단면보수	
	철근노출	㎡	6	0.16	단면보수(방청)	
	체수	㎡	1	1.8	주의관찰	
전기실	균열(Cw0.3㎜미만)	m	9	10.5	주의관찰	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	2	0.5	주입보수	
	누수	㎡	3	2.25	지수보수	
	시공이음부 균열	m	10	54.0	주의관찰	
	조적벽이격	m	1	3.5	주의관찰	

시점측 환기시설 벽체 균열(Cw=0.2㎜)	시점측 환기시설 벽체 박락 및 철근노출
시점측 환기시설 벽체 재료분리	시점측 전기실 슬래브 누수
시점측 전기실 벽체 이격	시점측 전기실 슬래브 백태

【사진 3.3.14】 환기시설 외관조사 결과

종점측 환기시설 바닥 균열(Cw=0.3㎜)	종점측 환기시설 벽체 균열(Cw=0.2㎜)
종점측 환기시설 연결계단 균열부백태	종점측 환기시설 연결계단 누수,백태
종점측 환기시설 연결계단 철근노출	종점측 환기시설 출입문 개폐불량 상태양호

【사진 3.3.14】 환기시설 외관조사 결과 (계속)

나. 기 진단(2018년) 결과와 비교

- 기 진단(2018년)이후 출입문 개폐불량에 대한 정비가 실시되었으며, 균열, 박락 및 철근 노출, 누수 등의 손상이 추가 조사되었다.

【표 3.3.19】 환기시설 기 진단(2018년) 결과 비교

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	전회(2018년) 진단	금회(2023년) 진단	증감		비고
환기시설	균열(Cw0.3㎜미만)	m	276.3	278.3	▲	2.0	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	13.4	13.4	-	-	
	균열,백태	㎡	0.3	0.3	-	-	
	누수,백태	㎡	0.1	0.1	-	-	
	망상균열	㎡	3.25	3.25	-	-	
	몰탈 균열	m	6.7	6.7	-	-	
	몰탈 망상균열	㎡	9.0	9.0	-	-	
	박락 및 철근노출	㎡	-	2.8	▲	2.8	
	백태	㎡	0.25	0.25	-	-	
	재료분리	㎡	0.05	0.05	-	-	
	철근노출	㎡	0.16	0.16	-	-	
	체수	㎡	1.8	1.8	-	-	
	개폐불량	EA	1	-	▼	1	
전기실	균열(Cw0.3㎜미만)	m	8.0	10.5	▲	2.5	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	0.5	0.5	-	-	
	누수	㎡	0.2	2.25	▲	2.1	
	시공이음부 균열	m	54.0	54.0	-	-	
	조적벽이격	m	3.5	3.5	-	-	

다. 검토의견

기 발생한 손상은 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 우수유입, 공용기간 경과 등에 의한 것으로 내구성 확보 차원에서 보수가 요구된다.

3.3.11 공중이 이용하는 부위

가. 개요

- 시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침(국토교통부 고시 제 2020-869, 2020.11.27.)상의 제8조제9항 중 "구조안전에 영향을 줄 수 있는 중대한 결함"을 "법 제22조제1항 및 제2항에 따른 중대한 결함 및 공중이 이용하는 부위의 결함(이하 "중대한결함 등"이라 한다)"으로 하고, 같은 조 제10항인 중대한 결함 등의 세부결함의 정도는 세부지침에 따르도록 규정되어 있다.
- 중대한 결함이 아니더라도 사용자가 직접 이용하는 부위에서 사용자의 안전을 위협할 수 있는 결함(공중이 이용하는 부위에 결함)에 대해서는 사용제한·금지 등 긴급안전조치와 위험표지판 설치, 기한내 보수보강 이행 등의 조치가 이루어지도록 해야 한다.

나. 대상부재 여부 확인

【표 3.3.20】 대상부재 여부 확인

구 분	남태령지하차도	비 고
추락방지시설	○	U-TYPE옹벽 상단 난간 시공
도로포장	○	아스콘포장 상태
도로부 신축이음부	○	신축이음부 탄성조인트 일부 시공
환기구 등의 덮개	×	해당시설 없음

다. 점검결과

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

3.3.12 외관조사 결과

남태령지하차도에 대한 외관조사 결과는 다음과 같다.

【표 3.3.21】 외관조사 결과

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
BOX구간	균열(Cw0.3㎜미만)	m	882	821.7	표면처리	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	16	38.8	주입보수	
	망상균열	㎡	29	186.15	표면처리	
	균열부백태	㎡	23	7.7	표면처리	
	누수흔적, 백태	㎡	80	83.41	표면처리	
	누수	EA	9	9	지수보수	
	들뜸, 파손, 박리, 박락, 패임	㎡	31	6.07	단면보수	
	보수부 들뜸, 박리	㎡	6	1.58	단면보수	
	박락 및 철근노출	㎡	1	1.44	단면보수(방청)	
	실런트 탈락	㎡	1	0.02	실런트 재설치	
	철근노출	㎡	1	0.02	단면보수(방청)	
	타일균열	m	48	26.1	주의관찰	
	타일긁힘	EA	24	24	주의관찰	
	타일탈락, 들뜸, 파손	EA	4278	4278	타일 재설치	
T.R.M구간	균열부백태	㎡	6	1.2	표면처리	
	누수흔적, 백태	㎡	177	230.8	표면처리	
	누수	EA	35	35	지수보수	
	박락	㎡	1	0.04	단면보수	
	보수부 불량	㎡	1	60.0	누수보수	
	방수포 탈락	㎡	1	1.5	누수보수	
	타일균열	m	24	83.7	주의관찰	
	타일탈락, 들뜸, 파손	EA	604	604	타일 재설치	
포장부	포장균열	m	16	79.5	주의관찰	
	망상균열	㎡	12	62.8	주의관찰	
	박리	㎡	3	0.65	주의관찰	
	아스콘 밀림	㎡	2	0.5	아스콘팻칭	
	아스콘 탈락	㎡	1	0.3	아스콘팻칭	
	포장마모	㎡	1	4.0	주의관찰	
	파손, 패임	㎡	4	0.45	아스콘팻칭	
신축이음	조인트 박리, 박락	㎡	3	3.0	주의관찰	
난간, 연석 및 중앙분리대	균열(Cw0.3㎜미만)	m	180	114.9	주의관찰	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	5	5.0	주입보수	
	파손, 박리, 박락	㎡	25	9.33	단면보수	
	표면박리, 표면열화	㎡	4	130.5	단면보수	
	가드레일변형	m	1	5.0	재설치	
	난간파손	EA	1	1	재설치	
	케이블박스 파손	EA	2	2	재설치	

【표 3.3.21】 외관조사 결과(계속)

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	비고
배수시설	유도배수관 고정불량	EA	1	1	재설치	
	유도배수관 녹물오염	㎡	1	0.05	재설치	
	유도배수관 누수	EA	4	4	재설치	
	유도배수관 누수흔적	EA	1	1	재설치	
	유도배수관 백태	㎡	3	0.14	재설치	
	유도배수관 변형	m	5	9.0	재설치	
	그레이팅 유실	EA	1	1	재설치	
U-Type옹벽	균열(Cw0.3㎜미만)	m	282	194.6	표면처리	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	4	1.8	주입보수	
	균열부백태	㎡	8	1.76	표면처리	
	백태	㎡	35	5.3	표면처리	
	누수흔적	㎡	13	1.59	표면처리	
	파손, 박리	㎡	21	80.45	단면보수	
	표면박리	㎡	2	4.0	단면보수	
	실런트 열화	m	21	83.0	실런트 재설치	
	실런트 이격	m	2	1.8	실런트 재설치	
	타일균열	m	244	247.0	주의관찰	
	타일탈락, 파손	EA	175	175	타일 재설치	
부속시설	소화기함 파손	EA	2	2	재설치	
	소화기함 개폐불량	EA	1	1	재설치	
	소화기함 전등파손	EA	1	1	재설치	
	비상전화함 파손	EA	1	1	재설치	
환기시설	균열(Cw0.3㎜미만)	m	203	278.3	주의관찰	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	9	13.4	주입보수	
	균열,백태	㎡	2	0.3	표면처리	
	누수,백태	㎡	1	0.1	표면처리	
	망상균열	㎡	2	3.25	주의관찰	
	몰탈 균열	m	4	6.7	주의관찰	
	몰탈 망상균열	㎡	1	9.0	주의관찰	
	박락 및 철근노출	㎡	4	2.8	단면보수(방청)	
	백태	㎡	3	0.25	표면처리	
	재료분리	㎡	1	0.05	단면보수	
	철근노출	㎡	6	0.16	단면보수(방청)	
	체수	㎡	1	1.8	주의관찰	
전기실	균열(Cw0.3㎜미만)	m	9	10.5	주의관찰	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	2	0.5	주입보수	
	누수	㎡	3	2.25	지수보수	
	시공이음부 균열	m	10	54.0	주의관찰	
	조적벽이격	m	1	3.5	주의관찰	

3.3.13 이전 상태와 현 상태 비교

【표 3.3.22】 기 진단(2018년) 결과와 손상물량 비교표

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	전회(2018년) 진단	금회(2023년) 진단	증감		비고
BOX구간	균열(Cw0.3㎜미만)	m	853.2	821.7	▼	31.5	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	61.3	38.8	▼	22.5	
	망상균열	㎡	238.73	186.15	▼	52.6	
	균열부백태	㎡	-	7.7	▲	7.7	
	누수흔적, 백태	㎡	73.4	83.41	▲	10.01	
	누수	EA	4	9	▲	5	
	들뜸, 파손, 박리, 박락, 패임	㎡	20.61	6.07	▼	14.5	
	보수부 들뜸, 박리	㎡	-	1.58	▲	1.6	
	박락 및 철근노출	㎡	-	1.44	▲	1.4	
	실런트 탈락	㎡	-	0.02	-	-	
	철근노출	㎡	0.02	0.02	-	-	
	타일균열	m	16.74	26.1	▲	9.4	
	타일긁힘	EA	12	24	▲	12	
	타일탈락, 들뜸, 파손	EA	757.27(㎡)	4278	-	-	
	도장박리	㎡	0.86	-	▼	0.9	
T.R.M구간	균열부백태	㎡	1.2	1.2	-	-	
	누수흔적, 백태	㎡	353.77	230.8	▼	123.0	
	누수	EA	-	35	▲	35	
	박락	㎡	-	0.04	-	-	
	보수부 불량	㎡	-	60.0	▲	60.0	
	방수포 탈락	㎡	-	1.5	▲	1.5	
	타일균열	m	11.8	83.7	▲	71.9	
	타일탈락, 들뜸, 파손	EA	162	604	▲	442	
포장부	포장균열	m	75.6	79.5	▲	3.9	
	망상균열	㎡	2435.0	62.8	▼	2372.2	
	박리	㎡	190.0	0.65	▼	189.4	
	아스콘 밀림	㎡	-	0.5	▲	0.5	
	아스콘 탈락	㎡	-	0.3	▲	0.3	
	포장마모	㎡	3334.12	4.0	▼	3330.1	
	파손, 패임	㎡	160.46	0.45	▼	160.0	
신축이음	조인트 박리, 박락	㎡	-	3.0	▲	3.0	
	신축이음 갈라짐, 마모	m	74.5	-	▼	74.5	
	실런트 열화, 이격	m	70.2	-	▼	70.2	
난간, 연석 및 중앙분리대	균열(Cw0.3㎜미만)	m	156.1	114.9	▼	41.2	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	-	5.0	▼	5.0	
	파손, 박리, 박락, 표면열화	㎡	77.01	139.83	▲	62.82	
	가드레일변형	m	5.0	5.0	-	-	
	난간파손	EA	1	1	-	-	
	케이블박스 파손	EA	-	2	▲	2	
	난간 변형, 긁힘, 탈락	m	20.0	-	▼	20.0	

【표 3.3.22】 기 진단(2018년) 결과와 손상물량 비교표(계속)

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	전회(2018년) 진단	금회(2023년) 진단	증감		비고
배수시설	유도배수관 고정불량	EA	-	1	▲	1	
	유도배수관 녹물오염	㎡	-	0.05	▲	0.1	
	유도배수관 누수	EA	-	4	▲	4	
	유도배수관 누수흔적	EA	-	1	▲	1	
	유도배수관 백태	㎡	-	0.14	▲	0.1	
	유도배수관 변형	m	-	9.0	▲	9.0	
	그레이팅 유실	EA	3	1	▼	2	
	이물질퇴적	m	6.0	-	▼	6.0	
	유도배수관 파손	m	-	9.0	▼	9.0	
U-Type 옹벽	균열(Cw0.3㎜미만)	m	132.74	194.6	▲	61.9	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	1.6	1.8	▲	0.2	
	균열부백태	㎡	6.21	1.76	▼	4.45	
	백태	㎡	27.49	5.3	▼	22.2	
	누수흔적	㎡	2.09	1.59	▼	0.5	
	파손, 박리	㎡	90.24	80.45	▼	9.8	
	표면박리	㎡	64.0	4.0	▼	60.0	
	실런트 열화	m	-	83.0	▲	83.0	
	실런트 이격	m	1.8	1.8	-	-	
	타일균열	m	523.41	247.0	▼	276.4	
	타일탈락, 파손	EA	136	175	▲	39	
부속시설	소화기함 파손	EA	1	2	▲	1	
	소화기함 개폐불량	EA	1	1	-	-	
	소화기함 전등파손	EA	-	1	▲	1	
	비상전화함 파손	EA	-	1	▲	1	
	조명등 파손	EA	1	-	▼	1	
환기시설	균열(Cw0.3㎜미만)	m	276.3	278.3	▲	2.0	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	13.4	13.4	-	-	
	균열,백태	㎡	0.3	0.3	-	-	
	누수,백태	㎡	0.1	0.1	-	-	
	망상균열	㎡	3.25	3.25	-	-	
	몰탈 균열	m	6.7	6.7	-	-	
	몰탈 망상균열	㎡	9.0	9.0	-	-	
	박락 및 철근노출	㎡	-	2.8	▲	2.8	
	백태	㎡	0.25	0.25	-	-	
	재료분리	㎡	0.05	0.05	-	-	
	철근노출	㎡	0.16	0.16	-	-	
	체수	㎡	1.8	1.8	-	-	
	개폐불량	EA	1	-	▼	1	
전기실	균열(Cw0.3㎜미만)	m	8.0	10.5	▲	2.5	
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	0.5	0.5	-	-	
	누수	㎡	0.2	2.25	▲	2.1	
	시공이음부 균열	m	54.0	54.0	-	-	
	조적벽이격	m	3.5	3.5	-	-	

전회 진단 이후 기 발생한 손상에 대한 보수가 일부 실시되었으나, 공용년수 경과에 의한 노후화, 온도 및 습도 변화, 누수 등의 원인에 의한 손상이 추가되었다.

3.4 내구성 시험 및 측정 개요

3.4.1 콘크리트 내구성 조사

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

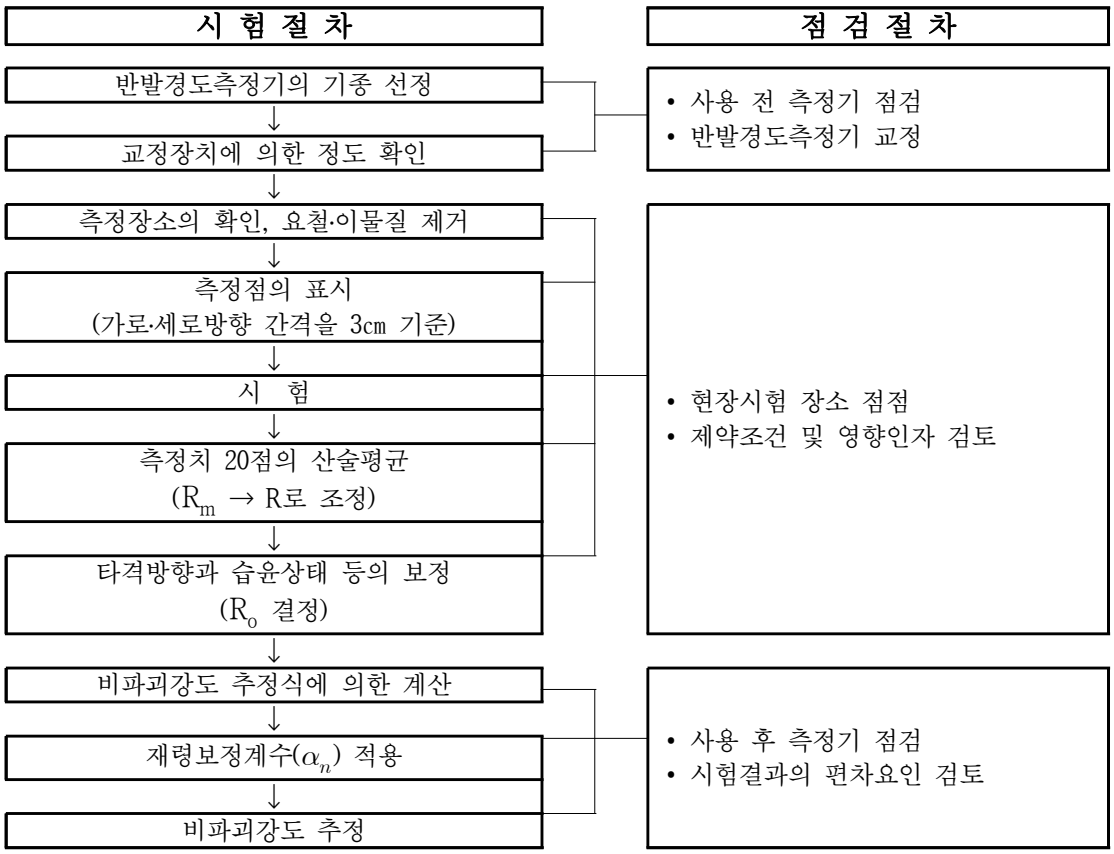
3.4.2 시험내용 및 평가기준

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도시험

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

① 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차



【그림 3.4.1】 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

외관조사 결과에 의해 결정된 측정개소에 대해서 타격점 상호간의 간격은 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 3.4.1】 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 3.4.2】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본재료학회	$F_c = -18.0 + 1.27R_o$	금회 적용(식①)
일본건축학회	$F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$	금회 적용(식②)
※ 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022. 12, 국토교통부/국토안전관리원)		

④ 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 아래 식과 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α는 아래【표 3.4.3】와 같으며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

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

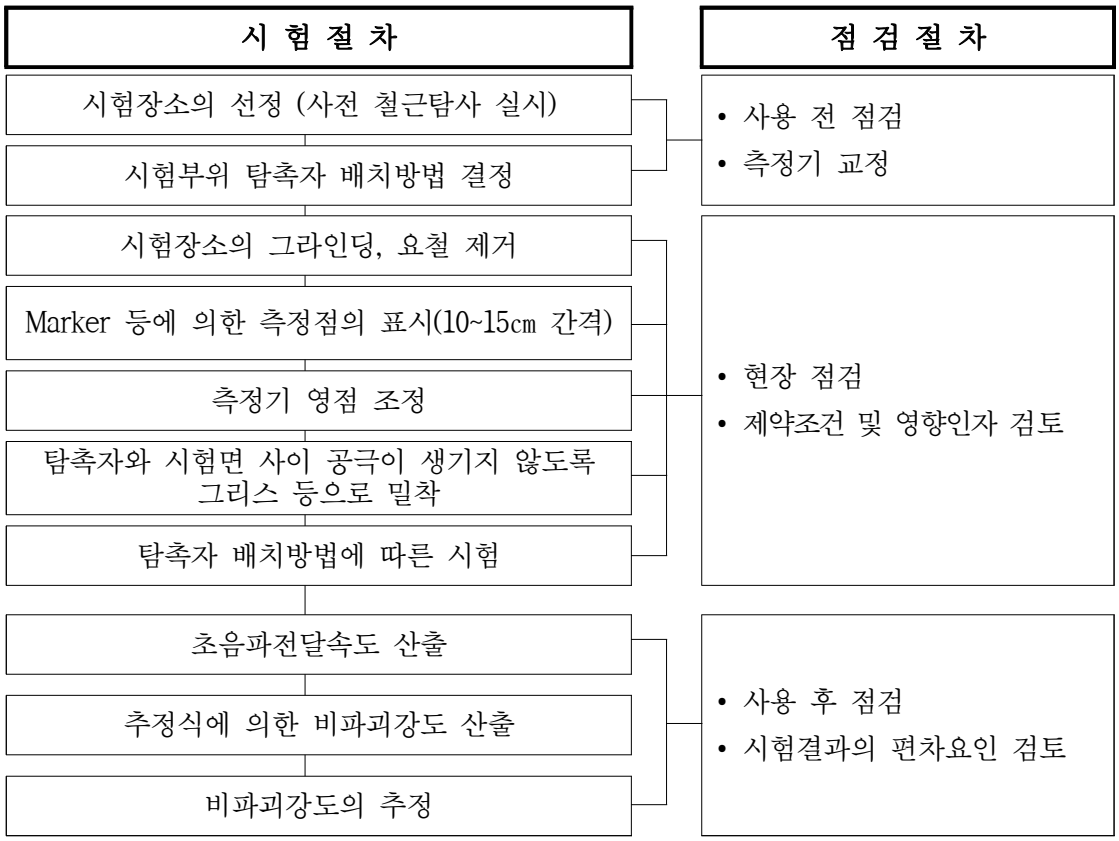
【표 3.4.3】 재령계수 α값

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

2) 초음파전달속도시험

초음파의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화하는 것을 이용하며, 이 투과속도로부터 콘크리트의 동적 특성, 강도, 균열상태 등을 추정하는 방법이다. 그러나, 강도 추정의 정확도는 높지 않으며, 일반적으로 콘크리트의 강도 및 품질 비교 또는 균열깊이를 판정하는 수단으로서 이 방법을 사용하고 있다.

① 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차



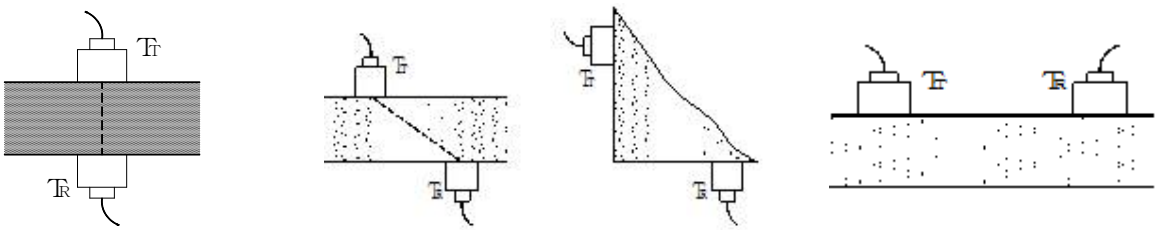
【그림 3.4.2】 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

② 초음파전달속도시험에 의한 전달속도 분석

초음파전달속도를 결정하기 위해서는 재료에서 초음파가 전달되는 거리를 미리 측정하고 장비상에 나타난 초음파 전달시간을 측정한 후 아래 식에 의해서 구한다.

$$\text{전달속도(Velocity)} = \frac{\text{전달길이(Path Length)}}{\text{전달시간(Transit Time)}}$$

초음파전달속도시험을 위한 탐촉자의 배치방법으로는 직접법, 간접법 및 표면법이 있다.



(a)직접법 (b)간접법 (C)표면법

【그림 3.4.3】초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$V_d \approx 1.05 V_i$

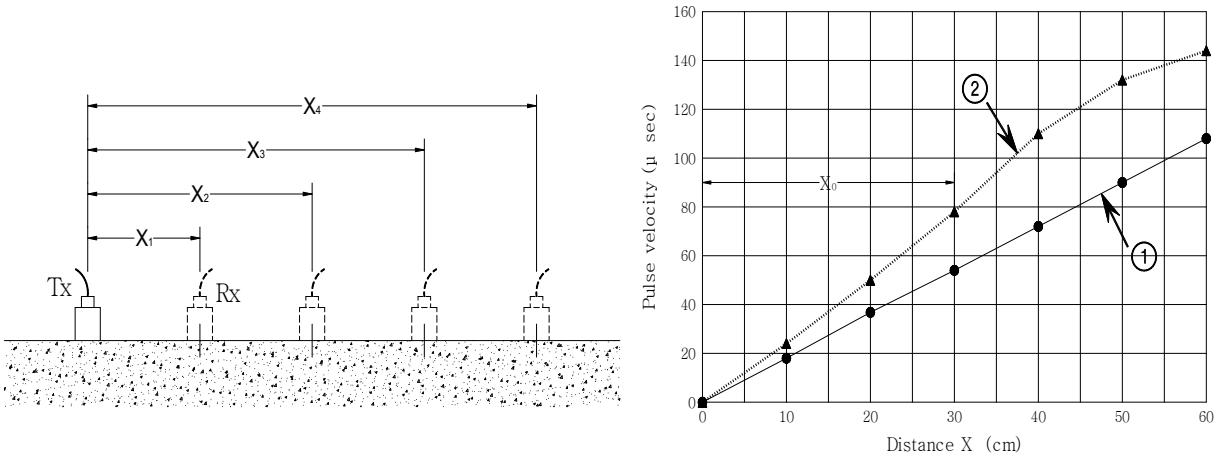
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

V_i : 표면법에 의한 초음파 속도

직접법과 표면법의 초음파전달속도는 재료의 종류, 배합, 함수율 등 여러 가지 원인으로 변동을 나타내고 있으며, 보편적으로 현장 콘크리트의 초음파전달속도 관계는 $V_d \approx 1.05 \sim 1.15 V_i$의 사이에 있다고 경험적으로 보고되고 있다.

보다 정확한 직접법과 표면법의 초음파전달속도의 관계를 파악하기 위해서는 표면법을 수행한 동일 조건의 구조물이나, 동일한 부위에서 채취한 코어의 종파(직접법) 속도를 측정하여 상관관계에 의해 환산하여 이용하는 방법이 바람직하다.

표면법은 등간격(100㎜)으로 5점 이상의 측점을 정하고 초음파의 전달거리(X_i)에 따른 전달시간(T_i)을 측정하고, 최소자승법에 의해서 회귀직선식을 구하여 그 기울기를 전달속도(V_i)로 한다.



【그림 3.4.4】 표면법에 의한 초음파전달속도의 측정

회귀직선의 적정성 여부를 판단하기 위해서 회귀직선의 유의성(有意性)검정에 사용되는 결정계수(Coefficient of determination)를 다음 식에 의해서 계산한다.

$$r^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{(\Sigma(X_i - \overline{X})(T_i - \overline{T}))^2}{\Sigma(X_i - \overline{X})^2 \Sigma(T_i - \overline{T})^2}$$

여기서, $\overline{X}$, $\overline{T}$는 거리 및 전달시간의 평균값

③ 비파괴강도의 추정

본 과업에서는 r^2값이 99% 이상이 되는 회귀직선식만을 사용하여 전달속도 V_i를 계산하였다. 전달속도에 따른 콘크리트 압축강도의 추정을 위하여 초음파전달속도와 압축강도의 상관관계를 도출한 다음 식을 사용하였다.

【표 3.4.4】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본건축학회	$F_c = (215\,V_d - 620) \times 0.098$	금회 적용(식③)
일본재료학회	$F_c = (102\,V_d - 117) \times 0.098$	금회 적용(식④)

※ V_d : 직접법에 의한 초음파전달속도(km/s)
※ 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022. 12, 국토교통부/국토안전관리원) 참조
※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(2006. 12, 한국시설안전기술공단) 참조

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.

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 3.4.5】에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

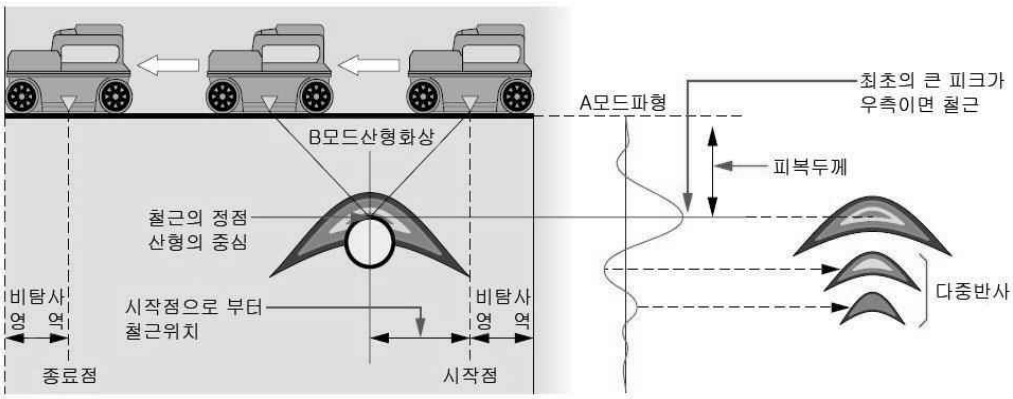
$$V = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (m/sec)$$

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.

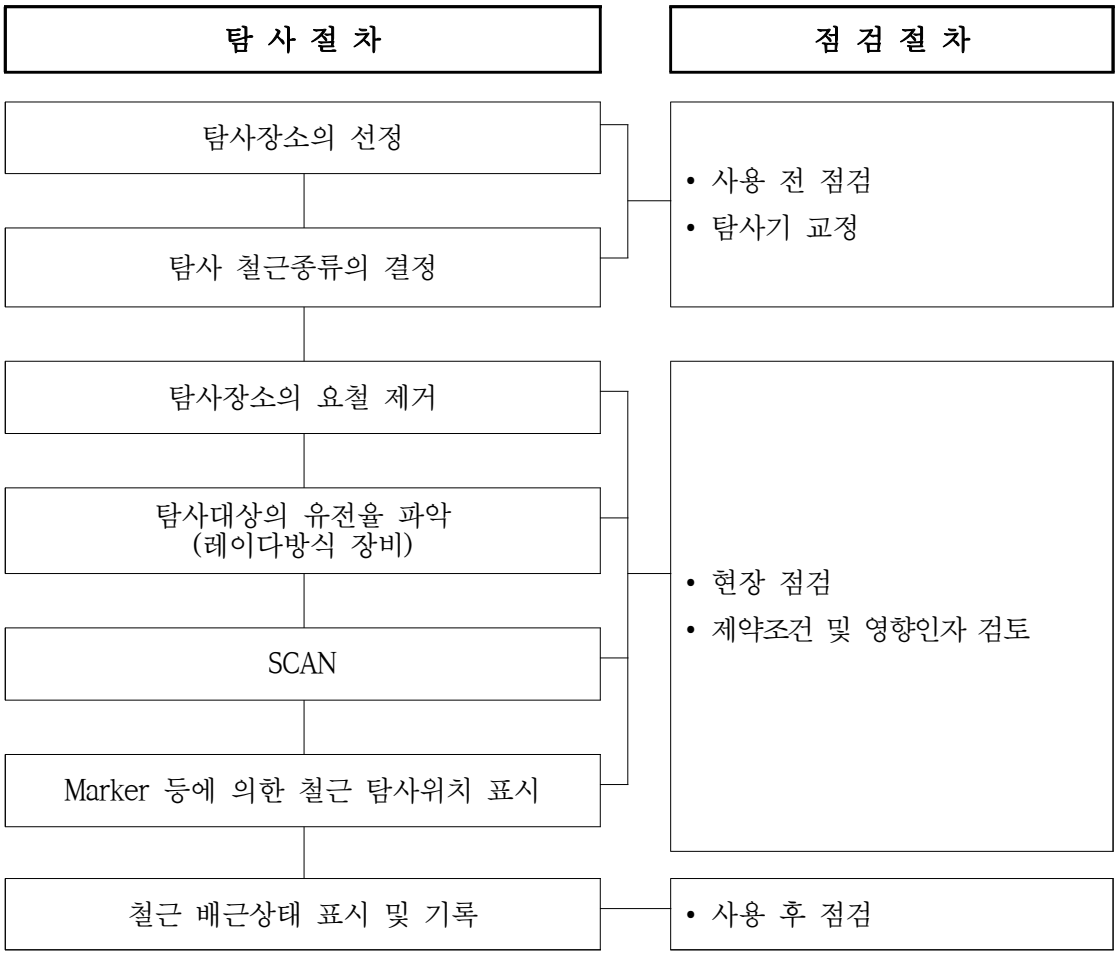
$$D = \frac{1}{2} V T \quad (m)$$



【그림 3.4.5】 철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

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



【그림 3.4.6】 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

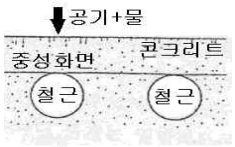
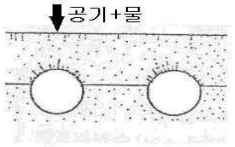
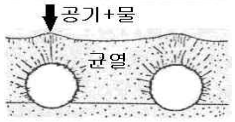
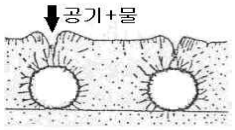
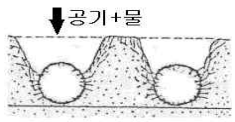
1) 개 요

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 pH가 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 3.4.7】 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 3.4.5】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

구분	영향인자	탄산화 속도
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

【표 3.4.5】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인(계속)

구분	영향인자	탄산화 속도
내적 요인	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 3.4.6】 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 발생
e	-	-

라. 염화물함유량시험

1) 콘크리트 속의 염분에 대한 일반적 사항

염화물의 콘크리트 침투를 구분해 보면 일반적으로 두가지로 크게 구분할 수 있다.

하나는 이미 건립된 구조물에 해풍, 해수 및 염화물을 함유한 외부 환경조건에 의해 염화물이 침투 축적되는 경우이고, 다른 하나는 방동대책으로서 염화칼슘($CaCl_2$)과 염화나트륨(NaCl)의 살포에 의해 염화물이 침투하는 경우이다.

다음은 콘크리트 제조시에 배합재료로부터 직접 콘크리트에 침투하는 경우, 특히 아직 굳지 않은 프레쉬 상태일 때 혼입하는 경우인데 이의 예로서는 ① 깨끗이 세척하지 않은 바다 모래의 사용, ② 경화 촉진제로서 염화칼슘($CaCl_2$)의 사용, ③ 염화칼슘($CaCl_2$)을 주체로 한 조강형 AE제의 사용, ④ 혼화수로서 해수의 사용 등을 들 수 있다. 이 중 미세정 바다모래에 의한 염분(염화나트륨(NaCl)을 주로 함유한 것)의 혼입에 의한 것이 염해 원인의 대부분을 차지하고 있다.

콘크리트 중에 함유하는 염화물은 ① 가용성 염화물(수용성 염화물), ② 전 염화물(산 용해성 염화물)의 2종류로 분류할 수 있다. ①의 가용성 염화물로는 콘크리트에서 물에 의해 유출되는 염화물이고, ②의 전 염화물은 콘크리트를 강한 산으로 용해함으로써 유출되는 염화물이다. 가용성 염화물의 측정은 콘크리트의 세공용액 속에 용해되어 있는 유리 염화물의 양을 구하는 경우로 측정할 수 있고 유출온도 등 시험방법의 자세한 내용은 제안되고 있는 각 방법에 따라 약간 차이가 있다. 일본 콘크리트공학협회(JCI)에서는 가용성 염화물을 「경화콘크리트 중에 함유된 50℃의 온수에 녹는 염화물」이라 정의하여 측정방법을 정하고 있다.

전 염화물량과 가용성 염화물량과의 차이는 시멘트 수화물에 고정되어 있는 염화물로써 판정되어진다.

강재 위치에 대한 염화물 이온의 강재 부식발생 한계농도는 콘크리트 단위용적당 양으로서 0.3~1.2kg/m³ 정도이고 이 값은 구조물의 설치 환경조건이나 강재부식 허용량 등의 조건에 따라서 다르다. 예를 들면, 미리 염화물을 혼입한 공시체에 의한 촉진시험 등에서는 0.3~0.6kg/m³ 정도이고 실제 환경의 노출실험에서는 1.2~2.4kg/m³ 정도로 되어 있다. 촉진시험과 실제 환경에서 얻어지는 한계농도의 차이는 시험 공시체와 실제 구조물의 덮개나 물-시멘트비의 차이 그리고 촉진시험 시에 설정되는 고온환경 등 온도의 영향이라고 생각된다.

