일산대교 RAMP-I교
정밀안전진단보고서

2018. 06

일 산 대 교 (주)

(주)명성엔지니어링

일산대교RAMP-I교 정밀안전진단보고서

2018. 6

㈜명성엔지니어링

일 산 대 교 ㈜

제 출 문

일산대교 주식회사 귀중

귀 사와 2017년 09월 06일자로 계약을 체결한 “일산대교 RAMP-I교 정밀안전진단 용역”을 성실히 수행하고, 그 결과를 본 보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

2018년 06월

㈜명성엔지니어링

김 선 무 (인)

일산대교 RAMP-I교 정밀안전진단 결과표

가. 일반현황

용 역 명	일산대교 RAMP-I교 정밀안전진단 용역	진단기간	2017. 09. 06 ~ 2018. 06. 30		
관리주체명	일산대교(주)	대 표 자	김 경 호		
공동수급	독자수행 100%	계약방법	일반경쟁		
시설물 구분	교 량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2007년 12월 31일	진단금액 (천원)	33,330	안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 일산서구 법곳동	시설물 규모	L=595.0m, B=10.5~18.196m(2차로)		

나. 진단 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음
진 단 주요결과	▪ 바닥판 하면 들뜸, 박리 및 박락, 긁힘, 폭 0.1~0.3㎜ 균열 ▪ 강박스 거더 도장손상, 용접열 손상, 긁힘, 점부식 ▪ 교대 및 교각 폭 0.1~0.3㎜ 균열, 누수흔적 및 오염, 박리 및 박락 ▪ 교량받침 무수축몰탈 및 받침콘크리트 균열, 들뜸, 박락, 철근노출 Plate 녹발생, 볼트 부식, 고무재 손상 ▪ 신축이음 본체 고무재 파손, 누수, 토사퇴적, 후타재 폭 0.1~0.2㎜ 균열, 박락 ▪ 교면포장 아스콘 패임, 미끄럼방지시설 균열 ▪ 방호벽 균열, 긁힘, 들뜸, 박락
주 요 보수·보강	▪ 폭 0.3㎜균열 주입보수, 들뜸 및 박락 단면보수, 아스콘 재포장

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	김 문 호	2017. 09. 06 ~ 2018. 06. 30	특급기술자
참여기술자	인 승 철	2017. 09. 06 ~ 2018. 06. 30	특급기술자
	서 동 진	2017. 09. 06 ~ 2018. 06. 30	특급기술자
	유 재 희	2017. 09. 06 ~ 2018. 06. 30	고급기술자

라. 참고사항

일산대교 RAMP-I교 정밀안전진단 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
○ 일산대교 RAMP-I교는 11년의 공용기간이 경과한 교량시설물로서, 주부재인 강박스 거더와 바닥판, 하부구조에는 구조적 손상은 조사되지 않은 상태이다. 주부재 및 보조부재에 일부 발생한 손상들은 교량의 내구성 저하 방지를 위한 국부적인 보수 및 주의관찰을 통한 지속적인 유지관리가 필요한 것으로 평가되었다. ○ 본 교량의 상태평가 및 안전성평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 보수를 실시하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 1등교(DB-24)로서의 기능을 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 책임기술자 : 김 문 호 (서명)

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a~c	- 균열(0.3㎜미만), 망상균열 - 균열(0.3㎜이상) - 백태, 재료분리 - 박리, 박락, 파손	- 주의관찰 - 주입보수 - 주의관찰 - 단면보수
	강박스 거더	a~b	- 도장손상, 긁힘, 점부식 - 용접열 손상	- 재도장 - 재도장
	가로보 및 세로보	a	- 양호	-
하부구조	교대	b	- 균열(0.3㎜미만) - 박락 - 누수흔적, 체수	- 주의관찰 - 단면보수 - 주의관찰
	교각	b~c	- 균열(0.3㎜미만), 망상균열 - 균열(0.3㎜이상) - 들뜸, 박리, 철근노출 - 누수흔적, 오염, 체수	- 주의관찰 - 주입보수 - 단면보수 - 주의관찰

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : B
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교량받침	a~c	- 무수축 몰탈 및 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만) - 무수축 몰탈 및 받침콘크리트 박락, 파손, 들뜸, 철근노출 - 플레이트 녹발생, 볼트부식 - 본체 고무재 손상	- 주의관찰 - 단면보수 - 주의관찰 - 주의관찰
신축이음장치	b	- 고무재 파손, 토사퇴적 - 누수 - 후타재 균열(0.3㎜미만), 이격	- 주의관찰, 정비 - 주의관찰 - 주의관찰
교면포장	a~c	- 아스콘 패임, 박리 - 미끄럼방지시설 균열	- 재포장 - 재포장
기타부재 배수시설	a~c	- 배수구 막힘 - 이음부 누수, 지지대 부식	- 정비 - 주의관찰
기타부재 난간 및 연석	a~d	- 균열(0.3㎜미만) - 균열(0.3㎜이상) - 박리, 긁힘, 들뜸, 재료분리	- 주의관찰 - 주입보수 - 단면보수

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재		해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
Steel Box Girder	강박스거더	허용응력법	최소 안전율 1.417로 양호	1.0이상	A
	바닥판	강도설계법	최소 안전율 1.154로 양호	1.0이상	
R.C SLAB		강도설계법	최소 안전율 1.282로 양호	1.0이상	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
-	Y	적용	당초 설계에 내진 반영

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

<table>
<tr><th rowspan="2">시 험 명</th><th colspan="2" rowspan="2">시험부위</th><th colspan="2">시험 결과</th><th rowspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th>평균</th><th>설계</th></tr>
<tr><td rowspan="4">비파괴
강도
(㎫)</td><td rowspan="2">상부
구조</td><td>반발경도</td><td>27.5∼29.9</td><td rowspan="2">27.0</td><td rowspan="2">▪설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트 강도 저하는 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>28.9∼30.7</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부
구조</td><td>반발경도</td><td>25.1∼26.9</td><td rowspan="2">24.0</td><td rowspan="2">▪설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트 강도 저하는 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>27.4∼28.7</td></tr>
<tr><td rowspan="4">철근탐사
(㎜)</td><td rowspan="2">상부
구조</td><td>배근간격</td><td>95∼313</td><td>100~300</td><td rowspan="4">▪전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>34∼175</td><td>40~70</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부
구조</td><td>배근간격</td><td>123∼306</td><td>125~300</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>79∼105</td><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="2">상부구조</td><td colspan="2">30.0～53.0</td><td rowspan="2">▪탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td colspan="2">84.0～87.5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량시험
(kg/㎥)</td><td colspan="2">상부구조</td><td colspan="2">0.2082～0.2987</td><td rowspan="2">▪염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td colspan="2">0.1810～0.2376</td></tr>
<tr><td>초음파
탐상시험</td><td colspan="2">강박스거더</td><td colspan="2">1등급(20개소)</td><td>▪전 개소에서 균열, 기공, 슬래그 및 용입부족 등의 내부결함이 없는 상태임.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">도막두께
측정
(㎛)</td><td rowspan="2">강박스
거더</td><td>외부</td><td>254~295</td><td>215</td><td rowspan="2">▪표준도막두께를 상회하는 양호한 상태임.</td></tr>
<tr><td>내부</td><td>191~199</td><td>175</td></tr>
<tr><td>종합
평가</td><td colspan="5">• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨.
• 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 양호한 상태로 판단됨.
• 염화물 함유량 시험결과, 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없는 상태인 a 등급으로 평가됨.
• 강재 초음파탐상 시험결과, 전 개소에서 1등급으로 내부결함이 없는 상태임.
• 도막두께 측정결과, 내・외부 모두 표준도막두께를 상회하는 양호한 상태임.</td></tr>
</table>

일산대교 RAMP-I교 현황표

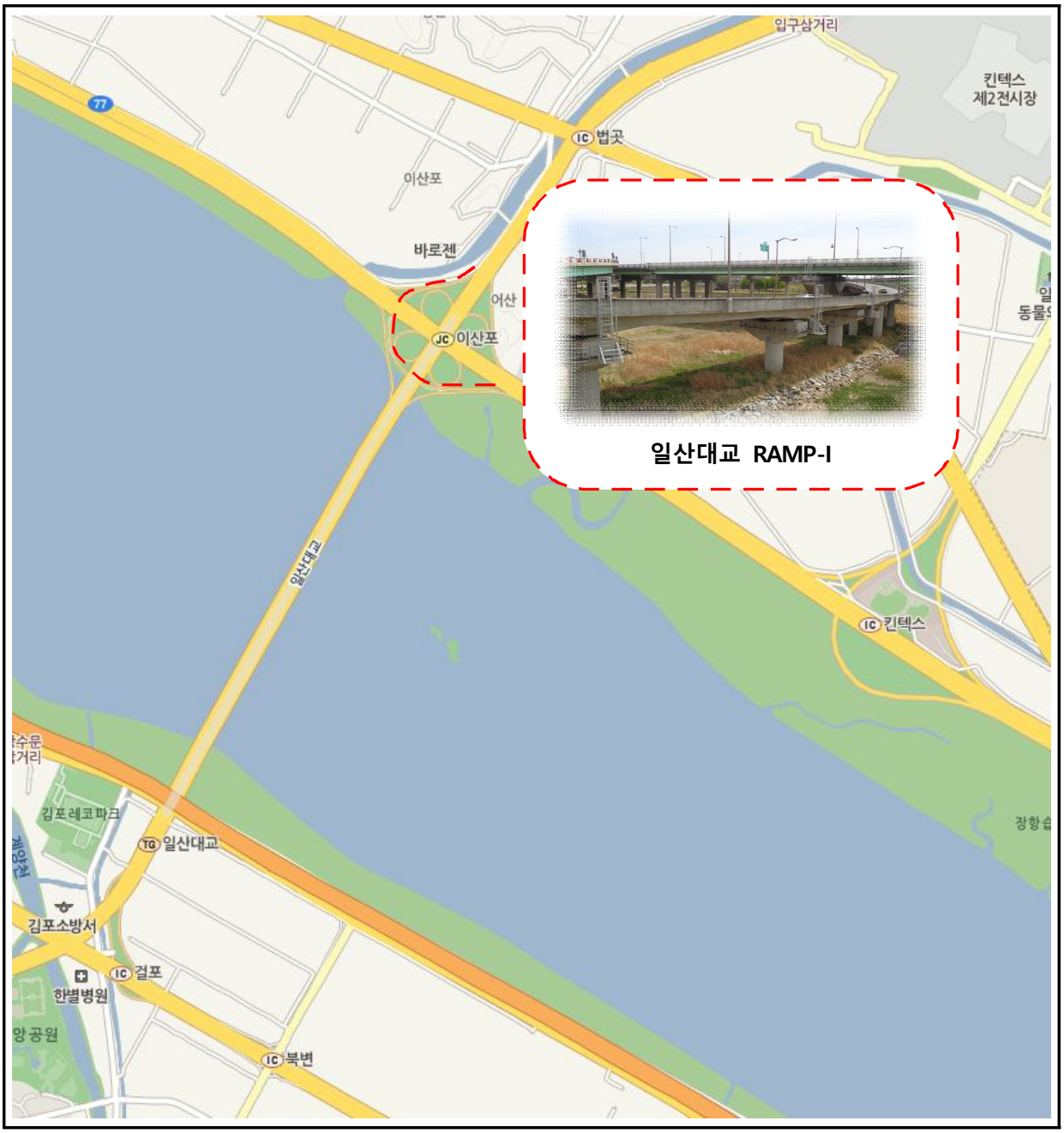
작성일 : 2018년 06월 30일

<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>일산대교 RAMP-I교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2008-0000412</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월</td><td>2007년 12월 31일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 일산서구 법곳동</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>국가지원지방도 98호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">총길이 : L=595.0m (26경간)
- 강합성 상자형교(IBR1) : L=215.0m
(40.0+57.5+2@40.0+37.5)
- R.C SLAB교(IBR2, IBR5~7) : L=290.0m
(3@20.0+15.0)+(15+3@20.0)+(4@20.0)+(3@20.0)=290.0m]
- R.C RAHMEN교(IBR3~IBR4) : L=90.0m
[(3@15.0)+(3@15.0)=90.0m]</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">IBR1~5 : B=10.25m, IBR6 : B=18.196~14.251m
IBR7 : B=14.251~12.860m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상 부</td><td>강합성 상자형교(IBR1)
+R.C SLAB(IBR2, IBR5~7)
+R.C RAHMEN(IBR3~IBR4)</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하 부</td><td>교대-역T형
교각-T형, Π형</td><td>교각</td><td>직접기초, 간이우물통,
현장타설말뚝</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침, 탄성받침, 내진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거조인트, N.B 조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>자유로</td><td colspan="2">통과높이</td><td>7.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>㈜다산컨설턴트</td><td colspan="2">시 공 사</td><td>대림산업주식회사</td></tr>
<tr><td colspan="2">내진설계유무</td><td>내진설계적용</td><td colspan="2">관리주체</td><td>일산대교(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">- 가로등, 차도용 방호책</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">- S K E W : R(146~172.3)+직선+R(220)
- 신축이음 : 강핑거 조인트(IA2), N.B 조인트(IA1, IP5, IP9, IP12, IP15
IP19, IP23) 총 8개소 설치
- 탄성받침 : POT받침 64개소, 탄성받침 8개소, 내진받침 4개소</td></tr>
</table>

정밀안전진단 참여기술진

참여구분	직 위	성 명	참여기간	서 명
책임기술자	이 사	김 문 호	2017년 09월 06일 ~2018년 06월 30일(298일)	
참여기술자	이 사	인 승 철	2017년 09월 06일 ~2018년 06월 30일(298일)	
	부 장	서 동 진	2017년 09월 06일 ~2018년 06월 30일(298일)	
	과 장	유 재 희	2017년 09월 06일 ~2018년 06월 30일(298일)	
	부 장	장 진 원	2018년 01월 02일 ~2018년 06월 30일(180일)	

시설물의 위치도



○ 시설물 위치 : 경기도 고양시 일산서구 법곳동

시설물의 전경사진(1)

상부전경

바닥판하면 및 거더 외부 전경(S1~5)

시설물의 전경사진(2)

바닥판하면 전경(S6~9, S16~26)

바닥판하면 전경(S10~15)

시설물의 전경사진(3)

교대 전경(A1)

교각 전경

시설물의 전경사진(4)

신축이음장치 전경(A1)

신축이음장치 전경(A2)

시설물의 전경사진(5)

교량받침 전경 (포트받침)

교량받침 전경 (탄성받침)

시설물의 전경사진(6)

교량받침 전경 (내진받침)

배수시설 전경 (산악형)

시설물의 전경사진(7)

교명판 전경

설명판 전경

정밀안전진단 결과 요약문

1. 과업의 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, 고속도로 시설물의 재난예방과 안전성 확보를 통해 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 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 및 점검결과 전산입력

8) 신축이음장치 및 받침점검(사진, 신축량 등)은 별도 시행방안에 따라 결과물 작성 및 제출(신축량과 신장량은 혹서기, 혹한기에 점검하는 조건)

9) 하자보고서 작성

10) 선택과업 : 재하시험, 구조해석, 수중조사, 굴절차 및 고소차(안전관리포함)등

나. 과업기간

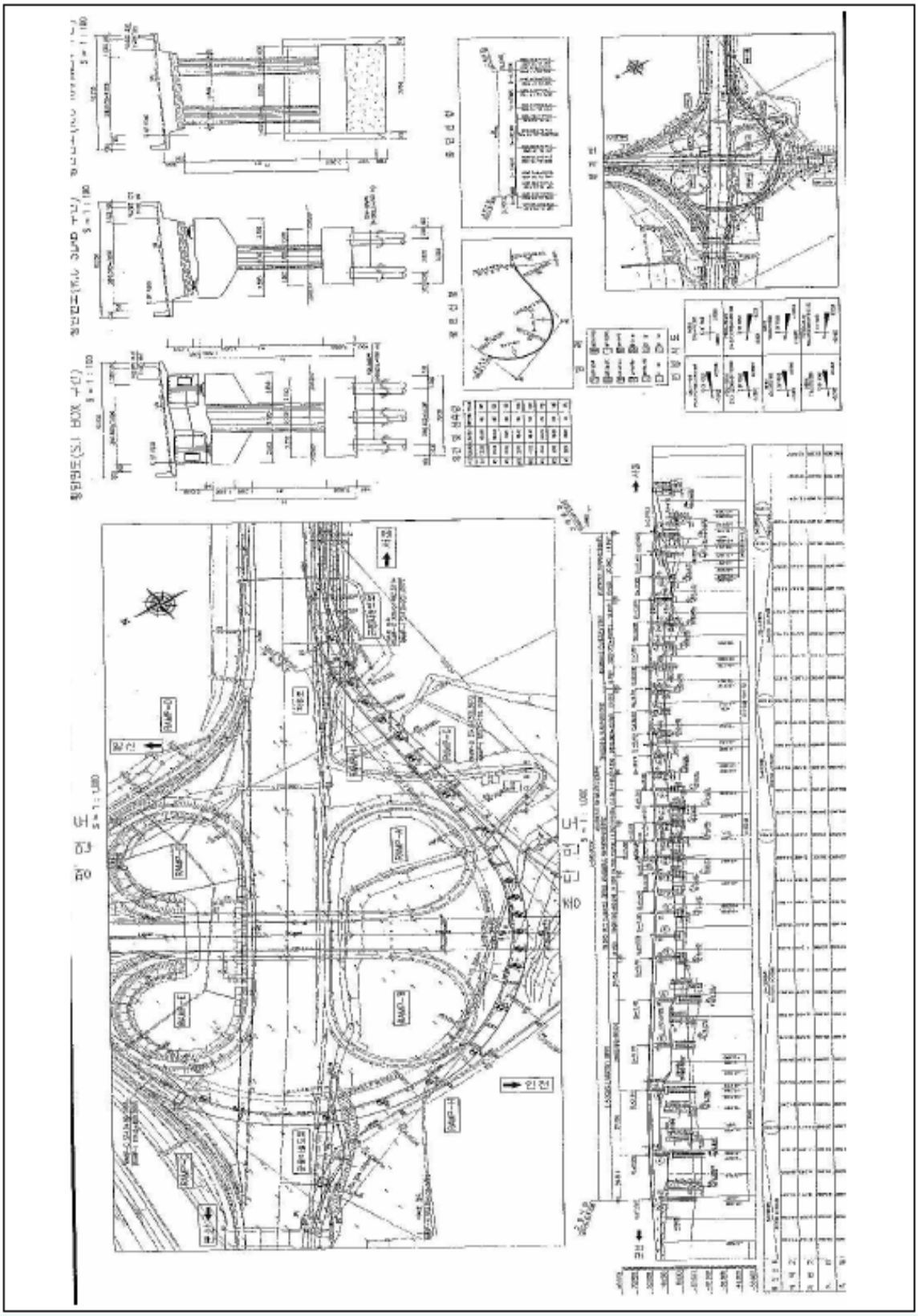
2017. 09. 06 ~ 2018. 06. 30(착수일로부터 298일간)

1.3 시설물의 개요

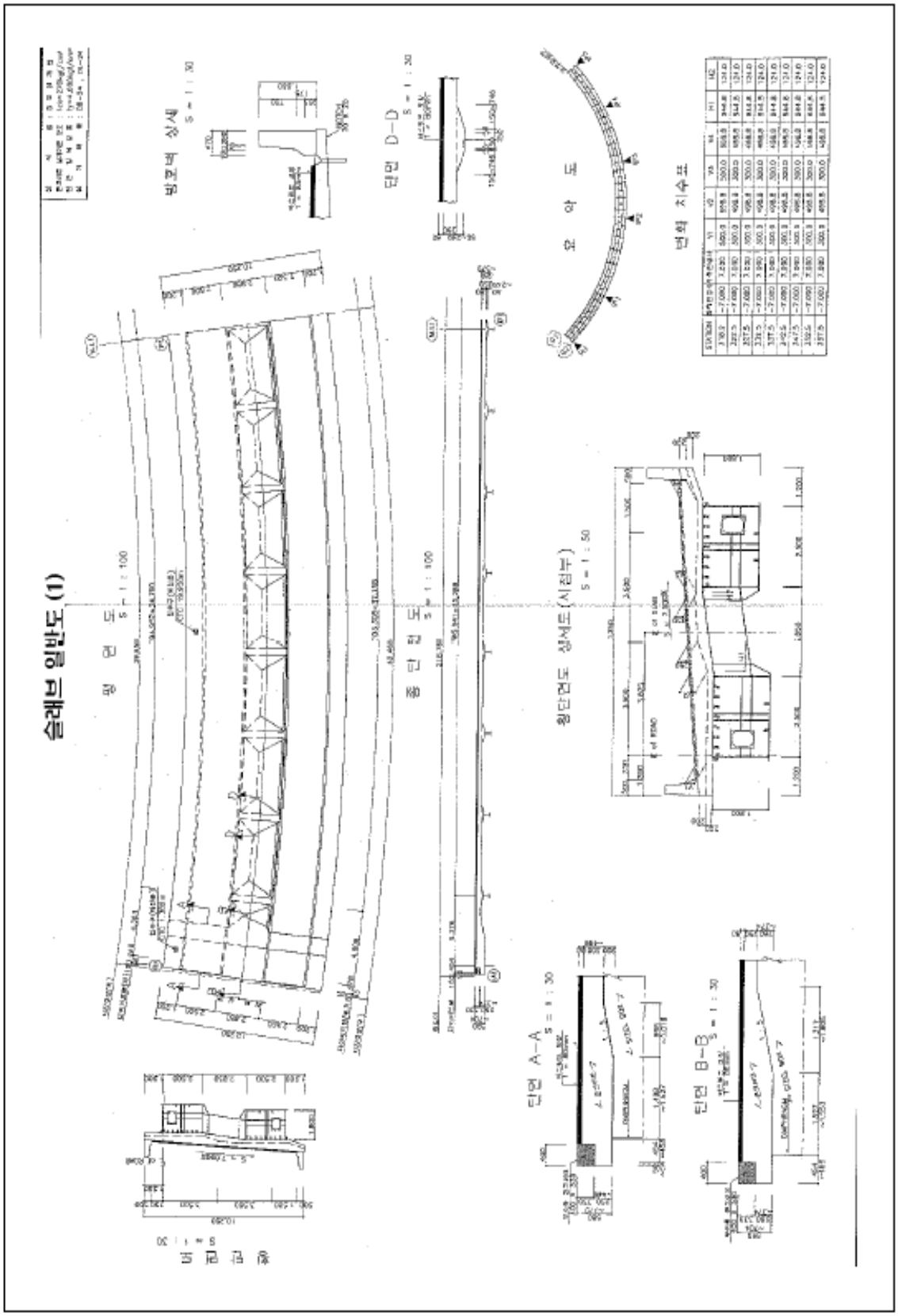
1) 시설물의 현황

<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>일산대교 RAMP-I교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2008-0000412</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월</td><td>2007년 12월 31일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 일산서구 법곶동</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>국가지원지방도 98호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">총길이 : L=595.0m (26경간)
- 강합성 상자형교(IBR1) : L=215.0m
(40.0+57.5+2@40.0+37.5)
- R.C SLAB교(IBR2, IBR5~7) : L=290.0m
(3@20.0+15.0)+(15+3@20.0)+(4@20.0)+(3@20.0)=290.0m]
- R.C RAHMEN교(IBR3~IBR4) : L=90.0m
[(3@15.0)+(3@15.0)=90.0m]</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">IBR1~5 : B=10.25m, IBR6 : B=18.196~14.251m
IBR7 : B=14.251~12.860m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상 부</td><td>강합성 상자형교(IBR1)
+R.C SLAB(IBR2, IBR5~7)
+R.C RAHMEN(IBR3~IBR4)</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하 부</td><td>교대-역T형
교각-T형, Π형</td><td>교각</td><td>직접기초, 간이우물통,
현장타설말뚝</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침, 탄성받침, 내진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거조인트, N.B 조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>자유로</td><td colspan="2">통과높이</td><td>7.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>㈜다산컨설턴트</td><td colspan="2">시 공 사</td><td>대림산업주식회사</td></tr>
<tr><td colspan="2">내진설계유무</td><td>내진설계적용</td><td colspan="2">관리주체</td><td>일산대교(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">- 가로등, 차도용 방호책</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">- S K E W : R(146~172.3)+직선+R(220)
- 신축이음 : 강핑거 조인트(IA2), N.B 조인트(IA1, IP5, IP9, IP12, IP15
IP19, IP23) 총 8개소 설치
- 탄성받침 : POT받침 64개소, 탄성받침 8개소, 내진받침 4개소</td></tr>
</table>

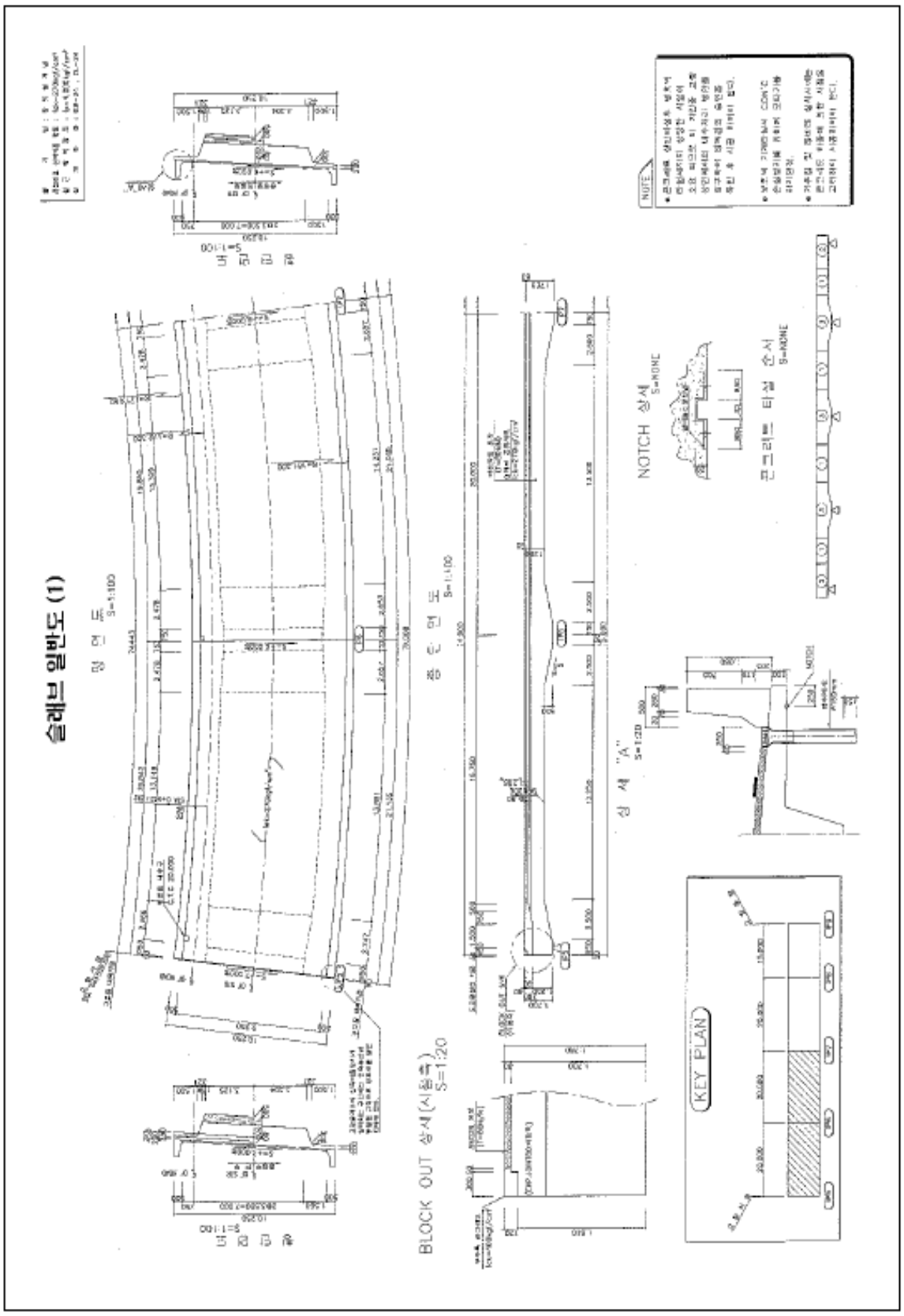
2) 시설물의 주요도면



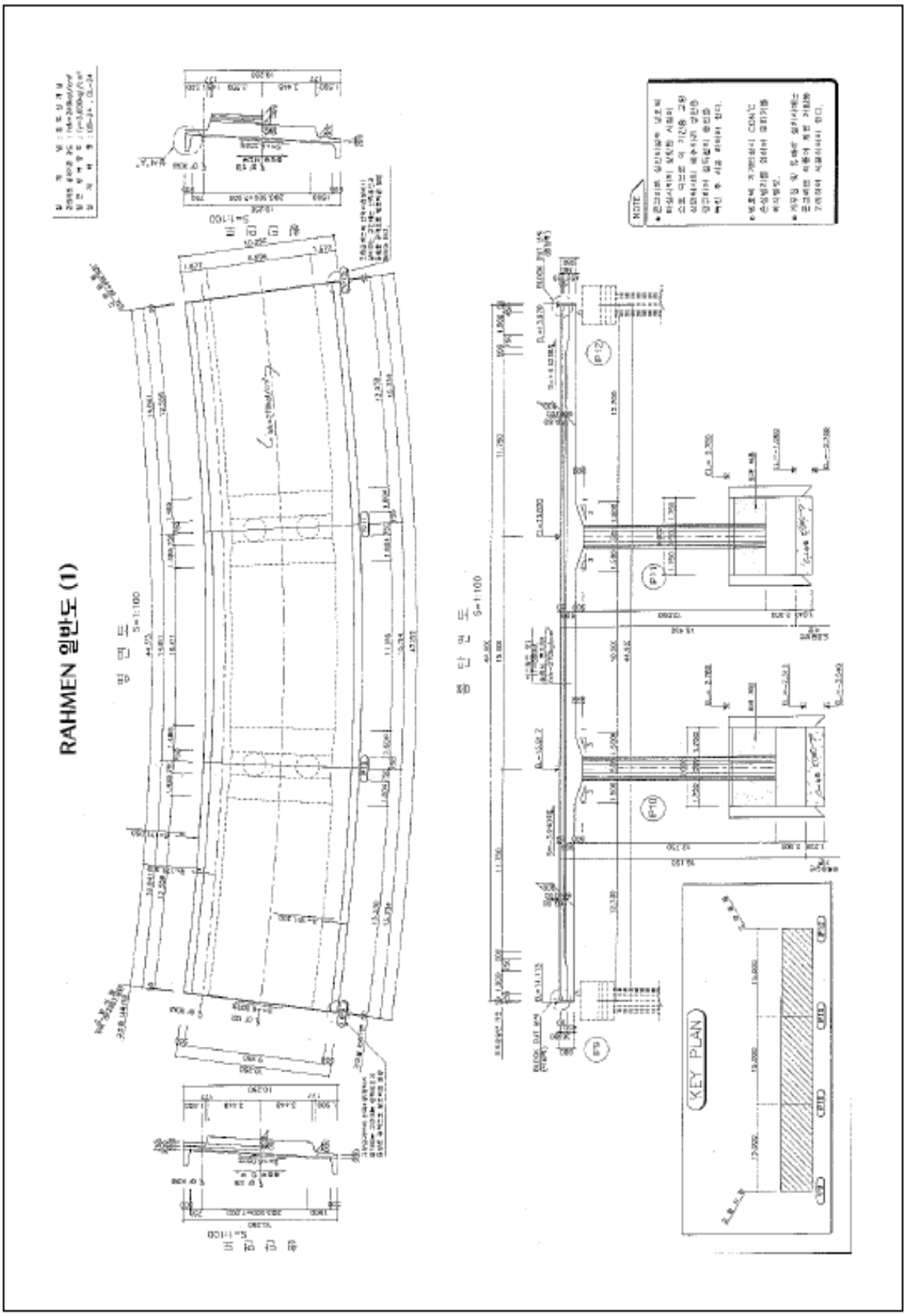
<교량의 종·평면도>



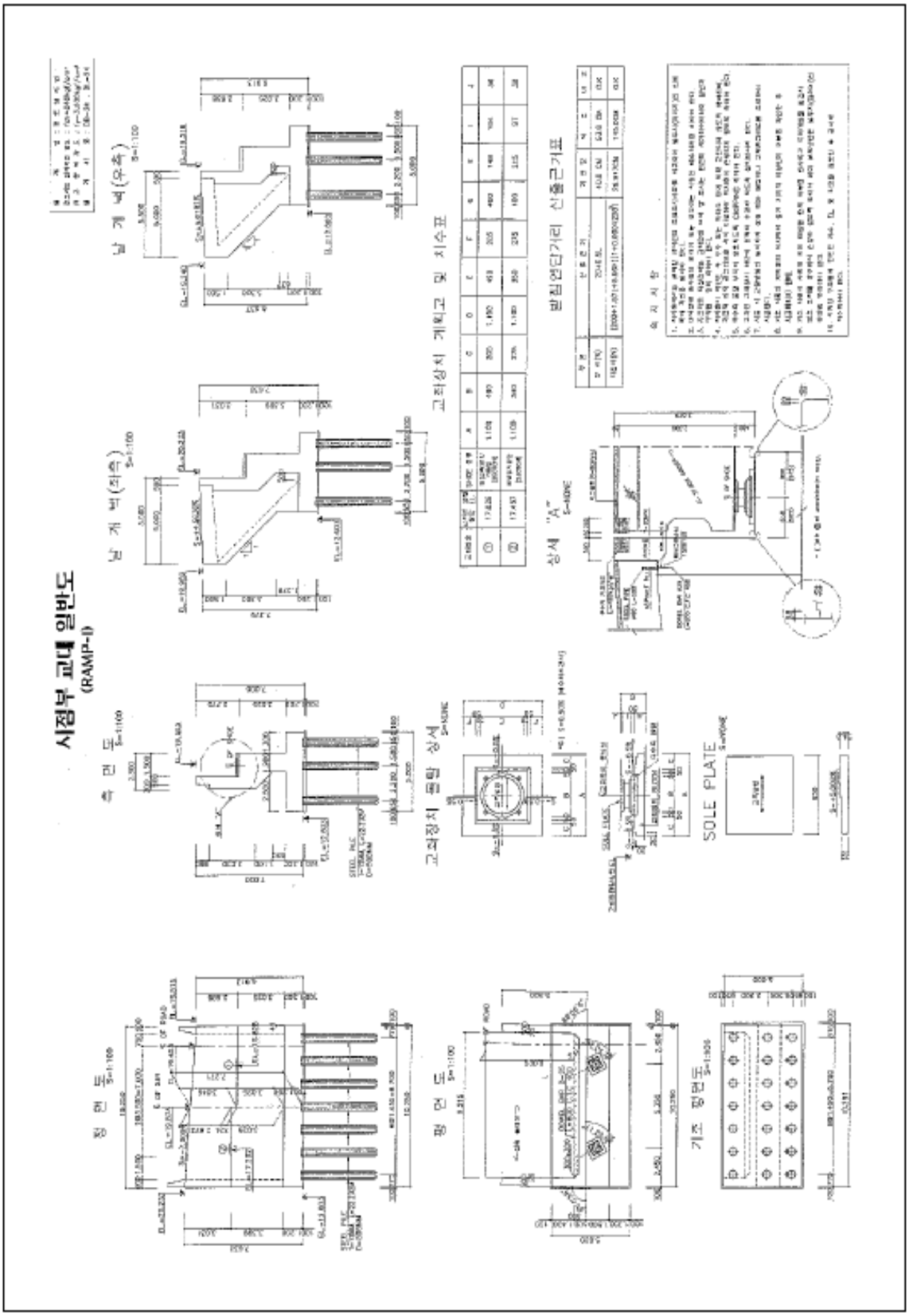
<슬래브 일반도-Steel Box Girder>



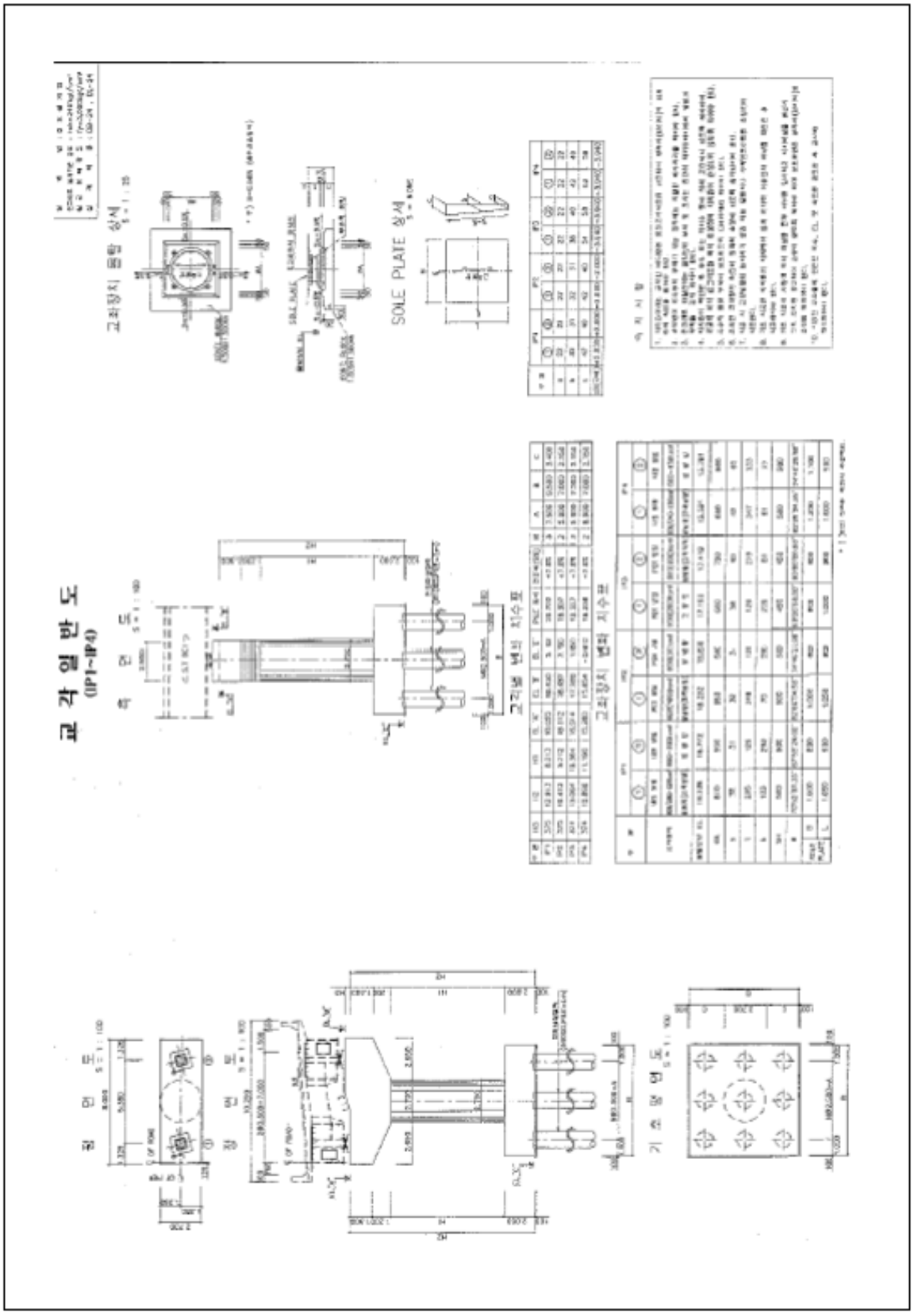
<슬래브 일반도-R.C SLAB>



<슬래브 일반도-R.C RAHMEN>


시점부 교대 일반도
(RAMP-I)
날 개 벽(우측)
날 개 벽(좌측)
측 면 도
고정장치 돌출 상세
SOLE PLATE
평 면 도
기초 평면도
고정장치 계획고 및 치수표
발청앵단가리 산출근거표
상세 "A"

<교대 일반도>


교 각 일 반 도
(IP1~IP4)
교좌장치 평면 상세
SOLE PLATE 상세
교각별 변위 지수표
교좌장치 변위 지수표
기 초 평 면 도

<교각 일반도>

2. 자료수집 및 분석

2.1 보수·보강 이력

일 자	내 용	물 량	시 공 자	비 고
2013.06	미끄럼방지포장	-	-	
2013.06 ~2018.05	교면포장 부분보수 (포트홀)	-	일산대교(주)	
2015.06	교각, 슬래브 균열 및 단면보수	-	대림산업(주)	
2017.06	교각, 슬래브 균열 및 단면보수	-	대림산업(주)	

2.2 점검 및 진단이력

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
1	초기점검	2007.11	㈜삼림엔지니어링	외관조사, 비파괴시험, 재하시험 및 구조해석을 통한 안전성평가결과 소요의 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가됨.	A
2	정기점검	2008.06	한세이엔씨(주)	전반적으로 양호한 상태임.	양호
3	정기점검	2008.12	한세이엔씨(주)	우물통 기초부 시공이음 균열 지속관찰 후 추후 보수가 필요함.	양호
4	정기점검	2009.06	한세이엔씨(주)	전반적으로 양호한 상태임.	양호
5	정밀점검	2009.12	한세이엔씨(주)	바닥판 하면 및 교각, 방호벽에 콘크리트 건조수축에 의한 균열(폭 0.2㎜ 이하)이 전반적으로 발생되었으나, 구조적인 손상은 아닌 것으로 판단됨. 따라서 발생된 손상부위에 대하여 적절한 보수 후 추적관리를 통해 추가적 손상 발생이나 진행여부, 보수 효과 확인 등의 지속적인 관찰이 요구됨.	A
6	정기점검	2010.06	한세이엔씨(주)	미끄럼 방지 포장균열, 포트홀, 아스콘 보수불량, 신축유간 토사퇴적, 후타재 균열이 조사됨.	양호
7	정기점검	2010.12	한세이엔씨(주)	신축이음부 누수, 주요부재 국부적인 균열, 보조부재(방호벽, 후타재, 받침몰탈) 균열이 조사됨.	양호
8	정기점검	2011.06	한세이엔씨(주)	신축이음부 일부 누수. 슬래브하면, 교각두부 국부적 균열 발생. 방호벽 균열, 후타재 균열, 미끄럼 방지포장 박리 등 발생함.	양호

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
9	정기점검	2011.12	한세이엔씨(주)	슬래브상면균열, 미끄럼방지포장균열, 후타재균열 등이 발생, 슬래브 상면 및 교대, 교각 발생, 일부 철근노출, 신축이음부 누수 등이 발생함.	양호
10	정기점검	2012.06	한세이엔씨(주)	슬래브상면에서 미끄럼방지포장균열, 포트홀, 균열 등이 발생하였으며, 슬래브하면, 교대 및 교각에서 일부 균열이 발생함.	양호
11	정밀점검	2012.12	㈜한맥도시개발	교면포장 미끄럼방지 망상균열, 포장패임, 바닥판 균열 및 망상균열, 신축이음 후타재 균열, 하부구조 균열, 방호벽 균열 등이 발생함.	B
12	정기점검	2013.06	한세이엔씨(주)	상부구조의 미끄럼방지포장 망상균열, 보수부 포장 패임, 방호벽 균열, 망상균열, 파손, 철근노출, 신축이음장치 후타재 균열, 유간토사퇴적, 배수구 막힘, 바닥판 균열의 손상과 하부구조에 받침콘크리트 균열, 교각, 균열, 망상균열, 박리, 누수흔적 등의 손상이 발생됨.	양호
13	정기점검	2013.12	한세이엔씨(주)	상부구조인 교면포장의 미끄럼방지포장 망상균열, 포장 패임, 파손, 방호벽 균열, 망상균열, 파손, 철근노출, 긁힘, 신축이음장치 후타재 균열, 유간토사 퇴적, 차수판 볼트탈락, 배수구 막힘, 바닥판 균열, 백태의 손상과 하부구조에 받침콘크리트 균열, 교각, 균열, 망상균열, 박리, 누수오염 등의 손상이 발생됨.	양호
14	정밀점검	2014.06	한세이엔씨(주)	포장 망상균열, 포트홀, 포장패임, 방호벽 균열, 재료분리, 박리 및 박락, 신축이음 본체 토사퇴적, 후타재균열, 단차 및 이격, 바닥판하면 균열, 망상균열, 균열부 백태, 받침몰탈 및 콘크리트 균열, 몰탈 콘크리트 파손, 교대 및 교각 균열, 망상균열, 철근노출, 박리 및 박락, 누수흔적 등이 발생된 것으로 조사됨.	B
15	정기점검	2014.12	한세이엔씨(주)	상부구조는 미끄럼방지포장 망상균열, 박리, 포트홀 및 패임, 방호벽 균열, 망상균열, 긁힘, 재료분리, 박리, 신축이음장치 누수, 후타재균열, 유간토사퇴적, 이격 및 단차, 배수구 막힘, 바닥판 균열 및 망상균열, 백태 등의 손상이 발생하였고, 하부구조는 받침콘크리트 균열, 파손, 이동량 측정자 파손, 교각, 균열, 망상균열, 철근노출, 박리, 누수흔적, 점검로 파손 등의 손상이 발생됨.	양호

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
16	정기점검	2015.06	㈜한맥도시개발	구조적인 취약부 및 유지관리시 중점 점검 손상은 조사되지 않아 부분적으로 발생된 손상에 대한 보수 적절한 보수 후 추적관리를 통해 추가적인 손상 발생이나 진행여부, 보수 효과 확인 등의 지속적인 관찰이 요구됨.	양호
17	정기점검	2015.12	㈜한맥도시개발	상부의 교면포장 망상균열, 포트홀 및 패임, 방호벽 균열, 박리, 박락, 철근노출, 신축이음장부 누수, 후타재 균열, 유간토사퇴적, 이격 및 단차, 배수구 막힘, 바닥판 균열 및 망상균열, 백태 등의 손상은 2015년 상반기 점검 결과에 대비하여 손상부의 진전은 없는 것으로 조사되었으며, 일부는 보수가 국부적으로 진행된 것으로 확인됨.	양호
18	정밀점검	2016.06	한세이엔씨(주)	포장 망상균열, 포트홀, 포장패임, 방호벽 균열, 재료분리, 박리 및 박락, 신축이음 본체 토사퇴적, 후타재균열, 단차 및 이격, 신축이음 하부 누수, 바닥판하면 균열, 망상균열, 균열부 백태, 받침몰탈 및 콘크리트 균열, 몰탈 콘크리트 파손, 교대 및 교각 균열, 망상균열, 철근노출, 박리 및 박락, 누수흔적 등이 발생된 것으로 조사됨.	B
19	정기점검	2016.12	한세이엔씨(주)	포장 미끄럼방지 포장 망상균열 및 박리, 포장패임, 포장마모, 방호벽 균열, 재료분리, 박리 및 긁힘, 신축이음 본체 토사퇴적, 후타재균열, 이격 및 단차, 신축이음 하부 누수, 바닥판하면 균열, 망상균열, 균열부 백태, 박리 및 박락, 받침 몰탈 및 콘크리트 균열, 받침콘크리트 파손, 철근노출, 이동량 측정자 파손, 교대 및 교각 균열, 망상균열, 파손, 박리 및 박락, 누수흔적, 점검로 파손, 이물질 퇴적, 철물 미제거 등이 발생된 것으로 조사됨.	양호
20	정기점검	2017.06	㈜명성엔지니어링	정기점검 결과, 기존 손상인 아스콘 망상균열, 패임, 라벨링, 방호벽 균열 및 긁힘, 슬래브하면 균열 및 파손 신축이음 본체 토사퇴적, 누수, 흡음재 탈락, 후타재 균열, 교량받침 무수축몰탈 균열, 무추축몰탈 들뜸 및 파손, 교각 균열 및 망상균열, 콘크리트 박리 등이 조사되었다. 시설물에 발생된 손상은 시공 및 공용과정 중 발생된 손상으로 구조적 안전성에는 큰 문제가 없으나, 노후화에 의한 내구성 저하방지 차원의 보수 및 정비가 필요한 상태임.	양호

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
21	정기점검	2017.12	㈜명성엔지니어링	정기점검 결과, 아스콘 망상균열, 패임, 포장마모, 방호벽 균열 및 긁힘, 슬래브하면 균열 및 파손 신축이음 본체 토사퇴적, 고무재 손상, 누수, 흡음재 탈락, 후타재 균열, 교량받침 무수축몰탈 균열, 무수축몰탈 들뜸 및 파손, 교대 및 교각 균열 및 망상균열, 콘크리트 박리 등이 조사되었다. 시설물에 발생된 손상은 시공 및 공용과정 중 발생된 손상으로 구조적 안전성에는 큰 문제가 없으나, 노후화에 의한 내구성 저하방지 차원의 보수 및 정비가 필요한 상태임.	양호

2.3 자료수집 및 분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 준공도면 및 구조계산서 - 일반보고서 - 준공도면 - 구조계산서 - 내진해석 - 토질조사 보고서	◇ 구조계산서 및 구조물도, 일반보고서는 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇ 설계도면과 실측 제원 비교시 주요 부재에 대하여 전반적으로 동일	◇ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교, 검토
유 지 관 리 자 료	◇ 정밀점검 보고서(2016.06) ◇ 보수·보강 이력	◇ 11년간 공용하면서 별다른 문제가 없는 양호한 상태 ◇ 일부 발생한 손상에 대하여 보수 필요 ◇ 보수 및 보강 이력은 관리주체에 제공받아 검토됨	◇ 전회 점검 결과와 금회 진단결과를 비교, 검토 ◇ 손상확인 및 대책방안 마련 ◇ 전회 점검 내구성결과와 금회 진단결과를 비교, 검토하여 내구성 저하 여부 확인

3. 현장조사 및 시험

3.1 외관조사 결과요약

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판	- 전 구간에 걸쳐 균열 발생 - 우수유입 및 외부충격에 따른 바닥판 들뜸 및 박리, 긁힘 발생	- 건조수축에 의한 균열로서 폭 0.3㎜ 이상 균열부 주입보수 필요 - 단면손상부 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직함
강박스 거더	- 구조적 손상은 발생하지 않은 양호한 상태 - 장기공용으로 인한 열화 등의 원인으로 도장박리 및 점부식 발생	- 도장손상 및 점부식 주의관찰 후 재도장을 하는 것이 바람직함
가로보 및 세로보	- 전반적으로 양호한 상태	- 주의관찰
교대	- 신축이음 우수유입에 의해 누수흔적, 체수 발생 - 폭 0.1~0.2㎜ 균열 발생 - 국부적인 박락 발생	- 균열의 경우 건조수축과 온도변화에 의한 것으로서 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치가 필요함 - 누수흔적, 국부적인 박락은 손상의 진전이 없는 상태로서 주의관찰
교각	- 폭 0.1~0.3㎜ 균열, 망상균열 발생 - 코핑 및 기둥부 들뜸, 박리, 철근 노출 발생	- Massive한 단면에 발생하는 온도변화와 건조수축에 의한 균열로서 균열폭에 따라 적절한 보수 실시 - 공용기간 증가 및 시공 중 외부 충격에 의한 손상으로 내구성 확보 차원의 보수가 필요함
교량받침	- 몰탈 및 콘크리트 균열 발생 - 볼트 및 Plate부식이 발생됨	- 장기공용 및 우수유입 등에 의한 것으로 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치가 필요함
신축이음 장치	- 유간 토사퇴적 및 체수 발생 - 신축이음 하부 누수 - 후타재 폭 0.3㎜미만 균열, 이격	- 손상 정도가 경미하여 주의관찰 후 손상의 진전 시 청소, 이격보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직함
교면포장	- 아스콘 패임, 박리 - 미끄럼방지시설 균열	- 장기공용 및 중차량 반복통행으로 인해 발생된 손상으로 손상 재포장하는 것이 바람직함
배수시설	- 배수구 막힘 - 이음부 누수, 지지대 부식	- 손상의 진전 시 적절한 조치가 필요함
방호벽	- 폭 0.1~0.3㎜ 균열 발생 - 콘크리트 박리, 긁힘	- 폭 0.3㎜이상 균열부 진전 방지를 위한 주입보수 등의 조치가 필요함 - 공용기간 증가 및 시공 중 외부 충격에 의한 손상으로 내구성 확보 차원의 보수가 필요함

나. 내구성 결과요약

<table>
<tr><th rowspan="2">시 험 명</th><th rowspan="2" colspan="2">시험부위</th><th colspan="2">시험 결과</th><th rowspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th>평균</th><th>설계</th></tr>
<tr><td rowspan="4">비파괴
강도
(㎫)</td><td rowspan="2">상부
구조</td><td>반발경도</td><td>27.5∼29.9</td><td rowspan="2">27.0</td><td rowspan="2">■설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트 강도 저하는 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>28.9∼30.7</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부
구조</td><td>반발경도</td><td>25.1∼26.9</td><td rowspan="2">24.0</td><td rowspan="2">■설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트 강도 저하는 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>27.4∼28.7</td></tr>
<tr><td rowspan="4">철근탐사
(㎜)</td><td rowspan="2">상부
구조</td><td>배근간격</td><td>95∼313</td><td>100~300</td><td rowspan="4">■전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>34∼175</td><td>40~70</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부
구조</td><td>배근간격</td><td>123∼306</td><td>125~300</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>79∼105</td><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="2">상부구조</td><td colspan="2">30.0～53.0</td><td rowspan="2">■탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td colspan="2">84.0～87.5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량시험
(kg/㎥)</td><td colspan="2">상부구조</td><td colspan="2">0.2082～0.2987</td><td rowspan="2">■염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td colspan="2">0.1810～0.2376</td></tr>
<tr><td>초음파
탐상시험</td><td colspan="2">강박스거더</td><td colspan="2">1등급(20개소)</td><td>■전 개소에서 균열, 기공, 슬래그 및 용입부족 등의 내부결함이 없는 상태임.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">도막두께
측정
(㎛)</td><td rowspan="2">강박스
거더</td><td>외부</td><td>254~295</td><td>215</td><td rowspan="2">■표준도막두께를 상회하는 양호한 상태임.</td></tr>
<tr><td>내부</td><td>191~199</td><td>175</td></tr>
<tr><td>종합
평가</td><td colspan="5">• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨.
• 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 양호한 상태로 판단됨.
• 염화물 함유량 시험결과, 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없는 상태인 a 등급으로 평가됨.
• 강재 초음파탐상 시험결과, 전 개소에서 1등급으로 내부결함이 없는 상태임.
• 도막두께 측정결과, 내・외부 모두 표준도막두께를 상회하는 양호한 상태임.</td></tr>
</table>

4. 시설물의 상태평가

4.1 개별교량 상태평가 결과

개별교량명	RAMP-I교					
구분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 ×연장비
본교	강상자형교	0.233	B	215.0	0.361	0.084
	R.C SLAB	0.246	B	290.0	0.487	0.120
	R.C RAHMAN	0.192	B	90.0	0.152	0.029
				595.0	1.000	0.233

1. 환산결함도 점수 = 0.233

2. 상태평가 결과 = B

4.2 전체교량 상태평가 결과

전체교량명	RAMP-I교						
구분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이 ×차선	연장비	환산결함도점수 ×연장비
RAMP-I교	0.233	B	595.0	2	1,190	1.000	0.233
			595.0		1,190	1.000	0.233

1. 평가지수 = 0.233

2. 상태평가 결과 = B 등급

5. 안전성평가

5.1 Steel Box Girder 안전성 평가결과

구분		발생응력 (MPa)	허용응력 (MPa)	안전율	평가등급	비 고
Steel Box Girder	내측경간	131.179	190.000	1.448	A	허용응력법
	외측경간	134.100	190.000	1.417	A	
	지점부	132.850	190.000	1.430	A	
구분		소요강도 (kN · m)	설계강도 (kN · m)	안전율	평가등급	비 고
바닥판		105.827	122.167	1.154	A	강도설계법

안전성평가등급	A

5.2 R.C SLAB 안전성 평가결과

구분	소요강도 (kN · m)	설계강도 (kN · m)	안전율	평가등급	비 고
내측경간	1984.807	2545.072	1.282	A	강도설계법
외측경간	2451.526	3197.275	1.304	A	
지점부	3536.590	5977.074	1.690	A	

안전성평가등급	A

6. 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가결과
	환산결함도점수	기준	S・F	기준	
RAMP-I교	0.233	B	1.154 (S.T.B 바닥판)	A	B
종합평가	•RAMP-I교의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 “B”로 평가됨 •안전성평가 결과 최소 안전율 1.0이상으로 “A”로 평가됨 •상태평가 및 안전성평가 결과를 통한 종합평가 결과, RAMP-I교는 “B”로 평가됨				

6.2 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	RAMP-I교	B등급(양호)

7. 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 보수·보강 및 개략공사비

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판		균열(0.3㎜미만)	표면처리	838.6	314.5	㎡	8	2,516	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	59.8	89.7	m	19	1,704	하자
		균열부 백태	표면처리	1.03	1.55	㎡	8	12	3
		긁힘	단면보수	0.72	1.08	㎡	154	166	하자
		들뜸	단면보수	0.02	0.03	㎡	154	5	하자
		망상균열	표면처리	236.1	354.2	㎡	8	2,834	3
		물끊기홈 미설치	재설치	0.5	0.6	m	10	6	3
		박리 및 박락	단면보수	0.59	0.89	㎡	154	137	하자
		재료분리	단면보수	0.84	1.26	㎡	154	194	하자
		파손	단면보수	0.04	0.06	㎡	154	9	하자
거더	내부	도장손상	재도장	0.04	0.06	㎡	49	3	2
		용접열 손상	주의관찰	0.01	0.02	㎡	-	-	-
		우수유입흔적	주의관찰	1.05	1.58	㎡	-	-	-
		이물질 퇴적	정비	3.5	5.25	㎡	10	53	3
	외부	긁힘	재도장	0.07	0.11	㎡	49	5	2
		점부식	재도장	0.3	0.45	㎡	49	22	2
하부구조	교대	균열(0.3㎜미만)	표면처리	8.5	3.19	㎡	8	26	3
		박락	단면보수	0.28	0.42	㎡	154	65	하자
		누수흔적	주의관찰	8.0	12.0	㎡	-	-	-
		체수	주의관찰	2.4	3.6	㎡	-	-	-
		법면 1소단 균열	실란트주입	2.0	3.0	m	10	30	3
		법면 배수로 손상	단면보수	0.5	0.75	㎡	154	116	3
	교각	균열(0.3㎜미만)	표면처리	170.1	63.79	㎡	8	510	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	12.3	18.45	m	19	351	하자
		누수오염	주의관찰	1.0	1.5	㎡	-	-	-
		누수흔적	주의관찰	46.85	70.28	㎡	-	-	-

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
하부구조	교각	들뜸	단면보수	0.05	0.08	㎡	154	12	하자
		망상균열	표면처리	50.95	76.43	㎡	8	611	3
		박리 및 박락	단면보수	5.77	8.66	㎡	154	1,334	하자
		박락 및 철근노출	단면보수, 방청	0.1	0.15	㎡	170	26	하자
		이물질 퇴적	정비	1.5	2.25	㎡	10	23	3
		철물미제거	정비	39.0	39.0	EA	10	390	3
		체수	주의관찰	5.5	8.25	㎡	-	-	-
		체수 및 박락	단면보수	1.44	2.16	㎡	154	333	하자
		파손	단면보수	0.03	0.05	㎡	154	8	하자
교량받침	본체	Plate 녹발생	재도장	2.09	3.14	㎡	49	154	3
		고무재 손상	주의관찰	2.0	2.0	EA	-	-	-
		볼트 부식	주의관찰	490.0	490.0	EA	1	490	3
		스토퍼 간섭	주의관찰	10.0	10.0	EA	-	-	-
		이동량 측정자 파손	재설치	2.0	2.0	EA	10	20	3
	받침	몰탈 균열	표면처리	8.2	3.08	㎡	8	25	3
		몰탈 들뜸 및 파손	단면보수	0.25	0.38	㎡	154	59	2
		몰탈 박락	단면보수	0.08	0.12	㎡	154	18	2
		받침콘크리트 균열	표면처리	3.7	1.39	㎡	8	11	3
		철근노출	단면보수, 방청	1.7	2.55	㎡	170	434	2
신축이음	본체	고무재 파손	재설치	4.0	6.0	m	100	600	2
		누수	주의관찰	18.7	28.05	m	-	-	-
		유간 토사퇴적	정비	57.25	85.88	m	2	172	2
	후타재	균열(0.3㎜미만)	표면처리	75.5	28.31	㎡	8	226	3
		이격	주의관찰	14.0	14.0	m	-	-	-
	기타	흡음재 탈락	정비	1.0	1.0	m	100	100	3
		차수판 볼트 탈락	정비	1.0	1.0	m	2	2	3
교면포장		아스콘 패임	아스콘 팻칭	5.09	7.64	㎡	141	1,077	2
		아스콘 박리	아스콘 팻칭	10.0	15.0	㎡	141	2,115	2
		미끄럼방지 균열	재포장	1585.5	2,378.3	㎡	96	228,317	2
		미끄럼방지 망상균열							

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
기타 시설	배수 시설	배수구 막힘	정비	1.0	1.0	EA	10	10	2
		배수관 이음부 누수	정비	2.0	2.0	EA	10	20	3
		배수관 지지대 부식	정비	1.0	1.5	m	10	15	3
	난간 및 연석	균열(0.3㎜미만)	표면처리	14.3	5.36	㎡	8	43	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	11.2	16.8	m	19	319	3
		긁힘, 들뜸, 박리, 박락, 재료분리	단면보수	118.58	177.87	㎡	154	27,392	3
		가로등 배전망 파손	정비	1.0	1.0	EA	10	10	3
순공사비 합계								273,127	
제경비(순공사비×50%)								136,564	
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위					-	
			2순위					349,248	
			3순위					53,931	
유지보수 개략공사비 총계								409,691	

※ 순공사비는 부대공(교통통제 및 고소장비 등)을 포함한 개략공사비 합산금액이며, 공사비용은 현장여건에 따라 금액이 변경될 수 있음.
※ 면적환산 = 균열보수(0.3㎜미만) : L(길이) × 0.25m(폭)
※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.

7.2 유지관리방안

부재구분	중 점 점 검 내 용
공통	• 바닥판, 교대 및 교각에 대하여 하자보수 실시 후 보수부 재손상 발생 여부 점검
바닥판	• 폭 0.1~0.2㎜ 망상균열 진전 여부 • 캔틸레버 물끊기 설치 불량에 따른 우수 유입
거더	• 도장손상 및 긁힘부 부식 발생 여부 • 스플라이스 우수 유입에 따른 부식 발생 여부
가로보	• 신규 손상 발생 여부
교대	• 신축이음 누수에 따른 2차 손상 발생 여부
교각	• 폭 0.3㎜ 균열의 진전 여부
교량받침	• 받침 몰탈 및 받침콘크리트 단면손상부 진전 여부 파악
신축이음장치	• 고무재 파손 및 누수 진전 여부 파악
교면포장	• 포장부 아스콘 패임 및 박리 진전 여부
배수시설	• 배수구 막힘 및 지지대 부식 진전 여부 파악
방호벽	• 균열 및 들뜸, 박리 및 박락 진전 여부 파악

8. 종합결론

본 과업 대상 교량인 RAMP-I교는 행정구역상으로 경기도 일산서구 고양시 법곳동 ~ 김포시 걸포동 일대에 위치하고 있는 2007년 12월에 준공된 교량이다. 본 교량은 연장 L=595.0m, 폭 B=10.250~18.196m의 램프교량으로 설계하중은 DB-24의 도로교로 상부구조는 강합성 상자형교(215.0m)와 R.C SLAB교(290.0m), R.C RAHMEN교(90.0m)로 이루어져 있으며, 하부구조는 교대 역T형, 교각 T형, 기초는 직접기초, 간이우물통, 현장타설말뚝으로 설계, 시공 되었다.

본 과업 2007년 12월 준공 후 최초로 실시하는 정밀안전진단으로 대상교량의 물리적, 기능적 결함을 조기에 발견하여 신속하고 적절한 조치를 취하고 구조적 안전성 및 결함원인 등을 조사·측정·평가하여 장·단기 보수계획 등 유지관리에 활용할 목적으로 점검장비를 이용하여 가능한 한 모든 부재에 근접한 상태에서 조사를 실시하였다.

본 과업에서는 외관조사, 내구성조사 등의 현장조사를 실시하였고, 설계도서와 현장조사의 결과를 토대로 구조안전성 검토와 기본 내하력을 평가하였으며, 이를 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

가. 현장조사 결과

○ 상부구조인 강박스 거더와 바닥판은 구조적인 손상 및 결함이 없는 양호한 상태를 확보하고 있으며, 외관조사 결과 바닥판 하면 전 구간에 걸쳐 폭 0.1~0.3㎜의 균열이 발생한 상태이다. 거더의 경우 일부 도장 손상, 용접열 손상, 긁힘, 점부식 등이 조사되었다. 조사된 손상은 주의관찰 후 내구성 확보, 손상 진전 방지를 위한 적절한 보수가 요구되며, 보수 후에도 보수부의 재손상 발생여부를 주기적으로 점검하는 것이 바람직하다.

○ 바닥판에 발생한 들뜸, 박리 및 박락, 긁힘의 경우 장기공용으로 인한 열화, 시공중 외부충격, 우수유입 등의 원인으로 발생된 손상인 것으로 판단된다. 기 손상부는 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 조치가 필요하다.

○ 교대 및 교각에 발생한 균열은 폭 0.1~0.3㎜의 균열로서 이는 건조수축 및 온도균열 등에 의한 것으로서 횡방향 균열 등과 같은 구조적 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다. 교각에 발생된 폭 0.3㎜이상 균열부의 경우 손상의 진전 방지를 위한 주입보수 등의 조치를, 그 외 균열부의 경우 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다. 그 외 경미한 망상균열, 누수흔적 및 오염 등이 발생하였으며, 기 손상부는 주의관찰 및 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

○ 교각 코핑부 상면 등에 발생한 박리 및 박락, 체수 등의 손상은 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 신축이음장치에 대한 근본적인 보수가 선행되지 않으면 보수효과를 기대하기 어렵기 때문에 신축이음장치 교체, 하부 물받이 및 유도배수관 설치 등의 조치가 선행되어야 하며, 기 손상부의 경우 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 조치가 필요하다.

○ 교량받침의 외관조사 결과 국부적으로 받침 몰탈 및 받침 콘크리트 균열, 받침몰탈 들뜸 및 파손, 박락, 받침콘크리트 철근노출, Plate 녹발생, 볼트 부식, 고무재 손상 등이 조사되었다. 기 손상은 공용기간 증가로 인한 열화, 우수유입, 외기환경, 건조수축 등에 의해 발생된 손상으로, 주의관찰 후 손상의 진전 방지를 위한 재도장, 단면보수, 방청 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.

○ 탄성받침 일부 구간에 발생된 스토퍼 간섭의 경우 거더의 신축 거동으로 인해 발생된 손상으로 현재 받침몰탈 및 받침콘크리트, 거더 등에 2차 손상은 발생되지 않은 상태이므로 주기적인 점검을 통한 주의관찰 후 주변 부재 손상 발생 시 재설치 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.

○ 강핑거조인트 및 N.B 조인트 형식으로 설치된 신축이음 장치는 본체 고무재 파손, 누수, 유간토사퇴적, 후타재 균열(폭 0.3㎜미만), 이격, 흡음제 탈락 등이 조사된 상태이며, 기 손상부는 공용기간 증가로 인한 열화, 차량 반복 통행, 건조수축 등에 의해 발생된 손상으로 주의관찰 및 정비 등을 통한 유지관리가 필요하다.

○ 교면포장은 일부구간 아스콘 패임 및 박리가 조사되었으며, 미끄럼방지시설의 경우 전구간 균열 및 망상균열이 발생된 상태이다. 이는 공용기간 증가에 의한 열화, 차량 반복 통행 등으로 인해 발생된 손상으로, 통행 차량의 주행성 및 안전성 확보를 위한 아스콘 팻칭, 재포장 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

○ 배수시설에 대한 외관조사 결과, 공용기간 증가 및 이물질 퇴적 등으로 인한 일부 구간 배수구 막힘, 배수관 이음부 누수 및 지지대 부식이 조사되었다. 기 손상은 구조물의 배수기능에는 크게 영향을 미치지 않는 경미한 상태이므로 주기적인 점검을 통한 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직하다.

○ 방호벽의 외관조사 결과, 균열, 긁힘, 들뜸, 박리 및 박락, 재료분리 등의 손상이 조사되었으며, 이는 시공초기 건조수축, 우수유입, 외부 충격 등의 원인으로 발생된 손상으로 구조물의 내구성 증진을 위한 표면처리, 주입보수, 단면보수 등의 조치가 필요하다.

나. 시험 및 측정 결과

○ 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨.

○ 철근탐사결과, 설계치와 비슷한 수준으로 측정됨.

○ 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 양호한 상태로 판단됨.

○ 염화물 함유량 시험결과, 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없는 상태인 a등급으로 평가됨.

○ 거더에 대한 강재비파괴 시험 결과 용접부, 도장의 상태는 모두 양호한 것으로 나타남.

다. 상태평가 결과

○ 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B등급” 으로 평가되었다.

라. 안전성평가 결과

○ 구조검토결과, Steel Box Girder 바닥판의 경우 최소안전율이 1.154로, 거더의 경우는 최소안전율이 1.417로, R.C SLAB의 경우 최소안전율이 1.282로써, 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 평가되었다. 전반적으로 구조적 안전성을 확보한 것으로 판단되며 최종적인 안전성 평가등급은 A등급이다.

마. 결언

○ RAMP-I교는 11년의 공용기간이 경과한 교량시설물로서, 주부재인 강박스 거더와 바닥판, 하부구조에는 구조적 손상은 조사되지 않은 상태이다. 주부재 및 보조부재에 일부 발생한 손상들은 교량의 내구성 저하 방지를 위한 국부적인 보수 및 주의관찰을 통한 지속적인 유지관리가 필요한 것으로 평가되었다.

