천안논산고속도로
Cheonan Nonsan
Expressway

논산천안고속도로 1종시설물

정밀안전진단 보고서

- 초 봉 교 -

2018. 06

Cheonan Nonsan Expressway

Corporate Identity Standard

BASIC SYSTEM I APPLICATION SYSTEM

논산천안고속도로 1종시설물

정밀안전진단 보고서

초봉교

2018. 6

천안논산고속도로(주)

제 출 문

천안논산고속도로 주식회사 귀중

귀 사와 2017년 10월 16일자로 계약을 체결한 “논산천안고속도로 1종시설물 정밀안전진단 용역(2구역)”을 성실히 수행하고 초봉교의 결과를 본 보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

2018년 06월

(주)한국구조물안전연구원

이 채 규 (인)

(주) 한 맥 기 술

이 기 상 (인)

초봉교 정밀안전진단 결과표

가. 일반현황

용 역 명	2018년 논산천안고속도로 1종시설물 정밀안전진단 용역	진단기간	2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30		
관리주체명	천안논산고속도로(주)	대 표 자	이 선 관		
공동수급	㈜한국구조물안전연구원, ㈜ 한 맥 기 술	계약방법	일반경쟁		
시설물 구분	교 량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2002년 12월 23일	진단금액 (천원)	23,628	안전등급	B
시설물 위치	충청남도 공주시 이인면 초봉리 (고속국도25호선 228.905k)	시설물 규모	L=130.0m, B=24.3m(4차로)		

나. 진단 실시결과 현황

중대결함	■ 없음
진 단 주요결과	■ 바닥판 하면 폭 0.1~0.3mm 균열, 캔틸레버 박락 및 철근노출 ■ 거더내부 일부 부식, 스플라이스 틈 우수유입 ■ 거더외부 도장박리 ■ 하부구조 폭 0.1~0.3mm 균열, 콘크리트 들뜸 및 박락 ■ 교량받침 플레이트 부식, 신축이음 본체 부식 ■ 교면포장 아스콘 균열 및 패임
주 요 보수·보강	■ 폭 0.1~0.2mm 균열 및 백태 표면보수, 폭 0.3mm균열 주입보수 ■ 콘크리트 박락 및 철근노출부 단면보수(방청) ■ 교면포장 아스콘 재포장

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	서 종 태	2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30	특급기술자
분야별책임	오 판 수	2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30	특급기술자
	최 진 선	2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30	특급기술자
분야별참여	전 국 현	2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30	특급기술자
	유 창 수	2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30	특급기술자
참여기술자	이 상 훈 외 23인	2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30	고급기술자 등

라. 참고사항

초봉교 정밀안전진단 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
○ 초봉교는 16년의 공용기간이 경과한 교량시설물로서, 주부재인 강박스 거더와 바닥판, 하부구조에는 구조적 손상은 조사되지 않은 상태이다. 일부 발생한 손상들은 교량의 내구성 저하 방지를 위한 국부적인 보수 및 지속적인 유지관리가 필요한 것으로 평가되었다. ○ 따라서, 본 교량의 상태평가 및 안전성평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』으로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 보수를 실시하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 1등교(DB-24)로서의 기능을 유지 할 수 있을 것으로 판단된다. 책임기술자 : 서 종 태 (서명)

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b~c	- 균열(0.3㎜이하) - 박락 및 철근노출	- 표면보수, 주입보수 - 단면보수
	거더 내부	b~c	- 부식	- 재도장
	거더 외부	b~c	- 부식, 도장박리	- 재도장
	가로보 및 세로보	b	- 부식, 도장박리	- 재도장
하부구조	교대	b~c	- 균열 - 박락	- 표면보수 - 단면보수
	교각	b~c	- 균열(0.3㎜이하) - 들뜸	- 표면보수, 주입보수 - 단면보수
교량받침		b~c	- 부식 - 콘크리트 균열, 박락	- 재도장 - 표면보수, 단면보수

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
신축이음장치		b~c	- 후타재 균열 - 유간 이물질 퇴적 - 본체 부식	- 표면보수 - 청소 - 주의관찰
교면포장		b	- 포장 균열, 망상균열 - 패임	- 아스콘 씰링, 재포장 - 아스콘 재포장
기타부재	배수시설	a~c	- 배수구 막힘 - 연결핀 부식, 고정볼트 탈락	- 청소 - 정비
	난간 및 연석	c	- 균열(0.3㎜이하) - 박락	- 표면보수, 주입보수 - 단면보수

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
강박스거더	허용응력법	최소 안전율 1.083으로 양호	1.0이상	A
바닥판	강도설계법	최소 안전율 2.020으로 양호	1.0이상	
하부구조	강도설계법	최소 안전율 3.008으로 양호	1.0이상	

다. 내진성능 검토 수행 여부

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

※ “제2장 자료수집 및 분석” 편에 상세히 기술함.

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험) - 천안방향

<table>
<tr><th rowspan="2">시 험 명</th><th colspan="2" rowspan="2">시험부위</th><th colspan="2">시험 결과</th><th rowspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th>평균</th><th>설계</th></tr>
<tr><td rowspan="4">비파괴
강도
(㎫)</td><td rowspan="2">상부
구조</td><td>반발경도</td><td>29.8～31.0</td><td rowspan="2">27.0</td><td rowspan="2">■ 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>30.4～31.8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부
구조</td><td>반발경도</td><td>26.2～26.9</td><td rowspan="2">24.0</td><td rowspan="2">■ 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>27.8～28.6</td></tr>
<tr><td rowspan="4">철근탐사
(㎜)</td><td rowspan="2">상부
구조</td><td>배근간격</td><td>100~250</td><td>150~250</td><td rowspan="4">■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>35~93</td><td>40</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부
구조</td><td>배근간격</td><td>100~209</td><td>100~200</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>73~96</td><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="2">상부구조</td><td colspan="2">30.0~31.0</td><td rowspan="2">■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td colspan="2">62.5~75.0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량
시험
(kg/㎥)</td><td colspan="2">상부구조</td><td colspan="2">0.2489~0.2761</td><td rowspan="2">■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td colspan="2">0.0611</td></tr>
<tr><td>초음파
탐상시험
(개소)</td><td colspan="2">거더내부</td><td colspan="2">1등급: 12개소</td><td>■ 맞대기이음부의 용접상태는 양호함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">도막두께
측정결과
(㎛)</td><td colspan="2">거더외부</td><td>234~250</td><td>215</td><td rowspan="2">■ 표준도막두께를 상회함.</td></tr>
<tr><td colspan="2">거더내부</td><td>202~208</td><td>175</td></tr>
<tr><td>종합
평가</td><td colspan="5">• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨.
• 탄산화 깊이측정 및 염화물 함유량시험 결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 양호한 상태로 판단됨.
• 초음파탐상 시험 및 도막두께측정 결과, 전 개소에서 맞대기이음부의 용접상태 및 도막두께는 양호한 것으로 판단됨</td></tr>
</table>

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험) - 논산방향

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
비파괴 강도 (㎫)	상부 구조	반발경도	28.9～31.6	27.0	■ 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	29.9～31.7		
	하부 구조	반발경도	26.2～26.9	24.0	■ 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	27.7～28.1		
철근탐사 (㎜)	상부 구조	배근간격	133~300	150~300	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	38~100	40	
	하부 구조	배근간격	103~205	73~86	
		피복두께	79~96	50~100	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		30.0~32.5		■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		59.5~70.0		
염화물 함유량 시험 (kg/㎥)	상부구조		0.2512		■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.
	하부구조		0.0792~0.1313		
초음파 탐상시험 (개소)	거더내부		1등급: 12개소		■ 맞대기이음부의 용접상태는 양호함.
도막두께 측정결과 (㎛)	거더외부		234~235	215	■ 표준도막두께를 상회함.
	거더내부		197~207	175	
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. • 탄산화 깊이측정 및 염화물 함유량시험 결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 양호한 상태로 판단됨. • 초음파탐상 시험 및 도막두께측정 결과, 전 개소에서 맞대기이음부의 용접상태 및 도막두께는 양호한 것으로 판단됨				

초봉교 현황표

작성일 : 2018년 02월 01일

<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>초봉교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2003-0001997</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월</td><td>2002년 12월 23일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>논산천안교량-21</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">충청남도 공주시 이인면 초봉리</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 25호선
순천기점 228.905K</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L = 130.0 m, (40.0 + 50.0 + 40.0 = 130.0 m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=24.3m, 4차로(천안 2, 논산2)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상 부</td><td>강박스거더교(STB)</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하 부</td><td>교대 : 역T형식(RTA)
교각 : T형식(TP)</td><td>교각</td><td>강관 PILE</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>J(1,2-논산) : MS JOINT
J(2-천안) : RAIL JOINT</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>도로 횡단</td><td colspan="2">통과높이</td><td>5.5m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>한국해외기술공사</td><td colspan="2">시 공 사</td><td>(주)한화건설, 롯데건설(주)
삼정건설(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">내진설계유무</td><td>내진설계적용</td><td colspan="2">관리주체</td><td>천안논산고속도로(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">- 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">- 설계도서 및 구조계산서 유무 : 유
- 중점 점검사항(붕괴유발부재, 보수・보강 부위 등을 기재)</td></tr>
</table>

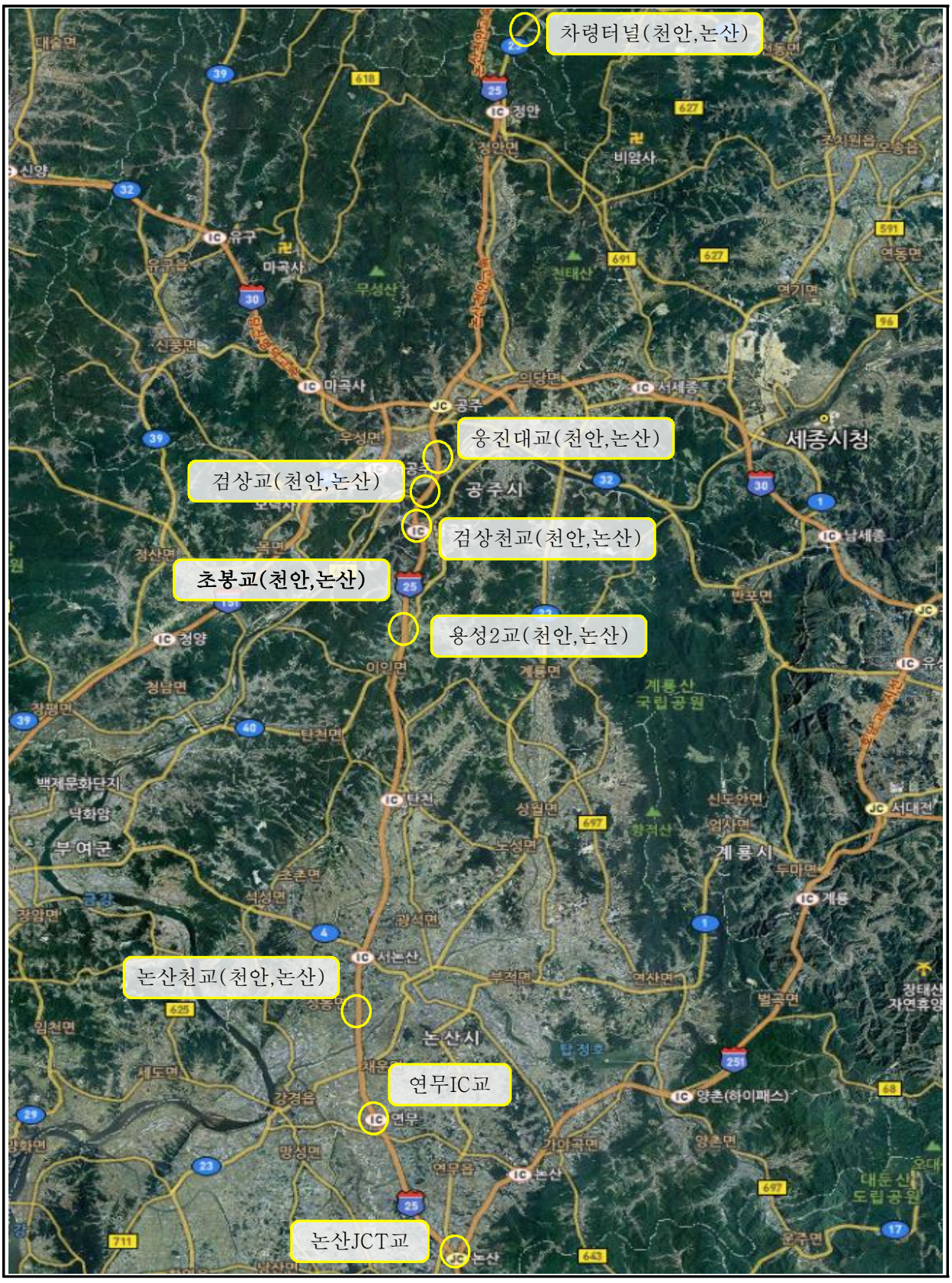
정밀안전진단 참여기술진(1)

참여구분	참여분야	소 속	직 위	성 명	참여기간	서 명
책임기술자	사업책임	(주)한국구조물안전연구원	부원장	서종태	10월19일~06월30일 (255일)	
분야별 책임기술자	재료시험분야	(주)한국구조물안전연구원	부원장	오판수	10월19일~06월30일 (127일)	
	자료분석분야	㈜한맥기술	사장	최진선	10월19일~06월30일 (127일)	
분야별 참여기술자	재료시험분야	(주)한국구조물안전연구원	부원장	전국현	10월19일~06월30일 (127일)	
	자료분석분야	(주)한국구조물안전연구원	부원장	유창수	10월19일~06월30일 (127일)	
참여기술자	재료시험분야	〃	부장	김정대	10월19일~06월30일 (255일)	
		〃	차장	곽호정	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	차장	박선영	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	차장	최희림	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	차장	김충희	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	과장	김세열	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	차장	이덕주	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	과장	김정훈	10월19일~06월30일 (255일)	
		〃	과장	마권동	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	과장	현지홍	10월19일~06월30일 (127일)	

정밀안전진단 참여기술진(2)

참여구분	참여분야	소 속	직 위	성 명	참여기간	서 명
참여기술자	재료시험분야	(주)한국구조물안전연구원	부장	이상훈	10월19일~06월30일 (255일)	
		〃	대리	이주형	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	대리	차광희	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	대리	김영학	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	사원	김재홍	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	사원	김호섭	10월19일~06월30일 (255일)	
		〃	사원	김인하	10월19일~06월30일 (127일)	
		〃	부장	양승필	05월01일~06월30일 (61일)	
		〃	이사	이택수	06월01일~06월30일 (30일)	
		㈜한맥기술	부장	김승제	10월19일~06월30일 (255일)	
		〃	부장	김건훈	10월19일~03월22일 (155일)	
		〃	과장	박지훈	10월19일~06월08일 (233일)	
		〃	사원	김치엽	10월19일~06월30일 (255일)	
		〃	부사장	고삼암	03월23일~06월30일 (100일)	

시설물의 위치도


차령터널(천안,논산)
웅진대교(천안,논산)
검상교(천안,논산)
검상천교(천안,논산)
초봉교(천안,논산)
용성2교(천안,논산)
논산천교(천안,논산)
연무IC교
논산JCT교
공주시
세종시청
계룡시
논산시
부여군

○ 시설물 위치 : 충청남도 공주시 이인면 초봉리 (고속국도25호선 228.905km)

시설물의 전경사진(1)

측면전경

상부전경

시설물의 전경사진(2)

바닥판하면 및 거더 외부 전경

강박스 내부 전경

시설물의 전경사진(3)

교대 전경(A2)

교각 전경

시설물의 전경사진(4)

신축이음장치 전경(A1)

교량받침 전경(P2)

시설물의 전경사진(5)

방호울타리 전경

중앙분리대 전경

시설물의 전경사진(6)

교량판 전경

교량설명판 전경

정밀안전진단 결과 요약문

1. 과업의 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전 유지관리에 관한 특별법”(이하 “시설물안전법”이라 한다.) 제7조 및 동법 시행령 제8조에 의한 정밀안전진단으로서 시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 조치를 취하며, 상태 및 구조적 안전성, 사용성을 종합적으로 검토·평가하여 적절한 보수·보강방법 및 유지관리방안을 수립하여, 고속도로 시설물의 재난예방과 안전성 확보를 통해 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위

가. 정밀안전진단

1) 자료수집 및 분석

2) 현장조사 및 시험

3) 상태평가

4) 안전성평가

5) 종합평가 및 안전등급 지정

6) 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시

7) 보고석 작성

나. 수중점검 : 해당사항 없음

다. 과업기간

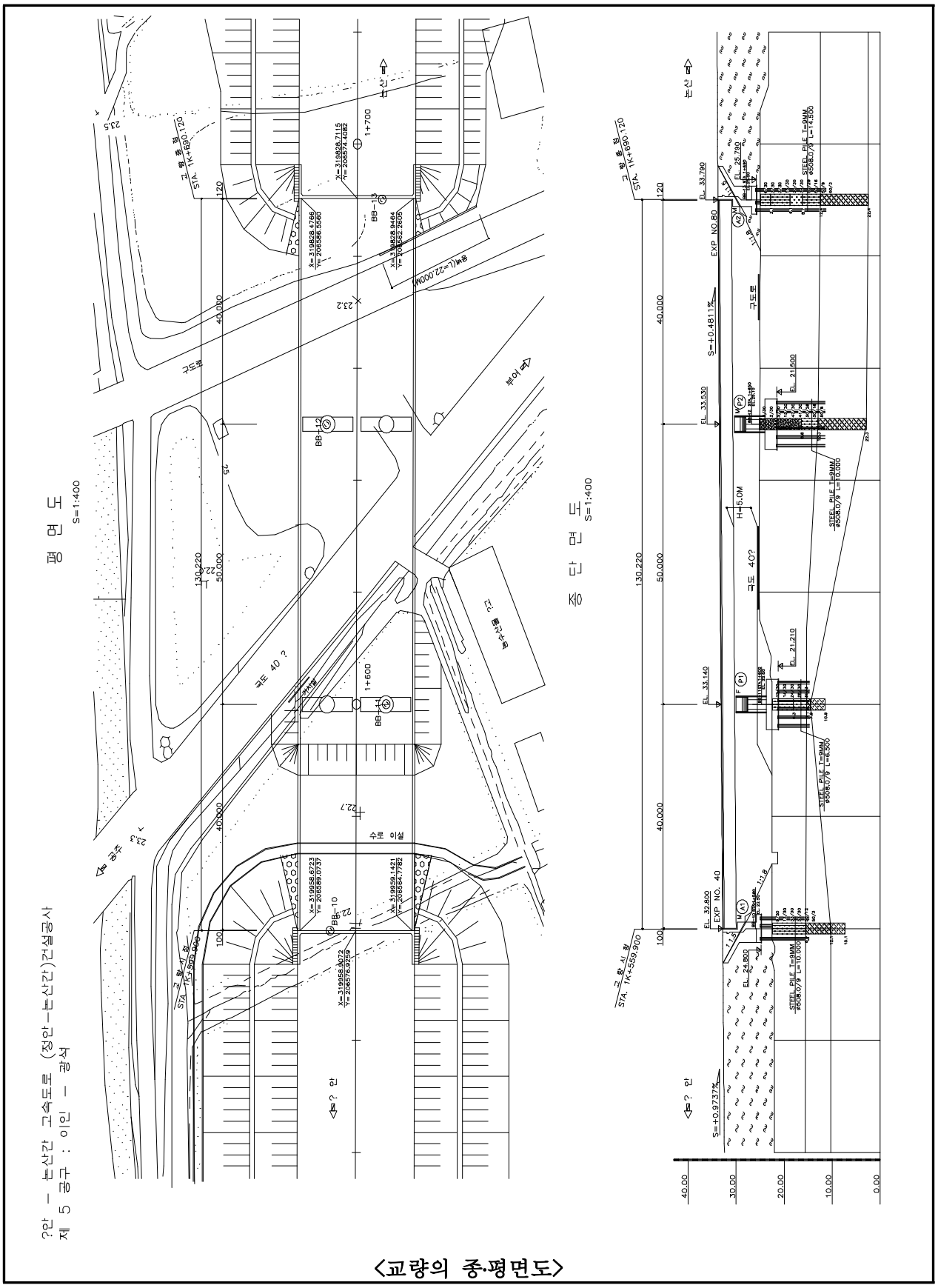
2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30(착수일로부터 255일간)

1.3 시설물의 개요

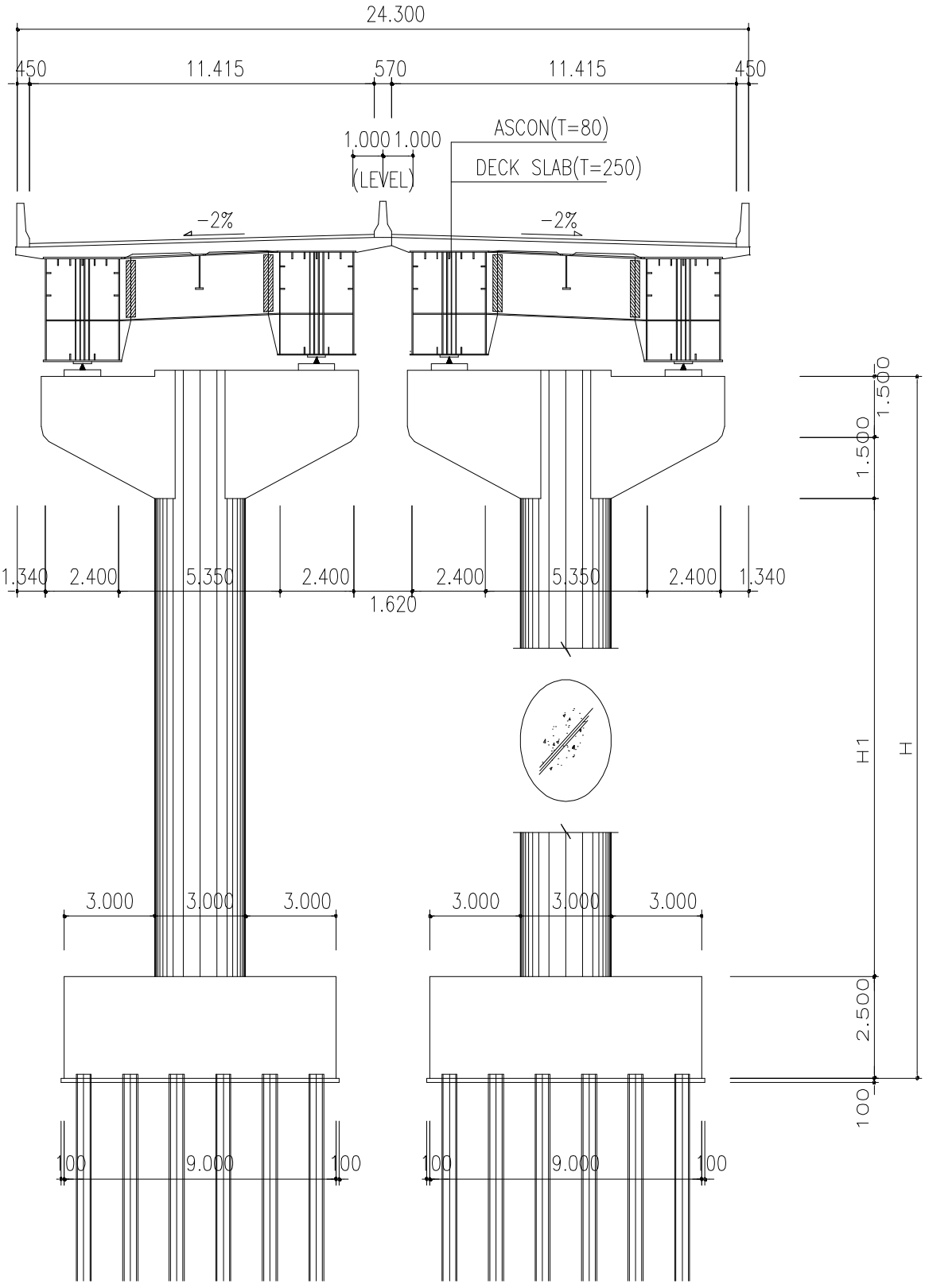
가. 시설물의 현황

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>초봉교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2003-0001997</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월</td><td>2002년 12월 23일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>논산천안교량-21</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">충청남도 공주시 이인면 초봉리</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 25호선
순천기점 228.905K</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L = 130.0 m, (40.0 + 50.0 + 40.0 = 130.0 m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=24.3m, 4차로(천안 2, 논산2)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상 부</td><td>강박스거더교(STB)</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하 부</td><td>교대 : 역T형식(RTA)
교각 : T형식(TP)</td><td>교각</td><td>강관 PILE</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>J(1,2-논산) : MS JOINT
J(2-천안) : RAIL JOINT</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>도로 횡단</td><td colspan="2">통과높이</td><td>5.5m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>한국해외기술공사</td><td colspan="2">시 공 사</td><td>(주)한화건설, 롯데건설(주)
삼정건설(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">내진설계유무</td><td>내진설계적용</td><td colspan="2">관리주체</td><td>천안논산고속도로(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">- 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">- 설계도서 및 구조계산서 유무 : 유
- 중점 점검사항(붕괴유발부재, 보수·보강 부위 등을 기재)</td></tr>
</table>

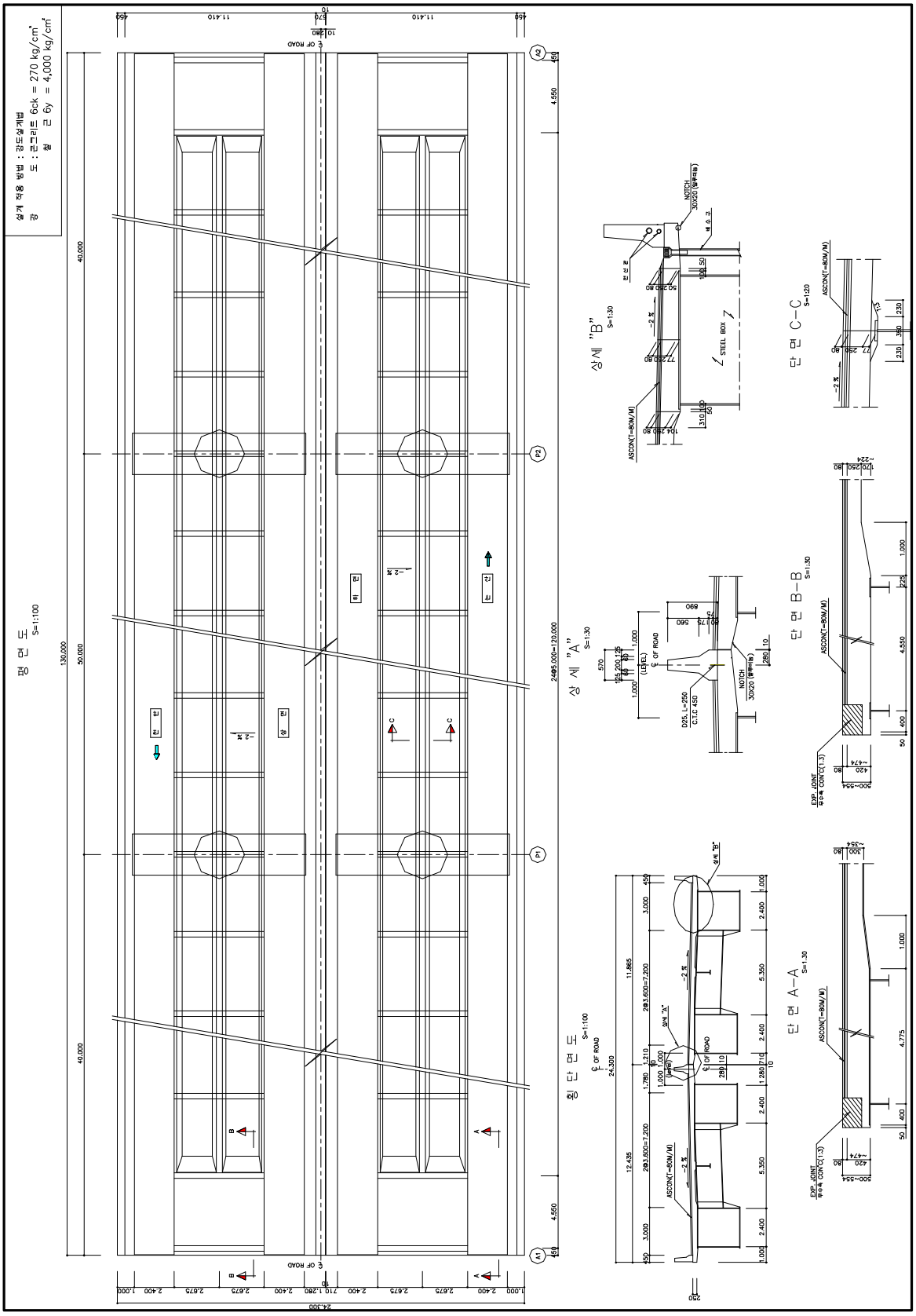
나. 시설물의 주요도면



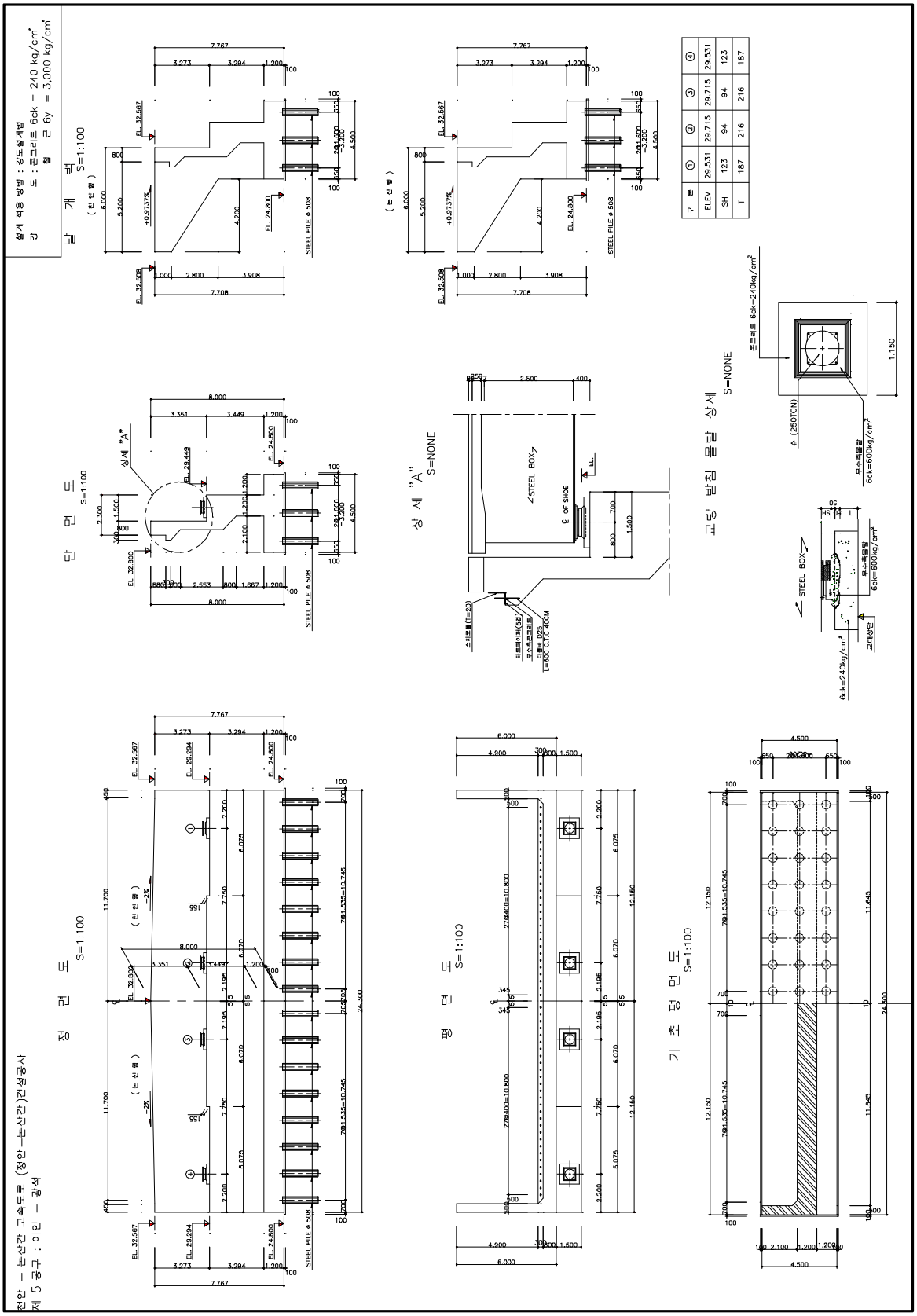
〈교량의 종·평면도〉


24.300
450
11.415
570
11.415
450
1.000 1.000
(LEVEL)
ASCON(T=80)
DECK SLAB(T=250)
-2%
-2%
1.500
1.500
1.340
2.400
5.350
2.400
2.400
5.350
2.400
1.340
1.620
H1
H
3.000
3.000
3.000
3.000
3.000
3.000
2.500
100
100
9.000
100
100
9.000
100

<교량 횡단면도>


설계 적용 방법 : 강도설계법
강 도 : 콘크리트 6ck = 270 kg/cm²
철 근 6y = 4,000 kg/cm²
평 면 도
S=1:100
상 세 "A"
S=1:30
상 세 "B"
S=1:30
단 면 A-A
S=1:30
단 면 B-B
S=1:30
단 면 C-C
S=1:20
횡 단 면 도
S=1:100
STEEL BOX
ASCON(T=80M/M)
EXP. JOINT
NOTCH
D25, L=250
C.T.C 450
℄ OF ROAD

<슬래브 일반도>



구 분	①	②	③	④
ELEV	29.531	29.715	29.715	29.531
SH	123	94	94	123
T	187	216	216	187

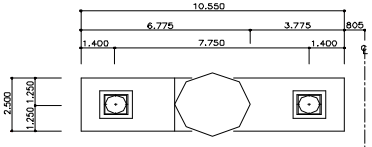
<교대 일반도>

<조감도 및 일반도>

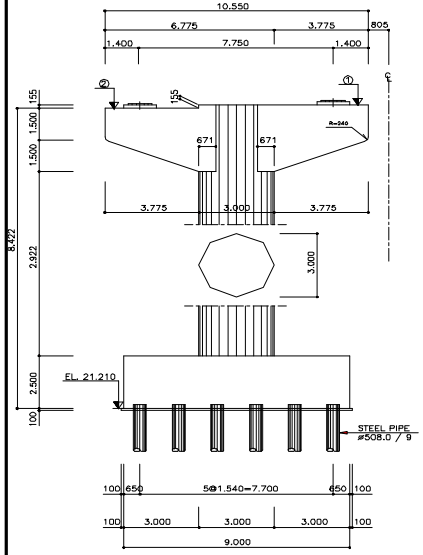
교 각 일 반 도

설계 적용 방법 : 강도설계법
강 도 : 콘크리트 6ck = 240 kg/cm²
철 근 6y = 3,000 kg/cm²

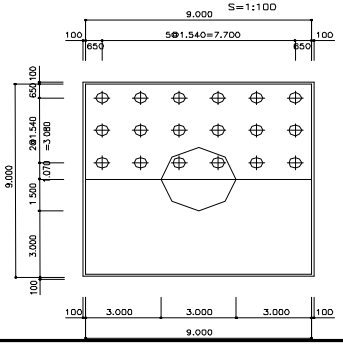
평 면 도
S=1:100



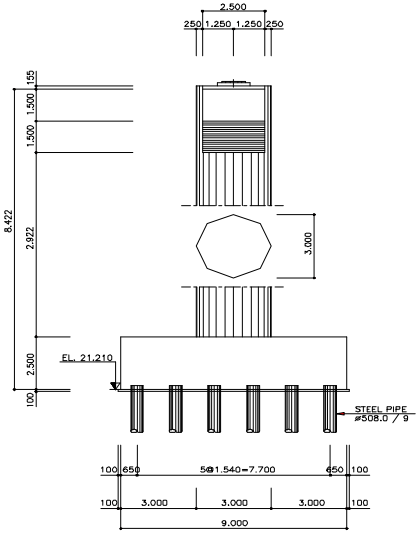
정 면 도
S=1:100



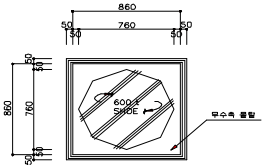
저 판
S=1:100

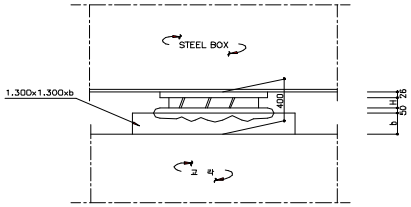


측 면 도
S=1:100



교좌받침몰탈상세
S=1:20





교좌규격 및 ELEVATION

구 분	1	2	비 고
SHOE	고 정	일 방 향	600 t
H	141	157	
b	183	167	
교좌면 EL.	29.787	29.632	

NOTE : 1) 설계방은 강도설계방이다.
2) 교대구체 CON'C 강도는 6ck=240kg/Cm², 철근의 강도는 6y=3000kg/Cm² 이다.
3) 기초고르기 CON'C 강도는 6ck=150kg/Cm² 이다.
4) 슈 설치시 정확히 SETTING 되어야 하고 설치후의 상단면은 수평을 유지해야 한다.
5) 무수축 몰탈과 구체가 접속하는 면은 CHIPPING 하여 시공시 접착이 양호하도록 하여야한다.

2. 자료수집 및 분석

2.1 보수·보강 이력

일 자	내 용	물 량	비 고
09년 06월	신축이음 교체	L=7.2m<1개소>	A1-천안방향
09년 09월	교량받침 재도장	<3개소>	A1SH1
10년 05월	행거교체	3EA	논산방향-S1, S6
	행거교체	15EA	양방향-S2, S3
	방호벽 단면보수	0.15㎡	천안방향-A2
12년 상반기	바닥판하면 동판설치	30.00m	S2 내측 캔틸레버
13년 10월	신축이음 보수(하자)	L=48.6m	천안방향-A1,A2 논산방향-A1,A2
16년 07월	신축이음 교체	L=12.3m MS JOINT	A2-논산방향
16년 08월	신축이음 교체	L=12.3m MS JOINT	A1-논산방향
16년 09월	신축이음 교체	L=12.3m MS JOINT	A1-천안방향

2.2 점검 및 진단이력

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
1	초기점검	2003.04	(주)아워브레인	주요 손상은 미세균열, 종방향 접속부 누수 발생. 주의관찰.	A
2	정기점검	2003.12	(주)아워브레인	주요 손상은 미세균열, 종방향 접속부 누수 발생. 주의관찰.	-
3	정기점검	2004.6	(주)아워브레인	주요 손상은 미세균열, 종방향 접속부 누수 발생. 주의관찰.	-
4	정기점검	2004.7	(주)아워브레인	주요 손상은 방호벽, 교각 균열, 교대 누수 및 박리 발생. 주의관찰.	-
5	정밀점검	2005.4	㈜한길종합 엔지니어링	전반적으로 균열보수가 실시된 양호한 상태임. 바닥판 종방향 접속부 누수, 교대 누수흔적등은 전회 점검이후 특별한 손상은 조사되지 않았음.	A
6	정기점검	2005.7	㈜한길종합 엔지니어링	전반적으로 균열보수가 실시된 양호한 상태임. 바닥판 종방향 접속부 누수, 교대 누수흔적등은 전회 점검이후 특별한 손상은 조사되지 않았음.	-
7	정기점검	2006.3	(주)아워브레인	주요손상은 주형 외부에 경미한 도장 손상, 하부구조에 건조수축균열(Cw≤0.2㎜), 신축이음부 노후화로 인한 본체 마모 및 후타재 박리, 파손, 받침 PLATE 및 볼트부 부식, 교대부 체수등이 조사됨.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
8	정기점검	2006.10	(주)아워브레인	전반적으로 양호한 상태이나, 주형 외부에 경미한 도장 손상이 발생하였으며, 하부구조에 건조수축균열(Cw≤0.2㎜)이 발생된 상태임. 또한, 신축이음부 노후화로 인한 본체 마모 및 후타재 박리, 파손등으로 차량의 주행성 저하와 하부구조로 우수 등이 침투하여 받침 PLATE 및 볼트 부식, 교대부 체수등의 표면 열화 손상을 야기시키고 있는 상태임. 현재 기 발생된 손상현황은 구조물의 안전성 및 기능상의 큰 문제가 없는 것으로 사료되나, 구조물의 내구성 확보를 위하여 손상부에 대한 보수를 실시하며, 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요함.	-
9	정밀점검	2007.6	(주)아워브레인	본 교량에 대한 상태등급 판정결과 전체적인 상태평가 등급은 B등급으로 일부부재에 경미한 손상이 발생하였으나, 기능발휘에 문제점이 없는 상태인 것으로 평가되었다. 기 발생된 손상현황은 방호벽균열, 신축이음 본체 마모 및 후타재 박락, 하부구조 균열(폭0.1˜0.2㎜), 바닥판하면 종방향 누수, 교량받침 볼트부식, 교대 두부 누수 및 체수등이며, 일부부재에 대해서는 구조물의 내구성 차원의 보수가 필요하다. 기 발생된 손상은 교량의 안전성에는 큰 문제가 없는 것으로 사료되나, 주기적인 점검을 통하여 진행상태를 확인하여야 한다.	B
10	정기점검	2007.12	(주)아워브레인	국부적인 손상현황이 일부 발생되었으나 전반적으로 양호한 상태이다. 기 발생된 손상현황은 접속도로측 국부적인 아스콘 탈락, 주형 외부 경미한 도장 손상, 하부구조 균열(폭 0.3㎜미만)등 이며, 또한 신축이음 내구년수 경과로 인한 본체 고무재 마모 및 후타재 탈락 등으로 차량 주행시 충격, 주행성 저하와 하부구조로 우수 등이 침투하여 교량받침 볼트 부식, 교대 표면열화 등의 손상을 야기시키고 있는 상태이다. 현재 발생된 손상현황은 구조물의 기능 발휘에는 지장이 없으나, 내구성 증진을 위한 일부의 보수와 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요하다.	-
11	정기점검	2008.6	(주)아워브레인	일부 부재에서 국부적인 손상현황이 발생되었으나, 전반적으로 양호한 상태이다. 기 발생된 손상현황은 접속도로측 국부적인 아스콘 탈락, 주형 외부 경미한 도장 손상, 하부구조 균열(폭 0.3㎜미만)등이다. 또한, 신축이음 공용년수 경과로 인한 본체 고무재 마모 및 후타재 탈락 등으로 차량 주행시 충격, 주행성 저하와 하부구조 우수 침투로 인한 교량받침 볼트 부식, 교대 표면열화 등의 손상을 유발하고 있는 상태이다. 현재 발생된 손상현황은 구조물의 기능 발휘에는 지장이 없으나, 내구성 증진을 위한 일부의 보수와 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요하다.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
12	정기점검	2008.12	(주)아워브레인	일부 부재에서 국부적인 손상현황이 발생되었으나, 전반적으로 양호한 상태이다. 기 발생된 손상현황은 주형 외부 경미한 도장 손상, 하부구조 균열(폭 0.3㎜미만)등이다. 또한, 신축이음 공용년수 경과로 인한 본체 고무재 마모 및 후타재 탈락 등으로 차량 주행시 충격, 주행성 저하와 하부구조 우수 침투로 인한 교량받침 볼트 부식, 교대 표면열화 등의 손상을 유발하고 있는 상태이다. 기 발생된 손상현황은 전회와 비교시 진전은 미미한 상태이나, 구조물의 내구성 확보를 위하여 일부 보수를 실시하며, 지속적인 유지관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요하다.	-
13	정밀점검	2009.06	㈜한길종합 엔지니어링	일부 부재에 대한 보수를 실시하였고 주형 내·외부, 교량받침, 신축이음장치, 배수시설, 바닥판에서 일부 추가적인 손상이 발생한 상태이다. 따라서, 구조물의 내구성 및 사용성 확보차원에서 배수시설, 주형, 하부구조, 바닥판, 신축이음장치 교체 등의 국부적인 손상에 대한 보수가 필요한 것으로 판단되며, 구조물의 효율적인 유지관리를 위하여 정기점검을 통한 지속적인 관찰을 실시한다면, 구조물의 사용성 및 공용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.	B
14	정기점검	2009.12	㈜한길종합 엔지니어링	전반적으로 양호한 상태로 구조적인 손상은 없는 것으로 조사되었으며 유도배수관 행거로드 부식, 교대 전기단자함 손잡이 파손 등이 추가적으로 관찰되었다. 또한 A1 천안방향 신축이음과 교량받침에 대해 보수를 실시한 것으로 조사되었다. 주요 손상으로 배수관 연결볼트 탈락, 방호벽에 균열 및 파손, 바닥판에 박락 및 철근노출, 주형내부에 우수유입, 주형외부 도장손상, 후타재 박락, 신축이음 강재 부식, 하부구조에 균열 및 박락 등이 조사되었으며 내구성 및 사용성 확보를 위해 보수 및 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 요구된다.	-
15	정기점검	2010.06	㈜한길종합 엔지니어링	주부재 및 보조부재에 경미한 손상이 조사되었으며 기능발휘에 지장이 없는 양호한 상태이다. 본 교량은 1종 시설물로써 하자담보기간 만료 전에 바닥판하면, 주형 및 가로보, 하부구조 등의 손상에 대한 하자보수처리를 실시할 필요가 있다. 점검일 현재 2차 부재에서 발생된 일부 손상에 대하여 보수를 실시하여 공용중 구조물의 내구성 및 사용성 향상을 도모하며, 추후 정기점검을 통하여 지속적인 주의관찰을 실시한다.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
16	정기점검	2010.12	㈜한길종합 엔지니어링	일부 바닥판, 하부구조 등에 균열, 백태, 파손 등의 손상이 조사되었으며, A1-천안방향의 경우 균열(폭 0.3㎜ 이상) 손상이 신규로 조사되었다. 점검일 현재 구조물의 구조적인 안전에는 문제가 없으나, 공용중 내구성 증진을 위해 일부 손상에 대한 보수 조치가 필요하다.	-
17	정밀점검	2011.06	(주)아워브레인	본 구조물은 구조물의 안전성과 관련된 구조적인 손상이 없는 양호한 상태이며, 전회점검 이후 일부 부재에 대한 보수를 실시하였고 바닥판, 신축이음장치, 하부구조 등에서 일부 추가적인 손상이 발생한 상태이다. 따라서, 구조물의 내구성 및 사용성 확보차원에서 배수시설, 주형, 하부구조, 바닥판 등의 국부적인 손상에 대한 보수가 필요한 것으로 판단되며, 구조물의 효율적인 유지관리를 위하여 지속적인 관찰을 통한 관리를 실시한다면, 구조물의 사용성 및 공용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.	B
18	정기점검	2011.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 양호한 상태이며, 교량의 전반적인 신축거동 또한 양호한 상태로 나타났다. 금회 점검시 바닥판하면 박락 및 파손부와 하부구조 균열 및 콘크리트 파손, 신축이음장치 본체파손 및 후타재 파손에 대한 보수가 실시된 것으로 조사되었다. 주요 손상으로는 바닥판하면 콘크리트 파손 및 철근노출, 교대 및 교각 균열, 누수흔적, 신축이음 본체 부식, 후타재 박락 등이 발생된 상태이다. 현재 교량의 안전성 및 사용성에 큰 문제는 없으나, 기 발생된 손상에 대해서는 교량의 내구성 확보차원의 보수를 실시하고, 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
19	정기점검	2012.06	(주)아워브레인	정기점검결과, 대상시설물의 상태는 '양호' 인 것으로 판단되나, 교량의 신축거동시 A1 천안 지점부에서 바닥판의 유간이 부족한 상태로 조사되었다. 상·하행선의 바닥판 단부의 돌출길이가 상이한 점으로 보아 시공상의 결함으로 판단되며 향후 온도상승에 의한 주형신장시 2차손상을 유발할 수 있으므로 절삭조치가 필요한 상태이다. 바닥판 종조인트부는 포장면으로부터 우수 및 제설재 등이 유입되어 철근부식에 의한 박락이 다수 발생되었으며 기보수 이후에도 재손상이 일부 관찰되었다. 따라서, 상부 포장면의 방수처리 후 해당손상에 대한 재보수가 필요한 것으로 판단된다. 그 외 발생된 손상에 대해서는 내구성 저하방지를 위한 일부 보수와 진전여부의 주의관찰을 통한 유지관리가 필요하다.	-
20	정밀 안전진단	2013.06	(주)동우기술단	구조적으로 문제가 될 만한 손상, 결함, 열화는 조사되지 않았으나, 내측 캔틸레버에 발생된 철근부식은 우선적으로 보수를 실시해야 하고, 측방이동이 발생된 것으로 추정되는 양방향 교대 A1에 대하여 주기적인 계측 및 점검을 실시해야 할 것이다.	B
21	정기점검	2013.12	(주)동우기술단	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 '양호' 인 것으로 판단된다. 바닥판 과 하부구조의 단면손상은 보수가 완료된 상태이며, 교면포장 균열, 포토홀, 접소부 파손, 배수구 막힘, 콘크리트 부재의 균열 및 단면손상, 거더 및 가로보의 도장손상, 부식 등이 조사되었다. 발생된 손상에 대해서는 차량의 주행성 확보를 위해 배수구막힘에 대해서는 주기적인 청소를 실시하고 교각의 균열(폭 0.3㎜)에 대해서는 내구성 저하방지를 위한 주입보수가 필요하며 그 외 손상에 대해서는 진전여부의 주의관찰을 통한 유지관리가 필요하다.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
22	정기점검	2014.06	(주)동우기술단	정기점검 결과 조사된 주요 손상으로는 교면포장 파손, 배수관 고정볼트 탈락, 하부구조의 균열 및 단면손상, 거더 및 가로보의 도장손상, 부식 등이 조사되었다. 조사된 손상은 비구조적인 원인에 의해 발생된 비교적 경미한 손상으로 현재 시설물의 상태는 '양호' 하다. 또한, 바닥판 협착으로 컷팅이 시행된 후 교량의 이상징후는 조사되지 않았다. 금회 조사된 손상중 내구성 확보를 위한 일부 보수가 요구되고 향후 지속적인 주의관찰이 요망된다.	-
23	정기점검	2014.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 '양호' 인 것으로 판단된다. 주요 손상으로는 교면포장 아스콘 균열, 배수관 고정볼트 탈락, 하부구조의 균열, 거더 및 가로보의 도장손상 및 부식 등이 조사되었다. 또한, 바닥판 컷팅이 시행된 후 해당부재의 신규손상은 조사되지 않았으며, 그 외 손상의 진전도 미미한 것으로 관찰되었다. 기 발생된 손상에 대해서는 구조물의 내구성 저하방지차원의 일부 보수와 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 시설물의 안전성에 문제가 없을 것으로 판단된다.	-
24	정밀점검	2015.06	(주)동우기술단	정밀점검 결과, 본 구조물은 주요부재 및 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없는 상태인 "B" 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 금회 점검시 조사된 주요 손상현황으로는, 교면포장 균열, 패임, 방호울타리 및 중앙분리대 균열, 바닥판 백태, 거더 Splice 틈, 우수유입흔적, 도장박리, 부식, 신축이음 본체 부식, 후타재 균열, 교량받침 부식, 교대 및 교각 균열, 누수흔적 등이 발생한 상태이다. 전회 점검 이후 일부 손상이 추가되었으나 보수를 요하는 손상은 없는 상태이며, 기 손상부의 진전은 미미하므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 이루어진다면 교량구조물로써 기능발휘에 지장이 없을 것으로 판단된다.	B
25	정기점검	2015.12	(주)동우기술단	정기점검결과 조사된 손상은 대부분이 기존에 발생된 것으로서 손상의 진전이 미미하여 시급한 보수는 필요하지 않으며 전반적인 교량의 안전성에 문제가 없는 양호한 상태로 판단된다. 발생된 일부 손상은 유지관리차원에서 보수가 필요하며 정기적인 점검을 통해 손상의 진전유무를 관찰하고 지속적인 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.	

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
26	정기 점검	2016.06	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 상태로 판단된다. 기 실시된 점검이후 거더 내·외부 도장손상에 대한 일부 보수가 실시되었으며, 발생된 주요 손상으로는 신축이음 후타재 균열, 바닥판하면 균열 및 들뜸, 중앙분리대 접속부 파손, 하부구조 균열 등이 조사되었다. 기 발생된 손상은 이전 점검과 비교시 진전은 미미한 상태이나, 내구성 저하방지 차원에서 보수를 요하는 손상이 일부 발생된 상태이다. 또한, 주기적인 점검을 통해 손상의 진전유무 및 신규손상 발생에 대한 지속적인 유지관리가 필요하다.	-
27	정기 점검	2016.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 상태로 판단된다. 기 실시된 점검이후 교대 균열, 누수흔적 등이 보수되었으며, 신축이음의 본체 교체가 실시된 상태이다. 조사된 주요 손상으로는 바닥판하면 단면손상(철근부식), 하부구조 균열, 교량받침 들뜸 및 박락 등이 조사되었다. 기 발생된 손상은 이전 점검과 비교시 일부 진전이 확인되었으며, 내구성 저하방지 차원에서 보수를 요하는 손상이 발생된 상태이다. 또한, 주기적인 점검을 통해 손상의 진전유무 및 신규손상 발생에 대한 지속적인 유지관리가 필요하다.	-
28	정밀 점검	2017.06	(주)아워브레인	정밀점검 결과, 본 구조물은 주요부재 및 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없는 상태인 B 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 주요 손상으로는 교면포장 아스콘 균열, 패임, 방호벽 균열, 바닥판하면 박락 및 철근노출, 들뜸, 거더 도장박리 및 부식, 신축이음 본체 부식, 후타재 균열, 하부구조 균열, 누수흔적 등이 발생된 상태이다. 이전 점검이후 바닥판 및 교대 손상의 진전 및 추가 발생된 것으로 조사되었으며, 그 외 부재의 손상의 진전은 미미한 상태이다. 기 발생된 손상에 대해서는 내구성 저하방지를 위한 일부 보수와 함께 지속적인 점검을 통한 유지관리가 이루어진다면 교량의 원활한 기능발휘에 지장이 없을 것으로 판단된다.	B
29	정기 점검	2017.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 상태이나, 시설물의 유지관리 차원에서 일부 보수가 필요한 상태이다. 주요 손상으로는 바닥판하면 박락 및 철근노출, 교량받침 들뜸 및 박락, 하부구조 균열 등이 조사되었으며, 이전 점검과 비교시 손상의 진전은 미미한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상은 시설물의 구조적인 안전성에 큰 영향은 없으며, 내구성 저하방지 차원에서 일부 보수를 요하는 손상이 발생된 상태이다. 또한, 주기적인 점검을 통해 손상의 진전유무 및 신규손상 발생에 대한 지속적인 유지관리가 필요하다.	-

2.3 자료수집 및 분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 천안-논산간 고속도로 건설공사 5공구 - 공사시방서 - 구조계산서 - 일반보고서 - 토질조사보고서 - 초기점검보고서	◇ 구조계산서 및 구조물도, 일반보고서는 설계 당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇ 설계도면과 실측 제원 비교시 주요 부재에 대하여 전반적으로 동일 ◇ 점검시설의 경우 설치하는 것으로 제시되었으나 현재 미설치 된 것으로 검토됨	◇ 금회 점검시 내진성능평가 항목 추가 분석 실시
유 지 관 리 자 료	◇ 정기점검 및 정밀점검 정밀안전진단 ◇ 보수·보강 이력	◇ 16년간 공용하면서 별다른 문제가 없는 양호한 상태 ◇ 일부 발생한 손상에 대하여 보수 필요 ◇ 보수 및 보강 이력은 관리주체에 제공받아 검토됨	◇ 본 과업은 구조물 정밀안전진단이므로 외관조사망도의 정비 및 면밀한 외관조사 실시

3. 현장조사 및 시험

3.1 외관조사 결과요약(천안방향)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판		• 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 콘크리트 바닥판에 폭 0.1~0.2mm의 균열이 조사되었으며, 일부구간 폭 0.3mm 이상 균열이 발생하였다. • 교량의 외측 캔틸레버에 들뜸 및 박락, 파손, 백태, 철근노출 등이 조사되었고, 녹물이 발생한 상태이다.	• 균열은 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단됨. 주의관찰 후 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직함. • 파손 및 철근노출 구간은 캔틸레버 하면에서 누수되는 비산수 및 피복부족으로 인해 발생된 것으로 판단됨. 부재의 내구성 확보차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구됨.
거더	내부	• 일부 부식, 우수유입흔적	• 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로 추정되며, 현재 경미한 상태로 확인됨. 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인 후 조치가 요구됨. • 스플라이스 틈으로 유입된 우수는 추가 우수유입 및 거더의 부식 발생 방지를 위하여 실링재 마감을 실시하는 것이 바람직함.
	외부	• 일부 부식, 도장박리	• 부식은 시공당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 손상은 현재 경미한 상태이므로 주의관찰 후 조치. • 도장손상은 장기 공용, 외부충격에 의한 열화로, 전면적 대비 일부 손상으로 손상의 진전시 재도장 등의 조치가 필요함.
가로보 및 세로보		• 경미한 부식, 도장긁힘	• 부식은 시공 당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 현재 경미한 상태이므로 주의관찰.
교대		• 폭 0.3㎜ 미만 균열, 백태 • 국부적인 콘크리트 박락 • 우수유입에 의한 누수흔적	• 구조물의 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보 차원의 보수 필요함 • 주로 신축이음부를 통한 우수유입이 주원인으로 방치 시 콘크리트 열화 및 강재 부식을 유발하므로 주의관찰 후 조치필요.
교각		• 폭 0.3㎜ 이하 균열, 콘크리트 들뜸	• 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열로 안전성에는 문제가 없으나 손상의 진전시 내구성 확보차원의 보수 필요함. 콘크리트 들뜸은 주의관찰 실시.

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	• 받침콘크리트 폭 0.3㎜ 미만의 균열, 박락 및 철근노출 • 플레이트 부식, 볼트 부식	• 공용년수 경과에 의한 노후화로 인해 발생된 균열, 박락으로서 내구성 확보를 위한 보수 필요함. • 받침 가동에는 문제가 없는 상태로 지속적인 주의관찰 후 장기적인 대책 수립 필요함.
신축이음	• 후타재 균열 • 본체 부식, 이물질퇴적	• 후타재 균열은 시공초기 건조수축과 반복적인 윤하중에 의한 것으로 내구성 확보차원의 보수 필요함 • 끝단에 발생한 부식은 퇴적된 이물질에 의하여 장기간 체수가 지속됨에 따라 발생한 것으로, 주기적인 정비가 필요함.
교면포장	• 아스콘 균열 및 패임, 탈락	• 통행차량의 주행성 저하를 유발하는 정도는 아니므로 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰 후 장기적인 대책 수립 필요함
배수시설	• 배수구 막힘 • 연결핀 부식	• 배수시설의 기능에는 문제가 없으나 주의관찰 후 사용성 확보 차원에서 보수 필요함.
난간 (방호벽)	• 폭 0.3㎜이하의 균열, 균열부백태, 박락 발생	• 교량의 안전성에 영향이 없는 부재이나 내구성 및 미관 확보를 위한 보수 필요함.

3.2 외관조사 결과요약(논산방향)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판		• 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 콘크리트 바닥판에 폭 0.1~0.2mm의 균열이 조사됨. • 교량의 외측 캔틸레버에 파손 및 철근노출, 백태가 조사됨.	• 균열은 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단됨. 주의관찰 후 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직함. • 파손 및 철근노출 구간은 캔틸레버 하면에서 누수되는 비산수 및 피복부족으로 인해 발생된 것으로 판단됨. 부재의 내구성 확보차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구됨.
거더	내부	• 일부 부식, 도장박리, 이물질퇴적	• 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로 추정되며, 현재 경미한 상태로 확인됨. 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인 후 조치가 요구됨. • 스플라이스 틈으로 유입된 우수는 추가 우수유입 및 거더의 부식 발생 방지를 위하여 실링재 마감을 실시하는 것이 바람직함.
	외부	• 일부 부식, 도장긁힘, 볼트부식	• 부식은 시공당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 손상은 현재 경미한 상태이므로 주의관찰 후 조치. • 도장손상은 장기 공용, 외부충격에 의한 열화로, 전면적 대비 일부 손상으로 손상의 진전시 재도장 등의 조치가 필요함.
가로보 및 세로보		• 경미한 부식, 도장박리	• 부식은 시공 당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 현재 경미한 상태이므로 주의관찰.
교대		• 폭 0.3㎜ 이하 균열, 백태 • 국부적인 콘크리트 들뜸, 박락 • 우수유입에 의한 체수	• 구조물의 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보 차원의 보수 필요함 • 주로 신축이음부를 통한 우수유입이 주원인으로 방치 시 콘크리트 열화 및 강재 부식을 유발하므로 주의관찰 후 조치필요.
교각		• 폭 0.3㎜ 이하 균열, 망상균열	• 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열로 안전성에는 문제가 없으나 손상의 진전시 내구성 확보차원의 보수 필요함.

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	• 받침콘크리트 폭 0.3㎜ 미만의 균열, 들뜸 • 플레이트 부식, 볼트 부식	• 공용년수 경과에 의한 노후화로 인해 발생된 균열, 들뜸으로서 내구성 확보를 위한 보수 필요함. • 받침 가동에는 문제가 없는 상태로 지속적인 주의관찰 후 장기적인 대책 수립 필요함.
신축이음	• 후타재 균열 • 본체 이물질퇴적	• 후타재 균열은 시공초기 건조수축과 반복적인 윤하중에 의한 것으로 내구성 확보차원의 보수 필요함 • 끝단에 퇴적된 이물질에 의하여 장기간 체수가 지속됨에 따라 부식이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비가 필요함.
교면포장	• 아스콘 균열 및 패임	• 통행차량의 주행성 저하를 유발하는 정도는 아니므로 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰 후 장기적인 대책 수립 필요함
배수시설	• 배수구 막힘 • 고정볼트 탈락	• 배수시설의 기능에는 문제가 없으나 주의관찰 후 사용성 확보 차원에서 보수 필요함.
난간 (방호벽)	• 폭 0.3㎜이하의 균열, 균열부백태, 박락, 차수판 볼트탈락 및 파손 발생	• 교량의 안전성에 영향이 없는 부재이나 내구성 및 미관 확보를 위한 보수 필요함.

3.3 내구성 결과요약(천안방향)

<table>
<tr><th rowspan="2">시 험 명</th><th colspan="2" rowspan="2">시험부위</th><th colspan="2">시험 결과</th><th rowspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th>평균</th><th>설계</th></tr>
<tr><td rowspan="4">비파괴 강도 (㎫)</td><td rowspan="2">상부 구조</td><td>반발경도</td><td>29.8～31.0</td><td rowspan="2">27.0</td><td rowspan="2">■ 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>30.4～31.8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부 구조</td><td>반발경도</td><td>26.2～26.9</td><td rowspan="2">24.0</td><td rowspan="2">■ 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>27.8～28.6</td></tr>
<tr><td rowspan="4">철근탐사 (㎜)</td><td rowspan="2">상부 구조</td><td>배근간격</td><td>100~250</td><td>150~250</td><td rowspan="4">■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>35~93</td><td>40</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부 구조</td><td>배근간격</td><td>100~209</td><td>100~200</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>73~96</td><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화 잔여깊이 (㎜)</td><td colspan="2">상부구조</td><td colspan="2">30.0~31.0</td><td rowspan="2">■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td colspan="2">62.5~75.0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물 함유량 시험 (kg/㎥)</td><td colspan="2">상부구조</td><td colspan="2">0.2489~0.2761</td><td rowspan="2">■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td colspan="2">0.0611</td></tr>
<tr><td>초음파 탐상시험 (개소)</td><td colspan="2">거더내부</td><td colspan="2">1등급: 12개소</td><td>■ 맞대기이음부의 용접상태는 양호함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">도막두께 측정결과 (㎛)</td><td colspan="2">거더외부</td><td>234~250</td><td>215</td><td rowspan="2">■ 표준도막두께를 상회함.</td></tr>
<tr><td colspan="2">거더내부</td><td>202~208</td><td>175</td></tr>
<tr><td>종합 평가</td><td colspan="5">• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨.
• 탄산화 깊이측정 및 염화물 함유량시험 결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 양호한 상태로 판단됨.
• 초음파탐상 시험 및 도막두께측정 결과, 전 개소에서 맞대기이음부의 용접상태 및 도막두께는 양호한 것으로 판단됨</td></tr>
</table>

3.4 내구성 결과요약(논산방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
비파괴 강도 (㎫)	상부 구조	반발경도	28.9～31.6	27.0	■ 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	29.9～31.7		
	하부 구조	반발경도	26.2～26.9	24.0	■ 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	27.7～28.1		
철근탐사 (㎜)	상부 구조	배근간격	133~300	150~300	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	38~100	40	
	하부 구조	배근간격	103~205	73~86	
		피복두께	79~96	50~100	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		30.0~32.5		■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		59.5~70.0		
염화물 함유량 시험 (kg/㎥)	상부구조		0.2512		■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.
	하부구조		0.0792~0.1313		
초음파 탐상시험 (개소)	거더내부		1등급: 12개소		■ 맞대기이음부의 용접상태는 양호함.
도막두께 측정결과 (㎛)	거더외부		234~235	215	■ 표준도막두께를 상회함.
	거더내부		197~207	175	
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. • 탄산화 깊이측정 및 염화물 함유량시험 결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 양호한 상태로 판단됨. • 초음파탐상 시험 및 도막두께측정 결과, 전 개소에서 맞대기이음부의 용접상태 및 도막두께는 양호한 것으로 판단됨				

4. 시설물의 상태평가

4.1 시설물 전체 상태평가 결과(천안방향)

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
1	STB	c	b	b	b	b	c	b	c	b	q	a	x	a	x
2	STB	b	c	b	b	a	c	x	a	c	q	a	a	x	x
3	STB	b	b	b	b	c	c	x	b	b	q	a	a	a	a
4	STB							c	b	b	q	x	a	x	x
평균		0.267	0.267	0.200	0.200	0.233	0.400	0.300	0.225	0.250	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치합		0.048	0.053	0.010	0.014	0.007	0.008	0.027	0.020	0.050	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001

결함도 범위 : 0.130 ≤ **결함도 지수(0.245)** ≤ 0.260

0.245
B

4.2 시설물 전체 상태평가 결과(논산방향)

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
1	STB	c	b	a	b	b	c	b	c	c	q	a	a	x	x
2	STB	b	b	a	b	a	c	x	b	c	q	a	a	a	a
3	STB	b	b	b	b	a	c	x	b	b	q	a	a	x	a
4	STB							b	b	b	q	x	x	x	x
평균		0.267	0.200	0.133	0.200	0.133	0.400	0.200	0.250	0.300	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치합		0.048	0.040	0.007	0.014	0.004	0.008	0.018	0.023	0.060	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001

결함도 범위 : 0.130 ≤ **결함도 지수(0.228)** ≤ 0.260

0.228
B

5. 안전성평가

부 재		SF(안전율)	등 급
강박스 거더	천안방향	1.083	A
	논산방향	1.140	A
바닥판	천안방향	2.020	A
	논산방향	2.020	A
하부구조	천안방향	3.354	A
	논산방향	3.008	A

6. 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
초봉교	0.245	B	1.083(강거더)	A	B
종합평가	•초봉교(천안방향)의 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 초봉교(천안방향)는 “B”로 평가됨				

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
초봉교	0.228	B	1.140(강거더)	A	B
종합평가	•초봉교(논산방향)의 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 초봉교(논산방향)는 “B”로 평가됨				

6.2 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	초봉교	B등급(양호)

7. 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 보수·보강 및 개략공사비(천안방향)

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판		균열(0.3mm미만)	표면보수	3.0	1.13	㎡	50	56	3
		균열(0.3mm이상)	주입보수	1.5	2.25	m	75	169	2
		녹물	주의관찰	34.0	51.00	㎡	-	-	-
		백태	표면보수	43.8	65.70	㎡	50	3,285	3
		박락, 철근노출	단면보수(방청)	0.78	1.17	㎡	250	293	1
거더	내부	Splice 틈	주의관찰	0.11	0.17	㎡	-	-	-
		단부부식	재도장	0.12	0.18	㎡	9	2	3
		우수유입흔적	주의관찰	1.01	1.52	㎡	-	-	-
		전등파손	정비	2	3.00	ea	10	30	3
		점부식	재도장	0.1	0.15	㎡	9	1	3
	외부	도장박리, 긁힘	재도장	3.12	4.68	㎡	45	211	3
가로보 및 세로보		도장긁힘	재도장	0.15	0.22	㎡	45	10	3
		부식	재도장	0.51	0.77	㎡	45	35	3
하부 구조	교대	균열(0.3mm미만)	표면보수	2.3	0.86	㎡	50	43	3
		녹물	주의관찰	0.03	0.05	㎡	-	-	-
		누수흔적	주의관찰	4.6	6.90	㎡	-	-	-
		박락	단면보수	0.1	0.15	㎡	230	35	2
		백태	표면보수	0.12	0.18	㎡	50	9	3
	교각	균열(0.3mm미만)	표면보수	8.6	3.22	㎡	50	161	3
		균열(0.3mm이상)	주입보수	0.6	0.90	m	75	68	2
		들뜸	단면보수	0.01	0.02	㎡	230	5	2
교량 받침		받침 도장박리/부식	재도장	0.02	0.03	㎡	45	1	3
		받침몰탈 균열	표면보수	0.2	0.08	㎡	50	4	3
		받침부식	재도장	0.5	0.75	㎡	45	34	3
		볼트부식	재도장	1	1.50	ea	45	68	3
		박락 및 철근노출	단면보수(방청)	0.2	0.30	㎡	250	75	2

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
신축 이음		본체부식	주의관찰	2.5	3.75	㎡	-	-	-
		토사퇴적	정비	2.5	3.75	m	10	38	3
		후타재 균열	표면보수	2.6	0.98	㎡	50	49	3
교면 포장		아스콘균열	아스콘씰링	39.5	59.25	m	19	1,126	2
		아스콘 망상균열	재포장	92.05	138.07	㎡	6	828	2
		아스콘 패임, 탈락	아스콘패칭	0.09	0.14	㎡	75	11	2
		이물질퇴적	주의관찰	2.0	3.00	㎡	-	-	-
기타 시설	배수 시설	배수구 막힘	정비	1	1.50	ea	10	15	3
		연결핀 부식	정비	2	3.00	ea	10	30	3
	난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	표면보수	30.6	11.48	㎡	50	574	3
		균열(0.3mm이상)	주입보수	11.4	17.10	m	75	1,283	3
		망상균열	표면보수	6.15	9.23	㎡	50	462	3
		파손, 탈락	단면보수	0.36	0.54	㎡	230	124	3
		충돌흔적	주의관찰	3.0	4.50	㎡	-	-	-

순공사비 합계(천원)		9135
제경비(순공사비×50%)(천원)		4568
순위별 공사비 (제경비 포함)	1순위(천원)	440
	2순위(천원)	3,476
	3순위(천원)	9,787
유지보수 개략공사비 총계(천원)		13,703

※ 순공사비는 부대공(교통통제 및 고소장비 등)을 포함한 개략공사비 합산금액이며, 부대비용은 현장여건에 따라 금액이 변경될 수 있음.
※ 유지보수 개략공사비 총계는 부대공을 포함하여 합산한 금액임.
※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.

7.2 보수·보강 및 개략공사비(논산방향)

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판		균열(0.3mm미만)	표면보수	1.6	0.60	㎡	50	30	3
		들뜸, 파손	단면보수	0.14	0.21	㎡	230	48	1
		백태	표면보수	38.74	58.11	㎡	50	2,906	3
		철근부식	단면보수(방청)	15.0	22.50	㎡	250	5,625	1
거더	내부	Splice 틈	주의관찰	0.15	0.22	㎡	-	-	-
		부식	재도장	0.6	0.90	㎡	9	8	3
		도장박리	재도장	0.03	0.05	㎡	9	0	3
		이물질퇴적	정비	1.65	2.47	㎡	10	25	3
	외부	도장박리, 긁힘	재도장	2.97	4.46	㎡	45	201	3
		볼트부식	재도장	3	4.50	ea	45	203	3
가로보 및 세로보		도장박리	재도장	0.01	0.02	㎡	45	1	3
		부식	재도장	0.01	0.02	㎡	45	1	3
하부구조	교대	균열(0.3mm미만)	표면보수	1.0	0.38	㎡	50	19	3
		균열(0.3mm이상)	주입보수	2.0	3.00	m	75	225	2
		백태	표면보수	0.18	0.27	㎡	50	14	3
		체수	주의관찰	1.0	1.50	㎡	-	-	-
		들뜸, 철근노출	단면보수(방청)	1.57	2.36	㎡	250	590	2
	교각	균열(0.3mm미만)	표면보수	3.9	1.46	㎡	50	73	3
		균열(0.3mm이상)	주입보수	1.5	2.25	m	75	169	2
		망상균열	표면보수	1.0	1.50	㎡	50	75	3
교량받침		받침부식	재도장	0.6	0.90	㎡	45	41	3
		받침콘크리트 균열	표면보수	0.4	0.15	㎡	50	8	3
		볼트부식	주의관찰	1	1.50	ea	-	-	-
		들뜸, 파손	단면보수	0.44	0.66	㎡	230	152	3

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
신축 이음		토사퇴적	정비	3.0	4.50	m	10	45	3
		후타재 균열	표면보수	2.9	1.09	㎡	50	55	3
교면 포장		아스콘균열	아스콘씰링	43.0	64.50	m	19	1,226	2
		아스콘 패임	아스콘패칭	0.05	0.08	㎡	75	6	2
기타 시설	배수 시설	배수구 막힘	정비	1	1.50	ea	10	15	3
		고정볼트 탈락	정비	3	4.50	ea	10	45	3
	난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	표면보수	45.0	16.88	㎡	50	844	3
		균열(0.3mm이상)	주입보수	4.5	6.75	m	75	506	3
		백태	표면보수	0.03	0.05	㎡	50	3	3
		망상균열	표면보수	2.72	4.08	㎡	50	204	3
		박락, 철근부식	단면보수(방청)	0.17	0.26	㎡	250	65	3
		차수덮개볼트탈락	정비	3	4.50	ea	10	45	3
		차수판 파손	정비	1	1.50	ea	100	150	3

순공사비 합계(천원)		13,623
제경비(순공사비×50%)(천원)		6,812
순위별 공사비 (제경비 포함)	1순위(천원)	8,510
	2순위(천원)	3,324
	3순위(천원)	8,601
유지보수 개략공사비 총계(천원)		20,435

※ 순공사비는 부대공(교통통제 및 고소장비 등)을 포함한 개략공사비 합산금액이며, 부대비용은 현장여건에 따라 금액이 변경될 수 있음.
※ 유지보수 개략공사비 총계는 부대공을 포함하여 합산한 금액임.
※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.

