제 출 문

신대구부산고속도로 주식회사 귀중

귀 사와 2015년 8월 5일자로 계약을 체결한 “2015년 하반기 시설물 안전점검 용역(2구간 정밀안전진단)” 을 성실히 수행하고 삼랑진IC2교(대구, 부산)의 결과를 본 보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

2015년 12월

㈜ 동 우 기 술 단

고 중 호 (인)

삼랑진IC2교 정밀안전진단 결과표

가. 일반현황

용 역 명	2015년 하반기 시설물 안전점검 용역(2구간 정밀안전진단)	진단기간	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31		
관리주체명	신대구부산고속도로(주)	대 표 자	정 상 호		
공동수급	독자수행	계약방법	일반경쟁		
시설물 구분	교 량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2006년 02월 10일	진단금액 (천원)	5,558	안전등급	B
시설물 위치	경상남도 밀양시 삼랑진읍 송지리 (부산기점 32k531~32k662)	시설물 규모	L=40+50+40=130m B=8.5m(2차로)		

나. 진단 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음
진 단 주요결과	▪ 바닥판하면 폭 0.2㎜이하 균열, 망상균열 발생 ▪ 강박스 거더 우수유입흔적, 도장박리/녹발생 발생 ▪ 교대/교각 폭 0.2㎜이하 균열, 폭 0.3㎜이상 균열, 누수오염, 망상균열, 백태 발생 ▪ 교량받침 Plate/볼트 녹발생, 받침 몰탈/콘크리트 폭 0.2㎜이하 균열 발생 ▪ 신축이음 누수, 유간부 토사퇴적, 후타재 폭 0.2㎜이하 균열 발생 ▪ 교면포장 라벨링, 접속부 이격, 아스콘 패임 발생 ▪ 배수시설 상태양호 ▪ 방호벽 폭 0.2㎜이하 균열, 폭 0.3㎜이상 균열, 균열/백태 발생
주 요 보수·보강	▪ 콘크리트 : 표면처리, 주입보수, 단면보수 ▪ 강재 : 녹제거 후 재도장 ▪ 신축이음 : 신축이음 교체, 청소

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	방 기 섭	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31	특급기술자
분야별책임 (현장조사 및 측정)	권 태 완	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31	특급기술자
분야별책임 (분석 및 평가)	김 상 현	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31	고급기술자
참여기술자 (현장조사 및 측정)	이홍재외 7명	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31	특급기술자
참여기술자 (현장조사결과 분석)	정재희외 6명	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31	특급기술자
참여기술자 (안전성 평가)	장석진외 6명	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31	특급기술자

라. 참고사항

삼랑진IC2교 정밀안전진단 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
■ 삼랑진IC1교는 약 10년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태이나 일부 보수를 요하는 손상인 콘크리트 부재 균열 및 망상균열, 망상균열/변색, 국부적인 단면손상, 거더외부, 가로보 및 세로보 도장박리/녹발생, 교량받침 Plate 녹발생, 신축이음장치(A2) 누수, 교대 교좌면 체수 및 누수오염, 아스콘 패임, 배수구 막힘 등이 일부 조사되었다. 특히, 교대 A2 신축이음부 누수는 흡음재 설치로 인해 정확한 누수 위치를 확인할 수 없으나, 10년 동안 장기 공용된 점을 고려하여 신축이음장치 교체로 구조물의 건전성을 확보하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. ■ 본 교량의 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 진단 보고서에 제시된 보수를 시행하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 1등교(DB-24)로서의 기능을 유지 할 수 있을 것으로 판단된다. 책임기술자 : 방 기 섭 (서명)

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	- 균열(Cw:0.2㎜이하), 망상균열	- 지속관찰
	강박스 거더	b	- 우수유입흔적 - 도장박리/녹발생	- 지속관찰 - 지속관찰
2차 부재	가로보/세로보	b	- 도장박리/녹발생	- 지속관찰
하부구조	교대/교각	c	- 균열(Cw:0.2㎜이하), 누수오염, 백태, 체수흔적, 망상균열 - 균열(Cw:0.3㎜이상)	- 지속관찰 - 지속관찰
교량받침		b	- 받침 Plate/볼트 녹발생 - 받침 몰탈/콘크리트 균열 (Cw:0.2㎜이하) - 받침 콘크리트 재료분리	- 녹제거 후 재도장 - 지속관찰 - 지속관찰

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항(계속)

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
기타부재	신축이음장치	c	- 신축이음 누수 - 유간부 토사퇴적 - 후타재 균열(Cw:0.2㎜이하) - 차수판 앵커볼트 탈락	- 신축이음 교체 - 정비 - 지속관찰 - 재설치
	교면포장	b	- 라벨링, 접속부 이격 - 아스콘 패임	- 지속관찰 - 팻칭보수
	배수	a	- 상태양호	- 지속관찰
	난간 및 연석 (방호벽)	c	- 균열(Cw:0.2㎜이하) - 균열(Cw:0.3㎜이상), 균열/백태	- 지속관찰 - 지속관찰

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	최소 안전율 1.580으로 양호	1.0이상	A
거더	허용응력법	최소 안전율 1.090으로 양호	1.0이상	
교각	강도설계법	최소 안전율 5.369로 양호	1.0이상	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
-	적용	-	-

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

<table>
<tr><th>시 험 명</th><th colspan="3">시험부위</th><th>시험 결과</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="4">비파괴
강도
(㎫)</td><td colspan="2" rowspan="2">상부
구조</td><td>반발경도</td><td>28.1～30.0</td><td rowspan="4">■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>27.4～29.2</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">하부
구조</td><td>반발경도</td><td>25.2～26.9</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>24.5～27.2</td></tr>
<tr><td rowspan="6">철근탐사
(㎜)</td><td colspan="2" rowspan="2">바닥판하면</td><td>배근간격</td><td>100～114</td><td rowspan="6">■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>42～43</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">교대</td><td>배근간격</td><td>238～242</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>86～89</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각</td><td rowspan="2">기둥부</td><td>배근간격</td><td>100～113</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>107～119</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="3">상부구조</td><td>35.8～38.1</td><td rowspan="2">■ 잔여깊이가 30㎜이상 ‘a등급’으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.</td></tr>
<tr><td colspan="3">하부구조</td><td>70.8～81.2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량시험
(kg/㎥)</td><td colspan="3">상부구조</td><td>0.210～0.289</td><td rowspan="2">■ 염화물에 의한 부식 발생이 우려없는 상태인 ‘a’로 평가됨.</td></tr>
<tr><td colspan="3">하부구조</td><td>0.239～0.289</td></tr>
<tr><td>균열
깊이</td><td colspan="3">하부구조</td><td>88.5～104.8</td><td>■ 균열심도가 철근피복두께를 초과한 것으로 측정되었으며, 내구성확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td>초음파
탐상시험
(개소)</td><td colspan="3">거더 내부</td><td>1등급: 6개소</td><td>■ 전개소에서 균열, 기공, 슬래그, 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">강 재
도막두께
(㎛)</td><td colspan="3">거더내부</td><td>482～550</td><td rowspan="2">■ 기준치를 상회하는 양호한 상태임.</td></tr>
<tr><td colspan="3">거더외부</td><td>251～263</td></tr>
</table>

삼랑진IC2교 현황표

※ 작성일 : 2015년 12월 31일

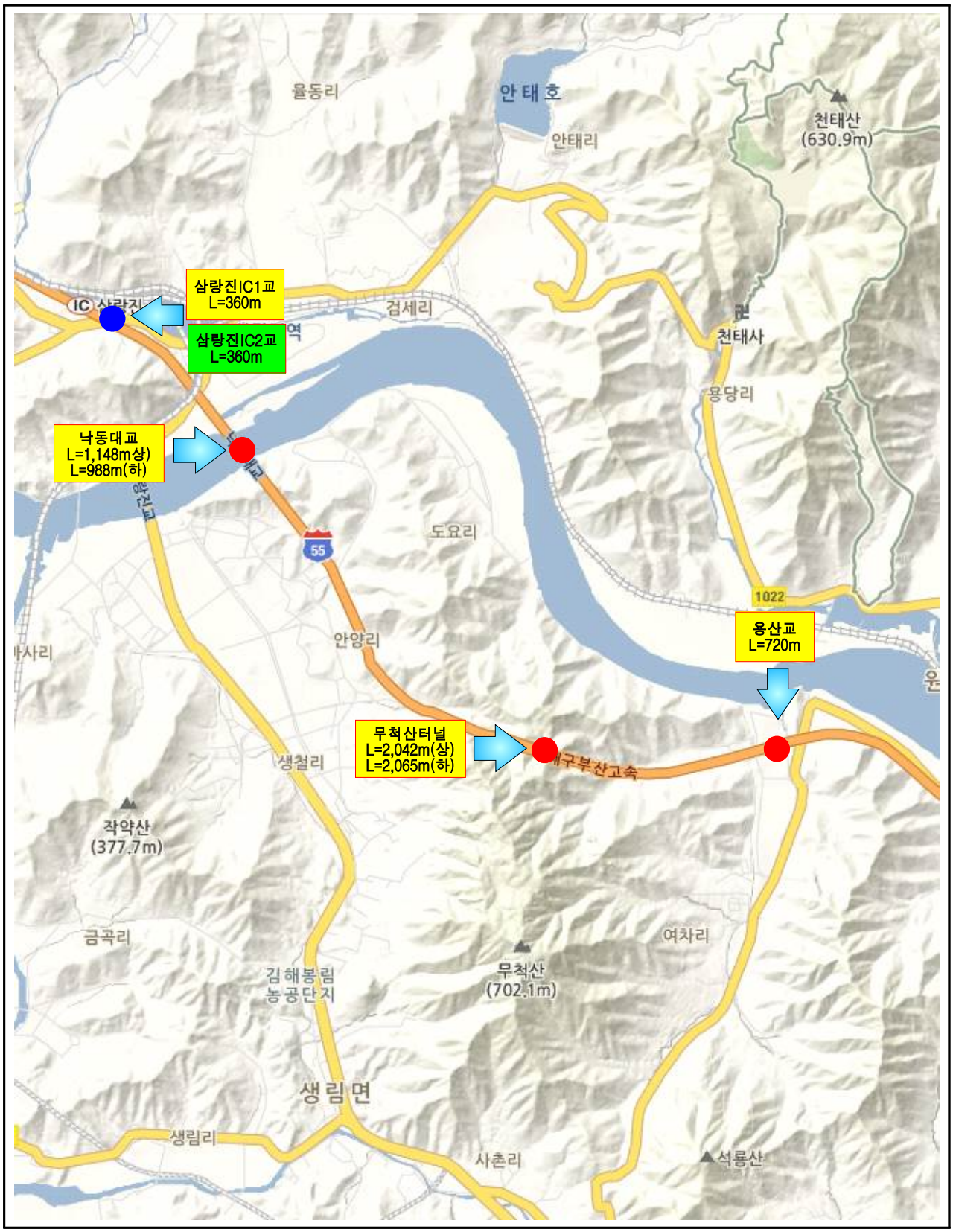
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">교 량 명</td><td>삼랑진IC2교</td><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td></tr>
<tr><td rowspan="2">위치</td><td>공사이정</td><td>STA01+240.5 ~ 0+370.7</td><td colspan="2" rowspan="2">종별구분</td><td rowspan="2">1종 시설물</td></tr>
<tr><td>관리이정</td><td>부산기점 32.531 ~ 32.662 km</td></tr>
<tr><td colspan="2">시 설 물
관리번호</td><td>dbw BR. 11</td><td colspan="2">시설물
번호</td><td>BR2006-0000943</td></tr>
<tr><td rowspan="2">상부
구조</td><td>형식</td><td colspan="4">STEEL BOX GIRDER</td></tr>
<tr><td>연장</td><td>40 + 50 + 40 = 130m</td><td colspan="2">교 폭</td><td>8.5m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부
구조</td><td>교각</td><td>중공기둥식</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교 각</td><td>직접 기초</td></tr>
<tr><td>교대</td><td>역T형, 반중력식</td><td>교 대</td><td>직접기초, PILE 기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>POT BEARING</td><td colspan="2">신축이음</td><td>MONO CELL JOINT</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차조건</td><td>국도 58호선 횡단</td><td colspan="2">교 고</td><td>10.0 m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>바우 컨설턴트</td><td colspan="2">시 행 자</td><td>신대구부산고속도로(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">감 리 사</td><td>한국건설관리공사,
㈜용마엔지니어링,동일기술공사</td><td colspan="2">시 공 자</td><td>(주)대우건설</td></tr>
<tr><td colspan="2">관리주체</td><td>신대구부산고속도로(주)</td><td colspan="2">준공년도</td><td>2006년 2월 10일</td></tr>
<tr><td colspan="2">종단구배</td><td>-3.765%</td><td colspan="2">횡단구배</td><td>-2.0%</td></tr>
</table>

정밀안전진단 참여기술진

※ 과업기간 : 2015년 8월 11일 ~ 2015년 12월 31일 (143일간)

참여구분	참여분야	직 위	성 명	서 명
책임기술자	사업책임기술자	이 사	방 기 섭	
분야별 참여기술자	현장조사 및 측정	부 장	권 태 완	
	분석 및 평가	차 장	김 상 현	
참여기술자	현장조사 및 측정	부회장	이 홍 재	
		상 무	홍 왕 선	
		부 장	이 강 호	
		차 장	엄 규 식	
		차 장	유 재 웅	
		대 리	호 근	
		대 리	강 덕 운	
		대 리	김 용 수	
	현장조사 분석 및 평가	상 무	정 재 희	
		이 사	문 원 덕	
		과 장	윤자비나	
		대 리	전 민 철	
		대 리	이 재 윤	
		대 리	마 권 동	
		주 임	정 문 용	
	안전선 평가 및 보고서 작성	회 장	장 석 진	
		과 장	백 운 빈	
		과 장	안 휘 순	
		대 리	방 준 영	
		대 리	김 두 겸	
		주 임	최 지 선	최지선
		주 임	박 민 지	

시설물 위치도(1)


율동리
안 태 호
안태리
천태산
(630.9m)
삼랑진IC1교
L=360m
삼랑진IC2교
L=360m
IC 삼랑진
검세리
천태사
용당리
낙동대교
L=1,148m(상)
L=988m(하)
도요리
55
1022
용산교
L=720m
안양리
무척산터널
L=2,042m(상)
L=2,065m(하)
생철리
작약산
(377.7m)
금곡리
여차리
김해봉림
농공단지
무척산
(702.1m)
생 림 면
생림리
사촌리
석룡산

시설물 위치도(2)

IC 남밀양
임천리
부산대밀양캠퍼스
만어사
우곡리
용성리
용전리
평촌리
율동리
밀양강
청도 방향
IC 삼랑진
송지리
삼랑진역
검세리
동산리
<삼랑진IC2교>
– STEEL BOX GIRDER
– L : 40+50+40 =130m
상동 방향
삼랑진교
도요리
외산리
마사리
안양리
생철리
작약산
(377.7m)
55
58

시설물의 전경사진(1)

상부전경

측면전경

시설물의 전경사진(2)

Steel Box Girder 외부 전경

Steel Box Girder 내부 전경

시설물의 전경사진(3)

교대 전경(A1)

교대 전경(A2)

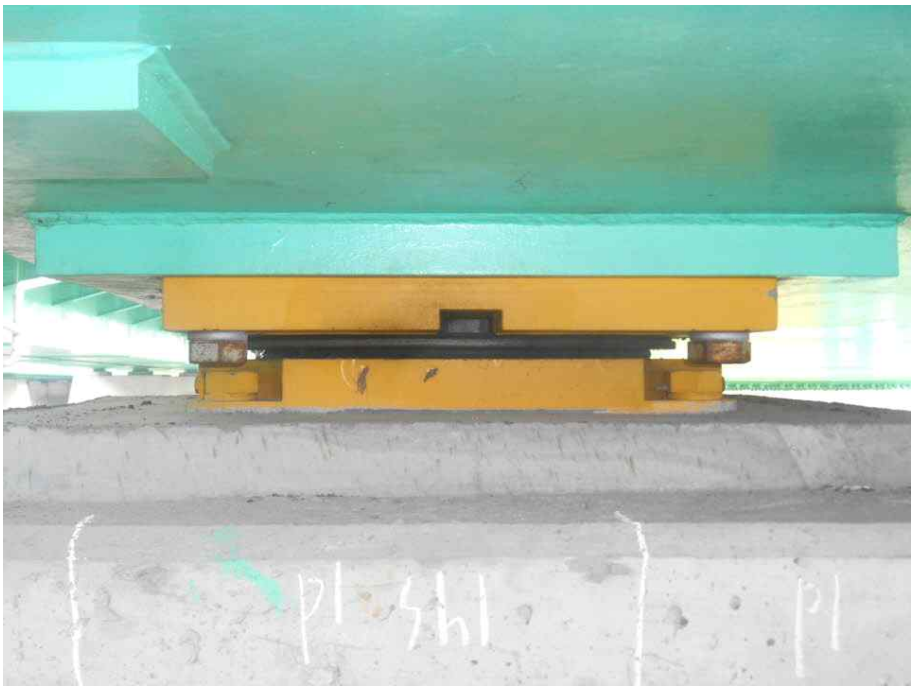
시설물의 전경사진(4)

교각 전경

교각 전경

시설물의 전경사진(5)

받침장치 전경 (고정단)



받침장치 전경 (가동단)

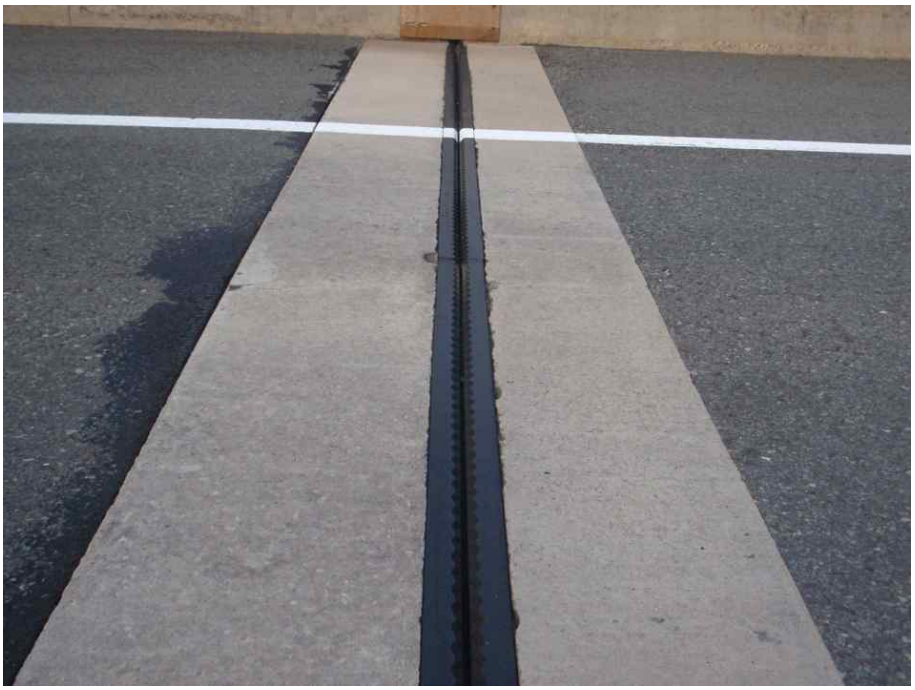
시설물의 전경사진(6)

교 명 판

설 명 판

시설물의 전경사진(7)

신축이음장치 전경(A1)



신축이음장치 전경(A2)

시설물의 전경사진(8)

차량방호벽 전경

차량방호벽 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

1) 자료수집 및 분석

2) 현장조사 및 시험

3) 상태평가

4) 안전성 평가

5) 종합평가 및 안전등급 지정

6) 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시

7) 보고서 작성

8) 신축이음장치 및 슈 점검(사진, 신축량 등)은 별도 시행방안에 따라 결과물 작성 및 제출

9) 하자보고서 작성

1.3 과업기간

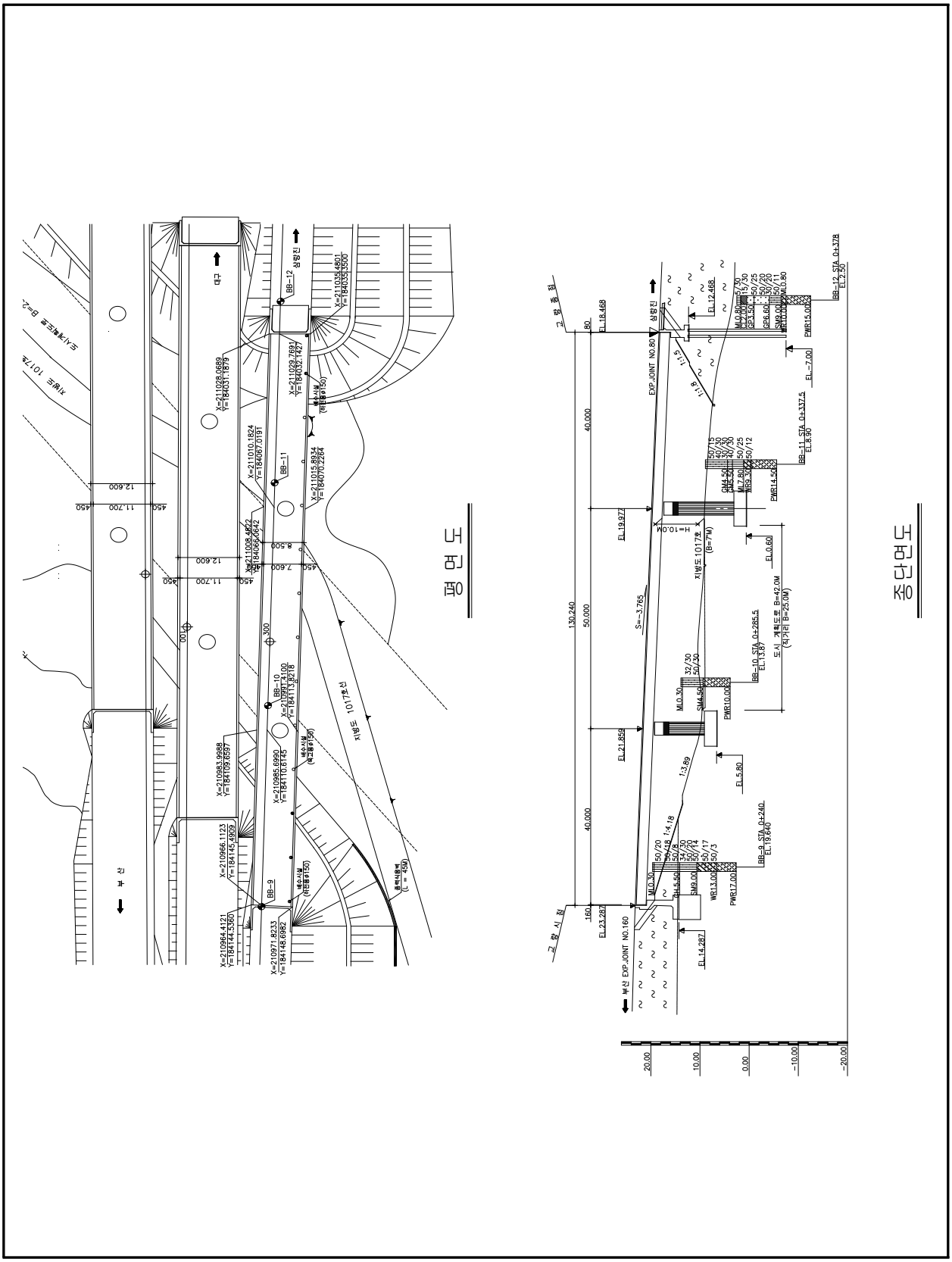
2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31 (착수일로부터 143일간)

1.4 시설물의 개요

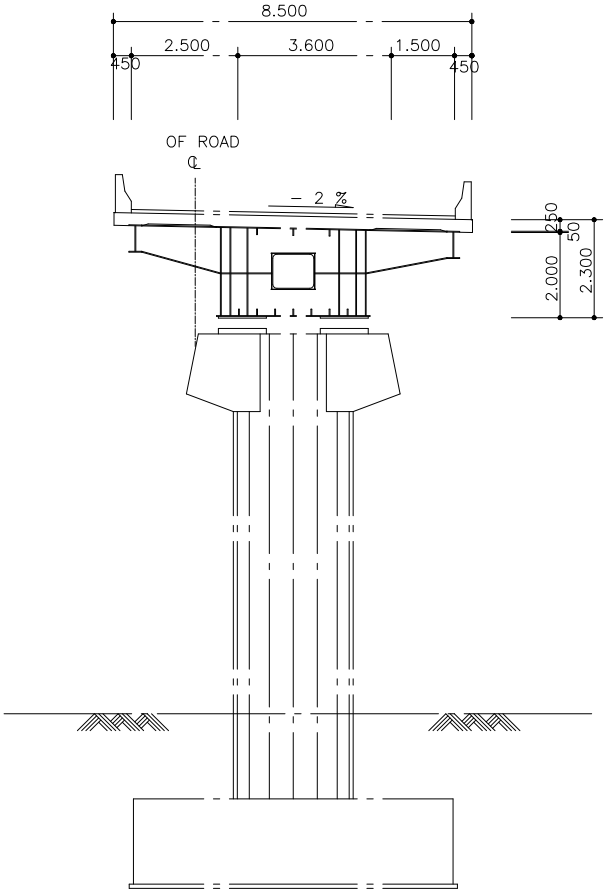
1) 시설물의 현황

<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">교 량 명</td><td>삼랑진IC 2교</td><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td></tr>
<tr><td rowspan="2">위치</td><td>공사이정</td><td>STA01+240.5 ~ 0+370.7</td><td colspan="2" rowspan="2">종별구분</td><td rowspan="2">1종 시설물</td></tr>
<tr><td>관리이정</td><td>부산기점 32.531 ~ 32.662 km</td></tr>
<tr><td colspan="2">시 설 물
관리번호</td><td>dbw BR. 11</td><td colspan="2">시설물
번호</td><td>상행선 : BR2006-0000943</td></tr>
<tr><td rowspan="2">상부
구조</td><td>형식</td><td colspan="4">STEEL BOX GIRDER</td></tr>
<tr><td>연장</td><td>40 + 50 + 40 = 130m</td><td colspan="2">교 폭</td><td>8.5m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부
구조</td><td>교각</td><td>중공기둥식</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교 각</td><td>직접 기초</td></tr>
<tr><td>교대</td><td>역T형, 반중력식</td><td>교 대</td><td>직접기초, PILE 기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>POT BEARING</td><td colspan="2">신축이음</td><td>MONO CELL JOINT</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차조건</td><td>국도 58호선 횡단</td><td colspan="2">교 고</td><td>10.0 m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>바우 컨설턴트</td><td colspan="2">시 행 자</td><td>신대구부산고속도로(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">감 리 사</td><td>한국건설관리공사
(주)용마엔지니어링
동일기술공사</td><td colspan="2">시 공 자</td><td>(주)대우건설</td></tr>
<tr><td colspan="2">관리주체</td><td>신대구부산고속도로(주)</td><td colspan="2">준공년도</td><td>2006년 2월 10일</td></tr>
<tr><td colspan="2">종단구배</td><td>-3.765%</td><td colspan="2">횡단구배</td><td>-2.0%</td></tr>
</table>

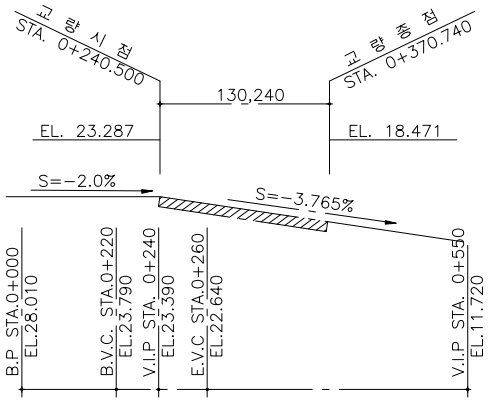
2) 시설물 주요 도면



【 종·평면도 】



<횡단면도>



<종단구배>

【 횡단면도 및 종단구배 】

2. 자료수집 및 분석

2.1 보수・보강 이력

구분	공사기간	설계자	시공자	보수·보강공법/내용	비고
보수	‘08.11	-	대우건설㈜	교대/교각, 바닥판하면 표면처리, 법면 정비	-
보수	‘11.04	-	대우건설㈜	강재주형 재도장	-
보수	‘11.09	-	대우건설㈜	교대/교각 표면처리	-
보수	‘11.10	-	대우건설㈜	받침 재도장	-
보수	‘13.09	-	대우건설㈜	교대/교각 균열보수	-
보수	‘14.11	-	대우건설㈜	강재주형 재도장	-

2.2 자료수집 및 분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇준공도면 및 구조계산서 : 대구-부산간 고속도로 민간투자사업 준공도서 - 실시설계 종합보고서 - 토질 및 지반보고서 - 준공내역서, 수량산출서 - 구조 및 수리계산서 - 토질조사보고서 - 설계도면	◇구조계산서 및 구조물도, 일반보고서는 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇구조계산서 및 구조물도의 구조물 치수는 동일한 것으로 확인됨 ◇주요 설계변경 내용 및 시공시 문제점이 없는 것으로 확인됨	◇본 검토 자료는 교량 내구성 시험 및 구조물 발생 손상의 원인분석에 기초자료로 활용 ⇒현장 조사자료와 수집자료가 상이할 경우 현장조사 자료를 기준으로 과업진행
유 지 관 리 자 료	◇정밀점검 보고서 (2013.12) ◇정기점검 보고서 (2015.06)	◇신축이음하부 누수	◇전회 점검결과와 금회 진단결과를 비교·검토하여 추가 손상 및 진전 여부를 확인하여 대책방안 마련
		◇내구성 조사결과, 설계기준 이상으로 양호한 상태임	◇전회 점검결과와 비교·검토하여 내구성 저하 여부 확인
		◇안전성평가결과 구조물에 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가됨	◇구조물의 제원변경확인 및 추가손상 발생에 대한 상세구조해석을 실시하여 안정성 확보 여부 확인
	◇보수·보강 이력 - 시설물 관리대장 - 시설물정보관리종합시스템 보수 및 점검이력	◇강재 주형 재도장	◇보수부 상태 확인

3. 현장조사 및 시험

3.1 외관조사 결과요약

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판		•일부 구간에 0.2㎜이하 균열과 전반적으로 망상균열	•시공초기 시공적, 환경적 영향에 의해 발생된 손상으로 내구성 확보를 위해 표면처리 보수가 바람직함
		•망상균열/변색 구간이 조사됨	•표면부 수산화칼슘층 형성에 의해 발생된 손상으로 향후, 점검시 주의관찰이 필요함
거더	내부	•S1 출입구측에 우수유입흔적이 조사됨	•도장손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 우수유입 경로를 확인을 위해 주변부 누수발생여부에 대해 점검을 실시하였으나 누수 손상이 조사되지 않아 시공초기 손상으로 판단되며 향후, 점검시 주의관찰이 필요함
	외부	•도장박리/녹발생 등의 손상이 조사됨	•도장 손상은 장기적으로 녹발생을 유발하여 단면감소 등의 위해한 영향을 미칠 수 있으므로 녹발생 손상부에 대해 녹제거 및 이물질 청소 후 재도장 실시가 바람직함
가로보 및 세로보		•도장박리/녹발생	•도장 손상은 장기적으로 녹발생을 유발하여 단면감소 등의 위해한 영향을 미칠 수 있으므로 녹발생 손상부에 대해 녹제거 및 이물질 청소 후 재도장 실시가 바람직함
		•폐콘크리트 퇴적 손상이 조사됨	•원활한 유지관리를 위해 제거 및 청소가 필요함
교대		•균열	•온도 및 건조수축에 의한 비구조적 균열로 내구성을 고려하여 표면처리가 바람직함
		•백태	•시공초기 발생한 표면부의 경미한 손상으로 내구성 및 미관을 고려하여 표면처리가 바람직함
		•체수/누수오염(A2)	•장기 공용에 따른 신축이음 손상부 누수에 의한 손상으로 하부구조 열화방지를 위해 신축이음 교체가 필요함
		•법면보호블럭 이격 및 침하, 점검계단 이격 및 상단부 공동 등의 손상이 조사됨	•검계단 및 법면보호블럭 구간에 발생된 손상은 지반침하에 의한 경미한 손상으로 주의관찰이 바람직하며, 점검계단부의 공동은 장기 공용시 우수침투에 의해 유로형성 및 유실 가능성이 있어 공동부에 대한 채움 실시가 바람직함

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교각	•일부 구간에 망상균열, 0.3㎜이하의 균열 등의 손상이 조사됨	•조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 0.3㎜이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.2㎜이하 균열은 표면처리 실시가 바람직함
교량받침	•받침장치Plate 녹발생, 볼트 녹발생	•은 공용기간 증가에 따른 손상으로 내구성 및 건전성 확보를 위해 재도장 실시가 필요함
	•받침 몰탈 및 받침 콘크리트 균열	•온도 및 건조수축에 의한 0.2㎜이하 균열로 표면처리가 바람직함
	•받침콘크리트 재료분리 등의 손상이 조사됨	•시공미흡에 의한 손상으로 공용증가에 따른 손상확대가 우려되므로 단면보수가 필요함
신축이음	•후타재 균열	•급속시공 및 조기차량 통행 등 제한적 시공여건에 의해 발생된 손상으로 손상정도가 경미하여 주의관찰이 바람직함
	•유간부 토사퇴적	•신축거동 제한으로 구조물에 영향을 미칠 수 있어 주기적인 청소가 바람직함
	•차수판 앵커볼트 탈락	•차수판의 건전성 확보를 위해 앵커볼트 재설치가 바람직함
교면포장	•포장부 라벨링, 접속부 이격	•본 교량의 교면포장은 주기적인 보수작업으로 주행성을 크게 저해할 만한 손상은 조사되지 않음 •라벨링 손상은 손상확대 여부를 관찰하고 포장 보수 계획 수립 후 적절한 시기에 보수 실시가 바람직함
	•아스콘 패임 등의 손상이 조사됨	•점검시 발생된 손상은 차량하중 작용으로 손상확대가 우려되고 포장층내 우수 침투로 구조물의 내구성 저하를 유발할 수 있어 패임은 손상정도가 경미하나 손상확대 및 주행성을 고려하여 보수 실시가 바람직함
배수시설	•손상이 없는 양호한 상태로 조사됨	•지속적인 주의관찰
난간 (방호벽)	•일부 구간에 수직균열, 균열부 백태 등의 손상이 조사됨	•기능 및 내구성 확보를 위해 0.3㎜이상 균열 및 균열부 백태 손상은 주입보수, 0.2㎜이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하다.

2) 기 정밀점검(2013년) 결과와의 비교

구 분		2013년 정밀점검 결과	금회 진단결과	비 고
바닥판		•균열(0.3㎜ 미만), 균열(0.3㎜ 이상), 콘크리트 미제거, 백태 등	•금회 근접조사에 의해 상부 바닥판에서 횡균열, 망상균열 등이 추가로 다수 조사됨	
거더	내부	•상태양호	•전반적으로 양호한 상태이며, 시공초기 발생된 것으로 판단되는 우수유입흔적이 조사됨	
	외부	•도장손상 등	•공용기간 증가에 의해 도장박리 및 녹발생 등의 손상이 다소 증가된 것으로 조사됨	
가로보/세로보		•도장손상 등		
교대		•균열(0.3㎜ 미만), 누수흔적 등	•시공초기 발생된 것으로 판단되는 수직균열이 추가로 조사되었고, 신축이음부 누수(A2)에 의한 누수오염/백태가 다소 증가된 것으로 조사됨	
교각		•균열(0.3㎜ 미만), 점검로 미설치 등	•시공초기 발생된 것으로 판단되는 0.2㎜이하 미세균열 및 망상균열이 추가로 조사됨	
교량받침		•받침Plate 부식, 받침콘크리트 균열 등 •교량받침의 신축여유량에는 문제가 없는 것으로 평가됨	•공용기간 증가에 의해 받침Plate 녹발생이 증가된 것으로 조사되었으며, 시공초기 발생된 것으로 판단되는 0.2㎜이하의 받침콘크리트 균열이 추가로 조사됨 •교량받침의 가동여유량은 설계기준온도에 따른 최대 신장여유량 및 동절기 최대 신축여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨 •연단거리 측정 결과, 시방규정을 만족하고 있는 것으로 검토됨	
신축이음		•본체 유간부 이물질퇴적, 후타재 균열(0.3㎜ 미만), 하부누수, 차수판 앵커볼트 탈락 등 •신축이음은 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨	•대부분 기 조사된 손상이며, 공용중 발생 손상이 지속적으로 반복되어 발생하고 있는 것으로 조사됨 •신축이음은 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨	
교면포장		•라벨링, 접속도로 이격/단차 등	•공용기간 증대, 빈번한 중차량 통행 등에 의해 포장부 손상이 추가로 조사됨	
기타부재		•배수시설 : 배수관 연결부 불량(어긋남) 등 •방호벽 : 균열(0.3㎜ 미만), 균열(0.3㎜ 이상), 백태 등	•배수시설 : 기점검 손상은 보수가 실시되었으며, 추가 손상이 없는 양호한 상태임 •방호벽 : 기 점검 시 조사된 손상에 대해 일부 보수가 이루어졌으나 일부 미보수된 손상과 공용중 일부 손상이 증가한 것으로 조사됨	
검토의견		•기 점검(2013년)과 비교 결과, 기 점검시 발생 손상은 대부분 보수가 실시되지 않은 상태이며, 공용기간 증가 및 금회 근접조사에 의해 기 점검(2013년) 대비 바닥판 하면, 교각부 등의 균열, 포장면 손상 등이 추가로 다수 조사됨		

3.2 내구성조사 결과요약

1) 금회('15년) 진단 현장시험 결과 요약

<table>
<tr><th>시험명</th><th colspan="2">시 험 위 치</th><th colspan="5">시 험 결 과</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="7">비파괴
강도
(㎫)</td><td>부재</td><td>시험종류</td><td>추정강도(A)</td><td colspan="2">설계기준강도(B)</td><td>A/B×100(%)</td><td rowspan="7"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">상부구조
(바닥판하면)</td><td>반발경도법</td><td>28.1～30.0</td><td colspan="2" rowspan="2">27.0</td><td>104～111</td></tr>
<tr><td>초음파속도법</td><td>27.4～29.2</td><td>101～108</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부구조
(교대, 교각)</td><td>반발경도법</td><td>25.2～26.9</td><td colspan="2" rowspan="2">24.0</td><td>105～112</td></tr>
<tr><td>초음파속도법</td><td>24.5～27.2</td><td>102～113</td></tr>
<tr><td colspan="2">검토의견</td><td colspan="5">▪ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="9">철근탐사
(㎜)</td><td colspan="2" rowspan="2">부재</td><td rowspan="2">철근종류</td><td colspan="2">측정치</td><td colspan="2">설계치</td><td rowspan="9"></td></tr>
<tr><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td></tr>
<tr><td rowspan="2">상부구조
(바닥판하면)</td><td rowspan="2">중앙부</td><td>횡방향철근</td><td>100～114</td><td>42～43</td><td>100</td><td>32</td></tr>
<tr><td>종방향철근</td><td>143～150</td><td>56～63</td><td>150</td><td>48</td></tr>
<tr><td rowspan="3">하부구조
(교대, 교각)</td><td rowspan="2">교대
구체</td><td>수직철근</td><td>238～242</td><td>86～89</td><td>250</td><td>87.5, 90.5</td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>145～307</td><td>106～117</td><td>150, 300</td><td>109.5, 112.5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각
기둥부</td><td>수직철근</td><td>100～113</td><td>107～119</td><td>100</td><td>108</td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>285～298</td><td>86～94</td><td>300</td><td>92</td></tr>
<tr><td colspan="2">검토의견</td><td colspan="6">▪ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계치과 근사함.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="2">부재</td><td>탄산화깊이</td><td>피복두께</td><td>잔여깊이</td><td>평가</td><td>잔존수명</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>상부구조</td><td>바닥판하면</td><td>4.9～6.2</td><td>42～43</td><td>35.8～38.1</td><td>a</td><td>100년 이상</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>교대, 교각</td><td>12.8～15.2</td><td>86～94</td><td>70.8～81.2</td><td>a</td><td>100년 이상</td></tr>
<tr><td colspan="2">검토의견</td><td colspan="6">▪ 탄산화 잔여깊이가 30㎜이상인 "a"로 평가되며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">염화물
함유량</td><td colspan="2">부재</td><td>Cl^-(%)</td><td colspan="2">Cl^-(kg/㎥)</td><td>평가</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>상부구조</td><td>바닥판하면</td><td>0.0093～0.0128</td><td colspan="2">0.210～0.289</td><td>a</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>교대, 교각</td><td>0.0106～0.0128</td><td colspan="2">0.239～0.289</td><td>a</td></tr>
<tr><td colspan="2">검토의견</td><td colspan="5">▪ 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮은 상태인 "a"로 평가됨</td></tr>
</table>

시험명	시 험 위 치		시 험 결 과			비 고
균열 깊이	부재		균열폭	균열깊이	피복두께	
	하부구조	교대, 교각	0.3	88.5~104.8	86~90.5	
	검토의견		▪ 균열심도가 철근피복두께를 초과한 것으로 측정되었으며, 내구성확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단됨			
초음파 탐상시험 (개소)	부재	거더	시험개소	결함등급	결함발생 현황	
	Steel Box Girder	G1	6	1등급	결함사항 없음	
	검토의견		▪ 전개소에서 균열,기공, 슬래그, 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사됨.			
강 재 도막두께 (㎛)	부재		실측도막두께	기준	평가	
	거더외부		482~550	215	양호	
	거더내부		251~263	175	양호	
	검토의견		▪ 적정(기준치를 상회하는 양호한 상태임)			

2) 기 점검('13년)결과 비교

시험명	시 험 위 치		시 험 결 과			비 고
비파괴 강도 (㎫)	시험종류	부재	'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	설계기준강도	
	반발경도법	상부구조	27.7~28.7	28.1~30.0	27.0	
		하부구조	25.7~26.9	25.2~26.9	24.0	
	검토의견		▪ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨. ▪ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물에 강도저하는 없는 것으로 판단됨.			
탄산화 잔여깊이 (㎜)	부재		'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	평가	
	상부구조		5.0~7.0	4.9~6.2	a	
	하부구조		13.0~17.0	12.8~15.2	a	
	검토의견		▪ 탄산화 잔여깊이가 30㎜이상인 "a"로 평가되며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨. ▪ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 판단됨.			

4. 시설물의 상태평가

가. 시설물 전체 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 /연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
1	STBOX	a	b	a	b	a	c	b	b	b	q	a	a	a	a
2	STBOX	a	a	a	b	a	b	x	b	c	q	a	a	a	x
3	STBOX	b	a	b	a	a	c	c	b	c	q	a	a	x	a
									b	c	q		a		x
평균		0.133	0.133	0.133	0.167	0.100	0.333	0.300	0.200	0.350	N/A	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	2	2	2	1
(평균X가중치)/가중치합		0.024	0.020	0.007	0.012	0.003	0.007	0.027	0.018	0.070	N/A	0.002	0.002	0.002	0.001
														0.201	
														B	

- 결함도 범위 : 0.130 ≤ <u>결함도 지수(0.201)</u> < 0.260

나. 기 점검('13년) 결과와의 비교, 분석

- 최종 상태평가 결과, 상태기준은 "B"로 평가되었으며, '13년 정밀점검 이후 구조적 영향을 미칠만한 손상에 진전은 없는 것으로 조사되었다.
- 상·하부구조의 기 손상들은 국부적으로 보수가 되었으나, 공용 경과에 따른 손상이 증가되었으며, 일부 미보수된 손상 및 보수부 재손상이 발생되었다.
- 공용기간 경과에 따른 손상증가 (가로보/세로보 도장박리/녹발생, 신축이음 이물질 퇴적, 교량받침 Plate 녹발생, 받침 콘크리트 균열, 재료분리, 교대/교각 균열, 누수오염/백태 등)로 인하여 환산결함도 점수가 0.190 ⇨ 0.201로 증가한 것으로 분석되었다.

구 분		'13년 정밀점검		금회('15년) 진단		결함도 지수 변화요인
		등급	부재별 결함도 지수	등급	부재별 결함도 지수	
상부 구조	바닥판	b	0.233	b	0.133	◇일부 보수
	거더	b	0.133	b	0.133	◇거의 변화 없음
2차 부재	가로보/세로보	b	0.167	b	0.133	◇도장박리/녹발생 증가
기타 부재	포장	b	0.167	b	0.167	◇거의 변화 없음
	배수	b	0.133	a	0.100	◇보수
	난간, 연석	c	0.333	c	0.333	◇거의 변화 없음
	신축이음	b	0.200	c	0.300	◇본체 이물질 퇴적 증가
받침	교량받침	b	0.175	b	0.200	◇받침 Plate 녹발생, 받침 콘크리트 균열, 재료분리 증가
하부 구조	하부	b	0.250	c	0.350	◇균열, 누수오염/백태 증가
	기초	q	N/A	q	N/A	◇조사불가
내구성 요소	탄산화(상부)	a	0.100	a	0.100	◇공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없음 ◇잔여깊이가 30㎜ 이상
	탄산화(하부)	a	0.100	a	0.100	
	염화물(상부)	q	N/A	a	0.100	◇염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없는 상태
	염화물(하부)	q	N/A	a	0.100	
합 계		B	0.190	B	0.201	

5. 안전성평가

5.1 안전성평가 결과

가. 상부구조

1) 바닥판

구 분	ϕM_n	M_d	M_l	M_u	안전율	안전성평가등급
캔틸레버부	130.114	3.877	29.006	67.401	1.930	A
중앙부	163.876	10.797	41.600	103.476	1.584	A

2) 거더

구 분			합성전 고정하중	합성후 고정하중	설계 활하중	계	허용응력	안전율	안전성평가 등급
거더	측경간 중앙부	상부 플랜지	63.573	3.697	8.212	75.483	190	2.52	A
		하부 플랜지	-64.047	-21.929	-48.705	-134.681	-190	1.41	A
	측경간 지점부	상부 플랜지	-103.823	-20.447	-29.172	-153.441	-190	1.24	A
		하부 플랜지	93.642	33.009	47.094	173.744	190	1.09	A
	중앙경간 중앙부	상부 플랜지	66.807	3.410	7.082	77.299	190	2.46	A
		하부 플랜지	-67.354	-22.648	-47.036	-137.039	-190	1.39	A

안전성평가등급	A

나. 하부구조

단면위치		Puse	Pu(kN)	ϕPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.011	17340.607	93093.757	5.369	O.K
	모멘트최대	0.011	11346.751	107342.802	9.460	O.K
	편심최대	0.011	7855.443	107342.802	13.665	O.K
교축직각방향	축력최대	0.011	17340.607	93093.757	5.369	O.K
	모멘트최대	0.011	11346.751	62235.747	5.485	O.K
	편심최대	0.011	7855.443	46809.624	5.959	O.K
합성부재력	축력최대	0.011	17340.607	93093.757	5.369	O.K
	모멘트최대	0.011	11346.751	62129.357	5.476	O.K
	편심최대	0.011	7855.443	46699.123	5.945	O.K

5.2 기본내하력 평가결과

구 분	ϕM_n	M_d	M_l	M_u	내하력 계산과정	내하율	내하력
캔틸레버부	130.114	3.877	29.006	67.401	$\frac{\phi M_n - 1.3 \times M_d}{M_l}$	2.006	DB-24 이상
중앙부	163.876	10.797	41.600	103.476	$\frac{\phi M_n - 1.3 \times M_d}{M_l}$	1.675	“

구 분			합성전 고정하중	합성후 고정하중	설계 활하중	허용응력	내하율계산과정	내하율	내하력
거더	측경간 중앙부	상부 플랜지	63.573	3.697	8.212	190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	14.95	DB24 이상
		하부 플랜지	-64.047	-21.929	-48.705	-190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	2.14	“
	지점부	상부 플랜지	-103.823	-20.447	-29.172	-190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	2.25	“
		하부 플랜지	93.642	33.009	47.094	190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	6.72	“
	중앙경간 중앙부	상부 플랜지	66.807	3.410	7.082	190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	16.91	“
		하부 플랜지	-67.354	-22.648	-47.036	-190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	2.13	“

5.3 안전성평가 결언

상부구조에 대한 구조검토결과, 바닥판 및 거더에 대해서 최소안전율이 각각 1.58 및 1.09으로 안전율 1.0을 상회하고 교각 P2의 하부구조에 대한 구조검토결과, 기둥은 P-M상관도 해석에 의한 최소안전율 5.369로서 안전율 1.0을 초과하며 내하력 평가결과, 기본내하력이 설계활하중인 DB-24를 상회하여 구조물이 전반적으로 구조적 안전성을 확보한 것으로 판단되며 최종적인 안전성평가 등급은 A등급이다.

6. 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성 평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
삼랑진IC2교	0.201	B	1.090(거더) 1.580(바닥판) 5.369(교각 P2)	A	B
종합평가	•삼랑진IC2교의 외관조사 및 내구성 조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 확보를 위해 일부 보수가 필요한 “B”로 평가됨 •안전성 평가 결과, 최소 안전율 1.0이상으로 “A”로 평가됨 •상태평가 및 안전성 평가 결과를 통한 종합평가 결과, 삼랑진IC2교는 “B”로 평가됨				

6.2 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	삼랑진IC2교	B등급(양호)

7. 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 보수·보강 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위	비고
바닥판	균열(0.2㎜이하)	지속관찰	3	0.75	㎡	49	36	-	표면처리
	망상균열	지속관찰	426.6	426.60	㎡	49	20,903	-	표면처리
강박스 거더 외부	도장박리/녹발생	지속관찰	0.1	0.15	㎡	5	1	-	녹제거 후 재도장
가로보 및 세로보	도장박리/녹발생	지속관찰	0.2	0.30	㎡	5	1	-	녹제거 후 재도장
	폐콘크리트 퇴적	지속관찰	0.1	0.15	㎡	80	12	-	폐콘크리트 제거
교대	균열(0.2㎜이하)	지속관찰	2.4	0.60	㎡	49	29	-	표면처리
	균열(0.3㎜이상)	지속관찰	2	2.00	m	130	260	-	주입보수
	백태/누수오염	지속관찰	2.4	3.60	㎡	49	176	-	표면처리
	체수(흔적)	지속관찰	0.5	0.50	㎡	49	24	-	표면처리
	점검계단 상단부 공동	토사채움	0.2	0.30	㎡	8	2	3	-
교각	균열(0.2㎜이하)	지속관찰	50.6	12.65	㎡	49	619	-	표면처리
	균열(0.3㎜이상)	지속관찰	3	3.00	m	130	390	-	주입보수
	망상균열	지속관찰	24.56	24.56	㎡	49	1,203	-	표면처리
교량받침	받침Plate 녹발생	재도장	2	2.00	개소	39	78	3	-
	받침장치 볼트 녹발생	재도장	6	6.00	개소	4	24	3	-
	받침몰탈 균열(0.2㎜이하)	지속관찰	1	0.25	㎡	49	12	-	표면처리
	받침콘크리트 균열(0.2㎜이하)	지속관찰	4.4	1.10	㎡	49	53	-	표면처리
	받침콘크리트 재료분리	지속관찰	0.03	0.05	㎡	215	9	-	단면보수

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위	비고
신축이음	신축이음 본체 유간부 토사퇴적	정비	9	9.00	m	15	135	3	-
	신축이음 하부 누수	교체 (모노셀 No.80)	8.5	8.00	m	600	4,800	2	-
	차수판 앵커볼트 탈락	재설치	1	1.00	개소	5	5	3	-
교면포장	아스콘 패임	아스팔트 팻칭	0.04	0.06	㎡	55	3	3	-
방호벽	균열(0.2㎜이하)	지속관찰	13.3	3.33	㎡	49	162	-	표면처리
	균열(0.3㎜이상)	지속관찰	0.8	0.80	m	130	104	-	주입보수
	균열/백태	지속관찰	8.4	8.40	m	130	1,092	-	주입보수
순공사비 합계(천원)							30,133		
제경비(순공사비×50%)							15,067		
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위					-		
		2순위					7,200		
		3순위					371		
		지속관찰					37,629		
유지보수 개략공사비 총계							45,200		

※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.

※ 철근노출 단면복구 → 30㎜(잡철물 제외)

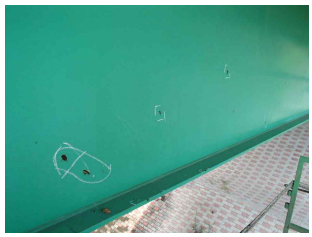
※ 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영.

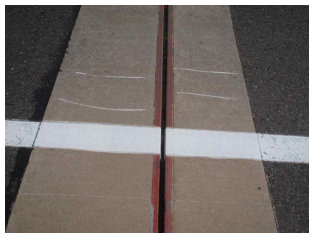
※ 일부 손상은 보수물량 산정시 보수단가 및 방법을 고려하여 단위 및 물량 변경.

※ 상기 개략공사비는 2015년 하반기 현장조사시 확인한 물량으로 산정하였으며, 이후의 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 부대공의 추가 등으로 변동될 수 있음.

7.2 유지관리방안

가. 부재별 중점유지관리 사항

부재구분	중 점 점 검 내 용	관련사진
바닥판	• 균열 진전 여부 • 망상균열/변색부 손상진행여부	 망상균열/변색(S2)
거더 및 가로보	• 거더외부 - 도장박리 및 녹발생 • 거더 내부 - 우수 유입 흔적 • 가로보 - 도장박리 및 녹발생	 도장박리/녹발생(S3)
하부구조	• 교대, 교각부 균열 진전여부 • 교대 누수오염/백태 - 손상 확대 여부	 코핑부 균열(P1)
교량받침	• 받침Plate, 볼트 녹발생 여부 • 받침몰탈 및 받침콘크리트의 균열 - 미세균열 진전여부 및 추가손상발생 여부	 받침장치 녹발생(A1)

부재구분	중 점 점 검 내 용	관련사진
신축이음장치	• 신축이음장치 가동상태 확인 - 본체 유간부 이물질 퇴적에 대해 주기적인 청소 필요 - 유간확보여부 주기적 점검 - 신축이음 누수발생 : 신축이음장치 교체 필요 • 후타재 균열 - 손상진전 여부 점검	 신축이음 누수  후타재 균열(A1)
교면포장	• 공용기간 증대 및 빈번한 중차량 통행에 의한 손상 진전여부 (패임, 라벨링 등)	 포장 라밸링
배수시설	• 지속적 유지관리	 배수시설 상태 양호
방호벽 및 중앙분리대	• 0.2㎜~0.3㎜균열(백태동반) - 손상진전 여부 점검	 균열/백태

8. 종합결론

삼랑진IC2교는 경상남도 밀양시 삼랑진읍 미전리 일원에 위치하고 있으며, 2006년 2월에 준공된 교량으로 삼랑진로를 횡단하고 있다.

교량은 Ramp교로 총연장은 130.00m(40.0+50.0+40.0=130.00m)이고, 폭원은 8.50m(1차로)이며, 상부구조는 3경간 연속의 Steel Box Girder교로 이루어져 있다.

하부구조는 교대 : 역T형, 교각 : T형으로 시공되어져 있으며 기초는 교대 : 강관 말뚝기초, 교각 : 직접기초로 시공되어져 있다.

본 과업은 준공 후 최초로 실시하는 정밀안전진단이며, 설계 및 시공자료와 유지관리자료를 분석한 후 과업수행계획에 따라 외관조사, 내구성 조사 및 시험 등의 현장조사를 실시하였고, 설계도서와 현장조사의 결과를 토대로 구조안전성을 평가하였으며, 정밀안전진단결과를 요약・정리하면 다음과 같다.

가. 외관조사 결과

1) 바닥판

- 바닥판 하면에서 0.2㎜이하 균열, 망상균열, 망상균열/변색 등의 손상이 조사되었다.
- 조사된 균열은 비구조적인 균열로 균열폭이 작고 경미하나 0.2㎜이하 균열 및 망상균열은 내구성 확보를 위해 표면처리가 바람직하며, 콘크리트 변색 손상은 여러 재료적 시공적 원인에 의해 표면부 수산화칼슘층 형성에 의해 발생된 손상으로 향후, 점검시 주의관찰이 필요하다.

2) 강박스 거더, 가로보 및 세로보

- 강박스 거더 내부의 전반적인 상태는 양호하나, S1 출입구측에 우수유입흔적 손상이 조사되었으며, 거더 외부는 부분적으로 도장박리, 녹발생 등의 손상이 조사되었다.
- S1 거더 내부의 우수유입흔적에 대해 수 유입 경로를 조사하였으나, 누수 손상이 조사되지 않아 시공초기 손상으로 판단되며 향후, 점검시 주의관찰이 필요하다.
- 거더외부의 도장손상은 장기적으로 녹발생을 유발하여 단면감소 등의 위해한 영향을 미칠 수 있으므로 녹발생 손상부에 대해 녹제거 후 재도장 실시가 바람직하며, 도장박리는 이물질 제거 후 도장실시가 바람직하다.
- 가로보 및 세로보에서 조사된 도장박리, 녹발생, 폐콘크리트 퇴적 등의 손상이 조사되었으므로, 녹발생 손상부에 대해 녹제거 후 재도장 실시가 바람직하며, 도장박리는 이물질 제거 후 도장실시가 바람직하다.

- 시공후 마무리 미흡에 의한 폐콘크리트 퇴적은 원활한 유지관리를 위해 제거 및 청소가 필요하다.

3) 교대

- 외관조사 결과, 균열, 백태, 체수/누수오염(A2), 법면보호블럭 이격 및 침하, 점검계단 이격 및 상단부 공동 등의 손상이 조사되었고, 조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 0.3㎜이상 균열은 주입보수, 0.2㎜이하 균열 및 백태 손상은 표면처리 실시가 바람직하다.
- 교대 A2의 체수/누수오염은 상부 신축이음부를 통한 누수에 의해 발생된 손상으로 하부구조 열화방지를 위해 신축이음 교체가 필요하다.
- 점검계단 및 법면보호블럭 구간에 발생된 손상은 지반침하에 의한 손상으로 손상정도가 경미하여 주의관찰이 바람직하며, 점검계단부의 공동은 장기 공용시 우수침투에 의해 유로형성 및 유실 가능성이 있어 공동부에 대한 채움 실시가 바람직하다.

4) 교각

- 교각의 외관조사 결과, 균열, 망상균열 등의 손상이 조사되었으며, 조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 0.3㎜이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.2㎜이하 균열 및 망상균열은 표면처리 실시가 바람직하다.

5) 교량받침

- 교량받침은 포트받침으로 설치되어 있으며, 받침Plate 녹발생, 볼트 녹발생, 받침 몰탈 균열, 받침 콘크리트 균열 및 재료분리 등의 손상이 조사되었으나, 받침 가동에 유해한 영향을 미칠만한 손상은 확인되지 않았다.
- 받침Plate 및 볼트의 녹발생은 내구성 및 건전성 확보를 위해 재도장 실시가 필요하다.
- 받침몰탈 및 받침 콘크리트 0.2㎜이하 균열은 표면처리가 바람직하며, 받침콘크리트 재료분리는 시공미흡에 의한 손상으로 내구성 확보를 위해 단면보수가 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 시방규정을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 교량받침의 가동여유량을 검토한 결과, 설계기준온도에 따른 하절기 최대 신장여유량 및 동절기 최대 신축여유량을 받침장치 모두 충분히 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

6) 신축이음

- 신축이음장치는 A1, A2에 Monocell Joint로 시공되었으며, 외관조사 결과, 신축이음 본체 유간부 토사퇴적, 차수판 앵커볼트 탈락, 후타재 균열(0.2㎜이하) 등의 손상이 조사되었다.
- 교대 A2 신축이음부 누수는 흡음재 설치로 인해 정확한 누수 위치를 확인할 수 없으나, 10년 동안 장기 공용된 점을 고려하여 신축이음장치 교체로 구조물의 건전성을 확보하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.
- 후타재에 발생된 0.2㎜이하 균열은 손상정도가 경미하여 주의관찰이 바람직하고, 유간부 토사퇴적은 신축거동 제한으로 구조물에 영향을 미칠 수 있어 주기적인 청소가 바람직하다.
- 차수판 앵커볼트 탈락은 차수판의 건전성 확보를 위해 앵커볼트 재설치가 바람직하다.
- 금회 신축이음 유간을 검토한 결과, 신축이음 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었다.

7) 교면포장

- 교면은 아스팔트로 포장되어 있으며, 아스콘 패임, 라벨링, 접속부 이격 등의 손상이 조사되었으나, 주기적인 보수작업으로 주행성을 크게 저해할 만한 손상은 조사되지 않았다. 다만, 아스콘 패임 손상은 손상정도가 경미하나 차량하중 작용으로 손상확대가 우려되고 포장층내 우수 침투로 구조물의 내구성 저하를 유발할 수 있어 보수 실시가 바람직하며, 기타 손상은 손상확대 여부를 관찰하고 포장 보수 계획 수립 후 적절한 시기에 보수 실시가 바람직하다.

