정밀안전진단 및 내진성능평가

가천교

2022.06

(주)명성엔지니어링
대구동부순환도로(주)

가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

보 고 서

2022. 06

대 구 광 역 시

대구동부순환도로㈜

㈜명성엔지니어링

제 출 문

대구동부순환도로(주) 귀하

귀 사업소와 2022년 03월 11일에 계약 체결한 “가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역” 중 정밀안전진단에 대한 과업을 성실히 수행하고 그 결과를 본 보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

2022년 06월 09일

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

가천교 정밀안전진단 결과표

가. 일반현황

용 역 명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	진단기간	2022.03.11 ~ 2022.06.09		
관리주체명	대구동부순환도로(주)	대표자	정 인 호		
공동수급	독자수행 100%	계약방법	일반경쟁		
시설물 구분	도로	종 류	도로교량	종 별	1종
준공일	2002년 08월 24일	진단금액 (천원)	72,205	**안전등급**	**B**
시설물 위치	대구광역시 수성구 가천동	시설물규모	L=290.0m, B=28.9~51.9m		

나. 진단 실시결과 현황

중대결함	-
진단 주요결과	◦거더 외부 도장손상(긁힘), 강재변형 ◦거더 내부 도장손상(박리), 이물질퇴적, 환기구 볼트 미체결 ◦가로보 및 세로보 상태양호 ◦바닥판하면 균열(폭 0.3㎜미만), 백태, 파손, 표면박리, 오염 ◦하부구조 균열(폭 0.3㎜미만), 망상균열, 표면열화, 파손, 이물질퇴적, 누수오염, 체수흔적, 실란트 파손 ◦교량받침 무수축몰탈 및 받침콘크리트 균열(폭 0.3㎜미만) ◦신축이음 후타재 균열(폭 0.3㎜미만), 망상균열, 차수커버 볼트탈락 ◦교면포장 아스콘 균열, 망상균열, 패임, 파손, 소성변형 ◦배수시설 배수구 막힘, 배수관 볼트탈락 및 누수오염 ◦콘크리트 난간 균열(폭 0.3㎜미만), 백태, 단차 ◦점검시설 상태양호
주요 보수・보강	◦표면처리, 단면보수, 도장보수, 실란트 충진, 정비, 청소

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	정 지 운	2022.03.11 ~ 2022.06.09	특급기술자
분야책임	이 상 훈	2022.03.11 ~ 2022.06.09	특급기술자
참여기술자	장 진 원	2022.03.11 ~ 2022.06.09	특급기술자
	서 동 진	2022.03.11 ~ 2022.06.09	특급기술자
	황 상 윤	2022.03.11 ~ 2022.06.09	특급기술자
	양 주 윤	2022.03.11 ~ 2022.06.09	초급기술자
	손 기 영	2022.03.11 ~ 2022.06.09	초급기술자
	전 희 균	2022.03.11 ~ 2022.06.09	초급기술자
	박 성 언	2022.03.11 ~ 2022.06.09	초급기술자

라. 참고사항

- 차기 안전점검 및 진단 시 중점점검부위 : ① 교대 방호벽 접속부 단차 ② 거더외부 변형 ③ 각 부재의 균열 진전유무

가천교 정밀안전진단 실시결과요약표

책임기술자 종합의견

- 외관조사 결과, 교량의 안전성을 저해할 만한 바닥판 및 거더 등의 주요부재에 중대한 결함이 되는 손상은 없으며 대체로 표면손상이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생된 주요 손상으로는 각 부재의 전반적인 균열 및 거더 도장손상, 변형, 바닥판하면 백태, 파손, 하부구조 표면열화, 파손, 실란트 파손, 교면포장 아스콘 균열, 배수구 막힘, 방호벽 백태, 단차 등이 있으며 내구성 저하방지를 위한 보수 및 정비가 필요한 상태이다. 신축이음 및 교량받침은 신축거동에 대한 기능성과 주행차량 영향 등의 사용성에 문제가 없는 상태이다.
- 콘크리트 비파괴시험 결과, 콘크리트 부재의 강도는 양호한 것으로 측정되었으며 철근탐사 시험결과 배근간격은 양호하나 일부 지점의 피복두께가 작은 것으로 측정되었다. 탄산화 시험결과, 일부 구간에서 b등급으로 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성이 있음으로 평가되었고, 염화물함유량 시험결과 철근부식 우려는 없는 것으로 검토되었다.
- 강재 비파괴시험 결과, 거더 내부의 맞대기 용접부는 내부결함이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 도막두께는 거더 내·외부 모두에서 기준을 만족하고 있는 것으로 확인되었다.
- 대상교량의 상태평가 결과, 환산결함도 점수가 0.173으로 상태평가 등급은 'B'로 산정되었다.
- 구조해석을 통한 안전성평가 결과, 설계하중(DB-24)에 대한 바닥판 및 강박스 거더의 구조적인 안전율은 1.0 이상이며 기본내하력은 설계하중을 상회하고 있는바, 대상교량의 안전성 평가 결과는 기준 'A'로 평가되었다.
- 내진성능 상세평가 결과 기둥, 지지길이는 내진성능을 확보고하고 있으나, 교대 및 교각의 교량받침부 교축직각방향에서 내진성능이 부족한 것으로 나타났다. 내진성능 향상방안으로는 전단키, 탄성받침 교체 안을 제시하였고, 추후 유지관리 및 구조물의 상태, 여건 등을 종합적으로 판단하며 공법을 선정 후 공용 중에 불편 없이 보강설계를 진행하는 것이 적절할 것으로 판단된다.
- 정밀안전진단 종합평가 결과, 상태평가 'B', 안전성평가 'A'로 평가되어 종합안전등급은 "B등급(양호)"으로 지정되었다. 대상 교량은 안전성 및 사용성이 양호한 상태로 판단되며 외관조사에서 나타난 부분적인 손상에 대하여 보수를 실시하고, 중점유지관리사항에 대한 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 교량의 원활한 기능발휘와 더불어 건전한 상태를 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

책임기술자 : 정 지 운 (서명)

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
상부 구조	바닥판	a~b	· 균열(폭 0.3㎜미만), 백태, 파손, 표면박리, 오염	· 표면처리, 단면보수
	거더(Steel Box)	a~c	· 외부 도장긁힘, 강재변형 · 내부 도장박리, 이물질퇴적, 환기구 볼트 미체결	· 도장보수, 청소, 정비
	2차부재	a	· 가로보 및 세로보 양호	· 주의관찰
하부 구조	교대 및 교각(기초)	a~c	· 균열(폭 0.3㎜미만), 망상균열, 표면열화, 파손, 이물질퇴적, 누수오염, 체수흔적, 실란트 파손	· 표면처리, 단면보수, 정비, 실란트 충전
교량받침		a~b	· 무수축몰탈 및 받침콘크리트 균열(폭 0.3㎜미만)	· 표면처리
신축이음		b	· 후타재 균열(폭 0.3㎜미만), 망상균열, 차수커버 볼트탈락	· 표면처리, 정비
기타 부재	교면포장	a~b	· 아스콘 균열, 망상균열, 패임, 파손, 소성변형	· 주의관찰
	배수시설	a~b	· 배수구 막힘, 배수관 볼트탈락 및 누수오염	· 청소, 정비
	난간 및 연석(콘크리트)	b	· 균열(폭 0.3㎜미만), 백태, 단차	· 표면처리, 주의관찰

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	캔틸레버부, 중앙지간부 검토결과 소요안전율을 확보한 상태로 검토됨	1.150	A
거더 (Steel Box)	허용응력법	정모멘트 및 부모멘트 최대부 등에 대한 종방향 검토결과 소요안전율을 확보한 상태로 검토됨	1.328	A

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
교각부	Y	O.K	휨파괴모드에 대하여 보유성능이 소요성능 이상으로 양호
받침부 (포트받침)	Y	N.G	A1, P1, P2 받침본체 및 앵커볼트 -콘크리트 파괴, 프라이아웃 파괴에 대하여 내진성능 부족
받침지지길이	Y	O.K	A1 받침지지길이 양호
기초	Y	O.K	휨모멘트 및 축력에 대하여 보유성능이 소요성능 이상으로 양호

라. 현장시험 (범물방향)

<table>
<tr><th>시험명</th><th colspan="4">시험부위</th><th colspan="2">시험 결과</th><th>검토 의견</th></tr>
<tr><td rowspan="4">비파괴
강도
(MPa)</td><td colspan="4">보정 코어강도</td><td colspan="2">상부 30.5
하부 21.8~22.5</td><td rowspan="4">설계기준 대비 상부구조는 98.9~99.6%, 하부구조는 97.9~107.9%로 코어보정계수에 의해 일부 설계강도보다 하회하나 2%내외의 값으로 콘크리트 강도에는 문제가 없는 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td colspan="4">보정계수의 결정</td><td colspan="2">반발경도법(0.895)</td></tr>
<tr><td colspan="4">상부구조
(설계기준 : 27MPa)</td><td colspan="2">26.7~26.9</td></tr>
<tr><td colspan="4">하부구조
(설계기준 : 24MPa)</td><td colspan="2">23.5~25.9</td></tr>
<tr><td rowspan="4">탄산화
깊이
(㎜)</td><td colspan="2" rowspan="2">상부구조</td><td>진행깊이</td><td colspan="2">10.0~13.0</td><td rowspan="4">실측 피복두께 대비 탄산화 잔여 깊이가 10㎜ 이상으로 측정되어 향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있는 'b'등급으로 평가됨</td></tr>
<tr><td>잔여깊이</td><td colspan="2">22.0~30.0</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">하부구조</td><td>진행깊이</td><td colspan="2">9.0~11.0</td></tr>
<tr><td>잔여깊이</td><td colspan="2">41.0~91.0</td></tr>
<tr><td rowspan="8">철근탐사
(배근간격/
피복두께)
(㎜)</td><td rowspan="2">상부
구조</td><td rowspan="2">바닥판</td><td>주근</td><td>124~240</td><td>35~45</td><td rowspan="8">배근간격은 대체로 설계값과 일치하는 양호한 상태로 측정되었으며, 피복두께는 대체로 설계값을 만족하고 있으나 일부 구간의 경우 실측 피복이 다소 부족한 것으로 조사됨</td></tr>
<tr><td>배력근</td><td>205~238</td><td>44~55</td></tr>
<tr><td rowspan="6">하부
구조</td><td rowspan="2">교대</td><td>수직철근</td><td>124~125</td><td>62~69</td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>238~250</td><td>50~52</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각
(기둥)</td><td>수직철근</td><td>117</td><td>114</td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>150</td><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각
(코핑)</td><td>수직철근</td><td>110~180</td><td>95~100</td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>250~300</td><td>95~114</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량시험
(kg/㎥)</td><td colspan="4">상부구조</td><td colspan="2">0.0453~0.0928</td><td rowspan="2">철근위치에서 'a'등급으로 평가되어 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td colspan="4">하부구조</td><td colspan="2">0.0385~0.0950</td></tr>
<tr><td rowspan="2">균열깊이
측정
(㎜)</td><td colspan="2">상부구조</td><td>Cw=0.2mm</td><td colspan="2">9.5</td><td rowspan="2">실측 피복두께 초과하지 않음</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td>Cw=0.2mm</td><td colspan="2">12.0</td></tr>
<tr><td>초음파
탐상시험</td><td colspan="4">거더 내부</td><td colspan="2">36개소 양호</td><td>판정기준에 의거 불합격 결함은 조사되지 않았음</td></tr>
<tr><td rowspan="2">도막두께
측정
(μm)</td><td colspan="4">거더 내부</td><td colspan="2">217~239</td><td rowspan="2">전반적으로 기준 이상의 두께를 확보하고 있음</td></tr>
<tr><td colspan="4">거더 외부</td><td colspan="2">286~291</td></tr>
</table>

마. 현장시험 (안심방향)

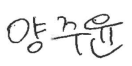
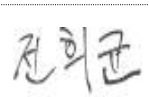
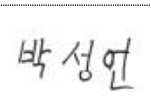
<table>
<tr><th>시험명</th><th colspan="4">시험부위</th><th colspan="2">시험 결과</th><th>검토 의견</th></tr>
<tr><td rowspan="4">비파괴
강도
(MPa)</td><td colspan="4">보정 코어강도(하부)</td><td colspan="2">상부 30.5
하부 21.8~22.5</td><td rowspan="4">설계기준 대비 상부구조는 99.3~100.0%, 하부구조는 100.0~104.6%로 코어보정계수에 의해 일부 설계강도보다 하회하나 1%내의 값으로 콘크리트 강도에는 문제가 없는 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td colspan="4">보정계수의 결정</td><td colspan="2">반발경도법(0.895)</td></tr>
<tr><td colspan="4">상부구조
(설계기준 : 27MPa)</td><td colspan="2">26.8~27.0</td></tr>
<tr><td colspan="4">하부구조
(설계기준 : 24MPa)</td><td colspan="2">24.0~25.1</td></tr>
<tr><td rowspan="4">탄산화
깊이
(㎜)</td><td colspan="2" rowspan="2">상부구조</td><td>진행깊이</td><td colspan="2">11.0~13.0</td><td rowspan="4">실측 피복두께 대비 탄산화 잔여 깊이가 10㎜ 이상으로 측정되어 향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있는 'b'등급으로 평가됨</td></tr>
<tr><td>잔여깊이</td><td colspan="2">28.0~36.0</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">하부구조</td><td>진행깊이</td><td colspan="2">7.0~10.0</td></tr>
<tr><td>잔여깊이</td><td colspan="2">38.0~73.0</td></tr>
<tr><td rowspan="8">철근탐사
(배근간격/
피복두께)
(㎜)</td><td rowspan="2">상부
구조</td><td rowspan="2">바닥판</td><td>주근</td><td>115~200</td><td>41~50</td><td rowspan="8">배근간격은 대체로 설계값과 일치하는 양호한 상태로 측정되었으며, 피복두께는 대체로 설계값을 만족하고 있으나 일부 구간의 경우 실측 피복이 다소 부족한 것으로 조사됨</td></tr>
<tr><td>배력근</td><td>180~240</td><td>40~50</td></tr>
<tr><td rowspan="6">하부
구조</td><td rowspan="2">교대</td><td>수직철근</td><td>125~150</td><td>50~60</td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>200~205</td><td>48~50</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각
(기둥)</td><td>수직철근</td><td>120</td><td>95</td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>190</td><td>80</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각
(코핑)</td><td>수직철근</td><td>144~272</td><td>80~95</td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>248~350</td><td>86~100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량시험
(kg/㎥)</td><td colspan="4">상부구조</td><td colspan="2">0.0385~0.0815</td><td rowspan="2">철근위치에서 'a'등급으로 평가되어 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td colspan="4">하부구조</td><td colspan="2">0.0475~0.1109</td></tr>
<tr><td rowspan="2">균열깊이
측정
(㎜)</td><td colspan="2">상부구조</td><td colspan="2">Cw=0.2mm</td><td colspan="2">7.9</td><td rowspan="2">실측 피복두께 초과하지 않음</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td colspan="2">Cw=0.2mm</td><td colspan="2">12.8</td></tr>
<tr><td>초음파
탐상시험</td><td colspan="4">거더 내부</td><td colspan="2">36개소 양호</td><td>판정기준에 의거 불합격 결함은 조사되지 않았음</td></tr>
<tr><td rowspan="2">도막두께
측정
(μm)</td><td colspan="4">거더 내부</td><td colspan="2">214~238</td><td rowspan="2">전반적으로 기준 이상의 두께를 확보하고 있음</td></tr>
<tr><td colspan="4">거더 외부</td><td colspan="2">287~292</td></tr>
</table>

가천교 현황표

작성일 : 2022년 05월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>가천교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2003-0000504</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년원일</td><td>2002년 08월 24일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>동부교량-2</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">대구광역시 수성구 가천동</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24(DL-24)</td><td colspan="2">노선명
(이정)</td><td>범안로(대로1-19호선)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">범물, 안심방향 : L=290.0m (50.0+2@60.0+2@60.0 = 290.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">범물, 안심방향 : B=28.9~51.9m, 왕복6차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>Steel Box Girder</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>A1 : 직접기초
A2 : 파일기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대 : 역T형식
교각 : 다주식 라멘형</td><td>교각</td><td>범물방향
P1,P3 : 직접기초
P2,P4 : 파일기초
안심방향
P1,P2 : 직접기초
P3,P4 : 파일기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트 받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>Rail Joint</td></tr>
<tr><td colspan="2">시 공 사</td><td>코오롱건설(주)외 5개소</td><td colspan="2">설 계 사</td><td>㈜도화종합기술공사
화성산업(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>경부선 철도, 고모로</td><td colspan="2">교 고</td><td>4.7m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설
내용</td><td colspan="4">S4구간 오물투척방지망</td></tr>
</table>

정밀안전진단 참여기술진 명단

참여구분	직 위	성 명	기술등급	참여기간	서 명
사 업 책임기술자	이 사	정 지 운	특급	'22년 03월 11일~06월 09일	
분 야 책임기술자	부 장	이 상 훈	특급	'22년 03월 11일~06월 09일	
참여기술자	부 장	장 진 원	특급	'22년 03월 11일~06월 09일	
	부 장	서 동 진	특급	'22년 03월 11일~06월 09일	
	부 장	황 상 윤	특급	'22년 03월 11일~06월 09일	
	과 장	양 주 윤	초급	'22년 03월 11일~06월 09일	
	과 장	손 기 영	초급	'22년 03월 11일~06월 09일	
	주 임	전 희 균	초급	'22년 03월 11일~06월 09일	
	사 원	박 성 언	초급	'22년 03월 11일~06월 09일	

시설물의 위치도

조일고등학교
방촌역
방촌동
총회신학교
대구캠퍼스
우방아파트
1차
용계역
가천교
(290.0m)
강변동서마
아파트
가천교(안심)
가천교(범물)
율하공장
율하휴먼시
10단지아파
모봉
(149.8m)
연호산
(129.5m)
55
천읍산
우산
(123.8m)
연호역
대공원역
고산역
고산2동
IC
수성

시설물의 전경사진

측면 전경

상부 전경

상부구조 전경 - 외부

상부구조 전경 - 내부

하부구조 전경 - 교대(A1)

하부구조 전경 - 교대(A2)

하부구조 전경 - 교각(P2)

하부구조 전경 - 교각(P4)

신축이음 전경(A1)

신축이음 전경(A2)

교량받침 전경(이동단)

교량받침 전경(고정단)

방호벽 전경

중분대 전경

배수구 전경

배수관 전경

점검사다리 전경

점검로 전경

가천교 정밀안전진단 과업요약문

1. 과업의 목적

본 용역은 『시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법』 제12조 및 동법 시행령 제10조에 따라 정기적으로 실시하는 정밀안전진단으로써, 정밀한 외관조사와 시험·측정장비 및 기기를 사용하여 시설물의 물리적·기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 검토·분석·평가하여 보수·보강방법을 제시함으로써 재해 및 재난을 예방하며, 시설물의 안전성 및 사용성을 보완·보전케 함으로써 시설물의 효용성을 증진시킴과 더불어 과학적 유지관리를 체계화 하는데 그 목적이 있다.

2. 과업수행 내용

과업항목	과업 내용
자료수집 및 분석	• 준공도면, 구조계산서, 특별시방서 • 실시설계 종합보고서 • 지반조사 보고서 • 시설물관리대장 • 기존 안전점검·정밀안전진단 실시결과 검토·분석 • 보수·보강이력 검토·분석
현장조사 및 시험	• 교량의 제원 및 시공상태 조사 • 전체부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 - 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등 - 강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부식 및 접합(연결부) 상태 등 - 신축이음, 교량받침 등 기능상태 조사 • 현장재료시험 등 - 콘크리트 시험 : 비파괴강도(반발경도시험, 초음파전달 속도시험 등), 철근탐사 시험, 탄산화 깊이측정, 균열깊이 측정, 염화물함유량 시험(제설재에 의한 손상부 건전도 평가) - 강재 시험 : 강재 비파괴시험(도막두께 조사, 초음파 탐상시험) 등
상태평가	• 외관조사 결과분석 • 현장시험 및 재료시험 결과분석 • 콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 • 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 소견
안전성평가 및 내진성능평가	• 조사, 시험, 측정결과의 분석 • 기존의 구조계산서 또는 안전성평가 자료 검토·분석 • 내하력 및 구조 안전성평가 • 내진성능평가 • 시설물의 안전성평가 및 내진성능평가 결과에 대한 소견
종합평가	• 시설물의 종합평가 결과에 대한 소견 • 안전등급 지정
보수·보강 방법	• 보수·보강 방법 제시 • 시설물 유지관리 방안 제시
보고서 작성	• 관리주체 협의(자문위원회 심의 등) • CAD 도면 작성 및 보고서 작성

3. 과업수행 기간

2022.03.11 ~ 2022.06.09 (91일간)

4. 자료수집 및 분석

1) 주요 점검 및 진단 이력사항

번호	구분	일시	결과	수행기관
1	정밀안전점검	2003.04.25	A등급	(주)한국건설안전기술단
2	정밀안전점검	2005.07.05	A등급	(주)혜성안전기술원
3	정밀안전점검	2007.05.31	A등급	부계기술단(주)
4	정밀안전점검	2009.06.30	A등급	(주)동화엔지니어링
5	정밀안전진단 (하자)	2012.06.30	B등급	(주)아워브레인
6	정밀안전점검	2014.04.05	B등급	(주)삼우기술
7	정밀안전점검	2016.04.03	B등급	(주)우림종합엔지니어링
8	정밀안전진단	2017.06.09	B등급	(주)우림종합엔지니어링
9	정밀안전점검	2019.06.09	B등급	(주)명성엔지니어링
10	정밀안전점검	2021.06.09	B등급	주식회사 다인기술단

2) 보수・보강 이력사항

구 분	일 자	내 용	비 고
1	2010년 10월	교면포장 재포장(61,060천원)	㈜협우건설
2	2011년 03월	교면포장 재포장(73,700천원)	㈜협우건설
3	2012년 11월	교각 면처리 및 중성화방지 표면처리 보수실시	하자보수공사
4	2013년 03월	중분대 및 난간 콘크리트 중성화 방지공사(70,000천원)	한성안전
5	2013년 03월	교면포장 재포장(70,000천원)	원진건설(주)
6	2015년 05월	신축이음 후타재 균열 및 단면보수	-
7	2016년 04월	교면포장 재포장(절삭후 재포장, 16,700천원)	대익건설(주)
8	2017년 11월	교면 방수공사(450,000천원)	(주)새움씨앤씨
9	2019년 09월	표면처리, 단면보수, 배수관 탈락 누수 보수(8,330천원)	(주)천수
10	2019년 10월	신축이음(P3) 고무재 교체(9,792천원)	㈜진화건설
11	2020년 08월	균열부 백태 표면처리(2,444천원)	(주)천수

3) 자료분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 대구광역시 4차 순환도로(고산국도~안심국도)건설 실시설계 - 구조 및 수리계산서 - 구조물도 등	◇ 구조계산서 및 구조물도는 당시 설계기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇ 설계도면과 실측 제원 비교시 주요 부재에 대하여 전반적으로 동일함	◇ 2018년 전구간 재포장 실시되었으므로 보수이후 신규손상 발생 여부에 대한 검토가 필요함 ◇ 유도배수관 재설치이후 신규손상 발생에 대한 검토가 필요함 ◇ 구조계산서 등을 검토한 결과 내진설계가 적용된 것으로 확인되었으나 준공후 내진성능평가가 미실시되어 금회 내진성능평가를 수행하여야 함.
유 지 관 리 자 료	◇ 정밀안전점검 및 정밀안전진단 보고서	◇ 공사중 및 준공후 21년간 공용하면서 안전성에 문제가 없는 양호한 상태로 검토됨 ◇ 2018년 전구간 재포장, 유도배수관 재설치 등의 보수가 실시되었음 ◇ 일부 기발생된 손상에 대하여 보수가 필요한 상태임	
	◇ 보수・보강 이력	◇ 보수 및 보강 이력은 관리주체에 제공받아 검토하였으며 대체로 내구성 저하 방지를 위한 보수가 실시됨	

5. 외관조사

1) 범물방향

구분		주요 결함 및 외관조사 결과	검토 의견
거더	외부	◦강재 거더 외부는 신규 손상으로 도장 긁힘이 조사되었고, 그 외 부식, 변형 등의 주요손상은 없는 상태이다.	▪ 도장긁힘은 통행차량 또는 작업장비 등에 의한 외부 충격에 따른 손상이며, 손상 면적은 소규모로 발생된 상태로서 도장손상에 따른 부식 정도는 경미하나, 내구성 확보를 위한 도장보수가 필요하다.
	내부	◦강재 거더 내부는 도장박리 및 이물질 퇴적, 환기구 볼트 체결불량이 조사되었다.	▪ 도장박리는 현장 이음부 및 시공당시 틈을 통해서 유입된 누수흔적으로 판단되며, 현재 이음부(스플라이스)는 실링으로 마감되어 있는 상태이다. 공용기간이 증가함에 따라 흔적부위 도장이 박리 및 부식 등으로 발전한 것으로 판단되며, 2차손상 발생 우려가 있으므로 재도장을 통한 보수가 필요하다. ▪ 이물질퇴적은 조류서식에 의한 손상으로 안점점검 및 유지관리 등을 실시한 후 점검문의 폐합을 철저히 하여, 조류의 출입을 막고, 이물질 퇴적에 대해서는 청소가 필요하다. ▪ 환기구 볼트 체결불량은 시공미흡에 의한 환기구 볼트체결불량이 일부 조사되었으며, 정비를 통한 유지관리가 필요하다.
2차부재		◦가로보 및 세로보는 전반적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.	▪ 가로보 및 세로보는 거더의 내측 사이에 위치하고 있어 외부 충격이나 우수유입으로 인한 손상발생이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
바닥판		◦기 발생한 파손 손상은 보수되었으며, 기존손상인 표면오염 및 근접점검으로 인한 미세균열(0.3㎜미만)이 추가 조사되었다.	▪ 균열(0.3㎜미만)은 대체로 초기 건조수축에 의해 발생된 횡방향 표면균열로 균열폭 및 발생밀도 등을 고려하면 비구조적인 손상으로 판단되며, 공용기간 증가에 따른 우수유입, 온도변화 등에 의해 손상이 진전될 우려가 있으므로 내구성 확보 차원에서 표면처리 보수를 실시하는 것이 필요하다. ▪ 표면박리, 오염은측면 우수유입(공용기간 증가)에 따른 수분접촉 등의 원인에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 추가진전은 미미한 상태로 주의관찰을 통한 유지관리 실시가 바람직하다.

구분	주요 결함 및 외관조사 결과	검토 의견
하부구조	◦기 발생한 콘크리트 파손, 실란트 파손 대한 보수가 일부 실시되었으며, 균열(폭 0.3㎜ 미만) 및 망상균열, 콘크리트 표면열화, 이물질퇴적, 누수오염, 실란트 파손 등이 조사되었다. A1 날개벽측의 판넬형옹벽은 양호한 상태로 조사되었다.	▪ 균열(0.3㎜미만), 망상균열은 건조수축 및 구속응력, 온도변화 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 장기간 우수 및 외기에 의한 수분접촉시 표면열화에 따른 박리 또는 내부 철근의 부식 팽창 등에 의해 박락이 발생될 수 있으므로 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 필요하다. ▪ 표면오염, 체수흔적은 장기공용 및 우수, 외기에 의해 발생된 손상으로 판단되며, 전회와 비교시 진전이 미미한 상태이다. 현재 발생한, 표면열화, 체수흔적은 지속적인 주의관찰 후 손상의 진전시 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. ▪ 실란트 파손은 장기공용 및 온도변화에 의한 실란트 열화손상으로, 손상의 정도가 심하지 않은 상태로써, 주의관찰 후 진전시 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. ▪ 이물질퇴적은 조류서식에 의한 손상으로 거더내부의 이물질퇴적과 더불어 청소가 필요하다.
교량받침	◦전반적인 가동상태는 양호하며 외관조사 결과, 기 발생한 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)에 대해 보수를 실시하였고, 무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)이 조사되었다. ◦교대 및 교각의 교량받침 연단거리는 설계기준을 만족함. ◦범물방향 받침장치 가동 여유량 검토 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었다.	▪ 균열(0.3㎜미만)은 건조수축 및 온도변화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 비구조적인 균열이나, 내구성 확보 차원의 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.
신축이음	◦본체는 전반적으로 작동상태는 양호하며, 후타재 접속부는 이격이나 단차 등이 없는 양호한 상태로 확인되었다. 기 발생한 후타재 균열(0.3㎜미만)은 미보수된 상태로 진전은 미미한 편이다. 추가 손상으로 후타재 망상균열이 조사되었다. ◦신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.	▪ 후타재 균열(0.3㎜미만)은 건조수축, 차량의 반복적인 윤하중, 온도변화, 공용기간 경과에 의한 것으로 판단되며, 표면처리를 통한 내구성 확보를 하는 것이 바람직하다.

구분	주요 결함 및 외관조사 결과	검토 의견
교면포장	◦ 교면포장은 일부 아스콘 균열, 패임, 임시보수부 소성변형 등의 손상이 조사되었다.	▪ 아스콘 균열은 중차량이 다니는 3차선 측에 발생한 손상으로 차량의 반복적인 윤하중, 공용기간 경과에 의한 것으로 판단되며, 즉각보수 보다는 주기적인 관찰을 통한 유지관리 후 손상의 증가시 보수를 실시하는 것이 바람직하다. ▪ 아스콘 패임, 파손은 차량의 반복적인 윤하중, 공용기간 경과에 의한 신축이음 후타재 접속부에 발생한 아스콘 파손은 보수가 필요하며, 아스콘 패임은 차량에 의한 긁힘으로 판단된다. 상기 손상들은 교면포장에 발생한 손상들과 함께 손상의 증가시 일괄보수(재포장)를 실시하는 유지관리가 유리할 것으로 판단된다. ▪ 소성변형은 아스콘 임시보수를 실시한 곳에 반복적인 차량의 윤하중에 의해 발생한 손상으로 상기 손상들은 교면포장에 발생한 손상들과 함께 손상의 증가시 일괄보수(재포장)를 실시하는 유지관리가 유리할 것으로 판단된다.
배수시설	◦ 교량 상면의 배수구는 막힘이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 그 외 배수관 및 고정철물에는 문제가 없는 것으로 조사되었다.	▪ 현재, 배수시설은 양호한 상태로 조사되었으나, 공용기간 증가 및 강우에 의해 퇴적물이 쌓일 수 있으므로, 원활한 배수기능 확보를 위해 주기적인 청소가 필요하다.
난간, 연석	◦ 기 발생한 균열(0.3㎜미만), 백태 손상은 진전이 미미한 상태로 조사되었고, 그 외의 추가손상은 없는 상태이다.	▪ 균열(0.3㎜미만)은 건조수축 및 구속응력, 온도변화, 수화열 등에 의해 발생된 수직방향의 미세균열로 보수보다는 주기적인 관찰을 실시하는 유지관리가 바람직하다. ▪ 백태균열은 장기공용, 우수에 의한 균열부에 발생한 백태로, 전회와 비교시 진전이 미미한 상태로, 그 정도가 크지 않으므로, 주기적인 관찰을 실시하는 유지관리가 바람직하다.
점검시설	◦ 점검시설 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.	▪ 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과, 외부 습기노출, 우수유입 등에 의해 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요하다.
하중조사	● 본 교량에 대한 준공도면과 현재 부재의 상태를 확인한 결과, 모든 부재는 준공도면과 일치하는 것으로 확인되었다.	

2) 안심방향

구분		주요 결함 및 외관조사 결과	검토 의견
거더	외부	◦강재 거더 외부는 기존 손상인 하부플렌지 국부 변형이 조사되었다.	▪강재변형 - 하부 도로통행 차량의 충격으로 인해 발생된 손상으로 판단된다. 손상부의 거더내부 변형 및 주변부 손상은 없는 상태로써 구조적 위험성은 없으므로, 보수보다는 손상의 진전여부를 확인, 주의관찰하는 유지관리가 필요하다.
	내부	◦강재 거더 내부는 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.	▪양호한 상태로 유지되고 있는 거더내부는 주기적인 점검 및 점검문 체결확인 등 유지관리를 실시하면 성능발휘에 문제가 없을 것으로 판단된다.
2차부재		◦가로보 및 세로보는 전반적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.	▪가로보 및 세로보는 거더의 내측 사이에 위치하고 있어 외부 충격이나 우수유입으로 인한 손상발생이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
바닥판		◦기 발생한 손상인 균열(0.3㎜미만), 백태, 파손이 확인되었고, 동일 손상이 추가 조사되었다.	▪균열(0.3㎜미만)은 대체로 초기 건조수축에 의해 발생된 횡방향 표면균열로 균열폭 및 발생밀도 등을 고려하면 비구조적인 손상으로 판단되며, 공용기간 증가에 따른 우수유입, 온도변화 등에 의해 손상이 진전될 우려가 있으므로 내구성 확보 차원에서 표면처리 보수를 실시하는 것이 필요하다. ▪백태는 종조인트부를 통한 우수유입, 수분접촉 등의 원인에 의해 발생한 것으로 판단되며, 표면처리를 통해 구조물의 내구성 저하를 방지하는 것이 바람직하다. ▪파손은 배수관 연결부 콘크리트 들뜸에 의한 손상으로 진전시 콘크리트 탈락 및 배수관 탈락으로 인해 하부도로에 영향을 미칠수 있으므로, 보수가 필요한 상태이다.

구분	주요 결함 및 외관조사 결과	검토 의견
하부구조	◦기 발생한 균열(폭 0.3㎜ 미만), 표면열화, 이물질퇴적, 누수오염은 진전은 미미한 상태이며, 망상균열 및 파손 등이 추가로 조사되었다. A1 날개벽측의 판넬형옹벽은 양호한 상태로 조사되었다.	▪ 균열(0.3㎜미만), 망상균열은 건조수축 및 구속응력, 온도변화 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 장기간 우수 및 외기에 의한 수분접촉시 표면열화에 따른 박리 또는 내부 철근의 부식 팽창 등에 의해 박락이 발생될 수 있으므로 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 필요하다. ▪ 표면오염, 누수오염, 체수흔적은 장기 공용 및 우수, 외기에 의해 발생된 손상으로 판단된다. 현재 발생한, 표면열화, 체수흔적은 지속적인 주의관찰 후 손상의 진전시 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. ▪ 파손은 외부충격에 의한 파손으로 내구성 확보 차원의 단면보수가 필요하다. ▪ 이물질퇴적은 조류서식에 의한 손상으로 거더내부의 이물질퇴적과 더불어 청소가 필요하다.
교량받침	◦전반적인 가동상태는 양호하며 외관조사 결과, 기 발생한 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)에 대해 일부 보수를 실시하였고, 무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)이 조사되었다. ◦교대 및 교각의 교량받침 연단거리는 설계기준을 만족함. ◦안심방향 받침장치 가동 여유량 검토 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었다.	▪ 균열(0.3㎜미만)은 건조수축 및 온도변화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 비구조적인 균열이나, 내구성 확보 차원의 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.
신축이음	◦본체는 전반적으로 작동상태는 양호하며, 후타재 접속부는 이격이나 단차 등이 없는 양호한 상태로 확인되었다. 기 발생한 후타재 균열(0.3㎜미만), 차수커버 볼트탈락은 미보수된 상태이며, 금회 손상으로 후타재 균열이 조사되었다. ◦신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.	▪ 후타재 균열(0.3㎜미만)은 건조수축, 차량의 반복적인 윤하중, 온도변화, 공용기간 경과에 의한 것으로 판단되며, 표면처리를 통한 내구성 확보를 하는 것이 바람직하다. ▪ 차수커버 볼트탈락은 공용년수 경과, 볼트 체결미흡 등의 원인에 의해 발생된 것으로 판단되며, 기능발휘에는 문제가 없는 상태이나, 정비를 실시하는 것이 바람직하다.

구분	주요 결함 및 외관조사 결과	검토 의견
교면포장	◦ 교면포장은 현재 미사용중인 S1~S3 갓길측(PE방호벽내)에서 아스콘 균열, 아스콘 망상균열, 아스콘 파손 등의 손상이 조사되고, 차량주행로의 포장은 양호한 상태로 확인되었다.	▪ 아스콘 균열, 망상균열은 PE방호벽내 아스콘포장에 발생한 손상으로 공용기간 경과에 의한 것으로 판단되며, 즉각보수 보다는 주기적인 관찰을 통한 유지관리 후 손상의 증가시 보수를 실시하는 것이 바람직하다. ▪ 아스콘 파손은 차량에 의한 긁힘으로 판단된다. 상기 손상들은 교면포장에 발생한 손상들과 함께 손상의 증가시 일괄보수(재포장)를 실시하는 유지관리가 유리할 것으로 판단된다.
배수시설	◦ 교량 상면의 배수구 일부에서 이물질 퇴적에 의한 배수구 막힘이 확인되었고, 하부 배수관은 볼트탈락 및 누수 오염이 조사되었다.	▪ 배수구 막힘은 PE방호벽내 갓길측에 이물질퇴적에 의한 손상으로 원활한 배수기능 확보를 위해 주기적인 정비를 실시하는 유지관리가 필요하다. ▪ 배수관 볼트탈락은 시공미흡, 공용기간 경과 등에 의해 발생한 손상으로 정비를 실시하는 것이 필요하다. ▪ 배수관 누수오염은 장기공용에 따른 배수관이음부로 누수되어 발생한 손상으로 손상발생 하부는 하천으로 문제발생 가능성이 낮으므로, 주의관찰 후 진전 및 추가발생시 보수를 실시하는 유지관리가 유리할 것으로 판단된다.
난간, 연석	◦ 기 발생한 균열(0.3㎜미만), 단차는 진전이 미미한 상태이고, 금회 방호벽 균열(0.3㎜미만)이 추가 조사되었다. 그 외의 파손 등의 단면손상은 없는 상태이다.	▪ 균열(0.3㎜미만)은 건조수축 및 구속응력, 온도변화, 수화열 등에 의해 발생된 수직방향의 미세균열로 보수보다는 주기적인 관찰을 실시하는 유지관리가 바람직하다. ▪ 접속부단차는 성토부 침하 등에 의해 발생된 손상으로 판단되며, 준공후 20년이 지나 더 이상의 침하는 없는 것으로 판단된다. 방호벽에 설치한 계측자료 확인결과 전회점검과 비슷한 수준을 보이고 있는 것으로 조사되었다.
점검시설	◦ 점검시설 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.	▪ 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과, 외부 습기노출, 우수유입 등에 의해 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요하다.
하중조사	● 본 교량에 대한 준공도면과 현재 부재의 상태를 확인한 결과, 모든 부재는 준공도면과 일치하는 것으로 확인되었다.	

6. 내구성 조사

1) 범물방향

시험명	시험부위			시험 결과		검토 의견
비파괴 강도 (MPa)	보정 코어강도			상부 30.5 하부 21.8~22.5		설계기준 대비 상부구조는 98.9~99.6%, 하부구조는 97.9~107.9%로 코어보정계수에 의해 일부 설계강도보다 하회하나 2%내외의 값으로 콘크리트 강도에는 문제가 없는 것으로 판단됨
	보정계수의 결정			반발경도법(0.895)		
	상부구조 (설계기준 : 27MPa)			26.7~26.9		
	하부구조 (설계기준 : 24MPa)			23.5~25.9		
탄산화 깊이 (㎜)	상부구조		진행깊이	10.0~13.0		실측 피복두께 대비 탄산화 잔여 깊이가 10㎜ 이상으로 측정되어 향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있는 'b'등급으로 평가됨
			잔여깊이	22.0~30.0		
	하부구조		진행깊이	9.0~11.0		
			잔여깊이	41.0~91.0		
철근탐사 (배근간격/피복두께) (㎜)	상부구조	바닥판	주근	124~240	35~45	배근간격은 대체로 설계값과 일치하는 양호한 상태로 측정되었으며, 피복두께는 대체로 설계값을 만족하고 있으나 일부 구간의 경우 실측 피복이 다소 부족한 것으로 조사됨
			배력근	205~238	44~55	
	하부구조	교대	수직철근	124~125	62~69	
			수평철근	238~250	50~52	
		교각 (기둥)	수직철근	117	114	
			수평철근	150	100	
		교각 (코핑)	수직철근	110~180	95~100	
			수평철근	250~300	95~114	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	상부구조			0.0453~0.0928		철근위치에서 'a'등급으로 평가되어 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨
	하부구조			0.0385~0.0950		
균열깊이 측정 (㎜)	상부구조	Cw=0.2mm		9.5		실측 피복두께 초과하지 않음
	하부구조	Cw=0.2mm		12.0		
초음파 탐상시험	거더 내부			36개소 양호		판정기준에 의거 불합격 결함은 조사되지 않았음
도막두께 측정 (μm)	거더 내부			217~239		전반적으로 기준 이상의 두께를 확보하고 있음
	거더 외부			286~291		

2) 안심방향

<table>
<tr><th>시험명</th><th colspan="4">시험부위</th><th colspan="2">시험 결과</th><th>검토 의견</th></tr>
<tr><td rowspan="4">비파괴
강도
(MPa)</td><td colspan="4">보정 코어강도</td><td colspan="2">상부 30.5
하부 21.8~22.5</td><td rowspan="4">설계기준 대비 상부구조는 99.3~100.0%, 하부구조는 100.0~104.6%로 코어보정계수에 의해 일부 설계강도보다 하회하나 1%내의 값으로 콘크리트 강도에는 문제가 없는 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td colspan="4">보정계수의 결정</td><td colspan="2">반발경도법(0.895)</td></tr>
<tr><td colspan="4">상부구조
(설계기준 : 27MPa)</td><td colspan="2">26.8~27.0</td></tr>
<tr><td colspan="4">하부구조
(설계기준 : 24MPa)</td><td colspan="2">24.0~25.1</td></tr>
<tr><td rowspan="4">탄산화
깊이
(㎜)</td><td colspan="2" rowspan="2">상부구조</td><td>진행깊이</td><td colspan="2">11.0~13.0</td><td rowspan="4">실측 피복두께 대비 탄산화 잔여 깊이가 10㎜ 이상으로 측정되어 향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있는 'b'등급으로 평가됨</td></tr>
<tr><td>잔여깊이</td><td colspan="2">28.0~36.0</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">하부구조</td><td>진행깊이</td><td colspan="2">7.0~10.0</td></tr>
<tr><td>잔여깊이</td><td colspan="2">38.0~73.0</td></tr>
<tr><td rowspan="8">철근탐사
(배근간격/
피복두께)
(㎜)</td><td rowspan="2">상부
구조</td><td rowspan="2">바닥판</td><td>주근</td><td>115~200</td><td>41~50</td><td rowspan="8">배근간격은 대체로 설계값과 일치하는 양호한 상태로 측정되었으며, 피복두께는 대체로 설계값을 만족하고 있으나 일부 구간의 경우 실측 피복이 다소 부족한 것으로 조사됨</td></tr>
<tr><td>배력근</td><td>180~240</td><td>40~50</td></tr>
<tr><td rowspan="6">하부
구조</td><td rowspan="2">교대</td><td>수직철근</td><td>125~150</td><td>50~60</td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>200~205</td><td>48~50</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각
(기둥)</td><td>수직철근</td><td>120</td><td>95</td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>190</td><td>80</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각
(코핑)</td><td>수직철근</td><td>144~272</td><td>80~95</td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>248~350</td><td>86~100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량시험
(kg/㎥)</td><td colspan="4">상부구조</td><td colspan="2">0.0385~0.0815</td><td rowspan="2">철근위치에서 'a'등급으로 평가되어 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td colspan="4">하부구조</td><td colspan="2">0.0475~0.1109</td></tr>
<tr><td rowspan="2">균열깊이
측정
(㎜)</td><td colspan="2">상부구조</td><td colspan="2">Cw=0.2mm</td><td colspan="2">7.9</td><td rowspan="2">실측 피복두께 초과하지 않음</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td colspan="2">Cw=0.2mm</td><td colspan="2">12.8</td></tr>
<tr><td>초음파
탐상시험</td><td colspan="4">거더 내부</td><td colspan="2">36개소 양호</td><td>판정기준에 의거 불합격 결함은 조사되지 않았음</td></tr>
<tr><td rowspan="2">도막두께
측정
(μm)</td><td colspan="4">거더 내부</td><td colspan="2">214~238</td><td rowspan="2">전반적으로 기준 이상의 두께를 확보하고 있음</td></tr>
<tr><td colspan="4">거더 외부</td><td colspan="2">287~292</td></tr>
</table>

7. 상태평가

1) 범물방향

개별교량명 : 가천교(범물방향)																
부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				지점 번호	받침	하부구조		내구성요소			
구분	형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음		교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)	염화물 (상)	염화물 (하)
S1	STB	b	a	a	a	a	b	b	A1	a	b	q	b	a	x	a
S2	STB	b	b	a	b	a	b	x	P1	a	b	q	a	a	x	a
S3	STB	b	b	a	a	a	b	x	P2	a	b	q	b	x	a	x
S4	STB	b	b	a	b	a	b	b	P3	b	c	q	x	x	x	x
S5	STB	b	a	a	b	a	b	x	P4	a	b	q	b	x	x	x
								b	A2	a	b	q	x	x	x	x
평균		0.20	0.16	0.10	0.16	0.10	0.20	0.20		0.12	0.23	0.00	0.18	0.10	0.10	0.10
가중치		18	20	5	7	3	2	9		9	20	0	2	2	2	1
(평균×가중치)/가중치합		0.036	0.032	0.005	0.011	0.003	0.004	0.018		0.011	0.047	0.000	0.004	0.002	0.002	0.001
1. 환산결함도 점수 =																0.175
2. 상태평가 결과 =																B

2) 안심방향

개별교량명 : 가천교(안심방향)																
부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				지점 번호	받침	하부구조		내구성요소			
구분	형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음		교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)	염화물 (상)	염화물 (하)
S1	STB	b	a	a	b	b	b	b	A1	a	a	q	x	a	x	a
S2	STB	b	a	a	b	b	b	x	P1	a	b	q	b	x	x	x
S3	STB	b	c	a	b	b	b	x	P2	a	b	q	a	a	a	a
S4	STB	a	a	a	a	a	b	b	P3	b	c	q	x	x	x	x
S5	STB	b	a	a	a	a	b	x	P4	b	b	q	a	x	x	x
								b	A2	a	b	q	x	a	x	x
평균		0.18	0.16	0.10	0.16	0.16	0.20	0.20		0.13	0.22	0.00	0.13	0.10	0.10	0.10
가중치		18	20	5	7	3	2	9		9	20	0	2	2	2	1
(평균×가중치)/가중치합		0.032	0.032	0.005	0.011	0.005	0.004	0.018		0.012	0.043	0.000	0.003	0.002	0.002	0.001
1. 환산결함도 점수 =																0.170
2. 상태평가 결과 =																B

3) 전체교량의 상태평가 결과

구조물명	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장 (m)	차선	연장 X차선	연장비	환산결함도점수 ×연장비
가천교(범물방향)	0.175	B	290	3	870	0.500	0.087
가천교(안심방향)	0.170	B	290	3	870	0.500	0.085
합계(∑)			580		1,740	1	0.173
1. 환산결함도 점수 =							**0.173**
2. 상태평가 결과 =							**B**
검토의견	• 본 대상시설물인 가천교의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B”로 평가됨						

8. 안전성평가

1) 안전성평가 결과

① 강합성거더

구 분			허용응력설계법에 의한 안전성평가	안전성 평가등급
G1 (외측)	정모멘트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{105.984+37.067} = \mathbf{1.328}$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{92.175+32.238} = 1.527$	A
	부모멘트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{83.567+21.874} = 1.802$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{82.521+23.757} = 1.788$	A
G2 (내측)	정모멘트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{104.478+36.696} = 1.346$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{90.866+31.915} = 1.547$	A
	부모멘트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{105.154+30.806} = 1.397$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{101.462+31.258} = 1.432$	A

② 바닥판

구분		바닥판	S.F(안전율)	안전성평가등급
바닥판 캔틸레버부	공칭강도 ØMn (kN・m)	122.08	**1.150**	A
	극한강도 Mu (kN・m)	106.16		
바닥판 중앙부	공칭강도 ØMn (kN・m)	105.88	1.563	A
	극한강도 Mu (kN・m)	67.70		

2) 안전성평가 결론

가천교 상부구조에 대한 구조검토 결과, 바닥판의 경우 최소안전률이 1.150, 거더에 대한 검토결과 1.328로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 평가되었으며, 내하율에 의한 기본내하력 평가 결과 전구간에서 DB-24 이상을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

9. 내진성능 평가

가천교에 대한 내진성능 상세평가 결과 범물 · 안심방향 모두 교각부, 받침지지길이, 기초는 모두 내진성능을 확보하고 있는 것으로 검토되었으나, 받침부 평가시 본체 및 앵커볼트의 전반적인 내진성능을 만족하지 못하는 것으로 평가되어 내진성능 향상방안으로는 전단키설치, 탄성받침으로의 2개의 안을 제시하였다.

1) 범물방향

구 분		공급역량	소요역량	평가
교각부 평가(변위성능평가, m)				
P1	교축방향	2.154	1.000	O.K
	교축직각방향	1.000	1.000	O.K
P2	교축방향	2.046	1.447	O.K
	교축직각방향	2.242	1.000	O.K
교각부 평가(전단성능평가, kN)				
P1	교축방향	7,750	953	O.K
	교축직각방향	8,584	3,452	O.K
P2	교축방향	7,708	4,142	O.K
	교축직각방향	8,347	4,083	O.K

구 분			공급역량	소요역량	공급/소요	평가
받침부 평가(kN)						
A1	교축직각방향	받침본체	1,500	2,248	0.667	N.G
		앵커볼트-앵커강재파괴	4,766	2,248	2.120	O.K
		앵커볼트-콘크리트파괴	1,479	2,248	0.658	N.G
		앵커볼트-프라이아웃파괴	1,679	2,248	0.747	N.G
P1	교축직각방향	받침본체	3,000	6,423	0.467	N.G
		앵커볼트-앵커강재파괴	11,066	6,423	1.723	O.K
		앵커볼트-콘크리트파괴	2,075	6,423	0.323	N.G
		앵커볼트-프라이아웃파괴	3,123	6,423	0.486	N.G
P2	교축방향	받침본체	9,800	5,781	1.695	O.K
		앵커볼트-앵커강재파괴	11,066	1,445	7.657	O.K
		앵커볼트-콘크리트파괴	15,283	5,781	2.644	O.K
		앵커볼트-프라이아웃파괴	3,287	1,445	2.274	O.K
	교축직각방향	받침본체	4,000	7,416	0.539	N.G
		앵커볼트-앵커강재파괴	11,066	7,416	1.492	O.K
		앵커볼트-콘크리트파괴	2,082	7,416	0.281	N.G
		앵커볼트-프라이아웃파괴	3,287	7,416	0.443	N.G

구 분				공급역량	소요역량	공급/소요	평가
기초부 평가							
P1	안전성 검토	전도	교축	2.800	0.554	5.058	O.K
			교직	7.840	1.106	7.088	O.K
		지지력	교축	16.220	2.000	8.110	O.K
			교직	36.829	2.000	18.415	O.K
		활동	교축	10.584	1.200	8.820	O.K
			교직	2.923	1.200	2.436	O.K
	단면 검토	휨	교축	56,209	14,270	3.939	O.K
			교직	19,465	14,112	1.379	O.K
		전단	교축	38,408	6,068	6.329	O.K
			교직	13,717	7,609	1.803	O.K
P2	안전성 검토	수평변위	교축	15.000	0.565	26.548	O.K
			교축직각	15.000	0.405	37.044	O.K
		연직 압축지지력	교축	3,036.1	742.3	4.090	O.K
			교축직각	3,036.1	474.4	6.400	O.K
		연직 인발지지력	교축	549.6	71.8	7.659	O.K
			교축직각	549.6	0.0	-	O.K
	말뚝응 력검토	휨인장응력	교축	210.0	68.6	3.062	O.K
			교축직각	210.0	6.3	33.305	O.K
		휨압축응력	교축	210.0	102.2	2.056	O.K
			교축직각	210.0	102.8	2.043	O.K
		휨전단응력	교축	120.0	5.6	21.478	O.K
			교축직각	120.0	7.9	15.204	O.K
	단면검 토	휨	교축	111,012	37,320	2.975	O.K
			교축직각	46,982	10,008	4.694	O.K
		전단	교축	38,408	19,166	2.004	O.K
			교축직각	16,461	4,673	3.523	O.K
받침지지길이 평가							
A1		받침지지길이(mm)		1,250	549	2.280	O.K

2) 안심방향

구 분		공급역량	소요역량	평가
교각부 평가(변위성능평가, m)				
P1	교축방향	2.188	1.000	O.K
	교축직각방향	1.000	1.000	O.K
P2	교축방향	2.058	1.479	O.K
	교축직각방향	2.065	1.000	O.K
교각부 평가(전단성능평가, kN)				
P1	교축방향	7,801	914	O.K
	교축직각방향	8,841	3,470	O.K
P2	교축방향	7,720	4,467	O.K
	교축직각방향	8,395	4,078	O.K

구 분			공급역량	소요역량	공급/소요	평가
받침부 평가(kN)						
A1	교축직각방향	받침본체	1,500	2,229	0.673	N.G
		앵커볼트-앵커강재파괴	4,766	2,229	2.138	O.K
		앵커볼트-콘크리트파괴	1,479	2,229	0.664	N.G
		앵커볼트-프라이아웃파괴	1,679	2,229	0.753	N.G
P1	교축직각방향	받침본체	3,000	6,582	0.456	N.G
		앵커볼트-앵커강재파괴	11,066	6,582	1.681	O.K
		앵커볼트-콘크리트파괴	2,075	6,582	0.315	N.G
		앵커볼트-프라이아웃파괴	3,123	6,582	0.474	N.G
P2	교축방향	받침본체	9,800	5,985	1.637	O.K
		앵커볼트-앵커강재파괴	11,066	1,496	7.396	O.K
		앵커볼트-콘크리트파괴	15,283	5,985	2.554	O.K
		앵커볼트-프라이아웃파괴	3,287	1,496	2.197	O.K
	교축직각방향	받침본체	4,000	7,468	0.536	N.G
		앵커볼트-앵커강재파괴	11,066	7,468	1.482	O.K
		앵커볼트-콘크리트파괴	2,082	7,468	0.279	N.G
		앵커볼트-프라이아웃파괴	3,287	7,468	0.440	N.G

구 분				공급역량	소요역량	공급/소요	평가
기초부 평가							
P1	안전성 검토	전도	교축	2.800	0.487	5.749	O.K
			교직	7.840	1.018	7.699	O.K
		지지력	교축	17.145	2.000	8.573	O.K
			교직	38.134	2.000	19.067	O.K
		활동	교축	10.960	1.200	9.133	O.K
			교직	2.887	1.200	2.406	O.K
	단면 검토	휨	교축	56,209	13,492	4.166	O.K
			교직	19,465	13,889	1.401	O.K
		전단	교축	38,408	5,726	6.707	O.K
			교직	13,717	7,459	1.839	O.K
P2	안전성 검토	전도	교축	2.800	2.122	1.319	O.K
			교직	7.840	1.401	5.594	O.K
		지지력	교축	4.577	2.000	2.288	O.K
			교직	31.073	2.000	15.537	O.K
		활동	교축	3.675	1.200	3.063	O.K
			교직	2.697	1.200	2.247	O.K
	단면검토	휨	교축	56,209	36,685	1.532	O.K
			교직	19,465	16,178	1.203	O.K
		전단	교축	38,408	16,311	2.355	O.K
			교직	13,717	8,817	1.556	O.K
받침지지길이 평가							
A1		받침지지길이(mm)		1,250	545	2,296	O.K

10. 종합평가 및 안전등급의 지정

1) 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
가천교	0.173	B	1.328(거더) 1.150(바닥판)	A	**B**
종합평가	• 가천교의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 “B”로 평가됨 • 안전성평가 결과 양방향 최소 안전율 1.0이상으로 “A”로 평가됨 • 상태평가 및 안전성평가 결과를 통한 종합평가 결과 가천교는 “B”로 평가됨				

2) 안전등급 지정

가천교에 대한 상태평가 및 안전성평가 결과 시설물의 상태는 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 안전등급 “B등급” 으로 평가되었다.

구조물명	안전등급
가천교	B등급(양호)

11. 보수·보강 및 유지관리 방안

1) 부재별 보수·보강 일람표

① 범물방향

구 분	손 상 현 황	단 위	손상물량	개소	보수 · 보강방안	우선순위
거더외부	도장긁힘	㎡	0.01	1	도장보수	2
거더내부	도장박리	㎡	2.34	3	도장보수	2
	이물질퇴적	㎡	8.00	4	청소	3
	환기구볼트 미체결	개소	4.00	4	정비	3
바닥판하면	균열(0.3㎜미만)	m	42.00	42	표면처리	2
	표면박리,오염	㎡	5.00	1	주의관찰	-
하부구조	균열(0.3㎜미만)	m	28.30	21	표면처리	2
	망상균열	㎡	42.50	9	표면처리	2
	표면열화	㎡	20.00	1	주의관찰	-
	이물질퇴적(조류서식)	㎡	6.20	3	청소	3
	누수오염, 체수흔적	㎡	14.00	3	주의관찰	-
	실란트 파손	m	3.00	1	실란트충전	3
교량받침 무수축몰탈	균열(0.3㎜미만)	m	0.20	1	표면처리	2
신축이음 후타재	균열(0.3㎜미만)	m	23.70	55	표면처리	2
	망상균열	㎡	2.70	2	표면처리	2
교면포장	아스콘 균열	m	15.00	2	주의관찰	-
	아스콘 패임, 파손	㎡	1.52	7	주의관찰	-
	소성변형	㎡	2.00	1	주의관찰	-
난간 및 연석	균열(0.3㎜미만)	m	354.80	337	표면처리	3
	백태균열	m	3.60	3	표면처리	3

② 안심방향

구 분		손 상 현 황	단 위	손상물량	개소	보수 · 보강방안	우선순위
거더외부		강재변형	m	2.00	1	주의관찰	-
바닥판하면		균열(0.3㎜미만)	m	20.50	34	표면처리	2
		백태	㎡	0.20	1	표면처리	2
		파손	㎡	0.04	1	단면보수	2
하부구조		균열(0.3㎜미만)	m	31.80	17	표면처리	2
		망상균열	㎡	36.00	5	표면처리	2
		표면열화	㎡	25.00	2	주의관찰	-
		이물질퇴적(조류서식)	㎡	7.00	3	청소	3
		누수오염, 체수흔적	㎡	25.50	3	주의관찰	-
		파손	㎡	0.03	3	단면보수	2
교량받침	무수축몰탈	균열(0.3㎜미만)	m	0.20	1	표면처리	2
	받침콘크리트	균열(0.3㎜미만)	m	0.60	2	표면처리	2
신축이음	후타재	균열(0.3㎜미만)	m	16.60	37	표면처리	2
	본체	차수커버 볼트탈락	ea	3.00	3	정비	3
포장		아스콘 균열	m	58.50	8	주의관찰	-
		아스콘 망상균열	㎡	34.00	2	주의관찰	-
		아스콘 파손	㎡	0.76	4	주의관찰	-
배수시설		배수구 막힘	개소	4.00	4	청소	3
		배수관 볼트탈락	개소	1.00	1	정비	3
		배수관 누수오염	개소	1.00	1	주의관찰	-
난간 및 연석		균열(0.3㎜미만)	m	136.40	140	표면처리	3
		단차	m	1.50	1	주의관찰	-

2) 보수 · 보강 개략공사비

① 범물방향

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
거더외부	도장긁힘	도장보수	0.01	0.02	㎡	110	2	2
거더내부	도장박리	도장보수	2.34	3.51	㎡	110	386	2
	이물질퇴적	청소	8.00	12.00	㎡	32	384	3
	환기구볼트 미체결	정비	4.00	6.00	개소	1	6	3
바닥판하면	균열(0.3㎜미만)	표면처리	42.00	15.75	㎡	50	788	2
	표면박리,오염	주의관찰	5.00	7.50	㎡	-	0	-
하부구조	균열(0.3㎜미만)	표면처리	28.30	10.61	㎡	50	531	2
	망상균열	표면처리	42.50	63.75	㎡	50	3,188	2
	표면열화	주의관찰	20.00	30.00	㎡	-	0	-
	이물질퇴적	청소	6.20	9.30	㎡	32	298	3
	누수오염, 체수흔적	주의관찰	14.00	21.00	㎡	-	0	-
	실란트 파손	실란트충전	3.00	4.50	m	11	50	3
교량받침 무수축몰탈	균열(0.3㎜미만)	표면처리	0.20	0.08	㎡	50	4	2
신축이음 후타재	균열(0.3㎜미만)	표면처리	23.70	8.89	㎡	50	445	2
	망상균열	표면처리	2.70	4.05	㎡	50	203	2
교면포장	아스콘 균열	주의관찰	15.00	22.50	m	-	0	-
	아스콘 패임, 파손	주의관찰	1.52	2.28	㎡	-	0	-
	소성변형	주의관찰	2.00	3.00	㎡	-	0	-
난간 및 연석	균열(0.3㎜미만)	표면처리	354.80	133.05	㎡	50	6,653	3
	백태균열	표면처리	3.60	5.40	m	50	270	3
순공사비 합계(천원)							13,208	

※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였으며 균열(폭 0.3㎜ 미만)의 표면처리는 손상 길이에 폭(0.25m)을 곱하여 보수 물량을 산출함.
※ 볼트 도장손상은 각 개소에 면적(0.1㎡)을 곱하여 보수물량을 산출함.

② 안심방향

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
거더외부		강재변형	주의관찰	2.00	3.00	m	-	0	-
바닥판하면		균열(0.3㎜미만)	표면처리	20.50	7.69	㎡	50	385	2
		백태	표면처리	0.20	0.30	㎡	50	15	2
		파손	단면보수	0.04	0.06	㎡	250	15	2
하부구조		균열(0.3㎜미만)	표면처리	31.80	11.93	㎡	50	597	2
		망상균열	표면처리	36.00	54.00	㎡	50	2,700	2
		표면열화	주의관찰	25.00	37.50	㎡	-	0	-
		이물질퇴적	청소	7.00	10.50	㎡	32	336	3
		누수오염, 체수흔적	주의관찰	25.50	38.25	㎡	-	0	-
		파손	단면보수	0.03	0.05	㎡	250	13	2
교량받침	무수축 몰탈	균열(0.3㎜미만)	표면처리	0.20	0.08	㎡	50	4	2
	받침 콘크리트	균열(0.3㎜미만)	표면처리	0.60	0.22	㎡	50	11	2
신축이음	후타재	균열(0.3㎜미만)	표면처리	16.60	6.23	㎡	50	312	2
	본체	차수커버 볼트탈락	정비	3.00	4.50	ea	1	5	3
포장		아스콘 균열	주의관찰	58.50	87.75	m	-	0	-
		아스콘 망상균열	주의관찰	34.00	51.00	㎡	-	0	-
		아스콘 파손	주의관찰	0.76	1.14	㎡	-	0	-
배수시설		배수구 막힘	청소	4.00	6.00	개소	60	360	3
		배수관 볼트탈락	정비	1.00	1.50	개소	1	2	3
		배수관 누수오염	주의관찰	1.00	1.50	개소	-	0	-
난간 및 연석		균열(0.3㎜미만)	표면처리	136.40	51.15	㎡	50	2,558	3
		단차	주의관찰	1.50	2.25	m	-	0	-
순공사비 합계(천원)								7,313	

※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였으며 균열(폭 0.3㎜ 미만)의 표면처리는 손상 길이에 폭(0.25m)을 곱하여 보수 물량을 산출함.
※ 볼트 도장손상은 각 개소에 면적(0.1㎡)을 곱하여 보수물량을 산출함.

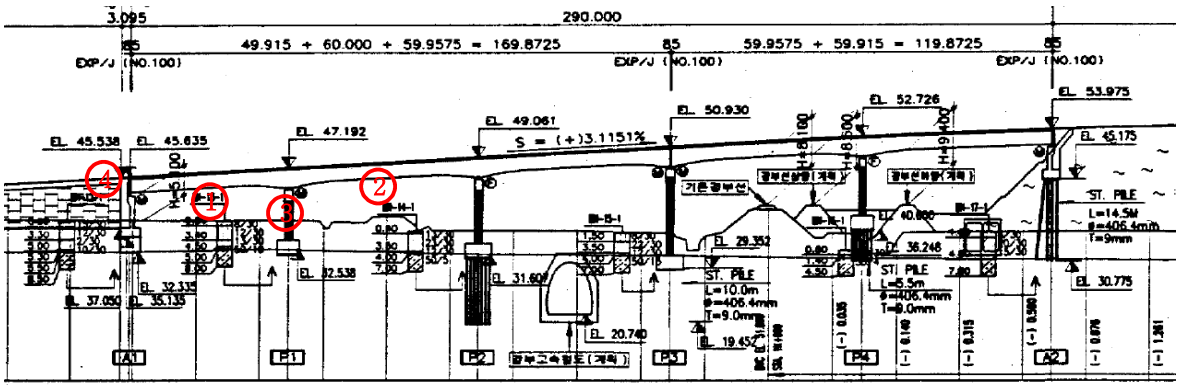
③ 순위별 개략공사비

구 분	1순위	2순위	3순위	합 계
순공사비(천원)	-	9,599	10,922	20,521
제경비(순공사비×50%, 천원)	-	4,800	5,461	10,261
개략공사비(천원)	-	14,399	16,383	30,782
유지보수 개략공사비 총계(천원)				30,782
※ 순공사비는 가시설, 접근장비, 교통통제 등 부대비용을 제외한 금액임.				

3) 유지관리 방안

구 분		점 검 내 용
강박스 거더	내부	· 우수유입, 바닥 물고임 및 부식 · 도장부식 및 현장이음부 볼트 손상 · 보강재 변형 발생 여부 · 출입구 방치
	외부	· 도장 손상 및 부식 · 플랜지 변형 및 처짐 · 복부판 부식 및 국부좌굴 · 2차부재(가로보, 세로보, 브라켓) 도장손상 및 부식
바닥판		· 하면 균열의 진전 여부, 백태 및 누수 동반 여부 · 하면 캔틸레버부 들뜸, 박락, 가로등 지주부 철근노출 등의 단면손상 진전여부
신축이음		· 신축이음부 누수 및 부식 정도 · 후타재 이격, 단차 진전으로 충격이나 진동음이 심한 정도 · 하절기 유간협착 유무, 유간 이물질 퇴적 여부 · 후타재 균열, 박리, 박락 진전 여부
받침장치		· 앵커볼트 손상여부 · 받침장치 부식 유무 · 무수축몰탈 및 받침콘크리트 균열, 재료분리 진전 여부
교대		· 균열의 진전 여부 · 철근노출, 들뜸 발생부위 확대 여부 · 교좌면 및 두부면의 물고임, 콘크리트 박리 발생 유무 · 뒷채움부 침하 및 교대 기울음 · 법면 배수로 균열, 파손 진전, 토사유실 유무
교각 및 기초		· 균열의 진전 여부 · 기초의 침하 여부
기타	교면 포장	· 아스콘 마모 진전, 표면 균열 여부 · 신축이음 경계 아스콘 손상, 접속부 아스콘 침하 진전 여부
	난간 연석	· 콘크리트 난간 균열 진전, 피복부족에 의한 들뜸, 박락 및 철근노출 진전 여부 · 중분대 연석 들뜸, 망상균열, 박리 심화 여부
	배수 시설	· 배수구 막힘, 체수 등 · 배수관 누수 여부, 배수관 유출구 주변 콘크리트 부재 열화 발생 유무

4) 중점 유지관리 사항



① 거더외부 변형

S1-G4 거더외부 변형(안심방향)

S1-G4 거더내부 상태양호(안심방향)

② 거더내부 도장박리

S2-G1 거더내부 도장박리(범물방향)

S2-G1 거더내부 도장박리(범물방향)

③ 하부구조 균열

P1 코핑부 균열(폭 0.2㎜)

P1 코핑부 균열(폭 0.2㎜)

④ 방호벽 단차

A1 접속부 단차(안심방향)

12. 종합결론

가천교에 대한 준공후 3회차 정밀안전진단 결과, 안전등급 “B”로 평가되었다. 본 교량은 주부재 및 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 저하방지를 위하여 일부의 보수가 필요한 상태로 평가되었다.

외관조사, 내구성조사, 시설물의 상태평가 및 안전성평가, 내진성능 평가 등 본 과업의 결과를 요약·정리하면 다음과 같다.

1) 가천교(범물방향)

① 현장조사, 시험 및 상태평가 결과

○ 외관조사 결과, 교량의 안전성을 저해할 만한 바닥판 및 거더 등의 주요부재에 중대한 결함이 되는 손상은 없으며 대체로 표면손상이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생된 주요 손상으로는 각 부재의 전반적인 균열 및 거더 도장손상, 하부구조 표면열화, 실란트 파손, 방호벽 백태 등이 있으며 내구성 저하방지를 위한 보수 및 정비가 필요한 상태이다. 신축이음 및 교량받침은 신축거동에 대한 기능성과 주행차량 영향 등의 사용성에 문제가 없는 상태이다.

○ 콘크리트 비파괴시험 결과, 콘크리트 부재의 강도는 양호한 것으로 측정되었으며 철근탐사 시험결과, 배근간격은 구간별 시공오차를 고려하면 대체로 설계값과 일치하는 양호한 상태로 나타났다. 피복두께는 대체로 설계값을 만족하고 있으나 일부 지점에서 실측피복이 작거게 측정되어 시공이 다소 미흡했던 것으로 판단된다. 탄산화 시험결과, 일부 구간에서 b등급으로 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성이 있음으로 평가되었고, 염화물함유량 시험결과 철근부식 우려는 없는 것으로 검토되었다.

○ 강재 비파괴시험 결과, 거더 내부의 맞대기 용접부는 내부결함이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 도막두께는 거더 내, 외부 모든 구간에서 기준을 만족한 것으로 확인되었다.

○ 대상교량의 상태평가 결과, 환산결함도 점수가 0.175로 상태평가 등급은 ‘B’로 산정되었다.

② 구조 안전성평가 및 내진성능평가 결과

○ 구조해석을 통한 안전성평가 결과, 설계하중(DB-24)에 대한 바닥판 및 거더의 구조적인 안전율은 1.0 이상이며 기본내하력은 설계하중을 상회하고 있는바, 대상교량의 안전성 평가 결과는 기준 'A'로 평가되었다.

○ 내진성능 상세평가 결과, 기둥, 지지길이는 내진성능을 확보고하고 있으나, 교대 및 교각의 교량받침부 교축직각방향에서 내진성능이 부족한 것으로 나타났다. 내진성능 향상방안으로는 전단키, 탄성받침 교체 안을 제시하였고, 추후 유지관리 및 구조물의 상태, 여건 등을 종합적으로 판단하며 공법을 선정 후 공용 중에 불편없이 보강설계를 진행하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

2) 가천교(안심방향)

① 현장조사, 시험 및 상태평가 결과

○ 외관조사 결과, 교량의 안전성을 저해할 만한 바닥판 및 거더 등의 주요부재에 중대한 결함이 되는 손상은 없으며 대체로 표면손상이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생된 주요 손상으로는 각 부재의 전반적인 균열 및 거더 강재변형, 바닥판하면 백태, 파손, 하부구조 표면열화, 파손, 신축이음 차수커버 볼트탈락, 교면포장 아스콘 파손, 배수시설 배수구 막힘, 볼트탈락, 방호벽 단차 등이 있으며 내구성 저하방지를 위한 보수 및 정비가 필요한 상태이다. 신축이음 및 교량받침은 신축거동에 대한 기능성과 주행차량 영향 등의 사용성에 문제가 없는 상태이다.

○ 콘크리트 비파괴시험 결과, 콘크리트 부재의 강도는 양호한 것으로 측정되었으며 철근탐사 시험결과, 배근간격은 구간별 시공오차를 고려하면 대체로 설계값과 일치하는 양호한 상태로 나타났다. 피복두께는 대체로 설계값을 만족하고 있으나 일부 지점에서 실측피복이 작거게 측정되어 시공이 다소 미흡했던 것으로 판단된다. 탄산화 시험결과, 일부 구간에서 b등급으로 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성이 있음으로 평가되었고, 염화물함유량 시험결과 철근부식 우려는 없는 것으로 검토되었다.

○ 강재 비파괴시험 결과, 거더 내부의 맞대기 용접부는 내부결함이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 도막두께는 거더 내, 외부 모든 구간에서 기준을 만족한 것으로 확인되었다.

○ 대상교량의 상태평가 결과, 환산결함도 점수가 0.170으로 상태평가 등급은 'B'로 산정되었다.

② 구조 안전성평가 및 내진성능평가 결과

○ 구조해석을 통한 안전성평가 결과, 설계하중(DB-24)에 대한 바닥판 및 거더의 구조적인 안전율은 1.0 이상이며 기본내하력은 설계하중을 상회하고 있는바, 대상 교량의 안전성 평가 결과는 기준 'A'로 평가되었다.

○ 내진성능 상세평가 결과, 기둥, 지지길이는 내진성능을 확보고하고 있으나, 교대 및 교각의 교량받침부 교축직각방향에서 내진성능이 부족한 것으로 나타났다. 내진성능 향상방안으로는 전단키, 탄성받침 교체 안을 제시하였고, 추후 유지관리 및 구조물의 상태, 여건 등을 종합적으로 판단하며 공법을 선정 후 공용 중에 불편없이 보강설계를 진행하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

3) 정밀안전진단 실시결과의 종합결론

○ 가천교의 정밀안전진단 종합평가 결과, 상태평가 'B', 안전성평가 'A'로 평가되어 종합안전등급은 "B등급(양호)"으로 지정되었다. 대상 교량은 안전성 및 사용성이 양호한 상태로 판단되며 외관조사에서 나타난 부분적인 손상에 대하여 보수를 실시하고, 중점유지관리사항에 대한 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 교량의 원활한 기능발휘와 더불어 건전한 상태를 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

4) 시설물의 사용제한의 필요성 여부

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

5) 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

○ 거더 도장손상은 공용기간 경과, 우수유입, 보수미흡, 시공미흡 등에 의한 손상으로 내구성 확보 차원의 도장보수가 필요하며, 보수시 기존 도장 제거, 도료 품질관리 등을 통하여 재손상 발생을 방지하여야 한다. 거더외부에 발생한 변형은 진전은 없는 상태이나, 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요하다. 하부구조의 균열, 파손은 내구성 확보 차원의 단면보수, 표면처리가 필요하다. 신축이음 손상은 주행성에 영향이 없는 상태로 주의관찰 후 보수시기를 결정하는 것이 바람직하다.

목 차

서두
요약문

제1장 서 언 ····· 1
1.1 과업의 목적 ····· 3
1.2 시설물의 개요 및 이력사항 ····· 3
1.2.1 교량의 현황 ····· 3
1.2.2 이력사항 ····· 5
1.3 과업의 범위 및 내용 ····· 5
1.3.1 과업의 범위 ····· 5
1.3.2 과업의 내용 ····· 6
1.4 과업의 수행방법 ····· 7
1.4.1 과업수행 절차 ····· 7
1.5 사용장비 및 시험기기의 현황 ····· 8
1.6 과업수행 일정 ····· 9
1.7 교량 기호의 정의 ····· 10

제2장 자료수집 및 분석 ····· 11
2.1 자료조사 ····· 13
2.2 설계도면 및 구조계산서 검토 ····· 14
2.2.1 주요 설계도면 ····· 14
2.2.2 구조계산서 ····· 40
2.3 기존 점검 및 진단자료 분석 ····· 52
2.3.1 기존 정밀안전점검 분석 ····· 52
2.3.2 기존 정밀안전진단 분석 ····· 56
2.3.3 최근 정밀안전점검 분석 ····· 61
2.4 보수 · 보강 이력 ····· 64
2.5 시설물의 내진설계 여부 확인 ····· 65
2.5.1 내진설계 내용 ····· 65
2.5.2 내진성능평가 필요여부 ····· 68
2.6 자료분석 결과요약 ····· 68

제3장 현장조사 및 시험 ····· 69
3.1 개요 ····· 71
3.2 하중조사 ····· 73
3.3 외관조사(범물방향) ····· 74

3.3.1 상부구조 ····· 74
3.3.2 하부구조 ····· 83
3.3.3 교량받침 ····· 89
3.3.4 신축이음 ····· 97
3.3.5 기타시설 ····· 102
3.3.6 공중이 이용하는 부위 ····· 111
3.3.7 범물방향 외관조사 결과요약 ····· 112
3.4 외관조사(안심방향) ····· 116
3.4.1 상부구조 ····· 116
3.4.2 하부구조 ····· 124
3.4.3 교량받침 ····· 129
3.4.4 신축이음 ····· 137
3.4.5 기타시설 ····· 142
3.4.6 공중이 이용하는 부위 ····· 152
3.4.7 안심방향 외관조사 결과요약 ····· 153
3.5 콘크리트 내구성 조사 ····· 157
3.5.1 개요 ····· 157
3.5.2 콘크리트 강도 조사 ····· 159
3.5.3 탄산화 시험 ····· 171
3.5.4 철근탐사 시험 ····· 175
3.5.5 염화물 함유량 시험 ····· 180
3.5.6 균열 깊이 측정 ····· 183
3.6 강재 내구성 조사 ····· 185
3.6.1 초음파 탐상 시험(UT) ····· 185
3.6.2 도막두께 측정 ····· 191
3.7 내구성 조사 결과요약 ····· 194
3.7.1 금회 진단 내구성 조사 결과요약 ····· 194
3.7.2 기 진단 및 정밀안전점검 내구성 조사 결과와의 비교 ····· 196

제4장 시설물의 상태평가 ····· 199
4.1 개요 ····· 201
4.1.1 상태평가 항목 및 기준 ····· 201
4.1.2 상태평가등급 산정 절차 ····· 203
4.2 상태평가 결과 ····· 204
4.2.1 범물방향 상태평가 ····· 204
4.2.2 기 진단 및 정밀안전점검 결과와의 비교 ····· 209
4.2.3 안심방향 상태평가 ····· 210
4.2.4 기 진단 및 정밀안전점검 결과와의 비교 ····· 215
4.3 상태평가 결과 요약 ····· 216
4.3.1 상태평가 결과 요약 ····· 216

4.3.2 기 진단 및 정밀안전점검 결과와의 비교 ····· 216

제5장 시설물의 안전성평가 ····· 217
5.1 개요 ····· 219
5.2 구조해석 및 안전성검토 ····· 220
5.2.1 단면 특성 ····· 220
5.2.2 해석모델 ····· 222
5.2.3 하중산정 ····· 223
5.2.4 구조해석 결과 ····· 226
5.2.5 바닥판 ····· 231
5.3 안전성평가 등급 산정 ····· 233
5.3.1 안전성 평가 기준 ····· 233
5.3.2 안전성 평가등급 산정결과 ····· 234
5.4 내하력 평가 ····· 235
5.4.1 허용응력 설계법에 의한 내하력평가 ····· 235
5.4.2 강도 설계법에 의한 내하력평가 ····· 236
5.4.3 내하력산정 결과 ····· 237
5.4.4 안전성평가 검토결과 ····· 238

제6장 내진성능 평가 ····· 239
6.1 내진성능평가 기준 ····· 241
6.1.1 개요 ····· 241
6.1.2 내진성능평가 지침 분석 ····· 242
6.1.3 내진성능평가 절차 ····· 243
6.1.4 지진해석방법 ····· 245
6.1.5 지진력의 조합 ····· 245
6.1.6 콘크리트의 재료모델 ····· 247
6.1.7 철근재료모델 ····· 247
6.1.8 소성힌지부의 축방향 철근 겹이음 적용 ····· 248
6.1.9 지진구역 및 지진위험도 ····· 250
6.2 내진성능평가(범물방향) ····· 252
6.2.1 교량제원 ····· 252
6.2.2 구조해석 모델 ····· 256
6.2.3 모멘트-곡률 해석 ····· 256
6.2.4 지진해석결과 ····· 259
6.2.5 교각 기둥부 내진성능평가 ····· 262
6.2.6 받침부 내진성능평가 ····· 264
6.2.7 기초부 내진성능평가 ····· 267
6.2.8 받침 지지길이 평가 결과 ····· 269
6.2.9 종합결론 ····· 269

6.3 내진성능평가(안심방향) ····· 270
6.3.1 교량제원 ····· 270
6.3.2 구조해석 모델 ····· 274
6.3.3 모멘트-곡률 해석 ····· 274
6.3.4 지진해석결과 ····· 277
6.3.5 교각 기둥부 내진성능평가 ····· 280
6.3.6 받침부 내진성능평가 ····· 282
6.3.7 기초부 내진성능평가 ····· 285
6.3.8 받침 지지길이 평가 결과 ····· 287
6.3.9 종합결론 ····· 287
6.4 내진성능 보강방안 ····· 288
6.4.1 개요 ····· 288
6.4.2 내진보강방안 선정기준 및 절차 ····· 289
6.4.3 일시적인 보강방안 ····· 290
6.4.4 내진보강공법제안 ····· 296
6.4.5 내진보강 개략공사비 ····· 297
6.5 내진성능평가 결과요약 ····· 299
6.5.1 범물방향 ····· 299
6.5.2 안심방향 ····· 300

제7장 종합평가 및 안전등급의 지정 ····· 301
7.1 종합평가 산정절차 ····· 303
7.1.1 종합평가 결과 산정방법 ····· 303
7.2 종합평가 결과 ····· 304
7.3 안전등급 지정 ····· 305
7.3.1 안전등급기준 ····· 305
7.3.2 안전등급 지정 ····· 305

제8장 보수・보강 및 유지관리방안 ····· 307
8.1 보수・보강 방안 ····· 309
8.1.1 개요 ····· 309
8.1.2 우선순위 선정 ····· 310
8.1.3 보수・보강 일람표 ····· 311
8.1.4 보수공법 ····· 313
8.2 보수·보강 개략공사비 ····· 332
8.3 유지관리 방안 ····· 335
8.3.1 개요 ····· 335
8.3.2 유지관리를 위한 점검항목 ····· 338
8.3.3 부재별 점검요령 ····· 339

제9장 종합 결론 ····· 349
9.1 개요 ····· 351
9.2 종합결론 ····· 351
9.2.1 가천교(범물방향) ····· 351
9.2.2 가천교(안심방향) ····· 352
9.2.3 종합결론 ····· 353

부 록

1. 과업지시서
2. 외관조사망도
3. 측정, 시험 성과표
4. 상태평가 결과자료
5. 안전성평가 및 내진성능평가 자료
6. 시설물관리대장 사본
7. 현황조사 및 외관조사 사진첩
8. 사용장비 및 기기의 사진
9. 사전조사 자료
   ·과업수행계획서 및 사전검토보고서

표 목차

<표 1.1> 교량 현황 ····· 3
<표 1.2> 주요 이력사항 ····· 5
<표 1.3> 대상 교량 시설물의 정밀안전진단 범위 ····· 5
<표 1.4> 과업의 내용 ····· 6
<표 1.5> 사용장비 및 시험기기 일반사항 ····· 8
<표 1.6> 과업수행 일정 ····· 9
<표 1.7> 교량 기호의 정의 ····· 10
<표 2.1> 자료조사 목록 ····· 13
<표 2.2> 기존 정밀안전점검 분석 ····· 52
<표 2.3> 최근 정밀안전진단 분석 ····· 56
<표 2.4> 최근 정밀안전점검 분석 ····· 61
<표 2.5> 보수 · 보강 이력 ····· 64
<표 2.6> 자료분석 결과요약 ····· 68
<표 3.1> 부재별 조사항목 ····· 122
<표 3.2> 상행선 거더 외부 외관조사 결과 ····· 126
<표 3.3> 상행선 거더 내부 외관조사 결과 ····· 127
<표 3.4> 상행선 거더 외부 기 정밀점검 결과 비교 ····· 128
<표 3.5> 상행선 거더 내부 기 정밀점검 결과 비교 ····· 128
<표 3.6> 상행선 가로보 외관조사 결과 ····· 130
<표 3.7> 상행선 가로보 기 정밀점검 결과 비교 ····· 131
<표 3.8> 상행선 바닥판 외관조사 결과 ····· 133
<표 3.9> 상행선 바닥판 기 정밀점검 결과 비교 ····· 134
<표 3.10> 상행선 하부구조 외관조사 결과 ····· 138
<표 3.11> 상행선 하부구조 기 정밀점검 결과 비교 ····· 138
<표 3.12> 상행선 교량받침 외관조사 결과 ····· 146
<표 3.13> 상행선 교량받침 기 정밀점검 결과 비교 ····· 147
<표 3.14> 상행선 교량받침 연단거리 조사 결과 ····· 148
<표 3.15> 상행선 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정(1차조사) ····· 152
<표 3.16> 상행선 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(1차조사) ····· 153
<표 3.17> 상행선 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정(2차조사) ····· 156
<표 3.18> 상행선 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(2차조사) ····· 157
<표 3.19> 상행선 신축이음 외관조사 결과 ····· 159
<표 3.20> 상행선 신축이음 기 정밀점검 결과 비교 ····· 159
<표 3.21> 상행선 신축이음 유간 측정 결과(1차조사) ····· 161
<표 3.22> 상행선 신축이음 신축이동량 산정(1차조사) ····· 162
<표 3.23> 상행선 신축이음장치 가동여유량 검토결과(1차조사) ····· 162

<표 3.24> 상행선 신축이음 유간 측정 결과(2차조사) ····· 163
<표 3.25> 상행선 신축이음 신축이동량 산정(2차조사) ····· 164
<표 3.26> 상행선 신축이음장치 가동여유량 검토결과(2차조사) ····· 164
<표 3.27> 상행선 교면포장 외관조사 결과 ····· 165
<표 3.28> 상행선 교면포장 기 정밀점검 결과 비교 ····· 166
<표 3.29> 상행선 배수시설 외관조사 결과 ····· 167
<표 3.30> 상행선 배수시설 기 정밀점검 결과 비교 ····· 167
<표 3.31> 상행선 난간 및 연석 외관조사 결과 ····· 169
<표 3.32> 상행선 난간 및 연석 기 정밀점검 결과 비교 ····· 169
<표 3.33> 상행선 점검시설 외관조사 결과 ····· 171
<표 3.34> 상행선 점검시설 기 정밀점검 결과 비교 ····· 172
<표 3.35> 상행선 금회 진단 외관조사 결과요약 ····· 173
<표 3.36> 상행선 기 정밀점검 외관조사 결과 비교 ····· 178
<표 3.37> 하행선 거더 외부 외관조사 결과 ····· 181
<표 3.38> 하행선 거더 내부 외관조사 결과 ····· 182
<표 3.39> 하행선 거더 외부 기 정밀점검 결과 비교 ····· 183
<표 3.40> 하행선 거더 내부 기 정밀점검 결과 비교 ····· 183
<표 3.41> 하행선 가로보 외관조사 결과 ····· 185
<표 3.42> 하행선 가로보 기 정밀점검 결과 비교 ····· 186
<표 3.43> 하행선 바닥판 외관조사 결과 ····· 188
<표 3.44> 하행선 바닥판 기 정밀점검 결과 비교 ····· 189
<표 3.45> 하행선 하부구조 외관조사 결과 ····· 192
<표 3.46> 하행선 하부구조 기 정밀점검 결과 비교 ····· 193
<표 3.47> 하행선 교량받침 외관조사 결과 ····· 197
<표 3.48> 하행선 교량받침 기 정밀점검 결과 비교 ····· 198
<표 3.49> 하행선 교량받침 연단거리 조사 결과 ····· 199
<표 3.50> 하행선 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정(1차조사) ····· 203
<표 3.51> 하행선 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(1차조사) ····· 204
<표 3.52> 하행선 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정(2차조사) ····· 207
<표 3.53> 하행선 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(2차조사) ····· 208
<표 3.54> 하행선 신축이음 외관조사 결과 ····· 210
<표 3.55> 하행선 신축이음 기 정밀점검 결과 비교 ····· 210
<표 3.56> 하행선 신축이음 유간 측정 결과(1차조사) ····· 212
<표 3.57> 하행선 신축이음 신축이동량 산정(1차조사) ····· 213
<표 3.58> 하행선 신축이음장치 가동여유량 검토결과(1차조사) ····· 213
<표 3.59> 하행선 신축이음 유간 측정 결과(2차조사) ····· 214
<표 3.60> 하행선 신축이음 신축이동량 산정(2차조사) ····· 215
<표 3.61> 하행선 신축이음장치 가동여유량 검토결과(2차조사) ····· 215
<표 3.62> 하행선 교면포장 외관조사 결과 ····· 218
<표 3.63> 하행선 교면포장 기 정밀점검 결과 비교 ····· 218

<표 3.64> 하행선 배수시설 외관조사 결과 ····· 220
<표 3.65> 하행선 배수시설 기 정밀점검 결과 비교 ····· 220
<표 3.66> 하행선 난간 및 연석 외관조사 결과 ····· 222
<표 3.67> 하행선 난간 및 연석 기 정밀점검 결과 비교 ····· 222
<표 3.68> 하행선 부속시설 외관조사 결과 ····· 224
<표 3.69> 하행선 부속시설 기 정밀점검 결과 비교 ····· 225
<표 3.70> 하행선 점검시설 외관조사 결과 ····· 227
<표 3.71> 하행선 점검시설 기 정밀점검 결과 비교 ····· 228
<표 3.72> 하행선 금회 진단 외관조사 결과요약 ····· 229
<표 3.73> 하행선 기 정밀점검 외관조사 결과 비교 ····· 234
<표 3.74> 부재별 내구성 조사 부위 총괄표 ····· 235
<표 3.75> 타격방향에 대한 보정값 ····· 239
<표 3.76> 재령계수 α 값 ····· 240
<표 3.77> 압축강도의 보정계수 ····· 243
<표 3.78> 비파괴 시험에 의한 콘크리트 강도(상행선 상부구조) ····· 245
<표 3.79> 비파괴 시험에 의한 콘크리트 강도(상행선 하부구조) ····· 245
<표 3.80> 비파괴 시험에 의한 콘크리트 강도(하행선 상부구조) ····· 246
<표 3.81> 비파괴 시험에 의한 콘크리트 강도(하행선 하부구조) ····· 246
<표 3.82> 보정 코어강도 ····· 247
<표 3.83> 보정계수의 결정 ····· 247
<표 3.84> 추정 비파괴 강도(상행선) ····· 248
<표 3.85> 추정 비파괴 강도(하행선) ····· 249
<표 3.86> 콘크리트 강도조사 결과 ····· 251
<표 3.87> 기 진단 및 정밀안전점검 콘크리트 강도조사 결과 비교 ····· 251
<표 3.88> 탄산화 상태평가 기준 ····· 254
<표 3.89> 탄산화 깊이 측정 결과(상행선) ····· 254
<표 3.90> 탄산화 깊이 측정 결과(하행선) ····· 255
<표 3.91> 기 진단 및 정밀안전점검 탄산화 깊이 결과 비교 ····· 256
<표 3.92> 철근탐사 시험 결과 ····· 258
<표 3.93> 기 진단 철근탐사 시험 결과 비교 ····· 262
<표 3.94> 염화물 상태평가 기준 ····· 264
<표 3.95> 염화물 함유량 시험 결과 ····· 265
<표 3.96> 기 진단 염화물 함유량 시험 결과 비교 ····· 266
<표 3.97> 결함의 등급 분류 ····· 269
<표 3.98> 용접부 결함의 합·부 판정기준 ····· 270
<표 3.99> 용접부에 발생하는 대표적인 결함 ····· 270
<표 3.100> 맞대기 용접부 경간별 결함 내역(UT) ····· 271
<표 3.101> 강교 내·외부 도장계열 실시설계 ····· 275
<표 3.102> 도막두께 측정 결과 ····· 276
<표 3.103> 금회 진단 내구성 조사 결과요약(상행선) ····· 278

<표 3.104> 금회 진단 내구성 조사 결과요약(하행선) ····· 279
<표 3.105> 기 진단 및 정밀안전점검 내구성 조사 결과 비교(상행선) ····· 280
<표 3.106> 기 진단 및 정밀안전점검 내구성 조사 결과 비교(하행선) ····· 281
<표 4.1> 부재별 상태평가 적용 범위 ····· 285
<표 4.2> 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치 ····· 286
<표 4.3> 결함도 점수 범위에 따른 기준 ····· 287
<표 4.4> 콘크리트 바닥판 상태평가 결과(상행선) ····· 288
<표 4.5> 거더 상태평가 결과(상행선) ····· 289
<표 4.6> 가로보 상태평가 결과(상행선) ····· 290
<표 4.7> 콘크리트 교대 및 교각 상태평가 결과(상행선) ····· 290
<표 4.8> 기초 상태평가 결과(상행선) ····· 291
<표 4.9> 교량받침 상태평가 결과(상행선) ····· 292
<표 4.10> 신축이음 상태평가 결과(상행선) ····· 292
<표 4.11> 교면포장 상태평가 결과(상행선) ····· 293
<표 4.12> 배수시설 상태평가 결과(상행선) ····· 293
<표 4.13> 난간 및 연석 상태평가 결과(상행선) ····· 294
<표 4.14> 탄산화 상태평가 결과(상행선) ····· 295
<표 4.15> 염화물 상태평가 결과(상행선) ····· 295
<표 4.16> 상행선 상태평가 결과(상행선) ····· 296
<표 4.17> 기 진단 및 정밀안전점검 상태평가 결함도 점수 비교(상행선) ····· 297
<표 4.18> 콘크리트 바닥판 상태평가 결과(하행선) ····· 298
<표 4.19> 거더 상태평가 결과(하행선) ····· 299
<표 4.20> 가로보 상태평가 결과(하행선) ····· 300
<표 4.21> 콘크리트 교대 및 교각 상태평가 결과(하행선) ····· 300
<표 4.22> 기초 상태평가 결과(하행선) ····· 301
<표 4.23> 교량받침 상태평가 결과(하행선) ····· 302
<표 4.24> 신축이음 상태평가 결과(하행선) ····· 302
<표 4.25> 교면포장 상태평가 결과(하행선) ····· 303
<표 4.26> 배수시설 상태평가 결과(하행선) ····· 304
<표 4.27> 난간 및 연석 상태평가 결과(하행선) ····· 304
<표 4.28> 탄산화 상태평가 결과(하행선) ····· 305
<표 4.29> 염화물 상태평가 결과(하행선) ····· 305
<표 4.30> 하행선 상태평가 결과(하행선) ····· 306
<표 4.31> 기 진단 및 정밀안전점검 상태평가 결함도 점수 비교(하행선) ····· 307
<표 4.32> 상태평가 결과 요약 ····· 308
<표 5.1> 시험경간 선정 및 선정 사유 ····· 311
<표 5.2> 시험차량의 중량 ····· 312
<표 5.3> 게이지의 종류 및 기호 ····· 313
<표 5.4> 정적 재하시험 결과 - 처짐(상행선) ····· 321
<표 5.5> 정적 재하시험 결과 - 변형률(상행선) ····· 321

<표 5.6> 정적 재하시험 결과 - 처짐(하행선) ····· 323
<표 5.7> 정적 재하시험 결과 - 변형률(하행선) ····· 323
<표 5.8> 중립축 분석 결과(상행선) ····· 327
<표 5.9> 중립축 분석 결과(하행선) ····· 328
<표 5.10> 동적재하시험 차량 주행 방법 (상행선) ····· 330
<표 5.11> 동적재하시험 차량 주행 방법 (하행선) ····· 330
<표 5.12> 동적재하시험 충격계수(상행선, 변위) ····· 331
<표 5.13> 동적재하시험 충격계수(하행선, 변위) ····· 331
<표 5.14> 동적재하시험에 의한 고유진동수 측정결과 ····· 333
<표 5.15> 재하시험 결과 요약(상행선) ····· 334
<표 5.16> 재하시험 결과 요약(하행선) ····· 335
<표 5.17> 기 정밀안전진단 결과와의 비교(상행선) ····· 336
<표 5.18> 기 정밀안전진단 결과와의 비교(하행선) ····· 337
<표 6.1> 바닥판 캔틸레버부 하중산정(상행선) ····· 345
<표 6.2> 바닥판 중간부 작용하중 산정(상행선) ····· 348
<표 6.3> 바닥판 구조검토 결과(상행선) ····· 350
<표 6.4> 강재 합성전 고정하중 산정(상행선) ····· 351
<표 6.5> 거더 합성후 작용하중 산정(상행선) ····· 352
<표 6.6> 상부플랜지 유효폭(상행선) ····· 354
<표 6.7>하부플랜지 유효폭(상행선) ····· 354
<표 6.8> 바닥판 유효폭(상행선) ····· 354
<표 6.9> 단면 상수 산정결과(외측경간 중앙부)(상행선) ····· 355
<표 6.10> 단면 상수 산정결과(내측지점부)(상행선) ····· 356
<표 6.11> 단면 상수 산정결과(내측경간 중앙부)(상행선) ····· 357
<표 6.12> 단면 부재력 집계(상행선) ····· 359
<표 6.13> 외측경간 중앙부 합성응력검토(상행선) ····· 362
<표 6.14> 내측지점 합성응력검토(상행선) ····· 363
<표 6.15> 내측경간 중앙부 합성응력검토(상행선) ····· 363
<표 6.16> 부반력 검토(상행선) ····· 365
<표 6.17> 거더의 기본 내하율 산정(상행선) ····· 367
<표 6.18> Load Case별 처짐(mm)(상행선) ····· 368
<표 6.19> Load Case별 Moment(kN · m)(상행선) ····· 368
<표 6.20> 처짐에 의한 응답비(상행선) ····· 369
<표 6.21> 변형율에 의한 응답비(외측경간, S1)(상행선) ····· 369
<표 6.22> 변형율에 의한 응답비(지점부, P1)(상행선) ····· 370
<표 6.23> 변형율에 의한 응답비(내측경간, S2)(상행선) ····· 370
<표 6.24> 응답보정계수(Ks)의 산정(상행선) ····· 370
<표 6.25> 거더의 공용내하력(Pn) 산정(상행선) ····· 371
<표 6.26> 바닥판의 내하력평가(상행선) ····· 371
<표 6.27> 안전성평가 기준 ····· 372

<표 6.28> 거더의 안전성검토(상행선) ····· 373
<표 6.29> 바닥판의 안전성검토(상행선) ····· 373
<표 6.30> 안전성평가 결과(상행선) ····· 373
<표 6.31> 기 진단 안전성 및 내하력평가 결과 비교(상행선) ····· 374
<표 6.32> 바닥판 캔틸레버부 하중산정(하행선) ····· 377
<표 6.33> 바닥판 중간부 작용하중 산정(하행선) ····· 380
<표 6.34> 바닥판 구조검토 결과(하행선) ····· 382
<표 6.35> 강재 합성전 고정하중 산정(하행선) ····· 383
<표 6.36> 거더 합성후 작용하중 산정(하행선) ····· 384
<표 6.37> 상부플랜지 유효폭(하행선) ····· 386
<표 6.38>하부플랜지 유효폭(하행선) ····· 386
<표 6.39> 바닥판 유효폭(하행선) ····· 386
<표 6.40> 단면 상수 산정결과(외측경간 중앙부)(하행선) ····· 387
<표 6.41> 단면 상수 산정결과(내측지점부)(하행선) ····· 388
<표 6.42> 단면 상수 산정결과(내측경간 중앙부)(하행선) ····· 389
<표 6.43> 단면 부재력 집계(하행선) ····· 391
<표 6.44> 외측경간 중앙부 합성응력검토(하행선) ····· 394
<표 6.45> 내측지점 합성응력검토(하행선) ····· 395
<표 6.46> 내측경간 중앙부 합성응력검토(하행선) ····· 395
<표 6.47> 부반력 검토(하행선) ····· 397
<표 6.48> 거더의 기본 내하율 산정(하행선) ····· 399
<표 6.49> Load Case별 처짐(mm)(하행선) ····· 400
<표 6.50> Load Case별 Moment(kN · m)(하행선) ····· 400
<표 6.51> 처짐에 의한 응답비(하행선) ····· 401
<표 6.52> 변형율에 의한 응답비(외측경간, S1)(하행선) ····· 401
<표 6.53> 변형율에 의한 응답비(지점부, P1)(하행선) ····· 402
<표 6.54> 변형율에 의한 응답비(내측경간, S2)(하행선) ····· 402
<표 6.55> 응답보정계수(Ks)의 산정(하행선) ····· 402
<표 6.56> 거더의 공용내하력(Pn) 산정(하행선) ····· 403
<표 6.57> 바닥판의 내하력평가(하행선) ····· 403
<표 6.58> 안전성평가 기준 ····· 404
<표 6.59> 거더의 안전성검토(하행선) ····· 405
<표 6.60> 바닥판의 안전성검토(하행선) ····· 405
<표 6.61> 안전성평가 결과(하행선) ····· 405
<표 6.62> 기 진단 안전성 및 내하력평가 결과 비교(하행선) ····· 406
<표 6.63> 하중조합 및 하중계수(상행선) ····· 410
<표 6.64> 내민보 검토결과표(상행선) ····· 414
<표 6.65> 일반보 검토결과표(상행선) ····· 414
<표 6.66> 기둥부 산출단면력(상행선) ····· 415
<표 6.67> 기둥검토 부재력(상행선) ····· 415

<표 6.68> 기둥 검토(기둥 하단)(상행선) ····· 416
<표 6.69> 수평방향 검토결과표(상행선) ····· 418
<표 6.70> 근입깊이 방향 검토결과표(상행선) ····· 419
<표 6.71> 상부슬래브 검토결과표(상행선) ····· 419
<표 6.72> 하중조합 및 하중계수(하행선) ····· 423
<표 6.73> 내민보 검토결과표(하행선) ····· 427
<표 6.74> 일반보 검토결과표(하행선) ····· 427
<표 6.75> 기둥부 산출단면력(하행선) ····· 428
<표 6.76> 기둥검토 부재력(하행선) ····· 428
<표 6.77> 기둥 검토(기둥 하단)(하행선) ····· 429
<표 6.78> 수평방향 검토결과표(하행선) ····· 431
<표 6.79> 근입깊이 방향 검토결과표(하행선) ····· 432
<표 6.80> 상부슬래브 검토결과표(하행선) ····· 432
<표 6.81> 상부구조 안전성평가 결과표 ····· 433
<표 6.82> 하부구조 안전성평가 결과표 ····· 433
<표 7.1> 구조물별 내진등급 ····· 437
<표 7.2> 최소 내진성능목표(KDS 17 10 00 : 2018) ····· 437
<표 7.3> 지진구역 구분(KDS 17 10 00 : 2018) ····· 438
<표 7.4> 지진구역계수(재현주기 500년에 해당)(KDS 17 10 00 : 2018) ····· 438
<표 7.5> 위험도계수(KDS 17 10 00 : 2018) ····· 438
<표 7.6> 지진구역 I 에서의 내진성능 평가기준지진 가속도계수 (A) ····· 439
<표 7.7> 지반증폭계수 ····· 440
<표 7.8> 지반의 분류 ····· 440
<표 7.9> 사용 프로그램 및 해석모델 ····· 457
<표 7.10> 받침부 반력(상행선) ····· 461
<표 7.11> 하부 축력(상행선) ····· 461
<표 7.12> 액상화 평가 생략 가능조건(구조물기초설계기준 해설, 국토교통부, 2018) ··· 478
<표 7.13> 액상화평가 대상구간 시추주상도 분석결과(상행선) ····· 482
<표 7.14> 액상화 평가 생략기준에 의한 검토결과(상행선) ····· 482
<표 7.15> 사용 프로그램 및 해석모델 ····· 484
<표 7.16> 받침부 반력(하행선) ····· 488
<표 7.17> 하부 축력(하행선) ····· 488
<표 7.18> 액상화 평가 생략 가능조건(구조물기초설계기준 해설, 국토교통부, 2018) ··· 505
<표 7.19> 액상화평가 대상구간 시추주상도 분석결과(하행선) ····· 509
<표 7.20> 액상화 평가 생략기준에 의한 검토결과(하행선) ····· 509
<표 7.133> 내진성능 상세평가 결과요약(상행선) ····· 510
<표 7.134> 내진성능 상세평가 결과요약(하행선) ····· 512
<표 8.1> 종합평가 결과 ····· 520
<표 8.2> 시설물의 안전등급 기준 ····· 521
<표 8.3> 시설물의 안전등급 지정 ····· 521

<표 9.1> 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항 ····· 525
<표 9.2> 보수·보강 우선순위 결정 기준 ····· 526
<표 9.3> 부재별 보수·보강일람표(상행선) ····· 527
<표 9.4> 부재별 보수·보강일람표(하행선) ····· 529
<표 9.5> 수지주입공법의 종류 ····· 533
<표 9.6> 균열폭에 알맞은 수지의 점도 ····· 533
<표 9.7> 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격 ····· 533
<표 9.8> 에폭시계 수지의 규격 ····· 534
<표 9.9> 주입공법 공법비교안 ····· 535
<표 9.10> 일반적인 부식 환경 도막두께 ····· 538
<표 9.11> 가혹한 부식 환경 도막두께 ····· 539
<표 9.12> 부분 재도장시 도막두께 ····· 539
<표 9.13> 도장 전·후 검사항목 ····· 540
<표 9.14> 강재도장 공법 비교 ····· 541
<표 9.15> 보수·보강 개략공사비(상행선) ····· 550
<표 9.16> 보수·보강 개략공사비(하행선) ····· 552
<표 9.17> 각 구조부재별 점검사항 ····· 558

그림 목차

<그림 1.1> 종·평면도(1) (상행선) ····· 4
<그림 1.2> 정밀안전진단 흐름도 ····· 7
<그림 2.1> 종·평면도 ····· 14
<그림 2.2> 슬래브 일반도(1) ····· 15
<그림 2.3> 슬래브 일반도(2) ····· 16
<그림 2.4> 슬래브 일반도(3) ····· 17
<그림 2.5> 슬래브 배근도(1) ····· 18
<그림 2.6> 슬래브 배근도(2) ····· 19
<그림 2.7> 슬래브 배근도(3) ····· 20
<그림 2.8> 강상형 일반도(1) ····· 21
<그림 2.9> 강상형 일반도(2) ····· 22
<그림 2.10> 강상형 상세도(1) ····· 23
<그림 2.11> 강상형 상세도(2) ····· 24
<그림 2.12> 강상형 CROSS BEAM 상세도 ····· 25
<그림 2.13> 시점부 교대 일반도 ····· 26
<그림 2.14> 시점부 교대 배근도 ····· 27
<그림 2.15> 종점부 교대 일반도 ····· 28
<그림 2.16> 종점부 교대 배근도 ····· 29
<그림 2.17> 교각 일반도(1) ····· 30
<그림 2.18> 교각 일반도(2) ····· 31
<그림 2.19> 교각 구조도(1) ····· 32
<그림 2.20> 교각 구조도(2) ····· 33
<그림 2.21> 교량받침 배치 평면도 ····· 34
<그림 2.22> 교량받침 상세도 ····· 35
<그림 2.23> 신축이음장치 상세도 ····· 36
<그림 2.24> 방호벽 및 중앙분리대 상세도 ····· 37
<그림 2.25> 점검시설 평면도 ····· 38
<그림 2.26> 배수시설 상세도 ····· 39
<그림 3.1> 합천대교 측면 전경 ····· 121
<그림 3.2> 고소작업차, 교량점검차, 고무보트 등을 이용한 외관조사 ····· 122
<그림 3.3> 콘크리트 내구성 조사 위치도(상행선) ····· 236
<그림 3.4> 콘크리트 내구성 조사 위치도(하행선) ····· 237
<그림 3.5> 반발경도법에 의한 압축강도 추정도 ····· 239
<그림 3.6> 초음파 속도법에 의한 압축강도 추정도 ····· 241
<그림 3.7> 콘크리트 강도조사 ····· 244
<그림 3.8> 콘크리트 강도조사 결과 (상부구조 상행선) ····· 250

<그림 3.9> 콘크리트 강도조사 결과 (하부구조 상행선) ····· 250
<그림 3.10> 콘크리트 강도조사 결과 (상부구조 하행선) ····· 250
<그림 3.11> 콘크리트 강도조사 결과 (하부구조 하행선) ····· 250
<그림 3.12> 드릴에 의한 탄산화 깊이 측정 ····· 253
<그림 3.13> 탄산화 깊이 측정 결과 (상행선) ····· 255
<그림 3.14> 탄산화 깊이 측정 결과 (하행선) ····· 255
<그림 3.15> 전자파 레이더법에 의한 철근탐사장비의 장치 구성도 ····· 257
<그림 3.16> 철근탐사 시험 ····· 258
<그림 3.17> 염화물 시료 채취 ····· 264
<그림 3.18> 초음파 탐상 시험 원리 ····· 268
<그림 3.19> 초음파 탐상(사각법) 시험 개요도 ····· 269
<그림 3.20> 초음파 탐상(사각법) 시험 ····· 271
<그림 3.21> 도막두께 측정 ····· 275
<그림 4.1> 기 진단 및 정밀안전점검 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교(상행선) ··· 297
<그림 4.2> 기 진단 및 정밀안전점검 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교(하행선) ··· 307
<그림 5.1> 시험경간의 위치 ····· 312
<그림 5.2> 시험차량의 제원 ····· 312
<그림 5.3> 게이지 부착위치 ····· 313
<그림 5.4> 게이지 부착위치(하행선) ····· 314
<그림 5.5> 재하시험 현황 ····· 315
<그림 5.6> 정적재하시험 재하위치(상행선) ····· 316
<그림 5.7> 교축직각방향 재하위치(LC1～LC3, 상행선) ····· 316
<그림 5.8> 교축직각방향 재하위치(LC4～LC6, 상행선) ····· 317
<그림 5.9> 교축직각방향 재하위치(LC7～LC9, 상행선) ····· 318
<그림 5.10> 정적재하시험 재하위치(하행선) ····· 318
<그림 5.11> 교축직각방향 재하위치(LC1～LC3, 하행선) ····· 319
<그림 5.12> 교축직각방향 재하위치(LC4～LC6, 하행선) ····· 319
<그림 5.13> 교축직각방향 재하위치(LC7～LC9, 하행선) ····· 320
<그림 5.14> 횡분배 분석 그래프(LC1～LC3, 상행선) ····· 325
<그림 5.15> 횡분배 분석 그래프(LC4～LC6, 상행선) ····· 325
<그림 5.16> 횡분배 분석 그래프(LC7～LC9, 상행선) ····· 325
<그림 5.17> 횡분배 분석 그래프(LC1～LC3, 하행선) ····· 326
<그림 5.18> 횡분배 분석 그래프(LC4～LC6, 하행선) ····· 326
<그림 5.19> 횡분배 분석 그래프(LC7～LC9, 하행선) ····· 326
<그림 5.20> 동적재하시험 주행방향(상행선) ····· 329
<그림 5.21> 동적재하시험 주행방향(하행선) ····· 329
<그림 5.22> 상행선 동적재하시험 처짐 (60㎞/h, DT4) ····· 332
<그림 5.23> 하행선 동적재하시험 처짐 (60㎞/h, DT1) ····· 332
<그림 5.24> 동적재하시험 고유진동수 (상행선, 60 ㎞/h, ACC1) ····· 333
<그림 5.25> 동적재하시험 고유진동수 (하행선, 60 ㎞/h, ACC1) ····· 333

<그림 6.1> 종단면도 ····· 342
<그림 6.2> 횡단면도 ····· 342
<그림 6.3> 바닥판의 철근 배치도(상행선) ····· 344
<그림 6.4> 슬래브 자중 재하도(상행선) ····· 351
<그림 6.5> 교면포장 및 난간 하중재하도(상행선) ····· 352
<그림 6.6> 활하중 재하도(상행선) ····· 353
<그림 6.7> 단면 Type별 프로그램 입력(상행선) ····· 358
<그림 6.8> 단면 요약도(상행선) ····· 358
<그림 6.9> Steel Box Girder 모델링(상행선) ····· 359
<그림 6.10> 고정하중 모멘트도(상행선) ····· 360
<그림 6.11> 활하중 모멘트도 및 합성전 고정하중 전단력도(상행선) ····· 360
<그림 6.12> 합성후 고정하중 전단력도 및 활하중 전단력도(상행선) ····· 360
<그림 6.13> 고정하중 및 활하중 비틀림모멘트도(상행선) ····· 360
<그림 6.14> 내측, 외측경간 처짐검토(상행선) ····· 364
<그림 6.15> Load Case별 처짐(mm) 산정 결과(상행선) ····· 368
<그림 6.16> 바닥판의 철근 배치도(하행선) ····· 376
<그림 6.17> 슬래브 자중 재하도(하행선) ····· 383
<그림 6.18> 교면포장 및 난간 하중재하도(하행선) ····· 384
<그림 6.19> 활하중 재하도(하행선) ····· 385
<그림 6.20> 단면 Type별 프로그램 입력(하행선) ····· 390
<그림 6.21> 단면 요약도(하행선) ····· 390
<그림 6.22> Steel Box Girder 모델링(하행선) ····· 391
<그림 6.23> 고정하중 모멘트도(하행선) ····· 392
<그림 6.24> 활하중 모멘트도 및 합성전 고정하중 전단력도(하행선) ····· 392
<그림 6.25> 합성후 고정하중 전단력도 및 활하중 전단력도(하행선) ····· 392
<그림 6.26> 고정하중 및 활하중 비틀림모멘트도(하행선) ····· 392
<그림 6.27> 내측, 외측경간 처짐검토(하행선) ····· 396
<그림 6.28> Load Case별 처짐(mm) 산정 결과(하행선) ····· 400
<그림 6.29> 하부구조 일반도(상행선 P3) ····· 407
<그림 6.30> 하부구조 철근배근도(상행선 P3) ····· 408
<그림 6.31> 해석모델링(상행선) ····· 411
<그림 6.32> 상행선 P3 축력도(CASE1) ····· 411
<그림 6.33> 상행선 P3 휨모멘트도(CASE1) ····· 411
<그림 6.34> 교각기둥 P-M 상관도(상행선) ····· 416
<그림 6.35> 케이슨 기초 P-M 상관도(상행선) ····· 419
<그림 6.36> 하부구조 일반도(하행선 P3) ····· 420
<그림 6.37> 하부구조 철근배근도(하행선 P3) ····· 421
<그림 6.38> 해석모델링(하행선) ····· 424
<그림 6.39> 하행선 P3 축력도(CASE1) ····· 424
<그림 6.40> 하행선 P3 휨모멘트도(CASE1) ····· 424

<그림 6.41> 교각기둥 P-M 상관도(하행선) ····· 429
<그림 6.42> 케이슨 기초 P-M 상관도(하행선) ····· 432
<그림 7.1> 가속도표준설계응답스펙트럼(암반지반) ····· 439
<그림 7.2>가속도표준설계응답스펙트럼(토사지반) ····· 439
<그림 7.3> 내진성능 평가절차 ····· 442
<그림 7.4> 구조해석 모델링(상행선) ····· 458
<그림 7.5> 모드형상(상행선) ····· 465
<그림 7.6> 모멘트-곡률 관계 곡선 ····· 466
<그림 7.7> 우물통 기초의 제원(상행선) ····· 475
<그림 7.8> 액상화 평가 흐름도 ····· 477
<그림 7.9> 액상화 평가구간 시추주상도 ····· 479
<그림 7.10> 구조해석 모델링(하행선) ····· 485
<그림 7.11> 모드형상(하행선) ····· 492
<그림 7.12> 모멘트-곡률 관계 곡선 ····· 493
<그림 7.13> 우물통 기초의 제원(하행선) ····· 502
<그림 7.14> 액상화 평가 흐름도 ····· 504
<그림 7.15> 액상화 평가구간 시추주상도 ····· 506
<그림 8.1> 종합평가 결과 산정절차 ····· 519
<그림 8.1> 표면처리공법 개요도 ····· 531
<그림 8.2> 표면처리공법 시공 흐름도 ····· 532
<그림 8.3> 균열 보수공법 개요도 ····· 534
<그림 8.4> 단면보수공법 개요도 ····· 536
<그림 8.5> 단면보수공법 시공 흐름도 ····· 537
<그림 8.6> 아스팔트 팻칭공법 시공 개요도 ····· 543
<그림 8.7> 아스팔트 균열보수공법 시공 흐름도 ····· 544
<그림 8.8> 콘크리트 재포장(LMC) 시공절차 ····· 545
<그림 8.9> 교면포장용 Latex 혼합개질콘크리트 배합기준 ····· 546
<그림 8.10> 라텍스의 품질기준 ····· 548
<그림 8.11> 교면포장 공법 비교 ····· 549
<그림 8.12> 중점유지관리 사항(상행선) ····· 555
<그림 8.13> 중점유지관리 사항(하행선) ····· 557

제1장 서 언

1.1 과업의 목적

1.2 시설물의 개요 및 이력사항

1.3 과업의 범위 및 내용

1.4 과업의 수행방법

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

1.6 과업수행 일정

1.7 교량 기호의 정의

제1장 서 언

1.1 과업의 목적

본 용역은 『시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법』 제12조 및 동법 시행령 제10조에 따라 정기적으로 실시하는 정밀안전진단으로써, 정밀한 외관조사와 시험·측정장비 및 기기를 사용하여 시설물의 물리적·기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 검토·분석·평가하여 보수·보강방법을 제시함으로써 재해 및 재난을 예방하며, 시설물의 안전성 및 사용성을 보완·보전케 함으로써 시설물의 효용성을 증진시킴과 더불어 과학적 유지관리를 체계화 하는데 그 목적이 있다.