시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022.12) 및 콘크리트 표준시방서 내구성조사편에서는 경화콘크리트의 경우 전염화물 기준으로 실제 환경의 노출실험 결과 하한치인 1.2kg/m³ 을 강재 부식발생 한계농도로서 정하고 있다. 비록, 부식환경에 따른 전염화물량이 1.2kg/m³ 를 넘더라도 부식이 발생하지 않을 가능성이 있지만 잠재적으로 부식 가능성이 높을 것으로 평가되므로 부식방지를 위한 조치가 검토되어야 할 것이다.

2) 평가기준

① 국내 콘크리트 표준시방서 기준

굳지않은 콘크리트의 경우는 철근의 부식을 방지하기 위하여 0.3kg/㎥이하로 규정하며, 책임기술자의 승인이 있는 경우 0.6kg/㎥까지 허용

② 콘크리트 구조설계기준(2007년)

【표 3.4.7】 염화물 평가기준(콘크리트 구조설계기준(2007))

부재의 종류	최대 수용성 염소이온(Cl-), 시멘트의 중량에 대한 비(%)
프리스트레스트 콘크리트	0.06
염화물에 노출된 철근콘크리트	0.15
건조상태 또는 습기로부터 차단된 철근콘크리트	1.00
기타 철근콘크리트	0.30

③ 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022.12)

【표 3.4.8】 염화물 상태평가 기준(시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022.12))

기 준	전염화물 이온량(kg/m³)	철근부식의 가능성
a	• 염화물 ≤ 0.3kg/m³	• 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	• 0.3kg/m³ < 염화물 < 1.2kg/m³	• 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음
c	• 1.2kg/m³ ≤ 염화물 < 2.5kg/m³	• 향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 염화물 ≥ 2.5kg/m³	• 철근 부식발생
e	-	-

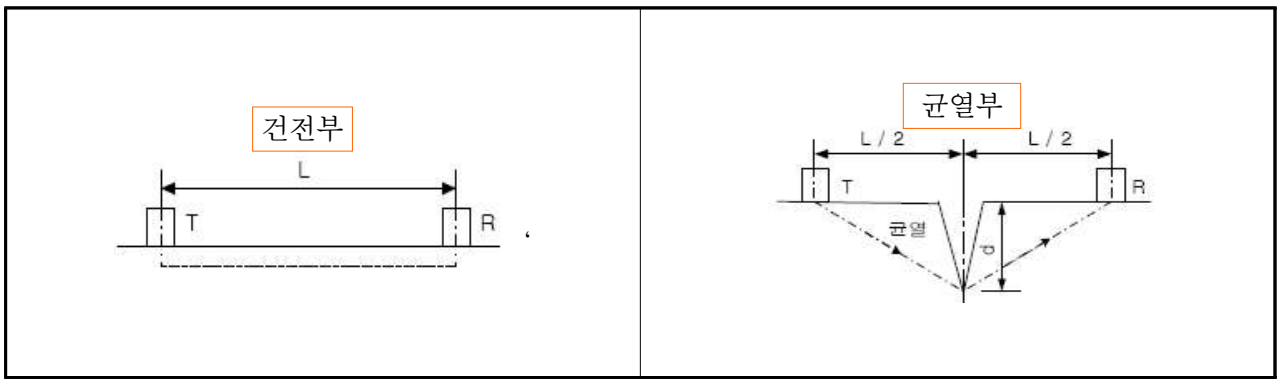
마. 균열깊이 조사

콘크리트 표면의 균열깊이는 일반적으로 T_c-T_o법으로 구한다.

T_c-T_o법은 콘크리트 부재의 균열부와 건전부에서 아래【그림 3.4.8】와 같이 각각 측정하고, 양자의 데이터 비교에 의해 균열깊이를 산출하는 것이다. 본 방법에서는 균열부분을 중심으로 하여 송신탐촉자와 수신탐촉자를 등간격으로 배치한다. 송신탐촉자(T)로부터 발신된 종파초음파가 그림 중의 점선과 같이 콘크리트 내를 전파하고 균열 선단부를 경유해서 수신탐촉자(R)에 도달하기까지의 시간 T_c를 구한다.

비교용으로서 같은 콘크리트 부재에서 균열이 없는 부분을 대상으로 송신탐촉자와 수신탐촉자의 거리 L과 초음파가 전파하는 시간 T_o를 구해 다음 식을 적용하여 균열깊이를 구한다.

$$d = \frac{L}{2}\sqrt{\frac{(T_c^2)}{(T_o^2)} - 1}$$



【그림 3.4.8】 T_c-T_o법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법

바. 계획선형오차(기울기) 측정시험

계획선형오차는 경사/전도, 기울기의 개념으로 옹벽이 설계시 또는 준공시보다 기울어지는 현상으로써 일반적으로 침하를 동반하여 발생하며 경사가 심해지면 옹벽의 전도에 대한 안전성의 문제가 발생할 수 있다. 계획선형오차의 발생원인은 지반의 침하, 기초의 세굴, 뒤채움 토사에 과도한 토압, 과중한 상재하중, 기초 마운드의 산란이나 옹벽하단의 전단파괴 등에 기인하여 주로 발생한다.

옹벽의 재료형식과 축조과정에 따라 계획선형오차의 발생원인과 그 범위가 각기 달리 발생한다. 예를 들어 보강토 옹벽은 타 옹벽의 건설과정과 달리 배면지반의 성토와 동시에 전면부의 구조체가 형성된다. 따라서 다짐 등에 의한 배면부 지반의 이동이 상대적으로 자유로울 수 있다. 그러나 보강토 옹벽에 사용되는 보강재는 일반적으로 탄성소재를 사용하므로 일정범위 안에서는 변형을 허용할 수 있다. 반면에 석축, 콘크리트 옹벽, 개비온 옹벽은 옹벽 전면부의 구조체를 먼저 시공하고 뒷채움재로 되뫼우는 형태의 시공방법으로 이때도 다짐에 의한 변형은 발생될 수 있으나 시공방법에 주의를 기함으로써 어느 정도 해결될 수 있는 부분이다. 그리고 보강토 옹벽과는 달리 변형에 저항할 수 있는 보강재가 삽입되어 있지 않아 계획과 비교해 변형을 허용할 수 없는 구조체라 볼 수 있으며, 계획선형오차의 평가기준은 다음과 같다. 계획선형오차는 시공이음부의 단차 및 측량성과에 의해서 판정할 수 있다. 계획선형 오차의 평가를 위해서는 기준치(최초 준공시 연직도)를 알아야 추가적인 변형에 대해서 평가가 가능하다. 그러나 시공년도가 오래되었거나 중·소규모의 옹벽은 설계도서가 비치되어 있지 않은 것이 현실이며, 이러한 경우에는 초기점검시 연직도를 측정하여 기준치로 설정함으로써 추가적인 변형에 대해 초기 설정치와 대비하여 평가토록 한다.

【표 3.4.9】 계획선형오차(기울기)의 평가기준(콘크리트옹벽,석축)

최대기울기의 범위		조사된 상태
비진행성	진행성	
2%미만	1%미만	○ 경사/전도가 발생되지 않은 상태
2%이상 ~ 3%미만	1%이상 ~ 2%미만	○ 부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
3%이상 ~ 4%미만	2%이상 ~ 3%미만	○ 경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
4%이상 ~ 6%미만	3%이상 ~ 4%미만	○ 경사/전도의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
6%이상	4%이상	○ 경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

※ 계획선형 오차는 준공시와 현시점에서의 변위발생으로 평가한다.

단, 설계도서 및 준공도서가 비치되어 있지 않은 경우에는 최초 측정시기와 현 측정시의 상대적인 값으로 평가한다.

3.5 내구성 조사 결과

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였으며, 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험, 초음파전달속도시험), 철근탐사시험, 탄산화깊이 측정, 염화물함유량시험, 균열깊이 조사 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

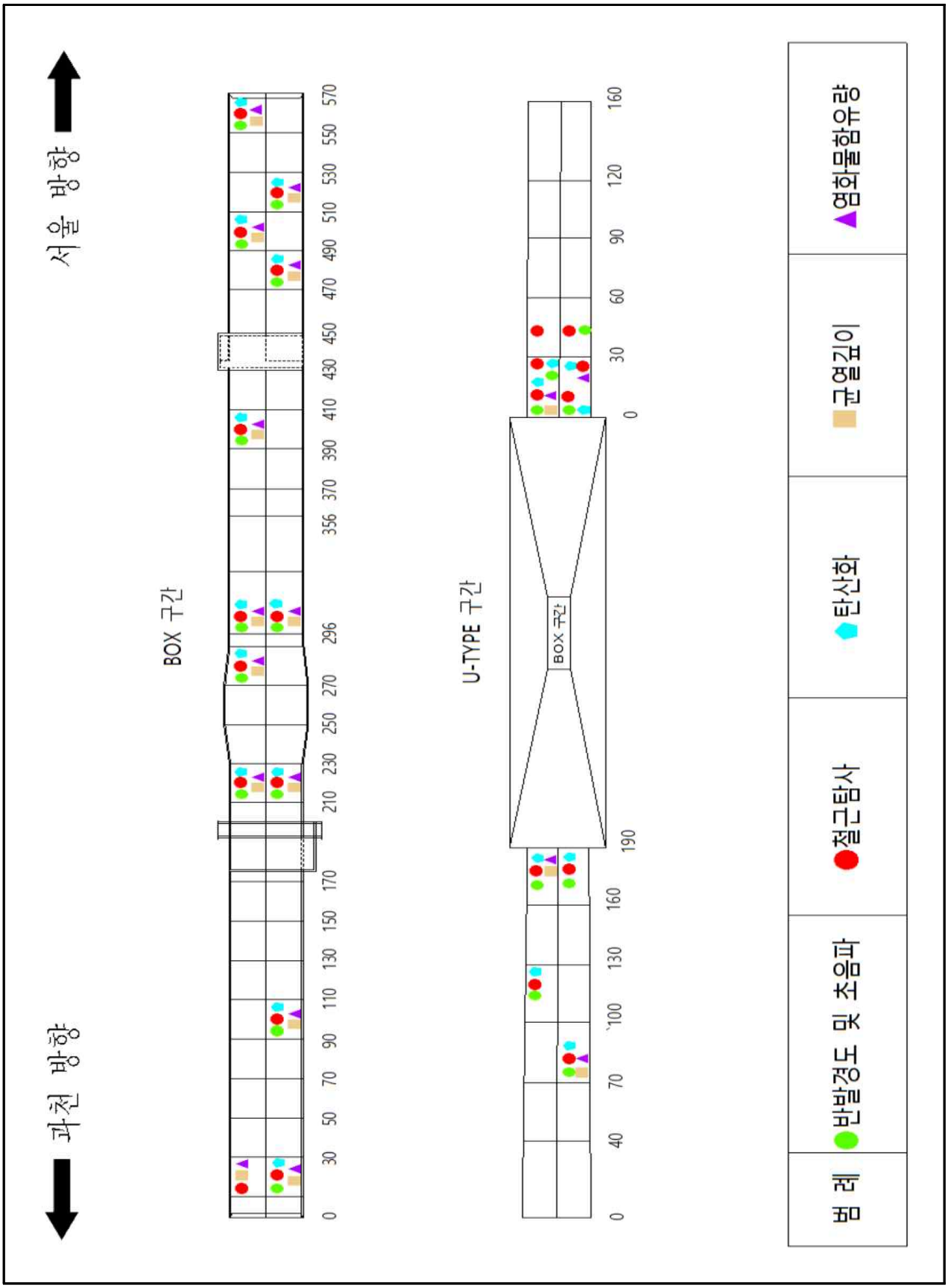
【표 3.5.1】 남태령지하차도 콘크리트 비파괴시험 현황

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">항 목</th><th colspan="2">기준수량</th><th colspan="2">실시 수량 (개소)</th><th rowspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th>BOX구간</th><th>U-TYPE구간</th><th>BOX구간</th><th>U-TYPE 구간</th></tr>
<tr><td colspan="2">측점분할</td><td>• 5~50m 간격</td><td>• 20m 간격, 신축이음부</td><td>29</td><td>18</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">단면측량</td><td>•(총연장÷200m)+1</td><td>-</td><td>13</td><td>-</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">비파괴 강도</td><td>반발경도</td><td rowspan="2">•(총연장÷100m)×2</td><td rowspan="2">-</td><td>12</td><td>8</td><td></td></tr>
<tr><td>초음파시험</td><td>12</td><td>8</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">철근탐사시험</td><td rowspan="3">• 총연장 1,000m미만 = 4개소
• 총연장 1,000m이상 = 최초 4개소 + 500m당 1개소 추가</td><td rowspan="3">• 총연장 100m미만 = 2개소
• 총연장 100m 이상 = 50m당 1개소 추가</td><td>13</td><td>10</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">탄산화깊이 측정</td><td>12</td><td>8</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">염화물함유량시험</td><td>13</td><td>4</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">균열깊이 조 사</td><td>• 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정</td><td>• 평가단위에서 조사된 최대균열폭에 실시</td><td>11</td><td>3</td><td>Cw=0.1~0.3㎜ 균열</td></tr>
<tr><td colspan="2">측량</td><td>-</td><td>• 옹벽의 선형측량 및 수준측량</td><td>-</td><td>시・종점 옹벽</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">철근부식도 시험</td><td>• 책임기술자 판단에 따라 조사 및 수량 결정</td><td>• 좌동</td><td>현장조사에 따라 수량 결정</td><td>현장조사에 따라 수량 결정</td><td></td></tr>
</table>

※철근부식도 시험의 경우 철근탐사 시험 및 탄산화 깊이 측정을 통해 탄산화 잔여깊이에 대한 철근부식 발생 가능성이 높을시 철근부식도 시험을 실시하고자 하였으나, 탄산화에 의한 부식발생 우려가 없으므로 철근부식도 시험을 생략하였다.

반발경도시험	반발경도시험	초음파전달속도시험
초음파전달속도시험	탄산화 깊이 측정	탄산화 깊이 측정
철근탐사시험	철근탐사시험	염화물 시료채취
옹벽 경사도 측정	단면측량	선형 및 수준측량

【사진 3.5.1】 콘크리트 내구성조사 전경



【그림 3.5.1】남태령지하차도 콘크리트 내구성조사 위치도

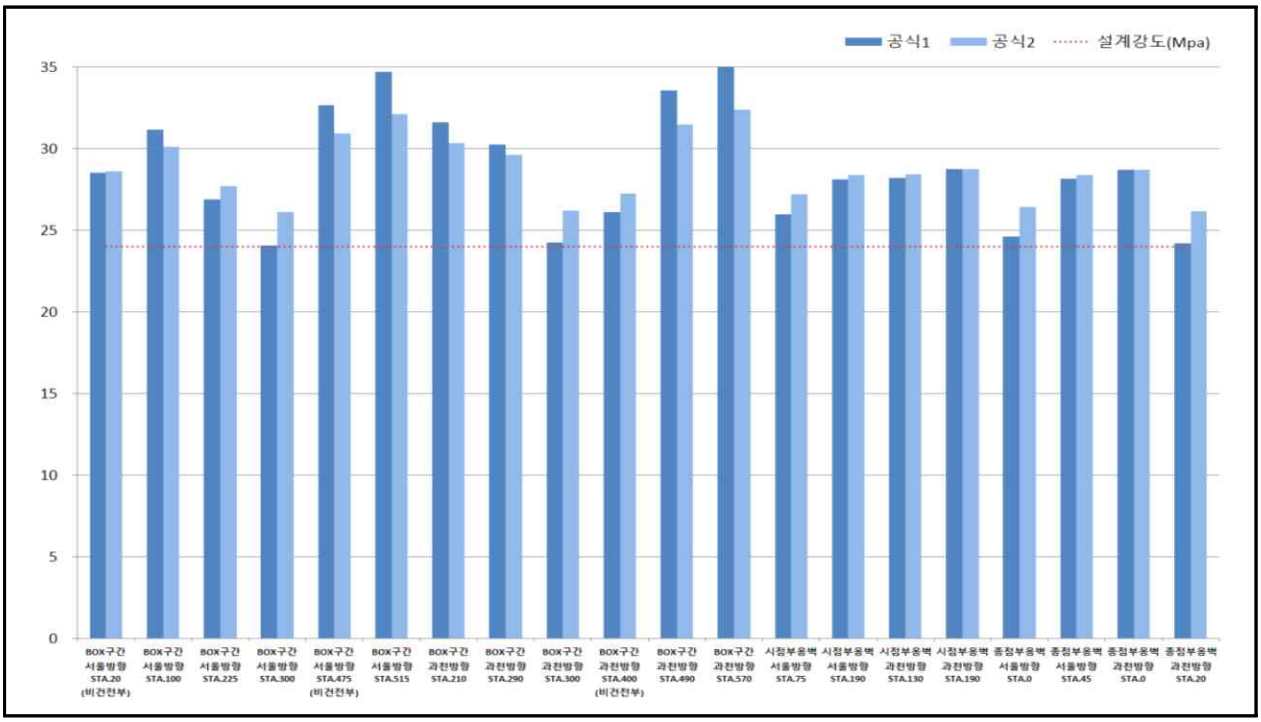
3.5.1 콘크리트 강도시험

남태령지하차도의 콘크리트 비파괴강도시험은 반발경도법 및 초음파속도법를 이용하여 BOX구간 슬래브에서 총 12개소, U-TYPE구간 벽체에서 8개소의 비파괴강도시험을 실시하였으며, 측정결과는 다음과 같다.

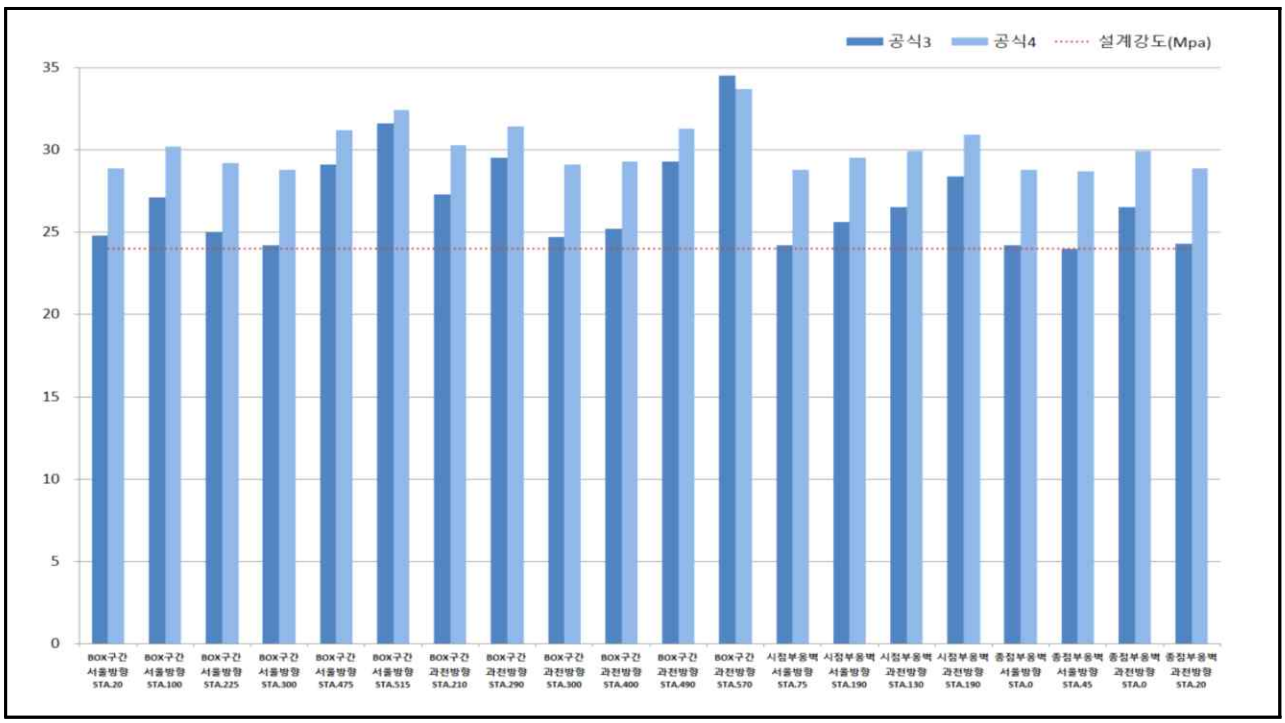
가. 비파괴강도 시험결과

【표 3.5.2】비파괴강도 시험결과

시험위치					비파괴시험		반발경도법(㎫)		초음파속도법(㎫)		설계기준강도(㎫)
					반발경도(R_o)	초음파속도(V_d)	식①	식②	식③	식④	
BOX구간	슬래브	서울방향		STA.20	49.9	4.035	28.6	28.6	24.8	28.9	24
				STA.100	53.1	4.171	31.2	30.1	27.1	30.2	
				STA.225	47.8	4.070	26.9	27.7	25.0	29.2	
				STA.300	44.3	4.032	24.1	26.1	24.2	28.8	
				STA.475	55.0	4.265	32.7	31.0	29.1	31.2	
				STA.515	57.6	4.384	34.7	32.1	31.6	32.4	
		과천방향		STA.210	53.7	4.178	31.6	30.4	27.3	30.3	
				STA.290	52.0	4.286	30.3	29.6	29.5	31.4	
				STA.300	44.5	4.055	24.3	26.2	24.7	29.1	
				STA.400	46.8	4.078	26.1	27.3	25.2	29.3	
				STA.490	56.1	4.275	33.6	31.5	29.3	31.3	
				STA.570	58.2	4.520	35.2	32.4	34.5	33.7	
U-TYPE구간	벽체	시점측	서울방향	STA.75	46.7	4.031	26.0	27.2	24.2	28.8	
				STA.190	49.4	4.098	28.1	28.4	25.6	29.5	
			과천방향	STA.130	49.4	4.141	28.2	28.4	26.5	29.9	
				STA.190	50.1	4.234	28.7	28.8	28.4	30.9	
		종점측	서울방향	STA.0	44.9	4.031	24.6	26.4	24.2	28.8	
				STA.45	49.4	4.02	28.2	28.4	24.0	28.7	
			과천방향	STA.0	43.9	4.140	28.7	28.7	26.5	29.9	
				STA.20	44.4	4.036	24.2	26.2	24.3	28.9	



【그림 3.5.2】 반발경도시험 압축강도 추정결과



【그림 3.5.3】 초음파속도시험 압축강도 추정결과

- 각 시험법에 의한 비파괴강도 검토결과, 설계기준 대비 반발경도법은 BOX구간 100.4~146.7%, U-TYPE구간 100.8~120.0%, 초음파속도법은 BOX구간 100.8~143.8%, U-TYPE구간 100.0~128.8%로 비파괴 추정강도는 설계기준강도를 상회하는 값으로 분석되었다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 BOX구간 슬래브와 옹벽에 대한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.5.3】 비파괴강도시험 결과분석

구 분	시험방법	추정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
BOX구간	반발경도법	24.1~35.2	24.0	100.4~146.7
	초음파속도법	24.2~34.5	24.0	100.8~143.8
옹벽구간	반발경도법	24.2~28.8	24.0	100.8~120.0
	초음파속도법	24.0~30.9	24.0	100.0~128.8

나. 기 진단(2018년) 결과와의 비교

【표 3.5.4】 비파괴강도 기 진단(2018년) 결과와의 비교

구 분		전회(2018년) 진단	금회(2023년) 진단	설계기준강도
BOX구간	반발경도법	22.1~32.6	24.1~35.2	24.0
	초음파속도법	22.0~27.4	24.2~34.5	24.0
옹벽구간	반발경도법	21.9~28.6	24.2~28.8	24.0
	초음파속도법	21.4~28.6	24.0~30.9	24.0
검토의견		■ 기 진단(2018년)과 비교 · 분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물의 강도저하는 없는 것으로 판단됨		

3.5.2 철근탐사 시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 철근배근간격 및 피복두께 측정을 위해 철근배근 구간의 BOX구간 슬래브에 대해서 총 13개소, U-TYPE구간 벽체에 대해서 총 10개소의 철근탐사 시험을 실시하였으며, 측정결과는 다음과 같다.

가. 철근탐사 시험결과

【표 3.5.5】 철근탐사 시험결과(BOX구간)

시험위치				철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비고
					배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
BOX구간	슬래브	서울방향	STA.20	주철근	@123	82	@150	80	
				배력철근	@312	-	@250	-	
			STA.100	주철근	@123	74	@150	80	
				배력철근	@297	-	@250	-	
			STA.225	주철근	@124	77	@150	80	
				배력철근	@287	-	@250	-	
			STA.300	주철근	@114	71	@150	80	
				배력철근	@146	-	@250	-	
			STA.475	주철근	@123	82	@150	80	
				배력철근	@180	-	@250	-	
			STA.515	주철근	@120	74	@150	80	
				배력철근	@308	-	@250	-	
		과천방향	STA.20	주철근	@126	72	@150	80	
				배력철근	@275	-	@250	-	
			STA.210	주철근	@126	79	@150	80	
				배력철근	@153	-	@250	-	
			STA.290	주철근	@128	49	@150	80	
				배력철근	@158	-	@250	-	
			STA.300	주철근	@122	53	@150	80	
				배력철근	@150	-	@250	-	
			STA.395	주철근	@124	82	@150	80	
				배력철근	@260	-	@250	-	
			STA.495	주철근	@126	74	@150	80	
				배력철근	@280	-	@250	-	
			STA.570	주철근	@118	72	@150	80	
				배력철근	@147	-	@250	-	

【표 3.5.6】 철근탐사 시험결과(U-TYPE구간)

시험위치					철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비고
						배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
U-TYPE구간	벽체	시점측	서울방향	STA.75	주철근	@259	89	@125	100	
					배력철근	@130	-	@150	-	
				STA.190	주철근	@235	86	@125	100	
					배력철근	@130	-	@150	-	
			과천방향	STA.130	주철근	@201	74	@125	100	
					배력철근	@210	-	@150	-	
				STA.190	주철근	@230	117	@125	100	
					배력철근	@120	-	@150	-	
		종점측	서울방향	STA.0	주철근	@133	47	@125	100	
					배력철근	@135	-	@150	-	
				STA.10	주철근	@125	49	@125	100	
					배력철근	@160	-	@150	-	
				STA.45	주철근	@125	49	@125	100	
					배력철근	@135	-	@150	-	
			과천방향	STA.0	주철근	@120	47	@125	100	
					배력철근	@110	-	@150	-	
				STA.20	주철근	@126	47	@125	100	
					배력철근	@150	-	@150	-	

본 과업대상 지하차도와 옹벽에 대하여 철근탐사 수행결과, 측정된 철근배근 간격 및 피복두께는 설계치와 비교시 준공도면과 대체로 일치하나 일부 위치에서 배근간격이 다소 상이하며, 피복두께도 다소 부족한 것으로 측정되어 구조물에 대한 지속적인 주의관찰이 요구된다.

나. 기 진단(2018년) 결과와의 비교

【표 3.5.7】 철근탐사 시험 기 진단(2018년) 결과와의 비교

구 분			전회(2018년) 진단	금회(2023년) 진단	비 고
BOX 구간	주철근	배근간격	100~470	114~128	
		피복두께	40~112	49~82	
	배력철근	배근간격	100~310	146~312	
		피복두께	-	-	
옹벽 구간	주철근	배근간격	100~300	120~259	
		피복두께	36~117	47~117	
	배력철근	배근간격	120~150	110~210	
		피복두께	-	-	
검토의견			■ 기 진단(2018년)과 비교 · 분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 존재하며 지속적인 주의관찰이 요구됨		

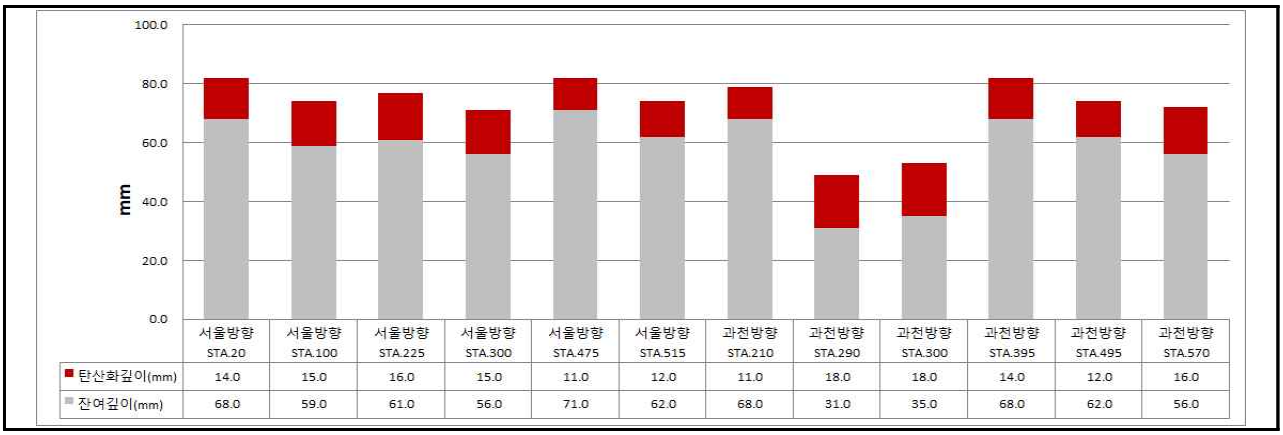
3.5.3 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 BOX구간 슬래브에서 총 12개소, U-TYPE구간 벽체에서 총 8개소의 탄산화 잔여깊이를 측정하였으며, 실측 최소 피복두께를 적용하기 위해 철근탐사시험과 동일한 위치를 선정하였고, 그 결과는 다음과 같다.

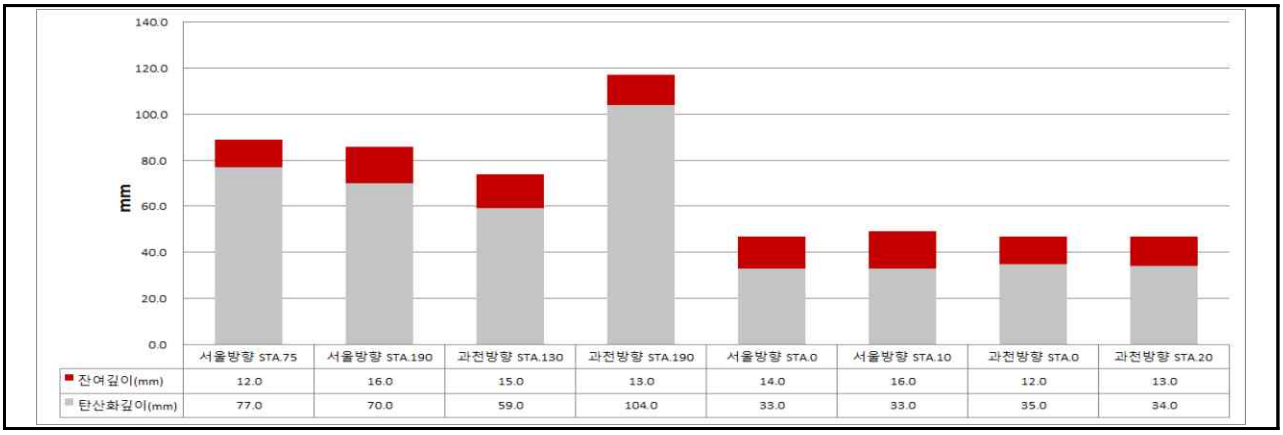
가. 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.5.8】 탄산화깊이 측정결과 및 평가

시험위치					탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	철근 도달기간 (년)	비 고
BOX구간	슬래브	서울방향		STA.20	14.0	82.0	68.0	a	3.130	666	
				STA.100	15.0	74.0	59.0	a	3.354	467	
				STA.225	16.0	77.0	61.0	a	3.578	443	
				STA.300	15.0	71.0	56.0	a	3.354	428	
				STA.475	11.0	82.0	71.0	a	2.460	1091	
				STA.515	12.0	74.0	62.0	a	2.683	741	
		과천방향		STA.210	11.0	79.0	68.0	a	2.460	1012	
				STA.290	18.0	49.0	31.0	a	4.025	128	
				STA.300	18.0	53.0	35.0	a	4.025	153	
				STA.395	14.0	82.0	68.0	a	3.130	666	
				STA.495	12.0	74.0	62.0	a	2.683	741	
				STA.570	16.0	72.0	56.0	a	3.578	385	
U-TYPE구간	벽체	시점측	서울방향	STA.75	12.0	89.0	77.0	a	2.683	1080	
				STA.190	16.0	86.0	70.0	a	3.578	558	
			과천방향	STA.130	15.0	74.0	59.0	a	3.354	467	
				STA.190	13.0	117.0	104.0	a	2.907	1600	
		종점측	서울방향	STA.0	14.0	47.0	33.0	a	3.130	205	
				STA.10	16.0	49.0	33.0	a	3.578	168	
			과천방향	STA.0	12.0	47.0	35.0	a	2.683	287	
				STA.20	13.0	47.0	34.0	a	2.907	241	



【그림 3.5.4】 남태령지하차도 탄산화깊이 측정결과(BOX구간)



【그림 3.5.5】 남태령지하차도 탄산화깊이 측정결과(U-TYPE구간)

콘크리트 부재에 대한 탄산화 깊이 측정결과, 실측 피복두께와 비교시 탄산화 잔여깊이가 30.0㎜ 이상으로 측정되어 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022. 12)』의 건전성 평가 기준에 의거 "a"로 평가되었으며, 철근까지의 탄산화 도달기간은 시험개소 모두 100년 이상으로 측정되어 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

나. 기 진단(2018년) 결과와의 비교

【표 3.5.9】 탄산화깊이 기 진단(2018년) 결과와의 비교

구 분	전회(2018년) 진단	금회(2023년) 진단	비 고
BOX구간	27.0~96.0	31.0~71.0	
옹벽구간	35.0~102.0	33.0~104.0	
검토의견	■ 기 진단(2018년)과 비교 · 분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 판단됨		

3.5.4 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험은 BOX구간 슬래브에서 13개소, U-TYPE구간 벽체에서 4개소에 대하여 깊이별 시료를 채취하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

가. 염화물함유량 시험결과

【표 3.5.10】염화물함유량 시험결과 및 평가

시험위치		측정 깊이	염화물 함유량		평가 결과	비 고
			Cl^-(%)	Cl^-(kg/㎥)		
BOX구간		0~20㎜				
		20~40㎜				
		0~20㎜				
		20~40㎜				
		0~20㎜				
		20~40㎜				
		0~20㎜				
		20~40㎜				
		0~20㎜				
		20~40㎜				
		0~20㎜				
		20~40㎜				
		0~20㎜				
		20~40㎜				

※ 콘크리트 환산 염화물 함유량(kg/㎥) = 전 염화물 함유량(Cl^-)% / 100 × 콘크리트 단위중량(2,263kg/㎥)

【그림 3.5.6】염화물시험 측정결과

콘크리트 시료의 염화물함유량 평가는 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022. 12)” 평가기준에 의거하여 수행하였으며, 깊이별 분석결과, 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없는 상태인 “a”로 평가되었다.

나. 기 진단(2018년) 결과와의 비교

【표 3.5.11】 염화물함유량 기 진단(2018년) 결과와의 비교

구 분		전회(2018년) 진단	금회(2023년) 진단	비 고
염화물 함유량 (kg/㎥)	BOX구간	0.0702~0.2716		
	옹벽구간	0.1629~1.0546		
검토의견		■ 기 진단(2018년)과 비교 · 분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 철근피복근처의 염화물 함유량은 양호한 상태로 염해로 인한 철근부식 영향은 없을 것으로 판단됨		

3.5.5 균열깊이 측정결과

외관조사시 조사된 BOX구간 슬래브와 U-TYPE구간 벽체에서 균열폭 0.1~0.3㎜ 균열 중 임의로 대표손상을 선정하였으며, 초음파속도를 이용하여 균열깊이 측정을 실시하였다.