8) 배수시설

- 배수시설은 전반적으로 양호한 상태이나, 배수구 막힘 및 배수관 탈락, 배수관 설치불량 등이 조사되었다.
- 배수구 막힘은 체수를 유발하여 차량사고의 위험이 있고 교량의 내구성 저하를 유발하므로 원활한 배수처리를 위해 배수구 이물질 제거 및 주기적인 청소가 바람직하며, 배수관은 건전성이 유지되도록 지속적인 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

- 외관조사 결과, 일부구간에 수직균열, 균열부 백태 등이 발생된 것으로 조사되었으므로 내구성 확보를 위해 0.3㎜이상 균열 및 균열부 백태 손상은 주입보수, 0.2㎜이하 균열은 표면보수 실시가 바람직하다.

나. 내구성 시험 및 측정 결과

- 콘크리트의 내구성 시험결과 콘크리트의 강도는 설계기준강도(상부구조 27MPa, 하부구조 24MPa)를 상회하며, 철근배근상태는 설계치에 근사한 것으로 조사되었다.
- 탄산화 깊이 측정결과, 탄산화 잔여깊이가 30.0㎜이상으로 측정되어 탄산화에 의한 철근부식발생의 우려가 없는 “a” 로 평가되었다.
- 염화물함유량 시험결과 염화물에 의한 철근 부식 발생의 우려가 없는 “a” 로 평가되었다.
- 균열깊이 측정결과, 측정 대상 균열심도가 철근피복두께를 초과한 것으로 측정되었으며, 내구성확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 주부재인 강박스 거더의 맞대기 용접부에 대한 초음파탐상시험 결과는 1급(양호)이며, 강재도막두께 확인결과, 기준치를 상회하는 양호한 상태이다.

다. 상태평가 결과

- 상태평가결과, 바닥판, 구조물의 영향을 미칠만한 손상이 조사되지 않은 상태로서 내구성 확보를 위해 일부 보수가 필요한 “B” (0.201)로 평가되었다.

라. 안전성 평가 결과

- 상부구조에 대한 구조검토결과, 바닥판 및 거더에 대해서 최소안전율이 각각 1.58 및 1.09으로 안전율 1.0을 상회하고 교각 P2의 하부구조에 대한 구조검토결과, 기둥은 P-M상관도 해석에 의한 최소안전율 5.369로서 안전율 1.0을 초과하며 내하력 평가결과, 기본내하력이 설계활하중인 DB-24를 상회하여 구조물이 전반적으로 구조적 안전성을 확보한 것으로 판단되며 최종적인 안전성 평가등급은 A등급이다.

마. 결 언

- 삼랑진IC1교는 약 10년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태이나 일부 보수를 요하는 손상인 콘크리트 부재 균열 및 망상균열, 망상균열/변색, 국부적인 단면손상, 거더외부, 가로보 및 세로보 도장박리/녹발생, 교량받침 Plate 녹발생, 신축이음장치(A2) 누수, 교대 교좌면 체수 및 누수오염, 아스콘 패임, 배수구 막힘 등이 일부 조사되었다.
- 특히, 교대 A2 신축이음부 누수는 흡음재 설치로 인해 정확한 누수 위치를 확인할 수 없으나, 10년 동안 장기 공용된 점을 고려하여 신축이음장치 교체로 구조물의 건전성을 확

보하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

- 본 교량의 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 진단 보고서에 제시된 보수를 시행하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 1등교(DB-24)로서의 기능을 유지 할 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 시설물 현황 ····· 7

1.4.2 교량 주요도면 ····· 8

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황 ····· 19

1.6 교량기호의 정의 ····· 20

1.6.1 교량기호 ····· 20

1.6.2 일련번호(n) ····· 21

제 2장 자료수집 및 분석 ····· 23

2.1 자료수집 현황 ····· 25

2.1.1 자료수집 현황 ····· 25

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약 ····· 26

2.2.1 설계기준 검토 ····· 26

2.2.2 실시설계 보고서 검토 ····· 28

2.2.3 구조 및 수리계산서 검토 ····· 31

2.2.4 설계도면 검토 ····· 33

2.2.5 토질 및 지반조사 자료검토 ····· 33
2.2.6 시공관련 자료검토 ····· 35
2.3 기 점검 실시결과 요약 ····· 35
2.3.1 기 점검이력 ····· 36
2.3.2 기 정밀점검 실시결과(2013년 12월) ····· 38
2.4 보수·보강 이력 ····· 40
2.5 내진설계 여부 ····· 40
2.6 자료분석 결과요약 ····· 41

제 3장 현장조사 및 시험 ····· 43
3.1 개 요 ····· 45
3.2 외관조사 결과 ····· 47
3.2.1 상부구조 ····· 47
3.2.2 하부구조 ····· 53
3.2.3 교량받침 ····· 58
3.2.4 신축이음장치 ····· 63
3.2.5 교면포장 ····· 67
3.2.6 기타부재 ····· 68
3.3 콘크리트 내구성조사 ····· 71
3.3.1 개 요 ····· 71
3.3.2 시험내용 및 평가기준 ····· 73
3.3.3 시험결과 및 분석 ····· 87
3.4 강재 비파괴시험 ····· 94
3.4.1 개 요 ····· 94
3.4.2 시험내용 및 평가기준 ····· 95
3.4.3 용접부에 발생하는 대표적인 결함 ····· 99
3.4.4 시험결과 및 분석 ····· 100
3.5 현장조사 및 시험 결과요약 ····· 102
3.5.1 외관조사 결과요약 ····· 102
3.5.2 현장시험 결과 요약 ····· 105

제 4장 시설물의 상태평가 ····· 107
4.1 개요 ····· 109
4.2 상태평가 항목 및 기준 ····· 109
4.2.1 부재별 상태평가 적용범위 ····· 109
4.2.2 구조형식에 따른 부재별 가중치 ····· 110
4.2.3 상태평가 결과 결정 ····· 111
4.3 상태평가 결과 ····· 112
4.3.1. 각 부재별 상태평가 결과 ····· 112

제 5장 시설물의 안전성평가 ····· 121
5.1 개 요 ····· 123
5.1.1 안전성검토 ····· 123
5.1.2 내하력평가 ····· 126
5.2 상부구조 안전성평가 ····· 127
5.3 기본내하력 검토 ····· 156
5.3.1 개 요 ····· 156
5.3.2 허용응력법 ····· 156
5.3.3 강도설계법 ····· 157
5.3.4 기본내하력 평가 ····· 158
5.3.5 안전성평가등급 ····· 159
5.4 하부구조 안전성평가 ····· 160
5.4.1 교각(P2) 구조검토 ····· 160
5.5 안전성평가 결과요약 ····· 172
5.5.1 안전성평가결과 ····· 172
5.5.2 기본내하력 평가결과 ····· 174
5.5.3 안전성평가 종합결론 ····· 175

제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정 ····· 177
6.1 종합평가 ····· 179
6.1.1 종합평가 결과 산정방법 ····· 179
6.1.2 종합평가 결과 ····· 180

6.2 안전등급 ····· 181
6.2.1 안전등급기준 ····· 181
6.2.2 안전등급 지정 ····· 181

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안 ····· 183
7.1 개 요 ····· 185
7.2 보수·보강 방안 ····· 187
7.2.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 선정 ····· 187
7.2.2 결함내용별 보수·보강방안 ····· 189
7.2.3 보수·보강 방안 ····· 190
7.2.4 보수 후 성능평가 방법 ····· 207
7.3 보수·보강 개략공사비 ····· 210
7.4 유지관리 방안 ····· 212
7.4.1 유지관리 일반 ····· 212
7.4.2 점검주기 및 주요 조사항목 ····· 215
7.4.3 진단결과에 따른 중점유지관리 사항 ····· 216
7.4.4 유지관리시 점검요령 ····· 218

제 8장 종합결론 ····· 227

◉ 부 록

1. 과업지시서
2. 측정, 시험 성과표
3. 상태평가 결과 자료
4. 안전성 평가 결과 자료
5. 시설물 관리대장 사본
6. 사용장비 및 기기의 사진
7. 현환조사 및 외관조사 사진첩
8. 사전조사 자료 일체

표 목 차

【표 1.2.1】 과업의 내용 ····· 4
【표 1.3.1】 정밀안전진단 과업수행 일정 ····· 6
【표 1.4.1】 삼랑진IC2교 현황표 ····· 7
【표 1.5.1】 주요 사용장비 및 시험기기 일반사항 ····· 19
【표 1.6.1】 교량기호의 정의 ····· 20
【표 2.1.1】 자료수집 현황 ····· 25
【표 2.2.1】 삼랑진IC2교 구조검토 조건 ····· 31
【표 2.2.2】 삼랑진IC2교 상부구조 구조검토 결과요약 ····· 32
【표 2.2.3】 삼랑진IC2교 하부구조 구조검토 결과요약 ····· 33
【표 2.2.4】 삼랑진IC2교 시추조사 위치 ····· 34
【표 2.3.1】 삼랑진IC2교 기 점검이력 ····· 36
【표 2.4.1】 삼랑진IC2교 보수·보강 이력 ····· 40
【표 2.6.1】 자료분석 결과요약 ····· 41
【표 3.1.1】 부재별 조사항목 ····· 46
【표 3.2.1】 바닥판 하면 외관조사 결과 ····· 47
【표 3.2.2】 바닥판 하면 기 점검 결과 비교 ····· 48
【표 3.2.3】 강박스 거더 내부 외관조사 결과 ····· 49
【표 3.2.4】 강박스 거더 내부 기 점검 결과 비교 ····· 50
【표 3.2.5】 강박스 거더 외부 외관조사 결과 ····· 51
【표 3.2.6】 강박스 거더 외부 기 점검 결과 비교 ····· 51
【표 3.2.7】 가로보 및 세로보 외관조사 결과 ····· 52
【표 3.2.8】 가로보 및 세로보 기 점검 결과 비교 ····· 53
【표 3.2.9】 교대 외관조사 결과 ····· 54
【표 3.2.10】 교대 기 점검 결과 비교 ····· 55
【표 3.2.11】 교각 외관조사 결과 ····· 56
【표 3.2.12】 교각 기 점검 결과 비교 ····· 57
【표 3.2.13】 교량받침 외관조사 결과 ····· 59
【표 3.2.14】 연단거리 측정 결과 ····· 60
【표 3.2.15】 교량받침 가동상태 검토결과 ····· 61
【표 3.2.16】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정 ····· 61
【표 3.2.17】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과 ····· 62

【표 3.2.18】 교량받침 기 점검 결과 비교 ····· 62
【표 3.2.19】 신축이음장치 외관조사 결과 ····· 64
【표 3.2.20】 신축이음 유간 측정결과 ····· 65
【표 3.2.21】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과 ····· 66
【표 3.2.22】 신축이음 신축이동량 산정 ····· 66
【표 3.2.23】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과 ····· 66
【표 3.2.24】 교면포장 외관조사 결과 ····· 68
【표 3.2.25】 방호벽 외관조사 결과 ····· 70
【표 3.3.1】 콘크리트 비파괴시험 현황 ····· 71
【표 3.3.2】 보정반발경도(Ro) ····· 74
【표 3.3.3】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험) ····· 75
【표 3.3.4】 재령계수 α값 ····· 75
【표 3.3.5】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험) ····· 78
【표 3.3.6】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인 ····· 82
【표 3.3.7】 탄산화 상태평가 기준 ····· 84
【표 3.3.8】 염화물 평가기준(콘크리트 구조설계기준(2007)) ····· 85
【표 3.3.9】 염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12)) ····· 85
【표 3.3.10】 상부구조(바닥판하면) 비파괴강도 시험결과 ····· 87
【표 3.3.11】 하부구조(교대, 교각) 비파괴강도 시험결과 ····· 87
【표 3.3.12】 비파괴강도시험 결과분석 ····· 88
【표 3.3.13】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교 ····· 89
【표 3.3.14】 철근탐사시험 결과 ····· 89
【표 3.3.15】 철근탐사시험 결과분석 ····· 90
【표 3.3.16】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가 ····· 90
【표 3.3.17】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교 ····· 91
【표 3.3.18】 염화물함유량 시험결과 및 평가 ····· 92
【표 3.3.19】 균열깊이 측정결과 ····· 93
【표 3.4.1】 강재 비파괴시험 현황 ····· 94
【표 3.4.2】 결함의 등급 분류 ····· 96
【표 3.4.3】 용접부 결함의 합·부 판정기준 ····· 97
【표 3.4.4】 일반환경용 중박식 도장(우레탄 마감) 기준 ····· 98
【표 3.4.5】 용접부에 발생하는 대표적인 결함 ····· 99
【표 3.4.6】 초음파탐상(UT) 시험결과 ····· 100
【표 3.4.7】 강재 도막두께 측정결과 ····· 101
【표 3.5.1】 외관조사 결과요약 ····· 102
【표 3.5.2】 기 정밀점검(2013년) 결과와의 비교 ····· 104

【표 3.5.3】 금회('15년) 진단 현장시험 결과 요약 105
【표 3.5.4】 현장시험 기 점검('13년)결과 비교 106
【표 4.2.1】 부재별 상태평가 적용 범위 109
【표 4.2.2】 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치 110
【표 4.2.3】 결함도 점수 범위에 따른 기준 111
【표 4.3.1】 콘크리트 바닥판 상태평가 결과 112
【표 4.3.2】 강 거더 상태평가 결과 112
【표 4.3.3】 가로보 상태평가 결과 113
【표 4.3.4】 콘크리트 교대 상태평가 결과 113
【표 4.3.5】 콘크리트 교각 상태평가 결과 114
【표 4.3.6】 기초 상태평가 결과 114
【표 4.3.7】 교량받침 상태평가 결과 114
【표 4.3.8】 신축이음 상태평가 결과 115
【표 4.3.9】 교면포장 상태평가 결과 115
【표 4.3.10】 배수시설 상태평가 결과 116
【표 4.3.11】 난간 및 연석 상태평가 결과 116
【표 4.3.12】 탄산화 상태평가 결과 117
【표 4.3.13】 염화물 상태평가 결과 117
【표 4.3.14】 상태평가 결과표 118
【표 4.3.15】 기 점검('13년) 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교 119
【표 5.1.1】 하부구조 검토단면 선정 123
【표 5.1.2】 설계 당시와 금차 정밀안전진단시 구조검토 조건비교 124
【표 5.1.3】 구조검토시 적용 물성치 및 하중조건 125
【표 5.2.1】 바닥판의 단면검토 결과 135
【표 5.2.2】 바닥판의 사용성(균열) 검토결과 135
【표 5.2.3】 등가경간장 및 적용식 138
【표 5.2.4】 G1 강거더 플랜지 및 바닥판 슬래브 실제폭 및 유효폭 140
【표 5.2.5】 단면 제정수 산정(실제폭 적용) 141
【표 5.2.6】 영향계수k값 산출 결과 142
【표 5.2.7】 측경간 정모멘트부 단면력 산정결과 143
【표 5.2.8】 지점부 부모멘트부 단면력 산정결과 143
【표 5.2.9】 측경간 정모멘트부 휨응력 검토결과 144
【표 5.2.10】 측경간 정모멘트부 항복에 대한 안전도 검사결과 145
【표 5.2.11】 중앙경간 정모멘트부 휨응력 검토결과 145
【표 5.2.12】 중앙경간 정모멘트부 항복에 대한 안전도 검사결과 146
【표 5.2.13】 부모멘트부 휨응력 검토결과 147

【표 5.2.14】 부모멘트부 항복에 대한 안전도 검사결과 148
【표 5.2.15】 반력 집계결과 148
【표 5.4.1】 부재력 산정결과 167
【표 5.4.2】 기둥 단면검토 결과(P2) 168
【표 5.5.1】 상부구조 안전성평가결과 172
【표 5.5.2】 하부구조 안전성평가결과 173
【표 6.1.1】 종합평가 결과 180
【표 6.2.1】 시설물의 안전등급 181
【표 7.1.1】 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항 186
【표 7.2.1】 보수・보강 우선순위 결정 기준 187
【표 7.2.2】 보수・보강 일람표 189
【표 7.2.3】 표면보수 재료목록 190
【표 7.2.4】 KS F 4923(콘크리트 구조물 보수용 에폭시 수지) 192
【표 7.2.5】 저압・저속식 주입방법 193
【표 7.2.6】 균열폭에 알맞은 수지의 점성도 193
【표 7.2.7】 일반적인 주입파이프의 간격 193
【표 7.2.8】 균열주입공법 비교 194
【표 7.2.9】 콘크리트 단면보수 공법 비교 197
【표 7.2.10】 신축이음장치 공법 비교 205
【표 7.3.1】 보수・보강 개략공사비 210
【표 7.3.2】 보수・보강 개략공사비 211
【표 7.4.1】 점검주기 및 주요 조사항목 215
【표 7.4.2】 등급별 실시주기 215
【표 7.4.3】 부재별 유지관리 중점사항 216

그 림 목 차

【그림 1.3.1】 정밀안전진단 과업수행 흐름도 ····· 5
【그림 1.4.1】 삼랑진IC2교 종・평면도 ····· 8
【그림 1.4.2】 삼랑진IC2교 횡단면도 및 종단구배 ····· 9
【그림 1.4.3】 삼랑진IC2교 슬래브 일반도 ····· 10
【그림 1.4.4】 삼랑진IC2교 Steel Box Girder 일반도(1) ····· 11
【그림 1.4.5】 삼랑진IC2교 Steel Box Girder 일반도(2) ····· 12
【그림 1.4.6】 삼랑진IC2교 Steel Box Girder 단면상세도(1) ····· 13
【그림 1.4.7】 삼랑진IC2교 Steel Box Girder 단면상세도(2) ····· 14
【그림 1.4.8】 삼랑진IC2교 Steel Box Girder 단면상세도(3) ····· 15
【그림 1.4.9】 삼랑진IC2교 교대(A1) 일반도 ····· 16
【그림 1.4.10】 삼랑진IC2교 교대(A2) 일반도 ····· 17
【그림 1.4.11】 삼랑진IC2교 교각 일반도 ····· 18
【그림 3.2.1】 바닥판 하면 기 점검 결과 비교 ····· 48
【그림 3.2.2】 강박스 거더 내부 기 점검 결과 비교 ····· 50
【그림 3.2.3】 강박스 거더 외부 기 점검 결과 비교 ····· 51
【그림 3.2.4】 가로보 및 세로보 기 점검결과 비교 ····· 53
【그림 3.2.5】 교대 기 점검 결과 비교 ····· 55
【그림 3.2.6】 교각 기 점검 결과 비교 ····· 57
【그림 3.2.7】 교량받침 배치도 ····· 58
【그림 3.2.8】 도로교설계기준 연단거리 산출방법 ····· 60
【그림 3.2.9】 교량받침 기 점검 결과 비교 ····· 62
【그림 3.2.10】 신축이음장치 전경 및 배치도 ····· 63
【그림 3.3.1】 콘크리트 내구성조사 위치도 ····· 72
【그림 3.3.2】 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차 ····· 73
【그림 3.3.3】 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차 ····· 76
【그림 3.3.4】 초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법 ····· 77
【그림 3.3.5】 표면법에 의한 초음파전달속도의 측정 ····· 77
【그림 3.3.6】 철근탐사 측정원리 ····· 79
【그림 3.3.7】 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차 ····· 80
【그림 3.3.8】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 ····· 82
【그림 3.3.9】 Tc-To법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법 ····· 86

【그림 3.3.10】 상부구조(바닥판하면) 평균압축강도 추정결과 ····· 88
【그림 3.3.11】 하부구조(교대, 교각) 평균압축강도 추정결과 ····· 88
【그림 3.3.12】 탄산화 깊이 측정결과 ····· 91
【그림 3.3.13】 염화물시험 측정결과 ····· 92
【그림 3.4.1】 강재 비파괴시험 위치도 ····· 95
【그림 3.4.2】 초음파탐상(사각법)시험 개요도 ····· 96
【그림 3.4.3】 Gauge 영점조정 ····· 97
【그림 3.4.4】 Gauge 초기화(Calibration) ····· 97
【그림 4.2.1】 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 ····· 111
【그림 4.3.1】 기 점검 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교 ····· 120
【그림 5.2.1】 해석단면 ····· 136
【그림 5.2.2】 플랜지의 유효폭 ····· 139
【그림 5.2.3】 바닥판의 유효폭 ····· 139
【그림 5.2.4】 해석모델링 ····· 141
【그림 5.2.5】 피로조사 단면위치 ····· 152
【그림 5.4.1】 해석단면(P2) ····· 161
【그림 5.4.2】 해석모델링(P2) ····· 164
【그림 5.4.3】 P-M 상관도(교축직각방향) ····· 169
【그림 5.4.4】 P-M 상관도(교축방향) ····· 170
【그림 5.4.5】 P-M 상관도(합성부재력) ····· 171
【그림 6.1.1】 종합평가 결과 산정절차 ····· 179
【그림 7.2.1】 보수·보강방안 추진방향 ····· 188
【그림 7.2.2】 철근노출부 단면복구 개요도 ····· 195
【그림 7.2.3】 재료분리, 파손 단면복구 개요도 ····· 196
【그림 7.4.1】 유지관리 흐름도 ····· 213

사 진 목 차

【사진 3.1.1】 점검차를 이용한 근접 육안조사 ····· 46
【사진 3.2.1】 바닥판 전경 ····· 47
【사진 3.2.2】 바닥판 하면 손상현황 ····· 48
【사진 3.2.3】 강박스 거더 전경 ····· 49
【사진 3.2.4】 강박스 거더 내부 손상현황 ····· 50
【사진 3.2.5】 강박스 거더 외부 손상현황 ····· 51
【사진 3.2.6】 가로보 및 세로보 손상현황 ····· 52
【사진 3.2.7】 교대 전경 ····· 53
【사진 3.2.8】 교대 손상현황 ····· 54
【사진 3.2.9】 교각 전경 ····· 56
【사진 3.2.10】 교각 손상현황 ····· 57
【사진 3.2.11】 교량받침 전경 ····· 58
【사진 3.2.12】 교량받침 손상현황 ····· 59
【사진 3.2.13】 연단거리 측정 전경 ····· 60
【사진 3.2.14】 신축이음장치 손상현황 ····· 64
【사진 3.2.15】 신축이음 유간 측정방법 ····· 65
【사진 3.2.16】 교면포장 전경 ····· 67
【사진 3.2.17】 교면포장 손상현황 ····· 68
【사진 3.2.18】 배수구 및 배수관 전경 ····· 69
【사진 3.2.19】 방호벽 전경 ····· 69
【사진 3.2.20】 방호벽 손상현황 ····· 70
【사진 3.3.1】 콘크리트 내구성조사 전경 ····· 72
【사진 3.4.1】 강재 비파괴시험 전경 ····· 94

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) 안전성 평가

5) 종합평가 및 안전등급 지정

6) 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시

7) 보고서 작성

8) 신축이음장치 및 슈 점검(사진, 신축량 등)은 별도 시행방안에 따라 결과물 작성 및 제출

9) 하자보고서 작성

1.2.2 과업수행기간

2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31 (착수일로부터 143일간)

1.2.3 과업의 내용

본 과업은 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토해양부/한국시설안전공단)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

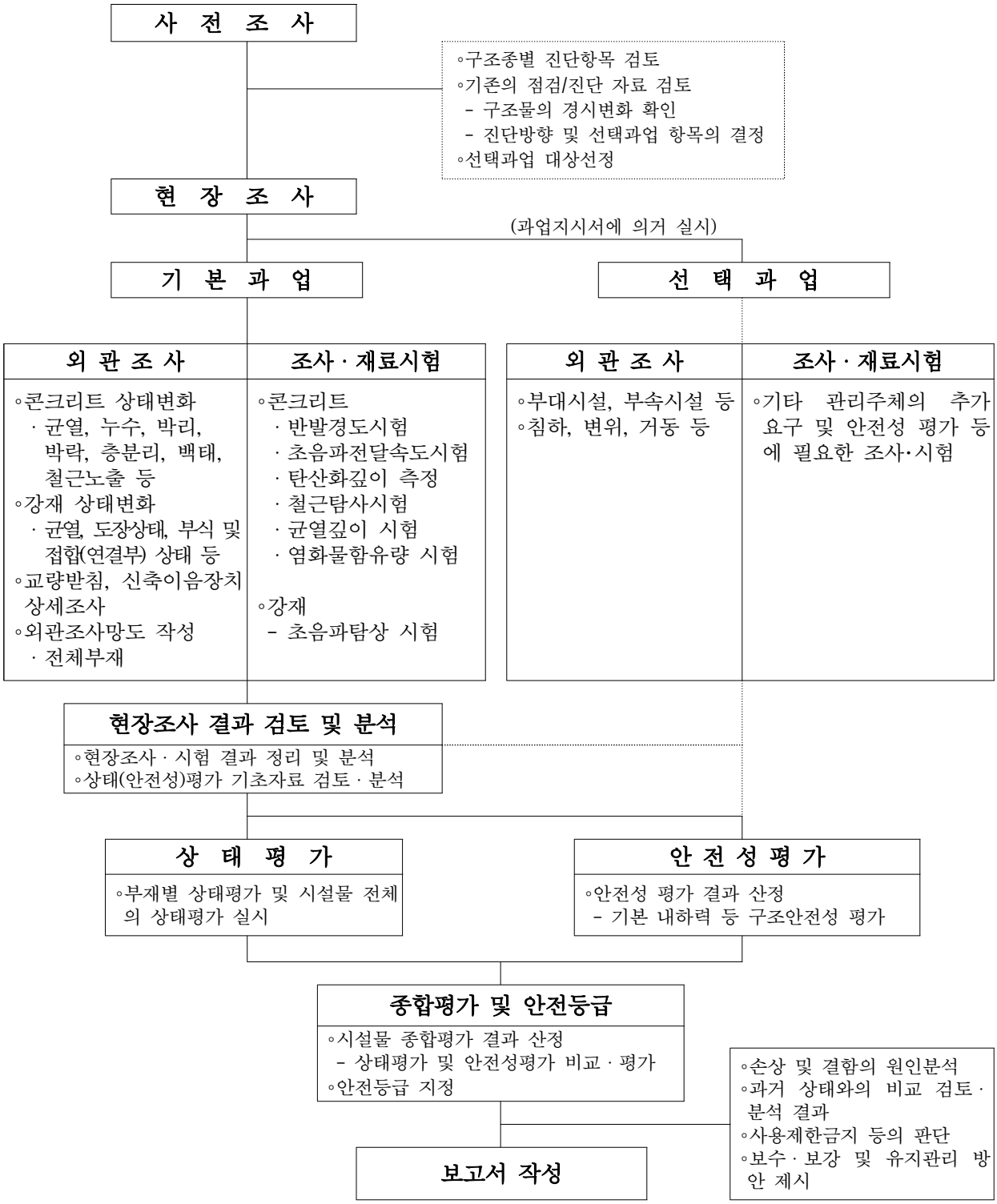
【표 1.2.1】 과업의 내용

과 업 의 범 위		과 업 의 내 용	비 고
설계도서 및 관련자료 수집·검토		1) 설계자료 검토(준공도면, 구조계산서, 특별시방서) 2) 시설물관리대장, 시공관련자료 3) 기존 안전점검 실시결과 및 보수·보강 이력 검토	안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (2010.12) 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 점검결과와의 비교	
	내구성 조사	1) 콘크리트 - 콘크리트 강도 조사 : 반발경도시험, 초음파전달속도시험 - 철근탐사시험 : 배근 간격, 피복두께 - 탄산화 깊이 측정 - 균열깊이 조사 - 염화물 함유량 시험 2) 강재 비파괴 - 초음파탐상시험	
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	
안전성 평가		1) 조사, 시험, 측정결과의 분석 2) 기존의 구조계산서, 안전성평가 자료 검토·분석 3) 내하력 및 구조 안전성 평가 4) 시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견	
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) 최종보고서 작성 및 제출	

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.3.1 과업수행 절차

본 교량의 정밀안전진단 과업수행 흐름도는 다음과 같다.



【그림 1.3.1】 정밀안전진단 과업수행 흐름도

1.3.2 과업수행 일정

본 과업을 위해 수행한 정밀안전진단 과업 일정은 다음과 같다.

【표 1.3.1】 정밀안전진단 과업수행 일정

공 종		8월			9월			10월			11월			12월			비 고
		11	20	30	10	20	30	10	20	31	10	20	30	10	20	31	
1. 사전조사 ■ 착수 및 예비답사 ■ 관계도서 수집 및 분석 ■ 점검, 보수이력자료 수집 및 검토 ■ 현장조사 계획수립		착수															- 8/5 : 계약 - 8/11 : 착수
2. 현장조사, 상태조사 ■ 외관조사 ■ 비파괴조사 (콘크리트, 강재) ■ 상태평가																	- 8월 ~ 10월 (1차 조사) - 9/15 ~ 10/12 (4주) 본선 교통 통제 - 11월 (추가조사)
3. 시설물의 내하력, 안전성 평가 ■ 내하력 평가 ■ 안전성 평가																	
4. 보수보강 및 유지관리 방안 제시 ■ 보수·보강방안 제시 ■ 종합평가 ■ 유지관리방안 제시 ■ 관리주체 협의																	
5. 보고서 작성 ■ 최종보고서 작성 ■ 준공																준공	- 12/31 준공
공정율(%)	금 회	15			20			25			25			15			
	누 계	15			35			60			85			100			

1.4 대상교량의 현황

1.4.1 시설물 현황

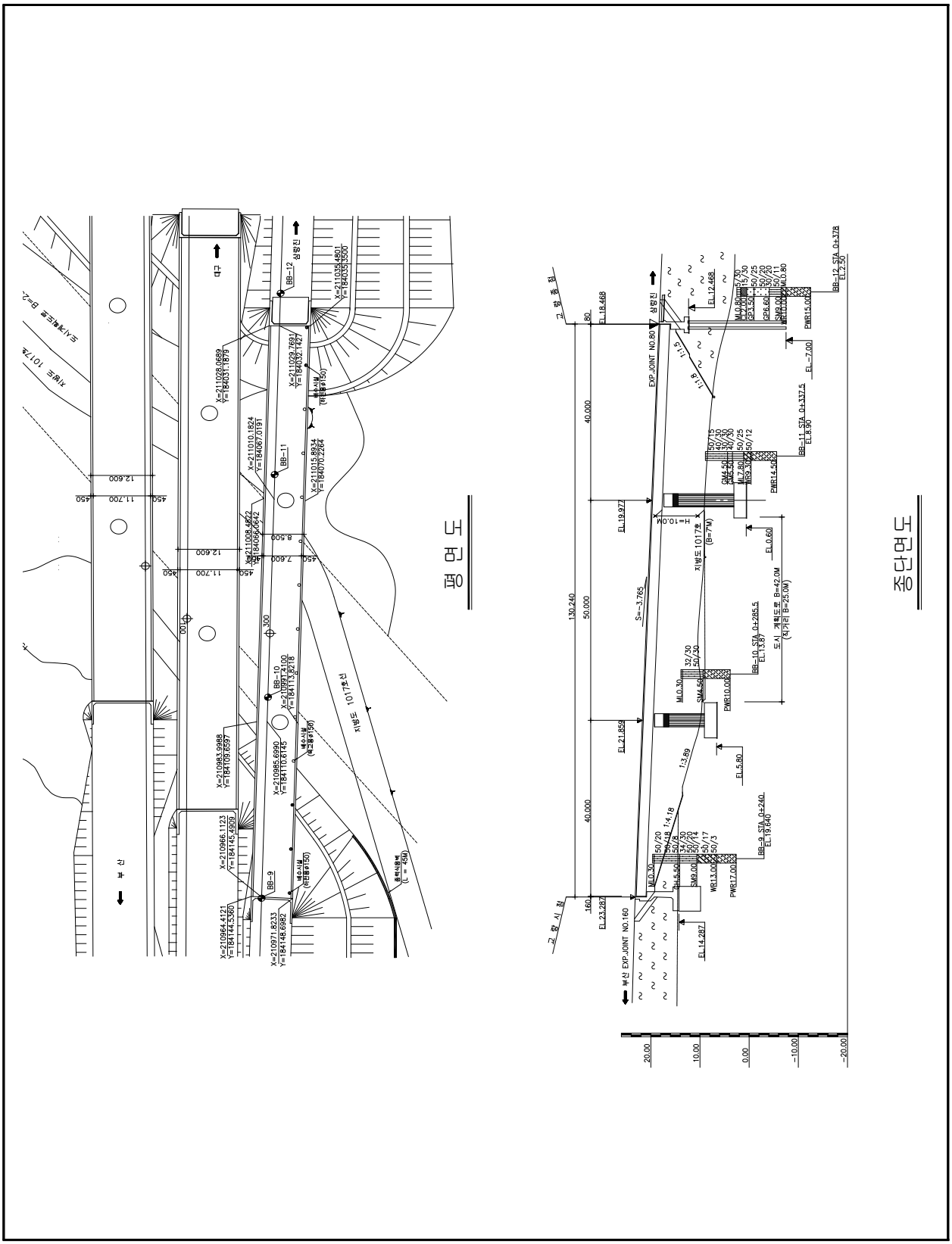
본 과업의 대상시설물인 삼랑진IC2교의 현황은 다음과 같다.

【표 1.4.1】 삼랑진IC2교 현황표

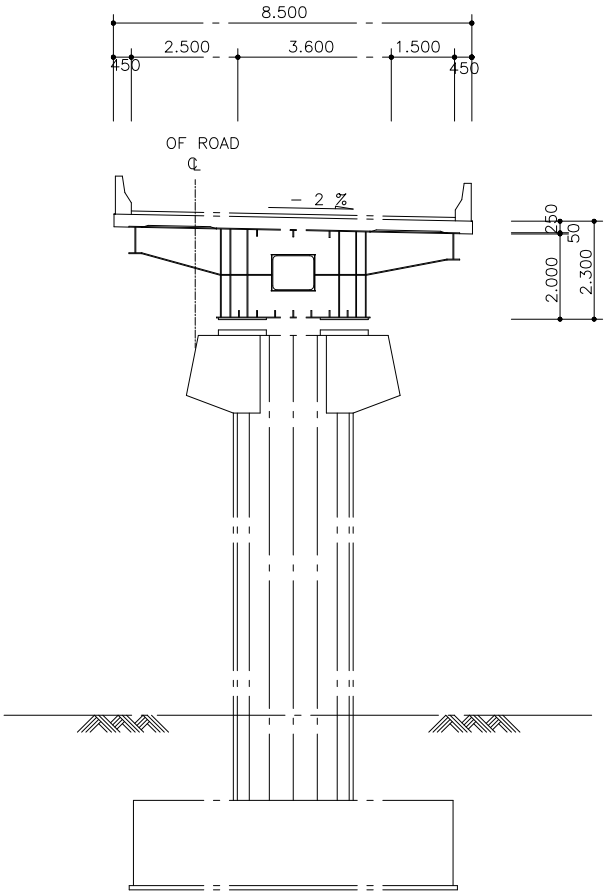
작성일 : 2015년 12월 31일

<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">교 량 명</td><td>삼랑진IC 2교</td><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td></tr>
<tr><td rowspan="2">위치</td><td>공사이정</td><td>STA01+240.5 ~ 0+370.7</td><td colspan="2" rowspan="2">종별구분</td><td rowspan="2">1종 시설물</td></tr>
<tr><td>관리이정</td><td>부산기점 32.531 ~ 32.662 km</td></tr>
<tr><td colspan="2">시 설 물
관리번호</td><td>dbw BR. 11</td><td colspan="2">시설물
번호</td><td>상행선 : BR2006-0000943</td></tr>
<tr><td rowspan="2">상부
구조</td><td>형식</td><td colspan="4">STEEL BOX GIRDER</td></tr>
<tr><td>연장</td><td>40 + 50 + 40 = 130m</td><td colspan="2">교 폭</td><td>8.5m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부
구조</td><td>교각</td><td>중공기둥식</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교 각</td><td>직접 기초</td></tr>
<tr><td>교대</td><td>역T형, 반중력식</td><td>교 대</td><td>직접기초, PILE 기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>POT BEARING</td><td colspan="2">신축이음</td><td>MONO CELL JOINT</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차조건</td><td>국도 58호선 횡단</td><td colspan="2">교 고</td><td>10.0 m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>바우 컨설턴트</td><td colspan="2">시 행 자</td><td>신대구부산고속도로(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">감 리 사</td><td>한국건설관리공사
(주)용마엔지니어링
동일기술공사</td><td colspan="2">시 공 자</td><td>(주)대우건설</td></tr>
<tr><td colspan="2">관리주체</td><td>신대구부산고속도로(주)</td><td colspan="2">준공년도</td><td>2006년 2월 10일</td></tr>
<tr><td colspan="2">종단구배</td><td>-3.765%</td><td colspan="2">횡단구배</td><td>-2.0%</td></tr>
</table>

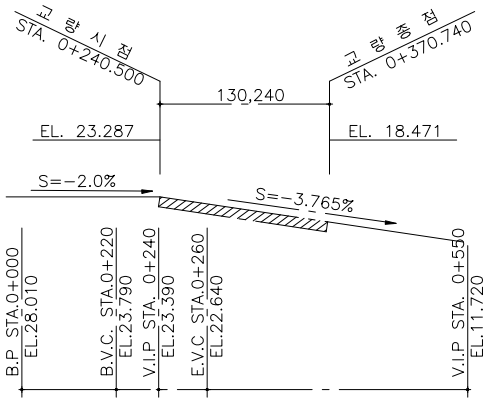
1.4.2 교량 주요도면



【그림 1.4.1】 삼랑진IC2교 종·평면도

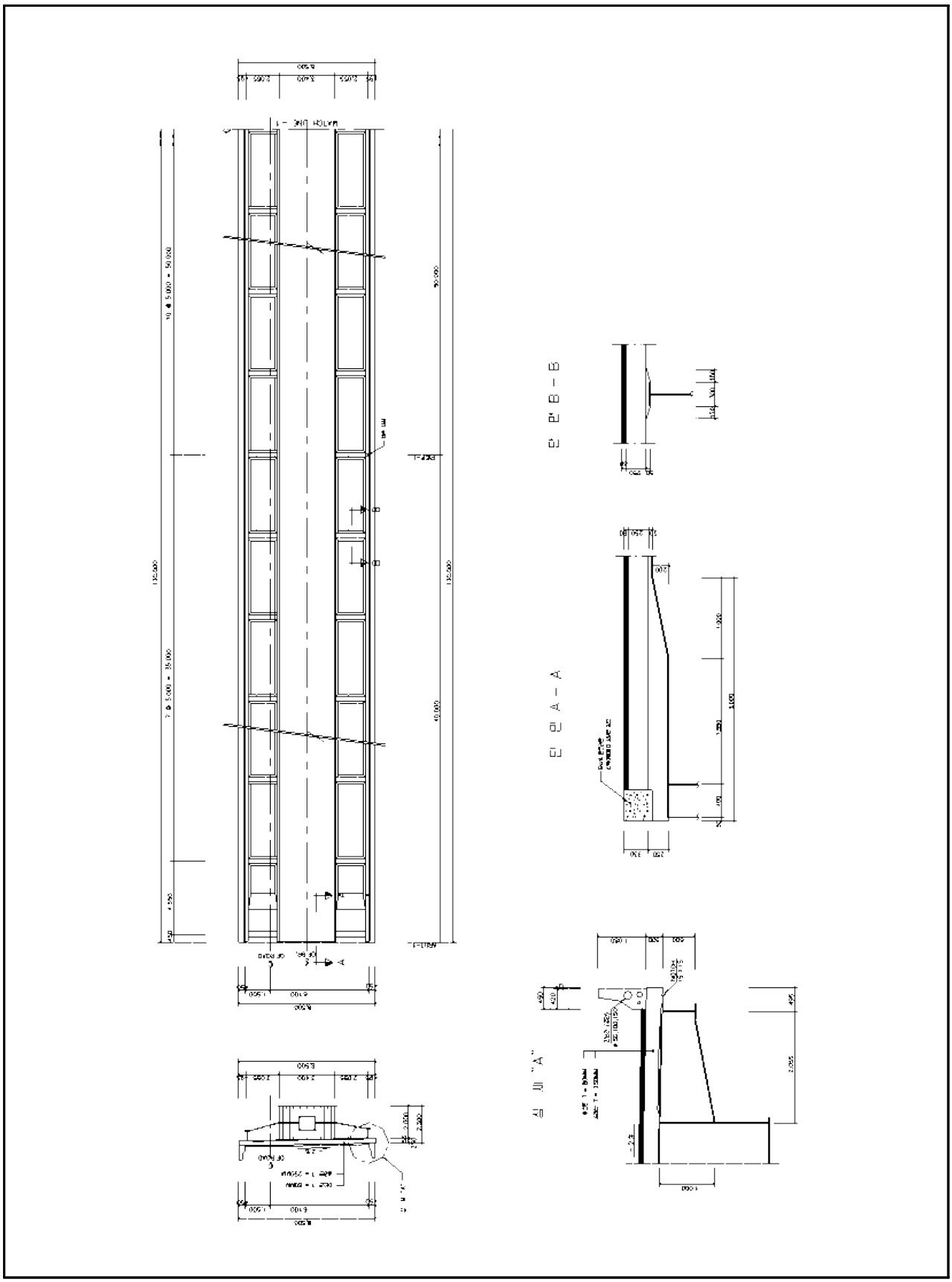


<횡단면도>

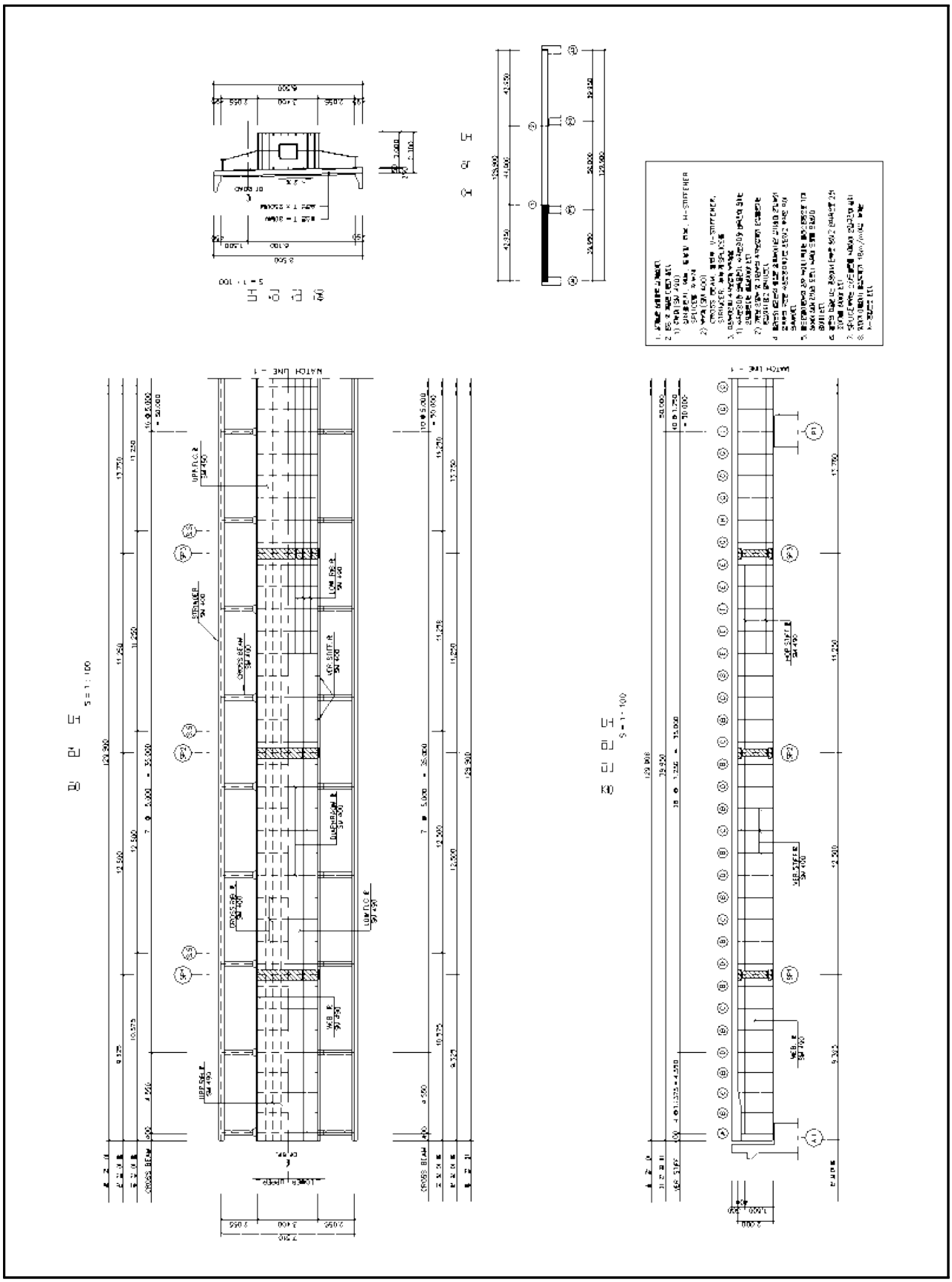


<종단구배>

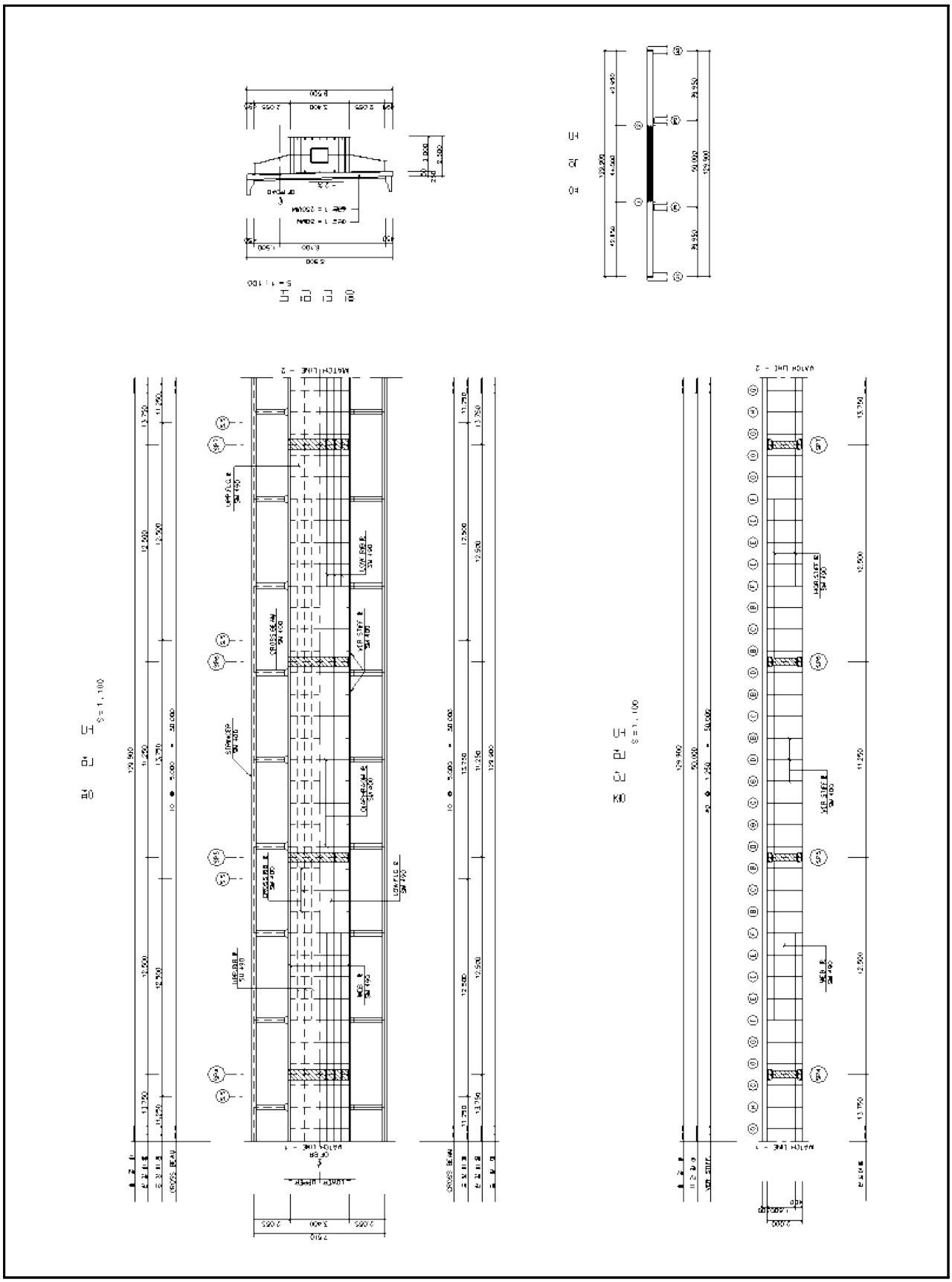
【그림 1.4.2】 삼랑진IC2교 횡단면도 및 종단구배



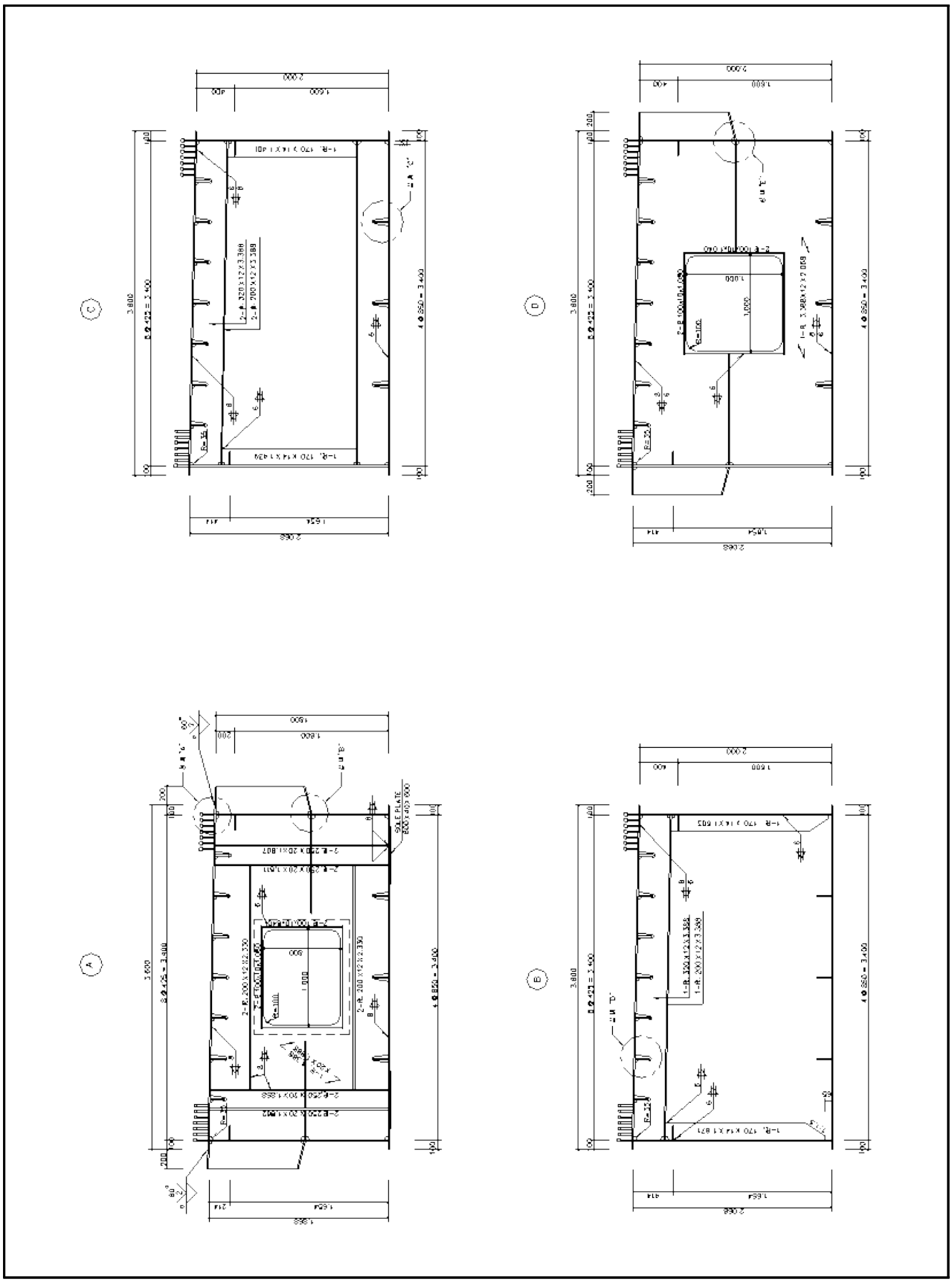
【그림 1.4.3】 삼랑진IC2교 슬래브 일반도



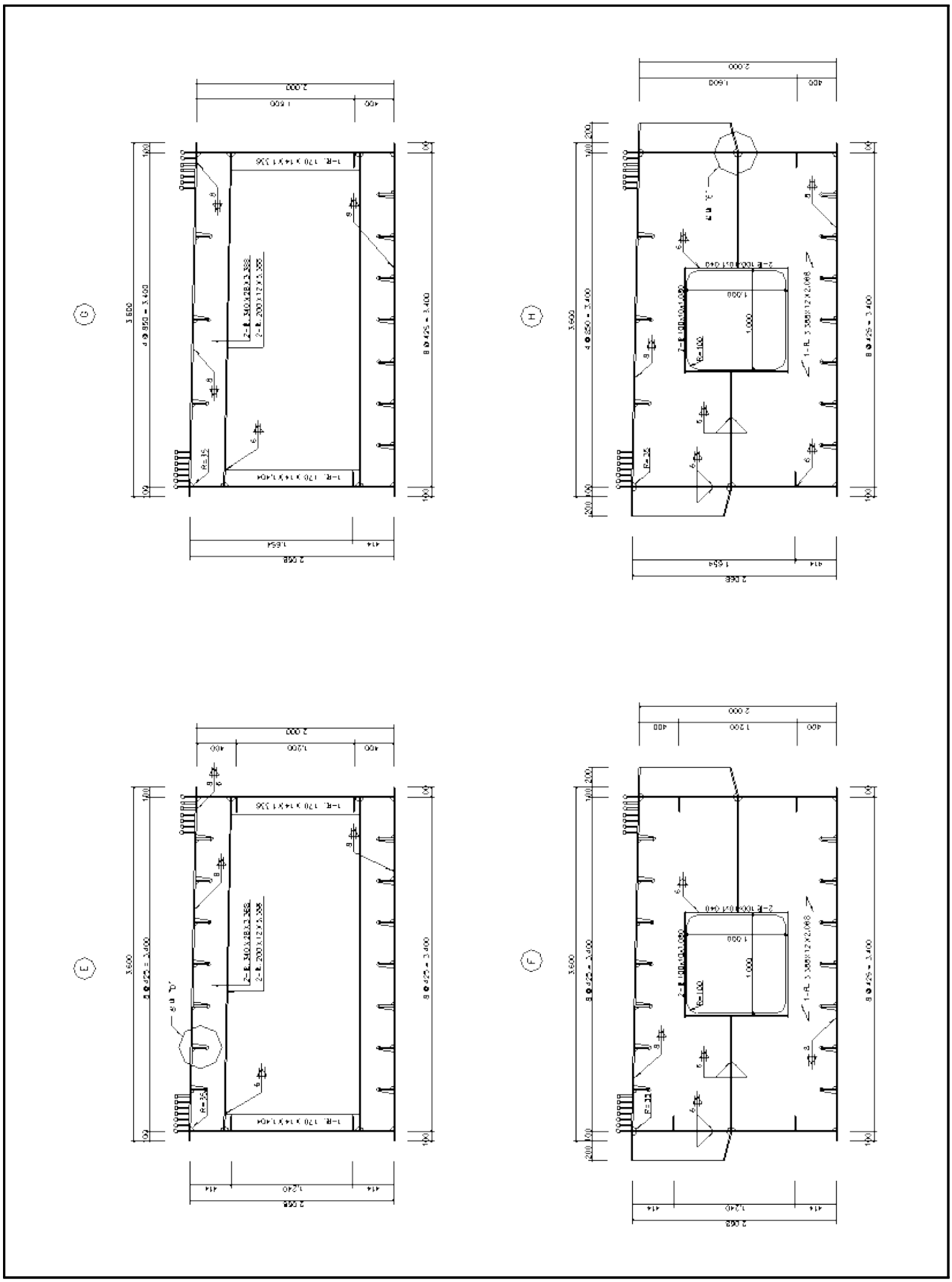
【그림 1.4.4】 삼랑진IC2교 Steel Box Girder 일반도(1)



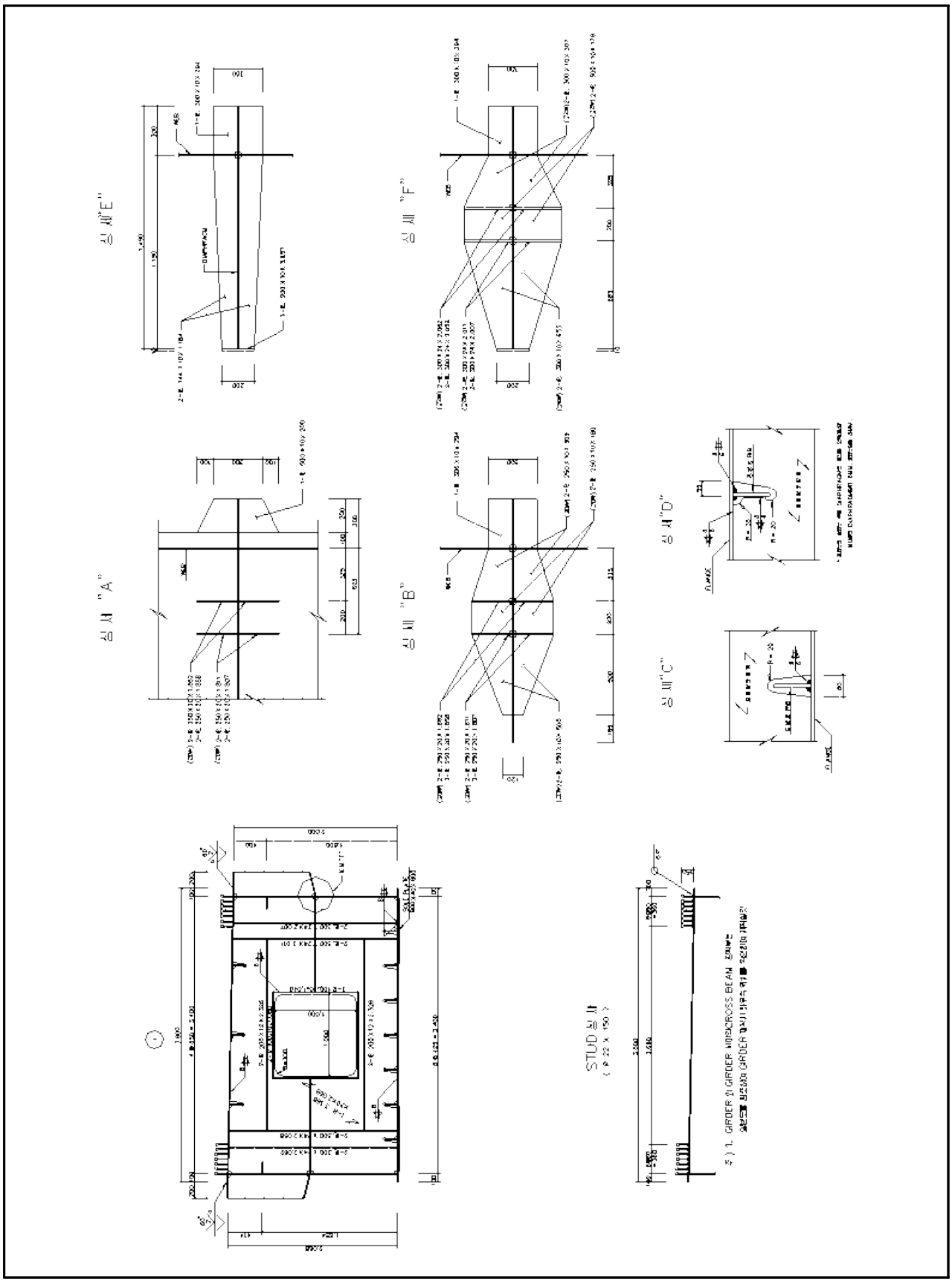
【그림 1.4.5】 삼랑진IC2교 Steel Box Girder 일반도(2)



