천안논산고속도로
Cheonan Nonsan
Expressway

논산천안고속도로 1종시설물
정밀안전진단 보고서
- 웅 진 대 교 -

2018. 06

Cheonan Nonsan Expressway
Corporate Identity Standard
BASIC SYSTEM I APPLICATION SYSTEM

논산천안고속도로 1종시설물

정밀안전진단 보고서

웅진대교

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 용진대교의 결과를 본 보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

2018년 06월

(주)한국구조물안전연구원

이 채 규 (인)

(주) 한 맥 기 술

이 기 상 (인)

웅진대교 정밀안전진단 결과표

가. 일반현황

용 역 명	논산천안고속도로 1종시설물 정밀안전진단 용역(2구역)	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 24일	진단금액 (천원)	98,512	안전등급	B
시설물 위치	충청남도 공주시 우성면 평목리	시설물 규모	L=1,135m, B=24.3m(4차로(천안2, 논산 2)		

나. 진단 실시결과 현황

중대결함	■ 없음
진 단 주요결과	■ 바닥판 하면 폭 0.1~0.2mm 망상균열, 균열백태 ■ 캔틸레버 물끊기 설치 불량 및 거더내부 스플라이스 틈 우수유입 ■ 거더내부 스플라이스 볼트 도장 갈라짐 ■ 교각 폭 0.1~0.3mm 균열 ■ 접속슬래브 포장 침하 ■ 신축이음 하부 누수
주 요 보수·보강	■ 폭 0.1~0.2mm 균열 표면보수, 백태 표면보수 ■ 폭 0.3mm균열 주입보수 ■ 스플라이스 틈 실링재마감 및 물끊기 불량부 제거 ■ 접속슬래브 침하 구간 부분재포장 ■ 신축이음장치 교체

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

■ 폭 0.3㎜이상 균열부 및 기 손상부 진전 여부 파악 및 신규손상 발생여부 파악

웅진대교 정밀안전진단 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
○ 웅진대교는 16년의 공용기간이 경과한 교량시설물로서, 주부재인 강박스 거더와 바닥판, 하부구조에는 구조적 손상은 조사되지 않은 상태이다. 주부재 및 보조부재에 일부 발생한 손상들은 교량의 내구성 저하 방지를 위한 국부적인 보수 및 주의관찰을 통한 지속적인 유지관리가 필요한 것으로 평가되었다. ○ 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/DL-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	a~c	- 균열(0.2㎜이하) - 균열(0.3㎜이상) - 파손, 들뜸, 박락, 재료분리 등 - 철근노출 - 백태, 누수흔적	- 표면보수 - 주입보수 - 단면보수 - 단면보수 - 표면보수
	거더 내부	a~d	- 도장손상 - 부식 - 변형 - 이물질퇴적, 우수유입흔적	- 재도장 - 재도장 - 주의관찰 - 정비
	거더 외부	a~d	- 도장손상 - 부식 - 볼트탈락 - 변형	- 재도장 - 재도장 - 정비 - 주의관찰
	가로보 및 세로보	a~b	- 도장손상 - 부식	- 재도장 - 재도장
하부구조	교대	a~b	- 균열(0.2㎜이하), 망상균열 - 백태, 누수흔적 - 파손, 박리, 박락 등	- 표면보수 - 표면보수 - 단면보수
	교각	a~c	- 균열(0.2㎜이하), 망상균열 - 균열(0.3㎜이상) - 박리, 박락, 파손 등 - 백태, 누수흔적, 표면오염	- 표면보수 - 주입보수 - 단면보수 - 표면보수

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교량받침		b~c	- 받침Con'c, 몰탈 균열(0.2㎜이하) - 받침Con'c, 몰탈 균열(0.3㎜이상) - 받침Con'c, 몰탈 파손, 들뜸 등 - 도장손상 - 볼트풀림	- 표면처리 - 주입보수 - 단면보수 - 재도장 - 주의관찰
신축이음장치		a~c	- 후타재 균열(0.2㎜이하) - 후타재 균열(0.3㎜이상) - 후타재 박락 - 부식 - 슬라이딩 스프링 탈락	- 주의관찰 - 주의관찰 - 주의관찰 - 주의관찰 - 주의관찰
교면포장		a~b	- 아스콘 균열, 망상균열 - 아스콘 들뜸, 패임 - 소성변형, 표면불량	- 주의관찰 - 아스콘 패칭 - 주의관찰
기타부재	배수시설	a~c	- 배수관 탈락 - 배수관 파손, 부식	- 정비 - 주의관찰
	난간 및 연석, 방음벽	b~c	- 균열(0.2㎜이하) - 균열(0.3㎜이상) - 철근노출, 파손, 들뜸, 박락 등 - 균열부 백태 - 방음벽 변형, 파손, 고정핀 이탈	- 표면보수 - 주입보수 - 단면보수 - 표면보수 - 정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
강박스거더	허용응력법	최소 안전율 1.429으로 양호	1.0이상	A
바닥판	강도설계법	최소 안전율 1.075으로 양호	1.0이상	
교각	강도설계법	최소 안전율 2.627으로 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)

<table>
<tr><th rowspan="2">시 험 명</th><th colspan="4" 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="12">비파괴
강도
(㎫)</td><td rowspan="6">상부
구조</td><td rowspan="2">천안
방향</td><td>반발경도</td><td>29.3～31.8</td><td rowspan="2">27.0</td><td rowspan="12">■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트 강도 저하는 없는 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>30.2～32.8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">논산
방향</td><td>반발경도</td><td>28.2～31.8</td><td rowspan="2">27.0</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>29.7～31.9</td></tr>
<tr><td rowspan="6">하부
구조</td><td rowspan="2">천안
방향</td><td>반발경도</td><td>25.8～27.6</td><td rowspan="2">24.0</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>27.8～29.7</td></tr>
<tr><td rowspan="2">논산
방향</td><td>반발경도</td><td>26.6～27.9</td><td rowspan="2">24.0</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>28.1～29.6</td></tr>
<tr><td rowspan="8">철근탐사
(㎜)</td><td rowspan="4">상부
구조</td><td rowspan="2">천안
방향</td><td>배근간격</td><td>143～253</td><td>150~250</td><td rowspan="8">■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>39~93</td><td>40</td></tr>
<tr><td rowspan="2">논산
방향</td><td>배근간격</td><td>90～255</td><td>100~250</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>40～65</td><td>40</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부
구조</td><td rowspan="2">천안
방향</td><td>배근간격</td><td>140～215</td><td>150~200</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>73～114</td><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">논산
방향</td><td>배근간격</td><td>125～207</td><td>150~200</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>89～103</td><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="4">천안방향</td><td colspan="2">30.0～82.0</td><td rowspan="2">■ 잔여깊이가 30㎜이상 ‘a등급’으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨</td></tr>
<tr><td colspan="4">논산방향</td><td colspan="2">30.0～78.0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량
시험
(kg/㎥)</td><td colspan="4">천안방향</td><td colspan="2">0.3440～1.2469</td><td rowspan="2">■ 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성이 낮은 ‘b등급’으로 검토됨.</td></tr>
<tr><td colspan="4">논산방향</td><td colspan="2">1.0138～1.0161</td></tr>
<tr><td rowspan="6">강재
비파괴
시험</td><td rowspan="2">초음파
탐상시험
(개소)</td><td colspan="3">천안방향</td><td colspan="2">1등급: 38개소</td><td rowspan="2">■ 전 개소에서 균열, 기공, 슬래그, 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사됨</td></tr>
<tr><td colspan="3">논산방향</td><td colspan="2">1등급: 38개소</td></tr>
<tr><td rowspan="4">도막두께
측정
(㎛)</td><td rowspan="2">천안
방향</td><td>내부</td><td>188～211</td><td>175</td><td rowspan="4">■ 도막두께 측정 결과 표준 도막두께를 상회하는 양호한 상태로 측정되었음</td></tr>
<tr><td>외부</td><td>230～260</td><td>215</td></tr>
<tr><td rowspan="2">논산
방향</td><td>내부</td><td>192～210</td><td>175</td></tr>
<tr><td>외부</td><td>227～257</td><td>215</td></tr>
<tr><td>종합
평가</td><td colspan="7">• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨.
• 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 “a”로 검토되어 양호한 상태로 판단됨.
• 염화물 함유량의 경우 신축이음으로부터 유입된 동절기 염화칼슘에 의해 b～c 등급으로 평가되었으므로 내구성 저하 방지를 위해 주기적인 점검을 통한 2차 손상 발생파악 등의 유지관리가 필요함.
• 초음파탐상 시험결과, 전 개소에서 맞대기이음부의 용접상태는 양호한 것으로 판단됨</td></tr>
</table>

웅진대교 현황표

작성일 : 2018년 05월 25일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>웅진대교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2003-0002004</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월</td><td>2002년 12월 24일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>논산천안교량-27</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">충청남도 공주시 우성면 평목리</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24 / DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>순천기점 237.72K</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=1,135m, (14@60+65+75+2@55+45=1135m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=24.3m, (보도+차도 24.3m) 4차로(천안2, 논산2)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상 부</td><td>강박스거더교(STB)</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하 부</td><td>라멘식(Ra)</td><td>교각</td><td>직접+말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>레일조인트, 핑거조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>백제큰길, 금강</td><td colspan="2">통과높이</td><td>10.3m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>동부엔지니어링(주)</td><td colspan="2">시 공 사</td><td>LG건설(주), 한일건설(주),
쌍용건설(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>

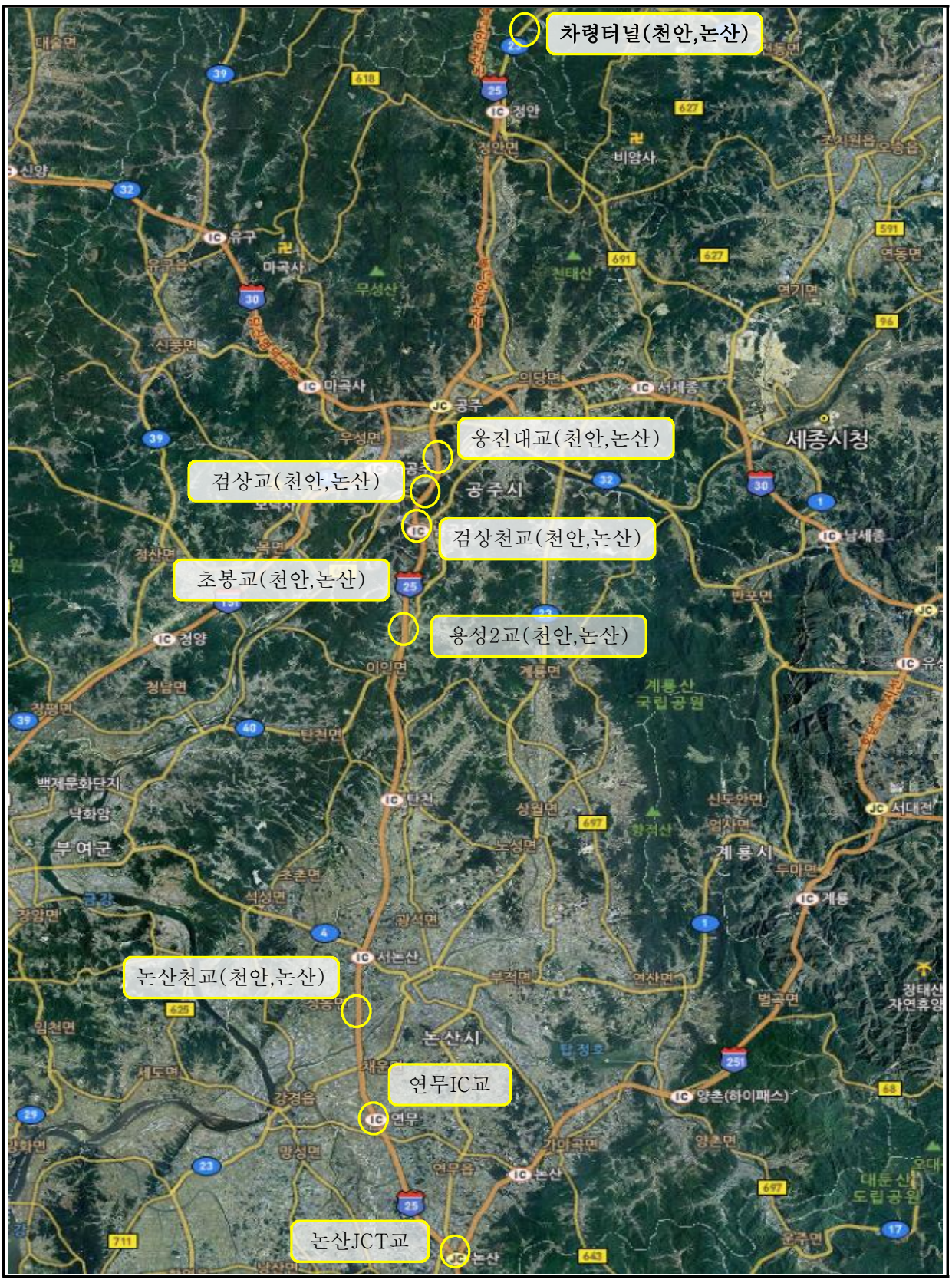
정밀안전진단 참여기술진(1)

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
정안
비암사
유구
마곡사
공주
세종시청
공주시
계룡산 국립공원
논산시
연무
논산
양촌(하이패스)
계룡시



○ 시설물 위치 : 충청남도 공주시 우성면 평목리 (순천기점 237.72K)

시설물의 전경사진(1)



상부전경



측면전경

시설물의 전경사진(2)



바닥판하면 및 거더 외부 전경



강박스 내부 전경

시설물의 전경사진(3)



교대 전경(A2)

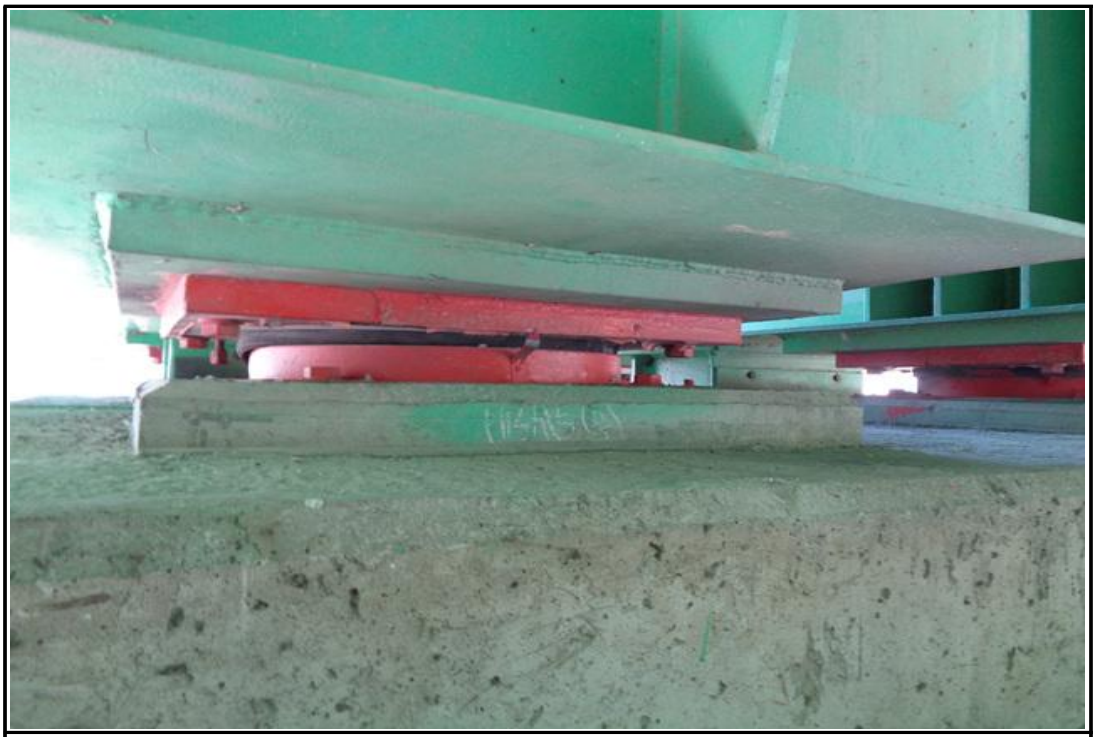


교각 전경(P1)

시설물의 전경사진(4)



신축이음장치 전경(A1)



교량받침 전경(A1)

시설물의 전경사진(5)



방호울타리 전경



교면포장 전경

시설물의 전경사진(6)



교량판 전경



교량설명판 전경

정밀안전진단 결과 요약문

1. 과업의 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

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)

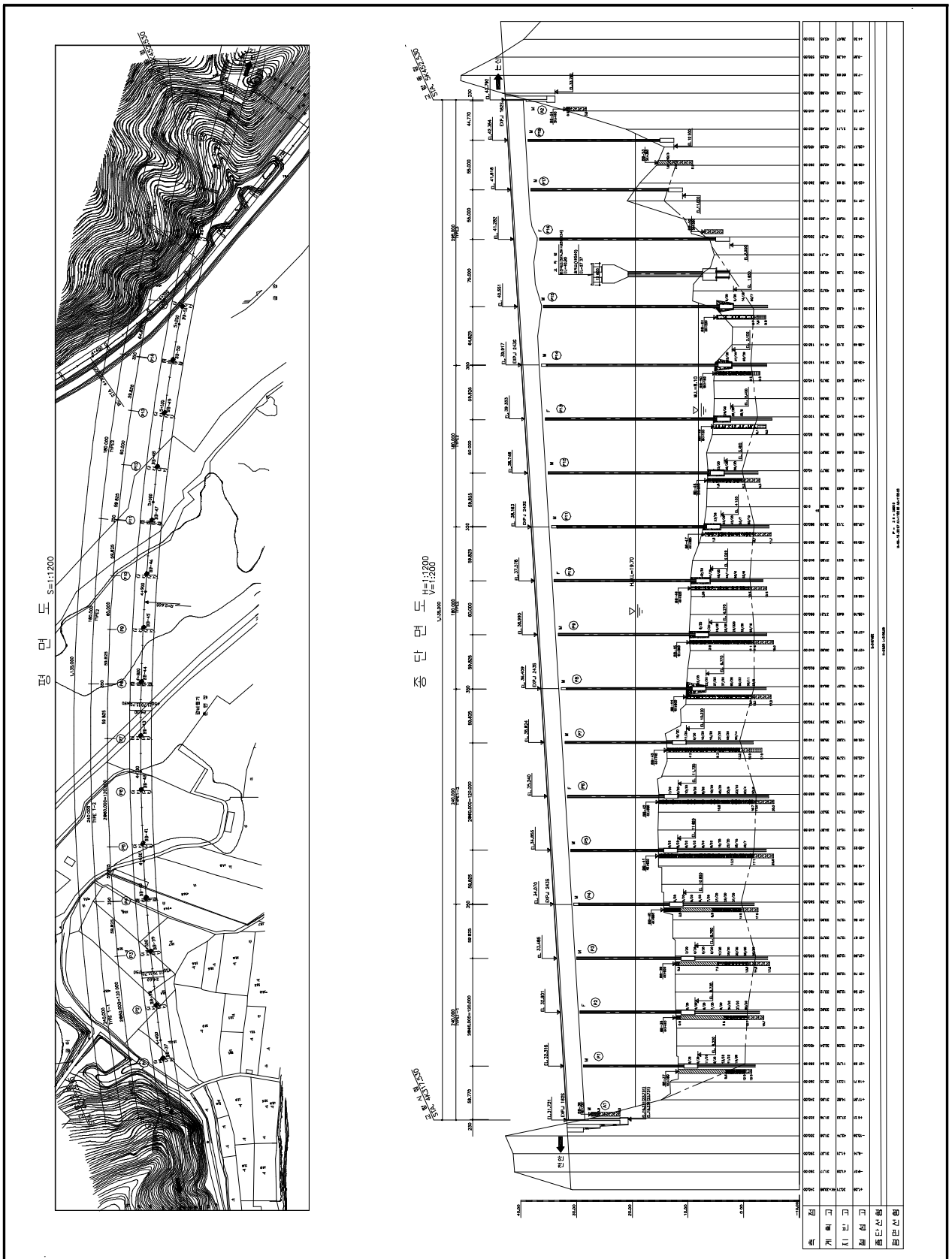
1.3 시설물의 개요

가. 천안방향

1) 시설물의 현황

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>웅진대교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2003-0002004</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월</td><td>2002년 12월 24일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>논산천안교량-27</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">충청남도 공주시 우성면 평목리</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24 / DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>순천기점 237.72K</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=1,135m, (14@60+65+75+2@55+45=1135m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=24.3m, (보도+차도 24.3m) 4차로(천안2, 논산2)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상 부</td><td>강박스거더교(STB)</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하 부</td><td>라멘식(Ra)</td><td>교각</td><td>직접+말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>레일조인트, 핑거조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>백제큰길, 금강</td><td colspan="2">통과높이</td><td>10.3m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>동부엔지니어링(주)</td><td colspan="2">시 공 사</td><td>LG건설(주), 한일건설(주),
쌍용건설(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>

2) 시설물의 주요도면



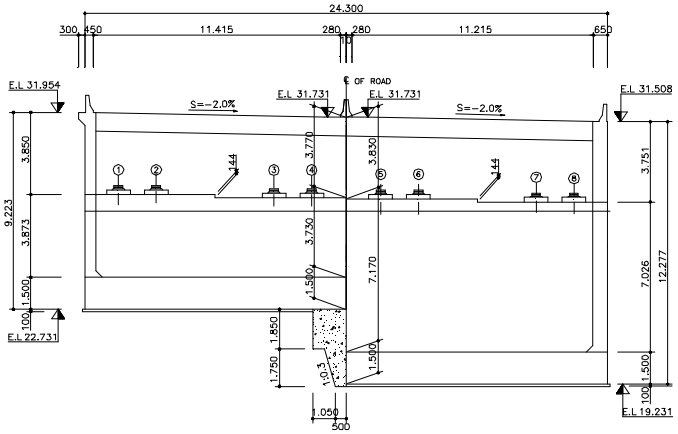
〈교량의 종·평면도〉

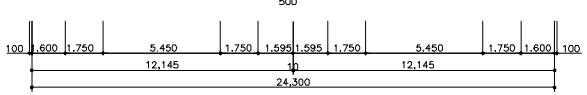
<교량 일반도>

천안~논산간 고속도로(정안~논산간) 건설공사
제 4 공구 : 공주 ~ 이인

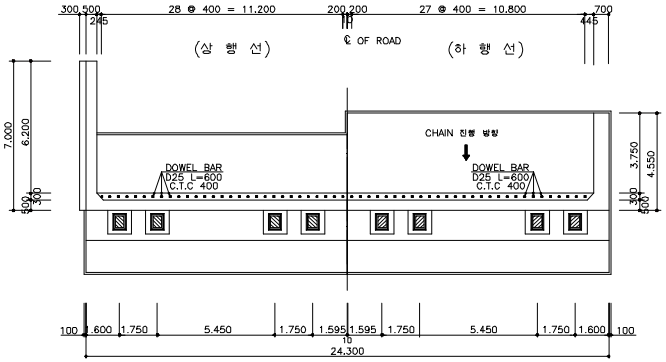
교 대 일 반 도 (A1)

정 면 도
S = 1 : 100





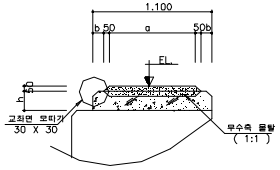
평 면 도
S = 1 : 100

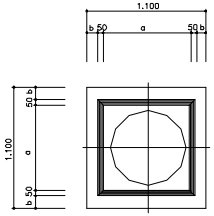


변 화 치 수 표

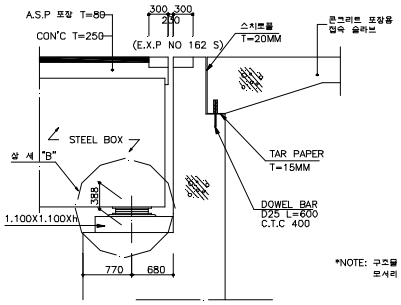
구	분	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
A1	EL.	28.340	28.340	28.169	28.196	28.142	28.113	27.998	27.998
	h	186	186	159	186	191	162	191	191
	a	580	580	610	580	540	570	540	540
	b	210	210	195	210	230	215	230	230
	비 고	350 TON 양방향기둥	350 TON 양방향기둥	350 TON 양방향기둥	350 TON 양방향기둥	300 TON 양방향기둥	300 TON 철방향기둥	300 TON 양방향기둥	300 TON 양방향기둥

상 세 "B"
S = 1 : 50



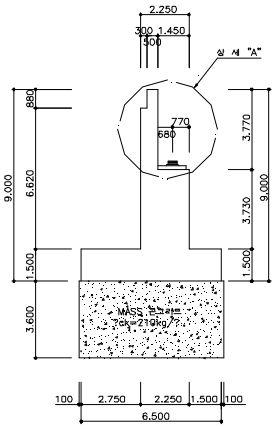


상 세 "A"
S = 1 : 30



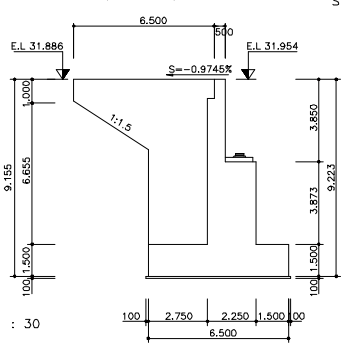
*NOTE: 구조물 미관과 안정성을 도모하고 모서리 파손을 방지하기위해 모서리 처리 할것을 30X30 으로한다

단 면 도
S = 1 : 100

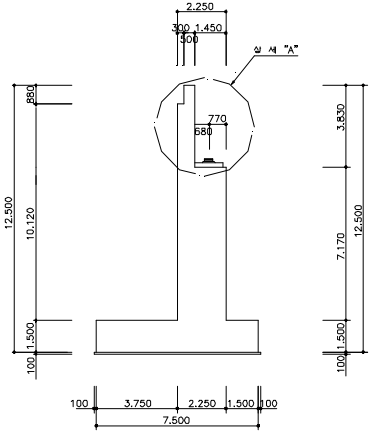


날 개 벽
S = 1 : 100

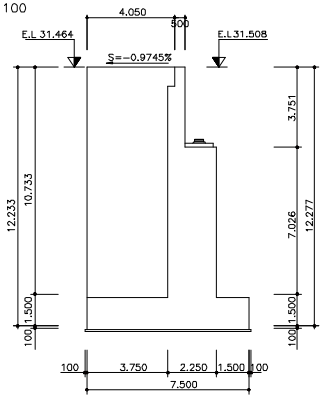
(상 행 선)



(하 행 선) 강 도 설 계 법

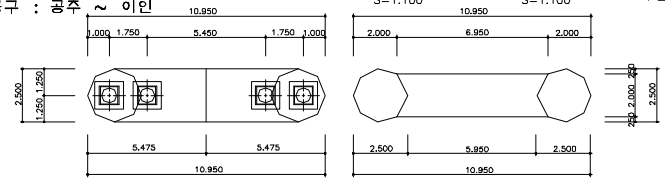


(하 행 선)

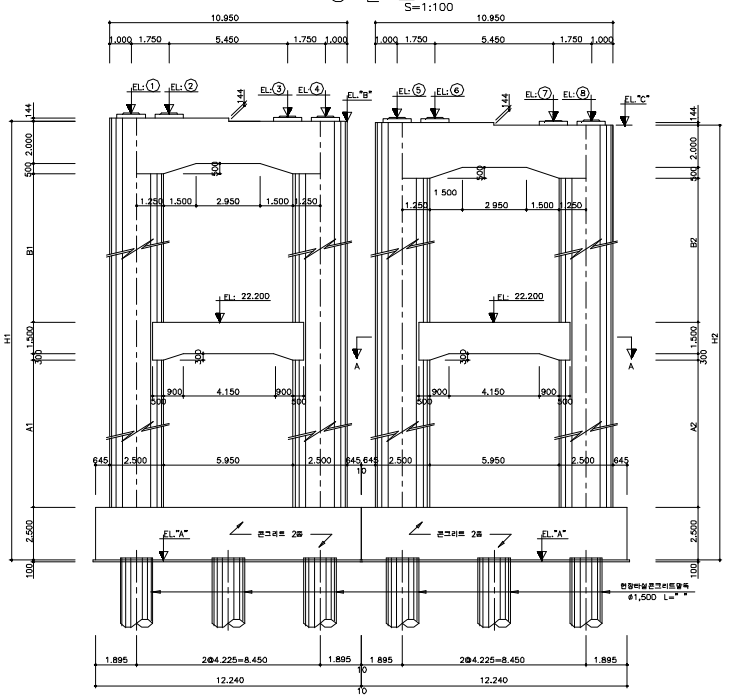


<교량 일반도>

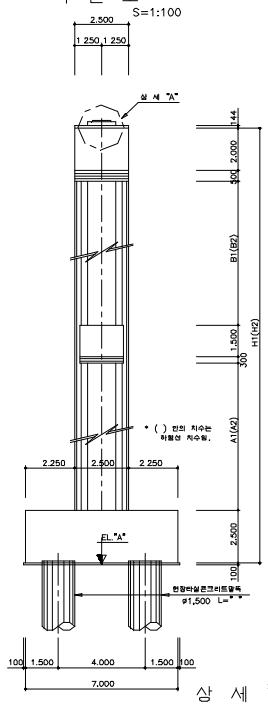
천안~논산간 고속도로(정안~논산간) 건설공사평 면 도 단면 A-A
제 4 공구 : 공주 ~ 이인



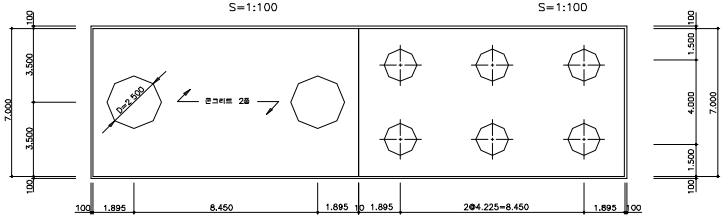
정 면 도 S=1:100



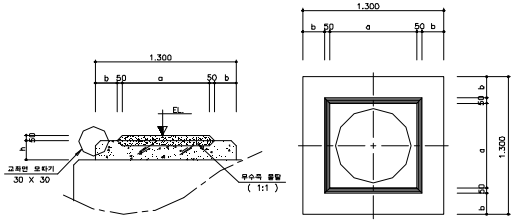
측 면 도 S=1:100



기초평면도 S=1:100



파일 배치도 S=1:100



상 세 "A" S=1:20

교각일반도 (P1,P2,P3,P5,P6,P7, P9,P10,P12,P13)

변 화 치 수 표

강 도 설 계 법

구 분	EL "A"	EL "B"	EL "C"	H1	A1	B1	H2	A2	B2	PILE LEN.
P1	8.220	28.508	28.304	20.288	9.680	3.808	20.084	9.680	3.604	10.750
P2	8.730	29.101	28.897	20.371	9.170	4.401	20.167	9 170	4.197	11 450
P3	8.760	29.677	29.473	20.917	9.140	4.977	20.713	9.140	4.773	13.250
P5	11.820	30.847	30.643	19.027	6.080	6.147	18.823	6.080	5.943	15.850
P6	11.730	31.440	31.236	19.710	6.170	6.740	19.506	6.170	6.536	16.150
P7	10.320	32.016	31.812	21.696	7.580	7.316	21.492	7.580	7.112	11.950
P9	6.270	33.186	32.982	26.916	11 630	8.486	26.712	11.630	8.282	10 350
P10	6.020	33.770	33.566	27.750	11.880	9.070	27.546	11.880	8.866	9.250
P12	3.450	34.940	34.736	31.490	14.450	10.240	31.286	14.450	10.036	6.000
P13	1.900	35.525	35.321	33.625	16.000	10.825	33.421	16.000	10.621	6.850

구 분		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
P1	EL.	28.850	28.850	28.681	28.706	28.662	28.640	28.518	28.518
	h	148	148	123	148	164	142	164	164
P2	EL.	29.420	29.420	29.294	29.276	29.233	29.248	29.089	29.089
	h	125	125	125	125	142	157	142	142
P3	EL.	30.021	30.021	29.852	29 877	29.831	29.809	29.687	29 687
	h	150	150	125	150	164	142	164	164
P5	EL.	31.205	31.205	31.039	31 061	31.001	30.979	30.857	30 857
	h	164	164	142	164	164	142	164	164
P6	EL.	31.776	31.776	31.647	31.632	31.572	31.587	31.428	31.428
	h	142	142	157	142	142	157	142	142
P7	EL.	32.374	32.374	32.208	32.230	32.170	32.148	32.026	32.026
	h	164	164	142	164	164	142	164	164
P9	EL.	33.544	33.544	33.378	33.400	33.340	33.318	33.196	33.196
	h	164	164	142	164	164	142	164	164
P10	EL.	34.106	34.106	33.981	33.966	33.902	33.917	33.758	33.758
	h	142	142	181	146	142	157	142	142
P12	EL.	35.298	35.298	35.132	35.154	35.094	35.072	34.950	34.950
	h	164	164	142	164	164	142	164	164
P13	EL.	35.861	35.861	35.732	35 717	35.657	35.672	35.513	35 513
	h	142	142	157	142	142	157	142	142

구 분		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
P1,P3	a	860	860	890	860	770	800	770	770
	b	170	170	155	170	215	200	215	215
	비 고	양방향 가동 900 TON (H=159)	양방향 가동 900 TON (H=159)	일방향 가동 900 TON (H=157)	양방향 가동 900 TON (H=159)	양방향 가동 700 TON (H=146)	일방향 가동 700 TON (H=168)	양방향 가동 700 TON (H=146)	양방향 가동 700 TON (H=146)
P2	a	890	890	890	890	800	800	800	800
	b	155	155	155	155	200	200	200	200
	비 고	일방향 가동 900 TON (H=185)	양방향 가동 900 TON (H=185)	고 정 900 TON (H=167)	일방향 가동 900 TON (H=185)	일방향 가동 700 TON (H=168)	고 정 700 TON (H=153)	양방향 가동 700 TON (H=168)	양방향 가동 700 TON (H=168)
P6,P10,P13	a	800	800	800	800	800	800	800	800
	b	200	200	200	200	200	200	200	200
	비 고	일방향 가동 700 TON (H=168)	일방향 가동 700 TON (H=168)	고 정 700 TON (H=153)	일방향 가동 700 TON (H=168)	일방향 가동 700 TON (H=168)	고 정 700 TON (H=153)	일방향 가동 700 TON (H=168)	일방향 가동 700 TON (H=168)
P5,P7, P9,P12	a	770	770	800	770	770	800	770	770
	b	215	215	200	215	215	200	215	215
	비 고	양방향 가동 700 TON (H=146)	양방향 가동 700 TON (H=146)	일방향 가동 700 TON (H=168)	양방향 가동 700 TON (H=146)	양방향 가동 700 TON (H=146)	일방향 가동 700 TON (H=168)	양방향 가동 700 TON (H=146)	양방향 가동 700 TON (H=146)

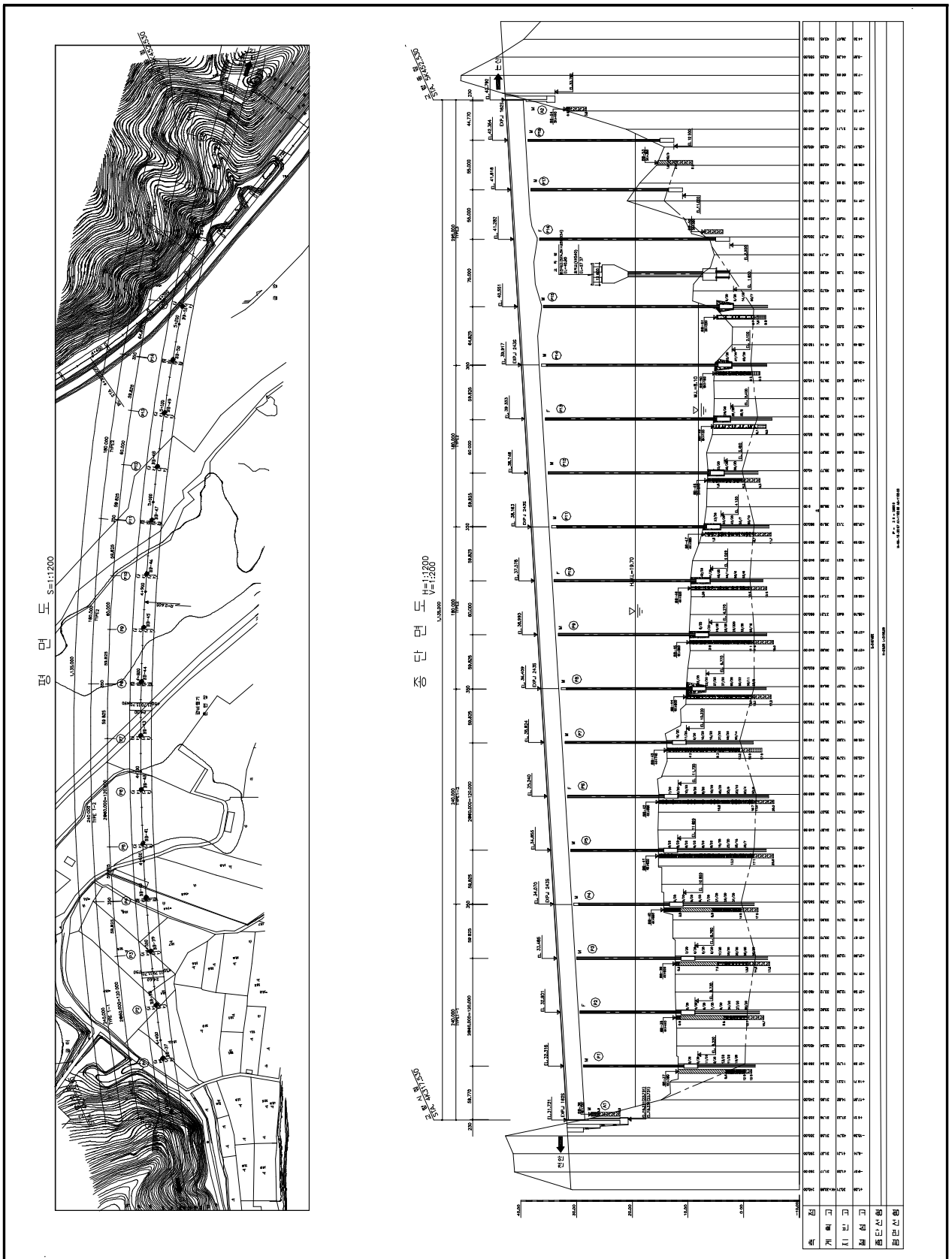
1) 교각구체 CON'C 강도는 ?ck=240kg/?, 철근의 강도는 ?y=3000kg/? 이다.
2) 기초고화기 CON'C 강도는 ?ck=150kg/? 이다.
3) 교좌장치 설치시 정확히 SETTING 되어야 하고 설치후의 상단면은 수평을 유지해야 한다.
4) 무수축 몰탈과 구체가 접촉하는 면은 CHIPPING 하여 시공시 접착이 완전하도록 하여야한다.
5) 교좌장치는 POT BEARING (30K,3K) 사용하였는바 변경시 수평력을 그이상의 교좌장치 사용.

나. 논산방향

1) 시설물의 현황

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>웅진대교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2003-0002004</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월</td><td>2002년 12월 24일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>논산천안교량-27</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">충청남도 공주시 우성면 평목리</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24 / DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>순천기점 237.72K</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=1,135m, (14@60+65+75+2@55+45=1135m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=24.3m, (보도+차도 24.3m) 4차로(천안2, 논산2)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상 부</td><td>강박스거더교(STB)</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하 부</td><td>라멘식(Ra)</td><td>교각</td><td>직접+말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>레일조인트, 핑거조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>백제큰길, 금강</td><td colspan="2">통과높이</td><td>10.3m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>동부엔지니어링(주)</td><td colspan="2">시 공 사</td><td>LG건설(주), 한일건설(주),
쌍용건설(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>

2) 시설물의 주요도면



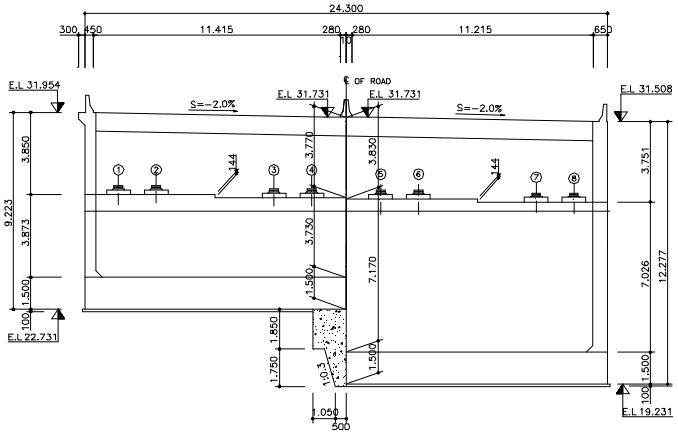
〈교량의 종·평면도〉

<교각 일반도>

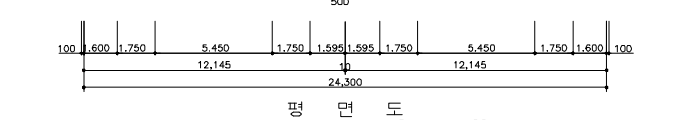
천안~논산간 고속도로(정안~논산간) 건설공사
제 4 공구 : 공주 ~ 이인

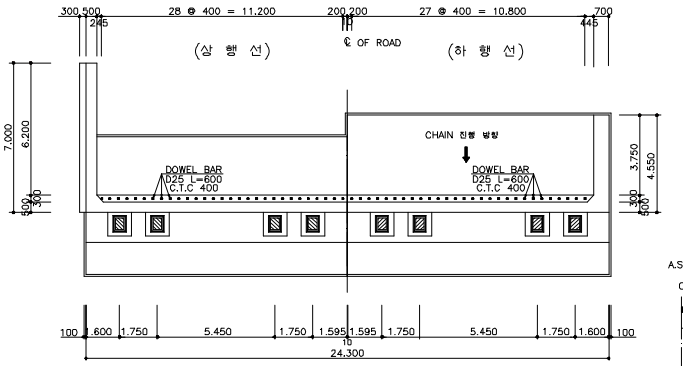
교 대 일 반 도 (A1)

정 면 도
S = 1 : 100



평 면 도
S = 1 : 100

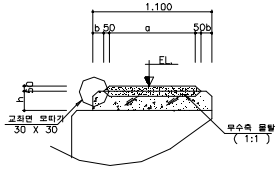


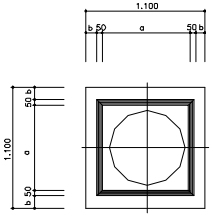


변 화 치 수 표

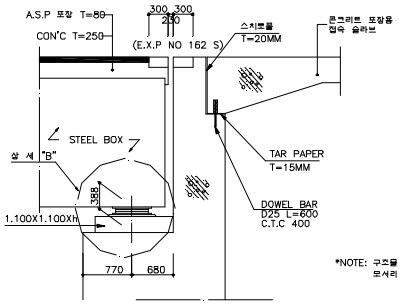
구	분	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
A1	EL.	28.340	28.340	28.169	28.196	28.142	28.113	27.998	27.998
	h	186	186	159	186	191	162	191	191
	a	580	580	610	580	540	570	540	540
	b	210	210	195	210	230	215	230	230
	비 고	350 TON 양방향가동	350 TON 양방향가동	350 TON 일방향가동	350 TON 양방향가동	300 TON 양방향가동	300 TON 일방향가동	300 TON 양방향가동	300 TON 양방향가동

상 세 "B"
S = 1 : 50



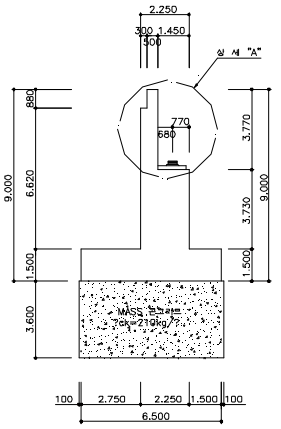


상 세 "A"
S = 1 : 30

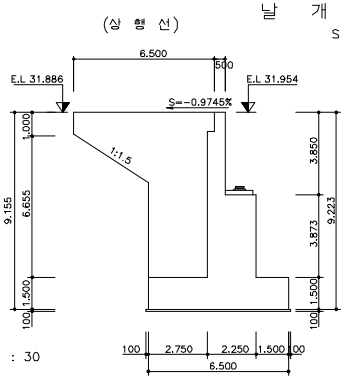


*NOTE: 구조물 미관과 안정성을 도모하고 모서리 파손을 방지하기위해 모서리 처리 할것을 30X30 으로한다

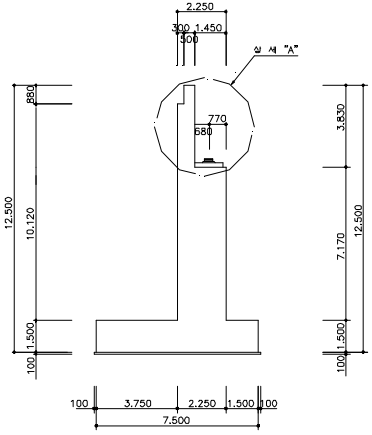
단 면 도
S = 1 : 100



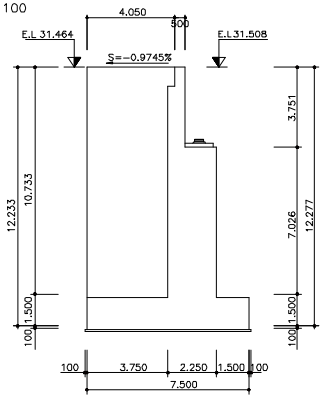
날 개 벽
S = 1 : 100



(하 행 선) 강 도 설 계 법



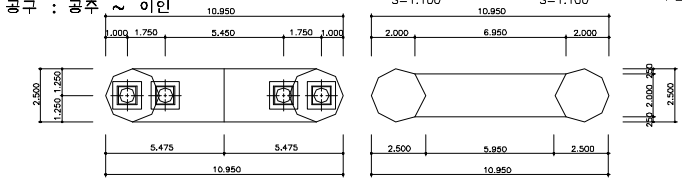
(하 행 선)



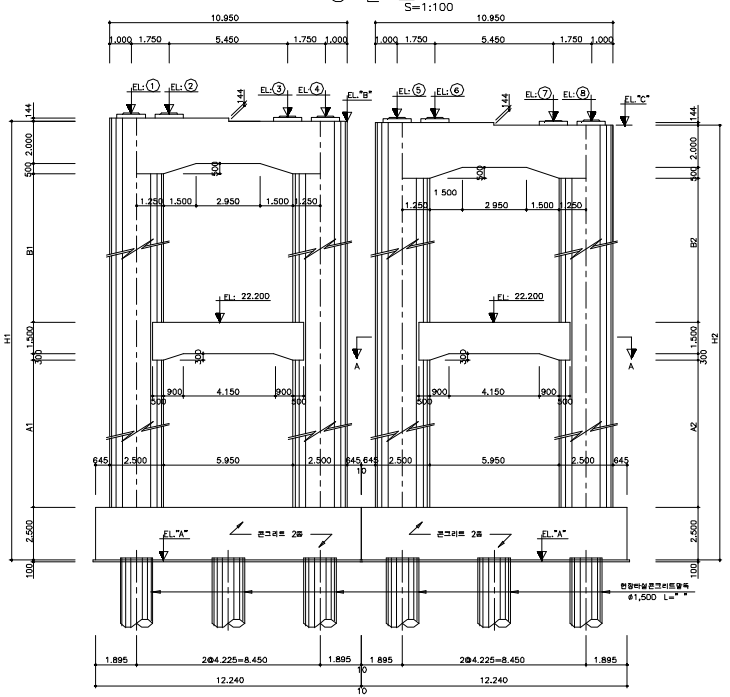
<조감도 및 표준도>

천안~논산간 고속도로(정안~논산간) 건설공사평 면 도 단면 A-A
제 4 공구 : 공주 ~ 이인

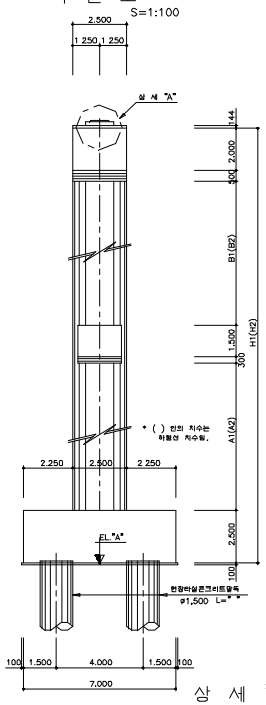
교각일반도 (P1,P2,P3,P5,P6,P7, P9,P10,P12,P13)



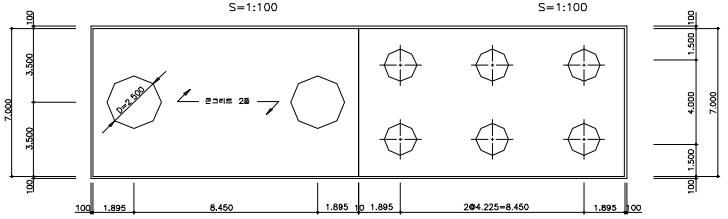
정 면 도 S=1:100



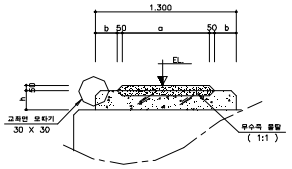
측 면 도 S=1:100



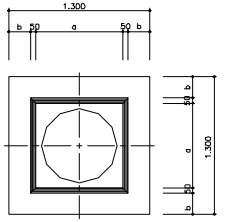
기초평면도 S=1:100



파일 배치도 S=1:100



상 세 "A" S=1:20



변 화 치 수 표 강 도 설 계 법

구 분	EL "A"	EL "B"	EL "C"	H1	A1	B1	H2	A2	B2	PILE LEN.
P1	8.220	28.508	28.304	20.288	9.680	3.808	20.084	9.680	3.604	10.750
P2	8.730	29.101	28.897	20.371	9.170	4.401	20.167	9 170	4.197	11 450
P3	8.760	29.677	29.473	20.917	9.140	4.977	20.713	9.140	4.773	13.250
P5	11.820	30.847	30.643	19.027	6.080	6.147	18.823	6.080	5.943	15.850
P6	11.730	31.440	31.236	19.710	6.170	6.740	19.506	6.170	6.536	16.150
P7	10.320	32.016	31.812	21.696	7.580	7.316	21.492	7.580	7.112	11.950
P9	6.270	33.186	32.982	26.916	11 630	8.486	26.712	11.630	8.282	10 350
P10	6.020	33.770	33.566	27.750	11.880	9.070	27.546	11.880	8.866	9.250
P12	3.450	34.940	34.736	31.490	14.450	10.240	31.286	14.450	10.036	6.000
P13	1.900	35.525	35.321	33.625	16.000	10.825	33.421	16.000	10.621	6.850

구 분		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
P1	EL.	28.850	28.850	28.681	28.706	28.662	28.640	28.518	28.518
	h	148	148	123	148	164	142	164	164
P2	EL.	29.420	29.420	29.294	29.276	29.233	29.248	29.089	29.089
	h	125	125	125	125	142	157	142	142
P3	EL.	30.021	30.021	29.852	29 877	29.831	29.809	29.687	29 687
	h	150	150	125	150	164	142	164	164
P5	EL.	31.205	31.205	31.039	31 061	31.001	30.979	30.857	30 857
	h	164	164	142	164	164	142	164	164
P6	EL.	31.776	31.776	31.647	31.632	31.572	31.587	31.428	31.428
	h	142	142	157	142	142	157	142	142
P7	EL.	32.374	32.374	32.208	32.230	32.170	32.148	32.026	32.026
	h	164	164	142	164	164	142	164	164
P9	EL.	33.544	33.544	33.378	33.400	33.340	33.318	33.196	33.196
	h	164	164	142	164	164	142	164	164
P10	EL.	34.106	34.106	33.981	33.966	33.902	33.917	33.758	33.758
	h	142	142	181	146	142	157	142	142
P12	EL.	35.298	35.298	35.132	35.154	35.094	35.072	34.950	34.950
	h	164	164	142	164	164	142	164	164
P13	EL.	35.861	35.861	35.732	35 717	35.657	35.672	35.513	35 513
	h	142	142	157	142	142	157	142	142

구 분		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
P1,P3	a	860	860	890	860	770	800	770	770
	b	170	170	155	170	215	200	215	215
	비 고	양방향 가동 900 TON (H=159)	양방향 가동 900 TON (H=159)	일방향 가동 900 TON (H=157)	양방향 가동 900 TON (H=159)	양방향 가동 700 TON (H=146)	일방향 가동 700 TON (H=168)	양방향 가동 700 TON (H=146)	양방향 가동 700 TON (H=146)
P2	a	890	890	890	890	800	800	800	800
	b	155	155	155	155	200	200	200	200
	비 고	일방향 가동 900 TON (H=185)	양방향 가동 900 TON (H=185)	고 정 900 TON (H=167)	일방향 가동 900 TON (H=185)	일방향 가동 700 TON (H=168)	고 정 700 TON (H=153)	일방향 가동 700 TON (H=168)	일방향 가동 700 TON (H=168)
P6,P10,P13	a	800	800	800	800	800	800	800	800
	b	200	200	200	200	200	200	200	200
	비 고	일방향 가동 700 TON (H=168)	일방향 가동 700 TON (H=168)	고 정 700 TON (H=153)	일방향 가동 700 TON (H=168)	일방향 가동 700 TON (H=168)	고 정 700 TON (H=153)	일방향 가동 700 TON (H=168)	일방향 가동 700 TON (H=168)
P5,P7, P9,P12	a	770	770	800	770	770	800	770	770
	b	215	215	200	215	215	200	215	215
	비 고	양방향 가동 700 TON (H=146)	양방향 가동 700 TON (H=146)	일방향 가동 700 TON (H=168)	양방향 가동 700 TON (H=146)	양방향 가동 700 TON (H=146)	일방향 가동 700 TON (H=168)	양방향 가동 700 TON (H=146)	양방향 가동 700 TON (H=146)

1) 교각구체 CON'C 강도는 ?ck=240kg/?, 철근의 강도는 ?y=3000kg/? 이다.
2) 기초고르기 CON'C 강도는 ?ck=150kg/? 이다.
3) 교좌장치 설치시 정확히 SETTING 되어야 하고 설치후의 상단면은 수평을 유지해야 한다.
4) 무수축 몰탈과 구체가 접촉하는 면은 CHIPPING 하여 시공시 접착이 완전하도록 하여야한다.
5) 교좌장치는 POT BEARING (30K,3K) 사용하였으며 변경시 수평력을 고려설의 교좌장치 사용.