【표 3.5.12】균열깊이 측정결과

시험위치					균열폭 (㎜)	전달거리 (㎜)	초음파 전달시간 (μSec)		균열깊이 (㎜)	설계 피복두께 (㎜)	비고
							건전부 (To)	균열부 (Tc)			
BOX구간	슬래브	서울 방향		STA.20	0.1	100	32.7	54.7	66.9	82	
				STA.100	0.1	100	34.0	41.2	34.4	74	
				STA.225	0.2	100	45.6	84.8	78.5	77	
				STA.300	0.3	100	39.4	59.4	56.6	71	
				STA.475	0.2	100	25.1	32.4	40.6	82	
				STA.515	0.2	100	30.2	49.4	64.6	74	
		과천 방향		STA.20	0.2	100	43.2	76.0	72.3	72	
				STA.290	0.2	100	23.3	31.4	45.4	49	
				STA.300	0.2	100	39.6	59.5	56.1	53	
				STA.395	0.2	100	72.5	96.4	43.9	82	
				STA.495	0.2	100	29.4	48.5	65.4	74	
U-TYPE구간	벽체	시점	서울 방향	STA.75	0.2	100	34.4	69.3	87.6	89	
			과천 방향	STA.185	0.2	100	36.0	67.2	78.7	117	
		종점	과천 방향	STA.0	0.1	100	32.7	52.6	63.0	47	

균열깊이 측정결과, BOX구간 균열깊이 34.4~78.5.mm, U-TYPE구간 균열깊이 63.0~87.6mm로 슬래브 일부 구간에서 피복두께 이상으로 균열깊이가 측정되어 향후 내구성 저하가 우려되므로 지속적인 주의관찰이 요구된다.

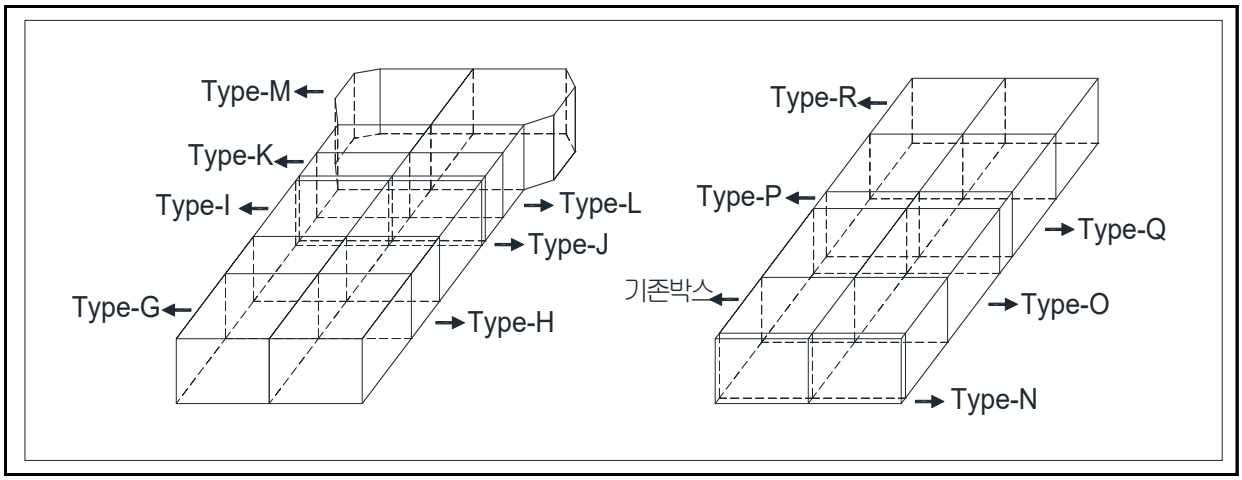
3.5.6 측량 결과

가. BOX구간 단면측량 결과

단면 측량은 BOX구간에 대해서 벽체 폭과 높이를 측정하였으며, 측정결과 폭(B)은 서울방향 -10～30㎜, 과천방향 -10～30㎜, 높이(H)는 서울방향 -50～100㎜, 과천방향 -50～110㎜의 편차를 일부 보이고 있으나 내부 마감재, 바닥 포장 두께 등에 의한 경미한 오차로 사료된다.

【표 3.5.13】 BOX구간 단면측량 결과

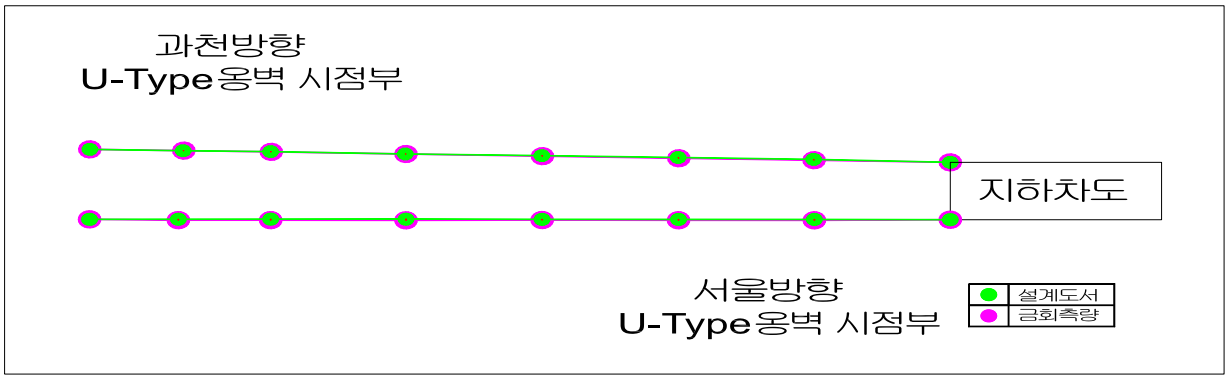
구분	Type	B×H	서울방향(B×H)	과천방향(B×H)	비고
Sta.0～70m	Type-G	8,050×5,000	8,030×4,930	8,040×4,940	
Sta.70～110m	Type-H	8,050×5,000	8,040×4,950	8,030×4,950	
Sta.110～170m	Type-I	8,050×5,000	8,030×4,930	8,030×4,920	T.R.M구간
Sta.170～175m	Type-J	8,050×5,000	8,020×4,910	8,030×4,940	
Sta.175～200m	Type-K	8,050×5,000	8,030×4,930	8,030×4,940	
Sta.200～230m	Type-L	8,050×5,000	8,020×4,900	8,020×4,910	
Sta.230～290m	Type-M	8,050～10,700×5,000	10,670×4,950	10,680×4,890	
Sta.290～296m	Type-N	8,050×5,000	8,020×4,900	8,020×4,910	
Sta.296～356m	기존 Box	8,050×5,000	8,030×4,940	8,030×4,940	
Sta.356～430m	Type-O	8,050×5,000	8030×4,900	8030×4,910	
Sta.430～448m	Type-P	8,050×5,000	8,020×4,950	8,030×4,930	
Sta.448～510m	Type-Q	8,050×5,000	8,020×4,950	8,030×4,930	
Sta.510～570m	Type-R	8,050×5,000	8,020×4,930	8,020×4,910	



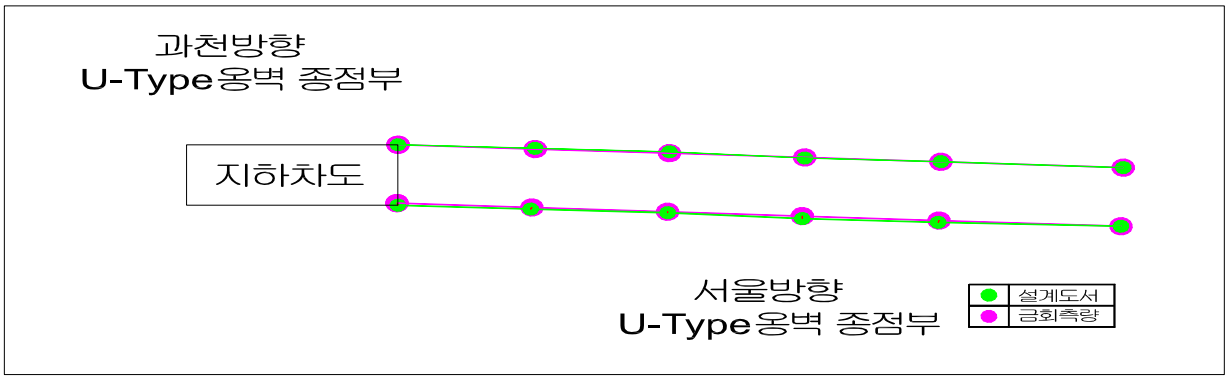
【그림 3.5.6】 BOX구간 단면측량 결과

나. 선형측량 결과

U-Type 옹벽구간 선형측량 결과 측량값과 도면상의 선형차는 옹벽 0.0~71.6㎜ 수준으로 시공 상태는 비교적 양호하며, 공용 중 침하, 활동, 전도 등에 의한 변위는 없는 것으로 판단된다.



<시점측 옹벽>



<종점측 옹벽>

【그림 3.5.7】 U-Type 옹벽 선형측량 결과

【표 3.5.14】 U-Type 옹벽구간 선형측량 결과

측 점			선형차(mm)	비고	측 점			선형차(mm)	비고
서울방향	시점	0m	0.0		과천방향	시점	0m	0.0	
		20m	26.4				20m	2.9	
		40m	29.5				40m	7.1	
		70m	38.3				70m	0.7	
		100m	20.0				100m	15.6	
		130m	24.4				130m	21.9	
		160m	25.6				160m	23.7	
		190m	0.0				190m	0.0	
	종점	0m	0.0			종점	0m	0.0	
		40m	46.8				40m	22.3	
		70m	29.8				70m	37.9	
		100m	71.6				100m	17.4	
		130m	52.4				130m	0.1	
		160m	62.2				160m	0.0	

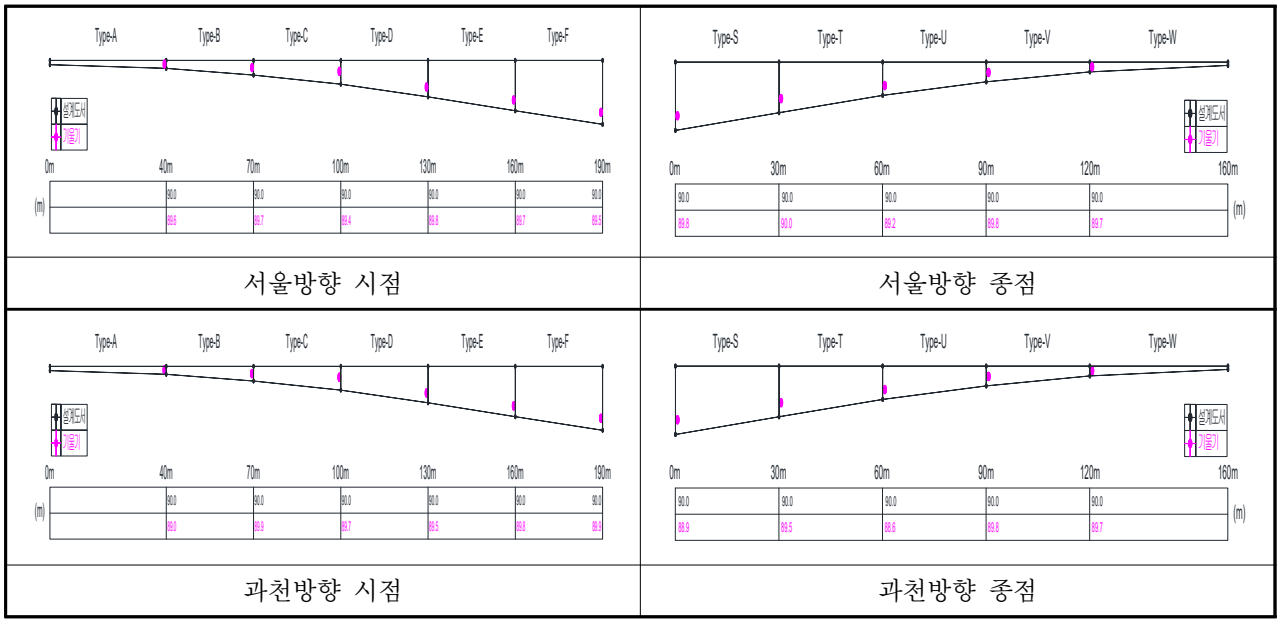
다. 계획 선형오차(기울기) 측정결과

계획 선형오차(기울기) 측정결과 0.0%~2.4% 으로 측정되었다. 이는 타일 마감 등에 의한 오차로 유추되며, 경사 또는 전도가 발생되지 않은 것으로 확인되어 별도의 보수가 필요하지 않은 상태로 판단된다.

【표 3.5.15】 계획선형오차(기울기) 측정결과

구분	위치			높이(m)	경사도(o)	기울기(%)	상태평가
옹벽 구간	서울 방향	시점	STA. 40m	0.95	89.6	0.7	a
			STA. 70m	1.78	89.7	0.5	a
			STA. 100m	2.85	89.4	1.0	a
			STA. 130m	4.31	89.8	0.3	a
			STA. 160m	5.98	89.7	0.5	a
			STA. 190m	7.47	89.5	0.9	a
		종점	STA. 40m	1.21	89.8	0.3	a
			STA. 70m	2.35	90.0	0.0	a
			STA. 100m	3.99	89.2	1.4	a
			STA. 130m	5.89	89.8	0.3	a
			STA. 160m	8.02	89.7	0.5	a
	과천 방향	시점	STA. 40m	1.01	89.0	1.7	a
			STA. 70m	1.75	89.9	0.2	a
			STA. 100m	2.82	89.7	0.5	a
			STA. 130m	4.32	89.5	0.9	a
			STA. 160m	6.00	89.8	0.3	a
			STA. 190m	7.48	89.9	0.2	a
		종점	STA. 40m	8.05	88.9	-1.9	a
			STA. 70m	5.88	89.5	-0.9	a
			STA. 100m	3.83	88.6	2.4	b
			STA. 130m	2.28	89.8	0.3	a
			STA. 160m	1.13	89.7	0.5	a

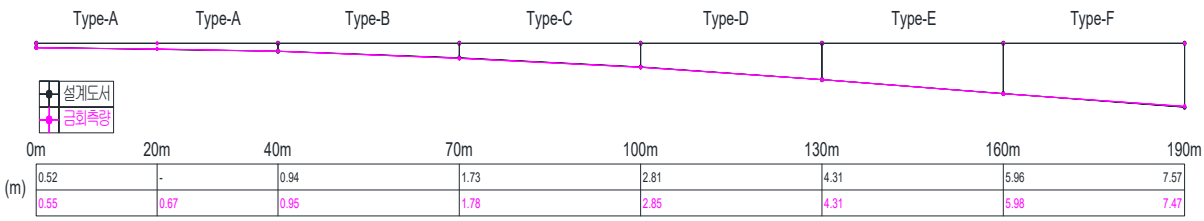
※ 측정값의 (-)부호는 옹벽 전면부측 기울기, (+)값은 옹벽 배면부측 기울기를 의미함



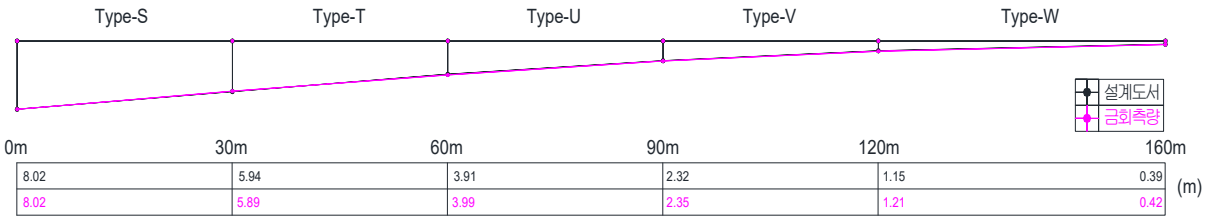
【그림 3.5.8】 U-Type 옹벽 기울기 측정 결과

라. 옹벽 수준측량 결과

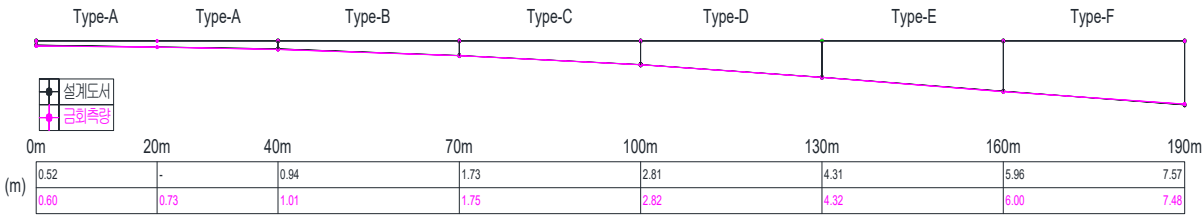
옹벽 수준측량결과 설계도면과의 오차는 약 0~100㎜ 수준으로 이는 측량기기 및 점검 거리, 옹벽 하단 포장두께 등에 오차로 인한 범위 내로 확인되어 침하에 의한 변위는 없는 것으로 판단된다.



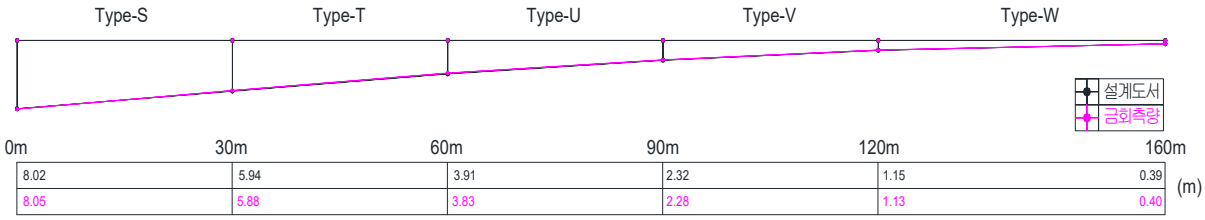
서울방향 시점



서울방향 종점



과천방향 시점



과천방향 종점

【그림 3.5.9】 U-Type 옹벽 수준측량 결과

3.5.7 현장시험 결과 요약

【표 3.5.14】현장시험 결과 요약

<table>
<tr><th>시험명</th><th colspan="2">시 험 위 치</th><th colspan="5">시 험 결 과</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="7">비파괴 강도 (㎫)</td><td>부재</td><td>시험종류</td><td colspan="2">추정강도(A)</td><td colspan="2">설계기준강도(B)</td><td>A/B×100(%)</td><td rowspan="7"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">BOX구간</td><td>반발경도법</td><td colspan="2">24.1~35.2</td><td colspan="2" rowspan="2">24.0</td><td>100.4~146.7</td></tr>
<tr><td>초음파속도법</td><td colspan="2">24.2~34.5</td><td>100.8~148.8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">옹벽구간</td><td>반발경도법</td><td colspan="2">24.2~28.8</td><td colspan="2" rowspan="2">24.0</td><td>100.8~120.0</td></tr>
<tr><td>초음파속도법</td><td colspan="2">24.0~30.9</td><td>100.0~128.8</td></tr>
<tr><td colspan="2">검토의견</td><td colspan="6">▪ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td rowspan="7">철근탐사 (㎜)</td><td colspan="2" rowspan="2">부재</td><td rowspan="2">철근종류</td><td colspan="2">측정치</td><td colspan="2">설계치</td><td rowspan="7"></td></tr>
<tr><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">BOX구간</td><td>주철근</td><td>114~128</td><td>49~82</td><td>150</td><td>80</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>146~312</td><td>-</td><td>250</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">옹벽구간</td><td>주철근</td><td>120~259</td><td>47~117</td><td>125</td><td>100</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>110~210</td><td>-</td><td>150</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">검토의견</td><td colspan="5">▪ 일부구간 배근간격이 다소 상이하며, 피복두께도 다소 부족한 것으로 측정되어 주의관찰이 요구됨</td></tr>
<tr><td rowspan="4">탄산화 잔여깊이 (㎜)</td><td colspan="2">부재</td><td>탄산화깊이</td><td>피복두께</td><td>잔여깊이</td><td>평가</td><td>잔존수명</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">BOX구간</td><td>11.0~18.0</td><td>49.0~82.0</td><td>31.0~71.0</td><td>a</td><td>100년이상</td></tr>
<tr><td colspan="2">옹벽구간</td><td>12.0~16.0</td><td>47.0~117.0</td><td>33.0~104.0</td><td>a</td><td>100년이상</td></tr>
<tr><td colspan="2">검토의견</td><td colspan="5">▪ 탄산화 잔여깊이가 30㎜이상인 “a”로 평가되며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨</td></tr>
<tr><td rowspan="4">염화물 함유량</td><td colspan="2">부재</td><td colspan="2">Cl^-(%)</td><td colspan="2">Cl^-(kg/m^3)</td><td>평가</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">BOX구간</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">옹벽구간</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">검토의견</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td rowspan="4">균열 깊이 (㎜)</td><td colspan="2">부재</td><td colspan="2">균열폭</td><td colspan="2">균열깊이</td><td>피복두께</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">BOX구간</td><td colspan="2">0.1~0.3</td><td colspan="2">34.4~78.5</td><td>49~82</td></tr>
<tr><td colspan="2">옹벽구간</td><td colspan="2">0.1~0.2</td><td colspan="2">63.0~87.6</td><td>47~117</td></tr>
<tr><td colspan="2">검토의견</td><td colspan="6">▪ 일부구간 피복두께 이상으로 균열깊이가 측정되어 향후 내구성 저하가 우려되므로 주의관찰 요구됨</td></tr>
</table>

3.5.8 기 진단(2018년) 결과 비교

【표 3.5.15】현장시험 기 진단(2018년) 결과 비교

시 험 명	시험부위			시험 결과		비 고
				전회(2018년) 진단	금회(2023년) 진단	
비파괴 강도 (㎫)	BOX 구간	반발경도법		22.1~32.6	24.1~35.2	■측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물의 강도저하는 없는 것으로 판단됨
		초음파속도법		22.0~27.44	24.2~34.5	
	옹벽 구간	반발경도법		21.9~28.6	24.2~28.8	
		초음파속도법		21.4~28.6	24.0~30.9	
철근탐사 (㎜)	BOX 구간	주 철근	배근간격	100~470	114~128	■측정위치에 따른 편차가 존재하며 지속적인 주의관찰이 요구됨
			피복두께	40~112	49~82	
		배력 철근	배근간격	100~310	146~312	
			피복두께	-	-	
	옹벽 구간	수직 철근	배근간격	100~300	120~259	
			피복두께	36~117	47~117	
		수평 철근	배근간격	120~150	110~210	
			피복두께	-	-	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	BOX구간			27.0～96.0	31.0～71.0	■측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 판단됨
	옹벽구간			35.0～102.0	33.0～104.0	
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	BOX구간					■측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 철근 피복근처의 염화물 함유량은 양호한 상태로 염해로 인한 철근부식 영향은 없을 것으로 판단됨
	옹벽구간					

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, 2022. 12」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.

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

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.2.1 상태평가 기준

가. 기본시설 및 부대시설

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

터널 갱구부에 비탈면 또는 옹벽 등이 존재하는 경우 상태평가기준은 본 세부지침에서 설정하고 있는 상태평가기준을 각각 적용한다.

【표 4.2.1】 터널의 기본시설물과 부대시설물의 종류

기본시설물	부대시설물
· 본선라이닝	· 연직갱 및 경사갱
· 갱문	· 환기구
· 개착터널	· 피난연락갱
· 지하차도	· 연결터널(환기시설)
· 지하정거장	· 갱구부옹벽

나. 상태평가 항목

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

【표 4.2.2】 터널 상태평가 항목

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

다. 결함지수 산정기준

금회 대상 시설물의 경우 지하차도와 U-Type옹벽으로 시공되었으며, 결함지수 산정기준은 다음과 같다.

1) 지하차도

【표 4.2.3】 지하차도 결함지수 산정기준

평가기준			a	b	c	d	e
			$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
철근 콘크리트 구조물	균 열		0~2	3~5	6~8	9~11	12~13
	누 수		0	1	2	3	4~5
	파손 및 손상		0	0	1	2	3
	재질열화	박 리	0	0	1	1	1
		층분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄 산 화	0	1	2	3	-
		염 화 물	0	1	1	2	-
주변 상태	배수상태		문제가 없는 경우 : 0				
			배수불량 또는 막힘 : 1~2				
	지반상태		풍화변질 및 단층파쇄대		영향범위 내 : 2~3		
					영향범위 외 : 1		
	갱문(접속부)상태		손 상 : 0~1				
철근콘크리트 결함지수(f) = $\frac{\Sigma 결함점수}{36}$, 터널결함지수(F) = $\frac{\Sigma 결함점수}{42}$							

2) 콘크리트 옹벽

【표 4.2.4】콘크리트 옹벽 결함지수 산정기준

평가기준		a	b	c	d	e
		0 ≤ f <0.15	0.15 ≤ f < 0.30	0.30 ≤ f <0.55	0.55 ≤ f <0.75	0.75 ≤ f
침 하		0	1	2	3	4
활 동		0	1	2	3	4
배수공상태		0	3	6	9	12
계획선형오차 (전도/경사)		0	1	2	3	4
파손 및 손상(재료분리)		0	1	2	3	4
균 열		0	2	4	6	8
마모/침식		0	0	1	1	1
재료 열화	박 리	0	0	1	1	2
	박락 및 층분리	0	1	2	3	4
	백태	0	0	1	1	1
	탄산화	0	1	2	4	4
	염화물	0	1	2	4	4
	철근노출	0	1	2	3	4
세 굴		0	4	8	12	16
주변 영향인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1

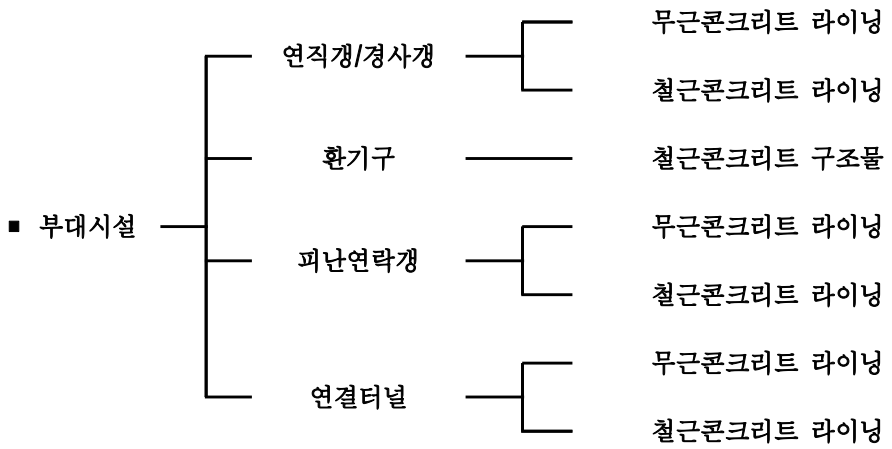
철근콘크리트 옹벽 결함지수(F)	①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{76}$	②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{60}$
중력식 옹벽 결함지수(F)	①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{64}$	②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{48}$

※ 철근이 포함되지 않은 구조물은 철근노출, 염화물, 탄산화 항목 제외
※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장 등)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용
※ 콘크리트 옹벽의 누수에 대한 평가는 철근콘크리트 옹벽에 한하여 실시하며, 평가단위당 균열폭 최대점을 기준으로 균열깊이 측정을 실시하여 균열깊이가 콘크리트 피복보다 클 경우에 결함점수를 한 단계 하향 조정함
※ 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절·성토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산함
※ 수중옹벽의 경우, 평가항목 중 배수공상태 항목은 설계도서를 검토하여 불필요시 결함지수에서 제외하며, 평가식의 분모에서 그 점수만큼 감산하여 계산함

라. 부대시설 결함지수 산정기준

1) 터널 부대시설 분류

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



【그림 4.2.1】 부대시설 분류

2) 부대시설 상태평가 항목

터널 부대시설은 기본시설과 같이 무근 및 철근콘크리트로 구성되어 있으므로 상태평가 시 고려해야할 주요 평가항목은 다음 【표 4.2.5】과 같다.

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

【표 4.2.5】 부대시설 상태평가 항목

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

3) 부대시설 가중치

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

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

시설물의 결함지수(F) = 기본시설 결함지수(F) × 부대시설 가중치(W)

【표 4.2.6】 부대시설의 가중치

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

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

부대시설의 결함지수(f) = Σ(fn) / N

여기서, fn : 개별 부대시설의 상태평가 결함지수

N : 개별 부대시설의 개수

부대시설 상태평가 결과 산정

- A등급(우수) : 터널 결함지수(f) 0.00≦f＜0.15
- B등급(양호) : 터널 결함지수(f) 0.15≦f＜0.30
- C등급(보통) : 터널 결함지수(f) 0.30≦f＜0.55
- D등급(미흡) : 터널 결함지수(f) 0.55≦f＜0.75
- E등급(불량) : 터널 결함지수(f) 0.75≦f

4.2.2 상태평가 항목 및 기준

가. 지하차도

1) 균열

【표 4.2.7】 균열 상태평가 기준

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

주) 진행성 균열의 경우 상태평가결과가 “d“ 이하 또는
고정 균열의 경우 면적율 20% 이상으로 “e“ 이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

<해 설>

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

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

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

(종균열) (횡균열) (경사균열) (망상균열)

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

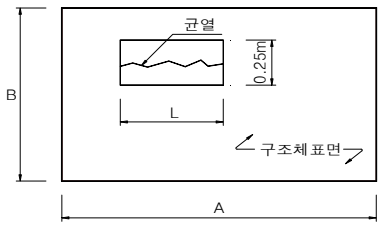
④ 구조적 균열은 설계 오류로 인한 균열, 외부 하중에 의한 균열, 단면 및 철근량의 부족에 의한 균열 등이 있다. 콘크리트 구조의 구조적 균열은 콘크리트와 철근사이의 응력, 변형률, 미끄러짐(slip), 부착응력 등에 따라 균열형성단계와 균열안정화 단계의 2단계로 형성된다. 구조적 균열발생시 면적율에 관계없이 평가는 1단계 하향조정하고, “d“이상으로 발생하였을 경우에는 안전성평가를 통하여 과하중의 양상과 그 결과의 분석을 실시하도록 한다.

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

⑥ 보수·보강부위는 기존의 균열폭과 길이의 변화, 새로운 균열 및 들뜸의 진행성 유무 등을 주기적인 점검(정기안전정검) 결과를 활용하여 평가할 수 있다.

⑦ 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율 20% 이상과 구조적균열 및 단차균열일 경우의 평가는 a→b, b→c, c→d, d→e로 하향 조정할 수 있다.

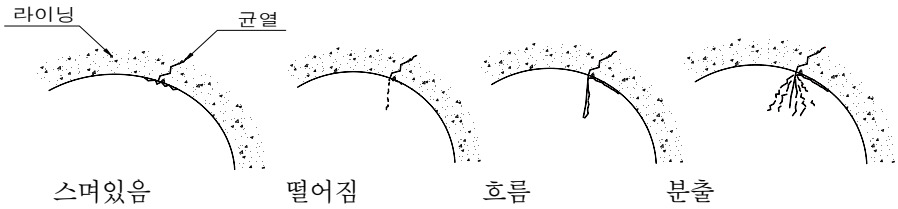
- 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하다.



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

2) 누수

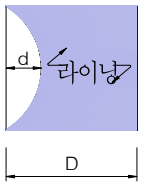
【표 4.2.8】 누수 상태평가 기준

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

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

3) 파손 및 손상

【표 4.2.9】 파손 및 손상 상태평가 기준

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

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

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

【표 4.2.10】 재질열화 상태평가 기준

평가기준 / 구 분	a	b	c	d	e
박 리	없 음	6㎜ 미만	6㎜ 이상 25㎜ 미만	25㎜이상 이거나 조골재 손실	박리가 극심하여 즉시 보수를 요하는 상태
층분리 및 박락	없 음	깊이 12㎜미만 또는 직경 75㎜미만	깊이 12~25㎜미만 또는 직경 75~150㎜미만	깊이 25㎜이상 또는 직경 150㎜이상	박락이 극심하여 즉시 보수를 요하는 상태
백 태, 재료분리	없 음	면적율 5%미만	면적율 5%이상 10%미만	면적율 10%이상 20%미만	면적율 20%이상
철근노출	없 음	면적율 1%미만	면적율 1%이상 3%미만	면적율 3%이상 5%미만	면적율 5%이상
탄산화 잔여깊이	30㎜ 이상	10㎜ 이상 30㎜ 미만	0㎜ 이상 10㎜ 미만	0㎜ 미만	-
전염화물 이온량	0.3kg/㎥이하	0.3kg/㎥ 초과 1.2kg/㎥ 미만	1.2kg/㎥ 이상 2.5kg/㎥ 미만	2.5kg/㎥ 이상	-
해 설	1) 박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리는 콘크리트의 재질에 대한 평가로서 경년이나 주변 환경 영향 등에 따라 열화되는 특성을 나타낸다. 2) 박리는 콘크리트 라이닝의 박리된 깊이를 기준으로 하며, 층분리 및 박락은 콘크리트 박락된 깊이, 직경, 상태 등을 고려하여 판단하도록 한다. 3) 박리 · 층분리 및 박락이 심한 경우에는 다른 변상조건들과 비교 · 검토하여 그 원인을 조사하도록 한다. 4) 백태 및 재료분리의 경우 발생범위와 정도로부터 판단하도록 한다. 5) 철근노출은 철근콘크리트 라이닝인 경우에 적용하며, 심한 부식이 우려되는 경우에는 부식도를 측정하여 철근의 부식상태를 평가하도록 한다. 또한, 철근노출 발생 면적은 철근 노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다. 6) 탄산화 깊이에 대한 평가는 제1장 교량[표 1.28] 해설을 따른다. 〈일본구조물진단기술협회「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」(2003년)〉 7) 채취 코어의 전염화물 이온 시험결과에서 염화물에 의한 강재부식 가능성을 평가하며, 염화물 함유량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가기준 범위를 “a~d”로 한다. 염화물 함유량 분석은 철근 깊이까지 깊이별(10㎜ ~ 20㎜)로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 하며, 염화물 이온농도의 분포를 도시한다. 〈일본구조물진단기술협회「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」(2003년)〉 8) 박리, 층분리 및 박락의 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율이 20% 이상일 경우의 평가는 a→b, b→c, c→d, d→e로 하향 조정할 수 있다.				

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

5) 배수상태

【표 4.2.11】 배수상태 상태평가 기준

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

6) 지반상태

【표 4.2.12】 지반상태 상태평가 기준

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

7) 갱문(접속부)상태

【표 4.2.13】 갱문(접속부)상태 상태평가 기준

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

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

8) 공동구 상태

【표 4.2.14】 공동구상태 상태평가 기준

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

9) 특수조건(추가점수)

【표 4.2.15】 특수조건(추가점수) 상태평가 기준

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

나. 콘크리트 옹벽

1)침하의 상태평가

【표 4.2.16】 침하의 상태평가기준(콘크리트옹벽, 석축)

평가기준	결함점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5cm미만	2cm미만	○ 침하가 발생되지 않은 상태
b	1	5cm이상 ~ 8cm미만	2cm이상 ~ 5cm미만	○ 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	8cm이상 ~ 12cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	○ 침하의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	12cm이상 ~ 16cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	○ 침하의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	4	16cm이상	12cm이상	○ 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

2) 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가

【표 4.2.17】 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가기준(콘크리트옹벽, 석축)

평가기준	결함점수	최대기울기의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	2%미만	1%미만	○ 경사/전도가 발생되지 않은 상태
b	1	2%이상 ~ 3%미만	1%이상 ~ 2%미만	○ 부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	3%이상 ~ 4%미만	2%이상 ~ 3%미만	○ 경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	4%이상 ~ 6%미만	3%이상 ~ 4%미만	○ 경사/전도의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	4	6%이상	4%이상	○ 경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

※ 계획선형 오차는 준공시와 현시점에서의 변위발생으로 평가한다.
단, 설계도서 및 준공도서가 비치되어 있지 않은 경우에는 최초 측정시기와 현 측정시의 상대적인 값으로 평가한다.