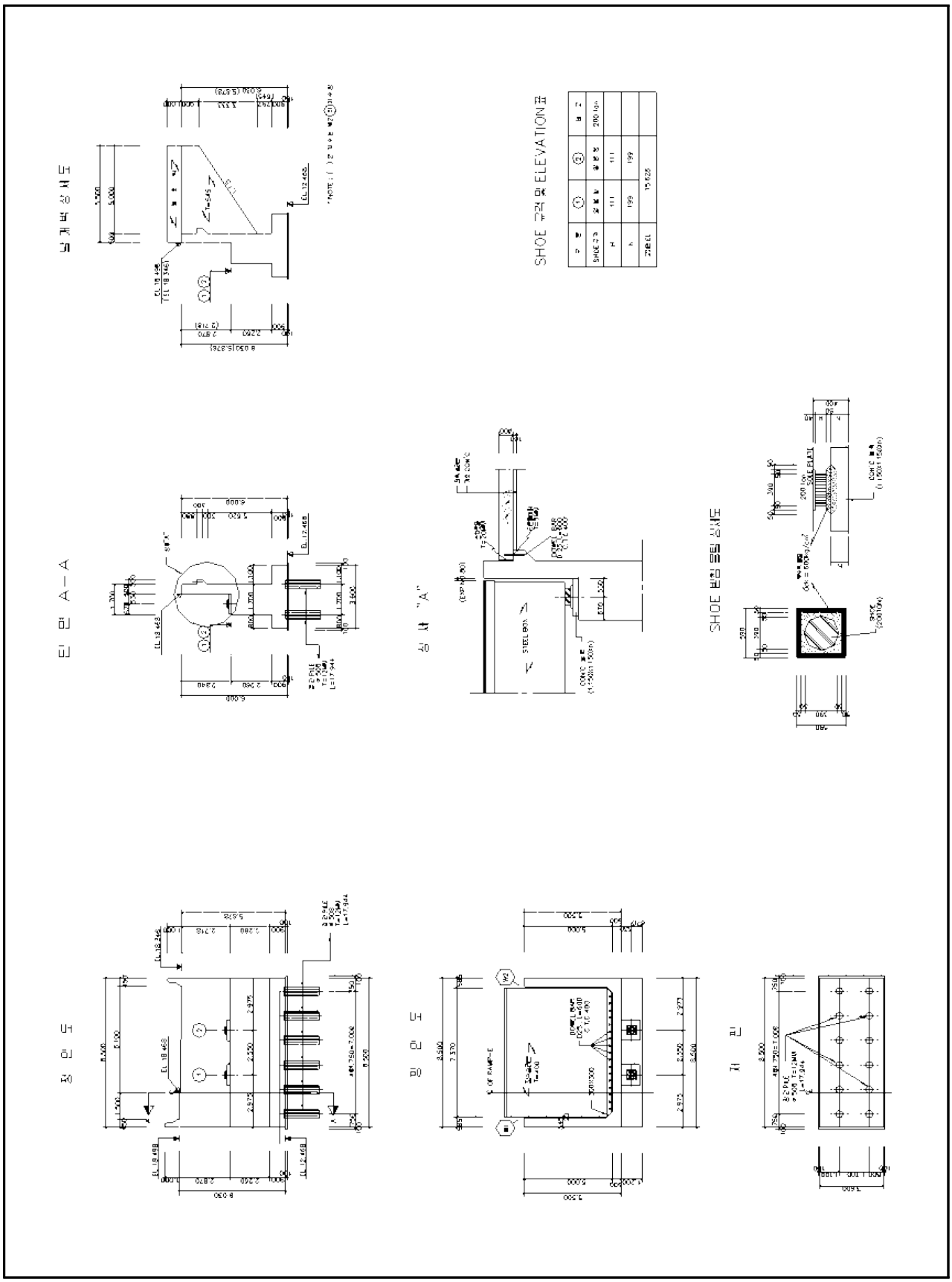
【그림 1.4.6】 삼랑진IC2교 Steel Box Girder 단면상세도(1)



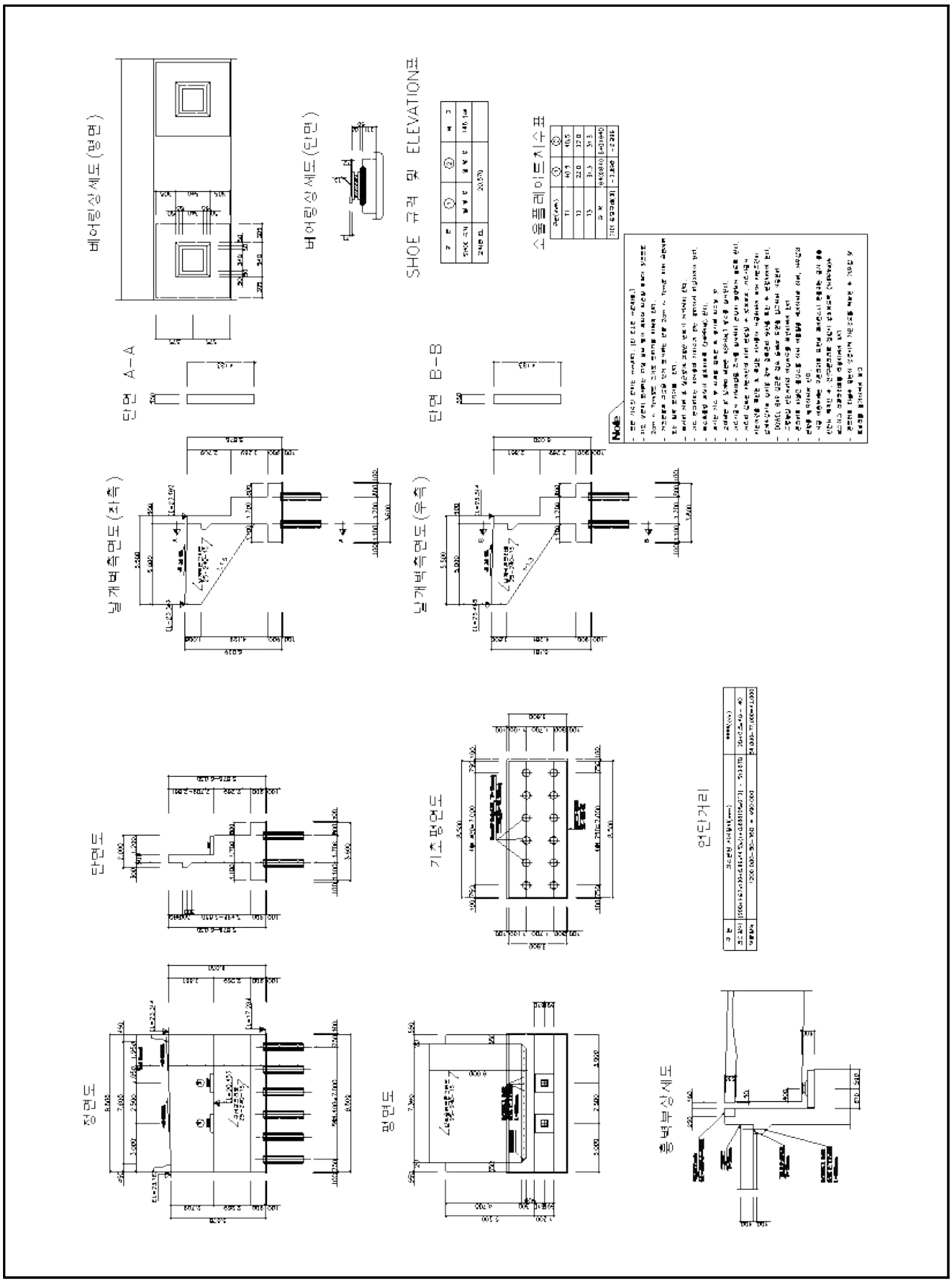
【그림 1.4.7】 삼랑진IC2교 Steel Box Girder 단면상세도(2)



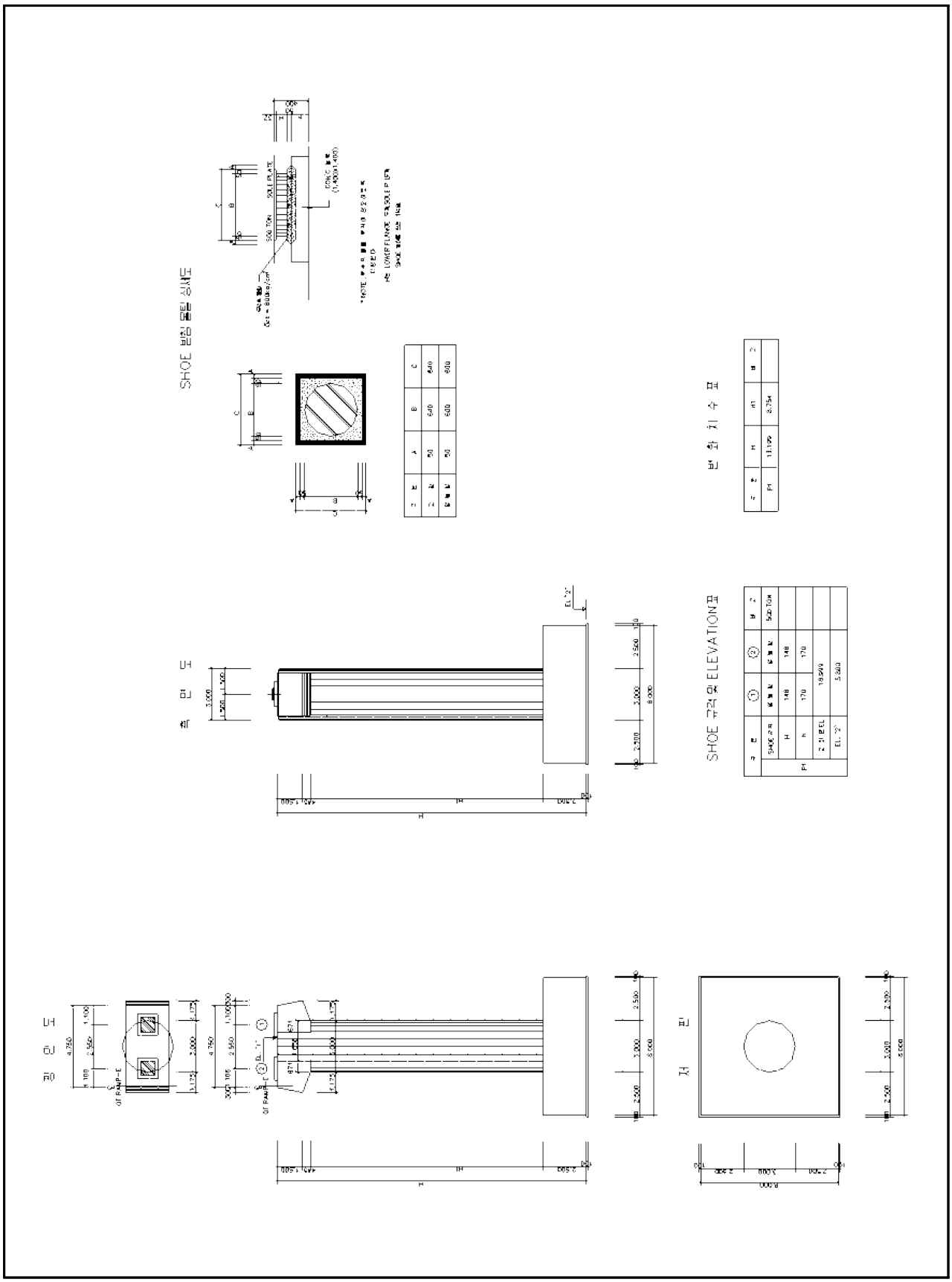
【그림 1.4.8】 삼랑진IC2교 Steel Box Girder 단면상세도(3)



【그림 1.4.9】 삼랑진IC2교 교대(A1) 일반도



【그림 1.4.10】 삼랑진IC2교 교대(A2) 일반도



【그림 1.4.11】 삼랑진IC2교 교각 일반도

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 주요 진단장비는 다음과 같다.

【표 1.5.1】 주요 사용장비 및 시험기기 일반사항

장 비 명		규 격	용 도	활 용 방 법
반발경도 측 정 기	Schmidt hammer	NR형	CON'C 강도추정	약 3cm간격에 20회 정도 타격하여 그 값의 평균치를 구함
초음파 측정기	Pundit	-	CON'C 강도추정 및 균열깊이 추정	송신자와 수신자를 통해 건전부와 불건전부의 초음파 진행 속도의 차이로 측정
철 근 탐지기	RC-Radar	NJJ-95B	철근배근 및 피복두께 측정	본체와 연결된 스케너를 통해 한쪽 방향으로 이동하여 철근의 위치를 액정화면을 통해 측정
탄산화 시험기		Conkit	CON'C 내부 탄산화 깊이측정	체크하고자 하는 면을 채취하여 페놀프탈레인 용액1%를 분사하여 대비되는 색깔로 PH양을 측정
초음파 탐상기		NFD500WK	맞대기 용접부위 결함 검사	탐촉자를 통해 송신하여 수신되는 CRT 화면의 에코변화를 판단하여 측정
도막두께 측정기		SaluTron D3	도막두께 측정	탐촉자를 Setting한 후 도막이 형성된 부위에 접촉하여 모니터를 통해 수치를 읽음
보조 기구	균열폭 현미경, 그라인더, 카메라, 배터리 충전기, 무전기, 줄자, 거리측정기(Disto), 사다리, 망치 등			

반발경도 측정기	초음파 측정기(Pundit)	철근 탐지기	탄산화 시험기
초음파 탐상기	도막두께 측정기	균열폭 현미경	카메라

1.6 교량기호의 정의

1.6.1 교량기호

본 보고서의 교량 각 부재의 표현의 통일성을 기하기 위하여 【표 1.6.1】와 같이 각 위치별, 부재별 기호를 부여하였다.

【표 1.6.1】 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 (Steel 박스거더)	상부플랜지	UF	Upper Flange
	하부플랜지	LF	Lower Flange
	좌측복부판	LW	Left-Web
	우측복부판	RW	Right-Web
	수직보강재	V-STIF	V-Stiffener
	수평보강재	H-STIF	H-Stiffener
	가 로 보	CB	Cross Beam
	거더이음부	SP	Splice
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 좌측에서 우측으로 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.

1.6.2 일련번호(n)

교량의 일련번호 n은 부재 ID의 뒤에 아래첨자로 교량시점(A1)에서 교량종점(A2) 방향으로 순차적으로 증가하면서 부여한다.

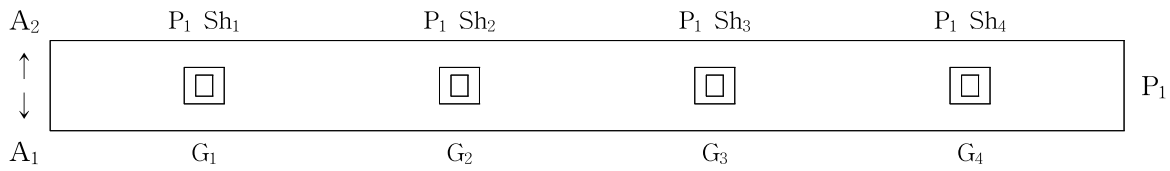
작성 예)

- ▶ 경간 : S1, S2
- ▶ 교각 : P1
- ▶ 교대 : A1, A2

교량시점(A1)에서 교량종점(A2) 방향으로 바라보았을 때 좌측에서 우측으로 일련번호를 정한다.

작성 예)

- ▶ 거더 : G1, G2, ...
- ▶ 교량받침 : Sh1, Sh2, ...



- 신축이음(Expension Joint) 및 교량받침은 교각 ID에 첨부시켜 지정한다.

작성 예)

- ▶ 신축이음 : A1-Exp.J, A2-Exp.J

제 2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

2.3 기 점검 실시결과 요약

2.4 보수·보강 이력

2.5 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 다음 【표 2.1.1】과 같다.

【표 2.1.1】 자료수집 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계 도서	◇ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	○	◇ 대구-부산간 고속도로 민간투자 사업 준공도서 - 실시설계 종합보고서 - 토질 및 지반보고서 - 준공내역서, 수량산출서 - 구조 및 수리계산서 - 토질조사보고서 - 설계도면
	◇ 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도(종·횡), 상·하부 구조물도, 빔 상세도, 신축이음·교량받침 상세도	○	
시설물 관 리 대 장	◇ 기본현황 ◇ 상세제원 ◇ 유지관리 이력	○	◇ 시설물 관리대장
시공 관련 자료	◇ 시공관련 자료 ◇ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조부위에 대한 계측 관련자료 ◇ 사고기록	○	◇ 시공기록 보고서 ◇ 품질시험 검사총괄표
안전점검 및 정밀안전진단 자료		○	◇ 시설물정보관리종합시스템 보수 및 점검이력
보수·보강 자료		○	

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “대구-부산간 고속도로 건설공사 민간투자사업 실시설계 종합보고서”의 구조 및 수리계산서와 준공도면, 일반보고서, 토질조사 보고서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

2.2.1 설계기준 검토

가. 설계속도 : 120km/hr

나. 폭원 구성

1) 폭원

구 분		단 위	적 용	비 고
차로수		차 로	4	양방향
도로 폭원	총폭원	m	23.4	
	차 선	m	14.4	4@3.6
	중앙분리대	m	3.0	
	길어깨	m	6.0	2@3.0
	측대	m	0.5	길어깨측
		m	0.5	중분대측
	성토부보호길어깨	m	1.0	2@0.5

2) 횡단구배

① 차도부

삼랑진～대동간 직선구간의 표준횡단구배는 2%로 하며, 곡선부의 최대편구배는 8%를 적용함.

㉠ 곡선반경별 편구배 기준

편구배	본선곡선반경(m)_120km/hr 적용	비 고
6%	860미만	
5%	860이상 ~ 1,070미만	
4%	1,070이상 ~ 1,400미만	
3%	1,400이상 ~ 1,990미만	
2%	1,990 ~ 7,500미만	

㉡ 접속설치율 및 접속설치 길이

- 삼랑진～ 대동 구간

차도폭 (m)	설계속도 (km/hr)	접속 설치율 (mm)	편구배별 접속설치 길이(m)					비 고
			2%	3%	4%	5%	6%	
8.2	120	1/200	66	82	98	115	131	
	100	1/175	57	72	86	100	115	
4.6	50	1/115	21	27	32	37	42	
	40	1/100	18	23	28	32	37	

② 길어깨부

직선구간의 길어깨부 횡단구배는 4%로 하며, 곡선부에서는 길어깨부 편구배를 내측은 본선 4%이상시 본선구배와 동일하게 하고 외측은 본선 차선과의 구배차를 7%로 적용하였다.

- 곡선부 길어깨 횡단구배

내측 차도	내측 길어깨	외측 차도	외측 길어깨	비 고
-2	-4	-2	-4	
-2	-4	+2	-4	
-3	-4	+3	-4	
-4	-4	+4	-3	
-5	-5	+5	-2	
-6	-6	+6	-1	

다. 본선 기하구조기준

구 분		단 위	기 준 치	비 고
설계속도		km/hr	120	
최소 평면곡선반경		m	710	
최소 곡선장	교각 5° 이상	m	700/θ	
	교각 5° 미만	m	140	
종단구배		%	3	
최소 종단곡선 변화비율	볼록형	m/%	190	
	오목형	m/%	70	
최소 종단곡선길이		m	100	
최소 정지시거		m	280	
최소 완화곡선장		m	70	
표준 횡단구배		%	2	
최대 편구배		%	6	
완화곡선 파라미터		m	R/3≤A≤R	

2.2.2 실시설계 보고서 검토

가. 개요

본 고속도로는 부산에서 대구(동대구 I.C)를 연결하는 4차로 연결도로로서 기존의 경부고속도로의 노선이 언양, 경주, 영천을 경유하여 대구에 연결되므로 운행거리가 길고 운행시간이 많이 소요되며 선형이 불량하여 대구-밀양-부산간의 직선화된 고속도로를 신설하여 기존 경부고속도로의 보강기능과 분담효과를 기대하는데 목적이 있다.

본 설계구간(9공구)은 경남 밀양시 삼랑진읍 미전리에서 경남 김해시 상동면 여차리까지의 연장 11.263km 의 4차로 고속도로로서 대상교량 4개소는 지방도 1017호, 미전선 및 경전선 철도, 낙동강, 여차천을 횡단하고 있다.

나. 교량 규모 및 현황

1) 교량 폭원 : 삼랑진방향 2차로(유효폭원 7.6m)

2) 교면포장 : 아스팔트 콘크리트(두께 8.0㎝)포장

3) 교량현황 및 규모

교량명	측 점 (공사이정)	연장 (m)	폭원 (m)	사각	교량형식			비 고
					상 부	하 부	기 초	
삼랑진 IC2교	STA.1+240.500 ~ 1+370.740	130	8.41	90°	Steel Box	교각 : 중공기둥식 교대 : 반중력식 역T형	강관 PILE	지방도 1017호 횡단

다. 설계기준

1) 적용기준

① 도로교 표준시방서(1996, 건교부)

② 콘크리트 표준시방서(1998, 건교부)

③ 철근콘크리트 설계편람(1990, 건교부)

④ 도로의 구조, 시설 기준에 관한 규정(건교부)

⑤ 도로설계요령(1992, 한국도로공사)

⑥ 기타 건설교통부에서 제정한 관련 시방서

2) 설계 방법 적용 기준

① W.S.D(허용응력설계법) : 강합성구조물

② U.S.D(강도설계법) : R.C구조물(슬래브, 교각, 교대, BOX)

3) 설계하중

① 사하중

사용재료의 단위중량은 다음 표를 기준으로 하되 실하중이 명백한 경우는 그 값을 사용할 수 있다.

- 재료의 단위 중량

재 료	단위중량(kg/㎥)	재 료		단위중량(kg/㎥)
강재, 주강, 단철	7,850	목 재		800
주 철	7,250	역청재(방수용)		1,100
알미늄	2,800	아스팔트포장		2,300
철근콘크리트	2,500	흙	지하수위이상	1,800
프리스트레스콘크리트	2,500		지하수위이하	1,000
콘크리트	2,350		뒷채움(∅=35 °)	2,000
시멘트모르터	2,150		뒷채움(∅=30 °)	1,900

② 활하중

- 1등급(DB24, DL24)

4) 주요재료 사용기준

① 콘크리트

종 류	기준강도(kg/㎠)	골재 최대치수(㎜)	적용 구조물
PS	f_{ck} = 400	19	PC구조물, Preflex 하부플랜지, 신축이음장치 후타재
1종	f_{ck} = 270	25	슬래브, 라멘교, Preflex(복부, 가로보), 현장제작 철근콘크리트, 콘크리트포장 접속 완충슬래브
2종	f_{ck} = 240	32	터널라이닝 콘크리트 및 입출구시설, 교량 하부구조, 교량 날개벽, 옹벽, 아스콘 포장용 접속슬래브
		40	강관이음용 철근콘크리트
2종 수중	f_{ck} = 240	32	수중 콘크리트
3종	f_{ck} = 210	25	도수로, 도수로 집수거, 측구
		40	중력식 옹벽, MASS 콘크리트, 부대시설 기초, 암거 및 배수관, APPROACH 바닥콘크리트, 배수관 기초
5종	f_{ck} = 150	50	레벨링 콘크리트, 속채움 콘크리트(우물통)

② 철근 : KSD 3504에 적합한 재료 사용

종 류	허용응력(kg/㎠)	적용 콘크리트
SD 40	f_y = 4,000 f_{sa} = 1,800	· 1종 콘크리트 · 일반적인 부재, 라멘의 구체
	f_y = 4,000 f_{sa} = 1,600	· 1종 콘크리트 · 바닥판 및 지간 10m 이하의 슬래브교 · 수중 혹은 지하수위 이하에 설치
SD 30	f_y = 3,000 f_{sa} = 1,500	· 2종 콘크리트

③ 일반강재

㉠ 주부재 : SWS 490

㉡ 부부재 : SWS 400

5) 구조물 설계기준(강도설계법)

① 주요 하중조합의 하중계수

㉠ U = 1.3D+2.15(L+I)+1.3CF+1.7H+1.3Q

㉡ U = 1.3D+1.7H+1.3Q+1.3W

㉢ U = 1.3D+1.3(L+I)+1.3CF+1.7H+1.3Q+1.3(0.5W+WL+BK)

㉣ U = 1.3D+1.3(L+I)+1.3CF+1.7H+1.3Q+1.3G

㉤ U = 1.25D+1.65H+1.25Q+1.25W+1.25G

㉥ U = 1.25D+1.25(L+I)+1.25CF+1.65H+1.25Q+1.25(0.5W+WL+BK)+1.25G

㉦ U = 1.3D+1.7H+1.3Q+1.3E

㉧ U = 1.3D+1.3(L+I)+1.3CF+1.7H+1.3Q+1.3CO

㉨ U = 1.2D+1.55H+1.2Q+1.2W+1.2CO

여기서, D = 사하중 WL = 차량활하중에 작용하는 풍하중

L = 활하중 BK = 제동하중

I = 충격 E = 지진의 영향

H = 토압 CF = 원심하중

W = 풍하중 CO = 충돌하중

G = 부등침하, 크리프, 건조수축, 제작 또는 시공 시 치수의 착오, 습도변화 또는 온도변화 등으로 인한 팽창 또는 수축변형으로 유발되는 변형력

Q = 부력 또는 양압력, 수압, 파압

② 설계강도

㉠ 설계강도는 단면의 공칭강도에 강도감소계수 ϕ를 곱한다.

㉡ 강도감소계수(ϕ)

부 재		강도감소계수
휨, 휨+축방향인장	보통 철근콘크리트	0.85
	프리스트레스트 콘크리트	0.85
축방향인장		0.85
축방향압축, 휨+축방향압축	나선철근으로 보강된 철근콘크리트	0.70
	그 이외의 철근콘크리트	0.65
전단, 비틀림		0.70
콘크리트 지압		0.60
압축부재의 안정		0.65
무근콘크리트		0.55

2.2.3 구조 및 수리계산서 검토

가. 구조검토 조건

【표 2.2.1】 삼랑진IC2교 구조검토 조건

<table>
<tr><th>구 분</th><th>주요 검토내용</th></tr>
<tr><td>설계기준</td><td>• 도로교설계기준(2000)
• 콘크리트 구조설계기준(1999)</td></tr>
<tr><td>사용재료</td><td>
<table>
<tr><th>구 분</th><th>주요 검토내용</th></tr>
<tr><td>설 계
강 도</td><td>• 콘크리트 : σ_{ck}=270kg/㎠(바닥판), 240kg/㎠(하부구조)
• 철 근 : σ_y=4,000kg/㎠(바닥판, SD40), 3,000kg/㎠하부(하부구조, SD30)
• 강재
- 주부재(SWS 490) : σ_y=3,200kg/㎠, σ_{sa}=1,900kg/㎠, τ_a=1,100kg/㎠
- 부부재(SWS 400) : σ_y=2,400kg/㎠, σ_{sa}=1,400kg/㎠, τ_a=800kg/㎠</td></tr>
<tr><td>탄 성
계 수</td><td>• 콘크리트 : 250,000kg/㎠(바닥판) , 235,000kg/㎠(하부구조)
• 철근 : 2,040,000kg/㎠
• 강재 : 2,100,000kg/㎠</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>상부구조</td><td>• 적용하중
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>하중종류별 주요 고려사항</th></tr>
<tr><td rowspan="5">강박스
거 더</td><td>고정하중</td><td>• 철근콘크리트 γ_c = 2,500kg/㎥, 아스팔트포장 γ_a = 2,300kg/㎥
강재 γ_s = 7,850kg/㎥</td></tr>
<tr><td>활 하 중</td><td>• DB-24, DL-24
• 충격계수 : I = 15 / (40 + L)
• 상부구조 전폭을 기준</td></tr>
<tr><td>크 리 프</td><td>• 크리프 계수 : 2</td></tr>
<tr><td>건조수축</td><td>• 건조수축에 의한 크리프 계수 : 4, 최종수축율 : 18×10^{-5}</td></tr>
<tr><td>온 도 차</td><td>• 온도차 : ±10℃, 선팽창계수 : 12×10^{-6}</td></tr>
<tr><td rowspan="4">바닥판</td><td>고정하중</td><td>• 방호벽 제원 : 450㎜(B)×1,080㎜(H)
• 포장두께 : 설계도면 및 현 상태 : 80㎜(아스콘)</td></tr>
<tr><td>활 하 중</td><td>• 유효폭 : E = 0.8X + 1.14
• 충격계수 산정식 : 강박스 거더와 동일</td></tr>
<tr><td>충돌하중</td><td>• 설계속도 : V = 120km/hr
• 작용높이 : H = 1.0m(방호벽측, 중분대측)
• 충돌하중 : $(V/60)^2 \times 0.750 + 0.250$</td></tr>
<tr><td>풍 하 중</td><td>• 적용 풍하중 : 300kg/㎡</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

【표 2.2.1】 삼랑진IC2교 구조검토 조건(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>주요 검토내용</th></tr>
<tr><td>하부구조
(교각)</td><td>• 적용하중
<table>
<tr><th>구 분</th><th>하중종류별 주요 고려사항</th></tr>
<tr><td>상부구조 반력</td><td>• 상부구조에 작용하는 고정하중 및 활하중</td></tr>
<tr><td>하부구조 고정하중</td><td>• 철근콘크리트 γ_c = 2,500kg/㎥</td></tr>
<tr><td>Shoe 마찰력(교축방향)</td><td>• 마찰계수 : 0.05 적용</td></tr>
<tr><td>풍 하 중</td><td>• 상부구조에 작용하는 풍하중(각형)
- P = 400-20×(B/D)×D
• 하부구조에 작용하는 풍하중(각형)
- 활하중 재하시 : 150kg/㎡
- 활하중 비재하시 : 300kg/㎡</td></tr>
<tr><td>지진하중</td><td>• “도로교설계기준 (2000, 건설교통부) 6.3.1 “ 참조.</td></tr>
</table>
• 하중조합
<table>
<tr><th>구 분</th><th>하 중 조 합</th></tr>
<tr><td>하부구조
(교 각)</td><td>• 활하중 재하시와 비재하시로 구분
⇨ 하중조합은 “도로교설계기준 (2000, 건설교통부) 2.2.3” 참조.</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

나. 구조검토 결과요약

1) 상부구조

【표 2.2.2】 삼랑진IC2교 상부구조 구조검토 결과요약

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>주요 검토내용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>강박스
거 더
검 토</td><td>- 3경간
연속</td><td>- 연장 : 40 + 50 + 40 = 130.0m
- 폭원 : 12.1m

• 하중조합
- CASE 1 : 합성전 고정하중
- CASE 2 : 합성후 고정하중
- CASE 3 : 크리프
- CASE 4 : 건조수축
- CASE 5 : 온도
- CASE 6 : CASE 1 + CASE 2 + CASE 3 + CASE 4
- CASE 7 : CASE 1 + CASE 2 + CASE 3 + CASE 4 + CASE 5

• 응력 검토
<table>
<tr><th>구 분</th><th>상,하연</th><th>작용응력(kg/㎠)</th><th>허용응력(kg/㎠)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">외측경간
정모멘트부</td><td>상 연</td><td>1054.5</td><td>2013.3</td></tr>
<tr><td>하 연</td><td>1440.6</td><td>2185.0</td></tr>
</table>
<table>
<tr><th>구 분</th><th>상,하연</th><th>작용응력(kg/㎠)</th><th>허용응력(kg/㎠)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">부모멘트부</td><td>상 연</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>하 연</td><td>-</td><td>-</td></tr>
</table>
<table>
<tr><th>구 분</th><th>상,하연</th><th>작용응력(kg/㎠)</th><th>허용응력(kg/㎠)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">내측경간
정모멘트부</td><td>상 연</td><td>1075.5</td><td>1678.6</td></tr>
<tr><td>하 연</td><td>1393.7</td><td>2185.0</td></tr>
</table></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">주) 기존 구조계산서 결과 요약시 기호 및 단위계는 원구조계산서와 동일하게 표기함.</td></tr>
</table>

2) 하부구조

【표 2.2.3】 삼랑진IC2교 하부구조 구조검토 결과요약

구 분			주요 검토내용	비 고
교각 P2	코핑부		• 검토조건 - 단면폭 b = 250.0㎝, 높이 h = 300.0㎝ - 철근 피복두께 d_c = 20.0㎝, 유효깊이 d = 174.5.0㎝ • 단면검토 - As req = 181.6cm^2 < A used = 185.8cm^2 → ∴ O.K	
	기둥	축력 최대	• 검토조건 - 지름 D_d = 300.0㎝, 피복두께 d_c = 10.0㎝ • 단면검토 - M_u = 164.914t·m < ΦM_n = 4306.270t·m → ∴ O.K - P_u = 1486.358t < ΦP_n = 9309.376t → ∴ O.K	
		모멘트 최대	• 검토조건 - 지름 D_d = 300.0㎝, 피복두께 d_c = 10.0㎝ • 단면검토 - M_u = 2030.300t·m < ΦM_n = 3386.267t·m → ∴ O.K - P_u = 914.377t < ΦP_n = 1456.267t → ∴ O.K	
	시점부	흉벽	• 검토조건 - 단면폭 b = 100.0㎝, 유효깊이 d = 72.0㎝ - 철근 피복두께 d_c = 8.0㎝ • 단면검토 : M_u = 18.550t·m < ΦM_n = 259.150t·m → ∴ O.K	
		벽체	• 검토조건 - 단면폭 b = 100.0㎝, 유효깊이 d = 100.0㎝ - 철근 피복두께 d_c = 10.0㎝ • 단면검토 : M_u = 99.340t·m < ΦM_n = 156.074t·m → ∴ O.K	
	종점부	흉벽	• 검토조건 - 단면폭 b = 100.0㎝, 유효깊이 d = 50.0㎝ - 철근 피복두께 d_c = 0.0㎝ • 단면검토 : M_u = 18.200t·m < ΦM_n = 28.238t·m → ∴ O.K	
		벽체	• 검토조건 - 단면폭 b = 100.0㎝, 유효깊이 d = 160.0㎝ - 철근 피복두께 d_c = 10.0㎝ • 단면검토 : M_u = 30.977t·m < ΦM_n = 92.528t·m → ∴ O.K	
주) 기존 구조계산서 결과 요약시 기호 및 단위계는 원구조계산서와 동일하게 표기함. 주) 시, 종점 및 부재 No.는 준공도면과 동일하게 표기함.				

2.2.4 설계도면 검토

본 교량에 대한 제원 및 현황조사 결과와 설계도면을 비교한 결과, 준공이후 주요부재 제원, 포장종류 및 두께, 난간 및 연석, 받침장치 등의 주요현황은 변동이 없는 상태이다.

2.2.5 토질 및 지반조사 자료검토

가. 개요

1) 현장조사 : 1995년 2월 ~ 1995년 5월

2) 실내시험 : 1995년 2월 ~ 1995년 5월

3) 성과분석 및 보고서 작성 : 1995년 5월 ~ 1995년 6월

4) 조사위치 : 삼랑진IC2교 STA. 0+240 ~ 0+378 (토질조사보고서 참조)

【표 2.2.4】 삼랑진IC2교 시추조사 위치

시추 No.	측 점	지반고(m)	비 고
BB-9	0+240	19.64	
BB-10	0+281.5	13.87	
BB-11	0+337.5	8.90	
BB-12	0+378	2.50	

나. 조사결과

1) 표토층

본 지층은 지층의 최상부에 위치한 지층으로 시추공 BB-9 및 10의 위치에 0.3m정도의 두께로 분포하고 있으며, 대체로 점토 및 실트섞인 세립내지 조립의 모래와 자갈 및 세립내지 조립의 모래섞인 실트로 구성되어 통일분류법에 의한 분류는 SM 및 ML로 분류되고 갈색 및 담갈색을 나타내고 있다.

2) 매립토층

본 지층은 매립작업 과정에서 형성된 지층으로서 시추공 BB-11 및 12의 위치에 0.8m~4.5m 내외의 두께로 분포하고 있으며, 대체로 실트 및 세립 내지 조립의 모래섞인 자갈 및 세립 내지 조립의 모래섞인 실트로 구성되어 통일분류법에 의한 분류는 GM 및 ML로 분류되고 갈색 및 황갈색을 나타내고 있다.

3) 퇴적토층

본 지층은 유수의 운반 및 퇴적작용에 의하여 형성된 지층으로 시추공 BB-12의 위치에 2.7m 정도의 두께로 분포하고 있으며, 대체로 실트 및 세립 내지 조립의 모래섞인 자갈과 실트 및 세립 내지 조립의 모래섞인 점토로 구성되어 통일분류법에 의한 분류는 GP 및 CH로 분류되고 지층의 상대밀도는 중간정도 조밀 또는 중간정도 단단한 상태이다.

4) 붕적토층

본 지층은 사면의 활동, 붕괴 및 기타 요인에 의하여 형성된 층으로서 시추공 BB-9, 11, 및 12의 위치에 1.0m~5.2m 내외의 두께로 분포하고 있으며, 대체로 실트 및 세립 내지 조립의 모래섞인 자갈로 구성되어 통일분류법에 의한 흙의 분류는 GM 및 GP로 분류되고 지층의 상대밀도는 조밀 내지 매우 조밀한 상태이다.

5) 풍화토층

본 지층은 모암인 안산암질 응회암이 풍화되어 원위치에 잔류되어 있는 지층으로서 시추공 BB-9, 10, 11 및 12의 위치에 2.3m~4.2m 내외의 두께로 분포되어 있으며, 대체로 소량의 암편 및 실트섞인 세립 내지 조립의 모래로 구성되어 통일분류법에 의한 분류는 SM으로 분류되고 지층의 상대밀도는 조밀 내지 매우 조밀한 상태이다.

6) 풍화암층

본 지층은 모암인 안산암질 응회암이 풍화작용에 의하여 형성된 지층으로서 시추공 BB-9, 11 및 12의 위치에 7.8m~9.0m 내외의 심도에서 확인되고 있다.

또한, 본 지층은 표준관입시험 과정에서 가해지는 해머의 타격에너지에 의하여 실트, 모래 및 암편 등으로 완전히 분쇄된 상태이다.

7) 연암층

본 지층은 모암인 안산암질 응회암이 부분적으로 풍화되어 형성된 지층으로서 시추공 BB-9, 10, 11 및 12의 위치에 4.5m~13.0m 내외의 심도에서 확인되고 있으며, 시추작업시 회수된 코아회수율은 0~10% 정도로 저조한 상태이다.

2.2.6 시공관련 자료검토

- 관련자료(대구-부산간 고속도로 민간투자사업 준공도서/시공기록 보고서)를 확인한 결과, 시공관련 자료, 품질관리 관련자료(재료증명서, 품질시험기록, 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록), 시설물의 주요 구조부위에 대한 계측 관련자료 등이 확인되었으며, 시공 중 특이사항이나 사고이력은 없는 것으로 확인되었다.

2.3 기 점검 실시결과 요약

본 교량은 2005년 10월 실시한 초기점검을 시작으로 2015년 3월 정기점검(상반기)까지 공용기간 중 초기점검 1회, 정밀점검 4회, 정기점검 14회 등을 실시하였으며, 주요 점검이력은 다음과 같다.

2.3.1 기 점검이력

【표 2.3.1】 삼랑진IC2교 기 점검이력

번호	구 분	점검기간	점검기관	주요 점검결과	상태 등급
1	초기점검	'05.10.28 ~ '06.04.25	㈜아워브레인	•양호	A
2	하반기 정기점검	'06.09.19 ~ '06.12.30	㈜아워브레인	•신축이음를 통한 하부구조로의 누수	
3	상반기 정기점검	'07.05.10 ~ '07.06.30	㈜아워브레인	•신축이음부 후타재 균열, 교좌장치 균열 및 파손, 교대 및 교각의 균열 등이 조사됨	
4	정밀점검	'07.08.22 ~ '07.12.20	㈜아워브레인	•신축이음부 후타재 균열, 교좌장치 균열 및 파손, 교대 및 교각의 균열, 배수관 내의 이물질퇴적 등이 조사됨	B
5	상반기 정기점검	'08.03.10 ~ '08.06.30	㈜아워브레인	•신축이음부 후타재 균열 및 파손, 포장면과의 이격, 교대 및 교각의 균열 등이 조사됨	
6	하반기 정기점검	'08.09.30 ~ '08.12.31	㈜아워브레인	•신축이음부 후타재 균열	
7	상반기 정기점검	'09.03.31 ~ '09.06.30	㈜아워브레인	•양호	
8	정밀점검	'09.10.01 ~ '09.12.31	㈜아워브레인	•신축이음부의 접속 슬래브 이격으로 바닥판 하면 및 교대 상부의 체수 발생 및 누수흔적, 백태, 박리 발생 등이 조사됨	B
9	상반기 정기점검	'10.03.08 ~ '10.06.30	㈜아워브레인	•배수관련(막힘, 누수, 접합부 변형S1)현황 및 신축이음 하부 누수에 의한 체수	
10	하반기 정기점검	'10.09.06 ~ '10.12.31	㈜아워브레인	•배수관련(막힘, 누수, 접합부 변형 S1)	
11	상반기 정기점검	'11.02.10 ~ '11.06.30	㈜아워브레인	•교면포장 라벨링, 접속도로 이격, 신축이음 하부 누수, 교대 및 교각 누수흔적 및 체수 등이 조사됨	
12	정밀점검	'11.07.29 ~ '11.12.31	㈜아워브레인	•바닥판하면 균열(폭 0.1~0.3mm), 주형 및 가로보 국부적 도장손상, 교대 및 교각 균열(폭 0.1~0.2mm), 누수흔적, 신축이음 유간여유량 부족, 난간 균열(폭 0.1~0.3mm) 및 백태, 배수관 연결부 어긋남 등이 조사됨	B
13	상반기 정기점검	'12.02.20 ~ '12.06.30	㈜아워브레인	•교면포장 라벨링, 접속도로 이격, 신축이음 하부 누수, 교대 및 교각 누수흔적 및 체수 등이 조사됨	

【표 2.3.1】 삼랑진IC2교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검기간	점검기관	주요 점검결과	상태 등급
14	하반기 정기점검	'12.08.20 ~ '12.12.31	㈜아워브레인	•미보수된 교면포장 라벨링 및 패임, 후타재 균열(폭 0.1~0.2mm), 접속부 이격, 신축이음 하부 누수, 교대 및 교각 균열(폭 0.1~0.2mm) 및 누수흔적, 체수 등이 조사됨	
15	상반기 정기점검	'13.02.25 ~ '13.06.30	㈜아워브레인	•미보수된 교면포장 라벨링 및 패임, 신축이음 하부 누수, 후타재 균열(폭 0.1~0.2mm), 접속부 이격, 교대 및 교각 균열(폭 0.1~0.2mm), 체수 등이 조사됨	
16	정밀점검	'13.09.09 ~ '13.12.31	㈜아워브레인	•바닥판하면 균열(폭 0.1~0.3mm), 주형 내부 이물질 퇴적 및 우수유입흔적, 가로보 및 세로보 국부적 도장손상, 교대 및 교각 균열(폭 0.1~0.3mm), 누수흔적, 받침콘크리트 균열(폭 0.2mm), Plate 녹발생, 난간 균열(폭 0.1~0.3mm) 및 백태 등이며, 일부 구간 교각 균열(폭 0.2~0.3mm), 보수부 재균열 등이 조사됨	B
17	상반기 정기점검	'14.02.24 ~ '14.06.30	㈜아워브레인	•교대 상면 신축이음 하부 누수로 인한 체수	
18	하반기 정기점검	'14.08.18 ~ '14.12.31	㈜아워브레인	•바닥판 하면 및 방호벽 균열(폭 0.1~0.3mm), 백태, 교면포장 라벨링 및 패임, 신축이음 하부 누수, 후타재 균열(폭 0.1~0.2mm), 접속부 이격, 교대 및 교각 균열(폭 0.1~0.2mm), 체수, 법면 침하 등이 조사됨	
19	상반기 정기점검	'15.03.02 ~ '15.06.30	㈜아워브레인	•미보수 손상인 바닥판 하면 균열, 주형 내부 우수유입 흔적, 교대 및 교각 균열, 체수, 백태, 교량받침 무수축몰탈 및 받침콘크리트 균열, Plate 녹발생, 교면포장 라벨링, 신축이음 하부 누수, 난간 균열 및 백태 등이 조사됨	

2.3.2 기 정밀점검 실시결과(2013년 12월)

1) 외관조사

위 치		손 상 내 용	개 소	수 량	비 고
삼랑진IC2교	바닥판	균열(cw=0.3미만)	8	12.00	m
		균열(cw=0.3이상)	1	1.50	m
		백 태	1	0.03	㎡
		거푸집 미제거	1	1	개소
	거 더	도장손상	3	0.05	㎡
	가로보/세로보	도장손상	3	0.03	㎡
	교대 및 교각	균열(cw=0.3미만)	7	2.20	m
		법면침하	2	0.50	㎡
		누수흔적	2	1.50	㎡
		박리	2	0.01	㎡
		점검로 미설치	2	2	개소
		간격재 미 제거	2	2	개소
	교량받침	Plate 부식	1	1	개소
	신축이음	후타재 균열(cw=0.3미만)	35	17.50	m
		이물질 퇴적	3	3.00	㎡
		접속부 이격	2	10.50	㎡
		누 수	1	1	개소
	교면포장	라벨링	4	29.00	㎡
	배수시설	배수관 연결불량	1	1	개소
	난 간	균열(cw=0.3미만)	14	10.90	m
		균열(cw=0.3이상)	7	8.20	m
		백 태	3	0.32	㎡
	기타	차수판 앵커 탈락	1	1	개소
		점검계단 이격	1	1	개소

2) 비파괴시험

구 분	위 치	시험결과	비 고	검 토
콘크리트 강도시험	바닥판	·반발경도법 : 27.7~28.7㎫	·설계강도 : 27.0㎫	양호
	교대	·반발경도법 : 26.2~26.9㎫	·설계강도 : 24.0㎫	양호
	교각	·반발경도법 : 25.7㎫	·설계강도 : 24.0㎫	양호
탄산화시험	바닥판	·탄산화깊이 : 5~7㎜ ·피복두께 : 40㎜ ·평가등급 : a	· a등급 : 탄산화 잔여깊이 30㎜이상	양호
	교대	·탄산화깊이 : 13~15㎜ ·피복두께 : 100㎜ ·평가등급 : a		
	교각	·탄산화깊이 : 16~17㎜ ·피복두께 : 100㎜ ·평가등급 : a		

3) 상태평가

부재의 분류		상부구조			기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
경간	구조형식	바닥판	거더	2차 부재	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	강상자형교	c	b	b	b	b	c	b	b	b	Q	a	a
2	강상자형교	a	a	b	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
3	강상자형교	b	a	a	a	a	c	-	a	c	Q	a	a
4	강상자형교	-	-	-	-	-	-	b	b	b	Q	a	a
평균		0.233	0.133	0.167	0.167	0.133	0.333	0.200	0.175	0.250	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
평균x가중치 /가중치합		0.042	0.027	0.008	0.012	0.004	0.007	0.018	0.016	0.050	-	0.004	0.003

결함도 점수	0.190
상태 등급	B

4) 종합결론

2013년 하반기 삼랑진IC2교 정밀점검 결과, 전반적인 삼랑진IC2교의 상태는 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B” 등급의 상태로서, 일부 기존 손상에 대한 보수가 실시된 것으로 조사되었다.

주된 손상은 바닥판하면 균열(폭 0.1~0.3mm), 주형 내부 이물질 퇴적 및 우수유입흔적, 가로보 및 세로보 국부적 도장손상, 교대 및 교각 균열(폭 0.1~0.3mm), 누수흔적, 받침콘크리트 균열(폭 0.2mm), Plate 녹발생, 난간 균열(폭 0.1~0.3mm) 및 백태 등이며, 일부 구간 교각 균열(폭 0.2~0.3mm), 보수부 재균열 등의 추가 손상이 발생된 것으로 조사되었다. 상기 손상은 건조수축, 공용 년수 증가에 따른 노후화, 기존 보수부 시공미흡 등에 의한 열화현상으로서, 공용중 발생 가능한 일반적인 손상들이나, 내구성 확보 차원의 적절한 보수가 필요하며, 특히, 공용중 중점적인 관리가 필요한 현황으로서, 일부 교각에 발생한 폭 0.2mm이상 균열 및 보수부 재균열의 경우 적절한 보수 후 지속적인 손상의 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요한 것으로 판단된다.

2.4 보수·보강 이력

【표 2.4.1】 삼랑진IC2교 보수·보강 이력

구분	공사기간	설계자	시공자	보수·보강공법/내용	비고
보수	'08.11	-	대우건설㈜	교대/교각, 바닥판하면 표면처리, 법면 정비	-
보수	'11.04	-	대우건설㈜	강재주형 재도장	-
보수	'11.09	-	대우건설㈜	교대/교각 표면처리	-
보수	'11.10	-	대우건설㈜	받침 재도장	-
보수	'13.09	-	대우건설㈜	교대/교각 균열보수	-
보수	'14.11	-	대우건설㈜	강재주형 재도장	-

2.5 내진설계 여부

자료검토 결과 "교량구조물에 대한 내진보완설계(2001년)"를 실시하여 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

가. 설계 개요 및 조건

1) 내진해석방법 : 다중모드 스펙트럼해석법

2) 지진 구역계수 = 0.11

3) 내진 1등급 → 위험도계수(I) : 1.4

4) 가속도계수(A) = 0.154

5) 지반계수(S) = 1.2

6) 사용프로그램 : SAP 2000

나. 내진해석 결과 요약

구 분	연결부(tonf)			받침용량(tonf) (수직력)	비 고
	작용력	허용력	판정		
교대 A1	26.54	41.00	O.K	200	
교각 P1	108.73	120.00	O.K	500	
교각 P2	177.32	195.00	O.K	500	
교대 A2	49.33	51.00	O.K	200	

2.6 자료분석 결과요약

본 과업의 효과적인 용역 수행을 위하여 건설관련 자료(대구~부산간 고속도로 민간투자사업(9공구))와 유지관리 자료(기 정밀점검 결과, 보수・보강자료 등) 등을 입수하였으며, 수집 자료를 검토한 결과 및 진단과업 진행방향은 다음 【표 2.6.1】와 같다.

【표 2.6.1】 자료분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇준공도면 및 구조계산서 : 대구-부산간 고속도로 민간투자사업 준공도서 - 실시설계 종합보고서 - 토질 및 지반보고서 - 준공내역서, 수량산출서 - 구조 및 수리계산서 - 토질조사보고서 - 설계도면	◇구조계산서 및 구조물도, 일반보고서는 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇구조계산서 및 구조물도의 구조물 치수는 동일한 것으로 확인됨 ◇주요 설계변경 내용 및 시공시 문제점이 없는 것으로 확인됨	◇본 검토 자료는 교량 내구성 시험 및 구조물 발생 손상의 원인분석에 기초자료로 활용 ⇒현장 조사자료와 수집자료가 상이할 경우 현장조사 자료를 기준으로 과업진행
유 지 관 리 자 료	◇정밀점검 보고서 (2013.12) ◇정기점검 보고서 (2015.06)	◇신축이음하부 누수	◇전회 점검결과와 금회 진단결과를 비교·검토하여 추가 손상 및 진전 여부를 확인하여 대책방안 마련
		◇내구성 조사결과, 설계기준 이상으로 양호한 상태임	◇전회 점검결과와 비교·검토하여 내구성 저하 여부 확인
		◇안전성평가결과 구조물에 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가됨	◇구조물의 제원변경확인 및 추가손상 발생에 대한 상세 구조해석을 실시하여 안정성 확보여부 확인
	◇보수·보강 이력 - 시설물 관리대장 - 시설물정보관리종합시스템 보수 및 점검이력	◇강재 주형 재도장	◇보수부 상태 확인

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

3.2 외관조사 결과

3.3 콘크리트 내구성조사

3.4 강재 비파괴시험

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

삼랑진IC2교는 경상남도 밀양시 삼랑진읍 미전리 일원에 위치하고 있으며, 2006년 2월에 준공된 교량으로 삼랑진로를 횡단하고 있다.

교량은 Ramp교로 총연장은 130.00m(40.0+50.0+40.0=130.00m)이고, 폭원은 8.50m(1차로)이며, 상부구조는 3경간 연속의 Steel Box Girder교로 이루어져 있다.

하부구조는 교대 : 역T형, 교각 : T형으로 시공되어져 있으며 기초는 교대 : 강관 말뚝기초, 교각 : 직접기초로 시공되어져 있다.

본 시설물에 대한 외관조사는 대상교량의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 교량부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 따라서, 사전 현장답사를 통해 주변 여건을 파악하여 현장 접근에 필요한 접근방법 및 장비 동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상을 파악하는 등의 사전검토를 통하여 주요 손상을 파악한 후 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침_교량편(2010.12, 국토해양부/한국시설안전공단)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는 데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

본 교량의 하천구간의 외관조사는 교량점검차를 이용하였으며, 하천 외 구간은 고소점검차를 이용하여 하부도로에서 구조물에 최대한 근접하여 외관조사를 실시하였다.

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

【표 3.1.1】 부재별 조사항목

구 분		조 사 항 목	비 고
상부 구조	바닥판	• 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리 • 누수, 백태, 표면오염	
	강재 거더	• 균열, 파손, 변형 • 연결부 부식, 이완, 이상음, 볼트 파손 • 표면상태 오염, 부식, 가로보 연결불량 • 강박스 거더 내부로의 우수 유입	
하부 구조	교대	• 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 누수, 백태, 박락, 파손, 재료분리 • 교대의 이동 및 회전 유무 • 거더 또는 바닥판과 협착 유무	
	교각	• 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리	
	기초	• 세굴, 침하, 파손, 침식	
교면포장		• 균열, 요철, 단차, 포트홀, 물고임(체수)	
배수시설		• 파손, 배수관 길이 부족, 배수관 주변 및 연결부 누수, 배수구 위치불량	
연석 및 난간		• 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 백태	
교량 받침	강재 받침	• 균열, 부식, 변형, 파손	
	기타	• 유간 부족, 편기, 수평불량, 가동불량, 교량받침 설치오류, 앵커볼트 파손	
신축이음		• 본체의 파손, 부식, 누수, 이상음 및 진동, 유간 부족 • 후타재의 균열, 파손, 단차 • 후타재와 포장면 사이 이격	

교량점검차를 이용한 조사

고소점검차를 이용한 조사

【사진 3.1.1】 점검차를 이용한 근접 육안조사

3.2 외관조사 결과

3.2.1 상부구조

가. 바닥판

1) 부재의 개요

- 삼랑진IC2교의 바닥판은 철근콘크리트 구조로 시공되어 있고, 좌·우 캔틸레버부 하면에는 외부로부터의 우수유입을 방지하기 위해 물끊기 홈이 전 구간에 걸쳐 설치되어 있다.
- 바닥판의 외관조사는 근접조사를 위해 교량점검차 및 고소점검차를 이용하여 조사하였다.

바닥판하면

캔틸레버부

【사진 3.2.1】 바닥판 전경

2) 외관조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과, 일부 구간에 0.2㎜이하 균열과 전반적으로 망상균열이 발생되었고, 일부 망상균열/변색 구간이 조사되었다.
- 망상균열은 시공초기 시공적, 환경적 영향에 의해 발생된 손상이며, 일부 구간의 표면 변색은 사용재료 및 배합, 경화시기, 거푸집면의 재질 등의 복합적 원인에 의해 발생된 것으로 조사되었다.

【표 3.2.1】 바닥판 하면 외관조사 결과

구 분	균열(0.2㎜이하),(m/개소)	망상균열(㎡/개소)
S1	-	122.04/15
S2	-	169.20/20
S3	3.0/2	135.36/16
합 계	3.0/2	426.60/51

망상균열(S2)

망상균열/변색(S2)

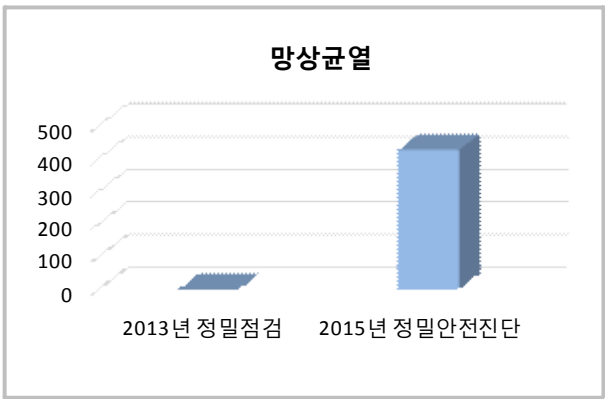
【사진 3.2.2】 바닥판 하면 손상현황

3) 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와 비교

- 바닥판 하면에 대하여 기 점검 결과를 토대로 주요 손상의 진전여부를 검토한 결과, 시공초기 발생된 것으로 판단되는 망상균열이 추가로 조사되었다.

【표 3.2.2】 바닥판 하면 기 점검 결과 비교

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀안전진단	비 고
망상균열	-	426.60㎡	



【그림 3.2.1】 바닥판 하면 기 점검 결과 비교

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생된 망상균열, 망상균열/변색은 내구성 확보를 위해 표면처리 보수가 바람직하며, 콘크리트 변색 손상은 여러 재료적 시공적 원인에 의해 표면부 수산화칼슘층 형성에 의해 발생된 손상으로 향후, 점검시 주의관찰이 필요하다.

나. 강박스 거더

1) 부재의 개요

- 삼랑진IC2교의 주부재인 Steel Box Girder는 1열로 배치되어 있고, 강박스 거더 내·외부에 대한 점검은 붕괴유발부재(F.C.M)에 대한 점검을 중점적으로 시행하였으며, 특히, 피로균열 발생 부재, 부식에 의한 단면감소, 구조적인 변형 여부, 도장손상 등 안전성, 내구성 및 사용성에 영향을 미치는 결함에 대하여 조사를 수행하였다.
- 강박스 거더 외부에 대해서는 바닥판과 동일한 방법으로, 내부에 대해서는 도보에 의해 외관조사를 실시하였다.

강박스 거더 내부 전경	강박스 거더 외부 전경

【사진 3.2.3】 강박스 거더 전경

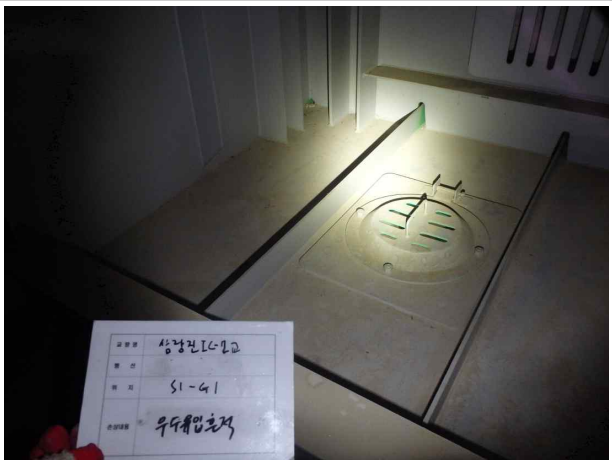
2) 강박스 거더 내부

① 외관조사 결과

- 강박스 거더 내부에 대한 외관조사결과, 전반적인 상태는 양호한 것으로 조사되었으며, S1 출입구측에 우수유입흔적 손상이 조사되었다.
- 강박스 내부의 우수유입흔적은 주변부의 누수발생이 조사되지 않아 시공초기 발생된 손상으로 조사되었다.

【표 3.2.3】 강박스 거더 내부 외관조사 결과

구 분	우수유입흔적(㎡/개소)
S1	17.00/1
S2	-
S3	-
합 계	17.00/1

	
우수유입흔적(S1-G1-UF)	전반적인 상태 양호

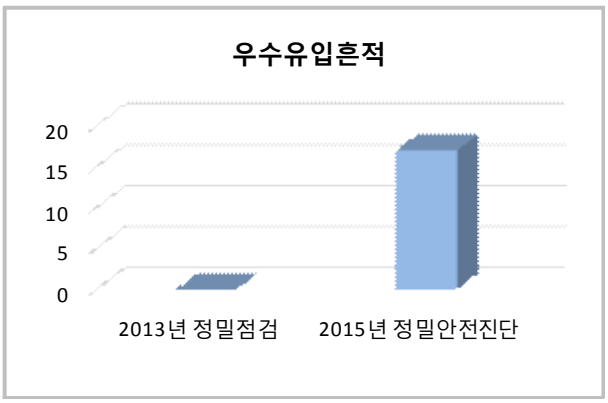
【사진 3.2.4】 강박스 거더 내부 손상현황

② 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와 비교

- 거더 내부에 대하여 기 점검 결과를 토대로 주요 손상의 진전여부를 검토한 결과, 시공초기 발생된 것으로 판단되는 우수유입흔적이 조사되었다.

【표 3.2.4】 강박스 거더 내부 기 점검 결과 비교

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀안전진단	비 고
우수유입흔적	-	17.00㎡	



【그림 3.2.2】 강박스 거더 내부 기 점검 결과 비교

③ 검토의견

- 점검시 박스내로 유입된 우수 흔적부에 대해 도장부 조사결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 우수 유입 경로를 확인을 위해 주변부 누수발생여부에 대해 점검을 실시하였으나 누수 손상이 조사되지 않아 시공초기 손상으로 판단되며 향후, 점검시 주의관찰이 필요하다.