2. 자료수집 및 분석

2.1 보수·보강 이력

일 자	내 용	물 량	비 고
06년 10월	배수파이프 설치	L=9.0m	
09년 11월	거더내부 실링보수	L=49.2m / 214개소	G1
	방호벽 균열보수	L=113.8m / 125개소	S17-논산방향
10년 11월	배수시설 행거교체	10ea	S6-논산방향
	교각 단면보수	A=10.0m2	P4-논산뱡향
12년 04월	신축이음 교체	L=11.5m (FINGER JOINT 200)	P8-천안방향
15년 10월	신축이음 교체	L=11.5m (FINGER JOINT 160)	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 하부구조 균열 및 교대 누수부 주의관찰 필요.	A
2	정기점검	2003.12	(주)아워브레인	주요 손상은 하부구조 균열 및 점검로 침하 구간 보수필요. 하부구조 누수구간 주의관찰.	-
3	정기점검	2004.6	(주)아워브레인	주요 손상은 배수시설 정기적인 청소필요. 교대 점검로 침하 주의관찰.	-
4	정기점검	2004.7	(주)아워브레인	주요 손상은 배수관 길이부족 및 균열등이며, 내구성 확보 위한 보수필요.	-
5	정밀점검	2005.4	㈜한길종합 엔지니어링	전반적으로 균열 보수가 실시된 상태이나, 바닥판 횡균열, 후타재 박리, 난간 변형등이 조사됨.	A
6	정기점검	2005.7	㈜한길종합 엔지니어링	전반적으로 균열 보수가 실시된 상태이나, 바닥판 횡균열, 후타재 박리, 난간 변형등이 조사됨.	-
7	정기점검	2006.3	(주)아워브레인	주요손상은 신축이음장치 사용성 증대로 인한 후타재 균열, 박리, 본체 하부 고무재 파손등으로, 하부구조로 우수등이 유입되어 받침 PLATE 부식 발생 및 낙교방지시설 도장 박리등의 추가 손상등을 야기시키고 있는 상태이며, 한 배수관 길이부족, 차량충돌등에 의한 난간변형, 난간 연결부 파손, 연석 박락 및 철근노출, 바닥판하면 건조수축으로 인한 균열(CW≤0.2㎜)등이 조사됨. 기 발생된 손상현황은 현재 구조적으로 큰 문제가 없는 것으로 사료되나, 구조물의 내구성 및 사용성 확보를 위하여 손상부에 대한 보수를 실시하며, 향후 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요.	-

번호	구 분	점검/진단기간	점검/진단기관	주요점검/진단결과	상태등급
8	정기점검	2006.10	(주)아워브레인	교량 전반에 걸쳐 보수가 실시된 양호한 상태로 조사됨. 실시된 보수 항목으로는 거더 외부 도장보수, 교대·교각 단면보수, 거더 내부 이물질청소, 교량받침 재도장 등이며 보수 상태는 전반적으로 양호한 상태임. 주요손상은 신축이음장치 사용성 증대로 인한 후타재 균열·박리, 시공부주의로 인한 배수관 길이부족, 차량충돌등에 의한 난간변형, 난간 연결부 파손, 연석 박락, 연석부 철근노출, 바닥판하면 건조수축으로 인한 균열(CW≤0.2㎜)등이 조사됨. 기 발생된 손상현황은 현재 구조적으로 큰 문제가 없는 것으로 사료되나, 구조물의 내구성 및 사용성 확보를 위하여 손상부에 대한 보수를 실시하며, 향후 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요.	-
9	정밀점검	2007.6	(주)아워브레인	기 발생된 손상현황은 아스콘, 난간, 후타재, 하부구조, 바닥판하면 균열 및 교량받침 플레이트의 경미한 부식등이며, 아스콘 및 배수관 손상현황은 구조물의 사용성 및 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	기 발생된 손상현황은 신축이음장치 사용성 증대로 인한 후타재 균열·박리, 배수관 탈락, 난간 변형 및 연결부 파손, 연석 균열 및 철근노출, 바닥판하면 건조수축으로 인한 균열(CW≤0.2㎜)등이 조사되었다. 기 발생된 손상현황은 현재 구조적으로 큰 문제가 없는 것으로 사료되나, 구조물의 내구성 증진을 위하여 손상부에 대한 보수를 실시하며, 향후 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요하다.	-
11	정기점검	2008.6	(주)아워브레인	기 발생된 손상현황은 교면포장 접속부 아스콘 파손 및 국부적인 아스콘 균열, 강재 난간 변형 및 연석 균열, 철근노출, 배수관 망실, 신축이음 후타재 균열, 바닥판하면 횡방향균열, 거더외부 경미한 도장손상, 교량받침 본체 고무재 파손, 하부구조 균열, 점검계단 하부 토사유실 등의 손상현황이 발생된 상태이다. 기 발생된 손상현황은 구조물의 안전성에 지장이 없으며 내구성 증진을 위한 일부 보수 및 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요하다.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
12	정기점검	2008.12	(주)아워브레인	기 발생된 손상현황은 연석 균열, 철근노출, 배수관 망실, 신축이음 후타재 균열, 바닥판 하면 횡방향균열, 거더외부 경미한 도장손상, 교량받침 본체 고무재 파손, 신축이음 본체 고무실파손, 하부구조 균열, 점검계단 하부 토사유실 등의 손상현황이 발생된 상태이다. 기 발생된 손상현황은 전회와 비교시 손상의 진전은 미미한 상태이나, 구조물의 내구성 증진을 위한 보수 및 유지관리가 필요하다.	-
13	정밀점검	2009.06	㈜한길종합 엔지니어링	정밀점검 결과, 전반적으로 양호한 상태로 구조적인 손상은 없는 것으로 판단되며, 주요 손상으로 배수관 탈락, 유도배수관 행거로도 탈락, 연석부 철근노출 및 균열, 신축이음 유간부 이물질 퇴적 및 후타재 균열, 거더내부 우수유입, 교각 코핑부 들뜸 및 파손 등의 손상에 대해서는 내구성 및 사용성을 위해 보수가 요구된다. 그 외 손상부에 대해서는 정기점검을 통해 손상 진전여부에 따라 보수여부를 결정토록 한다.	B
14	정기점검	2009.12	㈜한길종합 엔지니어링	정기점검 결과, 전반적으로 양호한 상태로 구조적인 손상은 없는 것으로 조사되었으며 일부 부재에서 신축이음 고무씰 탈락, 교각 하부에 인화물질 적치, 연석부 거푸집 미제거, 거더외부 도장박리 등이 추가적으로 관찰되었다. 주요 손상으로 교면에 화재로 인해 표면불량, 유도배수관 행거로드 탈락, 배수관 길이부족, 바닥판 종조인트 주변에 백태, 콘크리트 부재에 균열, 거더내부 도장손상, 받침 PLATE 도장손상 등이 조사되었다. 손상부에 대해서는 내구성 및 사용성 확보를 위해 보수 및 유지관리가 필요하다.	-
15	정기점검	2010.06	㈜한길종합 엔지니어링	정기점검 결과 주부재 및 보조부재에 경미한 손상이 국부적으로 발생된 것으로 조사되었다. 바닥판, 거더, 하부구조 등의 발생된 손상에 대한 하자담보기간 만료전 보수 등의 조치가 필요하며, 배수시설 정비 및 교량받침 도장 보수 등의 조치가 필요한 것으로 판단된다. 추후 정기점검 등을 통하여 지속적인 주의관찰이 요구되며, 공용중 내구성 확보를 위한 보수 등의 조치를 취한다면 시설물의 내하력 발휘에는 문제가 없을 것으로 사료된다.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
16	정기점검	2010.12	㈜한길종합 엔지니어링	정기점검 결과, 전회 점검과 비교 시 교면포장, 바닥판하면에 일부 추가 손상이 있으며, 교각 단면보수 및 배수관 행거로드 탈락에 대한 보수가 실시되었다. 주요 손상으로는 균열(폭 0.2~0.3㎜), 박락, 들뜸, 배수관 길이부족, 백태 등의 손상이 있다. 점검일 현재 구조물의 구조적인 안전에는 문제가 없는 상태이나, 공용중 구조물의 내구성 증진을 위해 일부 손상에 대한 보수 조치가 필요하다.	-
17	정밀점검	2011.06	(주)아워브레인	정밀점검 결과 본 구조물은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 "B" 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 현재 일부 부재에 손상이 조사되어 내구성 측면에서의 보수가 필요한 상태이며, 발생된 주요 손상으로는 신축이음 유간부족, 방호벽 콘크리트 균열 및 백태, 바닥판 철근노출 및 박락, 거더내부 도장손상, 현장이음부 너트탈락, 거더 단부파손, 하부구조 균열 및 단면손상 등이다. 신축이음장치 A1 양방향과 교량받침 A2 양방향의 수축여유량 부족에 대해서는 주의관찰이 요구되며, 바닥판하면 및 교각코핑부의 균열에 대해서는 내구성저하 방지 차원의 보수가 필요하다. 대상 교량은 안전성 및 사용성이 양호한 상태로 판단되며 외관조사에서 나타난 손상에 대하여 보수를 실시하고, 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 1등교로써의 교량 기능을 계속적으로 발휘할 수 있을 것으로 판단된다.	B
18	정기점검	2011.12	(주)아워브레인	정기점검결과, 대상시설물의 상태는 '양호' 인 것으로 판단되며, 일부 부재에 기 발생된 손상의 진전은 미미한 상태이나 공용중 지속적인 우수유입에 의하여 내구성 저하가 우려되는 일부 손상이 발생되고 있는 상태이다. 기 발생된 주요 손상으로는 바닥판하면 균열 및 들뜸(철근부식), 신축이음 본체 고무재 파손, 하부구조 균열 등이 있으며 내구성 저하방지를 위한 일부 보수를 실시하고 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 1등교로써의 교량의 기능발휘에 문제가 없을 것으로 판단된다.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
19	정기점검	2012.06	(주)아워브레인	정기점검결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 '양호' 한 상태로 판단된다. 다만, 유지관리차원에서 보수를 요하는 손상이 발생된 상태이며, 이는 공용중 지속적인 우수유입에 의하여 내구성 저하에 의한 것으로 사료된다. 이전점검 이후 바닥판하면 균열 및 들뜸, 교면접속부 아스콘 파손, 신축이음 고무재파손, 교량받침 플레이트 부식, 배수관 위치불량, 교대 균열에 대한 일부 보수 완료된 것으로 조사되었으며, 발생된 주요 손상으로는 바닥판하면 균열 및 들뜸(철근부식), 교량받침 먼지막이링 탈락, 가동량표시계 탈락, 하부구조 균열 등이다. 기 발생된 손상은 내구성 저하방지를 위한 일부 보수를 실시하고 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 1등교로써의 교량의 기능발휘에 문제가 없을것으로 판단된다.	-
20	정밀 안전진단	2013.06	(주)동우기술단	정밀안전진단결과 바닥판하면에 발생한 박리, 박락은 교량의 내구성 저하는 물론 박락 등 단면손실에 의한 2차적 문제를 유발할 수 있으므로 조속한 시일내에 교면방수 및 재포장 등을 통한 우수유입의 차단과 발생된 박리, 박락부의 단면보수 등의 보수가 필요하다. 내구성 시험 결과 양호한 것으로 조사되었으며, 구조해석 또한 설계내하력을 상회하는 것으로 평가되어 금회 제시된 보수,보강을 시행하고 중점 유지관리 사항에 대한 주기적인 점검을 실시한다면 1등교로서 안전성 및 사용성을 만족 할 수있을 것으로 판단된다.	B
21	정기점검	2013.12	(주)동우기술단	정기점검 결과, 이전 정밀안전진단 이후 일부 부재에 대한 보수가 시행되었으며 그 외 주요부재 및 보조부재의 일부 손상에 대해 내구성 저하방지를 위한 추가보수가 필요한 상태이나 전반적으로 교량의 안전성에 문제가 없는 양호한 상태로 판단된다. 기발생된 주요 손상 중 바닥판 캔틸레버부 우수침투에 의한 단면손상 등은 내구성 저하가 우려되어 추가 보수가 필요한 상태이다. 그 외 발생된 손상에 대해서는 마찬가지로 일부 추가 보수와 함께 진전여부의 주의관찰을 실시하여 교량의 건전한 상태를 지속시키는 유지관리가 필요하다.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
22	정기점검	2014.06	(주)동우기술단	정기점검 결과, 주요부재 및 보조부재의 일부 손상에 대해 내구성 저하방지를 위한 추가보수가 필요한 상태이나 전반적으로 교량의 안전성에 문제가 없는 양호한 상태로 판단된다. 기 발생된 주요 손상 중 바닥판 캔틸레버부 철근부식에 의한 균열부 등은 내구성 저하가 우려되어 추가 보수를 실시하는 것이 바람직하다. 하부구조는 기보수 상태가 대체로 양호하며 일부 국부적인 균열 등의 손상과 그 외 부재에 발생된 손상에 대해서는 진전여부의 주의관찰을 실시하여 교량의 건전한 상태를 지속시키는 유지관리가 필요하다.	-
23	정기점검	2014.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 전반적으로 교량의 안전성에 문제가 없는 양호한 상태로 판단되나, 기 발생된 주요 손상 중 바닥판 캔틸레버부 철근부식에 의한 균열부 등은 내구성 저하가 우려되어 추가 보수를 실시하는 것이 바람직하다. 그 외 부재에 발생된 손상은 배수시설 정비와 함께 진전여부의 주의관찰 후 보수를 고려하는 효율적인 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.	-
24	정밀점검	2015.06	(주)동우기술단	정밀점검 결과, 본 구조물은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B“ 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 현재 일부 부재에 손상이 조사된 손상은 대부분 경미하여 시급한 보수를 요하지 않으나, 거더외부에서 조사된 너트 풀림, 배수구 막힘의 경우 교량의 안전성 및 사용성 저하의 원인이 될 수 있으므로 보수를 요한다. 또한 신축이음장치 및 교량받침 가동상태에 대해 혹서기, 혹한기시 집중적인 주의관찰을 실시한다면 1등교로써의 교량 기능을 계속적으로 발휘할 수 있을 것으로 판단된다.	B
25	정기점검	2015.12	(주)동우기술단	정기점검결과 조사된 손상은 대부분이 기존에 발생된 것으로서 손상의 진전이 미미하여 시급한 보수는 필요하지 않으나 배수관 탈락은 재설치가 필요하다. 전반적인 교량의 안전성은 문제가 없는 양호한 상태이며 정기적인 점검을 통해 손상의 진전유무를 관찰하고 지속적인 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
26	정기점검	2016.06	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 상태로 판단된다. 기 실시된 점검 이후 교면포장 손상, 교대 점검계단 침하에 대한 보수가 실시되었으며, 발생된 주요 손상으로는 바닥판하면 균열 및 들뜸, 철근노출, 하부구조 균열, 배수관 탈락 등이 조사되었다. 기 발생된 손상은 이전 점검과 비교시 진전은 미미한 상태이나, 유지관리차원에서 보수를 요하는 손상이 일부 발생된 상태이다. 또한, 주기적인 점검을 통해 손상의 진전 유무 및 신규손상 발생에 대한 지속적인 유지관리가 필요하다.	B
27	정기점검	2016.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 상태로 판단된다. 기 실시된 점검 이후 거더 내부 도장손상, 교대 균열, 백태, 마감재 파손, 배수관 고정고리 탈락에 대한 일부 보수가 실시되었으며, 주요 손상으로는 바닥판하면 균열 및 들뜸, 철근노출, 거더 내·외부 도장손상, 하부구조 균열, 배수관 탈락 등이 조사되었다. 기 발생된 손상은 이전 점검과 비교시 진전은 미미한 상태이나, 유지관리차원에서 추가 보수를 요하는 손상이 일부 발생된 상태이다. 또한, 주기적인 점검을 통한 지속적인 유지관리가 필요하다.	-
28	정밀점검	2017.06	(주)아워브레인	정밀점검 결과 본 구조물은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B“ 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 기 실시된 점검이후 일부 부재에 발생된 손상에 대해 보수가 실시되었으나, 바닥판 종조인트부에 발생된 손상은 다소 진전된 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상에 대해서는 시설물의 안전성 및 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요하며, 그 외 손상에 대해서는 주기적인 점검을 통한 주의관찰을 실시한다. 특히, 논산방향 A2지점 신축이음의 신장여유량 부족에 대해서는 원활한 기능발휘를 위해 본체 교체 등의 조치를 실시하고, 혹서기시 가동상태에 대한 세심한 주의관찰을 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
29	정기점검	2017.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 상태이나, 유지관리차원에서 일부 보수가 필요한 상태이다. 조사된 주요 손상으로는 교면포장 아스콘 손상, 바닥판하면 균열 및 들뜸, 박락, 거더 내외부 도장손상, 하부구조 균열 등이 발생하였다. 이전 점검 이후 교면포장 접속부 아스콘 균열, 배수구 이물질퇴적, 바닥판 균열 및 들뜸, 교각 균열, 신축이음 손상에 대한 일부 보수 및 교체가 실시된 상태이며, 그 외 손상의 진전은 미미한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상은 시설물의 구조적인 안전성에 미치는 영향은 거의 없으나, 내구성 저하방지 및 사용성 향상을 위한 추가 보수가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 지속적인 유지관리를 실시한다.	-

2.3 자료수집 및 분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 천안-논산간 고속도로 건설공사 제6공구 - 공사시방서 - 구조계산서 - 일반보고서 - 토질조사보고서 - 초기점검보고서	◇ 구조계산서 및 구조물도, 일반보고서는 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇ 설계도면과 실측 제원 비교시 주요 부재에 대하여 전반적으로 동일 ◇ 점검시설의 경우 설치하는 것으로 제시되었으나 현재 미설치 된 것으로 검토됨	◇ 본 과업은 구조물 정밀안전진단이므로 외관조사망도의 정비 및 면밀한 외관조사 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	

3. 현장조사 및 시험

3.1 외관조사 결과요약

가. 천안방향

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판	• 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 콘크리트 바닥판 균열 및 들뜸, 백태가 발생하였고, 천안방향 S2,3,5 구간에서 cw ≥0.3mm 균열이 신규 발생하였고, S8, 9 구간에서 백태가 추가 조사됨. • 교량의 내측(중분대측)의 캔틸레버 구간에서 cw≥0.3mm 균열이 다수 조사되었고, 손상부는 우수유입에 의한 손상 진전으로 들뜸 및 파손 등의 손상이 추가 조사됨. • 금회 정밀조사로 인한 손상의 물량 수정 및 물량의 손상명 변동 등이 실시됨.	• 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 나타대고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단된다. 또한 발생된 폭 0.3㎜이상 균열은 초기 건조수축 균열이 장기 공용 및 우수 유입에 의한 진행성 손상으로 추정됨. • 발생된 균열은 내구성 확보 차원의 주입 보수 및 폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직함. • 재료분리의 경우 시공당시 다짐 불량에 의한 시공미흡 손상으로 국부적으로 발생된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 요구됨. • 캔틸레버에 발생한 들뜸, 파손 및 철근노출, 박리 구간은 종조인트부 누수로 인한 손상은 없는 것으로 조사되었고, 캔틸레버 하면에서 누수되는 비산수로 인한 장기적인 습윤 상태 및 피복부족으로 인한 층분리, 철근부식, 박리가 발생함. • 손상부의 진전은 미미한 상태로 확인되었으나, 부재의 내구성 확보차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구됨 • 기 발생된 백태, 균열 등 손상에 대하여, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 손상의 진전시 표면처리 등의 유지관리가 필요함.

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
거더	내부	• 강박스 거더 내부에 대한 외관조사 국부적인 도장손상 및 환기구 볼트 망실, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었고, 정밀조사로 인한 추가 손상이 조사됨. • 기 손상인 화재이력 및 용접불량이 확인되었고, 진전은 없는 것으로 판단됨. • 기 손상인 이물질퇴적이 조사되었고, 기존 누락 손상이 추가로 확인됨.	• 거더 내부에 발생한 도장박리 및 부식 등의 도장손상은 장기 공용에 의한 열화 및 시공미흡으로 인한 손상으로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태로 확인되었다. 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 요구됨. • 스플라이스 틈으로 유입된 우수는 거더 내부 일부 경간에 발생한 상태이며, 이로 인한 부식은 미미한 상태이나, 우수의 유입 형태는 거더 외측의 스플라이스 틈에 국한되어 발생하였으므로, 추가 우수유입 및 거더의 부식 발생 방지를 위하여 실링재 마감을 실시하는 것이 바람직함. • 외관 조사 결과, 용접불량, 균열 등의 구조적 손상은 발견되지 않았고, 일부 도장손상 및 부식, 우슈유입 등이 손상이 조사되었다. 기 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치후 진전시 재도장 등의 보수가 요구됨. • 기타 이물질퇴적, 환기구 볼트 미체결 등은 청소 및 볼트 재체결 등의 유지관리가 필요함 .
	외부	• 강박스 거더 외부에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 일부 도장박리 및 부식이 조사됨. • 금회 정밀 조사로 인해 도장박리 및 탈락이 신규 조사되었고, 손상은 정밀조사로 인한 기존 누락 손상으로 추정됨.	• 발생한 부식 및 점부식은 시공당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 손상은 현재 경미한 상태이므로 주의관찰 후 진전시 재도장이 필요한 상태임. • 발생한 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 면적 대비 손상은 일부분으로 확인된 바,주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요함.
가로보 및 세로보		• 가로보는 경미한 부식이 발생하였고, 금회 정밀 조사로 인한 신규 손상이 일부 추가 조사됨 • 세로보는 별다른 손상이 발생하지 않은 전반적으로 양호한 상태임.	• 가로보에 발생한 부식은 시공 당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 현재 경미한 상태이므로 주의관찰을 필요함. • 발생한 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 국부적으로 확인된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요함.

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교대	• 교대에 발생한 균열은 대부분 폭 0.1~0.2㎜로서 수직균열의 형태로 발생함. • 신축이음하부 누수로 인하여 교대에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않았고, 금회 정밀조사로 인한 콘크리트 파손, 박락 등의 신규 손상이 조사되었고, 기존 누락손상으로 확인됨.	• 교대에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 구조적 균열은 없는 것으로 확인되었다, 기 발생한 균열은 손상의 진전시 균열 폭에 따라 표면처리 등을 실시해야 함. • 교대에 발생한 박락 등의 단면손상은 시공중 외부 충격에 의한 손상 및 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 손상의 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 조치가 요구됨. • 교대 날개벽과 바닥판의 이격 등은 발생하지 않은 것으로 나타났으며 교대의 측방유동은 발생하지 않은 것으로 판단됨.
교각	• 교각에 발생된 주요 손상으로 폭 0.1~0.2㎜ 수직균열, 폭 0.2m 이하의 망상균열이 조사됨. • 신축이음 하부 누수로 인하여 교각에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않았다. • 기타 경미한 박락, 들뜸 등의 손상이 조사됨.	• 교각에서 조사된 균열은 균열 및 망상균열의 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 바람직함. • 외부충격에 의한 파손과 다짐불량에 의한 들뜸, 박락 및 긁힘은 내구성에 별다른 영향을 미치지 않으나 손상진전 방지 및 내구성 유지를 위하여 손상의 진전시 단면보수를 실시하는 것이 바람직함. • 기손상인 표지판 탈락, 잡철노출 등의 손상의 주의관찰이 요구됨

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	• 받침장치의 외관조사 결과, 금회 정밀조사로 인한 일부 신규손상이 발생하였으며, 신규 손상은 기존 누락 손상으로 확인되었고, 전반적으로 구조적인 손상이 없는 양호한 것으로 확인됨. • 일부 받침콘크리트 및 받침몰탈의 균열, 단면손상이 조사됨. • 강재 플레이트에 발생한 녹발생 및 부식의 경우 우수유입에 의한 손상으로 현재 경미한 손상으로 확인됨.	• 받침부식 및 도장손상은 장기공용 및 외기에 부식이 발생한 것으로 판단되며, 별도의 도장보다는 부식제거 후 재도장이 효과적일 것으로 판단되며, 재손상 발생 여부 파악을 위한 주기적인 점검이 요구됨. • 받침몰탈 및 받침콘크리트에 발생한 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상의 진전 및 확대시 주입보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구됨. • 받침콘크리트에 발생한 들뜸은 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며 손상의 진전시 단면보수 등의 조치가 필요함.
신축이음장치	• 신축이음장치의 외관조사 결과 신축이음장치 본체의 부식, 이물질 퇴적 등이 조사된 상태이며, 일부 규간 방호울타리 측의 신축이음 덮개 차수판 볼트 일부가 풀리거나 탈락된 상태이다. 일구 구간 국부적이 후타재 파손이 조사됨. • 조사된 후타재 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태이나, 일부 폭 0.3mm이상 균열이 조사됨.	• 신축이음장치의 본체에 발생한 부식은 신축이음장치의 양측 끝단에 국한되어 발생하였는데 이는 끝단에 퇴적된 이물질에 의하여 장기간 체수가 지속됨에 따라 발생한 것으로 판단됨. • 부식 발생으로 인하여 본체의 거동에는 별다른 문제를 미치지 않는 상태이며, 손상의 진전방지 및 내구성 유지를 위하여 체수가 발생하지 않도록 주기적인 청소를 실시하는 것이 바람직함. • 후타재에 발생한 균열은 시공초기 건조수축, 공용 중 차량의 반복하중 및 충격에 의한 손상으로서 손상의 진전시 주입보수, 표면처리 등을 통한 내구성 유지가 바람직함.
교면포장	• 본 교량의 교면포장에 대한 외관조사 결과 아스콘균열 및 망상균열이 발생되었으며, 일부 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 신규 조사됨. • 기 손상인 아스콘 표면불량 및 소성변형이 조사됨.	• 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 바람직함. • 아스콘 탈락 및 소성변형은 중차량의 반복하중으로 인한 손상으로 주행성에 영향이 경미하므로, 손상의 진전시 재포장 등의 조치가 요구됨. • 금회 조사시 정밀조사로 인한 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 신규 조사되었고, 손상은 차량 반복하중 및 장기 공용으로 인한 열화로 확인 되었으며, 주의관찰 후 진전시 적절한 유지보수가 필요함.

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
배수시설	• 일부 배수관 탈락 및 용접부 부식 등의 손상이 이 조사됨. • 금회 정밀조사로 인한 배수관 부식, 연결고리 탈락, 이음부 파손 등의 신규 손상이 확인됨.	• 발생한 배수관 탈락, 배수관 연결고리 탈락 등의 손상은 장기공용으로 인한 손상으로 정비 등의 조치가 요구됨. • 배수관 부식 및 이음부 부식 등의 손상은 외부 우수에 의한 손상으로 배수상태에 영향을 미치지 않으나, 부재의 사용성 확보를 위한 재도장 및 정비 등의 조치가 필요함.
난간 (방호벽)	• 방호울타리에 대한 외관조사 결과 균열 및 균열부 백태, 들뜸 및 박락 등의 손상이 조사되었다. • 방음벽은 고정핀 탈락, 변형, 파손, 하부 부식 등의 손상이 확인되었다.	• 방호울타리에 발생한 균열 및 백태는 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열부 및 우수가 유입되면서 진전된 손상임. • 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 바람직함.

나. 논산방향

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판	• 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 콘크리트 바닥판 균열 및 들뜸, 백태가 발생하였고, 일부 구간 균열 및 백태가 신규 발생함. • 교량의 내측(중분대측)의 캔틸레버 구간에서 cw≥0.3mm 균열이 조사되었고, 손상부는 우수유입에 의한 손상 진전으로 들뜸 및 파손 등의 손상이 추가 조사됨.	• 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 나타내고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단된다. 또한 발생된 폭 0.3㎜이상 균열은 초기 건조수축 균열이 장기 공용 및 우수 유입에 의한 진행성 손상으로 추정됨. • 발생된 균열은 내구성 확보 차원의 주입보수 및 폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직함. • 재료분리의 경우 시공당시 다짐 불량에 의한 시공미흡 손상으로 국부적으로 발생된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 요구됨. • 캔틸레버에 발생한 들뜸, 파손 및 철근노출, 박리 구간은 종조인트부 누수로 인한 손상은 없는 것으로 조사되었고, 캔틸레버 하면에서 누수되는 비산수로 인한 장기적인 습윤 상태 및 피복부족으로 인한 층분리, 철근부식, 박리가 발생함. • 손상부의 진전은 미미한 상태로 확인되었으나, 부재의 내구성 확보차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구됨 • 기 발생된 백태, 균열 등 손상에 대하여, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 손상의 진전시 표면처리 등의 유지관리가 필요함.

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
거더	내부	• 강박스 거더 내부에 대한 외관조사 국부적인 도장손상 및 환기구 볼트 망실, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었고, 정밀조사로 인한 추가 손상이 조사됨. • 기 손상인 화재이력 및 용접불량이 확인되었고, 진전은 없는 것으로 판단된다. • 기 손상인 이물질퇴적이 조사되었고, 기존 누락 손상이 추가로 확인됨.	• 거더 내부에 발생한 도장박리 및 부식 등의 도장손상은 장기 공용에 의한 열화 및 시공미흡으로 인한 손상으로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태로 확인되었다. 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 요구됨. • 스플라이스 틈으로 유입된 우수는 거더 내부 일부 경간에 발생한 상태이며, 이로 인한 부식은 미미한 상태이나, 우수의 유입 형태는 거더 외측의 스플라이스 틈에 국한되어 발생하였으므로, 추가 우수유입 및 거더의 부식 발생 방지를 위하여 실링재 마감을 실시하는 것이 바람직함. • 발생된, 용접불량 및 화재이력은 기 손상으로 손상의 진전 및 추가 손상은 없는 상태로 확인되었으며, 일부 도장 손상 및 부식, 우슈유입 등이 손상이 조사되었다. 기 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치 후 진전시 재도장 등의 보수가 요구됨. • 기타 손상인 이물질퇴적은 청소 등의 유지관리가 바람직함.
	외부	• 강박스 거더 외부에 대한 외관조사 결과 일부 도장박리 및 부식, 기 손상인 변형 등이 조사되었다. • 금회 정밀 조사로 인해 도장박리 및 탈락, 볼트 부식 등이 신규 조사되었고, 손상은 정밀 조사로 인한 기존 누락 손상으로 추정된다.	• 발생한 부식 및 점부식은 시공당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 손상은 현재 경미한 상태이므로 주의관찰 후 진전시 재도장이 필요한 상태임. • 발생한 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 면적 대비 손상은 일부분으로 확인된 바,주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요함.
가로보 및 세로보		• 가로보는 경미한 부식 및 도장박리가 발생하였고, 금회 정밀 조사로 인한 신규 손상이 일부 추가 조사됨 • 세로보는 별다른 손상이 발생하지 않은 전반적으로 양호한 상태임.	• 가로보에 발생한 부식은 시공 당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 현재 경미한 상태이므로 주의관찰을 필요함. • 발생한 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 국부적으로 확인된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요함.

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교대	• 교대에 발생한 균열은 대부분 폭 0.1~0.2㎜로서 수직균열의 형태로 발생함. • 신축이음하부 누수로 인하여 교대에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않은 상태임. • 금회 정밀조사로 인한 콘크리트 파손, 박락 등의 신규 손상이 조사되었고, 기존 누락손상으로 확인됨.	• 교대에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 구조적 균열은 없는 것으로 확인되었다, 기 발생한 균열은 손상의 진전시 균열 폭에 따라 표면처리 등을 실시해야 함. • 교대에 발생한 박락 등의 단면손상은 시공중 외부 충격에 의한 손상 및 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 손상의 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 조치가 요구됨. • 교대 날개벽과 바닥판의 이격 등은 발생하지 않은 것으로 나타났으며 교대의 측방유동은 발생하지 않은 것으로 판단됨.
교각	• 교각에 발생된 주요 손상으로 폭 0.1~0.2㎜ 수직균열, 폭 0.2m 이하의 망상균열이 조사됨. • 신축이음 하부 누수로 인하여 교각에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않았다. • 기타 경미한 박락, 들뜸 등의 손상이 조사됨.	• 교각에서 조사된 균열은 균열 및 망상균열의 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 바람직함. • 외부충격에 의한 파손과 다짐불량에 의한 들뜸, 박락 및 긁힘은 내구성에 별다른 영향을 미치지 않으나 손상진전 방지 및 내구성 유지를 위하여 손상의 진전시 단면보수를 실시하는 것이 바람직함. • 기 손상인 표지판 탈락, 잡철노출 등의 손상의 주의관찰이 요구됨
교량받침	• 받침장치의 외관조사 결과, 금회 정밀조사로 인한 일부 신규손상이 발생하였으며, 신규 손상은 기존 누락 손상으로 확인되었고, 전반적으로 구조적인 손상이 없는 양호한 것으로 확인됨. • 일부 받침콘크리트 및 받침몰탈의 균열, 단면손상이 조사됨. • 강재 플레이트에 발생한 녹발생 및 부식의 경우 우수유입에 의한 손상으로 현재 경미한 손상으로 확인됨.	• 받침부식 및 도장손상은 장기공용 및 외기에 부식이 발생한 것으로 판단되며, 별도의 도장보다는 부식제거 후 재도장이 효과적일 것으로 판단되며, 재손상 발생 여부 파악을 위한 주기적인 점검이 요구됨. • 받침몰탈 및 받침콘크리트에 발생한 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상의 진전 및 확대시 주입보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구됨. • 받침콘크리트에 발생한 들뜸은 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며 손상의 진전시 단면보수 등의 조치가 필요함.

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
신축이음장치	• 신축이음장치의 외관조사 결과 신축이음장치 본체의 부식, 이물질 퇴적 등이 조사된 상태이며, 일부 규간 방호울타리 측의 신축이음 덮개 차수판 볼트 일부가 풀리거나 탈락된 상태이다. 일구 구간 국부적이 후타재 파손이 조사됨. • 조사된 후타재 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태이나, 일부 폭 0.3mm이상 균열이 조사됨.	• 신축이음장치의 본체에 발생한 부식은 신축이음장치의 양측 끝단에 국한되어 발생하였는데 이는 끝단에 퇴적된 이물질에 의하여 장기간 체수가 지속됨에 따라 발생한 것으로 판단됨. • 부식 발생으로 인하여 본체의 거동에는 별다른 문제를 미치지 않는 상태이며, 손상의 진전방지 및 내구성 유지를 위하여 체수가 발생하지 않도록 주기적인 청소를 실시하는 것이 바람직함. • 후타재에 발생한 균열은 시공초기 건조수축, 공용 중 차량의 반복하중 및 충격에 의한 손상으로서 손상의 진전시 주입보수, 표면처리 등을 통한 내구성 유지가 바람직함. • 금회 발생한 슬라이딩 스프링 탈락은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
교면포장	• 본 교량의 교면포장에 대한 외관조사 결과 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 발생되었으며, 일부 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 신규 조사되었다.	• 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. • 금회 조사시 정밀조사로 인한 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 신규 조사되었고, 손상은 차량 반복하중 및 장기 공용으로 인한 열화로 확인 되었으며, 주의관찰 후 진전시 적절한 유지보수가 필요하다.
배수시설	• 일부 배수관 탈락 및 용접부 부식 등의 손상이 이 조사되었다. • 금회 정밀조사로 인한 배수관 부식, 연결고리 탈락, 이음부 파손 등의 신규 손상이 확인되었다.	• 발생한 배수관 탈락, 배수관 연결고리 탈락 등의 손상은 장기공용으로 인한 손상으로 정비 등의 조치가 요구된다. • 배수관 부식 및 이음부 부식 등의 손상은 외부 우수에 의한 손상으로 배수상태에 영향을 미치지 않으나, 부재의 사용성 확보를 위한 재도장 및 정비 등의 조치가 필요하다.
난간 (방호벽)	• 방호울타리에 대한 외관조사 결과 균열 및 망상균열, 들뜸 및 박락, 철근노출 등의 손상이 조사되었다. • 일부 균열 및 박락, 철근노출, 차수판 볼트 탈락, 변형 등의 신규 손상이 확인되었다.	• 방호울타리에 발생한 균열 및 백태는 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열부 및 우수가 유입되면서 진전된 손상임. • 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 바람직함.

3.2 내구성 결과요약

가. 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>29.3～31.8</td><td rowspan="2">27.0</td><td rowspan="4">■ 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>30.2～32.8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부
구조</td><td>반발경도</td><td>25.8～27.6</td><td rowspan="2">24.0</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>27.8～29.7</td></tr>
<tr><td rowspan="4">철근탐사
(㎜)</td><td rowspan="2">상부
구조</td><td>배근간격</td><td>143～253</td><td>150~250</td><td rowspan="4">■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>39~93</td><td>40</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부
구조</td><td>배근간격</td><td>140～215</td><td>150~200</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>73～114</td><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="2">상부구조</td><td colspan="2">30.0～30.5</td><td rowspan="2">■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td colspan="2">76.5～82.0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량
시험
(kg/㎥)</td><td colspan="2">상부구조</td><td colspan="2">1.2469</td><td rowspan="2">■ 상부 구조에서 c등급으로 평가되어 향후 염화물에 의한 부식발생가능성이 높아 지속적인 유지관리가 요망됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td colspan="2">0.3440</td></tr>
<tr><td rowspan="3">강재
비파괴
시험</td><td colspan="2">초음파탐상시험</td><td colspan="2">1등급: 76개소</td><td>■ 전 개소에서 균열, 기공, 슬래그, 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사됨</td></tr>
<tr><td rowspan="2">도막두께
측정
(㎛)</td><td>거더내부</td><td>188～211</td><td>175</td><td rowspan="2">■ 도막두께 측정 결과 표준 도막두께를 상회하는 양호한 상태로 측정되었음</td></tr>
<tr><td>거더외부</td><td>230～261</td><td>215</td></tr>
<tr><td>종합
평가</td><td colspan="5">• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨.
• 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 양호한 상태로 판단됨.
• 염화물 함유량의 경우 신축이음으로부터 유입된 동절기 염화칼슘에 의해 c등급으로 평가되었으므로 내구성 저하 방지를 위해 주기적인 점검을 통한 2차 손상 발생파악 등의 유지관리가 필요함.
• 초음파탐상 시험결과, 전 개소에서 맞대기이음부의 용접상태는 양호한 것으로 판단됨</td></tr>
</table>

나. 논산방향

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
비파괴 강도 (㎫)	상부 구조	반발경도	28.2～31.8	27.0	■ 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	29.7～31.9		
	하부 구조	반발경도	26.6～27.9	24.0	
		초음파	28.1～29.6		
철근탐사 (㎜)	상부 구조	배근간격	90～255	100～250	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	40～65	40	
	하부 구조	배근간격	125～207	150~200	
		피복두께	89～103	100	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		30.0～30.5		■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		75.0～78.0		
염화물 함유량 시험 (kg/㎥)	상부구조		1.0161		■ 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성이 낮은 'b등급' 으로 검토됨.
	하부구조		1.0138		
강재 비파괴 시험	초음파탐상시험		1등급: 76개소		■ 전 개소에서 균열, 기공, 슬래그, 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사됨
	도막두께 측정 (㎛)	거더내부	192～210	175	■ 도막두께 측정 결과 표준 도막두께를 상회하는 양호한 상태로 측정되었음
		거더외부	227～257	215	
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 "a" 로 검토되어 양호한 상태로 판단됨. • 염화물 함유량의 경우 신축이음으로부터 유입된 동절기 염화칼슘에 의해 b등급으로 평가되었으나 부식가능성은 낮은 것으로 판단됨. • 초음파탐상 시험결과, 전 개소에서 맞대기이음부의 용접상태는 양호한 것으로 판단됨				

4. 시설물의 상태평가

4.1 시설물 상태평가 결과(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	a	b	a	c	b	b	b	q	x	x	x	x
2	STB	c	b	a	b	a	c	x	b	b	q	x	a	x	b
3	STB	c	b	a	b	a	c	x	c	b	q	x	x	x	x
4	STB	b	b	a	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
5	STB	c	b	a	b	a	c	c	b	b	q	a	x	x	x
6	STB	c	b	b	b	a	c	x	b	b	q	x	a	x	x
7	STB	b	b	a	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
8	STB	b	b	a	b	c	c	x	b	b	q	x	x	x	x
9	STB	c	b	b	b	c	c	c	b	b	q	x	x	x	x
10	STB	c	d	a	b	a	c	x	c	b	q	a	x	x	x
11	STB	c	b	b	b	a	c	x	b	b	q	x	a	x	x
12	STB	c	b	a	b	a	c	c	b	b	q	x	x	x	x
13	STB	c	b	a	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
14	STB	c	b	a	b	c	c	x	b	b	q	x	x	x	x
15	STB	c	b	a	b	c	c	c	b	b	q	a	x	c	x
16	STB	c	b	a	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
17	STB	c	b	a	b	a	c	x	c	b	q	x	x	x	x
18	STB	a	b	b	b	a	c	x	c	b	q	a	x	x	x
19	STB	b	b	b	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
20	STB							a	b	b	q		x		x
평균		0.284	0.158	0.095	0.158	0.142	0.316	0.317	0.240	0.200	0.865	0.100	0.100	0.400	0.200
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치 합		0.051	0.032	0.005	0.011	0.004	0.006	0.029	0.022	0.040	0.000	0.002	0.002	0.008	0.002

결함도 범위 : 0.130 ≤ **결함도 지수(0.213)** ≤ 0.260

0.213
B

4.2 시설물 상태평가 결과(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	a	c	b	b	b	q	x	x	x	x
2	STB	c	b	b	b	c	b	x	b	b	q	x	a	x	b
3	STB	c	b	b	b	c	c	x	b	b	q	a	x	x	x
4	STB	c	b	a	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
5	STB	b	b	a	b	c	b	c	c	b	q	x	x	x	x
6	STB	c	b	a	b	c	b	x	b	b	q	a	x	b	x
7	STB	b	b	b	b	c	b	x	b	b	q	x	a	x	x
8	STB	c	b	a	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
9	STB	c	b	a	b	c	b	c	b	b	q	x	x	x	x
10	STB	c	d	b	a	a	b	x	b	b	q	x	a	x	x
11	STB	c	b	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
12	STB	c	b	a	b	c	b	a	c	b	q	x	x	x	x
13	STB	c	b	a	b	a	c	x	b	b	q	a	x	x	x
14	STB	c	b	a	b	a	c	x	b	a	q	x	x	x	x
15	STB	c	b	a	b	a	c	c	b	b	q	x	x	x	x
16	STB	c	b	a	b	a	c	x	b	c	q	x	x	x	x
17	STB	c	b	a	b	c	c	x	b	b	q	x	x	x	x
18	STB	c	b	a	b	c	c	x	b	c	q	a	x	x	x
19	STB	c	b	b	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
20	STB							a	b	b	q		x		x
평균		0.295	0.158	0.105	0.153	0.189	0.211	0.267	0.220	0.215	0.865	0.100	0.100	0.200	0.200
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치 합		0.053	0.032	0.005	0.011	0.006	0.004	0.024	0.020	0.043	0.000	0.002	0.002	0.004	0.002

결함도 범위 : 0.130 ≤ **결함도 지수(0.207)** ≤ 0.260

0.207
B

5. 안전성평가

5.1 거더의 내하력평가

구 분			발생응력(MPa)			내하율	기본 내하력
			허용	고정하중	활하중		
5경간 연속교	최대 정모멘트부	상 연	190.000	112.096	6.695	11.636	DB-24 이상
		하 연	190.000	-121.060	-24.821	2.777	
	최대 부모멘트부	상 연	190.000	-151.721	-20.154	1.899	
		하 연	190.000	146.020	24.255	1.813	
4경간 연속교	최대 정모멘트부	상 연	190.000	89.3	10.2	9.873	DB-24 이상
		하 연	190.000	-99.8	-30.3	2.977	
	최대 부모멘트부	상 연	190.000	-134.2	-30.1	1.854	
		하 연	190.000	130.0	36.2	1.657	
3경간 연속교	최대 정모멘트부	상 연	190.000	91.5	10.7	9.206	DB-24 이상
		하 연	190.000	-100.8	-30.6	2.915	
	최대 부모멘트부	상 연	190.000	-124.2	-30.5	2.157	
		하 연	190.000	119.3	36.5	1.937	

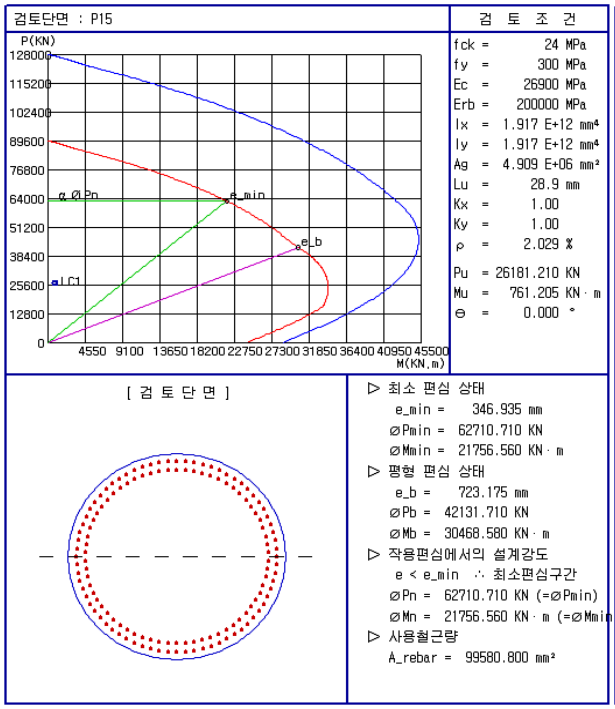
5.2 바닥판의 내하력평가

구 분		$\varnothing M_n$ (kN · m)	M_d (kN · m)	$M_{l(1+i)}$ (kN · m)	내하율	기본내하력
5경간 연속교	켄틸레버부 (좌측)	147.181	10.637	24.462	2.536	DB-24 이상
	중앙부	106.000	9.519	35.360	1.232	
	켄틸레버부 (우측)	147.181	10.556	24.071	2.014	
4경간 연속교	켄틸레버부 (좌측)	147.20	16.36	39.68	1.456	DB-24 이상
	중앙부	95.20	4.40	29.12	1.429	
	켄틸레버부 (우측)	147.20	7.46	36.81	1.737	
3경간 연속교	켄틸레버부 (좌측)	147.20	16.36	39.68	1.456	DB-24 이상
	중앙부	95.20	4.40	29.12	1.429	
	켄틸레버부 (우측)	147.20	7.46	36.81	1.737	

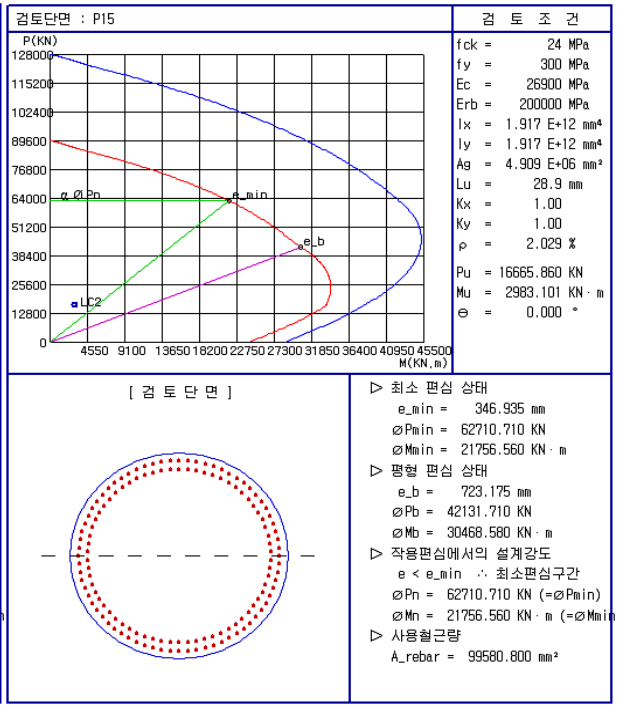
5.3 교각의 안전성검토

■ 기둥 P-M 상관도 검토

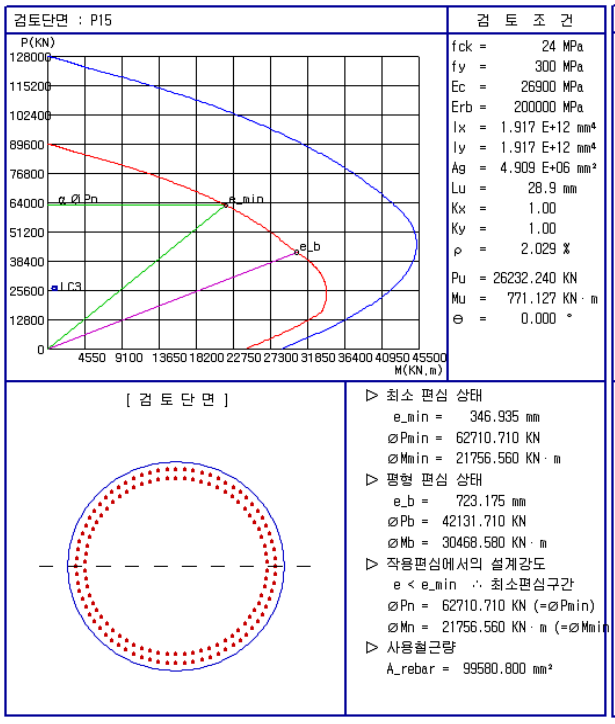
<좌측-축력최대>



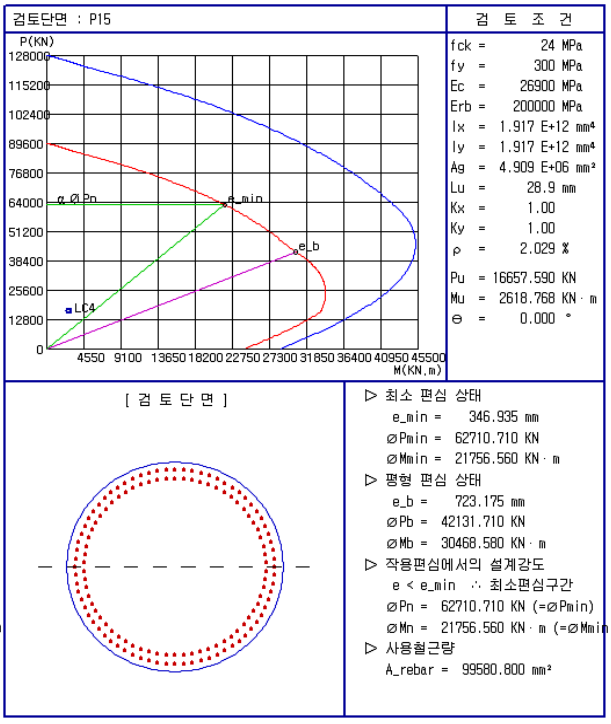
<좌측-모멘트최대>



<우측-축력최대>



<우측-모멘트최대>



6. 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가 결과(천안방향)

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
웅진대교	0.213	B	1.199(바닥판)	A	B
종합평가	•웅진대교의 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 웅진대교는 “B”로 평가됨				

6.1 종합평가 결과(논산방향)

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
웅진대교	0.207	B	1.199(바닥판)	A	B
종합평가	•웅진대교의 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 웅진대교는 “B”로 평가됨				

6.2 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	웅진대교	B등급(양호)

7. 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 보수·보강 및 개략공사비

가. 천안방향

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판		균열 (폭 0.3mm미만)	표면보수	603.5	226.31	m	50	11,316	3
		재료분리	단면보수	0.1	0.15	㎡	230	35	2
		누수흔적	주의관찰	0.06	-	㎡	-	-	-
		물끊기홈불량	주의관찰	1.7	-	m	-	-	-
		균열 (폭 0.3mm이상)	주입보수	333.0	124.88	m	75	9,366	2
		들뜸	단면보수	7.6	11.40	㎡	230	2,622	2
		박락	단면보수	0.95	1.42	㎡	230	327	2
		박리	단면보수	0.3	0.45	㎡	230	104	2
거더	내부	도장손상	재도장	10.23	15.35	㎡	9	138	3
		부식, 점부식, 그을음	재도장	1.75	2.63	㎡	9	24	3
		전등탈락	정비	1	1	ea	10	10	3
		변형	주의관찰	0.2	-	㎡	-	-	-
		우수유입흔적	정비	0.05	0.08	㎡	10	1	3
		환기구볼트망실	정비	4	4	ea	10	40	3
		강재 긁힘	재도장	0.01	0.02	㎡	9	0	3
		환기구 볼트 풀림	정비	4ea	4ea	ea	10	40	3
		이물질퇴적	정비	15.03	22.55	㎡	10	226	3
	외부	도장박리, 탈락	재도장	20.5	30.75	㎡	45	1,384	3
		부식	재도장	3.85	38.95	㎡	45	1,753	3
		볼트부식	재도장	26	26	ea	45	1,170	3
		볼트탈락	정비	1	1	ea	10	10	3
가로보 및 세로보		도장박리	재도장	0.03	0.05	㎡	45	2	3
		부식	재도장	0.34	0.51	㎡	45	0	3
		도장긁힘	재도장	0.03	0.05	㎡	45	2	3

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
하부구조	교대	균열 (폭 0.3mm미만)	표면보수	11.7	4.39	m	50	219	3
		균열부 백태	표면보수	0.4	0.60	㎡	50	30	3
		누수흔적	표면보수	2.8	4.20	㎡	50	210	3
		백태	표면보수	0.5	0.75	㎡	50	38	2
		박락	단면보수	0.1	0.15	㎡	230	35	2
	교각	균열 (폭 0.3mm미만)	표면보수	804.1m	301.54	m	50	15,077	3
		균열 (폭 0.3mm이상)	주입보수	2.3m	0.86	m	75	65	2
		망상균열	표면보수	146.25	219.38	㎡	50	10,969	3
		누수흔적, 표면오염	표면보수	56.1	84.15	㎡	50	4,208	3
		박리, 박락, 긁힘, 탈락, 재료분리	단면보수	60.97	91.46	㎡	230	21,036	2
		백태	표면보수	4.8	7.20	㎡	50	360	3
교량받침		받침콘크리트 균열	표면보수	25.0	9.38	m	50	469	3
		받침콘크리트 균열 (폭 0.3mm이상)	주입보수	0.3	0.11	m	75	8	2
		받침콘크리트 들뜸	단면보수	1.13	1.69	㎡	230	389	2
		도장박리	재도장	20.3	30.45	㎡	45	1,370	3
		부식	재도장	27.2	40.80	㎡	45	1,836	3
		파손	단면보수	0.02	0.03	㎡	230	7	2
		도장들뜸	재도장	0.09	0.14	㎡	45	6	3
		받침부식	재도장	3.25	4.88	㎡	45	220	3
		고무재 들뜸	주의관찰	0.3	0.45	㎡	-	-	-
		볼트부식	재도장	7	7	ea	45	315	3
		볼트풀림	주의관찰	5	-	ea	-	-	-
		고무재파손	주의관찰	3	-	ea	-	-	-
		먼지막이고무링파손	주의관찰	8	-	ea	-	-	-
		전단키 용접부부식	주의관찰	0.1	-	㎡	-	-	-
		이동량표지판탈락	주의관찰	9	-	ea	-	-	-

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
신축 이음		후타재균열	주의관찰	50	-	m	-	-	-
		후타재균열 (폭 0.3mm이상)	주의관찰	4.0	-	m	-	-	-
		후타재박리, 박락	주의관찰	1.6	-	㎡	-	-	-
		유간 이물질퇴적	정비	17.6	26.40	m	10	264	3
		본체부식	주의관찰	32.5	-	m	-	-	-
		접속부 이격	주의관찰	5.5	-	m	-	-	-
		차수판설치불량	주의관찰	1	-	ea	-	-	-
교면 포장		아스콘균열	주의관찰	903.50	-	m	-	-	-
		아스콘패임	아스콘패칭	4.33	6.50	㎡	75	488	3
		아스콘망상균열	주의관찰	162.7	-	㎡	-	-	-
		소성변형	주의관찰	0.25	-	㎡	-	-	-
		표면불량	주의관찰	6.0	-	m	-	-	-
기타 시설	배수 시설	배수관 탈락	정비	6	6	ea	10	60	3
	난간 및 연석	균열(폭 0.3mm미만)	주의관찰	210.0	-	m	-	-	-
		균열(폭 0.3mm이상)	주의관찰	248.2	-	m	-	-	-
		파손, 들뜸, 탈락	주의관찰	1.98	-	㎡	-	-	-
		녹물	주의관찰	3.55	-	㎡	-	-	-
		균열부백태	주의관찰	135.54	-	㎡	-	-	-
		난간변형	주의관찰	11.1	-	m	-	-	-
		이격	주의관찰	1.16	-	m	-	-	-
		고정Plate탈락	정비	4	4	ea	10	40	3
		변형	정비	1	1	ea	10	10	3
		파손	정비	1	1	ea	10	10	3
		고정핀 이탈, 탈락	정비	5	5	ea	10	50	3
		하부 부식	주의관찰	35.0	-	m	-	-	-

순공사비 합계(천원)		86.359
제경비(순공사비×50%)(천원)		43,180
순위별 공사비 (제경비 포함)	1순위(천원)	-
	2순위(천원)	51,048
	3순위(천원)	78,491
유지보수 개략공사비 총계(천원)		129,539

※ 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.

나. 논산방향

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판		균열(폭 0.3mm미만)	표면처리	606.5	227.44	m	50	11,372	3
		백태	표면처리	3.7	5.55	㎡	50	278	3
		균열부 백태	표면처리	0.1	0.15	㎡	50	8	3
		재료분리	단면보수	0.53	0.80	㎡	230	184	2
		녹물	주의관찰	0.4	-	㎡	-	-	-
		누수흔적	주의관찰	0.74	-	㎡	-	-	-
		잡철노출	주의관찰	0.3	-	㎡	-	-	-
		물끊기홈탈락, 들뜸	주의관찰	33.5	-	m	-	-	-
		거푸집 미제거	주의관찰	5	-	ea	-	-	-
		균열(폭 0.3mm이상)	주입보수	112.5	42.19	m	75	3,164	2
		균열 및 들뜸	단면보수	5.43	8.15	㎡	230	1,875	2
		박락	단면보수	0.02	0.03	㎡	230	7	2
		박락 및 철근노출	단면보수	1.66	2.49	㎡	250	623	2
		측면들뜸	단면보수	0.15	0.22	㎡	230	51	2
거더	내부	도장손상	재도장	21.5	32.25	㎡	9	290	3
		부식	재도장	9.46	14.19	㎡	9	128	3
		용접불량	주의관찰	0.01	-	㎡	-	-	-
		이물질퇴적	정비	41.7	62.55	㎡	10	626	3
		화재이력	주의관찰	0.09	-	㎡	-	-	-
	외부	도장손상	재도장	4.1	6.15	㎡	45	277	3
		부식	재도장	19.79	38.95	㎡	45	1,753	3
		변형	주의관찰	0.1	-	㎡	-	-	-
		볼트부식	재도장	54	54	ea	45	2,430	3
		점검구 볼트미체결	정비	2	2	ea	10	20	3
가로보 및 세로보		도장박리	재도장	0.14	0.21	㎡	45	9	3
		부식	재도장	0.6	0.90	㎡	45	41	3

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
하부 구조	교대	균열(폭 0.3mm미만)	표면처리	19.4	7.28	m	50	364	3
		균열부백태	표면처리	0.16	0.24	㎡	50	12	3
		누수흔적	주의관찰	10	-	㎡	-	-	-
		망상균열	표면처리	1.5	2.25	㎡	50	113	3
		백태	표면처리	0.24	0.36	㎡	50	18	3
		박락, 파손	단면보수	0.51	0.77	㎡	230	177	2
	교각	균열(폭 0.3mm미만)	표면처리	665.7	249.64	m	50	12,482	3
		균열(폭 0.3mm이상)	주입보수	3.5m	1.31	m	75	98	2
		망상균열	표면처리	96.99	145.48	㎡	50	7,274	3
		박리, 박락, 들뜸, 재료분리	단면보수	112.69	169.04	㎡	230	38,879	2
		백태	표면처리	1.1	1.65	㎡	50	83	3
		이물질퇴적	정비	0.01	0.02	㎡	10	0	3
		누수흔적	주의관찰	1.5	-	㎡	-	-	-
교량 받침		받침 콘크리트균열 (0.3mm미만)	표면처리	26.1	9.79	m	50	489	3
		받침 콘크리트균열 (0.3mm이상)	주입보수	1.4	0.52	m	75	39	2
		받침콘크리트 들뜸, 파손, 재료분리	단면보수	1.4	2.10	m	230	483	2
		Plate도장손상	재도장	32.12	48.18	㎡	45	2,168	3
		고무재파손	주의관찰	3	-	ea	-	-	-
		먼지막이고무링파손	주의관찰	4	-	ea	-	-	-
		이동량표지판탈락	주의관찰	3	-	ea	-	-	-

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
신축이음	본체	부식	주의관찰	22.7	-	m	-	-	-
		이물질퇴적	주의관찰	9.5m	-	m	-	-	-
		슬라이딩스프링탈락	주의관찰	1	-	ea	-	-	-
	후타재	균열(0.3mm미만)	주의관찰	13.0	-	m	-	-	-
		균열(0.3mm이상)	주의관찰	1.0	-	m	-	-	-
		박락	주의관찰	0.1	-	㎡	-	-	-
		접속부 단차	주의관찰	2.0	-	m	-	-	-
교면포장		아스콘 균열	주의관찰	493.0	-	m	-	-	-
		아스콘 들뜸	아스콘패칭	1.11	1.67	㎡	75	125	3
		아스콘 망상균열	주의관찰	107.0	-	㎡	-	-	-
기타시설	배수시설	부식	주의관찰	8	-	ea	-	-	-
		연결고리 탈락	주의관찰	1	-	ea	-	-	-
		파손	주의관찰	2	-	ea	-	-	-
		탈락	주의관찰	6	-	ea	-	-	-
	난간 및 연석	균열(폭 0.3mm미만)	주의관찰	261.1	-	m	-	-	-
		균열(폭 0.3mm이상)	주의관찰	61.7	-	m	-	-	-
		파손, 들뜸, 탈락	주의관찰	0.9	-	㎡	-	-	-
		망상균열, 녹물	주의관찰	2.19	-	㎡	-	-	-
		철근노출	주의관찰	0.02㎡	-	㎡	-	-	-
		균열부 백태	주의관찰	94.22	-	㎡	-	-	-
		난간손상	주의관찰	2.3	-	m	-	-	-
		이격	주의관찰	1.0	-	m	-	-	-

순공사비 합계(천원)		85,940
제경비(순공사비×50%)(천원)		42,970
순위별 공사비 (제경비 포함)	1순위(천원)	-
	2순위(천원)	68,370
	3순위(천원)	68,540
유지보수 개략공사비 총계(천원)		136,910

※ 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 유지관리방안

부재구분	중 점 점 검 내 용
바닥판	• 폭 0.1~0.3mm 균열 • 캔틸레버 우수 유입 • 균열부 백태, 박락, 파손 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	• 도장손상 진전여부
신축이음장치	• 부식발생 여부 확인
교면포장	• 포장부 패임 진전 여부
배수시설	• 배수구 주변 누수에 따른 2차 손상 발생 여부
난간 및 연석	• 방호울타리 외측 망상균열 및 백태 진전 여부

8. 종합결론

웅진대교는 충청남도 공주시 우성면 평목리(순천기점 237.72K 지점)에 위치하고 있으며, 2002년도에 준공되어 약 16년 정도의 공용기간이 경과한 상태의 교량이다.

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

가. 현장조사 결과

○ 상부구조인 강박스 거더와 바닥판은 구조적인 손상 및 결함이 없는 양호한 상태를 확보하고 있으며, 외관조사 결과 바닥판 하면 전 구간에 걸쳐 폭 0.1~0.2mm의 균열이 발생한 상태이다. 일부구간 발생한 단면손상은 바닥판의 내구성 확보차원의 단면보수가 필요하다, 거더의 경우 일부 부식, 도장박리 등이 조사되었다. 조사된 손상은 진전시 내구성 확보 및 손상 진전 방지를 위한 적절한 보수가 요구되며, 보수 후에도 보수부의 재손상 발생여부를 주기적으로 점검하는 것이 바람직함.

○ 가로보 및 세로보는 전반적으로 양호한 상태이며, 일부 발생한 도장박리 및 부식에 대하여 보수를 실시하고 주의관찰 하는것이 바람직함.

○ 교대 및 교각에 발생한 수직균열은 폭 0.1~0.2mm의 균열로서 이는 건조수축 및 온도균열 등에 의한 것으로서 일부 발생된 철근부식, 단면손상은 부재의 내구성 확보차원의 단면보수, 방청 등의 조치가 필요하며, 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구됨.