3) 활동의 상태평가

【표 4.2.18】 활동의 상태평가기준(공통적용)

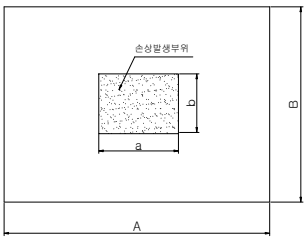
평가기준	결함점수	최대 활동의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5㎝미만	2㎝미만	○활동이 발생되지 않은 상태
b	1	5㎝이상 ~ 8㎝미만	2㎝이상 ~ 5㎝미만	○부분적으로 경미한 활동이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	8㎝이상 ~ 12㎝미만	5㎝이상 ~ 8㎝미만	○활동의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	12㎝이상 ~ 16㎝미만	8㎝이상 ~ 12㎝미만	○활동의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	4	16㎝이상	12㎝이상	○활동의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

4) 파손 및 손상, 재료분리의 상태평가

【표 4.2.19】 파손 및 손상, 재료분리의 상태평가기준

평가기준	결함점수	깊이	면적율 10%미만	면적율 10%이상
a	0	없음	a	a
b	1	0㎜~5㎜ 미만	b	c
c	2	5㎜~10㎜ 미만	c	d
d	3	10㎜~20㎜ 미만	d	e
e	4	20㎜ 이상	e	e

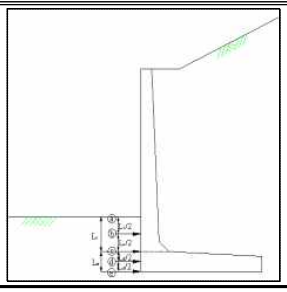
<해설>



$$\frac{\text{손상발생면적}}{\text{점검단위면적}} \times 100 = \frac{\text{손상폭}(a) \times \text{손상높이}(b)}{A \times B} \times 100 = \qquad \%$$

5) 기초부 세굴의 상태평가

【표 4.2.20】 기초부 세굴의 상태평가기준(공통적용)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	 - 콘크리트 옹벽 1) 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태 : a 2) 세굴이 (지표면에서 헌치하부 / 2) 부분까지 발생한 상태 : b 3) 세굴이 저판의 헌치하부까지 발생한 상태 : c 4) 세굴이 (저판의 최대두께 / 2) 부분까지 발생한 상태 : d 5) 세굴이 기초저면까지 발생한 상태 : e
b	4	
c	8	
d	12	
e	16	

※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우에는 본 항목을 고려하지 않는다.
주) 상태평가결과가 “e“이면 13.1.3절의 중대한 결함으로 본다.

6) 마모/침식의 상태평가

【표 4.2.21】 마모/침식의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 침식/마모된 부위가 없는 양호한 상태
b	0	○ 침식/마모에 의해 골재가 노출된 상태
c	1	○ 상, 하부와 비교해서 단면(철근덮개)이 감소되기 시작한 상태 (다소 심한상태)
d	1	○ 철근덮개가 탈락되고 철근이 부분적으로 노출되어 부식이 발생한 상태 (심한상태)
e	1	○ 침식부위의 철근이 완전히 노출되어 구조적인 기능을 상실한 상태 (매우 심한상태)

7) 박락 및 층분리의 상태평가

【표 4.2.22】 박락 및 층분리의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태	면적율 20% 미만	면적율 20% 이상
a	0	없음	a	a
b	1	15㎜ 미만	b	c
c	2	15㎜~20㎜ 미만	c	d
d	3	20㎜~25㎜ 미만	d	e
e	4	25㎜ 이상	e	e

※ 박락 및 층분리는 콘크리트 벽체의 박락된 깊이, 직경, 상태 등을 고려하여 판단하도록 한다.

8) 박리의 상태평가

【표 4.2.23】박리의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태	면적율 20% 미만	면적율 20% 이상
a	0	없음	a	a
b	0	0.5㎜ 미만	b	c
c	1	0.5㎜~1.0㎜ 미만	c	d
d	1	1.0㎜~25㎜ 미만	d	e
e	2	25㎜ 이상이거나 조골재 손실	e	e

※ 박리는 콘크리트 벽체의 박리된 깊이를 기준으로 평가한다.

9) 균열의 상태평가

【표 4.2.24】균열의 상태평가기준

평가기준	결함점수	최대균열폭	면적율 20%미만	면적율 20%이상 또는 구조적 균열
a	0	0.1㎜ 미만	a	a
b	2	0.1~0.2㎜ 미만	b	c
c	4	0.2~0.3㎜ 미만	c	d
d	6	0.3~0.5㎜ 미만	d	e
e	8	0.5㎜이상	e	e

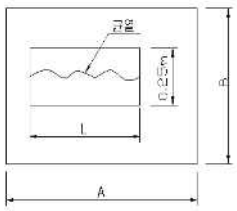
<해설>

1) 진행성의 유무가 확인되지 않은 경우에 적용하며, 진행성이 확인되는 경우 단계를 하향조정하고 정밀진단을 실시하여 정기적으로 관찰하도록 한다.

2) 균열형상은 종균열, 횡균열, 망상균열, 경사균열로 구분하며, 옹벽 상·하부에 걸쳐 연결된 종균열의 경우 단계를 하향조정하고 균열의 원인을 조사하도록 한다.

3) 면적율이 20% 이하일 경우에는 결함단계를 기재하고, 면적율이 20%이상일 경우에는 a→a, b→c, d→e, e→e 로 하향 조정한다.

- 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.



$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{점검단위면적}(span)} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A \times B} \times 100 = \quad \%$$

4) 구조적 균열은 설계 오류로 인한 균열, 외부 하중에 의한 균열, 단면 및 철근량의 부족에 의한 균열 등이 있다.

콘크리트 구조의 구조적 균열은 콘크리트와 철근사이의 응력, 변형률, 미끄러짐(slip), 부착응력 등에 따라 균열형성단계와 균열안정화 단계의 2단계로 형성된다. 구조적 균열발생시 평가점수는 면적율에 관계없이 결함기준을 1단계 하향조정하고, ″d″ 이상으로 발생하였을 경우에는 안전성평가를 통하여 과하중의 양상과 그 결과의 분석을 실시하도록 한다.

5) 누수는 균열을 동반하여 발생하지만 지하수위가 낮거나 건기에는 누수에 대한 관찰이 어렵다.

따라서 누수에 대한 평가항목을 별도로 규정하지 않고 다음의 평가기준에 의하여 누수에 대한 영향을 고려하며, 적용범위는 철근콘크리트 옹벽에 한하여 실시한다.

- 누수가 육안으로 확인 가능한 경우에는 균열조사를 실시하여 평가결과보다 1단계 하향 조정한다.
- 누수가 육안으로 확인이 불가능한 경우에는 평가단위에서 조사된 최대 균열폭에 대하여 균열깊이를 실시한 후 균열깊이가 콘크리트 피복보다 클 경우 균열에 대한 결함점수를 1단계 하향 조정한다.

10) 백태의 상태평가

【표 4.2.25】 백태의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 없음
b	0	○ 국부적으로 발견
c	1	○ 여러곳에서 발견
d	1	○ 심한상태
e	1	○ 매우 심하고 범위가 매우 넓은 상태

11) 탄산화 잔여 깊이의 상태평가

【표 4.2.26】 탄산화 잔여 깊이의 상태평가기준

평가기준	결함점수	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	0	○30㎜이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	1	○10㎜이상 ~ 30㎜미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음
c	2	○0㎜이상 ~ 10㎜미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음
d	4	○0㎜미만	철근부식 발생
e	-	-	-

12) 전염화물 이온량의 상태평가

【표 4.2.27】 전염화물 이온량의 상태평가기준

평가기준	결함점수	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	0	○염화물 ≤ 0.3kg/m3	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	1	○0.3kg/m3<염화물<1.2kg/m3	콘크리트 중의 염화물 이온농도가 높으나, 부식이 발생할 가능성 적음
c	2	○1.2kg/m3≤염화물< 2.5kg/m3	향후 염화물에 의한 부식이 발생할 가능성 높음
d	4	○염화물 ≥ 2.5kg/m3	철근부식 발생
e	-	-	-

13) 철근노출의 상태평가

【표 4.2.28】 철근노출의 상태평가기준

평가기준	결함점수	철근노출 면적율
a	0	0%
b	1	0% 이상 ~ 1% 미만
c	2	1% 이상 ~ 3% 미만
d	3	3% 이상 ~ 5% 미만
e	4	5% 이상

$$\frac{\text{철근노출면적}}{\text{점검단위면적}(span)} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{A \times B} \times 100 = \quad \%$$

14) 배수공 상태의 상태평가

【표 4.2.29】 배수공 상태의 상태평가기준(석축, 콘크리트)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○배수공 내부가 우천시마다 맑은 물이 흘러서 깨끗한 상태
b	3	○배수공 내부가 우천시마다 세립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
c	6	○배수공 내부가 우천시마다 조립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
d	9	○배수공 내부에 전혀 배수된 흔적이 없고, 거미줄이나 기타 이물질이 있는 상태
e	12	○배수공을 전혀 설치하지 않은 경우

다. 공중이 이용하는 부위의 상태평가항목 및 기준

1) 추락방지시설

【표 4.2.30】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 4.2.31】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 4.2.32】 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 4.2.33】 환기구 등의 덮개의 상태평가기준

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

4.2.3 상태평가결과 산정방법

가. 지하차도

1) 1단계 : 라이닝 결함지수(f) 산정

① 라이닝 단위길이별 평가항목에 대해 최저의 결함점수를 부여한다. 균열의 결함점수는 일반적으로 평균값으로 취하며 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.

② 라이닝 단위길이별 결함지수를 구한다.

③ 라이닝 전체에 대한 결함지수(f)를 구한다. 이때 라이닝 단위길이별 평가항목에 대한 결함점수를 산술평균하여 구한다.

2) 2단계 : 라이닝 상태평가 결과 산정

① 라이닝 단위길이별 평가항목과 결함지수에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.

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

3) 3단계 : 터널 주변 상태 결함점수 산정

① 터널 주변 상태에 대한 배수, 지반, 갱문, 공동구상태의 결함점수를 부여한다.

② 특수조건에 해당 될 경우에는 추가점수를 부여한다. 터널결함지수(F) 산정시 분모에 대한 영향은 고려하지 않는다.

4) 4단계 : 터널 상태평가 결과 산정

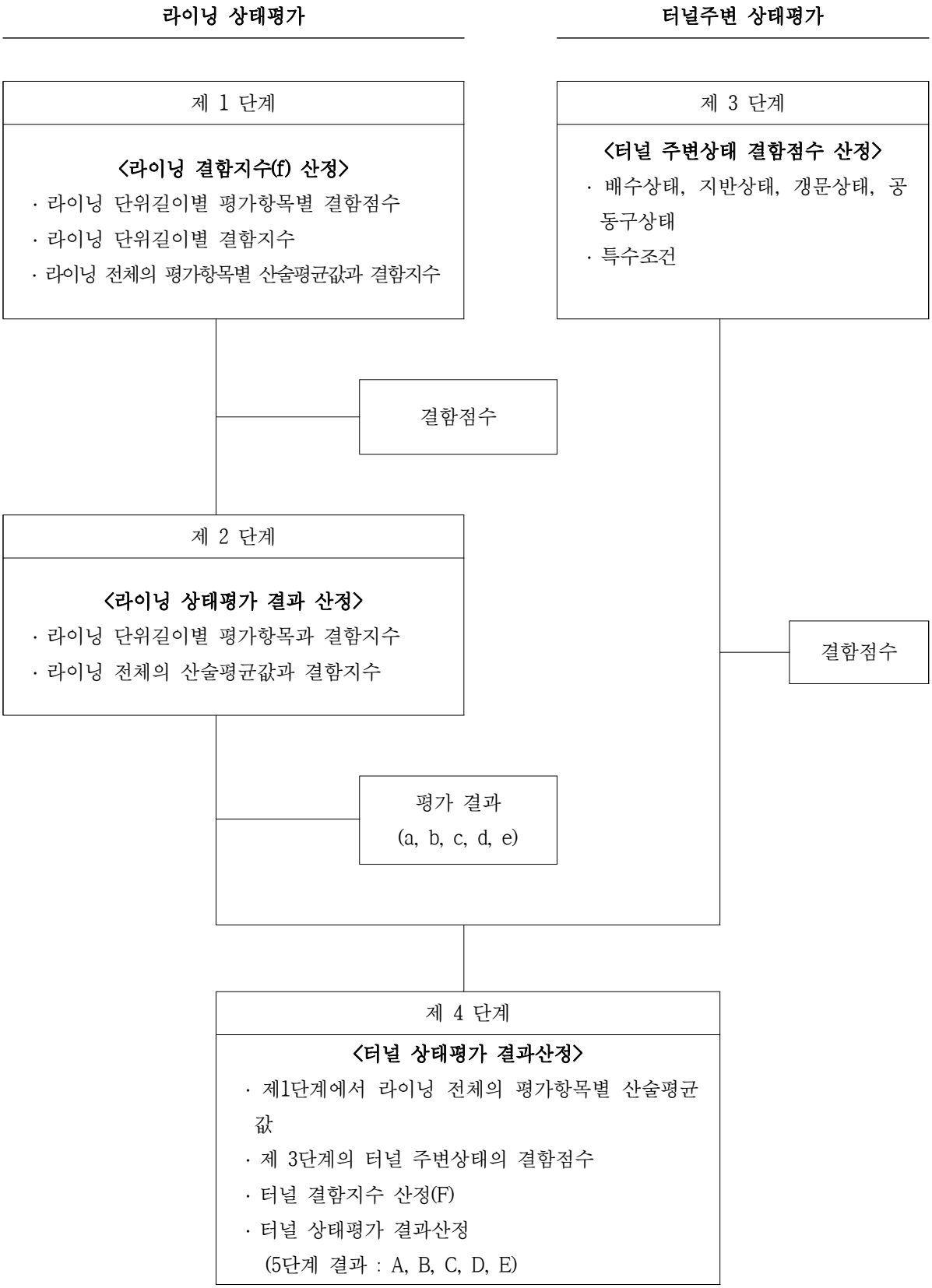
① 제1단계의 라이닝 결함지수(f) 산정시 사용한 평가항목별 결함점수 산술평균값과, 제3단계의 터널 주변상태 평가 결함점수를 합한다.

② 터널 결함지수(F)를 산정하고, 터널 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

③ 터널 상태평가 결과 산정

【표 4.2.30】 터널 상태평가 결과 산정

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



【그림 4.2.2】 상태평가 결과 산정절차

나. 부대시설 상태평가 결과 산정

1) 1단계 : 부대시설 결함지수(f) 산정

① 평가단위별 평가항목에 대해 최저의 결함점수를 부여한다. 균열의 결함점수는 일반적으로 평균값으로 취하며 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.

② 부대시설 평가단위별 결함지수를 구한다.

③ 부대시설에 대한 결함지수(f)를 구한다. 이때에 부대시설 평가항목에 대한 결함점수를 산술평균하여 구한다.

2) 2단계 : 전체 부대시설 상태평가 결과 산정

① 부대시설별 평가항목과 결함지수에 대한 평가를 5단계 (a, b, c, d, e)로 매긴다.

② 평가항목(산술평균값)과 결함지수(f)에 대한 평가를 5단계 (a, b, c, d, e)로 매긴다.

③ 개별 부대시설을 각각 평가한 후 산술평균하여 부대시설 결함지수를 산정하고 전체 부대시설 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

부대시설의 결함지수(f) = $\Sigma(fn)/N$

여기서, fn : 개별 부대시설의 상태평가 결함지수

N : 개별 부대시설의 개수

3) 3단계 : 전체 시설물 상태평가 결과 산정

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

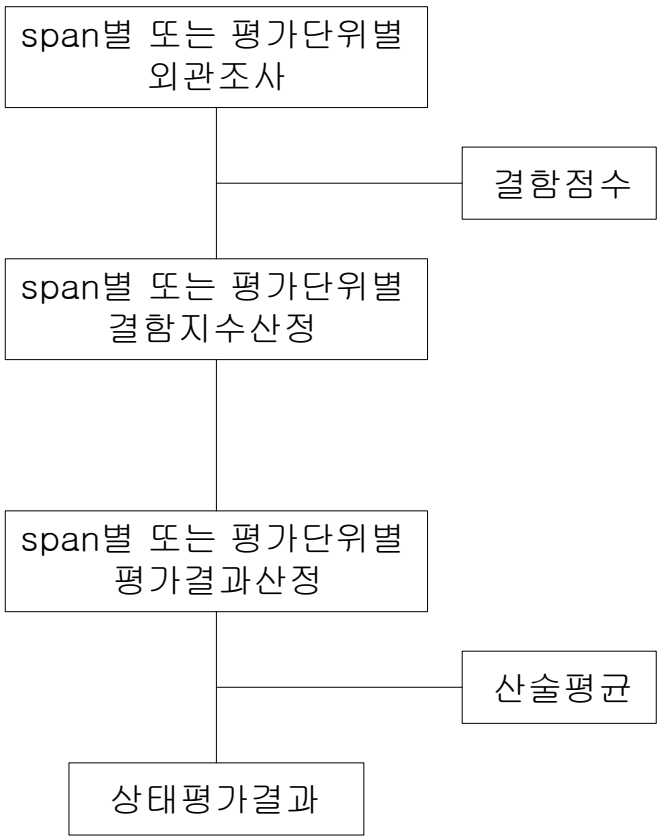
시설물의 결함지수(F) = 기본시설 결함지수(F) × 부대시설 가중치(W)

【표 4.2.31】 부대시설의 가중치

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

다. 콘크리트 옹벽

콘크리트 옹벽의 상태평가 과정은 신축이음부를 경계로 평가단위로 나누어 주며, 그 밖에 옹벽의 상태평가 과정은 평가단위(20m를 원칙으로 하나 현장상황에 따라 책임기술자가 조정가능)별 여러 결함에 대해 시설물 외관조사 평가항목별 세부기준에 합당하는 결함점수를 부여한 후 평가단위별 결함지수를 산정하여 평가단위별 단계를 각 평가단위에서 산정된 결함지수를 산술평균하여 상태평가결과를 결정한다.



【그림 4.2.3】 옹벽 상태평가결과 산정 흐름도

4.3 상태평가 결과

4.3.1 구간분할

정밀안전진단을 위한 외관조사, 각종 내구성조사 및 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위해서는 구조형식별 분류 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이며, BOX구간(570.0m)과 U-Type 옹벽(시점측 : 190.0m, 종점측 160.0m)에 대한 구간분할을 실시하였다.

【표 4.3.1】BOX구간 및 U-Type 옹벽 구간분할

구분	STA. (m)	거리 (m)	누적거리 (m)	구분	STA. (m)	거리 (m)	누적거리 (m)
시점측 U-Type 옹벽	0~10	10.0	10.0	BOX구간	270~290	20.0	480.0
	10~30	20.0	30.0		290~310	20.0	500.0
	30~50	20.0	50.0		310~330	20.0	520.0
	50~70	20.0	70.0		330~350	20.0	540.0
	70~90	20.0	90.0		350~370	20.0	560.0
	90~110	20.0	110.0		370~390	20.0	580.0
	110~130	20.0	130.0		390~410	20.0	600.0
	130~150	20.0	150.0		410~430	20.0	620.0
	150~170	20.0	170.0		430~450	20.0	640.0
	170~190	20.0	190.0		450~470	20.0	660.0
BOX구간	0~10	10.0	200.0		470~490	20.0	680.0
	10~30	20.0	220.0		490~510	20.0	700.0
	30~50	20.0	240.0		510~530	20.0	720.0
	50~70	20.0	260.0		530~550	20.0	740.0
	70~90	20.0	280.0		550~570	20.0	760.0
	90~110	20.0	300.0	종점측 U-Type 옹벽	0~20	20.0	780.0
	110~130	20.0	320.0		20~40	20.0	800.0
	130~150	20.0	340.0		40~60	20.0	820.0
	150~170	20.0	360.0		60~80	20.0	840.0
	170~190	20.0	380.0		80~100	20.0	860.0
	190~210	20.0	400.0		100~120	20.0	880.0
	210~230	20.0	420.0		120~140	20.0	900.0
	230~250	20.0	440.0		140~160	20.0	920.0
	250~270	20.0	460.0		-	-	-

4.3.2 상태평가 결과

가. 기본시설

1) 지하차도 결함지수 산정

【표 4.3.2】지하차도 결함지수 산정

구분 (STA.)	형식	연장 (m)	균열		누수		파손 및 손상		박리		층분리 및 박락		백태		재료 분리		철근 노출		탄산화		염화물		결함 점수 합계	라이닝 결함 지수
			균열폭 (mm)						깊이 (mm)		깊이 (mm)		면적율 (%)		면적율 (%)		면적율 (%)		잔여 깊이 (mm)		이온량 (kg/㎥)			
0~10	철근	10.0	0.3	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0.01	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
10~30	철근	20.0	0.2	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
30~50	철근	20.0	0.2	4/b	스며 있음	1/b	0.1	0/b	0	0/a	0	0/a	0.01	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	5.000	0.139
50~70	철근	20.0	0.2	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0.01	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
70~90	철근	20.0	0.2	4/b	없음	0/a	0.1	0/b	0	0/a	0	0/a	0.01	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
90~110	철근	20.0	0.2	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	10	0/b	0.01	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
110~130	철근	20.0	0.2	4/b	떨어짐	2/c	0.1	0/b	0	0/a	10	0/b	0.1	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	6.000	0.167
130~150	철근	20.0	0.2	4/b	떨어짐	2/c	0	0/a	0	0/a	0	0/a	1	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	6.000	0.167
150~170	철근	20.0	0.2	4/b	떨어짐	2/c	0	0/a	0	0/a	0	0/a	1	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	6.000	0.167
170~190	철근	20.0	0.2	4/b	떨어짐	2/c	0.1	0/b	0	0/a	10	0/b	0.1	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	6.000	0.167
190~210	철근	20.0	0.3	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0.01	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
210~230	철근	20.0	0.2	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
230~250	철근	20.0	0.2	4/b	없음	0/a	0.1	0/b	0	0/a	0	0/a	0.01	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
250~270	철근	20.0	0.2	4/b	없음	0/a	0.1	0/b	0	0/a	0	0/a	0.01	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
270~290	철근	20.0	0.2	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0.01	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
290~310	철근	20.0	0.3	4/b	없음	0/a	0.1	0/b	5	0/b	0	0/a	0.01	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
310~330	철근	20.0	0.2	4/b	떨어짐	2/c	0.1	0/b	0	0/a	10	0/b	0.02	0/b	0	0/a	0.01	1/b	-	0/x	-	0/x	7.000	0.194
330~350	철근	20.0	0.2	4/b	없음	0/a	0.1	0/b	5	0/b	10	0/b	0.01	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
350~370	철근	20.0	0.2	4/b	스며 있음	1/b	0.1	0/b	5	0/b	10	0/b	0.05	0/b	0	0/a	0.01	1/b	-	0/x	-	0/x	6.000	0.167
370~390	철근	20.0	0.3	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0.02	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
390~410	철근	20.0	0.3	4/b	없음	0/a	0.1	0/b	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
410~430	철근	20.0	0.2	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0.01	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
430~450	철근	20.0	0.2	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0.04	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
450~470	철근	20.0	0.3	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	10	0/b	0.02	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
470~490	철근	20.0	0.2	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0.01	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
490~510	철근	20.0	0.2	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0.01	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
510~530	철근	20.0	0.3	4/b	없음	0/a	0.1	0/b	5	0/b	0	0/a	0.05	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
530~550	철근	20.0	0.4	7/c	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0.01	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	7.000	0.194
550~570	철근	20.0	0.3	4/b	없음	0/a	0.1	0/b	0	0/a	0	0/a	0.02	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
산술평균		570.0	4.10		0.41		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.07		0.00		0.00		4.586	0.127

2) 지하차도 주변 상태 결함점수 산정

■ 지하차도 주변상태에 대한 결함점수 및 산정근거

- 배수상태 : 유도배수관 변형, 누수 등이 조사되어 1점 부여
- 지반상태 : 지반의 풍화변질 및 단층파쇄대 영양범위 외 이므로 1점 부여
- 갱문상태 : BOX구간 전면 벽체 균열, 파손 등 일부 손상이 조사되어 0.5점 부여
- 공동구 상태 : 미반영
- 특수조건 : 미반영

【표 4.3.3】 지하차도 주변 상태 결함점수 산정

지하차도주변	배수상태	지반상태	갱문상태	공동구상태	특수조건	합 계
결함점수	1	1	0.5	-	-	2.5

3) 기본시설 상태평가 결과

본 지하차도의 BOX구간과 주변상태를 고려하여 평가한 결과, 결함지수는 0.169로 지하차도의 상태평가 결과는 0.169(B)이다.

【표 4.3.4】 기본시설 상태평가 결과

구분	라이닝										터널 주변	결함 점수	결함 지수 (A)	연장비 (B)	연장비 고려 결함지수 (A)*(B)
	균열	누수	파손 및 손상	재질열화											
				박리	층분리 및 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	염화물					
지하차도	4.10	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	2.50	7.09	0.169	1.000	0.169
											기본시설 결함지수				0.169

결함지수	0.169
기본시설 상태평가결과	B

나. 부대시설 상태평가

부대시설은 환기시설(전기실 포함), U-Type 옹벽구간으로 구성되어있다.

1) 환기시설 결함지수 및 상태평가 결과

【표 4.3.5】 시점측 환기시설 결함지수 산정

구분 (위치)	형식	연장 (m)	균열		누수		파손 및 손상		박리		층분리 및 박락		백태		재료 분리		철근 노출		탄산화		염화물		결함 점수 합계	라이닝 결함 지수
			균열폭 (mm)						깊이 (mm)		깊이 (mm)		면적율 (%)		면적율 (%)		면적율 (%)		잔여 깊이 (mm)		이온량 (kg/㎥)			
통로 BOX-1	철근	-	0.2	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0.02	0/b	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
통로 BOX-2	철근	-	0.2	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
통로 BOX-3	철근	-	0.2	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
통로 BOX-4	철근	-	0.2	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
환기실	철근	-	0.5	7/c	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0.1	1/b	-	0/x	-	0/x	8.000	0.222
전기실	철근	-	0.3	4/b	스며 있음	1/b	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	5.000	0.139
산술평균		-	4.50		0.17		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.17		0.00		0.00		4.833	0.134

【표 4.3.6】 종점측 환기시설 결함지수 산정

구분 (위치)	형식	연장 (m)	균열		누수		파손 및 손상		박리		층분리 및 박락		백태		재료 분리		철근 노출		탄산화		염화물		결함 점수 합계	라이닝 결함 지수
			균열폭 (mm)						깊이 (mm)		깊이 (mm)		면적율 (%)		면적율 (%)		면적율 (%)		잔여 깊이 (mm)		이온량 (kg/㎥)			
통로 BOX-1	철근	-	0.2	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0.01	0/b	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
통로 BOX-2	철근	-	0.2	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
통로 BOX-3	철근	-	0.2	4/b	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	4.000	0.111
계단	철근	-	0.2	4/b	스며 있음	1/b	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0.05	0/b	0	0/a	0.02	1/b	-	0/x	-	0/x	6.000	0.167
환기실	철근	-	0.5	7/c	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	-	0/x	-	0/x	7.000	0.194
산술평균		-	4.60		0.20		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.20		0.00		0.00		5.000	0.139

【표 4.3.7】 환기시설 상태평가 결과

구분	라이닝										결함 점수	결함 지수 (A)	연장비 (B)	연장비 고려 결함지수 (A)*(B)
	균열	누수	파손 및 손상	재질열화										
				박리	층분리 및 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	염화물				
시점측 환기시설	4.50	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.17	0.00	0.00	4.83	0.134	0.500	0.067
종점측 환기시설	4.60	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	5.00	0.139	0.500	0.069
											결함지수			0.136
											상태평가 결과			a

2) U-Type 옹벽 결함지수 및 상태평가 결과

【표 4.3.8】 시점측 U-Type 옹벽 결함지수 산정

구분	침하		활동		배수공 상태		계획선 형오차 (전도/ 경사)		파손 및 손상 (재료 분리)		균열		마모/ 침식		재질열화														결함 점수 합계	결함 지수
															박리		층분리 및 박락		백태		탄산화		염화물		철근노출		세굴			
0~10	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	0	0/a	0	0/a	0.2	4/c	양호	0/a	5	1/d	0	0/a	양호	0/a	-	0/x	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	5.000	0.066
10~30	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	0	0/a	0	0/a	0.2	4/c	양호	0/a	0	0/a	0	0/a	양호	0/a	-	0/x	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	4.000	0.053
30~50	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	0	0/a	5	2/c	0.2	4/c	양호	0/a	5	1/d	0	0/a	양호	0/a	-	0/x	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	7.000	0.092
50~70	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	0	0/a	0	0/a	0.2	4/c	양호	0/a	0	0/a	0	0/a	국부적	0/b	-	0/x	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	4.000	0.053
70~90	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	0	0/a	0	0/a	0.3	6/d	양호	0/a	0	0/a	0	0/a	국부적	0/b	77	0/a	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	6.000	0.079
90~110	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	0	0/a	5	2/c	0.2	4/c	양호	0/a	5	1/d	0	0/a	양호	0/a	-	0/x	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	7.000	0.092
110 ~130	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	0	0/a	0	0/a	0.2	4/c	양호	0/a	0	0/a	0	0/a	국부적	0/b	71	0/a	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	4.000	0.053
130 ~150	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	0	0/a	0	0/a	0.4	6/d	양호	0/a	5	1/d	0	0/a	양호	0/a	-	0/x	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	7.000	0.092
150 ~170	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	0	0/a	5	2/c	0.2	4/c	양호	0/a	5	1/d	0	0/a	국부적	0/b	-	0/x	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	7.000	0.092
170 ~190	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	0	0/a	0	0/a	0.2	4/c	양호	0/a	5	1/d	0	0/a	국부적	0/b	89.5	0/a	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	5.000	0.066
산술평균	0.00		0.00		0.00		0.00		0.60		4.40		0.00		0.60		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		5.600	0.074

【표 4.3.9】 종점측 U-Type 옹벽 결함지수 산정

구분	침하		활동		배수공 상태		계획선 형오차 (전도/ 경사)		파손 및 손상 (재료 분리)		균열		마모/ 침식		재질열화														결함 점수 합계	결함 지수
															박리		층분리 및 박락		백태		탄산화		염화물		철근노출		세굴			
0~20	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	0	0/a	5	2/c	0.2	4/c	양호	0/a	5	1/d	0	0/a	국부적	0/b	31	0/a	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	7.000	0.092
20~40	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	1.9	0/a	5	2/c	0.2	4/c	양호	0/a	0	0/a	0	0/a	국부적	0/b	34	0/a	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	6.000	0.079
40~60	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	1.9	0/a	5	2/c	0.2	4/c	양호	0/a	0	0/a	0	0/a	국부적	0/b	-	0/x	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	6.000	0.079
60~80	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	0.9	0/a	5	2/c	0.2	4/c	양호	0/a	5	1/d	0	0/a	국부적	0/b	-	0/x	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	7.000	0.092
80~100	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	2.4	1/b	5	2/c	0.3	6/d	양호	0/a	5	1/d	0	0/a	양호	0/a	-	0/x	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	9.000	0.118
100 ~120	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	0.3	0/a	0	0/a	0.2	4/c	양호	0/a	5	1/d	0	0/a	국부적	0/b	-	0/x	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	5.000	0.066
120 ~140	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	0.3	0/a	0	0/a	0.3	6/d	양호	0/a	0	0/a	0	0/a	국부적	0/b	-	0/x	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	6.000	0.079
140 ~160	0	0/a	0	0/a	깨끗	0/a	0.5	0/a	0	0/a	0.2	4/c	양호	0/a	5	1/d	0	0/a	양호	0/a	-	0/x	-	0/x	0	0/a	양호	0/0	5.000	0.066
산술평균	0.00		0.00		0.00		0.13		1.25		4.50		0.00		0.63		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		6.500	0.086

【표 4.3.10】 U-Type 옹벽 상태평가 결과

구분	침하	활동	배수 공 상태	계획 선형 오차 (전도/경사)	파손 및 손상 (재료 분리)	균열	마모 /침식	재질열화							결함 점수 합계	라이닝 결함 지수 (A)	연장비 (B)	연장비 고려 결함지수 (A)*(B)
								박리	층분리 및 박락	백태	탄산화	염화물	철근 노출	세굴				
시점측 U-Type 옹벽	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	4.40	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.60	0.074	0.543	0.040
종점측 U-Type 옹벽	0.00	0.00	0.00	0.13	1.25	4.50	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	0.086	0.457	0.039
															결함지수			0.079
															부대시설 상태평가 결과			a

3) 부대시설 상태평가 결과

본 지하차도의 부대시설을 결함점수로 환산한 결과, 부대시설 결함지수가 0.00≤F≤0.15로서, 문제점이 없는 상태로 평가되었다.

다. 상태평가 결과

본 지하차도의 결함점수 및 터널 주변 결함점수를 모두 합한 지하차도 결함지수 총점에 의한 상태평가 결과를 산정하였다. 또한, 부대시설에 대한 결함지수는 0.3미만으로 부대시설에 대한 가중치(W)는 1.0을 적용하였다.

【표 4.3.11】 전체시설물의 상태평가 결과

기본시설 결함지수 (F)	부대시설(환기시설) 결함지수 (F)	부대시설(U-Type옹벽) 결함지수 (F)	부대시설 가중치 (W)	전체시설물 결함지수	전체시설물 상태평가
0.169	0.136	0.079	1.000	0.169	B

결함지수	0.169
전체시설물 상태평가결과	B

▶ 시설물의 결함지수(F) = 0.169 (기본시설물 결함지수(F)) × 1.00 (부대시설 가중치(W)) = 0.169 ➡ 『 B 』

▶ 결함도 범위 = 0.150 ≤ 결함도 지수(0.169) < 0.300

라. 공중이 이용하는 부위 평가결과

【표 4.3.12】 공중이 이용하는 부위 평가결과

추락방지시설	도로포장	도로부 신축이음부	환기구 등의 덮개
B	B	B	-

4.3.3 기 점검결과와의 비교

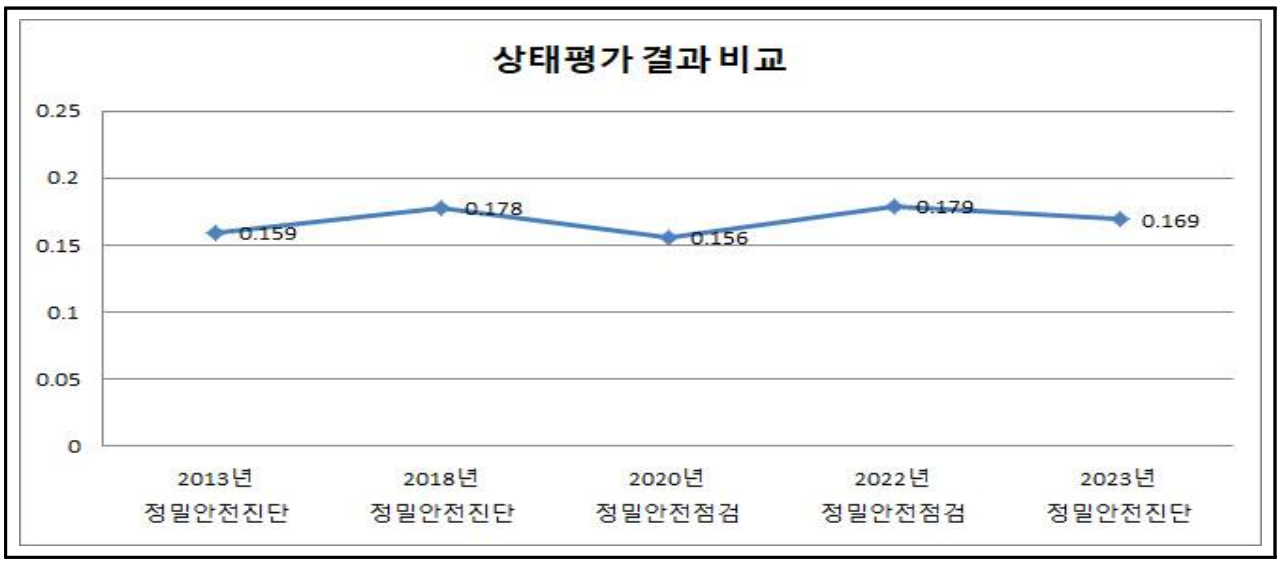
기 점검결과 등을 비교·검토한 결과 전반적으로 상태평가 등급은 “B” 등급으로 동일하게 유지되고 있으나, 결함지수의 증감이 다소 발생한 것으로 나타난다. 2013년 정밀안전진단 이후 2014년 일부 보수를 실시(동지수판 설치, 주입보수, 탄산화 보수 등)한 것으로 조사되었으며, 2018년 정밀안전진단 이후 균열, 백태, 포장 등에 대한 보수가 실시되었다.

지하차도의 상태평가는 기본시설물과 부대시설로 구분되며, 전체 시설물의 평가는 기본 시설물(BOX)의 결함지수에 부대시설물(시·종점측 옹벽, 환기시설 등)의 결함지수에 따른 가중치를 고려하여 전체시설물의 상태평가 결과를 산정한다.