○ 본 교량의 상태평가 및 안전성평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 보수를 실시하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 1등교(DB-24)로서의 기능을 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

보고서 목차

◉정밀안전진단 결과 요약문

제 1장 정밀안전진단 개요 ····· 1

1.1 과업의 목적 ····· 3

1.2 과업의 범위 및 내용 ····· 3

1.2.1 과업의 범위 ····· 3

1.2.2 과업수행기간 ····· 3

1.2.3 과업의 내용 ····· 4

1.3 과업수행 절차 및 일정 ····· 5

1.3.1 과업수행 절차 ····· 5

1.3.2 과업수행 일정 ····· 6

1.4 대상교량의 현황 ····· 7

1.4.1 현황 ····· 7

1.4.2 교량 주요도면 ····· 8

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황 ····· 31

1.6 교량기호의 정의 ····· 32

제 2장 자료수집 및 분석 ····· 33

2.1 자료수집 현황 ····· 35

2.1.1 자료수집 현황 ····· 35

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약 ····· 36

2.2.1 일반사항 ····· 36

2.2.2 구조계산서 검토 ····· 37

2.2.3 내진해석 ····· 59

2.2.4 토질 및 지반조사 자료검토 ····· 69

2.2.5 기 정밀점검(2016년) 분석 ····· 73

2.2.6 시공관련 자료검토 ····· 79

2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약 ····· 80

2.4 보수·보강 이력 ····· 83

2.5 시설물의 내진설계 여부 ····· 83
2.6 자료분석 결과요약 ····· 83

제 3장 현장조사 및 시험 ····· 85
3.1 개 요 ····· 87
3.2 외관조사 ····· 89
3.2.1 상부구조 ····· 89
3.2.2 하부구조 ····· 99
3.2.3 교량받침 ····· 105
3.2.4 신축이음장치 ····· 123
3.2.5 교면포장 ····· 131
3.2.6 기타부재 ····· 134
3.2.7 수중조사 ····· 139
3.2.8 외관조사 결과요약 ····· 141
3.3 콘크리트 내구성조사 ····· 142
3.3.1 개 요 ····· 142
3.3.2 시험내용 및 평가기준 ····· 144
3.3.3 시험결과 및 분석 ····· 158
3.3.4 콘크리트 내구성조사 결과요약 ····· 169
3.4 강재 내구성 조사 ····· 170
3.4.1 개 요 ····· 170
3.4.2 시험내용 및 평가기준 ····· 172
3.4.3 용접부에 발생하는 대표적인 결함 ····· 176
3.4.4 시험결과 및 분석 ····· 177
3.4.5 강재 비파괴시험 결과요약 ····· 178
3.5 현장조사 및 시험 결과요약 ····· 179
3.5.1 현장조사 결과 ····· 179
3.5.2 시험 및 측정 결과 ····· 180

제 4장 시설물의 상태평가 ····· 181
4.1 개요 ····· 183
4.2 상태평가 항목 및 기준 ····· 183
4.2.1 부재별 상태평가 적용범위 ····· 183
4.2.2 구조형식에 따른 부재별 가중치 ····· 184

4.2.3 상태평가 결과 결정 ····· 185
4.3 상태평가 결과 ····· 186
4.3.1 시설물 상태평가 결과 ····· 186
4.3.2 기 정밀점검(16년) 상태평가 결과와 비교 ····· 189

제 5장 시설물의 안전성 평가 ····· 191
5.1 재하시험(S.T.B) ····· 193
5.1.1 개요 ····· 193
5.1.2 재하시험 차량제원 및 중량 ····· 194
5.1.3 게이지 부착 ····· 195
5.1.4 정적 재하시험 ····· 196
5.1.5 동적 재하시험 ····· 194
5.1.6 정적 재하시험 결과 ····· 201
5.1.7 동적 재하시험 결과 ····· 205
5.1.8 재하시험 결과 ····· 209
5.2 안전성검토(S.T.B) ····· 210
5.2.1 개요 ····· 210
5.2.2 검토조건 ····· 210
5.2.3 검토단면 ····· 212
5.2.4 콘크리트 바닥판 검토 ····· 214
5.2.5 Steel Box Girder 검토 ····· 214
5.2.6 교량받침 용량 및 부반력 검토 ····· 222
5.3 내하력평가(S.T.B) ····· 224
5.3.1 개 요 ····· 224
5.3.2 Load Case별 응답비 산출 ····· 225
5.4 안전성평가(S.T.B) ····· 231
5.4.1 개요 ····· 231
5.4.2 안전성평가 기준 ····· 231
5.4.3 안전성평가 결과 ····· 232
5.5 재하시험(R.C SLAB) ····· 233
5.5.1 개요 ····· 233
5.5.2 재하시험 차량제원 및 중량 ····· 234
5.5.3 게이지 부착 ····· 235
5.5.4 정적 재하시험 ····· 236

5.5.5 동적 재하시험 ····· 238
5.5.6 정적 재하시험 결과 ····· 241
5.5.7 동적 재하시험 결과 ····· 244
5.5.8 재하시험 결과 ····· 248
5.6 안전성검토(R.C SLAB) ····· 249
5.6.1 개요 ····· 249
5.6.2 검토조건 ····· 249
5.6.3 검토단면 ····· 251
5.6.4 모델링 ····· 255
5.6.5 하중 ····· 255
5.6.6 구조해석 결과 ····· 256
5.6.7 교량받침 용량 및 부반력 검토 ····· 256
5.7 내하력평가(R.C SLAB) ····· 260
5.7.1 개 요 ····· 260
5.7.2 Load Case별 응답비 산출 ····· 261
5.8 안전성평가(R.C SLAB) ····· 267
5.8.1 개요 ····· 267
5.8.2 안전성평가 기준 ····· 267
5.8.3 안전성평가 결과 ····· 268

제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정 ····· 269
6.1 종합평가 산정절차 ····· 271
6.1.1 종합평가 결과 산정방법 ····· 271
6.2 종합평가 결과 ····· 272
6.3 안전등급 지정 ····· 273
6.3.1 안전등급기준 ····· 273
6.3.2 안전등급 지정 ····· 273

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안 ····· 275
7.1 개요 ····· 277
7.2 보수·보강 방안 ····· 278
7.2.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 선정 ····· 278
7.2.2 결함내용별 보수·보강방안 ····· 280
7.2.3 주요결함 및 손상에 대한 보수·보강 방법 ····· 282

7.3 보수·보강 개략공사비 ····· 290
7.4 유지관리방안 ····· 293
7.4.1 진단결과에 따른 중점유지관리 사항 ····· 293
7.4.2 유지관리시 점검요령 ····· 296

제 8장 종합결론 ····· 305
8.1 종합결론 ····· 307
8.2 현장조사 결과 ····· 307
8.3 시험 및 측정 결과 ····· 309
8.4 상태평가 결과 ····· 309
8.5 안전성평가 결과 ····· 309
8.6 결 언 ····· 310

◉ 부 록

과업지시서
외관조사망도
측정 시험 계측 성과표
상태평가 결과자료
안정성평가 결과자료
현장조사 사진첩
시설물관리대장
사용장비 및 기기의 사진
사전검토보고서 및 과업수행계획서
신축이음 받침관리 대장

표 목 차

【표 1.1】 과업의 내용 ····· 4
【표 1.2】 정밀안전진단 과업수행 일정 ····· 6
【표 1.3】 일산대교 RAMP-I교 현황표 ····· 7
【표 1.4】 주요 사용장비 및 시험기기 일반사항 ····· 31
【표 1.5】 교량기호의 정의 ····· 32
【표 2.1】 자료수집 현황 ····· 35
【표 2.2】 RAMP-I교 구조검토 조건(IBR1) ····· 37
【표 2.3】 RAMP-I교 구조검토 조건(IBR2) ····· 39
【표 2.4】 RAMP-I교 구조검토 조건(IBR3) ····· 40
【표 2.5】 RAMP-I교 구조검토 조건(IBR6) ····· 41
【표 2.6】 RAMP-I교 구조검토 조건(IBR7) ····· 42
【표 2.7】 RAMP-I교 구조검토 조건(교대) ····· 43
【표 2.8】 RAMP-I교 구조검토 조건(교각) ····· 44
【표 2.9】 RAMP-I교 상부구조 구조검토 결과요약(STEEL BOX GIRDER 구간) ····· 45
【표 2.10】 RAMP-I교 상부구조 구조검토 결과요약(R.C SLAB 구간) ····· 45
【표 2.11】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(교대) ····· 45
【표 2.12】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP1) ····· 46
【표 2.13】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP3) ····· 47
【표 2.14】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP4) ····· 48
【표 2.15】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP5) ····· 49
【표 2.16】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP15) ····· 50
【표 2.17】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP16) ····· 51
【표 2.18】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP18) ····· 52
【표 2.19】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP19) ····· 53
【표 2.20】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP20) ····· 54
【표 2.21】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP22) ····· 55
【표 2.22】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP23) ····· 56
【표 2.23】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP24) ····· 57
【표 2.24】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP25) ····· 58
【표 2.25】 RAMP-I교 내진해석 조건(IBR1) ····· 59
【표 2.26】 RAMP-I교 내진해석 조건(IBR2) ····· 60
【표 2.27】 RAMP-I교 내진해석 조건(IBR3) ····· 61
【표 2.28】 RAMP-I교 내진해석 조건(IBR6) ····· 62

【표 2.29】RAMP-I교 내진해석 조건(IBR7) ····· 63
【표 2.30】RAMP-I교 내진해석 결과(IBR1) ····· 64
【표 2.31】RAMP-I교 내진해석 결과(IBR2) ····· 65
【표 2.32】RAMP-I교 내진해석 결과(IBR3) ····· 66
【표 2.33】RAMP-I교 내진해석 결과(IBR6) ····· 67
【표 2.34】RAMP-I교 내진해석 결과(IBR7) ····· 68
【표 2.35】RAMP-I교 토질조사 위치 ····· 69
【표 2.36】RAMP-I교 시추조사 결과 ····· 70
【표 2.37】RAMP-I교 표준관입시험 결과 ····· 71
【표 2.38】RAMP-I교 점검 및 진단이력 ····· 80
【표 2.39】자료분석 결과요약 ····· 83
【표 3.1】각 부재 별 조사방법 및 기간 ····· 88
【표 3.2】바닥판 외관조사 결과 ····· 89
【표 3.3】강박스 거더 내부 외관조사 결과 ····· 93
【표 3.4】강박스 거더 외부 외관조사 결과 ····· 96
【표 3.5】가로보 외관조사 결과 ····· 98
【표 3.6】교대 외관조사 결과 ····· 99
【표 3.7】교각 외관조사 결과 ····· 101
【표 3.8】교량받침 현황 ····· 107
【표 3.9】교량받침 외관조사 결과 ····· 109
【표 3.10】교축방향 연단거리 측정 결과 ····· 112
【표 3.11】교량받침 가동상태 검토결과 ····· 114
【표 3.12】교량받침 이동량 산정 ····· 117
【표 3.13】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과 ····· 119
【표 3.14】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과 ····· 121
【표 3.15】신축이음장치 외관조사 결과 ····· 123
【표 3.16】신축이음 유간 측정결과 ····· 126
【표 3.17】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과 ····· 127
【표 3.18】신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정 ····· 128
【표 3.19】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과 ····· 129
【표 3.20】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과 ····· 130
【표 3.21】교면포장 외관조사 결과 ····· 131
【표 3.22】배수시설 외관조사 결과 ····· 134
【표 3.23】방호벽 외관조사 결과 ····· 136
【표 3.24】하상구간 수준측량 측정 결과 ····· 139
【표 3.25】콘크리트 비파괴시험 현황 ····· 142
【표 3.26】보정반발경도(Ro) ····· 145
【표 3.27】기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험) ····· 146
【표 3.28】재령계수 α값 ····· 146
【표 3.29】기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험) ····· 149

【표 3.30】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인 ····· 153
【표 3.31】 탄산화 상태평가 기준 ····· 155
【표 3.32】 염화물 평가기준(콘크리트 구조설계기준(2007)) ····· 156
【표 3.33】 염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2017.01)) ····· 156
【표 3.34】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과 ····· 158
【표 3.35】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과 ····· 160
【표 3.36】 비파괴강도 시험결과 분석 ····· 161
【표 3.37】 상부구조 철근탐사 시험결과 ····· 162
【표 3.38】 하부구조 철근탐사 시험결과 ····· 164
【표 3.39】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가 ····· 166
【표 3.40】 염화물 함유량 시험결과 및 평가 ····· 167
【표 3.41】 균열깊이 조사결과 ····· 168
【표 3.42】 콘크리트 내구성조사 결과요약 ····· 169
【표 3.43】 강재 비파괴시험 현황 ····· 170
【표 3.44】 결함의 등급 분류 ····· 173
【표 3.45】 용접부 결함의 합·부 판정기준 ····· 173
【표 3.46】 일반환경용 중방식 도장(공사시방서) ····· 175
【표 3.47】 일반환경용 중방식 도장(현 시방기준) ····· 175
【표 3.48】 용접부에 발생하는 대표적인 결함 ····· 176
【표 3.49】 초음파탐상(UT) 시험결과 ····· 177
【표 3.50】 강재 도막두께 측정결과 ····· 178
【표 3.51】 강재 비파괴시험 결과요약 ····· 178
【표 4.1】 부재별 상태평가 적용 범위 ····· 183
【표 4.2】 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치 ····· 184
【표 4.3】 결함도 점수 범위에 따른 기준 ····· 185
【표 4.4】 STB 구간 상태평가 결과표 ····· 186
【표 4.5】 R.C SLAB 구간 상태평가 결과표 ····· 187
【표 4.6】 R.C RAHMEN 구간 상태평가 결과표 ····· 188
【표 4.7】 RAMP-I교 개별교량 상태평가 결과표 ····· 189
【표 4.8】 RAMP-I교 전체교량 상태평가 결과표 ····· 189
【표 4.9】 기 점검 상태평가 결과와 비교 ····· 189
【표 5.1】 재하차량 제원 ····· 194
【표 5.2】 재하차량 중량 ····· 194
【표 5.3】 단면 A-A 재하시 변형률 측정결과 ····· 202
【표 5.4】 단면 B-B 재하시 변형률 측정결과 ····· 202
【표 5.5】 단면 A-A 재하시 변위 측정결과 ····· 202
【표 5.6】 단면 B-B 재하시 변위 측정결과 ····· 202
【표 5.7】 하중 횡분배 효과 ····· 203
【표 5.8】 중립축 위치 ····· 204
【표 5.9】 S4경간 실측충격계수 산정 결과 ····· 206
【표 5.10】 S5경간 실측충격계수 산정 결과 ····· 206

【표 5.11】실측 고유진동수 ····· 207
【표 5.12】해석 고유진동수 ····· 207
【표 5.13】고유진동수 해석결과 ····· 208
【표 5.14】바닥판 검토 결과 ····· 214
【표 5.15】구조해석에 따른 휨모멘트 집계 결과 ····· 215
【표 5.16】구조해석에 따른 전단력 집계 결과 ····· 216
【표 5.17】구조해석에 따른 비틀림모멘트 집계 결과 ····· 217
【표 5.18】교량받침 현황 및 설계 용량 ····· 222
【표 5.19】하중별 해석 반력 ····· 222
【표 5.20】교량받침용량 검토결과 ····· 223
【표 5.21】부반력 검토결과 ····· 223
【표 5.22】재하시험에 의한 응력 측정 결과 ····· 228
【표 5.23】재하시험에 의한 변위 측정 결과 ····· 228
【표 5.24】전산에 의한 응력 해석 결과 ····· 228
【표 5.25】전산에 의한 변위 해석 결과 ····· 228
【표 5.26】응력 응답비 산정 ····· 229
【표 5.27】변위 응답비 산정 ····· 229
【표 5.28】응답보정계수(Ks)의 산정 ····· 230
【표 5.29】공용 내하력 산정결과 ····· 230
【표 5.30】구조물의 안전성평가 기준 ····· 231
【표 5.31】안전성평가 결과 ····· 232
【표 5.32】재하차량 제원 ····· 234
【표 5.33】재하차량 중량 ····· 234
【표 5.34】단면 A-A 재하시 변형률 측정결과 ····· 242
【표 5.35】단면 B-B 재하시 변형률 측정결과 ····· 242
【표 5.36】단면 A-A 재하시 변위 측정결과 ····· 242
【표 5.37】단면 B-B 재하시 변위 측정결과 ····· 242
【표 5.38】하중 횡분배 효과 ····· 243
【표 5.39】S18경간 실측충격계수 산정 결과 ····· 245
【표 5.40】S19경간 실측충격계수 산정 결과 ····· 245
【표 5.41】실측 고유진동수 ····· 246
【표 5.42】해석 고유진동수 ····· 246
【표 5.43】고유진동수 해석결과 ····· 247
【표 5.44】하중별 휨모멘트 ····· 256
【표 5.45】단면검토 결과 ····· 257
【표 5.46】구조검토 결과 ····· 257
【표 5.47】교량받침 현황 및 설계 용량 ····· 258
【표 5.48】하중별 해석 반력 ····· 258
【표 5.49】교량받침용량 검토결과 ····· 259
【표 5.50】부반력 검토결과 ····· 259
【표 5.51】재하시험에 의한 변형률 측정 결과 ····· 264

【표 5.52】재하시험에 의한 변위 측정 결과 ····· 264
【표 5.53】전산에 의한 변형률 해석 결과 ····· 264
【표 5.54】전산에 의한 변위 해석 결과 ····· 264
【표 5.55】변형률 응답비 산정 ····· 265
【표 5.56】변위 응답비 산정 ····· 265
【표 5.57】응답보정계수(Ks)의 산정 ····· 266
【표 5.58】공용 내하력 산정결과 ····· 266
【표 5.59】구조물의 안전성평가 기준 ····· 267
【표 5.60】안전성평가 결과 ····· 268
【표 6.1】종합평가 결과 ····· 272
【표 6.2】시설물의 안전등급 ····· 273
【표 6.3】안전등급 지정 ····· 273
【표 7.1】시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항 ····· 277
【표 7.2】보수・보강 우선순위 결정 기준 ····· 278
【표 7.3】보수・보강 주체 선정 ····· 279
【표 7.4】보수・보강 일람표 ····· 280
【표 7.5】수지주입공법의 종류 ····· 283
【표 7.6】균열폭에 알맞은 수지의 점도 ····· 283
【표 7.7】균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격 ····· 283
【표 7.8】에폭시계 수지의 규격 ····· 284
【표 7.9】주입공법 공법비교안 ····· 285
【표 7.10】일반적인 단면 복구(보수)재의 분류 ····· 288
【표 7.11】단면복구(보수) 공법비교안 ····· 289
【표 7.12】보수・보강 개략공사비 ····· 290
【표 7.13】부재별 유지관리 중점사항 ····· 295

그 림 목 차

【그림 1.1】정밀안전진단 과업수행 흐름도 ····· 5
【그림 1.2】종・평면도 ····· 8
【그림 1.3】슬래브일반도-(1) (Steel Box Girder) ····· 9
【그림 1.4】슬래브일반도-(2) (Steel Box Girder) ····· 10
【그림 1.5】슬래브일반도-(3) (Steel Box Girder) ····· 11
【그림 1.6】슬래브일반도-(4) (Steel Box Girder) ····· 12
【그림 1.7】슬래브일반도-(5) (Steel Box Girder) ····· 13
【그림 1.8】슬래브일반도-(1) (R.C SLAB) ····· 14
【그림 1.9】슬래브일반도-(2) (R.C SLAB) ····· 15
【그림 1.10】슬래브일반도-(3) (R.C SLAB) ····· 16
【그림 1.11】슬래브일반도-(4) (R.C SLAB) ····· 17
【그림 1.12】슬래브일반도-(5) (R.C SLAB) ····· 18
【그림 1.13】슬래브일반도-(6) (R.C SLAB) ····· 19
【그림 1.14】슬래브일반도-(7) (R.C SLAB) ····· 20
【그림 1.15】슬래브일반도-(8) (R.C SLAB) ····· 21
【그림 1.16】RAHMAEN일반도-(1) ····· 22
【그림 1.17】RAHMAEN일반도-(2) ····· 23
【그림 1.18】RAHMAEN일반도-(3) ····· 24
【그림 1.19】RAHMAEN일반도-(4) ····· 25
【그림 1.20】시점부 교대 일반도 ····· 26
【그림 1.21】종점부 교대 일반도 ····· 27
【그림 1.22】교각 일반도 (IP1~IP4) ····· 28
【그림 1.23】교각 일반도 (IP5) ····· 28
【그림 1.24】교각 일반도 (IP19) ····· 28
【그림 3.1】교량받침 배치도 ····· 105
【그림 3.2】도로교설계기준 연단거리 산출방법 ····· 112
【그림 3.3】하상구간 수준측량 측정 결과 ····· 140
【그림 3.4】콘크리트 내구성조사 위치도 ····· 143
【그림 3.5】반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차 ····· 144
【그림 3.6】초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차 ····· 147
【그림 3.7】초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법 ····· 148

【그림 3.8】표면법에 의한 초음파전달속도의 측정 ····· 148
【그림 3.9】철근탐사 측정원리 ····· 150
【그림 3.10】철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차 ····· 151
【그림 3.11】탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 ····· 152
【그림 3.12】Tc-To법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법 ····· 157
【그림 3.13】상부구조 평균압축강도 추정결과 ····· 159
【그림 3.14】하부구조 평균압축강도 추정결과 ····· 161
【그림 3.15】탄산화 깊이 측정결과 ····· 166
【그림 3.16】강재 내구성조사 위치도 ····· 171
【그림 3.17】초음파탐상(사각법)시험 개요도 ····· 172
【그림 3.18】Gauge 영점조정 ····· 174
【그림 3.19】Gauge 초기화(Calibration) ····· 175
【그림 4.1】전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 ····· 185
【그림 5.1】게이지 부착위치 ····· 195
【그림 5.2】정적 재하시험 수행절차 ····· 196
【그림 5.3】동적 재하시험 수행절차 ····· 198
【그림 5.4】처짐이력곡선 ····· 200
【그림 5.5】하중별 재하위치 ····· 201
【그림 5.6】동적 주행 위치 ····· 205
【그림 5.7】검토단면 ····· 212
【그림 5.8】검토단면(계속) ····· 213
【그림 5.9】모델링 ····· 214
【그림 5.10】하중별 휨모멘트도 ····· 217
【그림 5.11】하중별 전단력도 ····· 218
【그림 5.12】하중별 비틀림모멘트도 ····· 218
【그림 5.13】Load Case별 처짐도 ····· 225
【그림 5.14】Load Case별 처짐도(계속) ····· 226
【그림 5.15】Load Case별 응력도 ····· 226
【그림 5.16】Load Case별 응력도(계속) ····· 227
【그림 5.17】게이지 부착위치 ····· 235
【그림 5.18】정적 재하시험 수행절차 ····· 236
【그림 5.19】동적 재하시험 수행절차 ····· 238
【그림 5.20】처짐이력곡선 ····· 240
【그림 5.21】하중별 재하위치 ····· 241
【그림 5.22】동적 주행 위치 ····· 244
【그림 5.23】검토단면 ····· 251
【그림 5.24】검토단면(계속) ····· 252
【그림 5.25】검토단면(계속) ····· 253
【그림 5.26】검토단면(계속) ····· 254
【그림 5.27】모델링 ····· 255
【그림 5.28】하중별 단면력도 ····· 256

【그림 5.29】Load Case별 처짐도 ····· 261
【그림 5.30】Load Case별 처짐도(계속) ····· 262
【그림 5.31】Load Case별 응력도 ····· 262
【그림 5.32】Load Case별 응력도(계속) ····· 263
【그림 6.1】종합평가 결과 산정절차 ····· 271
【그림 7.1】보수·보강방안 추진방향 ····· 279
【그림 7.2】콘크리트 표면처리 시공순서도 ····· 282
【그림 7.3】균열 보수공법 개요도 ····· 284
【그림 7.4】단면복구(보수) 상세도 ····· 287

사 진 목 차

【사진 3.1】 일산대교 RAMP-I교 장비접근 현황 ····· 88
【사진 3.2】 바닥판 전경 ····· 89
【사진 3.3】 바닥판 손상현황 ····· 90
【사진 3.4】 바닥판 박리 및 박락 현황 ····· 92
【사진 3.5】 강박스 거더 전경 ····· 93
【사진 3.6】 강박스 거더 내부 손상현황 ····· 94
【사진 3.7】 강박스 거더 내부 Splice부 우수유입흔적 ····· 95
【사진 3.8】 강박스 거더 외부 손상현황 ····· 96
【사진 3.9】 가로보 전경 ····· 97
【사진 3.10】 가로보 손상현황 ····· 98
【사진 3.11】 교대 전경 ····· 99
【사진 3.12】 교대 손상현황 ····· 100
【사진 3.13】 교각 전경 ····· 102
【사진 3.14】 교각 손상현황 ····· 103
【사진 3.15】 교량받침 손상현황 ····· 110
【사진 3.16】 교량받침 가동량 측정 전경 ····· 114
【사진 3.17】 신축이음장치 전경 ····· 123
【사진 3.18】 신축이음장치 손상현황 ····· 124
【사진 3.19】 신축이음 유간 측정방법 ····· 126
【사진 3.20】 교면포장 전경 ····· 131
【사진 3.21】 교면포장 손상현황 ····· 132
【사진 3.22】 교면포장 보수부 재손상(패임) 현황 ····· 133
【사진 3.23】 배수구 및 배수관 전경 ····· 134
【사진 3.24】 배수시설 손상현황 ····· 135
【사진 3.25】 방호벽 전경 ····· 136
【사진 3.26】 방호벽 손상현황 ····· 137
【사진 3.27】 하상구간 수준측량 측정 전경 ····· 139
【사진 3.28】 콘크리트 내구성조사 전경 ····· 143
【사진 3.29】 강재 내구성조사 전경 ····· 171
【사진 5.1】 게이지 설치 현황 ····· 193
【사진 5.2】 재하차량 주요 제원 ····· 194
【사진 5.3】 게이지 설치 현황 ····· 233
【사진 5.4】 재하차량 주요 제원 ····· 234
【사진 7.1】 바닥판 및 교각 균열(폭 0.3mm이상) 손상 발생 현황 ····· 294

제 1장 정밀안전진단 개요

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위 및 내용

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.4 대상교량의 현황

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

1.6 교량기호의 정의

제 1장 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, 고속도로 시설물의 재난예방과 안전성 확보를 통해 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

1) 자료수집 및 분석
2) 현장조사 및 시험
3) 상태평가
4) 안전성평가
5) 종합평가 및 안전등급 지정
6) 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시
7) 정밀안전진단 보고서
8) 신축이음장치 및 받침점검(사진, 신축량 등)은 별도 시행방안에 따라 결과물 작성 및 제출(신축량과 신장량은 혹서기, 혹한기에 점검하는 조건)
9) 하자보고서 작성
10) 선택과업 : 재하시험, 구조해석, 수중조사, 굴절차 및 고소차(안전관리포함)등

1.2.2 과업수행기간

- 2017. 09. 06 ~ 2018. 06. 30(착수일로부터 298일간)

1.2.3 과업의 내용

본 과업은 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2017. 01, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

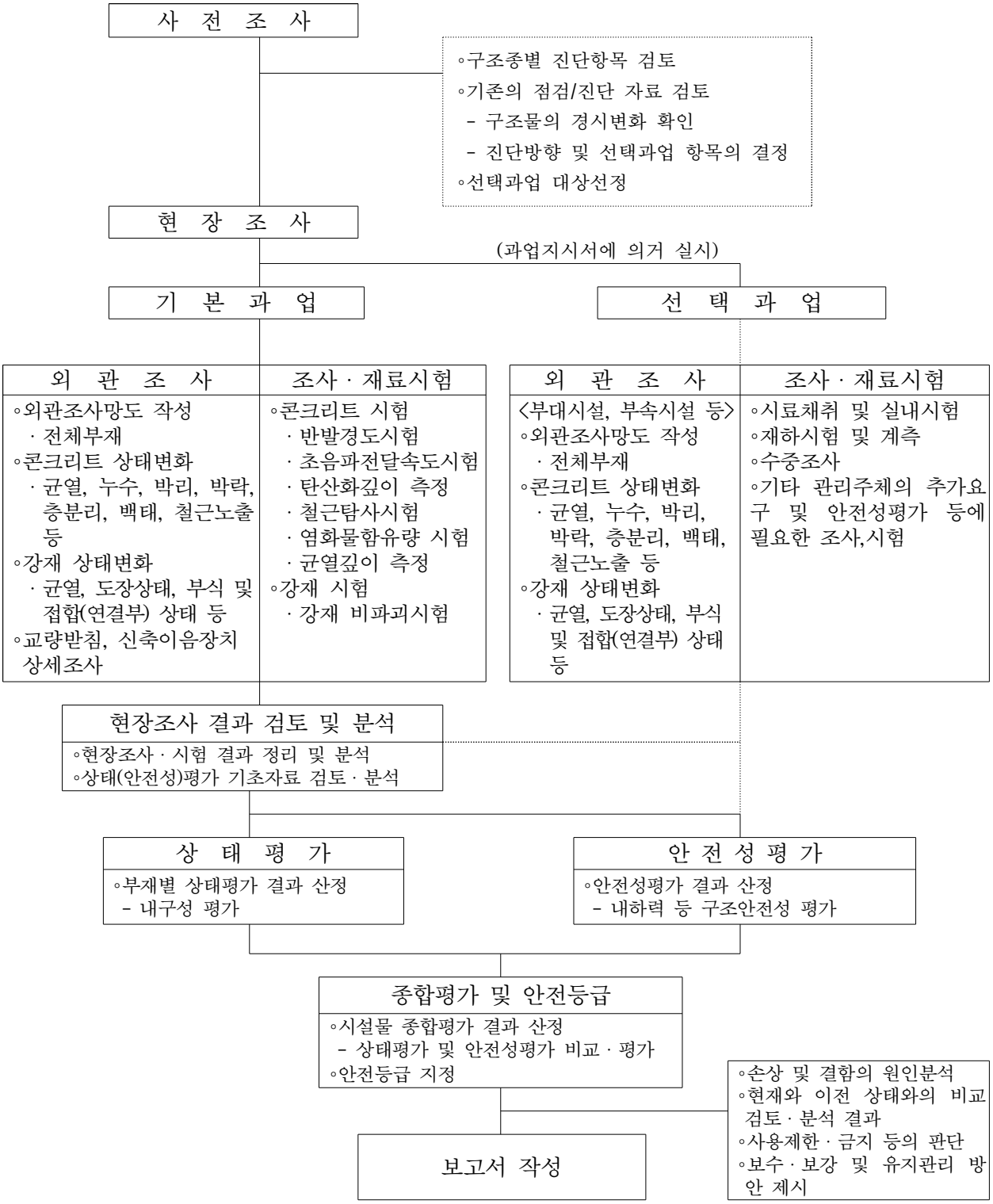
【표 1.1】 과업의 내용

과업의 범위		과업의 내용	비 고
설계도서 및 관련자료 수집·검토		1) 설계자료 검토(준공도면, 구조계산서) 2) 기존 점검 및 유지관리자료 검토 (초기점검 및 정밀점검 자료 등)	안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (2017.01) 적용
현장 조사 및 시험	외관 조사	1) 교량의 제원 및 시공상태 조사 2) 상·하부구조 외관 결함 및 손상 등 외관조사 3) 신축이음, 교량받침 등 기능상태 조사 4) 부재별 기 진단결과와의 비교	
	내구성 조사 (콘크리트, 강재)	1) 콘크리트 강도 조사 - 반발경도시험, 초음파전달속도시험 2) 철근탐사시험 - 배근 간격, 피복두께 3) 콘크리트 품질시험 - 탄산화 깊이 측정 4) 균열깊이 조사 5) 염분함유량 시험(제설재에 의해 발생한 손상부 건전도평가) 6) 강재초음파탐상	
상태평가		1) 부재별 상태평가 결과 산정 후 부재별 가중치를 고려한 시설물 전체에 대한 상태평가 결과 산정 2) 탄산화 및 염화물 함유량에 대한 평가 후 상태평가 항목으로 반영 3) 기 점검결과와의 비교	
안전성평가		1) 결함부위 진단 및 결함원인 분석 2) 당초 구조계산서 및 초기점검 내하력 평가 검토	
종합평가 및 안전등급 지정		1) 상태평가 및 안전성평가 결과를 이용하여 안전등급 지정	
보수 및 보강대책 수립		1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가 2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 공법 제시 3) 보수·보강 물량 및 보수·보강 우선순위 제시	
유지관리 대책 수립		1) 유지 관리상 문제점과 지침 기준 작성 2) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시	
보고서 작성		1) 기술심의 보고서 제출 2) 기술심의 지적사항을 보완하여 최종보고서 작성 및 제출	

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.3.1 과업수행 절차

본 교량의 정밀안전진단 과업수행 흐름도는 다음과 같다.



【그림 1.1】 정밀안전진단 과업수행 흐름도

1.3.2 과업수행 일정

본 과업을 위해 수행한 정밀안전진단 과업 일정은 다음과 같다.

【표 1.2】 정밀안전진단 과업수행 일정

공 종		2017년				2018년						비고
		9월	10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	
		25일	56일	86일	117일	148일	176일	207일	237일	268일	298일	
1. 사전조사 ·착수 및 예비답사 ·자료 수집 및 검토 ·현장조사 계획수립												착수 09.06
2.. 하자검사(조사) ·현장조사 계획수립 ·외관조사 ·조사결과 정리												
3. 하자조사 결과물 작성 ·하자물량 확인												
4. 현장조사 및 시험 ·현장조사 계획수립 ·외관조사/재료시험 ·조사결과 정리/실내시험 ·시험결과해석/평가 ·재하시험/수중조사 등												
5. 상태평가/안전성평가/종합평가 ·안전성평가 ·종합평가												
6. 보수/보강/유지관리 방안제시 ·보수방안/우선순위결정 ·유지관리방안 제시												
7. 보고서 작성 ·외관조사망도 작성 ·최종보고서 작성 ·e-보고서 작성												
8. 성과품 납품												
공정율(%)	월 별	2.0	10.0	15.0	10.0	10.0	15.0	10.0	10.0	10.0	8.0	
	누 계	2.0	12.0	27.0	37.0	47.0	62.0	72.0	82.0	92.0	100.0	

1.4 대상교량의 현황

1.4.1 현황

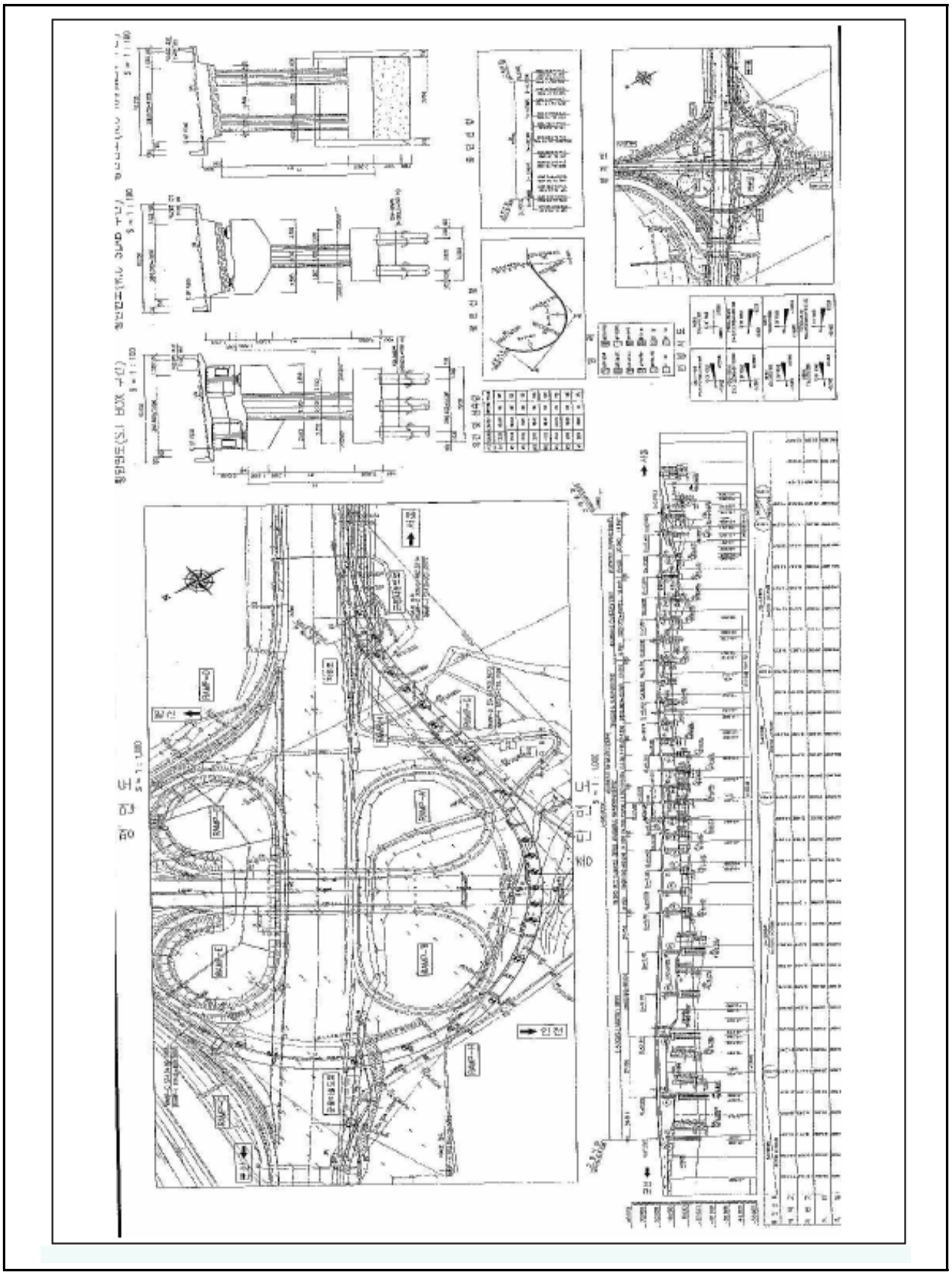
본 과업의 대상시설물인 일산대교 RAMP-I교의 현황은 다음과 같다.

【표 1.3】 일산대교 RAMP-I교 현황표

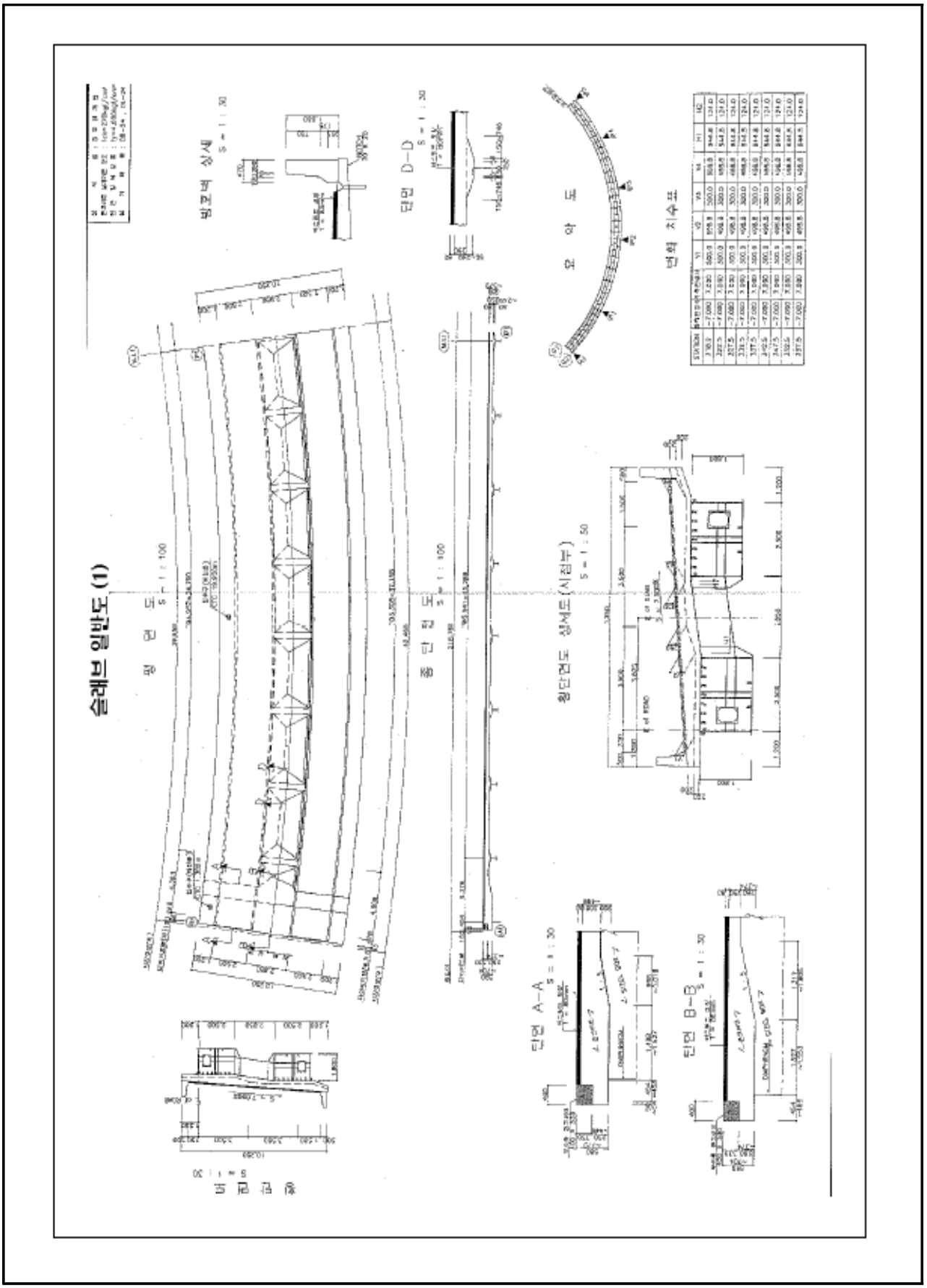
작성일 : 2018년 06월 30일

<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>RAMP-I교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2008-0000412</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월</td><td>2007년 12월 31일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 일산서구 고양시 법곳동 ~ 김포시 걸포동</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24(43.2TON)</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>국가지원 지방도 98호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">총길이 : L=595.0m (26경간)
- 강합성 상자형교(IBR1) : L=215.0m
(40.0+57.5+2@40.0+37.5)
- R.C SLAB교(IBR2, IBR5~7) : L=290.0m
(3@20.0+15.0)+(15+3@20.0)+(4@20.0)+(3@20.0)=290.0m]
- R.C RAHMEN교(IBR3~IBR4) : L=90.0m
[(3@15.0)+(3@15.0)=90.0m]</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">IBR1~5 : B=10.25m, IBR6 : B=18.196~14.251m
IBR7 : B=14.251~12.860m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상 부</td><td>강합성 상자형교(IBR1)
+R.C SLAB(IBR2, IBR5~7)
+R.C RAHMEN(IBR3~IBR4)</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하 부</td><td>교대-역T형
교각-T형, Π형</td><td>교각</td><td>직접기초, 간이우물통,
현장타설말뚝</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침, 탄성받침, 내진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거조인트, N.B 조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>자유로</td><td colspan="2">교 고</td><td>7.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>(주)다산컨설턴트</td><td colspan="2">시 공 사</td><td>대림산업주식회사</td></tr>
<tr><td colspan="2">내진설계유무</td><td>내진설계적용</td><td colspan="2">관리주체</td><td>일산대교(주), 경기도
건설본부</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">- 가로등, 차도용 방호책</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">- S K E W : R(146~172.3)+직선+R(220)
- 신축이음 : 강핑거 조인트(IA2), N.B 조인트(IA1, IP5, IP9, IP12, IP15
IP19, IP23) 총 8개소 설치
- 탄성받침 : POT받침 64개소, 탄성받침 8개소, 내진받침 4개소</td></tr>
</table>

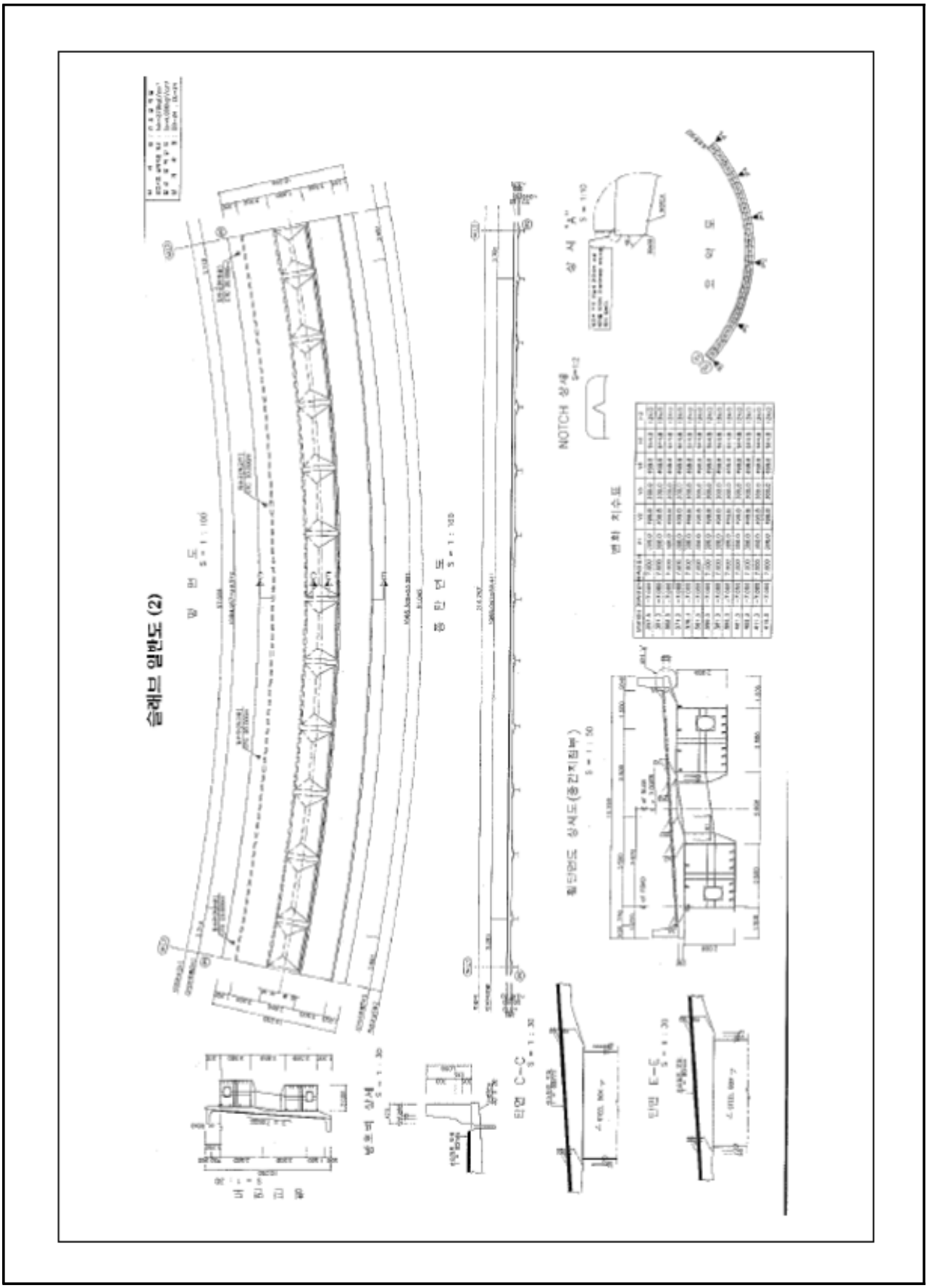
1.4.2 교량 주요도면



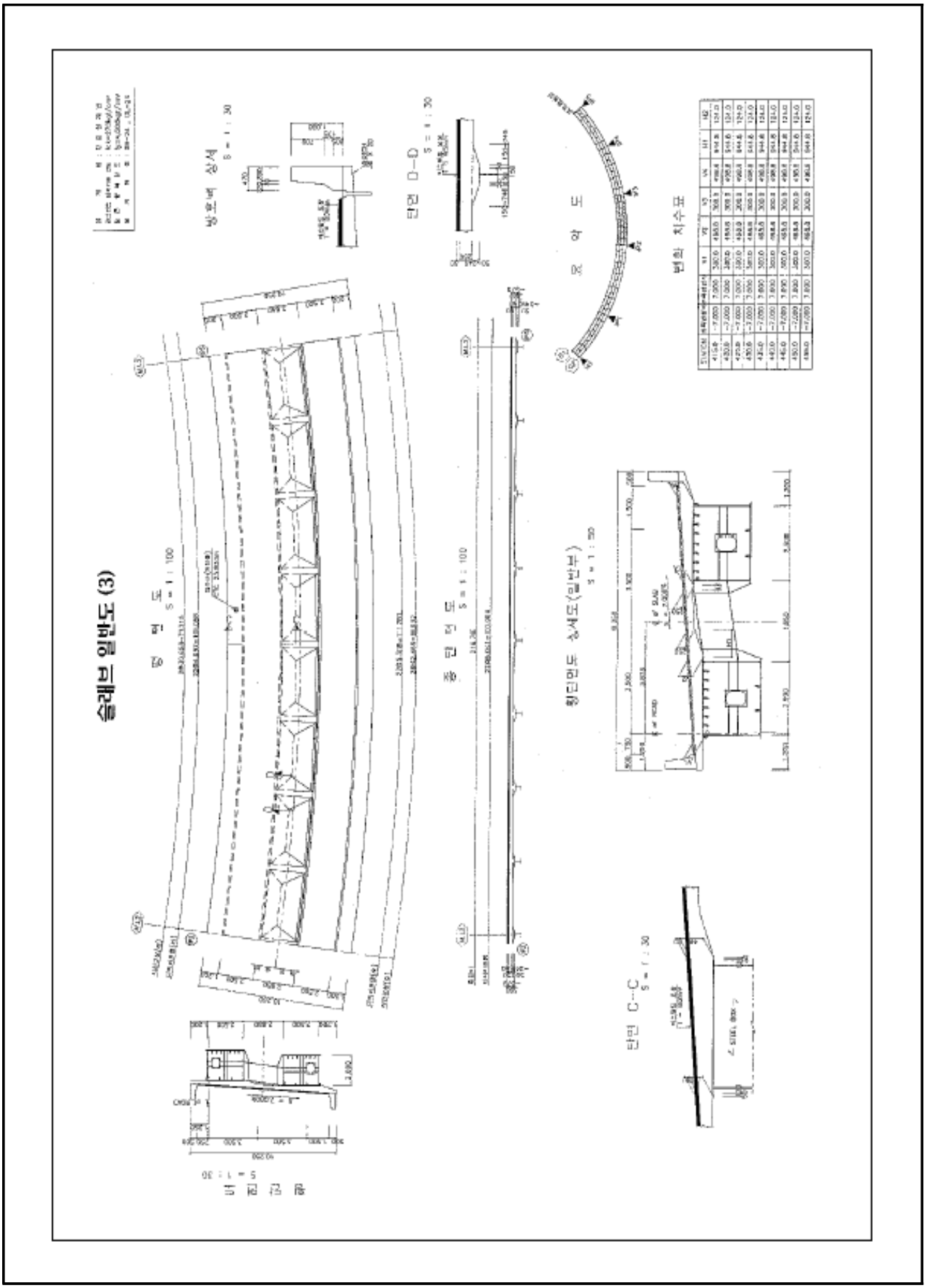
【그림 1.2】 종·평면도



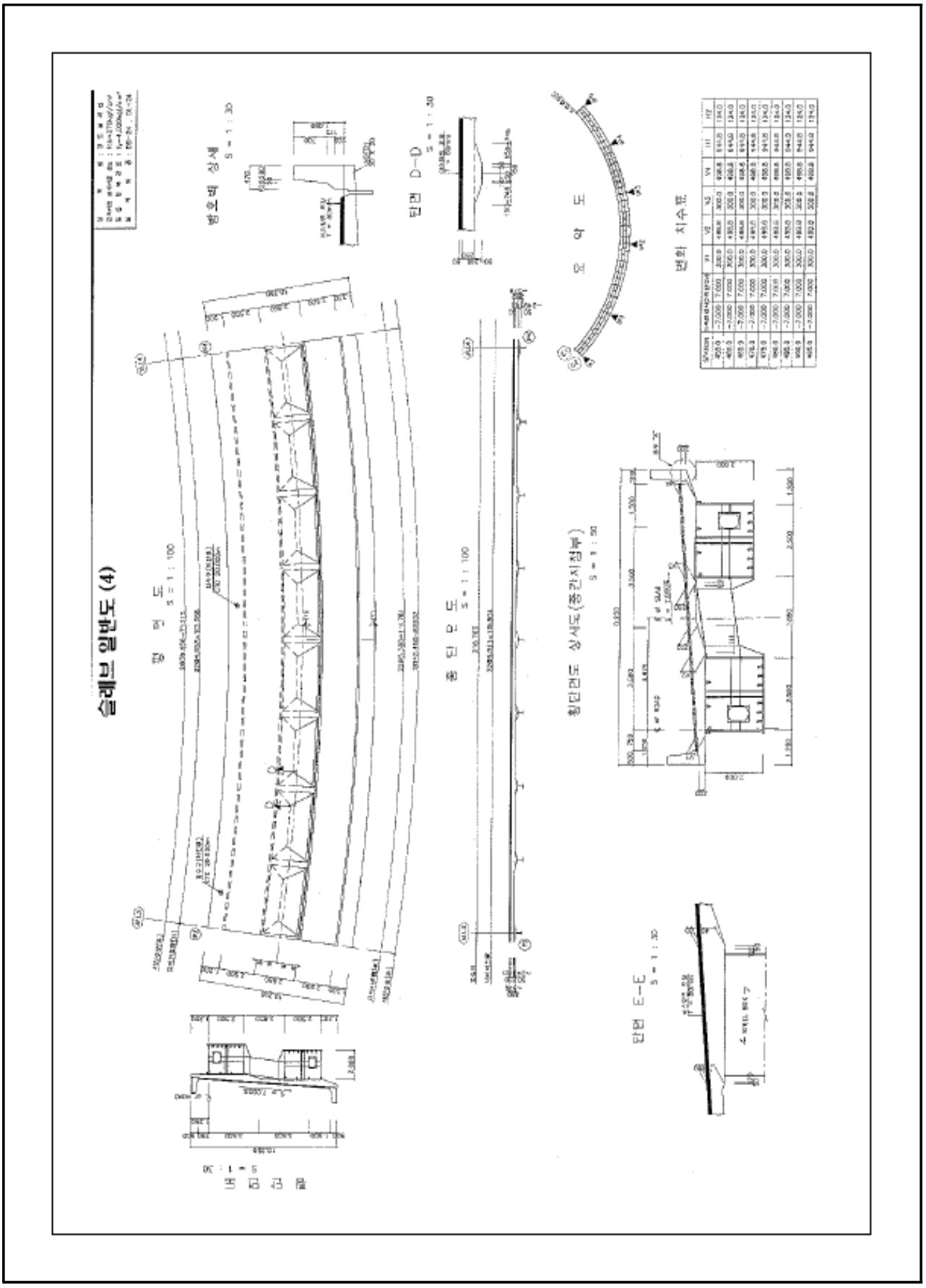
【그림 1.3】 슬래브 일반도-(1) (Steel Box Girder)



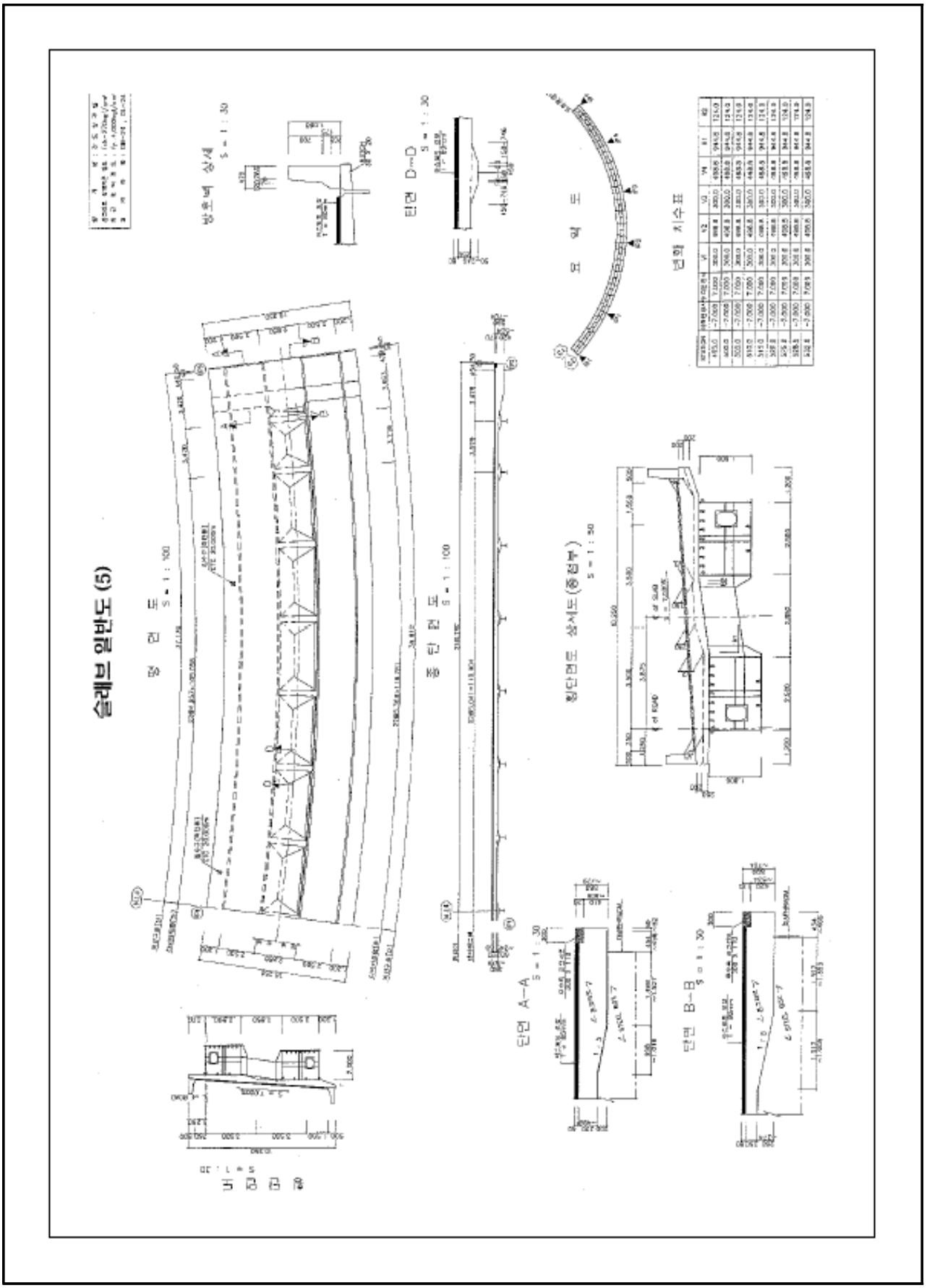
【그림 1.4】 슬래브 일반도-(2) (Steel Box Girder)



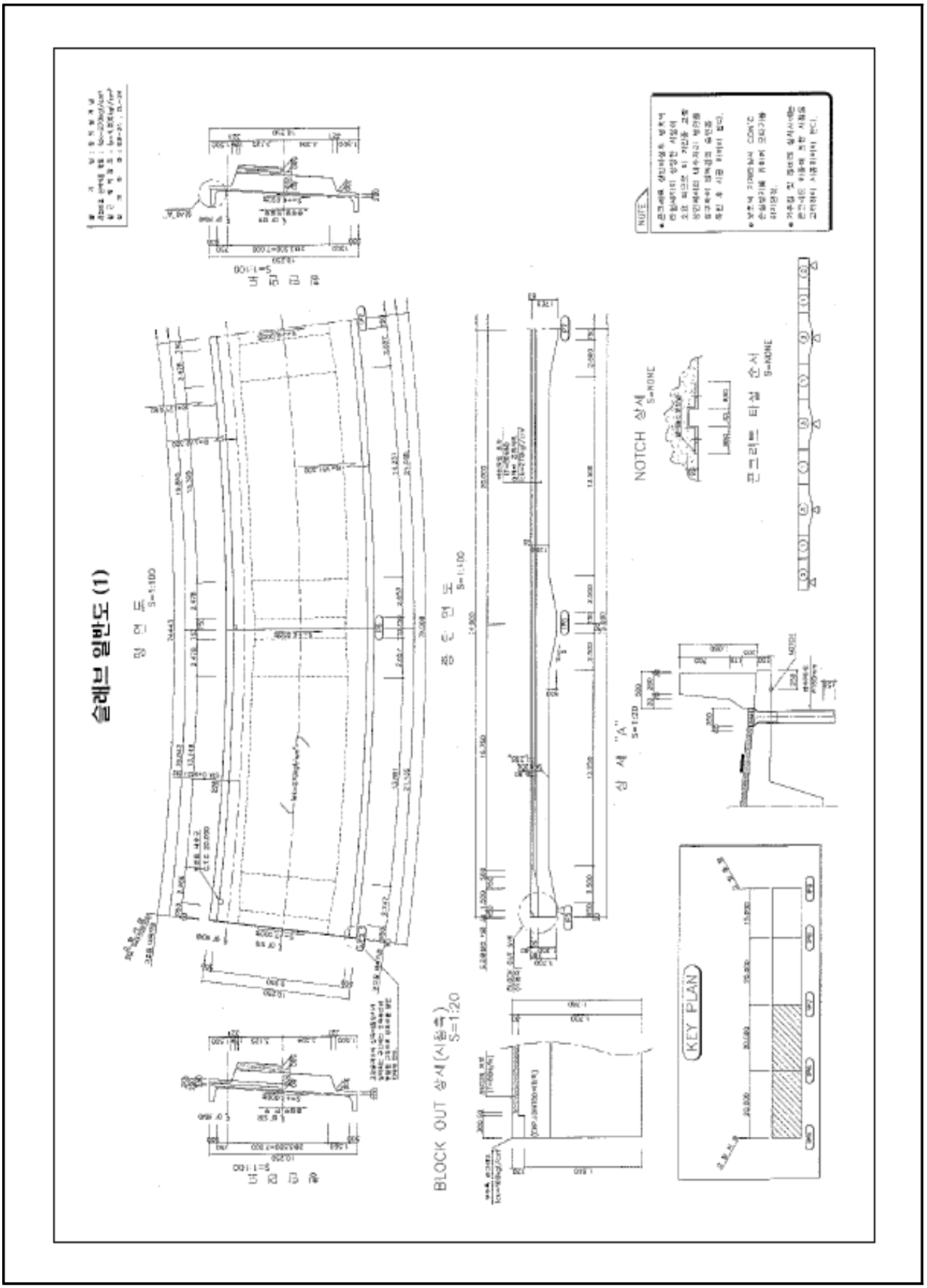
【그림 1.5】 슬래브 일반도-(3) (Steel Box Girder)



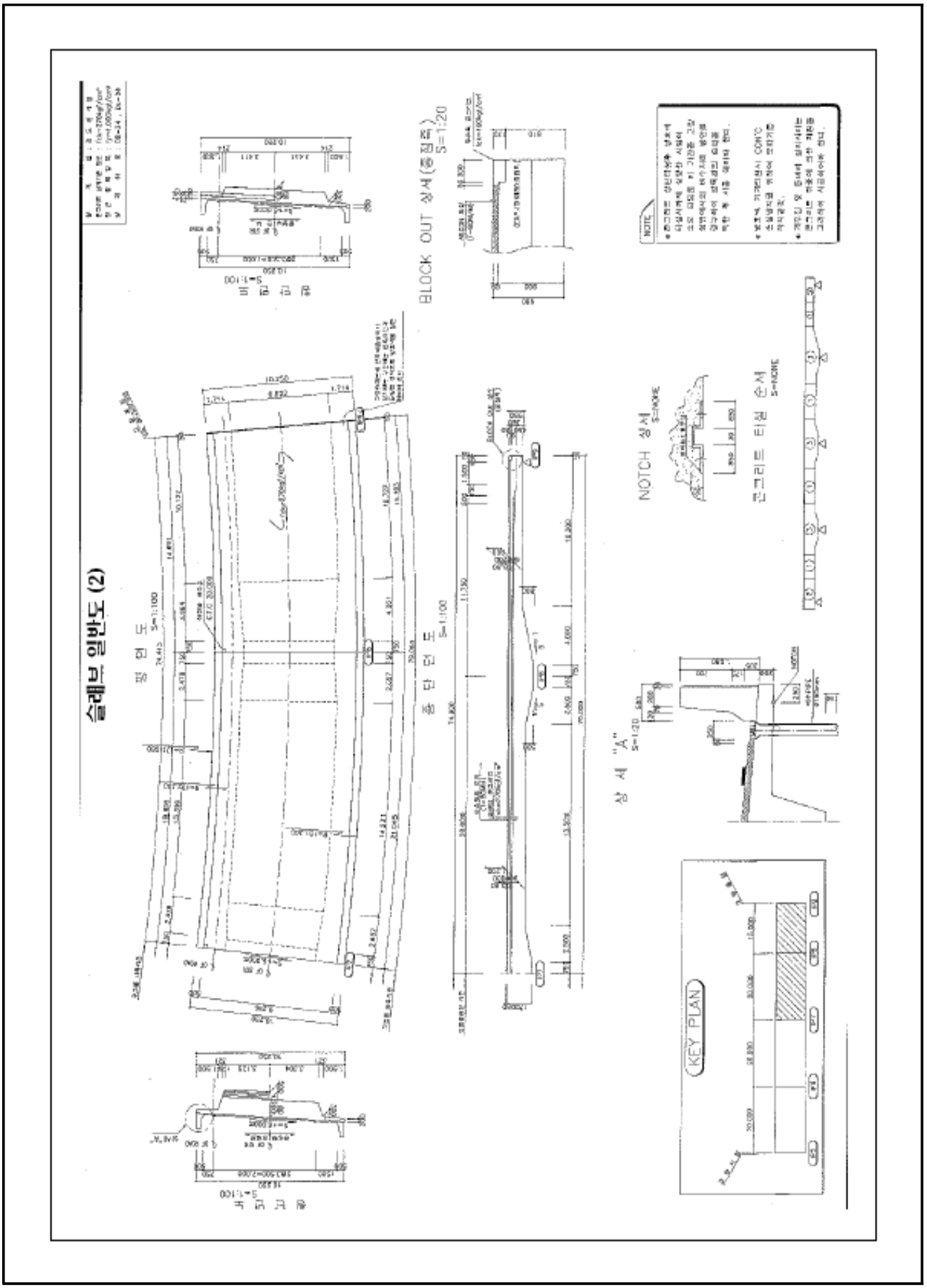
【그림 1.6】 슬래브 일반도-(4) (Steel Box Girder)



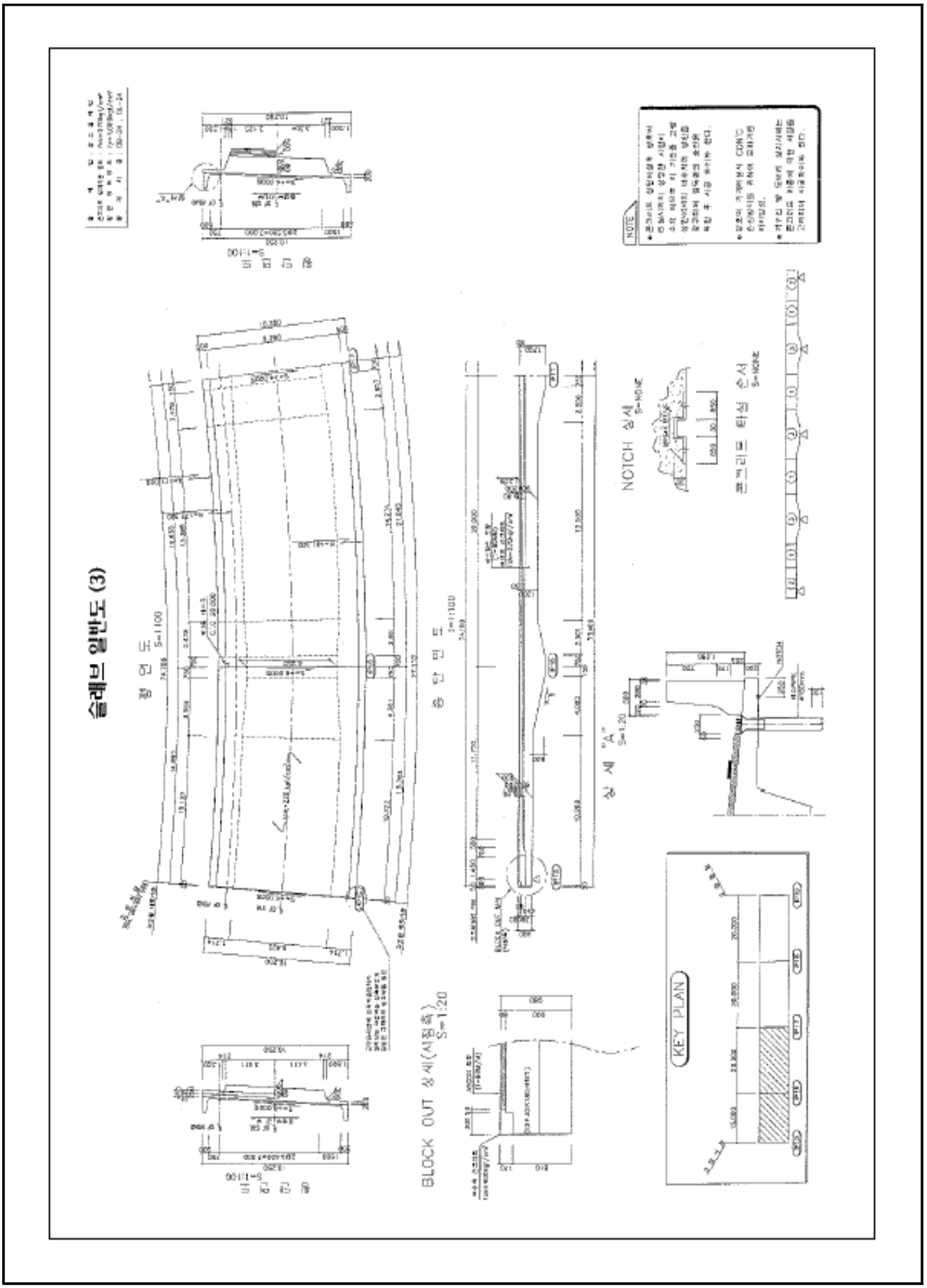
【그림 1.7】 슬래브 일반도-(5) (Steel Box Girder)



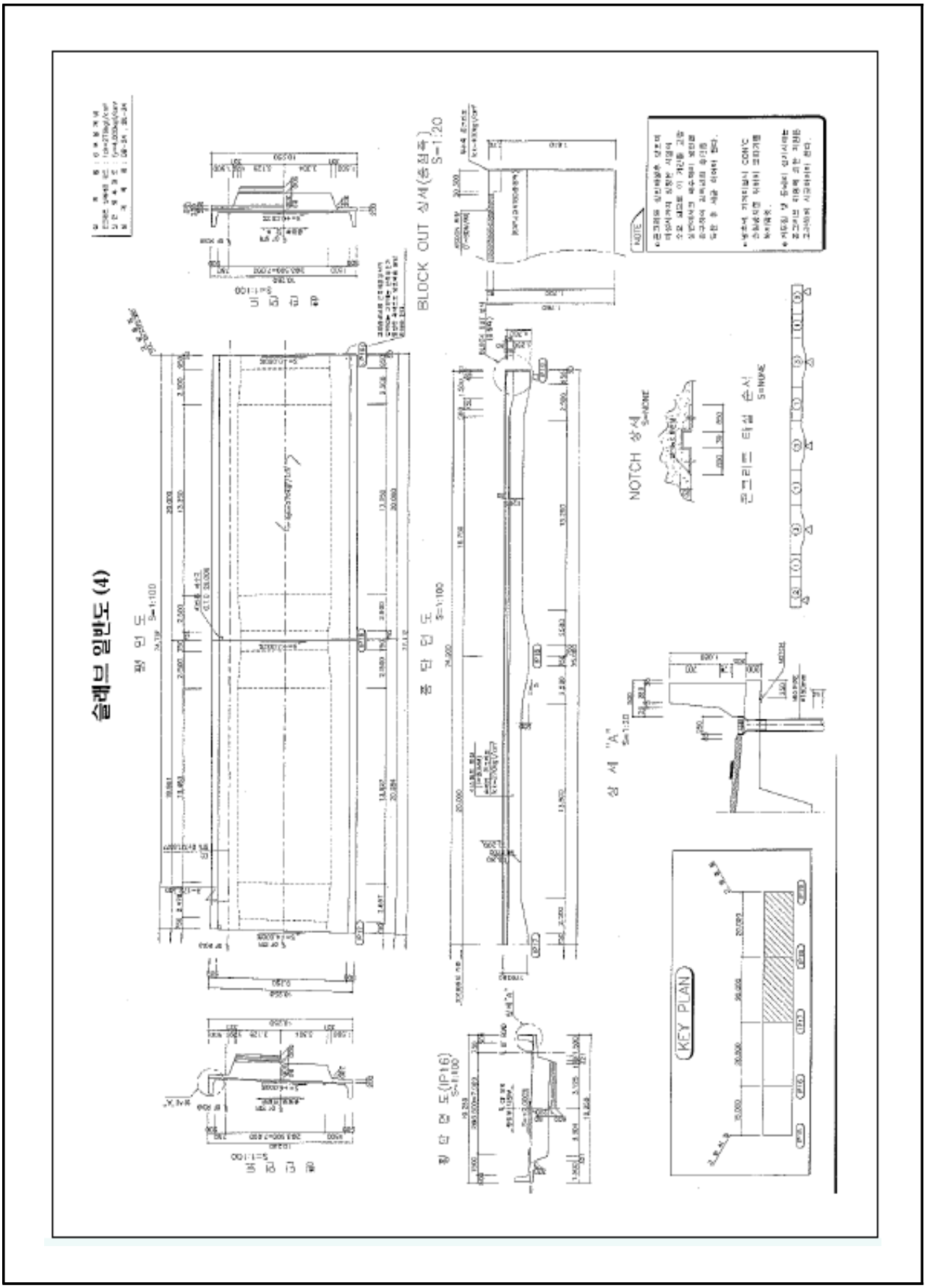
【그림 1.8】 슬래브 일반도-(1) (R.C SLAB)