○ 교량받침의 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며 일부 신축이음 누수에 따른 부식 및 도장손상이 발생한 상태이다. 발생한 손상에 대하여 적절한 보수를 통한 유지관리가 필요함.

○ 신축이음 장치는 하부 누수, 본체의 부식 등이 조사된 상태이며, 이로 인한 2차 손상 유발 가능성이 존재하므로 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생여부 확인 및 기 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 필요함.

○ 교면포장은 기 손상인 아스콘 균열 및 망상균열, 아스콘 패임이 조사된 상태로 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 상태로 확인되었다. 기 손상부는 진전시 재포장 등의 장기적인 보수계획 수립이 필요할 것으로 사료됨.

○ 배수시설은 막힘이 발생하지 않은 양호한 상태이며, 캔틸레버에 설치된 배수관 일부 부식이 발생한 상태이다. 이는 배수구의 용접 연결부의 열화로 인하여 우수 등이 유입된 것으로 판단되며, 추후 철근부식 및 박리 등과 같은 2차 손상이 발생할 우려가 있으므로 보수를 실시한 후 재손상 발생 여부에 대한 주의관찰이 필요함.

○ 방호울타리는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 일부 발생한 균열, 백태 등의 손상은 진전시 내구성 유지를 위한 보수가 필요함.

나. 시험 및 측정 결과

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

○ 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인됨.

○ 탄산화 깊이는 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 “a등급”으로 평가됨.

○ 염화물 함유량의 경우 신축이음으로부터 유입된 동절기 염화칼슘에 의해 b∼c등급으로 평가되었으므로 내구성 저하 방지를 위해 주기적인 점검을 통한 2차 손상 발생파악 등의 유지관리가 필요함.

○ 균열깊이 측정결과, 폭 0.3㎜미만 균열의 균열깊이는 철근피복두께를 초과하지 않은 것으로 분석됨.

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

다. 상태평가 결과

○ 웅진대교의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 천안방향 0.213, 논산방향 0.207로 “B”로 평가됨.

라. 안전성평가 결과

○ 안전성 검토를 근거한 안전율(SF)이 1.0이상으로 검토되었으며 안전성평가 결과 『A』로 평가되었고, 구조해석 결과 교량의 상・하부구조의 안전성에 문제가 없는 것으로 검토 되었으며 내하력 평가 결과 설계 내하력인 DB-24(DL-24)를 상회하는 것으로 평가됨.

마. 결언

○ 웅진대교는 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 ····· 14

1.6 교량기호의 정의 ····· 15

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 ····· 33

2.2.4 토질 및 지반조사 자료검토 ····· 37

2.2.5 기 정밀안전진단 분석 ····· 40

2.2.6 시공관련 자료검토 ····· 52

2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약 ·····53
2.4 보수·보강 이력 ·····60
2.5 시설물의 내진설계 여부 ·····61
2.6 자료분석 결과요약 ·····61

제 3장 현장조사 및 시험 ·····63
3.1 개 요 ·····65
3.2 외관조사(천안방향) ·····67
3.2.1 상부구조 ·····67
3.2.2 하부구조 ·····81
3.2.3 교량받침 ·····88
3.2.4 신축이음장치 ·····106
3.2.5 교면포장 ·····114
3.2.6 기타부재 ·····118
3.3 외관조사(논산방향) ·····124
3.3.1 상부구조 ·····124
3.3.2 하부구조 ·····138
3.3.3 교량받침 ·····145
3.3.4 신축이음장치 ·····163
3.3.5 교면포장 ·····171
3.3.6 기타부재 ·····175
3.4 콘크리트 내구성조사 ·····181
3.4.1 개 요 ·····181
3.4.2 시험내용 및 평가기준 ·····183
3.4.3 시험결과 및 분석 ·····197
3.5 강재 내구성 조사 ·····215
3.5.1 개 요 ·····215
3.5.2 시험내용 및 평가기준 ·····219
3.5.3 용접부에 발생하는 대표적인 결함 ·····223
3.5.4 시험결과 및 분석 ·····224
3.6 현장조사 및 시험 결과요약 ·····232

3.6.1 현장조사 결과 ·····232
3.6.2 시험 및 측정 결과 ·····243

제 4장 시설물의 상태평가 ·····247
4.1 개요 ·····249
4.2 상태평가 항목 및 기준 ·····249
4.2.1 부재별 상태평가 적용범위 ·····249
4.2.2 구조형식에 따른 부재별 가중치 ·····250
4.2.3 상태평가 결과 결정 ·····251
4.3 상태평가 결과 ·····252
4.3.1 천안방향 ·····252
4.3.2 논산방향 ·····263

제 5장 시설물의 안전성 평가 ·····275
5.1 개요 ·····277
5.2 구조해석 ·····279
5.2.1 교량제원 ·····279
5.2.2 설계기준 ·····279
5.2.3 단면특성 ·····280
5.2.4 해석모델 ·····282
5.2.5 하중산정 ·····283
5.2.6 해석결과 ·····289
5.2.7 바닥판 안전성 검토 ·····317
5.2.8 바닥판 균열 검토 ·····328
5.2.9 하부구조 검토 ·····330
5.3 내하력 평가 ·····352
5.3.1 개 요 ·····352
5.3.2 기본 내하력 평가 ·····353
5.3.3 고찰• 내하율 ·····354
5.4 안전성평가 등급 산정 ·····355
5.4.1 개 요 ·····355

5.4.2 안전성 평가 결과 ·····356
5.5 기타 경간 내하력 및 안전성평가 ·····357
5.5.1 4경간부(4@60=240m) ·····357
5.5.2 3경간부(3@60=180m) ·····359

제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정 ·····361
6.1 종합평가 산정절차 ·····363
6.1.1 종합평가 결과 산정방법 ·····363
6.2 종합평가 결과 ·····364
6.3 안전등급 지정 ·····365
6.3.1 안전등급기준 ·····365
6.3.2 안전등급 지정 ·····365

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안 ·····367
7.1 개요 ·····369
7.2 보수·보강 방안 ·····370
7.2.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 선정 ·····370
7.2.2 결함내용별 보수·보강방안 ·····372
7.2.3 주요결함 및 손상에 대한 보수·보강 방법 ·····378
7.3 보수·보강 개략공사비 ·····386
7.4 유지관리방안 ·····392
7.4.1 진단결과에 따른 중점유지관리 사항 ·····392
7.4.2 유지관리시 점검요령 ·····395

제 8장 종합결론 ·····405
8.1 종합결론 ·····407
8.2 현장조사 결과 ·····407
8.3 시험 및 측정 결과 ·····408
8.4 상태평가 결과 ·····409
8.5 안전성평가 결과 ·····409
8.6 결 언 ·····409

◉ 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】 웅진대교 현황표 ····7
【표 1.4】 주요 사용장비 및 시험기기 일반사항 ····14
【표 1.5】 교량기호의 정의 ····15
【표 2.1】 자료수집 현황 ····19
【표 2.2】 설계구간 ····20
【표 2.3】 과업기간 ····20
【표 2.4】 장래교통량 ····21
【표 2.5】 웅진대교 교량 현황 ····22
【표 2.6】 상부형식 비교표 ····25
【표 2.7】 하부구조 비교표 ····26
【표 2.8】 강교 유지관리 시설 설치 현황 ····28
【표 2.9】 하부구조 점검시설 설치 현황 ····28
【표 2.10】 웅진대교 유지관리시설 적용 현황 ····28
【표 2.11】 교면포장 비교표 ····29
【표 2.12】 교량받침 형식 비교표 ····31
【표 2.13】 웅진대교 구조검토 조건 ····33
【표 2.13】 웅진대교 구조검토 조건(계속) ····34
【표 2.13】 웅진대교 구조검토 조건(계속) ····35
【표 2.14】 웅진대교 상부구조 구조검토 결과요약 ····36
【표 2.15】 웅진대교 하부구조 구조검토 결과요약 ····36
【표 2.16】 웅진대교 지반조사 결과 ····38
【표 2.17】 웅진대교 점검 및 진단이력 ····53
【표 2.17】 웅진대교 점검 및 진단이력(계속) ····54
【표 2.17】 웅진대교 점검 및 진단이력(계속) ····55
【표 2.17】 웅진대교 점검 및 진단이력(계속) ····56
【표 2.17】 웅진대교 점검 및 진단이력(계속) ····57
【표 2.17】 웅진대교 점검 및 진단이력(계속) ····58
【표 2.17】 웅진대교 점검 및 진단이력(계속) ····59
【표 2.17】 웅진대교 점검 및 진단이력(계속) ····60
【표 2.18】 자료분석 결과요약 ····61
【표 3.1】 각 부재 별 조사방법 및 기간 ····66
【표 3.2】 바닥판 외관조사 결과 ····67
【표 3.2】 바닥판 외관조사 결과(계속) ····68
【표 3.3】 바닥판 기 점검 결과 비교 ····70

【표 3.4】강박스 거더 내부 외관조사 결과 ····71
【표 3.4】강박스 거더 내부 외관조사 결과(계속) ····72
【표 3.5】강박스 거더 내부 기 점검 결과 비교 ····75
【표 3.6】강박스 거더 외부 외관조사 결과 ····76
【표 3.7】강박스 거더 외부 기 점검 결과 비교 ····78
【표 3.8】가로보 및 세로보 외관조사 결과 ····79
【표 3.9】가로보 및 세로보 기 점검 결과 비교 ····80
【표 3.10】교대 외관조사 결과 ····81
【표 3.11】교대 기 점검 결과 비교 ····83
【표 3.12】교각 외관조사 결과 ····84
【표 3.12】교각 외관조사 결과(계속) ····85
【표 3.13】교각 기 점검 결과 비교 ····87
【표 3.14】교량받침 현황 ····89
【표 3.15】교량받침 외관조사 결과 ····90
【표 3.16】교량받침 기 점검 결과 비교 ····92
【표 3.17】교대 및 교각 받침부 연단거리 조사결과 ····94
【표 3.17】교대 및 교각 받침부 연단거리 조사결과(계속) ····95
【표 3.18】교량받침 가동상태 검토결과 ····96
【표 3.18】교량받침 가동상태 검토결과(계속) ····97
【표 3.18】교량받침 가동상태 검토결과(계속) ····98
【표 3.19】교량받침 이동량 산정 ····99
【표 3.20】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과 ····100
【표 3.20】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속) ····101
【표 3.20】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속) ····102
【표 3.21】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과 ····103
【표 3.21】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(계속) ····104
【표 3.21】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(계속) ····105
【표 3.22】신축이음장치 외관조사 결과 ····108
【표 3.23】신축이음장치 기 점검 결과 비교 ····109
【표 3.24】신축이음 유간 측정결과 ····110
【표 3.25】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과 ····111
【표 3.26】신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정 ····111
【표 3.27】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과 ····112
【표 3.28】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과 ····113
【표 3.29】교면포장 외관조사 결과 ····115
【표 3.30】교면포장 기 점검 결과 비교 ····116
【표 3.31】배수시설 외관조사 결과 ····118
【표 3.32】배수시설 기 점검 결과 비교 ····119
【표 3.33】방호벽 외관조사 결과 ····120
【표 3.33】방호벽 외관조사 결과(계속) ····121
【표 3.34】방음벽 외관조사 결과 ····121

【표 3.35】난간 및 연석 기 점검 결과 비교 ····123
【표 3.36】바닥판 외관조사 결과 ····124
【표 3.36】바닥판 외관조사 결과(계속) ····125
【표 3.37】바닥판 기 점검 결과 비교 ····127
【표 3.38】강박스 거더 내부 외관조사 결과 ····129
【표 3.38】강박스 거더 내부 외관조사 결과(계속) ····130
【표 3.39】강박스 거더 내부 기 점검 결과 비교 ····132
【표 3.40】강박스 거더 외부 외관조사 결과 ····133
【표 3.41】강박스 거더 외부 기 점검 결과 비교 ····135
【표 3.42】가로보 및 세로보 외관조사 결과 ····136
【표 3.43】가로보 및 세로보 기 점검 결과 비교 ····137
【표 3.44】교대 외관조사 결과 ····138
【표 3.45】교대 기 점검 결과 비교 ····140
【표 3.46】교각 외관조사 결과 ····141
【표 3.46】교각 외관조사 결과(계속) ····142
【표 3.47】교각 기 점검 결과 비교 ····144
【표 3.48】교량받침 현황 ····146
【표 3.49】교량받침 외관조사 결과 ····147
【표 3.50】교량받침 기 점검 결과 비교 ····149
【표 3.51】교대 및 교각 받침부 연단거리 조사결과 ····151
【표 3.51】교대 및 교각 받침부 연단거리 조사결과(계속) ····152
【표 3.52】교량받침 가동상태 검토결과 ····153
【표 3.52】교량받침 가동상태 검토결과(계속) ····154
【표 3.52】교량받침 가동상태 검토결과(계속) ····155
【표 3.53】교량받침 이동량 산정 ····156
【표 3.54】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과 ····157
【표 3.54】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속) ····158
【표 3.54】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속) ····159
【표 3.55】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과 ····160
【표 3.55】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(계속) ····161
【표 3.55】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(계속) ····162
【표 3.56】신축이음장치 외관조사 결과 ····165
【표 3.57】신축이음장치 기 점검 결과 비교 ····166
【표 3.58】신축이음 유간 측정결과 ····167
【표 3.59】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과 ····168
【표 3.60】신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정 ····168
【표 3.61】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과 ····169
【표 3.62】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과 ····170
【표 3.63】교면포장 외관조사 결과 ····172
【표 3.64】교면포장 기 점검 결과 비교 ····174
【표 3.65】배수시설 외관조사 결과 ····175

【표 3.66】배수시설 기 점검 결과 비교 ·····176
【표 3.67】방호벽 외관조사 결과 ·····177
【표 3.67】방호벽 외관조사 결과(계속) ·····178
【표 3.68】난간 및 연석 기 점검 결과 비교 ·····180
【표 3.69】콘크리트 비파괴시험 현황 ·····181
【표 3.70】보정반발경도(Ro) ·····184
【표 3.71】기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험) ·····185
【표 3.72】재령계수 α값 ·····185
【표 3.73】기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험) ·····188
【표 3.74】탄산화 속도에 영향을 미치는 요인 ·····192
【표 3.74】탄산화 속도에 영향을 미치는 요인(계속) ·····193
【표 3.75】탄산화 상태평가 기준 ·····194
【표 3.76】염화물 평가기준(콘크리트 구조설계기준(2007)) ·····195
【표 3.77】염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12)) ·····195
【표 3.78】상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과 ·····197
【표 3.79】하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과 ·····198
【표 3.80】비파괴강도 시험결과 분석 ·····199
【표 3.81】기 진단결과와의 시험결과 비교·분석 ·····199
【표 3.82】상부구조 철근탐사 시험결과 ·····200
【표 3.83】하부구조 철근탐사 시험결과 ·····201
【표 3.83】하부구조 철근탐사 시험결과(계속) ·····202
【표 3.84】기 진단결과와의 시험결과 비교·분석 ·····202
【표 3.85】탄산화 깊이 측정결과 및 평가 ·····203
【표 3.86】기 진단결과와의 시험결과 비교·분석 ·····203
【표 3.87】염화물 함유량 시험결과 및 평가 ·····204
【표 3.88】기 진단결과와의 시험결과 비교·분석 ·····204
【표 3.89】균열깊이 조사결과 ·····205
【표 3.90】상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과 ·····206
【표 3.91】하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과 ·····207
【표 3.92】비파괴강도 시험결과 분석 ·····208
【표 3.93】기 진단결과와의 시험결과 비교·분석 ·····208
【표 3.94】상부구조 철근탐사 시험결과 ·····209
【표 3.95】하부구조 철근탐사 시험결과 ·····210
【표 3.95】하부구조 철근탐사 시험결과(계속) ·····211
【표 3.96】기 진단결과와의 시험결과 비교·분석 ·····211
【표 3.97】탄산화 깊이 측정결과 및 평가 ·····212
【표 3.98】기 진단결과와의 시험결과 비교·분석 ·····212
【표 3.99】염화물 함유량 시험결과 및 평가 ·····213
【표 3.100】기 진단결과와의 시험결과 비교·분석 ·····213
【표 3.101】균열깊이 조사결과 ·····214
【표 3.102】강재 비파괴시험 현황 ·····215

【표 3.102】강재 비파괴시험 현황(계속) ····216
【표 3.102】강재 비파괴시험 현황(계속) ····217
【표 3.103】결함의 등급 분류 ····220
【표 3.104】용접부 결함의 합·부 판정기준 ····220
【표 3.105】일반환경용 중방식 도장(공사시방서) ····222
【표 3.106】일반환경용 중방식 도장(현 시방기준) ····222
【표 3.107】용접부에 발생하는 대표적인 결함 ····223
【표 3.108】초음파탐상(UT) 시험결과 ····224
【표 3.108】초음파탐상(UT) 시험결과(계속) ····225
【표 3.108】초음파탐상(UT) 시험결과(계속) ····226
【표 3.108】초음파탐상(UT) 시험결과(계속) ····227
【표 3.108】초음파탐상(UT) 시험결과(계속) ····228
【표 3.108】초음파탐상(UT) 시험결과(계속) ····229
【표 3.109】강재 도막두께 측정결과 ····230
【표 3.109】강재 도막두께 측정결과(계속) ····231
【표 3.110】금회 진단 외관조사 결과 요약 ····232
【표 3.110】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속) ····233
【표 3.110】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속) ····234
【표 3.110】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속) ····235
【표 3.110】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속) ····236
【표 3.111】기 진단 외관조사 결과 비교 ····237
【표 3.112】금회 진단 외관조사 결과 요약 ····238
【표 3.112】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속) ····239
【표 3.112】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속) ····240
【표 3.112】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속) ····241
【표 3.113】기 진단 외관조사 결과 비교 ····242
【표 3.114】금회 진단 내구성조사 결과요약 ····243
【표 3.115】기 진단 내구성조사 결과요약 ····244
【표 3.116】금회 진단 내구성조사 결과요약 ····245
【표 3.117】기 진단 내구성조사 결과요약 ····246
【표 4.1】부재별 상태평가 적용 범위 ····249
【표 4.2】구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치 ····250
【표 4.3】결함도 점수 범위에 따른 기준 ····251
【표 4.4】콘크리트 바닥판 상태평가 결과(천안방향) ····252
【표 4.5】거더 상태평가 결과(천안방향) ····253
【표 4.6】가로보 및 세로보 상태평가 결과(천안방향) ····254
【표 4.7】콘크리트 교대 상태평가 결과(천안방향) ····255
【표 4.8】콘크리트 교각 상태평가 결과(천안방향) ····255
【표 4.9】기초 상태평가 결과(천안방향) ····256
【표 4.10】교량받침 상태평가 결과(천안방향) ····257

【표 4.11】신축이음 상태평가 결과(천안방향) ·····258
【표 4.12】교면포장 상태평가 결과(천안방향) ·····258
【표 4.13】배수시설 상태평가 결과(천안방향) ·····259
【표 4.14】난간 및 연석 상태평가 결과(천안방향) ·····260
【표 4.15】탄산화 상태평가 결과(천안방향) ·····261
【표 4.16】염화물 상태평가 결과(천안방향) ·····261
【표 4.17】상태평가 결과표(천안방향) ·····262
【표 4.18】콘크리트 바닥판 상태평가 결과(논산방향) ·····263
【표 4.19】거더 상태평가 결과(논산방향) ·····264
【표 4.20】가로보 및 세로보 상태평가 결과(논산방향) ·····265
【표 4.21】콘크리트 교대 상태평가 결과(논산방향) ·····266
【표 4.22】콘크리트 교각 상태평가 결과(논산방향) ·····266
【표 4.23】기초 상태평가 결과(논산방향) ·····267
【표 4.24】교량받침 상태평가 결과(논산방향) ·····268
【표 4.25】신축이음 상태평가 결과(논산방향) ·····269
【표 4.26】교면포장 상태평가 결과(논산방향) ·····269
【표 4.27】배수시설 상태평가 결과(논산방향) ·····270
【표 4.28】난간 및 연석 상태평가 결과(논산방향) ·····271
【표 4.29】탄산화 상태평가 결과(논산방향) ·····272
【표 4.30】염화물 상태평가 결과(논산방향) ·····272
【표 4.31】상태평가 결과표(논산방향) ·····273
【표 5.1】설치위치 및 현황 ·····277
【표 5.2】합성전·후 교량 단면상수 ·····280
【표 5.2】합성전·후 교량 단면상수(계속) ·····281
【표 5.3】강재중량 할증율 산정 결과 ·····283
【표 5.4】바닥판 재하하중 산정 결과 ·····284
【표 5.5】가로보 재하하중 산정 결과 ·····285
【표 5.6】포장 및 방호벽에 의한 재하하중 산정 결과 ·····285
【표 5.7】충격계수 ·····286
【표 5.8】상부구조 풍하중 산정 ·····288
【표 5.9】하부구조 풍하중 산정 ·····288
【표 5.10】휨모멘트 산출결과 (kN · m) ·····294
【표 5.11】영향계수 k값 산출결과 요약 (MPa) ·····296
【표 5.11】영향계수 k값 산출결과 요약 (MPa)(계속) ·····297
【표 5.12】극한강도 검토시 하중조합 ·····334
【표 5.13】허용응력법에 의한 웅진대교 거더의 공용내하력 ·····353
【표 5.14】강도설계법에 의한 웅진대교 바닥판의 공용내하력 ·····354
【표 5.15】구조물의 안전성 평가기준 ·····355
【표 5.16】안전성 평가결과 ·····356
【표 5.17】4경간부 거더의 공용내하력 ·····357

【표 5.18】4경간부 바닥판의 공용내하력 ·····357
【표 5.19】안전성 평가결과 ·····358
【표 5.20】3경간부 거더의 공용내하력 ·····359
【표 5.21】3경간부 바닥판의 공용내하력 ·····359
【표 5.22】안전성 평가결과 ·····360
【표 6.1】종합평가 결과(천안방향) ·····364
【표 6.2】종합평가 결과(논산방향) ·····364
【표 6.3】시설물의 안전등급 ·····365
【표 6.4】안전등급 지정 ·····365
【표 7.1】시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항 ·····369
【표 7.2】보수・보강 우선순위 결정 기준 ·····370
【표 7.3】보수・보강 주체 선정 ·····371
【표 7.4】보수・보강 일람표(천안방향) ·····372
【표 7.4】보수・보강 일람표(천안방향)(계속) ·····373
【표 7.4】보수・보강 일람표(천안방향)(계속) ·····374
【표 7.5】보수・보강 일람표(논산방향) ·····375
【표 7.5】보수・보강 일람표(논산방향)(계속) ·····376
【표 7.5】보수・보강 일람표(논산방향)(계속) ·····377
【표 7.6】수지주입공법의 종류 ·····379
【표 7.7】균열폭에 알맞은 수지의 점도 ·····379
【표 7.8】균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격 ·····379
【표 7.9】에폭시계 수지의 규격 ·····380
【표 7.10】주입공법 공법비교안 ·····381
【표 7.11】일반적인 단면 복구(보수)재의 분류 ·····384
【표 7.12】단면복구(보수) 공법비교안 ·····385
【표 7.13】보수・보강 개략공사비(천안방향) ·····386
【표 7.13】보수・보강 개략공사비(천안방향)(계속) ·····387
【표 7.13】보수・보강 개략공사비(천안방향)(계속) ·····388
【표 7.14】보수・보강 개략공사비(논산방향) ·····389
【표 7.14】보수・보강 개략공사비(논산방향)(계속) ·····390
【표 7.14】보수・보강 개략공사비(논산방향)(계속) ·····391
【표 7.15】부재별 유지관리 중점사항 ·····394

그 림 목 차

【그림 1.1】정밀안전진단 과업수행 흐름도 ·····5
【그림 1.2】종·평면도 ·····8
【그림 1.3】평면도 ·····9
【그림 1.4】횡단면도 ·····10
【그림 1.5】강상형 평면도, 횡단면도 ·····11
【그림 1.6】교대 일반도 ·····12
【그림 1.7】교각 일반도 ·····13
【그림 2.1】본선 분리구간 표준횡단면도(1방향 2차선) ·····21
【그림 2.2】웅진대교 토질조사 위치도 및 단면도 ·····37
【그림 3.1】교량받침 배치도 ·····88
【그림 3.2】도로교설계기준 연단거리 산출방법 ·····93
【그림 3.3】신축이음 현황 ·····106
【그림 3.4】교면포장 현황 ·····114
【그림 3.5】교량받침 배치도 ·····145
【그림 3.6】도로교설계기준 연단거리 산출방법 ·····150
【그림 3.7】신축이음 현황 ·····163
【그림 3.8】교면포장 현황 ·····171
【그림 3.9】콘크리트 내구성조사 위치도 ·····182
【그림 3.10】반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차 ·····183
【그림 3.11】초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차 ·····186
【그림 3.12】초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법 ·····187
【그림 3.13】표면법에 의한 초음파전달속도의 측정 ·····187
【그림 3.14】철근탐사 측정원리 ·····189
【그림 3.15】철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차 ·····190
【그림 3.16】탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 ·····192
【그림 3.17】T_c-T_o법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법 ·····196
【그림 3.18】상부구조 평균압축강도 추정결과 ·····198
【그림 3.19】하부구조 평균압축강도 추정결과 ·····199
【그림 3.20】탄산화 깊이 측정결과 ·····203
【그림 3.21】염화물시험 측정결과 ·····204
【그림 3.22】상부구조 평균압축강도 추정결과 ·····207
【그림 3.23】하부구조 평균압축강도 추정결과 ·····208
【그림 3.24】탄산화 깊이 측정결과 ·····212

【그림 3.25】염화물시험 측정결과 ·····213
【그림 3.26】강재 내구성조사 위치도 ·····218
【그림 3.27】초음파탐상(사각법)시험 개요도 ·····219
【그림 3.28】Gauge 영점조정 ·····221
【그림 3.29】Gauge 초기화(Calibration) ·····221
【그림 4.1】전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 ·····251
【그림 5.1】표준 횡단면도 (일반부) ·····277
【그림 5.2】종·평면도 ·····278
【그림 5.3】강박스 거더 구조해석 모델 ·····282
【그림 5.4】강박스 거더 바닥판 하중 개하 개념도 ·····283
【그림 5.5】강박스 거더 바닥판 하중 개하 개요도 ·····284
【그림 5.6】가로보 하중 작용위치 ·····285
【그림 5.7】활하중재하도(DB-24) ·····286
【그림 5.8】활하중재하도(DL-24) ·····287
【그림 5.9】강박스 거더의 하중조건별 부재력도 ·····289
【그림 5.10】강박스 거더의 하중조건별 부재력도 ·····290
【그림 5.11】강박스 거더의 하중조건별 부재력도 ·····291
【그림 5.12】강박스 거더의 하중조건별 부재력도 ·····292
【그림 5.13】강박스 거더의 고유진동수 해석 결과 ·····293
【그림 5.14】영향계수 산출을 위한 해석모델 및 결과 ·····295
【그림 5.15】해석단면 ·····330
【그림 5.16】해석모델 ·····331
【그림 6.1】종합평가 결과 산정절차 ·····363
【그림 7.1】보수·보강방안 추진방향 ·····371
【그림 7.2】콘크리트 표면처리 시공순서도 ·····378
【그림 7.3】균열 보수공법 개요도 ·····380
【그림 7.4】단면복구(보수) 상세도 ·····383

사 진 목 차

【사진 3.1】 웅진대교 장비접근 현황 ····66
【사진 3.2】 바닥판 전경 ····67
【사진 3.3】 바닥판 손상현황 ····69
【사진 3.4】 강박스 거더 전경 ····71
【사진 3.5】 강박스 거더 내부 손상현황 ····73
【사진 3.5】 강박스 거더 내부 손상현황(계속) ····74
【사진 3.6】 강박스 거더 외부 손상현황 ····77
【사진 3.7】 가로보 및 세로보 전경 ····79
【사진 3.8】 가로보 및 세로보 손상현황 ····80
【사진 3.9】 교대 전경 ····81
【사진 3.10】 교대 손상현황 ····82
【사진 3.11】 교각 전경 ····84
【사진 3.12】 교각 손상현황 ····86
【사진 3.13】 교량받침 손상현황 ····91
【사진 3.14】 교량받침 가동량 측정 전경 ····96
【사진 3.15】 신축이음장치 전경 ····107
【사진 3.16】 신축이음장치 손상현황 ····108
【사진 3.17】 신축이음 유간 측정방법 ····110
【사진 3.18】 교면포장 전경 ····114
【사진 3.19】 교면포장 손상현황 ····116
【사진 3.20】 배수구 및 배수관 전경 ····118
【사진 3.21】 배수관 손상현황 ····119
【사진 3.22】 난간 및 연석 전경 ····120
【사진 3.23】 난간 및 연석 손상현황 ····122
【사진 3.24】 바닥판 전경 ····124
【사진 3.25】 바닥판 손상현황 ····126
【사진 3.26】 강박스 거더 전경 ····129
【사진 3.27】 강박스 거더 내부 손상현황 ····131
【사진 3.28】 강박스 거더 외부 손상현황 ····134
【사진 3.29】 가로보 및 세로보 전경 ····136
【사진 3.30】 가로보 및 세로보 손상현황 ····137
【사진 3.31】 교대 전경 ····138
【사진 3.32】 교대 손상현황 ····139
【사진 3.33】 교각 전경 ····141
【사진 3.34】 교각 손상현황 ····143

【사진 3.35】교량받침 손상현황 ·····148
【사진 3.36】교량받침 가동량 측정 전경 ·····153
【사진 3.37】신축이음장치 전경 ·····164
【사진 3.38】신축이음장치 손상현황 ·····165
【사진 3.39】신축이음 유간 측정방법 ·····167
【사진 3.40】교면포장 전경 ·····171
【사진 3.41】교면포장 손상현황 ·····173
【사진 3.42】배수구 및 배수관 전경 ·····175
【사진 3.43】배수관 손상현황 ·····176
【사진 3.44】난간 및 연석 전경 ·····177
【사진 3.45】난간 및 연석 손상현황 ·····179
【사진 3.46】콘크리트 내구성조사 전경 ·····182
【사진 3.47】강재 내구성조사 전경 ·····217
【사진 7.1】신축이음 누수에 따른 손상 발생 현황 ·····393
【사진 7.2】교각 균열 발생 현황 ·····394

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.

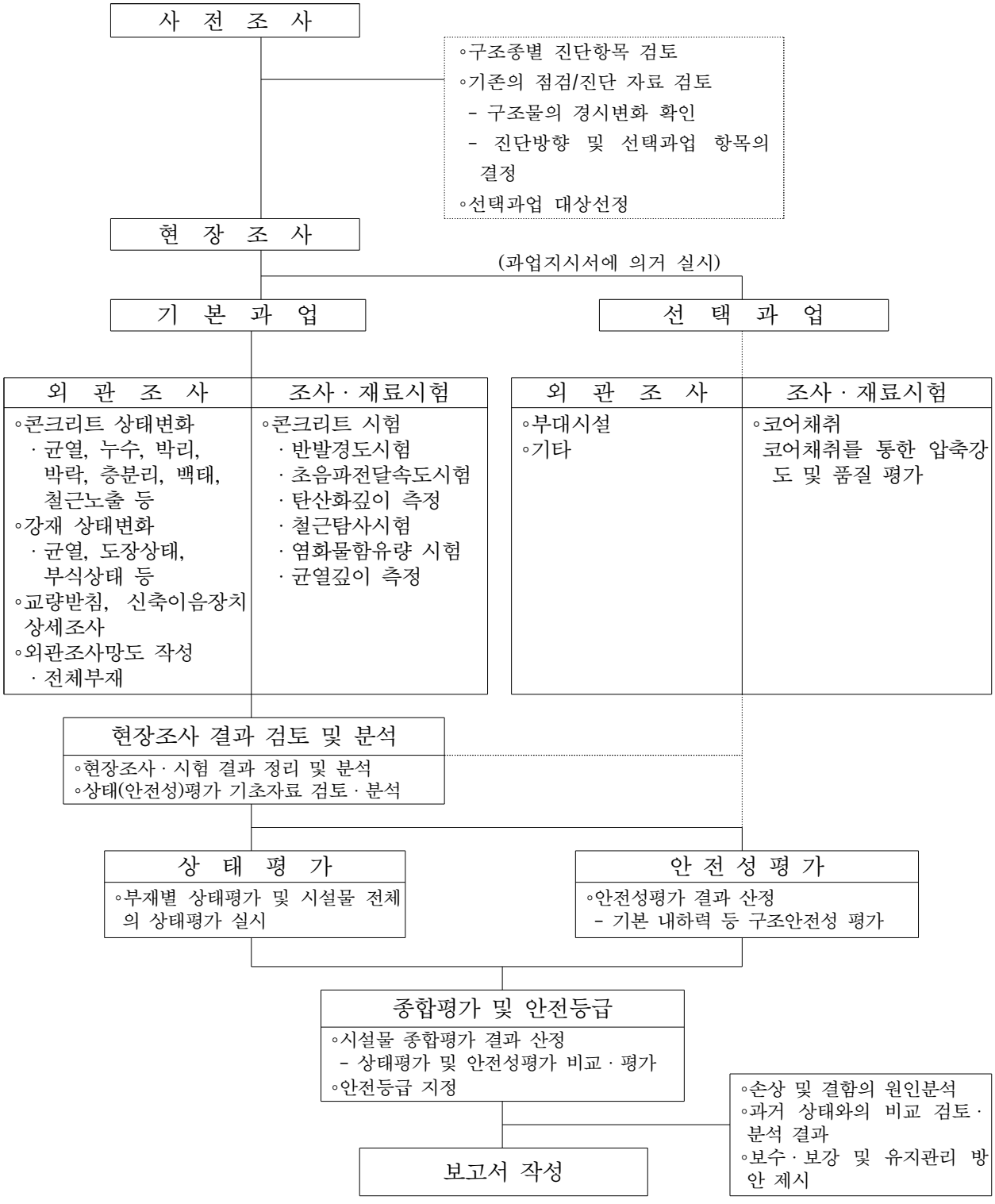
【표 1.1】 과업의 내용

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

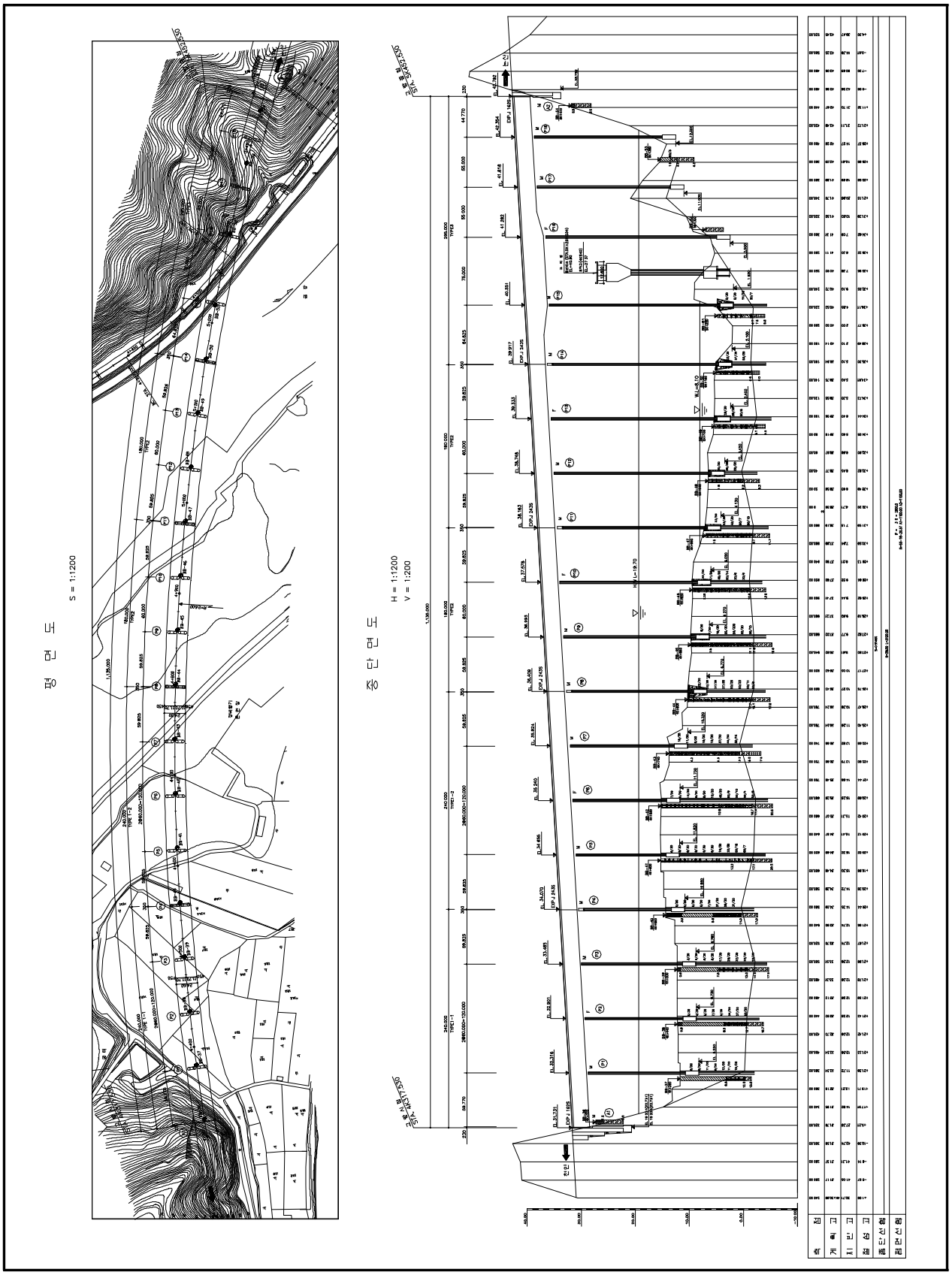
본 과업의 대상시설물인 웅진대교(천안, 논산)의 현황은 다음과 같다.

【표 1.3】웅진대교 현황표

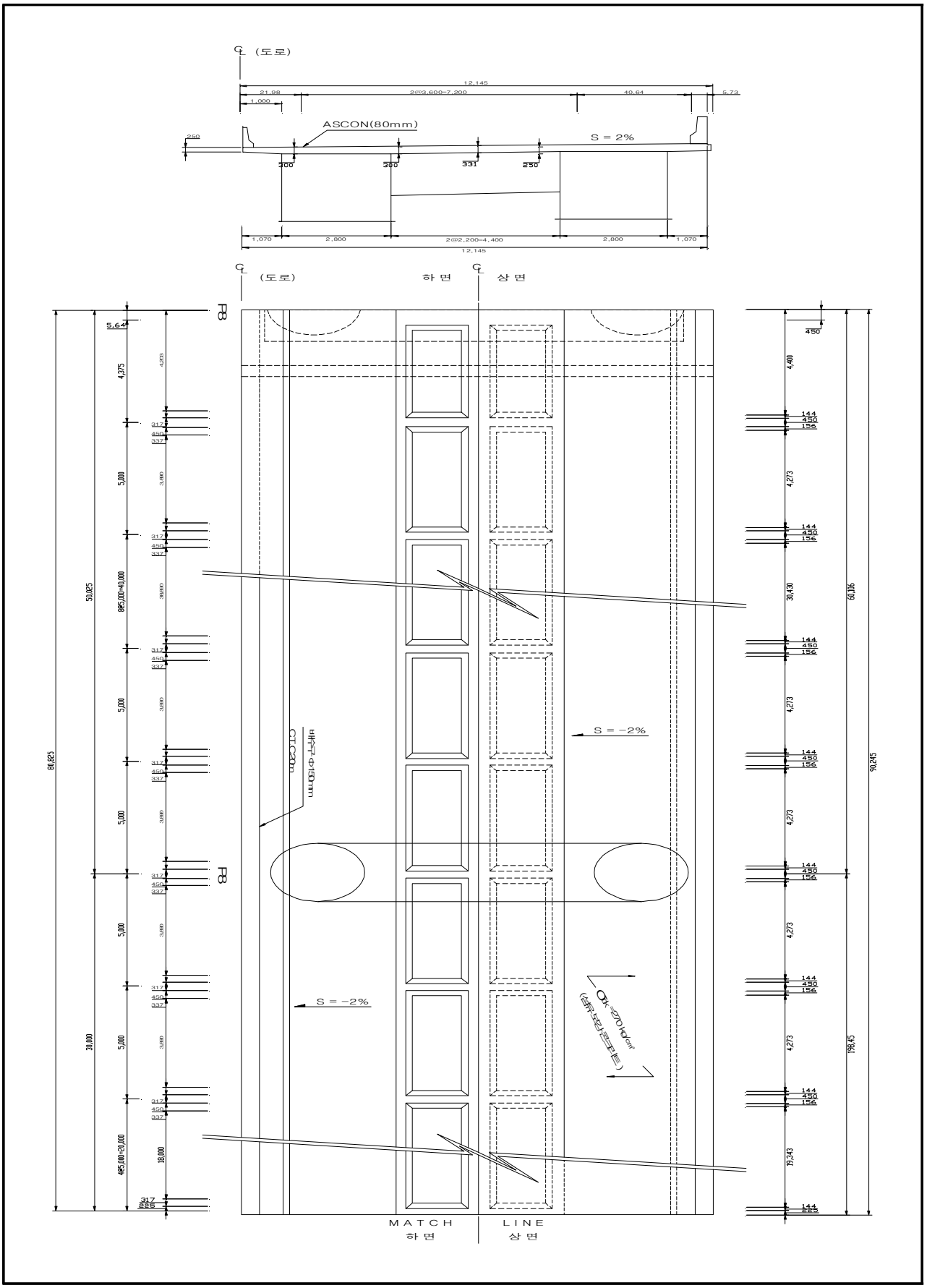
작성일 : 2018년 02월 01일

<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>웅진대교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2003-0002004</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월</td><td>2002년 12월 24일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>논산천안교량-27</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">충청남도 공주시 우성면 평목리</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>순천기점 237.72K</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=1,135m, (14@60+65+75+2@55+45=1135m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=24.3m, (보도+차도 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>라멘식(Ra)</td><td>교각</td><td>직접+말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>레일조인트, 핑거조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>백제큰길, 금강</td><td colspan="2">통과높이</td><td>10.3m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>동부엔지니어링(주)</td><td colspan="2">시 공 사</td><td>LG건설(주), 한일건설(주),
쌍용건설(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>

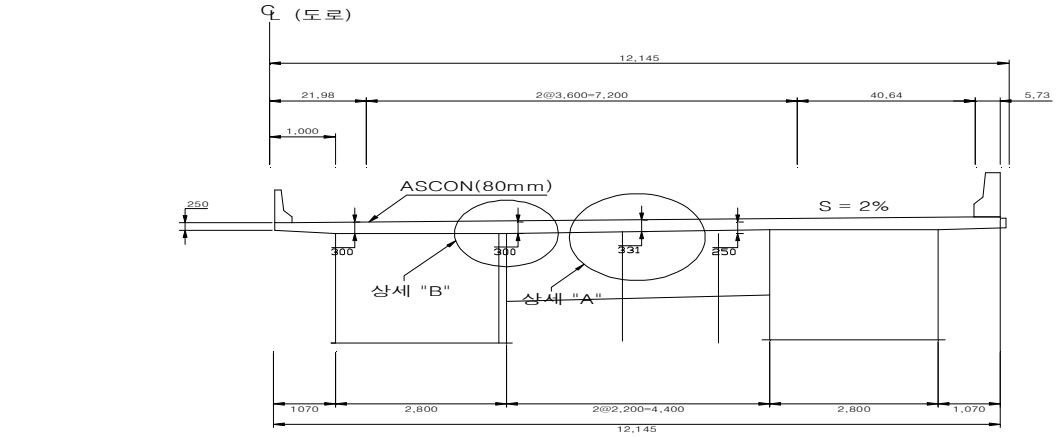
1.4.2 교량 주요도면



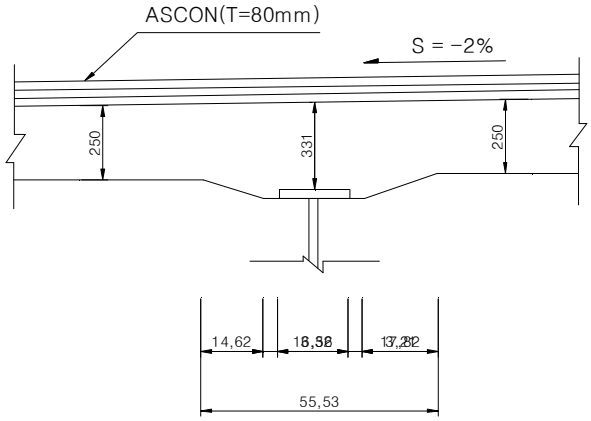
【그림 1.2】 종·평면도


℄ (도로)
12,145
21.98
2@3,600=7,200
40.64
5.73
1,000
ASCON(80mm)
S = 2%
250
300
300
331
250
1,070
2,800
2@2,200=4,400
2,800
1,070
12,145
℄ (도로)
하 면
℄
상 면
P8
P8
5,644
4,375
5,000
5,000
5,000
5,000
5,000
5,000
18,000
50,025
80,825
30,800
485,000~40,000
S = -2%
S = -2%
MATCH LINE
하 면
상 면
450
4,400
4,273
4,273
4,273
4,273
4,273
19,343
30,430
60,106
90,245
198,45

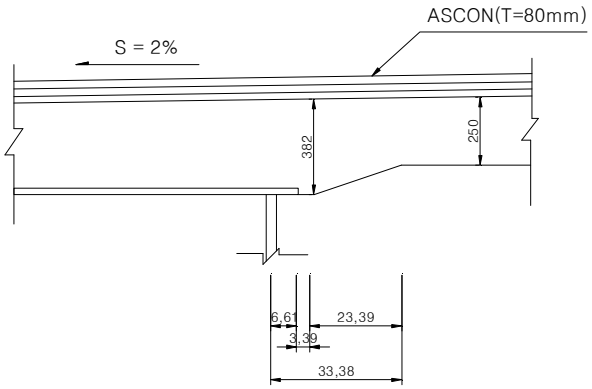
【그림 1.3】 평면도



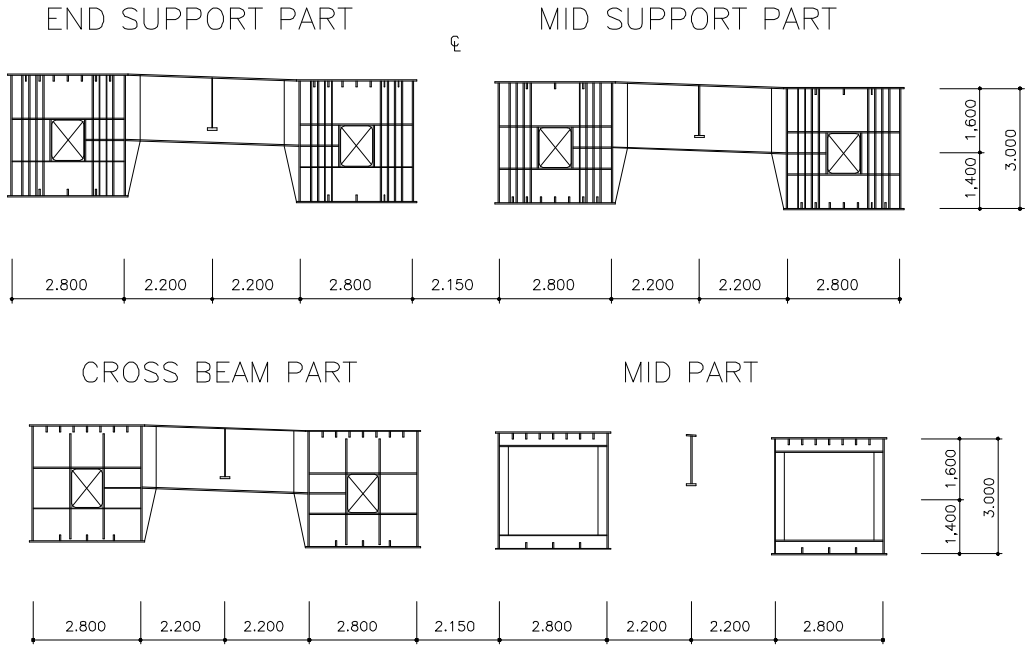
<횡단면도>



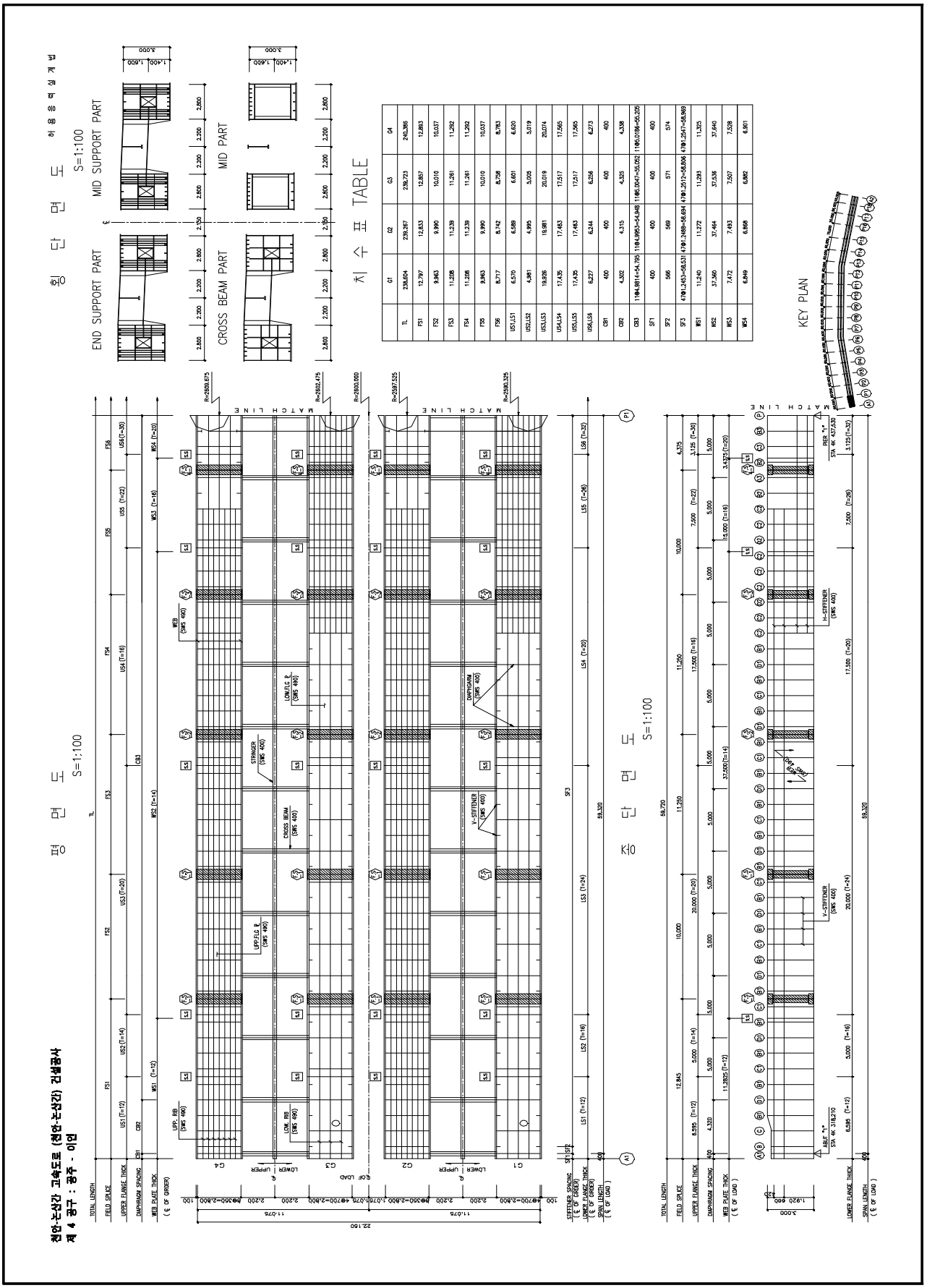
<상세 "A">



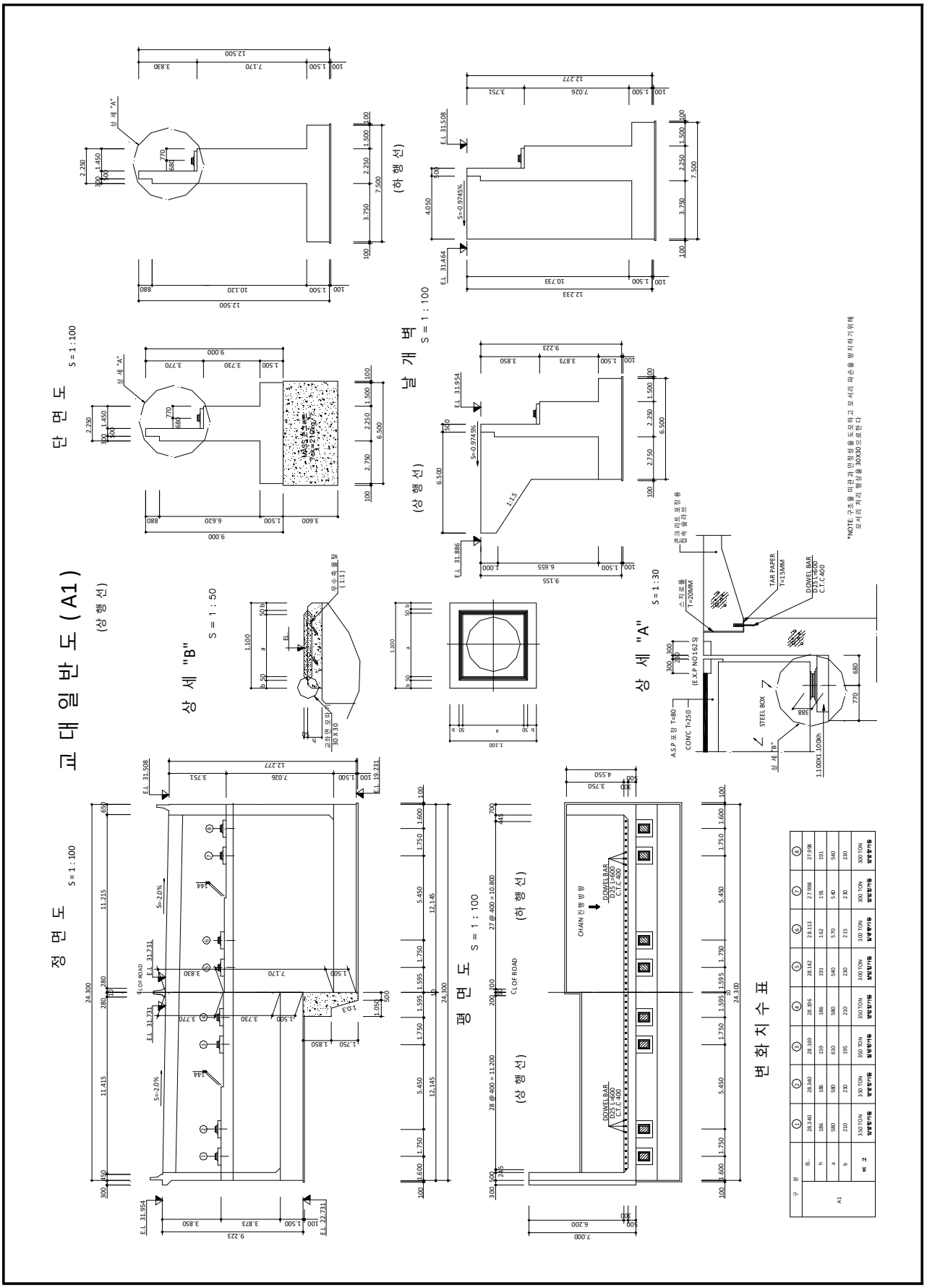
<상세 "B">



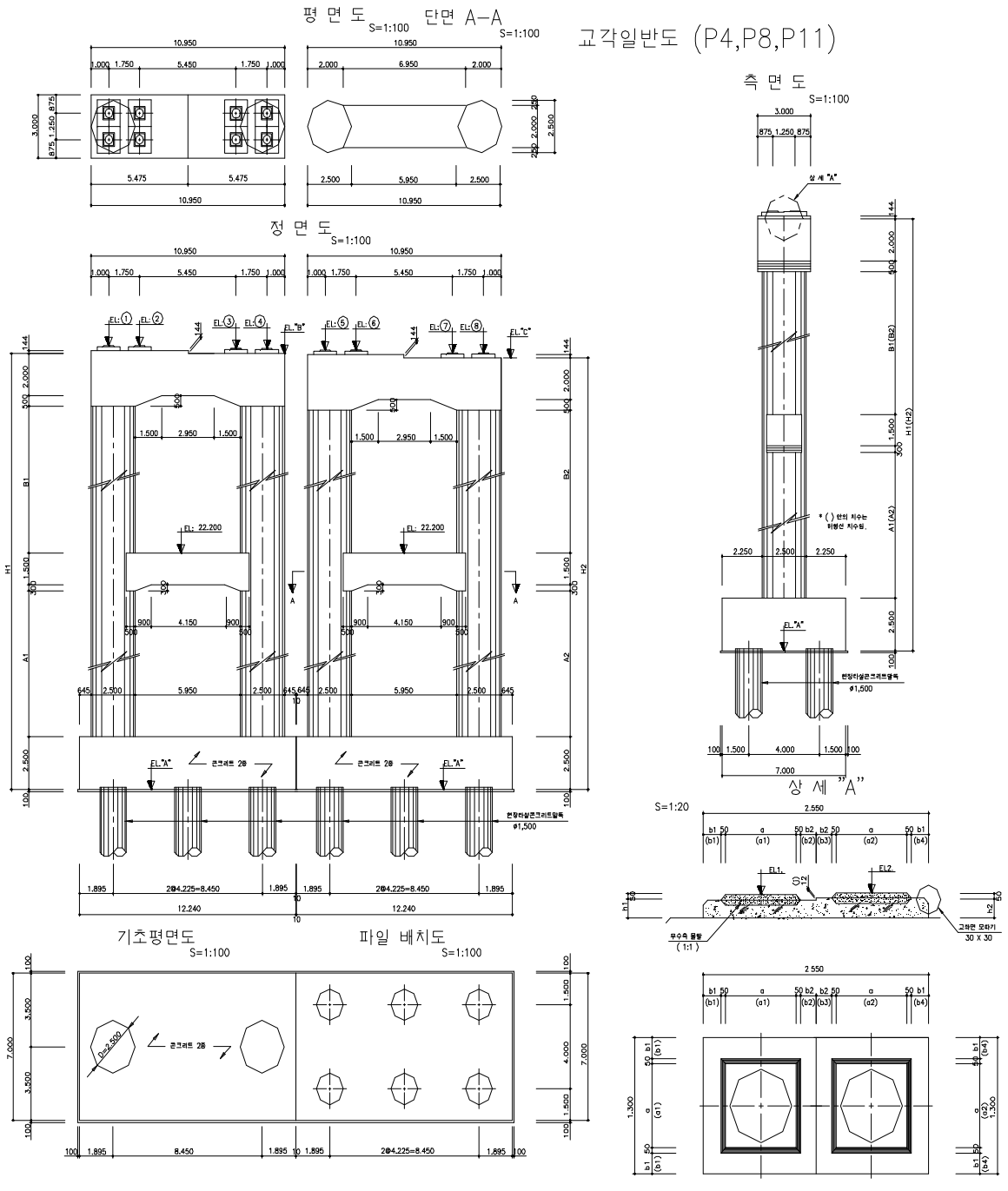
【그림 1.4】 횡단면도



【그림 1.5】 강상형 평면도, 횡단면도


교 대 일 반 도 (A1)
정 면 도 S = 1 : 100
(상 행 선)
단 면 도 S = 1 : 100
(상 행 선)
(하 행 선)
날 개 벽 S = 1 : 100
(상 행 선)
(하 행 선)
평 면 도 S = 1 : 100
(상 행 선)
(하 행 선)
상 세 "A" S = 1 : 30
상 세 "B" S = 1 : 50
변 화 치 수 표
*NOTE : 구조물 미관 개선 및 도로위그 모서리 파손을 방지하기 위해 모서리 챠리 형상을 30X30으로 한다.