2018년 상태평가 결과와 비교시 균열 평가기준 상향, 일부 손상 보수로 인해 결함지수가 하향되었으며, 2020년 상태평가시 옹벽구간을 부대시설로 설정하지 않고 기본시설로 편입하여 기존보다 결함점수가 하향된 것으로 판단된다. 2022년 상태평가 결과와 비교시 세부지침 균열 평가기준 수정, 누수부 상태변화 등에 의해 금회 결함지수가 하향된 것으로 판단된다.

【표 4.3.12】 기 점검결과와의 상태평가 결과 비교

구 분		2013년 정밀안전진단		2018년 정밀안전진단		2020년 정밀안전점검		2022년 정밀안전점검		2023년 정밀안전진단	
		등급	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수
기본시설(BOX)		b	0.159	b	0.178	b	0.177	b	0.179	b	0.169
부대시설	시점측 옹벽	b	0.197	a	0.130	a	0.126	a	0.128	a	0.074
	종점측 옹벽			a	0.132	a	0.125	a	0.130	a	0.084
	환기시설	a	0.110	a	0.146	-	-	-	-	a	0.136
상태평가 결과		B	0.159	B	0.178	B	0.156	B	0.179	B	0.169



【그림 4.3.1】 상태평가 결과 비교

제5장 안전성평가

5.1 개요

5.2 해석결과 및 분석

5.3 구조해석 결론

5.4 안전성 평가

제5장 안전성평가

5.1 개요

5.1.1 개요

시설물의 안전성 평가의 목적은 시설물이 제 기능 및 역할을 유지할수 있는 구조적 및 사용상의 안전성에 대한 확보여부를 평가하는데 있으므로, 현장으로부터 시설물의 현황과 상태를 충분히 파악하여 제반 문제점을 도출하고 기초자료 분석 및 구조검토·해석 등에 의한 안전성 여부를 판단하여야 한다.

구조물의 해석시 안전여유율이 고려되어 있으므로 현재 상태의 구조물에 대한 구조해석 결과가 『콘크리트구조설계기준』의 안전도에 미흡하다고 해서 구조물이 불안전하다는 것이 아니라 단지 구조물의 안전여유율이 적다는 것을 의미한다.

따라서 구조해석에 의한 구조물의 안전성 평가는 현재 상태의 구조물이 얼마나 안전여유율을 확보하고 있느냐의 정도에 따라 평가하는 것이 합리적이라 할 수 있다.

즉 구조해석결과 안전여유율이 등가안전율(n´) 이상인 경우는 안전성이 충분히 확보된 구조물로 평가하고 등가안전율 미만이나 안전여유율이 등가안전율의 약 75% 이상일 때는 안전성은 있지만 충분치 못한 상태로서 구조물의 상태를 주기적으로 점검 및 과대하중 재하억제 등의 관리가 필요한 상태로 평가하며 안전여유율이 등가안전율의 약 75% 미만인 경우에는 사용제한여부의 판단이 요구되거나 사용금지를 요하는 안전성이 결여된 구조물이라고 평가할 수 있다.

5.1.2 해석단면 선정시 고려 사항

① 과업구간 중 중점적으로 검토하여야 할 대상을 최우선으로 선정
② 현장조사 결과를 분석하여 하중조건 변화구간 및 손상 집중부를 선정
③ 변위가 발생하였거나, 설계도면과 비교시 단면규격의 변화가 발생한 곳을 선정
④ 특이손상이 없을 경우에는 암반이 불량하여 보강을 실시한 곳 선정
⑤ 기 정밀안전진단(초기점검) 구조해석 자료를 분석하여 동일한 하중·단면조건으로 인한 불필요한 구조해석은 피하여야함

5.1.3 안전성평가 기준

국내에서의 구조물 안전성평가는 평가대상 항목의 안전율을 이용하여 수행하고 있으며, 안전율 검토는 허용응력설계법(부재의 발생응력과 허용응력의 비)이나 강도설계법(부재의 소요강도와 설계강도의 비)에 따라 구조물의 각 부재에 작용하는 외력에 의한 응력을 산정 하여 이루어지고 있다. 검토한 휨, 전단, 압축 등의 구조적 최저안전율 정도에 따라 구조물의 안전성에 대한 평가기준을 설정하면 다음 표와 같다.

【표 5.1.1】 안전성평가 기준

안전성평가 결과	안전성평가 기준
A	■ 안전율(S.F)이 1.0이상이고 주부재에 손상이 없는 경우
B	■ 안전율(S.F)이 1.0이상이고 주부재에 손상(단면손실)이 있는 경우
C	■ 안전율(S.F)이 1.0미만 ~ 0.9이상
D	■ 안전율(S.F)이 0.9미만 ~ 0.75이상
E	■ 안전율(S.F)이 0.75미만

① 안전성 평가는 일반적으로 수치해석을 통한 부재의 응력크기로 안전성 평가

② 안전율 SF=1 이상인 경우 : A등급

③ 안전율 SF=1 이상이거나 같은 경우로서 손상이 있는 경우 : B등급

④ 안전율 SF=1 보다 작은 경우 : C, D, E등급

- C 등급 : $0.9 \leq SF < 1.0$
- D 등급 : $0.75 \leq SF < 0.90$
- E 등급 : $SF < 0.75$

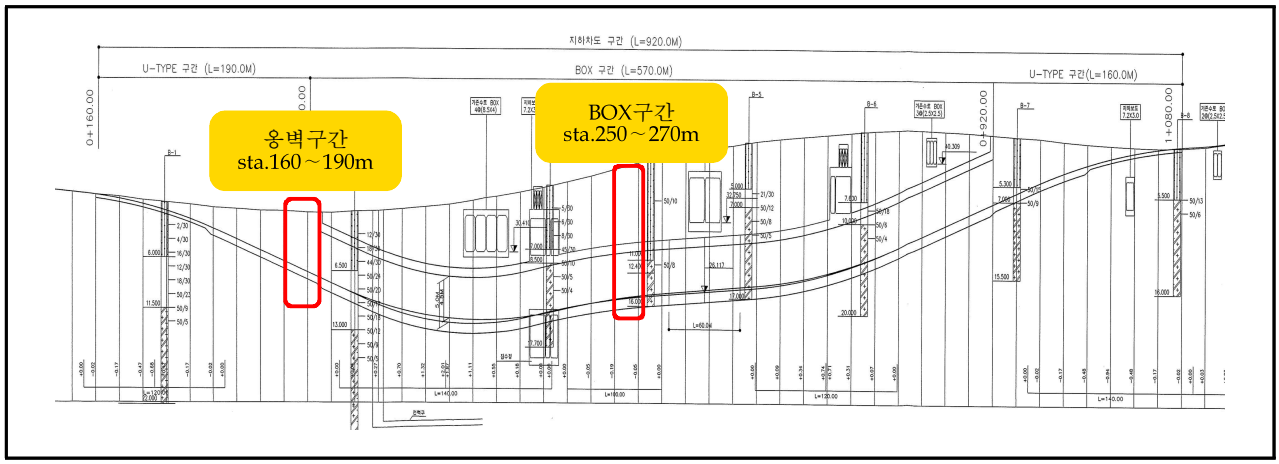
여기서 강도설계법 안전율 : SF = 설계강도/소요강도 = $\Phi Mn/Mu$

5.1.4 구조 검토 대상

구조검토 대상 구간은 하중조건, 외관조사, 내구성 조사 등을 토대로 대상 단면을 선정하였다.

【표 5.1.2】 구조 검토 대상

구간	구조계산서 검토	외관조사	내구성 조사	검토구간 선정
U-Type 옹벽	적정 단면력 확보	구조적 손상 없음	양호	옹벽높이 최대 구간에서 실시
Box 구간	적정 단면력 확보	구조적 손상 없음	양호	최대 폭원 구간에서 실시



【그림 5.1.1】 안전성평가 구간 선정 개요도

5.2 해석결과 및 분석

5.2.1 남태령지하차도 옹벽구간(F-Type) 구조해석

1) 개 요

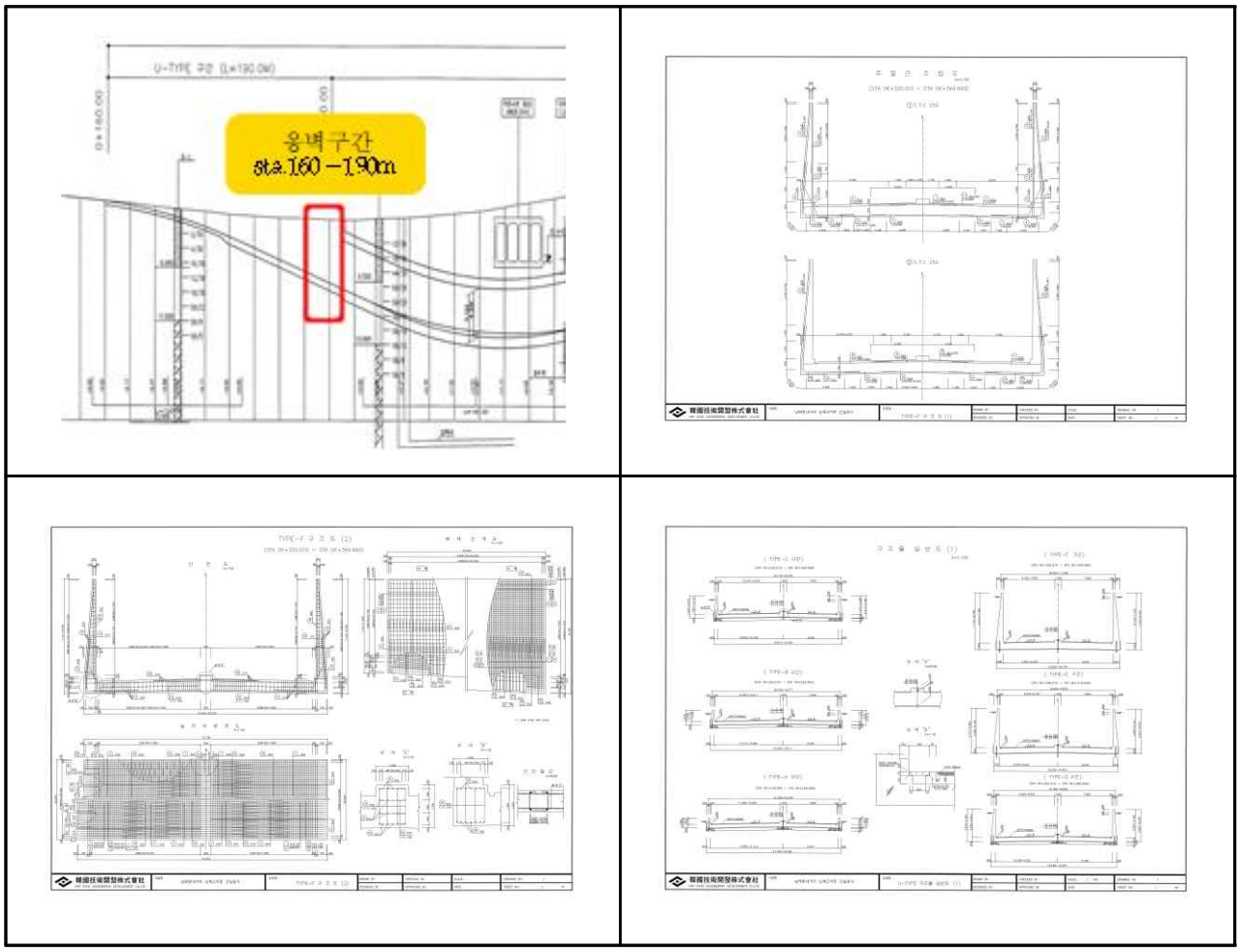
남태령지하차도 U-Type옹벽 구간 단면중 F-Type 단면에 대하여 구조 안전성 검토를 진행하였으며, 해당 단면은 기존 설계도서 및 정밀안전진단 자료가 존재하므로 해당 자료와 현장조사 자료를 참조하여 검토를 진행하였다.

2) 제원 및 계산조건

【표 5.2.1】 제원 및 계산조건(F-Type)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>검토조건</th></tr>
<tr><td>단면제원</td><td>·현장조사에 따른 실측자료, 설계도서, 전차 정밀안전진단 자료를 활용하여 금번 해석시 적용하였다.</td></tr>
<tr><td>철근제원</td><td>·각 단면의 철근 배근상태 및 철근의 항복강도는 전차 점검자료 및 현장조사, 설계도서를 기준으로 적용하여 실시함</td></tr>
<tr><td>콘크리트 강도</td><td>·현장조사(반발경도시험)와 설계도서를 참고하여 적용함
<table>
<tr><td>구 분</td><td>표준도</td><td>적용값</td></tr>
<tr><td>강 도</td><td>24.0MPa</td><td>24.0MPa</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>활하중</td><td>·공동구 설계기준에 따른 DB-24 활하중을 토피고에 따라 차등 적용함</td></tr>
<tr><td>지반조건</td><td>·전차자료를 참조하여 N값 50을 적용함</td></tr>
<tr><td>하중조합</td><td>·구조물 단면검토시 하중조합은 콘크리트구조기준에 제시된 값을 적용함</td></tr>
<tr><td>해석방법</td><td>·단면검토는 현행 설계기준에 의한 강도설계법에 의해 검토함</td></tr>
<tr><td>프로그램</td><td>·MIDAS CIVIL</td></tr>
</table>

3) 설계도면



【그림 5.2.1】 남태령지하차도 설계도서(F-Type)

4) 해석조건

・콘크리트

추정설계기준강도 : 24 Mpa

탄성계수 : 25,791 Mpa

・철근

항복강도 : 300 Mpa

탄성계수 : 200,000 Mpa

・지반정수 가정

전차 진단자료를 참조하여 적용

(1) 흙의 단위중량(kN/㎥)

【표 5.2.2】 흙의 단위중량(F-Type)

구 분	도로 설계요령 (흙쌓기-사질토)	기존 진단시 적용된 마찰각	도로설계편람 (사질토)	적용
일반	20.0	19.0	20.0	19.0
수중	10.0	10.0	10.0	10.0

(2) 내부마찰각

【표 5.2.3】 내부마찰각(F-Type)

구 분	도로 설계요령 (흙쌓기-사질토)	기존 진단시 적용된 마찰각	도로암거표준도	적용
내부마찰각	30	30	35	30

(3) N치

전차 자료를 참조하여 기초의 N값은 50을 적용하였다.

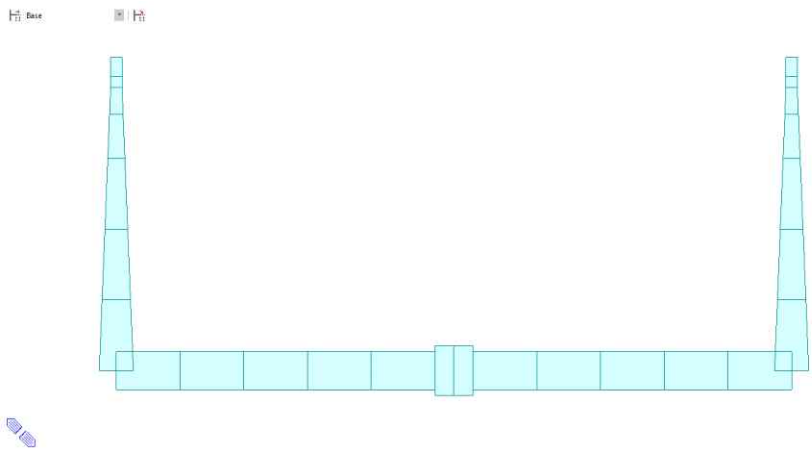
- 지반반력계수 산정

【표 5.2.4】 지반반력계수 산정(F-Type)

구 분	입 력 치	비고
N치	•N = 50	
지반탄성계수	•Eo = 2,800×50 = 140,000 kN/㎡	
K_{vo}	•K_{vo} = 1/0.3× α ×Eo = 466,667 kN/㎡ 여기서, α =1	
K_v(BxL)	•K_v = Kvo×(Bv/0.3)^(-3/4) = 63,082.2 kN/㎡	

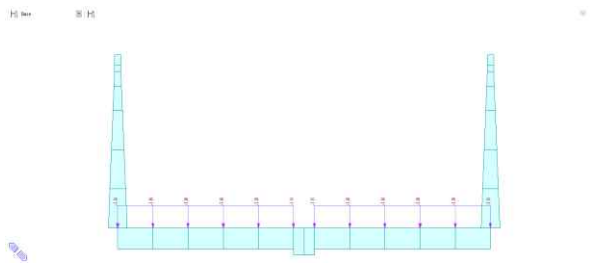
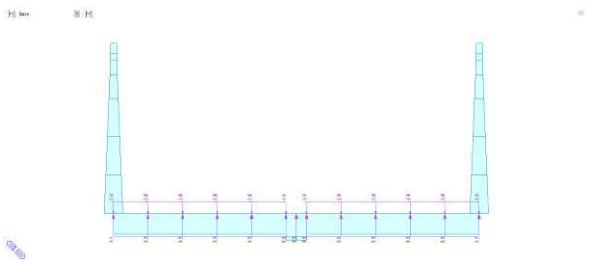
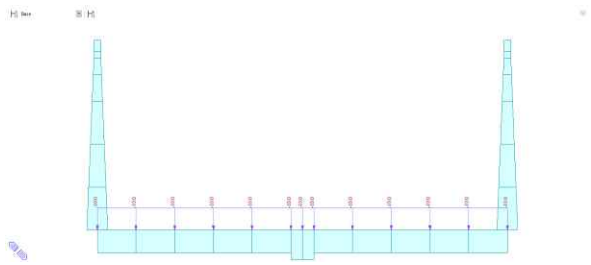
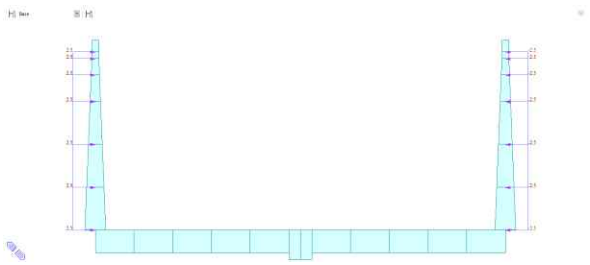
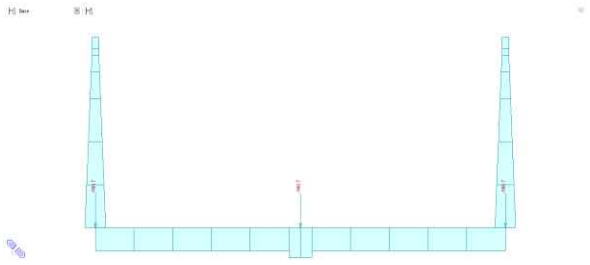
- 하중계산 및 모델링

【표 5.2.5】 하중계산 및 모델링(F-Type)

하중	계산	비고
자중	· 프로그램 자동계산	
2차 고정하중	· 포장하중 : 0.080 × 23.000 = 1.84 kn/m	
활하중	· 도로면 활하중 : 17.000 kn/m	
활하중에 의한 수평토압	· 측면 : 5.000 × 0.500 = 2.500 kn/m	
수평토압 (지하수 고려)	· 상부 : 0.000 × 19.000 × 0.500 = 0.000 kn/m · 하부 : 0.000 + 0.500 × 7.759 × 19.000 = 73.710 kn/m	
수평토압 (지하수 미고려)	· 상부 : 0.000 × 19.000 × 0.500 = 0.000 kn/m(건조) · 중앙 : 0.000 + 0.500 × 1.000 × 19.000 = 9.500 kn/m (건조->습윤) · 하부 : 0.000 + 0.500 × 6.759 × 10.000 = 43.300 kn/m(습윤)	
지하수압 (수평수압)	· 상부 : 0.000 × 10.000 = 0.000 kn/m · 하부 : 6.759 × 10.000 = 67.590 kn/m	
부력	· 하부 : 154.443 × 0.420 ÷ 18.700 = 3.470kn/m	
부력방지앵커	· 980.67 kn	전차자료 참조
2D-Frame Modeling		
		

5) 구조해석

- 하중재하도

하중재하도	
자중 (지하수 미고려)	자중 (지하수 고려)
	
활하중	활하중에 의한 수평토압
	
수평토압 (지하수위 미고려)	수평토압 (지하수위 고려)
수평수압	부력방지 앵커
	

【그림 5.2.2】하중별 재하도(F-Type)

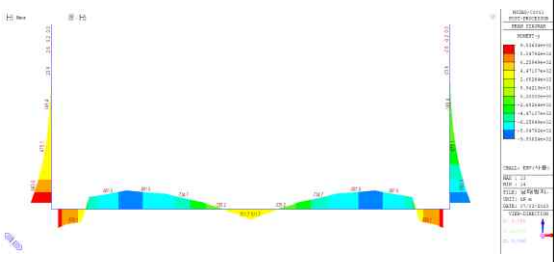
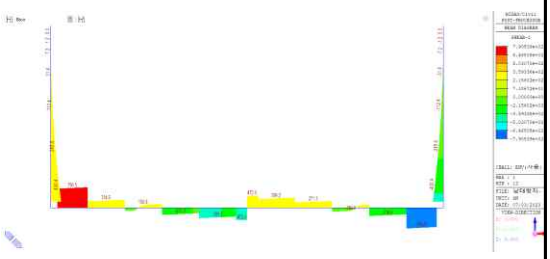
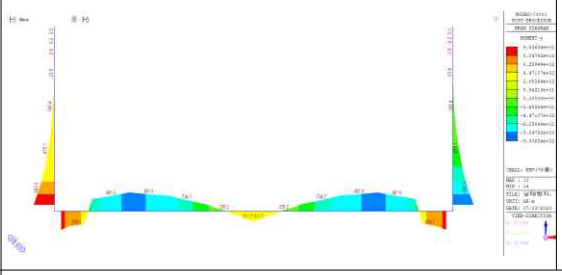
- 하중조합

【표 5.2.6】 계수하중 및 사용성 하중조합(F-Type)

구분		자중	활하중	수평토압		지하수압	부력방지 앵커
				지하수 미고려	지하수 미고려		
계수 하중조합	Case.1	1.40	-	-	-	-	-
	Case.2	1.20	1.60	1.60	-	-	-
	Case.3	1.20	1.60	-	1.60	1.60	1.00
	Case.4	1.20	1.00	-	-	-	-
	Case.5	1.20	1.60	0.80	-	-	-
	Case.6	1.20	1.60	-	0.80	0.80	1.00
	Case.7	0.90	-	1.60	-	-	-
	Case.8	0.90	-	-	1.60	1.60	1.00
	Case.9	0.90	-	0.80	-	-	-
	Case.10	0.90	-	-	0.80	0.80	1.00
사용 하중조합	Case.1	1.00	1.00	1.00	-	-	-
	Case.2	1.00	1.00	-	1.00	1.00	1.00
	Case.3	1.00	1.00	0.50	-	-	-
	Case.4	1.00	1.00	-	0.50	0.50	1.00

6) 평가결과

【표 5.2.7】 단면력도 및 부재력 집계(F-Type)

<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="2">해 석 결 과</th></tr>
<tr><td rowspan="3">최대발생
부재력
단면력도</td><td>계수하중 모멘트도</td><td>계수하중 전단력도</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>사용하중 모멘트도</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>  </td><td></td></tr>
<tr><td>최대
부재력
집계</td><td colspan="2">
<table>
<tr><th rowspan="2">구 분</th><th colspan="2">단 면 제 원</th><th rowspan="2">Mu
(kN.m)</th><th rowspan="2">Vu
(kN)</th><th rowspan="2">Mo
(kN.m)</th></tr>
<tr><th>B (cm)</th><th>H (cm)</th></tr>
<tr><td>하부슬래브 외측지점부</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td>1511.40</td><td>901.10</td><td>879.10</td></tr>
<tr><td>하부슬래브 중앙부</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td>763.20</td><td>454.20</td><td>881.60</td></tr>
<tr><td>하부슬래브 중앙지점부</td><td>100.00</td><td>130.00</td><td>518.50</td><td>472.80</td><td>511.70</td></tr>
<tr><td>벽체</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td>1573.80</td><td>640.60</td><td>983.60</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

【표 5.2.8】 휨모멘트 단면검토 검토결과(F-Type)

구 분	휨강도 검토					
	소 요		사 용			S.F
	Mu (kN · m)	As (mm^2)	직경, 간격 (mm)	Asuse (mm^2)	ϕMn (kN · m)	
하부슬래브 외측지점부	1511.40	7400.9	D32@125 +D29@125	11492.80	2258.89	1.49
하부슬래브 중앙부	763.20	4203.0	D29@125	5139.20	1129.93	1.48
하부슬래브 중앙지점부	518.50	2283.2	D22@125	3096.80	929.64	1.79
벽체	1573.80	7729.7	D32@125 +D29@125	11492.80	2258.89	1.44

【표 5.2.9】 전단력 단면검토 검토결과(F-Type)

구 분	전단강도 검토					
	소 요		사 용			S.F
	Vu (kN)	As (mm^2)	직경, 간격, 다릿수 (mm)	Asuse (mm^2)	ϕVn (kN)	
하부슬래브 외측지점부	901.10	320.80	13@250,4EA	506.80	1068.49	1.19
하부슬래브 중앙부	454.20	전단철근 필요없음			612.37	1.35
하부슬래브 중앙지점부	472.80	전단철근 필요없음			796.08	1.68
벽체	640.60	62.70	13@500,2EA	253.40	726.40	1.13

【표 5.2.10】 사용하중 단면검토 검토결과(F-Type)

구 분	사용성 검토			
	Mo (kN · m)	주철근 간격 (mm)	최대 허용간격 (mm)	S.F
하부슬래브 외측지점부	879.10	125	565	4.52
하부슬래브 중앙부	881.60	125	165	1.32
하부슬래브 중앙지점부	511.70	125	316	2.53
벽체	983.60	125	483	3.86

7) 구조검토 결과

남태령지하차도 U-Type옹벽 구간 단면중 F-Type의 상시하중에 의한 구조검토를 실시한 결과, 모든 검토지점에서 소요안전율을 확보하는 것으로 나타나 상시하중에 대해서는 안전성을 확보하는 것으로 검토되었다.

5.2.2 남태령지하차도 M-Type 구조해석

1) 개 요

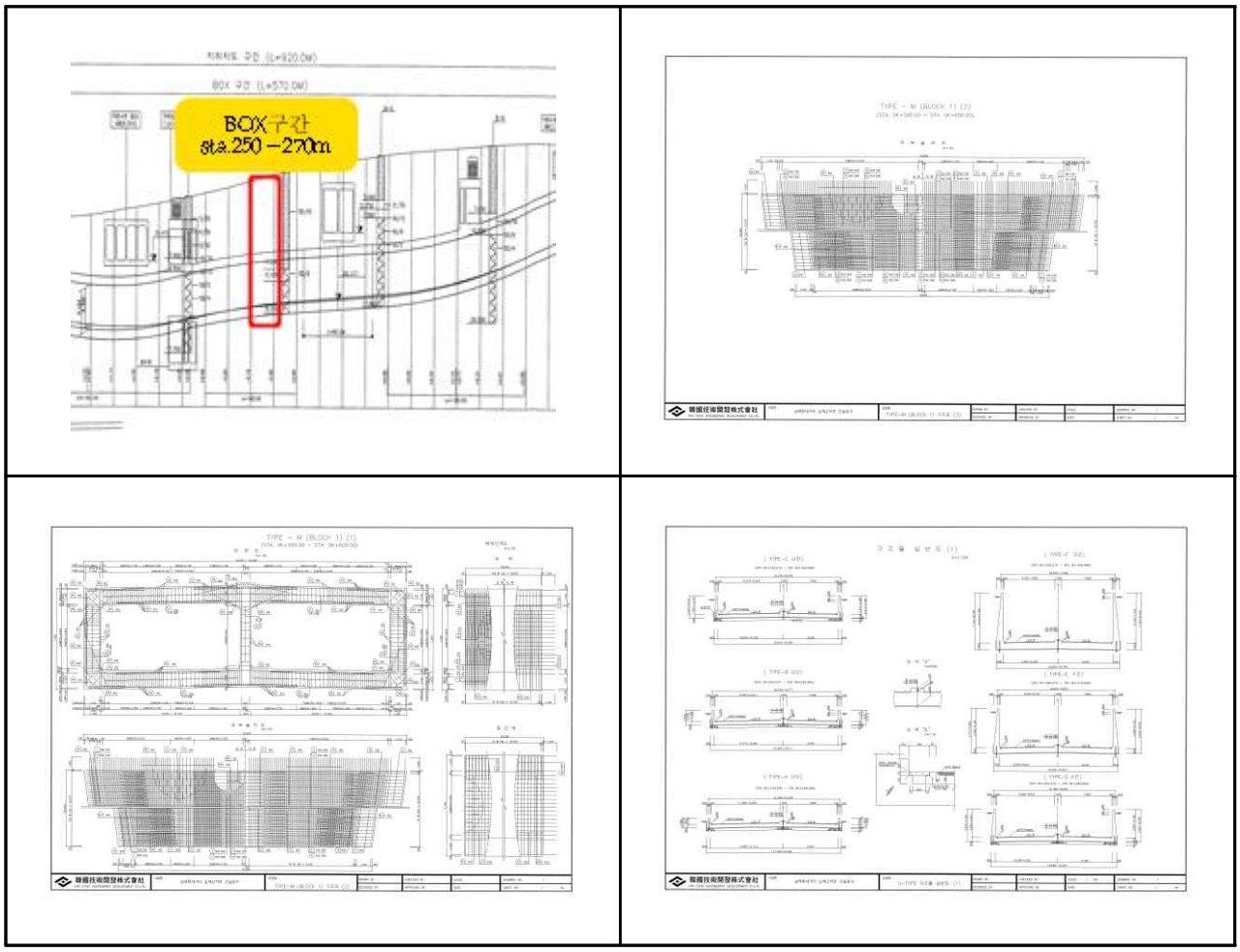
남태령지하차도 단면중 M-Type (2련 Box 구조물) 단면에 대하여 구조 안전성 검토를 진행하였으며, 해당 단면은 기존 설계도서 및 정밀안전진단 자료가 존재하므로 해당 자료와 현장조사 자료를 참조하여 검토를 진행하였다.

2) 제원 및 계산조건

【표 5.2.11】 제원 및 계산조건(M-Type)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>검토조건</th></tr>
<tr><td>단면제원</td><td>· 현장조사에 따른 실측자료, 설계도서, 전차 정밀안전진단 자료를 활용하여 금번 해석시 적용하였다.</td></tr>
<tr><td>철근제원</td><td>· 각 단면의 철근 배근상태 및 철근의 항복강도는 전차 점검자료 및 현장조사, 설계도서를 기준으로 적용하여 실시함</td></tr>
<tr><td>콘크리트 강도</td><td>· 현장조사(반발경도시험)와 설계도서를 참고하여 적용함
<table>
<tr><th>구 분</th><th>표준도</th><th>적용값</th></tr>
<tr><td>강 도</td><td>24.0MPa</td><td>24.0MPa</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>활하중</td><td>· 공동구 설계기준에 따른 DB-24 활하중을 토피고에 따라 차등 적용함</td></tr>
<tr><td>지반조건</td><td>· 전차자료를 참조하여 N값 50을 적용함</td></tr>
<tr><td>하중조합</td><td>· 구조물 단면검토시 하중조합은 콘크리트구조기준에 제시된 값을 적용함</td></tr>
<tr><td>해석방법</td><td>· 단면검토는 현행 설계기준에 의한 강도설계법에 의해 검토함</td></tr>
<tr><td>프로그램</td><td>· MIDAS CIVIL</td></tr>
</table>

3) 설계도면



【그림 5.2.3】 남태령지하차도 설계도서(M-Type)

4) 해석조건

・콘크리트

추정설계기준강도 : 24 Mpa

탄성계수 : 25,791 Mpa

・철근

항복강도 : 300 Mpa

탄성계수 : 200,000 Mpa

・지반정수 가정

전차 진단자료를 참조하여 적용

(1) 흙의 단위중량(kN/㎥)

【표 5.2.12】 흙의 단위중량(M-Type)

구 분	도로 설계요령 (흙쌓기-사질토)	기존 진단시 적용된 마찰각	도로설계편람 (사질토)	적용
일반	20.0	19.0	20.0	19.0
수중	10.0	10.0	10.0	10.0

(2) 내부마찰각

【표 5.2.13】 내부마찰각(M-Type)

구 분	도로 설계요령 (흙쌓기-사질토)	기존 진단시 적용된 마찰각	도로암거표준도	적용
내부마찰각	30	30	35	30

(3) N치

전차 자료를 참조하여 기초의 N값은 50을 적용하였다.