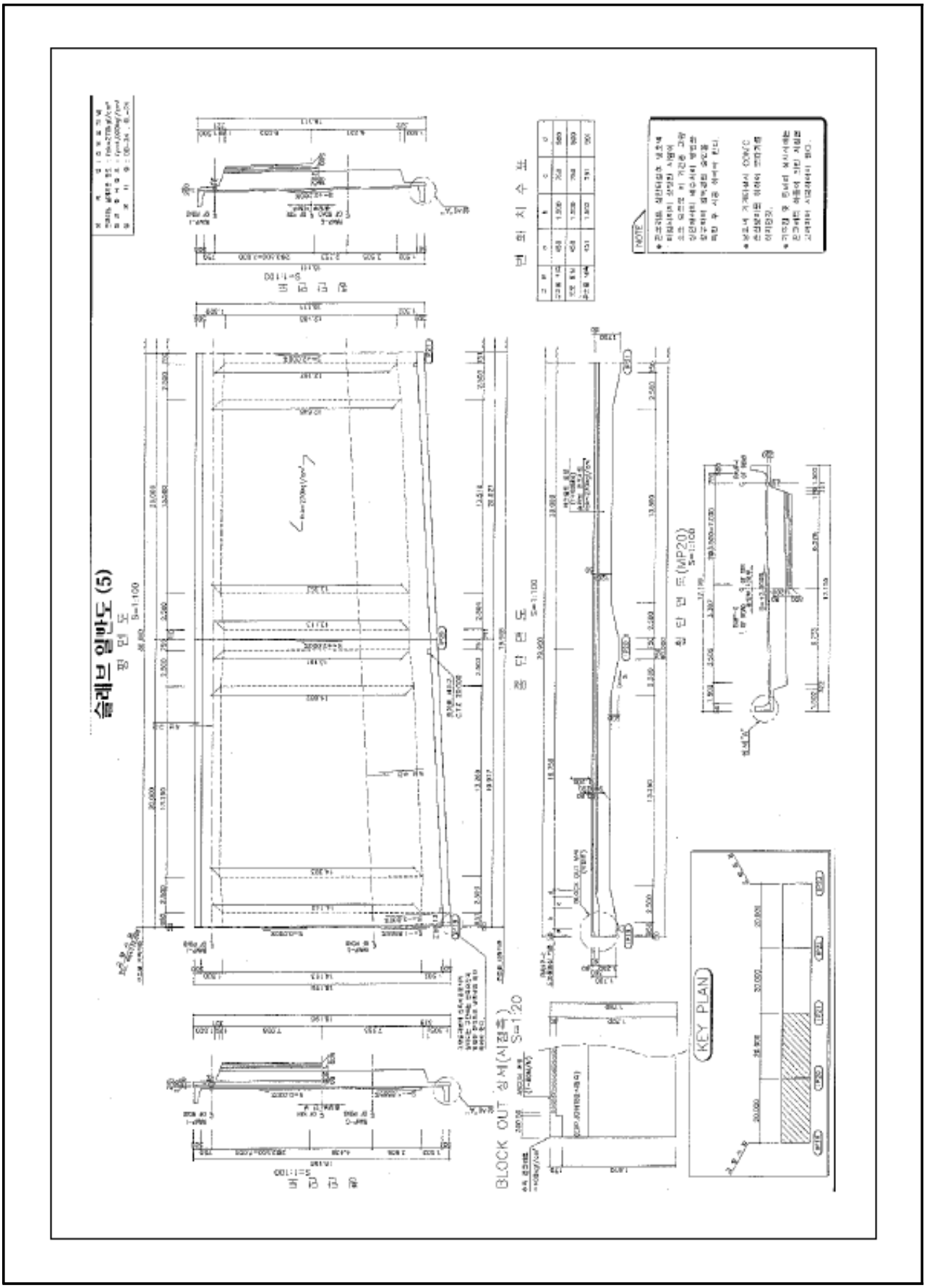
【그림 1.9】 슬래브 일반도-(2) (R.C SLAB)



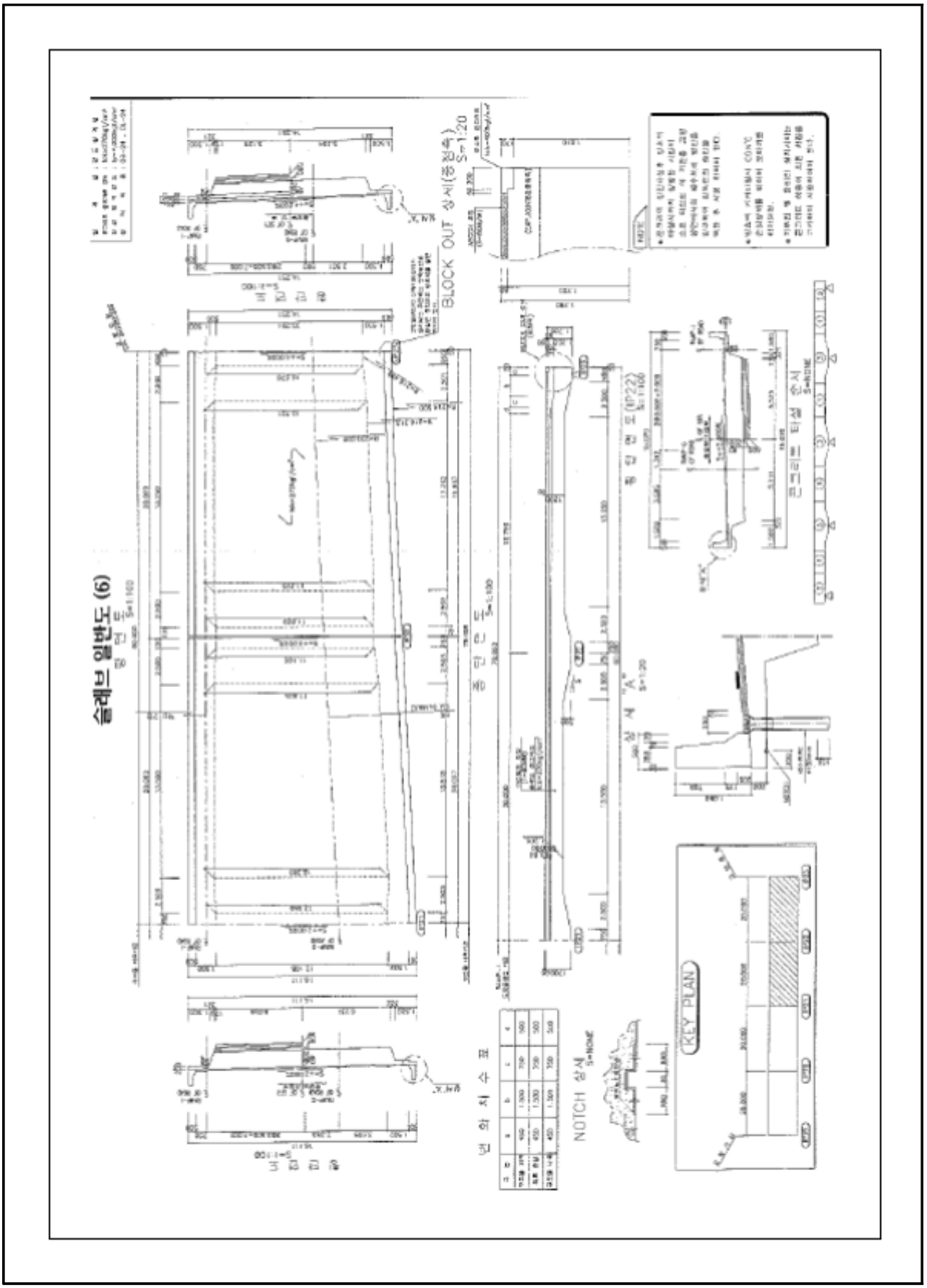
【그림 1.10】 슬래브 일반도-(3) (R.C SLAB)



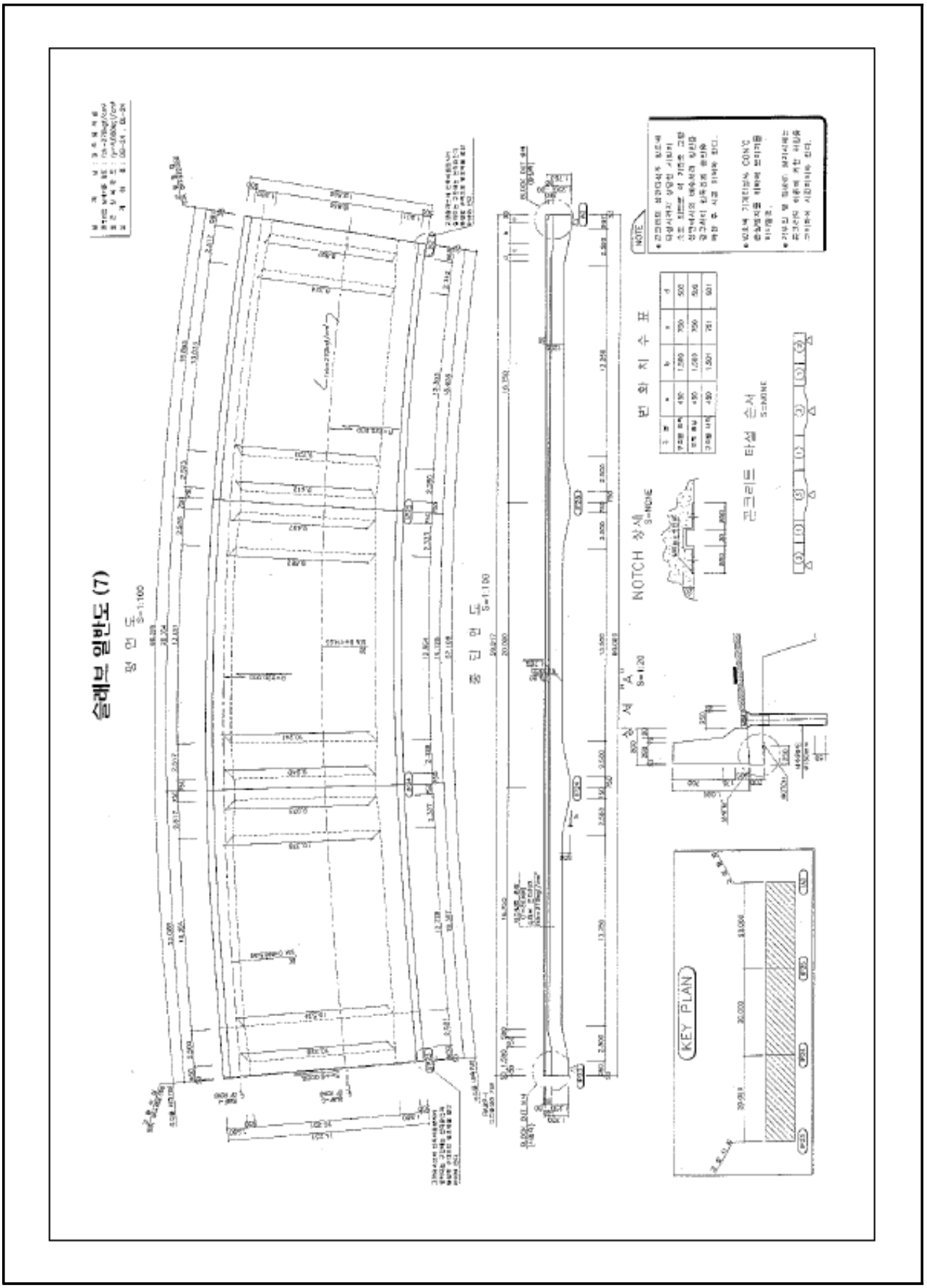
【그림 1.11】 슬래브 일반도-(4) (R.C SLAB)



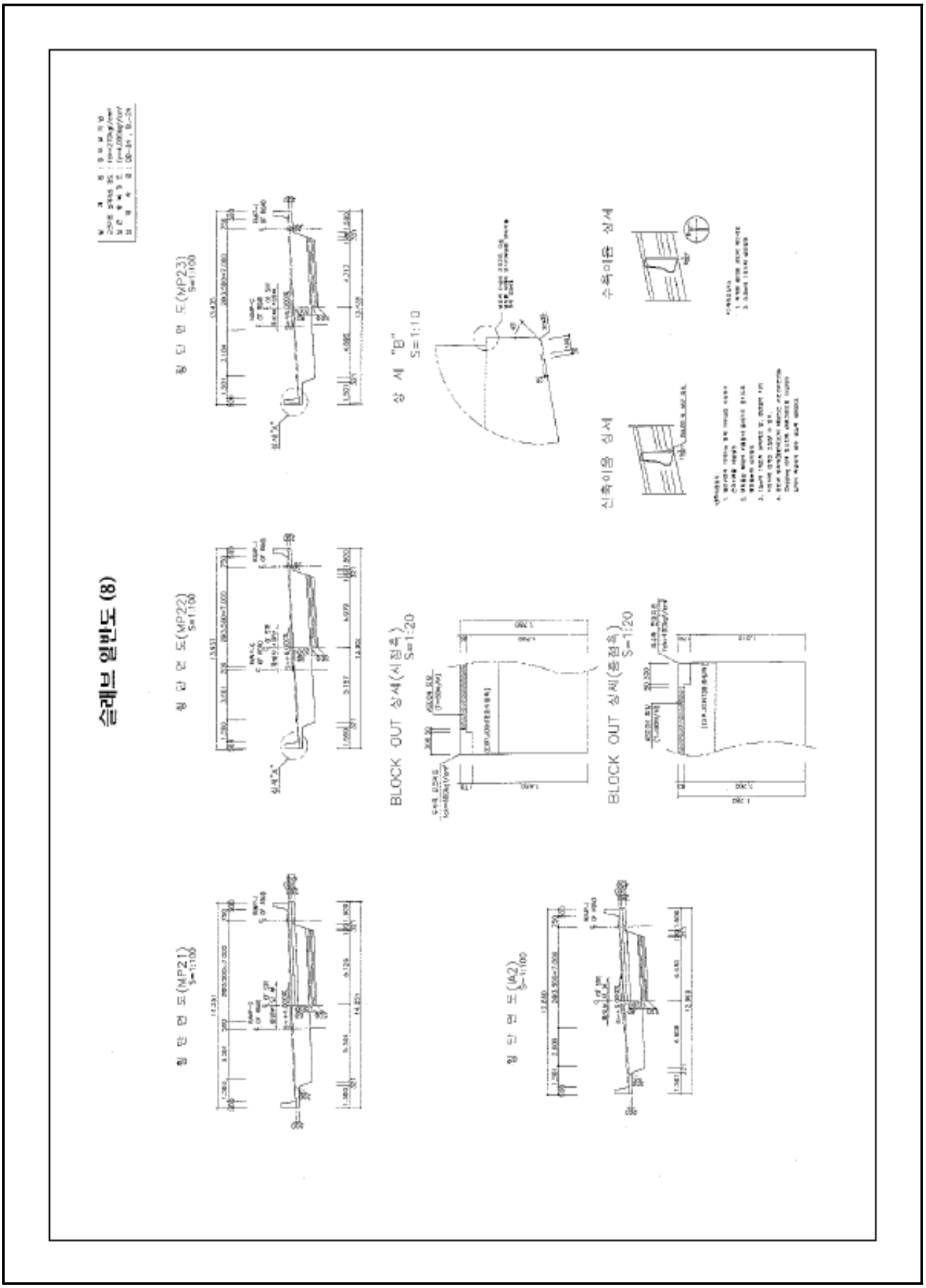
【그림 1.12】 슬래브 일반도-(5) (R.C SLAB)



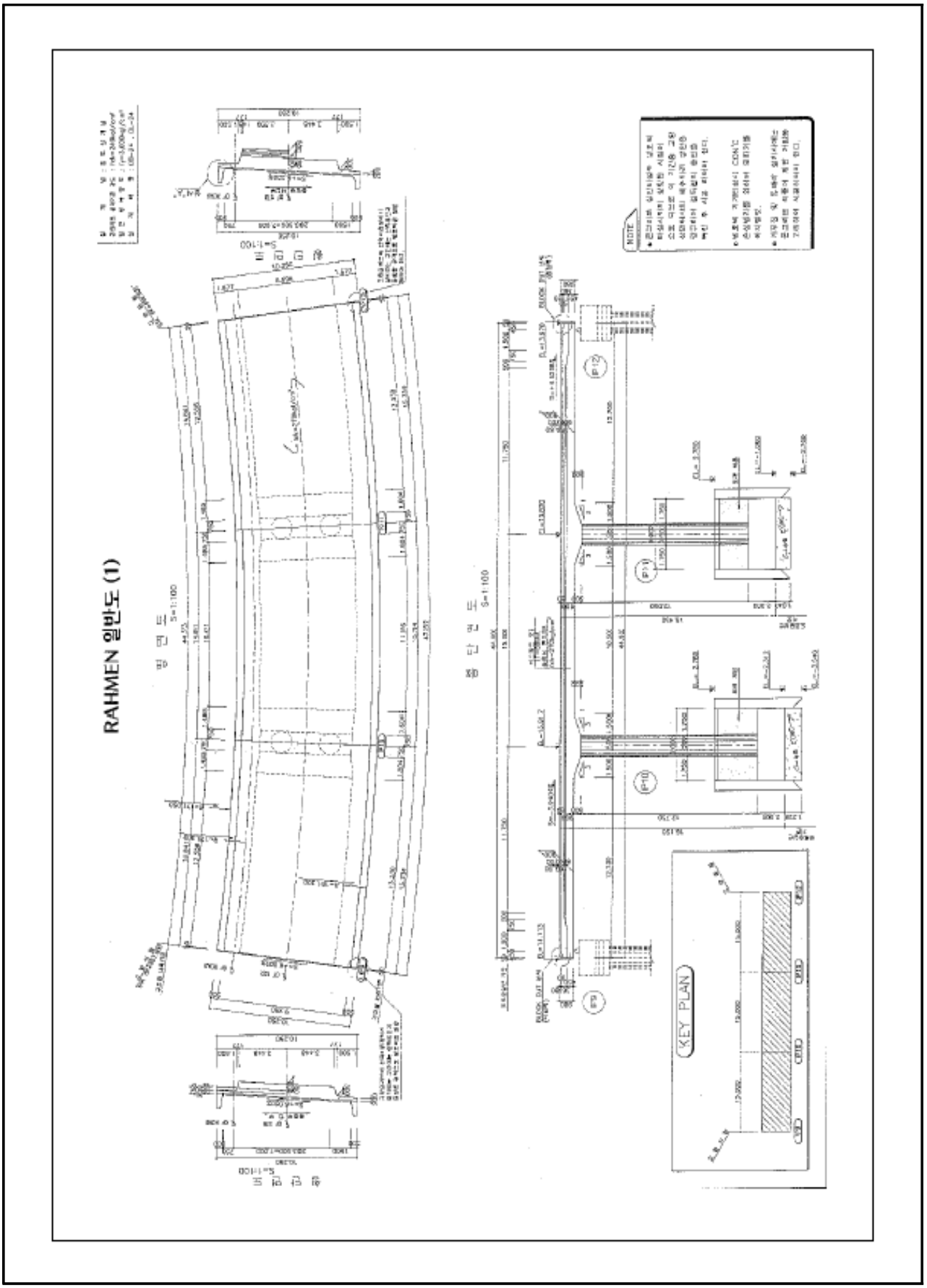
【그림 1.13】 슬래브 일반도-(6) (R.C SLAB)



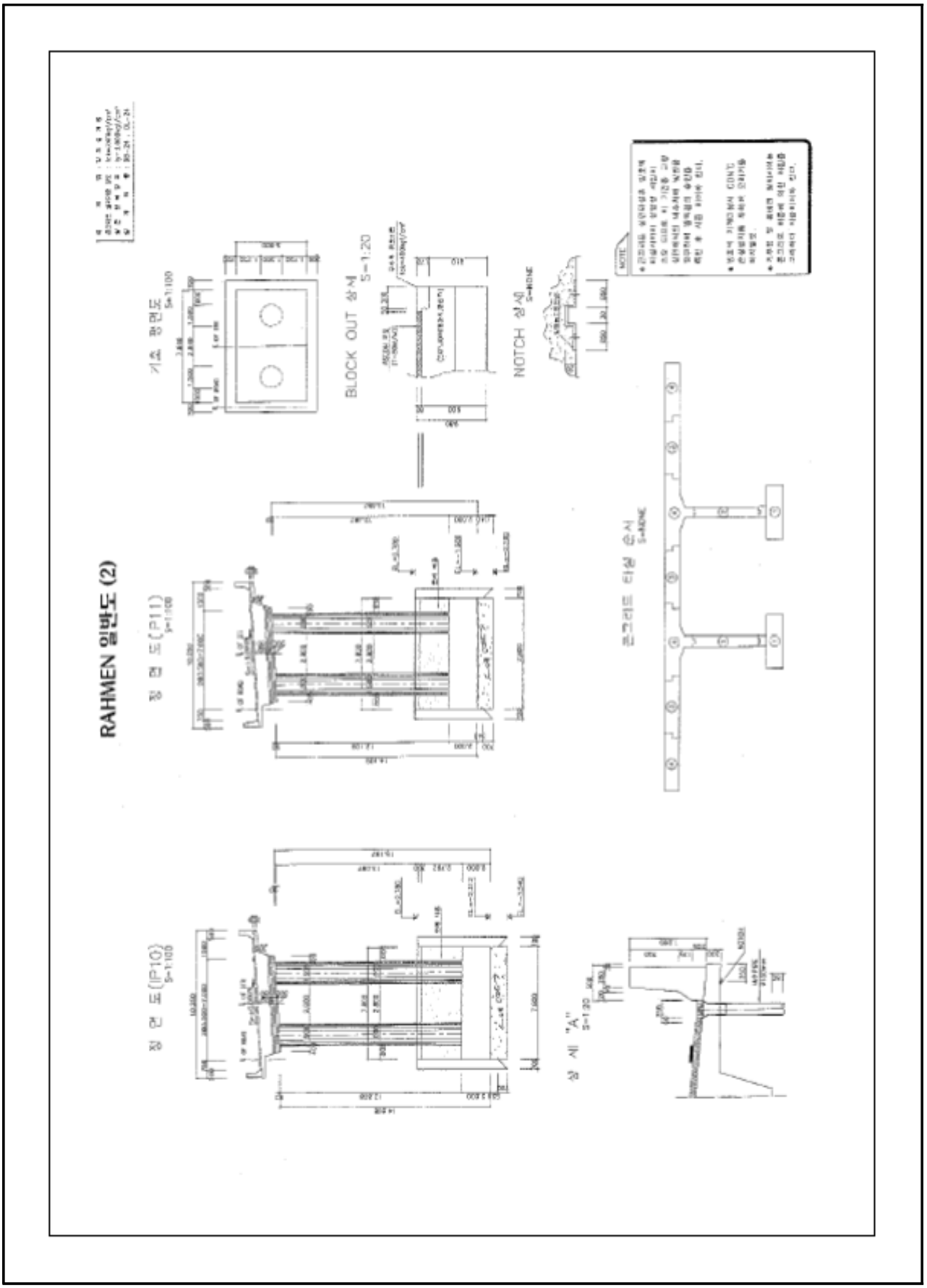
【그림 1.14】 슬래브 일반도-(7) (R.C SLAB)



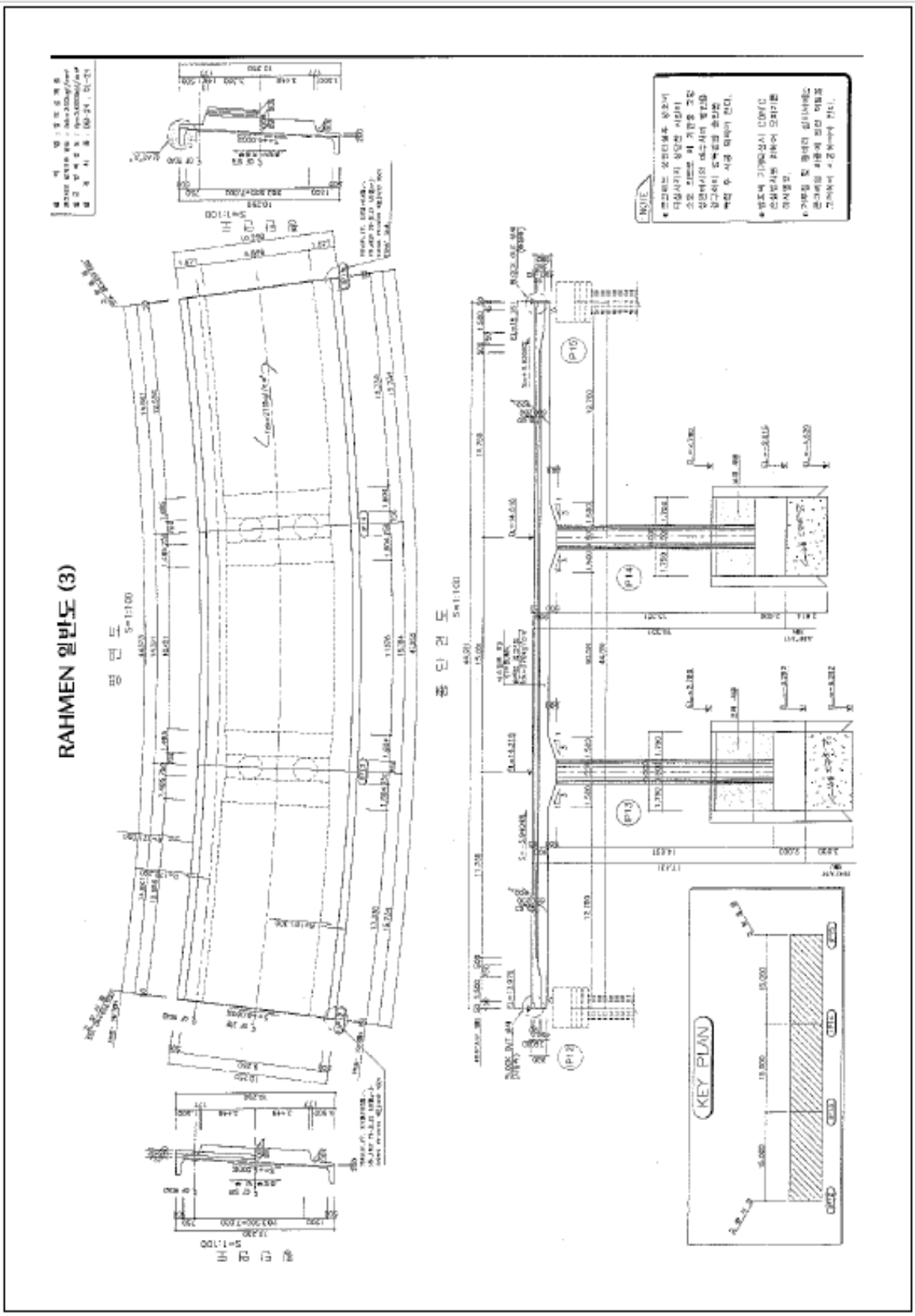
【그림 1.15】 슬래브 일반도-(8) (R.C SLAB)



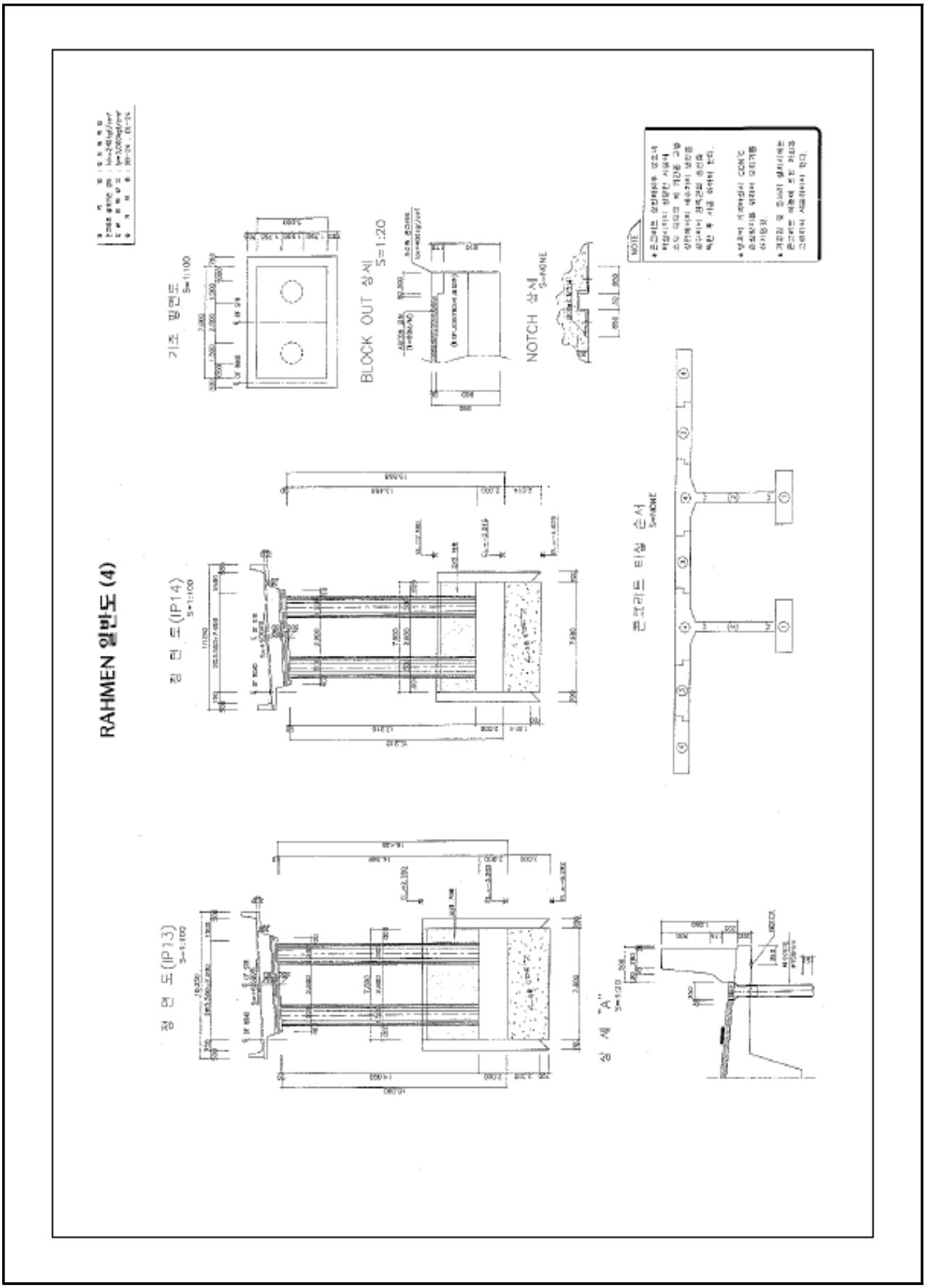
【그림 1.16】RAHMEN 일반도-(1)



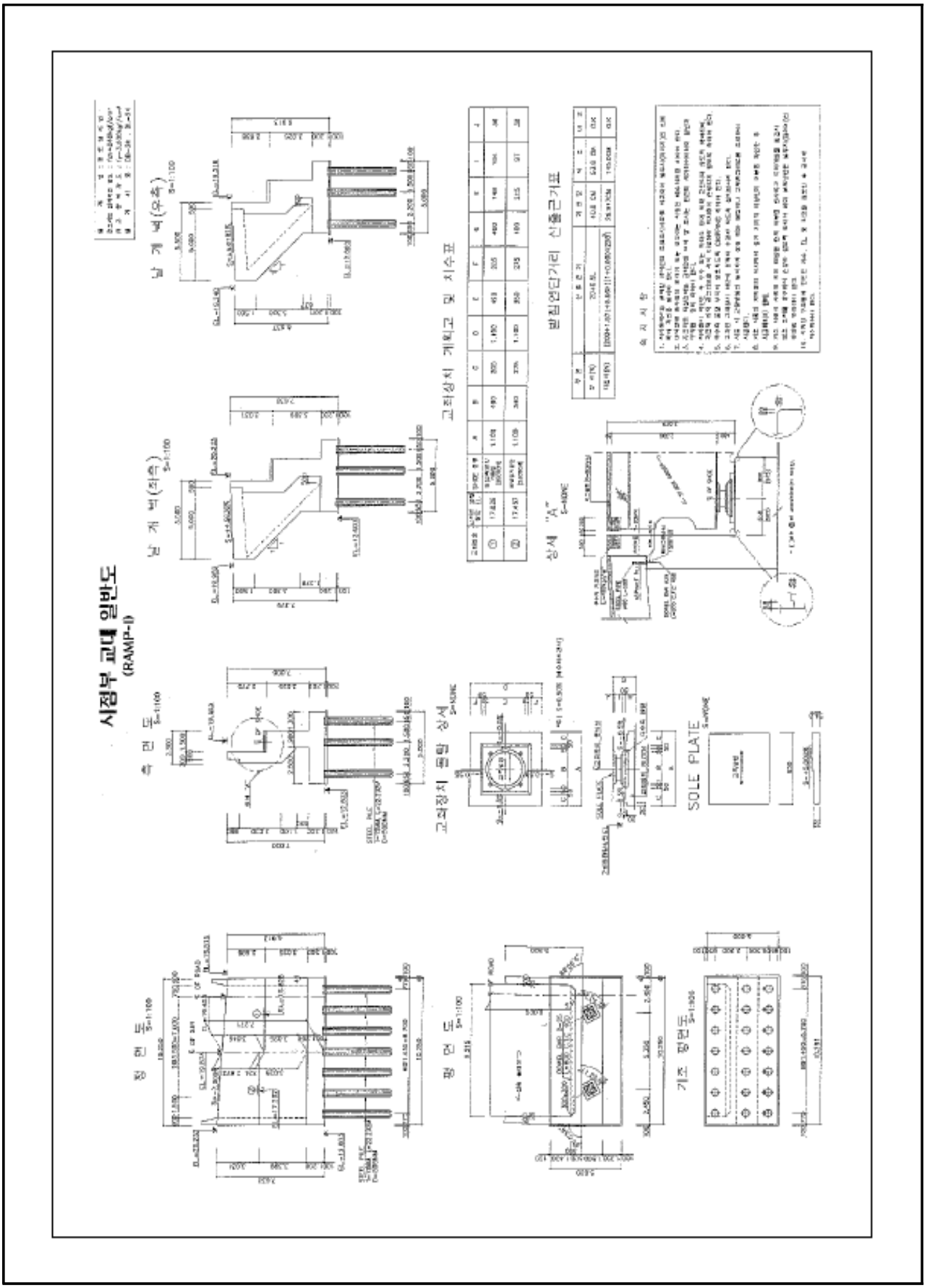
【그림 1.17】 RAHMEN 일반도-(2)



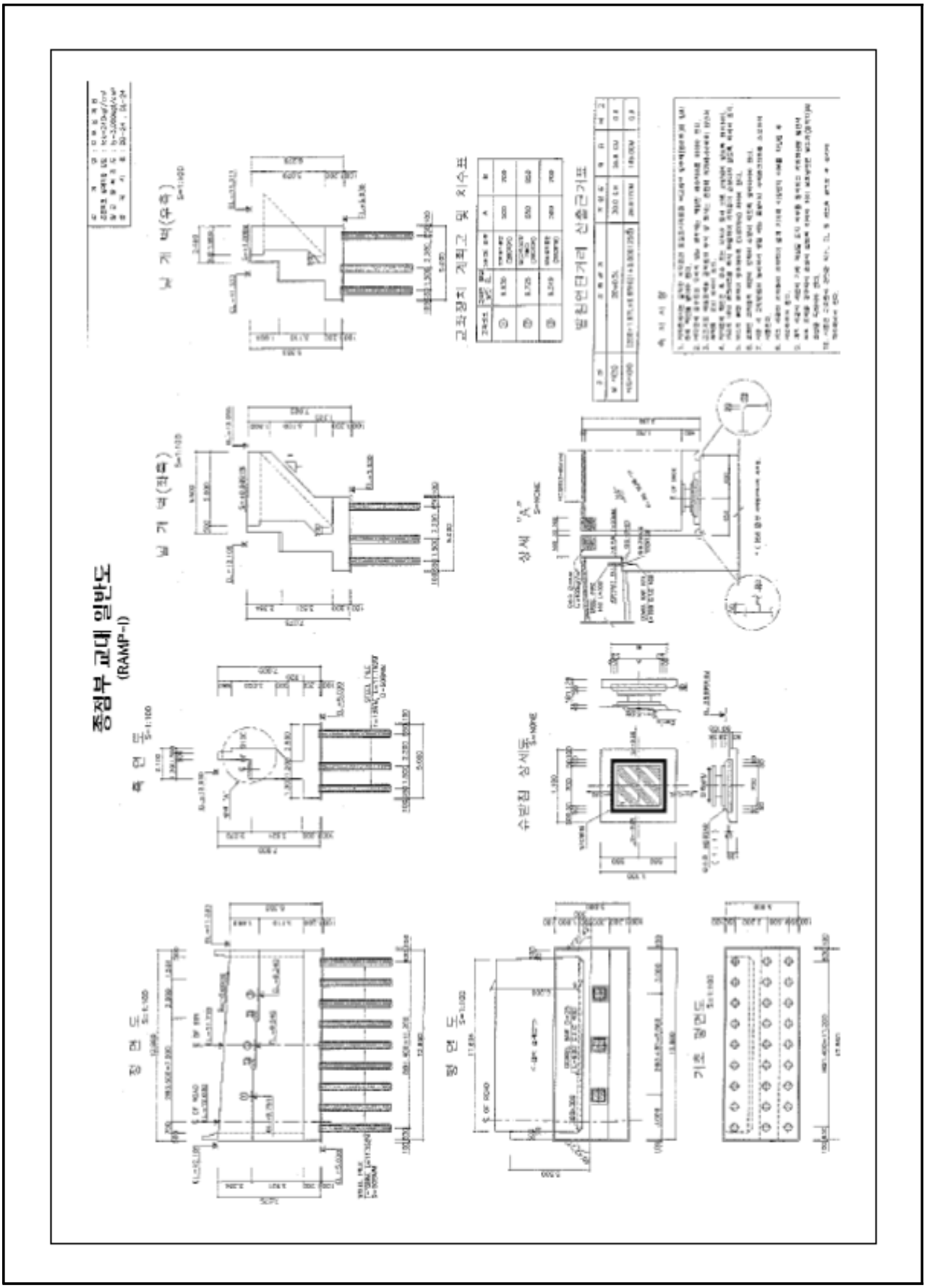
【그림 1.18】RAHMEN 일반도-(3)



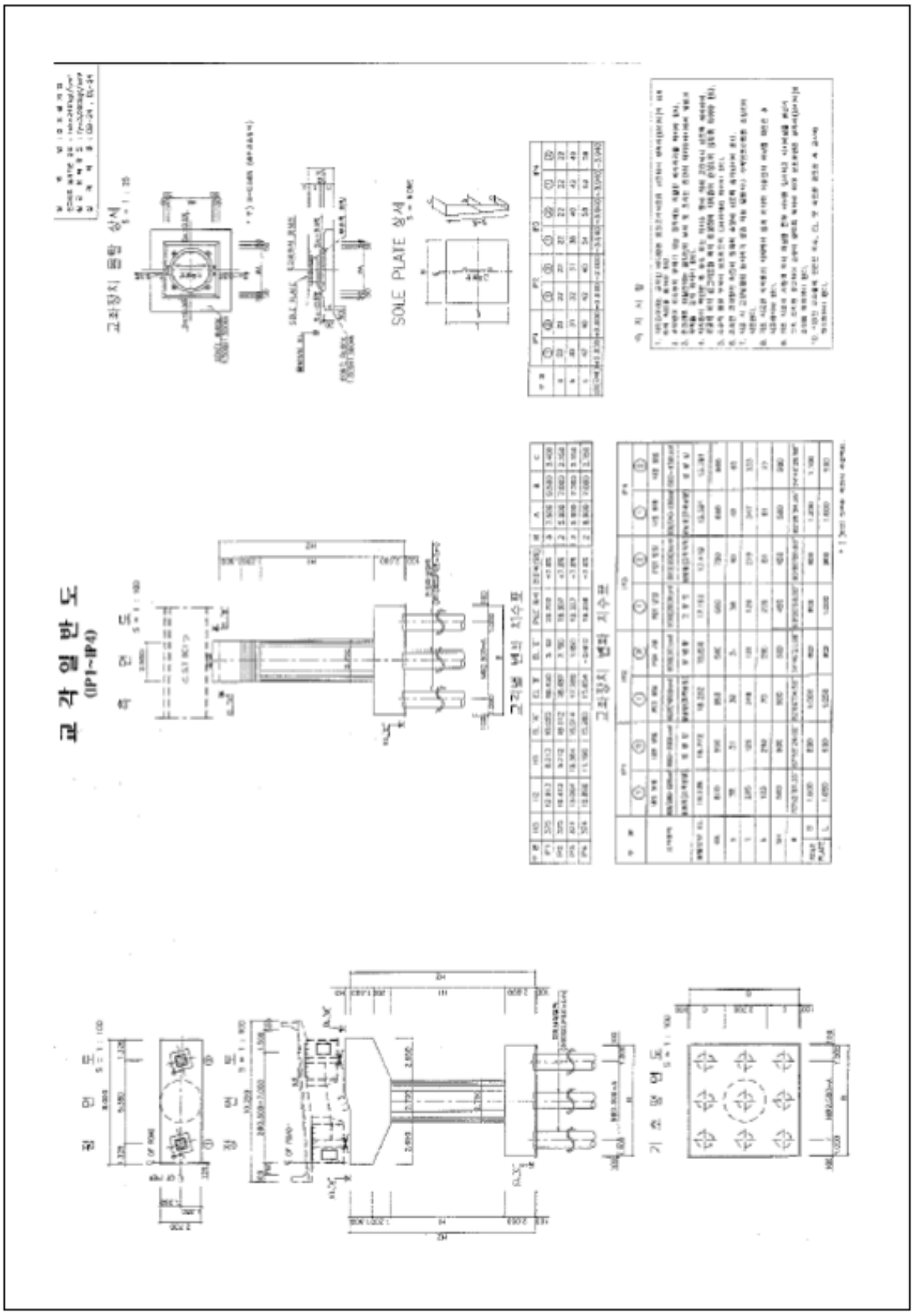
【그림 1.19】RAHMEN 일반도-(4)



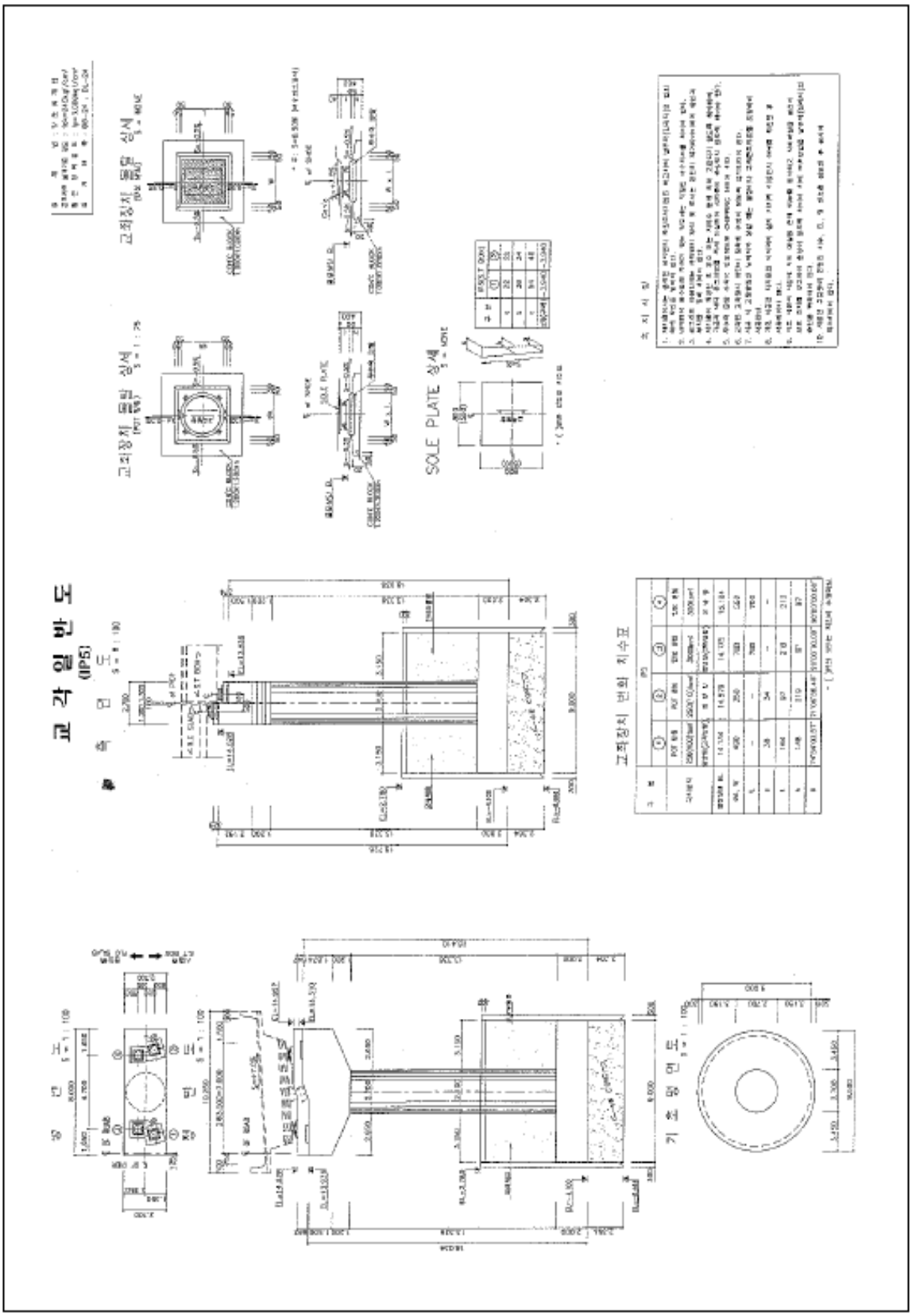
【그림 1.20】 시점부 교대 일반도



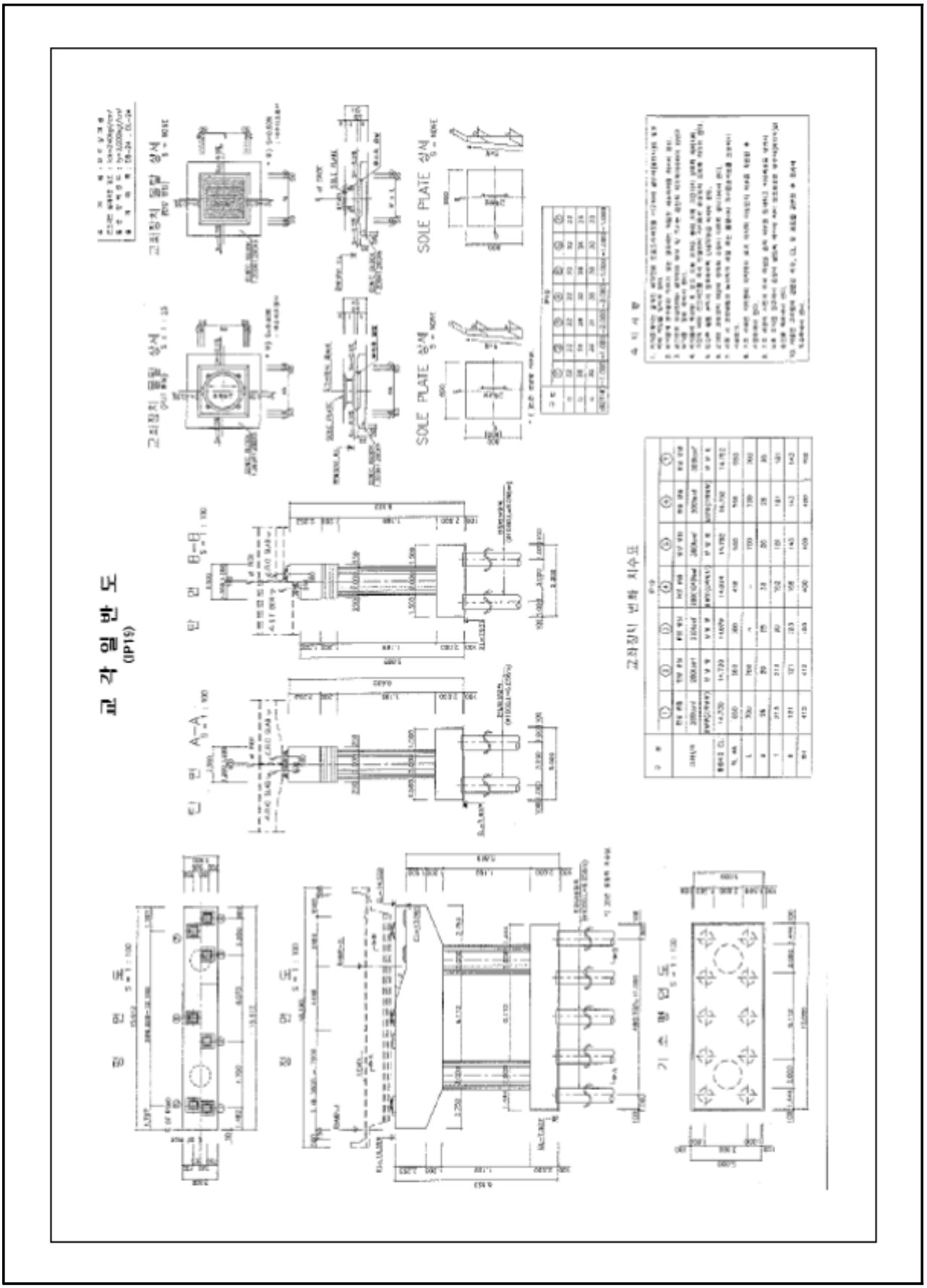
【그림 1.21】 종점부 교대 일반도



【그림 1.22】 교각 일반도 (IP1~IP4)



【그림 1.23】 교각 일반도 (IP5)



【그림 1.24】 교각 일반도 (IP19)

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 주요 진단장비는 다음과 같다.

【표 1.4】 주요 사용장비 및 시험기기 일반사항

수행장비	장비명	용 도	사 진
휴대 장비	줄 자	구조물 부재 치수 측정	
	디지털 카메라	구조물 현황 사진 촬영	
	균열폭 측정기	외관조사시 균열폭 측정	
	버니어 캘리퍼스	부재 상세치수 측정	
비파괴 시험	슈미트해머	콘크리트 압축강도조사	
	탄산화시험 SET	콘크리트 탄산화 조사	
	PUNDIT	초음파측정	
	Rc-Radar	철근배근측정	
접근 장비	점검차	외관조사시 근접조사	
재하시험	NETPOD 4003	응답 증폭용	
	LVDT	부재 처짐 측정	
	Strain Gauge	변형률 측정용	
	노트북	DATA 입 · 출력용	
	덤프트럭	하중 재하용	

1.6 교량기호의 정의

【표 1.5】교량기호의 정의

부 재 구 분		사용기호	비 고
공 통	경 간	S	Span(시점에서 종점으로 순번)
	거 더	G	Main Girder
	바 닥 판	SL	Slab
	가 로 보	CB	Cross Beam
	교량받침	Sh	Shoe
	신축이음	EXP. J	Expansion Joint(시점에서 종점으로 순번)
상부구조	좌측복부(우측)	L(R)-W	Left Web(Right Web)
	상부플랜지	UF	Upper Flange
	하부플랜지	LF	Lower Flange
	격 벽	D	Diaphragm
하부구조	교 대	A	Abutment(시점에서 종점으로 순번)
	교 각	P	Pier(시점에서 종점으로 순번)

EX) S1 G1 P1

- P1 : 시점에서 종점을 바라볼 때 첫 번째 교각
- G1 : 시점에서 종점을 바라볼 때 내측에서 외측으로 첫 번째 거더
- S1 : 시점에서 종점을 바라볼 때 첫 번째 경간

※ 교량받침장치 및 거더의 표시는 시점에서 종점을 바라볼 때 교량형식이 분리형인 경우내측(중앙분리대)에서 외측(방호벽)으로, 일체형인 경우 좌측에서 우측으로 번호를 부여함.

※ 격벽 및 현장이음부의 표시는 신축이음부를 기준으로 하여 구분하였으며, 시점에서 종점을 바라볼 때 순차적으로 번호를 부여함.

제 2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약

2.4 보수.보강 이력

2.5 시설물의 내진설계 여부

2.6 자료분석 결과요약

제 2장 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

본 구조물에 관련된 자료는 주로 설계 및 시공과 관련된 건설당시 자료와 구조물 준공 이후의 유지관리와 관련된 자료 등이며, 관리주체의 유지관리자료 보유 현황은 다음과 같다.

【표 2.1】 자료수집 현황

<table>
<tr><th colspan="2">보존대상 목록</th><th>관리주체
보유현황</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="2">설계
도서</td><td>◇ 공통
- 공사시방서 - 구조계산서
- 일반보고서 - 토질조사보고서
- 초기점검보고서</td><td>○</td><td rowspan="2">◇ 시설물정보관리종합(FMS)
- 준공도서
・준공도면, 준공내역서
・시방서, 구조계산서 등
- 감리보고서
- 일반보고서
- 토질조사보고서</td></tr>
<tr><td>◇ 설계도면
- 위치도, 평면도, 단면도(종·횡)
- 각 부재별 상세도</td><td>○</td></tr>
<tr><td>시설물
관 리
대 장</td><td>◇ 기본현황
◇ 상세제원
◇ 유지관리 이력</td><td>○</td><td>◇ 시설물정보관리종합(FMS)
시스템 내 시설물관리대장</td></tr>
<tr><td>시공
관련
자료</td><td>◇ 시공관련 자료
◇ 품질관리 관련자료
◇ 사고기록</td><td>○</td><td>◇ 시설물정보관리종합(FMS)
시스템 내 설계도서</td></tr>
<tr><td colspan="2">안전점검 및 정밀안전진단 자료</td><td>○</td><td rowspan="2">◇ 시설물정보관리종합(FMS)
유지관리 실적 보고서</td></tr>
<tr><td colspan="2">보수·보강 자료</td><td>○</td></tr>
</table>

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “일산대교 건설공사 민간투자사업”의 구조계산서와 수리계산서, 토질조사 보고서, 일반보고서(실시설계보고서), 초기점검 보고서, 정기·정밀점검 보고서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

2.2.1 일반사항

가. 과업의 목적

본 과업은 국가지원지방도 98호선 구간중 고양시 일산서구 법곳동에서 김포시 걸포동을 연결하는 교량을 신설하여 서울 서북부 지역의 교통난을 해소하고 지역 경제의 활성화 및 지역의 균형개발을 촉진하는데 그 목적이 있다.

나. 과업의 범위

1) 공사명

일산대교 건설공사

2) 공사개요

위　　치 : 경기도 고양시 법곳동~김포시 걸포동
연　　장 : L = 1.84km
교　　량 : 본　선 1개소 / L = 1,590m(6차로)
　　램프교 3개소 / L = 1,110m(1~2차로)
폭　　원 : 토공구간 B = 20.0m(4차로)
　　교량구간 B = 28.5m(6차로)
교 차 로 : 입체교차 2개소(이산포IC, 걸포IC)
영 업 소 : 1개소
공사종류 : 민간투자사업
공사기간 : 2003년 8월 8일 ~ 2007년 12월 31일

2.2.2 구조계산서 검토

가. 구조검토 조건

【표 2.2】RAMP-I교 구조검토 조건(IBR1)

구 분		주요 검토내용
참고문헌		• 도로교 설계기준(2000) • 콘크리트 구조 설계기준(1999) • 도로설계 편람(2001) • 도로설계 요령(2001) • 강구조 편람(1995) • 강도로교 상세부 설계지침(1997)
설계방법		• 바 닥 판 : 극한강도 설계법 • STEEL BOX GIRDER : 허용응력 설계법
설계 기준	교량 제원	• 교량등급 : 1등급 (DB-24 및 DL-24 적용) • 교량형식 : 합성형 STEEL BOX GIRDER 교 • 교량연장 : L = 40.0+57.5+40.0+40.0+37.5 = 215.0m • 교량폭원 : B = 10.25m • 주형제원 : B = 2.5m, H = 2.0m • 사 각 : 90.0°
	하중	1) 고정하중 • 철근콘크리트 : Wc1 = 2.500 tonf/㎡ • 무근콘크리트 : Wc2 = 2.350 tonf/㎡ • 강 재 : Ws = 7.850 tonf/㎡ • A S C O N : Wa = 2.300 tonf/㎡ 2) 활하중 • DB-24 - Pr = 9.600 tonf - Pf = 2.400 tonf • DL-24 - Wl = 1.270 tonf/m - Pm = 10.800 tonf - Ps = 15.600 tonf • 충격계수 : I = 15 / (40 + L) ≤ 0.3

【표 2.2】 RAMP-I교 구조검토 조건(IBR1) - 계속

구 분		주요 검토내용

설계기준 / 사용재료

3) 사용재료

• 콘 크 리 트 : 설계기준강도 fck = 270 kgf/㎠
탄 성 계 수 Ec = 250000 kgf/㎠

• 철 근(SD40) : 항 복 강 도 fy = 4000 kgf/㎠
탄 성 계 수 Es = 2000000 kgf/㎠

• 강재

- 주부재 : SM 490B 사용(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 지점부 다이아그램, 지점보강재, 솔플레이트)
- 부부재 : SM 400B 사용(수평보강재, 지점부외 다이아그램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 가로보)
- 탄성계수 Es = 2100000 kgf/㎠
- 허용인장응력 (kgf/㎠)

강종 / 판두께(㎜)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40 이하	1,400	1,900	2,100	2,600
40 초과 75 이하	1,300	1,750	2,000	2,500
75 초과 100 이하			1,950	2,450

- 허용전단응력 (kgf/㎠)

강종 / 판두께(㎜)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40 이하	800	1,100	1,200	1,500
40 초과 75 이하	750	1,000	1,150	1,450
75 초과 100 이하			1,100	1,400

- 항복응력 (kgf/㎠)

강종 / 판두께(㎜)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40 이하	2,400	3,200	3,600	4,600
40 초과 75 이하	2,200	3,000	3,400	4,400
75 초과 100 이하			3,300	4,300

【표 2.3】 RAMP-I교 구조검토 조건(IBR2)

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>주요 검토내용</th></tr>
<tr><td colspan="2">참고문헌</td><td>• 도로교 표준 시방서(건교부)
• 콘크리트 구조설계기준(한국콘크리트학회)
• 도로설계 요령(한국도로공사)</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계방법</td><td>• 구조해석 프로그램
- MIDAS CIVIL 사용</td></tr>
<tr><td rowspan="2">설계
기준</td><td>교량
제원</td><td>• 교량등급 : 1등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
• 교량형식 : RC SLAB 교-일반부
• 교량연장 : L = 3@20.0 + 15.0 = 75.0m
• 교량폭원 : B = 10.75m</td></tr>
<tr><td>하중</td><td>1) 고정하중
• 철근콘크리트 : 2.5 t/㎡
• A S C O N : 2.3 t/㎡
2) 활하중
• 차륜하중(DB-24), 차선하중(DL-24)
3) 사용재료
• 콘 크 리 트 : 설계기준강도 fck = 270 kgf/㎠
탄 성 계 수 Ec = 277,345 kgf/㎠
• 철 근(SD40) : 항 복 강 도 fy = 4,000 kgf/㎠
탄 성 계 수 Es = 2,000,000 kgf/㎠
- 허용응력 (kgf/㎠)
<table>
<tr><th>철근의 종류
응력의 종류</th><th>SD300</th><th>SD35</th><th>SD40</th></tr>
<tr><td>허용인장응력</td><td>1,500</td><td>1,600</td><td>1,600</td></tr>
<tr><td>허용압축응력</td><td>1,500</td><td>1,750</td><td>1,800</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【표 2.4】 RAMP-I교 구조검토 조건(IBR3)

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>주요 검토내용</th></tr>
<tr><td colspan="2">참고문헌</td><td>• 도로교 표준 시방서(건교부)
• 콘크리트 구조설계기준(한국콘크리트학회)
• 도로설계 요령(한국도로공사)</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계방법</td><td>• 구조해석 프로그램
- MIDAS CIVIL 사용</td></tr>
<tr><td rowspan="2">설계
기준</td><td>교량
제원</td><td>• 교량등급 : 1등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
• 교량형식 : RC 라멘교-일반부
• 교량연장 : L = 3@15.0 = 45.0m
• 교량폭원 : B = 10.75m</td></tr>
<tr><td>하중</td><td>1) 고정하중
• 철근콘크리트 : 2.5 t/㎡
• A S C O N : 2.3 t/㎡
2) 활하중
• 차륜하중(DB-24), 차선하중(DL-24)
3) 사용재료
• 콘 크 리 트 : 설계기준강도 fck = 270 kgf/㎠
탄 성 계 수 Ec = 277,345 kgf/㎠
• 철 근(SD40) : 항 복 강 도 fy = 4,000 kgf/㎠
탄 성 계 수 Es = 2,000,000 kgf/㎠
- 허용응력 (kgf/㎠)
<table>
<tr><th>철근의 종류
응력의 종류</th><th>SD300</th><th>SD35</th><th>SD40</th></tr>
<tr><td>허용인장응력</td><td>1,500</td><td>1,600</td><td>1,600</td></tr>
<tr><td>허용압축응력</td><td>1,500</td><td>1,750</td><td>1,800</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【표 2.5】 RAMP-I교 구조검토 조건(IBR6)

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>주요 검토내용</th></tr>
<tr><td colspan="2">참고문헌</td><td>• 도로교 표준 시방서(건교부)
• 콘크리트 구조설계기준(한국콘크리트학회)
• 도로설계 요령(한국도로공사)</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계방법</td><td>• 구조해석 프로그램
- MIDAS CIVIL 사용</td></tr>
<tr><td rowspan="2">설계
기준</td><td>교량
제원</td><td>• 교량등급 : 1등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
• 교량형식 : RC SLAB 교-확폭부
• 교량연장 : L = 20.0 + 2@20.0 + 20.0 = 80.0m
• 교량폭원 : B = 18.196m ~ 14.251m</td></tr>
<tr><td>하중</td><td>1) 고정하중
• 철근콘크리트 : 2.5 t/㎡
• A S C O N : 2.3 t/㎡
2) 활하중
• 차륜하중(DB-24), 차선하중(DL-24)
3) 사용재료
• 콘 크 리 트 : 설계기준강도 fck = 270 kgf/㎠
탄 성 계 수 Ec = 277,345 kgf/㎠
• 철 근(SD40) : 항 복 강 도 fy = 4,000 kgf/㎠
탄 성 계 수 Es = 2,000,000 kgf/㎠
- 허용응력 (kgf/㎠)
<table>
<tr><th>철근의 종류
응력의 종류</th><th>SD300</th><th>SD35</th><th>SD40</th></tr>
<tr><td>허용인장응력</td><td>1,500</td><td>1,600</td><td>1,600</td></tr>
<tr><td>허용압축응력</td><td>1,500</td><td>1,750</td><td>1,800</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【표 2.6】 RAMP-I교 구조검토 조건(IBR7)

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>주요 검토내용</th></tr>
<tr><td colspan="2">참고문헌</td><td>• 도로교 표준 시방서(건교부)
• 콘크리트 구조설계기준(한국콘크리트학회)
• 도로설계 요령(한국도로공사)</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계방법</td><td>• 구조해석 프로그램
- MIDAS CIVIL 사용</td></tr>
<tr><td rowspan="2">설계
기준</td><td>교량
제원</td><td>• 교량등급 : 1등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
• 교량형식 : RC SLAB 교-확폭부
• 교량연장 : L = 3@20.0 = 60.0m
• 교량폭원 : B = 14.251m ~ 12.860m</td></tr>
<tr><td>하중</td><td>1) 고정하중
• 철근콘크리트 : 2.5 t/㎡
• A S C O N : 2.3 t/㎡
2) 활하중
• 차륜하중(DB-24), 차선하중(DL-24)
3) 사용재료
• 콘 크 리 트 : 설계기준강도 fck = 270 kgf/㎠
탄 성 계 수 Ec = 277,345 kgf/㎠
• 철 근(SD40) : 항 복 강 도 fy = 4,000 kgf/㎠
탄 성 계 수 Es = 2,000,000 kgf/㎠
- 허용응력 (kgf/㎠)
<table>
<tr><th>철근의 종류
응력의 종류</th><th>SD300</th><th>SD35</th><th>SD40</th></tr>
<tr><td>허용인장응력</td><td>1,500</td><td>1,600</td><td>1,600</td></tr>
<tr><td>허용압축응력</td><td>1,500</td><td>1,750</td><td>1,800</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【표 2.7】 RAMP-I교 구조검토 조건(교대)

구 분		주요 검토내용
참고문헌		• 도로교 설계기준(2000) • 콘크리트 구조설계기준(1999)
설계기준	일반조건	• 상부구조 형식 : STEEL BOX GIRDER교(시점부), R.C 슬래브교(종점부) • 교량등급 : 1등급 (내진 1등급) • 교량폭원 : 10.250m(시점부), 12.860m(종점부) • 사각 : 90° • 하부구조 형식 : 역 T형 교대 • 기초형식 : 파일기초 • 지지지반 : 연암 • SHOE의 가동형식 : 가동 • SHOE의 종류 : 포트베어링(시점부), 탄성베어링(종점부)
	지반조건	• 뒷채움의 내부마찰각 : 35° • 뒷채움의 단위중량 : 2.0 tonf/㎥
	하중	1) 토압 • 상시 안정검토시 : RANKINE 토압계수 사용 벽체계산시 : COULOMB 토압계수 사용 • 지진시 : MONONOBE - OKABE 토압계수 사용 2) 상부하중 • 고정하중 반력 • 활하중 반력 • 과재하중 : 1.0 tonf/㎡ 3) 온도하중 : 마찰력으로 재하 4) 지진하중 : 관성력으로 재하
	사용재료	• 콘 크 리 트 : 단위중량 r = 2.5 tonf/㎥ 설계기준강도 fck = 240 kgf/㎠ • 철 근 : 항 복 강 도 fy = 3,000 kgf/㎠ - 철근피복

	벽체	흉벽	기초뒷굽	기초앞굽	날개벽
인장부	10	8	10	15	8

【표 2.8】 RAMP-I교 구조검토 조건(교각)

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>주요 검토내용</th></tr>
<tr><td colspan="2">참고문헌</td><td>• 도로교 표준시방서(1996)
• 철근콘크리트 표준시방서(1996)
• 도로설계요령(교량편)
• 도로교 설계기준(2000)
• 콘크리트 구조설계기준(1999)
• 내진설계지침(2000)
• 내진설계편람(2000)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">설계
기준</td><td>일반
조건</td><td>• 형식 : STEEL BOX GIRDER교, R.C 슬래브교
• 폭원 : 10.250m ~ 18.196m
• 교각형식 : T형 교각, Π형 교각
• 기초형식 : 현장타설말뚝, 간이우물통, 직접기초
• 설계하중 : DB-24, DL-24</td></tr>
<tr><td>사용
재료</td><td>• 콘 크 리 트 : 설계기준강도 fck = 240 kgf/㎠
탄 성 계 수 Ec = 2.615E+05 kgf/㎠
• 철 근(SD30) : 항 복 강 도 fy = 3,000 kgf/㎠
탄 성 계 수 Es = $2.0X10^6$ kgf/㎠</td></tr>
<tr><td>내진
설계</td><td>• 내진등급 : 1등급
• 가속도계수 : A=0.154
• 지반계수 : 1.2(Ⅱ)
• 응답계수 :
<table>
<tr><th></th><th>탄성설계시</th><th>소성설계시</th></tr>
<tr><td>기둥</td><td>R=1.0</td><td>R=3.0</td></tr>
<tr><td>기초</td><td>R=1.0</td><td>R=1.5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

나. 구조검토 결과요약

1) 상부구조

【표 2.9】 RAMP-I교 상부구조 구조검토 결과요약(STEEL BOX GIRDER 구간)

구 분		주요 검토내용	비 고
상부 구조	캔틸레버	• 설계휨모멘트 검토 - M_u = 83.22kN · m < ΦM_n = 223.21kN · m → ∴ O.K	
	중간부	• 설계휨모멘트 검토 - M_u = 77.89kN · m < ΦM_n = 122.17kN · m → ∴ O.K	

【표 2.10】 RAMP-I교 상부구조 구조검토 결과요약(R.C SLAB 구간)

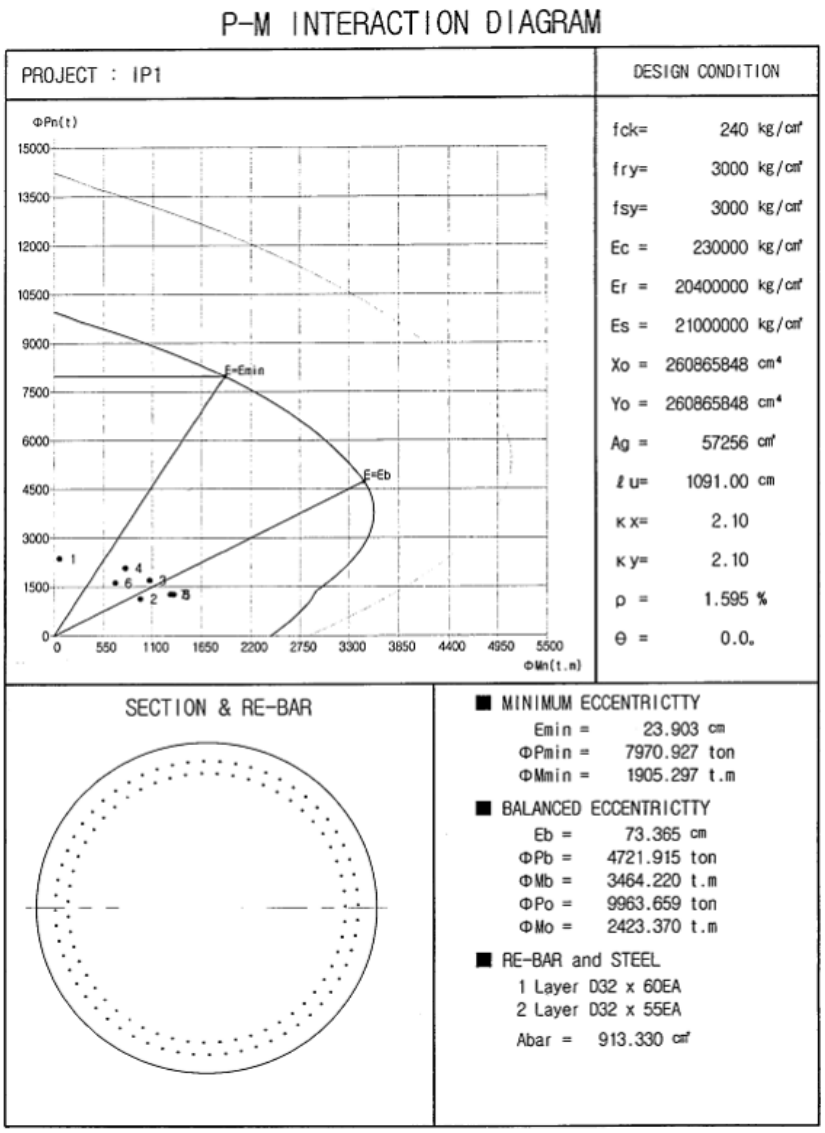
구 분		모멘트(kN · m)		극한모멘트 (Mu)	공칭강도 (ΦMu)	비 고
		고정하중	활하중			
상부 구조	외측경간 중앙부	979.58	592.76	2,547.88	3,828.26	O.K
	내측경간 중앙부	344.98	482.00	1,484.77	2,345.79	O.K
	지점부	1,795.99	503.96	3,418.30	5,781.73	O.K