7.3 유지관리방안

부재구분	중 점 점 검 내 용
바닥판	• 폭 0.1~0.3mm 균열 • 캔틸레버 우수 유입 • 균열부 백태, 박락, 철근노출 추가 손상 발생 여부 중점관찰
거더	• 스플라이스 우수 유입에 따른 부식 발생 여부
가로보 및 세로보	• 도장박리 및 부식
교대	• 신축이음 누수에 따른 2차 손상 발생 여부
교각	• 폭 0.1~0.3mm 균열의 진전 여부
교량받침	• 하절기 여유량 부족에 따른 손상 발생 주의관찰
신축이음장치	• 부식발생 여부 확인
교면포장	• 포장부 균열 진전 여부
배수시설	• 배수구 주변 누수에 따른 2차 손상 발생 여부
난간 및 연석	• 방호울타리 외측 망상균열 및 백태 진전 여부

8. 종합결론

본 과업 대상 교량인 초봉교는 논산천안고속도로(이정 : 순천기점 228.91㎞)에 위치하며 2002년 12월에 준공된 교량이다. 행정구역상으로 충청남도 공주시 이인면 초봉리에 위치하고 S2, S3에 도로가 교차・횡단하고 있다.

본 과업은 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사, 각종시험 및 구조안전성평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

가. 현장조사 결과

○ 상부구조인 강박스 거더와 바닥판은 구조적인 손상 및 결함이 없는 양호한 상태를 확보하고 있으며, 균열은 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단됨. 주의관찰 후 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직함.

○ 강박스 거더, 가로보 및 세로보는 전반적으로 양호한 상태이며, 도장손상, 부식은 장기공용에 의한 열화로 추정되며, 현재 경미한 상태로 확인됨. 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인 후 조치가 요구됨.

○ 교대 및 교각은 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열로 안전성에는 문제가 없으나 손상의 진전시 내구성 확보 차원의 보수 필요함.

○ 교량받침의 외관조사 결과 받침 가동에는 문제가 없는 상태로 지속적인 주의관찰 후 장기적인 대책 수립 필요함.

○ A2 하절기 받침 여유량이 부족한 것으로 나타났으나, 현재 이로 인한 2차 손상이 발생하지 않았으므로, 하절기에 주의관찰을 실시하고, 손상 발생시 교체를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

○ 신축이음 끝단에 발생한 부식은 퇴적된 이물질에 의하여 장기간 체수가 지속됨에 따라 발생한 것으로, 주기적인 정비가 필요함.

○ 교면포장 및 배수시설은 기능에는 문제가 없으나 주의관찰 후 사용성 확보 차원에서 보수 필요함.

○ 방호울타리는 안전성에 영향이 없는 부재이나 내구성 및 미관 확보를 위한 보수 필요함.

나. 시험 및 측정 결과

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

○ 철근탐사결과, 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.

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

○ 염화물 함유량시험 결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.

○ 강재비파괴 시험 결과, 용접상태, 도막두께의 상태는 모두 양호한 것으로 나타남.

다. 상태평가 결과

○ 상태평가 결과, 양호의 상태인 “B등급” 으로 평가되었으나, 결함지수가 C등급에 근접한 상태이므로, 바닥판에 발생한 균열, 박락, 철근노출과 하부구조에 발생한 균열 등의 손상을 보수하여 양호한 상태의 구조물로서 유지관리 하는 것이 바람직할 것이다.

라. 안전성평가 결과

○ 상부구조에 대한 구조검토결과, 바닥판의 경우 최소안전율이 2.020로, 거더의 경우는 최소안전율이 1.083로 안전율 1.0을 상회하는 것으로 평가되었다. 하부구조의 경우 최소안전율 3.008로서 안전율 1.0을 초과하며 내하력 평가결과, 기본내하력이 설계활하중인 DB-24를 상회하여 구조물이 전반적으로 구조적 안전성을 확보한 것으로 판단되며 최종적인 안전성 평가등급은 A등급이다.

마. 결언

○ 초봉교는 16년의 공용기간이 경과한 교량시설물로서, 주부재인 강박스 거더와 바닥판, 하부구조에는 구조적 손상은 조사되지 않은 상태이다. 일부 발생한 손상들은 교량의 내구성 저하 방지를 위한 국부적인 보수 및 지속적인 유지관리가 필요한 것으로 평가되었다.

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

보고서 목차

◉정밀안전진단 결과 요약문

제 1장 정밀안전진단 개요 ····· 1

1.1 과업의 목적 ····· 3

1.2 과업의 범위 및 내용 ····· 3

1.2.1 과업의 범위 ····· 3

1.2.2 과업수행기간 ····· 3

1.2.3 과업의 내용 ····· 4

1.3 과업수행 절차 및 일정 ····· 5

1.3.1 과업수행 절차 ····· 5

1.3.2 과업수행 일정 ····· 6

1.4 대상교량의 현황 ····· 7

1.4.1 현황 ····· 7

1.4.2 교량 주요도면 ····· 8

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황 ····· 15

1.6 교량기호의 정의 ····· 16

제 2장 자료수집 및 분석 ····· 17

2.1 자료수집 현황 ····· 19

2.1.1 자료수집 현황 ····· 19

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약 ····· 20

2.2.1 일반보고서 ····· 20

2.2.2 일반보고서(실시설계) ····· 22

2.2.3 구조계산서 검토 ····· 26

2.2.4 토질 및 지반조사 자료검토 ····· 30

2.2.5 기 정밀안전진단 분석 ····· 32

2.2.6 시공관련 자료검토 ····· 44

2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약 ····· 45
2.4 보수·보강 이력 ····· 52
2.5 시설물의 내진설계 여부 ····· 52
2.6 자료분석 결과요약 ····· 53

제 3장 현장조사 및 시험 ····· 55
3.1 개 요 ····· 57
3.2 외관조사(천안방향) ····· 59
3.2.1 상부구조 ····· 59
3.2.2 하부구조 ····· 69
3.2.3 교량받침 ····· 73
3.2.4 신축이음장치 ····· 82
3.2.5 교면포장 ····· 88
3.2.6 기타부재 ····· 90
3.3 외관조사(논산방향) ····· 95
3.3.1 상부구조 ····· 95
3.3.2 하부구조 ····· 104
3.3.3 교량받침 ····· 108
3.3.4 신축이음장치 ····· 116
3.3.5 교면포장 ····· 122
3.3.6 기타부재 ····· 124
3.4 콘크리트 내구성조사 ····· 129
3.4.1 개 요 ····· 129
3.4.2 시험내용 및 평가기준 ····· 131
3.4.3 시험결과 및 분석 ····· 145
3.5 강재 내구성 조사 ····· 159
3.5.1 개 요 ····· 159
3.5.2 시험내용 및 평가기준 ····· 161
3.5.3 용접부에 발생하는 대표적인 결함 ····· 165
3.5.4 시험결과 및 분석 ····· 166
3.6 현장조사 및 시험 결과요약 ····· 168

3.6.1 현장조사 결과 ····· 168
3.6.2 시험 및 측정 결과 ····· 174

제 4장 시설물의 상태평가 ····· 179
4.1 개요 ····· 181
4.2 상태평가 항목 및 기준 ····· 181
4.2.1 부재별 상태평가 적용범위 ····· 181
4.2.2 구조형식에 따른 부재별 가중치 ····· 182
4.2.3 상태평가 결과 결정 ····· 183
4.3 상태평가 결과 ····· 184
4.3.1 천안방향 ····· 184
4.3.2 논산방향 ····· 189

제 5장 시설물의 안전성 평가 ····· 195
5.1 개요 ····· 197
5.2 구조해석(천안방향) ····· 198
5.2.1 구조해석 및 절차 ····· 198
5.2.2 교량 제원 ····· 198
5.2.3 설계기준 ····· 198
5.2.4 단면특성 ····· 199
5.2.5 해석모델 ····· 200
5.2.6 하중산정 ····· 200
5.2.7 해석결과 ····· 204
5.2.8 바닥판 안전성 검토 ····· 216
5.2.9 바닥판 균열 검토 ····· 218
5.2.10 하부구조 검토 ····· 221
5.3 구조해석(논산방향) ····· 227
5.3.1 구조해석 및 절차 ····· 227
5.3.2 교량 제원 ····· 227
5.3.3 설계기준 ····· 227
5.3.4 단면특성 ····· 228

5.3.5 해석모델 ····· 229
5.3.6 하중산정 ····· 229
5.3.7 해석결과 ····· 233
5.3.8 바닥판 안전성 검토 ····· 235
5.3.9 바닥판 균열 검토 ····· 248
5.3.10 하부구조 검토 ····· 250
5.4 내하력 평가 ····· 256
5.4.1 개 요 ····· 256
5.4.2 기본 내하력 평가 ····· 257
5.4.3 고찰 ····· 258
5.5 안전성평가 등급 산정 ····· 259
5.5.1 개 요 ····· 259
5.5.2 안전성 평가결과 ····· 260

제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정 ····· 263
6.1 종합평가 산정절차 ····· 265
6.1.1 종합평가 결과 산정방법 ····· 265
6.2 종합평가 결과 ····· 266
6.3 안전등급 지정 ····· 267
6.3.1 안전등급기준 ····· 267
6.3.2 안전등급 지정 ····· 267

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안 ····· 269
7.1 개 요 ····· 271
7.2 보수·보강 방안 ····· 272
7.2.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 선정 ····· 272
7.2.2 결함내용별 보수·보강방안 ····· 274
7.2.3 주요결함 및 손상에 대한 보수·보강 방법 ····· 278
7.3 보수·보강 개략공사비 ····· 286
7.4 유지관리방안 ····· 290
7.4.1 진단결과에 따른 중점유지관리 사항 ····· 290

7.4.2 유지관리시 점검요령 ····· 294

제 8장 종합결론 ····· 303

8.1 종합결론 ····· 305

8.2 현장조사 결과 ····· 305

8.3 시험 및 측정 결과 ····· 306

8.4 상태평가 결과 ····· 306

8.5 안전성평가 결과 ····· 306

8.6 결 언 ····· 307

◉ 부 록

1. 과업지시서

2. 외관조사망도

3. 상태평가 결과자료

4. 측정, 시험. 계측 성과표

5. 안정성평가 결과자료

6. 현장조사 사진첩

7. 시설물관리대장

8. 사용장비 및 기기의 사진

9. 사전검토보고서 및 과업수행계획서

10. 심의의견 및 조치결과

표 목 차

【표 1.1】 과업의 내용 ····· 4
【표 1.2】 정밀안전진단 과업수행 일정 ····· 6
【표 1.3】 초봉교 현황표 ····· 7
【표 1.4】 주요 사용장비 및 시험기기 일반사항 ····· 15
【표 1.5】 교량기호의 정의 ····· 16
【표 2.1】 자료수집 현황 ····· 19
【표 2.2】 설계구간 ····· 20
【표 2.3】 과업기간 ····· 20
【표 2.4】 장래교통량 ····· 21
【표 2.5】 초봉교 교량 현황 ····· 22
【표 2.6】 교량 형식별 분류 ····· 24
【표 2.7】 초봉교 구조검토 조건 ····· 26
【표 2.7】 초봉교 구조검토 조건(계속) ····· 27
【표 2.7】 초봉교 구조검토 조건(계속) ····· 28
【표 2.8】 초봉교 상부구조 구조검토 결과요약 ····· 29
【표 2.9】 초봉교 하부구조 구조검토 결과요약 ····· 29
【표 2.10】 초봉교 지역의 지층구성상태 ····· 30
【표 2.11】 초봉교 점검 및 진단이력 ····· 45
【표 2.11】 초봉교 점검 및 진단이력(계속) ····· 46
【표 2.11】 초봉교 점검 및 진단이력(계속) ····· 47
【표 2.11】 초봉교 점검 및 진단이력(계속) ····· 48
【표 2.11】 초봉교 점검 및 진단이력(계속) ····· 49
【표 2.11】 초봉교 점검 및 진단이력(계속) ····· 50
【표 2.11】 초봉교 점검 및 진단이력(계속) ····· 51
【표 2.12】 자료분석 결과요약 ····· 53
【표 3.1】 각 부재 별 조사방법 및 기간 ····· 58
【표 3.2】 바닥판 외관조사 결과 ····· 60
【표 3.3】 바닥판 외관조사 결과(천안방향) ····· 61
【표 3.4】 거더내부 외관조사 결과 ····· 63
【표 3.5】 거더내부 외관조사 결과(천안방향) ····· 64
【표 3.6】 거더외부 외관조사 결과 ····· 65
【표 3.7】 거더외부 외관조사 결과(천안방향) ····· 66
【표 3.8】 가로보 및 세로보 외관조사 결과 ····· 67
【표 3.9】 가로보 및 세로보 외관조사 결과(천안방향) ····· 68
【표 3.10】 교대 외관조사 결과 ····· 69

【표 3.11】교대 외관조사 결과(천안방향) ····· 70
【표 3.12】교각 외관조사 결과 ····· 72
【표 3.13】교각 외관조사 결과(천안방향) ····· 73
【표 3.14】교량받침 현황 ····· 74
【표 3.15】교량받침 외관조사 결과 ····· 75
【표 3.16】교량받침 외관조사 결과(천안방향) ····· 76
【표 3.17】교대 및 교각 받침부(천안방향) 연단거리 조사결과 ····· 78
【표 3.18】교량받침 가동상태 검토결과(천안방향) ····· 79
【표 3.19】교량받침 이동량 산정 ····· 80
【표 3.20】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(천안방향) ····· 80
【표 3.21】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(천안방향) ····· 81
【표 3.22】신축이음장치 외관조사 결과 ····· 82
【표 3.23】신축이음장치 외관조사 결과(천안방향) ····· 83
【표 3.24】신축이음 유간 측정결과(천안방향) ····· 85
【표 3.25】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(천안방향) ····· 85
【표 3.26】신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정 ····· 86
【표 3.27】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(천안방향) ····· 86
【표 3.28】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(천안방향) ····· 87
【표 3.29】교면포장 외관조사 결과 ····· 88
【표 3.30】교면포장 외관조사 결과(천안방향) ····· 89
【표 3.31】배수시설 외관조사 결과 ····· 91
【표 3.32】배수시설 외관조사 결과(천안방향) ····· 91
【표 3.33】난간 및 연석 외관조사 결과 ····· 93
【표 3.34】방호울타리 외관조사 결과(천안방향) ····· 94
【표 3.35】바닥판 외관조사 결과 ····· 95
【표 3.36】바닥판 외관조사 결과(논산방향) ····· 97
【표 3.37】거더내부 외관조사 결과 ····· 98
【표 3.38】거더내부 외관조사 결과(논산방향) ····· 100
【표 3.39】거더외부 외관조사 결과 ····· 101
【표 3.40】거더외부 외관조사 결과(논산방향) ····· 102
【표 3.41】가로보 및 세로보 외관조사 결과 ····· 103
【표 3.42】가로보 및 세로보 외관조사 결과(논산방향) ····· 103
【표 3.43】교대 외관조사 결과 ····· 104
【표 3.44】교대 외관조사 결과(논산방향) ····· 105
【표 3.45】교각 외관조사 결과 ····· 107
【표 3.46】교각 외관조사 결과(논산방향) ····· 108
【표 3.47】교량받침 현황 ····· 109
【표 3.48】교량받침 외관조사 결과 ····· 110
【표 3.49】교량받침 외관조사 결과(논산방향) ····· 111
【표 3.50】교대 및 교각 받침부(논산방향) 연단거리 조사결과 ····· 112
【표 3.51】교량받침 가동상태 검토결과(논산방향) ····· 113

【표 3.52】교량받침 이동량 산정 ····· 114
【표 3.53】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(논산방향) ····· 114
【표 3.54】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(논산방향) ····· 115
【표 3.55】신축이음장치 외관조사 결과 ····· 116
【표 3.56】신축이음장치 외관조사 결과(논산방향) ····· 117
【표 3.57】신축이음 유간 측정결과(논산방향) ····· 119
【표 3.58】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과 ····· 119
【표 3.59】신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정 ····· 120
【표 3.60】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(논산방향) ····· 120
【표 3.61】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(논산방향) ····· 121
【표 3.62】교면포장 외관조사 결과 ····· 122
【표 3.63】교면포장 외관조사 결과(논산방향) ····· 123
【표 3.64】배수시설 외관조사 결과 ····· 125
【표 3.65】배수시설 외관조사 결과(논산방향) ····· 125
【표 3.66】난간 및 연석 외관조사 결과 ····· 127
【표 3.67】방호울타리 외관조사 결과(논산방향) ····· 128
【표 3.68】콘크리트 비파괴시험 현황 ····· 129
【표 3.69】보정반발경도(Ro) ····· 132
【표 3.70】기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험) ····· 133
【표 3.71】재령계수 α 값 ····· 133
【표 3.72】기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험) ····· 136
【표 3.73】탄산화 속도에 영향을 미치는 요인 ····· 140
【표 3.73】탄산화 속도에 영향을 미치는 요인(계속) ····· 141
【표 3.74】탄산화 상태평가 기준 ····· 142
【표 3.75】염화물 평가기준(콘크리트 구조설계기준(2007)) ····· 143
【표 3.76】염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12)) ····· 143
【표 3.77】상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과 ····· 145
【표 3.78】하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과 ····· 146
【표 3.79】비파괴강도 시험결과 분석 ····· 146
【표 3.80】기 진단결과와의 시험결과 비교·분석 ····· 146
【표 3.81】상부구조 철근탐사 시험결과 ····· 147
【표 3.82】하부구조 철근탐사 시험결과 ····· 148
【표 3.83】기 진단결과와의 시험결과 비교·분석 ····· 148
【표 3.84】탄산화 깊이 측정결과 및 평가 ····· 149
【표 3.85】기 진단결과와의 시험결과 비교·분석 ····· 149
【표 3.86】염화물 함유량 시험결과 및 평가 ····· 150
【표 3.87】기 진단결과와의 시험결과 비교·분석 ····· 150
【표 3.88】균열깊이 조사결과 ····· 151
【표 3.89】상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과 ····· 152
【표 3.90】하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과 ····· 153
【표 3.91】비파괴강도 시험결과 분석 ····· 153

【표 3.92】기 진단결과와의 시험결과 비교・분석 ····· 153
【표 3.93】상부구조 철근탐사 시험결과 ····· 154
【표 3.94】하부구조 철근탐사 시험결과 ····· 155
【표 3.95】기 진단결과와의 시험결과 비교・분석 ····· 155
【표 3.96】탄산화 깊이 측정결과 및 평가 ····· 156
【표 3.97】기 진단결과와의 시험결과 비교・분석 ····· 156
【표 3.98】염화물 함유량 시험결과 및 평가 ····· 157
【표 3.99】기 진단결과와의 시험결과 비교・분석 ····· 157
【표 3.100】균열깊이 조사결과 ····· 158
【표 3.101】강재 비파괴시험 현황 ····· 159
【표 3.102】결함의 등급 분류 ····· 162
【표 3.103】용접부 결함의 합·부 판정기준 ····· 162
【표 3.104】일반환경용 중방식 도장(공사시방서) ····· 164
【표 3.105】일반환경용 중방식 도장(현 시방기준) ····· 164
【표 3.106】용접부에 발생하는 대표적인 결함 ····· 165
【표 3.107】초음파탐상(UT) 시험결과 ····· 166
【표 3.107】초음파탐상(UT) 시험결과(계속) ····· 167
【표 3.108】강재 도막두께 측정결과 ····· 167
【표 3.109】금회 진단 외관조사 결과 요약 ····· 168
【표 3.109】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속) ····· 169
【표 3.110】기 점검 외관조사 결과 비교 ····· 170
【표 3.111】금회 진단 외관조사 결과 요약 ····· 171
【표 3.111】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속) ····· 172
【표 3.112】기 점검 외관조사 결과 비교 ····· 173
【표 3.113】금회 진단 내구성조사 결과요약 ····· 174
【표 3.114】기 진단 내구성조사 결과비교 ····· 175
【표 3.115】금회 진단 내구성조사 결과요약 ····· 176
【표 3.116】기 진단 내구성조사 결과비교 ····· 177
【표 4.1】부재별 상태평가 적용 범위 ····· 181
【표 4.2】구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치 ····· 182
【표 4.3】결함도 점수 범위에 따른 기준 ····· 183
【표 4.4】콘크리트 바닥판 상태평가 결과(천안방향) ····· 184
【표 4.5】거더 상태평가 결과(천안방향) ····· 184
【표 4.6】가로보 및 세로보 상태평가 결과(천안방향) ····· 184
【표 4.7】콘크리트 교대 상태평가 결과(천안방향) ····· 185
【표 4.8】콘크리트 교각 상태평가 결과(천안방향) ····· 185
【표 4.9】기초 상태평가 결과(천안방향) ····· 185
【표 4.10】교량받침 상태평가 결과(천안방향) ····· 186
【표 4.11】신축이음 상태평가 결과(천안방향) ····· 186
【표 4.12】교면포장 상태평가 결과(천안방향) ····· 186

【표 4.13】배수시설 상태평가 결과(천안방향) ·····186
【표 4.14】난간 및 연석 상태평가 결과(천안방향) ·····187
【표 4.15】탄산화 상태평가 결과(천안방향) ·····187
【표 4.16】염화물 상태평가 결과(천안방향) ·····187
【표 4.17】상태평가 결과표(천안방향) ·····188
【표 4.18】콘크리트 바닥판 상태평가 결과(논산방향) ·····189
【표 4.19】거더 상태평가 결과(논산방향) ·····189
【표 4.20】가로보 및 세로보 상태평가 결과(논산방향) ·····189
【표 4.21】콘크리트 교대 상태평가 결과(논산방향) ·····190
【표 4.22】콘크리트 교각 상태평가 결과(논산방향) ·····190
【표 4.23】기초 상태평가 결과(논산방향) ·····190
【표 4.24】교량받침 상태평가 결과(논산방향) ·····191
【표 4.25】신축이음 상태평가 결과(논산방향) ·····191
【표 4.26】교면포장 상태평가 결과(논산방향) ·····191
【표 4.27】배수시설 상태평가 결과(논산방향) ·····191
【표 4.28】난간 및 연석 상태평가 결과(논산방향) ·····192
【표 4.29】탄산화 상태평가 결과(논산방향) ·····192
【표 4.30】염화물 상태평가 결과(논산방향) ·····192
【표 4.31】상태평가 결과표(논산방향) ·····193

【표 5.1】합성전 교량 단면상수 ····· 199
【표 5.2】합성후 교량 단면상수 ····· 200
【표 5.3】강재중량 할증율 산정 결과 ····· 201
【표 5.4】상부구조에 작용하는 풍하중 ····· 202
【표 5.5】하부구조에 작용하는 풍하중 ····· 202
【표 5.6】휨모멘트 산출결과 (kN·m) ····· 206
【표 5.7】영향계수 k값 산출결과 요약 (㎫) ····· 206
【표 5.8】응력 산정시 입력자료 ····· 207
【표 5.9】적용 하중조합 ····· 210
【표 5.10】사용재료의 허용응력 ····· 210
【표 5.11】정모멘트부(제2지간 중앙부) 응력 검토 결과 (㎫) ····· 211
【표 5.12】응력 산정시 입력자료 ····· 212
【표 5.13】사용재료의 허용응력 ····· 215
【표 5.14】부모멘트부(제2 내부 지점부) 응력 검토 결과 (㎫) ····· 215
【표 5.15】조합응력 검토결과 ····· 216
【표 5.16】고정하중에 대한 휨모멘트 ····· 216
【표 5.17】극한강도 검토시 하중조합 ····· 222
【표 5.18】부재력 요약 ····· 222
【표 5.19】임계하중 산정 결과 ····· 223
【표 5.20】세장비 검토 결과 ····· 224

【표 5.21】확대모멘트계수 산정 ····· 224
【표 5.22】확대모멘트계수 산정 결과 ····· 225
【표 5.23】단면력 산출결과 요약 ····· 225
【표 5.24】P-M 상관도에 의한 기둥 안전성 평가 결과 요약 ····· 226
【표 5.25】합성전 교량 단면상수 ····· 228
【표 5.26】합성후 교량 단면상수 ····· 228
【표 5.27】강재중량 할증율 산정 결과 ····· 229
【표 5.28】상부구조에 작용하는 풍하중 ····· 231
【표 5.29】하부구조에 작용하는 풍하중 ····· 231
【표 5.30】휨모멘트 산출결과 (kN·m) ····· 235
【표 5.31】영향계수 k값 산출결과 요약 (㎫) ····· 235
【표 5.32】응력 산정시 입력자료 ····· 236
【표 5.33】적용 하중조합 ····· 239
【표 5.34】사용재료의 허용응력 ····· 239
【표 5.35】정모멘트부(제2지간 중앙부) 응력 검토 결과 (㎫) ····· 240
【표 5.36】응력 산정시 입력자료 ····· 241
【표 5.37】사용재료의 허용응력 ····· 244
【표 5.38】부모멘트부(제1 내부 지점부) 응력 검토 결과 (㎫) ····· 245
【표 5.39】조합응력 검토결과 ····· 245
【표 5.40】고정하중에 대한 휨모멘트 ····· 246
【표 5.41】극한강도 검토시 하중조합 ····· 251
【표 5.42】부재력 요약 ····· 251
【표 5.43】임계하중 산정 결과 ····· 252
【표 5.44】세장비 검토 결과 ····· 253
【표 5.45】확대모멘트계수 산정 결과 ····· 253
【표 5.46】확대모멘트 산정 결과 ····· 254
【표 5.47】단면력 산출결과 요약 ····· 254
【표 5.48】P-M 상관도에 의한 기둥 안전성 평가 결과 요약 ····· 255
【표 5.49】허용응력법에 의한 용성2교(천안방향) 거더의 공용내하력 ····· 257
【표 5.50】허용응력법에 의한 용성2교(논산방향) 거더의 공용내하력 ····· 258
【표 5.51】강도설계법에 의한 용성2교(천안방향) 바닥판의 공용내하력 ····· 258
【표 5.52】강도설계법에 의한 용성2교(논산방향) 바닥판의 공용내하력 ····· 258
【표 5.53】구조물의 안전성 평가기준 ····· 259
【표 5.54】안전성 평가결과 ····· 261
【표 6.1】종합평가 결과 (천안방향) ····· 266
【표 6.2】종합평가 결과 (논산방향) ····· 266
【표 6.3】시설물의 안전등급 ····· 267
【표 6.4】안전등급 지정 ····· 267
【표 7.1】시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항 ····· 271
【표 7.2】보수・보강 우선순위 결정 기준 ····· 272
【표 7.3】보수・보강 일람표(천안방향) ····· 274

【표 7.4】보수・보강 일람표(논산방향) ····· 276
【표 7.5】수지주입공법의 종류 ····· 279
【표 7.6】균열폭에 알맞은 수지의 점도 ····· 279
【표 7.7】균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격 ····· 279
【표 7.8】에폭시계 수지의 규격 ····· 280
【표 7.9】주입공법 공법비교안 ····· 281
【표 7.10】일반적인 단면 복구(보수)재의 분류 ····· 284
【표 7.11】단면복구(보수) 공법비교안 ····· 285
【표 7.12】보수・보강 개략공사비(천안방향) ····· 286
【표 7.13】보수・보강 개략공사비(논산방향) ····· 288
【표 7.14】신축 여유량 부족 현황 ····· 290
【표 7.15】부재별 유지관리 중점사항 ····· 293

그 림 목 차

【그림 1.1】정밀안전진단 과업수행 흐름도 ····· 5
【그림 1.2】종·평면도 ····· 8
【그림 1.3】횡단면도 ····· 9
【그림 1.4】슬래브 일반도 ····· 10
【그림 1.5】강상형 평면도, 횡단면도① ····· 11
【그림 1.6】강상형 평면도, 횡단면도② ····· 12
【그림 1.7】교대 일반도 ····· 13
【그림 1.8】교각 일반도 ····· 14
【그림 2.1】본선 토공구간 표준횡단면도(양방향 4차선) ····· 21
【그림 2.2】지층별 N-치와 심도와의 관계(초봉교) ····· 30
【그림 3.1】교량받침 배치도 ····· 74
【그림 3.2】도로교설계기준 연단거리 산출방법 ····· 77
【그림 3.3】교량받침 배치도 ····· 108
【그림 3.4】도로교설계기준 연단거리 산출방법 ····· 112
【그림 3.5】콘크리트 내구성조사 위치도 ····· 130
【그림 3.6】반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차 ····· 131
【그림 3.7】초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차 ····· 134
【그림 3.8】초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법 ····· 135
【그림 3.9】표면법에 의한 초음파전달속도의 측정 ····· 135
【그림 3.10】철근탐사 측정원리 ····· 137
【그림 3.11】철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차 ····· 138
【그림 3.12】탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 ····· 140
【그림 3.13】T_c-T_o법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법 ····· 144
【그림 3.14】상부구조 평균압축강도 추정결과 ····· 145
【그림 3.15】하부구조 평균압축강도 추정결과 ····· 146
【그림 3.16】탄산화 깊이 측정결과 ····· 149
【그림 3.17】염화물시험 측정결과 ····· 150
【그림 3.18】상부구조 평균압축강도 추정결과 ····· 152
【그림 3.19】하부구조 평균압축강도 추정결과 ····· 153
【그림 3.20】탄산화 깊이 측정결과 ····· 156
【그림 3.21】염화물시험 측정결과 ····· 157
【그림 3.22】강재 내구성조사 위치도 ····· 160
【그림 3.23】초음파탐상(사각법)시험 개요도 ····· 161
【그림 3.24】Gauge 영점조정 ····· 163

【그림 3.25】 Gauge 초기화(Calibration) ····· 164
【그림 4.1】 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 ····· 183
【그림 5.1】 종·평면도 ····· 197
【그림 5.2】 강박스 거더 구조해석 모델 ····· 200
【그림 5.3】 강박스 거더의 하중조건별 부재력도 ····· 196
【그림 5.4】 강박스 거더의 고유진동수 해석 결과 ····· 205
【그림 5.5】 해석단면 ····· 221
【그림 5.6】 강박스 거더 구조해석 모델 ····· 229
【그림 5.7】 강박스 거더의 하중조건별 부재력도 ····· 233
【그림 5.8】 강박스 거더의 고유진동수 해석 결과 ····· 234
【그림 5.9】 해석단면 ····· 250
【그림 6.1】 종합평가 결과 산정절차 ····· 265
【그림 7.1】 보수·보강방안 추진방향 ····· 273
【그림 7.2】 콘크리트 표면처리 시공순서도 ····· 278
【그림 7.3】 균열 보수공법 개요도 ····· 280
【그림 7.4】 단면복구(보수) 상세도 ····· 283

사 진 목 차

【사진 3.1】초봉교 장비접근 현황 ····· 58
【사진 3.2】바닥판 전경 ····· 59
【사진 3.3】바닥판 손상현황 ····· 60
【사진 3.4】강박스 거더 전경 ····· 62
【사진 3.5】강박스 거더 내부 손상현황 ····· 63
【사진 3.6】강박스 거더 외부 손상현황 ····· 65
【사진 3.7】가로보 및 세로보 전경 ····· 66
【사진 3.8】가로보 및 세로보 손상현황 ····· 67
【사진 3.9】교대 전경 ····· 69
【사진 3.10】교대 손상현황 ····· 70
【사진 3.11】교각 전경 ····· 71
【사진 3.12】교각 손상현황 ····· 72
【사진 3.13】교량받침 손상현황 ····· 75
【사진 3.14】연단거리 측정 ····· 78
【사진 3.15】교량받침 가동량 측정 전경 ····· 79
【사진 3.16】신축이음장치 전경 ····· 82
【사진 3.17】신축이음장치 손상현황 ····· 83
【사진 3.18】신축이음 유간 측정방법 ····· 84
【사진 3.19】교면포장 전경 ····· 88
【사진 3.20】교면포장 손상현황 ····· 89
【사진 3.21】배수구 및 배수관 전경 ····· 90
【사진 3.22】배수관 손상현황 ····· 91
【사진 3.23】난간 및 연석 전경 ····· 92
【사진 3.24】난간 및 연석 손상현황 ····· 93
【사진 3.25】바닥판 전경 ····· 95
【사진 3.26】바닥판 손상현황 ····· 96
【사진 3.27】강박스 거더 전경 ····· 98
【사진 3.28】강박스 거더 내부 손상현황 ····· 99
【사진 3.29】강박스 거더 외부 손상현황 ····· 101
【사진 3.30】가로보 및 세로보 전경 ····· 102
【사진 3.31】가로보 및 세로보 손상현황 ····· 103
【사진 3.32】교대 전경 ····· 104
【사진 3.33】교대 손상현황 ····· 105
【사진 3.34】교각 전경 ····· 106
【사진 3.35】교각 손상현황 ····· 107

【사진 3.36】교량받침 손상현황 ····· 110
【사진 3.37】연단거리 측정 ····· 112
【사진 3.38】교량받침 가동량 측정 전경 ····· 113
【사진 3.39】신축이음장치 전경 ····· 116
【사진 3.40】신축이음장치 손상현황 ····· 117
【사진 3.41】신축이음 유간 측정방법 ····· 118
【사진 3.42】교면포장 전경 ····· 122
【사진 3.43】교면포장 손상현황 ····· 123
【사진 3.44】배수구 및 배수관 전경 ····· 124
【사진 3.45】배수시설 손상현황 ····· 125
【사진 3.46】난간 및 연석 전경 ····· 126
【사진 3.47】난간 및 연석 손상현황 ····· 127
【사진 3.48】콘크리트 내구성조사 전경 ····· 130
【사진 3.49】강재 내구성조사 전경 ····· 160
【사진 7.1】신축이음 누수에 따른 손상 발생 현황 ····· 291
【사진 7.2】교각 균열 발생 현황 ····· 292

제 1장 정밀안전진단 개요

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위 및 내용

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.4 대상 교량의 현황

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

1.6 교량기호의 정의

제 1장 정밀안전진단 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법”(이하 “시설물안전법”이라 한다.) 제7조 및 동법 시행령 제8조에 의한 정밀안전진단으로서 시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 조치를 취하며, 상태 및 구조적 안전성, 사용성을 종합적으로 검토·평가하여 적절한 보수·보강방법 및 유지관리방안을 수립하여, 고속도로 시설물의 재난예방과 안전성 확보를 통해 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

가. 정밀안전진단

1) 자료수집 및 분석

2) 현장조사 및 시험

3) 상태평가

4) 안전성평가

5) 종합평가 및 안전등급 지정

6) 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시

7) 보고서 작성

나. 수중점검 : 해당사항 없음

1.2.2 과업수행기간

2017. 10. 20 ~ 2018. 06. 30(착수일로부터 254일간)

1.2.3 과업의 내용

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

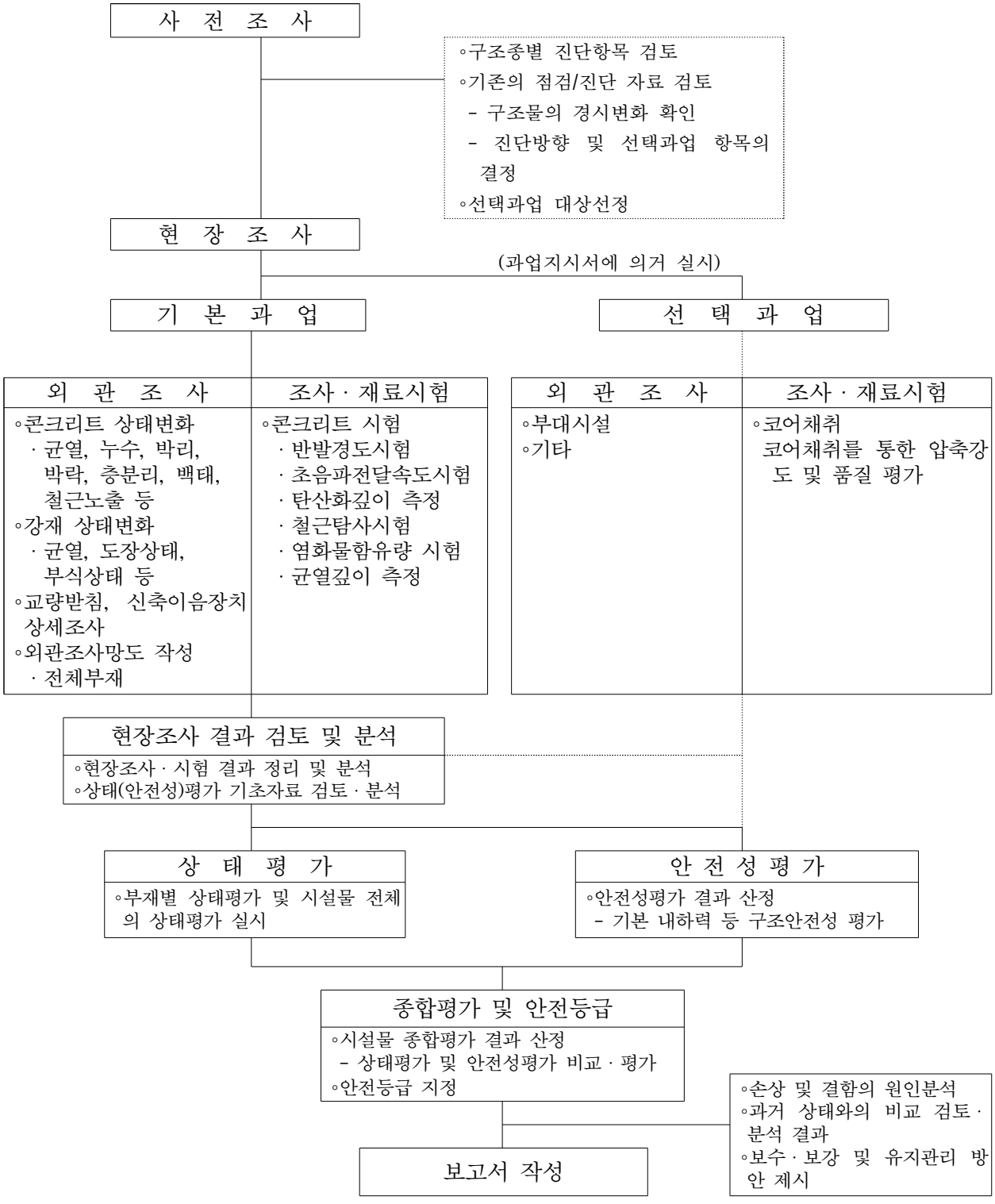
【표 1.1】 과업의 내용

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

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.3.1 과업수행 절차

본 교량의 정밀안전진단 과업수행 흐름도는 다음과 같다.



【그림 1.1】정밀안전진단 과업수행 흐름도

1.3.2 과업수행 일정

본 과업을 위해 수행한 정밀안전진단 과업 일정은 다음과 같다.

【표 1.2】정밀안전진단 과업수행 일정

공 종	2017년								2018년																비 고
	10월		11월			12월			1월			2월			3월			4월			5월			6월		
	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	
1. 사전조사 ·착수 및 예비답사 ·자료 수집 및 검토 ·현장조사 계획수립																									- 착수 10.20
2. 현장조사 ·외관,비파괴조사 ·수중 및 지반조사 ·조사결과 정리																									
3. 상태평가 ·외관조사 결과분석 ·비파괴조사결과분석																									
4. 안전성평가 ·안전성평가 ·종합평가																									
5. 보수보강대책수립 ·보수보강방안 제시 ·유지관리방안 제시																									
6. 보고서 작성 ·중간보고서작성 ·최종보고서작성 ·성과품제출																									- 준공 06.30
공정율(%) 월 별	1.0	21.0			3.2			19.5			6.8			10.0			17.6			15.6			5.3			
공정율(%) 누 계	1.0	22.0			25.2			44.7			51.5			61.5			79.1			94.7			100.0			

1.4 대상교량의 현황

1.4.1 현황

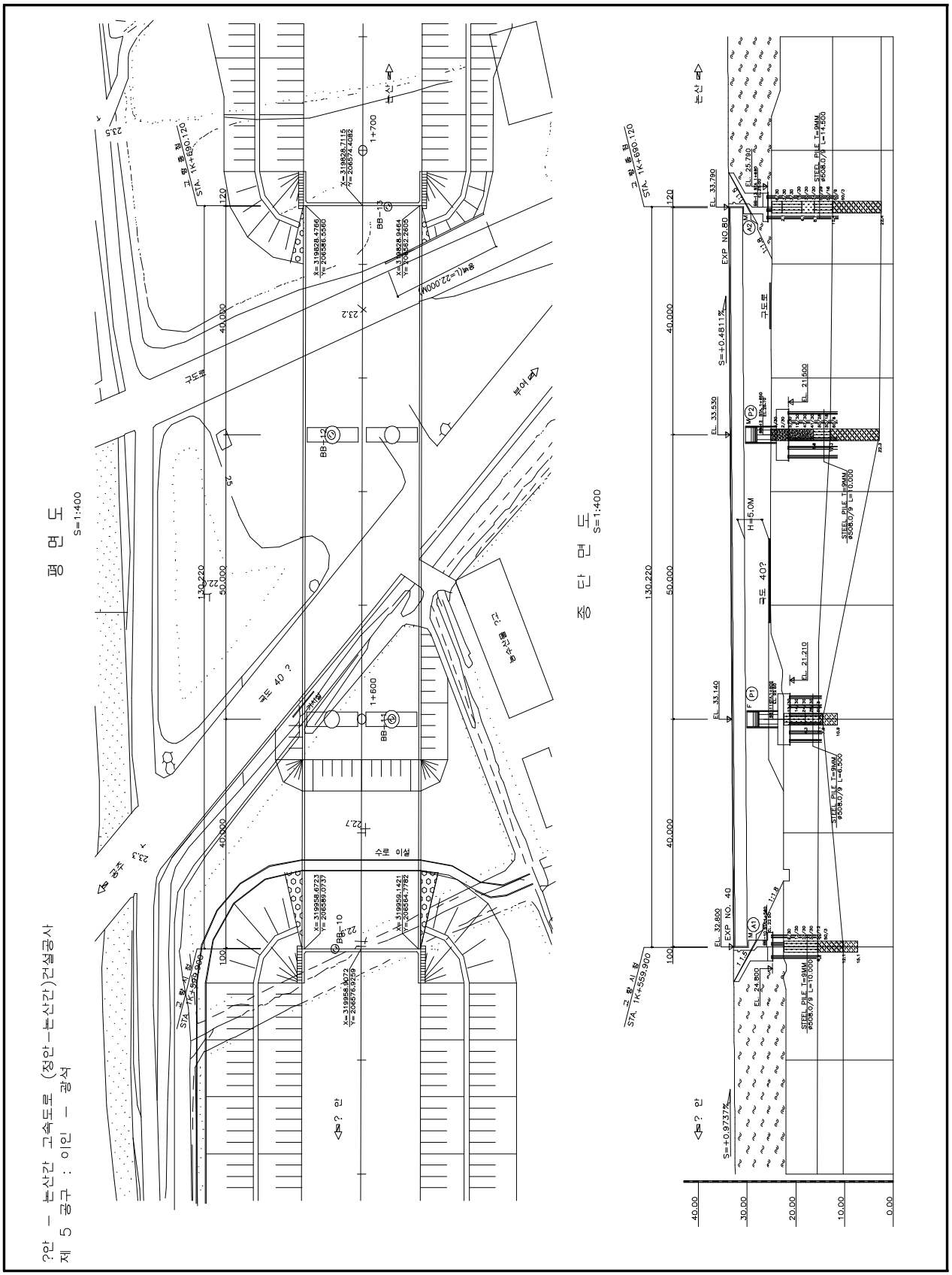
본 과업의 대상시설물인 초봉교(천안, 논산)의 현황은 다음과 같다.

【표 1.3】초봉교 현황표

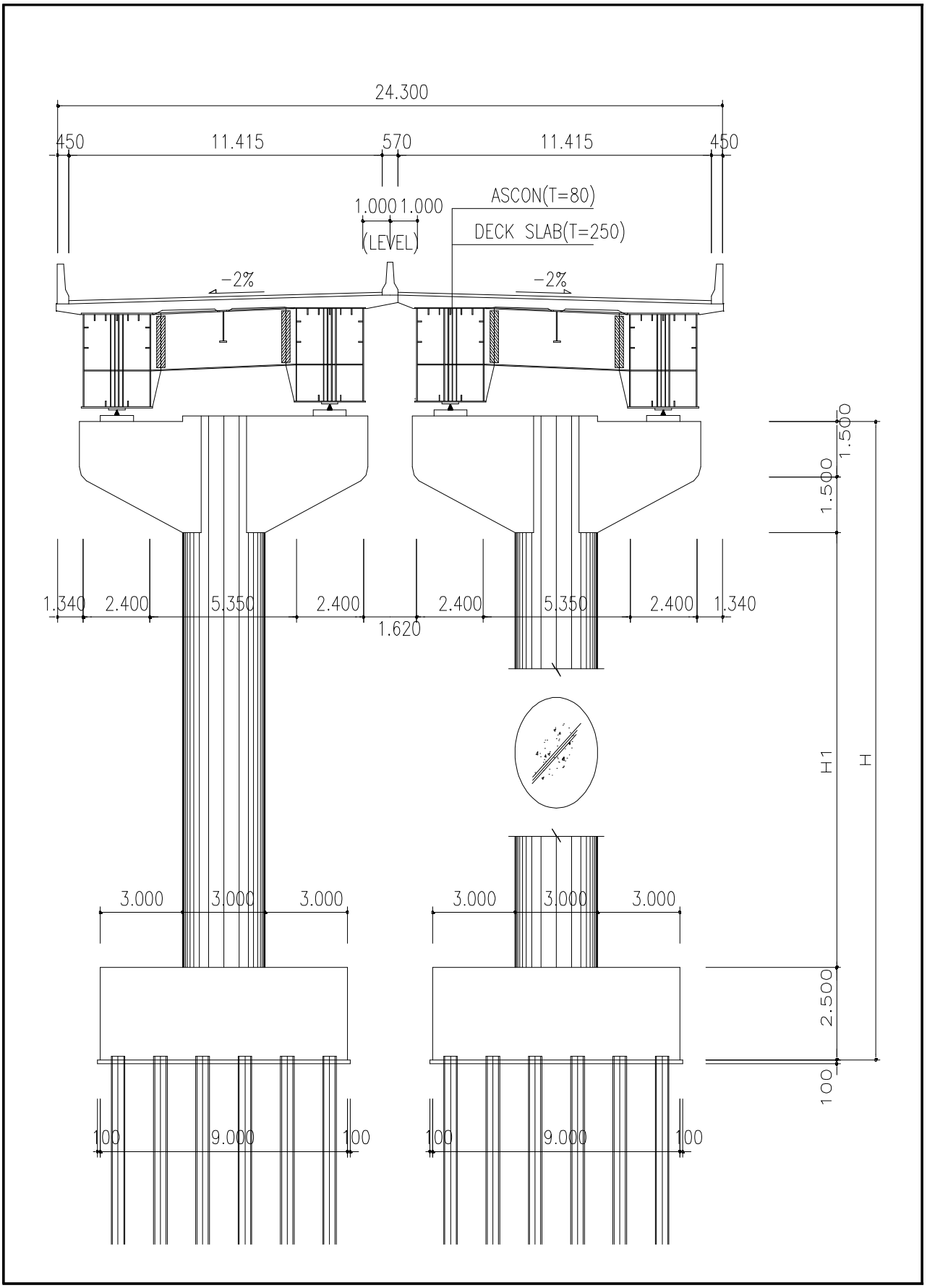
작성일 : 2018년 02월 01일

<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>초봉교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2003-0001997</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월</td><td>2002년 12월 23일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>논산천안교량-21</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">충청남도 공주시 이인면 초봉리</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td>노선명(이정)</td><td colspan="2">고속국도 25호선
순천기점 228.905K</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L = 130.0 m, (40.0 + 50.0 + 40.0 = 130.0 m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=24.3m, 4차로(천안 2, 논산2)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상 부</td><td>강박스거더교(STB)</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하 부</td><td>교대 : 역T형식(RTA)
교각 : T형식(TP)</td><td>교각</td><td>강관 PILE</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>J(1,2-논산) : MS JOINT
J(2-천안) : RAIL JOINT</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>도로 횡단</td><td colspan="2">통과높이</td><td>5.5m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>한국해외기술공사</td><td colspan="2">시 공 사</td><td>(주)한화건설, 롯데건설(주)
삼정건설(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">내진설계유무</td><td>내진설계적용</td><td colspan="2">관리주체</td><td>천안논산고속도로(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">- 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">- 설계도서 및 구조계산서 유무 : 유
- 중점 점검사항(붕괴유발부재, 보수・보강 부위 등을 기재)</td></tr>
</table>

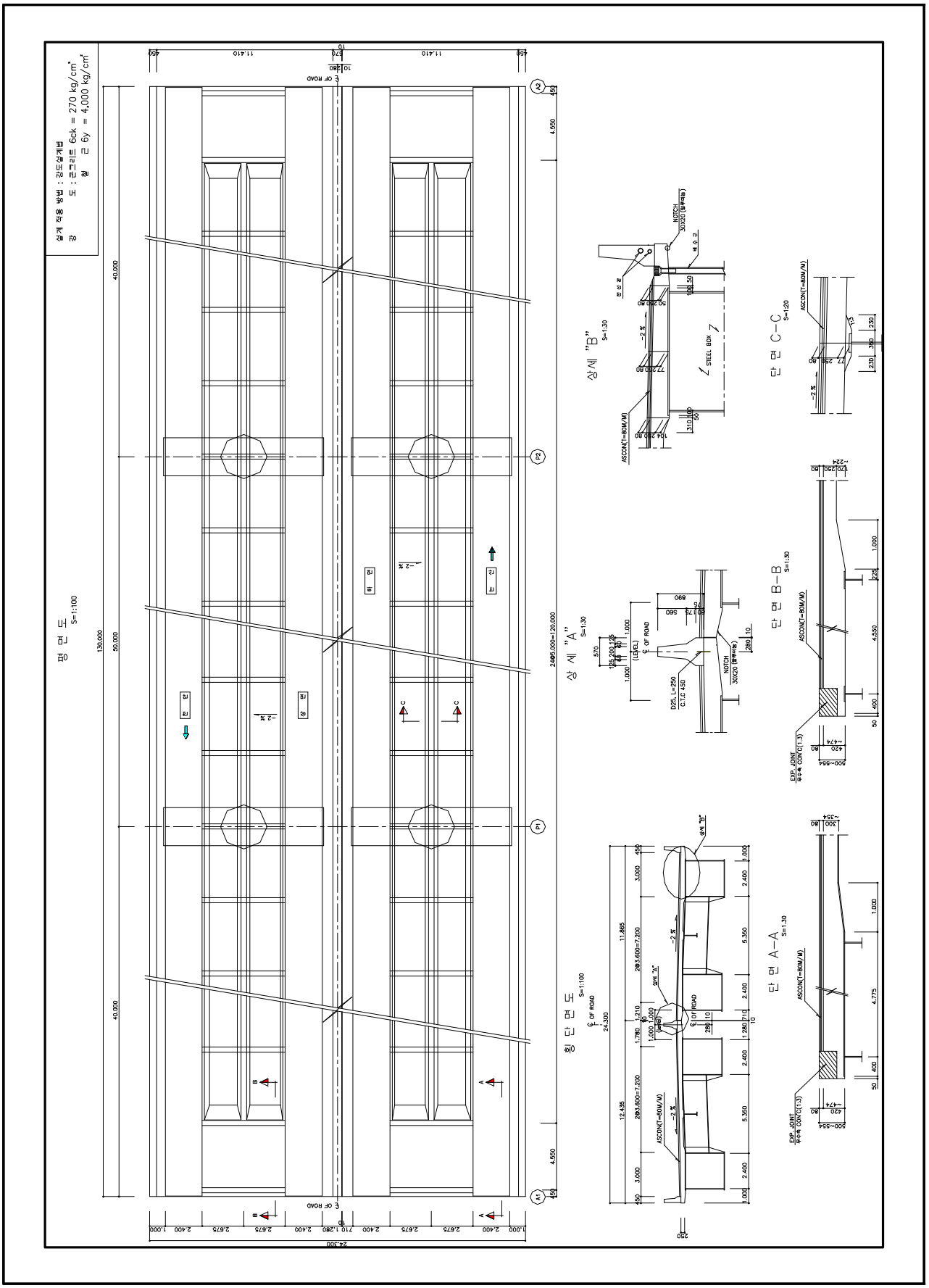
1.4.2 교량 주요도면



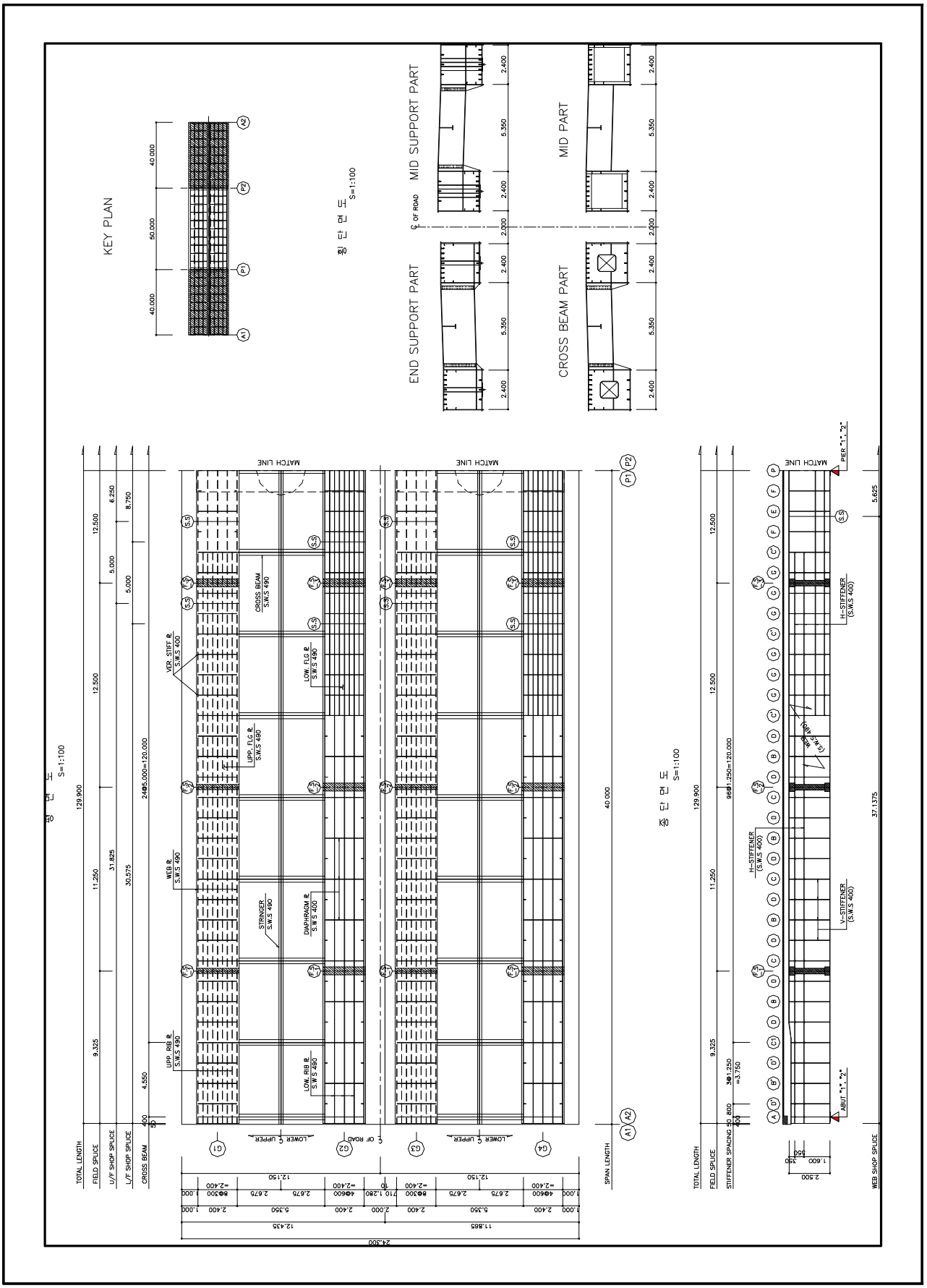
【그림 1.2】 종·평면도


24.300
450
11.415
570
11.415
450
1.000 1.000
(LEVEL)
ASCON(T=80)
DECK SLAB(T=250)
-2%
-2%
1.500
1.500
1.340
2.400
5.350
2.400
1.620
2.400
5.350
2.400
1.340
H1
H
3.000
3.000
3.000
3.000
3.000
3.000
2.500
100
100
9.000
100
100
9.000
100

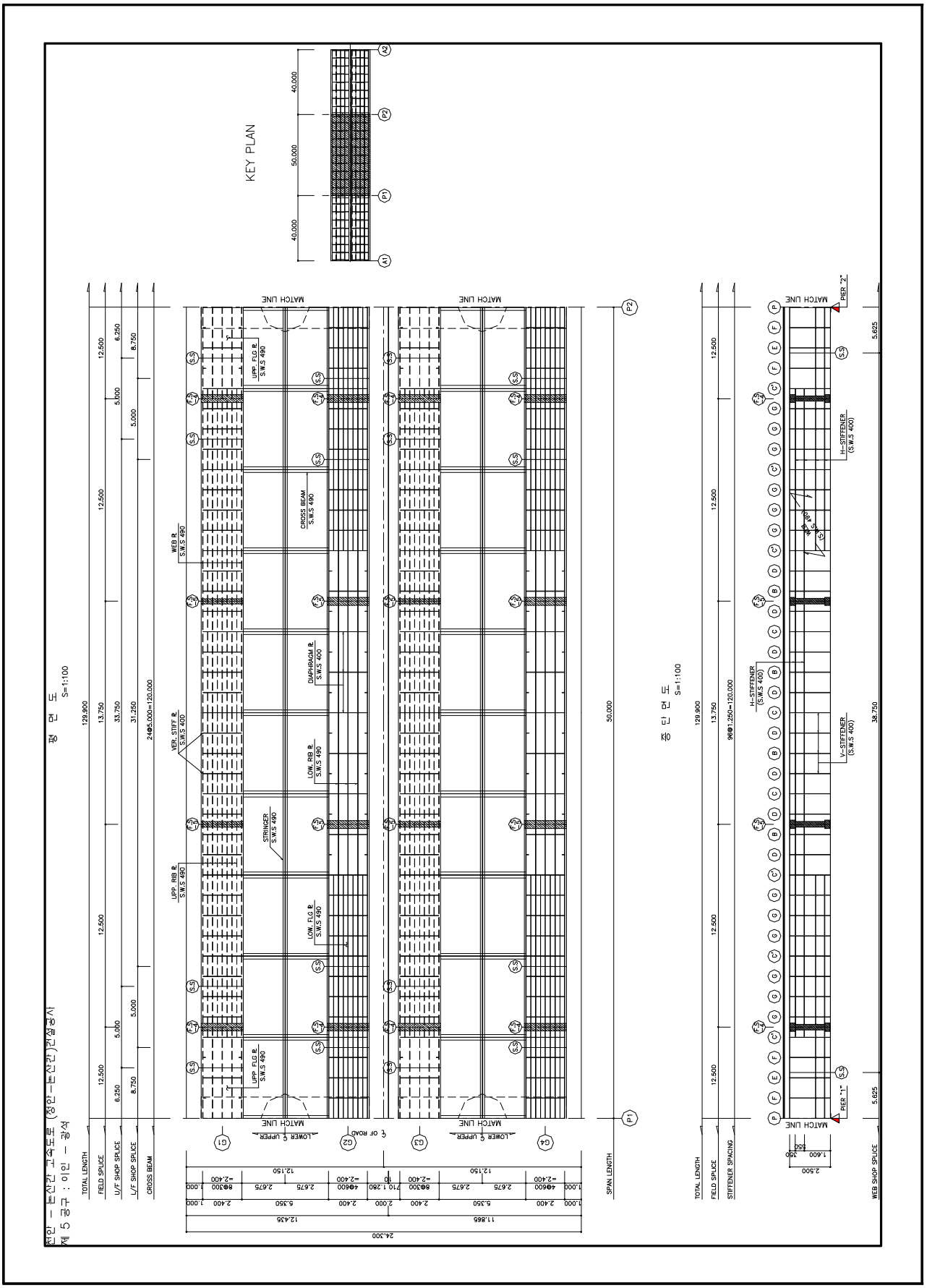
【그림 1.3】 횡단면도


설계 적용 방법 : 강도설계법
강 도 : 콘크리트 6ck = 270 kg/cm²
철 근 6y = 4,000 kg/cm²
평 면 도 S=1:100
상 세 "A" S=1:30
상 세 "B" S=1:30
단 면 A-A S=1:30
단 면 B-B S=1:30
단 면 C-C S=1:20
횡 단 면 도 S=1:100
STEEL BOX
NOTCH 30X20
ASCON(T=80M/M)
EXP. JOINT
℄ OF ROAD

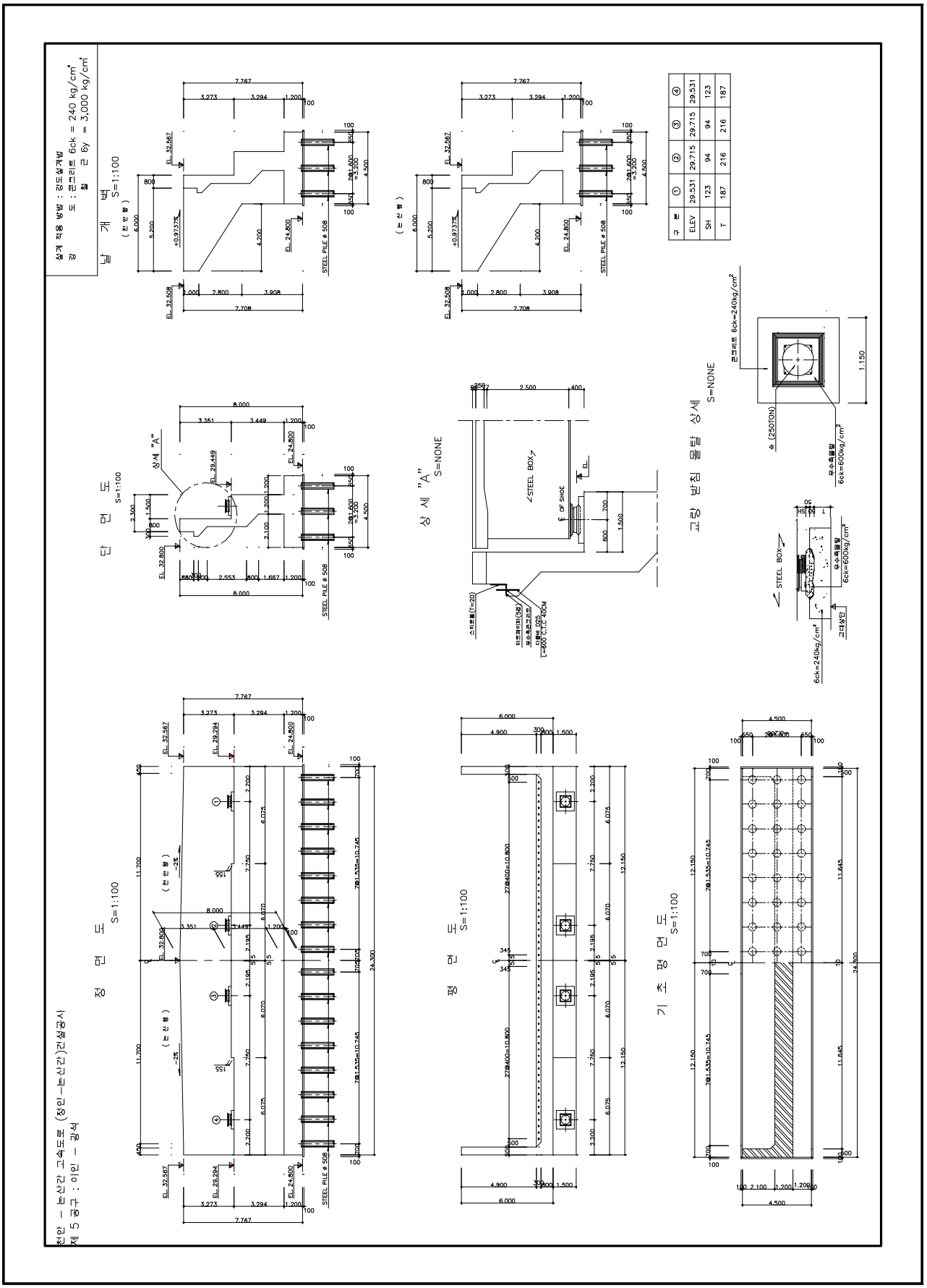
【그림 1.4】 슬래브 일반도



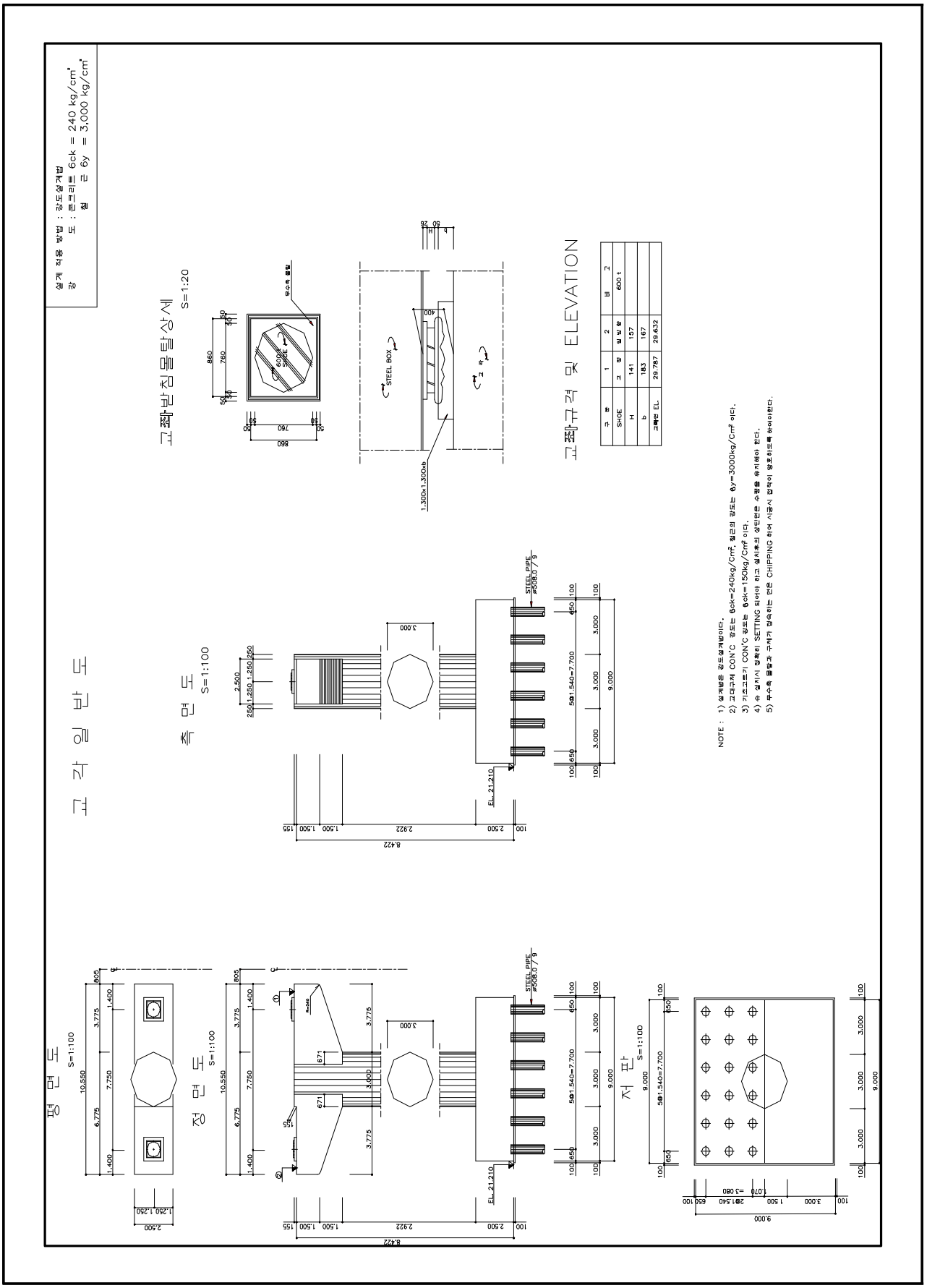
【그림 1.5】 강상형 평면도, 횡단면도①



【그림 1.6】 강상형 평면도, 횡단면도②


설계 적용 방법 : 강도설계법
콘 크 리 트 6ck = 240 kg/cm²
철 근 6y = 3,000 kg/cm²
날 개 벽 S=1:100
단 면 도 S=1:100
상 세 "A" S=NONE
교량 받침 몰탈 상세 S=NONE
정 면 도 S=1:100
평 면 도 S=1:100
기 초 평 면 도 S=1:100
STEEL BOX
STEEL PILE ø 508
천안 - 논산간 고속도로 (천안-논산간)건설공사
제 5 공구 : 이인 - 공석

【그림 1.7】 교대 일반도

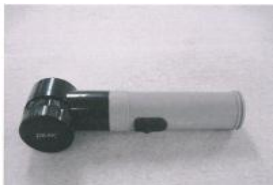

설계 적용 방법 : 강도설계법
강 도 : 콘크리트 6ck = 240 kg/cm²
철 근 6y = 3,000 kg/cm²
교 각 일 반 도
교좌받침물탈상세
S=1:20
교좌규격 및 ELEVATION
SHOE
H
b
교좌면 EL.
STEEL BOX
STEEL PIPE
평 면 도
정 면 도
측 면 도
저 판
S=1:100
NOTE : 1) 설계법은 강도설계법이다.
2) 교대구체 CON'C 강도는 6ck=240kg/Cm², 철근의 강도는 6y=3000kg/Cm² 이다.
3) 기초고르기 CON'C 강도는 6ck=150kg/Cm² 이다.
4) 슈 설치시 정확히 SETTING 되어야 하고 설치후의 상단면은 수평을 유지해야 한다.
5) 무수축 물탈과 구체가 접속하는 면은 CHIPPING 하여 시공시 접착이 양호하도록 하여야한다.

【그림 1.8】교각 일반도

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 주요 진단장비는 다음과 같다.

【표 1.4】주요 사용장비 및 시험기기 일반사항

장비명	용도	제조회사	제조년도	사 진
반발경도 측정기	콘크리트(표면) 압축강도 측정	Proceq(스위스)	2014	
철근탐사기	철근위치 및 간격, 피복두께 측정	JRC(일본)	2011	
초음파 측정기	콘크리트 균열깊이 및 강도 측정	ULTRACON-170	2012	
탄산화 측정기	경화콘크리트 탄산화 깊이 측정	삼천화학(주)	2010	
균열폭 측정 현미경	균열폭 크기 측정	PEAK(일본)	2012	
교량 점검차 (고소작업차)	-	-	-	
교량 점검차 (다굴절 작업차)	-	-	-	

1.6 교량기호의 정의

【표 1.5】교량기호의 정의

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

EX) S1 G1 P1

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

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

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

제 2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약

2.4 보수.보강 이력

2.5 시설물의 내진설계 여부

2.6 자료분석 결과요약

제 2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

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

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

2.1.1 자료수집 현황

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

【표 2.1】 자료수집 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계 도서	◇ 공통 - 공사시방서 - 구조계산서 - 일반보고서 - 토질조사보고서 - 초기점검보고서	○	◇ 천안-논산간 고속도로 건설공사 제5공구 - 공사시방서 - 구조계산서 - 일반보고서 - 토질조사보고서 - 초기점검보고서
	◇ 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도(종·횡) - 각 부재별 상세도	○	
시설물 관 리 대 장	◇ 기본현황 ◇ 상세제원 ◇ 유지관리 이력	○	◇ 시설물정보관리종합(FMS) 시스템 내 시설물관리대장
시공 관련 자료	◇ 시공관련 자료 ◇ 품질관리 관련자료 ◇ 사고기록	○	◇ 시설물정보관리종합(FMS) 시스템 내 설계도서
안전점검 및 정밀안전진단 자료		○	◇ 발주처 요청
보수·보강 자료		○	

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “천안-논산간 고속도로 건설공사 제5공구”의 구조계산서와 수리계산서, 토질조사 보고서, 일반보고서(실시설계보고서), 초기점검 보고서, 정밀안전진단 보고서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

2.2.1 일반보고서

가. 과업의 목적

본 과업은 중부권 서부 내륙지역의 개발 촉진과 경부 및 호남고속도로의 대체도로로서 수도권과 호남권을 직결하게 되는 천안~공주~호남권 연결 고속도로 노선중 정안~논산간 제5공구(충남 공주시 이인면 초봉리~논산시 광석면 득윤리, L=17.90km)에 대하여 고속도로 건설공사 시행에 필요한 실시설계를 수행함을 목적으로 한다.

나. 과업의 범위

1) 과업명

천안~논산산고속도로(정안~논산간) 건설공사 실시설계, 제5공구(광석~논산)

2) 과업구간 및 기간

천안~논산간고속도로 제5공구(광석~논산)의 연장은 17.90km로서 설계구간은 다음과 같다.

【표 2.2】 설계구간

노선명	구분	행정구역	연장
천안~논산간 고속도로 (광석~논산)	시점	충남 공주시 이인면 주봉리 (천안기점 : 44+650)	17.90km
	종점	충남 논산시 광석면 득윤리 (천안기점 : 65+550)	

【표 2.3】 과업기간

구 분	기간	비 고
전체과업	1995. 10. 11 ~ 1996. 11. 24 (360일간)	
1차과업	1995. 10. 11 ~ 1995. 12. 20 (71일간)	
2차과업	1996. 02. 10 ~ 1996. 11. 24 (289일간)	

나. 과업수행 결과요약

1) 목포년도 설정 및 장래교통량

• 공용기간 : 20년 • 공용개시년도 : 2002년 • 목표연도 : 2021년

【표 2.4】장래교통량

구분	교 통 량 (대/일)			비고
	2002	2011	2021	
공주IC~탄천IC	27,628	59.212	72.344	AADT
탄천IC~서논산IC	46.816	71.280	88.022	AADT

2) 설계기준

① 도로의 구분 : 자동차 전용도로(지방부고속도로)

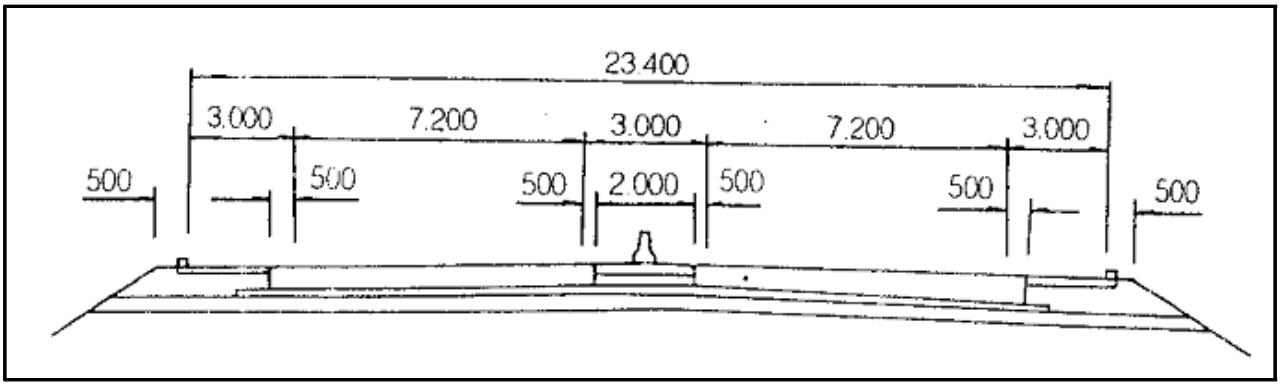
② 설계속도 : 본 선 : 120km/hr

③ 도로폭원 : 23.4m(4차로 : 보호길어깨 별도)

• 차도폭 : 4@3.60 = 14.40m • 중아분리대 : 3.00m

• 길어깨폭 : 2@3.00 = 6.00m • 보호길어깨폭 : 2@0.50 = 1.00m

④ 4차로 표준횡단면도



【그림 2.1】본선 토공구간 표준횡단면도(양방향 4차선)

2.2.2 일반보고서(실시설계)

가. 개요

본 고속도로는 천안에서 논산을 연결하는 신설 4차로 고속도로로서 나날이 증가하는 천안 중남부 내륙이방의 교통수요와 호남지방에서 생산되는 농산물 및 산업원자재 수송과 월출산 국립공원, 공주, 부여를 중심으로한 백제문화권 관광 수요를 고려할 때 조속한 개통이 요구되는 실정이다.