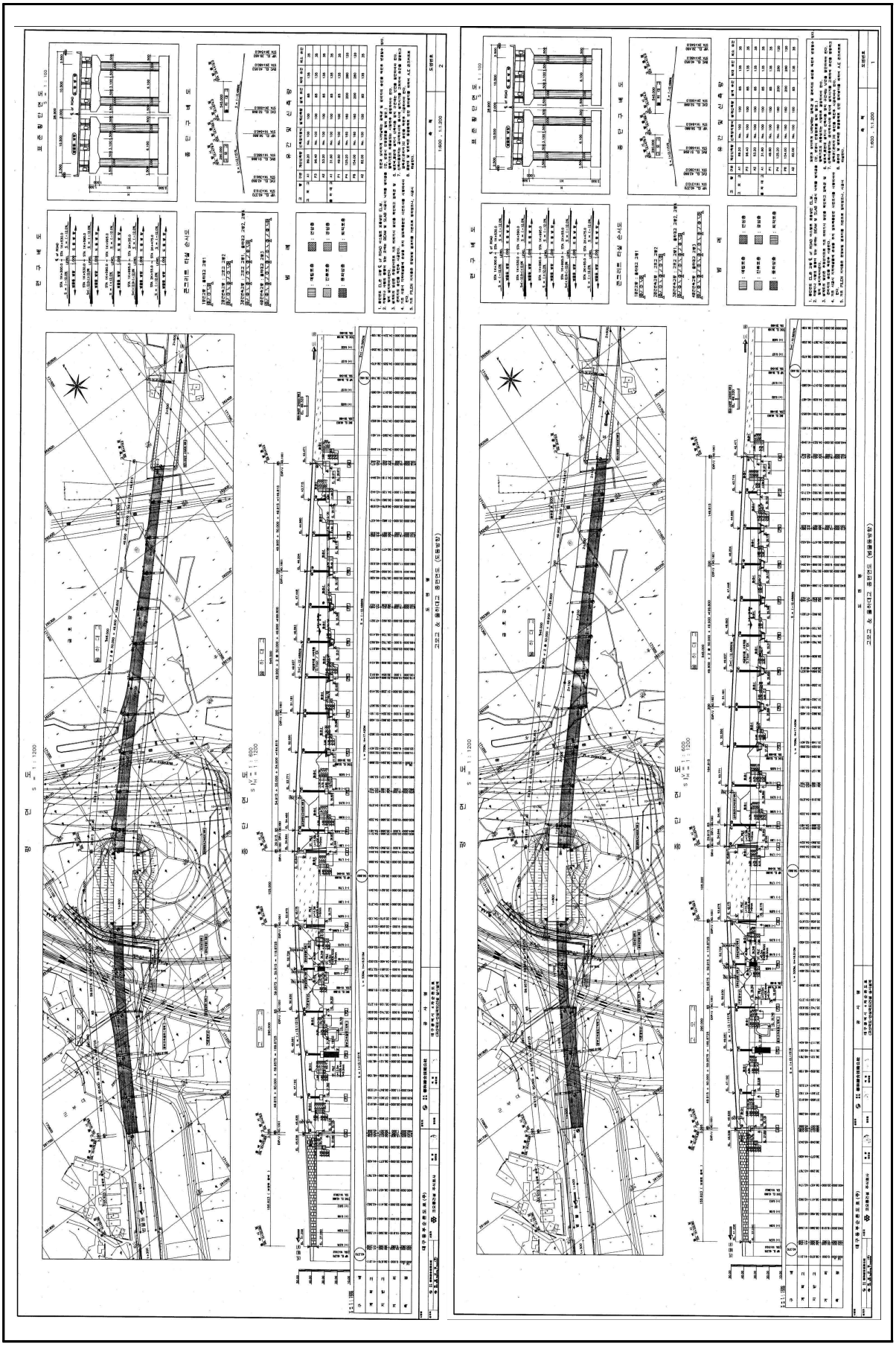
1.2 시설물의 개요 및 이력사항

1.2.1 교량의 현황

본 교량의 현황은 다음과 같다.

<표 1.1> 교량 현황

구 분			내 용
교 량 명			가천교
위 치			대구광역시 수성구 가천동
설계하중			DB-24(DL-24)
종 별			1종
상부구조	형 식		Steel Box Girder 교
	교 폭		B = 28.9~51.9m(왕복6차선)
	연 장		L=290.0m (50.0+2@60.0+2@60.0 = 290.0m)
하부구조	교대	형 식	역T형
		기 초	A1 : 직접기초, A2 : 파일기초
	교각	형 식	다주식 라멘형
		기 초	범물방향 P1,P3 : 직접기초, P2,P4 : 파일기초 안심방향 P1,P2 : 직접기초, P3,P4 : 파일기초
교면포장			아스팔트 포장
난 간			콘크리트 방호벽, 중분대, 오물투척방지망
신축이음			레일 조인트
교량받침			포트 받침
설 계 사			㈜도화종합기술공사, 화성산업(주)
시 공 사			코오롱건설(주)외 5개소
관리주체			대구동부순환도로
준공년도			2002년 08월 24일
교차시설물			경부선 철도, 고모로



<그림 1.1> 종·평면도

1.2.2 이력사항

본 교량은 2002년 08월 24일 준공되었으며, 준공이후 정밀안전진단 2회, 정밀안전점검 8회, 정기안전점검 29회 등 총 39회의 점검을 실시하였다. 주요 이력사항은 다음 <표 1.2>와 같다. 주요한 이전 점검결과 내용 및 보수·보강 이력은 '제2장' 에 상세하게 기술하였다.

<표 1.2> 주요 이력사항

번호	구분	일시	결과	수행기관
1	정밀안전점검	2003.04.25	A등급	(주)한국건설안전기술단
2	정밀안전점검	2005.07.05	A등급	(주)혜성안전기술원
3	정밀안전점검	2007.05.31	A등급	부계기술단(주)
4	정밀안전점검	2009.06.30	A등급	(주)동화엔지니어링
5	정밀안전진단(하자)	2012.06.30	B등급	(주)아워브레인
6	정밀안전점검	2014.04.05	B등급	(주)삼우기술
7	정밀안전점검	2016.04.03	B등급	(주)우림종합엔지니어링
8	정밀안전진단	2017.06.09	B등급	(주)우림종합엔지니어링
9	정밀안전점검	2019.06.09	B등급	(주)명성엔지니어링
10	정밀안전점검	2021.06.09	B등급	주식회사 다인기술단

1.3 과업의 범위 및 내용

1.3.1 과업의 범위

대상 교량 시설물의 정밀안전진단 범위는 <표 1.3>에서 정하는 바에 따라 다음과 같다.

<표 1.3> 대상 교량 시설물의 정밀안전진단 범위

구 분	시설물명		비 고
주요부재	상부구조	바닥판, 거더	
	하부구조	교대 및 교각, 기초	
	받침	교량받침	
	기타부재	신축이음, 배수시설, 난간 및 연석, 교면포장	
보조부재	2차부재	가로보	
부속시설	점검시설	점검사다리, 점검통로 등	

1.3.2 과업의 내용

본 과업을 수행하기 위하여 실시한 정밀안전진단 세부내용은 <표 1.4>와 같다.

가) 정밀안전진단

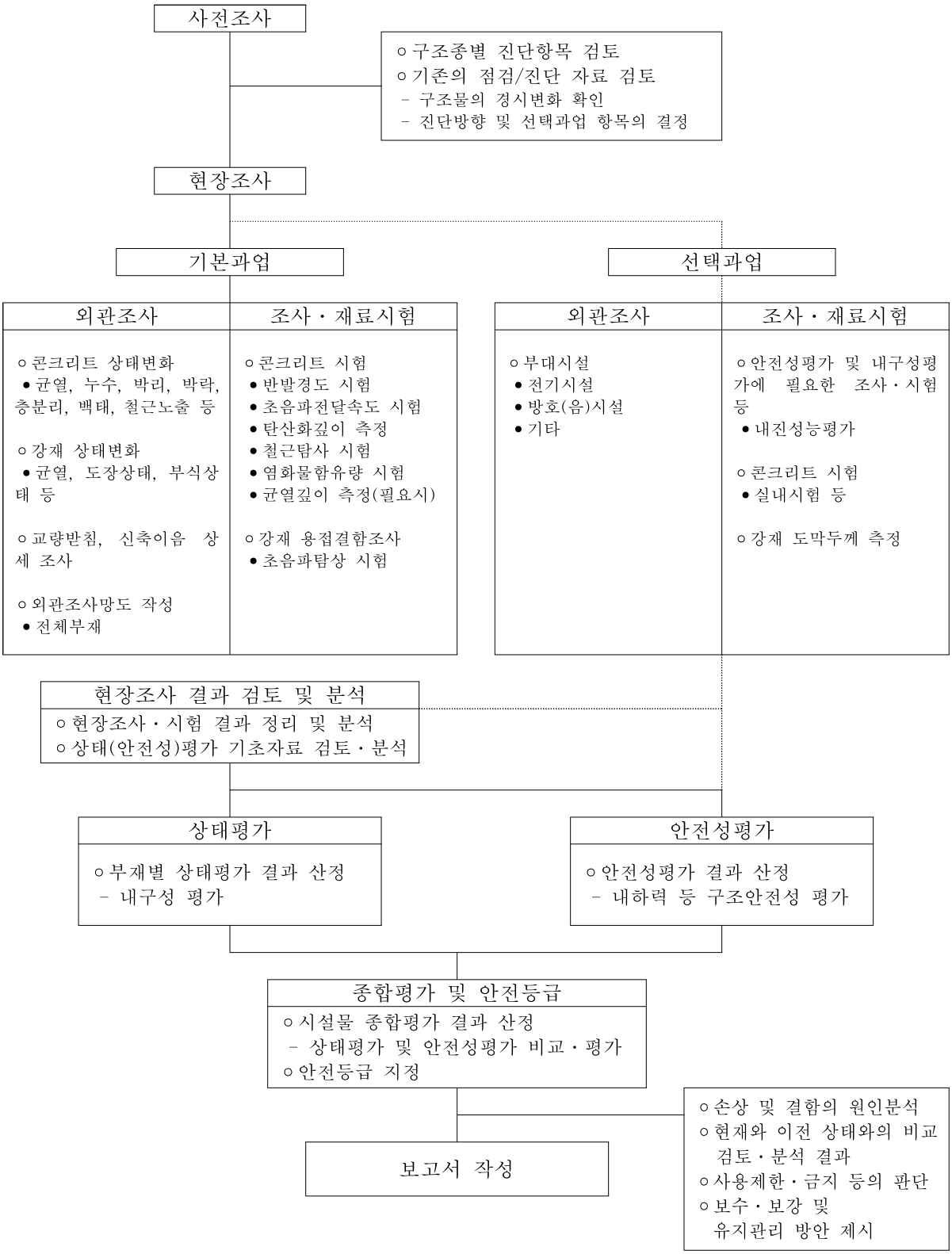
<표 1.4> 과업의 내용

과업항목	과업 내용
자료수집 및 분석	• 준공도면, 구조계산서, 특별시방서 • 실시설계 종합보고서 • 지반조사 보고서 • 시설물관리대장 • 기존 안전점검・정밀안전진단 실시결과 검토・분석 • 보수・보강이력 검토・분석
현장조사 및 시험	• 교량의 제원 및 시공상태 조사 • 전체부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 - 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등 - 강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부식 및 접합(연결부) 상태 등 - 신축이음, 교량받침 등 기능상태 조사 • 현장재료시험 등 - 콘크리트 시험 : 비파괴강도(반발경도시험, 초음파전달 속도시험 등), 철근탐사 시험, 탄산화 깊이측정, 균열깊이 측정, 염화물함유량 시험(제설재에 의한 손상부 건전도 평가) - 강재 시험 : 강재 비파괴시험(도막두께 조사, 초음파 탐상시험) 등
상태평가	• 외관조사 결과분석 • 현장시험 및 재료시험 결과분석 • 콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 • 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 소견
안전성평가 및 내진성능평가	• 조사, 시험, 측정결과의 분석 • 기존의 구조계산서 또는 안전성평가 자료 검토・분석 • 내하력 및 구조 안전성평가 • 내진성능평가 • 시설물의 안전성평가 및 내진성능평가 결과에 대한 소견
종합평가	• 시설물의 종합평가 결과에 대한 소견 • 안전등급 지정
보수・보강 방법	• 보수・보강 방법 제시 • 시설물 유지관리 방안 제시
보고서 작성	• 관리주체 협의 • CAD 도면 작성 및 보고서 작성

1.4 과업의 수행방법

1.4.1 과업수행 절차

본 과업에 대한 정밀안전진단 과업수행 흐름도는 <그림 1.2>과 같다.



<그림 1.2> 정밀안전진단 흐름도

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

본 교량의 정밀안전진단 현장조사 및 시험에 사용된 장비는 <표 1.5>과 같다.

<표 1.5> 사용장비 및 시험기기 일반사항

구분	기기명	측정항목	사진
휴대 장비	줄자	손상부위 및 부재단면 측정	
	균열 게이지	균열폭 측정	
	망치	부재 들뜸 및 공동 확인	
	디지털 카메라 / 비디오 카메라	손상 및 각종 현황 촬영	
	버니어 캘리퍼스	부재단면 및 탄산화 깊이 측정	
비파괴 시험 장비	반발경도측정기 (Schmidt Hammer-NR)	콘크리트 강도 추정	
	초음파 탐사기 (Pundit)	콘크리트 강도 추정 및 균열 깊이 측정	
	철근 탐사기 (RC Radar NJJ-95A)	철근 배근상태 및 피복두께 측정	
	탄산화 시험 용액 (1% 페놀프탈레인 용액)	탄산화 깊이 측정	
	도막두께 측정기 (Elcometer)	강재 도막 측정	
	초음파 탐상기 (D-20, USM 35)	강재 용접부 결함 조사	
접근장비	고소작업차	교각 및 바닥판 근접조사	
	교량점검차	교각 및 바닥판 근접조사	

1.6 과업수행 일정

본 교량의 정밀안전진단 과업수행 일정은 <표 1.6>과 같다.

<표 1.6> 과업수행 일정

공 종	3월		4월			5월			6월			비 고
	21	31	10	20	30	10	20	31	10	20	30	
1. 사전조사 · 착수 및 예비답사 · 관계도서 수집, 분석 · 안전점검, 보수이력 수집 및 검토 · 현장조사 계획수립	■	■	■									-03.11 착수
2. 현장조사 · 외관조사 · 내구성 조사 · 조사결과 정리 · 조사결과 분석				■	■	■	■					-현장조사 (4/11～4/22) -2차조사 (5/19)
3. 상태, 종합평가, 안전등급 지정					■	■	■	■				
4. 안전성평가 및 내진성능평가 · 안전성평가 · 내진성능평가					■	■	■	■				
5. 보수·보강 방안, 유지관리 방안 · 공법, 우선순위 및 시기 · 유지관리전략 제안					■	■	■	■				
6. 보고회 · 중간, 최종								■				
7. 보고서 작성 · 작성 및 보완 · 준공 · FMS입력					■	■	■	■	■	■	■	-06.09 준공예정

1.7 교량 기호의 정의

대상 교량의 정밀안전진단을 수행하면서 진단의 효율성과 통일성을 기하기 위하여 <표 1.7>과 같이 각 위치별, 부재별 기호를 부여하였다.

<표 1.7> 교량 기호의 정의

구 분		사용기호	비 고
공통	경간	S	Span
	거더	G	Girder
	바닥판	SL	Slab
	받침장치	Sh	Shoe
	신축이음	EJ	Expansion Joint
상부 구조	좌측복부판	L-Web	Left-Web
	우측복부판	R-Web	Right-Web
	상부플랜지	U-Flan	Upper-Flange
	하부플랜지	L-Flan	Lower-Flange
	격벽	D	Diaphragm
	수직보강재	V-Stif	Vertical-Stiffener
	수평보강재	H-Stif	Horizontal-Stiffener
	가로보	CB	Cross Beam
	거더이음부	Sp	Splice
하부 구조	교대	A	Abutment
	교각	P	Pier

- 일련번호 (n)
  - 시점(고령)방향에서 종점(진주)방향으로 일련번호를 정한다.
- 교량받침장치 및 거더의 표시는 시점에서 종점을 바라볼 때 중앙분리대에서 외측 방향으로 번호를 부여함.
- 신축이음장치(Expansion Joint)는 하부구조 ID를 첨부시켜 지정한다.
  예) EJ1(A1)

제2장 자료수집 및 분석

2.1 자료조사

2.2 설계도면 및 구조계산서 검토

2.3 기존 점검 및 진단자료 분석

2.4 보수·보강 이력

2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

2.6 자료분석 결과요약

제2장 자료수집 및 분석

2.1 자료조사

정밀안전진단을 실시함에 있어 해당 구조물의 설계도서, 시공과정, 시공당시의 상황 및 보수·보강 이력 등을 검토하는 것은 현재 결함의 원인과 같은 구조물의 상태를 추정하는데 매우 중요하다. 따라서 관리주체로부터 본 과업과 관련된 자료를 입수하여 정리하였으며 그 목록은 <표 2.1>과 같다.

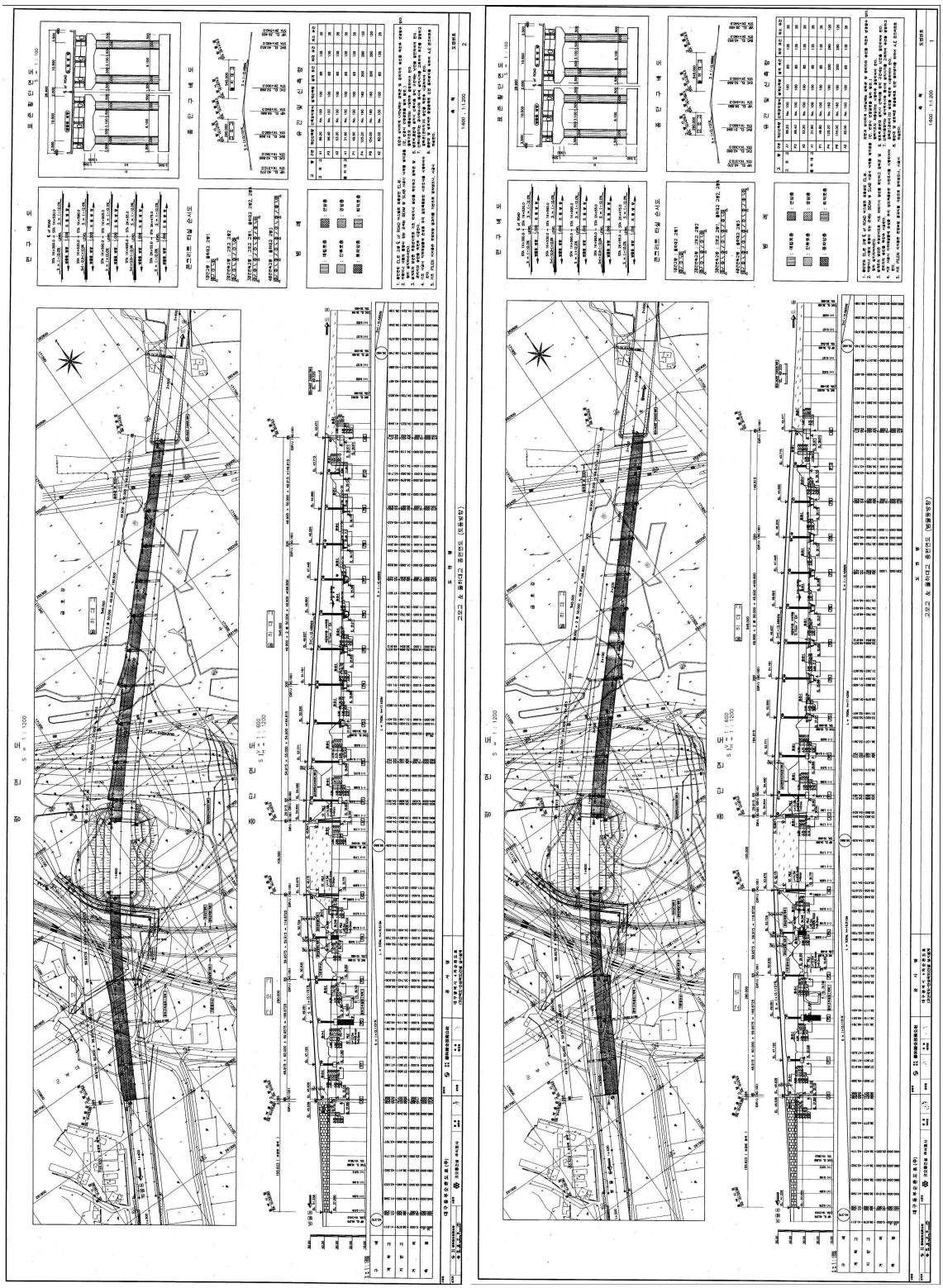
<표 2.1> 자료조사 목록

보존대상 목록		보유 현황	비 고
설계 도서	◇ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	일부	◇ 대구광역시 4차 순환도로(고산국도~안심국도)건설 실시설계 - 구조 및 수리계산서 - 구조물도 등
	◇ 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도(종·횡), 상·하부 구조물도, 거더, 신축이음, 받침장치 상세도	○	
시설물 관리대장	◇ 기본현황 ◇ 상세제원 ◇ 유지관리 이력	○	◇ 시설물관리대장 ◇ FMS
시공 관련 자료	◇ 시공관련 자료 ◇ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리·선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 주요 구조부위에 대한 계측 관련자료 ◇ 사고기록	미보유	-
안전점검 및 정밀안전진단 자료		○	◇ 2003년~2021년 정밀안전점검 및 정밀안전진단 자료 등
보수·보강 자료		○	◇ FMS

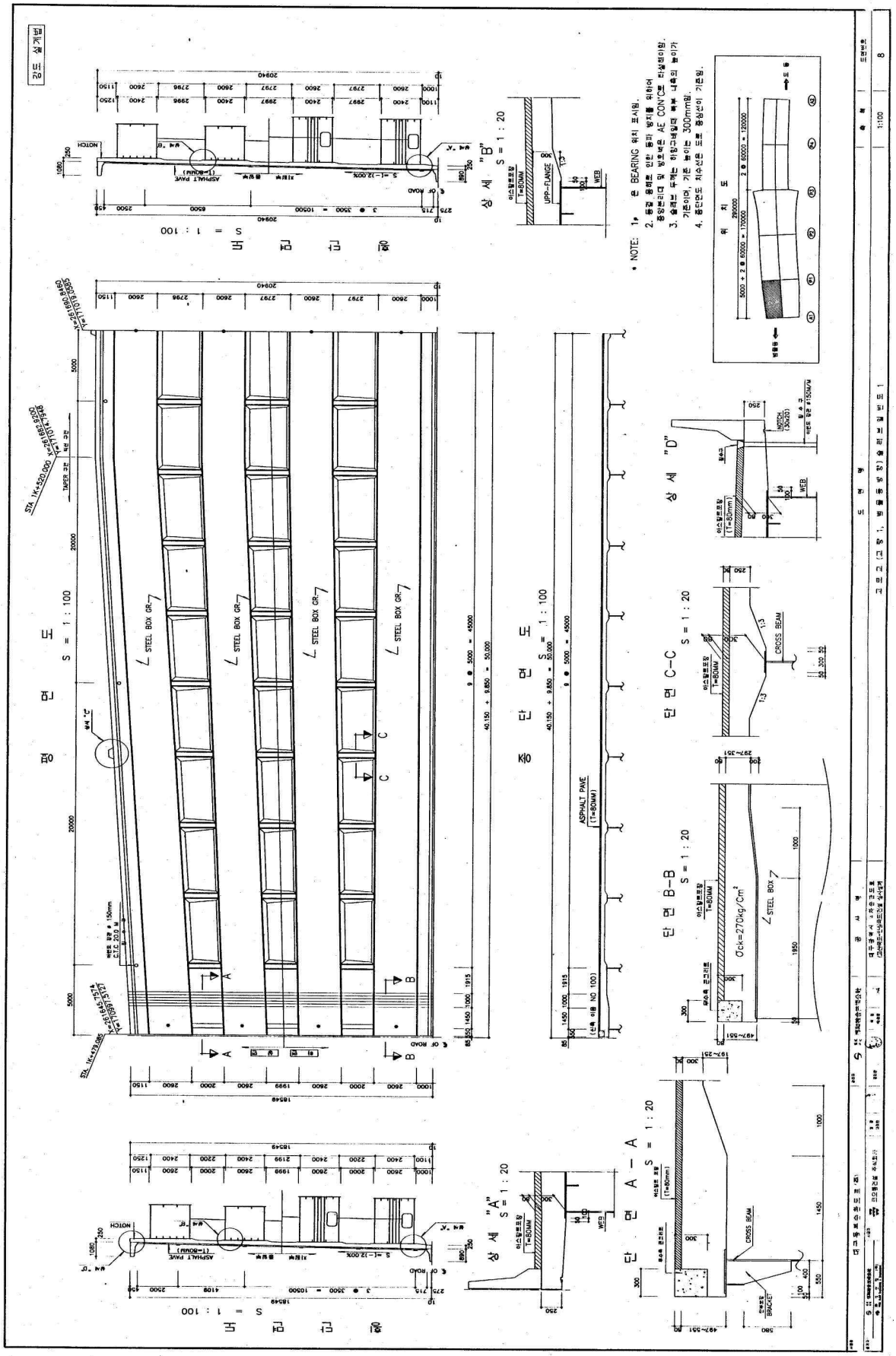
2.2 설계도면 및 구조계산서 검토

대상 교량의 준공도면과 구조계산서를 확인한 결과는 다음과 같다.

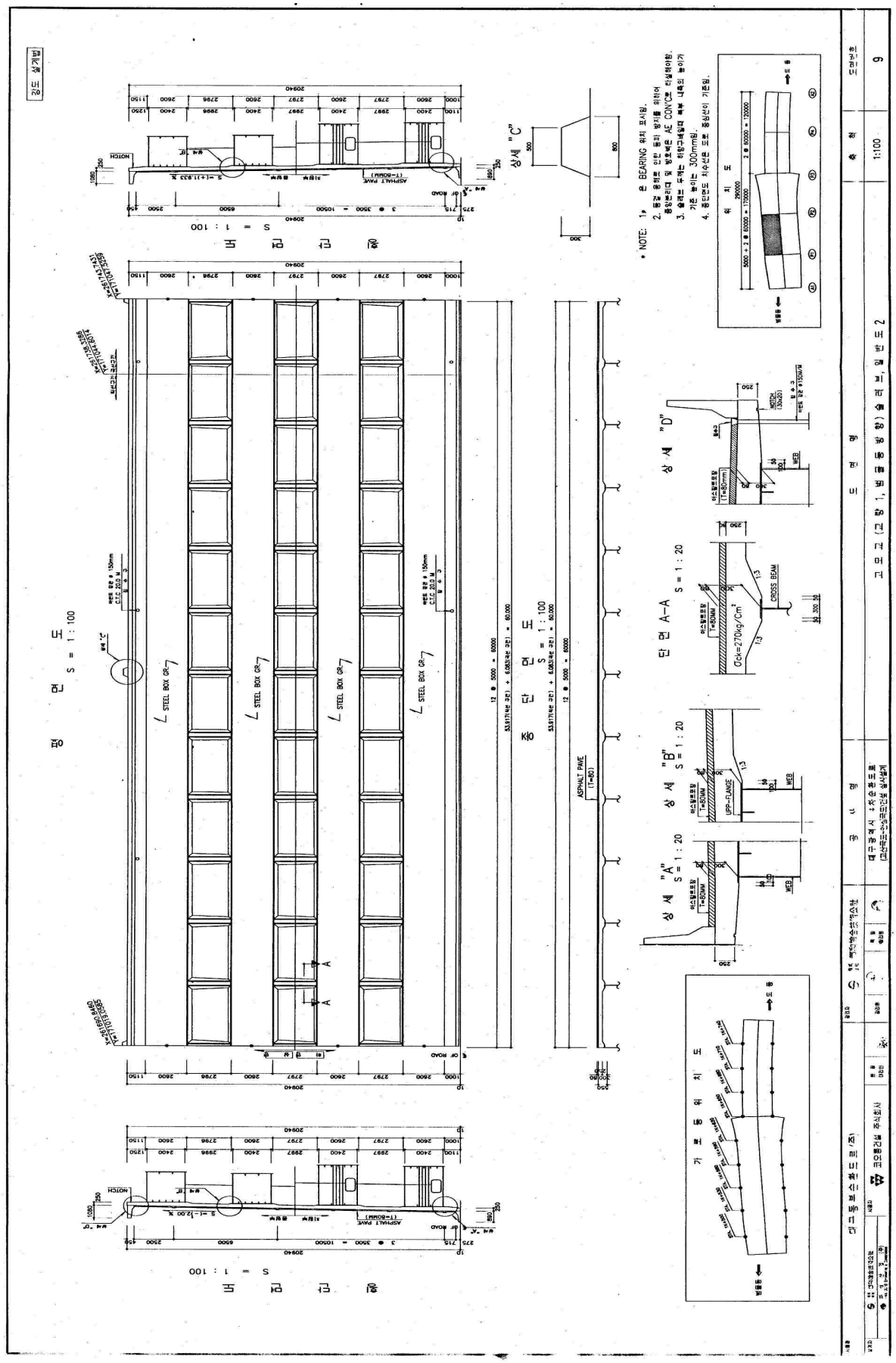
2.2.1 주요 설계도면



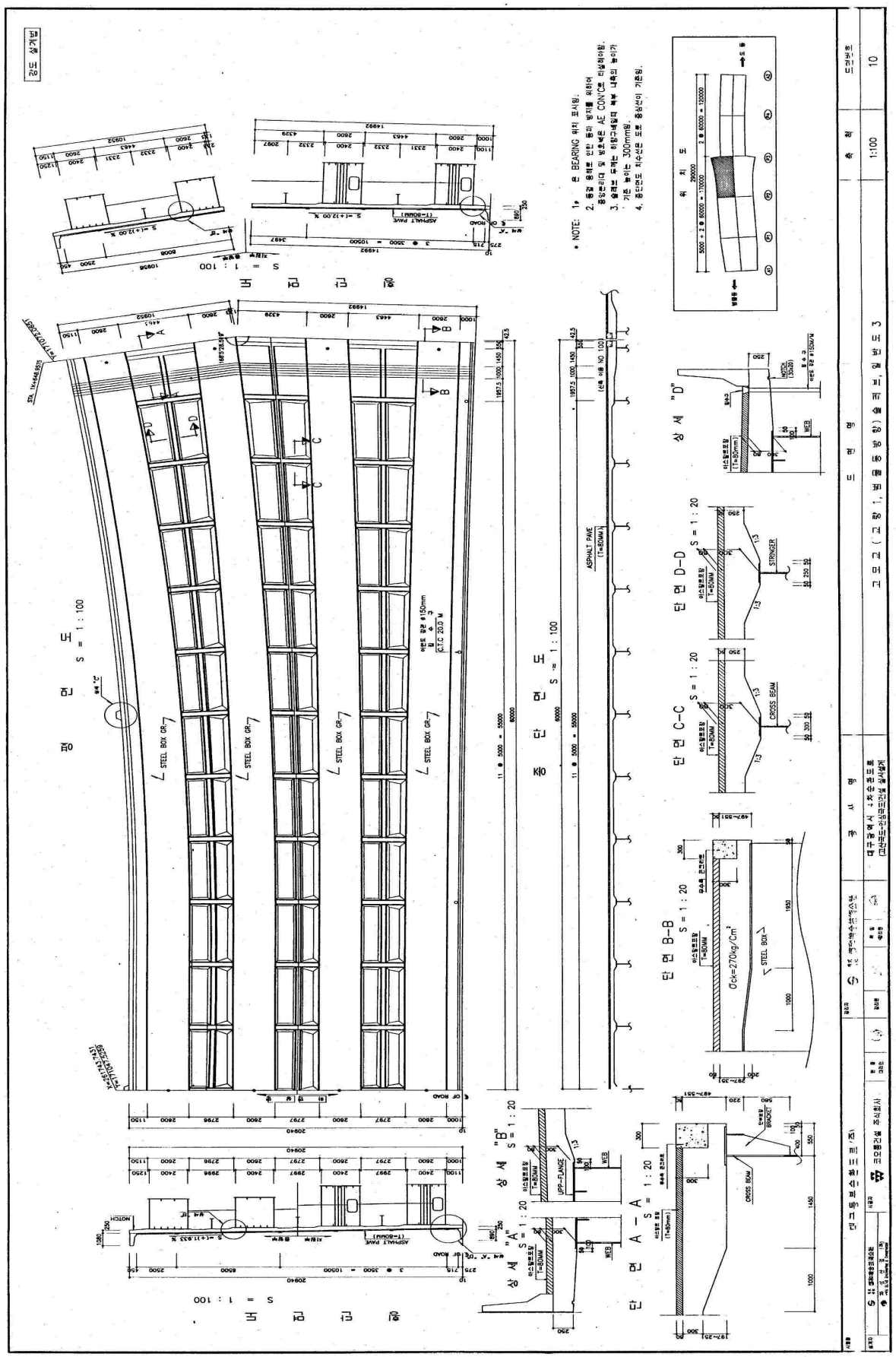
<그림 2.1> 종 · 평면도



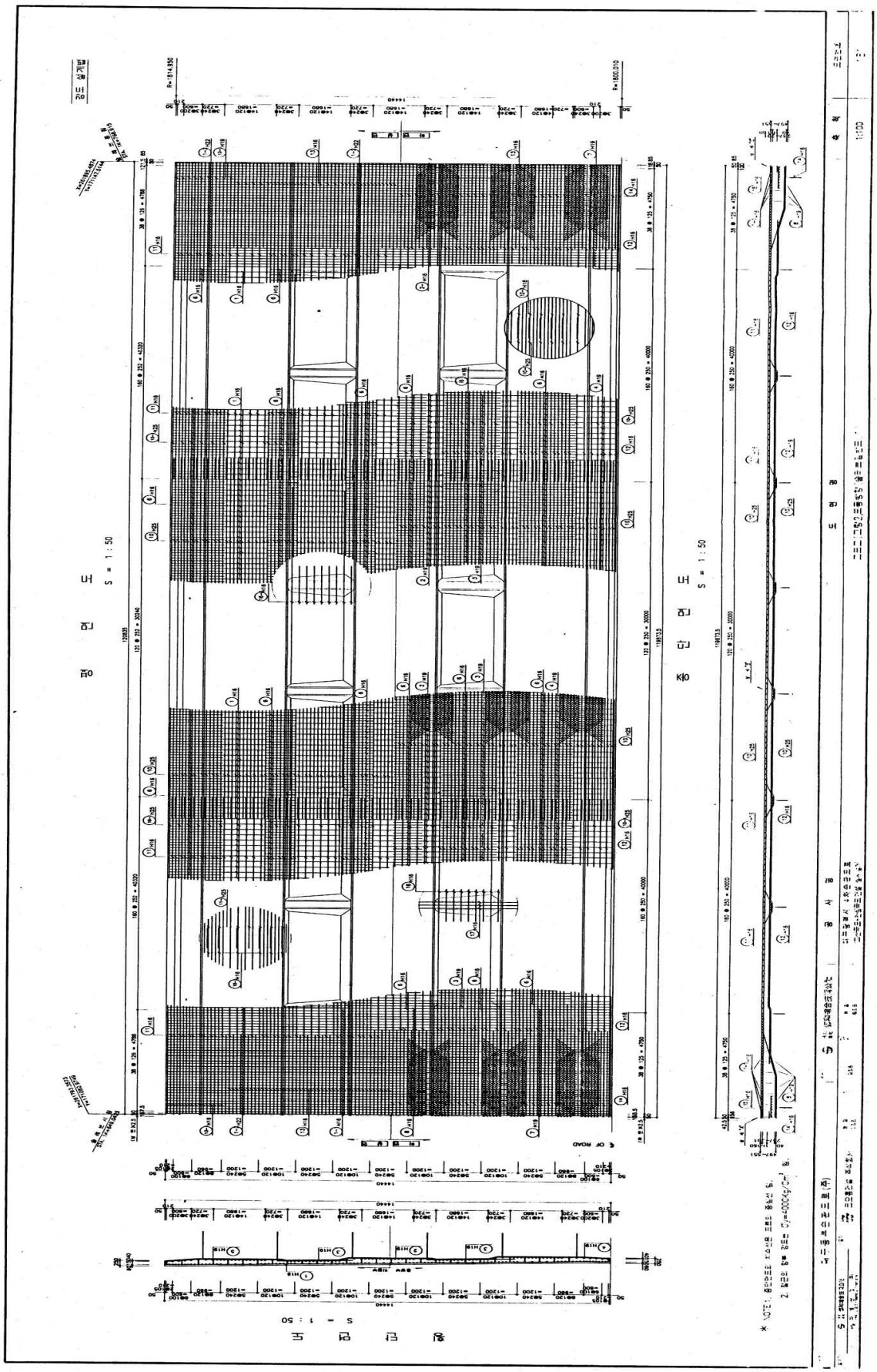
<그림 2.2> 슬래브 일반도(1)



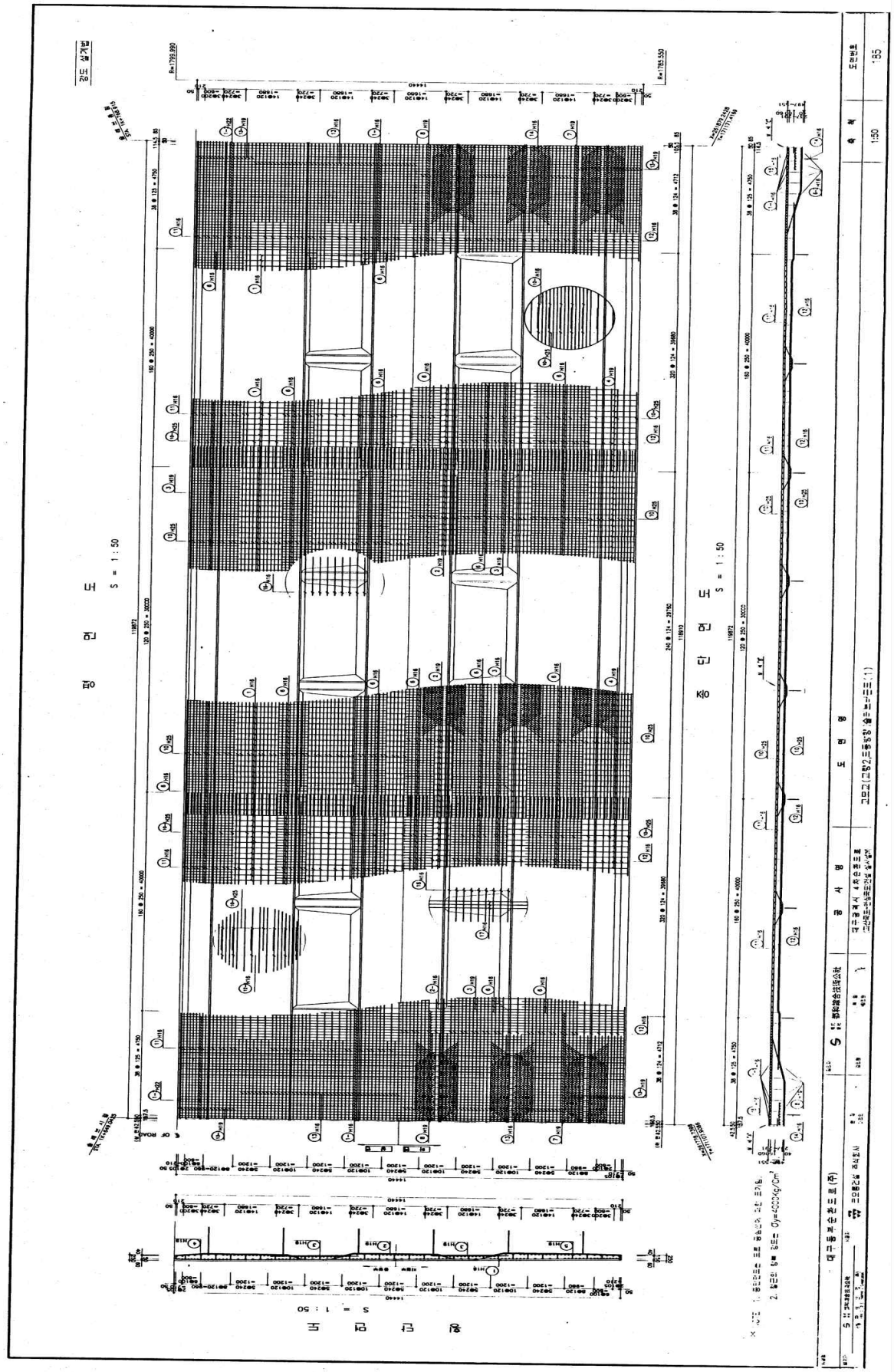
<그림 2.3> 슬래브 일반도(2)



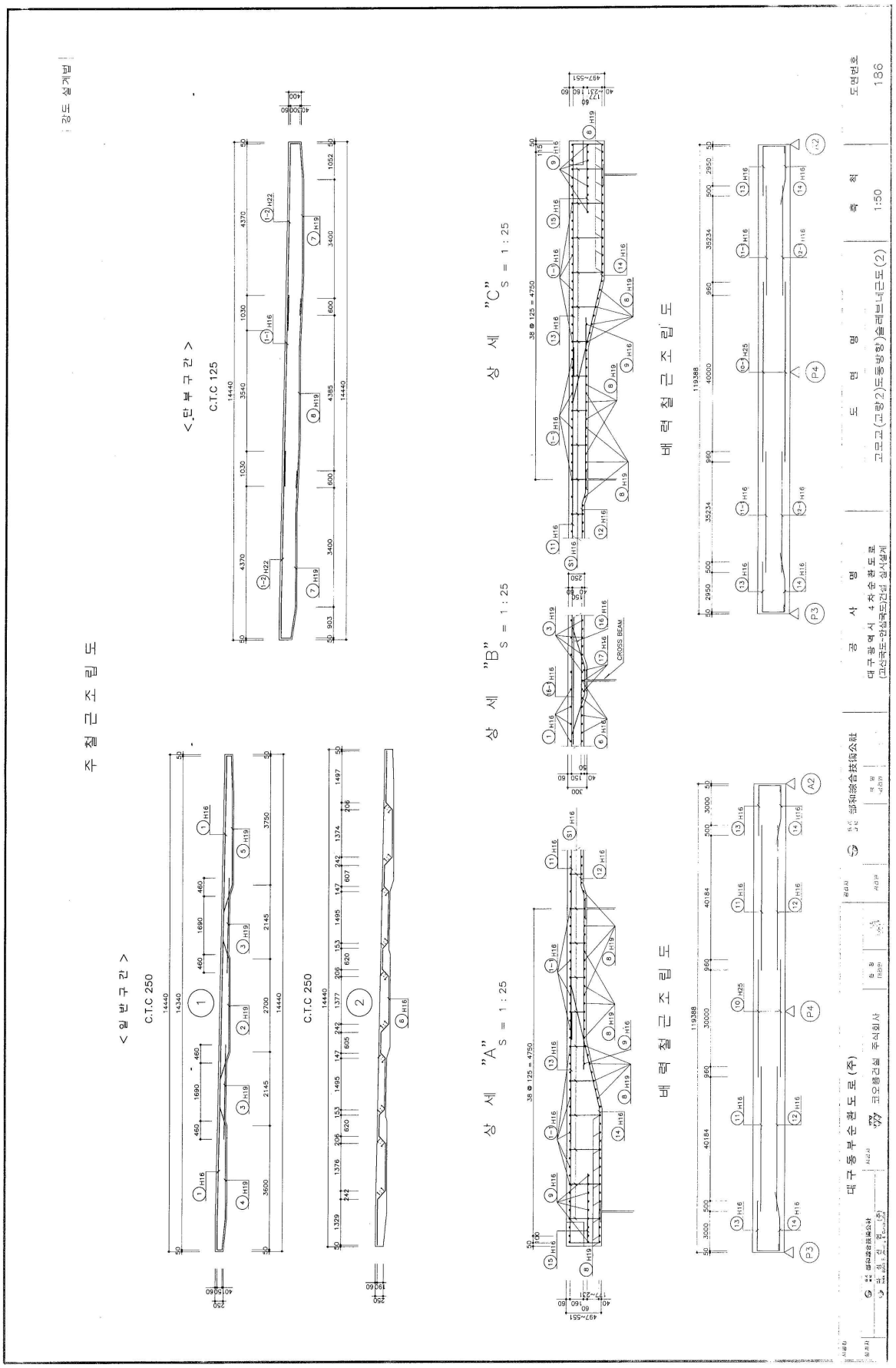
<그림 2.4> 슬래브 일반도(3)



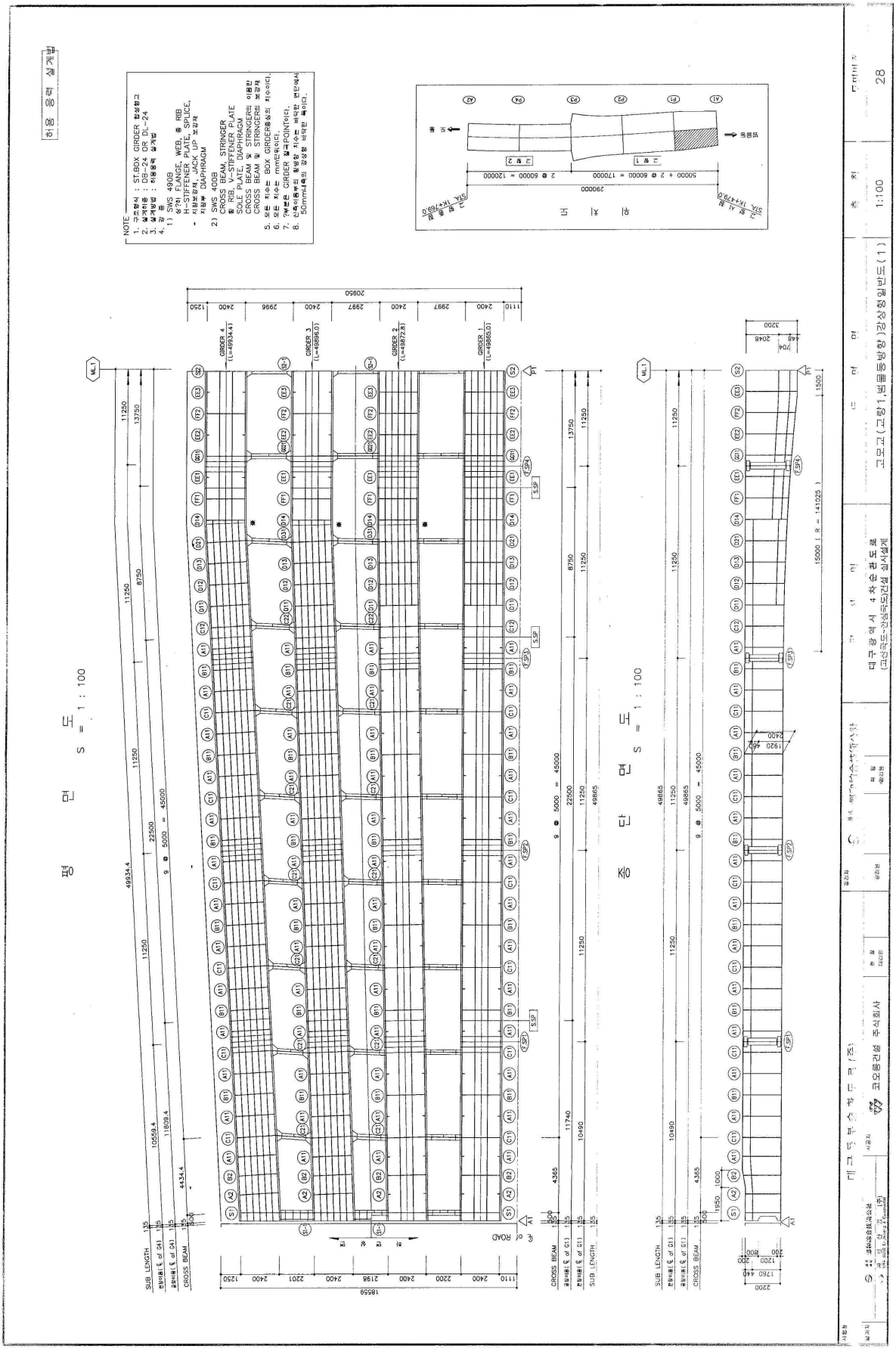
<그림 2.5> 슬래브 배근도(1)



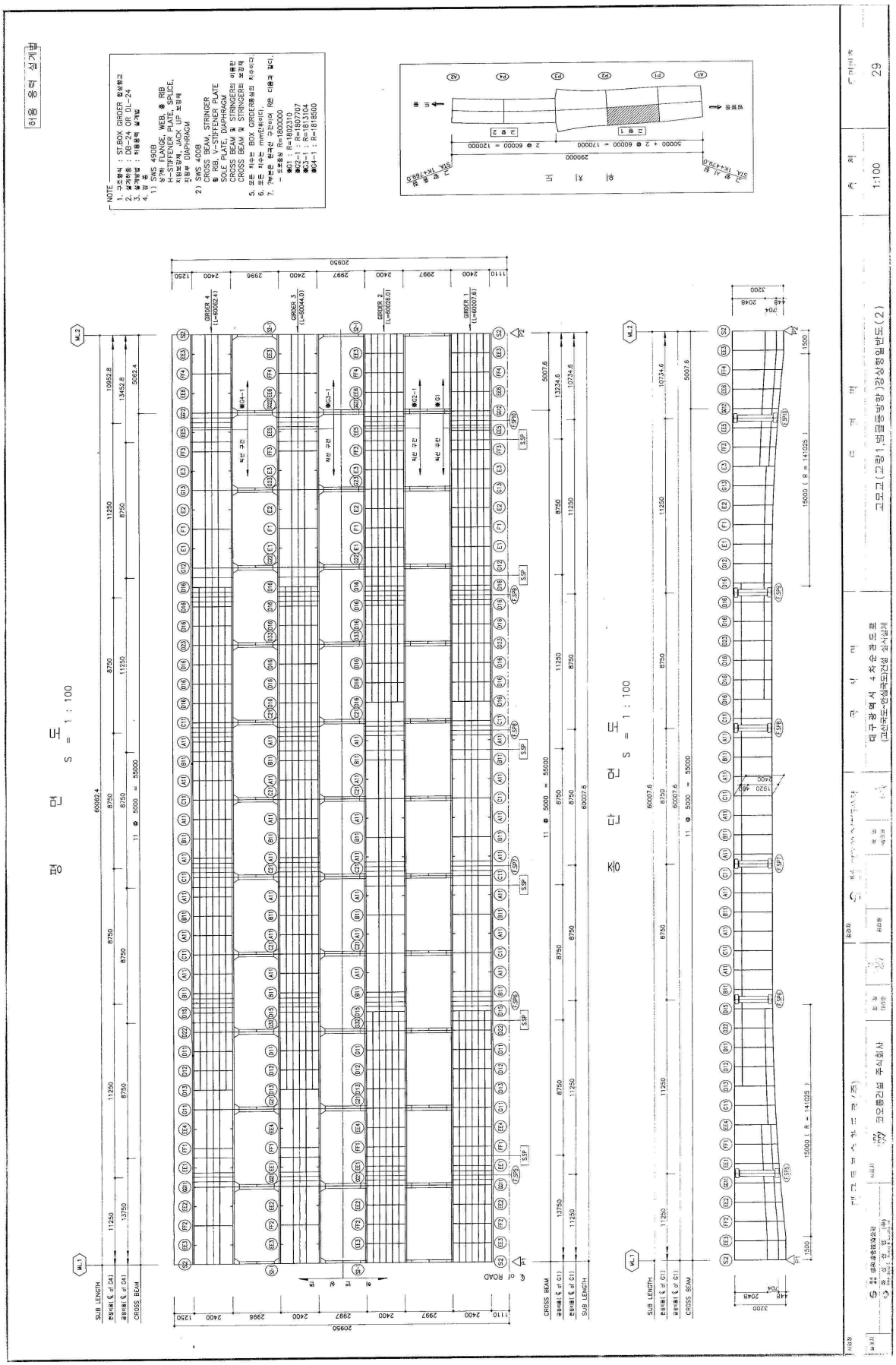
<그림 2.6> 슬래브 배근도(2)



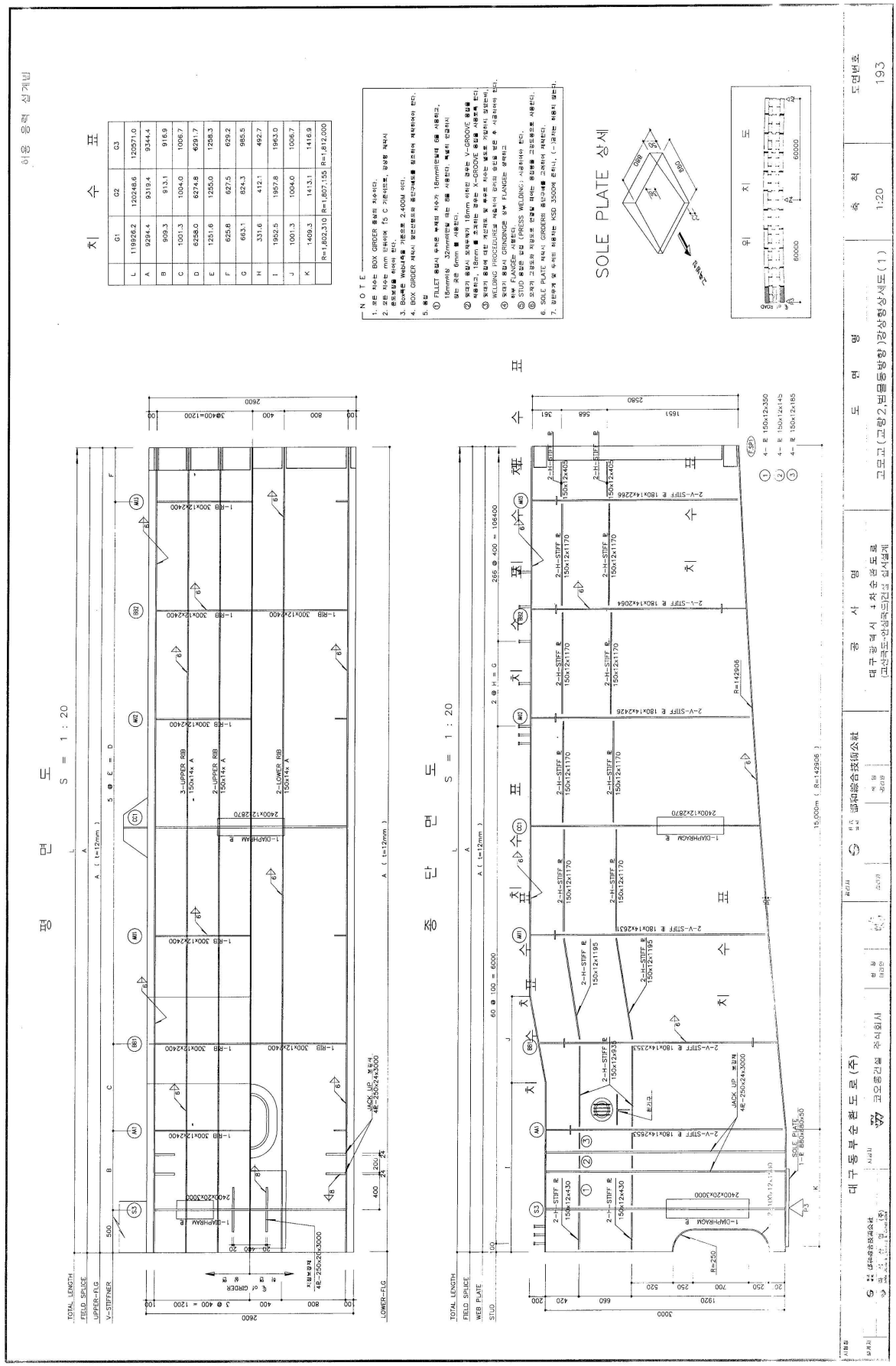
<그림 2.7> 슬래브 배근도(3)



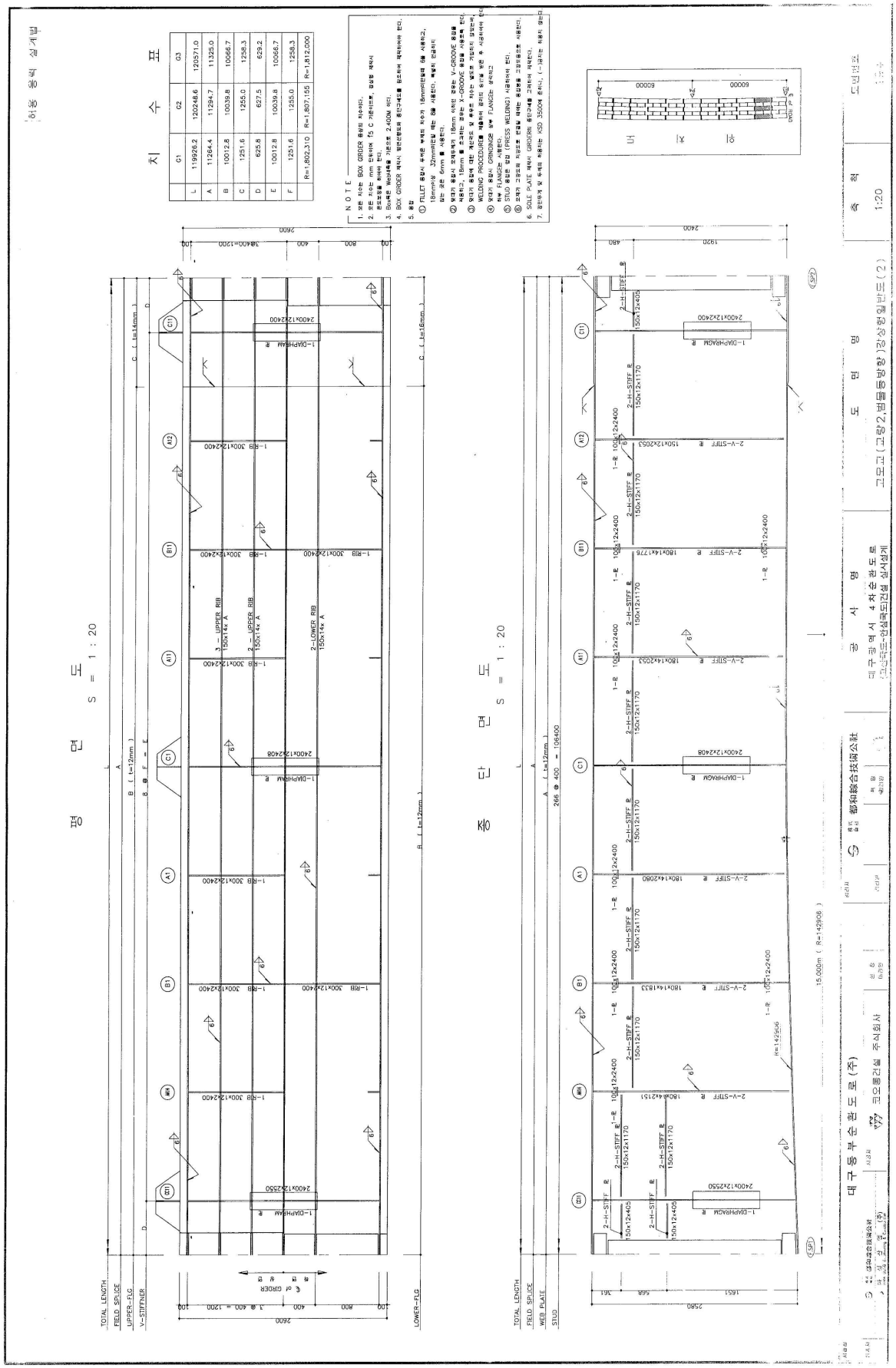
<그림 2.8> 강상형 일반도(1)



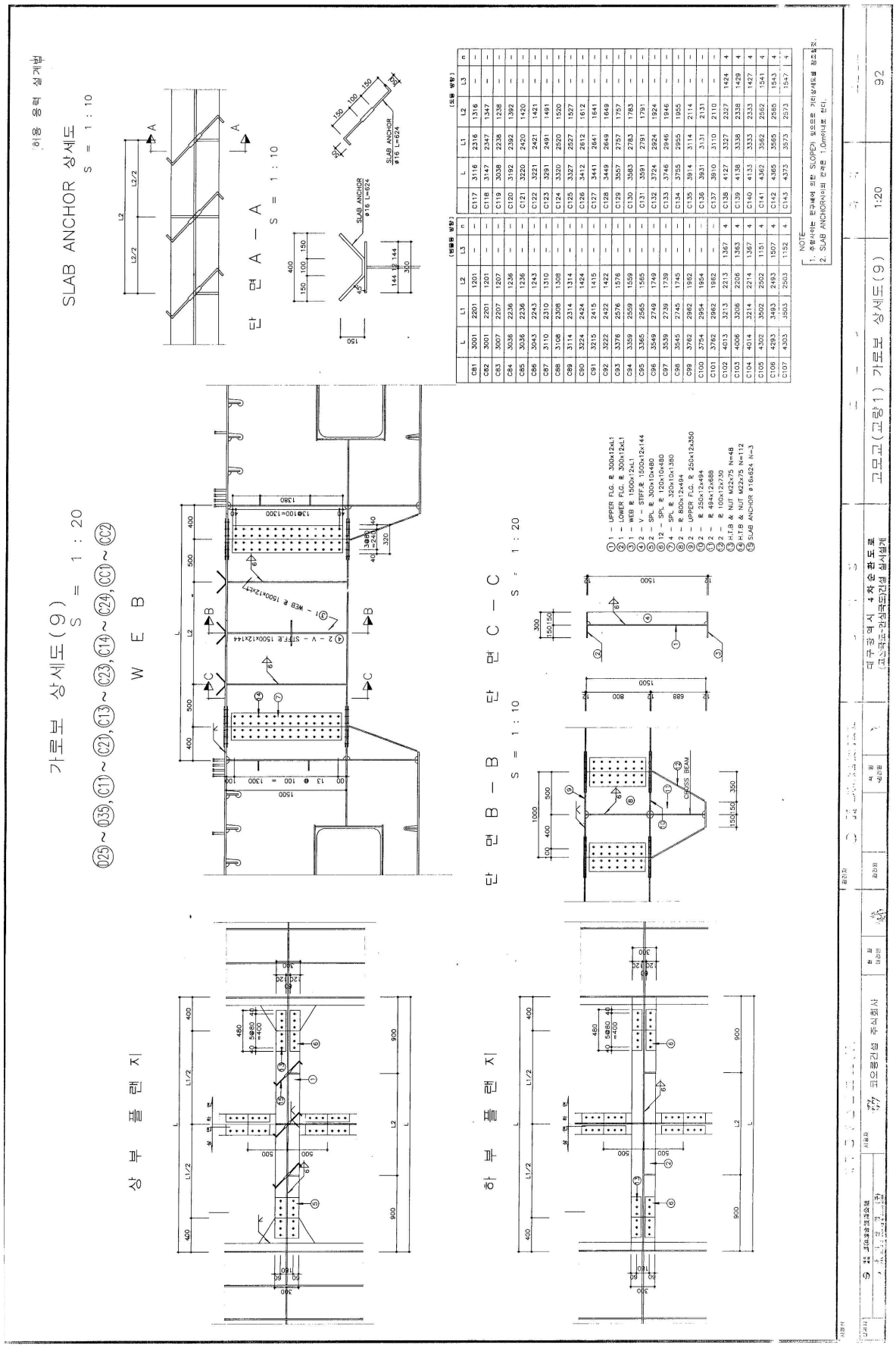
<그림 2.9> 강상형 일반도(2)



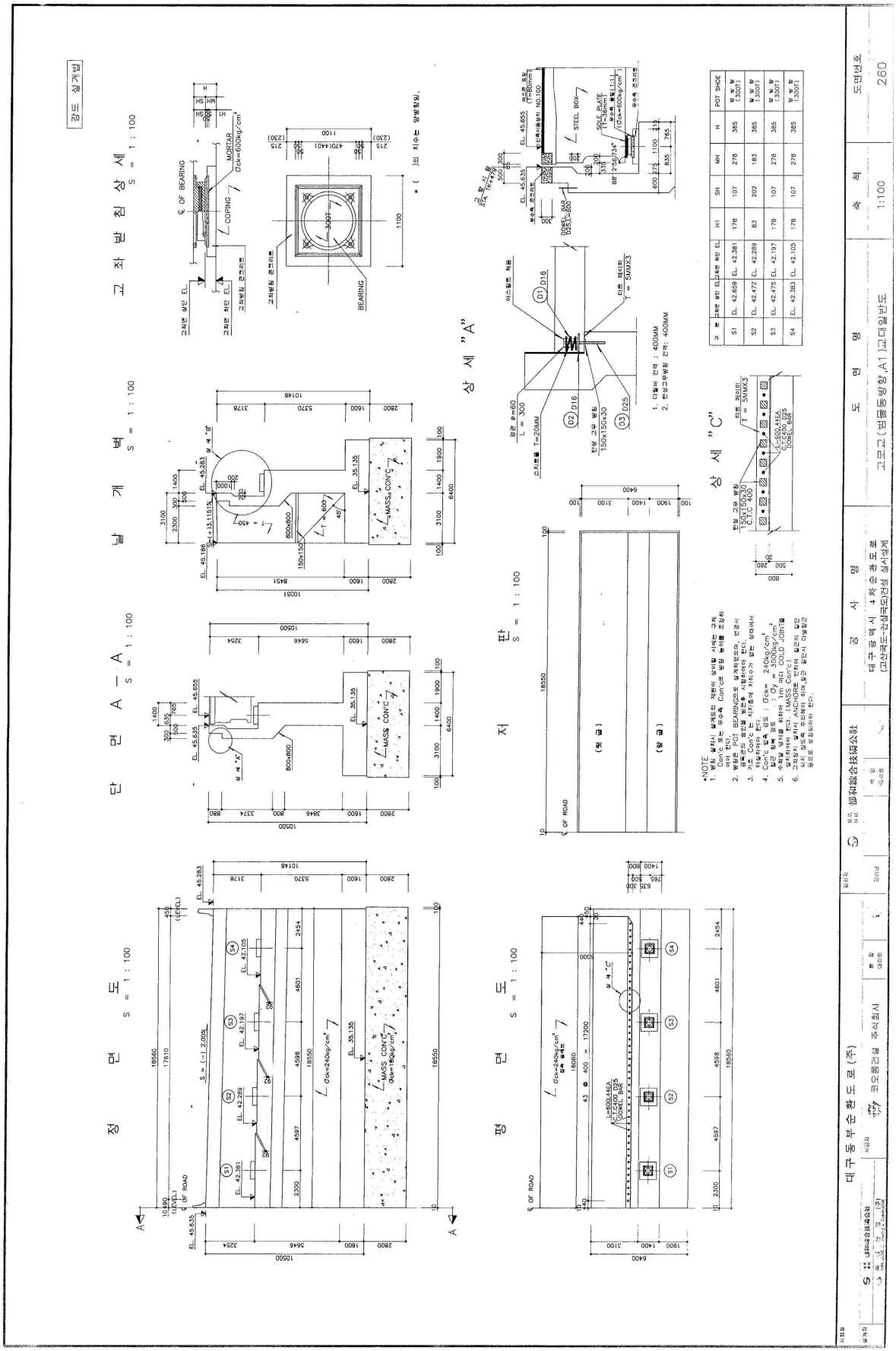
<그림 2.10> 강상형 상세도(1)



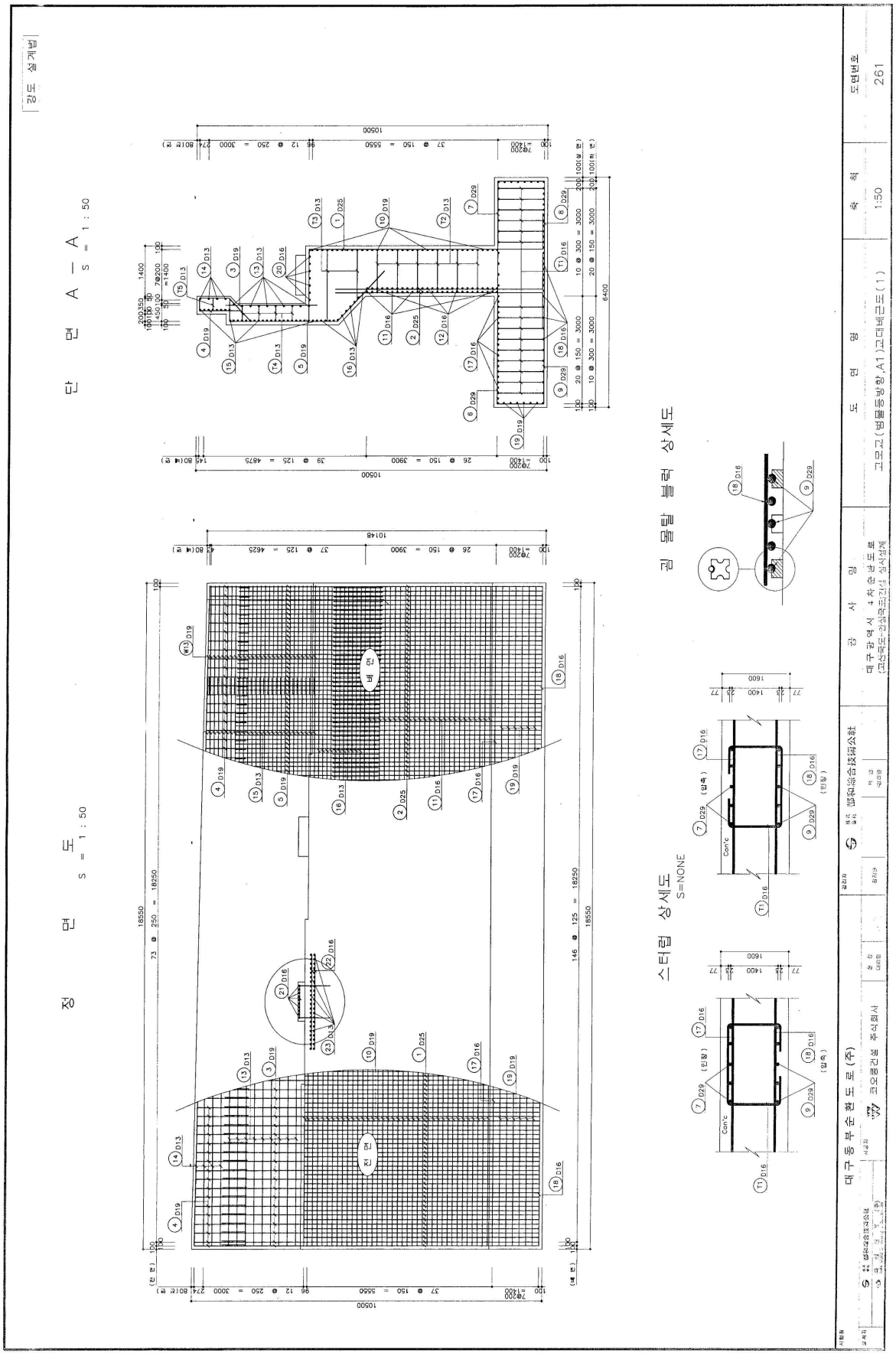
<그림 2.11> 강상형 상세도(2)



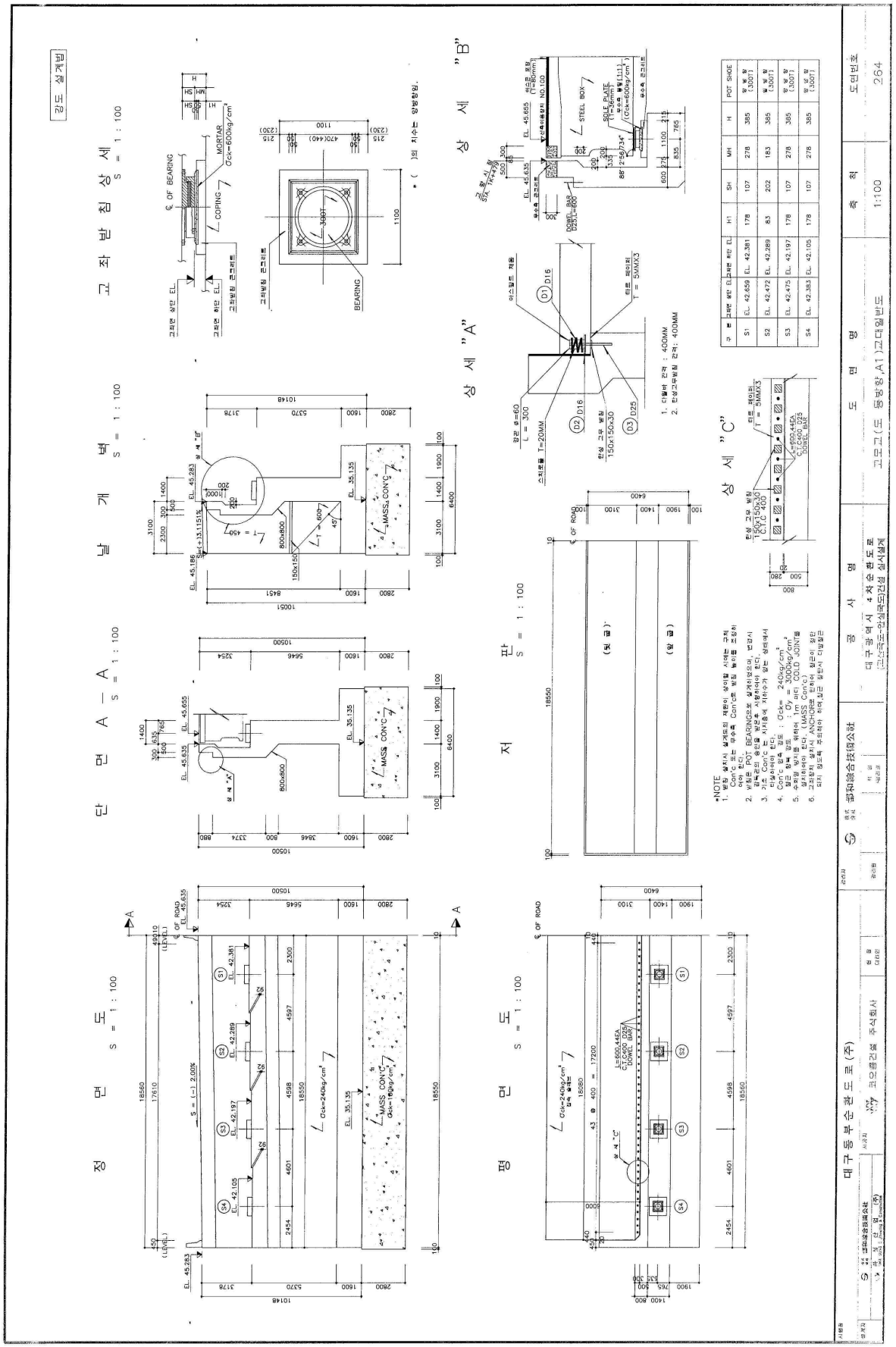
<그림 2.12> 강상형 CROSS BEAM 상세도



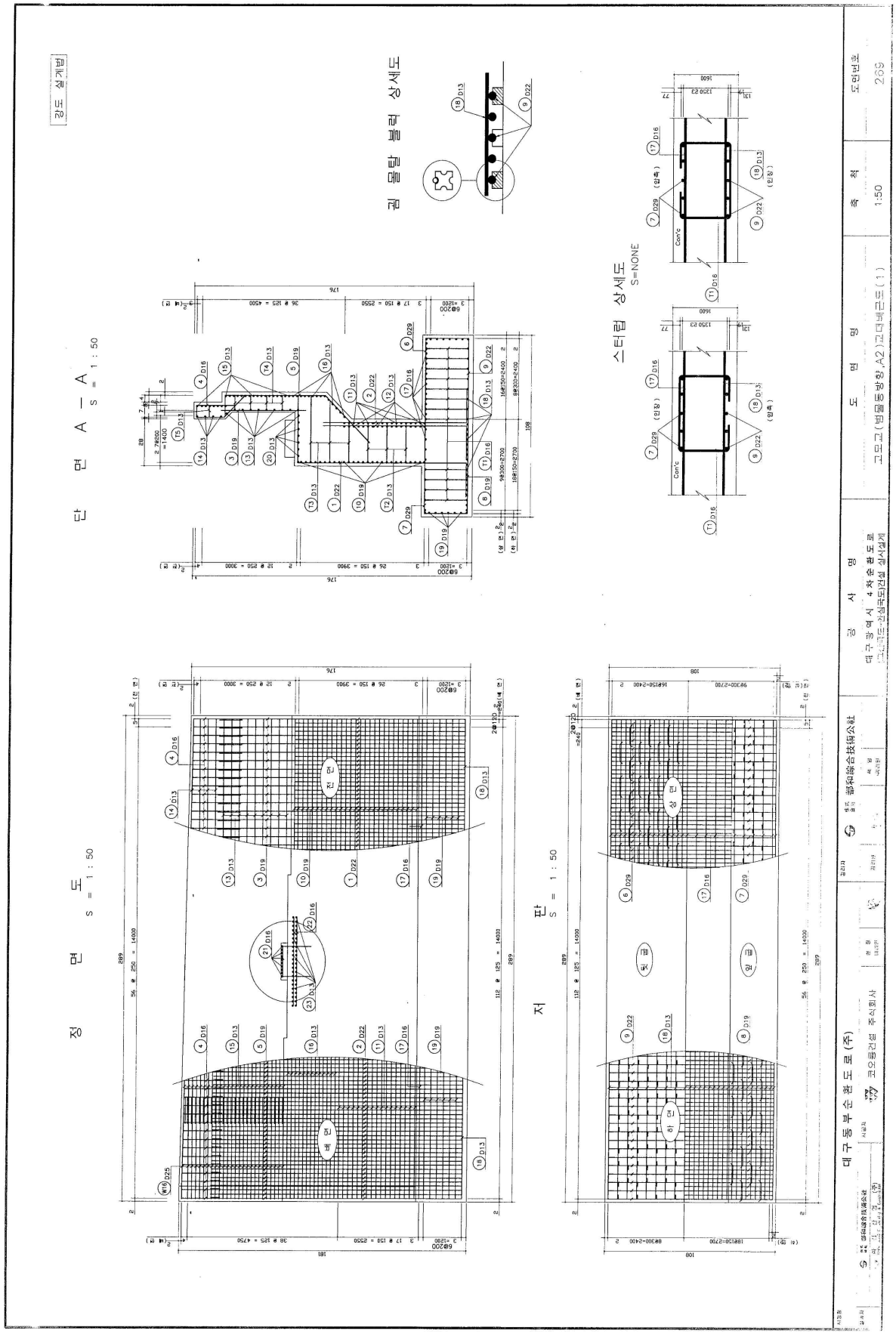
<그림 2.13> 시점부 교대 일반도



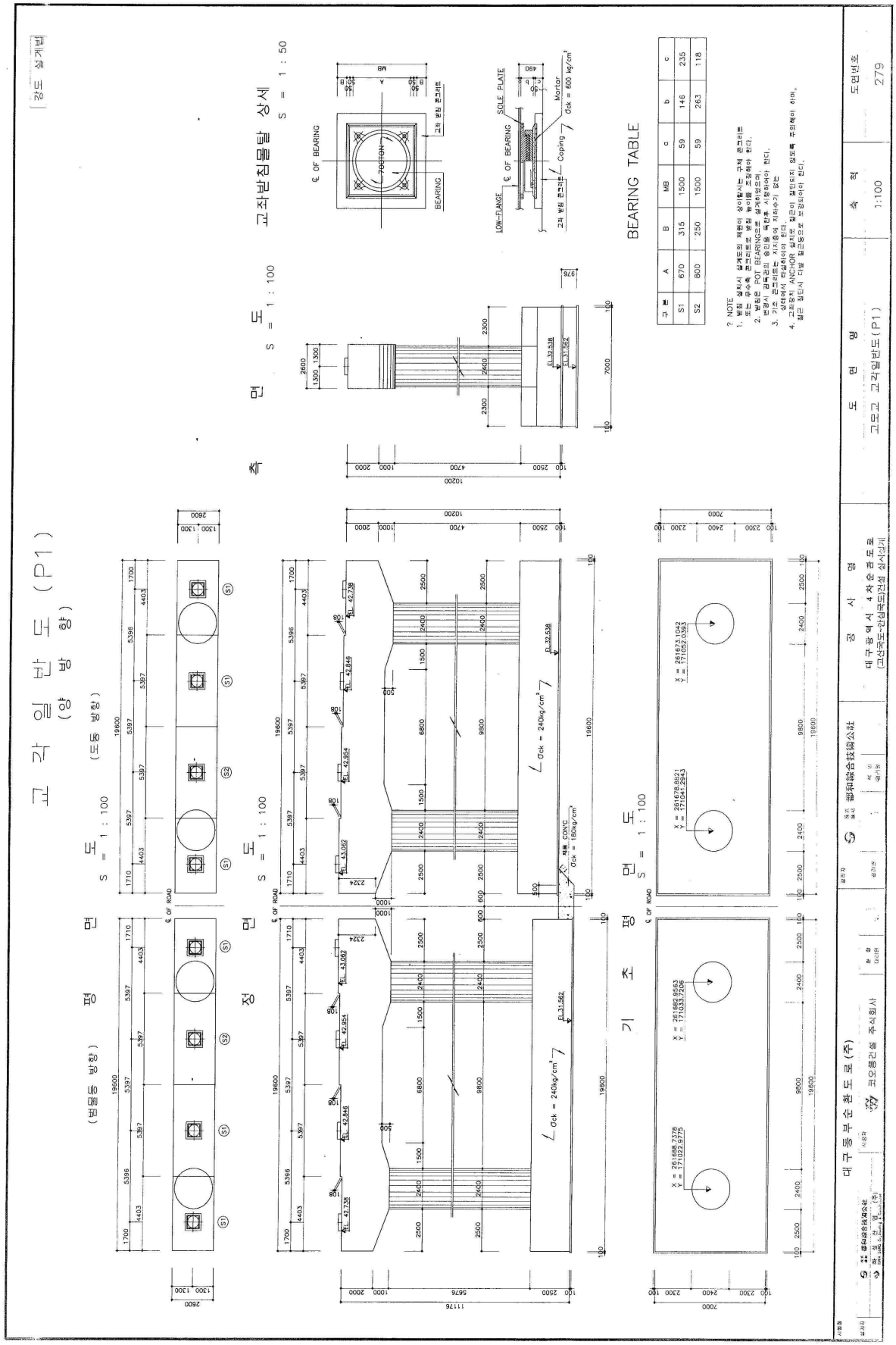
<그림 2.14> 시점부 교대 배근도



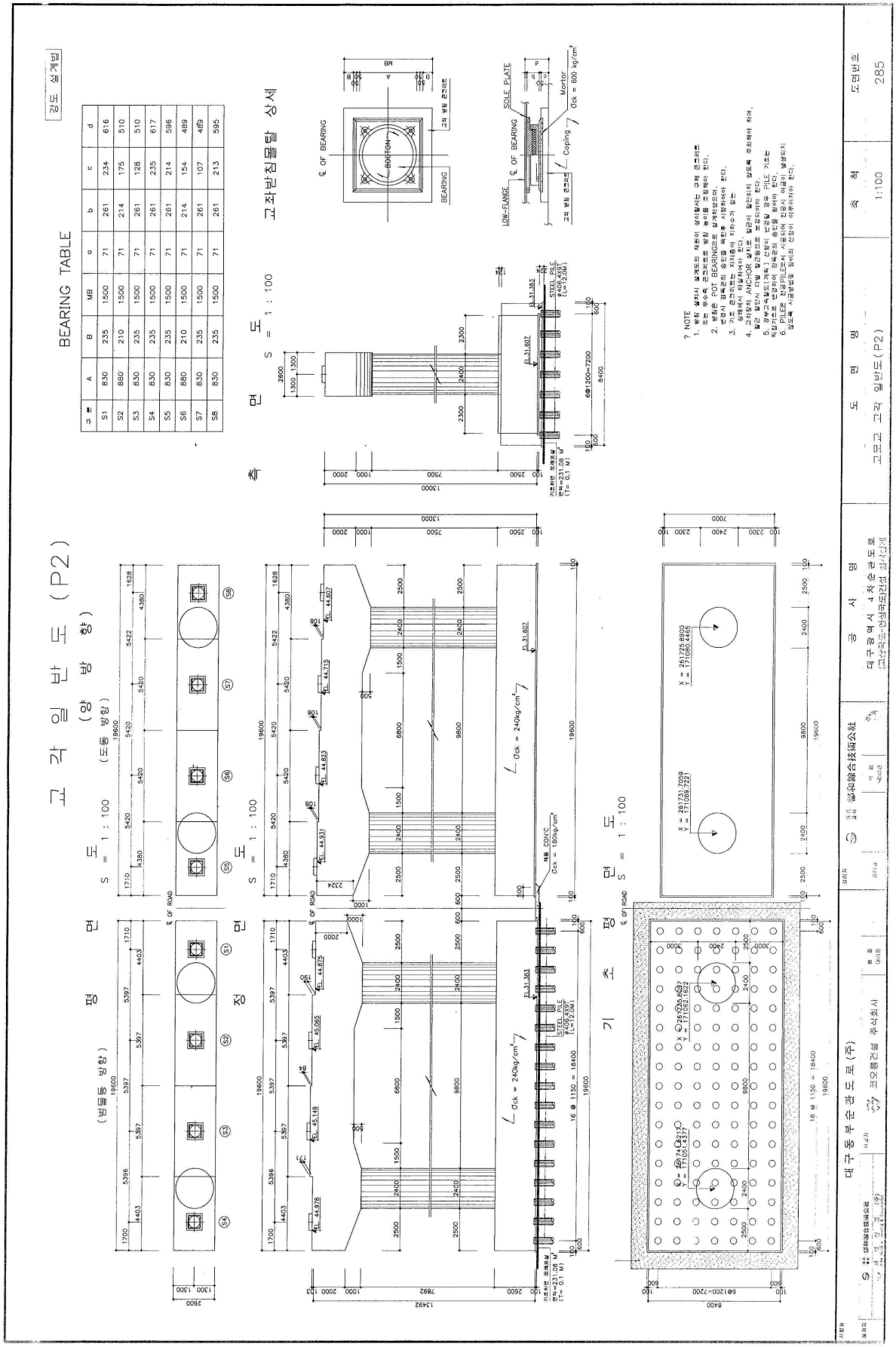
<그림 2.15> 종점부 교대 일반도



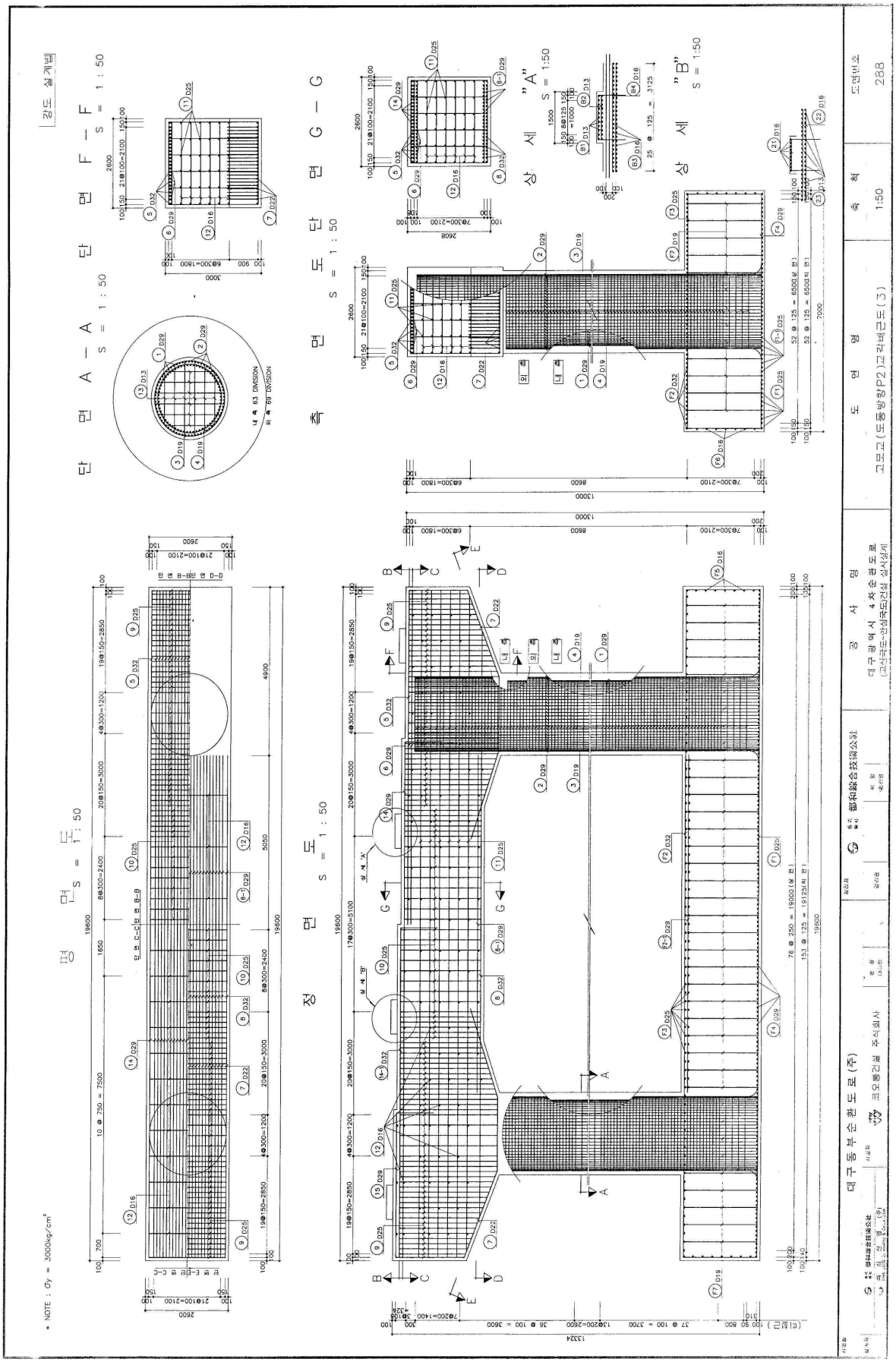
<그림 2.16> 종점부 교대 배근도



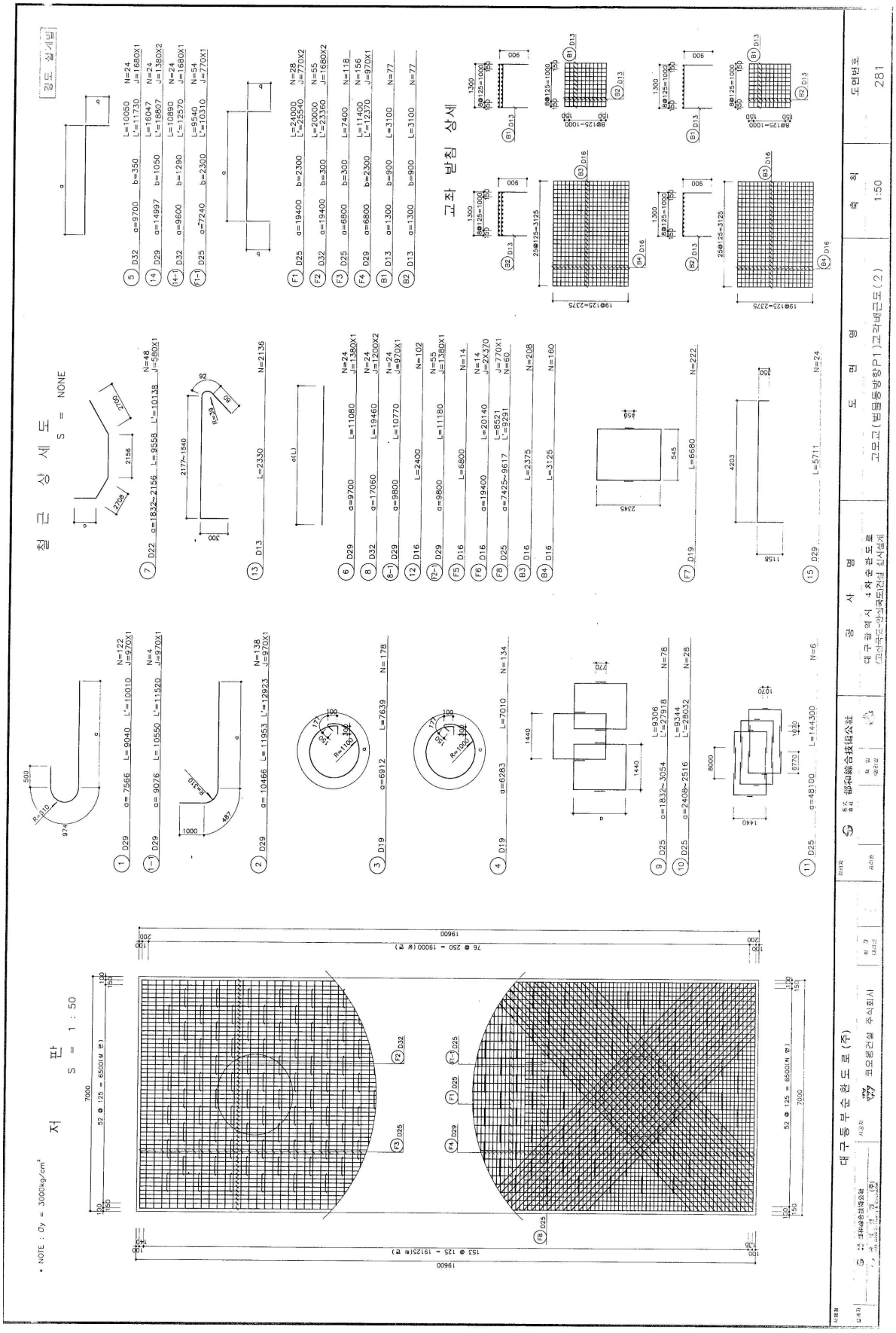
<그림 2.17> 교각 일반도(1)



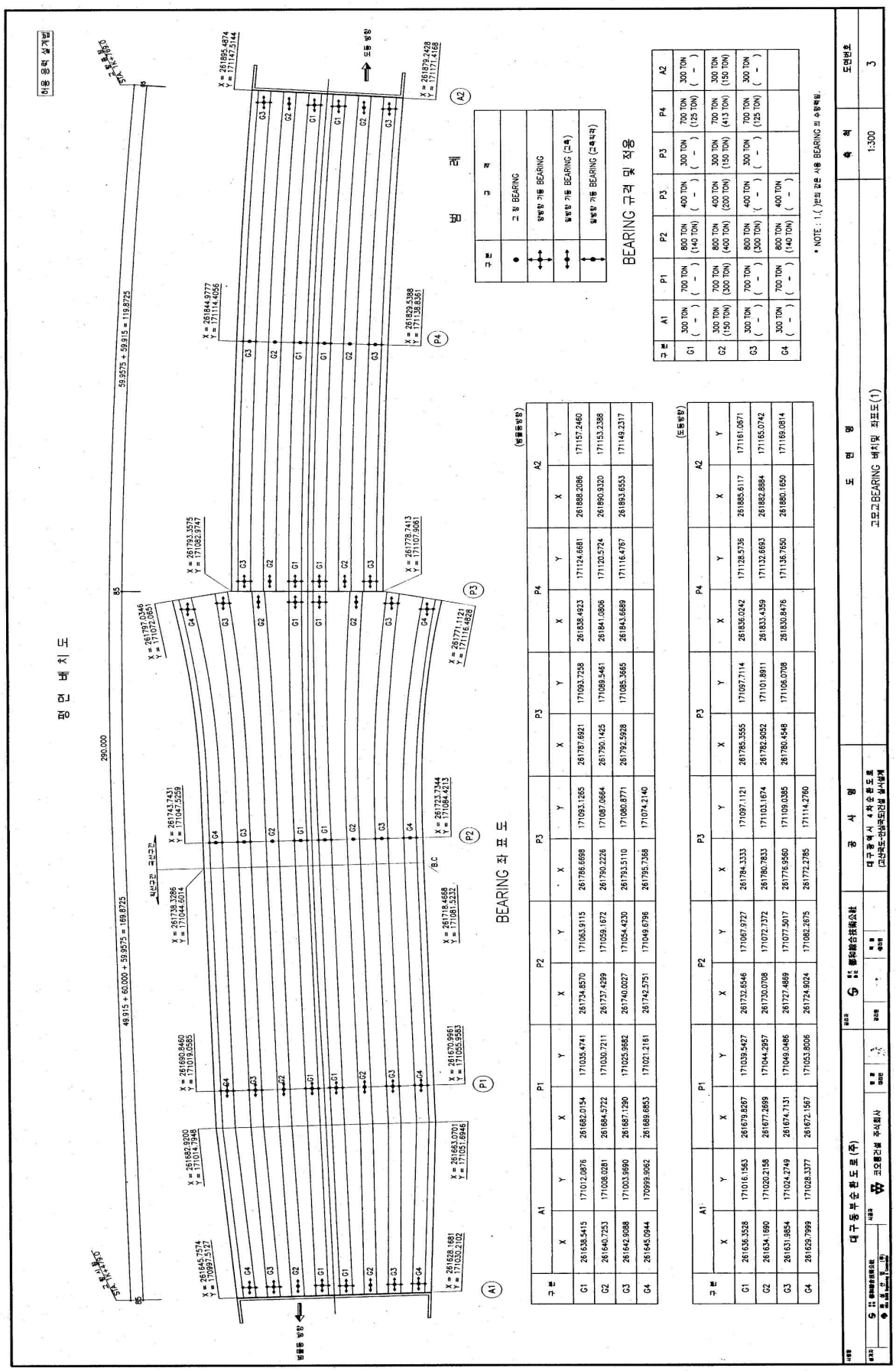
<그림 2.18> 교각 일반도(2)



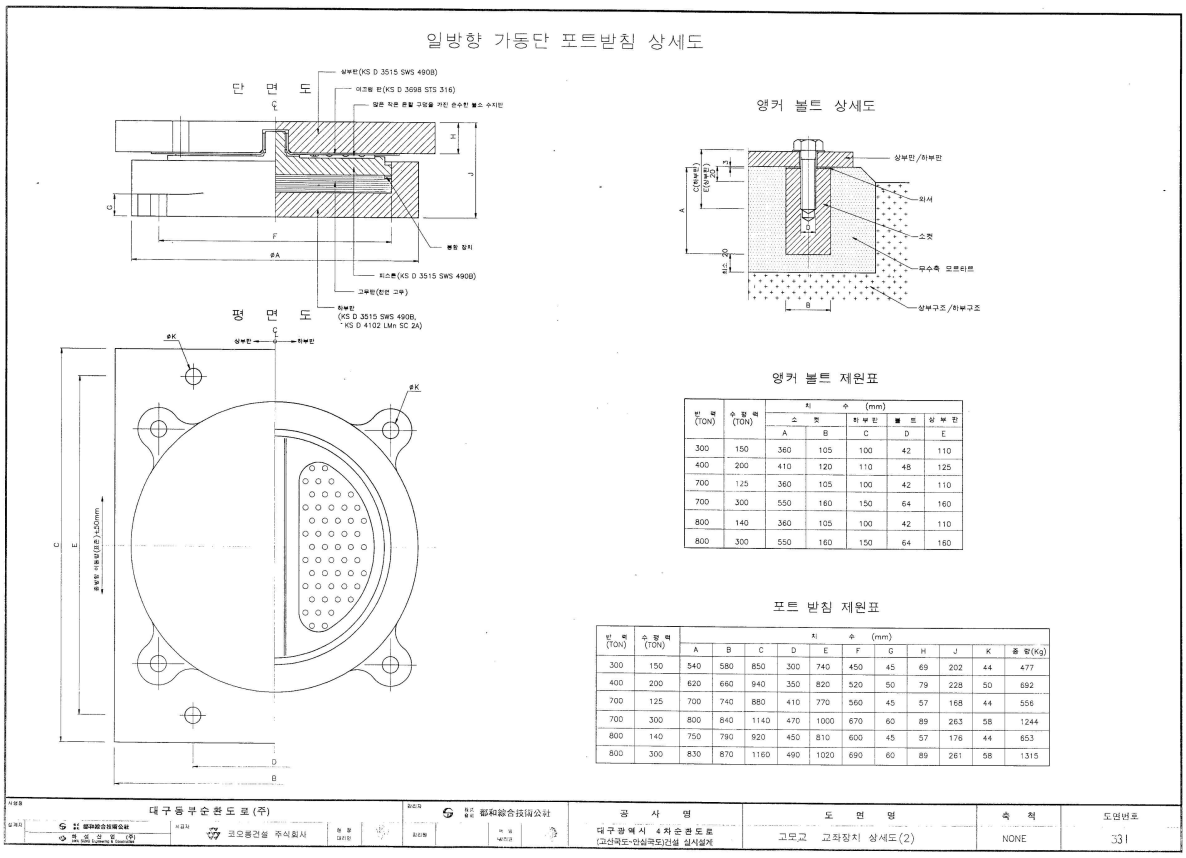
<그림 2.19> 교각 구조도(1)



<그림 2.20> 교각 구조도(2)

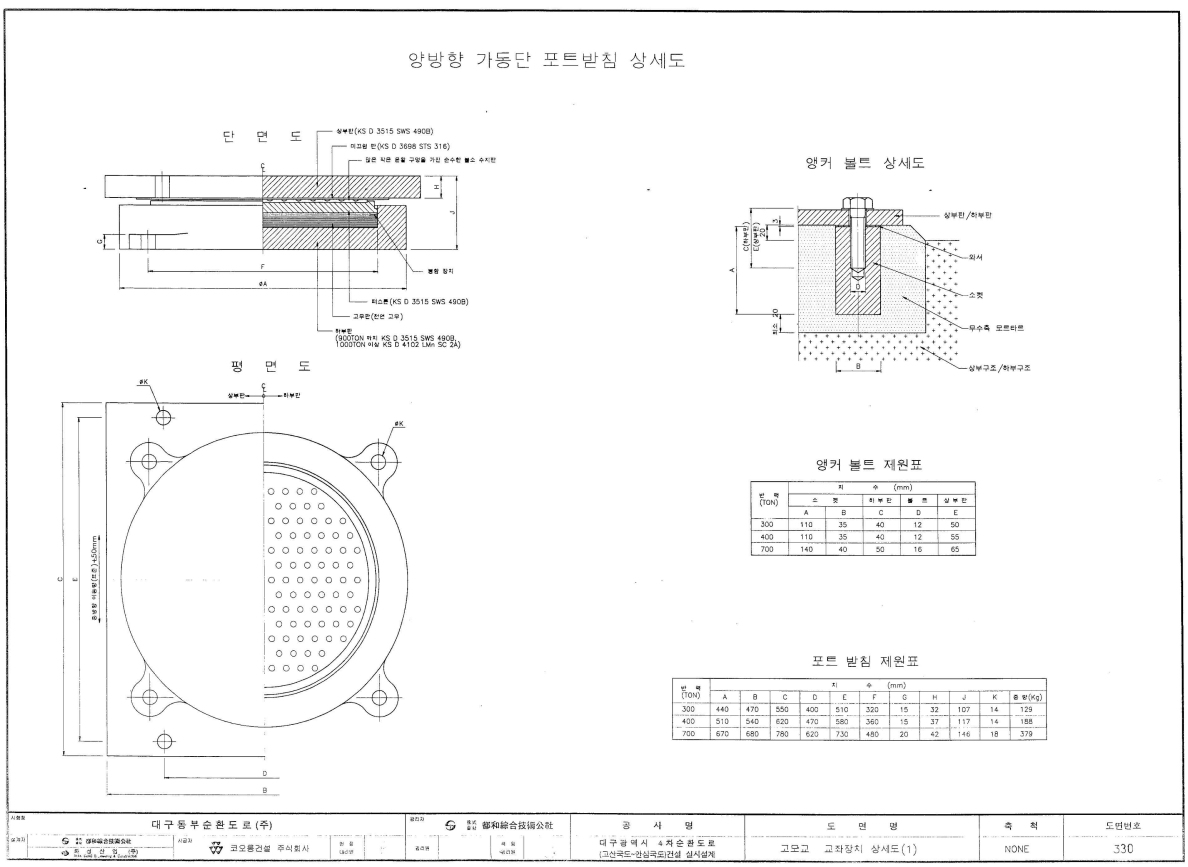


<그림 2.21> 교량받침 배치 평면도



반력 (TON)	수평력 (TON)	치수 (mm) 소켓 A	소켓 B	하부판 C	볼트 D	상부판 E
300	150	360	105	100	42	110
400	200	410	120	110	48	125
700	125	360	105	100	42	110
700	300	550	160	150	64	160
800	140	360	105	100	42	110
800	300	550	160	150	64	160