2) 하부구조

【표 2.11】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(교대)

구 분			주요 검토내용	비 고
하부 구조	교대 (시점)	벽체	• 설계휨모멘트 검토 - M_u = 44.33tonf · m < ΦM_n = 63.31tonf · m → ∴ O.K	
		흉벽	• 설계휨모멘트 검토 - M_u = 17.91tonf · m < ΦM_n = 28.70tonf · m → ∴ O.K	
	교대 (종점)	벽체	• 설계휨모멘트 검토 - M_u = 57.69tonf · m < ΦM_n = 63.31tonf · m → ∴ O.K	
		흉벽	• 설계휨모멘트 검토 - M_u = 13.48tonf · m < ΦM_n = 28.70tonf · m → ∴ O.K	

【표 2.12】RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP1)

구 분			주요 검토내용	비 고
하부 구조	교각	IP1		

	Pu(ton)	Mu(	ΦPn(ton)	ΦMn(
Load Case 1	2363.86	57.52	7970.92	1905.29
Load Case 2	1134.13	931.13	4173.62	3556.43
Load Case 3	1698.92	1015.24	5256.60	3307.46
Load Case 4	2076.97	39.07	6842.68	2628.98
Load Case 5	1260.14	1009.23	3342.79	3551.51
Load Case 6	1619.04	651.78	6557.97	2776.59
Load Case 7	1270.16	1230.45	3470.43	3562.29
Load Case 8	1270.16	1255.12	3403.37	3557.11

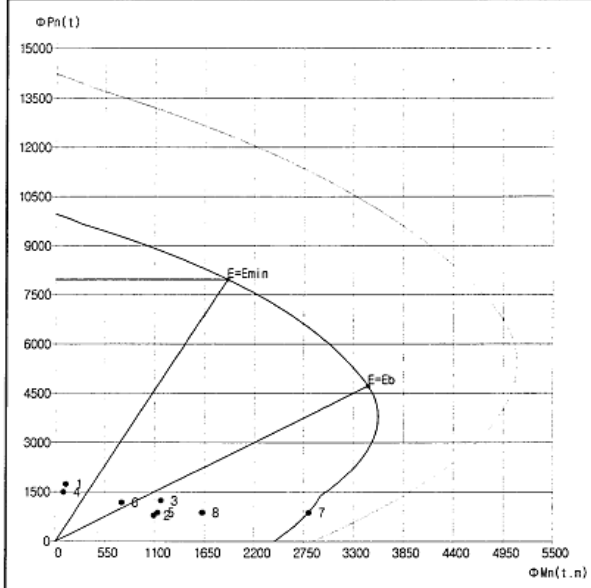
Pu < ΦPn → ∴ O.K Mu < ΦMn → ∴ O.K

【표 2.13】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP3)

구 분			주요 검토내용	비 고
하부 구조	교각	IP3		

P-M INTERACTION DIAGRAM

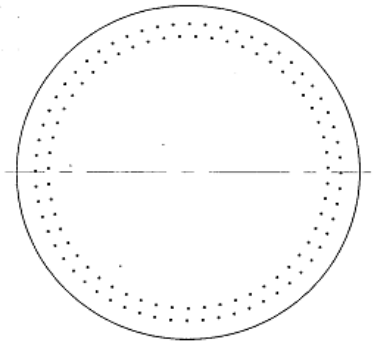
PROJECT : IP3(변경)



DESIGN CONDITION

fck=	240	kg/㎠
fry=	3000	kg/㎠
fsy=	3000	kg/㎠
Ec =	230000	kg/㎠
Er =	20400000	kg/㎠
Es =	21000000	kg/㎠
Xo =	260865848	㎝⁴
Yo =	260865848	㎝⁴
Ag =	57256	㎠
ℓu=	1366.00	cm
κx=	2.10	
κy=	2.10	
ρ =	1.595	%
θ =	0.0°	

SECTION & RE-BAR



■ MINIMUM ECCENTRICTTY
Emin = 23.905 cm
ΦPmin = 7970.927 ton
ΦMmin = 1905.419 t.m

■ BALANCED ECCENTRICTTY
Eb = 73.363 cm
ΦPb = 4722.098 ton
ΦMb = 3464.281 t.m
ΦPo = 9963.659 ton
ΦMo = 2423.175 t.m

■ RE-BAR and STEEL
1 Layer D32 x 60EA
2 Layer D32 x 55EA
Abar = 913.330 ㎠

	Pu(ton)	Mu(	ΦPn(ton)	ΦMn(
Load Case 1	1733.54	106.41	7970.92	1905.41
Load Case 2	783.65	1047.65	2412.76	3363.73
Load Case 3	1234.48	1105.17	3761.60	3573.64
Load Case 4	1495.70	83.31	7970.92	1905.41
Load Case 5	870.72	1084.67	2622.26	3422.35
Load Case 6	1176.95	697.23	5262.05	3305.22
Load Case 7	870.72	688.99	1637.81	2800.16
Load Case 8	870.72	1156.75	1637.81	3063.56

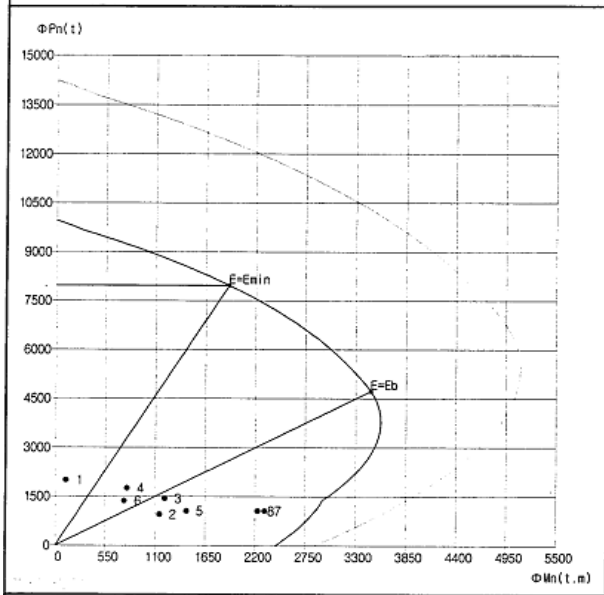
Pu < ΦPn → ∴ O.K Mu < ΦMn → ∴ O.K

【표 2.14】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP4)

구 분			주요 검토내용	비 고
하부 구조	교각	IP4		

P-M INTERACTION DIAGRAM

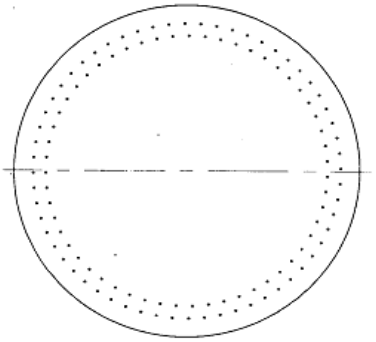
PROJECT : IP4



DESIGN CONDITION

fck=	240	kg/㎠
fry=	3000	kg/㎠
fsy=	3000	kg/㎠
Ec =	230000	kg/㎠
Er =	20400000	kg/㎠
Es =	21000000	kg/㎠
Xo =	260865848	㎝⁴
Yo =	260865848	㎝⁴
Ag =	57256	㎠
ℓu=	1389.00	cm
κx=	2.10	
κy=	2.10	
ρ =	1.595	%
θ =	0.0°	

SECTION & RE-BAR



■ MINIMUM ECCENTRICTTY

Emin =	23.902	cm
ΦPmin =	7970.927	ton
ΦMmin =	1905.174	t.m

■ BALANCED ECCENTRICTTY

Eb =	73.346	cm
ΦPb =	4723.183	ton
ΦMb =	3464.257	t.m
ΦPo =	9963.659	ton
ΦMo =	2423.701	t.m

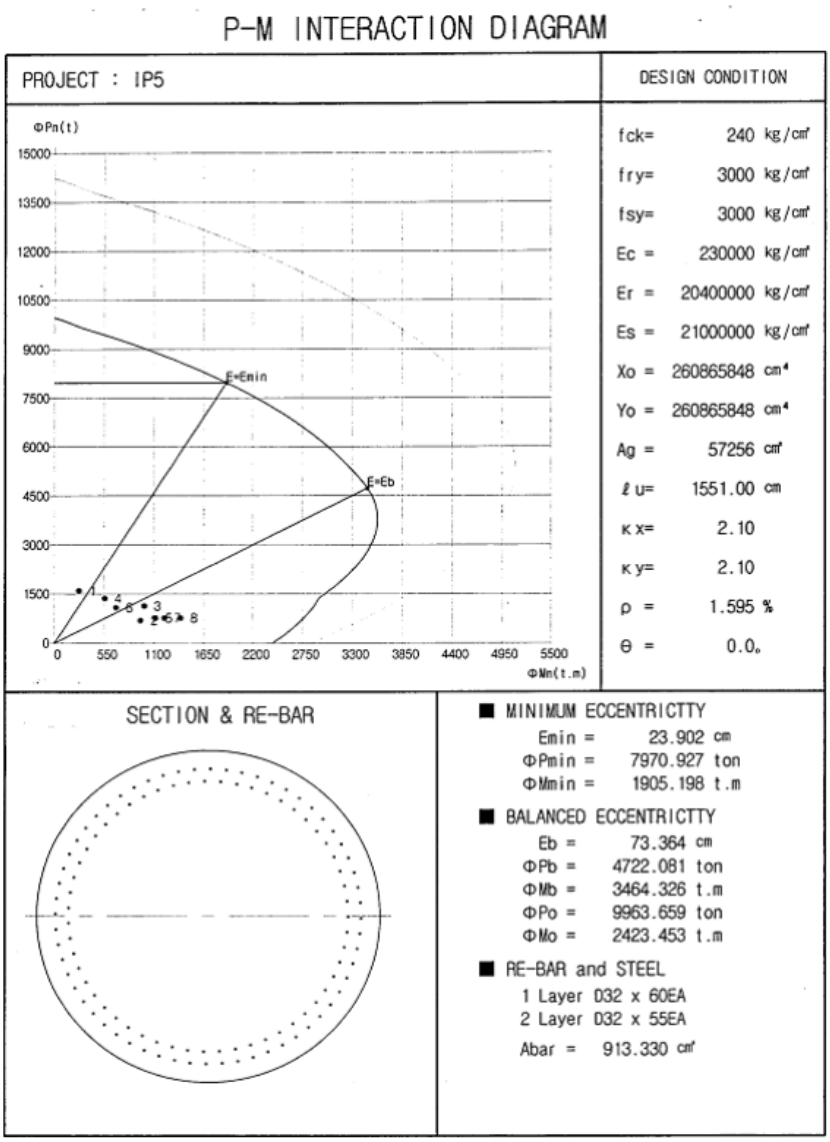
■ RE-BAR and STEEL

1 Layer D32 x 60EA
2 Layer D32 x 55EA
Abar = 913.330 ㎠

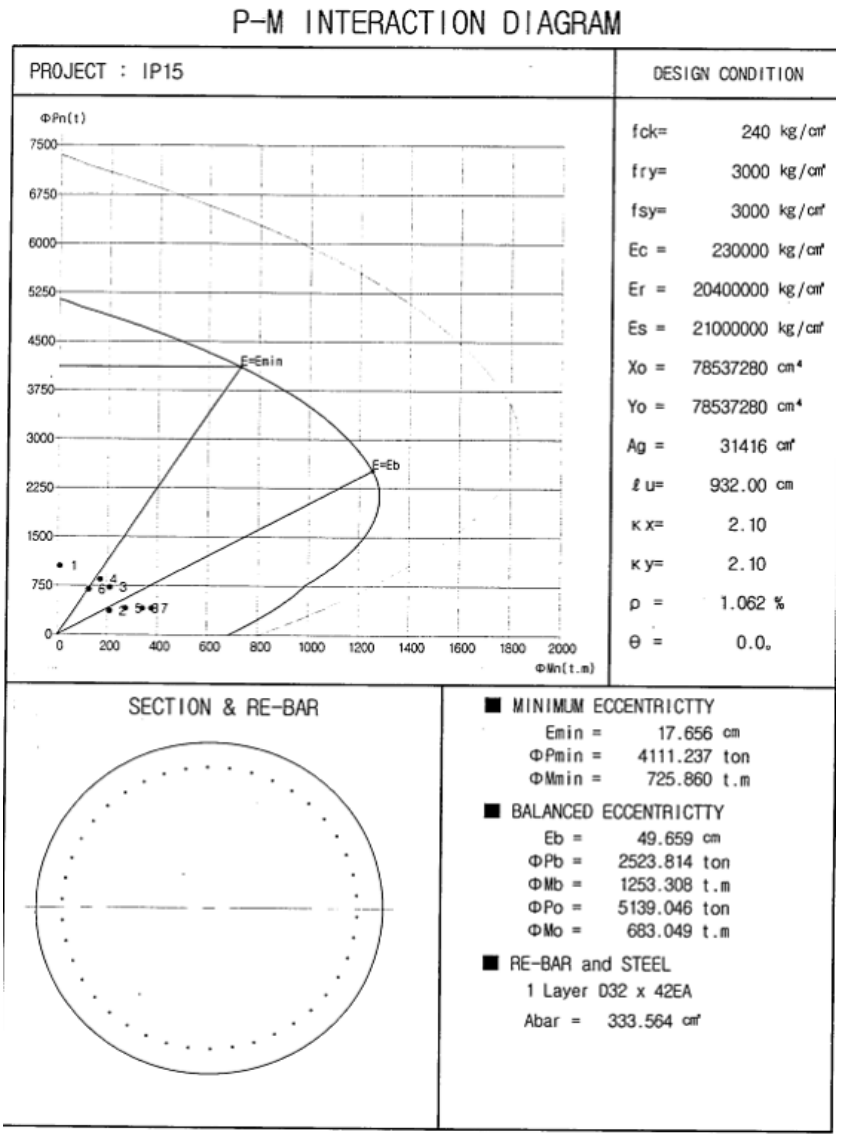
	Pu(ton)	Mu(	ΦPn(ton)	ΦMn(
Load Case 1	1999.16	103.62	7970.92	1905.17
Load Case 2	954.58	1089.48	2901.18	3485.91
Load Case 3	1435.72	1121.65	4231.13	3550.78
Load Case 4	1753.91	84.93	6363.07	2870.81
Load Case 5	1060.65	1104.04	2490.70	3386.89
Load Case 6	1368.26	708.00	5885.03	3156.31
Load Case 7	1060.65	1190.95	1347.54	2926.52
Load Case 8	1060.65	1274.43	1403.98	2947.64

Pu < ΦPn → ∴ O.K Mu < ΦMn → ∴ O.K

【표 2.15】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP5)

구 분			주요 검토내용	비 고
하부 구조	교각	IP5	 |			
			Pu(ton) / Mu(/ ΦPn(ton) / ΦMn(Load Case 1: 1598.97 / 244.68 / 7970.92 / 1905.19 Load Case 2: 689.44 / 903.65 / 2442.23 / 3372.52 Load Case 3: 1130.72 / 923.59 / 4062.05 / 3565.02 Load Case 4: 1360.72 / 192.18 / 6664.74 / 2722.69 Load Case 5: 766.05 / 883.56 / 2281.59 / 3322.24 Load Case 6: 1078.39 / 633.03 / 5246.99 / 3309.91 Load Case 7: 766.05 / 938.43 / 2034.76 / 3233.73 Load Case 8: 766.05 / 1209.76 / 1696.75 / 3091.28 Pu < ΦPn → ∴ O.K Mu < ΦMn → ∴ O.K	

【표 2.16】RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP15)

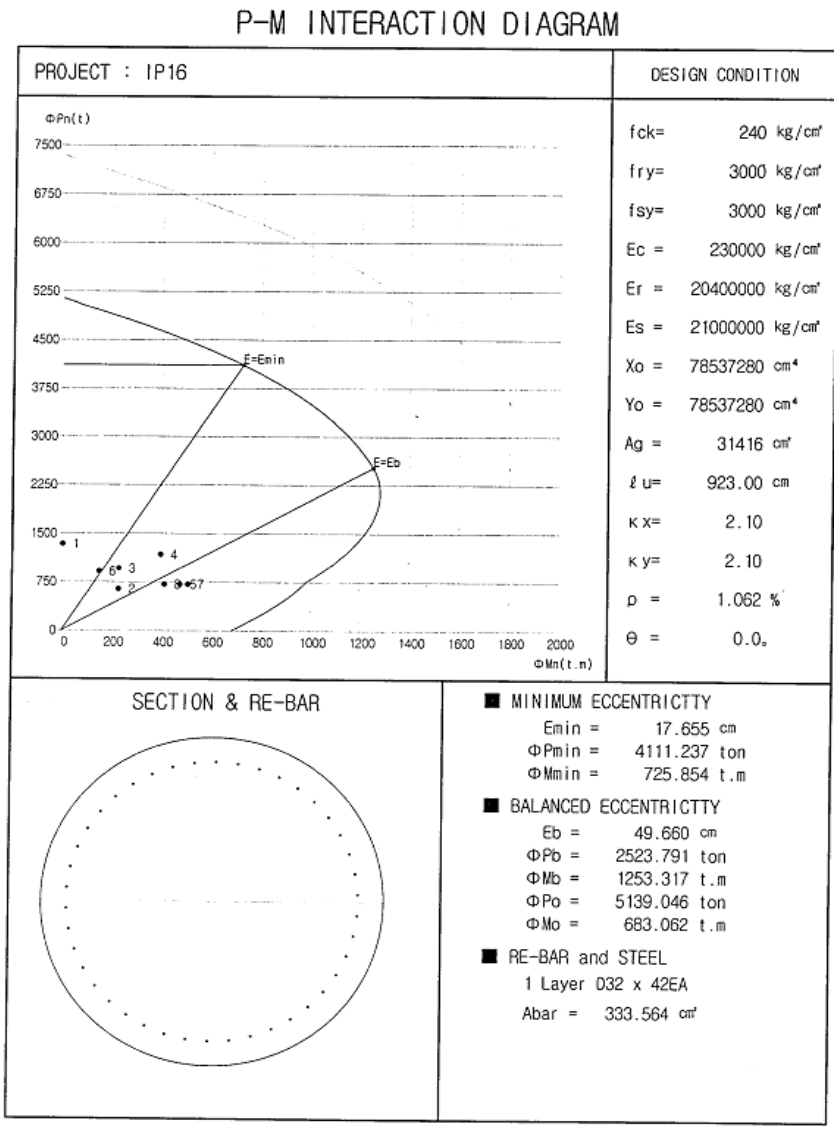
구 분			주요 검토내용	비 고
하부 구조	교각	IP15		

	Pu(ton)	Mu(	ΦPn(ton)	ΦMn(
Load Case 1	1052.73	8.40	4111.23	725.86
Load Case 2	364.39	196.75	2227.53	1279.86
Load Case 3	723.16	196.75	3477.85	1008.69
Load Case 4	844.62	8.40	3964.58	801.36
Load Case 5	404.88	160.34	1895.88	1273.26
Load Case 6	690.67	115.45	4083.63	740.45
Load Case 7	404.88	177.76	1240.42	1157.54
Load Case 8	44.88	276.36	1434.53	1205.88

Pu < ΦPn → ∴ O.K Mu < ΦMn → ∴ O.K

【표 2.17】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP16)

구 분			주요 검토내용	비 고
하부 구조	교각	IP16		

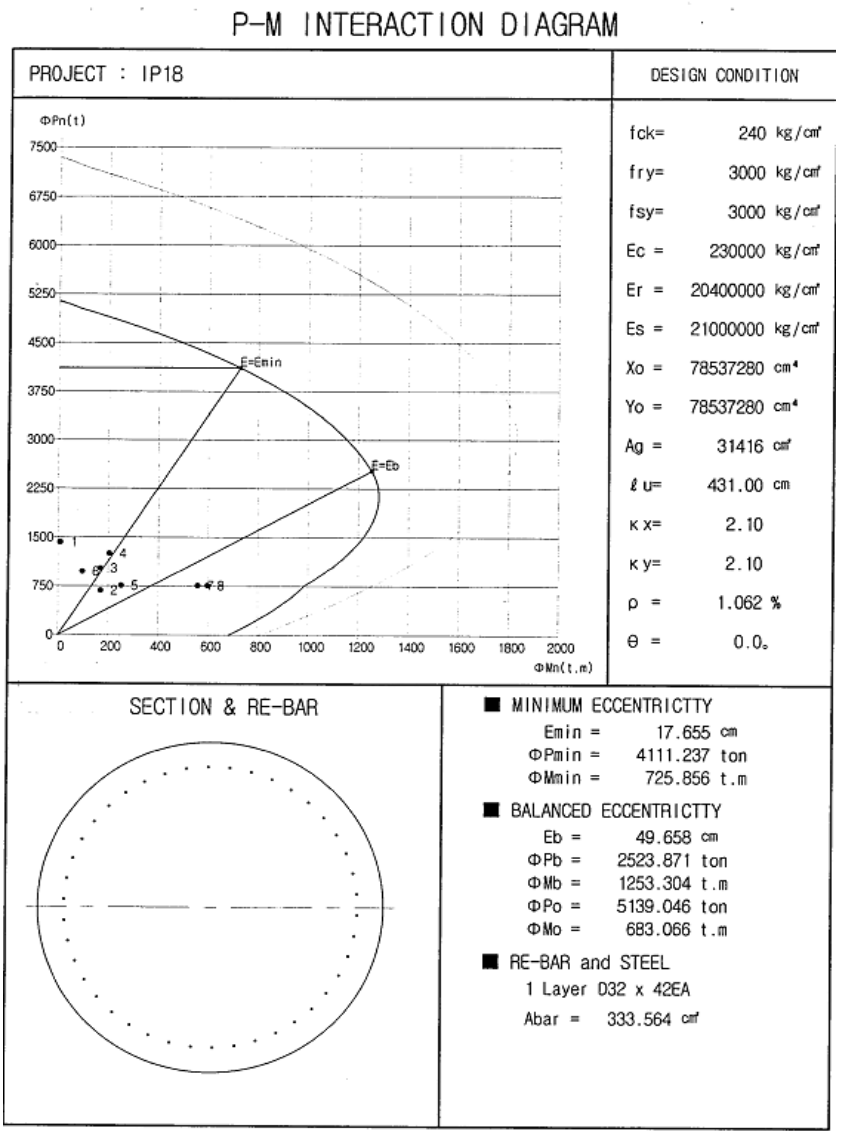


	Pu(ton)	Mu(	ΦPn(ton)	ΦMn(
Load Case 1	1337.56	2.73	4111.23	725.85
Load Case 2	643.66	213.11	3133.20	1119.29
Load Case 3	961.77	213.11	3752.34	899.67
Load Case 4	1176.33	2.73	3224.94	1092.92
Load Case 5	715.18	200.75	1908.66	1274.17
Load Case 6	916.53	138.55	4111.23	725.85
Load Case 7	715.18	229.91	1771.13	1261.43
Load Case 8	715.18	320.78	2208.05	1280.63

Pu < ΦPn → ∴ O.K Mu < ΦMn → ∴ O.K

【표 2.18】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP18)

구 분			주요 검토내용	비 고
하부 구조	교각	IP18		

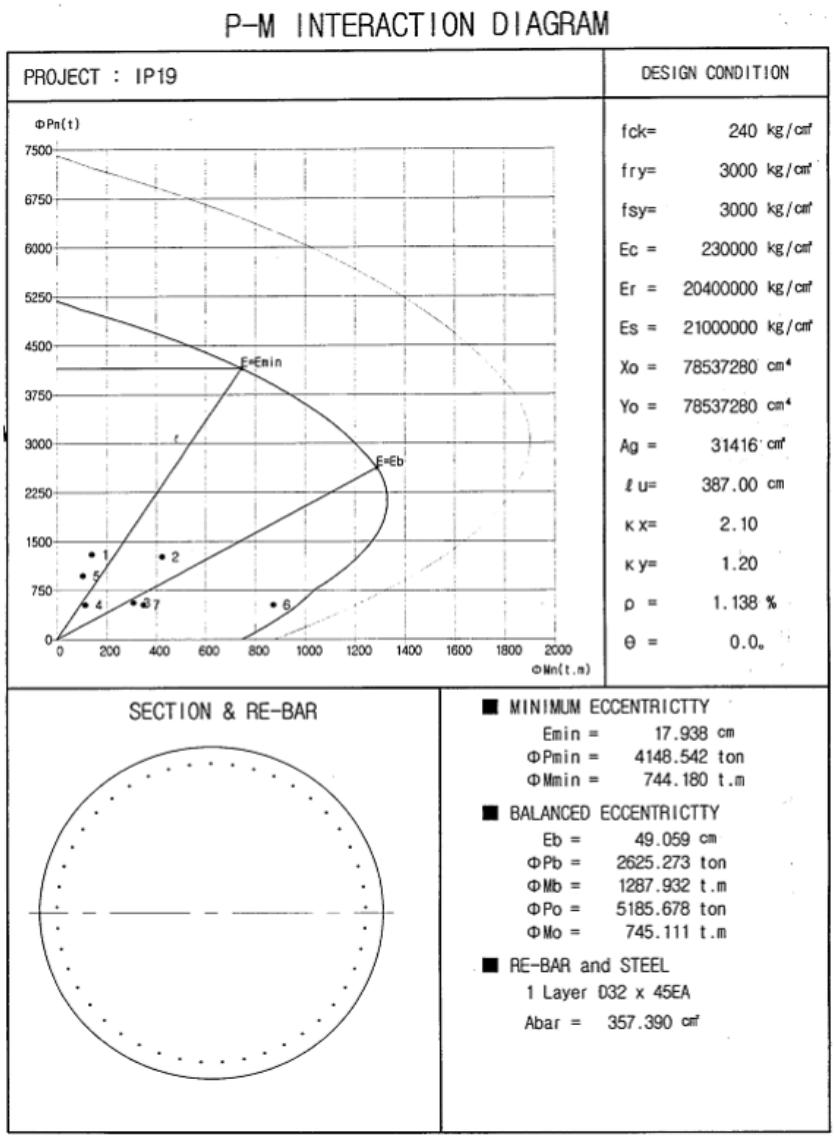


	Pu(ton)	Mu(	ΦPn(ton)	ΦMn(
Load Case 1	1424.56	7.66	4111.23	725.85
Load Case 2	683.46	169.08	3702.66	920.84
Load Case 3	1023.86	169.08	4111.23	725.85
Load Case 4	1251.66	7.66	4111.23	725.85
Load Case 5	759.41	132.75	3256.69	1082.68
Load Case 6	975.70	95.60	4111.23	725.85
Load Case 7	759.41	244.01	1707.20	1253.58
Load Case 8	759.41	544.05	1564.00	1231.35

Pu < ΦPn → ∴ O.K Mu < ΦMn → ∴ O.K

【표 2.19】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP19)

구 분			주요 검토내용	비 고
하부 구조	교각	IP19		

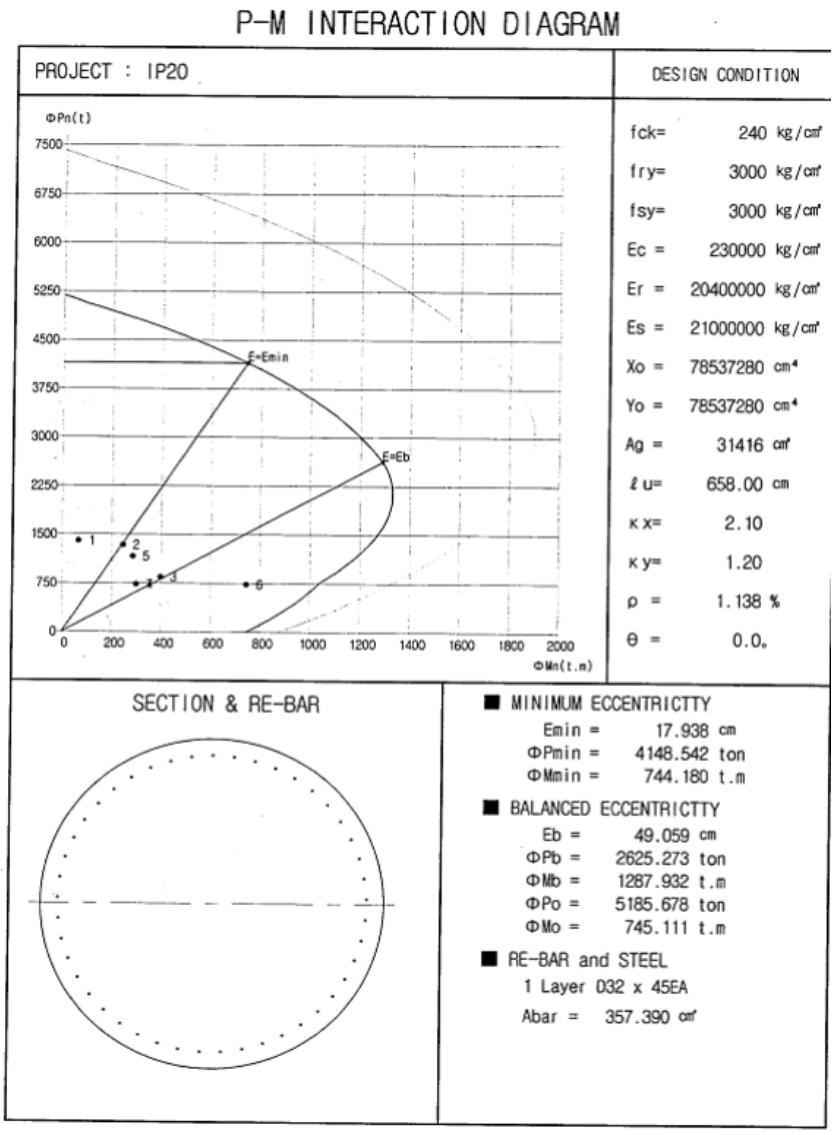


	Pu(ton)	Mu(	ΦPn(ton)	ΦMn(
Load Case 1	1300.97	140.09	4148.54	744.18
Load Case 2	1265.03	422.65	3314.59	1107.41
Load Case 3	561.36	307.96	2402.70	1318.11
Load Case 4	527.78	114.22	3939.56	852.64
Load Case 5	974.56	105.01	4148.54	744.18
Load Case 6	527.78	871.24	602.03	993.82
Load Case 7	527.78	348.49	2013.19	1329.32

Pu < ΦPn → ∴ O.K Mu < ΦMn → ∴ O.K

【표 2.20】RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP20)

구 분			주요 검토내용	비 고
하부 구조	교각	IP20		

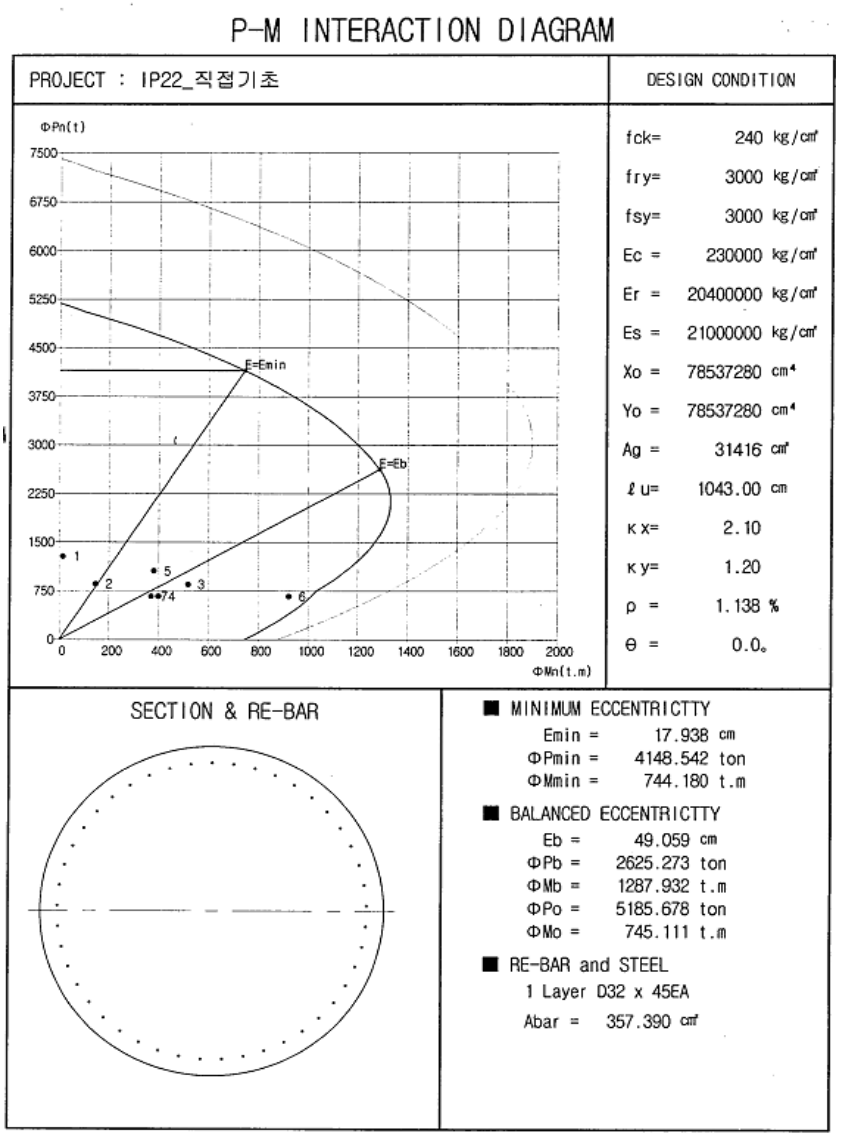


	Pu(ton)	Mu(	ΦPn(ton)	ΦMn(
Load Case 1	1401.11	61.07	4148.54	744.18
Load Case 2	1337.05	232.71	4129.34	754.72
Load Case 3	845.04	384.44	2709.20	1270.85
Load Case 4	732.66	289.77	2973.95	1207.80
Load Case 5	1162.58	271.53	3788.58	923.18
Load Case 6	732.66	724.71	1167.96	1186.32
Load Case 7	732.66	289.88	2973.24	1207.98

Pu < ΦPn → ∴ O.K Mu < ΦMn → ∴ O.K

【표 2.21】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP22)

구 분			주요 검토내용	비 고
하부 구조	교각	IP22		



	Pu(ton)	Mu(	ΦPn(ton)	ΦMn(
Load Case 1	1280.08	12.42	4148.54	744.18
Load Case 2	859.36	135.03	4148.54	744.18
Load Case 3	852.03	477.70	2191.60	1330.42
Load Case 4	666.68	374.67	2223.85	1329.28
Load Case 5	1058.48	344.14	3191.34	1146.44
Load Case 6	666.68	868.38	745.14	1032.31
Load Case 7	666.68	1347.35	2381.98	1319.98

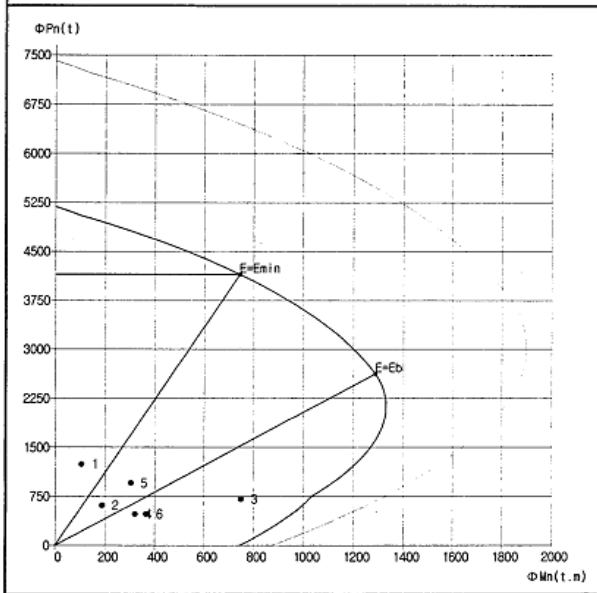
Pu < ΦPn → ∴ O.K Mu < ΦMn → ∴ O.K

【표 2.22】RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP23)

구 분			주요 검토내용	비 고
하부 구조	교각	IP23		

P-M INTERACTION DIAGRAM

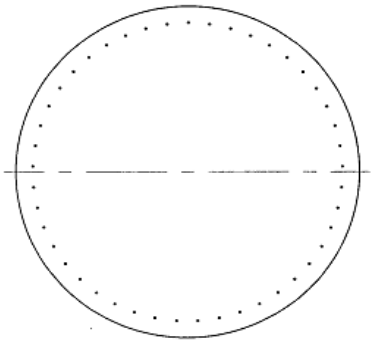
PROJECT : IP23_직접기초



DESIGN CONDITION

fck=	240	kg/㎠
fry=	3000	kg/㎠
fsy=	3000	kg/㎠
Ec =	230000	kg/㎠
Er =	20400000	kg/㎠
Es =	21000000	kg/㎠
Xo =	78537280	cm⁴
Yo =	78537280	cm⁴
Ag =	31416	㎠
ℓu=	1163.00	cm
κx=	2.10	
κy=	1.20	
ρ =	1.138	%
θ =	0.0。	

SECTION & RE-BAR



■ MINIMUM ECCENTRICTTY
Emin = 17.938 cm
ΦPmin = 4148.542 ton
ΦMmin = 744.180 t.m

■ BALANCED ECCENTRICTTY
Eb = 49.059 cm
ΦPb = 2625.273 ton
ΦMb = 1287.932 t.m
ΦPo = 5185.678 ton
ΦMo = 745.111 t.m

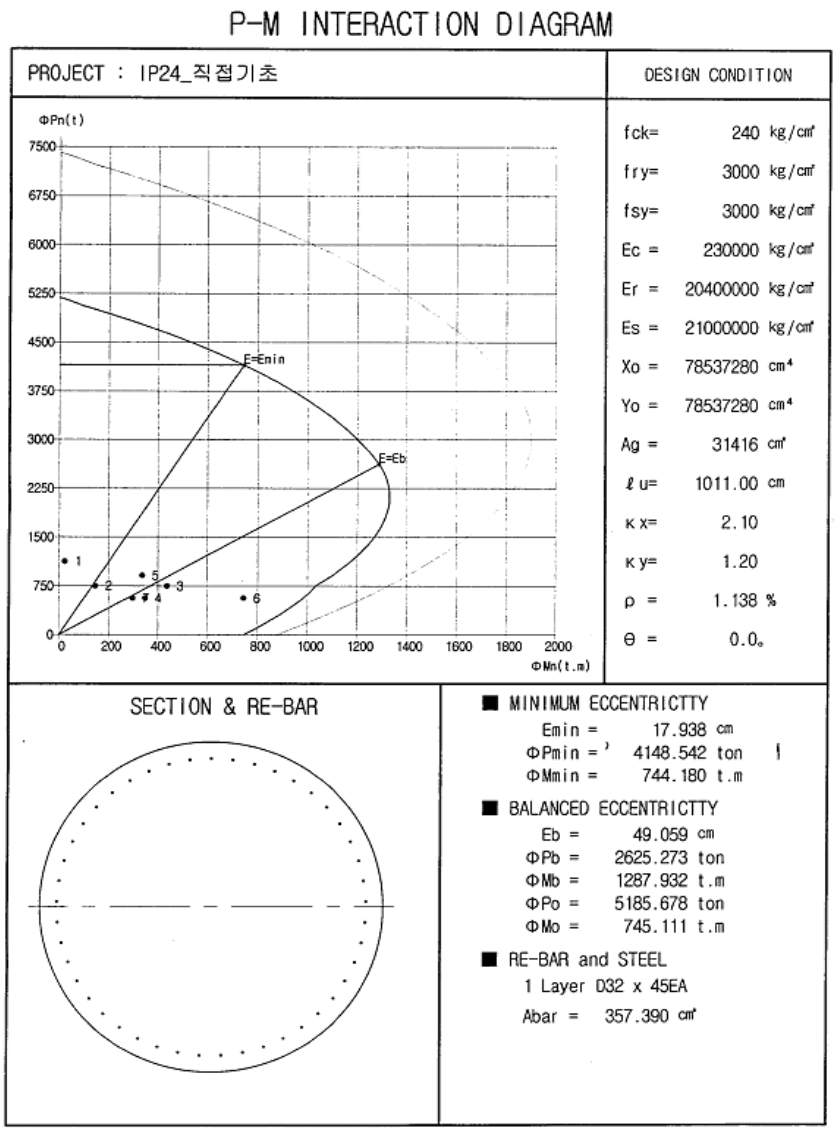
■ RE-BAR and STEEL
1 Layer D32 x 45EA
Abar = 357.390 ㎠

	Pu(ton)	Mu(	ΦPn(ton)	ΦMn(
Load Case 1	1244.46	90.53	4148.54	744.18
Load Case 2	616.61	174.82	3464.98	1054.93
Load Case 3	712.41	689.73	1111.29	1168.77
Load Case 4	479.61	303.45	1986.80	1328.08
Load Case 5	957.48	271.13	3400.59	1078.09
Load Case 6	479.61	346.59	1706.09	1302.57

Pu < ΦPn → ∴ O.K Mu < ΦMn → ∴ O.K

【표 2.23】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP24)

구 분			주요 검토내용	비 고
하부 구조	교각	IP24		

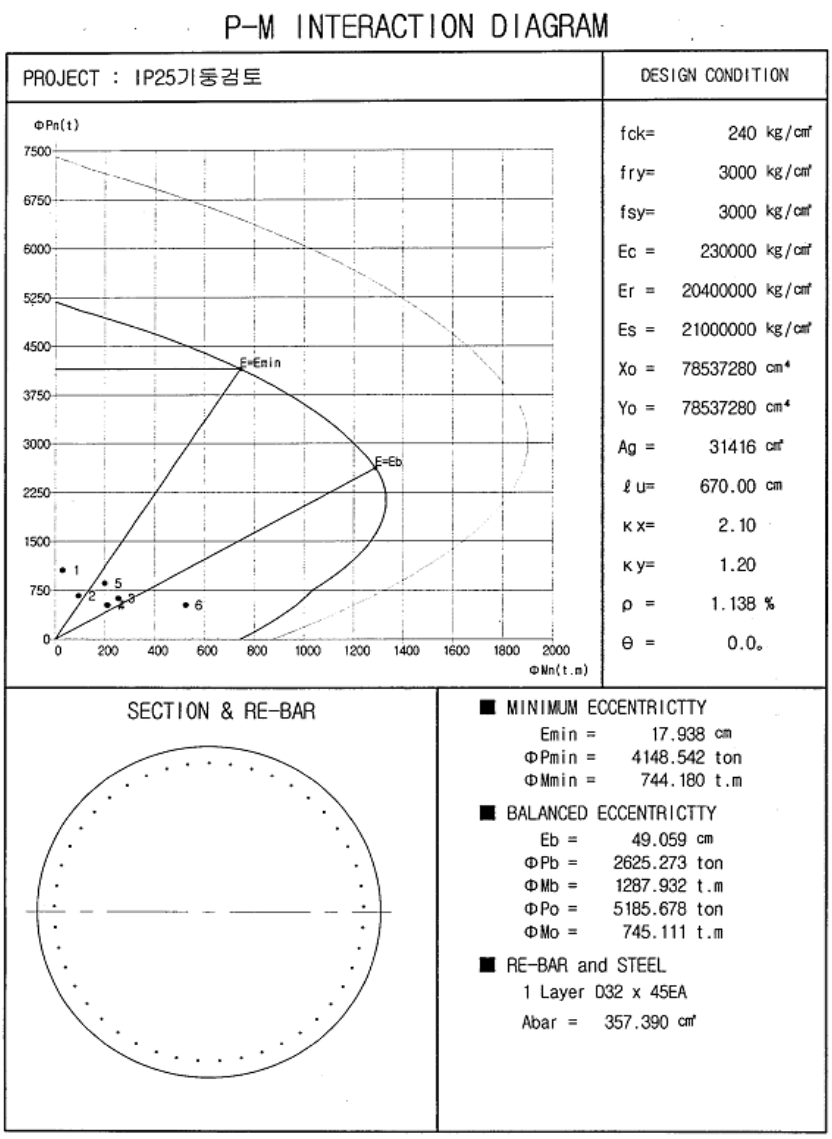


	Pu(ton)	Mu(	ΦPn(ton)	ΦMn(
Load Case 1	1129.33	21.32	4148.54	744.18
Load Case 2	752.41	137.42	4060.26	791.77
Load Case 3	749.40	408.35	2281.10	1326.77
Load Case 4	564.68	331.27	2160.41	1330.73
Load Case 5	911.79	309.47	3151.02	1158.53
Load Case 6	564.68	708.22	800.40	1054.02
Load Case 7	564.68	283.29	2485.40	1309.18

Pu < ΦPn → ∴ O.K Mu < ΦMn → ∴ O.K

【표 2.24】 RAMP-I교 하부구조 구조검토 결과요약(IP25)

구 분			주요 검토내용	비 고
하부 구조	교각	IP25		



	Pu(ton)	Mu(	ΦPn(ton)	ΦMn(
Load Case 1	1061.45	29.55	4148.54	744.18
Load Case 2	668.95	91.40	4148.54	744.18
Load Case 3	627.90	247.30	2986.91	1204.39
Load Case 4	522.32	207.34	2979.87	1206.25
Load Case 5	861.03	193.44	3852.55	894.03
Load Case 6	522.32	514.88	1185.14	1191.30
Load Case 7	522.32	205.95	2992.05	1203.03

Pu < ΦPn → ∴ O.K Mu < ΦMn → ∴ O.K

2.2.3 내진해석

가. 해석조건

【표 2.25】 RAMP-I교 내진해석 조건(IBR1)

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>주요 검토내용</th></tr>
<tr><td colspan="2">참고문헌</td><td>• 도로교 설계기준(2000)
• 콘크리트 구조 설계기준(1999)
• 도로설계 요령(2002)
• 설계 실무 자료집(1996)</td></tr>
<tr><td rowspan="7">설계 기준</td><td>상부 구조</td><td>• 교량등급 : 내진 1등급
• 교량형식 : 합성형 STEEL BOX GIRDER 교
• 교량연장 : L = 40.0+57.5+40.0+40.0+37.5 = 215.0m
• 교량폭원 : B = 10.25m</td></tr>
<tr><td>하부 구조</td><td>• 구체형식 : T형 교각
• 기초형식 : 현장타설말뚝기초</td></tr>
<tr><td>사용 재료</td><td>• 콘 크 리 트 : 설계기준강도 fck = 270 kgf/㎠(상부바닥판 슬래브)
설계기준강도 fck = 270 kgf/㎠(하부구조-교각)
• 강 재 : 주부재 - SM490
부부재 - SM400</td></tr>
<tr><td>재료 특성</td><td>• 콘크리트단위중량 : gc = 2.35 tonf/㎥
• 강재의 단위중량 : gs = 7.85 tonf/㎥
• A S C O N : gl = 2.30 tonf/㎥</td></tr>
<tr><td>가속 도계 수</td><td>• 지진구역계수 : 0.11 (I)
• 위험도계수 : 1.4 (1000년 재현주기)
• 가속도계수 : 지진구역계수 X 위험도계수 = 0.154</td></tr>
<tr><td>지반 계수</td><td>• 지반종류 : II
• 지반계수 S = 1.2</td></tr>
<tr><td>응답 계수</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">구조부재</th><th>항복시(설계기준)R</th><th>탄성거동시R</th></tr>
<tr><td colspan="2">기둥(단주)</td><td>3.0</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연결부</td><td>상부구조와 교대</td><td>0.8</td><td>0.8</td></tr>
<tr><td>상부구조와 교각</td><td>1.0</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td colspan="2">기초</td><td>3.0/2=1.5</td><td>1.0</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

【표 2.26】RAMP-I교 내진해석 조건(IBR2)

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>주요 검토내용</th></tr>
<tr><td colspan="2">참고문헌</td><td>• 도로교 설계기준(2000)
• 콘크리트 구조 설계기준(1999)
• 도로설계 요령(2002)
• 설계 실무 자료집(1996)</td></tr>
<tr><td rowspan="7">설계 기준</td><td>상부 구조</td><td>• 교량등급 : 내진 1등급
• 교량형식 : R.C SLAB교 - 일반부
• 교량연장 : L = 3@20.0+15.0 = 75.0m
• 교량폭원 : B = 10.25m</td></tr>
<tr><td>하부 구조</td><td>• 구체형식 : T형 교각
• 기초형식 : 간이우물통기초 & 직접기초</td></tr>
<tr><td>사용 재료</td><td>• 콘 크 리 트 : 설계기준강도 fck = 270 kgf/㎠(상부바닥판 슬래브)
설계기준강도 fck = 270 kgf/㎠(하부구조-교각)</td></tr>
<tr><td>재료 특성</td><td>• 콘크리트단위중량 : gc = 2.35 tonf/㎥
• 강재의 단위중량 : gs = 7.85 tonf/㎥
• A S C O N : gl = 2.30 tonf/㎥</td></tr>
<tr><td>가속 도계 수</td><td>• 지진구역계수 : 0.11 (I)
• 위험도계수 : 1.4 (1000년 재현주기)
• 가속도계수 : 지진구역계수 X 위험도계수 = 0.154</td></tr>
<tr><td>지반 계수</td><td>• 지반종류 : II
• 지반계수 S = 1.2</td></tr>
<tr><td>응답 계수</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">구조부재</th><th>항복시(설계기준)R</th><th>탄성거동시R</th></tr>
<tr><td colspan="2">기둥(단주)</td><td>3.0</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연결부</td><td>상부구조와 교대</td><td>0.8</td><td>0.8</td></tr>
<tr><td>상부구조와 교각</td><td>1.0</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td colspan="2">기초</td><td>3.0/2=1.5</td><td>1.0</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

【표 2.27】 RAMP-I교 내진해석 조건(IBR3)

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>주요 검토내용</th></tr>
<tr><td colspan="2">참고문헌</td><td>• 도로교 설계기준(2000)
• 콘크리트 구조 설계기준(1999)
• 도로설계 요령(2002)
• 설계 실무 자료집(1996)</td></tr>
<tr><td rowspan="7">설계 기준</td><td>상부 구조</td><td>• 교량등급 : 내진 1등급
• 교량형식 : R.C RAHMEN교 - 일반부
• 교량연장 : L = 3@15.0 = 45.0m
• 교량폭원 : B = 10.25m</td></tr>
<tr><td>하부 구조</td><td>• 구체형식 : T형 교각
• 기초형식 : 현장타설말뚝기초</td></tr>
<tr><td>사용 재료</td><td>• 콘 크 리 트 : 설계기준강도 fck = 270 kgf/㎠(상부바닥판 슬래브)
설계기준강도 fck = 270 kgf/㎠(하부구조-교각)</td></tr>
<tr><td>재료 특성</td><td>• 콘크리트단위중량 : gc = 2.35 tonf/㎥
• 강재의 단위중량 : gs = 7.85 tonf/㎥
• A S C O N : gl = 2.30 tonf/㎥</td></tr>
<tr><td>가속 도계 수</td><td>• 지진구역계수 : 0.11 (I)
• 위험도계수 : 1.4 (1000년 재현주기)
• 가속도계수 : 지진구역계수 X 위험도계수 = 0.154</td></tr>
<tr><td>지반 계수</td><td>• 지반종류 : II
• 지반계수 S = 1.2</td></tr>
<tr><td>응답 계수</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">구조부재</th><th>항복시(설계기준)R</th><th>탄성거동시R</th></tr>
<tr><td colspan="2">기둥(단주)</td><td>3.0</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연결부</td><td>상부구조와 교대</td><td>0.8</td><td>0.8</td></tr>
<tr><td>상부구조와 교각</td><td>1.0</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td colspan="2">기초</td><td>3.0/2=1.5</td><td>1.0</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

【표 2.28】 RAMP-I교 내진해석 조건(IBR6)

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>주요 검토내용</th></tr>
<tr><td colspan="2">참고문헌</td><td>• 도로교 설계기준(2000)
• 콘크리트 구조 설계기준(1999)
• 도로설계 요령(2002)
• 설계 실무 자료집(1996)</td></tr>
<tr><td rowspan="7">설계 기준</td><td>상부 구조</td><td>• 교량등급 : 내진 1등급
• 교량형식 : R.C SLAB교 - 확폭부
• 교량연장 : L = 4@20.0 = 80.0m
• 교량폭원 : B = 18.196~14.251m</td></tr>
<tr><td>하부 구조</td><td>• 구체형식 : Π형 교각
• 기초형식 : 현장타설말뚝기초, 간이우물통 & 직접기초</td></tr>
<tr><td>사용 재료</td><td>• 콘 크 리 트 : 설계기준강도 fck = 270 kgf/㎠(상부바닥판 슬래브)
설계기준강도 fck = 270 kgf/㎠(하부구조-교각)</td></tr>
<tr><td>재료 특성</td><td>• 콘크리트단위중량 : gc = 2.35 tonf/㎥
• 강재의 단위중량 : gs = 7.85 tonf/㎥
• A S C O N : gl = 2.30 tonf/㎥</td></tr>
<tr><td>가속 도계 수</td><td>• 지진구역계수 : 0.11 (I)
• 위험도계수 : 1.4 (1000년 재현주기)
• 가속도계수 : 지진구역계수 X 위험도계수 = 0.154</td></tr>
<tr><td>지반 계수</td><td>• 지반종류 : II
• 지반계수 S = 1.2</td></tr>
<tr><td>응답 계수</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">구조부재</th><th>항복시(설계기준)R</th><th>탄성거동시R</th></tr>
<tr><td colspan="2">기둥(단주)</td><td>5.0</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연결부</td><td>상부구조와 교대</td><td>0.8</td><td>0.8</td></tr>
<tr><td>상부구조와 교각</td><td>1.0</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td colspan="2">기초</td><td>5.0/2=3.0</td><td>1.0</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

【표 2.29】 RAMP-I교 내진해석 조건(IBR7)

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>주요 검토내용</th></tr>
<tr><td colspan="2">참고문헌</td><td>• 도로교 설계기준(2000)
• 콘크리트 구조 설계기준(1999)
• 도로설계 요령(2002)
• 설계 실무 자료집(1996)</td></tr>
<tr><td rowspan="7">설계 기준</td><td>상부 구조</td><td>• 교량등급 : 내진 1등급
• 교량형식 : R.C SLAB교 - 확폭부
• 교량연장 : L = 3@20.0 = 60.0m
• 교량폭원 : B = 14.251~12.860m</td></tr>
<tr><td>하부 구조</td><td>• 구체형식 : T형 교각
• 기초형식 : 현장타설말뚝기초 & 직접기초</td></tr>
<tr><td>사용 재료</td><td>• 콘 크 리 트 : 설계기준강도 fck = 270 kgf/㎠(상부바닥판 슬래브)
설계기준강도 fck = 270 kgf/㎠(하부구조-교각)</td></tr>
<tr><td>재료 특성</td><td>• 콘크리트단위중량 : gc = 2.35 tonf/㎥
• 강재의 단위중량 : gs = 7.85 tonf/㎥
• A S C O N : gl = 2.30 tonf/㎥</td></tr>
<tr><td>가속 도계 수</td><td>• 지진구역계수 : 0.11 (I)
• 위험도계수 : 1.4 (1000년 재현주기)
• 가속도계수 : 지진구역계수 X 위험도계수 = 0.154</td></tr>
<tr><td>지반 계수</td><td>• 지반종류 : II
• 지반계수 S = 1.2</td></tr>
<tr><td>응답 계수</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">구조부재</th><th>항복시(설계기준)R</th><th>탄성거동시R</th></tr>
<tr><td colspan="2">기둥(단주)</td><td>5.0</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연결부</td><td>상부구조와 교대</td><td>0.8</td><td>0.8</td></tr>
<tr><td>상부구조와 교각</td><td>1.0</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td colspan="2">기초</td><td>5.0/2=3.0</td><td>1.0</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

나. 해석결과

【표 2.30】RAMP-I교 내진해석 결과(IBR1)

구분	결과자료

응답스펙트럼 해석에 따른 탄성지진력 조합

부재의 단면력과 변위는 개별모드들로부터 각각의 응답성분의 CQC방법으로 조합하여 계산.

COM 1 : 1.0 x (교축방향 해석에 의한 탄성지진력) Le + 0.3 x (교축직각방향 해석에 의한 탄성지진력) Te
COM 2 : 0.3 x (교축방향 해석에 의한 탄성지진력) Le + 1.0 x (교축직각방향 해석에 의한 탄성지진력) Te

▶ 교각하단 탄성지진력조합 – 모멘트

구 분		COM 1 – (tonf·m)		COM 2 – (tonf·m)	
		교축방향	교축직각방향	교축방향	교축직각방향
IA 1	교 대	-	-	-	-
IP 1	기둥1	750.634	3631.220	730.305	3705.237
IP 2	기둥1	503.802	3292.204	443.959	3385.435
IP 3	기둥1	6455.893	2677.346	5969.783	2793.463
IP 4	기둥1	5507.571	3396.693	5065.661	3647.118
IP 5	기둥1	1306.555	1845.352	1303.843	2053.890

▶ 교각하단 탄성지진력조합 – 전단력

구 분		COM 1 – (tonf·m)		COM 2 – (tonf·m)	
		교축방향	교축직각방향	교축방향	교축직각방향
IA 1	교 대	-	-	-	-
IP 1	기둥1	78.386	317.868	76.043	324.035
IP 2	기둥1	67.311	332.999	59.274	341.485
IP 3	기둥1	498.688	193.005	461.096	201.179
IP 4	기둥1	401.022	241.186	368.789	259.702
IP 5	기둥1	92.547	110.922	92.200	125.421

▶ SHOE 탄성지진력 조합 – 수평력

구 분		COM 1 – (tonf)		COM 2 – (tonf)		상시 반력(tonf)
		교축방향	교축직각방향	교축방향	교축직각방향	
IA 1	1	0.000	58.701	0.000	59.353	208.445
	2	0.000	0.000	0.000	0.000	157.912
IP 1	1	0.000	287.347	0.000	293.428	675.447
	2	0.000	0.000	0.000	0.000	701.480
IP 2	1	0.000	319.264	0.000	326.598	638.641
	2	0.000	0.000	0.000	0.000	663.163
IP 3	1	241.707	165.722	223.708	170.459	453.188
	2	224.782	0.000	208.108	0.000	444.860
IP 4	1	181.677	201.670	169.227	221.244	544.980
	2	188.152	0.000	173.815	0.000	542.192
IP 5	1	0.000	79.828	0.000	88.752	227.759
	2	0.000	0.000	0.000	0.000	163.839

설계지진력 및 받침검토

▶ 교각하단 설계지진력 (응답수정계수 미적용)

구 분		교축 방향		교축 직각 방향	
		모멘트(tf·m)	전단력(tonf)	모멘트(tf·m)	전단력(tonf)
IA 1	교 대	-	-	-	-
IP 1	기둥1	750.634	78.386	3705.237	324.035
IP 2	기둥1	503.802	67.311	3385.435	341.485
IP 3	기둥1	6455.893	498.688	2793.463	201.179
IP 4	기둥1	5507.571	401.022	3647.118	259.702
IP 5	기둥1	1306.555	92.547	2053.890	125.421

▶ SHOE 설계지진력 (교대 R=0.8 교각R=1.0)

구 분		교축방향		교축직각방향	
		작용수평력(tonf)	허용수평력(tonf)	작용수평력(tonf)	허용수평력(tonf)
IA 1	1	0.000	100.00	74.191	100.00
	2	0.000	10.00	0.000	10.00
IP 1	1	0.000	320.000	293.428	320.00
	2	0.000	31.00	0.000	31.00
IP 2	1	0.000	400.00	326.598	400.00
	2	0.000	31.00	0.000	31.00
IP 3	1	241.707	275.00	170.459	275.00
	2	224.782	275.00	0.000	275.00
IP 4	1	181.677	220.00	221.244	240.00
	2	188.152	220.00	0.000	220.00
IP 5	1	0.000	100.00	88.752	100.00
	2	0.000	10.00	0.000	10.00

• 사용 받침 제원

구 분		받침 용량 (Tonf)		
		수직	수평	
IA 1	1	250	100	일방향
	2	250	10	양방향
IP 1	1	800	320	일방향
	2	800	31	양방향
IP 2	1	800	400	일방향
	2	800	31	양방향
IP 3	1	500	275	고정단
	2	500	275	일방향
IP 4	1	600	240	일방향
	2	600	220	양방향
IP 5	1	250	100	일방향
	2	250	10	양방향

【표 2.31】RAMP-I교 내진해석 결과(IBR2)

구분	결과자료

응답스펙트럼 해석에 따른 탄성지진력 조합

COM 1 : 1.0 x (교축방향 해석에 의한 탄성지진력) Le + 0.3 x (교축직각방향 해석에 의한 탄성지진력) Te
COM 2 : 0.3 x (교축방향 해석에 의한 탄성지진력) Le + 1.0 x (교축직각방향 해석에 의한 탄성지진력) Te

▶ 교각하단의 탄성지진력의 조합 - 모멘트

구 분	COM 1 (tonf·m)		COM 2 (tonf·m)	
	교축방향	교축직각방향	교축방향	교축직각방향
IP 5	1229.889	715.168	538.254	1566.865
IP 6	1504.212	732.045	743.865	1632.161
IP 7	1260.916	648.095	652.567	1167.992
IP 8	1276.978	689.739	686.087	962.340
IP 9	732.509	464.970	466.845	619.607

▶ 교각하단의 탄성지진력의 조합 - 전단력, 축력

구 분	COM 1			COM 2		
	전단력 (tonf)		축력 (tonf)	전단력 (tonf)		축력 (tonf)
	교축방향	교축직각방향	교축방향	교축방향	교축직각방향	교축직각방향
IP 5	87.064	48.823	5.583	37.658	110.388	5.324
IP 6	107.218	55.878	4.693	53.969	123.743	7.787
IP 7	99.892	51.212	3.435	51.298	89.747	4.079
IP 8	110.049	60.403	3.830	57.794	90.748	4.061
IP 9	73.210	44.987	6.759	44.804	58.623	4.057

▶ 교각하단의 탄성지진력의 조합 - 전단력, 축력

구 분	COM 1			COM 2		
	전단력 (tonf)		축력 (tonf)	전단력 (tonf)		축력 (tonf)
	교축방향	교축직각방향	교축방향	교축방향	교축직각방향	교축직각방향
IP 5	87.064	48.823	5.583	37.658	110.388	5.324
IP 6	107.218	55.578	4.693	53.969	122.743	7.787
IP 7	99.892	51.212	3.435	51.298	89.747	4.079
IP 8	110.049	60.403	3.830	57.794	90.748	4.061
IP 9	73.210	44.987	6.759	44.804	58.623	4.057

▶ SHOE 탄성지진력의 조합 - 수평력

구 분		COM 1 (tonf)		COM 2 (tonf)	
		교축방향	교축직각방향	교축방향	교축직각방향
IP 5	S1	24.383	17.546	11.682	36.124
	S2	25.259	17.546	13.214	36.124
IP 6	S1	44.907	22.235	18.180	54.706
	S2	46.152	22.235	20.602	54.705
IP 7	S1	41.470	12.492	14.343	35.957
	S2	42.310	12.492	16.466	35.957
IP 8	S1	49.531	11.120	16.080	33.330
	S2	50.699	11.120	20.146	33.330
IP 9	S1	26.118	8.285	10.580	17.640
	S2	26.491	8.285	12.389	17.640

설계지진력 및 받침검토

▶ 교각하단 설계지진력 (응답수정계수 미적용)

구 분	교축 방향		교축 직각 방향		축 력(tonf)
	모멘트(tf·m)	전단력(tonf)	모멘트(tf·m)	전단력(tonf)	
IP 5	1229.889	87.064	1566.865	110.388	5.583
IP 6	1504.212	107.218	1632.161	122.743	7.787
IP 7	1260.916	99.892	1167.992	89.747	4.079
IP 8	1276.978	110.049	962.340	90.748	4.061
IP 9	732.509	73.210	619.607	58.623	6.759

▶ SHOE 설계지진력 (교대 R=0.8 교각R=1.0, 수평력에만 적용)

구 분		작용 수평력(tonf)		허용 수평력 (tonf)	작용 변위량(mm)		허용 변위량 (mm)
		교축방향	교축직각방향		교축방향	교축직각방향	
IP 5	S1	24.383	36.124	42.200	90.400	136.300	144.000
	S2	25.259	36.124	42.200	92.000	136.300	144.000
IP 6	S1	44.907	54.706	73.900	90.600	107.700	120.000
	S2	46.152	54.705	73.900	91.600	107.700	120.000
IP 7	S1	41.470	35.957	63.300	91.300	80.300	120.000
	S2	42.310	35.957	63.300	91.700	80.300	120.000
IP 8	S1	49.531	33.330	73.900	91.500	61.900	120.000
	S2	50.699	33.330	73.900	91.400	61.900	120.000
IP 9	S1	26.118	17.640	31.700	90.300	60.500	108.000
	S2	26.491	17.640	31.700	89.700	60.500	108.000

• 사용 받침 제원(탄성받침)

구 분		적용하중 (tonf)	Kv (tonf/m)	Kh (tonf/m)	높이(mm)		WP×LP (mm)	전단탄성 계수
					H	h		
IP 5	S1	280	97552	293	137	213	500 x 700	11.73
	S2	280	97552	293	137	213	650 x 700	
IP 6	S1	500	216974	616	115	191	700 x 800	11.73
	S2	500	216974	616	115	191	850 x 800	
IP 7	S1	430	163859	528	115	191	850 x 700	11.73
	S2	430	163859	528	115	191	850 x 700	
IP 8	S1	500	216974	616	115	191	700 x 800	11.73
	S2	500	216974	616	115	191	850 x 800	
IP 9	S1	200	69524	293	105	181	400 x 700	11.73
	S2	200	69524	293	105	181	550 x 700	

【표 2.32】 RAMP-I교 내진해석 결과(IBR3)

구분	결과자료

응답스펙트럼 해석에 따른 탄성지진력 조합

COM 1 : 1.0 x (교축방향 해석에 의한 탄성지진력) Le + 0.3 x (교축직각방향 해석에 의한 탄성지진력) Te
COM 2 : 0.3 x (교축방향 해석에 의한 탄성지진력) Le + 1.0 x (교축직각방향 해석에 의한 탄성지진력) Te

▶ 교각하단의 탄성지진력의 조합 - 모멘트

구 분		COM 1 (tonf·m)		COM 2 (tonf·m)	
		교축방향	교축직각방향	교축방향	교축직각방향
IP 9		468.402	213.336	220.637	387.248
IP 10	L	544.320	219.607	239.811	500.398
	R	547.693	219.669	236.594	500.574
IP 11	L	590.859	269.815	248.854	635.115
	R	599.765	269.941	261.366	635.561
IP 12		422.151	202.997	199.929	375.690

▶ 교각하단의 탄성지진력의 조합 - 수평력, 수직력

구 분		COM 1			COM 2		
		수평력 (tonf)		수직력 (tonf)	수평력 (tonf)		수직력 (tonf)
		교축방향	교축직각방향	교축방향	교축방향	교축직각방향	교축직각방향
IP 9		46.507	23.103	24.836	23.482	45.095	11.252
IP 10	L	82.365	34.894	122.637	36.285	79.533	234.314
	R	82.923	34.903	132.278	35.781	79.561	239.936
IP 11	L	93.268	45.393	139.427	39.214	106.662	293.706
	R	94.777	45.415	158.357	41.280	106.739	301.370
IP 12		47.697	24.335	28.951	23.872	47.288	13.350

▶ SHOE 탄성지진력의 조합 - 수평력

구 분		COM 1 (tonf)		COM 2 (tonf)	
		교축방향	교축직각방향	교축방향	교축직각방향
IP 9	S1	6.672	2.097	2.564	5.467
	S2	6.726	2.097	2.563	5.467
IP 12	S1	7.097	3.215	2.983	7.900
	S2	7.260	3.217	3.345	7.908

설계지진력 및 받침검토

▶ 교각하단 설계지진력 (응답수정계수 미적용)

구 분		교축 방향		교축 직각 방향		수직력(tonf)
		모멘트(tf·m)	수평력(tonf)	모멘트(tf·m)	수평력(tonf)	
IP 9		468.402	46.507	387.248	45.095	24.836
IP 10	L	544.320	82.365	500.398	79.533	234.314
	R	547.693	82.923	500.574	79.561	239.936
IP 11	L	590.859	93.268	635.115	106.662	293.706
	R	599.765	94.777	635.561	106.739	301.370
IP 12		422.151	47.697	375.690	47.288	28.951

▶ SHOE 설계지진력 (교대 R=0.8 교각R=1.0, 수평력에만 적용)

구 분		작용 수평력(tonf)		허용 수평력 (tonf)	작용 변위량(mm)		허용 변위량 (mm)
		교축방향	교축직각방향		교축방향	교축직각방향	
IP 9	S1	6.672	5.467	31.700	25.628	20.567	108.000
	S2	6.726	5.467	31.700	25.855	20.567	108.000
IP 12	S1	7.097	7.900	31.700	25.475	28.914	108.000
	S2	7.260	7.908	31.700	25.691	28.940	108.000

• 사용 받침 제원(탄성받침)

구 분		적용하중 (tonf)	Kv (tonf/m)	Kh (tonf/m)	높이(mm)		WP×LP (mm)	전단탄성 계수
					H	h		
IP 9, 12	S1	200	69524	293	105	181	400 x 700	11.73
	S2	200	69524	293	105	181	550 x 700	

【표 2.33】RAMP-I교 내진해석 결과(IBR6)

구분	결과자료

응답스펙트럼 해석에 따른 탄성지진력 조합

COM 1 : 1.0 x (교축방향 해석에 의한 탄성지진력) Le + 0.3 x (교축직각방향 해석에 의한 탄성지진력) Te
COM 2 : 0.3 x (교축방향 해석에 의한 탄성지진력) Le + 1.0 x (교축직각방향 해석에 의한 탄성지진력) Te