본 과업 노선과 연계되는 "대전-당진간 고속도로(1994년 5월 기본설계)" "공주~부여~서천안간 연결 고속도로(1991년 11월 기본설계)"가 건설될 경우 본 고속도로 운영 효율을 제고시키는데도 상당히 기여할 것으로 예상된다. 이에 따라 주행의 안정성 및 쾌적성 그리고 신속성과 통행 자유도등 사회가 발전함에 따라 증대되어온 시대적 국민적 요구를 잘 반영하고, 도로 이용자에게 가능한 최상의 서비스를 제공하는 도로계획 및 설계가 필요하다. 본 고속도로 건설을 위한 실시설계의 기본적 방향은 기본설계 내용을 충분히 검토 분석하고, 불합리한 부분을 보완하여 원활하고 쾌적한 도로가 될 수 있도록 하는데 역점을 두었다.

본 설계구간은 천안~논산간 고속도로(정안~논산) 건설공사 실시설계용역(제5공구) 충남 공주시 이인면에서 충남 논산시 광석면 득윤리까지의 연장 17.9km의 4차로 고속도로 로써 전반적인 노선이 평야 및 산지를 통과하고 하천 및 농로를 횡단하는 교량이다. 구조물은 지역의 특수성을 고려할 때 주변 여건과의 조화 시공성 및 유지관리의 용이성 등을 고려하여 구조 형식을 선정하였다.

개통 년도는 공사기간을 고려하여 2002년으로 정하고 계획목표년도는 2021년으로 하여 본 고속도로의 설계를 위하여 기 설계된 1,2공구(천안~정안) 실시설계와 타당성 조사 및 기본설계 내용검토와 아울러 과업의 기본계획을 수행하였다.

나. 교량현황

【표 2.5】 초봉교 교량 현황

위치 (STA)	교량형식			연장 (m)	폭원 (m)	비고
	상부	하부	기초			
1K+559.9 ~1K+690.120	강합성형 (STEEL BOX)	교대:역T형 교각: T형	교대:말뚝기초 교각:강관PILE	40.0+50.0+ 40.0=130.0	24.3	

다. 설계기준

1) 일반사항

본 과업을 수행함에 있어 구조물 설계전반에 대한 가능한 한도 내에서의 통일성 및 동일한 구조물 내하수준 유지, 그리고 합리적이며 경제적인 설계를 도모하고자 적정 기준을 설정하여 적용하였다.

2) 적용기준

본 설계에 적용한 표준시방서 및 설계기준은 다음과 같다.

① 콘크리트 표준시방서 - 건설교통부(1996)

② 철근콘크리트 설계 편람 - 건설교통부(1991)

③ 도로교 표준시방서 - 건설교통부(1996)

④ 도로의 구조·시설 기준에 관한 규정 - 건설 교통부(1990)

⑤ 도로설계요령 - 한국도로공사

본 설계기준에 규정하지 않은 사항은 상기의 시방서 혹은 지침에 의하되 그 인용 근거를 명시함.

3) 교량설계등급

도로교 설계기준에 의거 교량등급을 다음과 같이 적용함.

- 1등교(DB-24) : 고속국도 및 자동차 전용도로상의 교량
  다만, 교통량이 많고 중차량의 통과가 불가피한 도로, 국방상 중요한 도로상에 가설되는 교량, 장대교량
- 2등교(DB-18) : 일반국도, 특별시도와 지방도상의 교통량이 적은 교량
  또한, 시도 및 군도 중에서 중요한 도로상에 가설되는 교량
- 3등교(DB-13.5) : 산간벽지에 있는 지방도와 시도 및 군도 중에서 교통량이 적은 곳에 가설하는 교량

4) 설계방법 및 적용기준

- W.S.D(허용응력 설계법) : 철근 콘크리트를 탄성체로 보고 재료에 적합한 안전율을 고려한 허용응력을 사용하여 설계하는 방법
- U.S.D(강도설계법) : 실제하중이 작용하여 부재가 파괴될 때에 콘크리트의 압축응력 분포를 알아내어 이에 맞도록 적합한 하중율(Load Factor)에 따라 설계하는 방법
- 본 설계 적용기준
  - 강도설계법 적용 : R.C구조물(슬래브, 교각, 교대, 옹벽, BOX)
    : 실하중에 의한 사용성(처짐, 균열, 피로 등) 검토
  - 허용응력설계법 적용 : 강합성형 구조물(항목에대한 안전도 검사), 구조물 안정 검토

5) 교량 횡단폭원

본 과업구간내의 교량 횡단폭원은 선형조건 및 가설특성상 각각의 횡단표준기준을 가지고 있다. 천체적인 기준은 고속도로 2차로 도로폭 11.7m의 연석내측선과 교량부의 방호벽, 내측선을 일치시켜 교량구간에서도 토공부와 동일한 폭원을 확보하므로써 고속도로 차량통행에 원활을 기하도록 하였다.

라. 교량형식 선정

본 구간의 계획 교량은 연장 100m이상의 장대교가 전체 22개소 교량 중 11개소(연장 L=2,425m) 와 소교량 10개소(연장 L=276.5m) 및 용수로교 1개소(연장 L=50.0m)로써 총연장 L=2751.5m로 구성되어 있고, 이에 대한 교량 구조물의 형식 선정은 기본 설계시 제안한 형식을 토대로 교량 가설 위치의 선형 조건과, 지형 및 지역조건, 지질상태, 형하조건 등을 감안하여 경제성, 시공성, 미관 및 유지관리 등을 종합적으로 고려하여 2개안 이상의 비교안을 면밀히 검토 분석한 후 최적안을 선정하였다.

또한 본 고속도로 상의 교량 설계는 사용 목적에 적합하고 안전하며 미관이 수려하고 경제적인 구조로 설계하기 위하여 하중, 기초, 시공시기, 시공방법, 현장조건 등 제반여건을 종합적으로 검토하여 설계에 고려하였으며, 국도 및 지방도와 교차하는 횡단육교 등은 장래 확장 계획 등을 고려하여 설계하였다.

특히, 기존 고속도로의 풍부한 경험을 활용하여 기 사용된 구조물을 보완 발전시키고, 하부기초 및 구조적 안정성에 역점을 두었다.

1) 교량 계획 현황

【표 2.6】 교량 형식별 분류

구 분	교량 형식	개소	연장(m)	비 고
강 교	S.T BOX	3	345	장봉교, 용성3교, 구수교
콘크리트교	R.C RAHMEN	7	129	용성4교, 산의교, 안영교, 화정교, 송정교, 호정교, 광석교
	Π형 RAHMEN	2	102	광석육교, 광석용수로교
	R.C SLAB	1	45.5	탄천IC교
	P.C BEAM	9	2,130	용성1교, 용성2교, 쌍계교, 광명교, 덕지1교, 덕지2교, 탄천IC1교, 송정천교, 석성교

마. 내진설계 적용내용

1) 교량 내진설계 기본방향

- 우리나라의 경우 지진에 대한 고려는 파손시 큰 피해가 유발되는 댐이나 원자력 발전소 건물에 한해서 간헐적으로 내진검토가 되어 왔으나, 1978년 홍성지진 이후 관심이 급격히 중대되어 왔으며, 토목관계 시방서로는 1991년 고속전철사업기획단에서 서울-부산간 고속철도 건설을 위하여 내진설계가 포함된 시방서를 처음 제정하였으며, 개정된 도로교 표준 시방서에서도 내진에 대한 규정을 신설하여 도로교량설계에 적용토록 하였다.
- 내진설계의 기본개념은 인명피해를 최소화하는 것이며, 약진에 대하여는 교량의 파손이 발생하지 않아야 하며, 중간정도의 지진에 대하여는 교량의 부분적 파손은 허용되나 보수후 사용될 수 있어야 하며 강진의 경우에도 교량이 붕괴된는 일이 없도록 한다.
- 본 천안-논산간 고속도로 (정안-논산간)의 구조물 설계에 적용하는 가속도 계소는 0.14로서 1등급에 해당되는 지역이다.

2) 설계적용

- 내진설계는 도로교 표준시방서의 내진설계편에 의하여 수행 되며, 본 천안-논산간 고속도로(정안-논산간)의 설계에서는 SAP90 프로그램을 사용 하여 수평력을 산출하고 산출된 지진력과 하중조합에 의하여 극한하중을 도출 하여 강도설계법으로 검토하였다.
- 구조물의 설계는 평상시 하중조합에 의하여 설계후 지진시 하중조합에 의한 하중으로 단면검토를 하였다.

2.2.3 구조계산서 검토

가. 구조검토 조건

【표 2.7】초봉교 구조검토 조건

<table>
<tr><th>구 분</th><th>주요 검토내용</th></tr>
<tr><td>설계기준</td><td>• 콘크리트 표준시방서(1996. 06.)
• 도로교 표준시방서(1996. 06)
• 도로설계요령</td></tr>
<tr><td>사용재료</td><td>
<table>
<tr><th>구 분</th><th>주요 검토내용</th></tr>
<tr><td>설 계
강 도</td><td>• 콘크리트 : σ_{ck}=270kg/㎠, 240kg/㎠(하부구조)
• 철 근 : σ_y=4,000kg/㎠(SD40)
• 강재
- 주부재(SWS 490) : σ_y=3,200kg/㎠, σ_{sa}=1,900kg/㎠, τ_a=1,100kg/㎠
- 부부재(SWS 400) : σ_y=2,400kg/㎠, σ_{sa}=1,400kg/㎠, τ_a=800kg/㎠</td></tr>
<tr><td>탄 성
계 수</td><td>• 콘크리트 : 250,000kg/㎠(바닥판)
• 철근 : 2,040,000kg/㎠
• 강재 : 2,100,000kg/㎠</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

【표 2.7】 초봉교 구조검토 조건(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>주요 검토내용</th></tr>
<tr><td>상부구조</td><td>• 적용하중
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>하중종류별 주요 고려사항</th></tr>
<tr><td rowspan="5">강
박스
거더</td><td>사하중</td><td>• 철근콘크리트 γ_c = 2,500kg/㎥ ,
아스팔트포장 γ_a = 2,300kg/㎥, 강재 γ_s = 7,850kg/㎥</td></tr>
<tr><td>활하중</td><td>• DB-24, DL-24
• 충격계수 : I = 15 / (40 + L)
• 상부구조 전폭을 기준</td></tr>
<tr><td>크리프</td><td>• 크리프 계수 : 2</td></tr>
<tr><td>건조
수축</td><td>• 건조수축에 의한 크리프 계수 : 4 , 최종수축율 : 18×10^{-5}</td></tr>
<tr><td>온도차</td><td>• 온도차 : ±10℃ , 선팽창계수 : 1.2×10^{-6}</td></tr>
<tr><td rowspan="4">바
닥
판</td><td>사하중</td><td>• 방호벽 자중
• 슬래브 두께
• 포장두께</td></tr>
<tr><td>활하중</td><td>• 유효폭 : E = 0.8X + 1.14
• 충격계수 산정식 : 강박스 거더와 동일</td></tr>
<tr><td>충돌
하중</td><td>• 설계속도 : V = 120km/hr
• 작용높이 : H = 1.38m
• 충돌하중 : $(V/60)^2 + 0.750 + 0.250$</td></tr>
<tr><td>풍하중</td><td>• 적용 풍하중 : 150kg/㎡(활하중 재하시) ,
300kg/㎡(활하중 비 재하시)</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【표 2.7】 초봉교 구조검토 조건(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>주요 검토내용</th></tr>
<tr><td>상부구조</td><td>• 적용하중
<table>
<tr><th>구 분</th><th>하중종류별 주요 고려사항</th></tr>
<tr><td>상부구조 반력</td><td>• 상부구조에 작용하는 사하중 및 활하중</td></tr>
<tr><td>하부구조 사하중</td><td>• 철근콘크리트 γ_c = 2,500kg/㎥</td></tr>
<tr><td>Shoe 마찰력(교축방향)</td><td>• 마찰계수 : 0.04 적용</td></tr>
<tr><td>풍 하 중</td><td>• 상부구조에 작용하는 풍하중(각형)
- 활하중 재하시 : 150kg/㎡
- 활하중 비재하시 : 300kg/㎡
• 하부구조에 작용하는 풍하중(각형)
- 활하중 재하시 : 150kg/㎡
- 활하중 비재하시 : 300kg/㎡</td></tr>
<tr><td>지진하중</td><td>• “도로교 표준시방서(1992, 건설부)_제 V편 내진설계편“ 또는 “2.2.1 설계기준 검토_내진설계 세목” 참조.</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>하부구조
(교 각)</td><td>• 하중조합
활하중 재하시와 비재하시로 구분
⇨ 하중조합은 “도로교 표준시방서(1996, 건설부)_3.3.2 설계하중조합” 또는 “2.2.1 설계기준 검토_라. 구조설계기준” 참조.</td></tr>
</table>

나. 구조검토 결과요약

1) 상부구조

【표 2.8】초봉교 상부구조 구조검토 결과요약

구 분		주요 검토내용	비 고
상부 구조	바닥판	• 검토조건 - 단면폭 b = 100.0㎝, 유효깊이 d = 24.0㎝ - 사용철근량 A_s = 8×H19@125 = 22.92㎠ • 설계휨모멘트 검토 - M_u = 84.380 kN·m < ΦM_n = 171.462 kN·m → ∴ O.K	
	중간부	• 검토조건 - 단면폭 b = 100.0㎝, 유효깊이 d = 24.0㎝ - 사용철근량 A_s = 8×H19@125 = 22.92㎠ • 설계휨모멘트 검토 - M_u = 84.380 kN·m < ΦM_n = 171.462 kN·m → ∴ O.K	
주) 기존 구조계산서 결과 요약시 기호 및 단위계는 원구조계산서와 동일하게 표기함.			

2) 하부구조

【표 2.9】초봉교 하부구조 구조검토 결과요약

구 분			주요 검토내용	비 고
하부 구조	교대	흉벽	• 검토조건 - 단면폭 b = 100.0㎝, 유효깊이 d = 42.0㎝ - 철근 피복두께 d_c = 8.0㎝ • 단면검토 - M_u = 22.418t·m < ΦM_n = 29.145t·m → ∴ O.K	
		벽체	• 검토조건 - 단면폭 b = 100.0㎝, 유효깊이 d = 120.0㎝ - 철근 피복두께 d_c = 10.0㎝ • 단면검토 - M_u = 130.998t·m < ΦM_n = 188.834t·m → ∴ O.K	
주) 기존 구조계산서 결과 요약시 기호 및 단위계는 원구조계산서와 동일하게 표기함.				

2.2.4 토질 및 지반조사 자료검토

가. 개요

1) 현장조사 : 1996년 4월 ~ 1996년 6월

2) 실내시험 : 1996년 5월 ~ 1996년 7월

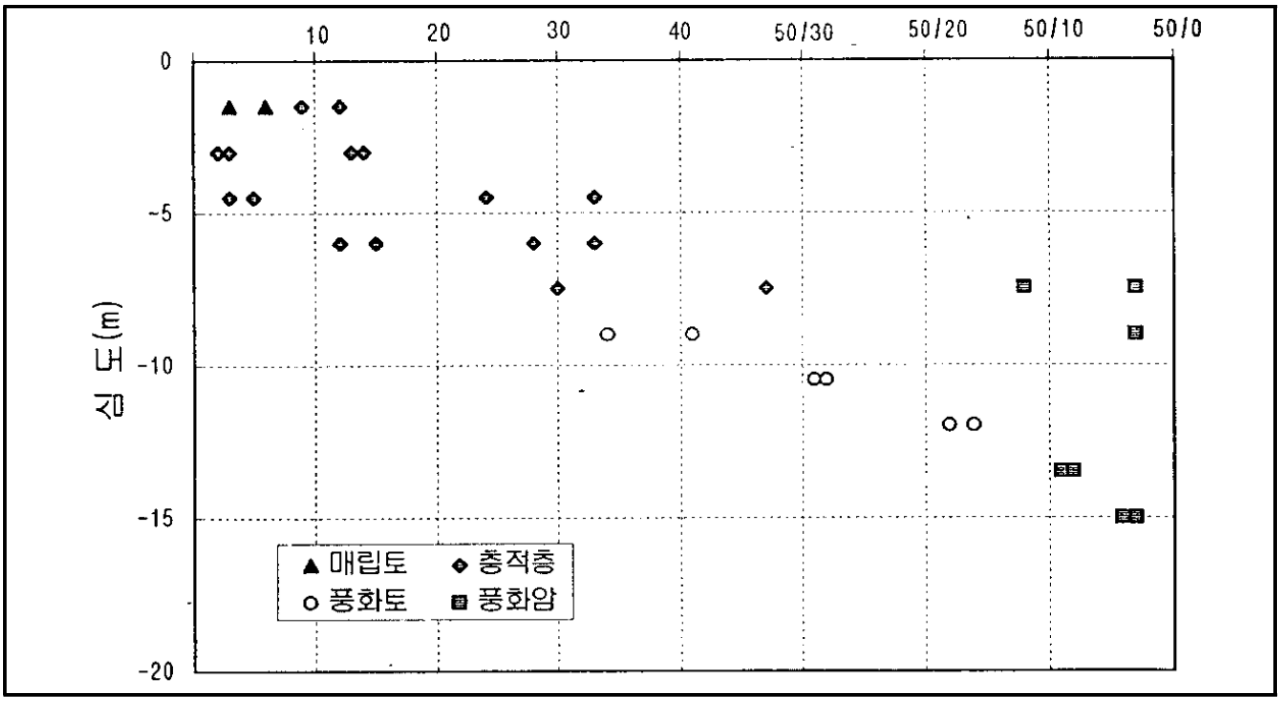
3) 성과분석 및 보고서 작성 : 1996년 8월 ~ 1996년 9월

4) 위치 : STA. 1+560 ~ 1+690

5) 해당위치 교량명 : 초봉교

【표 2.10】초봉교 지역의 지층구성상태

지 층	통일분류	층후(m)	N 치	비 고
매립토층	SC	1.9~2.1	3/30~6/30	BB-12~13
충적토층	SM(SW~SP)	6.6~7.1	2/30~7/30	전 구 간
풍화토층	SM	3.5~3.7	34/30~50/16	BB-12, 13
풍화암층	WR	0.8 이상	50/12~50/3	전 구 간
연 암 층	SR	3.0 이상	-	BB-10, 11



【그림 2.2】지층별 N-치와 심도와의 관계(초봉교)

나. 조사결과

1) 매립토층

본층은 조사지역중 BB-12~13에서 약 1.9~2.1m의 층후로 분포하고 있으며 점토질 모래(SC)로 구성되어 있고 표준관입시험 결과 N치는 3/30~6/30으로 지층의 상대밀도는 매우 누슨~느슨한 상태이다.

2) 충적토층

본층은 초봉교 지역 전역에서 6.6~7.1m의 층후로 분포하고 있으며, 실트질 모래(SM~SW), 자갈섞인 모래(SP) 등으로 구성되어 있다. 표준관입시험 결과 N치는 2/30~47/30으로 매우 느슨~조밀한 상대밀도를 보이고 있다.

3) 풍화토층

본층은 BB-12, 13에서 3.5~3.7m의 층후로 분포하고 있으며 주요구성물질은 실트질 모래(SM)로 나타나고 있다. 또한 풍화정도는 완전 풍화(CW) 정도이며 표준관입시험 결과 N치는 34/30~50/16으로 보통~매우 조밀한 상태이다.

4) 풍화암층

본층은 전지역에서 충적토층 또는 풍화토층 하부 약 6.9~12.4m의 심도에서 약 0.8~10.0m 이상의 층후로 분포하고 있으며 타격에 의해 암편을 함유한 실트질 모래(SM)로 분해되어 나타나고 풍화정도는 심한 풍화(HW) 정도이며 표준관입시험 결과 N치는 50/12~50/3으로 매우 조밀한 지층이다.

5) 연암층

본 지역의 기반암으로 BB-10, 11에서 7.9~12.1m이하에서 나타나며 3m이상의 층후로 분포하고 있다. 또한 풍화정도는 보통 풍화(MW) 상태로 발달 분포되어 있으며, 시추조사 결과 본암은 절리 및 균열이 매우 발달되어 코아회수율은 매우 불량하였다.

초봉교 지역의 지하수위는 지표하 약 0.7~2.8m로써 실트질 모래로 구성된 충적토층내에 분포하며 종점쪽으로 갈수록 깊어지는 양상을 보이고 있다.

2.2.5 기 정밀안전진단 분석

가. 외관조사 결과

구 분		2013년 정밀안전진단	비 고
교면 포장		· 균열, 파손, 포트홀	· 팻칭보수
방호 울타리		· 내,외측 균열 · 박락, 긁힘	· 주입보수, 주의관찰 · 주의관찰
바닥판 하면		· 외측 캔틸레버 균열 · 내측 캔틸레버 박락 및 철근노출, 백태, 층분리 등 다수 발생 · 유간부족으로 인한 바닥판 파손	· 주의관찰 · 부식철근제거, 표면마감 · 바닥판 절삭, 신축이음 장치 교체
배수 시설		· 집수구 막힘 · 고정볼트 탈락	· 배수구 청소 · 재체결
STB 거더	내외부	· 현장이음부(SP) 우수유입, 누수흔적 · 부식, 긁힘 · 거더 외부 전선류 접촉	· 실란트 밀봉처리 · 재도장 · 위치조정, 재도장
	가로보 세로보	· 국부적인 부식	· 재도장
신축 이음		· 후타재 균열 · 후타재 파손 및 유간부족 · 본체부식 및 유간토사퇴적 · 포장접속부 이격	· 바닥판 절삭, 신축이음 장치 교체
교량 받침		· 받침콘크리트 및 받침모르타르 균열 · 받침콘크리트 재료분리 · 교량받침 및 고정용 볼트 부식	· 주의관찰 · 단면보수 · 재도장
교대 교각		· 균열 · 층분리, 박락, 재료분리, 표면열화 · 교대 측방이동	· 주입보수, 주의관찰 · 단면보수 · 주기적인 계측

나. 내구성 조사

시험명	시험 결과						
비파괴 강도	구분			설계기준(MPa)	조사결과(MPa)	평가결과(%)	
	초봉교 (천안)	상부 구조	반발경도	27.0	27.1 ~ 27.8	100.4 ~ 103.0	
			초음파법		27.0 ~ 27.3	100.0 ~ 101.1	
		하부 구조	반발경도	24.0	24.2 ~ 24.6	100.8 ~ 102.5	
			초음파법		23.9 ~ 24.9	99.6 ~ 103.8	
	초봉교 (논산)	상부 구조	반발경도	27.0	27.1 ~ 27.5	100.4 ~ 101.9	
			초음파법		27.1 ~ 27.4	100.4 ~ 101.5	
		하부 구조	반발경도	24.0	24.2 ~ 25.5	100.8 ~ 106.3	
			초음파법		24.3 ~ 25.2	101.3 ~ 105.0	
	◦콘크리트 강도 조사결과 설계기준강도와 비교할 때 상·하부구조 모두 반발경도법과 초음파 속도법에서 기준강도를 상회하는 것으로 평가되어 강도상의 문제점이 없는 것으로 판단된다.						

철근 탐사	구분			철근종류	측정결과		설계도면 기준	
					피복	간격	피복	간격
	초봉교 (천안)	상부 구조	S1 캔틸레버	주철근	34~43	98~100	30.5	100
				배력철근	52~55	148~150	49.5	150
			S2 캔틸레버	주철근	38~45	250~260	30.5	250
				배력철근	55~63	95~100	49.5	100
			S3 캔틸레버	주철근	48~50	220~250	30.5	250
				배력철근	60~65	95~100	49.5	100
		하부 구조	A1 흉벽	주철근	53~55	110~125	40.5	125
				배력철근	78~93	190~200	59.5	200
			A2 흉벽	주철근	47~50	100~125	40.5	125
				배력철근	62~68	150~200	59.5	200
			P1 코핑	주철근	85~98	200~210	89	200
				배력철근	105~118	180~200	111	200
			P2 기둥	주철근	82~85	95~100	82	100
				배력철근	108~120	130~150	116	150
	초봉교 (논산)	상부 구조	S1 캔틸레버	주철근	37~40	98~100	30.5	100
				배력철근	58~63	138~150	49.5	150
			S1 캔틸레버	주철근	38~44	95~100	30.5	100
				배력철근	56	275	49.5	250
			S3 캔틸레버	주철근	50~53	98~100	30.5	100
				배력철근	65~68	250~255	49.5	250
		하부 구조	A1 흉벽	주철근	43~48	120~125	40.5	125
				배력철근	63~66	190~200	59.5	200
			A2 흉벽	주철근	40~43	95~125	40.5	125
				배력철근	60~65	200~205	59.5	200
			P1 코핑	주철근	100~110	200~210	89	200
				배력철근	128~130	190~200	111	200
			P2 기둥	주철근	85~91	100~105	82	100
				배력철근	105~115	140~150	116	150
	◦철근탐사를 결과, 부재별로 설계도면과 비교시 철근배근간격 및 피복두께는 상·하 구조의 부재별로 다소의 편차가 있는 것으로 조사되었으며 지속적인 점검 및 관찰을 실시한다면 문제는 없을 것으로 판단된다.							

시험명	시험 결과							
탄산화 깊이	측정위치			탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화잔여깊이 (㎜)	결 과	
	초봉교 (천안)	상부 구조	S1 캔틸레버	4	34	30	a	
			S3 캔틸레버	5	48	43	a	
		하부 구조	A1 흉벽	4	53	49	a	
			A2 흉벽	4	47	43	a	
	초봉교 (논산)	상부 구조	S1 캔틸레버	5	37	32	a	
			S1 캔틸레버	5	38	33	a	
		하부 구조	P1 코핑	5	100	95	a	
			P2 기둥	4	98	94	a	
	◦탄산화시험 수행 결과 측정 심도는 상부구조 4.0㎜~5.0㎜, 하부구조 4.0㎜~5.0㎜으로 조사되어 평가 기준에 의거 탄산화 잔여깊이가 30㎜이상인 『 a 』 로 평가되었다.							
염화물	측정위치			깊이(mm)	염화물 함유량		결 과	
					Cl-(%)	Cl-(kg/㎥)		
	초봉교 (천안)	상부 구조	S3 캔틸레버	0~10	0.007	0.158	a	
				10~20	0.005	0.113	a	
				20~30	0.004	0.091	a	
		하부 구조	A1 흉벽	0~10	0.006	0.136	a	
				10~20	0.004	0.091	a	
				20~30	0.005	0.113	a	
			A2 흉벽	0~10	0.002	0.045	a	
				10~20	0.003	0.068	a	
				20~30	0.004	0.091	a	
	초봉교 (논산)	상부 구조	S1 캔틸레버	0~10	0.006	0.136	a	
				10~20	0.005	0.113	a	
				20~30	0.004	0.091	a	
			S3 캔틸레버	0~10	0.006	0.136	a	
				10~20	0.004	0.091	a	
				20~30	0.004	0.091	a	
		하부 구조	A2 흉벽	0~10	0.008	0.181	a	
				10~20	0.004	0.091	a	
				20~30	0.004	0.091	a	
	◦안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)을 토대로 전염화물에 대하여 평가하였으며, 채취한 시료의 전염화물 함유량 분석결과, 염화물함유량이 낮아 부식발생 우려가 없는 상태인 a로 평가되었다.							
균열 깊이	측정위치			초음파 전달시간 (×10-6sec)		균열폭 (㎜)	최 소 피복두께 (㎜)	균 열 깊 이 (㎜)
				균열부 (Tc)	건전부 (To)			
	초봉교 (천안)	하부 구조	P1 코핑	68.5	30.3	0.3	85.0	101.4
	◦균열깊이의 측정은 Cw=0.3㎜의 균열을 대상으로 실시하였으며 그 결과 대상 균열심도가 콘크리트 피복두께를 초과하여 발생된 것으로 분석되어, 손상부위에 대한 주입보수를 통한 조치 후 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.							

주) 피복두께는 철근탐사 실측치 및 설계도면(순피복) 적용.

시험명	시험 결과								
	측정위치		측정값(㎛)				평균값 (㎛)	시방기준	비 고
도막두께	초봉교 (천안)	S1G1(외부)	225	243	234	239	235	215	양 호
			231	226	228	228			
			222	249	248	244			
		S1G2(내부)	196	212	198	218	205	175	양 호
			214	207	208	197			
			202	197	208	202			
		S2G1(외부)	245	250	250	223	242	215	양 호
			250	248	241	240			
			237	249	227	242			
		S2G2(내부)	202	207	212	213	207	175	양 호
			217	200	198	197			
			215	213	209	201			
		S3G1(외부)	246	236	238	242	240	215	양 호
			244	239	241	230			
			237	236	249	246			
		S3G2(내부)	197	217	195	201	202	175	양 호
			200	203	204	199			
			212	195	201	196			
	초봉교 (논산)	S1G3(내부)	217	219	211	212	212	175	양 호
			213	218	195	213			
			204	215	206	218			
		S1G4(외부)	234	230	236	226	237	215	양 호
			239	246	239	236			
			240	230	249	242			
		S2G3(내부)	203	200	208	198	206	175	양 호
			196	217	211	209			
			213	205	205	202			
		S2G4(외부)	229	238	231	227	234	215	양 호
			248	232	236	237			
			237	233	235	229			
		S3G3(내부)	210	197	200	206	208	175	양 호
			196	196	220	212			
			208	216	214	216			
		S3G4(외부)	245	237	229	237	240	215	양 호
			238	248	236	246			
			246	235	248	234			
	◦ 도막두께는 도로교 표준시방서의 "일반환경의 중방식 도장"의 기준치인 교량 내부 175㎛, 교량 외부 215㎛을 토대로 평가하였다. 측정결과 시험대상 전 부재에서 도막두께는 양호한 것으로 평가되어 내구성 저하의 원인이 될 수 있는 요인은 없는 것으로 검토되었다.								

시험명	시험 결과				
	측정위치		결함발생 현황	등급	비 고
도막두께	초봉교 (천안)	G1-UT1	결함지시 없음	1	양 호
		G1-UT2	결함지시 없음	1	양 호
		G1-UT3	결함지시 없음	1	양 호
		G1-UT4	결함지시 없음	1	양 호
		G1-UT5	결함지시 없음	1	양 호
		G1-UT6	결함지시 없음	1	양 호
		G2-UT1	결함지시 없음	1	양 호
		G2-UT2	결함지시 없음	1	양 호
		G2-UT3	결함지시 없음	1	양 호
		G2-UT4	결함지시 없음	1	양 호
		G2-UT5	결함지시 없음	1	양 호
		G2-UT6	결함지시 없음	1	양 호
	초봉교 (논산)	G3-UT1	결함지시 없음	1	양 호
		G3-UT2	결함지시 없음	1	양 호
		G3-UT3	결함지시 없음	1	양 호
		G3-UT4	결함지시 없음	1	양 호
		G3-UT5	결함지시 없음	1	양 호
		G3-UT6	결함지시 없음	1	양 호
		G4-UT1	결함지시 없음	1	양 호
		G4-UT2	결함지시 없음	1	양 호
		G4-UT3	결함지시 없음	1	양 호
		G4-UT4	결함지시 없음	1	양 호
		G4-UT5	결함지시 없음	1	양 호
		G4-UT6	결함지시 없음	1	양 호
	◦ 강재 거더의 용접부 내부결함을 조사하기 위하여 용접부 24개소를 선별하여 초음파탐상을 실시하였으며, KS-B-0896의 판정기준에 의거 결함등급을 판정한 결과, 전 개소에서 양호한 것으로 측정되어 모두 합격으로 판정되었다.				

다. 내하력평가

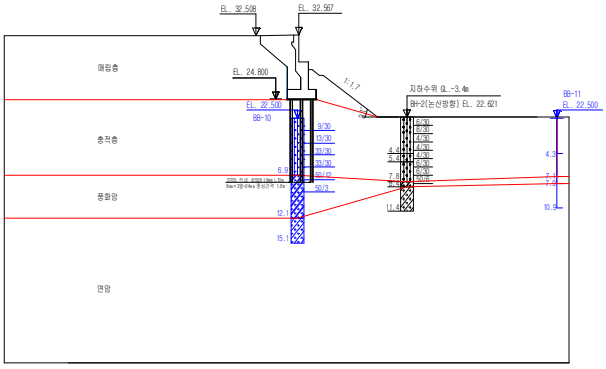
1) 거더의 내하력평가

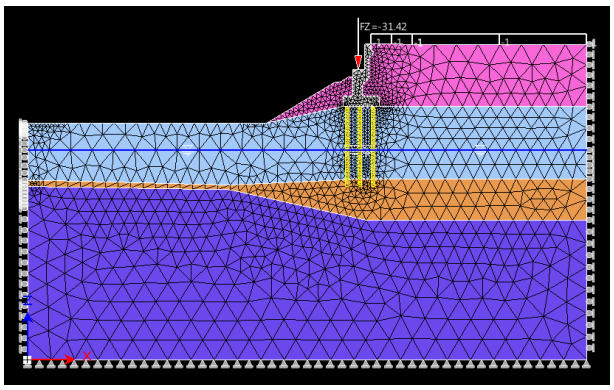
구 분			발생응력(MPa)			내하율	기본 내하력
			허용	고정하중	활하중		
초봉교 (천안)	최대 정모멘트부	상 연	190.000	51.329	6.137	22.597	DB-24 이상
		하 연	190.000	70.022	-29.790	4.028	
	최대 부모멘트부	상 연	190.000	119.449	-45.388	1.554	
		하 연	190.000	107.207	44.680	1.853	
초봉교 (논산)	최대 정모멘트부	상 연	190.000	49.116	6.138	22.953	DB-24 이상
		하 연	190.000	65.644	-29.797	4.173	
	최대 부모멘트부	상 연	190.000	112.170	-45.405	1.714	
		하 연	190.000	100.418	44.697	2.004	

2) 바닥판의 내하력평가

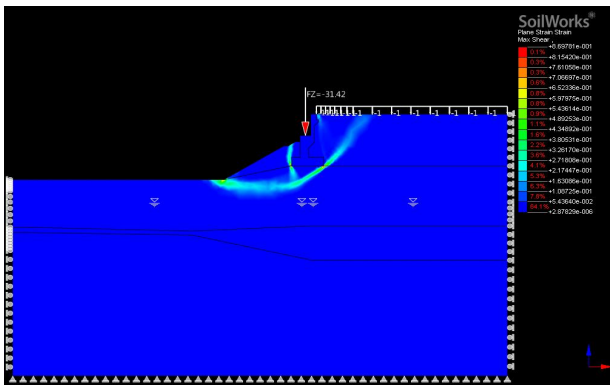
구 분		$\varnothing M_n$ (kN・m)	M_d (kN・m)	$M_{l(1+i)}$ (kN・m)	내하율	기본 내하력
초봉교 (천안)	켄틸레버부 (방호벽)	171.462	9.029	19.200	3.869	DB-24 이상
	중앙부	73.310	4.792	31.200	2.114	
	켄틸레버부 (중앙분리대)	171.462	12.874	31.462	2.287	
초봉교 (논산)	켄틸레버부	171.462	9.029	19.200	3.869	DB-24 이상
	중앙부	73.310	4.792	31.200	2.114	

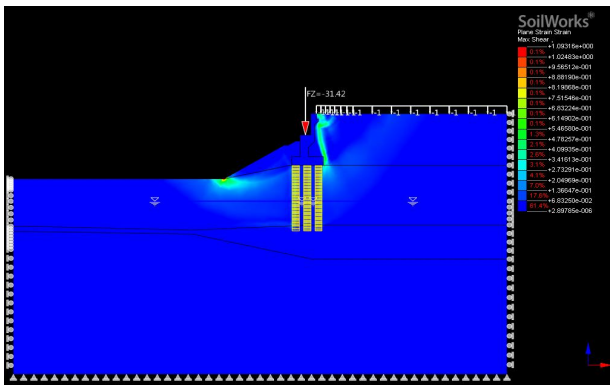
3) 측방유동검토



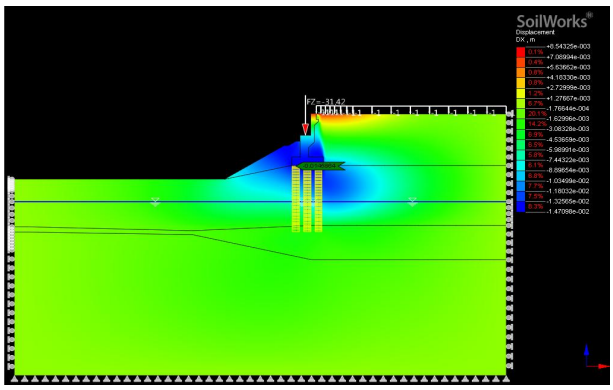


모델링





활동검토



말뚝변위검토

검토방법			검토내용	기준안전율	검토결과
초봉교	활동검토	말뚝효과 미고려시	SF=1.70	1.5이상	OK
		말뚝효과 고려시	SF=2.31	1.8이상	OK
	변위검토	말뚝 횡방향 변위	Dx=14.59mm	15mm	OK

라. 상태평가 및 안전등급

1) 안전성평가 결과

부 재		SF(안전율)	등 급
강박스 거더	천안방향	1.083	A
	논산방향	1.140	A
바닥판 슬래브	천안방향	2.020	A
	논산방향	2.020	A
하부구조	천안방향	3.354	A
	논산방향	3.008	A

2) 초봉교 상태평가 결과

구성교량명	환산결함도점수	상태평가 등 급	연장 (m)	차선	길이 × 차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
초봉교(천안)	0.251	b	130	2	260	0.500	0.126
초봉교(논산)	0.218	b	130	2	260	0.500	0.109
합계(Σ)			260	4	520	1	0.235
1. 환산결함도 점수 =							0.235
2. 상태평가 결과 =							B

3) 종합평가 및 안전등급

구 분	안전성평가등급	상태평가등급	안 전 등 급
초봉교(천안)	A	B	B
초봉교(논산)	A	B	B

마. 보수·보강 방안

1) 초봉교(천안) 보수·보강 방안

부재	결함내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위	비고
교면 포장	아스콘균열	균열보수	10.50	15.75	m	1	11	2	
	포트홀	팻칭보수	0.02	1.00	㎡	55	55	1	
난간 및 연석	균열(0.3mm이상)	주입보수	2.20	3.30	m	33	109	1	
	박락	단면보수	0.08	1.00	㎡	330	330	2	
	차수판 파손	교체	1.00	1.00	EA	400	400	3	
	낙하물방지망 미설치	낙하물방지망 설치	35.00	35.00	m	55	1,925	3	S1~S3
바닥판	철근노출	단면보수(방청)	0.16	1.00	㎡	350	350	1	
	층분리	단면보수(방청)	0.06						
	박락	단면보수	0.14	1.00	㎡	330	330	2	
	보수부 재파손	단면보수	0.05						
	신축유간 협착	바닥판 절삭	24.00	24.00	m	12	290	1	
	철근노출	내측 캔틸레버 보수	2.00	17.82	㎡	217	3,867	1	
	박락		0.48						
	박락 및 철근노출		9.40						
	물끊기 설치		59.40	59.40	m	4	249		
거더 내부	이물질퇴적	청소	31.48	47.22	㎡	11	519	3	
	우수유입(SP)	실란트 밀봉	0.40	1.00	㎡	10	10	2	
	점부식	재도장	0.01	1.00	㎡	15	15	2	
거더 외부	부식	재도장	2.77	4.16	㎡	11	46	1	
	도장긁힘	재도장	0.05	1.00	㎡	11	11	2	
가로보	부식	재도장	0.26	1.00	㎡	11	11	1	
신축 이음	접속부이격	바닥판 절삭 및 신축이음 교체	4.50	12.00	m	692	8,305	1	A1
	후타재파손		0.35						
	볼트탈락		2.00	12.00	m	912	10,944	1	A2
	신축이음누수		24.00						
교량 받침	받침부식	재도장	0.60	1.00	㎡	13	13	1	
	받침콘크리트 재료분리	단면보수	0.04	1.00	㎡	330	330	2	
교대	철근노출	단면보수(방청)	0.30	1.00	㎡	350	350	1	
	박락	단면보수	0.07	1.00	㎡	330	330	2	
	재료분리	단면보수	0.14						
교각	균열(0.3mm이상)	주입보수	9.60	14.40	m	33	475	1	
	재료분리	단면보수	0.02	1.00	㎡	330	330	2	
	점검로 미설치	점검로 설치	2	2	EA	22,500	45,000	3	

순공사비 합계 (천원)		74,605
제경비 (순공사비×50%)		37,303
순위별 공사비 (제경비 포함)	제 1 순위	37,595
	제 2 순위	2,546
	제 3 순위	71,767
절삭		8
개략공사비 (천원)		111,900

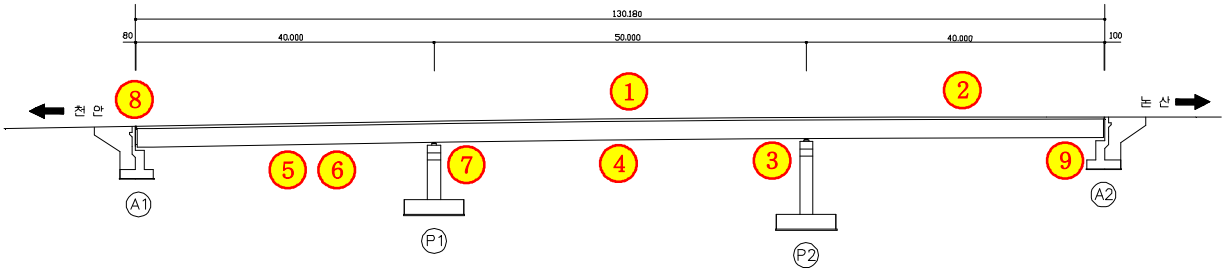
2) 초봉교(논산) 보수·보강 방안

부재	결함내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위	비고
교면 포장	아스콘균열	균열보수	21.00	31.50	m	1	22	2	
	아스콘파손	팻칭보수	0.09	1.00	㎡	55	55	2	
	포트홀	팻칭보수	0.02	1.00	㎡	55	55	1	
난간 및 연석	균열(0.3mm이상)	주입보수	1.50	2.25	m	33	74	1	
	박락	단면보수	0.10	1.00	㎡	330	330	2	
	낙하물방지망 미설치	낙하물방지망 설치	40.00	40.00	m	55	2,200	3	S1~S3
배수 시설	배수구막힘	청소	3.00	3.00	EA	11	33	3	
	배수관 고정볼트탈락	제체결	3.00	3.00	EA	5	15	3	
바닥판	철근노출	단면보수(방청)	0.10	1.00	㎡	350	350	1	
	박락	단면보수	0.40	1.00	㎡	330	330	2	
	재료분리	단면보수	0.08						
	신축유간 협착	바닥판 절삭	24.00	24.00	m	12	290	1	
	철근노출	내측 캔틸레버 보수	8.00	16.95	㎡	217	3,678	1	
	박락 및 철근노출		3.00						
	층분리		0.30						
	물끊기 설치		55.80	55.80	m	4	234		
거더 내부	이물질퇴적	청소	16.33	24.50	㎡	11	269	3	
	도장박락	재도장	0.01	1.00	㎡	15	15	2	
	도장손상	재도장	0.06						
	우수유입(SP)	실란트 밀봉	0.40	1.00	㎡	10	10	2	
거더 외부	부식	재도장	2.59	3.92	㎡	11	43	1	
	볼트부식	재도장	0.02						
	도장긁힘	재도장	1.08	1.61	㎡	11	18	2	
가로보	부식	재도장	0.03	1.00	㎡	11	11	1	
신축 이음	접속부이격	바닥판 절삭 및 신축이음 교체	7.50	12.00	m	692	8,305	1	A1
	유간토사퇴적		0.45						
	후타재파손		0.71	12.00	m	912	10,944	1	A2
	신축이음누수		24.00						
교량 받침	받침부식	재도장	0.24	1.00	㎡	13	13	1	
	받침볼트부식	재도장	0.01						
	받침콘크리트 재료분리	단면보수	0.04	1.00	㎡	330	330	2	
교대	철근노출	단면보수(방청)	0.60	1.02	㎡	350	357	1	
	층분리	단면보수(방청)	0.08						
	박락	단면보수	0.12	1.00	㎡	330	330	2	
	재료분리	단면보수	0.14						
	표면열화	표면보수	0.15	1.00	㎡	30	30	2	
교각	점검로 미설치	점검로 설치	2	2	개소	22,500	45,000	3	

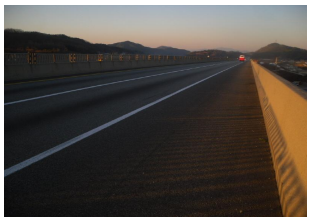
순공사비 합계 (천원)		73,342
제경비 (순공사비×50%)		36,671
순위별 공사비 (제경비 포함)	제 1 순위	36,531
	제 2 순위	2,205
	제 3 순위	71,277
절삭		13
개략공사비 (천원)		110,000

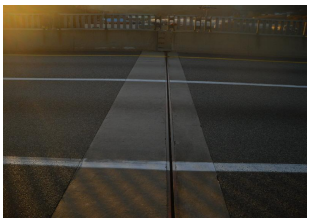
바. 유지관리방안

금회 정밀안전진단의 결과 및 자료는 향후 점검 시 기본자료 및 유지관리 자료로 활용할 수 있도록 하였다.



1) 점검 및 진단 시 구조부재별 유지관리 항목

위 치	중점점검항목	점검요령
 ① 교면포장	· 균열 · 파손, 포트홀	· 지속적인 관찰 및 점검 · 공용기간 증가에 따른 손상의 발생 및 진전 여부
② 방호울타리	· 내,외측 균열 및 균열부 백태 · 콘크리트 박락, 긁힘 · 낙하물 방지망 미설치	· 손상에 따른 적절한 보수 실시 · 공용기간 증가에 따른 손상의 진전 및 추가발생 여부 · 낙하물 방지망 설치 후 손상 발생 여부
③ 배수시설	· 집수구 막힘 · 배수관 고정볼트 탈락	· 청소 및 체수 상태 · 공용중 배수관 탈락, 파손 여부
④ 바닥판	· 캔틸레버 균열 · 내측 캔틸레버 박락 및 철근노출 · 유간부족으로 인한 바닥판 파손	· 균열의 진전, 재발생 및 추가발생 여부 · 보수후 재발생 여부 · 데크플레이트부 누수발생 여부

위 치	중점점검항목	점검요령
 ⑤ S.T.B 거더	· 현장이음부(SP) 우수유입 · 강재 부식 · 도장박락 및 손상 · 거더내부 이물질 퇴적	· 도장관련 손상의 재발생 및 추가발생 여부 · 강재 연결부 손상 관찰 및 점검 · 보수후 재발생 여부
 ⑥ 가로보 및 세로보	· 국부적 강재 부식	· 지속적인 관찰 및 점검 · 강재 연결부 손상 관찰 및 점검 · 공용기간 증가에 따른 손상의 발생 및 진전 여부
 ⑦ 교량받침	· 받침콘크리트 및 받침모르타르 균열 · 받침모르타르 재료분리 · 교량받침 및 볼트 부식	· 손상의 진전 및 추가발생 여부 · 지속적인 관찰을 통한 이상징후 발생 여부 확인
 ⑧ 신축이음	· 후타재 균열 · 후타재 파손 및 유간부족 · 본체 부식 및 유간토사퇴적 · 포장접속부 이격 · 신축이음 하부 누수	· 공용중 손상의 진전 여부 · 보수 시공에 따른 하부 누수의 재발생 여부 확인 · 유간부족으로 인한 손상 발생 여부
 ⑨ 교대 및 교각, 기초	· 균열 · 체수 및 누수흔적 · 층분리, 박락, 재료분리, 표면열화 등	· 손상의 진전, 재발생 및 추가발생 여부 · 손상의 재발생 및 추가발생 여부 · 신축이음 배수로 설치 후 우천시 체수 재발생 여부 확인

사. 종합결론

대상시설물은 준공(2002년 12월 23일) 후 11년이 경과한 3경간 STB교이다.

정밀 외관조사와 항목별 제반시험을 통한 정밀안전진단 결과

- 구조적으로 문제가 될 만한 손상, 결함, 열화는 조사되지 않았으나, 내측 캔틸레버에 발생된 철근부식은 우선적으로 보수를 실시해야 하고, 측방이동이 발생된 것으로 추정되는 양방향 교대 A1에 대하여 주기적인 계측 및 점검을 실시해야 할 것이다.

- 안전율은 1.0이상, 내하력 또한 DB-24 이상을 확보하는 것으로 평가되었고

시설물의 안전등급은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태인 『B등급』으로 평가되었다.

이에 제시한 손상들은 우선순위에 따라 보수하고 정기적으로 유지관리 한다면 교량으로서의 기능유지에 문제가 없을 것으로 판단된다.

2.2.6 시공관련 자료검토

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

2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약

본 교량은 2003년 4월 실시한 초기점검을 시작으로 현재까지 공용기간 중 초기점검 1회, 정기점검 21회, 정밀점검 6회, 정밀안전진단 1회 실시하였으며, 주요 점검이력은 다음과 같다.

【표 2.11】초봉교 점검 및 진단이력

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
1	초기점검	2003.04	(주)아워브레인	주요 손상은 미세균열, 종방향 접속부 누수 발생. 주의관찰.	A
2	정기점검	2003.12	(주)아워브레인	주요 손상은 미세균열, 종방향 접속부 누수 발생. 주의관찰.	-
3	정기점검	2004.6	(주)아워브레인	주요 손상은 미세균열, 종방향 접속부 누수 발생. 주의관찰.	-
4	정기점검	2004.7	(주)아워브레인	주요 손상은 방호벽, 교각 균열, 교대 누수 및 박리 발생. 주의관찰.	-
5	정밀점검	2005.4	㈜한길종합 엔지니어링	전반적으로 균열보수가 실시된 양호한 상태임. 바닥판 종방향 접속부 누수, 교대 누수흔적등은 전회 점검이후 특별한 손상은 조사되지 않았음.	A
6	정기점검	2005.7	㈜한길종합 엔지니어링	전반적으로 균열보수가 실시된 양호한 상태임. 바닥판 종방향 접속부 누수, 교대 누수흔적등은 전회 점검이후 특별한 손상은 조사되지 않았음.	-
7	정기점검	2006.3	(주)아워브레인	주요손상은 주형 외부에 경미한 도장 손상, 하부구조에 건조수축균열(Cw≤0.2㎜), 신축이음부 노후화로 인한 본체 마모 및 후타재 박리, 파손, 받침 PLATE 및 볼트부 부식, 교대부 체수등이 조사됨.	-

【표 2.11】 초봉교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
8	정기점검	2006.10	(주)아워브레인	전반적으로 양호한 상태이나, 주형 외부에 경미한 도장 손상이 발생하였으며, 하부구조에 건조수축균열(Cw≤0.2㎜)이 발생된 상태임. 또한, 신축이음부 노후화로 인한 본체 마모 및 후타재 박리, 파손등으로 차량의 주행성 저하와 하부구조로 우수 등이 침투하여 받침 PLATE 및 볼트 부식, 교대부 체수등의 표면 열화 손상을 야기시키고 있는 상태임. 현재 기 발생된 손상현황은 구조물의 안전성 및 기능상의 큰 문제가 없는 것으로 사료되나, 구조물의 내구성 확보를 위하여 손상부에 대한 보수를 실시하며, 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요함.	-
9	정밀점검	2007.6	(주)아워브레인	본 교량에 대한 상태등급 판정결과 전체적인 상태평가 등급은 B등급으로 일부부재에 경미한 손상이 발생하였으나, 기능발휘에 문제점이 없는 상태인 것으로 평가되었다. 기 발생된 손상현황은 방호벽균열, 신축이음 본체 마모 및 후타재 박락, 하부구조 균열(폭0.1~0.2㎜), 바닥판하면 종방향 누수, 교량받침 볼트부식, 교대 두부 누수 및 체수등이며, 일부부재에 대해서는 구조물의 내구성 차원의 보수가 필요하다. 기 발생된 손상은 교량의 안전성에는 큰 문제가 없는 것으로 사료되나, 주기적인 점검을 통하여 진행상태를 확인하여야 한다.	B
10	정기점검	2007.12	(주)아워브레인	국부적인 손상현황이 일부 발생되었으나 전반적으로 양호한 상태이다. 기 발생된 손상현황은 접속도로측 국부적인 아스콘 탈락, 주형 외부 경미한 도장 손상, 하부구조 균열(폭 0.3㎜미만)등 이며, 또한 신축이음 내구년수 경과로 인한 본체 고무재 마모 및 후타재 탈락 등으로 차량 주행시 충격, 주행성 저하와 하부구조로 우수 등이 침투하여 교량받침 볼트 부식, 교대 표면열화 등의 손상을 야기시키고 있는 상태이다. 현재 발생된 손상현황은 구조물의 기능 발휘에는 지장이 없으나, 내구성 증진을 위한 일부의 보수와 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요하다.	-
11	정기점검	2008.6	(주)아워브레인	일부 부재에서 국부적인 손상현황이 발생되었으나, 전반적으로 양호한 상태이다. 기 발생된 손상현황은 접속도로측 국부적인 아스콘 탈락, 주형 외부 경미한 도장 손상, 하부구조 균열(폭 0.3㎜미만)등이다. 또한, 신축이음 공용년수 경과로 인한 본체 고무재 마모 및 후타재 탈락 등으로 차량 주행시 충격, 주행성 저하와 하부구조 우수 침투로 인한 교량받침 볼트 부식, 교대 표면열화 등의 손상을 유발하고 있는 상태이다. 현재 발생된 손상현황은 구조물의 기능 발휘에는 지장이 없으나, 내구성 증진을 위한 일부의 보수와 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요하다.	-

【표 2.11】 초봉교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
12	정기점검	2008.12	(주)아워브레인	일부 부재에서 국부적인 손상현황이 발생되었으나, 전반적으로 양호한 상태이다. 기 발생된 손상현황은 주형 외부 경미한 도장 손상, 하부구조 균열(폭 0.3㎜미만)등이다. 또한, 신축이음 공용년수 경과로 인한 본체 고무재 마모 및 후타재 탈락 등으로 차량 주행시 충격, 주행성 저하와 하부구조 우수 침투로 인한 교량받침 볼트 부식, 교대 표면열화 등의 손상을 유발하고 있는 상태이다. 기 발생된 손상현황은 전회와 비교시 진전은 미미한 상태이나, 구조물의 내구성 확보를 위하여 일부 보수를 실시하며, 지속적인 유지관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요하다.	-
13	정밀점검	2009.06	㈜한길종합 엔지니어링	일부 부재에 대한 보수를 실시하였고 주형 내·외부, 교량받침, 신축이음장치, 배수시설, 바닥판에서 일부 추가적인 손상이 발생한 상태이다. 따라서, 구조물의 내구성 및 사용성 확보차원에서 배수시설, 주형, 하부구조, 바닥판, 신축이음장치 교체 등의 국부적인 손상에 대한 보수가 필요한 것으로 판단되며, 구조물의 효율적인 유지관리를 위하여 정기점검을 통한 지속적인 관찰을 실시한다면, 구조물의 사용성 및 공용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.	B
14	정기점검	2009.12	㈜한길종합 엔지니어링	전반적으로 양호한 상태로 구조적인 손상은 없는 것으로 조사되었으며 유도배수관 행거로드 부식, 교대 전기단자함 손잡이 파손 등이 추가적으로 관찰되었다. 또한 A1 천안방향 신축이음과 교량받침에 대해 보수를 실시한 것으로 조사되었다. 주요 손상으로 배수관 연결볼트 탈락, 방호벽에 균열 및 파손, 바닥판에 박락 및 철근노출, 주형내부에 우수유입, 주형외부 도장손상, 후타재 박락, 신축이음 강재 부식, 하부구조에 균열 및 박락 등이 조사되었으며 내구성 및 사용성 확보를 위해 보수 및 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 요구된다.	-
15	정기점검	2010.06	㈜한길종합 엔지니어링	주부재 및 보조부재에 경미한 손상이 조사되었으며 기능발휘에 지장이 없는 양호한 상태이다. 본 교량은 1종 시설물로써 하자담보기간 만료 전에 바닥판하면, 주형 및 가로보, 하부구조 등의 손상에 대한 하자보수처리를 실시할 필요가 있다. 점검일 현재 2차 부재에서 발생된 일부 손상에 대하여 보수를 실시하여 공용중 구조물의 내구성 및 사용성 향상을 도모하며, 추후 정기점검을 통하여 지속적인 주의관찰을 실시한다.	-

【표 2.11】 초봉교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
16	정기점검	2010.12	㈜한길종합 엔지니어링	일부 바닥판, 하부구조 등에 균열, 백태, 파손 등의 손상이 조사되었으며, A1-천안방향의 경우 균열(폭 0.3㎜ 이상) 손상이 신규로 조사되었다. 점검일 현재 구조물의 구조적인 안전에는 문제가 없으나, 공용중 내구성 증진을 위해 일부 손상에 대한 보수 조치가 필요하다.	-
17	정밀점검	2011.06	(주)아워브레인	본 구조물은 구조물의 안전성과 관련된 구조적인 손상이 없는 양호한 상태이며, 전회점검 이후 일부 부재에 대한 보수를 실시하였고 바닥판, 신축이음장치, 하부구조 등에서 일부 추가적인 손상이 발생한 상태이다. 따라서, 구조물의 내구성 및 사용성 확보차원에서 배수시설, 주형, 하부구조, 바닥판 등의 국부적인 손상에 대한 보수가 필요한 것으로 판단되며, 구조물의 효율적인 유지관리를 위하여 지속적인 관찰을 통한 관리를 실시한다면, 구조물의 사용성 및 공용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.	B
18	정기점검	2011.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 양호한 상태이며, 교량의 전반적인 신축거동 또한 양호한 상태로 나타났다. 금회 점검시 바닥판하면 박락 및 파손부와 하부구조 균열 및 콘크리트 파손, 신축이음장치 본체파손 및 후타재 파손에 대한 보수가 실시된 것으로 조사되었다. 주요 손상으로는 바닥판하면 콘크리트 파손 및 철근노출, 교대 및 교각 균열, 누수흔적, 신축이음 본체 부식, 후타재 박락 등이 발생된 상태이다. 현재 교량의 안전성 및 사용성에 큰 문제는 없으나, 기 발생된 손상에 대해서는 교량의 내구성 확보차원의 보수를 실시하고, 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.	-

【표 2.11】 초봉교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
19	정기점검	2012.06	(주)아워브레인	정기점검결과, 대상시설물의 상태는 '양호' 인 것으로 판단되나, 교량의 신축거동시 A1 천안 지점부에서 바닥판의 유간이 부족한 상태로 조사되었다. 상·하행선의 바닥판 단부의 돌출길이가 상이한 점으로 보아 시공상의 결함으로 판단되며 향후 온도상승에 의한 주형신장시 2차손상을 유발할 수 있으므로 절삭조치가 필요한 상태이다. 바닥판 종조인트부는 포장면으로부터 우수 및 제설재 등이 유입되어 철근부식에 의한 박락이 다수 발생되었으며 기보수 이후에도 재손상이 일부 관찰되었다. 따라서, 상부 포장면의 방수처리 후 해당손상에 대한 재보수가 필요한 것으로 판단된다. 그 외 발생된 손상에 대해서는 내구성 저하방지를 위한 일부 보수와 진전여부의 주의관찰을 통한 유지관리가 필요하다.	-
20	정밀 안전진단	2013.06	(주)동우기술단	구조적으로 문제가 될 만한 손상, 결함, 열화는 조사되지 않았으나, 내측 캔틸레버에 발생된 철근부식은 우선적으로 보수를 실시해야 하고, 측방이동이 발생된 것으로 추정되는 양방향 교대 A1에 대하여 주기적인 계측 및 점검을 실시해야 할 것이다.	B
21	정기점검	2013.12	(주)동우기술단	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 '양호' 인 것으로 판단된다. 바닥판 과 하부구조의 단면손상은 보수가 완료된 상태이며, 교면포장 균열, 포토홀, 접소부 파손, 배수구 막힘, 콘크리트 부재의 균열 및 단면손상, 거더 및 가로보의 도장손상, 부식 등이 조사되었다. 발생된 손상에 대해서는 차량의 주행성 확보를 위해 배수구막힘에 대해서는 주기적인 청소를 실시하고 교각의 균열(폭 0.3㎜)에 대해서는 내구성 저하방지를 위한 주입보수가 필요하며 그 외 손상에 대해서는 진전여부의 주의관찰을 통한 유지관리가 필요하다.	-

【표 2.11】 초봉교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
22	정기점검	2014.06	(주)동우기술단	정기점검 결과 조사된 주요 손상으로는 교면포장 파손, 배수관 고정볼트 탈락, 하부구조의 균열 및 단면손상, 거더 및 가로보의 도장손상, 부식 등이 조사되었다. 조사된 손상은 비구조적인 원인에 의해 발생된 비교적 경미한 손상으로 현재 시설물의 상태는 '양호' 하다. 또한, 바닥판 협착으로 컷팅이 시행된 후 교량의 이상징후는 조사되지 않았다. 금회 조사된 손상중 내구성 확보를 위한 일부 보수가 요구되고 향후 지속적인 주의관찰이 요망된다.	-
23	정기점검	2014.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 '양호' 인 것으로 판단된다. 주요 손상으로는 교면포장 아스콘 균열, 배수관 고정볼트 탈락, 하부구조의 균열, 거더 및 가로보의 도장손상 및 부식 등이 조사되었다. 또한, 바닥판 컷팅이 시행된 후 해당부재의 신규손상은 조사되지 않았으며, 그 외 손상의 진전도 미미한 것으로 관찰되었다. 기 발생된 손상에 대해서는 구조물의 내구성 저하방지차원의 일부 보수와 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 시설물의 안전성에 문제가 없을 것으로 판단된다.	-
24	정밀점검	2015.06	(주)동우기술단	정밀점검 결과, 본 구조물은 주요부재 및 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없는 상태인 "B" 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 금회 점검시 조사된 주요 손상현황으로는, 교면포장 균열, 패임, 방호울타리 및 중앙분리대 균열, 바닥판 백태, 거더 Splice 틈, 우수유입흔적, 도장박리, 부식, 신축이음 본체 부식, 후타재 균열, 교량받침 부식, 교대 및 교각 균열, 누수흔적 등이 발생한 상태이다. 전회 점검 이후 일부 손상이 추가되었으나 보수를 요하는 손상은 없는 상태이며, 기 손상부의 진전은 미미하므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 이루어진다면 교량구조물로써 기능발휘에 지장이 없을 것으로 판단된다.	B
25	정기점검	2015.12	(주)동우기술단	정기점검결과 조사된 손상은 대부분이 기존에 발생된 것으로서 손상의 진전이 미미하여 시급한 보수는 필요하지 않으며 전반적인 교량의 안전성에 문제가 없는 양호한 상태로 판단된다. 발생된 일부 손상은 유지관리차원에서 보수가 필요하며 정기적인 점검을 통해 손상의 진전유무를 관찰하고 지속적인 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.	

【표 2.11】 초봉교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
26	정기 점검	2016.06	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 상태로 판단된다. 기 실시된 점검이후 거더 내·외부 도장손상에 대한 일부 보수가 실시되었으며, 발생된 주요 손상으로는 신축이음 후타재 균열, 바닥판하면 균열 및 들뜸, 중앙분리대 접속부 파손, 하부구조 균열 등이 조사되었다. 기 발생된 손상은 이전 점검과 비교시 진전은 미미한 상태이나, 내구성 저하방지 차원에서 보수를 요하는 손상이 일부 발생된 상태이다. 또한, 주기적인 점검을 통해 손상의 진전유무 및 신규손상 발생에 대한 지속적인 유지관리가 필요하다.	-
27	정기 점검	2016.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 상태로 판단된다. 기 실시된 점검이후 교대 균열, 누수흔적 등이 보수되었으며, 신축이음의 본체 교체가 실시된 상태이다. 조사된 주요 손상으로는 바닥판하면 단면손상(철근부식), 하부구조 균열, 교량받침 들뜸 및 박락 등이 조사되었다. 기 발생된 손상은 이전 점검과 비교시 일부 진전이 확인되었으며, 내구성 저하방지 차원에서 보수를 요하는 손상이 발생된 상태이다. 또한, 주기적인 점검을 통해 손상의 진전유무 및 신규손상 발생에 대한 지속적인 유지관리가 필요하다.	-
28	정밀 점검	2017.06	(주)아워브레인	정밀점검 결과, 본 구조물은 주요부재 및 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없는 상태인 B 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 주요 손상으로는 교면포장 아스콘 균열, 패임, 방호벽 균열, 바닥판하면 박락 및 철근노출, 들뜸, 거더 도장박리 및 부식, 신축이음 본체 부식, 후타재 균열, 하부구조 균열, 누수흔적 등이 발생된 상태이다. 이전 점검이후 바닥판 및 교대 손상의 진전 및 추가 발생된 것으로 조사되었으며, 그 외 부재의 손상의 진전은 미미한 상태이다. 기 발생된 손상에 대해서는 내구성 저하방지를 위한 일부 보수와 함께 지속적인 점검을 통한 유지관리가 이루어진다면 교량의 원활한 기능발휘에 지장이 없을 것으로 판단된다.	B
29	정기 점검	2017.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 상태이나, 시설물의 유지관리 차원에서 일부 보수가 필요한 상태이다. 주요 손상으로는 바닥판하면 박락 및 철근노출, 교량받침 들뜸 및 박락, 하부구조 균열 등이 조사되었으며, 이전 점검과 비교시 손상의 진전은 미미한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상은 시설물의 구조적인 안전성에 큰 영향은 없으며, 내구성 저하방지 차원에서 일부 보수를 요하는 손상이 발생된 상태이다. 또한, 주기적인 점검을 통해 손상의 진전유무 및 신규손상 발생에 대한 지속적인 유지관리가 필요하다.	-

2.4 보수.보강 이력

일 자	내 용	물 량	비 고
09년 06월	신축이음 교체	L=7.2m<1개소>	A1-천안방향
09년 09월	교량받침 재도장	<3개소>	A1SH1
10년 05월	행거교체	3EA	논산방향-S1, S6
	행거교체	15EA	양방향-S2, S3
	방호벽 단면보수	0.15㎡	천안방향-A2
12년 상반기	바닥판하면 동판설치	30.00m	S2 내측 캔틸레버
13년 10월	신축이음 보수(하자)	L=48.6m	천안방향-A1,A2 논산방향-A1,A2
16년 07월	신축이음 교체	L=12.3m MS JOINT	A2-논산방향
16년 08월	신축이음 교체	L=12.3m MS JOINT	A1-논산방향
16년 09월	신축이음 교체	L=12.3m MS JOINT	A1-천안방향

2.5 시설물의 내진설계 여부

시본 과업구간은 충청남도 공주시에 위치하고 있어 내진 1등급 지역에 해당하고 있으므로, 가속도계수 A=0.14로 교량형식에 관계없이 모든 구조물을 내진 1등급교로 설계하였다. 해석방법은 단일모드 스펙트럼으로 해석하였다. 교량받침은 교축 및 교축 직각방향으로 모두 Pot Bearing을 사용하였다.

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 2.12】 자료분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 천안-논산간 고속도로 건설공사 5공구 - 공사시방서 - 구조계산서 - 일반보고서 - 토질조사보고서 - 초기점검보고서	◇ 구조계산서 및 구조물도, 일반보고서는 설계 당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇ 설계도면과 실측 제원 비교시 주요 부재에 대하여 전반적으로 동일 ◇ 점검시설의 경우 설치하는 것으로 제시되었으나 현재 미설치 된 것으로 검토됨	◇ 금회 점검시 내진성능평가 항목 추가 분석 실시
유 지 관 리 자 료	◇ 정기점검 및 정밀점검 정밀안전진단 ◇ 보수·보강 이력	◇ 16년간 공용하면서 별다른 문제가 없는 양호한 상태 ◇ 일부 발생한 손상에 대하여 보수 필요 ◇ 보수 및 보강 이력은 관리주체에 제공받아 검토됨	◇ 본 과업은 구조물 정밀안전진단이므로 외관조사망도의 정비 및 면밀한 외관조사 실시

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

3.2 외관조사(천안방향)

3.3 외관조사(논산방향)

3.4 콘크리트 내구성조사

3.5 강재 내구성조사

3.6 현장조사 및 시험 결과요약

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

본 과업 대상 교량인 초봉교는 논산천안고속도로(이정 : 순천기점 228.91㎞)에 위치하며 2002년 12월에 준공된 교량이다. 행정구역상으로 충청남도 공주시 이인면 초봉리에 위치하고 S2, S3에 도로가 교차・횡단하고 있다.

평면선형은 사각이 없는 직선교이며 종단선형은 시점에서 0.9737%의 상향경사를 이루고, 상부 구조형식은 3경간 연속의 STEEL BOX GIRDER교이며 하부구조는 역T형의 교대 2기와 T형의 교각 2기로 구성되어 있고 기초형식은 강관파일로 시공되어 있다.

총연장은 130.0m(40.0+50.0+40.0)로 최대경간장이 50m이며, 각 교량의 폭은 24.3m으로 설계하중 DB(DL)-24(1등교)로 설계되었다.

본 과업은 대상교량의 물리적, 기능적 결함을 조기에 발견하여 신속하고 적절한 조치를 취하고 구조적 안전성 및 결함원인 등을 조사・측정・평가하여 장・단기 보수계획 등 유지관리에 활용할 목적으로 점검장비를 이용하여 가능한 한 모든부재에 근접한 상태에서 조사를 실시하였다.

또한, 외관조사는 주요 구조부재와 부속 시설물로서 교면포장, 배수시설, 바닥판, 신축이음, 교량받침, 거더, 교대, 교각 각각에 대한 현 상태를 조사하였고, 기존 정밀점검(’ 17.06)시에 발생된 손상의 확인, 진행유무, 보수상태, 재발생 여부 및 신규발생 손상 등에 대하여 면밀한 조사를 실시하였다.

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

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

【표 3.1】각 부재 별 조사방법 및 기간

구분	경간	조사방법	조사기간	비고
1차 조사	S1~S3	도보	2017.11.09 ~ 11.14	
2차 조사	S1~S3	고소작업차	2017.11.28	

비파괴 작업을 위한 고소작업차 이용

거더, 바닥판 조사를 위한 고소작업차 이용

교각 조사를 위한 고소작업차 이용

거더, 바닥판 조사를 위한 고소작업차 이용

【사진 3.1】초봉교 장비접근 현황

3.2 외관조사(천안방향)

3.2.1 상부구조

가. 바닥판

초봉교는 사각이 없는 직선교이며 (±)2.0%의 횡단 편구배를 가지고 있다.

본 교량의 교폭은 24.3m이고 바닥판(슬래브)의 두께는 T=250㎜으로 바닥판 내측은 영구거푸집(Deck Plate)으로, 외측은 콘크리트로 되어 있다.

바닥판의 외관조사는 고소점검차를 이용하여 최대한 근접한 거리에서 실시하였다.

바닥판 하면	바닥판 하면

【사진 3.2】바닥판 전경

1) 외관조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 콘크리트 바닥판에 폭 0.1~0.2mm의 균열이 조사되었으며, 일부구간 폭 0.3mm 이상 균열이 발생하였다.
- 교량의 외측 캔틸레버에 들뜸 및 박락, 파손, 백태, 철근노출 등이 조사되었고, 녹물이 발생한 상태이다.

【표 3.2】바닥판 외관조사 결과

구 분	균열(m/개소)		백태 (㎡/개소)	박락 및 철근노출 (㎡/개소)	파손, 들뜸 (㎡/개소)	녹물 (㎡/개소)	비고
	0.3mm미만	0.3mm이상					
S1	-	-	9.78/4	0.69/5	0.09/2	6.0/1	
S2	-	-	33.0/2	-	-	16.0/2	
S3	3.0/1	1.5/1	1.02/3	-	-	12.0/2	
합 계	**3.0/1**	**1.5/1**	**43.8/9**	**0.69/5**	**0.09/2**	**34.0/5**	

천안방향 S1 박락

천안방향 S1 철근노출

천안방향 S1 백태

천안방향 S1~3 녹물

【사진 3.3】바닥판 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

금회 진단은 준공 후 실시하는 15년차 정밀안전진단으로서 전차 점검에 비해 백태 및 박락, 철근노출, 녹물 등의 손상이 신규 조사되었다.

【표 3.3】 바닥판 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열(폭 0.3mm미만)	1ea / 3.0m	1ea / 3m	- -	변동없음
균열(폭 0.3mm이상)	1ea / 1.5m	1ea / 1.5m	- -	변동없음
녹물	- / -	5ea / 34㎡	⬆ 34.0㎡	신규손상
백태	6ea / 42.2㎡	9ea / 43.8㎡	⬆ 1.6m	신규손상
박락, 철근노출, 파손	5ea / 0.6㎡	7ea / 0.78㎡	⬆ 0.18㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단된다. 일부 발생된 폭 0.3㎜이상 균열은 국부적으로 발생된 균열로 내구성 확보 차원의 주입보수 등의 유지관리가 요구되며, 폭 0.1~0.2㎜ 균열은 주의관찰 후 진전시 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 캔틸레버에 발생한 파손 및 철근노출 구간은 캔틸레버 하면에서 누수되는 비산수로 인한 장기적인 습윤 상태 및 피복부족으로 인해 발생된 것으로 판단되며, 손상부의 진전은 미미한 상태로 확인되었으나, 부재의 내구성 확보차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구된다.
- 기 발생된 백태, 균열 등 손상에 대하여, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 손상의 진전시 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

나. 강박스 거더

초봉교의 거더 형식은 강박스(STB)이며 2개의 거더가 병렬로 설치되어 있으며, 각각의 거더는 폭(B)2.4m×높이(H)2.4m이고 거더와 거더 사이에는 가로보 및 세로보가 위치하며 내부에는 격벽이 시공되어 있다.

강박스 거더는 강재로 구성된 모재와 부재들이 용접과 볼트로 접합되어 형성된 구조로서 이에 대한 구조적 특성과 제반이력들을 숙지하고 현장조사에 임하는 것이 중요하다. 특히, 피로균열 발생 부재, 부식에 의한 단면감소, 구조적인 변형 여부, 도장손상 등 안전성, 내구성 및 사용성에 영향을 미치는 결함에 대하여 조사를 수행하였다.