【그림 1.6】 교대 일반도

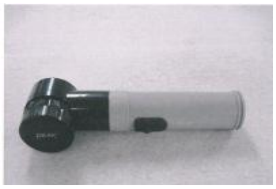

평 면 도
S=1:100
단면 A-A
S=1:100
교각일반도 (P4,P8,P11)
측 면 도
S=1:100
정 면 도
S=1:100
상 세 "A"
S=1:20
기초평면도
S=1:100
파일 배치도
S=1:100

【그림 1.7】 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 (굴절 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 제4공구 - 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 제4공구”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 제4공구(충난 공주시 월미동~공주시 이이면 주봉리, L=12.07km)에 대하여 고속도로 건설공사 시행에 필요한 실시설계를 수행함을 목적으로 한다..

나. 과업의 범위

1) 과업명

천안~논산산고속도로(정안~논산간) 건설공사 실시설계, 제4공구(공주~이인)

2) 과업구간 및 기간

천안~논산간고속도로 제4공구(공주~이인)의 연장은 12.07km로서 설계구간은 다음과 같다.

【표 2.2】 설계구간

노선명	구분	행정구역	연장
천안~논산간 고속도로 (공주~이인)	시점	충남 공주시 월미동(천안기점 : 32+580)	12.07km
	종점	충남 공주시 이인면 주봉리 (천안기점 : 44+650)	

【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)			연평균 증가율(%)		비고
	2002	2011	2021	2002~2011	2011~2021	
서공주JCT ~공주IC	37,632	61,848	81,114	5.68	2.75	AADT

2) 설계기준

① 도로의 구분 : 자동차 전용도로(지방부고속도로)

② 설계속도 : 본 선 : 120km/hr

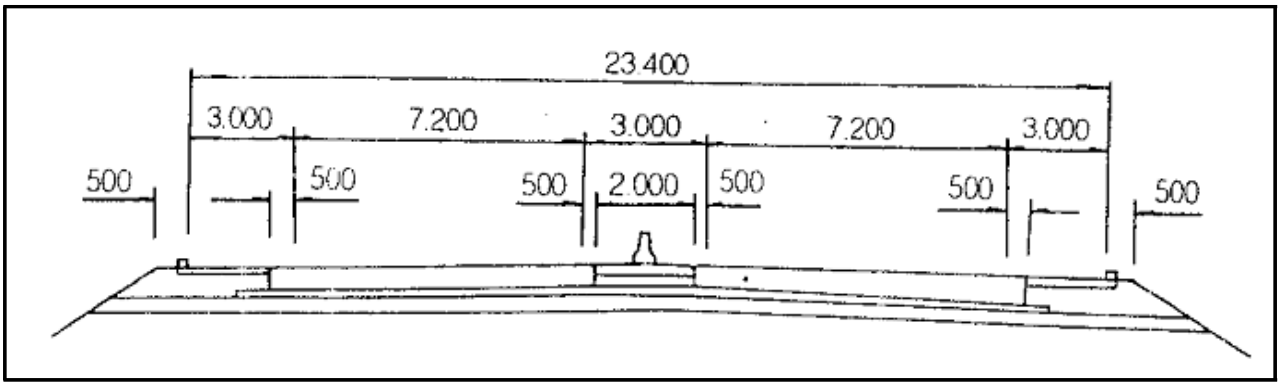
연결로 : 40km/hr

③ 도로폭원 : 23.4m(4차로 : 보호길어깨 별도)

• 차도폭 : 4@3.60 = 14.40m • 길어깨폭 : 2@3.00 = 6.00m

• 보호길어깨폭 : 2@0.50 = 1.00m

④ 4차로 표준횡단면도



【그림 2.1】본선 분리구간 표준횡단면도(1방향 2차선)

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.

실시설계 구간인 정안~논산간의 설계 속도는 본 설계 구간이 구릉지, 산지부, 평지부로 구성되어 있어 전후구간의 연계성, 교통형태의 변화, 주행성 및 쾌적성을 고려하여 120km/hr 이상으로 계획하였다.

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】 웅진대교 교량 현황

위치 (STA)	교량형식			연장 (m)	폭원 (m)	사각 (deg)	비고
	상부	하부	기초				
4K+317.5 ~5K+452.5	강합성형 (STEEL BOX)	교대:역T형 교각: π형	교대:확대기초 교각:말뚝기초 (현타)확대기초	14@60+(65+75+55+55+45) =11.5	24.3	90 °	

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 도로교 표준시방서 - 건설교통부(1996)

② 콘크리트 표준시방서 - 건설교통부(1996)

③ 철근 콘크리트 설계편람 - 건설교통부

④ 도로설계요령 - 한국도로공사

⑤ 기타 건설부에서 제정된 관련시방서 - 건설교통부

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 교량은 하천정비 기본계획이 완료된 폭 520.m의 직할하천인 금강과 백제큰길을 원곡선(R=2,600m)으로 횡단하는 교량으로서 통과가능성, 구조적, 안전성, 경제성 등에 주안점을 두고 계획하였다,

또한 교량 종점측이 백제문화권 특정지역 종합개발 계획지구에 위치하므로 교량계획 측면에서는 주변경관과의 조화등 교량미관이 요구되는 지역으로 판단되고, 백제문화권 특정지역 종합개발 계획지구에 위하므로 교형으로는 PC BOX(F.C.M), 강합성형교, PC BOX(M.S.S)+강합성형교, PC BOX(M.S.S) 등을 비교 검토한 결과, 미관, 시공성, 경제성, 구조적 안전성 등이 유수한 강합성형교를 선정하였다.

지간장은 금강하천을 통과하므로 60.0m로 하였고, 기장물인 백제큰길(효자교, B=12.0m, 현재공사중)을 통과하는 구간은 75.0m로 계획하였다.

1) 가설조건

- 직할하천 정비계획(금강)
  - 최대 홍수량 : 11,900㎥/sec
  - H. W. L : EL. 19.70m
  - 교량부 유속 : 2.35m/sec
- 평면선형 : R=2,600m
- 종단선형 : +0.9745%
- STEEL BOX GIRDER의 가설은 공사용 가축도를 설치하여 가축도상에서 가BENT 활용

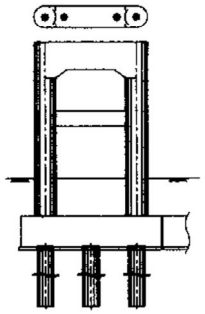
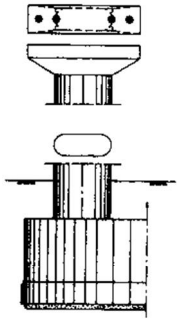
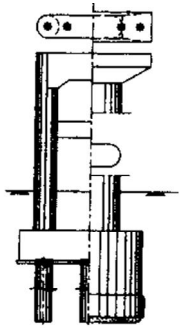
마. 상부형식비교

【표 2.6】 상부형식 비교표

구분	기본설계안	비교1안	비교2안	비교3안
형식	P.C BOX GIRDER교	강합성 ST. BOX GIRDER교	P.C BOX GIRDER교 + 강합성 ST. BOX GIRDER교	P.C BOX GIRDER교
가설공법	FCM(FREE CANTILEVER METHOD)	BENT+CRANE	PC교 : MSS(MOVABLE SCAFFOLDING SYSTEM) STEEL교 : BENT+CRANE	MSS(MOVABLE SCAFFOLDING SYSTEM)
기간구성	54+11@92+54=1120M	14@60+75+2@55+45=1135M	900(=18@50, MSS)+235 (75+85+75, ST BOX)1135M	상행선:1100(22@50,MSS)+ 35(10+15+10,RCSLAM)=1135M 하행선:35(=10+15+10,RCSLAB) +1000(=22@50,MSS)=1135M
공사비	• 185만원/㎡ • 총공사비 : 510.2억	• 170만원/㎡ • 총공사비 : 468.9억	• PC BOX : 150만원/㎡ • ST BOX : 185만원/㎡ • 총공사비 : 433.7억	• RC : 117만원/㎡ • PC BOX : 150만원/㎡ • 총공사비 : 409.5억
장점	• 미관양호 • 주행성 양호 • 유지관리 유리 • 단일 교량형식	• 미관양호 • 주행성 양호 • 유지관리비 절감 • 공사기간 보통	• 시공성 양호 • 주행성 양호 • 유지관리비 절감 • 공사기간 보통	• 시공성 양호 • 주행성 양호 • 유지관리 유리
지간구성	• 상부구조 중량과다로 내진 안정성 불리 • 공기 과다 소요 • 시공성 보통 (CAMBER CONTROL)	• 처짐 및 진동으로 사용성 보통 • 유지관리비 다소 불리	• 상부구조 중량과다로 내진 안정성 불리 • 2개의 교량형식이 조합됨 • 교각단면 형상이 각형으로 유수저항 발생 (원형 단면시 가설재설치 곤란)	• 방향별 교각위치 어긋남으로 미관 불량 • 교각이 25m간격으로 교호 배치되어 유수저항 발생 • 상부구조 중량과다로 내진 안정성 불리
건의안		○		

바. 하부구조비교

【표 2.7】 하부구조 비교표

구분	제1안(현장타설 콘크리트 말뚝)	제2안(우물통)	제3안(현장타설 콘크리트 말뚝+우물통)
단면도			
개요	현장에서 굴착작업후 콘크리트를 타설하여 말뚝체를 형성	우물통자체 자중 또는 적재하중에 의하여 1LOT(2~4M정도)씩 반복하여 소정의 깊이까지 침하시키는 방법	제1안과 제2안을 병용한 공법으로 P1~P10은 현장타설 콘크리트 말뚝, 유심부 P11~P15은 우물통기초로 계획
토질조건	• P1~P10은 지반에서부터 점토 또는 사질토가 2.2~13m, 모래섞인 자갈층이 4~8m로 분포하고 그 이하는 연암층으로 구성되어있다. • P11~P15는 수심부로 지반에서부터 사질토 및 자갈층이 6~8m로 분포하고, 그 이하는 염암 및 경암층으로 구성되어있다. • P1은 노출암이고 P16, P17은 지반에서 점토층과 풍화암이 낮게 분포 (3m)되어있고, 그 이하는 연암층으로 구성되어 있다.		
장・단점	• 한가지 공법으로 전체적 조형미 우수 • 유심부(P14~P15)시공시 가물막이 필요 • 내진 저항성 우수 • 시공시 소음 및 진동이 적음 • 대구격 말뚝시공 가능 • 기초의 심도가 깊어도 이음 없이 일체구조로 시공 • 세굴방지공 설치 필요	• 한가지 공법으로 전체적인 조형미 우수 • 내진 저항성 다소 불리 • 점토층이 깊게 분포되어 있는 P1~P4는 시공시 주변마찰력에 의한 저항성이 크다. • 상행선과 하행선 우물통을 별도로 시공시 근접시공 영향범위에 저촉되므로 상,하행선의 기초가 하나의 우물통으로 계획됨에 따라 기초단면이 필요 이상으로 MASSIVE 해진다. • 굴착시 HEAVING 또는 BOILING 현상 우려	• 한 교량 형식에 기초형식이 상이하므로 전체적이 조화미 불량 • 지층형태에 적합한 기초 공법선정에 유리 • 유심부 우물통 시공시 축도 또는 강제 거푸집 필요
공사비	130억원	155억원(기당 11억원)	143억원
건의안	○		

사. 내진설계 적용내용

1) 교량 내진설계 기본방향

- 본 과업구간은 충청남도 공주시에 위치하고 있어 내진 1등급 지역에 해당하고 있으므로, 가속도계수 A=0.14로 교량형식에 관계없이 모든 구조물을 내진 1등급교로 설계하였다.
- 지진시 교량의 붕괴방지를 낙교방지와 교각의 안정을 최대 주안점으로 하였다.
- 점성스토퍼나 면진받침 등의 특수장비는 국내에 활성화되어 있지 않고 경제성 및 시공성 유지관리 등 관련문제가 많으므로 지진시 낙교를 확실하게 방지할 수 있도록 전단 KEY를 매교각에 설치 하였다.
- 경간구성에 따라 고정받침을 1개소나 2개소에 사용하여 수평력을 계산하였다.
- 상부구조로부터 고정받침이나 전단 KEY에 작용하는 수평력 산정과 수평력에 의한 교각 설계를 면밀히 하였다.

2) 내진설계 기준

① 강합성형 BOX교

- 시방서 규정대로 내진설계 실시
- 상부수평력을 받침이 저항할 수 있도록 특수 POT슈 설치
- 다경간 연속교량의 경우 고정단 교각에 작용하는 수평력이 너무 과다해지지 않도록 상부구조계 분리

② 하부구조

교각, 교대 및 기초 모두 시방서에서 규정한 대로 내진설계를 실시

아. 유지관리시설

교량 구조물 건설에 있어서 공기냐에 안전하고 경제적으로 건설할 수 있는 구조로 설계하는 것도 중요하지만 증대하는 사회 간접자본의 수요에 부용하고, 시간의 경과에 따른 노후화를 최소화하여 장기적인 효율성을 갖고 효율적인 유지관리방법을 확립해 놓지 않으면 안될 것이다.

신선 교량의 계획에 있어서는 완성후의 유지관리가 용이하도록 구조 및 섧를 충분히 강구하여야 하며 공사 기간중 일관성 dT게 관찰 및 점검·보수를 계획하는 것이 매우 중요한 유지관리 방안이다.

1) 강교 유지관리 시설

고속도로 이용차량의 대형화, 중량화, 통행증가와 구조물 노후화로 인한 피로, 파손 상태를 조기발견,, 구조물을 적기에 효율적으로 보수하여 도로의 기능보존 및 이용자의 편의와 안전

을 도모하며 관계기관(공문참조)에서는 본 사항을 실시설계시 반영토록 하였는바 본 실시설계에서 충분히 검토하여 적용토록 하는데 있다.

【표 2.8】 강교 유지관리 시설 설치 현황

시설물	용도	비고
맨홀	강교의 BOX내부로 유지관리 요원 출입	
환기용 개구부 및 받침대	정기적인 STEEL BOX내부 도장작업시 유독가스 배출	
조명등	STEEL BOX 내부조사, 점검 등의 작업능력 증대	

2) 교량 점검로 시설

교량구조물(본체, 스래브의 균열 및 강교도장, 받침부의 노후화 정도, 배수장치)의 일상점검 및 천재지변 발생시 구조물의 조기 안전진단 및 노후화에 따른 구조물 점검을 하기 위함,

【표 2.9】 하부구조 점검시설 설치 현황

구분	종류	형태	이용목적	비고
점검시설	점검계단	교대부 점검로	- 교대 성토(절토)를 따라 계단식 설치 - 교량 접근로	
	고정식 계단	검사통로 형식	- 주형하부에 설치 - 주형, 바닥판, 지점부 점검 - 교각 및 상·하부 연결장치 점검	
		사다리 형식	- 교각 및 상·하부 연결장치 점검	
	이동식 시설	이동식 점검대	- 교량상부구조 점검 - 지점부 점검 - 유지관리 필요	
		이동식 곤돌라	- 교각 등 수직구조물 점검	

3) 웅진대교 유지관리시설 적용 현황

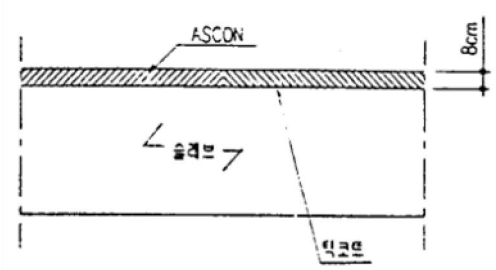
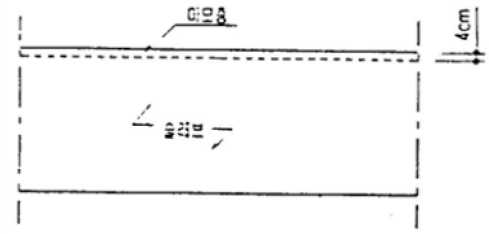
【표 2.10】 웅진대교 유지관리시설 적용 현황

구분			적용구간	비고
고정식 점검로	교대	점검계단	A2	
		고정식시설	A1	
	교각	고정식시설	P1~P18	
이동식 점검로	상부구조	이동식 점검대	A1~A2사이	19개소

자. 교면포장

실시설계 보고서 검토 결과 ASCON포장으로 설계되었다,

【표 2.11】교면포장 비교표

구분	아스콘포장(t=8cm)	콘크리트포장(t=4cm)
단면도		
특징	• 시공이 용이하다. • 유지보수가 용이하다. • 주행성이 용이하다. • 종곡선 처리가 용이하다. • 변단면 처리가 용이하다. • 토공부는 콘크리트 포장이고 교량부는 아스콘 포장이 되어 미관상 연속성이 없어 보임.	• 마모층 마모시는 아스콘으로 보강하여야 한다. • 처짐시 표면에 크랙이 발생하기 쉽다. • 테크휘니샤 면고르기를 하여야 한다.(콘크리트타설 공기가 길다) • 주행성이 불량하다. • 종곡선 처리가 어렵다. • 변단면 처리가 어렵다. • 폭이 넓은 교량처리가 어렵다.(시중의 데크휘티샤 폭보다 넓은 경우)

차. 교면방수

도로공사에서 시험하여 성능을 확인 바 있는, 방수성이 우수하고 내구성, 내활성이 양호하며 가격이 보통인 Sheet방수를 차도구간에 적용토록 하였다.

카. 교좌장치

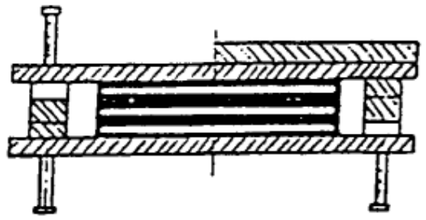
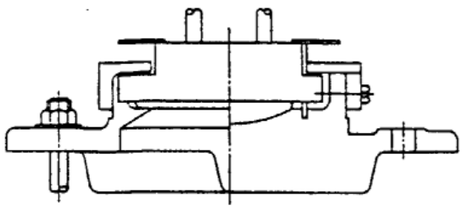
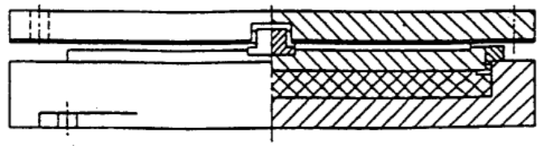
1) 교좌장치 선정

본 과업에서는 항부하중, 횡방향 신축량 및 교량형식 등의 제반여건을 감안하여 다음과 같이 선정하였다.

상부반력 175ton이하인 강합성교 경우에는 급격한 수평력(지진하중)에 저항성이 우수한 탄성고무 받침을 선정하였으며, 상부반력이 큰 강상형교에서는 장대교량의 특성에 적합한 POT받침을 적용하였다.

2) 받침형식비교

【표 2.12】교량받침 형식 비교표

구분	탄성받침	고력황동주물받침판 받침	불소수지 받침판 받침
형태			
재질	• CHOROPORENE계의 합성고무	• 몸체 : 탄성주강 • 지압판 : 고력황동주물	• 몸체 : 주강, 강재 • 지압판 : 천연고무 및 PTFE
회전기구	• 전방향 탄성변형	• 일방향, 전방향 미끄러짐	• 전방향 탄성변형
지압기구	• 평면지압 σ =P/A	• 평면지압 σ =P/A	• 평면지압 σ =P/A
용도	• 소교량에 사용 • 특히 사교, 곡선교, 넓은 폭의 SLAB교에 사용	• 작은 규모의 PlateGirder나 SLAB교로부터 큰 규모의 BOX GIRDER교에 사용	• 사교, 곡선교, 넓은 폭의 SLAB 및 BOX GIRDER에 사용
사용범위	• 이동량 80mm이하 • 마찰계수 0.55 • 반력 300ton이하	• 이동량 100mm이하 • 마찰계수 0.15 • 반력 1,000ton이하	• 이동량 250mm이하 • 마찰계수 0.10 • 반력 5,000ton이하
장점	• 설치 및 유지관리가 용이하다. • 임의 형상으로 제작이 가능하다. • 모든 방향으로 회전 및 신축이 가능하다. • 사각이 큰 사교에서 둔각부의 큰 반력에 의한 고무받침의 탄성변위가 둔각부의 부반력을 방지한다. • 지진시 횡방향 동요에 대한 저항증대 • 구조가 간단하여 감쇄효과가 크다.	• 회전기능이 우수하다.(전방향으로 가능) • 회전이 큰 곳, 회전방향이 이동방향과 일치하지 않는 곳 등에 사용할 때 유리하다. • 제작 및 설치가 용이	• 회전에 따른 하중의 편심이 작아 유리하다. • 반력이 커질수록 다른 받침의 종류보다 경제성이 증가되므로 장대교 건설이 늘어나는 현추세에 적합하다. • 윤활유 주입으로 수명을 늘릴 수 있으며 고온과 저온에서 특성이 좋아진다.
단점	• 고하중용으로는 면적이 커지고 지간이 길어지면 이동량 확보를 위하여 두께가 과다하게 증가된다.	• 반력이 커지면 상대적으로 받침 크기가 커지므로 하부구조 형상에 불리하다. • 횡방향 이동량이 작다.(10mm정도)	
채택안	P.C빔, R.C슬래브		강상형, P.C BOX
검토의견	교량의 연결부는 상부구조의 사하중 및 활하중 등을 원활하게 하부구조로 전달하는 역할을 수행하며, 고무와 강판을 교대로 중첩하여 부착한 적층고무체의 중심에 납으로 된 BLOCK을 넣어 일체화 시킨 탄성받침은 지진시의 진동에너지를 흡수하고 각 교각에 수평력을 분산시켜 지진과 같은 급격한 수평력에 저항성이 우수하므로 P.C BEAM교 등 비교적 소형규곡의 BEARING인 탄성받침을 채택하였으며, 장대교량 및 강교와 같이 연직력이 크고 교축방향의 이동량이 큰 교량은 이에 충분히 저항할 수 있고 저항이 적으며 '91년 제정된 한국공업 규격 KSF 4424의 규정에 의거 품질관리 및 규격화가 가능한 불소수지의 받침판 받치를 사용하는 것이 바람직할 것으로 사료됨.		

타. 신축이음장치

신축이음장치는 교량구조의 특성 및 규모에 따라 차이가 있으므로 평탄성이 우수하고 구조물에 주는 영향을 최소로 하는 형식으로 선정함을 기준으로 하였는바, 현재 개발된 수많은 신축이음장치 제품이 있으나 상호간의 비교는 상당히 난이하며 설사 제품이 우수하더라도 설치 시공상의 오차로 인해 구조물 및 차량주행에 악영향을 미치는 경우도 있으므로 본 과업에서는 교량별 신축이음량에 의해 소교량에는 NB-TYPE, 장대교량에는 Rail-TYPE을 적용하였다.

2.2.3 구조계산서 검토

가. 구조검토 조건

【표 2.13】 웅진대교 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 2.13】 웅진대교 구조검토 조건(계속)

<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="3">주요 검토내용</th></tr>
<tr><td>상부구조</td><td colspan="3">• 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 = 1.0m(방호벽측, 중분대측)
• 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 2.13】 웅진대교 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>
• 하중조합
<table>
<tr><th>구 분</th><th>하 중 조 합</th></tr>
<tr><td>하부구조
(교 각)</td><td>• 활하중 재하시와 비재하시로 구분
⇨ 하중조합은 “도로교 표준시방서(1996, 건설부)_3.3.2 설계하중조합” 또는 “2.2.1 설계기준 검토_라. 구조설계기준” 참조.</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

나. 구조검토 결과요약

1) 상부구조

【표 2.14】 웅진대교 상부구조 구조검토 결과요약

구 분		주요 검토내용	비 고
상부 구조	바닥판	• 검토조건 - 단면폭 b = 100.0㎝, 유효깊이 d = 24.0㎝ - 사용철근량 A_s = H16@125 = 15.888㎠ • 설계휨모멘트 검토 - M_u = 10.903t·m < ΦM_n = 12.217t·m → ∴ O.K	
	중간부	• 검토조건 - 단면폭 b = 100.0㎝, 유효깊이 d = 21.0㎝ - 사용철근량 A_s = H16@125 = 15.888㎠ • 설계휨모멘트 검토 - M_u = 7.727t·m < ΦM_n = 10.596t·m → ∴ O.K	

주) 기존 구조계산서 결과 요약시 기호 및 단위계는 원구조계산서와 동일하게 표기함.

2) 하부구조

【표 2.15】 웅진대교 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

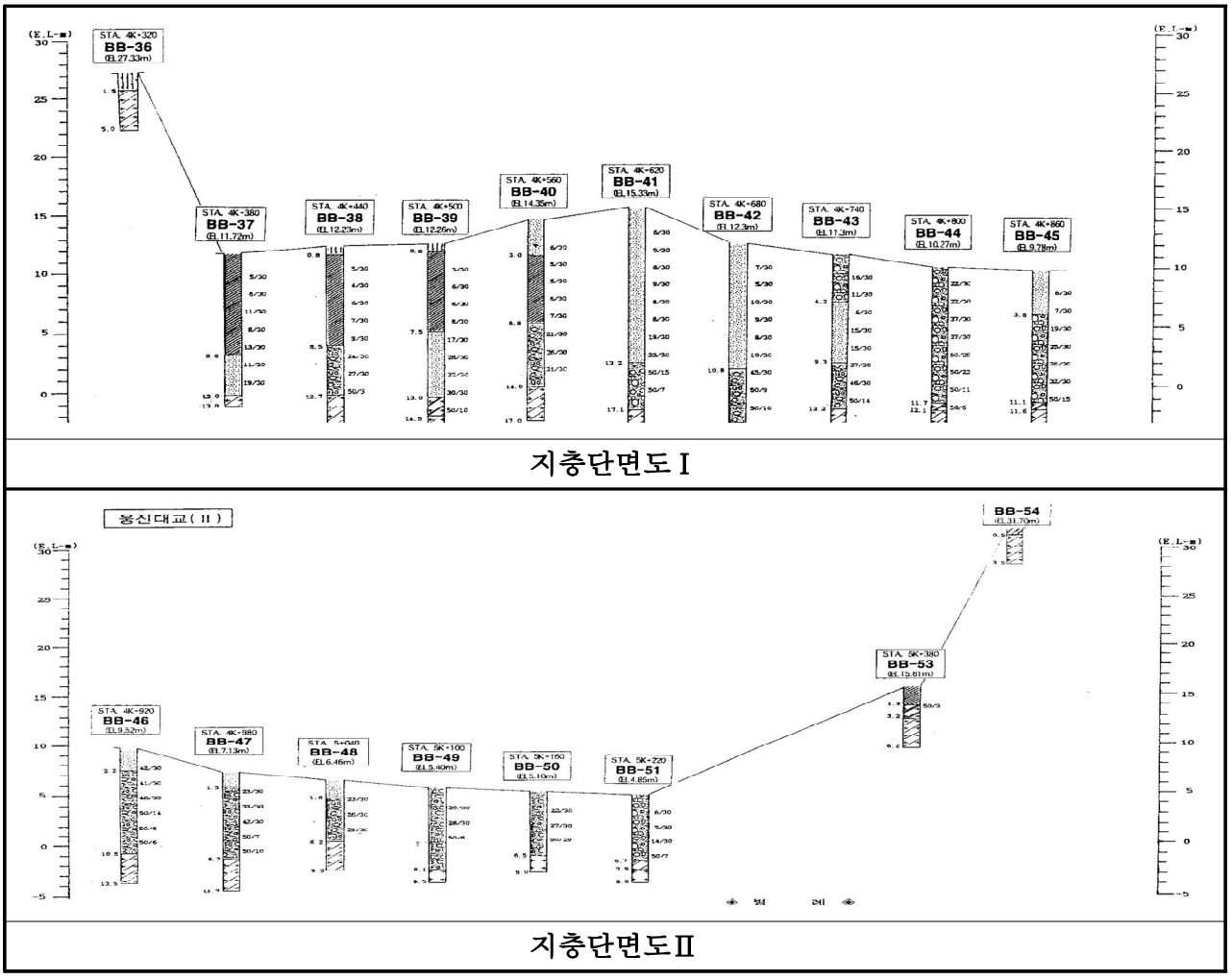
1) 현장조사 : 1996년 3월 ~ 1996년 5월

2) 실내시험 : 1996년 5월 ~ 1996년 6월

3) 성과분석 및 보고서 작성 : 1996년 5월 ~ 1997년 8월

4) 위치 : STA. 4+320 ~ 5+440

5) 해당위치 교량명 : 웅진대교



【그림 2.2】 웅진대교 토질조사 위치도 및 단면도

나. 조사결과

웅진대교에 대한 시추조사 결과를 요약하면 다음과 같다.

【표 2.16】웅진대교 지반조사 결과

구 분	조사위치	보링 시행(m)						
		점토층	실트층	모래층	자갈층	풍화암	연암	경암층
BB-36	4k+320	-	-	1.5	-	-	3.5	-
BB-37	4k+380	8.6	-	3.4	-	-	1.0	-
BB-38	4k+440	7.7	-	0.8	4.2	-	3.0	-
BB-39	4k+500	6.9	-	6.1	-	1.5	2.5	-
BB-40	4k+560	5.8	-	3.0	5.2	-	3.0	-
BB-41	4k+620	-	-	13.2	3.9	-	3.4	-
BB-42	4k+680	-	-	10.8	5.9	0.7	3.1	-
BB-43	4k+740	-	-	5.1	8.1	-	1.8	2.0
BB-44	4k+800	-	-	-	11.7	0.4	4.9	-
BB-45	4k+860	-	-	3.8	7.3	0.5	3.4	-
BB-46	4k+920	-	-	2.2	8.3	-	3.0	-
BB-47	4k+980	-	-	1.5	7.2	-	3.0	-
BB-48	4k+040	-	-	1.8	4.4	-	3.1	-
BB-49	5k+100	-	-	-	8.1	-	1.4	-
BB-50	5k+160	-	-	-	6.5	-	1.5	-
BB-51	5k+220	-	-	-	6.7	-	0.8	-
BB-52	5k+300	-	-	-	-	-	-	-
BB-53	5k+380	19	-	-	-	1.3	3.0	1.3
BB-54	5k+400	-	-	-	0.5	-	3.0	-

1) 성토구간

성토지역에서는 현재 논, 밭 등의 경작지를 대상으로 7개 지점을 선정하여 1.0M 이상의 심도까지 핸드오거보링을 실시하였는데 조사결과 점성토층이 0.3~1.3M 두께로 분포화며 하부로 갈수록 사질토인 모래 및 자갈이 우세하게 분포하는 것으로 나타났다.

2) 교량구간(웅진대교)

본 구간은 조사지역 중 가장 긴 교량으로 BB-36~BB54 시추공이 해당되며, 지형적으로는 경작지 및 하천구간과 산능선 구간으로 나누어진다. 경작지 및 하천구간에 해당하는 BB-37~BB-51 시추공지역은 상부에 6.2~17.1m 두께의 퇴적층이 분포하며, 하부로 박층(0.5~1.5m)의 풍화암이 지역적으로 나타나나 대부분의 시추공에서 퇴적층 하부에서 기반암이 출현하는 것으로 조사되었고 그 심도는 GL-6.5~17.4m로 나타났다. 또한 산능선 지역의 시추공에서는 상부에 풍화대가 0.5~1.9m의 층후로 분포하며 그 하부에 기반암층이 분포한다. 점성토의 표준관입시험치는 5/30~13/30으로 보통견고~견고함 정도의 연경도로 측정되며, 모래층은 5/30~30/30의 범위로 측정되나, 대부분의 지역에서 보통조밀 정도의 상대밀도로 나타난다. 모래 및 자갈로 구성된 사력층은 시추공에 따라 다소의 차이를 보이나 세립내지 조립질 모래와 ϕ1~10cm 내외의 자갈로 구성되며 상대밀도는 보통조밀~매우조밀로 측정되나 전반적으로 보통조밀 내지 조밀 정도의 상대밀로도 측정된다. 본 구간에 기반암은 역암으로 점토광물의 기질에 ϕ1~7cm내외의 아원상~아각상의 역이 함유되어 있다. 보통풍화정도의 풍화도를 보이는 본 암은 지역에 따라 약간의 차이는 있으나 대부분 암편상 코어로 회수되며 10~100%의 코어 회수율을 보인다.

2.2.5 기 정밀안전진단 분석

가. 외관조사 결과

구 분		기 정밀안전진단	비 고
교면 포장		·아스콘 균열 및 망상균열 ·아스콘 들뜸, 긁힘, 파손	·아스콘 균열보수 ·부분 재포장
방호 울타리		·국부적인 균열, 콘크리트 박락 및 철근노출 ·방호울타리(중분대) 상부 차광막 흔들림. ·방호울타리와 캔틸레버 이음부 누수	·표면처리, 단면보수 ·차광막 볼트조임 ·아스팔트 부분재포장(방수성)
바닥판 하면		·균열, 박리·박락 및 철근노출 ·백태, 누수흔적	·표면처리, 단면보수 ·표면처리 및 주의관찰
배수 시설		·토사퇴적에 의한 집수구 막힘 ·배수관 길이부족 및 탈락	·배수구 청소 ·배수관 재설치, 정비 후 주의관찰
STB 거더	내부	·점부식, 도장박리 ·이물질퇴적	·재도장 ·청소
	외부	·도장박리, 부식 ·볼트풀림	·재도장 ·볼트체결
신축 이음		·후타재 마모 및 균열, 유간부 토사퇴적 ·P4(논산) 신축이음부 이상 타격음	·청소, 주의관찰 ·주의관찰
교량 받침		·받침 모르타르 균열 ·도장박리	·표면처리 및 주입보수 ·재도장
교대 교각		·교대 A1, A2 흉벽 누수 및 백태, 누수흔적 ·교대 및 교각 균열 ·응진대교(논산) A1 조인트부 콘크리트 박리 및 실런트이격	·표면처리, 주의관찰 ·표면처리 및 주입보수 ·단면보수, 실런트재설치

나. 내구성 조사

<table>
<tr><th>시험명</th><th colspan="9">시험 결과</th></tr>
<tr><td rowspan="15">비파괴
강도</td><td colspan="3">구분</td><td colspan="2">설계기준(MPa)</td><td colspan="2">조사결과(MPa)</td><td colspan="2">평가결과(%)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">웅진대교
(천안)</td><td rowspan="2">상부
구조</td><td>반발경도</td><td colspan="2" rowspan="2">27.0</td><td colspan="2">24.2~27.0</td><td colspan="2">89.6~100.0</td></tr>
<tr><td>초음파법</td><td colspan="2">24.8~40.1</td><td colspan="2">91.9~148.5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부
구조</td><td>반발경도</td><td colspan="2" rowspan="2">24.0</td><td colspan="2">24.3~28.7</td><td colspan="2">101.3~119.6</td></tr>
<tr><td>초음파법</td><td colspan="2">24.6~27.1</td><td colspan="2">102.5~112.9</td></tr>
<tr><td rowspan="4">웅진대교
(논산)</td><td rowspan="2">상부
구조</td><td>반발경도</td><td colspan="2" rowspan="2">27.0</td><td colspan="2">26.1~28.0</td><td colspan="2">96.7~116.7</td></tr>
<tr><td>초음파법</td><td colspan="2">23.2~35.7</td><td colspan="2">85.9~132.2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부
구조</td><td>반발경도</td><td colspan="2" rowspan="2">24.0</td><td colspan="2">24.0~27.1</td><td colspan="2">100.0~112.9</td></tr>
<tr><td>초음파법</td><td colspan="2">23.7~29.2</td><td colspan="2">98.8~121.7</td></tr>
<tr><td colspan="10">◦콘크리트 강도 조사결과 설계기준강도와 비교할 때 상·하부구조 모두 반발경도법과 초음파속도법에서 기준강도를 상회하는 것으로 평가되어 강도상의 문제점이 없는 것으로 판단된다.</td></tr>
<tr><td rowspan="17">철근
탐사</td><td colspan="4" rowspan="2">구분</td><td rowspan="2">철근종류</td><td colspan="2">측정결과</td><td colspan="2">설계도면 기준</td></tr>
<tr><td>피복</td><td>간격</td><td>피복</td><td>간격</td></tr>
<tr><td rowspan="8">웅진대교
(천안)</td><td rowspan="4">상부
구조</td><td rowspan="2">바닥판
하면</td><td>주철근</td><td>45~56</td><td>106~150</td><td rowspan="4">40</td><td>100~150</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>29~38</td><td>120~129</td><td>125~150</td></tr>
<tr><td rowspan="2">켄틸레버
하면</td><td>주철근</td><td>82~95</td><td>99~155</td><td>100~150</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>48~55</td><td>245~255</td><td>250</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부
구조</td><td colspan="2">교대</td><td>수직철근</td><td>83</td><td>203</td><td rowspan="4">100</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">교대</td><td>수평철근</td><td>105</td><td>307</td><td>300</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각</td><td>코핑</td><td>수직철근</td><td>97~104</td><td>179~195</td><td>150</td></tr>
<tr><td>코핑</td><td>수평철근</td><td>92</td><td>162~167</td><td>200</td></tr>
<tr><td rowspan="8">웅진대교
(논산)</td><td rowspan="4">상부
구조</td><td rowspan="2">바닥판
하면</td><td>주철근</td><td>43~48</td><td>97~146</td><td rowspan="4">40</td><td>100~150</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>30~41</td><td>124</td><td>125</td></tr>
<tr><td rowspan="2">켄틸레버
하면</td><td>주철근</td><td>50~93</td><td>89~158</td><td>100~150</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>39~53</td><td>240~255</td><td>250</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부
구조</td><td colspan="2">교대</td><td>수직철근</td><td>77</td><td>182</td><td rowspan="4">100</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">교대</td><td>수평철근</td><td>105</td><td>293</td><td>300</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각</td><td>코핑</td><td>수직철근</td><td>87~92</td><td>183~184</td><td>150</td></tr>
<tr><td>코핑</td><td>수평철근</td><td>89~92</td><td>138~143</td><td>200</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각</td><td>구체</td><td>수직철근</td><td>77~151</td><td>79~125</td><td>100</td></tr>
<tr><td>구체</td><td>수평철근</td><td>40~103</td><td>147~155</td><td>150</td></tr>
<tr><td colspan="10">◦철근탐사를 결과, 부재별로 설계도면과 비교시 철근배근간격 및 피복두께는 상·하 구조의 부재별로 다소의 편차가 있는 것으로 조사되었으며 현재 바닥판 및 교각의 경우 이로인한 이상징후는 없는 것으로 조사되었으므로 지속적인 점검 및 관찰을 실시한다면 문제는 없을 것으로 판단된다.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>시험명</th><th colspan="6">시험 결과</th></tr>
<tr><td rowspan="5">탄산화
깊이</td><td colspan="2">측정위치</td><td>탄산화 깊이
(㎜)</td><td>피복두께
(㎜)</td><td>탄산화잔여깊이
(㎜)</td><td>결 과</td></tr>
<tr><td rowspan="2">웅진대교
(천안)</td><td>상부구조</td><td>2.91～3.30</td><td>38～55</td><td>34.7～51.7</td><td>a</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>1.34～3.68</td><td>71～98</td><td>67.3～96.7</td><td>a</td></tr>
<tr><td rowspan="2">웅진대교
(논산)</td><td>상부구조</td><td>1.64～5.72</td><td>30～53</td><td>24.3～51.3</td><td>a～b</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>1.14～9.13</td><td>59～103</td><td>57.4～101.9</td><td>a</td></tr>
<tr><td colspan="6">◦탄산화시험 수행 결과 측정 심도는 상부구조 1.64㎜ ~ 5.72㎜, 하부구조 1.14㎜ ~ 9.13㎜으로 조사되어 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)” 건전성 평가 기준에 의거 탄산화 잔여깊이가 10㎜이상인 『 a ~ b 』 로 평가되었으며, 탄산화에 의한 철근 부식 등 내구성 저하의 가능성은 적을 것으로 판단된다.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">염화물</td><td colspan="2" rowspan="2">측정위치</td><td rowspan="2">깊이(mm)</td><td colspan="2">염화물 함유량</td><td rowspan="2">결 과</td></tr>
<tr><td>Cl-(%)</td><td>Cl-(kg/㎥)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">웅진대교
(천안)</td><td>S14
켄틸레버 하면</td><td>0～50</td><td>0.0516</td><td>1.168</td><td>b</td></tr>
<tr><td>P13
전면 코핑</td><td>0～80</td><td>0.0116</td><td>0.263</td><td>a</td></tr>
<tr><td rowspan="2">웅진대교
(논산)</td><td>S18
켄틸레버 하면</td><td>0～50</td><td>0.0487</td><td>1.102</td><td>b</td></tr>
<tr><td>P8
배면 구체</td><td>0～80</td><td>0.0440</td><td>0.996</td><td>b</td></tr>
<tr><td colspan="6">◦안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)을 토대로 전염화물에 대하여 평가하였으며, 채취한 시료의 전염화물 함유량 분석결과, 염화물함유량이 낮아 부식발생 우려 없거나, 염화물이 함유되어 있으나 부식발생 가능성 낮은 상태인 a ~ b로 평가되었다.</td></tr>
<tr><td rowspan="8">균열
깊이</td><td colspan="2" rowspan="2">측정위치</td><td colspan="2">초음파 전달시간
(×10-6sec)</td><td rowspan="2">균열폭
(㎜)</td><td rowspan="2">최 소
피복두께
(㎜)</td><td rowspan="2">균 열
깊 이
(㎜)</td></tr>
<tr><td>균열부
(Tc)</td><td>건전부
(To)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">웅진대교
(천안)</td><td>P2 코핑</td><td>28.9</td><td>86.9</td><td>0.3</td><td>91</td><td>141.8</td></tr>
<tr><td>P7 구체</td><td>20.6</td><td>61.1</td><td>0.3</td><td>109</td><td>139.6</td></tr>
<tr><td>P9 구체</td><td>18.6</td><td>32.9</td><td>0.3</td><td>114</td><td>73.0</td></tr>
<tr><td rowspan="3">웅진대교
(논산)</td><td>A1 벽체</td><td>20.8</td><td>72.7</td><td>0.3</td><td>105</td><td>167.5</td></tr>
<tr><td>P1 구체</td><td>18.6</td><td>71.8</td><td>0.3</td><td>86</td><td>186.4</td></tr>
<tr><td>P12 코핑</td><td>25.3</td><td>64.8</td><td>0.3</td><td>92</td><td>117.9</td></tr>
<tr><td colspan="7">◦균열깊이 측정 결과 대상 균열은 모두 균열심도가 콘크리트 피복두께를 초과하여 발생된 것으로 나타났으며 철근 부식 및 콘크리트의 박락의 방지 등 내구성 유지를 위해 주입보수 등의 보수조치가 필요할 것으로 판단된다.</td></tr>
</table>

주) 피복두께는 철근탐사 실측치 및 설계도면(순피복) 적용.

다. 내하력평가

1) 거더의 내하력평가

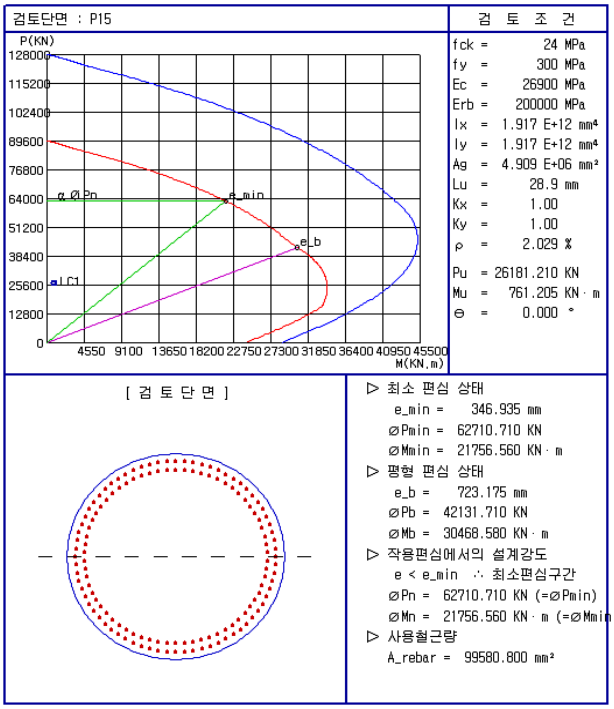
구 분			발생응력(MPa)			내하율	기본 내하력
			허용	고정하중	활하중		
5경간 연속교	최대 정모멘트부	상 연	190.000	112.096	6.695	11.636	DB-24 이상
		하 연	190.000	-121.060	-24.821	2.777	
	최대 부모멘트부	상 연	190.000	-151.721	-20.154	1.899	
		하 연	190.000	146.020	24.255	1.813	
4경간 연속교	최대 정모멘트부	상 연	190.000	89.3	10.2	9.873	DB-24 이상
		하 연	190.000	-99.8	-30.3	2.977	
	최대 부모멘트부	상 연	190.000	-134.2	-30.1	1.854	
		하 연	190.000	130.0	36.2	1.657	
3경간 연속교	최대 정모멘트부	상 연	190.000	91.5	10.7	9.206	DB-24 이상
		하 연	190.000	-100.8	-30.6	2.915	
	최대 부모멘트부	상 연	190.000	-124.2	-30.5	2.157	
		하 연	190.000	119.3	36.5	1.937	

2) 바닥판의 내하력평가

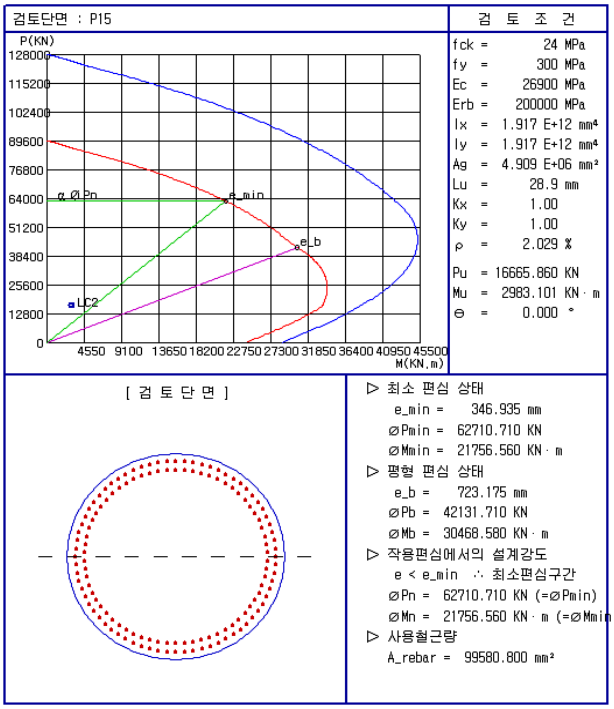
구 분		$\varnothing M_n$ (kN・m)	M_d (kN・m)	$M_{l(1+i)}$ (kN・m)	내하율	기본내하력
5경간 연속교	켄틸레버부 (좌측)	147.181	10.637	24.462	2.536	DB-24 이상
	중앙부	106.000	9.519	35.360	1.232	
	켄틸레버부 (우측)	147.181	10.556	24.071	2.014	
4경간 연속교	켄틸레버부 (좌측)	147.20	16.36	39.68	1.456	DB-24 이상
	중앙부	95.20	4.40	29.12	1.429	
	켄틸레버부 (우측)	147.20	7.46	36.81	1.737	
3경간 연속교	켄틸레버부 (좌측)	147.20	16.36	39.68	1.456	DB-24 이상
	중앙부	95.20	4.40	29.12	1.429	
	켄틸레버부 (우측)	147.20	7.46	36.81	1.737	

3) 교각 안전성 검토

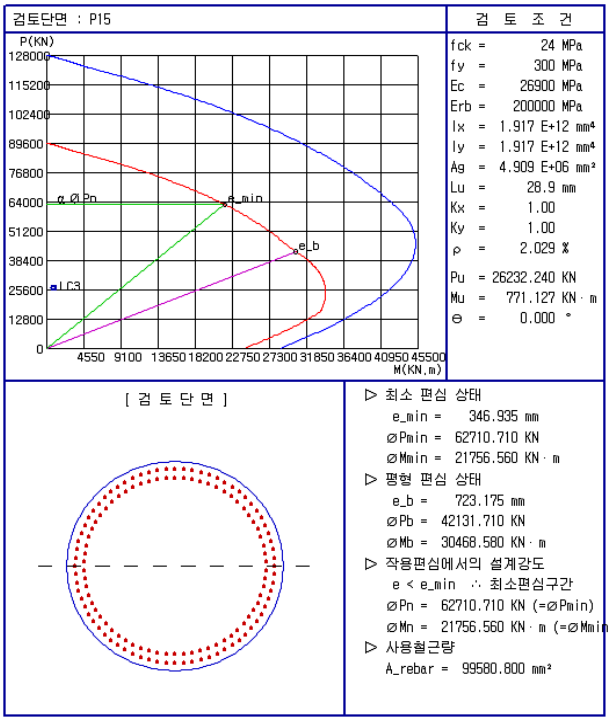
<좌측-축력최대>



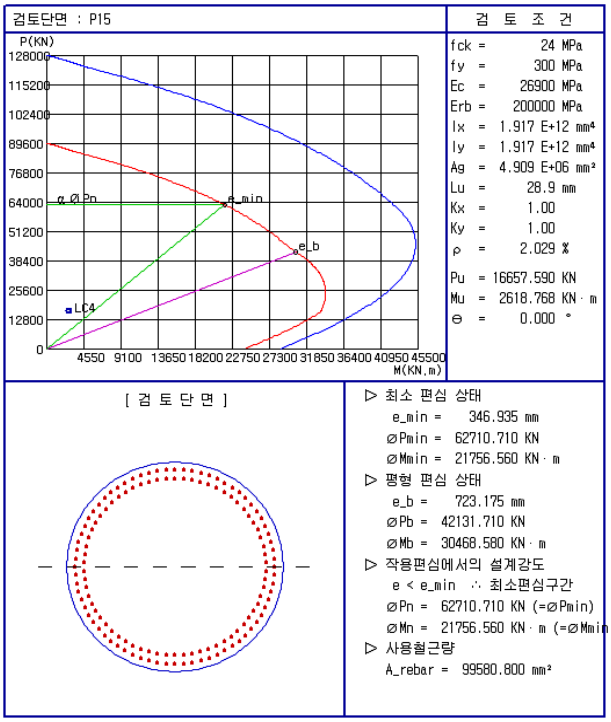
<좌측-모멘트최대>



<우측-축력최대>



<우측-모멘트최대>



P-M 상관도를 통한 교각 안전성 검토결과 안전성을 충분히 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

라. 상태평가 및 안전등급

1) 안전성평가 결과

부 재	SF(안전율)	등 급
강박스 거더	1.105	A
바닥판 슬래브	1.199	A
하부구조	2.537	A

2) 웅진대교(천안) 상태평가 결과

구성교량명	구조형식	환산결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 × 차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
웅진대교 (천안)	STB	0.250	b	1,135	2	2,270	1.00	0.250
합계(Σ)				1,135		2,270	1	0.250
1. 환산결함도 점수 =								0.250
2. 상태평가 결과 =								B

3) 웅진대교(논산) 상태평가 결과

구성교량명	구조형식	환산결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 × 차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
웅진대교 (논산)	STB	0.238	b	1,135	2	2,270	1.00	0.238
합계(Σ)				1,135		2,270	1	0.238
1. 환산결함도 점수 =								0.238
2. 상태평가 결과 =								B

4) 종합평가 및 안전등급

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

마. 보수·보강 방안

1) 웅진대교(천안) 보수·보강 방안

부재	결함내용		보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위	비고
교면 포장	아스콘균열		아스콘균열보수	905.0	1,357.5	m	1	950	2	
	아스콘긁힘		아스콘팻칭보수	0.03	0.045	㎡	55	2	2	
	아스콘파손		아스콘균열보수	0.08	0.12	㎡	1	0	2	
	아스콘표면불량		아스콘팻칭보수	25.0	37.5	㎡	55	2,063	2	
	아스콘망상균열		아스콘균열보수	215.0	322.5	㎡	1	226	2	
바닥 판	철근노출		단면보수(방청)	60.1	90.15	㎡	350	31,553	1	하자
	균열	0.1	표면보수	121.8	182.7	㎡	30	5,481	3	
	균열	0.2	표면보수	584.7	877.05	㎡	30	26,312	3	
	균열	0.3	균열주입보수	452.5	678.75	m	33	22,399	1	하자
	균열	0.5	균열주입보수	50.0	75.0	m	33	2,475	1	하자
	박리		단면보수	4.98	7.47	㎡	330	2,465	1	하자
	너트탈락		볼트재체결	1.0	1.5	ea	5	8	2	
	도장박리		재도장	3.71	5.565	㎡	11	61	2	
	물끊기홈미설치		물끊기홈설치	35.0	52.5	m	50	2,625	3	
	박락		단면보수	16.9	25.35	㎡	330	8,366	1	하자
	박리		단면보수	4.98	7.47	㎡	330	2,465	1	하자
	배수관재설치		배수관재설치	2.0	3.0	ea	68	204	3	하자
	백태		표면보수	43.5	65.25	㎡	30	1,958	3	하자
	볼트풀림		볼트재체결	4.0	6.0	ea	5	31	2	
	재료분리		단면보수	1.2	1.8	㎡	330	594	1	하자
방호 벽	균열	0.1	표면보수	50.0	75.0	㎡	30	2,250	3	
	균열	0.2	표면보수	170.0	255.0	㎡	30	7,650	3	
	균열	0.3	균열주입보수	85.7	128.55	m	33	4,242	3	
	들뜸		단면보수	0.16	0.24	㎡	330	79	3	
	박락		단면보수	2.08	3.12	㎡	330	1,030	2	
	박리		단면보수	0.45	0.675	㎡	330	223	2	
	연석부이격		백업재설치	0.32	0.48	㎡	50	24	1	
	철근노출		단면보수(방청)	10.5	15.75	㎡	350	5,513	1	
중분대	균열부백태		표면보수	628.2	942.3	㎡	30	28,269	2	
	차광막설치불량		볼트재체결	10.0	15.0	ea	5	77	2	
주형 내부	누수및백태		단면보수	6.0	9.0	㎡	330	2,970	1	하자
	도장박리		재도장	12.56	18.84	㎡	15	283	2	하자
	도장박리및점부식		재도장	3.0	4.5	㎡	15	68	2	하자
	부식		재도장	8.55	12.825	㎡	15	192	2	
	이물질퇴적		청소	84.87	127.305	㎡	11	1,400	3	
	전등미설치		전등설치	2.0	3.0	ea	50	150	3	
	점부식		재도장	11.25	16.875	㎡	15	253	2	
	코킹재미설치		코킹재설치	840.0	1,260.0	ea	15	18,900	3	
	환기구볼트망실		볼트재체결	4.0	6.0	ea	5	31	3	

부재	결함내용		보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위	비고
격벽	도장박리		재도장	0.57	0.855	㎡	15	13	2	하자
주형 외부	고정거치대미제거		잡철근,각목제거	1.0	1.5	ea	1	2	3	
	도장박리		재도장	2.125	3.188	㎡	11	35	2	하자
	볼트풀림		볼트재체결	4.0	6.0	ea	5	31	2	
신축 이음 장치	박락		단면보수	0.48	0.72	㎡	330	238	1	
	이격		아스콘균열보수	3.0	4.5	m	1	3	2	
	이물질퇴적		청소	2.434	3.651	㎡	11	40	2	
	차수판설치불량		차수판설치	1.0	1.5	ea	100	150	3	
교대	균열	0.1	표면보수	11.3	16.95	㎡	30	509	3	
	균열	0.2	표면보수	13.95	20.925	㎡	30	628	3	
	균열	0.3	균열주입보수	2.2	3.3	m	33	109	1	
	누수및백태		단면보수	1.0	1.5	㎡	330	495	1	
	실런트이격		실런트재설치	8.0	12.0	m	10	120	2	
	박리		단면보수	0.25	0.375	㎡	330	124	2	
교각	균열	0.1	표면보수	405.5	608.25	㎡	30	18,248	3	
	균열	0.2	표면보수	465.6	698.4	㎡	30	20,952	3	
	균열	0.3	균열주입보수	32.4	48.6	m	33	1,604	1	
	거푸집미제거		잡철근,각목제거	1.0	1.5	ea	1	2	3	
	도장박리		재도장	16.0	24.0	㎡	13	312	2	
	들뜸		단면보수	0.48	0.72	㎡	330	238	1	
	망상균열		표면처리	79.85	119.775	㎡	30	3,593	3	
	박락		단면보수	0.8	1.2	㎡	330	396	1	
	박리		단면보수	6.06	9.09	㎡	330	3,000	1	
	배수관박락및유실		배수관설치	1.0	1.5	ea	68	102	3	
	백태		표면보수	7.3	10.95	㎡	30	329	3	
	보수부재손상		표면보수	0.2	0.3	㎡	30	9	3	
	브라켓박락		단면보수	1.0	1.5	ea	330	495	3	
	이물질퇴적		청소	4.54	6.81	㎡	11	75	3	
	재료분리		단면보수	81.28	121.92	㎡	330	40,234	1	
	철근노출		단면보수(방청)	8.9	13.35	㎡	350	4,673	1	

순공사비 합계 (천원)		280,592
제경비 (순공사비×50%)		140,296
순위별 공사비	제 1 순위	194,711
	제 2 순위	51,618
	제 3 순위	174,559
개략공사비 (천원)		420,888