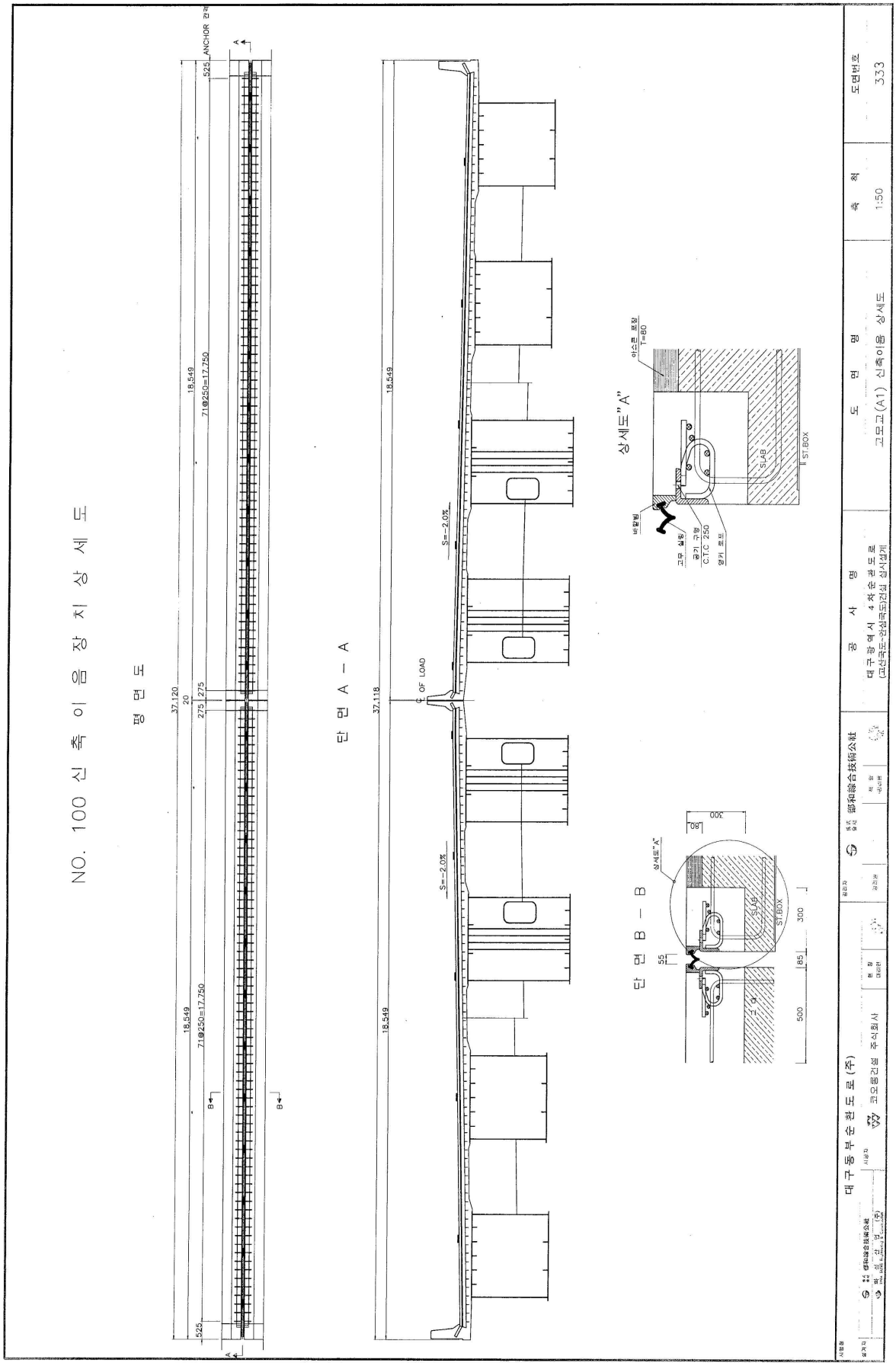
반력 (TON)	수평력 (TON)	치수 (mm) A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	중량(Kg)
300	150	540	580	850	300	740	450	45	69	202	44	477
400	200	620	660	940	350	820	520	50	79	228	50	692
700	125	700	740	880	410	770	560	45	57	168	44	556
700	300	800	840	1140	470	1000	670	60	89	263	58	1244
800	140	750	790	920	450	810	600	45	57	176	44	653
800	300	830	870	1160	490	1020	690	60	89	261	58	1315



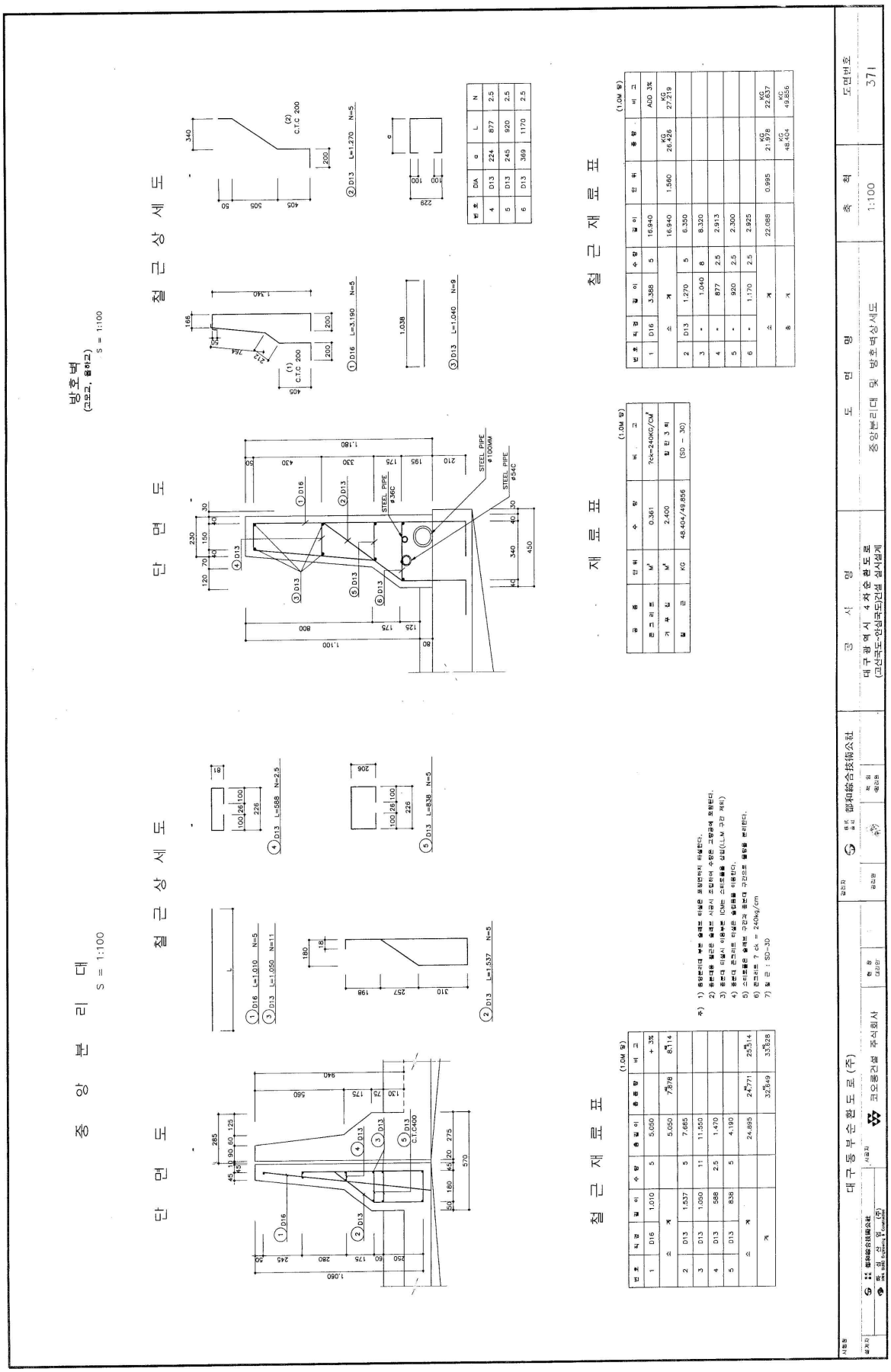
반력 (TON)	치수 (mm) 소켓 A	소켓 B	하부판 C	볼트 D	상부판 E
300	110	35	40	12	50
400	110	35	40	12	55
700	140	40	50	16	65

반력 (TON)	치수 (mm) A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	중량(Kg)
300	440	470	550	400	510	320	15	32	107	14	129
400	510	540	620	470	580	360	15	37	117	14	188
700	670	680	780	620	730	480	20	42	146	18	379

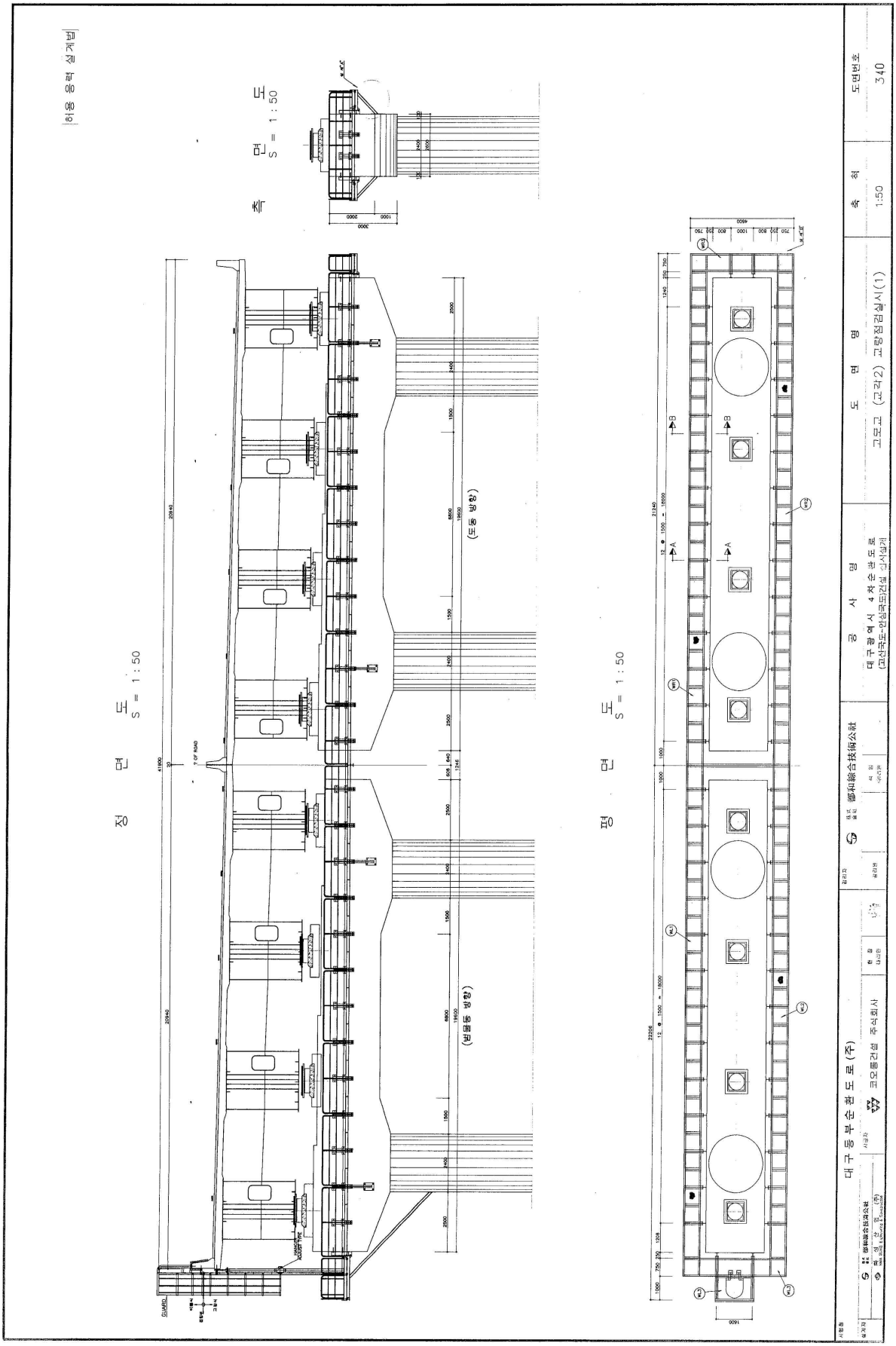
<그림 2.22> 교량받침 상세도



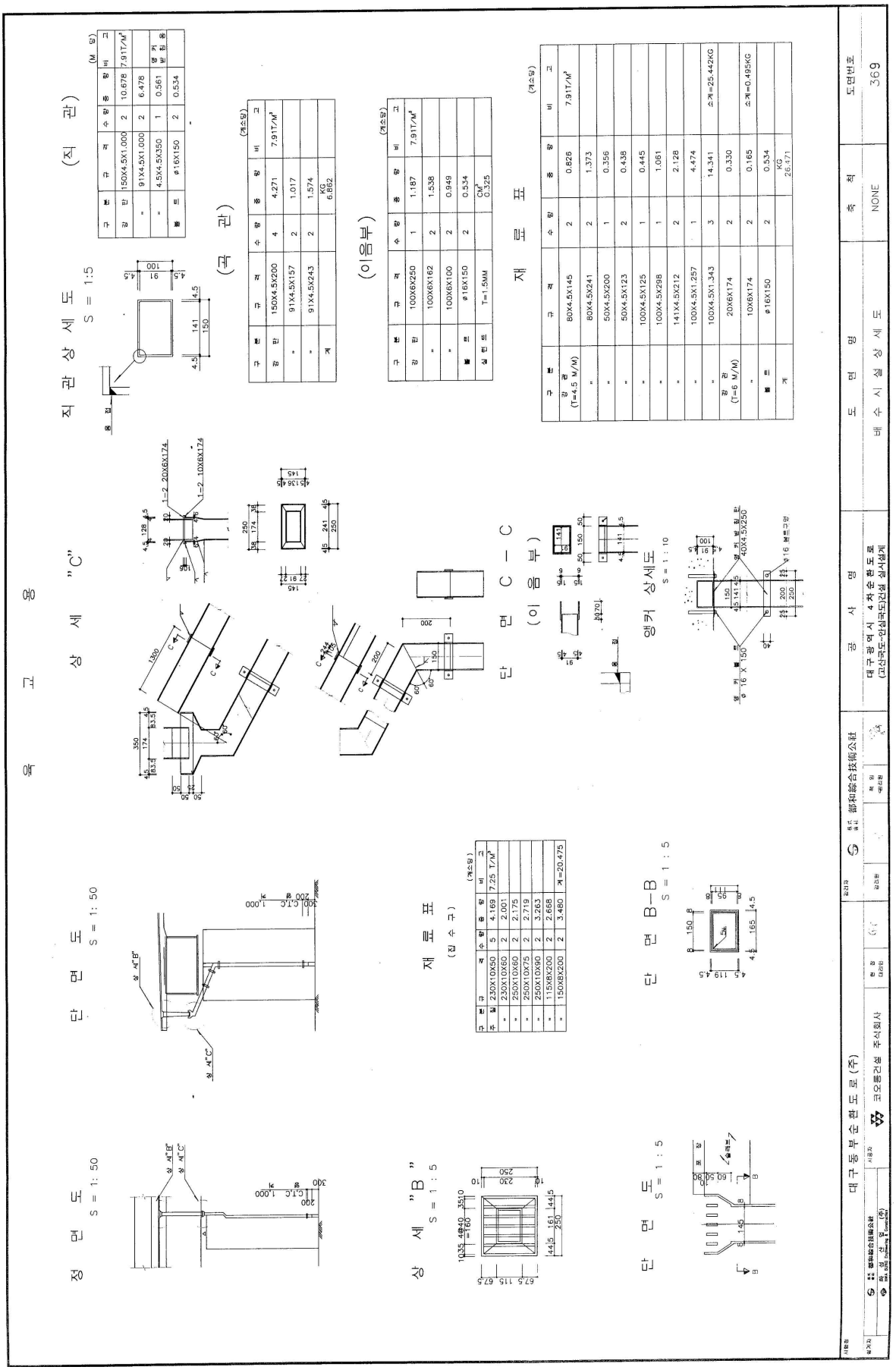
<그림 2.23> 신축이음장치 상세도



<그림 2.24> 방호벽 및 중앙분리대 상세도



<그림 2.25> 점검시설 평면도


배수시설 상세도
대구광역시 4차순환도로
(고산국도-안심국도)건설 실시설계
NONE
369
대구동부순환도로(주)
코오롱건설 주식회사
(주)삼보기술단
(주)대한엔지니어링
(주)건화
(주)한국종합기술
(주)대우엔지니어링
(주)한국종합기술
(주)한국종합기술
(주)한국종합기술

2.2.2 구조계산서

가) 설계기준

1.1.3 설계기준

1) 교량형식 : STEEL BOX GIRDER 교

2) 지간구성 : L = 50 + 2@60 = 170 m

3) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)

4) 하 중 :

i) 사하중

o 철근콘크리트 : Wc = 2.5 ton/m³

o 강 재 : Ws = 7.85 ton/m³

o A s c o n : Ws = 2.3 ton/m³

ii) 활하중

o DB-24, DL-24

o 충격계수 : $I = \frac{15}{40 + L} \leq 0.3$

6) 사용재료

i) 콘 크 리 트 : σck = 270 kg/㎠

ii) 철 근(SD40) : σy = 4,000 kg/㎠

iii) 강 재

o 주부재 : SWS 490 사용(상·하 Flange, Web, 중RIB, 수평보강재, 주부재 연결판)

o 부부재 : SWS 400 사용(주부재를 제외한 부재)

- 허용 인장응력

강 종	SWS 400	SWS 490
인 장 응 력	1,400 kg/㎠	1,900 kg/㎠

- 허용 휨 압축응력 (kg/㎠)

강 종		SS 400 SWS 400 SMA 41	SWS 490
압축 플랜지가 직접 콘크리트 바닥판에 고정되어 있는 경우 상자, π, 하이프 단면의 경우		1,400	1,900
상기 이외의 경우	$\frac{Aw}{Ac} \leq 2$	(a) $\frac{\ell}{b} \leq 4.5$: 1,400 (b) $4.5 < \frac{\ell}{b} \leq 30$ 1,400 $-24(\frac{\ell}{b} - 4.5)$	(a) $\frac{\ell}{b} \leq 4.0$: 1,900 (b) $4.0 < \frac{\ell}{b} \leq 30$ 1,900 $-38(\frac{\ell}{b} - 4.0)$
	$\frac{Aw}{Ac} > 2$	(a) $\frac{\ell}{b} \leq \frac{9}{k}$: 1,400 (b) $\frac{9}{k} < \frac{\ell}{b} \leq 30$ 1,400 $-12(k\frac{\ell}{b} - 9)$	(a) $\frac{\ell}{b} \leq \frac{8}{k}$: 1,900 (b) $\frac{8}{k} < \frac{\ell}{b} \leq 30$ 1,900 $-19(k\frac{\ell}{b} - 8.0)$

여기서,

Aw : 복부판의 총단면적(㎠)

Ac : 압축플랜지의 총단면적(㎠)

ℓ : 압축플랜지의 고정점간의 거리(cm)

b : 압축플랜지의 폭(cm)

- 허용 전단응력

강 종	SWS 400	SWS 490
인 장 응 력	800 kg/㎠	1,100 kg/㎠

iv) 고장력 볼트

볼트등급 나사호칭	F 8 T	F 10 T
M20	3,100 kg	3,900 kg
M22	3,900 kg	4,800 kg
M24	4,500 kg	5,600 kg

7) 설계방법

i) 바닥판 : 극한강도 설계법

ii) PLATE GIRDER : 허용응력

8) 참고문헌

i) 도로교 표준 시방서 ····· 건설교통부

ii) 콘크리트 표준 시방서 ····· 건설교통부

iii) 철근콘크리트 설계편람 ····· 건설교통부

1.1.4 사용재료

가. 콘크리트

종 류	골재(mm)최대치수	기준강도(kg/㎠)	적 용 구 조 물
1 종	25	σck = 270	주형교량 SLAB (ST.BOX교)
2 종	25	σck = 240	하부구조(교각,교대,기초,날개벽), 접속슬라브
수 중 콘크리트	25	σck = 240	현장타설 말뚝
3 종	40	σck = 210	MASS 콘크리트, 중력식 옹벽
5 종	40	σck = 135	면고르기 콘크리트

주 : 현장여건 및 사용장비에 따라 골재치수는 변경될 수 있다.

나. 철 근

KS D 3504에 적합한 제품을 기준으로 한다.

종 류	항복강도 (kg/㎠)	허용응력 (kg/㎠)	적 용	
SD 40	σy=4000	σsa=1800	일반적인 부재 (SLAB교, 라멘교)	σck=270kg/㎠ 이상일 때 사용
		σsa=1600	바닥판 및 지간이 10m 이하의 슬래브교, 수중 혹은 지하수위이하에 설치되는 구조물	
SD 30	σy=3000	σsa=1500	σck = 240kg/㎠ 이하일 때 사용	

다. 강 재

1) 일반강재

· 주부재 : SWS 490 (상·하플랜지, 복부판, 중 RIB, 주부재 연결판, 수평보강재, 지점보강재)

· 부주재 : SWS 400을 기준으로 한다. (주부재를 제외한 모든 부재)

라. 주요재료 물리상수

1) 콘크리트

· 탄성계수 : $Ec = 4,270\ W^{1.5}\sqrt{\sigma ck}$ (kg/cm²)에 준하되 다음값을 사용해도 좋다.

(kg/cm²)

σck	210	240	270	400
Ec	2.2×10^5	2.35×10^5	2.5×10^5	3.0×10^5

· 선 팽창 계수 : $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}$

· CREEP 계수 : $\phi = 2.8$(조강시멘트 경우), 3.0(보통시멘트 경우) (재령28일 기준)

· 건조수축계수 : 20×10^{-5} (재령 28일 기준)

2) 철 근

· $Es = 2.04 \times 10^6$ (kg/cm²)

3) 강 재

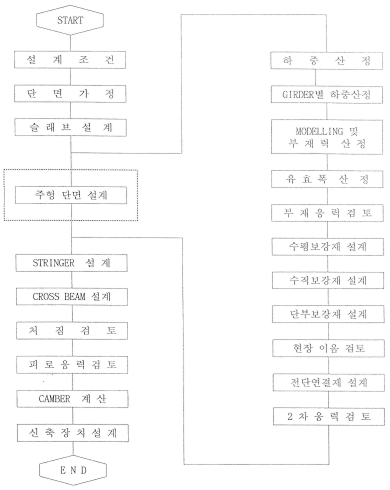
· 탄 성 계 수 : $Es = 2.1 \times 10^6$ (kg/cm²)

· 선 팽창 계수 : $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}$

1.2 교량형식별 설계

1.2.1 STEEL BOX GIRDER교

가. 설계순서



STEEL BOX GIRDER 설계순서 흐름도

나. 일반사항

1) 주형높이

폭보다 높이를 키울 경우 강성이 커져 구조적으로 좋으나 높이도 강재 운반에 지장이 있어 최대높이는 3.2m 정도이며, 최소높이는 강재 BOX에서 작업을 할 수 있는 공간을 고려하여 1.5m 이상이어야 한다. 본 과업에서는 경간에 따라 2.0m로 설계하였다.

2) 주형폭

최대폭을 강재운반을 고려하여 3.0m 정도로 하는 것이 바람직하며, 최소폭은 강재 BOX에서 작업을 할 수 있는 공간을 고려하여 1.2m이상이어야 한다. 본 설계에서는 2.4m로 통일하여 구조물의 표준화를 도모하였다.

3) 두께

주형에 쓰이는 단면두께는 도로교 시방서 P161 규정에 따르며 너무 두꺼운 부재를 사용하는 것은 강재가 저온시 취성파괴의 우려가 있어 피하는 것이 좋고, 최소두께는 8mm 이상(도시 P193), 압축응력을 받는 보강판의 최소두께 t=b/(48fn) (도시 P201)이상이나 플랜지의 최소두께는 용접후 변형방지를 고려하여 12mm로 하였다. 또한 플랜지의 판두께의 차이는 최대 12mm 정도로 하였다.

4) 용접

· 플랜지 및 복부판의 용접을 T가 18mm 이상이면 X용접 T가 18mm 보다 적으면 V형 용접을 사용하였다.

· STEEL BOX 종형리브의 교차점을 부재연결을 인장부는 용접을 하지 않고 압축부는 용접한다.

· 수직보강재 부착방법은 도로교 시방서 P303에 따른다.

· BUTT 용접시 인접부재와의 거리를 100 mm 이상 확보하였다.

· 단면이 다른 주요 부재의 막대기 이음에 있어서는 두께 및 폭을 서서히 변화시켜 길이 방향의 경사가 1/5 이하가 되도록 하였다.

· 필렛용접의 치수는 최소 6mm로 하여 등치수로 하는 것을 원칙으로 하였다.

다. 사용재료

본 과업의 강교에 적용한 주요 사용재료는 다음과 같다.

① 콘크리트 : 설계 기준 강도 : $\sigma ck = 270$ kg/cm²

탄 성 계 수 : $Ec = 2.5 \times 10^5$ kg/cm²

② 철 근 : 항 복 강 도 : $\sigma y = 4,000$ kg/cm²

탄 성 계 수 : $Ec = 2.5 \times 10^6$ kg/cm²

③ 강 재

· 주 부 재 : SWS 490 (상·하부 플랜지, 복부판, 종리브, DIAPHRAGM, 이음판, SOLE PLATE, 지점보강재, 수평보강재 등)

· 부 주 재 : SWS 400 (횡리브, 수직보강재, CROSS-BEAM, STRINGER 등)

라. 허용응력

1) 허용인장응력

강 종	SWS 400	SWS 490
축방향 인장응력	1,400	1,900

2) 허용 축 방향 압축응력

강 종	SWS 400	SWS 490
축 방 향 압 축 응 력	$l/r \le 20$ 1400 kg/cm²	$l/r \le 15$ 1900 kg/cm²
	$20 < l/r \le 93$ 1400-8.4 × (l/r - 20)	$15 < l/r \le 80$ 1900 - 13 × (l/r - 15)
	$93 < l/r$ $\frac{12000000}{6700 + (l/r)^2}$	$80 < l/r$ $\frac{12000000}{5000 + (l/r)^2}$

3) 허용전단응력

강 종	SWS 400	SWS 490
전 단 응 력	800 kg/cm²	1100 kg/cm²

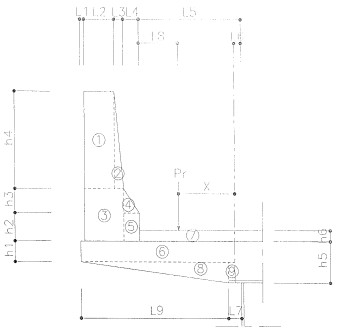
나) 구조검토 결과 요약

1) 상부구조(바닥판)

3. 바닥판의 설계

3.1 캔틸레버부

3.1.1 방호벽측



h1 =	0.250 m	L1 =	0.030 m	콘크리트 단위중량 :	2.50 t/m³
h2 =	0.205 m	L2 =	0.230 m	아스팔트포장 단위중량 :	2.30 t/m³
h3 =	0.175 m	L3 =	0.070 m	설계 속도 :	80 km/h
h4 =	0.700 m	L4 =	0.120 m	트럭의 1후륜하중 (Pr) :	9.60 t
h5 =	0.300 m	L5 =	0.800 m		
h6 =	0.080 m	L6 =	0.050 m		
		L7 =	0.100 m		
		L8 =	0.300 m		
		L9 =	1.150 m		

1) 사하중

NO.	작 용 하 중 (t)		거리 (m)	모멘트 (t·m)
1	0.23 × 0.7 × 2.5	= 0.403	1.055	0.425
2	½ × 0.07 × 0.7 × 2.5	= 0.061	0.917	0.056
3	0.3 × 0.38 × 2.5	= 0.285	1.020	0.291
4	½ × 0.12 × 0.175 × 2.5	= 0.026	0.830	0.022
5	0.12 × 0.205 × 2.5	= 0.062	0.810	0.050
6	1.2 × 0.25 × 2.5	= 0.750	0.600	0.450
7	0.75 × 0.08 × 2.3	= 0.138	0.375	0.052
8	½ × 1.15 × 0.05 × 2.5	= 0.072	0.433	0.031
9	0.05 × 0.05 × 2.5	= 0.006	0.025	0.0002
TOTAL		1.803		1.377

∴ Md = 1.377 t·m

2) 활하중 (DB-24 : Pr=9.6t)

윤하중 분포폭

E = 0.8·X + 1.14 = 0.8·0.45 + 1.14 = 1.5 m 여기서, X = 0.45 m

충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.45) = 0.371 > 0.3 ∴ i = 0.3

M_{l+i} = Pr/E · X · (1 + i) = (9.6 / 1.5) × 0.45 × (1 + 0.3)

= 3.744 t·m / m

3) 차량 충돌 하중 (도.시 p.138 참조) - 구시방서 참조(1992)

수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축방향 1m 마다 작용하는 것으로 한다.

H = (V / 60)² × 750 + 250 = (80 / 60)² × 750 + 250 = 1583.333 kg/m = 1.583 t/m

여기서, V : 차량의 설계속도 (km/h)

M_H = 1.583 × 1.0 = 1.583 t·m / m

4) 풍하중 (도.시 p.56 참조)

D= 0.300 + 0.205 + 0.175 + 0.700 + 2.400 = 3.780 M

B= 1.250 + 1.100 + (2.400 x 4)

+ (4.664 × 3) = 25.942 M

l < B/D= 6.863 < 8 이므로

[400 - 20(B/D)] D = 993.1572 = 0.993 t/m

Pw = 0.993 / 3.780 = 0.263 t/m²

Hw = 0.263 x 1.000 = 0.263 t/m

Yw = 0.880 M

Mw = 0.263 × 0.880 = 0.231 t·m / m

5) 하중 조합

① M_{u_1} = 1.3 M_d + 2.15 M_{l+i}

= 1.3 × 1.377 + 2.15 ×3.744 = 9.840 t·m / m

② M_{u_2} = 1.3 M_d + 1.3 M_{l+i} + 1.3 M_H

= 1.3 × 1.377 + 1.3 ×3.744 + 1.3 × 1.583 = 8.715 t·m / m

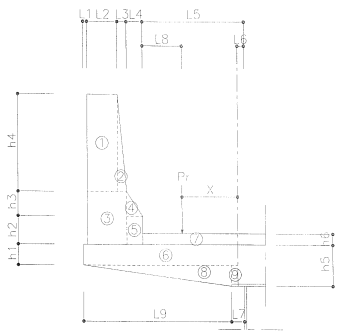
③ M_{u_3} = 1.3 M_d + 1.3 M_{l+i} + 1.3 M_W

= 1.3 × 1.377 + 1.3 ×3.744 + 1.3 × 0.231 = 6.958 t·m / m

6) 바닥판의 최소 전두께 (도.시 p.192)

h_{min} = (8·L + 23)×1.1 = ((8×0.45) + 23)×1.1 = 29.26 cm ⟶ 30 cm 사용

3.1.2 중분대측



h1 =	0.250 m	L1 =	0.000 m	콘크리트 단위중량 :	2.50 t/m³
h2 =	0.155 m	L2 =	0.090 m	아스팔트포장 단위중량 :	2.30 t/m³
h3 =	0.175 m	L3 =	0.060 m	설계 속도 :	80 km/h
h4 =	0.560 m	L4 =	0.125 m	트럭의 1후륜하중 (Pr) :	9.60 t
h5 =	0.300 m	L5 =	0.775 m		
h6 =	0.080 m	L6 =	0.050 m		
		L7 =	0.100 m		
		L8 =	0.300 m		
		L9 =	1.000 m		

3.2 중앙지간부

1) 사하중

철근콘크리트 : 0.25 × 2.50 = 0.625

아스팔트포장 : 0.08 × 2.30 = 0.184

Wd = 0.809 t/m²

Md = (1/10) · Wd · L² = (1/10) × 0.809 × 2.997² = 0.727 t · m

계산지간 L = 2.997 m 바닥판 지점의 수 n = 8

(최대 지간 기준)

2) 활하중 (DB-24 : Pr=9.6t)

충격계수 i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.997) = 0.349 > 0.3 ∴ i = 0.3

Ml+i = ((L+0.6)/9.6) · Pr · (1+i))*0.8 = ((2.997+0.6)/9.6)×9.6×(1+0.3))*0.8 = 3.741 t · m

여기서, 바닥판이 3개 이상의 지점을 가지므로 도.시 6.1.4 (1)의 규정에 따라

3) 극한모멘트(Mu) 계산

Mu = 1.3 Md + 2.15 M_{l+i} = 1.3×0.727 + 2.15×3.741 = 8.988 t · m

바닥판의 최소 전두께 (도.시 p.192)

h_{min}= (3 · L + 13)×1.10 = (3×2.997 + 13)×1.10 = 24.19 cm ⟶ 25 cm 사용

4) 철근량 계산

설계모멘트 : Mu = 8.988 (t · m)

유효 높이 : d = 19 (cm) , σ_y = 4000 kg/cm² , σ_f = 0.85

덮 개 : d' = 6 (cm) , σ_{ck} = 270 kg/cm² , k_1 = 0.85

폭 : b = 100 (cm) ,

3.3 바닥판의 사용성점토

3.3.1 캔틸레버부

1) 처짐점토 (콘크리트 시방서 p146)

σ_y = 4000 kg/cm² t = 30.000 cm

t min= 120.000 / 10 = 12 cm

σ_y = 4000 kg/cm² < σ_y = 4200 kg/cm² 이므로

12 x (0.4 + 4000 / 7000) = 11.657 cm

< T=30 cm 이므로 처짐점토 생략

2) 균열점토

설계모멘트 : Mu = 5.121 (t · m)

유효 높이 : d = 24 (cm) , σ_y = 4000 kg/cm²

덮 개 : d' = 6 (cm) , σ_{ck} = 270 kg/cm²

폭 : b = 100 (cm) , n = 8

사용철근량 As = H 16 @ 125 = 15.888 cm²

σ_{ca} = 0.4 X σ_{ck} = 108 kg/cm²

σs_a = 0.5 X σy = 2000 kg/cm²

P = As/bd = 0.0066

k = 0.276 j = 0.908

σ_c = 2M/k*j*b*d² = 70.952 kg/cm² < σca - O.K

σ_S = M/P*j*b*d² = 1483.551 kg/cm² < σsa - O.K

Mrc = 1/2*σca*k*j*b*d² = 7.795 T · M > Mu - O.K

Mrs = σsa*P*j*b*d² = 6.904 T · M > Mu - O.K

3) 휨 철근의 분포를 제한하는 수 Z산정 (도로교 표준시방서 P402)

Z = $\sigma s * \sqrt[3]{dc * A}$

A = 150 cm²

dc = 6 cm

σ_S = M/As*j*d = 1479.069 kg/cm²

Z = 14280.254 kg/cm² < 23170 kg/cm(옥외의 경우) - O.K

3.3.2 중앙지간부

1) 처짐점토 (콘크리트 시방서 p146)

σ_f = 4000 kg/cm² t = 25.000 cm

t min= 299.700 / 28 = 10.704 cm

σ_y = 4000 kg/cm² < σ_y = 4200 kg/cm² 이므로

10.704 x (0.4 + 4000 / 7000) = 10.398 cm

< T=25 cm 이므로 처짐점토 생략

2) 균열점토

설계모멘트 : Mu = 4.468 (t · m)

유효 높이 : d = 19 (cm) , σ_y = 4000 kg/cm²

덮 개 : d' = 6 (cm) , σ_{ck} = 270 kg/cm²

폭 : b = 100 (cm) , n = 8

사용철근량 As = H 16 @ 250 = 7.944 cm²

H 19 @ 250 = 11.460 cm²

σ_{ca} = 0.4 X σ_{ck} = 108 kg/cm²

σs_a = 0.5 X σy = 1600 kg/cm² (단, σs_a > 1600kg/cm², σs_a= 1600 kg/cm²)

P = As/bd = 0.0102

k = 0.331 j = 0.890

σ_c = 2M/k*j*b*d² = 84.027 kg/cm² < σca - O.K

σ_S = M/P*j*b*d² = 1363.376 kg/cm² < σsa - O.K

Mrc = 1/2*σca*k*j*b*d² = 5.743 T · M > Mu - O.K

Mrs = σsa*P*j*b*d² = 5.243 T · M > Mu - O.K

3) 휨 철근의 분포를 제한하는 수 Z산정 (도로교 표준시방서 P402)

Z = $\sigma s * \sqrt[3]{dc * A}$

A = 150 cm²

dc = 6 cm

σ_S = M/As*j*d = 1361.6901 kg/cm²

Z = 13146.974 kg/cm² < 23170 kg/cm(옥외의 경우) - O.K

3.4 지점부 바닥판 점토(도교시 P 241)

인장력을 받는 바닥판에서 콘크리트의 단면은 주어졌는 경우에는 바닥판콘크리트 단면적의 2% 이상의 교축방향 철근을 배근하여야 한다.

이 경우 교축방향 철근의 총주면장의 바닥판 콘크리트의 단면적에 대한 비, 즉 주장률은 0.045cm/cm² 이상이어야 한다.

Ac = 100 × 25 = 2500 cm²

As' = 2500 × 0.02 = 50 cm²

사용철근량 : 상면 H 25 @ 120 = 42.225 cm²

하면 H 25 @ 125 = 42.225 cm²

As = 84.450 cm²

∴ As = 84.5 cm2 > As' 50 cm² ----- O . K-----

주장율 = 7.85 × 16 / 2500 = 0.050

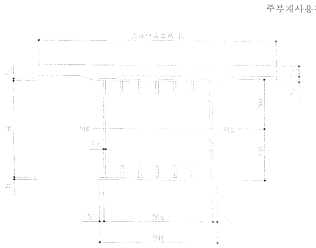
∴ 0.05000 > 0.04500 ----- O . K-----

2) 상부구조

4.2 주형 단면 성능 계산 (단면력 산정시)

1) SECTION TYPE 1

①내측 거더



주부재사용강종 : SWS 490

H = 2.400 m
B = 4.873 m
Bis= 2.400 m
Bit= 2.600 m (전체폭)
Ble= 2.600 m (유효폭)
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.012 m
Tl = 0.012 m
Tw = 0.012 m
S = 0.100 m
RIB 150 × 14 mm

단 면 제 원

단 면	B(cm)	H(cm)	AREA(cm²)	Y(cm)	A*Y(cm³)	A*Y²(cm⁴)	Ix(cm⁴)
1 - UPPER FLANGE	260.0	1.2	312.00	120.60	37627.2	4537840.3	37.4
5 - UPPER RIB	1.4	15.0	105.00	112.50	11812.5	1328906.3	1968.8
2 - WEB	1.2	240.0	576.00	0.00	0.0	0.0	2764800.0
2 - LOWER RIB	1.4	15.0	42.00	112.50	-4725.0	531562.5	787.5
1 - LOWER FLANGE	260.0	1.2	312.00	120.60	-37627.2	4537840.3	37.4
강단면 합계			1347.00		7087.5	10936149.4	2767631.1
1 - RC SLAB	467.3	25.0	11682.50	137.50	1606343.8	220872272.5	6934461.5

* As= 1347.00 cm² , Ac= 11682.50 cm²

②외측 거더

주부재사용강종 : SWS 490

H = 2.400 m
B = 4.873 m
Bis= 2.400 m
Bit= 2.600 m (전체폭)
Ble= 2.600 m (유효폭)
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.012 m
Tl = 0.012 m
Tw = 0.012 m
S = 0.100 m
RIB 150 × 14 mm

단 면 제 원

단 면	B(cm)	H(cm)	AREA(cm²)	Y(cm)	A*Y(cm³)	A*Y²(cm⁴)	Ix(cm⁴)
1 - UPPER FLANGE	260.0	1.2	312.00	120.60	37627.2	4537840.3	37.4
5 - UPPER RIB	1.4	15.0	105.00	112.50	11812.5	1328906.3	1968.8
2 - WEB	1.2	240.0	576.00	0.00	0.0	0.0	2764800.0
2 - LOWER RIB	1.4	15.0	42.00	112.50	-4725.0	531562.5	787.5
1 - LOWER FLANGE	260.0	1.2	312.00	120.60	-37627.2	4537840.3	37.4
강단면 합계			1347.00		7087.5	10936149.4	2767631.1
1 - RC SLAB	482.3	25.0	12057.50	137.50	1657906.3	227962116.3	627994.8

* As= 1347.00 cm² , Ac= 12057.50 cm²

(1) 합 성 전

Is' = As · Y² + ΣIs = 10936149.4 + 2767631.10 = 13703780.500 cm⁴

δs = Σ(A · Y)/ As = 7087.5 / 1347.00 = 5.262 cm

Is = Is' - As · δs² = 13703780.500 - 1347.00 × 27.689 = 13666483.417 cm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 240.0 / 2 + 1.2 - 5.262 = 115.938 cm

Ysl = H/2 + Tl + δs = 240.0 / 2 + 1.2 + 5.262 = 126.462 cm

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 2854.188 cm²

Ic/n = 78499.4 cm⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 132.238 cm

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 62.408 cm

dvs = dv - dvc = 69.830 cm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 74.908 cm

Yvcl = Yvcu - Tc = 49.908 cm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 46.108 cm

Yvsl = H + Tu + Tl - Yvsu = 196.232 cm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 26183394.418 cm⁴

* 순수 비틀림 상수(합성전)

$$K = \frac{4 \cdot b^2 \cdot h^2}{\frac{b}{tu} + \frac{2 \cdot h}{tw} + \frac{b}{tl}} = \frac{4 \times (241.2)^2 \times (241.2)^2}{\frac{241.2}{1.200} + \frac{2 \times 241.2}{1.200} + \frac{241.2}{1.200}} = 16838878.2 \text{ cm}^4$$

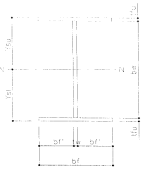
* 순수 비틀림 상수(합성후)

tu = ts+tc/8 : 4.325 cm

$$K = \frac{4 \cdot b^2 \cdot h^2}{\frac{b}{tu} + \frac{2 \cdot h}{tw} + \frac{b}{tl}} = \frac{4 \times (241.2)^2 \times (241.2)^2}{\frac{241.2}{4.325} + \frac{2 \times 241.2}{1.200} + \frac{241.2}{1.200}} = 20551153 \text{ cm}^4$$

21) 가로보

① 지점부



사용강재 : SWS 400

플랜지폭 bf = 30.0 cm

복부의폭 bw = 260.0 cm

복부판의 최소두께 (도로교시방서 Page223)

tw(min) = bw / 256 = 1.02 cm

복부판 사용두께 :tw = 1.2 cm > tw(min)

플랜지의 최소두께 (도로교시방서 Page154)

tf(min) = bf'/ 16 = 14.4 / 16 = 0.90 cm

상부플랜지 사용두께 tfu = 1.2 cm > tf(min)

하부플랜지 사용두께 tfl = 1.2 cm > tf(min)

구 분	A (cm²)	Y (cm)	A · Y (cm³)	A · Y² (cm⁴)	Io (cm⁴)
1 - UFLG 300 × 12	36.0	130.6	4701.60	614028.96	4.32
1 - WEB 2600 × 12	312.0	0.0	0.00	0.00	1757600.00
1 - LFLG 300 × 12	36.0	-130.6	-4701.60	614028.96	4.32
합 계	384.0		0.00	1228057.92	1757608.64

δ = ΣA · Y / ΣA = 0.00 / 384.0 = 0.0 cm

$I_x = \Sigma Io + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot \delta^2$

= 1757608.64 + 1228057.92 - 0.00 = 2985666.56 cm⁴

Ysu = bw/2 + tfu - δ = 260 / 2 + 1.2 - 0.0 = 131.2 cm

Ysl = bw/2 + tfl + δ = 260 / 2 + 1.2 + 0.0 = 131.2 cm

K = 1/3 Σbt³ = 184.32 cm⁴

◇ 실제 단면2와 모델트

③ 제2,3지점부 (P1,P2)

$I_{q'} = (a'/a) I_q$

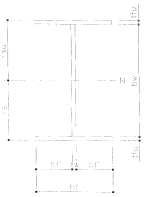
= (5.397 / 2.997) I_q

= 5376590.732 cm⁴

여기서, a'= 실제의 거더길이(cm)

a = MODELING의 거더길이(cm)

22) STRINGER



사용강재 : SWS 400

윗연지폭 bf = 25 cm

복부의폭 bw = 80 cm

복부판의 최소두께 (도로교시방서 Page223)

tw(min) = bw / 152 = 0.53 cm

복부판 사용두께 :tw = 1.2 cm > tw(min)

플랜지의 최소두께 (도로교시방서 Page154)

tf(min) = bf'/ 16 = 11.9 / 16 = 0.74 cm

상부플랜지 사용두께 tfu = 1.2 cm > tf(min)

하부플랜지 사용두께 tfl = 1.2 cm > tf(min)

구 분	A (cm^2)	Y (cm)	A·Y (cm^3)	A·Y^2 (cm^4)	Io (cm^4)
1 - UFLG 250 × 12	30.0	40.6	1218.00	49450.80	3.60
1 - WEB 800 × 12	96.0	0.0	0.00	0.00	51200.00
1 - LFLG 250 × 12	30.0	-40.6	-1218.00	49450.80	3.60
합 계	156.0		0.00	98901.60	51207.20

$\delta = \Sigma A \cdot Y / \Sigma A = 0.00 / 156.0 = 0.0$ cm

$I_x = \Sigma I_o + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot \delta^2$

$= 51207.20 + 98901.60 - 0.00 = 150108.80\ cm^4$

$Ysu = bw/2 + tfu - \delta = 80 / 2 + 1.2 - 0.0 = 41.2$ cm

$Ysl = bw/2 + tfl + \delta = 80 / 2 + 1.2 + 0.0 = 41.2$ cm

$K = 1/3\ \Sigma bt^3 = 74.88\ cm^4$

2. 표준구간(제2지간)

1) 사하중산정

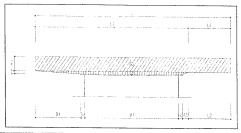
① 합성전

가) GIRDER 자중

* 가정치 : 바닥판의 단위 면적당 350kg이 작용 (0.350 t/m²)

나) 바닥판 자중

i) 외측 GIRDER (G1)



L = 5.149 B1= 2.400

L1= 3.900 B2= 0.100

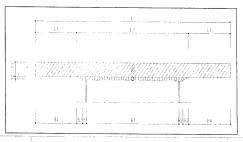
L2= 1.249 B3= 0.150

T1= 0.250 B4= 1.150

T2= 0.050

NO.	산 식	자 중	단 위	비 고
1(W_1)	5.149 X 0.250 X 2.5	3.218	T/M	
2(P_1)	(3.900 + 2.600) X 0.050 / 2 X 2.5	0.406	TON	

ii) 내측 GIRDER (G2)



L = 5.398 B1= 2.400

L1= 1.249 B2= 0.100

L2= 2.900 B3= 0.150

T1= 0.250 B4= 1.249

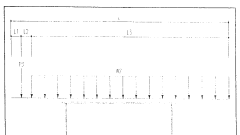
T2= 0.050

NO.	산 식	자 중	단 위	비 고
1(W_1)	5.398 X 0.250 X 2.5	3.374	T/M	
2(P_2)	(2.600 + 2.900) X 0.050 / 2 X 2.5	0.344	TON	

② 합성후

가) 포장, 방호벽, 연석등 기타 작용하는 사하중

i) 외측 GIRDER (G1)



L = 5.149 (4.999)

L1= 0.192 (0.145)

L2= 0.258 (0.130)

L3= 4.699 (4.724)

()안의 수치는 중분대측점.

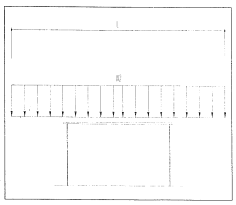
W_2 = 4.699 × 0.080 × 2.300 = 0.865 T/M (방호벽측포장)

W_2 = 4.724 × 0.080 × 2.300 = 0.869 T/M (중분대측포장)

P_3 = = 0.837 TON (방호벽)

P_4 = = 0.867 TON (중분대)

ii) 내측 GIRDER (G2)



L = 5.398

W_2 = 5.398 × 0.080 × 2.300 = 0.993 T/M (포 장)

2) 활하중산정

① 경간장 L = 60.0 M

- 충격계수

i = 15 / (40 + 55.0) = 0.158

- 설계차선폭

W = Wc / N = 20.225 / 6 = 3.371

o DL 하중 (1차선, 2차선 재하시)

WL = 1.270 × (1 + 0.158) = 1.471 T/m²

PM = 10.800 × (1 + 0.158) = 12.506 T/M

PS = 15.600 × (1 + 0.158) = 18.065 T/M

o DB 하중 (1차선, 2차선 재하시)

P_r = 9.600 × 2 × (1 + 0.158) = 22.234 T/m²

P_f = 2.400 × 2 × (1 + 0.158) = 5.558 T/M

o DL 하중 (3차선 재하시) (하중감소계수 : 0.9)

WL = 0.9 × 1.471 = 1.324 T/m²

PM = 0.9 × 12.506 = 11.255 T/M

PS = 0.9 × 18.065 = 16.259 T/M

o DB 하중 (3차선 재하시) (하중감소계수 : 0.9)

WL = 0.9 × 22.234 = 20.011 T/m²

PM = 0.9 × 5.558 = 5.002 T/M

o DL 하중 (3차선 이상재하시) (하중감소계수 : 0.75)

WL = 0.75 × 1.471 = 1.103 T/m²

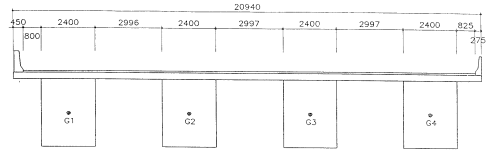
PM = 0.75 × 12.506 = 9.3795 T/M

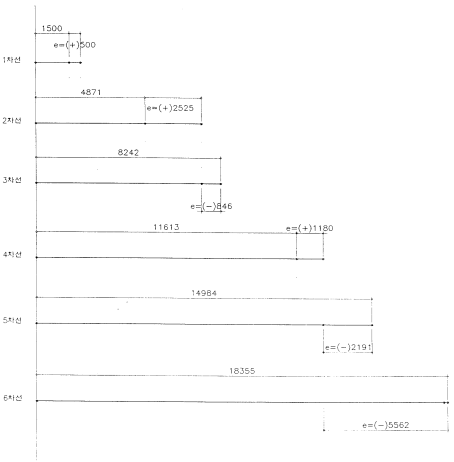
PS = 0.75 × 18.065 = 13.549 T/M

o DL 하중 (3차선 이상재하시) (하중감소계수 : 0.75)

WL = 0.75 × 22.234 = 16.676 T/m²

PM = 0.75 × 5.558 = 4.169 T/M





1496

2) 요소 물성치

	TYPE	합성전 A(㎡)	합성전 Ixx(㎡)	합성전 Iyy(㎡)	합성전 k	합성후 A(㎡)	합성후 Ixx(㎡)	합성후 Iyy(㎡)	합성후 k	비고
1	내측거더	0.1347	0.13666483	0.12263144	0.16838878	0.2807	0.25906337	0.40493264	0.20551153	
	외측거더	0.1347	0.13666483	0.12263144	0.16838878	0.2854	0.26183394	0.41479131	0.20551153	
2	내측거더	0.1392	0.14468459	0.12556078	0.17462540	0.2880	0.28039604	0.43007078	0.21457757	
	외측거더	0.1399	0.14468459	0.12556078	0.17462540	0.2927	0.28244719	0.43096543	0.21457757	
3	내측거더	0.1425	0.15370809	0.12733442	0.17512007	0.3003	0.30276343	0.45232054	0.21311164	
	외측거더	0.1425	0.15370809	0.12733442	0.17512007	0.2980	0.30171193	0.44780348	0.21311164	
4	내측거더	0.1477	0.18504011	0.13483942	0.19813795	0.3069	0.35159791	0.47906594	0.23859316	
	외측거더	0.1477	0.18504011	0.13483942	0.19813795	0.3038	0.35955560	0.45977466	0.23859316	
5	내측거더	0.1817	0.30945551	0.16321088	0.28217027	0.3426	0.57310341	0.51850203	0.28217027	
	외측거더	0.1817	0.30945551	0.16321088	0.28217027	0.3387	0.56969724	0.49344175	0.31665052	
6	내측거더	0.1851	0.34157346	0.16913284	0.29960507	0.3538	0.63985510	0.57751229	0.33502063	
	외측거더	0.1851	0.34157346	0.16913284	0.29960507	0.3460	0.62957443	0.52342399	0.33502063	
7	내측거더	0.1669	0.21133376	0.14425279	0.21745016	0.3355	0.39833705	0.55383223	0.25132751	
	외측거더	0.1669	0.21133376	0.14425279	0.21745016	0.3276	0.3919763	0.49954394	0.25132751	
8	내측거더	0.1625	0.18128195	0.13803943	0.19959571	0.3313	0.34270783	0.54741887	0.22906543	
	외측거더	0.1625	0.18128195	0.13803943	0.19959571	0.3235	0.33894363	0.4993058	0.22906543	
9	내측거더	0.1347	0.13955483	0.12263144	0.16838878	0.3034	0.26850053	0.53201089	0.20551153	
	외측거더	0.1347	0.13955483	0.12263144	0.16838878	0.2956	0.26570656	0.47792259	0.20551153	

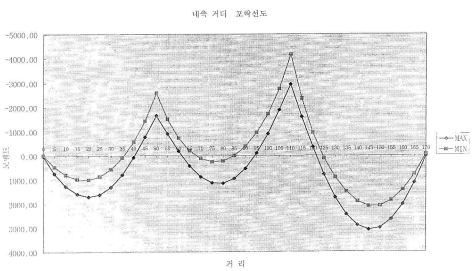
1506

	TYPE	합성전 A(㎡)	합성전 Ixx(㎡)	합성전 Iyy(㎡)	합성전 k	합성후 A(㎡)	합성후 Ixx(㎡)	합성후 Iyy(㎡)	합성후 k	비고
10	내측거더	0.1347	0.13666483	0.12263144	0.16838878	0.3034	0.26850053	0.53201089	0.20551153	
	외측거더	0.1347	0.13666483	0.12263144	0.16838878	0.2956	0.26570656	0.47792259	0.20551153	
11	내측거더	0.1730	0.19713147	0.14142913	0.20688450	0.3417	0.36362468	0.55080857	0.23660771	
	외측거더	0.1730	0.19713147	0.14142913	0.20688450	0.3339	0.35962451	0.55560594	0.23660771	
12	내측거더	0.1773	0.22955095	0.14764249	0.22804467	0.3460	0.40314698	0.55702194	0.25819875	
	외측거더	0.1773	0.22955095	0.14764249	0.22804467	0.3382	0.41551726	0.50293364	0.25819875	
13	내측거더	0.2465	0.49294734	0.20188853	0.34197715	0.4152	0.81584732	0.61126797	0.36351084	
	외측거더	0.2465	0.49294734	0.20188853	0.34197715	0.4074	0.80691354	0.55717908	0.36351084	
14	내측거더	0.2475	0.50627207	0.20328464	0.34728300	0.4162	0.83714718	0.61266429	0.36890808	
	외측거더	0.2475	0.50627207	0.20328464	0.34728300	0.4084	0.82787940	0.55857599	0.36890808	
15	내측거더	0.1773	0.22955095	0.14856823	0.22804467	0.3459	0.42016515	0.55817527	0.25819875	
	외측거더	0.1773	0.22955095	0.14856823	0.22804467	0.3382	0.41553627	0.50406647	0.25819875	
16	내측거더	0.1730	0.19713147	0.14235487	0.20688450	0.3418	0.36388747	0.55264522	0.23660771	
	외측거더	0.1730	0.19713147	0.14235487	0.20688450	0.3339	0.35965737	0.49806027	0.23660771	
17	내측거더	0.1763	0.19675428	0.14606811	0.20772370	0.3461	0.38681665	0.56438466	0.24502291	
	외측거더	0.1763	0.19675428	0.14606811	0.20772370	0.3376	0.38190540	0.50551429	0.24502291	
18	내측거더	0.1975	0.23163824	0.15841177	0.22561478	0.3976	0.44069213	0.84460449	0.25834506	
	외측거더	0.1975	0.23163824	0.15841177	0.22561478	0.3742	0.43624091	0.62960278	0.25834506	

1507

	TYPE	합성전 A(㎡)	합성전 Ixx(㎡)	합성전 Iyy(㎡)	합성전 k	합성후 A(㎡)	합성후 Ixx(㎡)	합성후 Iyy(㎡)	합성후 k	비고
19	내측거더	0.1616	0.23716584	0.14789547	0.24109375	0.3710	0.47314977	0.93183406	0.28293230	
	외측거더	0.1616	0.23716584	0.14789547	0.24109375	0.3429	0.45811884	0.65626249	0.28293230	
20	내측거더	0.1695	0.30130785	0.15934484	0.27893917	0.3899	0.60150913	1.07301708	0.32495695	
	외측거더	0.1695	0.30130785	0.15934484	0.27893917	0.3563	0.57999978	0.71540085	0.32495695	
교대	가로보(지점부 -5M)	0.0330	0.03546225	0.00009899	0.00000161					
1	가로보(지점부-10M)	0.0276	0.01890813	0.00010013	0.00000132					
교각	가로보(지점부-15M)	0.0253	0.01423995	0.00010161	0.00000122					
1	가 로 보 (중앙부)	0.0252	0.01440413	0.00010426	0.00000121					
교	가 로 보 (지점부)	0.3840	0.05376591	0.00009792	0.00000184					
2,3	가로보(지점부 -5M)	0.0330	0.03503827	0.00009785	0.00000161					
지	가로보(지점부-10M)	0.0276	0.01854797	0.00009788	0.00000132					
점	가로보(지점부-15M)	0.0253	0.01378827	0.00009763	0.00000122					
부	가 로 보 (중앙부)	0.252	0.01348826	0.00009763	0.01350034					
교	가 로 보 (지점부)	0.3840	0.04529030	0.00008235	0.00000184					
4	가로보(지점부 -5M)	0.0330	0.02961928	0.00008268	0.00000161					
지	가로보(지점부-10M)	0.0276	0.01559398	0.00008302	0.00000132					
점	가로보(지점부-15M)	0.0253	0.01171475	0.00008343	0.00000122					
부	가 로 보 (중앙부)	0.0252	0.01165134	0.00008434	0.01350034					
	세로보	0.1560	0.00053137	0.00150109	0.00000075					

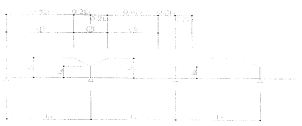
1508



1562

4.8 유효폭 계산

1) 등단지 유효폭 [도로교 시방서 p.220]



L_1 = 50.0 m L_2 = 60.0 m L_3 = 60.0 m 복부간격 : 2b = 2.400 m

플랜지돌출폭 : b_e = 0.300 m

① 단지간 중앙부

$l_1 = 0.8 \cdot L_1 = 0.8 \cdot 50 =$ 40.0 m

$b/l_1 = 1.2 / 40 =$ 0.03

여기서, $b/l \le 0.05$ 이므로

$\lambda_{L_1} = b = 1.2$ m

∴ 플랜지 유효폭 $B_1 = 2 \cdot (\lambda_{L1} + b_e) =$ 2.600 m

② 중간 지점부

$l_2 = 0.2 \cdot (L_1 + L_2) = 0.2 \cdot (50 + 60) =$ 22.0 m

$b/l_2 = 1.2 / 22 =$ 0.055

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$\lambda_S = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.077$ m

∴ 플랜지 유효폭 $B_2 = 2 \cdot (\lambda_{S1} + b_e) =$ 2.354 m

③ 중간 지간 중앙부

$l_3 = 0.6 \cdot L_2 = 0.6 \cdot 60 =$ 36.0 m

$b/l_1 = 1.2 / 36 =$ 0.033

여기서, $b/l \le 0.05$ 이므로

$\lambda_{L_3} = b = 1.2$ m

∴ 플랜지 유효폭 $B_3 = 2 \cdot (\lambda_{S1} + b_e) =$ 2.600 m

1565

3) 하부구조

고모교 (지점측교대)

1. 일 반 단 면

교대높이 10.500 m
저 판 폭 6.400 m
저판길이 18.550 m

2. 설 계 조 건

* 흙의 단위중량 (γt) : 1.900 t/m³
CON'C의 단위중량 (γc) : 2.500 t/m³
흙의 내부마찰각 (Φ) : 35.000 deg
흙의 점착력 (c) : 0.000 t/m²
배면 연직 경사각 : 0.000 deg
노면 수평 경사각 : 0.000 deg

* 기 초 바 닥 N치 : 40.000

* 흙과 콘크리트의 마찰각
o 상시
안정검토시 (RANKINE 토압사용) : 0.000 deg
단면검토시 (COULOMB 토압사용, Φ/3) : 11.667 deg
o 지진시
MonoNobe Okabe 공식사용 : 0.000 deg
직접기초 - Kh = 0.5A
경사말뚝 - Kh = 1.5A

-1446-
0636

* CON'C의 설계강도 : 240.000 kg/cm²
철근의 항복강도 : 3000.000 kg/cm²
* 과 재 하 중 : 1.000 t/m²
* 상 부 전 단 반 력
사하중 반력 : 27.346 t/M
활하중 반력 : 14.379 t/M
* 지진시 수평력 : 3.828 t/M
* 설계 가속도계수 : 0.140
* SHOE 마 찰 계 수 : 0.100
* 지하수위(지반 바닥에서) : -1.000 m
* 지반 마찰계수
Φ = √(15×N) + 15 = 39.495 deg
μ = tan(2/3Φ) = 0.495

1445
0637

3. 작용하중계산 및 안정검토

RANKINE 토압계수 Ka = 0.271
지진시 토압계수 Ke = 0.310

1) CASE-1 (상부공거설전, 수위고려, 활하중 미재하시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	저항모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	54.008	0.000	165.024	0.000
흙자중	45.848	0.000	230.130	0.000
상부공하중	0.000	0.000	0.000	0.000
토압	0.000	31.228	0.000	114.277
지표재하	0.000	0.000	0.000	0.000
부력	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	99.857	31.228	395.154	114.277

전도에 대한 안전율 = 395.155 / 114.278 = 3.46
활동에 대한 안전율 = 49.418 / 31.228 = 1.58 > 1.5
O.K.

2) CASE-2 (상시, 수위무시, 활하중 재하시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	저항모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	54.008	0.000	165.024	0.000
흙자중	45.848	0.000	230.130	0.000
상부공하중	41.724	2.734	116.829	20.908
토압	0.000	31.228	0.000	114.277
지표재하	2.600	0.000	13.259	0.000
합계	144.182	33.962	525.244	135.186

전도에 대한 안전율 = 525.245 / 135.187 = 3.89
활동에 대한 안전율 = 71.353 / 33.963 = 2.10 > 1.5
O.K.

-1447-
0638

3) CASE-3 (상시, 수위무시, 활하중 재재하시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	저항모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	54.008	0.000	165.024	0.000
흙자중	45.848	0.000	230.130	0.000
상부공하중	27.346	2.734	76.568	20.908
토압	0.000	31.228	0.000	114.277
지표재하	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	127.203	33.962	471.723	135.186

전도에 대한 안전율 = 471.723 / 135.187 = 3.49
활동에 대한 안전율 = 62.951 / 33.963 = 1.85 > 1.5
O.K.

4) CASE-4 (지진시, 수위무시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	저항모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	54.008	7.561	165.024	24.816
흙자중	45.848	6.418	230.130	37.018
상부공하중	27.346	3.828	76.568	29.268
토압	0.000	32.435	0.000	170.283
지표재하	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	127.203	50.243	471.723	261.388

전도에 대한 안전율 = 471.723 / 261.388 = 1.80
활동에 대한 안전율 = 62.951 / 50.243 = 1.25 > 1.2
O.K.

1448
0639

5) CASE-5 (상시, 수위고려, 활하중 제하시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	저항모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	54.008	0.000	165.024	0.000
흙자중	45.848	0.000	230.130	0.000
상부공하중	41.724	2.734	116.829	20.908
토압	0.000	31.228	0.000	114.277
지표재하	2.600	0.000	13.259	0.000
부력	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	144.182	33.962	525.244	135.186

전도에 대한 안전율 = 525.245 / 135.187 = 3.89

활동에 대한 안전율 = 71.353 / 33.963 = 2.10 > 1.5

O.K.

6) CASE-6 (상시, 수위고려, 활하중 비재하시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	저항모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	54.008	0.000	165.024	0.000
흙자중	45.848	0.000	230.130	0.000
상부공하중	27.346	2.734	76.568	20.908
토압	0.000	31.228	0.000	114.277
지표재하	0.000	0.000	0.000	0.000
부력	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	127.203	33.962	471.723	135.186

전도에 대한 안전율 = 471.723 / 135.187 = 3.49

활동에 대한 안전율 = 62.951 / 33.963 = 1.85 > 1.5

O.K.

7) CASE-7 (지진시, 수위고려)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	저항모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	54.008	7.561	165.024	24.816
흙자중	45.848	6.418	230.130	37.018
상부공하중	27.346	3.828	76.568	29.268
토압	0.000	32.435	0.000	170.283
지표재하	0.000	0.000	0.000	0.000
부력	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	127.203	50.243	471.723	261.388

전도에 대한 안전율 = 471.723 / 261.388 = 1.80

활동에 대한 안전율 = 62.951 / 50.243 = 1.25 > 1.2

O.K.

8) 지지력 계산 (심하중에 의한 값)

기초바닥 N치 : 40.000

흙의 단위중량 γt : 2.000 t/m³

흙의 점착력 c : 0.000 t/m²

기초의 저판폭 B : 6.399 m

기초의 유효근입깊이 Df : 1.600 m

구 분	상부공 시공전	지하수위무시			지하수위고려		
	CASE-1 비재하시	CASE-2 재하시	CASE-3 비재하시	CASE-4 지진시	CASE-5 재하시	CASE-6 비재하시	CASE-7 지진시
연직력	99.857	144.182	127.203	127.203	144.182	127.203	127.203
수평력	31.228	33.962	33.962	50.243	33.962	33.962	50.243
편심량 (e)	0.387	0.494	0.554	1.546	0.494	0.554	1.546
유효재하폭	5.625	5.410	5.291	3.307	5.410	5.291	3.307
유효 재하면적	104.353	100.366	98.153	61.346	100.366	98.153	61.346
변형계수(α)	1.090	1.087	1.085	1.053	1.087	1.085	1.053
변형계수(β)	0.469	0.470	0.471	0.482	0.470	0.471	0.482
Nr	91.871	91.871	91.871	91.871	91.871	91.871	91.871
Nq	77.269	77.269	77.269	77.269	77.269	77.269	77.269
Nr	94.540	94.540	94.540	94.540	94.540	94.540	94.540
극한지지력 Qa (t)	58987.87	73161.96	70569.44	33664.64	55590.37	53741.23	26942.01
허용지지력 Qa (t)	19662.62	24387.32	23523.14	16832.32	18530.12	17913.73	13471.00

9) 외력의 계산 (심하중에의한 값)

구 분	상부공 시공전	지하수위무시			지하수위고려		
	CASE-1 비재하시	CASE-2 재하시	CASE-3 비재하시	CASE-4 지진시	CASE-5 재하시	CASE-6 비재하시	CASE-7 지진시
기초폭	6.399	6.399	6.399	6.399	6.399	6.399	6.399
교대길이	18.549	18.549	18.549	18.549	18.549	18.549	18.549
연직력	99.857	144.182	127.203	127.203	144.182	127.203	127.203
수평력	31.228	33.962	33.962	50.243	33.962	33.962	50.243
저항모멘트	395.154	525.244	471.723	471.723	525.244	471.723	471.723
전도모멘트	114.277	135.186	135.186	261.388	135.186	135.186	261.388
편 심 량	0.387	0.494	0.554	1.546	0.494	0.554	1.546
허용편심량	1.066	1.066	1.066	2.133	1.066	1.066	2.133
지반반력 작용폭	6.399	6.399	6.399	4.960	6.399	6.399	4.960
최대지반 반력도	21.266	32.976	30.204	51.285	32.976	30.204	51.285
최소지반 반력도	9.938	12.080	9.546	0.000	12.080	9.546	0.000
허용지반 반력도	188.422 (66.0)	242.981 (60.0)	239.655 (60.0)	274.383 (90.0)	184.623 (60.0)	182.506 (60.0)	219.990 (90.0)
활동 안전율	1.582	2.100	1.853	1.252	2.100	1.853	1.252
허용활동 안전율	1.500	1.500	1.500	1.200	1.500	1.500	1.200

* ( )는 허용지반반력 상단값 (도.로.시 4.3.3.1 참조)

2) 교좌받침부 검토

a) 검토조건

· 연직하중 : 238.192 ton

· 수평하중 : 교 축 방 향 23.819 ton (Shoe 마찰력)

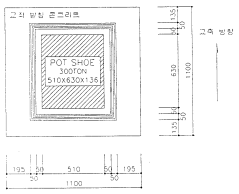
교축직각방향 23.819 ton (Shoe 마찰력)

· 기 타 : 교량지간 50 m

신축길이 50 + 2@60 = 170 m

받침 지지길이 1.265 m

· SHOE 받침부 상세



b) 연단거리 및 최소 받침 지지길이 검토

· 연단거리검토

$S = 20 + 0.5L = 20 + 0.5 \times 50 = 45$ cm

$\$ = 1.4 - (0.085 + 0.05 + 0.45 + 0.630 \times \frac{1}{2}) = 50$ cm

∴ S < $ 이므로 O.K

· 최소 받침 지지길이 검토

$N = 200 + 0.0017L + 0.0067H$ (mm)

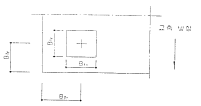
$= 200 + 0.0017 \times 170 \times 10^3 + 0.0067 \times 15 \times 10^3$

$= 589.5$ mm < 1256 mm ∴ O.K

c) 교좌장치 하면 보강 철근

· 연직하중에 의한 수평 철근량 : Bursting Force에 대한 보강

- 지압력 분포폭 (Bcx, Bcy)



B_{1x} = 510 mm

B_{2x} = 2045 mm

B_{1y} = 630 mm

B_{2y} = 815 mm

$5B_{1x} = 5 \times 510 = 2550$ mm < $2B_{2x} = 2 \times 2045 = 4090$ mm

$5B_{1y} = 5 \times 630 = 3150$ mm > $2B_{2y} = 2 \times 815 = 1630$ mm

∴ $B_{cx} = 2550$ mm , $B_{cy} = 1630$ mm

- 지압력 분포폭 (Bcx, Bcy)

교축방향 $= A_{sx1} = \frac{1}{4} \times (1 - \frac{B_{1x}}{B_{cx}}) \times \frac{P}{\sigma_{sc}}$

$= \frac{1}{4} \times (1 - \frac{51}{255}) \times \frac{238.192 \times 10^3}{1500} = 31.8$ ㎠

교축직각방향 $= A_{sy1} = \frac{1}{4} \times (1 - \frac{B_{1y}}{B_{cy}}) \times \frac{P}{\sigma_{sc}}$

$= \frac{1}{4} \times (1 - \frac{63}{163}) \times \frac{238.192 \times 10^3}{1500} = 24.4$ ㎠

· 수평하중에 의한 수평 철근량

- 보강철근량

교축방향 = $A_{sx2} = \frac{P_H}{\sigma_{sa}} = \frac{23.819 \times 10^3}{1500} = 15.9$ ㎠

교축직각방향 = $A_{sy2} = \frac{P_H}{\sigma_{sa}} = \frac{23.819 \times 10^3}{1500} = 15.9$ ㎠

· 철근보강범위

Bxo = $B_{1x} + B_{2x}$ = 51 + 204.5 = 255.5 cm

Byo = $B_{1y} + B_{2y}$ = 63 + 81.5 = 144.5 cm

∴ 교축방향 265 cm 구간에 보강

∴ 교축직각방향 145 cm 구간에 보강

· 철근 배근

- 교축방향

$A_{sx} = A_{sx1} + A_{sx2} = 31.80 + 15.9 = 47.70$ ㎠

USE'D A_{sx} = D16 × 13 EA (2단 배근) = 51.64 ㎠

- 교축직각방향

$A_{sy} = A_{sy1} + A_{sy2} = 24.4 + 15.9 = 40.3$ ㎠

USE'D A_{sy} = D13 × 20 EA (2단 배근) = 55.75 ㎠

d) 교좌 받침 블록 보강 철근

· 보강 개념

교좌 받침 분리 하부 구조 상면사이에 작용하는 수평하중에 대하여 수직철근의 전단 마찰로 저항함.

· 보강철근량

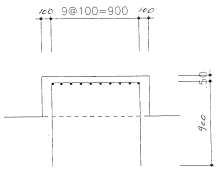
- 교축방향

$A_{sr} = \frac{P_H}{\sigma_{sa}} = \frac{23.819 \times 10^3}{1500} = 15.9$ ㎠

- 교축직각방향

$A_{sr} = \frac{P_H}{\sigma_{sa}} = \frac{23.819 \times 10^3}{1500} = 15.9$ ㎠

∴ USE'D A_s = D16@100 = 19.86 ㎠ ∴ O.K



※ 고모교 교각구조계산 TYPE

(단위 : m)

	범물동방향				도동방향				비고 (구조계산 TYPE)	
	COPING (B × L)	COLUMN (직경)	FOOTING (B × L)	교각높이	COPING (B × L)	COLUMN (직경)	FOOTING (B × L)	교각높이	범물동방향	도동방향
P1	19.6×2.6	2.40	19.6×7.0	11.18	19.6×2.6	2.40	19.6×7.0	10.20	TYPE 1	TYPE 1
P2	19.6×2.6	2.40	19.6×8.4	13.29	19.6×2.6	2.40	19.6×7.0	13.00	TYPE 2 (Pile 기초)	TYPE 1
P3	24.6×3.0	2.00	24.6×8.4	17.08	24.6×3.0	2.00	24.6×8.4	17.03	TYPE 4	TYPE 3 (Pile 기초)
P4	13.1×2.2	2.00	13.1×7.0	12.21	13.1×2.2	2.00	13.1×7.0	12.15	TYPE 6 (Pile 기초)	TYPE 5 (Pile 기초)

0790

1. 설계조건

1) 교각형식 : 라멘교각

2) 내진등급 : I등급

3) 응답수정계수 (R)

-교각설계시 : 5.0

-기초설계시 : 2.5

4) 반성지점력 (내진해석결과)

① 교축직각방향

- P1 : 345.89 t - P2 : 416.000 t

- P3 : 330.790 t - P4 : 119.910 t

② 교축방향

- P2 : 912.75 t

5) 사용재료

① 콘크리트 : σ ck = 240 kg/㎠

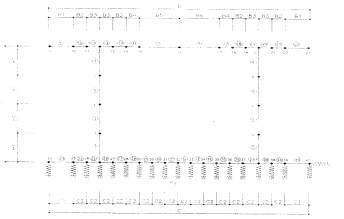
② 철 근 : σ y = 3000 kg/㎠

-1607-

0792

2. 교축직각방향

2.1 Modelling



B = 19.600 m
B1 = 1.700 m
B2 = 0.800 m
B3 = 1.200 m
B4 = 0.200 m
B5 = 3.900 m
C = 19.600 m
C1 = 1.666 m
C2 = 1.017 m
H = 10.750 m
H1 = 2.888 m

2.2 단면성능 및 지반스프링계수 산정

1) 단면 성능

No	A(m²)	I(m⁴)	비 고
1	5.20	1.73	Cap Beam. Sec- Pro
2	7.80	5.85	Cap Beam. Sec- Pro
3	6.50	3.39	Cap Beam. Sec- Pro
4	4.52	1.63	Column. Sec-Pro
5	17.50	9.11	Footing. Sec-Pro

2) 스프링계수산정

E_c = 28N = 28 × 40 = 1120 kg/㎠

$K_{o\,o}$ = 1/30α E_o = 1/30 × 1 × 1120 = 37.33 kg/㎠

B_o = $\sqrt{(Av)}$ = $\sqrt{(\ 1950.00 \times 700\ )}$ = 1171.32 cm

K_o = $K_{o\,o}(B_o/30)^{-3/4}$ = 37.33 × (1171 / 30) $^{-3/4}$ = 2.39 kg/㎠

K_x = $K_o A$ = 2.39 × (101.70 × 700) = 170144 kg/cm

= 17014.4 t/m

K_θ = 9.9 × 10^{10} t/m

0793

2.3 하중재하

1) 사하중

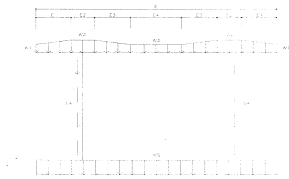
① 상부사하중

D = 19.600 m
D1 = 1.7 m
D2 = 5.4 m

- Pb_1 = 487.64 ton - Pb_2 = 527.80 ton

- Pb_3 = 517.67 ton - Pb_4 = 489.85 ton

② 교각자중



E = 19.60 m
E1 = 2.50 m
E2 = 2.40 m
E3 = 1.00 m
E4 = 7.80 m

- W_1 = 13.00 - W_2 = 19.50

- W_3 = 16.25 - W_4 = 11.31

- W_5 = 43.75

-1609-

0794

2.4 하중조합 Case

1) 사용하중 검토시

하중경우	사 하 중	활 하 중	풍 하 중	온도상승 (△T=+10℃)	온도하강 (△T=-10℃)	지진하중 (교좌설계시)	지진하중 (기초설계시)
Case 1	1.0	1.0	1.0	1.0			
Case 2	1.0	1.0	1.0		1.0		
Case 3	1.0					1.0	
Case 4	1.0						1.0

2) 극한하중 검토시

하중경우	사 하 중	활 하 중	풍 하 중	온도상승 (△T=+10℃)	온도하강 (△T=-10℃)	지진하중 (교좌설계시)	지진하중 (기초설계시)
Case 1	1.3	2.15					
Case 2	1.3	1.3		1.3			
Case 3	1.3	1.3			1.3		
Case 4	1.25	1.25	0.625	1.25			
Case 5	1.25	1.25	0.625		1.25		
Case 6	1.3					1.3	
Case 7	1.3						1.3

0737

2.8 기둥설계

1) 단면력 정리(극한하중)

(단위 : t.m)

하중경우	축 력 Pu	전 단 력 Su	휨모멘트 Mu	비 고
Case 1	-2582.96	-101.59	1012.91	
Case 2	-2243.36	-95.52	877.73	
Case 3	-2243.36	-70.30	772.44	
Case 4	-2187.21	-118.75	-912.87	
Case 5	-2187.21	-94.51	-811.26	
Case 6	-1768.25	-108.32	-827.22	

2) 철근량산정 (다음 Page 참조)

-1641-
0826

[1] Title (소요철근 산정) :

[2] 설계기준

-. 콘크리트 설계기준 강도 (σck) : 240 kg/㎠
-. 철근 항복 강도 (σy) : 3000 kg/㎠
-. 콘크리트 탄성계수 (Ec) : 230000 kg/㎠
-. 철근 설계 덮개 (d') : 15.0 cm

[3] 기하입력 자료 (원형단면)

-. 직 경 (Diameter) : 240.00 cm
-. 비지지 길이 (ℓu) : 750.00 cm
-. 유효길이계수(κx) : 2.0
-. 유효길이계수(κy) : 2.0

[4] 소요철근량 및 공칭강도

1) Load Case 1

-. 극한축하중 : Pu = 2582.960 ton
-. 극한모멘트(X) : Mux = 1012.910 t.m
-. 극한모멘트(Y) : Muy = .000 t.m

-. X축 세장비 : λx = 25.0
-. Y축 세장비 : λy = 25.0

-. 사하중 모멘트 비 : βdx = 0.000
: βdy = 0.000

-. X축 확대모멘트 : δMux = 1078.094 t.m
-. Y축 확대모멘트 : δMuy = .000 t.m
-. 합성 확대모멘트 : δMu = 1078.094 t.m

-. 중립축 회전각 : θrot = .000 Deg

-. 중립축 : X = 174.92 cm
-. 최소편심 : Emin = 21.33 cm
-. 상부편심 : Eu = 58.11 cm
-. 작용편심 : Eapp = 41.74 cm

∴ 영역 2 ——> 압축지배 구간

-. 소요철근량 : Ast = 452.389 ㎠
-. 소요철근비 : Pr . = 1.000 %

-. 평형축하중 : ΦPb = 3436.989 ton
-. 평형모멘트 : ΦMb = 1991.296 t.m

-. 강도감소계수: Φ = 0.650
-. 공칭축하중 : ΦPn = 4233.538 ton
-. 공칭모멘트 : ΦMn = 1767.020 t.m

2) Load Case 2

-. 극한축하중 : Pu = 2243.360 ton
-. 극한모멘트(X) : Mux = 877.730 t.m
-. 극한모멘트(Y) : Muy = .000 t.m

-. X축 세장비 : λx = 25.0
-. Y축 세장비 : λy = 25.0

0827

3.4 지반의 설계

3.4.1 단면력정리

1) 지지력 검토시

(단위 : t.m)

하중경우	축 력 (Pu)	전 단 력 (Su)	휨모멘트(Mu)	비 고
Case-1	3944.55	-	-	
Case-2	3384.20	912.75	4746.30	

2) 지판 설계시

(단위 : t.m)

하중경우	축 력 (Pu)	전 단 력 (Su)	휨모멘트(Mu)	비 고
Case-1	5604.22	-	-	
Case-2	4399.47	1186.58	6170.19	

-1663-
0847

2.3 기존 점검 및 진단자료 분석

대상 교량은 2002년 8월 24일 준공 이후 정기적으로 안전점검이 시행되었으며 그 결과에 의한 유지관리가 실시되고 있는 상태이다. 현재까지 실시한 안전점검 중 정밀안전점검 및 정밀안전진단시 조사된 주요한 손상내용 및 분석결과는 다음과 같다.

2.3.1 기존 점검 이력

<표 2.2> 기존 점검 이력

번호	점검·진단 기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요점검· 진단내용
	점검·진단 구분	점검·진단 책임기술자		검토·분석내용
1	2003.02.24. ~ 2003.04.25	(주)한국건설안전기술단	A	1) 교면포장(외관상태 양호: 아스콘변형및 파손에 대해 주기적관찰필요) 2) 방호벽 .중앙분리대(전구간 상태양호 : 향후 균열등에 대비해 주기적 관찰필요) 3) 바닥판하면(외관상태 양호: 향후 발생가능한 누수나 균열에 대비 주기적 관찰필요)
	정밀안전점검	유홍렬		☞ 검토의견 - 전반적으로 양호한 상태
2	2005.05.12. ~ 2005.07.05	(주)혜성안전기술원	A	1) 교량의 안전성 및 사용성이 양호하며 국부적인 경미한 손상이 발생한 상태임. 정밀안전진단 필요성 없음.
	정밀안전점검	정갑출		☞ 검토의견 - 표지병, 델리네이트 등 부속시설물 보수 및 미세균열, 국부적인 파손에 대한 보수 등
3	2007.04.05. ~ 2007.05.31	부계기술단(주)	A	1) 0.2mm이하 균열, 교량받침 녹발생
	정밀안전점검	장용순		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 지속적 관찰, 교량받침 재도장이 필요함.

번호	점검·진단 기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요점검· 진단내용
	점검·진단 구분	점검·진단 책임기술자		검토·분석내용
4	2009.04.07. ~ 2009.06.30	(주)동화엔지니어링	A	1) 바닥판 상·하부에 폭 0.1~0.2mm의 일방향, 이방향 균열이 발생한 상태로, 균열폭, 균열패턴을 감안하여 볼 때 구조적인 균열보다는 하중 및 건조수축에 의한 비구조적인 균열로 판단되며 현 상태에서의 보수보다는 균열폭의 변화여부를 주의관찰하여 균열이 진행 되어 구조적 결함을 보일 가능성이 있는 크기로 진전이 확인될 시 보수여부를 결정함이 바람직할 것으로 판단된다. 2) 신축이음부 토사가 퇴적된 곳은 청소를 하여 이물질을 제거해 신축이음이 제기능을 발휘하도록 하여야 할 것으로 판단된다. 3) 교대, 교각에 발생된 콘크리트 파손, 균열 등은 손상정도가 경미하나 부분적 보수가 필요한 상태이며 향후 손상의 진행유무 판단을 위해 지속적 관찰이 요망된다. 4) 배수구는 파이프가 미설치되어 누수가 되고 있는 곳이 발견되었다. 지속적인 누수는 콘크리트의 강도를 저하시킬 수 있으므로 파이프의 설치가 요망된다. 5) 난간 및 연석은 미세 균열 등이 일부 조사되었으나 손상의 정도가 구조적인 결함을 발생시키지 않는다고 생각되므로 일부 보수 및 지속적 관찰이 요망된다.
	정밀안전점검	이상협		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 적절한 보수 및 주의관찰이 필요함.
5	2012.03.05. ~ 2012.06.30	(주)아워브레인	B	1) 교량의 안전성을 저해할 만한 손상(주형의 처짐 및 변형, 받침의 파손 등)은 없으며, 신축이음 및 받침장치의 가동상태 등 교량의 전반적인 신축거동 또한 양호한 상태로 나타났다. 2) 주요 손상으로는 바닥판하면 균열, 주형내부 우수유입 및 도장손상, 하부구조 균열, 신축장치 후타재 균열 및 방호벽 균열 등이다. 3) 콘크리트 비파괴시험 결과, 콘크리트의 강도 및 탄산화, 철근 배근상태 등은 전반적으로 설계기준이나 시방기준에 만족하는 것으로 평가되었다. 강재 비파괴시험 결과, 주형의 맞대기 용접부는 내부결함이 없는 양호한 상태로 나타났으며, 주형 내,외부에 대한 도막두께 또한 양호한 상태로 측정되었다. 5) 대상교량의 상태평가 결과, 환산결함도 점수가 범물방향은 0.184, 안심방향은 0.181로 산정되어 상태평가등급은 'B'로 평가되었다. STB 구간에 대한 구조해석 및 재하시험 결과, 모든 부재에서 안전율이 1.0 이상으로 설계하중(DB(DL)-24)를 만족하고 있으며, 공용내하력 평가결과 설계하중을 상회하고 있는바, 대상교량의 안전성 평가 결과는 기준 'A'로 평가되었다. 6) 가천교의 정밀안전진단 종합평가 결과, 상태평가등급은 "B"이다.
	정밀안전진단 (하자)	유근무		☞ 검토의견 - 표면처리, 수지주입, 단면보수, 도장보수가 필요함.

번호	점검·진단 기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요점검· 진단내용
	점검·진단 구분	점검·진단 책임기술자		검토·분석내용
6	2014.02.15. ~ 2014.04.05	(주)삼우기술	B	1) 주요 손상으로는 일부 포장면에서 아스콘 균열 및 거북등균열(망상균열). 신축이음장치의 후타재 균열 및 박락, 교대/교각에서 미세균열 및 백태등이 조사되었다. 조사된 손상에 대한 보수가 적절히 이루어진다면 제 기능을 지속적으로 발휘할 수 있을 것으로 판단된다.
	정밀안전 점검	이달재		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 표면처리, 수지주입보수, 단면보수가 필요함.
7	2016.02.19. ~ 2016.04.03	(주)우림종합 엔지니어링	B	1) 교면포장 : 망상균열, 포장균열 2) 교명주 : 균열,균열및백태,교명판유실 3) 배수시설 : 배수관길이부족 4) 신축이음 : 후타재균열,차수판볼트망실,배수로파손 5) 거더외부 : 도장긁힘 6) 거더내부 : 박락및부식,배설물오염,실링불량,점검등없음,체수및부식,점검등덮개파손 7) 하부구조 : 누수오염,누수흔적
	정밀안전 점검	김길만		☞ 검토의견 - 가천교의 현장조사(외관조사, 내구성조사)에 의한 상태평가 결과『B등급(0.130)』으로 평가되었으며, 기존 손상들에 대한 보수가 이루어진 상태로서 결함점수가 상향되었다. 따라서, 가천교에 대한 유지관리가 원활히 이루어지고 있는 상태로서 금회 조사된 결함 및 손상 부위에 대해서는 단기적인 보수와 중점유지관리 항목들에 대한 주기적인 점검이 시행된다면 내구성 및 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단되며, 유지관리 하는데는 문제가 없을 것으로 판단된다.
8	2017.03.02. ~ 2017.06.09	(주)우림종합 엔지니어링	B	1) 교면포장 망상균열, 아스콘 균열, 패임 2) 콘크리트 방호난간 균열, 백태 3) 거더외부 강재긁힘, 변형 국부 발생 및 내부 부식, 누수흔적, 실링처리 미흡 4) 교대 미세균열, 교각 미세균열, 누수흔적 및 오염
	정밀안전 진단	김길만		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 재포장 및 교면방수, 균열보수, 표면보수, 거더 도장보수 및 실링보수, 배수관 길이면장 등의 보수 및 주의관찰이 필요함.

번호	점검·진단 기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요점검· 진단내용
	점검·진단 구분	점검·진단 책임기술자		검토·분석내용
9	2019.04.22. ~ 2019.06.09	(주)명성엔지니어링	B	1) 교면포장 : 아스콘 균열, 파손 2) 방호벽 및 중앙분리대 : 균열(cw=0.3mm미만), 백태, 단차 3) 배수시설 : 배수관 막힘/탈락/누수 4) 신축이음 : 본체하부 고무재 손상, 누수, 후타재 균열, 파손 5) 바닥판 : 균열(cw=0.3mm미만), 박락, 철근노출 6) 거더 : 외부 변형 7) 받침장치 : 받침콘크리트 및 몰탈 균열(cw=0.3mm미만), Plate 도장박리 8) 교대 및 교각 : 균열(cw=0.3㎜미만), 망상균열, 파손, 조류배설물 퇴적, 체수흔적 등
	정밀안전점검	이상훈		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 단면보수, 표면처리, 아스콘 팻칭, 신축이음 하부 고무재 교체, 정비 등의 적절한 보수 및 주의관찰이 필요함.
10	2021.04.19. ~ 2021.06.09	주식회사 다인기술단	B	1) 바닥판 표면박리,오염, 바닥판파손 2) 거더 강재변형 3) 교대 균열(W<0.3mm), 교대 실란트 파손, 교각 균열(W<0.3mm, 교각 망상균열, 교각 면박리,오염, 교각 파손, 교각 오염, 체수흔적, 교각 조류배설물퇴적 4) 받침콘크리트 균열 5) 아스콘 균열, 아스콘 파손 6) 방호벽 균열(W<0.3㎜), 방호벽 백태균열, 접속부 단차 7) 배수구 막힘, 배수관 볼트 탈락, 배수관 누수오염 8) 후타재 균열, 차수커버 볼트탈락
	정밀안전점검	김병춘		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 단면보수, 실란트재마감, 청소, 아스팔트실링, 아스팔트팻칭, 볼트재설치 등의 보수 및 주의관찰이 필요함

2.3.2 최근 정밀안전진단 분석

<표 2.3> 최근 정밀안진진단 분석

번호	점검·진단 기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요점검· 진단내용
	점검·진단 구분	점검·진단 책임기술자		검토·분석내용
1	2017.03.02. ~ 2017.06.09	(주)우림종합엔지니어링	B	1) 교면포장 망상균열, 아스콘 균열, 패임 2) 콘크리트 방호난간 균열, 백태 3) 거더외부 강재긁힘, 변형 국부 발생 및 내부 부식, 누수흔적, 실링처리 미흡 4) 교대 미세균열, 교각 미세균열, 누수흔적 및 오염
	정밀안전진단	김길만		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 재포장 및 교면방수, 균열보수, 표면보수, 거더 도장보수 및 실링보수, 배수관 길이면장 등의 보수 및 주의관찰이 필요함.

가) 외관조사 분석

구 분	점검 결과	검토의견
바닥판	종조인트부 우수유입에 의한 콘크리트 백태가 일부 발생 및 캔틸레버 건조수축균열이 조사되어 유지관찰이 필요	종조인트부 누수 확인 및 백태 손상 진전여부
강재주형 및 2차부재	거더 외부는 강재긁힘 및 변형이 조사 내부의 상태는 일부 부식, 도장 박리, 박락, 실링처리 미흡이 발생	강재변형부 및 내부 실링처리 확인, 도장손상 추가 및 진전여부
교대 및 교각	일부 균열, 망상균열, 기둥하부 누수오염 등의 손상이 발생	균열 진전여부, 신규손상 발생여부 확인
교량받침	국부 강재부식, 무수축몰탈 철근노출이 경미하게 조사	기존손상 진전여부, 가동여유량 검토
신축이음	일부 유간토사퇴적, 후타재 균열이 조사	신축이음 가동여유량 검토
교면포장	망상균열, 아스콘 패임, 시점 토공구간의 아스콘 망사균열이 조사	주행차량 영향여부 확인
배수시설	배수관은 P3 교각기둥 하부 배수관 길이부족에 의한 콘크리트 열화가 발생	배수 지장여부 확인, 2차손상 발생 여부
난간, 연석	균열(c/w=0.3mm미만, 이상)이 다수 및 파손, 철근노출이 조사되었으며, 일부 균열부 백태 동반 손상이 조사	균열, 철근노출 진전 여부 확인

나) 비파괴조사 분석

구 분	시험 결과	검토의견
콘크리트 강도	· 보정코어강도 : 30.5 (상부), 21.8 ~ 22.5 MPa (하부) · 상부구조(범물) 비파괴 강도 : 27.3 ~ 30.5 MPa (반발경도법) · 상부구조(안심) 비파괴 강도 : 27.2 ~ 31.0 MPa (반발경도법) · 하부구조(범물) 비파괴 강도 : 24.6 ~ 25.7 MPa (반발경도법) · 하부구조(안심) 비파괴 강도 : 24.3 ~ 26.0 MPa (반발경도법) · 설계기준강도(상부구조: 27 MPa, 하부구조: 24 MPa)를 상회하는 것으로 측정됨.	대체로 양호한 것으로 판단됨, 반발경도 및 초음파 전달속도를 이용한 비파괴 강도 검토
탄산화 시험	· 상부구조 탄산화 깊이 : 9.5~15.0 ㎜ (기준 a) · 하부구조 탄산화 깊이 : 5.0~11.5 ㎜ (기준 a) · 탄산화 잔여 깊이가 최소 10~30㎜ 미만이며 일부 피복두께가 작은 구간은 주기적인 측정을 통한 주의관찰 필요함.	대체로 양호한 것으로 판단됨, 탄산화 깊이 진행상태 및 측정부위의 실측피복과 비교 검토
철근탐사 시험	· 배근간격 : 상·하부구조 모두 대체로 설계상태와 일치함. · 피복두께 : 일부구간 다소 부족한 것으로 측정됨.	대체로 양호한 것으로 판단됨, 일부 피복두께가 작은 구간 측정 확인
균열깊이 측정	· 균열(폭 0.2㎜) 3개소 측정결과 피복두께를 초과하지 않은 상태	대체로 양호한 것으로 판단됨, 균열조사후 균열깊이 측정 확인
염화물함유량시험	· 상부구조 염화물 함유량 : 0.1267 kg/㎥ (기준 a) · 하부구조 염화물 함유량 : 0.0837 kg/㎥ (기준 a)	조사수량 지침에 맞게 추가 검토
초음파 탐상시험 (UT)	· 강재거더 내부 맞대기용접부 조사개소 : 72 개소(S1~S5) · 불합격 개소 : 0 개소 · KS B 0896의 판정기준에 의거 불합격 결함은 조사되지 않았음.	조사수량 지침에 맞게 검토
도막두께 측정	· 외부 253~314㎛ · 내부 199~285㎛ · 내외부 모두에서 기준도막두께(외부 195㎛, 내부 150㎛) 이상의 두께를 확보	조사수량 지침에 맞게 검토

다) 상태평가 평가 분석

1) 범물방향

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호		구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)	염화물 (상)	염화물 (하)
S1	A1	STB	a	b	a	b	b	b	b	b	b	Q	x	a	x	x
S2	P1	STB	a	b	a	b	b	a	x	a	b	Q	b	x	x	x
S3	P2	STB	a	b	a	b	b	b	x	a	b	Q	x	a	x	x
S4	P3	STB	a	b	a	b	b	b	b	a	b	Q	b	x	x	x
S5	P4	STB	a	b	a	b	b	b	x	a	a	Q	x	a	x	x
/	A2	STB	-	-	-	-	-	-	b	b	b	Q	x	a	x	x
평균			0.100	0.200	0.100	0.200	0.200	0.180	0.200	0.133	0.183	0.000	0.200	0.100	0.000	0.000
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	4	3	0	0
(평균x가중치) /가중치합			0.018	0.040	0.005	0.014	0.006	0.004	0.018	0.012	0.037	0.000	0.008	0.003	0.000	0.000
1. 환산결함도 점수 =													0.164			
2. 상태평가 결과 =													B			

2) 안심방향

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호		구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)	염화물 (상)	염화물 (하)
S1	A1	STB	a	b	a	a	b	b	b	a	b	Q	x	a	a	x
S2	P1	STB	a	b	a	a	b	a	x	a	b	Q	b	x	x	x
S3	P2	STB	a	b	a	a	b	a	x	a	b	Q	x	a	x	x
S4	P3	STB	a	b	a	a	b	a	b	b	b	Q	b	x	x	x
S5	P4	STB	b	b	a	a	b	b	x	a	a	Q	x	a	x	a
/	A2	STB	-	-	-	-	-	-	b	a	b	Q	x	a	x	x
평균			0.120	0.200	0.100	0.100	0.200	0.140	0.200	0.117	0.183	0.000	0.200	0.100	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균x가중치) /가중치합			0.022	0.040	0.005	0.007	0.006	0.003	0.018	0.011	0.037	0.000	0.004	0.002	0.002	0.001
1. 환산결함도 점수 =													0.157			
2. 상태평가 결과 =													B			

라) 안전성 평가 분석

1) 안전성평가 분석

① 안전성평가 결과

ⓐ 바닥판의 안전성평가 결과

구 분	휨 모멘트(kN · m)	바닥판	안전율	안전성 평가등급
바닥판 캔틸레버부	공칭강도 ϕM_n (kN · m)	122.08	1.150	A
	극한강도 Mu (kN · m)	106.16		
바닥판 중간부	공칭강도 ϕM_n (kN · m)	105.88	1.563	A
	극한강도 Mu (kN · m)	67.70		

ⓑ 거더의 안전성평가 결과

구 분			허용응력설계법에 의한 안전성평가	검토 결과
G1 (외측)	정모멘트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{105.984+37.067} = 1.328$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{92.175+32.238} = 1.527$	A
	부모멘트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{83.567+21.874} = 1.802$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{82.521+23.757} = 1.788$	A
G2 (내측)	정모멘트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{104.478+36.696} = 1.346$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{90.866+31.915} = 1.547$	A
	부모멘트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{105.154+30.806} = 1.397$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{101.462+31.258} = 1.432$	A

② 내하력평가 결과

ⓐ 바닥판의 기본 내하력 산정 결과

내하율(RF) =	$\frac{\Phi Mn - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l (1+i)}$	=	$\frac{122.08 - 1.3 \times 14.646}{2.15 \times 40.519}$	= 1.182
기본내하력(P)	Ks × RF × Pr =		1.0 × 1.182 × 24 =	DB 24이상

바닥판의 안전성은 양호한 것으로 나타났고, 기본내하력도 설계내하력 이상인 것으로 평가되었다.

ⓑ 거더의 기본 내하력 산정 결과

구 분	G1(상연)		G1(하연)	
	중앙부(S1)	지점부(P3)	중앙부(S1)	지점부(P3)
허용응력 (f_a), MPa	190.000	190.000	190.000	190.000
고정하중응력 (f_d), MPa	105.984	83.567	92.175	82.521
활하중응력 (f_l), MPa	37.067	21.874	32.238	23.757
내하율(RF) = $\frac{f_a - f_d}{f_l(1+i)}$	2.267	4.866	3.034	4.524
기본내하력 P= K_s× RF× P_r	DB 24이상	DB 24이상	DB 24이상	DB 24이상

구 분	G2(상연)		G2(하연)	
	중앙부(S1)	지점부(P3)	중앙부(S1)	지점부(P3)
허용응력 (f_a), MPa	190.000	190.000	190.000	190.000
고정하중응력 (f_d), MPa	104.478	105.154	90.866	101.462
활하중응력 (f_l), MPa	36.696	30.806	31.915	31.258
내하율(RF) = $\frac{f_a - f_d}{f_l(1+i)}$	2.331	2.754	3.106	2.833
기본내하력 P= K_s× RF× P_r	DB 24이상	DB 24이상	DB 24이상	DB 24이상

거더 내하력 평가 결과 기본 내하력이 설계활하중인 DB-24, DL-24의 내하력을 상회하는 것으로 나타나 대상교량의 사용성 측면과 안전성 측면에서 설계내하력 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 판단된다.

2.3.3 최근 정밀안전점검 분석

<표 2.4> 최근 정밀안전점검 분석

번호	점검·진단 기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요점검· 진단내용
	점검·진단 구분	점검·진단 책임기술자		검토·분석내용
1	2021.04.19. ~ 2021.06.09	주식회사 다인기술단	B	1) 바닥판 표면박리,오염, 바닥판파손 2) 거더 강재변형 3) 교대 균열(W<0.3mm), 교대 실란트 파손, 교각 균열(W<0.3mm, 교각 망상균열, 교각 면박리,오염, 교각 파손, 교각 오염, 체수흔적, 교각 조류배설물퇴적 4) 받침콘크리트 균열 5) 아스콘 균열, 아스콘 파손 6) 방호벽 균열(W<0.3㎜), 방호벽 백태균열, 접속부 단차 7) 배수구 막힘, 배수관 볼트 탈락, 배수관 누수오염 8) 후타재 균열, 차수커버 볼트탈락
	정밀안전 점검	김병춘		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 단면보수, 실란트재마감, 청소, 아스팔트실링, 아스팔트팻칭, 볼트재설치 등의 보수 및 주의관찰이 필요함

가) 외관조사 분석

구 분	점검 결과	검토의견
바닥판	캔틸레버 균열, 표면박리, 단부파손 등이 조사되어 유지관찰이 필요	균열 진전여부, 신규손상 발생여부 확인
강재주형 및 2차부재	거더 외부는 외기타격에 의한 변형이 조사	강재변형부 확인, 신규손상 발생여부 확인
교대 및 교각	일부 균열, 우수유입에 따른 오염현상, 표면박리, 조류배설물 퇴적 등의 손상이 발생	균열 진전여부, 신규손상 발생여부 확인
교량받침	콘크리트 균열이 조사	기존손상 진전여부, 가동여유량 검토
신축이음	후타재 균열, 차수커버의 볼트탈락 조사	신축이음 가동여유량 검토
교면포장	균열, 파손이 간헐적으로 조사	기존손상 진전여부, 주행차량 영향여부 확인
배수시설	배수관 볼트탈락, 배수관 누수오염 등의 손상 발생	배수 지장여부 확인, 2차손상 발생 여부
난간, 연석	균열(c/w=0.3mm미만)이 다수 조사되었으며, 일부 균열부 백태 동반 손상이 조사	기존손상 진전여부

나) 비파괴조사 분석

구 분	시험 결과	검토의견
콘크리트 강도	· 상부구조(범물) 비파괴 강도 : 27.1 ~ 28.9 MPa (반발경도법) · 상부구조(안심) 비파괴 강도 : 27.5 ~ 28.0 MPa (반발경도법) · 하부구조(범물) 비파괴 강도 : 24.6 ~ 26.0 MPa (반발경도법) · 하부구조(안심) 비파괴 강도 : 24.4 ~ 25.5 MPa (반발경도법) · 설계기준강도(상부구조: 27 MPa, 하부구조: 24 MPa)를 상회하는 것으로 측정됨.	대체로 양호한 것으로 판단됨, 반발경도 및 초음파 전달속도를 이용한 비파괴 강도 검토
탄산화 시험	· 상부구조 탄산화 깊이 : 4.0~9.0 ㎜ (기준 b) · 하부구조 탄산화 깊이 : 3.0~9.0 ㎜ (기준 a) · 탄산화 잔여 깊이가 최소 10~30㎜ 미만이며 일부 피복두께가 작은 구간은 주기적인 측정을 통한 주의관찰 필요함.	대체로 양호한 것으로 판단됨, 탄산화 깊이 진행상태 및 측정부위의 실측피복과 비교 검토

다) 상태평가 평가 분석

1) 범물방향

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호		구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)	염화물 (상)	염화물 (하)
S1	A1	STB	a	a	a	a	a	b	b	a	b	Q	a	X	x	x
S2	P1	STB	a	a	a	a	a	b	X	b	b	Q	a	X	x	x
S3	P2	STB	a	a	a	a	a	b	X	a	b	Q	X	X	x	x
S4	P3	STB	a	a	a	a	a	b	X	a	b	Q	X	X	x	x
S5	P4	STB	b	a	a	a	a	b	X	a	a	Q	a	X	x	x
/	A2	STB	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	b	a	b	Q	N/A	a	x	x
평균			0.120	0.100	0.100	0.100	0.100	0.200	0.200	0.117	0.183	N/A	0.100	0.100	0.000	0.000
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3	0	0
(평균x가중치) /가중치합			0.022	0.020	0.005	0.007	0.003	0.004	0.018	0.011	0.037	N/A	0.004	0.003	0.000	0.000
1. 환산결함도 점수 =													0.132			
2. 상태평가 결과 =													B			

2) 안심방향

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호		구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)	염화물 (상)	염화물 (하)
S1	A1	STB	a	a	a	a	a	b	X	a	a	Q	X	a	x	x
S2	P1	STB	a	b	a	b	b	b	b	b	b	Q	a	X	x	x
S3	P2	STB	a	a	a	b	b	b	X	a	a	Q	X	a	x	x
S4	P3	STB	a	a	a	b	b	b	X	b	b	Q	X	X	x	x
S5	P4	STB	a	a	a	a	a	b	X	b	b	Q	X	X	x	x
/	A2	STB	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	b	a	a	Q	N/A	X	x	x
평균			0.100	0.120	0.100	0.160	0.160	0.200	0.200	0.150	0.150	N/A	0.100	0.100	0.000	0.000
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3	0	0
(평균x가중치) /가중치합			0.018	0.024	0.005	0.011	0.005	0.004	0.018	0.014	0.030	N/A	0.004	0.003	0.000	0.000
1. 환산결함도 점수 =													0.135			
2. 상태평가 결과 =													B			

2.4 보수 · 보강 이력

대상 교량에 대한 보수 · 보강 이력은 FMS의 시설물관리대장 및 관리주체로부터 제공받은 사항이며 대체로 내구성, 주행차량의 안전 및 주행성 저하방지 차원의 보수가 시행된 것으로 판단된다.

<표 2.5> 보수 · 보강 이력

구 분	일 자	내 용	비 고
1	2010년 10월	교면포장 재포장(61,060천원)	㈜협우건설
2	2011년 03월	교면포장 재포장(73,700천원)	㈜협우건설
3	2012년 11월	교각 면처리 및 중성화방지 표면처리 보수실시	하자보수공사
4	2013년 03월	중분대 및 난간 콘크리트 중성화 방지공사(70,000천원)	한성안전
5	2013년 03월	교면포장 재포장(70,000천원)	원진건설(주)
6	2015년 05월	신축이음 후타재 균열 및 단면보수	-
7	2016년 04월	교면포장 재포장(절삭후 재포장, 16,700천원)	대익건설(주)
8	2017년 11월	교면 방수공사(450,000천원)	(주)새움씨앤씨
9	2019년 09월	표면처리, 단면보수, 배수관 탈락 누수 보수(8,330천원)	(주)천수
10	2019년 10월	신축이음(P3) 고무재 교체(9,792천원)	㈜진화건설
11	2020년 08월	균열부 백태 표면처리(2,444천원)	(주)천수

2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

본 교량에 적용된 내진설계 관련 내용은 '대구광역시 4차 순환도로(고산국도~안심국도)건설 실시설계'에서 발췌하였다.

2.5.1 내진설계 내용

1. 설보조건

1.1 교량의 제원

1) 교 량 형 식 : STEEL BOX GIRDER 교
2) 지 간 구 성 : 50+4@60 = 290m
3) 폭 원 : (14.45 ~ 25.95m)
4) 교 각 형 식 : 2주식 또는 3주식 교각
5) 기 초 형 식 : 직접기초

1.2 내진설계기준

1) 내 진 등 급 : 내진1등급교 (A = 0.14)
2) 지 반 계 수 : S = 1.0 (지반종류 I)
3) 응답수정계수
- 교각 : R = 5 - 상부구조와의 연결부 : R = 1.0
- 기초 : R = 1.5
4) 해 석 방 법 : 다중모드스펙트럼해석
5) 설계스펙트럼 : 도로교시방서 「내진설계편」 스펙트럼 이용
6) 해석프로그램 : SAP 2000

1.3 참고문헌

1) 도로교표준시방서 ---------- 건설부
2) AASHTO STANDARD SPECIFICATION ---------- AASHTO
3) Seismic Design of Bridges ---------- U.S FHWA

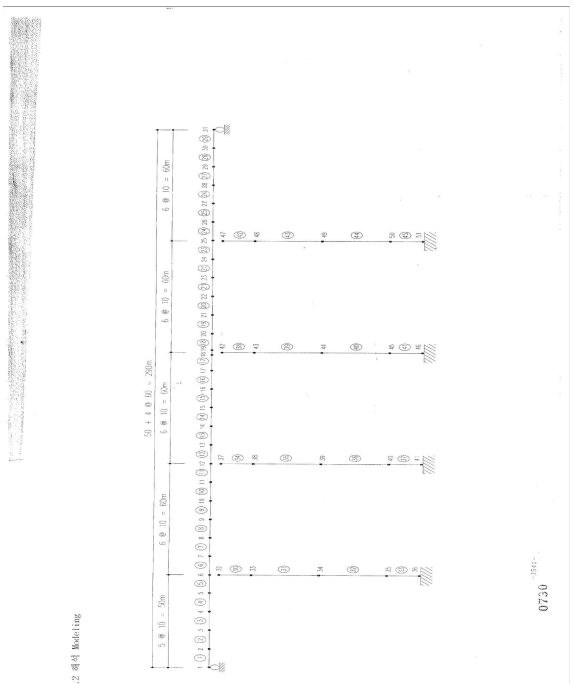
0728 -1539-

2. 내진해석 Modelling

2.1 Modelling시 주요고려사항

1) 기하구조
① 평면선형이 곡선(R=1800m)이나 곡선반경이 크고, 호의 길이가 짧으므로 곡선효과는 고려하지 않았다.
② 상부구조에 대한 절점은 경간당 10m내외로 계획하였으며, 상부구조의 각 절점은 Z축상의 동일위치에 일직선으로 놓이는 것으로 가정하였다.
2) 단면성능 및 질량
① 상부구조의 변폭구간에서 단면성능은 편의상 지간중앙폭으로 계산하였으며, 하부구조의 단면성능은 비균열단면에 대한 값을 사용하였다.
② 상부구조의 질량산정은 1차사하중 및 2차사하중에 대한 반력을 교량길이의 비로 나누어 경간당 분포하중으로 산정하였으며, 프로그램에서는 인접절점에 lumped mass로 변환되어 해석된다.
3) 경계조건
① 직접기초로 암반에 지지되는 교각의 하단은 모든 자유도를 구속시켰으며, 교대에는 별도의 부재를 두지 않고 지점처리하여 교축방향 변위와 교축직각방향의 회전에 대한 자유도를 풀어 주었다.
② 상부구조와 하부구조가 연결되는 고정단교각, 가동단교각, 신축이음부교각 상단은 각각의 변위특성에 맞게 Constraints 조건을 설정하였다.
4) 질량기여도
고유진동모드 해석에서 각 진동모드별 질량기여도의 합은 90% 이상되도록 하였다.
5) 응답스펙트럼
설계응답스펙트럼은 도로교시방서 내진설계편(1996)에 제시된 값을 사용하였다.