▶ 교각하단의 탄성지진력의 조합 - 모멘트

구 분		COM 1 (tonf·m)		COM 2 (tonf·m)	
		교축방향	교축직각방향	교축방향	교축직각방향
IP19	C1	392.359	49.491	199.769	96.953
	C2	392.219	49.443	200.171	96.950
IP20	C1	724.941	136.162	368.498	267.004
	C2	724.484	136.255	370.241	267.007
IP21	C1	700.717	147.557	356.059	290.075
	C2	700.456	147.729	357.712	290.081
IP22	C1	868.478	200.773	441.017	394.980
	C2	868.283	200.380	443.166	394.964
IP23	C1	601.345	155.862	305.544	306.974
	C2	601.276	155.986	306.645	306.982

▶ 교각하단의 탄성지진력의 조합 - 전단력, 축력

구 분		COM 1			COM 2		
		전단력 (tonf)		축력 (tonf)	전단력 (tonf)		축력 (tonf)
		교축방향	교축직각방향	교축방향	교축방향	교축직각방향	교축직각방향
IP19	C1	83.950	40.056	44.617	42.687	78.300	91.072
	C2	83.890	39.904	49.086	42.856	78.291	91.317
IP20	C1	104.633	53.163	82.947	53.092	104.203	161.328
	C2	104.522	53.226	81.267	53.516	104.207	161.254
IP21	C1	77.488	40.516	90.788	39.292	79.643	176.053
	C2	77.435	40.588	88.356	39.631	79.646	175.964
IP22	C1	81.201	44.862	114.809	41.138	88.176	233.416
	C2	81.166	44.731	122.209	41.528	88.170	233.693
IP23	C1	57.792	31.649	89.769	29.307	62.328	168.797
	C2	57.778	31.686	81.631	29.518	62.330	168.339

▶ SHOE 탄성지진력의 조합 - 수평력

구 분		COM 1 (tonf)		COM 2 (tonf)	
		교축방향	교축직각방향	교축방향	교축직각방향
IP19	S1	38.155	18.677	19.383	36.471
	S2	38.138	18.679	19.446	36.475
	S3	38.111	18.677	19.506	36.471
IP20	S1	66.783	33.992	33.890	66.578
	S2	67.139	34.006	34.219	66.605
	S3	66.712	33.992	34.156	66.577
IP21	S1	47.700	24.857	24.164	48.822
	S2	47.918	24.867	24.410	48.842
	S3	47.660	24.857	24.419	48.821
IP22	S1	50.261	27.767	25.402	54.674
	S2	50.469	27.780	25.693	54.699
	S3	50.229	27.767	25.760	54.674
IP23	S1	29.550	14.945	14.932	29.493
	S2	29.545	14.949	15.031	29.500
	S3	29.538	14.946	15.130	29.493

설계지진력 및 받침검토

▶ 교각하단 설계지진력 (응답수정계수 미적용)

구 분		교축 방향		교축 직각 방향		축 력(tonf)
		모멘트(tf·m)	전단력(tonf)	모멘트(tf·m)	전단력(tonf)	
IP19	C1	392.359	83.950	96.953	78.300	91.072
	C2	392.219	83.890	96.950	78.291	91.317
IP20	C1	724.941	104.633	267.004	104.203	161.328
	C2	724.484	104.522	267.007	104.207	161.254
IP21	C1	700.717	77.488	290.075	79.643	176.053
	C2	700.456	77.435	290.081	79.646	175.964
IP22	C1	868.478	81.201	394.980	88.176	233.416
	C2	868.283	81.166	394.964	88.170	233.693
IP23	C1	601.345	57.792	306.974	62.328	168.797
	C2	601.276	57.778	306.982	62.330	168.339

▶ SHOE 설계지진력 (교대 R=0.8 교각R=1.0, 수평력에만 적용)

구 분		작용 수평력(tonf)		허용 수평력 (tonf)	작용 변위량(mm)		허용 변위량 (mm)
		교축방향	교축직각방향		교축방향	교축직각방향	
IP19	S1	38.155	36.471	47.500	82.000	77.000	108.000
	S2	38.138	36.475	47.500	81.000	77.000	108.000
	S3	38.111	36.471	47.500	81.000	77.000	108.000
IP20	S1	66.783	66.578	98.500	82.000	76.000	120.000
	S2	67.139	66.605	98.500	81.000	76.000	120.000
	S3	66.712	66.577	98.500	81.000	76.000	120.000
IP21	S1	47.700	48.822	73.900	82.000	76.000	120.000
	S2	47.918	48.842	73.900	81.000	76.000	120.000
	S3	47.660	48.821	73.900	81.000	76.000	120.000
IP22	S1	50.261	54.674	86.200	82.000	74.000	120.000
	S2	50.469	54.699	86.200	82.000	74.000	120.000
	S3	50.229	54.674	86.200	81.000	74.000	120.000
IP23	S1	29.550	29.493	42.200	81.000	73.000	108.000
	S2	29.545	29.500	42.200	81.000	73.000	108.000
	S3	29.538	29.493	42.200	81.000	73.000	108.000

• 사용 받침 제원(탄성받침)

구 분		적용하중 (tonf)	Kv (tonf/m)	Kh (tonf/m)	높이(mm)		WP×LP (mm)	전단탄성 계수
					H	h		
IP19	S1	300	164880	440	105	181	550 x 700	11.73
	S2	300	164880	440	105	181	700 x 700	
	S3	300	164880	440	105	181	550 x 700	
IP20	S1	700	365671	821	115	191	800 x 900	11.73
	S2	700	365671	821	115	191	950 x 900	
	S3	700	365671	821	115	191	800 x 900	
IP21	S1	500	216974	616	115	191	850 x 800	11.73
	S2	500	216974	616	115	191	850 x 800	
	S3	500	216974	616	115	191	850 x 800	
IP22	S1	600	288923	718	115	191	800 x 800	11.73
	S2	600	288923	718	115	191	950 x 800	
	S3	600	288923	718	115	191	800 x 800	
IP23	S1	280	130069	391	105	181	500 x 700	11.73
	S2	280	130069	391	105	181	650 x 700	
	S3	280	130069	391	105	181	500 x 700	

【표 2.34】 RAMP-I교 내진해석 결과(IBR7)

구분	결과자료

응답스펙트럼 해석에 따른 탄성지진력 조합

COM 1 : 1.0 x (교축방향 해석에 의한 탄성지진력) Le + 0.3 x (교축직각방향 해석에 의한 탄성지진력) Te
COM 2 : 0.3 x (교축방향 해석에 의한 탄성지진력) Le + 1.0 x (교축직각방향 해석에 의한 탄성지진력) Te

▶ 교각하단의 탄성지진력의 조합 - 모멘트

구 분		COM 1 (tonf·m)		COM 2 (tonf·m)	
		교축방향	교축직각방향	교축방향	교축직각방향
IP23	C1	586.233	160.812	295.273	336.056
	C2	581.804	160.927	288.028	336.080
IP24	C1	711.557	149.929	332.282	331.839
	C2	704.893	149.630	320.784	331.798
IP25	C1	514.987	76.342	213.042	182.475
	C2	514.784	76.158	218.331	182.434

▶ 교각하단의 탄성지진력의 조합 - 전단력, 축력

구 분		COM 1			COM 2		
		전단력 (tonf)		축력 (tonf)	전단력 (tonf)		축력 (tonf)
		교축방향	교축직각방향	교축방향	교축방향	교축직각방향	교축직각방향
IP23	C1	56.749	32.664	91.825	28.845	68.202	185.770
	C2	55.900	32.697	84.024	27.457	68.208	183.956
IP24	C1	69.150	34.738	87.014	32.688	76.864	198.598
	C2	67.917	34.636	94.095	30.562	76.850	199.631
IP25	C1	73.498	28.025	61.521	30.796	66.774	146.401
	C2	73.263	27.908	62.738	31.597	66.748	146.450

▶ SHOE 탄성지진력의 조합 - 수평력

구 분		COM 1 (tonf)		COM 2 (tonf)	
		교축방향	교축직각방향	교축방향	교축직각방향
IP23	S1	28.152	15.723	14.544	33.938
	S2	27.736	15.726	13.851	33.945
	S3	27.337	15.723	13.217	33.938
IP24	S1	42.445	21.246	20.449	47.145
	S2	41.852	21.254	19.308	47.163
	S3	41.165	21.246	18.265	47.145
IP25	S1	46.730	17.463	19.870	41.794
	S2	46.387	17.468	19.280	41.806
	S3	46.432	17.463	20.238	41.794
IA 2	S1	31.590	11.830	14.469	24.013
	S2	31.622	11.830	14.985	24.013
	S3	31.711	11.830	15.564	24.013

설계지진력 및 받침검토

▶ 교각하단 설계지진력 (응답수정계수 미적용)

구 분		교축 방향		교축 직각 방향		축 력(tonf)
		모멘트(tf·m)	전단력(tonf)	모멘트(tf·m)	전단력(tonf)	
IP23	C1	586.233	56.749	336.056	68.202	185.770
	C2	581.804	55.900	336.080	68.208	183.956
IP24	C1	711.557	69.150	331.839	76.864	198.598
	C2	704.893	67.917	331.798	76.850	199.631
IP25	C1	514.987	73.498	182.475	66.774	146.401
	C2	514.784	73.263	182.434	66.748	146.450

▶ SHOE 설계지진력 (교대 R=0.8 교각R=1.0, 수평력에만 적용)

구 분		작용 수평력(tonf)		허용 수평력 (tonf)	작용 변위량(mm)		허용 변위량 (mm)
		교축방향	교축직각방향		교축방향	교축직각방향	
IP23	S1	28.152	33.938	42.200	77.000	85.000	108.000
	S2	27.736	33.945	42.200	77.000	85.000	108.000
	S3	27.337	33.938	42.200	76.000	85.000	108.000
IP24	S1	42.445	47.145	73.900	77.000	75.000	120.000
	S2	41.852	47.163	73.900	77.000	75.000	120.000
	S3	41.165	37.716	73.900	76.000	75.000	120.000
IP25	S1	46.730	41.794	73.900	77.000	66.000	120.000
	S2	46.387	41.806	73.900	77.000	66.000	120.000
	S3	46.432	33.435	73.900	76.000	66.000	120.000
IA 2	S1	39.487	30.017	42.200	77.000	58.000	108.000
	S2	39.527	30.017	42.200	76.000	58.000	180.000
	S3	39.638	30.017	42.200	76.000	58.000	180.000

• 사용 받침 제원(탄성받침)

구 분		적용하중 (tonf)	Kv (tonf/m)	Kh (tonf/m)	높이(mm)		mP×LP (mm)	전단탄성 계수
					H	h		
IP23	S1	280	130069	391	105	181	500 x 700	11.73
	S2	280	130069	391	105	181	650 x 700	
	S3	280	130069	391	105	181	500 x 700	
IP24	S1	500	216974	616	115	191	700 x 800	11.73
	S2	500	216974	616	115	191	850 x 800	
	S3	500	216974	616	115	191	700 x 800	
IP25	S1	500	216974	616	115	191	850 x 800	11.73
	S2	500	216974	616	115	191	850 x 800	
	S3	500	216974	616	115	191	850 x 800	
IA 2	S1	280	130069	391	105	181	500 x 700	11.73
	S2	280	130069	391	105	181	650 x 700	
	S3	280	130069	391	105	181	500 x 700	

2.2.4 토질 및 지반조사 자료검토

가. 개요

1) 현장조사 : 2002년 10월 12일 ~ 2002년 12월 16일

2) 실내시험 : 2002년 11월 05일 ~ 2002년 12월 15일

3) 성과분석 및 보고서 작성 : 2002년 10월 12일 ~ 2002년 01월 25일

4) 시추조사 : 50개소(수상 30개소 / 육상 20개소) 취소공 : 수상 2개소 / 육상 1개소

표준관입시험 : 442회 공내재하시험 : 5회

5) 해당위치 교량명 : RAMP-I교

【표 2.35】RAMP-I교 토질조사 위치

구 간	공 번	조 사 위 치	좌 표		지반고	비 고
			X	Y		
RAMP-H	RBH-1	STA 0+182 1.9	175198.298	461791.076	5.152	
	RBH-2	STA 0+202 1.9	175202.161	461751.309	5.238	
	RBH-3	STA 0+302 1.9	175209.163	461671.474	-0.570	
	RBH-4	STA 0+342 1.9	175216.149	461631.979	-1.680	
	RBH-5	STA 0+422 1.9	175223.724	461553.370	-3.940	
RAMP-I	RBI-1	STA 0+355 0.0	175268.723	461840.324	8.580	
	RBI-2	STA 0+414 3.4	175228.086	461794.927	10.027	
	RBI-3	STA 0+459 3.4	175218.473	461757.511	5.119	노두 노출
	RBI-4	STA 0+489 3.4	175214.513	461720.188	4.963	
	RBI-5	STA 0+528 7.0	175219.528	461680.430	-1.420	
	RBI-6	STA 0+570 3.2	175241.949	461644.261	-0.130	
	RBI-7	STA 0+609 3.3	175268.373	461613.299	-0.670	
	RBI-8	STA 0+649 3.3	175301.319	461589.418	1.470	
	RBI-9	STA 0+689 3.4	175338.799	461573.783	4.881	
	RBI-10	STA 0+729 7.0	175379.463	461563.753	10.971	
	RBI-11	STA 0+769 3.6	175419.219	461567.123	10.743	
	RBI-12	STA 0+809 3.5	175459.218	461567.331	6.019	
	RBI-13	STA 0+829 6.9	175479.114	461563.991	5.275	
	RBI-14	STA 0+849 6.0	175499.094	461564.991	0.329	
	RBI-15	STA 0+868 5.7	175518.867	461565.258	-0.120	
	RBI-16	STA 0+889 5.2	175538.352	461564.207	3.539	
	RBI-17	STA 0+907 10.2	175553.899	461555.568	3.610	

나. 조사결과

【표 2.36】RAMP-I교 시추조사 결과

구 간	공 번	매립\표토		충 적 층			풍 화 대		기 반 암		총심도
		모 래 (점토)	자 갈	실 트	모 래	자 갈	풍화토	풍화암	연 암	경 암	
RAMP-G	RBG-1					0.5		1.9	2.1		4.5
	RBG-2		5.8					1.2	2.3		9.3
	RBG-3										노두출현
	RBG-4							1.7	2.0		3.7
RAMP-H	RBH-1			10.0	3.4	1.8			2.0		17.2
	RBH-2			16.0		3.7			2.0		21.7
	RBH-3				2.7		1.6	2.5	2.0		8.8
	RBH-4				1.9			1.3	2.0		5.2
	RBH-5			3.8		0.5	1.5		2.0		7.8
RAMP-I	RBI-1	5.2		9.6		1.2	1.0	6.4	1.6		25.0
	RBI-2			10.0	7.1	0.6		2.5	2.3		22.5
	RBI-3			7.0	4.3		0.5	3.2	2.0		17.0
	RBI-4			8.2	3.3			8.5	2.0		22.0
	RBI-5			3.5				0.5	2.0		6.0
	RBI-6			2.7		0.5	1.0	1.8	2.0		8.0
	RBI-7			1.1				1.4	2.0		4.5
	RBI-8			1.5				0.6	2.0		4.1
	RBI-9			2.9					2.0		4.9
	RBI-10		5.8						2.2		8.0
	RBI-11	0.8					3.7	1.0	2.5		8.0
	RBI-12	2.4						4.0	2.1		8.5
	RBI-13			3.6	0.8		1.6	5.2	2.0		13.2
	RBI-14										노두출현
	RBI-15			0.6				1.5	2.0		4.1
	RBI-16		2.8	3.0			1.2	2.4	2.0		11.4
	RBI-17		2.7	3.2	1.7		1.1	7.6	2.0		18.3

【표 2.37】 RAMP-I교 표준관입시험 결과

구 간	공 번	매립\표토		충 적 층			풍 화 대		타 격 횟 수
		모 래 (점토)	자 갈	실 트	모 래	자 갈	풍화토	풍화암	
RAMP-G	RBG-1							50	1
	RBG-2		50					50	4
	RBG-3								노두출현
	RBG-4							50	1
RAMP-H	RBH-1			6 ~ 13	29 ~ 34	50			9
	RBH-2			6 ~ 24		39 ~50			12
	RBH-3				3		36	50	4
	RBH-4				21			50	2
	RBH-5			2 ~ 3			50		3
RAMP-I	RBI-1	5 ~ 10		10 ~ 22		50	50	50	13
	RBI-2			5 ~ 32	25 ~ 36			50	12
	RBI-3			6 ~ 12	11 ~ 22				7
	RBI-4			4 ~12	20 ~ 23			50	11
	RBI-5			3 ~ 4					2
	RBI-6			7		50		50	3
	RBI-7							50	1
	RBI-8							50	1
	RBI-9			4					1
	RBI-10		18 ~ 50						3
	RBI-11						50	50	3
	RBI-12	6						50	4
	RBI-13			9 ~ 13			50	50	7
	RBI-14								노두출현
	RBI-15							50	1
	RBI-16			4 ~ 9			39	50	5
	RBI-17			3 ~ 4	9		50	50	9

1) 지층개요

지층분포는 지표로부터 매립층(또는 표토), 충적층(실트, 모래, 자갈), 풍화대(풍화토, 풍화암), 기반암(연암)의 순서로 분포.

2) 매립층(또는 표토)

매립층은 도로, 제방, 건축물 등의 축조시 인위적으로 형성된 지층으로 실트질모래 및 자갈, 전석으로 구성. 표준관입시험 결과 일부 구간에서는 자갈 및 잡석의 영향으로 상대밀도가 높게 나타나기도 하지만, 매립층의 전반적으로 느슨~보통조밀의 상대밀도를 보임.

3) 충적층

충적층은 유수에 의해 이동되어 퇴적된 지층으로 본 지역에서는 대부분 하성퇴적층으로 분류되며, 실트, 모래, 자갈층으로 세분됨. 표준관입시험 결과 일부 구간에서는 자갈의 영향으로 상대밀도가 높게 나타남, 전반적으로 조밀의 상대밀도를 보임.

4) 풍화대

풍화토층은 기반암인 편마암이 오래 풍화과정을 거쳐 완전풍화~극풍화를 받은 지층풍화암의 경우 모암의 구조 및 조직이 잔존한다.

5) 기반암

기반암은 풍화정도와 지질공학적으로 TCR 및 RQD를 기준으로 분류하였다.

연암 : TCR = 66.0%, RQD = 10.4%

2.2.5 기 정밀점검(2016년) 분석

가. 외관조사 결과

구 분	기존 정밀점검 (2016년)	비 고
교면 포장	· 패임, 포트홀, 미끄럼방지포장 균열 및 박리	· 주의관찰 후 조치
방호 울타리	· 균열, 콘크리트 박리 및 긁힘	· 주의관찰 후 조치
바닥판 하면	· 균열 및 백태, 콘크리트 박리, 박락	· 표면처리, 주입보수 · 단면보수
신축 이음	· 신축이음 누수 · 유간 토사퇴적 · 후타재 균열, 이격 및 단차	· 주의관찰 후 조치
배수 시설	· 배수구 막힘	· 청소
STB 및 가로보	· 변형, 부식 · 도장박락 및 긁힘 · 볼트 풀림, 누락	· 주의관찰
교량 받침	· 받침 균열 · 받침콘크리트 파손 · 이동량측정자 파손	· 주의관찰 후 조치
교대 교각	· 균열 및 망상균열 · 콘크리트 박리, 박락 및 파손 · 철물미제거, 이물질퇴적	· 표면처리, 주입보수 · 단면보수 · 청소

나. 내구성 조사

<table>
<tr><th>시험명</th><th colspan="6">시험 결과</th></tr>
<tr><td rowspan="4">비파괴
강도</td><td colspan="3">구분</td><td>설계기준(㎫)</td><td>조사결과(㎫)</td><td>평가결과(%)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">RAMP-I교</td><td>상부
구조</td><td>반발경도</td><td>27.0</td><td>28.9～29.3</td><td>107.0～108.5</td></tr>
<tr><td>하부
구조</td><td>반발경도</td><td>24.0</td><td>24.3～26.9</td><td>101.3～112.1</td></tr>
<tr><td colspan="6">◦콘크리트 강도 조사결과 설계기준강도와 비교할 때 상·하부구조 모두 기준강도를 상회하는 것으로 평가되어 강도상의 문제점이 없는 것으로 판단된다.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">철근
탐사</td><td colspan="3">구분</td><td colspan="2">측정결과
피복두께(㎜)</td><td>설계도면 기준
피복두께(㎜)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">RAMP-I교</td><td>상부
구조</td><td>켄틸레버
하면</td><td colspan="2">40~70</td><td>40</td></tr>
<tr><td>하부
구조</td><td>교각</td><td colspan="2">91~100</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="6">◦피복두께 측정결과, 부재별로 설계도면과 비교시 상·하부구조의 부재별로 다소의 편차가 있는 것으로 조사되었으며 지속적인 점검 및 관찰을 실시한다면 문제는 없을 것으로 판단된다.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">탄산화
깊이</td><td colspan="2">구분</td><td>탄산화 깊이
(㎜)</td><td>피복두께
(㎜)</td><td>탄산화
잔여깊이(㎜)</td><td>결 과</td></tr>
<tr><td rowspan="2">RAMP-I교</td><td>상부구조</td><td>11.1～17.3</td><td>40～70</td><td>28.9～54.5</td><td>a</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>9.8～19.7</td><td>91～100</td><td>74.8～90.2</td><td>a</td></tr>
<tr><td colspan="6">◦탄산화시험 수행 결과 측정 심도는 상부구조 11.1~17.3㎜, 하부구조 9.8~19.7㎜으로 조사되어 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2017. 01)” 건전성 평가 기준에 의거 탄산화 잔여깊이가 30㎜이상인 『 a 』 로 평가되었으며, 탄산화에 의한 철근 부식 등 내구성 저하의 가능성은 적을 것으로 판단된다.</td></tr>
</table>

다. 상태평가 및 안전등급

1) RAMP-I교 상태평가 결과

구성교량명	구조형식	환 산 결함도점수	상태평가 등 급	연장 (m)	연장비	환산결함도점수 × 연장비
RAMP-I교	STB	0.189	B	215	0.361	0.068
	RC SLAB	0.239	B	290	0.487	0.116
	RC RAHMEN	0.163	B	90	0.151	0.025
합계(Σ)				595	1.000	0.209
1. 환산결함도 점수 =						0.209
2. 상태평가 결과 =						B

2) 종합평가 및 안전등급

구 분	안전성평가등급	상태평가등급	안 전 등 급
RAMP-I교	-	B	B

라. 보수·보강 방안

1) RAMP-I교 보수·보강 방안

부재	결함내용	보수 물량	단위	보수방법	우선 순위	비고
교면포장	포장패임(포트홀)	5.24	㎡	소파보수	3	
	미끄럼방지포장 망상균열	1,438.5	㎡	재포장	3	
	미끄럼방지포장 박리					
방호벽	균열(0.3㎜미만)	16.0	m	표면처리	3	
	균열(0.3㎜이상)	9.7	m	주입보수	3	
	박리	17.4	㎡	단면보수	3	
	긁힘	66.7	㎡	주의관찰	3	
바닥판	균열(0.3㎜미만)	410.4	m	표면처리	3	
	균열(0.3㎜이상)	1.8	m	주입보수	3	
	망상균열	26.6	㎡	표면처리	3	
	균열부 백태	0.6	M	주입보수	3	
	박리 및 박락	0.45	㎡	단면보수	3	
신축이음	신축이음 누수	18.7	m	유도배수관설치	2	
	유간 토사퇴적	57.0	m	청소	2	
	후타재균열(0.3㎜미만)	75.5	m	표면처리	3	
	이격 및 단차	7.1	m	주의관찰	3	
배수시설	배수구 막힘	1	ea	청소	2	
받침장치	받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)	2.4	m	표면처리	3	
	받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	6.1	m	표면처리	3	
	받침콘크리트 파손	0.02	㎡	단면보수	3	
	이동량 측정자 파손	2	ea	재설치	3	
교대 교각	균열(0.3㎜미만)	202.57	m	표면처리	3	
	균열(0.3㎜이상)	17.5	m	주입보수	3	
	망상균열	17.5	㎡	표면처리	3	
	철근노출	0.1	㎡	단면보수	3	
	박리 및 박락, 파손	2.4	㎡	단면보수	3	
	누수흔적	56	㎡	표면처리	3	
	점검로 파손	1	ea	주의관찰	3	
	이물질 퇴적	1.5	㎡	청소	3	
	철물 미제거	39	ea	주의관찰	3	

마. 유지관리방안

조사항목	교면포장, 바닥판, 교각	
현황사진		
	교면포장 미끄럼방지 망상균열/패임	S21 RC슬래브 측면 균열(0.3㎜이상)
	IP19 교각 코핑 누수흔적 및 박리	IP23 교각 코핑/받침콘크리트 박리,박락
손상현황	- 포장망상균열, 슬래브측면 균열, 신축이음 누수에 의한 하부 부재 열화 등	
점검항목	- 손상보수 후 재손상 발생 여부의 지속적인 관찰	
점검도구	- 점검망치, 외관망도, 사진기	

바. 종합결론

이산포IC RAMP-I는 경기도 고양시 일산서구 법곳동~김포시 걸포동 일원에 위치하며, 연장 L=320.0m, 폭 B=6.75m의 램프교량으로 설계하중은 DB-24의 도로교로 상부구조는 강합성 상자형교(240.0m)와 R.C SLAB교(80.0m)로 이루어져 있으며, 하부구조는 교대 역T형, 교각 T형, 기초는 직접기초, 간이우물통, 현장타설말뚝으로 설계,시공 되었다. 본 과업은 2007년 12월에 준공후 정밀점검 4회차로 시행하는 정밀점검이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사, 각종시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

◦ 외관조사 결과, 구조적으로 문제가 되는 손상 및 사용성을 저해할 만한 심각한 결함은 없는 상태이나, 장기적으로 내구성을 저해할 수 있는 비구조적인 손상들이 조사되었다.

◦ 주요손상으로 교면포장은 미끄럼방지시설 망상균열, 포장마모, 국부적 면적의 포장 패임 등의 손상이 조사되어 손상 확대시 차량의 주행성 확보 및 미관 확보 차원의 재포장, 소파보수 등이 필요하다.

◦ 폭 0.1~0.3mm이하 균열, 국부적 면적의 재료분리, 박리, 긁힘이 조사되어 지속적인 관리를 통한 손상 확대시 내구성 및 미관 확보 차원의 보수가 필요하다.

◦ 배수관은 전반적으로 양호한 상태이며, 배수구 막힘이 일부 조사되어 청소가 필요하다.

◦ 신축이음장치 본체 유간 토사퇴적이, 후타재 균열, 후타재 접속부 단차 등이 국부적으로 조사되어 주기적인 관찰을 통한 손상 확대시 주행성 및 내구성 확보 차원의 적절한 조치가 필요하다.

◦ 바닥판은 균열, 망상균열, 균열부 백태, 박리 및 박락 등이 발생한 것으로 조사되어 내구성 확보 차원의 적절한 조치가 필요하다.

◦ 강박스거더는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되어 점검을 통한 지속적인 유지관리가 필요하다.

◦ 교량받침 본체는 전반적으로 양호한 상태이나 받침 몰탈 및 콘크리트 균열, 파손, 받침 콘크리트 철근노출 등이 조사되어 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.

◦ 교대, 교각은 균열, 망상균열, 철근노출, 박리 및 박락, 파손, 누수흔적, 상면 이물질 퇴적, 점검로 파손 등이 조사되어 내구성 및 사용성, 미관 확보 차원의 보수 등의 적절한 조치가 필요하다.

◦ 교량받침의 이동량은 여유량을 확보하고 있는 상태이며, 신축이음의 유간거리도 기준치를 확보하고 있는 것으로 측정되었다.

◦ 내구성조사 결과, 반발경도 및 탄산화는 설계기준치를 상회하는 것으로 측정되어 향후, 점검 등을 통해 기 점검결과와 비교후 지속적인 유지관리가 필요한 상태이다.

◦ 이산포IC RAMP-I의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 'B' 로 산정되었고, 종합평가에 의한 시설물의 안전등급은 "B등급" 으로 결정되어 내구성 증진을 위하여 일부 부재에 대한 보수가 필요한 것으로 나타났다.

◦ 본 과업대상 시설물인 이산포IC RAMP-I의 일부 부재에서 손상 및 결함사항이 발생된 것으로 조사되었으나 구조적 안전성에는 문제가 없는 일반적인 손상으로 판단되며, 본보고서의 보수·보강 방안 및 유지관리 방안을 참조하여 내구성 확보를 위한 보수를 실시하고 지속적인 유지관리가 이루어진다면 현 시점에서 정밀안전진단 및 사용제한 조치는 필요하지 않은 것으로 판단된다.

◦ 국토교통부 및 한국시설안전공단에서 제시한 "안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010)" 에 의한 외관조사, 내구성 조사, 상태평가 결과에 의한 이산포IC RAMP-I교의 안전등급은 기능발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인 B등급으로 평가되었다.

◦ 기 발생된 손상에 대하여 내구성 증진 및 사용성 확보 차원의 적절한 보수 및 유지관리를 수행한다면 사용성 및 구조적 안전성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

2.2.6 시공관련 자료검토

- 발주처 및 관련자료(FMS) 확인결과 시공관련 자료가 보관되어 있는 것으로 확인됨.

2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약

본 교량은 2007년 12월 실시한 초기점검을 시작으로 현재까지 공용기간 중 초기점검 1회, 정기점검 16회, 정밀점검 4회를 실시하였으며, 주요 점검이력은 다음과 같다.

【표 2.38】RAMP-I교 점검 및 진단이력

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
1	초기점검	2007.11	㈜삼림엔지니어링	외관조사, 비파괴시험, 재하시험 및 구조해석을 통한 안전성평가결과 소요의 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가됨.	A
2	정기점검	2008.06	한세이엔씨(주)	전반적으로 양호한 상태임.	양호
3	정기점검	2008.12	한세이엔씨(주)	우물통 기초부 시공이음 균열 지속관찰 후 추후 보수가 필요함.	양호
4	정기점검	2009.06	한세이엔씨(주)	전반적으로 양호한 상태임.	양호
5	정밀점검	2009.12	한세이엔씨(주)	바닥판 하면 및 교각 방호벽에 콘크리트 건조수축에 의한 균열 폭 이하 이 전반적으로 발생되었으나 구조적인 손상은 아닌 것으로 판단됨 따라서 발생된 손상부위에 대하여 적절한 보수 후 추적관리를 통해 추가적 손상 발생이나 진행여부 보수 효과 확인 등의 지속적인 관찰이 요구됨	A
6	정기점검	2010.06	한세이엔씨(주)	미끄럼 방지 포장균열 포트홀 아스콘 보수불량 신축유간 토사퇴적 후타재 균열이 조사됨	양호
7	정기점검	2010.12	한세이엔씨(주)	신축이음부 누수 주요부재 국부적인 균열 보조부재 방호벽 후타재 받침몰탈 균열이 조사됨	양호
8	정기점검	2011.06	한세이엔씨(주)	신축이음부 일부 누수 슬래브하면 교각두부 국부적 균열 발생 방호벽 균열 후타재 균열 미끄럼 방지포장 박리 등 발생함	양호
9	정기점검	2011.12	한세이엔씨(주)	슬래브상면균열 미끄럼방지포장균열 후타재균열 등이 발생 슬래브 상면 및 교대 교각 발생 일부 철근노출 신축이음부 누수 등이 발생함	양호
10	정기점검	2012.06	한세이엔씨(주)	슬래브상면에서 미끄럼방지포장균열 포트홀 균열 등이 발생하였으며 슬래브하면 교대 및 교각에서 일부 균열이 발생함	양호
11	정밀점검	2012.12	㈜한맥도시개발	교면포장 미끄럼방지 망상균열 포장패임 바닥판 균열 및 망상균열 신축이음 후타재 균열 하부구조 균열 방호벽 균열 등이 발생함	B

【표 2.37】RAMP-I교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
12	정기점검	2013.06	한세이엔씨(주)	상부구조의 미끄럼방지포장 망상균열 보수부 포장 패임 방호벽 균열 망상균열 파손 철근노출 신축이음장치 후타재 균열 유간토사퇴적 배수구 막힘 바닥판 균열의 손상과 하부구조에 받침콘크리트 균열 교각 균열 망상균열 박리 누수흔적 등의 손상이 발생됨	양호
13	정기점검	2013.12	한세이엔씨(주)	상부구조인 교면포장의 미끄럼방지포장 망상균열 포장 패임 파손 방호벽 균열 망상균열 파손 철근노출 긁힘 신축이음장치 후타재 균열 유간토사 퇴적 차수판 볼트탈락 배수구 막힘 바닥판 균열 백태의 손상과 하부구조에 받침콘크리트 균열 교각 균열 망상균열 박리 누수오염 등의 손상이 발생됨	양호
14	정밀점검	2014.06	한세이엔씨(주)	포장 망상균열 포트홀 포장패임 방호벽 균열 재료분리 박리 및 박락 신축이음 본체 토사퇴적 후타재균열 단차 및 이격 바닥판하면 균열 망상균열 균열부 백태 받침몰탈 및 콘크리트 균열 몰탈 콘크리트 파손 교대 및 교각 균열 망상균열 철근노출 박리 및 박락 누수흔적 등이 발생된 것으로 조사됨	B
15	정기점검	2014.12	한세이엔씨(주)	상부구조는 미끄럼방지포장 망상균열 박리 포트홀 및 패임 방호벽 균열 망상균열 긁힘 재료분리 박리 신축이음장치 누수 후타재균열 유간토사퇴적 이격 및 단차 배수구 막힘 바닥판 균열 및 망상균열 백태 등의 손상이 발생하였고 하부구조는 받침콘크리트 균열 파손 이동량 측정자 파손 교각 균열 망상균열 철근노출 박리 누수흔적 점검로 파손 등의 손상이 발생됨	양호
16	정기점검	2015.06	㈜한맥도시개발	구조적인 취약부 및 유지관리시 중점 점검 손상은 조사되지 않아 부분적으로 발생된 손상에 대한 보수 적절한 보수 후 추적관리를 통해 추가적인 손상 발생이나 진행여부 보수 효과 확인 등의 지속적인 관찰이 요구됨	양호
17	정기점검	2015.12	㈜한맥도시개발	상부의 교면포장 망상균열 포트홀 및 패임 방호벽 균열 박리 박락 철근노출 신축이음장부 누수 후타재 균열 유간토사퇴적 이격 및 단차 배수구 막힘 바닥판 균열 및 망상균열 백태 등의 손상은 년 상반기 점검 결과에 대비하여 손상부의 진전은 없는 것으로 조사되었으며 일부는 보수가 국부적으로 진행된 것으로 확인됨	양호

【표 2.37】RAMP-I교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
18	정밀점검	2016.06	한세이엔씨(주)	포장 망상균열 포트홀 포장패임 방호벽 균열 재료분리 박리 및 박락 신축이음 본체 토사퇴적 후타재균열 단차 및 이격 신축이음 하부 누수 바닥판하면 균열 망상균열 균열부 백태 받침몰탈 및 콘크리트 균열 몰탈 콘크리트 파손 교대 및 교각 균열 망상균열 철근노출 박리 및 박락 누수흔적 등이 발생된 것으로 조사됨	B
19	정기점검	2016.12	한세이엔씨(주)	포장 미끄럼방지 포장 망상균열 및 박리 포장패임 포장마모 방호벽 균열 재료분리 박리 및 긁힘 신축이음 본체 토사퇴적 후타재균열 이격 및 단차 신축이음 하부 누수 바닥판하면 균열 망상균열 균열부 백태 박리 및 박락 받침 몰탈 및 콘크리트 균열 받침콘크리트 파손 철근노출 이동량 측정자 파손 교대 및 교각 균열 망상균열 파손 박리 및 박락 누수흔적 점검로 파손 이물질 퇴적 철물 미제거 등이 발생된 것으로 조사됨	양호
20	정기점검	2017.06	㈜명성엔지니어링	정기점검 결과 기존 손상인 아스콘 망상균열 패임 라벨링 방호벽 균열 및 긁힘 슬래브하면 균열 및 파손 신축이음 본체 토사퇴적 누수 흡음재 탈락 후타재 균열 교량받침 무수축몰탈 균열 무추축몰탈 들뜸 및 파손 교각 균열 및 망상균열 콘크리트 박리 등이 조사되었다 시설물에 발생된 손상은 시공 및 공용과정 중 발생된 손상으로 구조적 안전성에는 큰 문제가 없으나 노후화에 의한 내구성 저하방지 차원의 보수 및 정비가 필요한 상태임	양호
21	정기점검	2017.12	㈜명성엔지니어링	정기점검 결과 아스콘 망상균열 패임 포장마모 방호벽 균열 및 긁힘 슬래브하면 균열 및 파손 신축이음 본체 토사퇴적 고무재 손상 누수 흡음재 탈락 후타재 균열 교량받침 무수축몰탈 균열 무추축몰탈 들뜸 및 파손 교대 및 교각 균열 및 망상균열 콘크리트 박리 등이 조사되었다 시설물에 발생된 손상은 시공 및 공용과정 중 발생된 손상으로 구조적 안전성에는 큰 문제가 없으나 노후화에 의한 내구성 저하방지 차원의 보수 및 정비가 필요한 상태임	양호

2.4 보수.보강 이력

일 자	내 용	물 량	시 공 자	비 고
2013.06	미끄럼방지포장	-	-	
2013.06 ~2018.05	교면포장 부분보수(포트홀)	-	일산대교(주)	
2015.06	교각, 슬래브 균열 및 단면보수	-	대림산업(주)	
2017.06	교각, 슬래브 균열 및 단면보수	-	대림산업(주)	

2.5 시설물의 내진설계 여부

본 과업대상 구조물인 RAMP-I교는 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

2.6 자료분석 결과요약

본 과업의 효과적인 용역 수행을 위하여 건설관련 자료와 유지관리 자료 등을 입수하였으며, 수집 자료를 검토한 결과 및 진단과업 진행방향은 다음과 같다.

【표 2.39】 자료분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 준공도면 및 구조계산서 - 일반보고서 - 준공도면 - 구조계산서 - 내진해석 - 토질조사 보고서	◇ 구조계산서 및 구조물도, 일반보고서는 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇ 설계도면과 실측 제원 비교시 주요 부재에 대하여 전반적으로 동일	◇ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교, 검토
유 지 관 리 자 료	◇ 정밀점검 보고서(2016.06) ◇ 보수·보강 이력	◇ 11년간 공용하면서 별다른 문제가 없는 양호한 상태 ◇ 일부 발생한 손상에 대하여 보수 필요 ◇ 보수 및 보강 이력은 관리주체에 제공받아 검토됨	◇ 전회 점검 결과와 금회 진단결과를 비교, 검토 ◇ 손상확인 및 대책방안 마련 ◇ 전회 점검 내구성결과와 금회 진단결과를 비교, 검토하여 내구성 저하 여부 확인

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

3.2 외관조사

3.3 콘크리트 내구성조사

3.4 강재 내구성조사

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

본 과업 대상 교량인 RAMP-I교는 행정구역상으로 경기도 일산서구 고양시 법곳동 ~ 김포시 걸포동 일대에 위치하고 있는 2007년 12월에 준공된 교량이다. 본 교량은 연장 L=595.0m, 폭 B=10.250~18.196m의 램프교량으로 설계하중은 DB-24의 도로교로 상부구조는 강합성 상자형교(215.0m)와 R.C SLAB교(290.0m), R.C RAHMEN교(90.0m)로 이루어져 있으며, 하부구조는 교대 역T형, 교각 T형, 기초는 직접기초, 간이우물통, 현장타설말뚝으로 설계, 시공 되었다.

본 과업 2007년 12월 준공 후 최초로 실시하는 정밀안전진단으로 대상교량의 물리적, 기능적 결함을 조기에 발견하여 신속하고 적절한 조치를 취하고 구조적 안전성 및 결함원인 등을 조사·측정·평가하여 장·단기 보수계획 등 유지관리에 활용할 목적으로 점검장비를 이용하여 가능한 한 모든 부재에 근접한 상태에서 조사를 실시하였다.

또한, 외관조사는 주요 구조부재와 부속 시설물로서 교면포장, 배수시설, 바닥판, 신축이음, 교량받침, 거더, 교대, 교각 각각에 대한 현 상태를 조사하였고, 기존 정기점검('17.12)시에 발생된 손상의 확인, 진행유무, 보수상태, 재발생 여부 및 신규발생 손상 등에 대하여 면밀한 조사를 실시하였다.

본문에서는 교량의 구성부재별로 외관조사 결과를 사진 중심으로 수록하였고 이에 따른 외관조사망도와 외관조사 총괄표는 부록에 수록하여 향후 교량점검 및 유지관리시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였으며, 과업조사 착수 전까지의 정기점검('17.12)을 "기존", 2018년 정밀안전진단을 "금회"라고 표기하였다.

RAMP-I교의 조사 방법은 교각 하부 도보를 통한 1차 외관조사 실시 후 접근장비를 이용한 2차 조사를 실시하였으며, 접근장비는 고소작업차를 이용하여 최대한 접근 후 조사를 실시하였다.

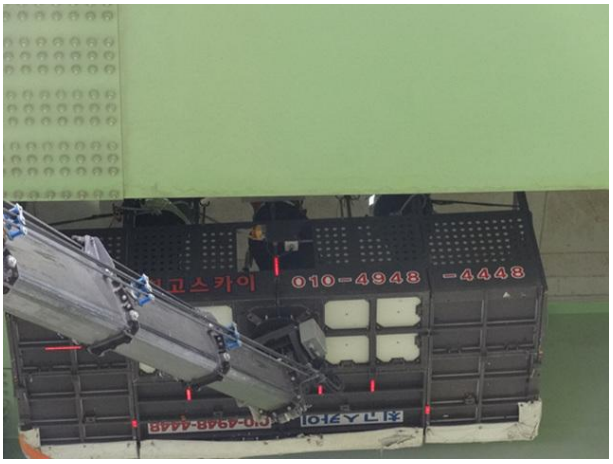
【표 3.1】 각 부재 별 조사방법 및 기간

구분	경간	조사방법	조사기간	비고
1차 조사	S1~S26	도보, 고소작업차	2017.10.11 ~ 10.13	
2차 조사	S1~S26	도보	2018.03.14	

도보를 이용한 교면포장, 방호울타리 조사

교각, 바닥판 조사를 위한 고소작업차 이용

교각, 바닥판 조사를 위한 고소작업차 이용



교각, 바닥판 조사를 위한 고소작업차 이용

【사진 3.1】 RAMP-I교 장비접근 현황

3.2 외관조사

3.2.1 상부구조

가. 바닥판

RAMP-I교는 사각이 있는 곡선교(R=146~220)로서 STB거더 및 RC슬래브, RC라멘 구간으로 구성되어 있다.

바닥판의 외관조사는 고소점검차를 이용하여 최대한 근접한 거리에서 실시하였다.

바닥판 하면(S2)	바닥판 하면(S14)

【사진 3.2】바닥판 전경

1) 외관조사 결과

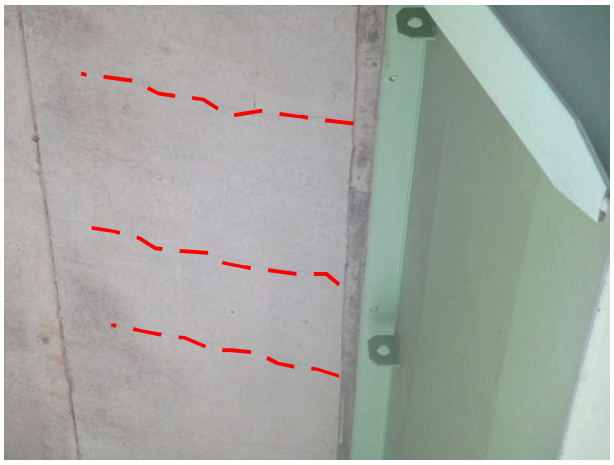
- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 캔틸레버 및 바닥판 전구간에 걸쳐 폭 0.1~0.4㎜의 균열이 조사되었다.
- 바닥판 일부구간 망상균열, 재료분리, 긁힘, 균열부 백태 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.2】바닥판 외관조사 결과

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검	2018년 정밀안전진단		
균열(폭 0.3㎜미만)	473ea / 430.8m	633ea / 838.6m	⬆ 407.8	신규손상
균열(폭 0.3㎜이상)	11ea / 15.1m	40ea / 59.8m	⬆ 44.7	신규손상
균열부 백태	1ea / 0.63㎡	2ea / 1.03㎡	⬆ 0.4	신규손상
긁힘	- / -	12ea / 0.72㎡	⬆ 0.72	신규손상

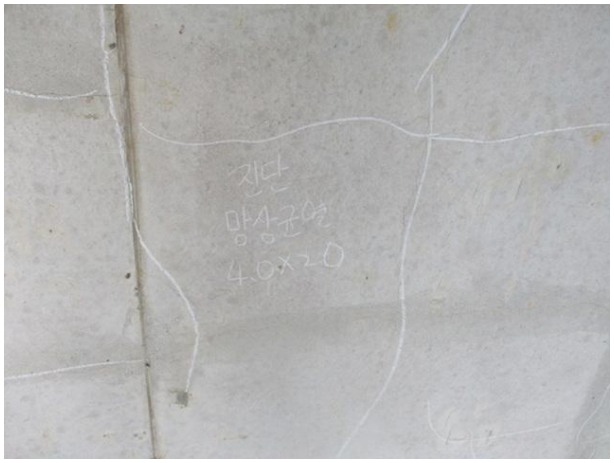
【표 3.2】 바닥판 외관조사 결과(계속)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검	2018년 정밀안전진단		
들뜸	- / -	1ea / 0.02㎡	⬆ 0.02	신규손상
망상균열	13ea / 108.6㎡	40ea / 236.1㎡	⬆ 127.5	신규손상
물끊기홈 미설치	1ea / 0.5m	1ea / 0.5m	- -	변동없음
박리 및 박락	2ea / 1.37㎡	2ea / 0.59㎡	⬇ 0.78	물량변동
재료분리	2ea / 0.84㎡	2ea / 0.84㎡	- -	변동없음
파손	- / -	1ea / 0.04㎡	⬆ 0.04	신규손상

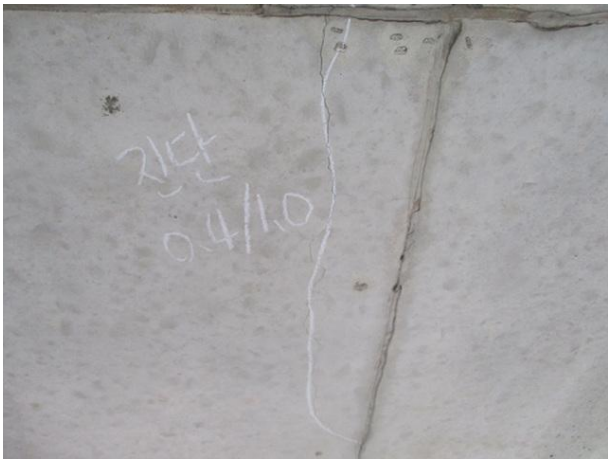


S1 바닥판 균열 0.3㎜

S1 캔틸레버 들뜸

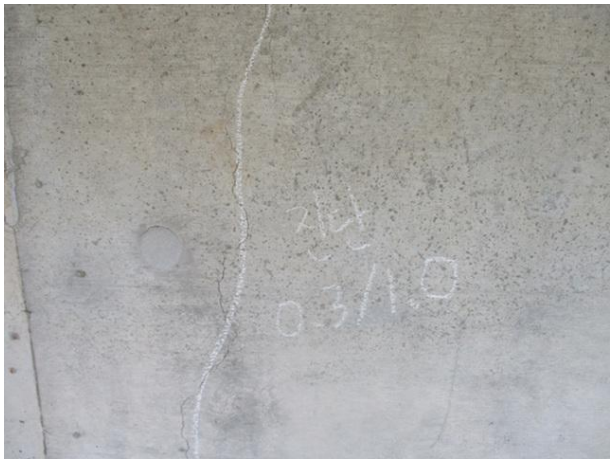


S2 바닥판 망상균열 0.1㎜



S2 바닥판 균열 0.4㎜

【사진 3.3】 바닥판 손상현황

S5 캔틸레버 물끊기 홈 미설치	S7 바닥판 균열 0.3㎜
	
S8 바닥판 균열 0.3㎜	S9 바닥판 긁힘
S16 바닥판 재료분리	S23 바닥판 박락

【사진 3.3】 바닥판 손상현황(계속)

2) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 균열 및 망상균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단된다. 균열의 발생은 전구간 국부적으로 발생한 상태이며, 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 바닥판 일부 구간에 발생된 균열 폭 0.3㎜ 이상인 균열의 경우 기 손상의 진전으로 인해 발생된 손상으로 상부의 우수유입 시 균열 진전 및 내부 철근부식 등을 유발할 수 있으므로 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 주입보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- S16, S17, S21~S24 경간에 발생된 재료분리 및 긁힘의 경우 시공초기 다짐부족, 외부 충격 등의 원인으로 발생된 손상인 것으로 판단된다. 기 손상부는 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 조치가 필요하다.
- S23 경간에 발생된 박리 및 박락의 경우 신축이음 하부 누수 등으로 인해 발생된 손상으로 판단된다. 현재 신축이음장치에 대한 근본적인 보수가 선행되지 않으면 보수효과를 기대하기 어렵기 때문에 신축이음장치 교체, 하부 물받이 및 유도배수관 설치 등의 조치가 선행되어야 하며, 박리 및 박락의 경우 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.

【사진 3.4】 바닥판 박리 및 박락 현황

나. 강박스 거더

본 RAMP-I교의 S1~S5 경간의 거더 형식은 강박스(STB)이며 2개의 거더가 병렬 설치되어 있다. 각각의 거더와 거더 사이에는 가로보가 위치하며 내부에는 격벽이 시공되어 있다.

강박스 거더는 강재로 구성된 모재와 부재들이 용접과 볼트로 접합되어 형성된 구조로서 이에 대한 구조적 특성과 제반이력들을 숙지하고 현장조사에 임하는 것이 중요하다.

강박스 거더 외부에 대해서는 바닥판과 동일한 방법으로, 내부에 대해서는 도보에 의해 외관조사를 실시하였다.

강박스 거더 내부 전경

강박스 거더 외부 전경

【사진 3.5】 강박스 거더 전경

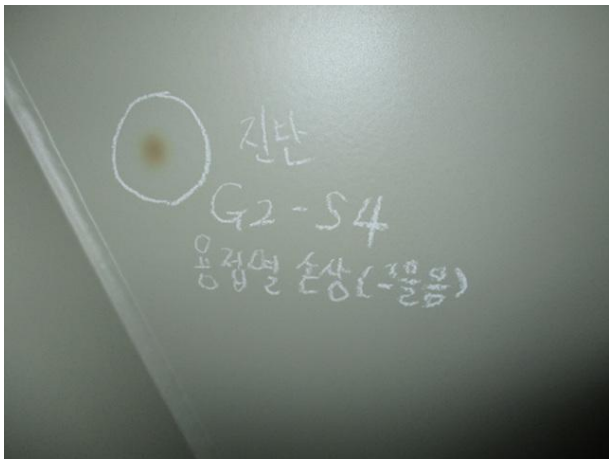
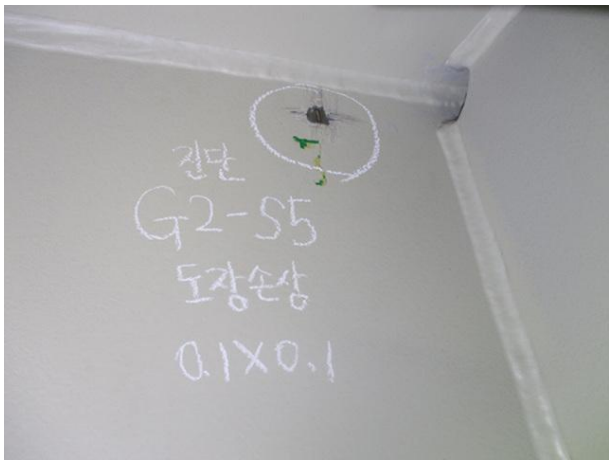
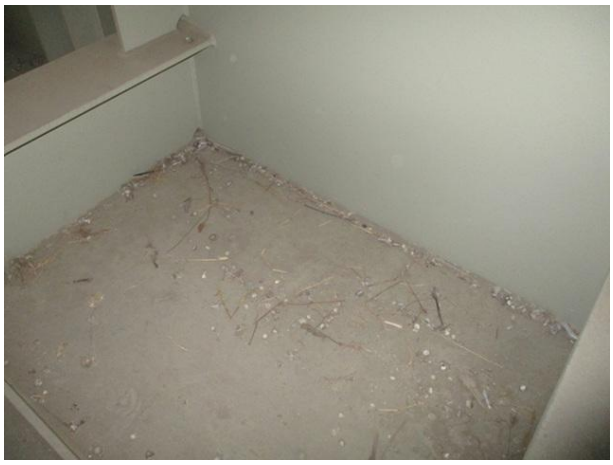
1) 강박스 거더 내부

① 외관조사 결과

- 강박스 거더 내부에 대한 외관조사 결과 도장손상, 용접열 손상, 우수유입흔적, 이물질 퇴적 등이 조사되었다.

【표 3.3】 강박스 거더 내부 외관조사 결과

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검	2018년 정밀안전진단		
도장손상	- / -	4ea / 0.04㎡	⬆ 0.04	신규손상
용접열 손상	1ea / 0.01㎡	1ea / 0.01㎡	- -	변동없음
우수유입흔적	- / -	1ea / 1.05㎡	⬆ 1.05	신규손상
이물질 퇴적	- / -	2ea / 3.5㎡	⬆ 3.5	신규손상

	
S4 G2 용접열 손상(그을음)	S5 G1 도장손상
S5 G1 우수유입흔적	S5 G1 이물질 퇴적
	
S5 G2 도장손상	S5 G2 이물질 퇴적

【사진 3.6】 강박스 거더 내부 손상현황

② 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- RAMP-I교의 거더 내부에 발생한 도장손상의 경우 장기공용으로 인한 열화 및 시공당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 발생된 손상으로 손상정도가 경미하며 구조물의 안전성에 별다른 영향을 미치지 않는 손상이므로 주의관찰 후 손상의 진전 시 재도장 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.
- S4의 상면에 발생된 용접열 손상의 경우 시공중 용접열에 의해 발생된 손상으로, 현재 상태는 경미하며 안전성에 별다른 영향을 미치지 않는 손상이므로 주의관찰 하여도 무방하다.
- 거더 내부에 국부적으로 발생된 우수유입흔적의 경우 Splice 틈으로 유입된 우수에 의한 손상으로 손상의 정도가 경미하여 주기적인 점검을 통한 주의관찰 후 손상의 진전 시 Splice 틈 실링재 마감 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.
- 그 외 일부구간 발생된 이물질 퇴적의 경우 공용기간 증가로 인한 손상으로 구조물의 안전성에 별다른 영향을 미치지 않는 손상이므로 주의관찰 하여도 무방하다.

【사진 3.7】 강박스 거더 내부 Splice부 우수유입흔적

2) 강박스 거더 외부

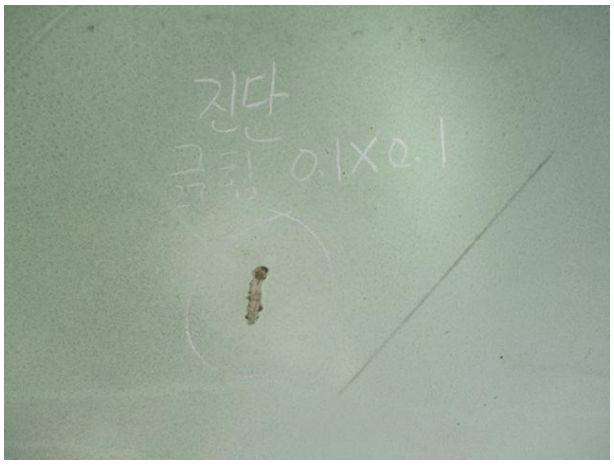
① 외관조사 결과

- 강박스 거더 외부에 대한 외관조사 결과 일부구간 점부식 및 긁힘이 조사되었다.

【표 3.4】 강박스 거더 외부 외관조사 결과

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검	2018년 정밀안전진단		
긁힘	4ea / 0.07㎡	4ea / 0.07㎡	- -	변동없음
점부식	1ea / 0.3㎡	1ea / 0.3㎡	- -	변동없음

S2 G1 하부플랜지 긁힘



S2 G1 하부플랜지 긁힘

S2 G2 측면 긁힘

S2 G2 하부플랜지 점부식

【사진 3.8】 강박스 거더 외부 손상현황

② 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- S2 경간에 발생한 점부식은 시공당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡, 장기공용으로 인한 열화 등에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 주의관찰 후 손상의 진전 시 재도장 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.
- S2 경간에 국부적으로 발생된 거더의 긁힘은 시공 중 거더의 거치시 외부 충격 등에 의해 발생된 손상으로 손상정도가 경미하여 주기적인 점검을 통한 주의관찰 후 손상의 진전 시 재도장 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 그 외 구조물의 안전성 및 내구성에 영향을 미칠만한 손상은 발생되지 않은 것으로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현 상태를 유지하는 것이 바람직하다.

다. 가로보

본 RAMP-I교 거더와 거더 사이에는 가로보가 시공되어 있으며 가로보에 대해서는 강박스 거더 외부와 동일한 방법으로 외관조사를 실시하였다.

가로보 전경	가로보 전경

【사진 3.9】 가로보 전경

1) 외관조사 결과

- 가로보의 경우 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

【표 3.5】 가로보 외관조사 결과

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검	2018년 정밀안전진단		
상태양호	- / -	- / -	- -	-

가로보 상태 양호

가로보 상태 양호

【사진 3.10】 가로보 손상현황

2) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 가로보에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다. 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 유지관리를 시행하여 현 상태를 유지하는 것이 바람직하다.

3.2.2 하부구조

가. 교대

RAMP-I교의 교대는 철근콘크리트 역 T형, 기초형식은 강관말뚝기초로 시공되었으며, 교대에 대한 외관조사는 도보조사로 근접하여 실시하였다.

교대 A1 전경

교대 A2 전경

【사진 3.11】교대 전경

1) 외관조사 결과

- 교대에 발생한 균열은 폭 0.1~0.2㎜로서 수직균열의 형태로 발생하였다.
- 교대 A2의 경우 신축이음하부 우수유입으로 인하여 교대 흉벽에 누수흔적 및 체수가 조사되었고, A1의 경우 교대 상면에 박락이 발생된 상태이다.
- A1 교대 전면의 경사는 콘크리트 블록으로 마감되어 있으며, 일부 구간 법면 배수로 손상 및 1소단 폭 0.3㎜이상 균열이 조사되었다.

【표 3.6】교대 외관조사 결과

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검	2018년 정밀안전진단		
균열(폭 0.3㎜미만)	13ea / 8.5m	13ea / 8.5m	- -	변동없음
박락	- / -	4ea / 0.28㎡	⬆ 0.28	신규손상
누수흔적	3ea / 8.0㎡	3ea / 8.0㎡	- -	변동없음
체수	- / -	1ea / 2.4㎡	⬆ 2.4	신규손상
법면 1소단 균열	- / -	2ea / 2.0m	⬆ 2.0	신규손상
법면 배수로 손상	- / -	2ea / 0.5㎡	⬆ 0.5	신규손상

교대 A1 흉벽 균열 0.1㎜	교대 A2 벽체 균열 0.2㎜
교대 A2 흉벽 누수흔적	교대 A1 법면 1소단 균열 2.0㎜
교대 A1 법면 배수로 손상	교대 A1 법면 배수로 손상

【사진 3.12】교대 손상현황

2) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교대에서 조사된 균열은 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축 및 온도변화에 의해 발생한 것으로 판단된다. 기 손상부는 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.
- 교대 A2 흉벽에 발생한 누수흔적 및 체수는 신축이음으로 유입된 우수에 의한 것으로서 현재 신축이음장치에 대한 근본적인 보수가 선행되지 않으면 보수효과를 기대하기 어렵기 때문에 신축이음 교체, 하부 물받이 및 유도배수관 설치 등의 조치가 선행되어야 하며, 손상부의 경우 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직하다.
- 교대 A1에 발생된 박락의 경우 공용기간 증가로 인한 열화, 외기환경, 우수유입 등으로 인해 발생된 손상인 것으로 판단되며, 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.
- 교대 A1 법면 배수로 손상 및 1소단 균열의 경우 상부 배수관으로부터의 우수유입 및 당초 앞성토의 다짐불량에 의해 발생된 것으로 판단된다. 현재 손상부는 별다른 진전이 발생하지 않은 것으로 조사되었으므로 주기적인 점검을 통한 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

나. 교각

RAMP-I교의 교각은 T형, 기초형식은 직접기초, 간이우물통, 현장타설말뚝으로 혼용 시공되어 있으며, 교각에 대한 외관조사는 점검로 및 교량점검차를 이용하여 최대한 근접거리에서 육안으로 조사하였다.

교각 P9 전경	교각 P10 전경

【사진 3.13】 교각 전경

1) 외관조사 결과

- 교각에 발생한 균열은 폭 0.1~0.3㎜로서 수직균열의 형태로 발생하였다.
- 교각의 기둥부 및 코핑부에 망상균열, 파손 및 보수재 박락, 볼트미제거 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.7】 교각 외관조사 결과

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검	2018년 정밀안전진단		
균열(폭 0.3㎜미만)	173ea / 130.5m	208ea / 170.1m	⬆ 39.6	신규손상
균열(폭 0.3㎜이상)	7ea / 9.6m	10ea / 12.3m	⬆ 2.7	신규손상
누수오염	1ea / 1.0㎡	1ea / 1.0㎡	- -	변동없음
누수흔적	25ea / 38.85㎡	30ea / 46.85㎡	⬆ 8.0	신규손상
들뜸	- / -	1ea / 0.05㎡	⬆ 0.05	신규손상
망상균열	12ea / 25.0㎡	38ea / 50.95㎡	⬆ 25.95	신규손상
박리 및 박락	20ea / 13.08㎡	21ea / 5.77㎡	⬇ 7.31	물량변동
박락 및 철근노출	1ea / 0.1㎡	1ea / 0.1㎡	- -	변동없음

【표 3.7】 교각 외관조사 결과(계속)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검	2018년 정밀안전진단		
이물질 퇴적	1ea / 1.5㎡	1ea / 1.5㎡	- -	변동없음
철물미제거	39ea / 39ea	39ea / 39ea	- -	변동없음
체수	- / -	4ea / 5.5㎡	⬆ 5.5	신규손상
체수 및 박락	- / -	1ea / 1.44㎡	⬆ 1.44	신규손상
파손	- / -	3ea / 0.03㎡	⬆ 0.03	신규손상

교각 P5 코핑부 균열 0.3㎜

교각 P5 코핑부 박락

교각 P11 기둥부 파손

교각 P23 코핑부 박락

【사진 3.14】 교각 손상현황

2) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

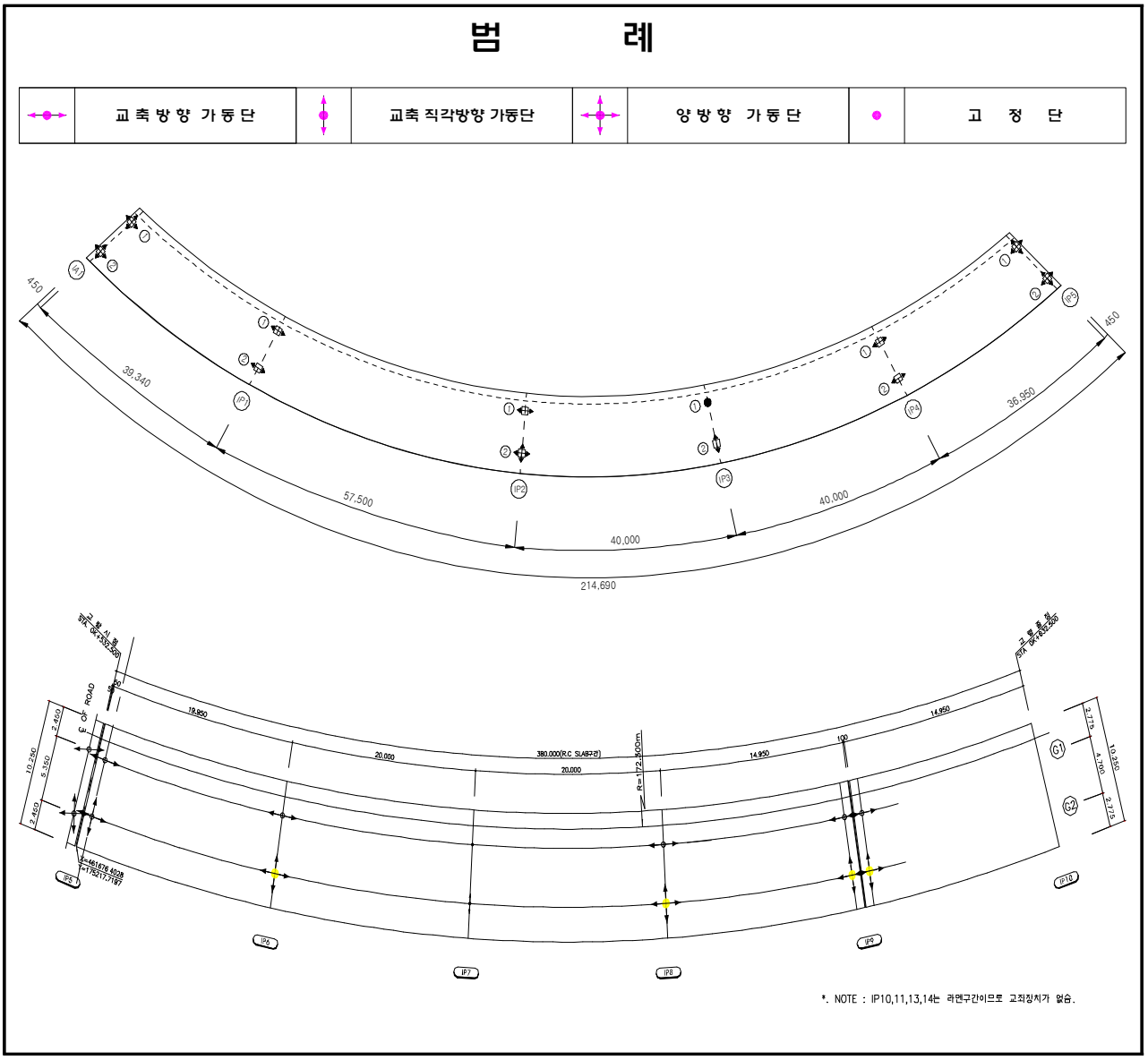
- 교각에서 조사된 균열 및 망상균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축과 온도변화가 주된 원인으로 판단된다. 발생된 균열은 대부분 폭 0.3㎜미만의 비구조적 균열로서 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단되며, 일부구간 발생된 폭 0.3㎜이상 균열의 경우 우수 유입 시 철근부식, 들뜸 등의 손상을 유발시킬 수 있으므로 진전 방지 및 내구성 증진을 위한 주입보수 등의 조치가 필요하다.
- 교각의 코핑부 및 기둥부에 발생된 누수흔적 및 누수오염, 체수의 경우 신축이음 하부 누수로 인한 손상으로 그로 인한 박리 및 박락 등의 2차 손상이 발생된 상태이다. 현재 신축이음부에 대한 근본적인 보수가 선행되지 않으면 손상부의 보수 효과를 기대하기 어렵기 때문에 신축이음장치 교체, 하부 물받이 및 유도배수관 설치 등의 조치가 선행되어야 하며, 기 손상부는 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 교각 일부구간 발생된 들뜸, 박락 및 철근노출, 파손의 경우 공용기간 증가로 인한 열화, 우수유입, 시공미흡, 외부충격 등의 원인으로 인해 발생된 것으로 판단되며, 기 손상부는 진전 방지 및 내구성 확보 차원의 단면보수, 방청 등의 조치가 필요하다.
- 그 외 발생된 이물질 퇴적, 철물미제거의 경우 공용기간 증가로 인한 열화, 시공미흡 등으로 인해 발생된 손상으로 구조물의 내구성에 영향을 미칠만한 손상은 아니므로 주의관찰 하여도 무방하다.

3.2.3 교량받침

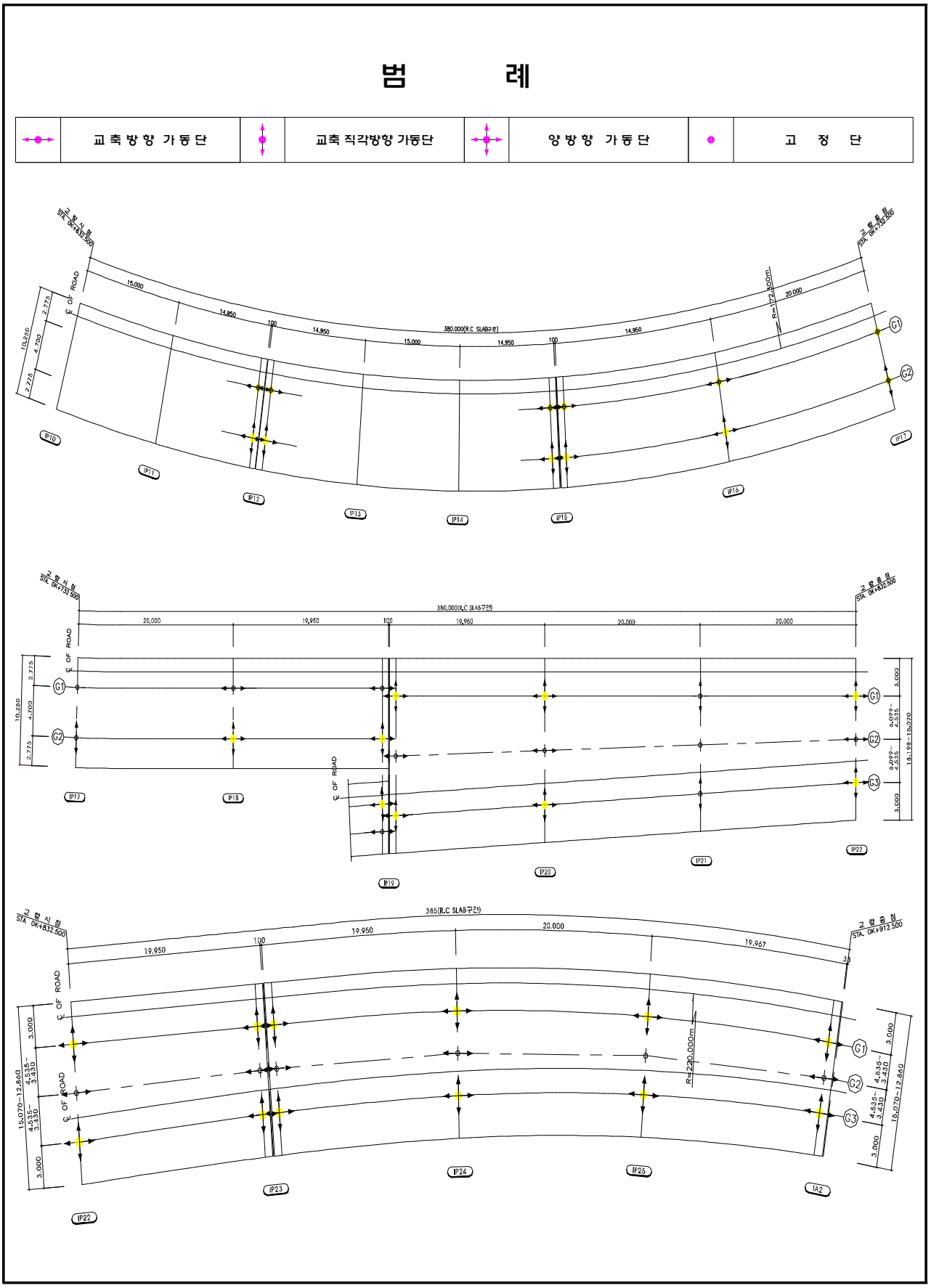
본 교량의 받침 형식은 포트받침(Pot Bearing) 및 탄성받침이며, 받침의 형식은 5개의 고정단 받침, 26개소의 교축 일방향 받침, 5개소의 교축 직각 일방향 받침 및 31개소의 양방향 받침으로 총 67개의 받침이 설치되어 있다.