2) 웅진대교(논산) 보수·보강 방안

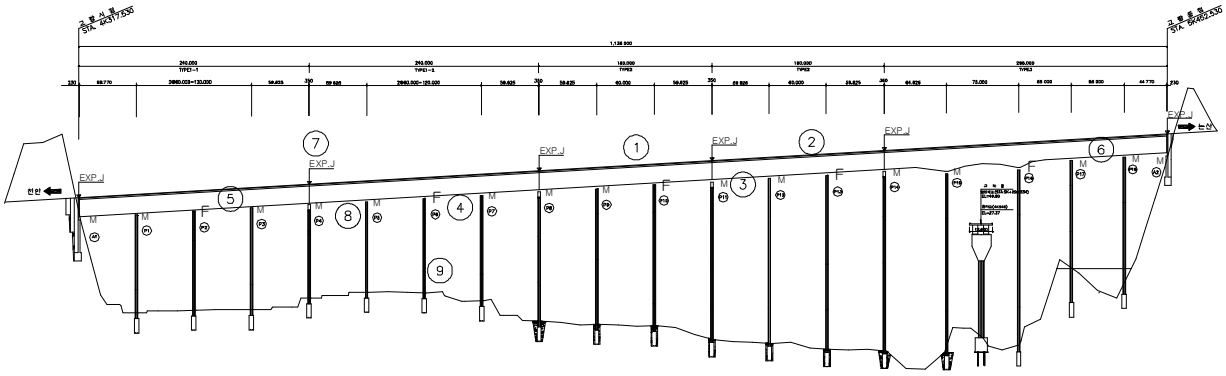
부재	결함내용		보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위	비고
교면 포장	배수관길이부족		배수관재설치	6.0	9.0	ea	68	612	3	
	배수구막힘		청소	50.0	75.0	ea	11	825	2	
	아스콘균열		아스콘균열보수	590.0	885.0	m	1	620	2	
	아스콘들뜸		아스콘팻칭보수	2.0	3.0	㎡	55	165	2	
	아스콘파손		아스콘균열보수	0.97	1.455	㎡	1	1	2	
	아스콘표면불량		아스콘팻칭보수	-	-	㎡	55	-	-	
바닥 판	철근노출		단면보수(방청)	62.96	94.44	㎡	350	33,054	1	하자
	균열	0.1	표면보수	50.9	76.35	㎡	30	2,291	3	
	균열	0.2	표면보수	541.0	811.5	㎡	30	24,345	3	
	균열	0.3	균열주입보수	36.0	54.0	m	33	1,782	1	하자
	균열	0.5	균열주입보수	33.0	49.5	m	33	1,634	1	하자
	박리		단면보수	3.2	4.8	㎡	330	1,584	1	하자
	도장박리		재도장	6.19	9.285	㎡	11	102	2	하자
	물끊기홈미설치		물끊기홈설치	15.0	22.5	m	50	1,125	3	하자
	박락		단면보수	0.2	0.3	㎡	330	99	1	하자
	배수관재설치		배수관재설치	14.0	21.0	ea	68	1,428	3	하자
	배수관연결 고리미설치		배수관연결 고리설치	2.0	3.0	ea	10	30	3	하자
	백태		표면보수	37.1	55.65	㎡	30	1,670	3	하자
방호 벽	균열	0.1	표면보수	1.6	2.4	㎡	30	72	3	
	균열	0.2	표면보수	287.3	430.95	㎡	30	12,929	3	
	균열	0.3	균열주입보수	141.2	211.8	m	33	6,989	3	
	망상균열		표면처리	0.6	0.9	㎡	30	27	3	
	박락		단면보수	3.59	5.385	㎡	330	1,777	1	
중분대	균열부백태		표면보수	376.6	564.9	㎡	30	16,947	2	
주형 내부	도장박리		재도장	38.46	57.69	㎡	15	865	2	하자
	도장박리및점부식		재도장	0.08	0.12	㎡	15	2	2	하자
	볼트풀림		볼트재체결	1.0	1.5	ea	5	8	2	
	부식		재도장	11.09	16.635	㎡	15	250	2	하자
	이물질퇴적		청소	24.42	36.63	㎡	11	403	3	
	전등미설치		전등설치	1.0	1.5	ea	50	75	3	
	점부식		재도장	30.66	45.99	㎡	15	690	2	하자
	코킹재미설치		코킹재설치	824.0	1,236.0	ea	15	18,540	3	

부재	결함내용		보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위	비고
가로보	도장박리		재도장	0.07	0.105	㎡	15	2	2	하자
격벽	도장박리		재도장	0.85	1.275	㎡	15	19	2	하자
	부식		재도장	0.08	0.12	㎡	15	2	2	하자
주형 외부	너트부식		재도장	3.0	4.5	ea	11	50	2	하자
	도장박리		재도장	1.07	1.605	㎡	11	18	2	하자
	부식		재도장	7.94	11.91	㎡	11	131	2	
	점검구볼트미체결		볼트재체결	2.0	3.0	ea	5	15	3	
신축 이음 장치	박락		단면보수	0.01	0.015	㎡	330	5	1	
	이물질퇴적		청소	0.615	0.923	㎡	11	10	2	
교대	균열	0.1	표면보수	19.5	29.25	㎡	30	878	3	
	균열	0.2	표면보수	33.2	49.8	㎡	30	1,494	3	
	점검계단침하		점검로재설치	1.0	1.5	㎡	1,000	1,500	1	
교각	균열	0.1	표면보수	267.4	401.1	㎡	30	12,033	3	
	균열	0.2	표면보수	437.3	655.95	㎡	30	19,679	3	
	균열	0.3	균열주입보수	18.1	27.15	m	33	896	1	
	균열	0.4	균열주입보수	0.5	0.75	m	33	25	1	
	균열	0.5	균열주입보수	2.8	4.2	m	33	139	1	
	거푸집미제거		잡철근,각목제거	5.0	7.5	ea	1	8	3	
	누수흔적		주의관찰	17.0	25.5	㎡	-	-	-	
	도장박리		재도장	-	-	㎡	11	-	-	
	들뜸		단면보수	0.04	0.06	㎡	330	20	1	
	망상균열		표면처리	75.47	113.205	㎡	30	3,396	3	
	박락		단면보수	1.6	2.4	㎡	330	792	1	
	박리		단면보수	4.68	7.02	㎡	330	2,317	1	
	배수관길이부족		배수관설치	4.0	6.0	ea	68	408	3	
	배수관박락및유실		배수관설치	-	-	ea	68	-	-	
	백태		표면보수	16.26	24.39	㎡	30	732	3	
	보수부재손상		표면보수	0.59	0.885	㎡	30	27	3	
	브라켓박락		단면보수	-	-	ea	330	-	-	
	앵커미제거		잡철근,각목제거	2.0	3.0	ea	1	3	3	
	이물질퇴적		청소	4.01	6.015	㎡	11	66	3	
	재료분리		단면보수	153.07	229.605	㎡	330	75,770	1	
	철근노출		단면보수(방청)	3.06	4.59	㎡	350	1,607	1	
	표시판박락		표시판설치	1.0	1.5	ea	100	150	2	

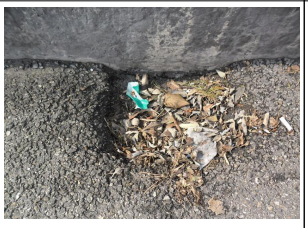
순공사비 합계 (천원)		254,709
제경비 (순공사비×50%)		127,355
순위별 공사비	제 1 순위	186,874
	제 2 순위	31,282
	제 3 순위	163,908
개략공사비 (천원)		382,064

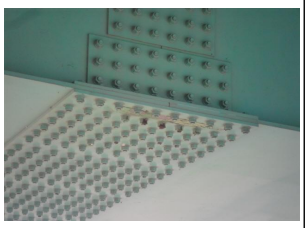
바. 유지관리방안

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



1) 점검 및 진단 시 구조부재별 유지관리 항목

중점점검항목	위 치	점검요령
① 교면포장 - 아스콘 균열 및 망상균열 - 아스콘 들뜸, 긁힘, 파손	 웅진대교(천안) S7	▫ 아스팔트 균열보수가 필요하며, 결함 재발생 및 추가, 신규 발생 여부의 확인과 거더 하부플랜지의 습윤 및 변색의 상태 확인 필요
② 방호울타리 - 국부적인 균열, 콘크리트 박락 및 철근노출 - 방호울타리(중분대) 상부차광막흔들림. - 방호울타리와 캔틸레버 이음부 누수	 웅진대교(천안) S3	▫ 공용기간 증가에 따른 손상의 진전 및 추가발생 여부 ▫ 손상의 진전, 재발생 및 추가발생 여부 ▫ 공용중 탈락, 파손 여부
③ 배수시설 - 토사퇴적에 의한 집수구 막힘 - 배수관 주변 누수, 배수관 길이부족 및 탈락	 웅진대교(논산) S1	▫ 청소 및 체수 상태 ▫ 배수관 교체 후 보수시공의 적정성 및 재발생 여부 확인
④ 바닥판하면 - 균열, 박리・박락 및 철근노출 - 백태, 누수흔적	 웅진대교(논산) S1	▫ 균열의 진전, 재발생 및 추가발생 여부 ▫ 손상의 재발생 및 추가발생 여부 ▫ 보수후 재발생 여부

중점점검항목	위 치	점검요령
⑤ STB 거더 내부 - 주형 내부 이물질 퇴적 및 도장부식, 도장탈락	 웅진대교(논산) S4-G4	□ 박스외부 부식 □ 배수구 주변 누수 및 부식 □ 리브변형, 용접상태 □ 손상의 진전 및 추가발생 여부
⑥ STB 거더 외부 - 도장박리 및 너트탈락 - 가로보는 전반적으로 양호한 상태이며, 볼트 체결상태도 양호함.	 웅진대교(천안) S1	□ 박스내부 부식 □ 리브변형, 용접상태 □ 압축플랜지 좌굴, 변형 □ 신축이음 하면 누수 및 부식 □ 박스내부 물고임 및 부식 □ 손상의 진전 및 추가발생 여부
⑦ 신축이음 - 후타재 마모 및 균열, 유간부 토사퇴적 - 후타재 국부적 박리 - P4(논산) 신축이음부 이상 타격음	 웅진대교(천안) P18	□ 공용중 손상의 진전 여부 □ 보수 시공에 따른 하부 누수의 재발생 여부 확인
⑧ 교량받침 - 받침 모르타르 균열 - 받침장치 고무패킹 탈락 - 도장박리	 웅진대교(논산) P5 Sh4	□ 손상의 진전 및 추가발생 여부 □ 지속적인 관찰을 통한 이상징후 발생 여부 확인
⑨ 교대, 교각 - 교대 A1, A2 흉벽 누수 및 백태, 누수흔적 - 교대 및 교각 균열 - 웅진대교(논산) A1 조인트부 콘크리트 박리 및 실런트이격	 웅진대교(논산)	□ 손상의 진전, 재발생 및 추가발생 여부 □ 손상의 재발생 및 추가발생 여부 □ 보수후 우천시 재발생 여부 확인

사. 종합결론

본 교량에 대한 상태평가와 안전성평가 결과를 종합한 결과 안전등급은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태인 『B등급』으로 평가되었다.

바닥판하면(종조인트 하면 및 켄틸레버부 하면)에 발생한 박리, 박락은 교량의 내구성 저하는 물론 박락 등 단면손실에 의한 2차적 문제를 유발할 수 있으므로 조속한 시일내에 교면방수 및 재포장 등을 통한 우수유입의 차단과 발생된 박리, 박락부의 단면보수(방청) 등의 보수가 필요하다.

비파괴강도는 설계기준강도의 상부구조(천안) 89.6%～100.0%, 하부구조(천안) 101.3%～119.6%, 상부구조(논산) 96.7%～102.6%, 하부구조(논산) 100.0%～112.9% 설계기준강도를 만족하는 것으로 조사되었으며, 철근피복 및 배근상태에 대한 조사결과, 상부구조 및 하부구조에서 피복두께와 배근간격은 다소 기복이 있으며, 배근간격은 설계도면과 유사하게 배근된 상태로 양호한 것으로 판단된다.

균열깊이 측정결과 전반적으로 측정부위의 균열깊이는 피복두께 이상으로 측정되었으며, 발생된 균열 폭 및 길이 등 균열양상으로 보아 건조수축에 의한 비구조적 균열로 판단되며, 육안 및 측정결과 양호한 상태로 조사되었다. 탄산화 깊이와 염분함유량을 시험한 결과 a～b등급으로 평가되어 내구성 저하 요인는 없거나 미미한 것으로 평가되었다.

구조해석 결과 교량의 상·하부구조의 안전성에 문제가 없는 것으로 검토되었으며 내하력 평가 결과 설계내하력인 DB-24(DL-24)를 상회하는 것으로 평가되었다.

금회 조사된 결함 및 손상 부위에 대하여 보고서에 제시된 보수·보강을 시행하고 중점유지관리 항목들에 대한 주기적인 점검을 통한 지속적인 유지관리를 시행한다면 공용기간 동안 1등교로서 안전성 및 사용성을 만족할 수 있을 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 20회, 정밀점검 6회, 정밀안전진단 1회 실시하였으며, 주요 점검이력은 다음과 같다.

【표 2.17】 웅진대교 점검 및 진단이력

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
1	초기점검	2003.04	(주)아워브레인	주요 손상은 하부구조 균열 및 교대 누수부 주의관찰 필요.	A
2	정기점검	2003.12	(주)아워브레인	주요 손상은 하부구조 균열 및 점검로 침하구간 보수필요. 하부구조 누수구간 주의관찰.	-
3	정기점검	2004.6	(주)아워브레인	주요 손상은 배수시설 정기적인 청소필요. 교대 점검로 침하 주의관찰.	-
4	정기점검	2004.7	(주)아워브레인	주요 손상은 배수관 길이부족 및 균열등이며, 내구성 확보 위한 보수필요.	-
5	정밀점검	2005.4	㈜한길종합 엔지니어링	전반적으로 균열 보수가 실시된 상태이나, 바닥판 횡균열, 후타재 박리, 난간 변형등이 조사됨.	A
6	정기점검	2005.7	㈜한길종합 엔지니어링	전반적으로 균열 보수가 실시된 상태이나, 바닥판 횡균열, 후타재 박리, 난간 변형등이 조사됨.	-
7	정기점검	2006.3	(주)아워브레인	주요손상은 신축이음장치 사용성 증대로 인한 후타재 균열, 박리, 본체 하부 고무재 파손등으로, 하부구조로 우수등이 유입되어 받침 PLATE 부식 발생 및 낙교방지시설 도장박리등의 추가 손상등을 야기시키고 있는 상태이며, 한 배수관 길이부족, 차량충돌등에 의한 난간변형, 난간 연결부 파손, 연석 박락 및 철근노출, 바닥판하면 건조수축으로 인한 균열(CW≤0.2mm)등이 조사됨. 기 발생된 손상현황은 현재 구조적으로 큰 문제가 없는 것으로 사료되나, 구조물의 내구성 및 사용성 확보를 위하여 손상부에 대한 보수를 실시하며, 향후 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요.	-

【표 2.17】 웅진대교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
8	정기점검	2006.10	(주)아워브레인	교량 전반에 걸쳐 보수가 실시된 양호한 상태로 조사됨. 실시된 보수 항목으로는 거더 외부 도장보수, 교대·교각 단면보수, 거더 내부 이물질청소, 교량받침 재도장 등이며 보수 상태는 전반적으로 양호한 상태임. 주요손상은 신축이음장치 사용성 증대로 인한 후타재 균열·박리, 시공부주의로 인한 배수관 길이부족, 차량충돌등에 의한 난간변형, 난간 연결부 파손, 연석 박락, 연석부 철근노출, 바닥판하면 건조수축으로 인한 균열(CW≤0.2mm)등이 조사됨. 기 발생된 손상현황은 현재 구조적으로 큰 문제가 없는 것으로 사료되나, 구조물의 내구성 및 사용성 확보를 위하여 손상부에 대한 보수를 실시하며, 향후 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요.	-
9	정밀점검	2007.6	(주)아워브레인	기 발생된 손상현황은 아스콘, 난간, 후타재, 하부구조, 바닥판하면 균열 및 교량받침 플레이트의 경미한 부식등이며, 아스콘 및 배수관 손상현황은 구조물의 사용성 및 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	기 발생된 손상현황은 신축이음장치 사용성 증대로 인한 후타재 균열·박리, 배수관 탈락, 난간 변형 및 연결부 파손, 연석 균열 및 철근노출, 바닥판하면 건조수축으로 인한 균열(CW≤0.2mm)등이 조사되었다. 기 발생된 손상현황은 현재 구조적으로 큰 문제가 없는 것으로 사료되나, 구조물의 내구성 증진을 위하여 손상부에 대한 보수를 실시하며, 향후 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요하다.	-
11	정기점검	2008.6	(주)아워브레인	기 발생된 손상현황은 교면포장 접속부 아스콘 파손 및 국부적인 아스콘 균열, 강재 난간 변형 및 연석 균열, 철근노출, 배수관 망실, 신축이음 후타재 균열, 바닥판하면 횡방향균열, 거더외부 경미한 도장손상, 교량받침 본체 고무재 파손, 하부구조 균열, 점검계단 하부 토사유실 등의 손상현황이 발생된 상태이다. 기 발생된 손상현황은 구조물의 안전성에 지장이 없으며 내구성 증진을 위한 일부 보수 및 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요하다.	-

【표 2.17】 웅진대교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
12	정기점검	2008.12	(주)아워브레인	기 발생된 손상현황은 연석 균열, 철근노출, 배수관 망실, 신축이음 후타재 균열, 바닥판 하면 횡방향균열, 거더외부 경미한 도장손상, 교량받침 본체 고무재 파손, 신축이음 본체 고무실파손, 하부구조 균열, 점검계단 하부 토사유실 등의 손상현황이 발생된 상태이다. 기 발생된 손상현황은 전회와 비교시 손상의 진전은 미미한 상태이나, 구조물의 내구성 증진을 위한 보수 및 유지관리가 필요하다.	-
13	정밀점검	2009.06	㈜한길종합 엔지니어링	정밀점검 결과, 전반적으로 양호한 상태로 구조적인 손상은 없는 것으로 판단되며, 주요 손상으로 배수관 탈락, 유도배수관 행거로도 탈락, 연석부 철근노출 및 균열, 신축이음 유간부 이물질 퇴적 및 후타재 균열, 거더내부 우수유입, 교각 코핑부 들뜸 및 파손 등의 손상에 대해서는 내구성 및 사용성을 위해 보수가 요구된다. 그 외 손상부에 대해서는 정기점검을 통해 손상 진전여부에 따라 보수여부를 결정토록 한다.	B
14	정기점검	2009.12	㈜한길종합 엔지니어링	정기점검 결과, 전반적으로 양호한 상태로 구조적인 손상은 없는 것으로 조사되었으며 일부 부재에서 신축이음 고무씰 탈락, 교각 하부에 인화물질 적치, 연석부 거푸집 미제거, 거더외부 도장박리 등이 추가적으로 관찰되었다. 주요 손상으로 교면에 화재로 인해 표면불량, 유도배수관 행거로드 탈락, 배수관 길이부족, 바닥판 종조인트 주변에 백태, 콘크리트 부재에 균열, 거더내부 도장손상, 받침 PLATE 도장손상 등이 조사되었다. 손상부에 대해서는 내구성 및 사용성 확보를 위해 보수 및 유지관리가 필요하다.	-
15	정기점검	2010.06	㈜한길종합 엔지니어링	정기점검 결과 주부재 및 보조부재에 경미한 손상이 국부적으로 발생된 것으로 조사되었다. 바닥판, 거더, 하부구조 등의 발생된 손상에 대한 하자담보기간 만료전 보수 등의 조치가 필요하며, 배수시설 정비 및 교량받침 도장 보수 등의 조치가 필요한 것으로 판단된다. 추후 정기점검 등을 통하여 지속적인 주의관찰이 요구되며, 공용중 내구성 확보를 위한 보수 등의 조치를 취한다면 시설물의 내하력 발휘에는 문제가 없을 것으로 사료된다.	-

【표 2.17】 웅진대교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
16	정기점검	2010.12	㈜한길종합 엔지니어링	정기점검 결과, 전회 점검과 비교 시 교면포장, 바닥판하면에 일부 추가 손상이 있으며, 교각 단면보수 및 배수관 행거로드 탈락에 대한 보수가 실시되었다. 주요 손상으로는 균열(폭 0.2~0.3㎜), 박락, 들뜸, 배수관 길이부족, 백태 등의 손상이 있다. 점검일 현재 구조물의 구조적인 안전에는 문제가 없는 상태이나, 공용중 구조물의 내구성 증진을 위해 일부 손상에 대한 보수 조치가 필요하다.	-
17	정밀점검	2011.06	(주)아워브레인	정밀점검 결과 본 구조물은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 "B" 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 현재 일부 부재에 손상이 조사되어 내구성 측면에서의 보수가 필요한 상태이며, 발생된 주요 손상으로는 신축이음 유간부족, 방호벽 콘크리트 균열 및 백태, 바닥판 철근노출 및 박락, 거더내부 도장손상, 현장이음부 너트탈락, 거더 단부파손, 하부구조 균열 및 단면손상 등이다. 신축이음장치 A1 양방향과 교량받침 A2 양방향의 수축여유량 부족에 대해서는 주의관찰이 요구되며, 바닥판하면 및 교각코핑부의 균열에 대해서는 내구성저하 방지 차원의 보수가 필요하다. 대상 교량은 안전성 및 사용성이 양호한 상태로 판단되며 외관조사에서 나타난 손상에 대하여 보수를 실시하고, 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 1등교로써의 교량 기능을 계속적으로 발휘할 수 있을 것으로 판단된다.	B
18	정기점검	2011.12	(주)아워브레인	정기점검결과, 대상시설물의 상태는 '양호' 인 것으로 판단되며, 일부 부재에 기 발생된 손상의 진전은 미미한 상태이나 공용중 지속적인 우수유입에 의하여 내구성 저하가 우려되는 일부 손상이 발생되고 있는 상태이다. 기 발생된 주요 손상으로는 바닥판하면 균열 및 들뜸(철근부식), 신축이음 본체 고무재 파손, 하부구조 균열 등이 있으며 내구성 저하방지를 위한 일부 보수를 실시하고 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 1등교로써의 교량의 기능발휘에 문제가 없을 것으로 판단된다.	-

【표 2.17】 웅진대교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
19	정기점검	2012.06	(주)아워브레인	정기점검결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 '양호' 한 상태로 판단된다. 다만, 유지관리차원에서 보수를 요하는 손상이 발생된 상태이며, 이는 공용중 지속적인 우수유입에 의하여 내구성 저하에 의한 것으로 사료된다. 이전점검 이후 바닥판하면 균열 및 들뜸, 교면접속부 아스콘 파손, 신축이음 고무재파손, 교량받침 플레이트 부식, 배수관 위치불량, 교대 균열에 대한 일부 보수 완료된 것으로 조사되었으며, 발생된 주요 손상으로는 바닥판하면 균열 및 들뜸(철근부식), 교량받침 먼지막이링 탈락, 가동량표시계 탈락, 하부구조 균열 등이다. 기 발생된 손상은 내구성 저하방지를 위한 일부 보수를 실시하고 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 1등교로써의 교량의 기능발휘에 문제가 없을것으로 판단된다.	-
20	정밀 안전진단	2013.06	(주)동우기술단	정밀안전진단결과 바닥판하면에 발생한 박리, 박락은 교량의 내구성 저하는 물론 박락 등 단면손실에 의한 2차적 문제를 유발할 수 있으므로 조속한 시일내에 교면방수 및 재포장 등을 통한 우수유입의 차단과 발생된 박리, 박락부의 단면보수 등의 보수가 필요하다. 내구성 시험 결과 양호한 것으로 조사되었으며, 구조해석 또한 설계내하력을 상회하는 것으로 평가되어 금회 제시된 보수,보강을 시행하고 중점 유지관리 사항에 대한 주기적인 점검을 실시한다면 1등교로서 안전성 및 사용성을 만족 할 수있을 것으로 판단된다.	B
21	정기점검	2013.12	(주)동우기술단	정기점검 결과, 이전 정밀안전진단 이후 일부 부재에 대한 보수가 시행되었으며 그 외 주요부재 및 보조부재의 일부 손상에 대해 내구성 저하방지를 위한 추가보수가 필요한 상태이나 전반적으로 교량의 안전성에 문제가 없는 양호한 상태로 판단된다. 기발생된 주요 손상 중 바닥판 캔틸레버부 우수침투에 의한 단면손상 등은 내구성 저하가 우려되어 추가 보수가 필요한 상태이다. 그 외 발생된 손상에 대해서는 마찬가지로 일부 추가 보수와 함께 진전여부의 주의관찰을 실시하여 교량의 건전한 상태를 지속시키는 유지관리가 필요하다.	-

【표 2.17】 웅진대교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
22	정기점검	2014.06	(주)동우기술단	정기점검 결과, 주요부재 및 보조부재의 일부 손상에 대해 내구성 저하방지를 위한 추가보수가 필요한 상태이나 전반적으로 교량의 안전성에 문제가 없는 양호한 상태로 판단된다. 기 발생된 주요 손상 중 바닥판 캔틸레버부 철근부식에 의한 균열부 등은 내구성 저하가 우려되어 추가 보수를 실시하는 것이 바람직하다. 하부구조는 기보수 상태가 대체로 양호하며 일부 국부적인 균열 등의 손상과 그 외 부재에 발생된 손상에 대해서는 진전여부의 주의관찰을 실시하여 교량의 건전한 상태를 지속시키는 유지관리가 필요하다.	-
23	정기점검	2014.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 전반적으로 교량의 안전성에 문제가 없는 양호한 상태로 판단되나, 기 발생된 주요 손상 중 바닥판 캔틸레버부 철근부식에 의한 균열부 등은 내구성 저하가 우려되어 추가 보수를 실시하는 것이 바람직하다. 그 외 부재에 발생된 손상은 배수시설 정비와 함께 진전여부의 주의관찰 후 보수를 고려하는 효율적인 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.	-
24	정밀점검	2015.06	(주)동우기술단	정밀점검 결과, 본 구조물은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B“ 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 현재 일부 부재에 손상이 조사된 손상은 대부분 경미하여 시급한 보수를 요하지 않으나, 거더외부에서 조사된 너트 풀림, 배수구 막힘의 경우 교량의 안전성 및 사용성 저하의 원인이 될 수 있으므로 보수를 요한다. 또한 신축이음장치 및 교량받침 가동상태에 대해 혹서기, 혹한기시 집중적인 주의관찰을 실시한다면 1등교로써의 교량 기능을 계속적으로 발휘할 수 있을 것으로 판단된다.	B
25	정기점검	2015.12	(주)동우기술단	정기점검결과 조사된 손상은 대부분이 기존에 발생된 것으로서 손상의 진전이 미미하여 시급한 보수는 필요하지 않으나 배수관 탈락은 재설치가 필요하다. 전반적인 교량의 안전성은 문제가 없는 양호한 상태이며 정기적인 점검을 통해 손상의 진전유무를 관찰하고 지속적인 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.	-

【표 2.17】 웅진대교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
26	정기점검	2016.06	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 상태로 판단된다. 기 실시된 점검 이후 교면포장 손상, 교대 점검계단 침하에 대한 보수가 실시되었으며, 발생된 주요 손상으로는 바닥판하면 균열 및 들뜸, 철근노출, 하부구조 균열, 배수관 탈락 등이 조사되었다. 기 발생된 손상은 이전 점검과 비교시 진전은 미미한 상태이나, 유지관리차원에서 보수를 요하는 손상이 일부 발생된 상태이다. 또한, 주기적인 점검을 통해 손상의 진전 유무 및 신규손상 발생에 대한 지속적인 유지관리가 필요하다.	-
27	정기점검	2016.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 상태로 판단된다. 기 실시된 점검 이후 거더 내부 도장손상, 교대 균열, 백태, 마감재 파손, 배수관 고정고리 탈락에 대한 일부 보수가 실시되었으며, 주요 손상으로는 바닥판하면 균열 및 들뜸, 철근노출, 거더 내·외부 도장손상, 하부구조 균열, 배수관 탈락 등이 조사되었다. 기 발생된 손상은 이전 점검과 비교시 진전은 미미한 상태이나, 유지관리차원에서 추가 보수를 요하는 손상이 일부 발생된 상태이다. 또한, 주기적인 점검을 통한 지속적인 유지관리가 필요하다.	-
28	정밀점검	2017.06	(주)아워브레인	정밀점검 결과 본 구조물은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B“ 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 기 실시된 점검이후 일부 부재에 발생된 손상에 대해 보수가 실시되었으나, 바닥판 종조인트부에 발생된 손상은 다소 진전된 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상에 대해서는 시설물의 안전성 및 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요하며, 그 외 손상에 대해서는 주기적인 점검을 통한 주의관찰을 실시한다. 특히, 논산방향 A2지점 신축이음의 신장여유량 부족에 대해서는 원활한 기능발휘를 위해 본체 교체 등의 조치를 실시하고, 혹서기시 가동상태에 대한 세심한 주의관찰을 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.	B

【표 2.17】 웅진대교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
29	정밀점검	2017.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 상태이나, 유지관리차원에서 일부 보수가 필요한 상태이다. 조사된 주요 손상으로는 교면포장 아스콘 손상, 바닥판하면 균열 및 들뜸, 박락, 거더 내·외부 도장손상, 하부구조 균열 등이 발생하였다. 이전 점검 이후 교면포장 접속부 아스콘 균열, 배수구 이물질퇴적, 바닥판 균열 및 들뜸, 교각 균열, 신축이음 손상에 대한 일부 보수 및 교체가 실시된 상태이며, 그 외 손상의 진전은 미미한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상은 시설물의 구조적인 안전성에 미치는 영향은 거의 없으나, 내구성 저하방지 및 사용성 향상을 위한 추가 보수가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 지속적인 유지관리를 실시한다.	-

2.4 보수.보강 이력

일 자	내 용	물 량	비 고
06년 10월	배수파이프 설치	L=9.0m	
09년 11월	거더내부 실링보수	L=49.2m / 214개소	G1
	방호벽 균열보수	L=113.8m / 125개소	S17-논산방향
10년 11월	배수시설 행거교체	10ea	S6-논산방향
	교각 단면보수	A=10.0m2	P4-논산방향
12년 04월	신축이음 교체	L=11.5m (FINGER JOINT 200)	P8-천안방향
15년 10월	신축이음 교체	L=11.5m (FINGER JOINT 160)	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. 지진시 교량의 붕괴방지를 낙교방지와 교각의 안정을 최대 주안점으로 하였다. 점성스토퍼나 면진받침 등의 특수장비는 국내에 활성화되어 있지 않고 경제성 및 시공성 유지관리 등 관련 문제가 많으므로 지진시 낙교를 확실하게 방지할 수 있도록 전단 KEY를 매교각에 설치 하였다. 경간구성에 따라 고정받침을 1개소나 2개소에 사용하여 수평력을 계산하였다. 상부구조로부터 고정받침이나 전단 KEY에 작용하는 수평력 산정과 수평력에 의한 교각 설계를 면밀히 하였다.

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 2.18】 자료분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 호남고속도로 광주시우회도로(장성~담양간)건설공사 3공구 - 공사시방서 - 구조계산서 - 일반보고서 - 토질조사보고서 - 초기점검보고서	◇ 구조계산서 및 구조물도, 일반보고서는 설계당시 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

웅진대교는 2002년 12월에 준공된 교량연장 1,135m, 총폭 24.3m의 Steel Box 교량으로 공주시 우성면 평목리에 위치하며, 최대 경간장 75m의 1종 시설물이다. 교량의 기하학적 형상은 사각이 없는 곡선교량으로 종단선형은 0.9745%의 상향경사를 이루고 있다. 상부 슬래브는 3 ~ 5경간 연속화된 형식으로 구성되어 있으며, 하부구조는 교각은 라멘식의 직접기초 또는 현장타설 말뚝기초, 교대는 역T형의 직접기초로 시공되었다. 교량 기호 정의에서와 같이 천안측을 교량시점, 논산측을 교량종점으로 하였으며, 현장조사시 굴절차를 이용하여 부재에 최대한 근접하여 외관조사를 수행하였다.

본 시설물에 대한 외관조사는 대상교량의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 교량부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 따라서, 사전 현장답사를 통해 주변 여건을 파악하여 현장 접근에 필요한 접근방법 및 장비 동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상을 파악하는 등의 사전검토를 통하여 주요 손상을 파악한 후 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침_교량편(2017.01, 국토교통부/한국시설안전공단)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는 데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

본 교량의 외관조사는 굴절차 및 고소작업차를 이용하여 조사하였으며, 굴절차 및 고소차가 점검이 불가능한 곳에 대하여는 망원경을 이용한 외관조사를 실시하였다.

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

웅진대교의 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	굴절차, 도보	2017.11.13. ~ 11.24	
2차 조사	S1~S3	고소작업차, 망원경	2017.11.27. ~ 12.01	
3차 조사	S1~S3	도보	2018.03.26. ~ 03.30	



교량점검차 작업 전경



교량점검차 작업 전경



고소작업차 작업 전경



교통통제 작업 전경

【사진 3.1】웅진대교 장비접근 현황

3.2 외관조사(천안방향)

3.2.1 상부구조

가. 바닥판

웅진대교의 바닥판하면은 상·하행 바닥판이 나란히 인접되어 위치하고 있으며, 수상구간은 강재 거푸집(Steel Deck Plate)으로 시공되어 있다.



바닥판 하면



바닥판 하면

【사진 3.2】바닥판 전경

1) 외관조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 콘크리트 바닥판 균열 및 들뜸, 백태가 발생하였고, 천안방향 S2,3,5 구간에서 cw≥0.3mm 균열이 신규 발생하였고, S8,9 구간에서 백태가 추가 조사되었다.
- 교량의 내측(중분대측)의 캔틸레버 구간에서 cw≥0.3mm 균열이 다수 조사되었고, 손상부는 우수유입에 의한 손상 진전으로 들뜸 및 파손 등의 손상이 추가 조사되었다.
- 금회 정밀조사로 인한 손상의 물량 수정 및 물량의 손상명 변동이 실시 되었고, 증감량은 아래 표와 같다.

【표 3.2】바닥판 외관조사 결과

구분	균열(m/개소)		파손,들뜸,박리,박락 (㎡/개소)	재료분리 (㎡/개소)	박락 및 철근노출 (㎡/개소)	백태, 누수흔적 (㎡/개소)	물끊기 홈불량 (m/개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
S1	-	12.5/2	1.6/2	-	-	5.5/2	-	
S2	8.8/2	25.0/1	-	-	-	-	-	
S3	-	15.0/3	-	-	-	-	-	
S4	114.8/27	-	-	-	-	4.0/1	-	

【표 3.2】 바닥판 외관조사 결과(계속)

구분	균열(m/개소)		파손,들뜸,박리,박락 (㎡/개소)	재료분리 (㎡/개소)	박락 및 철근노출 (㎡/개소)	백태, 누수흔적 (㎡/개소)	물끊기 홈불량 (m/개소)	비고
	0.3mm미만	0.3mm이상						
S5	87.0/21	45.0/2	-	-	-	-	-	
S6	84.0/20	1.5/1	1.4/2	-	-	-	-	
S7	96.2/29	-	0.9/1	-	-	1.8/1	-	
S8	170.2/27	-	-	-	-	4.58/4	-	
S9	-	42.0/2	-	0.1/1	-	3.37/3	-	
S10	-	70.0/4	0.35/1	-	-	0.5/1	-	
S11	-	5.0/1	0.45/2	-	-	3.07/5	-	
S12	2.0/2	8.0/2	0.1/1	-	-	0.06/1		
S13	9.0/11	35.5/7	-	-	-	0.2/1	-	
S14	31.5/11	5.0/1	-	-	-	-	0.3/1	
S15	-	20.0/1	0.32/3	-	2.2/3	-	1.4/3	
S16	-	15.0/1	5.3/3	-	1.9/3	-	-	
S17	-	33.5/4	2.0/1	-	0.9/1	1.0/1	-	
S18	-	-	-	-	-	-	-	
S19	-	-	0.09/1	-	-	0.6/1	-	
합계	**603.5/149**	**333.0/32**	**12.51/17**	**0.1/1**	**5.0/7**	**24.68/21**	**1.7/4**	

	
천안방향 S1 바닥판 균열 및 들뜸	천안방향 S1 바닥판 켄틸레버 백태
	
천안방향 S1 바닥판 균열 0.3mm	천안방향 S10 바닥판 들뜸
	
천안방향 S14 물끊기홈 불량	천안방향 S19 바닥판 재료분리 보수

【사진 3.3】 바닥판 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

금회 진단은 전차 점검에 비해 들뜸 및 박락 등의 손상이 단면보수 되었고, 균열 및 박리 등의 손상이 신규 조사되었다. 신규 손상은 정밀 조사로 인한 신규 손상으로 확인되었다.

【표 3.3】바닥판 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	133ea / 593.0m	149ea / 603.5m	⬆ 10.5m	신규손상
재료분리	1ea / 0.1㎡	1ea / 0.1㎡	- -	물량변동
누수흔적	1ea / 0.06㎡	1ea / 0.06㎡	- -	물량변동
물끊기홈불량	3ea / 1.4m	4ea / 1.7m	⬆ 0.3m	신규손상
균열 (폭 0.3mm이상)	27ea / 244.0m	32ea / 333.0m	⬆ 89.0m	신규손상 물량변동
들뜸	11ea / 11.2㎡	3ea / 7.6㎡	⬇ 3.6㎡	물량수정
박락	6ea / 4.6㎡	3ea / 0.95㎡	⬇ 3.65㎡	물량수정
박리	- / -	1ea / 0.3㎡	⬆ 0.3㎡	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 나타대고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단된다. 또한 발생된 폭 0.3㎜이상 균열은 초기 건조수축 균열이 장기 공용 및 우수 유입에 의한 진행성 손상으로 추정된다, 발생된 균열은 내구성 확보 차원의 주입보수 및 폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 재료분리의 경우 시공당시 다짐 불량에 의한 시공미흡 손상으로 국부적으로 발생된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 요구된다.
- 캔틸레버에 발생한 들뜸, 파손 및 철근노출, 박리 구간은 종조인트부 누수로 인한 손상은 없는 것으로 조사되었고, 캔틸레버 하면에서 누수되는 비산수로 인한 장기적인 습윤 상태 및 피복부족으로 인한 층분리, 철근부식, 박리가 발생하였다. 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 표면처리 등의 유지관리가 필요하다.

나. 강박스 거더

본 교량은 19경간 최대경간장 75.0m, 길이 1,135m의 강상자형 교량이다.

강박스 거더 내·외부에 대한 점검은 붕괴유발부재(F.C.M)에 대한 점검을 중점적으로 시행하였으며, 특히, 피로균열 발생 부재, 부식에 의한 단면감소, 구조적인 변형 여부, 도장손상 등 안전성, 내구성 및 사용성에 영향을 미치는 결함에 대하여 조사를 수행하였다.

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



강박스 거더 내부 전경



강박스 거더 외부 전경

【사진 3.4】강박스 거더 전경

1) 강박스 거더 내부

① 외관조사 결과

- 강박스 거더 내부에 대한 외관조사 국부적인 도장손상 및 환기구 볼트 망실, 이물질 퇴적 등의 손상이 조사되었고, 정밀조사로 인한 추가 손상이 조사되었다.
- 기 손상인 화재이력 및 용접불량이 확인되었고, 진전은 없는 것으로 판단된다.
- 기 손상인 이물질퇴적이 조사되었고, 기존 누락 손상이 추가로 확인되었다.

【표 3.4】강박스 거더 내부 외관조사 결과

구 분	도장손상 (㎡/개소)	부식 (㎡/개소)	강재긁힘 (㎡/개소)	변형 (m/개소)	이물질 퇴적, 우수유입흔적 (㎡/개소)	기타 손상 (개소)	비고
S1	0.05/1	-	-	-	0.01/1	-	
S2	0.04/1	-	-	0.2/1	-	1	

【표 3.4】 강박스 거더 내부 외관조사 결과(계속)

구 분	도장손상 (㎡/개소)	부식 (㎡/개소)	강재긁힘 (㎡/개소)	변형 (m/개소)	이물질 퇴적, 우수유입흔적 (㎡/개소)	기타 손상 (개소)	비고
S4	0.01/1	0.03/1	-	-	1.06/3	-	
S5	0.02/1	-	-	-	9.52/2	4	
S6	0.9/9	0.9/2	-	-	-	-	
S7	0.36/4	0.52/3	-	-	-	-	
S8	0.37/5	0.01/1	-	-	-	-	
S9	0.03/3	0.01/1	-	-	-	-	
S10	0.12/3	-	-	-	0.09/1	-	
S11	0.45/5	-	-	-	0.4/1	-	
S12	0.48/15	-	-	-	-	-	
S13	0.55/9	0.01/1	-	-	-	-	
S14	0.73/5	-	-	-	-	-	
S15	1.89/10	0.26/2	-	-	-	-	
S16	3.54/22	0.01/1	0.01/1	-	-	-	
S17	0.76/8	-	-	-	-	-	
S18	0.04/3	-	-	-	-	4	
S19	0.02/1	-	-	-	4.0/1	-	
합계	**10.36/106**	**1.75/12**	**0.01/1**	**0.2/1**	**15.08/9**	**9**	

	
천안방향 S1 G2 이물질퇴적	천안방향 S2 G2 부식
	
천안방향 S2 G2 부식	천안방향 S3 G1 부식
	
천안방향 S3 G1 주형내부 우수유입흔적	천안방향 S5 G1 주형내부 환기구 볼트 망실

【사진 3.5】 강박스 거더 손상현황

	
천안방향 S6 G1 주형내부 도장박리	천안방향 S7 G2 주형내부 도장박리
	
천안방향 S11 G2 이물질퇴적	천안방향 S12 G2 주형내부 도장박리

【사진 3.5】 강박스 거더 내부 손상현황(계속)

2) 기 점검 결과와의 비교·분석

거더의 전차 점검과의 외관조사 비교 결과, 우수유입흔적, 이물질퇴적, 환기구 볼트 풀림, 망실, 강재 긁힘 등의 손상이 신규 조사되었고, 정밀조사로 인한 신규손상 및 기존 누락 손상으로 확인되었다.

【표 3.5】 강박스 거더 내부 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
도장손상	103ea / 9.98㎡	104ea / 10.23㎡	⬆ 0.25㎡	변동없음
부식, 점부식, 그을음	13ea / 2.1㎡	12ea / 1.75㎡	⬇ 0.35㎡	물량변동
전등탈락	- / -	1ea / 1ea	⬆ 1ea	신규손상
변형	1ea / 0.2㎡	1ea / 0.2㎡	- -	변동없음
우수유입흔적	- / -	1ea / 0.05㎡	⬆ 0.05㎡	신규손상
환기구볼트망실	- / -	4ea / 4ea	⬆ 4ea	신규손상
강재 긁힘	- / -	1ea / 0.01㎡	⬆ 0.01㎡	신규손상
환기구 볼트 풀림	- / -	4ea / 4ea	⬆ 4ea	신규손상
이물질퇴적	6ea / 9.7㎡	8ea / 15.03㎡	⬆ 5.33㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 웅진대교의 거더 내부에 발생한 도장박리 및 부식 등의 도장손상은 장기 공용에 의한 열화 및 시공미흡으로 인한 손상으로 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 미미한 상태이나, 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 등의 조치후 진전시 재도장 등의 보수가 요구된다.
- 기타 이물질퇴적, 환기구 볼트 미체결 등은 청소 및 볼트 재체결 등의 유지관리가 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.
- 금회 정밀 조사로 인해 도장박리 및 탈락이 신규 조사되었고, 손상은 정밀 조사로 인한 기존 누락 손상으로 추정된다.

【표 3.6】 강박스 거더 외부 외관조사 결과

구 분	도장손상 (㎡/개소)	부식 (㎡/개소)	볼트탈락 (개소)	볼트부식, 도장손상 (개소)	비 고
S1	6.26/6	0.14/4	-	-	
S2	7.51/7	0.10/2	-	-	
S3	6.28/6	0.04/2	-	-	
S5	-	-	-	6	
S6	0.07/3	0.11/6	-	17	
S7	-	0.5/26	1	-	
S8	-	0.4/12	-	-	
S9	-	0.45/7	-	-	
S10	0.02/2	0.69/6	-	-	
S11	-	0.21/7	-	-	
S12	-	0.11/5	-	-	
S13	0.14/5	0.03/1	-	-	
S14	0.1/1	0.08/3	-	-	
S15	-	0.05/1	-	-	
S16	-	0.48/5	-	3	
S17	-	0.3/1	-	-	
S18	0.07/2	0.13/2	-	-	
S19	-	0.03/2	-	-	
합계	**20.5/34**	**3.85/92**	**1**	**26**	

	
천안방향 S3 G1 주형외부 부식	천안방향 S6 G1 주형외부 볼트 도장박리
	
천안방향 S9 G1 주형외부 하부 부식	천안방향 S14 G2 주형외부 하부 긁힘

【사진 3.6】 강박스 거더 외부 손상현황

3) 기 점검 결과와의 비교·분석

거더외부의 전차 점검과의 외관조사 결과, 일부 부식이 신규 발생하였고, 볼트 부식은 물량 변동이 발생하였다. 손상은 정밀 조사로 인한 물량 변동 및 누락 손상으로 확인되었다. 거더 내부는 금회 조사한 외관조사 결과로 향후 유지보수를 시행하는 것이 용이할 것으로 판단된다.

【표 3.7】 강박스 거더 외부 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
도장박리, 탈락	15ea / 0.4㎡	34ea / 20.5㎡	⬆ 20.1㎡	신규손상
부식	72ea / 3.3㎡	92ea / 3.85㎡	⬆ 0.55㎡	신규손상
볼트부식	28ea / 28ea	26ea / 26ea	⬇ 2ea	물량변동
볼트탈락	1ea / 1ea	1ea / 1ea	- -	변동없음

4) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 발생한 부식 및 점부식은 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 열화로, 면적 대비 손상은 일부분으로 확인된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요하다.

다. 가로보 및 세로보

본 교량의 거더와 거더 사이에는 가로보 및 세로보가 시공되어 있으며 가로보는 3.125m 간격을 유지하고 있다. 본 조사시 고소점검차를 이용하여 상세외관조사를 수행하였다.



가로보 및 세로보 전경



가로보 및 세로보 전경

【사진 3.7】 가로보 및 세로보 전경

1) 외관조사 결과

- 가로보는 경미한 부식이 발생하였다. 금회 정밀 조사로 인한 신규 손상이 일부 추가 조사되었다.
- 세로보는 별다른 손상이 발생하지 않은 전반적으로 양호한 상태이다.

【표 3.8】 가로보 및 세로보 외관조사 결과

구 분	도장손상 (㎡/개소)	부식 (㎡/개소)	비고
S6	0.01/1	-	
S9	0.01/1	0.19/3	
S11	0.01/1	-	
S18	0.03/1	0.05/1	
S19	-	0.1/1	
함 계	**0.06/4**	**0.34/5**	

	
천안방향 S9 가로보 도장박리	천안방향 S18 가로보 도장긁힘

【사진 3.8】 가로보 및 세로보 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

가로보 및 세로보에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 도장긁힘 및 도장박리 손상이 정밀조사로 인한 신규 발생하였고, 기존 누락 손상으로 추정된다.

【표 3.9】 가로보 및 세로보 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
도장박리	2ea / 0.02㎡	3ea / 0.03㎡	⬆ 0.01㎡	신규손상
부식	5ea / 0.34㎡	5ea / 0.34㎡	- -	변동없음
도장긁힘	- / -	1ea / 0.03㎡	⬆ 0.03㎡	신규손상

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 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 국부적으로 확인된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요하다.

3.2.2 하부구조

가. 교대

웅진대교의 하부구조는 천안, 논산 각각 2기의 역T형 교대와 18기의 라멘식 교각으로 구성되어 있으며, 각 하부 구조물의 기초형식은 교대는 직접+말뚝기초, 교각은 말뚝기초로 시공되어 있다.



교대 A1 전경



교대 A1 전경

【사진 3.9】교대 전경

1) 외관조사 결과

- 교대에 발생한 균열은 대부분 폭 0.1~0.2㎜로서 수직균열의 형태로 발생하였다.
- 신축이음하부 누수로 인하여 교대에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않았다.
- 금회 정밀조사로 인한 콘크리트 파손, 박락 등의 신규 손상이 조사되었고, 기존 누락손상으로 확인되었다.

【표 3.10】교대 외관조사 결과

구 분	균열 0.3㎜미만 (m/개소)	누수흔적	균열부 백태 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	비 고
A1	2.4/1	2.8/3	0.4/2	-	-	
A2	9.3/8	-	-	0.1/1	0.5/2	
합 계	**11.7/9**	**2.8/3**	**0.4/2**	**0.1/1**	**0.5/2**	

	
천안방향 교대 A1 균열 0.2mm	천안방향 교대 A1 균열부 백태
	
천안방향 교대 A1 누수흔적	천안방향 교대 A1 백태
	
천안방향 교대 A2 박락	천안방향 교대 A2 백태

【사진 3.10】교대 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 균열(폭 0.3mm이상)에 대해 보수가 실시되었으며, 표면열화(박리, 들뜸 등) 손상이 신규 및 진전 된 것으로 조사되었다.

【표 3.11】교대 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	9ea / 11.7m	9ea / 11.7m	- -	변동없음
균열부 백태	2ea / 0.2㎡	2ea / 0.4㎡	⬆ 0.2㎡	면적증가
누수흔적	1ea / 1.8㎡	3ea / 2.8㎡	⬆ 1.0㎡	신규손상
백태	2ea / 0.5㎡	2ea / 0.5㎡	- -	변동없음
박락	1ea / 0.1㎡	1ea / 0.1㎡	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교대에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 구조적 균열은 없는 것으로 확인되었다, 기 발생한 균열은 손상의 진전시 균열 폭에 따라 표면처리 등을 실시해야 한다.
- 교대에 발생한 박락 등의 단면손상은 시공중 외부 충격에 의한 손상 및 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 손상의 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 조치가 요구된다.
- 교대 날개벽과 바닥판의 이격 등은 발생하지 않은 것으로 나타났으며 교대의 측방유동은 발생하지 않은 것으로 판단된다.

나. 교각

	
교각 전경	교각 전경

【사진 3.11】교각 전경

1) 외관조사 결과

- 교각에 발생된 주요 손상으로 폭 0.1~0.2㎜ 수직균열, 폭 0.2m 이하의 망상균열이 조사되었다.
- 신축이음 하부 누수로 인하여 교각에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않았다.
- 기타 경미한 박락, 들뜸 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.12】교각 외관조사 결과

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	누수흔적, 표면오염 (㎡/개소)	박리,박락, 긁힘,탈락, 재료분리 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상					
P1	42.2/52	-	19.0/2	-	0.08/1	-	
P2	46.6/56	-	2.35/3	-	-	-	
P3	96.3/69	-	2.56/3	-	-	-	
P4	47.8/47	-	9.0/1	2.0/1	-	-	
P5	48.9/49	-	12.0/1	-	-	-	
P6	57.0/69	-		-	-	-	
P7	42.5/52	-	17.6/2	-	-	-	
P8	21.4/33	-	19.6/4	55.1/5	0.76/2	-	

【표 3.12】 교각 외관조사 결과(계속)

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	누수흔적, 표면오염 (㎡/개소)	박리,박락, 긁힘,탈락, 재료분리 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상					
P9	43.7/47	-	19.04/4	-	20.04/2	-	
P10	65.5/57	-	12.0/2	-	0.27/6	-	
P11	34.3/44	2.0/1	1.5/1	-	10.17/5	-	
P12	47.2/47	-	3.5/2	-	2.78/5	-	
P13	68.8/48	0.3/1	10.0/1	-	10.0/2	-	
P14	40.2/23	-	16.0/1	-	3.36/5	-	
P15	37.3/31	-	-	-	-	4.8/1	
P16	36.1/31	-	0.05/1	-	0.75/9	-	
P17	9.9/14	-	0.25/1	-	11.06/4	-	
P18	18.4/23	-	1.8/1	-	1.7/2	-	
합 계	**804.1/792**	**2.3/2**	**146.25/30**	**56.1/6**	**60.97/43**	**4.8/1**	

	
천안방향 교각 P1 기둥부 균열 0.2mm	천안방향 교각 P4 누수흔적
	
천안방향 교각 P10 기둥부 들뜸	천안방향 교각 P10 기둥부 박락
	
천안방향 교각 P12 코핑부 망상균열	천안방향 교각 P17 코핑부 균열 0.2mm

【사진 3.12】교각 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교각에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 균열(폭 0.3mm이상) 및 폼타이 누수에 대해 보수가 실시되었으며, 콘크리트 들뜸 및 백태 손상이 추가 발생된 것으로 조사되었다.

【표 3.13】교각 기 점검 결과 비교

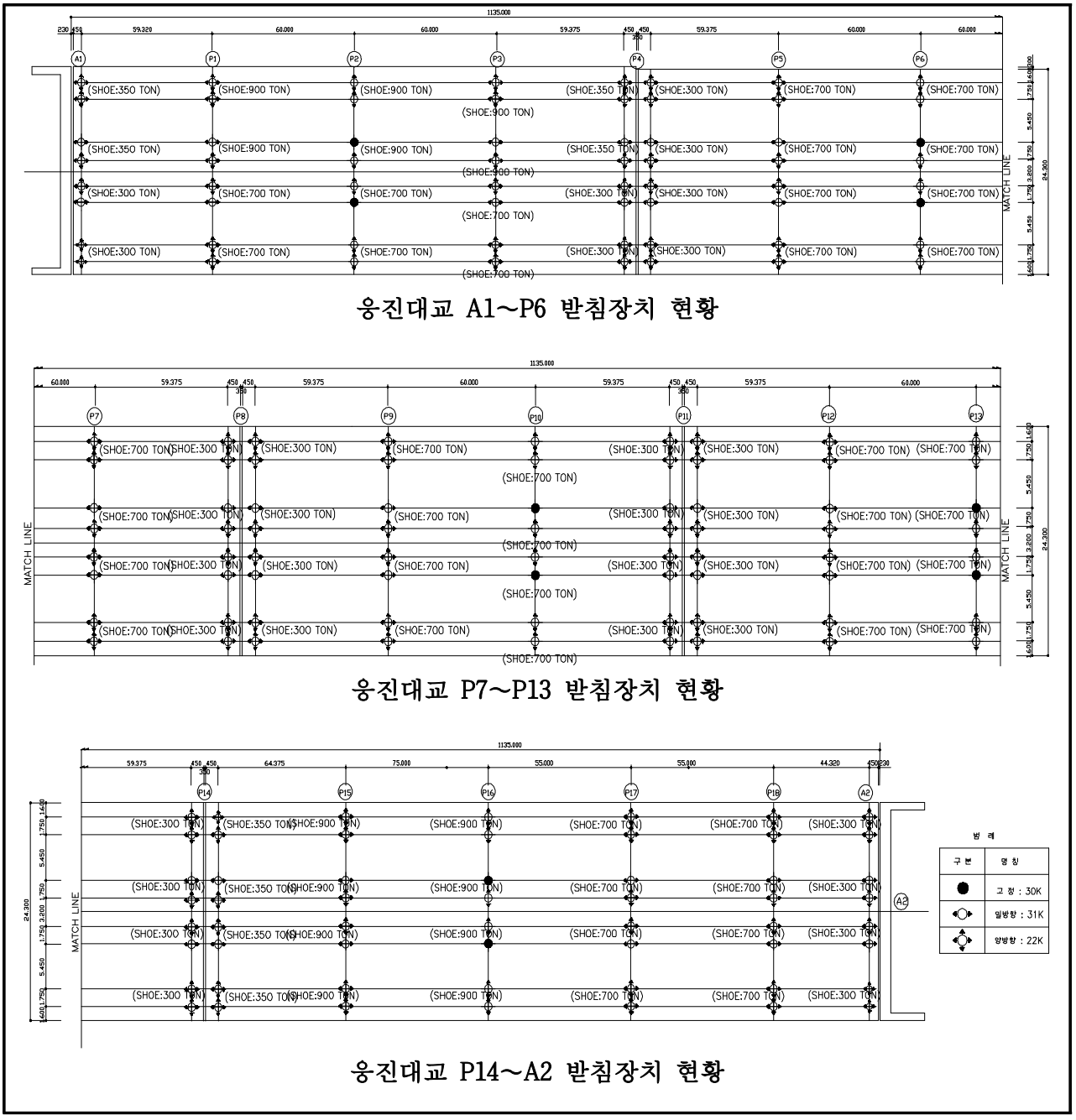
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	788ea / 803.3m	792ea / 804.1m	⬆ 0.8m	신규손상
균열 (폭 0.3mm이상)	2ea / 2.3m	2ea / 2.3m	- -	변동없음
망상균열	29ea / 143.25㎡	30ea / 146.25㎡	⬆ 3.0㎡	신규손상
누수흔적, 표면오염	6ea / 56.1㎡	6ea / 56.1㎡	- -	변동없음
박리, 박락, 긁힘, 탈락, 재료분리	43ea / 60.97㎡	43ea / 60.97㎡	- -	변동없음
백태	1ea / 4.8㎡	1ea / 4.8㎡	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교각에서 조사된 균열은 균열 및 망상균열의 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.
- 외부충격에 의한 파손과 다짐불량에 의한 들뜸, 박락 및 긁힘은 내구성에 별다른 영향을 미치지 않으나 손상진전 방지 및 내구성 유지를 위하여 손상의 진전시 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 기손상인 표지판 탈락, 잡철노출 등의 손상의 주의관찰이 요구된다.

3.2.3 교량받침

본 교량의 받침 형식은 포트받침(Pot Bearing)이며, 각 교량 당 5개소의 고정단 받침, 3개소의 교축직각 일방향 받침, 15개소의 교축 일방향 받침 및 45개소의 양방향 받침으로 총 160개의 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.



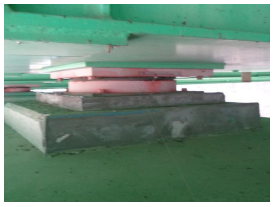
응진대교 A1~P6 받침장치 현황

응진대교 P7~P13 받침장치 현황

응진대교 P14~A2 받침장치 현황

【그림 3.1】교량받침 배치도

【표 3.14】교량받침 현황

가동방향		현황사진	용량(ton)		가동량(mm)	설치개소
일방향	교축방향		교대	350.0	±100.0	6
			교각	700.0		
	교축 직각방향		교각	700.0	-	4
양방향			교대	300.0	±100.0	21
			교각	700.0		
고정단			교각	900.0	-	2

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 여부 뿐만 아니라 강재 부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성, 사용성 등에 대한 현장조사를 시행하였다.
- 받침장치의 외관조사 결과, 금회 정밀조사로 인한 일부 신규손상이 발생하였으며, 신규손상은 기존 누락 손상으로 확인되었고, 전반적으로 구조적인 손상이 없는 양호한 것으로 확인되었다.
- 일부 받침콘크리트 및 받침몰탈의 균열, 단면손상이 조사되었다.
- 강재 플레이트에 발생한 녹발생 및 부식의 경우 우수유입에 의한 손상으로 현재 경미한 손상으로 확인되었다.

【표 3.15】교량받침 외관조사 결과

구 분	받침 Con'c균열 (m/개소)		받침 Con'c 들뜸, 파손 (㎡/개소)	Plate 도장손상 (㎡/개소)	볼트풀림 볼트부식 (개소)	전단키 용접부 부식 (㎡/개소)	고무재 들뜸 (m/개소)	기타 손상 (EA)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상							
A1	0.1/1	-	-	0.5/2	7	-	-	3	
P1	2.1/8	-	-	0.01/1	-	-	-	-	
P2	0.2/1	0.2/1	-	0.12/3	-	-	-	-	
P3	-	-	-	0.08/2	-	-	-	-	
P4	0.1/1	-	-	5.0/5	-	-	-	1	
P5	0.8/8	-	-	0.5/2	-	-	-	1	
P6	0.2/1	-	-	-	-	-	-	-	
P7	0.1/1	-	-	-	-	-	-	-	
P8	1.0/4	0.1/1	1.11/6	8.0/8	-	0.1/1	-	7	
P9	4.6/23	-	-	4.05/9	-	-	-	1	
P10	0.8/2	-	-	4.01/5	-	-	-	-	
P11	1.0/3	-	-	8.0/8	-	-	-	3	
P12	1.0/7	-	-	4.2/7	-	-	-	-	
P13	1.4/11	-	-	0.13/3	-	-	-	1	
P14	3.0/11	-	0.02/1	3.25/4	-	-	-	4	
P15	2.55/19	-	-	3.0/3	-	-	0.3/1	-	
P16	1.4/9	-	-	4.23/10	1	-	-	-	
P17	0.95/6	-	-	0.2/1	1	-	-	-	
P18	3.5/23	-	-	5.01/6	-	-	-	1	
A2	0.2/2	-	-	1.0/4	-	-	-	1	
합계	**25.0/141**	**0.3/2**	**1.13/7**	**48.04/79**	**9**	**0.1/1**	**0.3/1**	**23**	

	
천안방향 교량받침 A1-SH1 플레이트 부식	천안방향 교량받침 A2-SH1 받침콘크리트 균열
	
천안방향 교량받침 A2-SH4 고무재 파손	천안방향 교량받침 P6-SH1 받침콘크리트 균열
	
천안방향 교량받침 P8-SH7 받침콘크리트 들뜸	천안방향 교량받침 P8-SH8 받침콘크리트 들뜸

【사진 3.13】교량받침 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

교량받침에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 균열(폭 0.3mm이상) 및 폼타이 누수에 대해 보수가 실시되었으며, 콘크리트 들뜸 및 백태 손상이 추가 발생된 것으로 조사되었다.