0729 -1540-



2.2 해석 Modeling

0730 -1541-

2.3 단면성능 (Section Properties)

2.3.1 상부구조

Type	Area (m^2)	I-33 (m^4)	I-22 (m^4)	J (m^4)	MASS	비 고 (해당부재)
1	1.189	5.860	40.810	1.097	2.597	1경간 부재
2	1.225	6.030	46.930	1.097	3.036	2경간 부재
3	1.260	6.210	58.990	1.097	3.021	3경간 부재
4	0.881	2.150	15.570	0.820	1.940	4,5경간 부재

2.3.2 하부구조

Type	Area (m^2)	I-33 (m^4)	I-22 (m^4)	J (m^4)	MASS	비 고 (해당부재)
5	39.200	13.070	1255.000	48.900	9.390	P_1, P_2 Coping Section
6	4.520	3.260	3.260	6.510	1.083	P_1, P_2 Column Section
7	49.000	25.520	1569.000	93.880	11.738	P_1, P_2 Footing Section
8	36.900	6.920	1861.000	26.610	8.840	P_3 Coping Section
9	3.140	2.360	2.360	4.710	0.752	P_3 Column Section
10	61.500	32.030	3101.000	120.000	14.733	P_3 Footing Section
11	19.650	3.680	281.000	13.670	4.707	P_4 Coping Section
12	3.140	1.570	1.570	3.140	0.752	P_4 Column Section
13	32.750	17.060	468.000	60.030	7.839	P_4 Footing Section

0731

3. 모드해석 결과

3.1 모드별 고유주기 및 진동수

MODE NUMBER	EIGENVALUE (RAD/SEC)**2	CIRCULAR FREQ (RAD/SEC)	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SEC)
1	7.95E+00	2.82E+00	0.449	2.228
2	2.97E+01	5.45E+00	0.867	1.154
3	4.47E+01	6.68E+00	1.064	0.940
4	1.28E+02	1.13E+01	1.804	0.554
5	1.74E+02	1.32E+01	2.101	0.476
6	2.40E+02	1.55E+01	2.467	0.405
7	2.48E+02	1.58E+01	2.507	0.399
8	3.59E+02	1.89E+01	3.016	0.332
9	4.02E+02	2.00E+01	3.189	0.314
10	7.26E+02	2.69E+01	4.288	0.233
11	9.51E+02	3.08E+01	4.907	0.204
12	1.41E+03	3.75E+01	5.975	0.167
13	1.49E+03	3.86E+01	6.145	0.163
14	1.60E+03	4.07E+01	6.481	0.154
15	2.75E+03	5.24E+01	8.339	0.120
16	3.07E+03	5.54E+01	8.822	0.113
17	3.48E+03	5.90E+01	9.393	0.106
18	3.87E+03	6.22E+01	9.904	0.101
19	5.00E+03	7.07E+01	11.252	0.089
20	6.19E+03	7.87E+01	12.523	0.080
21	6.44E+03	8.03E+01	12.774	0.078
22	6.50E+03	8.06E+01	12.831	0.078
23	9.83E+03	9.91E+01	15.777	0.063
24	1.01E+04	1.01E+02	16.030	0.062
25	1.06E+04	1.03E+02	16.557	0.060
26	1.16E+04	1.08E+02	17.130	0.058
27	1.17E+04	1.08E+02	17.199	0.058
28	1.26E+04	1.12E+02	17.841	0.056
29	1.33E+04	1.15E+02	18.374	0.054
30	1.47E+04	1.21E+02	19.289	0.052
31	1.80E+04	1.34E+02	21.366	0.047
32	2.07E+04	1.44E+02	22.893	0.044
33	2.36E+04	1.54E+02	24.441	0.041
34	2.39E+04	1.55E+02	24.618	0.041
35	2.41E+04	1.55E+02	24.690	0.041
36	2.48E+04	1.57E+02	25.058	0.040
37	2.66E+04	1.63E+02	25.947	0.039
38	2.97E+04	1.72E+02	27.413	0.036
39	3.00E+04	1.75E+02	27.833	0.036
40	3.68E+04	1.92E+02	30.532	0.033
41	4.22E+04	2.05E+02	32.704	0.031
42	4.28E+04	2.07E+02	32.998	0.030
43	4.67E+04	2.16E+02	34.393	0.029
44	4.70E+04	2.17E+02	34.500	0.029
45	4.92E+04	2.22E+02	35.309	0.028
46	5.59E+04	2.36E+02	37.619	0.027
47	5.61E+04	2.37E+02	37.699	0.027
48	5.81E+04	2.41E+02	38.375	0.026
49	5.98E+04	2.45E+02	38.914	0.026
50	7.00E+04	2.65E+02	42.100	0.024
51	7.07E+04	2.66E+02	42.309	0.024

-1543-
0732

MODE NUMBER	EIGENVALUE (RAD/SEC)**2	CIRCULAR FREQ (RAD/SEC)	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SEC)
52	7.24E+04	2.69E+02	42.823	0.023
53	8.59E+04	2.93E+02	46.639	0.021
54	9.20E+04	3.03E+02	48.263	0.021
55	9.52E+04	3.08E+02	49.110	0.020
56	9.75E+04	3.12E+02	49.707	0.020
57	9.85E+04	3.14E+02	49.953	0.020
58	9.86E+04	3.14E+02	49.964	0.020
59	9.86E+04	3.14E+02	49.978	0.020
60	1.05E+05	3.24E+02	51.501	0.019
61	1.05E+05	3.24E+02	51.504	0.019
62	1.16E+05	3.41E+02	54.249	0.018
63	1.20E+05	3.47E+02	55.233	0.018
64	1.29E+05	3.59E+02	57.172	0.017
65	1.41E+05	3.76E+02	59.842	0.017
66	1.55E+05	3.94E+02	62.696	0.016
67	1.56E+05	3.95E+02	62.929	0.016
68	1.65E+05	4.06E+02	64.679	0.015
69	1.74E+05	4.18E+02	66.463	0.015
70	1.81E+05	4.25E+02	67.666	0.015
71	1.82E+05	4.27E+02	67.922	0.015
72	1.85E+05	4.30E+02	68.402	0.015
73	1.87E+05	4.32E+02	68.782	0.015
74	1.89E+05	4.34E+02	69.140	0.014
75	1.95E+05	4.42E+02	70.315	0.014
76	2.26E+05	4.75E+02	75.632	0.013
77	2.40E+05	4.90E+02	77.988	0.013
78	2.45E+05	4.95E+02	78.766	0.013
79	2.66E+05	5.15E+02	82.013	0.012
80	2.76E+05	5.25E+02	83.548	0.012
81	2.79E+05	5.28E+02	84.058	0.012
82	3.05E+05	5.52E+02	87.851	0.011
83	3.06E+05	5.53E+02	88.083	0.011
84	3.17E+05	5.63E+02	89.631	0.011
85	3.29E+05	5.71E+02	90.816	0.011
86	3.41E+05	5.84E+02	92.878	0.011
87	3.44E+05	5.87E+02	93.387	0.011
88	3.45E+05	5.87E+02	93.493	0.011
89	3.48E+05	5.90E+02	93.926	0.011
90	3.75E+05	6.12E+02	97.459	0.010
91	3.78E+05	6.15E+02	97.805	0.010
92	3.79E+05	6.15E+02	97.922	0.010
93	3.89E+05	6.24E+02	99.328	0.010
94	4.42E+05	6.65E+02	105.777	0.009
95	4.83E+05	6.95E+02	110.555	0.009
96	5.03E+05	7.09E+02	112.896	0.009
97	5.47E+05	7.39E+02	117.686	0.008
98	6.22E+05	7.89E+02	125.539	0.008
99	6.91E+05	8.31E+02	132.279	0.008
100	7.31E+05	8.55E+02	136.047	0.007

0733

4. 설계스펙트럼 및 모드별 질량기여도

4.1 설계스펙트럼

o 감쇠율 5% 가정

o 표준화된 응답스펙트럼(도로교표준시방서) 사용

주 기	가 속 도 비 (X - Dir)	가 속 도 비 (Y - Dir)	비 고
0.30	2.50	2.50	
0.50	1.87	1.87	
0.80	1.53	1.53	
1.00	1.39	1.39	
1.30	1.21	1.21	
1.50	1.11	1.11	
1.80	0.98	0.98	
2.00	0.90	0.90	
2.30	0.81	0.81	
2.50	0.75	0.75	
2.80	0.67	0.67	
3.00	0.62	0.62	

(가속도비 : 스펙트럼가속도 / 최대지반가속도)

-1555-
0744

4.2 모드별 질량기여도(Modal Participating Mass)

(단위: %)

MODE	X-DIR	Y-DIR	Z-DIR	X-SUM	Y-SUM	Z-SUM
1	27.440	0.000	0.000	27.440	0.000	0.000
2	57.532	0.000	0.000	84.972	0.000	0.000
3	0.000	58.055	0.000	84.972	58.055	0.000
4	0.000	3.691	0.000	84.972	61.746	0.000
5	0.000	0.000	0.005	84.972	61.746	0.005
6	0.000	20.917	0.000	84.972	82.663	0.005
7	2.907	0.000	0.000	87.879	82.663	0.005
8	0.000	0.000	3.462	87.879	82.663	3.467
9	0.000	0.000	19.693	87.879	82.663	23.160
10	0.000	0.000	9.600	87.879	82.663	32.760
11	0.000	1.867	0.000	87.879	84.530	32.760
12	0.000	0.000	32.082	87.879	84.530	64.842
13	0.000	2.787	0.000	87.879	87.317	64.842
14	3.231	0.000	0.000	91.110	87.317	64.842
15	0.000	0.000	0.000	91.110	87.317	64.842
16	0.008	0.000	0.000	91.118	87.317	64.842
17	0.000	0.000	1.169	91.118	87.317	66.011
18	0.000	0.532	0.000	91.118	87.848	66.011
19	0.000	0.000	0.096	91.118	87.848	66.107
20	0.000	0.527	0.000	91.118	88.376	66.107
21	0.000	0.000	0.021	91.118	88.376	66.128
22	0.000	0.000	0.000	91.118	88.376	66.128
23	0.000	0.000	11.528	91.118	88.376	77.656
24	0.400	0.000	0.000	91.518	88.376	77.656
25	0.000	0.651	0.000	91.518	89.026	77.656
26	0.011	0.000	0.000	91.529	89.026	77.656
27	0.000	0.000	1.294	91.529	89.026	78.951
28	0.000	0.000	1.290	91.529	89.026	80.240
29	0.000	0.482	0.000	91.529	89.508	80.240
30	0.000	0.000	2.757	91.529	89.508	82.998
31	0.000	0.000	5.778	91.529	89.508	88.776
32	0.000	0.486	0.000	91.529	89.994	88.776
33	0.000	0.000	0.000	91.529	89.994	88.776
34	0.057	0.000	0.000	91.586	89.994	88.776
35	0.014	0.000	0.000	91.600	89.994	88.776
36	0.000	0.000	0.542	91.600	89.994	89.318
37	0.000	0.000	0.671	91.600	89.994	89.990
38	0.000	0.199	0.000	91.600	90.194	89.990
39	0.366	0.000	0.000	91.966	90.194	89.990
40	0.000	0.000	0.776	91.966	90.194	90.766
41	0.000	0.000	0.018	91.966	90.194	90.784
42	0.480	0.000	0.000	92.446	90.194	90.784
43	0.000	0.144	0.000	92.446	90.338	90.784
44	0.064	0.000	0.000	92.511	90.338	90.784
45	0.000	0.000	1.292	92.511	90.338	92.076
46	0.000	0.000	0.000	92.511	90.338	92.076
47	0.000	0.155	0.000	92.511	90.493	92.076
48	0.000	0.486	0.000	92.511	90.978	92.076
49	0.000	0.000	0.091	92.511	90.978	92.167

0745

MODE	X-DIR	Y-DIR	Z-DIR	X-SUM	Y-SUM	Z-SUM
50	0.028	0.000	0.000	92.539	90.978	92.307
51	0.000	0.000	0.048	92.539	90.978	92.214
52	0.042	0.000	0.000	92.580	90.978	92.214
53	0.000	0.000	0.014	92.580	90.978	92.228
54	0.000	0.000	0.082	92.581	90.978	92.310
55	0.011	0.000	0.000	92.592	90.978	92.310
56	0.000	0.028	0.000	92.592	91.006	92.310
57	0.010	0.000	0.000	92.602	91.006	92.310
58	0.000	0.298	0.000	92.602	91.305	92.310
59	0.000	0.000	0.008	92.602	91.305	92.318
60	0.077	0.006	0.000	92.679	91.311	92.318
61	0.636	0.001	0.000	93.316	91.312	92.318
62	0.000	0.000	0.004	93.316	91.312	92.322
63	0.000	0.716	0.000	93.316	92.028	92.322
64	0.000	0.000	0.000	93.316	92.028	92.322
65	0.000	0.000	0.000	93.316	92.028	92.322
66	0.006	0.000	0.000	93.322	92.028	92.322
67	0.000	0.000	0.006	93.322	92.028	92.327
68	0.000	0.008	0.000	93.322	92.036	92.327
69	0.000	0.000	0.004	93.322	92.036	92.331
70	0.000	0.079	0.000	93.322	92.115	92.331
71	0.128	0.000	0.000	93.450	92.115	92.331
72	0.001	0.000	0.000	93.451	92.115	92.331
73	0.000	0.000	0.074	93.451	92.115	92.405
74	0.003	0.000	0.000	93.454	92.115	92.405
75	0.000	0.033	0.000	93.454	92.147	92.406
76	0.000	0.000	0.000	93.454	92.147	92.406
77	0.000	0.000	0.000	93.454	92.147	92.406
78	0.005	0.000	0.000	93.460	92.147	92.406
79	0.000	0.032	0.000	93.460	92.180	92.406
80	0.000	0.000	0.000	93.460	92.180	92.406
81	0.001	0.000	0.000	93.461	92.180	92.406
82	0.002	0.000	0.000	93.463	92.180	92.406
83	0.000	0.025	0.000	93.463	92.205	92.406
84	0.003	0.000	0.000	93.467	92.205	92.406
85	0.000	0.000	0.000	93.467	92.205	92.406
86	0.000	0.000	0.000	93.467	92.205	92.406
87	0.000	0.000	0.000	93.467	92.205	92.406
88	0.001	0.000	0.000	93.468	92.205	92.406
89	0.000	0.000	0.185	93.468	92.205	92.591
90	0.000	0.000	0.000	93.468	92.205	92.591
91	0.000	0.000	0.000	93.468	92.205	92.591
92	0.000	0.000	0.000	93.468	92.205	92.591
93	0.000	0.032	0.000	93.468	92.238	92.591
94	0.000	0.013	0.000	93.468	92.250	92.591
95	0.782	0.000	0.000	94.250	92.250	92.591
96	0.000	0.000	0.182	94.250	92.250	92.773
97	0.000	0.076	0.000	94.250	92.326	92.773
98	0.000	0.005	0.000	94.250	92.331	92.773
99	1.303	0.000	0.000	95.554	92.331	92.773
100	0.000	0.003	0.000	95.554	92.334	92.773

-1557-
0746

5. 방향별 해석에 의한 탄성력 및 탄성변위

5.1 교축방향해석

1) 탄성력

구 분		1-2 PLANE		1-3 PLANE		P (ton)	비 고 (절점)
		S (ton)	M (t-m)	S (ton)	M (t-m)		
ABUT 1	교각상단	0	0.00	0.00	0.00	23.87	절점- 1
	저판상단	-	-	-	-	-	-
	저판하단	-	-	-	-	-	-
PIER 1	교각상단	62.24	0.00	0.01	0.00	0.02	절점-32
	저판상단	103.37	741.74	0.01	0.02	0.02	절점-35
	저판하단	103.37	997.12	0.01	0.04	0.02	절점-36
PIER 2	교각상단	912.75	0.00	0.00	0.00	0.01	절점-37
	저판상단	933.17	10283.63	0.01	0.01	0.01	절점-40
	저판하단	933.17	12615.73	0.01	0.02	0.01	절점-41
PIER 3	교각상단	40.70	0.00	0.01	0.00	0.02	절점-42
	저판상단	80.42	1063.43	0.01	0.04	0.02	절점-45
	저판하단	80.42	1263.29	0.01	0.06	0.02	절점-46
PIER 4	교각상단	275.64	0.00	0.01	0.00	0.02	절점-47
	저판상단	288.20	4979.54	0.01	0.01	0.02	절점-50
	저판하단	288.20	4979.54	0.01	0.03	0.02	절점-51
ABUT 2	교각상단	0.00	0.00	0.00	0.00	11.35	절점-31
	저판상단	-	-	-	-	-	-
	저판하단	-	-	-	-	-	-

2) 탄성변위 (교각상단기준)

구 분	변 위 (cm)		비 고
	X-Dir	Y-Dir	
ABUT 1	6.13	0.00	
PIER 1	6.10	5.75E-9	
PIER 2	6.00	6.18E-9	
PIER 3	14.52	8.65E-9	
PIER 4	14.50	14.50E-8	
ABUT 2	14.52	0.00	

0747

5.2 교축직각방향해석

1) 탄성력

구 분		1-2 PLANE		1-3 PLANE		P (ton)	비 고 (절점)
		S (ton)	M (t-m)	S (ton)	M (t-m)		
ABUT 1	교각상단	0	0.00	138.28	0.00	0.02	절점- 1
	저판상단	-	-	-	-	-	-
	저판하단	-	-	-	-	-	-
PIER 1	교각상단	0.00	0.00	345.88	377.10	0.02	절점-32
	저판상단	0.01	0.01	363.24	2912.58	0.03	절점-35
	저판하단	0.01	0.04	363.24	3815.86	0.03	절점-36
PIER 2	교각상단	0.01	0.00	415.02	179.68	0.05	절점-37
	저판상단	0.02	0.02	431.97	4705.02	0.05	절점-40
	저판하단	0.02	0.06	431.97	5783.66	0.05	절점-41
PIER 3	교각상단	0.01	0.00	330.79	455.09	0.03	절점-42
	저판상단	0.01	0.02	365.71	4771.66	0.03	절점-45
	저판하단	0.01	0.04	365.71	5684.68	0.03	절점-46
PIER 4	교각상단	0.01	0.00	119.92	355.29	0.01	절점-47
	저판상단	0.01	0.01	141.49	2066.04	0.02	절점-50
	저판하단	0.01	0.04	141.49	2418.44	0.02	절점-51
ABUT 2	교각상단	0.03	0.00	164.84	0.00	0.01	절점-31
	저판상단	-	-	-	-	-	-
	저판하단	-	-	-	-	-	-

2) 탄성변위 (교각상단기준)

구 분	변 위 (cm)		비 고
	X-Dir	Y-Dir	
ABUT 1	1.88E-8	0.00	
PIER 1	1.27E-8	0.89	
PIER 2	1.24E-8	2.46	
PIER 3	4.48E-8	5.99	
PIER 4	1.26E-8	5.25	
ABUT 2	4.54E-8	0.00	

-1559-
0748

6. 직교지진력의 조합

1) 하중경우

o LC 1 = 1.0 × EQ long + 0.3 × EQ trans

o LC 2 = 0.3 × EQ long + 1.0 × EQ trans

2) 직교지진력의 조합 (교각상단기준)

구 분	Load Case	1-2 PLANE		1-3 PLANE		P (ton)	비 고 (절점)
		S (ton)	M (t-m)	S (ton)	M (t-m)		
PIER 1	LC 1	62.24	0.00	103.77	113.13	0.03	
	LC 2	18.67	0.00	345.88	377.10	0.03	
PIER 2	LC 1	912.75	0.00	124.51	53.90	0.03	
	LC 2	273.84	0.00	415.02	179.68	0.05	
PIER 3	LC 1	40.70	0.00	99.25	136.53	0.03	
	LC 2	12.22	0.00	330.79	455.09	0.04	
PIER 4	LC 1	275.64	0.00	35.99	106.59	0.02	
	LC 2	82.70	0.00	119.92	355.29	0.02	

※. 직교지진력은 교각계산에 적용할 경우 시방서 규정에 적합한 응답수정계수(R)에 의한 보정이 필요하다.

0749

2.5.2 내진성능평가 필요여부

본 교량은 설계시 내진설계가 적용되었으나 준공 이후 내진성능평가가 실시되지 않았으므로 금회 정밀안전진단에서 내진성능평가를 실시하여야 하며 그 내용은 본 보고서 '제6장 내진성능 평가' 에 수록하였다.

2.6 자료분석 결과요약

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

<표 2.6> 자료분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 대구광역시 4차 순환도로(고산국도~안심국도)건설 실시설계 - 구조 및 수리계산서 - 구조물도 등	◇ 구조계산서 및 구조물도는 당시 설계기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇ 설계도면과 실측 제원 비교시 주요 부재에 대하여 전반적으로 동일함	
유 지 관 리 자 료	◇ 정밀안전점검 및 정밀안전진단 보고서	◇ 공사중 및 준공후 21년간 공용하면서 안전성에 문제가 없는 양호한 상태로 검토됨 ◇ 일부 기발생된 손상에 대하여 보수가 필요한 상태임	◇ 기존점검시 발생한 손상의 진행유무, 신규손상 발생유무 확인 및 내구성 비교 등의 점검을 수행하여야 함. ◇ 구조계산서 등을 검토한 결과 내진설계가 적용된 것으로 확인되었으나 준공후 내진성능평가가 미실시되어 금회 내진성능평가를 수행하여야 함.
	◇ 보수·보강 이력	◇ 보수 및 보강 이력은 관리주체에 제공받아 검토하였으며 대체로 내구성 저하 방지를 위한 보수가 실시됨	

제3장 현장조사 및 시험

3.1 개요
3.2 하중조사
3.3 외관조사(범물방향)
3.4 외관조사(안심방향)
3.5 콘크리트 내구성 조사
3.6 강재 내구성 조사
3.7 내구성 조사 결과요약

제3장 현장조사 및 시험

3.1 개요

본 과업의 대상 교량인 '가천교'는 대구광역시 수성구 가천동에 위치하고 있으며, 총연장 290.0m, 교폭은 28.9~51.9m(왕복 6차선)의 교량으로 범물·안심방향이 분리되어 시공된 상태이다. 상부구조는 Steel Box Girder 형식이며 최대경간장은 60.0m이며, 하부구조는 역T형 교대(A1, A2), 다주식 라멘형 교각(P1~P4)으로 구성되어있다. 교량의 기하하적 형상은 교량 시점에서 종점으로 +3.1151%의 경사를 이루며, 횡단구배는 도로중심선에서 범물방향은 -2.0%, 안심방향은 -2.0% 의 경사를 이루고 있다.

2002년 08월 24일에 준공되어 약 20년이 경과된 본 교량에 대한 외관조사는 교량 물리적, 기능적 결함을 발견하고 구조적인 안전성의 판단을 목적으로 부재 전체에 대하여 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 사전 현장답사를 통해 주변 교통여건을 파악하여 현장접근에 필요한 고소작업차, 교량점검차 등의 장비 동원과 일정계획을 수립하여 교량의 외관상태를 조사하였다.

외관조사는 주요부재 및 보조부재에 대하여 현재 상태를 확인하며, 특히 교량의 안전성을 저해할 만한 구조적인 결함의 유무와 향후 유지관리시 중점점검사항을 고려하여 실시하였다. 외관조사시 확인된 결함과 손상내용에 대해서는 사진을 촬영하고 외관조사망도에 수록하여 향후 보수·보강 및 점검 등의 유지관리에 효율적으로 활용될 수 있도록 하였다.

<그림 3.1> 가천교 측면 전경

<표 3.1> 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	• 강재 균열, 파손, 변형, 용접부 손상 • 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 • 유간 부족, 편기, 수평불량, 가동불량, 교량받침 설치오류, 앵커볼트 파손	
신축이음		• 본체의 파손, 부식, 누수, 이상음 및 진동, 유간 부족 • 후타재의 균열, 파손, 단차, 포장면 사이 이격	

<그림 3.2> 고소작업차, 교량점검차, 도보점검 등을 이용한 외관조사

3.2 하중조사

본 교량에 대한 준공도면과 현재 부재의 상태를 확인한 결과, 전 부재에서 준공도면과 일치하는 것으로 확인되었다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>범물방향 교량받침 제원 측정</td><td>안심방향 교량받침 제원 측정</td></tr>
</table>

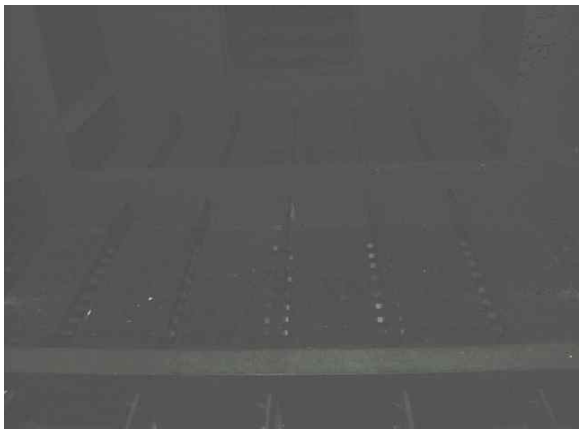
3.3 외관조사(범물방향)

3.3.1 상부구조

가) 강박스 거더

가천교 범물방향의 주부재인 Steel Box Girder는 S1~S3은 4열, S4~S5는 3열로 배치되어 있는 상태이다.

거더 내·외부에 대한 점검은 붕괴유발부재에 대한 점검을 중점적으로 시행하였다. 특히, 피로균열 발생부재, 부식에 의한 단면감소, 구조적인 변형 여부, 도장손상 등 안전성 및 내구성에 영향을 미치는 결함에 대하여 조사를 수행하였다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>거더 외부(S1) 전경</td><td>거더 외부(S5) 전경</td></tr>
<tr><td> </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">거더 내부 전경</td></tr>
</table>

1) 외관조사 결과

① 거더 외부

강재 거더 외부는 점검차(굴절점검차, 고소차)를 이용한 근접점검을 실시하였고, 신규손상으로 국부적인 도장긁힘이 조사된 상태이다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>S3-G1 하부플랜지 도장손상(긁힘)</td><td>S3-G1 하부플랜지 도장손상(긁힘)</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>굴절차를 이용한 거더외부 점검</td><td>굴절차를 이용한 거더외부 점검</td></tr>
</table>

<표 3.2> 범물방향 거더 외부 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
거더외부	도장긁힘	㎡	0.01	1	

구분	손상현황
	도장긁힘(㎡)
S1	
S2	
S3	0.01
S4	
S5	
합계	0.01

② 거더 내부

강재 거더 내부는 도보점검을 실시하였고, 도장박리(누수흔적, 부식) 및 환기구 볼트 미체결, 이물질퇴적 등이 조사되었다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>S2-G1 하부플랜지 도장박리(누수흔적)</td><td>S2-G1 하부플랜지 도장박리(부식)</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>S3-G2 하부플랜지 도장박리(부식)</td><td>S2-G2 환기구 볼트 미체결</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>S3-G2 하부플랜지 이물질퇴적(조류)</td><td>S4-G2 하부플랜지 이물질퇴적(조류)</td></tr>
</table>

<표 3.3> 범물방향 거더 내부 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
거더내부	도장박리	㎡	2.34	3	
	이물질퇴적	㎡	8.00	4	
	환기구볼트 미체결	개소	4.00	4	

구분	손상현황		
	도장박리(㎡)	이물질퇴적(㎡)	환기구볼트 미체결(개소)
S1			
S2	0.34		4.00
S3	2.00	4.00	
S4		4.00	
S5			
합계	2.34	8.00	4.00

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

① 거더 외부

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 기점검 이후 국부적인 도장손상(긁힘)이 추가 조사되었다.

<표 3.4> 범물방향 거더 외부 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
도장긁힘	㎡/개소	- / -	0.01 / 1	▲0.01 / ▲1	신규

② 거더 내부

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 신규손상으로 도장박리 및 환기구 볼트 미체결, 이물질퇴적 등에 대한 손상이 추가 조사되었다.

<표 3.5> 범물방향 거더 내부 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
도장박리	㎡/개소	- / -	2.34 / 3	▲2.34 / ▲3	신규
이물질퇴적	㎡/개소	- / -	8.00 / 4	▲8.00 / ▲4	신규
환기구볼트 미체결	개소/개소	- / -	4.00 / 4	▲4.00 / ▲4	신규

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

① 거더 외부

- 긁힘 - 통행차량 또는 작업장비 등에 의한 외부 충격에 따른 손상이며, 손상 면적은 소규모로 발생된 상태로서 도장손상에 따른 부식 정도는 경미하나, 내구성 확보를 위한 도장보수가 필요하다.

② 거더 내부

- 도장박리 - 현장 이음부 및 시공당시 틈을 통해서 유입된 누수흔적으로 판단되며, 현재 이음부(스플라이스)는 실링으로 마감되어 있는 상태이다. 공용기간이 증가함에 따라 흔적부위 도장이 박리 및 부식 등으로 발전한 것으로 판단되며, 2차손상 발생 우려가 있으므로 재도장을 통한 보수가 필요하다.
- 이물질퇴적 - 조류서식에 의한 손상으로 안점점검 및 유지관리 등을 실시한 후 점검문의 폐합을 철저히 하여, 조류의 출입을 막고, 이물질 퇴적에 대해서는 청소가 필요하다.
- 환기구 볼트 체결불량 - 시공미흡에 의한 환기구 볼트체결불량이 일부 조사되었으며, 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

나) 가로보 및 세로보

가천교 범물방향의 2차부재는 가로보 및 세로보가 있으며 가로보는 S1~S5에서 약 5.0m 간격으로 세로보는 S3에서 거더와 거더사이에 설치되어있는 상태이다.

가로보(S1) 전경

세로보(S3) 전경

1) 외관조사 결과

가로보 및 세로보는 전반적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

가로보 상태 양호	세로보 상태 양호

<표 3.6> 범물방향 가로보 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
가로보 세로보	상태양호	-	-	-	

구분	손상현황
S1~S5	상태양호
합계	

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 공용중 발생된 손상은 없는 것으로 조사되었다.

<표 3.7> 범물방향 가로보 및 세로보 기 정밀안전점검 결과 비교

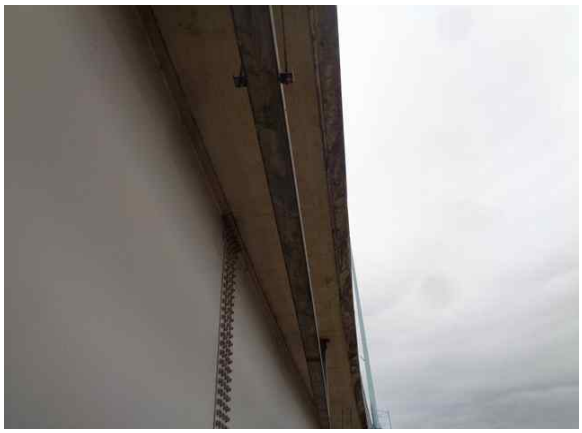
손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
상태양호	-	- / -	- / -	- / -	

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 가로보 및 세로보는 거더의 내측 사이에 위치하고 있어 외부 충격이나 우수유입으로 인한 손상발생이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

다) 콘크리트 바닥판

가천교 범물방향의 바닥판은 3경간(S1~S3), 2경간(S4~S5) 연속교 형식으로 철근콘크리트 구조로 시공되어있는 상태이다. 거더내측(중앙부)의 바닥판은 Deck Plate로 마감되어 있고, 외측(캔틸레버)은 철근콘크리트가 노출되어 있는 상태이다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>바닥판하면 전경</td><td>바닥판하면 데크플레이트 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td> </td></tr>
<tr><td>바닥판하면 캔틸레버부 전경(외측)</td><td>바닥판하면 캔틸레버부 전경(내측)</td></tr>
</table>

1) 외관조사 결과

바닥판은 점검차(굴절점검차, 고소차)를 이용한 근접점검을 실시하였고, 기 발생한 파손 손상은 보수되었으며, 기존손상인 표면오염 및 근접점검으로 인한 미세균열(0.3㎜미만)이 추가 조사되었다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>S5 파손 (21년 정밀안전점검)</td><td>S5 파손 보수실시 - 양호</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>S5 캔틸레버 표면오염</td><td>S1 캔틸레버 균열(폭 0.2㎜)</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>S2 캔틸레버 균열(폭 0.1㎜)</td><td>S3 캔틸레버 균열(폭 0.2㎜)</td></tr>
</table>

<표 3.8> 범물방향 바닥판 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	m	42.00	42	
	표면박리,오염	㎡	5.00	1	

구분	손상현황	
	균열(0.3㎜미만)(m)	표면박리,오염(㎡)
S1	3.00	
S2	3.00	
S3	34.00	
S4		
S5	2.00	5.00
합계	42.00	5.00

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 콘크리트 파손에 대해 보수가 실시되었으며, 미세균열 손상이 추가 조사되었다.

<표 3.9> 범물방향 바닥판 기 정밀안전점검 결과 비교

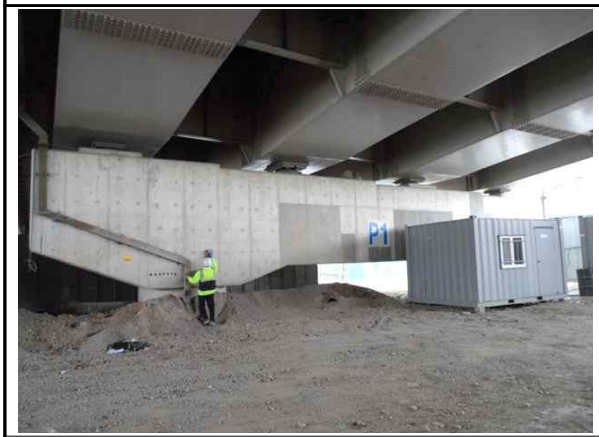
손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
균열(0.3㎜미만)	m/개소	- / -	42.00 / 42	▲42.00 / ▲42	신규
표면박리,오염	㎡/개소	5.00 / 1	5.00 / 1	- / -	
파손	㎡/개소	0.04 / 1	- / -	▼0.04 / ▼1	보수

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 균열(0.3㎜미만) - 대체로 초기 건조수축에 의해 발생된 횡방향 표면균열로 균열폭 및 발생밀도 등을 고려하면 비구조적인 손상으로 판단되며, 공용기간 증가에 따른 우수유입, 온도변화 등에 의해 손상이 진전될 우려가 있으므로 내구성 확보 차원에서 표면처리 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 표면박리,오염 - 측면 우수유입(공용기간 증가)에 따른 수분접촉 등의 원인에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 추가진전은 미미한 상태로 주의관찰을 통한 유지관리 실시가 바람직하다.

3.3.2 하부구조

본 교량의 하부구조는 철근콘크리트 구조로써 교대는 역T형이며, 기초는 A1 직접기초, A2 파일기초이다. 교각은 다주식 라멘형(P1~P4)으로 기초는 직접기초(P1, P3), 파일기초(P2, P4)로 시공되었다. 교각은 철재점검통로(P2~P4)가 설치되어 있으며, 코핑과 접합되어 있으므로 점검로 손상은 외관조사망도(교각)에 기입하였다. 또한, A1 날개벽측으로 판넬형옹벽이 설치되어 있다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>교대 A1 전경</td><td>교대 A2 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td> </td></tr>
<tr><td>교각 P1 전경</td><td>교각 P2 전경</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>교각 P3 전경</td><td>교각 P4 전경</td></tr>
</table>

1) 외관조사 결과

기 발생한 콘크리트 파손, 실란트 파손 대한 보수가 일부 실시되었으며, 균열(폭 0.3㎜ 미만) 및 망상균열, 콘크리트 표면열화, 이물질퇴적, 누수오염, 실란트 파손 등이 조사되었다. A1 날개벽측의 판넬형옹벽은 양호한 상태로 조사되었다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>P1 콘크리트 파손 (21년 정밀안전점검)</td><td>P1 콘크리트 파손 보수 - 양호</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>P1 코핑부 균열(폭 0.2㎜)</td><td>P1 코핑부 망상균열(폭 0.1㎜)</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>P2 기둥부 망상균열(폭 0.1㎜)</td><td>P2 코핑부 및 기둥부 누수오염</td></tr>
</table>

P3 코핑부 균열(폭 0.2㎜)

P3 기둥부 균열(폭 0.2㎜)

P3 코핑부 이물질퇴적(조류)

P3 코핑부 표면열화, 체수흔적

P3 코핑부 누수오염

P4 코핑부 망상균열(폭 0.1㎜)

A2 실란트 파손(21년 정밀안전점검)

A2 실란트 보수 - 양호

A1 구체 균열(폭 0.2㎜)

A1 흉벽 균열(폭 0.2㎜)

A2 흉벽 균열(폭 0.2㎜)

A2 구체 실란트 파손

A1 날개벽 상태양호

A1 날개벽측 판넬형옹벽 상태양호

<표 3.10> 범물방향 하부구조 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
하부구조 (교대 및 교각)	균열(0.3㎜미만)	m	28.30	21	
	망상균열	㎡	42.50	9	
	표면열화	㎡	20.00	1	
	이물질퇴적(조류서식)	㎡	6.20	3	
	누수오염, 체수흔적	㎡	14.00	3	
	실란트 파손	m	3.00	1	

구분	손상현황					
	균열 (0.3㎜미만) (m)	망상균열 (㎡)	표면열화 (㎡)	이물질퇴적 (㎡)	누수오염 체수흔적 (㎡)	실란트파손 (m)
A1	6.10					
P1	6.50	25.00				
P2	6.00	16.50			6.00	
P3	7.00		20.00	6.20	8.00	
P4						
A2	2.70	1.00				3.00
합계	28.30	42.50	20.00	6.20	14.00	3.00

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 콘크리트 파손, 실란트 파손에 대해 일부 보수가 실시되었으며, 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 이물질퇴적, 실란트 파손이 추가 조사되었고, 표면열화 및 체수흔적은 진전은 미미한 상태이다.

<표 3.11> 범물방향 하부구조 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
균열(0.3㎜미만)	m/개소	11.80 / 9	28.30 / 21	▲16.50 / ▲12	신규
망상균열	㎡/개소	8.80 / 2	42.50 / 9	▲33.70 / ▲7	신규
표면열화	㎡/개소	20.00 / 1	20.00 / 1	- / -	-
이물질퇴적(조류서식)	㎡/개소	3.70 / 2	6.20 / 3	▲2.50 / ▲1	신규
체수흔적	㎡/개소	14.00 / 3	14.00 / 3	- / -	-
실란트 파손	m/개소	2.00 / 1	3.00 / 1	▲1.00 / -	보수/신규
파손	㎡/개소	0.09 / 1	- / -	▼0.09 / ▼1	보수

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 균열(0.3㎜미만), 망상균열 - 건조수축 및 구속응력, 온도변화 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 장기간 우수 및 외기에 의한 수분접촉시 표면열화에 따른 박리 또는 내부 철근의 부식 팽창 등에 의해 박락이 발생될 수 있으므로 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 표면열화, 체수흔적 - 장기공용 및 우수, 외기에 의해 발생된 손상으로 판단되며, 전회와 비교시 진전이 미미한 상태이다. 현재 발생한, 표면열화, 체수흔적은 지속적인 주의관찰 후 손상의 진전시 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 실란트 파손 - 장기공용 및 온도변화에 의한 실란트 열화손상으로, 손상부로 우수유입 등의 2차 손상발생 가능성이 있으므로, 실란트충전 보수가 필요하다.
- 이물질퇴적(조류서식) - 조류서식에 의한 손상으로 거더내부의 이물질퇴적과 더불어 청소가 필요하다.

3.3.3 교량받침

본 교량의 교량받침은 포트받침으로 거더당 1개소씩 배치되어 있으며, 지점당 4개(A1, P1, P2), 지점당 3개(P4, A2), 지점당 7개(P3)로 총 25개소가 설치되어있다. 교량받침은 상부구조의 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재로써 본 조사에서는 과반력 및 부반력 발생여부, 온도변화에 의한 신축거동 여부뿐만 아니라 강재부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성 등에 대한 조사를 실시하였다.

교량받침 현황 및 배치도는 다음과 같다.

구분		A1	P1	P2	P3	P4	A2	계
300 TONF (포트받침)		3			2		2	7
		1			1		1	3
400 TONF (포트받침)					3			3
					1			1
700 TONF (포트받침)			3					3
			1					1
						1		1
						2		2
800 TONF (포트받침)				1				1
				3				3

범 례

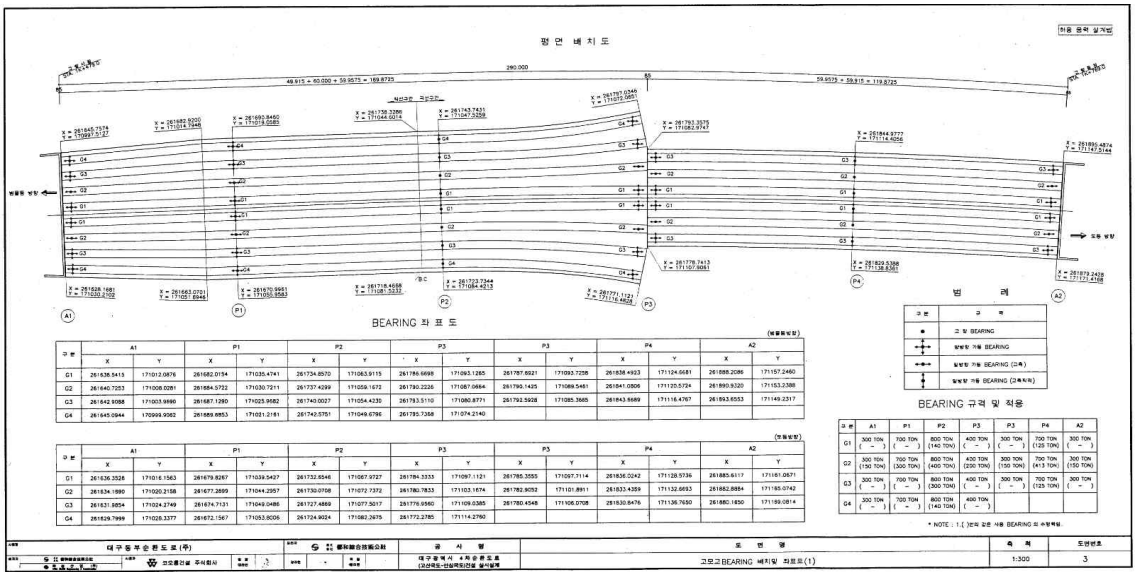
	고정단
	일방향 고정단
	일방향 가동단
	양방향 가동단

양방향 가동단

일방향(교축)

일방향(교축 직각)

고정단



교량받침 배치도

가) 외관상태

1) 외관조사 결과

전반적인 가동상태는 양호하며 외관조사 결과, 기 발생한 받침콘크리트 균열(0.3㎜ 미만)에 대해 보수를 실시하였고, 무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)이 조사되었다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>P1-SH1 받침콘크리트 균열 보수 - 양호</td><td>P1-SH4 받침콘크리트 균열 보수 - 양호</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>P3-SH6 받침콘크리트 균열(폭 0.1㎜)</td><td>일방향 본체 상태양호</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>고정단 본체 상태양호</td><td>양방향 본체 상태양호</td></tr>
</table>

<표 3.12> 범물방향 교량받침 외관조사 결과

구분		손상현황	단위	손상물량	개소	비고
교량받침	무수축 몰탈	균열(0.3㎜미만)	m	0.20	1	
	받침 콘크리트	상태양호	-	-	-	
	본체	상태양호	-	-	-	

구분	손상현황
	무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)(m)
A1	
P1	
P2	
P3	0.20
P4	
A2	
합계	0.20

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 받침콘크리트 균열 보수를 실시하였고, 금회 무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)이 추가 조사되었다.

<표 3.13> 범물방향 교량받침 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황		단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
무수축 몰탈	균열(0.3㎜미만)	m/개소	- / -	0.20 / 1	▲0.20 / ▲1	신규
받침콘크리트	균열(0.3㎜미만)	m/개소	0.60 / 2	- / -	▼0.60 / ▼2	보수
본체	상태양호	-	- / -	- / -	- / -	-

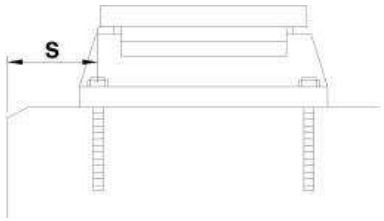
3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 균열(0.3㎜미만) - 건조수축 및 온도변화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 비구조적인 균열이나, 내구성 확보 차원의 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

나) 연단거리 조사

받침장치는 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위로 연단거리가 짧으면 고정단에서는 교각 및 교대의 전면에서 콘크리트가 파손되거나 받침이 파손되며 가동단에서는 받침이 벗어나 심한 경우 주형이 낙하할 수도 있다. 따라서 교량의 교축방향의 받침 연단과 하부구조 정부(頂部)연단 사이의 거리는 다음 값(S) 이상이어야 한다.

교량의 받침 연단거리 측정은 다음과 같이 측정한다.

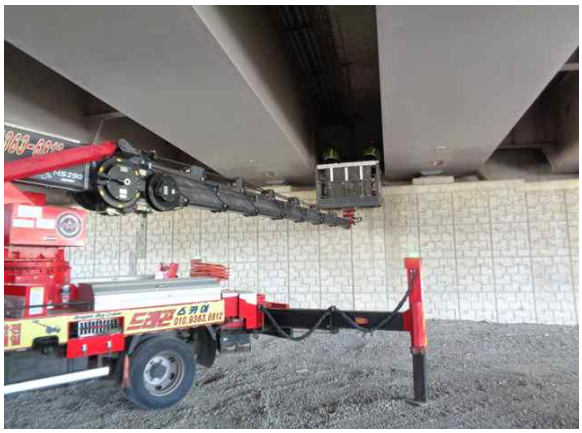


<포트받침>

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

도로교설계기준 (2010)

- S1 : L=50.0m → S = 200 + 5×50.0 = 450㎜
- S2~S5 : L=60.0m → S = 200 + 5×60.0 = 500㎜



연단거리 측정

<표 3.14> 범물방향 교량받침 연단거리 조사 결과

구분		경간길이 (시/종, m)	최소연단거리 (시/종, ㎜)	실측연단거리		평가	비고
				시점측(㎜)	종점측(㎜)		
A1	Sh1	-/50	-/450	-	600	양호	
	Sh2	-/50	-/450	-	580	양호	
	Sh3	-/50	-/450	-	580	양호	
	Sh4	-/50	-/450	-	590	양호	
P1	Sh1	50/60	450/500	1000	950	양호	
	Sh2	50/60	450/500	1000	900	양호	
	Sh3	50/60	450/500	1000	970	양호	
	Sh4	50/60	450/500	1000	970	양호	
P2	Sh1	60/60	500/500	980	900	양호	
	Sh2	60/60	500/500	980	900	양호	
	Sh3	60/60	500/500	980	880	양호	
	Sh4	60/60	500/500	980	950	양호	
P3	Sh1	60/-	500/-	710	-	양호	
	Sh2	60/-	500/-	720	-	양호	
	Sh3	60/-	500/-	720	-	양호	
	Sh4	60/-	500/-	720	-	양호	
	Sh5	-/60	-/500	-	710	양호	
	Sh6	-/60	-/500	-	700	양호	
	Sh7	-/60	-/500	-	710	양호	
P4	Sh1	60/60	500/500	760	750	양호	
	Sh2	60/60	500/500	780	760	양호	
	Sh3	60/60	500/500	780	760	양호	
A2	Sh1	60/-	500/-	600	-	양호	
	Sh2	60/-	500/-	600	-	양호	
	Sh3	60/-	500/-	610	-	양호	

교대 및 교각의 받침장치 연단거리는 설계기준을 만족하고 연단거리 부족으로 인한 이상 징후가 발견되지 않는 양호한 상태이다.

다) 가동여유량 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

① 교량받침은 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.

② 교량받침의 신축거동상태 검토 시에는 이동량 측정 당시의 실측 온도를 이용하여 검토를 실시하였다.

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

① 받침 허용이동량의 경우, 상판 제원을 측정하여 도면 정보와 비교하였다.

② 교량받침의 이동량을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었다.

- 온도변화에 의한 신축량 $\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$
  여기서 ΔT : 온도변화, L : 신축거더 길이, α : 선팽창계수(강교 : 1.2×10^{-5})

3) 현장조사(2022.04.20.)

<table>
<tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>A1-SH1</td><td>A1-SH2</td><td>A1-SH3</td><td>A1-SH4</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>P1-SH1</td><td>P1-SH2</td><td>P1-SH3</td><td>P1-SH4</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>P2-SH1</td><td>P2-SH2</td><td>P2-SH3</td><td>P2-SH4</td></tr>
</table>

P3-SH1	P3-SH2	P3-SH3	P3-SH4
			-
P3-SH5	P3-SH6	P3-SH7	-
			-
P4-SH1	P4-SH2	P4-SH3	-
			-
A2-SH1	A2-SH2	A2-SH3	-

<표 3.15> 범물방향 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	조사일 온도 (℃)	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	최대 받침 이동량(㎜)	
		동절기	하절기			동절기 (최대수축시)	하절기 (최대신장시)
A1	22.2	32.2	17.8	1.2×10^{-5}	110.0	42.5	23.5
P1	22.2	32.2	17.8	1.2×10^{-5}	60.0	23.2	12.8
P2	고정단						
P3	22.2	32.2	17.8	1.2×10^{-5}	60.0	23.2	12.8
P4	고정단						
A2	22.2	32.2	17.8	1.2×10^{-5}	60.0	23.2	12.8
1) 조사일 : 2022년 04월 20일(측정시 온도 : 22.2℃) 2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)							

<표 3.16> 범물방향 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		이동 허용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	10↑	42.5	23.5	60	40	±50	O.K
	Sh2	10↑			60	40	±50	O.K
	Sh3	10↑			60	40	±50	O.K
	Sh4	15↑			65	35	±50	O.K
P1	Sh1	10↓	23.2	12.8	40	60	±50	O.K
	Sh2	15↓			35	65	±50	O.K
	Sh3	10↓			40	60	±50	O.K
	Sh4	10↓			40	60	±50	O.K
P2	-	고정단						
P3	Sh1	15↓	23.2	12.8	65	35	±50	O.K
	Sh2	15↓			65	35	±50	O.K
	Sh3	10↓			60	40	±50	O.K
	Sh4	0↓			50	50	±50	O.K
	Sh5	5↓			45	55	±50	O.K
	Sh6	5↓			45	55	±50	O.K
	Sh7	0↓			50	50	±50	O.K
P4	-	고정단						
A2	Sh1	30↓	23.2	12.8	80	20	±50	O.K
	Sh2	35↓			85	15	±50	O.K
	Sh3	35↓			85	15	±50	O.K

※ 이동방향 : ↑ (A1방향, 시점), ↓ (A2방향, 종점)
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

범물방향 받침장치 가동 여유량 검토 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 가동 여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었다.

3.3.4 신축이음

신축이음은 교량받침과 연동되어 온도나 하중에 대한 상부구조의 신축거동을 수렴하는 중요 장치로써 본체와 후타재로 구분되며, 본 교량의 신축이음(A1, P3, A2)은 전 구간 레일타입의 형식으로 시공된 상태이다.

조사시, 신축이음의 본체 열화(부식 등), 후타재 열화, 신축기능 발휘상태 등에 대하여 중점점검을 실시하였다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>Exp.J1(A1) 전경(NO. 100)</td><td>Exp.J2(P3) 전경(NO. 100)</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>Exp.J3(A2) 전경(NO. 100)</td><td>차수판 전경</td></tr>
</table>

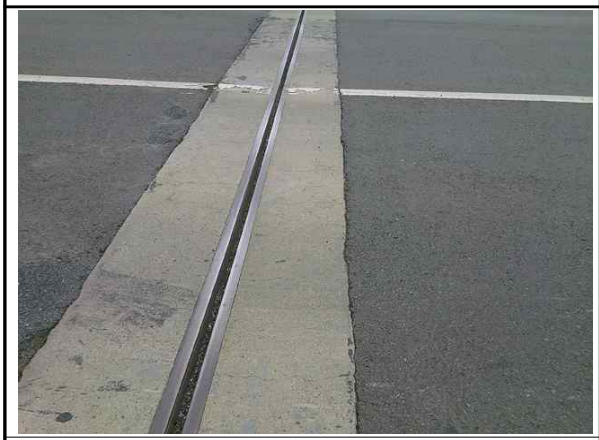
가) 외관상태

1) 외관조사 결과

본체는 전반적으로 작동상태는 양호하며, 후타재 접속부는 이격이나 단차 등이 없는 양호한 상태로 확인되었다. 기 발생한 후타재 균열(0.3㎜미만)은 미보수된 상태로 진전은 미미한 편이다. 추가 손상으로 후타재 망상균열이 조사되었다.

A1 후타재 망상균열(폭 0.2㎜)

A1 후타재 균열(폭 0.2㎜)



P3 후타재 균열(폭 0.2㎜)

A2 후타재 균열(폭 0.2㎜)

<표 3.17> 범물방향 신축이음 외관조사 결과

구분		손상현황	단위	손상물량	개소	비고
신축이음	후타재	균열(0.3㎜미만)	m	23.70	55	
		망상균열	㎡	2.70	2	
	본체	상태양호	-	-	-	

구분	손상현황	
	후타재 균열(0.3㎜미만)(m)	후타재 망상균열(㎡)
A1	5.70	
P3	10.00	
A2	8.00	2.70
합계	23.70	2.70

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 기 손상인 후타재 균열(0.3㎜미만)은 진전은 미미한 상태이고, 후타재 망상균열이 추가 조사되었다.

<표 3.18> 범물방향 신축이음 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황		단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
후타재	균열(0.3㎜미만)	㎡/개소	23.70 / 55	23.70 / 55	- / -	-
	망상균열	㎡/개소	- / -	2.70 / 2	▲2.70 / ▲2	신규
본체	상태양호	-	- / -	- / -	- / -	-

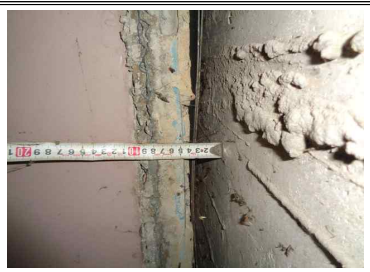
3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

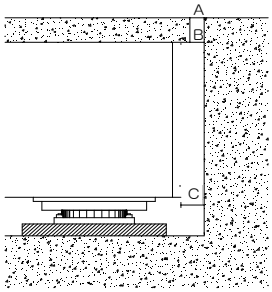
- 후타재 균열(0.3㎜미만) - 건조수축, 차량의 반복적인 윤하중, 온도변화, 공용기간 경과에 의한 것으로 판단되며, 표면처리를 통한 내구성 확보를 하는 것이 바람직하다.

나) 신축이음 유간검토

본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 신축이음장치, 바닥판, 거더에 대한 유간을 측정하였고, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승시 신장량과 최저 온도 하강시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.

1) 현장조사(2022.04.20.)

구분	신축이음장치 유간(A)	바닥판 유간(B)	거더 유간(C)
A1			
P3			
A2			



< 측정 개요도 >

<표 3.19> 범물방향 신축이음 유간 측정 결과

측정위치	측 정 값(㎜)			비 고
	신축이음장치(A)	바닥판(B)	거더(C)	
EXP.J1(A1)	28	40	95	Rail Joint
EXP.J2(P3)	40	100	130	Rail Joint
EXP.J3(A2)	18	25	30	Rail Joint

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

- 온도변화에 의한 신축량 $\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$

여기서 ΔT : 온도변화, L : 신축거더 길이

α : 선팽창계수(강교 : 1.2×10-5)

<표 3.20> 범물방향 신축이음 신축이동량 산정

구 분	조사일 온도 (℃)	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	계산 이동량(㎜)	
		동절기	하절기			동절기 (최대수축시)	하절기 (최대신장시)
EXP.J1(A1)	22.2	32.2	17.8	1.2×10^{-5}	110	42.5	23.5
EXP.J2(P3)	22.2	32.2	17.8	1.2×10^{-5}	120	46.4	25.6
EXP.J3(A2)	22.2	32.2	17.8	1.2×10^{-5}	60	23.2	12.8
1) 조사일 : 2022년 04월 20일(22.2℃) 2) 검토온도 : -10℃ ~ +40℃(보통지방)							

<표 3.21> 범물방향 신축이음장치 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	42.5	23.5	28	100	29.5	4.5	O.K
	바닥판			40	-	-	16.5	O.K
	거더			95	-	-	71.5	O.K
EXP.J2 (P2)	신축이음장치	46.4	25.6	40	100	13.6	14.4	O.K
	바닥판			100	-	-	74.4	O.K
	거더			130	-	-	104.4	O.K
EXP.J3 (A2)	신축이음장치	23.2	12.8	18	100	58.8	5.2	O.K
	바닥판			25	-	-	12.2	O.K
	거더			30	-	-	17.2	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

3.3.5 기타시설

비구조체인 교면포장, 배수시설, 난간, 점검시설 등과 같은 기타 시설물에 대한 외관조사 결과는 다음과 같다.

가) 교면포장

본 교량의 교면포장은 아스팔트 포장(T=80㎜)으로 시공되어 있고, S1~S3의 갓길측은 현재 미사용중이고, 그 외의 3차선은 사용중이다. 점검시 포트홀, 파손, 균열, 요철, 단차, 열화 등의 손상발생 및 차량의 주행성능 저하 등에 대해 중점을 두고 조사를 실시하였다.

교면포장 전경

교면포장 전경

1) 외관조사 결과

교면포장은 일부 아스콘 균열, 패임, 임시보수부 소성변형 등의 손상이 조사되었다.

S2 임시보수부 아스콘 소성변형

S4(P3) 아스콘 파손

S4 갓길측 아스콘 패임	S4 아스콘 균열

<표 3.22> 범물방향 교면포장 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
교면포장	아스콘 균열	m	15.00	2	
	아스콘 패임, 파손	㎡	1.52	7	
	소성변형	㎡	2.00	1	

구분	손상현황		
	아스콘 균열(m)	아스콘 패임, 파손(㎡)	소성변형(㎡)
S1			
S2			2.00
S3			
S4	10.00	1.52	
S5	5.00		
합계	15.00	1.52	2.00

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 기 점검이후 신규손상으로 아스콘 균열, 파손, 소성변형 등이 발생한 상태로 조사되었다.

<표 3.23> 범물방향 교면포장 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
아스콘 균열	m/개소	- / -	15.00 / 2	▲15.00 / ▲2	신규
패임, 파손	㎡/개소	- / -	1.52 / 7	▲1.52 / ▲7	신규
소성변형	㎡/개소	- / -	2.00 / 1	▲2.00 / ▲1	신규

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 아스콘 균열 - 중차량이 다니는 3차선측에 발생한 손상으로 차량의 반복적인 윤하중, 공용기간 경과에 의한 것으로 판단되며, 즉각보수 보다는 주기적인 관찰을 통한 유지관리 후 손상의 증가시 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 아스콘 패임, 파손 - 차량의 반복적인 윤하중, 공용기간 경과에 의한 신축이음 후타재 접속부에 발생한 아스콘 파손은 보수가 필요하며, 아스콘 패임은 차량에 의한 긁힘으로 판단된다. 상기 손상들은 교면포장에 발생한 손상들과 함께 손상의 증가시 일괄보수(재포장)를 실시하는 유지관리가 유리할 것으로 판단된다.
- 소성변형 - 아스콘 임시보수를 실시한 곳에 반복적인 차량의 윤하중에 의해 발생한 손상으로 상기 손상들은 교면포장에 발생한 손상들과 함께 손상의 증가시 일괄보수(재포장)를 실시하는 유지관리가 유리할 것으로 판단된다.

나) 배수시설

본 교량의 배수시설은 S1~S3은 갓길측, S4~S5은 중앙분리대측에 배수구가 설치되어 있으며, 육교형 배수관으로 연결되어있는 상태이다. 조사시, 원활한 배수상태 및 배수관 체결부 상태에 대해 중점적으로 점검을 실시하였다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>배수구 전경(갓길측)</td><td>배수구 전경(중앙분리대측)</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>배수관 전경(갓길측)</td><td>배수관 전경(중앙분리대측)</td></tr>
</table>

1) 외관조사 결과

교량 상면의 배수구는 막힘이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 그 외 배수관 및 고정철물에는 문제가 없는 것으로 조사되었다.

배수구 및 덮개 상태양호

배수관 및 연결상태 양호

<표 3.24> 범물방향 배수시설 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
배수시설	상태양호	-	-	-	

구분	손상현황
S1~S5	상태양호
합계	

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 양호한 상태로 유지관리되고 있는 것으로 판단된다.

<표 3.35> 범물방향 배수시설 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
상태양호	-	- / -	- / -	- / -	-

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 현재, 배수시설은 양호한 상태로 조사되었으나, 공용기간 증가 및 강우에 의해 퇴적물이 쌓일 수 있으므로, 원활한 배수기능 확보를 위해 주기적인 청소가 필요하다.

다) 난간 및 연석

범물방향은 교면 외측에는 차량용 콘크리트 방호벽(H=1.1m)+오물투척 방지망, 내측에는 콘크리트 중분대(H=0.85m)+차광판이 시공되어있고, S1~S3 갓길에 PE방호벽이 설치되어있다. 조사시, 콘크리트 균열, 파손 등에 중점을 두고 점검을 실시하였다.

외측 방호벽 및 오물투척 방지망 전경

내측 중분대 및 차광판 전경

갓길 PE방호벽 전경

방호벽 외측 전경

1) 외관조사 결과

기 발생한 균열(0.3㎜미만), 백태 손상은 진전이 미미한 상태로 조사되었고, 그 외의 추가손상은 없는 상태이다.

S1 방호벽 균열(폭 0.2㎜)

S1 중앙분리대 균열(폭 0.2㎜)

S2 방호벽 균열(폭 0.2㎜)

S2 중앙분리대 균열(폭 0.2㎜)

S3 방호벽 백태

S3 중앙분리대 균열(폭 0.2㎜)

S4 방호벽 균열(폭 0.2㎜)

S4 중앙분리대 균열(폭 0.2㎜)

S5 방호벽 균열(폭 0.2㎜)

S5 중앙분리대 균열(폭 0.2㎜)

<표 3.26> 범물방향 난간 및 연석 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
난간 및 연석	균열(0.3㎜미만)	m	354.80	337	
	백태균열	m	3.60	3	

구분	손상현황	
	균열(0.3㎜미만)(m)	백태균열(m)
S1	60.00	
S2	70.80	
S3	51.60	3.60
S4	54.00	
S5	118.40	
합계	354.80	3.60

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 기 발생한 균열(0.3㎜미만), 백태는 진전이 미미한 상태이며, 추가 손상은 없는 것으로 조사되었다.

<표 3.27> 범물방향 난간 및 연석 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
균열(0.3㎜미만)	m/개소	354.80 / 337	354.80 / 337	- / -	-
백태균열	m/개소	3.60 / 3	3.60 / 3	- / -	-

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 균열(0.3㎜미만) - 건조수축 및 구속응력, 온도변화, 수화열 등에 의해 발생된 수직방향의 미세균열로 보수보다는 주기적인 관찰을 실시하는 유지관리가 바람직하다.
- 백태균열 - 장기공용, 우수에 의한 균열부에 발생한 백태로, 전회와 비교시 진전이 미미한 상태로, 그 정도가 크지 않으므로, 주기적인 관찰을 실시하는 유지관리가 바람직하다.

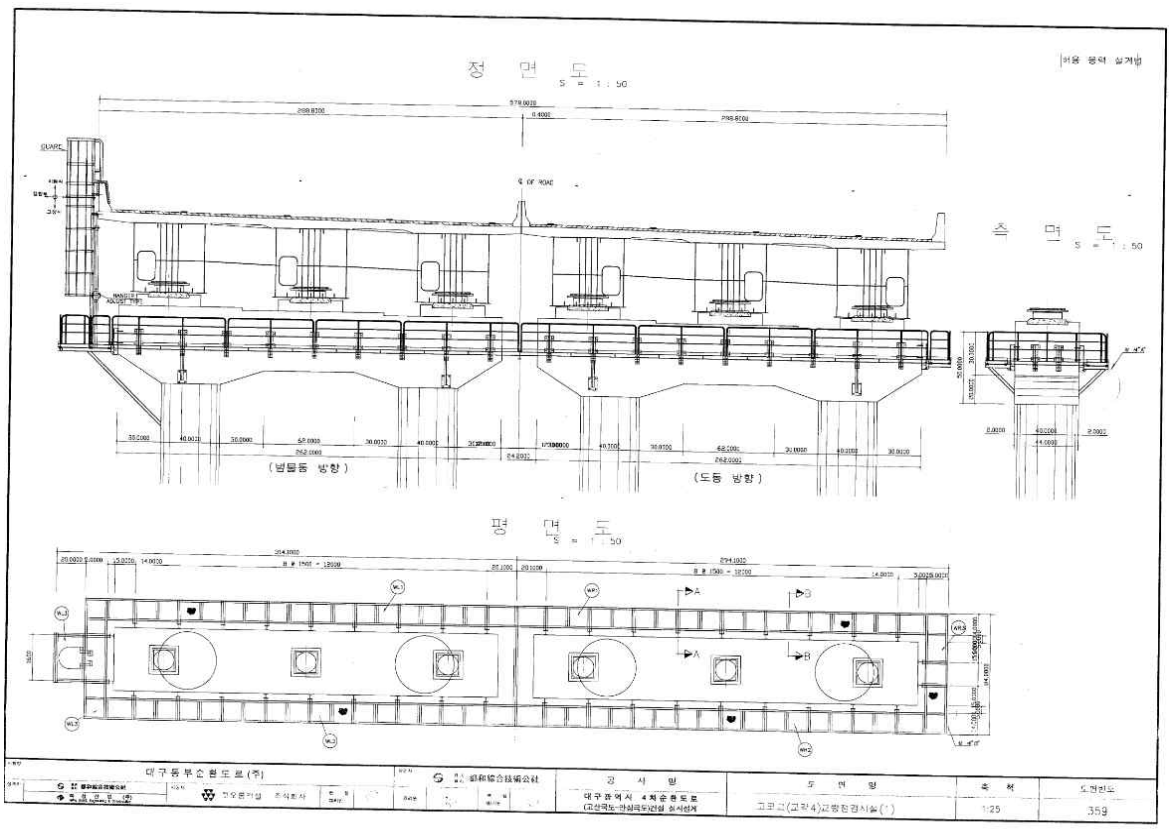
라) 점검시설

교량의 유지관리를 위한 점검시 근접조사를 위해 P2~P4에 점검로가 설치되어 있으며, 점검통로는 교각과 일체로 연결된 상태로 외측에 작업자의 안전을 위한 난간이 설치되어있고, 점검사다리를 통해 교량 상부에서 출입이 가능한 상태이다.

조사시, 교량과의 체결상태(볼트), 부식, 파손 등의 단면손상 등에 대해 중점적으로 점검을 실시하였다.

점검사다리 전경

점검통로 전경



점검로 상세도

1) 외관조사 결과

점검시설 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

P2 점검로 상태양호	P3 점검로 상태양호

<표 3.28> 범물방향 점검시설 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
점검시설	상태양호	-	-	-	

구분	손상현황
P2~P4	상태양호
합계	

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 추가손상이 없는 상태로 조사되었다.

<표 3.29> 범물방향 점검시설 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
상태양호	-	- / -	- / -	- / -	

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과, 외부 습기노출, 우수유입 등에 의해 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요하다.

3.3.6 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

가) 추락방지시설

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 3.3.5 기타시설 라)점검시설에 기입된 사항으로 대체하였다.

나) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 3.3.5 기타시설 가)교면포장에 기입된 사항으로 대체하였다.

다) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 3.3.4 신축이음에 기입된 사항으로 대체하였다.

라) 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 환기구 등의 덮개는 없는 것으로 확인되었다.

3.3.7 범물방향 외관조사 결과요약

가) 범물방향 금회 진단 외관조사 결과요약

<표 3.30> 범물방향 금회 진단 외관조사 결과요약

구분		주요 결함 및 외관조사 결과	검토 의견
거더	외부	◦강재 거더 외부는 신규 손상으로 도장 긁힘이 조사되었고, 그 외 부식, 변형 등의 주요손상은 없는 상태이다.	▪도장긁힘은 통행차량 또는 작업장비 등에 의한 외부 충격에 따른 손상이며, 손상 면적은 소규모로 발생된 상태로서 도장손상에 따른 부식 정도는 경미하나, 내구성 확보를 위한 도장보수가 필요하다.
	내부	◦강재 거더 내부는 도장박리 및 이물질 퇴적, 환기구 볼트 체결불량이 조사되었다.	▪도장박리는 현장 이음부 및 시공당시 틈을 통해서 유입된 누수흔적으로 판단되며, 현재 이음부(스플라이스)는 실링으로 마감되어 있는 상태이다. 공용기간이 증가함에 따라 흔적부위 도장이 박리 및 부식 등으로 발전한 것으로 판단되며, 2차손상 발생 우려가 있으므로 재도장을 통한 보수가 필요하다. ▪이물질퇴적은 조류서식에 의한 손상으로 안점점검 및 유지관리 등을 실시한 후 점검문의 폐합을 철저히 하여, 조류의 출입을 막고, 이물질 퇴적에 대해서는 청소가 필요하다. ▪환기구 볼트 체결불량은 시공미흡에 의한 환기구 볼트체결불량이 일부 조사되었으며, 정비를 통한 유지관리가 필요하다.
2차부재		◦가로보 및 세로보는 전반적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.	▪가로보 및 세로보는 거더의 내측 사이에 위치하고 있어 외부 충격이나 우수유입으로 인한 손상발생이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
바닥판		◦기 발생한 파손 손상은 보수되었으며, 기존손상인 표면오염 및 근접점검으로 인한 미세균열(0.3㎜미만)이 추가 조사되었다.	▪균열(0.3㎜미만)은 대체로 초기 건조수축에 의해 발생된 횡방향 표면균열로 균열폭 및 발생밀도 등을 고려하면 비구조적인 손상으로 판단되며, 공용기간 증가에 따른 우수유입, 온도변화 등에 의해 손상이 진전될 우려가 있으므로 내구성 확보 차원에서 표면처리 보수를 실시하는 것이 필요하다. ▪표면박리, 오염은측면 우수유입(공용기간 증가)에 따른 수분접촉 등의 원인에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 추가진전은 미미한 상태로 주의관찰을 통한 유지관리 실시가 바람직하다.

구분	주요 결함 및 외관조사 결과	검토 의견
하부구조	◦기 발생한 콘크리트 파손, 실란트 파손 대한 보수가 일부 실시되었으며, 균열(폭 0.3㎜ 미만) 및 망상균열, 콘크리트 표면열화, 이물질퇴적, 누수오염, 실란트 파손 등이 조사되었다. A1 날개벽측의 판넬형옹벽은 양호한 상태로 조사되었다.	▪ 균열(0.3㎜미만), 망상균열은 건조수축 및 구속응력, 온도변화 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 장기간 우수 및 외기에 의한 수분접촉시 표면열화에 따른 박리 또는 내부 철근의 부식 팽창 등에 의해 박락이 발생될 수 있으므로 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 필요하다. ▪ 표면오염, 체수흔적은 장기공용 및 우수, 외기에 의해 발생된 손상으로 판단되며, 전회와 비교시 진전이 미미한 상태이다. 현재 발생한, 표면열화, 체수흔적은 지속적인 주의관찰 후 손상의 진전시 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. ▪ 실란트 파손은 장기공용 및 온도변화에 의한 실란트 열화손상으로, 손상의 정도가 심하지 않은 상태로써, 주의관찰 후 진전시 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. ▪ 이물질퇴적은 조류서식에 의한 손상으로 거더내부의 이물질퇴적과 더불어 청소가 필요하다.
교량받침	◦전반적인 가동상태는 양호하며 외관조사 결과, 기 발생한 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)에 대해 보수를 실시하였고, 무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)이 조사되었다. ◦교대 및 교각의 교량받침 연단거리는 설계기준을 만족함. ◦범물방향 받침장치 가동 여유량 검토 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었다.	▪ 균열(0.3㎜미만)은 건조수축 및 온도변화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 비구조적인 균열이나, 내구성 확보 차원의 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.
신축이음	◦본체는 전반적으로 작동상태는 양호하며, 후타재 접속부는 이격이나 단차 등이 없는 양호한 상태로 확인되었다. 기 발생한 후타재 균열(0.3㎜미만)은 미보수된 상태로 진전은 미미한 편이다. 추가 손상으로 후타재 망상균열이 조사되었다. ◦신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.	▪ 후타재 균열(0.3㎜미만)은 건조수축, 차량의 반복적인 윤하중, 온도변화, 공용기간 경과에 의한 것으로 판단되며, 표면처리를 통한 내구성 확보를 하는 것이 바람직하다.

구분	주요 결함 및 외관조사 결과	검토 의견
교면포장	◦교면포장은 일부 아스콘 균열, 패임, 임시보수부 소성변형 등의 손상이 조사되었다.	▪아스콘 균열은 중차량이 다니는 3차선 측에 발생한 손상으로 차량의 반복적인 윤하중, 공용기간 경과에 의한 것으로 판단되며, 즉각보수 보다는 주기적인 관찰을 통한 유지관리 후 손상의 증가시 보수를 실시하는 것이 바람직하다. ▪아스콘 패임, 파손은 차량의 반복적인 윤하중, 공용기간 경과에 의한 신축이음 후타재 접속부에 발생한 아스콘 파손은 보수가 필요하며, 아스콘 패임은 차량에 의한 긁힘으로 판단된다. 상기 손상들은 교면포장에 발생한 손상들과 함께 손상의 증가시 일괄보수(재포장)를 실시하는 유지관리가 유리할 것으로 판단된다. ▪소성변형은 아스콘 임시보수를 실시한 곳에 반복적인 차량의 윤하중에 의해 발생한 손상으로 상기 손상들은 교면포장에 발생한 손상들과 함께 손상의 증가시 일괄보수(재포장)를 실시하는 유지관리가 유리할 것으로 판단된다.
배수시설	◦교량 상면의 배수구는 막힘이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 그 외 배수관 및 고정철물에는 문제가 없는 것으로 조사되었다.	▪현재, 배수시설은 양호한 상태로 조사되었으나, 공용기간 증가 및 강우에 의해 퇴적물이 쌓일 수 있으므로, 원활한 배수기능 확보를 위해 주기적인 청소가 필요하다.
난간, 연석	◦기 발생한 균열(0.3㎜미만), 백태 손상은 진전이 미미한 상태로 조사되었고, 그 외의 추가손상은 없는 상태이다.	▪균열(0.3㎜미만)은 건조수축 및 구속응력, 온도변화, 수화열 등에 의해 발생된 수직방향의 미세균열로 보수보다는 주기적인 관찰을 실시하는 유지관리가 바람직하다. ▪백태균열은 장기공용, 우수에 의한 균열부에 발생한 백태로, 전회와 비교시 진전이 미미한 상태로, 그 정도가 크지 않으므로, 주기적인 관찰을 실시하는 유지관리가 바람직하다.
점검시설	◦점검시설 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.	▪현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과, 외부 습기노출, 우수유입 등에 의해 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요하다.
하중조사	●본 교량에 대한 준공도면과 현재 부재의 상태를 확인한 결과, 모든 부재는 준공도면과 일치하는 것으로 확인되었다.	

나) 범물방향 기 정밀안전점검('21년) 외관조사 결과와의 비교

<표 3.31> 범물방향 기 정밀안전점검 외관조사 결과 비교

구분	2021년 정밀안전점검 결과	금회 진단결과
거더	◦ 외부 상태양호 ◦ 내부 상태양호	◦ 외부 **도장손상(긁힘)** ◦ 내부 **도장손상(박리)**, **이물질퇴적, 환기구 볼트 미체결**
가로보 세로보	◦ 상태양호	◦ 상태양호
바닥판	◦ 균열(0.3㎜미만), 표면박리, 오염, **파손**	◦ **균열(0.3㎜미만)**, 표면박리, 오염
하부구조	◦ 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 표면열화, 이물질퇴적, 체수흔적, **실란트 파손**, **콘크리트 파손**	◦ **균열(0.3㎜미만)**, **망상균열**, 표면열화, **이물질퇴적**, 체수흔적, **실란트 파손**
교량받침	◦ **받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)**	◦ **무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)**
신축이음	◦ 후타재 균열(0.3㎜미만)	◦ 후타재 균열(0.3㎜미만), **망상균열**
교면포장	◦ 상태양호	◦ **아스콘 균열, 패임, 파손, 소성변형**
배수시설	◦ 상태양호	◦ 상태양호
난간, 연석	◦ 균열(0.3㎜미만), 백태	◦ 균열(0.3㎜미만), 백태
점검시설	◦ 상태양호	◦ 상태양호
검토의견	• 기 정밀안전점검(2021년)과의 비교 결과, 기 발생된 일부 손상에 대한 보수가 완료된 것으로 조사되었으나 신규 발생된 손상도 일부 확인됨. • 고소작업차, 교량점검차 등을 이용한 근접조사를 통해 신규발생 손상이 전반적으로 증가하였으며, 일부 내구성 확보를 위한 보수가 필요함.	

※ 밑줄 표시 : 기 정밀안전점검 - 보수완료, 금회진단 - 신규발생 손상

3.4 외관조사(안심방향)

3.4.1 상부구조

가) 강박스 거더

가천교 안심방향의 주부재인 Steel Box Girder는 S1~S3은 4열, S4~S5는 3열로 배치되어 있는 상태이다.

거더 내·외부에 대한 점검은 붕괴유발부재에 대한 점검을 중점적으로 시행하였다. 특히, 피로균열 발생부재, 부식에 의한 단면감소, 구조적인 변형 여부, 도장손상 등 안전성 및 내구성에 영향을 미치는 결함에 대하여 조사를 수행하였다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>거더 외부(S2) 전경</td><td>거더 외부(S5) 전경</td></tr>
<tr><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="2">거더 내부 전경</td></tr>
</table>

1) 외관조사 결과

① 거더 외부

강재 거더 외부는 점검차(굴절점검차, 고소차)를 이용한 근접점검을 실시하였고, 기존 손상인 하부플렌지 국부 변형이 조사되었다.

S1-G4 하부플랜지 변형

S1-G4 하부플랜지 변형(내부 양호함)

<표 3.32> 안심방향 거더 외부 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
거더외부	강재변형	m	2.00	1	

구분	손상현황
	강재변형(m)
S1	2.00
S2	
S3	
S4	
S5	
합계	2.00

② 거더 내부

강재 거더 내부는 도보점검을 실시하였고, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

거더내부 상태양호	스플라이스 상태양호

<표 3.33> 안심방향 거더 내부 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
거더내부	상태양호	-	-	-	

구분	손상현황
S1~S5	상태양호
합계	

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

① 거더 외부

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 기 발생한 강재변형이 확인되었고, 추가 손상은 없는 것으로 조사되었다.

<표 3.34> 안심방향 거더 외부 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
강재변형	m/개소	2.00 / 1	2.00 / 1	- / -	

② 거더 내부

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 유지되고 있는 것으로 조사되었다.

<표 3.35> 안심방향 거더 내부 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
상태양호	-	- / -	- / -	- / -	

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

① 거더 외부

▪ 강재변형 - 하부 도로통행 차량의 충격으로 인해 발생된 손상으로 판단된다. 손상부의 거더내부 변형 및 주변부 손상은 없는 상태로써 구조적 위험성은 없으므로, 보수보다는 손상의 진전여부를 확인, 주의관찰하는 유지관리가 필요하다.

② 거더 내부

▪ 양호한 상태로 유지되고 있는 거더내부는 주기적인 점검 및 점검문 체결확인 등 유지관리를 실시하면 성능발휘에 문제가 없을 것으로 판단된다.

나) 가로보 및 세로보

가천교 안심방향의 22차부재는 가로보 및 세로보가 있으며 가로보는 S1~S5에서 약 5.0m 간격으로 세로보는 S3에서 거더와 거더사이에 설치되어있는 상태이다.

가로보(S2) 전경

세로보(S3) 전경

1) 외관조사 결과

가로보 및 세로보는 전반적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

가로보 상태 양호	세로보 상태 양호

<표 3.36> 안심방향 가로보 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
가로보 세로보	상태양호	-	-	-	

구분	손상현황
S1~S5	상태양호
합계	

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 공용중 발생된 손상은 없는 것으로 조사되었다.

<표 3.37> 안심방향 가로보 및 세로보 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
상태양호	-	- / -	- / -	- / -	

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 가로보 및 세로보는 거더의 내측 사이에 위치하고 있어 외부 충격이나 우수유입으로 인한 손상발생이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

다) 콘크리트 바닥판

가천교 안심방향의 바닥판은 3경간(S1~S3), 2경간(S4~S5) 연속교 형식으로 철근콘크리트 구조로 시공되어있는 상태이다. 거더내측(중앙부)의 바닥판은 Deck Plate로 마감되어 있고, 외측(캔틸레버)은 철근콘크리트가 노출되어 있는 상태이다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>바닥판하면 전경</td><td>바닥판하면 데크플레이트 전경</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>바닥판하면 캔틸레버부 전경(내측)</td><td>바닥판하면 캔틸레버부 전경(외측)</td></tr>
</table>

1) 외관조사 결과

바닥판은 점검차(굴절점검차, 고소차)를 이용한 근접점검을 실시하였고, 금회 균열(0.3㎜미만), 백태, 파손이 신규 조사되었다.

S1 캔틸레버 균열(폭 0.2㎜)

S1 캔틸레버 백태

S2 캔틸레버 균열(폭 0.2㎜)

S2 캔틸레버 파손

S5 캔틸레버 균열(폭 0.2㎜)

S5 캔틸레버 균열(폭 0.2㎜)

<표 3.38> 안심방향 바닥판 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
바닥판하면	균열(0.3㎜미만)	m	20.50	34	
	백태	㎡	0.20	1	
	파손	㎡	0.04	1	

구분	손상현황		
	균열(0.3㎜미만)(m)	백태(㎡)	파손(㎡)
S1	1.00	0.20	
S2	13.50		0.04
S3			
S4			
S5	6.00		
합계	20.50	0.20	0.04

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 균열(0.3㎜미만), 백태, 파손이 신규 조사되었다.

<표 3.39> 안심방향 바닥판 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
균열(0.3㎜미만)	m/개소	- / -	20.50 / 34	▲20.50 / ▲34	신규
백태	㎡/개소	- / -	0.20 / 1	▲0.20 / ▲1	신규
파손	㎡/개소	- / -	0.04 / 1	▲0.04 / ▲1	신규

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 균열(0.3㎜미만) - 대체로 초기 건조수축에 의해 발생된 횡방향 표면균열로 균열폭 및 발생밀도 등을 고려하면 비구조적인 손상으로 판단되며, 공용기간 증가에 따른 우수유입, 온도변화 등에 의해 손상이 진전될 우려가 있으므로 내구성 확보 차원에서 표면처리 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 백태 - 종조인트부를 통한 우수유입, 수분접촉 등의 원인에 의해 발생한 것으로 판단되며, 표면처리를 통해 구조물의 내구성 저하를 방지하는 것이 바람직하다.
- 파손 - 배수관 연결부 콘크리트 들뜸에 의한 손상으로 진전시 콘크리트 탈락 및 배수관 탈락으로 인해 하부도로에 영향을 미칠수 있으므로, 보수가 필요한 상태이다.

3.4.2 하부구조

본 교량의 하부구조는 철근콘크리트 구조로써 교대는 역T형이며, 기초는 A1 직접기초, A2 파일기초이다. 교각은 다주식 라멘형(P1~P4)으로 기초는 직접기초(P1, P2), 파일기초(P3, P4)로 시공되었다. 교각은 철재점검통로(P2~P4)가 설치되어 있으며, 코핑과 접합되어 있으므로 점검로 손상은 외관조사망도(교각)에 기입하였다. 또한, A1 날개벽측으로 판넬형옹벽이 설치되어 있다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>교대 A1 전경</td><td>교대 A2 전경</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>교각 P1 전경</td><td>교각 P2 전경</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>교각 P3 전경</td><td>교각 P4 전경</td></tr>
</table>

1) 외관조사 결과

기 발생한 균열(폭 0.3㎜ 미만), 표면열화, 이물질퇴적, 누수오염은 진전은 미미한 상태이며, 망상균열 및 파손 등이 추가로 조사되었다. A1 날개벽측의 판넬형옹벽은 양호한 상태로 조사되었다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>P1 코핑부 균열(폭 0.2㎜)</td><td>P1 코핑부 망상균열</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>P2 코핑부 균열(폭 0.2㎜)</td><td>P3 기둥부 균열(폭 0.2㎜)</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>P3 기둥부 파손</td><td>P3 코핑부 이물질퇴적(조류)</td></tr>
</table>

P3 코핑부 체수흔적

P3 기둥부 누수오염

P3 코핑부 표면열화

P4 코핑부 균열(폭 0.2㎜)

A2 흉벽 균열(폭 0.2㎜)

A2 흉벽 균열(폭 0.2㎜)

A1 날개벽측 판넬형옹벽 상태양호

A1 날개벽 상태양호

<표 3.40> 안심방향 하부구조 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
하부구조 (교대 및 교각)	균열(0.3㎜미만)	m	31.80	17	
	망상균열	㎡	36.00	5	
	표면열화	㎡	25.00	2	
	이물질퇴적(조류서식)	㎡	7.00	3	
	누수오염, 체수흔적	㎡	25.50	3	
	파손	㎡	0.03	3	

구분	손상현황					
	균열 (0.3㎜미만) (m)	망상균열 (㎡)	표면열화 (㎡)	이물질퇴적 (㎡)	누수오염 체수흔적 (㎡)	파손 (㎡)
A1						
P1	20.20	31.00				
P2	1.00	5.00				
P3	6.10		25.00	7.00	25.50	0.03
P4	1.50					
A2	3.00					
합계	31.80	36.00	25.00	7.00	25.50	0.03

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 기 발생한 손상의 보수는 없고, 신규손상으로 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 표면열화, 누수오염, 파손 등이 조사되었다.

<표 3.41> 안심방향 하부구조 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
균열(0.3㎜미만)	m/개소	25.30 / 13	31.80 / 17	▲6.5 / ▲4	신규
망상균열	㎡/개소	- / -	36.00 / 5	▲36.00 / ▲5	신규
표면열화	㎡/개소	20.00 / 1	25.00 / 2	▲5.00 / ▲1	신규
이물질퇴적(조류서식)	㎡/개소	7.00 / 3	7.00 / 3	- / -	-
누수오염, 체수흔적	㎡/개소	9.00 / 1	25.50 / 3	▲16.5 / ▲2	신규
파손	㎡/개소	- / -	0.03 / 1	▲0.03 / ▲1	신규

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 균열(0.3㎜미만), 망상균열 - 건조수축 및 구속응력, 온도변화 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 장기간 우수 및 외기에 의한 수분접촉시 표면열화에 따른 박리 또는 내부 철근의 부식 팽창 등에 의해 박락이 발생될 수 있으므로 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 표면열화, 누수오염, 체수흔적 - 장기공용 및 우수, 외기에 의해 발생된 손상으로 판단된다. 현재 발생한, 표면열화, 체수흔적은 지속적인 주의관찰 후 손상의 진전시 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 파손 - 외부충격에 의한 파손으로 내구성 확보 차원의 단면보수가 필요하다.
- 이물질퇴적(조류서식) - 조류서식에 의한 손상으로 거더내부의 이물질퇴적과 더불어 청소가 필요하다.

3.4.3 교량받침

본 교량의 교량받침은 포트받침으로 거더당 1개소씩 배치되어 있으며, 지점당 4개(A1, P1, P2), 지점당 3개(P4, A2), 지점당 7개(P3)로 총 25개소가 설치되어있다. 교량받침은 상부구조의 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재로써 본 조사에서는 과반력 및 부반력 발생여부, 온도변화에 의한 신축거동 여부뿐만 아니라 강재부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성 등에 대한 조사를 실시하였다.

교량받침 현황 및 배치도는 다음과 같다.

구분		A1	P1	P2	P3	P4	A2	계
300 TONF (포트받침)		3			2		2	7
		1			1		1	3
400 TONF (포트받침)					3			3
					1			1
700 TONF (포트받침)			3					3
			1					1
						1		1
						2		2
800 TONF (포트받침)				1				1
				3				3

범 례

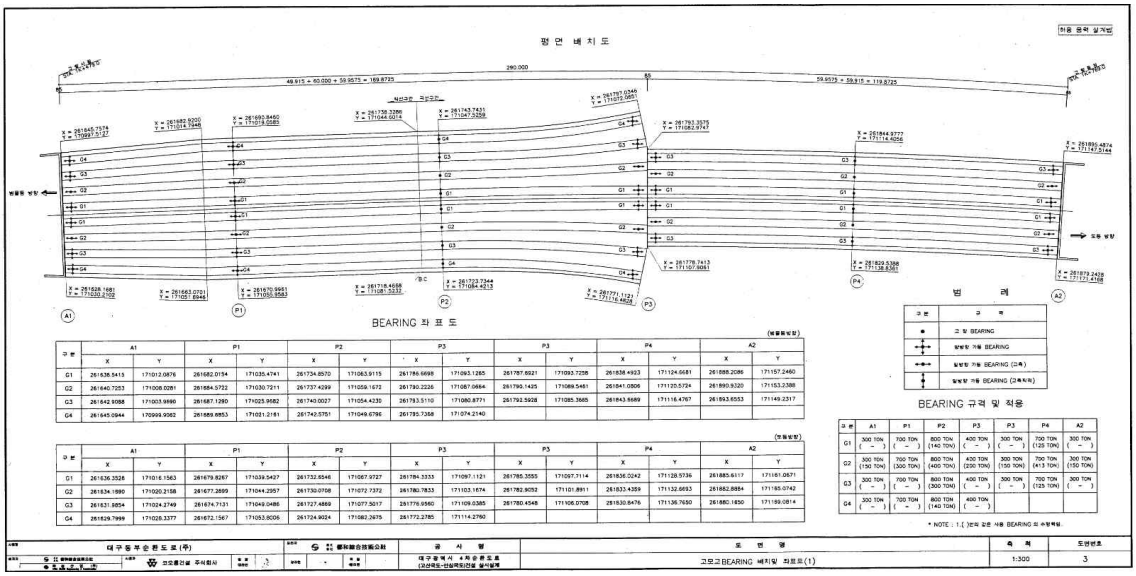
	고정단
	일방향 고정단
	일방향 가동단
	양방향 가동단

양방향 가동단

일방향(교축)

일방향(교축 직각)

고정단



교량받침 배치도

가) 외관상태

1) 외관조사 결과

전반적인 가동상태는 양호하며 외관조사 결과, 기 발생한 받침콘크리트 균열(0.3㎜ 미만)에 대해 일부 보수를 실시하였고, 무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)이 조사되었다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>P1-SH1 받침콘크리트 균열 보수 - 양호</td><td>P3-SH2 무수축몰탈 균열(폭 0.1㎜)</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>P3-SH2 받침콘크리트 균열(폭 0.1㎜)</td><td>일방향 본체 상태양호</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>고정단 본체 상태양호</td><td>양방향 본체 상태양호</td></tr>
</table>

<표 3.42> 안심방향 교량받침 외관조사 결과

구분		손상현황	단위	손상물량	개소	비고
교량받침	무수축 몰탈	균열(0.3㎜미만)	m	0.20	1	
	받침 콘크리트	균열(0.3㎜미만)	m	0.60	2	
	본체	상태양호	-	-	-	

구분	손상현황	
	무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)(m)	받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)(m)
A1		
P1		
P2		
P3	0.20	0.30
P4		0.30
A2		
합계	0.20	0.60

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 기 발생한 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)에 대한 보수가 일부 실시되었으며, 무수축몰탈 및 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만) 등이 추가로 조사되었다.

<표 3.43> 안심방향 교량받침 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황		단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
무수축 몰탈	균열(0.3㎜미만)	m/개소	- / -	0.20 / 1	▲0.20 / ▲1	신규
받침콘크리트	균열(0.3㎜미만)	m/개소	1.00 / 4	0.60 / 2	▼0.40 / ▼2	보수/신규
본체	상태양호	-	- / -	- / -	- / -	-

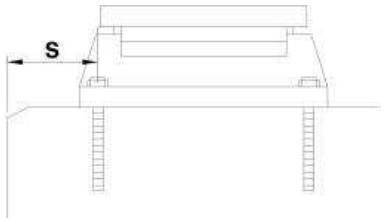
3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 균열(0.3㎜미만) - 건조수축 및 온도변화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 비구조적인 균열이나, 내구성 확보 차원의 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

나) 연단거리 조사

받침장치는 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위로 연단거리가 짧으면 고정단에서는 교각 및 교대의 전면에서 콘크리트가 파손되거나 받침이 파손되며 가동단에서는 받침이 벗어나 심한 경우 주형이 낙하할 수도 있다. 따라서 교량의 교축방향의 받침 연단과 하부구조 정부(頂部)연단 사이의 거리는 다음 값(S) 이상이어야 한다.

교량의 받침 연단거리 측정은 다음과 같이 측정한다.

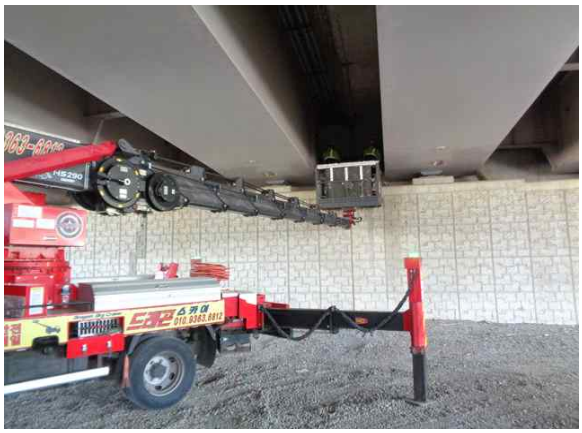


<포트받침>

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

도로교설계기준 (2010)

- S1 : L=50.0m → S = 200 + 5×50.0 = 450㎜
- S2~S5 : L=60.0m → S = 200 + 5×60.0 = 500㎜



연단거리 측정

<표 3.44> 안심방향 교량받침 연단거리 조사 결과

구분		경간길이 (시/종, m)	최소연단거리 (시/종, ㎜)	실측연단거리		평가	비고
				시점측(㎜)	종점측(㎜)		
A1	Sh1	-/50	-/450	-	600	양호	
	Sh2	-/50	-/450	-	580	양호	
	Sh3	-/50	-/450	-	600	양호	
	Sh4	-/50	-/450	-	600	양호	
P1	Sh1	50/60	450/500	1000	1020	양호	
	Sh2	50/60	450/500	1000	1010	양호	
	Sh3	50/60	450/500	1000	1020	양호	
	Sh4	50/60	450/500	1000	1020	양호	
P2	Sh1	60/60	500/500	960	920	양호	
	Sh2	60/60	500/500	960	920	양호	
	Sh3	60/60	500/500	960	900	양호	
	Sh4	60/60	500/500	960	900	양호	
P3	Sh1	60/-	500/-	700	-	양호	
	Sh2	60/-	500/-	710	-	양호	
	Sh3	60/-	500/-	710	-	양호	
	Sh4	60/-	500/-	700	-	양호	
	Sh5	-/60	-/500	-	760	양호	
	Sh6	-/60	-/500	-	760	양호	
	Sh7	-/60	-/500	-	780	양호	
P4	Sh1	60/60	500/500	780	760	양호	
	Sh2	60/60	500/500	780	760	양호	
	Sh3	60/60	500/500	780	760	양호	
A2	Sh1	60/-	500/-	620	-	양호	
	Sh2	60/-	500/-	600	-	양호	
	Sh3	60/-	500/-	640	-	양호	

교대 및 교각의 받침장치 연단거리는 설계기준을 만족하고 연단거리 부족으로 인한 이상 징후가 발견되지 않는 양호한 상태이다.

다) 가동여유량 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

① 교량받침은 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.

② 교량받침의 신축거동상태 검토 시에는 이동량 측정 당시의 실측 온도를 이용하여 검토를 실시하였다.

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

① 받침 허용이동량의 경우, 상판 제원을 측정하여 도면 정보와 비교하였다.

② 교량받침의 이동량을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었다.

- 온도변화에 의한 신축량 $\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$

  여기서 ΔT : 온도변화, L : 신축거더 길이, α : 선팽창계수(강교 : 1.2×10^{-5})

3) 현장조사(2022.04.20.)

A1-SH1	A1-SH2	A1-SH3	A1-SH4
P1-SH1	P1-SH2	P1-SH3	P1-SH4
P2-SH1	P2-SH2	P2-SH3	P2-SH4

P3-SH1	P3-SH2	P3-SH3	P3-SH4
			-
P3-SH5	P3-SH6	P3-SH7	-
			-
P4-SH1	P4-SH2	P4-SH3	-
			-
A2-SH1	A2-SH2	A2-SH3	-

<표 3.45> 안심방향 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	조사일 온도 (℃)	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	최대 받침 이동량(㎜)	
		동절기	하절기			동절기 (최대수축시)	하절기 (최대신장시)
A1	22.2	32.2	17.8	1.2×10^{-5}	110.0	42.5	23.5
P1	22.2	32.2	17.8	1.2×10^{-5}	60.0	23.2	12.8
P2	고정단						
P3	22.2	32.2	17.8	1.2×10^{-5}	60.0	23.2	12.8
P4	고정단						
A2	22.2	32.2	17.8	1.2×10^{-5}	60.0	23.2	12.8
1) 조사일 : 2022년 04월 20일(측정시 온도 : 22.2℃) 2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)							

<표 3.46> 안심방향 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		이동 허용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	5↓	42.5	23.5	45	55	±50	O.K
	Sh2	5↓			45	55	±50	O.K
	Sh3	5↓			45	55	±50	O.K
	Sh4	5↓			45	55	±50	O.K
P1	Sh1	5↓	23.2	12.8	45	55	±50	O.K
	Sh2	5↓			45	55	±50	O.K
	Sh3	5↓			45	55	±50	O.K
	Sh4	5↓			45	55	±50	O.K
P2	-	고정단						
P3	Sh1	20↓	23.2	12.8	70	30	±50	O.K
	Sh2	15↓			65	35	±50	O.K
	Sh3	30↓			80	20	±50	O.K
	Sh4	35↓			85	15	±50	O.K
	Sh5	0↓			50	50	±50	O.K
	Sh6	0↓			50	50	±50	O.K
	Sh7	0↓			50	50	±50	O.K
P4	-	고정단						
A2	Sh1	35↓	23.2	12.8	85	15	±50	O.K
	Sh2	35↓			85	15	±50	O.K
	Sh3	35↓			85	15	±50	O.K

※ 이동방향 : ↑ (A1방향, 시점), ↓ (A2방향, 종점)
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

안심방향 받침장치 가동 여유량 검토 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 가동 여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었다.

3.4.4 신축이음

신축이음은 교량받침과 연동되어 온도나 하중에 대한 상부구조의 신축거동을 수렴하는 중요 장치로써 본체와 후타재로 구분되며, 본 교량의 신축이음(A1, P3, A2)은 전 구간 레일타입의 형식으로 시공된 상태이다.

조사시, 신축이음의 본체 열화(부식 등), 후타재 열화, 신축기능 발휘상태 등에 대하여 중점점검을 실시하였다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>Exp.J1(A1) 전경(NO. 100)</td><td>Exp.J2(P3) 전경(NO. 100)</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>Exp.J3(A2) 전경(NO. 100)</td><td>차수판 전경</td></tr>
</table>

가) 외관상태

1) 외관조사 결과

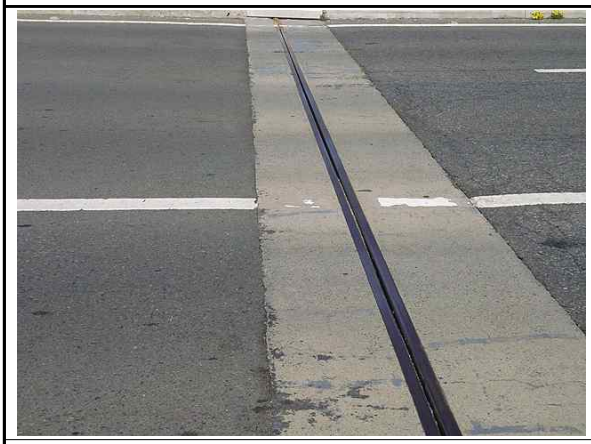
본체는 전반적으로 작동상태는 양호하며, 후타재 접속부는 이격이나 단차 등이 없는 양호한 상태로 확인되었다. 기 발생한 후타재 균열(0.3㎜미만), 차수커버 볼트탈락은 미보수된 상태이며, 금회 손상으로 후타재 균열이 조사되었다.

A1 차수커버 볼트탈락

A1 후타재 균열(폭 0.1㎜)

P3 차수커버 볼트탈락

P3 후타재 균열(폭 0.1㎜)



A2 후타재 균열(폭 0.1㎜)

A2 후타재 균열(폭 0.1㎜)

<표 3.47> 안심방향 신축이음 외관조사 결과

구분		손상현황	단위	손상물량	개소	비고
신축이음	후타재	균열(0.3㎜미만)	m	16.60	37	
	본체	차수커버 볼트탈락	ea	3.00	3	

구분	손상현황	
	후타재 균열(0.3㎜미만)(m)	차수커버 볼트탈락(ea)
A1	12.70	1.00
P3	1.20	2.00
A2	2.70	
합계	16.60	3.00

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 후타재 균열(0.3㎜미만)이 추가 발생하였고, 차수커버 볼트탈락은 진전은 없는 상태이다.

<표 3.48> 안심방향 신축이음 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황		단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
후타재	균열(0.3㎜미만)	㎡/개소	15.40 / 34	16.60 / 37	▲1.20 / ▲3	신규
본체	차수커버 볼트탈락	ea/ea	3.00 / 3	3.00 / 3	- / -	-

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

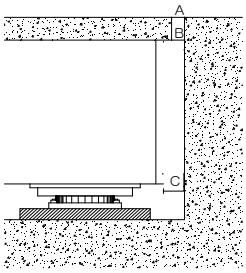
- 후타재 균열(0.3㎜미만) - 건조수축, 차량의 반복적인 윤하중, 온도변화, 공용기간 경과에 의한 것으로 판단되며, 표면처리를 통한 내구성 확보를 하는 것이 바람직하다.
- 차수커버 볼트탈락 - 공용년수 경과, 볼트 체결미흡 등의 원인에 의해 발생된 것으로 판단되며, 기능발휘에는 문제가 없는 상태이나, 정비를 실시하는 것이 바람직하다.

나) 신축이음 유간검토

본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 신축이음장치, 바닥판, 거더에 대한 유간을 측정하였고, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승시 신장량과 최저 온도 하강시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.

1) 현장조사(2022.04.20.)

구분	신축이음장치 유간(A)	바닥판 유간(B)	거더 유간(C)
A1			
P3			
A2			



< 측정 개요도 >

<표 3.49> 안심방향 신축이음 유간 측정 결과

측정위치	측 정 값(㎜)			비 고
	신축이음장치(A)	바닥판(B)	거더(C)	
EXP.J1(A1)	35	85	140	Rail Joint
EXP.J2(P3)	45	95	160	Rail Joint
EXP.J3(A2)	20	30	35	Rail Joint

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

- 온도변화에 의한 신축량 $\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$

여기서 ΔT : 온도변화, L : 신축거더 길이

α : 선팽창계수(강교 : 1.2×10-5)

<표 3.50> 안심방향 신축이음 신축이동량 산정

구 분	조사일 온도 (℃)	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	계산 이동량(㎜)	
		동절기	하절기			동절기 (최대수축시)	하절기 (최대신장시)
EXP.J1(A1)	22.2	32.2	17.8	1.2×10^{-5}	110	42.5	23.5
EXP.J2(P3)	22.2	32.2	17.8	1.2×10^{-5}	120	46.4	25.6
EXP.J3(A2)	22.2	32.2	17.8	1.2×10^{-5}	60	23.2	12.8
1) 조사일 : 2022년 04월 20일(22.2℃) 2) 검토온도 : -10℃ ~ +40℃(보통지방)							

<표 3.51> 안심방향 신축이음장치 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	42.5	23.5	35	100	22.5	11.5	O.K
	바닥판			85	-	-	61.5	O.K
	거더			140	-	-	116.5	O.K
EXP.J2 (P2)	신축이음장치	46.4	25.6	45	100	8.6	19.4	O.K
	바닥판			95	-	-	69.4	O.K
	거더			160	-	-	134.4	O.K
EXP.J3 (A2)	신축이음장치	23.2	12.8	20	100	56.8	7.2	O.K
	바닥판			30	-	-	17.2	O.K
	거더			35	-	-	22.2	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

3.4.5 기타시설

비구조체인 교면포장, 배수시설, 난간, 점검시설 등과 같은 기타 시설물에 대한 외관조사 결과는 다음과 같다.

가) 교면포장

본 교량의 교면포장은 아스팔트 포장(T=80㎜)으로 시공되어 있고, S1~S3의 갓길측은 현재 미사용중이고, 그 외의 3차선은 사용중이다. 점검시 포트홀, 파손, 균열, 요철, 단차, 열화 등의 손상발생 및 차량의 주행성능 저하 등에 대해 중점을 두고 조사를 실시하였다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>교면포장 전경</td></tr>
</table>

1) 외관조사 결과

교면포장은 현재 미사용중인 S1~S3 갓길측(PE방호벽내)에서 아스콘 균열, 아스콘 망상균열, 아스콘 파손 등의 손상이 조사되고, 차량주행로의 포장은 양호한 상태로 확인되었다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>S1 아스콘 망상균열</td><td>S1 아스콘 균열</td></tr>
</table>

S2 아스콘 망상균열	S2 아스콘 파손
S3 아스콘 균열	S3 아스콘 균열

<표 3.52> 안심방향 교면포장 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
교면포장	아스콘 균열	m	58.50	8	
	아스콘 망상균열	㎡	34.00	2	
	아스콘 파손	㎡	0.76	4	

구분	손상현황		
	아스콘 균열(m)	아스콘 망상균열(㎡)	아스콘 파손(㎡)
S1	20.50	25.00	
S2		9.00	0.76
S3	38.00		
S4			
S5			
합계	58.50	34.00	0.76

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 기 점검이후 신규손상으로 아스콘 균열 및 망상균열 등이 발생한 상태로 조사되었다.

<표 3.53> 안심방향 교면포장 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
아스콘 균열	m/개소	50.50 / 7	58.50 / 8	▲8.00 / ▲1	신규
아스콘 망상균열	㎡/개소	- / -	34.00 / 2	▲34.00 / ▲2	신규
아스콘 파손	㎡/개소	0.76 / 4	0.76 / 4	- / -	-

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 아스콘 균열, 망상균열 - PE방호벽내 아스콘포장에 발생한 손상으로 공용기간 경과에 의한 것으로 판단되며, 즉각보수 보다는 주기적인 관찰을 통한 유지관리 후 손상의 증가시 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 아스콘 파손 - 차량에 의한 긁힘으로 판단된다. 상기 손상들은 교면포장에 발생한 손상들과 함께 손상의 증가시 일괄보수(재포장)를 실시하는 유지관리가 유리할 것으로 판단된다.

나) 배수시설

본 교량의 배수시설은 갓길측에 배수구가 설치되어 있으며, 육교형 배수관으로 연결되어있는 상태이다. 조사시, 원활한 배수상태 및 배수관 체결부 상태에 대해 중점적으로 점검을 실시하였다.

배수구 전경

배수관 전경

1) 외관조사 결과

교량 상면의 배수구 일부에서 이물질퇴적에 의한 배수구 막힘이 확인되었고, 하부 배수관은 볼트탈락 및 누수오염이 조사되었다.

S1 배수구 막힘

S4 배수관 누수오염

S2 배수관 연결볼트 탈락

<표 3.54> 안심방향 배수시설 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
배수시설	배수구 막힘	개소	4.00	4	
	배수관 볼트탈락	개소	1.00	1	
	배수관 누수오염	개소	1.00	1	

구분	손상현황		
	배수구 막힘(개소)	배수관 볼트탈락(개소)	배수관 누수오염(개소)
S1	1.00		
S2	2.00	1.00	
S3	1.00		
S4			1.00
S5			
합계	4.00	1.00	1.00

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 보수 및 신규손상이 없는 상태로 조사되었다.

<표 3.55> 안심방향 배수시설 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
배수구 막힘	ea/ea	4.00 / 4	4.00 / 4	- / -	-
배수관 볼트탈락	ea/ea	1.00 / 1	1.00 / 1	- / -	-
배수관 누수오염	ea/ea	1.00 / 1	1.00 / 1	- / -	-

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

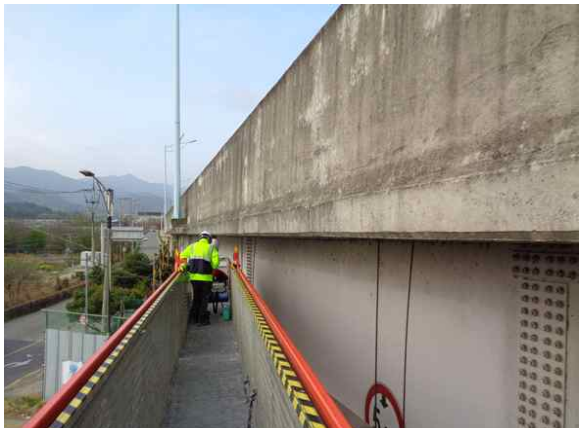
- 배수구 막힘 - PE방호벽내 갓길측에 이물질퇴적에 의한 손상으로 원활한 배수기능 확보를 위해 주기적인 정비를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 배수관 볼트탈락 - 시공미흡, 공용기간 경과 등에 의해 발생한 손상으로 정비를 실시하는 것이 필요하다.
- 배수관 누수오염 - 장기공용에 따른 배수관이음부로 누수되어 발생한 손상으로 손상발생 하부는 하천으로 문제발생 가능성이 낮으므로, 주의관찰 후 진전 및 추가발생시 보수를 실시하는 유지관리가 유리할 것으로 판단된다.

다) 난간 및 연석

안심방향은 교면 외측에는 차량용 콘크리트 방호벽(H=1.1m)+오물투척 방지망, 내측에는 콘크리트 중분대(H=0.85m)+차광판이 시공되어있고, S1~S3 갓길에 PE방호벽이 설치되어있다. 조사시, 콘크리트 균열, 파손 등에 중점을 두고 점검을 실시하였다.

외측 방호벽 및 오물투척 방지망 전경

내측 중분대 및 차광판 전경

	
갓길 PE방호벽 전경	방호벽 외측 전경

1) 외관조사 결과

기 발생한 균열(0.3㎜미만), 단차는 진전이 미미한 상태이고, 금회 방호벽 균열(0.3㎜미만)이 추가 조사되었다. 그 외의 파손 등의 단면손상은 없는 상태이다.

S1 방호벽 균열(폭 0.2㎜)	S1 중앙분리대 균열(폭 0.1㎜)
S2 방호벽 균열(폭 0.2㎜)	S2 중앙분리대 균열(폭 0.1㎜)

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>S3 방호벽 균열(폭 0.2㎜)</td><td>S3 중앙분리대 균열(폭 0.1㎜)</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>S4 방호벽 균열(폭 0.2㎜)</td><td>S4 중앙분리대 균열(폭 0.2㎜)</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>S5 방호벽 균열(폭 0.2㎜)</td><td>S5 중앙분리대 균열(폭 0.1㎜)</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">S1 접속부 단차(L=1.5m)</td></tr>
</table>

<표 3.56> 안심방향 난간 및 연석 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
난간 및 연석	균열(0.3㎜미만)	m	136.40	140	
	단차	m	1.50	1	

구분	손상현황	
	균열(0.3㎜미만)(m)	단차(m)
S1	23.90	1.50
S2	22.00	
S3	19.90	
S4	18.90	
S5	51.70	
합계	136.40	1.50

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 기 발생한 손상 외에 방호벽 균열(0.3㎜미만)이 추가 조사되었다.

<표 3.57> 안심방향 난간 및 연석 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
균열(0.3㎜미만)	m/개소	38.40 / 42	136.40 / 140	▲98.00 / ▲98	신규
단차	m/개소	1.50 / 1	1.50 / 1	- / -	-

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 균열(0.3㎜미만) - 건조수축 및 구속응력, 온도변화, 수화열 등에 의해 발생된 수직방향의 미세균열로 보수보다는 주기적인 관찰을 실시하는 유지관리가 바람직하다.
- 접속부 단차 - 성토부 침하 등에 의해 발생된 손상으로 판단되며, 준공후 20년이 지나 더 이상의 침하는 없는 것으로 판단된다. 방호벽에 설치한 계측자료 확인결과 전회점검과 비슷한 수준을 보이고 있는 것으로 조사되었다.