2) 강박스 거더 외부

① 외관조사 결과

- 강박스 거더 외부에 대한 외관조사 결과, 시공적 요인과 환경적 요인 등 복합적 원인에 의해 부분적으로 도장박리/녹발생 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.2.5】 강박스 거더 외부 외관조사 결과

구 분	도장박리/녹발생(㎡/개소)
S1	0.10/9
S2	-
S3	-
합 계	0.10/9

도장박리/녹발생(S3-G1-RW)

전반적인 상태양호

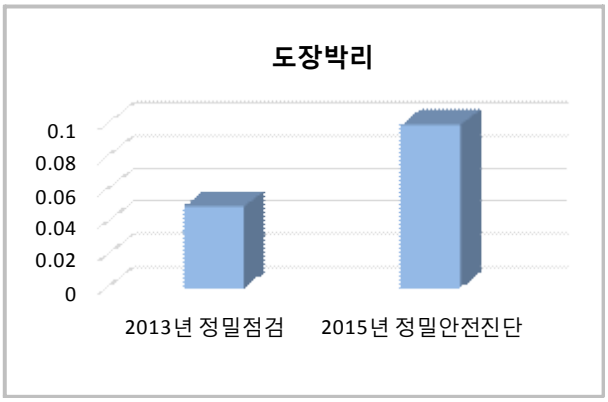
【사진 3.2.5】 강박스 거더 외부 손상현황

② 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와 비교

- 거더 외부에 대하여 기 점검 결과를 토대로 주요 손상의 진전여부를 검토한 결과, 공용기간 증가에 의해 도장박리 등의 손상이 다소 증가된 것으로 조사되었다.

【표 3.2.6】 강박스 거더 외부 기 점검 결과 비교

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀안전진단	비 고
도장박리	0.05㎡	0.10㎡	



【그림 3.2.3】 강박스 거더 외부 기 점검 결과 비교

③ 검토의견

- 도장 손상은 장기적으로 녹발생을 유발하여 단면감소 등의 위해한 영향을 미칠 수 있으므로 녹발생 손상부에 대해 녹제거 및 이물질 청소 후 재도장 실시가 바람직하다.

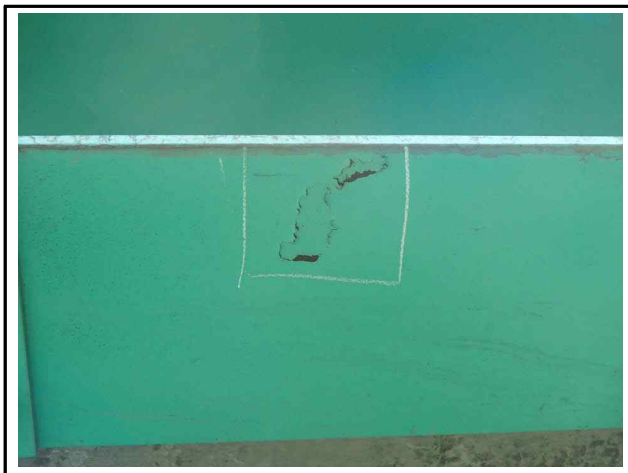
다. 가로보 및 세로보

① 외관조사 결과

- 가로보 및 세로보에 대해서는 강박스 거더 외부와 동일한 방법으로 외관조사를 실시하였으며, 외관조사 결과 전반적으로 양호하나 일부 개소에 시공적 요인과 환경적 요인 등 복합적 원인에 의해 도장박리/녹발생이 조사되었고, 시공후 마무리 미흡에 의한 폐콘크리트 퇴적 손상이 조사되었다.

【표 3.2.7】 가로보 및 세로보 외관조사 결과

구 분	도장박리/녹발생(㎡/개소)	폐콘크리트 퇴적(㎡/개소)
S1	-	-
S2	-	-
S3	0.20/3	0.10/1
합 계	0.20/3	0.10/1



도장박리/녹발생(S3)

캔틸레버부 세로보 패콘크리트 퇴적(S3)

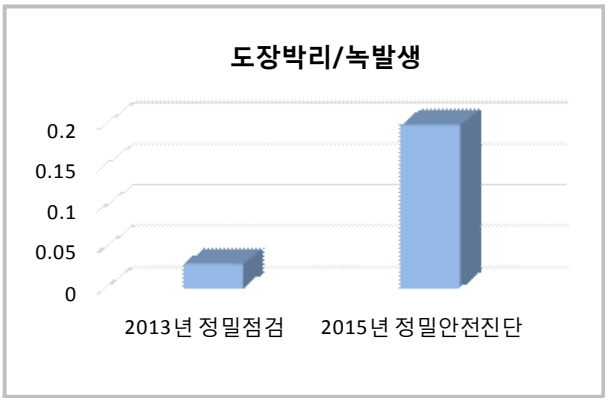
【사진 3.2.6】 가로보 및 세로보 손상현황

2) 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와 비교

- 가로보 및 세로보에 대하여 기 점검 결과를 토대로 주요 손상의 진전여부를 검토한 결과, 공용기간 증가에 의해 도장박리 및 녹발생 등의 손상이 다소 증가된 것으로 조사되었다.

【표 3.2.8】 가로보 및 세로보 기 점검 결과 비교

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀안전진단	비 고
도장박리/녹발생	0.03㎡	0.20㎡	



【그림 3.2.4】 가로보 및 세로보 기 점검결과 비교

③ 검토의견

- 도장 손상은 장기적으로 녹발생을 유발하여 단면감소 등의 위해한 영향을 미칠 수 있으므로 녹발생 손상부에 대해 녹제거 및 이물질 청소 후 재도장 실시가 바람직하며, 폐콘크리트 이물질 퇴적은 원활한 유지관리를 위해 제거 및 청소가 필요하다.

3.2.2 하부구조

가. 교대

1) 부재의 개요

- 삼랑진IC2교의 교대 형식은 교대 형식은 역T형이며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어져 있고, 교대에 대한 외관조사는 도보로 근접하여 조사를 실시하였다.

교대 전경(A1)

교대 전경(A2)

【사진 3.2.7】 교대 전경

2) 외관조사 결과

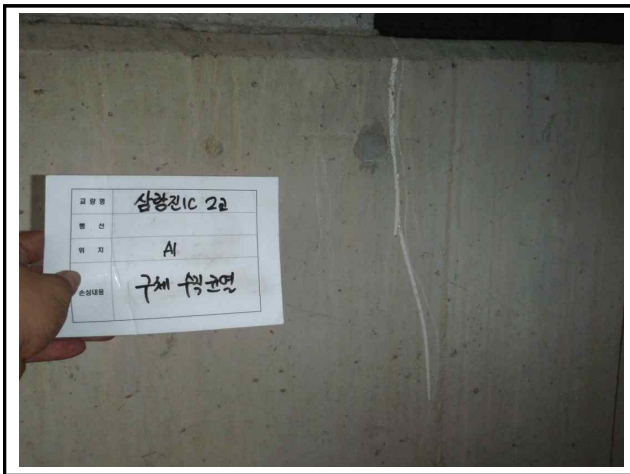
- 교대의 외관조사 결과, 대부분 보수가 이루어진 상태로 전반적으로 양호하나, 균열, 백태, 체수/누수오염(A2), 법면보호블럭 이격 및 침하, 점검계단 이격 및 상단부 공동 등의 손상이 조사되었다.
- 발생균열은 교좌면, 벽체에 발생된 0.2㎜이하의 수직균열로 온도 및 건조수축에 의한 비구조적 균열로 판단되며, 백태는 시공초기 발생한 표면부의 경미한 손상으로 조사되었다.
- 교대 A2에 발생된 체수/누수오염 손상은 장기 공용에 따른 신축이음 손상부 누수로 인해 발생된 손상으로 조사되었다.
- 법면보호블럭 이격 및 침하, 점검계단 이격 및 상단부 공동 등의 손상은 법면부 다짐 한계에 따른 지반침하에 의한 손상으로 조사되었다.

【표 3.2.9】교대 외관조사 결과

구 분	균열(0.2㎜이하) (m/개소)	균열(0.3㎜이상) (m/개소)	누수오염/백태 (㎡/개소)	체수(흔적) (㎡/개소)
A1	0.7/2	-	0.25/1	-
A2	1.7/2	2.0/2	2.15/3	0.50/1
합 계	**2.4/4**	**2.0/2**	**2.40/4**	**0.50/1**

【표 3.2.9】교대 외관조사 결과(계속)

구 분	보호블럭 이격(m/개소)	보호블럭 침하(㎡/개소)	점검계단 이격(m/개소)	점검계단 상단부 공동 (㎡/개소)
A1	1.8/1	-	-	-
A2	-	0.25/1	8.0/1	0.20/1
합 계	**1.8/1**	**0.25/1**	**8.0/1**	**0.20/1**



0.2㎜ 균열(A1 구체)

체수/누수오염(A2 교좌면)

【사진 3.2.8】교대 손상현황

법면보호블럭 이격(A1)	점검계단 상단부 공동(A2 점검계단부)

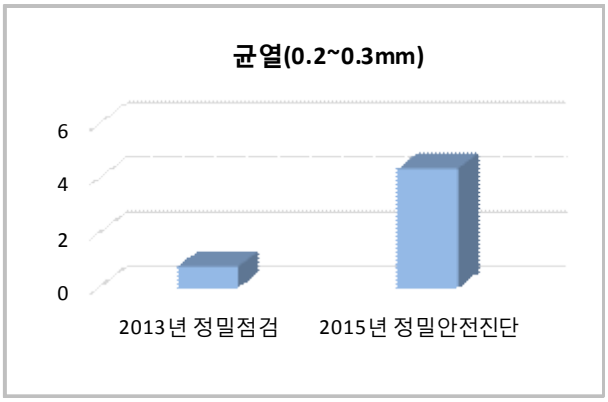
【사진 3.2.8】교대 손상현황(계속)

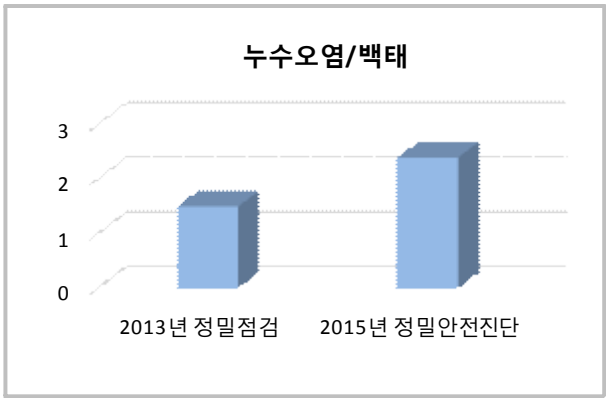
3) 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와 비교

- 교대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 주요 손상의 진전여부를 검토한 결과, 시공초기 발생된 것으로 판단되는 수직균열이 추가로 조사되었고, 신축이음부 누수(A2)에 의한 누수오염/백태가 다소 증가된 것으로 조사되었다.

【표 3.2.10】교대 기 점검 결과 비교

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀안전진단	비 고
균열(0.2~0.3㎜)	0.8m	4.4m	
누수오염/백태	1.50㎡	2.40㎡	





【그림 3.2.5】교대 기 점검 결과 비교

4) 검토의견

- 조사된 균열, 백태 손상은 손상정도가 경미하나 내구성 및 미관을 고려하여 표면처리가 바람직하며, 체수/누수오염은 상부 신축이음부를 통한 누수에 의해 발생된 손상으로 하부구조 열화방지를 위해 신축이음 교체가 필요하다.
- 점검계단 및 법면보호블럭 구간에 발생된 손상은 지반침하에 의한 손상으로 손상정도가 경미하여 주의관찰이 바람직하며, 점검계단부의 공동은 장기 공용시 우수침투에 의해 유로형성 및 유실 가능성이 있어 공동부에 대한 채움 실시가 바람직하다.

나. 교각

1) 부재의 개요

- 삼랑진IC2교의 교각 형식은 T형이며, 기초는 직접기초로 시공되어 있고 교각에 대한 외관조사는 도보 및 교량점검차를 이용하여 근접 조사를 실시하였다

교각 전경

【사진 3.2.9】 교각 전경

2) 외관조사 결과

- 교각의 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 일부 구간에 망상균열, 0.3㎜이하의 균열은 균열 폭 및 발생 형태 등을 고려할 때 비구조적 균열로 판단된다.

【표 3.2.11】 교각 외관조사 결과

구 분	균열(0.2㎜이하),(m/개소)	균열(0.3㎜이상),(m/개소)	망상균열(㎡/개소)
P1	15.3/12	1.0/1	18.80/3
P2	35.3/28	2.0/2	5.76/2
합 계	**50.6/40**	**3.0/3**	**24.56/5**

0.3㎜이하 균열(P1 코핑부)

망상균열(P2 코핑부

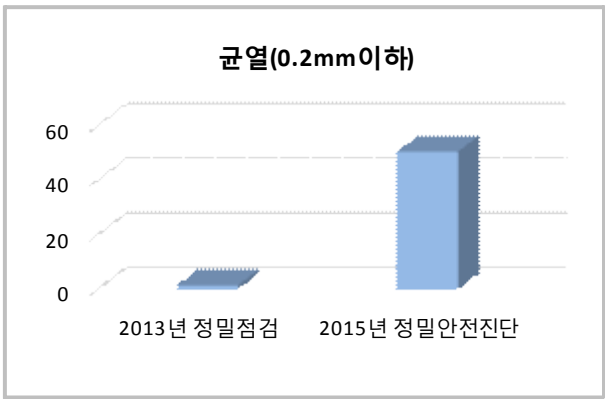
【사진 3.2.10】 교각 손상현황

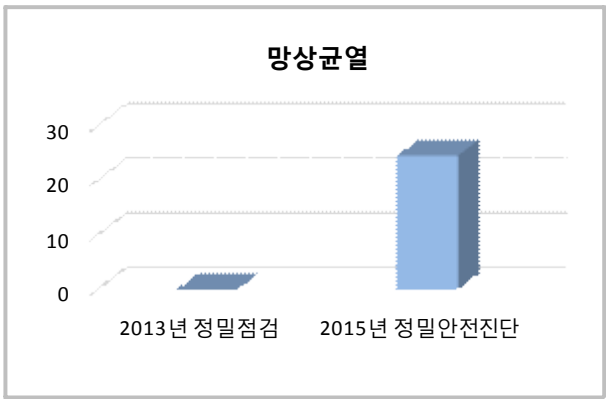
3) 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와 비교

- 교각에 대하여 기 점검 결과를 토대로 주요 손상의 진전여부를 검토한 결과, 시공초기 발생된 것으로 판단되는 0.2㎜이하 미세균열 및 망상균열이 추가로 조사되었다.

【표 3.2.12】 교각 기 점검 결과 비교

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀안전진단	비 고
균열(0.2㎜이하)	1.5m	50.6m	
망상균열	-	24.56㎡	





【그림 3.2.6】 교각 기 점검 결과 비교

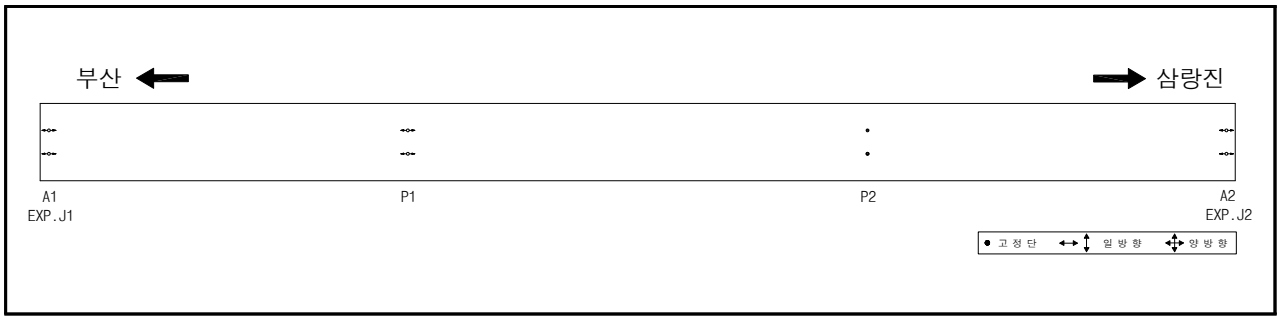
4) 검토의견

- 조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 0.3㎜이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.2㎜이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하다.

3.2.3 교량받침

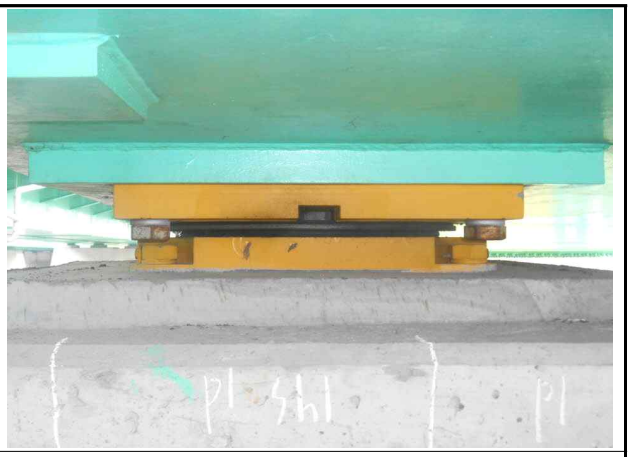
가. 부재의 개요

- 본 교량의 교량받침은 포트받침으로 교대부에 2개소, 교각부에 2개소가 설치되어 총 8개소가 설치되어 있으며, 고정받침은 P1에 설치되어 있다.



【그림 3.2.7】 교량받침 배치도

포트받침(고정단) 전경



포트받침(일방향) 전경

【사진 3.2.11】 교량받침 전경

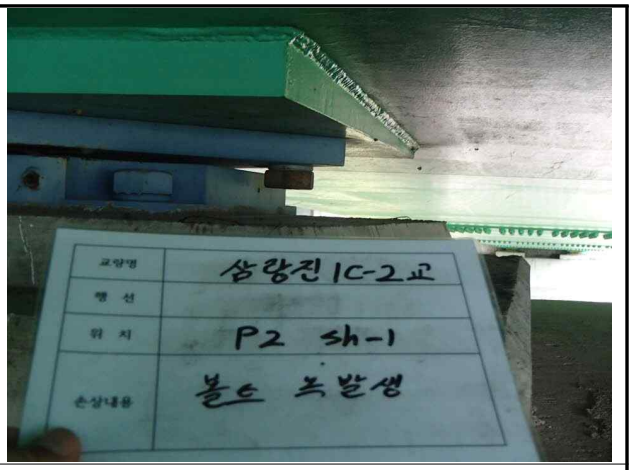
나. 외관조사 결과

- 교량 받침장치는 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고, 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재이며, 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 시행하였으며, 그 결과는 다음 【표 3.2.13】과 같다.
- 받침장치의 외관조사 결과, 받침Plate 녹발생, 볼트 녹발생, 받침 몰탈 균열, 받침 콘크리트 균열 및 재료분리 등의 손상이 조사되었으나, 받침 가동에 유해한 영향을 미칠만한 손상은 확인되지 않았다.

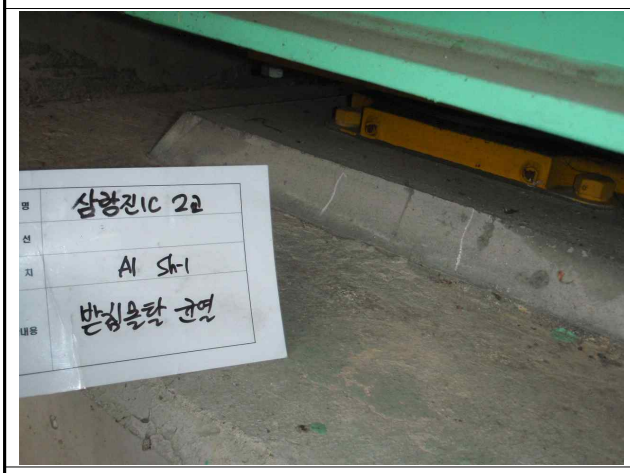
【표 3.2.13】교량받침 외관조사 결과

구 분	받침Plate 녹발생(개소)	받침장치 볼트 녹발생(개소)	받침 몰탈 균열 (0.2㎜이하)(m/개소)	받침콘크리트 균열 (0.2㎜이하)(m/개소)	받침콘크리트 재료분리(㎡/개소)
A1	1	-	0.2/1	-	-
P1	-	-	-	0.8/4	0.03/1
P2	1	2	0.8/8	3.0/15	-
A2	-	4	-	0.6/2	-
합 계	2	6	1.0/9	4.4/21	0.03/1

받침 Plate 녹발생(A1-Sh1)



받침장치 볼트 녹발생(P2-Sh1)



받침 몰탈 0.3㎜미만 균열(A1-Sh1)

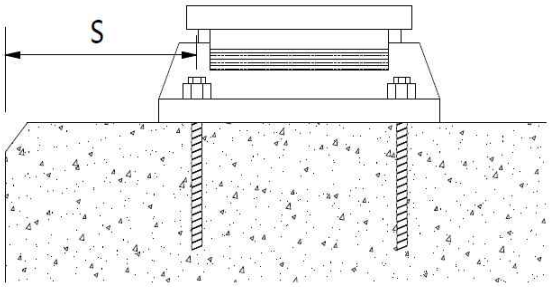
받침 콘크리트 0.3㎜미만 균열(P2-Sh1)

【사진 3.2.12】교량받침 손상현황

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(2010, 국토해양부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



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

【그림 3.2.8】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

1) 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×40.0 = 400.0(㎜)
- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450.0(㎜)

2) 연단거리 측정 결과

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

연단거리 측정 전경(A1교대)

연단거리 측정 전경(A2교대)

연단거리 측정 전경(교각)

【사진 3.2.13】 연단거리 측정 전경

【표 3.2.14】 연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		400	520	530	O.K
P1	A1측	400	1055	1040	O.K
	A2측	450	1080	1080	O.K
P2	A1측	450	1000	1000	O.K
	A2측	400	1000	1000	O.K
A2		400	550	550	O.K

라. 교량받침 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 교량받침은 포트받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 교량받침의 이동량은 2회(1차 : 23.4℃(8월29일), 2차 : 15.0℃(10월15일))에 걸쳐 측정하였으며, 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, 전반적으로 이론 변동량과 유사한 것으로 측정되어 본 교량에 설치된 받침장치의 가동상태는 양호한 것으로 판단된다.

【표 3.2.15】 교량받침 가동상태 검토결과

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	Sh1	15.0 (A1)	10.0 (A1)	-5.0	-9.1	
	Sh2	15.0 (A1)	10.0 (A1)	-5.0		
P1	Sh1	0.0 -	-2.0 (A2)	-2.0	-5.0	
	Sh2	0.0 -	-2.0 (A2)	-2.0		
P2						
A2	Sh1	10.0 (A2)	7.0 (A2)	-3.0	-4.0	
	Sh2	10.0 (A2)	7.0 (A2)	-3.0		

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

- 교량받침의 가동여유량을 검토한 결과, 설계기준온도에 따른 하절기 최대 신장여유량 및 동절기 최대 신축여유량을 받침장치 모두 충분히 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.2.16】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	-33.4℃	16.6℃	1.2×10^-5	90	-36.1	17.9	0	-36.1	17.9
P1	-33.4℃	16.6℃	1.2×10^-5	50	-20	10	0	-20	10
P2	고정단								
A2	-33.4℃	16.6℃	1.2×10^-5	40	-16	8	0	-16	8

1) 조사당시 온도 : 23.4℃(조사일 : 2015년 8월 29일, 평균온도)
2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)
3) (+)값 신장량, (-)값 수축량

【표 3.2.17】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

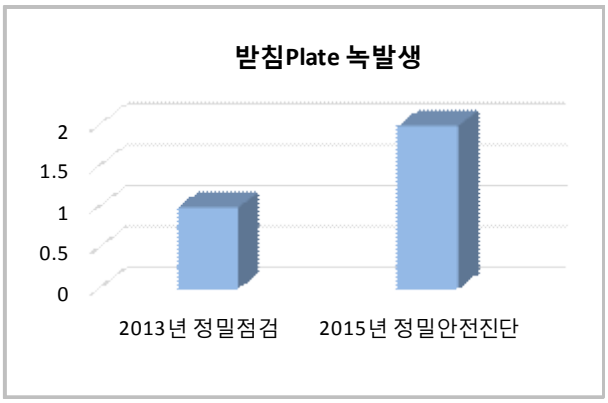
구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		허용이동량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	15.0 (A1)	-36.1	17.9	-65.0	35.0	±50	O.K
	Sh2	15.0 (A1)			-65.0	35.0	±50	O.K
P1	Sh1	0.0 -	-20.0	10.0	-50.0	50.0	±50	O.K
	Sh2	0.0 -			-50.0	50.0	±50	O.K
P2		고정단						
A2	Sh1	10.0 (A2)	-16.0	8.0	-60.0	40.0	±50	O.K
	Sh2	10.0 (A2)			-60.0	40.0	±50	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

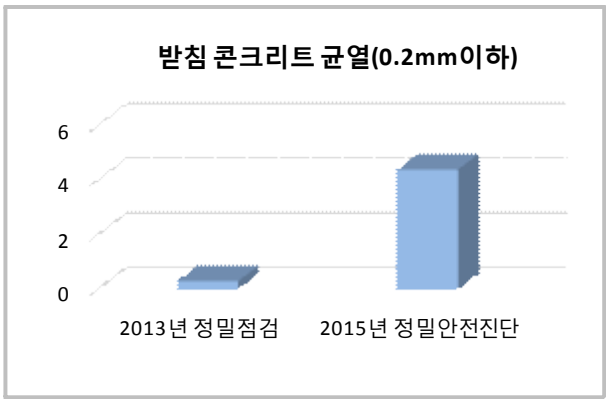
마. 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와 비교

- 교량받침부에 대하여 기 점검 결과를 토대로 주요 손상의 진전여부를 검토한 결과, 공용기간 증가에 의해 받침Plate 녹발생이 증가된 것으로 조사되었으며, 시공초기 발생된 것으로 판단되는 0.2㎜이하의 받침콘크리트 균열이 추가로 조사되었다.

【표 3.2.18】 교량받침 기 점검 결과 비교

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀안전진단	비 고
받침Plate 녹발생	1개소	2개소	
받침 콘크리트 균열(0.2㎜이하)	0.3m	4.4m	





【그림 3.2.9】 교량받침 기 점검 결과 비교

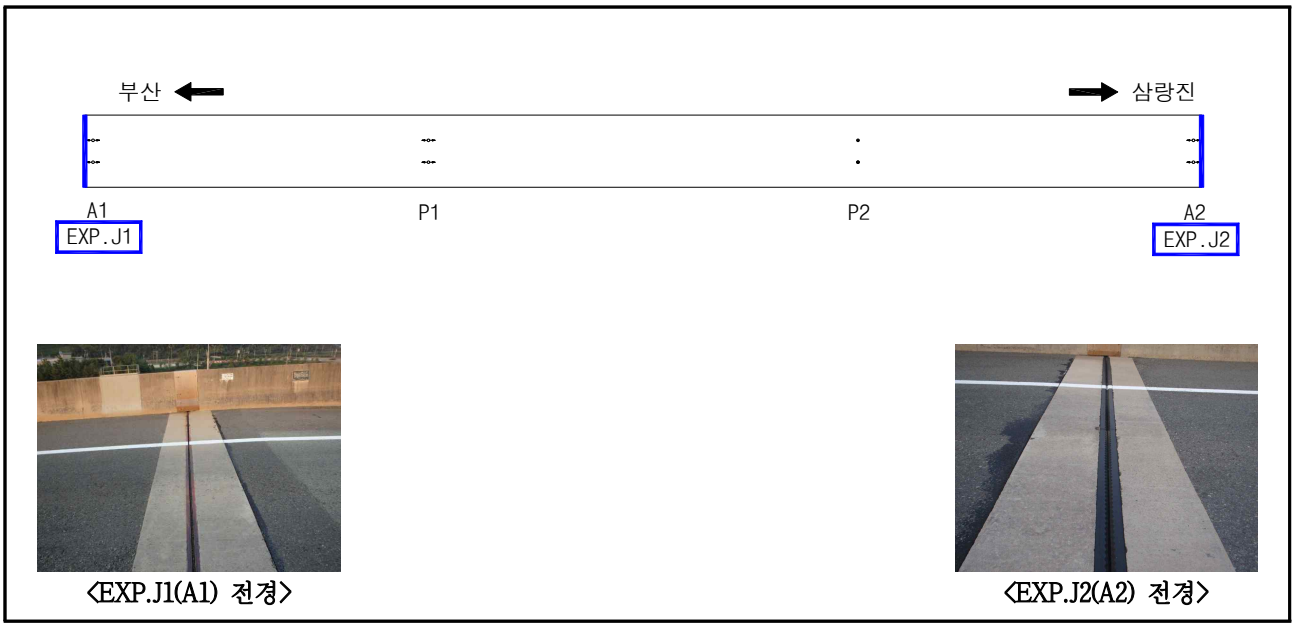
바. 검토의견

- 받침장치Plate 녹발생, 볼트 녹발생은 공용기간 증가에 따른 손상으로 내구성 및 건전성 확보를 위해 재도장 실시가 필요하며, 받침 몰탈 및 받침 콘크리트 균열은 온도 및 건조수축에 의한 0.2㎜이하 균열로 표면처리가 바람직하다.
- 받침콘크리트 재료분리는 시공미흡에 의한 손상으로 공용증가에 따른 손상확대가 우려되므로 단면보수가 필요하다.

3.2.4 신축이음장치

가. 부재의 개요

- 신축이음장치는 3경간 연속교로 A1, A2에 설치되어 있으며 전 개소에 Monocell Joint가 시공되어져 있다.



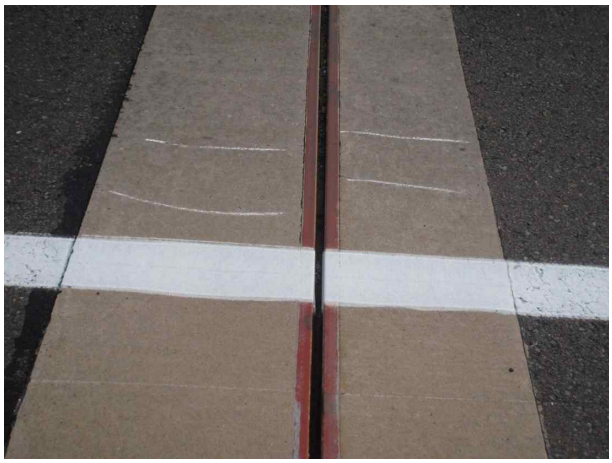
【그림 3.2.10】신축이음장치 전경 및 배치도

나. 외관조사 결과

- 신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 전반적으로 신축거동은 원활하나 신축이음 본체 유간부 토사퇴적, 차수판 앵커볼트 탈락, 후타재 균열(0.2㎜이하) 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.2.19】 신축이음장치 외관조사 결과

위 치	구 분	손상내용	비고
A1	Rail Joint (No.160)	■ 신축이음 본체 유간부 토사퇴적(L=7.0m) ■ 후타재 균열(0.2㎜이하, L=10.0m)	
A2	Rail Joint (No.80)	■ 신축이음장치 누수(L=8.50m) ■ 신축이음 본체 유간부 토사퇴적(L=2.0m) ■ 차수판 앵커볼트 탈락(1개소) ■ 후타재 균열(0.2㎜이하, L=7.5m)	



0.2㎜ 후타재 균열(A1)

유간부 이물질퇴적(A2)

차수판 앵커볼트 탈락

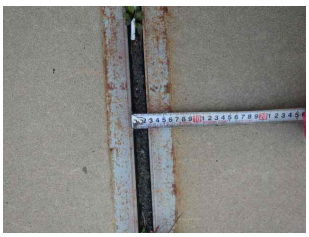
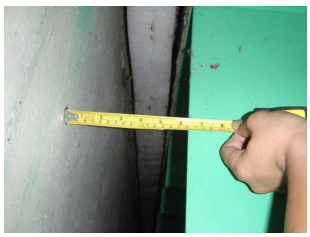
신축이음부 누수발생(A2)

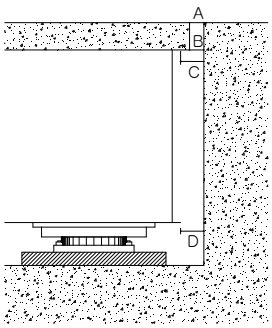
【사진 3.2.14】 신축이음장치 손상현황

다. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차 : 23.4℃(8월29일), 2차 : 15.0℃(10월15일)에 걸쳐 신축이음장치, 바닥판 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.

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



< 측정 개요도 >

【사진 3.2.15】 신축이음 유간 측정방법

【표 3.2.20】 신축이음 유간 측정결과

측정위치	측 정 값(㎜)								비 고
	신축이음장치(A)		바닥판(B)		거더 상부(C)		거더 하부(D)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1(A1)	18	25	155	160	155	160	145	149	Rail Joint(No.160)
EXP.J2(A2)	8	12	92	95	117	120	107	110	Rail Joint(No.80)

- 8월(23.4℃)과 10월(15.0℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 교량의 신축거동상태는 양호한 것으로 판단된다.

【표 3.2.21】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과

측정위치		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	18.0	25.0	-7.0	-9.1	
	바닥판 단부	155.0	160.0	-5.0		
EXP.J2(A2)	신축이음장치	8.0	12.0	-4.0	-4.0	
	바닥판 단부	92.0	95.0	-3.0		

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

- 금회 신축이음 유간을 검토한 결과, 신축이음 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었다.

【표 3.2.22】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이(L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1 (A1)	-33.4℃	16.6℃	1.2×10^-5	90	-36.1	17.9	0	-36.1	17.9
EXP.J2 (A2)	-33.4℃	16.6℃	1.2×10^-5	40	-16	8	0	-16	8

1) 조사당시 온도 : 23.4℃(조사일 : 2015년 8월 29일, 평균온도, 지점 : 밀양)
2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)
3) 활하중에 의한 거더의 처짐 이동량 : 신축장 100m 이상인 경우 동절기 최대 수축시 적용(도로설계요령, 2009)
4) (+)값 신장량, (-)값 수축량

【표 3.2.23】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 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	-36.1	17.9	18	160	105.9	0.1	O.K
	바닥판 단부	-36.1	17.9	155	160	-	137.1	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음장치	-16	8	8	80	56	0	O.K
	바닥판 단부	-16	8	92	80	-	84	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

다. 검토 결과

- 후타재에 발생된 0.2㎜이하 균열은 급속시공 및 조기차량 통행 등 제한적 시공여건에 의해 발생된 손상으로 손상정도가 경미하여 주의관찰이 바람직하고, 유간부 토사퇴적은 신축거동 제한으로 구조물에 영향을 미칠 수 있어 주기적인 청소가 바람직하다.
- 차수판은 방호벽의 신축이음 유간부를 통해 교량 하부로 우수가 유입되는 것을 방지하기 위해 설치하는 시설물로 점검시 지속적인 바람 및 차량진동, 시공미흡 등에 의해 앵커볼트 탈락이 조사되어 차수판의 건전성 확보를 위해 앵커볼트 재설치가 바람직하다.
- A2 신축이음부 누수는 흡음재 설치로 인해 정확한 누수 위치를 확인할 수 없으나, 유지보수 이력조사 결과 보수이력이 없고 10년 정도 공용된 점을 고려할 때, 신축이음장치 교체로 구조물의 건전성을 확보하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

3.2.5 교면포장

가. 부재의 개요

- 본 교량의 교면은 아스팔트로 포장되어 있으며, 총 1차로로 이루어져 있고 외측에 폭 2.5m의 갓길이 위치하고 있다.

교면포장 전경

【사진 3.2.16】교면포장 전경

나. 외관조사 결과

- 교면포장에 대한 외관조사 결과, 패임, 라벨링, 접속부 이격 등의 손상이 조사되었다.
- 포장부의 라벨링, 아스콘 패임은 포장시공시 차량 통행에 따른 제한적 시공여건, 고속도로의 빈번한 중차량 통행, 공용기간 증가에 따른 마모 등 여러 복합적인 원인에 의해 일반적으로 발생되는 손상으로 주행차량의 주행성을 크게 저해할 만한 손상은 조사되지 않았다.

- 접속부 이격은 포장시공시 신축이음 후타재 접속부의 마감시공 미흡에 의한 손상으로 조사되었다.

【표 3.2.24】교면포장 외관조사 결과

구 분	라벨링(㎡/개소)	아스콘 패임(㎡/개소)	포장/후타재 접속부 이격(m/개소)
S1	12.00/1	-	8.0/1
S2	18.00/2	0.04/1	-
S3	-	-	2.5/1
합 계	30.00/3	0.04/1	10.5/2

ASP 라벨링(S1)

ASP 패임(S2)

【사진 3.2.17】교면포장 손상현황

다. 검토 의견

- 본 교량의 교면포장은 주기적인 보수작업으로 주행성을 크게 저해할 만한 손상은 조사되지 않았으나, 점검시 발생된 손상은 차량하중 작용으로 손상확대가 우려되고 포장층내 우수 침투로 구조물의 내구성 저하를 유발할 수 있어 패임은 손상정도가 경미하나 손상확대 및 주행성을 고려하여 보수 실시가 바람직하며, 라벨링 손상은 손상확대 여부를 관찰하고 포장 보수 계획 수립 후 적절한 시기에 보수 실시가 바람직하다.

3.2.6 기타부재

가. 배수시설

1) 부재의 개요

- 삼랑진IC2교는 도로횡단 교량으로 직선구간에 위치하여 우측 캔틸레버에 배수구가 위치하고 있으며, 총 14개가 설치되어 있다. 배수관의 설치형태는 하부에 도로가 위치하여 전 구간이 육교용으로 설치되어 있다.

- 배수시설에 대한 외관조사 결과, 배수구 막힘 및 배수관 탈락, 배수관 설치불량 등의 손상이 발생하지 않은 양호한 상태로 조사되었다.
- 배수구 막힘은 체수를 유발하여 차량사고의 위험이 있고 교량의 내구성 저하를 유발하므로 원활한 배수처리를 위해 배수구 이물질 제거 및 주기적인 청소가 바람직하며, 배수관은 건전성이 유지되도록 지속적인 유지관리가 필요하다.

배수구 전경	배수관 전경

【사진 3.2.18】 배수구 및 배수관 전경

나. 난간 및 연석(방호벽)

1) 부재의 개요

- 대상교량은 분리형 교량으로 슬래브 단부 양측에 철근콘크리트 방호벽이 설치되어 있다.

차량방호벽 전경(1)	차량방호벽 전경(2)

【사진 3.2.19】 방호벽 전경

2) 외관조사 결과

- 방호벽에 대한 외관조사 결과, 일부 구간에 수직균열, 균열부 백태 등이 발생된 것으로 조사되었다.
- 방호벽의 발생균열은 대부분 온도 및 건조수축에 의한 수직균열과 일부 균열부에 백태가 발생되었으나, 교량의 안전성이 미치는 영향은 없는 상태로 조사되었다.

【표 3.2.25】 방호벽 외관조사 결과

구 분	균열(0.2㎜이하)(m/개소)	균열(0.3㎜이상)(m/개소)	균열/백태(m/개소)
S1	3.3/2	-	4.8/2
S2	8.5/4	-	-
S3	1.5/1	0.8/1	3.6/1
합 계	**13.3/7**	**0.8/1**	**8.4/3**

방호벽 균열부 백태(S1)

방호벽 균열부 백태(S3)

【사진 3.2.20】 방호벽 손상현황

3) 검토 의견

- 방호벽은 사고시 차량의 낙하 방지를 위해 설치된 시설물로 기능 및 내구성 확보를 위해 0.3㎜이상 균열 및 균열부 백태 손상은 주입보수, 0.2㎜이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하다.

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(2010. 12, 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 3.3.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	3	4	3	4	동일부위 시험
초음파 전달속도시험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	3	4	3	4	
철근탐사 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	3	4	3	4	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 4~6개소[1)] • 5경간 이상: 6~9개소[2)]		4 ~ 6		3	3	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상[3)]		3		2	2	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		-		0	3	Cw=0.3㎜이상 균열

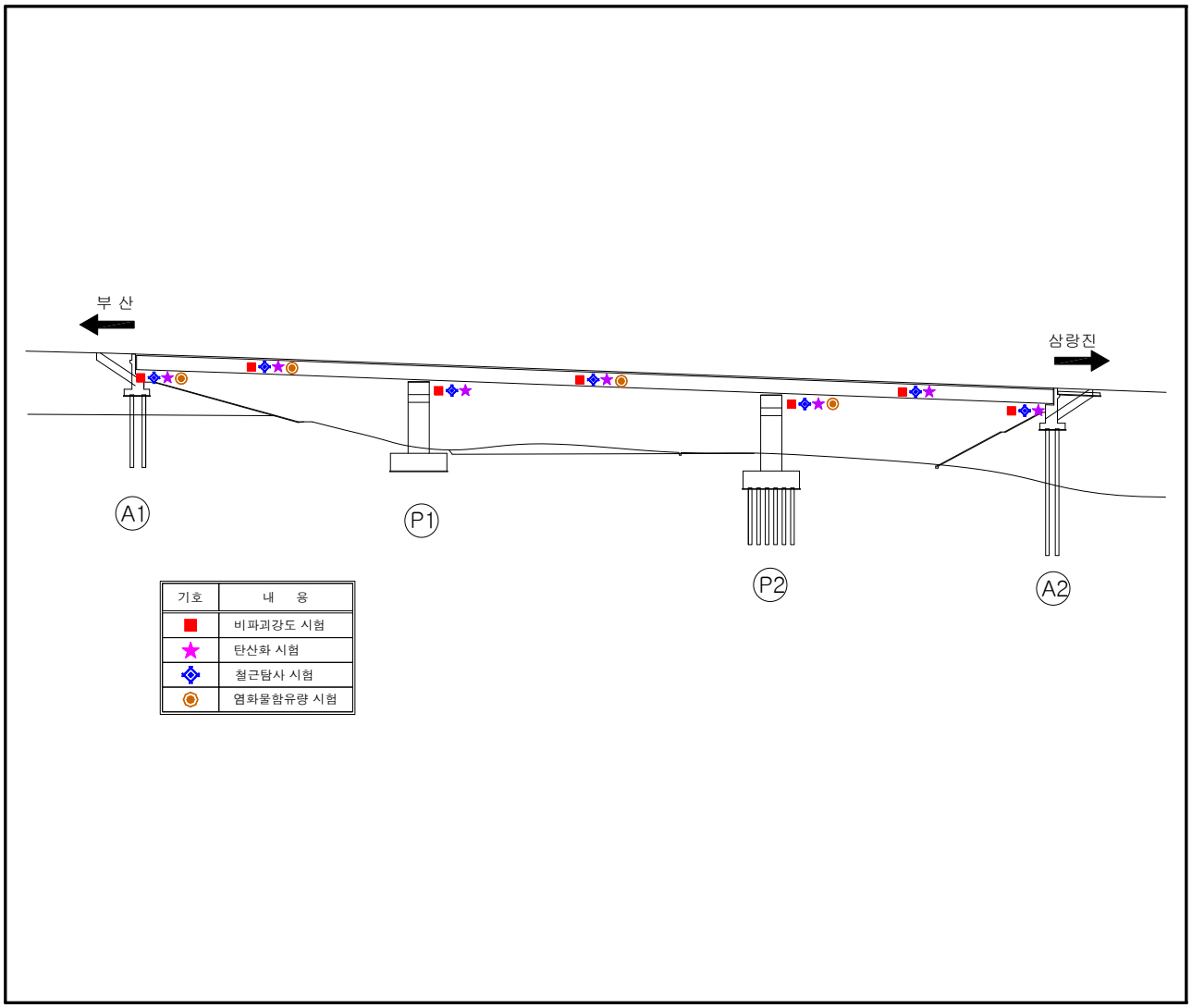
주1) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시
주2) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 3개소 이상 실시
주3) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
※ 직선보간에 의한 연장조정비 : 300m 미만 → 100% 적용 (삼랑진IC2교(대구) : L=130m → 100%적용)

2) 조사 사진

반발경도시험	초음파전달속도시험	탄산화 깊이 측정	철근탐사시험

【사진 3.3.1】 콘크리트 내구성조사 전경

3) 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.3.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

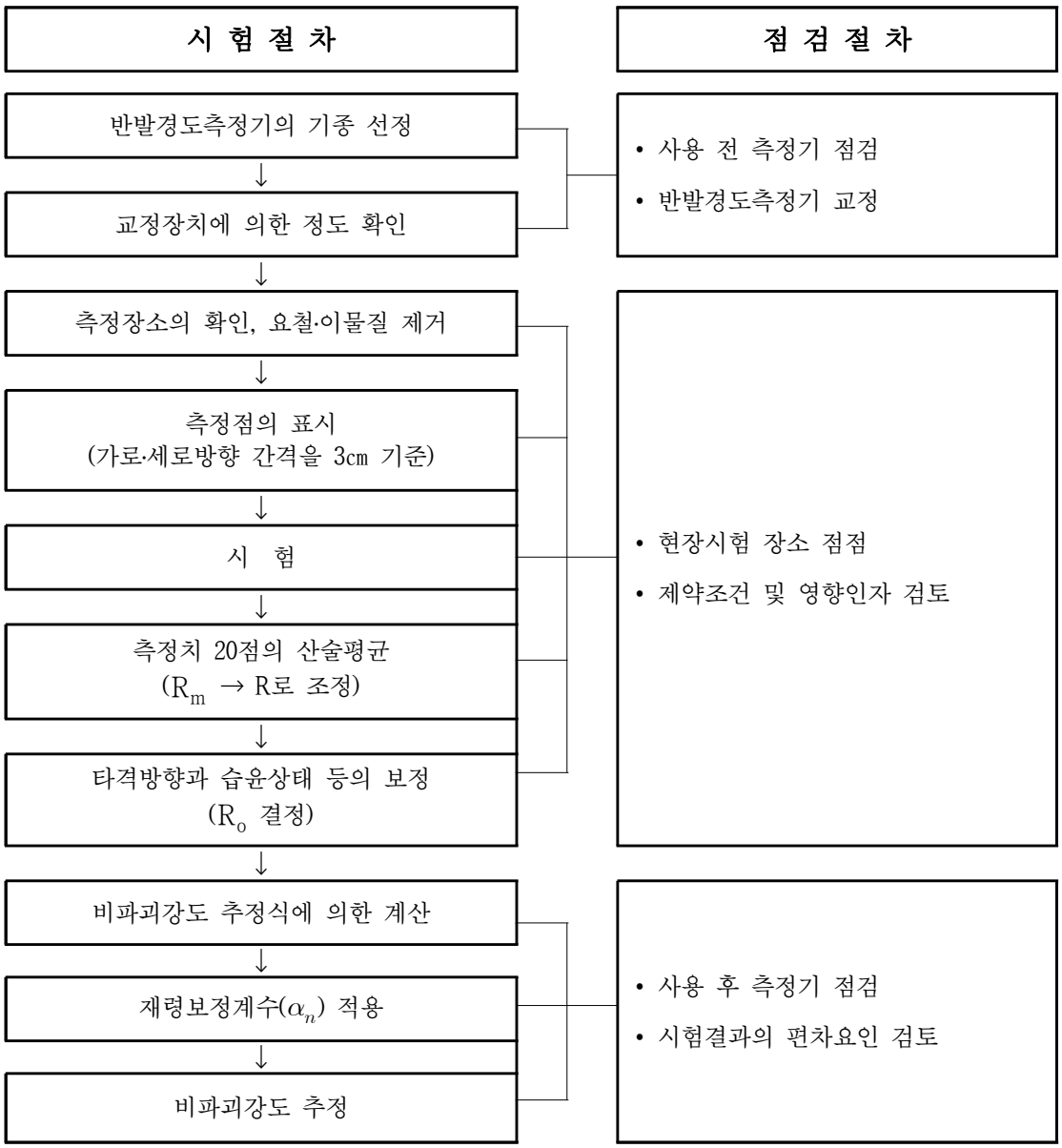
3.3.2 시험내용 및 평가기준

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 3.3.2】 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 3.3.2】 보정반발경도(Ro)

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

여기서, R : 반발경도

ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

㉠ 타격방향에 따른 보정값(ΔR_1)

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

⇒ 하향 타격(-90°)의 경우 : (+)값으로 보정

상향 타격(+90°)의 경우 : (-)값으로 보정

R \ α	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 3.3.3】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

구 분		추 정 식(MPa)	비 고
보통 콘크리트	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【표 3.3.4】과 같으며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

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

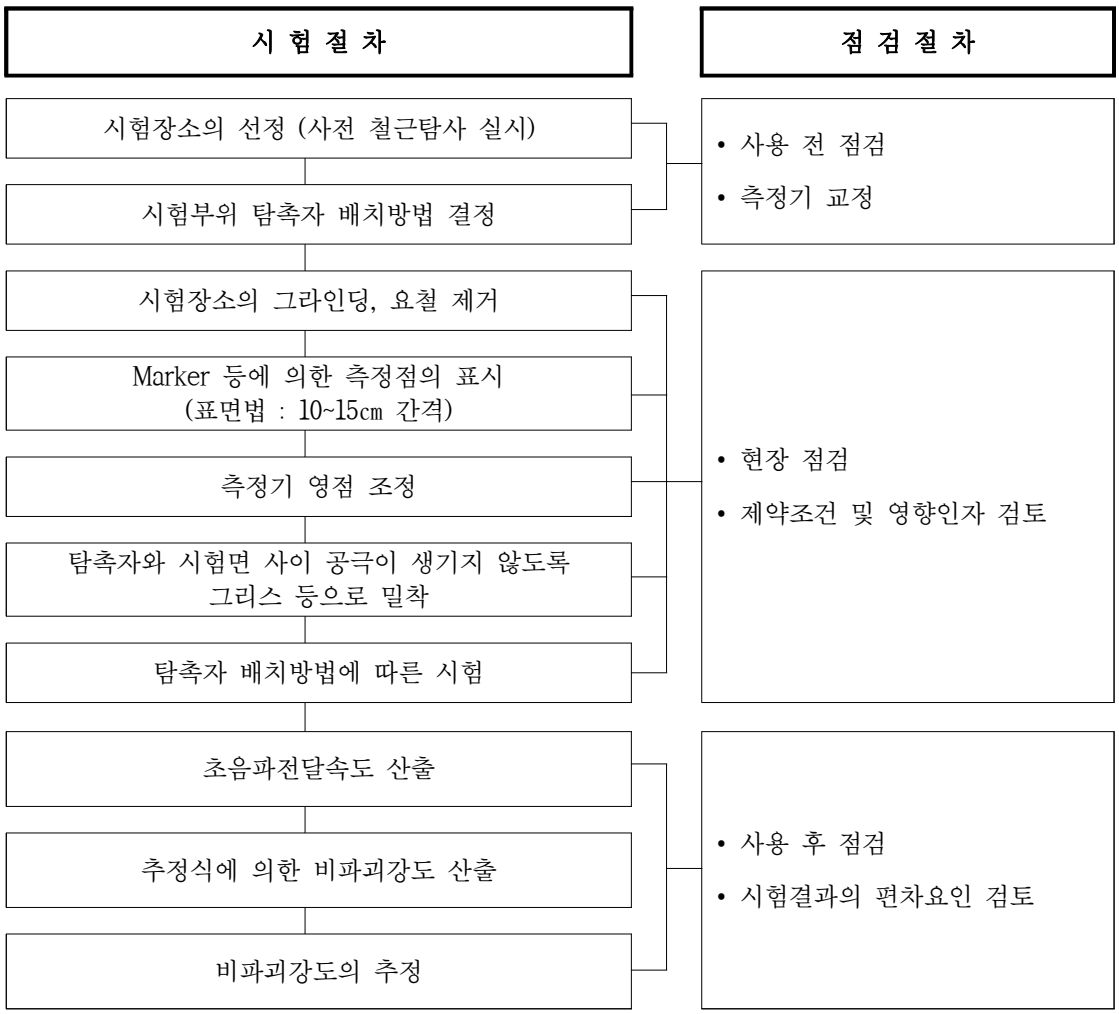
【표 3.3.4】 재령계수 α값

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

2) 초음파전달속도시험

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

① 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차



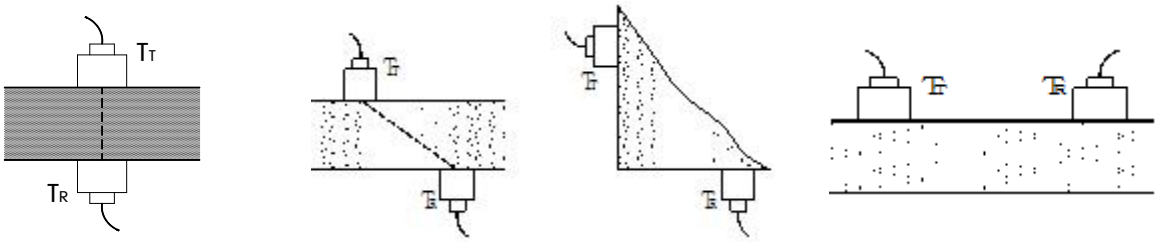
【그림 3.3.3】 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

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 3.3.4】초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$V_d \approx 1.05 V_i$

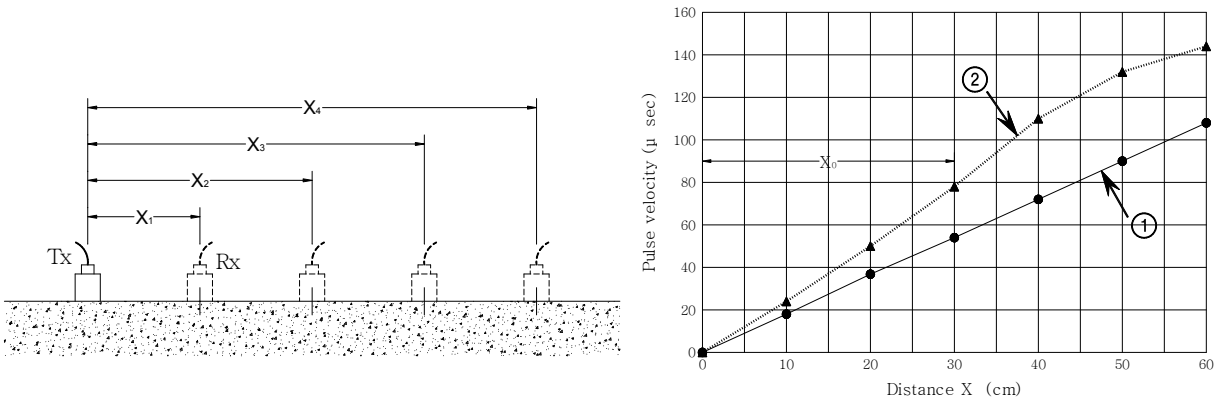
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

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 3.3.5】표면법에 의한 초음파전달속도의 측정

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

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

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

③ 비파괴강도의 추정

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

【표 3.3.5】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험)

구 분		추 정 식(㎫)	비 고
보통 콘크리트	일본건축학회	$F_c = (215\,V_d - 620) \times 0.098$	금회 적용(식③)
	일본재료학회	$F_c = (102\,V_d - 117) \times 0.098$	금회 적용(식④)
	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(㎞/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 3.3.6】에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

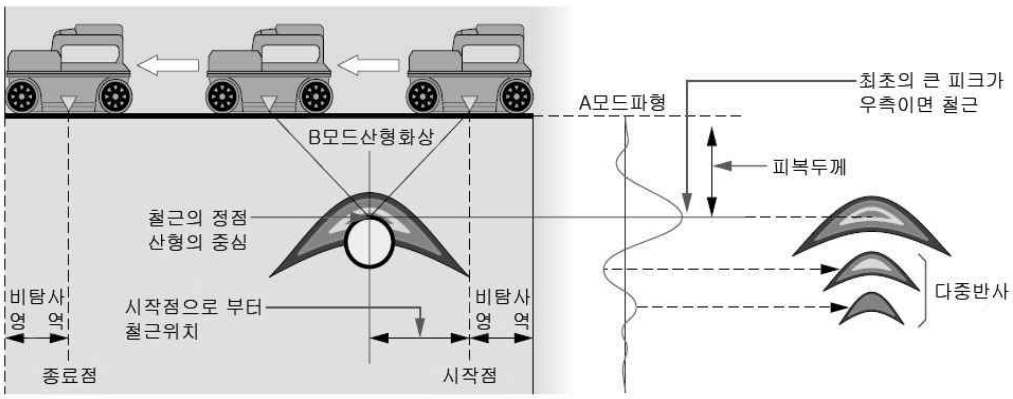
$$V = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (m/sec)$$

여기서, C : 진공 중에서 전자파의 속도(3×10^8 m/sec)

ε_r : 콘크리트의 상대유전율(6~10)

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

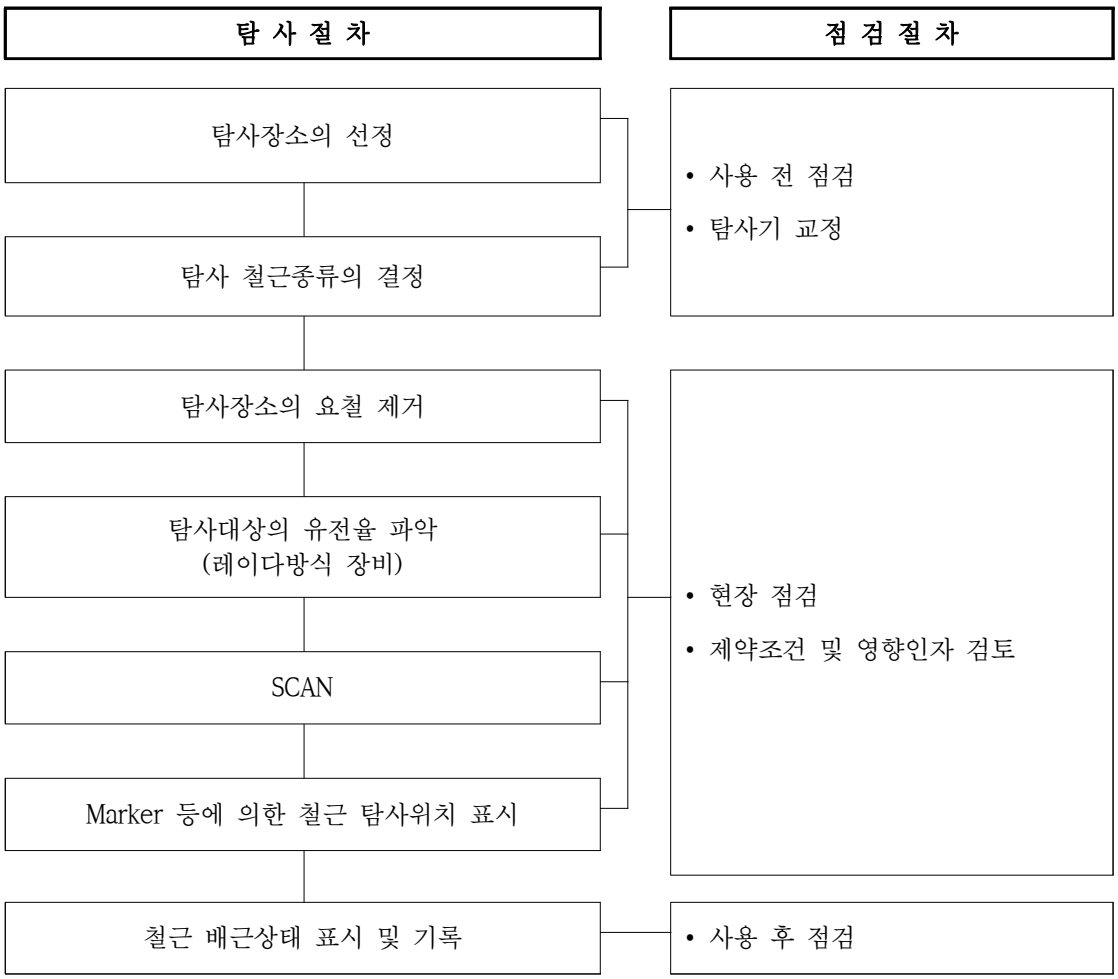
$$D = \frac{1}{2} V T \quad (m)$$



【그림 3.3.6】 철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

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



【그림 3.3.7】 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

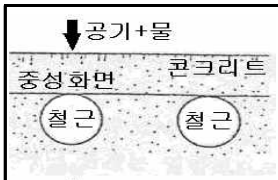
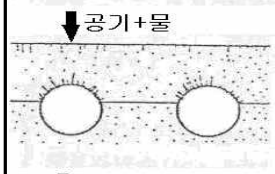
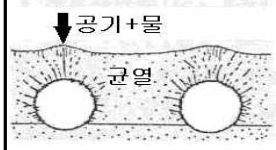
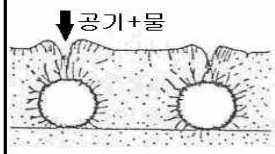
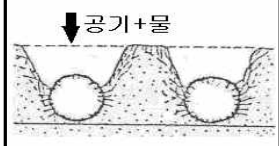
1) 개 요

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 3.3.8】 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 3.3.6】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

구분	영향인자	탄산화 속도
내적 요인	시멘트의 종류	• 수화반응이 느릴수록 탄산화 속도가 빠름 • 조강 포틀랜드시멘트 < 보통 포틀랜드시멘트 < 중용열 포틀랜드시멘트
	골재의 종류	• 투기성이 큰 골재일수록 탄산화 속도가 빠름
	계면활성제 종류	• 동일 물-시멘트비, 동일 슬럼프라면 탄산화 속도와 무관함
	압축강도	• 압축강도가 낮을수록 탄산화 속도가 빠름
	물-시멘트비	• 물-시멘트비가 증가하면 탄산화 속도가 빠름

【표 3.3.6】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인(계속)

구분	영향인자	탄산화 속도
내적 요인	시공 정밀도	• 다짐이 불충분할수록 탄산화 속도가 빠름
	콘크리트 결함부	• 균열부위, 이음부, 손상부위 등에서 탄산화 속도가 빠름
외적 요인	온도	• 온도 상승시 탄산화 속도가 빠름 • 20~50 ° C 사이에서는 영향이 크지 않음
	이산화탄소 농도	• 농도가 클수록 탄산화 속도가 빠름 • 탄산가스 농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼
	습도	• 상대습도 50~70% 에서 탄산화 속도가 최대
	실내, 실외	• 실내의 탄산화 속도가 빠름

3) 탄산화깊이의 측정

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

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

4) 탄산화를 고려한 잔존수명 예측

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

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

여기서, C : 탄산화깊이(㎜)

A : 탄산화 속도계수(㎜/ $\sqrt{년}$)

t : 재령(년)

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

수명예측(년) = (철근피복 / 탄산화 속도계수)^2

잔존수명예측(년) = 수명예측년수 - 경과년수

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.3.7】 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 3.3.8】 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(2010. 12)

【표 3.3.9】 염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12))

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

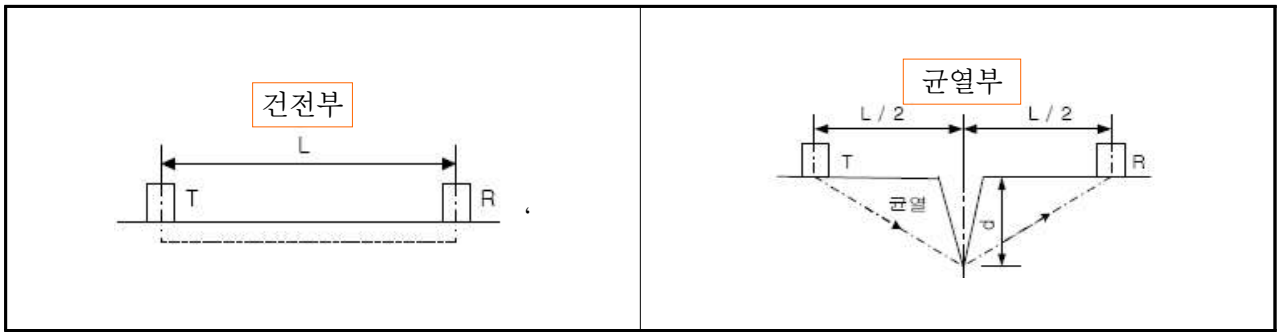
마. 균열깊이 조사

콘크리트 표면의 균열깊이는 일반적으로 T_c-T_o법으로 구한다.