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부에 전달하는 기능을 수행하는 부재로서 상부 온도변화에 따른 거동, 상부 활하중에 의한 변위에 대한 흡수, 저항하는 부재로 온도변화, 활하중에 의한 신축기능 여부뿐만 아니라 표면부식, 받침콘크리트 손상여부 등을 점검하여야 한다.

교량받침의 외관조사는 점검로를 통한 근접조사를 기반으로 받침 이동량, 연단거리 등을 측정하였고, 받침의 부식 및 받침콘크리트 손상여부를 중점적으로 조사하였다.



【그림 3.1】 교량받침 배치도



【그림 3.1】 교량받침 배치도(계속)

【표 3.8】 교량받침 현황

가동방향		현황사진	용량(ton)		가동량(㎜)	설치개소
일방향	교축방향		A1	250.0	±100	26
			P1	800.0	±75	
			P2	800.0	±100	
			P4	600.0	±50	
			P5	250.0 300.0	±100 ±64	
			P6, P8	500.0	±57	
			P9, P12, P15	200.0	±54	
			P16, P18, P24	500.0	±57	
			P19	280.0 300.0	±64 ±54	
			P20	700.0	±57	
			P22	600.0	±57	
			P23, A2	280.0	±54	
	교축 직각방향		P3	500.0	-	7
			P7	430.0	-	
			P17	430.0	-	
			P21, P25	500.0	-	

【표 3.8】 교량받침 현황(계속)

가동방향	현황사진	용량(ton)		가동량(㎜)	설치개소
양방향		A1	250.0	±100	29
		P2	800.0	±100	
		P5	250.0 300.0	±100 ±64	
		P8	500.0	±57	
		P9, P12, P15	200.0	±54	
		P16, P18, P24	500.0	±57	
		P19	280.0 300.0	±64 ±54	
		P20	700.0	±57	
		P22	600.0	±57	
		P23, A2	280.0	±54	
고정단		P3	500.0	-	5
		P7	430.0	-	
		P17	430.0	-	
		P21	500.0	-	
		P25	500.0	-	

가. 외관조사 결과

- 교량 받침장치는 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재로서 본 조사에서는 과반력 및 부반력 발생 여부, 온도변화 및 활하중에 의한 신축거동 여부뿐만 아니라 강재 부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성, 사용성 등에 대한 현장조사를 시행하였다.
- 받침장치의 외관조사 결과, 받침 몰탈 균열, 들뜸 및 파손, 박락, 받침 콘크리트 균열, 철근노출이 조사되었다.
- 받침장치 본체에 대한 외관조사 결과, Plate 녹발생, 고무재 손상, 볼트 부식, 스토퍼 간섭, 이동량 측정자 파손이 조사되었다.

【표 3.9】교량받침 외관조사 결과

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검	2018년 정밀안전진단		
받침 몰탈 균열	70ea / 8.0m	71ea / 8.2m	⬆ 0.2	신규손상
받침 몰탈 들뜸 및 파손	5ea / 0.39㎡	5ea / 0.25㎡	⬇ 0.14	물량변동
받침 몰탈 박락	1ea / 0.1㎡	3ea / 0.08㎡	⬇ 0.02	물량변동
받침콘크리트 균열	19ea / 2.9m	23ea / 3.7m	⬆ 0.8	신규손상
받침콘크리트 철근노출	1ea / 0.2㎡	5ea / 1.7㎡	⬆ 1.5	신규손상
Plate 녹발생	- / -	6ea / 2.09㎡	⬆ 2.09	신규손상
고무재 손상	2ea / 2ea	2ea / 2ea	- -	변동없음
볼트 부식	126ea / 126ea	490ea / 490ea	⬆ 364.0	신규손상
스토퍼 간섭	8ea / 8ea	10ea / 10ea	⬆ 2.0	신규손상
이동량 측정자 파손	2ea / 2ea	2ea / 2ea	- -	변동없음

A1-SH1 고무재 손상	P3-SH2 받침 몰탈 들뜸
P5-SH2 받침 콘크리트 철근노출	P17-SH2 받침 콘크리트 균열 0.2㎜
P19-SH6 받침 몰탈 박락	P20-SH2 스토퍼 간섭

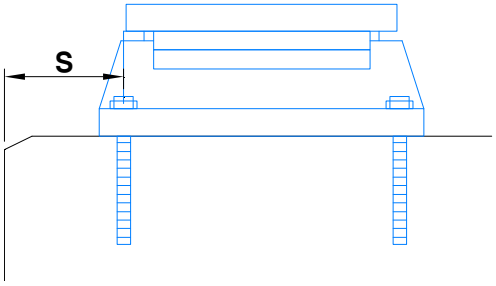
【사진 3.15】교량받침 손상현황

나. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교량받침의 받침 몰탈 및 받침 콘크리트 균열의 경우 시공초기 건조수축에 의한 손상인 것으로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 주의관찰 후 손상의 진전시 표면처리 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 교량받침에 국부적으로 발생된 받침 몰탈 들뜸 및 파손, 박락, 받침콘크리트 철근노출은 공용기간 증가로 인한 열화, 우수유입, 외기환경, 시공 시 외부충격 등에 의한 것으로서 손상의 진전 방지를 위한 단면보수, 방청 등의 조치가 필요하다.
- 교량받침 일부 구간에 발생된 Plate 녹발생 및 볼트 부식, 고무재 손상의 경우 공용기간 증가로 인한 열화, 우수유입 등에 의한 것으로서 Plate 녹발생의 경우 손상의 진전 방지 및 교량받침의 원활한 거동을 위한 재도장을, 볼트 부식 및 고무재 손상의 경우 구조물의 거동 및 내구성에 영향을 줄만한 손상은 아니므로 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직하다.
- 탄성받침 일부 구간에 발생된 스토퍼 간섭의 경우 거더의 신축 거동으로 인해 발생된 손상으로 현재 받침몰탈 및 받침콘크리트, 거더 등에 2차 손상은 발생되지 않은 상태이므로 주기적인 점검을 통한 주의관찰 후 주변 부재 손상 발생 시 재설치 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.
- 그 외 이동량 측정자 파손의 경우 받침장치의 원활한 유지관리를 위한 재설치 등의 조치가 필요하다.
- 현재 교량받침의 신축 거동에 영향을 미칠만한 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 관리주체의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

다. 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 ‘도로교설계기준(2012, 국토해양부)’에서는 최소값을 규정하고 있다.



< 포트받침 >

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

1) 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=15.0m) : 200+5×15.0 = 275.0(㎜)
- 거더 경간길이(L=20.0m) : 200+5×20.0 = 300.0(㎜)
- 거더 경간길이(L=37.0m) : 200+5×37.0 = 385.0(㎜)
- 거더 경간길이(L=40.0m) : 200+5×40.0 = 400.0(㎜)
- 거더 경간길이(L=58.0m) : 200+5×58.0 = 490.0(㎜)

2) 연단거리 측정 결과

- 연단거리 측정 결과, 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 시방규정을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

【표 3.10】 교축방향 연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)			검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	
A1		400.0	560.0	540.0	-	O.K
P1	A1측		840.0	835.0	-	O.K
	A2측	490.0	830.0	850.0	-	O.K
P2	A1측		1,050.0	990.0	-	O.K
	A2측	400.0	1,060.0	990.0	-	O.K
P3	A1측		1,100.0	1,050.0	-	O.K
	A2측	400.0	1,090.0	990.0	-	O.K
P4	A1측		980.0	950.0	-	O.K

【표 3.10】 교축방향 연단거리 측정 결과(계속)

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)			검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	
P4	A2측	385.0	870.0	950.0	-	O.K
P5	A1측		510.0	570.0	-	O.K
	A2측	300.0	560.0	540.0	-	O.K
P6	A1측		600.0	610.0	-	O.K
	A2측	300.0	600.0	610.0	-	O.K
P7	A1측		600.0	600.0	-	O.K
	A2측	300.0	600.0	580.0	-	O.K
P8	A1측		600.0	590.0	-	O.K
	A2측	275.0	600.0	590.0	-	O.K
P9	A1측		380.0	400.0	-	O.K
	A2측	275.0	430.0	410.0	-	O.K
P12	A1측		400.0	400.0	-	O.K
	A2측	275.0	390.0	400.0	-	O.K
P15	A1측		410.0	400.0	-	O.K
	A2측	275.0	410.0	400.0	-	O.K
P16	A1측		640.0	650.0	-	O.K
	A2측	300.0	600.0	600.0	-	O.K
P17	A1측		690.0	600.0	-	O.K
	A2측	300.0	640.0	610.0	-	O.K
P18	A1측		580.0	590.0	-	O.K
	A2측	300.0	640.0	650.0	-	O.K
P19	A1측		310.0	330.0	500.0	O.K
	A2측	300.0	350.0	340.0	350.0	O.K
P20	A1측		550.0	560.0	550.0	O.K
	A2측	300.0	550.0	550.0	540.0	O.K
P21	A1측		580.0	590.0	635.0	O.K
	A2측	300.0	570.0	570.0	580.0	O.K
P22	A1측		600.0	610.0	610.0	O.K
	A2측	300.0	600.0	580.0	580.0	O.K
P23	A1측		430.0	420.0	420.0	O.K
	A2측	300.0	400.0	410.0	430.0	O.K
P24	A1측		640.0	630.0	620.0	O.K
	A2측	300.0	620.0	600.0	610.0	O.K
P25	A1측		630.0	630.0	610.0	O.K
	A2측	300.0	570.0	580.0	590.0	O.K
A2			520.0	530.0	345.0	O.K

라. 교량받침 신축거동상태 검토

- 교량받침은 포트받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화와 활하중에 의한 거더의 처짐에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 교량받침의 이동량은 2회(1차:8.7℃(2017년 10월 12일), 2차:14.3℃(2018년 3월 14일))에 걸쳐 측정하였으며, 온도는 기상청 일평균 온도를 적용하였다.

교량받침 가동량 측정(A1-Sh2)

교량받침 가동량 측정(A2-Sh1)

【사진 3.16】교량받침 가동량 측정 전경

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 온도 변화에 따른 변동량 측정결과 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 전반적으로 양호한 거동상태를 보이고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.11】교량받침 가동상태 검토결과

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	Sh1	0	5(A1)	5.0	9.3	
	Sh2	0	5(A1)	5.0		
P1	Sh1	3(A1)	5(A1)	2.0	6.6	
	Sh2	3(A1)	5(A1)	2.0		
P2	Sh1	8(A1)	8(A1)	0	2.7	
	Sh2	5(A2)	5(A2)	0		
P3	고 정 단					

【표 3.11】 교량받침 가동상태 검토결과(계속)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P4	Sh1	5(A2)	5(A2)	0	2.7	
	Sh2	5(A2)	5(A2)	0		
P5	Sh1	3(A1)	5(A2)	2.0	5.2	
	Sh2	3(A1)	5(A2)	2.0		
	Sh3	0	2(A1)	2.0	2.2	
	Sh4	0	2(A1)	2.0		
P6	Sh1	0	0	0	1.1	
	Sh2	0	0	0		
P7	고 정 단					
P8	Sh1	0	0	0	1.1	
	Sh2	3(A1)	4(A1)	1.0		
P9	Sh1	2(A1)	2(A1)	0	2.0	
	Sh2	2(A1)	2(A1)	0		
	Sh3	0	0	0	0.8	
	Sh4	0	0	0		
P12	Sh1	5(A1)	5(A1)	0	0.8	
	Sh2	5(A1)	5(A1)	0		
	Sh3	0	2(A1)	2.0	0.8	
	Sh4	0	2(A1)	2.0		
P15	Sh1	0	0	0	0.8	
	Sh2	0	0	0		
	Sh3	3(A2)	2(A2)	1.0	2.0	
	Sh4	5(A2)	4(A2)	1.0		
P16	Sh1	0	0	0	1.1	
	Sh2	0	2(A1)	2.0		
P17	고 정 단					

【표 3.11】 교량받침 가동상태 검토결과(계속)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P18	Sh1	9(A1)	8(A1)	1.0	1.1	
	Sh2	0	0	0		
P19	Sh1	0	0	0	2.2	
	Sh2	2(A1)	0	2.0		
	Sh3	RAMP-G교 받침				
	Sh4	RAMP-G교 받침				
	Sh5	0	0	0	2.2	
	Sh6	0	0	0		
	Sh7	0	0	0		
P20	Sh1	0	0	0	1.1	
	Sh2	0	0	0		
	Sh3	0	0	0		
P21	고 정 단					
P22	Sh1	0	0	0	1.1	
	Sh2	0	0	0		
	Sh3	0	0	0		
P23	Sh1	2(A1)	0	2.0	2.2	
	Sh2	0	2(A1)	2.0		
	Sh3	0	2(A1)	2.0		
	Sh4	0	0	0	2.2	
	Sh5	0	3(A1)	3.0		
	Sh6	0	3(A1)	3.0		
P24	Sh1	0	0	0	1.1	
	Sh2	0	0	0		
	Sh3	0	0	0		
P25	고 정 단					
A2	Sh1	3(A2)	3(A2)	0	1.1	
	Sh2	0	1(A2)	1.0		
	Sh3	10(A2)	10(A2)	0		

2) 설계기준온도에 따른 여유량 검토

- 교량받침의 이동량을 검토한 결과, 전 개소에서 충분한 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.12】 교량받침 이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	18.7	31.3	1.2×10^{-5}	138.0	31.0	51.8	8.9	39.9	60.7
P1	18.7	31.3	1.2×10^{-5}	98.0	22.0	36.8	-	22.0	36.8
P2	18.7	31.3	1.2×10^{-5}	40.0	9.0	15.0	-	9.0	15.0
P3	고 정 단								
P4	18.7	31.3	1.2×10^{-5}	40.0	9.0	15.0	-	9.0	15.0
P5(A1)	18.7	31.3	1.2×10^{-5}	37.0	8.3	13.9	-	8.3	13.9
P5(A2)	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	40.0	5.5	10.5	-	5.5	10.5
P6	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	20.0	2.7	5.3	-	2.7	5.3
P7	고 정 단								
P8	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	20.0	2.7	5.3	-	2.7	5.3
P9(A1)	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	35.0	4.8	9.2	-	4.8	9.2
P9(A2)	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	15.0	2.1	3.9	-	2.1	3.9
P12(A1)	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	15.0	2.1	3.9	-	2.1	3.9
P12(A2)	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	15.0	2.1	3.9	-	2.1	3.9
P15(A1)	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	15.0	2.1	3.9	-	2.1	3.9
P15(A2)	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	35.0	4.8	9.2	-	4.8	9.2
P16	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	20.0	2.7	5.3	-	2.7	5.3

1) 조사당시 온도 : 8.7℃(조사일 : 2017년 10월 12일, 기상청 일평균 온도)
2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방, 강교), -5℃ ~ 35℃(보통지방, 콘크리트교)
3) 거더의 처짐에 의한 이동량의 경우 신축거더길이 100.0m 이상인 구간에만 적용

【표 3.12】 교량받침 이동량 산정(계속)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
P17	고 정 단								
P18	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	20.0	2.7	5.3	-	2.7	5.3
P19(A1)	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	40.0	5.5	10.5	-	5.5	10.5
P19(A2)	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	40.0	5.5	10.5	-	5.5	10.5
P20	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	20.0	2.7	5.3	-	2.7	5.3
P21	고 정 단								
P22	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	20.0	2.7	5.3	-	2.7	5.3
P23(A1)	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	40.0	5.5	10.5	-	5.5	10.5
P23(A2)	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	40.0	5.5	10.5	-	5.5	10.5
P24	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	20.0	2.7	5.3	-	2.7	5.3
P25	고 정 단								
A2	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	20.0	2.7	5.3	-	2.7	5.3

1) 조사당시 온도 : 8.7℃(조사일 : 2017년 10월 12일, 기상청 일평균 온도)
2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방, 강교), -5℃ ~ 35℃(보통지방, 콘크리트교)
3) 거더의 처짐에 의한 이동량의 경우 신축거더길이 100.0m 이상인 구간에만 적용

【표 3.13】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	0	39.9	60.7	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0	39.9	60.7	100.0	100.0	±100	O.K
P1	Sh1	3 (A1)	22.0	36.8	78.0	72.0	±75	O.K
	Sh2	3 (A1)	22.0	36.8	78.0	72.0	±75	O.K
P2	Sh1	8 (A1)	9.0	15.0	108.0	92.0	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)	9.0	15.0	95.0	105.0	±100	O.K
P3		고정단						
P4	Sh1	5 (A2)	9.0	15.0	55.0	45.0	±50	O.K
	Sh2	5 (A2)	9.0	15.0	55.0	45.0	±50	O.K
P5	Sh1	3 (A1)	8.3	13.9	97.0	103.0	±100	O.K
	Sh2	3 (A1)	8.3	13.9	97.0	103.0	±100	O.K
	Sh3	0	5.5	10.5	64.0	64.0	±64	O.K
	Sh4	0	5.5	10.5	64.0	64.0	±64	O.K
P6	Sh1	0	2.7	5.3	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh2	0	2.7	5.3	57.0	57.0	±57	O.K
P7		고정단						
P8	Sh1	0	2.7	5.3	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh2	3 (A1)	2.7	5.3	54.0	60.0	±57	O.K
P9	Sh1	2 (A1)	4.8	9.2	52.0	56.0	±54	O.K
	Sh2	2 (A1)	4.8	9.2	52.0	56.0	±54	O.K
	Sh3	0	2.1	3.9	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh4	0	2.1	3.9	54.0	54.0	±54	O.K
P12	Sh1	5 (A1)	2.1	3.9	49.0	59.0	±54	O.K
	Sh2	5 (A1)	2.1	3.9	49.0	59.0	±54	O.K
	Sh3	0	2.1	3.9	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh4	0	2.1	3.9	54.0	54.0	±54	O.K
P15	Sh1	0	2.1	3.9	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh2	0	2.1	3.9	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh3	3 (A2)	4.8	9.2	51.0	57.0	±54	O.K
	Sh4	5 (A2)	4.8	9.2	49.0	59.0	±54	O.K
P16	Sh1	0	2.7	5.3	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh2	0	2.7	5.3	57.0	57.0	±57	O.K
P17		고정단						

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

【표 3.13】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P18	Sh1	9 (A1)	2.7	5.3	48.0	66.0	±57	O.K
	Sh2	0	2.7	5.3	57.0	57.0	±57	O.K
P19	Sh1	0	5.5	10.5	64.0	64.0	±64	O.K
	Sh2	2 (A1)	5.5	10.5	62.0	66.0	±64	O.K
	Sh3	RAMP-G교 받침						
	Sh4	RAMP-G교 받침						
	Sh5	0	5.5	10.5	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh6	0	5.5	10.5	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh7	0	5.5	10.5	54.0	54.0	±54	O.K
P20	Sh1	0	2.7	5.3	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh2	0	2.7	5.3	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh3	0	2.7	5.3	57.0	57.0	±57	O.K
P21		고정단						
P22	Sh1	0	2.7	5.3	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh2	0	2.7	5.3	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh3	0	2.7	5.3	57.0	57.0	±57	O.K
P23	Sh1	2 (A1)	5.5	10.5	52.0	56.0	±54	O.K
	Sh2	0	5.5	10.5	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh3	0	5.5	10.5	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh4	0	5.5	10.5	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh5	0	5.5	10.5	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh6	0	5.5	10.5	54.0	54.0	±54	O.K
P24	Sh1	0	2.7	5.3	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh2	0	2.7	5.3	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh3	0	2.7	5.3	57.0	57.0	±57	O.K
P25		고정단						
A2	Sh1	3 (A2)	2.7	5.3	57.0	51.0	±54	O.K
	Sh2	0	2.7	5.3	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh3	10 (A2)	2.7	5.3	64.0	44.0	±54	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

- 진단주기를 감안하여 최근 10년간 파주시 기상관측소의 최저, 최대온도를 분석하여 이에 따른 교량받침의 가동여유량을 평가한 결과 전 개소에서 충분한 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

기상청 통계자료	· 최근 10년간 파주시 기상관측소 자료 참조 · 최근 10년간 최저기온 : -25.9℃(측정일시 : 2010년 1월 6일) · 최근 10년간 최고기온 : 36.5℃(측정일시 : 2012년 8월 3일)

【표 3.14】 교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	0	66.2	54.9	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0	66.2	54.9	100.0	100.0	±100	O.K
P1	Sh1	3 (A1)	40.7	32.7	78.0	72.0	±75	O.K
	Sh2	3 (A1)	40.7	32.7	78.0	72.0	±75	O.K
P2	Sh1	8 (A1)	16.6	13.3	108.0	92.0	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)	16.6	13.3	95.0	105.0	±100	O.K
P3		고정단						
P4	Sh1	5 (A2)	16.6	13.3	55.0	45.0	±50	O.K
	Sh2	5 (A2)	16.6	13.3	55.0	45.0	±50	O.K
P5	Sh1	3 (A1)	15.4	12.3	97.0	103.0	±100	O.K
	Sh2	3 (A1)	15.4	12.3	97.0	103.0	±100	O.K
	Sh3	0	13.8	11.1	64.0	64.0	±64	O.K
	Sh4	0	13.8	11.1	64.0	64.0	±64	O.K
P6	Sh1	0	6.9	5.6	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh2	0	6.9	5.6	57.0	57.0	±57	O.K
P7		고정단						
P8	Sh1	0	6.9	5.6	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh2	3 (A1)	6.9	5.6	54.0	60.0	±57	O.K
P9	Sh1	2 (A1)	12.1	9.7	52.0	56.0	±54	O.K
	Sh2	2 (A1)	12.1	9.7	52.0	56.0	±54	O.K
	Sh3	0	5.2	4.2	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh4	0	5.2	4.2	54.0	54.0	±54	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

【표 3.14】 교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P12	Sh1	5 (A1)	5.2	4.2	49.0	59.0	±54	O.K
	Sh2	5 (A1)	5.2	4.2	49.0	59.0	±54	O.K
	Sh3	0	5.2	4.2	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh4	0	5.2	4.2	54.0	54.0	±54	O.K
P15	Sh1	0	5.2	4.2	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh2	0	5.2	4.2	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh3	3 (A2)	12.1	9.7	51.0	57.0	±54	O.K
	Sh4	5 (A2)	12.1	9.7	49.0	59.0	±54	O.K
P16	Sh1	0	6.9	5.6	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh2	0	6.9	5.6	57.0	57.0	±57	O.K
P17		고정단						
P18	Sh1	9 (A1)	6.9	5.6	48.0	66.0	±57	O.K
	Sh2	0	6.9	5.6	57.0	57.0	±57	O.K
P19	Sh1	0	13.8	11.1	64.0	64.0	±64	O.K
	Sh2	2 (A1)	13.8	11.1	62.0	66.0	±64	O.K
	Sh3	RAMP-G교 받침						
	Sh4	RAMP-G교 받침						
	Sh5	0	13.8	11.1	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh6	0	13.8	11.1	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh7	0	13.8	11.1	54.0	54.0	±54	O.K
P20	Sh1	0	6.9	5.6	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh2	0	6.9	5.6	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh3	0	6.9	5.6	57.0	57.0	±57	O.K
P21		고정단						
P22	Sh1	0	6.9	5.6	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh2	0	6.9	5.6	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh3	0	6.9	5.6	57.0	57.0	±57	O.K
P23	Sh1	2 (A1)	13.8	11.1	52.0	56.0	±54	O.K
	Sh2	0	13.8	11.1	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh3	0	13.8	11.1	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh4	0	13.8	11.1	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh5	0	13.8	11.1	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh6	0	13.8	11.1	54.0	54.0	±54	O.K
P24	Sh1	0	6.9	5.6	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh2	0	6.9	5.6	57.0	57.0	±57	O.K
	Sh3	0	6.9	5.6	57.0	57.0	±57	O.K
P25		고정단						
A2	Sh1	3 (A2)	6.9	5.6	57.0	51.0	±54	O.K
	Sh2	0	6.9	5.6	54.0	54.0	±54	O.K
	Sh3	10 (A2)	6.9	5.6	64.0	44.0	±54	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3.2.4 신축이음장치

신축이음장치는 교량받침과 연동되어 온도나 하중에 대한 상부구조의 신축거동을 수렴하는 중요 장치로서 본체와 후타재로 구분되며, 본 교량은 강핑거조인트 및 N.B 조인트가 A1, A2, P5, P9, P12, P15, P19, P23에 총 8개소가 설치되어 있다. 본 과업에서는 신축이음장치의 기능성 저하여부, 내구성 측면의 차량 주행 안전성 확보 등에 대해 조사를 수행하였다.

A1 신축이음장치

A2 신축이음장치

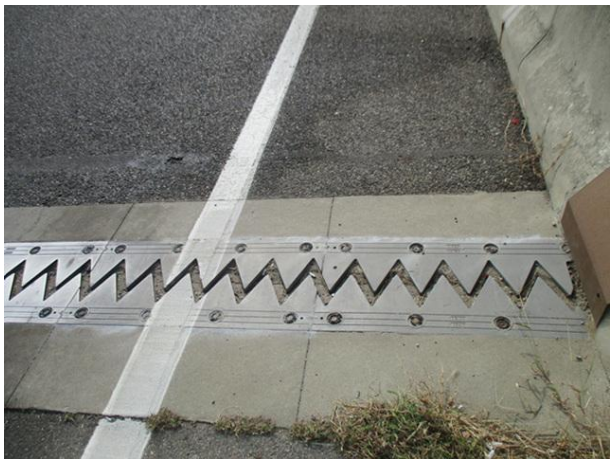
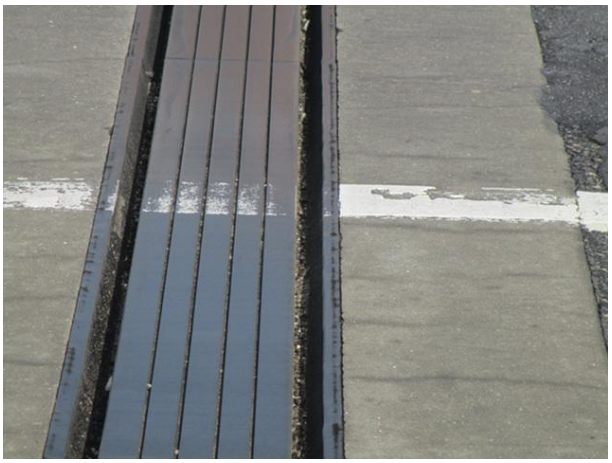
【사진 3.17】 신축이음장치 전경

가. 외관조사 결과

- 신축이음장치의 외관조사 결과, 신축이음장치 본체의 고무재 파손, 누수, 유간 토사퇴적 및 이물질퇴적 등이 조사되었다.
- 후타재의 경우 폭 0.1~0.2㎜ 균열 및 이격이 조사되었으며, 기타 차수판 볼트 탈락, 흡음제 탈락이 조사되었다.

【표 3.15】 신축이음장치 외관조사 결과

손상내용		손상물량		손상물량 비 교	비 고
		2017년 12월 정기점검	2018년 정밀안전진단		
본체	고무재 파손	2ea / 4.0m	2ea / 4.0m	- -	변동없음
	누수	3ea / 18.7m	3ea / 18.7m	- -	변동없음
	유간 토사퇴적	8ea / 63.25m	7ea / 57.25m	⬇ 6.0	물량변동
후타재	균열(폭 0.3㎜미만)	114ea / 75.5m	114ea / 75.5m	- -	변동없음
	이격	1ea / 7.1m	2ea / 14.0m	⬆ 6.9	신규손상
기타	흡음제 탈락	1ea / 1ea	1ea / 1ea	- -	변동없음
	차수판 볼트 탈락	1ea / 1ea	1ea / 1ea	- -	변동없음

	
A1 본체 유간 토사퇴적	P5 본체 고무재 파손
P19 하부 누수	P23 후타재 균열 0.2㎜
P23 하부 흡음제 탈락	A2 본체 고무재 파손

【사진 3.18】 신축이음장치 손상현황

나. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

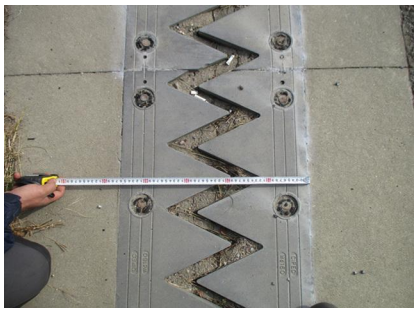
- 신축이음장치의 본체에 발생한 유간 토사퇴적은 공용기간 증가에 의해 발생된 것으로 판단되며, 본체의 원활한 거동을 위해 주기적인 청소를 통한 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 일부구간 본체에 발생된 고무재 파손 및 후타재 균열, 이격의 경우 공용기간 증가로 인한 열화, 건조수축, 중차량 반복 통행 등으로 인해 발생된 것으로 판단된다. 현재 발생된 손상의 경우 본체의 거동에 영향을 미칠만한 정도는 아닌 것으로 확인되었으므로 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직하며, 후타재 균열의 경우 구조물의 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 조치가 필요하다.
- P5, P19, P23 신축이음 하부 누수의 경우 균열부 및 이격부 등으로 우수가 유입되어 발생된 손상으로 현재 교각 코핑부 상면 박락 등의 2차 손상이 발생된 상태이다. 기 손상부의 경우 손상정도가 경미하여 주의관찰 후 손상의 진전 시 신축이음장치 교체, 하부 물받이 및 유도배수관 설치 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.
- 기타 차수판 볼트 탈락 및 흡음제 탈락의 경우 공용기간 증가로 인한 열화, 시공미흡 등에 의해 발생된 손상으로 신축이음장치의 거동에 영향을 미칠만한 손상은 아니므로 주의관찰 하여도 무방하다.
- 그 외 신축이음장치의 신축거동에 영향을 미칠만한 손상은 발생되지 않은 것으로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 추가 손상발생 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

다. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차:8.7℃(2017년 10월 12일), 2차:14.3℃(2018년 3월 14일))에 걸쳐 신축이음장치, 거더 상・하부에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승시 신장량과 최저 온도 하강시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.

- 2017년 10월(8.7℃)과 2018년 3월(14.3℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, EXP. J1(A1) EXP. J2(A2)의 가동상태는 이론 변동량과 유사한 것으로 나타났다.

		
신축이음장치 유간(A)	거더 상부(바닥판) 유간(B)	거더 하부 유간(C)

【사진 3.19】 신축이음 유간 측정방법

【표 3.16】 신축이음 유간 측정결과

측정위치	측 정 값(㎜)						비 고
	신축이음장치(A)		거더 상부(바닥판)(B)		거더 하부(C)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1 (A1)	75	70	170	165	235	230	Finger Joint (No. 160)
EXP.J2 (P5)	72	68	120	115	200	195	N.B Joint (No. 120)
EXP.J3 (P9)	50	48	100	99	95	94	N.B Joint (No. 100)
EXP.J4 (P12)	58	56	110	108	110	108	N.B Joint (No. 100)
EXP.J5 (P15)	54	51	103	100	105	100	N.B Joint (No. 100)
EXP.J6 (P19)	70	67	130	128	135	133	N.B Joint (No. 100)
EXP.J7 (P23)	51	48	100	98	90	88	N.B Joint (No. 100)
EXP.J8 (A2)	28	27	50	50	40	40	N.B Joint (No. 35)

【표 3.17】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과

측정위치		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	75	70	5.0	9.3	
	거더 상부	170	165	5.0		
	거더 하부	235	230	5.0		
EXP.J2(P5)	신축이음장치	72	68	4.0	7.4	
	거더 상부	120	115	5.0		
	거더 하부	200	195	5.0		
EXP.J3(P9)	신축이음장치	50	48	2.0	2.8	
	거더 상부	100	99	1.0		
	거더 하부	95	94	1.0		
EXP.J4(P12)	신축이음장치	58	56	2.0	1.7	
	거더 상부	110	108	2.0		
	거더 하부	110	108	2.0		
EXP.J5(P15)	신축이음장치	54	51	3.0	2.8	
	거더 상부	103	100	3.0		
	거더 하부	105	100	5.0		
EXP.J6(P19)	신축이음장치	70	67	3.0	4.5	
	거더 상부	130	128	2.0		
	거더 하부	135	133	2.0		
EXP.J7(P23)	신축이음장치	51	48	3.0	4.5	
	거더 상부	100	98	2.0		
	거더 하부	90	88	2.0		
EXP.J8(A2)	신축이음장치	28	27	1.0	1.1	
	거더 상부	50	50	0		
	거더 하부	40	40	0		

2) 설계기준온도(-10℃ ~ 40℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

- 신축이음 유간을 각각 측정한 결과, 모든 신축이음장치에서 신축 및 수축에 대한 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토 되었다.

【표 3.18】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	18.7	31.3	1.2×10^{-5}	138	31.0	51.8	8.9	39.9	60.7
EXP.J2(P5)	18.7	31.3	1.2×10^{-5}	137	22.8	39.4	-	22.8	39.4
EXP.J3(P9)	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	50	6.9	13.2	-	6.9	13.2
EXP.J4(P12)	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	30	4.1	7.9	-	4.1	7.9
EXP.J5(P15)	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	50	6.9	13.2	-	6.9	13.2
EXP.J6(P19)	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	80	11.0	21.0	-	11.0	21.0
EXP.J7(P23)	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	80	11.0	21.0	-	11.0	21.0
EXP.J8(A2)	13.7	26.3	1.0×10^{-5}	20	2.7	5.3	-	2.7	5.3

1) 조사당시 온도 : 8.7℃(조사일 : 2017년 10월 12일, 기상청 일평균 온도)
2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방, 강교), -5℃ ~ 35℃(보통지방, 콘크리트교)
3) 거더의 처짐에 의한 이동량의 경우 신축장 100.0m 이상인 구간에만 적용

【표 3.19】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간 (㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	39.9	60.7	75	160	45.1	14.3	O.K
	거더 상부			170	160		109.3	O.K
	거더 하부			235	160		174.3	O.K
EXP.J2 (P5)	신축이음장치	22.8	39.4	72	120	25.2	32.6	O.K
	거더 상부			120	120		80.6	O.K
	거더 하부			200	120		160.6	O.K
EXP.J3 (P9)	신축이음장치	6.9	13.2	50	100	43.1	36.8	O.K
	거더 상부			100	100		86.8	O.K
	거더 하부			95	100		81.8	O.K
EXP.J4 (P12)	신축이음장치	4.1	7.9	58	100	37.9	50.1	O.K
	거더 상부			110	100		102.1	O.K
	거더 하부			110	100		102.1	O.K
EXP.J5 (P15)	신축이음장치	6.9	13.2	54	100	39.1	40.8	O.K
	거더 상부			103	100		89.8	O.K
	거더 하부			105	100		91.8	O.K
EXP.J6 (P19)	신축이음장치	11.0	21.0	70	100	19.0	49.0	O.K
	거더 상부			130	100		109.0	O.K
	거더 하부			135	100		114.0	O.K
EXP.J7 (P23)	신축이음장치	11.0	21.0	51	100	38.0	30.0	O.K
	거더 상부			100	100		79.0	O.K
	거더 하부			90	100		69.0	O.K
EXP.J8 (A2)	신축이음장치	2.7	5.3	28	35	4.3	22.7	O.K
	거더 상부			50	35		44.7	O.K
	거더 하부			40	35		34.7	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

- 진단주기를 감안하여 최근 10년간 파주시 기상관측소의 최저, 최대온도를 분석하여 이에 따른 교량받침의 가동여유량을 평가한 결과 모든 신축이음장치에서 신축 및 수축에 대한 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토 되었다.

기상청 통계자료	· 최근 10년간 파주시 기상관측소 자료 참조 · 최근 10년간 최저기온 : -25.9℃(측정일시 : 2010년 1월 6일) · 최근 10년간 최고기온 : 36.5℃(측정일시 : 2012년 8월 3일)

【표 3.20】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간 (㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	66.2	54.9	75	160	18.8	20.1	O.K
	거더 상부			170	160		115.1	O.K
	거더 하부			235	160		180.1	O.K
EXP.J2 (P5)	신축이음장치	45.8	36.8	72	120	2.2	35.2	O.K
	거더 상부			120	120		83.2	O.K
	거더 하부			200	120		163.2	O.K
EXP.J3 (P9)	신축이음장치	17.3	13.9	50	100	32.7	36.1	O.K
	거더 상부			100	100		86.1	O.K
	거더 하부			95	100		81.1	O.K
EXP.J4 (P12)	신축이음장치	10.4	8.3	58	100	31.6	49.7	O.K
	거더 상부			110	100		101.7	O.K
	거더 하부			110	100		101.7	O.K
EXP.J5 (P15)	신축이음장치	17.3	13.9	54	100	28.7	40.1	O.K
	거더 상부			103	100		89.1	O.K
	거더 하부			105	100		91.1	O.K
EXP.J6 (P19)	신축이음장치	27.7	22.2	70	100	2.3	47.8	O.K
	거더 상부			130	100		107.8	O.K
	거더 하부			135	100		112.8	O.K
EXP.J7 (P23)	신축이음장치	27.7	22.2	51	100	21.3	28.8	O.K
	거더 상부			100	100		77.8	O.K
	거더 하부			90	100		67.8	O.K
EXP.J8 (A2)	신축이음장치	6.9	5.6	28	35	0.1	22.4	O.K
	거더 상부			50	35		44.4	O.K
	거더 하부			40	35		34.4	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ⇒ O.K

3.2.5 교면포장

RAMP-I교는 편도 2차로로 구성되어 있고 교면포장은 아스팔트 포장으로 시공되었으며 부분적으로 미끄럼 방지시설을 설치한 것으로 확인되었다. 교면포장의 외관조사는 도보를 이용하여 육안조사를 실시하였다.

교면포장 전경	교면포장 전경

【사진 3.20】교면포장 전경

가. 외관조사 결과

- 교면포장에 대한 외관조사 결과 아스콘 패임 및 박리가 조사되었다.
- 교면포장에 설치된 미끄럼방지시설의 경우 전구간 균열 및 망상균열이 조사되었다.

【표 3.21】교면포장 외관조사 결과

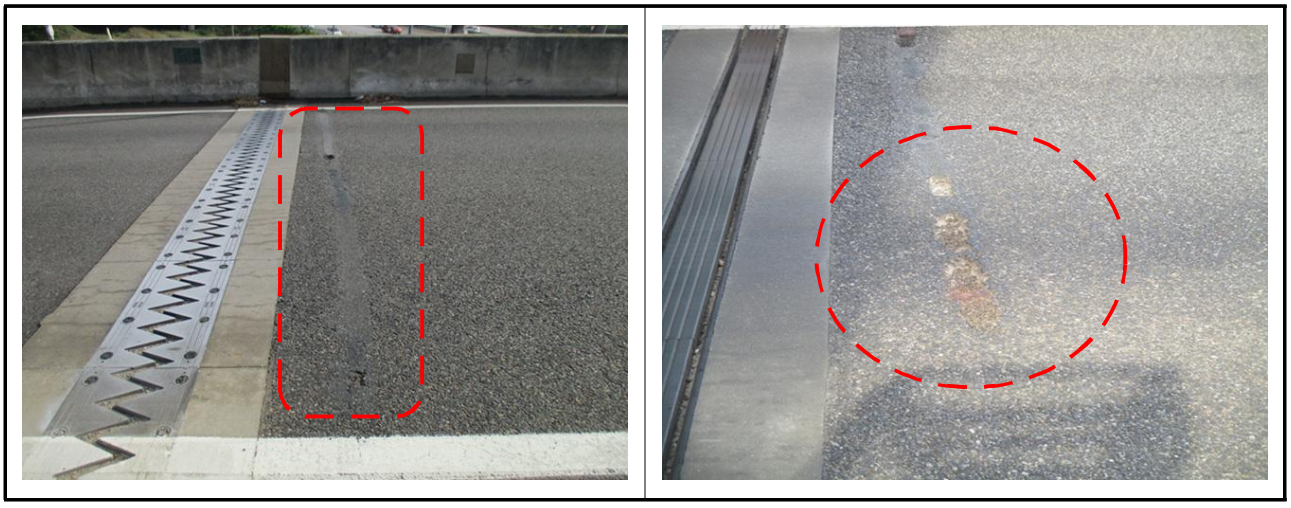
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검	2018년 정밀안전진단		
아스콘 패임	11ea / 4.83㎡	18ea / 5.09㎡	⬆ 0.26	신규손상
아스콘 박리	1ea / 1.09㎡	1ea / 10.0㎡	⬆ 8.91	물량변동
미끄럼방지시설 균열	- / -	1ea / 0.5m	⬆ 0.5	신규손상
미끄럼방지시설 망상균열	64ea / 1585.5㎡	64ea / 1585.5㎡	- -	변동없음

S1 아스콘 패임	S3 미끄럼방지시설 망상균열
S5 미끄럼방지시설 망상균열	S10 아스콘 패임
S16 아스콘 패임	S23 아스콘 패임

【사진 3.21】 교면포장 손상현황

나. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교면포장의 외관조사 결과, 일부구간 아스콘 패임 및 박리가 조사되었다. 이는 공용기간 증가에 의한 열화, 중차량 반복통행 등으로 인해 발생된 손상으로 손상의 진전 시 차량의 주행성 및 안전성에 영향을 미치므로 아스콘 팻칭 등의 조치가 필요하다.
- 본 교량의 교면포장은 차량의 주행성 및 안전성 확보를 위한 미끄럼방지시설이 설치되어 있다. 외관조사 결과, 공용기간 증가에 의한 열화, 중차량 반복통행 등으로 인한 전구간 미끄럼방지시설 균열 및 망상균열이 발생된 상태로, 통행 차량의 주행성 및 안전성 확보를 위한 재포장 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 금회 조사 시 조사된 아스콘 패임의 경우 일부구간 기존 보수부에 발생된 재손상으로, 이는 중차량 반복통행, 보수 미흡 등으로 인해 발생된 손상으로 통행 차량의 주행성 및 안전성 확보를 위한 견실한 보수 조치가 필요하다. 또한 주기적인 점검을 통한 보수부 재손상 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.



【사진 3.22】교면포장 보수부 재손상(패임) 현황

3.2.6 기타부재

가. 배수시설

RAMP-I교는 곡선교(R=146.0~220.0)로서 7.0%의 횡단 편구배를 가지고 있고 교면수 흐름에 의거하여 교량 좌측에 28개소, 우측에 10개소의 배수시설이 설치되어 있으며 배수형식은 하천형 및 육교형 으로 시공되어 있다. 또한, 교면부의 상부에는 이물질 혼입 방지를 위한 집수구 덮개(Grating)가 설치되어 있다.

배수시설의 외관조사는 도보를 이용하여 최대한 근접거리에서 배수시설 누수 및 배수구 막힘, 배수관 연결 상태 등을 중점적으로 조사하였다.

배수구 현황

배수관 현황

【사진 3.23】배수구 및 배수관 전경

1) 외관조사 결과

- 배수구에 대한 외관조사 결과, 일부구간 배수구 막힘이 조사되었다.
- 배수관에 대한 외관조사 결과, 일부구간 배수관 이음부 누수, 배수관 지지대 부식이 조사되었다.

【표 3.22】배수시설 외관조사 결과

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검	2018년 정밀안전진단		
배수구 막힘	1ea / 1ea	1ea / 1ea	- -	변동없음
배수관 이음부 누수	2ea / 2ea	2ea / 2ea	- -	변동없음
배수관 지지대 부식	1ea / 1.0m	1ea / 1.0m	- -	변동없음

S2 배수시설 배수관 이음부 누수	S8 배수시설 배수관 지지대 부식

【사진 3.24】 배수시설 손상현황

2) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- RAMP-I교의 배수시설에 대한 외관조사 결과, 공용기간 증가 및 이물질 퇴적 등으로 인한 일부구간 배수구 막힘이 조사되었다. 기 손상으로 인한 노면 체수 및 바닥판의 손상은 발생되지 않은 것으로 확인되었으며, 구조물의 배수기능에는 크게 영향을 미치지 않는 경미한 상태이므로 주기적인 점검을 통한 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직하다.
- 배수관에 대한 외관조사 결과, 일부구간 배수관 이음부 누수 및 지지대 부식이 조사되었다. 기 손상부는 공용기간 증가에 의한 열화, 시공미흡 등의 원인으로 인해 발생된 것으로 판단되며, 현재 손상정도가 경미하여 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

나. 방호벽

본 교량의 방호벽은 좌·우측에 차량 충돌 시 탑승자의 보호, 충돌로부터 인접 주행차량의 보호, 교면 위나 교량하부의 인명 및 재물의 보호 등을 위하여 콘크리트로 설치되어 있다. 방호울타리의 경우 교면포장과 동일하게 도보를 통한 근접조사를 실시하였으며, 본 진단 시에는 신규 손상의 발생 및 기 손상의 진행성 유무, 보수상태 등을 확인하였다.

방호벽 우측 전경

방호벽 좌측 전경

【사진 3.25】 방호벽 전경

1) 외관조사 결과

- 방호벽에 대한 외관조사 결과 균열(폭 0.3㎜ 내·외) 및 긁힘, 들뜸, 박리 및 박락, 재료분리 등의 손상이 조사되었다.
- 기타 가로등 배전망 파손이 조사되었다.

【표 3.23】 방호벽 외관조사 결과

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검	2018년 정밀안전진단		
균열(폭 0.3㎜미만)	19ea / 15.5m	19ea / 14.3m	⬇ 1.2	물량변동
균열(폭 0.3㎜이상)	10ea / 11.7m	10ea / 11.2m	⬇ 0.5	물량변동
긁힘	15ea / 74.5㎡	18ea / 83.1㎡	⬆ 8.6	신규손상
들뜸	1ea / 0.06㎡	1ea / 0.06㎡	- -	변동없음
박리 및 박락	3ea / 43.5㎡	3ea / 34.84㎡	⬇ 8.66	물량변동
재료분리	2ea / 0.1㎡	2ea / 0.1㎡	- -	변동없음
재료분리 및 들뜸	1ea / 0.5㎡	1ea / 0.5㎡	- -	변동없음
가로등 배전망 파손	- / -	1ea / 1ea	⬆ 1.0	신규손상

S1 전면 균열 0.2㎜	S2 전면 박리
S4 전면 재료분리	S6 전면 들뜸
S10 전면 균열 0.3㎜	S17 전면 긁힘

【사진 3.26】 방호벽 손상현황

2) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열(폭 0.3㎜ 내·외)은 대부분 시공초기 건조수축 및 외기환경 등에 의해 발생된 균열로 판단되며, 내구성 증진 및 손상의 진전 방지를 위한 표면처리(균열 폭 0.3㎜미만) 및 주입보수(균열 폭 0.3㎜이상) 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.
- 방호벽 일부 구간 발생된 긁힘, 재료분리 및 들뜸의 경우 외부 충격, 시공미흡 등의 원인으로 인해 발생된 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- S2~S3, S10 구간에 발생된 박리 및 박락의 경우 공용기간 증가로 인한 열화, 외부 충격, 시공미흡 등의 원인으로 발생된 손상으로 구조물의 내구성 증진 및 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치가 필요하다.

3.2.7 수중조사

본 과업 대상인 RAMP-I교는 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (2017.01)에 따라 최초로 실시되는 정밀안전진단으로 정밀안전진단주기가 도래되는 하천교량은 수중조사를 실시하여야 하는 등 관련 규정에 의거 하상상태(세굴) 및 단면손상 여부 등을 수중조사를 통하여 상세히 측정하여, 교각 기초의 안전성 확보를 위하여 결함 상태에 따른 적합한 보수 · 보강방안을 결정하기 위한 기초자료로 활용하기 위하여 실시한다. 본 과업에서는 RAMP-I교의 하상구간인 P3~P16의 하상상태(세굴)를 조사하기 위한 수준측량을 실시하였다.

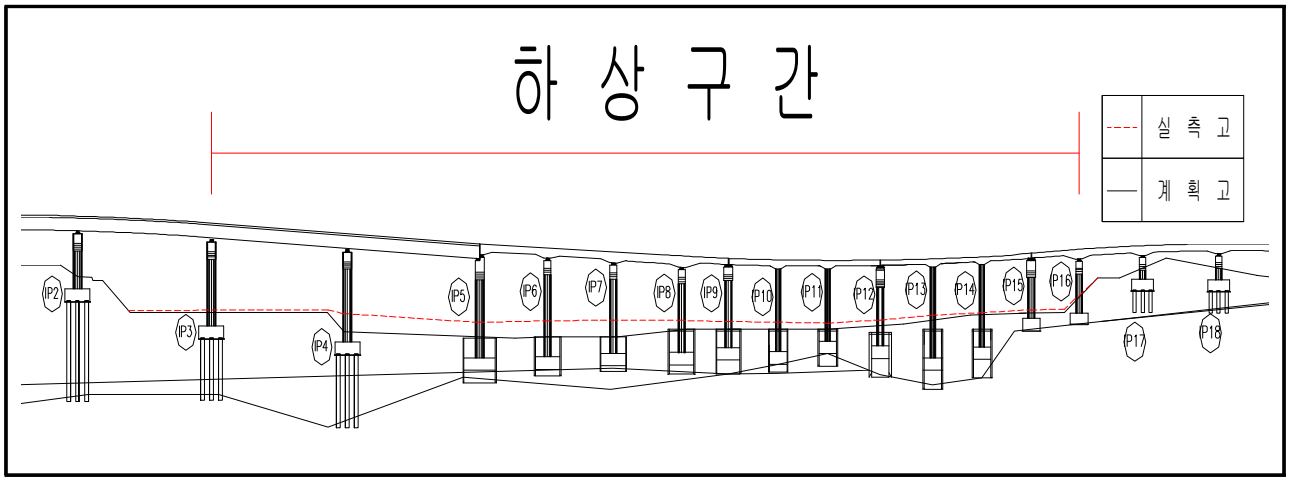
하상구간 수준측량 측정 전경

하상구간 수준측량 측정 전경

【사진 3.27】 하상구간 수준측량 측정 전경

【표 3.24】 하상구간 수준측량 측정 결과

측정위치	수준측량		측정위치	수준측량		비고
	지반고(m)	실측고(m)		지반고(m)	실측고(m)	
P3	5.669	6.855	P10	2.402	6.012	
P4	2.576	6.531	P11	2.334	6.081	
P5	1.264	5.872	P12	3.454	6.143	
P6	0.574	6.180	P13	3.454	6.383	
P7	1.462	6.249	P14	5.178	6.594	
P8	2.566	6.204	P15	5.560	6.690	
P9	2.566	6.042	P16	10.972	7.943	



【그림 3.3】 하상구간 수준측량 측정 결과

하상구간 수중조사 결과, 교각 기초 세굴 및 단면손상 등의 열화는 없는 양호한 상태로 조사되었고, 측량결과, 하천의 퇴적작용 등에 의해 실측고가 계획고보다 높게 측정되었다.

하상구간은 전반적으로 양호한 상태로 판단된다.

3.2.8 외관조사 결과요약

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판	- 전 구간에 걸쳐 균열 발생 - 우수유입 및 외부충격에 따른 바닥판 들뜸 및 박리, 긁힘 발생	- 건조수축에 의한 균열로서 폭 0.3㎜ 이상 균열부 주입보수 필요 - 단면손상부 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직함
강박스 거더	- 구조적 손상은 발생하지 않은 양호한 상태 - 장기공용으로 인한 열화 등의 원인으로 도장박리 및 점부식 발생	- 도장손상 및 점부식 주의관찰 후 재도장을 하는 것이 바람직함
가로보 및 세로보	- 전반적으로 양호한 상태	- 주의관찰
교대	- 신축이음 우수유입에 의해 누수흔적, 체수 발생 - 폭 0.1~0.2㎜ 균열 발생 - 국부적인 박락 발생	- 균열의 경우 건조수축과 온도변화에 의한 것으로서 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치가 필요함 - 누수흔적, 국부적인 박락은 손상의 진전이 없는 상태로서 주의관찰
교각	- 폭 0.1~0.3㎜ 균열, 망상균열 발생 - 코핑 및 기둥부 들뜸, 박리, 철근 노출 발생	- Massive한 단면에 발생하는 온도변화와 건조수축에 의한 균열로서 균열폭에 따라 적절한 보수 실시 - 공용기간 증가 및 시공 중 외부 충격에 의한 손상으로 내구성 확보 차원의 보수가 필요함
교량받침	- 몰탈 및 콘크리트 균열 발생 - 볼트 및 Plate부식이 발생됨	- 장기공용 및 우수유입 등에 의한 것으로 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치가 필요함
신축이음 장치	- 유간 토사퇴적 및 체수 발생 - 신축이음 하부 누수 - 후타재 폭 0.3㎜미만 균열, 이격	- 손상 정도가 경미하여 주의관찰 후 손상의 진전 시 청소, 이격보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직함
교면포장	- 아스콘 패임, 박리 - 미끄럼방지시설 균열	- 장기공용 및 중차량 반복통행으로 인해 발생된 손상으로 손상 재포장하는 것이 바람직함
배수시설	- 배수구 막힘 - 이음부 누수, 지지대 부식	- 손상의 진전 시 적절한 조치가 필요함
방호벽	- 폭 0.1~0.3㎜ 균열 발생 - 콘크리트 박리, 긁힘	- 폭 0.3㎜이상 균열부 진전 방지를 위한 주입보수 등의 조치가 필요함 - 공용기간 증가 및 시공 중 외부 충격에 의한 손상으로 내구성 확보 차원의 보수가 필요함

3.3 콘크리트 내구성조사

3.3.1 개 요

가. 개 요

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

본 과업의 내구성조사는 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2017. 01, 국토해양부/한국시설안전공단)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

나. 조사 현황 및 위치

1) 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험, 초음파전달속도시험), 철근탐사시험, 탄산화깊이 측정, 염화물함유량시험, 균열깊이 조사 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 3.25】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조(Steel BOX)	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	26	27	26	27	동일부위 시험
초음파 전달속도시험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	26	27	26	27	
철근탐사 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	26	27	26	27	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 4~6개소[1)] • 5경간 이상: 6~9개소[2)]		6~9		3	3	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상[3)]		3		2	2	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		–		1	1	C_w=0.3㎜이상 균열

주1) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시
주2) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 3개소 이상 실시
주3) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

2) 내구성조사 위치 선정사유

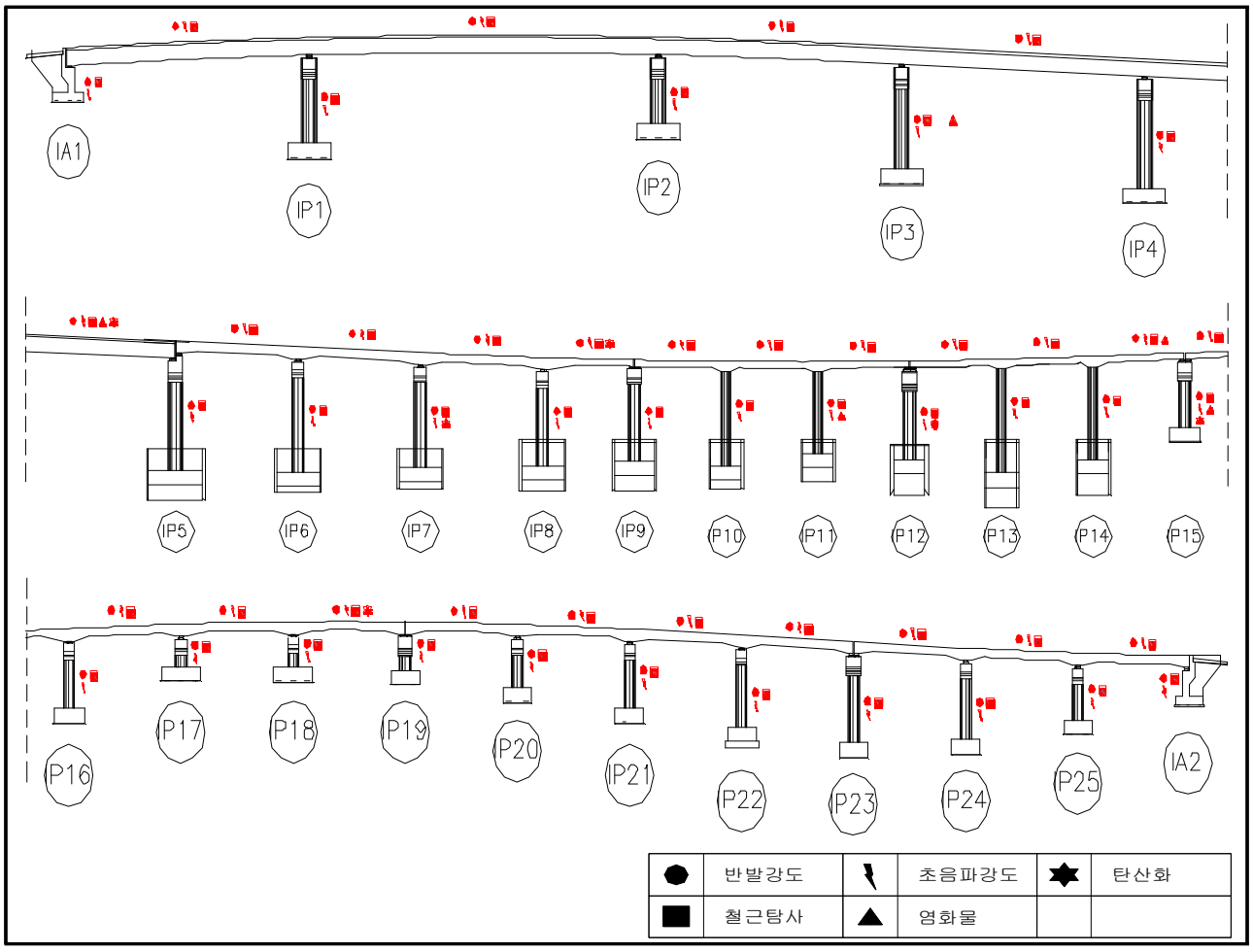
외관조사 결과에 따라 내구성의 상태 비교를 위하여 건전부와 비건전부에 각각 시험을 실시하였으며, 상부구조는 바닥판하면 캔틸레버, 하부구조는 교각 기둥에 실시하였다.

3) 조사 사진

반발경도 시험	초음파 탐상 시험	탄산화 깊이 시험	철근탐사 시험

【사진 3.28】 콘크리트 내구성조사 전경

4) 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.4】 콘크리트 내구성조사 위치도

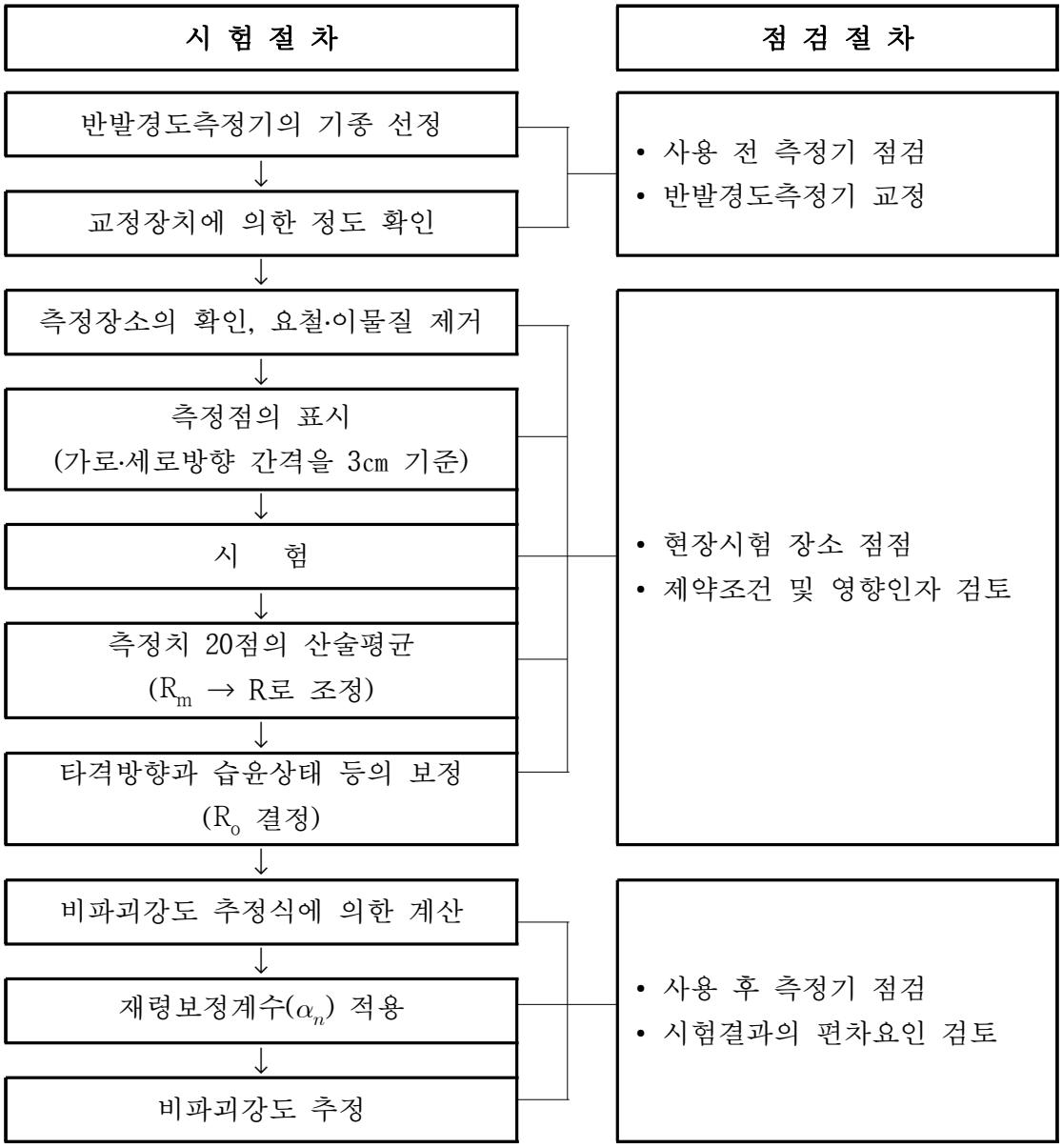
3.3.2 시험내용 및 평가기준

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도시험

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

① 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차



【그림 3.5】 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 3.26】 보정반발경도(R_o)

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

여기서, R : 반발경도

ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

㉠ 타격방향에 따른 보정값(ΔR_1)

- 수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 함
  - ⇒ 하향 타격(-90°)의 경우 : (+)값으로 보정
    상향 타격(+90°)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 같으며, 제안식의 적용은 시험방법 및 조건에 맞는 제안식을 선정하는 것이 중요하다.

【표 3.27】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본재료학회	$F_c = -18.0 + 1.27R_o$	금회 적용(식①)
동경 건축재료 검사소	$F_c = (10R_o - 110) \times 0.098$	-
일본건축학회	$F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$	금회 적용(식②)
U.S Army	$F_c = (-120.6 + 8.0R_o + 0.0932R_o^2) \times 0.098$	-
※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토해양부/한국시설안전공단)		

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 표와 같으며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

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

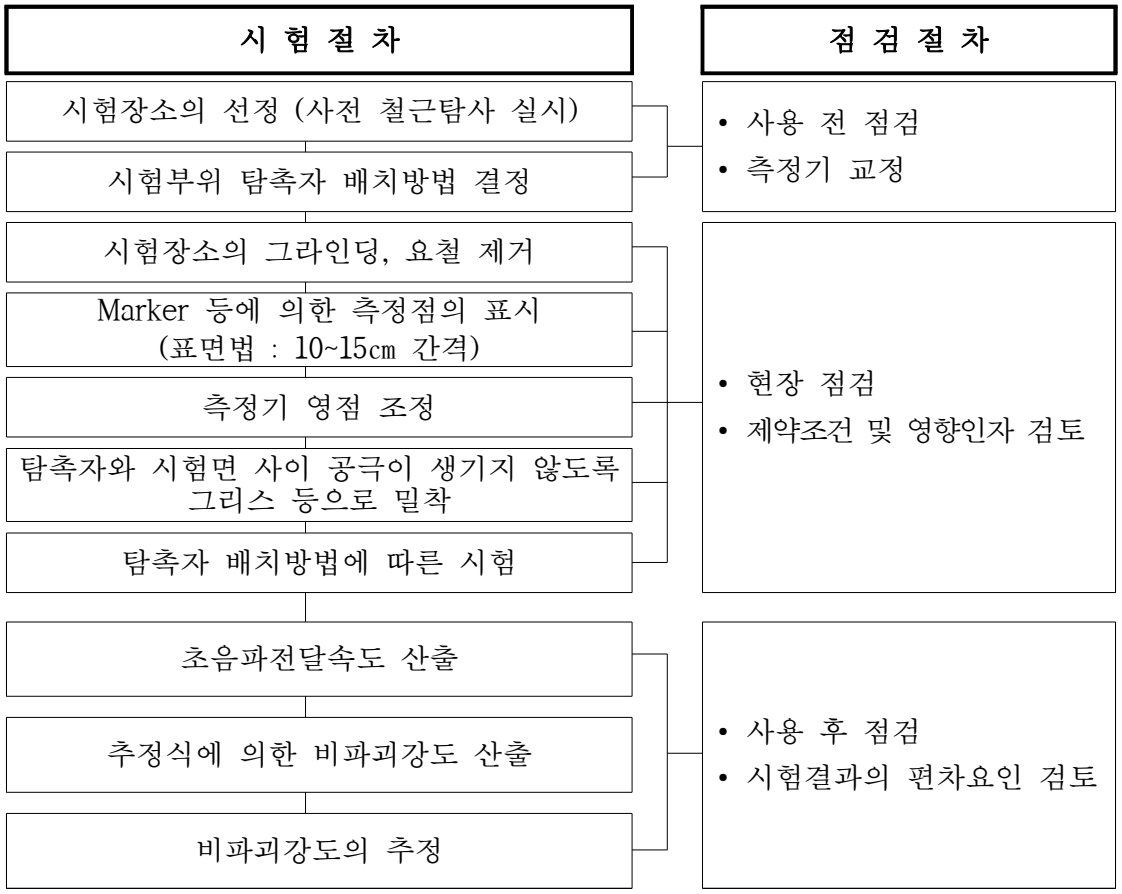
【표 3.28】 재령계수 α값

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 균열 깊이를 판정하는 수단으로서 이 방법을 사용하고 있다.

① 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차



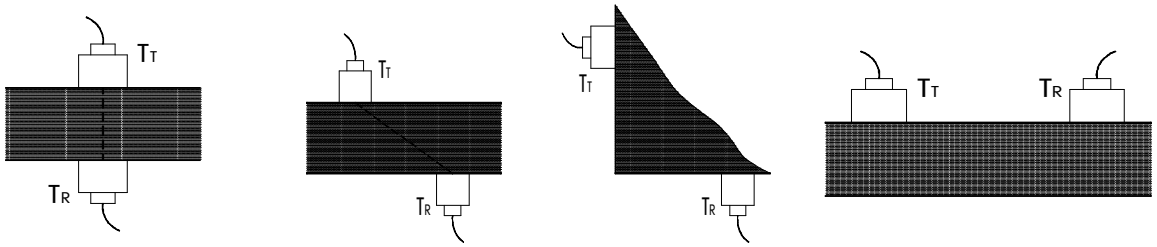
【그림 3.6】초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

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 3.7】 초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$V_d \approx 1.05 V_i$

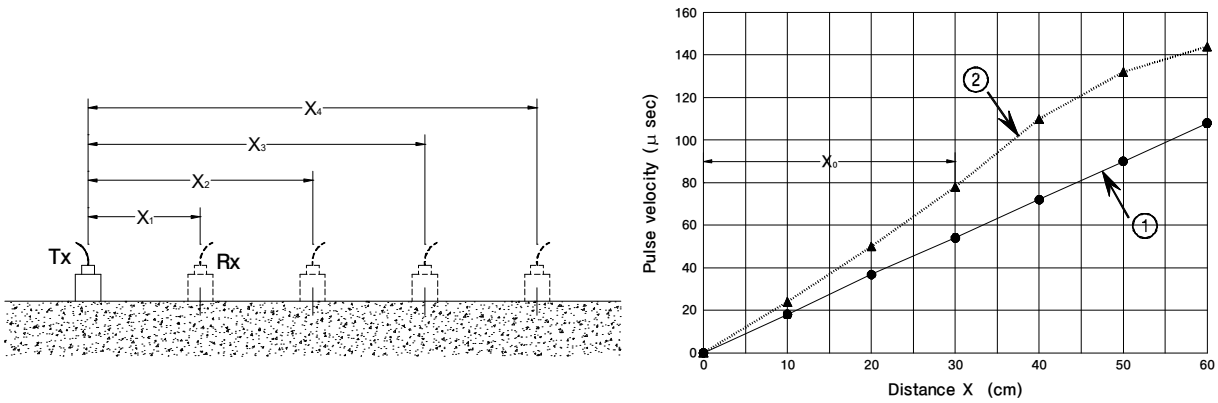
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

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(100~150㎜)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 3.8】 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.

$$\frac{\Sigma}{\Sigma \quad \Sigma}$$

여기서, ¯ ¯는 거리 및 전달시간의 평균값

③ 비파괴강도의 추정

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

【표 3.29】 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(식④)
일본토목학회	$F_c = (102\,V_d - 117) \times 0.098$	금회 적용(식③)
한전기술연구원	$F_c = (339.1\,V_d - 1107) \times 0.098$	-
谷川의 제안식	$F_c = (172.5\,V_d - 499.6) \times 0.098$	-

※ V_d : 직접법에 의한 초음파전달속도(km/s)

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토해양부/한국시설안전공단) 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 3.30】에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

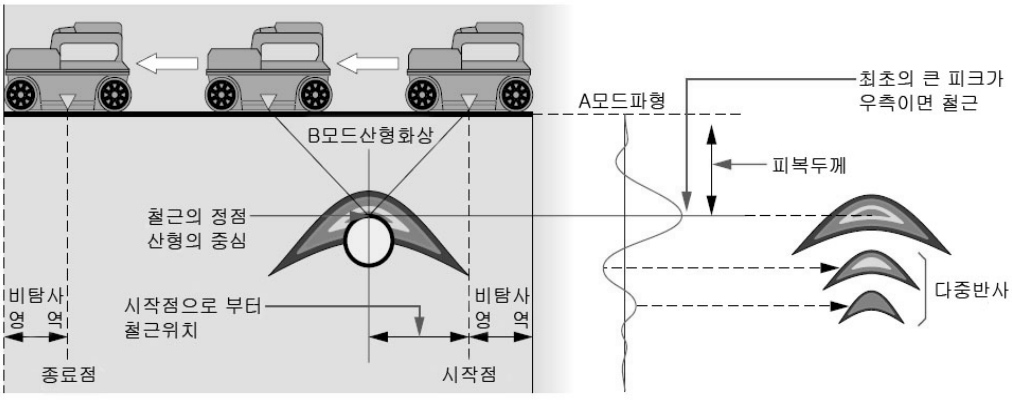
$$\sqrt{\varepsilon}$$

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.