구분	19년 정밀안전점검			21년 정밀안전점검			금회진단		
	단차(㎜)	상단(㎜)	하단(㎜)	단차(㎜)	상단(㎜)	하단(㎜)	단차(㎜)	상단(㎜)	하단(㎜)
A1 접속부	60	90	105	57	91	112	60	91	-

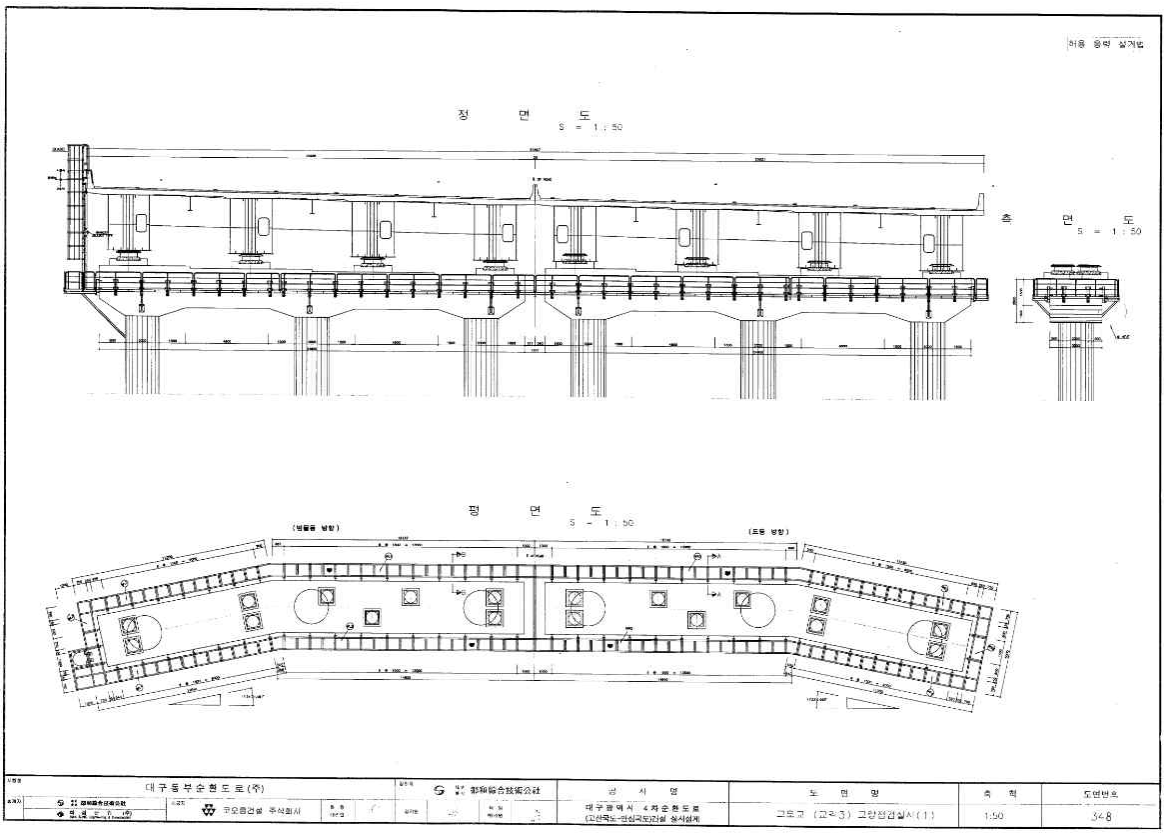
라) 점검시설

교량의 유지관리를 위한 점검시 근접조사를 위해 P2~P4에 점검로가 설치되어 있으며, 점검통로는 교각과 일체로 연결된 상태로 외측에 작업자의 안전을 위한 난간이 설치되어있고, 범물방향의 점검사다리를 통해 교량 상부에서 출입이 가능한 상태이다.

조사시, 교량과의 체결상태(볼트), 부식, 파손 등의 단면손상 등에 대해 중점적으로 점검을 실시하였다.

점검통로 전경

점검통로 전경



점검로 상세도

1) 외관조사 결과

점검시설 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

P2 점검로 상태양호	P4 점검로 상태양호

<표 3.58> 안심방향 점검시설 외관조사 결과

구분	손상현황	단위	손상물량	개소	비고
점검시설	상태양호	-	-	-	

구분	손상현황
P2~P4	상태양호
합계	

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교 분석

기 정밀안전점검 결과를 토대로 손상을 비교검토한 결과, 추가손상이 없는 상태로 조사되었다.

<표 3.59> 안심방향 점검시설 기 정밀안전점검 결과 비교

손상현황	단위	'21년 정밀	금회진단	증감량	비고
상태양호	-	- / -	- / -	- / -	

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과, 외부 습기노출, 우수유입 등에 의해 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요하다.

3.4.6 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

가) 추락방지시설

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 3.3.5 기타시설 라)점검시설에 기입된 사항으로 대체하였다.

나) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 3.3.5 기타시설 가)교면포장에 기입된 사항으로 대체하였다.

다) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 3.3.4 신축이음에 기입된 사항으로 대체하였다.

라) 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 환기구 등의 덮개는 없는 것으로 확인되었다.

3.4.7 안심방향 외관조사 결과요약

가) 안심방향 금회 진단 외관조사 결과요약

<표 3.60> 안심방향 금회 진단 외관조사 결과요약

구분		주요 결함 및 외관조사 결과	검토 의견
거더	외부	◦강재 거더 외부는 기존 손상인 하부플렌지 국부 변형이 조사되었다.	▪강재변형 - 하부 도로통행 차량의 충격으로 인해 발생된 손상으로 판단된다. 손상부의 거더내부 변형 및 주변부 손상은 없는 상태로써 구조적 위험성은 없으므로, 보수보다는 손상의 진전여부를 확인, 주의관찰하는 유지관리가 필요하다.
	내부	◦강재 거더 내부는 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.	▪양호한 상태로 유지되고 있는 거더내부는 주기적인 점검 및 점검문 체결확인 등 유지관리를 실시하면 성능발휘에 문제가 없을 것으로 판단된다.
2차부재		◦가로보 및 세로보는 전반적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.	▪가로보 및 세로보는 거더의 내측 사이에 위치하고 있어 외부 충격이나 우수유입으로 인한 손상발생이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
바닥판		◦기 발생한 손상인 균열(0.3㎜미만), 백태, 파손이 확인되었고, 동일 손상이 추가 조사되었다.	▪균열(0.3㎜미만)은 대체로 초기 건조수축에 의해 발생된 횡방향 표면균열로 균열폭 및 발생밀도 등을 고려하면 비구조적인 손상으로 판단되며, 공용기간 증가에 따른 우수유입, 온도변화 등에 의해 손상이 진전될 우려가 있으므로 내구성 확보 차원에서 표면처리 보수를 실시하는 것이 필요하다. ▪백태는 종조인트부를 통한 우수유입, 수분접촉 등의 원인에 의해 발생한 것으로 판단되며, 표면처리를 통해 구조물의 내구성 저하를 방지하는 것이 바람직하다. ▪파손은 배수관 연결부 콘크리트 들뜸에 의한 손상으로 진전시 콘크리트 탈락 및 배수관 탈락으로 인해 하부도로에 영향을 미칠수 있으므로, 보수가 필요한 상태이다.

구분	주요 결함 및 외관조사 결과	검토 의견
하부구조	◦기 발생한 균열(폭 0.3㎜ 미만), 표면열화, 이물질퇴적, 누수오염은 진전은 미미한 상태이며, 망상균열 및 파손 등이 추가로 조사되었다. A1 날개벽측의 판넬형옹벽은 양호한 상태로 조사되었다.	▪ 균열(0.3㎜미만), 망상균열은 건조수축 및 구속응력, 온도변화 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 장기간 우수 및 외기에 의한 수분접촉시 표면열화에 따른 박리 또는 내부 철근의 부식 팽창 등에 의해 박락이 발생될 수 있으므로 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 필요하다. ▪ 표면오염, 누수오염, 체수흔적은 장기공용 및 우수, 외기에 의해 발생된 손상으로 판단된다. 현재 발생한, 표면열화, 체수흔적은 지속적인 주의관찰 후 손상의 진전시 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. ▪ 파손은 외부충격에 의한 파손으로 내구성 확보 차원의 단면보수가 필요하다. ▪ 이물질퇴적은 조류서식에 의한 손상으로 거더내부의 이물질퇴적과 더불어 청소가 필요하다.
교량받침	◦전반적인 가동상태는 양호하며 외관조사 결과, 기 발생한 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)에 대해 일부 보수를 실시하였고, 무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)이 조사되었다. ◦교대 및 교각의 교량받침 연단거리는 설계기준을 만족함. ◦안심방향 받침장치 가동 여유량 검토결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었다.	▪ 균열(0.3㎜미만)은 건조수축 및 온도변화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 비구조적인 균열이나, 내구성 확보 차원의 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.
신축이음	◦본체는 전반적으로 작동상태는 양호하며, 후타재 접속부는 이격이나 단차 등이 없는 양호한 상태로 확인되었다. 기 발생한 후타재 균열(0.3㎜미만), 차수커버 볼트탈락은 미보수된 상태이며, 금회 손상으로 후타재 균열이 조사되었다. ◦신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.	▪ 후타재 균열(0.3㎜미만)은 건조수축, 차량의 반복적인 윤하중, 온도변화, 공용기간 경과에 의한 것으로 판단되며, 표면처리를 통한 내구성 확보를 하는 것이 바람직하다. ▪ 차수커버 볼트탈락은 공용년수 경과, 볼트 체결미흡 등의 원인에 의해 발생된 것으로 판단되며, 기능발휘에는 문제가 없는 상태이나, 정비를 실시하는 것이 바람직하다.

구분	주요 결함 및 외관조사 결과	검토 의견
교면포장	◦ 교면포장은 현재 미사용중인 S1~S3 갓길측(PE방호벽내)에서 아스콘 균열, 아스콘 망상균열, 아스콘 파손 등의 손상이 조사되고, 차량주행로의 포장은 양호한 상태로 확인되었다.	▪ 아스콘 균열, 망상균열은 PE방호벽내 아스콘포장에 발생한 손상으로 공용기간 경과에 의한 것으로 판단되며, 즉각보수 보다는 주기적인 관찰을 통한 유지관리 후 손상의 증가시 보수를 실시하는 것이 바람직하다. ▪ 아스콘 파손은 차량에 의한 긁힘으로 판단된다. 상기 손상들은 교면포장에 발생한 손상들과 함께 손상의 증가시 일괄보수(재포장)를 실시하는 유지관리가 유리할 것으로 판단된다.
배수시설	◦ 교량 상면의 배수구 일부에서 이물질 퇴적에 의한 배수구 막힘이 확인되었고, 하부 배수관은 볼트탈락 및 누수 오염이 조사되었다.	▪ 배수구 막힘은 PE방호벽내 갓길측에 이물질퇴적에 의한 손상으로 원활한 배수기능 확보를 위해 주기적인 정비를 실시하는 유지관리가 필요하다. ▪ 배수관 볼트탈락은 시공미흡, 공용기간 경과 등에 의해 발생한 손상으로 정비를 실시하는 것이 필요하다. ▪ 배수관 누수오염은 장기공용에 따른 배수관이음부로 누수되어 발생한 손상으로 손상발생 하부는 하천으로 문제발생 가능성이 낮으므로, 주의관찰 후 진전 및 추가발생시 보수를 실시하는 유지관리가 유리할 것으로 판단된다.
난간, 연석	◦ 기 발생한 균열(0.3㎜미만), 단차는 진전이 미미한 상태이고, 금회 방호벽 균열(0.3㎜미만)이 추가 조사되었다. 그 외의 파손 등의 단면손상은 없는 상태이다.	▪ 균열(0.3㎜미만)은 건조수축 및 구속응력, 온도변화, 수화열 등에 의해 발생된 수직방향의 미세균열로 보수보다는 주기적인 관찰을 실시하는 유지관리가 바람직하다. ▪ 접속부단차는 성토부 침하 등에 의해 발생된 손상으로 판단되며, 준공후 20년이 지나 더 이상의 침하는 없는 것으로 판단된다. 방호벽에 설치한 계측자료 확인결과 전회점검과 비슷한 수준을 보이고 있는 것으로 조사되었다.
점검시설	◦ 점검시설 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.	▪ 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과, 외부 습기노출, 우수유입 등에 의해 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요하다.
하중조사	● 본 교량에 대한 준공도면과 현재 부재의 상태를 확인한 결과, 모든 부재는 준공도면과 일치하는 것으로 확인되었다.	

나) 안심방향 기 정밀안전점검('21년) 외관조사 결과와의 비교

<표 3.61> 안심방향 기 정밀안전점검 외관조사 결과 비교

구분	2021년 정밀안전점검 결과	금회 진단결과
거더	◦ 외부 강재변형 ◦ 내부 상태양호	◦ 외부 강재변형 ◦ 내부 상태양호
가로보 세로보	◦ 상태양호	◦ 상태양호
바닥판	◦ 상태양호	◦ **균열(0.3㎜미만), 백태, 파손**
하부구조	◦ 균열(0.3㎜미만), 표면열화, 이물질퇴적, 누수오염, 체수흔적	◦ **균열(0.3㎜미만), 망상균열, 표면열화,** 이물질퇴적, **누수오염, 체수흔적, 파손**
교량받침	◦ **받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)**	◦ **무수축몰탈 균열(0.3㎜미만), 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)**
신축이음	◦ 후타재 균열(0.3㎜미만), 차수커버 볼트탈락	◦ **후타재 균열(0.3㎜미만)**, 차수커버 볼트탈락
교면포장	◦ 아스콘 균열, 파손	◦ **아스콘 균열, 망상균열**, 파손
배수시설	◦ 배수구 막힘, 배수관 볼트탈락 및 누수오염	◦ 배수구 막힘, 배수관 볼트탈락 및 누수오염
난간, 연석	◦ 균열(0.3㎜미만), 단차	◦ **균열(0.3㎜미만)**, 단차
점검시설	◦ 상태양호	◦ 상태양호
검토의견	• 기 정밀안전점검(2021년)과의 비교 결과, 기 발생된 일부 손상에 대한 보수가 완료된 것으로 조사되었으나 신규 발생된 손상도 일부 확인됨. • 고소작업차, 교량점검차 등을 이용한 근접조사를 통해 신규발생 손상이 전반적으로 증가하였으며, 일부 내구성 확보를 위한 보수가 필요함.	

※ 밑줄 표시 : 기정밀안전점검 - 보수완료 손상, 금회진단 - 신규발생 손상

3.5 콘크리트 내구성 조사

3.5.1 개요

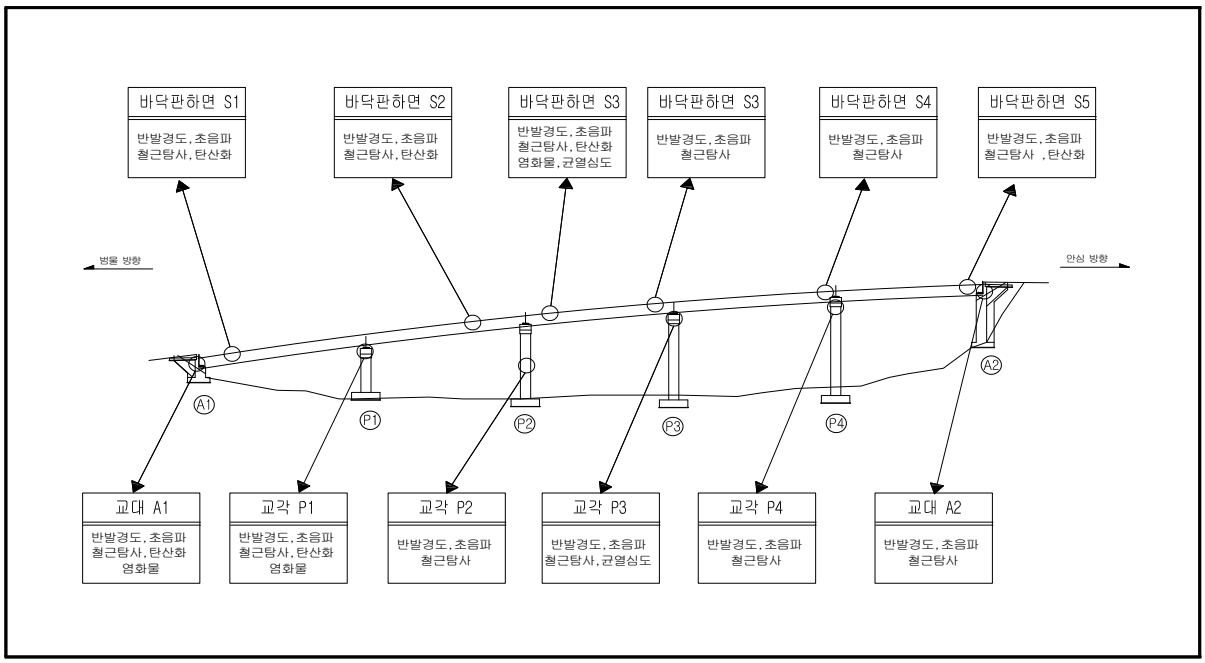
본 과업의 내구성 조사를 위한 시험은 콘크리트 부재에 대한 강도 조사, 탄산화 시험, 철근 배근상태 조사와 강재에 대한 용접부 결함 조사 등을 수행하였으며 각 시험의 내용 및 결과는 다음 절에 상세히 기술하였다.

조사항목별 조사수량은 세부지침을 토대로 하여 관리주체와 협의하여 실시하였다.

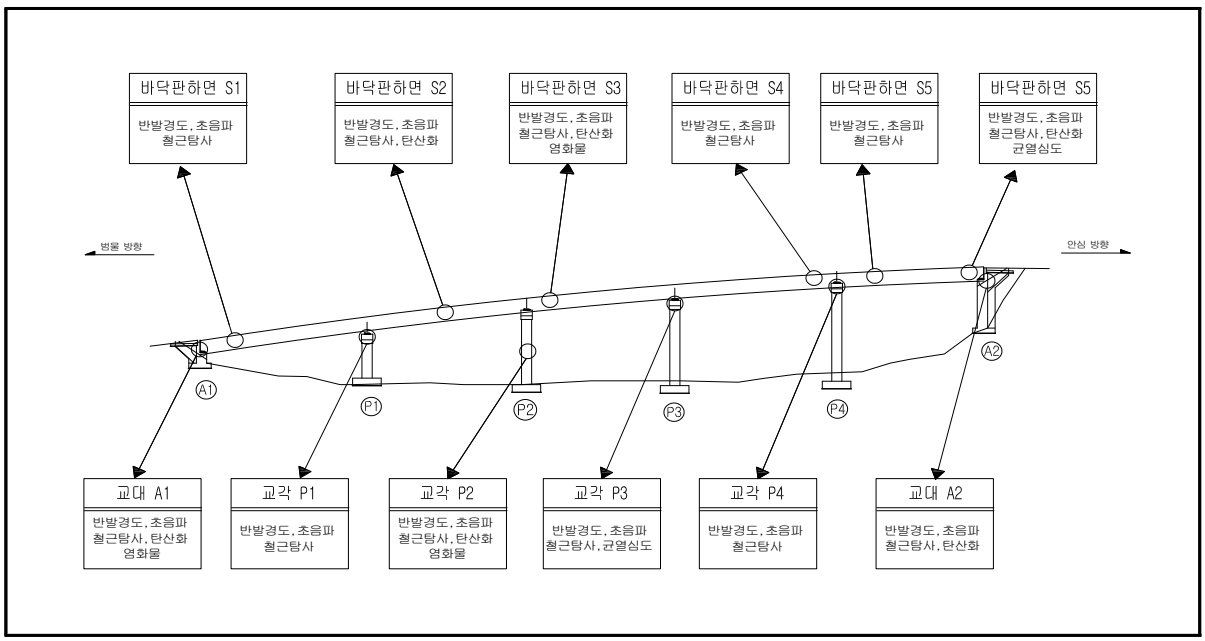
<표 3.62> 부재별 내구성 조사 부위 총괄표

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조 (Steel Box)	하부구조	기준		실시		
			상부 (상/하)	하부 (상/하)	상부 (상/하)	하부 (상/하)	
반발경도 시 험	• 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	6/6	6/6	6/6	6/6	
초음파 전달속도시험	• 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	6/6	6/6	6/6	6/6	
철근탐사 시 험	• 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	6/6	6/6	6/6	6/6	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이상: 6~9개소[1]				4/3	2/3	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상[2]				1/1	2/2	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정				1/1	1/1	
강재용접부 초음파탐상시험	• 박스거더교 : 2개소/경간별 거더				36/36	-	맞대기 용접부
강재거더 도막두께측정	• 박스거더교				36/36	-	
주1) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 3개소 이상 실시 주2) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시							

※상/하 - 상 : 범물방향, 하 : 안심방향



<그림 3.3> 콘크리트 내구성 조사 위치도(범물방향)



<그림 3.4> 콘크리트 내구성 조사 위치도(안심방향)

3.5.2 콘크리트 강도 조사

가) 시험 내용 및 평가 기준

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 타격하여 반발도(R)와 콘크리트 압축강도(Fc′)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

① 반발경도(R)

슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면의 타격시 내부에 중추의 반동량을 반발도(R)로 표시하며, 이 반발도의 크기에 따라 콘크리트의 압축강도를 추정한다.

외관조사 결과에 의해서 결정된 측정개소에 대해서 표면 평활작업을 하여 타격점 상호간의 간격은 3cm를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균값(R_m)을 구한다.

산술평균값 R_m 에 대해 RILEM Recommendation 에 따라 각 반발경도의 값이 R_m±20% 의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R 을 결정한다. 제외된 반발치가 4개 이상일 때는 측정지점의 반발경도값(R) 은 버린다. 여기서 측정된 반발치의 값들이 많은 편차를 보이고 있으면 보편적으로 콘크리트의 품질이 불균질하다고 평가될 수 있을 것이다.

② 보정반발경도(R_0)

보정반발경도 R_0 은 다음 (식 3.1)과 같이 측정경도 R 에 보정값 ΔR_1 및 ΔR_2 을 더한 값으로 한다.

$$R_0 = R + \Delta R_1 + \Delta R_2 \quad \cdots\cdots \text{(식 3.1)}$$

여기서, ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정 값

- 타격 방향에 따른 반발경도의 보정(ΔR_1)

수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 한다.

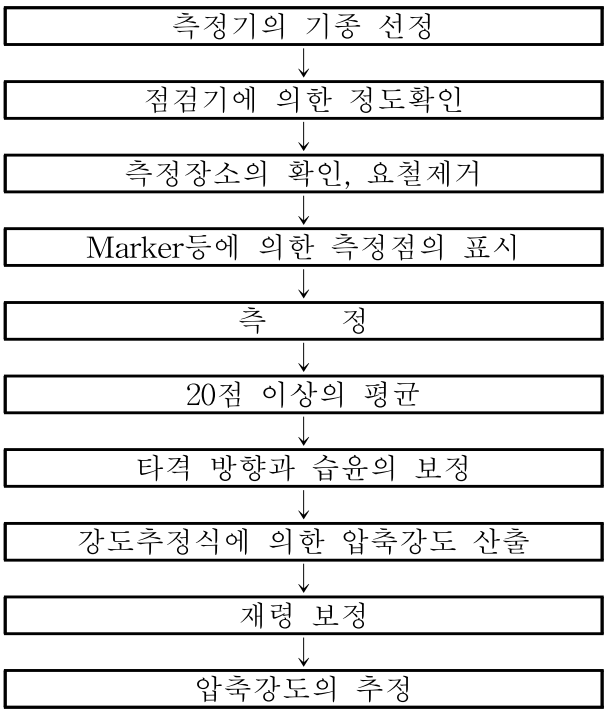
하향 타격(-90°)의 경우에는 Schmidt Hammer 내부의 해머중량에 의해서 실제보다 반동량이 작아지므로 ＋값으로 수정해 주고, 상향의 타격(+90°)의 경우에는 반대현상에 의해서 －값으로 수정해 주어야 한다.

<표 3.63> 타격방향에 대한 보정값

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

- 콘크리트의 습윤상태에 따른 반발경도 보정(ΔR_2)

- 측정위치가 습하고 타격의 흔적이 보이는 경우 보정값 3을 더한다.
- 측정위치가 완전히 젖어있는 경우 보정값 5를 더한다.



<그림 3.5> 반발경도법에 의한 압축강도 추정도

③ 압축강도의 추정

보정반발경도 R_0로부터 압축강도(Fc)의 상관관계를 도출한 제안식들은 다음과같다.

- 일본재료학회

$$Fc = -18.0 + 1.27 \cdot R_0 \ (MPa) \quad \cdots\cdots \text{(식 3.2)}$$

- 일본건축학회

$$Fc = (7.3 \cdot R_0 + 100) \times 0.098 \ (MPa) \quad \cdots\cdots \text{(식 3.3)}$$

④ 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 (식 3.4)와 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α는 <표 3.76>과 같으며, 3000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$F_{28}' = \alpha \cdot Fc \quad \cdots\cdots \text{(식 3.4)}$$

<표 3.64> 재령계수 α 값

재령(일)	28	100	300	500	1000	3000
α	1.00	0.78	0.70	0.67	0.65	0.63

2) 초음파 탐사 시험

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 수단으로써 이 방법을 사용하고 있다.

① 초음파법에 의한 압축강도의 추정

초음파 전달속도를 결정하기 위해서는 재료에서 초음파가 전달되는 거리를 미리 측정하고 장비상에 나타난 초음파 전달시간을 측정한 후 (식 3.5)에 의해서 구한다.

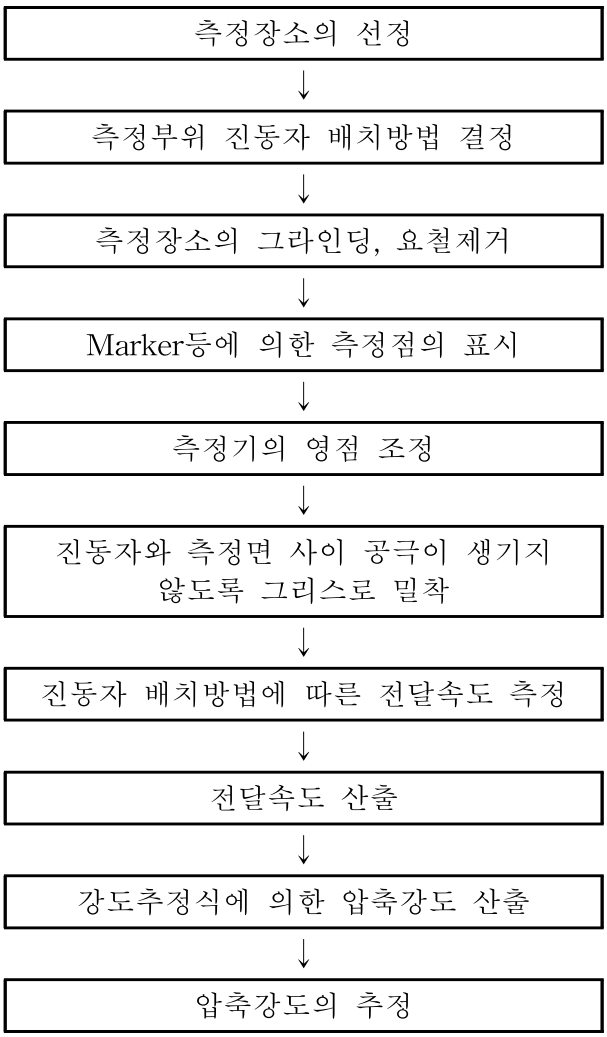
$$\text{전달속도}(Velocity) = \frac{\text{전달길이}(Path\ Length)}{\text{전달시간}(Transit\ \ Time)} \quad \cdots\cdots \text{(식 3.5)}$$

초음파 탐사를 위한 탐촉자의 배열은 직접법, 반직접법 및 간접법이 있으며, 본 과업에서 간접법으로 구한 초음파 전달속도는 근사적으로 (식 3.6) 과 같은 관계가 있다.

$$V_d \approx 1.05 \cdot V_i \quad \cdots\cdots \text{(식 3.6)}$$

여기서, V_d : 직접법(Direct method)에 의한 초음파 속도

V_i : 간접법(Indirect method)에 의한 초음파 속도



<그림 3.6> 초음파 속도법에 의한 압축강도 추정도

또, 간접법을 수행한 동일 조건의 구조물, 동일한 부위에서 채취한 코어의 종파(직접법)속도를 측정하여 현장에서 측정된 표면파(간접법)속도와 상관관계를 통한 초음파 전달속도를 근사적으로 환산하여 이용할 수 있다.

간접법은 일정거리를 등간격으로 떨어진 5점 이상의 측점을 정하고 초음파의 전달거리(X_i)에 따른 전달시간(T_i)를 측정한다. 최소자승법에 의해서 회귀직선식을 구하여 그 기울기를 전달속도 V_i 로 한다.

회기직선의 적정성 여부를 판단하기 위해서 회귀직선의 유의성(有意性) 검정에 사용되는 결정계수(Coefficient of determination)를 (식 3.7)에 의해 계산한다.

$$r^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{(\Sigma(X_i - \overline{X})(T_i - \overline{T}))^2}{\Sigma(X_i - \overline{X})^2 \Sigma(T_i - \overline{T})^2} \quad \cdots\cdots \text{(식 3.7)}$$

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

② 비파괴 강도의 추정

본 과업에서는 3점 이상의 회귀직선식에서 r^2 값이 99% 이상이 되는 회귀직선식만을 사용하여 전달속도 V_i 를 계산한다. 전달속도에 따른 콘크리트 압축강도의 추정을 위하여 초음파속도와 압축강도의 상관관계를 도출한 다음식을 사용한다.

- 일본건축학회

$$Fc' = (215 \cdot V_p - 620) \times 0.098 \ (MPa) \quad \cdots\cdots \ (식\ 3.8)$$

- 일본재료학회

$$Fc' = (102 \cdot V_p - 117) \times 0.098 \ (MPa) \quad \cdots\cdots \ (식\ 3.9)$$

여기서, Fc' : 콘크리트 강도 (MPa)

V_p : $V_p = V_d$ 로써 $V_p \approx 1.05 \cdot V_i$

3) 코어 압축강도 시험

이 방법은 현장에서 코어를 채취하여 이로부터 콘크리트의 압축강도를 추정하는 국부파괴시험으로 비파괴시험과는 구별되지만 구조물의 실제강도를 추정하는데 신뢰도가 가장 높다. 다만, 금회 진단에서는 구조물의 손상을 최소화 하기 위하여 철근배근 순간격이 100㎜이상인 교대에서만 코어를 채취하여 시험하였다.

콘크리트의 각종 물성적, 역학적시험을 실시하며, 통상 비파괴시험에 의한 강도와 비교 분석한다.

① 압축강도 시험

- 코어 크기의 영향

콘크리트구조설계기준(KDS 14 20 01)에 의하면 콘크리트의 압축강도용 공시체는 ø150×300㎜를 기준으로 하므로 ø100×200㎜ 코어를 채취한 경우에는 강도보정계수 0.97을 곱하여 보정한다.

- 높이/직경비의 영향

채취된 코어 공시체로 KS F 2422에 준하여 압축강도시험을 한다. 코어 공시체의 높이/직경비(h/d)가 작아질수록 겉보기 압축강도는 커진다. 공시체 높이가 직경의 2배보다 작을 경우에는 시험으로부터 얻은 압축강도에 높이 보정계수를 곱하여 공시체의 높이가 직경의 2배가되는 코어 공시체의 압축강도로 환산한다.

<표 3.65> 압축강도의 보정계수

높이와 직경의 비(h/d)	보정계수(KS F 2422)	비 고
2.00	1.00	·h/d 가 중간값일 경우 직선 보간법을 이용하여 보정계수를 구한다.
1.75	0.98	
1.50	0.96	
1.25	0.93	
1.00	0.89	

• 매입철근 지름의 영향

코어를 가로지르는 철근이 있는 경우에는 시험결과, 5~10% 정도의 압축강도가 감소된다고 보고되고 있다. 코어 비트에 따라 약간의 차이가 있으나, 철근의 직경이 증가함에 따라 코어강도는 저하된다.

• 코어 채취 위치와 방향의 영향

코어는 일반적으로 구조물의 최상단에서 가장 낮은 강도를 갖고 밑으로 깊이가 커질수록 코어의 강도는 증가하지만 300㎜ 이상의 두께에서는 더 이상의 강도증가는 없는 것으로 보고되고 있다. 수평방향으로 코어를 채취하면 수직으로 채취한 경우보다 전형적으로 8%가량 강도가 감소한다는 사실이 실험적으로 입증되었다.

• 재령의 영향

실제의 구조물에서는 표준 공시체의 양생조건과 동일한 양생방법을 기대할 수 없기 때문에 콘크리트 구조물이 재령이 경과함에 따라 강도가 증가한다 할지라도, 표준 양생한 공시체의 28일 압축강도보다 항상 크지는 않다. 따라서, 현장 양생한 구조물의 코어강도는 표준 공시체의 28일 압축강도와 같게 보는 것이 일반적이며, 코어강도에 대해서는 재령에 대한 보정은 하지 않는다.

② 비파괴 강도·압축강도와의 보정계수

각종 비파괴강도를 이용하여 구조물의 전반적인 강도를 추정하는 경우에는 시험위치에서 채취한 코어강도를 이용하여 비파괴강도를 보정하는 것이 원칙이다. 따라서 부재 종류별로 코어 압축강도와 코어 또는 코어채취 위치에서 얻은 비파괴강도(반발경도법, 초음파법)간의 상관관계를 구하기 위하여 RILEM Recoㅿmendation Part 2 기준에 제시된 (식 3.10)을 사용하여 보정계수 C_t 를 구한다.

$$C_t = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}\frac{R_{pr}}{R_{st}} \quad \cdots\cdots (3.10)$$

여기서, C_t : 보정계수

R_{pr} : 코어압축강도 (MPa)

R_{st} : 비파괴강도 (MPa)

각 비파괴강도의 보정계수를 비교하여 가장 1.0에 근접하는 비파괴강도식을 선정하고, 이식으로 계산한 강도값에 보정계수를 곱한 강도를 구조물의 비파괴강도로 한다.

나) 시험결과 분석

콘크리트 비파괴 강도를 추정하기 위하여 반발경도시험과 초음파탐사시험을 범물방향 · 안심방향 각각 상부구조 6개소, 하부구조 6개소의 동일위치에서 수행하였다.

<그림 3.7> 콘크리트 강도조사

1) 비파괴 시험법에 의한 압축강도

반발경도 측정은 R.C. Radar 로 철근의 위치를 조사하여 철근이 없는 부위를 선정한 후, 콘크리트 표면의 요철, 부착물, 분말 등을 그라인더로 제거한 후 실시하였으며 표면에 곰보, 공극, 노출된 자갈 등이 있는 부위들은 측정위치에서 제외했다. 또한, 반발경도 값은 각 측정부위에 따라 타격방향, 표면의 건습상태, 재령 등에 의한 보정을 한 후 콘크리트 강도를 추정하였다.

초음파탐사시험은 반발경도시험을 수행한 동일부위를 선정하여 그라인딩을 실시하고 구리스 도포를 한 후, 발신자와 수신자의 측정거리를 10㎝간격으로 증가시키면서 간접법에 의한 초음파 전달속도를 측정하였으며, 이를 직접법 속도로 환산하였다.

본 과업에서 대상구조물의 콘크리트 비파괴 강도를 평가하기 위하여 반발경도법, 초음파속도법의 시험결과를 비교, 분석하여 그 결과를 다음 표에 나타내었다.

<표 3.66> 비파괴 시험에 의한 콘크리트 강도(범물방향 상부구조)

(단위 : MPa)

시험위치				비파괴시험		반발경도법		초음파 속도법		설계 기준 강도
				반발경도 (R_0)	초음파속도 (Vd, ㎜/㎲)	(식 3.2)	(식 3.3)	(식 3.8)	(식 3.9)	
범물방향	상부구조	바닥판	S1	51.4	4.272	29.8	29.3	29.3	31.2	27
			S2	51.7	4.209	30.0	29.5	27.9	30.6	
			S3	51.4	4.173	29.8	29.4	27.2	30.2	
			S3	51.6	4.284	29.9	29.4	29.5	31.4	
			S4	51.5	4.224	29.9	29.4	28.2	30.8	
			S5	51.6	4.320	29.9	29.4	30.3	31.7	

<표 3.67> 비파괴 시험에 의한 콘크리트 강도(범물방향 하부구조)

(단위 : MPa)

시험위치				비파괴시험		반발경도법		초음파 속도법		설계 기준 강도
				반발경도 (R_0)	초음파속도 (Vd, ㎜/㎲)	(식 3.2)	(식 3.3)	(식 3.8)	(식 3.9)	
범물방향	하부구조	교대	A1	49.2	4.034	28.0	28.3	24.2	28.9	24
			A2	48.5	4.048	27.5	28.0	24.5	29.0	
		교각	P1	47.4	4.066	26.5	27.5	24.9	29.2	
			P2	47.0	4.179	26.3	27.4	27.3	30.3	
			P3	47.1	4.176	26.3	27.4	27.2	30.3	
			P4	50.4	4.048	28.9	28.9	24.5	29.0	

<표 3.68> 비파괴 시험에 의한 콘크리트 강도(안심방향 상부구조)

(단위 : MPa)

시험위치				비파괴시험		반발경도법		초음파 속도법		설계 기준 강도
				반발경도 (R_0)	초음파속도 (Vd, ㎜/㎲)	(식 3.2)	(식 3.3)	(식 3.8)	(식 3.9)	
안심방향	상부구조	바닥판	S1	51.9	4.246	30.2	29.6	28.7	31.0	27
			S2	51.6	4.266	29.9	29.4	29.1	31.2	
			S3	51.8	4.220	30.1	29.5	28.2	30.7	
			S4	51.7	4.167	30.0	29.5	27.0	30.2	
			S5	51.8	4.291	30.1	29.5	29.7	31.4	
			S5	52.0	4.185	30.2	29.6	27.4	30.4	

<표 3.69> 비파괴 시험에 의한 콘크리트 강도(안심방향 하부구조)

(단위 : MPa)

시험위치				비파괴시험		반발경도법		초음파 속도법		설계 기준 강도
				반발경도 (R_0)	초음파속도 (Vd, ㎜/㎲)	(식 3.2)	(식 3.3)	(식 3.8)	(식 3.9)	
안심방향	하부구조	교대	A1	47.9	4.067	27.0	27.8	24.9	29.2	24
			A2	49.2	4.075	28.0	28.3	25.1	29.3	
		교각	P1	47.6	4.091	26.8	27.6	25.4	29.4	
			P2	47.7	4.223	26.8	27.6	28.2	30.7	
			P3	47.7	4.232	26.8	27.6	28.4	30.8	
			P4	48.0	4.078	27.0	27.8	25.2	29.3	

2) 코어 압축강도

2017년 정밀안전진단시 코어 채취를 하여 압축강도 시험을 하여 그 결과를 본 보고서에 참조하였으며, 시험결과는 아래 표와 같다.

<표 3.70> 보정 코어강도(17년 정밀안전진단)

(단위 : MPa)

위치			시험압축강도(A)	설계기준강도(B)	(A/B) × 100(%)
가천교	상부	S5	30.5	27.0	113
	하부	P2	22.5	24.0	94
		P3	21.8	24.0	91

3) 비파괴 강도의 추정

① 비파괴 강도·코어 압축강도와의 보정계수

콘크리트 비파괴 강도는 코어의 압축강도와 코어 채취부위에서 시행한 비파괴 시험강도를 RILEM 추천식 Part2 기준의 (식 3.10)를 응용하여 상관계수를 구하고 상관도가 가장 좋은 압축강도 추정식에 의해서 압축강도를 추정하기로 한다. 다음 표는 코어강도를 이용하여 각 시험방법에 대한 보정계수를 구한 것이다.

<표 3.71> 보정계수의 결정

(단위 : MPa)

위치		보정 코어강도	구분	반발경도법		초음파 속도법	
				(식 3.2)	(식 3.3)	(식 3.8)	(식 3.9)
범물방향	S5	30.5	비파괴 강도	29.9	29.4	30.3	31.7
	P2	22.5	비파괴 강도	26.3	27.4	27.3	30.3
	P3	21.8	비파괴 강도	26.3	27.4	27.2	30.3
안심방향	S5	30.5	비파괴 강도	30.1	29.5	29.7	31.4
	P2	22.5	비파괴 강도	26.8	27.6	28.2	30.7
	P3	21.8	비파괴 강도	26.8	27.6	28.4	30.8
보 정 계 수(C_t)				**0.895**	0.882	0.871	0.806

② 추정 비파괴 강도 조사 결과

위의 표와 같이 각 방법에 의해 보정계수를 구한 결과, 1.0에 가장 근접하는 비파괴식인 반발경도법 (식 3.2)에 의한 강도 보정계수 값을 사용하여 비파괴강도를 추정하였다.

<표 3.72> 추정 비파괴 강도(범물방향)

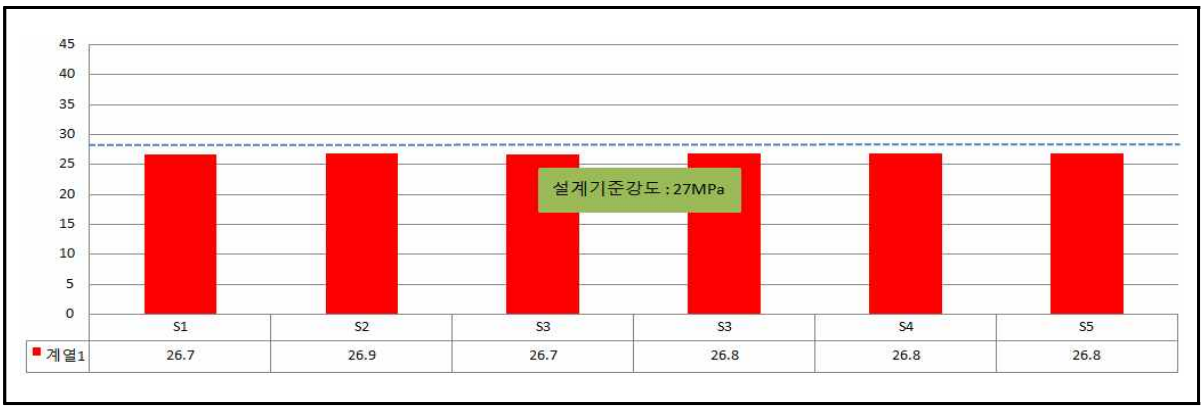
(단위 : MPa)

시험위치				반발경도법 (식 3.2)	코어 보정계수	**추정 비파괴 강도**	비고
범물방향	상부구조	바닥판	S1	29.8	0.895	26.7	
			S2	30.0	0.895	26.9	
			S3	29.8	0.895	26.7	
			S3	29.9	0.895	26.8	
			S4	29.9	0.895	26.8	
			S5	29.9	0.895	26.8	
	하부구조	교대	A1	28.0	0.895	25.1	
			A2	27.5	0.895	24.6	
		교각	P1	26.5	0.895	23.7	
			P2	26.3	0.895	23.5	
			P3	26.3	0.895	23.5	
			P4	28.9	0.895	25.9	

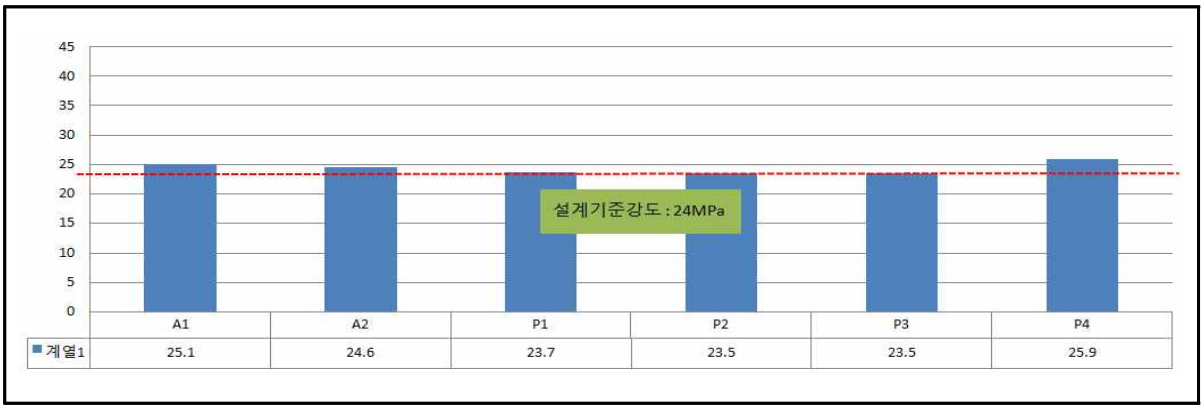
<표 3.73> 추정 비파괴 강도(안심방향)

(단위 : MPa)

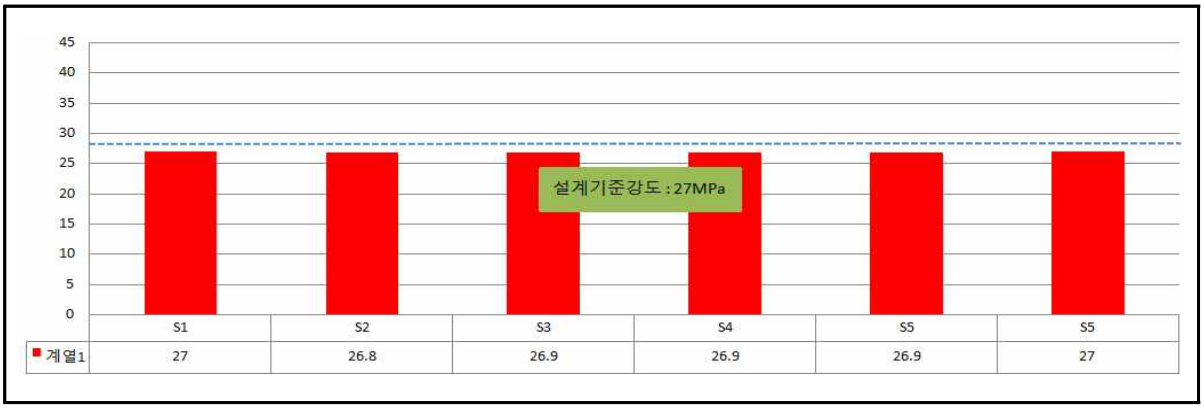
시험위치				반발경도법 (식 3.2)	코어 보정계수	**추정 비파괴 강도**	비고
안심방향	상부구조	바닥판	S1	30.2	0.895	27.0	
			S2	29.9	0.895	26.8	
			S3	30.1	0.895	26.9	
			S4	30.0	0.895	26.9	
			S5	30.1	0.895	26.9	
			S5	30.2	0.895	27.0	
	하부구조	교대	A1	27.0	0.895	24.2	
			A2	28.0	0.895	25.1	
		교각	P1	26.8	0.895	24.0	
			P2	26.8	0.895	24.0	
			P3	26.8	0.895	24.0	
			P4	27.0	0.895	24.2	



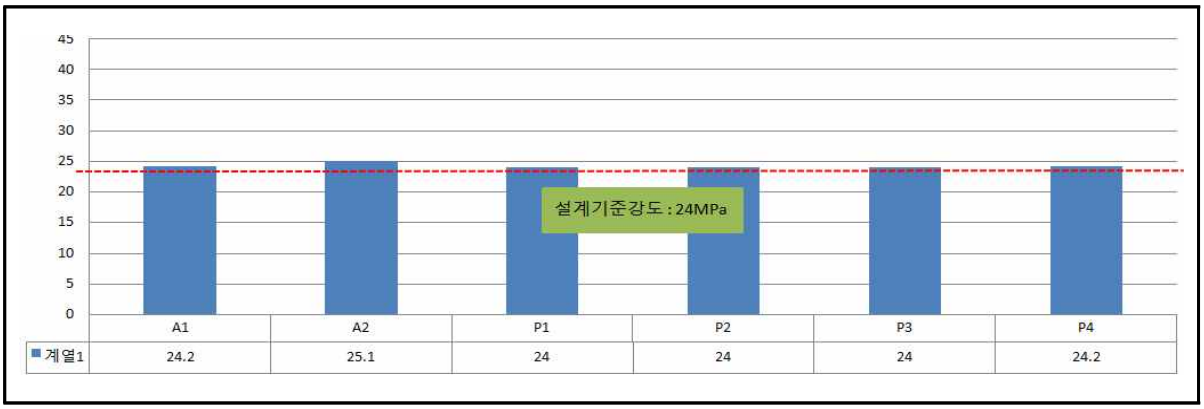
<그림 3.8> 콘크리트 강도조사 결과 (상부구조 범물방향)



<그림 3.9> 콘크리트 강도조사 결과 (하부구조 범물방향)



<그림 3.10> 콘크리트 강도조사 결과 (상부구조 안심방향)



<그림 3.11> 콘크리트 강도조사 결과 (하부구조 안심방향)

<표 3.74> 콘크리트 강도조사 결과(코어보정)

(단위 : MPa)

구분		시험방법	추정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
범물방향	상부구조	반발경도법 (일본재료학회)	26.7~26.9	27.0	98.9~99.6
	하부구조		23.5~25.9	24.0	97.9~107.9
안심방향	상부구조	반발경도법 (일본재료학회)	26.8~27.0	27.0	99.3~100.0
	하부구조		24.0~25.1	24.0	100.0~104.6

범물방향 상부구조는 26.7~26.9 MPa로 설계기준강도의 98.9~99.6% 수준이며, 하부구조는 23.5~25.9 MPa로 설계기준강도의 97.9~107.9% 수준으로 측정되었다.

안심방향 상부구조는 26.8~27.0 MPa로 설계기준강도의 99.3~100.0% 수준이며, 하부구조는 24.0~25.1 MPa로 설계기준강도의 100.0~104.6% 수준으로 측정되었다.

콘크리트 강도는 대부분의 구간에서 설계기준강도를 상회하는 것으로 측정되었고, 일부에서 99% 정도의 강도가 측정되었다. 이는 17년 정밀안전진단에서 실시한 코어 강도값으로 보정(0.895)하여 추정강도가 줄어든 것으로 이는 설계기준강도와 비교시 2% 내·외의 차이이므로 본 교량의 콘크리트 강도에는 문제가 없는 것으로 판단된다.

<표 3.75> 기 진단 및 정밀안전점검 콘크리트 강도조사 결과 비교

(단위 : MPa)

구분		2017년 진단	2021년 정밀	금회 진단	설계기준강도
상부구조	범물방향	27.3~30.5	27.1~28.9	26.7~26.9	27
	안심방향	27.2~31.0	27.5~28.0	26.8~27.0	
하부구조	범물방향	24.6~25.7	24.6~26.0	23.5~25.9	24
	안심방향	24.3~25.9	24.4~25.5	24.0~25.1	

기 진단 및 정밀안전점검 결과와 비교한 결과, 측정위치가 상이하나, 콘크리트 강도 범위의 차이는 전반적으로 비슷한 것으로 조사되어, 본 교량의 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도저하가 없는 것으로 판단된다.

3.5.3 탄산화 시험

가) 시험 내용 및 평가 기준

1) 개요

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.

$$\underset{\text{수산화칼슘}}{Ca(OH)_2} + \underset{\text{탄산가스}}{CO_2} \rightarrow \underset{\text{탄산칼슘}}{CaCO_3} + \underset{\text{물}}{H_2O} \quad \cdots\cdots \text{(식 3.10)}$$

(pH 12~13) (대기중에 존재) (pH 8.5~10)

탄산화가 일어나는 메카니즘을 보면 (식 3.10) 에서 시멘트의 수화 반응에서 생성되는 수산화칼슘 [$Ca(OH)_2$]은 pH 12~13정도의 강 알카리성을 나타내지만 대기중에 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(약 0.03%) 와 접촉하면 탄산칼슘과 물로 변화하고 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH 가 8.5~10 정도로 낮아지게 된다. 따라서, 콘크리트의 탄산화는 일반 환경 하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매입된 철근의 부식에 따른 문제가 가장 기본적이며 중요하다.

콘크리트 내부의 pH 가 11 이상에서 철근은 표면에 1×10^{-6} ㎜ 두께의 수산화물(γ-$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$) 부동태막을 형성하므로 산소 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 탄산화에 의하여 pH 가 11 보다 낮아지면 부동태막이 파괴되면서 철근에 녹이 발생하게 된다. 이러한 녹은 원래 부피의 약 2.5배에서 최대 7배까지 팽창하고 녹의 팽창 압력에 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 표면에 균열, 박리, 박락 등을 초래하기 때문에 콘크리트 구조물의 내구성면에서 탄산화를 파악하는 것이 중요하다.

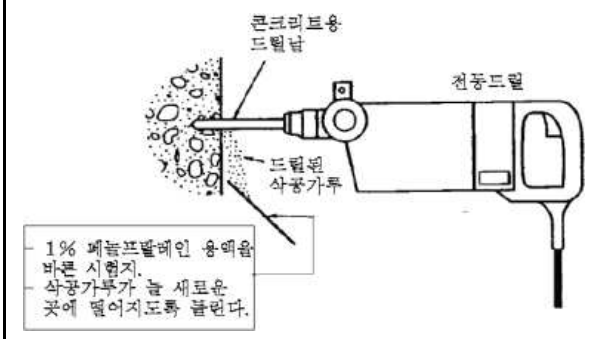
2) 탄산화 깊이의 측정

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

콘크리트 구조물에서의 탄산화 시험은 콘크리트 구조물에서 깎아낸 면에서 시험하는 경우, 코어 공시체를 이용하는 경우, 드릴을 이용하는 경우 등이 있으며 본 과업에서는 <그림 3.12>와 같이 ø10㎜의 드릴링에 의해 채취되는 콘크리트 가루를 이용하여 탄산화 깊이를 시험하였으며 이 방법은 드릴링에 의해 발생되는 콘크리트 가루가 페놀프탈레인 용액을 적신 원형시험지에 떨어져 변색되는 시점을 탄산화 깊이로 정하고 있으며 pH 8.2~10.0 이상의 알칼리측에서 홍색으로 발색하며 중성측에서는 무색으로 나타나게 되는데, 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 깊이계, 버어니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

나) 시험결과 분석

콘크리트의 탄산화 깊이측정은 범물 · 안심방향 각각 상부구조 3개소, 하부구조 3개소에서 드릴링 방법으로 수행하였으며 후술되는 철근탐사시험 결과와 비교 · 검토하였다.



드릴에 의한 탄산화 깊이측정 방법

드릴링(바닥판)

드릴링(교각)

버니어캘리퍼스를 이용한 깊이 측정

<그림 3.12> 드릴에 의한 탄산화 깊이 측정

1) 시험결과 분석

경화 콘크리트의 탄산화 평가는 시멘트의 종류, 콘크리트의 품질 환경조건에 따라 다르지만 일반적으로 철근 피복두께 수치와 함께 <표 3.76>에 의한 기준(시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침, 2021. 12.)으로 나타낸다.

<표 3.76> 탄산화 상태평가 기준

기준	탄산화잔여깊이	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	-	-

현장에서 드릴링에 의한 탄산화 시험결과는 다음 <표 3.77, 3.78>에 정리하였으며 (식 3.11)에 의해 향후 탄산화의 철근까지 도달기간을 추정하였다.

$$C = A \times \sqrt{t} \quad \cdots\cdots (식\ 3.11)$$

여기서, C : 탄산화 깊이(㎜)

A : 탄산화속도 계수(㎜/$\sqrt{년}$)

t : 재령(년)

<표 3.77> 탄산화 깊이 측정 결과(범물방향)

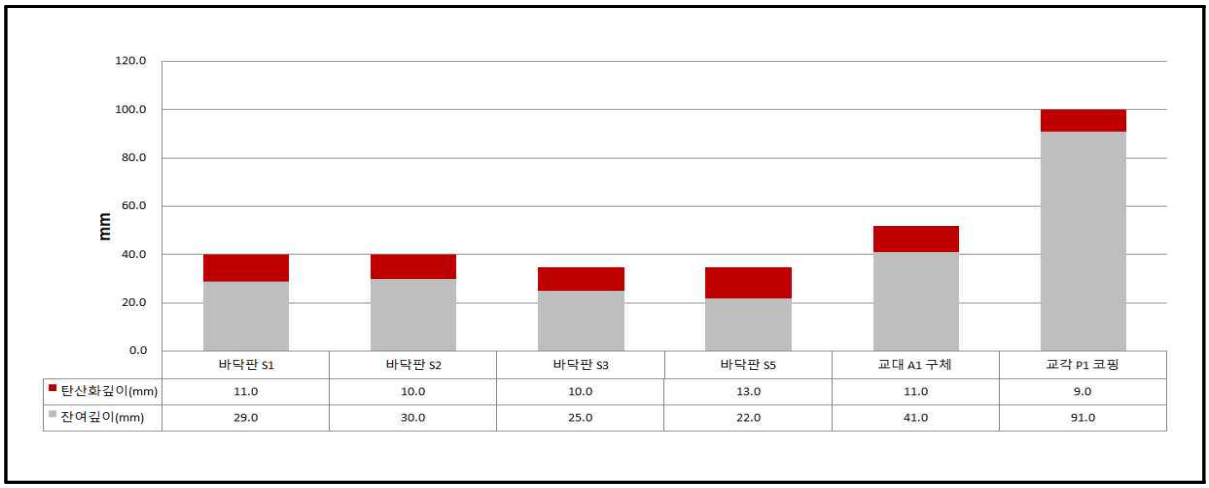
위치				탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복 두께 (㎜)	잔여깊이 (㎜)	상태 평가 기준	탄산화속도 계수 (A)	철근도달 기간(t_d) (잔존수명)	비고
범물방향	상부 구조	바닥판	S1	11.0	40.0	29.0	b	2.460	244	드릴링
			S2	10.0	40.0	30.0	a	2.236	300	
			S3	10.0	35.0	25.0	b	2.236	225	
			S5	13.0	35.0	22.0	b	2.907	125	
	하부 구조	교대	A1	11.0	52.0	41.0	a	2.460	427	
		교각	P1	9.0	100.0	91.0	a	2.012	2,449	

단, 재령(t) = 20, 잔존수명예측(t_d) = (실측피복두께/탄산화속도계수)^2-재령 (단위 : 년)

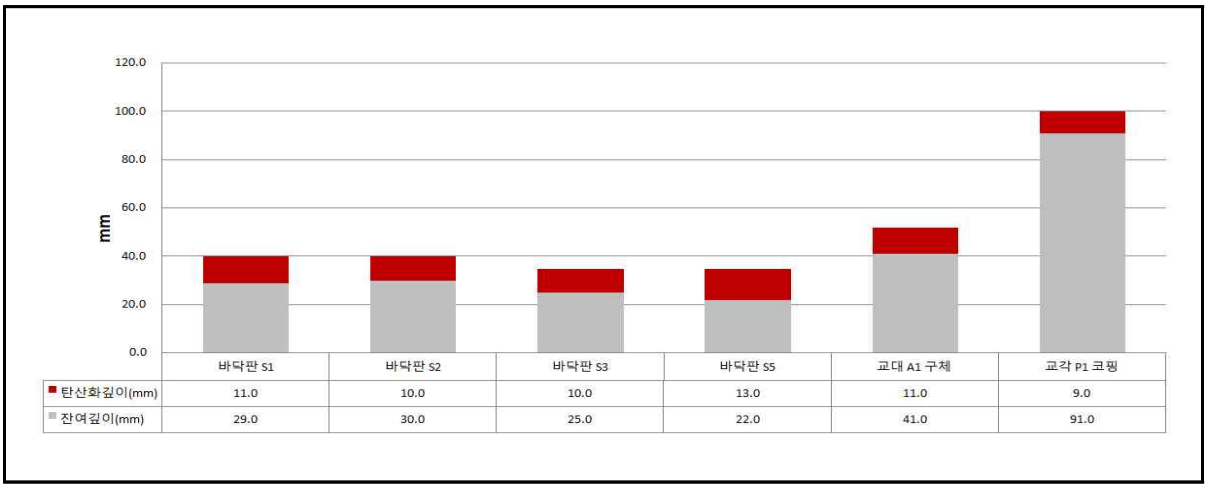
<표 3.78> 탄산화 깊이 측정 결과(안심방향)

위치				탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복 두께 (㎜)	잔여깊이 (㎜)	상태 평가 기준	탄산화속도 계수 (A)	철근도달 기간(t_d) (잔존수명)	비고
안심방향	상부 구조	바닥판	S2	12.0	40	28.0	b	2.683	202	드릴링
			S3	11.0	47	36.0	a	2.460	345	
			S5	13.0	45	32.0	a	2.907	220	
	하부 구조	교대	A1	10.0	50	40.0	a	2.236	480	
			A2	10.0	48	38.0	a	2.236	441	
		교각	P2	7.0	80	73.0	a	1.565	2,592	

단, 재령(t) = 20, 잔존수명예측(t_d) = (실측피복두께/탄산화속도계수)^2-재령 (단위 : 년)



<그림 3.13> 탄산화 깊이 측정 결과 (범물방향)



<그림 3.14> 탄산화 깊이 측정 결과 (안심방향)

대상 구조물의 탄산화 진행정도를 검토한 결과, 탄산화 잔여깊이를 10~30㎜이상 확보하고 있는 것으로 조사되어 평가결과 “a~b”등급으로 향후 탄산화에 의한 부식 발생 가능성이 있음으로 평가되었다.

2) 기 진단 및 정밀안전점검 결과와의 비교

<표 3.79> 기 진단 및 정밀안전점검 탄산화 깊이 결과 비교

구분			2017년 진단	2021년 정밀	금회 진단	비고
범물방향	탄산화 깊이(㎜)	상부구조	9.8~12.8	6.0~9.0	10.0~13.0	
		하부구조	5.8~10.8	3.0	9.0~11.0	
안심방향		상부구조	11.0~13.8	4.0	11.0~13.0	
		하부구조	5.2~9.5	3.0~9.0	7.0~10.0	

기 진단 및 정밀안전점검 결과와 비교한 결과, 상부 및 하부구조의 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 급격한 진전은 없는 양호한 상태로 확인되며, 탄산화 진행으로 인한 철근부식의 영향은 없는 것으로 판단되나, 탄산화 상태평가 결과 ‘b등급’으로 평가되어 향후 탄산화에 의한 철근부식 가능성이 있음으로 평가되어 이와 관련한 주의관찰하는 유지관리가 요망된다.

3.5.4 철근탐사 시험

가) 시험 내용 및 평가 기준

철근 콘크리트 구조물에서 기존 구조물의 구조내력을 검토, 구조부재의 배근상태(철근직경, 배근간격, 피복두께 등)를 조사하기 위하여, 구조체를 손상시키지 않고 실시하는 비파괴 조사 방법으로 전자기유도 방식과 전자파레이더 방식 등이 있으며 본 과업에서는 전자파레이더 방식으로 수행하였다. 시험 결과는 준공도면의 배근상태와 비교・분석하였다.

1) 전자파레이더 방식

해당 물체 내에 송신된 전자파가 전기적 특성(유전율 및 전도율)이 다른 물질(철근, 매설물, 공동 등)의 경계에서 반사파를 일으키는 성질을 이용해 콘크리트 표면으로부터 내부를 향해 전자파를 안테나로부터 방사하여 목표물에서 반사해 온 신호를 안테나로 수신한 후 콘크리트 내부의 상태를 수직 단면도로 본체 표시기에 나타내어 준다.

<그림 3.15> 전자파 레이더법에 의한 철근탐사장비의 장치 구성도

나) 시험 결과 분석

철근의 피복두께가 부족할 경우 콘크리트의 탄산화 등에 따른 열화손상에 대한 저항성이 저하되어 내구성이 감소할 가능성이 있으며, 피복두께가 지나치게 큰 경우에는 강도감소 등을 수반할 우려가 있다. 철근탐사시험은 콘크리트 내에 배근되어 있는 실제 철근의 배근상태 및 피복두께를 비교·검토하기 위하여 실시하였으며, 본 시험에서는 R.C. Radar를 사용하여 전자파 레이더법으로 각 구조부재에 대하여 시험을 수행하였으며, 그 결과는 <표 3.80>에 나타내었다.

철근탐사 시험은 범물 · 안심방향 각각 상부구조 6개소, 하부구조 6개소에서 수행하였다.

철근탐사(교대)

철근탐사(바닥판하면)

<그림 3.15> 철근탐사 시험

1) 시험결과 분석

<표 3.80> 철근탐사 시험 결과

위치			구분	배근간격(㎜)		피복두께(㎜)	
				설계값	실측값	설계값	실측값
범물방향	상부구조	S1 바닥판하면	주근	125	124	40	40
			배력근	240	210	40	45
		S2 바닥판하면	주근	125	125	40	40
			배력근	240	235	40	45
		S3 바닥판하면	주근	125	124	40	35
			배력근	240	210	40	55
		S3 바닥판하면	주근	250	240	40	35
			배력근	240	223	40	47
		S4 바닥판하면	주근	250	200	40	45
			배력근	240	205	40	50
		S5 바닥판하면	주근	125	130	40	35
			배력근	240	238	40	44
	하부구조	A1 교대 흉벽	수직근	125	124	50	62
			수평근	250	238	50	52
		A2 교대 흉벽	수직근	125	125	50	69
			수평근	250	250	50	50
		P1 교각 코핑	수직근	150	130	100	100
			수평근	300	250	100	114
		P2 교각 기둥	수직근	118	117	100	114
			수평근	200	150	100	100
		P3 교각 코핑	수직근	200	180	100	95
			수평근	300	250	100	95
		P4 교각 코핑	수직근	150	110	100	100
			수평근	300	300	100	95

<표 3.80> 철근탐사 시험 결과(계속)

위치			구분	배근간격(㎜)		피복두께(㎜)	
				설계값	실측값	설계값	실측값
안심방향	상부구조	S1 바닥판하면	주근	125	117	40	41
			배력근	240	240	40	40
		S2 바닥판하면	주근	125	117	40	47
			배력근	240	240	40	40
		S3 바닥판하면	주근	125	125	40	50
			배력근	240	180	40	47
		S4 바닥판하면	주근	125	115	40	49
			배력근	240	183	40	48
		S5 바닥판하면	주근	250	200	40	44
			배력근	240	203	40	50
		S5 바닥판하면	주근	125	125	40	47
			배력근	240	238	40	45
	하부구조	A1 교대 흉벽	수직근	125	125	50	60
			수평근	250	205	50	50
		A2 교대 흉벽	수직근	125	150	50	50
			수평근	250	200	50	48
		P1 교각 코핑	수직근	300	272	100	80
			수평근	300	350	100	95
		P2 교각 기둥	수직근	118	120	100	95
			수평근	200	190	100	80
		P3 교각 코핑	수직근	150	144	100	95
			수평근	300	285	100	100
		P4 교각 코핑	수직근	300	258	100	90
			수평근	300	248	100	86

본 과업 대상 교량에 대하여 전자파 레이더법으로 철근탐사를 수행하여 설계도면의 철근배근도와 비교한 결과, 배근간격은 구간별 시공오차를 고려하면 대체로 설계값과 일치하는 양호한 상태로 나타났다. 피복두께는 대체로 설계값을 만족하고 있으나 일부 지점에서 실측피복이 작거게 측정되어 시공이 다소 미흡했던 것으로 판단된다.

2) 기 진단 결과와의 비교

<표 3.81> 기 진단 철근탐사 시험 결과 비교

구분				2017년 진단		금회 진단		비고
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
범물방향	상부구조	바닥판	주근	124~235	35.2~52.6	124~240	35~45	
			배력근	-	-	205~238	44~55	
	하부구조	교대	수직철근	242	68.6~70.0	124~125	62~69	
			수평철근	-	-	238~250	50~52	
		교각(기둥)	수직철근	116~145	89.6~91.6	117	114	
			수평철근	-	-	150	100	
		교각(코핑)	수직철근	302~308	78.6~79.0	110~180	95~100	
			수평철근	-	-	250~300	95~114	
안심방향	상부구조	바닥판	주근	115~253	50.6~56.4	115~200	41~50	
			배력근	-	-	180~240	40~50	
	하부구조	교대	수직철근	135~197	55.3~69.8	125~150	50~60	
			수평철근	-	-	200~205	48~50	
		교각(기둥)	수직철근	115	91.0	120	95	
			수평철근	-	-	190	80	
		교각(코핑)	수직철근	236~309	82.0~94.3	144~272	80~95	
			수평철근	-	-	248~350	86~100	

기 진단결과와 비교한 결과, 배근간격은 측정위치에 따른 편차가 있으나 설계 도면과 유사하게 측정되어 철근배근 상의 문제는 없는 것으로 판단되며 피복두께는 기 진단결과와 마찬가지로 일부구간에서 작게 시공된 것으로 확인되었다.

3.5.5 염화물 함유량 시험

가) 시험 내용 및 평가 기준

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 방동대책으로써 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 예로써는 ① 깨끗이 세척하지 않은 바다 모래의 사용, ② 경화 촉진제로써 염화칼슘($CaCl_2$)의 사용, ③ 염화칼슘($CaCl_2$)을 주체로 한 조강형 AE제의 사용, ④ 혼화수로써 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 단위용적당량으로써 0.3~1.2kg/m^{3}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/m^{3}정도이고 실제 환경의 노출실험에서는 1.2~2.4kg/m^{3}정도로 되어있다. 촉진시험과 실제 환경에서 얻어지는 한계농도의 차이는 시험 공시체와 실제 구조물의 덮개나 물-시멘트비의 차이 그리고 촉진시험 시에 설정되는 고온환경 등 온도의 영향이라고 생각된다.

'시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (2021. 12.)' 및 콘크리트 표준시방서 내

구성조사편에서는 경화콘크리트의 경우 전염화물 기준으로 실제 환경의 노출실험 결과 하한치인 1.2kg/m³을 강재 부식발생 한계농도로써 정하고 있다. 비록, 부식환경에 따른 전염화물량이 1.2kg/m³를 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

굳지 않은 콘크리트의 경우는 철근의 부식을 방지하기 위하여 0.3kg/㎥이하로 규정

② 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (2021. 12.)

<표 3.82> 염화물 상태평가 기준

기준	전염화물 이온량	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	-	-

나) 시험결과 분석

염화물 함유량 시험은 범물 · 안심방향 각각 3개소(상부구조 1개소, 하부구조 2개소)에서 시료(분말)을 채취하여 시험을 실시하였다.

바닥판 시료 채취

교대 시료 채취

<그림 3.16> 염화물 시료 채취

1) 시험결과 분석

염화물 함유량 시험 결과, 콘크리트 표면에서 철근 피복에 가까워질수록 그 양이 감소하는 양상으로 측정되었다. 이는 공용 중 제설작업 시 살포하는 염화칼슘이 콘크리트 표면에 부착되어 나타나는 현상으로 판단되며, 염화물은 철근 부식에 영향을 미치는 열화요인으로 이에 대한 상태평가는 철근피복 깊이의 측정값을 이용하였다.

철근피복에서 염화물 함유량은 측정 전 개소에서 0.3kg/㎥ 이하로서 상태평가기준 'a'로 평가되었으며, 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단된다.

<표 3.83> 염화물 함유량 시험 결과

위치			깊이 (㎜)	염화물 함유량		등급	염화물 상태평가 기준
				Cl^-(%)	Cl^-(kg/㎥)		
범물방향	상부구조	S3 바닥판 하면	0~10	0.0041	0.0928	a	판정결과 a : 염화물 ≤ 0.3 b : 0.3 < 염화물 < 1.2 c : 1.2 ≤ 염화물 < 2.5 d : 염화물 ≥ 2.5 e : -
			10~20	0.0023	0.0520	a	
			20~30	0.0020	0.0453	a	
	하부구조	A1 교대	0~20	0.0042	0.0950	a	
			20~40	0.0039	0.0883	a	
			40~60	0.0017	0.0385	a	
		P1 교각	0~20	0.0034	0.0769	a	
			20~40	0.0032	0.0724	a	
			40~60	0.0018	0.0407	a	
안심방향	상부구조	S3 바닥판 하면	0~10	0.0036	0.0815	a	판정결과 a : 염화물 ≤ 0.3 b : 0.3 < 염화물 < 1.2 c : 1.2 ≤ 염화물 < 2.5 d : 염화물 ≥ 2.5 e : -
			10~20	0.0020	0.0453	a	
			20~30	0.0017	0.0385	a	
	하부구조	A1 교대	0~20	0.0049	0.1109	a	
			20~40	0.0044	0.0996	a	
			40~60	0.0022	0.0498	a	
		P2 교각	0~20	0.0041	0.0928	a	
			20~40	0.0030	0.0679	a	
			40~60	0.0021	0.0475	a	

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

2) 기 진단 결과와의 비교

<표 3.84> 기 진단 염화물 함유량 시험 결과 비교

구분			2017년 진단	금회 진단	비고
범물방향	염화물 함유량 (kg/㎥)	상부구조	0.1267	0.0453~0.0928	
		하부구조	0.0837	0.0385~0.0950	
안심방향		상부구조	0.1267	0.0385~0.0815	
		하부구조	0.0837	0.0475~0.1109	

기 진단결과와 비교한 결과, 상부 및 하부구조의 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 급격한 진전은 없는 양호한 상태로 확인되며, 염화물에 의한 철근부식의 영향은 없는 것으로 판단된다.

3.5.6 균열 깊이 측정

가) 시험 내용 및 평가 기준

균열 깊이를 측정하기 위한 기본은 초음파의 발·수신자를 균열 부근에 설치하여 검출되는 파의 종류(종파, 횡파, 표면파) 및 검출항목(전파시간, 주파수, 위상 등)에 따라 많은 방법이 제안되고 있으나 일반적으로 Tc-To 법이 많이 이용되며, 본 과업에서도 Tc-To 법을 적용한다.

Tc-To 법의 원리는 종파용 발·수신자를 균열 개구부를 중심으로 등간격 L/2(=x)으로 설치하여 균열선단부를 회절한 초음파의 전파시간 Tc 를 구한다. 또한, 부근의 균열이 없는 부분에서 발·수진자를 똑같이 거리 L(=2x) 만큼 설치하여 전파시간 To 를 구하여, 균열깊이를 추정한다.

균열면이 콘크리트의 표면과 직각으로 발생되어 있으며, 균열 주위의 콘크리트는 어느 정도 균질한 것이라고 가정하여 유도한 것으로 측정된 Tc-To 로 부터 다음 식을 적용하여 균열의 깊이를 구한다.

$$C = \frac{L}{2}\sqrt{\frac{(T_C^2)}{(T_O^2)} - 1} \quad \cdots\cdots\cdots\

나) 시험여부

대상 교량은 폭 0.3㎜이상의 균열이 없는 상태로, 균열깊이 측정시 바닥판 및 교각에서 폭 0.2㎜의 균열 중 임의로 대표손상을 선정하였으며, 초음파속도를 이용하여 균열깊이 측정을 실시하였다.

<표 3.85> 균열깊이 측정결과

위치		균열폭 (㎜)	전달거리 (㎜)	초음파 전달시간 (μSec)		균열깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	비고
				건전부 (To)	균열부 (Tc)			
범물 방향	바닥판 S3	0.2	150	39.6	46.8	9.5	35.0	
	교각 P3	0.2	150	52.7	67.4	12.0	95.0	
안심 방향	바닥판 S5	0.2	150	39.6	44.7	7.9	45.0	
	교각 P3	0.2	150	49.0	64.4	12.8	95.0	

균열깊이 측정결과, 상부구조 균열깊이 7.9~9.5㎜, 하부구조 균열깊이 12.0~12.8㎜로 측정되어 조사부위의 피복 두께 내의 표면균열로 검토되었으며, 균열에 의한 구조물 손상이나, 철근부식 등의 내구성 저하는 조사되지 않았다.

다) 기 진단 결과와의 비교

<표 3.86> 기 진단 균열깊이 측정 결과 비교

구분		2017년 진단		금회 진단		비고
		균열깊이(㎜)	피복두께(㎜)	균열깊이(㎜)	피복두께(㎜)	
범물 방향	상부구조	-	-	9.5	35.0	
	하부구조	-	-	12.0	95.0	
안심 방향	상부구조	47.9	52.6	7.9	45.0	
	하부구조	46.0	82.0	12.8	95.0	

기 진단결과와 비교한 결과, 상부 및 하부구조의 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 급격한 진전은 없는 양호한 상태로 확인되며, 균열에 의한 내구성의 영향은 없는 것으로 판단된다.

3.6 강재 내구성 조사

3.6.1 초음파 탐상 시험(UT)

가) 시험 내용 및 평가 기준

1) 개요

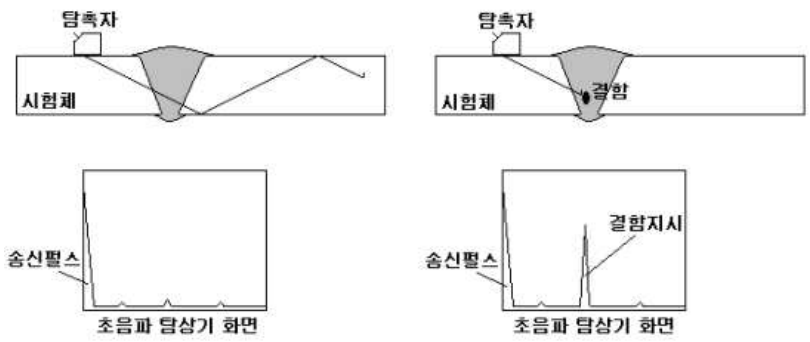
초음파 탐상 시험은 고주파수(20,000Hz 이상)의 음파 즉, 초음파를 검사할 매질내로 전파시켜 시험체 내의 내부결함을 검출하는 비파괴검사법의 하나이다.

초음파법의 종류는 크게 수직법과 사각법으로 구분되며, 수직법은 탐촉자와 시험체의 접촉면에 수직방향으로 초음파를 전파시키는 검사방법으로 통상적으로 판재 및 봉재, 주·단강품 결함 검사와 부재의 부식두께 측정 등에 이용되며, 사각법은 시험체에 임의의 일정각으로 초음파를 전파시켜서 검사하는 방법으로 주로 강구조물 용접부 검사에 적용된다.

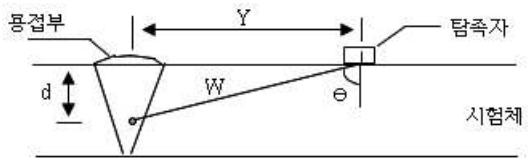
2) 방법(사각법)

일반적으로 강교 용접부의 사각탐상에서는 주로 용접부 내부에 존재하는 기공, 슬래그, 융합불량, 용입부족 등의 결함과 균열에 대한 조사가 실시되고 있으며, 방법은 시험체에 탐촉자를 놓고, 진동자에서 발생한 초음파 펄스를 시험체 중으로 진행시킨다. 초음파 펄스의 진행방향에 결함이 없으면 초음파는 <그림 3.18>의 좌측과 같이 시험체 내를 진행하다가 소멸되고, 결함이 있으면 <그림 3.18>의 우측과 같이 반사한 초음파 펄스가 탐촉자로 되돌아와서 수신된다. 이것을 브라운관상에서 펄스신호로 표시하여 관찰 분석함으로써 결함의 존재 및 위치를 알아내어 평가할 수 있다.

본 시험에서는 70°로 초음파를 입사하였다.



<그림 3.18> 초음파 탐상 시험 원리



계산식 Y = W · SinΘ
d = W · CosΘ

여기서, Y : 입사점-결함거리
d : 결함깊이
W : 초음파 이동거리
Θ : 입사각(70°)

<그림 3.19> 초음파 탐상(사각법) 시험 개요도

3) 특성

① 금속의 조직검사에 유용하다. (라미네이션, 미세한 불연속부의 검출, RT로는 검사가 어려운 매우 두꺼운 주물의 검사)

② RT와는 달리 작업자의 안전관리상 문제가 없다.

③ 즉석으로 결함유무를 판단할 수 있어 신속하다.

④ 검사대상물의 모양에 많은 제한이 있다. (형상이 복잡하거나, 너무 얇아도 결함검출이 어렵다.)

⑤ 금속자체의 조직에 따라 영향을 많이 받는다.

⑥ 표면결함의 검출이 어렵다.

4) 평가

초음파 탐상 검사 방법 및 결함 지시에 대한 등급분류는 <표 3.86>에 있는 한국산업규격 KS B 0896 '강 용접부의 초음파 탐상 시험 방법 및 시험결과의 등급 분류방법' 의 등급분류표를 적용하였다.

<표 3.87> 결함의 등급 분류

영역	결함의 크기(㎜)					
	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					

5) 판정기준

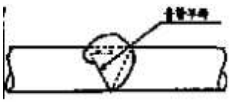
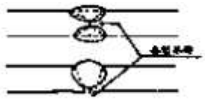
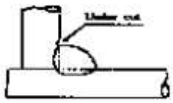
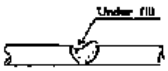
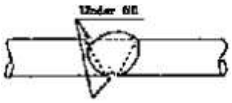
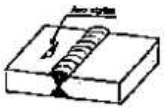
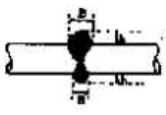
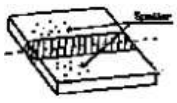
강도로교 용접 및 도장요령(1998, 건설교통부)에 의거하여 합 · 부를 판정하였다.

<표 3.88> 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) 용접부에 발생하는 결함

<표 3.89> 용접부에 발생하는 대표적인 결함

결 함 내 용	설 명	비 고
균열 Crack	용접부의 작은 단면에 걸리는 하중이 금속의 응력값을 초과할 때 발생한다. 균열은 모재 또는 용접금속에서도 나타나며 다른 결함, Notch 등과 함께 나타나기도 한다.	
융합부족(LF) Lack of fusion	그림과 같이 용접 금속과 모재사이가 완전하게 융합이 되지 아니한 상태.	
용입부족(IP) Incomplete Penetration	그림과 같이 용융금속의 두께가 모재두께보다 적게 용입이 이루어진 상태.	
언더 컷 Under cut	용접사 기량 또는 용접조건 불량 등의 원인에 의하여 그림과 같이 움푹패인 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 움푹패인 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 수분의 존재에 의하여 발생된 가스가 용접비드 표면에 빠져 나오면서 발생된 작은 구멍.	
용접 Bead 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 튀겨나온 조그마한 금속 알갱이를 말한다.	
슬래그 혼입 Slag Inclusion	용접봉 피복 등이 용접 금속내에 혼입된 상태. 용접 내부의 슬래그는 강도를 저하시키며, 표면의 슬래그는 도장박리의 원인이 됨.	

다) 시험결과 분석

거더내부 맞대기 용접부 초음파 탐상 시험

<그림 3.20> 초음파 탐상(사각법) 시험

본 교량의 거더 내부 하부플랜지의 맞대기용접부에 대하여 초음파탐상시험으로 조사한 결과, 범물방향 36개소, 안심방향 36개소 모두 'KS B 0896'의 판정기준에 의거 불합격 결함은 조사되지 않았다.

교량 부위별 시험 내용은 다음 <표 3.89>과 같다.

<표 3.90> 맞대기 용접부 경간별 결함 내역(UT)

구분		하부플랜지				
		결함 유	결함 무	결함종류	합 · 부 판정	결함발생 현황
범물방향	G1-S1-P1		○	ND	합	결함없음
	G1-S1-P2		○	ND	합	결함없음
	G1-S2-P3		○	ND	합	결함없음
	G1-S2-P4		○	ND	합	결함없음
	G1-S3-P5		○	ND	합	결함없음
	G1-S3-P6		○	ND	합	결함없음
	G1-S4-P7		○	ND	합	결함없음
	G1-S4-P8		○	ND	합	결함없음
	G1-S5-P9		○	ND	합	결함없음
	G1-S5-P10		○	ND	합	결함없음
	G2-S1-P1		○	ND	합	결함없음
	G2-S1-P2		○	ND	합	결함없음
	G2-S2-P3		○	ND	합	결함없음
	G2-S2-P4		○	ND	합	결함없음
	G2-S3-P5		○	ND	합	결함없음
	G2-S3-P6		○	ND	합	결함없음

※ 결함 - LF : Lack of Fusion(융합불량), IP : Incomplete(용입부족), S : Slag(슬래그혼입), Po : Porosity(기공)

<표 3.90> 맞대기 용접부 경간별 결함 내역(UT)(계속)

구분		하부플랜지				
		결함 유	결함 무	결함종류	합 · 부 판정	결함발생 현황
범물방향	G2-S4-P7		○	ND	합	결함없음
	G2-S4-P8		○	ND	합	결함없음
	G2-S5-P9		○	ND	합	결함없음
	G2-S5-P10		○	ND	합	결함없음
	G3-S1-P1		○	ND	합	결함없음
	G3-S1-P2		○	ND	합	결함없음
	G3-S2-P3		○	ND	합	결함없음
	G3-S2-P4		○	ND	합	결함없음
	G3-S3-P5		○	ND	합	결함없음
	G3-S3-P6		○	ND	합	결함없음
	G3-S4-P7		○	ND	합	결함없음
	G3-S4-P8		○	ND	합	결함없음
	G3-S5-P9		○	ND	합	결함없음
	G3-S5-P10		○	ND	합	결함없음
	G4-S1-P1		○	ND	합	결함없음
	G4-S1-P2		○	ND	합	결함없음
	G4-S2-P3		○	ND	합	결함없음
	G4-S2-P4		○	ND	합	결함없음
	G4-S3-P5		○	ND	합	결함없음
	G4-S3-P6		○	ND	합	결함없음
안심방향	G1-S1-P1		○	ND	합	결함없음
	G1-S1-P2		○	ND	합	결함없음
	G1-S2-P3		○	ND	합	결함없음
	G1-S2-P4		○	ND	합	결함없음
	G1-S3-P5		○	ND	합	결함없음
	G1-S3-P6		○	ND	합	결함없음
	G1-S4-P7		○	ND	합	결함없음
	G1-S4-P8		○	ND	합	결함없음
	G1-S5-P9		○	ND	합	결함없음
	G1-S5-P10		○	ND	합	결함없음
	G2-S1-P1		○	ND	합	결함없음
	G2-S1-P2		○	ND	합	결함없음
	G2-S2-P3		○	ND	합	결함없음
	G2-S2-P4		○	ND	합	결함없음
	G2-S3-P5		○	ND	합	결함없음
	G2-S3-P6		○	ND	합	결함없음
	G2-S4-P7		○	ND	합	결함없음
	G2-S4-P8		○	ND	합	결함없음
	G2-S5-P9		○	ND	합	결함없음
	G2-S5-P10		○	ND	합	결함없음

※ 결함 - LF : Lack of Fusion(융합불량), IP : Incomplete(용입부족), S : Slag(슬래그혼입), Po : Porosity(기공)

<표 3.90> 맞대기 용접부 경간별 결함 내역(UT)(계속)

구분		하부플랜지				
		결함 유	결함 무	결함종류	합 · 부 판정	결함발생 현황
안심방향	G3-S1-P1		○	ND	합	결함없음
	G3-S1-P2		○	ND	합	결함없음
	G3-S2-P3		○	ND	합	결함없음
	G3-S2-P4		○	ND	합	결함없음
	G3-S3-P5		○	ND	합	결함없음
	G3-S3-P6		○	ND	합	결함없음
	G3-S4-P7		○	ND	합	결함없음
	G3-S4-P8		○	ND	합	결함없음
	G3-S5-P9		○	ND	합	결함없음
	G3-S5-P10		○	ND	합	결함없음
	G4-S1-P1		○	ND	합	결함없음
	G4-S1-P2		○	ND	합	결함없음
	G4-S2-P3		○	ND	합	결함없음
	G4-S2-P4		○	ND	합	결함없음
	G4-S3-P5		○	ND	합	결함없음
	G4-S3-P6		○	ND	합	결함없음

※ 결함 - LF : Lack of Fusion(융합불량), IP : Incomplete(용입부족), S : Slag(슬래그혼입), Po : Porosity(기공)

3.6.2 도막두께 측정

가) 시험 내용 및 평가 기준

1) 개요

강재에 있어서 도장의 상태 및 도막의 두께는 구조물의 내구성능을 판단하는 기준이 된다. 도장막의 부족은 강재의 부식을 촉진시키고 결과적으로 내구성능을 저하시키는 요인으로 작용한다. 본 측정은 강거더의 도막두께를 측정하여 현재의 도장상태를 확인하고 내구성능의 저하여부를 판단하고자 실시하였다.

① 시험장비

ELCOMETER

② 시험방법

도막두께는 도막두께 Gauge 를 사용하여 일정의 Standard 두께를 가진 필름에 교정한 후 강재에 기 도장된 부위의 두께를 측정하는 것이다.

Gauge 를 이용한 측정법은 다음과 같다.

- Wet Thickness Gauges

  도료가 굳지 않은 상태에서 도장막 두께를 측정하는 방법으로 비교적 오차가 크고 도료의 종류에 따라 조금씩 방법이 달라지는 단점이 있다.

- Dry Film Thickness Gauges

  도장막을 통과시킨 자력 또는 저항값 감소율을 측정하여 도장두께를 산출하는 방법이며, 접촉식으로 Probe를 도장막 표면에 접촉시키면 디지털 혹은 아나로그 방식으로 두께가 표시된다. 현재 가장 많이 사용되는 장비이다.

- Tooke Scratch Gauges

  정해진 각도의 칼날로 도장막을 직선으로 그어 잘려진 면의 단면길이를 휴대용 현미경으로 도장막을 측정하는 방법이다.

③ 측정기준

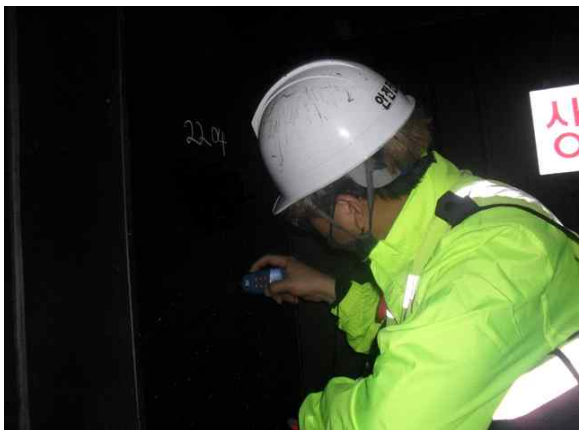
일반적으로 강교에 사용되는 도장계열은 일반환경과 특수환경에 따라 다르게 시공되며 일반환경용에도 재래식 도장과 중방식 도장으로 구분되고 특수환경용 도장은 우레탄계마감 중방식 도장과 자연건조형 불소수지 마감 중방식 도장 등 다양한 재료를 이용한 도장이 실시되고 있다.

대상 구조물의 주요 구조부재인 거더 외부의 도장은 폴리우레탄계 내후성중방식, 내부는 에폭시계마감으로 실시되었으며, 그 내용은 다음과 같다.

<표 3.91> 일반환경용 도장(중방식 마감)

구분	도장 계열	고정		도료명칭 또는 방법	도막두께 (μm)	도장횟수	비고
교량외부	GEB	1차 표면처리		SSPC SP10			
		전처리 프리미어		무기질 아연말 샵프라이머	20	1	
		2차 표면처리		SSPC SP10			
		공장 도장	제1중	무기질 아연말도료	75	1	
			제2중	미스트 코트	60	1	
			제3중	염화고무계 도료		1	
		공장도장/ 현장도장	제4중	염화고무계 도료	60	1	
		계			195		
교량내부	GIB	1차 표면처리		SSPC SP10			
		전처리 프리미어		무기질 아연말 샵프라이머	20	1	
		2차 표면처리		SSPC SP10			
		공장 도장	제1중	무기질 아연말도료	75	1	
			제2중	미스트 코트	75	1	
			제3중	역청질계 도료		1	
		계			150		

거더 외부 도막두께 측정



거더 내부 도막두께 측정

<그림 3.21> 도막두께 측정

나) 시험결과 분석

도막두께 측정은 범물·안심방향 각각 거더 내부 6개소, 거더 외부 6개소에서 5 Spot 씩 각 개소당 5회 반복 측정하였으며, 조사결과는 아래와 같다. 거더 내부의 도막두께는 범물방향 217~239μm, 안심방향 214~238μm 로 측정되었으며, 외부는 범물방향 286~291μm, 안심방향이 287~292μm 로 측정되었다. 거더 내·외부 모두에서 기준 도막두께(내부 150μm, 외부 195μm) 이상의 두께를 확보하고 있는 상태이다.

<표 3.92> 도막두께 측정 결과

시험위치				Spot 평균값(㎛)					평균값 (㎛)	판정기준 (㎛)	평가	비고
				1	2	3	4	5				
범물방향	거더내부	S1	G1	223	234	235	245	253	238	150	만족	
			G2	226	248	229	239	240	236		만족	
		S3	G1	217	222	210	225	213	217		만족	
			G2	219	236	232	238	231	231		만족	
		S5	G1	240	248	247	228	233	239		만족	
			G2	241	240	243	233	235	238		만족	
	거더외부	S2	G1	289	290	293	288	278	288	195	만족	
			G2	290	287	286	283	290	287		만족	
		S3	G1	284	288	281	300	275	286		만족	
			G2	288	293	286	285	291	289		만족	
		S5	G1	289	290	295	288	272	287		만족	
			G2	286	290	288	293	300	291		만족	
안심방향	거더내부	S1	G1	248	235	233	231	236	237	150	만족	
			G2	237	230	236	239	248	238		만족	
		S2	G1	239	232	230	232	249	236		만족	
			G2	203	201	227	224	217	214		만족	
		S4	G1	230	234	231	242	224	232		만족	
			G2	231	233	238	248	230	236		만족	
	거더외부	S1	G1	288	271	289	294	293	287	195	만족	
			G2	290	283	284	288	293	288		만족	
		S2	G1	293	298	283	287	291	290		만족	
			G2	283	285	297	290	293	290		만족	
		S5	G1	289	291	293	294	281	290		만족	
			G2	288	293	290	292	297	292		만족	

다) 기 진단 결과와의 비교

<표 3.93> 기 진단 도막두께 측정 결과 비교

구분		2017년 진단	금회 진단	비고
범물방향	거더내부	230~285	217~239	
	거더외부	253~302	286~291	
안심방향	거더내부	199~284	214~238	
	거더외부	262~314	287~292	

기 진단결과와 비교한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 양호한 상태로 확인되며, 공용기간 증가에 따른 도막두께의 열화는 없는 것으로 판단되며, 거더 내·외부 모두에서 기준 도막두께 이상의 두께를 확보하고 있는 상태이다.

3.7 내구성 조사 결과요약

3.7.1 금회 진단 내구성 조사 결과요약

<표 3.94> 금회 진단 내구성 조사 결과요약(범물방향)

시험명	시험부위			시험 결과		검토 의견
비파괴 강도 (MPa)	보정 코어강도			상부 30.5 하부 21.8~22.5		설계기준 대비 상부구조는 98.9~99.6%, 하부구조는 97.9~107.9%로 코어보정계수에 의해 일부 설계강도보다 하회하나 2%내외의 값으로 콘크리트 강도에는 문제가 없는 것으로 판단됨
	보정계수의 결정			반발경도법(0.895)		
	상부구조 (설계기준 : 27MPa)			26.7~26.9		
	하부구조 (설계기준 : 24MPa)			23.5~25.9		
탄산화 깊이 (㎜)	상부구조		진행깊이	10.0~13.0		실측 피복두께 대비 탄산화 잔여 깊이가 10㎜ 이상으로 측정되어 향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있는 'b'등급으로 평가됨
			잔여깊이	22.0~30.0		
	하부구조		진행깊이	9.0~11.0		
			잔여깊이	41.0~91.0		
철근탐사 (배근간격/피복두께) (㎜)	상부구조	바닥판	주근	124~240	35~45	배근간격은 대체로 설계값과 일치하는 양호한 상태로 측정되었으며, 피복두께는 대체로 설계값을 만족하고 있으나 일부 구간의 경우 실측 피복이 다소 부족한 것으로 조사됨
			배력근	205~238	44~55	
	하부구조	교대	수직철근	124~125	62~69	
			수평철근	238~250	50~52	
		교각 (기둥)	수직철근	117	114	
			수평철근	150	100	
		교각 (코핑)	수직철근	110~180	95~100	
			수평철근	250~300	95~114	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	상부구조			0.0453~0.0928		철근위치에서 'a'등급으로 평가되어 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨
	하부구조			0.0385~0.0950		
균열깊이 측정 (㎜)	상부구조	Cw=0.2mm		9.5		실측 피복두께 초과하지 않음
	하부구조	Cw=0.2mm		12.0		
초음파 탐상시험	거더 내부			36개소 양호		판정기준에 의거 불합격 결함은 조사되지 않았음
도막두께 측정 (μm)	거더 내부			217~239		전반적으로 기준 이상의 두께를 확보하고 있음
	거더 외부			286~291		

<표 3.95> 금회 진단 내구성 조사 결과요약(안심방향)

시험명	시험부위			시험 결과		검토 의견
비파괴 강도 (MPa)	보정 코어강도			상부 30.5 하부 21.8~22.5		설계기준 대비 상부구조는 99.3~100.0%, 하부구조는 100.0~104.6%로 코어보정계수에 의해 일부 설계강도보다 하회하나 1%내의 값으로 콘크리트 강도에는 문제가 없는 것으로 판단됨
	보정계수의 결정			반발경도법(0.895)		
	상부구조 (설계기준 : 27MPa)			26.8~27.0		
	하부구조 (설계기준 : 24MPa)			24.0~25.1		
탄산화 깊이 (㎜)	상부구조		진행깊이	11.0~13.0		실측 피복두께 대비 탄산화 잔여 깊이가 10㎜ 이상으로 측정되어 향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있는 'b'등급으로 평가됨
			잔여깊이	28.0~36.0		
	하부구조		진행깊이	7.0~10.0		
			잔여깊이	38.0~73.0		
철근탐사 (배근간격/피복두께) (㎜)	상부구조	바닥판	주근	115~200	41~50	배근간격은 대체로 설계값과 일치하는 양호한 상태로 측정되었으며, 피복두께는 대체로 설계값을 만족하고 있으나 일부 구간의 경우 실측 피복이 다소 부족한 것으로 조사됨
			배력근	180~240	40~50	
	하부구조	교대	수직철근	125~150	50~60	
			수평철근	200~205	48~50	
		교각 (기둥)	수직철근	120	95	
			수평철근	190	80	
		교각 (코핑)	수직철근	144~272	80~95	
			수평철근	248~350	86~100	
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부구조			0.0385~0.0815		철근위치에서 'a'등급으로 평가되어 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨
	하부구조			0.0475~0.1109		
균열깊이 측정 (㎜)	상부구조	Cw=0.2mm		7.9		실측 피복두께 초과하지 않음
	하부구조	Cw=0.2mm		12.8		
초음파 탐상시험	거더 내부			36개소 양호		판정기준에 의거 불합격 결함은 조사되지 않았음
도막두께 측정 (μm)	거더 내부			214~238		전반적으로 기준 이상의 두께를 확보하고 있음
	거더 외부			287~292		

3.7.2 기 진단 및 정밀안전점검 내구성 조사 결과와의 비교

<표 3.96> 기 진단 및 정밀안전점검 내구성 조사 결과 비교(범물방향)

시험명	시험부위			2017년 진단		2021년 정밀		금회 진단		비고
비파괴 강도 (MPa)	보정 코어강도			상부 30.5 하부 21.8~22.5		-		-		추정식, 측정 위치에 따른 편차로 인해 정밀한 비교가 어려우나 전반적으로 강도상에는 문제가 없는 상태로 판단됨
	보정계수의 결정			-		-		반발경도법 (0.895)		
	상부구조 (설계기준:27MPa)			27.3~30.5		27.1~28.9		26.7~26.9		
	하부구조 (설계기준:24MPa)			24.6~25.7		24.6~26.0		23.5~25.9		
탄산화 깊이 (㎜)	상부구조		진행깊이	9.8~12.8		6.0~9.0		10.0~13.0		측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 급격한 진전은 없는 상태로 확인되며, 탄산화 진행으로 인한 철근부식의 영향은 없는 것으로 판단됨.
			잔여깊이	23.4~39.2		34.0~36.0		22.0~30.0		
	하부구조		진행깊이	5.8~10.8		3.0		9.0~11.0		
			잔여깊이	60.7~73.4		71.0		41.0~91.0		
철근탐사 (배근간격/피복두께) (㎜)	상부구조	바닥판	주근	124~235	35.2~52.6	-	-	124~240	35~45	배근간격은 측정위치에 따른 편차가 있으나 설계 도면과 유사하게 측정되어 철근배근 상의 문제는 없는 것으로 판단되며 피복두께는 기 진단 결과와 마찬가지로 일부구간에서 작거나 크게 시공된 것으로 확인됨
			배력근	-	-	-	-	205~238	44~55	
	하부구조	교대	수직철근	242	68.6~70.0	-	-	124~125	62~69	
			수평철근	-	-	-	-	238~250	50~52	
		교각 (기둥)	수직철근	116~145	89.6~91.6	-	-	117	114	
			수평철근	-	-	-	-	150	100	
		교각 (코핑)	수직철근	302~308	78.6~79.0	-	-	110~180	95~100	
			수평철근	-	-	-	-	250~300	95~114	
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부구조			0.1267		-		0.0453~0.0928		측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 급격한 진전은 없으며, 염화물에 의한 철근부식의 영향은 없는 것으로 판단됨
	하부구조			0.0837		-		0.0385~0.0950		
균열깊이 (균열깊이/피복두께) (㎜)	상부구조			-		-		9.5 / 35.0 (바닥판 폭 0.2㎜)		실측 피복두께 초과하지 않음
	하부구조			-		-		12.0 / 95.0 (교각 폭 0.2㎜)		
초음파 탐상시험	거더 내부			36개소 양호		-		36개소 양호		전반적으로 양호함
도막두께 측정 (μm)	거더 내부			230~285		-		217~239		측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나, 도막두께의 열화는 없는 것으로 판단됨
	거더 외부			253~302		-		286~291		

<표 3.97> 기 진단 및 정밀안전점검 내구성 조사 결과 비교(안심방향)

시험명	시험부위			2017년 진단		2021년 정밀		금회 진단		비고
비파괴 강도 (MPa)	보정 코어강도			상부 30.5 하부 21.8~22.5		-		-		추정식, 측정 위치에 따른 편차로 인해 정밀한 비교가 어려우나 전반적으로 강도상에는 문제가 없는 상태로 판단됨
	보정계수의 결정			-		-		반발경도법 (0.895)		
	상부구조 (설계기준:27MPa)			27.2~31.0		27.5~28.0		26.8~27.0		
	하부구조 (설계기준:24MPa)			24.3~25.9		24.4~25.5		24.0~25.1		
탄산화 깊이 (㎜)	상부구조		진행깊이	11.0~13.8		4.0		11.0~13.0		측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 급격한 진전은 없는 상태로 확인되며, 탄산화 진행으로 인한 철근 부식의 영향은 없는 것으로 판단됨.
			잔여깊이	39.3~44.4		33.0		28.0~36.0		
	하부구조		진행깊이	5.2~9.5		3.0~9.0		7.0~10.0		
			잔여깊이	60.4~87.3		69.0~78.0		38.0~73.0		
철근탐사 (배근간격/ 피복두께) (㎜)	상부구조	바닥판	주근	115~253	50.6~56.4	-	-	115~200	41~50	배근간격은 측정위치에 따른 편차가 있으나 설계 도면과 유사하게 측정되어 철근배근 상의 문제는 없는 것으로 판단되며 피복두께는 기 진단 결과와 마찬가지로 일부구간에서 작거나 크게 시공된 것으로 확인됨
			배력근	-	-	-	-	180~240	40~50	
	하부구조	교대	수직철근	135~197	55.3~69.8	-	-	125~150	50~60	
			수평철근	-	-	-	-	200~205	48~50	
		교각 (기둥)	수직철근	115	91.0	-	-	120	95	
			수평철근	-	-	-	-	190	80	
		교각 (코핑)	수직철근	236~309	82.0~94.3	-	-	144~272	80~95	
			수평철근	-	-	-	-	248~350	86~100	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	상부구조			0.1267		-		0.0385~0.0815		측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 급격한 진전은 없으며, 염화물에 의한 철근부식의 영향은 없는 것으로 판단됨
	하부구조			0.0837		-		0.0475~0.1109		
균열깊이 (균열깊이/ 피복두께) (㎜)	상부구조			47.9 / 52.6 (바닥판 폭 0.2㎜)		-		7.9 / 45.0 (바닥판 폭 0.2㎜)		실측 피복두께 초과하지 않음
	하부구조			46.0 / 82.0 (교각 폭 0.2㎜)		-		12.8 / 95.0 (교각 폭 0.2㎜)		
초음파 탐상시험	거더 내부			36개소 양호		-		36개소 양호		전반적으로 양호함
도막두께 측정 (μm)	거더 내부			199~284		-		214~238		측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나, 도막두께의 열화는 없는 것으로 판단됨
	거더 외부			262~314		-		287~292		

제4장 시설물의 상태평가

4.1 개요
4.2 상태평가 결과
4.3 상태평가 결과요약

제4장 시설물의 상태평가

4.1 개요

4.1.1 상태평가 항목 및 기준

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 '시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12.)'의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

가) 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, 사용성 및 내구성에 영향을 미치는 신축이음, 배수시설, 교면포장과 2차부재인 가로보는 a~d로 범위를 조정하였다.

<표 4.1> 부재별 상태평가 적용 범위

부재의 분류		차등 적용범위
상부구조	바닥판, 거더, 케이블	a, b, c, d, e
	2차부재(가로보)	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

나) 구조형식에 따른 부재별 가중치

<표 4.2> 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결함도 평가항목		슬래브교 량	거더교량							라멘교		
				일반 거더교			바닥판·거더 일체형		아치,트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조물)	
				일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크리트 바닥판	강 바닥판			
상부	바닥판		34	18	18	-	20	20	15		34	20	21
	주 형		-	20	25	37	18	20	23		-	21	23
	2차부재		-	5	-	11	5	3	5		-	5	-
하부	교대/교각		20	13	13	18	13		13		34	22	24
	기초		7	7	7	7	7		7		7	7	7
받침	교량받침		10	9	9	14	9		9		3	3	3
기타	신축이음		10	9	9	-	9		9		3	3	3
	교면포장		7	7	7	-	7		7		7	7	7
	배수시설		3	3	3	-	3		3		3	3	3
	난간/연석		2	2	2	6	2		2		2	2	2
콘크리트	탄산화	상부	2	2		-	-	2	2	-	4		
		하부	2	2		4	4	2	2	4			
	염화물	상부	2	2		-	-	2	2	-	3		
		하부	1	1		3	3	1	1	3			

<해 설>

- 하부구조물이 무근콘크리트로 시공된 경우, 하부구조물의 탄산화 및 염화물 항목에 할당된 가중치를 상부구조물의 탄산화 및 염화물 항목의 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 염화물 항목에 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.

4.1.2 상태평가등급 산정 절차

가) 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

○ 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최저값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.

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

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 기준값이며, <표 4.3>의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

<표 4.3> 결함도 점수 범위에 따른 기준

기준	A	B	C	D	E
결함도 범위	$0 \leq x < 0.13$	$0.13 \leq x < 0.26$	$0.26 \leq x < 0.49$	$0.49 \leq x < 0.79$	$0.79 \leq x$

4.2 상태평가 결과

4.2.1 범물방향 상태평가

가) 각 부재별 상태평가 결과

1) 콘크리트 바닥판

<표 4.4> 콘크리트 바닥판 상태평가 결과(범물방향)

구분	1방향 균열				2방향 균열		열화 및 손상						평가결과
	균열폭 (㎜)		균열율 (%)		균열폭 (㎜)		누수 및 백태(%)		표면손상 면적(%)		철근부식 손상면적(%)		
S1	0.2	b	2% 미만	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	**b**
S2	0.1	b	2% 미만	b	-	a	-	b	없음	a	없음	a	**b**
S3	0.2	b	2% 미만	b	-	a	-	b	없음	a	없음	a	**b**
S4	-	a	-	a	-	a	-	b	2% 미만	b	없음	a	**b**
S5	0.2	b	2% 미만	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	**b**

2) 거더(강박스거더)

<표 4.5> 거더 상태평가 결과(범물방향)

구분	모재 및 연결부 손상								열화 및 손상				평가결과
	부재 균열		변형, 파단		연결 볼트 이완, 탈락		용접연결부 결함		도장손상 면적(%)		부식발생 면적(%)		
S1	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	**a**
S2	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2% 미만	b	**b**
S3	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2% 미만	b	**b**
S4	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	**b**
S5	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	**a**

3) 가로보

<표 4.6> 가로보 상태평가 결과(범물방향)

구분	모재 및 연결부 손상								열화 및 손상				평가결과
	부재 균열		변형, 파단		연결 볼트 이완, 탈락		용접연결부 결함		도장탈락 면적(%)		부식발생 면적(%)		
S1	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	**a**
S2	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	**a**
S3	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	**a**
S4	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	**a**
S5	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	**a**

4) 교대 및 교각

<표 4.7> 콘크리트 교대 및 교각 상태평가 결과(범물방향)

구분	균열, 변위				열화 및 손상				평가결과
	균열폭(㎜)		변위		표면 손상면적(%)		철근부식 손상면적(%)		
A1	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P1	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P2	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P3	0.2	b	없음	a	10% 미만	c	없음	a	c
P4	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
A2	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b

5) 기초

기초에 대한 상태평가 결과, 기초가 노출되어 있지 않은 상태로 점검불가인 'q'로 평가되었다.

<표 4.8> 기초 상태평가 결과(범물방향)

구분	기초(직접, 말뚝, 케이슨) 손상				지반의 안정성				평가결과
	균열폭 (㎜)		단면손상 (파손, 철근노출 등)		세굴 여부		침하 (㎜)		
A1	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P1	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P3	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P4	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
A2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q

6) 교량받침

<표 4.9> 교량받침 상태평가 결과(범물방향)

구분	받침 본체		받침 콘크리트				평가결과
	강재받침(부식, 파손 등)		균열폭(㎜)		박리, 탈락, 파손 등		
A1	손상없음	a	없음	a	없음	a	a
P1	손상없음	a	없음	a	없음	a	a
P2	손상없음	a	없음	a	없음	a	a
P3	손상없음	a	0.3 미만	b	없음	a	b
P4	손상없음	a	없음	a	없음	a	a
A2	손상없음	a	없음	a	없음	a	a

7) 신축이음

<표 4.10> 신축이음 상태평가 결과(범물방향)

구분	본 체 (이물질, 파손, 누수 등)		후타재				평가 결과
			균열		박리, 박락, 파손 등		
A1	없음	a	미세균열	b	없음	a	b
P3	없음	a	미세균열	b	없음	a	b
A2	없음	a	미세균열	b	없음	a	b

8) 교면포장

<표 4.11> 교면포장 상태평가 결과(범물방향)

구분	포장불량				배 수 (물고임 등)		평가 결과
	포장불량율 (%)		포장손상에 따른 주행 및 통행 영향				
S1	없음	a	없음	a	없음	a	a
S2	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S3	없음	a	없음	a	없음	a	a
S4	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S5	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b

9) 배수시설

<표 4.12> 배수시설 상태평가 결과(범물방향)

구 분	평가내용	평가결과
S1	양호	a
S2	양호	a
S3	양호	a
S4	양호	a
S5	양호	a

10) 난간 및 연석

<표 4.13> 난간 및 연석 상태평가 결과(범물방향)

구분	콘크리트						평가 결과
	균열폭(㎜)		박리, 파손, 철근노출(%)		철근부식 손상길이(%)		
S1	0.3 미만	b	양호	a	양호	a	b
S2	0.3 미만	b	양호	a	양호	a	b
S3	0.3 미만	b	경미한 손상	b	양호	a	b
S4	0.3 미만	b	양호	a	양호	a	b
S5	0.3 미만	b	양호	a	양호	a	b

11) 탄산화

<표 4.14> 탄산화 상태평가 결과(범물방향)

구분		탄산화 잔여 깊이(㎜)	평가기준	평가결과
상부 구조	S1	29.0	< 탄산화 잔여 깊이 > ・a : 30㎜이상 ・b : 10㎜이상~30㎜미만 ・c : 0㎜이상~10㎜미만 ・d : 0㎜미만	b
	S2	30.0		a
	S3	25.0		b
	S5	22.0		b
하부 구조	A1	41.0		a
	P1	91.0		a

12) 염화물

<표 4.15> 염화물 상태평가 결과(범물방향)

구분			전염화물 이온량(kg/㎥)	평가기준	평가결과
상부 구조	S3	철근깊이 0~10㎜	0.0928	< 전염화물 이온량 > ・a : 염화물 ≤ 0.3kg/㎥ ・b : 0.3kg/㎥ < 염화물 < 1.2kg/㎥ ・c : 1.2kg/㎥ ≤ 염화물 < 2.5kg/㎥ ・d : 염화물 ≥ 2.5kg/㎥	a
		철근깊이 10~20㎜	0.0520		a
		철근깊이 20~30㎜	0.0453		a
하부 구조	A1	철근깊이 0~20㎜	0.0950		a
		철근깊이 20~40㎜	0.0883		a
		철근깊이 40~60㎜	0.0385		a
	P1	철근깊이 0~20㎜	0.0769		a
		철근깊이 20~40㎜	0.0724		a
		철근깊이 40~60㎜	0.0407		a

13) 공중이 이용하는 부위(추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개)

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설의 경우 교량점검시설, 도로포장의 경우 교면포장, 도로부 신축이음부의 경우 교량 신축이음의 외관조사 자료를 참고하여 작성하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 것으로 확인되었다.