T_c-T_o법은 콘크리트 부재의 균열부와 건전부에서 아래【그림 3.3.9】과 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.

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



【그림 3.3.9】Tc-To법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법

3.3.3 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

삼랑진IC2교의 콘크리트 비파괴강도시험은 반발경도법 및 초음파속도법를 이용하여 상부구조 3개소, 하부구조 4개소 등 총 7개소의 비파괴강도 시험을 실시하였으며, 측정결과는 다음과 같다.

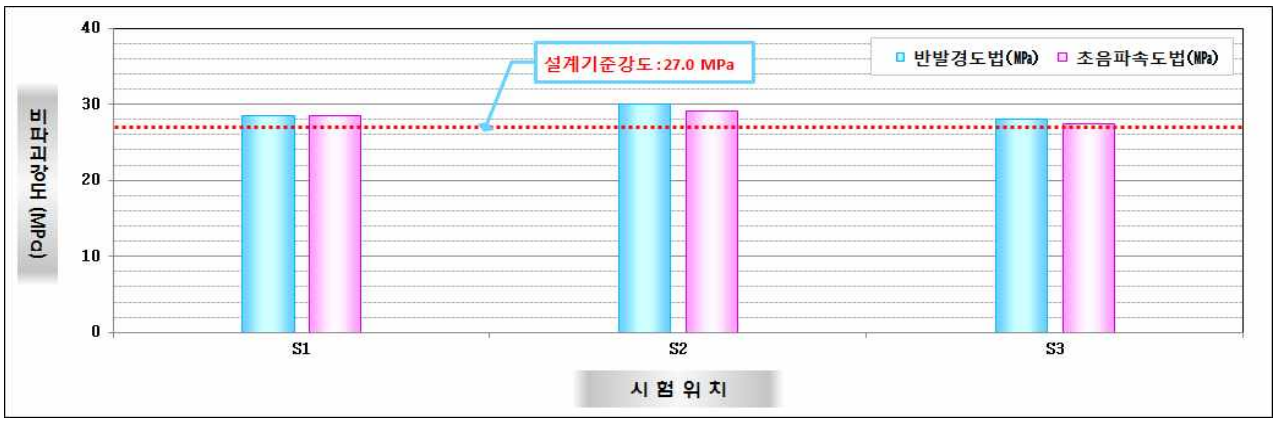
1) 비파괴강도 시험결과

【표 3.3.10】 상부구조(바닥판하면) 비파괴강도 시험결과

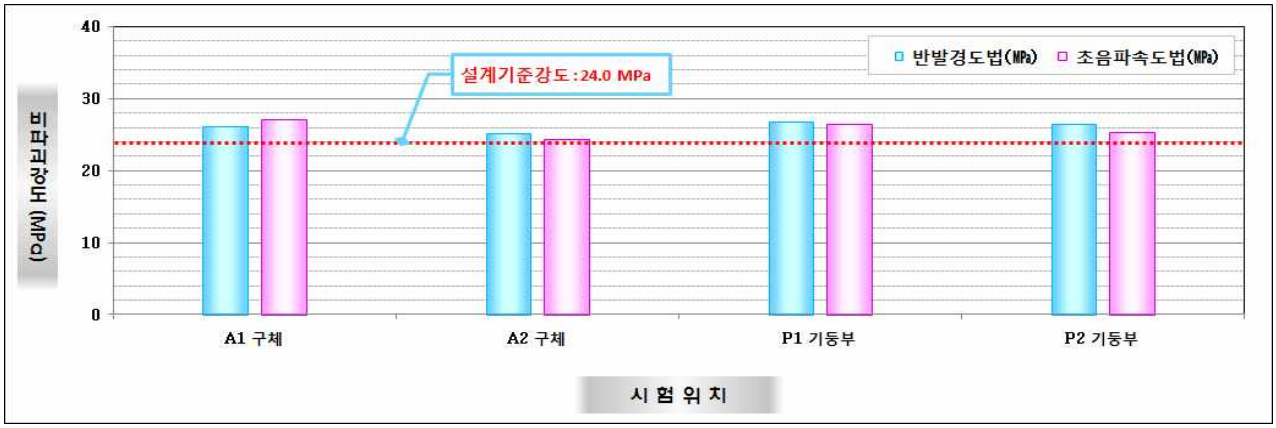
시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계기준강도(MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	삭①	식②	평균	식③	식④	평균	
상부구조	좌측 캔틸레버 S1	49.8	4.159	28.5	28.6	28.6	26.9	30.1	28.5	27.0
	우측 캔틸레버 S2	52.1	4.204	30.3	29.7	30.0	27.8	30.6	29.2	
	우측 캔틸레버 S3	49.0	4.087	27.9	28.3	28.1	25.4	29.4	27.4	
평 균				28.9	28.9	28.9	26.7	30.0	28.4	
표 준 편 차				1.2	0.7	1.0	1.2	0.6	0.9	
변 동 계 수				4.3	2.6	3.4	4.5	2.0	3.2	

【표 3.3.11】 하부구조(교대, 교각) 비파괴강도 시험결과

시험위치			비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계기준강도(MPa)
			반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	삭①	식②	평균	식④	식⑤	평균	
하부구조	교대	A1 구체	46.0	4.075	25.5	26.9	26.2	25.1	29.3	27.2	24.0
		A2 구체	44.4	3.899	24.2	26.2	25.2	21.4	27.5	24.5	
	교각	P1 기둥부	47.2	4.039	26.4	27.4	26.9	24.3	28.9	26.6	
		P2 기둥부	46.4	3.960	25.8	27.1	26.5	22.7	28.1	25.4	
평 균					25.5	26.9	26.2	23.4	28.5	25.9	
표 준 편 차					0.9	0.5	0.7	1.7	0.8	1.2	
변 동 계 수					3.6	1.9	2.8	7.1	2.8	4.7	



【그림 3.3.10】 상부구조(바닥판하면) 평균압축강도 추정결과



【그림 3.3.11】 하부구조(교대, 교각) 평균압축강도 추정결과

- 각 시험법에 의한 비파괴강도 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 101~111%, 하부구조 102~113%로 반발경도법 및 초음파속도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 100% 이상을 상회하는 값으로 분석되었다.
- 비파괴 추정식에 의해 평가된 강도는 설계기준강도의 100%이상을 만족하면 적정한 것으로 판단함(일본 국토개발기술연구센터)에 따라 상·하부구조의 콘크리트 강도는 양호한 것으로 판단되며, 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.3.12】 비파괴강도시험 결과분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조 (바닥판하면)	반발경도법	28.1~30.0	27.0	104~111
	초음파속도법	27.4~29.2	27.0	101~108
하부구조 (교대, 교각)	반발경도법	25.2~26.9	24.0	105~112
	초음파속도법	24.5~27.2	24.0	102~113

2) 기 점검결과와의 비교

【표 3.3.13】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분		'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	설계기준강도
반발경도법	상부구조 (바닥판하면)	27.7~28.7	28.1~30.0	27.0
	하부구조 (교대, 교각)	25.7~26.9	25.2~26.9	24.0
검토의견		■ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물에 강도저하는 없는 것으로 판단됨.		

나. 철근탐사시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 상부구조 3개소, 하부구조 4개소 등 총 7개소에 대하여 철근배근간격 및 피복두께 측정을 실시하였으며, 측정결과는 다음과 같다.

1) 철근탐사시험 결과

【표 3.3.14】 철근탐사시험 결과

시험위치			철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	좌측 캔틸레버 S1		횡방향철근	100	43	100	32	
			종방향철근	145	56	150	48	
	우측 캔틸레버 S2		횡방향철근	102	42	100	32	
			종방향철근	143	63	150	48	
	우측 캔틸레버 S3		횡방향철근	114	43	100	32	
			종방향철근	150	57	150	48	
하부 구조	교대	A1 구체	수직철근	242	89	250	87.5	
			수평철근	145	117	150	112.5	
		A2 구체	수직철근	238	86	250	90.5	
			수평철근	307	106	300	109.5	
	교각	P1 기둥부	수직철근	100	119	100	108	
			띠철근	298	94	300	92	
		P2 기둥부	수직철근	113	107	100	108	
			띠철근	285	86	300	92	

【표 3.3.15】 철근탐사시험 결과분석

구 분	부재	철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	바닥판하면	횡방향철근	100~114	42~43	100	32	
		종방향철근	143~150	56~63	150	48	
하부구조 (교대, 교각)	교대 구체	수직철근	238~242	86~89	250	87.5, 90.5	
		수평철근	145~307	106~117	150, 300	109.5, 112.5	
	교각 기둥부	수직철근	100~113	107~119	100	108	
		띠철근	285~298	86~94	300	92	

본 과업대상 교량에 대하여 철근탐사 수행결과, 측정된 철근배근 간격 및 피복두께는 부재별로 설계도서과 비교시 일부 구간에서 미소한 편차는 있으나 대부분의 측정 부재에서 근사한 것으로 측정되었으며, 지속적인 점검 및 관찰을 실시한다면 문제는 없을 것으로 판단된다.

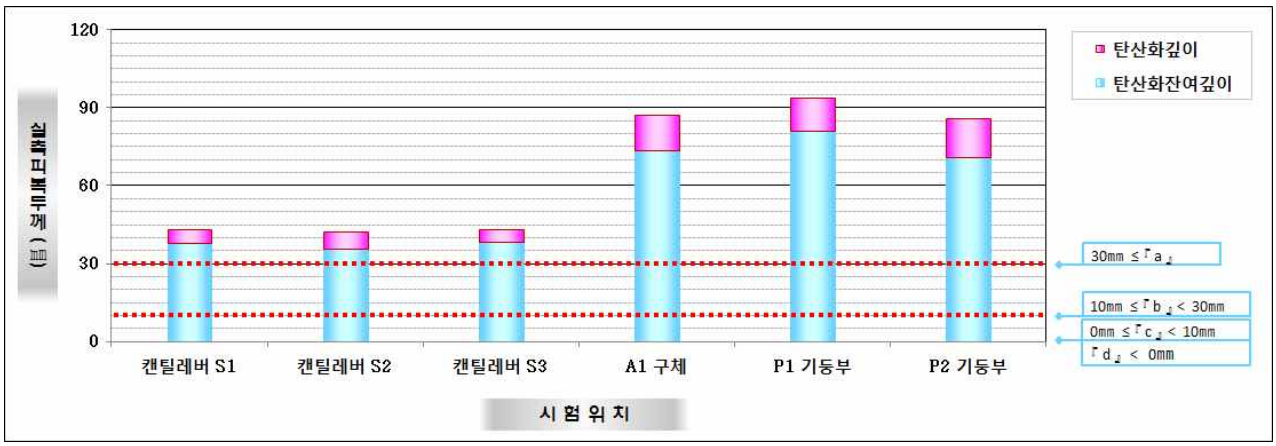
다. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 상부구조 3개소, 하부구조 3개소 등 총 6개소에 대하여 탄산화 잔여깊이를 측정하였고, 실측 최소 피복두께를 적용하기 위해 철근탐사시험과 동일한 위치를 선정하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1) 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.3.16】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부 구조	좌측 캔틸레버 S1	5.0	43.0	38.0	a	1.622	693	100년이상
	우측 캔틸레버 S2	6.2	42.0	35.8	a	2.012	426	
	우측 캔틸레버 S3	4.9	43.0	38.1	a	1.590	722	
하부 구조	교대 A1 구체	13.7	87.0	73.3	a	4.422	377	100년이상
	교각 P1 기둥부	12.8	94.0	81.2	a	4.131	508	
	교각 P2 기둥부	15.2	86.0	70.8	a	4.906	298	



【그림 3.3.12】 탄산화 깊이 측정결과

콘크리트 부재에 대한 탄산화 깊이 측정결과, 실측 피복두께와 비교시 탄산화 잔여깊이가 30.0㎜ 이상으로 측정되어 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2012. 10)』의 건전성 평가 기준에 의거 "a"로 평가되었으며, 철근까지의 탄산화 도달시간은 시험개소 모두 100년 이상으로 측정되어 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

2) 기 점검결과와의 비교

【표 3.3.17】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분		'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	비 고
탄산화 진행깊이 (㎜)	상부구조	5.0~7.0	4.9~6.2	
	하부구조	13.0~17.0	12.8~15.2	
검토의견		■ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 판단됨.		

라. 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험은 상부구조 2개소, 하부구조 2개소 등 총 4개소에 대하여 깊이별 시료를 채취하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1) 염화물 함유량 시험결과

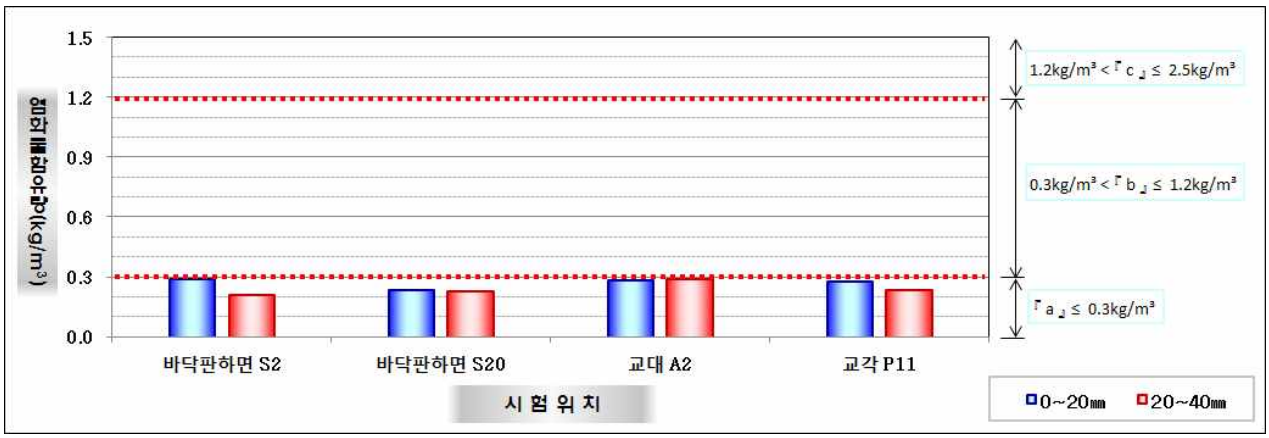
【표 3.3.18】염화물함유량 시험결과 및 평가

시험위치		측정 깊이	염화물 함유량		평가 결과	비 고
			Cl^-(%)	Cl^-(kg/㎥)		
상부 구조	바닥판하면 S2	0~20㎜	0.0128	0.289	a	
		20~40㎜	0.0093	0.210	a	
	바닥판하면 S20	0~20㎜	0.0106	0.239	a	
		20~40㎜	0.0102	0.230	a	
하부 구조	교대 A2	0~20㎜	0.0127	0.287	a	
		20~40㎜	0.0128	0.289	a	
	교각 P11	0~20㎜	0.0124	0.280	a	
		20~40㎜	0.0106	0.239	a	

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

콘크리트 시료의 염화물함유량 평가는 "안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)" 평가기준에 의거하여 수행하였으며, 깊이별 분석결과 염화물함유량이 낮아 부식발생 가능성 낮은 상태인 "a"로 평가되었다.

다만, 바닥판상면, 신축이음 인접부재 등은 동절기 제설작업을 위해 살포한 염화칼슘의 영향으로 염화물함유량이 높아져 철근부식 등의 내구성 저하를 야기할 수 있으므로 향후 염화물함유량에 대한 주기적인 측정이 필요하다.



【그림 3.3.13】염화물시험 측정결과

마. 균열깊이 측정결과

외관조사시 국부적으로 조사된 균열폭 0.3㎜이상 균열 중 임의로 대표손상을 선정하였으며, 초음파속도를 이용하여 균열깊이 측정을 실시하였다.

【표 3.3.19】 균열깊이 측정결과

시험위치		균열폭 (㎜)	전달거리 (㎜)	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$sec)		균열깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	비고
				건전부 (To)	균열부 (Tc)			
하부 구조	교대 A2 구체	0.3	200	49.5	66.1	88.5	86	
	교각 P1 코핑부	0.3	200	54.8	79.4	104.8	90.5	
	교각 P2 코핑부	0.3	200	50.2	71.1	100.3	90.5	

균열깊이 측정결과, 측정 대상 균열심도가 철근피복두께를 초과한 것으로 측정되었으며, 내구성확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단된다.

3.4 강재 비파괴시험

3.4.1 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.

가. 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 맞대기 용접부에 대해서 시험을 실시하도록 되어 있다.(과업지시서와『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침_교량편(2010.12, 국토해양부/한국시설안전공단)』참조)

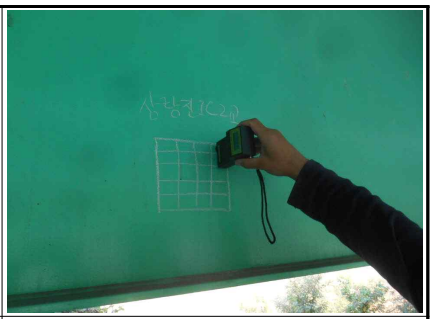
삼랑진IC2교는 약 10년 정도의 공용기간이 경과한 상태로 현재 강재 용접부에 문제가 될 만한 용접결함이 없는 양호한 상태로 조사되어 상기 언급한 과업지시서 및 세부지침에 따라 책임기술자의 판단하에 필렛용접구간의 시험은 실시하지 않았으며, 인장 및 교번구간의 맞대기이음부에 대해서 초음파탐상시험을 실시하였다. 각 부재별 강재 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 3.4.1】 강재 비파괴시험 현황

항 목	세부지침 기준	행선	경간구성		수 량(개소)		비 고
			경간수	거더수	기준	실시	
초음파 탐상시험	• 플레이트거더교 : 1개소/경간별 거더 • 박스거더교 : 2개소/경간별 거더	Ramp-E	3	1	6	6	
도막두께 측정	-	Ramp-E	-	-	-	6	

초음파 탐상시험

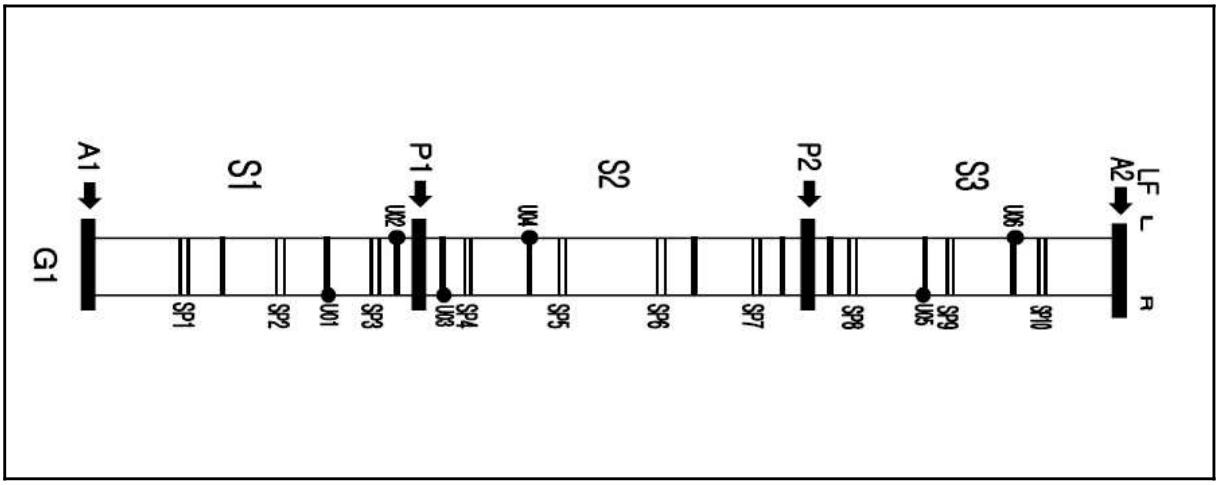
도막두께 측정시험(내부)



도막두께 측정시험(외부)

【사진 3.4.1】 강재 비파괴시험 전경

2) 강재 비파괴시험 위치도



【그림 3.4.1】 강재 비파괴시험 위치도

3.4.2 시험내용 및 평가기준

가. 초음파탐상시험(UT : Ultrasonic Testing)

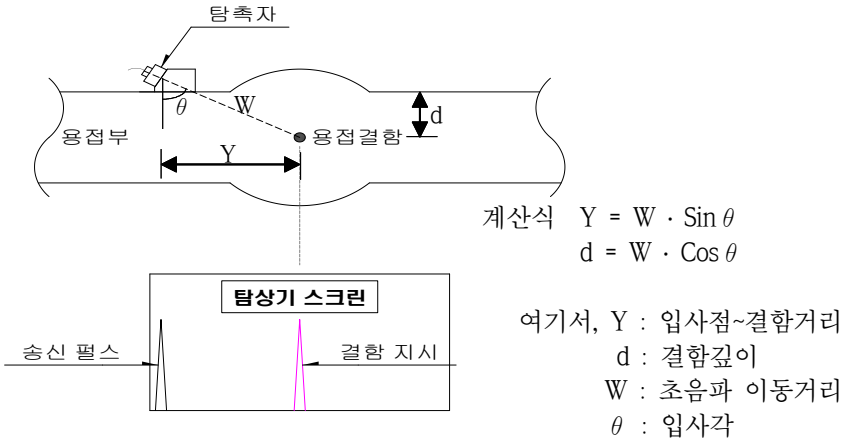
1) 개 요

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 3.4.2】 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 3.4.2】 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) 합·부 판정기준

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

【표 3.4.3】 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)

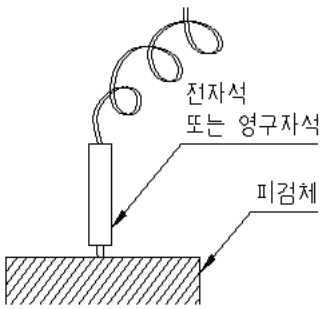
1) 개 요

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.

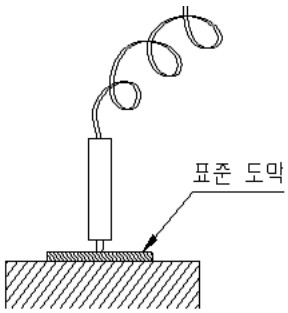
측정은 강박스 거더의 내부와 외부로 구분하였으며, 한 개소당 5회씩 측정하여 평균값을 도막두께로 취하였다.

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 3.4.3】 Gauge 영점조정



【그림 3.4.4】 Gauge 초기화(Calibration)

【그림 3.4.3】과 같이 도막이 도포되지 않은 피검체(자성체)에 전자석 또는 영구자석을 접촉시켜 지시계의 눈금을 영점(Zero) 조정한다. 영점 조정한 후【그림 3.4.4】과 같이 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 강재 거더에 사용된 도장계열은 일반환경용 내후성 중방식 도장으로 시공되어 있는 것으로 확인되었다.(대구~부산간고속도로 민간투자사업 공사시방서(제9공구) 2006.02)

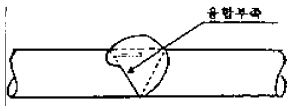
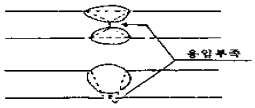
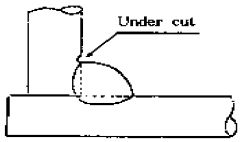
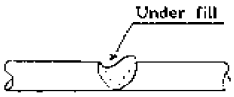
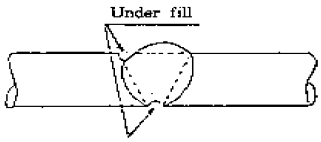
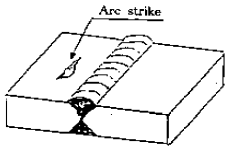
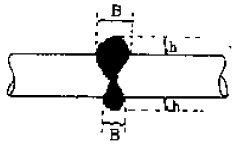
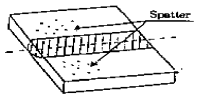
따라서, 금회 진단시 준공당시 시방기준인『강도로교 용접 및 도장요령(1998)』의 일반환경용 중방식 도장기준과 현 시방기준인『도로교 표준시방서(2013)』의 일반환경용 중박식 도장(우레탄 마감)기준을 비교・평가하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

【표 3.4.4】일반환경용 중박식 도장(우레탄 마감) 기준

구 분	도장 계열	공 정		준공당시 기준		현 시방기준		도장 횟수
				도료명칭 또는 방법	도막두께 (㎛)	도료명칭 또는 방법	도막두께 (㎛)	
교 량 외 부	GEB	1차 표면처리		SSPC - SP10		SSPC - SP10		
		샵 프라이머		무기질 아연말 샵프라이머	20	무기질 아연말 샵프라이머	20	1
		2차 표면처리		SSPC - SP10		SSPC - SP10		
		공장 도장	제1층	무기질 아연말도료	75	무기질 아연말도료	75	1
			제2층	미스트 코트	60	미스트 코트	80	1
			제3층	염화고무계도료		고고분형 에폭시계 도료		1
		공장/ 현장도장	제4층	염화고무계도료	60	우레탄계 도료	30	1
			제5층	-	-	우레탄계 도료	30	1
		계			195		215	
교 량 내 부	GIB	1차 표면처리		SSPC - SP10		SSPC - SP10		
		샵 프라이머		무기질 아연말 샵프라이머	20	무기질 아연말 샵프라이머	20	1
		2차 표면처리		SSPC - SP10		SSPC - SP10		
		공장 도장	제1층	무기질 아연말도료	75	무기질 아연말도료	75	1
			제2층	미스트 코트	75	미스트 코트	100	1
			제3층	역청질계도료		고고분형 에폭시계 도료		1
		계			150		175	

3.4.3 용접부에 발생하는 대표적인 결함

【표 3.4.5】 용접부에 발생하는 대표적인 결함

결 함 내 용	설 명	비 고
•균열 (Crack)	•용접부의 작은 단면에 걸리는 하중이 금속의 응력값을 초과할 때 발생함. 균열은 모재 또는 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 모재두께 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 0.3~0.8 ㎜ 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 도장박리의 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 3.4.6】 초음파탐상(UT) 시험결과

시험위치			시험개소	결함등급	합격여부		결함발생 현황	비 고
					합격	불합격		
G1	S1	U01	1	1급	●	-	결함사항없음	
		U02	1	1급	●	-	결함사항없음	
	S2	U03	1	1급	●	-	결함사항없음	
		U04	1	1급	●	-	결함사항없음	
	S3	U05	1	1급	●	-	결함사항없음	
		U06	1	1급	●	-	결함사항없음	

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

나. 강재 도막두께 측정결과

1) 개요

준공당시 도장시방『강도로교 용접 및 도장요령(1998)』 및 현 시방기준『도로교 표준시방서(2013)』의 일반환경용 내후성 중방식 도장을 평가기준으로 정하였으며, 거더 내·외부 등에 대하여 도막두께 실시하였다.

2) 거더 내·외부 도막두께 측정결과

도막두께 측정결과, 실측도막두께는 거더외부 482~550㎛, 거더내부 251~263㎛로 모든 측정 개소에서 현 시방기준 표준도막두께(거더외부 215㎛, 거더내부 175㎛)를 상회하는 것으로 검토되었으며, 강재 거더의 내·외부 도막은 비교적 양호한 상태인 것으로 판단된다.

다만, 정밀외관조사시 국부적으로 도장손상 및 표면 녹발생 등의 발생하였으며, 내구성 확보 차원의 보수(표면처리 후 재도장)를 수행하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

【표 3.4.7】 강재 도막두께 측정결과

시험위치		실측 도막두께(㎛)					평균 (㎛)	평 가
		1회	2회	3회	4회	5회		
거더 외부	S1 G1	510	513	548	566	542	536	양호
	S2 G1	494	450	489	481	494	482	양호
	S3 G1	574	564	534	542	534	550	양호
거더 내부	S1 G1	259	253	254	244	246	251	양호
	S2 G1	270	247	269	278	249	263	양호
	S3 G1	250	261	278	258	247	259	양호

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

3.5.1 외관조사 결과요약

가. 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.5.1】 외관조사 결과요약

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판		•일부 구간에 0.2㎜이하 균열과 전반적으로 망상균열	•시공초기 시공적, 환경적 영향에 의해 발생된 손상으로 내구성 확보를 위해 표면처리 보수가 바람직함
		•망상균열/변색 구간이 조사됨	•표면부 수산화칼슘층 형성에 의해 발생된 손상으로 향후, 점검시 주의관찰이 필요함
거더	내부	•S1 출입구측에 우수유입흔적이 조사됨	•도장손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 우수유입 경로를 확인을 위해 주변부 누수발생여부에 대해 점검을 실시하였으나 누수 손상이 조사되지 않아 시공초기 손상으로 판단되며 향후, 점검시 주의관찰이 필요함
	외부	•도장박리/녹발생 등의 손상이 조사됨	•도장 손상은 장기적으로 녹발생을 유발하여 단면감소 등의 위해한 영향을 미칠 수 있으므로 녹발생 손상부에 대해 녹제거 및 이물질 청소 후 재도장 실시가 바람직함
가로보 및 세로보		•도장박리/녹발생	•도장 손상은 장기적으로 녹발생을 유발하여 단면감소 등의 위해한 영향을 미칠 수 있으므로 녹발생 손상부에 대해 녹제거 및 이물질 청소 후 재도장 실시가 바람직함
		•폐콘크리트 퇴적 손상이 조사됨	•원활한 유지관리를 위해 제거 및 청소가 필요함
교대		•균열	•온도 및 건조수축에 의한 비구조적 균열로 내구성을 고려하여 표면처리가 바람직함
		•백태	•시공초기 발생한 표면부의 경미한 손상으로 내구성 및 미관을 고려하여 표면처리가 바람직함
		•체수/누수오염(A2)	•장기 공용에 따른 신축이음 손상부 누수에 의한 손상으로 하부구조 열화방지를 위해 신축이음 교체가 필요함
		•법면보호블럭 이격 및 침하, 점검계단 이격 및 상단부 공동 등의 손상이 조사됨	•검계단 및 법면보호블럭 구간에 발생된 손상은 지반침하에 의한 경미한 손상으로 주의관찰이 바람직하며, 점검계단부의 공동은 장기 공용시 우수침투에 의해 유로형성 및 유실 가능성이 있어 공동부에 대한 채움 실시가 바람직함

【표 3.5.1】 외관조사 결과요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교각	•일부 구간에 망상균열, 0.3㎜이하의 균열 등의 손상이 조사됨	•조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 0.3㎜이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.2㎜이하 균열은 표면처리 실시가 바람직함
교량받침	•받침장치Plate 녹발생, 볼트 녹발생	•은 공용기간 증가에 따른 손상으로 내구성 및 건전성 확보를 위해 재도장 실시가 필요함
	•받침 몰탈 및 받침 콘크리트 균열	•온도 및 건조수축에 의한 0.2㎜이하 균열로 표면처리가 바람직함
	•받침콘크리트 재료분리 등의 손상이 조사됨	•시공미흡에 의한 손상으로 공용증가에 따른 손상확대가 우려되므로 단면보수가 필요함
신축이음	•후타재 균열	•급속시공 및 조기차량 통행 등 제한적 시공여건에 의해 발생된 손상으로 손상정도가 경미하여 주의관찰이 바람직함
	•유간부 토사퇴적	•신축거동 제한으로 구조물에 영향을 미칠 수 있어 주기적인 청소가 바람직함
	•차수판 앵커볼트 탈락	•차수판의 건전성 확보를 위해 앵커볼트 재설치가 바람직함
교면포장	•포장부 라벨링, 접속부 이격	•본 교량의 교면포장은 주기적인 보수작업으로 주행성을 크게 저해할 만한 손상은 조사되지 않음 •라벨링 손상은 손상확대 여부를 관찰하고 포장보수 계획 수립 후 적절한 시기에 보수 실시가 바람직함
	•아스콘 패임 등의 손상이 조사됨	•점검시 발생된 손상은 차량하중 작용으로 손상확대가 우려되고 포장층내 우수 침투로 구조물의 내구성 저하를 유발할 수 있어 패임은 손상정도가 경미하나 손상확대 및 주행성을 고려하여 보수 실시가 바람직함
배수시설	•손상이 없는 양호한 상태로 조사됨	•지속적인 주의관찰
난간 (방호벽)	•일부 구간에 수직균열, 균열부 백태 등의 손상이 조사됨	•기능 및 내구성 확보를 위해 0.3㎜이상 균열 및 균열부 백태 손상은 주입보수, 0.2㎜이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하다.

나. 기 정밀점검(2013년) 결과와의 비교

【표 3.5.2】기 정밀점검(2013년) 결과와의 비교

구 분		2013년 정밀점검 결과	금회 진단결과	비 고
바닥판		•균열(0.3㎜ 미만), 균열(0.3㎜ 이상), 콘크리트 미제거, 백태 등	•금회 근접조사에 의해 상부 바닥판에서 횡균열, 망상균열 등이 추가로 다수 조사됨	
거더	내부	•상태양호	•전반적으로 양호한 상태이며, 시공초기 발생된 것으로 판단되는 우수유입흔적이 조사됨	
	외부	•도장손상 등	•공용기간 증가에 의해 도장박리 및 녹발생 등의 손상이 다소 증가된 것으로 조사됨	
가로보/세로보		•도장손상 등		
교대		•균열(0.3㎜ 미만), 누수흔적 등	•시공초기 발생된 것으로 판단되는 수직균열이 추가로 조사되었고, 신축이음부 누수(A2)에 의한 누수오염/백태가 다소 증가된 것으로 조사됨	
교각		•균열(0.3㎜ 미만), 점검로 미설치 등	•시공초기 발생된 것으로 판단되는 0.2㎜이하 미세균열 및 망상균열이 추가로 조사됨	
교량받침		•받침Plate 부식, 받침콘크리트 균열 등 •교량받침의 신축여유량에는 문제가 없는 것으로 평가됨	•공용기간 증가에 의해 받침Plate 녹발생이 증가된 것으로 조사되었으며, 시공초기 발생된 것으로 판단되는 0.2㎜이하의 받침콘크리트 균열이 추가로 조사됨 •교량받침의 가동여유량은 설계기준온도에 따른 최대 신장여유량 및 동절기 최대 신축여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨 •연단거리 측정 결과, 시방규정을 만족하고 있는 것으로 검토됨	
신축이음		•본체 유간부 이물질퇴적, 후타재 균열(0.3㎜ 미만), 하부누수, 차수판 앵커볼트 탈락 등 •신축이음은 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨	•대부분 기 조사된 손상이며, 공용중 발생 손상이 지속적으로 반복되어 발생하고 있는 것으로 조사됨 •신축이음은 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨	
교면포장		•라벨링, 접속도로 이격/단차 등	•공용기간 증대, 빈번한 중차량 통행 등에 의해 포장부 손상이 추가로 조사됨	
기타부재		•배수시설 : 배수관 연결부 불량(어긋남) 등 •방호벽 : 균열(0.3㎜ 미만), 균열(0.3㎜ 이상), 백태 등	•배수시설 : 기점검 손상은 보수가 실시되었으며, 추가 손상이 없는 양호한 상태임 •방호벽 : 기 점검 시 조사된 손상에 대해 일부 보수가 이루어졌으나 일부 미보수된 손상과 공용중 일부 손상이 증가한 것으로 조사됨	
검토의견		•기 점검(2013년)과 비교 결과, 기 점검시 발생 손상은 대부분 보수가 실시되지 않은 상태이며, 공용기간 증가 및 금회 근접조사에 의해 기 점검(2013년) 대비 바닥판 하면, 교각부 등의 균열, 포장면 손상 등이 추가로 다수 조사됨		

3.5.2 현장시험 결과 요약

가. 금회('15년) 진단 현장시험 결과 요약

【표 3.5.3】 금회('15년) 진단 현장시험 결과 요약

<table>
<tr><th>시험명</th><th colspan="2">시 험 위 치</th><th colspan="5">시 험 결 과</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="7">비파괴 강도 (㎫)</td><td>부재</td><td>시험종류</td><td>추정강도(A)</td><td colspan="2">설계기준강도(B)</td><td colspan="2">A/B×100(%)</td><td rowspan="7"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">상부구조 (바닥판하면)</td><td>반발경도법</td><td>28.1~30.0</td><td colspan="2" rowspan="2">27.0</td><td colspan="2">104~111</td></tr>
<tr><td>초음파속도법</td><td>27.4~29.2</td><td colspan="2">101~108</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부구조 (교대, 교각)</td><td>반발경도법</td><td>25.2~26.9</td><td colspan="2" rowspan="2">24.0</td><td colspan="2">105~112</td></tr>
<tr><td>초음파속도법</td><td>24.5~27.2</td><td colspan="2">102~113</td></tr>
<tr><td colspan="2">검토의견</td><td colspan="5">▪ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="9">철근탐사 (㎜)</td><td colspan="2" rowspan="2">부재</td><td rowspan="2">철근종류</td><td colspan="2">측정치</td><td colspan="2">설계치</td><td rowspan="9"></td></tr>
<tr><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td></tr>
<tr><td rowspan="2">상부구조 (바닥판하면)</td><td rowspan="2">중앙부</td><td>횡방향철근</td><td>100~114</td><td>42~43</td><td>100</td><td>32</td></tr>
<tr><td>종방향철근</td><td>143~150</td><td>56~63</td><td>150</td><td>48</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부구조 (교대, 교각)</td><td rowspan="2">교대 구체</td><td>수직철근</td><td>238~242</td><td>86~89</td><td>250</td><td>87.5, 90.5</td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>145~307</td><td>106~117</td><td>150, 300</td><td>109.5, 112.5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각 기둥부</td><td>수직철근</td><td>100~113</td><td>107~119</td><td>100</td><td>108</td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>285~298</td><td>86~94</td><td>300</td><td>92</td></tr>
<tr><td colspan="2">검토의견</td><td colspan="5">▪ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계치과 근사함.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">탄산화 잔여깊이 (㎜)</td><td colspan="2">부재</td><td>탄산화깊이</td><td>피복두께</td><td>잔여깊이</td><td>평가</td><td>잔존수명</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>상부구조</td><td>바닥판하면</td><td>4.9~6.2</td><td>42~43</td><td>35.8~38.1</td><td>a</td><td>100년 이상</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>교대, 교각</td><td>12.8~15.2</td><td>86~94</td><td>70.8~81.2</td><td>a</td><td>100년 이상</td></tr>
<tr><td colspan="2">검토의견</td><td colspan="5">▪ 탄산화 잔여깊이가 30㎜이상인 "a"로 평가되며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">염화물 함유량</td><td colspan="2">부재</td><td>Cl^-(%)</td><td colspan="2">Cl^-(kg/㎥)</td><td colspan="2">평가</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>상부구조</td><td>바닥판하면</td><td>0.0093~0.0128</td><td colspan="2">0.210~0.289</td><td colspan="2">a</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>교대, 교각</td><td>0.0106~0.0128</td><td colspan="2">0.239~0.289</td><td colspan="2">a</td></tr>
<tr><td colspan="2">검토의견</td><td colspan="5">▪ 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮은 상태인 "a"로 평가됨</td></tr>
</table>

【표 3.5.3】 금회('15년) 진단 현장시험 결과 요약(계속)

시험명	시 험 위 치		시 험 결 과			비 고
균열 깊이	부재		균열폭	균열깊이	피복두께	
	하부구조	교대, 교각	0.3	88.5~104.8	86~90.5	
	검토의견		■ 균열심도가 철근피복두께를 초과한 것으로 측정되었으며, 내구성확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단됨			
초음파 탐상시험 (개소)	부재	거더	시험개소	결함등급	결함발생 현황	
	Steel Box Girder	G1	6	1등급	결함사항 없음	
	검토의견		■ 전개소에서 균열,기공, 슬래그, 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사됨.			
강 재 도막두께 (㎛)	부재		실측도막두께	기준	평가	
	거더외부		482~550	215	양호	
	거더내부		251~263	175	양호	
	검토의견		■ 적정(기준치를 상회하는 양호한 상태임)			

나. 기 점검('13년)결과 비교

【표 3.5.4】 현장시험 기 점검('13년)결과 비교

시험명	시 험 위 치		시 험 결 과			비 고
비파괴 강도 (㎫)	시험종류	부재	'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	설계기준강도	
	반발경도법	상부구조	27.7~28.7	28.1~30.0	27.0	
		하부구조	25.7~26.9	25.2~26.9	24.0	
	검토의견		■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨. ■ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물에 강도저하는 없는 것으로 판단됨.			
탄산화 잔여깊이 (㎜)	부재		'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	평가	
	상부구조		5.0~7.0	4.9~6.2	a	
	하부구조		13.0~17.0	12.8~15.2	a	
	검토의견		■ 탄산화 잔여깊이가 30㎜이상인 "a"로 평가되며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨. ■ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 판단됨.			

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, 2010. 12」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 4.2.1】 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 4.2.2】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>일반</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

1) 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최젓값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.

2) 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최젓값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.

3) 복개구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

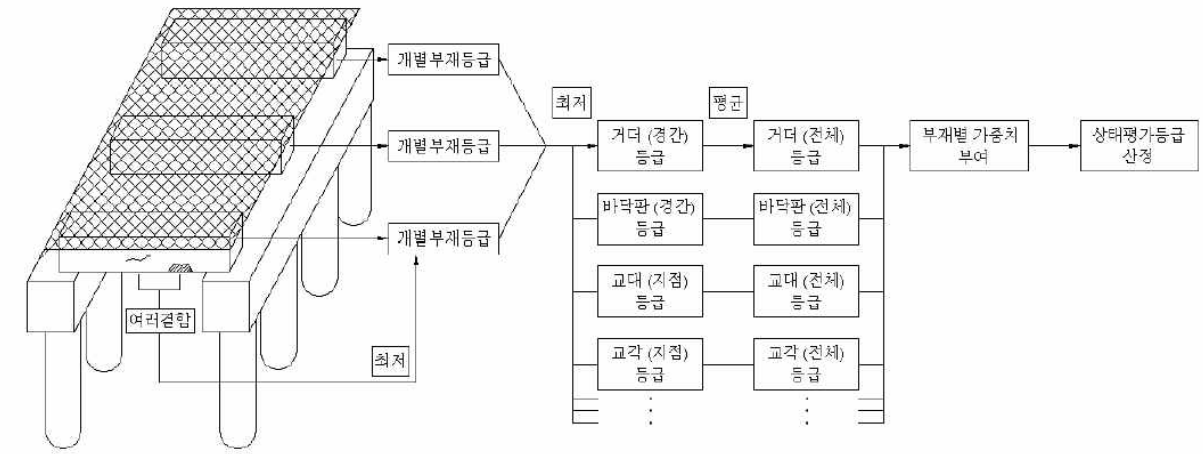
나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

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, 【표 4.2.3】의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

【표 4.2.3】 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	$0 \le \chi < 0.13$	$0.13 \le \chi < 0.26$	$0.26 \le \chi < 0.49$	$0.49 \le \chi < 0.79$	$0.79 \le \chi$



【그림 4.2.1】 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법

4.3 상태평가 결과

4.3.1. 각 부재별 상태평가 결과

1) 콘크리트 바닥판

- 콘크리트 바닥판에 대한 상태평가 결과 ‘a~b’ 로 평가되었다.
- 경간별 평가내용 분석결과 S3 경간에 폭 0.2㎜이하 균열 및 균열율이 2%미만으로 발생되어 ‘b’ 로 평가되었다.

【표 4.3.1】 콘크리트 바닥판 상태평가 결과

구분	부재 면적 (㎡)	1방향 균열				2방향 균열				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (㎜)		균열율 (%)		균열폭 (㎜)		균열율 (%)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	204.0	-	a	-	a	0.1미만	a	-	a	없음	a	없음	a	a
S2	255.0	-	a	-	a	0.1미만	a	-	a	없음	a	없음	a	a
S3	204.0	0.2이하	b	0.01	b	0.1미만	a	-	a	없음	a	없음	a	b

2) 강 거더

- 강 거더 내·외부에 대한 상태평가 결과 ‘a~b’ 로 평가되었다.
- 분석결과 S1경간에 표면열화가 2%미만으로 발생되어 ‘b’ 로 평가되었다.

【표 4.3.2】 강 거더 상태평가 결과

구분	부재 면적 (㎡)	모재 및 연결부 손상								표면열화(%)		평가 결과
		부재균열		변형, 파단		연결볼트 이완 탈락(%)		용접연결부 결함				
S1	1216.0	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	0.01	b	b
S2	1520.0	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S3	1216.0	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a

3) 강 가로보 및 세로보

- 강 가로보 및 세로보에 대한 상태평가 결과 ‘a~b’ 로 평가되었다.
- 분석결과 S3경간에서 표면열화가 2%미만으로 발생되어 ‘b’ 로 평가되었다.

【표 4.3.3】 가로보 상태평가 결과

구분	부재 면적 (㎡)	모재 및 연결부 손상								표면열화(%)		평가 결과
		부재균열		변형, 파단		연결볼트 이완 탈락(%)		용접연결부 결함				
S1	246.6	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S2	308.4	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S3	246.6	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	0.01	b	b

4) 교대 및 교각

① 콘크리트 교대

- 교대에 대한 상태평가 결과 ‘b~c’ 로 평가되었다.
- 지점별 평가내용 분석결과 교대 A2에 0.3㎜이하의 균열이 발생되어 ‘c’ 교대 A1에 0.2㎜이하 균열이 발생되어 ‘b’ 로 평가되었으며, 열화 및 표면 손상면적이 2%미만으로 발생되어 ‘b’ 로 평가하였다.

【표 4.3.4】 콘크리트 교대 상태평가 결과

구분	부재 면적 (㎡)	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (㎜)		변위		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
A1	124.2	0.2이하	b	없음	a	0.20	b	없음	a	b
A2	124.1	0.3이하	c	없음	a	1.73	b	없음	a	c

② 콘크리트 교각

- 교각에 대한 상태평가 결과 ‘c’ 로 평가되었다.
- 분석결과 교각 P1, P2에 폭 0.3㎜이하의 균열이 발생되어 ‘c’ 로 평가하였다.

【표 4.3.5】 콘크리트 교각 상태평가 결과

구분	부재 면적 (㎡)	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (㎜)		변위		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
P1	130.7	0.3이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
P2	129.0	0.3이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c

5) 기초

- 기초에 대한 상태평가 결과, 기초가 노출되어 있지 않는 상태로 점검불가인 ‘q’ 로 평가되었다.

【표 4.3.6】 기초 상태평가 결과

구분	기초(직접, 말뚝, 케이슨) 손상				지반의 안정성				평가 결과
	균열폭 (㎜)		단면손상 (파손, 철근노출 등)		세굴 여부		침하 (㎜)		
P1	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q

6) 교량받침

- 교량받침에 대한 상태평가 결과 ‘b’ 로 평가되었다.
- 받침 본체는 A1, P2 일부개소에 받침 Plate 녹발생이 발생되어 ‘b’ 로 평가되었으며, 받침 콘크리트에 폭 0.2㎜이하 및 재료분리가 발생되어 ‘b’ 로 평가되었다.

【표 4.3.7】 교량받침 상태평가 결과

구분	받침 본체		받침 콘크리트				평가 결과
	포트받침		균열폭(㎜)		박리, 탈락, 파손 등		
A1	Plate 녹발생	b	0.2이하	b	없음	a	b
P1	없음	a	0.2이하	b	재료분리	b	b
P2	Plate 녹발생	b	0.2이하	b	없음	a	b
A2	없음	a	0.2이하	b	없음	a	b

7) 신축이음

- 신축이음(A1, A2, 총 2개소)에 대한 상태평가 결과 ‘b~c’ 로 평가되었다.
- 분석결과 A1, A2 본체에 이물질 퇴적이 발생되어 ‘b’ 로 평가하였으며, 후타재는 일부 미세 균열이 발생되어 ‘b’ 로 평가하였다.

【표 4.3.8】 신축이음 상태평가 결과

구분	본 체		후타재				평가 결과
			균열		박리, 박락, 파손 등		
A1	이물질 퇴적	b	미세 균열 발생	b	없음	a	b
A2	이물질 퇴적	b	미세 균열 발생	b	없음	a	b

8) 교면포장

- 교면포장에 대한 상태평가 결과, 전 구간 ‘a~b’ 로 평가되었다.
- 경간별 평가내용 분석결과 일부구간 포장불량이 2%이상~10%미만인 ‘c’ 로 평가되어야 하나 손상이 미미하여 주행에 영향이 없고 배수기능에도 문제가 없으므로 책임기술자의 판단으로 ‘b’ 로 상향하여 평가하였다.

【표 4.3.9】 교면포장 상태평가 결과

구분	부재 면적 (㎡)	포장불량				배 수		평가 결과
		포장불량 면적 (%)		포장손상에 따른 주행성 및 통행성				
S1	304.0	3.94	b	없음	a	없음	a	b
S2	380.0	4.75	b	없음	a	없음	a	b
S3	304.0	없음	a	없음	a	없음	a	a

9) 배수시설

- 배수시설에 대한 상태평가 결과 전반적으로 양호한 상태인 ‘a’ 로 평가하였다.

【표 4.3.10】 배수시설 상태평가 결과

구분	토사/이물질		상태불량 및 길이부족		위치부적절 및 하부 통행위험		누수		파손/노후화		평가 결과
S1	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S2	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S3	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a

10) 난간 및 연석

- 난간 및 연석(차량방호벽, 중앙분리대)에 대한 상태평가 결과 ‘b~c’ 로 평가되었다.
- 분석결과 방호벽 S1, S3경간에 폭 0.3㎜이하 균열이 발생되어 ‘c’ 로 평가하였으며, S2 경간에 폭 0.2㎜이하 균열이 발생되어 ‘b’ 로 평가하였다.

【표 4.3.11】 난간 및 연석 상태평가 결과

구분	부재 면적 (㎡)	강재						콘크리트						평가 결과
		도장불량 및 부식		파손 및 탈락		기타손상		균열폭 (㎜)		박리, 파손, 철근노출 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	192.0	-	-	-	-	-	-	0.3이하	c	없음	a	없음	a	c
S2	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S3	192.0	-	-	-	-	-	-	0.3이하	c	없음	a	없음	a	c

11) 탄산화

- 탄산화 깊이 측정은 총 7개소(상부구조 3개소, 하부구조 4개소)에서 실시하였으며, 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 전 개소의 탄산화 잔여깊이가 30.0 ㎜ 이상을 확보하고 있는 상태로 “a” 로 평가되었다.

【표 4.3.12】 탄산화 상태평가 결과

구분		탄산화 잔여 깊이(㎜)	평가기준	평가결과
상부 구조	S1 좌측 캔틸레버	38.0	< 탄산화 잔여 깊이 >	a
	S2 우측 캔틸레버	35.8		a
	S3 우측 캔틸레버	38.1	· a : 30㎜이상 · b : 10㎜이상~30㎜미만	a
하부 구조	A1 구체	73.3	· c : 0㎜이상~10㎜미만	a
	P1 기둥부	103.2	· d : 0㎜미만	a
	P2 기둥부	82.8		a
	A2 구체	69.1		a

12) 염화물

- 염화물함유량 시험은 총 4개소(상부구조 2개소, 하부구조 2개소)에서 실시하여 깊이별 시험을 실시하였다.
- 염화물시험은 철근깊이에서의 염분함유량을 근거로 상태평가를 실시하였으며, 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없는 상태인 'a' 로 평가하였다.

【표 4.3.13】 염화물 상태평가 결과

구분			전염화물 이온량(kg/㎥)	평가기준	평가결과
상부구조	S1	0~20㎜	0.289	< 전염화물 이온량 >	a
		20~40㎜	0.210		a
	S2	0~20㎜	0.239	· a : 염화물 ≤ 0.3kg/㎥	a
		20~40㎜	0.230	· b : 0.3kg/㎥ < 염화물 < 1.2kg/㎥ · c : 1.2kg/㎥ ≤ 염화물 < 2.5kg/㎥	a
하부구조	A1	0~20㎜	0.287	· d : 염화물 ≥ 2.5kg/㎥	a
		20~40㎜	0.289		a
	P2	0~20㎜	0.280		a
		20~40㎜	0.239		a

나. 시설물 전체 상태평가 결과

삼랑진IC2교의 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 구조물의 영향을 미칠만한 손상이 조사되지 않은 상태로서 전반적으로 양호한 상태인 “B”로 산정되었다.

다만, 각 부재에 발생한 가로보/세로보 도장박리/녹발생, 신축이음 이물질 퇴적, 교량받침 Plate 녹발생, 받침 콘크리트 균열, 재료분리, 교대/교각 균열, 누수오염/백태 등이 확인되어 구조물의 내구성 확보를 위한 보수 및 유지관리가 요구된다.

【표 4.3.14】 상태평가 결과표

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 /연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
1	STBOX	a	b	a	b	a	c	b	b	b	q	a	a	a	a
2	STBOX	a	a	a	b	a	b	x	b	c	q	a	a	a	x
3	STBOX	b	a	b	a	a	c	c	b	c	q	a	a	x	a
									b	c	q		a		x
평균		0.133	0.133	0.133	0.167	0.100	0.333	0.300	0.200	0.350	N/A	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	2	2	2	1
(평균X가중치)/가중치합		0.024	0.020	0.007	0.012	0.003	0.007	0.027	0.018	0.070	N/A	0.002	0.002	0.002	0.001
														0.201	
														B	

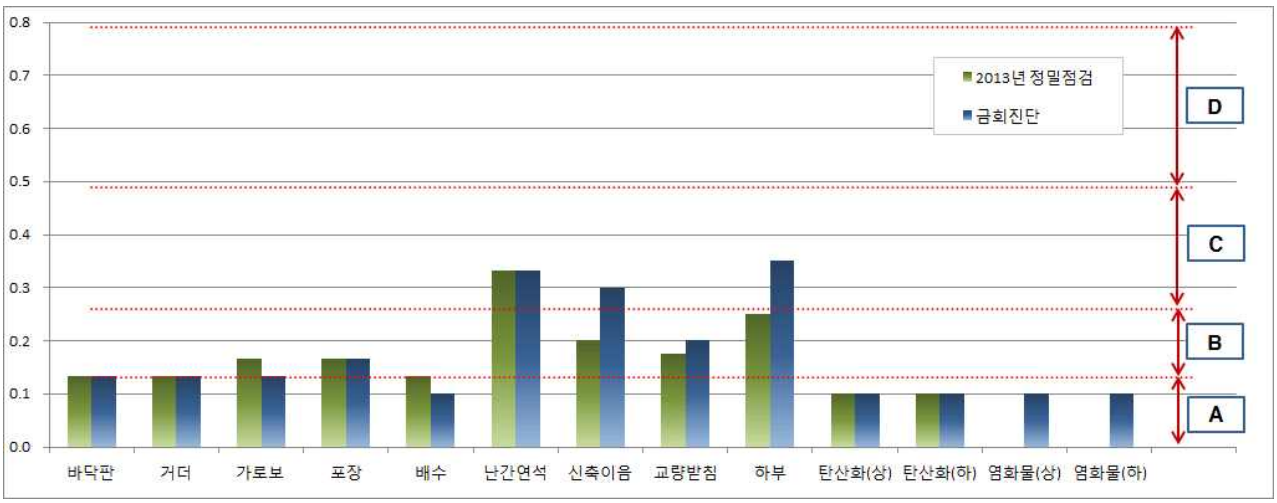
- 결함도 범위 : 0.130 ≤ **결함도 지수(0.201)** < 0.260

다. 기 점검('13년) 결과와의 비교

- 최종 상태평가 결과, 상태기준은 "B"로 평가되었으며, '13년 정밀점검 이후 구조적 영향을 미칠만한 손상에 진전은 없는 것으로 조사되었다.
- 상·하부구조의 기 손상들은 국부적으로 보수가 되었으나, 공용 경과에 따른 손상이 증가되었으며, 일부 미보수된 손상 및 보수부 재손상이 발생되었다.
- 공용기간 경과에 따른 손상증가 (가로보/세로보 도장박리/녹발생, 신축이음 이물질 퇴적, 교량받침 Plate 녹발생, 받침 콘크리트 균열, 재료분리, 교대/교각 균열, 누수오염/백태 등)로 인하여 환산결함도 점수가 0.190 ⇨ 0.201로 증가한 것으로 분석되었다.

【표 4.3.15】 기 점검('13년) 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교

구 분		'13년 정밀점검		금회('15년) 진단		결함도 지수 변화요인
		등급	부재별 결함도 지수	등급	부재별 결함도 지수	
상부 구조	바닥판	b	0.233	b	0.133	· 일부 보수
	거더	b	0.133	b	0.133	· 거의 변화 없음
2차 부재	가로보/세로보	b	0.167	b	0.133	· 도장박리/녹발생 증가
기타 부재	포장	b	0.167	b	0.167	· 거의 변화 없음
	배수	b	0.133	a	0.100	· 보수
	난간, 연석	c	0.333	c	0.333	· 거의 변화 없음
	신축이음	b	0.200	c	0.300	· 본체 이물질 퇴적 증가
받침	교량받침	b	0.175	b	0.200	· 받침 Plate 녹발생, 받침콘크리트 균열, 재료분리 증가
하부 구조	하부	b	0.250	c	0.350	· 균열, 누수오염/백태 증가
	기초	q	N/A	q	N/A	· 조사불가
내구성 요소	탄산화(상부)	a	0.100	a	0.100	· 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없음 · 잔여깊이가 30㎜ 이상
	탄산화(하부)	a	0.100	a	0.100	
	염화물(상부)	q	N/A	a	0.100	· 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없는 상태
	염화물(하부)	q	N/A	a	0.100	
합 계		B	0.190	B	0.201	



【그림 4.3.1】 기 점검 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교

제 5장 시설물의 안전성평가

5.1 개 요

5.2 상부구조 안전성평가

5.3 기본내하력 검토

5.4 하부구조 안전성평가

5.5 안전성평가 결과요약

제 5장 시설물의 안전성평가

5.1 개 요

5.1.1 안전성검토

구조물의 안전성평가는 그 기능과 역할을 유지할 수 있는 구조적 및 사용상의 안전성에 대한 확보 여부를 평가하는 것이므로 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료에 대한 검토, 보수·보강이력 분석, 부재별 상태평가 결과 및 각종 계측 · 측정 · 조사 · 시험 등을 통한 기초자료를 확보하여 이를 바탕으로 구조검토를 실시하고 안전성 여부를 판단하여야 한다.

가. 검토단면 선정 및 사유

본 진단시 상부구조는 3경간 연속구조로서 3경간 연속지간장 모델링을 통해 검토하였다. 하부구조의 안전성 검토단면은 경간 구성(경간장 및 연속 경간수) 및 구조형식, 단면제원, 하중조건, 구조적 손상 및 결함 발생 여부 등을 고려하여 선정하였으며, 검토단면 선정 및 사유는 다음과 같다.