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

강박스 거더 내부 전경	강박스 거더 외부 전경

【사진 3.4】강박스 거더 전경

1) 강박스 거더 내부

① 외관조사 결과

- 강박스 거더 내부에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 일부 부식, 우수유입흔적 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.4】거더내부 외관조사 결과

구 분	Splice틈 (㎡/개소)	단부부식 (㎡/개소)	우수유입흔적 (㎡/개소)	점부식 (㎡/개소)	전등파손 (EA/개소)	비고
S1	0.03/3	0.12/4	1.01/2	-	-	
S2	0.04/4	-	-	0.1/1	-	
S3	0.04/4	-	-	-	2/2	
합계	**0.11/11**	**0.12/4**	**1.01/2**	**0.1/1**	**2/2**	

천안방향 S1 G1 부식

천안방향 S1 G1 우수유입흔적

천안방향 S2 G1 점부식

천안방향 S1 G1 Splice틈

【사진 3.5】강박스 거더 내부 손상현황

② 기 점검 결과와의 비교·분석

거더 내부는 점부식이 신규발생 하였고, 일부 손상은 위치 및 개소수는 변화가 없고, 정확한 길이 측정으로 인해 물량변동이 있었다.

【표 3.5】 거더내부 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
Splice 틈	11ea / 0.2㎡	11ea / 0.11㎡	⬇ 0.09㎡	물량변동
단부부식	4ea / 0.2㎡	4ea / 0.12㎡	⬇ 0.08㎡	물량변동
우수유입흔적	2ea / 1.1㎡	2ea / 1.01㎡	⬇ 0.09㎡	물량변동
전등파손	2ea / 2ea	2ea / 2ea	- -	변동없음
점부식	- / -	1ea / 0.1㎡	⬆ 0.1㎡	신규손상

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 거더 내부에 발생한 도장박리 및 부식 등의 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태로 확인되었다. 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 요구된다.
- 스플라이스 틈으로 유입된 우수는 거더 내부 일부 경간에 발생한 상태이며, 이로 인한 부식은 발견되지 않았으나, 우수의 유입 형태는 거더 외측의 스플라이스 틈에 국한되어 발생하였으므로, 추가 우수유입 및 거더의 부식 발생 방지를 위하여 실링재 마감을 실시하는 것이 바람직하다.
- 외관 조사 결과, 용접불량, 균열 등의 구조적 손상은 발견되지 않았고, 일부 부식 및 우슈유입 등이 손상이 조사되었다. 기 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 보수가 요구된다.
- 기타 조명등 전구파손은 재설치하는 것이 바람직 할 것이다.

2) 강박스 거더 외부

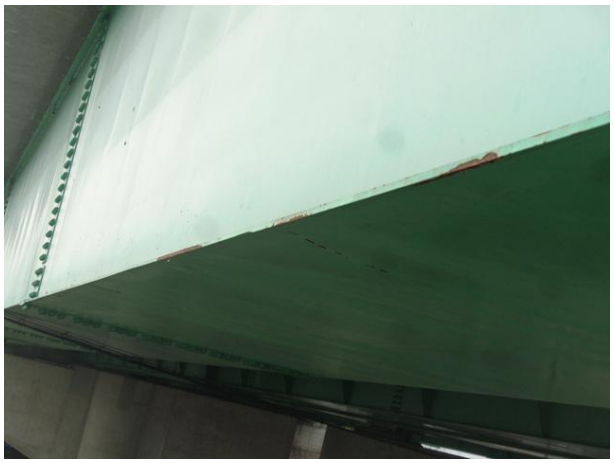
① 외관조사 결과

- 강박스 거더 외부에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 일부 도장박리 및 부식이 조사되었다.

【표 3.6】 거더외부 외관조사 결과

구 분	도장박리 (㎡/개소)	도장긁힘 (㎡/개소)	부식, 점부식 (㎡/개소)	비고
S1	0.06/5	0.04/3	0.3/6	
S2	-	0.02/1	1.74/6	
S3	-	-	0.96/12	
합계	**0.06/5**	**0.06/4**	**3.0/24**	

천안방향 S1 G1 도장박리



천안방향 S2 G1 부식

천안방향 S1 G1 부식

천안방향 S2 G2 도장박리

【사진 3.6】 강박스 거더 외부 손상현황

② 기 점검 결과와의 비교·분석

거더 외부에 발생한 도장박리 및 긁힘, 부식 등의 도장손상은 장기 공용, 외부충격에 의한 손상으로 추정된다. 추가손상이 조사되었고, 일부 물량변동으로 인해 전회와 비교시 축소되었다.

【표 3.7】 거더외부 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
도장박리, 긁힘, 부식	27ea / 3.69㎡	33ea / 3.12㎡	⬇ 0.57㎡	신규손상 물량변동

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 부식은 시공당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 손상은 현재 경미한 상태이므로 주의관찰 후 진전시 재도장이 필요한 상태이다.
- 도장손상은 장기 공용, 외부충격에 의한 열화로, 전면적 대비 일부 손상으로 손상의 진전시 재도장 등의 조치가 필요하다.

다. 가로보 및 세로보

본 교량의 거더와 거더 사이에는 가로보 및 세로보가 시공되어 있으며, 금회 조사시 고소점검차를 이용하여 상세외관조사를 수행하였다.

가로보 및 세로보 전경

고소점검차를 이용한 근접점검

【사진 3.7】 가로보 및 세로보 전경

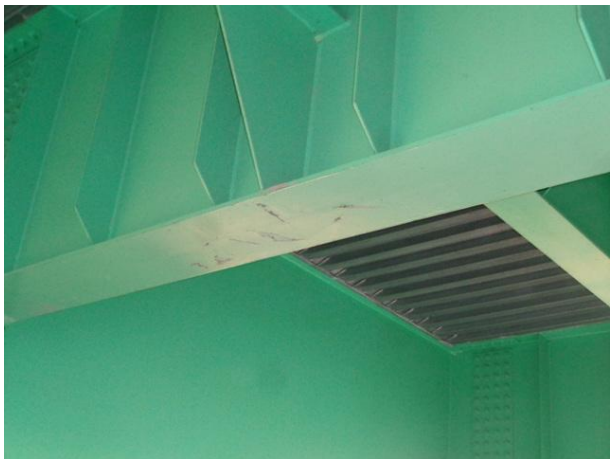
1) 외관조사 결과

- 가로보 및 세로보는 경미한 부식, 도장긁힘이 발생하였다.

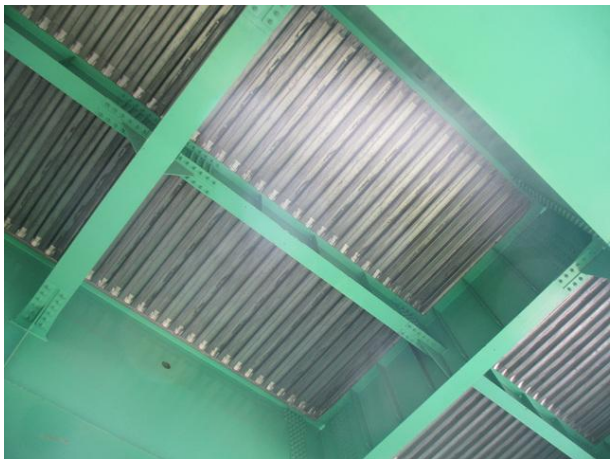
【표 3.8】 가로보 및 세로보 외관조사 결과

구 분	부식 (㎡/개소)	도장긁힘 (㎡/개소)	비고
S1	0.36/3	-	
S2	0.04/4	-	
S3	0.11/2	0.15/1	
합계	**0.51/9**	**0.15/1**	

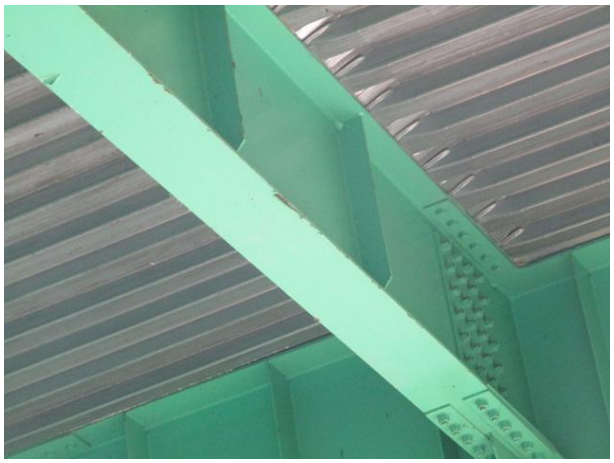
천안방향 S1 부식



천안방향 S3 도장긁힘



천안방향 S1 부식



천안방향 S3 부식

【사진 3.8】 가로보 및 세로보 손상현황

2) 기 점검 결과와의 비교·분석

가로보 및 세로보의 전차 점검 결과와 비교시, 도장긁힘이 신규조사가 되었고, 부식은 변동이 없는 상태이다.

【표 3.9】 가로보 및 세로보 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
도장긁힘	- / -	1ea / 0.15㎡	⬆ 0.15㎡	신규손상
부식	9ea / 0.51㎡	9ea / 0.51㎡	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 가로보에 발생한 부식은 시공 당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 현재 경미한 상태이므로 주의관찰을 요한다.
- 발생한 도장긁힘은 외부충격에 의한 손상으로, 전면적 대비 일부 손상으로 손상의 진전시 재도장 등의 조치가 필요하다.

3.2.2 하부구조

가. 교대

초봉교의 교대는 역T형 2기로 구성되어 있고, 기초형식은 강관파일로 시공되어 있다.

교대의 기초는 강관파일(Ø508㎜)로 시공되어 있으며, 각 교대(A1, A2) 전면측에는 사면보호블럭으로 보호토록 되어 있는 상태이다.

교대 A1 전경	교대 A2 전경

【사진 3.9】교대 전경

1) 외관조사 결과

- 교대에 발생한 균열은 대부분 폭 0.1~0.2㎜로 조사되었다.
- 신축이음하부 누수로 인하여 교대에 누수흔적, 백태가 조사되었고, 일부 콘크리트 박락이 확인되었다.

【표 3.10】교대 외관조사 결과

구 분	균열(m/개소)		누수흔적 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	녹물 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상					
A1	1.0/1	-	3.1/4	0.12/2	0.1/1	0.03/3	
A2	1.3/2	-	1.5/2	-	-	-	
합 계	**2.3/3**	**-**	**4.6/6**	**0.12/2**	**0.1/1**	**0.03/3**	

천안방향 A1 백태

천안방향 A2 균열 0.2mm

천안방향 A1 균열 0.1mm

천안방향 A1 백태

【사진 3.10】교대 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교대에 대하여 기 점검결과와 비교시, 신규손상이 발생하여 물량이 다소 증가하였다.

【표 3.11】교대 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열(폭 0.3mm미만)	2ea / 1.3m	3ea / 2.3m	⬆ 1.0m	신규손상
녹물	- /	3ea / 0.03㎡	⬆ 0.03㎡	신규손상
누수흔적	5ea / 3.6㎡	6ea / 4.6㎡	⬆ 1.0㎡	신규손상
박락	1ea / 0.3㎡	1ea / 0.1㎡	⬇ 0.2㎡	물량변동
백태	- / -	2ea / 0.12㎡	⬆ 0.12㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교대에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며 손상의 진전시 균열 폭에 따라 표면보수 및 주입보수를 실시해야 한다.
- 교대에 발생한 백태, 누수흔적은 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 손상이 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 요구된다.
- 콘크리트 박락은 공용기간 증가, 우수유입에 의한 손상으로 현재 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 조치가 요구된다.

나. 교각

초봉교의 하부구조는 T형의 교각 2기로 구성되어 있고 기초형식은 강관파일로 시공되어 있다.

교각 전경	교각 전경

【사진 3.11】교각 전경

1) 외관조사 결과

- 교각에 발생된 주요 손상으로 폭 0.1~0.3㎜ 균열이 조사되었다.
- 기타 경미한 들뜸이 조사되었다.

【표 3.12】교각 외관조사 결과

구 분	균열(m/개소)		콘크리트 들뜸 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상		
P1	4.3/5	0.6/2	-	
P2	4.3/6	-	0.01/1	
합 계	**8.6/11**	**0.6/2**	**0.01/1**	

천안방향 P1 코핑부 균열 0.2mm

천안방향 P2 기둥부 균열 0.1mm

천안방향 P2 코핑부 들뜸

천안방향 P1 코핑부 균열 0.2mm

【사진 3.12】교각 손상현황

2) 기 진단결과와의 비교·분석

교각에 대하여 전회점검결과와 비교시, 고소차를 이용한 근접점검으로 인한 신규 손상이 추가 조사되었다.

【표 3.13】교각 외관조사 결과(천안방향)

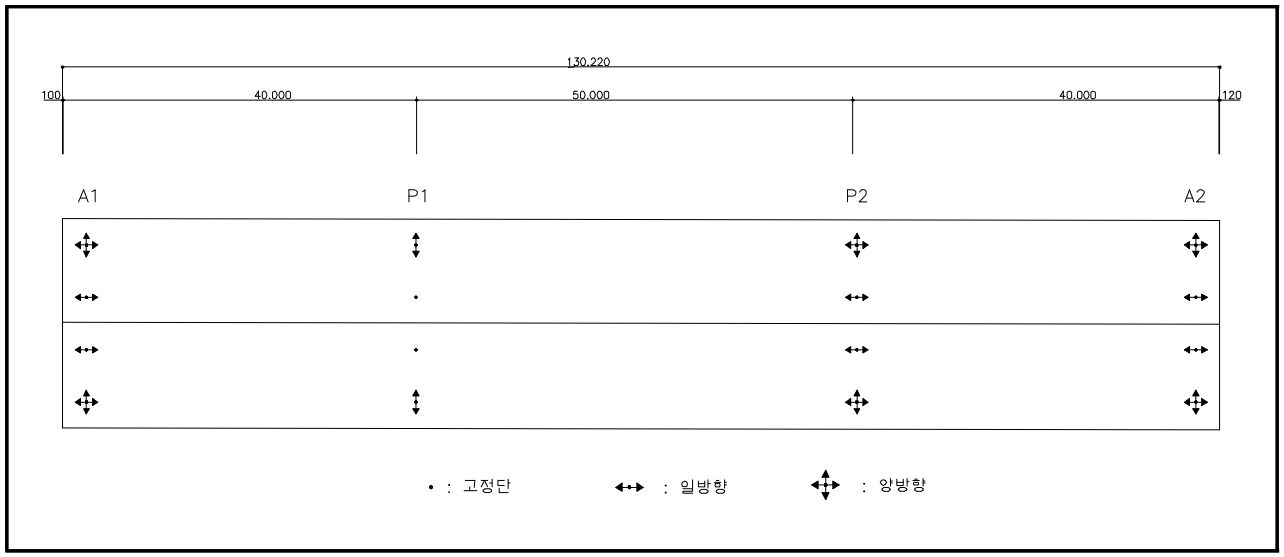
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열(폭 0.3mm미만)	9ea / 6.6m	11ea / 8.6m	⬆ 2.0m	신규손상
균열(폭 0.3mm이상)	2ea / 0.6m	2ea / 0.6m	- -	변동없음
들뜸	- / -	1ea / 0.01㎡	⬆ 0.01㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교각에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축이 주된 원인으로 판단되며, 발생한 균열은 안전성에 직접적인 영향을 미치지 않으나 내구성 유지 및 손상진전 방지를 위하여 손상의 진전시 표면보수 및 주입보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 콘크리트 들뜸은 공용중 외부충격에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 경미한 상태로서 주기적인 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.

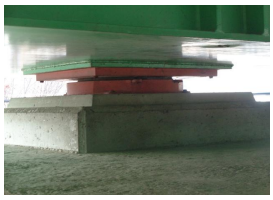
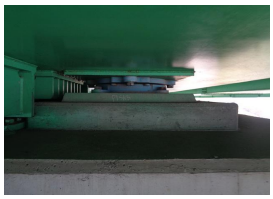
3.2.3 교량받침

본 교량의 받침 형식은 포트받침(Pot Bearing)이며 낙교방지장치로 이동제한장치(전단키)가 설치되어 있다. 1개의 고정단(P1) 받침, 3개소의 교축 일방향 받침, 1개의 교축 직각 일방향 받침 및 3개소의 양방향 받침으로 8개의 받침이 설치되어 있다. 교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부에 전달하는 기능을 수행하는 부재로서 상부 온도변화에 따른 거동, 상부 활하중에 의한 변위에 대한 흡수, 저항하는 부재로 온도변화, 활하중에 의한 신축기능 여부뿐만 아니라 표면부식, 받침콘크리트 손상여부 등을 점검하여야 한다.



【그림 3.1】교량받침 배치도

【표 3.14】교량받침 현황

가동방향		현황사진	용량(ton)		가동량(mm)	설치개소
일방향	교축방향		교대	250.0	±80.0	3
			교각	600.0	±50.0	
	교축 직각방향		교각	600.0	-	1
양방향			교대	250.0	±80.0	3
			교각	600.0	±50.0	
고정단			교각	600.0	-	1

가. 외관조사 결과

- 받침장치는 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재로서 본 조사에서는 과반력 및 부반력 발생 여부, 온도변화 및 활하중에 의한 신축거동 여부뿐만 아니라 강재 부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성, 사용성 등에 대한 현장조사를 시행하였다.
- 받침콘크리트 균열, 박락이 조사되었고, 박락부분은 철근노출 또한 조사되었다.
- 강재 플레이트에 발생한 부식 및 볼트 녹발생의 경우 일부 추가 조사되었다.

【표 3.15】교량받침 외관조사 결과

구 분	몰탈 균열 (m/개소)	본체 부식 (㎡/개소)	박락 및 철근노출 (㎡/개소)	볼트부식 (EA)	비 고
A1	0.2/2	0.25/1	0.2/1	-	
P1	-	-	-	-	
P2	-	0.25/1	-	-	
A2	-	0.02/1	-	1	
합 계	**0.2/2**	**0.52/3**	**0.2/1**	**1**	

천안방향 A2-SH2 볼트 부식

천안방향 P2-SH2 도장보수

【사진 3.13】교량받침 손상현황

천안방향 A1-SH1 플레이트 부식	천안방향 A1-SH2 받침콘크리트 박락

【사진 3.13】교량받침 손상현황(계속)

나. 기 진단결과와의 비교·분석

교량받침에 대한 이전 점검과의 비교결과, 정밀한 근접점검으로 인해 신규손상이 확인되어, 손상물량이 증가하였다.

【표 3.16】교량받침 외관조사 결과(천안방향)

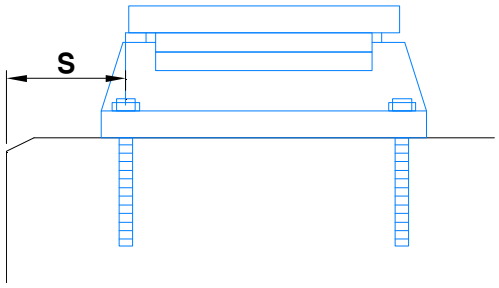
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
받침 도장박리/부식	1ea / 0.3㎡	1ea / 0.02㎡	⬇ 0.28㎡	일부보수
받침몰탈 균열	2ea / 0.2m	2ea / 0.2m	- -	변동없음
받침부식	1ea / 0.25㎡	2ea / 0.5㎡	⬆ 0.25㎡	신규손상
볼트부식	- / -	1ea / 1ea	⬆ 1ea	신규손상
박락 및 철근노출	1ea / 0.2㎡	1ea / 0.2㎡	- -	변동없음

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 받침부식은 장기공용 및 외기에 부식이 발생한 것으로 판단되며, 재도장이 효과적일 것으로 판단되며, 추가손상 발생 여부 파악을 위한 주기적인 점검이 요구된다.
- 받침콘크리트에 발생한 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상의 진전 및 확대시 주입보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.
- 받침콘크리트에 발생한 박락은 장기공용 및 우수유입 등에 의한 손상으로, 철근노출부는 방청+단면보수 등의 조치가 필요하다.

라. 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2010, 국토해양부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



< 포트받침 >

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

【그림 3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

1) 연단거리 측정

천안방향 P2-SH2 연단거리 측정사진

천안방향 P1-SH2 연단거리 측정사진

【사진 3.14】연단거리 측정

2) 연단거리 측정 결과

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

【표 3.17】교대 및 교각 받침부(천안방향) 연단거리 조사결과

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		400.0	850	850	O.K
P1	A1측		1,000	1,000	O.K
	A2측	450.0	1,100	1,100	O.K
P2	A1측		1,000	1,000	O.K
	A2측	400.0	1,100	1,100	O.K
A2			830	830	O.K

라. 교량받침 신축거동상태 검토

- 교량받침은 포트받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화와 활하중에 의한 거더의 처짐에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 교량받침의 이동량은 2회(1차:6.3℃(2017년 11월 9일), 2차:9.6℃(2018년 3월 26일))에 걸쳐 측정하였으며, 온도는 기상청 일평균 온도를 적용하였다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>천안방향 A2-SH2 가동량 측정</td><td>천안방향 A1-SH1 가동량 측정</td></tr>
</table>

【사진 3.15】교량받침 가동량 측정 전경

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

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

【표 3.18】교량받침 가동상태 검토결과(천안방향)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	Sh1	45 (A1)	50 (A1)	5.0	1.6	
	Sh2	50 (A1)	55 (A1)	5.0		
P1	고정단					
P2	Sh1	5 (A2)	8 (A2)	3.0	2.0	
	Sh2	5 (A2)	8 (A2)	3.0		
A2	Sh1	35 (A2)	45 (A2)	10.0	3.6	
	Sh2	40 (A2)	50 (A2)	10.0		

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

- 교량받침의 이동량을 검토한 결과, A2에서 신장여유량이 다소 부족한 것으로 검토되었다. 현재 신장여유량 부족으로 인한 손상은 발생하지 않은 상태로, 즉각조치 보다는 하절기에 주기적이고 세심한 주의관찰 후 조치를 실시하는 것이 바람직하다.

【표 3.19】 교량받침 이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	16.3	33.7	1.2×10^{-5}	40.0	7.8	16.2	10.7	18.5	26.9
P1	고 정 단								
P2	16.3	33.7	1.2×10^{-5}	50.0	9.8	20.2	10.7	20.5	30.9
A2	16.3	33.7	1.2×10^{-5}	90.0	17.6	36.4	10.7	28.3	47.1

1) 조사당시 온도 : 6.3℃(조사일 : 2017년 11월 09일, 기상청 일평균 온도)
2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.20】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(천안방향)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	45 (A1)	18.5	26.9	125	35	±80	O.K
	Sh2	50 (A1)			130	30	±80	O.K
P1		고정단						
P2	Sh1	5 (A2)	20.5	30.9	55	45	±50	O.K
	Sh2	5 (A2)			55	45	±50	O.K
A2	Sh1	35 (A2)	28.3	47.1	115	45	±80	N.G
	Sh2	40 (A2)			120	40	±80	N.G

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

- 진단주기를 감안하여 최근 10년간 천안시 기상관측소의 최저, 최대온도를 분석하여 이에 따른 교량받침의 가동여유량을 평가한 결과, 수축·신장시 모두 여유가 있는 것으로 평가되었다.

기상청 통계자료	·최근 10년간 천안시 기상관측소 자료 참조 ·최근 10년간 최저기온 : -19.5℃(측정일시 : 2010년 1월 14일) ·최근 10년간 최고기온 : 36.4℃(측정일시 : 2012년 8월 6일)

【표 3.21】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(천안방향)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	45 (A1)	12.4	14.5	125	35	±80	O.K
	Sh2	50 (A1)			130	30	±80	O.K
P1		고정단						
P2	Sh1	5 (A2)	15.5	18.1	55	45	±50	O.K
	Sh2	5 (A2)			55	45	±50	O.K
A2	Sh1	35 (A2)	27.9	32.5	115	45	±80	O.K
	Sh2	40 (A2)			120	40	±80	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3.2.4 신축이음장치

초봉교는 3경간 연속교량으로 교대인 A1, A2에 신축이음장치가 설치되어 있으며, A1 MS와 A2 레일조인트로 시공되었다.

천안방향 A1 신축이음장치

천안방향 A2 신축이음장치

【사진 3.16】신축이음장치 전경

가. 외관조사 결과

- 신축이음장치의 외관조사 결과 신축이음장치 본체의 부식, 토사퇴적 등이 조사된 상태이다.
- 폭 0.3mm미만 후타재 균열이 조사되었다.

【표 3.22】신축이음장치 외관조사 결과

구분	본 체		후 타 재		비 고
	부식 (m/개소)	토사퇴적 (m/개소)	균열(m/개소)		
			0.3mm미만	0.3mm이상	
A1	-	2.5/1	-	-	
A2	2.5/1	-	2.6/8	-	
합계	**2.5/1**	**2.5/1**	**2.6/8**	**-**	

천안방향 A1 토사퇴적

천안방향 A2 본체 부식

천안방향 A2 토사퇴적

천안방향 A2 후타재 균열

【사진 3.17】 신축이음장치 손상현황

나. 기 진단결과와의 비교·분석

신축이음장치에 대해 이전점검과 비교결과, 공용기간 증가로 인한 토사퇴적이 추가로 조사되었고, 후타재 균열은 길이변동에 의해 손상물량이 다소 감소하였다.

【표 3.23】 신축이음장치 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
본체부식	1ea / 2.5㎡	1ea / 2.5㎡	- -	변동없음
토사퇴적	- / -	1ea / 2.5m	⬆ 2.5m	신규손상
후타재 균열	8ea / 3.6m	8ea / 2.6m	⬇ 1.0m	물량변동

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 신축이음장치의 본체에 발생한 부식은 신축이음장치의 끝단에 국한되어 발생하였는데 이는 끝단에 퇴적된 이물질에 의하여 장기간 체수가 지속됨에 따라 발생한 것으로 판단된다.
- 부식 발생으로 인하여 본체의 거동에는 별다른 문제를 미치지 않는 상태이며, 손상의 진전방지 및 내구성 유지를 위하여 체수가 발생하지 않도록 주기적인 청소를 실시하는 것이 바람직하다.
- 후타재에 발생한 균열은 시공초기 건조수축, 공용 중 차량의 반복하중 및 충격에 의한 손상으로서 보수를 통한 내구성 유지가 바람직하다.

라. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차:6.3℃(2017년 11월 9일), 2차:9.6℃(2018년 3월 26일)에 걸쳐 신축이음장치, 거더 상·하부에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승시 신장량과 최저 온도 하강시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.

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

【사진 3.18】신축이음 유간 측정방법

【표 3.24】 신축이음 유간 측정결과(천안방향)

측정위치	측 정 값(㎜)						비 고
	신축이음장치(A)		거더 상부(바닥판)(B)		거더 하부(C)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1 (A1)	30	20	50	40	80	75	MS Joint (No. 60)
EXP.J2 (A2)	45	35	90	80	100	90	Rail Joint (No. 100)

【표 3.25】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(천안방향)

측정위치		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1 (A1)	신축이음	30	20	10	1.6	
	거더 상부	50	40	10		
	거더 하부	80	75	5		
EXP.J2 (A2)	신축이음	45	35	10	3.6	
	거더 상부	90	80	10		
	거더 하부	100	90	10		

- 11월(6.3℃)과 3월(9.6℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, EXP. J1(A1) EXP. J2(A2)의 가동상태는 이론 변동량과 유사한 것으로 나타났다.

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

- 신축이음 유간을 각각 측정한 결과, A1, 2측 모두 최대수축, 신장시에 대해 여유량을 가지고 있는 것으로 검토되었다.

【표 3.26】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	16.3	33.7	1.2×10^{-5}	40.0	7.8	16.2	-	7.8	16.2
EXP.J2(A2)	16.3	33.7	1.2×10^{-5}	90.0	17.6	36.4	-	17.6	36.4

1) 조사당시 온도 : 6.3℃(조사일 : 2017년 11월 9일, 기상청 일평균 온도)
2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)
3) A1측은 신축장 100m 미만이므로 활하중에 의한 거더 처짐에 의한 이동량을 고려하지 않았음

【표 3.27】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(천안방향)

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	7.8	16.2	30	60	22.2	13.8	O.K
	거더 상부			50	60	-	33.8	O.K
	거더 하부			80	60	-	63.8	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음장치	17.6	36.4	45	100	37.4	8.6	O.K
	거더 상부			90	100	-	53.6	O.K
	거더 하부			100	100	-	63.6	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

- 진단주기를 감안하여 최근 10년간 천안시 기상관측소의 최저, 최대온도를 분석하여 이에 따른 신축이음의 가동여유량을 평가한 결과 A1, 2측 모두 최대수축, 신장시에 대해 여유량을 가지고 있는 것으로 검토되었다.

기상청 통계자료	·최근 10년간 천안시 기상관측소 자료 참조 ·최근 10년간 최저기온 : -19.5℃(측정일시 : 2010년 1월 14일) ·최근 10년간 최고기온 : 36.4℃(측정일시 : 2012년 8월 6일)

【표 3.28】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(천안)

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	12.4	14.4	30	60	17.6	15.6	O.K
	거더 상부			50	60	-	35.6	O.K
	거더 하부			80	60	-	65.6	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음장치	27.9	32.5	45	100	27.1	12.5	O.K
	거더 상부			90	100	-	57.5	O.K
	거더 하부			100	100	-	67.5	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

3.2.5 교면포장

초봉교 천안방향은 편도 2차로로 구성되어 있고, 아스팔트 포장으로 T=80㎜ 두께로 설계되어 있다.

천안방향 전경

【사진 3.19】교면포장 전경

가. 외관조사 결과

- 본 교량의 교면포장에 대한 외관조사 결과 아스콘 균열 및 망상균열, 이물질퇴적이 조사되었다.
- 기 손상인 아스콘 균열, 패임, 탈락 등이 확인되었다.

【표 3.29】교면포장 외관조사 결과

구분	아스콘균열 (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	패임, 탈락 (㎡/개소)	이물질퇴적 (㎡/개소)	비고
S1	1.5/1	20.05/2	0.02/2	-	
S2	15.0/2	12.0/1	0.02/1	2.0/2	
S3	23.0/5	60.0/1	0.05/1	-	
합계	**39.5/8**	**92.05/4**	**0.09/4**	**2.0/2**	

천안방향 S1 망상균열

천안방향 S3 접속부 아스콘 균열

천안방향 S1 아스콘 균열

천안방향 S2 아스콘 패임

【사진 3.20】교면포장 손상현황

나. 기 진단결과와의 비교·분석

교면포장에 대해 전회 점검결과와 비교시, 공용기간 증가로 인한 아스콘 망상균열, 이물질퇴적 등이 추가 조사되어, 손상물량이 증가하였다.

【표 3.30】교면포장 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
아스콘균열	8ea / 39.5m	8ea / 39.5m	- -	변동없음
아스콘 망상균열	3ea / 32.1㎡	4ea / 92.05㎡	⬆ 59.95㎡	신규손상
아스콘 패임, 탈락	4ea / 0.2㎡	4ea / 0.09㎡	⬇ 0.11㎡	일부보수
이물질퇴적	- / -	2ea / 2.0㎡	⬆ 2.0㎡	신규손상

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 본 교량의 교면포장에 발생한 아스콘 균열 및 망상균열은 차량의 반복하중에 의해 발생한 것으로 판단되며 바닥판 및 방수층의 내구성 유지와 손상진전 방지를 위하여 손상의 진전시 아스콘 실링 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 발생한 아스콘 패임, 탈락은 중차량의 반복하중, 충격으로 인한 손상으로 주행성에 영향이 경미하므로, 주의관찰 후 손상의 진전시 재포장 등의 조치가 요구된다.

3.2.6 기타부재

가. 배수시설

초봉교는 직선교로서 (-)2.0%의 횡단 편구배를 가지고 있으므로 교면수 흐름에 의거하여 6개소의 배수시설이 설치되어 있으며, 육교형과 하천형 배수형식으로 시공되어 있다. 교면부의 상부에는 이물질 혼입 방지를 위한 집수구 덮개(Grating)가 설치되어 있다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>배수관(하천형) 현황</td><td>배수구 현황</td></tr>
</table>

【사진 3.21】배수구 및 배수관 전경

1) 외관조사 결과

- 배수구 및 배수관에 대한 외관조사 결과 배수구 막힘, 연결핀 부식 등이 신규 조사되었다.

【표 3.31】 배수시설 외관조사 결과

구 분	이물질퇴적 (개소)	배수관 연결핀 부식 (개소)	비 고
S1	1	-	
S2	-	-	
S3	-	2	
합 계	**1**	**2**	

천안방향 S1 배수구 이물질퇴적

천안방향 S3 배수관 연결핀 부식

【사진 3.22】 배수관 손상현황

2) 기 진단결과와의 비교·분석

배수시설에 대해 전회 점검결과와 비교시, 점검차를 이용한 근접점검으로 배수구 이물질퇴적 및 배수관 연결핀 부식이 추가 조사되어, 손상물량이 증가하였다.

【표 3.32】 배수시설 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
배수구 이물질퇴적	- / -	1ea / 1ea	⬆ 1ea	신규손상
배수관 연결핀 부식	- / -	2ea / 2ea	⬆ 2ea	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 배수구 및 배수관에 대한 외관조사 결과 배수구는 막힘, 배수관 연결핀 부식 등의 손상이 조사되었고, 공용기간 증가로 인한 열화로서 현재 손상은 경미한 상태로 손상의 진전시 정비 등의 조치가 필요하다.

나. 난간 및 연석(방호울타리)

본 교량의 방호울타리는 좌·우측에 차량 충돌 시 탑승자의 보호, 충돌로부터 인접 주행차량의 보호, 교면 상부나 하부의 인명 및 재물의 보호 등을 위하여 콘크리트로 설치되어 있다. 차량 운전자의 눈부심을 방지하기 위한 차광막이 중앙분리대에 설치되어 있으며, 방호울타리에는 낙하물방지시설 또는 방음벽 등은 설치되어 있지 않았다. 또한, 교량 준공 후 방호울타리에는 보강 등을 목적으로 개축이나 단면증설 등은 없는 것으로 확인되었다.

방호울타리 전경

방호울타리 중분대 전경

【사진 3.23】 난간 및 연석 전경

1) 외관조사 결과

- 방호울타리에 대한 외관조사 결과 기존 손상인 균열, 박락, 차수판 파손 등의 손상이 확인되었다.
- 균열 및 백태, 박락 등의 신규 손상이 조사되었다.

【표 3.33】 난간 및 연석 외관조사 결과

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	층돌흔적 (㎡/개소)	파손, 탈락 (㎡/개소)	비고
	폭 0.3mm미만	폭 0.3mm이상				
S1	5.8/7	3.2/3	6.15/2	-	-	
S2	6.0/9	5.7/3	-	3.0/1	-	
S3	18.8/18	2.5/2	-	-	0.36/6	
합 계	**30.6/37**	**11.4/8**	**6.15/2**	**3.0/1**	**0.36/6**	

천안방향 S1 중앙분리대 파손

천안방향 S3 균열 0.2mm

논산방향 S1 균열, 백태

논산방향 S2 콘크리트 파손

【사진 3.24】 난간 및 연석 손상현황

2) 기 진단결과와의 비교·분석

난간 및 연석에 대하여 전회점검 결과와 비교시, 공용기간 증가, 근접점검으로 인한 망상균열, 파손, 탈락 등의 손상이 추가 조사되어, 손상물량이 증가하였다.

【표 3.34】 방호울타리 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열(폭 0.3mm미만)	37ea / 30.6m	37ea / 30.6m	- -	변동없음
균열(폭 0.3mm이상)	8ea / 11.4m	8ea / 11.4m	- -	변동없음
망상균열	2ea / 0.9㎡	2ea / 6.15㎡	⬆ 6.06㎡	신규손상
파손, 탈락	1ea / 0.1㎡	6ea / 0.36㎡	⬆ 0.26㎡	신규손상
충돌흔적	1ea / 3.0㎡	1ea / 3.0㎡	- -	변동없음
백태	4ea / 0.4㎡	- / -	⬇ 0.4㎡	일부보수

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 방호울타리에 발생한 균열 및 망상균열, 백태는 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열부 및 우수가 유입되면서 진전된 손상이다.
- 콘크리트 파손, 탈락, 충돌흔적은 주행차량의 충격으로 인한 손상으로 판단된다.
- 기 발생된 손상은 교량의 안전성 및 차량의 주행 안전성에 별다른 영향을 미치지 않는 손상이므로, 손상의 진전시 부재의 내구성 유지 및 손상진전 방지를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

3.3 외관조사(논산방향)

3.3.1 상부구조

가. 바닥판

초봉교는 사각이 없는 직선교이며 (±)2.0%의 횡단 편구배를 가지고 있다.

본 교량의 교폭은 24.3m이고 바닥판(슬래브)의 두께는 T=250㎜으로 바닥판 내측은 영구거푸집(Deck Plate)으로, 외측은 콘크리트로 되어 있다.

바닥판의 외관조사는 고소점검차를 이용하여 최대한 근접한 거리에서 실시하였다.

바닥판 하면

바닥판 하면

【사진 3.25】바닥판 전경

1) 외관조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 콘크리트 바닥판에 폭 0.1~0.2mm의 균열이 조사되었으며, 일부구간 폭 0.3mm 이상 균열이 발생하였다.
- 교량의 외측 캔틸레버에 들뜸 및 박락, 파손, 백태, 철근부식 등이 조사되었고, 녹물이 발생한 상태이다.

【표 3.35】바닥판 외관조사 결과

구 분	균열(m/개소)		백태 (㎡/개소)	파손 및 철근노출 (㎡/개소)	들뜸, 파손 (㎡/개소)	비고
	0.3mm미만	0.3mm이상				
S1	0.5/1	-	20.14/6	15.0/1	0.14/2	
S2	0.6/1	-	18.6/2	-	-	
S3	0.5/1	-	-	-	-	
함 계	**1.6/3**	**-**	**38.74/8**	**15.0/1**	**0.14/2**	

논산방향 S1 들뜸	논산방향 S1 부식
논산방향 S3 백태	논산방향 S1~3 부식
논산방향 S3 백태	논산방향 S1 백태

【사진 3.26】바닥판 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

금회 진단은 준공 후 실시하는 15년차 정밀안전진단으로서 전차 점검에 비해 들뜸, 파손, 백태 등의 손상이 신규 조사되었고, 바닥판은 금회 실시한 결과를 토대로 하여 향후 유지관리 하는 것이 바람직하다.

【표 3.36】 바닥판 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열(폭 0.3mm미만)	3ea / 1.6m	3ea / 1.6m	- -	변동없음
들뜸, 파손	- / -	2ea / 0.14㎡	⬆ 0.14㎡	신규손상
백태	7ea / 38.7㎡	8ea / 38.74㎡	⬆ 0.04㎡	신규손상
철근부식	1ea / 15.0㎡	1ae / 15.0㎡	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단된다. 폭 0.1~0.2㎜ 균열은 주의관찰 후 진전시 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 캔틸레버에 발생한 파손 및 철근노출, 들뜸 구간은 캔틸레버 하면에서 누수되는 비산수로 인한 장기적인 습윤 상태 및 피복부족으로 인해 발생된 것으로 판단되며, 손상부의 진전은 미미한 상태로 확인되었으나, 부재의 내구성 확보차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구된다.
- 기 발생된 백태, 균열 등 손상에 대하여, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 손상의 진전시 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

나. 강박스 거더

초봉교의 거더 형식은 강박스(STB)이며 2개의 거더가 병렬로 설치되어 있으며, 각각의 거더는 폭(B)2.4m×높이(H)2.4m이고 거더와 거더 사이에는 가로보 및 세로보가 위치하며 내부에는 격벽이 시공되어 있다.

강박스 거더는 강재로 구성된 모재와 부재들이 용접과 볼트로 접합되어 형성된 구조로서 이에 대한 구조적 특성과 제반이력들을 숙지하고 현장조사에 임하는 것이 중요하다. 특히, 피로균열 발생 부재, 부식에 의한 단면감소, 구조적인 변형 여부, 도장손상 등 안전성, 내구성 및 사용성에 영향을 미치는 결함에 대하여 조사를 수행하였다.

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

강박스 거더 내부 전경

강박스 거더 외부 전경

【사진 3.27】강박스 거더 전경

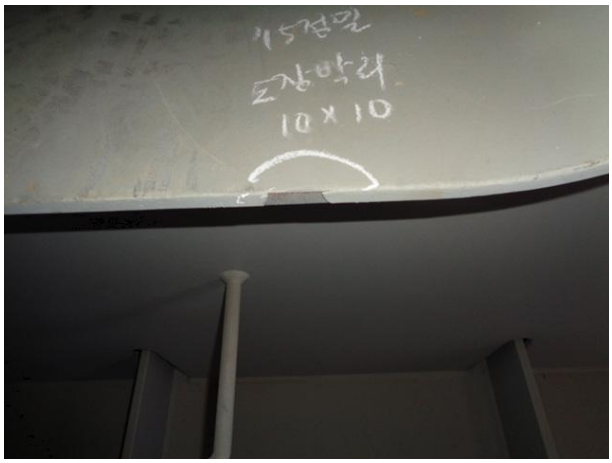
1) 강박스 거더 내부

① 외관조사 결과

- 강박스 거더 내부에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 일부 부식, 도장박리, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.37】거더내부 외관조사 결과

구 분	Splice틈 (㎡/개소)	부식 (㎡/개소)	도장박리 (㎡/개소)	이물질퇴적 (㎡/개소)	비 고
S1	0.06/6	0.15/3	-	0.11/2	
S2	0.06/6	0.01/1	0.03/3	-	
S3	0.03/3	0.44/2	-	1.54/2	
합계	**0.15/15**	**0.6/6**	**0.03/3**	**1.65/4**	

<table>
<tr><td>  </td><td> </td></tr>
<tr><td>논산방향 S2 G3 도장박리</td><td>논산방향 S2 G3 도장박리</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>논산방향 S2 G4 Splice틈</td><td>논산방향 S1 G3 도장박리</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>논산방향 S1 G4 부식</td><td>논산방향 S1 G4 이물질퇴적</td></tr>
</table>

【사진 3.28】강박스 거더 내부 손상현황

② 기 점검 결과와의 비교·분석

거더 내부에 발생한 부식, 도장박리 등의 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로 추정되며, 금회 일부 추가 조사되었다.

【표 3.38】 거더내부 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
Splice 틈	15ea / 0.2㎡	15ea / 0.15㎡	⬇ 0.05㎡	물량변동
부식	5ea / 0.3㎡	6ea / 0.6㎡	⬆ 0.3㎡	신규손상
도장박리	1ea / 0.1㎡	3ea / 0.03㎡	⬇ 0.08㎡	물량변동
이물질퇴적	4ea / 1.7㎡	4ea / 1.65㎡	⬇ 0.05㎡	물량변동

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 거더 내부에 발생한 도장박리 및 부식 등의 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태로 확인되었다. 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 요구된다.
- 스플라이스 틈으로 유입된 우수는 거더 내부 일부 경간에 발생한 상태이며, 이로 인한 부식은 발견되지 않았으나, 우수의 유입 형태는 거더 외측의 스플라이스 틈에 국한되어 발생하였으므로, 추가 우수유입 및 거더의 부식 발생 방지를 위하여 실링재 마감을 실시하는 것이 바람직하다.
- 외관 조사 결과, 용접불량, 균열 등의 구조적 손상은 발견되지 않았고, 일부 도장 손상 및 부식, 우슈유입 등이 손상이 조사되었다. 기 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 재도장 등의 보수가 요구된다.
- 기타 이물질퇴적은 청소를 실시하는 것이 바람직 할 것이다.

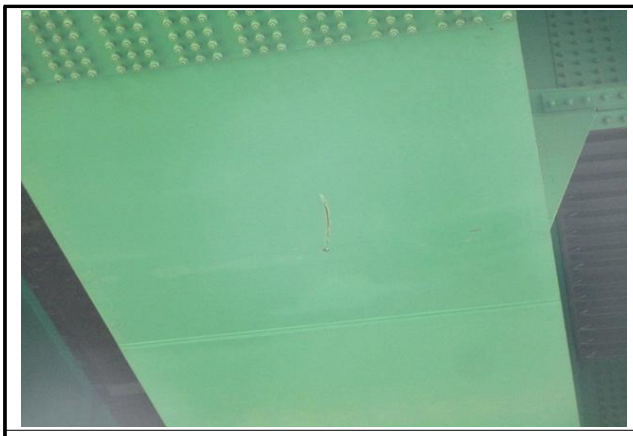
2) 강박스 거더 외부

① 외관조사 결과

- 강박스 거더 외부에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 일부 도장박리 및 부식이 조사되었다.

【표 3.39】거더외부 외관조사 결과

구 분	부식(㎡/개소)	도장긁힘(㎡/개소)	볼트부식(개소)	비 고
S1	0.2/6	0.03/2	-	
S2	2.38/22	0.1/1	-	
S3	0.26/20	-	3/3	
합계	**2.84/48**	**0.13/3**	**3/3**	



논산방향 S1 G3 긁힘

논산방향 S2 G4 긁힘

논산방향 S1 G4 부식

논산방향 S3 G4 부식

【사진 3.29】강박스 거더 외부 손상현황

② 기 점검 결과와의 비교·분석

거더 외부에 발생한 도장박리 및 긁힘, 부식 등의 도장손상은 장기 공용에 의한 열화, 외부충격에 의한 손상으로 추정되며, 물량변동으로 인해 손상물량이 증가하였다.

【표 3.40】 거더외부 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
도장박리, 긁힘, 부식	51ea / 2.7㎡	51ea / 2.97㎡	⬆ 0.27㎡	물량변동
볼트부식	3ea / 3ea	3ea / 3ea	- -	변동없음

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 발생한 부식은 시공당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 손상은 현재 경미한 상태이므로 주의관찰 후 진전시 재도장이 필요한 상태이다.
- 발생한 도장손상은 장기 공용에 의한 열화, 외부충격에 의한 손상으로, 전면적 대비 일부 손상으로 손상의 진전시 재도장 등의 조치가 필요하다.

다. 가로보 및 세로보

본 교량의 거더와 거더 사이에는 가로보 및 세로보가 시공되어 있으며, 금회 조사시 고소점검차를 이용하여 상세외관조사를 수행하였다.

가로보 및 세로보 전경

고소점검차를 이용한 근접점검

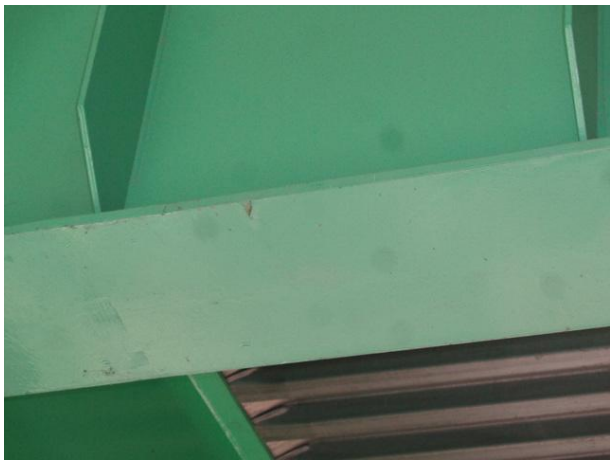
【사진 3.30】 가로보 및 세로보 전경

1) 외관조사 결과

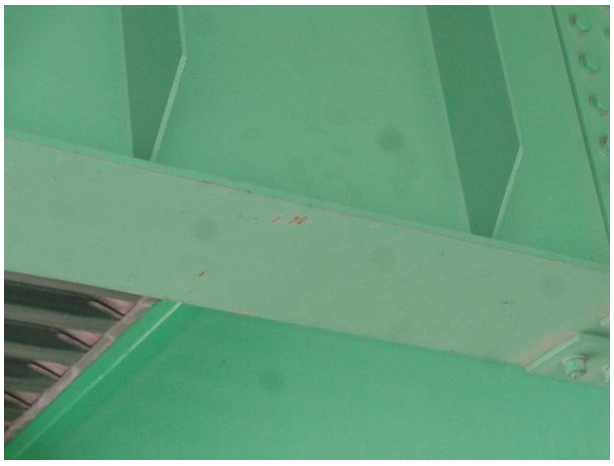
- 가로보 및 세로보는 경미한 부식, 박리가 발생하였다.

【표 3.41】 가로보 및 세로보 외관조사 결과

구 분	부식 (㎡/개소)	도장박리 (㎡/개소)	비 고
S1	-	-	
S2	-	-	
S3	0.01/1	0.01/1	
합계	**0.01/1**	**0.01/1**	



논산방향 S3 도장박리



논산방향 S3 부식

【사진 3.31】 가로보 및 세로보 손상현황

2) 기 점검 결과와의 비교·분석

전회와 비교시 도장박리, 부식이 신규로 조사되었고, 손상의 형태로 보아 누락된 손상으로 판단된다.

【표 3.42】 가로보 및 세로보 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
도장박리	- / -	1ea / 0.01㎡	⬆ 0.01㎡	신규손상
부식	- / -	1ea / 0.01㎡	⬆ 0.01㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 도장박리, 부식은 장기공용 및 외부충격에 의한 손상으로, 전면적 대비 일부 손상으로 손상의 진전시 재도장 등의 조치가 필요하다.

3.3.2 하부구조

가. 교대

초봉교의 교대는 역T형 2기로 구성되어 있고, 기초형식은 강관파일로 시공되어 있다.

교대의 기초는 강관파일(Ø508㎜)로 시공되어 있으며, 각 교대(A1, A2) 전면측에는 사면보호블럭으로 보호토록 되어 있는 상태이다.

교대 A1 전경

교대 A2 전경

【사진 3.32】교대 전경

1) 외관조사 결과

- 교대에 발생한 균열은 대부분 폭 0.1~0.3㎜로 조사되었다.
- 신축이음하부 누수로 인하여 교대에 누수흔적, 백태가 조사되었고, 일부 콘크리트 들뜸, 박리가 확인되었다.

【표 3.43】교대 외관조사 결과

구 분	균열(m/개소)		백태 (㎡/개소)	들뜸,박리 (㎡/개소)	박락 및 철근노출 (㎡/개소)	체수 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상					
A1	0.5/1	2.0/1	0.15/3	1.36/2	0.15/1	-	
A2	0.5/1	-	0.03/1	0.06/1	-	1.0/1	
합 계	**1.0/2**	**2.0/1**	**0.18/4**	**1.42/3**	**0.15/1**	**1.0/1**	

논산방향 A1 균열 0.3mm	논산방향 A1 박리
논산방향 A1 백태	논산방향 A2 들뜸, 백태

【사진 3.33】교대 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교대에 대하여 기점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 균열(폭 0.3mm이상), 박락이 추가 조사되어 증가하였고, 백태는 물량변동으로 인해 감소하였다.

【표 3.44】교대 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열(폭 0.3mm미만)	2ea / 1.0m	2ea / 1.0m	- -	변동없음
균열(폭 0.3mm이상)	- / -	1ea / 2.0m	⬆ 2.0m	신규손상
백태	4ea / 0.4㎡	4ea / 0.18㎡	⬇ 0.22㎡	물량변동
체수	1ea / 1.0㎡	1ea / 1.0㎡	- -	변동없음
들뜸, 박리, 철근노출	1ea / 1.0㎡	4ea / 1.57㎡	⬆ 0.57㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교대에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며 손상의 진전시 균열 폭에 따라 표면보수 및 주입보수를 실시해야 한다.
- 교대에 발생한 백태, 체수는 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 손상이 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 요구된다.
- 콘크리트 들뜸, 박리는 공용기간 증가, 우수유입에 의한 손상으로 현재 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 조치가 요구된다.

나. 교각

초봉교는 T형의 교각 2기로 구성되어 있고 기초형식은 강관파일로 시공되어 있다.

교각 전경	교각 전경

【사진 3.34】교각 전경

1) 외관조사 결과

- 교각에 발생된 주요 손상으로 폭 0.1~0.3㎜ 균열, 망상균열이 조사되었다.

【표 3.45】교각 외관조사 결과

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상		
P1	2.1/2	1.5/1	-	
P2	1.8/2	-	1.0/1	
합 계	**3.9/4**	**1.5/1**	**1.0/1**	

논산방향 P2 코핑부 균열 0.2mm

논산방향 P1 기둥부 균열 0.1mm

논산방향 P1 코핑부 균열 0.2mm

논산방향 P2 기둥부 망상균열

【사진 3.35】교각 손상현황

2) 기 진단결과와의 비교·분석

교각에 대하여 기점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 균열 및 망상균열이 추가 조사되어 증가하였다.

【표 3.46】교각 외관조사 결과(논산방향)

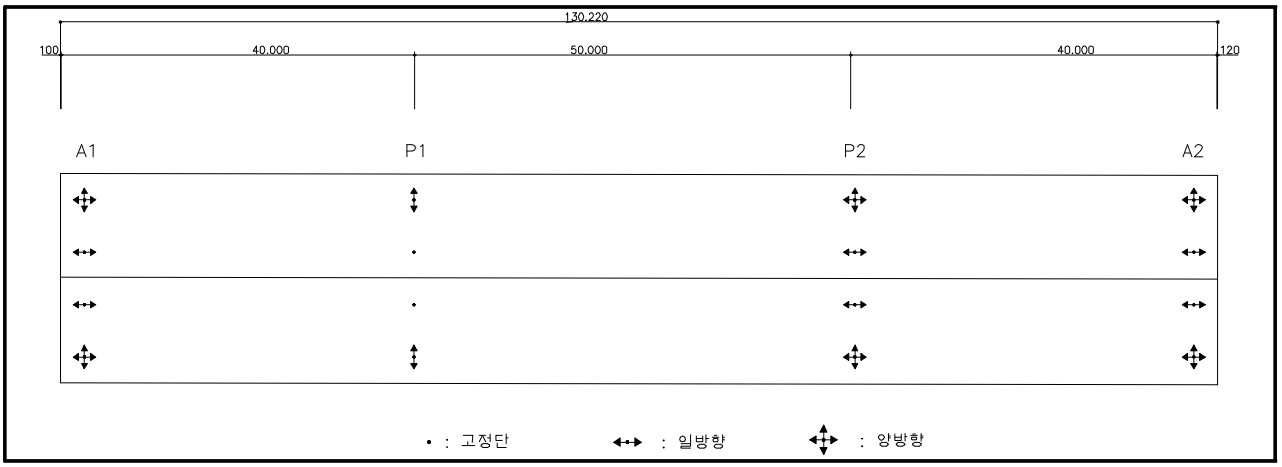
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열(폭 0.3mm미만)	1ea / 1.4m	4ea / 3.9m	⬆ 2.5m	신규손상
균열(폭 0.3mm이상)	- / -	1ea / 1.5m	⬆ 1.5m	신규손상
망상균열	- / -	1ea / 1.0㎡	⬆ 1.0㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교각에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축이 주된 원인으로 판단되며, 발생한 균열은 안전성에 직접적인 영향을 미치지 않으나 내구성 유지 및 손상진전 방지를 위하여 손상의 진전시 표면보수 및 주입보수를 실시하는 것이 바람직하다.

3.3.3 교량받침

본 교량의 받침 형식은 포트받침(Pot Bearing)이며 낙교방지장치로 이동제한장치(전단키)가 설치되어 있다. 1개의 고정단(P1) 받침, 3개소의 교축 일방향 받침, 1개의 교축 직각 일방향 받침 및 3개소의 양방향 받침으로 8개의 받침이 설치되어 있다. 교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부에 전달하는 기능을 수행하는 부재로서 상부 온도변화에 따른 거동, 상부 활하중에 의한 변위에 대한 흡수, 저항하는 부재로 온도변화, 활하중에 의한 신축기능 여부뿐만 아니라 표면부식, 받침콘크리트 손상여부 등을 점검하여야 한다.



【그림 3.3】교량받침 배치도

【표 3.47】교량받침 현황

가동방향		현황사진	용량(ton)		가동량(mm)	설치개소
일방향	교축방향		교대	250.0	±80.0	3
			교각	600.0	±50.0	
	교축 직각방향		교각	600.0	-	1
양방향			교대	250.0	±80.0	3
			교각	600.0	±50.0	
고정단			교각	600.0	-	1

가. 외관조사 결과

- 교량 받침장치는 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재로서 본 조사에서는 과반력 및 부반력 발생 여부, 온도변화 및 활하중에 의한 신축거동 여부뿐만 아니라 강재 부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성, 사용성 등에 대한 현장조사를 시행하였다.
- 받침콘크리트 균열, 들뜸이 조사되었다.
- 강재 플레이트에 발생한 부식 및 볼트 녹발생이 조사되었다.

【표 3.48】교량받침 외관조사 결과

구 분	받침콘크리트 균열(0.1mm) (m/개소)	콘크리트 들뜸, 파손 (㎡/개소)	플레이트 부식 (㎡/개소)	볼트부식 (EA)	비 고
A1	0.2/1	0.36/1	0.05/1	-	
P1	-	-	0.3/2	1	
P2	0.2/2	-	0.25/1	-	
A2	-	0.08/2	-	-	
합 계	**0.4/3**	**0.44/3**	**0.6/4**	**1**	

논산방향 A1-SH1 플레이트 부식

논산방향 A2-SH4 받침콘크리트 파손

논산방향 A1-SH3 받침콘크리트 균열, 들뜸

논산방향 A2-SH4 받침콘크리트 파손

【사진 3.36】교량받침 손상현황

나. 기 진단결과와의 비교·분석

교량받침에 대하여 기점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 균열 및 망상균열이 추가 조사되어 증가하였다.

【표 3.49】교량받침 외관조사 결과(논산방향)

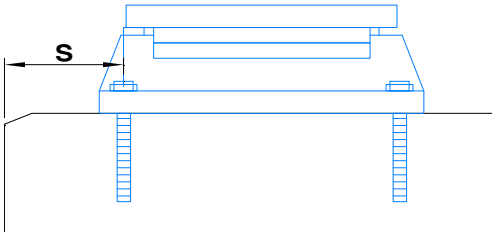
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
받침부식	3ea / 3.0㎡	4ea / 0.6㎡	⬇ 2.4㎡	일부보수
받침콘크리트 균열	3ea / 0.1m	3ea / 0.4m	⬆ 0.3m	물량변동
볼트부식	- / -	1ea / 1ea	⬆ 1ea	신규손상
들뜸, 파손	1ea / 0.4㎡	3ea / 0.44㎡	⬆ 0.04㎡	신규손상

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 받침부식은 장기공용 및 외기에 부식이 발생한 것으로 판단되며, 재도장이 효과적일 것으로 판단되며, 재손상 발생 여부 파악을 위한 주기적인 점검이 요구된다.
- 받침콘크리트에 발생한 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상의 진전 및 확대시 주입보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.
- 받침콘크리트에 발생한 박락, 들뜸은 장기공용 및 우수유입 등에 의한 손상으로, 단면보수 등의 조치가 필요하다.

라. 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 ‘도로교설계기준(2010, 국토해양부)’에서는 최소값을 규정하고 있다.



< 포트받침 >

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

【그림 3.4】도로교설계기준 연단거리 산출방법

1) 연단거리 측정

논산방향 P1-SH4 연단거리 측정사진

논산방향 P2-SH3 연단거리 측정사진

【사진 3.37】연단거리 측정

2) 연단거리 측정 결과

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

【표 3.50】교대 및 교각 받침부(논산방향) 연단거리 조사결과

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		400.0	850	850	O.K
P1	A1측		1,000	1,000	O.K
	A2측	450.0	1,000	1,000	O.K
P2	A1측		1,100	1,100	O.K
	A2측	400.0	1,000	1,000	O.K
A2			830	830	O.K

라. 교량받침 신축거동상태 검토

- 교량받침은 포트받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화와 활하중에 의한 거더의 처짐에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 교량받침의 이동량은 2회(1차:6.3℃(2017년 11월 9일), 2차:9.6℃(2018년 3월 26일))에 걸쳐 측정하였으며, 온도는 기상청 일평균 온도를 적용하였다.

논산방향 P2-SH3 가동량 측정

논산방향 A2-SH4 가동량 측정

【사진 3.38】교량받침 가동량 측정 전경

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

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

【표 3.51】교량받침 가동상태 검토결과(논산방향)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	Sh3	50 (A1)	55 (A1)	5.0	1.6	
	Sh4	50 (A1)	55 (A1)	5.0		
P1	고정단					
P2	Sh3	10 (A2)	15 (A2)	5.0	2.0	
	Sh4	10 (A2)	15 (A2)	5.0		
A2	Sh3	50 (A2)	60 (A2)	10.0	3.6	
	Sh4	50 (A2)	60 (A2)	10.0		

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

- 교량받침의 이동량을 검토한 결과, A2에서 신장여유량이 다소 부족한 것으로 검토되었다. 현재 신장여유량 부족으로 인한 손상은 발생하지 않은 상태로, 즉각조치보다는 하절기에 주기적이고 세심한 주의관찰 후 조치를 실시하는 것이 바람직하다.

【표 3.52】 교량받침 이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	16.3	33.7	1.2×10^{-5}	40.0	7.8	16.2	10.7	18.5	26.9
P1	고 정 단								
P2	16.3	33.7	1.2×10^{-5}	50.0	9.8	20.2	10.7	20.5	30.9
A2	16.3	33.7	1.2×10^{-5}	90.0	17.6	36.4	10.7	28.3	47.1

1) 조사당시 온도 : 6.3℃(조사일 : 2017년 11월 09일, 기상청 일평균 온도)
2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.53】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(논산)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh3	50 (A1)	18.5	26.9	130	30	±80	O.K
	Sh4	50 (A1)			130	30	±80	O.K
P1		고정단						
P2	Sh3	10 (A2)	20.5	30.9	60	40	±50	O.K
	Sh4	10 (A2)			60	40	±50	O.K
A2	Sh3	50 (A2)	28.3	47.1	130	30	±80	N.G
	Sh4	50 (A2)			130	30	±80	N.G

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

- 진단주기를 감안하여 최근 10년간 천안시 기상관측소의 최저, 최대온도를 분석하여 이에 따른 교량받침의 가동여유량을 평가한 결과, 논산방향 A2에서 신장여유량이 다소 부족한 것으로 검토되었다.

기상청 통계자료	·최근 10년간 천안시 기상관측소 자료 참조 ·최근 10년간 최저기온 : -19.5℃(측정일시 : 2010년 1월 14일) ·최근 10년간 최고기온 : 36.4℃(측정일시 : 2012년 8월 6일)

【표 3.54】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(논산방향)

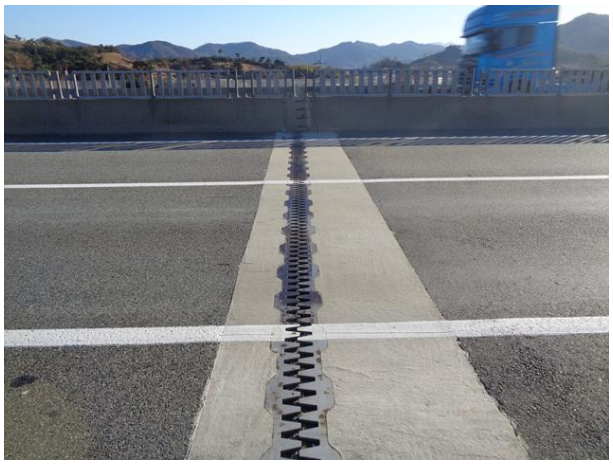
구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh3	50 (A1)	12.4	14.5	130	30	±80	O.K
	Sh4	50 (A1)			130	30	±80	O.K
P1		고정단						
P2	Sh3	10 (A2)	15.5	18.1	60	40	±50	O.K
	Sh4	10 (A2)			60	40	±50	O.K
A2	Sh3	50 (A2)	27.9	32.5	130	30	±80	N.G
	Sh4	50 (A2)			130	30	±80	N.G

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3.3.4 신축이음장치

초봉교는 3경간 연속교량으로 교대인 A1, A2에 신축이음장치가 설치되어 있으며, A1, A2 MS조인트로 시공되었다.

논산방향 A1 신축이음장치



논산방향 A2 신축이음장치

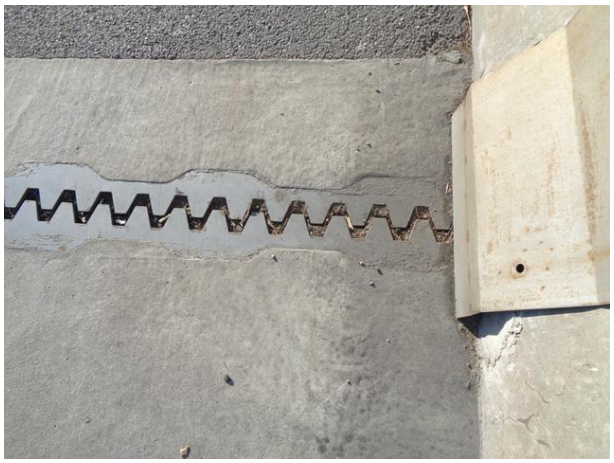
【사진 3.39】신축이음장치 전경

가. 외관조사 결과

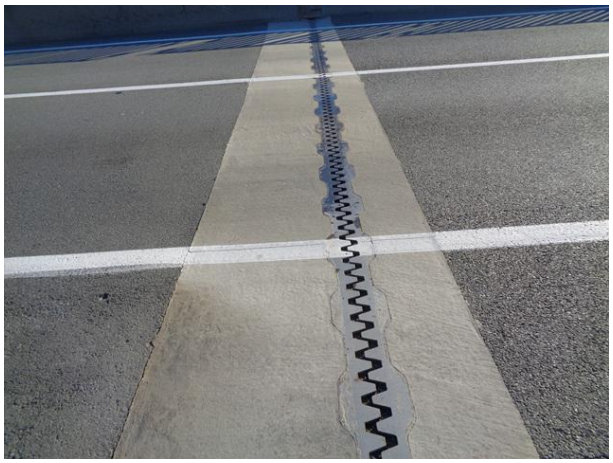
- 신축이음장치의 외관조사 결과 신축이음장치 본체의 토사퇴적이 조사된 상태이다.
- 폭 0.3mm미만 후타재 균열이 조사되었다.

【표 3.55】신축이음장치 외관조사 결과

구분	본 체	후 타 재	비 고
	이물질퇴적(m/개소)	균열(0.3mm미만) (m/개소)	
A1	1.5/1	2.0/4	
A2	1.5/1	0.9/2	
합계	**3.0/2**	**2.9/6**	

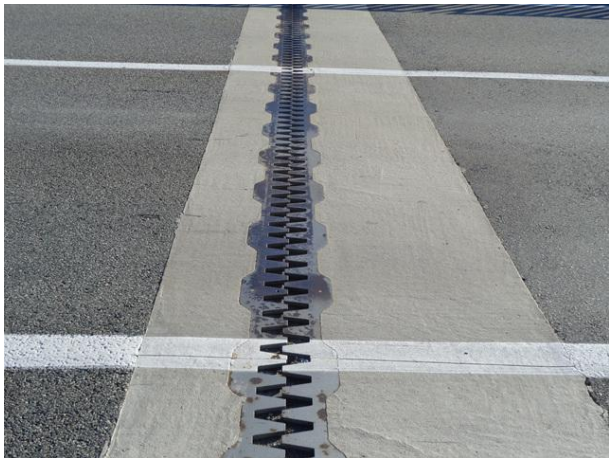


논산방향 A1 토사퇴적



논산방향 A1 후타재 균열

논산방향 A2 토사퇴적



논산방향 A2 후타재 균열

【사진 3.40】신축이음장치 손상현황

나. 기 진단결과와의 비교·분석

신축이음장치에 대하여 기점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상에 대해 변동이 없는 상태이다.

【표 3.56】신축이음장치 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
토사퇴적	2ea / 3.0m	2ea / 3.0m	- -	변동없음
후타재 균열	6ea / 2.9m	6ea / 2.9m	- -	변동없음

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 신축이음장치의 본체에 발생한 토사퇴적은 장기간 체수가 지속되면 본체 부식으로 진전될 수 있으므로, 정비가 필요하다.
- 후타재에 발생한 균열은 시공초기 건조수축, 공용 중 차량의 반복하중 및 충격에 의한 손상으로서 보수를 통한 내구성 유지가 바람직하다.

라. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차:6.3℃(2017년 11월 9일), 2차:9.6℃(2018년 3월 26일)에 걸쳐 신축이음장치, 거더 상·하부에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승시 신장량과 최저 온도 하강시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.

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

【사진 3.41】신축이음 유간 측정방법

【표 3.57】 신축이음 유간 측정결과(논산방향)

측정위치	측 정 값(㎜)						비 고
	신축이음장치(A)		거더 상부(바닥판)(B)		거더 하부(C)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1 (A1)	30	20	30	25	25	20	MS Joint (No. 60)
EXP.J2 (A2)	50	40	64	55	64	54	MS Joint (No. 80)

【표 3.58】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과

측정위치		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1 (A1)	신축이음	30	20	10	1.6	
	거더 상부	30	25	5		
	거더 하부	25	20	5		
EXP.J2 (A2)	신축이음	50	40	10	3.6	
	거더 상부	65	55	10		
	거더 하부	64	54	10		

- 11월(6.3℃)과 3월(9.6℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, EXP. J1(A1) EXP. J2(A2)의 가동상태는 이론 변동량과 유사한 것으로 나타났다.

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

- 신축이음 유간을 각각 측정한 결과, A1, 2측 모두 최대수축, 신장시에 대해 여유량을 가지고 있는 것으로 검토되었다.

【표 3.59】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	16.3	33.7	1.2×10^{-5}	40.0	7.8	16.2	-	7.8	16.2
EXP.J2(A2)	16.3	33.7	1.2×10^{-5}	90.0	17.6	36.4	-	17.6	36.4

1) 조사당시 온도 : 6.3℃(조사일 : 2017년 11월 9일, 기상청 일평균 온도)
2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)
3) A1측은 신축장 100m 미만이므로 활하중에 의한 거더 처짐에 의한 이동량을 고려하지 않았음

【표 3.60】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(논산방향)

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	7.8	16.2	30	60	22.2	13.8	O.K
	거더 상부			30	60	-	13.8	O.K
	거더 하부			25	60	-	8.8	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음장치	17.6	36.4	50	80	12.4	13.6	O.K
	거더 상부			65	80	-	28.6	O.K
	거더 하부			64	80	-	27.6	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

- 진단주기를 감안하여 최근 10년간 천안시 기상관측소의 최저, 최대온도를 분석하여 이에 따른 신축이음의 가동여유량을 평가한 결과 A1, 2측 모두 최대수축, 신장시에 대해 여유량을 가지고 있는 것으로 검토되었다.

기상청 통계자료	·최근 10년간 천안시 기상관측소 자료 참조 ·최근 10년간 최저기온 : -19.5℃(측정일시 : 2010년 1월 14일) ·최근 10년간 최고기온 : 36.4℃(측정일시 : 2012년 8월 6일)

【표 3.61】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(논산방향)

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	12.4	14.4	30	60	17.6	15.6	O.K
	거더 상부			30	60	-	15.6	O.K
	거더 하부			25	60	-	10.6	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음장치	27.9	32.5	50	80	2.1	17.5	O.K
	거더 상부			65	80	-	32.5	O.K
	거더 하부			64	80	-	31.5	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

3.3.5 교면포장

초봉교는 편도 2차로(총 왕복 4차로)로 구성되어 있고, 아스팔트 포장으로 T=80㎜ 두께로 설계되어 있다.

논산방향 전경

【사진 3.42】교면포장 전경

가. 외관조사 결과

- 본 교량의 교면포장에 대한 외관조사 결과 아스콘 망상균열, 패임이 신규 조사되었다.

【표 3.62】교면포장 외관조사 결과

구분	아스콘 균열(m/개소)	아스콘패임(㎡/개소)	비고
S1	26.0/2	0.02/1	
S2	9.0/4	0.02/1	
S3	8.0/4	0.01/1	
합계	**43.0/10**	**0.05/3**	

논산방향 S1 아스콘 패임

논산방향 S1 아스콘 균열

논산방향 S2 아스콘 균열

논산방향 S3 아스콘 패임

【사진 3.43】교면포장 손상현황

나. 기 진단결과와의 비교·분석

교면포장에 대하여 기점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 아스콘 패임이 추가 조사되었고, 지속적인 차량의 윤하중에 의한 손상으로 판단된다.

【표 3.63】교면포장 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
아스콘균열	10ea / 43.0m	10ea / 43.0m	- -	변동없음
아스콘패임	- / -	3ea / 0.05㎡	⬆ 0.05㎡	신규손상

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 본 교량의 교면포장에 발생한 아스콘 균열은 차량의 반복하중에 의해 발생한 것으로 판단되며 바닥판 및 방수층의 내구성 유지와 손상진전 방지를 위하여 손상의 진전시 아스콘 실링 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 발생한 아스콘 패임은 중차량의 반복하중, 충격으로 인한 손상으로 주행성에 영향이 경미하므로, 주의관찰 후 손상의 진전시 재포장 등의 조치가 요구된다.

3.3.6 기타부재

가. 배수시설

초봉교는 직선교로서 (-)2.0%의 횡단 편구배를 가지고 있으므로 교면수 흐름에 의거하여 6개소의 배수시설이 설치되어 있으며, 육교형과 하천형 배수형식으로 시공되어 있다. 교면부의 상부에는 이물질 혼입 방지를 위한 집수구 덮개(Grating)가 설치되어 있다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>배수관(하천형) 현황</td><td>배수구 현황</td></tr>
</table>

【사진 3.44】배수구 및 배수관 전경

1) 외관조사 결과

- 배수구 및 배수관에 대한 외관조사 결과 배수구 막힘, 고정볼트 탈락이 조사되었다.

【표 3.64】 배수시설 외관조사 결과

구 분	이물질퇴적(EA)	고정볼트탈락(EA)	비고
S1	1	3	
S2	-	-	
S3	-	-	
합 계	**1**	**3**	

논산방향 S1 배수구 이물질퇴적

논산방향 S1 배수관 고정볼트탈락

【사진 3.45】 배수관 손상현황

2) 기 진단결과와의 비교·분석

배수시에 대하여 기점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 공용기간 증가로 인한 이물질퇴적, 배수관 고정볼트탈락이 추가 조사되었다.

【표 3.65】 배수시설 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
배수구 이물질퇴적	- / -	1ea / 1ea	⬆ 1ea	신규손상
배수관 고정볼트탈락	- / -	3ea / 3ea	⬆ 3ea	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 배수구 및 배수관에 대한 외관조사 결과 배수구는 막힘이 일부 확인되었고, 배수관 고정볼트 탈락 등의 손상은 공용기간 증가로 인한 열화로서 현재 손상은 경미한 상태로 손상의 진전시 정비 등의 조치가 필요하다.

나. 난간 및 연석(방호울타리)

본 교량의 방호울타리는 좌·우측에 차량 충돌 시 탑승자의 보호, 충돌로부터 인접 주행차량의 보호, 교면 상부나 하부의 인명 및 재물의 보호 등을 위하여 콘크리트로 설치되어 있다. 차량 운전자의 눈부심을 방지하기 위한 차광막이 중앙분리대에 설치되어 있으며, 방호울타리에는 낙하물방지시설 또는 방음벽 등은 설치되어 있지 않았다. 또한, 교량 준공 후 방호울타리에는 보강 등을 목적으로 개축이나 단면증설 등은 없는 것으로 확인되었다.

방호울타리 전경

방호울타리 중분대 전경

【사진 3.46】 난간 및 연석 전경

1) 외관조사 결과

- 방호울타리에 대한 외관조사 결과 기존 손상인 균열, 박락, 차수판 파손 등의 손상이 확인되었다.
- 균열 및 백태, 박락 등의 신규 손상이 조사되었다.