<표 4.16> 공중이 이용하는 부위 상태평가 결과

구분	공중이 이용하는 부위							
	추락방지시설		도로포장		도로부 신축이음부		환기구 등의 덮개	
S1 (A1)	최상의 상태	a	문제가 없는 상태	a	미세균열	b	-	-
S2 (P1)	최상의 상태	a	문제가 없는 상태	a	-	-	-	-
S3 (P2)	최상의 상태	a	문제가 없는 상태	a	-	-	-	-
S4 (P3)	최상의 상태	a	문제가 없는 상태	a	미세균열	b	-	-
S5 (P4)	최상의 상태	a	문제가 없는 상태	a	-	-	-	-
(A2)	최상의 상태	a	문제가 없는 상태	a	미세균열	b	-	-

나) 시설물 전체 상태평가 결과

가천교(범물방향)의 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 손상이 조사되지 않았으나, 내구성 차원의 손상에 따라 “B”로 평가되었다.

<표 4.17> 범물방향 상태평가 결과(범물방향)

개별교량명 : 가천교(범물방향)																
부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				지점 번호	받침	하부구조		내구성요소			
구분	형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음		교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)	염화물 (상)	염화물 (하)
S1	STB	b	a	a	a	a	b	b	A1	a	b	q	b	a	x	a
S2	STB	b	b	a	b	a	b	x	P1	a	b	q	a	a	x	a
S3	STB	b	b	a	a	a	b	x	P2	a	b	q	b	x	a	x
S4	STB	b	b	a	b	a	b	b	P3	b	c	q	x	x	x	x
S5	STB	b	a	a	b	a	b	x	P4	a	b	q	b	x	x	x
								b	A2	a	b	q	x	x	x	x
평균		0.20	0.16	0.10	0.16	0.10	0.20	0.20		0.12	0.23	0.00	0.18	0.10	0.10	0.10
가중치		18	20	5	7	3	2	9		9	20	0	2	2	2	1
(평균×가중치)/가중치합		0.036	0.032	0.005	0.011	0.003	0.004	0.018		0.011	0.047	0.000	0.004	0.002	0.002	0.001
1. 환산결함도 점수 =																0.175
2. 상태평가 결과 =																B

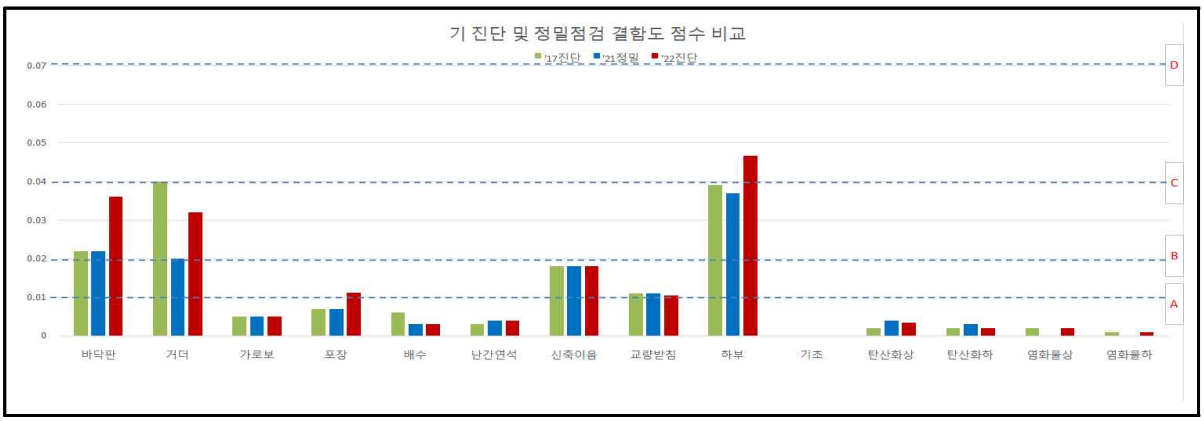
4.2.2 기 진단 및 정밀안전점검 결과와의 비교

상태평가 결과, 기준 “B”로 평가되었으며 2017년 정밀안전진단 이후 일부 부재에 대해 보수 후 21년 정밀안전점검 이후 일부 부재에 대한 신규 손상이 조사되었다. 손상 중 중대한 결함에 해당되는 손상은 없는 것으로 평가되었다.

기 정밀안전점검 이후 바닥판하면 균열, 거더 부식, 교면포장 아스콘 균열, 하부구조 균열, 단면손상 증가 등에 의해서 환산결함도 점수가(0.132 ⇨ 0.175) 소폭 증가된 것으로 검토되었다.

<표 4.18> 기 진단 및 정밀안전점검 상태평가 결함도 점수 비교(범물방향)

구 분		2017년 진단		2021년 정밀		금회 진단		결함도 점수 변화요인
		등급	평균	등급	평균	등급	평균	
상부구조	바닥판	a~b	0.022	a~b	0.022	b	0.036	· 신규 균열 → 결함도 점수 증가
	거더	b	0.040	a	0.020	a~b	0.032	· 신규 부식, 도장손상 → 결함도 점수 증가
2차부재	가로보	a	0.005	a	0.005	a	0.005	· 변동없음
기타부재	포장	a	0.007	a	0.007	a~b	0.011	· 신규 균열 → 결함도 점수 증가
	배수	b	0.006	a	0.003	a	0.003	· 변동없음
	난간, 연석	a~b	0.003	b	0.004	b	0.004	· 변동없음
	신축이음	b	0.018	b	0.018	b	0.018	· 변동없음
받침	교량받침	a~b	0.011	a~b	0.011	a~b	0.011	· 변동없음
하부구조	하부	a~b	0.037	a~b	0.037	b~c	0.047	· 균열, 단면손상 증가 → 결함도 점수 증가
	기초	q	N/A	q	N/A	q	N/A	· 변동없음
내구성 요소	탄산화(상부)	a	0.002	a	0.004	a~b	0.004	· 탄산화 → 결함도 점수 증가
	탄산화(하부)	a	0.002	a	0.003	a	0.002	· 변동없음
	염화물(상부)	a	0.002	X	N/A	a	0.002	· 변동없음
	염화물(하부)	a	0.001	X	N/A	a	0.001	· 변동없음
합 계		B	0.157	B	0.132	B	0.175	·(결함도 점수 평균 × 가중치) / 가중치합



<그림 4.1> 기 진단 및 정밀안전점검 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교(범물방향)

4.2.3 안심방향 상태평가

가) 각 부재별 상태평가 결과

1) 콘크리트 바닥판

<표 4.19> 콘크리트 바닥판 상태평가 결과(안심방향)

구분	1방향 균열				2방향 균열		열화 및 손상						평가결과
	균열폭 (㎜)		균열율 (%)		균열폭 (㎜)		누수 및 백태(%)		표면손상 면적(%)		철근부식 손상면적(%)		
S1	0.2	b	2% 미만	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S2	0.2	b	2% 미만	b	-	a	-	b	없음	a	없음	a	b
S3	-	a	-	a	-	a	-	b	2% 미만	b	없음	a	b
S4	-	a	-	a	-	a	-	b	없음	a	없음	a	a
S5	0.2	b	2% 미만	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b

2) 거더(강박스거더)

<표 4.20> 거더 상태평가 결과(안심방향)

구분	모재 및 연결부 손상								열화 및 손상				평가결과
	부재 균열		변형, 파단		연결 볼트 이완, 탈락		용접연결부 결함		도장손상 면적(%)		부식발생 면적(%)		
S1	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S2	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S3	없음	a	국부변형	c	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	c
S4	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S5	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a

3) 가로보

<표 4.21> 가로보 상태평가 결과(안심방향)

구분	모재 및 연결부 손상								열화 및 손상				평가결과
	부재 균열		변형, 파단		연결 볼트 이완, 탈락		용접연결부 결함		도장탈락 면적(%)		부식발생 면적(%)		
S1	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S2	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S3	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S4	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S5	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a

4) 교대 및 교각

<표 4.22> 콘크리트 교대 및 교각 상태평가 결과(안심방향)

구분	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
	균열폭(㎜)		변위		표면 손상면적(%)		철근부식 손상면적(%)		
A1	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
P1	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P2	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P3	0.2	b	없음	a	10% 미만	c	없음	a	c
P4	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
A2	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b

5) 기초

기초에 대한 상태평가 결과, 기초가 노출되어 있지 않은 상태로 점검불가인 'q'로 평가되었다.

<표 4.23> 기초 상태평가 결과(안심방향)

구분	기초(직접, 말뚝, 케이슨) 손상				지반의 안정성				평가 결과
	균열폭 (㎜)		단면손상 (파손, 철근노출 등)		세굴 여부		침하 (㎜)		
A1	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P1	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P3	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P4	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
A2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q

6) 교량받침

<표 4.24> 교량받침 상태평가 결과(안심방향)

구분	받침 본체		받침 콘크리트				평가 결과
	강재받침(부식, 파손 등)		균열폭(㎜)		박리, 탈락, 파손 등		
A1	손상없음	a	없음	a	없음	a	a
P1	손상없음	a	없음	a	없음	a	a
P2	손상없음	a	없음	a	없음	a	a
P3	손상없음	a	0.3 미만	b	없음	a	b
P4	손상없음	a	0.3 미만	b	없음	a	b
A2	손상없음	a	없음	a	없음	a	a

7) 신축이음

<표 4.25> 신축이음 상태평가 결과(안심방향)

구분	본 체 (이물질, 파손, 누수 등)		후타재				평가 결과
			균열		박리, 박락, 파손 등		
A1	없음	a	미세균열	b	없음	a	b
P3	없음	a	미세균열	b	없음	a	b
A2	없음	a	미세균열	b	없음	a	b

8) 교면포장

<표 4.26> 교면포장 상태평가 결과(안심방향)

구분	포장불량				배 수 (물고임 등)		평가 결과
	포장불량율 (%)		포장손상에 따른 주행 및 통행 영향				
S1	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S2	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S3	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S4	없음	a	없음	a	없음	a	a
S5	없음	a	없음	a	없음	a	a

9) 배수시설

<표 4.27> 배수시설 상태평가 결과(안심방향)

구 분	평가내용	평가결과
S1	다소의 퇴적물이 있으나 배수에는 이상 없음	b
S2	다소의 퇴적물이 있으나 배수에는 이상 없음	b
S3	다소의 퇴적물이 있으나 배수에는 이상 없음	b
S4	양호	a
S5	양호	a

10) 난간 및 연석

<표 4.28> 난간 및 연석 상태평가 결과(안심방향)

구분	콘크리트						평가 결과
	균열폭(㎜)		박리, 파손, 철근노출(%)		철근부식 손상길이(%)		
S1	0.3 미만	b	양호	a	양호	a	b
S2	0.3 미만	b	양호	a	양호	a	b
S3	0.3 미만	b	양호	a	양호	a	b
S4	0.3 미만	b	양호	a	양호	a	b
S5	0.3 미만	b	양호	a	양호	a	b

11) 탄산화

<표 4.29> 탄산화 상태평가 결과(안심방향)

구분		탄산화 잔여 깊이(㎜)	평가기준	평가결과
상부 구조	S2	28.0	< 탄산화 잔여 깊이 > ・a : 30㎜이상 ・b : 10㎜이상~30㎜미만 ・c : 0㎜이상~10㎜미만 ・d : 0㎜미만	b
	S3	36.0		a
	S5	32.0		a
하부 구조	A1	40.0		a
	A2	38.0		a
	P2	73.0		a

12) 염화물

<표 4.30> 염화물 상태평가 결과(안심방향)

구분			전염화물 이온량(kg/㎥)	평가기준	평가결과
상부 구조	S3	철근깊이 0~10㎜	0.0815	< 전염화물 이온량 > ・a : 염화물 ≤ 0.3kg/㎥ ・b : 0.3kg/㎥ < 염화물 < 1.2kg/㎥ ・c : 1.2kg/㎥ ≤ 염화물 < 2.5kg/㎥ ・d : 염화물 ≥ 2.5kg/㎥	a
		철근깊이 10~20㎜	0.0453		a
		철근깊이 20~30㎜	0.0385		a
하부 구조	A1	철근깊이 0~20㎜	0.1109		a
		철근깊이 20~40㎜	0.0996		a
		철근깊이 40~60㎜	0.0498		a
	P2	철근깊이 0~20㎜	0.0928		a
		철근깊이 20~40㎜	0.0679		a
		철근깊이 40~60㎜	0.0475		a

13) 공중이 이용하는 부위(추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개)

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설의 경우 교량점검시설, 도로포장의 경우 교면포장, 도로부 신축이음부의 경우 교량 신축이음의 외관조사 자료를 참고하여 작성하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 것으로 확인되었다.

<표 4.31> 공중이 이용하는 부위 상태평가 결과

구분	공중이 이용하는 부위							
	추락방지시설		도로포장		도로부 신축이음부		환기구 등의 덮개	
S1 (A1)	최상의 상태	a	문제가 없는 상태	a	미세균열	b	-	-
S2 (P1)	최상의 상태	a	문제가 없는 상태	a	-	-	-	-
S3 (P2)	최상의 상태	a	문제가 없는 상태	a	-	-	-	-
S4 (P3)	최상의 상태	a	문제가 없는 상태	a	미세균열	b	-	-
S5 (P4)	최상의 상태	a	문제가 없는 상태	a	-	-	-	-
(A2)	최상의 상태	a	문제가 없는 상태	a	미세균열	b	-	-

나) 시설물 전체 상태평가 결과

가천교(안심방향)의 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 손상이 조사되지 않았으나, 내구성 차원의 손상에 따라 “B”로 평가되었다.

<표 4.32> 안심방향 상태평가 결과(안심방향)

개별교량명 : 가천교(안심방향)																
부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				지점 번호	받침	하부구조		내구성요소			
구분	형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음		교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)	염화물 (상)	염화물 (하)
S1	STB	b	a	a	b	b	b	b	A1	a	a	q	x	a	x	a
S2	STB	b	a	a	b	b	b	x	P1	a	b	q	b	x	x	x
S3	STB	b	c	a	b	b	b	x	P2	a	b	q	a	a	a	a
S4	STB	a	a	a	a	a	b	b	P3	b	c	q	x	x	x	x
S5	STB	b	a	a	a	a	b	x	P4	b	b	q	a	x	x	x
								b	A2	a	b	q	x	a	x	x
평균		0.18	0.16	0.10	0.16	0.16	0.20	0.20		0.13	0.22	0.00	0.13	0.10	0.10	0.10
가중치		18	20	5	7	3	2	9		9	20	0	2	2	2	1
(평균×가중치)/가중치합		0.032	0.032	0.005	0.011	0.005	0.004	0.018		0.012	0.043	0.000	0.003	0.002	0.002	0.001
1. 환산결함도 점수 =																0.170
2. 상태평가 결과 =																B

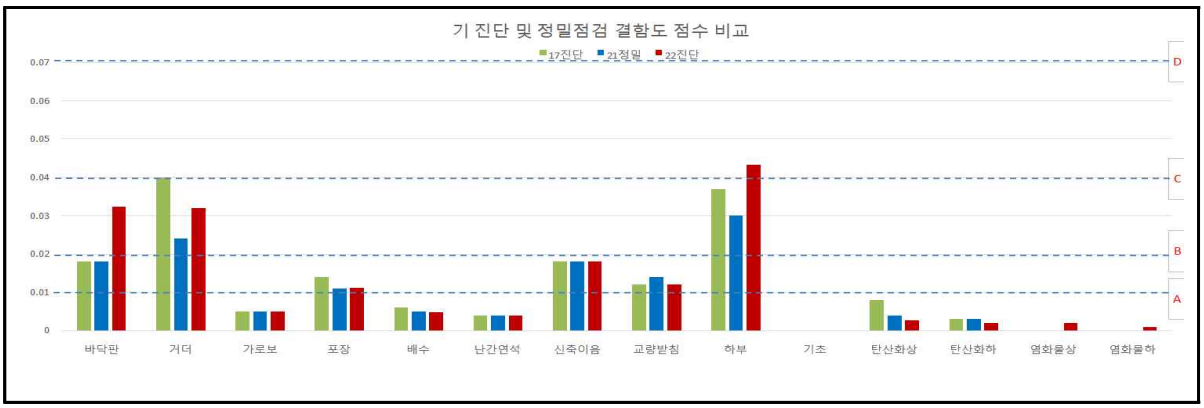
4.2.4 기 진단 및 정밀안전점검 결과와의 비교

상태평가 결과, 기준 “B”로 평가되었으며 2017년 정밀안전진단 이후 일부 부재에 대해 보수 후 21년 정밀안전점검 이후 일부 부재에 대한 신규 손상이 조사되었다. 손상 중 중대한 결함에 해당되는 손상은 없는 것으로 평가되었다.

기 정밀안전점검 이후 바닥판하면 균열, 거더 부식, 하부구조 균열, 단면손상 증가 등에 의해서 환산결함도 점수가(0.135 ⇨ 0.170) 소폭 증가된 것으로 검토되었다.

<표 4.33> 기 진단 및 정밀안전점검 상태평가 결함도 점수 비교(안심방향)

구 분		2017년 진단		2021년 정밀		금회 진단		결함도 점수 변화요인
		등급	평균	등급	평균	등급	평균	
상부구조	바닥판	a	0.018	a	0.018	a~b	0.032	· 신규 균열 → 결함도 점수 증가
	거더	b	0.040	a~b	0.024	a~c	0.032	· 신규 부식 → 결함도 점수 증가
2차부재	가로보	a	0.005	a	0.005	a	0.005	· 변동없음
기타부재	포장	b	0.014	a~b	0.011	a~b	0.011	· 변동없음
	배수	b	0.006	a~b	0.005	a~b	0.005	· 변동없음
	난간, 연석	a~b	0.004	b	0.004	b	0.004	· 변동없음
	신축이음	b	0.018	b	0.018	b	0.018	· 변동없음
받침	교량받침	a~b	0.012	a~b	0.014	a~b	0.012	· 일부보수 → 결함도 점수 감소
하부구조	하부	a~b	0.037	a~c	0.030	a~c	0.043	· 신규손상 → 결함도 점수 증가
	기초	q	N/A	q	N/A	q	N/A	· 변동없음
내구성 요소	탄산화(상부)	b	0.008	a	0.004	a~b	0.003	· 염화물실시 가중치감소 → 결함도 점수 감소
	탄산화(하부)	a	0.003	a	0.003	a	0.002	· 염화물실시 가중치감소 → 결함도 점수 감소
	염화물(상부)	X	N/A	X	N/A	a	0.002	· 염화물실시 → 결함도 점수 증가
	염화물(하부)	X	N/A	X	N/A	a	0.001	· 염화물실시 → 결함도 점수 증가
합 계		B	0.164	B	0.135	B	0.170	· (결함도 점수 평균 × 가중치) / 가중치합



<그림 4.2> 기 진단 및 정밀안전점검 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교(안심방향)

4.3 상태평가 결과

4.3.1 전체 교량의 상태평가 결과

<표 4.34> 가천교 상태평가

구조물명	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장 (m)	차선	연장 X차선	연장비	환산결함도점수 ×연장비
가천교(범물방향)	0.175	B	290	3	870	0.500	0.087
가천교(안심방향)	0.170	B	290	3	870	0.500	0.085
합계(∑)			580		1,740	1	0.173
1. 환산결함도 점수 =							**0.173**
2. 상태평가 결과 =							**B**
검토의견	• 본 대상시설물인 가천교의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B”로 평가됨						

4.3.2 기 진단 및 정밀안전점검 결과와의 비교

<표 4.34> 상태평가 결과

구 분	2017년 진단	2021년 정밀	2022년 진단	비 고
가천교	0.160	0.133	0.173	
검토의견	• 기 진단 및 정밀안전점검과 비교한 결과, 가천교는 상태평가 B등급으로 유지되고 있는 상태로써 신규손상이 조사되었으나, 주기적으로 보수를 실시하는 유지관리를 하고 있는 것으로 판단된다.			

제5장 시설물의 안전성평가

5.1 개요
5.2 구조해석 및 안전성 검토
5.3 안전성평가 등급 산정
5.4 내하력 평가

제5장 시설물의 안전성평가

5.1 개요

본 과업 대상 교량인 가천교는 대구광역시 수성구 가천동에 위치하고 있으며 범물 및 안심방향 모두 총연장 290m, 교폭 18.549~25.944m 의 3경간 4련 및 2경간 3련 Steel Box Girder교로써 활하중 DB-24, DL-24 으로 설계되었다.

금회 시설물의 안전성평가는 구조물의 강도저하나 단면손실, 고정하중의 변화 등이 없는 상태로서 과업지시서에 따라 재진단인 경우 전차진단보고서의 안전성평가 결과를 활용하였다.

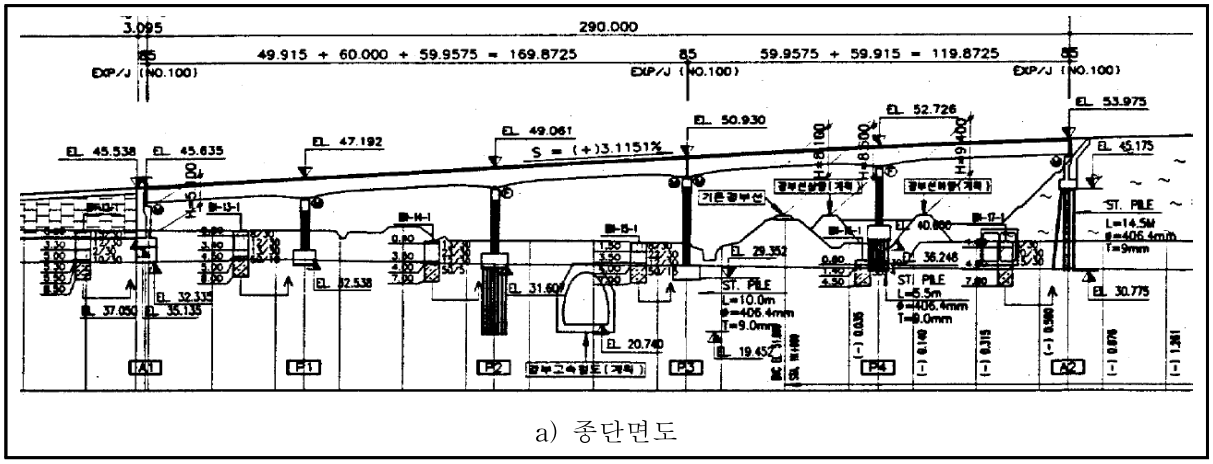
가천교는 지간별, 상부구조 형식별로 구분할 경우 총 2가지 형태로 분류할 수 있는데, 상세한 구분은 <표 5.1>에 나타내었다.

<표 5.1> 상부구조 형식

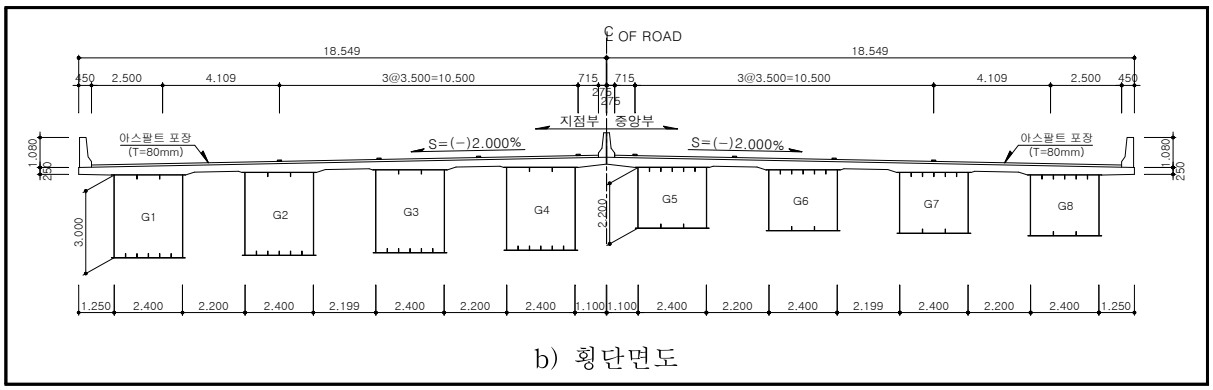
상부구조	구간	연속구분	지간구분	거더수
강상자형교	S1~S3	3경간연속	L=50m+2@60m=170m	4
	S4~S5	2경간연속	L=2@60m=120m	3

※ ▭ : 구조안전성평가 대상교량

본 구조 검토는 가천교 범물방향의 안전성 검토와 공용내하력을 평가하는데 그 목적이 있으며 본 검토에서 재료의 물성치 및 단면 특성치는 준공도면과 구조계산서를 기준으로 작성하였다. 또한, 안전성 평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중의 편심 이동재하가 가능한 범용 구조해석 프로그램인 Midas/Civil 을 이용하였으며 구조해석 및 안전성 검토 방법은 다음과 같다.



a) 종단면도



b) 횡단면도

<그림 5.1> 종단면도 및 횡단면도

5.2 구조해석 및 안전성검토

5.2.1 단면 특성

가천교는 강주형 거치, 바닥판 콘크리트 타설후 콘크리트가 경화하기 까지는 강거더만의 합성전 단면이 자중에 저항하고, 바닥판 콘크리트 경화 후 재하되는 하중에 대해서는 강거더와 바닥판이 일체로 하중에 저항하는 활하중 합성형임을 감안하여 해석모델을 하중 형태에 따라 구분하여 적용한다.

가) 구조형식

- 3경간 연속 강상형교(Steel Box Girder)

나) 교량제원

- 연 장(L) : 50.0 + 2@60.0 = 170.0m
- 교 폭 : B = 18.549~25.944 m
- 곡선반경 : R = ∞

다) 사용재료의 역학적 특성

강박스 거더교 구간에 사용된 구조재료의 물성치와 허용치는 다음과 같다.

1) 강재(SM490)

· 허용인장응력 : f_y = 190 MPa

· 탄성계수 : E_s = 2.0×10^6 MPa

· 단위중량 : γ_s = 7,850 kg/m^3

2) 콘크리트

· 설계기준강도(f_{ck}) = 27.0 MPa

· 허용압축응력 ($f_{ca)}$ = 10.8 MPa

· 탄성계수 : E_c = 8500√27+4 = 26,701 MPa

라) 단면물성

대상구간 강박스 거더의 구조해석 시 사용된 대표적인 강성은 <표 5.2~5.3>와 같다.

<표 5.2> 단면 TYPE 분류

단면 TYPE	상부플랜지		하부플랜지		웨브	비고
	두께(㎜)	Rib(EA)	두께(㎜)	Rib(EA)	두께(㎜)	
T1	20	5	28	2	12	S3 외측
T2	20	5	28	2	12	S3 내측
T3	30	2	30	5	12	P2 외측
T4	30	2	30	5	12	P2 내측

<표 5.3> 단면 계수 산정결과(정모멘트부)

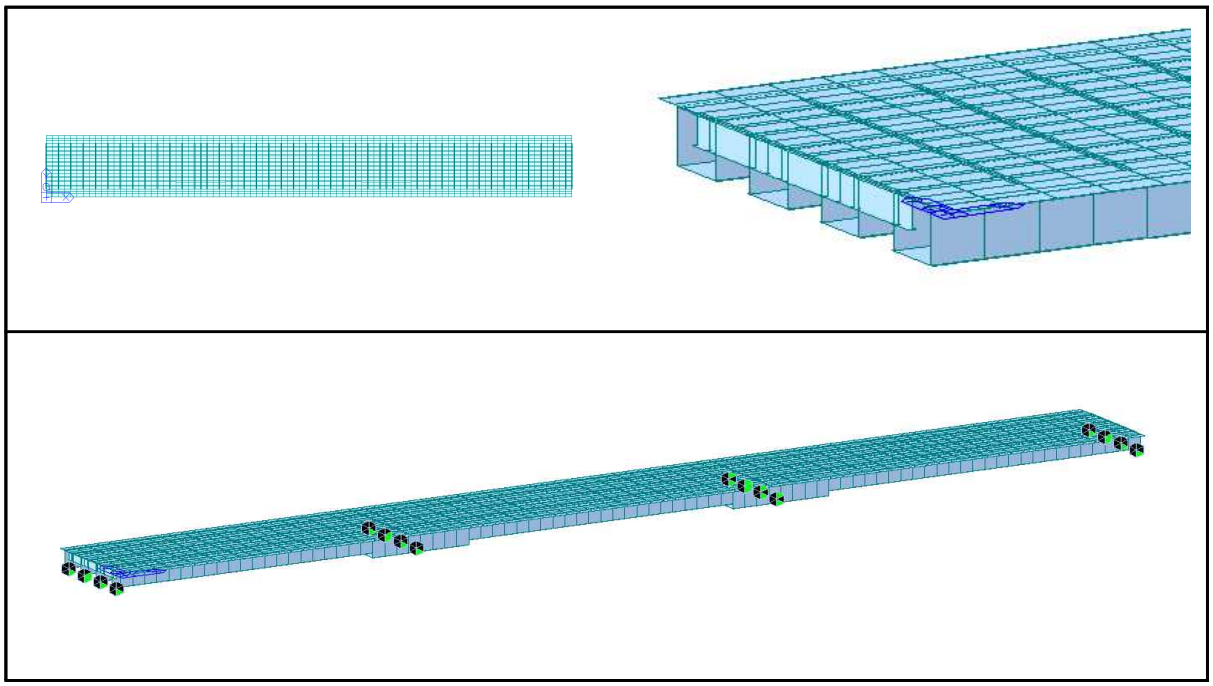
해당부재		A(㎟)	Ycu(㎜)	Ysu(㎜)	Ysl(㎜)	Ix(㎜4)
TYPE 1	합성전	197532	-	1323	-1143	231638362992
	합성후	374282	905	625	-1841	436240162753
TYPE 2	합성전	197532	-	1323	-1143	231638362992
	합성후	374282	905	625	-1841	436240162753

<표 5.4> 단면 계수 산정결과(부모멘트부)

해당부재		Ar(㎟)	A(㎟)	Yru(㎜)	Ysu(㎜)	Ysl(㎜)	Ix(㎜4)
TYPE 3	합성전	-	232740	-	1671	-1589	467749944697
	합성후	41550	274290	1608	1398	-1862	582777586198
TYPE 4	합성전	-	232740	-	1671	-1589	467749944697
	합성후	43576	276316	1596	1386	-1874	587501866145

5.2.2 해석모델

대상교량의 구조해석모델은 <그림 5.2>과 같으며, 2-Layer System Model을 적용하였다. 바닥판 콘크리트는 평판-쉘요소로 모델링하였고, 강박스 거더는 박스거더의 상면을 기준으로 프레임요소로 모델링하였으며, 바닥판과 강박스 거더는 강체연결요소(Rigid Link)를 사용하여 강박스 거더와 바닥판의 합성작용을 모델링하였다.



<그림 5.2> 구조해석 모델

5.2.3 하중산정

대상교량의 구조안전성 검토를 위하여 고려된 하중은 고정하중, 설계활하중(DL(DB)-24)과 온도하중, 콘크리트 바닥판의 건조수축 및 크리프 등이다.

가) 고정하중

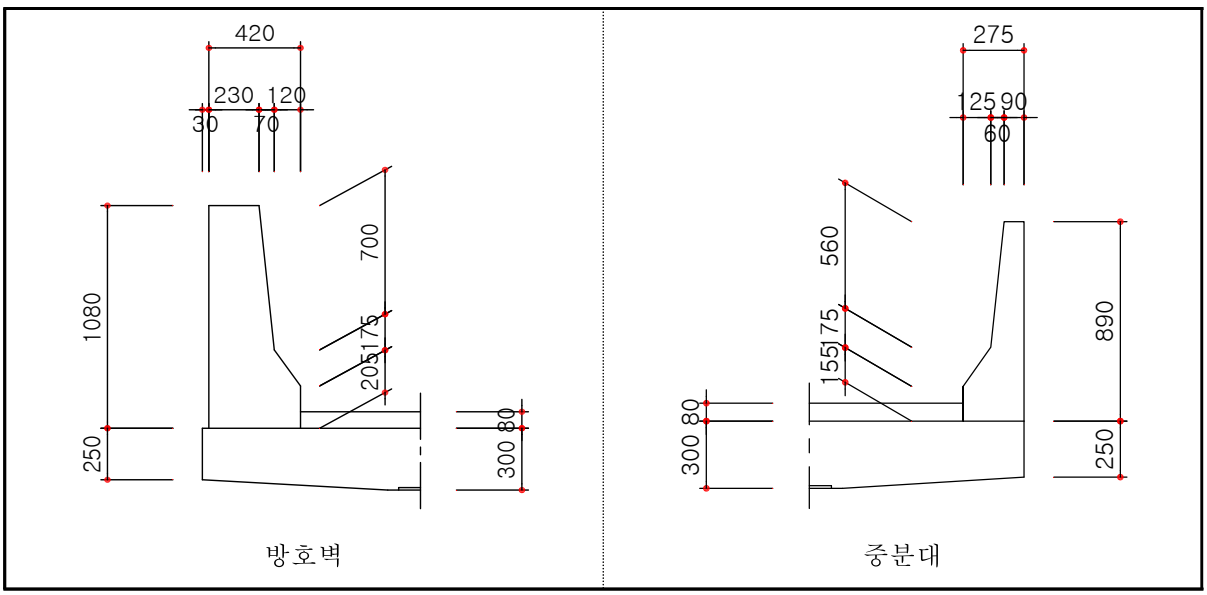
강재의 자중과 콘크리트 바닥판의 자중은 구조해석프로그램 내에서 자동으로 고려하도록 하였다. 포장 및 연석, 보도로 인한 자중은 바닥판을 모델링한 플레이트-쉘 요소에 압력하중(Pressure Load)으로 고려하였다.

1) 포장 : 0.08 × 23 kN/m^3 = 1.84 kN/m^2

2) 방호벽 : 0.3346㎡ × 25kN/㎥ = 8.365kN/m

3) 중분대 : 0.1470㎡ × 25kN/㎥ = 3.675kN/m

※ 방호벽 및 중분대



나) 설계활하중

설계활하중은 DL-24가 지배적이므로 설계차선 4차선에 대해서 최대단면력을 발생시키는 경우에 대해서 구조검토를 수행하였다. 이때 보도활하중은 3.5kN/m^2을 고려하였다.

· 연석간의 교폭(Wc) = 14.45m

· 차로수(N) = 4차로(12.8 ≤ Wc < 16.4)

· 설계차로폭(W) = $\frac{14.45-(0.45+0.275+0.01)}{4}$ = 3.429≤ 3.60m이므로

표준 차선폭 3.429m이지만 곡선교이므로 3.0m 마다 연속시켜서 4차선까지 재하하였다.

· 충격계수 i = $i = \frac{15}{40 + L}$

- 1경간 중앙부 : 15 / (40 + 50) = 0.167

- 2, 3경간 중앙부 : 15 / (40 + 60) = 0.150

- P1지점부 : 15 / (40 + (50 + 60) / 2) = 0.158

- P2 지점부 : 15 / (40 + (60 + 60) / 2) = 0.150

대상교량은 곡선교량으로 차량의 편심재하에 대한 설계가 중요한 교량이므로 표준차로폭이나 설계차로폭에 관계없이 DL하중을 표준점유폭인 3m마다 연속시켜서 설계차로수 이내로 최대의 편심효과가 일어날 수 있도록 고려하였다.

다) 지점침하

지점침하는 20mm를 적용하였다.

라) 바닥판 콘크리트와 강재들보와의 온도차

바닥판 콘크리트와 강재들보와의 온도차는 ±10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재들보 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α는 1.2×10^{-6}으로 한다.

마) 바닥판 콘크리트의 건조수축

건조수축에 의한 최종 수축 변형율(εs)는 도로교 설계기준에 제시되어 있는 27×10^{-5}을 적용하였다.

바) 바닥판 콘크리트의 크리프

합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 Φ1은 2.0을 사용하였다.

사) 하중조합

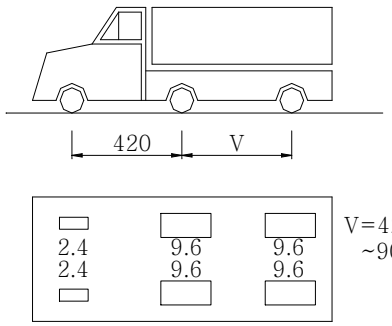
대상교량의 구조안전성 검토를 위해 고려된 하중조합은 다음과 같다.

· LC1 = 고정하중+활하중(DL-24)+지점침하

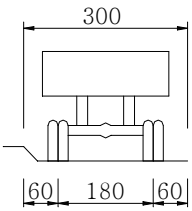
· LC2 = 고정하중+활하중(DL-24)+지점침하+건조수축+크리프

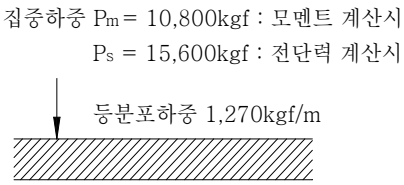
· LC3 = 고정하중+활하중(DL-24)+지점침하+건조수축+크리프+온도(±10℃)

아) 하중재하도

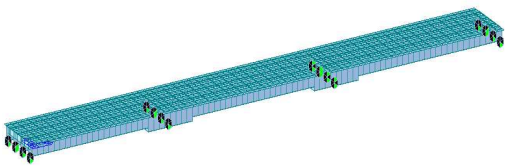


DB - 24

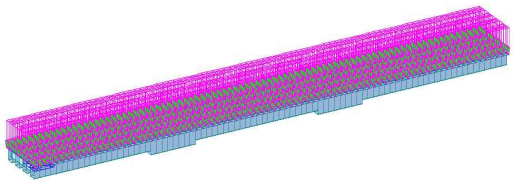




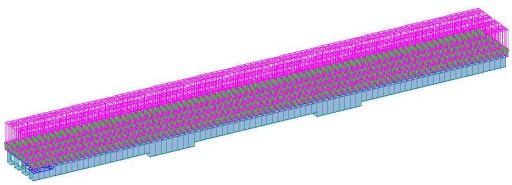
DL - 24



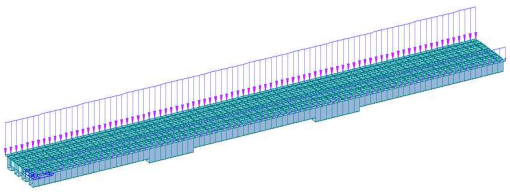
모 델 링



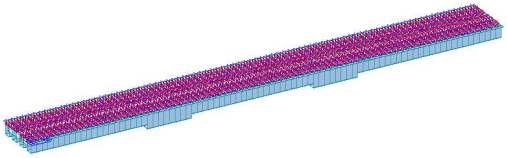
합성전 슬래브 자중



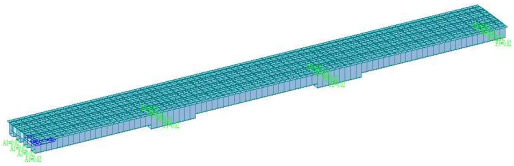
합성후 포장하중



합성후 방호벽 하중



합성후 활하중



합성후 지점침하 하중

<그림 5.3> 하중재하도

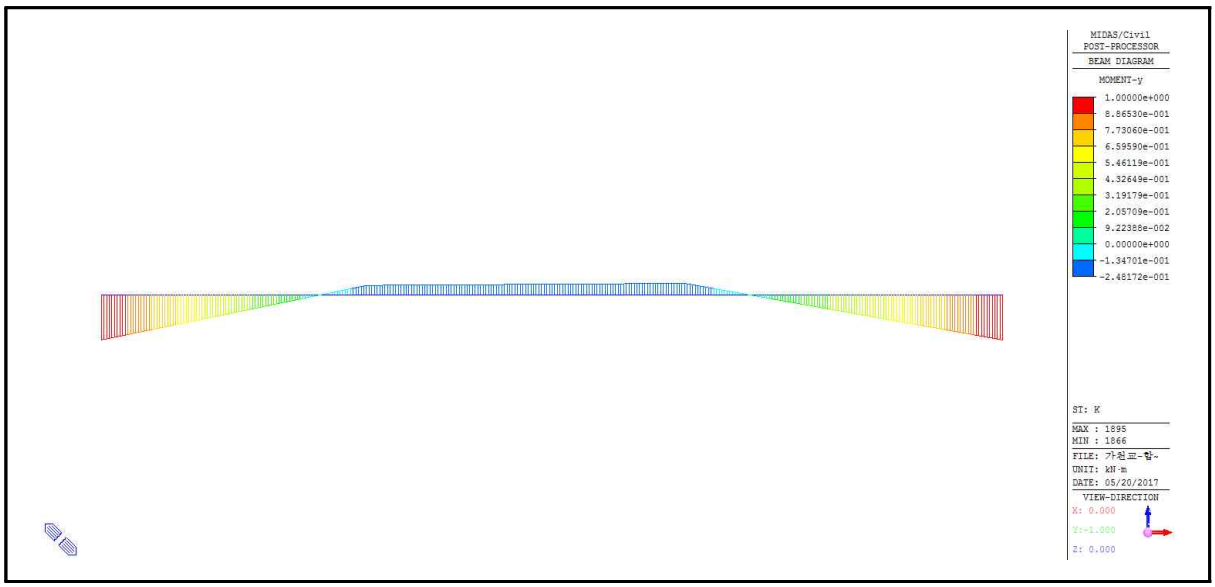
5.2.4 구조해석 결과

가) 2차 부정정력에 의한 검토 : 건조수축, 크리프, 온도하중

콘크리트와 강재 합성형 교량에서는 고정하중, 활하중에 대한 영향 이외에도 건조수축, 크리프, 온도하중에 의한 응력이 발생한다. 또한 2경간 이상의 연속교인 경우에는 건조수축, 크리프, 온도차에 의한 부정정력이 추가적으로 발생하는데 이 추가적으로 발생하는 모멘트를 2차모멘트라 한다.

■ 연속교로 인한 부정정력

건조수축, 크리프, 온도하중에 의해 연속교에 발생하는 2차모멘트의 영향을 강재 거더에 고려하기 위하여 거더의 양단에 단위모멘트를 작용시켜 K값을 구하고, 이 값을 응력산정식에 적용하여 강재거더의 응력을 검토하도록 한다.

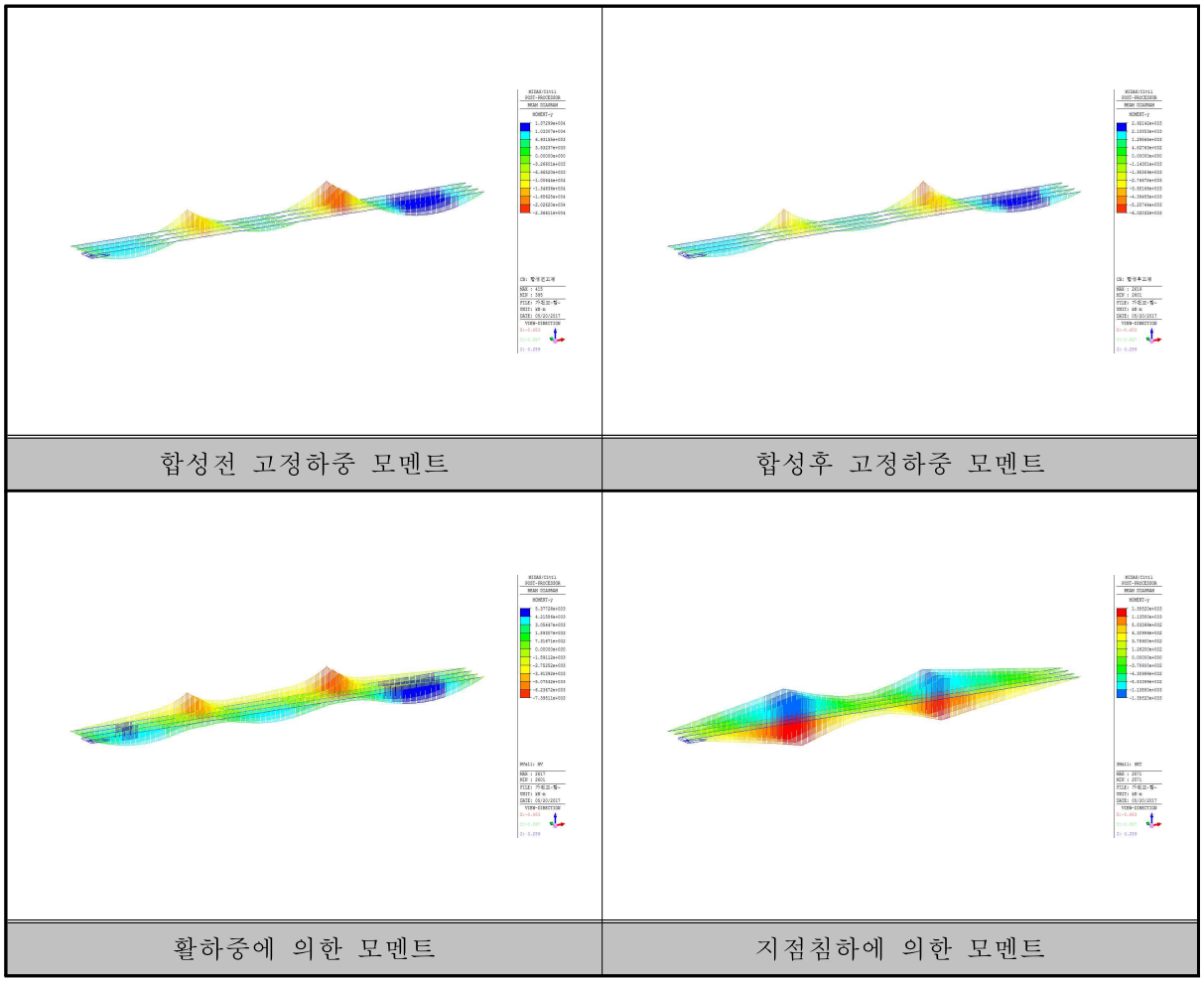


<그림 5.4> 부정정력에 의한 영향을 고려하기 위한 K값 산정

<표 5.5> K값 산정

구분	S3	P2	비고
	T1, T2	T3, T4	
k	0.546	-0.248	

나) 구조해석에 의한 부재력 산정결과



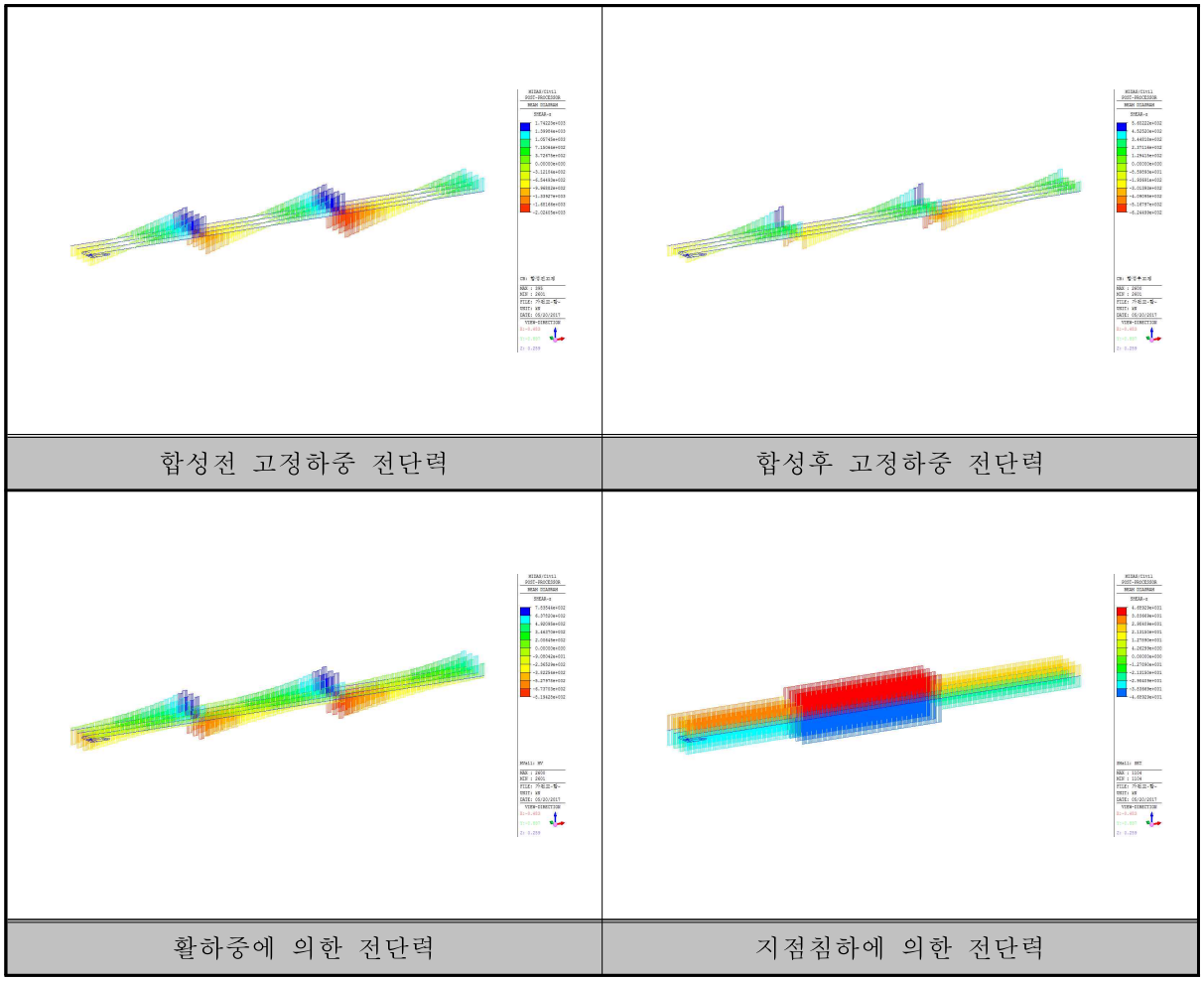
합성전 고정하중 모멘트	합성후 고정하중 모멘트
활하중에 의한 모멘트	지점침하에 의한 모멘트

<그림 5.5> 구조해석에 의한 모멘트 산출 결과

<표 5.6> 부재력 집계(모멘트)

구 분		G1		G2	
		중앙부(S3)	지점부(P2)	중앙부(S3)	지점부(P2)
모멘트	합성전 고정하중	13,863.900	-23,764.900	13,836.100	-23,228.000
	합성후 고정하중	2,928.580	-6,100.060	2,717.090	-4,220.520
	활하중+ 지점침하	5,893.800	-8,740.110	5,834.770	-8,543.890

※ 부록 구조해석 모델링 참조



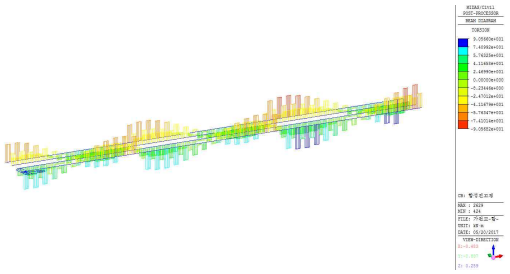
합성전 고정하중 전단력	합성후 고정하중 전단력
활하중에 의한 전단력	지점침하에 의한 전단력

<그림 5.6> 구조해석에 의한 전단력 산출 결과

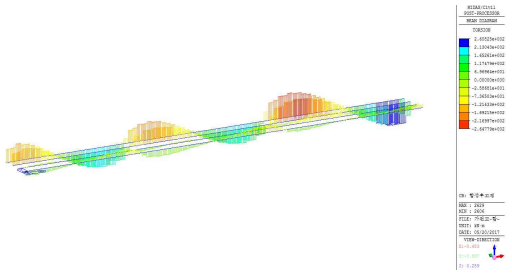
<표 5.7> 부재력 집계(전단력)

구 분		G1		G2	
		중앙부(S3)	지점부(P2)	중앙부(S3)	지점부(P2)
전단력	합성전 고정하중	120.790	2,046.610	124.180	1,958.870
	합성후 고정하중	97.750	645.760	93.250	322.460
	활하중+ 지점침하	257.650	866.840	258.190	814.530

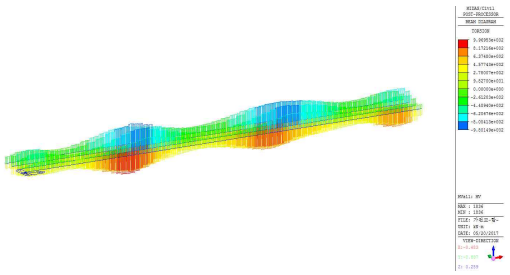
※ 부록 구조해석 모델링 참조



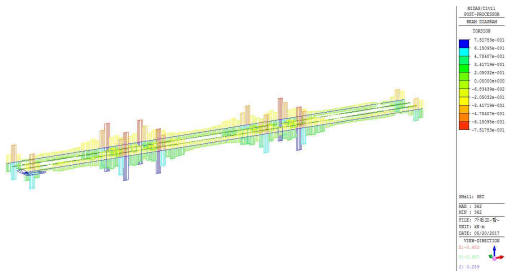
합성전 고정하중 비틀림 모멘트



합성후 고정하중 비틀림 모멘트



활하중에 의한 비틀림 모멘트



지점침하에 의한 비틀림 모멘트

<그림 5.7> 구조해석에 의한 비틀림모멘트 산출 결과

<표 5.8> 부재력 집계(비틀림)

구 분		G1		G2	
		중앙부(S3)	지점부(P2)	중앙부(S3)	지점부(P2)
비틀림	합성전 고정하중	-	47.670	-	12.420
	합성후 고정하중	-	-49.560	-	49.760
	활하중+ 지점침하	216.520	712.450	252.300	900.470

※ 부록 구조해석 모델링 참조

<표 5.9> 부재력 집계

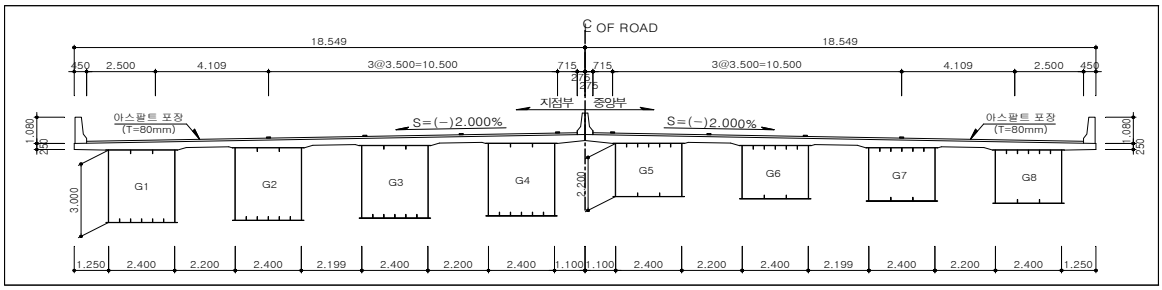
구 분		G1		G2	
		중앙부(S3)	지점부(P2)	중앙부(S3)	지점부(P2)
모멘트 (kN・m)	합성전 고정하중	13,863.900	-23,764.900	13,836.100	-23,228.000
	합성후 고정하중	2,928.580	-6,100.060	2,717.090	-4,220.520
	활하중+지점침하	5,893.800	-8,740.110	5,834.770	-8,543.890
전단력 (kN)	합성전 고정하중	120.790	2,046.610	124.180	1,958.870
	합성후 고정하중	97.750	645.760	93.250	322.460
	활하중+지점침하	257.650	866.840	258.190	814.530
비틀림 (kN・m)	활하중+지점침하	216.520	712.450	252.300	900.470

다) 부재 응력검토 결과

<표 5.10> 응력검토 결과

구 분			각 부재별 최대작용응력(MPa)			
			고정하중	활하중	작용응력	허용응력
G1 (외측)	정모멘트부 (S3)	상연	105.984	37.067	143.051	190.000
		하연	-92.175	-32.238	-124.413	190.000
	부모멘트부 (P2)	상연	-83.567	-21.874	-105.440	190.000
		하연	82.521	23.757	106.278	190.000
G2 (내측)	정모멘트부 (S3)	상연	104.478	36.696	141.174	190.000
		하연	-90.866	-31.915	-122.780	190.000
	부모멘트부 (P2)	상연	-105.154	-30.806	-135.960	190.000
		하연	101.462	31.258	132.719	190.000

5.2.5 바닥판



가) 캔틸레버부

1) 바닥판 제원

- 바닥판 두께 : H = 300mm
- 피복두께 : t = 60mm
- 유효높이 : d = 300 - 60 = 240mm
- 설계기준강도 : fck = 27.0MPa

2) 최소두께의 검토

- 연속판의 경우 t = 80L + 230 = 80×0.39 + 230=261.2mm < 300mm ---- O.K

3) 계수모멘트 산정

- 고정하중

Wd = 18.431 kN

Md = 14.646 kN·m

- 활하중(DB-24)

Ml = 40.519 kN·m

- 계수모멘트

$M_u = 1.3D + 2.15L(1+i)$ = 106.16 kN·m

4) 설계모멘트 산정

- 사용철근량 : As(C.T.C 125) = H16 × 8 = 1,589 mm2

$M_d = \Phi M_n = 0.85 A_s f_y (d - a/2)$ = 122.08 kN·m

5) 안전성 검토

- ΦMn = 122.08 kN·m > Mu = 106.16 kN·m ---- O.K

나) 중앙부

1) 바닥판 제원

- 바닥판 두께 : H = 250mm
- 피복두께 : t = 40mm
- 유효높이 : d = 250 - 40 = 210mm
- 설계기준강도 : fck = 27.0MPa

2) 최소두께의 검토

- 연속판의 경우 t = 40L + 130 = 218.0mm < 250mm ---- O.K

3) 계수모멘트 산정

- 고정하중

Md = 3.92 kN·m

- 활하중(DB-24)

Ml = 29.120 kN·m

- 계수모멘트

$M_u = 1.3D + 2.15L(1+i)$ = 67.70 kN·m

4) 설계모멘트 산정

- 사용철근량 : As(C.T.C 125) = H16 × 8 = 1,589 mm^2

$M_d = \Phi M_n = 0.85 A_s f_y (d - a/2)$ = 105.88 kN·m

5) 안전성 검토

- ΦMn = 105.88 kN·m > Mu = 67.70 kN·m ---- O.K

5.3 안전성평가 등급 산정

외관상태와 내구성조사를 근거로 교량구조물의 대표등급을 산정하는 경우 구조물의 실제적인 안전성에 대한 효과적인 고려가 곤란하다. 따라서 정밀점검(필요시)이나 정밀안전진단시에는 안전성 평가 결과에 의하여 안전성평가등급을 산정하도록 한다.

5.3.1 안전성 평가 기준

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀육안검사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 도로교와 철도교는 강교의 경우 허용응력설계법, 콘크리트교는 강도설계법으로 설계되고 있다. 안전성 검토는 대상교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 하고 있다.

또한 교량의 안전성 평가는 내하력평가 개념으로 규정되어 왔으나, 내하력은 활하중 여유도로서 하중비에 따라 내하력의 변동폭이 크게 변하므로 교량의 안전성을 일관되게 평가하는 기준으로 적절하지 못하다. 따라서 안전성평가는 교량의 안전율 개념을 도입하여 평가하였다. 그러나 안전율이 0.9에서 1.0 사이에 있어 재하시험에 의한 공용내하력 평가를 실시한 경우 공용내하력 산정결과에 따라 안전성평가등급을 산정한다.

<표 5.11> 구조물의 안전성 평가기준

등급	안전성평가 기준	비 고
A	SF > 1.0	◦ 허용응력설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}}$ ◦ 강도설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi Mn}{Mu}$
B	0.9 ≤ SF < 1 이나, 공용내하력이 설계하중보다 크게 평가된 경우	
C	0.9 ≤SF < 1	
D	0.75 ≤ SF < 0.9	
E	SF < 0.75	

5.3.2 안전성 평가등급 산정결과

가) 강합성 거더(허용응력설계법)

<표 5.12> Steel Box Girder에 대한 안전성 평가

구 분			허용응력설계법에 의한 안전성평가	안전성 평가등급
G1 (외측)	정모멘트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{105.984+37.067} = \mathbf{1.328}$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{92.175+32.238} = 1.527$	A
	부모멘트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{83.567+21.874} = 1.802$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{82.521+23.757} = 1.788$	A
G2 (내측)	정모멘트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{104.478+36.696} = 1.346$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{90.866+31.915} = 1.547$	A
	부모멘트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{105.154+30.806} = 1.397$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{101.462+31.258} = 1.432$	A

나) 콘크리트 바닥판(강도설계법)

<표 5.13> 바닥판에 대한 안전성 평가

구분		바닥판	S.F(안전율)	안전성평가등급
바닥판 캔틸레버부	공칭강도 ØMn (kN・m)	122.08	**1.150**	A
	극한강도 Mu (kN・m)	106.16		
바닥판 중앙부	공칭강도 ØMn (kN・m)	105.88	1.563	A
	극한강도 Mu (kN・m)	67.70		

다) 안전성 평가 결과

<표 5.14> 안전성 평가결과

부 재	SF(안전율)	등 급
강합성 거더	1.328	A
콘크리트 바닥판	1.150	A

5.4 내하력 평가

본 교량은 Steel Box Girder교로서 설계시 허용응력에 의한 단면검토를 실시하여 강도 설계법(바닥판) 및 허용응력 설계법(주형)에 의한 내하력을 평가한다.

현재 교량의 상태는 전반적으로 양호한 상태이고, 단면부재치수가 설계기준에 일치하므로 재료응력 등 단면상수는 설계기준에 따라 적용하였다.

5.4.1 허용응력 설계법에 의한 내하력평가

허용응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정시에 하중조합으로는 D+L(1.0+i)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.0이 되며 사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따른 항복응력, 콘크리트의 경우 실제 압축강도를 사용하여 도로교시방서의 규정에 의거하여 부재의 종류에 따라 결정한다.

고정하중과 활하중에 의한 응력은 대상 부재단면에 있어서 철근 및 강재부식, 콘크리트의 중성화, 염해, 동해 등에 의한 강도저하와 단면손실 등을 고려하여 계산한다. 이때 고정하중은 현재 교량에 작용하고 있는 모든 고정하중을 가능한한 정확히 고려하여야 하며 활하중은 현행 도로교 표준시방서의 설계활하중을 사용한다. 허용응력법에 의한 내하율은 다음 식으로 계산한다.

· 내하율 : $RF = \dfrac{f_a - f_d}{f_l(1+i)}$

f_a : 재료의 허용응력

f_d : 고정하중에 의한 응력

f_l : 설계활하중에 의한 응력(도로교의 경우 DB 또는 DL 하중)

i : 충격계수로서 재하시험으로부터 실측한 최대충격계수를 사용함이 원칙이나 동적재하시험을 실시하지 않은 경우 도로교 표준시방서 제시한 설계 충격계수를 사용한다.

이 내하율로부터 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

· 공용내하력(P) = $K_s \times RF \times P_r$

여기서, K_s : 응력(처짐 or 변형율)보정계수($= \dfrac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}} \cdot \dfrac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$)

재하시험을 실시하지 않은 경우 1로 적용한다

P_r : 설계하중

5.4.2 강도설계법에 의한 내하력평가

강도설계법에 의한 교량부재의 내하율 산정시 단면강도는 단면의 현재 상태를 고려한 설계기준을 고려하여 도로교설계기준 및 콘크리트설계기준의 공칭강도와 강도감소계수에 따라 계산한다. 교량설계시의 부재강도 감소계수는 부재강도의 산정에 있어서 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시공단면의 오차를 고려하는 계수이나 내하력 평가시에는 그러한 불확실성은 상당히 감소하므로 오히려 공용 중에 부재단면의 손상정도에 따라 결정되어야 한다.

그러나, 부재단면의 손상정도를 정량적으로 평가하기 어려우므로 공칭강도의 산정시는 교량의 현재상태에 따른 단면감소와 재료강도를 고려하고 강도감소계수는 설계시의 값을 그대로 사용한다. 고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 고정하중과 현행 도로교 설계기준서의 설계활하중(DB 또는 DL하중) 및 콘크리트 구조설계기준을 의거하여 구조해석을 통하여 구한다.

강도설계법에 의한 내하력평가시 내하율 산정 방식은 아래와 같다.

$$\cdot \text{ 내하율}(RF) = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l (1+i)}$$

$$\phi M_n = A_p \times f_{ps} \times (d_p \times \frac{a}{2})$$

여기서, ϕM_n : 극한 저항모멘트 γ_d : 고정하중 계수

M_d : 설계 고정하중모멘트 γ_l : 활하중 계수

M_l : 설계 활하중모멘트 i : 이론상 충격계수

이 내하율로부터 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

$$\cdot \text{공용내하력(P)} = K_s \times RF \times P_r$$

여기서, K_s : 응력(처짐 or 변형율)보정계수($= \frac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$)

재하시험을 실시하지 않은 경우 1로 적용한다

P_r : 설계하중

5.4.3 내하력산정 결과

가) 강합성 거더(허용응력설계법)

<표 5.15> 거더 기본내하력 산정

구 분	G1(상연)		G1(하연)	
	중앙부(S3)	지점부(P2)	중앙부(S3)	지점부(P2)
허용응력 (f_a), MPa	190.000	190.000	190.000	190.000
고정하중응력 (f_d), MPa	105.984	83.567	92.175	82.521
활하중응력 (f_l), MPa	37.067	21.874	32.238	23.757
내하율(RF) = $\frac{f_a - f_d}{f_l\,(1+i)}$	2.267	4.866	3.034	4.524
기본내하력 P= $K_s \times RF \times P_r$	DB 24이상	DB 24이상	DB 24이상	DB 24이상

구 분	G2(상연)		G2(하연)	
	중앙부(S3)	지점부(P2)	중앙부(S3)	지점부(P2)
허용응력 (f_a), MPa	190.000	190.000	190.000	190.000
고정하중응력 (f_d), MPa	104.478	105.154	90.866	101.462
활하중응력 (f_l), MPa	36.696	30.806	31.915	31.258
내하율(RF) = $\frac{f_a - f_d}{f_l\,(1+i)}$	2.331	2.754	3.106	2.833
기본내하력 P= $K_s \times RF \times P_r$	DB 24이상	DB 24이상	DB 24이상	DB 24이상

거더 내하력 평가 결과 기본 내하력이 설계활하중인 DB-24, DL-24의 내하력을 상회하는 것으로 나타나 대상교량의 사용성 측면과 안전성 측면에서 설계내하력 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 판단된다.

나) 바닥판(강도설계법)

· 내하율 (RF) = $\frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l\,(1+i)}$ = $\frac{122.08 - 1.3 \times 14.646}{2.15 \times 40.519}$ = 1.182

· 기본내하력 (P) = $K_s \times RF \times P_r$ = 1.0 × 1.182 × 24 = DB 24이상

바닥판의 안전성은 양호한 것으로 나타났고, 기본내하력도 설계내하력 이상인 것으로 평가되었다.

5.4.4 안전성평가 검토결과

가천교 상부구조에 대한 구조검토 결과, 바닥판의 경우 최소안전률이 1.150, 거더에 대한 검토결과 1.328로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 평가되었으며, 내하율에 의한 기본내하력 평가 결과 전구간에서 DB-24 이상을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

제6장 내진성능 평가

6.1 내진성능평가 기준
6.2 내진성능평가(범물방향)
6.3 내진성능평가(안심방향)
6.4 내진성능 보강방안
6.5 내진성능평가 결과요약

제6장 내진성능 평가

6.1 내진성능평가 기준

6.1.1 개요

1980년대 중반까지만 해도 원전구조물과 같은 특수구조물을 제외하고는 토목 및 건축구조물의 설계 시 내진설계의 개념이 도입되지 않았었다. 그러나 1980년 후반 건축물에 대한 내진설계규준이 제정되어 건축물의 설계 시 지진하중에 해당하는 등가 횡방향력을 고려하기 시작하였으며 1990년에 들어서면서 토목구조물에도 내진설계의 개념이 도입되어 신설교량의 설계 시에 내진설계를 수행하도록 설계기준에 명시되었다.

최근의 국내 교량 설계시에는 내진설계를 필수적으로 수행하므로 내진설계에 대한 기준과 사례가 풍부하지만 기존교량에 대한 내진성능평가와 내진보강에 대한 사례는 그다지 많지 않다. 1999년도부터 시설안전기술공단에서 일반교량에 대한 내진성능 평가방법과 내진보강 방법에 대한 연구가 수행되었으며 2004년도에 기존교량의 내진성능 평가요령으로 한국시설안전기술공단이 내진성능평가에 대한 기준을 작성하였다.

본 과업에서는 교량 내진성능평가 수행 시 변경된 내진설계기준(2018. 내진설계 일반 : KDS 17 10 00→지진하중변경)을 적용하여 내진성능평가를 수행하였다. 또한 기존시설물(교량) 내진성능 평가요령·해설 및 예제집(2015. 국토교통부, 한국시설안전공단)에 근거하여 내진성능평가를 수행하였으며, 평가지침에서 규정하고 있지 않은 사항에 대해서는 다음과 같은 설계기준 및 지침 등을 참고하였다.

(1) 기존시설물(교량) 내진성능 평가요령·해설 및 예제집
(2015. 국토교통부, 한국시설안전공단)
(2) 콘크리트 구조설계기준(한국콘크리트학회, 2012)
(3) KDS 17 10 00 : 2018 (내진설계 일반)
(4) Guide Specification for Seismic Isolation Design(AASHTO)
(5) 도로교 설계기준(한국도로교통협회)
(6) 도로공사 표준시방서(국토교통부)
(7) 도로의 구조 및 시설기준에 관한 규칙(국토교통부)
(8) 고속도로공사 전문시방서(한국도로공사)

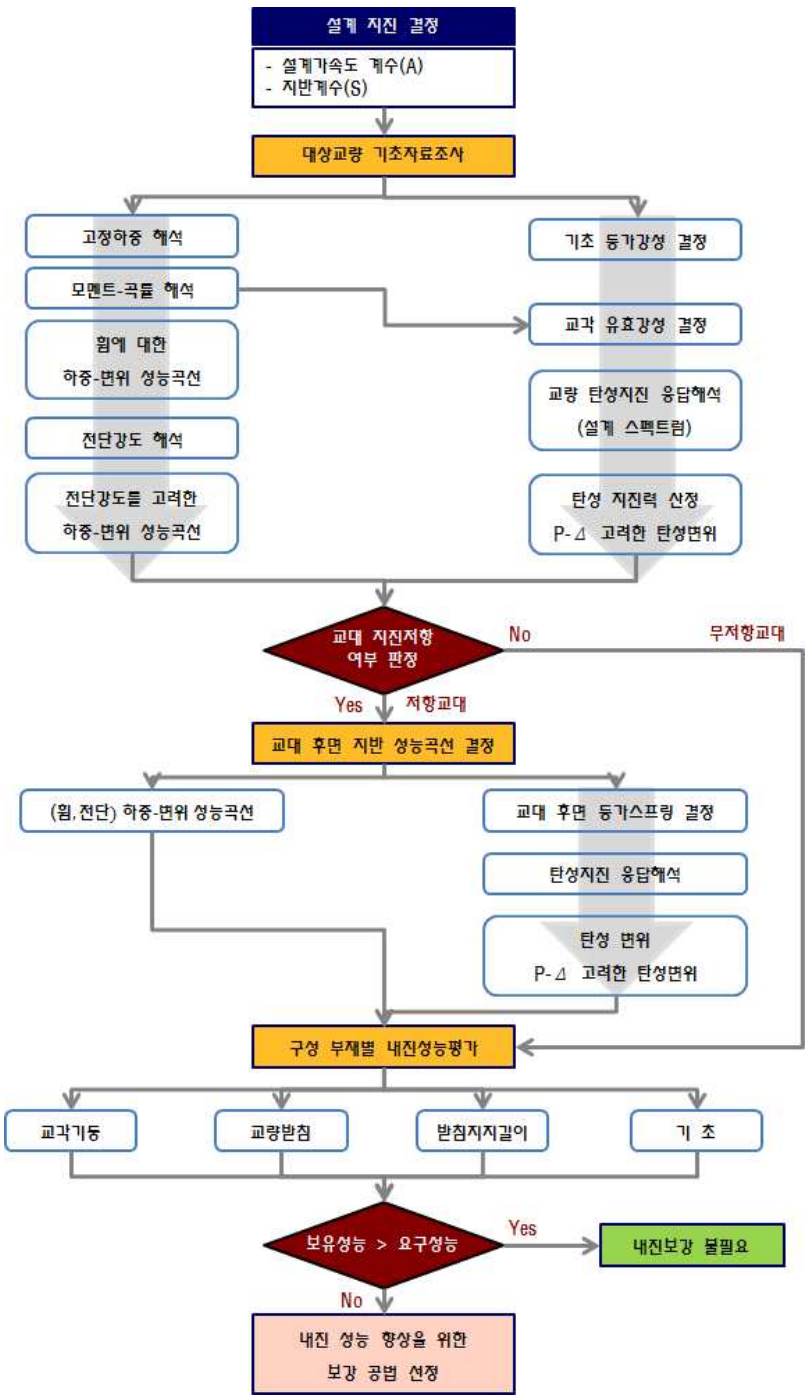
6.1.2 내진성능평가 지침 분석

본 과업의 내진성능에 대한 평가기준은 기본적으로 국토해양부 평가요령을 준용하였으며, 다음 표에 일반적으로 내진성능평가에 관한 평가요령에 대해서 정리하였다.

구 분	국토해양부 평가요령 [국토해양부, 2015.12]
교대 해석모델링 추가	교대 및 교대 후면 지반의 거동특성 미반영
기초 해석모델링 방법	지진시 구조물의 동적거동을보다 정확히 예측하기 위해서 스프링으로 치환하여 기초와 지반의 상호작용을 고려하여 해석한다.
겹침이음 된 교각의 콘크리트 극한변형률 및 최대 변위연성도	소성힌지 위치내 축방향철근의 겹침이음 비율이 0%에 0.004로 정의하고 있고 나머지는 지침과 동일 겹침이음 50% : 0.003~0.004 (2단 이상 배근) 겹침이음 100% : 0.0007~0.002
사각 보정 방법 (제한적)	3차원 모델링을 전제조건으로 하기 때문에 특별한 언급 없음
단경간 교량의 내진성능 평가	단간경 교량의 내진성능 평가에 대한 언급 없음.
받침부 및 교각 평가시 지진력	보강 전 및 보강 후의 설계용 지진력은 동일하게 탄성지진력과 교각의 휨강도 중 작은 값

6.1.3 내진성능평가 절차

기존교량의 내진성능평가는 구성부재의 내진성능을 파악하기 위해서 실시하는 것이며 구성부재가 보유하고 있는 보유성능(Capacity)과 지진에 의해 요구되는 요구성능(Demand)을 비교하여 평가한다. 주요한 구성부재는 교각기둥, 교량받침, 받침지지길이, 기초이다.



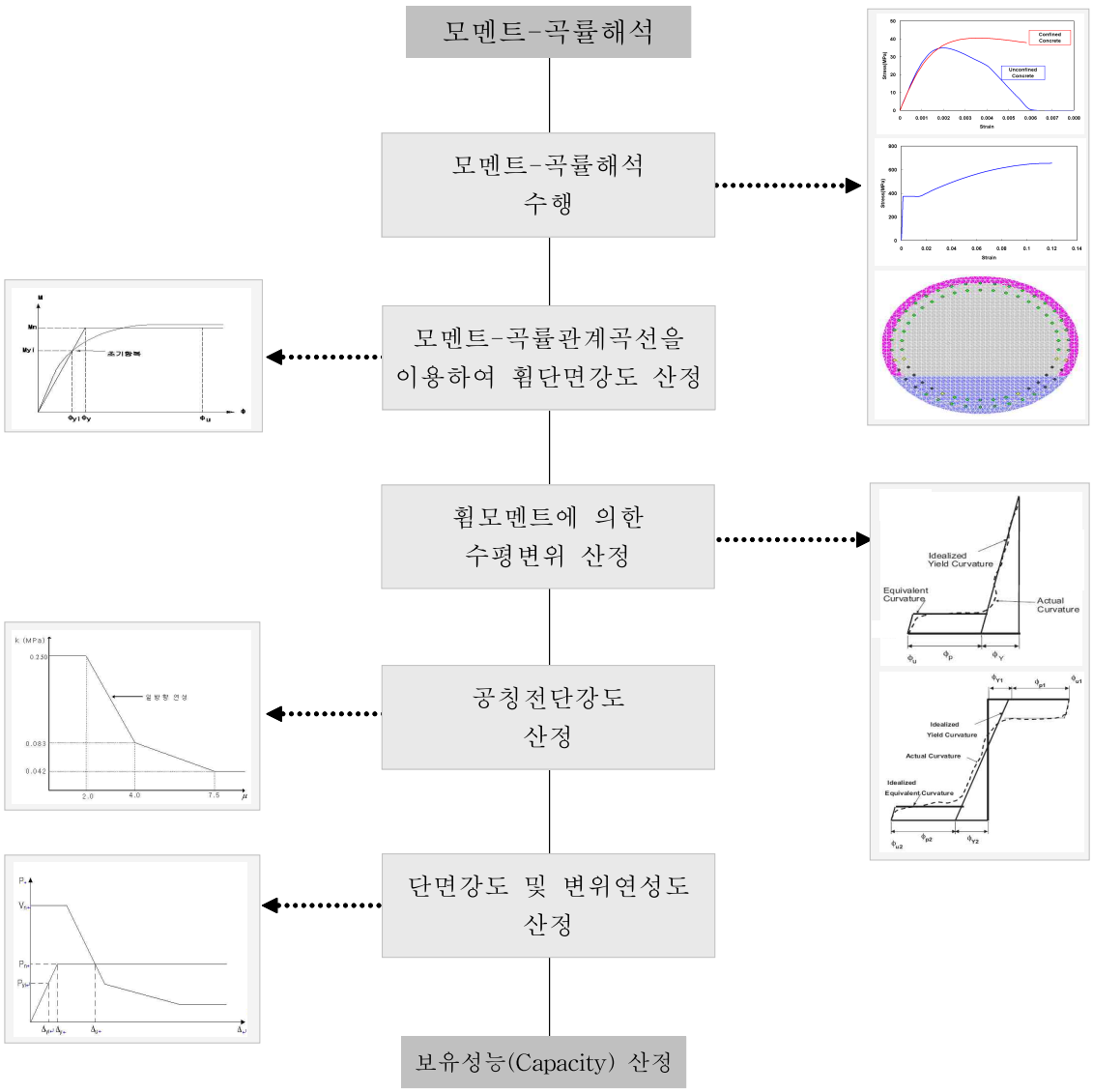
<그림 6.1>내진성능평가 흐름도

1) 보유성능(Capacity)을 산정하기 위해 지침에서 제공한 요령에 따라 모멘트-곡률해석(Moment-Curvature Analysis)을 수행하고 기존교각의 모멘트-곡률곡선을 산정하였다.

2) 기존교각의 철근콘크리트 단면을 비선형의 구속단면, 비구속단면 및 주철근으로 모델링하여 모멘트-곡률해석을 수행

3) 초기항복휨강도 및 공칭휨강도에서의 모멘트-곡률을 분석하여 부재의 등가탄성강도(공급역량)를 산정

보유성능(Capacity)산정 기법



6.1.4 지진해석방법

일반적인 교량형태에 따른 지진해석방법에는 크게 단일모드 스펙트럼 해석법과 다중모드 스펙트럼 해석법 중에서 설계자의 판단에 따라 타당한 방법을 사용하여 선형 탄성해석을 하는 것을 원칙으로 한다. 보다 정밀한 해석을 필요하다고 판단되는 교량에 대해서는 시간이력해석법 또는 발주처가 인정하는 검증된 해석법을 사용하여 선형 혹은 비선형해석을 수행할 수 있다.

<표 6.1>지진해석방법

해석방법	적용교량 형식	적용
단일모드 스펙트럼해석법	- 질량분포가 일정하고 경간 사이의 강성비가 거의 일정한 정형구조형태를 가진 교량 - 첫번째 진동모드가 대부분의 동적응답을 지배하는 교량	
다중모드 스펙트럼해석법	- 비정형 교량으로 진동모드간의 연계효과가 큰 교량이나 내부 중심각이 있는 곡선교량 - 고차의 진동모드가 동적응답에 기여할 것 같은 교량 - 본 과업에서는 다중모드 스펙트럼해석으로 평가하는 것이 바람직하여 다중모드 스펙트럼해석방법으로 실행	○
시간이력해석법	- 기하학적 형태가 복잡한 구조를 가진 교량 - 지진격리받침의 비선형특성을 고려한 지진격리교량 - 사장교, 현수교 등 예상하지 못하는 구간에 소성힌지가 발생할 가능성이 충분히 있는 교량	

6.1.5 지진력의 조합

① 교량의 각 구성부재에 작용하는 지진력의 크기는 교각에 의하여 전달되는 지진하중을 기본으로 하며 이는 내진성능 평가기준 지진에 대한 응답스펙트럼에서 구한 지진력의 크기와 교각의 단면강도 중 작은 값으로 한다.

② 탄성지지력의 조합은 30% 규칙을 따른다.

$$\text{COM1} \quad [F_E^L]_{com1} = 1.0 \times [F_E^L]_L + 0.3 \times [F_E^L]_T$$

$$[F_E^T]_{com1} = 0.3 \times [F_E^T]_L + 1.0 \times [F_E^T]_T$$

$$\text{COM2} \quad [F_E^L]_{com2} = 0.3 \times [F_E^L]_L + 1.0 \times [F_E^L]_T$$

$$[F_E^T]_{com2} = 1.0 \times [F_E^T]_L + 0.3 \times [F_E^T]_T$$

$$\left[F_E^L\right]_{comb} = \max\left\langle \left[F_E^L\right]_{com1}, \left[F_E^L\right]_{com2} \right\rangle$$

$$\left[F_E^T\right]_{comb} = \max\left\langle \left[F_E^T\right]_{com1}, \left[F_E^T\right]_{com2} \right\rangle$$

여기서,$[F_E^L]_{comb}$: 교축방향의 조합탄성지진력

$[F_E^L]_L$: 교축방향 입력지반운동에 대한 교축방향의 탄성지진력

$[F_E^T]_L$: 교축방향 입력지반운동에 대한 교축직각방향의 탄성지진력

$[F_E^T]_{comb}$: 교축직각방향의 조합탄성지진력

$[F_E^L]_T$: 교축직각방향 입력지반운동에 대한 교축방향의 탄성지진력

$[F_E^T]_T$: 교축직각방향 입력지반운동에 대한 교축직각방향의 탄성지진력

F 는 변위(Δ), 전단력(V), 모멘트(M)를 말하며, 위첨자는 응답방향, 아래첨자는 입력지반운동의 방향을 말한다.

③ 스펙트럼해석의 경우는 응답가속도(탄성지진응답계수, Cs)의 크기를 결정하여 계산한다. 단경간 교량 또는 일점고정 연속교의 교축방향과 같이 단자유도로 모델링 가능한 구조의 탄성지진력은 다음과 같이 간략하게 계산이 가능하다. 그러나, 다경간 연속교의 상부구조는 일반적으로 교축직각방향에 대해서는 모든 교각에서 적어도 하나 이상의 고정받침에 의해 지지되므로 지진시 관성력은 고정받침에 의해 지지된 모든 교각으로 분담된다.

$$F_E = W \times C_s$$

④ 교축 및 교축직각방향의 지진하중은 탄성지진력(FEQ)과 단면강도(Fn)를 비교하여 작은 것으로 한다. 이 하중을 기본으로 하여 교량의 각 구성부재에 요구되는 소요역량을 계산한다.

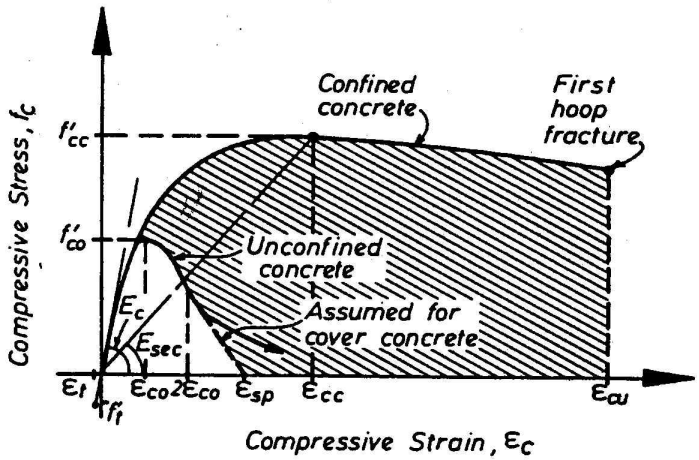
$$F_{EQ}^L = Min\ [F_n^L, F_E^L] \qquad \text{교축방향}$$

$$F_{EQ}^T = Min\ [F_n^T, F_E^T] \qquad \text{교축직각방향}$$

6.1.6 콘크리트의 재료모델

평가지침에서는 교각의 모멘트-곡률해석에서 콘크리트 재료 해석모델은 횡방향철근의 구속효과를 고려한 횡구속 압축 응력-변형률 모델과 횡방향철근의 구속효과를 무시한 비횡구속 압축 응력-변형률 모델을 선택적으로 적용하며 철근 재료 해석모델은 변형경화를 고려한 응력-변형률 모델을 적용하게끔 되어 있다.

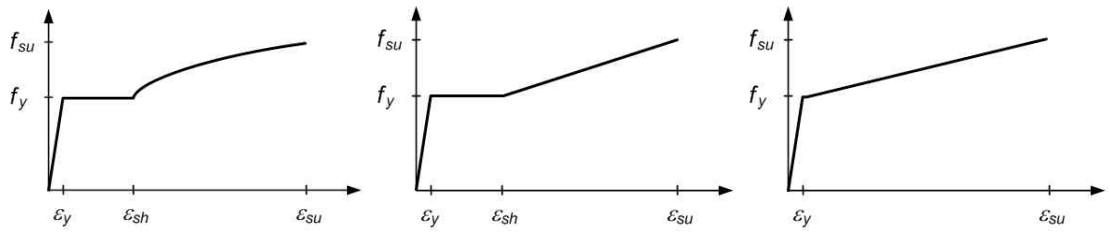
콘크리트 재료모델은 콘크리트 압축응력 변형률 관계를 실제 거동과 유사하게 예측할 수 있는 적절한 모델로 Mander 등의 제안식을 제시하고 있어 본 과업에서도 콘크리트 재료모델로 Mander Model을 사용하였다.



<그림 6.2>Mander 등의 콘크리트 압축응력 변형률 모델

6.1.7 철근재료모델

평가지침에서는 교각의 모멘트-곡률해석에서의 교각의 모멘트-곡률 해석에 적용되는 철근 모델은 실제 거동을 예측할 수 있는 적절한 모델을 사용하여야 한다. 적절한 모델은 변형경화를 고려한 응력-변형률 모델을 의미하며 아래그림과 같은 세 가지 형태의 모델 중 하나를 선택하여 사용할 수 있다.



<그림 6.3>철근의 강도 및 변형률

<표 6.2>철근의 강도 및 변형률

철근 종류	f_y	f_{su}	ε_y	ε_{sh}	ε_{su}
SD240	240 MPa	390 MPa	0.0012	0.0115	0.128
SD300	300 MPa	440 MPa	0.0015	0.022	0.125
SD350	350 MPa	490 MPa	0.00175	0.022	0.122
SD400	400 MPa	560 MPa	0.002	0.022	0.120
SD500	500 MPa	620 MPa	0.003	0.012	0.080

6.1.8 소성힌지부의 축방향 철근 겹이음 적용

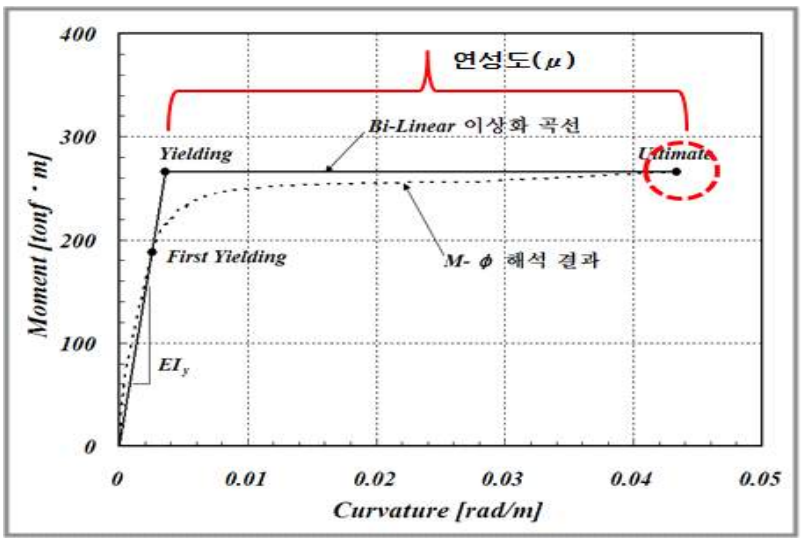
(1) 검토의 필요성

① 교각의 내진성능평가에서는 단순히 강도만의 평가가 아니라 연성능력을 고려한 연성에 대한 검토가 필요함.

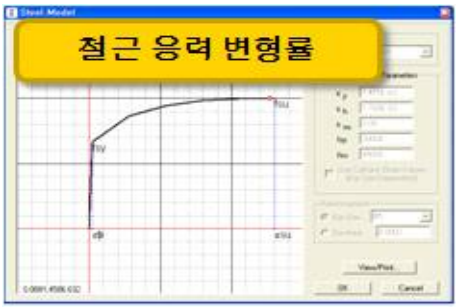
② 연성에 대한 검토는 최대 휨모멘트가 발생하는 소성힌지부에서의 모멘트 곡률해석을 통하여 실시함.

③ 모멘트 곡률해석에 필요한 항목으로는 콘크리트와 철근의 재료 물성치로 연성능력을 좌우하는 항목은 콘크리트의 극한변형률이며 극한변형률은 겹침이음의 유무에 따라 상이함.

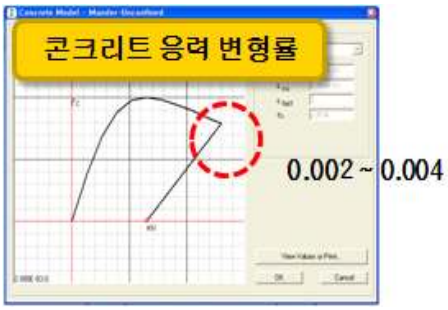
④ 따라서 겹침이음의 유무로 교각의 연성에 대한 능력이 상이하며 결과적으로 내진성능이 다르게 평가되므로 소성힌지부에 겹침이음의 유무에 대한 판단이 필요함.



모멘트 곡률 해석



철근의 물성치



콘크리트 물성치

(2) 모멘트 곡률해석 기준

① 철근콘크리트 교각의 모멘트 곡률해석에는 콘크리트와 철근에 대한 적절한 재료모델을 적용해야 하며 축방향 철근의 이음상세와 횡방향 철근에 의한 횡구속 정도를 고려하여 극한상태를 정의하여야 함. (교량 내진성능평가 지침)

② 소성힌지영역에서 축방향철근의 겹침이음이 있는 경우에는 축방향 철근 겹침이음부의 부착파괴에 의하여 극한변형률이 감소되어 공급연성도는 작아지므로 극한변형률을 감소시켜 공칭휨강도를 계산하여야 함. (기존교량 내진성능 평가요령)

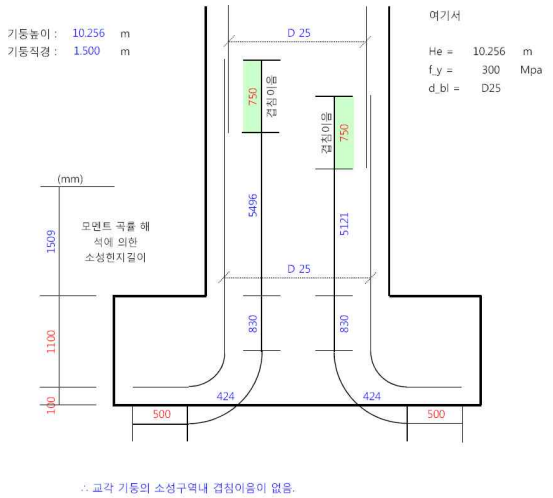
③ 겹침이음의 정도에 따라 콘크리트 극한변형률을 3단계로 나누어 적용하도록 함.

④ 겹침이음 유무에 따른 기준별 콘크리트 극한변형률

(3) 문제점 및 검토방안

문제점	검토방안
1. 기존설계도서에 의한 축방향철근 겹이음 위치 파악은 설계도서 상에서 판단하기 어려운 상태임. 2. 코어채취를 통한 현장조사로 겹이음 위치를 확인할 수 있으나 코어채취로 인한 구조물의 손상이 발생하므로 지양토록 함.	1. 기존 설계도서를 분석하여 활용하는 방안으로 철근상세 도면의 철근길이 등을 가지고 추정하여 판단함. 2. 소성힌지 구역 내에 축방향철근 겹이음의 유무를 준공 당시의 시공방법 및 유사 설계사례를 참조로 판단하여 상식적이고 합리적인 축방향 철근 겹이음의 유무를 판단함. 3. 철근탐사는 일반적으로 장비 진행방향에 직교한 철근의 간격을 탐지하는 것으로 철근의 두께 및 겹이음의 유무를 측정할 수 없으므로 계산결과와의 비교분석 자료로 사용함. 4. 철근의 길이 8.0m를 가지고 기초 하단에서부터의 높이를 계산하여 소성힌지 구역 내에 겹이음 유무를 판단함.

(4) 철근 겹이음 적용 결과 예시

소성힌지 구간 산정식	겹이음 여부 판단
소성힌지 길이 계산은 교각높이, 주철근 직경, 교각 직경을 가지고 산정하는 방법이 있으며 이 중에서 최대값을 해당 교각의 소성힌지 구역 높이로 결정함. ① 0.08He+0.022fy dbl He : 교각높이, fy : 철근강도, dbl:철근직경 ② 0.44fy dbl ③ D (교각직경) ④ He/6 (He : 교각높이) ⑤ 450mm	

6.1.9 지진구역 및 지진위험도

① 지진구역

지진구역	행정구역	
I	시	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종
	도	경기, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, 전남, 강원 남부1
II	도	강원 북부2, 제주
1 강원 남부(군, 시) : 영월, 정선, 삼척, 강릉, 동해, 원주, 태백 2 강원 북부(군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천, 속초		

② 지진구역계수

지진구역	I	II
지진구역계수, Z	0.11	0.07

③ 위험도계수

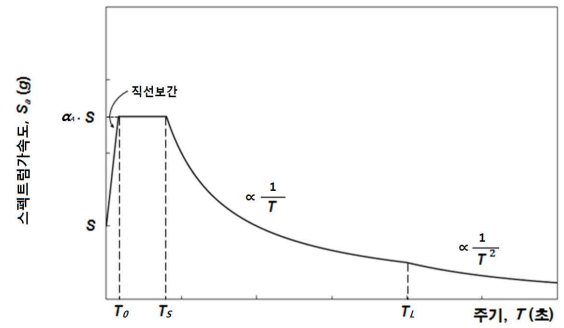
평균재현주기 (년)	50	100	200	500	1,000	2,400	4,800
위험도계수, I	0.40	0.57	0.73	1	1.4	2.0	2.6

④ 지반의 분류

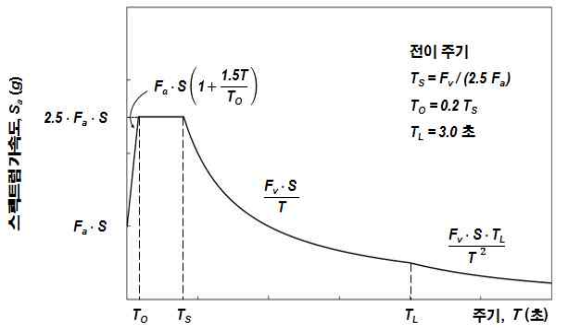
국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하기 위하여 지반을 다음과 같이 S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6의 6종으로 분류한다. 다만, 기반암은 전단파속도가 760 m/s 이상인 지층으로 정의한다.

지반종류	지반종류의 호칭	분류기준	
		기반암 깊이, H (m)	토층평균전단파속도, $V_{s,soil}$ (m/s)
S_1	암반 지반	1 미만	-
S_2	얕고 단단한 지반	1~20 이하	260 이상
S_3	얕고 연약한 지반		260 미만
S_4	깊고 단단한 지반	20 초과	180 이상
S_5	깊고 연약한 지반		180 미만
S_6	부지 고유의 특성평가 및 지반응답해석이 필요한 지반		

⑤ 설계지반운동의 특성 표현



<표 6.3>가속도표준설계응답스펙트럼 (암반지반S1)



<표 6.4>가속도표준설계응답스펙트럼 (토사지반 S2~S5)

구분	α_A (단주기스펙트럼 증폭계수)	전이주기(sec)		
		T_o	T_S	T_L
수 평	2.8	0.06	0.3	3

지반종류	단주기지반증폭계수, F_a			장주기지반증폭계수, F_v		
	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3
S_2	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.3
S_3	1.7	1.5	1.3	1.7	1.6	1.5
S_4	1.6	1.4	1.2	2.2	2.0	1.8
S_5	1.8	1.3	1.3	3.0	2.7	2.4

6.2 내진성능평가(범물방향)

6.2.1 교량제원

교 량 명 : 가천교(범물방향)

교량등급 : 1등급(DB-24)

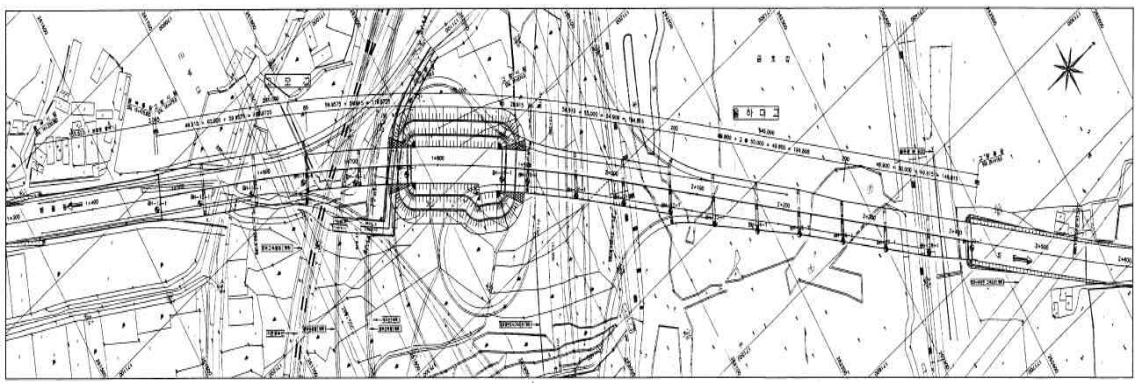
교량형식 : Steel Box Girder교

교　　장 : 50.0+60.0+60.0+2@60.0=290.0m

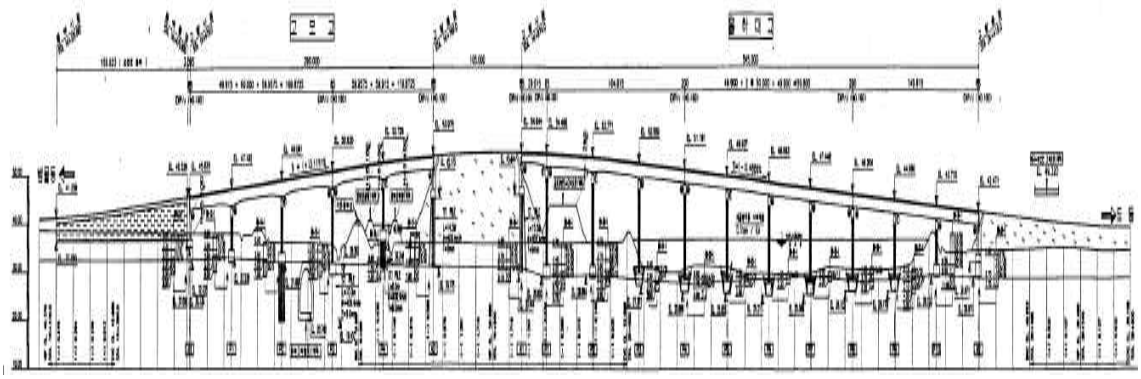
교 량 폭 : B = 18.554~25.940m(교량1 : 170.0m) / B = 14.450m(교량2 : 120.0m)

하부콘크리트강도 : 24 MPa

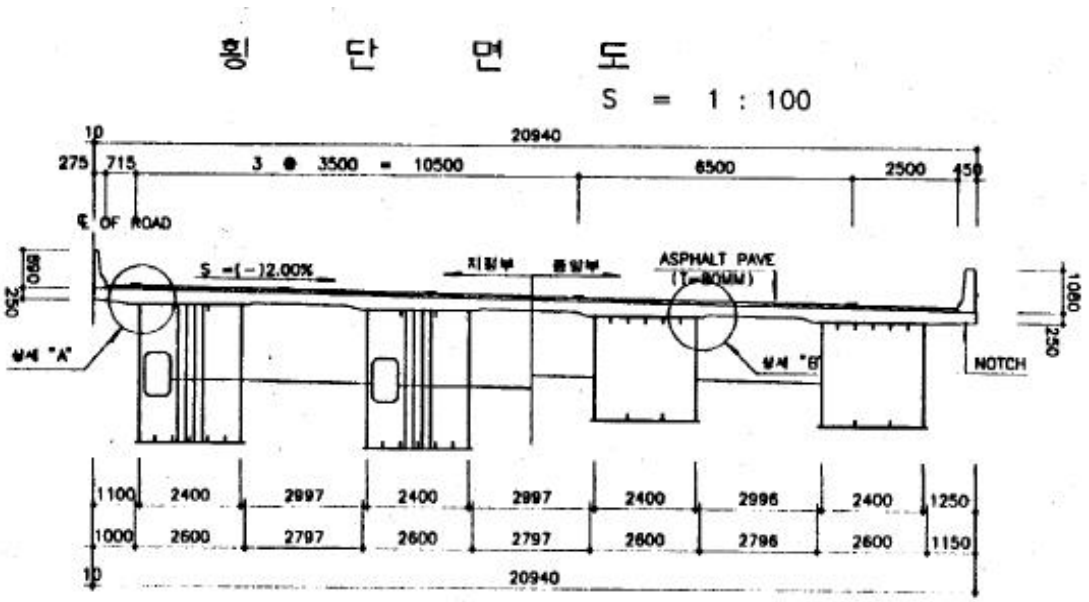
하부철근강도 : 300 MPa



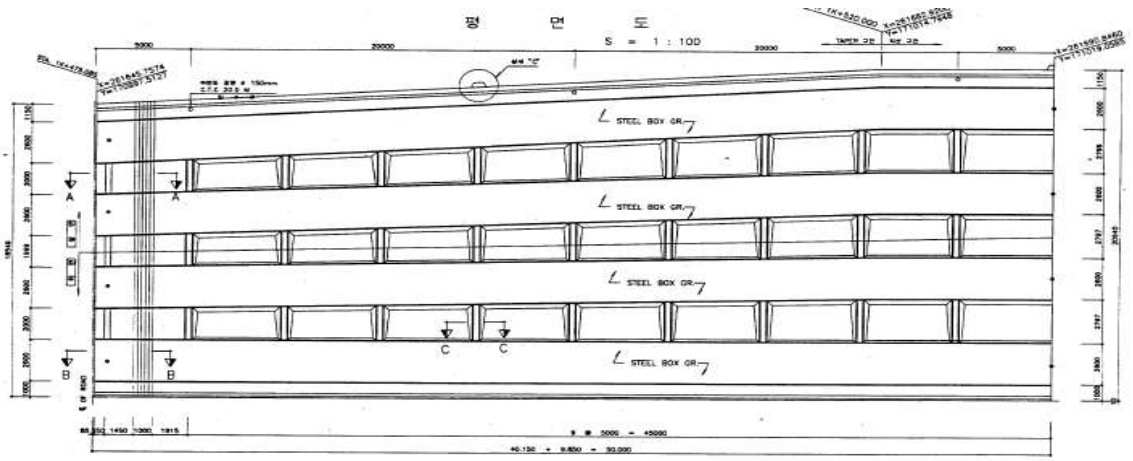
<그림 6.4>가천교(범물방향) 평면도



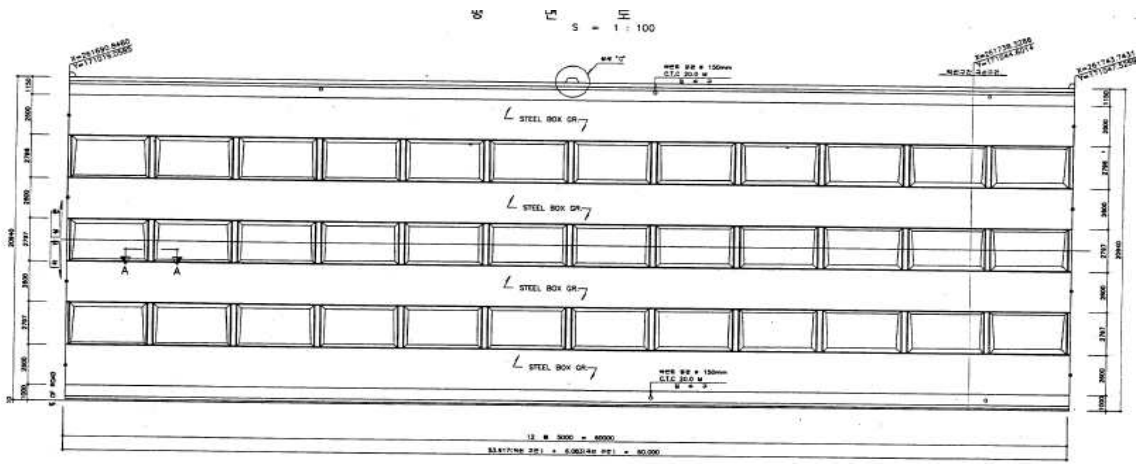
<그림 6.5>가천교(범물방향) 종단면도



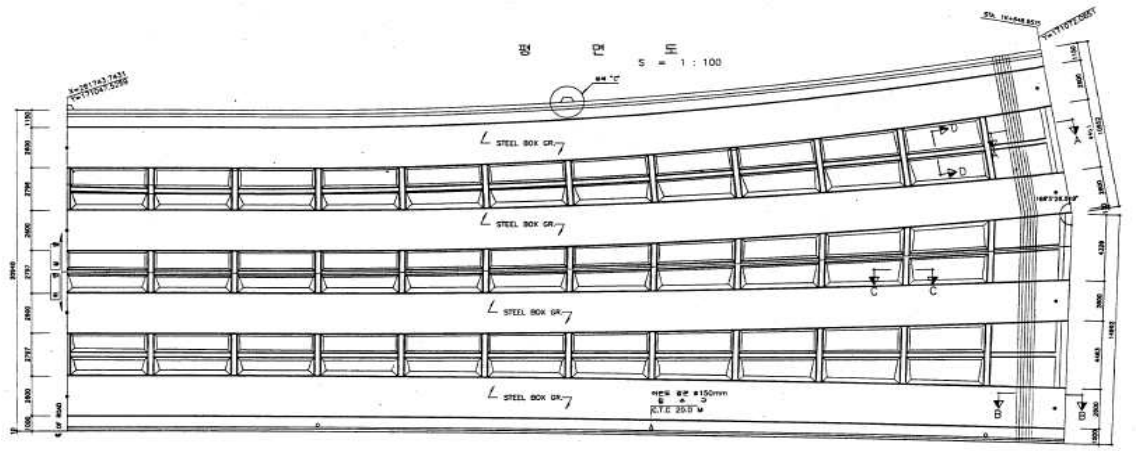
<그림 6.6>가천교(범물방향) 횡단면도



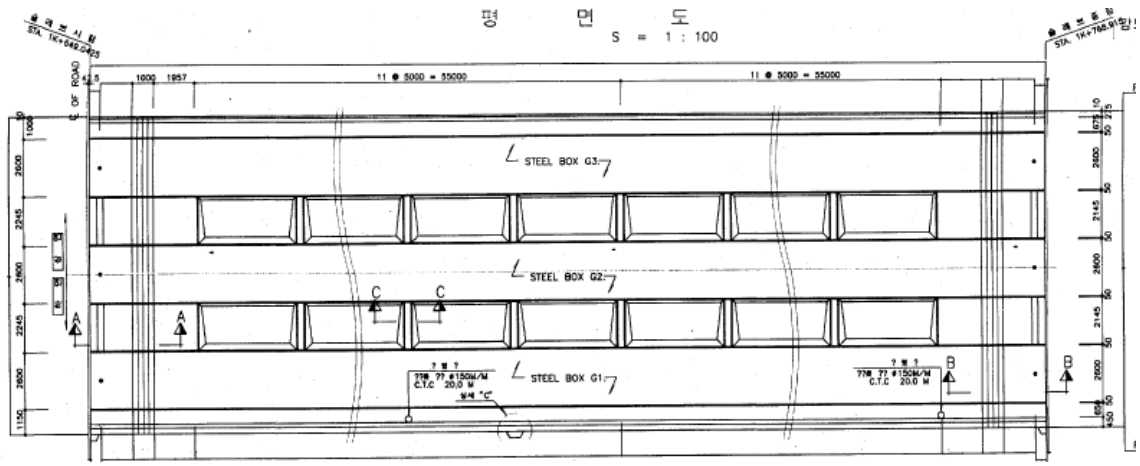
<그림 6.7>가천교(범물방향) 상부 일반도(1)



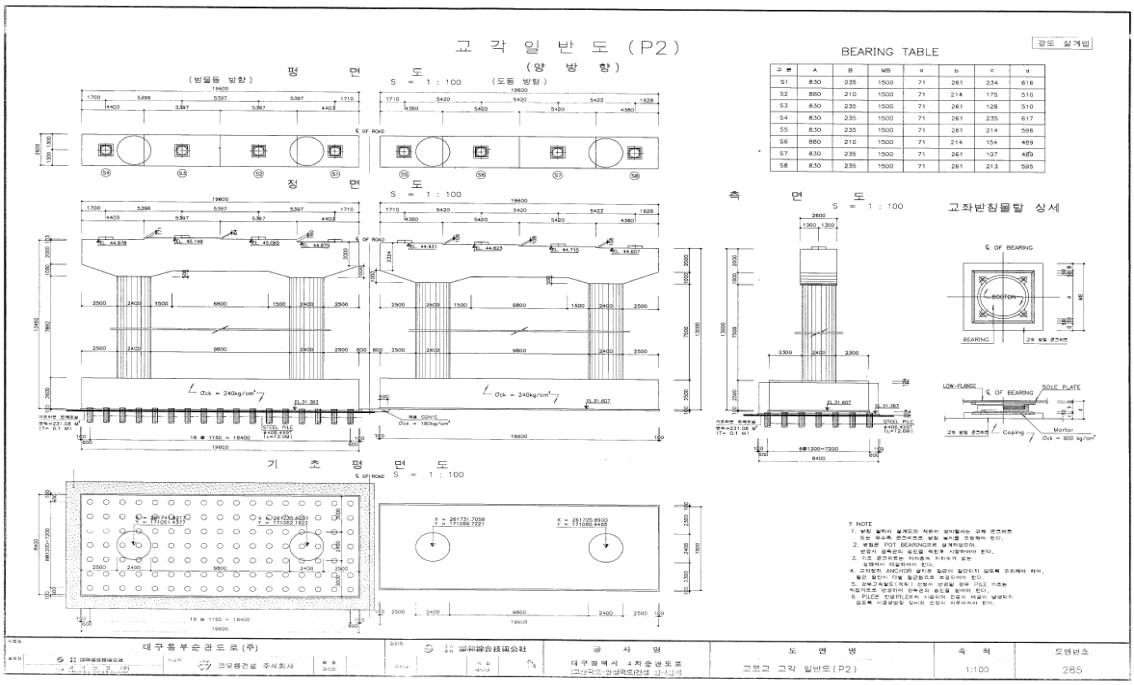
<그림 6.8>가천교(범물방향) 상부 일반도(2)



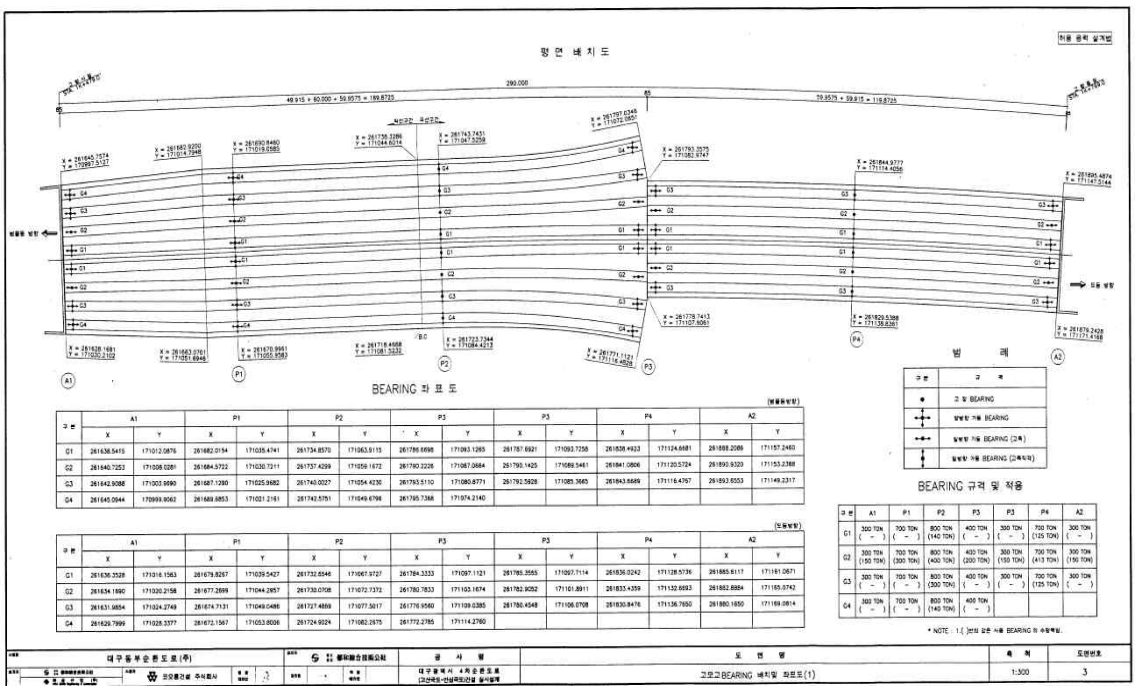
<그림 6.9>가천교(범물방향) 상부 일반도(3)



<그림 6.10>가천교(범물방향) 상부 일반도(4)



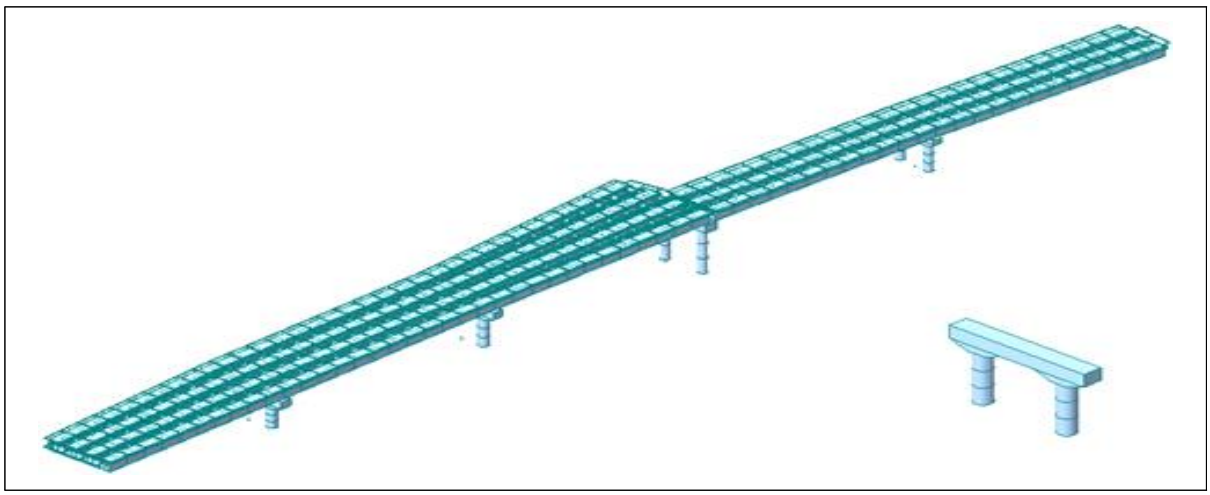
<그림 6.11>가천교(범물방향) 교각 일반도



<그림 6.12>가천교(범물방향) 교량받침 배치도

6.2.2 구조해석 모델

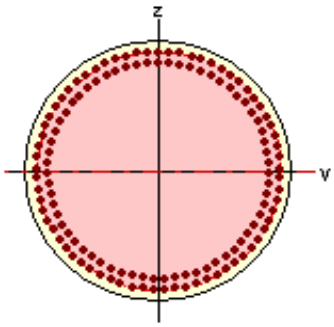
교량 상부구조의 모델링은 상부구조의 도심과 주형하단까지는 강체연결(Rigid link)로 주형하단에서 교각상단까지는 교량받침의 배치를 고려하여 변위에 대한 자유도를 연결한다. 또한, 받침종류에 따라서 적절한 내진저항 능력을 반영할 수 있도록 탄성연결 또는 비선형 강성연결 기능을 적용 한다. 해석프로그램은 MIDAS Civil을 이용하였다.