【표 5.1.1】 하부구조 검토단면 선정

하부구조 검토단면		관 련 내 용
교 각	P2	• 교각형식 : T형(원형교각 D=3.0m) 기초형식 : 직접기초(P1), 말뚝기초(P2) • 구조적으로 문제가 될 만한 결함은 없는 상태임
선 정 사 유		• 본 교량의 교각은 T형으로 구성되어 있고 기초는 교각별로 직접기초와 말뚝기초로 시공되어져 있으며, 구조적인 결함이 없는 상태이다. 따라서, 구조 및 기초형식별로 구분하여 각 형식별 제원 및 하중조건 등이 상대적으로 불리한 교각을 선정하였다. ⇒ P2

나. 검토조건

본 교량의 설계당시 준공도면 및 구조계산서가 보존되어 있으며, 설계 당시와 현재의 설계기준이 일부 상이하므로 현 설계기준에 의하여 안전성검토 및 내하력평가를 실시하였으며, 외관 및 내구성조사를 실시한 결과, 다음의 표와 같이 단면제원, 압축강도, 철근배근 등이 준공도면과 거의 일치하므로 준공도면상의 설계값을 적용하였다.

【표 5.1.2】 설계 당시와 금차 정밀안전진단시 구조검토 조건비교

구 분		설 계 당 시	금차 정밀안전진단시	비 고
설계기준		• 도로교 설계기준(2000) • 콘크리트 구조설계기준(1999)	• 도로교 설계기준(2010) • 콘크리트 구조기준(2012)	
적용 하중	강거더	• 고정하중+활하중+크리프+건조수축 +온도차	• 고정하중+활하중+크리프+건조수축 +온도차	
	바닥판	• 고정하중, 활하중, 풍하중, 차량 충돌하중	• 고정하중, 활하중, 차량 충돌하중, 풍하중	
플랜지 및 바닥판 유효폭		• 유효폭 고려	• 유효폭 고려	
활하중 재하		• 상부구조 전폭을 기준으로 3.6m간격으로 하중재하	• 상부구조 전폭을 기준으로 3.6m간격으로 하중재하	

【표 5.1.3】 구조검토시 적용 물성치 및 하중조건

구 분		설 계 도 서	현 장 측 정	적 용	비고
적용단면		• 콘크리트 바닥판 : 전구간 동일단면 • 강박스거더 : 경간별 최대정모멘트부 및 최대부모멘트부 • 교각 : P2		• 현장조사시 단면제원을 측정한 결과, 준공도면과 일치하므로 준공도면상의 단면제원을 적용	
사용재료	설계강도	• 준공도면/구조계산서 - 상부 : 270kgf/㎠ - 하부 : 240kgf/㎠	• 비파괴강도 - 설계기준강도를 상회	• 비파괴강도 측정값이 설계기준강도를 상회하므로 설계기준강도 적용 - 상부 : 27.0MPa - 하부 : 24.0MPa	
	탄성계수	• 콘크리트 - 상부 : 246,000kgf/㎠ - 하부 : 232,000kgf/㎠ • 철근 : 2,040,000kgf/㎠ • 강재 : 2,100,000kgf/㎠	• 콘크리트 : 현 설계기준 적용 - $E_c = 8,500 \times \sqrt[3]{f_{cu}}\,(f_{cu} = f_{ck} + \Delta f\ \ MPa)$ $\Delta f = 4MPa(f_{ck} \le 40),\ 6MPa(f_{ck} \ge 60)$ - 상부 : $E_c = 8,500 \times \sqrt[3]{31}$ = 26,701MPa - 하부 : $E_c = 8,500 \times \sqrt[3]{28}$ = 25,811MPa • 철근 : 200,000MPa • 강재 : 205,000MPa		
철근간격/피복두께	바닥판	120~125/40.0~60.0	• 준공도면과 전반적으로 일치	• 철근배근 및 피복두께는 전반적으로 설계값과 일치하므로 설계값 적용	
	교대	100~125/80~100			
	교각	100~125/100			
하중종류	고정하중	• 철근콘크리트 : γ_c=2.5tf/㎥ • 아스팔트 포장 : γ_a=2.3tf/㎥ • 강재 : γ_s=7.85tf/㎥	• 철근콘크리트 : γ_c=25.0kN/㎥ • 아스팔트 포장 : γ_a=23.0kN/㎥ • 강재 : γ_s=78.5kN/㎥	• 설계도서 및 현 설계기준이 동일하므로 현 설계기준상의 값 적용	
	활하중	• DB-24, DL-24	• DB-24, DL-24		
	온도차	• 온도차 : ±10 °C • 선팽창계수 : 12×10^{-6}	• 온도차 : ±10 °C • 선팽창계수 : 12×10^{-6}		
	크리프	• 크리프 계수 : 2	• 크리프 계수 : 2		
	건조수축	• 건조수축에 의한 크리프 계수 : 4 • 최종수축율 : 15×10^{-5}	• 건조수축에 의한 크리프 계수 : 4 • 최종수축율 : 27×10^{-5}	• 현 설계기준상의 값 적용	

다. 검토방법

본교량은 1등급교(DB-24, DL-24)로 설계되어 있으며, 도로교 설계기준(2010)에 따라 강박스거더는 허용응력설계법, 바닥판과 하부구조(교각)는 강도설계법을 적용하여 안전성평가를 실시하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중의 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램인 SAP2000과 MIDAS/Civil을 이용하였다.

5.1.2 내하력평가

내하력 평가방법은 구조해석 결과를 토대로 기본내하력을 평가하였으며, 구조해석 검토시 사용재료의 재료적 특성은 관련 설계기준 및 현장조사자료 등을 참조하였다.

가. 구조해석 및 검토의 기본가정

1) 사용된 해석모델은 Frame Element(강박스거더, 가로보, 세로보), Rigid Element를 이용한 3차원 모델을 적용한다.
2) 철근량은 측정값을 기준으로 하며 철근의 종류는 도면을 참조한다. 유효높이는 철근탐사 시험 결과 측정된 피복두께를 이용하며 설계피복두께 미만은 단면검토시 안전측으로 설계피복두께를 적용한다.
3) 콘크리트강도는 비파괴강도 시험결과와 설계기준강도의 만족 여부를 고려하여 적용한다.
4) 고정하중은 바닥판, 거더, 가로보, 방호벽, 및 기타하중에 대해서 합성전 및 합성후 고정하중으로 구분하여 고려한다.
5) 활하중은 DB하중과 DL하중, 충격하중을 고려하여 산정한다.
6) 강도설계법에 의한 단면검토시 하중계수는 도로교설계기준(2010)을 이용한다.
7) 구조검토 결과는 도로교설계기준(2010)에 준하여 SI단위계를 사용한다.

5.2 상부구조 안전성평가

가. 검토조건

1) 교량 제원

① 교량형식 : 3경간 연속 강박스거더교

② 교량연장 : 40.0+50.0+40.0 = 130.0m

③ 교량폭원 : 8.500m

④ 사 각 : 90.0°

⑤ 거더제원 : B = 3.4m, H = 2.0m

⑥ 교량등급 : 1등급(DB-24 및 DL-24 적용)

2) 사용재료

① 콘크리트

㉠ 설계기준강도(f_{ck}) : 27.0MPa(바닥판), 24.0MPa(교각)

㉡ 탄성계수(E_c) : 26,701MPa(바닥판), 25,811MPa(교각)

㉢ 전단탄성계수(G_c) : 10,270MPa(바닥판), 9,927MPa(교각)

② 철근(SD400)

㉠ 항복강도(f_y) : 400.0MPa

㉡ 탄성계수(E_s) : 200,000MPa

㉢ 허용압축응력 : f_{ca} = 180.0MPa

㉣ 허용인장응력 : f_{ta} = 160.0MPa

③ 강재

㉠ 주부재 : SM490

㉡ 부부재 : SM400

㉢ 탄성계수(E_{st}) : 205,000MPa

㉣ 전단탄성계수(G_{st}) : 79,000MPa

㉤ 허용축방향인장응력 및 허용휨인장응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
40이하	140	190	215	270
40초과 75이하	130	175	200	260
75초과 100이하			195	250

㉥ 허용축방향압축응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570
40이하	140 : $l/r \le 18.6$ 140-0.82(l/r-18.6) : $18.6 < l/r \le 92.8$ $\frac{1,200,000}{6,700+(l/r)^2}$: $92.8 < l/r$	190 : $l/r \le 16.0$ 190-1.29(l/r-16.0): $16.0 < l/r \le 80.1$ $\frac{1,200,000}{5,000+(l/r)^2}$: $80.1 < l/r$	215 : $l/r \le 15.1$ 215-1.55(l/r-15.1): $15.1 < l/r \le 75.5$ $\frac{1,200,000}{4,400+(l/r)^2}$: $75.5 < l/r$	270 : $l/r \le 13.4$ 270-2.19(l/r-13.4): $13.4 < l/r \le 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500+(l/r)^2}$: $67.1 < l/r$
40초과 75이하	130 : $l/r \le 19.4$ 130-0.73(l/r-19.4) : $19.4 < l/r \le 97.0$	175 : $l/r \le 16.6$ 175-1.15(l/r-16.6) : $16.6 < l/r \le 82.8$	200 : $l/r \le 15.5$ 200-1.40(l/r-15.5): $15.5 < l/r \le 77.7$ $\frac{1,200,000}{4,700+(l/r)^2}$: $77.7 < l/r$	260 : $l/r \le 13.7$ 260-2.07(l/r-13.7) : $13.7 < l/r \le 68.6$ $\frac{1,200,000}{3,600+(l/r)^2}$: $68.6 < l/r$
75초과 100이하	$\frac{1,200,000}{7,300+(l/r)^2}$: $97.0 < l/r$	$\frac{1,200,000}{5,300+(l/r)^2}$: $82.8 < l/r$	195 : $l/r \le 15.8$ 195-1.35(l/r-15.8): $15.8 < l/r \le 78.9$ $\frac{1,200,000}{4,800+(l/r)^2}$: $78.9 < l/r$	250 : $l/r \le 13.9$ 250-1.96(l/r-13.9) : $13.9 < l/r \le 69.4$ $\frac{1,200,000}{3,700+(l/r)^2}$: $69.4 < l/r$

여기서, l : 부재의 유효좌굴길이(mm)

r : 부재 총단면의 단면회전반경(mm)

㉦ 허용휨압축응력(MPa)

- 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 직접 고정되어 있는 경우, 상자형 단면, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
40이하	140	190	215	270
40초과 75이하	130	175	200	260
75초과 100이하			195	250

- 위 규정한 이외의 경우

강종 / 판두께(mm)		SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
$\frac{A_w}{A_c} \le 2$	40이하	140 : l/b ≤ 4.6 140-2.49(l/b-4.6) : 4.6 < l/b ≤ 30	190 : l/b ≤ 4.0 190-3.91(l/b-4.0) : 4.0 < l/b ≤ 30	215 : l/b ≤ 3.8 215-4.69(l/b-3.8): 3.8 < l/b ≤ 27	270 : l/b ≤ 3.4 270-6.64(l/b-3.4): 3.4 < l/b ≤ 25
	40초과 75이하	130 : l/b ≤ 4.9	175 : l/b ≤ 4.1	200 : l/b ≤ 3.9 200-4.24(l/b-3.9): 3.9 < l/b ≤ 27	260 : l/b ≤ 3.4 260-6.25(l/b-3.4): 3.4 < l/b ≤ 25
	75초과 100이하	130-2.21(l/b-4.9): 4.9 < l/b ≤ 30	175-3.48(l/b-4.1): 4.1 < l/b ≤ 30	195 : l/b ≤ 3.9 195-4.07(l/b-3.9): 3.9 < l/b ≤ 27	250 : l/b ≤ 3.5 250-5.94(l/b-3.5): 3.5 < l/b ≤ 25
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	40이하	140 : l/b ≤ 9.3/K 140-1.24(K l/b-9.3): 9.3/K < l/b ≤ 30	190 : l/b ≤ 8.0/K 190-1.95(K l/b-8.0): 8.0/K < l/b ≤ 30	215 : l/b ≤ 7.5/K 215-2.35(K l/b-7.5): 7.5/K< l/b ≤ 27	270 : l/b ≤ 6.7/K 270-3.32(K l/b-6.7): 6.7/K < l/b ≤ 25
	40초과 75이하	130 : l/b ≤ 9.7/K	175 : l/b ≤ 8.3/K	200 : l/b ≤ 7.8/K 200-2.12(K l/b-7.8): 7.8/K< l/b ≤ 27	260 : l/b ≤ 6.9/K 260-3.12(K l/b-6.9): 6.9/K< l/b ≤ 25
	75초과 100이하	130-1.10(K l/b-9.7): 9.7/K < l/b ≤ 30	175-1.74(K l/b-8.3): 8.3/K < l/b ≤ 30	195 : l/b ≤ 7.9/K 195-2.04(K l/b-7.9): 7.9/K< l/b ≤ 27	250 : l/b ≤ 6.9/K 250-2.97(K l/b-6.9): 6.9/K< l/b ≤ 25
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적(㎟) A_c : 압축플랜지의 총 단면적(㎟) l : 압축플랜지의 고정점간의 거리(㎜) b : 압축플랜지의 폭(㎜)		$K : \sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$	

ⓞ 허용전단응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
40이하	80	110	125	155
40초과 75이하	75	100	115	150
75초과 100이하			115	145

㉦ 항복응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
40이하	235	315	355	450
40초과 75이하	215	295	335	430
75초과 100이하			325	420

㉧ 강재 주거더의 허용응력 증가율

하중의 조합			증가율(%)	
			정 휨모멘트를 받는 부분	부 휨모멘트를 받는 부분
1	크리프의 영향과 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중+바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15
4	가설시 하중	압축연	25	25
		인장연	25	25

3) 설계방법

① 바닥판 : 강도설계법

② 강박스거더 : 허용응력설계법

4) 적용하중

① 고정하중

고정하중은 합성전 고정하중과 합성후 고정하중으로 구분하여 모델링하였다. 합성전 고정하중은 강재 및 바닥판 자중을 고려하였으며 합성후 고정하중은 방호벽 및 포장 등을 고려하여 계산하였다.

② 활하중

본 교량은 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

③ 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차(ΔT) : $\pm 10°$ C
- 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수(α) : 12×10^{-6}

④ 바닥판 콘크리트의 크리프

- 크리프 계수(ϕ_1) : 2
- 크리프 계산을 위한 탄성계수비 : $n_1 = n\ (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2/2) = 16$

⑤ 바닥판 콘크리트의 건조수축

- 최종수축율(ε_s) : 27×10^{-5}
- 건조수축 계산을 위한 크리프 계수(ϕ_2) : $\phi_2 = 2\ \phi_1 = 2 \times 2 = 4$
- 건조수축 계산을 위한 탄성계수비 : $n_2 = n\ (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4/2) = 24$

⑥ 하중조합

- LCB1 : 합성전 고정하중
- LCB2 : 합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중
- LCB3 : 합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중+크리프
- LCB4 : 합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중+크리프+건조수축
- LCB5 : 합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중+크리프+건조수축+온도차
- LCB6 : 합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중+크리프+건조수축-온도차

5) 참고문헌

① 도로교 설계기준(2010)
② 콘크리트 구조기준(2012)
③ 도로설계편람(2008)
④ 도로설계요령(2009)
⑤ 강도로교 상세부 설계지침(2006)

나. 바닥판 구조검토

합성형교에서 바닥판으로서 작용할 경우(교축직각방향)에 대하여 도로교설계기준(2010년) 등의 적용기준에 따라 구조검토를 수행하였다.

1) 캔틸레버부(브라켓 설치 바닥판)

① 고정하중

철근콘크리트 : $0.250m \times 25.0kN/m^3 = 6.250kN/m^2$

아스팔트포장 : $0.080m \times 23.0kN/m^3 = 1.840kN/m^2$

$\Sigma w_d = 8.090kN/m^2$

$$M_d = \frac{\Sigma w_d L^2}{10} = 3.877kN\cdot m/m$$

여기서, 계산지간(L) =2.189m

② 활하중(DB-24 : $P_r = 96\,kN$)

- 충격계수

$$i = \frac{15}{40 + L} = 0.356 > 0.300 \qquad \therefore i = 0.300 \text{ 적용}$$

- 활하중

$$M_{\ell+i} = \frac{(L+0.6)P_r}{9.6}(1+i) = 36.257kN\cdot m/m$$

연속 바닥판이므로, $M_{\ell+i} = 0.8 \times 36.257 = 29.006kN\cdot m/m$

③ 하중조합

- 계수모멘트

$$M_{u1} = 1.3\,M_d + 2.15\,M_{(\ell+i)} = 67.401kN\cdot m/m$$

- 사용모멘트

$$M = 1.0\,M_d + 1.0\,M_{(\ell+i)} = 32.882kN\cdot m/m$$

④ 바닥판의 최소두께

$$h_{min} = (30 \cdot X + 130) = 220.0mm < 250.0\ mm \therefore O.K.$$

⑤ 단면검토

- 검토조건

설계기준강도(f_{ck}) = 27.0MPa , 인장철근 항복강도(f_y) = 400.0MPa

단면폭(b) = 1000.0mm , 단면높이(h) = 250.0mm

철근 피복두께(d_c) = 40.0mm , 유효깊이(d) = 210.0mm

사용철근량(A_s) = H16@100 = 1,986㎟

- 설계휨강도 산정

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f_{ck} \cdot b} = 34.614mm$$

$$\Phi Mn = \Phi\left\{As \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)\right\} = 130.114kN{\cdot}m$$

- 휨모멘트 검토

ΦMn = 130.114kN·m > Mu = 67.401kN·m ∴ O.K

⑥ 사용성(균열) 검토

- 탄성계수비(n) = $E_s / E_c = 8.0$
- 철근비(ρ) = A_s / bd = 0.00946
- 중립축(k)= $-n\rho + \sqrt{2n\rho + (n\rho)^2}$ = 0.32062
- 중립축 거리(x) = $k \times d$ = 67.331
- $j = 1 - k/3$ = 0.893
- 철근응력(f_s) = $M / (A_s \times j \times d)$ = 88.277MPa
- 최소 두께(c_c) = 32.050mm
- 인장연단 폭(s_1) = $375 \times (210/f_s) - 2.5c_c$= 811.951mm
- 인장연단 폭(s_2) = $300 \times (210/f_s)$= 713.661mm
- 철근 소요중심간격(s_a) = $Min(s_1, s_2)$ = 713.661mm
- 철근 평균간격 125.0mm < 713.661mm, 이므로, ∴ O.K

2) 중앙부

① 고정하중

철근콘크리트 : 0.300m × 25.0kN/m³ = 7.500kN/m²

아스팔트포장 : 0.080m × 23.0kN/m³ = 1.840kN/m²

Σw_d = 9.340kN/m²

$$M_d = \frac{\Sigma w_d L^2}{10} = 10.797kN{\cdot}m/m$$

여기서, 계산지간(L) =3.400m

② 활하중(DB-24 : P_r = 96 kN)

- 충격계수

$$i = \frac{15}{40 + L} = 0.346 > 0.300 \qquad \therefore i = 0.300 \text{ 적용}$$

- 활하중

$$M_{\ell+i} = \frac{(L+0.6)P_r}{9.6}(1+i) = 52.000\text{kN·m/m}$$

연속 바닥판이므로, $M_{\ell+i}$ = 0.8 × 52.000 = 41.600kN·m/m

③ 하중조합

- 계수모멘트

$$M_{u1} = 1.3\,M_d + 2.15\,M_{(\ell+i)} = 103.476\text{kN·m/m}$$

- 사용모멘트

$$M = 1.0\,M_d + 1.0\,M_{(\ell+i)} = 52.397\text{kN·m/m}$$

④ 바닥판의 최소두께

$$h_{min} = (30 \cdot X + 130) = 232.0\text{mm} < 300.0\text{ mm} \therefore \text{O.K.}$$

⑤ 단면검토

- 검토조건

설계기준강도(f_{ck}) = 27.0MPa , 인장철근 항복강도(f_y) = 400.0MPa

단면폭(b) = 1000.0mm , 단면높이(h) = 300.0mm

철근 피복두께(d_c) = 40.0mm , 유효깊이(d) = 260.0mm

사용철근량(A_s) = H16@100 = 1,986.0㎟

- 설계휨강도 산정

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f_{ck} \cdot b} = 34.614\text{mm}$$

$$\Phi Mn = \Phi\left\{As \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)\right\} = 163.876\text{kN·m}$$

- 휨모멘트 검토

ΦMn = 163.876kN·m > Mu = 103.476kN·m ∴ O.K

⑥ 사용성(균열) 검토

- 탄성계수비(n) = $E_s / E_c = 8.0$
- 철근비(ρ) = A_s / bd = 0.00764
- 중립축(k)= $-n\rho + \sqrt{2n\rho + (n\rho)^2}$ = 0.29379
- 중립축 거리(x) = $k \times d$ = 76.384
- $j = 1 - k/3$ = 0.902
- 철근응력(f_s) = $M / (A_s \times j \times d)$ = 112.490MPa
- 최소 두께(c_c) = 32.050mm
- 인장연단 폭(s_1) = $375 \times (210/f_s) - 2.5c_c$= 619.938mm
- 인장연단 폭(s_2) = $300 \times (210/f_s)$= 560.051mm
- 철근 소요중심간격(s_a) = $Min(s_1, s_2)$ = 560.051mm
- 철근 평균간격 125.0mm < 560.051mm, 이므로, ∴ O.K

3) 바닥판의 구조검토 결과

강도설계법에 의한 바닥판의 단면검토 결과, 휨강도에 대한 계수모멘트의 최소 안전율이 1.930로 산정되어 바닥판은 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 5.2.1】 바닥판의 단면검토 결과

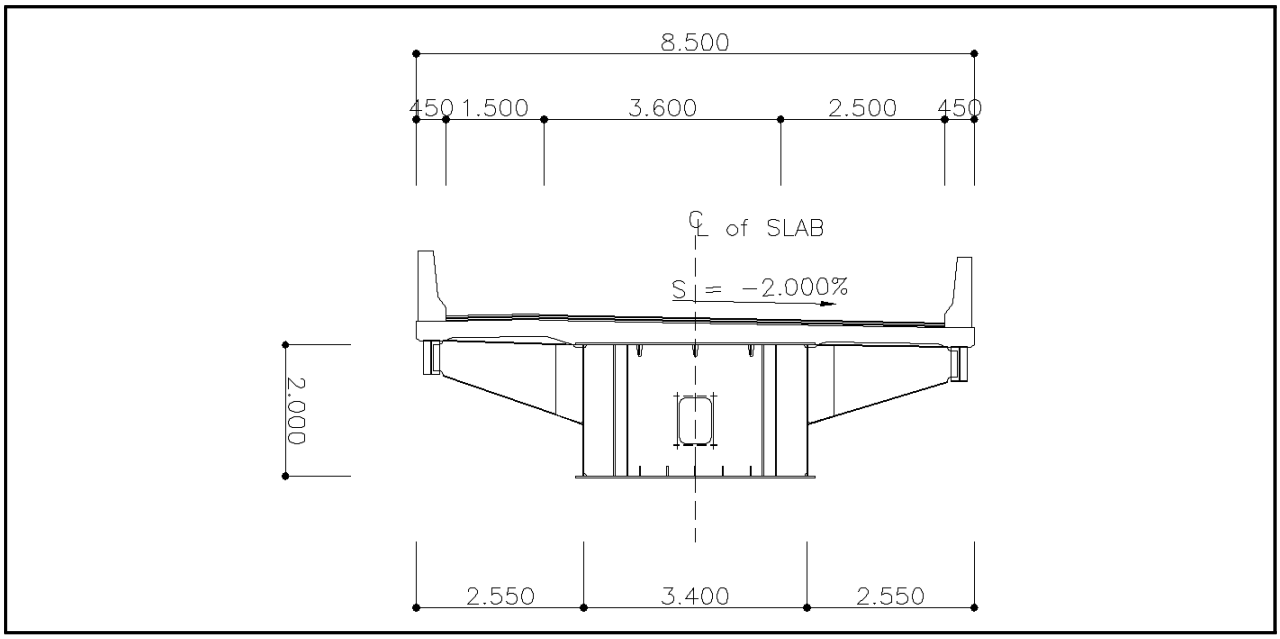
구 분	M_u (kN·m)	ΦM_n (kN·m)	안전율 (ΦMn/Mu)	검토 결과
캔틸레버부	67.401	130.114	1.930	O.K
중앙부	103.476	163.876	1.584	O.K

【표 5.2.2】 바닥판의 사용성(균열) 검토결과

구 분	M_o (kN·m)	인장응력(f_s) (MPa)	허용응력(f_{sa}) (MPa)	철근 평균 간격(s) (mm)	철근 소요중심 간격(s_a) (mm)	검토 결과
캔틸레버부	32.882	88.277	240.000	125.000	713.7	O.K
중앙부	52.397	112.490	240.000	125.000	560.1	O.K

다. 강박스거더 구조검토

1) 해석단면

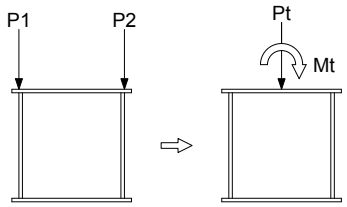


【그림 5.2.1】 해석단면

2) 하중산정

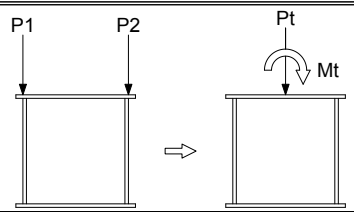
① 합성전 고정하중

- 강재 자중 : 프로그램 내에서 자동 고려
  각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중은 주부재 자중의 30% 할증 적용
- 바닥판 자중 : 계산 후 거더에 직접 선하중과 모멘트를 입력
  횡방향 하중분배
- 거더별 작용하중

구분	거더폭 (m)	바닥판 자중				기호의 정의
		P1 (kN/m)	P2 (kN/m)	Pt (kN/m)	Mt (kN · m)	
G1	3.400	51.866	53.779	105.645	3.252	
-	-	-	-	-	-	

② 합성후 고정하중

합성후 고정하중(방호벽, 중분대 및 포장)은 거더(Frame Element)에 선하중 및 모멘트로 재하하였다.

구분	거더폭 (m)	포장 및 방호벽, 중분대				기호의 정의
		P1 (kN/m)	P2 (kN/m)	Pt (kN/m)	Mt (kN・m)	
G1	3.400	15.357	15.357	30.714	0.000	
-	-	-	-	-	-	

③ 활하중

구 분	활하중			
교 폭	• 12.600m			
지간장(L)	• 40+50+40=130.0m			
충격계수(i)	• 제1지간 15 / (40+40.0) = 0.189 < 0.3 ∴ i = 0.189 적용			
	• 제1, 2내부지점 15 / (40+(40+50.0)/2) = 0.176 < 0.3 ∴ i = 0.176 적용			
	• 제2지간 15 / (40+50.0) = 0.167 < 0.3 ∴ i = 0.167 적용			
활하중 크기	표준차로하중(DL-24)		표준트럭하중(DB-24)	
	P_m	108kN	P_f	24 kN
	P_s	156kN	P_r	96 kN
	W_ℓ	12.7kN/m		
설계차로	W_c의 범위(m)	N	W_c의 범위(m)	N
	$6.0 \le W_c < 9.1$	2	$23.8 \le W_c < 27.4$	7
	$9.1 \le W_c < 12.8$	3	$27.4 \le W_c < 31.1$	8
	$12.8 \le W_c < 16.4$	4	$31.1 \le W_c < 34.7$	9
	$16.4 \le W_c < 20.1$	5	$34.7 \le W_c < 38.4$	10
	$20.1 \le W_c < 23.8$	6		
	여기서, W_c : 연석간 교폭(11.4m를 적용)			
재하방법	• 해석프로그램의 이동하중해석 기능을 사용 • DB-24, DL-24 재하 • 설계차로에 의거하여 3차로 재하 • DB-24 또는 DL-24하중에 대하여 경간별로 가장 불리한 부재력이 산출되도록 재하 • 최대 부재력이 3차로 이상의 활하중 동시 재하로 발생하는 경우에는 도로교 설계기준(2010년)에 따라 백분율로 감소 - 3차로 동시 재하 : 90% - 4차로 이상 동시 재하 : 75%			

④ 지점침하

합성후 단면에 대해서 각 지점위치별 10mm 부등침하를 조합하여 적용

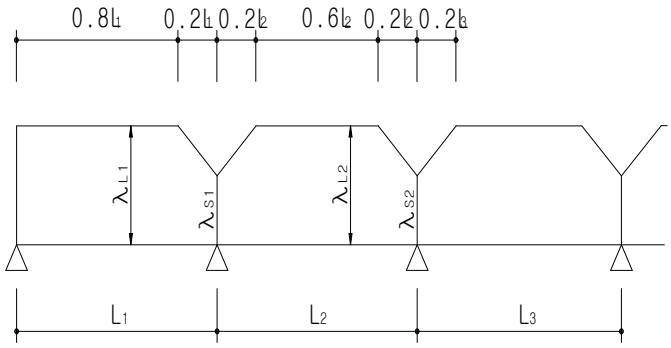
⑤ 플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

전단지연(Shear Lag) 현상의 영향으로 인한 플랜지 및 바닥판의 유효폭은 다음과 같다.

3) 유효폭 산정

① 등가경간장

【표 5.2.3】 등가경간장 및 적용식

구분	유효폭의 변화상태	등가경간장	적용식
연속 거더		λ_{L1}(경간중앙부) l = 0.8L1	①
		λ_{L2}(경간중앙부) l = 0.6L2	①
		λ_{S1}(중간지점) l = 0.2(L1 + L2)	②
		λ_{S2}(중간지점) l = 0.2(L2 + L3)	②
		변화구간은 직선보간 적용.	

㉠ 적용식

- $b/l \leqq 0.05$ $\quad \lambda_L = b$

  $0.05 < b/l < 0.30$ $\quad \lambda_L = \{1.1-2(b/l)\} \cdot b$

  $b/l \geqq 0.30$ $\quad \lambda_L = 0.15\ l$

- $b/l \leqq 0.02$ $\quad \lambda_S = b$

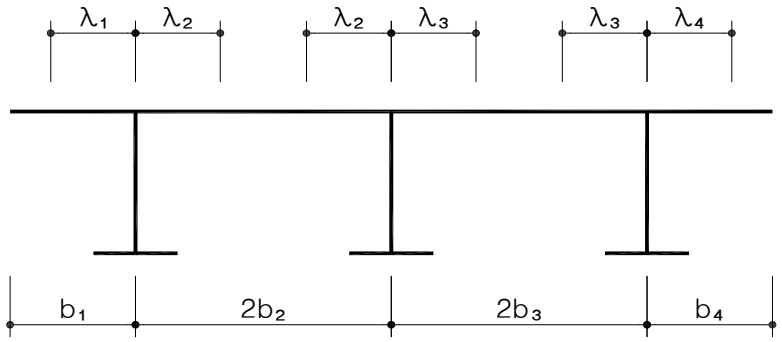
  $0.02 < b/l < 0.30$ $\quad \lambda_S = \{1.06-3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot B$

  $b/l \geqq 0.30$ $\quad \lambda_S = 0.15\ l$

여기서, λ : 플랜지의 한쪽 유효폭(mm)

b : 복부판 간격의 1/2 또는 플랜지 돌출폭(mm)

l : 등가지간장(mm)



【그림 5.2.2】 플랜지의 유효폭

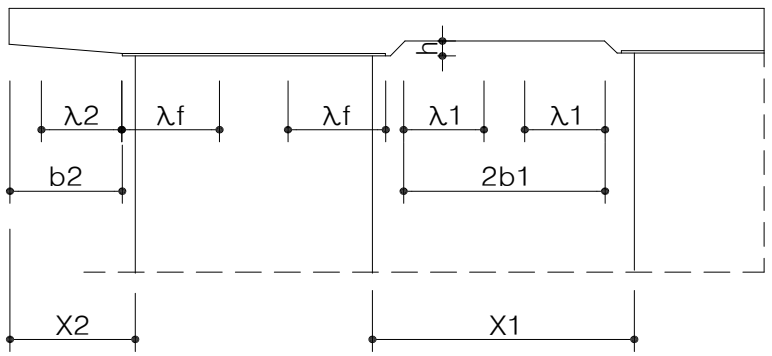
• 등가경간장

구 분	등 가 경 간 장	단 위	비 고
외측경간 중앙부	31.520	M	
외측경간 지점부	17.880	M	
내측경간 중앙부	30.000	M	
내측경간 지점부	-	M	

② 바닥판 유효폭 산정

㉠ 등가경간장 및 적용식

플랜지 유효폭의 적용식을 적용한다.



【그림 5.2.3】 바닥판의 유효폭

㉡ 거더별 플랜지 및 바닥판 유효폭

응력계산을 위하여 유효폭을 산정하면 다음과 같다.

【표 5.2.4】 G1 강거더 플랜지 및 바닥판 슬래브 실제폭 및 유효폭

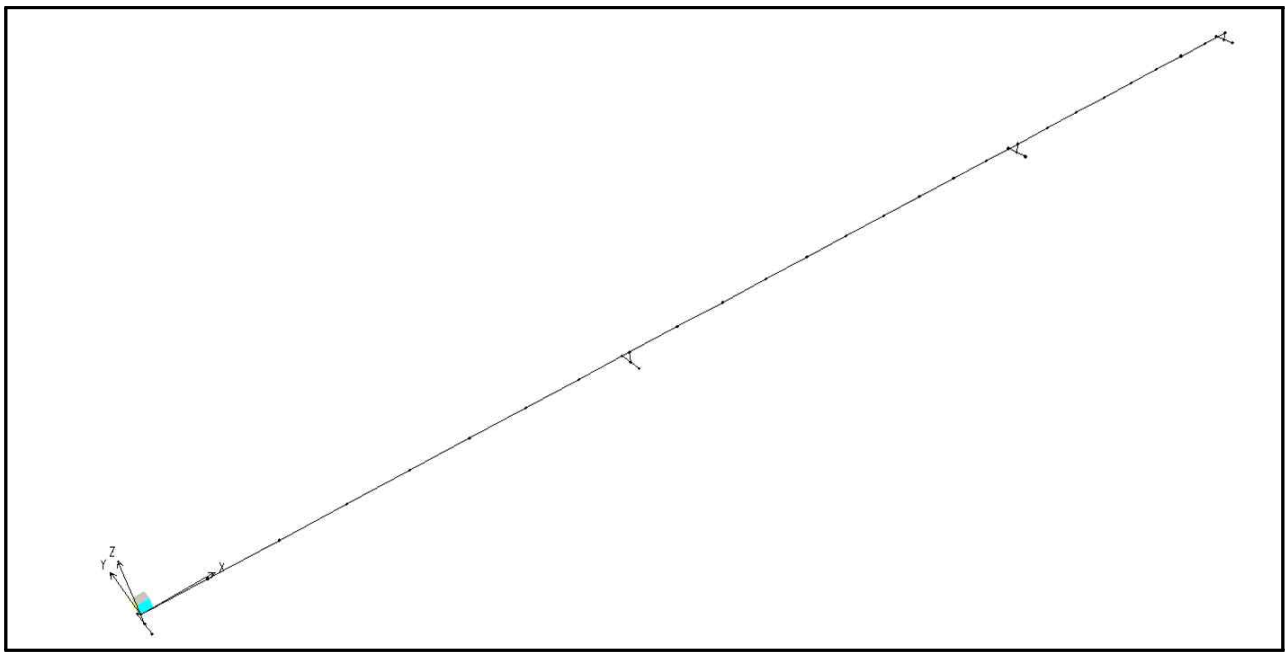
구 분	등가 경간장	강거더 상부플랜지		강거더 하부플랜지		바닥슬래브	
		실제폭①	유효폭②	실제폭①	유효폭②	실제폭①	유효폭②
외측경간 중앙부	31.520	3.600	3.600	3.600	3.600	8.200	8.200
외측경간 지점부	17.880	3.600	2.948	3.600	2.948	8.200	6.390
내측경간 중앙부	30.000	3.600	3.595	3.600	3.595	8.200	8.153
내측경간 지점부	-	-	-	-	-	-	-

4) 모델링 및 단면제정수

① 모델링

본 구조해석에서는 거동을 비교적 정확히 모사하기 위해 강박스거더 및 가로보는 보요소(Frame Element)를 사용하여 3차원 모델로 모델링하였으며 구조해석 모델은 강박스거더 자중(가로보 및 세로보 포함) 및 바닥판의 자중을 하중으로 고려한 합성전 모델과 콘크리트 바닥판과 강박스거더가 일체로 거동하는 합성후 모델에 대하여 구조해석을 수행하였으며, 기타 세부내용은 다음과 같다.

- 합성전 모델링시 바닥판은 단면의 강성에 기여하는 바 없이 고정하중만을 추가시키는 역할만을 함으로 바닥판에 의한 횡분배 효과는 고려하지 않는 것으로 하였다. 활하중은 해석프로그램 내의 이동하중해석 기능을 사용하였으며 도로교 설계기준을 참조하여 가장 불리한 하중조합이 되도록 설정하였다.
- 경계조건은 현장조사 및 준공도면에서 확인된 각 지점의 가동, 고정상태를 고려하여 설정하였다.



【그림 5.2.4】해석모델링

② 단면제정수(실제폭 적용)

• 거더

【표 5.2.5】단면 제정수 산정(실제폭 적용)

구 분	외측경간 중앙부		외측경간 지점부		내측경간 중앙부		내측경간 지점부	
	합성전	합성후	합성전	합성후	합성전	합성후	합성전	합성후
Area	0.1636	0.4629	0.2961	0.5954	0.1491	0.4484	-	-
Ixx	0.2185	0.2934	0.3926	0.4614	0.1960	0.2746	-	-
Iyy	0.2578	2.060	0.4334	2.2350	0.2417	2.0440	-	-
Izz	0.1299	0.2769	0.2559	0.4814	0.1150	0.2533	-	-

여기서 Area : 단면적 (m^2)

Asy : 요소좌표계 y축 방향 전단력에 저항하는 유효전단면적(Effective Shear Area)(m^2)

Asz : 요소좌표계 z축 방향 전단력에 저항하는 유효전단면적(Effective Shear Area) (m^2)

Ixx : 요소좌표계 x축 방향의 비틀림강성(Torsional Resistance) (m^4)

Iyy : 요소좌표계 y축 방향에 대한 단면2차모멘트(Area Moment of Inertia) (m^4)

Izz : 요소좌표계 z축 방향에 대한 단면2차모멘트(Area Moment of Inertia) (m^4)

5) 구조해석 결과

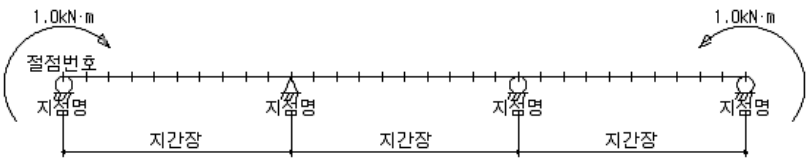
① 2차 부정정력에 대한 영향 검토

콘크리트-강재 합성형 교량에서는 고정하중과 활하중에 의한 응력 이외에 건조수축, 크리프, 강재-콘크리트 온도차에 의한 응력이 발생한다. 특히, 강합성형교가 2경간 이상의 연속

교일 경우에는 건조수축, 크리프, 온도차에 의해 부정정력이 추가로 발생되며 이와 같은 하중을 2차 모멘트라고 한다.

부정정계에서 2차 모멘트를 구하기 위하여 해석모델 교량의 양단에 단위 모멘트를 작용시켜 각 절점에서의 모멘트(이 값을 영향계수 k라 함)를 구하여 이를 단면의 응력 검토시에 이용하였다.

【표 5.2.6】 영향계수 k값 산출 결과



구 분		k값
G1	A1	1.000
	P1	-0.201
	P2	-0.201
	A2	1.000
	-	-

③ 단면력 산정결과

합성후 모델(합성후 고정하중, 활하중)에서 산출된 휨모멘트는 순수 휨모멘트와 동시에 발생하는 축력에 의한 우력모멘트를 고려한 값이며, 아래 표와 같으며, 거더 G1과 G2에 발생하는 단면력을 정리하였다.

• 거더별 정모멘트부

【표 5.2.7】 측경간 정모멘트부 단면력 산정결과

구 분		합 성 전 고정하중	합 성 후 고정하중	활하중(충격포함)	지점침하	합 계
G1	휨모멘트 (kN・m)	8,137.517	3,382.978	6,970.287	543.585	19,035.367
	전단력 (kN)	39.896	16.800	390.385	25.423	472.504
	비틀림모멘트 (kN・m)	8.706	0.000	586.417	0.000	595.123

• 거더별 부모멘트부

【표 5.2.8】 지점부 부모멘트부 단면력 산정결과

구 분		합 성 전 고정하중	합 성 후 고정하중	활하중(충격포함)	지점침하	합 계
G1	휨모멘트 (kN・m)	-20,588.948	-7,963.570	-10,359.402	-1,002.381	-39,913.301
	전단력 (kN)	-2,347.526	-890.283	-1,167.457	-25.423	-4,430.689
	비틀림모멘트 (kN・m)	-81.391	0.000	-1,294.581	0.000	-1,375.972

6) 강박스거더의 응력 검토

강박스거더에 대한 응력검토는 경간 최대 정모멘트부 및 지점부 최대 부모멘트부 단면에 대하여 유효폭을 적용하여 실시하였으며, 이에 대한 상세 검토결과는 부록에 첨부하였다.

하중종류1	합성전 고정하중	하중종류5	크리프
하중종류2	합성후 고정하중	하중종류6	건조수축
하중종류3	활하중	하중종류7	온도변화
하중종류4	풍하중		

① 정모멘트부

㉠ 측경간

• 휨응력

【표 5.2.9】측경간 정모멘트부 휨응력 검토결과

하중조합	휨 응 력				안전율	
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)			
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	63.573	-64.047	145.475	190.000	O.K !!	O.K !!
1+2+3	75.483	-134.681	190.000	190.000	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5	81.730	-133.254	218.500	190.000	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6	106.763	-128.228	218.500	190.000	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6+7	123.569	-123.632	247.000	218.500	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6-7	89.956	-132.825	247.000	218.500	O.K !!	O.K !!

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

• 전단 및 비틀림

$$\nu = (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2\,F\,t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2\,F_v\,t_w)$$

$$= 13.4 \text{ MPa} < 110.0 \text{ MPa} \quad \therefore \text{O.K.}$$

• 합성응력

- 상연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = 0.250 + 0.015 = 0.265 < 1.2 \quad \therefore \text{O.K.}$$

- 하연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = 0.502 + 0.015 = 0.517 < 1.2 \quad \therefore \text{O.K.}$$

• 항복에 대한 안전도 검사

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연 응력은 f_{ck}의 3/5를 넘어서는 안된다.

【표 5.2.10】 측경간 정모멘트부 항복에 대한 안전도 검사결과

하중조합	바 닥 판			강 재			검토결과
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연		
1	-	-	-	82.646	-83.261	315.000	O.K !!
1+2+3	5.574	3.173	16.200	105.109	-216.484	315.000	O.K !!
1+2+3+7	6.461	4.248	16.200	121.916	-221.080	315.000	O.K !!
1+2+3+5	5.090	3.047	16.200	111.355	-215.058	315.000	O.K !!
1+2+3+5+6	3.945	1.799	16.200	136.388	-210.032	315.000	O.K !!
1+2+3+5+6+7	3.059	0.724	16.200	153.195	-205.435	315.000	O.K !!
1+2+3+5+6-7	4.832	2.874	16.200	119.582	-214.628	315.000	O.K !!

㉡ 중앙경간

• 휨응력

【표 5.2.11】 중앙경간 정모멘트부 휨응력 검토결과

하중조합	휨 응 력				안전율	
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)			
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	66.807	-67.354	117.850	190.000	O.K !!	O.K !!
1+2+3	77.299	-137.039	190.000	190.000	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5	83.785	-136.456	218.500	190.000	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6	111.383	-134.613	218.500	190.000	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6+7	128.972	-132.364	247.000	218.500	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6-7	93.794	-136.862	247.000	218.500	O.K !!	O.K !!

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 전단 및 비틀림

$\nu = (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2Ft_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2F_v t_w)$

= 26.6 MPa < 110.0 MPa ∴O.K.

- 합성응력
  - 상연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = 0.321 + 0.058 = 0.380 < 1.2 \quad \therefore O.K.$$

  - 하연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = 0.520 + 0.058 = 0.579 < 1.2 \quad \therefore O.K.$$

- 항복에 대한 안전도 검사
  - 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
  - 콘크리트의 압축연 응력은 f_{ck}의 3/5를 넘어서는 안된다.

【표 5.2.12】중앙경간 정모멘트부 항복에 대한 안전도 검사결과

하중조합	바 닥 판			강 재			검토결과
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연		
1	-	-	-	86.849	-87.560	315.000	O.K !!
1+2+3	5.151	2.829	16.200	106.509	-218.131	315.000	O.K !!
1+2+3+7	5.881	3.797	16.200	124.098	-220.381	315.000	O.K !!
1+2+3+5	4.716	2.751	16.200	112.995	-217.549	315.000	O.K !!
1+2+3+5+6	3.713	1.616	16.200	140.592	-215.705	315.000	O.K !!
1+2+3+5+6+7	2.983	0.648	16.200	158.181	-213.456	315.000	O.K !!
1+2+3+5+6-7	4.444	2.583	16.200	123.003	-217.955	315.000	O.K !!

② 부모멘트부

㉠ 측경간

• 휨응력

【표 5.2.13】 부모멘트부 휨응력 검토결과

하중조합	휨 응 력				안전율	
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)			
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-103.823	93.642	190.000	190.000	O.K !!	O.K !!
1+2+3	-148.190	165.267	190.000	190.000	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5	-156.593	152.972	190.000	190.000	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6	-146.677	168.091	190.000	190.000	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6+7	-132.641	186.937	218.500	218.500	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6-7	-160.712	149.245	218.500	218.500	O.K !!	O.K !!

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

• 전단 및 비틀림

$\nu = (V_s + V_{sc} + V_v)/A_w + M_{st}/(2\,F\,t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2\,F_v\,t_w)$

= 71.0 MPa < 110.0 MPa ∴O.K.

• 합성응력

- 상연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = 0.679 + 0.416 = 1.096 < 1.2 \quad \therefore O.K.$$

- 하연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = 0.783 + 0.416 = 1.199 < 1.2 \quad \therefore O.K.$$

• 항복에 대한 안전도 검사

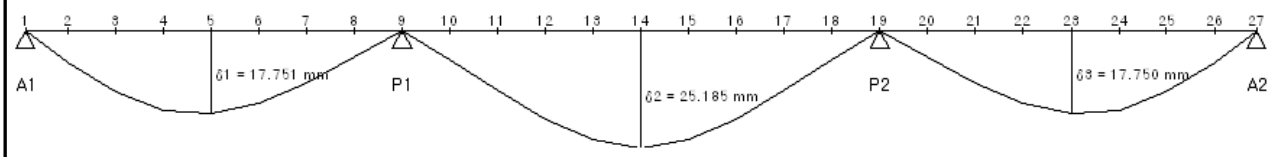
- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연 응력은 f_{ck}의 3/5를 넘어서는 안된다.

【표 5.2.14】 부모멘트부 항복에 대한 안전도 검사결과

하중조합	철 근			강 재			검토결과
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연		
1	-	-	-	-134.969	121.734	315.000	O.K !!
1+2+3	-99.020	-84.155	240.000	-212.980	247.672	315.000	O.K !!
1+2+3+7	-110.080	-94.864	240.000	-227.016	266.518	315.000	O.K !!
1+2+3+5	-107.022	-92.441	240.000	-221.383	235.376	315.000	O.K !!
1+2+3+5+6	-97.641	-82.681	240.000	-211.466	250.496	315.000	O.K !!
1+2+3+5+6+7	-108.701	-93.390	240.000	-197.431	269.342	315.000	O.K !!
1+2+3+5+6-7	-86.581	-71.971	240.000	-225.502	231.649	315.000	O.K !!

7) 활하중에 의한 처짐 검토

경 간(L)	설계활하중에 의한 계산 처짐	검토	처짐 제한값(L/500)	검토결과
50.0 m	25.185mm	<	100.00 mm	O.K



8) 받침용량 검토

【표 5.2.15】 반력 집계결과

(단위 : kN)

구 분		고정하중	활 하 중		지점침하		온도하중		거더 평균		받침용량
			MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
A1	SH-1	836.561	709.168	-269.899	18.874	-12.721	0.0	0.0	1,564.603	553.941	2,000
	SH-2	885.585	709.168	-269.899	18.874	-12.721	0.0	0.0	1,613.627	602.965	
P1	SH-1	3,133.680	1,406.902	-430.330	37.617	-43.771	0.0	0.0	4,578.199	2,659.579	5,000
	SH-2	3,269.922	1,406.902	-430.330	37.617	-43.771	0.0	0.0	4,714.441	2,795.821	
P2	SH-1	3,133.753	1,405.778	-429.396	37.617	-43.771	0.0	0.0	4,577.148	2,660.586	5,000
	SH-2	3,269.850	1,405.778	-429.396	37.617	-43.771	0.0	0.0	4,713.245	2,796.683	
A2	SH-1	836.478	709.086	-269.794	18.874	-12.721	0.0	0.0	1,564.438	553.963	2,000
	SH-2	885.668	709.086	-269.794	18.874	-12.721	0.0	0.0	1,613.628	603.153	

받침 최대반력 검토 결과 허용응력 이내로 받침의 안전성을 확보함.

9) 현장이음부

① 현장이음부 검토

강박스 거더의 현장이음부(Field Splice) 중에서 응력수준이 높고 상대적으로 취약부위인 S1-G1-SP2(정모멘트 발생구간)을 검토대상 부위로 선정하여 안전성을 검토하였으며, 검토결과 안전성을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

㉠ 일반조건

휨모멘트(kN·m)		전단력(kN)		총비틀림 모멘트 M_t (kN · m)	상부플랜지 응력 f_u (MPa)	하부플랜지 응력 f_l (MPa)	허용 휨인장응력 f_{sa} (MPa)
합성전 M_s	합성후 M_ν	합성전 V_s	합성후 V_ν				
5,813.44	9,850.98	627.93	871.74	650.60	99.72	-109.29	190.0
• 강 종 : SM490B(f_a = 190 MPa , υ_a = 110 MPa)							
• 볼 트 : H.T.B(M22 F10T) ρ_{sa} = 48000 × 2면 마찰 = 96000N							

㉡ 압축부 플랜지의 이음

• 연결부 필요강도

주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75%이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다.

f_s = 99.72MPa

$f_{s(min)}$ = 0.75 × 190.0 = 142.5MPa

∴ 이음부의 설계응력은 f_s' = 142.5MPa 적용

• 필요 볼트수의 결정

모재두께 = 12㎜, 모재길이 = 3,640㎜

$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa}$ = 50 < nused = 84 ∴ O.K.

• 이음판의 결정

- 필요단면적 산정

$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa}$ = 32,760 mm^2

- 사용 이음판 전단면적(A_{use})

Σ = 68,400 ㎟ ≧ A_{req} ∴ O.K

- 이음판의 응력

$f_s = A_s \times f_s' / A_n$ = 91.0 MPa < 190MPa ∴ O.K.

• 볼트의 응력검토

축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 볼트 응력검토

$\rho_p = P / n_t$ = 74,100 N/ea < 96,000 N/ea ∴ O.K.

㉢ 인장부 플랜지의 이음

• 연결부 필요강도

주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75%이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다.

f_s = 109.29MPa

$f_{s(min)} = 0.75 \times 190.0 = 142.5$ MPa

• 필요 볼트수의 결정

모재두께 = 14㎜, 모재길이 = 3,640㎜

$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa}$ = 58 < nused = 102 ∴ O.K.

• 이음판의 결정

- 필요단면적 산정

$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa}$ = 38,220 mm^2

- 사용 이음판 전단면적(A_{use})

Σ = 63,600㎟ ≧ A_{req} ∴ O.K

- 이음판의 응력

$f_s = A_s \times f_s' / A_n$ = 185.9 MPa < 190MPa ∴ O.K.

• 볼트의 응력검토

축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 볼트 응력검토

$\rho_p = P / n_t$ = 71,200 N/ea < 96,000 N/ea ∴ O.K.

㉣ Web 연결부의 계산

• 볼트의 응력 계산

- 휨에 의한 볼트의 응력

$$M_w = \frac{f_s \cdot t_w \cdot h_w^2}{6} = 795{,}000 \text{ N·m}$$

$$\rho_p = \frac{M_w}{\Sigma y_i^2} y_n = 76.657 \text{ kN} \leq \rho a = 96 \text{ kN}$$

- 전단력에 의한 볼트의 응력

ρ_s = 18,373 N/EA ≤ ρa

- 합성응력의 검토

$\rho = \sqrt{\rho_p^{\ 2} + \rho_h^{\ 2}}$ = 78,829 N/EA ≤ ρa ∴ O.K

• 이음판의 응력 검토

- 합성전 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

y_{su} = 1,009.24㎜ y_{sl} = 1,016.76㎜

- 합성후 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

$y_{su,\upsilon}$ = 259.57㎜ $y_{sl,\upsilon}$ = 1,766.43㎜

- 이음판의 상연 응력 검토

$f_u = (M_{s\omega} \cdot y_{su})/I_{s\omega} + (M_{\upsilon\omega} \cdot y_{su,\upsilon})/I_{\upsilon\omega}$

= 39.0 MPa ≤ f_{sa} = 190.000 MPa ∴O.K

- 이음판의 하연 응력 검토

$f_l = (M_{s\omega} \cdot y_{sl})/I_{s\omega} + (M_{\upsilon\omega} \cdot y_{sl,\upsilon})/I_{\upsilon\omega}$

= -75.4 MPa ≤ f_{sa} = 190.000 MPa ∴O.K

10) 피로 검토

강박스 거더의 주요부위 중에서 응력수준이 높고 상대적으로 취약부위를 검토 대상으로 선정하여 안전성을 검토하였으며, 검토결과 안전성을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

① 응력반복 횟수

부재 및 하중구분 / 도로의 종류	종방향 주부재		횡방향 부재	비 고
	트럭하중	차로하중	트럭하중	
고속도로, 일반도로 주간선 도로	2백만	50만	2백만 이상	
기타도로	10만	10만	50만	

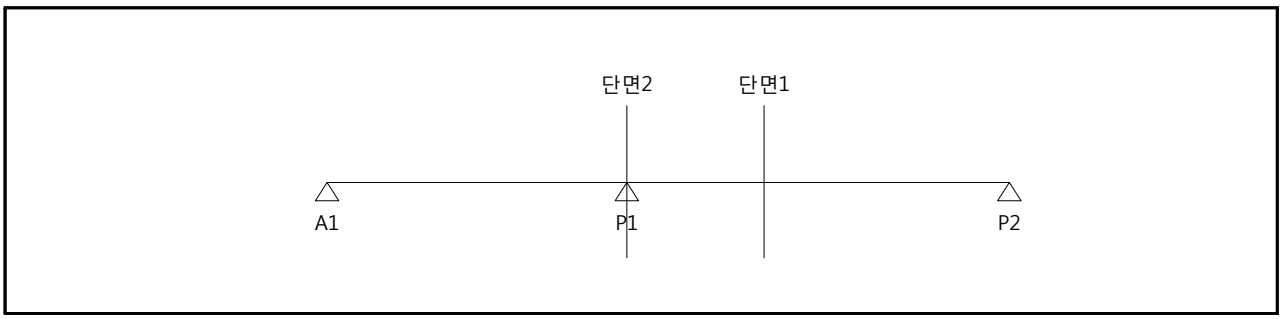
② 허용응력 범위 f_{sr}(MPa)

응력범주	다재하 경로구조				단재하 경로구조			
	10만회	50만회	200만회	200만회 이상	10만회	50만회	200만회	200만회 이상
A	442	260	168	168	351	203	168	168
B	344	203	126	112	274	161	112	112
B’	274	161	101	84	218	126	77	77
C	250	147	91	70	196	112	70	63
				84*			84*	77*
D	196	112	70	49	154	91	56	35
E	154	91	56	31	119	70	42	16
E’	112	64	40	18	84	49	28	9
F	105	84	63	56	84	63	49	42

주) *는 거더 복부판과 플랜지의 수직보강재 용접의 경우

③ 피로조사 위치 및 응력범주의 설정

활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여 피로검토를 수행한다.



【그림 5.2.5】 피로조사 단면위치

본 교량은 주간선도로에 속하는 다재하경로 구조로서 트럭하중 2백만회와 차로하중 50만회에 대하여 검토하는 것으로 한다.

<단면 1>

구분	상 세	응력 범주	f_{sr}(MPa)		비 고
			DB하중	DL하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	B	112	161	
②	인장측 플랜지와 다이아프램의 필렛 용접부	C	70	112	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	42	70	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	42	70	

<단면 2>

구분	상 세	응력 범주	f_{sr}(MPa)		비 고
			DB하중	DL하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	B	112	161	
		F (전단피로검토)	49	63	
②	인장측 플랜지와 다이아프램의 필렛 용접부	C	70	112	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	42	70	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	42	70	
⑤	인장측 플랜지에 부착된 가로보 거셋판 용접 끝부분	E	42	70	
⑥	스터드에 인접한 인장측 플랜지부	C	70	112	

④ 설계 피로응력

㉠ 휨모멘트에 대한 피로검토

$$\triangle f = \frac{\triangle M}{I_v} y$$

여기서, Δf : 설계 피로응력 범위(최대응력과 최소응력의 차)

$\Delta M = M_{max} - M_{min}$

I_v : 합성후 단면의 단면2차모멘트

y : 합성후 단면의 도심으로부터 거리

<단면 1>

구분	$\triangle M$ (kN·m)		I_v (㎜4)	y (㎜)	$\triangle f$ (MPa)		응력 범주	f_{sr} (MPa)		검토 결과
	DB하중	DL하중			DB하중	DL하중		DB하중	DL하중	
①	8417.546	9137.71	2.496E+11	1766.3	59.576	64.673	B	112	161	O.K
②				1766.3	59.576	64.673	C	70	112	O.K
③				166.3	5.609	6.089	E	42	70	O.K

<단면 2>

구분	$\triangle M$ (kN·m)		I_v (㎜4)	y (㎜)	$\triangle f$ (MPa)		응력 범주	f_{sr} (MPa)		검토 결과
	DB하중	DL하중			DB하중	DL하중		DB하중	DL하중	
①	6570.528	11799.501	2.808E+11	869.7	20.348	36.541	B	112	161	O.K
②				869.7	20.348	36.541	C	70	112	O.K
④				730.3	17.086	30.684	E	42	70	O.K
⑥				897.7	21.003	37.718	C	70	112	O.K

㉡ 전단에 대한 피로검토

플랜지와 복부판의 필렛용접부에 대한 전단피로 검토 : 이 부위의 피로상세범주는 “F” 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점을 설정하였음.

$$\Delta v = \frac{\Delta S \cdot Q}{I_v \cdot \Sigma a}$$

s

s

a

여기서, Δv : 설계전단 피로응력 범위
(최대응력과 최소응력의 차)

$\Delta S = S_{max} - S_{min}$

Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한 단면1차모멘트(mm^3 = A (mm^2) · y(mm))

I_v : 합성후 단면의 단면2차모멘트

Σa : 필렛용접 목두께의 합(mm = 4EA × s / $\sqrt{2}$)

s : 필렛용접 치수(mm)

- 상부플랜지와 복부판

구분	ΔS (kN)	t_u (mm)	B (mm)	A (mm²)	y_{vsu} (mm)	Q (mm³)	I_v (mm4)	s (mm)	Σa (mm)	Δv (MPa)	v_{sr} (MPa)	검토 결과
DB하중	1967.048	28	3640	101920	870	8.850E+07	2.808E+11	8	22.6	27.4	49	OK
DL하중	2379.771									33.1	63	OK

- 하부플랜지와 복부판

구분	ΔS (kN)	t_ℓ (mm)	B (mm)	A (mm²)	y_{vsl} (mm)	Q (mm³)	I_v (mm4)	s (mm)	Σa (mm)	Δv (MPa)	v_{sr} (MPa)	검토 결과
DB하중	1967.048	30	3640	109200	1188	1.296E+08	2.808E+11	8	22.6	40.1	49	O.K
DL하중	2379.771									48.5	63	O.K

5.3 기본내하력 검토

5.3.1 개 요

구조물이 현재 보유하고 있는 실제 내하력 및 안전도를 추정하기 위한 내하력 평가는 유지관리 체계의 핵심이 되는 중요한 분야로서 그 분석 및 평가방법의 합리성과 결과의 신뢰도가 중요한 문제로 된다. 현재 사용되고 있는 교량의 내하력 평가기법은 공용하중에 대한 내하율(Rating Factor)을 구하기 위한 허용응력개념(Working Stress Rating)이나 강도 또는 하중저항계수개념(Load and Resistance Factor Design)에 의한 방법과 신뢰성 이론의 개념에 기초한 방법으로 대별될 수 있다. 건교부에서 제정한 '안전점검 및 정밀안전진단 세부지침-교량편' 에 의한 내하력 평가 절차는 다음과 같다.