【표 3.66】 난간 및 연석 외관조사 결과

구 분	균열(m/개소)		백태 (㎡/개소)	망상균열 (㎡/개소)	박락, 철근부식 (㎡/개소)	차수판 볼트탈락 (EA)	차수판 파손 (EA)	비고
	0.3mm미만	0.3mm이상						
S1	15.3/28	2.0/2	0.03/1	2.72/2	0.06/1	3	-	
S2	18.9/10	1.5/1	-	-	0.03/1	-	-	
S3	10.8/14	1.0/1	-	-	0.08/2	-	1	
합 계	**45.0/52**	**4.5/4**	**0.03/1**	**2.72/2**	**0.17/4**	**3**	**1**	

논산방향 S3 중앙분리대 파손

논산방향 S2 균열 0.2mm

논산방향 S1 균열, 백태

논산방향 S2 콘크리트 파손

【사진 3.47】 난간 및 연석 손상현황

2) 기 진단결과와의 비교·분석

난간 및 연석에 기점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 공용기간 증가로 인한 균열이 조사되어 물량이 증가하였고, 일부보수를 실시하여 박락, 탈락 등의 손상물량이 감소하였다.

【표 3.67】 방호울타리 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열(폭 0.3mm미만)	50ea / 32.0m	52ea / 45.0m	⬆ 13.0m	신규손상
균열(폭 0.3mm이상)	4ea / 4.5m	4ea / 4.5m	- -	변동없음
백태	- /	1ea / 0.03㎡	⬆ 0.03㎡	신규손상
망상균열	- /	2ea / 2.72㎡	⬆ 2.72㎡	신규손상
박락, 탈락, 철근부식	6ea / 2.6㎡	4ea / 0.17㎡	⬇ 2.43㎡	일부보수
차수덮개볼트탈락	3ea / 3ea	3ea / 3ea	- -	변동없음
차수판 파손	1ea / 1ea	1ea / 1ea	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 방호울타리에 발생한 균열 및 망상균열, 백태는 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열부 및 우수가 유입되면서 진전된 손상이다.
- 콘크리트 박락, 탈락, 철근부식은 주행차량의 충격으로 인한 손상으로 판단된다.
- 기 발생된 손상은 교량의 안전성 및 차량의 주행 안전성에 별다른 영향을 미치지 않는 손상이므로, 손상의 진전시 부재의 내구성 유지 및 손상진전 방지를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

3.4 콘크리트 내구성조사

3.4.1 개 요

가. 개 요

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

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

나. 조사 현황 및 위치

1) 조사 현황

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

【표 3.68】콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조(Steel BOX)	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	3	4	6	8	동일부위 시험
초음파 전달속도시험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	3	4	6	8	
철근탐사 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	3	4	6	8	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 4~6개소[1)] • 5경간 이상: 6~9개소[2)]		4~6		6	4	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상[3)]		3		3	3	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		-		-	2	C_w=0.3㎜미만 균열

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

2) 내구성조사 위치 선정사유

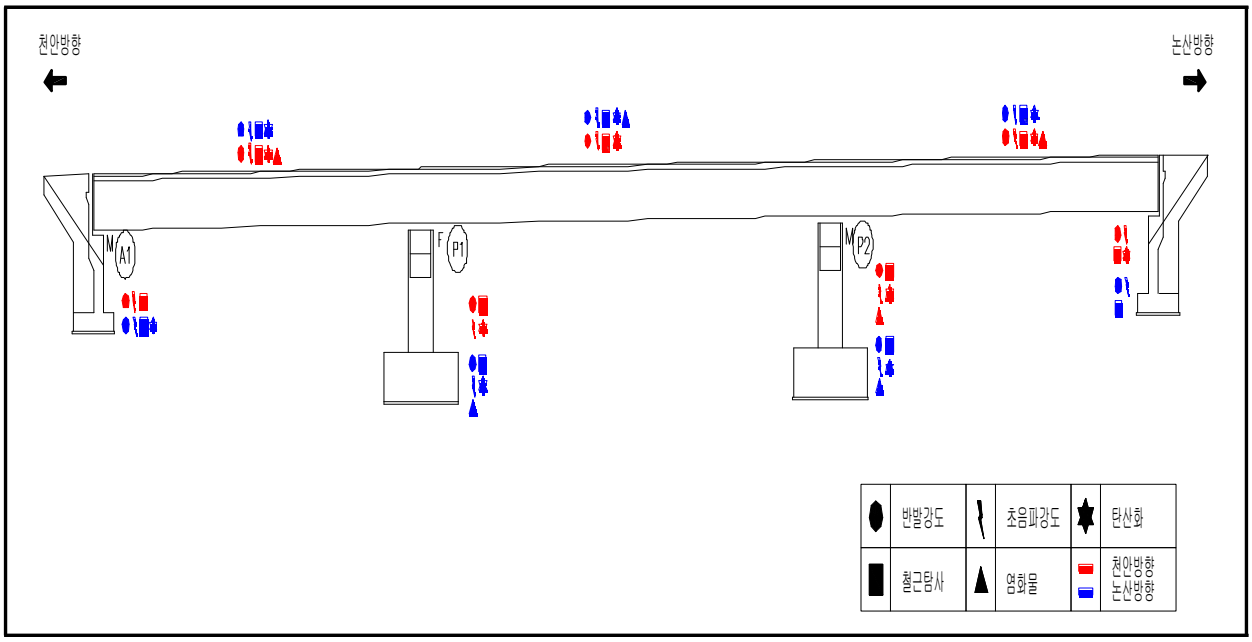
외관조사 결과에 따라 내구성의 상태 비교를 위하여 손상이 발생한 손상부와 손상이 발생하지 않은 건전부에 각각 시험을 실시하였으며 그에 따라 상부구조는 바닥판하면 캔틸레버에, 하부구조는 교각 기둥 하부측에 실시하였다.

3) 조사 사진

반발경도 시험	초음파 탐상 시험	탄산화 깊이 시험	철근탐사 시험

【사진 3.48】 콘크리트 내구성조사 전경

4) 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.5】 콘크리트 내구성조사 위치도

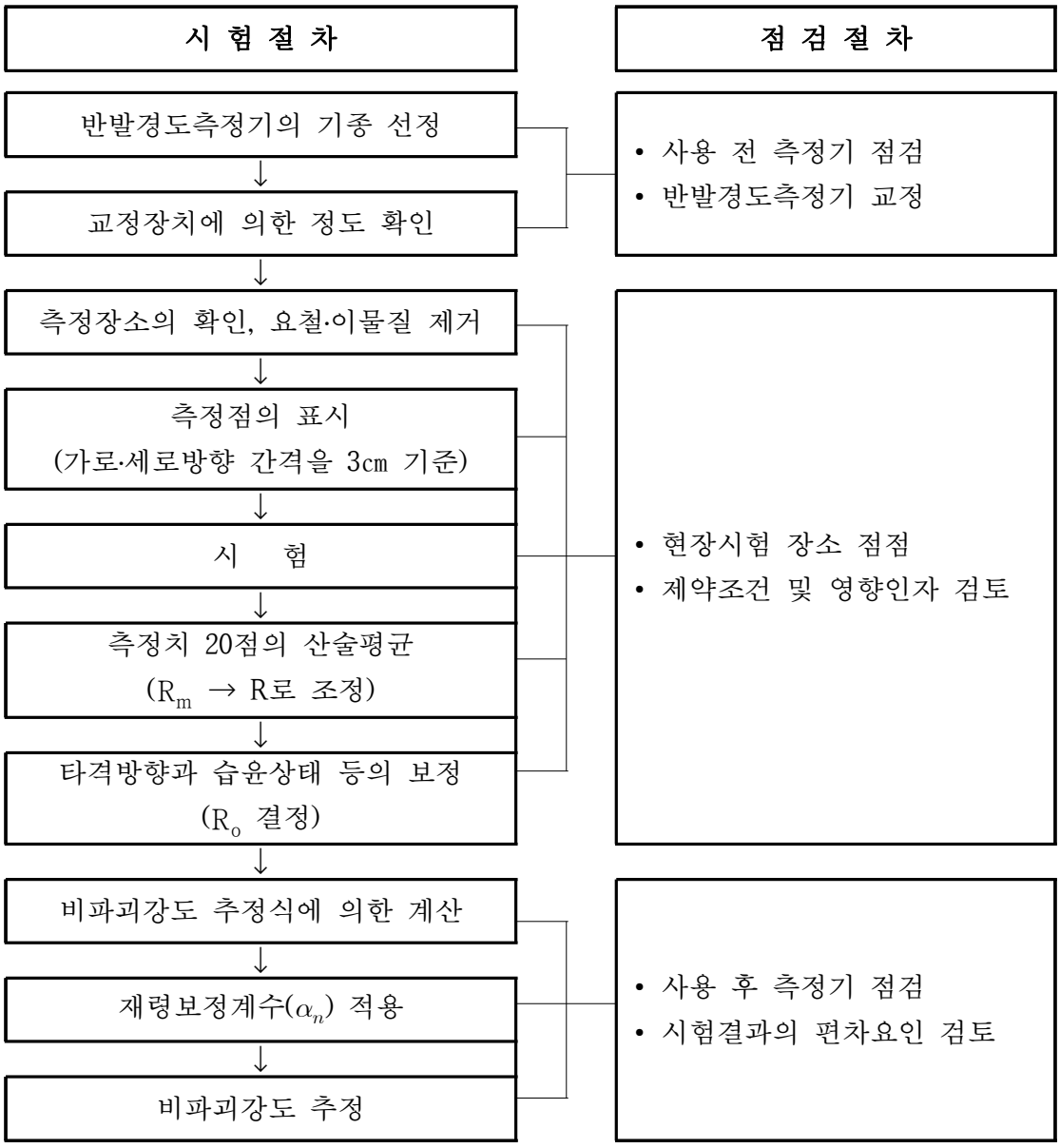
3.4.2 시험내용 및 평가기준

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도시험

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

① 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차



【그림 3.6】반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

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

② 보정반발경도(R_o)

【표 3.69】보정반발경도(R_o)

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

여기서, R : 반발경도

ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

㉠ 타격방향에 따른 보정값(ΔR_1)

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

⇒ 하향 타격(-90°)의 경우 : (+)값으로 보정

상향 타격(+90°)의 경우 : (-)값으로 보정

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

㉡ 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값(ΔR_2)

- 콘크리트는 함수율이 증가함에 따라 반발경도가 저하됨

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

측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : ΔR_2 = +5로 보정

③ 압축강도의 추정

보정반발경도(R_o)로부터 압축강도(F_c)의 상관관계를 도출한 제안식들은 다음과 같으며, 제안식의 적용은 시험방법 및 조건에 맞는 제안식을 선정하는 것이 중요하다.

【표 3.70】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

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

④ 28일 강도의 추정

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

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

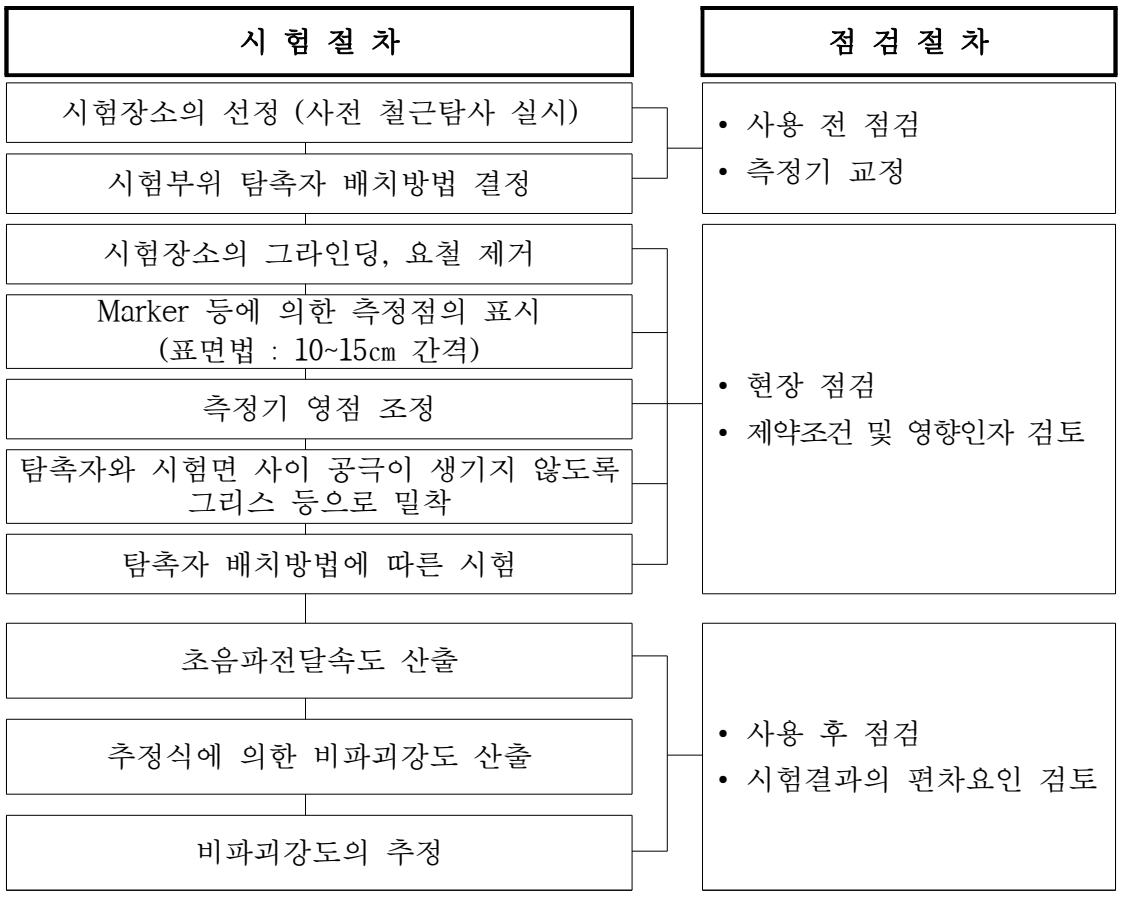
【표 3.71】 재령계수 α 값

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

2) 초음파전달속도시험

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

① 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차



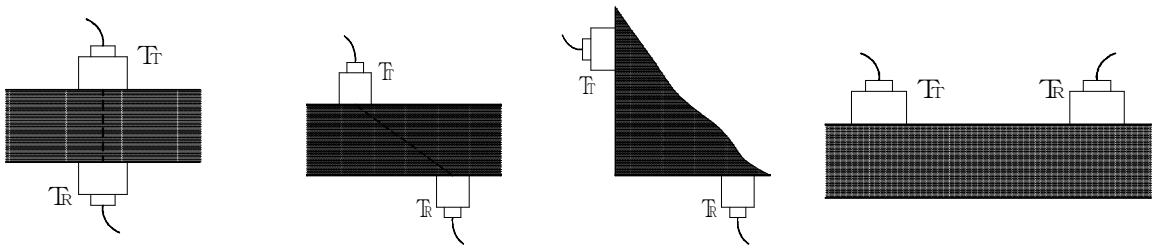
【그림 3.7】초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

② 초음파전달속도시험에 의한 전달속도 분석

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

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

초음파전달속도시험을 위한 탐촉자의 배치방법으로는 직접법, 간접법 및 표면법이 있다.



(a)직접법 (b)간접법 (C)표면법

【그림 3.8】초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$$V_d \approx 1.05 V_i$$

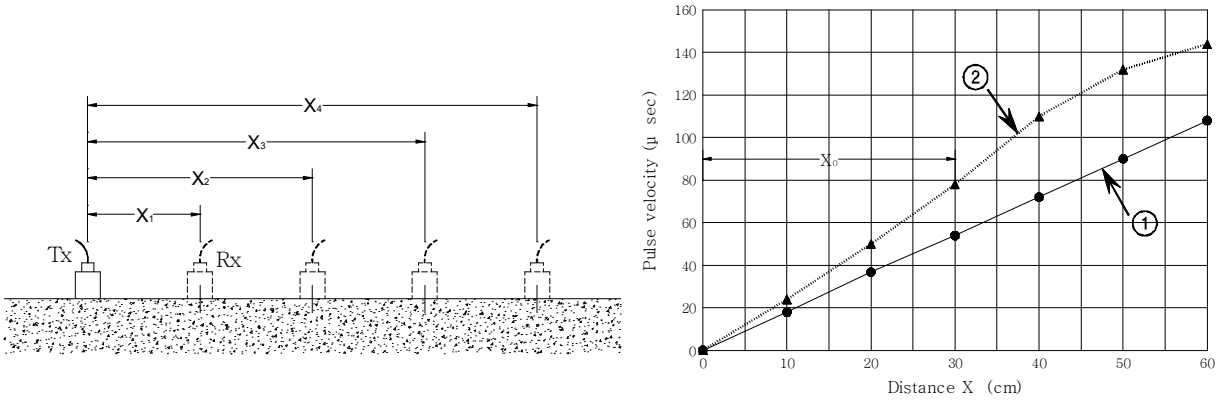
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

V_i : 표면법에 의한 초음파 속도

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

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

표면법은 등간격(100~150㎜)으로 5점 이상의 측점을 정하고 초음파의 전달거리(X_i)에 따른 전달시간(T_i)을 측정하고, 최소자승법에 의해서 회귀직선식을 구하여 그 기울기를 전달속도(V_i)로 한다.



【그림 3.9】표면법에 의한 초음파전달속도의 측정

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

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

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

③ 비파괴강도의 추정

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

【표 3.72】기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본건축학회	$F_c = (215\,V_d - 620) \times 0.098$	**금회 적용(식④)**
일본토목학회	$F_c = (102\,V_d - 117) \times 0.098$	**금회 적용(식③)**
한전기술연구원	$F_c = (339.1\,V_d - 1107) \times 0.098$	-
谷川의 제안식	$F_c = (172.5\,V_d - 499.6) \times 0.098$	-

※ V_d : 직접법에 의한 초음파전달속도(㎞/s)

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토해양부/한국시설안전공단) 참조

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

나. 철근탐사시험

1) 개 요

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

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

2) 측정원리

전자파레이더의 원리는 현재 널리 사용되고 있는 레이더와 동일하다. 즉, 콘크리트용 전자파레이더는 임펄스 상의 전자파를 송신안테나로부터 콘크리트 내로 방사하면 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율, 도전율)이 다른 물체(철근, 매설관, 공동 등)와의 경계에서 반사한다. 이를 수신안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 계산하면 그 위치를 구할 수 있다. 원리를 아래【그림 3.10】에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

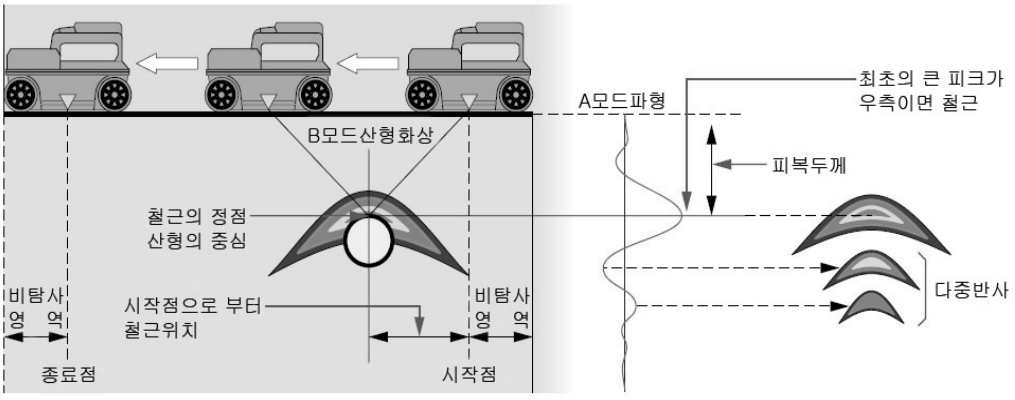
$$V = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (m/sec)$$

여기서, C : 진공 중에서 전자파의 속도(3×10^8 m/sec)

ε_r : 콘크리트의 상대유전율(6~10)

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

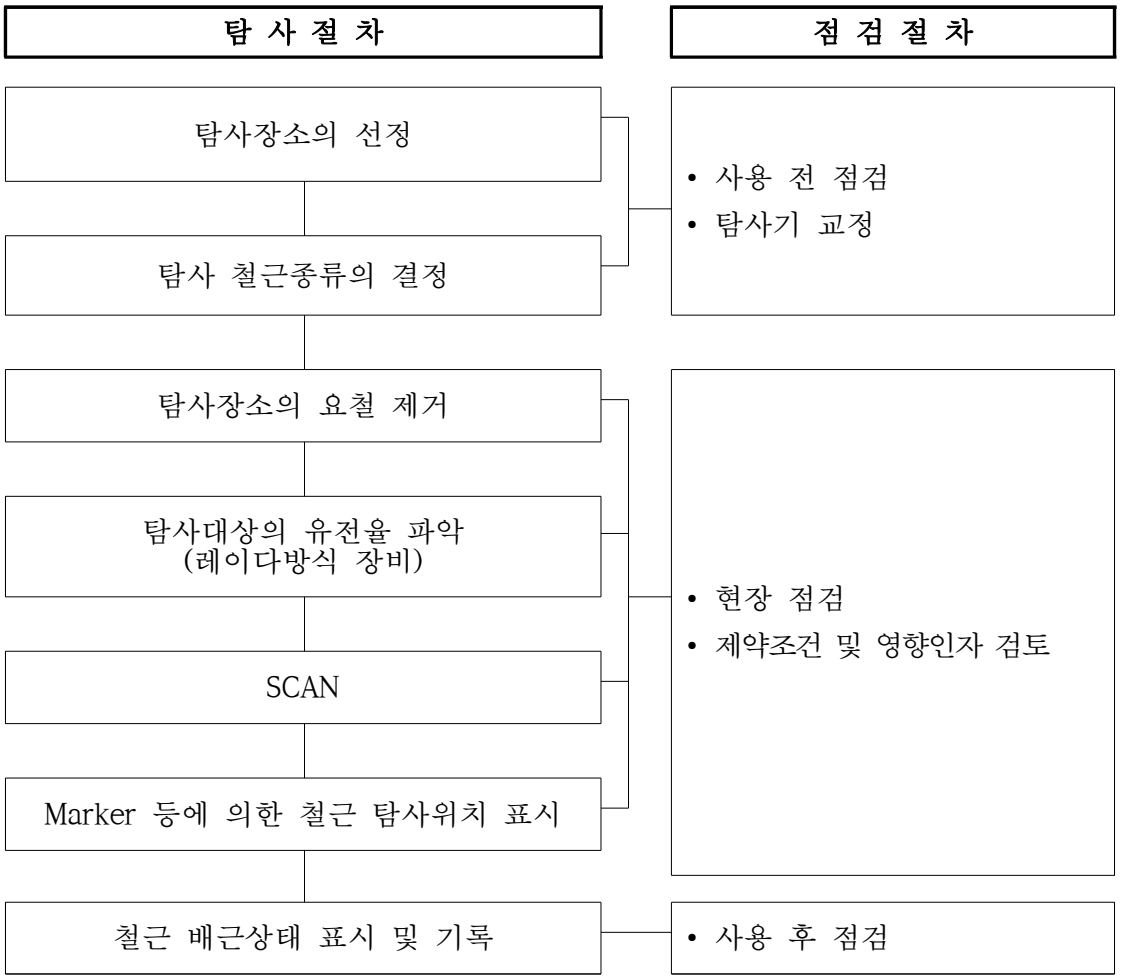
$$D = \frac{1}{2} V T \quad (m)$$



【그림 3.10】철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

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



【그림 3.11】 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

4) 탐사조건 및 적용한계(RC Radar의 경우)

① 탐사조건

- 적용 가능한 조건
  - 탐사심도 200㎜이내
  - 탐사대상 철근지름이 ⌀6㎜이상
  - 콘크리트의 질이 균일한 곳
  - 철근이 안테나 진행방향과 직교인 경우
- 적용 곤란한 조건
  - 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우
  - 100㎜이하의 피치로 배근되어 있는 경우
  - 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우

② 적용한계

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

다. 탄산화깊이 측정

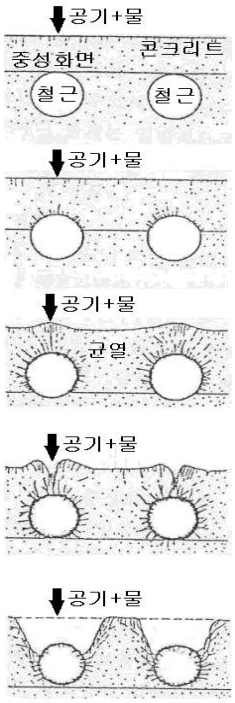
1) 개 요

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

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

(pH 12~13) (대기 중에 존재) (pH 8.5~10)

탄산화가 일어나는 메카니즘을 보면 시멘트의 수화반응에서 생성되는 수산화칼슘($Ca(OH)_2$)은 pH 12~13정도의 강알칼리성을 나타내지만 대기 중에 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(약 0.03%)와 접촉하면 탄산칼슘과 물로 변화하고 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH가 8.5~10 정도로 낮아지게 된다. 따라서, 콘크리트의 탄산화는 일반환경 하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매입된 철근의 부식에 따른 문제가 가장 기본적이며 중요하다. 콘크리트 내부의 pH가 11이상에서 철근은 표면에 1×10^{-6}㎜ 두께의 수산화물($\gamma-Fe_2O_3\cdot nH_2O$) 부동태막을 형성하므로 산소 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 탄산화에 의하여 pH가 11보다 낮아지면 부동태막이 파괴되면서 철근에 녹이 발생하게 된다. 이러한 녹은 원래 부피의 약 2.5배에서 최대 7배까지 팽창하고 녹의 팽창압력에 의해 콘크리트 내부에는 균열이 발생하게 되며 철근의 부착강도 저하, 피복 콘크리트의 탈락, 철근 단면적의 감소 등 구조물의 내구성 저하를 초래하게 된다. 이러한 원인으로 녹의 진행과 함께 콘크리트 구조물의 내구성면에서 탄산화를 파악하는 것이 중요하다.

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

【그림 3.12】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

2) 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

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

【표 3.73】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

구분	영향인자	탄산화 속도
내적 요인	시멘트의 종류	• 수화반응이 느릴수록 탄산화 속도가 빠름 • 조강 포틀랜드시멘트 < 보통 포틀랜드시멘트 < 중용열 포틀랜드시멘트
	골재의 종류	• 투기성이 큰 골재일수록 탄산화 속도가 빠름
	계면활성제 종류	• 동일 물-시멘트비, 동일 슬럼프라면 탄산화 속도와 무관함
	압축강도	• 압축강도가 낮을수록 탄산화 속도가 빠름
	물-시멘트비	• 물-시멘트비가 증가하면 탄산화 속도가 빠름
	시공 정밀도	• 다짐이 불충분할수록 탄산화 속도가 빠름
	콘크리트 결함부	• 균열부위, 이음부, 손상부위 등에서 탄산화 속도가 빠름

【표 3.73】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인(계속)

구분	영향인자	탄산화 속도
외적 요인	온도	• 온도 상승시 탄산화 속도가 빠름 • 20~50°C 사이에서는 영향이 크지 않음
	이산화탄소 농도	• 농도가 클수록 탄산화 속도가 빠름 • 탄산가스 농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼
	습도	• 상대습도 50~70% 에서 탄산화 속도가 최대
	실내, 실외	• 실내의 탄산화 속도가 빠름

3) 탄산화깊이의 측정

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

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

4) 탄산화를 고려한 잔존수명 예측

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

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

여기서, C : 탄산화깊이(㎜)

A : 탄산화 속도계수(㎜/ $\sqrt{년}$)

t : 재령(년)

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

수명예측(년) = (철근피복 / 탄산화 속도계수)^2

잔존수명예측(년) = 수명예측년수 - 경과년수

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.74】탄산화 상태평가 기준

기 준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	• 30㎜이상	• 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	• 10㎜이상 ~ 30㎜미만	• 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	• 0㎜이상 ~ 10㎜미만	• 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 0㎜미만	• 철근부식 발생
e	-	-

라. 염화물함유량시험

1) 콘크리트 속의 염분에 대한 일반적 사항

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

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

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

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

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

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

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12) 및 콘크리트 표준시방서 내구성조사편에서는 경화콘크리트의 경우 전염화물 기준으로 실제 환경의 노출실험 결과 하한치인 1.2kg/m³ 을 강재 부식발생 한계농도로서 정하고 있다. 비록, 부식환경에 따른 전염화물량이 1.2kg/m³ 를 넘더라도 부식이 발생하지 않을 가능성이 있지만 잠재적으로 부식 가능성이 높을 것으로 평가되므로 부식방지를 위한 조치가 검토되어야 할 것이다.

2) 평가기준

① 국내 콘크리트 표준시방서 기준

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

② 콘크리트 구조설계기준(2007년)

【표 3.75】염화물 평가기준(콘크리트 구조설계기준(2007))

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

③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)

【표 3.76】염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12))

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

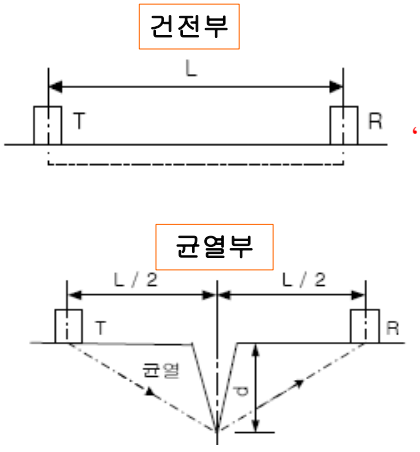
마. 균열깊이 조사

콘크리트 표면의 균열깊이는 일반적으로 T_c-T_o법으로 구한다.

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

비교용으로서 같은 콘크리트 부재에서 균열이 없는 부분을 대상으로 송신탐촉자와 수신탐촉자의 거리 L과 초음파가 전파하는 시간 T_o를 구해 다음 식을 적용하여 균열깊이를 구한다. 본 과업에서는 X=10㎝를 적용하였다.

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



< 균열깊이 조사 개요도 >

< 균열깊이 조사현황 >

【그림 3.13】 T_c-T_o법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법

3.4.3 시험결과 및 분석

3.4.3.1 천안방향

1) 콘크리트 강도시험

초봉교의 콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험 7개소(상부구조 3개소, 하부구조 4개소) 및 초음파전달속도시험 7개소(상부구조 3개소, 하부구조 4개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

- 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 : 112.6～115.2%, 하부구조 : 110.8～117.5%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 측정되었다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 초봉교 상부구조 및 하부구조에 대한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.77】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)		초음파속도법 (MPa)		반발 경도법 평균	초음파 속도법 평균	설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	식③	식④			
상부구조	S1 캔틸레버	57.50	4.369	31.6	30.4	32.2	31.3	31.0	31.8	27.0
	S2 캔틸레버	56.70	4.333	30.7	29.9	31.8	30.5	30.3	31.2	
	S3 캔틸레버	58.60	4.278	30.1	29.5	31.3	29.4	29.8	30.4	
	평 균			30.8	29.9	31.8	30.4	30.4	31.1	
	표준편차			0.75	0.45	0.45	0.95	0.60	0.70	
	변동계수			2.44	1.51	1.42	3.13	1.98	2.28	

【그림 3.14】 상부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.78】하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)		초음파속도법 (MPa)		반발경도법 평균	초음파속도법 평균	설계기준강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	식③	식④			
하부구조	A1 벽체	46.15	4.114	25.6	27.0	29.7	25.9	26.3	27.8	24.0
	A2 벽체	45.95	4.134	25.4	26.9	29.9	26.3	26.2	28.1	
	P1 코핑부	47.02	4.137	26.3	27.4	29.9	26.4	26.9	28.2	
	P2 기둥부	46.78	4.166	26.1	27.3	30.2	27.0	26.7	28.6	
	평 균			25.9	27.2	29.9	26.4	26.6	28.2	
	표준편차			0.42	0.24	0.21	0.45	0.33	0.33	
	변동계수			1.62	0.88	0.70	1.70	1.25	1.20	

【그림 3.15】하부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.79】비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	반발경도법	29.8~31.0	27.0	110.4~114.8
	초음파속도법	30.4~31.8		112.6~117.8
하부구조	반발경도법	26.2~26.9	24.0	109.2~112.1
	초음파속도법	27.8~28.6		115.8~119.2

② 기 진단결과와의 비교·분석

【표 3.80】기 진단결과와의 시험결과 비교・분석

구 분	시험방법	2013년 정밀안전진단	2018년 정밀안전진단
상부구조	반발경도법	27.1~27.8	29.8~31.0
	초음파속도법	27.0~27.3	30.4~31.8
하부구조	반발경도법	24.2~24.6	26.2~26.9
	초음파속도법	23.9~24.9	27.8~28.6

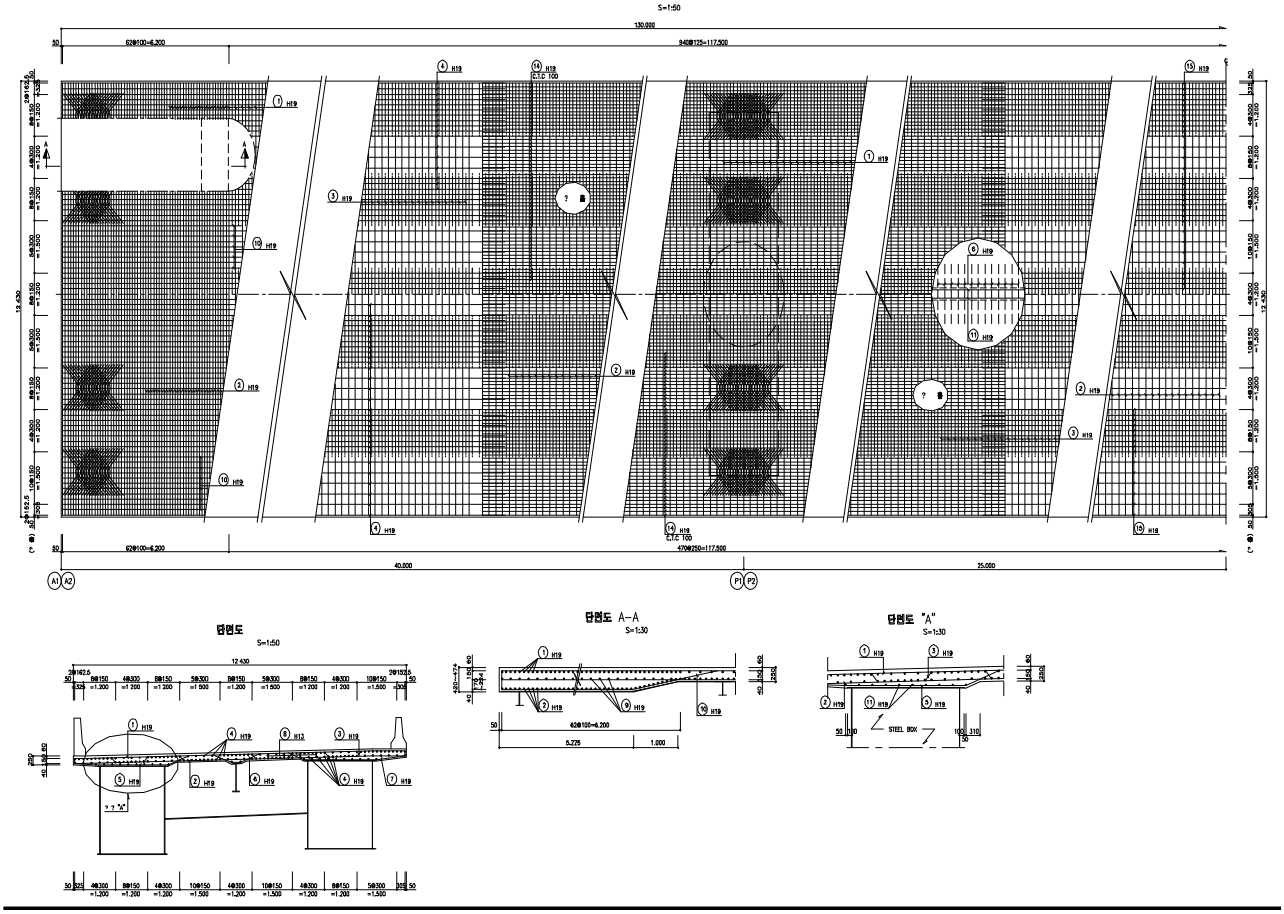
3) 철근탐사시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 7개소(상부구조 3개소, 하부구조 4개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인되었다.

① 철근탐사 시험결과

【표 3.81】상부구조 철근탐사 시험결과

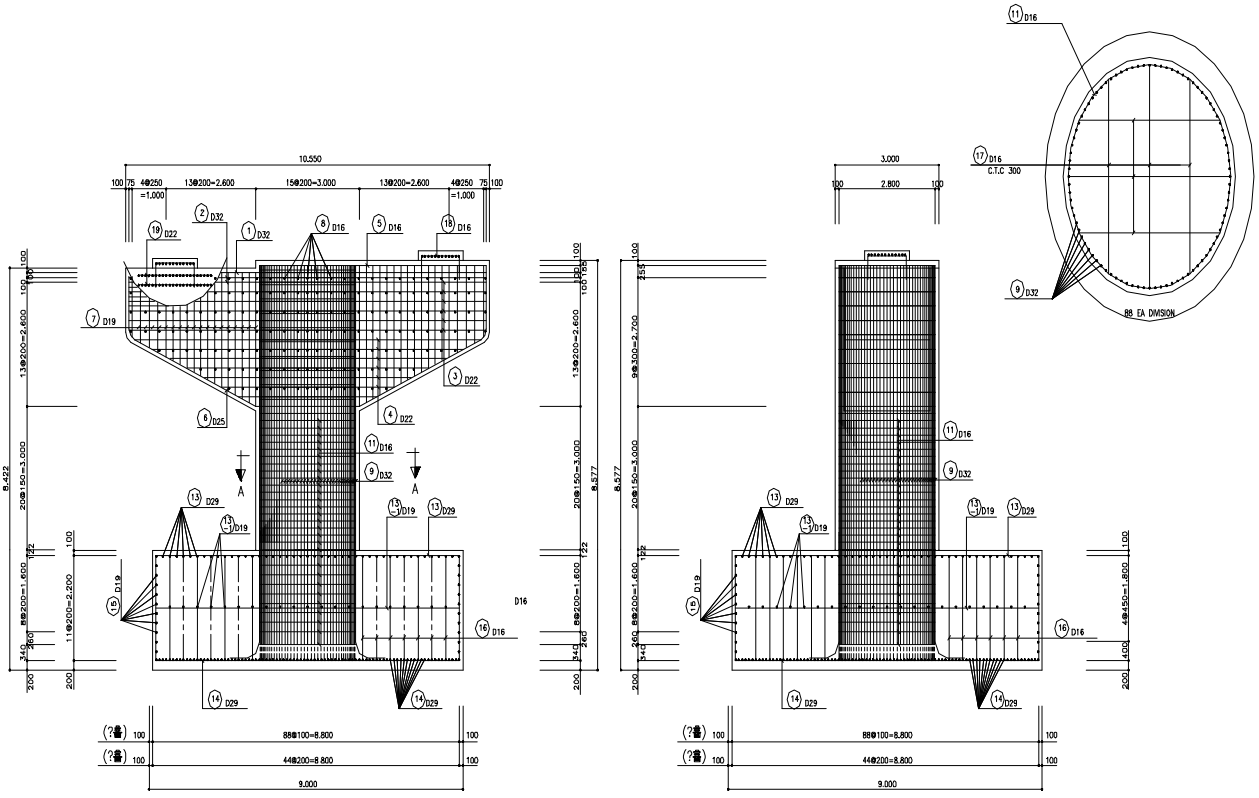
시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	S1 캔틸레버	주철근	120	82	150	40	양호
		배력철근	250	42	250	40	양호
	S2 캔틸레버	주철근	100	82	150	40	양호
		배력철근	226	40	250	40	양호
	S3 캔틸레버	주철근	117	93	150	40	양호
		배력철근	221	42	250	40	양호



【표 3.82】하부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부 구조	A1 흉벽	수직철근	133	84	125	100	양호
		수평철근	186	96	200	100	양호
	A2 벽체	수직철근	114	73	125	100	양호
		수평철근	209	92	200	100	양호
	P1 기둥부	수직철근	100	86	100	100	양호
		수평철근	144	78	150	100	양호
	P2 기둥부	수직철근	101	76	100	100	양호
		수평철근	153	73	150	100	양호

S = 1 : 50 S = 1 : 50 S = 1 : 30



② 기 진단결과와의 비교

【표 3.83】기 진단결과와의 시험결과 비교・분석

구 분	2013년 정밀안전진단		2018년 정밀안전진단	
	배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	95～260	34～63	100~209	40~93
하부구조	95～210	53～118	103~205	79~96

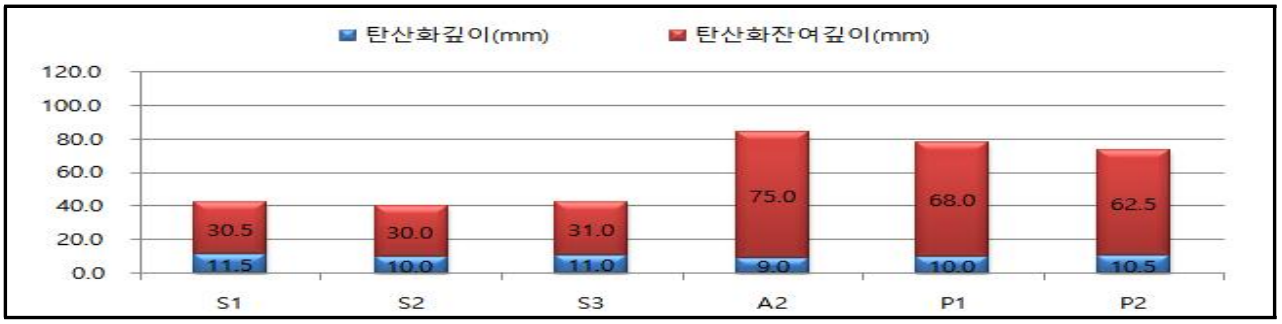
4) 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.84】탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 등급	비 고
상부 구조	S1 캔틸레버	11.5	42.0	30.5	2.79	100년이상	a	양호
	S2 캔틸레버	10.0	40.0	30.0	2.43	100년이상	a	양호
	S3 캔틸레버	11.0	42.0	31.0	2.67	100년이상	a	양호
하부 구조	A2 벽체	9.0	84.0	75.0	2.18	100년이상	a	양호
	P1 기둥부	10.0	78.0	68.0	2.43	100년이상	a	양호
	P2 기둥부	10.5	73.0	62.5	2.55	100년이상	a	양호



【그림 3.16】탄산화 깊이 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

【그림 3.85】기 진단결과와의 시험결과 비교・분석

구 분	2013년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)	2018년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)
상부구조	30.0~43.0	30.0~31.0
하부구조	43.0~49.0	62.5~75.0

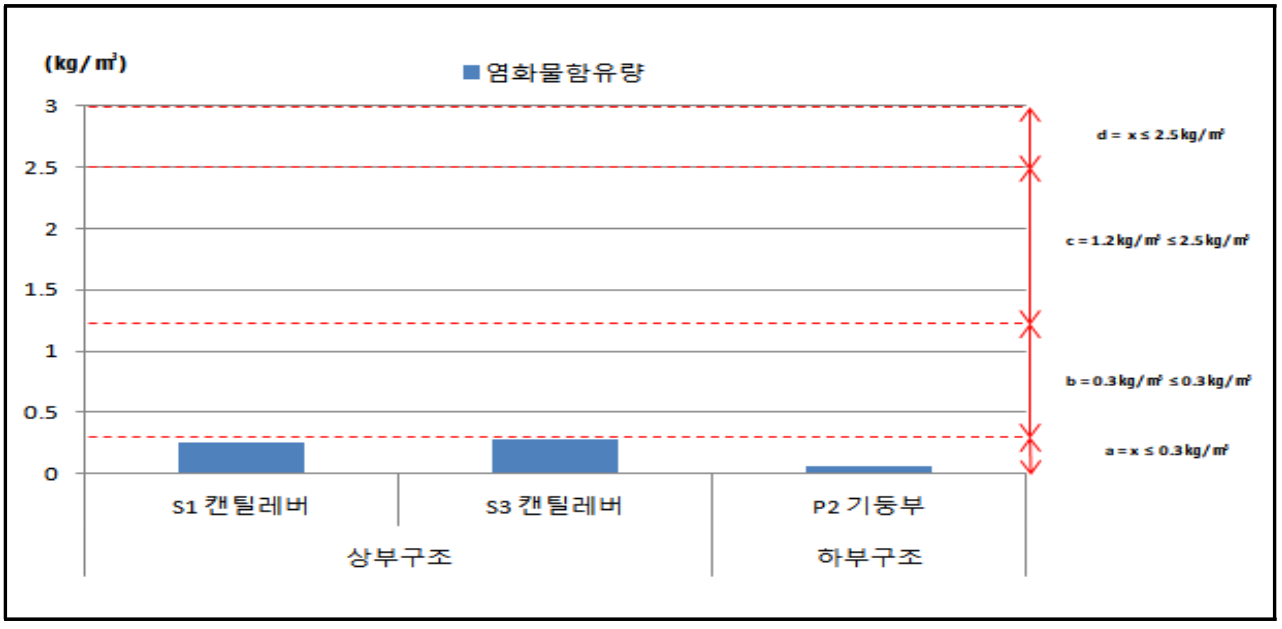
4) 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험은 총 3개소(상부구조 2개소, 하부구조 1개소)에서 깊이별 시험을 실시하였으며, 그 결과 건전부 구간에서 a등급으로 평가되었다.

【표 3.86】 염화물 함유량 시험결과 및 평가

시험위치		실측 피복두께 (㎜)	염화물 함유량		평가 결과	비 고
			Cl^-(%)	Cl^-(kg/㎥)		
상부 구조	S1 캔틸레버하면 (건전부)	42	0.0110	0.2489	a	
	S3 캔틸레버하면 (건전부)	42	0.0122	0.2761	a	
하부 구조	P2 기둥부 (건전부)	73	0.0027	0.0611	a	

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



【그림 3.17】염화물시험 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

【표 3.87】기 진단결과와의 시험결과 비교・분석

구 분	2013년 정밀안전진단 Cl^-(kg/㎥)	2018년 정밀안전진단 Cl^-(kg/㎥)
상부구조	0.158	0.2489~0.2761
하부구조	0.091~0.136	0.0611

5) 균열깊이 측정결과

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

균열깊이 측정결과, 폭 0.3㎜미만 균열의 균열깊이는 철근피복두께를 초과하지 않은 것으로 분석되었다. 이에 콘크리트 내구성 저하 방지를 위해 폭 0.3㎜미만 균열에는 표면보수를 실시하는 것이 적절하다고 판단된다.

【표 3.88】균열깊이 조사결과

시험위치		균열폭 (㎜)	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec)		균열깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	비 고
			건전부 (To)	균열부 (Tc)			
하부구조	P2 기둥부	0.2	72.2	96.3	69	73	

3.4.3.2 논산방향

1) 콘크리트 강도시험

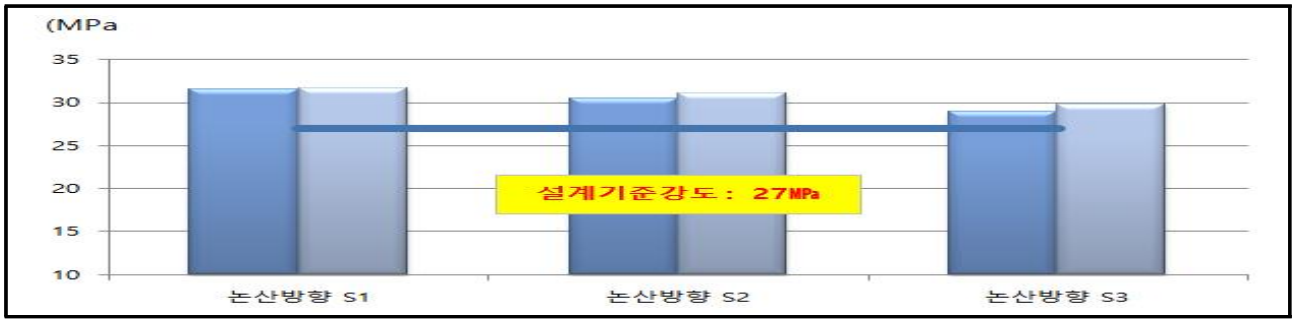
초봉교의 콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험 7개소(상부구조 3개소, 하부구조 4개소) 및 초음파전달속도시험 7개소(상부구조 3개소, 하부구조 4개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

- 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 : 112.2~114.4%, 하부구조 : 110.8~116.7%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 측정되었다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 초봉교 상부구조 및 하부구조에 대한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.89】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

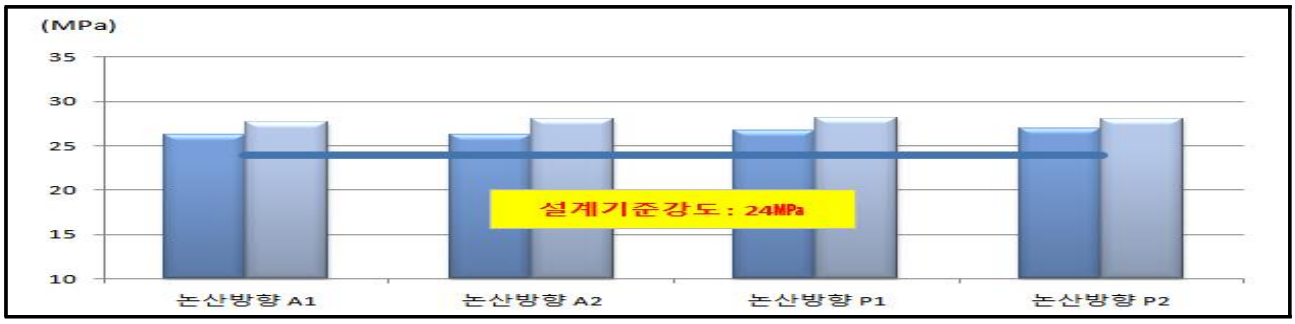
시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)		초음파속도법 (MPa)		반발경도법 평균	초음파속도법 평균	설계기준강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	식③	식④			
상부구조	S1 캔틸레버	57.50	4.363	32.3	30.8	32.1	31.2	31.6	31.7	27.0
	S2 캔틸레버	56.70	4.327	31.0	30.0	31.8	30.4	30.5	31.1	
	S3 캔틸레버	58.60	4.244	28.9	28.8	31.0	28.7	28.9	29.9	
	평 균			30.7	29.9	31.6	30.1	30.3	30.9	
	표준편차			1.71	1.00	0.57	1.28	1.36	0.93	
	변동계수			5.57	3.34	1.80	4.25	4.46	3.03	



【그림 3.18】 상부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.90】하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)		초음파속도법 (MPa)		반발경도법 평균	초음파속도법 평균	설계기준강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	식③	식④			
하부구조	A1 벽체	46.10	4.110	25.5	27.0	29.6	25.8	26.3	27.7	24.0
	A2 벽체	45.95	4.129	25.4	26.9	29.8	26.2	26.2	28.0	
	P1 기둥부	46.83	4.131	26.1	27.3	29.8	26.3	26.7	28.1	
	P2 코핑부	47.13	4.129	26.4	27.4	29.8	26.2	26.9	28.0	
	평 균			25.9	27.2	29.8	26.1	26.6	28.0	
	표준편차			0.48	0.24	0.10	0.22	0.36	0.16	
	변동계수			1.85	0.88	0.34	0.84	1.37	0.59	



【그림 3.19】하부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.91】비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	반발경도법	28.9~31.6	27.0	107.0~117.0
	초음파속도법	29.9~31.7		110.7~117.4
하부구조	반발경도법	26.2~26.9	24.0	109.2~112.1
	초음파속도법	27.7~28.1		115.4~117.1

② 기 진단결과와의 비교·분석

【표 3.92】기 진단결과와의 시험결과 비교・분석

구 분	시험방법	2013년 정밀안전진단	2018년 정밀안전진단
상부구조	반발경도법	27.1~27.5	28.9~31.6
	초음파속도법	27.1~27.4	29.9~31.7
하부구조	반발경도법	24.2~25.5	26.2~26.9
	초음파속도법	24.3~25.2	27.7~28.1

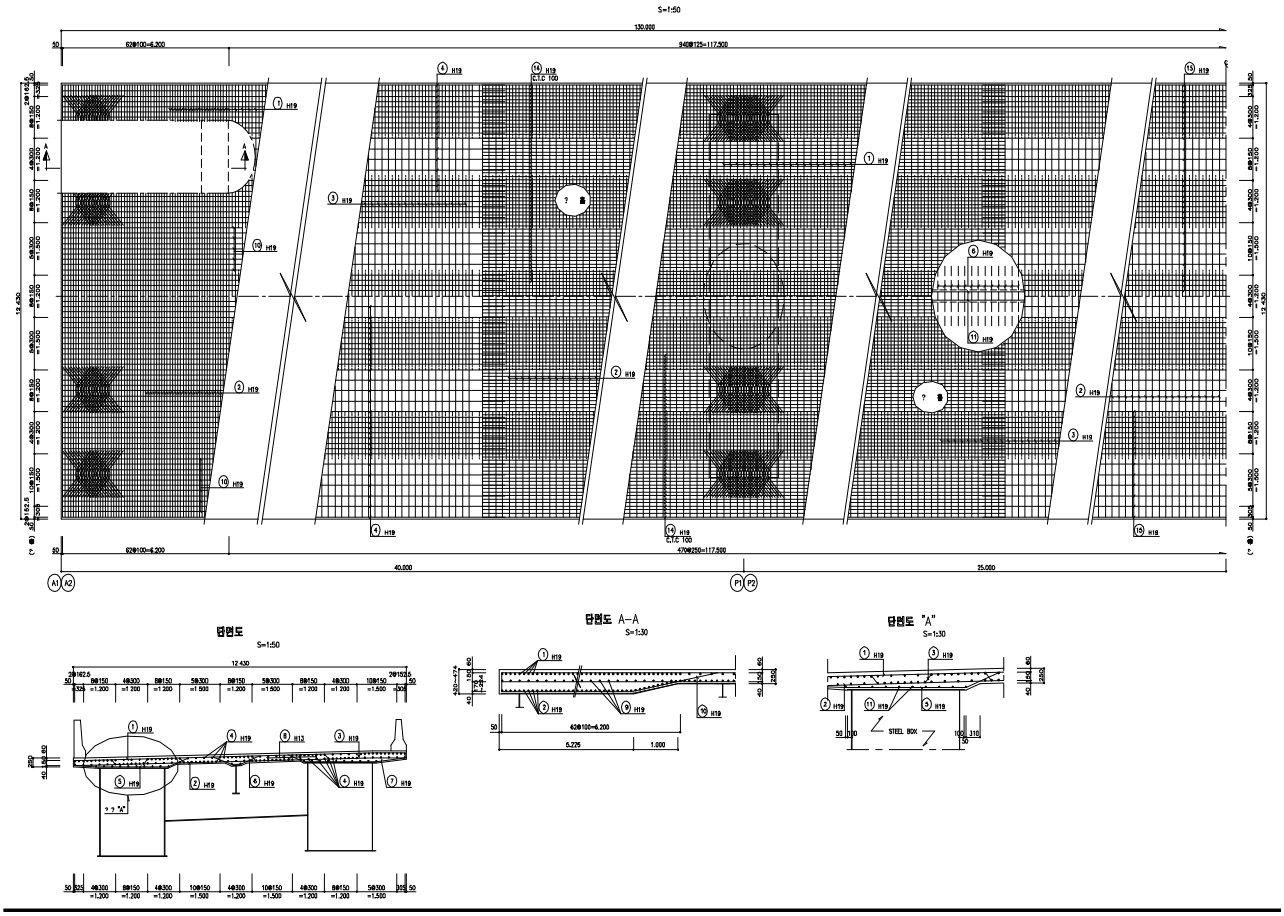
3) 철근탐사시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 7개소(상부구조 3개소, 하부구조 4개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인되었다.

① 철근탐사 시험결과

【표 3.93】상부구조 철근탐사 시험결과

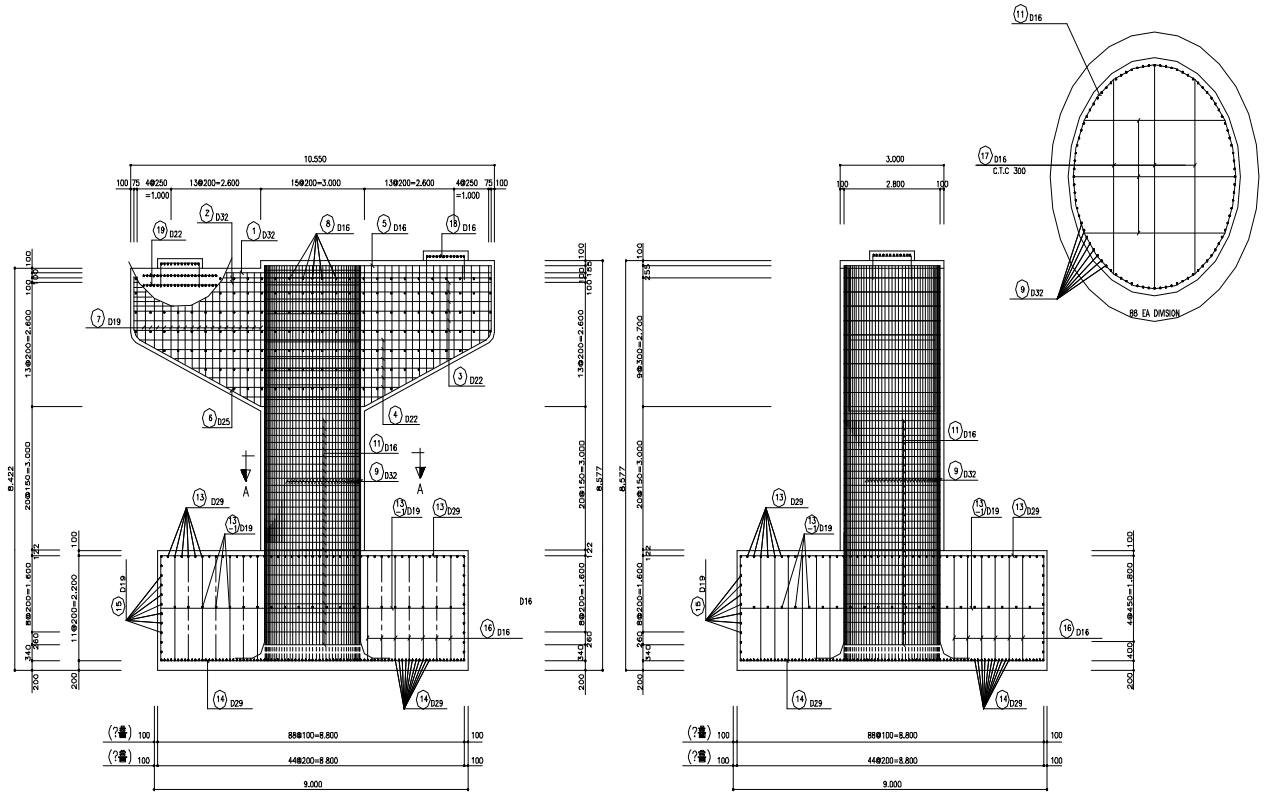
시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	S1 캔틸레버	주철근	133	100	150	40	양호
		배력철근	258	44	250	40	양호
	S2 바닥판하면	주철근	300	79	300	40	양호
		배력철근	257	41	250	40	양호
	S3 캔틸레버	주철근	147	79	150	40	양호
		배력철근	251	41	250	40	양호



【표 3.94】하부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부 구조	A1 흉벽	수직철근	128	96	82	50	양호
		수평철근	219	93	79	50	양호
	A2 흉벽	수직철근	130	93	79	50	양호
		수평철근	205	93	76	50	양호
	P1 기둥부	수직철근	117	93	86	100	양호
		수평철근	150	79	84	100	양호
	P2 기둥부	수직철근	103	91	82	100	양호
		수평철근	143	79	73	100	양호

S = 1 : 50 S = 1 : 50 S = 1 : 30



② 기 진단결과와의 비교

【표 3.95】기 진단결과와의 시험결과 비교・분석

구 분	2013년 정밀안전진단		2018년 정밀안전진단	
	배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	95~255	37~63	133~300	38~100
하부구조	95~210	40~130	103~205	79~96

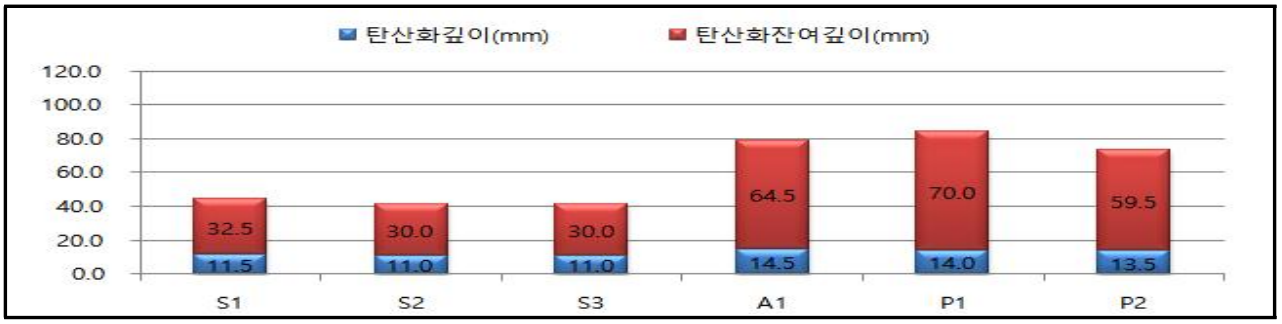
4) 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.96】탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 등급	비 고
상부 구조	S1 캔틸레버	11.5	44.0	32.5	2.79	100년이상	a	양호
	S2 캔틸레버	11.0	41.0	30.0	2.67	100년이상	a	양호
	S3 캔틸레버	11.0	41.0	30.0	2.67	100년이상	a	양호
하부 구조	A1 흉벽	14.5	79.0	64.5	3.52	100년이상	a	양호
	P1 기둥부	14.0	84.0	70.0	3.40	100년이상	a	양호
	P2 기둥부	13.5	73.0	59.5	3.27	100년이상	a	양호



【그림 3.20】탄산화 깊이 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

【표 3.97】기 진단결과와의 시험결과 비교·분석

구 분	2013년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)	2018년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)
상부구조	32.0~33.0	30.0~32.5
하부구조	94.0~95.0	59.5~70.0

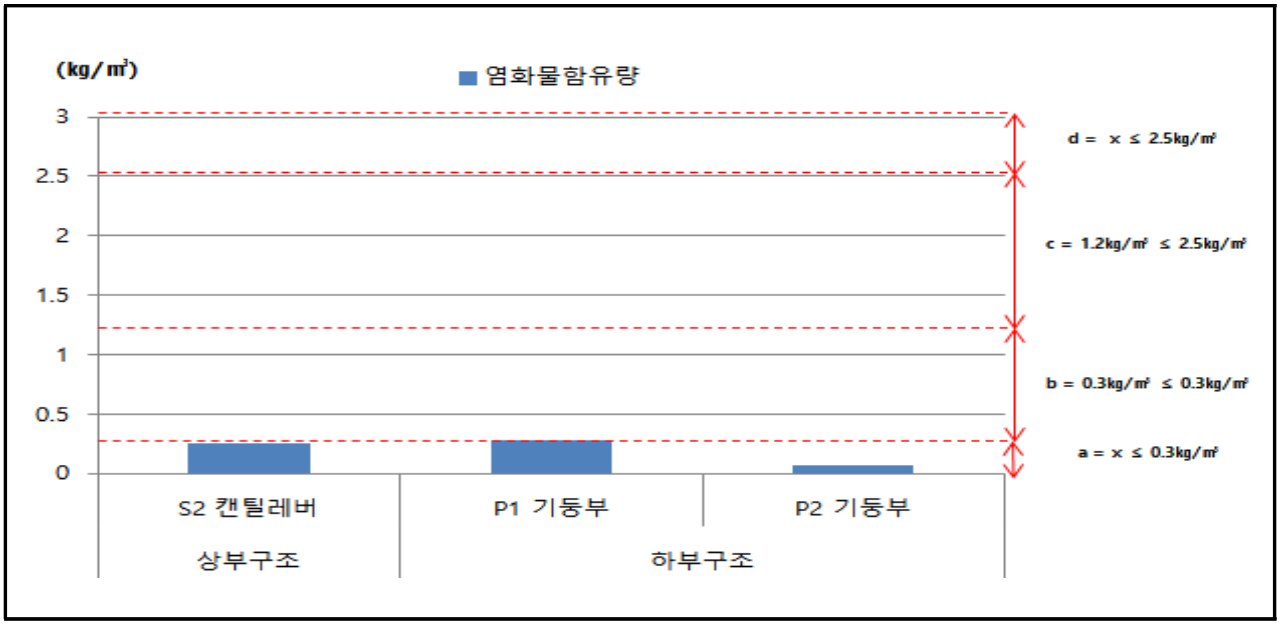
4) 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험은 총 3개소(상부구조 1개소, 하부구조 2개소)에서 깊이별 시험을 실시하였으며, 그 결과 건전부 구간에서 a등급으로 평가되었다.

【표 3.98】 염화물 함유량 시험결과 및 평가

시험위치		실측 피복두께 (㎜)	염화물 함유량		평가 결과	비 고
			Cl^-(%)	Cl^-(kg/㎥)		
상부 구조	S2 캔틸레버하면 (건전부)	41	0.0111	0.2512	a	
하부 구조	P1 기둥부 (건전부)	79	0.0035	0.0792	a	
	P2 기둥부 (건전부)	79	0.0058	0.1313	a	

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



【그림 3.21】염화물시험 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

【표 3.99】기 진단결과와의 시험결과 비교·분석

구 분	2013년 정밀안전진단 Cl^-(kg/㎥)	2018년 정밀안전진단 Cl^-(kg/㎥)
상부구조	0.136	0.2512
하부구조	0.181	0.0792~0.1313

5) 균열깊이 측정결과

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

균열깊이 측정결과, 폭 0.3㎜미만 균열의 균열깊이는 철근피복두께를 초과하지 않은 것으로 분석되었다. 이에 콘크리트 내구성 저하 방지를 위해 폭 0.3㎜미만 균열에는 표면보수를 실시하는 것이 적절하다고 판단된다.

【표 3.100】균열깊이 조사결과

시험위치		균열폭 (㎜)	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec)		균열깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	비 고
			건전부 (To)	균열부 (Tc)			
하부구조	P1 기둥부	0.2	70.4	75.2	56	79	

3.5 강재 내구성 조사

3.5.1 개 요

가. 개 요

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

나. 조사 현황 및 위치

1) 조사 현황 및 선정사유

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

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

초봉교는 약 16년 정도의 공용기간이 경과한 상태로 현재 강재 용접부에 문제가 될 만한 용접결함이 없는 양호한 상태로 조사되어 상기 언급한 과업지시서 및 세부지침에 따라 책임기술자의 판단 하에 필렛용접구간의 시험은 실시하지 않았으며, 인장 및 교번구간의 하부플랜지 맞대기이음부에 대해서 초음파탐상시험을 실시하였다.

【표 3.101】강재 비파괴시험 현황

조사위치		초음파탐상시험	도막두께측정	비고
S1	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S2	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S3	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
합 계		**24**	**36**	
세부지침 기준수량		**24**	**-**	

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

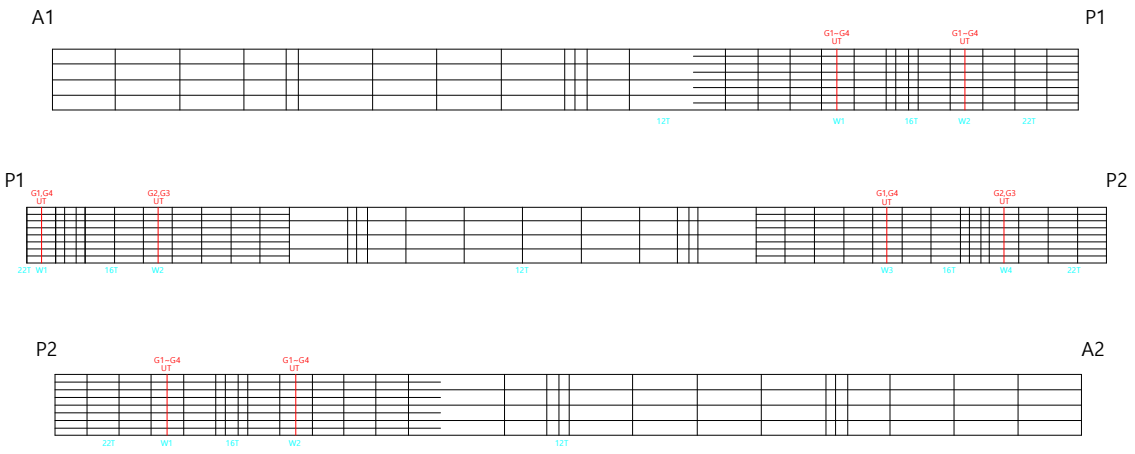
2) 조사 사진

초음파 탐상 검사

도막두께 측정시험

【사진 3.49】강재 내구성조사 전경

3) 강재 내구성조사 위치도



【그림 3.22】강재 내구성조사 위치도

3.5.2 시험내용 및 평가기준

가. 초음파탐상시험(UT : Ultrasonic Testing)

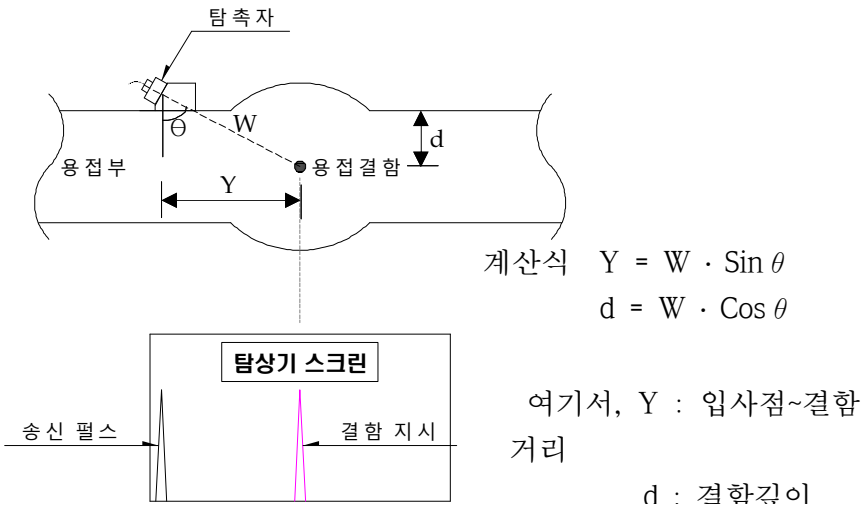
1) 개 요

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

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

2) 방법(사각법)

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



【그림 3.23】초음파탐상(사각법)시험 개요도

3) 특 성

① 시험체가 두꺼워도 검사가 가능하다.
② 불연속의 위치를 정확히 알 수 있다.
③ 검사 결과를 바로 알 수 있다.
④ 균열 등의 면상 결함의 검출에는 방사선투과검사보다 유리하다.
⑤ 시험체 한면에서의 탐상이 가능하다.
⑥ 결함의 종류 및 형상, 크기를 식별하기 어렵다.
⑦ 금속 조직의 영향을 많이 받는다.
⑧ 검사자의 기량에 의해 검사 결과가 영향을 받는다.
⑨ 검사 결과의 기록 보존이 어렵다.

4) 평가기준

초음파탐상검사 방법 및 결함지시에 대한 등급 분류는 아래 표와 같다.

【표 3.102】결함의 등급 분류

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

※ 강도로교 용접 및 도장요령(1998, 건설교통부) 참조
※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(2006. 12, 한국시설안전기술공단) 참조

5) 판정기준

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

【표 3.103】용접부 결함의 합·부 판정기준

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

나. 강재 도막두께 측정(Dry Film Thickness Measurement)

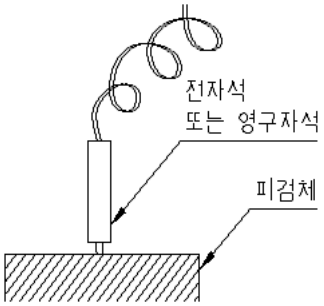
1) 개 요

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

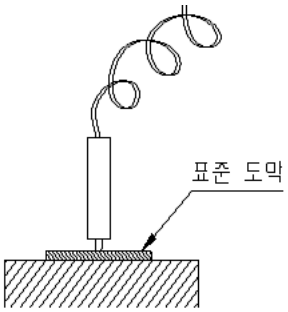
측정은 강박스 거더의 내부와 외부로 구분하였으며, 한 개소당 3회씩 측정하여 평균값을 도막두께로 취하였다.

2) 측정원리

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



【그림 3.24】 Gauge 영점조정



【그림 3.25】 Gauge 초기화(Calibration)

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

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

3) 평가기준

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

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

【표 3.104】 일반환경용 중방식 도장(공사시방서)

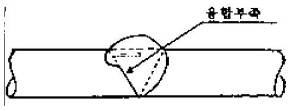
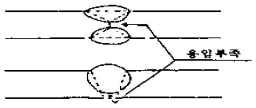
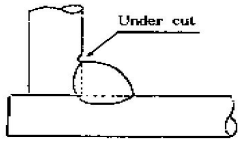
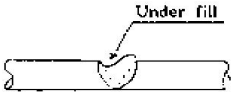
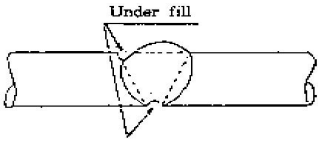
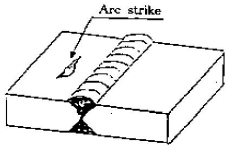
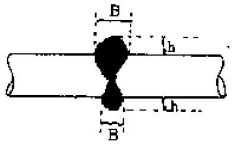
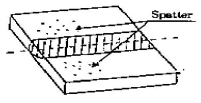
도장부위	표면처리	도장순서	도료형태	건조도막 두께(㎛)
거더 외부	준 나금속블라스트 세정(SA 2.5)	1차	무기질계 도료	50
		2차	염화고무계 중도	60
		3차	염화고무계 상도	30
		4차	염화고무계 상도	30
		계		170
거더 내부	준 나금속블라스트 세정(SA 2.5)	1차	무기질계 도료	100~150
		계		150

【표 3.105】 일반환경용 중방식 도장(현 시방기준)

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

3.5.3 용접부에 발생하는 대표적인 결함

【표 3.106】용접부에 발생하는 대표적인 결함

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

3.5.4 시험결과 및 분석

가. 초음파탐상시험

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

【표 3.107】초음파탐상(UT) 시험결과

시험위치	모재두께	각도	위치		결함발생 현황	등급	합격여부		비 고
			x	y			합격	불합격	
S1 - 주형1 - W1	12+16	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		천안 방향
S1 - 주형1 - W2	16+22	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S1 - 주형2 - W1	12+16	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S1 - 주형2 - W2	16+22	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형1 - W1	22+16	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형1 - W3	12+16	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형2 - W2	16+12	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형2 - W4	16+22	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형1 - W1	22+16	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형1 - W2	16+12	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형2 - W1	22+16	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형2 - W2	16+12	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S1 - 주형3 - W1	12+16	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		논산 방향
S1 - 주형3 - W2	16+22	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S1 - 주형4 - W1	12+16	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S1 - 주형4 - W2	16+22	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형3 - W2	16+12	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형3 - W4	16+22	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형4 - W1	22+16	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형4 - W3	12+16	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		

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

【표 3.107】 초음파탐상(UT) 시험결과(계속)

시험위치	모재두께	각도	위치		결함발생 현황	등급	합격여부		비 고
			x	y			합격	불합격	
S3 - 주형3 - W1	22+16	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		논산 방향
S3 - 주형3 - W2	16+12	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형4 - W1	22+16	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형4 - W2	16+12	70	0	2080	결함지시 없음	1	V		
주) 합격기준 : 2급 이상(인장 및 교번하중 작용부재), 3급 이상(압축 및 전단응력 작용부재)									

나. 강재 도막두께 측정결과

도막두께 측정결과, 실측도막두께(외부 245～314㎛, 내부 230～275㎛)가 표준도막두께(외부 215㎛, 내부 175㎛)를 모두 상회하는 것으로 조사되어 양호한 상태로 측정되었다.