【표 3.16】교량받침 기 점검 결과 비교

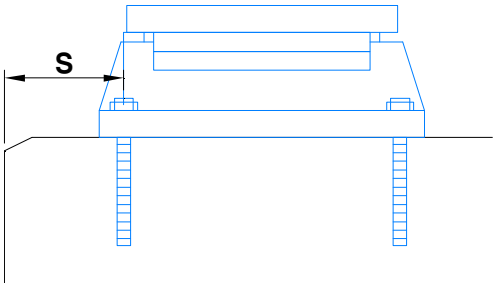
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
받침콘크리트 균열	139 / 24.6m	141ea / 25.0m	⬆ 0.4m	물량이동
받침콘크리트 균열 (폭 0.3mm이상)	2ea / 0.3m	2ea / 0.3m	- -	변동없음
받침콘크리트 들뜸	5ea / 0.7㎡	7ea / 1.13㎡	⬆ 0.43㎡	신규손상
도장박리	23ea / 7.6㎡	46ea / 20.3㎡	⬆ 12.7㎡	신규손상
부식	- / -	28ea / 27.2㎡	⬆ 27.2㎡	신규손상
파손	- / -	1ea / 0.02㎡	⬆ 0.02㎡	신규손상
도장들뜸	- / -	3ea / 0.09㎡	⬆ 0.09㎡	신규손상
받침부식	- / -	4ea / 3.25㎡	⬆ 3.25㎡	신규손상
고무재 들뜸	- / -	1ea / 0.3㎡	⬆ 0.3㎡	신규손상
볼트부식	- / -	7ea / 7ea	⬆ 7ea	신규손상
볼트풀림	5ea / 5ea	5ea / 5ea	- -	변동없음
고무재파손	- / -	3ea / 3ea	⬆ 3ea	신규손상
먼지막이고무링파손	8ea / 8ea	8ea / 8ea	- -	변동없음
전단키 용접부 부식	- / -	1ea / 0.1㎡	⬆ 0.1㎡	신규손상
이동량표지판탈락	9ea / 9ea	9ea / 9ea	- -	변동없음

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 받침부식 및 도장손상은 장기공용 및 외기에 부식이 발생한 것으로 판단되며, 별도의 도장보다는 부식제거 후 재도장이 효과적일 것으로 판단되며, 재손상 발생 여부 파악을 위한 주기적인 점검이 요구된다.
- 받침몰탈 및 받침콘크리트에 발생한 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상의 진전 및 확대시 주입보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.
- 받침콘크리트에 발생한 들뜸은 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며 손상의 진전시 단면보수 등의 조치가 필요하다.

다. 연단거리 검토

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



< 포트받침 >

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

【그림 3.2】도로교설계기준 연단거리 산출방법

1) 연단거리 산출

- 거더의 경간길이 100m이하 : S = 20 + 0.5L
- 거더의 경간길이 100m이상 : S = 30 + 0.4L


연단거리 측정 전경(A1)

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 연단거리 조사결과

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)								검토 결과
			천안방향				논산방향				
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	Sh7	Sh8	
A1		500.0	570	570	590	590	580	580	570	570	O.K
P1	A1측		950	950	950	930	930	930	960	840	O.K
	A2측		970	970	970	970	880	940	910	930	O.K
P2	A1측		1040	1020	1000	1000	860	860	890	890	O.K
	A2측		980	1000	1020	1020	880	900	890	880	O.K
P3	A1측		950	950	970	970	890	870	880	860	O.K
	A2측		950	950	930	950	950	950	960	970	O.K
P4	A1측		660	670	670	670	670	670	680	680	O.K
	A2측		660	690	670	670	670	650	670	690	O.K
P5	A1측		930	900	900	890	970	960	950	950	O.K
	A2측		930	940	940	940	970	970	980	980	O.K
P6	A1측		890	890	910	920	920	930	920	900	O.K
	A2측		890	890	920	920	920	920	930	930	O.K
P7	A1측		930	910	900	900	930	950	940	910	O.K
	A2측		890	890	930	940	950	950	940	910	O.K
P8	A1측		620	630	620	630	700	710	730	700	O.K
	A2측		640	630	640	640	680	690	670	670	O.K
P9	A1측		900	910	910	900	920	930	940	950	O.K
	A2측		910	940	920	900	900	940	910	940	O.K

【표 3.17】교대 및 교각 받침부 연단거리 조사결과(계속)

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜) 천안방향				검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
P10	A1측	500.0	930	910	910	890	O.K
	A2측		890	890	910	910	O.K
P11	A1측		550	590	580	600	O.K
	A2측		640	630	650	650	O.K
P12	A1측		920	900	910	910	O.K
	A2측		920	900	880	900	O.K
P13	A1측		890	880	880	860	O.K
	A2측		890	880	880	860	O.K
P14	A1측	525	640	610	610	580	O.K
	A2측		590	570	580	590	O.K
P15	A1측	575	850	840	840	840	O.K
	A2측		800	810	840	840	O.K
P16	A1측	475	800	810	830	820	O.K
	A2측		780	790	800	800	O.K
P17	A1측		890	870	920	940	O.K
	A2측		880	840	880	890	O.K
P18	A1측	425	840	850	870	880	O.K
	A2측		840	850	840	850	O.K
A2			540	520	550	550	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:4.9℃(11월 15일), 2차:12.4℃(3월 28일))에 걸쳐 측정하였으며, 온도는 기상청 일평균 온도를 적용하였다.



교량받침 가동량 측정(Sh1)



교량받침 가동량 측정(Sh2)

【사진 3.14】교량받침 가동량 측정 전경

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 온도 변화에 따른 변동량 측정1) 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

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	Sh1	5 (A2)	15 (A1)	10.0	10.8	
	Sh2	5 (A2)	15 (A1)	10.0		
	Sh3	5 (A2)	15 (A1)	10.0		
	Sh4	0	15 (A1)	15.0		
P1	Sh1	13 (A2)	8 (A2)	5.0	5.4	
	Sh2	13 (A2)	8 (A2)	5.0		
	Sh3	10 (A2)	5 (A2)	5.0		
	Sh4	10 (A2)	5 (A2)	5.0		
P2	고정단					
P3	Sh1	3 (A1)	5 (A2)	2.0	5.4	
	Sh2	3 (A1)	5 (A2)	2.0		
	Sh3	3 (A1)	5 (A2)	2.0		
	Sh4	3 (A1)	5 (A2)	2.0		
P4	Sh1	0	10 (A2)	10.0	10.8	
	Sh2	0	10 (A2)	10.0		
	Sh3	3 (A1)	0	3.0		
	Sh4	3 (A1)	3 (A2)	0.0		
	Sh5	0	10 (A1)	10.0		
	Sh6	0	10 (A1)	10.0		
	Sh7	0	9 (A1)	9.0		
	Sh8	0	2 (A1)	2.0		

【표 3.18】 교량받침 가동상태 검토결과(계속)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P5	Sh1	0	5 (A1)	5.0	5.4	
	Sh2	5 (A1)	5 (A1)	0.0		
	Sh3	5 (A1)	0	5.0		
	Sh4	5 (A1)	0	5.0		
P6	고정단					
P7	Sh1	0	5 (A2)	5.0	5.4	
	Sh2	0	5 (A2)	5.0		
	Sh3	0	5 (A2)	5.0		
	Sh4	0	5 (A2)	5.0		
P8	Sh1	15 (A1)	10 (A2)	5.0	10.8	
	Sh2	15 (A1)	10 (A2)	5.0		
	Sh3	15 (A1)	10 (A2)	5.0		
	Sh4	15 (A1)	10 (A2)	7.0		
	Sh5	5 (A2)	10 (A1)	5.0		
	Sh6	5 (A2)	10 (A1)	5.0		
	Sh7	5 (A2)	10 (A1)	5.0		
	Sh8	5 (A2)	10 (A1)	5.0		
P9	Sh1	15 (A2)	12 (A2)	3.0	5.4	
	Sh2	5 (A2)	5 (A2)	0.0		
	Sh3	5 (A2)	0	5.0		
	Sh4	10 (A2)	0	10.0		
P10	고정단					
P11	Sh1	10 (A2)	5 (A2)	5.0	5.4	
	Sh2	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
	Sh3	15 (A2)	15 (A2)	0.0		
	Sh4	15 (A2)	15 (A2)	0.0		
	Sh5	5 (A2)	5 (A1)	0.0	10.8	
	Sh6	5 (A2)	5 (A1)	0.0		
	Sh7	5 (A2)	5 (A1)	0.0		
	Sh8	5 (A2)	0	5.0		
P12	Sh1	5 (A2)	15 (A2)	10.0	5.4	
	Sh2	10 (A2)	15 (A2)	5.0		
	Sh3	10 (A2)	15 (A2)	5.0		
	Sh4	10 (A2)	15 (A2)	5.0		
P13	고정단					
P14	Sh1	10 (A2)	20 (A2)	10.0	5.4	
	Sh2	10 (A2)	20 (A2)	10.0		
	Sh3	10 (A2)	30 (A2)	20.0		
	Sh4	10 (A2)	30 (A2)	20.0		
	Sh5	10 (A1)	10 (A1)	0.0	11.7	
	Sh6	10 (A1)	10 (A1)	0.0		
	Sh7	20 (A1)	5 (A1)	15.0		
	Sh8	20 (A1)	5 (A1)	15.0		

【표 3.18】 교량받침 가동상태 검토결과(계속)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P15	Sh1	0	12 (A1)	12.0	6.8	
	Sh2	0	12 (A1)	12.0		
	Sh3	0	20 (A1)	20.0		
	Sh4	0	20 (A1)	20.0		
P16	고정단					
P17	Sh1	5 (A2)	5 (A2)	0.0	5.0	
	Sh2	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
	Sh3	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
	Sh4	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
P18	Sh1	5 (A2)	15 (A2)	10.0	9.9	
	Sh2	0	15 (A2)	15.0		
	Sh3	0	15 (A2)	15.0		
	Sh4	0	15 (A2)	15.0		
A2	Sh1	15 (A1)	5 (A2)	10.0	14.0	
	Sh2	15 (A1)	10 (A2)	5.0		
	Sh3	0	10 (A2)	10.0		
	Sh4	0	10 (A2)	10.0		

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

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

【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	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
P1	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P2	고 정 단								
P3	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P4	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
P5	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P6	고 정 단								
P7	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P8	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
P9	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P10	고 정 단								
P11	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
P12	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P13	고 정 단								
P14	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	12.5	29.5
	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	130	23.2	54.8	13.3	36.6	68.1
P15	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	75	13.4	31.6	0	13.4	31.6
P16	고 정 단								
P17	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	55	9.8	23.2	0	9.8	23.2
P18	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	110	19.7	46.3	13.3	33.0	59.7
A2	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	155	24.5	65.3	13.3	37.8	78.6

1) 조사당시 온도 : 4.9℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)

2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.20】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	5 (A2)	34.8	63.9	95.0	105.0	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			95.0	105.0	±100	O.K
	Sh3	5 (A2)			95.0	105.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K
P1	Sh1	13 (A2)	10.7	25.3	87.0	113.0	±100	O.K
	Sh2	13 (A2)			87.0	113.0	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			90.0	110.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			90.0	110.0	±100	O.K
P2		고정단						
P3	Sh1	3 (A1)	10.7	25.3	97.0	103.0	±100	O.K
	Sh2	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
	Sh3	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
	Sh4	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
P4	Sh1	0	34.8	63.9	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh3	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
	Sh4	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
	Sh5	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh6	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh7	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh8	0			100.0	100.0	±100	O.K
P5	Sh1	0	10.7	25.3	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	5 (A1)			95.0	105.0	±100	O.K
	Sh3	5 (A1)			95.0	105.0	±100	O.K
	Sh4	5 (A1)			95.0	105.0	±100	O.K
P6		고정단						
P7	Sh1	0	10.7	25.3	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh3	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K
P8	Sh1	15 (A1)	34.8	63.9	85.0	115.0	±100	O.K
	Sh2	15 (A1)			85.0	115.0	±100	O.K
	Sh3	15 (A1)			85.0	115.0	±100	O.K
	Sh4	15 (A1)			85.0	115.0	±100	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

【표 3.20】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P8	Sh5	5 (A2)	34.8	63.9	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh6	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh7	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh8	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
P9	Sh1	15 (A2)	10.7	25.3	115.0	85.0	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh3	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
P10		고정단						
P11	Sh1	10 (A2)	10.7	25.3	110.0	90.0	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh3	15 (A2)			115.0	85.0	±100	O.K
	Sh4	15 (A2)			115.0	85.0	±100	O.K
	Sh5	5 (A2)	34.8	63.9	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh6	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh7	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh8	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
P12	Sh1	5 (A2)	10.7	25.3	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
P13		고정단						
P14	Sh1	10 (A2)	12.5	29.5	110.0	90.0	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh5	10 (A1)	36.6	68.1	90.0	110.0	±100	O.K
	Sh6	10 (A1)			90.0	110.0	±100	O.K
	Sh7	20 (A1)			80.0	120.0	±100	O.K
	Sh8	20 (A1)			80.0	120.0	±100	O.K
P15	Sh1	0	13.4	31.6	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh3	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

【표 3.20】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P16		고정단						
P17	Sh1	5 (A2)	9.8	23.2	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
P18	Sh1	5 (A2)	33.0	59.7	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh2	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh3	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh4	0 (A2)			100.0	100.0	±100	O.K
A2	Sh1	15 (A1)	37.8	78.6	85.0	115.0	±100	O.K
	Sh2	15 (A1)			85.0	115.0	±100	O.K
	Sh3	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

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

기상청 통계자료	·최근 10년간 부여군 기상관측소 자료 참조 ·최근 10년간 최저기온 : -19.4℃(측정일시 : 2013년 1월 4일) ·최근 10년간 최고기온 : 37.3℃(측정일시 : 2012년 8월 16일)

【표 3.21】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	5 (A2)	48.3	60.0	95.0	105.0	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			95.0	105.0	±100	O.K
	Sh3	5 (A2)			95.0	105.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K
P1	Sh1	13 (A2)	17.5	23.3	87.0	113.0	±100	O.K
	Sh2	13 (A2)			87.0	113.0	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			90.0	110.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			90.0	110.0	±100	O.K
P2		고정단						
P3	Sh1	3 (A1)	17.5	23.3	97.0	103.0	±100	O.K
	Sh2	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
	Sh3	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
	Sh4	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
P4	Sh1	0	48.3	60.0	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh3	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
	Sh4	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
	Sh5	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh6	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh7	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh8	0			100.0	100.0	±100	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

【표 3.21】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P5	Sh1	0	17.5	23.3	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	5 (A1)			95.0	105.0	±100	O.K
	Sh3	5 (A1)			95.0	105.0	±100	O.K
	Sh4	5 (A1)			95.0	105.0	±100	O.K
P6		고정단						
P7	Sh1	0	17.5	23.3	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh3	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K
P8	Sh1	15 (A1)	48.3	60.0	85.0	115.0	±100	O.K
	Sh2	15 (A1)			85.0	115.0	±100	O.K
	Sh3	15 (A1)			85.0	115.0	±100	O.K
	Sh4	15 (A1)			85.0	115.0	±100	O.K
	Sh5	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh6	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh7	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh8	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
P9	Sh1	15 (A2)	17.5	23.3	115.0	85.0	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh3	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
P10		고정단						
P11	Sh1	10 (A2)	17.5	23.3	110.0	90.0	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh3	15 (A2)			115.0	85.0	±100	O.K
	Sh4	15 (A2)			115.0	85.0	±100	O.K
	Sh5	5 (A2)	48.3	60.0	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh6	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh7	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh8	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
P12	Sh1	5 (A2)	17.5	23.3	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
P13		고정단						

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

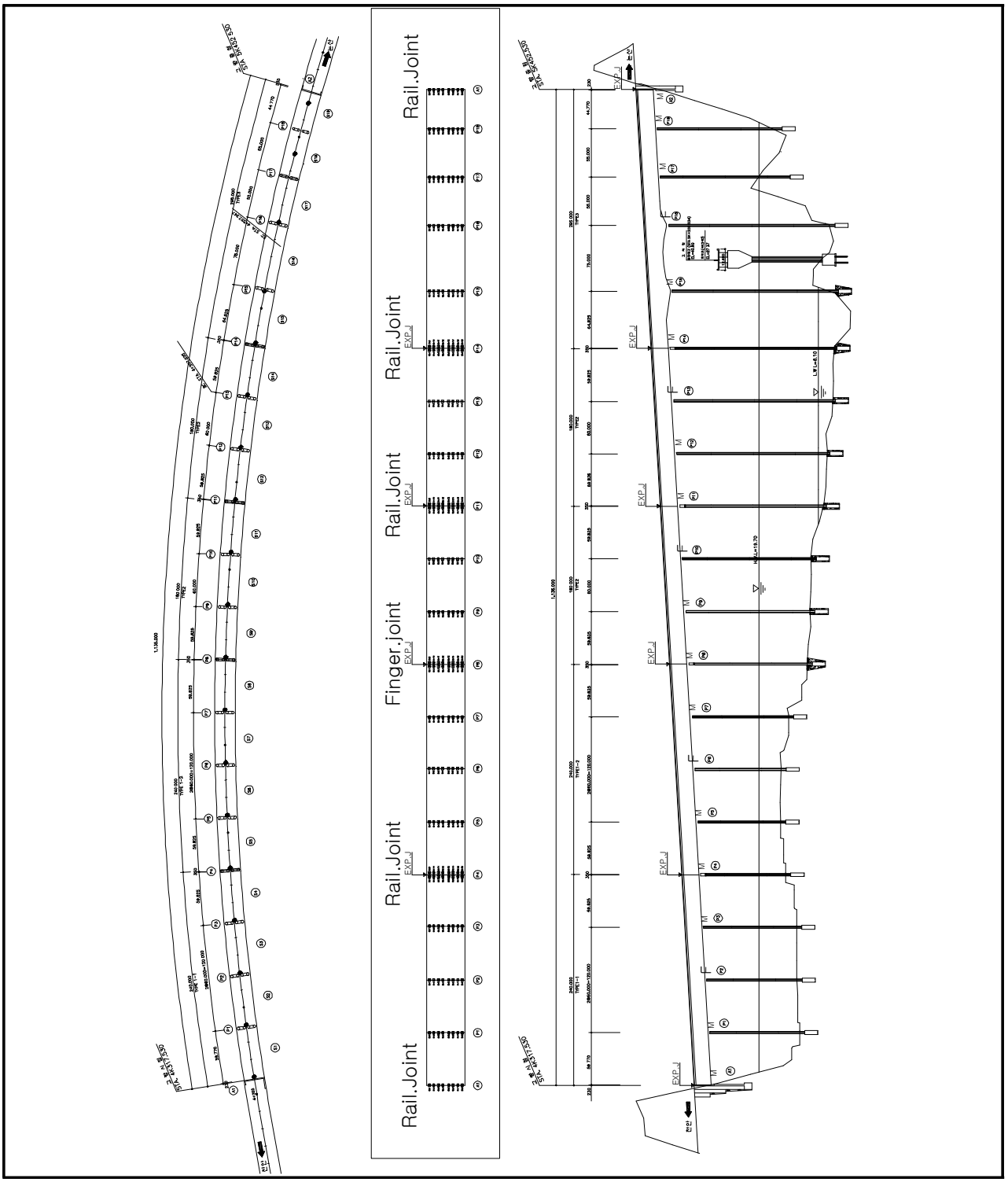
【표 3.21】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P14	Sh1	10 (A2)	17.5	23.3	110.0	90.0	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh5	10 (A1)	51.2	63.9	90.0	110.0	±100	O.K
	Sh6	10 (A1)			90.0	110.0	±100	O.K
	Sh7	20 (A1)			80.0	120.0	±100	O.K
	Sh8	20 (A1)			80.0	120.0	±100	O.K
P15	Sh1	0	21.9	29.2	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh3	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K
P16		고정단						
P17	Sh1	5 (A2)	16.0	21.4	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
P18	Sh1	5 (A2)	45.4	56.1	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh2	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh3	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K
A2	Sh1	15 (A1)	37.8	73.6	85.0	115.0	±100	O.K
	Sh2	15 (A1)			85.0	115.0	±100	O.K
	Sh3	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K

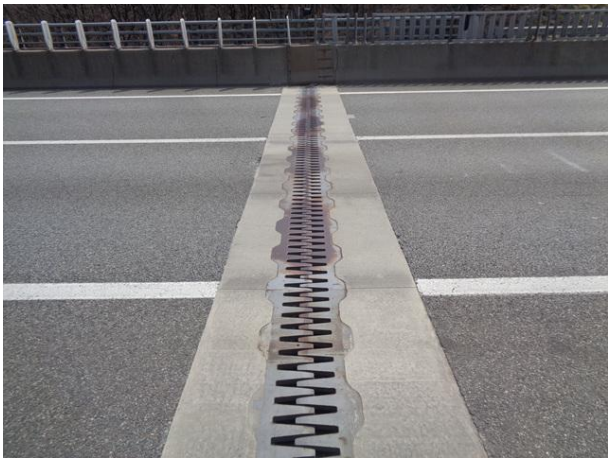
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3.2.4 신축이음장치

웅진대교 신축이음장치는 레일조인트($A1_1$, A2, P4, P11, P14), 핑거조인트(P8)로 시공되었으면 신축이음장치 현황은 <그림 2.6.1>와 같다.



【그림 3.3】 신축이음 현황

	
A1 신축이음장치	A2 신축이음장치
	
P11 신축이음장치	P14 신축이음장치

【사진 3.15】신축이음장치 전경

가. 외관조사 결과

- 신축이음장치의 외관조사 결과 신축이음장치 본체의 부식, 이물질 퇴적 등이 조사된 상태이며, 일부 규간 방호울타리 측의 신축이음 덮개 차수판 볼트 일부가 풀리거나 탈락된 상태이다. 일구 구간 국부적이 후타재 파손이 조사되었다.
- 조사된 후타재 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태이나, 일부 폭 0.3mm이상 균열이 조사되었다.

【표 3.22】신축이음장치 외관조사 결과

구분	본 체		후 타 재				차수판 설치 불량	비 고
	부식 (m/개소)	이물질 퇴적 (m/개소)	균열(m/개소)		손상 (㎡/개소)	접속부 이격 (m/개소)		
			0.3mm 미만	0.3mm 이상				
A1	-	-	3.3/8	-	-	-	-	
P4	1.0/1	6.0/6	15.5/31	-	0.23/5	3.0/1	-	
P8	-	2.0/1	8.4/21	-	0.6/4	-	-	
P11	7.5/3	3.0/3	5.0/10	1.0/2	0.34/10	2.5/1	-	
P14	24.0/8	6.6/6	6.0/12	0.5/1	0.04/2	-	1	
A2	-	-	-	-	-	-	-	
합계	**32.5/12**	**17.6/16**	**38.2/82**	**1.5/3**	**1.21/21**	**5.5/2**	**1**	



천안방향 신축이음 A1 후타재 균열



천안방향 신축이음 P4 이물질퇴적



천안방향 신축이음 P4 슬라이딩 스프링



천안방향 신축이음 P11 후타재 박락

【사진 3.16】신축이음장치 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

신축이음장치에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 본체 부식, 차수판 설치불량이 조사되었고, 신규 및 물량 변동으로 확인되었다.

【표 3.23】 신축이음장치 기 점검 결과 비교

손상내용		손상물량		손상물량 비 교	비 고
		2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
본체	유간 이물질퇴적	16ea / 17.6m	16ea / 17.6m	- -	변동없음
	본체부식	15ea / 26.9m	15ea / 32.5m	⬆ 5.6m	물량변동
후타재	후타재균열	105ea / 50m	105ea / 50m	- -	변동없음
	후타재균열 (폭 0.3mm이상)	8ea / 4.0m	8ea / 4.0m	- -	변동없음
	후타재박리, 박락, 파손	21ea / 1.6㎡	21ea / 1.6㎡	- -	변동없음
	접속부 이격	2ea / 5.5m	2ea / 5.5m	- -	변동없음
	차수판설치불량	- / -	1ea / 1ea	⬆ 1ea	신규손상

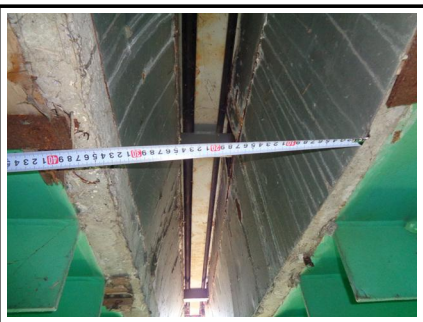
다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 신축이음장치의 본체에 발생한 부식은 신축이음장치의 양측 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 손상의 진전시 주입보수, 표면처리 등을 통한 내구성 유지가 바람직하다.

라. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차:4.9℃(11월 15일), 2차:12.4℃(3월 28일)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 3.17】 신축이음 유간 측정방법

【표 3.24】 신축이음 유간 측정결과

측정위치	측 정 값(㎜)						비 고
	신축이음장치(A)		거더 상부(바닥판)(B)		거더 하부(C)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1 (A1)	90	70	195	200	295	300	Fingger Joint (No. 160)
EXP.J2 (P4)	125	112	320	307	470	457	Rail Joint (No. 240)
EXP.J3 (P8)	130	115	290	320	470	450	Fingger Joint (No. 200)
EXP.J4 (P11)	94	80	335	330	460	475	Rail Joint (No. 160)
EXP.J5 (P14)	120	90	300	270	470	410	Rail Joint (No. 240)
EXP.J6 (A2)	100	85	280	265	280	265	Rail Joint (No. 160)

- 11월(4.9℃)과 3월(12.4℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, EXP. J1(A1) EXP. J2(P4) EXP. J3(P8) EXP. J4(P11) EXP. J5(P14) EXP. J6(A2) 의 가동상태는 이론 변동량과 유사한 것으로 나타났다.

【표 3.25】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과

측정위치		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	90	70	20.0	11.4	
	거더 상부	195	200	5.0		
	거더 하부	295	300	5.0		
EXP.J2(P4)	신축이음장치	125	112	13.0	22.8	
	거더 상부	320	307	13.0		
	거더 하부	470	457	13.0		
EXP.J3(P8)	신축이음장치	130	115	15.0	22.8	
	거더 상부	290	320	30.0		
	거더 하부	470	450	20.0		
EXP.J4(P11)	신축이음장치	94	80	14.0	17.1	
	거더 상부	335	330	5.0		
	거더 하부	460	475	15.0		
EXP.J5(P14)	신축이음장치	120	90	30.0	19.0	
	거더 상부	300	270	30.0		
	거더 하부	470	410	60.0		
EXP.J6(A2)	신축이음장치	100	85	15.0	14.7	
	거더 상부	280	265	15.0		
	거더 하부	280	265	15.0		

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

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

【표 3.26】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대수축시)	하절기 (최대신장시)
EXP.J1(A1)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	14.1	35.6	64.6
EXP.J2(P4)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	240	42.9	101.1	14.1	57.0	115.2
EXP.J3(P8)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	240	42.9	101.1	14.1	57.0	115.2
EXP.J4(P11)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	180	32.2	75.8	14.1	46.3	89.9
EXP.J5(P14)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	200	35.8	84.2	14.1	49.9	98.3
EXP.J6(A2)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	155	27.7	65.3	14.1	41.8	79.4

1) 조사당시 온도 : 4.9℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)

2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

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

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간 (㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	35.6	64.6	90	160	34.4	25.4	O.K
	거더 상부			195	160		130.4	O.K
	거더 하부			295	160		230.4	O.K
EXP.J2 (P4)	신축이음장치	57.0	115.2	125	240	58.0	9.8	O.K
	거더 상부			320	240		204.8	O.K
	거더 하부			470	240		354.8	O.K
EXP.J3 (P8)	신축이음장치	57.0	115.2	130	200	13.0	14.8	O.K
	거더 상부			290	200		174.8	O.K
	거더 하부			470	200		354.8	O.K
EXP.J4 (P11)	신축이음장치	46.3	89.9	94	160	39.7	4.1	O.K
	거더 상부			335	160		245.1	O.K
	거더 하부			460	160		370.1	O.K
EXP.J5 (P14)	신축이음장치	49.9	98.3	120	240	70.1	21.7	O.K
	거더 상부			300	240		201.7	O.K
	거더 하부			470	240		371.7	O.K
EXP.J6 (A2)	신축이음장치	41.8	79.4	100	160	18.2	20.6	O.K
	거더 상부			280	160		200.6	O.K
	거더 하부			280	160		200.6	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

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

기상청 통계자료	・최근 10년간 부여군 기상관측소 자료 참조 ・최근 10년간 최저기온 : -19.4℃(측정일시 : 2013년 1월 4일) ・최근 10년간 최고기온 : 37.3℃(측정일시 : 2012년 8월 16일)

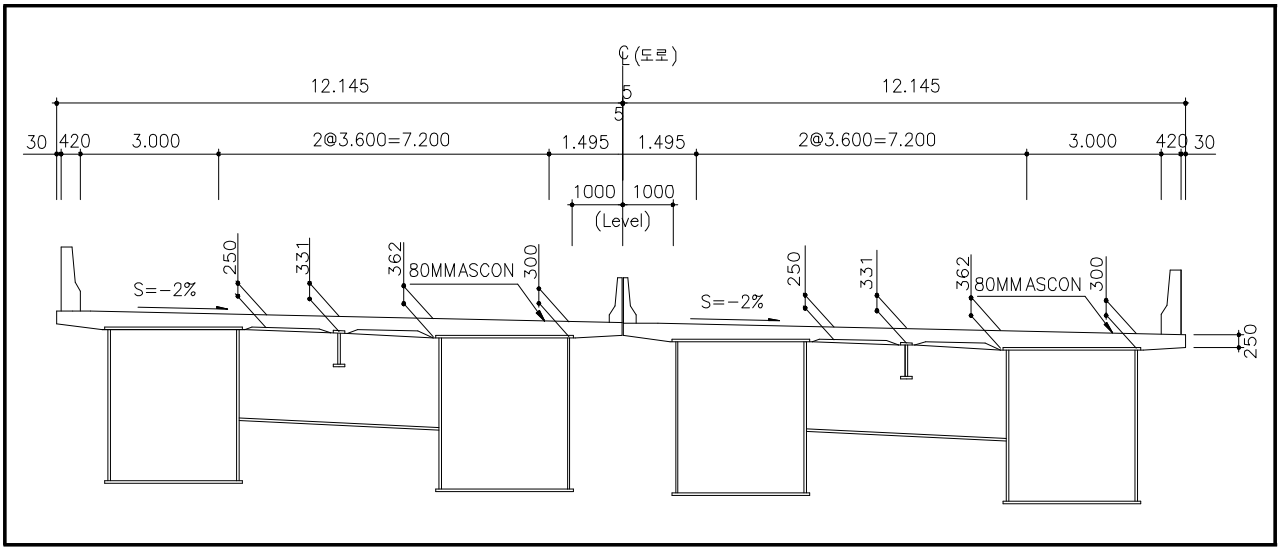
【표 3.28】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간 (㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	35.0	46.7	90	160	35.0	43.3	O.K
	거더 상부			195	160		148.3	O.K
	거더 하부			295	160		248.3	O.K
EXP.J2 (P4)	신축이음장치	70.0	93.3	125	240	45.0	31.7	O.K
	거더 상부			320	240		226.7	O.K
	거더 하부			470	240		376.7	O.K
EXP.J3 (P8)	신축이음장치	70.0	93.3	130	200	0.0	36.7	O.K
	거더 상부			290	200		196.7	O.K
	거더 하부			470	200		376.7	O.K
EXP.J4 (P11)	신축이음장치	52.5	70.0	94	160	13.5	24.0	O.K
	거더 상부			335	160		265.0	O.K
	거더 하부			460	160		390.0	O.K
EXP.J5 (P14)	신축이음장치	58.3	77.8	120	240	61.7	42.2	O.K
	거더 상부			300	240		222.2	O.K
	거더 하부			470	240		392.2	O.K
EXP.J6 (A2)	신축이음장치	45.2	60.3	100	160	14.8	39.7	O.K
	거더 상부			280	160		219.7	O.K
	거더 하부			280	160		219.7	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

3.2.5 교면포장

웅진대교(천안, 논산)의 교면포장은 STB Box Upper Flange 위 SMA 포장으로 시공되어 있으며, 웅진대교(천안, 논산)은 분리교량으로 약 5㎝가 분리되어 시공되었으며, 교폭은 각각 12.10m이다.



【그림 3.4】교면포장 현황



교면포장 전경



교면포장 전경

【사진 3.18】교면포장 전경

가. 외관조사 결과

- 본 교량의 교면포장에 대한 외관조사 결과 아스콘균열 및 망상균열, 아스콘 패임이 발생되었다.
- 기 손상인 아스콘 표면불량 및 소성변형이 조사되었다.

【표 3.29】교면포장 외관조사 결과

구분	아스콘 균열 (m/개소)	아스콘 패임 (㎡/개소)	아스콘 망상균열 (㎡/개소)	표면불량 (㎡/개소)	소성변형 (㎡/개소)	비고
S1	55.0/4	-	-	-	-	
S2	72.0/4	-	-	-	-	
S3	42.0/3	0.02/2	-	-	-	
S4	12.0/3	-	-	-	-	
S5	50.0/1	-	12.0/1	-	0.25/1	
S6	50.0/1	-	-	-	-	
S7	47.0/4	-	20.0/1	-	-	
S8	56.0/3	-	10.0/1	-	-	
S9	30.0/1	-	20.0/1	-	-	
S10	50.0/1	2.3/6	-	-	-	
S11	55.0/4	-	-	-	-	
S12	40.0/4	0.01/1	-	6.0/1	-	
S13	31.5/2	-	30.0/2	-	-	
S14	-	-	50.0/1	-	-	
S15	52.0/3	-	20.0/1	-	-	
S16	49.0/4	-	0.72/1	-	-	
S17	40.0/1	2.0/1	-	-	-	
S18	20.0/1	-	-	-	-	
S19	50.0/4	-	-	-	-	
합계	**801.5/49**	**4.33/10**	**162.72/9**	**6.0/1**	**0.25/1**	



천안방향 교면포장 S1 아스콘 균열



천안방향 교면포장 S4 아스콘 패임



천안방향 교면포장 S5 아스콘 소성변형



천안방향 교면포장 S12 표면불량

【사진 3.19】교면포장 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

교면포장에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 것으로 확인되었다.

【표 3.30】교면포장 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교		비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)			
아스콘균열	53ea / 903.50m	53ea / 903.50m	-	-	변동없음
아스콘패임	10ea / 4.33㎡	10ea / 4.33㎡	-	-	변동없음
아스콘망상균열	9ea / 162.7㎡	9ea / 162.7㎡	-	-	변동없음
소성변형	1ea / 0.25㎡	1ea / 0.25㎡	-	-	변동없음
표면불량	1ea / 6.0m	1ea / 6.0m	-	-	변동없음

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 및 소성변형은 중차량의 반복하중으로 인한 손상으로 주행성에 영향이 경미하므로, 손상의 진전시 재포장 등의 조치가 요구된다.

3.2.6 기타부재

가. 배수시설

웅진대교(천안, 논산)는 곡선교로서 (-)2.0%의 횡단 편구배를 가지고 있으므로 교면수 흐름에 의거하여 배수시설이 설치되어 있으며 이물질 혼입 방지를 위한 집수구 덮개(Grating)가 설치되어 있다.



배수구 현황



배수관 현황

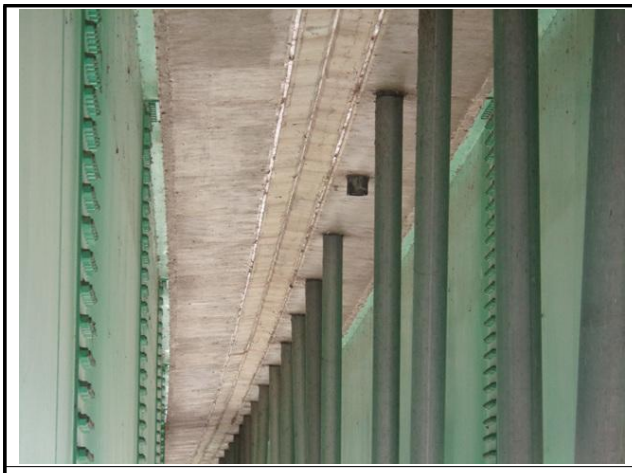
【사진 3.20】배수구 및 배수관 전경

1) 외관조사 결과

- 기 손상인 배수관 탈락이 이 조사되었다.

【표 3.31】배수시설 외관조사 결과

구 분	배수관탈락(EA)	비고
S8	1	
S9	1	
S14	1	
S15	3	
합 계	**6**	

	
천안방향 배수시설 S4 배수관 탈락	천안방향 배수시설 S15 배수관 탈락

【사진 3.21】배수관 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

배수시설에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 것으로 확인되었다.

【표 3.32】배수시설 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
배수관 탈락	6ea / 15.0m	6ea / 15.0m	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 발생한 배수관 탈락은 장기공용으로 인한 손상으로 정비 등의 조치가 요구된다.

나. 난간 및 연석(방호울타리)

웅진대교(천안, 논산)의 각 교량의 좌·우측에 차량 충돌 시 탑승자의 보호, 충돌로부터 인접 주행차량의 보호, 교면 위나 교량하부의 인명 및 재물의 보호 등을 위하여 강재 방호울타리(가드 파이프) 및 콘크리트 방호울타리(중분대)가 설치되어 있다.



방호울타리 전경



방호울타리 중분대 전경

【사진 3.22】 난간 및 연석 전경

1) 외관조사 결과

- 방호울타리에 대한 외관조사 결과 균열 및 균열부 백태, 들뜸 및 박락 등의 손상이 조사되었다.
- 방음벽은 고정핀 탈락, 변형, 파손, 하부 부식 등의 손상이 확인되었다.

【표 3.33】 방호벽 외관조사 결과

구분	균열(m/개소)		파손,들뜸,탈락,박락 (㎡/개소)	녹물 (㎡/개소)	균열부 백태 (㎡/개소)	난간변형 (㎡/개소)	이격 (m/개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
S1	7.2/9	-	-	-	6.0/25	-	-	
S2	16.0/20	-	-	-	2.4/10	5.1/1	-	
S3	16.8/21	10.4/13	0.21/5	-	-	-	-	
S4	4.0/4	-	-	-	2.64/11	-	-	
S5	-	28.4/26	-	1.35/2	-	-	-	
S6	11.0/11	7.2/9	-	-	3.6/4	-	-	
S7	4.0/4	17.8/21	-	-	-	1.0/1	-	
S8	25.0/25	24.0/30	-	-	-	-	0.16/1	

【표 3.33】 방호벽 외관조사 결과(계속)

구분	균열(m/개소)		파손,들뜸,탈락,박락 (㎡/개소)	녹물 (㎡/개소)	균열부 백태 (㎡/개소)	난간변형 (m/개소)	이격 (m/개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
S9	18.0/18	11.0/11	-	-	8.52/24	-	-	
S10	14.0/14	11.8/11	-	-	2.16/9	-	-	
S11	16.0/16	25.0/5	-	-	4.8/20	-	-	
S12	12.0/12	28.5/28	0.1/1	-	-	-	-	
S13	7.0/7	26.4/31	-	-	-	5.0/1	-	
S14	5.0/5	14.0/16	0.1/1	-	-	-	-	
S15	17.0/17	9.0/9	-	-	19.26/41	-	-	
S16	14.0/14	10.0/10	-	-	40.8/58	-	-	
S17	15.0/15	4.0/4	0.22/8	-	18.84/17	-	-	
S18	8.0/8	7.7/8	0.35/3	1.6/4	19.8/21	-	-	
S19	-	13.0/13	1.0/1	0.6/1	6.72/14	-	1.0/1	
합계	**210.0/220**	**248.2/248**	**1.98/19**	**3.55/7**	**135.54/254**	**11.1/3**	**1.16/2**	

【표 3.34】 방음벽 외관조사 결과

구 분	고정Plate 탈락 (개소)	변형 (개소)	파손 (개소)	고정핀 이탈, 탈락 (개소)	하부 부식 (m/개소)	비고
S1	2	-	-	2	-	
S2	2	-	-	1	-	
S3	-	1	1	2	35.0/1	
합계	**4**	**1**	**1**	**5**	**35.0/1**	

	
천안방향 방호벽 S1 균열부 백태	천안방향 방호벽 S3 보수부 들뜸
	
천안방향 방호벽 S5 중분대 균열 0.3mm	천안방향 방호벽 S7 난간 변형
	
천안방향 방호벽 S11 중분대 균열부 백태	천안방향 방호벽 S14 파손

【사진 3.23】 난간 및 연석 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

난간 및 연석에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 콘크리트 들뜸 및 박락, 이격, 방음벽 고정핀 탈락, 이탈 등의 손상인 신규 조사되었고, 정밀조사로 인한 신규손상으로 추정된다.

【표 3.35】 난간 및 연석 기 점검 결과 비교

손상내용		손상물량		손상물량 비 교	비 고
		2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
방호벽	균열 (폭 0.3mm미만)	220ea / 210.0m	220ea / 210.0m	- -	변동없음
	균열 (폭 0.3mm이상)	248ea / 248.2m	248ea / 248.2m	- -	변동없음
	파손, 들뜸, 탈락, 박락	12ea / 0.92㎡	19ea / 1.98㎡	⬆ 1.06㎡	신규손상
	녹물	1ea / 2.95㎡	7ea / 3.55㎡	⬆ 0.6㎡	신규손상
	균열부백태	254ea / 135.54㎡	254ea / 135.54㎡	- -	변동없음
	난간변형	3ea / 11.1m	3ea / 11.1m	- -	변동없음
	이격	1ea / 0.16m	2ea / 1.16m	⬆ 1.0m	신규손상
방음벽	고정Plate탈락	4ea / 4ea	4ea / 4ea	- -	변동없음
	변형	- / -	1ea / 1ea	⬆ 1ea	신규손상
	파손	- / -	1ea / 1ea	⬆ 1ea	신규손상
	고정핀 이탈, 탈락	- / -	5ea / 5ea	⬆ 5ea	신규손상
	하부 부식	- / -	1ea / 35.0m	⬆ 35.0m	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 방호울타리에 발생한 균열 및 백태는 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열부 및 우수가 유입되면서 진전된 손상이다.
- 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

웅진대교의 바닥판하면은 상·하행 바닥판이 나란히 인접되어 위치하고 있으며, 수상구간은 강재 거푸집(Steel Deck Plate)으로 시공되어 있다.



바닥판 하면



바닥판 하면

【사진 3.24】바닥판 전경

1) 외관조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 콘크리트 바닥판 균열 및 들뜸, 백태가 발생하였고, 일부 구간 균열 및 백태가 신규 발생하였다.
- 교량의 내측(중분대측)의 캔틸레버 구간에서 cw≥0.3mm 균열이 조사되었고, 손상부는 우수유입에 의한 손상 진전으로 들뜸 및 파손 등의 손상이 추가 조사되었다.

【표 3.36】바닥판 외관조사 결과

구분	균열(m/개소)		파손,들뜸,박리,박락 (㎡/개소)	재료분리 (㎡/개소)	박락 및 철근노출 (㎡/개소)	백태, 녹물 누수흔적 (㎡/개소)	기타손상 (m/개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
S1	66.3/16	7.0/7	0.6/1	-	-	1.82/3	-	
S2	109.6/26	2.5/2	-	0.5/1	0.4/1	0.04/2	12.0/2	
S3	96.5/13	1.0/1	-	0.03/1	0.04/1	0.1/1	-	
S4	125.0/64	5.0/1	-	-	-	0.4/1	-	

【표 3.36】 바닥판 외관조사 결과(계속)

구분	균열(m/개소)		파손,들뜸,박리,박락 (㎡/개소)	재료분리 (㎡/개소)	박락 및 철근노출 (㎡/개소)	백태, 녹물, 누수흔적 (㎡/개소)	기타손상 (m/개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
S5	68.0/22	-	-	-	-	-	-	
S6	24.9/18	-	0.12/1	-	0.18/1	-	10.0/1	
S7	28.2/15	-	0.1/1	-	-	0.23/5	-	
S8	63.0/33	10.0/1	-	-	-	0.12/1	-	
S9	-	1.0/1	-	-	-	-	-	
S10	-	6.5/2	1.0/1	-	0.5/1	-	10.0/2	
S11	-	-	-	-	0.05/1	1.4/2	-	
S12	1.0/2	17.5/5	0.02/1	-	-	0.2/2	-	
S13	-	3.0/2	0.7/4	-	0.02/1	-	5.0/1	
S14	-	5.5/4	0.4/2	-	0.3/1	-	-	
S15	6.0/2	7.0/7	0.55/2	-	0.22/2	-	4.5/6	
S16	2.0/1	30.0/4	0.15/1	-	0.15/1	0.1/1	-	
S17	3.0/1	12.0/3	0.9/5	-	0.15/1	0.3/1	5.0/1	
S18	6.0/4	3.0/3	0.46/7	-	-	0.2/7	2.0/1	
S19	7.0/3	1.5/1	0.6/1	-	-	0.18/2		
함계	**606.5/220**	**112.5/39**	**5.6/27**	**0.53/2**	**1.51/10**	**5.1/28**	**48.5/14**	

	
논산방향 S1 바닥판 균열 0.2mm	논산방향 S2 박락 및 철근노출
	
논산방향 S2 캔틸레버 재료분리	논산방향 S12 박락
	
논산방향 S14 캔틸레버 박락 및 철근노출	논산방향 S19 캔틸레버 들뜸

【사진 3.25】바닥판 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

금회 진단은 전차 점검에 비해 들뜸 및 박락 등의 손상이 단면보수 되었고, 균열 및 박리 등의 손상이 신규 조사되었다. 신규 손상은 정밀 조사로 인한 신규 손상발생 및 물량수정 등으로 확인되었다.

【표 3.37】바닥판 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	218ea / 601.0m	220ea / 606.5m	⬆ 5.5m	변동없음
백태	9ea / 3.4㎡	21ea / 3.7㎡	⬆ 0.3㎡	신규손상
균열부 백태	- / -	1ea / 0.1㎡	⬆ 0.1㎡	신규손상
재료분리	- / -	2ea / 0.53㎡	⬆ 0.53㎡	일부보수
녹물	- / -	2ea / 0.4㎡	⬆ 0.4㎡	신규손상
누수흔적	- / -	3ea / 0.74㎡	⬆ 0.74㎡	신규손상
잡철노출	- / -	2ea / 0.3㎡	⬆ 0.3㎡	신규손상
물끊기홈탈락, 들뜸, 불량	15 / 69.5㎡	13ea / 33.5m	⬇ 36.0m	물량수정
거푸집 미제거	- /	1ea / 5ea	⬆ 5ea	변동없음
균열 (폭 0.3mm이상)	47ea / 124.0	39ea / 112.5m	⬆ 11.5m	물량변동
균열 및 들뜸	23 / 5.6㎡	25ea / 5.43㎡	⬆ 5.33㎡	물량수정
박락	- /	1ea / 0.02㎡	⬆ 0.02㎡	신규손상
박락 및 철근노출	6ea / 0.9㎡	8ea / 1.66㎡	⬆ 0.76㎡	신규손상
측면들뜸	- /	1ea / 0.15㎡	⬆ 0.15㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 나타대고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단된다. 또한 발생된 폭 0.3㎜이상 균열은 초기 건조수축 균열이 장기 공용 및 우수 유입에 의한 진행성 손상으로 추정된다, 발생된 균열은 내구성 확보 차원의 주입보수 및 폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 재료분리의 경우 시공당시 다짐 불량에 의한 시공미흡 손상으로 국부적으로 발생된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 요구된다.
- 캔틸레버에 발생한 들뜸, 파손 및 철근노출, 박리 구간은 종조인트부 누수로 인한 손상은 없는 것으로 조사되었고, 캔틸레버 하면에서 누수되는 비산수로 인한 장기적인 습윤 상태 및 피복부족으로 인한 층분리, 철근부식, 박리가 발생하였다. 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 표면처리 등의 유지관리가 필요하다.

나. 강박스 거더

본 교량은 19경간 최대경간장 75.0m, 길이 1,135m의 강상자형 교량이다.

강박스 거더 내·외부에 대한 점검은 붕괴유발부재(F.C.M)에 대한 점검을 중점적으로 시행하였으며, 특히, 피로균열 발생 부재, 부식에 의한 단면감소, 구조적인 변형 여부, 도장손상 등 안전성, 내구성 및 사용성에 영향을 미치는 결함에 대하여 조사를 수행하였다.

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



강박스 거더 내부 전경



강박스 거더 외부 전경

【사진 3.26】강박스 거더 전경

1) 강박스 거더 내부

① 외관조사 결과

- 강박스 거더 내부에 대한 외관조사 국부적인 도장손상 및 환기구 볼트 망실, 이물질 퇴적 등의 손상이 조사되었고, 정밀조사로 인한 추가 손상이 조사되었다.
- 기 손상인 화재이력 및 용접불량이 확인되었고, 진전은 없는 것으로 판단된다.
- 기 손상인 이물질퇴적이 조사되었고, 기존 누락 손상이 추가로 확인되었다.

【표 3.38】강박스 거더 내부 외관조사 결과

구 분	도장손상 (㎡/개소)	부식 (㎡/개소)	용접불량 (㎡/개소)	이물질 퇴적 (㎡/개소)	화재이력 (㎡/개소)	비 고
S1	0.01/1	0.4/4	-	-	-	
S2	0.01/1	-	-	-	-	
S3	0.05/2	-	-	-	-	

【표 3.38】 강박스 거더 내부 외관조사 결과(계속)

구 분	도장손상 (㎡/개소)	부식 (㎡/개소)	용접불량 (㎡/개소)	이물질 퇴적 (㎡/개소)	화재이력 (㎡/개소)	비 고
S4	0.06/2	-	-	5.5/2	-	
S5	1.15/4	0.75/3	-	4.8/1	-	
S6	4.81/6	0.7/1	-	-	-	
S7	3.63/11	1.64/4	-	-	0.09/1	
S8	1.6/3	-	-	12.52/2	-	
S9	1.5/1	0.37/2	-	-	-	
S10	5.91/7	2.26/4	-	5.32/1	-	
S11	0.13/5	1.19/5	-	0.09/1	-	
S12	0.21/2	0.48/1	-	2.88/1	-	
S13	1.58/13	0.02/2	-		-	
S14	0.32/3	0.19/2	-	5.14/1	-	
S15	0.06/1	0.7/1	-	5.21/3	-	
S16	0.4/6	0.66/3	-	-	-	
S17	0.12/1	-	0.01/1	0.25/1	-	
S18	0.01/1	0.1/1	-	-	-	
S19	-	-	-	-	-	
합계	**21.61/71**	**9.46/33**	**0.01/1**	**41.71/15**	**0.09/1**	

	
논산방향 S1 G3 격벽 도장박리	논산방향 S1 G4 부식
	
논산방향 S7 G3 점부식	논산방향 S7 G3 화재흔적
	
논산방향 S10 G1 도장박리	논산방향 S11 G3 이물질퇴적

【사진 3.27】 강박스 거더 내부 손상현황

2) 기 점검 결과와의 비교·분석

거더의 전차 점검과의 외관조사 결과, 우수유입흔적, 이물질퇴적, 환기구 볼트 풀림, 망실, 강재 긁힘 등의 손상이 신규 조사되었고, 정밀조사로 인한 신규손상 및 기존 누락 손상으로 확인되었다.

【표 3.39】강박스 거더 내부 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
도장손상	66ea / 19.0㎡	68ea / 21.5㎡	⬆ 2.5㎡	신규손상
부식	30ea / 9.2㎡	33ea / 9.46㎡	⬆ 2.6㎡	신규손상
용접불량	1ea / 0.01㎡	1ea / 0.01㎡	- -	변동없음
이물질퇴적	- / -	15ea / 41.7㎡	⬆ 41.7㎡	신규손상
화재이력	1ea / 0.09㎡	1ea / 0.09㎡	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 거더 내부에 발생한 도장박리 및 부식 등의 도장손상은 장기 공용에 의한 열화 및 시공미흡으로 인한 손상으로 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 미미한 상태이나, 우수의 유입 형태는 거더 외측의 스플라이스 틈에 국한되어 발생하였으므로, 추가 우수유입 및 거더의 부식 발생 방지를 위하여 실링재 마감을 실시하는 것이 바람직하다.
- 발생된, 용접불량 및 화재이력은 기 손상으로 손상의 진전 및 추가 손상은 없는 상태로 확인되었으며, 일부 도장 손상 및 부식, 우슈유입 등이 손상이 조사되었다. 기 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치 후 진전시 재도장 등의 보수가 요구된다.
- 기타 손상인 이물질퇴적은 청소 등의 유지관리가 바람직 할 것이다.

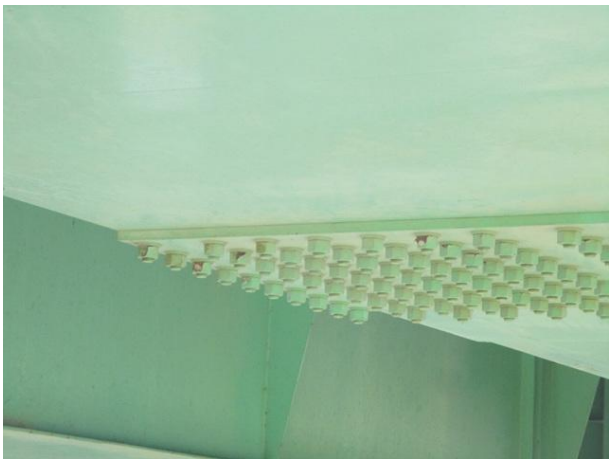
2) 강박스 거더 외부

① 외관조사 결과

- 강박스 거더 외부에 대한 외관조사 결과 일부 도장박리 및 부식, 기 손상인 변형 등이 조사되었다.
- 금회 정밀 조사로 인해 도장박리 및 탈락, 볼트 부식 등이 신규 조사되었고, 손상은 정밀 조사로 인한 기존 누락 손상으로 추정된다.

【표 3.40】 강박스 거더 외부 외관조사 결과

구 분	도장손상 (㎡/개소)	부식 (㎡/개소)	변형 (m/개소)	볼트부식 (개소)	점검구 볼트미체결 (개소)	비 고
S1	0.44/10	0.31/4	-	-	-	
S2	0.05/1	1.52/32	-	40	-	
S3	-	1.7/16	-	3	-	
S4	0.2/1	2.09/8	-	-	-	
S5	-	1.62/6	-	-	-	
S6	-	1.45/14	-	-	-	
S7	-	3.81/19	-	-	-	
S8	-	3.75/26	-	4	-	
S9	0.11/2	0.57/6	-	-	-	
S10	0.19/3	0.09/7	0.1/1	40	-	
S11	2.82/3	-	-	3	2	
S12	0.03/3	0.26/16	-	-	-	
S13	0.11/2	0.11/7	-	-	-	
S14	-	0.13/5	-	7	-	
S15	-	0.2/2	-	-	-	
S16	-	0.03/1	-	-	-	
S17	0.15/1	-	-	-	-	
S18	-	0.48/5	-	-	-	
S19	-	1.67/6	-	-	-	
합계	**4.1/26**	**19.79/180**	**0.1/1**	**54**	**2**	

	
논산방향 S1 G4 주형외부 도장박리	논산방향 S1 G4 주형외부 부식
	
논산방향 S2 G4 주형외부 도장긁힘	논산방향 S8 G4 주형외부 도장박리
	
논산방향 S8 G4 주형외부 볼트부식	천안방향 S18 G3 주형외부 도장박리

【사진 3.28】 강박스 거더 외부 손상현황

3) 기 점검 결과와의 비교·분석

거더외부의 전차 점검과의 외관조사 결과, 일부 부식이 신규 발생하였고, 볼트 부식은 물량 변동이 발생하였다. 손상은 정밀 조사로 인한 물량 변동 및 누락 손상으로 확인되었다. 거더 외부는 금회 조사한 외관조사 결과로 향후 유지보수를 시행하는 것이 용이할 것으로 판단된다.

【표 3.41】강박스 거더 외부 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
도장손상	20ea / 3.8㎡	26ea / 4.1㎡	⬆ 0.3㎡	신규손상
부식	81ea / 4.8㎡	180ea / 19.79㎡	⬆ 15.0㎡	신규손상
변형	1ea / 0.1㎡	1ea / 0.1㎡	- -	변동없음
볼트부식	10ea / 10ea	54ea / 54ea	⬆ 44ea	신규손상
점검구 볼트미체결	- / -	2ea / 2ea	⬆ 2ea	신규손상

4) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 발생한 부식 및 점부식은 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 열화로, 면적 대비 손상은 일부분으로 확인된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요하다.

다. 가로보 및 세로보

본 교량의 거더와 거더 사이에는 가로보 및 세로보가 시공되어 있으며 가로보는 3.125m 간격을 유지하고 있다. 본 조사시 고소점검차를 이용하여 상세외관조사를 수행하였다.



가로보 및 세로보 전경



가로보 및 세로보 전경

【사진 3.29】 가로보 및 세로보 전경

1) 외관조사 결과

- 가로보는 경미한 부식 및 도장박리가 발생하였다. 금회 정밀 조사로 인한 신규 손상이 일부 추가 조사되었다.
- 세로보는 별다른 손상이 발생하지 않은 전반적으로 양호한 상태이다.

【표 3.42】 가로보 및 세로보 외관조사 결과

구 분	도장박리 (㎡/개소)	부식 (㎡/개소)	비고
S2	0.03/3	-	
S3	0.04/4	-	
S7	0.01/1	-	
S10	0.02/2	-	
S11	0.01/1	-	
S19	0.03/3	0.6/1	
함 계	**0.14/14**	**0.6/1**	



천안방향 S2 가로보 도장박리



천안방향 S11 가로보 도장긁힘

【사진 3.30】 가로보 및 세로보 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

가로보 및 세로보에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 도장 긁힘 및 도장박리 손상이 정밀조사로 인한 신규 발생하였고, 기존 누락 손상으로 추정된다.

【표 3.43】 가로보 및 세로보 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
도장박리	10ea / 0.1㎡	14ea / 0.14㎡	⬆ 0.04㎡	신규손상
부식	1ea / 0.6㎡	1ea / 0.6㎡	- -	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 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 국부적으로 확인된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요하다.

3.3.2 하부구조

가. 교대

웅진대교의 하부구조는 천안, 논산 각각 2기의 역T형 교대와 18기의 라멘식 교각으로 구성되어 있으며, 각 하부 구조물의 기초형식은 교대는 직접+말뚝기초, 교각은 말뚝기초로 시공되어 있다.



교대 A1 전경



교대 A1 전경

【사진 3.31】교대 전경

1) 외관조사 결과

- 교대에 발생한 균열은 대부분 폭 0.1~0.2㎜로서 수직균열의 형태로 발생하였다.
- 신축이음하부 누수로 인하여 교대에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않았다.
- 금회 정밀조사로 인한 콘크리트 파손, 박락 등의 신규 손상이 조사되었고, 기존 누락손상으로 확인되었다.

【표 3.44】교대 외관조사 결과

구 분	균열(m/개소) 0.3mm미만	파손, 박락 (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	균열부 백태 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	누수흔적 (㎡/개소)	비 고
A1	3.0/3	-	1.5/1	0.16/1	-	-	
A2	16.4/13	0.51/3	-	-	0.24/1	10.0/1	
합 계	**19.4/16**	**0.51/3**	**1.5/1**	**0.16/1**	**0.24/1**	**10.0/1**	

	
논산방향 교대 A1 균열 0.2mm	논산방향 교대 A1 균열부 백태
	
논산방향 교대 A2 균열 0.1mm	논산방향 교대 A2 박락
	
논산방향 교대 A2 박락보수	논산방향 교대 A2 백태

【사진 3.32】교대 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 표면열화(박락, 파손 등) 손상이 신규 및 진전 된 것으로 조사되었고, 정밀조사로 인한 물량 증가로 확인되었다.