5.3.2 허용응력법

가. 내하율(Rating Factor) 평가

허용응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정시에 하중조합으로는 D+L(1.0+i)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.0이 된다. 사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따른 항복응력을 사용하여 도로교 설계기준에 의거 부재종류에 따라 결정한다. 고정하중과 활하중에 의한 응력은 대상 부재단면에 있어서 철근 및 강재부식, 콘크리트의 중성화, 염해 등에 의한 강도저하와 단면손실 등을 고려하여 계산한다. 이때 고정하중은 현재 교량에 작용하고 있는 모든 고정하중을 가능한 한 정확히 고려한다. 활하중은 현행 도로교 설계기준의 설계 활하중을 사용한다.

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_l(1+i)}$$

여기서, f_a = 실측 허용응력

f_d = 실측 고정하중에 의한 응력

f_l = 설계 활하중에 의한 응력

i = 도로교 설계기준에서 제시한 설계 충격계수

나. 내하력(Load Carrying Capacity)

기본 내하력 : $P = RF \times P_r$

여기서, RF = 내하율

P_r = 설계 활하중

5.3.3 강도설계법

가. 내하율(Rating Factor) 평가

강도설계법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시 하중조합으로는 1.3D+2.15L(1.0+i)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.3, 2.15 가된다.

단면강도는 단면의 현재 상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교 설계기준과 콘크리트 구조설계기준의 공칭강도와 강도감소 계수에 따라 계산한다.

교량 설계시의 부재강도 감소계수는 부재강도의 산정에 있어서 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시공단면의 오차 등을 고려하는 계수이나 내하력 평가시에는 그러한 불확실성은 상당히 감소하므로 오히려 공용 중에 부재단면의 손상정도에 따라 결정한다.

그러나 부재단면의 손상정도를 정량적으로 평가하기가 어려우므로 공칭강도의 산정 시는 교량의 현재 상태에 따른 단면감소와 재료강도를 고려하고 강도감소계수는 설계시의 값을 그대로 사용한다. 고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 고정하중과 현행 도로교 설계기준의 설계 활하중(DB 또는 DL하중) 을 사용하여 구조해석을 통하여 구한다.

$$RF = \frac{\varphi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l\ (1+i)}$$

여기서, φM_n = 극한 저항모멘트 (RC·PC구조물의 휨부재 φ = 0.85)

M_d = 실측 고정하중에 의한 모멘트

M_l = 설계 활하중에 의한 모멘트

r_d = 고정하중 계수 = 1.30

r_l = 활하중 계수 = 2.15

i = 도로교 설계기준에서 제시한 설계 충격계수

나. 내하력(Load Carrying Capacity)

기본 내하력 : $P = RF \times P_r$

P_r = 설계 활하중

K_s = 응력보정계수 (= $\frac{\epsilon_{계산}}{\epsilon_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$) 또는

처짐보정계수 (= $\frac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$)

5.3.4 기본내하력 평가

가. 바닥판

구 분	ϕM_n	M_d	M_l	M_u	내하력 계산과정	내하율	내하력
캔틸레버부	130.114	3.877	29.006	67.401	$\frac{\phi M_n - 1.3 \times M_d}{M_l}$	2.006	DB-24 이상
중앙부	163.876	10.797	41.600	103.476	$\frac{\phi M_n - 1.3 \times M_d}{M_l}$	1.675	“

나. 거더

구 분			합성전 고정하중	합성후 고정하중	설계 활하중	허용응력	내하율계산과정	내하율	내하력
주형	측경간 중앙부	상부 플랜지	63.573	3.697	8.212	190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	14.95	DB24 이상
		하부 플랜지	-64.047	-21.929	-48.705	-190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	2.14	“
	지점부	상부 플랜지	-103.823	-20.447	-29.172	-190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	2.25	“
		하부 플랜지	93.642	33.009	47.094	190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	6.72	“
	중앙경간 중앙부	상부 플랜지	66.807	3.410	7.082	190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	16.91	“
		하부 플랜지	-67.354	-22.648	-47.036	-190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	2.13	“

5.3.5 안전성평가등급

가. 바닥판

구 분	ϕM_n	M_d	M_l	M_u	안전율	안전성평가등급
캔틸레버부	130.114	3.877	29.006	67.401	1.930	A
중앙부	163.876	10.797	41.600	103.476	1.584	A

안전성평가등급	A

나. 거 더

구 분			합성전 고정하중	합성후 고정하중	설계 활하중	계	허용응력	안전율	안전성평가 등급
주형	측경간 중앙부	상부 플랜지	63.573	3.697	8.212	75.483	190	2.52	A
		하부 플랜지	-64.047	-21.929	-48.705	-134.681	-190	1.41	A
	측경간 지점부	상부 플랜지	-103.823	-20.447	-29.172	-153.441	-190	1.24	A
		하부 플랜지	93.642	33.009	47.094	173.744	190	1.09	A
	중앙경간 중앙부	상부 플랜지	66.807	3.410	7.082	77.299	190	2.46	A
		하부 플랜지	-67.354	-22.648	-47.036	-137.039	-190	1.39	A

안전성평가등급	A

5.4 하부구조 안전성평가

5.4.1 교각(P2) 구조검토

가. 검토조건

1) 일반사항

① 하부구조형식 : T형 교각

② 상부구조형식 : Steel Box Girder

③ 교량등급 : 1등교(DB-24, DL-24)

④ 기초형식 : 말뚝기초

2) 하중

① 철근콘크리트의 단위중량 : $\gamma_c = 25.0\text{kN/m}^3$

② 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20.0\text{kN/m}^3$

3) 사용재료

① 콘크리트

- 설계기준강도(f_{ck}) : 24MPa(코핑부, 기둥)
- 탄성계수(E_c) : 26,636.6MPa

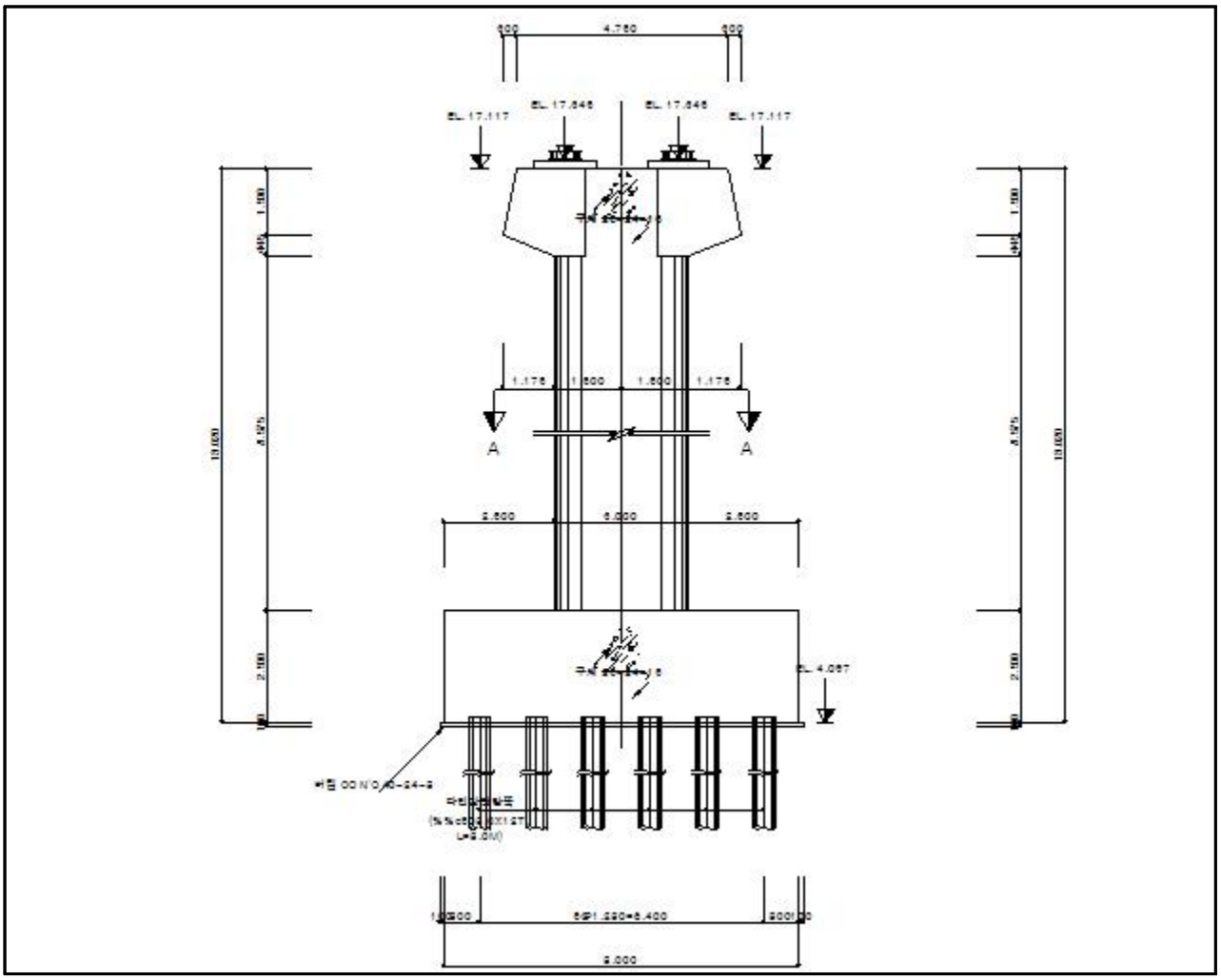
② 철근(SD300)

- 항복강도(f_y) : 300MPa
- 탄성계수(E_s) : 200,000MPa

4) 설계방법

극한강도설계법 적용

나. 해석단면



【그림 5.4.1】 해석단면(P2)

다. 하중산정

1) 상부반력 및 교각자중

교좌 번호	고정하중(D)	활하중(L)		
		만재하시(L1)	좌측편재하(L2)	우측편재하(L3)
1	3124.557	1393.920	1398.058	1398.058
2	3259.535	1393.920	0.000	0.000
계	6384.092	2787.840	1398.058	1398.058

※ 교각자중은 25.0 kN/m^3의 값을 프로그램에서 자동재하

2) 풍하중

① 상부구조에 작용하는 풍하중

$B/D = 8.500 / 3.380 = 2.515\ [1 \le B/D < 8]$

$W_1 = [4.0 - 0.2 \times 2.515] \times 3.380 = 11.820\,kN/m \ge 6.0$이므로

$= 11.820\,kN/m$

$P_1 = 11.820 \times (50.0 + 40.0)/2 \times \sin 90$

$= 531.9\,kN$

작용위치 $h = 3.380/2 + 0.4 + 0.750 = 2.840\,m$(거더중심 기준)

작용모멘트 $M_y = P_h \times h = 531.90 \times 2.840 = 1510.596\,kN \cdot m$

② 하부구조에 작용하는 풍하중

$W'copping = 14.588\,kN$

$W'column = 1.500 \times 3.0 = 4.50\,kN/m$(풍상측)

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용한다.

3) 온도하중

① 교축직각방향(G-TR)

연평균 온도변화차 $\triangle T = 10°\,C$ 적용한다.

② 교축방향(G-LO)

고정단이므로 교량받침마찰력에 의한 종방향 수평력은 고려하지 않는다.

라. 하중조합

1) 계수하중 검토시

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	CO
ULB01	1.30	2.15							
ULB02	1.30		2.15						
ULB03	1.30			2.15					
ULB04	1.30				1.30				
ULB05	1.30	1.30			0.65	1.30			
ULB06	1.30		1.30		0.65	1.30			
ULB07	1.30			1.30	0.65	1.30			
ULB08	1.30	1.30					1.30	1.30	
ULB09	1.30	1.30					-1.30	1.30	
ULB10	1.30		1.30				1.30	1.30	
ULB11	1.30		1.30				-1.30	1.30	
ULB12	1.30			1.30			1.30	1.30	
ULB13	1.30			1.30			-1.30	1.30	
ULB14	1.25				1.25		1.25	1.25	
ULB15	1.25				1.25		-1.25	1.25	
ULB16	1.25	1.25			0.63	1.25	1.25	1.25	
ULB17	1.25	1.25			0.63	1.25	-1.25	1.25	
ULB18	1.25		1.25		0.63	1.25	1.25	1.25	
ULB19	1.25		1.25		0.63	1.25	-1.25	1.25	
ULB20	1.25			1.25	0.63	1.25	1.25	1.25	
ULB21	1.25			1.25	0.63	1.25	-1.25	1.25	
ULB22	1.00								
ULB23	1.30	1.30							1.30
ULB24	1.30		1.30						1.30
ULB25	1.30			1.30					1.30
ULB26	1.20				1.20				1.20

※ D : 고정하중 또는 이에 따른 단면력

L : 활하중 또는 이에 따른 단면력

W : 활하중 비재하시 풍하중에 따른 단면력

WL : 활하중 재하시 풍하중에 따른 단면력

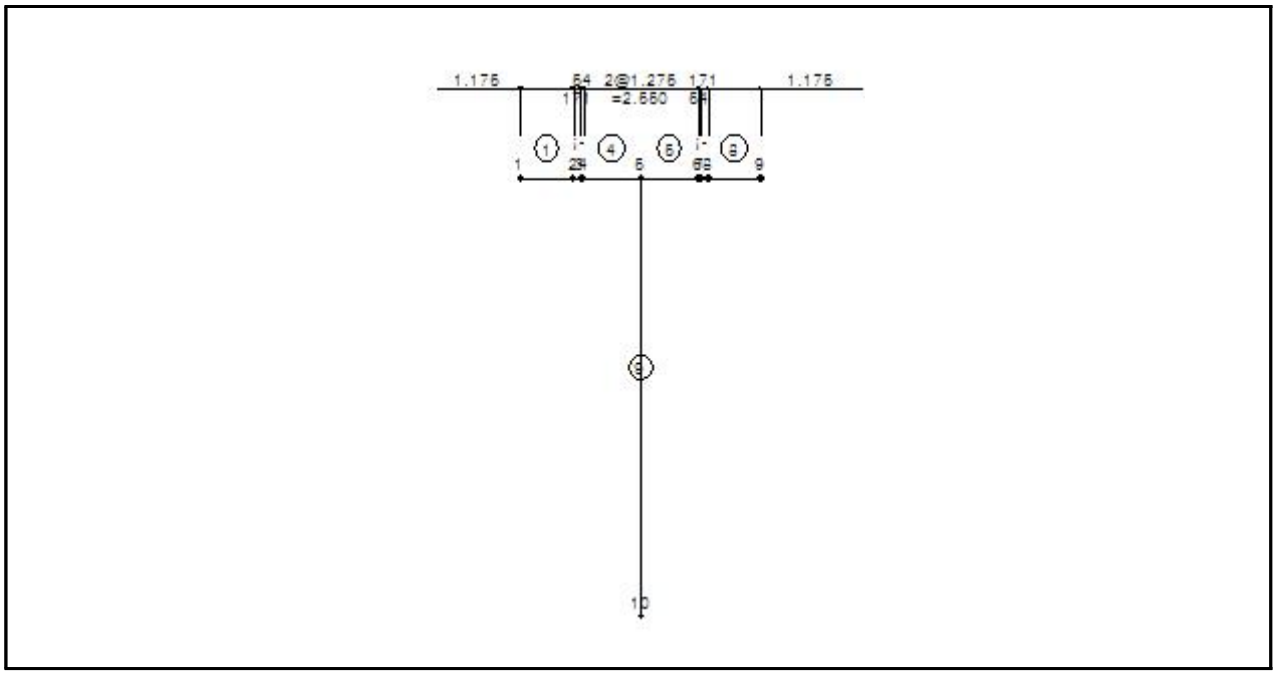
G : 부등침하, 크리프, 건조수축, 제작 또는 시공시 치수 착오, 습도변화 또는 온도변화 등으로 인한 팽창 또는 수축변형으로 유발된 변형력 또는 이에 따른 단면력

Q : 유수압 및 유목충돌에 의한 단면력

마. 구조해석

1) 해석모델링

상부 및 하부구조물의 상호작용을 고려하기 위하여 병합하여 모델링하였다.



【그림 5.4.2】 해석모델링(P2)

바. 코핑부 검토

1) 내민보 검토

① 내민길이의 산정

원형이나 정다각형 기둥인 경우 내민 길이는 정사각형 기둥단면으로 치환하여 구한다.

- 기둥의 단면적

$A = \pi \times 3.0^2/4 = 7.069\text{m}^2$

- 치환단면의 한변길이

$L = \sqrt{7.069} = 2.658$ m

위험단면은 기둥 끝단으로부터 0.171m(= 1.50 - 2.658/2)에 위치한다.

② 브래킷 판정

- 위험단면에서의 작용력

V_u = 191468 kN

M_u = 122.882 kN.m

N_u = 0 kN.m

- 브래킷 판정

a = 122.882 / 191.468 = 0.642 m

d = 1.945 - 0.150 = 1.795 m

a / d = 0.642 / 1.795 = 0.358 ≤ 1.0 ∴ 브래킷으로 검토

③ 브래킷 검토

- 단면제원 및 검토조건

fck=24MPa, fy=300MPa, Φ=0.80, Φf=0.80, Φv=0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	외단깊이(mm)	Vu(kN)
2,500.0	1945.0	1795.0	100.0	1766.7	191.5

㉠ 사용 철근량

- 주인장철근 : 2단 D22 – 24EA(= 18580.800mm^2)
- 폐합스트럽 : 1단 D19 – 6EA (= 1,719.0mm^2)

㉡ 최대전단강도

$V_{n1} = 0.2 f_{ck} bd$ = 0.2 x 24 x 2500.000 x 1795.000 = 21,540.000 kN

$V_{n2} = 5.6bd$ = 5.6 x 2500.000 x 1795.000 = 25,130.000 kN

$\phi V_{\max} = 0.8 \times \min(V_{n1},\ V_{n2})$ = 17,232.000 kN

㉢ 철근량 산정

- 전단력에 저항할 전단철근

$$A_{vf} = \frac{S_u}{\phi \times \mu \times f_y} = 569.846 \text{ ㎟}$$

- 인장력에 저항할 철근

$$A_{vn} = \frac{N_u}{\phi \times f_y} = 159.557 \text{ ㎟}$$

- 모멘트에 저항할 철근

$$a = \frac{f_y \times A_f}{0.85 f_{ck} b} = 0.005 A_f$$

$$A_f = \frac{M_u}{\phi b f_y (d - a/2)} = 298.730 \text{ ㎟}$$

- 주인장철근량 검토

주인장철근의 단면적은 (Af + An)과 (2/3 Avf + An) 중 큰값을 취한다.

$\max(A_{s1} = A_f + A_n,\ A_{s2} = 2/3 A_{vf} + A_n)$ = 539.454 ㎟

$$A_{\min} = 0.04 \times \frac{f_{ck}}{f_y} \times b \times d = 14{,}360.000 \text{ ㎟}$$

$\max(A_{s1},\ A_{s2},\ A_{\min})$ = 14,360.454 ㎟ ≤ As(= 18,580.800 ㎟) O.K

- 폐합스트럽 검토

$A_h = 0.5(A_s - A_n) =$ 189.949 ㎟ ≤ A_{used}(8,595.0) ㎟ O.K

④ 깊은보 검토

상세과정은 부록 참조

구 분	ΦV$_n$ (kN)	V$_u$ (kN)	S.F	검토 결과
깊은보 검토	2931.223	143.467	20.43	O.K

사. 기둥 단면검토

1) 부재력 집계 : 기둥 하단

【표 5.4.1】부재력 산정결과

- 교축직각방향

구 분	Pe(kN)	Pu(kN)	M1(kN.m)	M2(kN.m)	V(kN)	Δ(m)	비 고
ULO01	-11346.751	-17340.607	223.713	223.713	0.000	0.00014	축력최대
ULO04	-11346.751	-11346.751	3036.456	9343.509	-760.598	0.00451	모멘트최대
UEO26	-7855.443	-7855.443	2751.256	8573.151	-702.091	0.00413	편심최대

- 교축방향

구 분	Pe(kN)	Pu(kN)	M1(kN.m)	M2(kN.m)	V(kN)	Δ(m)	비 고
ULB01	-11346.751	-17340.607	0.000	0.000	0.000	0.00000	축력최대
ULB04	-11346.751	-11346.751	-46.059	-591.651	88.708	0.00023	모멘트최대
UEB26	-7855.443	-7855.443	-42.516	-546.139	81.884	0.00021	편심최대

- 합성부재력

구 분	Pu(kN)	Mx(kN.m)	My(kN.m)	M2(kN.m)	비 고
UL01	-17340.607	0.000	223.713	223.713	축력최대
UL04	-11346.751	-591.651	9343.509	9362.223	모멘트최대
UE26	-7855.443	-546.139	8573.151	8590.529	편심최대

※ P_e : 장기지속축력(= 고정하중에 의한 축력 × 고정하중 계수)

P_u : 전체축력 , M1, M2 : Non-Sway모멘트, Sway모멘트

△ : 기둥 상단의 변위량

2) 기둥 단면검토

【표 5.4.2】 기둥 단면검토 결과(P2)

- 교축직각방향

구 분	철 근 비				축방향력, 휨				
	Pmin	Puse	Pmax	비고	ΦPn	Pu	Mu	안전도	비 고
축력최대	0.010	0.011	0.060	O.K	93093.757	17340.607	223.713	5.369	O.K
모멘트최대	0.010	0.011	0.060	O.K	62235.747	11346.751	9343.509	5.485	O.K
편심최대	0.010	0.011	0.060	O.K	46809.624	7855.443	8573.151	5.959	O.K

- 교축방향

구 분	철 근 비				축방향력, 휨				
	Pmin	Puse	Pmax	비고	ΦPn	Pu	Mu	안전도	비 고
축력최대	0.010	0.011	0.060	O.K	93093.757	17340.607	0.000	5.369	O.K
모멘트최대	0.010	0.011	0.060	O.K	107342.80	11346.751	591.651	9.460	O.K
편심최대	0.010	0.011	0.060	O.K	107342.80	7855.443	546.139	13.665	O.K

- 합성부재력

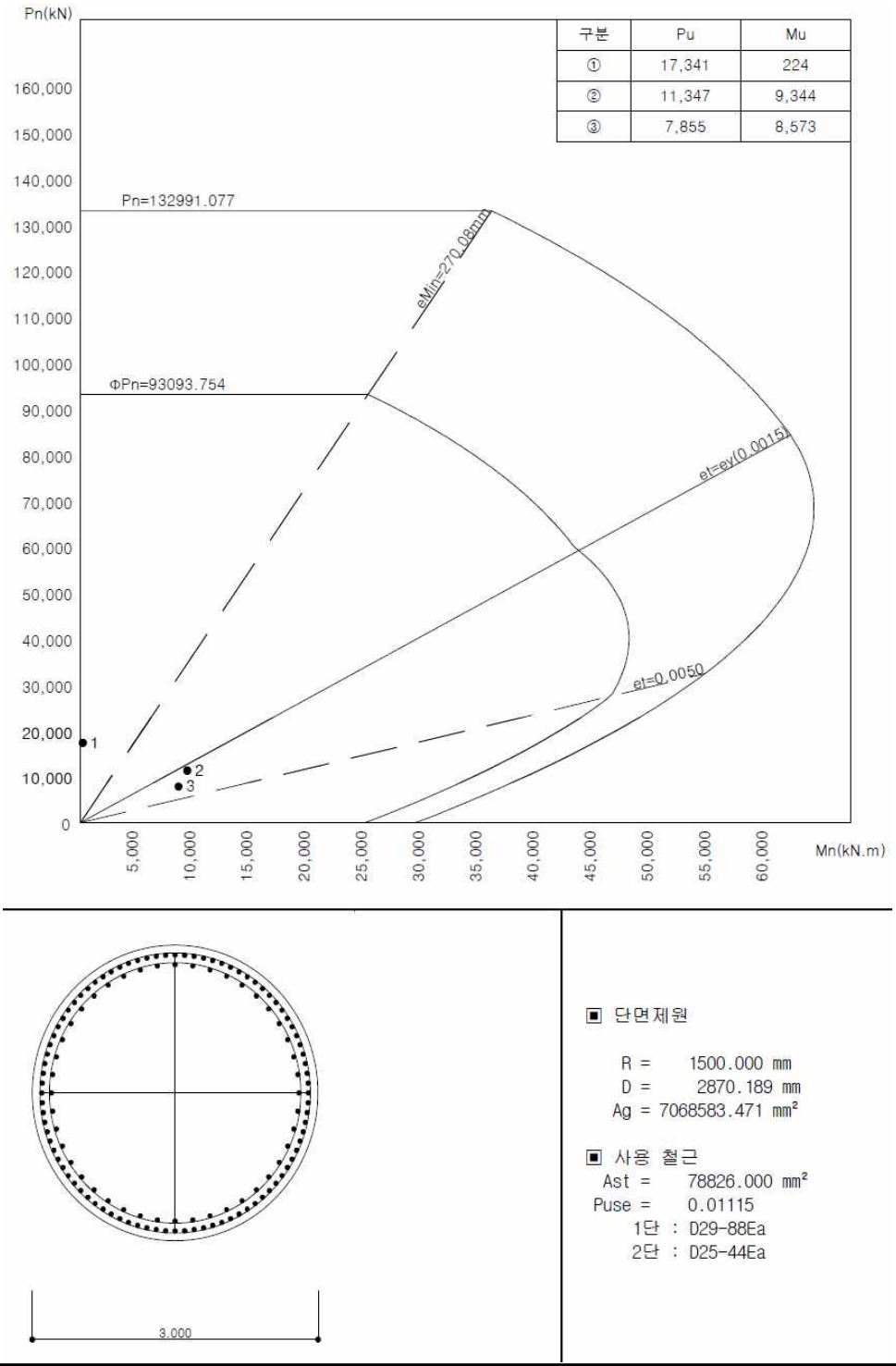
구 분	철 근 비				축방향력, 휨				
	Pmin	Puse	Pmax	비고	ΦPn	Pu	Mu	안전도	비 고
축력최대	0.010	0.011	0.060	O.K	93093.757	17340.607	223.713	5.369	O.K
모멘트최대	0.010	0.011	0.060	O.K	62129.357	11346.751	9362.223	5.476	O.K
편심최대	0.010	0.011	0.060	O.K	46699.123	7855.443	8590.529	5.945	O.K

※ 자세한 계산과정은 부록 참조

3) P-M 상관도

① 교축직각방향

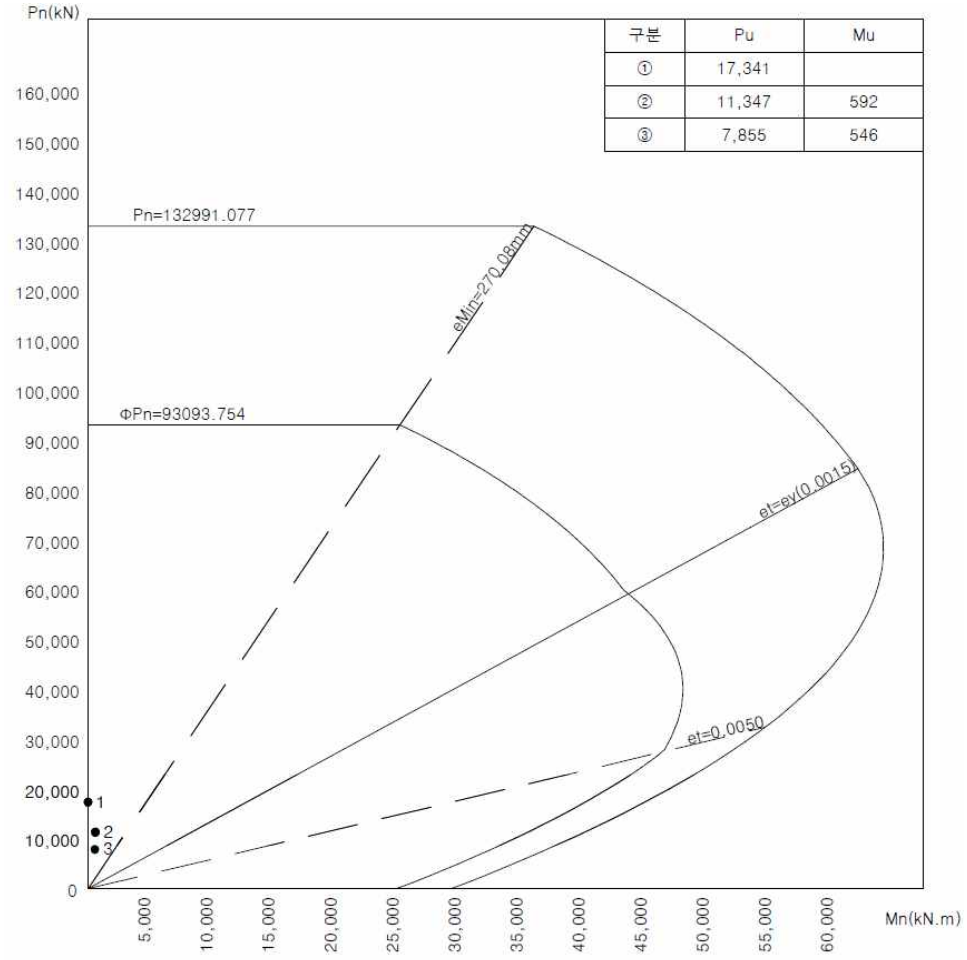
교축직각방향

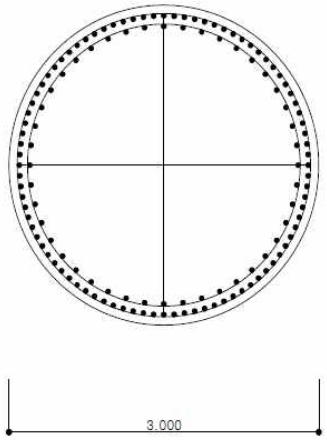


【그림 5.4.3】P-M 상관도(교축직각방향)

② 교축방향

교축방향





▣ 단면제원

R = 1500.000 mm
D = 2870.189 mm
Ag = 7068583.471 mm²

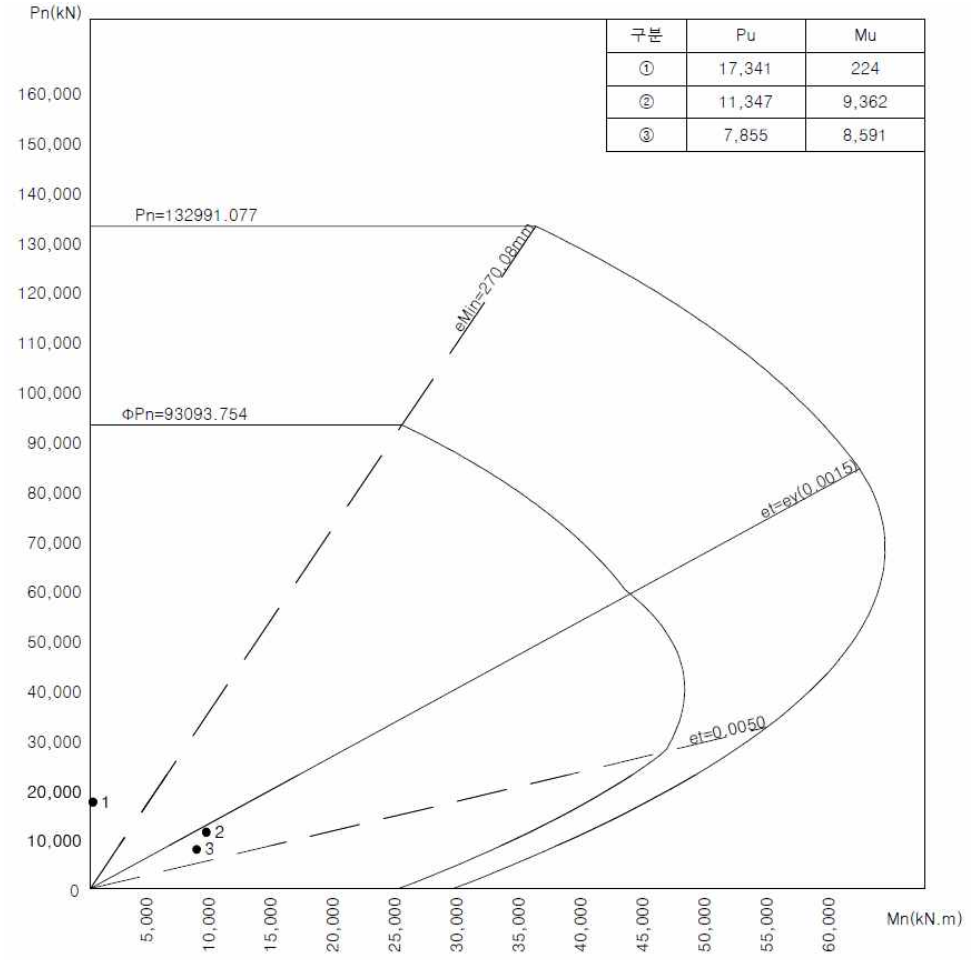
▣ 사용 철근

Ast = 78826.000 mm²
Puse = 0.01115
1단 : D29-88Ea
2단 : D25-44Ea

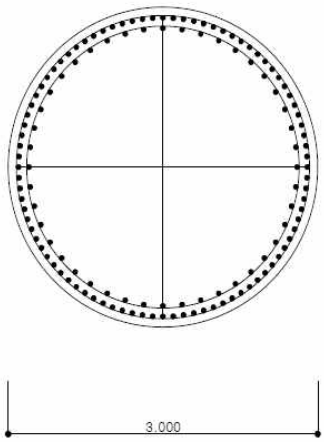
【그림 5.4.4】 P-M 상관도(교축방향)

③ 합성부재력

합성부재력



구분	Pu	Mu
①	17,341	224
②	11,347	9,362
③	7,855	8,591



▣ 단면제원

R = 1500.000 mm
D = 2870.189 mm
Ag = 7068583.471 mm²

▣ 사용 철근

Ast = 78826.000 mm²
Puse = 0.01115
1단 : D29-88Ea
2단 : D25-44Ea

【그림 5.4.5】 P-M 상관도(합성부재력)

5.5 안전성평가 결과요약

5.5.1 안전성평가결과

가. 상부구조

【표 5.5.1】 상부구조 안전성평가결과

구 분	ϕM_n	M_d	M_l	M_u	안전율	안전성평가등급
캔틸레버부	130.114	3.877	29.006	67.401	1.930	A
중앙부	163.876	10.797	41.600	103.476	1.584	A

구 분			합성전 고정하중	합성후 고정하중	설계 활하중	계	허용응력	안전율	안전성평가 등급
주형	측경간 중앙부	상부 플랜지	63.573	3.697	8.212	75.483	190	2.52	A
		하부 플랜지	-64.047	-21.929	-48.705	-134.681	-190	1.41	A
	측경간 지점부	상부 플랜지	-103.823	-20.447	-29.172	-153.441	-190	1.24	A
		하부 플랜지	93.642	33.009	47.094	173.744	190	1.09	A
	중앙경간 중앙부	상부 플랜지	66.807	3.410	7.082	77.299	190	2.46	A
		하부 플랜지	-67.354	-22.648	-47.036	-137.039	-190	1.39	A

안전성평가등급	A

나. 하부구조

【표 5.5.2】하부구조 안전성평가결과

단면위치		Puse	Pu(kN)	ϕPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.011	17340.607	93093.757	5.369	O.K
	모멘트최대	0.011	11346.751	107342.802	9.460	O.K
	편심최대	0.011	7855.443	107342.802	13.665	O.K
교축직각방향	축력최대	0.011	17340.607	93093.757	5.369	O.K
	모멘트최대	0.011	11346.751	62235.747	5.485	O.K
	편심최대	0.011	7855.443	46809.624	5.959	O.K
합성부재력	축력최대	0.011	17340.607	93093.757	5.369	O.K
	모멘트최대	0.011	11346.751	62129.357	5.476	O.K
	편심최대	0.011	7855.443	46699.123	5.945	O.K

5.5.2 기본내하력 평가결과

구 분	ϕM_n	M_d	M_l	M_u	내하력 계산과정	내하율	내하력
캔틸레버부	130.114	3.877	29.006	67.401	$\frac{\phi M_n - 1.3 \times M_d}{M_l}$	2.006	DB-24 이상
중앙부	163.876	10.797	41.600	103.476	$\frac{\phi M_n - 1.3 \times M_d}{M_l}$	1.675	“

구 분			합성전 고정하중	합성후 고정하중	설계 활하중	허용응력	내하율계산과정	내하율	내하력
주형	측경간 중앙부	상부 플랜지	63.573	3.697	8.212	190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	14.95	DB24 이상
		하부 플랜지	-64.047	-21.929	-48.705	-190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	2.14	“
	지점부	상부 플랜지	-103.823	-20.447	-29.172	-190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	2.25	“
		하부 플랜지	93.642	33.009	47.094	190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	6.72	“
	중앙경간 중앙부	상부 플랜지	66.807	3.410	7.082	190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	16.91	“
		하부 플랜지	-67.354	-22.648	-47.036	-190.0	허용응력(합성전후 고정하중) / 설계활하중	2.13	“

5.5.3 안전성평가 종합결론

상부구조에 대한 구조검토결과, 바닥판 및 거더에 대해서 최소안전율이 각각 1.58 및 1.09으로 안전율 1.0을 상회하고 교각 P2의 하부구조에 대한 구조검토결과, 기둥은 P-M상관도 해석에 의한 최소안전율 5.369로서 안전율 1.0을 초과하며 내하력 평가결과, 기본내하력이 설계활하중인 DB-24를 상회하여 구조물이 전반적으로 구조적 안전성을 확보한 것으로 판단되며 최종적인 안전성평가 등급은 A등급이다.

제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가

6.2 안전등급

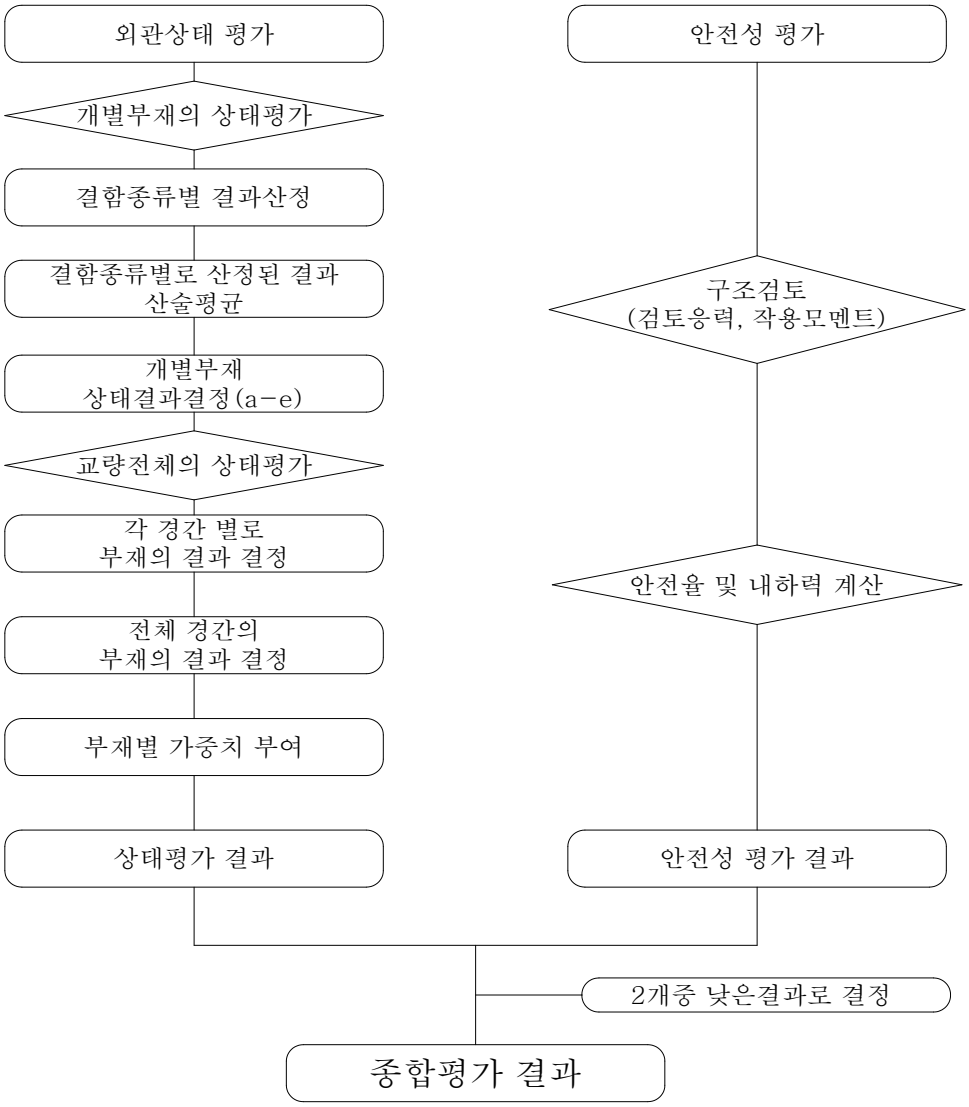
제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가

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 6.1.1】 종합평가 결과 산정절차

6.1.2 종합평가 결과

외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과와 구조검토에 의한 안전성 평가 결과를 종합하여 검토한 결과, 삼랑진IC2교의 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 6.1.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성 평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S・F	기준	
삼랑진IC2교	0.201	B	1.090(거더) 1.580(바닥판) 5.369(교각 P2)	A	B
종합평가	•삼랑진IC2교의 외관조사 및 내구성 조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 확보를 위해 일부 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •안전성 평가 결과, 최소 안전율 1.0이상으로 “A” 로 평가됨 •상태평가 및 안전성 평가 결과를 통한 종합평가 결과, 삼랑진IC2교는 “B” 로 평가됨				

6.2 안전등급

6.2.1 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 6.2.1】 시설물의 안전등급

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

6.2.2 안전등급 지정

삼랑진IC2교에 대한 상태평가 및 안전성평가 결과 시설물의 상태는『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』로 안전등급 B등급으로 평가되었다.

안전등급	구조물명	안전등급
	삼랑진IC2교	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 개 요

삼랑진IC2교는 경상남도 밀양시 삼랑진읍 미전리 일원에 위치하고 있으며, 2006년 2월에 준공된 교량으로 삼랑진로를 횡단하고 있다.

교량은 Ramp교로 총연장은 130.00m(40.0+50.0+40.0=130.00m)이고, 폭원은 8.50m(1차로)이며, 상부구조는 3경간 연속의 Steel Box Girder교로 이루어져 있다.

하부구조는 교대 : 역T형, 교각 : T형으로 시공되어져 있으며 기초는 교대 : 강관 말뚝기초, 교각 : 직접기초로 시공되어져 있다.

본 교량은 준공 이후 시설물 유지보수공사 및 하자보수공사 등을 통해 공용 중 발생된 손상에 대한 지속적인 유지관리가 시행되고 있는 시설물이다.

외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이나 일부 보수를 요하는 손상인 콘크리트 부재의 균열, 망상균열/변색, 백태/누수오염, 국부적인 단면손상, 강박스 거더의 우수유입 흔적, 도장박리 및 녹발생, 신축이음장치 유간부 이물질 퇴적 및 누수, 받침장치 Plate 및 볼트 녹발생, 받침 몰탈 및 콘크리트 균열 등의 손상이 조사되었다. 교량의 구조안전성 평가결과, 상・하행선 모두 1등교(DB-24)로서의 내하력을 확보하고 있으며, 하부구조 또한 안전성을 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 설계 내하력을 유지시키고 내구성 저하를 방지하는데 그 목적이 있다. 삼랑진IC2교의 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 7.1.1】은 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 일반적인 검토사항을 언급하였다.

【표 7.1.1】 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

삼랑진IC2교에 대한 정밀안전진단을 수행한 결과, 본 구조물은 시공 시 시공 정밀도의 저하로 인하여 발생된 구조물의 결함(Defect)과 공용 중 시간의 경과와 주변의 환경인자에 의한 재료의 열화에 의한 손상(Damage)이 발생하여 있는 것으로 조사되었다.

금회 진단은 준공 후 최초 진단으로서 하자대상(철근 콘크리트 및 철골 구조부 손상) 손상을 제외한 기타 손상에 대해서만 보수 우선순위를 부여하였다.

【표 7.2.1】 보수·보강 우선순위 결정 기준

구분	순위	내 용
단기	1순위	• 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제12조(중대한 결함)의 "대통령이 정하는 중대한 결함"에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 등 • 주요부재에 발생된 결함 및 손상이 커 상태평가 기준 "d" 이하인 경우 • 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우
중장기	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
	3순위	• 기능발휘에는 지장이 없으나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상
지속관찰		• 1~3순위를 제외한 손상으로서 지속적인 관찰을 통해 향후 발전상태에 따라 보수보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 - 콘크리트의 0.2mm이하의 비구조적 미세균열(단, 균열집중구간은 제외) - 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

※ 금회 철근콘크리트 및 철골구조부재의 손상은 하자보수대상임.

삼랑진IC2교 정밀안전진단 결과

상태평가결과

- 상태평가결과 → "B" (0.201)

- 바닥판 : 폭 0.2㎜이하 균열, 망상균열 등
- 거더, 가로보/세로보 : 우수유입흔적, 도장박리/녹발생 등하부구조 : 폭 0.2㎜이하 균열, 폭 0.3㎜이상 균열, 누수오염, 망상균열, 백태 등
- 교량받침 : 받침 Plate/볼트 녹발생, 받침 몰탈/콘크리트 폭 0.2㎜이하 균열 등
- 신축이음 : 하부누수, 유간부 토사퇴적, 후타재 폭 0.2㎜이하 균열, 차수판 앵커볼트 탈락 등
- 교면포장 : 라벨링, 접속부 이격, 아스콘 패임 등
- 배수시설 : 상태양호
- 방호벽 : 폭 0.2㎜이하 균열, 폭 0.3㎜이상 균열, 균열/백태 등

안전성 평가결과

- 안전성 평가 결과 → "A"

- 강박스 거더
  - SF = 1.090

- 바닥판
  - SF = 1.580

- 하부구조
  - SF = 5.369

보수 · 보강 방향

1 순위	2 순위	3 순위
-	• 신축이음 하부 누수	• 받침Plate/볼트 녹발생 • 신축이음 본체 유간부 토사퇴적 • 차수판 앵커볼트 탈락 • 아스콘 패임 • 점검계단 상단부 공동 등

【그림 7.2.1】 보수·보강방안 추진방향

7.2.2 결함내용별 보수·보강방안

【표 7.2.2】 보수·보강 일람표

구 분	손상내용	손상물량	단위	보수방안	우선순위
바닥판	균열(0.2㎜이하)	3	m	지속관찰	-
	망상균열	426.6	㎡	지속관찰	-
강박스 거더 내부	우수유입흔적	17	㎡	지속관찰	-
강박스 거더 외부	도장박리/녹발생	0.1	㎡	지속관찰	-
가로보 및 세로보	도장박리/녹발생	0.2	㎡	지속관찰	-
	폐콘크리트 퇴적	0.1	㎡	지속관찰	-
교대	균열(0.2㎜이하)	2.4	m	지속관찰	-
	균열(0.3㎜이상)	2	m	지속관찰	-
	백태/누수오염	2.4	㎡	지속관찰	-
	체수(흔적)	0.5	㎡	지속관찰	-
	보호블럭 이격	1.8	m	지속관찰	-
	보호블럭 침하	0.25	㎡	지속관찰	-
	점검계단 이격	8	m	지속관찰	-
	점검계단 상단부 공동	0.2	㎡	토사채움	3
교각	균열(0.2㎜이하)	50.6	m	지속관찰	-
	균열(0.3㎜이상)	3	m	지속관찰	-
	망상균열	24.56	㎡	지속관찰	-
교량받침	받침Plate 녹발생	2	개소	재도장	3
	받침장치 볼트 녹발생	6	개소	재도장	3
	받침몰탈 균열(0.2㎜이하)	1	m	지속관찰	-
	받침콘크리트 균열(0.2㎜이하)	4.4	m	지속관찰	-
	받침콘크리트 재료분리	0.03	㎡	지속관찰	-
신축이음	신축이음 본체 유간부 토사퇴적	9	m	정비	3
	신축이음 하부 누수	8.5	m	신축이음장치 교체(모노셀 No.80)	2
	차수판 앵커볼트 탈락	1	개소	재설치	3
	후타재 균열(0.2㎜이하)	17.5	m	지속관찰	-
교면포장	라벨링	30	㎡	지속관찰	-
	아스콘 패임	0.04	㎡	아스팔트 팻칭	3
	포장/후타재 접속부 이격	10.5	m	지속관찰	-
방호벽	균열(0.2㎜이하)	13.3	m	지속관찰	-
	균열(0.3㎜이상)	0.8	m	지속관찰	-
	균열/백태	8.4	m	지속관찰	-

7.2.3 보수·보강 방안

가. 표면처리공법

1) 개요

시설물의 내구성 확보를 위해 폭 0.3mm미만 균열 및 균열백태에 대하여 실시하는 보수 방안으로 공법의 상세 내용은 다음과 같다.

2) 시공흐름도

표면처리, 치핑	콘크리트 열화부위, 균열부 바탕처리
↓	
표 면 청 소	콘크리트 표면처리후 고압살수기를 이용하여 표면을 고압세척한다. (5,000 PSI(350kg/㎠)의 압력).
↓	
표면보호제 도포	표면보호를 위하여 표면보호제를 도포한다. 제품 선정 후 표준 도포량을 확인한다.

3) 보수재료의 선정

【표 7.2.3】 표면보수 재료목록

구 분	방수성 향상	내구성 향 상	균 열 제 어	내하성 향 상
도막탄성방수재	◎	○	×	×
침투성방수제	○	△	×	×
폴리머시멘트모르타르	○	△	×	×
시멘트필라	○	△	×	×
탄소섬유시트	◎	◎	◎	◎
아라미드, 섬유시트	◎	○	◎	◎
유리섬유시트	◎	○	△	△
◎: 우수, ○:양호, △:가, ×:불가				

나. 균열 주입보수

1) 개요

콘크리트 구조물에 0.3mm 이상의 균열이 발생한 경우 콘크리트 균열부분을 깨끗이 청소하고 지수성이 좋은 수지를 주입하여 균열을 충진하고 더 이상의 균열이 발생하지 않도록 하는 작업이다. 에폭시 수지 주입공법을 적용할 때에는 충분한 가사시간과 균열 폭에 적합한 점도를 가진 재료를 선정하는 것이 중요하며 점도는 용재를 넣어 조절 가능하지만 과다하면 접착력이 저하되므로 주의하고 진행 중인 균열의 경우 변형성이 작은 에폭시 수지를 사용하면 보수한 균열 부근에 새로운 균열이 발생하는 경우가 많으므로 주의를 요한다.

2) 에폭시 주입제의 특성

① 습기, 습윤, 수중에서도 시공이 가능하여야 한다.
② 방청효과가 뛰어나야 한다.
③ 오염이나 독성이 없어야 한다.
④ 내마모성이 뛰어나야 한다.
⑤ 콘크리트 탄산화방지가 있어야 한다.

3) 시공방법 및 유의사항

① 기존 콘크리트 표면의 균열부위를 공기압축기를 이용하여 이물질을 깨끗이 제거한다.
② 공기압축기 사용시 압력을 적절히 조절하면서 사용하고 분진 및 먼지 등이 발생되므로 보호안경을 착용하도록 한다.
③ 균열부위를 전동커터를 이용하여 V-CUTTING하며 커팅시 분진 및 파편이 발생되므로 보호안경을 착용하고 작업에 임한다.
④ 균열부위에 좌대 및 주입기를 20 ~ 30cm 간격으로 균열 폭에 맞추어 설치한다.
⑤ 균열부위에 틈이 없도록 수성폴리머 몰탈 또는 퍼티로 밀실하게 충전한다.
⑥ 기온이 5℃ 이하에서는 작업을 중지해야 한다.
⑦ 주입파이프를 통하여 저점도 에폭시 주입재를 주입한다.
⑧ 주입재 주입이 완료된 후 12시간이상 경화된 후 주입좌대를 제거한다.
⑨ 비가 예상되거나 습도가 80%이상일 경우, 안개가 심한 경우 작업을 중지하여야 한다.
⑩ 공사 완료 후 시공도구 및 배합통 등은 바로 세척한다.
⑪ 주입용 파이프 설치 시 균열의 교차점은 반드시 설치한다.
⑫ 균열의 중심부와 주입용 파이프의 중심부는 완전히 일치시켜 부착한다.

4) 보수 재료의 선정

【표 7.2.4】KS F 4923(콘크리트 구조물 보수용 에폭시 수지)

항 목	기준치	항 목		기준치	시험방법
배합비	주제 : 경화제 (3:1 이상)	접착 강도	표준조건	6.0N/㎟ 이상	KS F 4923
			습윤시	3.0N/㎟ 이상	
외관색상	혼합시 투명	인장강도		15.0N/㎟ 이상	
점도(mPs·s)	130~260±50	경화수축율		3% 이하	
가시시간	상온 60분±10	인장파단시 신장율		10% 이하	
지속경화시	상온 14시간±5	완전 경화시간		24~36시간	-
- 경질에폭시 중에서 점도가 100~1000mPs·s인 에폭시를 저점도 에폭시라 함 - 초저점도 조건에서도 상기의 접착강도 및 인장강도를 만족하여야 함					

5) 시공흐름도

주입은 저압 저속의 주입공법이 주요하며, 저압·저속의 주입공법은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있다. 이 공법은 균열위에 주입수지가 들어 있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압 등으로 서서히 수지를 주입하는 방식으로 압입하는 방식은 【표 7.2.5】과 같다.

【표 7.2.5】 저압·저속식 주입방법

압입방식	용기의 형태
압축용기에서의 압축공기로 주입	플라스틱제의 실린더
압력탱크내의 압축된 압력으로 주입	플라스틱제의 압력탱크
고무시트의 복원력으로 주입	플라스틱제 틀에 고무시트를 고정
고무풍선압으로 주입	고무풍선
고무밴드의 복원력으로 주입	플라스틱제 실린더와 피스톤
캡슐내의 용수철로 주입	플라스틱제 캡슐 탱크

이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시기에 맞는 작업시간 및 균열폭에 대응한 점도의 재료를 선정하는 것이 중요하고, 균열폭에 알맞은 수지의 점성도는 【표 7.2.6】과 같으며, 일반적인 주입파이프의 간격은 【표 7.2.7】과 같다.

【표 7.2.6】 균열폭에 알맞은 수지의 점성도

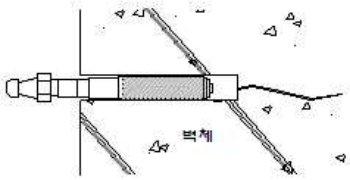
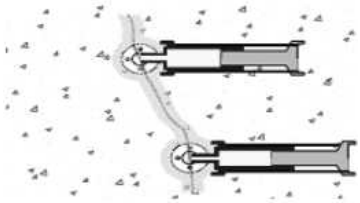
형 상		점성도(20℃, cp)	주입 가능한 균열폭
액 상	저점성도	500±200	0.1㎜ 전후
	고점성도	1,500±500	0.2㎜ 전후
겔 상태		6,000±1,000	0.5~5㎜ 전후

【표 7.2.7】 일반적인 주입파이프의 간격

균열폭	주입파이프 간격
0.3이하	50~100
0.3~0.5	100~200
0.5~1.0	150~250
1.0이상	200~300

이 공법은 다음과 같은 특징이 있다. 수지가 들어있는 용기를 균열위에 설치하므로 사람의 손을 필요로 하지 않고, 용기높이의 저압력에 의해 자동으로 주입 되므로 압력에 의한 실링부의 파손도 작아 시공관리가 용이하다. 그리고 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 방생되지 않는다. 주입압력은 4kg/㎠ 이하로 규정되어 있으나 실제로는 사용할 수 있어, 습윤환경에서 사용 가능하다. 반면, 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실이 큰 단점이 있다.

【표 7.2.8】 균열주입공법 비교

구분	고압주입공법	저압주입공법
공법개요	• 균열부를 천공하여 팩커를 삽입한 후 주입펌프를 사용하여 균열 내부로 에폭시 수지를 강제로 주입하는 공법	• 균열부에 좌대를 부착시키고 고무줄 또는 스프링 주사기에 에폭시를 주입한 후 균열 내부로 에폭시수지를 주입하는 공법
개요도		
특징	• 주입방법 : 패커에 의한 주입 • 주입압력 : 고압	• 주입방법 : 좌대+고무줄 or 스프링 • 주입압력 : 저압
장점	• 단기간 작업 가능 • 누수균열 보수 시 적합	• 저압으로 균열 확장 없음 • 적용 실적이 많음
단점	• 주입량 조절이 어려움 • 시공 부위에 제한을 받음 • 천공 시 균열 내부가 막힘 • 주입 시 균열이 확장될 수 있음 • 미세 균열 주입이 어려움	• 주입량 조절이 어려움 • 주입재의 재주입이 어려움 • 다량의 폐기물이 발생됨 • 보수에 장시간이 소요 • 습윤부위 시공시 효과 떨어짐
경제성	△	◉
시공성	△	◉

다. 단면보수공법(철근 노출부)

1) 개요

이 공법은 콘크리트의 박리, 박락 등에 의하여 철근의 노출 및 부식에 대한 보수공법으로 녹을 제거하고 단면결손부를 회복시키는 공법이다.

2) 시공방법

① 청소 및 녹제거

- 콘크리트 건전부까지 치핑한다.
- 발청된 부분을 진동 블라스트 등으로 온전히 제거한다.
- 기타 이물질을 청소 제거한다.

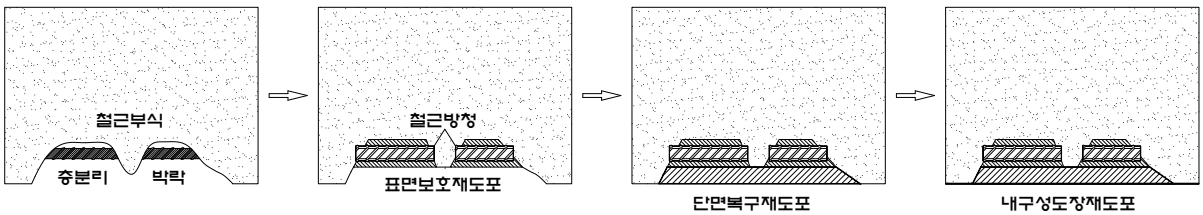
② 단면복구

- 건전부 콘크리트에 침투제를 도포한다.
- 철근에 방청 처리를 한다.
- 콘크리트 결손부위에 방청 페이스트를 충전한다.

③ 마감처리

- 주입 파이프 절단
- 그라인더 등을 이용한 면 정리

3) 개요도



【그림 7.2.2】 철근노출부 단면복구 개요도

4) 사용재료

녹전환형 방청제, 수지계 방청재, 몰탈, 시멘트, 팽창제

5) 주의사항

① 신, 구접착에 주의하여 2차 박락을 방지한다.

② 불량면을 확실하게 제거한다.

③ 침투제 및 방청제의 도포를 충분히 한다.

④ 필요시 형틀을 설치한다.

⑤ 주입 파이프의 간격을 일정하게 한다.

라. 단면보수공법(철근 비노출부)

1) 개요

이 공법은 열화 된 구체를 강화하고 단면결손부에 대하여 조강 무수축 몰탈로 단면을 수복시키는 일반적인 공법이다.

2) 시공방법

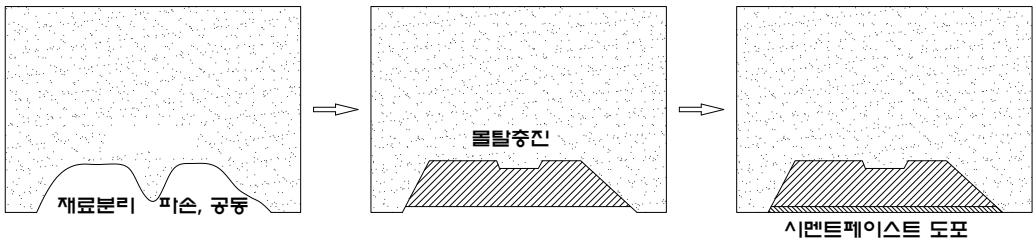
① 손상부 표면제거 - 콘크리트 건전부까지 치핑한다.

② 고압세척 및 콘크리트 접착제 도포 - 고압세정기 사용하여 이물질제거

③ 몰탈충진 - 몰탈로 단면복구

④ 표면처리 - 시멘트페이스트 등 도포

3) 개요도



【그림 7.2.3】 재료분리, 파손 단면복구 개요도

4) 결손 단면복구용 재료 성질

① 장시간 보관에도 재료의 성질 변화가 없을 것

② 부착력이 높은 재료

5) 주의사항

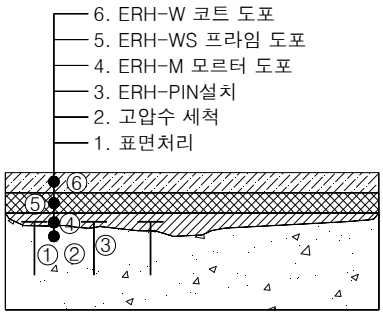
① 고압세정기의 용량은 50 ~ 150 kg/㎠를 사용

② 1회 도포시 두께는 10mm 정도로 한다.