【표 3.108】 강재 도막두께 측정결과

시험위치			실측 도막두께(㎛)			평균 (㎛)	평 가
			1회	2회	3회		
천안 방향	S1	G1-RW(내부)	212	197	208	206	양호
		G2-LW(외부)	243	220	240	234	양호
	S2	G1-RW(내부)	200	221	204	208	양호
		G2-LW(외부)	261	245	245	250	양호
	S3	G1-RW(내부)	196	209	201	202	양호
		G2-LW(외부)	246	227	238	237	양호
논산 방향	S1	G3-RW(내부)	217	198	200	205	양호
		G4-LW(외부)	245	230	231	235	양호
	S2	G3-RW(내부)	201	218	203	207	양호
		G4-LW(외부)	227	248	231	235	양호
	S3	G3-RW(내부)	199	203	189	197	양호
		G4-LW(외부)	226	248	228	234	양호

3.6 현장조사 및 시험 결과요약

3.6.1 현장조사 결과

가. 천안방향

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.109】금회 진단 외관조사 결과 요약

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판		• 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 콘크리트 바닥판에 폭 0.1~0.2mm의 균열이 조사되었으며, 일부구간 폭 0.3mm 이상 균열이 발생하였다. • 교량의 외측 캔틸레버에 들뜸 및 박락, 파손, 백태, 철근노출 등이 조사되었고, 녹물이 발생한 상태이다.	• 균열은 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단됨. 주의관찰 후 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직함. • 파손 및 철근노출 구간은 캔틸레버 하면에서 누수되는 비산수 및 피복부족으로 인해 발생된 것으로 판단됨. 부재의 내구성 확보차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구됨.
거더	내부	• 일부 부식, 우수유입흔적	• 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로 추정되며, 현재 경미한 상태로 확인됨. 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인 후 조치가 요구됨. • 스플라이스 틈으로 유입된 우수는 추가 우수유입 및 거더의 부식 발생 방지를 위하여 실링재 마감을 실시하는 것이 바람직함.
	외부	• 일부 부식, 도장박리	• 부식은 시공당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 손상은 현재 경미한 상태이므로 주의관찰 후 조치. • 도장손상은 장기 공용, 외부충격에 의한 열화로, 전면적 대비 일부 손상으로 손상의 진전시 재도장 등의 조치가 필요함.
가로보 및 세로보		• 경미한 부식, 도장긁힘	• 부식은 시공 당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 현재 경미한 상태이므로 주의관찰.
교대		• 폭 0.3㎜ 미만 균열, 백태 • 국부적인 콘크리트 박락 • 우수유입에 의한 누수흔적	• 구조물의 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보 차원의 보수 필요함 • 주로 신축이음부를 통한 우수유입이 주원인으로 방치 시 콘크리트 열화 및 강재 부식을 유발하므로 주의관찰 후 조치필요.
교각		• 폭 0.3㎜ 이하 균열, 콘크리트 들뜸	• 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열로 안전성에는 문제가 없으나 손상의 진전시 내구성 확보차원의 보수 필요함. 콘크리트 들뜸은 주의관찰 실시.

【표 3.109】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	• 받침콘크리트 폭 0.3㎜ 미만의 균열, 박락 및 철근노출 • 플레이트 부식, 볼트 부식	• 공용년수 경과에 의한 노후화로 인해 발생된 균열, 박락으로서 내구성 확보를 위한 보수 필요함. • 받침 가동에는 문제가 없는 상태로 지속적인 주의관찰 후 장기적인 대책 수립 필요함.
신축이음	• 후타재 균열 • 본체 부식, 이물질퇴적	• 후타재 균열은 시공초기 건조수축과 반복적인 윤하중에 의한 것으로 내구성 확보차원의 보수 필요함 • 끝단에 발생한 부식은 퇴적된 이물질에 의하여 장기간 체수가 지속됨에 따라 발생한 것으로, 주기적인 정비가 필요함.
교면포장	• 아스콘 균열 및 패임, 탈락	• 통행차량의 주행성 저하를 유발하는 정도는 아니므로 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰 후 장기적인 대책 수립 필요함
배수시설	• 배수구 막힘 • 연결핀 부식	• 배수시설의 기능에는 문제가 없으나 주의관찰 후 사용성 확보 차원에서 보수 필요함.
난간 (방호벽)	• 폭 0.3㎜이하의 균열, 균열부백태, 박락 발생	• 교량의 안전성에 영향이 없는 부재이나 내구성 및 미관 확보를 위한 보수 필요함.

2) 기 점검(2017년 12월 정기점검) 결과와의 비교

【표 3.110】기 점검 외관조사 결과 비교

구 분	2017년 12월 점검결과	금회 진단결과	비 고
바닥판	· 바닥판 균열, 백태, 들뜸, 파손, 박리, 박락 및 철근노출(철근부식)	• 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 콘크리트 바닥판에 폭 0.1~0.2mm의 균열이 조사되었으며, 일부구간 폭 0.3mm 이상 균열이 발생하였다. • 교량의 외측 캔틸레버에 들뜸 및 박락, 파손, 백태, 철근노출 등이 조사되었고, 녹물이 발생한 상태이다.	
거더, 가로보 및 세로보	· 내·외부 도장손상, 부식, 볼트부식, 우수유입흔적	• 일부 부식, 우수유입흔적 • 도장박리, 도장긁힘	
하부구조	· 균열(폭 0.3mm이하), 콘크리트 박락 및 철근노출, 누수흔적, 재료분리, 백태	• 폭 0.3㎜ 이하 균열, 백태 • 콘크리트 들뜸, 박락 • 우수유입에 의한 누수흔적	
교량받침	· 받침콘크리트 들뜸, 박락 및 철근노출, 몰탈 균열, 플레이트 부식	• 받침콘크리트 폭 0.3㎜ 미만의 균열, 박락 및 철근노출 • 플레이트 부식, 볼트 부식	
신축이음	· 본체 부식, 후타재 균열	• 후타재 균열 • 본체 부식, 이물질퇴적	
교면포장	· 아스콘 균열, 망상균열, 패임 · 접속부 아스콘 균열, 탈락, 망상균열	• 아스콘 균열 및 패임, 탈락	
기타부재	· 방호울타리 균열, 박락, 차수판 볼트탈락, 충돌흔적, 철근부식 · 배수구 이물질퇴적, 배수관 볼트탈락	• 방호벽 폭 0.3㎜이하의 균열, 균열부 백태, 박락 발생 • 배수구 막힘 • 연결핀 부식	
검토의견	• 기 점검(2017년 12월)결과와 비교시 대부분의 부재에서 손상이 추가로 발생하였고, 추가발생한 부분은 장비를 이용한 근접조사로 인한 것으로 대부분의 손상은 미보수된 상태임. • 대부분의 부재에서 손상이 증가된 상태로서 내구성 확보와 유지관리차원의 보수가 필요함.		

나. 논산방향

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.111】 금회 진단 외관조사 결과 요약

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판		• 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 콘크리트 바닥판에 폭 0.1~0.2mm의 균열이 조사됨. • 교량의 외측 캔틸레버에 파손 및 철근노출, 백태가 조사됨.	• 균열은 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단됨. 주의관찰 후 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직함. • 파손 및 철근노출 구간은 캔틸레버 하면에서 누수되는 비산수 및 피복부족으로 인해 발생된 것으로 판단됨. 부재의 내구성 확보차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구됨.
거더	내부	• 일부 부식, 도장박리, 이물질퇴적	• 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로 추정되며, 현재 경미한 상태로 확인됨. 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인 후 조치가 요구됨. • 스플라이스 틈으로 유입된 우수는 추가 우수유입 및 거더의 부식 발생 방지를 위하여 실링재 마감을 실시하는 것이 바람직함.
	외부	• 일부 부식, 도장긁힘, 볼트부식	• 부식은 시공당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 손상은 현재 경미한 상태이므로 주의관찰 후 조치. • 도장손상은 장기 공용, 외부충격에 의한 열화로, 전면적 대비 일부 손상으로 손상의 진전시 재도장 등의 조치가 필요함.
가로보 및 세로보		• 경미한 부식, 도장박리	• 부식은 시공 당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 현재 경미한 상태이므로 주의관찰.
교대		• 폭 0.3㎜ 이하 균열, 백태 • 국부적인 콘크리트 들뜸, 박락 • 우수유입에 의한 체수	• 구조물의 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보 차원의 보수 필요함 • 주로 신축이음부를 통한 우수유입이 주원인으로 방치 시 콘크리트 열화 및 강재 부식을 유발하므로 주의관찰 후 조치필요.
교각		• 폭 0.3㎜ 이하 균열, 망상균열	• 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열로 안전성에는 문제가 없으나 손상의 진전시 내구성 확보차원의 보수 필요함.

【표 3.111】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	• 받침콘크리트 폭 0.3㎜ 미만의 균열, 들뜸 • 플레이트 부식, 볼트 부식	• 공용년수 경과에 의한 노후화로 인해 발생된 균열, 들뜸으로서 내구성 확보를 위한 보수 필요함. • 받침 가동에는 문제가 없는 상태로 지속적인 주의관찰 후 장기적인 대책 수립 필요함.
신축이음	• 후타재 균열 • 본체 이물질퇴적	• 후타재 균열은 시공초기 건조수축과 반복적인 윤하중에 의한 것으로 내구성 확보차원의 보수 필요함 • 끝단에 퇴적된 이물질에 의하여 장기간 체수가 지속됨에 따라 부식이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비가 필요함.
교면포장	• 아스콘 균열 및 패임	• 통행차량의 주행성 저하를 유발하는 정도는 아니므로 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰 후 장기적인 대책 수립 필요함
배수시설	• 배수구 막힘 • 고정볼트 탈락	• 배수시설의 기능에는 문제가 없으나 주의관찰 후 사용성 확보 차원에서 보수 필요함.
난간 (방호벽)	• 폭 0.3㎜이하의 균열, 균열부백태, 박락, 차수판 볼트탈락 및 파손 발생	• 교량의 안전성에 영향이 없는 부재이나 내구성 및 미관 확보를 위한 보수 필요함.

2) 기 점검(2017년 12월 정기점검) 결과와의 비교

【표 3.112】기 점검 외관조사 결과 비교

구 분	2017년 12월 점검결과	금회 진단결과	비 고
바닥판	· 바닥판 균열, 백태, 들뜸, 파손, 박리, 박락 및 철근노출(철근부식)	• 폭 0.1~0.2mm의 균열이 조사됨. • 교량의 외측 캔틸레버에 파손 및 철근 노출, 백태가 조사됨.	
거더, 가로보 및 세로보	· 내·외부 도장손상, 부식, 볼트부식, 우수유입흔적	• 일부 부식, 볼트부식 • 도장박리, 도장긁힘 • 이물질퇴적	
하부구조	· 균열(폭 0.3mm이하), 콘크리트 박락 및 철근노출, 누수흔적, 재료분리, 백태	• 폭 0.3㎜ 이하 균열, 망상균열, 백태 • 국부적인 콘크리트 들뜸, 박락 • 우수유입에 의한 체수	
교량받침	· 받침콘크리트 들뜸, 박락 및 철근노출, 몰탈 균열, 플레이트 부식	• 받침콘크리트 폭 0.3㎜ 미만의 균열, 들뜸 • 플레이트 부식, 볼트 부식	
신축이음	· 본체 부식, 후타재 균열	• 후타재 균열 • 본체 이물질퇴적	
교면포장	· 아스콘 균열, 망상균열, 패임 · 접속부 아스콘 균열, 탈락, 망상균열	• 아스콘 균열 및 패임	
기타부재	· 방호울타리 균열, 박락, 차수판 볼트탈락, 충돌흔적, 철근부식 · 배수구 이물질퇴적, 배수관 볼트탈락	• 방ㅎ벽 폭 0.3㎜이하의 균열, 균열부 백태, 박락, 차수판 볼트탈락 및 파손 발생 • 배수구 막힘 • 고정볼트 탈락	
검토의견	• 기 점검(2017년 12월)결과와 비교시 대부분의 부재에서 손상이 추가로 발생하였고, 추가발생한 부분은 장비를 이용한 근접조사로 인한 것으로 대부분의 손상은 미보수된 상태임. • 대부분의 부재에서 손상이 증가된 상태로서 내구성 확보와 유지관리차원의 보수가 필요함.		

3.6.2 시험 및 측정 결과

가. 천안방향

1) 금회 진단 내구성조사 결과요약

【표 3.113】 금회 진단 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
비파괴 강도 (㎫)	상부 구조	반발경도	29.8～31.0	27.0	■ 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	30.4～31.8		
	하부 구조	반발경도	26.2～26.9	24.0	■ 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	27.8～28.6		
철근탐사 (㎜)	상부 구조	배근간격	100~250	150~250	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	35~93	40	
	하부 구조	배근간격	100~209	100~200	
		피복두께	73~96	100	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		30.0~31.0		■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		62.5~75.0		
염화물 함유량 시험 (kg/㎥)	상부구조		0.2489~0.2761		■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.
	하부구조		0.0611		
초음파 탐상시험 (개소)	거더내부		1등급: 12개소		■ 맞대기이음부의 용접상태는 양호함.
도막두께 측정결과 (㎛)	거더외부		234~250	215	■ 표준도막두께를 상회함.
	거더내부		202~208	175	
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. • 탄산화 깊이측정 및 염화물 함유량시험 결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 양호한 상태로 판단됨. • 초음파탐상 시험 및 도막두께측정 결과, 전 개소에서 맞대기이음부의 용접상태 및 도막두께는 양호한 것으로 판단됨				

2) 기 진단(2013년 정밀안전진단) 결과 비교

【표 3.114】기 진단 내구성조사 결과비교

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			'13년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
비파괴 강도 (㎫)	상부 구조	반발경도	27.1～27.8	29.8～31.0	■공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨
		초음파	27.0～27.3	30.4～31.8	
	하부 구조	반발경도	24.2～24.6	26.2～26.9	
		초음파	23.9～24.9	27.8～28.6	
철근탐사 (㎜)	상부 구조	배근간격	95～260	100~209	■배근간격이 유사한 것으로 탐사됨.
		피복두께	34～63	40~93	
	하부 구조	배근간격	95～210	103~205	
		피복두께	53～118	79~96	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		30.0～43.0	30.0～31.0	■측정위치의 상이함으로 다소 차이가 있지만, 잔여깊이가 30㎜이상 'a등급'으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		43.0～49.0	62.5～75.0	
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부구조		0.158	0.2489～0.2761	■측정위치의 상이함으로 다소 차이가 있지만, 염화물 함유량은 0.3kg/㎥ 이하로 확인되어 철근의 부식환경은 없는 상태로 확인됨.
	하부구조		0.091～0.136	0.0611	
초음파 탐상시험 (개소)	거더내부		1등급: 12개소	1등급: 12개소	■전 개소에서 균열, 기공, 슬래그, 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사됨
도막두께 측정결과 (㎛)	거더외부		235~242	234~250	■도막두께측정 비교결과, 유사한 것으로 측정됨.
	거더내부		202~207	202~208	
종합 평가	• 콘크리트 및 강재 비파괴시험 비교결과, 측정 및 시험위치의 상이함으로 일부 시험에서 다소 차이가 있지만, 전반적으로 비파괴시험 기준을 상회하는 양호한 상태로 판단된다.				

나. 논산방향

1) 금회 진단 내구성조사 결과요약

【표 3.115】 금회 진단 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
비파괴 강도 (㎫)	상부 구조	반발경도	28.9～31.6	27.0	■ 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	29.9～31.7		
	하부 구조	반발경도	26.2～26.9	24.0	■ 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	27.7～28.1		
철근탐사 (㎜)	상부 구조	배근간격	133~300	150~300	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	38~100	40	
	하부 구조	배근간격	103~205	73~86	
		피복두께	79~96	50~100	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		30.0~32.5		■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		59.5~70.0		
염화물 함유량 시험 (kg/㎥)	상부구조		0.2512		■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.
	하부구조		0.0792~0.1313		
초음파 탐상시험 (개소)	거더내부		1등급: 12개소		■ 맞대기이음부의 용접상태는 양호함.
도막두께 측정결과 (㎛)	거더외부		234~235	215	■ 표준도막두께를 상회함.
	거더내부		197~207	175	
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. • 탄산화 깊이측정 및 염화물 함유량시험 결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 양호한 상태로 판단됨. • 초음파탐상 시험 및 도막두께측정 결과, 전 개소에서 맞대기이음부의 용접상태 및 도막두께는 양호한 것으로 판단됨				

2) 기 진단(2013년 정밀안전진단) 결과 비교

【표 3.116】기 진단 내구성조사 결과비교

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			'13년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
비파괴 강도 (㎫)	상부 구조	반발경도	27.1～27.5	28.9～31.6	■공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨
		초음파	27.1～27.4	29.9～31.7	
	하부 구조	반발경도	24.2～25.5	26.2～26.9	
		초음파	24.3～25.2	27.7～28.1	
철근탐사 (㎜)	상부 구조	배근간격	95～255	133~300	■배근간격이 유사한 것으로 탐사됨.
		피복두께	37～63	38~100	
	하부 구조	배근간격	95～210	103~205	
		피복두께	40～130	79~96	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		32.0～33.0	30.0～32.5	■측정위치의 상이함으로 다소 차이가 있지만, 잔여깊이가 30㎜이상 'a등급'으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		94.0～95.0	59.5～70.0	
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부구조		0.136	0.2512	■측정위치의 상이함으로 다소 차이가 있지만, 염화물 함유량은 0.3kg/㎥ 이하로 확인되어 철근의 부식환경은 없는 상태로 확인됨.
	하부구조		0.181	0.0792～0.1313	
초음파 탐상시험 (개소)	거더 내부		1등급: 12개소	1등급: 12개소	■전 개소에서 균열, 기공, 슬래그, 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사됨
도막두께 측정결과 (㎛)	거더외부		234~240	234~235	■도막두께측정 비교결과, 유사한 것으로 측정됨.
	거더내부		206~212	197~207	
종합 평가	• 콘크리트 및 강재 비파괴시험 비교결과, 측정 및 시험위치의 상이함으로 일부 시험에서 다소 차이가 있지만, 전반적으로 비파괴시험 기준을 상회하는 양호한 상태로 판단된다.				

제 4장 시설물의 상태평가

4.1 개 요

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.3 상태평가 결과

제 4장 시설물의 상태평가

4.1 개요

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

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

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.2.1 부재별 상태평가 적용범위

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

【표 4.1】부재별 상태평가 적용 범위

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

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

4.2.2 구조형식에 따른 부재별 가중치

【표 4.2】 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

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

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

4.2.3 상태평가 결과 결정

가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

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

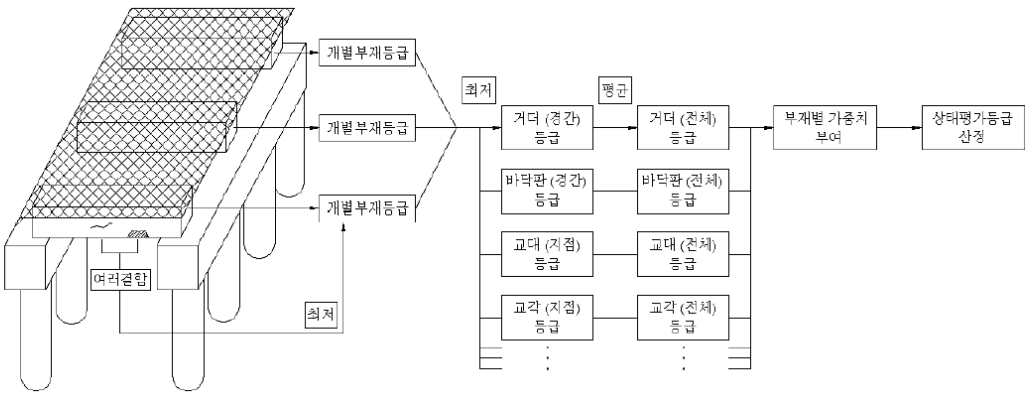
나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

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

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

【표 4.3】 결함도 점수 범위에 따른 기준

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



【그림 4.1】 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법

4.3 상태평가 결과

4.3.1 천안방향

가. 각 부재별 상태평가 결과

1) 콘크리트 바닥판

【표 4.4】 콘크리트 바닥판 상태평가 결과(천안방향)

구분	1방향 균열				2방향 균열				열화 및 손상				평가 결과
	균열폭 (㎜)		균열율 (%)		균열폭 (㎜)		균열율 (%)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	2% 미만	c	c
S2	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S3	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b

2) 거더(강박스거더)

【표 4.5】 거더 상태평가 결과(천안방향)

구분	모재 및 연결부 손상								열화 및 손상				평가 결과
	부재 균열		변형, 파단		연결 볼트 이완, 탈락		용접연결부 결함		도장탈락 면적(%)		부식발생 면적(%)		
S1	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
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	10%미만	c	c

3) 가로보 및 세로보

【표 4.6】 가로보 및 세로보 상태평가 결과(천안방향)

구분	모재 및 연결부 손상								열화 및 손상				평가 결과
	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	2%미만	b	a
S2	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	2%미만	b	a
S3	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b

4) 교대 및 교각

① 콘크리트 교대

【표 4.7】 콘크리트 교대 상태평가 결과(천안방향)

구분	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
	균열폭 (㎜)		변위		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
A1	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
A2	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b

② 콘크리트 교각

【표 4.8】 콘크리트 교각 상태평가 결과(천안방향)

구분	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
	균열폭 (㎜)		변위		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
P1	0.3	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
P2	0.1	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b

5) 기초

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

【표 4.9】 기초 상태평가 결과(천안방향)

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
A2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q

6) 교량받침

【표 4.10】 교량받침 상태평가 결과(천안방향)

구분	받침 본체		받침 콘크리트				평가결과
	강재받침		균열폭(㎜)		박리, 탈락, 파손 등		
A1	부식	b	0.1	b	박락 및 철근노출	c	c
P1	없음	a	없음	a	없음	a	a
P2	부식	b	없음	a	없음	a	b
A2	도장박리, 부식	b	없음	a	없음	a	b

7) 신축이음

【표 4.11】 신축이음 상태평가 결과(천안방향)

구분	본 체		후타재				평가결과
			균열		박리, 박락, 파손 등		
EXP.J1 (A1)	토사퇴적	b	없음	a	없음	a	b
EXP.J2 (A2)	본체 부식, 토사퇴적	c	없음	a	없음	a	c

8) 교면포장

【표 4.12】 교면포장 상태평가 결과(천안방향)

구분	포장불량				배 수		평가결과
	포장불량 면적 (%)		포장손상에 따른 주행성 및 통행성				
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

9) 배수시설

【표 4.13】 배수시설 상태평가 결과(천안방향)

구 분	평가내용	평가결과
S1	이물질퇴적	b
S2	없음	a
S3	부식	c

10) 난간 및 연석

【표 4.14】 난간 및 연석 상태평가 결과(천안방향)

구분	콘크리트						평가결과
	균열폭 (㎜)		박리, 파손, 철근노출 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S2	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S3	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	c

11) 탄산화

【표 4.15】 탄산화 상태평가 결과(천안방향)

구분		탄산화 잔여 깊이(㎜)	평가기준	평가결과
상부 구조	S1 캔틸레버	30.5	< 탄산화 잔여 깊이 > ·a : 30㎜이상 ·b : 10㎜이상~30㎜미만 ·c : 0㎜이상~10㎜미만 ·d : 0㎜미만	a
	S2 캔틸레버	30.0		a
	S3 캔틸레버	31.0		a
하부 구조	A2 벽체	75.0		a
	P1 기둥부	68.0		a
	P2 기둥부	62.5		a

12) 염화물

【표 4.16】 염화물 상태평가 결과(천안방향)

구분		전염화물 이온량(kg/㎥)	평가기준	평가결과
상부 구조	S1 캔틸레버하면	0.2489	< 전염화물 이온량 > ·a : 염화물 ≤ 0.3kg/㎥ ·b : 0.3kg/㎥ < 염화물 < 1.2kg/㎥ ·c : 1.2kg/㎥ ≤ 염화물 < 2.5kg/㎥ ·d : 염화물 ≥ 2.5kg/㎥	a
	S3 캔틸레버하면	0.2761		a
하부 구조	P2 기둥부	0.0611		a

나. 시설물 전체 상태평가 결과

초봉교의 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, “B등급”으로 산정되었으며, 결함지수가 C등급에 근접한 상태이므로 발생한 손상에 대하여 보수를 실시하여 양호한 상태의 구조물로서 유지관리하는 것이 바람직할 것이다.

【표 4.4】 상태평가 결과표(천안방향)

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
1	STB	c	b	b	b	b	c	b	c	b	q	a	x	a	x
2	STB	b	c	b	b	a	c	x	a	c	q	a	a	x	x
3	STB	b	b	b	b	c	c	x	b	b	q	a	a	a	a
4	STB							c	b	b	q	x	a	x	x
평균		0.267	0.267	0.200	0.200	0.233	0.400	0.300	0.225	0.250	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치 합		0.048	0.053	0.010	0.014	0.007	0.008	0.027	0.020	0.050	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001

결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도 지수(0.245) ≤ 0.260

0.245
B

다. 기 진단결과 비교

상태평가 결과, 상태기준은 “B”로 동일한 상태로 평가되었으며, 2013년 정밀안전진단 이후 신축이음 교체 등의 보수를 실시하여, 환산결함도 점수가 0.251 ⇨ 0.245로 다소 감소한 것으로 분석되었다.

4.3.2 논산방향

가. 각 부재별 상태평가 결과

1) 콘크리트 바닥판

【표 4.18】 콘크리트 바닥판 상태평가 결과(논산방향)

구분	1방향 균열				2방향 균열				열화 및 손상				평가 결과
	균열폭 (㎜)		균열율 (%)		균열폭 (㎜)		균열율 (%)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	2%미만	c	c
S2	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S3	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b

2) 거더(강박스거더)

【표 4.19】 거더 상태평가 결과(논산방향)

구분	모재 및 연결부 손상								열화 및 손상				평가 결과
	부재 균열		변형, 파단		연결 볼트 이완, 탈락		용접연결부 결함		도장탈락 면적(%)		부식발생 면적(%)		
S1	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
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

3) 가로보 및 세로보

【표 4.20】 가로보 및 세로보 상태평가 결과(논산방향)

구분	모재 및 연결부 손상								열화 및 손상				평가 결과
	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	10% 미만	b	2%미만	b	b

4) 교대 및 교각

① 콘크리트 교대

【표 4.21】 콘크리트 교대 상태평가 결과(논산방향)

구분	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
	균열폭 (㎜)		변위		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
A1	0.3	c	없음	a	2% 미만	b	2% 미만	c	b
A2	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c

① 콘크리트 교각

【표 4.22】 콘크리트 교각 상태평가 결과(논산방향)

구분	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
	균열폭 (㎜)		변위		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
P1	0.3	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
P2	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b

5) 기초

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

【표 4.23】 기초 상태평가 결과(논산방향)

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
A2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q

6) 교량받침

【표 4.24】 교량받침 상태평가 결과(논산방향)

구분	받침 본체		받침 콘크리트				평가결과
	강재받침		균열폭(㎜)		박리, 탈락, 파손 등		
A1	부식	b	0.2	b	들뜸	c	c
P1	부식	b	없음	a	없음	a	b
P2	부식	b	0.1	b	없음	a	b
A2	부식	b	없음	a	파손	b	b

7) 신축이음

【표 4.25】 신축이음 상태평가 결과(논산방향)

구분	본 체		후타재				평가결과
			균열		박리, 박락, 파손 등		
EXP.J1 (A1)	토사퇴적	b	0.2	b	없음	a	a
EXP.J2 (A2)	토사퇴적	b	0.2	b	없음	a	b

8) 교면포장

【표 4.26】 교면포장 상태평가 결과(논산방향)

구분	포장불량				배 수		평가결과
	포장불량 면적 (%)		포장손상에 따른 주행성 및 통행성				
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

9) 배수시설

【표 4.27】 배수시설 상태평가 결과(논산방향)

구 분	평가내용	평가결과
S1	이물질퇴적	b
S2	이물질퇴적	b
S3	고정볼트 탈락	b

10) 난간 및 연석

【표 4.28】 난간 및 연석 상태평가 결과(논산방향)

구분	콘크리트						평가결과
	균열폭 (㎜)		박리, 파손, 철근노출 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S2	0.3	c	10% 미만	b	없음	a	c
S3	0.3	c	없음	a	2% 미만	c	c

11) 탄산화

【표 4.29】 탄산화 상태평가 결과(논산방향)

구분		탄산화 잔여 깊이(㎜)	평가기준	평가결과
상부 구조	S1 캔틸레버	32.5	< 탄산화 잔여 깊이 > ·a : 30㎜이상 ·b : 10㎜이상~30㎜미만 ·c : 0㎜이상~10㎜미만 ·d : 0㎜미만	a
	S2 캔틸레버	30.0		a
	S3 캔틸레버	30.0		a
하부 구조	A1 흉벽	64.5		a
	P1 기둥부	70.0		a
	P2 기둥부	59.5		a

12) 염화물

【표 4.30】 염화물 상태평가 결과(논산방향)

구분		전염화물 이온량(kg/㎥)	평가기준	평가결과
상부 구조	S2 캔틸레버하면	0.2512	< 전염화물 이온량 > ·a : 염화물 ≤ 0.3kg/㎥ ·b : 0.3kg/㎥ < 염화물 < 1.2kg/㎥ ·c : 1.2kg/㎥ ≤ 염화물 < 2.5kg/㎥ ·d : 염화물 ≥ 2.5kg/㎥	a
	P1 기둥부	0.0792		a
하부 구조	P2 기둥부	0.1313		a

나. 시설물 전체 상태평가 결과

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

【표 4.17】 상태평가 결과표(논산방향)

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
1	STB	c	b	a	b	b	c	b	c	c	q	a	a	x	x
2	STB	b	b	a	b	a	c	x	b	c	q	a	a	a	a
3	STB	b	b	b	b	a	c	x	b	b	q	a	a	x	a
4	STB							b	b	b	q	x	x	x	x
평균		0.267	0.200	0.133	0.200	0.133	0.400	0.200	0.250	0.300	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치 합		0.048	0.040	0.007	0.014	0.004	0.008	0.018	0.023	0.060	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001

결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도 지수(0.228) ≤ 0.260

0.228
B

다. 기 진단결과 비교

상태평가 결과, 상태기준은 “B”로 동일한 상태로 평가되었으며, 2013년 정밀안전진단 이후 신축이음 교체 등의 보수가 실시 되었고, 금회 정밀조사로 인한 신규손상으로 환산결함도 점수가 0.218 ⇨ 0.228으로 상향된 것으로 분석되었다.

제 5장 시설물의 안전성 평가

5.1 개 요

5.2 구조해석(천안방향)

5.3 구조해석(논산방향)

5.4 내하력 평가

5.5 안전성평가 등급산정

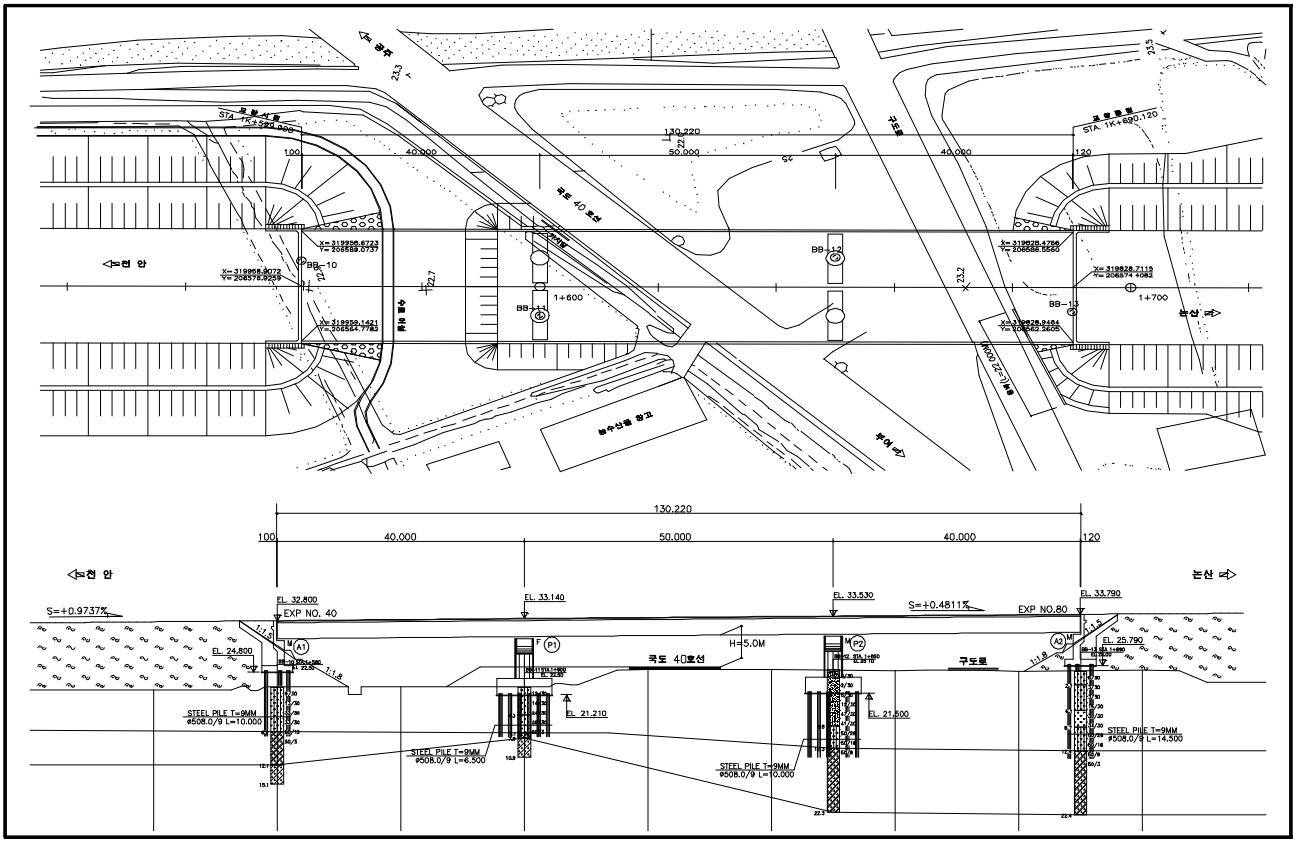
제 5장 시설물의 안전성 평가

5.1 개요

본 과업 대상 교량인 초봉교는 충청남도 공주시 이인면 초봉리에 위치하며 논산천안고속도로상에 있는 교량으로서 총연장 L=130.220m 이다. 상, 하행선 각각 2-Girder 강박스 강합성교로 구성되어 있고 1992년에 준공되어 교명은 장봉교였으며, 후에 초봉교로 개명되었다.

대상교량은 천안방향과 논산방향으로 진행하는 3경간 연속 교량으로 상행선 교폭은 12.435m, 하행선 교폭은 11.865m로 분리되어 있다. 본 과업에서는 상, 하행선 각각에 대해 3경간 연속 2-Girder 강박스 강합성교를 대상으로 구조해석을 수행하였다.

설계활하중 DB-24, DL-24로 현재 보유하고 있는 구조안전성 및 내하력을 평가하기 위해 도로교 설계기준 및 콘크리트 설계기준을 적용하여 대상교량의 구조안전성 및 내하력을 평가하였다.



【그림 5.1】 종·평면도

5.2 구조해석 (천안방향)

5.2.1 구조해석 및 절차

가. 합성전

1) 단면 : 2-Girder

2) 하중 : 강재+바닥판 자중

나. 합성후

1) 단면 : 2-Girder+바닥판

2) 하중 : 합성전 고정하중+2차 고정하중+활하중+건조수축+크리프+온도

5.2.2 교량 제원

가. 교량명 : 초봉교

나. 형식 : Steel Box Girder(합성형교)

다. 교폭 : 24.300 m (천안방향: 12.435m, 논산방향: 11.865m)

라. 교량 : L = 40.100 + 50.000 + 40.120 = 130.220 m

마. 평면선형 : R=2600.000 m

5.2.3 설계기준

가. 설계하중

1) 고정하중 단위질량

- 철근콘크리트 $\gamma_c = 25.0\ \mathrm{kN/m^3}$
- 강재 $\gamma_s = 78.5\ \mathrm{kN/m^3}$
- 아스팔트 $\gamma_{asp} = 23.0\ \mathrm{kN/m^3}$

2) 활하중 : DB-24, DL-24

나. 사용재료의 역학적 특성

1) 강재(SWS490 및 SWS400)

- 허용인장응력 : $f_y = 190$ MPa
- 탄성계수 : $E_s = 2.05 \times 10^5$ MPa

2) 콘크리트

- 설계기준강도 : $f_{ck} = 27$ MPa
- 탄성계수 : $E_c = 27{,}804$ MPa

3) 철근(SD40)

- 항복응력 : $f_y = 400$ MPa
- 탄성계수 : $E_s = 2.0 \times 10^5$ MPa
- 허용응력 : $f_{sa} = 160$ MPa

다. 적용 물성치

구분		설계도서	현장측정	적용	비고
설계 강도		• 준공도면/구조계산서 - 상부: 27.0Mpa - 하부: 24.0Mpa	• 준공도면/구조계산서 - 상부: 28.9~31.6 Mpa - 하부: 26.2~26.9 Mpa	• 비파괴강도 측정값이 설계기준 강도를 상회 하므로 설계기준강도 적용	
철근 간격 / 피복 두께	상부 구조	150~300 / 40	133~300 / 35~100	• 철근배근 및 피복두께는 적반적으로 설계값과 일치하므로 설계값 적용	
	하부 구조	100~200 / 50~100	100~209 / 73~96		

5.2.4 단면특성

대상구간의 강박스 거더의 강성은 아래와 같다.

【표 5.1】 합성전 교량 단면상수

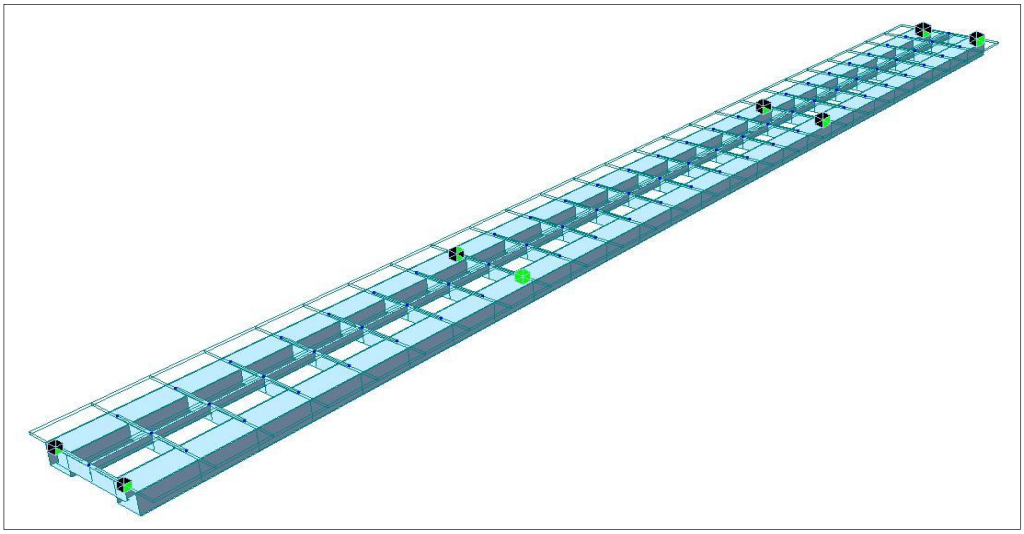
구 분	A(m2)	Ix(m4)	Iy(m4)	Iz(m4)	비고
단면 1	0.125100	0.127763	0.091486	0.108998	
단면 2	0.140700	0.143405	0.107784	0.117786	
단면 3	0.171900	0.167614	0.140118	0.135362	
단면 4	0.024943	0.000001	0.007218	0.000054	가로보
단면 5	0.014812	0.000001	0.001473	0.000032	세로보

【표 5.2】합성후 교량 단면상수

구 분	A(m2)	Ix(m4)	Iy(m4)	Iz(m4)	비고
단면 1	0.319400	0.129800	0.183000	4.234000	
단면 2	0.335000	0.145400	0.213900	4.444900	
단면 3	0.366200	0.169600	0.260100	4.866900	
단면 4	0.024943	0.000001	0.007218	0.000054	가로보
단면 5	0.014812	0.000001	0.001473	0.000032	세로보

5.2.5 해석모델

대상교량의 구조해석모델은 【그림 5.2】와 같다.



【그림 5.2】강박스 거더 구조해석 모델

5.2.6 하중산정

대상교량의 구조안전성검토를 위하여 고려된 하중은 합성전·후 고정하중, 설계활하중(DB-24) 3차로, 온도하중, 콘크리트 바닥판의 건조수축 및 크리프 등이다.

가. 고정하중

고정하중은 합성전 고정하중 및 합성후 고정하중으로 구분하여 적용하였다. 콘크리트 바닥판의 자중은 합성전, 후로 구분하고 횡방향 분배를 계산하여 연직하중 및 모멘트하중으로 치환하였으며, 강재의 자중은 구조해석 프로그램 내에서 자동으로 고려하도록 하였다. 단위

중량 입력시 해석모델에서 제외된 Splice plate, Diapharagm, Stiffner, Bolt 등의 부부재 및 기타 부재의 중량을 고려하여 할증된 단위중량을 적용하였다. 연석 및 포장은 합성후 고정하중으로 고려하였다.

【표 5.3】 강재중량 할증율 산정 결과

구 분	강 종	강재재료표	해석모델 순중량	할증율
Main Girder	SWS490	311.72	288.1	1.082
Cross Beam	SWS400	156.29	54.85	2.849
Stringer	SWS400			
총 계		468.01	342.95	

나. 설계활하중

설계활하중은 DB-24로 최대 단면력을 발생시키는 경우에 대해서 구조검토를 수행하였다. 설계충격계수는 정·부모멘트부 모두 아래의 식으로 계산하여 경간 40m구간에 대해서는 0.1875, 경간 50m구간에 대해서는 0.1667을 사용하였다.

$$i = \frac{15}{40 + L}$$

다. 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 12×10^{-6}으로 한다.

라. 바닥판 콘크리트의 건조수축

합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우(M_{d2}) 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 쓰이는 건조수축 계수 ϕ_1은 2.0을 사용한다.

마. 크리프

합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우(Md2) 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프 계수 ϕ_1은 2.0을 사용한다.

바. 풍하중

상부구조에 작용하는 풍하중은 다음과 같이 산정한다.

【표 5.4】 상부구조에 작용하는 풍하중

단면형상	풍하중	비 고
1≤ B/D ≤ 8	[4.0 - 0.2 × (B / D)] × D ≥ 6	적 용
8 ≤ B/D	2.4 × D ≥ 6	-

하부구조에 작용하는 풍하중은 다음과 같이 산정한다.

【표 5.5】 하부구조에 작용하는 풍하중

부재의 단면 형상		풍하중		비고
		풍상측 부재	풍하측 부재	
원형	활하중 재하시	0.75×10^{-3}	0.75×10^{-3}	
	활하중 비재하시	**1.50×10^{-3}**	1.50×10^{-3}	기둥부 적용
각형	활하중 재하시	1.50×10^{-3}	0.75×10^{-3}	
	활하중 비재하시	**3.00×10^{-3}**	1.50×10^{-3}	코핑부 적용

1) 교축직각방향

① W_{column} = 1.5×10-3 × 3.000 × 1000 = 4.500 kN/m

② $W_{copoing}$ = 3.0×10-3 × 3.000 × 1000 = 9.000 kN/m

2) 교축방향

① W_{column} = 1.5×10-3 × 3.000 × 1000 = 4.500 kN/m

② $W_{copoing}$ = 3.0×10-3 × 3.000 × 1000 = 9.000 kN/m

사. 온도변화에 의한 수평력

상부구조의 온도신축에 의한 변형을 교각 상단에 가했을 때 교각 변위에 의한 수평력과 상부 고정하중에 대한 교량받침의 마찰력 중 최소값을 온도변화에 의한 수평력으로 적용하였다. 강교의 온도변화는 -20~40℃를 표준으로 하기 때문에 가설시 온도를 15℃로 가정하고 교각에 최대 단면력을 유발할 수 있는 최대 온도변화 폭(⊿T)인 35℃을 적용하였다.

1) 상부구조 신축에 의한 수평력

① 온도변화에 의한 수평변위

•$\delta = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$ = $1.2 \times 10\text{-}5 \times 35 \times 50$ = 0.0210 m

여기서, L : 고정단(P1)에서 검토 교각(P2) 위치까지의 거리

ΔT : 연평균 온도변화차 35℃ 적용

② 등가수평력

•$\delta = \frac{P \cdot H^3}{3 \cdot E \cdot I} \Rightarrow P_{h1} = \frac{3 \cdot E \cdot I \cdot \delta}{H^3}$

•$P_{h1} = \frac{3 \cdot E \cdot I \cdot \delta}{H^3}$ = $(3 \times 26986000 \times 3.976 \times 0.0210) / 5.9223$ = 32547.694 kN

여기서, H = 5.922 m

I = 3.976 m4

$E = 8500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 8500 \sqrt[3]{24+8} = 26986\,MPa$

2) 교량받침 마찰에 의한 수평력

① 상부 고정하중 반력

•W = 8520.427 kN

② 교량받침 마찰에 의한 수평력

•Ph2 = $\mu \cdot W$ = 0.05×8520.427 = 426.021 kN

여기서, μ : 불소수지 받침판 받침의 최소 마찰계수 값인 0.05 적용

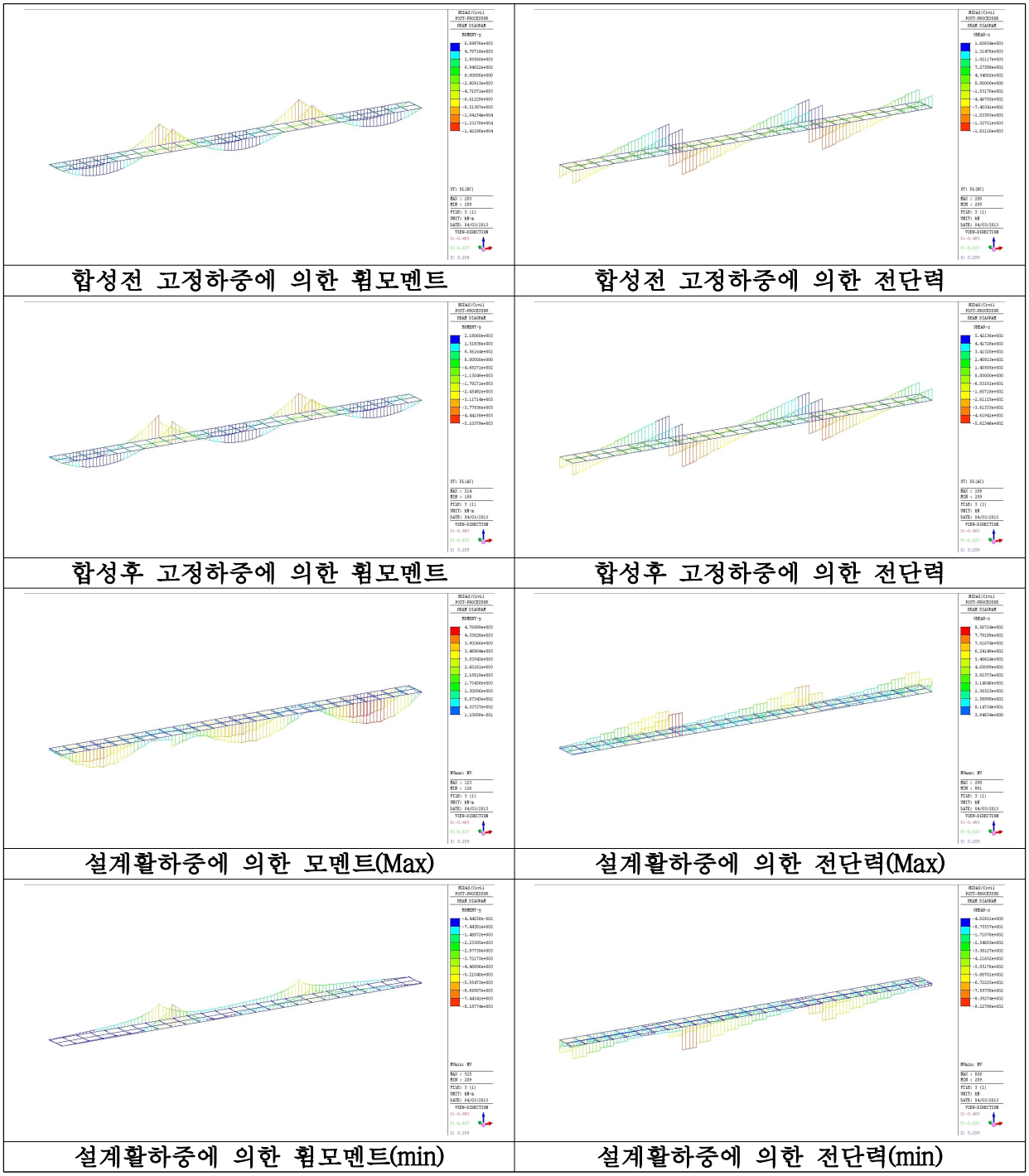
3) 온도변화에 의한 수평력

•PT = Min[Ph1, Ph2] = 426.021 kN

5.2.7 해석결과

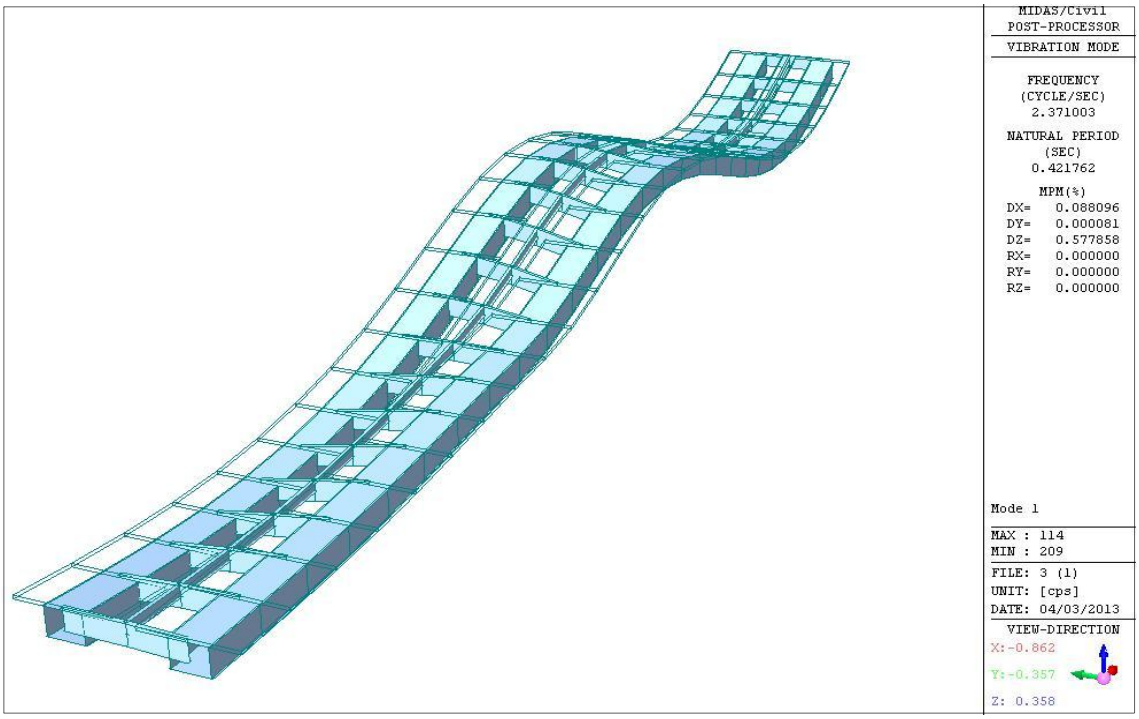
가. 고정하중 및 활하중에 의한 검토

고정하중 및 활하중에 의한 각 하중에 대한 해석결과는 다음 아래와 같다. 박스 거더의 정모멘트부와 부모멘트부에서 각각 발생한 최대 단면력을 【표 5.6】에 나타내었다. 【그림 5.3】에는 강박스 거더의 최대 휨모멘트도를 나타내었다.

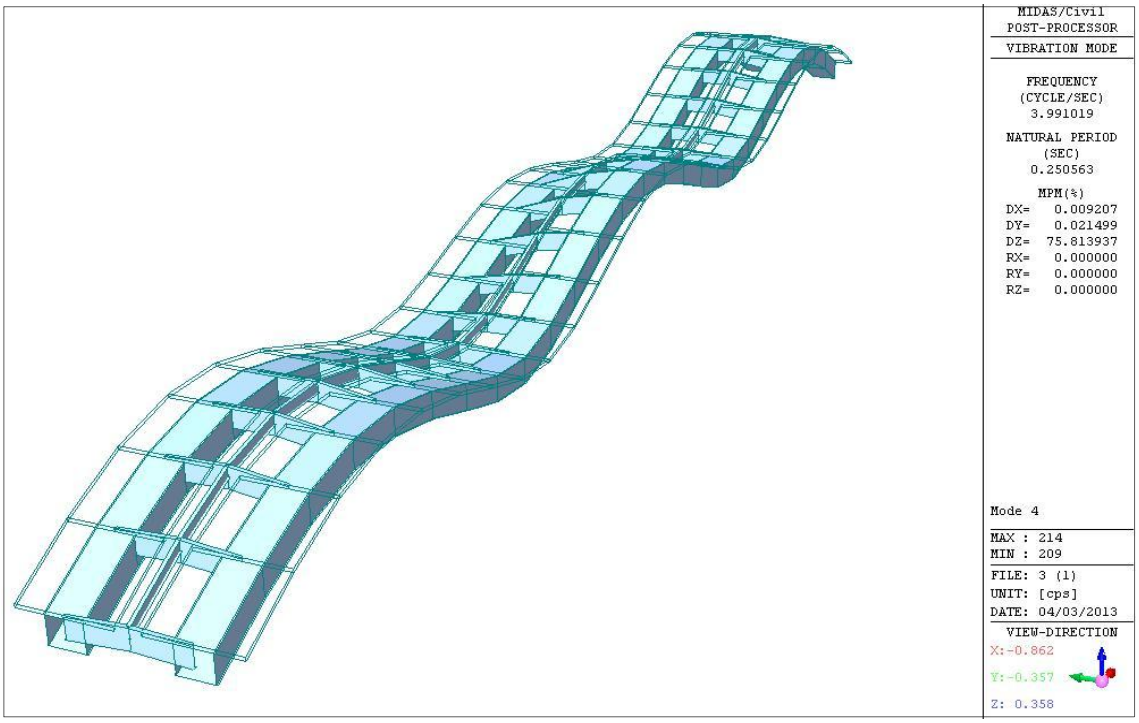


합성전 고정하중에 의한 휨모멘트	합성전 고정하중에 의한 전단력
합성후 고정하중에 의한 휨모멘트	합성후 고정하중에 의한 전단력
설계활하중에 의한 모멘트(Max)	설계활하중에 의한 전단력(Max)
설계활하중에 의한 휨모멘트(min)	설계활하중에 의한 전단력(min)

【그림 5.3】강박스 거더의 하중조건별 부재력도



(a) Mode 1 (f1= 2.3710 Hz)



(b) Mode 4 (f4= 3.9910 Hz)

【그림 5.4】강박스 거더의 고유진동수 해석 결과

【표 5.6】 휨모멘트 산출결과 (kN·m)

구 분		합성전 고정하중	합성후			계		비 고
			고정하중	활하중(충격포함)				
				Max	Min	Max	Min	
제1지간	G1	5631.04	1637.83	4040.91	-922.20	11309.78	6346.67	
중앙부	G2	5842.04	1813.61	3684.15	-382.17	11339.80	7273.48	
제1내부	G1	-13325.15	-3568.60	765.75	-6104.18	-16128.00	-22997.93	
지점부	G2	-14218.60	-5036.37	2285.15	-8187.74	-16969.82	-27442.71	
제2지간	G1	6049.57	2080.43	4147.72	-1005.89	12277.72	7124.11	
중앙부	G2	6177.12	2180.60	4058.23	-902.03	12415.95	7455.69	
제2내부	G1	-13247.84	-4467.29	469.04	-5957.12	-17246.09	-23672.25	
지점부	G2	-13556.07	-4506.09	89.88	-5659.70	-17972.28	-23721.86	
제3지간	G1	5565.76	1764.09	4649.47	-1562.71	11979.32	5767.14	
중앙부	G2	5662.44	1806.98	4645.63	-1548.04	12115.05	5921.38	

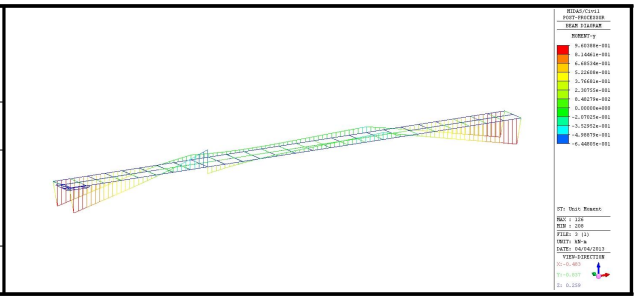
나. 2차 부정정력에 의한 검토 : 건조수축, 크리프 및 온도하중

연속강합성 교량은 고정하중과 활하중에 의한 응력 이외에 크리프 및 건조수축, 강재와 콘크리트의 온도차에 의한 부정정력이 추가로 발생한다. 따라서 부정정력에 의한 2차 모멘트를 산정하기 위하여 해석모델의 양단에 단위모멘트(1.0 kN·m)를 작용시켜 각 절점에 작용되는 영향계수 k값(모멘트)을 산출하였다.

또한 구조물의 준공년도 대비 현재의 재령을 고려할 때 크리프 및 건조수축은 모두 발생하였다고 볼 수 있는바, 크리프 및 건조수축에 의한 응력 산정은 장기손실이 일어난 후로 하여 수행하였다.

【표 5.7】 영향계수 k값 산출결과 요약 (MPa)

절점	절점	절점	절점	절점
105	109	114	119	123
0.32	-0.19	-0.11	-0.22	0.38
절점	절점	절점	절점	절점
205	209	214	219	223
0.27	0.25	-0.10	-0.26	0.38

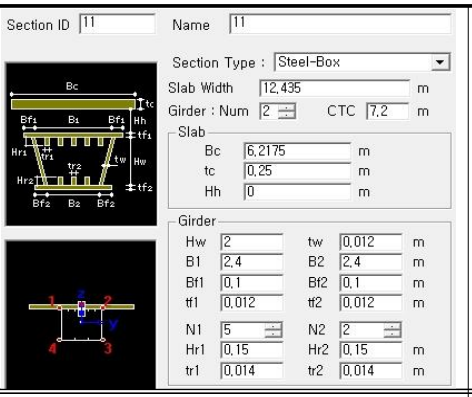


다. 구조안전성 검토결과

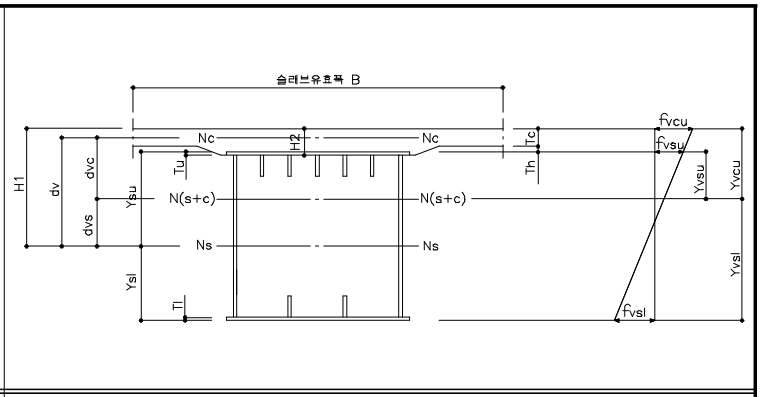
1) 최대 정모멘트부

① 제2지간 중앙부

최대 정모멘트가 작용하는 제2지간 중앙부 거더2(G2) 단면1에 대한 응력검토 세부과정은 다음과 같다.



검토단면(단면1)



사용기호의 정의

【표 5.8】 응력 산정시 입력자료

구 분		단위	입력자료
Es	: 강의 탄성계수	MPa	205000
Ec	: 콘크리트 탄성계수	MPa	27804
εs	: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α	: 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
Φ1	: 크리프에 의한 응력계산에 사용된 크리프계수		2
Φ2	: 건조수축에 의한 응력계산에 사용된 크리프계수		4
n	: 강재와 콘크리트의 탄성계수비		8
n1	: 크리프에 의한 응력의 계산에 사용된 탄성계수비		16
n	: 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용된 탄성계수비		24
t	: 강재와 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms	: 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	6177.120
Msc	: 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2180.600
Mv	: 활하중에 의한 모멘트	kN·m	4058.230
Ss	: 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	28.890
Ssc	: 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	9.930
Sv	: 활하중에 의한 전단력	kN	252.930
Mst	: 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-29.480
Msct	: 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	18.680
Mvt	: 활하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-264.390
k	: 부정정력 산정을 위한 영향계수	kN·m	-0.100

가) 응력 산정

(1)합성전

Is' = As · Y2+ΣIs = 127431371400+26081790466.7 = 153513161867mm⁴

δs = Σ(A · Y)/As = 9870000/133400 = 73.988mm

Is = Is'-As · δs² = 153513161867-133400×73.988² = 152782900247mm⁴

Ysu = H/2+Tu-δs = 2500.0/2+12.0-73.988 = 1188.012mm

Ysl = Ysu-(H+Tu+Tl) = 1188.012-2524.000 = -1335.988mm

F = b · h = ((UL2+UR2+B2)/2+Tw) · (H+Tu/2+Tl/2) = 6053920.0mm²

fsu = Ms · Ysu/Is = 48.032MPa

fsl = Ms · Ysl/Is = -54.015MPa

υ = Ss/A(Web)+Mst/(2 · F · Tw) = 0.821MPa

(2)합성후

Av = As+Ac/n = 318962.5mm²

Ic/n = 966471354mm⁴

dv = Ysu-Tu+Th+Tc/2 = 1301.0mm

dvc = dv · As/(Ac/n+As) = 544.1mm

dvs = dv-dvc = 756.9mm

Yvcu = dvc+Tc/2 = 669.1mm

Yvcl = Yvcu-Tc = 419.1mm

Yvsu = Yvcu-H2+Tu = 431.1mm

Yvsl = Yvsu-(H+Tu+Tl) = -2092.9mm

Iv = Is+Ic/n+As · dvs² +Ac/n · dvc² = 285111149754mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2+UR2+B2)/2+Tw) · (H+(Tu+Tc/n)/2+Tl/2) = 6091576.3mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.640MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.401MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 3.297MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -16.007MPa

υ = Ssc/A(Web)+Msct/(2 · Fv · Tw) = 0.352MPa

(3)활하중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 1.191MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 0.746MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 6.137MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -29.790MPa

υ = Sv/A(Web)+Mvt/(2 · Fv · Tw) = 7.229MPa

(4)크리이프

n1 = n · (1+φ1/2) = 8×(1+2.0/2) = 16

Av1 = As+Ac/n1 = 226181.3mm²

dc1 = dv · As/(Ac/n1+As) = 767.3mm

ds1 = dv-dc1 = 533.7mm

Yv1cu = dc1+Tc/2 = 892.3mm

Yv1cl = Yv1cu-Tc = 642.3mm

Yv1su = Yv1cu-H2+Tu = 654.3mm

Yv1sl = Yv1su-(H+Tu+Tl) = -1869.7mm

Iv1 = Is+Ic/n1+As · ds1² +Ac/n1 · dc1² = 245889819727mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 772235N

Pφ = Nc · 2 · φ1/(2+φ1) = 772235N

Mφ = Pφ · dc1 = 592556893N · mm

Ec1 = Ec/(1+φ1/2) = 13902MPa

fcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.640MPa

fcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.401MPa

fvcu1 = 1/n1 · (Pφ/Av1+k*Mφ · Yv1cu/Iv1)-Ec1 · fcu · φ1/Ec = -0.440MPa

fvcl1 = 1/n1 · (Pφ/Av1+k*Mφ · Yv1cl/Iv1)-Ec1 · fcl · φ1/Ec = -0.197MPa

fvsu1 = Pφ/Av1+k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 3.257MPa

fvsl1 = Pφ/Av1+k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = 3.865MPa

(5)건조수축

n2 = n · (1+φ2/2) = 8×(1+4.0/2) = 24

Av2 = As+Ac/n2 = 195254.167mm²

dc2 = dv · As/(Ac/n2+As) = 888.9mm

ds2 = dv-dc2 = 412.1mm

Yv2cu = dc2+Tc/2 = 1013.9mm

Yv2cl = Yv2cu-Tc = 763.9mm

Yv2su = Yv2cu-H2+Tu = 775.9mm

Yv2sl = Yv2su-(H+Tu+Tl) = -1748.1mm

Iv2 = Is+Ic/n2+As · ds2² +Ac/n2 · dc2² = 224634868788.9mm⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3423628N

Mv2 = P2 · dc2 = 3043150317N · mm

Ec2 = Es · /n2 = 8542MPa

fvcu2 = 1/n2 · (P2/Av2+k*Mv2 · Yv2cu/Iv2)-Ec2 · εs = -1.633MPa

fvcl2 = 1/n2 · (P2/Av2+k*Mv2 · Yv2cl/Iv2)-Ec2 · εs = -1.619MPa

fvsu2 = P2/Av2+k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 16.483MPa

fvsl2 = P2/Av2+k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = 19.902MPa

(6)온도차

$\varepsilon t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$

$P1 = Es \cdot \varepsilon t \cdot Ac/n = 4564838N$

$Mvt = P1 \cdot dvc = 2483835474N \cdot mm$

$fcut = 1/n \cdot (P1/Av+k*Mvt \cdot Yvcu/Iv)-Ec \cdot \varepsilon t = -1.620MPa$

$fclt = 1/n \cdot (P1/Av+K*Mvt \cdot Yvcl/Iv)-Ec \cdot \varepsilon t = -1.593MPa$

$fsut = P1/Av+K*Mvt \cdot Yvsu/Iv = 13.936MPa$

$fslt = P1/Av+K*Mvt \cdot Yvsl/Iv = 16.135MPa$

나) 응력조합 및 검토

(1) 적용 하중조합

【표 5.9】 적용 하중조합

구분	하중조합 정의
LCB 1	합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중
LCB 2	합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중+크리프
LCB 3	합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중+크리프+건조수축
LCB 4	합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중+크리프+건조수축+온도차
LCB 5	합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중+크리프+건조수축-온도차

(2) 허용응력

【표 5.10】 사용재료의 허용응력

구분	허용압축응력	허용인장응력	비고
강재(거더)	190.000 MPa	190.000 MPa	SWS 490
콘크리트(바닥판)	10.800 MPa	1.890 MPa	fck = 27.0 MPa

(3) 응력 검토

시공단계별 하중조건에 대한 응력을 조합한 결과, 최대 정모멘트부(제2지간 중앙부)에서의 휨응력은 허용응력 범위내에서 발생하는 것으로 검토되었다.

【표 5.11】 정모멘트부(제2지간 중앙부) 응력 검토 결과 (MPa)

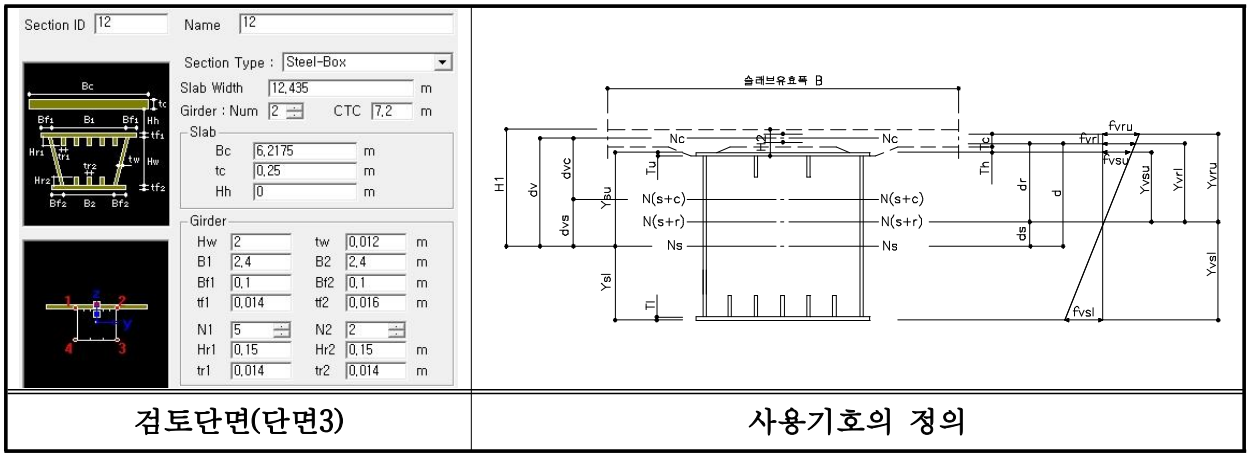
하중조합	콘크리트 바닥판			강재 거더					
	상 연			상 연			하 연		
	발생 응력	허용 응력	검토 결과 (안전율)	발생 응력	허용 응력	검토 결과 (안전율)	발생 응력	허용 응력	검토 결과 (안전율)
LCB 1	1.830	10.800	OK (5.902)	57.466	190.000	OK (3.306)	-99.811	190.000	OK (1.904)
LCB 2	1.390	10.800	OK (7.770)	60.723	218.500	OK (3.598)	-95.947	190.000	OK (1.980)
LCB 3	-0.242	1.890	OK (7.810)	77.206	218.500	OK (2.830)	-76.044	190.000	OK (2.499)
LCB 4	-1.863	2.174	OK (1.167)	91.142	247.000	OK (2.710)	-59.909	218.500	OK (3.647)
LCB 5	1.378	12.420	OK (9.013)	63.270	247.000	OK (3.904)	-92.179	218.500	OK (2.370)

여기서, 1. 부호규약은 압축을 정(+), 인장을 부(-)로 하였음

2) 최대 부모멘트부

① 제1내부 지점부

최대 부모멘트가 작용하는 제1내부 지점부 거더2(G2) 단면3에 대한 응력검토 세부과정은 다음과 같으며 바닥판의 합성작용은 바닥판에서 콘크리트 단면은 무시하고 바닥판 내의 교축방향 철근만을 주거더 단면의 일부로 취급하였다.



검토단면(단면3) 사용기호의 정의

【표 5.12】 응력 산정시 입력자료

구 분		단위	입력자료
Es	: 강의 탄성계수	MPa	205000
Ec	: 콘크리트 탄성계수	MPa	27804
εs	: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α	: 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
Φ1	: 크리프에 의한 응력계산에 사용된 크리프계수		2
Φ2	: 건조수축에 의한 응력계산에 사용된 크리프계수		4
n	: 강재와 콘크리트의 탄성계수비		8
n1	: 크리프에 의한 응력의 계산에 사용된 탄성계수비		16
n2	: 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용된 탄성계수비		24
t	: 강재와 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms	: 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-14218.600
Msc	: 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-5036.370
Mv	: 활하중에 의한 모멘트	kN·m	-8187.740
Ss	: 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1621.100
Ssc	: 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-562.350
Sv	: 활하중에 의한 전단력	kN	-922.800
Mst	: 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-308.080
Msct	: 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-189.310
Mvt	: 활하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-982.010
tou, tcl	: 교축방향 철근의 피복두께(상부, 하부)	mm	60, 40
k	: 부정정력 산정을 위한 영향계수	kN·m	0.250

가) 응력 산정

(1)합성전

Is' = As · Y2+ΣIs = 181148154360+31292918120 = 212441072480mm⁴

δs = Σ(A · Y)/As = -15665760/176760 = -88.627mm

Is = Is'-As · δs² = 212441072480-176760×-88.627² = 211052658606mm⁴

Ysu = H/2+Tu-δs = 2500.0/2+20.0--88.627 = 1358.627mm

Ysl = Ysu-(H+Tu+Tl) = 1358.627-2542.000 = -1183.373mm

F = b · h = ((UL2+UR2+B2)/2+Tw) · (H+Tu/2+Tl/2) = 6080652.0mm²

fsu = Ms · Ysu/Is = -91.531MPa

fsl = Ms · Ysl/Is = 79.724MPa

υ = Ss/A(Web)+Mst/(2 · F · Tw) = 29.129MPa

(2)합성후

Av = As+Ar = 186690mm²

d = Ysu-Tu+Th+tcl+(Tc-tcu-tcl)・Aru/Ar = 1459.627mm

dr = d・As/(As+Ar) = 1381.990mm

ds = d-dr = 77.637mm

Yvru = dr+(Tc-tcu-tcl)・Arl/Ar = 1450.990mm

Yvrl = dr-(Tc-tcu-tcl)・Aru/Ar = 1300.990mm

Yvsu = Yvrl-tcl-Th+Tu = 1280.990mm

Yvsl = Yvsu-(H+Tu+Tl) = -1261.010mm

Irv = Is+As・ds² +Ar・dr² = 231083359021mm⁴

Fv = b・hv = ((UL2+UR2+B2)/2+Tw)・(H+(Tu+Tc/n)/2+Tl/2) = 6118339.5mm²

fvru = Msc・Yvru/Irv = -31.624MPa

fvrl = Msc・Yvrl/Irv = -28.355MPa

fvsu = Msc・Yvsu/Irv = -27.919MPa

fvsl = Msc・Yvsl/Irv = 27.483MPa

υ = Ssc/A(Web)+Msct/(2・Fv・Tw) = 10.662MPa

(3)활하중

fvru = Mv・Yvru/Irv = -51.411MPa

fvrl = Mv・Yvrl/Irv = -46.097MPa

fvsu = Mv・Yvsu/Irv = -45.388MPa

fvsl = Mv・Yvsl/Irv = 44.680MPa

υ = Sv/A(Web)+Mvt/(2・Fv・Tw) = 22.068MPa

(4)크리이프

Avc = As+Ac/n = 332791.250mm²

dv = Ysu-Tu+Th+Tc/2 = 1463.627mm

dvc = dv・As/(Ac/n+As) = 777.397mm

dvs = dv-dvc = 686.231mm

n1 = n・(1+ϕ1/2) = 8×(1+2.0/2) = 16

Av1 = As+Ac/n1 = 254775.625mm²

dc1 = dv・As/(Ac/n1+As) = 1015.445mm

ds1 = dv-dc1 = 448.182mm

Icv = Is+Ic/n+As・dvs² +Ac/n・dvc² = 389400605447.2mm⁴

Nc = Msc・dvc・Ac/(n・Icv) = -1568827N

Pϕ = Nc・2・ϕ1/(2+ϕ1) = -1568827N

Mϕ = Pϕ・dc1 = -1593058787N・mm

Ec1 = Ec/(1+ϕ1/2) = 13902MPa

fvru1 = Pϕ/Av+k*Mϕ・Yvru/Irv = -10.904MPa

fvrl1 = Pϕ/Av+k*Mϕ・Yvrl/Irv = -10.646MPa

fvsu1 = Pϕ/Av+k*Mϕ・Yvsu/Irv = -10.611MPa

fvsl1 = Pϕ/Av+k*Mϕ・Yvsl/Irv = -6.230MPa

(5)건조수축

n2 = n・(1+ϕ2/2) = 8×(1+4.0/2) = 24

Av2 = As+Ac/n2 = 228770.417mm²

dc2 = dv・As/(Ac/n2+As) = 1130.875mm

ds2 = dv-dc2 = 332.752mm

P2 = Es・εs・Ac/n2 = 2878777N

Mv2 = P2・dc2 = 3255536635N・mm

fvru2 = P2/Av+K*Mv2・Yvru/Irv = 20.531MPa

fvrl2 = P2/Av+K*Mv2・Yvrl/Irv = 20.002MPa

fvsu2 = P2/Av+K*Mv2・Yvsu/Irv = 19.932MPa

fvsl2 = P2/Av+K*Mv2・Yvsl/Irv = 10.979MPa

(6)온도차

εt = α・t = 0.000012×10 = 0.00012

P1 = Es・εt・Ac/n = 3838369N

Mvt = P1・dvc = 2983934513N・mm

Ert = Es・εt = 24.600MPa

frut = P1/Av+K*Mvt・Yvru/Irv-Es・εt = 0.644MPa

frlt = P1/Av+K*Mvt・Yvrl/Irv-Es・εt = 0.160MPa

fsut = P1/Av+K*Mvt・Yvsu/Irv = 24.695MPa

fslt = P1/Av+K*Mvt・Yvsl/Irv = 16.489MPa

나) 응력조합 및 검토

① 허용응력

【표 5.13】 사용재료의 허용응력

구분	허용압축응력	허용인장응력	비고
강재(거더)	190.000 MPa[1)]	190.000 MPa	SWS 490
철근(바닥판)	-	160.000 MPa	SD40

주 : 1) 압축플랜지가 콘크리트 바닥판에 직접 고정되어 횡좌굴이 어려운 경우 이외의 허용휨압축응력과 압축응력을 받는 자유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력 중 작은 값을 사용한다.