【표 3.45】교대 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	16ea / 19.4m	16ea / 19.4m	- -	변동없음
균열부백태	1ea / 0.16㎡	1ea / 0.16㎡	- -	변동없음
누수흔적	1ea / 10㎡	1ea / 10㎡	- -	변동없음
망상균열	1ea / 1.5㎡	1ea / 1.5㎡	- -	변동없음
백태	1ea / 0.24㎡	1ea / 0.24㎡	- -	변동없음
박락, 파손	3ea / 0.36㎡	3ea / 0.51㎡	⬆ 0.15㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교대에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 구조적 균열은 없는 것으로 확인되었다, 기 발생한 균열은 손상의 진전시 균열 폭에 따라 표면처리 등을 실시해야 한다.
- 교대에 발생한 박락 등의 단면손상은 시공중 외부 충격에 의한 손상 및 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 손상의 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 조치가 요구된다.
- 교대 날개벽과 바닥판의 이격 등은 발생하지 않은 것으로 나타났으며 교대의 측방유동은 발생하지 않은 것으로 판단된다.

나. 교각



교각 전경



교각 전경

【사진 3.33】교각 전경

1) 외관조사 결과

- 교각에 발생된 주요 손상으로 폭 0.1~0.2㎜ 수직균열, 폭 0.2m 이하의 망상균열이 조사되었다.
- 신축이음 하부 누수로 인하여 교각에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않았다.
- 기타 경미한 박락, 들뜸, 거푸집 미제거, 표지판 탈락 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.46】교각 외관조사 결과

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	박리, 박락, 들뜸, 재료분리 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	이물질 퇴적 (㎡/개소)	누수흔적 (㎡/개소)	기타손상 (개소)	비 고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상							
P1	60.6/54	-	10.5/3	-	-	-	-	-	
P2	40.7/23	-	-	-	-	-	-	-	
P3	85.5/70	-	2.0/1	-	-	-	-	-	
P4	35.8/38	-	-	-	-	-	-	-	
P5	12.2/6	-	14.25/2	0.12/1	-	-	-	-	
P6	55.1/43	-	3.0/1	-	-	-	-	-	
P7	21.6/12	-	48.0/3	-	-	-	-	-	
P8	41.1/42	-	1.0/1	13.08/4	0.1/1	-	-	-	
P9	29.0/37	-	11.5./3	26.35/4	-	-	-	4	

【표 3.46】교각 외관조사 결과(계속)

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	박리, 박락, 들뜸, 재료분리 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	이물질 퇴적 (㎡/개소)	누수흔적 (㎡/개소)	기타손상 (개소)	비 고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상							
P10	47.4/54	-	0.64/1	4.61/3	-	-	-	-	
P11	48.6/47	-	-	1.51/2	-	-	1.5/1	-	
P12	43.0/36	-	0.42/1	0.5/2	1.0/1	-	-	3	
P13	15.5/12	-	1.84/2	55.6/3	-	0.01/1	-	1	
P14	73.5/49	-	-	10.3/2	-	-	-	-	
P15	20.1/18	0.5/1	-	0.5/1	-	-	-	1	
P16	6.3/6	-	3.84/2	-	-	-	-	-	
P17	13.7/15	3.0/6	-	0.12/2	-	-	-	-	
P18	16.0/21	-	-	-	-	-	-	-	
합계	**665.7/583**	**3.5/7**	**96.99/20**	**112.69/24**	**1.1/2**	**0.01/1**	**1.5/1**	**9**	

	
논산방향 교각 P1 기둥부 균열 0.2mm	논산방향 교각 P1 코핑부 균열 0.2mm
	
논산방향 교각 P3 코핑부 망상균열‘	논산방향 교각 P12 코핑부 균열 0.2mm
	
논산방향 교각 P13 표지판 탈락	논산방향 교각 P18 코핑부 균열 0.2mm

【사진 3.34】교각 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교각에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 균열(폭 0.3mm미만)이 정밀조사로 인한 신규 조사되었고, 기존 누락 손상으로 확인되었다.

【표 3.47】교각 기 점검 결과 비교

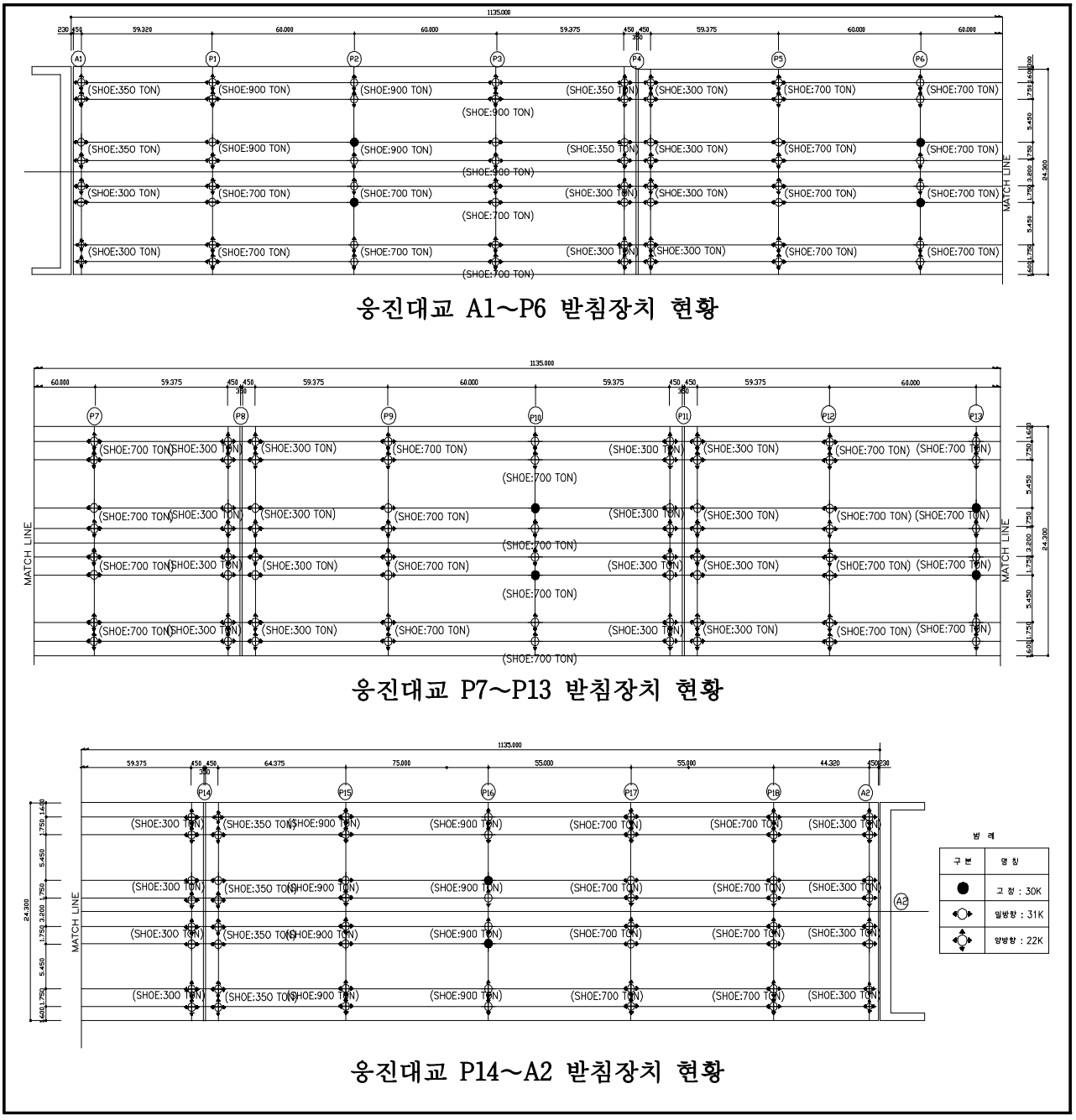
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	579ea / 661.5m	583ea / 665.7m	⬆ 4.2m	변동없음
균열 (폭 0.3mm이상)	7ea / 3.5m	7ea / 3.5m	- -	변동없음
망상균열	20ea / 96.99㎡	20ea / 96.99㎡	- -	변동없음
박리, 박락, 들뜸, 재료분리	24ea / 112.69㎡	24ea / 112.69㎡	- -	변동없음
백태	2ea / 1.1㎡	2ea / 1.1㎡	- -	변동없음
이물질퇴적	1ea / 0.01㎡	1ea / 0.01㎡	- -	변동없음
누수흔적	1ea / 1.5㎡	1ea / 1.5㎡	- -	변동없음
기타손상	9ea / 9㎡	9ea / 9㎡	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교각에서 조사된 균열은 균열 및 망상균열의 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.
- 외부충격에 의한 파손과 다짐불량에 의한 들뜸, 박락 및 긁힘은 내구성에 별다른 영향을 미치지 않으나 손상진전 방지 및 내구성 유지를 위하여 손상의 진전시 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 기 손상인 표지판 탈락, 잡철노출 등의 손상의 주의관찰이 요구된다.

3.3.3 교량받침

본 교량의 받침 형식은 포트받침(Pot Bearing)이며, 각 교량 당 5개소의 고정단 받침, 3개소의 교축직각 일방향 받침, 15개소의 교축 일방향 받침 및 45개소의 양방향 받침으로 총 160개의 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.



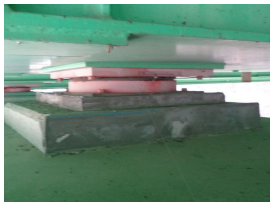
웅진대교 A1~P6 받침장치 현황

웅진대교 P7~P13 받침장치 현황

웅진대교 P14~A2 받침장치 현황

【그림 3.5】교량받침 배치도

【표 3.48】교량받침 현황

가동방향		현황사진	용량(ton)		가동량(mm)	설치개소
일방향	교축방향		교대	350.0	±100.0	6
			교각	700.0		
	교축 직각방향		교각	700.0	-	4
양방향			교대	300.0	±100.0	21
			교각	700.0		
고정단			교각	900.0	-	2

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 여부 뿐만 아니라 강재 부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성, 사용성 등에 대한 현장조사를 시행하였다.
- 받침장치의 외관조사 결과, 금회 정밀조사로 인한 일부 신규손상이 발생하였으며, 신규손상은 기존 누락 손상으로 확인되었고, 전반적으로 구조적인 손상이 없는 양호한 것으로 확인되었다.
- 일부 받침콘크리트 및 받침몰탈의 균열, 단면손상이 조사되었다.
- 강재 플레이트에 발생한 녹발생 및 부식의 경우 우수유입에 의한 손상으로 현재 경미한 손상으로 확인되었다.

【표 3.49】교량받침 외관조사 결과

구 분	받침 Con'c균열 (m/개소)		받침 Con'c 들뜸, 파손, 재료분리 (㎡/개소)	Plate 도장손상 (㎡/개소)	기타 손상 (EA)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상				
A1	-	-	-	1.02/3	-	
P1	3.5/15	-	-	0.02/1	-	
P2	1.4/7	-	-	0.05/1	-	
P3	-	-	-	0.01/1	-	
P4	0.2/1	0.1/1	-	8.0/8	-	
P5	-	-	-	1.0/1	-	
P6	-	-	-	-	-	
P7	0.3/2	-	-	0.02/1	3	
P8	2.0/6	-	0.07/2	0.03/3	1	
P9	1.8/9	-	-	4.05/8	-	
P10	0.4/1	-	-	4.24/8	-	
P11	2.8/8	1.3/2	0.1/1	4.0/4	4	
P12	1.1/11	-	-	4.0/4	-	
P13	1.9/14	-	-	-	1	
P14	0.95/6	-	-	1.0/1	-	
P15	3.0/23	-	-	-	1	
P16	2.15/12	-	-	0.18/6	-	
P17	0.8/5	-	0.02/1	-	-	
P18	3.6/18	-	-	4.0/4	-	
A2	0.2/2	-	-	0.5/2	-	
합계	**26.1/140**	**1.4/3**	**0.19/4**	**32.12/57**	**10**	

	
논산방향 교량받침 A1-SH1 도장박리	논산방향 교량받침 A2-SH2 무수축몰탈 균열
	
논산방향 교량받침 A2-SH3,4 도장박리	논산방향 교량받침 P1-SH3 도장박리
	
논산방향 교량받침 P7-SH1 가동량표시계 파손	논산방향 교량받침 P7-SH2 받침콘크리트균열

【사진 3.35】교량받침 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

교량받침에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 받침 콘크릩 들뜸, 도장박리, 부식 등의 신규 손상이 확인되었고, 정밀조사로 인한 물량 증가로 추정된다.

【표 3.50】교량받침 기 점검 결과 비교

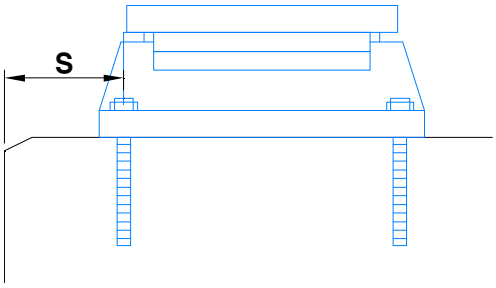
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
받침 콘크리트균열 (0.3mm미만)	140ea / 26.1m	140ea / 26.1m	- -	변동없음
받침 콘크리트균열 (0.3mm이상)	3ea / 1.4m	3ea / 1.4m	- -	변동없음
받침 콘크리트 들뜸, 파손, 재료분리	1ea / 1.33m	3ea / 1.4m	⬆ 0.07m	신규손상
Plate도장손상	5ea / 2.1㎡	57ea / 32.12㎡	⬆ 30.02㎡	신규손상
고무재파손	- / -	3ea / 3ea	⬆ 3ea	신규손상
먼지막이고무링파손	2ea / 2ea	4ea / 4ea	⬆ 2ea	신규손상
이동량표지판탈락	3ea / 3ea	3ea / 3ea	- -	변동없음

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 받침부식 및 도장손상은 장기공용 및 외기에 부식이 발생한 것으로 판단되며, 별도의 도장보다는 부식제거 후 재도장이 효과적일 것으로 판단되며, 재손상 발생 여부 파악을 위한 주기적인 점검이 요구된다.
- 받침몰탈 및 받침콘크리트에 발생한 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상의 진전 및 확대시 주입보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.
- 받침콘크리트에 발생한 들뜸은 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며 손상의 진전시 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 3.6】도로교설계기준 연단거리 산출방법

1) 연단거리 산출

- 거더의 경간길이 100m이하 : S = 20 + 0.5L
- 거더의 경간길이 100m이상 : S = 30 + 0.4L


연단거리 측정 전경(A1)

2) 연단거리 측정 결과

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

【표 3.51】교대 및 교각 받침부 연단거리 조사결과

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜) 논산방향				검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
A1		500.0	580	580	570	570	O.K
P1	A1측		930	930	960	840	O.K
	A2측		880	940	910	930	O.K
P2	A1측		860	860	890	890	O.K
	A2측		880	900	890	880	O.K
P3	A1측		890	870	880	860	O.K
	A2측		950	950	960	970	O.K
P4	A1측		670	670	680	680	O.K
	A2측		670	650	670	690	O.K
P5	A1측		970	960	950	950	O.K
	A2측		970	970	980	980	O.K
P6	A1측		920	930	920	900	O.K
	A2측		920	920	930	930	O.K
P7	A1측		930	950	940	910	O.K
	A2측		950	950	940	910	O.K
P8	A1측		700	710	730	700	O.K
	A2측		680	690	670	670	O.K
P9	A1측		920	930	940	950	O.K
	A2측		900	940	910	940	O.K

【표 3.51】교대 및 교각 받침부 연단거리 조사결과(계속)

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜) 논산방향				검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
P10	A1측	500.0	910	910	910	900	O.K
	A2측		950	950	920	950	O.K
P11	A1측		670	660	700	650	O.K
	A2측		700	700	660	650	O.K
P12	A1측		920	900	920	910	O.K
	A2측		930	920	910	910	O.K
P13	A1측		950	950	950	950	O.K
	A2측		890	870	940	940	O.K
P14	A1측	525	680	660	710	710	O.K
	A2측		690	690	700	710	O.K
P15	A1측	575	900	880	900	900	O.K
	A2측		910	910	890	870	O.K
P16	A1측	475	870	870	860	840	O.K
	A2측		850	860	870	840	O.K
P17	A1측		900	890	890	890	O.K
	A2측		850	860	870	840	O.K
P18	A1측	425	940	920	940	940	O.K
	A2측		950	950	920	920	O.K
A2			550	5400	540	550	O.K

마. 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:4.9℃(11월 15일), 2차:12.4℃(3월 28일))에 걸쳐 측정하였으며, 온도는 기상청 일평균 온도를 적용하였다.



교량받침 가동량 측정(Sh1)



교량받침 가동량 측정(Sh2)

【사진 3.36】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 3.52】교량받침 가동상태 검토결과

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	Sh1	15 (A1)	40 (A1)	25.0	10.8	
	Sh2	15 (A1)	40 (A1)	25.0		
	Sh3	15 (A1)	40 (A1)	25.0		
	Sh4	15 (A1)	40 (A1)	25.0		
P1	Sh1	5 (A1)	0	5.0	5.4	
	Sh2	5 (A1)	0	5.0		
	Sh3	5 (A1)	0	5.0		
	Sh4	5 (A1)	0	5.0		
P2	고정단					
P3	Sh1	2 (A1)	5 (A2)	3.0	5.4	
	Sh2	2 (A1)	5 (A2)	3.0		
	Sh3	2 (A1)	5 (A2)	3.0		
	Sh4	2 (A1)	5 (A2)	3.0		
P4	Sh1	10 (A2)	20 (A2)	10.0	10.8	
	Sh2	10 (A2)	20 (A2)	10.0		
	Sh3	10 (A2)	25 (A2)	15.0		
	Sh4	10 (A2)	25 (A2)	15.0		

【표 3.52】교량받침 가동상태 검토결과(계속)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P4	Sh5	0	8 (A1)	8.0	10.8	
	Sh6	0	10 (A1)	10.0		
	Sh7	0	3 (A1)	3.0		
	Sh8	0	3 (A1)	3.0		
P5	Sh1	5 (A1)	25 (A1)	20.0	5.4	
	Sh2	0	5 (A1)	5.0		
	Sh3	0	5 (A1)	5.0		
	Sh4	0	15 (A1)	15.0		
P6	고정단					
P7	Sh1	10 (A2)	10 (A2)	0.0	5.4	
	Sh2	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
	Sh3	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
	Sh4	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
P8	Sh1	5 (A2)	15 (A2)	10.0	10.8	
	Sh2	5 (A2)	15 (A2)	10.0		
	Sh3	10 (A2)	25 (A2)	15.0		
	Sh4	15 (A2)	15 (A2)	0.0		
	Sh5	5 (A1)	15 (A1)	10.0		
	Sh6	5 (A1)	15 (A1)	10.0		
	Sh7	10 (A1)	15 (A1)	5.0		
	Sh8	5 (A1)	15 (A1)	10.0		
P9	Sh1	10 (A2)	10 (A2)	0.0	5.4	
	Sh2	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
	Sh3	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
	Sh4	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
P10	고정단					
P11	Sh1	15 (A2)	15 (A2)	0.0	5.4	
	Sh2	10 (A2)	15 (A2)	5.0		
	Sh3	10 (A2)	15 (A2)	5.0		
	Sh4	15 (A2)	15 (A2)	0.0		
	Sh5	20 (A2)	15 (A2)	5.0	10.8	
	Sh6	20 (A2)	15 (A2)	5.0		
	Sh7	20 (A2)	20 (A2)	0.0		
	Sh8	20 (A2)	20 (A2)	0.0		
P12	Sh1	20 (A2)	20 (A2)	0.0	5.4	
	Sh2	20 (A2)	20 (A2)	0.0		
	Sh3	20 (A2)	20 (A2)	0.0		
	Sh4	20 (A2)	20 (A2)	0.0		
P13	고정단					
P14	Sh1	20 (A2)	30 (A2)	10.0	5.4	
	Sh2	20 (A2)	30 (A2)	10.0		
	Sh3	20 (A2)	35 (A2)	15.0		
	Sh4	20 (A2)	35 (A2)	15.0		

【표 3.52】교량받침 가동상태 검토결과(계속)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P14	Sh5	35 (A2)	20 (A2)	15.0	11.7	
	Sh6	35 (A2)	20 (A2)	15.0		
	Sh7	30 (A2)	15 (A2)	15.0		
	Sh8	30 (A2)	15 (A2)	15.0		
P15	Sh1	30 (A2)	20 (A2)	10.0	6.8	
	Sh2	30 (A2)	15 (A2)	15.0		
	Sh3	30 (A2)	15 (A2)	15.0		
	Sh4	30 (A2)	15 (A2)	15.0		
P16	고정단					
P17	Sh1	0	0	0.0	5.0	
	Sh2	0	0	0.0		
	Sh3	0	0	0.0		
	Sh4	0	0	0.0		
P18	Sh1	5 (A2)	10 (A2)	5.0	9.9	
	Sh2	5 (A2)	10 (A2)	5.0		
	Sh3	5 (A1)	0	5.0		
	Sh4	5 (A1)	20 (A1)	15.0		
A2	Sh1	5 (A2)	15 (A2)	10.0	14.0	
	Sh2	5 (A2)	15 (A2)	10.0		
	Sh3	0	15 (A2)	15.0		
	Sh4	5 (A2)	15 (A2)	10.0		

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

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

【표 3.53】 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	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
P1	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P2	고 정 단								
P3	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P4	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
P5	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P6	고 정 단								
P7	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P8	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
P9	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P10	고 정 단								
P11	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
P12	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P13	고 정 단								
P14	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	12.5	29.5
	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	130	23.2	54.8	13.3	36.6	68.1
P15	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	75	13.4	31.6	0	13.4	31.6
P16	고 정 단								
P17	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	55	9.8	23.2	0	9.8	23.2
P18	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	110	19.7	46.3	13.3	33.0	59.7
A2	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	155	24.5	65.3	13.3	37.8	78.6

1) 조사당시 온도 : 4.9℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)

2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.54】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	15 (A1)	34.8	63.9	115	85	±100	O.K
	Sh2	15 (A1)			115	85	±100	O.K
	Sh3	15 (A1)			115	85	±100	O.K
	Sh4	15 (A1)			115	85	±100	O.K
P1	Sh1	5 (A1)	10.7	25.3	105	95	±100	O.K
	Sh2	5 (A1)			105	95	±100	O.K
	Sh3	5 (A1)			105	95	±100	O.K
	Sh4	5 (A1)			105	95	±100	O.K
P2		고정단						
P3	Sh1	2 (A1)	10.7	25.3	98	102	±100	O.K
	Sh2	2 (A1)			98	102	±100	O.K
	Sh3	2 (A1)			98	102	±100	O.K
	Sh4	2 (A1)			98	102	±100	O.K
P4	Sh1	10 (A2)	34.8	63.9	110	90	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh5	0			100	100	±100	O.K
	Sh6	0			100	100	±100	O.K
	Sh7	0			100	100	±100	O.K
	Sh8	0			100	100	±100	O.K
P5	Sh1	5 (A1)	10.7	25.3	95	105	±100	O.K
	Sh2	0			100	100	±100	O.K
	Sh3	0			100	100	±100	O.K
	Sh4	0			100	100	±100	O.K
P6		고정단						
P7	Sh1	10 (A2)	10.7	25.3	110	90	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110	90	±100	O.K
P8	Sh1	5 (A2)	34.8	63.9	105	95	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			105	95	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	15 (A2)			115	85	±100	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

【표 3.54】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P8	Sh5	5 (A1)	34.8	63.9	95	105	±100	O.K
	Sh6	5 (A1)			95	105	±100	O.K
	Sh7	10 (A1)			90	110	±100	O.K
	Sh8	5 (A1)			95	105	±100	O.K
P9	Sh1	10 (A2)	10.7	25.3	110	90	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110	90	±100	O.K
P10		고정단						
P11	Sh1	15 (A2)	10.7	25.3	115	85	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	15 (A2)			115	85	±100	O.K
	Sh5	20 (A2)	34.8	63.9	120	80	±100	O.K
	Sh6	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh7	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh8	20 (A2)			120	80	±100	O.K
P12	Sh1	20 (A2)	10.7	25.3	120	80	±100	O.K
	Sh2	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh3	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh4	20 (A2)			120	80	±100	O.K
P13		고정단						
P14	Sh1	20 (A2)	12.5	29.5	120	80	±100	O.K
	Sh2	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh3	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh4	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh5	35 (A2)	36.6	68.1	135	65	±100	O.K
	Sh6	35 (A2)			135	65	±100	O.K
	Sh7	30 (A2)			130	70	±100	O.K
	Sh8	30 (A2)			130	70	±100	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

【표 3.54】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P15	Sh1	30 (A2)	13.4	31.6	130	70	±100	O.K
	Sh2	30 (A2)			130	70	±100	O.K
	Sh3	30 (A2)			130	70	±100	O.K
	Sh4	30 (A2)			130	70	±100	O.K
P16		고정단						
P17	Sh1	0	9.8	23.2	100	100	±100	O.K
	Sh2	0			100	100	±100	O.K
	Sh3	0			100	100	±100	O.K
	Sh4	0			100	100	±100	O.K
P18	Sh1	5 (A2)	33.0	59.7	105	95	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			105	95	±100	O.K
	Sh3	5 (A1)			95	105	±100	O.K
	Sh4	5 (A1)			95	105	±100	O.K
A2	Sh1	5 (A2)	37.8	78.6	105	95	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			105	95	±100	O.K
	Sh3	0			100	100	±100	O.K
	Sh4	5 (A2)			105	95	±100	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

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

기상청 통계자료	·최근 10년간 부여군 기상관측소 자료 참조 ·최근 10년간 최저기온 : -19.4℃(측정일시 : 2013년 1월 4일) ·최근 10년간 최고기온 : 37.3℃(측정일시 : 2012년 8월 16일)

【표 3.55】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	15 (A1)	48.3	60.0	115	85	±100	O.K
	Sh2	15 (A1)			115	85	±100	O.K
	Sh3	15 (A1)			115	85	±100	O.K
	Sh4	15 (A1)			115	85	±100	O.K
P1	Sh1	5 (A1)	17.5	23.3	105	95	±100	O.K
	Sh2	5 (A1)			105	95	±100	O.K
	Sh3	5 (A1)			105	95	±100	O.K
	Sh4	5 (A1)			105	95	±100	O.K
P2		고정단						
P3	Sh1	2 (A1)	17.5	23.3	98	102	±100	O.K
	Sh2	2 (A1)			98	102	±100	O.K
	Sh3	2 (A1)			98	102	±100	O.K
	Sh4	2 (A1)			98	102	±100	O.K
P4	Sh1	10 (A2)	48.3	60.0	110	90	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh5	0			100	100	±100	O.K
	Sh6	0			100	100	±100	O.K
	Sh7	0			100	100	±100	O.K
	Sh8	0			100	100	±100	O.K
P5	Sh1	5 (A1)	17.5	23.3	95	105	±100	O.K
	Sh2	0			100	100	±100	O.K
	Sh3	0 (A1)			100	100	±100	O.K
	Sh4	0			100	100	±100	O.K
P6		고정단						

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

【표 3.55】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P7	Sh1	10 (A2)	17.5	23.3	110	90	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110	90	±100	O.K
P8	Sh1	5 (A2)	48.3	60.0	105	95	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			105	95	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	15 (A2)			115	85	±100	O.K
	Sh5	5 (A1)			95	105	±100	O.K
	Sh6	5 (A1)			95	105	±100	O.K
	Sh7	10 (A1)			90	110	±100	O.K
	Sh8	5 (A1)			95	105	±100	O.K
P9	Sh1	10 (A2)	17.5	23.3	110	90	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110	90	±100	O.K
P10		고정단						
P11	Sh1	15 (A2)	17.5	23.3	115	85	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	15 (A2)			115	85	±100	O.K
	Sh5	20 (A2)	48.3	60.0	120	80	±100	O.K
	Sh6	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh7	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh8	20 (A2)			120	80	±100	O.K
P12	Sh1	20 (A2)	17.5	23.3	120	80	±100	O.K
	Sh2	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh3	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh4	20 (A2)			120	80	±100	O.K
P13		고정단						

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

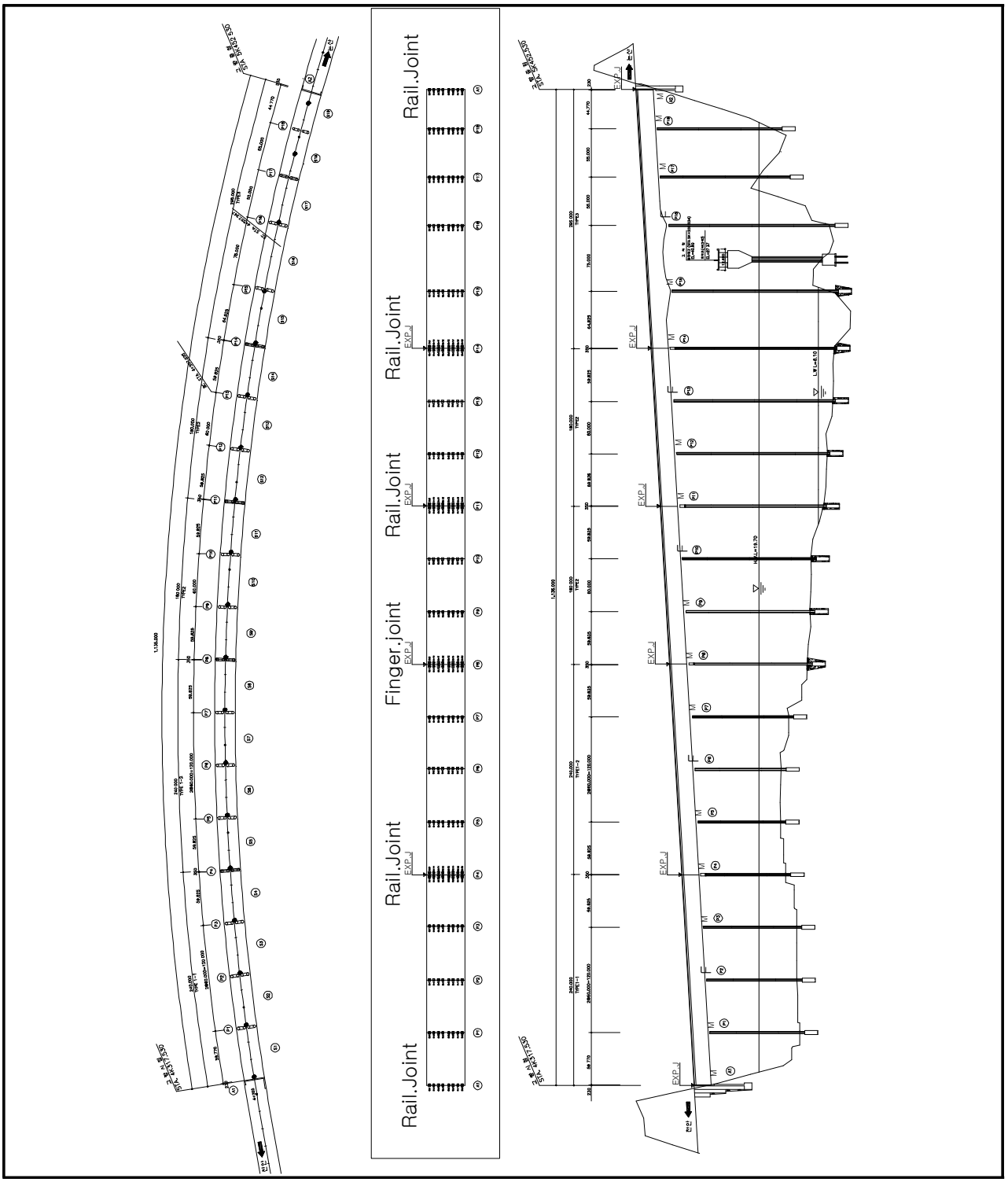
【표 3.55】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P14	Sh1	20 (A2)	17.5	23.3	120	80	±100	O.K
	Sh2	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh3	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh4	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh5	35 (A2)	51.2	63.9	135	65	±100	O.K
	Sh6	35 (A2)			135	65	±100	O.K
	Sh7	30 (A2)			130	70	±100	O.K
	Sh8	30 (A2)			130	70	±100	O.K
P15	Sh1	30 (A2)	21.9	29.2	130	70	±100	O.K
	Sh2	30 (A2)			130	70	±100	O.K
	Sh3	30 (A2)			130	70	±100	O.K
	Sh4	30 (A2)			130	70	±100	O.K
P16		고정단						
P17	Sh1	0	16.0	21.4	100	100	±100	O.K
	Sh2	0			100	100	±100	O.K
	Sh3	0			100	100	±100	O.K
	Sh4	0			100	100	±100	O.K
P18	Sh1	5 (A2)	45.4	56.1	105	95	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			105	95	±100	O.K
	Sh3	5 (A1)			95	105	±100	O.K
	Sh4	5 (A1)			95	105	±100	O.K
A2	Sh1	5 (A2)	37.8	73.6	105	95	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			105	95	±100	O.K
	Sh3	0			100	100	±100	O.K
	Sh4	5 (A2)			105	95	±100	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3.3.4 신축이음장치

웅진대교 신축이음장치는 레일조인트($A1_1$, A2, P4, P11, P14), 핑거조인트(P8)로 시공되었으면 신축이음장치 현황은 <그림 3.8>와 같다.



【그림 3.7】 신축이음 현황

	
A1 신축이음장치	A2 신축이음장치
	
P11 신축이음장치	P14 신축이음장치

【사진 3.37】신축이음장치 전경

가. 외관조사 결과

- 신축이음장치의 외관조사 결과 신축이음장치 본체의 부식, 이물질 퇴적 등이 조사된 상태이며, 일부 규간 방호울타리 측의 신축이음 덮개 차수판 볼트 일부가 풀리거나 탈락된 상태이다. 일구 구간 국부적이 후타재 파손이 조사되었다.
- 조사된 후타재 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태이나, 일부 폭 0.3mm이상 균열이 조사되었다.

【표 3.56】 신축이음장치 외관조사 결과

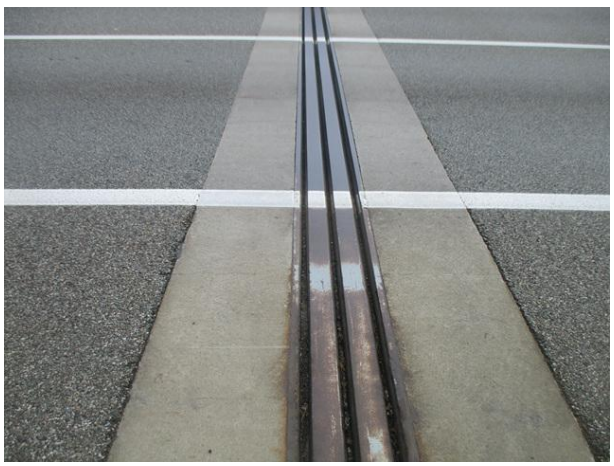
구분	본 체			후 타 재				비 고
	부식 (m/개소)	이물질 퇴적 (m/개소)	슬라이딩 스프링 탈락 (m/개소)	균열(m/개소)		박락 (㎡/개소)	접속부 단차 (m/개소)	
				0.3mm 미만	0.3mm 이상			
A1	-	2.0/1	-	-	-	-	-	
P4	7.7/7	4.5/3	1	4.0/8	-	0.1/1	-	
P8	3.0/1	-	-	-	-	-	-	
P11	-	-	-	-	-	-	-	
P14	12.0/8	3.0/3	-	9.0/18	1.0/2	-	2.0/1	
A2	-	-	-	-	-	-	-	
합계	**22.7/16**	**9.5/7**	**1**	**13.0/26**	**1.0/2**	**0.1/1**	**2.0/1**	



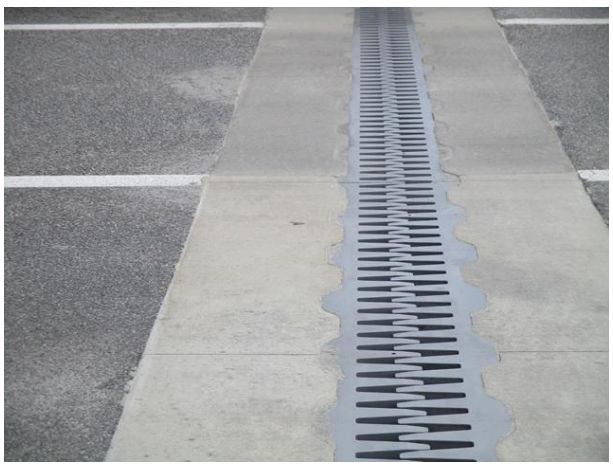
논산방향 신축이음 A1 이물질퇴적



논산방향 신축이음 P4 본체부식



논산방향 신축이음 P4 후타재 균열



논산방향 신축이음 P411 후타재 박락

【사진 3.38】 신축이음장치 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

신축이음장치에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 본체 부식, 하부 슬라이딩 스프링 탈락이 조사되었고, 신규손상으로 확인되었다.

【표 3.57】 신축이음장치 기 점검 결과 비교

손상내용		손상물량		손상물량 비 교	비 고
		2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
본체	부식	15ea / 19.7m	16ea / 22.7m	⬆ 3.0m	신규손상
	이물질퇴적	6ea / 7.5m	7ea / 9.5m	⬆ 2.0m	신규손상
	슬라이딩 스프링 탈락	- / -	1ea / 1ea	⬆ 1ea	신규손상
후타재	균열 (0.3mm미만)	26ea / 13.0m	26ea / 13.0m	- -	변동없음
	균열 (0.3mm이상)	2ea / 1.0m	2ea / 1.0m	- -	변동없음
	박락	1ea / 0.1㎡	1ea / 0.1㎡	- -	변동없음
	접속부 단차	1ea / 2.0m	1ea / 2.0m	- -	변동없음

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 신축이음장치의 본체에 발생한 부식은 신축이음장치의 양측 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 손상의 진전시 주입보수, 표면처리 등을 통한 내구성 유지가 바람직하다.
- 금회 발생한 하부 슬라이딩 스프링 탈락은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 후 진전지 장기적으로 신축이음 교체 등의 유지관리가 요구된다.

라. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차:4.9℃(11월 15일), 2차:12.4℃(3월 28일)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 3.39】 신축이음 유간 측정방법

【표 3.58】 신축이음 유간 측정결과

측정위치	측 정 값(㎜)						비 고
	신축이음장치(A)		거더 상부(바닥판)(B)		거더 하부(C)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1 (A1)	90	70	195	200	295	300	Fingger Joint (No. 160)
EXP.J2 (P4)	125	112	320	307	470	457	Rail Joint (No. 240)
EXP.J3 (P8)	130	115	290	320	470	450	Fingger Joint (No. 200)
EXP.J4 (P11)	94	80	335	330	460	475	Rail Joint (No. 160)
EXP.J5 (P14)	120	90	300	270	470	410	Rail Joint (No. 240)
EXP.J6 (A2)	100	85	280	265	280	265	Rail Joint (No. 160)

- 11월(4.9℃)과 3월(12.4℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, EXP. J1(A1) EXP. J2(P4) EXP. J3(P8) EXP. J4(P11) EXP. J5(P14) EXP. J6(A2) 의 가동상태는 이론 변동량과 유사한 것으로 나타났다.

【표 3.59】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과

측정위치		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	90	70	20.0	11.4	
	거더 상부	195	200	5.0		
	거더 하부	295	300	5.0		
EXP.J2(P4)	신축이음장치	125	112	13.0	22.8	
	거더 상부	320	307	13.0		
	거더 하부	470	457	13.0		
EXP.J3(P8)	신축이음장치	130	115	15.0	22.8	
	거더 상부	290	320	30.0		
	거더 하부	470	450	20.0		
EXP.J4(P11)	신축이음장치	94	80	14.0	17.1	
	거더 상부	335	330	5.0		
	거더 하부	460	475	15.0		
EXP.J5(P14)	신축이음장치	120	90	30.0	19.0	
	거더 상부	300	270	30.0		
	거더 하부	470	410	60.0		
EXP.J6(A2)	신축이음장치	100	85	15.0	14.7	
	거더 상부	280	265	15.0		
	거더 하부	280	265	15.0		

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

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

【표 3.60】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	14.1	35.6	64.6
EXP.J2(P4)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	240	42.9	101.1	14.1	57.0	115.2
EXP.J3(P8)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	240	42.9	101.1	14.1	57.0	115.2
EXP.J4(P11)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	180	32.2	75.8	14.1	46.3	89.9
EXP.J5(P14)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	200	35.8	84.2	14.1	49.9	98.3
EXP.J6(A2)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	155	27.7	65.3	14.1	41.8	79.4

1) 조사당시 온도 : 4.9℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)

2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.61】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간 (㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	35.6	64.6	90	160	34.4	25.4	O.K
	거더 상부			195	160		130.4	O.K
	거더 하부			295	160		230.4	O.K
EXP.J2 (P4)	신축이음장치	57.0	115.2	125	240	58.0	9.8	O.K
	거더 상부			320	240		204.8	O.K
	거더 하부			470	240		354.8	O.K
EXP.J3 (P8)	신축이음장치	57.0	115.2	130	200	13.0	14.8	O.K
	거더 상부			290	200		174.8	O.K
	거더 하부			470	200		354.8	O.K
EXP.J4 (P11)	신축이음장치	46.3	89.9	94	160	39.7	4.1	O.K
	거더 상부			335	160		245.1	O.K
	거더 하부			460	160		370.1	O.K
EXP.J5 (P14)	신축이음장치	49.9	98.3	120	240	70.1	21.7	O.K
	거더 상부			300	240		201.7	O.K
	거더 하부			470	240		371.7	O.K
EXP.J6 (A2)	신축이음장치	41.8	79.4	100	160	18.2	20.6	O.K
	거더 상부			280	160		200.6	O.K
	거더 하부			280	160		200.6	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

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

기상청 통계자료	・최근 10년간 부여군 기상관측소 자료 참조 ・최근 10년간 최저기온 : -19.4℃(측정일시 : 2013년 1월 4일) ・최근 10년간 최고기온 : 37.3℃(측정일시 : 2012년 8월 16일)

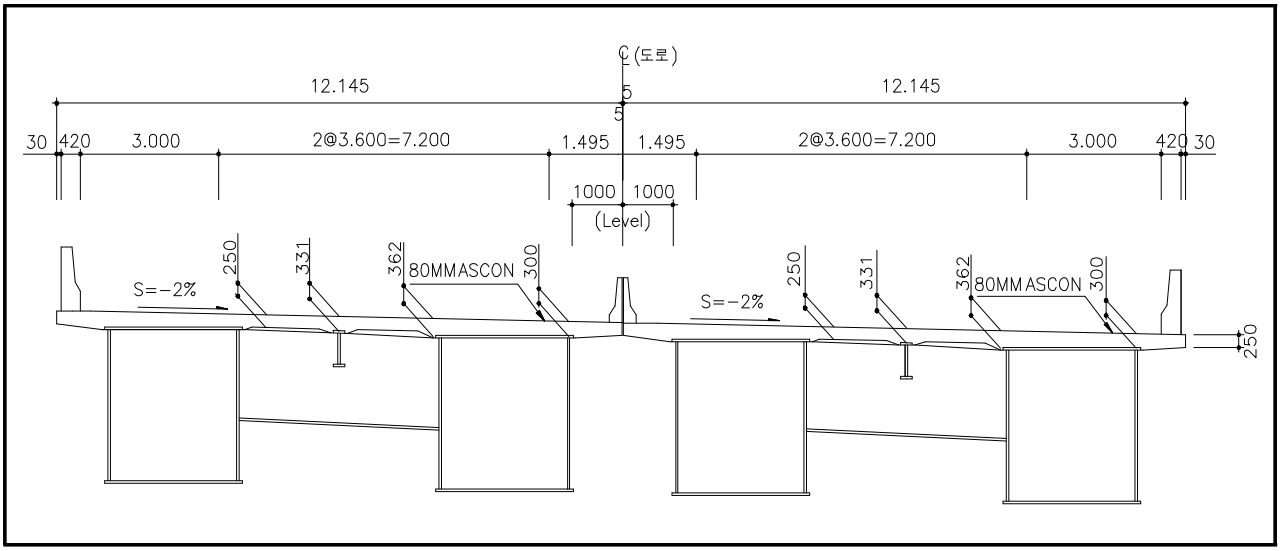
【표 3.62】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간 (㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	35.0	46.7	90	160	35.0	43.3	O.K
	거더 상부			195	160		148.3	O.K
	거더 하부			295	160		248.3	O.K
EXP.J2 (P4)	신축이음장치	70.0	93.3	125	240	45.0	31.7	O.K
	거더 상부			320	240		226.7	O.K
	거더 하부			470	240		376.7	O.K
EXP.J3 (P8)	신축이음장치	70.0	93.3	130	200	0.0	36.7	O.K
	거더 상부			290	200		196.7	O.K
	거더 하부			470	200		376.7	O.K
EXP.J4 (P11)	신축이음장치	52.5	70.0	94	160	13.5	24.0	O.K
	거더 상부			335	160		265.0	O.K
	거더 하부			460	160		390.0	O.K
EXP.J5 (P14)	신축이음장치	58.3	77.8	120	240	61.7	42.2	O.K
	거더 상부			300	240		222.2	O.K
	거더 하부			470	240		392.2	O.K
EXP.J6 (A2)	신축이음장치	45.2	60.3	100	160	14.8	39.7	O.K
	거더 상부			280	160		219.7	O.K
	거더 하부			280	160		219.7	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

3.3.5 교면포장

웅진대교(천안, 논산)의 교면포장은 STB Box Upper Flange 위 SMA 포장으로 시공되어 있으며, 웅진대교(천안, 논산)은 분리교량으로 약 5㎝가 분리되어 시공되었으며, 교폭은 각각 12.10m이다.



【그림 3.8】교면포장 현황



교면포장 전경



교면포장 전경

【사진 3.40】교면포장 전경

가. 외관조사 결과

- 본 교량의 교면포장에 대한 외관조사 결과 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 발생되었으며, 일부 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 신규 조사되었다.

【표 3.63】교면포장 외관조사 결과

구분	아스콘 균열 (m/개소)	아스콘 탈락, 패임 (㎡/개소)	아스콘 망상균열 (㎡/개소)	아스콘 들뜸 (㎡/개소)	비고
S1	63.0/3	0.01/1	-	-	
S2	20.0/1	-	-	-	
S3	50.0/1	-	-	-	
S4	50.0/1	-	-	1.0/1	
S5	50.0/1	-	-	-	
S6	45.5/4	0.02/2	-	-	
S7	74.0/10	-	-	-	
S8	10.0/1	0.01/1	-	-	
S9	18.0/2	-	-	-	
S10	-	-	-	-	
S11	-	-	50.0/1	-	
S12	30.0/4	-	-	-	
S13	29.5/6	-	-	-	
S14	-	-	-	-	
S15	30.0/1	-	-	-	
S16	-	0.04/1	-	-	
S17	-	-	50.0/1	-	
S18	-	-	7.0/2	-	
S19	13.0/3	0.03/1	-	-	
합계	**493.0/38**	**0.11/6**	**107.0/4**	**1.0/1**	

	
논산방향 교면포장 S1 아스콘 탈락	논산방향 교면포장 S4 아스콘 단차
	
논산방향 교면포장 S7 아스콘 탈락	논산방향 교면포장 S8 아스콘 패임
	
논산방향 교면포장 S11 아스콘 망상균열	논산방향 교면포장 S16 아스콘 탈락

【사진 3.41】교면포장 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

교면포장에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸 등의 신규 손상이 발생하였고, 손상은 정밀조사로 인한 신규 손상으로 확인되었다.

【표 3.64】교면포장 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
아스콘 균열	36ea / 441.0m	38ea / 493.0m	⬆ 52.0m	신규손상
아스콘 들뜸	6ea / 0.2㎡	7ea / 1.11㎡	⬆ 0.91m	신규손상
아스콘 망상균열	4ea / 107.0㎡	4ea / 107.0㎡	- -	변동없음

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.
- 금회 조사시 정밀조사로 인한 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 신규 조사되었고, 손상은 차량 반복하중 및 장기 공용으로 인한 열화로 확인 되었으며, 주의관찰 후 진전시 적절한 유지보수가 필요하다.

3.3.6 기타부재

가. 배수시설

웅진대교(천안, 논산)는 곡선교로서 (-)2.0%의 횡단 편구배를 가지고 있으므로 교면수 흐름에 의거하여 배수시설이 설치되어 있으며 이물질 혼입 방지를 위한 집수구 덮개(Grating)가 설치되어 있다.



배수구 현황



배수관 현황

【사진 3.42】배수구 및 배수관 전경

1) 외관조사 결과

- 일부 배수관 탈락 및 용접부 부식 등의 손상이 이 조사되었다.
- 금회 정밀조사로 인한 배수관 부식, 연결고리 탈락, 이음부 파손 등의 신규 손상이 확인되었다.

【표 3.65】배수시설 외관조사 결과

구 분	부식 (EA)	연결고리 탈락 (개소)	파손 (개소)	탈락 (개소)	비고
S2	3	1	-	-	
S3	-	-	1	-	
S5	3	-	-	-	
S6	-	-	1	-	
S7	2	-	-	-	
S9	-	-	-	3	
S12	-	-	-	1	
S17	-	-	-	1	
S18	-	-	-	1	
합 계	**8**	**1**	**2**	**6**	

	
논산방향 배수시설 S2 배수관 이음부 부식	논산방향 배수시설 S6 이음부 파손

【사진 3.43】 배수관 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

배수시설에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 것으로 확인되었다.

【표 3.66】 배수시설 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
부식	6ea / 6ea	8ea / 8ea	⬆ 2ea	신규손상
연결고리 탈락	- / -	1ea / 1ea	⬆ 1ea	신규손상
파손	- / -	2ea 2ea	⬆ 1.75㎡	신규손상
탈락	- / -	6ea 6ea	⬆ 6ea	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 발생한 배수관 탈락, 배수관 연결고리 탈락 등의 손상은 장기공용으로 인한 손상으로 정비 등의 조치가 요구된다.
- 배수관 부식 및 이음부 부식 등의 손상은 외부 우수에 의한 손상으로 배수상태에 영향을 미치지 않으나, 부재의 사용성 확보를 위한 재도장 및 정비 등의 조치가 필요하다.

나. 난간 및 연석(방호울타리)

웅진대교(천안, 논산)의 각 교량의 좌·우측에 차량 충돌 시 탑승자의 보호, 충돌로부터 인접 주행차량의 보호, 교면 위나 교량하부의 인명 및 재물의 보호 등을 위하여 강재 방호울타리(가드 파이프) 및 콘크리트 방호울타리(중분대)가 설치되어 있다.



방호울타리 전경



방호울타리 중분대 전경

【사진 3.44】난간 및 연석 전경

1) 외관조사 결과

- 방호울타리에 대한 외관조사 결과 균열 및 망상균열, 들뜸 및 박락, 철근노출 등의 손상이 조사되었다.
- 일부 균열 및 박락, 철근노출, 차수판 볼트 탈락, 변형 등의 신규 손상이 확인되었다.

【표 3.67】방호벽 외관조사 결과

구분	균열(m/개소)		파손, 들뜸, 탈락, 박락 (㎡/개소)	망상 균열, 녹물 (㎡/개소)	철근 노출 (㎡/개소)	균열부 백태 (㎡/개소)	난간손상 (m/개소)	이격 (m/개소)	기타 손상 (m/개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상								
S1	13.0/13	-	0.1/1	-	-	8.88/37	-	-	-	
S2	17.0/17	-	-	-	-	3.6/15	-	-	-	
S3	22.0/22	-	0.06/3	0.6/1	-	6.0/25	-	-	-	
S4	-	-	-	-	-	2.4/10	1.5/3	-	-	

【표 3.67】 방호벽 외관조사 결과(계속)

구분	균열(m/개소)		파손, 들뜸, 탈락, 박락 (㎡/개소)	망상 균열, 녹물 (㎡/개소)	철근 노출 (㎡/개소)	균열부 백태 (㎡/개소)	난간손상 (m/개소)	이격 (m/개소)	기타 손상 (m/개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상								
S5	32.0/27	-	-	-	-	3.6/15	-	-	-	
S6	17.0/17	-	-	-	-	2.88/12	-	-	-	
S7	3.0/3	-	-	0.06/2	-	1.5/10	-	-	-	
S8	10.7/11	-	-	12.0/2	-	3.6/15	-	-	-	
S9	7.0/7	-	-	-	-	5.36/29	-	-	1	
S10	6.3/7	-	-	-	-	5.28/22	-	-	-	
S11	16.9/17	-	-	-	-	4.2/16	-	-	-	
S12	13.0/13	-	-	-	-	3.42/15	-	-	1	
S13	21.2/12	0.7/1	0.1/1	-	-	4.56/19	-	-	-	
S14	20.0/20	-	0.04/1	0.3/2	-	2.88/12	0.3/1	-	-	
S15	30.0/30	2.0/2	-	-	0.02/1	14.64/37	-	-	-	
S16	14.0/14	13.0/8	0.15/1	-	-	6.0/1	0.5/1	-	-	
S17	12.0/12	-	0.45/1	-	-	5.4/21	-	-	-	
S18	-	30.0/1	-	0.03/1	-	6.84/17	-	-	-	
S19	6.0/6	46.0/8	-	-	-	2.64/11	-	1.0/1	-	
합계	**261.1/248**	**61.7/19**	**0.9/8**	**2.19/8**	**0.02/1**	**94.22/339**	**2.3/5**	**1.0/1**	**2**	

	
논산방향 방호벽 S1 백태	논산방향 방호벽 S1 접속부 파손
	
논산방향 방호벽 S3 콘크리트 탈락	논산방향 방호벽 S5 중분대 백태
	
논산방향 방호벽 S16 박리	논산방향 방호벽 S18 재균열 0.2mm

【사진 3.45】 난간 및 연석 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

난간 및 연석에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 균열(폭 0.3mm이상) 및 파손 및 들뜸, 녹물 등의 손상이 추가 조사되었고, 정밀 조사에 의한 신규 손상으로 확인되었다.

【표 3.68】 난간 및 연석 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	248ea / 261.1m	248ea / 261.1m	- -	변동없음
균열 (폭 0.3mm이상)	18ea / 31.7m	19ea / 61.7m	⬆ 30.0m	신규손상
파손, 들뜸, 탈락, 박락	6ea / 0.3㎡	8ea / 0.9㎡	⬆ 0.6㎡	신규손상
망상균열, 녹물	1ea / 0.6㎡	8ea / 2.19㎡	⬆ 1.59㎡	신규손상
철근노출	1ea / 0.02㎡	1ea / 0.02㎡	- -	변동없음
균열부 백태	339ea / 94.22㎡	339ea / 94.22㎡	- -	변동없음
난간손상	5ea / 2.3m	5ea / 2.3m	- -	변동없음
이격	- / -	1ea / 1.0m	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 방호울타리에 발생한 균열 및 망상균열, 백태는 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열부 및 우수가 유입되면서 진전된 손상이다.
- 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, 국토교통부/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 3.69】콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조(Steel BOX)	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	22	22	38	40	동일부위 시험
초음파 전달속도시험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	22	22	38	40	
철근탐사 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	22	22	22	36	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 4~6개소[1)] • 5경간 이상: 6~9개소[2)]		6~9		8	6	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상[3)]		3		2	2	
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

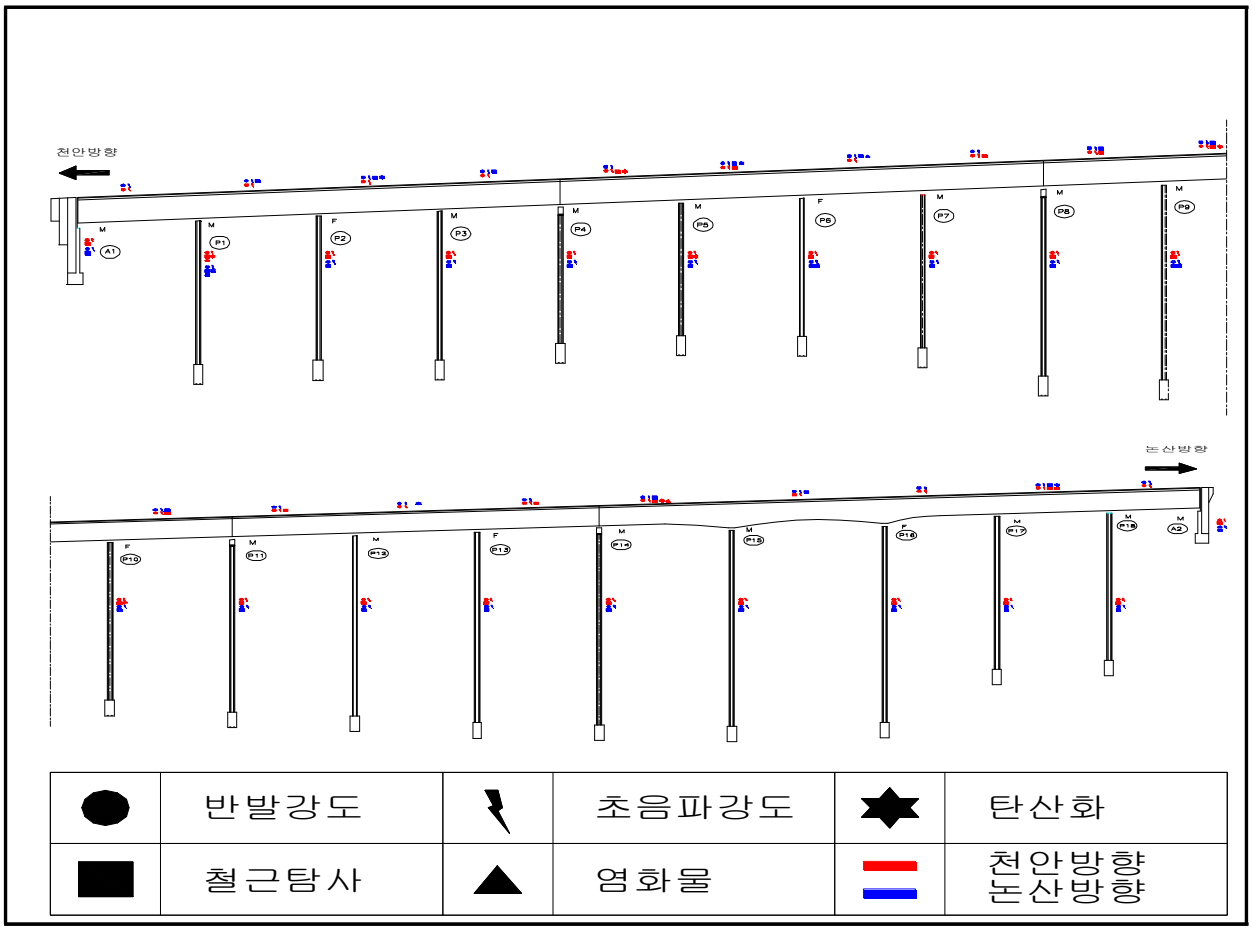
외관조사 결과에 따라 내구성의 상태 비교를 위하여 손상이 발생한 손상부와 손상이 발생하지 않은 건전부에 각각 시험을 실시하였으며 그에 따라 상부구조는 바닥판하면 캔틸레버에, 하부구조는 교각 기둥 하부측에 실시하였다.