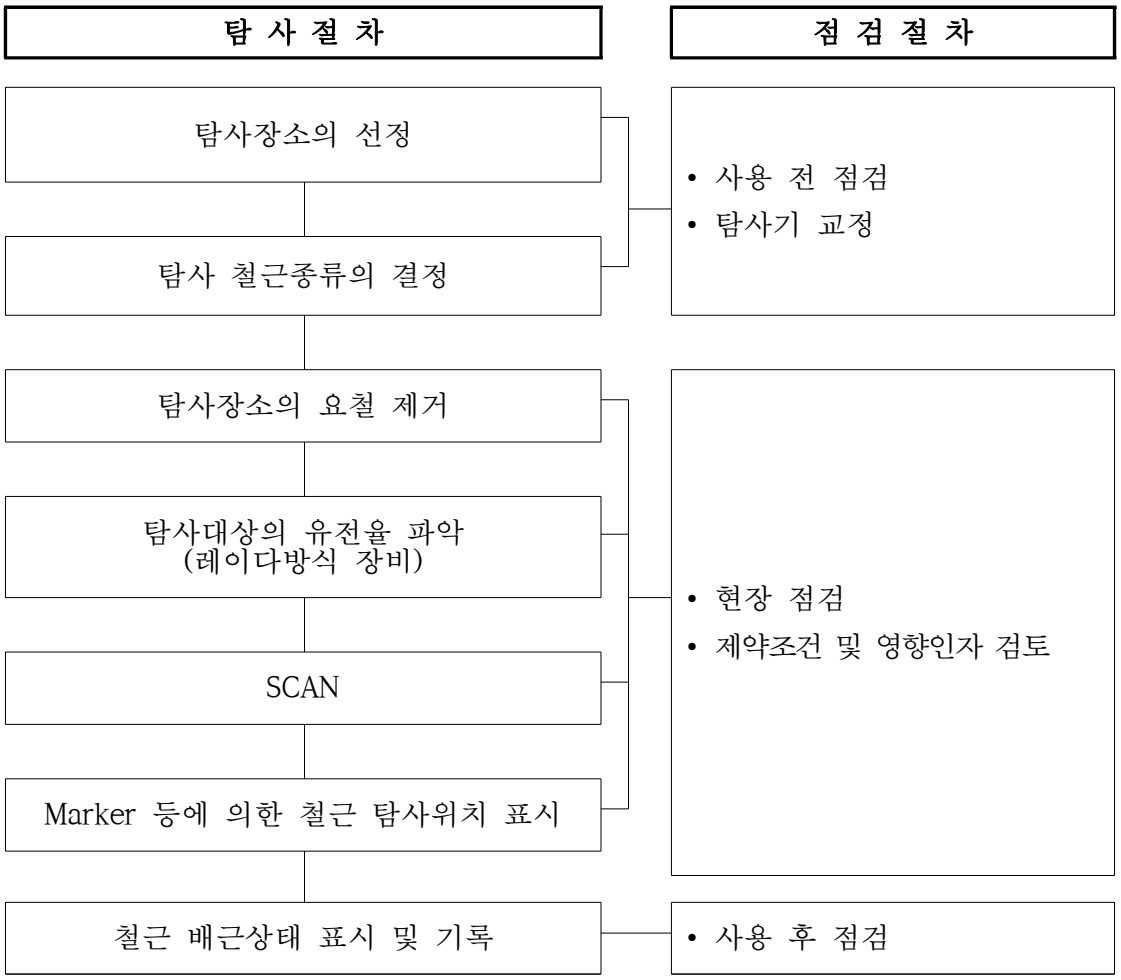
—



【그림 3.9】철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

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



【그림 3.10】 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

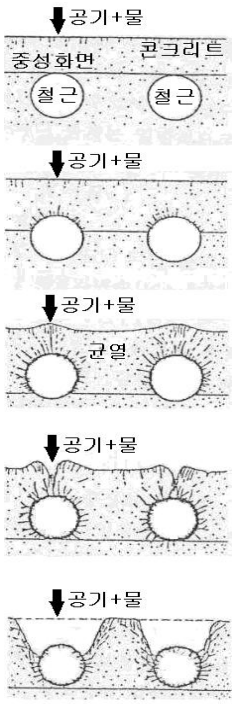
1) 개 요

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 3.11】 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 3.30】 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
	시공 정밀도	• 다짐이 불충분할수록 탄산화 속도가 빠름
	콘크리트 결함부	• 균열부위, 이음부, 손상부위 등에서 탄산화 속도가 빠름

【표 3.30】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인(계속)

구분	영향인자	탄산화 속도
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 √법으로 표현된다. 탄산화(C)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

√

여기서, C : 탄산화깊이(㎜)

A : 탄산화 속도계수(㎜/ √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 3.31】 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.

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12) 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 3.32】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 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2017. 01)

【표 3.33】염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2017.01))

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	-	-

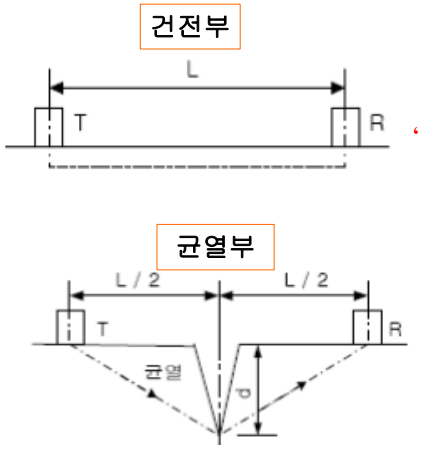
마. 균열깊이 조사

콘크리트 표면의 균열깊이는 일반적으로 T_c-T_o법으로 구한다.

T_c-T_o법은 콘크리트 부재의 균열부와 건전부에서 아래 그림과 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. 본 과업에서는 X=10㎝를 적용하였다.

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



< 균열깊이 조사 개요도 >

< 균열깊이 조사현황 >

【그림 3.12】 T_c-T_o법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법

3.3.3 시험결과 및 분석

1) 콘크리트 강도시험

검상교의 콘크리트 비파괴강도시험은 상・하부구조에서 반발경도시험 53개소(상부구조:26개소, 하부구조:27개소) 및 초음파전달속도시험 53개소(상부구조:26개소, 하부구조:27개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

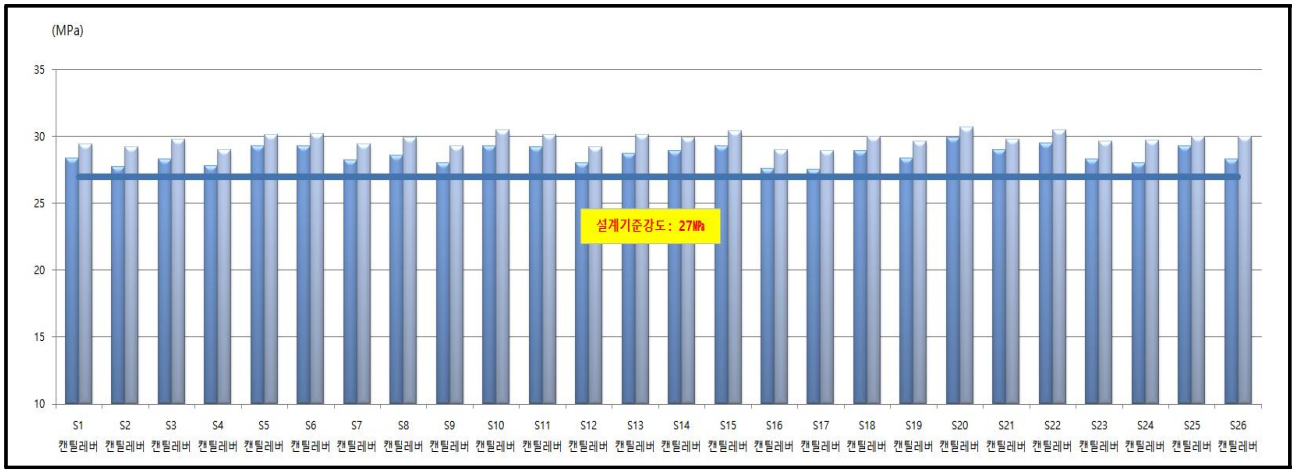
- 검토결과, 설계기준 대비 평균 반발경도 상부구조 : 101.9～110.7.%, 하부구조 : 104.6～112.1%, 초음파강도 상부구조 : 107.0～113.7%, 하부구조 : 114.2～119.6%로 비파괴 추정강도는 모두 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 측정되었다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 검상교 상부구조 및 하부구조에 대한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.34】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치	비파괴시험		반발경도법 (MPa)		초음파속도법 (MPa)		반발 경도법 평균	초음파 속도법 평균	설계 기준 강도 (MPa)
	반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	식③	식④			
S1 캔틸레버	52.45	4.219	28.3	28.5	30.7	28.1	28.4	29.4	27.0
S2 캔틸레버	51.40	4.205	27.4	28.0	30.6	27.8	27.7	29.2	
S3 캔틸레버	52.30	4.242	28.2	28.4	30.9	28.6	28.3	29.8	
S4 캔틸레버	51.60	4.188	27.5	28.1	30.4	27.5	27.8	29.0	
S5 캔틸레버	53.70	4.259	29.4	29.1	31.1	29.0	29.3	30.1	
S6 캔틸레버	53.80	4.271	29.4	29.1	31.2	29.2	29.3	30.2	
S7 캔틸레버	52.15	4.217	28.0	28.3	30.7	28.1	28.2	29.4	
S8 캔틸레버	52.65	4.251	28.5	28.6	31.0	28.8	28.6	29.9	
S9 캔틸레버	51.95	4.206	27.8	28.2	30.6	27.9	28.0	29.3	
S10 캔틸레버	53.70	4.288	29.4	29.1	31.4	29.6	29.3	30.5	
S11 캔틸레버	53.65	4.262	29.3	29.1	31.1	29.0	29.2	30.1	
S12 캔틸레버	51.85	4.202	27.8	28.2	30.5	27.8	28.0	29.2	
S13 캔틸레버	52.90	4.262	28.7	28.7	31.1	29.0	28.7	30.1	
S14 캔틸레버	53.20	4.245	28.9	28.9	31.0	28.7	28.9	29.9	
S15 캔틸레버	53.70	4.281	29.4	29.1	31.3	29.4	29.3	30.4	
S16 캔틸레버	51.25	4.191	27.2	27.9	30.4	27.5	27.6	29.0	

【표 3.34】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(계속)

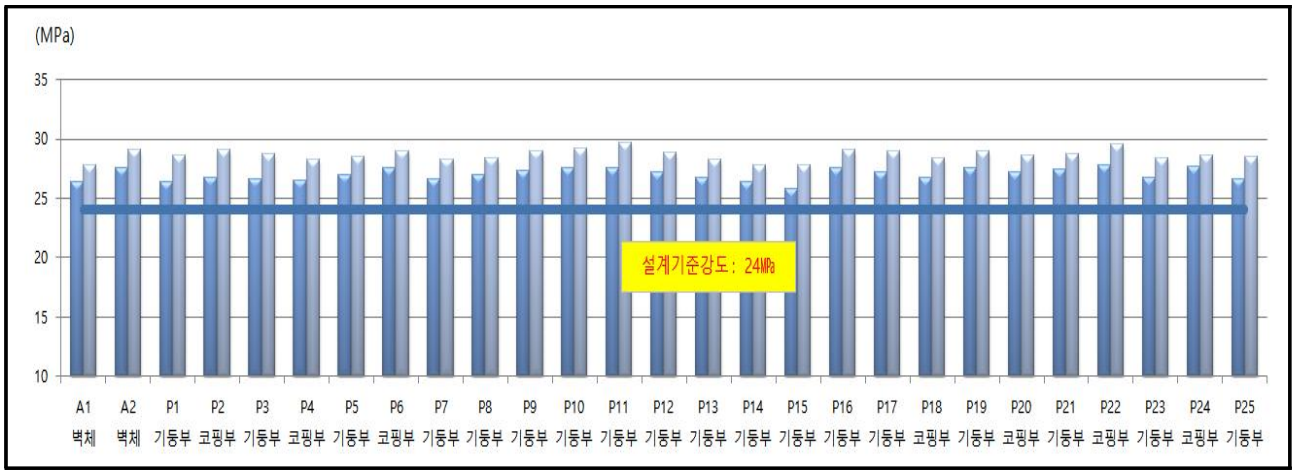
시험위치	비파괴시험		반발경도법 (MPa)		초음파속도법 (MPa)		반발 경도법 평균	초음파 속도법 평균	설계 기준 강도 (MPa)
	반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	식③	식④			
S17 캔틸레버	51.10	4.185	27.1	27.8	30.4	27.4	27.5	28.9	27.0
S18 캔틸레버	53.15	4.256	28.9	28.8	31.1	28.9	28.9	30.0	
S19 캔틸레버	52.40	4.227	28.2	28.5	30.8	28.3	28.4	29.6	
S20 캔틸레버	54.65	4.302	30.2	29.6	31.5	29.9	29.9	30.7	
S21 캔틸레버	53.35	4.241	29.1	28.9	30.9	28.6	29.0	29.8	
S22 캔틸레버	54.10	4.289	29.7	29.3	31.4	29.6	29.5	30.5	
S23 캔틸레버	52.25	4.229	28.1	28.4	30.8	28.3	28.3	29.6	
S24 캔틸레버	51.95	4.236	27.8	28.2	30.9	28.5	28.0	29.7	
S25 캔틸레버	53.70	4.256	29.4	29.1	31.1	28.9	29.3	30.0	
S26 캔틸레버	52.35	4.253	28.2	28.4	31.0	28.9	28.3	30.0	
평 균			28.5	28.6	30.9	28.6	28.6	29.8	
표준편차			0.84	0.48	0.32	0.69	0.66	0.51	
변동계수			2.95	1.68	1.04	2.41	2.32	1.73	



【그림 3.13】 상부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.35】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치	비파괴시험		반발경도법 (MPa)		초음파속도법 (MPa)		반발 경도법 평균	초음파 속도법 평균	설계 기준 강도 (MPa)
	반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	식③	식④			
A1 벽체	46.05	4.121	25.5	26.9	29.7	26.1	26.2	27.9	24.0
A2 벽체	46.20	4.144	25.6	27.0	30.0	26.6	26.3	28.3	
P1 기둥부	46.15	4.132	25.6	27.0	29.8	26.3	26.3	28.1	
P2 코핑부	46.85	4.148	26.1	27.3	30.0	26.6	26.7	28.3	
P3 기둥부	46.60	4.137	25.9	27.2	29.9	26.4	26.6	28.2	
P4 코핑부	45.95	4.145	25.4	26.9	30.0	26.6	26.2	28.3	
P5 기둥부	47.15	4.163	26.4	27.4	30.1	27.0	26.9	28.6	
P6 코핑부	47.10	4.150	26.3	27.4	30.0	26.7	26.9	28.4	
P7 기둥부	46.95	4.169	26.2	27.3	30.2	27.1	26.8	28.7	
P8 기둥부	45.50	4.112	25.1	26.7	29.6	25.9	25.9	27.8	
P9 기둥부	45.85	4.138	25.3	26.8	29.9	26.4	26.1	28.2	
P10 기둥부	45.40	4.113	25.0	26.6	29.6	25.9	25.8	27.8	
P11 기둥부	46.75	4.169	26.1	27.2	30.2	27.1	26.7	28.7	
P12 기둥부	45.25	4.088	24.9	26.6	29.4	25.4	25.8	27.4	
P13 기둥부	46.80	4.136	26.1	27.3	29.9	26.4	26.7	28.2	
P14 기둥부	46.10	4.134	25.5	27.0	29.9	26.3	26.3	28.1	
P15 기둥부	45.35	4.103	24.9	26.6	29.5	25.7	25.8	27.6	
P16 기둥부	45.55	4.102	25.1	26.7	29.5	25.7	25.9	27.6	
P17 기둥부	44.95	4.114	24.6	26.4	29.7	25.9	25.5	27.8	
P18 코핑부	46.85	4.158	26.1	27.3	30.1	26.8	26.7	28.5	
P19 기둥부	45.55	4.096	25.1	26.7	29.5	25.5	25.9	27.5	
P20 코핑부	44.90	4.088	24.6	26.4	29.4	25.4	25.5	27.4	
P21 기둥부	46.35	4.142	25.7	27.1	29.9	26.5	26.4	28.2	
P22 코핑부	47.00	4.154	26.3	27.4	30.1	26.8	26.9	28.5	
P23 기둥부	47.10	4.159	26.3	27.4	30.1	26.9	26.9	28.5	
P24 코핑부	46.10	4.142	25.5	27.0	29.9	26.5	26.3	28.2	
P25 기둥부	44.20	4.085	24.0	26.1	29.4	25.3	25.1	27.4	
평 균			25.5	27.0	29.8	26.3	26.3	28.1	
표준편차			0.63	0.36	0.26	0.54	0.50	0.40	
변동계수			2.47	1.33	0.87	2.05	1.90	1.46	



【그림 3.14】 하부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.36】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부 구조	반발경도법	27.5∼29.9	27.0	101.9∼110.7
	초음파속도법	28.9∼30.7		107.0∼113.7
하부 구조	반발경도법	25.1∼26.9	24.0	104.6∼112.1
	초음파속도법	27.4∼28.7		114.2∼119.6

② 기 점검결과와의 비교·분석

구 분	시험방법	2016년 정밀점검	2018년 정밀안전진단
상부구조	반발경도법	28.9∼29.3	27.5∼29.9
	초음파속도법	-	28.9∼30.7
하부구조	반발경도법	24.3∼26.9	25.1∼26.9
	초음파속도법	-	27.4∼28.7

2) 철근탐사시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 53개소(상부구조 26개소, 하부구조 27개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인되었다.

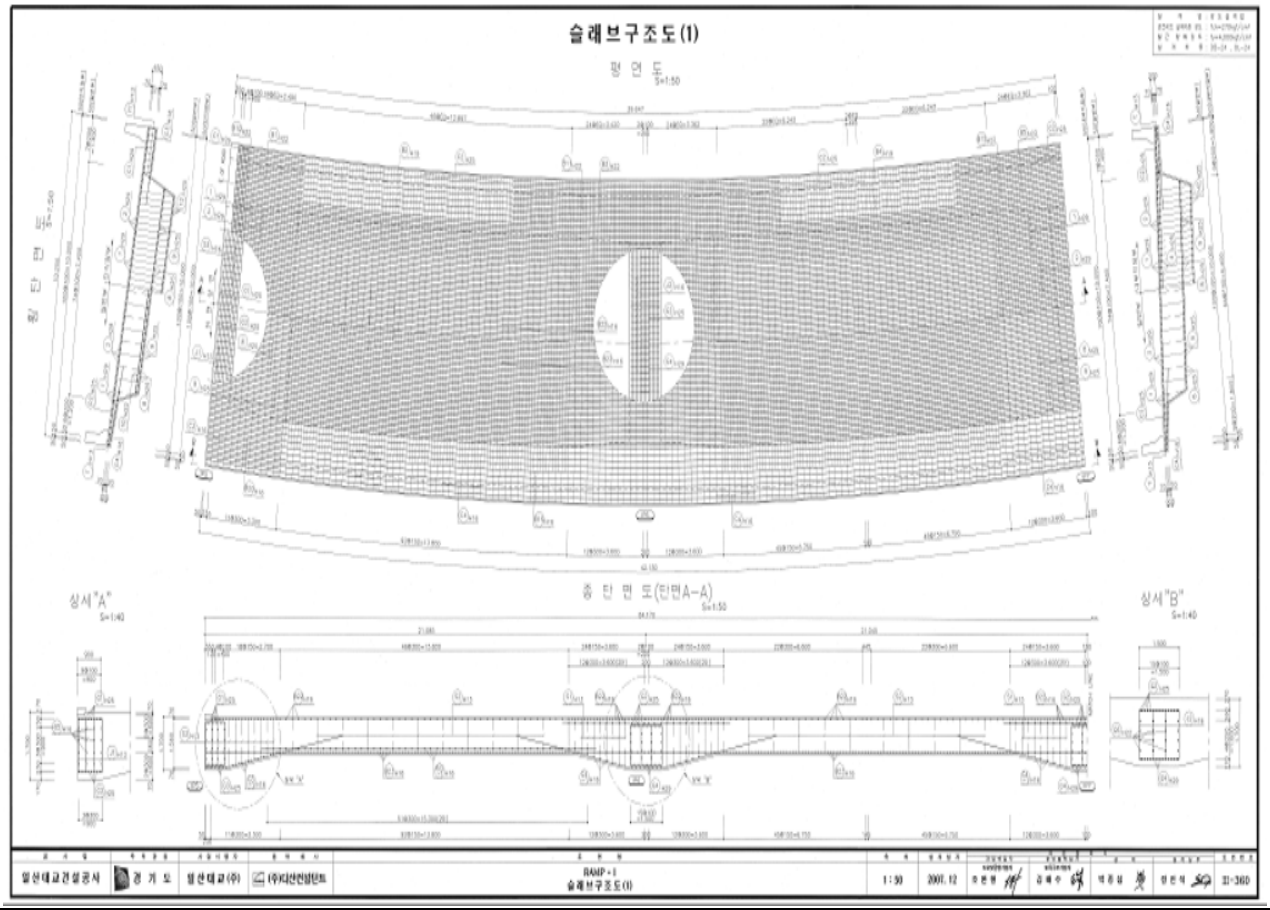
① 철근탐사 시험결과

【표 3.37】 상부구조 철근탐사 시험결과

시험위치	철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
		배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
캔틸레버 S01	주철근	147	41	150	40	양호
	배력철근	122	41	125	40	양호
캔틸레버 S02	주철근	148	57	150	40	양호
	배력철근	132	41	125	40	양호
캔틸레버 S03	주철근	150	44	150	40	양호
	배력철근	130	41	125	40	양호
캔틸레버 S04	주철근	151	59	150	40	양호
	배력철근	129	41	125	40	양호
캔틸레버 S05	주철근	153	57	150	40	양호
	배력철근	129	41	125	40	양호
바닥판하면 측면 S06	주철근	258	58	250	70	양호
	배력철근	293	54	300	70	양호
바닥판하면 측면 S07	주철근	258	79	250	70	양호
	배력철근	299	61	300	70	양호
바닥판하면 측면 S08	주철근	256	79	250	70	양호
	배력철근	291	62	300	70	양호
바닥판하면 하면 S09	주철근	95	62	100	70	양호
	배력철근	148	57	150	70	양호
바닥판하면 하면 S10	주철근	99	52	100	70	양호
	배력철근	149	41	150	70	양호
바닥판하면 하면 S11	주철근	98	41	100	70	양호
	배력철근	313	41	150	70	양호
바닥판하면 하면 S12	주철근	101	41	100	70	양호
	배력철근	291	41	150	70	양호
바닥판하면 하면 S13	주철근	98	49	100	70	양호
	배력철근	291	41	150	70	양호
바닥판하면 하면 S14	주철근	103	44	100	70	양호
	배력철근	295	41	150	70	양호
바닥판하면 하면 S15	주철근	98	54	100	70	양호
	배력철근	148	54	150	70	양호
바닥판하면 측면 S16	주철근	258	70	250	70	양호
	배력철근	306	58	300	70	양호
바닥판하면 측면 S17	주철근	255	78	250	70	양호
	배력철근	300	65	300	70	양호
바닥판하면 측면 S18	주철근	240	74	250	70	양호
	배력철근	312	67	300	70	양호

【표 3.37】 상부구조 철근탐사 시험결과(계속)

시험위치	철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
		배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
바닥판하면 측면 S19	주철근	256	90	250	70	양호
	배력철근	285	84	300	70	양호
바닥판하면 하면 S20	주철근	115	145	100	70	양호
	배력철근	150	143	150	70	양호
바닥판하면 측면 S21	주철근	243	175	250	70	양호
	배력철근	291	58	300	70	양호
바닥판하면 측면 S22	주철근	258	175	250	70	양호
	배력철근	290	41	300	70	양호
바닥판하면 측면 S23	주철근	230	41	250	70	양호
	배력철근	283	39	300	70	양호
바닥판하면 측면 S24	주철근	250	37	250	70	양호
	배력철근	315	34	300	70	양호
바닥판하면 측면 S25	주철근	230	64	250	70	양호
	배력철근	285	41	300	70	양호
바닥판하면 측면 S26	주철근	246	79	250	70	양호
	배력철근	300	42	300	70	양호

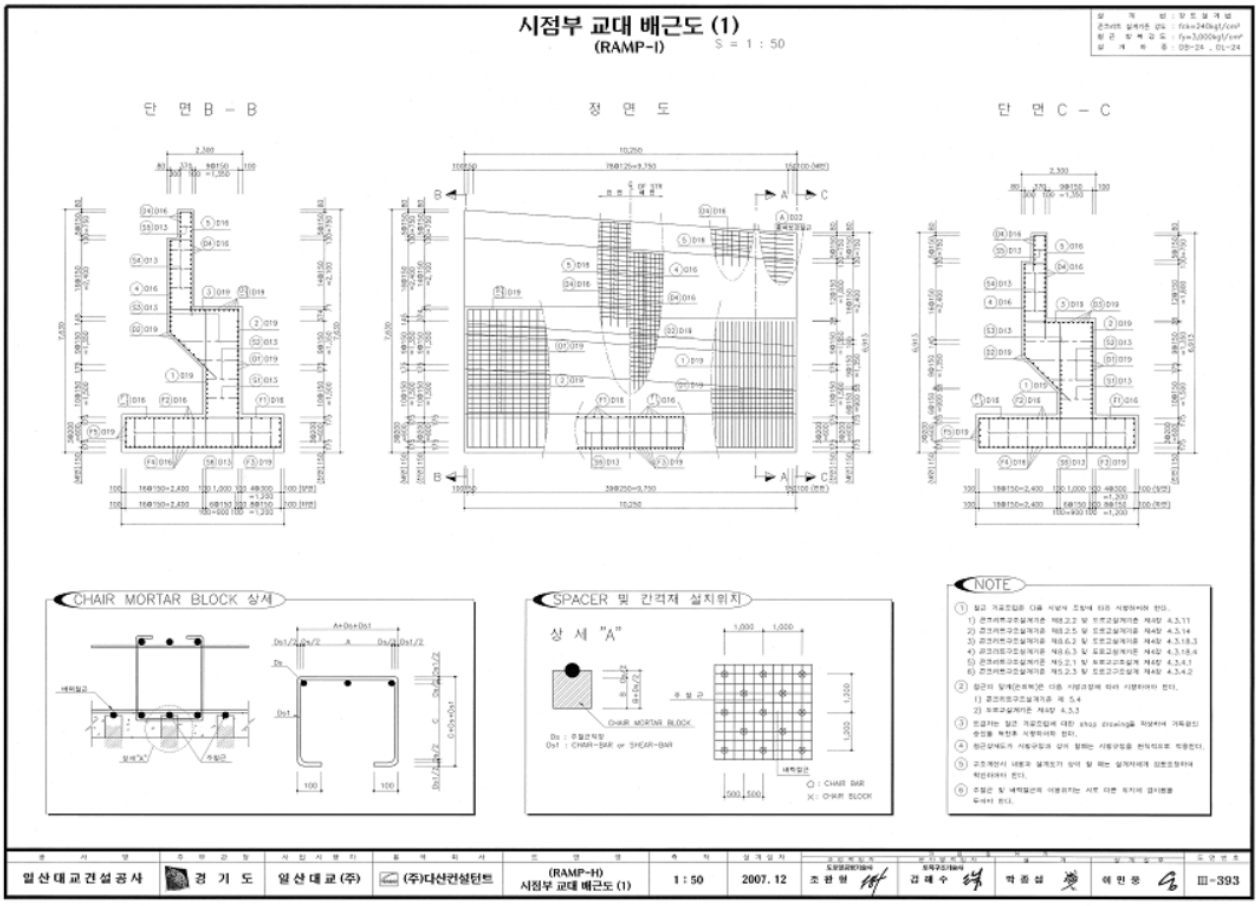


【표 3.38】 하부구조 철근탐사 시험결과

시험위치	철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
		배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
벽체 IA1	수직철근	262	92	250	100	양호
	수평철근	148	88	150	100	양호
흉벽 IA2	수직철근	252	98	250	100	양호
	수평철근	148	84	150	100	양호
교각 코핑부 IP01	수직철근	154	88	150(300)	100	양호
	수평철근	200	82	200	100	양호
교각 코핑부 IP02	수직철근	295	93	150(300)	100	양호
	수평철근	200	79	200	100	양호
교각 코핑부 IP03	수직철근	290	98	150(300)	100	양호
	수평철근	200	92	200	100	양호
교각 기둥부 IP04	수직철근	133	94	125	100	양호
	수평철근	142	87	150(75)	100	양호
교각 기둥부 IP05	수직철근	123	99	125	100	양호
	수평철근	144	88	150(75)	100	양호
교각 기둥부 IP06	수직철근	125	79	125	100	양호
	수평철근	152	79	150(75)	100	양호
교각 기둥부 IP07	수직철근	125	91	125	100	양호
	수평철근	150	88	150(75)	100	양호
교각 코핑부 IP08	수직철근	150	97	150(300)	100	양호
	수평철근	200	92	200	100	양호
교각 코핑부 IP09	수직철근	292	102	150(300)	100	양호
	수평철근	201	96	200	100	양호
교각 기둥부 IP10	수직철근	214	96	215	100	양호
	수평철근	150	95	150(75)	100	양호
교각 기둥부 IP11	수직철근	200	96	215	100	양호
	수평철근	146	93	150(75)	100	양호
교각 기둥부 IP12	수직철근	133	97	125	100	양호
	수평철근	148	88	150(75)	100	양호
교각 기둥부 IP13	수직철근	186	90	215	100	양호
	수평철근	146	90	150(75)	100	양호
교각 기둥부 IP14	수직철근	200	91	215	100	양호
	수평철근	150	91	150(75)	100	양호
교각 코핑부 IP15	수직철근	306	100	150(300)	100	양호
	수평철근	206	93	200	100	양호
교각 코핑부 IP16	수직철근	290	98	150(300)	100	양호
	수평철근	207	91	200	100	양호
교각 코핑부 IP17	수직철근	305	93	150(300)	100	양호
	수평철근	200	93	200	100	양호
교각 코핑부 IP18	수직철근	295	100	150(300)	100	양호
	수평철근	198	92	200	100	양호
교각 기둥부 IP19	수직철근	135	98	125	100	양호
	수평철근	150	93	150	100	양호
교각 코핑부 IP20	수직철근	143	97	150(300)	100	양호
	수평철근	200	94	200	100	양호

【표 3.38】 하부구조 철근탐사 시험결과(계속)

시험위치	철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
		배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
교각 코핑부 IP21	수직철근	155	97	150(300)	100	양호
	수평철근	200	92	200	100	양호
교각 코핑부 IP22	수직철근	148	102	150(300)	100	양호
	수평철근	200	96	200	100	양호
교각 코핑부 IP23	수직철근	146	100	150(300)	100	양호
	수평철근	190	97	200	100	양호
교각 코핑부 IP24	수직철근	145	92	150(300)	100	양호
	수평철근	200	92	200	100	양호
교각 기둥부 IP25	수직철근	135	105	125	100	양호
	수평철근	145	93	150	100	양호



② 기 점검결과와의 비교

구 분	2016년 정밀점검		2018년 정밀안전진단	
	배근간격(mm)	피복두께(mm)	배근간격(mm)	피복두께(mm)
상부구조	-	40∼100	95∼313	34∼175
하부구조	-	91∼100	123∼306	79∼105

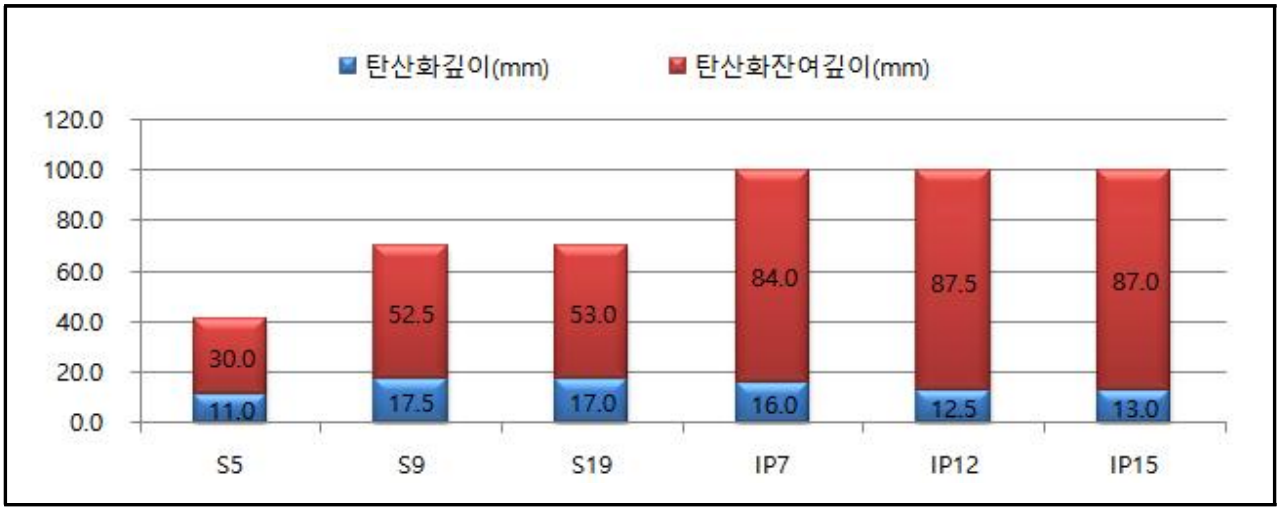
3) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 6개소(상부구조 3개소, 하부구조 3개소)에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 "a등급"으로 평가되었다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.39】탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 등급	비 고
상부 구조	S05 캔틸레버	11.0	41.0	30.0	2.67	100년이상	a	양호
	S09 슬래브하면 측면	17.5	70.0	52.5	4.24	100년이상	a	양호
	S19 슬래브하면 측면	17.0	70.0	53.0	4.12	100년이상	a	양호
하부 구조	IP07 코핑부	16.0	100.0	84.0	3.88	100년이상	a	양호
	IP12 기둥부	12.5	100.0	87.5	3.03	100년이상	a	양호
	IP15 기둥부	13.0	100.0	87.0	3.15	100년이상	a	양호



【그림 3.15】탄산화 깊이 측정결과

② 기 점검결과와의 비교

구 분	2016년 정밀점검 잔여깊이(mm)	2018년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)
상부구조	28.9～54.5	30.0～53.0
하부구조	77.3～90.2	84.0～87.5

4) 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험은 총 4개소(상부구조 2개소, 하부구조 2개소)에서 깊이별 시험을 실시하였으며, 그 결과 a등급으로 평가되었다.

【표 3.40】 염화물 함유량 시험결과 및 평가

시험위치		측정깊이 (㎜)	염화물 함유량		평가 결과	비 고
			Cl^-(%)	Cl^-(kg/㎥)		
상부 구조	바닥판하면 S5	0~10	0.0132	0.2987	a	
		10~20	0.0118	0.2670	a	
		20~30	0.0092	0.2082	a	
	바닥판하면 S15	0~10	0.0128	0.2897	a	
		10~20	0.0105	0.2376	a	
		20~30	0.0096	0.2172	a	
하부 구조	교각 IP11 기둥부	0~10	0.0101	0.2286	a	
		10~20	0.0085	0.1924	a	
		20~30	0.0080	0.1810	a	
	교각 IP15 기둥부	0~10	0.0105	0.2376	a	
		10~20	0.0091	0.2059	a	
		20~30	0.0086	0.1946	a	

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

5) 균열깊이 측정결과

균열깊이측정을 위해 현장외관조사 시 확인된 폭 0.3㎜이상 균열을 선정하였으며, 초음파 속도를 이용하여 균열깊이 측정을 실시하였다.

균열깊이 측정결과, 폭 0.3㎜이상 균열의 균열깊이가 철근피복두께를 초과하는 것으로 분석되었다. 이에 콘크리트 내구성 저하 방지를 위해 폭 0.3㎜이상 균열에 대해서는 주입보수를 실시하는 것이 적절하다고 판단된다.

【표 3.41】 균열깊이 조사결과

시험위치		균열폭 (㎜)	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec)		균열깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	비 고
			건전부 (To)	균열부 (Tc)			
상부구조	S07 거더외부	0.3	75.8	81.0	56	54	
하부구조	IP01 기둥부	0.3	71.1	76.6	60	86	

3.3.4 콘크리트 내구성조사 결과요약

【표 3.42】 콘크리트 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
비파괴 강도 (㎫)	상부 구조	반발경도	27.5∼29.9	27.0	■설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트 강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	28.9∼30.7		
	하부 구조	반발경도	25.1∼26.9	24.0	■설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트 강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	27.4∼28.7		
철근탐사 (㎜)	상부 구조	배근간격	95∼313	100~300	■전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	34∼175	40~70	
	하부 구조	배근간격	123∼306	125~300	
		피복두께	79∼105	100	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		30.0～53.0		■탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		84.0～87.5		
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부구조		0.2082～0.2987		■염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
	하부구조		0.1810～0.2376		
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 양호한 상태로 판단됨. • 염화물 함유량 시험결과, 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없는 상태인 a 등급으로 평가되됨.				

3.4 강재 내구성 조사

3.4.1 개 요

가. 개 요

공용 중 교량에 있어서 강재 비파괴조사는 강구조의 주요 부재에 대한 제작상태 및 결함의 분포 현황을 조사하고, 그 결과를 분석하여 교량 전체의 내구성평가에 요구되는 기초자료를 제공하기 위하여 실시한다.

나. 조사 현황 및 위치

1) 조사 현황 및 선정사유

본 과업에서 강재 비파괴조사를 위해 초음파탐상시험(UT), 도막두께 측정을 실시하였다.

본 교량의 초음파탐상시험은 강재 비파괴시험에 앞서 강재 용접부에 대한 외관조사 결과를 토대로 용접결함 및 결함 의심부위가 없는 경우 타부위에 비해 구조적 취약부위인 맞대기용접부에 대해서 시험을 실시하도록 되어 있다.(과업지시서와『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침_교량편(2017.01, 국토해양부/한국시설안전공단)』참조)

RAMP-I교는 약 11년 정도의 공용기간이 경과한 상태로 현재 강재 용접부에 문제가 될 만한 용접결함이 없는 양호한 상태로 조사되어 상기 언급한 과업지시서 및 세부지침에 따라 책임기술자의 판단 하에 필렛용접구간의 시험은 실시하지 않았으며, 인장 및 교번구간의 하부플랜지 맞대기이음부에 대해서 초음파탐상시험을 실시하였다.

【표 3.43】 강재 비파괴시험 현황

조사위치		초음파탐상시험	도막두께측정	비고
S1	G1	2	3	
	G2	2	3	
S2	G1	2	3	
	G2	2	3	
S3	G1	2	-	
	G2	2	-	
S4	G1	2	-	
	G2	2	-	
S5	G1	2	-	
	G2	2	-	
합 계		20	12	
세부지침 기준수량		20	-	

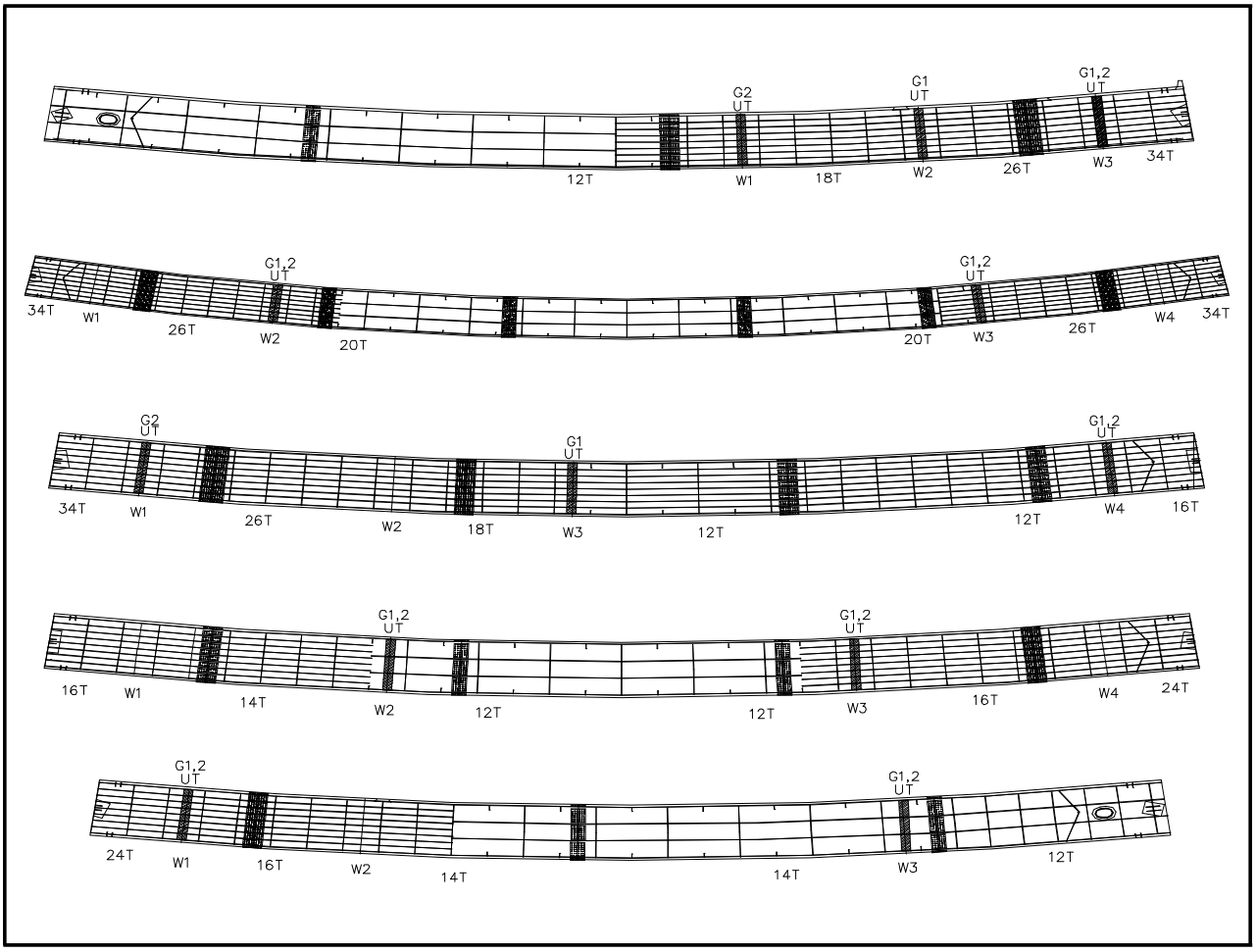
※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 상 기준수량(강재 초음파탐상시험) : 2개소/경간별 거더(맞대기 용접부)

2) 조사 사진

초음파 탐상 검사	도막두께 측정시험

【사진 3.29】 강재 내구성조사 전경

3) 강재 내구성조사 위치도



【그림 3.16】 강재 내구성조사 위치도

3.4.2 시험내용 및 평가기준

가. 초음파탐상시험(UT : Ultrasonic Testing)

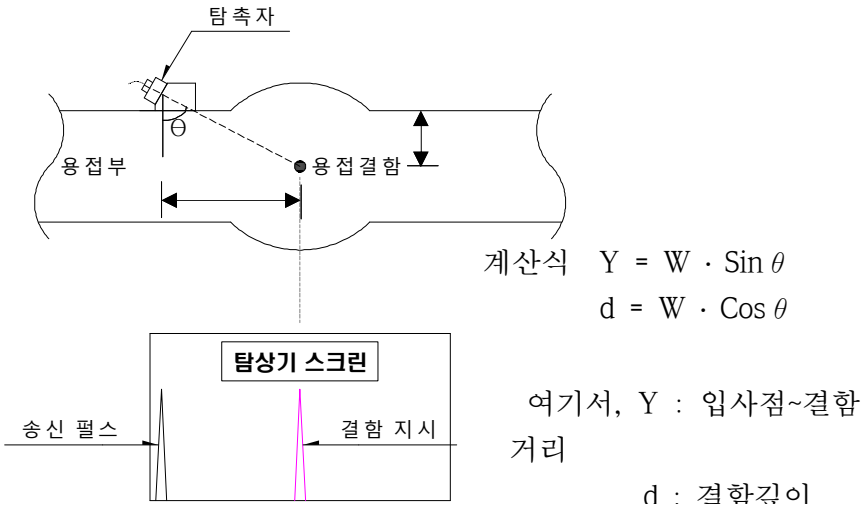
1) 개 요

가청 주파수 이상의 주파수를 갖는 초음파(20,000㎐이상)를 시험체 내에 전달하여 초음파 진행경로 상에 존재하는 결함부로부터 반사하는 초음파 신호를 수신하여 탐상기 CRT 스크린 상에서 에코파형을 확인함으로써 결함의 존재 여부 및 결함 정보를 알아내는 검사방법이다.

초음파의 종류는 크게 수직법과 사각법으로 대별되며, 수직법은 탐촉자를 시험체에 접촉하여 시험체에 수직으로 초음파를 전파시켜 검사하는 방법으로 통상적으로 판재 및 봉재, 주·단강품 결함 검사와 부재의 부식두께 측정 등에 이용되며, 사각법은 시험체에 임의의 일정각으로 초음파를 전파시켜 검사하는 방법으로 주로 강구조물 용접부 검사에 적용된다.

2) 방법(사각법)

일반적으로 강교 용접부의 사각탐상에서는 주로 용접부 내부에 존재하는 기공, 슬래그, 융합불량, 용입부족 등의 결함과 균열에 대한 조사가 실시되고 있으며, 각각의 결함부로부터 반사한 에코파형의 펄스형태(펄스폭&높이), 반사체(결함)까지의 진행거리, 초음파 입사각도, 에코의 반사패턴 등을 종합적으로 분석하여 결함의 입체적인 위치를 산출하고 결함 종류 및 길이 등을 측정한다.



【그림 3.17】 초음파탐상(사각법)시험 개요도

3) 특 성

① 시험체가 두꺼워도 검사가 가능하다.

② 불연속의 위치를 정확히 알 수 있다.

③ 검사 결과를 바로 알 수 있다.

④ 균열 등의 면상 결함의 검출에는 방사선투과검사보다 유리하다.

⑤ 시험체 한면에서의 탐상이 가능하다.

⑥ 결함의 종류 및 형상, 크기를 식별하기 어렵다.

⑦ 금속 조직의 영향을 많이 받는다.

⑧ 검사자의 기량에 의해 검사 결과가 영향을 받는다.

⑨ 검사 결과의 기록 보존이 어렵다.

4) 평가기준

초음파탐상검사 방법 및 결함지시에 대한 등급 분류는 아래 표와 같다.

【표 3.44】 결함의 등급 분류

영 역	M검출 레벨은 Ⅲ L검출 레벨은 Ⅱ와 Ⅲ			Ⅳ		
판두께(㎜) 등급	18 이하	18 초과 ~ 60 이하	60 초과	18 이하	18 초과 ~ 60 이하	60 초과
1급	6㎜ 이하	t/3 이하	20㎜ 이하	4㎜ 이하	t/4 이하	15㎜ 이하
2급	9㎜ 이하	t/2 이하	30㎜ 이하	6㎜ 이하	t/3 이하	20㎜ 이하
3급	18㎜ 이하	t 이하	60㎜ 이하	9㎜ 이하	t/2 이하	30㎜ 이하
4급	3급을 초과하는 것					

※ 강도로교 용접 및 도장요령(1998, 건설교통부) 참조

※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(2006. 12, 한국시설안전기술공단) 참조

5) 판정기준

강도로교 용접 및 도장요령(1998, 건설교통부)에 의거하여 합·부를 판정하였다.

【표 3.45】 용접부 결함의 합·부 판정기준

검 사 부 위	합 격 기 준	비 고
인장 및 교번하중이 작용하는 부재의 용접부	2급 이상	KS-B-0896
압축 및 전단응력이 작용하는 부재의 용접부	3급 이상	

나. 강재 도막두께 측정(Dry Film Thickness Measurement)

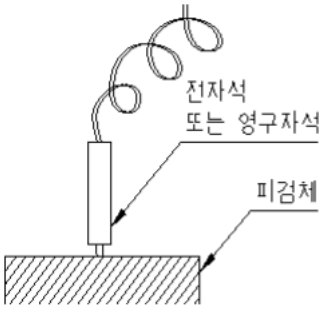
1) 개 요

강재에 있어서 도장의 상태 및 도막의 두께는 구조물의 내구성능을 판단하는 기준이 된다. 도막두께의 부족은 강재의 부식을 촉진시키고 결과적으로 내구성능을 저하시키는 요인으로 작용한다. 본 측정은 강재 거더의 도막두께를 측정하여 현재의 도장상태을 확인하고 내구성능의 저하 여부를 판단하고자 실시하였다.

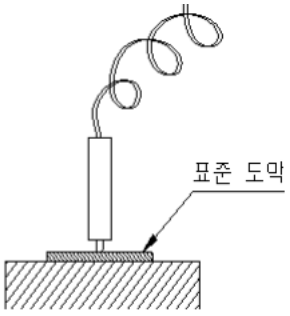
측정은 강박스 거더의 내부와 외부로 구분하였으며, 한 개소당 3회씩 측정하여 평균값을 도막두께로 취하였다.

2) 측정원리

도막두께 측정은 전자석 또는 영구자석을 이용하여 피검체(자성체)에 도포된 도막의 두께를 측정하는 검사 방법으로 페인트 도막 및 기타 코팅에 적용된다. 도막두께의 측정 원리는 다음과 같다.



【그림 3.18】Gauge 영점조정



【그림 3.19】Gauge 초기화(Calibration)

상기 그림과 같이 도막이 도포되지 않은 피검체(자성체)에 전자석 또는 영구자석을 접촉시켜 지시계의 눈금을 영점(Zero) 조정한다. 영점 조정한 후 확인하고자 하는 두께와 유사한 표준도막을 이용하여 각 도막의 두께에 따른 자력차를 이용하여 검사하는 방법이다.

도막두께를 교정한 후 측정 부위에 접촉시켜 전자석 또는 영구자석의 자력차를 수치로 나타내어 측정 부위의 도막두께를 확인한다.

3) 평가기준

본 교량의 강재도장은 도로교 표준시방서의 시공 및 유지 관리편의 규정과 강구조물의 방청 도장공사 시방('96. 6. 한국도로공사)에 따라 시공된 것으로 확인되었다.

따라서 금회 진단시 평가는 준공당시 시방기준과 현 시방기준인『도로교 표준시방서(2013)』의 일반환경용 중박식 도장)기준을 비교・평가하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

【표 3.46】 일반환경용 중방식 도장(공사시방서)

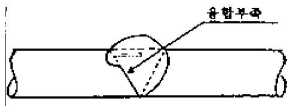
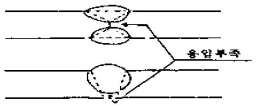
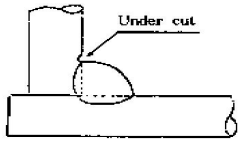
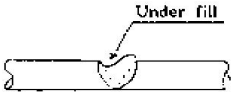
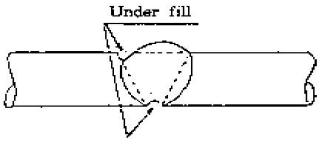
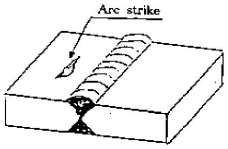
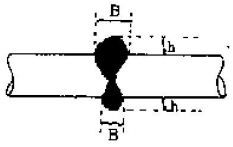
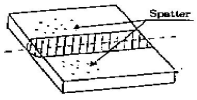
도장부위	표면처리	도장순서	도료형태	건조도막 두께(㎛)
거더 외부	준 나금속블라스트 세정(SA 2.5)	1차	무기질계 도료	50
		2차	염화고무계 중도	60
		3차	염화고무계 상도	30
		4차	염화고무계 상도	30
		계		170
거더 내부	준 나금속블라스트 세정(SA 2.5)	1차	무기질계 도료	100~150
		계		150

【표 3.47】 일반환경용 중방식 도장(현 시방기준)

구 분	도장 계열	공 정		현 시방기준		도장 횟수
				도료명칭 또는 방법	도막두께(㎛)	
교 량 외 부	GEB	1차 표면처리		SSPC - SP10		
		샵 프라이머		무기질 아연말 샵프라이머	20	1
		2차 표면처리		SSPC - SP10		
		공장 도장	제1층	무기질 아연말도료	75	1
			제2층	미스트 코트	80	1
			제3층	고고분형 에폭시계 도료		1
		공장/ 현장도장	제4층	우레탄계 도료	30	1
			제5층	우레탄계 도료	30	1
		계			215	
교 량 내 부	GIB	1차 표면처리		SSPC - SP10		
		샵 프라이머		무기질 아연말 샵프라이머	20	1
		2차 표면처리		SSPC - SP10		
		공장 도장	제1층	무기질 아연말도료	75	1
			제2층	미스트 코트	100	1
			제3층	고고분형 에폭시계 도료		1
		계			175	

3.4.3 용접부에 발생하는 대표적인 결함

【표 3.48】 용접부에 발생하는 대표적인 결함

결 함 내 용	설 명	비 고
• 균열 Crack	• 용접부의 작은 단면에 걸리는 하중이 금속의 응력값을 초과할 때 발생. 균열은 모재나 용접금속에서도 나타나며 다른 결함, Notch 등과 함께 나타나기도 함	
• 융합부족(LF) Lack of fusion	• 그림과 같이 용접금속과 모재 사이가 완전하게 융합이 되지 아니한 상태	
• 용입부족(IP) Incomplete Penetration	• 그림과 같이 용융금속의 두께가 모재 두께 보다 적게 용입이 이루어진 상태	
• 언더 컷 Under cut	• 용접사 기량 또는 용접조건 불량 등의 원인에 의하여 그림과 같이 움푹 패인 형상으로, 도로교 표준시방서 15.3.3의 (12)에 의하면 0.3~0.8mm 까지 허용됨	
• 언더 필 Under fill	• 용융금속이 덜 채워진 형상 	
• 아크 스트라이크 Arc strike	• 용접을 시작할 때 용접봉을 모재쪽에 대고 Arc를 발생시킴으로 인하여 모재가 움푹 패인 현상으로 응력집중의 원인이 됨	
• 기공 Porosity	• 이물질이나 수분에 의해 용접부 내부에 가스가 발생되어 용접금속 외부로 빠져 나오지 못하고 내부에서 기포를 형성한 상태	
• 블로 홀 Blow hole (Pit)	• 이물질이나 수분에 의해 발생된 가스가 용접비드 표면에 빠져 나오면서 발생된 작은 구멍	
• 용접Bead 상태불량 -과대한 용접 덧붙임 -Bead 표면의 과대한 요철	• 도·시(표 15.3.7)에 의하면 용접 Bead 폭 B에 따라 용접 덧붙임 높이 h값이 규정되어 있으며, 이 규정을 초과하는 덧붙임, 용접 Bead 표면의 과대한 요철 등이 발생	
• 스패터 Spatter	• 용접시 용융 Pool로부터 모재쪽으로 튀겨 나온 조그마한 금속 알갱이	
• 슬래그 혼입 Slag Inclusion	• 용접봉 피복 등이 용접금속 내에 혼입된 상태. 용접 내부의 슬래그는 강도를 저하시키며, 표면의 슬래그는 도장 박리의 원인이 됨	

3.4.4 시험결과 및 분석

가. 초음파탐상시험

초음파탐상시험으로 강박스 거더의 맞대기 용접부에 대해 용접상태를 검사한 결과, 전 개소에서 균열, 기공, 슬래그 및 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사되었다.

【표 3.49】 초음파탐상(UT) 시험결과

시험위치	모재두께	각도	위치		결함발생 현황	등급	합격여부		비 고
			x	y			합격	불합격	
IP1 - G1 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP1 - G1 - W3	26+34	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP1 - G2 - W1	12+18	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP1 - G2 - W3	26+34	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP2 - G1 - W2	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP2 - G1 - W3	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP2 - G2 - W2	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP2 - G2 - W3	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP3 - G1 - W3	12+18	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP3 - G1 - W4	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP3 - G2 - W1	26+34	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP3 - G2 - W4	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP4 - G1 - W2	12+14	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP4 - G1 - W3	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP4 - G2 - W2	12+14	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP4 - G2 - W3	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP5 - G1 - W1	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP5 - G1 - W3	12+14	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP5 - G2 - W1	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
IP5 - G2 - W3	12+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		

주) 합격기준 : 2급 이상(인장 및 교번하중 작용부재), 3급 이상(압축 및 전단응력 작용부재)

나. 강재 도막두께 측정결과

도막두께 측정결과, 실측도막두께(외부 254～295㎛, 내부 191～199㎛)가 표준도막두께(외부 215㎛, 내부 175㎛)를 모두 상회하는 것으로 조사되어 양호한 상태로 측정되었다.

【표 3.50】 강재 도막두께 측정결과

시험위치		실측 도막두께(㎛)			평균 (㎛)	평 가
		1회	2회	3회		
S1	G1-RW(내부)	183	203	187	191	양호
	G2-LW(외부)	276	232	254	254	양호
S3	G1-RW(내부)	210	213	174	199	양호
	G2-LW(외부)	345	262	278	295	양호
S5	G1-RW(내부)	177	207	201	195	양호
	G2-LW(외부)	312	253	281	282	양호

3.4.5 강재 비파괴시험 결과요약

【표 3.51】 강재 비파괴시험 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
초음파 탐상시험	강박스거더		1등급(20개소)		▪전 개소에서 균열, 기공, 슬래그 및 용입부족 등의 내부결함이 없는 상태임.
도막두께 측정 (㎛)	강박스 거더	외부	254~295	215	▪표준도막두께를 상회하는 양호한 상태임.
		내부	191~199	175	
종합 평가	• 강재 초음파탐상 시험결과, 전 개소에서 1등급으로 내부결함이 없는 상태임. • 도막두께 측정결과, 내・외부 모두 표준도막두께를 상회하는 양호한 상태임.				

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

3.5.1 현장조사 결과

○ 상부구조인 강박스 거더와 바닥판은 구조적인 손상 및 결함이 없는 양호한 상태를 확보하고 있으며, 외관조사 결과 바닥판 하면 전 구간에 걸쳐 폭 0.1~0.3㎜의 균열이 발생한 상태이다. 거더의 경우 일부 도장 손상, 용접열 손상, 긁힘, 점부식 등이 조사되었다. 조사된 손상은 주의관찰 후 내구성 확보, 손상 진전 방지를 위한 적절한 보수가 요구되며, 보수 후에도 보수부의 재손상 발생여부를 주기적으로 점검하는 것이 바람직하다.

○ 바닥판에 발생한 들뜸, 박리 및 박락, 긁힘의 경우 장기공용으로 인한 열화, 시공중 외부충격, 우수유입 등의 원인으로 발생된 손상인 것으로 판단된다. 기 손상부는 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 조치가 필요하다.

○ 교대 및 교각에 발생한 균열은 폭 0.1~0.3㎜의 균열로서 이는 건조수축 및 온도균열 등에 의한 것으로서 횡방향 균열 등과 같은 구조적 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다. 교각에 발생된 폭 0.3㎜이상 균열부의 경우 손상의 진전 방지를 위한 주입보수 등의 조치를, 그 외 균열부의 경우 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다. 그 외 경미한 망상균열, 누수흔적 및 오염 등이 발생하였으며, 기 손상부는 주의관찰 및 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

○ 교각 코핑부 상면 등에 발생한 박리 및 박락, 체수 등의 손상은 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 신축이음장치에 대한 근본적인 보수가 선행되지 않으면 보수효과를 기대하기 어렵기 때문에 신축이음장치 교체, 하부 물받이 및 유도배수관 설치 등의 조치가 선행되어야 하며, 기 손상부의 경우 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 조치가 필요하다.

○ 교량받침의 외관조사 결과 국부적으로 받침 몰탈 및 받침 콘크리트 균열, 받침몰탈 들뜸 및 파손, 박락, 받침콘크리트 철근노출, Plate 녹발생, 볼트 부식, 고무재 손상 등이 조사되었다. 기 손상은 공용기간 증가로 인한 열화, 우수유입, 외기환경, 건조수축 등에 의해 발생된 손상으로, 주의관찰 후 손상의 진전 방지를 위한 재도장, 단면보수, 방청 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.

○ 탄성받침 일부 구간에 발생된 스토퍼 간섭의 경우 거더의 신축 거동으로 인해 발생된 손상으로 현재 받침몰탈 및 받침콘크리트, 거더 등에 2차 손상은 발생되지 않은 상태이

므로 주기적인 점검을 통한 주의관찰 후 주변 부재 손상 발생 시 재설치 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.

○ 강핑거조인트 및 N.B 조인트 형식으로 설치된 신축이음 장치는 본체 고무재 파손, 누수, 유간토사퇴적, 후타재 균열(폭 0.3㎜미만), 이격, 흡음제 탈락 등이 조사된 상태이며, 기 손상부는 공용기간 증가로 인한 열화, 차량 반복 통행, 건조수축 등에 의해 발생된 손상으로 주의관찰 및 정비 등을 통한 유지관리가 필요하다.

○ 교면포장은 일부구간 아스콘 패임 및 박리가 조사되었으며, 미끄럼방지시설의 경우 전구간 균열 및 망상균열이 발생된 상태이다. 이는 공용기간 증가에 의한 열화, 차량 반복 통행 등으로 인해 발생된 손상으로, 통행 차량의 주행성 및 안전성 확보를 위한 아스콘 팻칭, 재포장 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

○ 배수시설에 대한 외관조사 결과, 공용기간 증가 및 이물질 퇴적 등으로 인한 일부 구간 배수구 막힘, 배수관 이음부 누수 및 지지대 부식이 조사되었다. 기 손상은 구조물의 배수기능에는 크게 영향을 미치지 않는 경미한 상태이므로 주기적인 점검을 통한 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직하다.

○ 방호벽의 외관조사 결과, 균열, 긁힘, 들뜸, 박리 및 박락, 재료분리 등의 손상이 조사되었으며, 이는 시공초기 건조수축, 우수유입, 외부 충격 등의 원인으로 발생된 손상으로 구조물의 내구성 증진을 위한 표면처리, 주입보수, 단면보수 등의 조치가 필요하다.

3.5.2 시험 및 측정 결과

○ 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨.

○ 철근탐사결과, 설계치와 비슷한 수준으로 측정됨.

○ 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 양호한 상태로 판단됨.

○ 염화물 함유량 시험결과, 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없는 상태인 a등급으로 평가됨.

○ 거더에 대한 강재비파괴 시험 결과 용접부, 도장의 상태는 모두 양호한 것으로 나타남.

제 4장 시설물의 상태평가

4.1 개 요

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.3 상태평가 결과

제 4장 시설물의 상태평가

4.1 개요

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 2017. 01」의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

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 부재별 상태평가 적용범위

부재별 상태평가 기준은 교량의 거더와 가로보를 분리하고, 콘크리트의 탄산화와 염화물에 대한 평가항목을 포함하여 세분화하였으며, 아래의 표와 같이 부재별 상태평가 기준을 부재의 중요도를 감안하여 차등화 함으로써 가능한 한 전체 상태평가 기준과 부합하도록 조정하였다. 교량의 안전에 직접적인 영향을 미치는 바닥판, 거더, 하부구조 및 받침은 평가기준을 a~e로 범위를 적용하고, 내구성에 영향을 미치는 신축이음, 배수시설, 교면포장과 2차부재인 가로보와 세로보는 a~d로 범위를 조정하였다.

【표 4.1】 부재별 상태평가 적용 범위

부재의 분류		차등 적용범위
상부구조	바닥판, 거더, 케이블	a, b, c, d, e
	2차부재 (가로보 및 세로보)	a, b, c, d
하부구조	교대 및 교각, 기초, 주탑	a, b, c, d, e
받침	교량받침	a, b, c, d, e
기타부재	신축이음, 난간 및 연석, 배수시설, 교면포장	a, b, c, d
콘크리트 재료	탄산화, 염화물	a, b, c, d

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

4.2.2 구조형식에 따른 부재별 가중치

【표 4.2】 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

<table>
<tr><th rowspan="3">구분</th><th rowspan="3" colspan="2">결함도
평가항목</th><th rowspan="3">슬래브
교량</th><th colspan="8">거더교량</th><th colspan="3">라멘교</th></tr>
<tr><th colspan="3">일반 거더교</th><th colspan="2">바닥판・거더
일체형</th><th colspan="3">아치,트러스</th><th rowspan="2">거더
없음</th><th colspan="2" rowspan="2">거더있음
(복개구조물)</th></tr>
<tr><th>일
반</th><th>2차부재
없음</th><th>바닥판
없음</th><th>강
바닥판</th><th>PSC
박스</th><th colspan="2">콘크리트
바닥판</th><th>강
바닥판</th></tr>
<tr><td rowspan="3">상부</td><td colspan="2">바닥판</td><td>34</td><td>18</td><td>18</td><td>-</td><td>20</td><td>20</td><td colspan="2">15</td><td>34</td><td>20</td><td>21</td></tr>
<tr><td colspan="2">주 형</td><td>-</td><td>20</td><td>25</td><td>37</td><td>18</td><td>20</td><td colspan="2">23</td><td>-</td><td>21</td><td>23</td></tr>
<tr><td colspan="2">2차부재</td><td>-</td><td>5</td><td>-</td><td>11</td><td>5</td><td>3</td><td colspan="2">5</td><td>-</td><td>5</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부</td><td colspan="2">교대/교각</td><td>20</td><td>13</td><td>13</td><td>18</td><td colspan="2">13</td><td colspan="2">13</td><td>34</td><td>22</td><td>24</td></tr>
<tr><td colspan="2">기초</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td><td colspan="2">7</td><td colspan="2">7</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td></tr>
<tr><td>받침</td><td colspan="2">교량받침</td><td>10</td><td>9</td><td>9</td><td>14</td><td colspan="2">9</td><td colspan="2">9</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr>
<tr><td rowspan="4">기타</td><td colspan="2">신축이음</td><td>10</td><td>9</td><td>9</td><td>-</td><td colspan="2">9</td><td colspan="2">9</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="2">교면포장</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td><td>-</td><td colspan="2">7</td><td colspan="2">7</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td></tr>
<tr><td colspan="2">배수시설</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>-</td><td colspan="2">3</td><td colspan="2">3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="2">난간/연석</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>6</td><td colspan="2">2</td><td colspan="2">2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr>
<tr><td rowspan="4">콘크리트</td><td rowspan="2">탄산화</td><td>상부</td><td>2</td><td colspan="2">2</td><td>-</td><td>-</td><td>2</td><td>2</td><td>-</td><td colspan="3" rowspan="2">4</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>2</td><td colspan="2">2</td><td>4</td><td>4</td><td>2</td><td>2</td><td>4</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물</td><td>상부</td><td>2</td><td colspan="2">2</td><td>-</td><td>-</td><td>2</td><td>2</td><td>-</td><td colspan="3" rowspan="2">3</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>1</td><td colspan="2">1</td><td>3</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td></tr>
</table>

〈해 설〉

- 하부구조물이 무근콘크리트로 시공된 경우, 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치를 상부구조물의 탄산화 및 염화물항목의 가중치에 포함시킨다.
- 하부구조물은 무근콘크리트, 상부구조물은 강재로 시공된 경우, 상부구조물의 탄산화 및 염화물 항목에 할당된 가중치는 상부구조물의 상태평가항목(바닥판, 거더)의 가중치에 균등배분하고 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치는 하부구조물(교대/교각)의 가중치에 포함시킨다.

- 기타시설물(신축이음, 교면포장, 배수시설, 난간/연석)이 없는 경우, 기타시설물에 할당된 가중치는 바닥판의 가중치에 포함시킨다.
- 기초에 대한평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함시킨다.

4.2.3 상태평가 결과 결정

가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

- 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최저값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.
- 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최저값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.
- 복개구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

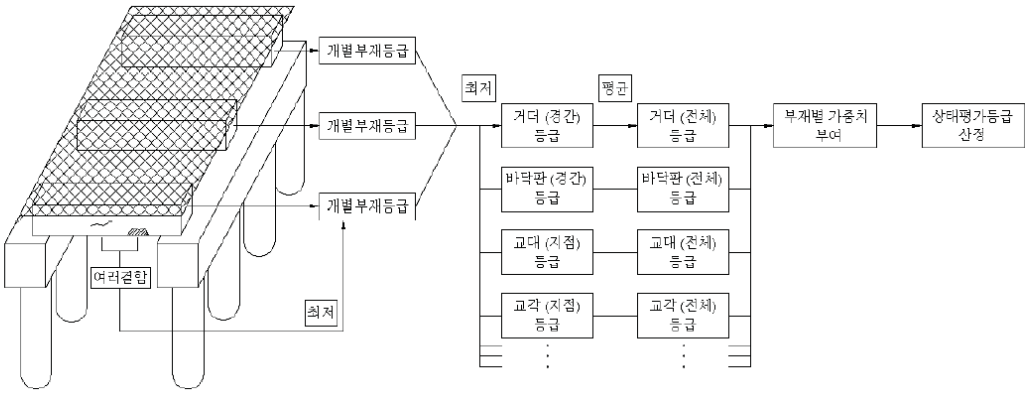
나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다.

환산 결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준 값이며, 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

【표 4.3】 결함도 점수 범위에 따른 기준

기준	A	B	C	D	E
결함도 지수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
결함도 범위	0≤x<0.13	0.13≤x<0.26	0.26≤x<0.49	0.49≤x<0.79	0.79≤x



【그림 4.1】 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법

4.3 상태평가 결과

4.3.1 시설물 상태평가 결과

RAMP-I교의 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B등급” 으로 평가되었다.