- 지반반력계수 산정

【표 5.2.14】 지반반력계수 산정(M-Type)

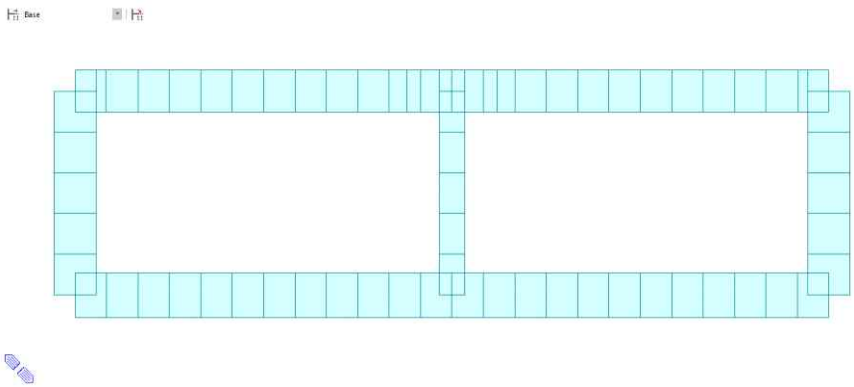
구 분	입 력 치	비고
N치	•N = 50	
지반탄성계수	•Eo = 2,800×50 = 140,000 kN/㎡	
K_{vo}	•K_{vo} = 1/0.3× α ×Eo = 466,667 kN/㎡ 여기서, α =1	
K_v(BxL)	•K_v = Kvo×(Bv/0.3)^(-3/4) = 63,082.2 kN/㎡	

- 하중계산 및 모델링

【표 5.2.15】 하중계산 및 모델링(M-Type)

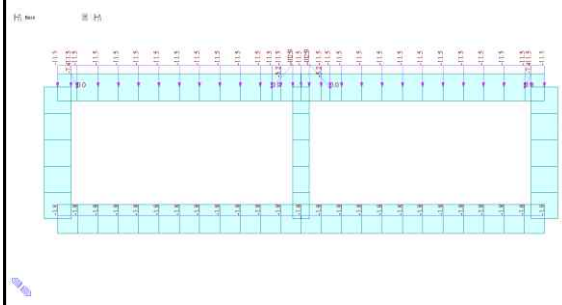
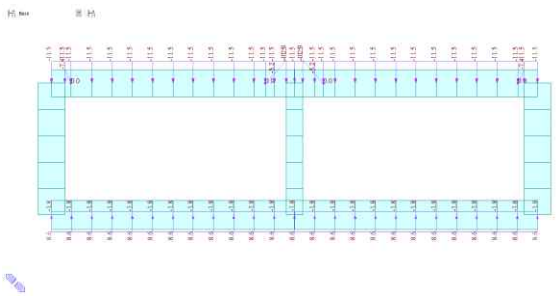
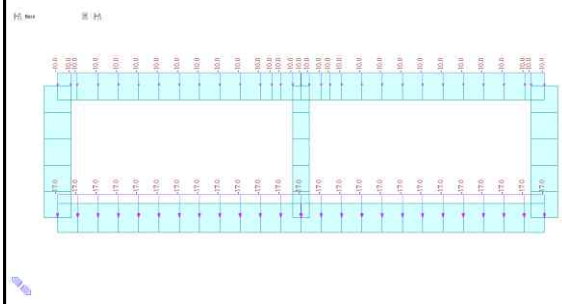
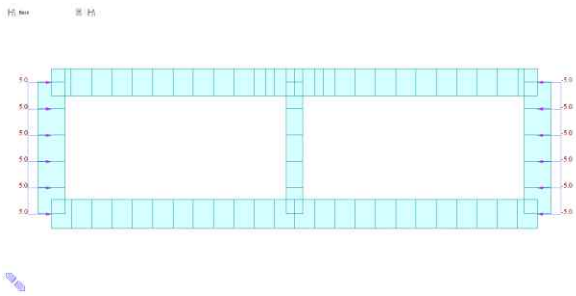
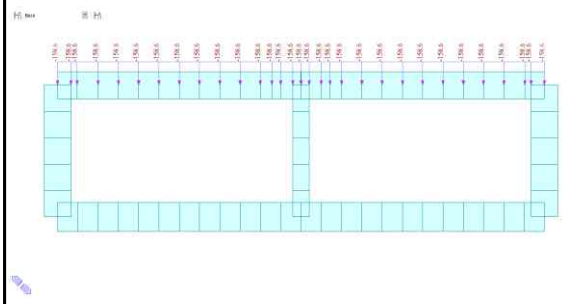
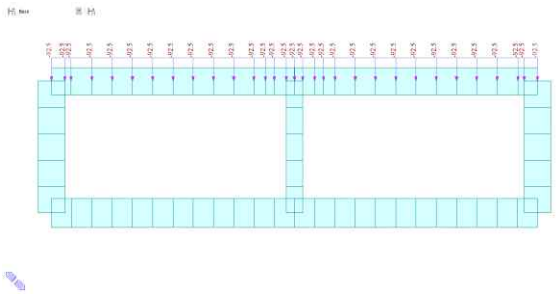
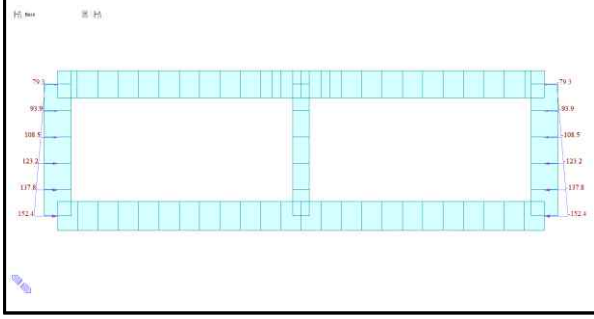
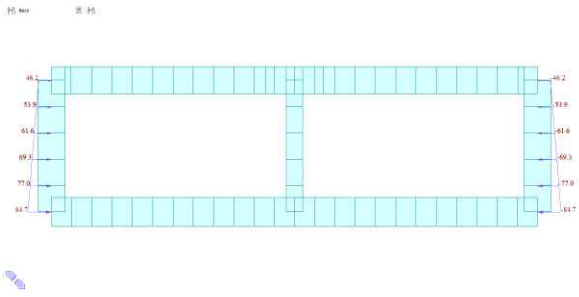
하중	계산	비고
자중	· 프로그램 자동계산 · 단부 헌지 : 24.52 × 0.300 = 7.360 kn/m · 중앙 헌지 : 24.52 × 0.500 = 12.260 kn/m	
2차 고정하중	· 포장하중(상부) : 0.500 × 23.000 = 11.500 kn/m · 포장하중(내부) : 0.080 × 23.000 = 1.840 kn/m	
활하중	· 도로면 활하중 (상부) : 10.000 kn/m · 도로면 활하중 (하부) : 17.000 kn/m	
활하중에 의한 수평토압	· 측면 : 10.000 × 0.500 = 5.000 kn/m	
연직토압 (지하수 고려)	· 상부 : 8.345 × 19.000 = 158.560 kn/m	
연직토압 (지하수 미고려)	· 상부 : 1.000 × 19.000 (건조) + 7.345 × 10.000(습윤) = 92.450 kn/m	
수평토압 (지하수 고려)	· 상부 : 8.345 × 19.000 × 0.500 = 79.280 kn/m · 하부 : 79.280 + 0.500 × 7.700 × 19.000 = 152.430 kn/m	
수평토압 (지하수 미고려)	· 상부 : 0.000 × 19.000 × 0.500 = 0.000 kn/m(건조) · 중앙 : 0.000 + 0.500 × 1.000 × 19.000 = 9.500 kn/m (건조->습윤) · 상부슬래브 : 9.500 + 0.500 × 7.345 × 19.000 = 46.230 kn/m (습윤) · 하부슬래브 : 046.230 + 0.500 × 7.700 × 10.000 = 84.730 kn/m(습윤)	
지하수압	· 상부 : 7.345 × 10.000 = 73.450 kn/m (수평수압) · 하부 : 7.345 + 7.700 × 10.000 = 150.450 kn/m (수평수압) · 상부 : 7.345 × 10.000 = 73.450 kn/m (연직수압)	
부력	· 하부 : 190.960 × 1.113 ÷ 24.800 = 8.570 kn/m	

2D-Frame Modeling

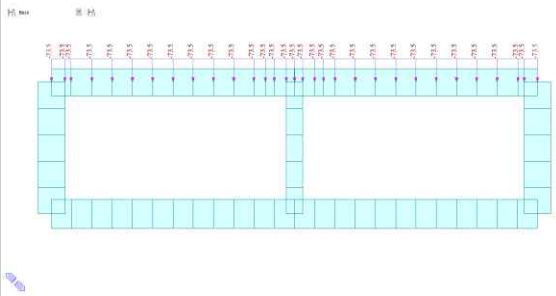
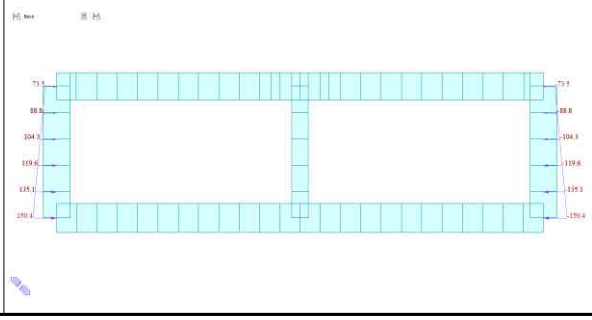


5) 구조해석

- 하중재하도

하중재하도	
자중 (지하수 미고려)	자중 (지하수 고려)
	
활하중	활하중에 의한 수평토압
	
연직토압 (지하수위 미고려)	연직토압 (지하수위 고려)
	
수평토압 (지하수위 미고려)	수평토압 (지하수위 고려)
	

【그림 5.2.4】하중별 재하도(M-Type)

하중재하도	
연직수압	수평수압
	

【그림 5.2.4】 하중별 재하도(M-Type)(계속)

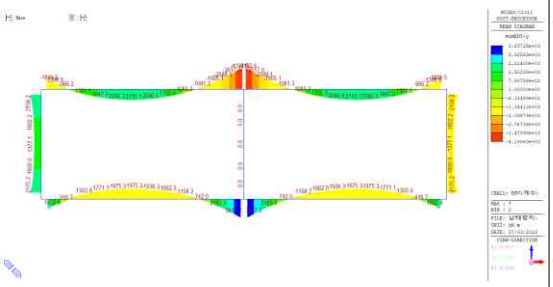
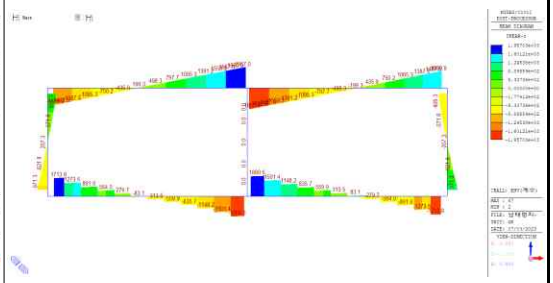
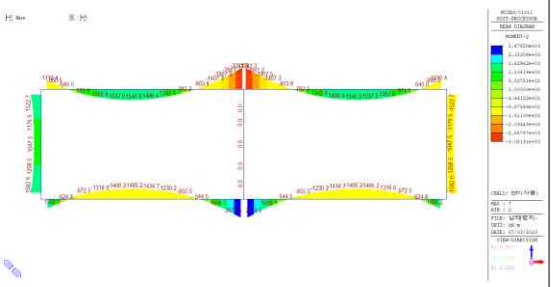
- 하중조합

【표 5.2.16】 계수하중 및 사용성 하중조합(M-Type)

구분		자중	활하중	연직토압		수평토압		지하수압
				지하수 미고려	지하수 미고려	지하수 미고려	지하수 미고려	
계수 하중조합	Case.1	1.40	-	-	-	-	-	-
	Case.2	1.20	1.60	1.40	1.60	-	-	-
	Case.3	1.20	1.60	-	-	1.40	1.60	1.60
	Case.4	1.20	1.00	-	-	-	-	-
	Case.5	1.20	1.60	1.40	0.80	-	-	-
	Case.6	1.20	1.60	-	-	1.40	0.80	0.80
	Case.7	0.90	-	0.90	1.60	-	-	-
	Case.8	0.90	-	-	-	0.90	1.60	1.60
	Case.9	0.90	-	0.90	0.80	-	-	-
	Case.10	0.90	-	-	-	0.90	0.80	0.80
사용 하중조합	Case.1	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-
	Case.2	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	1.00
	Case.3	1.00	1.00	1.00	0.50	-	-	-
	Case.4	1.00	1.00	-	-	1.00	0.50	0.50

6) 평가결과

【표 5.2.17】 단면력도 및 부재력 집계(M-Type)

<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="2">해 석 결 과</th></tr>
<tr><td rowspan="4">최대발생
부재력
단면력도</td><td>계수하중 모멘트도</td><td>계수하중 전단력도</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">사용하중 모멘트도</td></tr>
<tr><td>  </td><td></td></tr>
<tr><td>최대
부재력
집계</td><td colspan="2">
<table>
<tr><th rowspan="2">구 분</th><th colspan="2">단 면 제 원</th><th rowspan="2">Mu (kN.m)</th><th rowspan="2">Vu (kN)</th><th rowspan="2">Mo (kN.m)</th></tr>
<tr><th>B (cm)</th><th>H (cm)</th></tr>
<tr><td>상부슬래브 외측지점부</td><td>100.00</td><td>140.00</td><td>1899.49</td><td>1589.87</td><td>1310.40</td></tr>
<tr><td>상부슬래브 중앙부</td><td>100.00</td><td>130.00</td><td>2110.13</td><td>199.32</td><td>1546.93</td></tr>
<tr><td>상부슬래브 중앙지점부</td><td>100.00</td><td>166.67</td><td>4190.60</td><td>1957.03</td><td>3081.31</td></tr>
<tr><td>하부슬래브 외측지점부</td><td>100.00</td><td>165.00</td><td>1932.76</td><td>1713.81</td><td>1369.16</td></tr>
<tr><td>하부슬래브 중앙부</td><td>100.00</td><td>140.00</td><td>1975.34</td><td>83.09</td><td>1466.18</td></tr>
<tr><td>하부슬래브 중앙지점부</td><td>100.00</td><td>170.00</td><td>3637.25</td><td>1889.56</td><td>2676.50</td></tr>
<tr><td>벽체 상부</td><td>100.00</td><td>140.00</td><td>2158.18</td><td>809.27</td><td>1522.69</td></tr>
<tr><td>벽체 중앙부</td><td>100.00</td><td>130.00</td><td>1377.11</td><td>207.32</td><td>1047.53</td></tr>
<tr><td>벽체 하부</td><td>100.00</td><td>145.00</td><td>2175.16</td><td>971.35</td><td>1582.60</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

【표 5.2.18】 휨모멘트 단면검토 검토결과(M-Type)

구 분	휨강도 검토					
	소 요		사 용			S.F
	Mu (kN · m)	As (mm^2)	직경, 간격 (mm)	Asuse (mm^2)	ϕMn (kN · m)	
상부슬래브 외측지점부	1899.49	6096.5	D29@125 +D29@250	7708.80	2378.52	1.25
상부슬래브 중앙부	2110.13	7303.9	D32@125 +D32@250	9530.40	2713.60	1.29
상부슬래브 중앙지점부	4190.60	11473.6	D32@125 +D32@125	12707.20	4611.75	1.10
하부슬래브 외측지점부	1932.76	6833.1	D32@125 +D32@250	9530.40	3515.58	1.82
하부슬래브 중앙부	1975.34	7054.2	D32@125 +D32@125	12707.20	3423.63	1.73
하부슬래브 중앙지점부	3637.25	9643.5	D32@125 +D32@125	12707.20	4719.76	1.30
벽체 상부	2158.18	6963.1	D29@125 +D29@250	7708.80	2378.52	1.10
벽체 중앙부	1377.11	5604.0	D32@125	6353.60	1868.51	1.36
벽체 하부	2175.16	6731.6	D32@125 +D32@250	9530.40	3029.53	1.39

【표 5.2.19】 전단력 단면검토 검토결과(M-Type)

구 분	전단강도 검토					
	소 요		사 용			S.F
	Vu (kN)	As (mm^2)	직경, 간격, 다릿수 (mm)	Asuse (mm^2)	ϕVn (kN)	
상부슬래브 외측지점부	1589.87	348.80	19@150,2EA	573.00	2060.62	1.30
상부슬래브 중앙부	199.32	전단철근 필요없음			796.08	3.99
상부슬래브 중앙지점부	1957.03	374.60	19@150,2EA	573.00	2453.12	1.25
하부슬래브 외측지점부	1713.81	284.20	19@150,2EA	573.00	2428.59	1.42
하부슬래브 중앙부	83.09	전단철근 필요없음			857.32	10.32
하부슬래브 중앙지점부	1889.56	332.80	19@150,2EA	573.00	2502.18	1.32
벽체 상부	809.27	전단철근 필요없음			857.32	1.06
벽체 중앙부	207.32	전단철근 필요없음			796.08	3.84
벽체 하부	971.35	38.30	19@150,2EA	573.00	2134.22	2.20

【표 5.2.20】 사용하중 단면검토 검토결과(M-Type)

구 분	사용성 검토			
	Mo (kN · m)	주철근 간격 (mm)	최대 허용간격 (mm)	S.F
상부슬래브 외측지점부	1310.40	125	322	2.58
상부슬래브 중앙부	1546.93	125	360	2.88
상부슬래브 중앙지점부	3081.31	125	234	1.87
하부슬래브 외측지점부	1369.16	125	548	4.39
하부슬래브 중앙부	1466.18	125	238	1.90
하부슬래브 중앙지점부	2676.50	125	313	2.50
벽체 상부	1522.69	125	247	1.98
벽체 중앙부	1047.53	125	316	2.53
벽체 하부	1582.60	125	356	2.85

7) 구조검토 결과

남태령지하차도 M-Type (2련 BOX 구조물)의 상시하중에 의한 구조검토를 실시한 결과, 모든 검토지점에서 소요안전율을 확보하는 것으로 나타나 상시하중에 대해서는 안전성을 확보하는 것으로 검토되었다.

5.3 구조해석 결론

•남태령지하차도 U-Type옹벽 구간 단면중 F-Type 단면에 대한 안전성 확인을 위하여 모든 부재를 대상으로 단면검토를 실시하였으며 그 결과 대상 구조물의 모든 부재는 안전한 것으로 평가되었다.

•남태령지하차도 M-Type (2련 Box 구조물)에 대한 안전성 확인을 위하여 모든 부재를 대상으로 단면검토를 실시하였으며 그 결과 대상 구조물의 모든 부재는 안전한 것으로 평가되었다.

5.4 안전성 평가

5.4.1 개요

지하차도의 안전성 평가는 육안검사 및 비파괴 현장시험에 의한 지하차도 부재별 상태평가를 분석하고 이론적 계산과 해석적 검증을 통하여 지하차도에 대한 안전성을 평가한다.

지하차도 구조물의 안전성 평가절차를 그림으로 도시하면 다음 그림과 같고 평가등급기준은 다음 표와 같다.

【그림 5.4.1】 안전성 평가등급 산정절차

【표 5.4.1】 안전성 평가등급기준

안전성평가 등급	안전성 평가기준	비 고
A	안전율(SF)이 1.0 이상이고 주부재에 손상이 없는 경우	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}}$
B	안전율(SF)이 1.0 이상이고 주부재에 손상 (단면손실)이 있는 경우	
C	안전율(SF)이 1.0 미만~0.9이상	
D	안전율(SF)이 0.9 미만~0.75이상	
E	안전율(SF)이 0.75 미만	

5.4.2 안전성 평가결과

【표 5.4.2】 안전성 평가결과

구 분	안전성평가				
M-type 2련 box 지하차도	하부슬래브	지 점 부	1.30	A	A
		중 앙 부	1.73	A	
	상부슬래브	지 점 부	1.10	A	
		중 앙 부	1.29	A	
	벽체	지 점 부	1.06	A	
		중 앙 부	1.36	A	
F-Type U-Type 옹벽	하부슬래브	지 점 부	1.19	A	
		중 앙 부	1.35	A	
	벽체	벽체 하부	1.13	A	

제6장 종합평가 및 안전등급 지정

6.1 개요

6.2 종합평가 기준

6.3 종합평가 결과 산정 절차

6.4 종합평가 결과

6.5 시설물의 안전등급

제6장 종합평가 및 안전등급 지정

6.1 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.

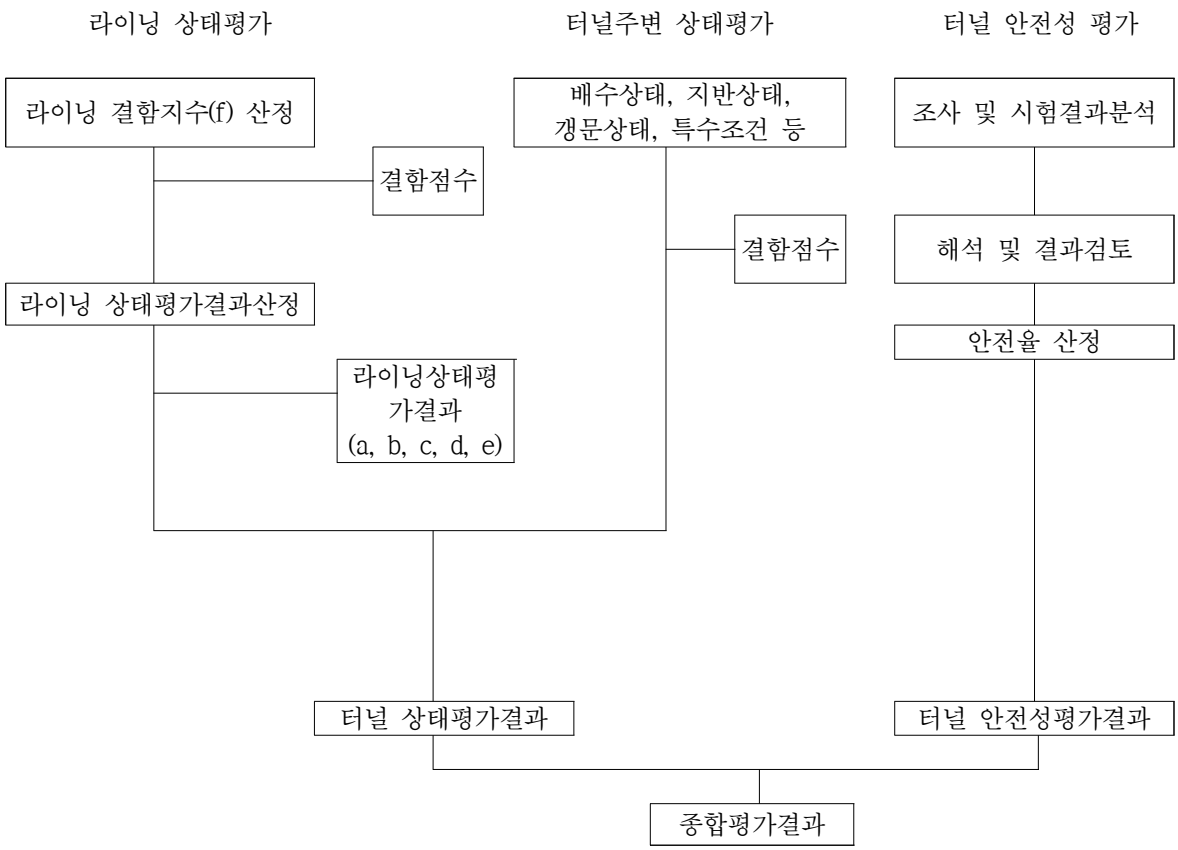
6.2 종합평가 기준

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.

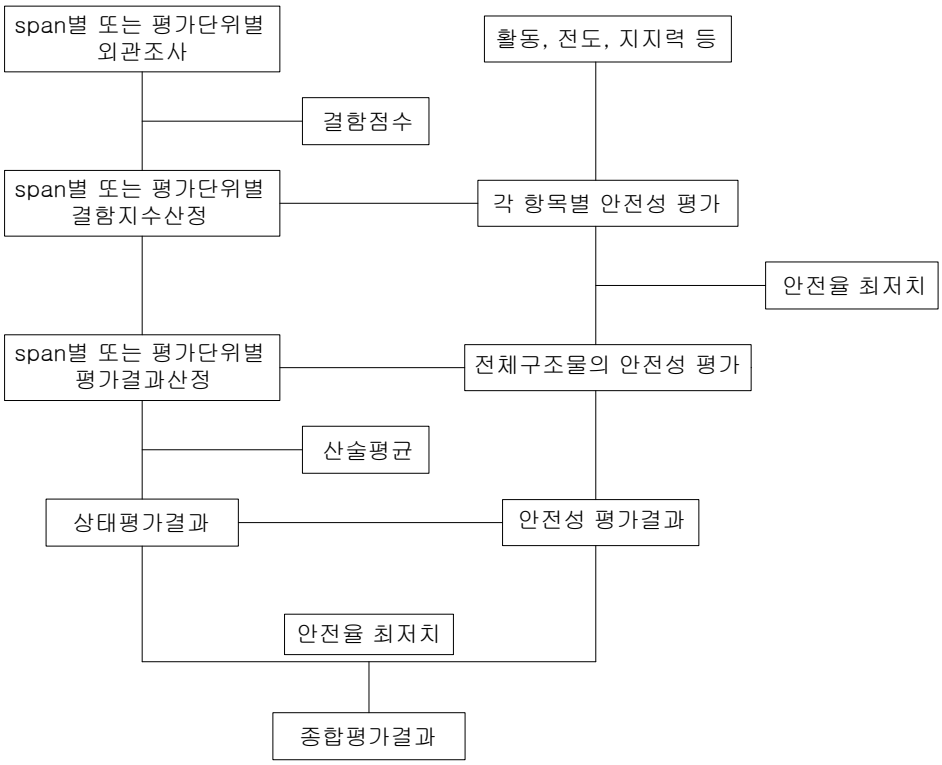
6.3 종합평가 결과 산정 절차

지하차도 상태평가결과(BOX 상태평가+터널주변 상태평가)와 안전성평가결과 중 최저 등급을 지하차도 종합평가결과로 결정한다.

또한, 옹벽은 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 최저결과를 옹벽 종합평가 결과로 결정한다.



【그림 6.3.1】 터널(지하차도)의 종합평가 결과 산정절차



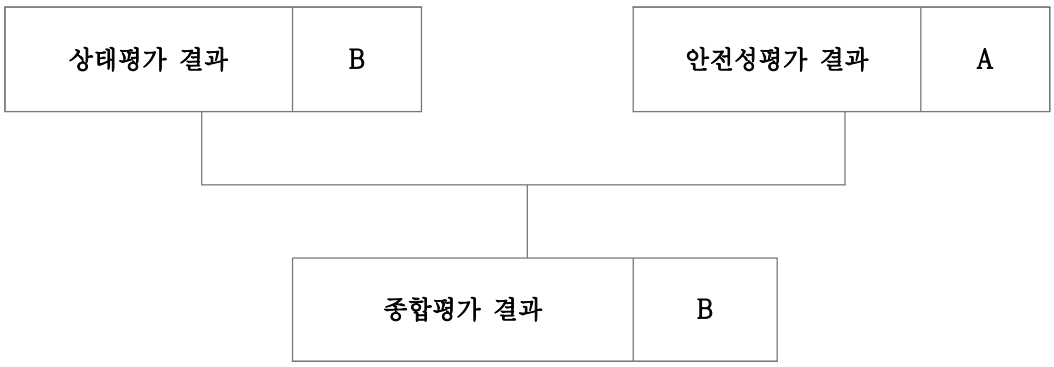
【그림 6.3.2】 옹벽의 종합평가 결과 산정절차

6.4 종합평가 결과

6.4.1 검토 개요

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

○ 종합평가 결과 = MIN (상태평가 결과, 안전성평가 결과)



【그림 6.4.1】종합평가 결과 산정

6.4.2 종합평가 결과

외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과와 구조검토에 의한 안전성평가 결과를 조합하여 검토한 결과, 남태령지하차도의 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 6.4.1】종합평가 결과

구 분	상태평가		안전성평가					종합평가
2련 box 지하차도 (M-type)	0.169	B	하부슬래브	지 점 부	1.30	A	A	B
				중 앙 부	1.73	A		
			상부슬래브	지 점 부	1.10	A		
				중 앙 부	1.29	A		
			벽체	지 점 부	1.06	A		
				중 앙 부	1.36	A		
U-Type 옹벽 (F-Type)	0.079		하부슬래브	지 점 부	1.19	A		
				중 앙 부	1.35	A		
			벽체	벽체 하부	1.13	A		

6.5 시설물의 안전등급

6.5.1 안전등급기준

정밀안전진단을 실시하는 경우 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여「법」제10조의 2 및 「영」제11조의 5에 따라서 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 하고, 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정하여야 하며, 안전등급에 따른 시설물의 상태는 다음과 같다.

【표 6.5.1】 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

6.5.2 안전등급 지정

남태령지하차도에 대한 상태평가 및 안전성평가 결과 시설물의 상태는『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』로 안전등급 B등급으로 평가되었다.

【표 6.5.2】 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	남태령지하차도	B등급(양호)

제7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개요

7.2 보수・보강 방안

7.3 보수・보강 공법

7.4 유지관리 방안

제7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 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 7.1.1】 보수 · 보강 우선순위 결정 기준

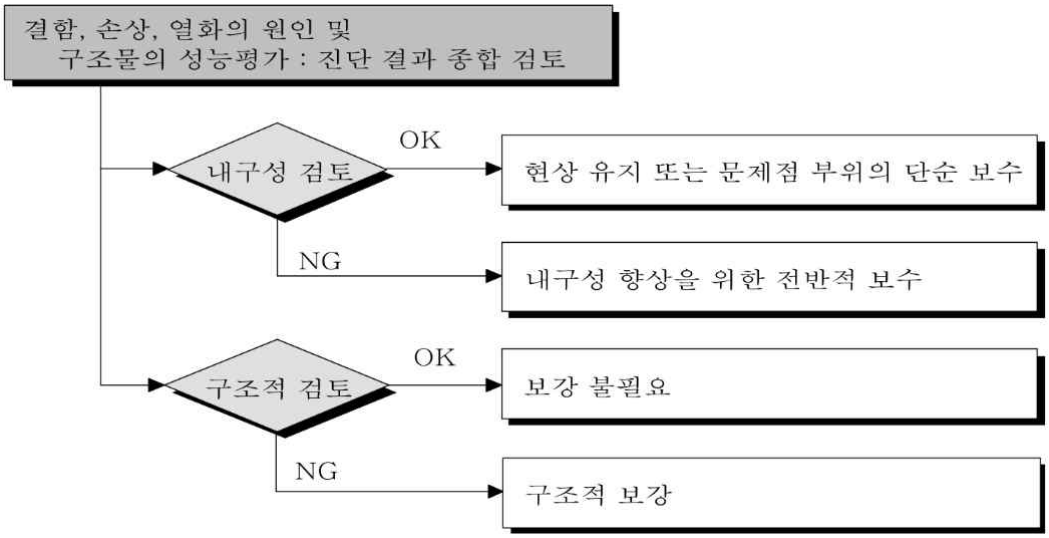
구분	순위	내 용
단기	1순위	•『시설물의 안전관리에 관한 특별법』제12조(중대한 결함)의 "대통령이 정하는 중대한 결함"에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 등 •주요부재에 발생된 결함 및 손상이 커 상태평가 기준 "d" 이하인 경우 •철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우 •차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상
중장기	2순위	•보조부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 •즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 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 0.2㎜이하의 비구조적 미세균열(단, 균열집중구간은 제외) - 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않은 경우

7.2 보수 · 보강 방안

7.2.1 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 7.2.1】 보수·보강 범위의 결정

7.2.2 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

7.2.3 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.

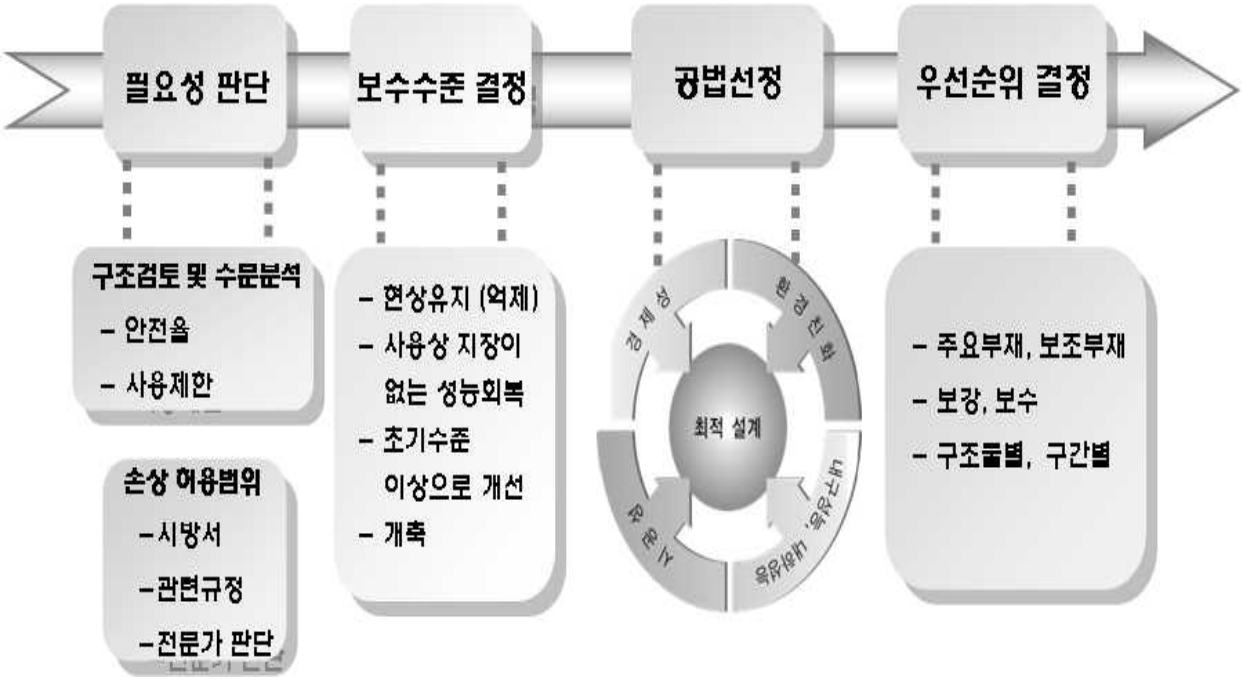
마. 적용 가능한 보수재료의 선정

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 생가되는 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.

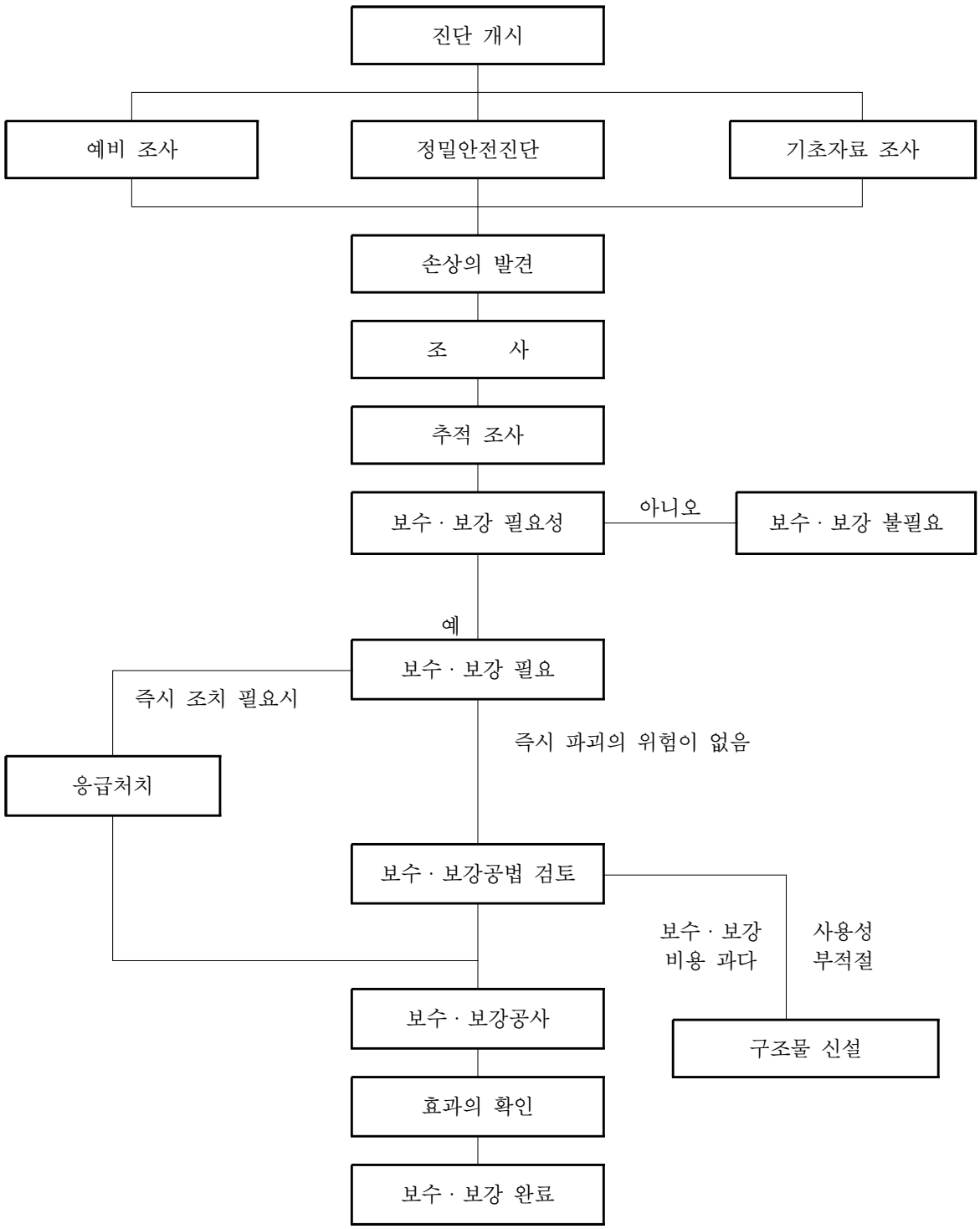
바. 보수재료의 성능조사

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 7.2.2】 보수·보강 공법 선정 흐름도

7.2.4 보수·보강의 업무 흐름도



【그림 7.2.3】 보수·보강의 업무 흐름도

7.2.5 보수·보강 방안

【표 7.2.1】 결함내용별 보수·보강방안

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	우선순위
BOX구간	균열(Cw0.3㎜미만)	m	882	821.7	표면처리	3
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	16	38.8	주입보수	2
	망상균열	㎡	29	186.15	표면처리	3
	균열부백태	㎡	23	7.7	표면처리	3
	누수흔적, 백태	㎡	80	83.41	표면처리	3
	누수	EA	9	9	지수보수	1
	들뜸, 파손, 박리, 박락, 패임	㎡	31	6.07	단면보수	2
	보수부 들뜸, 박리	㎡	6	1.58	단면보수	2
	박락 및 철근노출	㎡	1	1.44	단면보수(방청)	2
	실런트 탈락	㎡	1	0.02	실런트 재설치	3
	철근노출	㎡	1	0.02	단면보수(방청)	2
	타일균열	m	48	26.1	주의관찰	-
	타일긁힘	EA	24	24	주의관찰	-
	타일탈락, 들뜸, 파손	EA	4278	4278	타일 재설치	3
T.R.M구간	균열부백태	㎡	6	1.2	표면처리	3
	누수흔적, 백태	㎡	177	230.8	표면처리	3
	누수	EA	35	35	지수보수	1
	박락	㎡	1	0.04	단면보수	2
	보수부 불량	㎡	1	60.0	누수보수	1
	방수포 탈락	㎡	1	1.5	누수보수	1
	타일균열	m	24	83.7	주의관찰	-
	타일탈락, 들뜸, 파손	EA	604	604	타일 재설치	3
포장부	포장균열	m	16	79.5	주의관찰	-
	망상균열	㎡	12	62.8	주의관찰	-
	박리	㎡	3	0.65	주의관찰	-
	아스콘 밀림	㎡	2	0.5	아스콘팻칭	2
	아스콘 탈락	㎡	1	0.3	아스콘팻칭	2
	포장마모	㎡	1	4.0	주의관찰	-
	파손, 패임	㎡	4	0.45	아스콘팻칭	2
신축이음	조인트 박리, 박락	㎡	3	3.0	주의관찰	-
난간, 연석 및 중앙분리대	균열(Cw0.3㎜미만)	m	180	114.9	주의관찰	-
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	5	5.0	주입보수	3
	파손, 박리, 박락	㎡	25	9.33	단면보수	3
	표면박리, 표면열화	㎡	4	130.5	단면보수	3
	가드레일변형	m	1	5.0	재설치	3
	난간파손	EA	1	1	재설치	3
	케이블박스 파손	EA	2	2	재설치	3