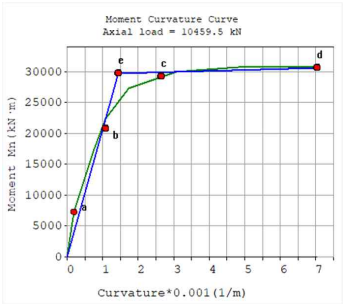
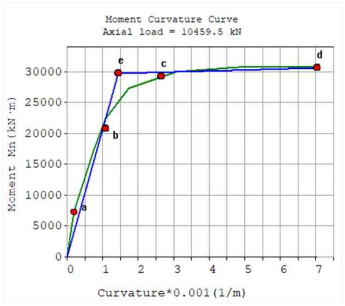
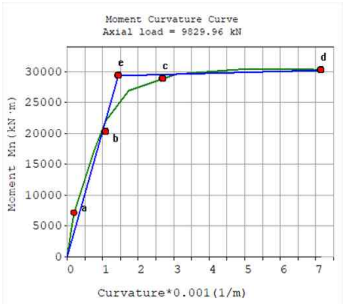
<그림 6.13>가천교(범물방향) 교량 구조해석 모델링

6.2.3 모멘트-곡률 해석

교각의 최대 휨모멘트가 발생하는 단부구역(소성힌지구역)에 축방향 철근의 겹침이음 상태에 따라 연성능력이 크게 변화한다. 이를 모멘트-곡률 해석에서 반영하기 위해서는 겹침여부를 판정하여 겹침이음 비율에 따라 콘크리트 극한변형률 및 이에 따른 변위연성도를 제한하여야 한다.

구 분	특 성	단 면 형 상
εco:콘크리트의 최대변형률	0.002	
εcu: 콘크리트의 극한변형률	0.004	
f′c=f′cc: 콘크리트 압축 강도	24	
εy: 항복변형률	0.00150	
εsh: 경화시 변형률	0.0115	
εsu: 극한시 변형률	0.125	
fsy: 항복강도	300	
fsu: 극한강도	440	

① P1 교각의 모멘트-곡률 곡선

		
교축방향 모멘트-곡률 해석	교축직각방향(하단) 모멘트-곡률 해석	교축직각방향(상단) 모멘트-곡률 해석

▪ 교축방향 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN{\cdot}m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	20,673	0.001085	$M_{yi}^{L}, \varnothing_{yi}^{L}$
항복시	29,718	0.001439	$M_{y}^{L}, \varnothing_{y}^{L}$
극한시	30,612	0.007031	$M_{u}^{L}, \varnothing_{u}^{L}$

▪ 교축직각방향(하단) 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN{\cdot}m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	20,666	0.001084	$M_{yi}^{L}, \varnothing_{yi}^{L}$
항복시	29,716	0.001439	$M_{y}^{L}, \varnothing_{y}^{L}$
극한시	30,608	0.007030	$M_{u}^{L}, \varnothing_{u}^{L}$

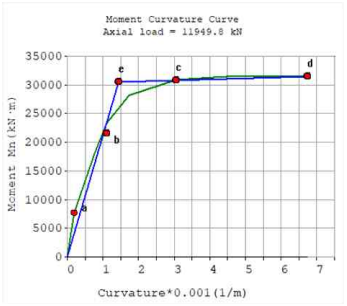
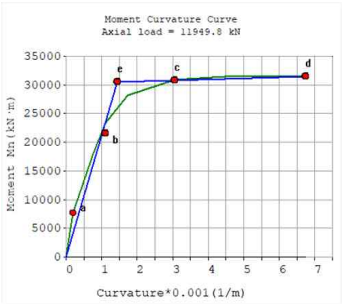
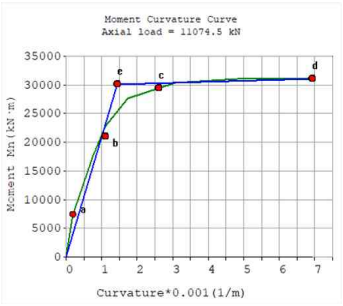
▪ 교축직각방향(상단) 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN{\cdot}m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	20,285	0.001076	$M_{yi}^{L}, \varnothing_{yi}^{L}$
항복시	29,358	0.001435	$M_{y}^{L}, \varnothing_{y}^{L}$
극한시	30,237	0.007141	$M_{u}^{L}, \varnothing_{u}^{L}$

▪ 유효강성 산정

구 분	Scale	Ig (m4)	적용 유효강성 (m4)
교축방향	0.491	1.629	0.800
교축직각방향	0.491	1.629	0.800

② P2 교각의 모멘트-곡률 곡선

		
교축방향 모멘트-곡률 해석	교축직각방향(하단) 모멘트-곡률 해석	교축직각방향(상단) 모멘트-곡률 해석

▪ 교축방향 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN{\cdot}m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	21,561	0.001104	$M_{yi}^{L}, \varnothing_{yi}^{L}$
항복시	30,531	0.001447	$M_{y}^{L}, \varnothing_{y}^{L}$
극한시	31,484	0.006734	$M_{u}^{L}, \varnothing_{u}^{L}$

▪ 교축직각방향(하단) 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN{\cdot}m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	21,555	0.001104	$M_{yi}^{L}, \varnothing_{yi}^{L}$
항복시	30,535	0.001447	$M_{y}^{L}, \varnothing_{y}^{L}$
극한시	31,493	0.006732	$M_{u}^{L}, \varnothing_{u}^{L}$

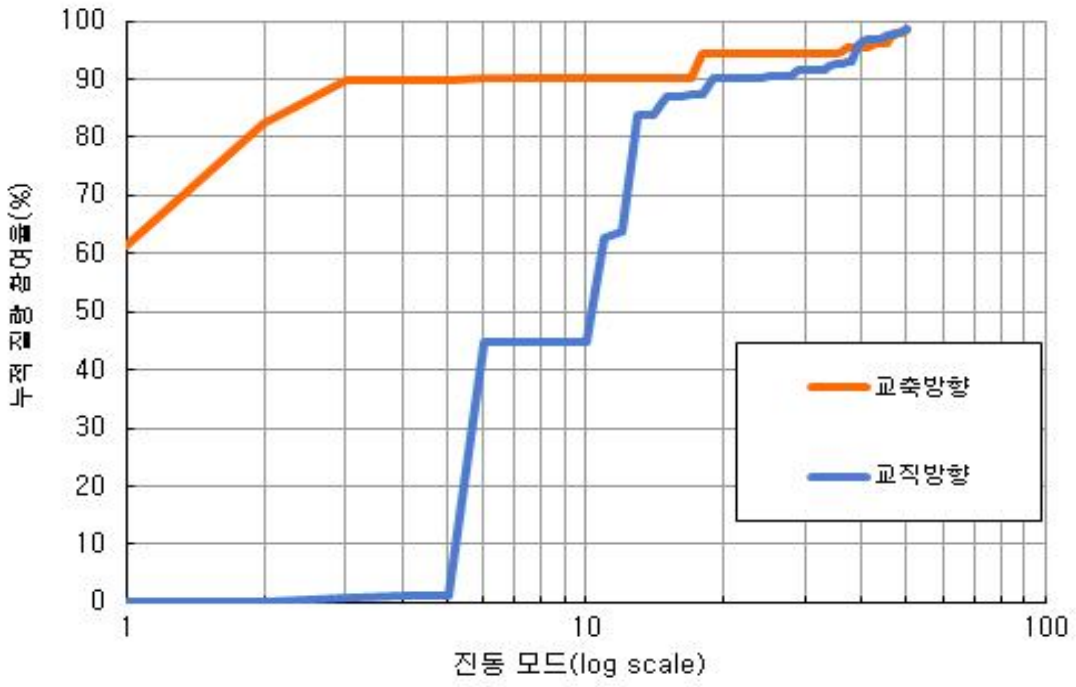
▪ 교축직각방향(상단) 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN{\cdot}m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	21,034	0.001092	$M_{yi}^{L}, \varnothing_{yi}^{L}$
항복시	30,067	0.001443	$M_{y}^{L}, \varnothing_{y}^{L}$
극한시	31,023	0.006938	$M_{u}^{L}, \varnothing_{u}^{L}$

▪ 유효강성 산정

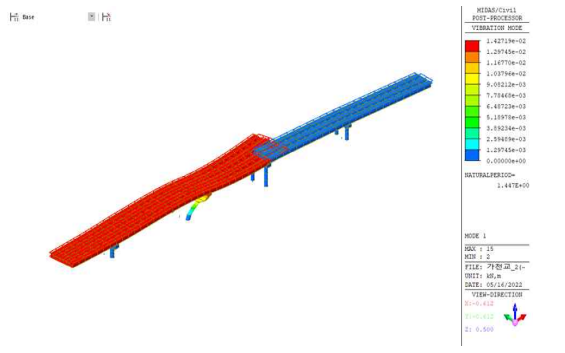
구 분	Scale	Ig (m4)	적용 유효강성 (m4)
교축방향	0.502	1.629	0.817
교축직각방향	0.502	1.629	0.817

6.2.4 지진해석결과

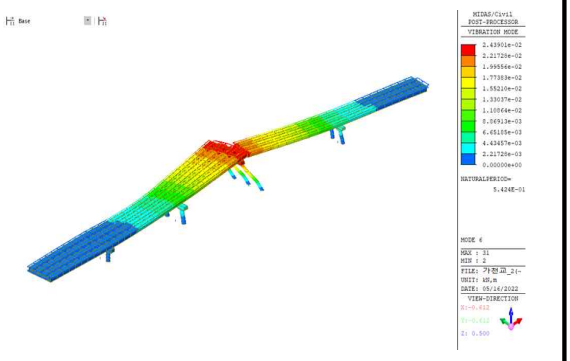


고유치 해석결과로 방향별 유효 질량 참여율

① 주요 모드 형상 (Mode Shape)



교축방향 T = 1.4475 (1Mode)



교축직각방향 T = 0.5424 (6Mode)

② 대표 검토 교각 부재력 집계

▪ 교각 1

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	9,830.0		9,830.0	
하단축력(kN)	10,459.5		10,459.5	
상단변위(mm)	7.6	0.3	0.2	3.3
상단전단력(kN)	889.7	130.6	29.6	3,378.2
하단전단력(kN)	943.6	132.4	32.4	3,409.2
상단모멘트(kN·m)	1,664.6	364.2	61.6	9,423.2
하단모멘트(kN·m)	6,856.2	381.2	225.8	9,852.1

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	9,830.0		9,830.0	
하단축력(kN)	10,459.5		10,459.5	
상단변위(mm)	7.7	1.3	2.5	3.4
상단전단력(kN)	898.6	1,144.1	296.5	3,417.4
하단전단력(kN)	953.3	1,155.1	315.5	3,448.9
상단모멘트(kN·m)	1,683.0	3,191.2	560.9	9,532.5
하단모멘트(kN·m)	6,924.0	3,336.9	2,282.6	9,966.5

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	9,830.0		9,830.0	
하단축력(kN)	10,459.5		10,459.5	
상단변위(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0
상단전단력(kN)	0.0	2.8	0.0	2.8
하단전단력(kN)	0.0	2.8	0.0	2.8
상단모멘트(kN·m)	1.3	11.2	1.3	11.2
하단모멘트(kN·m)	1.3	4.7	1.3	4.7

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	9,830.0	9,830.0	P
하단축력(kN)	10,459.5	10,459.5	Pbot
상단변위(mm)	7.7	3.4	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	898.6	3,420.1	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	953.3	3,451.7	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	1,684.3	9,543.6	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	6,925.2	9,971.1	[ME]comb

▪ 교각 2

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	11,074.5		11,074.5	
하단축력(kN)	11,949.8		11,949.8	
상단변위(mm)	77.1	2.8	3.9	9.1
상단전단력(kN)	3,842.6	281.4	885.6	3,931.3
하단전단력(kN)	3,860.7	284.2	896.3	3,988.4
상단모멘트(kN·m)	11,279.8	1,096.3	3,440.7	15,344.0
하단모멘트(kN·m)	41,644.5	1,136.7	3,892.7	15,938.7

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	11,074.5		11,074.5	
하단축력(kN)	11,949.8		11,949.8	
상단변위(mm)	78.3	5.5	27.1	9.9
상단전단력(kN)	4,108.2	1,460.8	2,038.4	4,015.7
하단전단력(kN)	4,129.6	1,480.7	2,054.5	4,073.6
상단모멘트(kN·m)	12,312.0	5,699.5	6,824.6	15,672.9
하단모멘트(kN·m)	42,812.3	5,918.3	16,386.1	16,279.7

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	11,074.5		11,074.5	
하단축력(kN)	11,949.8		11,949.8	
상단변위(mm)	0.1	0.0	0.1	0.0
상단전단력(kN)	12.3	9.7	12.3	9.7
하단전단력(kN)	12.3	9.7	12.3	9.7
상단모멘트(kN·m)	53.0	43.3	53.0	43.3
하단모멘트(kN·m)	54.6	33.4	54.6	33.4

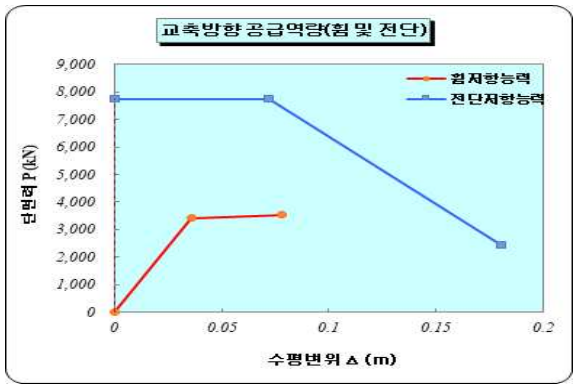
4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	11,074.5	11,074.5	P
하단축력(kN)	11,949.8	11,949.8	Pbot
상단변위(mm)	78.3	9.9	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	4,120.5	4,025.5	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	4,141.8	4,083.4	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	12,365.0	15,716.2	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	42,867.0	16,313.2	[ME]comb

6.2.5 교각 기둥부 내진성능평가

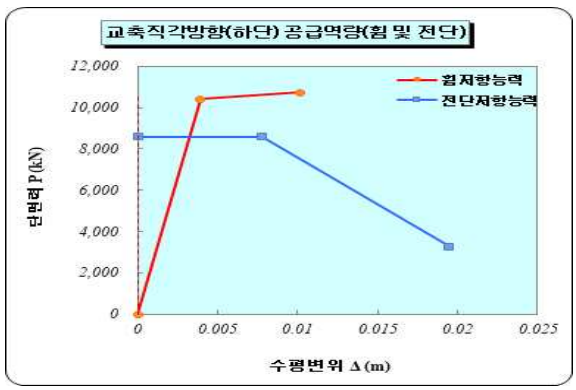
① 교각 1 공급역량 및 평가결과

▪ 교축방향 교각 공급역량



교축방향 교각의 성능곡선 및 수평변위 산정

▪ 교축직각방향 교각 공급역량



교축직각방향 교각의 성능곡선 및 수평변위 산정

▪ 변위성능평가 결과

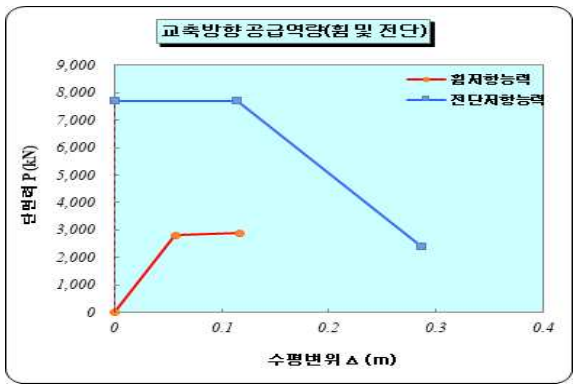
구 분		공급역량 (m)	소요역량 (m)	판 정
교각1	교축방향	2.154	1.000	O.K
	교축직각방향	1.000	1.000	O.K

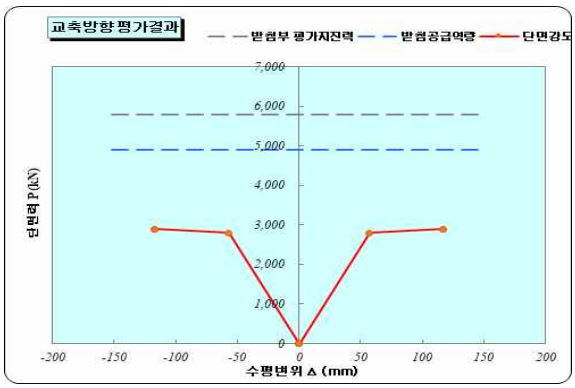
▪ 전단성능평가 결과

구 분		공급역량 (kN)	소요역량 (kN)	판 정
교각1	교축방향	7,750	953	O.K
	교축직각방향	8,584	3,452	O.K

② 교각 2 공급역량 및 평가결과

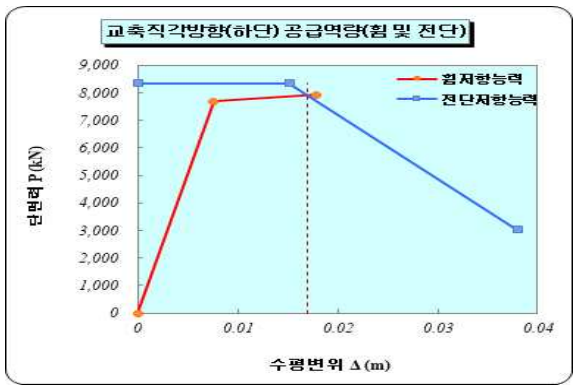
▪ 교축방향 교각 공급역량

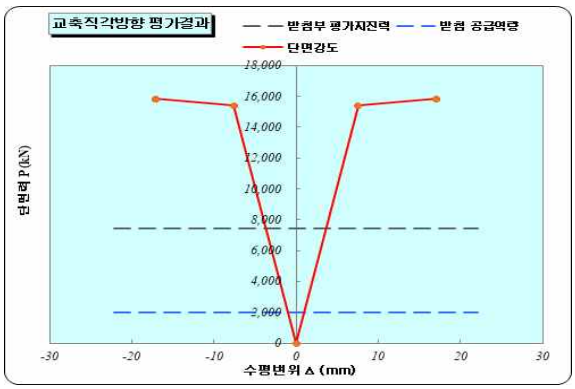




교축방향 교각의 성능곡선 및 수평변위 산정

▪ 교축직각방향 교각 공급역량





교축직각방향 교각의 성능곡선 및 수평변위 산정

▪ 변위성능평가 결과

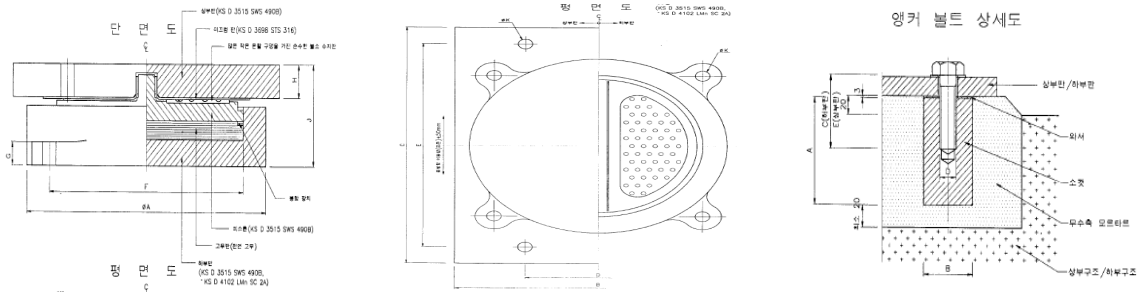
구 분		공급역량 (m)	소요역량 (m)	판 정
교각2	교축방향	2.046	1.447	O.K
	교축직각방향	2.242	1.000	O.K

▪ 전단성능평가 결과

구 분		공급역량 (kN)	소요역량 (kN)	판 정
교각2	교축방향	7,708	4,142	O.K
	교축직각방향	8,347	4,083	O.K

6.2.6 받침부 내진성능평가

① 교대 1 받침본체 규격

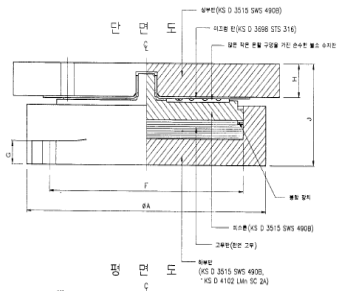


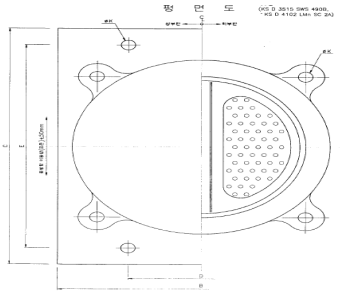
구분 (구조계산서 기준)		길이	단위	
C	=	540	mm	받침 교축방향 폭 (하판)
B	=	540	mm	받침 교축직각방향 폭 (하판)
da	=	105	mm	받침부 앵커소켓 직경
db	=	42	mm	받침부 앵커볼트 직경
hef	=	360	mm	받침부 앵커근입 깊이
SL	=	450	mm	받침 교축방향 앵커간격
ST	=	450	mm	받침 교축직각방향 앵커간격
앵커개수	=	2 X 2	EA	

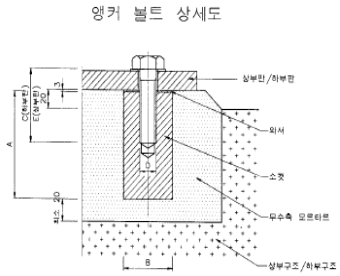
▪ 교대 1 받침부 내진성능평가 결과

구분	교축직각방향			
	공급역량	소요역량	판정	
받침본체	1,500	2,248	0.667	N.G
앵커볼트-앵커강재파괴	4,766	2,248	2.120	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	1,479	2,248	0.658	N.G
앵커볼트-프라이아웃파괴	1,679	2,248	0.747	N.G

② 교각 1 받침본체 규격





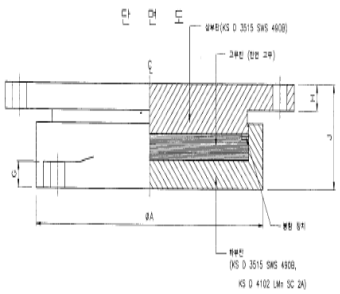


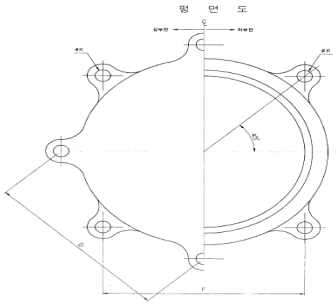
구분 (구조계산서 기준)		길이	단위	
C	=	800	mm	받침 교축방향 폭 (하판)
B	=	800	mm	받침 교축직각방향 폭 (하판)
da	=	160	mm	받침부 앵커소켓 직경
db	=	64	mm	받침부 앵커볼트 직경
hef	=	550	mm	받침부 앵커근입 깊이
SL	=	670	mm	받침 교축방향 앵커간격
ST	=	670	mm	받침 교축직각방향 앵커간격
앵커개수	=	2 X 2	EA	

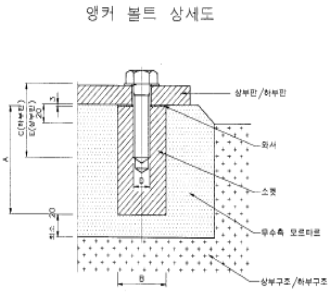
▪ 교각 1 받침부 내진성능평가 결과

구분	교축직각방향			
	공급역량	소요역량	판정	
받침본체	3,000	6,423	0.467	N.G
앵커볼트-앵커강재파괴	11,066	6,423	1.723	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	2,075	6,423	0.323	N.G
앵커볼트-프라이아웃파괴	3,123	6,423	0.486	N.G

③ 교각 2 받침본체 규격







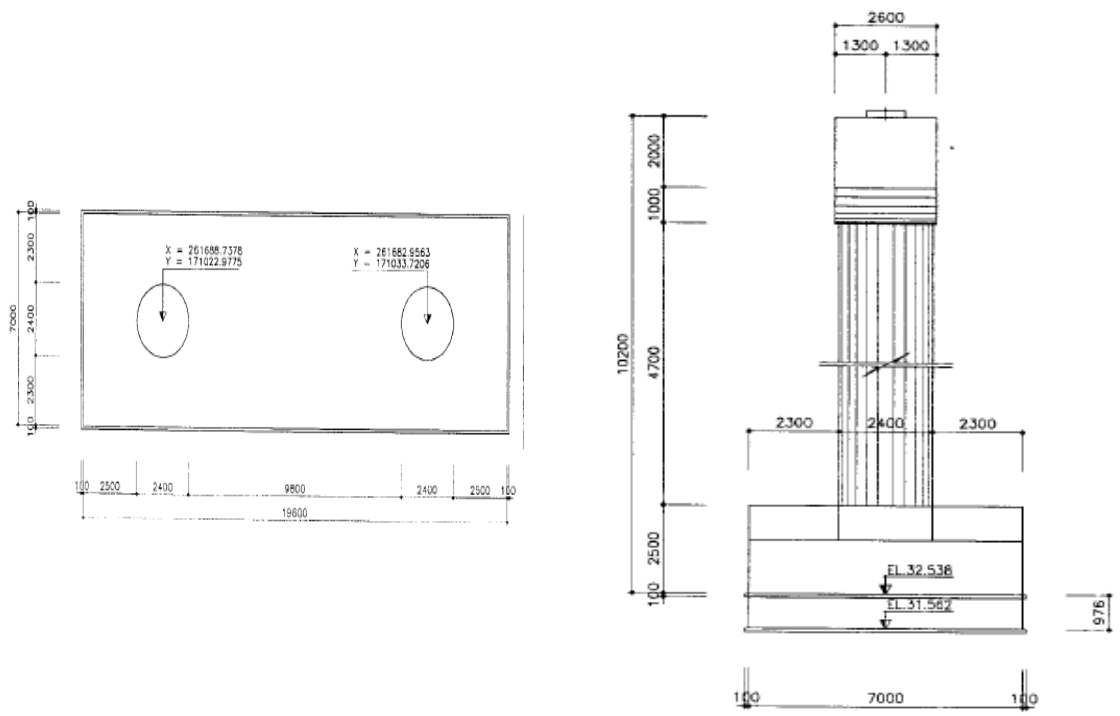
구분 (구조계산서 기준)		길이	단위	
C	=	880	mm	받침 교축방향 폭 (하판)
B	=	880	mm	받침 교축직각방향 폭 (하판)
da	=	160	mm	받침부 앵커소켓 직경
db	=	64	mm	받침부 앵커볼트 직경
hef	=	550	mm	받침부 앵커근입 깊이
SL	=	730	mm	받침 교축방향 앵커간격
ST	=	730	mm	받침 교축직각방향 앵커간격
앵커개수	=	2 X 2	EA	

▪ 교각 2 받침부 내진성능평가 결과

구분	교축방향			
	공급역량	소요역량	판정	
받침본체	9,800	5,781	1.695	O.K
앵커볼트-앵커강재파괴	11,066	1,445	7.657	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	15,283	5,781	2.644	O.K
앵커볼트-프라이아웃파괴	3,287	1,445	2.274	O.K

구분	교축직각방향			
	공급역량	소요역량	판정	
받침본체	4,000	7,416	0.539	N.G
앵커볼트-앵커강재파괴	11,066	7,416	1.492	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	2,082	7,416	0.281	N.G
앵커볼트-프라이아웃파괴	3,287	7,416	0.443	N.G

6.2.7 기초부 내진성능평가

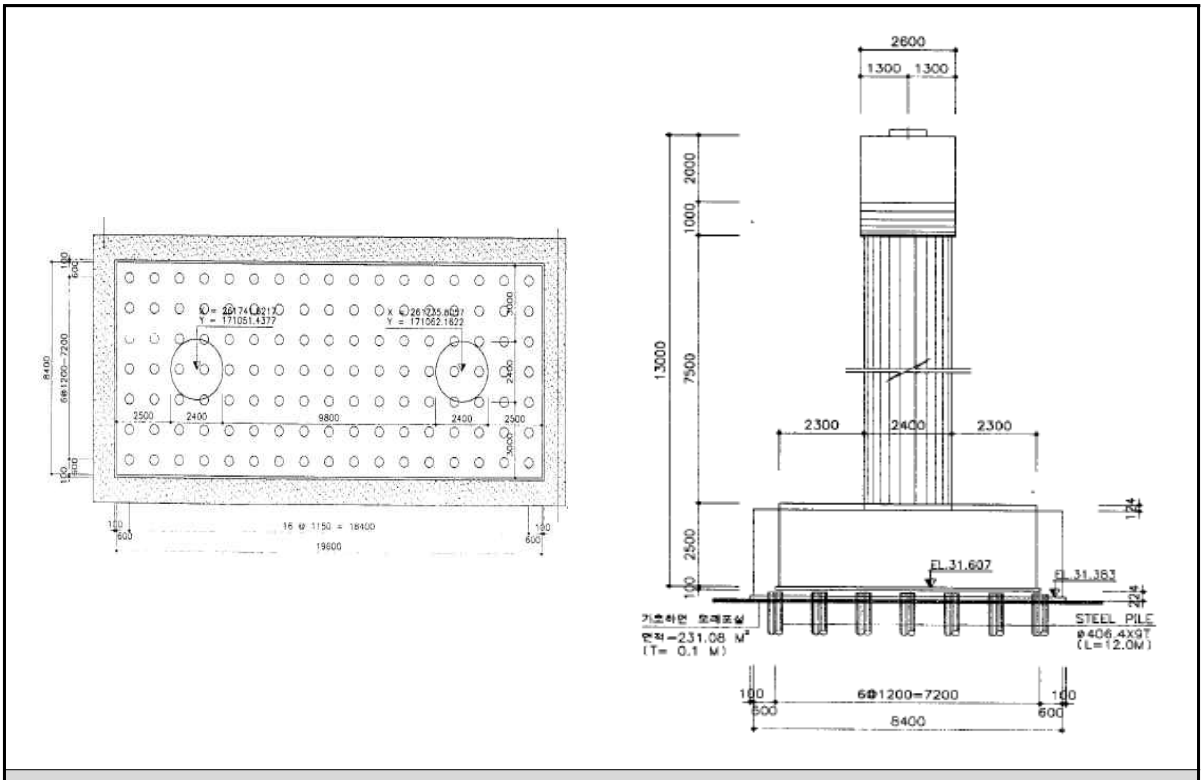


기초부 검토 제원

① 교각 1 기초부 검토

▪ 기초부 내진성능평가 결과

구분		방향	공급역량	소요역량	판정	
안정성 검토	전도	교축	2.800	0.554	5.058	O.K
		교직	7.840	1.106	7.088	O.K
	지지력	교축	16.220	2.000	8.110	O.K
		교직	36.829	2.000	18.415	O.K
	활동	교축	10.584	1.200	8.820	O.K
		교직	2.923	1.200	2.436	O.K
단면 검토	휨	교축	56,209	14,270	3.939	O.K
		교직	19,465	14,112	1.379	O.K
	전단	교축	38,408	6,068	6.329	O.K
		교직	13,717	7,609	1.803	O.K



기초부 검토 제원

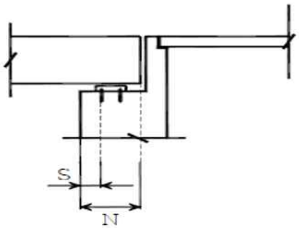
② 교각 2 기초부 검토

▪ 기초부 내진성능평가 결과

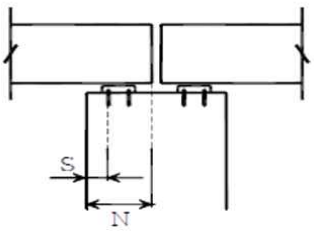
구분		방향	공급역량	소요역량	판정	
안정성 검토	수평변위	교축	15.000	0.565	26.548	O.K
		교직	15.000	0.405	37.044	O.K
	연직 압축지지력	교축	3,036.1	742.3	4.090	O.K
		교직	3,036.1	474.4	6.400	O.K
	연직 인발지지력	교축	549.6	71.8	7.659	O.K
		교직	549.6	0.0	-	O.K
말뚝 응력 검토	휨인장응력	교축	210.0	68.6	3.062	O.K
		교직	210.0	6.3	33.305	O.K
	휨압축응력	교축	210.0	102.2	2.056	O.K
		교직	210.0	102.8	2.043	O.K
	휨전단응력	교축	120.0	5.6	21.478	O.K
		교직	120.0	7.9	15.204	O.K
단면 검토	휨	교축	111,012	37,320	2.975	O.K
		교직	46,982	10,008	4.694	O.K
	전단	교축	38,408	19,166	2.004	O.K
		교직	16,461	4,673	3.523	O.K

6.2.8 받침 지지길이 평가 결과

낙교방지를 위한 받침지지 길이는 교각 및 교대의 거더 단부끝단까지의 거리로서 현장조사 및 설계도면을 통해 산정하였다.



교대



교각

구 분		공급역량	소요역량	안전율	평가	내진보강
교 대 1	N(㎜)	1,250	549	2.280	O.K	불필요

6.2.9 종합결론

본 교량의 경우 상부는 Steel Box Girder교, 하부는 다주식교각, 교좌장치로는 포트받침이 적용되어 있다. 현재 시행 되고 있는 내진성능평가 요령에 따라 내진성능평가를 수행하였으며, 이에 따른 결과는 다음과 같다.

내진성능 검토 대상으로는 교각기둥, 교량받침부, 교각기초부, 지지길이를 평가하였으며 평가 결과, 교각 및 교대의 받침부에서 내진성능이 만족하지 못한 것으로 검토된다, 따라서 추후 보강방안이 필요할 것으로 판단된다.

6.3 내진성능평가(안심방향)

6.3.1 교량제원

교 량 명 : 가천교(안심방향)

교량등급 : 1등급(DB-24)

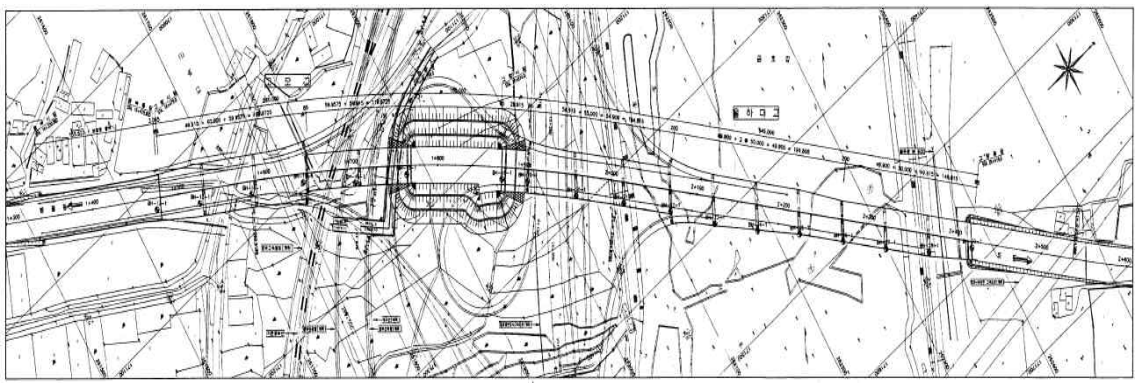
교량형식 : Steel Box Girder교

교　　장 : 50.0+60.0+60.0+2@60.0=290.0m

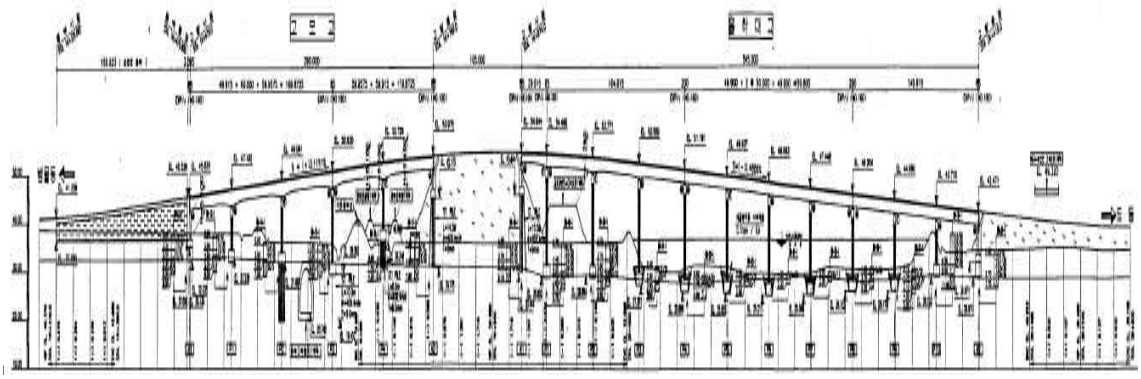
교 량 폭 : B = 18.554~25.940m(교량1 : 170.0m) / B = 14.450m(교량2 : 120.0m)

하부콘크리트강도 : 24 MPa

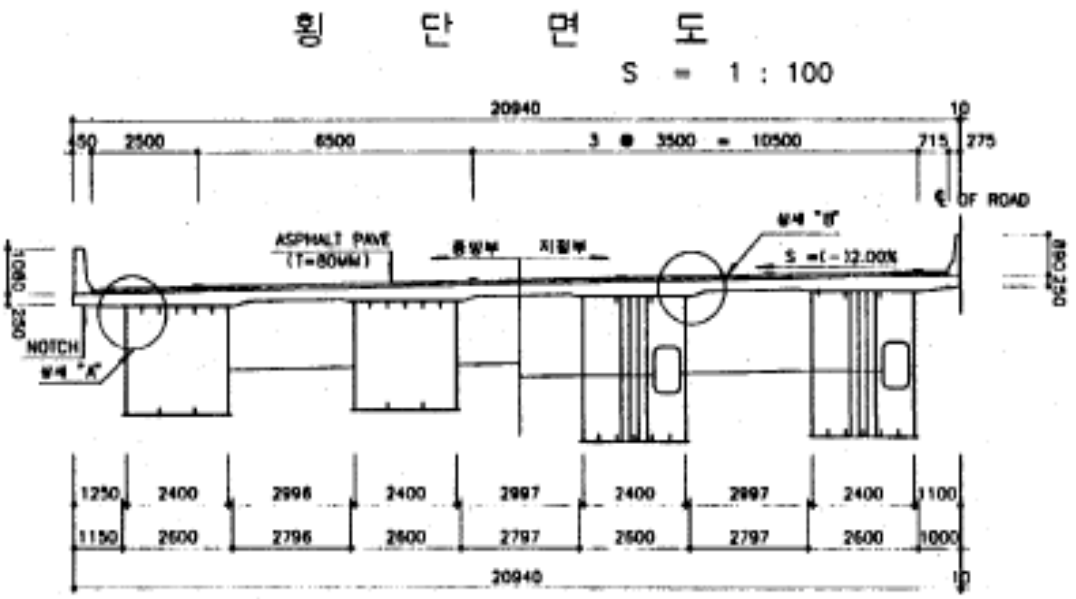
하부철근강도 : 300 MPa



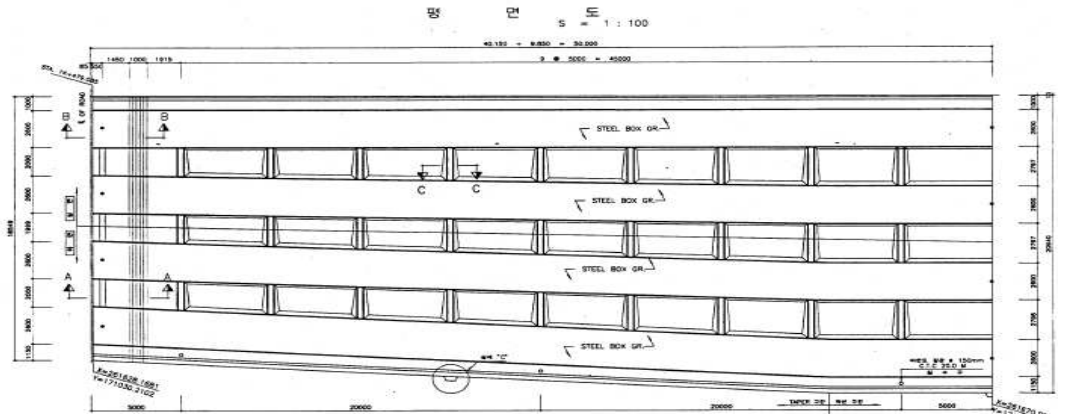
<그림 6.14>가천교(안심방향) 평면도



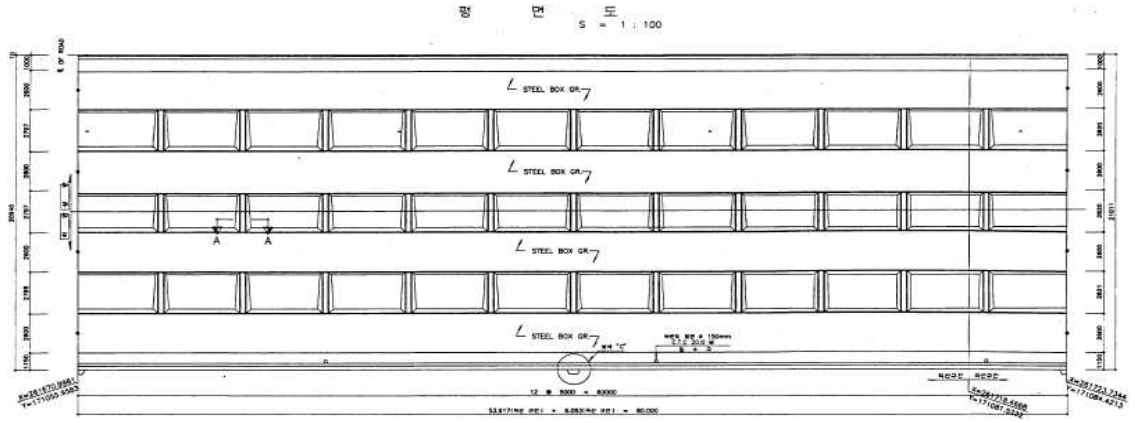
<그림 6.15>가천교(안심방향) 종단면도



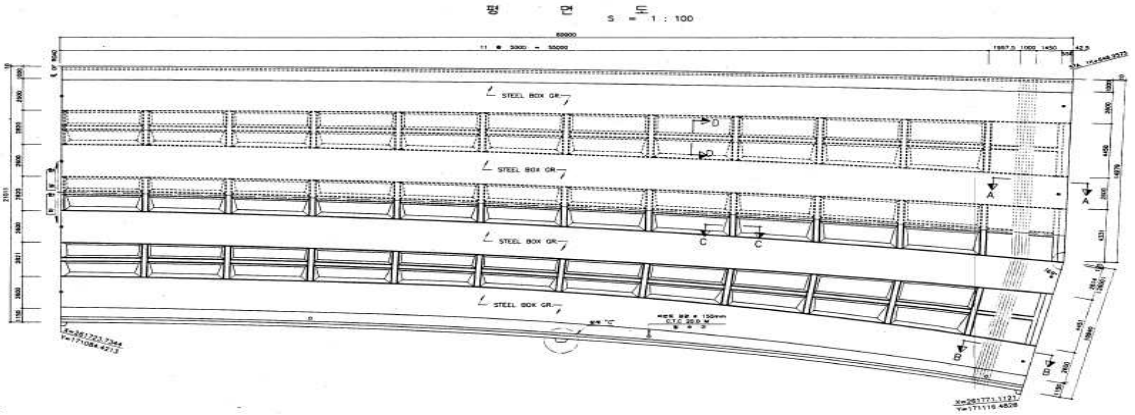
<그림 6.16>가천교(안심방향) 횡단면도



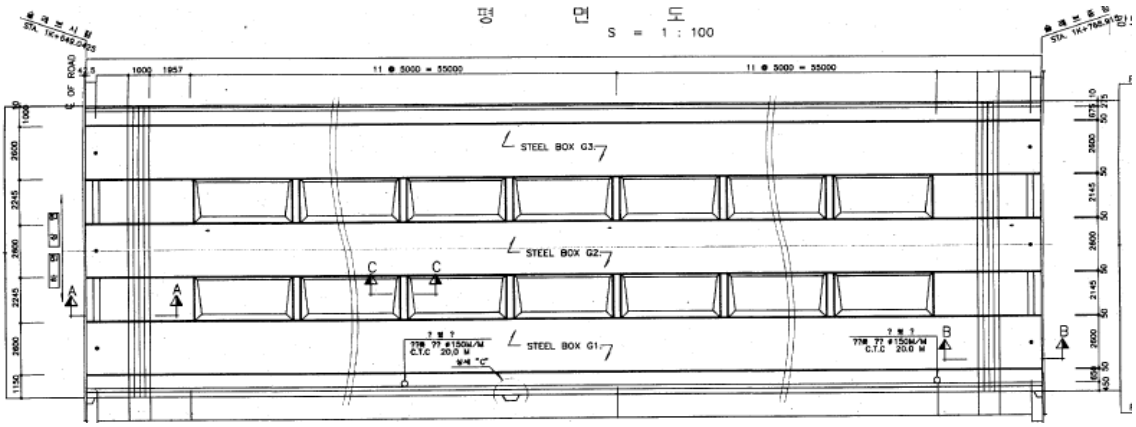
<그림 6.17>가천교(안심방향) 상부 일반도(1)



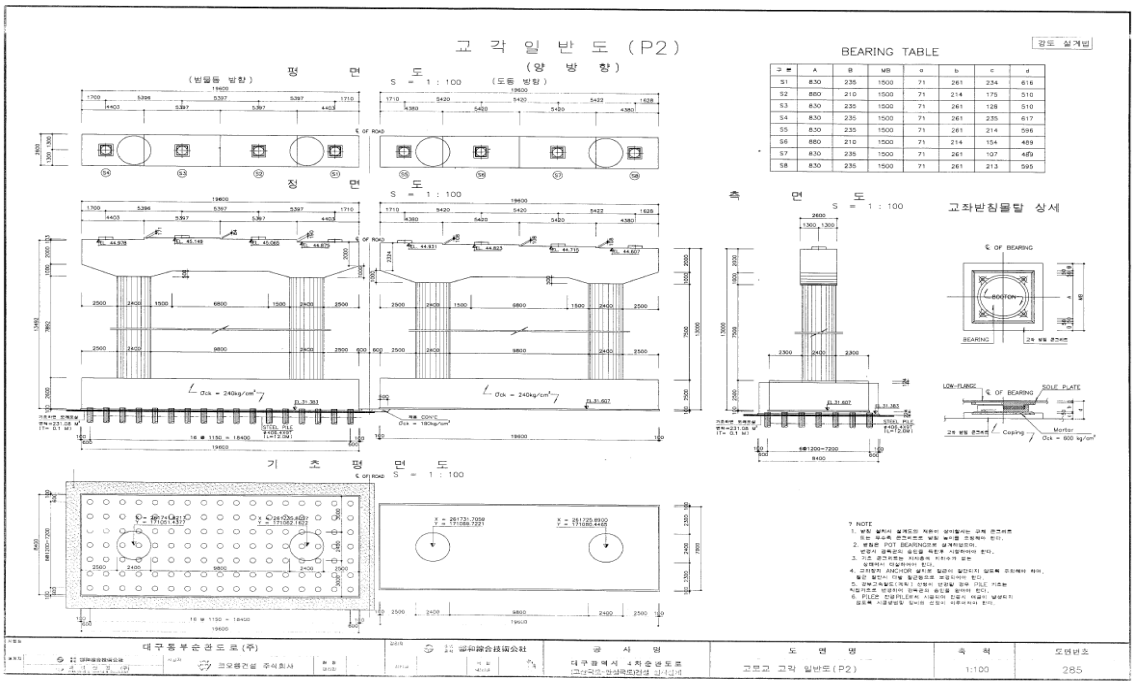
<그림 6.18>가천교(안심방향) 상부 일반도(2)



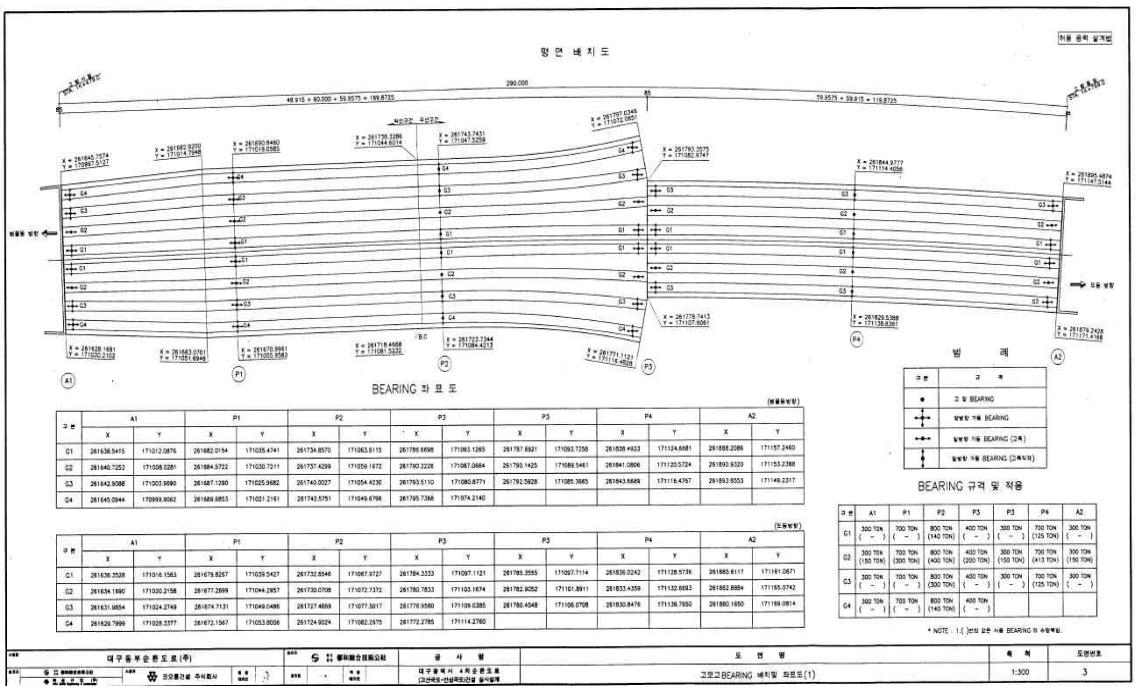
<그림 6.19>가천교(안심방향) 상부 일반도(3)



<그림 6.20>가천교(안심방향) 상부 일반도(4)



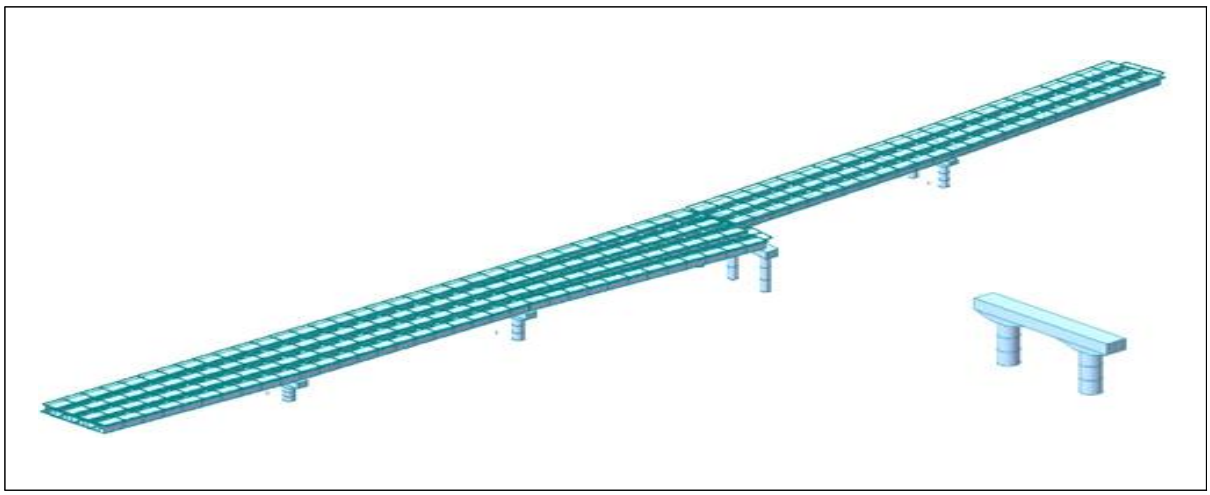
<그림 6.21>가천교(안심방향) 교각 일반도



<그림 6.22>가천교(안심방향) 교량받침 배치도

6.3.2 구조해석 모델

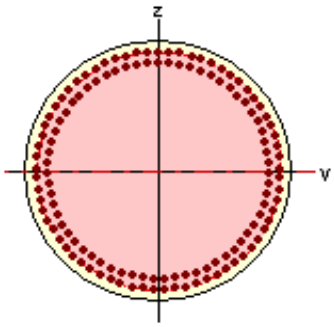
교량 상부구조의 모델링은 상부구조의 도심과 주형하단까지는 강체연결(Rigid link)로 주형하단에서 교각상단까지는 교량받침의 배치를 고려하여 변위에 대한 자유도를 연결한다. 또한, 받침종류에 따라서 적절한 내진저항 능력을 반영할 수 있도록 탄성연결 또는 비선형 강성연결 기능을 적용 한다. 해석프로그램은 MIDAS Civil을 이용하였다.



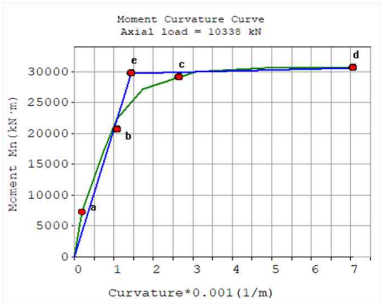
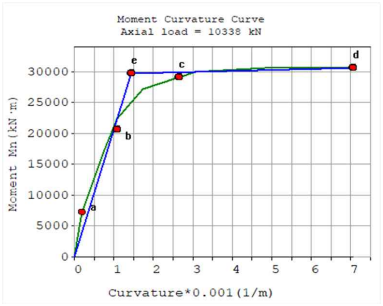
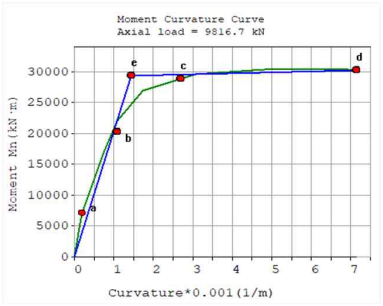
<그림 6.23>가천교(안심방향) 교량 구조해석 모델링

6.3.3 모멘트-곡률 해석

교각의 최대 휨모멘트가 발생하는 단부구역(소성힌지구역)에 축방향 철근의 겹침이음 상태에 따라 연성능력이 크게 변화한다. 이를 모멘트-곡률 해석에서 반영하기 위해서는 겹침여부를 판정하여 겹침이음 비율에 따라 콘크리트 극한변형률 및 이에 따른 변위연성도를 제한하여야 한다.

구 분	특 성	단 면 형 상
εco:콘크리트의 최대변형률	0.002	
εcu: 콘크리트의 극한변형률	0.004	
f′c=f′cc: 콘크리트 압축 강도	24	
εy: 항복변형률	0.00150	
εsh: 경화시 변형률	0.0115	
εsu: 극한시 변형률	0.125	
fsy: 항복강도	300	
fsu: 극한강도	440	

① P1 교각의 모멘트-곡률 곡선

		
교축방향 모멘트-곡률 해석	교축직각방향(하단) 모멘트-곡률 해석	교축직각방향(상단) 모멘트-곡률 해석

▪ 교축방향 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN{\cdot}m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	20,599	0.001083	$M_{yi}^{L}, \varnothing_{yi}^{L}$
항복시	29,649	0.001439	$M_{y}^{L}, \varnothing_{y}^{L}$
극한시	30,546	0.007054	$M_{u}^{L}, \varnothing_{u}^{L}$

▪ 교축직각방향(하단) 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN{\cdot}m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	20,593	0.001082	$M_{yi}^{L}, \varnothing_{yi}^{L}$
항복시	29,648	0.001438	$M_{y}^{L}, \varnothing_{y}^{L}$
극한시	30,539	0.007054	$M_{u}^{L}, \varnothing_{u}^{L}$

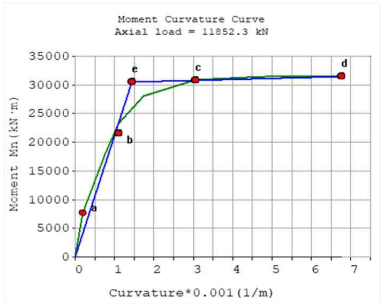
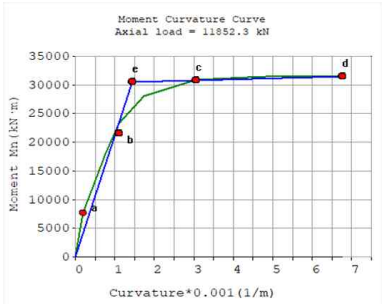
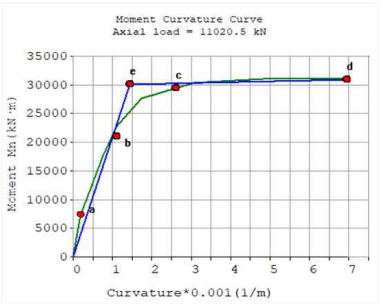
▪ 교축직각방향(상단) 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN{\cdot}m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	20,277	0.001075	$M_{yi}^{L}, \varnothing_{yi}^{L}$
항복시	29,350	0.001435	$M_{y}^{L}, \varnothing_{y}^{L}$
극한시	30,228	0.007144	$M_{u}^{L}, \varnothing_{u}^{L}$

▪ 유효강성 산정

구 분	Scale	Ig (m4)	적용 유효강성 (m4)
교축방향	0.490	1.629	0.798
교축직각방향	0.490	1.629	0.799

② P2 교각의 모멘트-곡률 곡선

		
교축방향 모멘트-곡률 해석	교축직각방향(하단) 모멘트-곡률 해석	교축직각방향(상단) 모멘트-곡률 해석

▪ 교축방향 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN{\cdot}m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	21,503	0.001103	$M_{yi}^{L}, \varnothing_{yi}^{L}$
항복시	30,478	0.001447	$M_{y}^{L}, \varnothing_{y}^{L}$
극한시	31,422	0.006757	$M_{u}^{L}, \varnothing_{u}^{L}$

▪ 교축직각방향(하단) 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN{\cdot}m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	21,497	0.001103	$M_{yi}^{L}, \varnothing_{yi}^{L}$
항복시	30,481	0.001447	$M_{y}^{L}, \varnothing_{y}^{L}$
극한시	31,430	0.006755	$M_{u}^{L}, \varnothing_{u}^{L}$

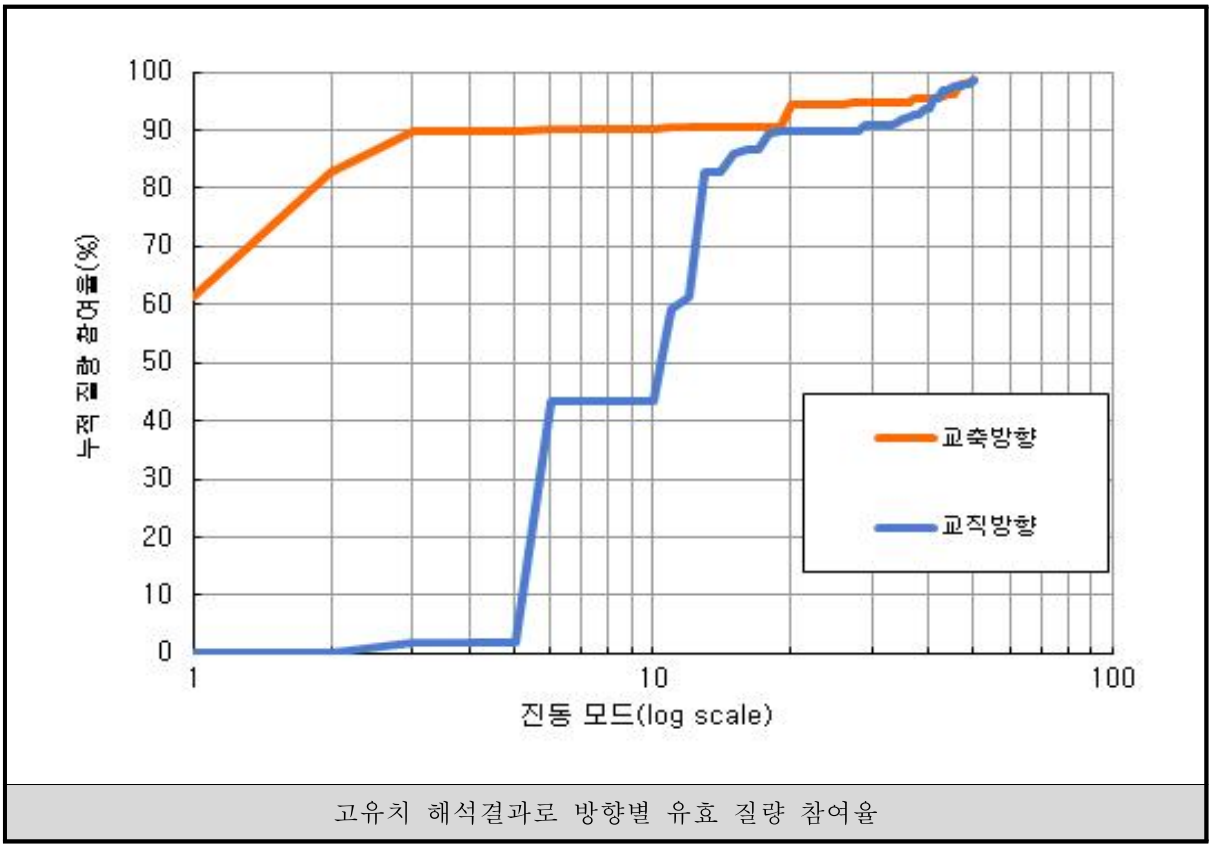
▪ 교축직각방향(상단) 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN{\cdot}m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	21,002	0.001092	$M_{yi}^{L}, \varnothing_{yi}^{L}$
항복시	30,035	0.001443	$M_{y}^{L}, \varnothing_{y}^{L}$
극한시	30,981	0.006947	$M_{u}^{L}, \varnothing_{u}^{L}$

▪ 유효강성 산정

구 분	Scale	Ig (m4)	적용 유효강성 (m4)
교축방향	0.501	1.629	0.816
교축직각방향	0.501	1.629	0.816

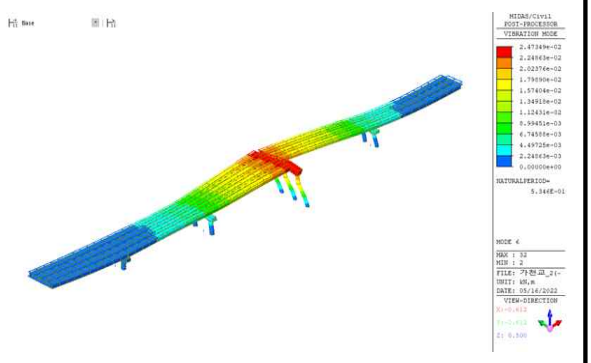
6.3.4 지진해석결과



고유치 해석결과로 방향별 유효 질량 참여율

① 주요 모드 형상 (Mode Shape)

교축방향 T = 1.3730 (1Mode)



교축직각방향 T = 0.5347 (6Mode)

② 대표 검토 교각 부재력 집계

▪ 교각 1

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	9,816.7		9,816.7	
하단축력(kN)	10,338.0		10,338.0	
상단변위(mm)	5.0	0.2	0.2	2.0
상단전단력(kN)	864.4	156.4	30.3	3,384.4
하단전단력(kN)	903.2	159.0	35.7	3,407.6
상단모멘트(kN·m)	1,654.7	358.5	63.3	7,779.5
하단모멘트(kN·m)	5,787.1	378.0	193.2	8,182.8

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	9,816.7		9,816.7	
하단축력(kN)	10,338.0		10,338.0	
상단변위(mm)	5.1	0.8	1.7	2.1
상단전단력(kN)	873.5	1,171.8	289.6	3,431.3
하단전단력(kN)	914.0	1,181.3	306.7	3,455.3
상단모멘트(kN·m)	1,673.7	2,692.4	559.7	7,887.0
하단모멘트(kN·m)	5,845.0	2,832.8	1,929.3	8,296.2

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	9,816.7		9,816.7	
하단축력(kN)	10,338.0		10,338.0	
상단변위(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0
상단전단력(kN)	0.0	14.5	0.0	14.5
하단전단력(kN)	0.0	14.5	0.0	14.5
상단모멘트(kN·m)	1.2	36.7	1.2	36.7
하단모멘트(kN·m)	1.2	31.4	1.2	31.4

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	9,816.7	9,816.7	P
하단축력(kN)	10,338.0	10,338.0	Pbot
상단변위(mm)	5.1	2.1	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	873.5	3,445.8	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	914.0	3,469.7	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	1,674.9	7,923.7	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	5,846.3	8,327.5	[ME]comb

▪ 교각 2

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	11,020.5		11,020.5	
하단축력(kN)	11,852.3		11,852.3	
상단변위(mm)	72.9	2.4	3.4	7.7
상단전단력(kN)	4,128.1	439.0	939.8	3,846.7
하단전단력(kN)	4,146.0	441.8	949.8	3,897.9
상단모멘트(kN·m)	12,187.4	1,622.1	3,460.0	14,254.3
하단모멘트(kN·m)	42,546.9	1,681.3	3,903.7	14,814.4

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	11,020.5		11,020.5	
하단축력(kN)	11,852.3		11,852.3	
상단변위(mm)	73.9	4.7	25.3	8.4
상단전단력(kN)	4,410.1	1,593.0	2,178.2	3,978.4
하단전단력(kN)	4,431.0	1,611.2	2,193.6	4,030.4
상단모멘트(kN·m)	13,225.4	5,898.4	7,116.3	14,740.9
하단모멘트(kN·m)	43,718.0	6,125.6	16,667.8	15,318.8

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	11,020.5		11,020.5	
하단축력(kN)	11,852.3		11,852.3	
상단변위(mm)	0.1	0.1	0.1	0.1
상단전단력(kN)	36.1	47.8	36.1	47.8
하단전단력(kN)	36.1	47.8	36.1	47.8
상단모멘트(kN·m)	126.4	181.9	126.4	181.9
하단모멘트(kN·m)	145.9	176.7	145.9	176.7

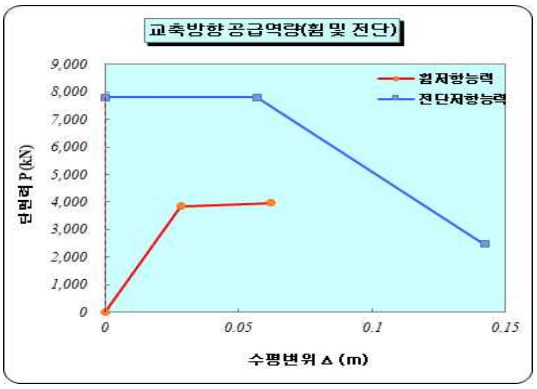
4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	11,020.5	11,020.5	P
하단축력(kN)	11,852.3	11,852.3	Pbot
상단변위(mm)	74.1	8.5	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	4,446.2	4,026.2	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	4,467.1	4,078.2	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	13,351.8	14,922.8	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	43,863.9	15,495.5	[ME]comb

6.3.5 교각 기둥부 내진성능평가

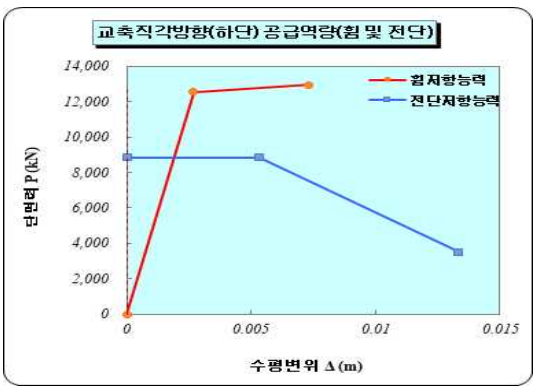
① 교각 1 공급역량 및 평가결과

▪ 교축방향 교각 공급역량



교축방향 교각의 성능곡선 및 수평변위 산정

▪ 교축직각방향 교각 공급역량



교축직각방향 교각의 성능곡선 및 수평변위 산정

▪ 변위성능평가 결과

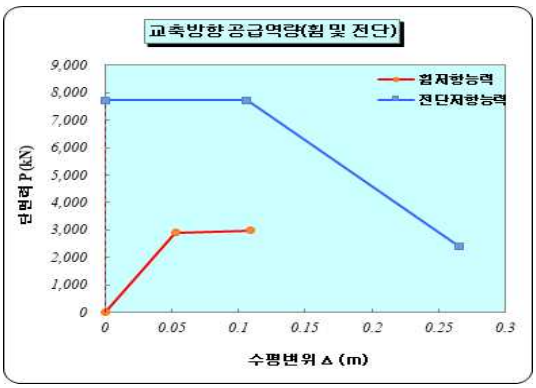
구 분		공급역량 (m)	소요역량 (m)	판 정
교각1	교축방향	2.188	1.000	O.K
	교축직각방향	1.000	1.000	O.K

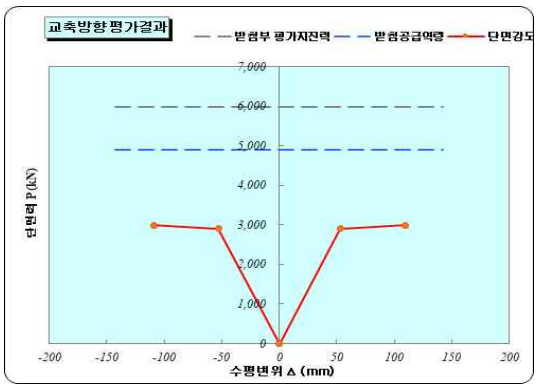
▪ 전단성능평가 결과

구 분		공급역량 (kN)	소요역량 (kN)	판 정
교각1	교축방향	7,801	914	O.K
	교축직각방향	8,841	3,470	O.K

② 교각 2 공급역량 및 평가결과

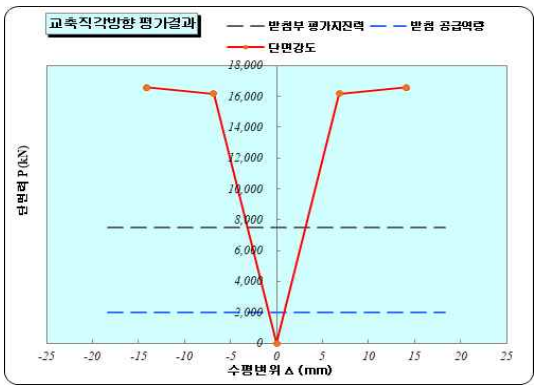
▪ 교축방향 교각 공급역량





교축방향 교각의 성능곡선 및 수평변위 산정

▪ 교축직각방향 교각 공급역량



교축직각방향 교각의 성능곡선 및 수평변위 산정

▪ 변위성능평가 결과

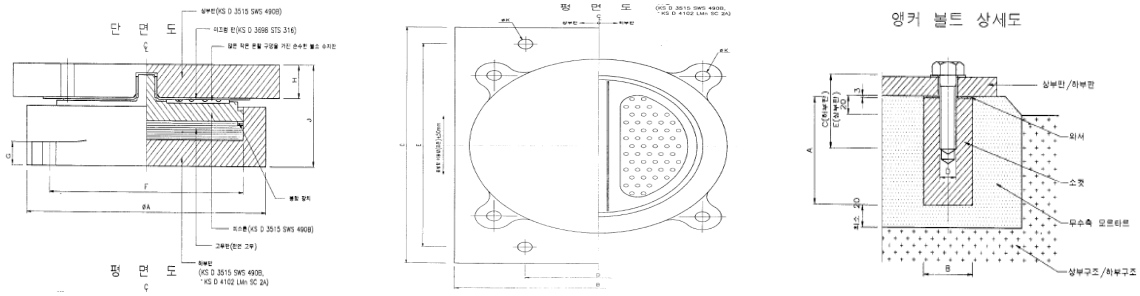
구 분		공급역량 (m)	소요역량 (m)	판 정
교각2	교축방향	2.058	1.479	O.K
	교축직각방향	2.065	1.000	O.K

▪ 전단성능평가 결과

구 분		공급역량 (kN)	소요역량 (kN)	판 정
교각2	교축방향	7,720	4,467	O.K
	교축직각방향	8,395	4,078	O.K

6.3.6 받침부 내진성능평가

① 교대 1 받침본체 규격

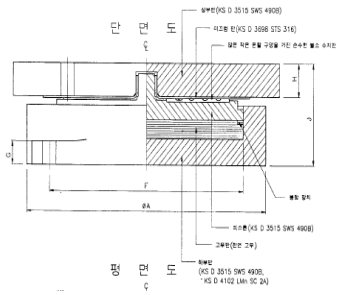


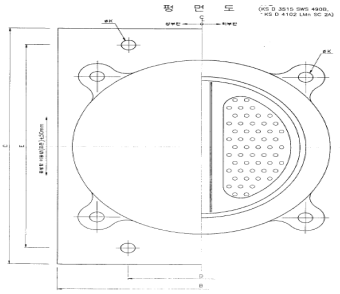
구분 (구조계산서 기준)		길이	단위	
C	=	540	mm	받침 교축방향 폭 (하판)
B	=	540	mm	받침 교축직각방향 폭 (하판)
da	=	105	mm	받침부 앵커소켓 직경
db	=	42	mm	받침부 앵커볼트 직경
hef	=	360	mm	받침부 앵커근입 깊이
SL	=	450	mm	받침 교축방향 앵커간격
ST	=	450	mm	받침 교축직각방향 앵커간격
앵커개수	=	2 X 2	EA	

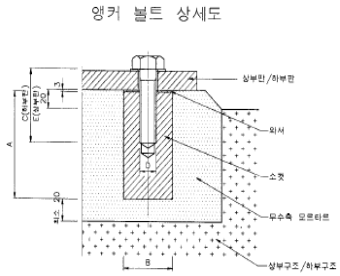
▪ 교대 1 받침부 내진성능평가 결과

구분	교축직각방향			
	공급역량	소요역량	판정	
받침본체	1,500	2,229	0.673	N.G
앵커볼트-앵커강재파괴	4,766	2,229	2.138	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	1,479	2,229	0.664	N.G
앵커볼트-프라이아웃파괴	1,679	2,229	0.753	N.G

② 교각 1 받침본체 규격





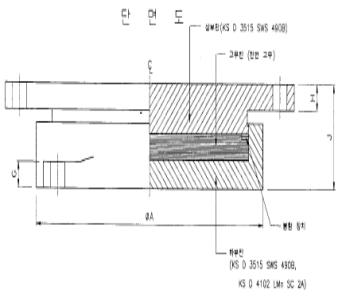


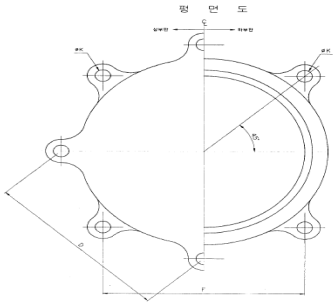
구분 (구조계산서 기준)		길이	단위	
C	=	800	mm	받침 교축방향 폭 (하판)
B	=	800	mm	받침 교축직각방향 폭 (하판)
da	=	160	mm	받침부 앵커소켓 직경
db	=	64	mm	받침부 앵커볼트 직경
hef	=	550	mm	받침부 앵커근입 깊이
SL	=	670	mm	받침 교축방향 앵커간격
ST	=	670	mm	받침 교축직각방향 앵커간격
앵커개수	=	2 X 2	EA	

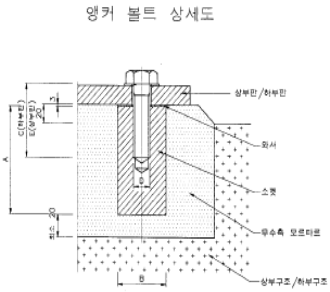
▪ 교각 1 받침부 내진성능평가 결과

구분	교축직각방향			
	공급역량	소요역량	판정	
받침본체	3,000	6,582	0.456	N.G
앵커볼트-앵커강재파괴	11,066	6,582	1.681	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	2,075	6,582	0.315	N.G
앵커볼트-프라이아웃파괴	3,123	6,582	0.474	N.G

③ 교각 2 받침본체 규격







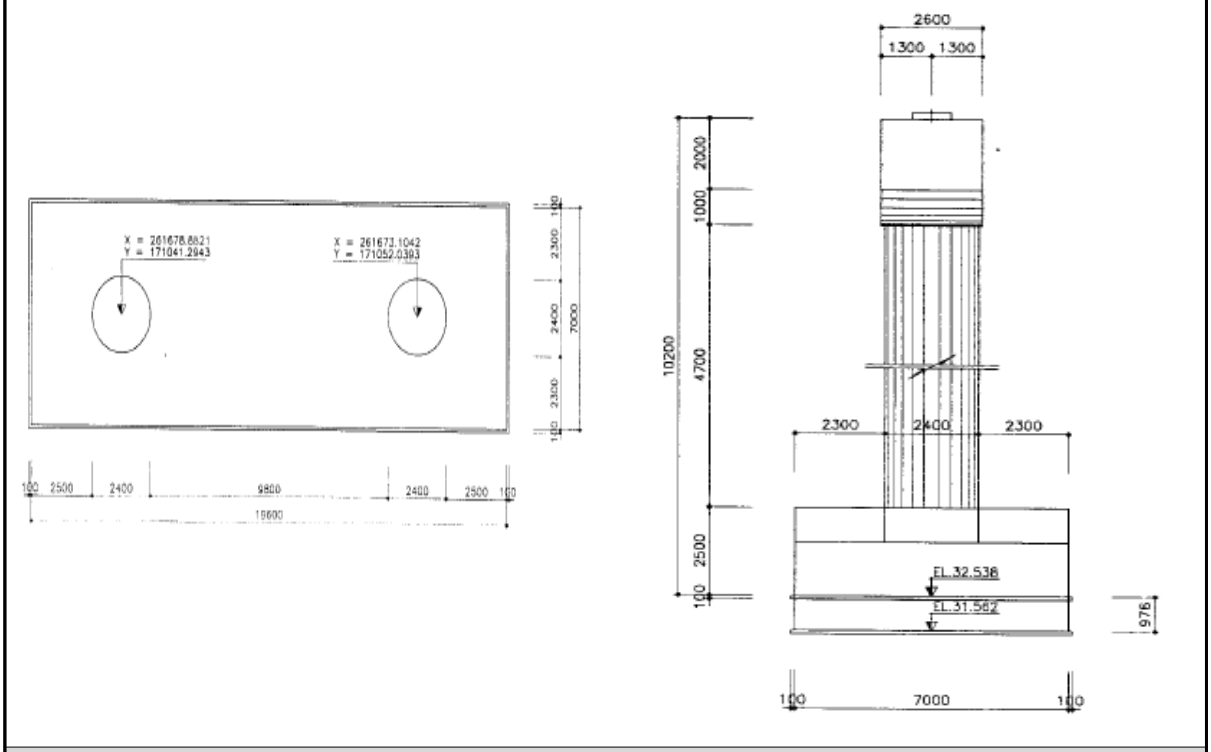
구분 (구조계산서 기준)		길이	단위	
C	=	880	mm	받침 교축방향 폭 (하판)
B	=	880	mm	받침 교축직각방향 폭 (하판)
da	=	160	mm	받침부 앵커소켓 직경
db	=	64	mm	받침부 앵커볼트 직경
hef	=	550	mm	받침부 앵커근입 깊이
SL	=	730	mm	받침 교축방향 앵커간격
ST	=	730	mm	받침 교축직각방향 앵커간격
앵커개수	=	2 X 2	EA	

▪ 교각 2 받침부 내진성능평가 결과

구분	교축방향			
	공급역량	소요역량	판정	
받침본체	9,800	5,985	1.637	O.K
앵커볼트-앵커강재파괴	11,066	1,496	7.396	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	15,283	5,985	2.554	O.K
앵커볼트-프라이아웃파괴	3,287	1,496	2.197	O.K

구분	교축직각방향			
	공급역량	소요역량	판정	
받침본체	4,000	7,468	0.536	N.G
앵커볼트-앵커강재파괴	11,066	7,468	1.482	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	2,082	7,468	0.279	N.G
앵커볼트-프라이아웃파괴	3,287	7,468	0.440	N.G

6.3.7 기초부 내진성능평가

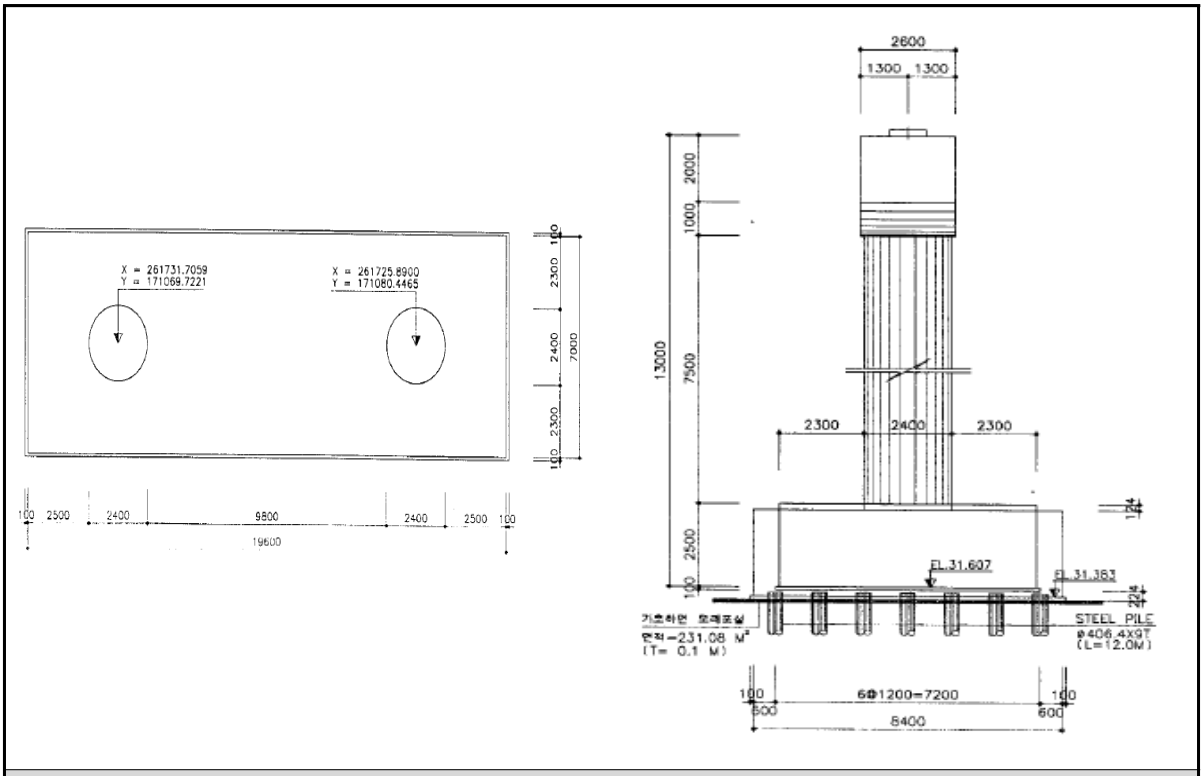


기초부 검토 제원

① 교각 1 기초부 검토

▪ 기초부 내진성능평가 결과

구분		방향	공급역량	소요역량	판정	
안정성 검토	전도	교축	2.800	0.487	5.749	O.K
		교직	7.840	1.018	7.699	O.K
	지지력	교축	17.145	2.000	8.573	O.K
		교직	38.134	2.000	19.067	O.K
	활동	교축	10.960	1.200	9.133	O.K
		교직	2.887	1.200	2.406	O.K
단면 검토	휨	교축	56,209	13,492	4.166	O.K
		교직	19,465	13,889	1.401	O.K
	전단	교축	38,408	5,726	6.707	O.K
		교직	13,717	7,459	1.839	O.K



기초부 검토 제원

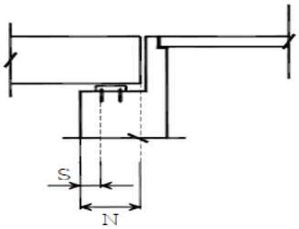
② 교각 2 기초부 검토

▪ 기초부 내진성능평가 결과

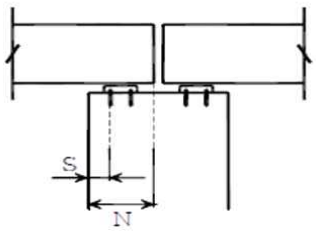
구분		방향	공급역량	소요역량	판정	
안정성 검토	전도	교축	2.800	2.122	1.319	O.K
		교직	7.840	1.401	5.594	O.K
	지지력	교축	4.577	2.000	2.288	O.K
		교직	31.073	2.000	15.537	O.K
	활동	교축	3.675	1.200	3.063	O.K
		교직	2.697	1.200	2.247	O.K
단면 검토	휨	교축	56,209	36,685	1.532	O.K
		교직	19,465	16,178	1.203	O.K
	전단	교축	38,408	16,311	2.355	O.K
		교직	13,717	8,817	1.556	O.K

6.3.8 받침 지지길이 평가 결과

낙교방지를 위한 받침지지 길이는 교각 및 교대의 거더 단부끝단까지의 거리로서 현장조사 및 설계도면을 통해 산정하였다.



교대



교각

구 분		공급역량	소요역량	안전율	평가	내진보강
교 대 1	N(㎜)	1,250	545	2.296	O.K	불필요

6.3.9 종합결론

본 내진성능평가의 경우 “ 기존시설물(교량) 내진성능평가 요령·해설(2019. 국토교통부, 한국시설안전공단)”및 “KDS 17 10 00 : 2018 (내진설계 일반)”따라 수행하였으며, 금회 내진성능평가 수행 시 강화된 내진설계기준에 미달된 기존 공공시설물의 내진보강을 통한 주요 시설의 내진성능 확보로 지진발생시 피해를 저감하는 등 공공의 안전을 확보하고자 하는데 있으며, 내진성능평과 결과 다음과 같다.

상부형식은 Steel Box Girder, 하부형식은 다주식의 콘크리트 교각으로 구성되어 있으며, 상부 구조와 하부 구조물의 연결구조의 경우 포트받침 형태로 적용되어 있다. 내진성능평가 결과 받침부 교축직각방향에서 내진성능이 부족한 것으로 나타났으며, 이에 따라 보강 안을 제시하고자 한다.

- 받침기능을 보완하여 내진보강을 확보할 수 있는 “1안-받침형 전단키”
- 시설물 유지 및 내진보강 방안을 동시에 진행할 수 있는 “2안-탄성받침”

따라서, 본 보강 안은 추후“교량 내진보강 실시설계”시 해당 구조물의 상태와 여건을 종합적으로 판단하여 공법을 선정 후 공용 중에 불편 없이 보강설계를 진행하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

6.4 내진성능 보강방안

6.4.1 개요

전 세계적으로 대규모 지진에 의한 국가 주요 시설물의 붕괴, 동반되는 인명피해, 노선상 중요한 교량의 기능상실을 최소화 하는 것이 사회적 관심으로 대두되었다. 이에 따라 국내에 준공되어 공용되고 있는 교량 중 내진설계가 되지 않은 교량의 내진성능 향상은 사회·경제적으로 매우 중요한 문제이다. 기존 교량에 대한 내진보강수준에 대해서는 아직까지 정립된 기준이 없으며, 내진성능 향상은 기술적·경제적으로 많은 어려움이 예상된다. 내진성능 향상은 사회기반시설로서의 역할을 고려할 때 꼭 필요한 것이나 내진보강의 범위와 대상시설물이 많기 때문에 단기간에 이루어 질 수 없는 것이 현실이다.

지진발생이 예상되는 지역에서는 지진에 취약한 교량을 선정하여 지진에 의한 피해를 검토하여 지진재해를 줄이기 위한 계획을 실시하는 것이 중요하며, 현재 위험성을 줄이는 방법으로서 교량의 내진보강이 있다.

교량의 내진성능 향상방안은 교량 구조요소의 개별적인 보강에 의한 내진성능 향상방법과 지진 보호장치에 의한 교량시스템의 내진성능 향상방법으로 대별한다. 구조요소의 개별적인 보강은 교량을 구성하는 교각, 받침부(받침지지길이 포함), 교대, 기초 및 지반에 대하여 개별적인 내진성능 향상을 도모하는 것이며, 지진보호장치에 의한 내진성능 향상은 지진격리받침, 감쇠기와 같은 지진보호장치를 도입하여 교량시스템 전체의 내진성능 향상을 도모하는 것이다.

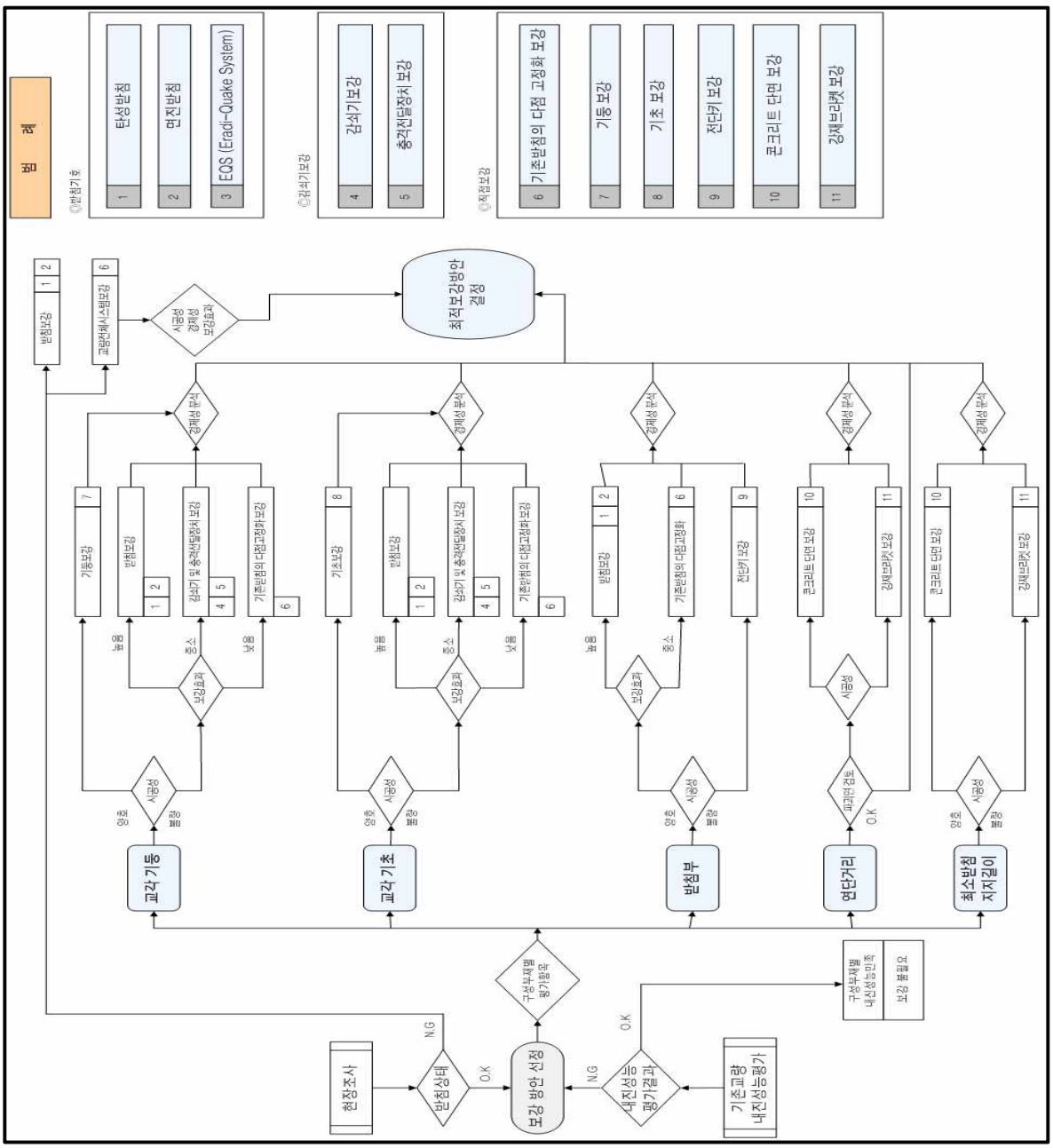
내진성능 향상방법의 선정에 있어서는 내진성능 평가에 의하여 내진성능 향상이 수행되어야 하는 구조요소를 시공성, 경제성, 보강효과 등을 종합적으로 검토하여 합리적인 내진성능 향상이 수행되도록 한다. 내진성능 향상을 필요로 하는 구조요소가 소수이고 일반화된 내진성능 향상방법으로 소요 내진성능을 확보하는 것이 가능하고 내진성능 향상된 구조요소에 의하여 다른 구조요소의 내진성능에 악영향을 미치지 않는다면 구조요소의 개별적인 내진성능 향상방법이 바람직할 것이다. 만약, 개별 구조요소의 내진성능에 의하여 교량의 내진성능 확보가 곤란하거나, 시공에 어려움이 있는 경우에는 지진 보호장치에 의한 내진성능 향상을 도모하는 것이 합리적이게 된다. 경우에 따라서는 이들 내진성능 방법을 적절하게 조합하여 보다 경제적이고 효과적인 내진성능 향상을 도모할 수도 있다.

본 과업에서는 해당 시설물에 요구되는 내진성능 수준과 내진성능 상세평가를 고려하여 내진성능 향상을 위한 기본방향을 제시하였다.

6.4.2 내진보강방안 선정기준 및 절차

내진보강방안의 선정은 앞에서 기술한 내진성능평가방법에 의거하여 현재의 보유역량과 소요역량을 산정하고, 현재 국내에서 사용하는 내진 보강공법을 사용할 경우 내진역량을 만족하기 위한 각 공법의 경제성(재료비 및 설치비), 구조적 효용성, 시공성, 적용성 등을 기준으로 종합평가하여 기존교량에 대한 보강방안을 선정한다.

이를 포함한 일반적인 내진보강공법의 선정을 위한 흐름 및 내진성능향상을 위한 보강공법을 나열하면 다음과 같다.



<그림 6.25>내진보강방안 선정 흐름도

6.4.3 일반적인 보강방안

① 낙교방지

낙교방지장치는 받침 최소지지길이가 확보되지 않아 지진발생시 낙교가 발생할 수 있는 교량에 대해 낙교방지장치를 설치한다.

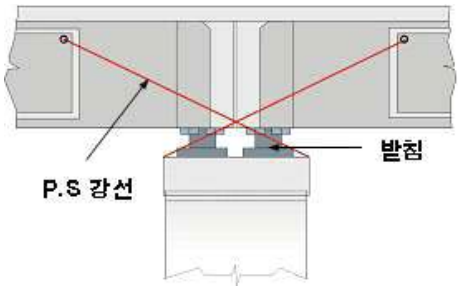
낙교방지장치의 종류는 다음과 같이 상부구조 케이블 구속장치의 사용, 이동제한장치(전단키)의 사용, 받침지지길이 확대 (브라켓 설치)등이 있다.

- 케이블 구속장치

케이블 구속장치는 상부구조 거더와 교각, 거더와 거더를 연결하여 과도한 수평변위를 제한하여 상부구조의 이탈을 억제하는 장치이다.

이 방안은 일본에서 많이 사용되는 장치이나, 일본의 경우는 강교가 대부분이라 상부구조에 연결이 용이하지만, 콘크리트 교량에는 연결하기가 어렵다.

특히 PSC빔 교량에 연결부 설치시 거더의 PSC강선간 간섭으로 시공성이 저하된다.



케이블 구속장치

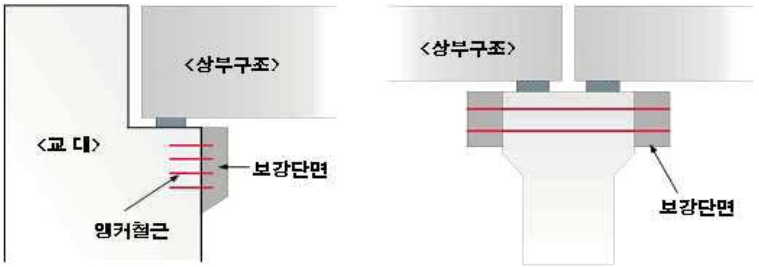
- 이동제한장치

이동제한장치는 거더 또는 교각에 돌기를 설치하여 과도한 수평변위 및 거더 이탈을 억제하는 방법으로 신설교량에는 적합하나, 기존교량의 경우 상부구조와 교각사이의 거더밑 공간이 부족하여 시공성이 불량하다. 또한, 이동제한장치의 경우 상·하부구조와의 충돌에 따른 충격력을 고려하여 고무나 기타 완충재를 설치하여야 한다.

이동제한장치

- 받침지지길이 확대

받침지지길이의 확대는 지진시 받침부가 파손된 경우 콘크리트 및 강재브라켓으로 지지길이를 확대하여 낙교가 발생하지 않도록 하는 방법으로 국내의 일반적인 교량은 교대부나 신축이음부에 설치공간이 확보되어 시공이 용이하며, 유사한 시공실적이 많아 적용 가능하다.



받침지지길이 확대

② 다점고정 및 받침부의 보강방안

- 받침부 보강

받침부 보강 방안은 교량받침이 지진시 큰 수평력을 콘크리트 블록 또는 강재브라켓이 부담하여 교량의 안전을 확보하는 방안이다.

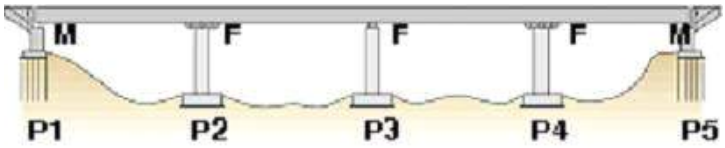
RC슬래브교 및 PSC박스교는 상부구조와 교각사이의 거더밑 공간이 부족하여 시공성 및 소요의 단면력을 확보하기 어려우며, PSCI빔교의 경우 설치공간은 확보되나, 받침주변과 거더부에 천공을 하여야 하므로 시공성 및 유지관리측면에서 불리하다.

받침부 보강

- 다점고정

다점고정 방안은 가동단 교각을 고정단화하여 여러 교각으로 지진력을 분산하는 방안이다.

다점고정을 적용하려면 온도하중 등의 상시하중을 만족할 수 있어야 하므로 교각높이가 20m 이상으로 매우 높은 경우에 적용할 수 있다.



다점 고정

- LUD 설치

LUD는 충격력 전달장치로 지진력에 의한 충격을 가동단으로 분산시키는 장치이다. 구조특성상 다점고정의 역할과 유사하나, 교각높이와 무관하게 온도등 상시하중에 의한 이동이 가능하다.

LUD

③ 교각보강

여러 교량형식 중 특히 일점고정 다경간연속교의 고정단 교각은 중·소규모의 지진시에도 상부구조의 교축방향 관성력이 집중되어 작용하므로 특히 지진에 취약하다.

교각이 외력에 대하여 저항 단면강도를 확보하도록 하는 하중개념 하에서는 지진하중이 큰 경우 상당한 단면크기가 요구된다. 특히 기존교각의 내진성능향상을 위하여 설계지진 규모에 대비한 하중개념에 따른 보강은 소요경비 및 공사의 어려움을 고려하면 비현실적이다.

일반적인 RC교각의 파괴모드는 휨파괴, 휨-전단파괴, 전단파괴로 구별할 수 있다. 휨파괴는 발생 휨모멘트가 부재의 항복강도를 초과하여 소성힌지가 발생한후 추가하중 저항 능력을 상실한 상태에서 계속 변형이 발생하는 파괴모드이다. 휨-전단파괴는 휨항복후 소성힌지부의 전단강도가 저하되어 전단파괴가 발생하는 파괴모드이고 전단파괴는 휨항복 발생전에 작용전단력이 전단강도를 초과하는 경우의 파괴모드로서 급격한 취성파괴가 발생한다. 신설교량의 내진설계시에는 취성적 파괴모드인 전단파괴에 앞서 휨연성 파괴가 발생하도록 유도하고 있다. 또한 휨파괴시 충분한 연성을 확보하기 위하여 교각의 철근량 및 배근상태에 대한 규정을 두고 있다.

이는 교량의 내진설계시 매우 중요한 개념으로서 과거 설계시에는 전혀 고려되지 않은 사항들이다. 따라서 국내 기존 교각들의 보강으로는 단면강도 증대보다는 변형

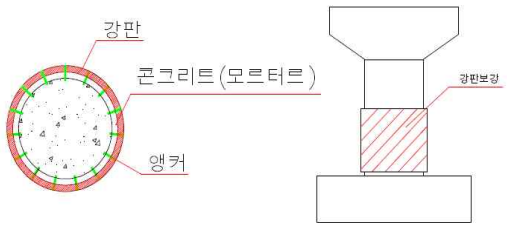
성능 확보를 위한 방안이 효과적이다. 교각단면의 변형성능 확보를 위한 보강방안으로는 강재 또는 복합신소재를 기존교각에 적용하여 콘크리트의 구속효과를 증대시키는 방안을 고려할 수 있다.

RC교각의 내진보강에 있어서는 내진성능평가 결과를 기본으로 하여 보강목적에 따른 적절한 방안을 선정하는 것이 필요하다.

- 강판보강

강판 보강방안은 기존의 교각에 강판을 씌우고 강판과 교각 사이에 무수축모르타르를 충전하여 콘크리트에 구속효과를 증대시킴으로써 소요 변위연성도를 확보하는 공법이다.

강판보강은 기계적 물성이 우수하고, 시공이 간편하며 시공사례가 많은 점, 내충격성이 우수한 장점이 있으나, 도장이 필요하고, 부식방지대책이 필요한 점, 미관 및 시공성이 약한 단점이 있다.



교각부 강판 보강

- 섬유래핑(FRP) 보강

섬유래핑 보강방안은 기존의 교각에 보강섬유를 래핑하고 난연FRP 패널 사이에 수지를 주입하여 콘크리트에 구속효과를 증대시킴으로써 소요 변위연성도를 확보하는 방안이다.

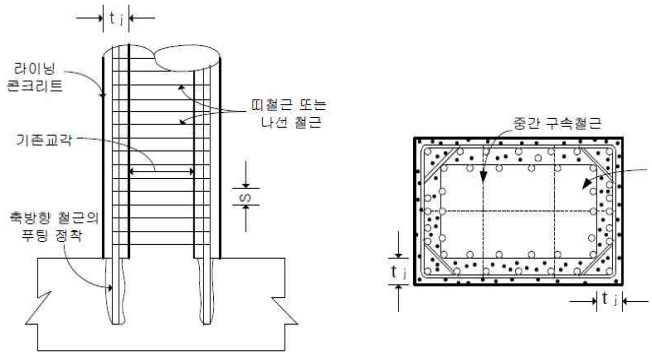
섬유래핑보강은 내구성, 내화학성, 내부식성이 우수하며, 보강섬유의 연속성이 확보되는 장점이 있으나, 전문시공기술자가 필요하며 주입압력관리가 필요한 단점이 있다.

교각부 섬유램핑 보강

- 콘크리트 단면증설 보강

콘크리트 단면증설 보강은 기존의 교각에 보강철근을 배근한 후 콘크리트 단면증설을 하는 보강방안이다.

콘크리트 보강은 기존교각의 콘크리트와 동일재료로 비교적 안정성이 있고 외관 확인 및 재료취급이 용이한 점 등의 장점이 있으나, 보강 후 유수단면적 감소 및 보강 후 하중재분배에 의해 기초의 작용하중이 증가되는 단점이 있다.



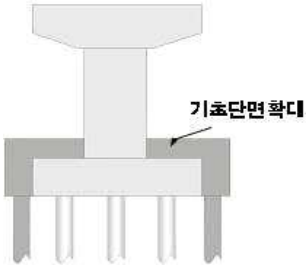
교각부 콘크리트 단면증설 보강

④ 기초 및 지반 보강

기초를 보강하기 위해서는 토공(터파기)작업이 들어가며, 경우에 따라 교통을 통제하여야 하기 때문에 다른 보강에 비해 비용이 많이 든다. 따라서, 국내의 지진규모나 교량특성을 고려하면 기초 및 지반의 보강보다는 상부구조의 지진력을 감소 및 분산시키는 방안이 합리적이다.