- 바닥판에 직접 고정되어 횡좌굴이 어려운 경우 이외의 허용휨압축응력 (t=28mm < 40mm)
  Aw/Ac = 94596.2/60000.0 = 0.6343 ≤ 2.0 이고, l/b = 5.000/2.600 = 1.923 < 4.0 이므로 190 MPa
  여기서, Aw : 복부판의 총단면적 Ac : 압축플랜지의 총단면적 b : 압축플랜지 폭
  l : 압축플랜지의 고정점간 거리 (여기서는 가로보간 간격)
- 압축응력을 받는 양연지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력
  t=28mm 의 SWS490에 대해 자유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력은 다음과 같다.
  $i = 0.65(\phi/n)2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 = 0.650 \times (0.0/6)2 + 0.130 \times (0.0/6) + 1.0 = 1.000$
  $\because \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$
  여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수
  i : 응력구배계수
  ϕ : 응력구배
  f_1, f_2 : 보강된 판의 양연의 응력 (단,$f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)
  $b/(24 \cdot i \cdot n) = 2400/(24 \times 1.000 \times 8) = 12.500$mm 이므로 tl=22.0mm > $b/(24 \cdot i \cdot n)$ 인 경우, fca =190.000 MPa

② 응력 검토

시공단계별 하중조건에 대한 발생응력을 조합한 결과, 최대 부모멘트부(제1내부 지점부)는 휨응력에 대해서 소정의 안전율을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

【표 5.14】 부모멘트부(제1 내부 지점부) 응력 검토 결과 (㎫)

하중조합	철근			강재 거더					
	상 연			상 연			하 연		
	발생 응력	허용 응력	검토 결과 (안전율)	발생 응력	허용 응력	검토 결과 (안전율)	발생 응력	허용 응력	검토 결과 (안전율)
LCB 1	-83.035	160.000	OK (1.927)	-164.837	190.000	OK (1.153)	151.887	190.000	OK (1.251)
LCB 2	-93.939	160.000	OK (1.703)	-175.448	190.000	OK (1.083)	145.657	190.000	OK (1.304)
LCB 3	-73.409	160.000	OK (2.180)	-155.517	190.000	OK (1.222)	156.636	190.000	OK (1.213)
LCB 4	-72.765	184.000	OK (2.529)	-130.821	218.500	OK (1.670)	173.125	218.500	OK (1.262)
LCB 5	-74.053	184.000	OK (2.485)	-180.212	218.500	OK (1.212)	140.146	218.500	OK (1.559)

【표 5.15】 조합응력 검토결과

구 분		fb	fa	vb	va	$\left(\frac{f_b}{f_a}\right)^2+\left(\frac{v_b}{v_a}\right)^2 \le 1.2$	검토결과
제1지점부 (정모멘트)	상연	91.142	247.000	8.095	110.000	0.142	OK
	하연	-99.811	190.000	8.095	110.000	0.281	OK
제2지점부 (부모멘트)	상연	-175.448	190.000	61.859	110.000	1.169	OK
	하연	156.636	190.000	61.859	110.000	0.996	OK

5.2.8 바닥판 안전성 검토

콘크리트 비파괴조사 결과 콘크리트 강도가 설계기준강도보다 크게 측정되어 바닥판에 대한 안전성평가는 안전측으로 계산을 수행하기 위해 설계기준강도를 적용하여 강도설계법에 의해 수행하였다.

가. 캔틸레버부

- 콘크리트의 강도 fck = 27 MPa
- 철근의 항복강도 fy = 400 MPa
- 유효높이 d = 240 mm
- 철근량 As = 8 × 286.5 = 2292.0 mm2 (H19, CTC 125.000 mm)
- 고정하중에 대한 휨모멘트

【표 5.16】 고정하중에 대한 휨모멘트

구 분	Wd (kN/m)	거리 (m)	휨모멘트 (kN·m/m)
방 호 벽	7.700	0.747	5.751
아스콘포장	1.035	0.250	0.259
바 닥 판	6.563	0.46	3.019
합 계			9.029

- 활하중에 대한 휨모멘트

윤하중 분포폭 E = 0.8X + 1.14 = 1.3 m

휨모멘트 M(1+i) = P(1+i) × X / E = 96 × (1+0.3) × 0.200 / 1.3 = 19.200 kN · m

• 설계휨강도

$$a = \frac{f_y \times A_s}{0.85 \times f_{ck} \times b} = \frac{400 \times 2292.0}{0.85 \times 27 \times 1000} = 39.948\,mm$$

$$\phi M_n = 0.85 \times f_y \times A_s \times (d - \frac{a}{2}) = 0.85 \times 400 \times 2292.0 \times (240 - \frac{39.948}{2}) = 171.462\,kN \cdot m$$

• 계수모멘트 Mu = 1.3 × 9.029 + 2.15 × 19.200 = 53.017 kN·m

• 안전성 평가 $\varnothing M_n > M_u$ ------ O·K

• 내하율 $RF = \frac{171.462 - 1.3 \times 9.029}{2.15 \times 19.200} = 3.869$

• 기본내하력 DB-24 이상

나. 단면 중앙부

• 콘크리트의 강도 fck = 27 MPa

• 철근의 항복강도 fy = 400 MPa

• 유효높이 d = 210 mm

• 철근량 As = 8 × 286.5 = 2292 mm2 (H19, CTC 125.000 mm)

• 고정하중에 대한 휨모멘트

바 닥 판 0.25 m × 25 kN/m3 = 6.250 kN/m2

아스콘포장 0.09 m × 23 kN/m3 = 2.070 kN/m2

합 계 Wd = 8.320 kN/m2

Md = (Wd × L2) / 10 = (8.320 × 2.4002) / 10 = 4.792 kN · m

• 활하중에 대한 휨모멘트

$$M_l = 0.8 \times \frac{L + 0.6}{9.6} \cdot P_{24(1+i)} = 0.8 \times \frac{2.400 + 0.6}{9.6} \times 96 \times 1.3 = 31.200\,kN \cdot m$$

• 설계휨강도

$$a = \frac{f_y \times A_s}{0.85 \times f_{ck} \times b} = \frac{400 \times 2292}{0.85 \times 27 \times 1000} = 39.948\,mm$$

$$\phi M_n = 0.85 \times f_y \times A_s \times (d - \frac{a}{2}) = 0.85 \times 400 \times 2292 \times (210 - \frac{39.948}{2}) = 148.083\,kN \cdot m$$

- 계수모멘트 Mu = 1.3 × 4.792 + 2.15 × 31.200 = 73.310 kN·m
- 안전성 평가 : $\varnothing M_n > M_u$ ------ O·K
- 내하율 $RF = \frac{73.310 - 1.3 \times 4.792}{2.15 \times 31.200} = 2.114$
- 기본내하력 DB-24 이상

5.2.9 바닥판 균열 검토

가. 캔틸레버부

- 철근량 As = 8 × 286.5 = 2292.0 mm2 (H19, CTC 125.000 mm)
- 피복두께 dc = 60 mm
- 유효깊이 d = 240 mm
- 사용철근비(ρ use) = $\frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{2292.0}{1000 \times 240} = 0.009550$
- 사용하중(Ms) = 9.029 + 19.200 = 28.229 kN · m
- 탄성계수비(n) = 8
- 중립축비(k) = $-np + \sqrt{2np + (np)^2}$

  $= -8 \times 0.009550 + \sqrt{2 \times 8 \times 0.009550 + (8 \times 0.009550)^2} = 0.322$
- 모멘트거리비(j) = $1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.322}{3} = 0.893$
- 철근 응력(fs) = $\frac{M_s}{As \cdot j \cdot d} = \frac{28.229}{2292.000 \times 0.893 \times 240} \times 10^6$

  = 57.485 MPa < 0.6·fy = 240 MPa ∴ OK
- 휨철근 최소 중심 간격 = $MIN\left[375\left(\frac{210}{f_s}\right) - 2.5c_c,\ 300\left(\frac{210}{f_s}\right)\right]$ = 1095.933 mm
- 철근과 콘크리트 표면 사이의 최소두께(Cc) = $dc - \frac{\text{주철근직경}}{2} = 60 - \frac{19}{2} = 50.5mm$
- 사용성검토 (균열검토) = 125.000mm(최외단철근 평균배근간격) ≦ 1095.933mm

  ∴ OK

나. 단면 중앙부

- 철근량 As = 8 × 286.5 = 2292 mm2 (H19, CTC 125.000 mm)
- 피복두께 dc = 40 mm
- 유효깊이 d = 210 mm
- 사용철근비(ρ use) $= \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{2292.0}{1000 \times 210} = 0.010914$
- 사용하중(Ms) = 4.792 + 31.200 = 35.992 kN · m
- 탄성계수비(n) = 8
- 중립축비(k) $= -np + \sqrt{2np + (np)^2}$

  $= -8 \times 0.010914 + \sqrt{2 \times 8 \times 0.010914 + (8 \times 0.010914)^2} = 0.340$
- 모멘트거리비(j) $= 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.340}{3} = 0.887$
- 철근 응력(fs) $= \frac{M_s}{As \cdot j \cdot d} = \frac{35.992}{2292.000 \times 0.887 \times 210} \times 10^6$

  = 84.323 MPa < 0.6·fy = 240 MPa ∴ OK
- 휨철근 최소 중심 간격 $= MIN\left[375\left(\frac{210}{f_s}\right) - 2.5c_c,\ 300\left(\frac{210}{f_s}\right)\right] = 747.128$ mm
- 철근과 콘크리트 표면 사이의 최소두께(Cc) $= dc - \frac{\text{주철근 직경}}{2} = 40 - \frac{19}{2} = 30.5$mm
- 사용성검토 (균열검토) = 125.000mm(최외단철근 평균배근간격) ≦ 747.128mm ∴ OK

다. 단면 중앙부(중앙분리대 부분)

- 철근량 As = 8 × 286.5 = 2292.0 mm2 (H19, CTC 125.000 mm)
- 피복두께 dc = 60 mm
- 유효깊이 d = 240 mm
- 사용철근비(ρ use) $= \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{2292.0}{1000 \times 240} = 0.009550$
- 사용하중(Ms) = 12.874 + 31.462 = 44.336 kN · m
- 탄성계수비(n) = 8
- 중립축비(k) $= -np + \sqrt{2np + (np)^2}$

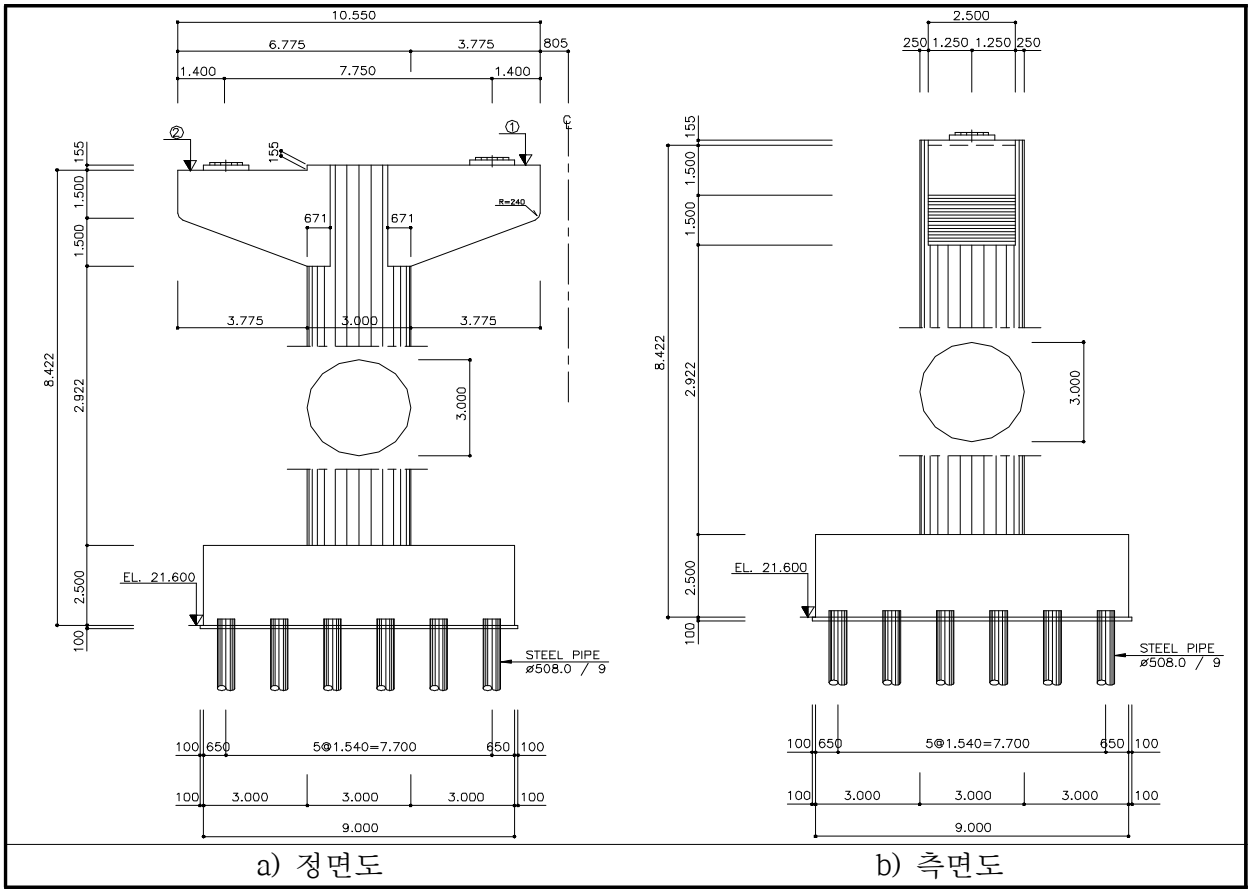
  $= -8 \times 0.009550 + \sqrt{2 \times 8 \times 0.009550 + (8 \times 0.009550)^2} = 0.322$
- 모멘트거리비(j) $= 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.322}{3} = 0.893$
- 철근 응력(fs) $= \frac{M_s}{As \cdot j \cdot d} = \frac{44.336}{2292.000 \times 0.893 \times 240} \times 10^6$

  = 90.287 MPa < 0.6·fy = 240 MPa ∴ OK
- 휨철근 최소 중심 간격 $= MIN\left[375\left(\frac{210}{f_s}\right) - 2.5c_c,\ 300\left(\frac{210}{f_s}\right)\right] = 697.773$ mm
- 철근과 콘크리트 표면 사이의 최소두께(Cc) $= dc - \frac{\text{주철근직경}}{2} = 60 - \frac{19}{2} = 50.5$mm
- 사용성검토 (균열검토) = 125.000mm(최외단철근 평균배근간격) ≦ 697.773mm

  ∴ OK

5.2.10 하부구조 검토

본 절에서는 고정단 교각을 제외한 가동단 교각중 예비 구조해석을 수행하여 가장 불리한 단면력 발생이 예상되는 교각2(P2)에 대해서 안전성검토를 실시하였다. 안전성검토시 고려된 하중은 고정하중, 설계활하중(DB-24, DL-24)과 풍하중이며 교각2(P2)의 실측 단면 제원은 【그림 5.5】와 같다.



【그림 5.5】해석단면

가. 검토조건

- 단면형상 : 원형
- 콘크리트 설계기준강도 : 24.0 MPa
- 철근 설계기준항복강도 : 300.0 MPa
- 철근 탄성계수 : 200000.0 MPa
- 콘크리트 탄성계수 : 26986.0 MPa
- 사용 철근량 : 69889.6 ㎟

나. 하중조합

【표 5.17】 극한강도 검토시 하중조합

조합경우	하 중 조 합						비 고
	고정하중(D)	L1	L2	W1	W2	G	
LCBF1	1.30	2.15	-	-	-	-	
LCBF2	1.30		2.15	-	-	-	
LCBF3	1.30	-	-	1.30	-	-	
LCBF4	1.30	-	-	-	1.30	-	
LCBF5	1.30	1.30	-	0.65	-	-	
LCBF6	1.30	-	1.30	-	0.65	-	
LCBF7	1.30	-	1.30	0.65	-	-	
LCBF8	1.30	1.30	-	-	0.65	-	
LCBF9	1.30	1.30		-	-	1.30	
LCBF10	1.30	-	1.30	-	-	1.30	
LCBF11	1.25	-	-	1.25	-	1.25	
LCBF12	1.25	-	-	-	1.25	1.25	

다. 부재력 요약

【표 5.18】 부재력 요약

구 분		Pu(kN)	모멘트(kN · m)				V(kN)	δ (mm)
			Top		Bottom			
			Sway	Nonsway	Sway	Nonsway		
LCBF2	y축	18756.11	0.000	11961.342	0.000	11961.342	0.000	1.955
	z축		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LCBF12	y축	13988.97	-367.626	1715.188	-5244.475	1715.188	-823.514	-0.378
	z축		146.180	0.000	-3808.935	0.000	-684.524	-0.459
LCBF4	y축	14548.53	-382.331	1783.795	-5454.254	1783.795	-856.454	-0.393
	z축		152.027	0.000	-681.535	0.000	-158.079	-0.075

다. 확대모멘트 산정

1) 횡구속여부 결정

검토교각은 철근콘크리트 T형식으로서 기둥의 거동은 교각 상단의 연결상태를 고려할 때 교축 및 교축직각방향에 대해서 수평하중의 변형에 대한 구속력이 없는 것으로 판단되므로 횡방향 상대변위가 방지되지 않은 부재로 취급하여 검토하였으며, 수평이동에 대한 가능성을 고려하여 유효좌굴계수는 k=2를 적용하였다.

2) 임계하중 산정

【표 5.19】 임계하중 산정 결과

구 분	교축직각방향(y)				교축방향(z)			
	k	βd	EI(kN·m²)	Pc(kN)	k	βd	EI(kN·m²)	Pc(kN)
LCBF2	2.000	0.600	26824430.56	1887267.492	2.000	0.600	26824430.56	1887267.492
LCBF12	2.000	0.600	26824430.56	1887267.492	2.000	0.600	26824430.56	1887267.492
LCBF4	2.000	0.600	26824430.56	1887267.492	2.000	0.600	26824430.56	1887267.492

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k \cdot l_u)^2}$$

$$EI = \frac{0.4 E_c I_g}{1+\beta_d}$$

βd : 고정하중에 의한 전체축력/전체 계수축력
최대 계수 지속전단력/최대전단력

EI : 휨강성

Ec : 26985.82 MPa

k : 유효좌굴길이계수

I : 단면2차모멘트
y축 = 3.976078 m4 z축 = 3.976078 m4

lu : 비지지길이
y축 = 5.922 m z축 = 5.922 m

3) 비횡구속 골조인 경우의 확대모멘트 계산

① 세장비 검토

【표 5.20】세장비 검토 결과

구 분	교축직각방향(y)				교축방향(z)			
	k	(k · lu)/r	한계세장비	판단	k	(k · lu)/r	한계세장비	판단
LCBF2	2.000	15.792	22.000	단주	2.000	15.792	22.000	단주
LCBF12	2.000	15.792	22.000	단주	2.000	15.792	22.000	단주
LCBF4	2.000	15.792	22.000	단주	2.000	15.792	22.000	단주

$$\frac{k \bullet l_u}{r} \le 34 - 12\frac{M_1}{M_2}$$

M1, M2 : 기둥의 양끝단 모멘트
M1 / M2 의 값이 단일곡률일 때 (+), 이중곡률일 때 (-)
M1 / M2 ≥ -0.5

$r = \sqrt{I/A}$: 회전반경
- y축 = 0.750 m
- z축 = 0.750 m

② 확대모멘트계수 산정

【표 5.21】확대모멘트계수 산정 결과

구 분	교축직각방향(y축)			교축방향(z축)		
	ΣPu(kN)	ΣPc(kN)	δs	ΣPu(kN)	ΣPc(kN)	δs
LCBF2	0	0	1.000	0	0	1.000
LCBF12	0	0	1.000	0	0	1.000
LCBF4	0	0	1.000	0	0	1.000

$$\delta_s = \frac{1}{1-Q}$$

여기서, Q < 0.6, δs < 2.5

δs > 1.5 이면

$$Q_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0.75\sum P_c}} \ge 1.0$$

ΣPu : 해당층의 모든 수직하중의 합
ΣPc : 해당층의 횡변위를 지지하는 기둥들의 임계하중의 합
βd = 최대 장기지속 계수축력 / 전체계수축력

③ 확대모멘트 산정 결과

【표 5.22】확대모멘트계수 산정 결과

구 분		δs	M2(kN·m)	검토	Cm	Pu(kN)	δns	Mc(kN·m)
y축	LCBF2	1.000	11961.34	이하	-	-	-	11961.342
	LCBF12	1.000	-3529.29	이하	-	-	-	-3529.287
	LCBF4	1.000	-3670.46	이하	-	-	-	-3670.458
z축	LCBF2	1.000	0	이하	-	-	-	0
	LCBF12	1.000	-3808.94	이하	-	-	-	-3808.935
	LCBF4	1.000	-681.535	이하	-	-	-	-681.535

M2 = M2ns + δs · M2s

만일 $\frac{l_u}{r} > \frac{35}{\sqrt{P_u/(f_{ck} \cdot A_g)}}$ 이면, 추가로 확대를 해주어야 한다.

이때 $\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - P/(0.75P)} \geq 1.0, \quad C_m = 0.6 + 0.4\frac{M_1}{M_2} \geq 0.4, \quad M_c = \delta_{ns} \cdot M_2$

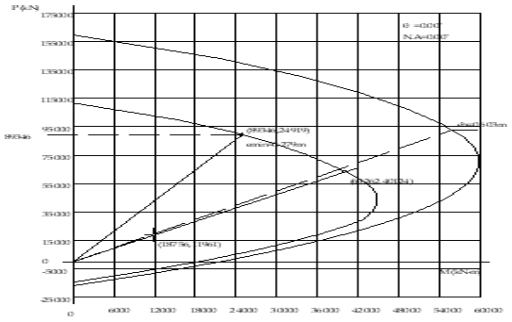
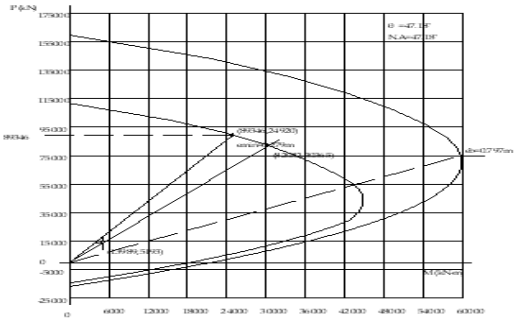
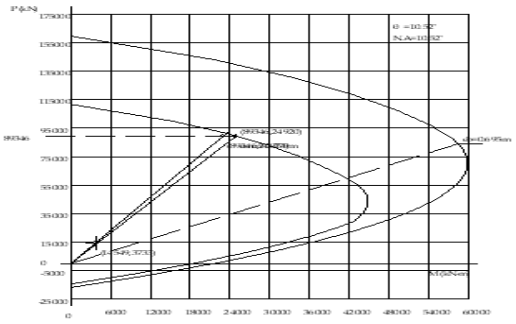
4) 단면력 산출결과

【표 5.23】단면력 산출결과 요약

구 분	Pu (kN)	Mcy (kN·m)	Mcz (kN·m)	Mc (kN·m)	비 고
LCBF2	18756.11 kN	11961.34 kN·m	0.00 kN·m	11961.34 kN·m	Pu,max
LCBF12	13988.97 kN	-3529.29 kN·m	-3808.94 kN·m	5192.67 kN·m	Mz,max
LCBF4	14548.53 kN	-3670.46 kN·m	-681.54 kN·m	3733.20 kN·m	My,max

5) P-M 상관도

【표 5.24】P-M 상관도에 의한 기둥 안전성 평가 결과 요약

■ 하중조합 : LCBF2 	■ 평형편심 상태 eb = 0.603 m ΦPb = 65375.272 kN ΦMb = 39404.551 kN・m ■ 작용편심에서의 설계강도 e = 0.634 m ΦPn = 63261.744 kN ≥ Pu = 18756.107 kN ∴ OK ΦMn = 40123.917 kN・m ≥ Mu = 11961.342 kN・m ∴ OK
■ 하중조합 : LCBF12 	■ 평형편심 상태 eb = 0.797 m ΦPb = 52492.327 kN ΦMb = 41815.248 kN・m ■ 작용편심에서의 설계강도 e = 0.370 m ΦPn = 82081.531 kN ≥ Pu = 13988.969 kN ∴ OK ΦMn = 30364.689 kN・m ≥ Mu = 5192.673 kN・m ∴ OK
■ 하중조합 : LCBF4 	■ 평형편심 상태 eb = 0.695 m ΦPb = 58865.491 kN ΦMb = 40940.922 kN・m ■ 작용편심에서의 설계강도 e = 0.257 m ΦPn = 89346.241 kN ≥ Pu = 14548.527 kN ∴ OK ΦMn = 22973.541 kN・m ≥ Mu = 3733.196 kN・m ∴ OK

5.3 구조해석(논산방향)

5.3.1 구조해석 절차

가. 합성전

1) 단면 : 2-Girder

2) 하중 : 강재+바닥판 자중

나. 합성후

1) 단면 : 2-Girder+바닥판

2) 하중 : 합성전 고정하중+2차 고정하중+활하중+건조수축+크리프+온도

5.3.2 교량 제원

가. 교량명 : 초봉교

나. 형식 : Steel Box Girder(합성형교)

다. 교폭 : 24.300 m (천안방향: 12.435m, 논산방향: 11.865m)

라. 교량 : L = 40.100 + 50.000 + 40.120 = 130.220 m

마. 평면선형 : R=2600.000 m

5.3.3 설계기준

가. 설계하중

1) 고정하중 단위질량

- 철근콘크리트 $\gamma_c = 25.0\ \mathrm{kN/m^3}$
- 강재 $\gamma_s = 78.5\ \mathrm{kN/m^3}$
- 아스팔트 $\gamma_{asp} = 23.0\ \mathrm{kN/m^3}$

2) 활하중 : DB-24, DL-24

나. 사용재료의 역학적 특성

1) 강재(SWS490 및 SWS400)

- 허용인장응력 : $f_y = 190$ MPa
- 탄성계수 : $E_s = 2.05 \times 10^5$ MPa

2) 콘크리트

- 설계기준강도 : $f_{ck} = 27$ MPa
- 탄성계수 : $E_c = 27{,}804$ MPa

3) 철근(SD40)

- 항복응력 : $f_y = 400$ MPa
- 탄성계수 : $E_s = 2.0 \times 10^5$ MPa
- 허용응력 : $f_{sa} = 160$ MPa

5.3.4 단면특성

대상구간의 강박스 거더의 강성은 아래와 같다.

【표 5.25】 합성전 교량 단면상수

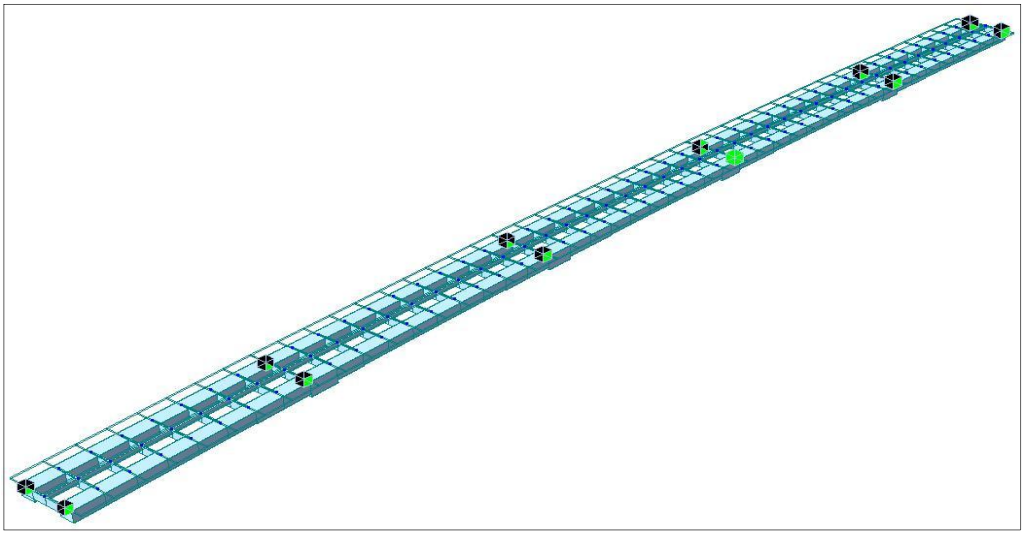
구 분	A(m2)	Ix(m4)	Iy(m4)	Iz(m4)	비고
단면 1	0.125100	0.127763	0.091486	0.108998	
단면 2	0.140700	0.143405	0.107784	0.117786	
단면 3	0.171900	0.167614	0.140118	0.135362	
단면 4	0.024943	0.000001	0.007218	0.000054	가로보
단면 5	0.014812	0.000001	0.001473	0.000032	세로보

【표 5.26】 합성후 교량 단면상수

구 분	A(m2)	Ix(m4)	Iy(m4)	Iz(m4)	비고
단면 1	0.310500	0.129700	0.181300	3.905200	
단면 2	0.326100	0.145300	0.211800	4.116200	
단면 3	0.357300	0.169500	0.257400	4.538100	
단면 4	0.024943	0.000001	0.007218	0.000054	가로보
단면 5	0.014812	0.000001	0.001473	0.000032	세로보

5.3.5 해석모델

대상 교량의 구조해석모델은 【그림 5.6】와 같다.



【그림 5.6】강박스 거더 구조해석 모델

5.3.6 하중산정

대상 교량의 구조안전성검토를 위하여 고려된 하중은 합성전·후 고정하중, 설계활하중(DB-24) 4차로, 온도하중, 콘크리트 바닥판의 건조수축 및 크리프 등이다.

가. 고정하중

고정하중은 합성전 고정하중 및 합성후 고정하중으로 구분하여 적용하였다. 콘크리트 바닥판의 자중은 합성전, 후로 구분하고 횡방향 분배를 계산하여 연직하중 및 모멘트하중으로 치환하였으며, 강재의 자중은 구조해석 프로그램 내에서 자동으로 고려하도록 하였다. 단위중량 입력시 해석모델에서 제외된 Splice plate, Diapharagm, Stiffner, Bolt 등의 부부재 및 기타 부재의 중량을 고려하여 할증된 단위중량을 적용하였다. 연석 및 포장은 합성후 고정하중으로 고려하였다.

【표 5.27】강재중량 할증율 산정 결과

구 분	강 종	강재재료표	해석모델 순중량	할증율
Main Girder	SWS490	311.72	288.1	1.082
Cross Beam	SWS400	156.29	54.85	2.849
Stringer	SWS400			
총 계		468.01	342.95	

나. 설계활하중

설계활하중은 DB-24로 최대 단면력을 발생시키는 경우에 대해서 구조검토를 수행하였다. 설계충격계수는 정·부모멘트부 모두 아래의 식으로 계산하여 경간 40m구간에 대해서는 0.1875, 경간 50m구간에 대해서는 0.1667을 사용하였다.

$$i = \frac{15}{40 + L}$$

다. 바닥판 콘크리트와 강재들보와의 온도차

바닥판 콘크리트와 강재들보와의 온도차는 10℃를 표준으로 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다.

온도분포는 강재들보 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α는 12×10^{-6}으로 한다.

라. 바닥판 콘크리트의 건조수축

합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우(Md2) 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 쓰이는 건조수축 계수 ϕ_2은 4.0을 사용한다.

마. 크리프

합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우(Md2) 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프 계수 ϕ_1은 2.0을 사용한다.

바. 풍하중

상부구조에 작용하는 풍하중은 다음과 같이 산정한다.

【표 5.28】 상부구조에 작용하는 풍하중

단면형상	풍하중	비 고
1≤ B/D ≤ 8	[4.0 - 0.2 × (B / D)] × D ≥ 6	적 용
8 ≤ B/D	2.4 × D ≥ 6	-

하부구조에 작용하는 풍하중은 다음과 같이 산정한다.

【표 5.29】 하부구조에 작용하는 풍하중

부재의 단면 형상		풍하중		비고
		풍상측 부재	풍하측 부재	
원형	활하중 재하시	0.75×10^{-3}	0.75×10^{-3}	
	활하중 비재하시	1.50×10^{-3}	1.50×10^{-3}	기둥부 적용
각형	활하중 재하시	1.50×10^{-3}	0.75×10^{-3}	
	활하중 비재하시	3.00×10^{-3}	1.50×10^{-3}	코핑부 적용

1) 교축직각방향

① $W_{column} = 1.5 \times 10^{-3} \times 2.000 \times 1000 = 3.000\ kN/m$

② $W_{copoing} = 3.0 \times 10^{-3} \times 1.800 \times 1000 = 5.400\ kN/m$

2) 교축방향

① $W_{column} = 1.5 \times 10^{-3} \times 2.000 \times 1000 = 3.000\ kN/m$

② $W_{copoing} = 3.0 \times 10^{-3} \times 1.800 \times 1000 = 5.400\ kN/m$

사. 온도변화에 의한 수평력

상부구조의 온도신축에 의한 변형을 교각 상단에 가했을 때 교각 변위에 의한 수평력과 상부 고정하중에 대한 교량받침의 마찰력 중 최소값을 온도변화에 의한 수평력으로 적용하였다. 강교의 온도변화는 -20~40℃를 표준으로 하기 때문에 가설시 온도를 15℃로 가정하고 교각에 최대 단면력을 유발할 수 있는 최대 온도변화 폭(⊿T)인 35℃을 적용하였다.

1) 상부구조 신축에 의한 수평력

① 온도변화에 의한 수평변위

•$\delta = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$ = 1.2×10-5 × 35 × 50 = 0.0210 m

여기서, L : 고정단(P1)에서 검토 교각(P2) 위치까지의 거리

ΔT : 연평균 온도변화차 35℃ 적용

② 등가수평력

•$\delta = \frac{P \cdot H^3}{3 \cdot E \cdot I} \Rightarrow P_{h1} = \frac{3 \cdot E \cdot I \cdot \delta}{H^3}$

•$P_{h1} = \frac{3 \cdot E \cdot I \cdot \delta}{H^3}$ = (3×26986000×2.355×0.0210) / 23.4113 = 312.039 kN

여기서, H = 23.411 m

I = 2.355 m4

$E = 8500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 8500 \sqrt[3]{24+8} = 26986\,MPa$

2) 교량받침 마찰에 의한 수평력

① 상부 고정하중 반력

•W = 11052.703 kN

② 교량받침 마찰에 의한 수평력

•Ph2 = $\mu \cdot W$ = 0.05 × 11052.703 = 552.635 kN

여기서, μ : 불소수지 받침판 받침의 최소 마찰계수 값인 0.05 적용

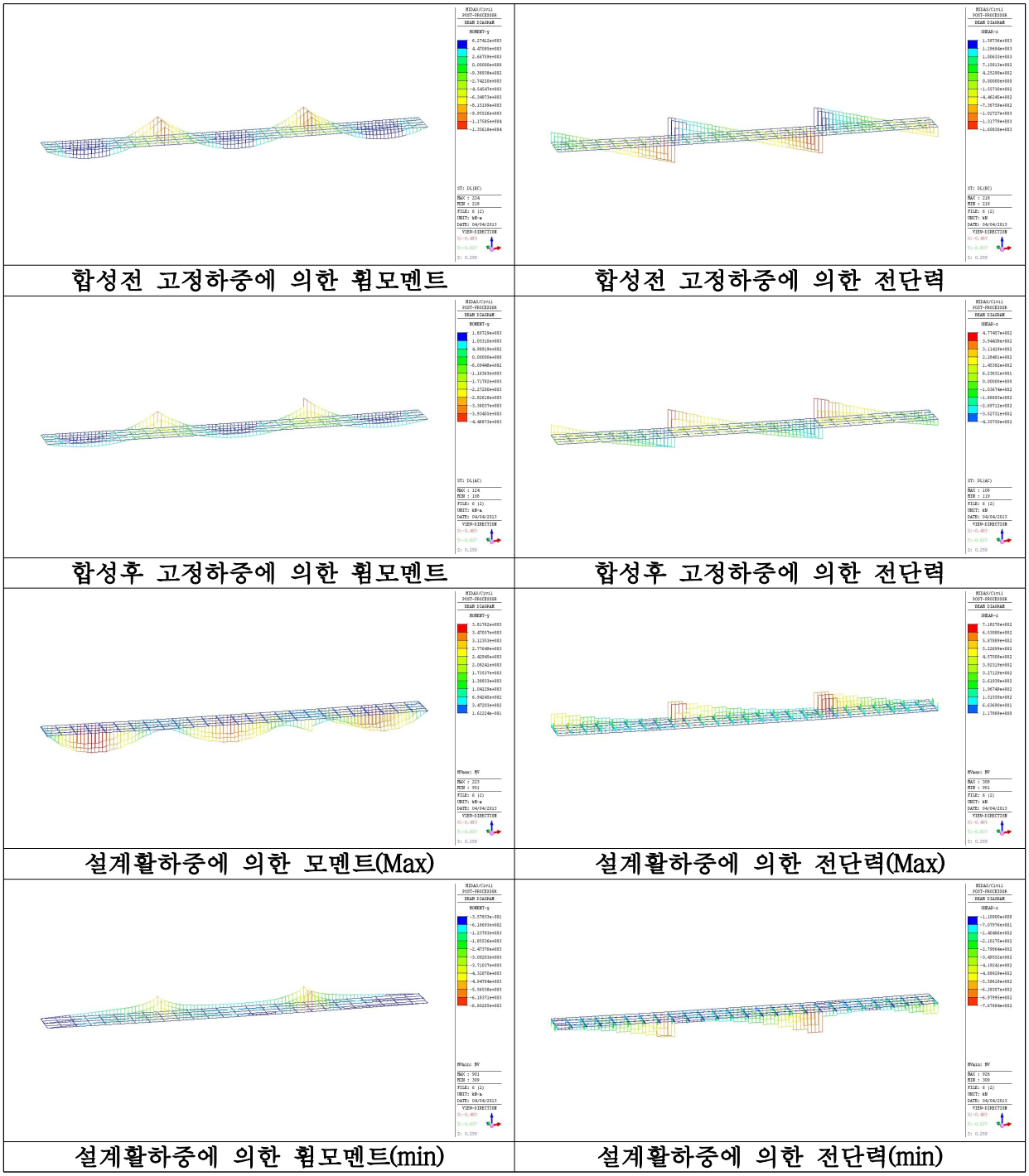
3) 온도변화에 의한 수평력

•PT = Min[Ph1, Ph2] = 312.039 kN

5.3.7 해석결과

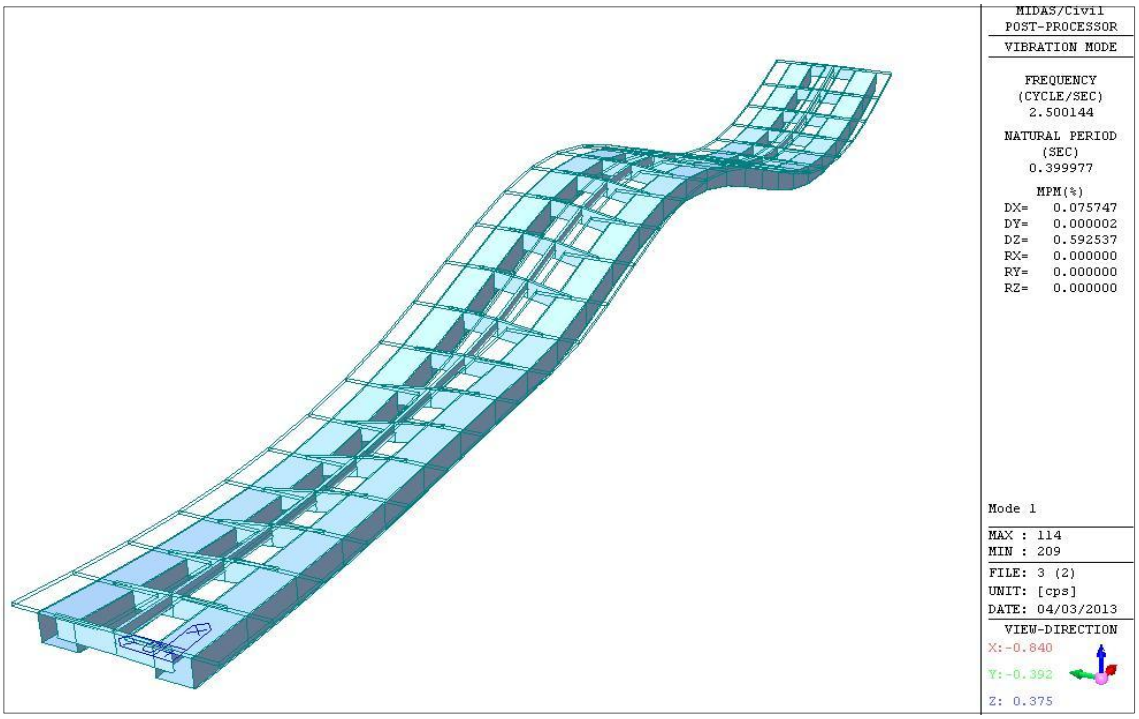
가. 고정하중 및 활하중에 의한 검토

고정하중 및 활하중에 의한 각 하중에 대한 해석결과는 다음 아래와 같다. 박스 거더의 정모멘트부와 부모멘트부에서 각각 발생한 최대 단면력을 【표 5.30】에 나타내었다. 【그림 5.7】에는 강박스 거더의 최대휨모멘트도를 나타내었다.

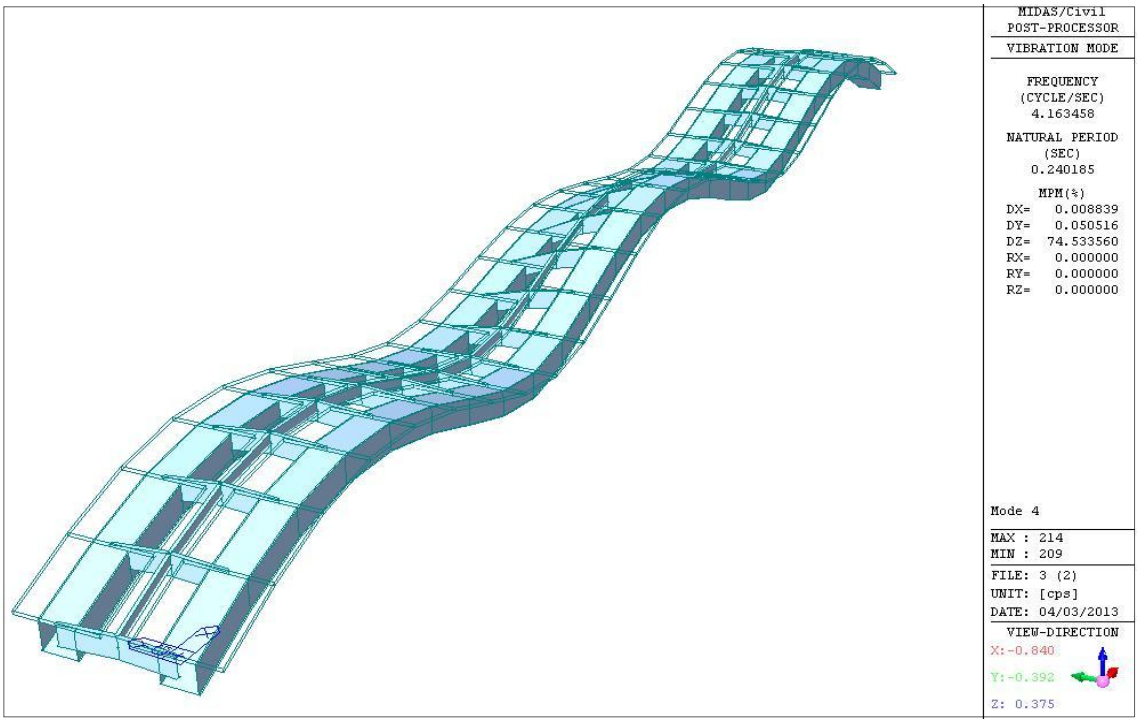


합성전 고정하중에 의한 휨모멘트	합성전 고정하중에 의한 전단력
합성후 고정하중에 의한 휨모멘트	합성후 고정하중에 의한 전단력
설계활하중에 의한 모멘트(Max)	설계활하중에 의한 전단력(Max)
설계활하중에 의한 휨모멘트(min)	설계활하중에 의한 전단력(min)

【그림 5.7】강박스 거더의 하중조건별 부재력도



(a) Mode 1 (f1= 2.5001 Hz)



(b) Mode 4 (f4= 4.1634 Hz)

【그림 5.8】강박스 거더의 고유진동수 해석 결과

【표 5.30】 휨모멘트 산출결과 (kN·m)

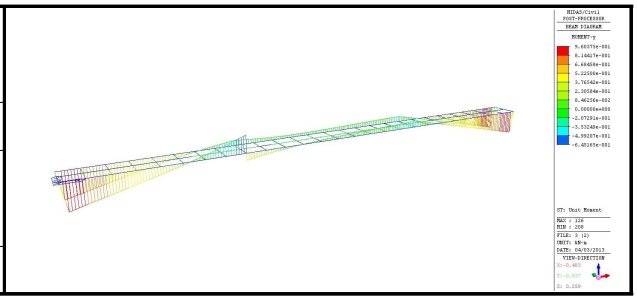
구 분		합성전 고정하중	합성후			계		비 고
			고정하중	활하중(충격포함)				
				Max	Min	Max	Min	
제1지간	G1	5508.08	1234.86	4037.90	-917.73	10780.84	5825.21	
중앙부	G2	5692.44	1689.86	3685.40	-383.77	11067.70	6998.53	
제1내부	G1	-13115.39	-2886.02	765.45	-6103.82	-15235.96	-22105.23	
지점부	G2	-13703.19	-4321.82	2288.57	-8190.81	-15736.44	-26215.82	
제2지간	G1	5841.63	1380.55	4146.34	-1004.04	11368.52	6218.14	
중앙부	G2	5957.58	1845.70	4059.20	-902.69	11862.48	6900.59	
제2내부	G1	-12797.04	-2786.31	467.48	-5955.29	-15115.87	-21538.64	
지점부	G2	-13134.36	-4094.50	90.17	-5659.11	-17138.69	-22887.97	
제3지간	G1	5404.56	1195.57	4649.22	-1561.73	11249.35	5038.40	
중앙부	G2	5503.27	1645.28	4645.54	-1547.69	11794.09	5600.86	

나. 2차 부정정력에 의한 검토 : 건조수축, 크리프 및 온도하중

연속강합성 교량은 고정하중과 활하중에 의한 응력 이외에 크리프 및 건조수축, 강재와 콘크리트의 온도차에 의한 부정정력이 추가로 발생한다. 따라서 부정정력에 의한 2차 모멘트를 산정하기 위하여 해석모델의 양단에 단위모멘트(1.0 kN·m)를 작용시켜 각 절점에 작용되는 영향계수 k값(모멘트)을 산출하였다.

또한 구조물의 준공년도 대비 현재의 재령을 고려할 때 크리프 및 건조수축은 모두 발생하였다고 볼 수 있는바, 크리프 및 건조수축에 의한 응력 산정은 장기손실이 일어난 후로 하여 수행하였다.

【표 5.31】 영향계수 k값 산출결과 요약 (MPa)

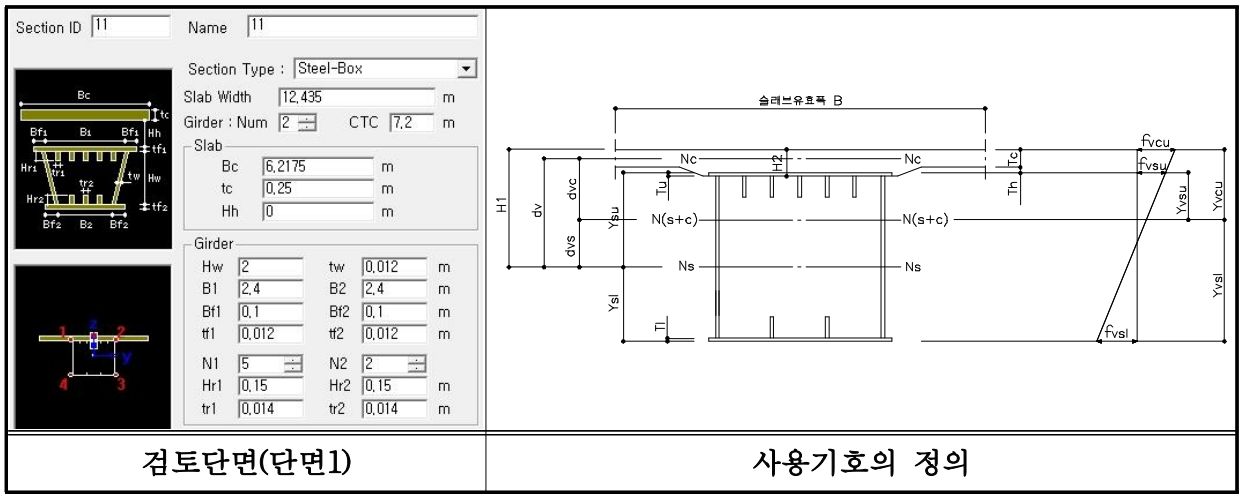
절점	절점	절점	절점	절점	
105	109	114	119	123	
0.32	-0.19	-0.11	-0.22	0.38	
절점	절점	절점	절점	절점	
205	209	214	219	223	
0.27	0.25	-0.10	-0.26	0.38	

다. 구조안전성 검토결과

1) 최대 정모멘트부

① 제2지간 중앙부

최대 정모멘트가 작용하는 제2지간 중앙부 거더2(G2) 단면1에 대한 응력검토 세부과정은 다음과 같다.



검토단면(단면1) | 사용기호의 정의

【표 5.32】 응력 산정시 입력자료

구 분		단위	입력자료
Es	: 강의 탄성계수	MPa	205000
Ec	: 콘크리트 탄성계수	MPa	27804
εs	: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α	: 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
Φ1	: 크리프에 의한 응력계산에 사용된 크리프계수		2
Φ2	: 건조수축에 의한 응력계산에 사용된 크리프계수		4
n	: 강재와 콘크리트의 탄성계수비		8
n1	: 크리프에 의한 응력의 계산에 사용된 탄성계수비		16
n	: 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용된 탄성계수비		24
t	: 강재와 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms	: 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	5957.580
Msc	: 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	1845.700
Mv	: 활하중에 의한 모멘트	kN·m	4059.200
Ss	: 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	27.460
Ssc	: 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-1.330
Sv	: 활하중에 의한 전단력	kN	252.980
Mst	: 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-36.270
Msct	: 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-25.650
Mvt	: 활하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-265.130
k	: 부정정력 산정을 위한 영향계수	kN·m	-0.100

가) 응력 산정

(1)합성전

Is' = As · Y2+ΣIs = 127431371400+26081790466.7 = 153513161867mm⁴

δs = Σ(A · Y)/As = 9870000/133400 = 73.988mm

Is = Is'-As · δs² = 153513161867-133400×73.988² = 152782900247mm⁴

Ysu = H/2+Tu-δs = 2500.0/2+12.0-73.988 = 1188.012mm

Ysl = Ysu-(H+Tu+Tl) = 1188.012-2524.000 = -1335.988mm

F = b · h = ((UL2+UR2+B2)/2+Tw) · (H+Tu/2+Tl/2) = 6053920.0mm²

fsu = Ms · Ysu/Is = 46.325MPa

fsl = Ms · Ysl/Is = -52.095MPa

υ = Ss/A(Web)+Mst/(2 · F · Tw) = 0.849MPa

(2)합성후

Av = As+Ac/n = 318962.5mm²

Ic/n = 966471354mm⁴

dv = Ysu-Tu+Th+Tc/2 = 1301.0mm

dvc = dv · As/(Ac/n+As) = 544.1mm

dvs = dv-dvc = 756.9mm

Yvcu = dvc+Tc/2 = 669.1mm

Yvcl = Yvcu-Tc = 419.1mm

Yvsu = Yvcu-H2+Tu = 431.1mm

Yvsl = Yvsu-(H+Tu+Tl) = -2092.9mm

Iv = Is+Ic/n+As · dvs² +Ac/n · dvc² = 285111149754mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2+UR2+B2)/2+Tw) · (H+(Tu+Tc/n)/2+Tl/2) = 6091576.3mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.541MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.339MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 2.791MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -13.548MPa

υ = Ssc/A(Web)+Msct/(2 · Fv · Tw) = 0.237MPa

(3)활하중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 1.191MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 0.746MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 6.138MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -29.797MPa

υ = Sv/A(Web)+Mvt/(2 · Fv · Tw) = 7.236MPa

(4)크리이프

n1 = n · (1+φ1/2) = 8×(1+2.0/2) = 16

Av1 = As+Ac/n1 = 226181.3mm²

dc1 = dv · As/(Ac/n1+As) = 767.3mm

ds1 = dv-dc1 = 533.7mm

Yv1cu = dc1+Tc/2 = 892.3mm

Yv1cl = Yv1cu-Tc = 642.3mm

Yv1su = Yv1cu-H2+Tu = 654.3mm

Yv1sl = Yv1su-(H+Tu+Tl) = -1869.7mm

Iv1 = Is+Ic/n1+As · ds1² +Ac/n1 · dc1² = 245889819727mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 653634N

Pφ = Nc · 2 · φ1/(2+φ1) = 653634N

Mφ = Pφ · dc1 = 501551067N · mm

Ec1 = Ec/(1+φ1/2) = 13902MPa

fcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.541MPa

fcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.339MPa

fvcu1 = 1/n1 · (Pφ/Av1+k*Mφ · Yv1cu/Iv1)-Ec1 · fcu · φ1/Ec = -0.372MPa

fvcl1 = 1/n1 · (Pφ/Av1+k*Mφ · Yv1cl/Iv1)-Ec1 · fcl · φ1/Ec = -0.167MPa

fvsu1 = Pφ/Av1+k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 2.756MPa

fvsl1 = Pφ/Av1+k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = 3.271MPa

(5)건조수축

n2 = n · (1+φ2/2) = 8×(1+4.0/2) = 24

Av2 = As+Ac/n2 = 195254.167mm²

dc2 = dv · As/(Ac/n2+As) = 888.9mm

ds2 = dv-dc2 = 412.1mm

Yv2cu = dc2+Tc/2 = 1013.9mm

Yv2cl = Yv2cu-Tc = 763.9mm

Yv2su = Yv2cu-H2+Tu = 775.9mm

Yv2sl = Yv2su-(H+Tu+Tl) = -1748.1mm

Iv2 = Is+Ic/n2+As · ds2² +Ac/n2 · dc2² = 224634868788.9mm⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3423628N

Mv2 = P2 · dc2 = 3043150317N · mm

Ec2 = Es · /n2 = 8542MPa

fvcu2 = 1/n2 · (P2/Av2+k*Mv2 · Yv2cu/Iv2)-Ec2 · εs = -1.633MPa

fvcl2 = 1/n2 · (P2/Av2+k*Mv2 · Yv2cl/Iv2)-Ec2 · εs = -1.619MPa

fvsu2 = P2/Av2+k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 16.483MPa

fvsl2 = P2/Av2+k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = 19.902MPa

(6)온도차

$\varepsilon t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$

$P1 = Es \cdot \varepsilon t \cdot Ac/n = 4564838N$

$Mvt = P1 \cdot dvc = 2483835474N \cdot mm$

$fcut = 1/n \cdot (P1/Av+k*Mvt \cdot Yvcu/Iv)-Ec \cdot \varepsilon t = -1.620MPa$

$fclt = 1/n \cdot (P1/Av+K*Mvt \cdot Yvcl/Iv)-Ec \cdot \varepsilon t = -1.593MPa$

$fsut = P1/Av+K*Mvt \cdot Yvsu/Iv = 13.936MPa$

$fslt = P1/Av+K*Mvt \cdot Yvsl/Iv = 16.135MPa$

나) 응력조합 및 검토

(1) 적용 하중조합

【표 5.33】 적용 하중조합

구분	하중조합 정의
LCB 1	합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중
LCB 2	합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중+크리프
LCB 3	합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중+크리프+건조수축
LCB 4	합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중+크리프+건조수축+온도차
LCB 5	합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중+크리프+건조수축-온도차

(2) 허용응력

【표 5.34】 사용재료의 허용응력

구분	허용압축응력	허용인장응력	비고
강재(거더)	190.000 MPa	190.000 MPa	SWS 490
콘크리트(바닥판)	10.800 MPa	1.890 MPa	fck = 27.0 MPa

(3) 응력 검토

시공단계별 하중조건에 대한 응력을 조합한 결과, 최대 정모멘트부(제2지간 중앙부)에서의 휨응력은 허용응력 범위내에서 발생하는 것으로 검토되었다.

【표 5.35】정모멘트부(제2지간 중앙부) 응력 검토 결과 (MPa)

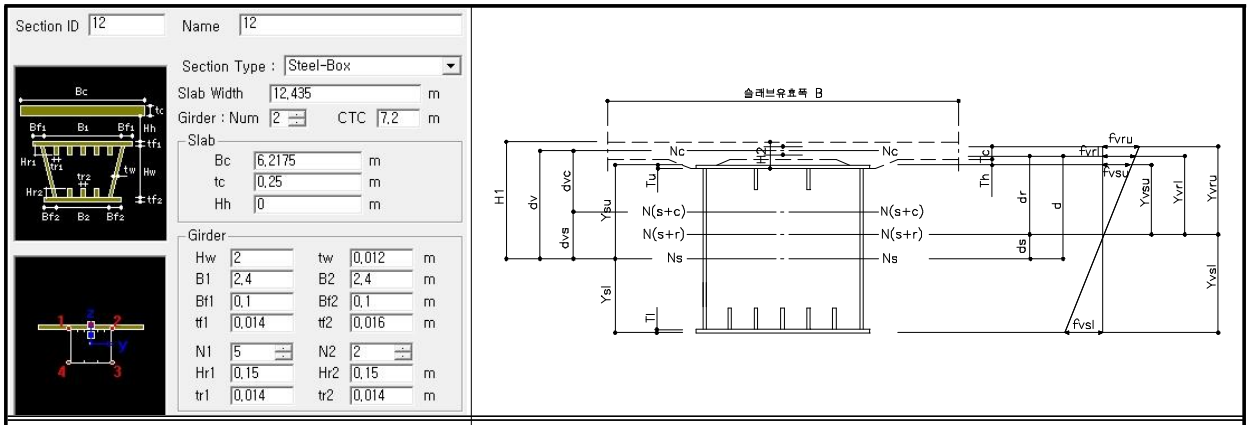
하중조합	콘크리트 바닥판			강재 거더					
	상 연			상 연			하 연		
	발생 응력	허용 응력	검토 결과 (안전율)	발생 응력	허용 응력	검토 결과 (안전율)	발생 응력	허용 응력	검토 결과 (안전율)
LCB 1	1.732	10.800	OK (6.236)	55.254	190.000	OK (3.439)	-95.440	190.000	OK (1.991)
LCB 2	1.360	10.800	OK (7.941)	58.010	218.500	OK (3.767)	-92.169	190.000	OK (2.061)
LCB 3	-0.273	1.890	OK (6.923)	74.494	218.500	OK (2.933)	-72.267	190.000	OK (2.629)
LCB 4	-1.893	2.174	OK (1.148)	88.429	247.000	OK (2.793)	-56.132	218.500	OK (3.893)
LCB 5	1.348	12.420	OK (9.214)	60.558	247.000	OK (4.079)	-88.402	218.500	OK (2.472)

여기서, 1. 부호규약은 압축을 정(+), 인장을 부(-)로 하였음

2) 최대 부모멘트부

① 제1내부 지점부

최대 부모멘트가 작용하는 제1내부 지점부 거더2(G2) 단면3에 대한 응력검토 세부과정은 다음과 같으며 바닥판의 합성작용은 바닥판에서 콘크리트 단면은 무시하고 바닥판 내의 교축방향 철근만을 주거더 단면의 일부로 취급하였다.



검토단면(단면3) | 사용기호의 정의

【표 5.36】 응력 산정시 입력자료

구 분		단위	입력자료
Es	: 강의 탄성계수	MPa	205000
Ec	: 콘크리트 탄성계수	MPa	27804
εs	: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률		0.00027
α	: 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
Φ1	: 크리프에 의한 응력계산에 사용된 크리프계수		2
Φ2	: 건조수축에 의한 응력계산에 사용된 크리프계수		4
n	: 강재와 콘크리트의 탄성계수비		8
n1	: 크리프에 의한 응력의 계산에 사용된 탄성계수비		16
n2	: 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용된 탄성계수비		24
t	: 강재와 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms	: 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-13703.190
Msc	: 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-4321.820
Mv	: 활하중에 의한 모멘트	kN·m	-8190.810
Ss	: 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1565.030
Ssc	: 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-493.280
Sv	: 활하중에 의한 전단력	kN	-923.520
Mst	: 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-274.360
Msct	: 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	17.630
Mvt	: 활하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	-985.180
tou, tcl	: 교축방향 철근의 피복두께(상부, 하부)	mm	60, 40
k	: 부정정력 산정을 위한 영향계수	kN·m	0.250

가) 응력 산정

(1)합성전

Is' = As · Y2+ΣIs = 181148154360+31292918120 = 212441072480mm⁴

δs = Σ(A · Y)/As = -15665760/176760 = -88.627mm

Is = Is'-As · δs² = 212441072480-176760×-88.627² = 211052658606mm⁴

Ysu = H/2+Tu-δs = 2500.0/2+20.0--88.627 = 1358.627mm

Ysl = Ysu-(H+Tu+Tl) = 1358.627-2542.000 = -1183.373mm

F = b · h = ((UL2+UR2+B2)/2+Tw) · (H+Tu/2+Tl/2) = 6080652.0mm²

fsu = Ms · Ysu/Is = -88.213MPa

fsl = Ms · Ysl/Is = 76.834MPa

υ = Ss/A(Web)+Mst/(2 · F · Tw) = 27.964MPa

(2)합성후

Av = As+Ar = 186690mm²

d = Ysu-Tu+Th+tcl+(Tc-tcu-tcl) · Aru/Ar = 1459.627mm

dr = d · As/(As+Ar) = 1381.990mm

ds = d-dr = 77.637mm

Yvru = dr+(Tc-tcu-tcl) · Arl/Ar = 1450.990mm

Yvrl = dr-(Tc-tcu-tcl) · Aru/Ar = 1300.990mm

Yvsu = Yvrl-tcl-Th+Tu = 1280.990mm

Yvsl = Yvsu-(H+Tu+Tl) = -1261.010mm

Irv = Is+As · ds² +Ar · dr² = 231083359021mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2+UR2+B2)/2+Tw) · (H+(Tu+Tc/n)/2+Tl/2) = 6118339.5mm²

fvru = Msc · Yvru/Irv = -27.137MPa

fvrl = Msc · Yvrl/Irv = -24.332MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Irv = -23.958MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Irv = 23.584MPa

υ = Ssc/A(Web)+Msct/(2 · Fv · Tw) = 8.341MPa

(3)활하중

fvru = Mv · Yvru/Irv = -51.431MPa

fvrl = Mv · Yvrl/Irv = -46.114MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Irv = -45.405MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Irv = 44.697MPa

υ = Sv/A(Web)+Mvt/(2 · Fv · Tw) = 22.101MPa

(4)크리이프

Avc = As+Ac/n = 332791.250mm²

dv = Ysu-Tu+Th+Tc/2 = 1463.627mm

dvc = dv · As/(Ac/n+As) = 777.397mm

dvs = dv-dvc = 686.231mm

n1 = n · (1+ϕ1/2) = 8×(1+2.0/2) = 16

Av1 = As+Ac/n1 = 254775.625mm²

dc1 = dv · As/(Ac/n1+As) = 1015.445mm

ds1 = dv-dc1 = 448.182mm

Icv = Is+Ic/n+As · dvs² +Ac/n · dvc² = 389400605447.2mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Icv) = -1346245N

Pϕ = Nc · 2 · ϕ1/(2+ϕ1) = -1346245N

Mϕ = Pϕ · dc1 = -1367038825N · mm

Ec1 = Ec/(1+ϕ1/2) = 13902MPa

fvru1 = Pϕ/Av+k*Mϕ · Yvru/Irv = -9.357MPa

fvrl1 = Pϕ/Av+k*Mϕ · Yvrl/Irv = -9.135MPa

fvsu1 = Pϕ/Av+k*Mϕ · Yvsu/Irv = -9.106MPa

fvsl1 = Pϕ/Av+k*Mϕ · Yvsl/Irv = -5.346MPa

(5)건조수축

n2 = n · (1+ϕ2/2) = 8×(1+4.0/2) = 24

Av2 = As+Ac/n2 = 228770.417mm²

dc2 = dv · As/(Ac/n2+As) = 1130.875mm

ds2 = dv-dc2 = 332.752mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2878777N

Mv2 = P2 · dc2 = 3255536635N · mm

fvru2 = P2/Av+K*Mv2 · Yvru/Irv = 20.531MPa

fvrl2 = P2/Av+K*Mv2 · Yvrl/Irv = 20.002MPa

fvsu2 = P2/Av+K*Mv2 · Yvsu/Irv = 19.932MPa

fvsl2 = P2/Av+K*Mv2 · Yvsl/Irv = 10.979MPa

(6)온도차

$\varepsilon t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$

$P1 = Es \cdot \varepsilon t \cdot Ac/n = 3838369N$

$Mvt = P1 \cdot dvc = 2983934513N \cdot mm$

$Ert = Es \cdot \varepsilon t = 24.600MPa$

$frut = P1/Av+K*Mvt \cdot Yvru/Irv-Es \cdot \varepsilon t = 0.644MPa$

$frlt = P1/Av+K*Mvt \cdot Yvrl/Irv-Es \cdot \varepsilon t = 0.160MPa$

$fsut = P1/Av+K*Mvt \cdot Yvsu/Irv = 24.695MPa$

$fslt = P1/Av+K*Mvt \cdot Yvsl/Irv = 16.489MPa$

나) 응력조합 및 검토

① 허용응력

【표 5.37】 사용재료의 허용응력

구분	허용압축응력	허용인장응력	비고
강재(거더)	190.000 MPa[1)]	190.000 MPa	SWS 490
철근(바닥판)	-	160.000 MPa	SD40

주 : 1) 압축플랜지가 콘크리트 바닥판에 직접 고정되어 횡좌굴이 어려운 경우 이외의 허용휨압축응력과 압축응력을 받는 자유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력 중 작은 값을 사용한다.

- 바닥판에 직접 고정되어 횡좌굴이 어려운 경우 이외의 허용휨압축응력 (t=28mm < 40mm)
  Aw/Ac = 86979.5/50000.0 = 0.5748 ≤ 2.0 이고, l/b = 5.000/2.700 = 1.851 < 4.0 이므로 190 MPa
  여기서, Aw : 복부판의 총단면적 Ac : 압축플랜지의 총단면적 b : 압축플랜지 폭
  l : 압축플랜지의 고정점간 거리 (여기서는 가로보간 간격)
- 압축응력을 받는 양연지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력
  t=28mm 의 SWS490에 대해 자유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력은 다음과 같다.
  $i = 0.65(\phi/n)2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 = 0.650 \times(0.0/6)2+0.130 \times(0.0/6)+1.0=1.000$
  $\because \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$
  여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수
  i : 응력구배계수
  ϕ: 응력구배
  f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력 (단,$f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)
  $b/(24 \cdot i \cdot n)=2500/(24 \times 1.000 \times 6)=17.361mm$ 이므로 tl=22.0mm > $b/(24 \cdot i \cdot n)$ 인 경우, fca =190.000 MPa

② 응력 검토

시공단계별 하중조건에 대한 발생응력을 조합한 결과, 최대 부모멘트부(제1내부 지점부)는 휨응력에 대해서 소정의 안전율을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

【표 5.38】 부모멘트부(제1 내부 지점부) 응력 검토 결과 (㎫)

하중조합	콘크리트 바닥판			강재 거더					
	상 연			상 연			하 연		
	발생 응력	허용 응력	검토 결과 (안전율)	발생 응력	허용 응력	검토 결과 (안전율)	발생 응력	허용 응력	검토 결과 (안전율)
LCB 1	-78.568	160.000	OK (2.036)	-157.575	190.000	OK (1.206)	145.115	190.000	OK (1.309)
LCB 2	-87.925	160.000	OK (1.820)	-166.681	190.000	OK (1.140)	139.768	190.000	OK (1.359)
LCB 3	-67.394	160.000	OK (2.374)	-146.749	190.000	OK (1.295)	150.747	190.000	OK (1.260)
LCB 4	-66.750	184.000	OK (2.757)	-122.054	218.500	OK (1.790)	167.237	218.500	OK (1.307)
LCB 5	-68.038	184.000	OK (2.704)	-171.445	218.500	OK (1.274)	134.258	218.500	OK (1.627)

【표 5.39】 조합응력 검토결과

구 분		fb	fa	vb	va	$\left(\frac{f_b}{f_a}\right)^2+\left(\frac{v_b}{v_a}\right)^2 \le 1.2$	검토결과
제2지간 중앙 (정모멘트)	상연	88.429	247.000	8.268	110.000	0.134	OK
	하연	-95.440	190.000	8.268	110.000	0.258	OK
제1지점부 (부모멘트)	상연	-166.681	190.000	58.166	110.000	1.049	OK
	하연	150.747	190.000	58.166	110.000	0.909	OK

5.3.8 바닥판 안전성 검토

콘크리트 비파괴조사 결과 콘크리트 강도가 설계기준강도보다 크게 측정되어 바닥판에 대한 안전성평가는 안전측으로 계산을 수행하기 위해 설계기준강도를 적용하여 강도설계법에 의해 수행하였다.