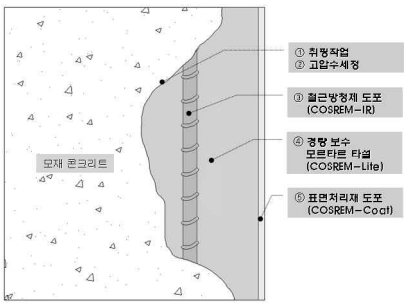
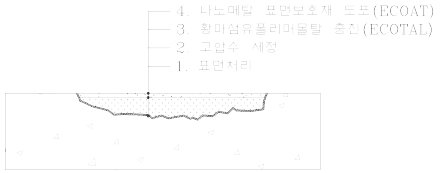
6) 콘크리트 충진

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

【표 7.2.9】 콘크리트 단면보수 공법 비교

신기술 명칭	E.R.M 공법 (신기술 제 576호)	에코플래시공법 (신기술 제 577호)
공 법 개 요	• 친환경 모르타르와 급결제용 날개식 이중 분사장치 및 원추형 노즐로 구성된 스프레이 장비를 이용한 콘크리트 구조물 급속 보수공법	• 접착보강핀을 설치하고 미세분말 플라이애시 및 삼산화규산칼슘 섬유가 혼입된 모르타르를 회전돌기형 믹싱샤프트건에 의해 건식분사하는 콘크리트 단면보수공법
시 공 순 서		
시공성	• 건설폐기물인 순환골재를 활용하여, 급결제 사용에 따른 초기강도의 감소현상을 저감시키기 위해서 알카리 무기염계를 이용한 친환경 모르타르를 사용하는 공법	• 중성화, 염해, 동해 및 화학적 부식등의 열화원인에 대응하여 천연광물을 함유한 모르타르와 특수건식 스프레이를 이용하여 화학적, 물리적으로 개보수하고 접착보강핀을 추가하여 장기부착강도를 증진시킨 보수공법
장 점	• 무기계 재료로 기존구체와의 일체화 • 급결제(필요시) 및 알칼리 무기염계 사용으로 초기부착강도 확보 • 스프레이시 리바운드가 적다 • 산업부산물 사용으로 친환경적 • 내구성능 우수 • 1회 최대 300mm 시공으로 작업시간 단축(요구시)	• 무기섬유 혼입에 의한 물리적 특성우수 • 화학적 부식 및 중성화에 저항성 우수 • 기계화(건식스프레이)시공을 통한 우수한 품질과 공기단축 • 천연재료의 사용으로 기존 콘크리트와 물리적 성질이 유사하여 시공 후 재손상 발생가능 적음 • 물리적 접착보강핀을 통한 장기부착 강도 확보 • 무기코트재료에 의한 표면피복
단 점	• 5℃이하 작업어려움 • 기계화시공으로 숙련공이 필요	• 공정이 다소 복잡하여 시공전문가 필요 • 기계화 시공시 습식스프레이에 비해 분진 발생이 많음

【표 7.2.9】 콘크리트 단면보수 공법 비교(계속)

신기술 명칭	COSREM 공법 (신기술 제 596호)	에코텍트 공법 (신기술 제 642호)
공 법 개 요	• 경량 보수모르타르와 통기성 경량 복합 보강 판넬을 활용한 콘크리트 구조물의 보수공법	• 황마섬유 혼입 폴리머 모르타르와 나노메탈 함유 표면보호재를 항온정량배합 분사장비로 시공하는 보수공법
시 공 순 서		
시공성	• 천연재료인 황마섬유가 혼입된 폴리머 모르타르를 이용하여 단면을 보수하고, 콘크리트 구조물의 내구성 증진 및 유해물질 침투를 방지하기 위해 나노메탈 미분이 함유된 표면보호재를 항온 정량 배합 분사 장비로 균일하게 분사하여 내구성을 확보하는 콘크리트 보수공법	• 몰탈 미세 기공에 1㎛이하의 칼슘실리케이트 수화물 형성으로 조직을 치밀하게 하며, 유리 전이온도가 낮은 에멀젼을 사용하여 유연성과 탄성을 유지하여, 장기 내구성을 유지하는 열화 콘크리트 보수 공법
장 점	• 내화학성, 중성화 방지, 내후성 및 내염성이 우수, 부착력 및 내구성 우수 • 스프레이 장비와 인력 시공에 대한 현장구애를 받지 않으므로 시공성 향상 • 난연성1급 재료, 화재시 안전성 확보함 • 내굴곡성(신율)이 좋아 구조물 의 진동(거동) 변화에도 표면에 균열이 발생하지 않음 • 친환경 내후성 도료(ECOAT)임	• 조직이 치밀하여 내구성 및 강도 우수 • 동절기에도 유연성과 탄성을 지녀, 내구성 유지 • 동결 융해의 피해 최소화 • 부착강도 우수 • 몰탈 경량화로 자재량 절감 • 시공절차가 간단하며, 경제성이 우수 • 친환경 표면보호재를 사용
단 점	• 최신기술 적용공법으로 정밀시공 요함 • 실적 부족	• 시공에 대한 기초 지식이 필요함

마. 도장보수(STB거더 도장손상부)

1) 개요

강교의 플랜지, 웨브, 가로보의 노후 및 사고 등에 의해 훼손된 도장 또는 발청, 녹이 발생한 부분에 대하여 새로 도장하는 공법이다.

2) 시공흐름도-외부도장

체크포인트	공 정	사용재료	시공장비
	⇩		
안전관리	교통통제	PE드럼, 라바콘	싸 인 카
	⇩		
	작업개시		
	⇩		
	작업대 및 방진막 설치	비계, 방진막	
	⇩		
브라스터 처리후 이물질제거	바탕처리	모 래	샌드브라스터 핸드그라인더
	⇩		
바탕처리후 3시간이내	하 도	무기질 징크 프라이머	에어리스스프레이 롤러, 붓
	⇩		
T=VAR	중 도	염화고무계 도료	에어리스스프레이 롤러, 붓
	⇩		
T=VAR	상 도	염화고무계 도료	에어리스스프레이 롤러, 붓
	⇩		
	작업대 및 방진막철거		
	⇩		
	작업종료		

3) 시공방법 및 유의사항-외부도장

① 모든 도료는 최대의 도장효과를 얻기 위해 도료가 요구하는 정도의 표면처리를 필히 해야 한다.

② 브라스트 작업은 피도물에 기름, 용접찌꺼기, 먼지, 기타 오염물질을 제거한 후에 실시하여야 한다.

③ 브라스트 세정 후 표면은 부드러운 솔이나 압축공기 또는 진공청소방법에 의해 표면에 남아 있는 이물질을 제거해 주어야 하며 특히 구석진 곳, 후미진 곳의 이물질을 제거해야 한다.

④ 브라스트 세정 후 적어도 3시간이내에 도장해야하며 표면에 재발청이 되었다면 도장 전 다시 브라스트 세정을 해야한다.

⑤ 샌드브라스팅에 사용하는 모래는 건조해야 하고 염분에 오염되지 않은 것을 사용해야 하며, 모래의 입자는 0.7 ~ 1.2mm가 적당하고 석영의 함량이 부피비로 95%이상이어야 좋다.

⑥ 브라스트 세정작업은 대기오염방지를 위해 방진막을 설치하고 분사압력은 5kg/cm2 정도로 하며, 분사각은 30 ~ 40 ° 로 작업한다.

⑦ 상대습도 80%이상일 때는 브라스팅 작업을 중지해야한다.

⑧ 에어리스스프레이 도장 시 피도체와의 거리는 30cm정도로 균일하게 유지하여야 하며 항상 피도면에 직각이 되도록 도장하여야 한다.

⑨ 에어리스스프레이 도장 시 건의 이동속도는 매초 50 ~ 60cm으로 하고 30 ~ 40%중첩되도록 도장하여야 한다.

⑩ 에어리스스프레이 도장 시 용접선이나 구석진 곳(리브단면)과 같은 스프레이 작업이 어려운 곳은 붓으로 선행도장을 한 후에 다시 전면도장을 해야 한다.

⑪ 도장은 전체 부위에 규정된 도막이 균일하게 도포되도록 도장하고 도장이 빠지거나 과도막이 흐른 부위가 없도록 유의하여야 한다.

⑫ 도장조건은 다음과 같다.

가) 최적의 도장온도범위는 15 ~ 32℃ 사이이다.

나) 표면온도가 32℃ 이상이면 도막이 너무 빨리 건조되어 핀홀이나 부풀음 같은 결함 현상이 발생하며 5℃ 이하이면 경화가 느릴 뿐만 아니라 불완전한 경화를 유발할 수 있다.

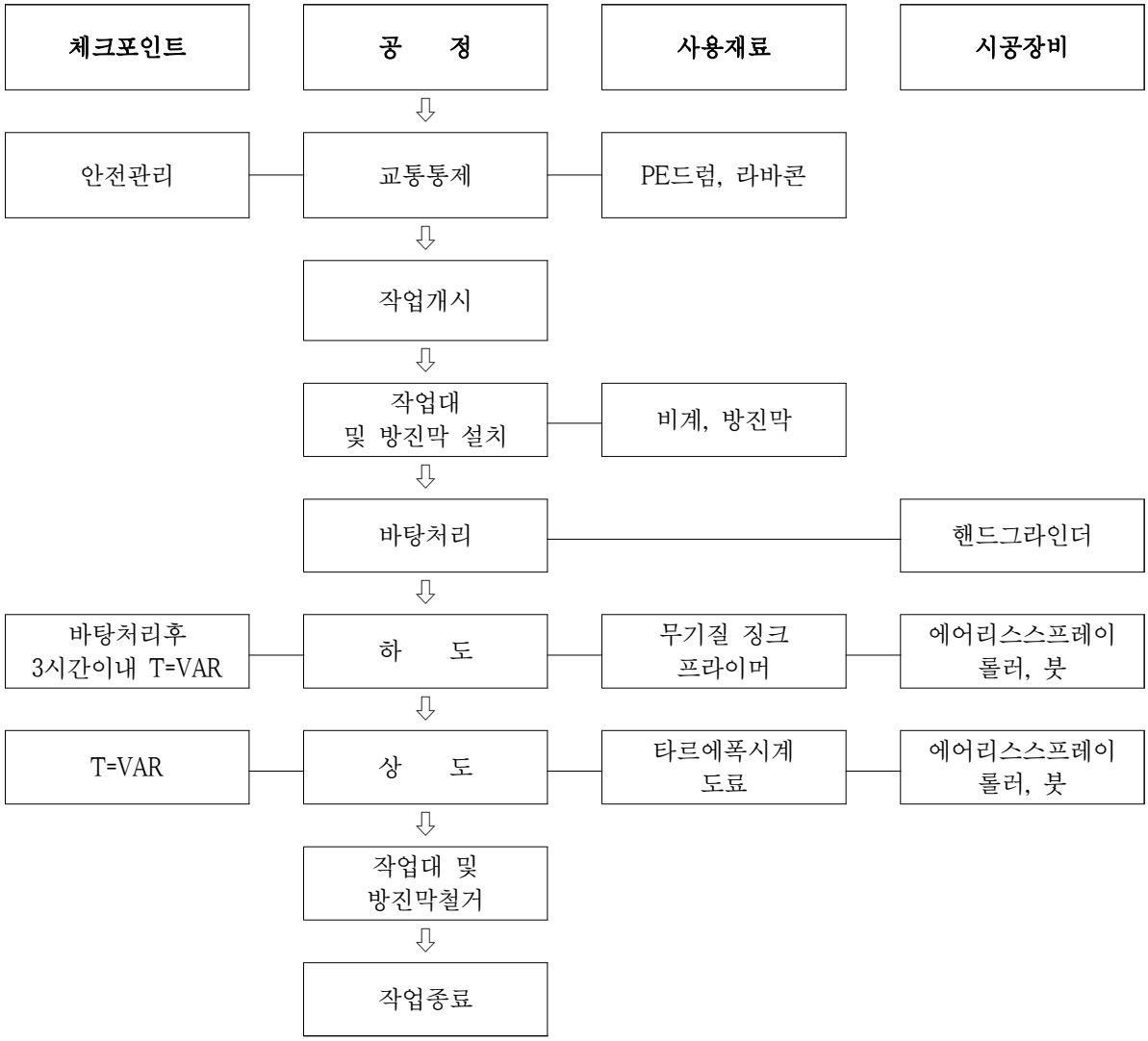
다) 도장하는 동안 표면의 응축을 방지하기 위하여 철 표면 온도가 이슬점보다 3℃ 이상 높아야한다.

라) 일반적으로 도장을 위한 최적의 습도 범위는 50 ~ 80℃ 이다.

마) 안개, 비, 서리 또는 강한바람이 부는 날에는 옥외도장을 피해야 한다.

⑬ 사용가능한 기간(제조일로부터 1년)이 경과된 제품은 사용하지 않도록 한다.

4) 시공흐름도-내부도장



5) 시공방법 및 유의사항-내부도장

① 작업으로 인하여 발생되는 먼지, 유해물질 등으로 보호될 수 있는 복장을 착용하고 작업에 임한다.

② 밀폐된 공간속에서 장시간 작업은 가급적 피하며, 점검구는 최대한 개방하여야 한다.

③ 작업에 지장이 없도록 조명장치를 점검하고 필요시 작업등을 보완한다.

④ 시공방법 및 기타 유의사항은 외부도장을 참조한다.

바. 교량받침 도장보수

1) 개요

교량받침 철재면의 부식과 도장면이 불량하거나 벗겨진 경우에 진동브러쉬 등을 사용하여 발청부위를 완전 제거 후 재도장하는 방법이다.

2) 시공흐름도

체크포인트	공 정	사용재료	시공장비
개인안전장구 착용점검	작업개시		
양호한 면까지	철재면 녹제거		진동브러쉬
먼지 및 녹 찌꺼기 청 소	청 소		공기압축기
녹 제거 후 3시간이내	슈도장(하도)	방청페인트	솔, 붓 스프레이
하도 후 충분히 건조	슈도장(중도)	염화고무계 도료	솔, 붓 스프레이
중도 후 충분히 건조	슈도장(상도)	염화고무계 도료	솔, 붓 스프레이
작업장정리 및 청소	작업종료		

3) 시공방법 및 유의사항

① 작업 전 충분한 시간동안 안전교육을 실시하고 개인안전장구 착용여부를 반드시 확인 점검한다.

② 교량받침에 사용되는 모든 재료와 배합 및 색채는 사전승인을 득하고 실시한다.

③ 상대습도가 85%이상이거나 도장 면이 굳기 전에 비가 내릴 염려가 있을 때에는 작업을 해서는 안 된다.

④ 기온이 5℃이하 일 때는 시공을 하지 않는다.

⑤ 강재의 온도가 높아서 도장작업 시 도장 면에 거품이 생길 우려가 있을 때와 강재의 온도가 대기의 온도보다 3℃ 낮을 때에는 도장을 하지 않는다.

⑥ 녹 제거 완료 후 3시간 이내에 하도도장을 실시한다.

⑦ 받침장치의 철재 면은 도장작업 전 녹, 유지, 먼지 기타 불순물을 완전히 제거 후 부드러운 솔이나 압축공기로 깨끗이 청소한다.

⑧ 하도, 중도, 상도의 도장간격은 각각 충분히 건조된 후에 실시하여야 한다.

⑨ 모든 도료는 사용 전에 침전 및 덩어리가 없도록 충분히 교반해야 하며 혼합비율은 제조회사의 규정에 의한다.

⑩ 녹 등 잡물 제거 시에는 진동브러쉬나 연마지 등을 사용하고 유류는 휘발유나 벤졸을

사용한다.

⑪ 교량받침 청소 시 사전에 접근가능 장비(빔 리프트 카, 사다리, 비계 등)를 선정하여 작업에 임한다.

⑫ 접근장비를 이용하여 청소 시 빔 리프트 카는 붐대 이동시 거더에 상해를 입지 않도록 주의하고 사다리나 비계를 이용하여 접근 시는 떨어지지 않도록 주의해야 한다.

⑬ 스프레이 도장시 피도체와의 거리는 30cm 정도를 유지하고 항상 피도면에 직각이 되도록 하여야 한다.

⑭ 도장작업 시는 얼룩진 곳이 없도록 균일하게 도장하여야 한다.

⑮ 최종마무리 도장 후 미흡한 부위가 있는지 확인하고 표면을 깨끗이 유지한다.

사. 신축이음장치 교체

1) 개요

본 공법은 신축이음장치의 작동불량, 누수, 노후화 등으로 교체할 시설물에 적용하는 공법으로서, 본교의 램프 구간 횡방향 신축이음장치 재설치에 적용한다.

2) 시공흐름도

아스팔트 포장 절단.
↓
아스팔트 컷팅 및 콘크리트를 깨기
↓
기존 노후 신축이음장치를 제거
↓
블록아웃부 고압물청소
↓
신규 산축이음장치 셋팅
↓
보강철근 배근
↓
신·구 접착재 도포
↓
무수축 콘크리트 타설
↓
표면정리 및 양생

3) 시공방법 및 유의사항

① 아스팔트 표면은 아스팔트 컷터기를 사용하여 절단하며 선은 일직선으로 잘라야한다.

② 아스콘 및 콘크리트 깨기시 파쇄물이 하부로 흘러내리지 않도록 주의하여야 한다.

③ 콘크리트 및 아스콘 깨기면에 대하여 고압물청소를 실시하여 이물질은 완전히 제거한다.

④ 기존 슬래브의 철근을 감안하여 충분한 양의 철근을 보강해야 하며, 기존철근과 견고하게 용접한다.

⑤ 콘크리트는 빠른 시간내에 타설하고 진동기를 사용하되 철근과의 접촉을 피하고 공동이 발생하지 않도록 한다.

⑥ 신구콘크리트 이음부에는 접착제를 골고루 도포하여 신구콘크리트의 부착력을 좋게 한다.

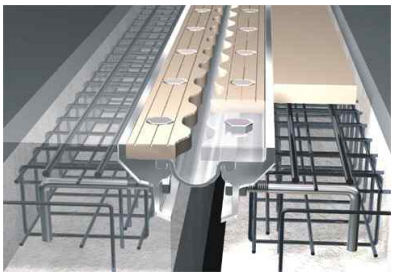
⑦ 콘크리트타설 후 콘크리트가 소정의 강도에 달할 때가지 습윤 및 보온상태를 유지하여 충분하게 양생하여야 한다.

⑧ 몸체상부의 고정볼트는 풀리지 않도록 견고하게 고정시켜야 한다.

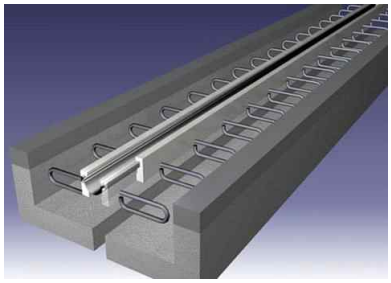
⑨ 신축이음 하판 연결부위에 누수방지를 위한 수밀코킹 작업을 하며, 상판 볼트 주위에도 체결 후 수밀코킹 작업을 반드시 한다.

⑩ 누수방지를 위하여 방수고무(Rubber Seal)는 본체 설치를 하고 콘크리트 양생이 완료된 후 상판볼트를 풀어 설치하되, 이음부 없이 일체로 연속시공토록 하여야 하며, 방수고무(Rubber Seal)를 중간에 절단하지 않도록 주위하여야 한다.

【표 7.2.10】 신축이음장치 공법 비교

구 분	New Monocell Joint	LMJ (Long Monocell Joint)
개 요	• 재질 : 강재 • 길이 : 일체형	• 재질 : 알루미늄, 스틸 • 구조 : 상·하판 분리형 • 길이 : 1m
개요도		
특징	• 상부보호강판, 측판, 톱니앵커로 일체화 • 통과차륜이 신축고무와 닿지 않아 내구성이 높음 • 현장길이에 맞춰 제작하여 방수성 높음 • 시공성이 좋음 • 특수배합 합성 신축고무를 내장시켜, 신축성이 뛰어나며, 이물질을 차단하는 효 과가 뛰어남	• 상, 하판 분리형 본체 • 볼트풀림방지 특수 와샤를 적용하여 반복적인 차륜 충격하중과 진동에 의한 볼트탈락을 예방 • Rubber Seal이 상, 하판 사이에 매트형태로 설치되어 충격 및 진동을 흡수하고 주행성 양호 • 동판을 이용한 고무씰 보호부재 적용가능 ⇒ 고무재 수명 2배 향상
보수성	• 신축 고무 및 본체가 일체형으로 보수시 후타재를 깨고 보수	• Rubber Seal파손 시 볼트를 풀고 상판을 해체하여 교체하므로 후타콘크리트를 깨지 않아 유지관리비용 대폭 절감 • 볼트의 해체만으로 Rubber Seal내의 이물질 제거가 쉬움 • 부분적 Rubber Seal 손상시 해당 부위만 보수 가능
시공성	• 일체형으로 시공이 간편함 • 후타재 타설시 바이브레이터 사용으로 인한 보강철근의 용접부 탈락 원인을 없애 조기균열 방지	• 시공이 용이하고 Rubber Seal설치 및 해체가 간편 • 공용중 볼트 손상시 Rubber Seal 보수 제약 있음
방수성	• 본체 및 고무재의 이음부가 없어 방수성 좋음	• Rubber Seal의 이음부가 없어 방수성 좋음

【표 7.2.10】 신축이음장치 공법 비교(계속)

구 분	Finger Joint	Rail Joint
개 요	• 재질 : 스틸 • 구조 : 상·하판 분리형 • 길이 : 1m	• 재질 : 스틸 • 구조 : 상·하판 분리형
개요도		
특징	• 상부 Finger 유간사이로 유입되는 이물질을 거르는 신축성 재질의 망사형 금속판 적용	• 강재 홈에 고무재 삽입형 • 보수시 반복적으로 후타콘크리트 손상으로 단부측 콘크리트에 피로가 누적되어 구조적 안전성 저해요인 발생
보수성	• 문제 발생 시 분해 및 조립이 용이 • 상,하판을 볼트로 결합시키는 구조로 반복적인 차륜 하중과 진동 등으로 인한 볼트풀림 발생 우려 (볼트부에 응력이 집중)	• 모든 교량형식에 적용가능하며, 장대 교량에 적합한 제품임 • 교량의 횡단길이에 맞도록 일체형으로 제작 가능함 • 부분 손상시 부분보수가 어렵고 전체를 교체해야 하므로 도로 전면이 필요함 • Seal 교체가 용이하지 않음
시공성	• 상부 판이 일체화된 구조로 되어있어 시공이 간편함 • 본체 상판 측면 단부가 후타콘크리트에 접하게 되어 보수를 위한 상판 분리시 누수가 우려됨 • 본체 설치 후 Rubber Seal을 설치하므로 추가적인 시공시간이 필요함	• 장척의 제품으로 중량이 커서 운반 및 설치에 중장비가 필요한 반면 조립된 상태로 현장 반입되어 시공이 편리함
방수성	• 양 호	• Rubber Seal의 이음부 없이 일체시공으로 완벽한 방수가 가능함

7.2.4 보수 후 성능평가 방법

보수를 실시한 후 아래에서 제시하고 있는 방법으로 보수 후 성능평가를 실시하여 보수공사가 적합하게 이루어져 있는가를 검사하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

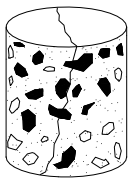
보수공사 후 평가는 구조상 문제가 되지 않는 부분에서 작은 지름의 코어를 채취하여 보수효과를 확인을 행하는 것이 좋다. 또는, 구조물에 대한 보수에 의한 방수효과를 비파괴적으로 확인하는 방법으로서는 가스압입 누수진단기나, 방식효과에 대해서는 전기 화학적인 방법인 분극저항 측정법 등이 제안되고 있다.

가. 코어채취에 의한 평가 방법

1) 콘크리트 코어강도

KS F 2422

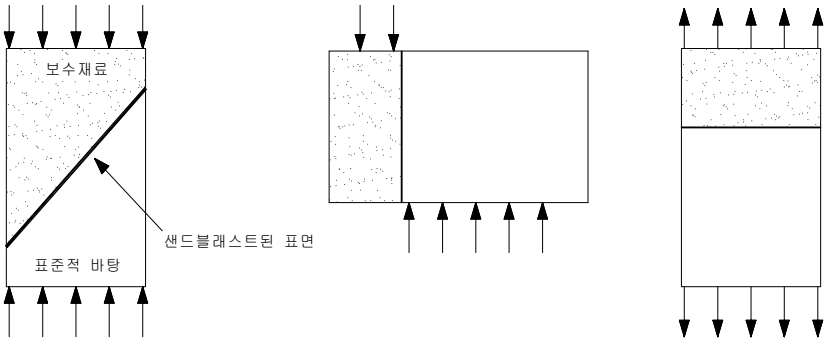
2) 육안에 의한 주입효과 평가



· 주입효과를 위해 채취된 콘크리트 코어

- 외국의 연구결과에 의하면 균열깊이 80% 주입만으로도 거의 완전한 주입효과를 나타낼 수 있다고 보고되고 있어 최소한 균열깊이의 80% 이상 주입이 권장된다.

3) 실내시험에 의한 평가



경사전단시험 직접 전단 시험 일축인장시험

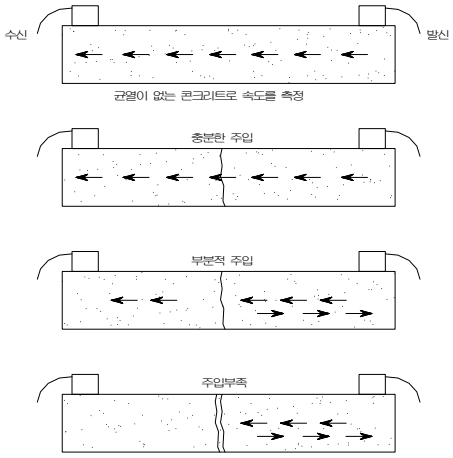
① 경사전단 시험 : 경제적이고 쉬움(부착강도=파괴하중/부착면적)관련 시험법 (ASTM C 881~884, ASTM C 1042, 1059)

② 직접전단 시험 : 시험실과 현장 어느 곳의 공시체도 측정가능관련 시험법 (BNL직접전단, IOWA 직접전단)

③ 일축인장 시험 : 현장의 콘크리트와 덧씌우기의 부착강도를 측정하는 시험방법 관련 시험법(BNL직접전단, IOWA 직접전단)

나. 초음파신호 속도(UPV) 시험

초음파 전달속도 측정에 의한 보수효과의 평가는 아래 그림과 같다.



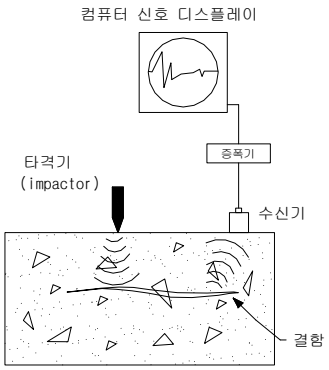
① 균열이 없는 콘크리트 단면에 초기화 (calibration)를 행한다.

② 송신 수신장치는 일정간격 고정한다.

③ 주입된 균열 콘크리트와 균열이 없는 콘크리트는 같은 전파속도를 갖는다.

④ 주입이 되지 않은 균열 부위는 작은 초음파 전파속도를 보인다.

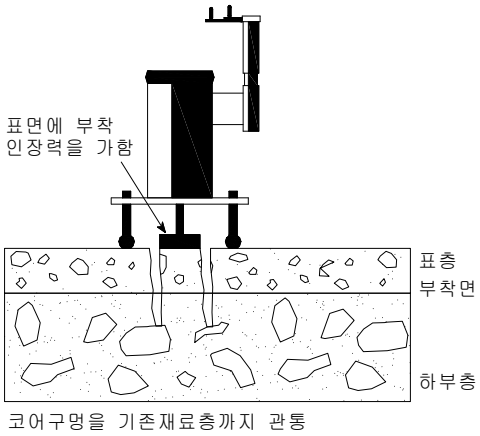
다. 충격음(Impact echo)법

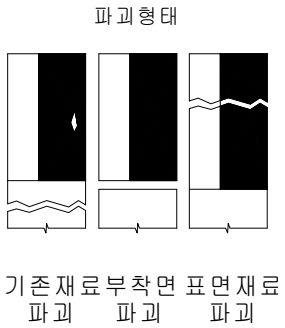


· 충격음법에서 콘크리트 표면은 응력을 만들기 위해 아래 그림과 같이 작은 충격기로 기계적인 방법으로 충격을 준다. 보수효과는 보수전과 후의 측정값의 차이와 건전면에서 측정된 값의 비교를 통하여 확인할 수 있다.

라. 현장 부착강도 시험

덧씌우기나 표면접착제의 부착강도는 인발시험(pull-off test)과 같은 현장시험으로 판정할 수 있다. 코어를 기존재료에 부착되어 있는 상태로 둔 채, 인장기구를 코어에 연결하여 파괴될 때까지 하중을 구한다. 보수한 부분을 바로 평가하여 보수공사를 조정할 수 있는 장점이 있다.





7.3 보수·보강 개략공사비

【표 7.3.1】보수·보강 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위	비고
바닥판	균열(0.2㎜이하)	지속관찰	3	0.75	㎡	49	36	-	표면처리
	망상균열	지속관찰	426.6	426.60	㎡	49	20,903	-	표면처리
강박스 거더 외부	도장박리/녹발생	지속관찰	0.1	0.15	㎡	5	1	-	녹제거 후 재도장
가로보 및 세로보	도장박리/녹발생	지속관찰	0.2	0.30	㎡	5	1	-	녹제거 후 재도장
	폐콘크리트 퇴적	지속관찰	0.1	0.15	㎡	80	12	-	폐콘크리트 제거
교대	균열(0.2㎜이하)	지속관찰	2.4	0.60	㎡	49	29	-	표면처리
	균열(0.3㎜이상)	지속관찰	2	2.00	m	130	260	-	주입보수
	백태/누수오염	지속관찰	2.4	3.60	㎡	49	176	-	표면처리
	체수(흔적)	지속관찰	0.5	0.50	㎡	49	24	-	표면처리
	점검계단 상단부 공동	토사채움	0.2	0.30	㎡	8	2	3	-
교각	균열(0.2㎜이하)	지속관찰	50.6	12.65	㎡	49	619	-	표면처리
	균열(0.3㎜이상)	지속관찰	3	3.00	m	130	390	-	주입보수
	망상균열	지속관찰	24.56	24.56	㎡	49	1,203	-	표면처리
교량받침	받침Plate 녹발생	재도장	2	2.00	개소	39	78	3	-
	받침장치 볼트 녹발생	재도장	6	6.00	개소	4	24	3	-
	받침몰탈 균열(0.2㎜이하)	지속관찰	1	0.25	㎡	49	12	-	표면처리
	받침콘크리트 균열(0.2㎜이하)	지속관찰	4.4	1.10	㎡	49	53	-	표면처리
	받침콘크리트 재료분리	지속관찰	0.03	0.05	㎡	215	9	-	단면보수

【표 7.3.2】 보수·보강 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위	비고
신축이음	신축이음 본체 유간부 토사퇴적	정비	9	9.00	m	15	135	3	-
	신축이음 하부 누수	교체 (모노셀 No.80)	8.5	8.00	m	600	4,800	2	-
	차수판 앵커볼트 탈락	재설치	1	1.00	개소	5	5	3	-
교면포장	아스콘 패임	아스팔트 팻칭	0.04	0.06	㎡	55	3	3	-
방호벽	균열(0.2㎜이하)	지속관찰	13.3	3.33	㎡	49	162	-	표면처리
	균열(0.3㎜이상)	지속관찰	0.8	0.80	m	130	104	-	주입보수
	균열/백태	지속관찰	8.4	8.40	m	130	1,092	-	주입보수
순공사비 합계(천원)							30,133		
제경비(순공사비×50%)							15,067		
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위					-		
		2순위					7,200		
		3순위					371		
		지속관찰					37,629		
유지보수 개략공사비 총계							45,200		

※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.
※ 철근노출 단면복구 → 30㎜(잡철물 제외)
※ 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영.
※ 일부 손상은 보수물량 산정시 보수단가 및 방법을 고려하여 단위 및 물량 변경.
※ 상기 개략공사비는 2015년 하반기 현장조사시 확인한 물량으로 산정하였으며, 이후의 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 부대공의 추가 등으로 변동될 수 있음.

7.4 유지관리 방안

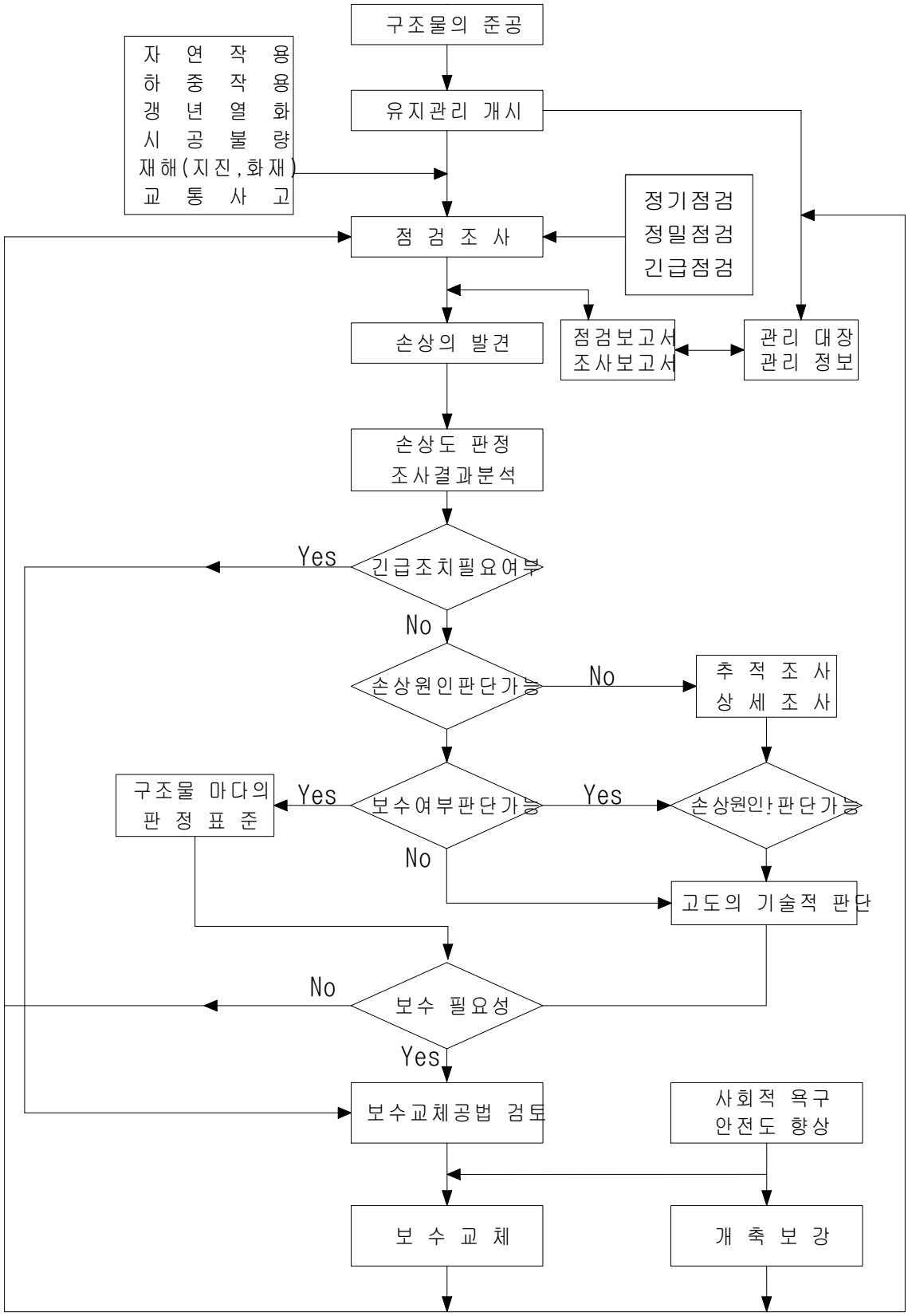
공용중인 시설물은 기능성과 안전성을 유지하기 위하여 일상점검 및 정밀점검을 통하여 구조물의 손상여부를 확인하고 그 결함정도에 따라 적정한 보수공법의 선정, 보수시기 등을 판단하여 신속한 보수가 이루어지도록 체계적인 유지관리가 필요하다. 시설물에 발견된 결함은 보수시기를 놓치면 손상 증대로 보수가 어려울 뿐만 아니라 보수비용 증대, 보수기간 장기화로 통행차량의 불편과 동시에 물류비 증액의 원인이 되어 지속적인 유지관리는 매우 중요하다.

따라서 유지관리를 통하여 손상된 부분을 원상복구하여야 하며, 시간 경과에 따라 시설물의 개량, 보수·보강을 실시하여 건전성을 유지토록 하여야 하며 교량의 각 부위별로 발생 가능한 손상에 대하여 정밀점검을 실시하여 그 원인을 미리 해소하는 예방활동에 목표를 두어야 한다.

7.4.1 유지관리 일반

시설물의 유지란 건설된 시설물이 제 기능을 유지하기 위하여 정기점검, 정밀점검, 긴급점검 및 정밀안전진단을 통하여 사전에 유해요인을 제거하고, 손상된 부분을 원상복구 하여 당초 건설된 상태를 유지함과 동시에 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량과 시설을 추가함으로서 이용자의 편의와 안정을 도모하기 위한 목적으로 시행하는 것이다.

시설물 유지관리는 사후 유지관리와 예방 유지관리로 분류할 수 있다. 사후 유지관리는 문제가 발생된 후 보수 또는 보강하는 방식이고, 예방 유지관리는 문제발생의 징후 또는 그 원인을 사전에 발견해 적절한 조치를 취함으로써 문제발생을 예방하는 방식이다. 과거에는 보통 사후 유지관리가 대부분이었으나, 오늘날은 기술 및 장비의 발달로 예방 유지관리를 지향하고 있으며, 이를 통한 시설물의 안전성 및 사용성 확보에 그 목적이 있다. 유지관리를 효율적으로 하기 위해서는 아래의 항목에 대해서【그림 7.4.1】에 따라서 수행하는 것이 바람직하다.



【그림 7.4.1】 유지관리 흐름도

가. 자료관리

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

일반적으로 구조물의 유지관리시 필요한 관련 자료를 열거하면 다음과 같다.

- 설계도서(시공 및 보수 도면, 구조계산서 등)
- 공사내역서 및 시방서
- 보수·보강이력
- 사고기록, 점검 및 진단이력
- 사진 및 시험결과
- 시설물 관리대장
- 상태 및 안전성 평가기록

나. 일상관리

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

다. 점검 및 진단(예방 유지관리)

점검은 구조물의 현상을 파악하여 이상 및 손상을 조기에 발견함으로서 안전하고 원활한 기능을 확보하고 합리적인 유지관리 자료를 획득하기 위하여 실시한다. 또한 유지관리상 필요한 손상과 이상의 정도를 계속적으로 파악하기 위하여도 점검이 필요하다.

점검은 일상점검, 정기점검(초기점검 포함)및 긴급점검으로 나누며, 점검결과 이상의 정도가 심하거나 보수·보강에 대한 필요성이 있는 경우에는 상세조사를 실시한다.

또한 위의 조사를 통하여 유지관리 담당자가 대상구조물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단될 때에는 전문가에 의한 정밀안전진단을 실시한다.

라. 보수 및 보강(사후 유지관리)

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

7.4.2 점검주기 및 주요 조사항목

본 구조물의 공용기간 중에는 점검주기 및 주요 조사항목, 등급별 실시주기에 따른 지속적인 점검을 실시하여 시설물의 안전성과 내구성을 유지하여야 할 것으로 판단된다.

【표 7.4.1】 점검주기 및 주요 조사항목

점검종류	점검주기	주요 조사항목
정기점검	반기 1회	◦재료분리, 철근노출, 박리, 균열, 박락, 사용하중, 누수 등에 관하여 전회 점검 이후 변형, 변위 발달상태 ◦손상의 지속유무 확인(누수, 균열, 변형 등)
정밀점검	안전등급에 따라 차등실시	◦설계도서 검토 ◦형상검사(규격, 변위, 변형, 침하 등) ◦상태검사(파열, 손상, 부식, 균열, 누수, 열화 등) ◦현장시험·측정(강도, 철근, 피복, 철근부식, 중성화 등) ◦전회의 정기점검 및 정밀점검시와 비교하여 손상의 진행여부 판단 ◦보수, 보강시공 상태의 확인(필요시)
긴급점검	필 요 시	◦손상의 정도, 보수의 긴급성, 보수작업의 규모, 주요 보조부재의 내하력, 사용제한 여부 등
정밀 안전진단	안전등급에 따라 차등실시	◦구조물의 노후화, 손상정도, 초기 및 점검 상태로부터의 변화 확인 ◦구조해석 및 안정성 평가 ◦정기점검 및 정밀점검 결과 분석

※ 정밀점검 및 정밀안전진단 실시주기
(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 교량편 : 국토해양부, 한국시설안전공단. 2010.12)

【표 7.4.2】 등급별 실시주기

안전등급	정밀점검		정밀안전진단
	건 축 물	그 외 시설물	
A등급	4년에 1회 이상	3년에 1회 이상	6년에 1회 이상
B, C등급	3년에 1회 이상	2년에 1회 이상	5년에 1회 이상
D, E등급	2년에 1회 이상	1년에 1회 이상	4년에 1회 이상

※ 건축물에는 그 건축물의 부대시설인 옹벽과 절토사면을 포함하며, 항만시설물 중 썰물시 바닷물에 항상 잠겨있는 부분은 4년에 1회 이상 정밀점검을 하여야 한다.

※ 최초로 실시하는 정밀점검은 시설물의 준공일 또는 사용승인일(임시 사용승인 포함)을 기준으로 3년이내(건축물은 4년 이내)에 실시하여야 한다.

※ 정밀점검 또는 정밀안전진단을 받은 경우 그 날(완료일)을 기준으로 정밀점검의 실시주기를 정한다. 또한 정밀안전진단 실시 기간과 중복되는 경우에는 생략할 수 있다.

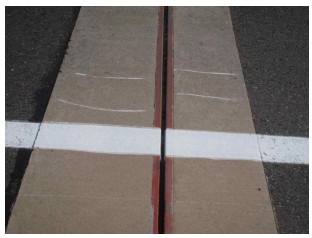
7.4.3 진단결과에 따른 중점유지관리 사항

금회 정밀안전진단 결과, 삼랑진IC2교는 콘크리트 부재의 균열, 망상균열/변색, 백태/누수오염, 국부적인 단면손상, 강박스 거더의 우수유입 흔적, 도장박리 및 녹발생, 신축이음장치 유간부 이물질 퇴적 및 누수, 받침장치 Plate 및 볼트 녹발생, 받침 몰탈 및 콘크리트 균열 등이 다수 조사된 상태이며, 손상진전을 방지하고 구조물의 내구성 확보를 위해 관리가 요구된다.

【표 7.4.3】 부재별 유지관리 중점사항

부재구분	중 점 점 검 내 용	관련사진
바닥판	• 균열 진전 여부 • 망상균열/변색부 손상진행여부	 망상균열/변색(S2)
거더 및 가로보	• 거더외부 - 도장박리 및 녹발생 • 거더 내부 - 우수 유입 흔적 • 가로보 - 도장박리 및 녹발생	 도장박리/녹발생(S3)
하부구조	• 교대, 교각부 균열 진전여부 • 교대 누수오염/백태 - 손상 확대 여부	 코핑부 균열(P1)
교량받침	• 받침Plate, 볼트 녹발생 여부 • 받침몰탈 및 받침콘크리트의 균열 - 미세균열 진전여부 및 추가손상발생 여부	 받침장치 녹발생(A1)

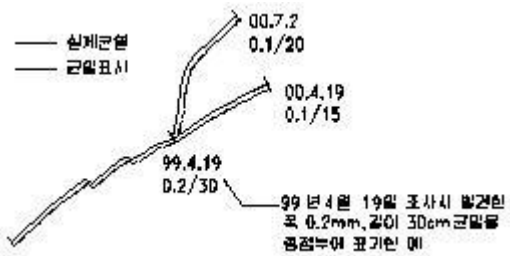
【표 7.4.3】 부재별 유지관리 중점사항(계속)

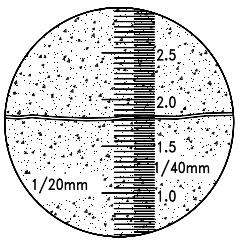
부재구분	중 점 점 검 내 용	관련사진
신축이음장치	• 신축이음장치 가동상태 확인 - 본체 유간부 이물질 퇴적에 대해 주기적인 청소 필요 - 유간확보여부 주기적 점검 - 신축이음 누수발생 : 신축이음장치 교체 필요 • 후타재 균열 - 손상진전 여부 점검	 신축이음 누수  후타재 균열(A1)
교면포장	• 공용기간 증대 및 빈번한 중차량 통행에 의한 손상 진전여부 (패임, 라벨링 등)	 포장 라밸링
배수시설	• 지속적 유지관리	 배수시설 상태 양호
방호벽 및 중앙분리대	• 0.2㎜~0.3㎜균열(백태동반) - 손상진전 여부 점검	 균열/백태

7.4.4 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

<table>
<tr><th colspan="2">점 검 부 위</th><th>점 검 항 목</th></tr>
<tr><td colspan="2">▷ 공통</td><td>•박리, 박락, 층분리, 철근노출(피복두께 부족), 파손
•백태(유리석회), 오염
•재료분리</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷ 거더교</td><td>•균열(거더사이, 헌치부 종방향 균열)
•망상균열</td></tr>
<tr><td rowspan="2">▷ 슬래브, 라멘교 상부</td><td>- 단부</td><td>•부스러짐
•사인장균열</td></tr>
<tr><td>- 중앙부</td><td>•휨균열</td></tr>
<tr><td>주 요
부 위</td><td colspan="2">
〈바닥판 하면〉
〈캔틸레버〉</td></tr>
<tr><td>점
검
요
령</td><td colspan="2">○ 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</td></tr>
</table>

점검요령	- 부모멘트가 발생하는 연속 받침부는 상부에서 하부로, 정모멘트가 발생하는 중앙부 구간은 하부에서 상부 순서로 점검을 진행 - 균열로부터 녹물 유출 여부 조사(철근 부식) - 망상균열, 층분리, 누수나 백태흔적이 발견될 경우 점검용 망치를 두드려 나는 소리로서 내부결함의 존재여부를 추정한다. 내부에 결함 존재 시 외관상 건전한 부위에서도 펀칭 전단파괴의 우려가 있다. ◦점검시 유의사항 - 공통적인 손상은 대부분 구조적인 결함이므로 발생원인을 규명하고 보수·보강 등 적절한 조치방법을 수립할 수 있도록 주의 깊게 조사 - 큰 균열일지라도 상당히 오래전에 발생하여 안정된 것이 있는 반면에 미세균열일지라도 하중의 반복재하에 의해 점차 커지는 균열이 있으므로 점검 시 특별히 큰 균열에만 주목하지 말고 미세한 균열에도 주의 - 환경적 요인에 의하여 열화가 심한 부분은 철근의 부식환경을 확인하기 위하여 탄산화시험을 실시
점검도구	◦사진기 ◦줄자 ◦균열자 ◦필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) ◦점검용 망치 ◦점검야장 ◦확대경 ◦필요시 반발경도 및 탄산화 시험기기

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
주요부위	 <거더 외부> <거더 내부>

점검요령	○ 점검방법 - 접근장비를 이용하여 육안점검하되 구조적 문제의 발생위치를 미리 숙지하고 그 위치를 중점적으로 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 녹발생을 개략 조사 - 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
점검도구	•사진기(망원렌즈) •점검용 망치 •줄자(5m자) •손전등(박스내부) •점검야장 •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)

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

<교 대 A1>

<교 대 A2>

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	
점검도구	•사진기 •균열자 •줄자(5m자) •점검용 망치	•점검추 - 기울음 측정 •중성화 시험기 •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검야장

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

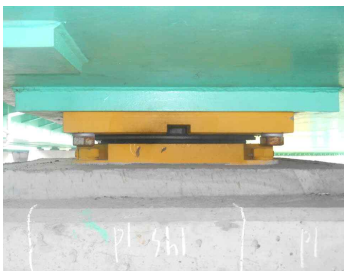
주요부위

〈교 각-1〉

〈교 각-2〉

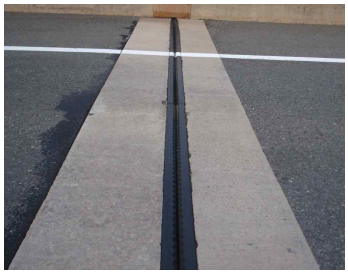
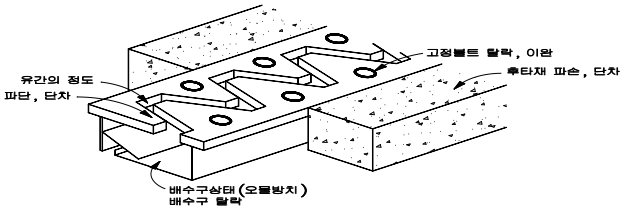
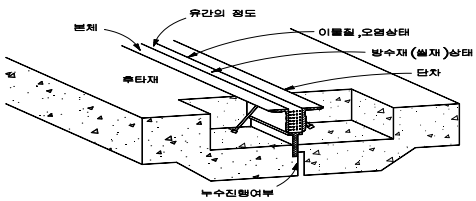
점검요령	○ 점검방법 - 접근장비 및 점검로에서 점검 - 신축이음의 유간이 비정상적(크게 벌어짐 또는 닫힘)이거나 방호울타리선형이 불량한 경우에는 교각 침하가 의심스러우므로 교각 구체 상부와 하부를 측량기기로 측정하여 교각의 전도 여부를 확인하고 구체에 기준점을 표시하여 침하여부를 주기적으로 확인 ○ 손상발생시 조치 - 교각두부 받침하부에 폭 0.3㎜이상 균열이 단부까지 진행된 경우에는 교량 안전과 직접적으로 관련이 있으므로 즉시 보고 및 대책수립 ○ 점검시 유의사항 - 신축이음 유간이 크게 벌어지거나 닫힘, 방호울타리 선형불량은 교각 침하의 징후로 볼 수 있으므로 교각 점검 시 참고해야 할 항목임
점검도구	•사진기 •점검추 - 기울음 측정 •균열자 •중성화 시험기 •줄자(5m자) •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검용 망치 •점검야장

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	 <받침장치(고정단)>	 <받침장치(일방향)>

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
점검도구	•사진기 •줄자 •균열자 •온도계 •유성펜(매직) 및 청소용 걸레 •점검용 망치 •드라이버(driver) •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검야장

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	 <신축이음장치 A1>	 <신축이음장치 A2>
주요내용		

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
점검도구	•사진기 •줄자 •점검용 망치 •드라이버(driver) - 유간오물 확인 •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검야장

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	 <교면포장-1>	 <교면포장-2>
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	

점검요령	◦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
점검도구	•사진기 •줄자(5m) •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) 및 점검야장

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	 <배수구> <배수관>
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
점검도구	•사진기 •줄자 •점검용 망치

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

<방호벽-1>

<방호벽-2>

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

점검도구

•사진기
•솔(브러쉬)
•강재 부식부위 등 상세확인
•줄자
•필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)
•점검야장

제 8장 종합결론

제 8장 종합결론

삼랑진IC2교는 경상남도 밀양시 삼랑진읍 미전리 일원에 위치하고 있으며, 2006년 2월에 준공된 교량으로 삼랑진로를 횡단하고 있다.

교량은 Ramp교로 총연장은 130.00m(40.0+50.0+40.0=130.00m)이고, 폭원은 8.50m(1차로)이며, 상부구조는 3경간 연속의 Steel Box Girder교로 이루어져 있다.

하부구조는 교대 : 역T형, 교각 : T형으로 시공되어져 있으며 기초는 교대 : 강관 말뚝기초, 교각 : 직접기초로 시공되어져 있다.

본 과업은 준공 후 최초로 실시하는 정밀안전진단이며, 설계 및 시공자료와 유지관리자료를 분석한 후 과업수행계획에 따라 외관조사, 내구성 조사 및 시험 등의 현장조사를 실시하였고, 설계도서와 현장조사의 결과를 토대로 구조안전성을 평가하였으며, 정밀안전진단결과를 요약・정리하면 다음과 같다.

가. 외관조사 결과

1) 바닥판

- 바닥판 하면에서 0.2㎜이하 균열, 망상균열, 망상균열/변색 등의 손상이 조사되었다.
- 조사된 균열은 비구조적인 균열로 균열폭이 작고 경미하나 0.2㎜이하 균열 및 망상균열은 내구성 확보를 위해 표면처리가 바람직하며, 콘크리트 변색 손상은 여러 재료적 시공적 원인에 의해 표면부 수산화칼슘층 형성에 의해 발생된 손상으로 향후, 점검시 주의관찰이 필요하다.

2) 강박스 거더, 가로보 및 세로보

- 강박스 거더 내부의 전반적인 상태는 양호하나, S1 출입구측에 우수유입흔적 손상이 조사되었으며, 거더 외부는 부분적으로 도장박리, 녹발생 등의 손상이 조사되었다.
- S1 거더 내부의 우수유입흔적에 대해 수 유입 경로를 조사하였으나, 누수 손상이 조사되지 않아 시공초기 손상으로 판단되며 향후, 점검시 주의관찰이 필요하다.
- 거더외부의 도장손상은 장기적으로 녹발생을 유발하여 단면감소 등의 위해한 영향을 미칠 수 있으므로 녹발생 손상부에 대해 녹제거 후 재도장 실시가 바람직하며, 도장박리는 이물질 제거 후 도장실시가 바람직하다.

- 가로보 및 세로보에서 조사된 도장박리, 녹발생, 폐콘크리트 퇴적 등의 손상이 조사되었으므로, 녹발생 손상부에 대해 녹제거 후 재도장 실시가 바람직하며, 도장박리는 이물질 제거 후 도장실시가 바람직하다.
- 시공후 마무리 미흡에 의한 폐콘크리트 퇴적은 원활한 유지관리를 위해 제거 및 청소가 필요하다.

3) 교대

- 외관조사 결과, 균열, 백태, 체수/누수오염(A2), 법면보호블럭 이격 및 침하, 점검계단 이격 및 상단부 공동 등의 손상이 조사되었고, 조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 0.3㎜이상 균열은 주입보수, 0.2㎜이하 균열 및 백태 손상은 표면처리 실시가 바람직하다.
- 교대 A2의 체수/누수오염은 상부 신축이음부를 통한 누수에 의해 발생된 손상으로 하부구조 열화방지를 위해 신축이음 교체가 필요하다.
- 점검계단 및 법면보호블럭 구간에 발생된 손상은 지반침하에 의한 손상으로 손상정도가 경미하여 주의관찰이 바람직하며, 점검계단부의 공동은 장기 공용시 우수침투에 의해 유로형성 및 유실 가능성이 있어 공동부에 대한 채움 실시가 바람직하다.

4) 교각

- 교각의 외관조사 결과, 균열, 망상균열 등의 손상이 조사되었으며, 조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 0.3㎜이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.2㎜이하 균열 및 망상균열은 표면처리 실시가 바람직하다.

5) 교량받침

- 교량받침은 포트받침으로 설치되어 있으며, 받침Plate 녹발생, 볼트 녹발생, 받침 몰탈 균열, 받침 콘크리트 균열 및 재료분리 등의 손상이 조사되었으나, 받침 가동에 유해한 영향을 미칠만한 손상은 확인되지 않았다.
- 받침Plate 및 볼트의 녹발생은 내구성 및 건전성 확보를 위해 재도장 실시가 필요하다.
- 받침몰탈 및 받침 콘크리트 0.2㎜이하 균열은 표면처리가 바람직하며, 받침콘크리트 재료분리는 시공미흡에 의한 손상으로 내구성 확보를 위해 단면보수가 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 시방규정을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

- 교량받침의 가동여유량을 검토한 결과, 설계기준온도에 따른 하절기 최대 신장여유량 및 동절기 최대 신축여유량을 받침장치 모두 충분히 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

6) 신축이음

- 신축이음장치는 A1, A2에 Monocell Joint로 시공되었으며, 외관조사 결과, 신축이음 본체 유간부 토사퇴적, 차수판 앵커볼트 탈락, 후타재 균열(0.2㎜이하) 등의 손상이 조사되었다.
- 교대 A2 신축이음부 누수는 흡음재 설치로 인해 정확한 누수 위치를 확인할 수 없으나, 10년 동안 장기 공용된 점을 고려하여 신축이음장치 교체로 구조물의 건전성을 확보하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.
- 후타재에 발생된 0.2㎜이하 균열은 손상정도가 경미하여 주의관찰이 바람직하고, 유간부 토사퇴적은 신축거동 제한으로 구조물에 영향을 미칠 수 있어 주기적인 청소가 바람직하다.
- 차수판 앵커볼트 탈락은 차수판의 건전성 확보를 위해 앵커볼트 재설치가 바람직하다.
- 금회 신축이음 유간을 검토한 결과, 신축이음 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었다.

7) 교면포장

- 교면은 아스팔트로 포장되어 있으며, 아스콘 패임, 라벨링, 접속부 이격 등의 손상이 조사되었으나, 주기적인 보수작업으로 주행성을 크게 저해할 만한 손상은 조사되지 않았다. 다만, 아스콘 패임 손상은 손상정도가 경미하나 차량하중 작용으로 손상확대가 우려되고 포장층내 우수 침투로 구조물의 내구성 저하를 유발할 수 있어 보수 실시가 바람직하며, 기타 손상은 손상확대 여부를 관찰하고 포장 보수 계획 수립 후 적절한 시기에 보수 실시가 바람직하다.

8) 배수시설

- 배수시설은 전반적으로 양호한 상태이나, 배수구 막힘 및 배수관 탈락, 배수관 설치불량 등이 조사되었다.
- 배수구 막힘은 체수를 유발하여 차량사고의 위험이 있고 교량의 내구성 저하를 유발하므로 원활한 배수처리를 위해 배수구 이물질 제거 및 주기적인 청소가 바람직하며, 배수관은 건전성이 유지되도록 지속적인 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

- 외관조사 결과, 일부구간에 수직균열, 균열부 백태 등이 발생된 것으로 조사되었으므로 내구성 확보를 위해 0.3㎜이상 균열 및 균열부 백태 손상은 주입보수, 0.2㎜이하 균열은 표면보수 실시가 바람직하다.

나. 내구성 시험 및 측정 결과

- 콘크리트의 내구성 시험결과 콘크리트의 강도는 설계기준강도(상부구조 27MPa, 하부구조 24MPa)를 상회하며, 철근배근상태는 설계치에 근사한 것으로 조사되었다.
- 탄산화 깊이 측정결과, 탄산화 잔여깊이가 30.0㎜이상으로 측정되어 탄산화에 의한 철근부식발생의 우려가 없는 “a” 로 평가되었다.
- 염화물함유량 시험결과 염화물에 의한 철근 부식 발생의 우려가 없는 “a” 로 평가되었다.
- 균열깊이 측정결과, 측정 대상 균열심도가 철근피복두께를 초과한 것으로 측정되었으며, 내구성확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 주부재인 강박스 거더의 맞대기 용접부에 대한 초음파탐상시험 결과는 1급(양호)이며, 강재도막두께 확인결과, 기준치를 상회하는 양호한 상태이다.

다. 상태평가 결과

- 상태평가결과, 바닥판, 구조물의 영향을 미칠만한 손상이 조사되지 않은 상태로서 내구성 확보를 위해 일부 보수가 필요한 “B” (0.201)로 평가되었다.

라. 안전성 평가 결과

- 상부구조에 대한 구조검토결과, 바닥판 및 거더에 대해서 최소안전율이 각각 1.58 및 1.09으로 안전율 1.0을 상회하고 교각 P2의 하부구조에 대한 구조검토결과, 기둥은 P-M상관도 해석에 의한 최소안전율 5.369로서 안전율 1.0을 초과하며 내하력 평가결과, 기본내하력이 설계활하중인 DB-24를 상회하여 구조물이 전반적으로 구조적 안전성을 확보한 것으로 판단되며 최종적인 안전성 평가등급은 A등급이다.

마. 결 언

- 삼랑진IC1교는 약 10년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과, 전반적으로

양호한 상태이나 일부 보수를 요하는 손상인 콘크리트 부재 균열 및 망상균열, 망상균열/변색, 국부적인 단면손상, 거더외부, 가로보 및 세로보 도장박리/녹발생, 교량받침 Plate 녹발생, 신축이음장치(A2) 누수, 교대 교좌면 체수 및 누수오염, 아스콘 패임, 배수구 막힘 등이 일부 조사되었다.

- 특히, 교대 A2 신축이음부 누수는 흡음재 설치로 인해 정확한 누수 위치를 확인할 수 없으나, 10년 동안 장기 공용된 점을 고려하여 신축이음장치 교체로 구조물의 건전성을 확보하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.
- 본 교량의 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 진단 보고서에 제시된 보수를 시행하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 1등교(DB-24)로서의 기능을 유지 할 수 있을 것으로 판단된다.