- 기초 단면확대 보강

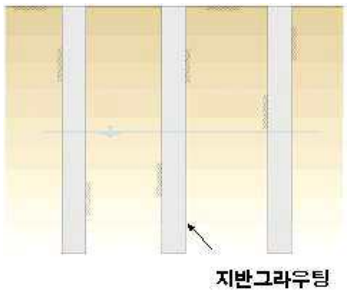
기초 단면확대 보강은 터파기후 기존의 기초에 보강철근을 배근한 후 콘크리트 단면증설을 하는 보강방안이다. 기초단면의 크기가 작아 지진력의 작용시 기초의 전도가 발생하는 경우 기초 단면확대로 안정성을 확보하는 보강으로 지중 및 수중에 위치한 기초를 보강하기 위해 터파기, 가시설 및 물빼기공의 추가 공정이 필요하다.



기초부 단면확대 보강

- 지반보강

지반보강은 단층근처, 불안정한 사면, 액상화지반등에 지반을 개량하여 지반 지지력 및 수평저항력을 증대하는 보강으로 경제적 측면 및 시공성을 고려하면 적절하지 않은 경우가 많다.



기초부 지반보강

⑤ 받침교체방안

- 받침교체 보강

기초를 보강하기 위해서는 토공(터파기)작업이 들어가며, 경우에 따라 교통을 통제하여야 하기 때문에 다른 보강에 비해 비용이 많이 든다. 따라서, 국내의 지진규모나 교량특성을 고려하면 기초 및 지반의 보강보다는 상부구조의 지진력을 감소 및 분산시키는 방안이 합리적이다.

탄성받침은 원형 및 직사각형의 형태의 고무 및 적층판으로 구성되어 있으며 현재 용량별로 규격화가 이루어져 있다.(KS제품) 상시에는 고정쐐기가 설치된 탄성받침이 설치된 교각을 기준으로 신축하며, 지진시에는 고정쐐기가 탈락하여 모든 받침이 가동단으로 작동하여 교각에 전달하는 지진력의 크기를 감소 및 분산시킨다. 또한, KS F 4420에는 일반형 탄성받침과 일체형 탄성받침의 2가지 종류로 분류되어있는데, 일반형 탄성받침의 경우 다음과 같은 문제점이 있어 내진보강을 위한 경우는 상·하부판이 일체로(볼트식, 접착식) 되어 있는 일체형 탄성받침을 적용하였다.

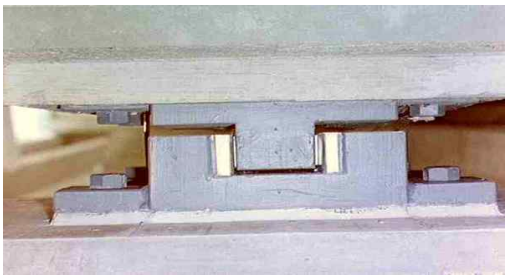
▪ 설치시 온도보정이 불가능하여 시공시점과 다른 온도 변화 차이와 콘크리트 건조수축 등에 의한 받침의 전단변형 발생

▪ 전단 변형에 의하여 들뜸 현상이 발생하여 상·하부 플레이트와 고무패드의 접착 면적 감소 (마찰저항 감소)

▪ 상·하부 플레이트와 고무패드가 완전분리형으로 기본적으로 미끄럼 현상 자주 발생 미끄럼현상으로 교량의 내진 성능 확보 미약

6.4.4 내진보강공법제안

<표 6.5> 내진보강공법 비교안

구 분	1안 전단키 설치	2안 탄성받침 교체
형 상		
공 법 개 요	● 주형과 하부구조 공간에 받침형 전단키를 설치하여 지진시 상하부 전단키의 접촉에 의한 수평력을 부담하는 공법으로 하부연단거리가 큰 Steel Box 또는 PSC BOX 거더교, PSC Beam교 등 형식에서 주형의 하면 또는 가로보 및 교량받침 사이에 설치	● 지진력의 분산이 가능한 탄성받침으로 교체하여 받침과 교각의 내진성능을 향상 ● 지진력의 저감효과가 작아 받침의 높이가 증가하며, 지진시 받침변위 증가
장 단 점	● 시공 후 정기적인 도장 등 유지관리 필요 ● 받침형 전단키로 형하공간이 확보되는 경우 작업 가능 ● 일방향 받침의 가이드 캡과 원형단면으로 교축 및 교축직각방향에 대해 받침과 동시제어 가능 ● RC 슬래브교등에는 작업공간 협소로 시공성 저하	● 상부인상후 기존받침 철거, 교체받침 설치의 일반적인 보수공법 ● 상부인상에 따른 공정 복잡 및 상부거더 보강공등의 추가공정 및 비용발생 ● 고무판의 부식 및 과도한 전단변형에 대한 점검필요 ● 공사비 보통
검토의견	현재 교량의 경우 포트받침이 설치되어 있으며, 지진 발생시 고정단 교각에 지진력이 집중되고 있다. 해당 교량의 검토 결과 받침부에서 내진성능을 만족하지 못하므로 이에 수평력 안전성 확보 방안인 전단키 추가 설치하거나 기존 받침을 교체하여 내진성능을 확보할여야 할 것으로 판단되며, 실시설계 후 1안 전단키 설치시 내진성능을 만족하지 못하면 2안 받침교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.	

6.4.5 내진보강 개략공사비

① 전단키 설치시

- 범물방향

공종		수량	단위	단가(천원)	금액(천원)	비고
전단키설치 (1,000kN)	A1, A2	2	개소	2,000	4,000	일방
전단키설치 (2,000kN)	P1~P4	8	개소	4,000	32,000	일방
부대공	비계 등	1	식	20,000	20,000	
직접공사비					56,000	
제경비(50%)					28,000	
총공사비					84,000	

- 안심방향

공종		수량	단위	단가(천원)	금액(천원)	비고
전단키설치 (1,000kN)	A1, A2	2	개소	2,000	4,000	일방
전단키설치 (2,000kN)	P1~P4	8	개소	4,000	32,000	일방
부대공	비계 등	1	식	20,000	20,000	
직접공사비					56,000	
제경비(50%)					28,000	
총공사비					84,000	

② 탄성받침 교체시

- 범물방향

공종		수량	단위	단가(천원)	금액(천원)	비고
교량인상	1,500kN	16	개소	1,500	24,000	교대
	2,000kN	62	개소	2,000	124,000	교각
잭업보강재 제작 및 설치	2,000kN	78	개소	1,600	124,800	
교량받침 해체 및 설치	3,000kN	7	개소	5,500	38,500	
	8,000kN이하	18	개소	6,000	108,000	
부대공	비계 등	1	식	20,000	20,000	
직접공사비					439,300	
제경비(50%)					219,650	
관급자재(탄성받침)		1	식	90,000	90,000	
관급자재 계					90,000	
총공사비					748,950	

- 안심방향

공종		수량	단위	단가(천원)	금액(천원)	비고
교량인상	1,500kN	16	개소	1,500	24,000	교대
	2,000kN	62	개소	2,000	124,000	교각
잭업보강재 제작 및 설치	2,000kN	78	개소	1,600	124,800	
교량받침 해체 및 설치	3,000kN	7	개소	5,500	38,500	
	8,000kN이하	18	개소	6,000	108,000	
부대공	비계 등	1	식	20,000	20,000	
직접공사비					439,300	
제경비(50%)					219,650	
관급자재(탄성받침)		1	식	90,000	90,000	
관급자재 계					90,000	
총공사비					748,950	

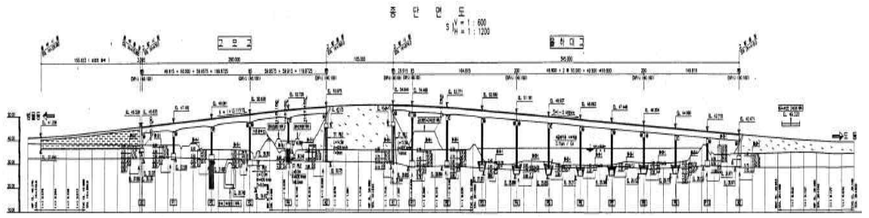
6.5 내진성능평가 결과요약

6.5.1 범물방향

교량 현황

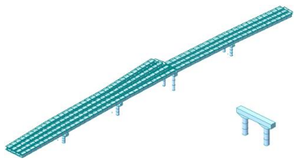
구분			교량현황
관리주체			대구동부순환도로(주)
이정			-
교량형식	선형/선형		직선 / -
	연장/폭원		L=290.0m / B=20.2m
	상부형식		STB
	받침종류		포트받침
	하부형식	교대	역T형 교대
		교각	다주식 교각
	기초		직접기초, 말뚝기초

종단면도



내진성능평가 분석

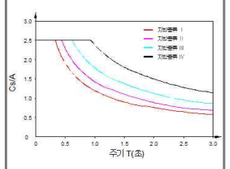
교량 모델링



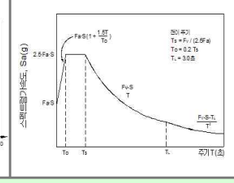
준공년도	2002
지진구역계수	0.11
위험도계수	1.4
가속도계수	0.154

- STB 단면을 구현, 상부 총중량 질량으로 산정
- 기존 교량 받침 배치의 경계조건에 따른 방향성 적용
- 소성힌지부에 겹 이음 없는 것으로 모멘트 곡률 해석

설계응답스펙트럼(기존)



설계응답스펙트럼(내진성능평가)



모멘트 곡률 해석(P2)

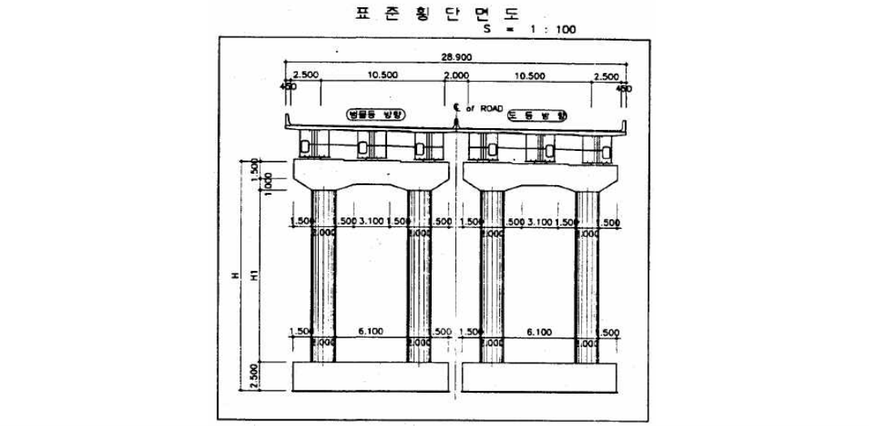
내진 성능평가 결과

구분	기둥(P1)		기둥(P2)		교대 받침(A1)		받침(P1)	
교축	O.K	2.154	O.K	1.414	-	-	-	-
교직	O.K	1.000	O.K	2.242	N.G	0.658	N.G	0.323

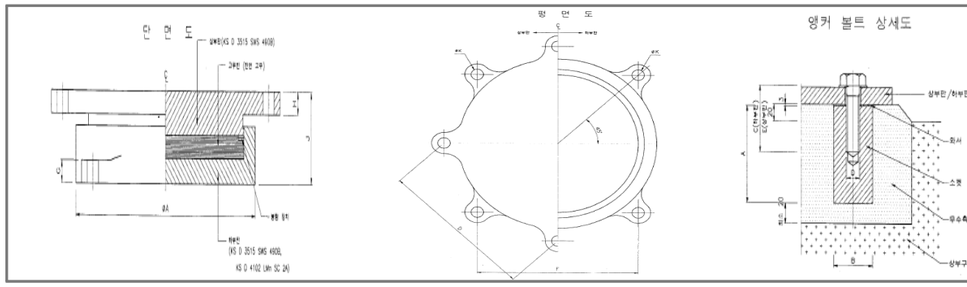
구분	받침(P2)		기초(P1)		받침(P2)		받침지지길이	
교축	O.K	2.644	O.K	6.329	O.K	2.004	O.K	2.280
교직	N.G	0.281	O.K	1.803	O.K	3.523		

●교각(P1, P2) 내진성능평가 결과 기둥 및 기초부는 내진성능을 만족하나 받침부에서는 내진성능이 부족한 것으로 판단.
●교대(A1) 내진성능평가 결과 받침부에서 내진성능이 부족한 것으로 판단.

횡단면도



받침상세도

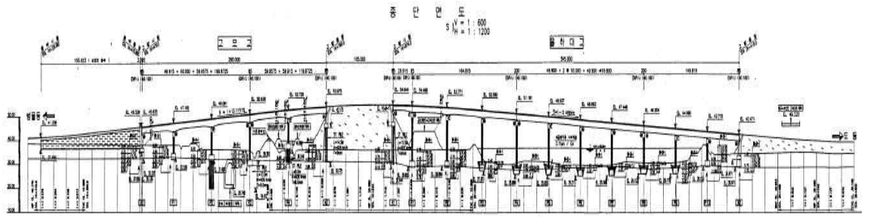


6.5.2 안심방향

교량 현황

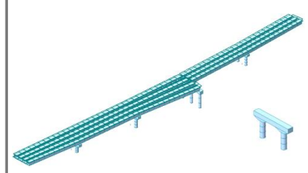
구분		교량현황
관리주체		대구동부순환도로(주)
이정		-
교량형식	선형/선형	직선 / -
	연장/폭원	L=290.0m / B=20.2m
	상부형식	STB
	받침종류	포트받침
	하부형식 교대	역T형 교대
	하부형식 교각	다주식 교각
	기초	직접기초, 말뚝기초

종단면도

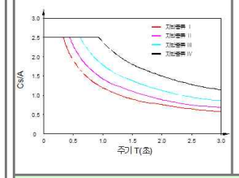


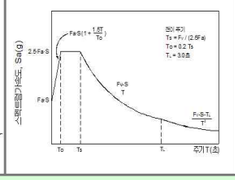
내진성능평가 분석

교량 모델링	설계응답스펙트럼(기존)	설계응답스펙트럼(내진성능평가)	모멘트 곡률 해석(P2)



준공년도	2002
지진구역계수	0.11
위험도계수	1.4
가속도계수	0.154





● STB 단면을 구현, 상부 총중량 질량으로 산정
● 기존 교량 받침 배치의 경계조건에 따른 방향성 적용
● 소성힌지부에 겹 이음 없는 것으로 모멘트 곡률 해석

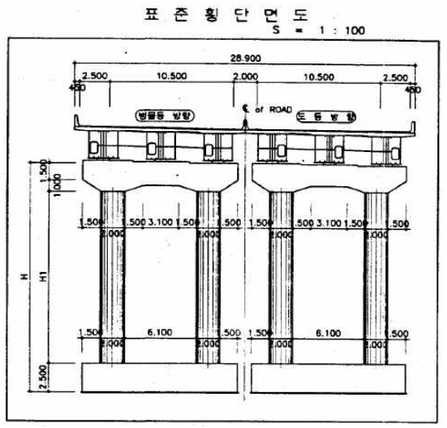
내진 성능평가 결과

구분	기둥(P1)		기둥(P2)		교대 받침(A1)		받침(P1)	
교축	O.K	2.188	O.K	1.391	-	-	-	-
교직	O.K	1.000	O.K	2.065	N.G	0.664	N.G	0.315

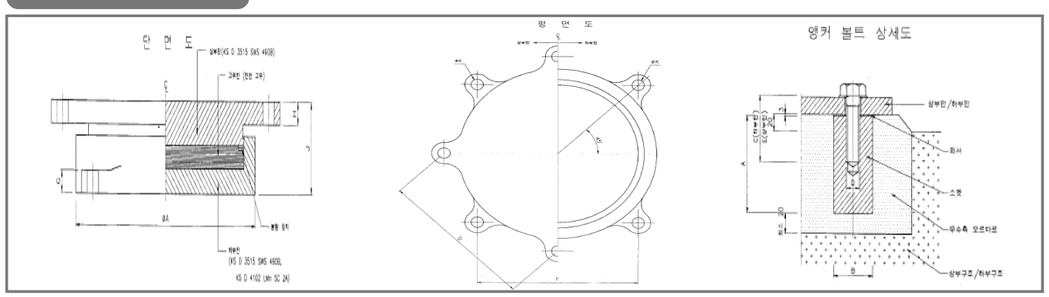
구분	받침(P2)		기초(P1)		받침(P2)		받침지지길이	
교축	O.K	1.637	O.K	6.707	O.K	2.355	O.K	2.296
교직	N.G	0.279	O.K	1.839	O.K	1.556		

●교각(P1, P2) 내진성능평가 결과 기둥 및 기초부는 내진성능을 만족하나 받침부에서는 내진성능이 부족한 것으로 판단.
●교대(A1) 내진성능평가 결과 받침부에서 내진성능이 부족한 것으로 판단.

횡단면도



받침상세도



제7장 종합평가 및 안전등급의 지정

7.1 종합평가 산정절차

7.2 종합평가 결과

7.3 안전등급 지정

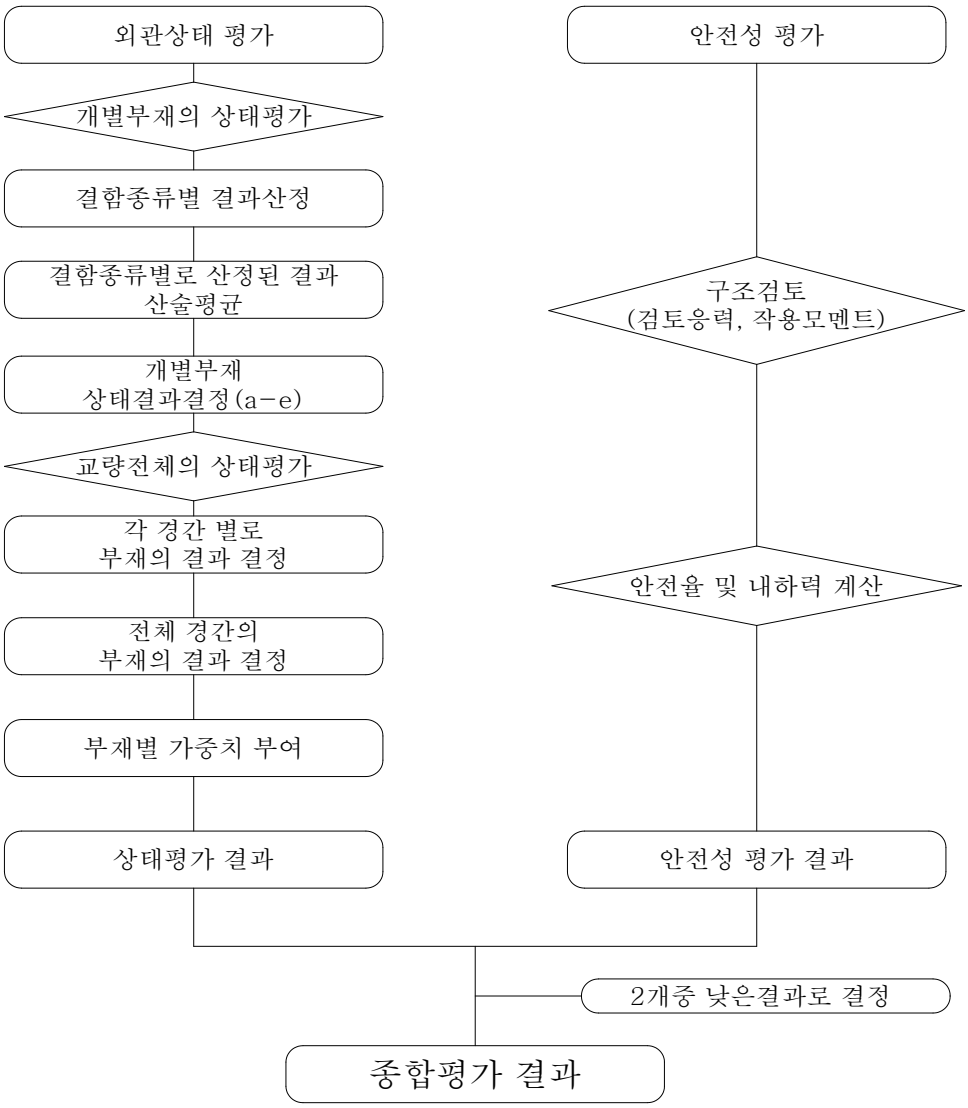
제7장 종합평가 및 안전등급의 지정

7.1 종합평가 산정절차

7.1.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사 및 내구성조사에 따른 상태평가 등급과 안전성평가에 근거한 안전성평가 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



<그림 7.1> 종합평가 결과 산정절차

7.2 종합평가 결과

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

<표 7.1> 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
가천교	0.173	B	1.328(거더) 1.150(바닥판)	A	**B**
종합평가	• 가천교의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 “B”로 평가됨 • 안전성평가 결과 양방향 최소 안전율 1.0이상으로 “A”로 평가됨 • 상태평가 및 안전성평가 결과를 통한 종합평가 결과 가천교는 “B”로 평가됨				

7.3 안전등급 지정

7.3.1 안전등급기준

정밀안전진단을 실시하는 경우 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 「법」 제16조 및 「영」 제12조 에 따라서 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 하고, 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정하여야 하며, 안전등급에 따른 시설물의 상태는 다음과 같다.

<표 7.2> 시설물의 안전등급 기준

안전등급	시설물의 상태
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 저하 방지를 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

7.3.2 안전등급 지정

가천교에 대한 상태평가 및 안전성평가 결과 시설물의 상태는 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 안전등급 “B등급” 으로 평가되었다.

<표 7.3> 시설물의 안전등급 지정

구조물명	안전등급
가천교	B등급(양호)

제8장 보수·보강 및 유지관리 방안

8.1 보수·보강 방안

8.2 보수·보강 개략공사비

8.3 유지관리 방안

제8장 보수·보강 및 유지관리방안

8.1 보수·보강 방안

8.1.1 개요

본 교량에 발생된 주요 손상에는 바닥판하면 백태, 박리, 누수, 거더 도장박리, 하바구조 균열, 파손, 백태, 교량받침 도장박리 등이 있다.

외관조사시 발견된 결함 및 손상은 설계 성능으로의 향상을 위하여 보수 및 보강을 수행하는 것이 원칙이나, 손상으로 인한 내구성 및 내하력의 저하가 미미하고 보수보강 작업으로 오히려 교량부재의 성능이 저하될 것으로 예상되는 손상의 경우에는 보수·보강을 수행하지 않고 추후 실시할 점검 및 진단시 손상부위를 계속 관찰함으로써 교량의 장수명화를 도모하는 것이 효과적이다.

본 장에서는 가천교에 발생한 각종 결함 및 손상에 대한 원인을 분석하고, 적절한 보수·보강 방안을 제시함으로써 교량의 각부재가 설계 성능을 회복할 수 있도록 하였고, 손상의 정도가 미미하여 보수·보강의 필요가 없는 부분에 대해서는 손상내용을 정확히 기술하여 추후 실시할 점검 및 진단시 손상의 진행여부를 확인하도록 하였다.

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 8.1> 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

8.1.2 우선순위 선정

조사된 손상 중에서 보수·보강 대상 부위에 대해서는 가능한 한 조속히 보수·보강을 실시하는 것이 원칙이나, 동시에 전체 손상에 대한 보수·보강을 실시하는 것은 비경제적이므로, 경제적이고 효율적인 보수·보강작업을 위해 발생한 손상이 교량의 안전성에 미치는 영향을 고려하여 손상을 종류별로 구분하여 아래와 같이 보수 우선순위를 부여하였다.

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

<표 8.2> 보수·보강 우선순위 결정 기준

구분	순위	내 용
단기	1순위	• 『시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법』 시행령 제18조(시설물의 중대한 결함)의 “대통령령으로 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 - 시설물의 철근콘트리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 등 • 주요부재에 발생된 결함 및 손상이 커 상태평가 기준 “d”이하인 경우 • 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식 가능성이 큰 경우
중기	2순위	• 보조부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 • 상부 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상 • 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
장기	3순위	• 기능발휘에는 지장이 없으나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상 • 발생된 손상이 경미하여, 유지관리를 통한 점검이 필요한 경우
주의 관찰		• 1~3순위를 제외한 손상으로써 지속적인 관찰을 통해 향후 발전상태에 따라 보수·보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 - 경미한 강재의 용접결함 - 기타 경미한 손상으로써 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않은 경우

8.1.3 보수·보강 일람표

<표 8.3> 부재별 보수·보강일람표(범물방향)

구 분		손 상 현 황	단 위	손상물량	개소	보수 · 보강방안	우선순위
거더외부		도장긁힘	㎡	0.01	1	도장보수	2
거더내부		도장박리	㎡	2.34	3	도장보수	2
		이물질퇴적	㎡	8.00	4	청소	3
		환기구볼트 미체결	개소	4.00	4	정비	3
바닥판하면		균열(0.3㎜미만)	m	42.00	42	표면처리	2
		표면박리,오염	㎡	5.00	1	주의관찰	-
하부구조		균열(0.3㎜미만)	m	28.30	21	표면처리	2
		망상균열	㎡	42.50	9	표면처리	2
		표면열화	㎡	20.00	1	주의관찰	-
		이물질퇴적(조류서식)	㎡	6.20	3	청소	3
		누수오염, 체수흔적	㎡	14.00	3	주의관찰	-
		실란트 파손	m	3.00	1	실란트충전	3
교량받침	무수축몰탈	균열(0.3㎜미만)	m	0.20	1	표면처리	2
신축이음	후타재	균열(0.3㎜미만)	m	23.70	55	표면처리	2
		망상균열	㎡	2.70	2	표면처리	2
교면포장		아스콘 균열	m	15.00	2	주의관찰	-
		아스콘 패임, 파손	㎡	1.52	7	주의관찰	-
		소성변형	㎡	2.00	1	주의관찰	-
난간 및 연석		균열(0.3㎜미만)	m	354.80	337	표면처리	3
		백태균열	m	3.60	3	표면처리	3

<표 8.4> 부재별 보수·보강일람표(안심방향)

구 분		손 상 현 황	단 위	손상물량	개소	보수 · 보강방안	우선순위
거더외부		강재변형	m	2.00	1	주의관찰	-
바닥판하면		균열(0.3㎜미만)	m	20.50	34	표면처리	2
		백태	㎡	0.20	1	표면처리	2
		파손	㎡	0.04	1	단면보수	2
하부구조		균열(0.3㎜미만)	m	31.80	17	표면처리	2
		망상균열	㎡	36.00	5	표면처리	2
		표면열화	㎡	25.00	2	주의관찰	-
		이물질퇴적(조류서식)	㎡	7.00	3	청소	3
		누수오염, 체수흔적	㎡	25.50	3	주의관찰	-
		파손	㎡	0.03	3	단면보수	2
교량받침	무수축몰탈	균열(0.3㎜미만)	m	0.20	1	표면처리	2
	받침콘크리트	균열(0.3㎜미만)	m	0.60	2	표면처리	2
신축이음	후타재	균열(0.3㎜미만)	m	16.60	37	표면처리	2
	본체	차수커버 볼트탈락	ea	3.00	3	정비	3
포장		아스콘 균열	m	58.50	8	주의관찰	-
		아스콘 망상균열	㎡	34.00	2	주의관찰	-
		아스콘 파손	㎡	0.76	4	주의관찰	-
배수시설		배수구 막힘	개소	4.00	4	청소	3
		배수관 볼트탈락	개소	1.00	1	정비	3
		배수관 누수오염	개소	1.00	1	주의관찰	-
난간 및 연석		균열(0.3㎜미만)	m	136.40	140	표면처리	3
		단차	m	1.50	1	주의관찰	-

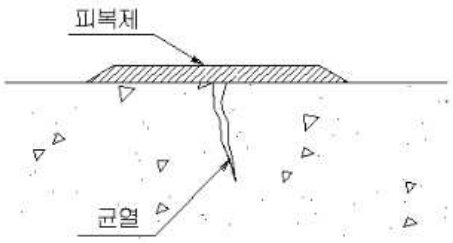
8.1.4 보수공법

가) 표면처리공법

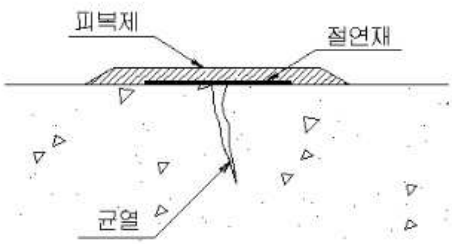
1) 적용 범위

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

· 폭 0.2㎜ 이하의 미세한 균열에 대해 직접 그 균열의 표면을 피복하여 방수성, 내수성을 지니도록 하는 것으로 그 효과는 균열표면의 보수에 그치므로 본 공법 적용시 균열의 진행여부에 대한 주기적인 관찰이 요구된다.



(표면처리공법)



(균열폭의 변동이 큰 경우의 표면처리공법 일례)

<사용 재료>

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

<그림 8.1> 표면처리공법 개요도

2) 시공시 주의사항

① 기존의 도막 및 이물질을 수공구 또는 샌더 등의 전동공구를 사용하여 제거한다.

② 도막을 완전히 제거한 후 고압수세정기(100~150kg/㎡)를 사용하여 표면위에 남아있는 이물질을 완전히 제거한다.(물을 사용할수 없는 경우에는 압축공기나 진공 청소기를 사용한다.)

③ 세정 순서는 위쪽에서 아래쪽으로 하고 오염된 물이 아래쪽 벽면에 부착되지 않도록 주의하여 세정한다.

④ 유지 등으로 더러워진 부분은 용제나 전용세제를 사용하여 세정한다.

⑤ 충분히 건조한 후 담당자의 확인을 받아야 한다.

⑥ 제품선정 후 제품 시방규정에 의한 표준 도포량 확인한다.

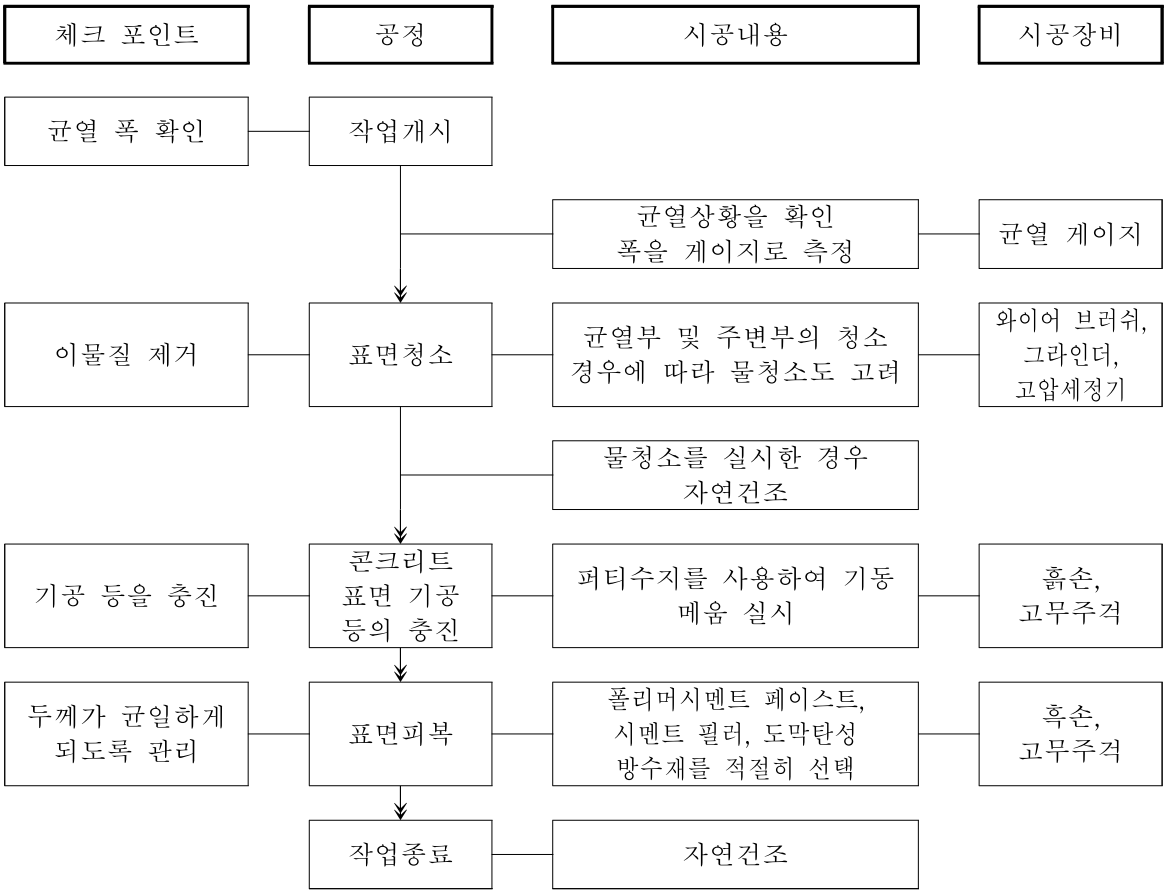
⑦ 직사광선, 바람 등이 현저한 장소에서 시공할 때는 급격한 건조를 방지하기 위한 조치를 취하여야 한다.

⑧ 동절기 시공 시에는 따뜻한 날을 선택하여 시공하여야 한다.

⑨ 혼화재는 사용 전에 수회 흔들어야 한다.

⑩ 시공완료 후 충분히 건조한 후 담당자의 확인을 받아야 한다.

3) 시공 흐름도



<그림 8.2> 표면처리공법 시공 흐름도

나) 주입보수공법

1) 개요

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

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

2) 수지주입공법의 종류

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

<표 8.5> 수지주입공법의 종류

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

<표 8.6> 균열폭에 알맞은 수지의 점도

형 상		점도(20℃, cp)	주입 가능한 균열 폭
액 상	저점도	500±200	0.1㎜ 전후
	고점도	1,500±500	0.2㎜ 전후
Gel 상태		6,000±1,000	0.5~5.0㎜ 전후

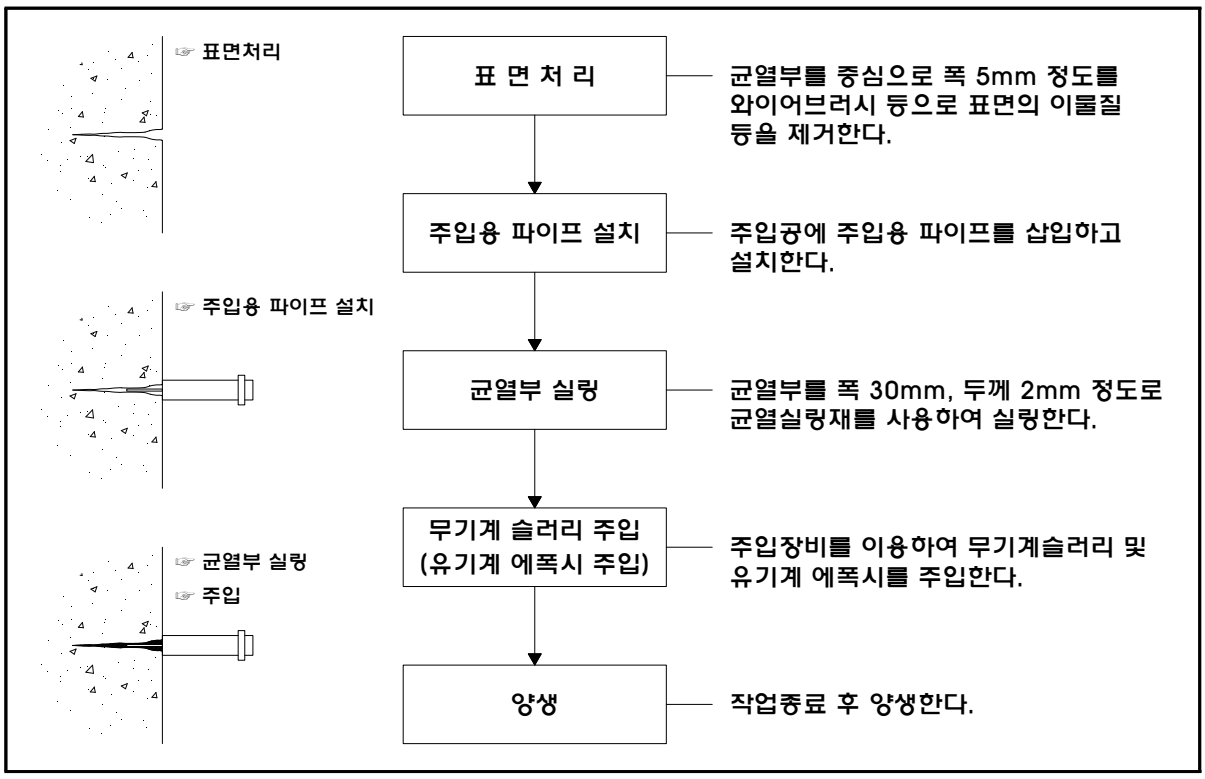
<표 8.7> 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

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

<표 8.8> 에폭시계 수지의 규격

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

3) 시공방법



<그림 8.3> 균열 보수공법 개요도

4) 시공시 주의사항

① 대기온도가 10~30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다.

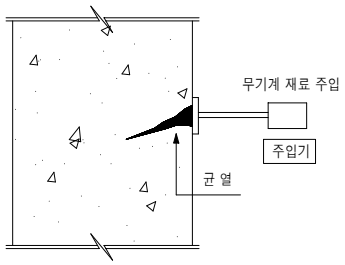
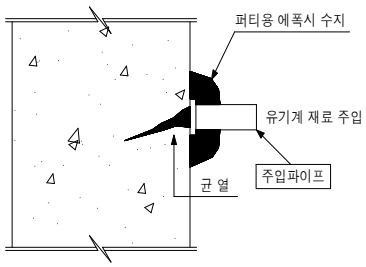
② 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.

③ 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 루트마다 시험을 실시하여 품질을 확보한다.

④ 씰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.

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

<표 8.9> 주입공법 공법비교안

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

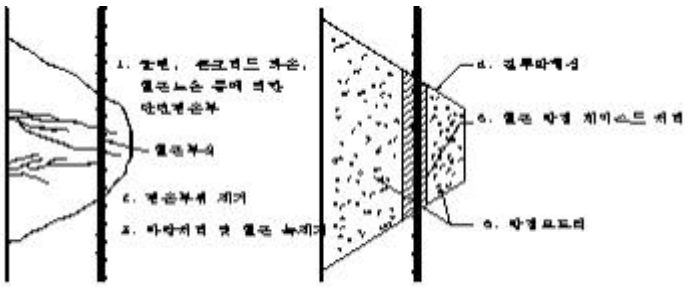
다) 단면보수(철근방청)공법

1) 적용 범위

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

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

2) 보수방법



<그림 8.4> 단면보수공법 개요도

3) 시공방법 및 유의사항

① 기존 콘크리트의 열화부위 및 탄산화 부분을 브레이커 등을 이용하여 제거한다.

② 콘크리트 표면제거 시 파편 및 분진이 발생되므로 보호안경을 착용 후 작업에 임한다.

③ 콘크리트 표면제거 후 고압세척기를 이용하여 고압 세척한다.

④ 콘크리트 제거 후 공기압축기를 사용하여 표면을 깨끗이 청소한다.

⑤ 기온이 5℃ 이하에서는 작업을 중지해야 한다.

⑥ 철근 부식의 원인이 되는 전해질을 제거하고 공극을 메워 콘크리트 밀도증가로 산소와 물이 차단되도록 발청 억제용 침투제를 도포한다.

⑦ 신·구재료의 접착력을 증진시키기 위하여 신·구 접착제를 도포한다.

⑧ 비가 예상되거나 습도가 80%이상일 경우, 안개가 심한 경우에는 작업을 중지하여야 한다.

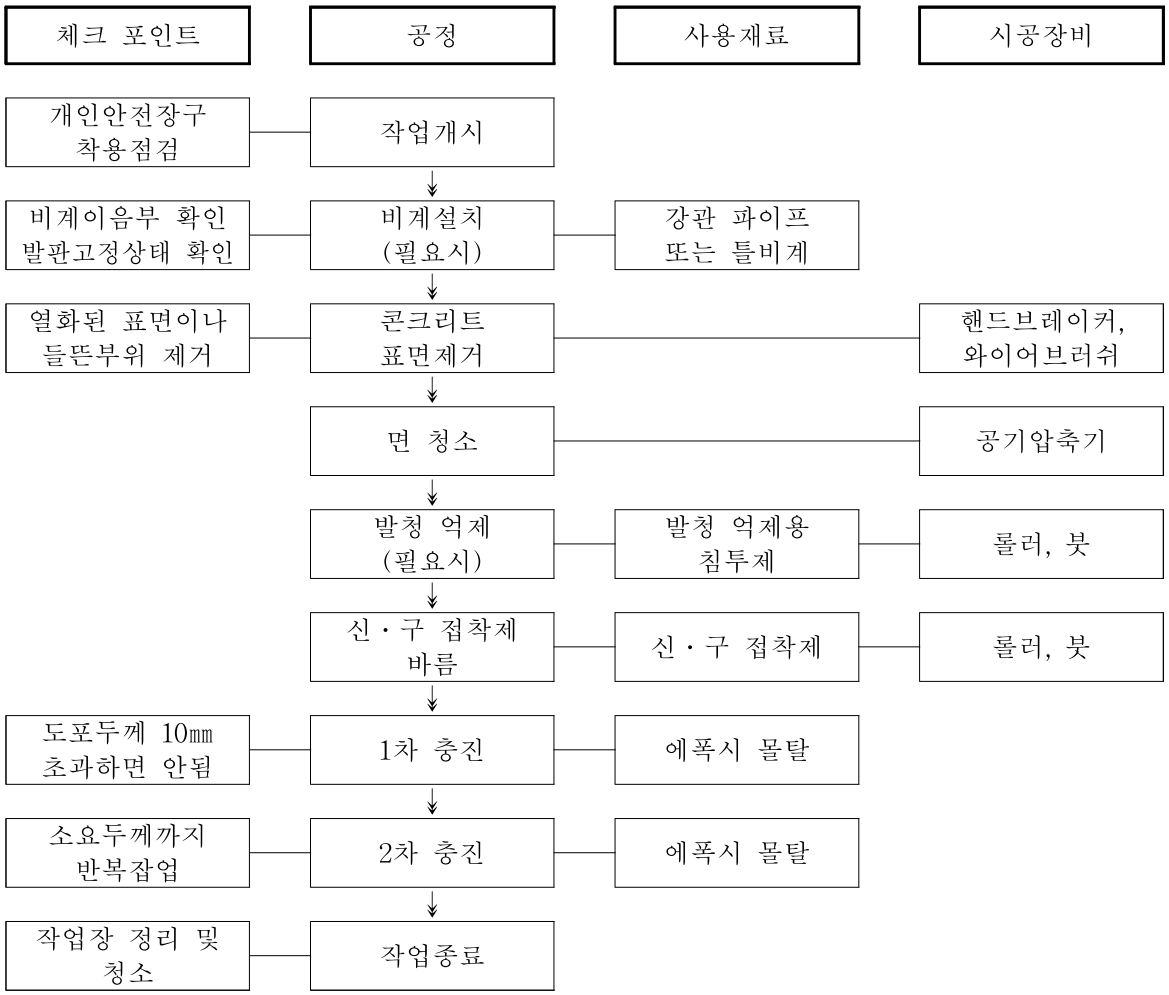
⑨ 기존 콘크리트 탈락부위에 1차 충진은 에폭시 몰탈로 실시한다.

⑩ 에폭시몰탈 시공시 미장두께는 10㎜를 넘어서서는 안 된다.

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

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

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



<그림 8.5> 단면보수공법 시공 흐름도

라) 강박스 거더 내·외부 도장보수공법

1) 적용 범위

·공용년수의 증가에 따라 도장부가 열화되어 발생한 부식 및 발청, 도장박리 등의 도장손상에 적용한다.

2) 일반사항

① 적용범위

·본 지침은 강재의 중방식 보수도장 공사에 적용한다.

② 용어의 정의

·중방식 도장(Heavy Duty Coating)이라 함은 교량, 해상 구조물 등 심한 부식환경에 놓여있는 철 구조물을 장기간에 걸쳐 부식으로 보호하기 위하여 제조한 도료로 시공하는 방식도장을 말한다.

③ 시방규정의 준수

·공사감독자는 본 지침은 물론 도로교 표준시방서 및 강교 보수도장공사 시방서 규정을 준수하여야 한다.

3) 사용도료 및 건조도막 두께

① 전면 재도장시

<표 8.10> 일반적인 부식 환경 도막두께

도장부위		바탕처리 정도	도장 층별	도료 종류	건조도막 두께(㎛)
강교 부위		거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 중 도 상 도	무기질 징크계 염화 고무계 염화 고무계	50 60 60
강교 내부	1안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	무기질 징크계 역청질계	75 75
	2안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	무기질 징크계 타르에폭시계	75 75
	3안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	무기질 징크계 에폭시계	75 75

<표 8.11> 가혹한 부식 환경 도막두께

도장부위		바탕처리 정도	도장 층별	도료 종류	건조도막 두께(㎛)
외 부	1안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 중 도 상 도	무기질 징크계 에폭시계 우레탄계	75 100 80
	2안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 중 도 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계 우레탄계	100 100 80
내 부	1안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	무기질 징크계 타르에폭시계	75 100
	2안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	무기질 징크계 에폭시계	75 100
	3안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계	100 100

② 부분 재도장시

<표 8.12> 부분 재도장시 도막두께

도장부위		바탕처리 정도	도장 층별	도료 종류	건조도막 두께(㎛)
외부	염화고무계 알키드 조합페인트	·거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2) ·동력공구 시공(St3)	T/U 하 도 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계(마스틱) 우레탄계	(80) 100 50
	우레탄계		T/U 하 도 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계(마스틱) 우레탄계	(80) 80 50
내부	역청질계		T/U 상 도	에폭시계(알미늄) 역청질계	(80) 75
	광명단페인트		T/U 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계(마스틱)	(80) 100

※ 주) T/U(touch-up) : 국부적인 보수도장을 말하며 터치업 면적이 큰 경우는 블라스팅을 하고 전면 재도장 기준을 적용한다.

4) 적용요령

① 전면보수시의 환경은 대기 오염 및 염화칼슘의 영향 등을 고려하여 가급적 가혹한 부식 환경을 적용한다.

② 도료의 종류와 건조도막두께는 공사 및 도료의 특성에 따라 변경될 수도 있다.

③ 무기질 징크위에 도장 전에는 반드시 미스트 코트를 실시한다.

④ 강교 내부의 상도는 유지관리상 가급적 밝은색(회색)으로 도장한다.

⑤ 전면 재도장은 도장면적 전체를 바탕 처리하는 경우를 말하며 부분 재도장은 녹발생 등으로 도장이 손상된 부분만을 바탕 처리하여 터치업 도장 후 하도, 상도는 필요면적만을 도장하거나 또는 전 면적을 도장 하는 것이다.

5) 바탕처리의 정도

·보수 도장시의 바탕처리 등급은 다음을 원칙으로 한다.

① 전면 재도장시 : SIS(스웨덴 규격협회) 규정에 의한 Sa 2 1/2

② 부분 재도장시 : SIS 규정에 의한 Sa 2 1/2 또는 St 3

6) 특수부위의 도장

① 모재와 연결판 접촉면은 후막형 무기질 징크리치 페인트로 도장한다.

② 강상판, 강재료와 콘크리트의 접촉면, 방수층면은 브라스팅 처리를 하여 녹·흑피 등을 제거한 후 무기질 징크리치 페인트로 도장한다.

③ 받침장치·앵커볼트 부위는 특별히 규정한 경우를 제외하고는 제청작업을 한 후 무기질 징크리치 도료나 에폭시계(알루미늄 또는 미스틱) 도료로 도장한다.

7) 검 사

① 검사항목

<표 8.13> 도장 전·후 검사항목

검사시기	검사항목	검사방법
도장 전	·도료 ·피도체 바탕처리 상태	·시험성적표심사 ·시료채취 시험실시(KSM 5000) ·시방서 기준
도장 후	·도료 사용량 ·외관조사 ·도막두께 ·도막부착시험	·전수조사 ·육안조사 ·측정기에 의함 ·테이프 테스트

② 도료의 품질검사

- 제조업체 시험 성적표

·제조업체가 제출한 시험성적표가 규격에 적합한지 확인하여야 한다.

·시험성적표는 도료의 종류별·도료 롯트별로 확인 검사를 해야 한다.

- 용기의 규격번호 및 명칭이 표시되었는지 확인하여야 한다.

- 도료의 수량은 설계 소요량이 반입되었는지 확인하여야 한다.
- 현장시료 채취시험은 반드시 공인된 시험기간에 의뢰검사를 실시하여야 한다. 도장 후 도막의 부착성 시험도 필요시에는 의뢰검사를 실시할 수 있다.
- 불합격 도료의 처리
· 시험에 불합격한 도료는 즉시 현장 외부로 반출하고 반출을 증빙할 수 있도록 반품 과정의 사진을 촬영하여 반출송장과 함께 제출한다.
· 시험에 불합격하여 도료를 반출하고 재 반입하는 경우는 도료 제조업체를 변경한다.

③ 도장 후 검사
- 외관의 육안조사
· 도막의 변·퇴색이나, 광택의 감퇴, 백염화, 오손, 균열, 벗겨짐, 부풀음 및 녹 등의 이상유무 및 발생정도를 판정한다.
- 층별 도장이 건조된 후 도막측정기에 의하여 도막 두께를 측정한다.
- 도막의 부착성 실험
· 칼로 X-Cut 한 후 테이프 테스트를 실시하여 3A등급 이상(ASTM D 3359 기준) 이어야 한다.

8) 강재도장 공법 비교

<표 8.14> 강재도장 공법 비교

공법	중방식 금속한합물 피막	염화고무계 도료 (일반중방식)	에폭시계 도료	세라믹계 도료
시공 순서	· 표면처리 · 1차피막 (하도) · 2차피막 (중도) · 3차피막 (상도)	· 표면처리 · 무기질징크 하도 · 염화고무도료 중,상도	· 표면처리 · 수용성 무기징크 1,2,3차 도포	· 세라믹코팅 바탕만들기 · 무기아연말계 · 무기세라믹계 · 우레탄세라믹
장 점	· 내열성, 내후성, 방청력, 부착력, 신율우수 · 내마모성 우수 · 강인한 도막, 미관성 · 내약품성, 내충격성 · 희생양극방식 기능 · 내염성, 내구성 · Re-Coating이 용이 · 음용수 기준에도 적합한 친환경적 소재	· 일반적인 시공성 · 국내적용 실적이 많음 · 건조가 빠름	· 내약품성 · 강인한 도막, 미관성 · 희생양극방식기능	· 내약품성 · 강인한 도막, 미관성 · 내구성
단 점	· 일반적 도료에 비해 비교적 고가 · 작업시 접착제와 금속 혼합물이 잘 혼합되도록 전동 믹서기를 이용하여 혼합하여야 함 · 작업전 시공교육 필요	· 내약품성이 나쁨. · 내구성이 짧음 · 내열성이 나쁨 · 초기접착력은 우수하나, 접착력 저하(계면탈락) · 저온시 증점(점도상승, 유동성감소) 및 겔화현상 발생	· 공사비 고가 · 수축팽창에 대한 유연성(신율)부족 · 자외선에 약해 변색을 일으키며, 재료의 변형 유발 · 고온에서 황변현상 있음 · 초기접착력은 우수하나, 접착력저하 (계면탈락)	· 공사비 고가 · 수축팽창에 대한 유연성(신율)부족 · 다른 재질이므로 층간분리현상이 나타날 수 있음
내구성	20년	3 ~ 4년	5년	10년
경제성	36,000원/㎡	18,000원/㎡	20,000원/㎡	30,000원/㎡

마) 아스팔트 패칭공법

1) 적용범위

① 교면포장에 발생한 손상 중 국부적인 아스콘 탈락 등은 시간이 지남에 따라 손상이 더욱 커지는 특성이 있고 통행차량의 주행성 저하와 교량에 충격원인을 제공하므로 보수가 필요하다. 보수방안은 단기적으로는 손상부위에 국부적으로 아스팔트 패칭 공법을 적용하는 방법이 있으며 장기적으로는 전면 재포장 하는 방법이 있다.

② 부분적인 아스팔트 포장의 보수에 사용되는 공법으로 보수의 긴급성에 따라 가열혼합식과 상온혼합식으로 나누며 보수효과가 좋은 가열혼합식을 사용하는 것으로 한다.

③ 패칭보수 완료후 신·구 아스콘 접속부에서 체수가 될수 있으므로 접속부의 마무리에 유의하여야 한다. 포장의 절취는 상판면까지 행하고 택코우트 및 도막방수는 상판뿐만아니라 측면까지 잘 도포한다. 아스팔트 패칭 보수는 작업의 효율성 및 보수효과를 위해 1㎡을 기준으로 한다.

2) 시공방법

① 안전관리기준에 의거 안전시설 설치후 교통통제를 실시한다.

② 제거부분을 양호한 포장면과 30㎝ 정도 겹쳐지게 페인트 등으로 표시한다.

③ 로드컷터기를 사용하여 차량진행 방향과 나란하게 직각 절단하고 브레이커로 파쇄한다.

④ 절삭구간은 바브켓을 이용하여 부산물을 모두 제거하고 특히 절삭면에 분리되어 있는 잔재는 인력으로 압축공기를 이용하여 가열, 건조시킨다.

⑤ 바닥면과 옆면에 수동 살포기 및 인력을 이용하여 택코팅을 실시한다.

⑥ 아스팔트 혼합물 포설

⑦ 탠덤 롤러를 사용하여 충분히 다짐을 실시한다.

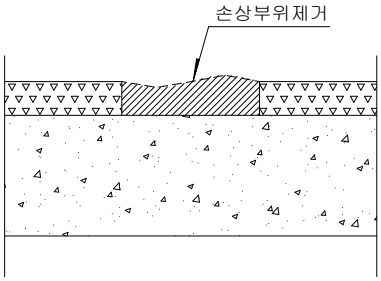
⑧ 패칭부 가장자리를 유제 아스팔트로 실링하여 신·구 아스콘 접속을 견고히 함으로 우수의 침투를 예방한다.

⑨ 이음부 포설 시 유제가 많이 포설되었을 경우에는 모래를 뿌려 제거한다.

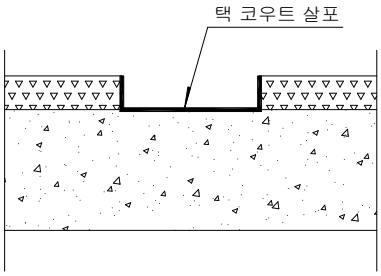
⑩ 포장보수 완료 후 시공 주위를 깨끗이 청소한다.

⑪ 교통통제 시설 철거 후 교통개방 시 표면온도는 50℃이하가 되도록 한다.

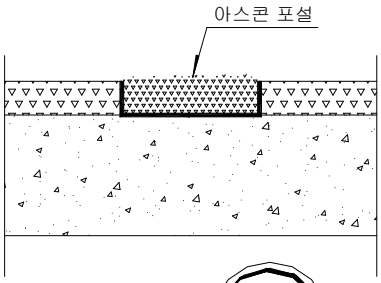
⑫ 절삭된 폐아스팔트는 지정장소에 모아서 처리한다.



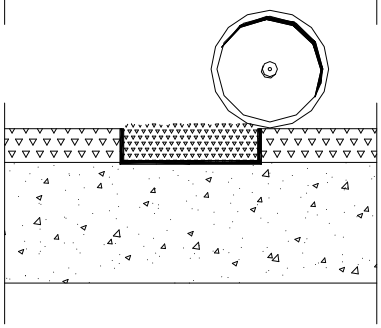
1. 파손된 부분보다 30㎝ 정도 크게 절삭기를 이용하여 절삭한다.
2. 제거하는 부분은 수직으로 정사각형 또는 직사각형의 형상을 만든다.
3. 차량 진행 방향에 직각으로 해야 한다.
4. 포장의 절단은 면이 고르게 나올 수 있도록 해야 한다.
5. 먼지 및 부스러기를 깨끗이 청소한다.



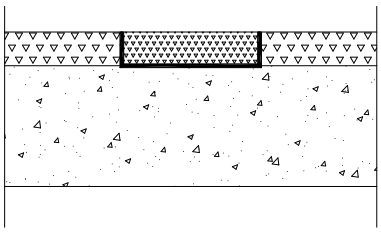
1. 급속 경화형 커트백 아스팔트를 이용하여 택 코우팅을 실시한다.
2. 택 코우트는 적정량을 균일하게 살포하는 것이 중요하므로 시험 살포를 통하여 디스트 리뷰터의 속도와 살포량의 관계를 파악하여 두는 것이 중요하다.
3. 절삭된 면에도 택 코우트를 실시하여 기존 포장면과의 접착력을 증가시켜야 한다.



1. 밀입도 아스팔트 혼합물을 채운다.
2. 가열 아스팔트를 포설할 경우에는 온도가 120℃ 이하가 되지 않도록 시공해야 한다.
3. 인력 포설 경우에는 혼합물의 온도가 쉽게 내려가기 때문에 신속히 작업해야 한다.
4. 균일한 밀도 및 두께가 되도록 신중히 포설한다.
5. 포설시 혼합물의 재료 분리가 발생되지 않도록 주의한다.
6. 가열 아스팔트 혼합물의 사용이 불가능하면 유화 아스팔트나 커트백 아스팔트를 사용한 플랜트 배합 아스팔트를 사용할 수 있다.



1. 포설 후 가능하면 빨리 다짐을 하며, 다짐을 하기 전에 표면을 점검하고 불균일한 표면이나 요철 등이 발생한 경우에는 즉시 수정해야 한다.
2. 다짐 작업은 보수 규모에 맞는 장비를 선택해야 한다.
   작업의 규모가 작은 보수 공사의 경우에는 진동 컴팩터 또는 1t 진동 롤러가 적합하며 작업 규모가 큰 경우에는 8~12t사이의 진동 롤러가 적합하다.



1. 보수 부위의 종단평탄성을 비롯한 품질 관리를 위해서는 직선자 또는 스트링 라인(String line)을 사용한다.

<그림 8.6> 아스팔트 팻칭공법 시공 개요도

바) 아스팔트 실링보수

1) 적용 범위

① 아스팔트 포장 도로는 지형, 기후 그리고 교통량에 따라 엄격하게 설계되지만 차량 윤하중의 반복작용과, 온도변화에 의한 수축 · 팽창 작용 및 기층의 변화상태에 의해 설계에 관계없이 점차 노후화 하기 시작하며 특히, 아스팔트에 포함된 가소성분, 아스팔트 성분은 산화작용으로 경화되며 교통량에 따른 중압과 온도변화로 탄성력이 작아져 균열이 진행된다.

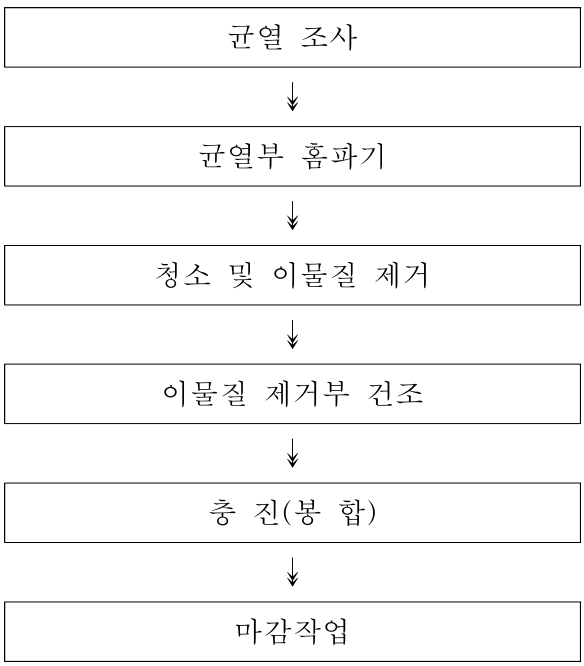
② 단순 균열 부분에 적합하여 시공속도가 빠르고 경제적이며 균열이 폭이 좁고 깊이가 상대적으로 낮아 이물질이 적게 침투되어 있는 균열에 적합하다.

③ 발달된 균열의 진행방향에 따라 홈파기 작업을 하여 침투되어 있는 이물질을 제거하며, 시공면 접착부의 접착 강도를 증진시킬수 있어 균열의 폭이 크고 깊이가 깊은 균열에 적합하다.

④ 큰 성상 균열 또는 Cement Concrete 포장 위의 Asphalt 층에 보이는 균열 등에 혼합물을 채워서 보수하는 공법

⑤ 균열부의 먼지나 흙은 제거하고 파손 부분을 제거한 후 Asphalt Mortar, Slurry, 혼합물, Brown Asphalt, 주입줄눈재, Guss Asphalt 등으로 채운다.

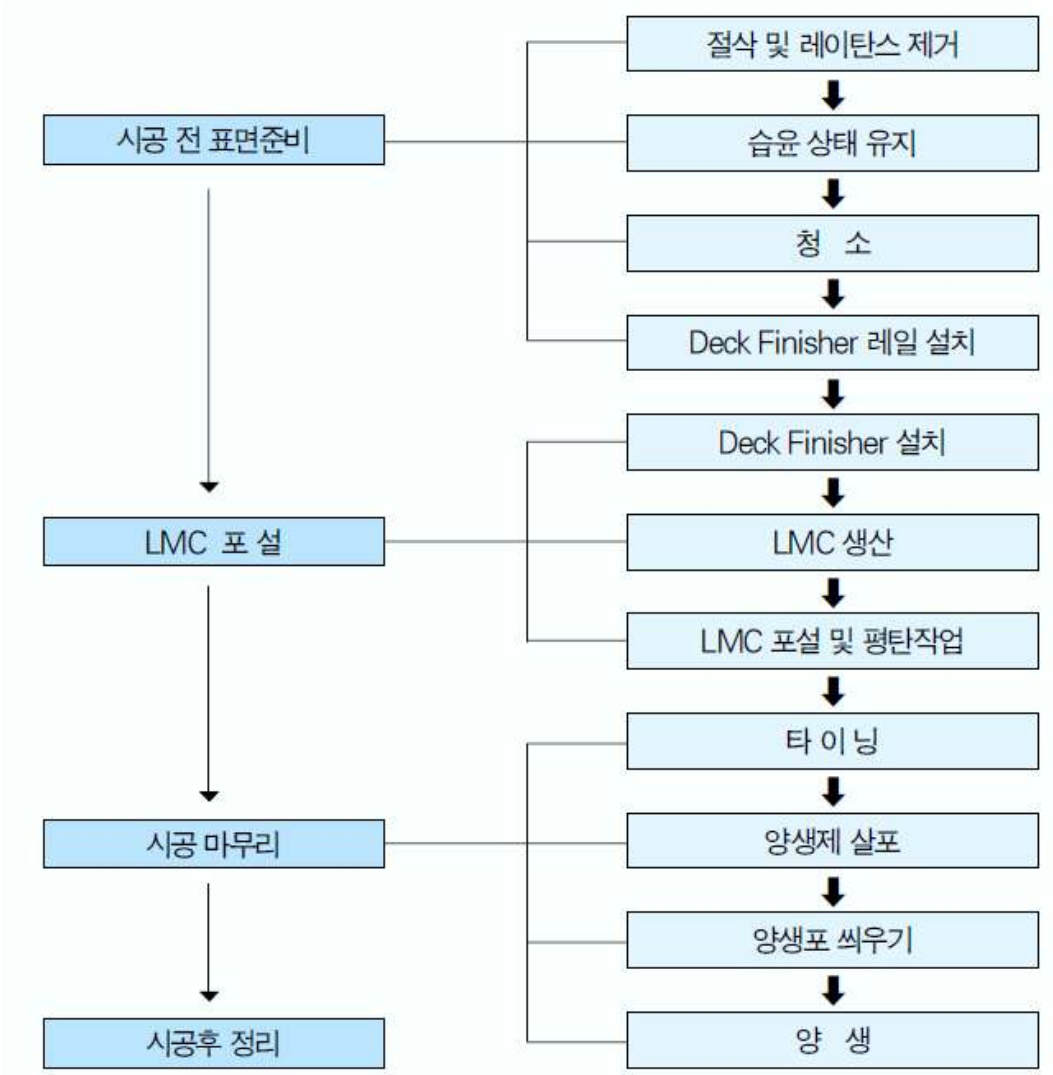
2) 시공흐름도



<그림 8.7> 아스팔트 균열보수공법 시공 흐름도

사) 콘크리트 재포장(LMC)

1) 시공절차



<그림 8.8> 콘크리트 재포장(LMC) 시공절차

2) 시공방법

① 교면준비

ⓐ 교면절삭

ⓑ · 교량 슬래브 콘크리트의 표면을 절삭 깊이 2mm내외로 요철이 생기게 절삭한다.

ⓒ · Latex 혼합개질콘크리트와 접하는 방호벽이나 중분대 기초 등과 같은 측벽은 치핑(Chipping)하여 거친 면으로 만든다.

ⓓ · 부착력을 저해하는 레이탄스, 들뜬 콘크리트 부스러기, 오일, 흡착된 이물질 등을 완저히 제거한다.

ⓔ · 그라인딩 작업에 의해 발생된 미 분말은 압축공기로 완전히 제거한다.

ⓕ 습윤상태 유지

ⓖ · 건조한 슬래브 콘크리트로 인한 Latex 혼합개질콘크리트의 배합수량 흡수가 방지되도록, 교면 절삭 후 넝마를 덮고 살수하여 습윤 상태를 유지한다.

ⓗ · 이러한 교면 습윤상태는 Latex 혼합개질콘크리트가 포설되기 전 최소 24시간 이상 유지되어져야 한다.

ⓘ

ⓙ 교면청소

ⓚ · 스라인딩 작업, 교면 습윤 유지 등으로 인해 발생된 각종 이물질은 고압수로 살수하여 깨끗이 청소한 다음 비닐을 덮어 이물질의 유입을 방지하여야 한다.

ⓛ · 이러한 교면청소는 Latex 혼합개질콘크리트가 포설되기 최소 12시간 전에 완료되어야 한다.

ⓜ · 교면요철, 홀(Hole) 등과 같은 파인 홈에 고여있는 물은 압축공기(Air Compressor)로 제거하여야 한다.

ⓝ 마무리 장비 레일설치

ⓞ · 레일은 마무리 장비의 중량을 충분히 지지할 수 있고, 이동중 변형이 생기지 않는 재질로 해야 한다.

ⓟ · 레일은 마무리면이 계획고에 일치될수 있도록 설치되어져야 한다.

ⓠ · 레일 받침대는 좌우, 상하 움직임이 없도록 고정시켜야 한다.

ⓡ · 레일 이음부 간격은 2m 이상이어야 한다.

ⓢ · 레일 받침대의 간격은 1m 이내로 하여야 한다. 다만, 레일 이음부 전, 후에는 40cm 이내로 하여야 한다.

② 배합 및 생산

ⓐ 배합

ⓑ · 배합기준 : Latex 혼합개질콘크리트의 배합기준은 아래와 같다.

ⓒ

항목	시험방법	단위	기준
휨강도(f_{28})	KS F 2407,2408	kg/㎠	45 이상
압축강도(f_{28})	KS F 2405	kg/㎠	270 이상
단위 Latex량		단위시멘트 중량의 %	15
단위 수량		kg/㎠	150 이하
굵은골재 최대치수		㎜	13
슬럼프 범위	KS F 2403	㎝	10~15
공기량 범위	KS F 2409	%	3~6

<그림 8.9> 교면포장용 Latex 혼합개질콘크리트 배합기준

ⓓ · 시방 배합 : 시공자는 감독원이 승인한 콘크리트의 재료를 사용하여 감독원의 입회하에 시방배합을 실시한다.
ⓔ · 현장 배합 : 시공자는 Latex 혼합개질콘크리트에 사용할 골재의 시험결과를 반영한 수정배합표를 작성하여 감독원과 협의하여 현장배합을 결정하여야 한다.

ⓕ 생산
ⓖ · 믹스에 재료의 투입순서는 골재, 시멘트, 물, Latex순으로 연속하여 투입하여야 한다.
ⓗ · 믹싱시간(Mixing Time)은 소용의 공기량과 슬럼프를 확보할 수 있는 시간 이상이어야 한다.
ⓘ · 믹스로부터 배출된 Latex 혼합개질콘크리트의 구성 성분과 반죽질기는 포장이 종료될 때까지 균등하여야 한다.
ⓙ · 믹스의 용량은 표면에 Latex Film이 생기기 전에 마무리 작업이 종료되고 마무리 장비가 일정한 속도로 진행될 수 있어야 한다.
ⓚ · 믹스의 배합성능을 확인하기 위하여 포설 전 시험을 실시하여야 하며, 시험결과 그 허용오차는 1%범위 이내이어야 한다.

③ 포설·마무리
ⓐ 브루밍(Brooming) 작업 - 부착력을 증진시키고 신·구 경계면의 결함을 없애기 위하여 타설 직전에 소량의 Latex 혼합개질콘크리트를 데크브러쉬(Deck Brush)로 쓸어 교면에 모르타르(Mortar)로 엷게 도포하는 작업으로써 다음 사항을 준수하여야 한다.
ⓑ · 브루밍은 교면뿐만 아니라 Latex 혼합개질콘크리트가 접촉되는 방호벽, 중분대, 측벽에도 실시되어져야 한다.
ⓒ · 브루밍한 표면은 Latex 혼합개질콘크리트가 포설되기 전에 건조되어서는 안된다.
ⓓ · 브루밍 후 남은 Latex 혼합개질콘크리트(모르타르가 빠진)는 포장재표에 혼합 사용되어서는 안된다.

ⓔ 포설 및 마무리
ⓕ · 포설하기 전에 교면이 깨끗하고, 표면건조 포화상태로 되었는지 확인해야 한다.
ⓖ · 예상치 못한 기상변화에 대비하여 굳지 않은 콘크리트를 보호하기 위해 사전에 충분한 준비를 하여야 한다. 만일, 포설 중 비가 내리면 감독원은 모든 작업을 중단시키고, 이로 인해 손상된 부분은 제거하여야 한다.
ⓗ · 포설 두께는 최소 40mm 이상이어야 k고, 포설높이는 계획고보다 3~10mm높게 포설한 다음 진동 다짐으로 마무리하여야 한다.
ⓘ · 모서리 부, 측벽부 등과 같이 채움이 취약한 부위에는 별도의 콘크리트 진동기로 다짐을 실시하여야 한다.
ⓙ · 포설 양쪽 단부, 국부적인 보수 등은 흙손으로 인력 마무리하여야 한다. 이때 마무리 면은 직선자로 평탄성을 점검하고 필요에 따라 요철 부분을 정정하여야 한다.

ⓚ · Latex 혼합개질콘크리트 마무리 면은 소요의 평탄성과 종·횡계획고와 내구적인 표면을 유지할 수 있어야 한다.

④ 양생

ⓐ 피막양생제 살포

ⓑ · 피막양생제는 유성제품을 사용하여야 하며 사용량은 1.5 L/m^2(원액농도 0.105kg/m^2) 이상으로 한다.

ⓒ · 포설마무리 후 즉시 또는 타이닝이 끝난 즉시 양생제를 살포하여야 한다.

ⓓ · 양생제는 전 면적에 고르게 살포되어야 하며, 어떠한 경우에도 양생제가 살포되지 않은 부분이 있어서는 안된다.

ⓔ 습윤양생

ⓕ · 표면마무리가 끝난 후 교통이 개방될때까지 건조, 온도변화, 하중, 충격 등의 나쁜 영향을 받지 않도록 보호하여야 한다.

ⓖ · 콘크리트 표면이 변형되지 않을 정도로 성형되면 즉시 깨끄사고, 고르게 물로 축인 넝마를 덮고, 곧이어 비닐을 깔아 48시간 동안 습윤 양생을 하여야 한다. 다만, 대기온도가 13℃이하일 경우는 감독원은 양생기간을 더 연장할 수 있다.

ⓗ · 습윤양생이 끝나면 양생포를 걷어내고 72시간 이상 기건양생을 하여야 한다.

ⓘ 타이닝

ⓙ · 평탄 마무리가 끝나고 표면에 성형성이 유지되면 즉시 타이닝기에 의한 기계마무리를 하여야 한다. 이때 홈의 깊이는 3mm이상을 표준으로 하고, 홈의 간격은 2~3cm로 하여 충분한 마찰계수를 갖도록 하여야 한다.

ⓚ · 특별히 마찰계수를 증진시킬 필요가 있을 경우에는 감독원의 지시에 따라 홈의 깊이 및 간격을 조정할 수 있다.

3) 품질관리

ⓐ 라텍스 - 라텍스의 고형분 함유량, 입도분포, 제조공정 등에 따라 LMC의 성질에 미치는 영향이 매우 크므로 표준화된 제조공정을 갖춘 공장 제품을 반드시 사용하여야 한며, 아래의 품질을 만족하여야 한다.

부타디엔 함유량(%)	고형분 함유량(%)	pH	응고량(%)	표면장력 (dyne/cm)	입자크기 (Å)	동결융해 안정성
34±1.5	46~53	9.5~11	0.1이하	40이하	1,800~ 2,100	응고량 0.1% 이하

<그림 8.10> 라텍스의 품질기준

4) 기존 교면포장 공법과의 비교

구분		LMC 포장	아스팔트 포장	콘크리트 포장	비고
조직구성					
설치단면					
경제성	초기 투자비	49,036원/㎡	46,941원/㎡	16,345원/㎡	
	유지 관리비	-	56,700원/㎡	-	
	계	49,036원/㎡	103,641원/㎡	16,345원/㎡	제잡비 포함
장·단점		· 강도 및 밀도증진 · 교량 바닥판 단면력 증대 · 균열 억제 · 방수효과 탁월 · 유지관리 양호 · 국내 시공 실적이 적다. · 시공이 다소 번거로움 (바닥판 양생후 별도타설) · 초기투자비 다소 고가	· 상판의 노후화 징후파악 곤란 · 교량 바닥판 보호 · 방수층 파손시 상판에 염화물 침투로 철근부식 및 콘크리트 열화 현상 발생 · 방수효과 보통(재 포장시 교통차단 시간이 길어 방수층 시공 곤란) · 유지관리 불량 · 국내 대다수교량에 시공 · 시공성 양호 · 초기투자비 보통	· 교량 바닥판 단면력증대 · 마모층 면의 균열발생시 염화물 침투로 철근 부식 및 콘크리트 열화현상 발생 · 방수 효과 불량 · 유지관리 불량 · 일부구간 시공(중부, 호남고속도로) · 시공성 양호(바닥판 콘크리트와 동시 타설) · 평탄성 불량 · 초기투자비 매우 저렴	

※ 아스팔트 교면포장 유지관리비는 20년 동안 7년에 1회씩 총 3회 덧씌우기 가정

<그림 8.11> 교면포장 공법 비교

8.2 보수·보강 개략공사비

금회 진단 결과에 따른 보수・보강 개략공사비의 보수공법별 단가는 국토관리사무소 2021년 유지보수단가 등을 적용하여 산정하였다.

<표 8.15> 보수·보강 개략공사비(범물방향)

구분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가(천원)	개략공사비(천원)	우선순위
거더외부	도장긁힘	도장보수	0.01	0.02	㎡	110	2	2
거더내부	도장박리	도장보수	2.34	3.51	㎡	110	386	2
	이물질퇴적	청소	8.00	12.00	㎡	32	384	3
	환기구볼트 미체결	정비	4.00	6.00	개소	1	6	3
바닥판하면	균열(0.3㎜미만)	표면처리	42.00	15.75	㎡	50	788	2
	표면박리,오염	주의관찰	5.00	7.50	㎡	-	0	-
하부구조	균열(0.3㎜미만)	표면처리	28.30	10.61	㎡	50	531	2
	망상균열	표면처리	42.50	63.75	㎡	50	3,188	2
	표면열화	주의관찰	20.00	30.00	㎡	-	0	-
	이물질퇴적	청소	6.20	9.30	㎡	32	298	3
	누수오염, 체수흔적	주의관찰	14.00	21.00	㎡	-	0	-
	실란트 파손	실란트충전	3.00	4.50	m	11	50	3
교량받침 무수축몰탈	균열(0.3㎜미만)	표면처리	0.20	0.08	㎡	50	4	2
신축이음 후타재	균열(0.3㎜미만)	표면처리	23.70	8.89	㎡	50	445	2
	망상균열	표면처리	2.70	4.05	㎡	50	203	2
교면포장	아스콘 균열	주의관찰	15.00	22.50	m	-	0	-
	아스콘 패임, 파손	주의관찰	1.52	2.28	㎡	-	0	-
	소성변형	주의관찰	2.00	3.00	㎡	-	0	-
난간 및 연석	균열(0.3㎜미만)	표면처리	354.80	133.05	㎡	50	6,653	3
	백태균열	표면처리	3.60	5.40	m	50	270	3
순공사비 합계(천원)							13,208	

※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였으며 균열(폭 0.3㎜미만)의 표면처리는 손상 길이에 폭(0.25m)을 곱하여 보수 물량을 산출함.
※ 볼트 도장손상은 각 개소에 면적(0.1㎡)을 곱하여 보수물량을 산출함.

<표 8.16> 보수·보강 개략공사비(안심방향)

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
거더외부	강재변형	주의관찰	2.00	3.00	m	-	0	-
바닥판하면	균열(0.3㎜미만)	표면처리	20.50	7.69	㎡	50	385	2
	백태	표면처리	0.20	0.30	㎡	50	15	2
	파손	단면보수	0.04	0.06	㎡	250	15	2
하부구조	균열(0.3㎜미만)	표면처리	31.80	11.93	㎡	50	597	2
	망상균열	표면처리	36.00	54.00	㎡	50	2,700	2
	표면열화	주의관찰	25.00	37.50	㎡	-	0	-
	이물질퇴적	청소	7.00	10.50	㎡	32	336	3
	누수오염, 체수흔적	주의관찰	25.50	38.25	㎡	-	0	-
	파손	단면보수	0.03	0.05	㎡	250	13	2
교량받침 무수축몰탈	균열(0.3㎜미만)	표면처리	0.20	0.08	㎡	50	4	2
교량받침 받침콘크리트	균열(0.3㎜미만)	표면처리	0.60	0.22	㎡	50	11	2
신축이음 후타재	균열(0.3㎜미만)	표면처리	16.60	6.23	㎡	50	312	2
신축이음 본체	차수커버 볼트탈락	정비	3.00	4.50	ea	1	5	3
포장	아스콘 균열	주의관찰	58.50	87.75	m	-	0	-
	아스콘 망상균열	주의관찰	34.00	51.00	㎡	-	0	-
	아스콘 파손	주의관찰	0.76	1.14	㎡	-	0	-
배수시설	배수구 막힘	청소	4.00	6.00	개소	60	360	3
	배수관 볼트탈락	정비	1.00	1.50	개소	1	2	3
	배수관 누수오염	주의관찰	1.00	1.50	개소	-	0	-
난간 및 연석	균열(0.3㎜미만)	표면처리	136.40	51.15	㎡	50	2,558	3
	단차	주의관찰	1.50	2.25	m	-	0	-
순공사비 합계(천원)							7,313	

※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였으며 균열(폭 0.3㎜ 미만)의 표면처리는 손상 길이에 폭(0.25m)을 곱하여 보수 물량을 산출함.
※ 볼트 도장손상은 각 개소에 면적(0.1㎡)을 곱하여 보수물량을 산출함.

<표 8.17> 가천교 보수·보강 개략공사비

구 분	1순위	2순위	3순위	합 계
순공사비(천원)	-	9,599	10,922	20,521
제경비(순공사비×50%, 천원)	-	4,800	5,461	10,261
개략공사비(천원)	-	14,399	16,383	30,782
유지보수 개략공사비 총계(천원)				30,782
※ 순공사비는 가시설, 접근장비, 교통통제 등 부대비용을 제외한 금액임.				

<표 8.18> 가천교 전단키 설치시 개략공사비

공종		수량	단위	단가(천원)	금액(천원)	비고
전단키설치 (1,000kN)	A1, A2	4	개소	2,000	8,000	일방
전단키설치 (2,000kN)	P1~P4	16	개소	4,000	64,000	일방
부대공	비계 등	2	식	20,000	40,000	
직접공사비					112,000	
제경비(50%)					56,000	
총공사비					168,000	

<표 8.19> 가천교 탄성받침 교체시 개략공사비

공종		수량	단위	단가(천원)	금액(천원)	비고
교량인상	1,500kN	32	개소	1,500	48,000	교대
	2,000kN	124	개소	2,000	248,000	교각
잭업보강재 제작 및 설치	2,000kN	156	개소	1,600	249,600	
교량받침 해체 및 설치	3,000kN	14	개소	5,500	77,000	
	8,000kN이하	36	개소	6,000	216,000	
부대공	비계 등	2	식	20,000	40,000	
직접공사비					878,600	
제경비(50%)					439,300	
관급자재(탄성받침)		2	식	90,000	180,000	
관급자재 계					180,000	
총공사비					1,497,900	

8.3 유지관리 방안

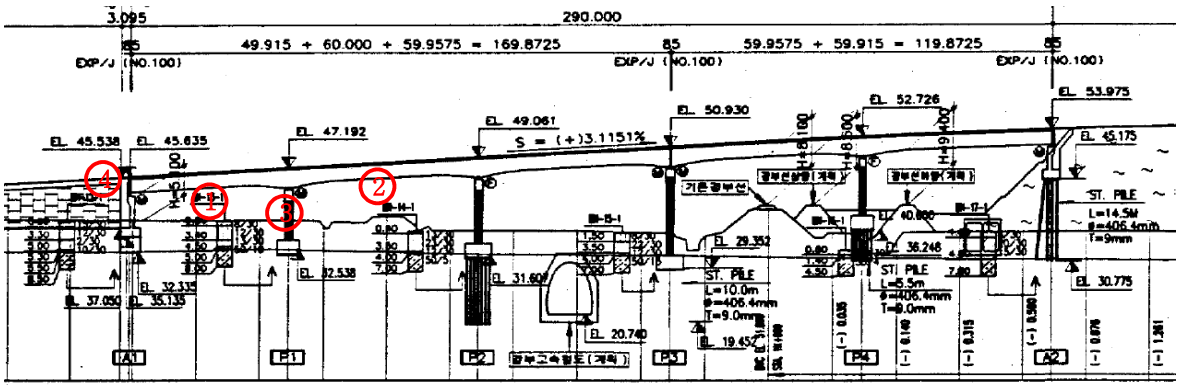
8.3.1 개요

본 유지관리 방안은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법” 규정에 따라 고시된 ‘시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침’과 관련하여 가천교에 관한 상세한 유지관리지침을 제시하여 과학적이고 체계적인 유지관리를 도모함에 있다. 교량의 유지관리는 교량의 기능과 사용재료의 성능저하 등을 신속 정확히 조사, 측정, 평가하여 이에 대한 적절한 조치를 취함으로써 사용자의 안전과 원활한 교통흐름을 확보함과 동시에 향후 교량 유지관리에 필요한 자료를 얻는 것을 목적으로 실시하며, 세부목적은 다음과 같다.

- 교량 안전성을 확보하고, 설계목적에 부합되도록 한다.
- 교량 상태를 체계적이고 주기적으로 기록한다.
- 손상을 조기에 발견하고, 향후 발생될 손상을 예측한다.
- 보수, 보강, 개축 등 의사결정에 필요한 자료를 제공한다.
- 점검결과의 전산관리 등을 통해 합리적인 유지관리 계획을 수립하여, 예산의 최적분배가 가능하게 한다.
- 축적된 점검결과 분석을 통해 향후 설계, 시공될 교량의 개선을 기대한다.

위와 같은 목적에서 본 가천교의 유지관리는 금회 정밀안전진단에서 조사되고 분석된 손상 및 결함을 근거로 하여 관리항목을 제시하고 그에 따른 점검 및 조사요령을 기술하고 각 구조부재별로 발생가능한 손상, 결함 및 평가방법을 제시하였다. 다음은 본 교량에서 중점적으로 관리하여야 할 중요 항목이다.

- 거더외부 변형
- 거더내부 도장박리
- 하부구조 균열(망상균열 포함)
- 방호벽 단차



① 거더외부 변형

S1-G4 거더외부 변형(안심방향)

S1-G4 거더내부 상태양호(안심방향)

② 거더내부 도장박리

S2-G1 거더내부 도장박리(범물방향)

S2-G1 거더내부 도장박리(범물방향)

<그림 8.12> 중점유지관리 사항

③ 하부구조 균열

P1 코핑부 균열(폭 0.2㎜)

P1 코핑부 균열(폭 0.2㎜)

④ 방호벽 단차

A1 접속부 단차(안심방향)

<그림 8.12> 중점유지관리 사항(계속)

8.3.2 유지관리를 위한 점검항목

외관조사 결과 결함이 발견된 부재 및 보수·보강을 실시한 부재에서 결함의 진전 여부와 발생유무를 주기적으로 관찰함으로 후에 더 크게 발전할 가능성이 있는 결함 부위에 대한 원인을 분석하여 사전에 예방하고자 유지관리차원에서 점검하여야 할 사항들이다.

<표 8.20> 각 구조부재별 점검사항

구 분		점 검 내 용
강박스 거더	내부	· 우수유입, 바닥 물고임 및 부식 · 도장부식 및 현장이음부 볼트 손상 · 보강재 변형 발생 여부 · 출입구 방치
	외부	· 도장 손상 및 부식 · 플랜지 변형 및 처짐 · 복부판 부식 및 국부좌굴 · 2차부재(가로보, 세로보, 브라켓) 도장손상 및 부식
바닥판		· 하면 균열의 진전 여부, 백태 및 누수 동반 여부 · 하면 캔틸레버부 들뜸, 박락, 가로등 지주부 철근노출 등의 단면손상 진전여부
신축이음		· 신축이음부 누수 및 부식 정도 · 후타재 이격, 단차 진전으로 충격이나 진동음이 심한 정도 · 하절기 유간협착 유무, 유간 이물질 퇴적 여부 · 후타재 균열, 박리, 박락 진전 여부
받침장치		· 앵커볼트 손상여부 · 받침장치 부식 유무 · 무수축몰탈 및 받침콘크리트 균열, 재료분리 진전 여부
교대		· 균열의 진전 여부 · 철근노출, 들뜸 발생부위 확대 여부 · 교좌면 및 두부면의 물고임, 콘크리트 박리 발생 유무 · 뒷채움부 침하 및 교대 기울음 · 법면 배수로 균열, 파손 진전, 토사유실 유무
교각 및 기초		· 균열의 진전 여부 · 기초의 침하 여부
기타	교면 포장	· 아스콘 마모 진전, 표면 균열 여부 · 신축이음 경계 아스콘 손상, 접속부 아스콘 침하 진전 여부
	난간 연석	· 콘크리트 난간 균열 진전, 피복부족에 의한 들뜸, 박락 및 철근노출 진전 여부 · 중분대 연석 들뜸, 망상균열, 박리 심화 여부
	배수 시설	· 배수구 막힘, 체수 등 · 배수관 누수 여부, 배수관 유출구 주변 콘크리트 부재 열화 발생 유무

8.3.3 부재별 점검요령

가) 교면포장

<table>
<tr><th colspan="2">점 검 부 위</th><th>점 검 항 목</th></tr>
<tr><td colspan="2">▷공통</td><td>• 균열(미세, 선상, 격자형)
• 소성변형(요철, 바퀴자국, 단차)
• 포트홀(패임)
• 노면잡물(구배불량)</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷신축이음 전후, 구조물 경계부</td><td>• 단차, 침하</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷배수구 주변</td><td>• 물고임(배수구 간격, 유출구 위치)</td></tr>
<tr><td>관련사진</td><td colspan="2">
〈아스콘 파손〉

〈아스콘 균열〉</td></tr>
<tr><td>점검요령</td><td colspan="2">○점검방법
- 보도 혹은 방호울타리 양측 노견에서 상세점검
- 중차량 통행이 많은 차선, 급정지 구간 주변의 손상 점검
- 신축이음 전후 및 경계부의 단차 점검
- 배수구 주변 물고임 점검(가급적 비온 직후 교면위 물고임 및 포트홀 점검) 및 부유물 퇴적 흔적에 의한 물고임 부위 확인
○손상발생시 조치
- 교면포장의 균열 및 보수면적, 단차 등 각 손상에 대하여 점검야장에 경간별로 기록 후 사진촬영
○점검시 유의사항
- 노견에서 점검시 교통사고의 위험이 높으므로 2인 1조로 하여 차량 진행방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검 진행
- 상세조사를 실시할 경우 신호봉 등을 사용하여 차량 유도후 안전하게 점검</td></tr>
<tr><td>점검도구</td><td colspan="2">• 사진기
• 줄자(5m, 50m)
• 필기도구(소형보드판, 매직, 분필)
• 점검야장
• 신호봉 또는 수기</td></tr>
</table>

나) 배수시설

<table>
<tr><td colspan="2">점 검 부 위</td><td>점 검 항 목</td></tr>
<tr><td>▷배수구</td><td>- 격자판(grating)
- 유입구</td><td>• 파손, 누락
• 누수, 체수(막힘)
• 오염(오물퇴적)</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷배수관</td><td>• 파손(연결 고정부 탈락)
• 배수관 길이 부족(거더에 물 떨어짐)
• 유출구 위치 부적절
(도로상이나 구조물 위에 위치)</td></tr>
<tr><td>관련사진</td><td colspan="2">
〈연결볼트 탈락〉
〈배수구 막힘〉</td></tr>
<tr><td>점검요령</td><td colspan="2">○ 점검방법
- 배수구 : 보도부 혹은 노견에서 도보로 점검하며, 배수구 설치간격, 유입구 누락여부, 그레이팅 파손 및 오물퇴적 확인
- 배수관
① 교량하부 및 측면에서 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 경우에는 드라이버를 사용하여 제거
○ 점검시 유의사항
- 보도가 없는 노견에서 점검시 2인 1조로 하여 차량진행 방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검하며 통행차량에 주의
- 접근장비 사용시 교통소통 및 안전에 유의</td></tr>
<tr><td>점검도구</td><td colspan="2">• 사진기
• 드라이버(driver)
• 점검용망치
• 줄자(5m,50m)
• 필기도구(소형보드판, 매직, 분필)
• 점검야장</td></tr>
</table>

다) 난간 및 연석

<table>
<tr><td colspan="2">점 검 부 위</td><td>점 검 항 목</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷난간(방호울타리)</td><td>• 변형, 파손
• 탈락, 들뜸, 철근노출
• 시공불량, 줄눈부 실란트 손상, 외측 누수</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷연석</td><td>• 박리, 박락, 부스러짐, 파손</td></tr>
<tr><td>관련사진</td><td colspan="2">
〈방호벽 균열〉

〈중분대 균열〉</td></tr>
<tr><td>점검요령</td><td colspan="2">○ 점검방법
- 교량 한쪽에서 눈을 방호울타리높이 정도로 낮추어 방호울타리의 전체 선형에 급격한 변화 부분이 있는지 점검
- 강재 방호울타리의 경우 방호울타리 기둥과 바닥판 접촉면의 부식 혹은 볼트 손상에 의해 전도 우려가 있는지 힘을 주어 밀거나 당겨서 흔들림 정도를 확인
- 연속 받침부 방호울타리는 콘크리트의 경우 부모멘트에 의한 균열(일반적으로 0.3㎜이상)을 점검하고 강재연석의 경우에는 용접부 균열 점검
- 방호울타리 줄눈부의 실란트 열화로 우수 또는 동절기 제설재 등이 노면에서 줄눈부를 통해 바닥판으로 침투하여 열화를 발생시키는지 점검

○ 손상발생시 조치
- 방호울타리의 전체 선형에 급격한 변화부분이 있는 경우 받침이나 하부구조의 침하가 있을 수 있으므로 해당부재 점검시 참고할 수 있도록 기록 유지
- 차량 충돌 등 외부의 강한 하중에 의한 손상일 경우 바닥판에도 영향을 줄 수 있으므로 바닥판 점검시 고려
- 방호울타리부의 큰 변형이나 파손된 부분으로 통행인 또는 차량의 추락 위험이 있을시 즉시 연락하여 추락 방지시설 등의 응급조치 필요
- 방호울타리 줄눈부 외측 바닥판 열화발생시 줄눈부 실란트 재시공 등으로 바닥판으로의 우수침투 방지 필요</td></tr>
<tr><td>점검도구</td><td colspan="2">• 사진기
• 솔(브러쉬)
- 강재 부식부위 등 상세확인
• 줄자(5m,50m)
• 필기도구(소형보드판, 매직, 분필)
• 점검야장</td></tr>
</table>

라) 신축이음

<table>
<tr><td colspan="2">점 검 부 위</td><td>점 검 항 목</td></tr>
<tr><td rowspan="2">▷본체</td><td>- 공통</td><td>• 누수, 오염(배수시설 누락, 유간의 오물퇴적)
• 유간(부족 및 과다)
• 이상진동(충격음)
• 본체 유동 및 파손(충격음, 흔들림)</td></tr>
<tr><td>- 강재</td><td>• 방수재(씰재) 파손 - 노면수 유입</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷후타재</td><td>• 균열, 파손(패임 및 요철)
• 전·후의 단차(교면포장과의 단차)</td></tr>
<tr><td>관련사진</td><td colspan="2">
〈후타재 균열〉

〈차수판 볼트탈락〉</td></tr>
<tr><td>점검요령</td><td colspan="2">○ 점검방법
- 보도 혹은 방호울타리측 노견부에서 점검하며 필요시 교통유도 후 점검
- 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격음 발생여부 점검
- 고무재의 마모, 파손, 충진 씰재 노출로 차량통행 저해 및 방수기능 저하상태를 점검하며 교각, 교대 위에서 신축이음 하부의 방수성 및 단부보강 슬래브 상태를 점검
- 방호울타리부 신축이음의 방수기능 점검
- 점검기간내 온도차이가 큰 아침과 한낮에 신축 이동량을 조사하고 적정유간을 확보하는 있는지 확인 점검
- 특히, 하절기 고온지속 현상이 지속되는 경우 신축이음 유간 협착여부에 대해서 주의관찰을 실시하여야 함
○ 손상발생시 조치
- 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격으로 타부재에 추가손상이 우려되거나 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립
- 하절기 신축이음 유간 협착으로 파손 우려시 즉시 교체를 실시하여 유간을 확보하여야 함
○ 점검시 유의사항
- 차량 진행방향과 반대방향으로 점검을 진행하며 2인 1조로 점검수행
- 신축유간 점검시 통행차량에 유의</td></tr>
<tr><td>점검도구</td><td colspan="2">• 사진기
• 줄자
• 점검용 망치
• 드라이버(driver) - 유간오물 확인
• 필기도구(소형보드판, 매직, 분필)
• 점검야장</td></tr>
</table>

마) 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>• 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출
• 재료분리(공동, 공극)
• 누수 및 백태(유리석회)</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷거더교</td><td>• 균열, 망상균열</td></tr>
<tr><td>관련사진</td><td colspan="2">
〈균열〉

〈백태〉</td></tr>
<tr><td>점검요령</td><td colspan="2">○점검방법
- 바닥판의 손상정도를 판단하는데 있어서 균열은 상당한 비중을 차지하므로 점검시에는 단순히 균열규모와 모양을 관찰하는데 그치지 말고, 여러 상태에 따른 원인을 파악하고 그에 따른 적절한 조치방법을 수립할 수 있도록 주의 깊게 조사한다.
- 바닥판 균열상황은 정기적인 조사로 진행상황을 파악하도록 한다. 그러기 위해서는 현장에 균열의 시점과 종점을 표시해 두는 것이 필요하며 이후 점검자는 이의 진행여부를 면밀히 관찰하여야 한다.
- 큰 균열일지라도 상당히 오래전에 발생하여 안정된 것이 있는 반면에 미세균열일지라도 윤하중의 반복재하에 의해 점차 커지는 균열이 있으므로 균열조사시에는 특별히 큰 균열에만 주목하지 말고 미세한 균열에도 주의한다.
- 균열로부터 녹물 유출 여부를 조사할 것(철근의 부식 예측).
- 모든 휨모멘트 구간에서 층분리, 박락 등을 조사할 것
- 내부에 공동이나 층분리가 존재할 경우 육안으로 점검이 불가능하므로 점검망치를 두드려 소리로써 층분리 여부를 판단한다. 특히 콘크리트 내부의 열화상태가 심한 경우에는 외관상 건전한 부위에서도 펀칭전단파괴의 우려가 있으므로 반드시 점검용 망치로 두드려 소리를 확인한다.
- 누수 및 백태가 발견된 부위는 배수구배 불량 등의 표면 체수의 원인이 아닌 경우 교면포장 하부의 불량, 방수층의 파손, 수포(水泡)대의 형성 등의 체수가 원인일 수 있으므로 포장을 제거하여 조사하는 등 우수유입 경로와 체수 원인을 규명하여 배수가 원활히 되도록 하거나 누수의 원인을 제거하는 등의 조치가 필요함
- 휨 및 전단부위의 균열 및 철근노출 등의 결함은 콘크리트 덮개측정 및 철근탐상 등의 조사를 수행하여 상세 검토를 실시한다.
○점검시 유의사항
- 본 교량은 Deck Plate가 설치되어 있지 않으므로 노출된 전면에 대해서 점검을 실시하고 특히 중앙부는 균열의 진전여부, 캔틸레버부 외측은 단면손상 확대여부에 대해서 점검한다.
○손상발생시 조치
- 누수로 인한 백태 및 부식 관찰로 바닥판의 관통균열 의심시 즉시 보고하여 대책을 수립</td></tr>
<tr><td>점검도구</td><td colspan="2">• 사진기
• 줄자
• 점검용 망치
• 근접조사를 위한 사다리 내지 고소점검차 및 교량점검차
• 필기도구(소형보드판, 매직, 분필)
• 점검야장</td></tr>
</table>

바) 강박스 거더

<table>
<tr><th colspan="2">점 검 부 위</th><th>점 검 항 목</th></tr>
<tr><td colspan="2">▷공통</td><td>• 도장 손상 및 부식
• 현장이음부 볼트손상, 누수
• 신축이음 하면, 배수구 주변, 난간하면 누수, 부식
• 이상음 발생</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷받침부</td><td>• 복부판 부식 및 국부 좌굴
• 거더와 받침 연결부 부식
• 지점 보강재 하단 용접부 균열
• 박스내부 바닥 물고임 및 부식</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷중앙부</td><td>• 부식
• 플랜지 변형 및 처짐
• 맞대기 용접부, 덮개판 덧댐부 끝부분 균열</td></tr>
<tr><td>관
련
사
진</td><td colspan="2">
〈외부 변형〉

〈내부 도장박리〉</td></tr>
<tr><td>점
검
요
령</td><td colspan="2">○ 점검방법
• 공통
- 접근장비를 이용하여 박스외부를 점검하고 박스내부는 도보에 의해 점검하며 복부 높이가 높은 곳에는 가벼운 이동식 사다리로 점검
- 피로균열은 주로 주부재보다는 보강재나 2차부재의 거셋판 등에서 발생하므로 어느 부위에 어떤 형태의 피로균열이 많이 발생하는지 미리 파악해 두는 것도 중요
• 박스외부
- 전체적으로 선형이 급격하게 변화된 부분이 있는지 확인하며 특히 처짐의 과다발생 여부에 대해 점검
- 정모멘트 부위는 하면을, 부모멘트 부위는 상면의 용접상세부를 기준으로 하여 피로균열의 발생유무를 점검
• 박스내부
- 낮은부분의 체수 여부를 점검하고 체수구간 발견 시 하부플랜지 배수구(Φ20㎜) 위치가 적절한지 점검할 것
- 박스내부 점검 시에는 내부전등이 설치된 경우라도 상세한 점검을 위하여 손전등을 준비하여야 하며 이때 예비 배터리를 휴대할 것
○ 손상발생시 조치
- 박스 내·외부의 도장손상 부위는 손상확대 방지를 위하여 부분 재도장을 실시하거나 손상범위가 전체 면적의 10% 이상일 경우 전체 재도장을 고려하여야 한다.
- 용접부에 발생한 피로균열은 육안으로 균열을 발견하기 힘든 단계에서 이미 80% 이상 부재의 기능이 상실된 상태이며 관통이 육안으로 쉽게 발견할수 있는 단계는 잔존수명이 15% 밖에 남지 않은 단계이므로 즉시 대책을 수립하여야 하며 무엇보다도 초기단계에서 균열을 발견하고자 하는 노력이 중요하다.</td></tr>
<tr><td>점
검
도
구</td><td colspan="2">• 사진기
• 줄자(5m자)
• 점검용 망치
• 손전등(박스 내부)
• 필기도구(소형 보드판, 분필, 매직)
• 점검야장</td></tr>
</table>

사) 교량받침

<table>
<tr><th colspan="2">점 검 부 위</th><th>점 검 항 목</th></tr>
<tr><td rowspan="2">▷본체</td><td>- 공통</td><td>• 부식(오물퇴적), 변형
• 균열, 파손(균열발생으로 파손진행)
• 가동받침의 유간부족 및 가동 장애요소
• 받침과 거더의 밀착상태(분리) 및 연결리벳 또는 볼트상태(녹물의 유출 등)
• 가동방향 오류, 편기설치</td></tr>
<tr><td>- 강재받침</td><td>• 가동면 부식
• 부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한장치)</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷이동제한장치</td><td>• 밀린 흔적, 용접부 균열
• 파손</td></tr>
<tr><td>관련사진</td><td colspan="2">
〈받침콘크리트 균열〉
〈무수축몰탈 균열〉</td></tr>
<tr><td>점검요령</td><td colspan="2">○ 점검방법
- 도보접근이 불가능한 부분은 접근장비를 이용하여 근접점검
- 받침하부에 공동이 의심되면 긴드라이버 혹은 철사로 찔러서 확인하고, 침하 흔적은 앵커볼트의 체결상태 및 인접받침의 상태를 참고하여 확인
- 이물질 퇴적시 청소 후 점검
- 현장에서 이동량 표시계를 확인하여 현재 받침의 이동여유량의 부족여부를 개략적으로 판단하고 이동량이 과하다고 판단되면 내업시 정밀분석 실시
○ 손상발생시 조치
- 받침하부 교각 두부에 0.3㎜ 이상의 균열이 단부까지 진행된 경우 즉시 보고하고 안전성 검토 및 대책 수립 필요</td></tr>
<tr><td>점검도구</td><td colspan="2">• 사진기
• 줄자
• 균열자
• 온도계
• 청소용 걸레
• 점검용 망치
• 드라이버(driver)
• 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)
• 점검야장</td></tr>
</table>

아) 교 대

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

관련사진

〈흉벽 균열〉

〈구체 실란트파손〉

점검요령

○ 점검방법
- 접근장비에 의해 근접 육안점검
- 침하 혹은 이동여부가 의심스러운 경우 측량으로 확인
- 신축이음 하면에 위치하므로 누수 및 화학물질 등에 대한 열화 취약부위이므로 탄산화 시험에 의한 탄산화 깊이 확인
- 실측 철근 피복두께 부족으로 인한 단면손상 발생, 기발생된 손상 확대 여부 등 확인

○ 점검시 유의사항
- 교대와 거더 단부의 유간이 벌어지거나 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	• 점검추 - 기울음 측정
	• 균열자	· 탄산화시험세트
	• 줄자(5m자)	• 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)
	• 점검용 망치	• 점검야장

자) 교각

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

관련사진

〈기둥 망상균열〉

〈기둥 파손〉

점검요령

○ 점검방법

- 접근장비를 이용하여 점검
- 교각의 침하 혹은 이동이 의심스러운 경우 상부 거더와 받침의 연결부 혹은 앵커설치부에 균열 혹은 움직인 흔적이 있는지 점검.
- 침하 혹은 이동여부가 의심스러운 경우 측량으로 확인
- 신축이음의 유간이 비정상적(크게 벌어짐 또는 닫힘)이거나 방호울타리 선형이 불량한 경우에는 교각 침하가 의심스러우므로 교각 구체 상부와 하부를 측량기기로 측량하여 측정하여 교각의 전도 여부를 확인하고 구체에 기준점을 표시하여 침하여부를 주기적으로 확인

○ 손상발생시 조치

- 받침하부 교각 두부에 기 확인된 균열의 균열폭 확대 및 신규 균열이 발생된 경우 보고 및 대책 수립 필요
- 침하나 이동이 의심스러운 경우 기초 주변 세굴 및 지지 지반의 조사가 필요

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

차) 추락방지시설

<table>
<tr><td colspan="2">점 검 부 위</td><td>점 검 항 목</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷점검시설</td><td>• 결함 및 파손
• 고정부 및 연결부 파손</td></tr>
<tr><td>관련사진</td><td colspan="2">
〈점검로 상태양호〉

〈점검사다리 상태양호〉</td></tr>
<tr><td>점검요령</td><td colspan="2">○ 점검방법
- 도보를 이용하여 점검
- 교량 구조체와 용접, 앵커 등으로 연결되어 있으므로 연결부의 상태를 주의 깊게 점검한다.
- 철재난간의 파손, 탈락 등 확인
○ 손상발생시 조치
- 앵커 및 볼트 탈락의 경우 보고 및 대책 수립 필요</td></tr>
<tr><td>점검도구</td><td>• 사진기
• 줄자(5m자)
• 점검용 망치</td><td>• 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)
• 점검야장</td></tr>
</table>

제9장 종합 결론

제9장 종합 결론

9.1 개요

가천교는 대구광역시 수성구 가천동에 위치하는 1등교(DB-24)로서 2002년 08월 24일에 준공되어 약 20년이 경과된 1종 시설물이다. 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사, 내구성조사, 시설물의 상태평가 및 안전성평가, 내진성능 평가 등 본 과업의 결과를 요약·정리하면 다음과 같다.

9.2 종합결론

9.2.1 가천교(범물방향)

가) 현장조사, 시험 및 상태평가 결과

○ 외관조사 결과, 교량의 안전성을 저해할 만한 바닥판 및 거더 등의 주요부재에 중대한 결함이 되는 손상은 없으며 대체로 표면손상이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생된 주요 손상으로는 각 부재의 전반적인 균열 및 거더 도장손상, 하부구조 표면열화, 실란트 파손, 방호벽 백태 등이 있으며 내구성 저하방지를 위한 보수 및 정비가 필요한 상태이다. 신축이음 및 교량받침은 신축거동에 대한 기능성과 주행차량 영향 등의 사용성에 문제가 없는 상태이다.

○ 콘크리트 비파괴시험 결과, 콘크리트 부재의 강도는 양호한 것으로 측정되었으며 철근탐사 시험결과, 배근간격은 구간별 시공오차를 고려하면 대체로 설계값과 일치하는 양호한 상태로 나타났다. 피복두께는 대체로 설계값을 만족하고 있으나 일부 지점에서 실측피복이 작거게 측정되어 시공이 다소 미흡했던 것으로 판단된다. 탄산화 시험결과, 일부 구간에서 b등급으로 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성이 있음으로 평가되었고, 염화물함유량 시험결과 철근부식 우려는 없는 것으로 검토되었다.

○ 강재 비파괴시험 결과, 거더 내부의 맞대기 용접부는 내부결함이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 도막두께는 거더 내, 외부 모든 구간에서 기준을 만족한 것으로 확인되었다.

○ 대상교량의 상태평가 결과, 환산결함도 점수가 0.175로 상태평가 등급은 'B'로 산정되었다.

나) 구조 안전성평가 및 내진성능평가 결과

○ 구조해석을 통한 안전성평가 결과, 설계하중(DB-24)에 대한 바닥판 및 거더의 구조적인 안전율은 1.0 이상이며 기본내하력은 설계하중을 상회하고 있는바, 대상교량의 안전성 평가 결과는 기준 'A'로 평가되었다.

○ 내진성능 상세평가 결과, 기둥, 지지길이는 내진성능을 확보고하고 있으나, 교대 및 교각의 교량받침부 교축직각방향에서 내진성능이 부족한 것으로 나타났다. 내진성능 향상방안으로는 전단키, 탄성받침 교체 안을 제시하였고, 추후 유지관리 및 구조물의 상태, 여건 등을 종합적으로 판단하며 공법을 선정 후 공용 중에 불편없이 보강설계를 진행하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

9.2.2 가천교(안심방향)

가) 현장조사, 시험 및 상태평가 결과

○ 외관조사 결과, 교량의 안전성을 저해할 만한 바닥판 및 거더 등의 주요부재에 중대한 결함이 되는 손상은 없으며 대체로 표면손상이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생된 주요 손상으로는 각 부재의 전반적인 균열 및 거더 강재변형, 바닥판하면 백태, 파손, 하부구조 표면열화, 파손, 신축이음 차수커버 볼트탈락, 교면포장 아스콘 파손, 배수시설 배수구 막힘, 볼트탈락, 방호벽 단차 등이 있으며 내구성 저하방지를 위한 보수 및 정비가 필요한 상태이다. 신축이음 및 교량받침은 신축거동에 대한 기능성과 주행차량 영향 등의 사용성에 문제가 없는 상태이다.

○ 콘크리트 비파괴시험 결과, 콘크리트 부재의 강도는 양호한 것으로 측정되었으며 철근탐사 시험결과, 배근간격은 구간별 시공오차를 고려하면 대체로 설계값과 일치하는 양호한 상태로 나타났다. 피복두께는 대체로 설계값을 만족하고 있으나 일부 지점에서 실측피복이 작거게 측정되어 시공이 다소 미흡했던 것으로 판단된다. 탄산화 시험결과, 일부 구간에서 b등급으로 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성이 있음으로 평가되었고, 염화물함유량 시험결과 철근부식 우려는 없는 것으로 검토되었다.

○ 강재 비파괴시험 결과, 거더 내부의 맞대기 용접부는 내부결함이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 도막두께는 거더 내, 외부 모든 구간에서 기준을 만족한 것으로 확인되었다.

○ 대상교량의 상태평가 결과, 환산결함도 점수가 0.170으로 상태평가 등급은 'B'로 산정되었다.

나) 구조 안전성평가 및 내진성능평가 결과

○ 구조해석을 통한 안전성평가 결과, 설계하중(DB-24)에 대한 바닥판 및 거더의 구조적인 안전율은 1.0 이상이며 기본내하력은 설계하중을 상회하고 있는바, 대상교량의 안전성 평가 결과는 기준 'A'로 평가되었다.

○ 내진성능 상세평가 결과, 기둥, 지지길이는 내진성능을 확보고하고 있으나, 교대 및 교각의 교량받침부 교축직각방향에서 내진성능이 부족한 것으로 나타났다. 내진성능 향상방안으로는 전단키, 탄성받침 교체 안을 제시하였고, 추후 유지관리 및 구조물의 상태, 여건 등을 종합적으로 판단하며 공법을 선정 후 공용 중에 불편없이 보강설계를 진행하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

9.2.3 종합결론

가) 정밀안전진단 실시결과의 종합결론

○ 가천교의 정밀안전진단 종합평가 결과, 상태평가 'B', 안전성평가 'A'로 평가되어 종합안전등급은 "B등급(양호)"으로 지정되었다. 대상 교량은 안전성 및 사용성이 양호한 상태로 판단되며 외관조사에서 나타난 부분적인 손상에 대하여 보수를 실시하고, 중점유지관리사항에 대한 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 교량의 원활한 기능발휘와 더불어 건전한 상태를 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

나) 시설물의 사용제한의 필요성 여부

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

다) 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

○ 거더 도장손상은 공용기간 경과, 우수유입, 보수미흡, 시공미흡 등에 의한 손상으로 내구성 확보 차원의 도장보수가 필요하며, 보수시 기존 도장 제거, 도료 품질관리 등을 통하여 재손상 발생을 방지하여야 한다. 거더외부에 발생한 변형은 진전은 없는 상태이나, 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요하다. 하부구조의 균열, 파손은 내구성 확보 차원의 단면보수, 표면처리가 필요하다. 신축이음 손상은 주행성에 영향이 없는 상태로 주의관찰 후 보수시기를 결정하는 것이 바람직하다.

○ 본 교량은 2026년 8월 대구광역시로 이관될 시설물로써 현재 발생된 손상에 대해 8장 보수보강 및 유지관리 방안에서 제시한 보수 및 유지관리를 실시한다면 시설물의 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.