가. 캔틸레버부

- 콘크리트의 강도 fck = 27 MPa
- 철근의 항복강도 fy = 400 MPa
- 유효높이 d = 240 mm
- 철근량 As = 8 × 286.5 = 2292.0 mm2 (H19, CTC 125.000 mm)
- 고정하중에 대한 휨모멘트

【표 5.40】 고정하중에 대한 휨모멘트

구 분	Wd (kN/m)	거리 (m)	휨모멘트 (kN·m/m)
방 호 벽	7.700	0.747	5.751
아스콘포장	1.035	0.250	0.259
바 닥 판	6.563	0.46	3.019
합 계			9.029

- 활하중에 대한 휨모멘트

  윤하중 분포폭 E = 0.8X + 1.14 = 1.3 m

  휨모멘트 M(1+i) = P(1+i) × X / E = 96 × (1+0.3) × 0.200 / 1.3 = 19.200 kN · m

- 설계휨강도

$$a = \frac{f_y \times A_s}{0.85 \times f_{ck} \times b} = \frac{400 \times 2292.0}{0.85 \times 27 \times 1000} = 39.948\,mm$$

$$\phi M_n = 0.85 \times f_y \times A_s \times (d - \frac{a}{2}) = 0.85 \times 400 \times 2292.0 \times (240 - \frac{39.948}{2}) = 171.462\,kN \cdot m$$

- 계수모멘트 Mu = 1.3 × 9.029 + 2.15 × 19.200 = 53.017 kN·m
- 안전성 평가 $\varnothing M_n > M_u$ ------ O.K
- 내하율 $RF = \frac{171.462 - 1.3 \times 9.029}{2.15 \times 19.200} = 3.869$
- 기본내하력 DB-24 이상

나. 단면 중앙부

- 콘크리트의 강도 fck = 27 MPa
- 철근의 항복강도 fy = 400 MPa
- 유효높이 d = 210 mm
- 철근량 As = 8 × 286.5 = 2292 mm2 (H19, CTC 125.000 mm)
- 고정하중에 대한 휨모멘트

  바 닥 판 0.25 m × 25 kN/m3 = 6.250 kN/m2

아스콘포장 0.09 m × 23 kN/m3 = 2.070 kN/m2

합 계 Wd = 8.320 kN/m2

Md = (Wd × L2) / 10 = (8.320 × 2.4002) / 10 = 4.792 kN・m

• 활하중에 대한 휨모멘트

$$M_l = 0.8 \times \frac{L+0.6}{9.6} \cdot P_{24(1+i)} = 0.8 \times \frac{2.400+0.6}{9.6} \times 96 \times 1.3 = 31.200\ kN \cdot m$$

• 설계휨강도

$$a = \frac{f_y \times A_s}{0.85 \times f_{ck} \times b} = \frac{400 \times 2292}{0.85 \times 27 \times 1000} = 39.948\ mm$$

$$\phi M_n = 0.85 \times f_y \times A_s \times (d - \frac{a}{2}) = 0.85 \times 400 \times 2292 \times (210 - \frac{39.948}{2}) = 148.083\ kN \cdot m$$

• 계수모멘트 Mu = 1.3 × 4.792 + 2.15 × 31.200 = 73.310 kN·m

• 안전성 평가 : $\varnothing M_n > M_u$ ------ O·K

• 내하율 $RF = \frac{73.310 - 1.3 \times 4.792}{2.15 \times 31.200} = 2.114$

• 기본내하력 DB-24 이상

5.3.9 바닥판 균열 검토

가. 캔틸레버부 (방호벽 부분)

- 철근량 As = 8 × 286.5 = 2292.0 mm2 (H19, CTC 125.000 mm)
- 피복두께 dc = 60 mm
- 유효깊이 d = 240 mm
- 사용철근비(ρ use) $= \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{2292.0}{1000 \times 240} = 0.009550$
- 사용하중(Ms) = 9.029 + 19.200 = 28.229 kN · m
- 탄성계수비(n) = 8
- 중립축비(k) $= -np + \sqrt{2np + (np)^2}$

  $= -8 \times 0.009550 + \sqrt{2 \times 8 \times 0.009550 + (8 \times 0.009550)^2} = 0.322$
- 모멘트거리비(j) $= 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.322}{3} = 0.893$
- 철근 응력(fs) $= \frac{M_s}{As \cdot j \cdot d} = \frac{28.229}{2292.000 \times 0.893 \times 240} \times 10^6$

  = 57.485 MPa < 0.6·fy = 240 MPa ∴ OK
- 휨철근 최소 중심 간격 $= MIN\left[375\left(\frac{210}{f_s}\right) - 2.5c_c,\ 300\left(\frac{210}{f_s}\right)\right] = 1095.933$ mm
- 철근과 콘크리트 표면 사이의 최소두께(Cc) $= dc - \frac{\text{주철근직경}}{2} = 60 - \frac{19}{2} = 50.5$mm
- 사용성검토 (균열검토) = 125.000mm(최외단철근 평균배근간격) ≦ 1095.933mm

  ∴ OK

나. 단면 중앙부

- 철근량 As = 8 × 286.5 = 2292 mm2 (H19, CTC 125.000 mm)
- 피복두께 dc = 40 mm
- 유효깊이 d = 210 mm

•사용철근비(ρ use) $= \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{2292.0}{1000 \times 210} = 0.010914$

•사용하중(Ms) $= 4.792 + 31.200 = 35.992\ kN \cdot m$

•탄성계수비(n) $= 8$

•중립축비(k) $= -np + \sqrt{2np + (np)^2}$

$= -8 \times 0.010914 + \sqrt{2 \times 8 \times 0.010914 + (8 \times 0.010914)^2} = 0.340$

•모멘트거리비(j) $= 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.340}{3} = 0.887$

•철근 응력(fs) $= \frac{M_s}{As \cdot j \cdot d} = \frac{35.992}{2292.000 \times 0.887 \times 210} \times 10^6$

$= 84.323\ MPa < 0.6 \cdot fy = 240\ MPa \therefore OK$

•휨철근 최소 중심 간격 $= MIN\left[375\left(\frac{210}{f_s}\right) - 2.5c_c,\ 300\left(\frac{210}{f_s}\right)\right] = 747.128\ mm$

•철근과 콘크리트

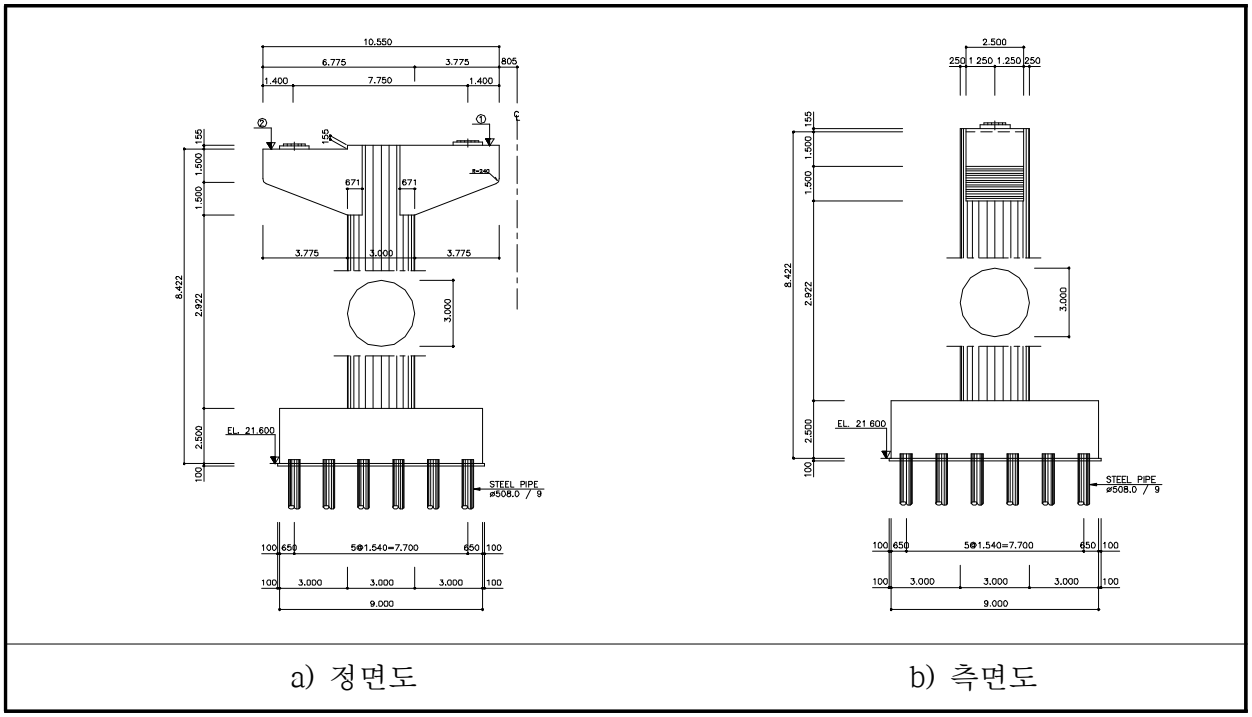
표면 사이의 최소두께(Cc) $= dc - \frac{주철근직경}{2} = 40 - \frac{19}{2} = 30.5mm$

•사용성검토 (균열검토) $= 125.000mm$(최외단철근 평균배근간격) $\leqq 747.128mm$

$\therefore$ OK

5.3.10 하부구조 검토

본 절에서는 고정단 교각을 제외한 가동단 교각중 예비 구조해석을 수행하여 가장 불리한 단면력 발생이 예상되는 교각2(P2)에 대해서 안전성검토를 실시하였다. 안전성검토시 고려된 하중은 고정하중, 설계활하중(DB-24, DL-24)과 풍하중이며 교각2(P2)의 실측 단면 제원은 【그림 5.9】와 같다.



a) 정면도 b) 측면도

【그림 5.9】해석단면

가. 검토조건

- 단면형상 : 원형
- 콘크리트 설계기준강도 : 24.0 MPa
- 철근 설계기준항복강도 : 300.0 MPa
- 철근 탄성계수 : 200000.0 MPa
- 콘크리트 탄성계수 : 26986.0 MPa
- 사용 철근량 : 69889.6 ㎟

나. 하중조합

【표 5.41】극한강도 검토시 하중조합

조합경우	하 중 조 합						비 고
	고정하중(D)	L1	L2	W1	W2	G	
LCBF1	1.30	2.15	-	-	-	-	
LCBF2	1.30		2.15	-	-	-	
LCBF3	1.30	-	-	1.30	-	-	
LCBF4	1.30	-	-	-	1.30	-	
LCBF5	1.30	1.30	-	0.65	-	-	
LCBF6	1.30	-	1.30	-	0.65	-	
LCBF7	1.30	-	1.30	0.65	-	-	
LCBF8	1.30	1.30	-	-	0.65	-	
LCBF9	1.30	1.30		-	-	1.30	
LCBF10	1.30	-	1.30	-	-	1.30	
LCBF11	1.25	-	-	1.25	-	1.25	
LCBF12	1.25	-	-	-	1.25	1.25	

다. 부재력 요약

【표 5.42】부재력 요약

구 분		Pu(kN)	모멘트(kN · m)				V(kN)	δ(mm)
			Top		Bottom			
			Sway	Nonsway	Sway	Nonsway		
LCBF2	y축	17894.39	0.000	14534.233	0.000	14534.233	0.000	2.375
	z축		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LCBF12	y축	13160.41	393.710	3234.264	-9793.093	3234.264	-1720.163	-0.657
	z축		146.180	0.000	-3563.627	0.000	-643.100	-0.429
LCBF4	y축	13686.83	409.458	3363.634	-10184.816	3363.634	-1788.969	-0.683
	z축		152.027	0.000	-681.535	0.000	-158.079	-0.075

다. 확대모멘트 산정

1) 횡구속여부 결정

검토교각은 철근콘크리트 T형 교각으로서 기둥의 거동은 교각 상단의 연결상태를 고려할 때 교축 및 교축직각방향에 대해서 수평하중의 변형에 대한 구속력이 없는 것으로 판단되므로 횡방향 상대변위가 방지되지 않은 부재로 취급하여 검토하였으며, 수평이동에 대한 가능성을 고려하여 유효좌굴계수는 k=2를 적용하였다.

2) 임계하중 산정

【표 5.43】 임계하중 산정 결과

구 분	교축직각방향(y)				교축방향(z)			
	k	βd	EI(kN·m²)	Pc(kN)	k	βd	EI(kN·m²)	Pc(kN)
LCBF2	2.000	0.600	26824430.56	1887267.492	2.000	0.600	26824430.56	1887267.492
LCBF12	2.000	0.600	26824430.56	1887267.492	2.000	0.600	26824430.56	1887267.492
LCBF4	2.000	0.600	26824430.56	1887267.492	2.000	0.600	26824430.56	1887267.492

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k \cdot l_u)^2}$$

$$EI = \frac{0.4 E_c I_g}{1+\beta_d}$$

βd : 고정하중에 의한 전체축력/전체 계수축력
최대 계수 지속전단력/최대전단력

EI : 휨강성

Ec : 26985.82 MPa

k : 유효좌굴길이계수

I : 단면2차모멘트
y축 = 3.976078 m4 z축 = 3.976078 m4

lu : 비지지길이
y축 = 5.922 m z축 = 5.922 m

3) 비횡구속 골조인 경우의 확대모멘트 계산

① 세장비 검토

【표 5.44】세장비 검토 결과

구 분	교축직각방향(y)				교축방향(z)			
	k	(k · lu)/r	한계세장비	판단	k	(k · lu)/r	한계세장비	판단
LCBF2	2.000	15.792	22.000	단주	2.000	15.792	22.000	단주
LCBF12	2.000	15.792	22.000	단주	2.000	15.792	22.000	단주
LCBF4	2.000	15.792	22.000	단주	2.000	15.792	22.000	단주

$$\frac{k \bullet l_u}{r} \le 34 - 12\frac{M_1}{M_2}$$

M1, M2 : 기둥의 양끝단 모멘트

M1 / M2 의 값이 단일곡률일 때 (+), 이중곡률일 때 (-)

M1 / M2 ≥ -0.5

$r = \sqrt{I/A}$: 회전반경

- y축 = 0.750 m
- z축 = 0.750 m

② 확대모멘트 산정

【표 5.45】확대모멘트 계수 산정 결과

구 분	교축직각방향(y축)			교축방향(z축)		
	ΣPu(kN)	ΣPc(kN)	δs	ΣPu(kN)	ΣPc(kN)	δs
LCBF2	0	0	1.000	0	0	1.000
LCBF12	0	0	1.000	0	0	1.000
LCBF4	0	0	1.000	0	0	1.000

$$\delta_s = \frac{1}{1-Q}$$ 여기서, Q < 0.6, δs < 2.5

δs > 1.5 이면

$$Q_s = \frac{1}{1-\frac{\sum P_u}{0.75\sum P_c}} \ge 1.0$$

ΣPu : 해당층의 모든 수직하중의 합

ΣPc : 해당층의 횡변위를 지지하는 기둥들의 임계하중의 합

βd = 최대 장기지속 계수축력 / 전체계수축력

【표 5.46】 확대모멘트 산정 결과

구 분		δs	M2(kN·m)	검토	Cm	Pu(kN)	δns	Mc(kN·m)
y축	LCBF2	1.000	14534.233	이하	-	-	-	14534.233
	LCBF12	1.000	-6558.829	이하	-	-	-	-6558.829
	LCBF4	1.000	-6821.182	이하	-	-	-	-6821.182
z축	LCBF2	1.000	0	이하	-	-	-	0
	LCBF12	1.000	-3563.627	이하	-	-	-	-3563.627
	LCBF4	1.000	-681.535	이하	-	-	-	-681.535

M2 = M2ns + δs · M2s

만일 $\frac{l_u}{r} > \frac{35}{\sqrt{P_u/(f_{ck} \cdot A_g)}}$ 이면, 추가로 확대를 해주어야 한다.

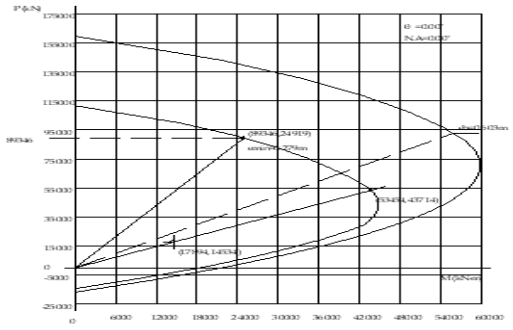
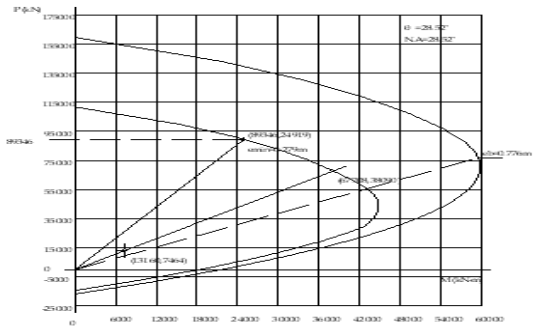
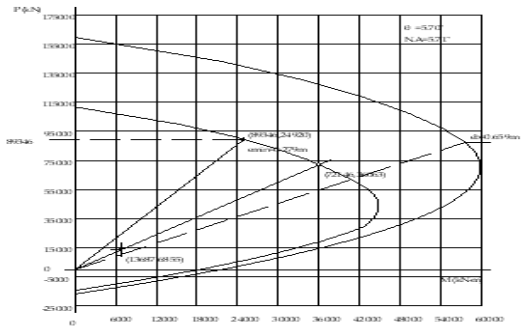
이때 $\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - P/(0.75P)} \geq 1.0, \quad C_m = 0.6 + 0.4\frac{M_1}{M_2} \geq 0.4, \qquad M_c = \delta_{ns} \cdot M_2$

【표 5.47】 단면력 산출결과 요약

구 분	Pu (kN)	Mcy (kN·m)	Mcz (kN·m)	Mc (kN·m)	비 고
LCBF2	17894.39 kN	14534.23 kN·m	0.00 kN·m	14534.23 kN·m	Pu,max
LCBF12	13160.41 kN	-6558.83 kN·m	-3563.63 kN·m	7464.43 kN·m	Mz,max
LCBF4	13686.83 kN	-6821.18 kN·m	-681.54 kN·m	6855.15 kN·m	My,max

4) P-M 상관도

【표 5.48】P-M 상관도에 의한 기둥 안전성 평가 결과 요약 (기둥 1)

■ 하중조합 : LCBF2 	■ 평형편심 상태 eb = 0.603 m ΦPb = 67851.625 kN ΦMb = 40897.158 kN・m ■ 작용편심에서의 설계강도 e = 0.818 m ΦPn = 53454.315 kN ≥ Pu = 17894.39 kN ∴ OK ΦMn = 43714.05 kN・m ≥ Mu = 14534.233 kN・m ∴ OK
■ 하중조합 : LCBF12 	■ 평형편심 상태 eb = 0.776 m ΦPb = 53767.679 kN ΦMb = 41711.413 kN・m ■ 작용편심에서의 설계강도 e = 0.563 m ΦPn = 67708.359 kN ≥ Pu = 13160.413 kN ∴ OK ΦMn = 38090.289 kN・m ≥ Mu = 7464.427 kN・m ∴ OK
■ 하중조합 : LCBF4 	■ 평형편심 상태 eb = 0.659 m ΦPb = 61254.657 kN ΦMb = 40370.758 kN・m ■ 작용편심에서의 설계강도 e = 0.257 m ΦPn = 72146.04 kN ≥ Pu = 13686.829 kN ∴ OK ΦMn = 36062.597 kN・m ≥ Mu = 6855.145 kN・m ∴ OK

5.4 내하력 평가

5.4.1 개요

내하력 평가시 강박스 거더교의 주거더에 대해서는 허용응력법으로 내하력을 평가하였으며, 콘크리트 바닥판은 강도 설계법에 의하여 내하력을 평가한다.

가. 허용응력법

허용응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정시에 하중조합으로는 D+L(1.0+i)를 사용하여 하중계수를 각각 1.0으로 하며, 사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따른 항복응력, 콘크리트의 경우 실제 압축강도를 사용하여 도로교 설계기준에 의거 부재종류에 따라 결정한다.

고정하중과 활하중에 의한 응력은 도로교설계기준에 의거하여 계산하였으며, 본 교량에서의 적용 활하중은 DB-24 및 DL-24이다.

허용응력법에 의한 교량부재의 내하력 평가방법은 다음과 같다.

- 내하율(RF) = $\frac{f_a - f_d}{f_1 (1+i)}$

여기서, fa : 허용응력

fd : 고정하중에 의한 응력

f1 : 설계활하중에 의한 응력

fd : 이론 충격계수

나. 강도 설계법

강도 설계법으로 내하율을 산정할 때의 하중조합으로는 1.3D+2.15L(1.0+i)을 사용하므로 하중계수는 각각 1.3, 2.15 가 된다. 단면강도는 단면의 현재상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교설계기준의 공칭강도와 강도감소 계수를 적용하여 계산한다.

교량설계시의 부재강도 감소계수는 부재강도의 산정에 있어서 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시공단면의 오차 등을 고려하는 계수이나 내하력 평가시에는 그러한 불확실성은 상

당히 감소하므로 오히려 공용 중에 부재단면의 손상정도에 따라 결정되어야 한다. 그러나 부재단면의 손상정도를 정량적으로 평가하기가 어려우므로 공칭강도의 산정시는 교량의 현재상태에 따른 단면감소와 재료강도를 고려하고 강도감소계수는 설계시의 값을 그대로 사용한다.

고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 사하중과 현행 도로교 표준시방서의 설계활하중(DB 또는 DL하중) 및 콘크리트 구조설계기준을 사용하여 구조해석을 통하여 구한다.

강도설계법에 의한 내하력 평가방법은 다음과 같다.

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

여기서, Φ = 0.85 (RC·PC구조물의 휨부재)

Md = 고정하중 모멘트

Ml = 설계활하중 모멘트

γl = 활하중계수 = 2.15

γd = 고정하중계수 = 1.30

i = 이론 충격계수

5.4.2 기본 내하력 평가

대상교량의 강박스 거더와 바닥판의 내하력은 재하시험을 실시하지 않아 기본내하력으로 평가하였으며, 아래 【표 5.49】~ 【표 5.52】에서 보는 바와 같이 강박스 거더와 바닥판 모두 설계활하중인 DL-24 및 DB-24 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

【표 5.49】 허용응력법에 의한 초봉교(천안방향) 거더의 공용내하력

구 분		발생응력(MPa)			내하율	비 고
		허용	고정하중	활하중		
최대 정모멘트부	상 연	190.000	51.329	6.137	22.597	
	하 연	190.000	70.022	-29.790	4.028	
최대 부모멘트부	상 연	190.000	119.449	-45.388	1.554	
	하 연	190.000	107.207	44.680	1.853	

※ $RF = \frac{f_a - f_d}{f_l (1+i)}$

【표 5.50】 허용응력법에 의한 초봉교(논산방향) 거더의 공용내하력

구 분		발생응력(MPa)			내하율	비 고
		허용	고정하중	활하중		
최대 정모멘트부	상 연	190.000	49.116	6.138	22.953	
	하 연	190.000	65.644	-29.797	4.173	
최대 부모멘트부	상 연	190.000	112.170	-45.405	1.714	
	하 연	190.000	100.418	44.697	2.004	

※ $RF = \frac{f_a - f_d}{f_l(1+i)}$

【표 5.51】 강도설계법에 의한 초봉교(천안방향) 바닥판의 공용내하력

구 분	$\varnothing M_n$ (kN・m)	M_d (kN・m)	$M_{l(1+i)}$ (kN・m)	내하율	비 고
켄틸레버부 (방호벽)	171.462	9.029	19.200	3.869	
중앙부	73.310	4.792	31.200	2.114	
켄틸레버부 (중앙분리대)	171.462	12.874	31.462	2.287	

※ $RF = \frac{\varnothing M_n - 1.3M_d}{2.15 \times M_{l(1+i)}}$

【표 5.52】 강도설계법에 의한 초봉교(논산방향) 바닥판의 공용내하력

구 분	$\varnothing M_n$ (kN・m)	M_d (kN・m)	$M_{l(1+i)}$ (kN・m)	내하율	비 고
켄틸레버부	171.462	9.029	19.200	3.869	
중앙부	73.310	4.792	31.200	2.114	

※ $RF = \frac{\varnothing M_n - 1.3M_d}{2.15 \times M_{l(1+i)}}$

5.4.3 고찰

본 교량의 대한 구조해석 결과 강박스 거더에 대한 내하율과 바닥판 슬래브의 내하율이 1.0 이상으로 설계활하중 DB-24를 만족하는 것으로 평가된다.

5.5 안전성평가 등급 산정

외관상태와 내구성조사를 근거로 교량구조물의 대표등급을 산정하는 경우, 구조물의 실제적인 안전성에 대한 효과적인 고려가 곤란하다. 따라서, 정밀점검(필요시)이나 정밀안전진단 시에는 안전성 평가 결과에 의하여 안전성평가등급을 산정하도록 한다.

5.5.1 개요

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀육안검사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 도로교와 철도교는 강교의 경우 허용응력설계법, 콘크리트교는 강도설계법으로 설계되고 있다. 안전성검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 하고있다.

또한 교량의 안전성평가는 내하력평가 개념으로 규정되어 왔으나 내하력은 활하중여유도로서 하중비에 따라 내하력의 변동폭이 크게 변하므로 교량의 안전성을 일관되게 평가하는 기준으로 적절하지 못하다. 따라서 안전성평가는 교량의 안전율 개념을 도입하여 평가하였다.

【표 5.53】 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 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u}$
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	

5.5.2 안전성 평가결과

【표 5.53】에 따라 설계하중에 대한 안전율은 다음과 같이 계산된다.

가. 천안방향

• 강박스 거더 (허용응력설계법)

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190.000}{175.448} = 1.083 \qquad 『A』$$

• 바닥판 슬래브 (강도설계법)

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u} = \frac{148.083}{73.310} = 2.020 \qquad 『A』$$

• 하부구조 (강도설계법)

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u} = \frac{40123.917}{11961.342} = 3.354 \qquad 『A』$$

나. 논산방향

• 강박스 거더 (허용응력설계법)

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190.000}{166.681} = 1.140 \qquad 『A』$$

• 바닥판 슬래브 (강도설계법)

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u} = \frac{148.083}{73.310} = 2.020 \qquad 『A』$$

• 하부구조 (강도설계법)

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u} = \frac{43714.050}{14534.233} = 3.008 \qquad 『A』$$

대상교량의 구조해석에 의한 안전성 평가결과는 【표 5.54】와 같이 강박스 거더와 바닥판 슬래브의 안전율이 1.0을 초과한다.

【표 5.54】 안전성 평가결과

부 재		SF(안전율)	등 급
강박스 거더	천안방향	1.083	A
	논산방향	1.140	A
바닥판	천안방향	2.020	A
	논산방향	2.020	A
하부구조	천안방향	3.354	A
	논산방향	3.008	A

제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가 산정절차

6.2 종합평가 결과

6.3 안전등급 지정

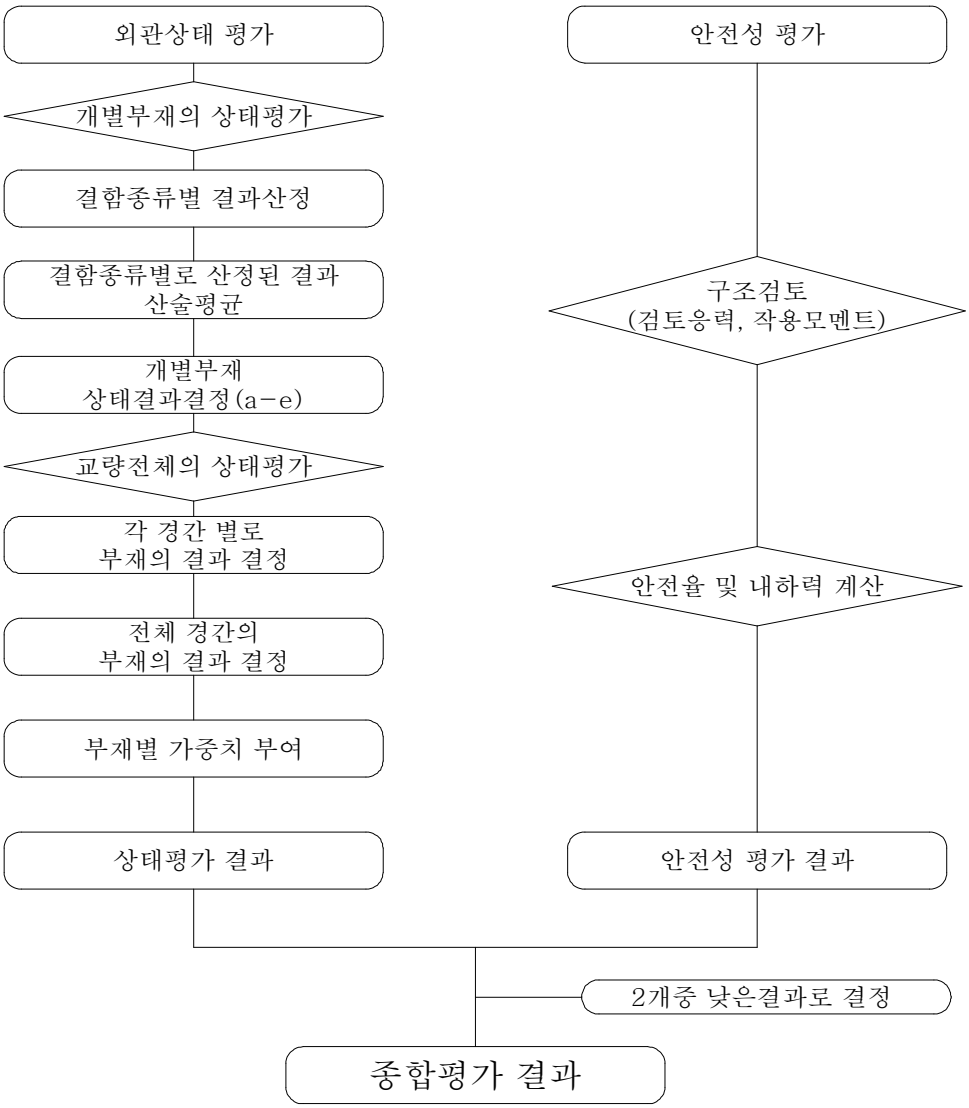
제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가 산정절차

6.1.1 종합평가 결과 산정방법

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

■ **종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)**



【그림 6.1】 종합평가 결과 산정절차

6.2 종합평가 결과

외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과와 구조검토에 의한 안전성평가 결과를 종합하여 검토한 결과, 초봉교(천안방향)의 종합평가 결과는 “B”로 평가되었다.

【표 6.1】종합평가 결과 (천안방향)

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
초봉교	0.245	B	1.083(강거더)	A	B
종합평가	•초봉교(천안방향)의 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 초봉교(천안방향)는 “B”로 평가됨				

외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과와 구조검토에 의한 안전성평가 결과를 종합하여 검토한 결과, 초봉교(논산방향)의 종합평가 결과는 “B”로 평가되었다.

【표 6.2】종합평가 결과 (논산방향)

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
초봉교	0.228	B	1.140(강거더)	A	B
종합평가	•초봉교(논산방향)의 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 초봉교(논산방향)는 “B”로 평가됨				

6.3 안전등급 지정

6.3.1 안전등급기준

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

【표 6.2】 시설물의 안전등급

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

6.3.2 안전등급 지정

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

【표 6.3】 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	초봉교	B등급(양호)

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개 요

7.2 보수·보강 방안

7.3 보수·보강 개략공사비

7.4 유지관리방안

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개요

초봉교(천안, 논산)는 논산천안고속도로(이정 : 228.9㎞)에 위치하고 2002년 12월에 준공된 교량이다. 행정구역상으로 충청남도 공주시 이인면 초봉리 일대에 위치하고 하부는 도로가 통과하고 있다.

교량의 외관조사에 따른 상태평가 결과 "B등급"으로 산정되어 발생한 손상에 대한 보수가 필요한 상태이고, 구조안전성평가 결과, 상·하행선 모두 전 경간에서 1등교(DB-24)로서의 내하력을 충분히 확보하고 있으며, 하부구조 또한 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

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

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

【표 7.1】 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항

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

7.2 보수·보강 방안

7.2.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 선정

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

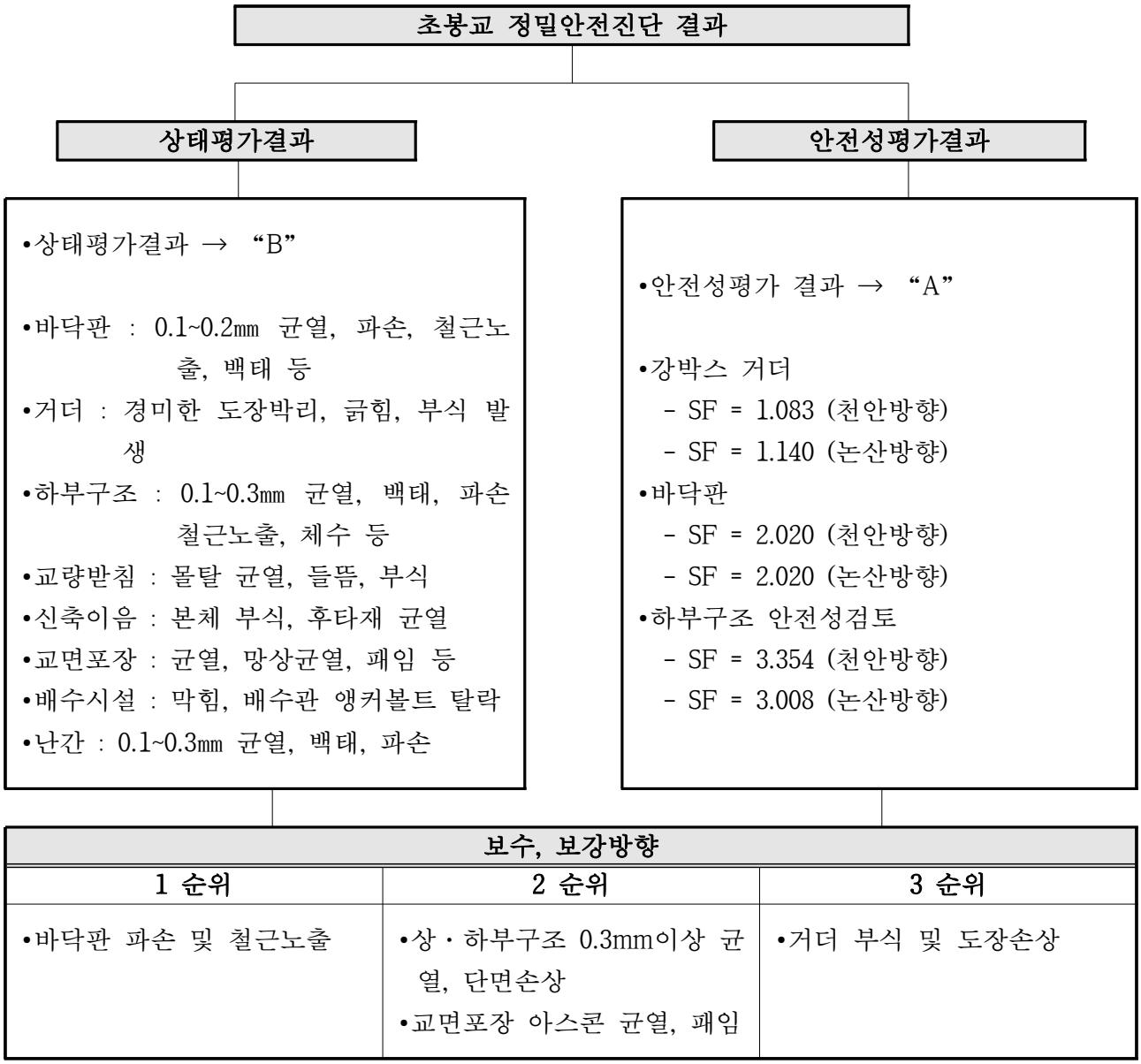
진단시 조사된 콘크리트의 균열, 박리, 박락 등의 손상 및 결함에 대해서는 가능한 한 조속한 보수·보강을 실시하는 것이 원칙이나, 경제적이고 효율적인 보수·보강 작업을 위해 손상 및 결함이 구조물의 안전성에 미치는 영향을 고려하여야 한다.

금회 진단결과 우선순위는 다음 표의 기준에 의해 구분하되 언급되지 않은 손상이나 책임기술자의 판단하에 우선순위를 선정하였다.

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

【표 7.2】보수·보강 우선순위 결정 기준

구분	순위	내 용
단기	1순위	•『시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령』제18조(시설물의 중대한 결함)의 “대통령령으로 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 •주요부재에 발생된 결함 및 손상이 커 상태평가 기준 “d” 이하인 경우 •철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우
중기	2순위	•보조부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 •상부 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상 •즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
장기	3순위	•기능발휘에는 지장이 없으나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상 •발생된 손상이 경미하여, 유지관리를 통한 점검이 필요한 경우
주의 관찰		•1~3순위를 제외한 손상으로서 지속적인 관찰을 통해 향후 발전상태에 따라 보수·보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 - 콘크리트의 0.2mm이하의 비구조적 미세균열(단, 균열집중구간은 제외) - 경미한 강재의 용접결함 - 후타재 등의 보조부재에서의 주행에 지장을 주지 않는 균열 등의 손상(빈번한 차량통행으로 인한 보수효과가 없는 경우, 향후 교체가 시행될 부재 등) - 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않은 경우



【그림 7.1】 보수·보강방안 추진방향

7.2.2 결함내용별 보수·보강방안

【표 7.3】 보수·보강 일람표(천안방향)

구분		손상내용	손상 물량	단위	보수방안	우선 순위
바닥판		균열(0.3mm미만)	3.0	m	표면보수	3
		균열(0.3mm이상)	1.5	m	주입보수	2
		녹물	34.0	㎡	주의관찰	-
		백태	43.8	㎡	표면보수	3
		박락, 철근노출	0.78	㎡	단면보수(방청)	1
거더	내부	Splice 틈	0.11	㎡	주의관찰	-
		단부부식	0.12	㎡	재도장	3
		우수유입흔적	1.01	㎡	주의관찰	-
		전등파손	2	ea	정비	3
		점부식	0.1	㎡	재도장	3
	외부	도장박리, 긁힘	3.12	㎡	재도장	3
가로보 및 세로보		도장긁힘	0.15	㎡	재도장	3
		부식	0.51	㎡	재도장	3
하부 구조	교대	균열(0.3mm미만)	2.3	m	표면보수	3
		녹물	0.03	㎡	주의관찰	-
		누수흔적	4.6	㎡	주의관찰	-
		박락	0.1	㎡	단면보수	2
		백태	0.12	㎡	표면보수	3
	교각	균열(0.3mm미만)	8.6	m	표면보수	3
		균열(0.3mm이상)	0.6	m	주입보수	2
		들뜸	0.01	㎡	단면보수	2
교량받침		받침 도장박리/부식	0.02	㎡	재도장	3
		받침몰탈 균열	0.2	m	표면보수	3
		받침부식	0.5	㎡	재도장	3
		볼트부식	1	ea	재도장	3
		박락 및 철근노출	0.2	㎡	단면보수(방청)	2
신축이음		본체부식	2.5	㎡	주의관찰	-
		토사퇴적	2.5	m	정비	3
		후타재 균열	2.6	m	표면보수	3

【표 7.3】 보수·보강 일람표(천안방향)(계속)

구분		손상내용	손상 물량	단위	보수방안	우선 순위
교면포장		아스콘균열	39.5	m	아스콘씰링	2
		아스콘 망상균열	92.05	㎡	재포장	2
		아스콘 패임, 탈락	0.09	㎡	아스콘패칭	2
		이물질퇴적	2.0	㎡	주의관찰	-
기타 시설	배수시설	배수구 막힘	1	ea	정비	3
		연결핀 부식	2	ea	정비	3
	난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	30.6	m	표면보수	3
		균열(0.3mm이상)	11.4	m	주입보수	3
		망상균열	6.15	㎡	표면보수	3
		파손, 탈락	0.36	㎡	단면보수	3
		충돌흔적	3.0	㎡	주의관찰	-

【표 7.4】 보수·보강 일람표(논산방향)

구분		손상내용	손상 물량	단위	보수방안	우선 순위
바닥판		균열(0.3mm미만)	1.6	m	표면보수	3
		들뜸, 파손	0.14	㎡	단면보수	1
		백태	38.74	㎡	표면보수	3
		철근부식	15.0	㎡	단면보수(방청)	1
거더	내부	Splice 틈	0.15	㎡	주의관찰	-
		부식	0.6	㎡	재도장	3
		도장박리	0.03	㎡	재도장	3
		이물질퇴적	1.65	㎡	정비	3
	외부	도장박리, 긁힘	2.97	㎡	재도장	3
		볼트부식	3	ea	재도장	3
가로보 및 세로보		도장박리	0.01	㎡	재도장	3
		부식	0.01	㎡	재도장	3
하부 구조	교대	균열(0.3mm미만)	1.0	m	표면보수	3
		균열(0.3mm이상)	2.0	m	주입보수	2
		백태	0.18	㎡	표면보수	3
		체수	1.0	㎡	주의관찰	-
		들뜸, 철근노출	1.57	㎡	단면보수(방청)	2
	교각	균열(0.3mm미만)	3.9	m	표면보수	3
		균열(0.3mm이상)	1.5	m	주입보수	2
		망상균열	1.0	㎡	표면보수	3
교량받침		받침부식	0.6	㎡	재도장	3
		받침콘크리트 균열	0.4	m	표면보수	3
		볼트부식	1	ea	주의관찰	-
		들뜸, 파손	0.44	㎡	단면보수	3
신축이음		토사퇴적	3.0	m	정비	3
		후타재 균열	2.9	m	표면보수	3

【표 7.4】 보수·보강 일람표(논산방향)(계속)

구분		손상내용	손상 물량	단위	보수방안	우선 순위
교면포장		아스콘균열	43.0	m	아스콘씰링	2
		아스콘 패임	0.05	㎡	아스콘패칭	2
기타 시설	배수시설	배수구 막힘	1	ea	정비	3
		고정볼트 탈락	3	ea	정비	3
	난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	45.0	m	표면보수	3
		균열(0.3mm이상)	4.5	m	주입보수	3
		백태	0.03	㎡	표면보수	3
		망상균열	2.72	㎡	표면보수	3
		박락, 철근부식	0.17	㎡	단면보수(방청)	3
		차수덮개볼트탈락	3	ea	정비	3
		차수판 파손	1	ea	정비	3

7.2.3 주요결함 및 손상에 대한 보수·보강 방법

가. 콘크리트 균열보수 방안

1) 진단 현황

본 교량에 상·하부 구조에 발생된 균열은 대부분 폭 0.1㎜~0.3mm로 내구성 유지 및 진전방지를 위한 보수가 필요한 상태로서 폭 0.1~0.2mm균열은 표면처리공법을, 폭0.3mm이상 균열은 주입보수를 실시하는 것지 적절할 것으로 판단된다.

2) 콘크리트 표면처리공법(c/w=0.3mm미만)

① 공법 개요

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

② 시공방법 및 유의사항

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

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

표 면 처 리	콘크리트 열화부위, 백태발생 부위를 그라인더 등을 이용하여 표면처리 한다.
↓	
표 면 청 소	콘크리트 표면처리후 고압살수기를 이용하여 표면을 고압세척한다. 고압세척의 압력은 노즐 TIP에서 5,000 PSI (350kg/㎠)의 압력으로 한다.
↓	
표면보호제 도포	표면보호를 위하여 표면 보호제를 도포한다. 제품 선정 후 제품의 시방규정에 의한 표준 도포량을 확인한다.

【그림 7.2】 콘크리트 표면처리 시공순서도

3) 균열주입보수(c/w=0.3mm이상)

① 개요

균열(0.3㎜이상)부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다.

균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안전성 여부 등을 종합적으로 판단하여 보수 목적에 따라 가장 유리한 보수 대책을 선정하여야 한다. 또한, 균열보수는 균열 폭과 균열깊이를 고려하여 이에 적합한 주입속도, 점도 및 양생 속도를 갖는 수지 재료를 사용하여야 한다.

② 수지주입공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며, 이 중 저압·저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있어 유리하다.

【표 7.5】 수지주입공법의 종류

압입식 공법	흡입식 공법
· 수동식 주입 : 인력 · 기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 · 저압·저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력 · 자동주입식 기계주입 : 자동주입기	· 균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치하여, 흡입펌프로 충전재를 흡입 주입

【표 7.6】 균열폭에 알맞은 수지의 점도

형 상		점도(20℃, cp)	주입 가능한 균열 폭
액 상	저점도	500±200	0.1㎜ 전후
	고점도	1,500±500	0.2㎜ 전후
Gel 상태		6,000±1,000	0.5~5.0㎜ 전후

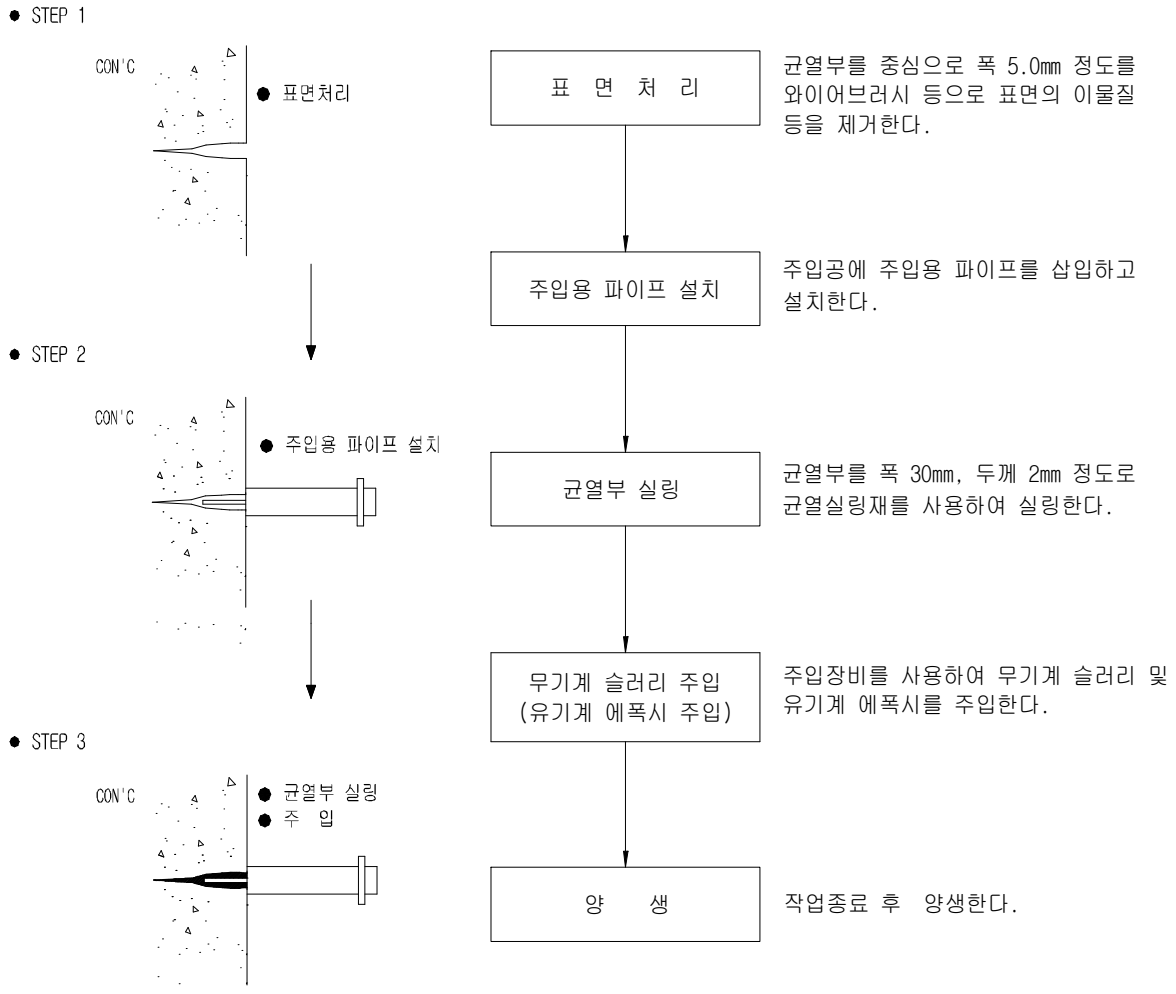
【표 7.7】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

균열 폭(㎜)	주입파이프/패커간격(㎜)	비고
0.3이하	50~100	
0.3~0.5	100~200	
0.5~1.0	150~250	
1.0이상	200~300	

【표 7.8】 에폭시계 수지의 규격

시험항목	시험방법	시험조건	실링 및 퍼티용 규격치	주입용 규격치
비 중	KS M 3015	20℃ 7일간	1.7±0.2	1.2±0.2
사용가능시간	온도상승법	20℃	60이상	30이상
점 도	JIS K 6838	〃	-	5,000이하
압축항복강도	KS M 3015	20℃ 7일간	6.0이상	6.0이상
휨강도	〃	〃	3.5이상	4.0이상
인장강도	〃	〃	2.0이상	2.0이상
압축탄성계수	ASTM D 695	〃	0.1~0.6	0.1~0.6
인장전단강도	KS M 3722	〃	100이상	100이상
충격강도	KS M 3015	〃	0.15이상	0.3이상
경 도	ASTM D 2240	〃	80이상	80이상

③ 시공방법



【그림 7.3】 균열 보수공법 개요도

④ 시공시 주의사항

㉠ 대기온도가 10~30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다.

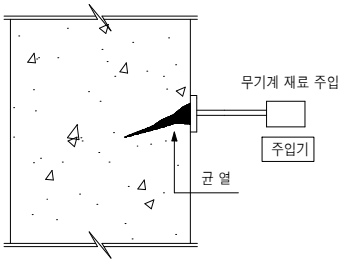
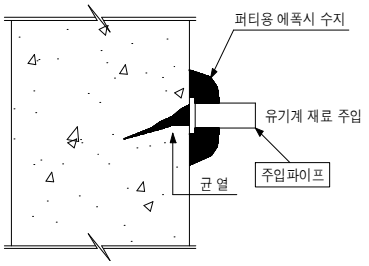
㉡ 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.

㉢ 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 루트마다 시험을 실시하여 품질을 확보한다.

㉣ 씰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.

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

【표 7.9】 주입공법 공법비교안

구 분	폴리머 슬러리시멘트 주입공법	에폭시 주입공법
개요도		
공법 개요	균열부위를 컷팅하고 균열부를 씰링한 후에 무기계재료인 폴리머 슬러리시멘트를 주입기를 통하여 주입하는 공법	균열부위를 컷팅하고 균열부를 씰링한 후에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법
시공 방법	표면처리→U.V컷팅→주입기설치→ 균열부 씰링→폴리머슬러리 시멘트주입→단면복구	표면처리→U.V컷팅→주입기설치→ 균열부 씰링→에폭시주입→단면복구
특징	- 품질관리가 용이하고 재균열 발생우려 없음 - 균열보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 - 콘크리트 모체와 동등한 탄성계수, 열팽창 계수, 투수성 확보 - 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함 - 보통형식의 것은 경화시간이 늦고 공기가 길어짐 - 공정이 다소 복잡하여 시공전문가필요 - 유기계에 비해 접착강도 떨어짐	- 인장, 휨강도가 우수함 - 건조한 환경에 유리함 - 경화시간이 빠름 - 시공실적 다수 - 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움 - 주입압력이 크면 균열이 확대되므로 주의 - 탄성계수, 열팽창계수가 콘크리트와 다름

나. 콘크리트 단면보수 방안

1) 진단 현황

본 교량의 단면손상은 바닥판의 박락, 거더 하부플랜지의 Insert Plate 주변 들뜸 및 파손, 하부구조의 재료분리, 파손, 철근노출 등이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 유지 및 손상진전 방지차원의 보수가 필요한 상태이다.

2) 단면복구(보수)공법 개요

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

3) 단면복구(보수)시 털어내기 작업

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

① 열화부분을 고려한 털어내기 범위

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

② 철근의 녹을 고려한 털어내기 범위

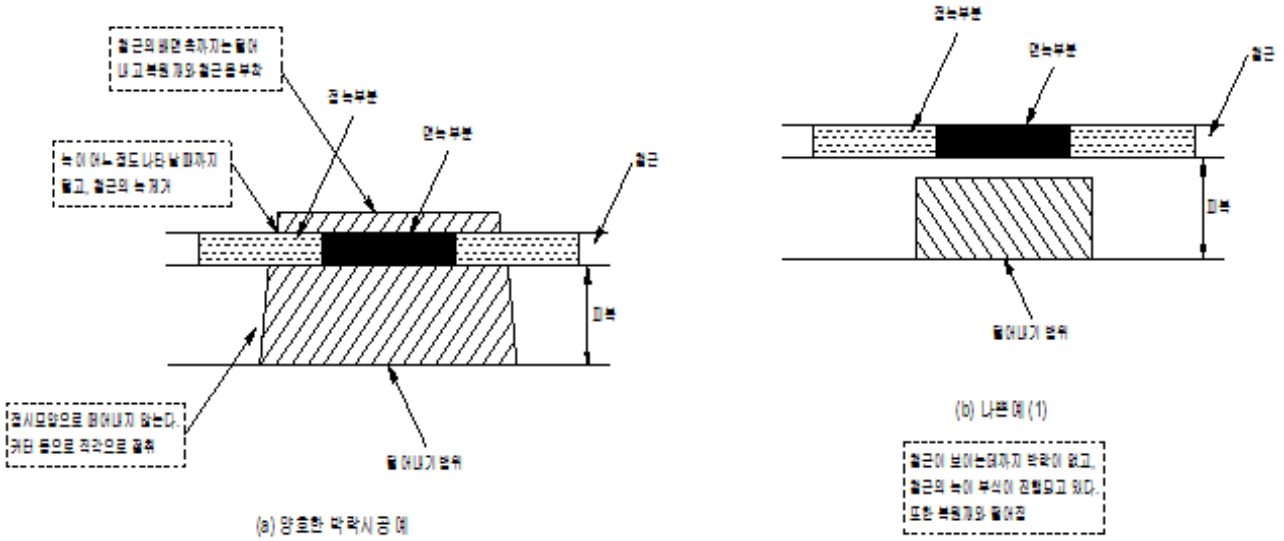
콘크리트의 열화부분을 충분하게 제거하여도 철근의 부식범위는 이 부위보다 넓은 경우가 대부분이다. 이 경우는 박락되어 노출된 부분의 철근 청소를 실시하여도 그 전후는 녹이 잔존한 채 남아있게 된다. 이 상태에서 단면복구(보수)를 실시하면 보수된 범위는 마이너스(-), 그 전후는 플러스(+)의 macro cell 부식이 생겨서 철근부식이 주위로 확산되어 보수효과가 적어지는 결과를 나타내는 경우가 많다.

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

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

③ 털어내기 형상

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



【그림 7.4】 단면복구(보수) 상세도

4) 철근의 방청 처리

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

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

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

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

5) 단면복구(보수) 재료

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

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

【표 7.10】 일반적인 단면 복구(보수)재의 분류

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

6) 단면복구(보수)시 유의 사항

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

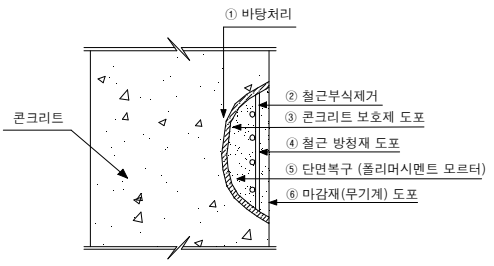
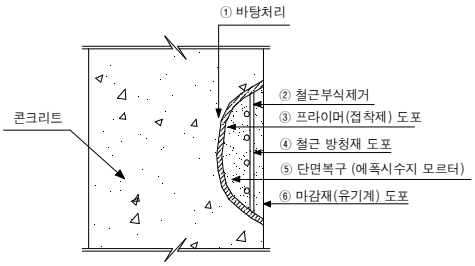
② 철근방청재, 프라이머, 단면복구(보수)재는 동일 제작사의 제품을 사용하거나 서로 양호한 조합의 물건을 이용한다.

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

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

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

【표 7.11】 단면복구(보수) 공법비교안

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

7.3 보수·보강 개략공사비

금회 진단결과를 토대로 개략공사비를 산정하였으며, 보수공법별 단가는 한국도로공사 2018년 유지보수단가를 적용하여 산정하였다.

【표 7.12】 보수·보강 개략공사비(천안방향)

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판		균열(0.3mm미만)	표면보수	3.0	1.13	㎡	50	56	3
		균열(0.3mm이상)	주입보수	1.5	2.25	m	75	169	2
		녹물	주의관찰	34.0	51.00	㎡	-	-	-
		백태	표면보수	43.8	65.70	㎡	50	3,285	3
		박락, 철근노출	단면보수(방청)	0.78	1.17	㎡	250	293	1
거더	내부	Splice 틈	주의관찰	0.11	0.17	㎡	-	-	-
		단부부식	재도장	0.12	0.18	㎡	9	2	3
		우수유입흔적	주의관찰	1.01	1.52	㎡	-	-	-
		전등파손	정비	2	3.00	ea	10	30	3
		점부식	재도장	0.1	0.15	㎡	9	1	3
	외부	도장박리, 긁힘	재도장	3.12	4.68	㎡	45	211	3
가로보 및 세로보		도장긁힘	재도장	0.15	0.22	㎡	45	10	3
		부식	재도장	0.51	0.77	㎡	45	35	3
하부구조	교대	균열(0.3mm미만)	표면보수	2.3	0.86	㎡	50	43	3
		녹물	주의관찰	0.03	0.05	㎡	-	-	-
		누수흔적	주의관찰	4.6	6.90	㎡	-	-	-
		박락	단면보수	0.1	0.15	㎡	230	35	2
		백태	표면보수	0.12	0.18	㎡	50	9	3
	교각	균열(0.3mm미만)	표면보수	8.6	3.22	㎡	50	161	3
		균열(0.3mm이상)	주입보수	0.6	0.90	m	75	68	2
		들뜸	단면보수	0.01	0.02	㎡	230	5	2
교량받침		받침 도장박리/부식	재도장	0.02	0.03	㎡	45	1	3
		받침몰탈 균열	표면보수	0.2	0.08	㎡	50	4	3
		받침부식	재도장	0.5	0.75	㎡	45	34	3
		볼트부식	재도장	1	1.50	ea	45	68	3
		박락 및 철근노출	단면보수(방청)	0.2	0.30	㎡	250	75	2

【표 7.12】 보수·보강 개략공사비(천안방향)(계속)

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
신축 이음		본체부식	주의관찰	2.5	3.75	㎡	-	-	-
		토사퇴적	정비	2.5	3.75	m	10	38	3
		후타재 균열	표면보수	2.6	0.98	㎡	50	49	3
교면 포장		아스콘균열	아스콘씰링	39.5	59.25	m	19	1,126	2
		아스콘 망상균열	재포장	92.05	138.07	㎡	6	828	2
		아스콘 패임, 탈락	아스콘패칭	0.09	0.14	㎡	75	11	2
		이물질퇴적	주의관찰	2.0	3.00	㎡	-	-	-
기타 시설	배수 시설	배수구 막힘	정비	1	1.50	ea	10	15	3
		연결핀 부식	정비	2	3.00	ea	10	30	3
	난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	표면보수	30.6	11.48	㎡	50	574	3
		균열(0.3mm이상)	주입보수	11.4	17.10	m	75	1,283	3
		망상균열	표면보수	6.15	9.23	㎡	50	462	3
		파손, 탈락	단면보수	0.36	0.54	㎡	230	124	3
		충돌흔적	주의관찰	3.0	4.50	㎡	-	-	-

순공사비 합계(천원)		9135
제경비(순공사비×50%)(천원)		4568
순위별 공사비 (제경비 포함)	1순위(천원)	440
	2순위(천원)	3,476
	3순위(천원)	9,787
유지보수 개략공사비 총계(천원)		13,703

※ 순공사비는 부대공(교통통제 및 고소장비 등)을 포함한 개략공사비 합산금액이며, 부대비용은 현장여건에 따라 금액이 변경될 수 있음.
※ 유지보수 개략공사비 총계는 부대공을 포함하여 합산한 금액임.
※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.

【표 7.13】 보수·보강 개략공사비(논산방향)

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판		균열(0.3mm미만)	표면보수	1.6	0.60	㎡	50	30	3
		들뜸, 파손	단면보수	0.14	0.21	㎡	230	48	1
		백태	표면보수	38.74	58.11	㎡	50	2,906	3
		철근부식	단면보수(방청)	15.0	22.50	㎡	250	5,625	1
거더	내부	Splice 틈	주의관찰	0.15	0.22	㎡	-	-	-
		부식	재도장	0.6	0.90	㎡	9	8	3
		도장박리	재도장	0.03	0.05	㎡	9	0	3
		이물질퇴적	정비	1.65	2.47	㎡	10	25	3
	외부	도장박리, 긁힘	재도장	2.97	4.46	㎡	45	201	3
		볼트부식	재도장	3	4.50	ea	45	203	3
가로보 및 세로보		도장박리	재도장	0.01	0.02	㎡	45	1	3
		부식	재도장	0.01	0.02	㎡	45	1	3
하부구조	교대	균열(0.3mm미만)	표면보수	1.0	0.38	㎡	50	19	3
		균열(0.3mm이상)	주입보수	2.0	3.00	m	75	225	2
		백태	표면보수	0.18	0.27	㎡	50	14	3
		체수	주의관찰	1.0	1.50	㎡	-	-	-
		들뜸, 철근노출	단면보수(방청)	1.57	2.36	㎡	250	590	2
	교각	균열(0.3mm미만)	표면보수	3.9	1.46	㎡	50	73	3
		균열(0.3mm이상)	주입보수	1.5	2.25	m	75	169	2
		망상균열	표면보수	1.0	1.50	㎡	50	75	3
교량받침		받침부식	재도장	0.6	0.90	㎡	45	41	3
		받침콘크리트 균열	표면보수	0.4	0.15	㎡	50	8	3
		볼트부식	주의관찰	1	1.50	ea	-	-	-
		들뜸, 파손	단면보수	0.44	0.66	㎡	230	152	3

【표 7.13】 보수·보강 개략공사비(논산방향)(계속)

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
신축 이음		토사퇴적	정비	3.0	4.50	m	10	45	3
		후타재 균열	표면보수	2.9	1.09	㎡	50	55	3
교면 포장		아스콘균열	아스콘씰링	43.0	64.50	m	19	1,226	2
		아스콘 패임	아스콘패칭	0.05	0.08	㎡	75	6	2
기타 시설	배수 시설	배수구 막힘	정비	1	1.50	ea	10	15	3
		고정볼트 탈락	정비	3	4.50	ea	10	45	3
	난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	표면보수	45.0	16.88	㎡	50	844	3
		균열(0.3mm이상)	주입보수	4.5	6.75	m	75	506	3
		백태	표면보수	0.03	0.05	㎡	50	3	3
		망상균열	표면보수	2.72	4.08	㎡	50	204	3
		박락, 철근부식	단면보수(방청)	0.17	0.26	㎡	250	65	3
		차수덮개볼트탈락	정비	3	4.50	ea	10	45	3
		차수판 파손	정비	1	1.50	ea	100	150	3

순공사비 합계(천원)		13,623
제경비(순공사비×50%)(천원)		6,812
순위별 공사비 (제경비 포함)	1순위(천원)	8,510
	2순위(천원)	3,324
	3순위(천원)	8,601
유지보수 개략공사비 총계(천원)		20,435

※ 순공사비는 부대공(교통통제 및 고소장비 등)을 포함한 개략공사비 합산금액이며, 부대비용은 현장여건에 따라 금액이 변경될 수 있음.
※ 유지보수 개략공사비 총계는 부대공을 포함하여 합산한 금액임.
※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.

7.4 유지관리방안

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

7.4.1 진단결과에 따른 중점유지관리 사항

가. 중점유지관리 개요

금회 진단결과, 바닥판 하면 우수유입, 박락 및 철근노출, 거더 스플라이스 틈 우수유입, 하부구조 폭 0.3mm 균열 등이며 이에 대해 보수 실시 후 재손상 발생 여부 및 추가 손상진전 발생에 대한 주기적인 점검이 필요하다.

나. 신축 여유량 부족

1) 선정사유

거더의 신축에 따라 신축이음장치 및 교량받침의 작동이 원활하지 못하거나 신축량 부족에 따른 문제점이 발생할 경우 교량의 안전성에 직접적인 영향을 미치기 때문에 신축이음장치와 교량받침의 거동상태는 매우 중요하다.

2) 현장조사결과

가동 여유량 평가 결과 A2 받침에서 하절기 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 외관조사 결과 공용기간 동안 파손이나 변형 등과 같은 손상은 발생하지 않은 상태이다.

【표 7.14】 신축 여유량 부족 현황

구분	설계온도에 따른 부족			최근 10년간 온도에 따른 부족		
	위치		부족 여유량(mm)	위치		부족 여유량(mm)
교량받침	A2	Sh1	하절기 -2.1	A2	Sh1	여유량 확보
		Sh2	하절기 -7.1		Sh2	여유량 확보
		Sh3	하절기 -17.1		Sh3	하절기 -2.5
		Sh4	하절기 -17.1		Sh4	하절기 -2.5

3) 향후관리방안

교량받침은 하절기 여유량이 부족한 것으로 검토되었으므로 하절기 온도 상승시 주기적인 점검을 실시하고 본체의 변형이나 받침 콘크리트의 파손 등을 중점 점검하는 것이 바람직하다.

다. 신축이음 하부 누수

1) 선정사유

신축이음장치가 부식되거나 파손, 변형이 발생하였을 경우 하부에 누수가 발생할 수 있는데 누수에 의해 직접적인 손상은 발생하지 않으나 동절기 염화칼슘 등과 같은 염수가 유입될 경우 거더 단부 및 교량받침의 부식, 교대의 내구성에 손상을 유발시킬 수 있으므로 신축이음장치의 누수 발생 여부는 중요한 점검 사항이다.

2) 현장조사결과

현재 신축이음장치의 열화 등으로 인하여 하부에 누수가 발생한 상태이다. 이로 인하여 거더 단부 및 교량받침의 부식 등과 같은 2차 손상이 유발된 것으로 조사되었다.

A1-SH1 플레이트 부식	S1 바닥판 백태

【사진 7.1】신축이음 누수에 따른 손상 발생 현황

3) 향후관리방안

현재 거더의 부식 및 교량받침의 부식, 캔틸레버 철근부식 등과 같은 2차 손상이 발생된 상태이다. 현재 신축이음 장치의 기능은 양호한 상태이므로, 2차 손상부에 대해 보수를 실시하고, 지속적인 관찰 후 신축이음장치의 교체를 실시해야 보수효과를 기대할 수 있을 것이다.

라. 상·하부구조 폭 0.3mm 균열

1) 선정사유

상·하부구조의 외관조사 결과 폭 0.1~0.3mm 균열이 다수 조사되었다. 전반적으로 비구조적인 균열로 판단되나, 폭 0.3mm 균열의 경우 피복두께 초과시 철근부식으로 진전되는 2차 손상이 발생할 우려가 있다.

2) 현장조사 결과

상·하부 구조에 일부에 균열(폭 0.1~0.3mm)이 발생한 상태이다.

교대 A1 균열 0.3mm	교각 P2 코핑부 균열 0.2mm

【사진 7.2】교각 균열 발생 현황

3) 향후관리방안

발생한 균열에 대하여 균열 폭에 적절한 보수를 실시하고 보수부 재균열 발생 여부 및 진전여부를 주기적인 관찰 및 점검을 실시하여 유지관리 하는 것이 바람직하다.

마. 부재별 중점유지관리 사항

본 교량에 대한 부재별 유지관리 중점사항은 다음과 같다.

【표 7.15】부재별 유지관리 중점사항

부재구분	중 점 점 검 내 용
바닥판	• 폭 0.1~0.3mm 균열 • 캔틸레버 우수 유입 • 균열부 백태, 박락, 철근노출 추가 손상 발생 여부 중점관찰
거더	• 스플라이스 우수 유입에 따른 부식 발생 여부
가로보 및 세로보	• 도장박리 및 부식
교대	• 신축이음 누수에 따른 2차 손상 발생 여부
교각	• 폭 0.1~0.3mm 균열의 진전 여부
교량받침	• 하절기 여유량 부족에 따른 손상 발생 주의관찰
신축이음장치	• 부식발생 여부 확인
교면포장	• 포장부 균열 진전 여부
배수시설	• 배수구 주변 누수에 따른 2차 손상 발생 여부
난간 및 연석	• 방호울타리 외측 망상균열 및 백태 진전 여부

7.4.2 유지관리시 점검요령

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

가. 바닥판

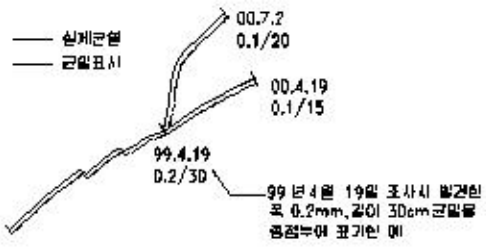
점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 공통		•박리, 박락, 층분리, 철근노출(피복두께 부족), 파손 •백태(유리석회), 오염 •재료분리
▷ 거더교		•균열(거더사이, 헌치부 종방향 균열) •망상균열
▷ 슬래브, 라멘교 상부	- 단부	•부스러짐 •사인장균열
	- 중앙부	•휨균열

주요부위

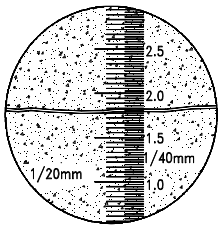
점검요령

○ 점검방법

- 도보접근이 불가능한 구간은 점검장비를 이용 근접 점검
- 균열의 진행상황을 파악하기 위하여 균열의 시·종점을 표시해 두는 것이 필요하며, 정기적으로 진행여부를 관찰



(a) 균열표시 예

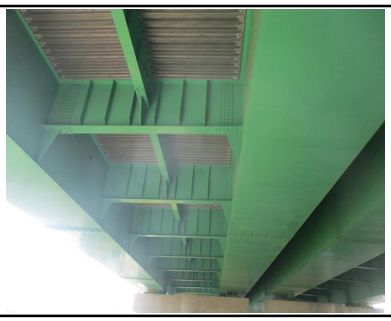


(b) 균열경 조사 예

나. 강박스 거더

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

주요 부위



점검 요령

○ 점검방법
- 점검로에서 육안점검 혹은 교량하부에서 육안 또는 망원경으로 점검
- 중앙부 처짐은 점검로에서 하부플랜지 정도로 눈높이를 낮추어 점검하거나 교대 옆 혹은 교량에서 조금 떨어진 거리에서 하부플랜지의 전체적인 선형 점검
- 누수에 취약한 신축이음 하부, 배수구 주변 혹은 외측거더의 도장손상 및 녹발생 개략조사
- 차량통과시 삐걱거리는 소리 등 이상음이 들리면 소음발생 부위를 추정하여 기록 유지

○ 손상발생시 조치
- 눈에 띌 정도의 처짐이나 충돌에 의한 손상으로 추가손상이 우려되거나 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립

○ 점검시 유의사항
- 박스내부 출입구 잠금장치가 망가져 있는 경우 부랑인들이 거주하고 있는 경우가 있으므로 2인 이상이 1조가 되어 내부점검.
- 박스내부에 환기부족으로 유해가스가 있을 수 있으므로 환기를 시킨 후 점검하고 인화성 물질을 휴대하지 않도록 하며 특히 흡연은 삼가하여야 함

다. 교대

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

주요부위

점검요령

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

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

라. 교각

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

주요부위

점검요령

○ 점검방법
- 접근장비 및 점검로에서 점검
- 신축이음의 유간이 비정상적(크게 벌어짐 또는 닫힘)이거나 방호울타리선형이 불량한 경우에는 교각 침하가 의심스러우므로 교각 구체 상부와 하부를 측량기기로 측정하여 교각의 전도 여부를 확인하고 구체에 기준점을 표시하여 침하여부를 주기적으로 확인

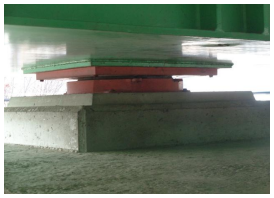
○ 손상발생시 조치
- 교각두부 받침하부에 폭 0.3㎜이상 균열이 단부까지 진행된 경우에는 교량 안전과 직접적으로 관련이 있으므로 즉시 보고 및 대책수립

○ 점검시 유의사항
- 신축이음 유간이 크게 벌어지거나 닫힘, 방호울타리 선형불량은 교각 침하의 징후로 볼 수 있으므로 교각 점검 시 참고해야 할 항목임

마. 교량받침

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

주요부위



점검요령

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

○ 손상발생시 조치
- 받침하부 교각 두부에 폭 0.3㎜ 이상의 균열이 단부까지 진행된 경우 즉시 보고하고, 안전성 검토 및 대책 수립 필요

바. 신축이음장치

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

주요부위

점검요령

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

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

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

사. 교면포장

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

주요부위

점검요령

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

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

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

아. 배수시설

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

주요부위

점검요령

○ 점검방법

- 배수관

① 갓길 측에서 점검하며 접근이 어려운 부분은 접근장비를 이용

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

③ 배수관의 물이 구조물의 부식을 유발할 수 있는 위치로 배수되는지 점검

④ 경사가 완만한 배수관은 점검용 망치로 두들겨 내부에 쓰레기로 막혀있는지 점검

⑤ 배수관 지지장치 및 연결부 상태는 흔들어 보거나 망치로 두들겨서 점검

○ 손상발생시 조치

- 배수구에 휴지나 나뭇잎 등으로 막혀있는 경우는 드라이버를 사용하여 제거

○ 점검시 유의사항

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

자. 난간

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

주요부위

점검요령

○ 점검방법

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

○ 손상발생시 조치

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

○ 점검시 유의사항

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

제 8장 종합결론

8.1 종합결론

8.2 현장조사 결과

8.3 시험 및 측정 결과

8.4 상태평가 결과

8.5 안전성평가 결과

8.6 결 언

제 8장 종합결론

8.1 종합결론

본 과업 대상 교량인 초봉교는 논산천안고속도로(이정 : 순천기점 228.91㎞)에 위치하며 2002년 12월에 준공된 교량이다. 행정구역상으로 충청남도 공주시 이인면 초봉리에 위치하고 S2, S3에 도로가 교차·횡단하고 있다.

본 과업은 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사, 각종시험 및 구조안전성평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

8.2 현장조사 결과

○ 상부구조인 강박스 거더와 바닥판은 구조적인 손상 및 결함이 없는 양호한 상태를 확보하고 있으며, 균열은 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단됨. 주의관찰 후 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직함.

○ 강박스 거더, 가로보 및 세로보는 전반적으로 양호한 상태이며, 도장손상, 부식은 장기공용에 의한 열화로 추정되며, 현재 경미한 상태로 확인됨. 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인 후 조치가 요구됨.

○ 교대 및 교각은 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열로 안전성에는 문제가 없으나 손상의 진전시 내구성 확보 차원의 보수 필요함.

○ 교량받침의 외관조사 결과 받침 가동에는 문제가 없는 상태로 지속적인 주의관찰 후 장기적인 대책 수립 필요함.

○ A2 하절기 받침 여유량이 부족한 것으로 나타났으나, 현재 이로 인한 2차 손상이 발생하지 않았으므로, 하절기에 주의관찰을 실시하고, 손상 발생시 교체를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

○ 신축이음 끝단에 발생한 부식은 퇴적된 이물질에 의하여 장기간 체수가 지속됨에 따라 발

생한 것으로, 주기적인 정비가 필요함.

○ 교면포장 및 배수시설은 기능에는 문제가 없으나 주의관찰 후 사용성 확보 차원에서 보수 필요함.

○ 방호울타리는 안전성에 영향이 없는 부재이나 내구성 및 미관 확보를 위한 보수 필요함.

8.3 시험 및 측정 결과

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

○ 철근탐사결과, 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.

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

○ 염화물 함유량시험 결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.

○ 강재비파괴 시험 결과, 용접상태, 도막두께의 상태는 모두 양호한 것으로 나타남.

8.4 상태평가 결과

○ 상태평가 결과, 양호의 상태인 “B등급” 으로 평가되었으나, 결함지수가 C등급에 근접한 상태이므로, 바닥판에 발생한 균열, 박락, 철근노출과 하부구조에 발생한 균열 등의 손상을 보수하여 양호한 상태의 구조물로서 유지관리 하는 것이 바람직할 것이다.

8.5 안전성평가 결과

○ 상부구조에 대한 구조검토결과, 바닥판의 경우 최소안전율이 2.020로, 거더의 경우는 최소안전율이 1.083로 안전율 1.0을 상회하는 것으로 평가되었다. 하부구조의 경우 최소안전율 3.008로서 안전율 1.0을 초과하며 내하력 평가결과, 기본내하력이 설계활하중인 DB-24를 상회하여 구조물이 전반적으로 구조적 안전성을 확보한 것으로 판단되며 최종적인 안전성 평가등급은 A등급이다.

8.6 결 언

○ 초봉교는 16년의 공용기간이 경과한 교량시설물로서, 주부재인 강박스 거더와 바닥판, 하부구조에는 구조적 손상은 조사되지 않은 상태이다. 일부 발생한 손상들은 교량의 내구성 저하 방지를 위한 국부적인 보수 및 지속적인 유지관리가 필요한 것으로 평가되었다.

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