【표 7.2.1】 결함내용별 보수 · 보강방안(계속)

구 분	결함내용 및 손상, 열화내용	단위	개소	손상물량	조치방안	우선순위
배수시설	유도배수관 고정불량	EA	1	1	재설치	1
	유도배수관 녹물오염	㎡	1	0.05	재설치	1
	유도배수관 누수	EA	4	4	재설치	1
	유도배수관 누수흔적	EA	1	1	재설치	1
	유도배수관 백태	㎡	3	0.14	재설치	1
	유도배수관 변형	m	5	9.0	재설치	1
	그레이팅 유실	EA	1	1	재설치	3
U-Type옹벽	균열(Cw0.3㎜미만)	m	282	194.6	표면처리	3
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	4	1.8	주입보수	2
	균열부백태	㎡	8	1.76	표면처리	3
	백태	㎡	35	5.3	표면처리	3
	누수흔적	㎡	13	1.59	표면처리	3
	파손, 박리	㎡	21	80.45	단면보수	3
	표면박리	㎡	2	4.0	단면보수	3
	실런트 열화	m	21	83.0	실런트 재설치	3
	실런트 이격	m	2	1.8	실런트 재설치	3
	타일균열	m	244	247.0	주의관찰	-
	타일탈락, 파손	EA	175	175	타일 재설치	3
부속시설	소화기함 파손	EA	2	2	재설치	3
	소화기함 개폐불량	EA	1	1	재설치	3
	소화기함 전등파손	EA	1	1	재설치	3
	비상전화함 파손	EA	1	1	재설치	3
환기시설	균열(Cw0.3㎜미만)	m	203	278.3	주의관찰	-
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	9	13.4	주입보수	2
	균열,백태	㎡	2	0.3	표면처리	3
	누수,백태	㎡	1	0.1	표면처리	2
	망상균열	㎡	2	3.25	주의관찰	-
	몰탈 균열	m	4	6.7	주의관찰	-
	몰탈 망상균열	㎡	1	9.0	주의관찰	-
	박락 및 철근노출	㎡	4	2.8	단면보수(방청)	2
	백태	㎡	3	0.25	표면처리	3
	재료분리	㎡	1	0.05	단면보수	3
	철근노출	㎡	6	0.16	단면보수(방청)	2
	체수	㎡	1	1.8	주의관찰	-
전기실	균열(Cw0.3㎜미만)	m	9	10.5	주의관찰	-
	균열(Cw0.3㎜이상)	m	2	0.5	주입보수	2
	누수	㎡	3	2.25	지수보수	2
	시공이음부 균열	m	10	54.0	주의관찰	-
	조적벽이격	m	1	3.5	주의관찰	-

7.2.6 보수·보강 개략공사비

【표 7.2.2】보수 · 보강 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위	비고
BOX구간	균열(Cw0.3㎜미만)	표면처리	821.7	308.14	㎡	75	23,111	3	
	균열(Cw0.3㎜이상)	주입보수	38.8	58.2	m	64	3,725	2	
	망상균열	표면처리	186.15	279.23	㎡	75	20,942	3	
	균열부백태	표면처리	7.7	11.55	㎡	75	866	3	
	누수흔적, 백태	표면처리	83.41	125.12	㎡	75	9,384	3	
	누수	지수보수	9	4.5	㎡	160	720	1	
	들뜸, 파손, 박리, 박락, 패임	단면보수	6.07	9.11	㎡	300	2,733	2	
	보수부 들뜸, 박리	단면보수	1.58	2.37	㎡	300	711	2	
	박락 및 철근노출	단면보수(방청)	1.44	2.16	㎡	500	1,080	2	
	실런트 탈락	실런트 재설치	0.02	0.3	m	25	8	3	
	철근노출	단면보수(방청)	0.02	0.03	㎡	500	15	2	
	타일탈락, 들뜸, 파손	타일 재설치	4278	1	식	12834	12,834	3	
T.R.M구간	균열부백태	표면처리	1.2	1.8	㎡	75	135	3	
	누수흔적, 백태	표면처리	230.8	346.2	㎡	75	25,965	3	
	누수	지수보수	35	17.5	㎡	160	2,800	1	
	박락	단면보수	0.04	0.06	㎡	300	18	2	
	보수부 불량	누수보수	60.0	90	㎡	950	85,500	1	
	방수포 탈락	누수보수	1.5				-	1	
	타일탈락, 들뜸, 파손	타일 재설치	604	1	식	1812	1,812	3	
포장부	아스콘 밀림	아스콘팻칭	0.5	0.75	㎡	60	45	2	
	아스콘 탈락	아스콘팻칭	0.3	0.45	㎡	60	27	2	
	파손, 패임	아스콘팻칭	0.45	0.68	㎡	60	41	2	
난간, 연석 및 중앙분리대	균열(Cw0.3㎜이상)	주입보수	5.0	7.5	m	64	480	3	
	파손, 박리, 박락	단면보수	9.33	14	㎡	300	4,200	3	
	표면박리, 표면열화	단면보수	130.5	195.75	㎡	300	58,725	3	
	가드레일변형	재설치	5.0	7.5	m	25	188	3	
	난간파손	재설치	1	1	EA	25	25	3	
	케이블박스 파손	재설치	2	2	EA	30	60	3	
배수시설	유도배수관 고정불량	부분재설치 or 전면재설치	1	1	식	3,552 or 51,840	3,552 or 51,840	1	
	유도배수관 녹물오염		0.05					1	
	유도배수관 누수		4					1	
	유도배수관 누수흔적		1					1	
	유도배수관 백태		0.14					1	
	유도배수관 변형		9.0					1	
	그레이팅 유실	재설치	1	1	EA	35	35	3	

【표 7.2.2】 보수 · 보강 개략공사비(계속)

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위	비고
U-Type 옹벽	균열(Cw0.3㎜미만)	표면처리	194.6	72.98	㎡	75	5,474	3	
	균열(Cw0.3㎜이상)	주입보수	1.8	2.7	m	64	173	2	
	균열부백태	표면처리	1.76	2.64	㎡	75	198	3	
	백태	표면처리	5.3	7.95	㎡	75	596	3	
	누수흔적	표면처리	1.59	2.39	㎡	75	179	3	
	파손, 박리	단면보수	80.45	120.68	㎡	300	36,204	3	
	표면박리	단면보수	4.0	6	㎡	300	1,800	3	
	실런트 열화	실런트 재설치	83.0	124.5	m	25	3,113	3	
	실런트 이격	실런트 재설치	1.8	2.7	m	25	68	3	
	타일탈락, 파손	타일 재설치	175	1	식	525	525	3	
부속시설	소화기함 파손	재설치	2	2	EA	100	200	3	
	소화기함 개폐불량	재설치	1	1	EA	100	100	3	
	소화기함 전등파손	재설치	1	1	EA	30	30	3	
	비상전화함 파손	재설치	1	1	EA	100	100	3	
환기시설	균열(Cw0.3㎜이상)	주입보수	13.4	20.1	m	64	1,286	2	
	균열,백태	표면처리	0.3	0.45	㎡	75	34	3	
	누수,백태	표면처리	0.1	0.15	㎡	75	11	2	
	박락 및 철근노출	단면보수(방청)	2.8	4.2	㎡	400	1,680	2	
	백태	표면처리	0.25	0.38	㎡	75	29	3	
	재료분리	단면보수	0.05	0.08	㎡	300	24	3	
	철근노출	단면보수(방청)	0.16	0.24	㎡	400	96	2	
전기실	균열(Cw0.3㎜이상)	주입보수	0.5	0.75	m	64	48	2	
	누수	지수보수	2.25	3.38	㎡	160	541	2	

Case1. 유도배수관 부분 재설치		
순공사비 합계(천원)		312,246
제경비(순공사비×50%)(천원)		156,123
순위별 공사비(천원) (제경비 포함)	1순위	138,858
	2순위	18,345
	3순위	311,166
유지보수 개략공사비 총계(천원)		468,369

Case2. 유도배수관 전면 재설치		
순공사비 합계(천원)		360,499
제경비(순공사비×50%)(천원)		180,250
순위별 공사비(천원) (제경비 포함)	1순위	211,290
	2순위	18,345
	3순위	311,114
유지보수 개략공사비 총계(천원)		540,749

※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.
※ 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영.
※ 일부 손상은 보수물량 산정시 보수단가 및 방법을 고려하여 단위 및 물량 변경.
※ 상기 개략공사비는 2023년 현장조사시 확인한 물량으로 산정하였으며, 이후의 실시설계시 공법선정, 단가 변동 및 현장여건상 부대공의 추가 등으로 변동될 수 있음.

7.3 보수·보강 공법

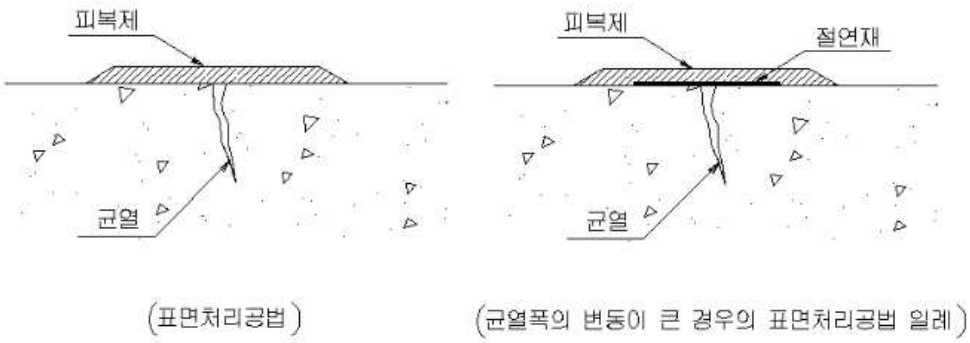
7.3.1 균열보수공법

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 7.3.1】 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.

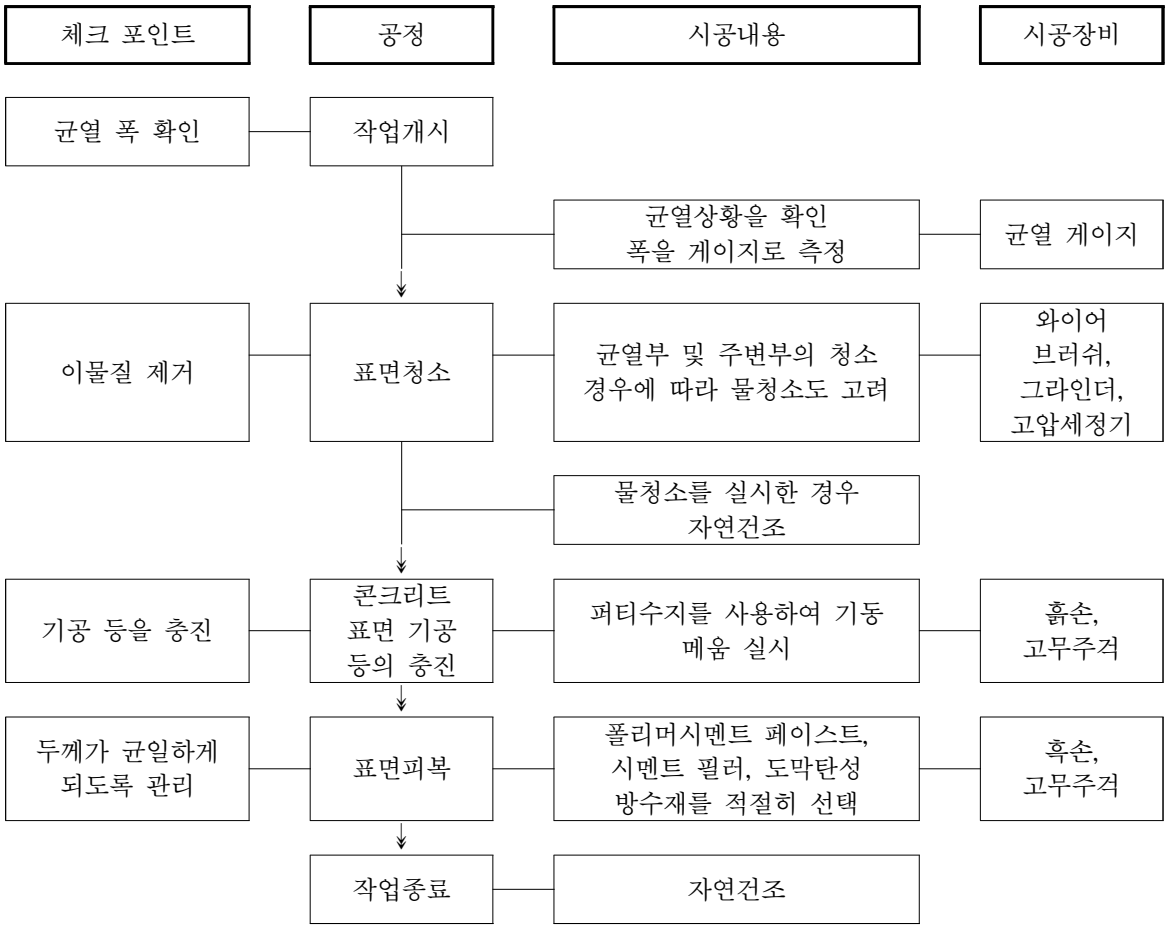
⑦ 직사광선, 바람 등이 현저한 장소에서 시공할 때는 급격한 건조를 방지하기 위한 조치를 취하여야 한다.

⑧ 동절기 시공 시에는 따뜻한 날을 선택하여 시공하여야 한다.

⑨ 혼화재는 사용 전에 수회 흔들어야 한다.

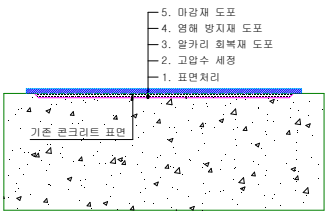
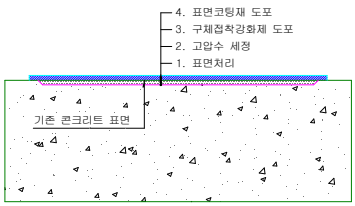
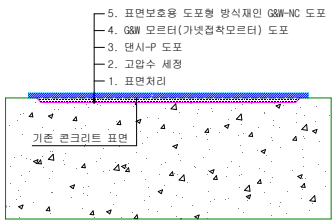
⑩ 시공완료 후 충분히 건조한 후 담당자의 확인을 받아야 한다.

3) 시공 흐름도



【그림 7.3.2】표면처리공법 시공 흐름도

【표 7.3.1】 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 7.3.2】 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 7.3.3】 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

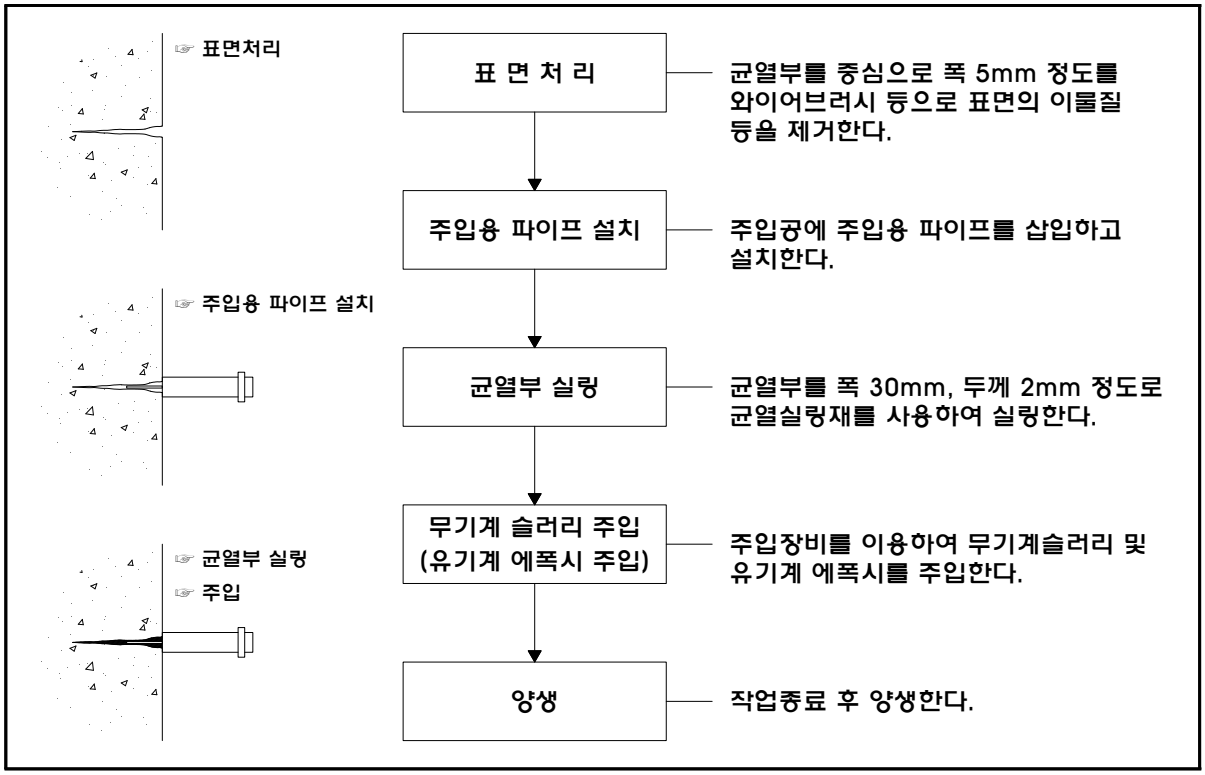
【표 7.3.4】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

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 7.3.5】 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 7.3.3】 균열 보수공법 개요도

4) 시공시 주의사항

① 대기온도가 10～30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다.

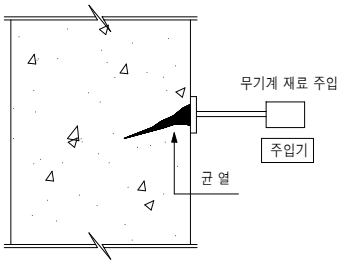
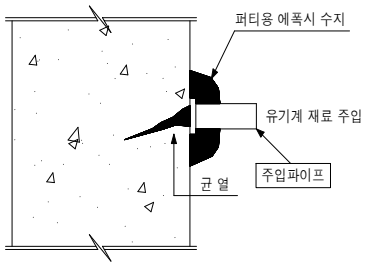
② 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.

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.

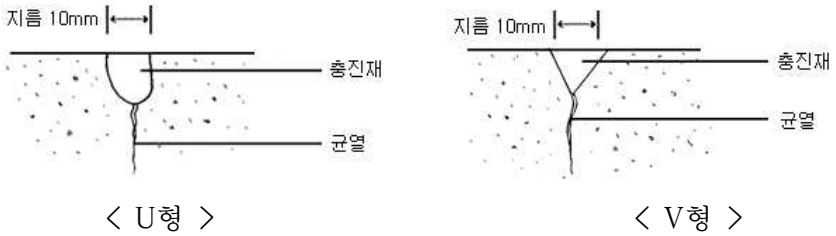
【표 7.3.6】 주입보수공법 비교표

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

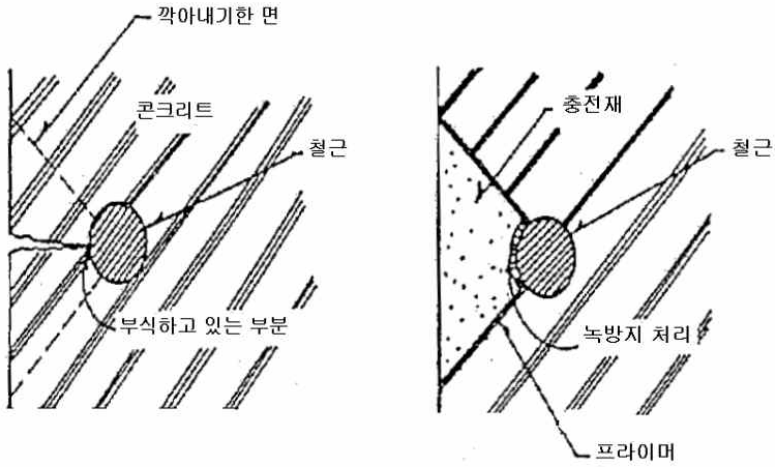
1) 개 요

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.

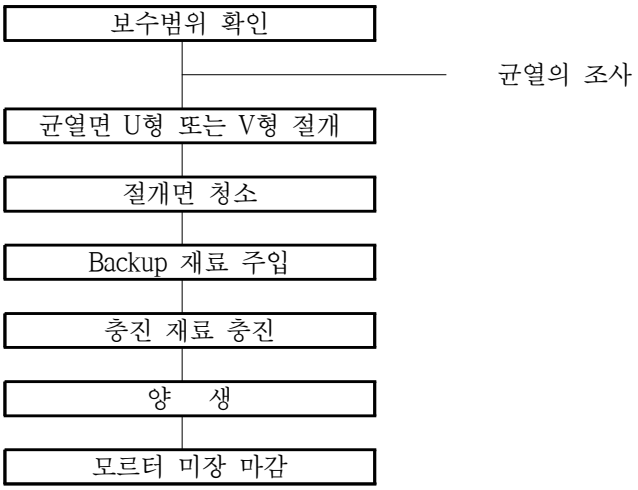


< U형 > < V형 >

【그림 7.3.4】 철근이 부식되지 않은 경우의 충진공법



【그림 7.3.5】 철근이 부식된 경우의 충진공법



【그림 7.3.6】 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.

7.3.2 단면보수공법

가. 단면보수공법(철근비노출부)

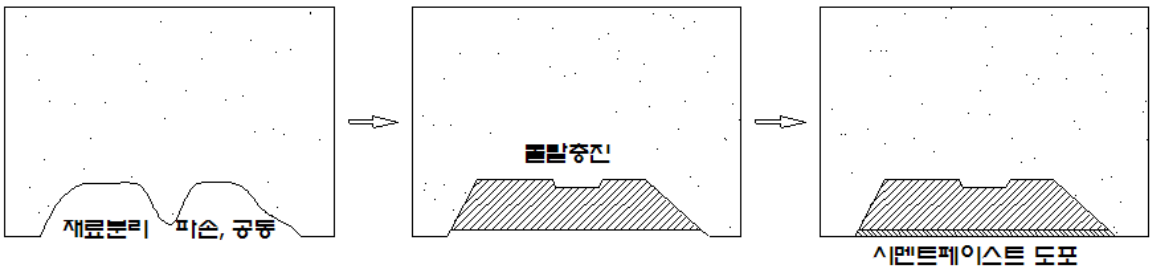
1) 개요

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.

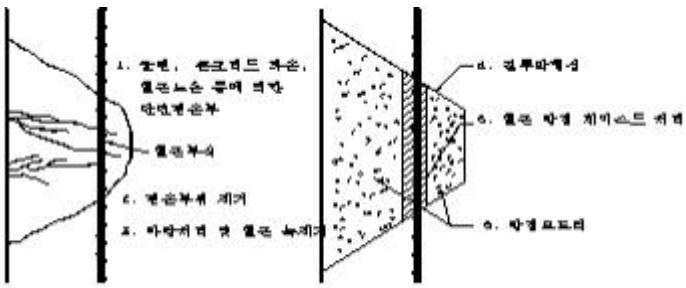
가. 단면보수(철근방청)공법

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 7.3.7】 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.

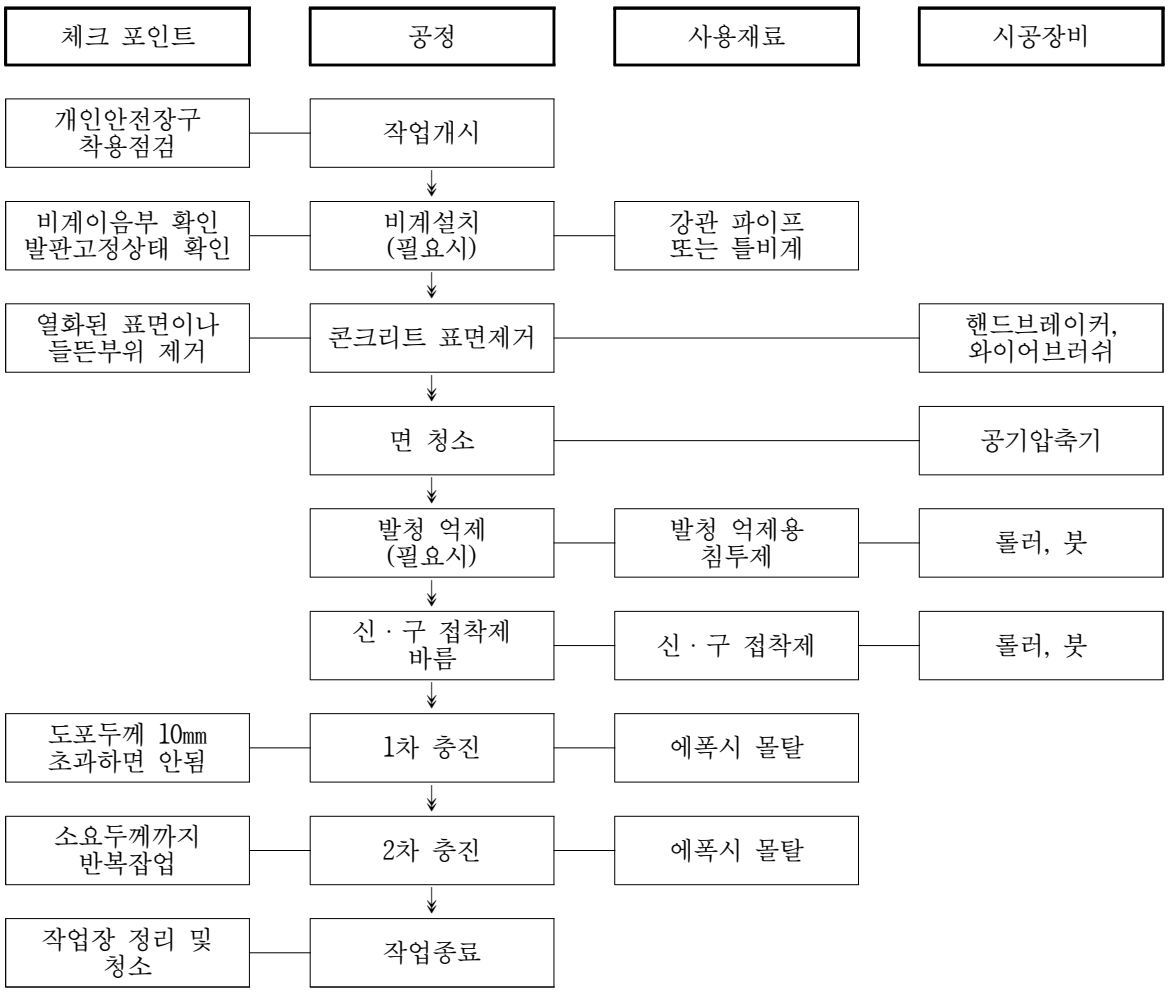
⑨ 기존 콘크리트 탈락부위에 1차 충진은 에폭시 몰탈로 실시한다.

⑩ 에폭시몰탈 시공시 미장두께는 10㎜를 넘어서서는 안 된다.

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

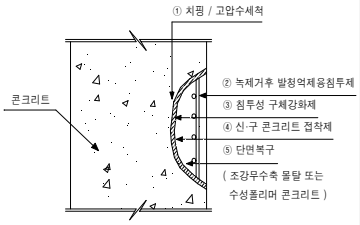
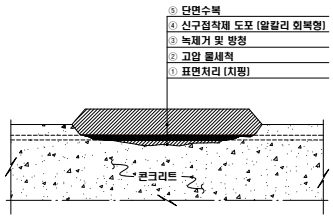
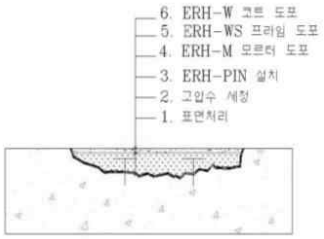
⑫ 에폭시몰탈은 상온에서 배합후 시간이 경과하면 접착력 및 강도가 저하되므로 작업종료 후 남은 것은 재사용하지 말고 버려야 한다.

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



【그림 7.3.8】 단면보수공법 시공 흐름도

【표 7.3.7】 단면보수공법 비교표

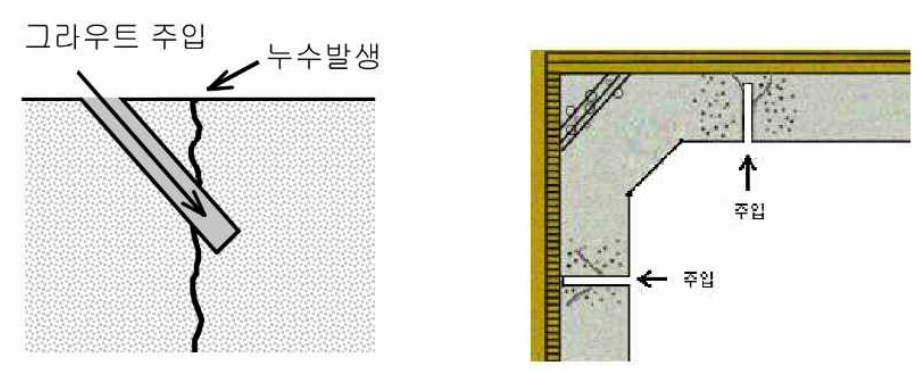
구 분	폴리머시멘트공법	PMI공법	에코플래시공법
개 요 도			
공법개요	•노출된 철근은 녹을 제거한 후 발청억제용 침투제로 방청하고 구체는 침투성 구체 강화제를 도포한 후 조강무수축 몰탈 또는 수성폴리머 몰탈을 사용하여 단면복구를 하는 방법.	•고분자 융합 신소재와 탄소나노튜브 하이브리드화 시켜 초기발생하는 수화열에 대한 저항성을 확보하여 초기균열 예방 및 내구성, 내식성이 우수한 다기능 복합 표면보수공법	•탄산화, 염해, 동해 및 화학적 부식 등의 열화원인에 대응하여 천연광물을 함유한 모르타르와 특수건식 스프레이를 이용하여 화학적 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

7.3.3 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.

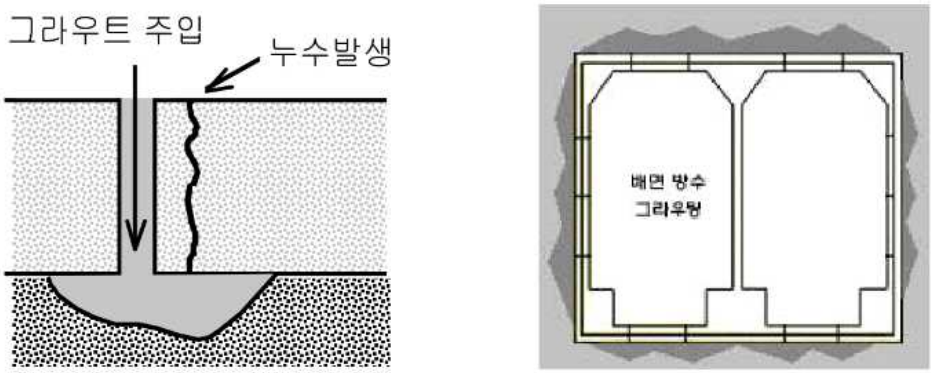


【그림 7.3.9】충전주입방수 공법의 개요

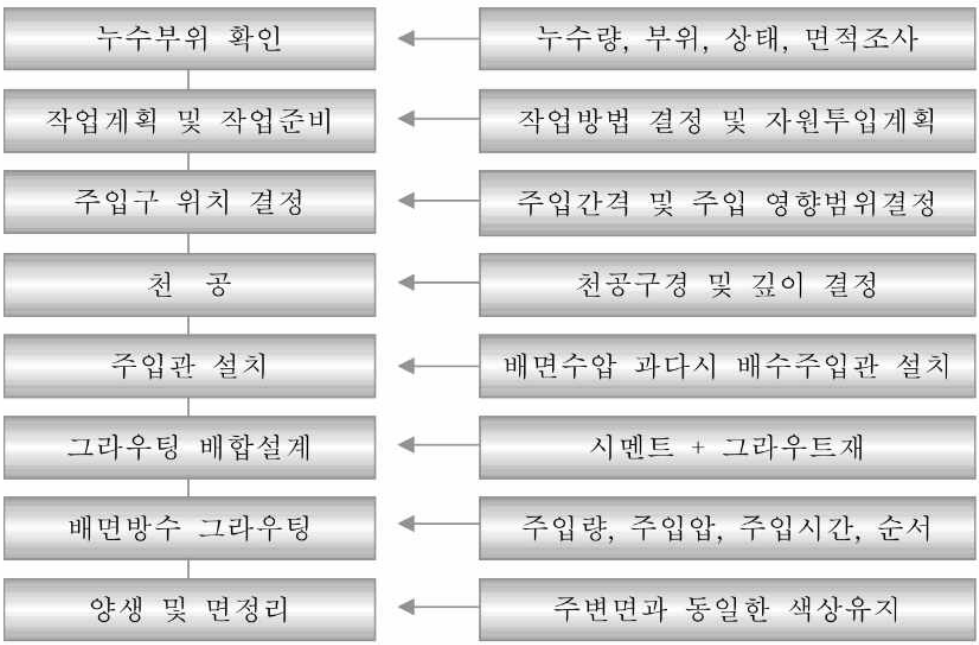
【그림 7.3.10】충전주입방수 공법의 시공순서도

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.