가. 구조별 상태평가 결과

【표 4.4】STB 구간 상태평가 결과표

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
S1/IA1	STB	c	a	a	b	a	b	b	b	b	q	x	x	x	x
S2/IP1	STB	c	b	a	b	c	d	x	a	c	q	x	x	x	x
S3/IP2	STB	c	a	a	b	a	d	x	a	b	q	x	x	x	x
S4/IP3	STB	c	b	a	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
S5/IP4	STB	b	b	a	b	a	c	x	b	c	q	a	x	a	x
-/IP5	STB	-	-	-	-	-	-	b	c	c	q	x	x	x	x
평균		0.360	0.160	0.100	0.200	0.160	0.480	0.200	0.200	0.300	-	0.100	0.000	0.100	0.000
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	0	3	0
(평균X 가중치)/ 가중치합		0.065	0.032	0.005	0.014	0.005	0.010	0.018	0.018	0.060	-	0.002	0.000	0.002	0.000

결함도 범위 : 0.130 ≤ **결함도 지수(0.233)** ≤ 0.260

환산결함도 점수 =	0.233
상태평가 결과 =	B

【표 4.5】R.C SLAB 구간 상태평가 결과표

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
S06/IP6	SLAB	c	x	x	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
S07/IP7	SLAB	c	x	x	b	a	c	x	c	c	q	x	a	x	x
S08/IP8	SLAB	c	x	x	b	b	c	x	c	b	q	x	x	x	x
S09/IP9	SLAB	b	x	x	c	a	c	b	b	b	q	a	x	x	x
S16/IP15	SLAB	c	x	x	b	a	c	b	b	b	q	x	a	x	a
S17/IP16	SLAB	c	x	x	a	a	c	x	c	b	q	x	x	x	x
S18/IP17	SLAB	a	x	x	a	a	c	x	c	b	q	x	x	x	x
S19/IP18	SLAB	c	x	x	b	a	c	x	c	b	q	a	x	x	x
S20/IP19	SLAB	c	x	x	b	a	b	b	b	b	q	x	x	x	x
S21/IP20	SLAB	c	x	x	b	a	b	x	b	c	q	x	x	x	x
S22/IP21	SLAB	c	x	x	b	a	a	x	c	b	q	x	x	x	x
S23/IP22	SLAB	b	x	x	b	a	a	x	c	b	q	x	x	x	x
S24/IP23	SLAB	a	x	x	a	a	b	b	b	b	q	x	x	x	x
S25/IP24	SLAB	a	x	x	a	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
S26/IP25	SLAB	b	x	x	b	a	c	x	b	c	q	x	x	x	x
-/IA2	SLAB	-	-	-	-	-	-	b	c	b	q	-	x	-	x
평균		0.300	0.000	0.000	0.187	0.107	0.307	0.200	0.300	0.238	-	0.100	0.100	0.000	0.100
가중치		34	0	0	7	3	2	10	10	27	-	2	2	0	3
(평균X 가중치)/ 가중치합		0.102	0.000	0.000	0.013	0.003	0.006	0.020	0.030	0.064	-	0.002	0.002	0.000	0.003

결함도 범위 : 0.130 ≤ **결함도 지수(0.246)** ≤ 0.260

환산결함도 점수 =	0.246
상태평가 결과 =	B

【표 4.6】R.C RAHMEN 구간 상태평가 결과표

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
S10/IP10	라멘	c	x	x	b	a	c	x	x	b	q	x	x	x	x
S11/IP11	라멘	a	x	x	b	a	c	x	x	b	q	x	x	x	a
S12/IP12	라멘	b	x	x	b	a	c	b	c	b	q	x	a	x	x
S13/IP13	라멘	b	x	x	b	a	a	x	x	b	q	x	x	x	x
S14/IP14	라멘	b	x	x	a	a	c	x	x	b	q	x	x	x	x
S15/-	라멘	b	x	x	a	a	a	-	-	-	-	x	-	a	-
평균		0.217	0.000	0.000	0.167	0.100	0.300	0.200	0.080	0.200	-	0.000	0.100	0.100	0.100
가중치		34	0	0	7	3	2	3	3	41	-	0	4	2	1
(평균X 가중치)/ 가중치합		0.074	0.000	0.000	0.012	0.003	0.006	0.006	0.002	0.082	-	0.000	0.004	0.002	0.001

결함도 범위 : 0.130 ≤ **결함도 지수(0.192)** ≤ 0.260

환산결함도 점수 =	0.192
상태평가 결과 =	B

나. 개별교량 상태평가 결과

【표 4.7】RAMP-I교 개별교량 상태평가 결과표

개별교량명	RAMP-I교					
구분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 ×연장비
RAMP-I교	STB	0.233	B	215.0	0.361	0.084
	R.C SLAB	0.246	B	290.0	0.487	0.120
	R.C RAHMAN	0.192	B	90.0	0.152	0.029
				595.0	1.000	0.233
1. 환산결함도 점수 =						0.233
2. 상태평가 결과 =						B

다. 전체교량 상태평가 결과

【표 4.8】RAMP-I교 전체교량 상태평가 결과표

전체교량명	RAMP-I교						
구분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이 ×차선	연장비	환산결함도점수 ×연장비
RAMP-I교	0.233	B	595.0	2	1,190	1.000	0.233
			595.0		1,190	1.000	0.233
1. 평가지수 =							0.233
2. 상태평가 결과 =							B 등급

4.3.2 기 정밀점검(16년) 상태평가 결과와 비교

본 교량의 기 점검 상태평가와 비교·분석한 결과, 상태등급은 “B”를 유지하고 있으며, 금회 신규손상이 조사되어 평가지수가 다소 상승하였다.

【표 4.9】기 점검 상태평가 결과와 비교

구분	2016년 정밀점검		금회 2018년 정밀안전진단	
	평가지수	평가결과	평가지수	평가결과
RAMP-I교	0.209	B	0.233	B

제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가 산정절차

6.2 종합평가 결과

6.3 안전등급 지정

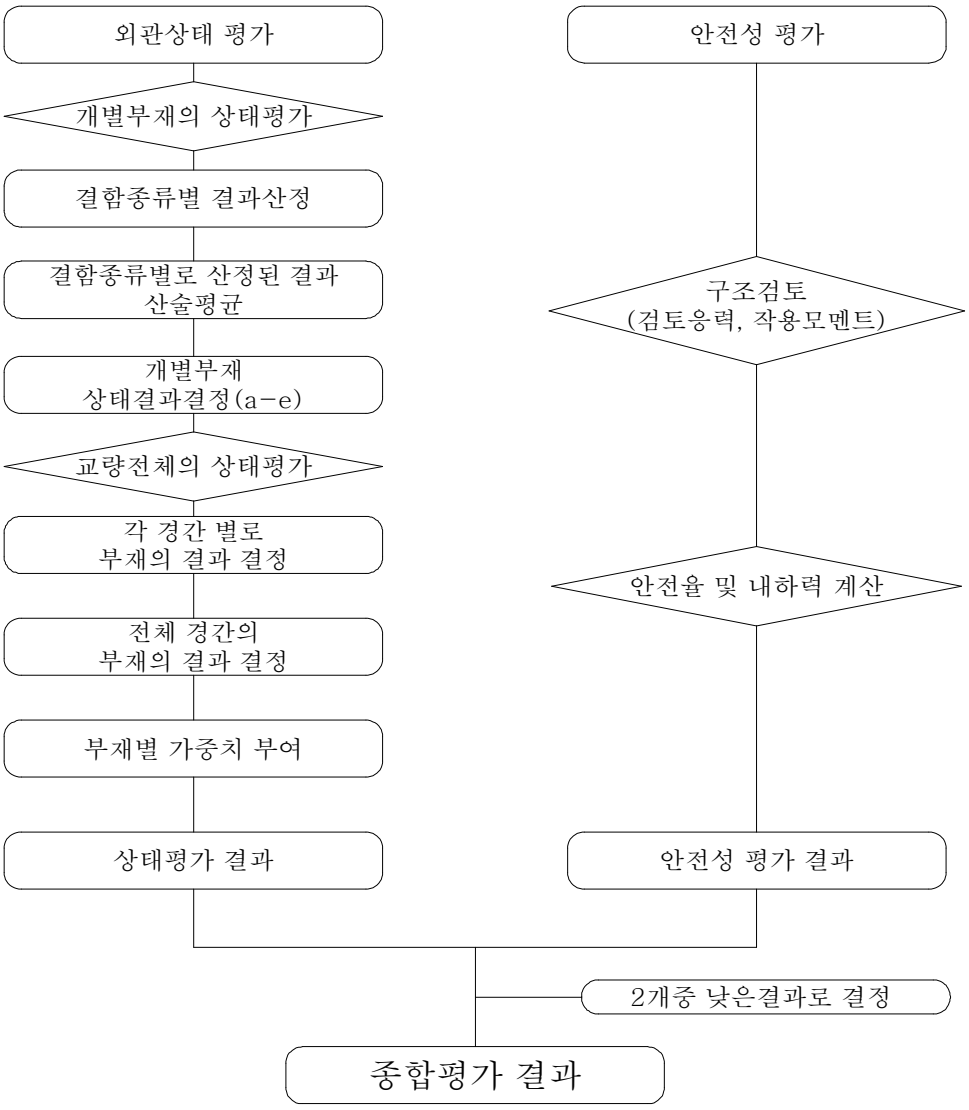
제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가 산정절차

6.1.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 6.1】 종합평가 결과 산정절차

6.2 종합평가 결과

외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과와 구조검토에 의한 안전성평가 결과를 종합하여 검토한 결과, RAMP-I교의 종합평가 결과는 “B”로 평가되었다.

【표 6.1】종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
RAMP-I교	0.233	B	1.154 (S.T.B 바닥판)	A	B
종합평가	•RAMP-I교의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 “B”로 평가됨 •안전성평가 결과 최소 안전율 1.0이상으로 “A”로 평가됨 •상태평가 및 안전성평가 결과를 통한 종합평가 결과, RAMP-I교는 “B”로 평가됨				

6.3 안전등급 지정

6.3.1 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 6.2】 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

6.3.2 안전등급 지정

RAMP-I교에 대한 상태평가 및 안전성평가 결과 시설물의 상태는『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발위에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 안전등급 B등급으로 평가되었다.

【표 6.3】 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	RAMP-I교	B등급(양호)

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개 요

7.2 보수·보강 방안

7.3 보수·보강 개략공사비

7.4 유지관리방안

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개요

본 과업 대상 교량인 RAMP-I교는 행정구역상으로 경기도 일산서구 고양시 법곳동 ~ 김포시 걸포동 일대에 위치하고 있는 2007년 12월에 준공된 교량이다. 본 교량은 연장 L=595.0m, 폭 B=10.250~18.196m의 램프교량으로 설계하중은 DB-24의 도로교이다.

교량의 외관조사에 따른 상태평가 결과 "B등급"으로 산정되어 발생한 손상에 대한 보수가 필요한 상태이고, 구조안전성평가 결과, 1등교(DB-24)로서의 내하력을 충분히 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

본 장에서는 정밀안전진단 결과에 의한 결함 및 손상에 대한 원인을 검토하고 그 결과를 토대로 교량의 안전성과 건전성을 유지하기 위한 보수·보강방법을 제안하고자 한다. 이러한 보수·보강방법의 기본방향은 장기적으로 설계내하력을 유지시키고 내구성 저하를 방지하는데 그 목적이 있다.

RAMP-I교의 보수·보강방안에 대한 검토사항은 기존자료의 검토를 통한 보수·보강 이력을 조사하고 진단 결과에 따른 보수·보강 범위를 선정하며, 이에 따른 공법선정, 재료의 선정 등을 검토하여 보수·보강 긴급우선순위에 따른 보수시기를 결정하여야 한다.

【표 7.1】 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항

검 토 순 서	내 용
기존자료분석	기존 점검 및 진단자료 분석, 설계도서 조사
보수·보강 이력검토	사용기간중 시설물의 보수·보강이력검토
보수·보강의 범위 선정	손상규모에 따른 보수여부 결정 구조물의 사용년한을 고려한 보수·보강 범위 산정
공법의 선정	구조물의 기능에 따른 공법선정 구조물의 주변환경 및 형식을 고려하여 공법선정 공법의 시공성 및 경제성 고려하여 결정
보수재료의 선정	기존의 재료와 물성이 같은 보수재 선택 구조물의 종류 및 환경조건 고려 구조물의 사용년한을 고려한 보수재 선택
보수시기 결정	구조적인 안전성, 내구성, 사용성, 결함, 열화의 중요도에 따라 우선순위 부여

7.2 보수·보강 방안

7.2.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 선정

RAMP-I교에 대한 정밀안전진단을 수행한 결과, 본 구조물은 시공시 시공 정밀도의 저하로 인하여 발생된 구조물의 결함(Defect)과 공용 중 시간의 경과와 주변의 환경인자에 의한 재료의 열화에 의한 손상(Damage)이 발생한 것으로 조사되었다.

진단 시 조사된 콘크리트의 균열, 박리, 박락 등의 손상 및 결함에 대해서는 가능한 한 조속한 보수 · 보강을 실시하는 것이 원칙이나, 경제적이고 효율적인 보수 · 보강 작업을 위해 손상 및 결함이 구조물의 안전성에 미치는 영향을 고려하여야 한다.

보수 · 보강의 우선순위는 다음 표의 기준에 의해 구분하되 책임기술자의 판단하에 우선순위를 선정하였다.

또한, 직접 구조물에 발생한 손상이 아닌 경우 유지관리 방안에는 기술하되, 공사비 산정에는 반영하지 않았다.

【표 7.2】 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 •주요부재에 발생된 결함 및 손상이 커 상태평가 기준 "d" 이하인 경우 •철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우
중기	2순위	•보조부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 •상부 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상 •즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
장기	3순위	•기능발휘에는 지장이 없으나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상 •발생된 손상이 경미하여, 유지관리를 통한 점검이 필요한 경우
주의 관찰		•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) - 경미한 강재의 용접결함 - 후타재 등의 보조부재에서의 주행에 지장을 주지 않는 균열 등의 손상(빈번한 차량통행으로 인한 보수효과가 없는 경우, 향후 교체가 시행될 부재 등) - 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않은 경우

【표 7.3】 보수·보강 주체 선정

구 분	하자보수	관리주체
내용	- 준공 후 하자담보 책임기간 만료 전 발생한 하자 손상 - 준 공 : 2007년 12월 - 하자만료 : 2017년 12월	- 사용 중 구조물에 발생한 손상 - 자연적인 손상 및 노후화 - 하자담보 책임기간이 만료된 기타부재
보수부재	- 주요부재 및 보조부재 : 상부구조(바닥판, 거더, 2차부재) : 하부구조(교대 및 교각, 기초)	- 기타부재 : 교면포장, 방호울타리, 배수시설 : 신축이음장치, 교량받침
손상내용	- 균열(건조수축 및 수화열 등) - 철근노출, 박리 : 철근관련 손상 - 재료분리, 박락 : 단면손상 - 기타 시공미흡에 의해 발생한 손상	- 기타부재에 발생한 손상 - 외부 충격에 의해 발생한 손상 - 파손, 긁힘 등

RAMP-I교 정밀안전진단 결과

상태평가결과

•상태평가결과 → "B" (0.233)

•바닥판 : 균열, 백태, 들뜸, 박리, 박락
•거더 : 경미한 도장손상, 긁힘, 점부식
•하부구조 : 0.1~0.3㎜ 균열, 망상균열, 박리 및 박락, 파손 등
•교량받침 : Plate 녹발생, 몰탈 균열 등
•신축이음 : 본체 유간 토사퇴적, 누수
•교면포장 : 아스콘 패임, 박리
•배수시설 : 배수구 막힘, 지지대 부식
•난간 : 균열, 박리 및 박락, 재료분리

안전성평가결과

•안전성평가 결과 → "A"

•강박스 거더
- SF = 1.417
•바닥판
- SF = 1.154
•콘크리트 거더
- SF = 1.282

보수, 보강방향		
1 순위	2 순위	3 순위
-	•교량받침 몰탈 들뜸 및 파손 •신축이음 본체 유간 토사퇴적 •교면포장 아스콘 패임 및 박리 •난간 및 연석 단면손상부	•교량받침 몰탈 균열 •신축이음 후타재 균열 •난간 및 연석 균열 및 긁힘

【그림 7.1】 보수·보강방안 추진방향

7.2.2 결함내용별 보수·보강방안

【표 7.4】 보수·보강 일람표

구분		손상내용	손상 물량	단위	보수방안	우선 순위
바닥판		균열(0.3㎜미만)	838.6	m	표면처리	하자
		균열(0.3㎜이상)	59.8	m	주입보수	하자
		균열부 백태	1.03	㎡	표면처리	하자
		긁힘	0.72	㎡	단면보수	하자
		들뜸	0.02	㎡	단면보수	하자
		망상균열	236.1	㎡	표면처리	하자
		물끊기홈 미설치	0.5	m	재설치	하자
		박리 및 박락	0.59	㎡	단면보수	하자
		재료분리	0.84	㎡	단면보수	하자
		파손	0.04	㎡	단면보수	하자
거더	내부	도장손상	0.04	㎡	주의관찰	-
		용접열 손상	0.01	㎡	주의관찰	-
		우수유입흔적	1.05	㎡	주의관찰	-
		이물질 퇴적	3.5	㎡	주의관찰	-
	외부	긁힘	0.07	㎡	주의관찰	-
		점부식	0.3	㎡	주의관찰	-
하부 구조	교대	균열(0.3㎜미만)	8.5	m	표면처리	하자
		박락	0.28	㎡	단면보수	하자
		누수흔적	8.0	㎡	주의관찰	-
		체수	2.4	㎡	주의관찰	-
		법면 1소단 균열	2.0	m	주의관찰	-
		법면 배수로 손상	0.5	㎡	주의관찰	-
	교각	균열(0.3㎜미만)	170.1	m	표면처리	하자
		균열(0.3㎜이상)	12.3	m	주입보수	하자
		누수오염	1.0	㎡	주의관찰	-
		누수흔적	46.85	㎡	주의관찰	-
		들뜸	0.05	㎡	단면보수	하자
		망상균열	50.95	㎡	표면처리	하자
		박리 및 박락	5.77	㎡	단면보수	하자
		박락 및 철근노출	0.1	㎡	단면보수, 방청	하자
		이물질 퇴적	1.5	㎡	주의관찰	-
		철물미제거	39.0	EA	주의관찰	-
		체수	5.5	㎡	주의관찰	-
		체수 및 박락	1.44	㎡	단면보수	하자
		파손	0.03	㎡	단면보수	하자

【표 7.4】 보수·보강 일람표(계속)

구분		손상내용	손상 물량	단위	보수방안	우선 순위
교량 받침	본체	Plate 녹발생	2.09	㎡	재도장	3
		고무재 손상	2.0	EA	주의관찰	-
		볼트 부식	490.0	EA	주의관찰	-
		스토퍼 간섭	10.0	EA	주의관찰	-
		이동량 측정자 파손	2.0	EA	재설치	3
	받침 몰탈 및 콘크리트	몰탈 균열	8.2	m	표면처리	3
		몰탈 들뜸 및 파손	0.25	㎡	단면보수	2
		몰탈 박락	0.08	㎡	단면보수	2
		균열	3.7	m	표면처리	3
		철근노출	1.7	㎡	단면보수, 방청	2
신축 이음	본체	고무재 파손	4.0	m	주의관찰	-
		누수	18.7	m	주의관찰	-
		유간 토사퇴적	57.25	m	정비	2
	후타재	균열(0.3㎜미만)	75.5	m	표면처리	3
		이격	14.0	m	주의관찰	-
	기타	흡음제 탈락	1.0	EA	주의관찰	-
		차수판 볼트 탈락	1.0	EA	주의관찰	-
교면포장		아스콘 패임	5.09	㎡	아스콘 팻칭	2
		아스콘 박리	10.0	㎡	아스콘 팻칭	2
		미끄럼방지시설 균열	1585.5	㎡	재포장	2
		미끄럼방지시설 망상균열				
기타 시설	배수 시설	배수구 막힘	1.0	EA	주의관찰	-
		배수관 이음부 누수	2.0	EA	주의관찰	-
		배수관 지지대 부식	1.0	m	주의관찰	-
	난간 및 연석	균열(0.3㎜미만)	14.3	m	표면처리	3
		균열(0.3㎜이상)	11.2	m	주입보수	3
		긁힘	83.1	㎡	단면보수	3
		들뜸	0.04	㎡	단면보수	2
		박리 및 박락	34.84	㎡	단면보수	2
		재료분리	0.1	㎡	단면보수	3
		재료분리 및 들뜸	0.5	㎡	단면보수	3
		가로등 배전망 파손	1.0	EA	주의관찰	-

7.2.3 주요결함 및 손상에 대한 보수·보강 방법

가. 콘크리트 균열보수 방안

1) 진단 현황

본 교량에 상·하부 구조에 발생된 균열은 대부분 폭 0.1㎜~0.3㎜로 내구성 유지 및 진전 방지를 위한 보수가 필요한 상태로서 폭 0.1~0.2㎜균열은 표면처리를, 폭0.3㎜이상 균열은 주입보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

2) 콘크리트 표면처리공법(c/w=0.3㎜미만)

① 공법 개요

콘크리트 표면이 노후 및 열화된 부위에 대해서 그라인더를 이용하여 열화부위를 제거하고 표면보호제를 도포하여 보수하는 방법이며 표면백태, 0.2㎜ 이하의 미세균열의 발생 부위에 적용한다. 또한, 보수 효과는 콘크리트 표면의 보수에 그치므로 본 공법 적용 시 균열 등의 결함발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 요구된다.

② 시공방법 및 유의사항

균열의 성장이 정지된 상태에서는 균열선 및 백태를 따라 폭 50~100㎜를 와이어 브러쉬로 닦아 내거나 심한 경우 치핑을 실시한 후 폴리머 시멘트 페이스트나 므르터로 균일하게 도포한다.

균열폭의 변동이 큰 경우에는 경화후의 재질이 단단한 폴리머 시멘트 페이스트나 모르터로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 균열면을 와이어 브러쉬로 완전히 청소한 후 균열선을 중심으로 폭 10~15㎜ 절연재를 부착하고, 절연재를 중심으로 폭 30~50㎜, 두께 2~4㎜의 변형성 및 신장성이 큰 실링재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프사이에서 흡수할 수 있도록 한다.

표 면 처 리	콘크리트 열화부위 백태발생 부위를 그라인더 등을 이용하여 표면처리 한다
↓	
표 면 청 소	콘크리트 표면처리후 고압살수기를 이용하여 표면을 고압세척한다 고압세척의 압력은 노즐 에서 의 압력으로 한다
↓	
표면보호제 도포	표면보호를 위하여 표면 보호제를 도포한다 제품 선정 후 제품의 시방규정에 의한 표준 도포량을 확인한다

【그림 7.2】 콘크리트 표면처리 시공순서도

3) 균열주입보수(c/w=0.3㎜이상)

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 수지 재료를 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 7.5】 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 흡입 주입

【표 7.6】 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

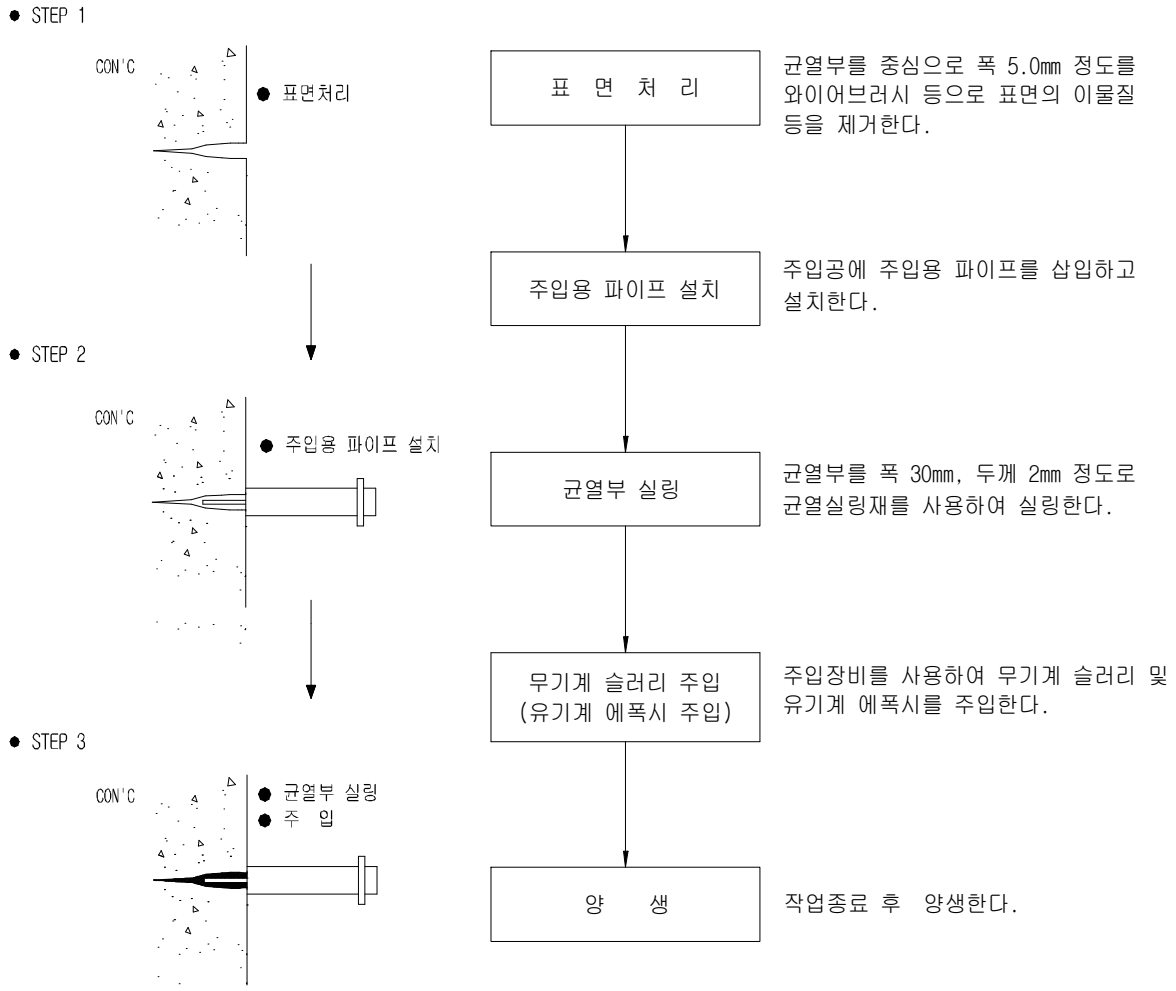
【표 7.7】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

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 7.8】 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】 균열 보수공법 개요도

④ 시공시 주의사항

㉠ 대기온도가 10～30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다.

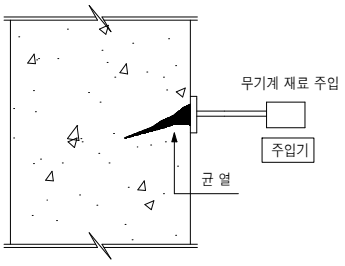
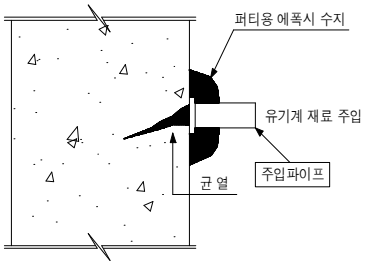
㉡ 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.

㉢ 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 루트마다 시험을 실시하여 품질을 확보한다.

㉣ 씰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.

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

【표 7.9】 주입공법 공법비교안

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

나. 콘크리트 단면보수 방안

1) 진단 현황

본 교량의 바닥판, 교대 및 교각, 교량받침, 난간 및 연석에서 들뜸, 박리 및 박락, 파손 등의 단면손상이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 유지 및 손상진전 방지차원의 보수가 필요한 상태이다.

2) 단면복구(보수)공법 개요

콘크리트 단면 결손부중 박락(파손) 및 철근 노출부는 내구성 저하방지를 위하여 단면복구(보수)공법을 사용하여 보수를 실시하는데, 콘크리트 표면을 피복하여 철근부식 등의 내구성 저하의 원인이 되는 물질의 침투를 억제함으로서 구조물의 내구성 저하를 방지하는 공법으로서 침투막제, 접착제, 단면 보수재, 철근방청재의 조합에 의한 공법으로 본 교량에서는 상기한 결함 중 콘크리트 파손부 및 철근노출, 부식부에 대한 보수방법으로 사용한다.

3) 단면복구(보수)시 털어내기 작업

단면복구(보수)시 털어내기 작업은 콘크리트 표면의 상황을 봐서 판단하는 것이 아니고 다음의 항목을 참고하여 털어내기 범위나 형상을 결정하는 것이 좋다.

① 열화부분을 고려한 털어내기 범위

보수 개소의 콘크리트를 털어낼 때에 탄산화 등에 의한 취약한 부분을 남기면, 기설 콘크리트와 복구재료와의 충분한 부착강도를 얻을 수 없을 뿐 아니라, 균열이나 철근부식 재발의 원인이 된다. 따라서, 부재 내력에 영향을 미칠 수 없는 범위에서 열화부분을 모두 제거 할 필요가 있다. 열화부분을 효과적으로 확인하기 위해서는 탄산화깊이나 알칼리 반응성 생성물의 측정 등 열화요인과 관련된 시험을 실시하는 것이 바람직하다.

② 철근의 녹을 고려한 털어내기 범위

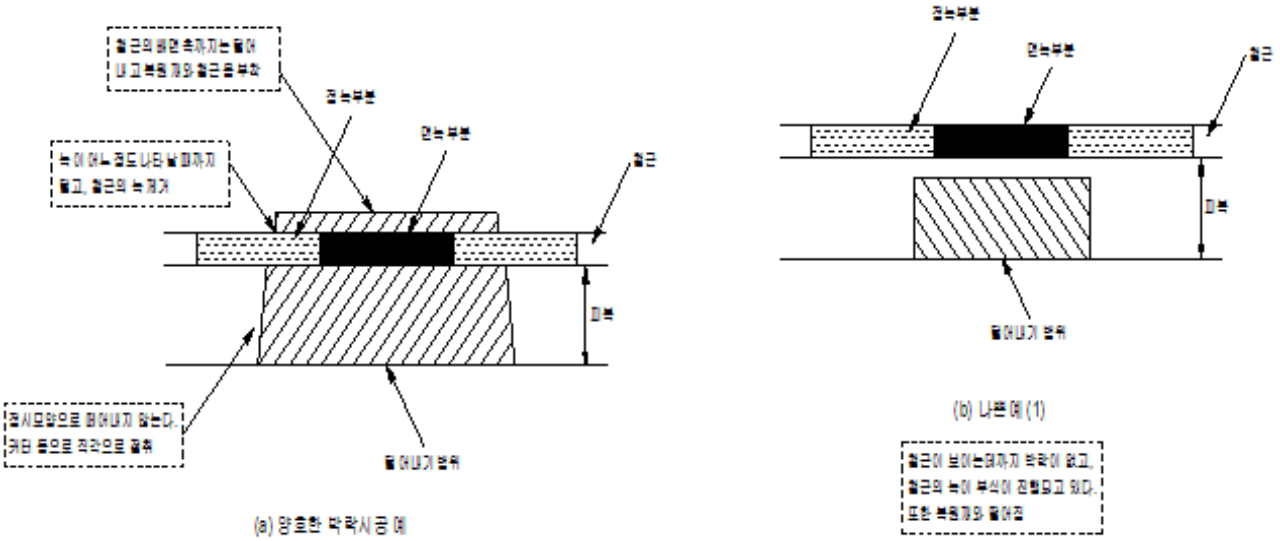
콘크리트의 열화부분을 충분하게 제거하여도 철근의 부식범위는 이 부위보다 넓은 경우가 대부분이다. 이 경우는 박락되어 노출된 부분의 철근 청소를 실시하여도 그 전후는 녹이 잔존한 채 남아있게 된다. 이 상태에서 단면복구(보수)를 실시하면 보수된 범위는 마이너스(-), 그 전후는 플러스(+)의 macro cell 부식이 생겨서 철근부식이 주위로 확산되어 보수효과가 적어지는 결과를 나타내는 경우가 많다.

따라서, 녹제거를 확실하게 할 수 있도록 철근표면의 전면에 녹이 나오고 있는 부분(면녹의 부분)뿐만 아니라, 이것과 인접하면서 녹이 점상으로 나타나는 비교적 건전한 부분(점 녹의 부분)이 드러나는 범위까지 털어낼 필요가 있다. 한편, 털어내기 전에 면 녹의 범위를 파악하기 위해서는 자연전위 보정법에 근거하고 보정자연전위에서 -350mV보다 낮은 전위를 가리키는 부분이 이것에 해당한다.

또한 같은 이유로 녹의 제거는 철근의 전 주변에 대하여 실시하여야 하고, 철근은 박락된 부분(면)에서부터 뒷부분까지 파취할 필요가 있다. 이것은 단면복구(보수)재가 철근을 둘러싸는 것에 의한 부착성 향상에도 유효하다.

③ 털어내기 형상

콘크리트와 단면복구(보수)재와는 일반적으로 열팽창율이 다르기 때문에 복구재의 단부가 접시형상으로 되어 있으면, 온도신축에 의해 그 부분으로부터 박리현상을 보이는 우려가 있다. 이것을 방지하기 위해 털어내기시 단부가 접시형상으로 되는 것을 피하고, 될 수 있는 한 수직에 가까운 각도로 깊이 털어내는 것이 중요하다.



【그림 7.4】 단면복구(보수) 상세도

4) 철근의 방청 처리

털어내기에 의해 노출된 철근의 녹 제거는 특히 정성껏 실시할 필요가 있다. 일반적으로 와이어 브러시를 이용할 수 있는 것이 많지만, 보다 확실한 녹제거 방법은 샌드 블라스트, 워트제트 등을 쓰는 것이 좋다.

녹을 제거한 후는 철근에 방청재를 도포한다. 방청재에는 녹방지 도료, 아질산염계 방청재, 염분흡착제를 사용한 시멘트계 방청형 보수재가 있다. 일반적으로 철근부식의 억제는 철근부식효과가 있는 아질산염 이온이 함유된 것이 효과적이다.

액산의 아질산칼륨이나 아질산리튬을 철근이나 박락면에 직접 도포하여 아질산염이온을 같이 배합한 아질산염계 방청재가 있다. 염화물에 의한 부식의 경우 유효한 도포량은 아질산 이온량과 염화물량의 비율을 관리하여야 하며 많은 양의 충전이 필요한 경우 Paste나 모르터 등을 혼합하여 사용하는 등의 검토가 필요하다. 또한 최근 개발된 염분흡착재를 이용한 방청재는 해수성분을 함유한 수분이 있는 개소의 철근부식에 대응하여 아질산 이온을 도입 또는 함유한 염화물량의 저감효과가 있다.

염분흡착재는 콘크리트 제체중의 유해한 염화물이 흡착되어 저감되어지는 동시에 염분흡착제 자신이 기다리고 있는 아질산 이온을 방출하는 것에 의해 높은 방식재 효과를 얻을 수 있다.

5) 단면복구(보수) 재료

복구재의 선정은 열화의 요인, 손상 상황, 누수 상황 등을 감안하고, 기설의 철근이나 콘크리트와의 부착성, 시공성, 재료특성 등을 평가하고 시공개소에 적합한 것을 채용 할 필요가 있다. 특히 사용실적이나 적절한 시험방법 등에 의해 품질, 성능을 확인할 수 있는 복구재를 사용하는 것이 바람직하다. 단면복구(보수)재는 저수축성이 요구되며, 복구재 충전 후 경화전에 우려할만한 차량진동을 받는 부위는 조강형을 사용하고, 아치부나 슬래브하면 등 시공성을 중시할 경우는 경량형을 사용하고, 거푸집을 설치해서 충전할 경우는 고유동형을 사용하는 방안을 검토하여야 한다.

일반적으로 단면복구(보수)재를 충전하기 전에 프라이머를 도포하는 경우가 많다. 프라이머는 기설 콘크리트와 복구재의 부착성 향상을 목적으로 한 에폭시 수지계, 복구재의 수분이 기설 콘크리트에 흡수되어 경화에 필요한 수분이 결핍하는 「드라이 아웃」방지를 목적으로 한 수성 에멀션을 주재로 하는 재료 등이 있다.

【표 7.10】 일반적인 단면 복구(보수)재의 분류

분 류		개 요
유기계	수지모르터 (에폭시수지 등)	에폭시 등의 수지와 잔골재를 이용한 모르터로 고강도, 수밀, 경량, 접착성이 뛰어나고 섞어쓰기 용이하나 고가임
무기계	폴리머 시멘트 모르터	시멘트에 SBR, 포키시 등의 수지를 첨가한 모르터로 고강도, 수밀성 양호
	무수축 모르터	팽창재가 함유된 건조수축을 보상하는 것에 의해 억제하는 모르터

6) 단면복구(보수)시 유의 사항

① Lath 철망이나 Wire Mesh를 끼울 경우는 박리현상이 발생되지 않게 충분히 고정한 뒤 단면복구(보수)재를 충전한다.

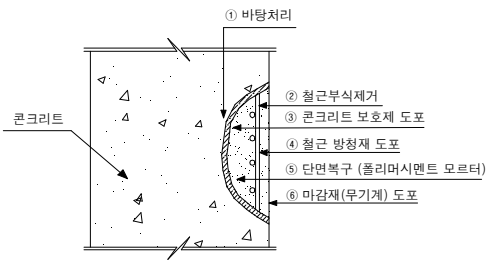
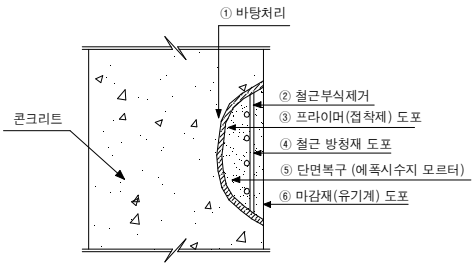
② 철근방청재, 프라이머, 단면복구(보수)재는 동일 제작사의 제품을 사용하거나 서로 양호한 조합의 물건을 이용한다.

③ 보수 깊이가 깊은 개소의 충전은 여러층으로 시공할 경우 경계부위가 부착상의 약점이 되기 쉬우므로 정확한 작업이 요구된다.

④ 보수한 단면복구(보수)재가 낙하할 가능성이 있는 부위는 중점적으로 검사 및 점검을 실시한다. 또한, 재료의 선택에 따라 신구콘크리트접착재의 도포가 필요할 경우에는 도포 후 단면복구(보수)를 실시한다.

⑤ 털어내기 작업시 콘크리트 분진으로 인한 대기오염을 방지하기 위해 집진시설이나 물분사 등을 실시하여 도로주변의 환경오염에 주의하여야 한다.

【표 7.11】 단면복구(보수) 공법비교안

구 분	폴리머시멘트 모르터 공법	에폭시수지 모르터 공법
개 요 도		
공법개요	· 콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 콘크리트 보호제를 도포한 후 철근을 방청하고 무기계인 폴리머시멘트 모르터로 단면을 복구한 후 무기계 마감재로 마감하는 공법	· 콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 접착제를 도포한 후 철근을 방청하고 유기계인 에폭시수지 모르터로 단면을 복구한 후 유기계 마감재로 마감하는 공법
시공방법	· 치핑/고압수 세척 → 철근 부식제거 → 콘크리트 보호재(침투성) 도포 → 철근 방청제 도포 → 폴리머시멘트 모르터로 단면복구 → 마감재(무기계)도포	· 치핑/고압수 세척 → 철근 부식제거 → 프라이머(접착제) 도포 → 에폭시수지 모르터로 단면복구 → 마감재(유기계) 도포
특 징	· 철근의 방청효과가 우수하고 재부식 확률이 없음 · 철근 노출부 보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 · 폴리머시멘트의 사용으로 콘크리트 중성화 방지 효과가 우수함 · 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함 · 일반적으로 한번의 시공두께가 얇기 때문에 목표두께가 두꺼울 경우 공정이 증가함 · 보통 형식의 것은 경화시간의 늦고 공기가 길어짐	· 인장, 휨강도가 콘크리트보다 우수함 · 재료 자체의 접착성 및 내마모성이 우수함 · 재료비가 폴리머 시멘트에 비해 저가임 · 경화시간이 빠름 · 방청효과가 확실하지 않음 · 유기계 재료로서 통기성이 없으므로 재부식 발생 우려 · 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움

7.3 보수·보강 개략공사비

금회 진단은 준공 후 실시하는 최초 진단으로서 하자만료 전 진단이므로 하자에 해당되는 손상에 대한 공사비는 산정하지 않고 비 하자에 대한 부재 및 손상에 대하여 개략공사비를 산정하였다.

【표 7.12】 보수·보강 개략공사비

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판		균열(0.3㎜미만)	표면처리	838.6	314.5	㎡	8	2,516	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	59.8	89.7	m	19	1,704	하자
		균열부 백태	표면처리	1.03	1.55	㎡	8	12	3
		긁힘	단면보수	0.72	1.08	㎡	154	166	하자
		들뜸	단면보수	0.02	0.03	㎡	154	5	하자
		망상균열	표면처리	236.1	354.2	㎡	8	2,834	3
		물끊기홈 미설치	재설치	0.5	0.6	m	10	6	3
		박리 및 박락	단면보수	0.59	0.89	㎡	154	137	하자
		재료분리	단면보수	0.84	1.26	㎡	154	194	하자
		파손	단면보수	0.04	0.06	㎡	154	9	하자
거더	내부	도장손상	재도장	0.04	0.06	㎡	49	3	2
		용접열 손상	주의관찰	0.01	0.02	㎡	-	-	-
		우수유입흔적	주의관찰	1.05	1.58	㎡	-	-	-
		이물질 퇴적	정비	3.5	5.25	㎡	10	53	3
	외부	긁힘	재도장	0.07	0.11	㎡	49	5	2
		점부식	재도장	0.3	0.45	㎡	49	22	2
하부구조	교대	균열(0.3㎜미만)	표면처리	8.5	3.19	㎡	8	26	3
		박락	단면보수	0.28	0.42	㎡	154	65	하자
		누수흔적	주의관찰	8.0	12.0	㎡	-	-	-
		체수	주의관찰	2.4	3.6	㎡	-	-	-
		법면 1소단 균열	실란트주입	2.0	3.0	m	10	30	3
		법면 배수로 손상	단면보수	0.5	0.75	㎡	154	116	3
	교각	균열(0.3㎜미만)	표면처리	170.1	63.79	㎡	8	510	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	12.3	18.45	m	19	351	하자
		누수오염	주의관찰	1.0	1.5	㎡	-	-	-
		누수흔적	주의관찰	46.85	70.28	㎡	-	-	-

【표 7.12】 보수·보강 개략공사비(계속)

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
하부구조	교각	들뜸	단면보수	0.05	0.08	㎡	154	12	하자
		망상균열	표면처리	50.95	76.43	㎡	8	611	3
		박리 및 박락	단면보수	5.77	8.66	㎡	154	1,334	하자
		박락 및 철근노출	단면보수, 방청	0.1	0.15	㎡	170	26	하자
		이물질 퇴적	정비	1.5	2.25	㎡	10	23	3
		철물미제거	정비	39.0	39.0	EA	10	390	3
		체수	주의관찰	5.5	8.25	㎡	-	-	-
		체수 및 박락	단면보수	1.44	2.16	㎡	154	333	하자
		파손	단면보수	0.03	0.05	㎡	154	8	하자
교량받침	본체	Plate 녹발생	재도장	2.09	3.14	㎡	49	154	3
		고무재 손상	주의관찰	2.0	2.0	EA	-	-	-
		볼트 부식	주의관찰	490.0	490.0	EA	1	490	3
		스토퍼 간섭	주의관찰	10.0	10.0	EA	-	-	-
		이동량 측정자 파손	재설치	2.0	2.0	EA	10	20	3
	받침	몰탈 균열	표면처리	8.2	3.08	㎡	8	25	3
		몰탈 들뜸 및 파손	단면보수	0.25	0.38	㎡	154	59	2
		몰탈 박락	단면보수	0.08	0.12	㎡	154	18	2
		받침콘크리트 균열	표면처리	3.7	1.39	㎡	8	11	3
		철근노출	단면보수, 방청	1.7	2.55	㎡	170	434	2
신축이음	본체	고무재 파손	재설치	4.0	6.0	m	100	600	2
		누수	주의관찰	18.7	28.05	m	-	-	-
		유간 토사퇴적	정비	57.25	85.88	m	2	172	2
	후타재	균열(0.3㎜미만)	표면처리	75.5	28.31	㎡	8	226	3
		이격	주의관찰	14.0	14.0	m	-	-	-
	기타	흡음재 탈락	정비	1.0	1.0	m	100	100	3
		차수판 볼트 탈락	정비	1.0	1.0	m	2	2	3
교면포장		아스콘 패임	아스콘 팻칭	5.09	7.64	㎡	141	1,077	2
		아스콘 박리	아스콘 팻칭	10.0	15.0	㎡	141	2,115	2
		미끄럼방지 균열	재포장	1585.5	2,378.3	㎡	96	228,317	2
		미끄럼방지 망상균열							

【표 7.12】 보수·보강 개략공사비(계속)

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
기타 시설	배수 시설	배수구 막힘	정비	1.0	1.0	EA	10	10	2
		배수관 이음부 누수	정비	2.0	2.0	EA	10	20	3
		배수관 지지대 부식	정비	1.0	1.5	m	10	15	3
	난간 및 연석	균열(0.3㎜미만)	표면처리	14.3	5.36	㎡	8	43	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	11.2	16.8	m	19	319	3
		긁힘, 들뜸, 박리, 박락, 재료분리	단면보수	118.58	177.87	㎡	154	27,392	3
		가로등 배전망 파손	정비	1.0	1.0	EA	10	10	3
순공사비 합계								273,127	
제경비(순공사비×50%)								136,564	
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위					-	
			2순위					349,248	
			3순위					53,931	
유지보수 개략공사비 총계								409,691	

※ 순공사비는 부대공(교통통제 및 고소장비 등)을 포함한 개략공사비 합산금액이며, 공사비용은 현장여건에 따라 금액이 변경될 수 있음.
※ 면적환산 = 균열보수(0.3㎜미만) : L(길이) × 0.25m(폭)
※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.

7.4 유지관리방안

교량 유지관리는 교량의 공용수명 동안 교량의 안전성과 기능성을 유지하기 위하여 행하는 행위로써 손상발생의 징후 또는 그 원인을 사전에 발견해 조치를 취하는 예방 유지관리와 손상발생 후 조치를 취하는 사후 유지관리로 나눌 수 있으나 유지관리의 주안점은 구조적 특성이나 손상유형을 고려하여 사전에 각 부위별로 발생 가능한 손상에 대하여 주의 깊게 점검하며 그 원인을 미리 해소하는 예방 활동에 목표를 두어야 한다.

7.4.1 진단결과에 따른 중점유지관리 사항

가. 중점유지관리 개요

RAMP-I교는 금회 진단결과, 바닥판 균열 폭 0.3㎜내·외, 박리 및 박락, 파손, 거더 도장손상 및 긁힘, 점부식, 교대 균열 폭 0.3㎜미만, 박락, 교각 균열 폭 0.3㎜내·외, 망상균열, 파손, 박락 및 철근노출, 교량받침 무수축 몰탈 균열, 들뜸 및 파손, 받침콘크리트 철근노출, 받침 Plate 녹발생, 고무재 손상, 스토퍼 간섭, 신축이음 본체 고무재 파손, 유간 토사퇴적, 후타재 균열, 흡음제 탈락, 차수판 볼트 탈락, 교면포장 아스콘 패임 및 박리, 미끄럼방지시설 망상균열, 난간 및 연석 균열 폭 0.3㎜ 내·외, 긁힘, 박리 및 박락, 재료분리 등의 손상이 조사되었다. 기 손상 중 바닥판 및 하부구조에 발생된 균열 폭 0.3㎜이상, 들뜸, 파손, 박리 및 박락, 철근노출 등의 손상부는 하자보수 실시 후 보수부 재손상 발생 여부 및 추가 손상진전 발생에 대한 주기적인 점검이 필요하며, 그 외 손상부는 주의관찰 및 손상의 진전 방지를 위한 적절한 조치를 취하는 것이 바람직하다.

나. 손상부 하자보수 실시 후 보수부 재손상 발생 여부 확인

바닥판 및 하부구조에 발생된 균열 폭 0.3㎜이상, 들뜸, 파손, 박리 및 박락, 철근노출 등의 손상부는 하자보수 실시 후 보수부의 재손상 발생 여부를 파악하는 것이 바람직하며, 양호한 구조물로 유지하기 위하여 밀실한 보수가 요구된다.

다. 바닥판 및 교대 박리 및 박락

1) 선정사유

바닥판 및 교대에 발생된 들뜸의 경우 공용기간 증가에 의한 열화, 우수 유입 등의 원인

으로 발생된 손상으로 진전 시 철근부식 등의 손상을 야기해 구조물의 내구성 저하에 직접적인 영향을 미치기 때문에 손상의 진전 방지를 위한 적절한 조치가 필요하다.

2) 현장조사결과

바닥판 및 교대의 외관조사 결과, 일부구간 국부적인 들뜸이 발생된 상태이다. 이는 공용기간 증가에 의한 열화, 외기환경, 신축이음 하부로 부터의 우수유입 등에 의한 손상으로 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치가 필요하다.

3) 향후관리방안

금회 진단시 조사된 바닥판 및 교대에 발생된 들뜸의 경우 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다. 또한 보수 후 주기적인 점검을 통한 보수부 재손상 및 추가 손상 발생 확인 등의 유지관리가 필요하다.

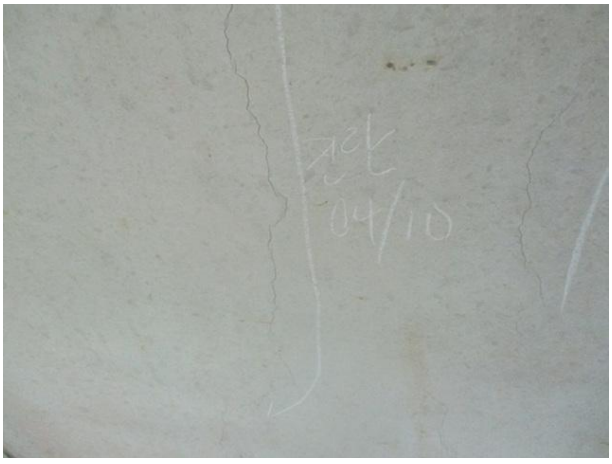
라. 바닥판 및 교각 폭 0.3㎜이상 균열

1) 선정사유

본 교량의 외관조사 결과 폭 0.1~0.3㎜ 균열이 다수 조사되었다. 발생된 균열의 경우 대부분 비구조적인 균열로 판단되나, 바닥판 및 교각에 발생된 폭 0.3㎜이상 균열의 경우 피복두께 초과시 철근부식으로 진전되는 2차 손상이 발생할 우려가 있다.

2) 현장조사결과

외관조사 결과 일부구간 폭 0.3㎜이상 균열이 국부적으로 발생한 상태이다.

	
바닥판하면 S3 균열 0.4㎜	교각 P20 코핑부 균열 0.3㎜

【사진 7.1】바닥판 및 교각 균열(폭 0.3㎜이상) 손상 발생 현황

3) 향후관리방안

현재 바닥판 및 교각에 발생된 폭 0.3㎜이상 균열부의 경우 철근부식 등과 같은 2차 손상은 발생되지 않은 상태이나 손상부의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 주입보수 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 보수부 재손상 및 추가 손상 발생 확인 등의 유지관리가 필요하다.

마. 부재별 중점유지관리 사항

본 교량에 대한 부재별 유지관리 중점사항은 다음과 같다.

【표 7.13】 부재별 유지관리 중점사항

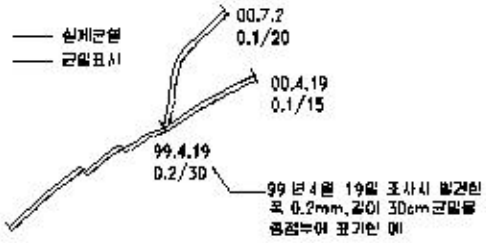
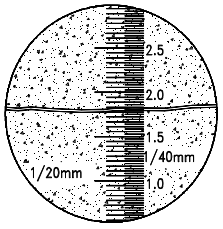
부재구분	중 점 점 검 내 용
공통	• 바닥판, 교대 및 교각에 대하여 하자보수 실시 후 보수부 재손상 발생 여부 점검
바닥판	• 폭 0.1~0.2㎜ 망상균열 진전 여부 • 캔틸레버 물끊기 설치 불량에 따른 우수 유입
거더	• 도장손상 및 긁힘부 부식 발생 여부 • 스플라이스 우수 유입에 따른 부식 발생 여부
가로보	• 신규 손상 발생 여부
교대	• 신축이음 누수에 따른 2차 손상 발생 여부
교각	• 폭 0.3㎜ 균열의 진전 여부
교량받침	• 받침 몰탈 및 받침콘크리트 단면손상부 진전 여부 파악
신축이음장치	• 고무재 파손 및 누수 진전 여부 파악
교면포장	• 포장부 아스콘 패임 및 박리 진전 여부
배수시설	• 배수구 막힘 및 지지대 부식 진전 여부 파악
방호벽	• 균열 및 들뜸, 박리 및 박락 진전 여부 파악

7.4.2 유지관리시 점검요령

교량의 안전성과 기능성, 사용성 및 노후화 정도 등을 파악하여 재해를 사전에 예방하기 위해서 주기적이고 체계적인 정기점검, 정밀점검, 정밀안전진단 등을 통한 유지관리가 무엇보다도 중요하다. 따라서, 정밀안전진단 결과를 바탕으로 부재별 결함부위에 대한 원인분석과 사전에 예방하자는 유지관리차원에서 중점적으로 점검해야 하는 사항을 제시하고 필요한 점검항목 및 점검요령을 기술하였다.

가. 바닥판

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 공통		•박리, 박락, 층분리, 철근노출(피복두께 부족), 파손 •백태(유리석회), 오염 •재료분리
▷ 거더교		•균열(거더사이, 헌치부 종방향 균열) •망상균열
▷ 슬래브, 라멘교 상부	- 단부	•부스러짐 •사인장균열
	- 중앙부	•휨균열

주요부위	
점검요령	○ 점검방법 - 도보접근이 불가능한 구간은 점검장비를 이용 근접 점검 균열의 진행상황을 파악하기 위하여 균열의 시 종점을 표시해 두는 것이 필요하며 정기적으로 진행여부를 관찰   (a) 균열표시 예 (b) 균열경 조사 예

나. 강박스 거더

점 검 부 위	점 검 항 목
▷공통	•변형, 균열, 파손 •표면(도장)상태 오염, 부식 •이상처짐 •연결부 볼트 이완, 파손, 이상음
▷받침부	•복부판 부식 및 국부좌굴 •박스내부 출입구 계폐 •거더와 받침연결부 부식
▷중앙부	•맞대기 용접부 균열 •플랜지 변형 및 처짐 •다이아프램 연결부 균열
▷2차부재	•거더와의 연결부 균열
▷보수부위	•용접부 및 용접부 주변 균열

주요 부위	
점검 요령	○ 점검방법 - 점검로에서 육안점검 혹은 교량하부에서 육안 또는 망원경으로 점검 - 중앙부 처짐은 점검로에서 하부플랜지 정도로 눈높이를 낮추어 점검하거나 교대 옆 혹은 교량에서 조금 떨어진 거리에서 하부플랜지의 전체적인 선형 점검 - 누수에 취약한 신축이음 하부, 배수구 주변 혹은 외측거더의 도장손상 및 녹발생 개략조사 - 차량통과시 삐걱거리는 소리 등 이상음이 들리면 소음발생 부위를 추정하여 기록 유지 ○ 손상발생시 조치 - 눈에 띌 정도의 처짐이나 충돌에 의한 손상으로 추가손상이 우려되거나 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립 ○ 점검시 유의사항 - 박스내부 출입구 잠금장치가 망가져 있는 경우 부랑인들이 거주하고 있는 경우가 있으므로 2인 이상이 1조가 되어 내부점검 - 박스내부에 환기부족으로 유해가스가 있을 수 있으므로 환기를 시킨 후 점검하고 인화성 물질을 휴대하지 않도록 하며 특히 흡연은 삼가하여야 함

다. 교대

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 공통	•균열(시공이음부 횡방향 균열) •박리, 박락, 층분리, 백태(유리석회), 파손, 철근노출 •교대 회전(기울음), 침하(연직이동)
▷ 두부	•두부 물고임 •두부와 흉벽 경계부 균열(후면으로 기울음) •거더와 흉벽 신축유간 부족
▷ 벽체	•균열(수직균열) •벽체와 날개벽 분리(이동)
▷ 날개벽	•날개벽 이동, 전도

주요부위

점검요령

○ 점검방법
- 접근 장비에 의해 근접 육안점검
- 교대 입지조건이 성토부 혹은 연약지반에 위치한 경우 전후방으로 교대 벽체가 기울었는지 확인하고 의심스러울 경우 실을 매단 점검추를 늘어뜨리거나 측량기로 확인(날개벽, 옹벽 포함)
- 신축이음 하면에 위치하므로 누수 및 화학물질 등에 대한 열화 취약부위이므로 탄산화 시험에 의한 탄산화 깊이 확인

○ 점검시 유의사항
- 신축이음 유간이 벌어져 충격음이 발생하거나 닫혀 있을 경우 거더 상·하부와 흉벽 사이 간격이 서로 차이가 나는지 점검하고 교대 전도 여부도 확인
- 연약지반상의 교대는 뒷채움부의 침하로 인하여 접속슬래브 하부에 공동이 발생하여 흉벽이 교대 뒤쪽으로 전도되어 균열이 발생하기도 함
- 교대 뒷면과 날개벽 사이에 공동이 발생했거나 흙이 침하된 경우 날개벽의 전도를 의심하여 점검
- 벽체에 수직으로 발생하는 균열은 건조수축에 의한 비구조적 균열이므로 우려할 바는 아니지만 폭이 넓은 교대에서 균열폭이 1㎜ 이상이면 교대기초의 부등침하도 의심하여야 함

라. 교각

점 검 부 위	점 검 항 목
▷공통	•균열, 박리, 철근노출, 파손 •침하
▷두부	•두부 물고임 •받침 하부 균열 및 파손(박리, 박락)
▷구체	•수직균열 •이동 또는 기울음
▷수면접촉부	•수중구간의 경우 침식

주요부위	
점검요령	○ 점검방법 - 접근장비 및 점검로에서 점검 - 신축이음의 유간이 비정상적(크게 벌어짐 또는 닫힘)이거나 방호울타리선형이 불량한 경우에는 교각 침하가 의심스러우므로 교각 구체 상부와 하부를 측량기기로 측정하여 교각의 전도 여부를 확인하고 구체에 기준점을 표시하여 침하여부를 주기적으로 확인 ○ 손상발생시 조치 - 교각두부 받침하부에 폭 0.3㎜이상 균열이 단부까지 진행된 경우에는 교량 안전과 직접적으로 관련이 있으므로 즉시 보고 및 대책수립 ○ 점검시 유의사항 - 신축이음 유간이 크게 벌어지거나 닫힘, 방호울타리 선형불량은 교각 침하의 징후로 볼 수 있으므로 교각 점검 시 참고해야 할 항목임

마. 교량받침

점 검 부 위		점 검 항 목
▷본체	- 공통	•부식(오물퇴적), 변형 •균열, 파손(균열발생으로 파손진행) •가동받침의 유간부족 및 가동 장애요소 •받침과 거더의 밀착상태(분리) •앵커볼트 파손(절단) •가동방향 오류, 편기설치
	- 강재받침	•가동면 부식 •부속물 파손
	- 고무받침	•고무재 부풀음 및 갈라짐 •고무판의 과도한 변형
▷받침대		•균열, 파손(하부공동) •부분 침하
▷이동제한장치		•용접부 균열 •파손

주요부위	
점검요령	○ 점검방법 - 도보접근이 불가능한 부분은 접근장비를 이용하여 근접점검 - 가동받침의 가동여부는 가동면의 윤활재가 밀린 흔적이나 먼지 부착정도로 확인 가능함 - 눈금자가 설치되지 않은 받침은 측면을 깨끗한 헝겊으로 잘 닦고 유성펜으로 상부받침과 이동제한장치 끝부분에 수직으로 선을 그어 놓으면 다음 점검시 온도차에 따른 가동량을 측정할 수 있음 - 곡선교 내측 단부 혹은 사교의 예각부 단부의 부반력으로 인한 받침과 거더의 들뜸 상태 점검 - 경사교에서 받침 경사설치로 인한 상부가동받침과 하부받침 접촉 및 받침 부속품과의 접촉으로 인한 가동장애요소 점검 - 수직보강재와 받침이 10cm 이상 편기시 하부플랜지의 국부변형이나 거더 복부판의 좌굴 여부 확인 - 받침하부에 공동이 의심되면 긴드라이버 혹은 철사로 찔러서 확인하고, 침하흔적은 앵커볼트의 체결상태 및 인접받침의 상태를 참고하여 확인 - 받침부의 물고임 부분은 누수부위의 확인 및 물고임 원인분석 ○ 손상발생시 조치 - 받침하부 교각 두부에 폭 0.3㎜ 이상의 균열이 단부까지 진행된 경우 즉시 보고하고, 안전성 검토 및 대책 수립 필요

바. 신축이음장치

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 본체	- 공통	•누수, 오염(배수시설 누락, 유간의 오물퇴적) •유간(부족 및 과다) •이상진동(충격음) •본체 유동 및 파손(충격음, 흔들림)
	- 고무재	•고무판 마모, 강판노출 및 부식
	- 강재	•방수재(씰링재) 파손 - 노면수 유입
▷ 후타재		•균열, 파손(패임 및 요철)

주요부위

점검요령

○ 점검방법
- 보도에서 점검
- 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격음 발생 여부 점검
- 고무재의 마모, 파손, 충진 씰링재 노출로 차량운행 저해 및 방수기능 저하상태를 점검하며 교각, 교대 위에서 신축이음 하부의 방수성 및 단부보강 슬래브상태 점검
- 방호울타리부 신축이음의 방수기능 점검
- 점검기간 내 온도차이가 큰 아침과 한낮에 신축 이동량을 조사하고 적정유간을 확보하고 있는지 확인 점검

○ 손상발생시 조치
- 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격으로 타부재에 추가손상이 우려되거나 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립

○ 점검시 유의사항
- 차량 진행방향과 반대방향으로 점검을 진행하며 2인 1조로 점검수행
- 신축유간 점검시 차량에 유의

사. 교면포장

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 공통	•균열, 요철, 단차, 포트홀, 소성변형
▷ 신축이음 전후, 구조물 경계부	•단차, 침하
▷ 배수구 주변	•물고임, 이물질 퇴적

주요부위

점검요령

◦점검방법
- 방호벽측 갓길에서 도보점검
- 중차량 통행이 많은 차선, 곡선부 외측, 급정지 구간 주변의 손상 점검
- 신축이음 전후 및 경계부의 단차 점검
- 교면위 물고임 및 포트홀 점검(가급적 비온 직후 점검)
- 포장의 노후화에 따른 종방향균열의 진전여부, 망상균열의 진전여부

◦손상발생시 조치
- 손상이 확연한 부분은 위치, 규모에 대하여 기록 후 사진 촬영
- 포트홀의 직경이 20cm이상 혹은 종방향 단차가 30㎜이상 발생하여 추가손상이 우려되거나 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립

◦점검시 유의사항
- 갓길은 교통사고의 위험이 높으므로 2인 1조로 하여 차량 진행방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검

아. 배수시설

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 배수관	•파손(연결 고정부 탈락) •배수관 길이 부족(거더에 물 떨어짐) •유출구 위치 부적절 (도로상이나 구조물 위에 위치)

주요부위

점검요령

○ 점검방법

- 배수관

① 갓길 측에서 점검하며 접근이 어려운 부분은 접근장비를 이용

② 교량이 도로 위를 통과할 경우 배수관에서 유출된 물이 통행인이나 통행차량 위로 떨어지지 않는지 점검

③ 배수관의 물이 구조물의 부식을 유발할 수 있는 위치로 배수되는지 점검

④ 경사가 완만한 배수관은 점검용 망치로 두들겨 내부에 쓰레기로 막혀있는지 점검

⑤ 배수관 지지장치 및 연결부 상태는 흔들어 보거나 망치로 두들겨서 점검

○ 손상발생시 조치

- 배수구에 휴지나 나뭇잎 등으로 막혀있는 경우는 드라이버를 사용하여 제거

○ 점검시 유의사항

- 2인 1조로 하여 차량진행 방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검하며 차량운행에 주의
- 접근장비 사용시 차량운행 및 안전에 유의

자. 난간

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 난간, 방음벽	- 강재, 알루미늄	•변형 •파손
▷ 보도		•신축이음 접촉부 부스러짐(파손) •표면 부스러짐(동결융해)
▷ 연석	- 철근콘크리트	•박리, 박락, 부스러짐, 파손

주요부위

점검요령

○ 점검방법
- 교량 한쪽에서 눈을 난간높이 정도로 낮추어 난간의 전체 선형에 급격한 변화 부분이 있는지 점검
- 안전난간 및 방음벽의 경우 안전난간 및 방음벽의 기둥과 바닥판 접촉면의 부식 혹은 볼트 손상에 의해 전도 우려가 있는지 힘을 주어 밀거나 당겨서 흔들림 정도를 확인
- 연속 받침부 연석 및 자갈막이는 콘크리트의 경우 부모멘트에 의한 균열(일반적으로 폭 0.3㎜이상)을 점검

○ 손상발생시 조치
- 난간의 전체 선형에 급격한 변화부분이 있는 경우 받침이나 하부구조의 침하가 있을 수 있으므로 해당부재 점검시 참고할 수 있도록 기록 유지
- 외부의 강한 하중에 의한 손상일 경우 바닥판에도 영향을 줄 수 있으므로 바닥판 점검시 고려

○ 점검시 유의사항
- 난간의 큰 변형이나 파손된 부분으로 통행인 추락 위험이 있을 시 즉시 연락하여 추락 방지시설 등의 응급조치 필요

제 8장 종합결론

8.1 종합결론

8.2 현장조사 결과

8.3 시험 및 측정 결과

8.4 상태평가 결과

8.5 안전성평가 결과

8.6 결 언

제 8장 종합결론

8.1 종합결론

본 과업 대상 교량인 RAMP-I교는 행정구역상으로 경기도 일산서구 고양시 법곳동 ~ 김포시 걸포동 일대에 위치하고 있는 2007년 12월에 준공된 교량이다. 본 교량은 연장 L=595.0m, 폭 B=10.250~18.196m의 램프교량으로 설계하중은 DB-24의 도로교로 상부구조는 강합성 상자형교(215.0m)와 R.C SLAB교(290.0m), R.C RAHMEN교(90.0m)로 이루어져 있으며, 하부구조는 교대 역T형, 교각 T형, 기초는 직접기초, 간이우물통, 현장타설말뚝으로 설계, 시공 되었다.

본 과업 2007년 12월 준공 후 최초로 실시하는 정밀안전진단으로 대상교량의 물리적, 기능적 결함을 조기에 발견하여 신속하고 적절한 조치를 취하고 구조적 안전성 및 결함원인 등을 조사·측정·평가하여 장·단기 보수계획 등 유지관리에 활용할 목적으로 점검장비를 이용하여 가능한 한 모든 부재에 근접한 상태에서 조사를 실시하였다.

본 과업에서는 외관조사, 내구성조사 등의 현장조사를 실시하였고, 설계도서와 현장조사의 결과를 토대로 구조안전성 검토와 기본 내하력을 평가하였으며, 이를 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

8.2 현장조사 결과

○ 상부구조인 강박스 거더와 바닥판은 구조적인 손상 및 결함이 없는 양호한 상태를 확보하고 있으며, 외관조사 결과 바닥판 하면 전 구간에 걸쳐 폭 0.1~0.3㎜의 균열이 발생한 상태이다. 거더의 경우 일부 도장 손상, 용접열 손상, 긁힘, 점부식 등이 조사되었다. 조사된 손상은 주의관찰 후 내구성 확보, 손상 진전 방지를 위한 적절한 보수가 요구되며, 보수 후에도 보수부의 재손상 발생여부를 주기적으로 점검하는 것이 바람직하다.

○ 바닥판에 발생한 들뜸, 박리 및 박락, 긁힘의 경우 장기공용으로 인한 열화, 시공중 외부충격, 우수유입 등의 원인으로 발생된 손상인 것으로 판단된다. 기 손상부는 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 조치가 필요하다.

○ 교대 및 교각에 발생한 균열은 폭 0.1~0.3㎜의 균열로서 이는 건조수축 및 온도균열 등에 의한 것으로서 횡방향 균열 등과 같은 구조적 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되

었다. 교각에 발생된 폭 0.3㎜이상 균열부의 경우 손상의 진전 방지를 위한 주입보수 등의 조치를, 그 외 균열부의 경우 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다. 그 외 경미한 망상균열, 누수흔적 및 오염 등이 발생하였으며, 기 손상부는 주의관찰 및 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

○ 교각 코핑부 상면 등에 발생한 박리 및 박락, 체수 등의 손상은 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 신축이음장치에 대한 근본적인 보수가 선행되지 않으면 보수효과를 기대하기 어렵기 때문에 신축이음장치 교체, 하부 물받이 및 유도배수관 설치 등의 조치가 선행되어야 하며, 기 손상부의 경우 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 조치가 필요하다.

○ 교량받침의 외관조사 결과 국부적으로 받침 몰탈 및 받침 콘크리트 균열, 받침몰탈 들뜸 및 파손, 박락, 받침콘크리트 철근노출, Plate 녹발생, 볼트 부식, 고무재 손상 등이 조사되었다. 기 손상은 공용기간 증가로 인한 열화, 우수유입, 외기환경, 건조수축 등에 의해 발생된 손상으로, 주의관찰 후 손상의 진전 방지를 위한 재도장, 단면보수, 방청 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.

○ 탄성받침 일부 구간에 발생된 스토퍼 간섭의 경우 거더의 신축 거동으로 인해 발생된 손상으로 현재 받침몰탈 및 받침콘크리트, 거더 등에 2차 손상은 발생되지 않은 상태이므로 주기적인 점검을 통한 주의관찰 후 주변 부재 손상 발생 시 재설치 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.

○ 강핑거조인트 및 N.B 조인트 형식으로 설치된 신축이음 장치는 본체 고무재 파손, 누수, 유간토사퇴적, 후타재 균열(폭 0.3㎜미만), 이격, 흡음제 탈락 등이 조사된 상태이며, 기 손상부는 공용기간 증가로 인한 열화, 차량 반복 통행, 건조수축 등에 의해 발생된 손상으로 주의관찰 및 정비 등을 통한 유지관리가 필요하다.

○ 교면포장은 일부구간 아스콘 패임 및 박리가 조사되었으며, 미끄럼방지시설의 경우 전구간 균열 및 망상균열이 발생된 상태이다. 이는 공용기간 증가에 의한 열화, 차량 반복 통행 등으로 인해 발생된 손상으로, 통행 차량의 주행성 및 안전성 확보를 위한 아스콘 팻칭, 재포장 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

○ 배수시설에 대한 외관조사 결과, 공용기간 증가 및 이물질 퇴적 등으로 인한 일부 구간 배수구 막힘, 배수관 이음부 누수 및 지지대 부식이 조사되었다. 기 손상은 구조물의 배수기능에는 크게 영향을 미치지 않는 경미한 상태이므로 주기적인 점검을 통한 주의

관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직하다.

○ 방호벽의 외관조사 결과, 균열, 긁힘, 들뜸, 박리 및 박락, 재료분리 등의 손상이 조사되었으며, 이는 시공초기 건조수축, 우수유입, 외부 충격 등의 원인으로 발생된 손상으로 구조물의 내구성 증진을 위한 표면처리, 주입보수, 단면보수 등의 조치가 필요하다.

8.3 시험 및 측정 결과

○ 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨.

○ 철근탐사결과, 설계치와 비슷한 수준으로 측정됨.

○ 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 양호한 상태로 판단됨.

○ 염화물 함유량 시험결과, 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없는 상태인 a등급으로 평가됨.

○ 거더에 대한 강재비파괴 시험 결과 용접부, 도장의 상태는 모두 양호한 것으로 나타남.

8.4 상태평가 결과

○ 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B등급” 으로 평가되었다.

8.5 안전성평가 결과

○ 구조검토결과, Steel Box Girder 바닥판의 경우 최소안전율이 1.154로, 거더의 경우는 최소안전율이 1.417로, R.C SLAB의 경우 최소안전율이 1.282로써, 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 평가되었다. 전반적으로 구조적 안전성을 확보한 것으로 판단되며 최종적인 안전성 평가등급은 A등급이다.

8.6 결 언

○ RAMP-I교는 11년의 공용기간이 경과한 교량시설물로서, 주부재인 강박스 거더와 바닥판, 하부구조에는 구조적 손상은 조사되지 않은 상태이다. 주부재 및 보조부재에 일부 발생한 손상들은 교량의 내구성 저하 방지를 위한 국부적인 보수 및 주의관찰을 통한 지속적인 유지관리가 필요한 것으로 평가되었다.

○ 본 교량의 상태평가 및 안전성평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 보수를 실시하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 1등교(DB-24)로서의 기능을 유지할 수 있을 것으로 판단된다.