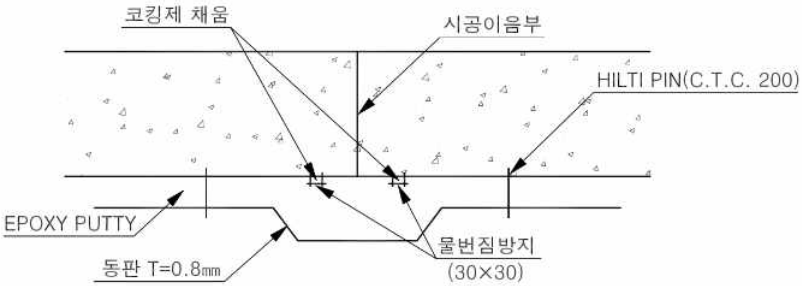
【그림 7.3.11】 배면주입방수 공법의 개요



【그림 7.3.12】 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 7.3.13】 유도배수공(동판의 경우) 상세도

라. 누수보수공법의 적용성 검토

【표 7.3.8】 누수보수공법의 적용성 검토

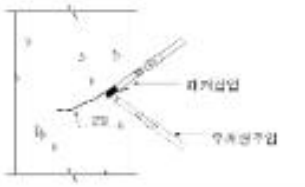
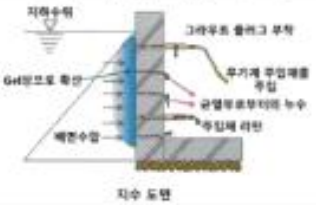
구 분	충전주입공법	배면누수공법	유도배수
공법개요	•단면(구체) 내부에 방수층 형성	•배면부에 방수층을 형성하는 공법	•유입되는 지하수를 배수처리하는 공법
장 점	•배면주입에 비해 공사비 저렴 •국부적인 누수 결함에 유리	•배면부의 손상된 방수층 재형성 가능 •누수 재발생 가능성 없음 •누수면적이 넓으면서, 산발적인 누수결함에 유리	•시공이 간단함 •공사비 저렴 •향후 유지보수가 용이함 •단면결손을 유발하지 않음
단 점	•배면부의 손상된 방수층 재형성이 어려움 •누수 재발생 가능성 있음 •누수 면적이 넓을 경우 불리	•공사비 많이 소요(배면부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

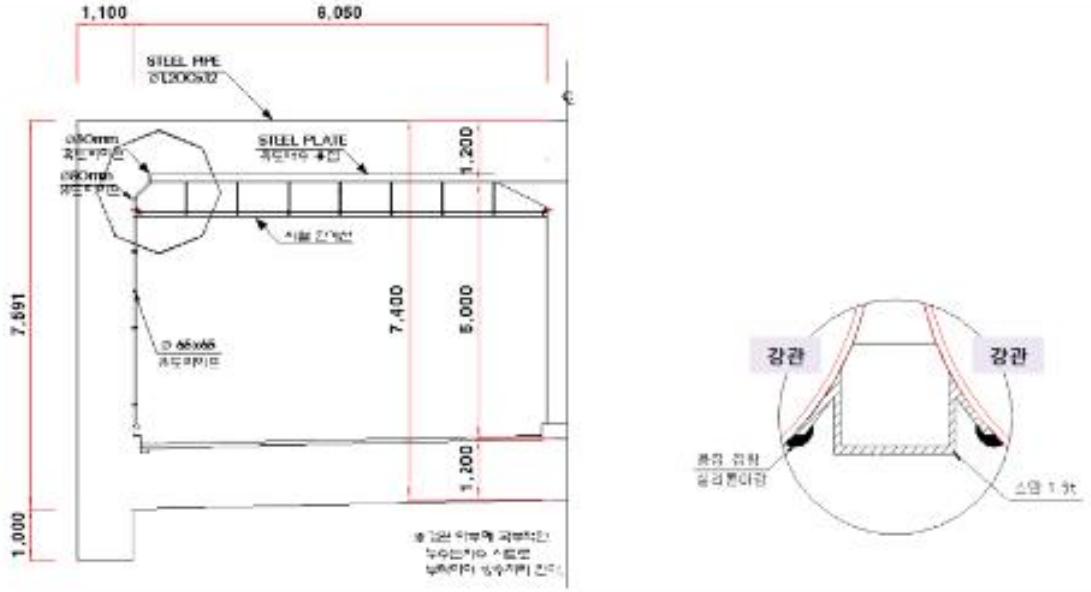
2) 1차적으로 충전주입공법시 국부적으로 미세균열부에 주입이 충실히 되지 않아 미세균열부에서 누수가 재발생되는 가능성이 있으므로 시공시 숙련된 작업공에 의하여 보수가 시행되어 정밀한 시공이 이루어져야 함.

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

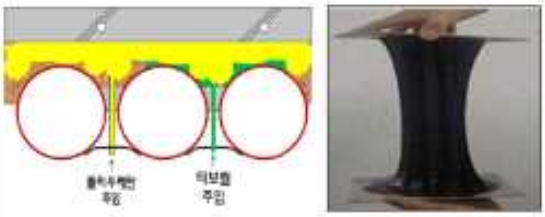
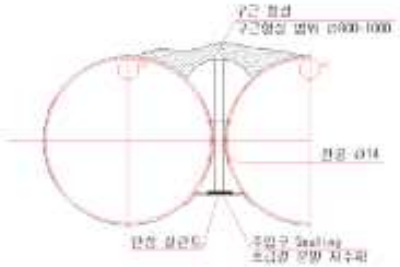
【표 7.3.9】 누수주입공법별 특징

구 분	폴리우레탄 주입공법	핀그라우트공법	고성능 무기계 특수 주입제에 의한 지수 공법
공법별 개요도			
공법 개요	·수압이 없는 구조물에 지수를 목적으로함 ·반포성 우레탄 주입, 크레의공극을 충전하는 공법	NL 페이스트(폴리우레탄계)를 균열부 등에 주입하여 충진하고 물과 반응하여 부피가 팽창시켜 누수부를 차단하는 공법	무기계 주입제(시멘트계)를 패커를 통해 습식 누수부 균열에 주입하여 재균열 방지 및 광범위하게 균일 억제 등의 효과 기대 배면에 약액을 주입하여 방수층을 형성하기도함
시공 방법	·누수 균열부에서10~20cm 이격하여천공, 주입구 설치 ·주입기의최대 토출압력이 200kgf/㎠이 되어야 함 ·24시간이상 양생후주입구를 제거하고 콘크리트면의 이물질을 제거후폭 1.0m에 표면마감은 일정한 선형을 유지하여 정리	균열 및 누수부위 V 컷팅 → NL 포켓 설치→ 급결시멘트로 도포 및 NL PATE를 주입 →주입관을 밀봉한 후 지수부를 확인→주입관 절단 후 표면처리	균열 부위 20~30cm 간격 패커 설치 à무기계 고성능 만용 추진제 주입 à무기계 특수 혼화제 주입 à고성능 무기계 그라우트(초미립자 시멘트+SH+GH)주입
장 점	·지속적이지 못하나 순간적으로 지수효과가 있음 ·사용장비가 비교적 간단 ·국부적인 누수시재하자의 발생이 높으나 초기비용이 비교적 낮음 ·극소량으로 발생시 내구성이 없는 응급처치용으로 사용하기도 함	·붙이 떼어나오는 곳의 수밀성, 방수성을 회복시킴 ·수지가 저절로 콘크리트 중의 물을 흡수하여 지수 ·시공이 간단하다.(그리스 건) ·수압이 강하고 유동성이 있는 구조물에 대하여 유도배수가 가능한공법과 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 주입재를충진해 견고한 보수를 할 수 있음
단 점	·재하자의발생율이높음 ·다량 누수구간시 전체주입비용이 과다 ·단면 원상복구불가 및 지수효과 기대가 어려움 ·발포속도가 너무 빨라서 주입부근에서만 효과를 볼 수 있고, 물이 없어지면 수축현상이 일어남	·숙련된 기능공에 의한 작업이 요구됨 ·재하자의발생율이높음 ·다량 누수구간시 전체주입비용이 과다	·다량 누수 구간시 전체 주입비용이 증가 ·광범위한 누수부 보수는 어려움
경제성	160,000 원/㎥	180,000 원/㎥	200,000 원/㎥
검토 결과	ㅇ남태령지하차도 T.R.M구간에 적용이 어려움		

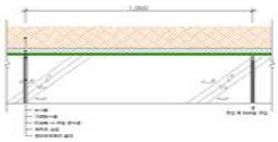
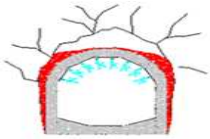
【표 7.3.10】유도배수공법 특징

구 분	유도배수 공법
공법별 개요도	
공법 개요	누수되는 부위 및 누수가 예상되는 구간에 유도배수 파이프를 설치
시공 방법	이물질 제거 → 강관 하면 누수부 용접 및 방수쉬트 부착 → 유도 배수로 설치 및 용접, 실리콘 마감 → 유도파이프 → 단열 → 마무리
장 점	·시공이 간단함 ·공사비 저렴 ·향후 유지보수가 용이함 ·단면결손을 유발하지 않음
단 점	·근본적인 누수 차단 방안은 아님 ·동절기 시 유도배수관이 손상될 수 있음(단열 필요) ·접합부가 많고 매연 등에 의해 수명이 짧음
경제성	96,000 원/m
검토 결과	·시공비가 저렴하나 미관이 저하(판넬 필요) ·강관의 육안점검이 불가

【표 7.3.11】배면 그라우팅 공법별 특징

구 분	배면그라우팅 공법	
	터보씰 누수보수공법(신기술 376호)	ARC 주입공법 (신기술 402호)
공법별 개요도		
공법개요	합성고무, 아스팔트, 팽창성 무기질 분말을 주원료로 한 방수재를 도막형태로 처리하는 공법	ARC(아크릴계) 약액을시공이음부 배면에 주입하여 Gel을 형성하여 Gel이 누수부를 차단시키는 공법
시공방법	주입구 천공→발포 우레탄 주입→주입구 천공→터보씰 주입→터보씰 역류 확인→주입구 용접	기존 Joint 취약부 제거→주입구실링→천공작업→주입관 or 패커 설치→ARC 약액 주입→주입관 제거→마감면 정리
장 점	·탄성재료로 구조물 신축 및 수축에 같이 거동(강관과의 접합에 유리) ·무독성으로 환경 친화적 ·확인구를 통해 주입량 확인 ·점착력이우수	·점성이 물과 유사하여 침투성이 우수 ·구조물 신축 및 수축에 같이 거동(강관의 거동에 대응) ·알칼리,염분및해수에 대한 저항성 우수 ·Gel time 조절이 가능
단 점	·배면에 주입 정도 확인 불가 ·비용이 고가 ·감독관의 인근 주입구월류 확인을 철저히 관리 해야 함	·누수차단재가 Gel type으로 Gel의 용탈이 우려됨 ·약액혼합시 숙련공 필요하여 주입정도 확인이 불가
경제성	950,000 원/㎡	300,000 원/㎡
검토결과	·방수의 효과를 기대하기 위해서는 TRM 구간 전반적으로 실시해야 함 ·Geltype의 방수재료는 향후 용탈의 우려가 있음	

【표 7.3.12】전면 누수보수공법 비교표

구분	비경화점착유연형계 (터보씰 방수층 형성공법)	시멘트 배면복구제	아크릴계
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	초점성의 아크릴 레진을 이용한 조성물로서 구체배면을 천공 주입하는 누수보수 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	굳으면서 접착이 되고 구체 거동에 대처할 만큼의 탄성이 없기 때문에 구체가 움직일때 크랙 부위에서는 재료에 손상이 미칠 수 있음
점도	3,000,000 cP (20℃)	-	3~5 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	점도가 낮기 때문에 주입과정에서 약품이 흘러서 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	선 주입된 재료와 후속 주입된 재료의 시차에 의해 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	이물질이 있는 경우 접착 불량의 문제가 발생
습윤, 수중면 접착성	고점도의 재료로서 수중, 습윤상태에서도 접착을 이룸	습윤상태에서 접착이 불가능	습윤상태에서 접착이 불가능
위부온도 영향	온도변화에 영향을 받지 않음	현장의 온도가 높으면 양생과정에서 수분이 빨리 증발하므로 강도발현이 어려움	현장의 온도나 그라우트호스가 지나가야할 곳의 온도가 약액의 온도와 차이가 많이나면 겔타입의 조절이 자유롭지 못함
장점	1. 높은 점착력으로 이물질, 습윤상태의 바탕면(배면)에서도 부착이 이루어지는 특성을 가지고 있음 2. 일액형의 재료로서 굳지 않는 젤상을 유지하므로 구체가 거동하더라도 방수층의 손상, 들뜸 현상이 생기지 않음 3.바탕면과 점착력이 우수하므로 누수가발생하더라도 부분보수가 가능하여 유지관리비 절감의 효과가있다. 4.환경친화적소재(VOC0.02%이내) 5.동절기에도시공가능 6.양생기간이 불필요하고 작업시 위험성이적음.	1. 시멘트 계열의 무기질계로서 콘크리트 구조물의 열팽창계수 및 탄성계수와 유사한 특성을 가지고 있고 내구성이 우수함	1. 무독성으로 환경친화적임
단점	1. 전용장비가 반드시 필요함 2.노출시공이불가능함	1. 구체거동 시 대응력이 미약하여 방수층이 쉽게 손상된다. 2.재료간의계면분리현상으로인해추가누수경로제공 3.습윤상태에서의시공이불가능함 4.공사후누수발생시누수지점확인이어려워부분보수가불가능하므로유지관리비용이상승한다.	1. 재료간의 계면분리현상으로 인해 추가 누수 경로 제공 2.양생기간이필요(최소1일) 3.공사후누수발생시누수지점확인이어려워부분보수가불가능하므로유지관리비용이상승한다. 4.수위하락시재료가경화되면서접착력을상실하게됨 5.이액형재료로써품질확보가어려움

7.3.4 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.

0

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)

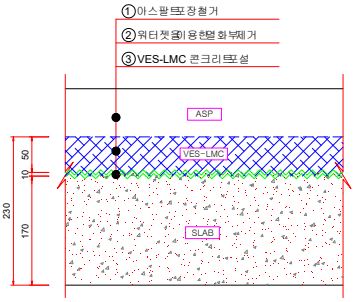
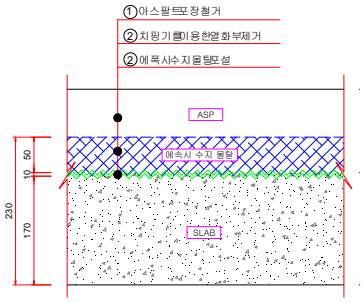
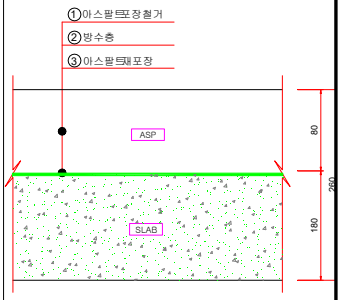
1) 공법개요

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 7.3.13】 전면 누수보수공법 비교표

구분		초속경라텍스개질 콘크리트(VES-LMC)	에폭시 수지 몰탈	아스팔트
재료의 구성		초속경 시멘트 + 라텍스 + 조세골재(13mm) + 물	에폭시수지 + 규사 + 탄살칼슘	아스팔트 + 조세골재 + 쇄석 + 석분
포장 구조				
적용대상		■기존교량 바닥판콘크리트 보수, 보강 ■기존교량 교면 재포장	■주차장 및 기계실, 전기실, 화학공장 바닥 ■신설 및 부분보수 교면 재포장	■신설 및 기존교량 교면 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 보수공사에는 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

7.4 유지관리 방안

7.4.1 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.

7.4.2 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.

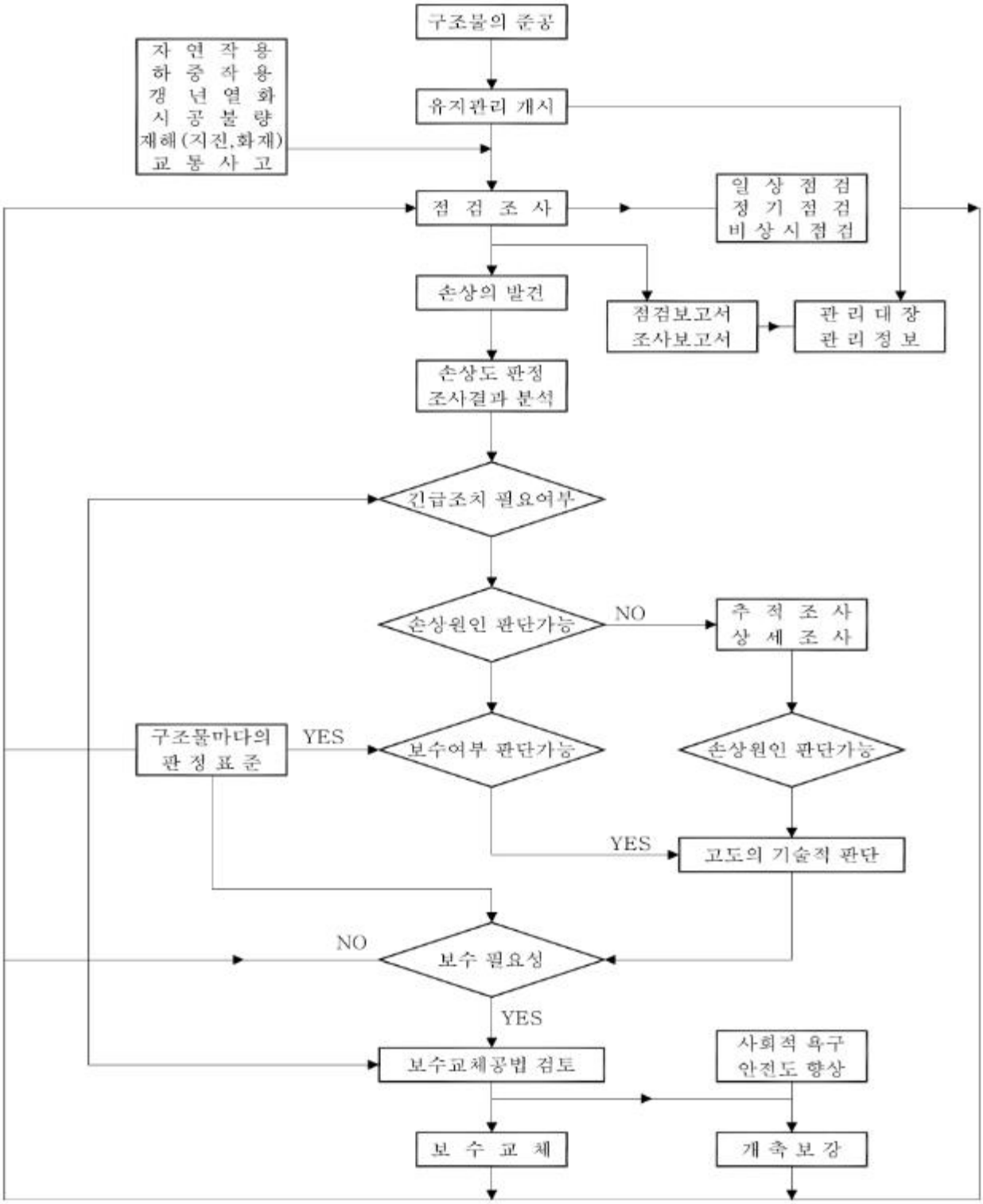
3) 점검 및 진단

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 7.4.1】 유지관리 흐름도

7.4.3 중점 유지관리사항

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

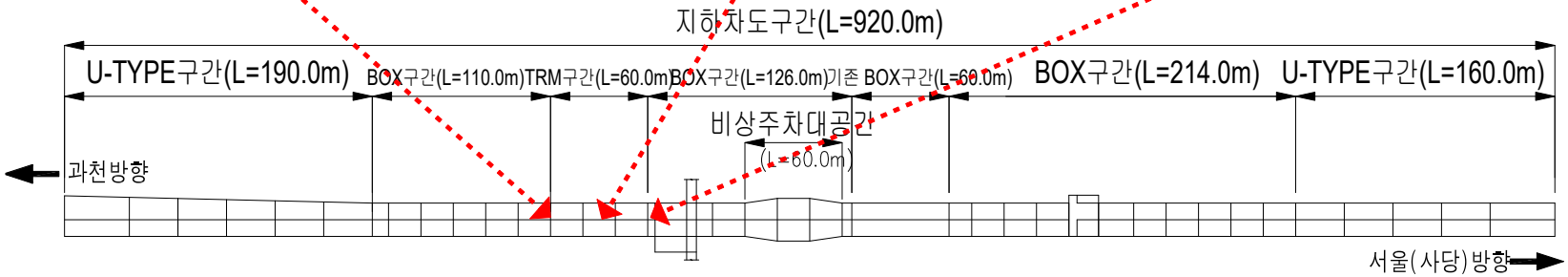
【표 7.4.1】 중점 유지관리사항

구 분	세 부 내 용	
포장		
	시점부 U-Type구간 상행 포장 STA.040 아스콘 밀림	BOX구간 상행 포장 STA.000 파손
조사 결과	· 포장 밀림, 파손 등 ⇒ 방치시 손상의 진전 및 2차손상이 발생될 가능성이 있고 주행차량의 안전사고 방지를 위해 아스콘 팻칭 등과 같은 소파보수를 실시하는 것이 필요함 ⇒ 이후 진전여부에 대하여 미보수 구간의 포장보수에 대한 대책수립이 요구됨	
옹벽구간		
	시점부 U-Type구간 상행 벽체 STA.170 박리	종점부 U-Type구간 하행 벽체 STA.090 파손
조사 결과	· 균열, 백태, 파손, 박리 등 ⇒ 건조수축, 온도변화, 수분침투, 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단 ⇒ 손상부는 내구성 확보차원에서 표면처리, 단면보수, 재설치 등의 대책수립이 필요함 ⇒ 이후 벽체 이음부 이격, 단차 발생 등에 대하여 주의관찰을 통한 유지관리가 요구됨	

【표 7.4.1】 중점 유지관리사항 (계속)

구 분	세 부 내 용	
BOX 및 T.R.M구간		
	BOX구간 하행 슬래브 STA.324 누수(떨어짐)	BOX구간 상행 슬래브 STA.150 누수(떨어짐)
조사 결과	· 누수 및 백태 등 ⇒ 강우, 하천수 등에 따른 누수로 인해 주변 콘크리트 오염, 내부 철근 부식, 동절기 고드름 생성, 포장 빙판 발생에 따른 주행성 저하 및 주행차량 안전사고 등이 발생될 우려가 있으므로 우선적인 보수가 필요 ⇒ 보수 전까지는 동절기 상부에 고드름이 형성되어 낙하시 주행차량의 안전사고가 발생되지 않도록 지속적인 점검 필요	
배수시설		
	BOX구간 하행 배수시설 STA.113 유도배수관 누수	
조사 결과	· 유도배수관 누수, 백태, 변형 등 ⇒ 물리적 충격, 공용기간 경과, 누수, 동절기 유입수 팽창 등에 의해 발생한 것으로 판단 ⇒ 현재 누수가 진행되고 있는 상태로 동절기 누수부위에서 고드름 형성 및 낙수 결빙으로 차량 주행성 저하 및 안전사고 발생이 우려되므로 보수가 요구됨 ⇒ 보수 전까지는 동절기 상부에 고드름이 형성되어 낙하시 주행차량의 안전사고가 발생되지 않도록 지속적인 점검 필요	

【표 7.4.1】 중점 유지관리사항 (계속)

구 분	세 부 내 용		
배수시설			
	T.R.M구간 상행 STA.110 유도배수관 배수기능 저하	T.R.M구간 상행 STA.145 유도배수관 배수기능 저하	T.R.M구간 상행 STA.170 유도배수관 배수기능 저하
			
조사 결과	· 유도배수관 배수기능 저하 ⇒ 유도배수관 일부가 내부 이물질퇴적 등에 의해 기능을 발휘하지 못하고 있는 것으로 판단, 전반적으로 유도배수관 누수, 변형 등이 조사됨 ⇒ 단기적인 대책으로는 부분 재설치, 실링보수, 내부 퇴적물 청소, 장기적인 대책으로는 유도배수관 재설치가 필요할 것으로 판단됨		

제8장 종 합 결 론

8.1 개 요

8.2 현장조사 및 시험

8.3 시설물의 상태평가

8.4 시설물의 안전성평가

8.5 안전등급 지정

8.6 종합결론

제8장 종 합 결 론

8.1 개요

본 과업은 남태령지하차도의 정밀안전진단이며, 시공자료 분석을 포함하여, 근접 육안조사를 이용한 외관조사와 재료시험 등을 이용한 내구성조사 등 현장조사 결과를 통한 상태평가와 구조안전성검토를 바탕으로 한 안전성평가 등을 이용하여 구조물을 복합적으로 평가하였으며, 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

8.2 현장조사 및 시험

○ BOX구간 균열은 주로 슬래브하면과 헌치부에서 폭 0.1~0.3㎜ 규모로 조사되었으며, 균열의 길이는 대부분 1m 내외의 비연속성 균열로 종・횡방향, 망상형의 형태로 발생되어 있다. 이와 같은 균열의 발생 규모 및 형상으로 볼 때 구조적 원인에 의해 발생된 것은 아닌 것으로 판단되나 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.

○ BOX구간 내부에 발생된 누수 및 백태는 슬래브, 벽체부에서 국부적으로 관찰되며, Joint부 유도배수관 누수, 콘크리트 내부공극을 통한 누수, 균열부 누수, 기 손상부 진전에 따른 누수 등에 의해 백태를 동반한 손상이 조사되었다. 조사 당시 우기시가 아님에도 일부 떨어짐(상태평가 기준 : C), 스며있음(상태평가 기준:B) 구간이 관찰되었으며, 향후 강우 등에 따른 누수로 인해 주변 콘크리트 오염, 내부 철근 부식, 동절기 고드름 생성, 포장 빙판 발생에 따른 주행성 저하 및 주행차량 안전사고 등이 발생될 우려가 있으므로 우선적인 보수가 필요할 것으로 판단된다.

○ BOX내부 콘크리트 단면손상은 파손, 박리, 박락, 들뜸, 철근노출, 보수부 박리, 들뜸 등으로 슬래브, 헌치부에서 국부적으로 조사되었으며, 조사된 손상은 물리적 충격, 시공미흡, 보수미흡, 공용기간 경과, 누수에 의한 2차손상 등에 의해 발생된 것으로 판단되고 손상의 진전시 하부 낙하로 인한 차량사고를 유발할 우려가 있으므로 안전사고 방지를 위한 보수가 필요하다.

○ T.R.M구간에 발생된 누수 및 백태는 양재천의 하천수가 강관과 그라우팅재의 접합부로 유입되어 그라우팅재와 하부 플레이트 사이에 빈 공간에서 유로를 형성하여 하부 플레이트 결함부(용접불량부 또는 파손부)로 유출되거나 또는, 하천수가 강관 내부 콘크리트 공극부위를 통하여 용접불량 부위로 유출되고 있는 것으로 판단된다. 현재 T.R.M구간은 2014년 동지수판 및 단열폼 등의 설치로 인해 외부적으로 강관의 상태 조사가 불가하며, 공용기간 경과, 보수재 마감미흡 등에 의해 국부적인 누수가 확인되었고, 서울방향 STA.110~120m 구간은 보수불량(방수포 누출 및 찢어짐, 보수재 파손 등) 부위가 조사되

었다. 조사된 손상에 의해 동절기 상부 고드름이 형성, 낙수로 인한 포장 결빙, 보수불량부 보수재 탈락에 따른 주행차량의 안전사고를 유발할 우려가 있으므로 누수보수에 대한 대책수립이 요구된다.

○ 타일에 대한 외관조사 결과, 물리적 충격, 시공초기 마감미흡, 누수, 내부콘크리트 균열의 신축작용, 공용년수 경과에 따른 접착력 저하 등의 시공적·환경적 원인에 의한 타일 균열, 긁힘, 파손, 탈락, 들뜸 등의 손상이 조사되었다. 조사된 손상은 내부의 미관을 저해할 수 있으나 구조물에 미치는 영향이 적으므로 단기적인 보수보다는 장기적인 관점에서 보수대책 수립이 필요하며, 보수시에는 누수부위에 대한 보수가 선행되어야 한다.

○ 포장부 외관조사 결과 균열, 망상균열, 박리, 밀림, 탈락, 마모, 파손, 패임 등이 조사되었다. 조사된 손상은 대체적으로 미보수 구간 및 차선 중앙부, 신축이음부 주변에서 확인되었으며, 차량의 윤하중 및 반복통행, 시공이음부 처리불량 등에 의한 시공미흡, 보수미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단된다. 균열, 망상균열은 진전여부에 대한 주의관찰이 요구되며, 박리, 밀림, 탈락, 마모, 파손, 패임 등의 손상은 방치시 손상의 진전 및 2차손상이 발생될 가능성이 있고 주행차량의 안전사고 방지를 위해 아스콘 팻칭 등과 같은 소파보수를 실시하는 것이 필요하다. 이후 진전여부에 대하여 미보수구간의 포장보수에 대한 대책수립이 요구된다.

○ 난간 및 연석, 중앙분리대에 대한 외관조사 결과 기 발생한 손상에 대하여 보수가 일부 실시되었으며, 중앙분리대 및 연석부 균열, 파손, 박리, 박락, 표면열화, 난간 파손, 중앙분리대 가드레일 변형, 케이블박스 파손 등이 조사되었다. 중앙분리대 및 연석부에 발생한 균열은 규모가 경미하고 진전 가능성이 낮으므로 보수보다는 주의관찰이 요구되며, 단면손상(파손, 박리, 박락 등)부는 내구성 및 주행차량의 안전 확보 차원에서 보수가 필요할 것으로 사료된다. 난간 파손, 가드레일 변형, 케이블박스 파손의 경우 재설치를 통한 보수가 필요하다.

○ U-Type옹벽 및 BOX구간 외측으로 이물질 방지를 위한 그레이팅과 함께 배수로가 시공되어 있으며, 기 발생한 이물질퇴적에 대한 정비가 실시되었고 배수로 그레이팅 유실이 조사되었다. 그레이팅 유실은 토사 등 이물질 유입으로 배수기능에 문제가 발생할 수 있으므로 재설치를 통한 보수가 필요하다.

○ BOX구간 슬래브와 벽체에 유도배수관이 설치되어 있으며, 물리적 충격, 공용기간 경과, 누수, 동절기 유입수 팽창 등에 의한 원인으로 유도배수관 고정불량, 변형, 누수, 백태 등의 손상이 조사되었다. 현재 누수가 진행되고 있는 상태로 동절기 누수부위에서 고드름 형성 및 낙수 결빙으로 차량 주행성 저하 및 안전사고 발생이 우려되므로 보수가 요구된다.

○ 유도배수관의 배수기능에 대한 조사결과 유도배수관 일부가 내부 이물질퇴적 등에 의해 기능을 발휘하지 못하고 있는 것으로 판단되며, 전반적으로 유도배수관 누수, 변형 등이 조사되어 단기적인 대책으로는 부분 재설치, 실링보수, 장기적인 대책으로는 유도배수관

재설치가 필요할 것으로 판단된다.

○ U-Type 옹벽구간의 외관조사 결과 물리적 충격, 시공미흡, 초기 건조수축, 온도변화, 공용기간 경과에 따른 부착력 저하 등에 의한 균열, 누수흔적, 백태, 파손 박리, 실런트 열화 및 이격, 타일균열, 타일탈락, 타일파손 등이 조사되었다. 균열의 경우 건조수축, 온도변화 등에 의한 비구조적인 손상으로 판단되나, 내구성 확보차원에서 보수를 실시하는 것이 필요하다. 단면손상(파손, 박리 등)의 경우 구조물의 내구성 확보 차원에서 단면보수를 실시하는 것이 요구된다. 타일균열의 경우 구조물에 미치는 영향이 적으므로 보수보다는 진전여부에 대한 주의관찰이 요구되며, 타일탈락, 파손의 경우 장기적인 관점에서 재설치 등과 같은 보수대책 수립이 요구된다. 실런트 손상은 강우시 내부 유입수에 의한 2차손상이 발생할 우려가 있으므로 보수를 실시하는 것이 요구된다.

○ 부속시설에 대한 외관조사 결과 표시등, 조명시설 등의 부속시설은 기능 발휘에 문제가 없는 상태로 확인되었으나, 조명등 파손에 대한 보수가 실시되었고 소화기함 손상(파손, 개폐불량, 전등파손), 비상전화함 파손이 조사된 바 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

○ 환기시설 외관조사 결과 균열, 누수, 백태, 박락 및 철근노출, 재료분리, 체수 등의 손상이 조사되었다. 균열의 경우 건조수축, 온도변화, 수화열, 거푸집 조기탈형 등에 의한 비구조적 손상으로 판단되나 내구성 확보차원에서 보수가 요구된다. 누수 및 백태의 경우 시공미흡에 따른 구간으로 우수가 유입되어 발생하는 것으로 판단되며, 누수량은 경미하나 방치시 콘크리트 열화 등의 2차손상을 발생할 우려가 있으므로 보수가 요구된다. 박락, 철근노출, 재료분리 등의 단면손상부는 내구성 확보를 위해 보수가 필요하다.

○ 콘크리트 내구성 조사 결과, 콘크리트의 강도는 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단되며, 철근탐사 결과 준공도면과 대체로 일치하나 일부 위치에서 배근간격이 다소 상이하며, 피복두께도 다소 부족한 것으로 측정되어 구조물에 대한 지속적인 주의관찰이 요구된다. 탄산화 깊이 측정결과 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었으며, 염화물 함유량 평가는 부식이 발생할 우려가 없는 상태로 평가되었다.

○ 단면측량 결과 폭(B)은 서울방향 -10～30㎜, 과천방향 -10～30㎜, 높이(H)는 서울방향 -50～100㎜, 과천방향 -50～110㎜의 편차를 일부 보이고 있으나 내부 마감재, 바닥 포장두께 등에 의한 경미한 오차로 사료된다.

○ U-Type 옹벽구간 선형측량 결과 측량값과 도면상의 선형차는 옹벽 0.0～71.6㎜ 수준으로 시공 상태는 비교적 양호하며, 공용 중 침하, 활동, 전도 등에 의한 변위는 없는 것으로 판단된다. 계획 선형오차(기울기) 측정결과 0.0%～2.4% 으로 측정되었으며, 타일 마감 등에 의한 오차로 유추되고 경사 또는 전도가 발생되지 않은 것으로 확인되어 별도의 보수가 필요하지 않은 상태로 판단된다. 옹벽 수준측량결과 설계도면과의 오차는 약 0～100㎜ 수준으로 이는 측량기기 및 점검 거리, 옹벽 하단 포장두께 등에 오차로 인한 범위 내로 확인되어 침하에 의한 변위는 없는 것으로 판단된다.

8.3 시설물의 상태평가

기본시설 결함지수 (F)	부대시설(환기시설) 결함지수 (F)	부대시설(U-Type옹벽) 결함지수 (F)	부대시설 가중치 (W)	전체시설물 결함지수	전체시설물 상태평가
0.169	0.136	0.079	1.000	0.169	B

결함지수	0.169
전체시설물 상태평가결과	B

8.4 시설물의 안전성평가

구 분	안전성평가				
M-type 2련 box 지하차도	하부슬래브	지 점 부	1.30	A	A
		중 앙 부	1.73	A	
	상부슬래브	지 점 부	1.10	A	
		중 앙 부	1.29	A	
	벽체	지 점 부	1.06	A	
		중 앙 부	1.36	A	
F-Type U-Type 옹벽	하부슬래브	지 점 부	1.19	A	
		중 앙 부	1.35	A	
	벽체	벽체 하부	1.13	A	

8.5 안전등급 지정

구 분	상태평가		안전성평가					종합평가
2련 box 지하차도 (M-type)	0.169	B	하부슬래브	지 점 부	1.30	A	A	B
				중 앙 부	1.73	A		
			상부슬래브	지 점 부	1.10	A		
				중 앙 부	1.29	A		
			벽체	지 점 부	1.06	A		
				중 앙 부	1.36	A		
U-Type 옹벽 (F-Type)	0.079		하부슬래브	지 점 부	1.19	A		
				중 앙 부	1.35	A		
			벽체	벽체 하부	1.13	A		

8.6 종합결론

8.6.1 정밀안전진단 실시결과의 종합결론

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

8.6.2 시설물의 사용제한의 필요성 여부

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

8.6.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

포장부 밀림, 파손 등의 경우 방치시 손상의 진전 및 2차손상이 발생될 가능성이 있고 주행차량의 안전사고 방지를 위해 아스콘 팻칭 등과 같은 소파보수를 실시하는 것이 필요하며, 이후 진전여부에 대하여 미보수 구간의 포장보수에 대한 대책수립이 요구된다.

U-Type 옹벽구간 벽체 균열, 백태, 파손, 박리 등의 경우 건조수축, 온도변화, 수분침투, 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상부는 내구성 확보차원에서 표면처리, 단면보수, 재설치 등의 대책수립이 필요하고, 이후 벽체 이음부 이격, 단차 발생 등에 대하여 주의관찰을 통한 유지관리가 요구된다.

BOX구간 누수 및 백태 등의 경우 강우, 하천수 등에 따른 누수로 인해 주변 콘크리트 오염, 내부 철근 부식, 동절기 고드름 생성, 포장 빙판 발생에 따른 주행성 저하 및 주행차량 안전사고 등이 발생될 우려가 있으므로 우선적인 보수가 필요하며, 보수 전까지는 동절기 상부에 고드름이 형성되어 낙하시 주행차량의 안전사고가 발생되지 않도록 지속적인 점검 요구된다.

유도배수관 누수, 백태, 변형 등의 경우 물리적 충격, 공용기간 경과, 누수, 동절기 유입수 팽창 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 일부구간 내부 이물질 퇴적 등에 의한 유도배수관 배수기능 저하가 조사되었다. 현재 유도배수관 손상, 기능저하 등에 의해 누수가 진행되고 있는 상태로 동절기 누수부위에서 고드름 형성 및 낙수 결빙으로 차량 주행성 저하 및 안전사고 발생이 우려되므로 단기적인 대책으로는 부분 재설치, 실링보수, 내부 퇴적물 청소, 장기적인 대책으로는 유도배수관 재설치가 필요할 것으로 판단된다.