3) 조사 사진

			
반발경도 시험	초음파 탐상 시험	탄산화 깊이 시험	철근탐사 시험

【사진 3.46】 콘크리트 내구성조사 전경

4) 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.9】 콘크리트 내구성조사 위치도

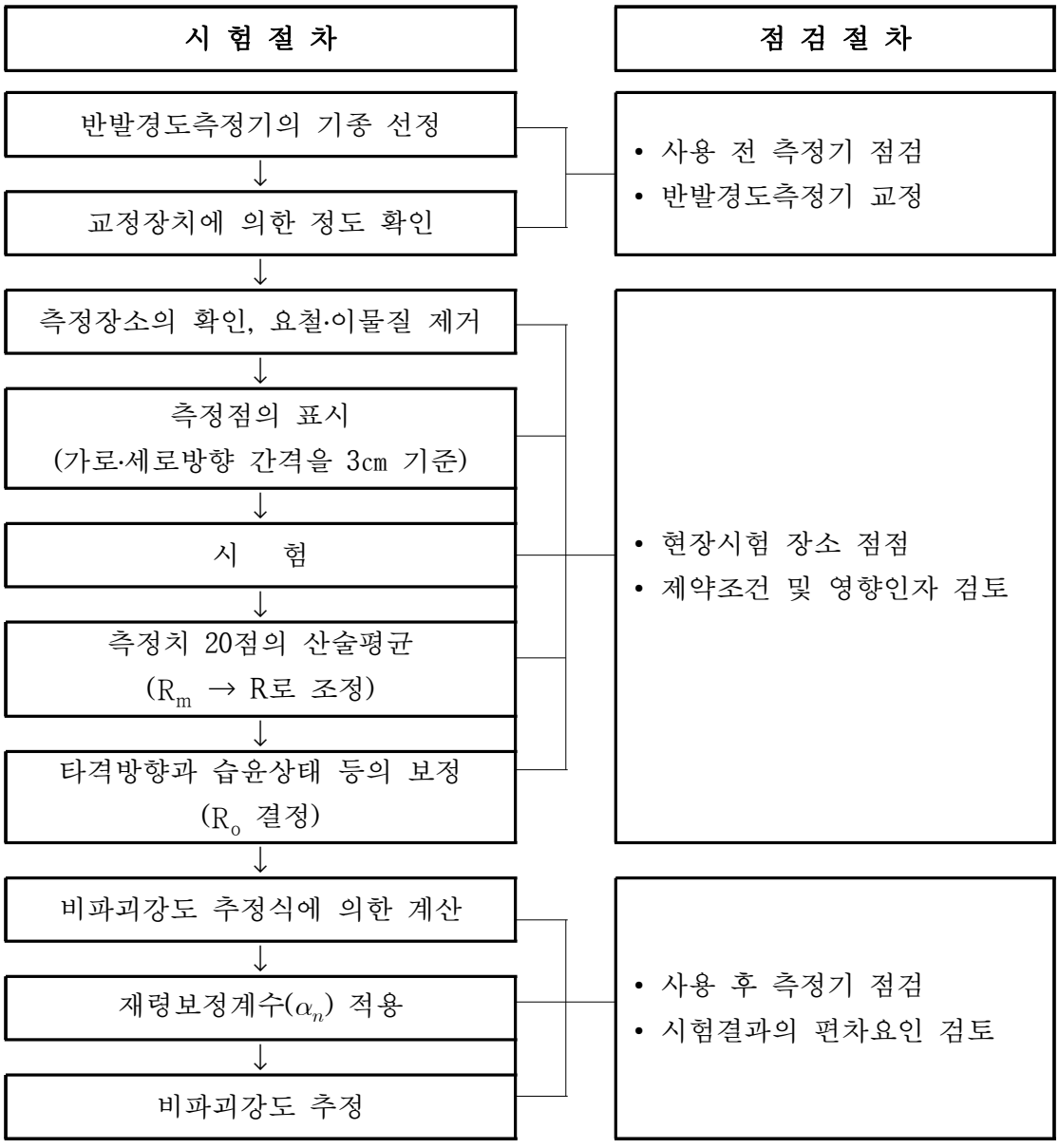
3.4.2 시험내용 및 평가기준

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 3.10】 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 3.70】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 3.71】 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.

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

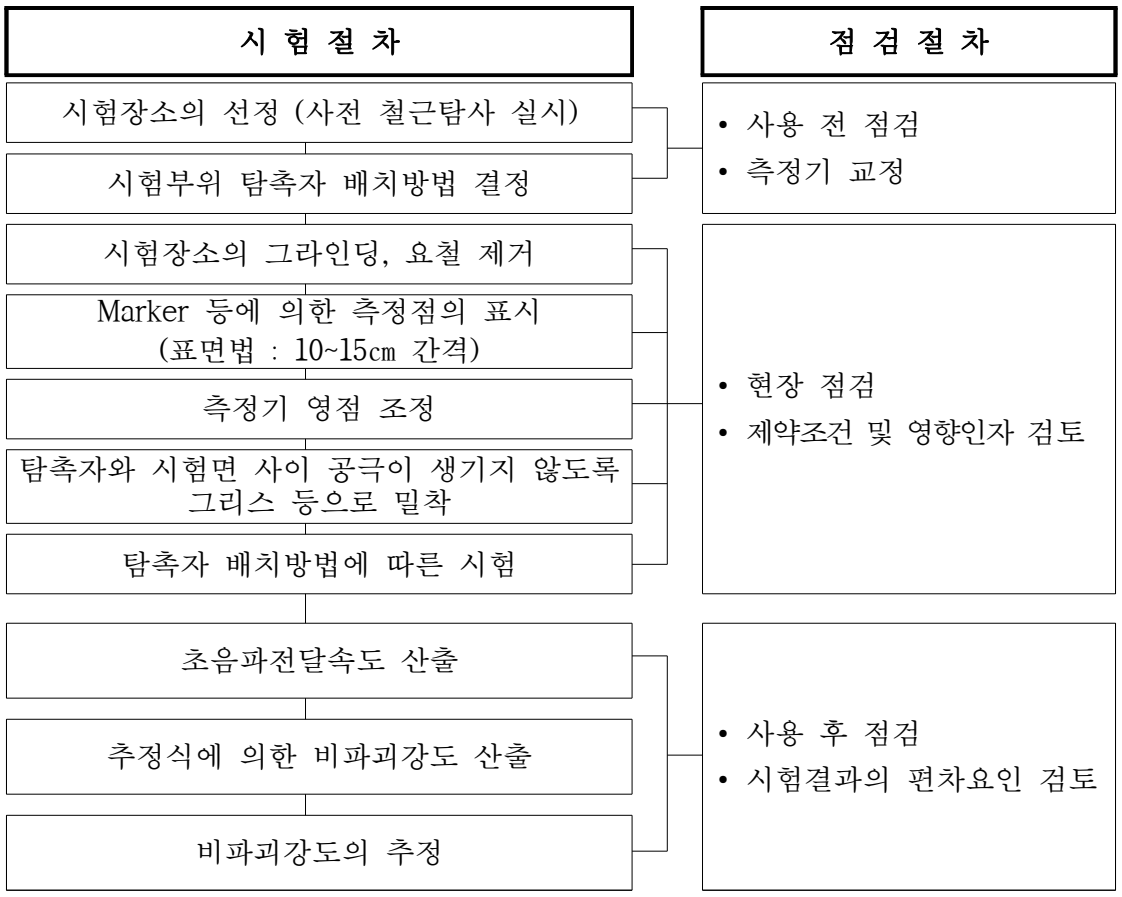
【표 3.72】 재령계수 α 값

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



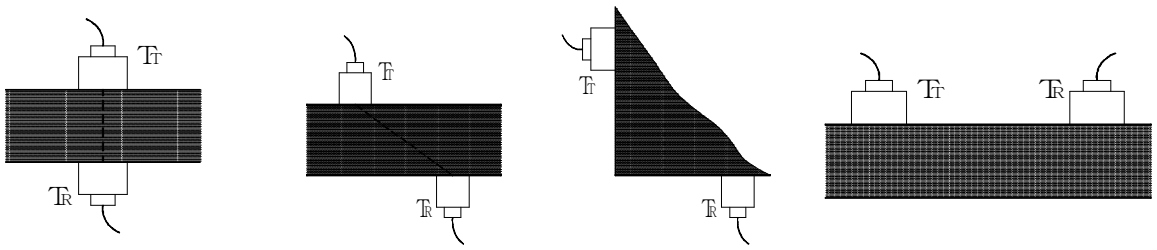
【그림 3.11】초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

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 3.12】초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$$V_d \approx 1.05 V_i$$

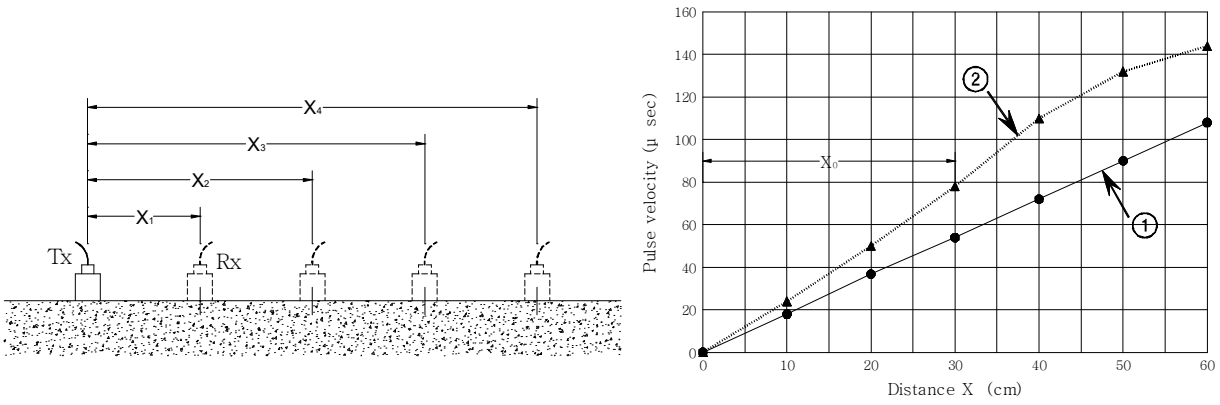
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

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 3.13】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 3.73】 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 3.30】에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

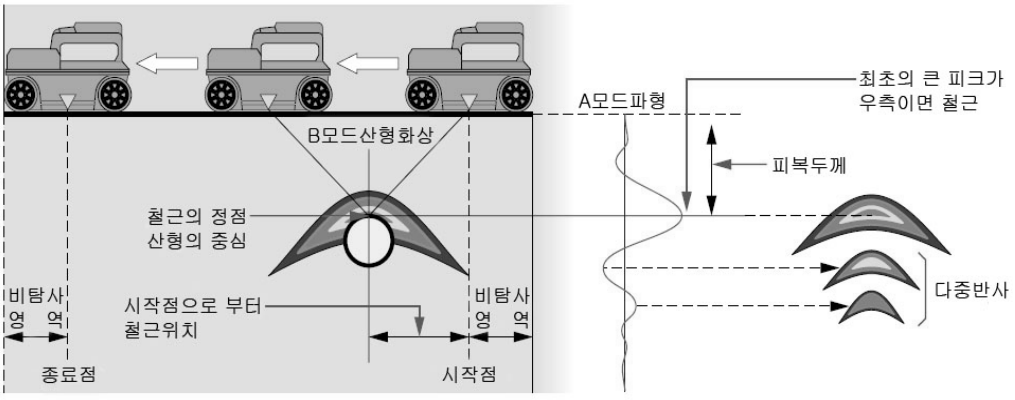
$$V = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (m/sec)$$

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.

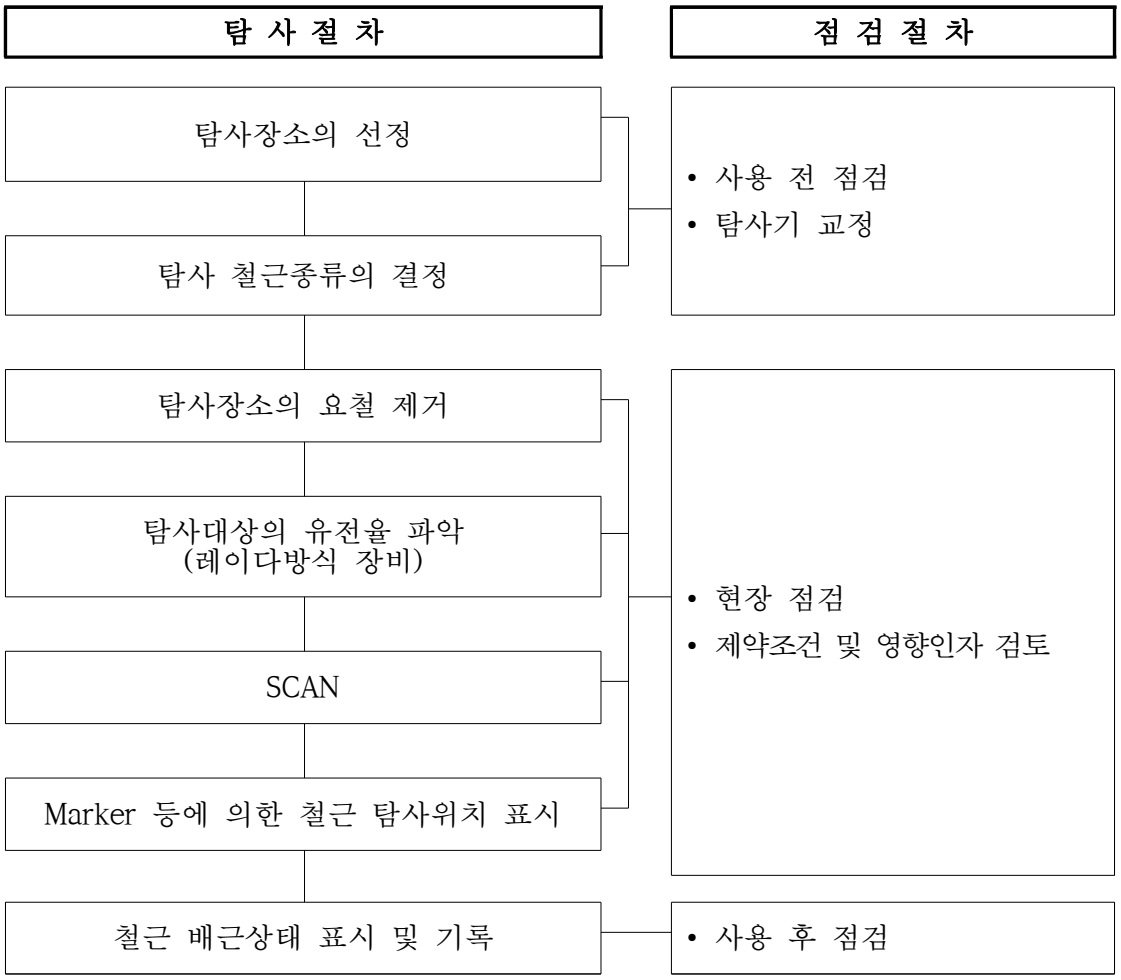
$$D = \frac{1}{2} V T \quad (m)$$



【그림 3.14】철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

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



【그림 3.15】 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

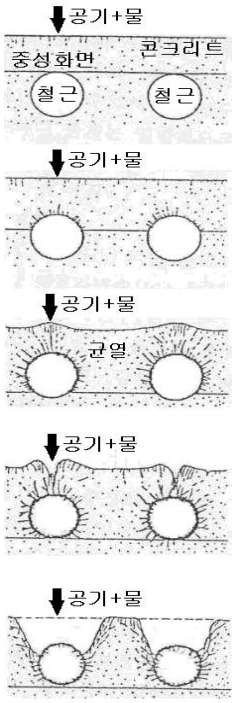
1) 개 요

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 3.16】 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 3.74】 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 3.74】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 3.75】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 3.76】 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 3.77】 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	-	-

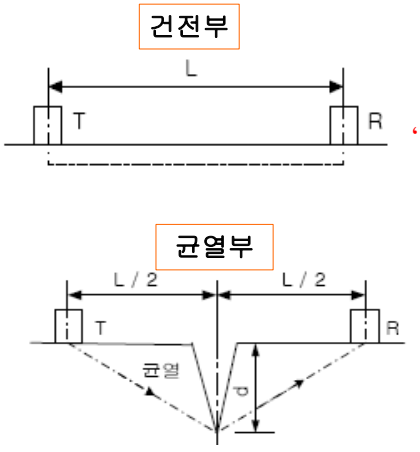
마. 균열깊이 조사

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 3.17】 T_c-T_o법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법

3.4.3 시험결과 및 분석

3.4.3.1 천안방향

1) 콘크리트 강도시험

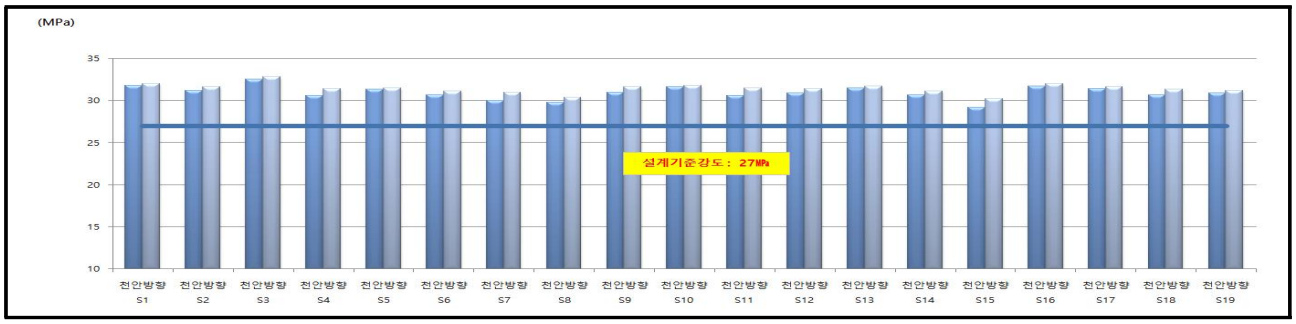
웅진대교의 콘크리트 비파괴강도시험은 상・하부구조에서 반발경도시험 39개소(상부구조:19개소, 하부구조:20개소) 및 초음파전달속도시험 39개소(상부구조:19개소, 하부구조:20개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

- 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 : 114.8～116.7%, 하부구조 : 112.1～119.2%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 측정되었다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 웅진대교 상부구조 및 하부구조에 대한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.78】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

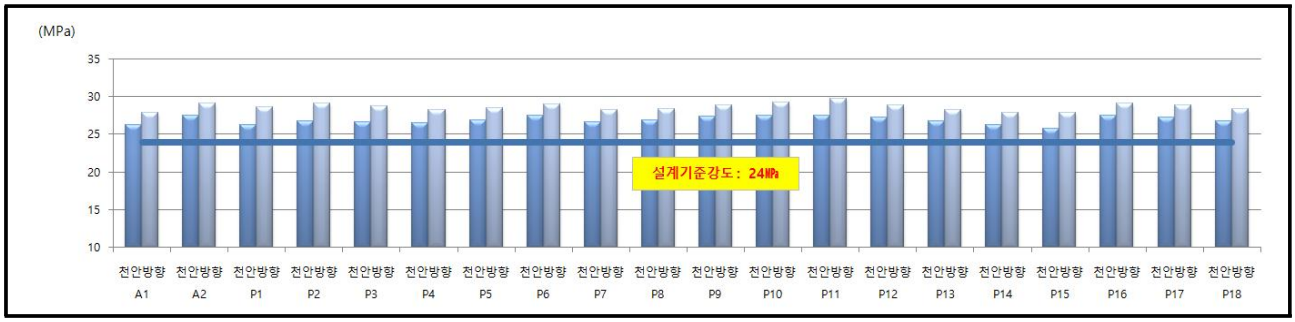
시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)		초음파속도법 (MPa)		반발경도법 평균	초음파속도법 평균	설계기준강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	식③	식④			
상부구조	S01 캔틸레버	57.50	4.383	32.6	30.9	32.3	31.6	31.8	32.0	27.0
	S02 캔틸레버	56.70	4.358	31.9	30.6	32.1	31.1	31.3	31.6	
	S03 캔틸레버	58.60	4.437	33.6	31.5	32.9	32.7	32.6	32.8	
	S04 캔틸레버	55.80	4.349	31.2	30.1	32.0	30.9	30.7	31.5	
	S05 캔틸레버	56.75	4.354	32.0	30.6	32.1	31.0	31.3	31.6	
	S06 캔틸레버	55.95	4.329	31.3	30.2	31.8	30.5	30.8	31.2	
	S07 캔틸레버	54.90	4.322	30.4	29.7	31.7	30.3	30.1	31.0	
	S08 캔틸레버	54.55	4.282	30.1	29.5	31.3	29.5	29.8	30.4	
	S09 캔틸레버	56.35	4.359	31.6	30.4	32.1	31.1	31.0	31.6	
	S10 캔틸레버	57.15	4.375	32.3	30.8	32.3	31.4	31.6	31.9	
	S11 캔틸레버	55.80	4.350	31.2	30.1	32.0	30.9	30.7	31.5	
	S12 캔틸레버	56.25	4.345	31.6	30.3	32.0	30.8	31.0	31.4	
	S13 캔틸레버	57.10	4.363	32.3	30.7	32.1	31.2	31.5	31.7	
	S14 캔틸레버	55.85	4.330	31.2	30.1	31.8	30.5	30.7	31.2	
	S15 캔틸레버	53.70	4.270	29.4	29.1	31.2	29.2	29.3	30.2	
	S16 캔틸레버	57.35	4.386	32.5	30.9	32.4	31.7	31.7	32.1	
	S17 캔틸레버	56.90	4.362	32.1	30.7	32.1	31.1	31.4	31.6	
	S18 캔틸레버	55.85	4.339	31.2	30.1	31.9	30.7	30.7	31.3	
	S19 캔틸레버	56.15	4.335	31.5	30.3	31.9	30.6	30.9	31.3	
	평 균			31.6	30.3	32.0	30.9	31.0	31.5	
	표준편차			0.96	0.55	0.37	0.76	0.755	0.56	
	변동계수			3.04	1.82	1.16	2.46	2.43	1.81	



【그림 3.18】 상부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.79】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)		초음파속도법 (MPa)		반발 경도법 평균	초음파 속도법 평균	설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	식③	식④			
하부구조	A1 벽체	46.25	4.112	25.7	27.0	29.6	25.9	26.4	27.8	24.0
	A2 벽체	48.18	4.201	27.2	27.9	30.5	27.8	27.6	29.2	
	P01 코핑부	46.25	4.165	25.7	27.0	30.2	27.0	26.4	28.6	
	P02 코핑부	46.79	4.199	26.1	27.3	30.5	27.7	26.7	29.1	
	P03 코핑부	47.10	4.175	26.0	27.2	30.3	27.2	26.6	28.8	
	P04 코핑부	47.15	4.141	25.8	27.1	29.9	26.5	26.5	28.2	
	P05 코핑부	46.58	4.158	26.4	27.4	30.1	26.8	26.9	28.5	
	P06 코핑부	48.10	4.191	27.1	27.9	30.4	27.5	27.5	29.0	
	P07 코핑부	46.68	4.140	26.0	27.2	29.9	26.5	26.6	28.2	
	P08 코핑부	48.72	4.146	26.3	27.4	30.0	26.6	26.9	28.3	
	P09 코핑부	48.65	4.185	26.9	27.7	30.4	27.4	27.3	28.9	
	P10 코핑부	47.92	4.202	27.2	27.9	30.5	27.8	27.6	29.2	
	P11 코핑부	48.18	4.236	27.2	27.9	30.9	28.5	27.6	29.7	
	P12 코핑부	47.66	4.181	26.8	27.7	30.3	27.3	27.3	28.8	
	P13 코핑부	48.30	4.142	26.1	27.3	29.9	26.5	26.7	28.2	
	P14 코핑부	48.32	4.115	25.6	27.0	29.7	25.9	26.3	27.8	
	P15 코핑부	48.26	4.112	25.0	26.6	29.6	25.9	25.8	27.8	
	P16 코핑부	48.18	4.196	27.2	27.9	30.5	27.6	27.6	29.1	
	P17 코핑부	46.92	4.183	26.7	27.6	30.3	27.4	27.2	28.9	
	P18 코핑부	48.42	4.155	26.1	27.3	30.1	26.8	26.7	28.5	
	평 균			26.4	27.4	30.2	27.0	26.9	28.6	
	표준편차			0.65	0.38	0.34	0.71	0.515	0.53	
	변동계수			2.46	1.39	1.13	2.63	1.93	1.88	



【그림 3.19】 하부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.80】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	반발경도법	29.3～31.8	27.0	108.5～117.8
	초음파속도법	30.2～32.8		111.9～121.5
하부구조	반발경도법	25.8～27.6	24.0	107.5～115.0
	초음파속도법	27.8～29.7		115.8～123.8

② 기 진단결과와의 비교·분석

【표 3.81】 기 진단결과와의 시험결과 비교・분석

구 분	시험방법	2013년 정밀안전진단	2018년 정밀안전진단
상부구조	반발경도법	24.2～27.0	29.3～31.8
	초음파속도법	24.8～40.1	30.2～32.8
하부구조	반발경도법	24.3～28.7	25.8～27.6
	초음파속도법	24.6～27.1	27.8～29.7

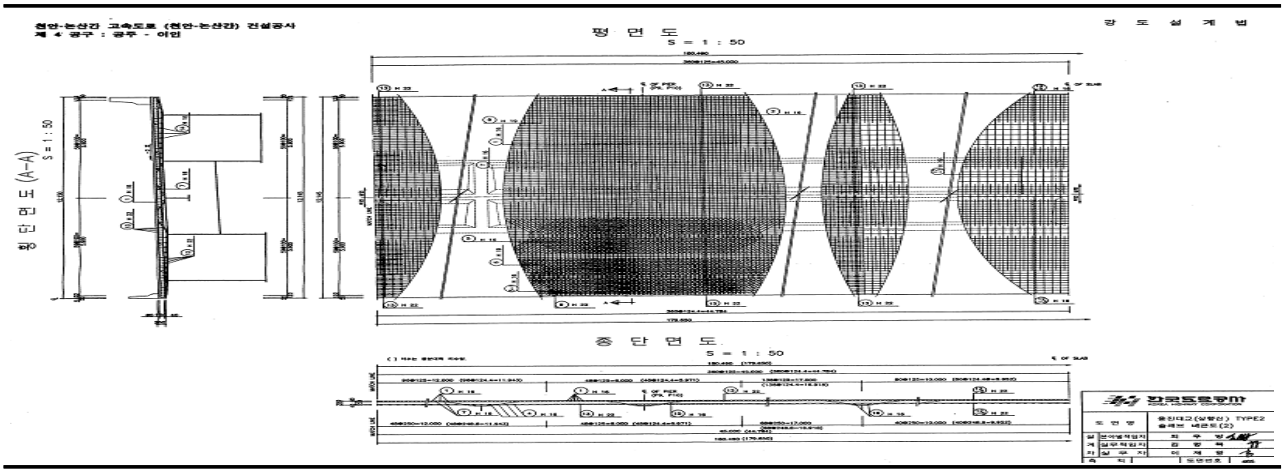
3) 철근탐사시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 25개소(상부구조 10개소, 하부구조 18개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인되었다.

① 철근탐사 시험결과

【표 3.82】상부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	S5 캔틸레버	주철근	148	56	150	40	양호
		배력철근	251	40	250	40	양호
	S6 캔틸레버	주철근	150	68	150	40	양호
		배력철근	251	39	250	40	양호
	S8 캔틸레버	주철근	150	50	150	40	양호
		배력철근	251	38	250	40	양호
	S9 캔틸레버	주철근	152	59	150	40	양호
		배력철근	241	41	250	40	양호
	S10 캔틸레버	주철근	150	54	150	40	양호
		배력철근	251	41	250	40	양호
	S11 캔틸레버	주철근	165	89	150	40	양호
		배력철근	253	38	250	40	양호
	S12 캔틸레버	주철근	152	93	150	40	양호
		배력철근	247	39	250	40	양호
	S14 캔틸레버	주철근	150	69	150	40	양호
		배력철근	248	39	250	40	양호
	S15 캔틸레버	주철근	143	42	150	40	양호
		배력철근	245	41	250	40	양호
	S18 캔틸레버	주철근	150	59	150	40	양호
		배력철근	245	41	250	40	양호

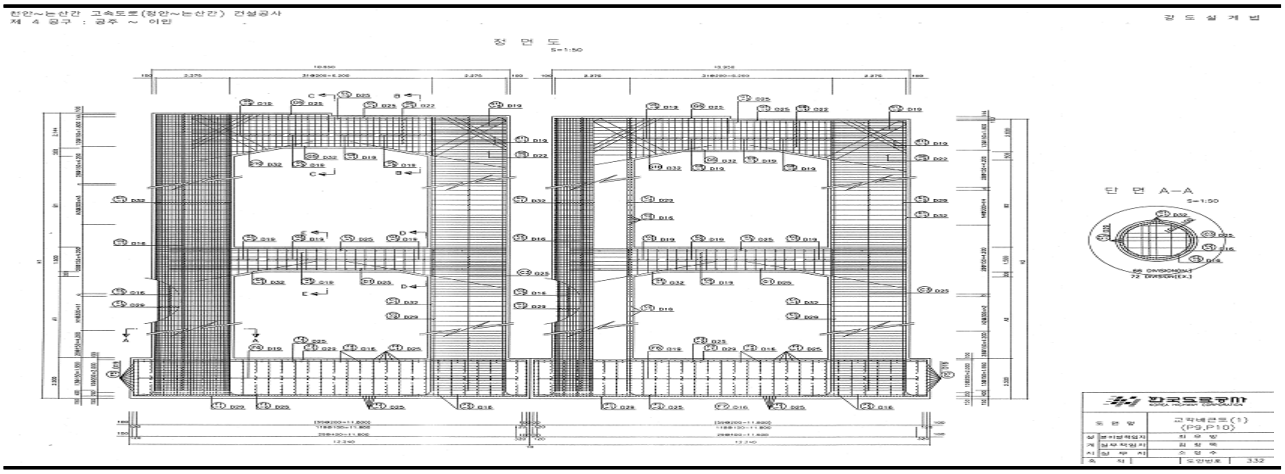


【표 3.83】 하부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부구조	P1 코핑부	수직철근	195	91	200	100	양호
		수평철근	140	89	150	100	양호
	P2 코핑부	수직철근	207	91	200	100	양호
		수평철근	160	93	150	100	양호
	P3 코핑부	수직철근	205	84	200	100	양호
		수평철근	167	91	150	100	양호
	P4 코핑부	수직철근	202	79	200	100	양호
		수평철근	167	96	150	100	양호
	P5 코핑부	수직철근	210	84	200	100	양호
		수평철근	162	114	150	100	양호
	P6 코핑부	수직철근	215	84	200	100	양호
		수평철근	150	89	150	100	양호
	P7 코핑부	수직철근	196	74	200	100	양호
		수평철근	161	86	150	100	양호
	P8 코핑부	수직철근	198	85	200	100	양호
		수평철근	150	84	150	100	양호
	P9 코핑부	수직철근	193	96	200	100	양호
		수평철근	150	113	150	100	양호
	P10 코핑부	수직철근	200	95	200	100	양호
		수평철근	150	94	150	100	양호
	P11 코핑부	수직철근	202	96	200	100	양호
		수평철근	133	89	150	100	양호
	P12 코핑부	수직철근	200	96	200	100	양호
		수평철근	133	91	150	100	양호
	P13 코핑부	수직철근	189	95	200	100	양호
		수평철근	160	92	150	100	양호

【표 3.83】 하부구조 철근탐사 시험결과(계속)

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부구조	P14 코핑부	수직철근	203	94	200	100	양호
		수평철근	138	96	150	100	양호
	P15 코핑부	수직철근	202	92	200	100	양호
		수평철근	166	93	150	100	양호
	P16 코핑부	수직철근	194	73	200	100	양호
		수평철근	140	93	150	100	양호
	P17 코핑부	수직철근	199	91	200	100	양호
		수평철근	152	91	150	100	양호
	P18 코핑부	수직철근	191	93	200	100	양호
		수평철근	162	93	150	100	양호



② 기 진단결과와의 비교

【표 3.84】 기 진단결과와의 시험결과 비교・분석

구 분	2013년 정밀안전진단		2018년 정밀안전진단	
	배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	99～255	29～95	143~253	39~93
하부구조	101～307	71～127	140~215	73~114

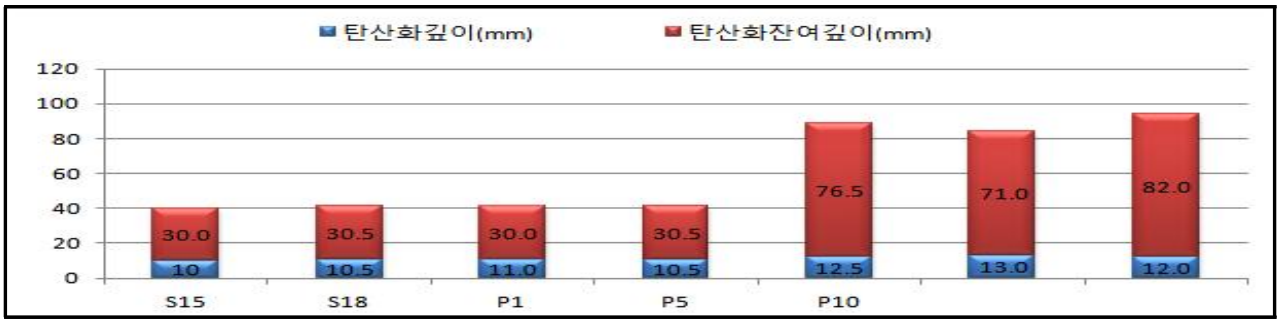
4) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 7개소(상부구조 4개소, 하부구조 3개소)에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 "a등급"으로 평가되었다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.85】탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 등급	비 고
상부 구조	S5 캔틸레버	10	40	30.0	2.43	100년이상	a	양호
	S10 캔틸레버	10.5	41	30.5	2.55	100년이상	a	양호
	S15 캔틸레버	11.0	41	30.0	2.67	100년이상	a	양호
	S18 캔틸레버	10.5	41	30.5	2.55	100년이상	a	양호
하부 구조	P1 코핑부	12.5	89	76.5	3.03	100년이상	a	양호
	P5 코핑부	13.0	84	71.0	3.15	100년이상	a	양호
	P10 코핑부	12.0	94	82.0	2.91	100년이상	a	양호



【그림 3.20】탄산화 깊이 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

【표 3.86】기 진단결과와의 시험결과 비교・분석

구 분	2013년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)	2018년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)
상부구조	34.7~51.7	30.0~30.5
하부구조	67.3~96.7	76.5~82.0

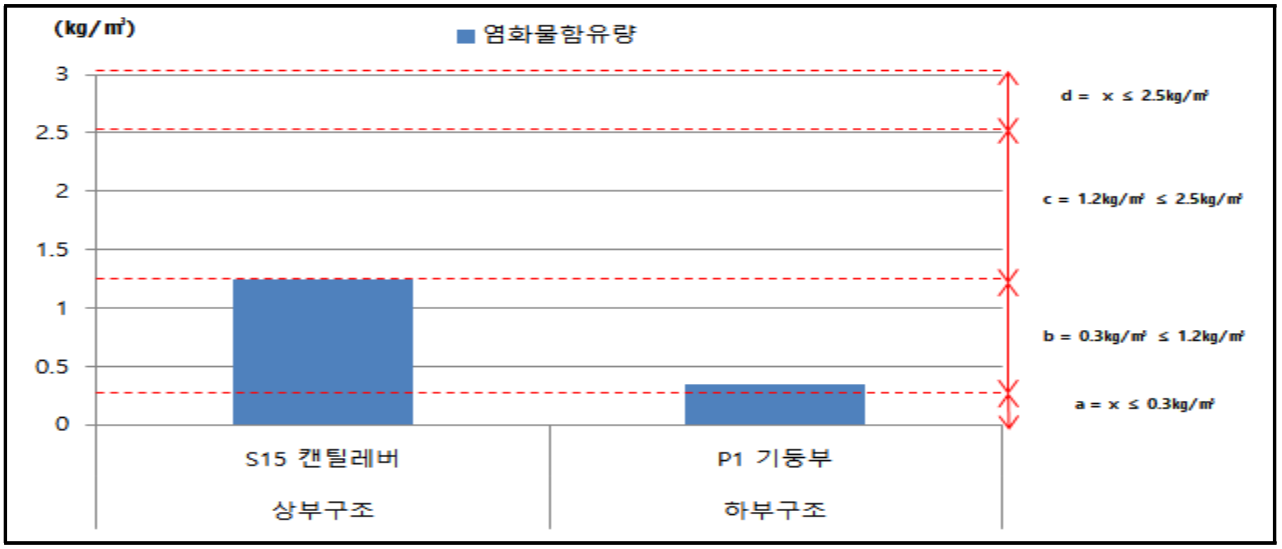
4) 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험은 총 2개소(상부구조 1개소, 하부구조 1개소)에서 깊이별 시험을 실시하였으며, 염화물 함유량의 경우 신축이음으로부터 유입된 동절기 염화칼슘에 의해 b~c등급으로 평가되었으므로 내구성 저하 방지를 위해 주기적인 점검을 통한 2차 손상 발생파악 등의 유지관리가 필요함.

【표 3.87】 염화물 함유량 시험결과 및 평가

시험위치		실측 피복두께 (㎜)	염화물 함유량		평가 결과	비 고
			Cl^-(%)	Cl^-(kg/㎥)		
상부 구조	S15 캔틸레버하면 (건전부)	41	0.0551	1.2469	c	
하부 구조	P1 기둥부 (건전부)	89	0.0152	0.3440	b	

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



【그림 3.21】염화물시험 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

【표 3.88】기 진단결과와의 시험결과 비교·분석

구 분	2013년 정밀안전진단 Cl^-(kg/㎥)	2018년 정밀안전진단 Cl^-(kg/㎥)
상부구조	1.168	1.2469
하부구조	0.263	0.3440

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 3.89】 균열깊이 조사결과

시험위치		균열폭 (㎜)	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec)		균열깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	비 고
			건전부 (To)	균열부 (Tc)			
하부 구조	P08 코핑부	0.2	72.8	81.4	75	84	
	P10 코핑부	0.2	73.0	79.2	63	94	

3.4.3.2 논산방향

1) 콘크리트 강도시험

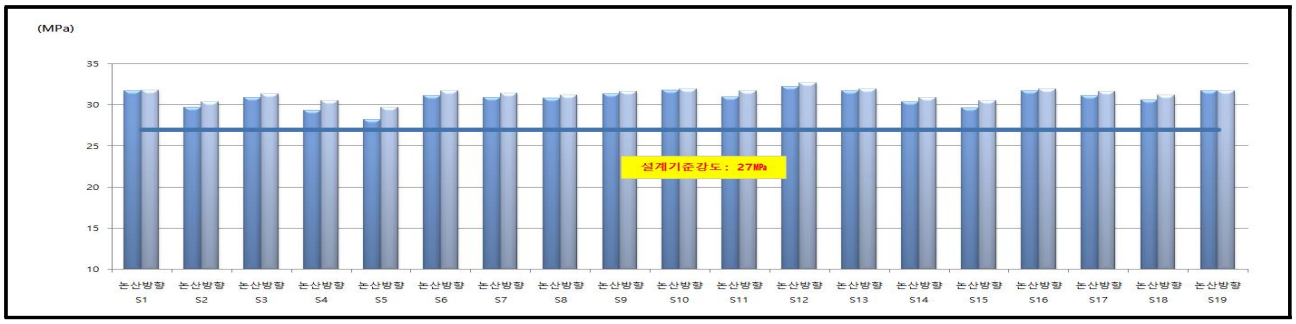
웅진대교의 콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험 39개소(상부구조:19개소, 하부구조:20개소) 및 초음파전달속도시험 39개소(상부구조:19개소, 하부구조:20개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

- 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 : 114.1~115.9%, 하부구조 : 113.8~120.0%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 측정되었다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 웅진대교 상부구조 및 하부구조에 대한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.90】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

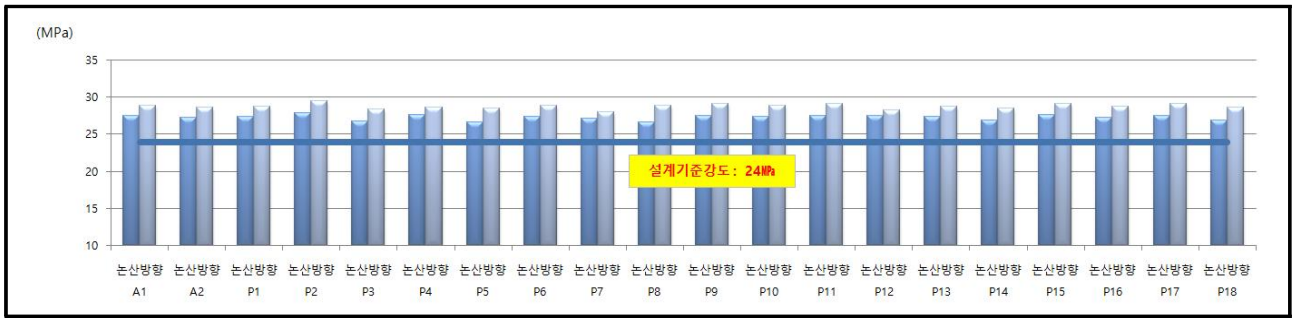
시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)		초음파속도법 (MPa)		반발경도법 평균	초음파속도법 평균	설계기준강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	식③	식④			
상부구조	S01 캔틸레버	57.50	4.373	32.5	30.9	32.2	31.4	31.7	31.8	27.0
	S02 캔틸레버	56.70	4.282	30.0	29.4	31.3	29.5	29.7	30.4	
	S03 캔틸레버	58.60	4.337	31.4	30.3	31.9	30.6	30.9	31.3	
	S04 캔틸레버	55.80	4.291	29.5	29.2	31.4	29.7	29.4	30.6	
	S05 캔틸레버	56.75	4.236	28.0	28.3	30.9	28.5	28.2	29.7	
	S06 캔틸레버	55.95	4.364	31.8	30.5	32.2	31.2	31.2	31.7	
	S07 캔틸레버	54.90	4.344	31.5	30.3	32.0	30.8	30.9	31.4	
	S08 캔틸레버	54.55	4.333	31.3	30.2	31.8	30.5	30.8	31.2	
	S09 캔틸레버	56.35	4.359	32.0	30.6	32.1	31.1	31.3	31.6	
	S10 캔틸레버	57.15	4.381	32.6	30.9	32.3	31.5	31.8	31.9	
	S11 캔틸레버	55.80	4.365	31.6	30.4	32.2	31.2	31.0	31.7	
	S12 캔틸레버	56.25	4.430	33.2	31.2	32.8	32.6	32.2	32.7	
	S13 캔틸레버	57.10	4.381	32.6	30.9	32.3	31.5	31.8	31.9	
	S14 캔틸레버	55.85	4.316	30.9	29.9	31.7	30.2	30.4	31.0	
	S15 캔틸레버	53.70	4.288	29.8	29.3	31.4	29.6	29.6	30.5	
	S16 캔틸레버	57.35	4.380	32.6	30.9	32.3	31.5	31.8	31.9	
	S17 캔틸레버	56.90	4.362	31.7	30.4	32.1	31.1	31.1	31.6	
	S18 캔틸레버	55.85	4.333	31.1	30.1	31.8	30.5	30.6	31.2	
	S19 캔틸레버	56.15	4.366	32.5	30.9	32.2	31.2	31.7	31.7	
	평 균			31.4	30.2	31.9	30.7	30.8	31.3	
	표준편차			1.31	0.74	0.45	0.94	1.025	0.70	
	변동계수			4.17	2.45	1.41	3.06	3.31	2.24	



【그림 3.22】 상부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.91】 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	48.18	4.187	27.2	27.9	30.4	27.5	27.6	29.0	24.0
	A2 벽체	47.65	4.164	26.8	27.6	30.2	27.0	27.2	28.6	
	P01 코핑부	47.87	4.173	27.0	27.7	30.2	27.2	27.4	28.7	
	P02 기둥부	48.62	4.226	27.6	28.1	30.8	28.3	27.9	29.6	
	P03 코핑부	46.85	4.149	26.1	27.3	30.0	26.7	26.7	28.4	
	P04 기둥부	48.26	4.167	27.3	27.9	30.2	27.0	27.6	28.6	
	P05 기둥부	46.65	4.159	26.0	27.2	30.1	26.9	26.6	28.5	
	P06 기둥부	47.85	4.181	26.9	27.7	30.3	27.3	27.3	28.8	
	P07 코핑부	46.92	4.130	26.6	27.5	29.8	26.3	27.1	28.1	
	P08 코핑부	46.68	4.186	26.0	27.2	30.4	27.4	26.6	28.9	
	P09 기둥부	48.12	4.197	27.2	27.9	30.5	27.7	27.6	29.1	
	P10 기둥부	47.98	4.184	27.0	27.8	30.4	27.4	27.4	28.9	
	P11 코핑부	48.10	4.198	27.1	27.9	30.5	27.7	27.5	29.1	
	P12 코핑부	48.15	4.143	27.2	27.9	29.9	26.5	27.6	28.2	
	P13 기둥부	47.86	4.172	27.0	27.7	30.2	27.1	27.4	28.7	
	P14 코핑부	46.98	4.159	26.2	27.3	30.1	26.9	26.8	28.5	
	P15 코핑부	48.32	4.199	27.3	28.0	30.5	27.7	27.7	29.1	
	P16 기둥부	47.56	4.170	26.7	27.6	30.2	27.1	27.2	28.7	
	P17 기둥부	48.15	4.200	27.2	27.9	30.5	27.7	27.6	29.1	
	P18 기둥부	47.26	4.164	26.3	27.4	30.2	27.0	26.9	28.6	
	평 균			26.8	27.7	30.3	27.2	27.3	28.8	
	표준편차			0.48	0.28	0.24	0.47	0.38	0.36	
	변동계수			1.79	1.01	0.79	1.73	1.40	1.26	



【그림 3.23】 하부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.92】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	반발경도법	28.2～31.8	27.0	104.4～117.8
	초음파속도법	29.7～31.9		110.0～118.1
하부구조	반발경도법	26.6～27.9	24.0	110.8～116.3
	초음파속도법	28.1～29.6		117.1～123.3

② 기 진단결과와의 비교·분석

【표 3.93】 기 진단결과와의 시험결과 비교・분석

구 분	시험방법	2013년 정밀안전진단	2018년 정밀안전진단
상부구조	반발경도법	27.1～28.0	28.2～31.8
	초음파속도법	24.8～28.5	29.7～31.9
하부구조	반발경도법	26.1～27.7	26.6～27.9
	초음파속도법	24.0～27.1	28.1～29.6

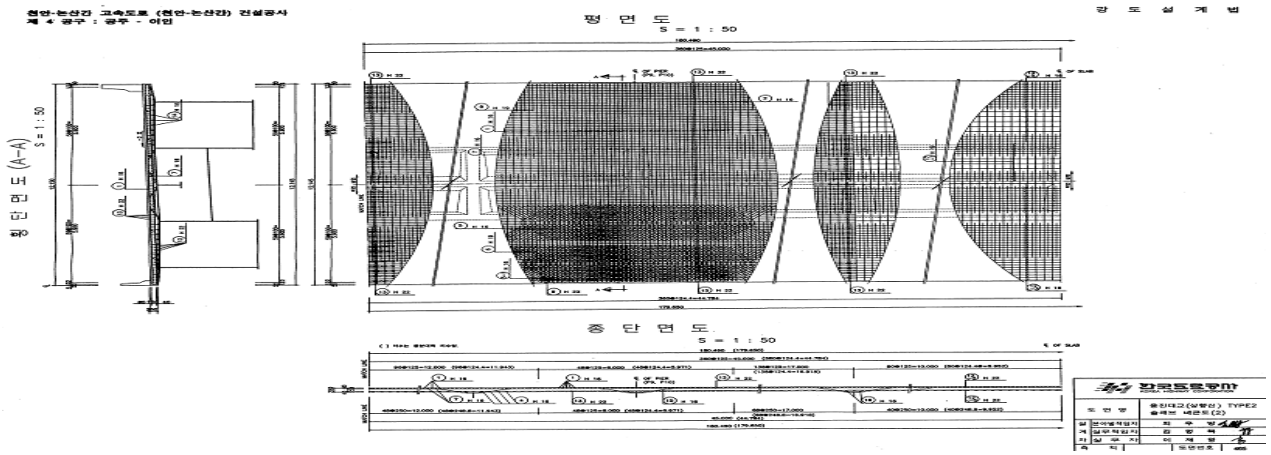
3) 철근탐사시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 30개소(상부구조 12개소, 하부구조 18개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인되었다.

① 철근탐사 시험결과

【표 3.94】상부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	S2 캔틸레버	주철근	102	48	100	40	양호
		배력철근	253	41	250	40	양호
	S3 캔틸레버	주철근	98	52	100	40	양호
		배력철근	245	41	250	40	양호
	S4 캔틸레버	주철근	100	54	100	40	양호
		배력철근	248	41	250	40	양호
	S6 캔틸레버	주철근	100	54	100	40	양호
		배력철근	248	41	250	40	양호
	S7 캔틸레버	주철근	100	56	100	40	양호
		배력철근	246	40	250	40	양호
	S9 캔틸레버	주철근	100	54	100	40	양호
		배력철근	249	42	250	40	양호
	S10 캔틸레버	주철근	90	50	100	40	양호
		배력철근	250	41	250	40	양호
	S11 캔틸레버	주철근	105	65	100	40	양호
		배력철근	244	41	250	40	양호
	S13 캔틸레버	주철근	103	61	100	40	양호
		배력철근	255	41	250	40	양호
	S15 캔틸레버	주철근	102	44	100	40	양호
		배력철근	255	41	250	40	양호
	S16 캔틸레버	주철근	102	48	100	40	양호
		배력철근	249	44	250	40	양호
	S18 캔틸레버	주철근	100	40	100	40	양호
		배력철근	244	41	250	40	양호

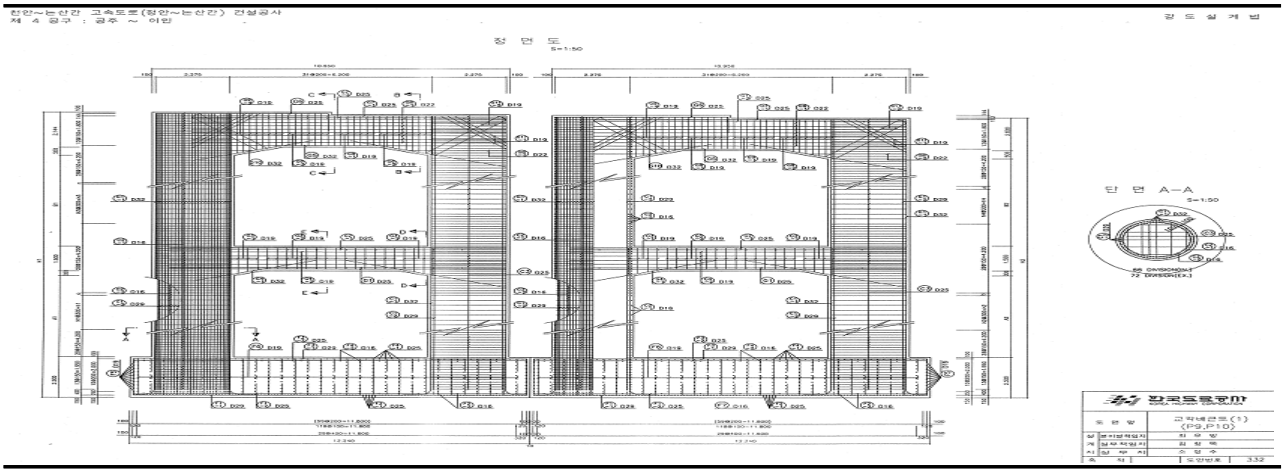


【표 3.95】 하부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부 구조	P1 코핑부	수직철근	189	91	200	100	양호
		수평철근	167	91	150	100	양호
	P2 코핑부	수직철근	182	96	200	100	양호
		수평철근	167	94	150	100	양호
	P3 코핑부	수직철근	183	92	200	100	양호
		수평철근	166	94	150	100	양호
	P4 코핑부	수직철근	194	93	200	100	양호
		수평철근	142	92	150	100	양호
	P5 코핑부	수직철근	190	94	200	100	양호
		수평철근	146	93	150	100	양호
	P6 코핑부	수직철근	196	88	200	100	양호
		수평철근	150	91	150	100	양호
	P7 코핑부	수직철근	198	91	200	100	양호
		수평철근	152	93	150	100	양호
	P8 코핑부	수직철근	197	97	200	100	양호
		수평철근	152	97	150	100	양호
	P9 코핑부	수직철근	200	89	200	100	양호
		수평철근	151	90	150	100	양호
	P10 코핑부	수직철근	197	89	200	100	양호
		수평철근	138	97	150	100	양호
	P11 코핑부	수직철근	217	89	200	100	양호
		수평철근	134	97	150	100	양호
	P12 코핑부	수직철근	192	92	200	100	양호
		수평철근	153	97	150	100	양호
	P13 코핑부	수직철근	185	96	200	100	양호
		수평철근	125	94	150	100	양호

【표 3.95】 하부구조 철근탐사 시험결과(계속)

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부구조	P14 코핑부	수직철근	187	103	200	100	양호
		수평철근	160	91	150	100	양호
	P15 코핑부	수직철근	200	95	200	100	양호
		수평철근	164	97	150	100	양호
	P16 코핑부	수직철근	204	92	200	100	양호
		수평철근	153	93	150	100	양호
	P17 코핑부	수직철근	213	89	200	100	양호
		수평철근	150	89	150	100	양호
	P18 코핑부	수직철근	207	92	200	100	양호
		수평철근	167	89	150	100	양호



② 기 진단결과와의 비교

【표 3.96】 기 진단결과와의 시험결과 비교・분석

구 분	2013년 정밀안전진단		2018년 정밀안전진단	
	배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	89～255	30～93	90～255	40～65
하부구조	79～293	40～151	125～207	89～103

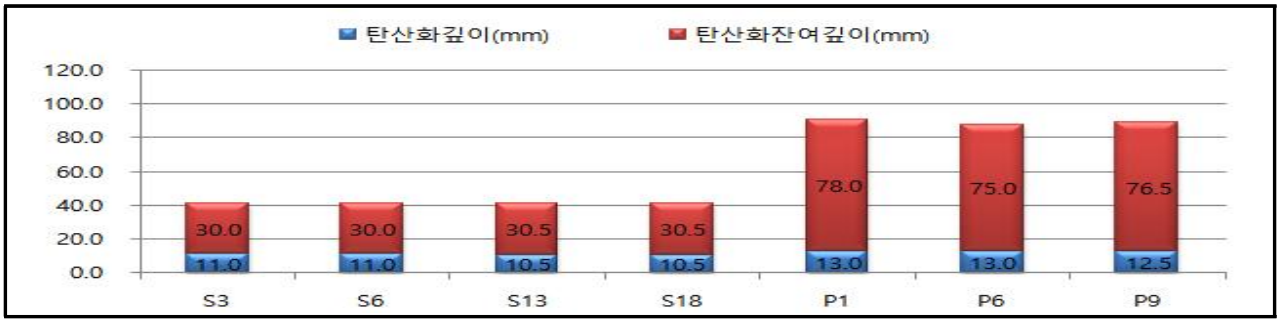
4) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 7개소(상부구조 4개소, 하부구조 3개소)에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 "a등급"으로 평가되었다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.97】탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 등급	비 고
상부 구조	S3 캔틸레버하면	11.0	41.0	30.0	2.67	100년이상	a	양호
	S6 캔틸레버하면	11.0	41.0	30.0	2.67	100년이상	a	양호
	S13 캔틸레버하면	10.5	41.0	30.5	2.55	100년이상	a	양호
	S18 캔틸레버하면	10.5	41.0	30.5	2.55	100년이상	a	양호
하부 구조	P1 기둥부	13.0	91.0	78.0	3.15	100년이상	a	양호
	P6 기둥부	13.0	88.0	75.0	3.15	100년이상	a	양호
	P9 기둥부	12.5	89.0	76.5	3.03	100년이상	a	양호



【그림 3.24】탄산화 깊이 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

【표 3.98】기 진단결과와의 시험결과 비교·분석

구 분	2013년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)	2018년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)
상부구조	24.3~51.3	30.0~30.5
하부구조	57.4~101.9	75.0~78.0

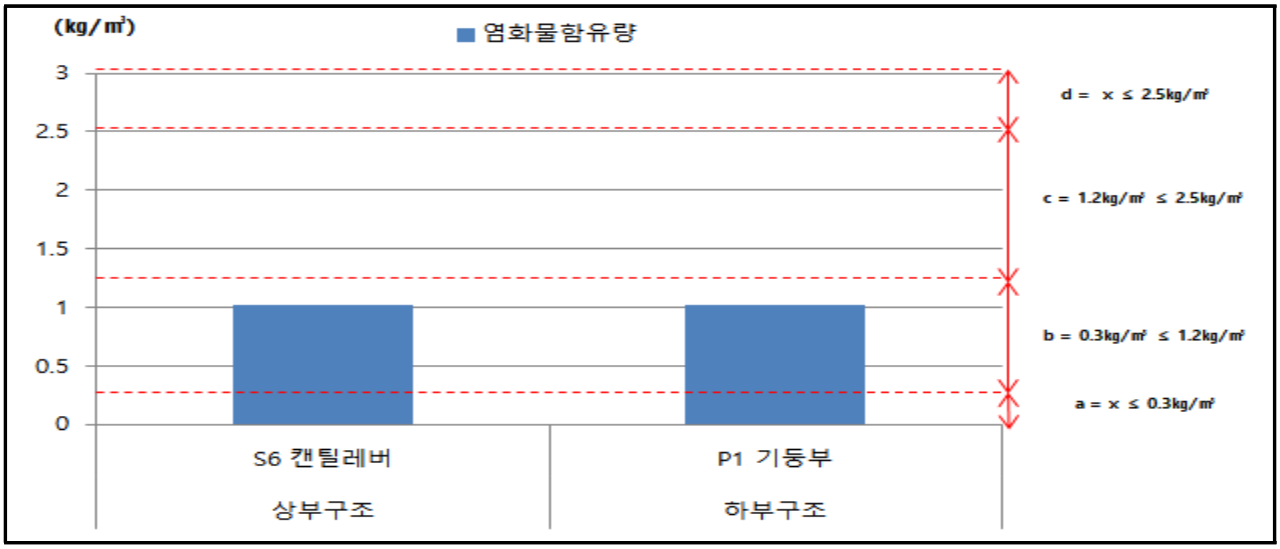
4) 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험은 총 2개소(상부구조 1개소, 하부구조 1개소)에서 깊이별 시험을 실시하였으며, 염화물 함유량의 경우 신축이음으로부터 유입된 동절기 염화칼슘에 의해 b등급으로 평가되었으므로 내구성 저하 방지를 위해 주기적인 점검을 통한 2차 손상 발생파악 등의 유지관리가 필요함.

【표 3.99】 염화물 함유량 시험결과 및 평가

시험위치		실측 피복두께 (㎜)	염화물 함유량		평가 결과	비 고
			Cl^-(%)	Cl^-(kg/㎥)		
상부 구조	S6 캔틸레버하면 (건전부)	41	0.0449	1.0161	b	
하부 구조	P1 기둥부 (건전부)	91	0.0448	1.0138	b	

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



【그림 3.25】염화물시험 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

【표 3.100】기 진단결과와의 시험결과 비교・분석

구 분	2013년 정밀안전진단 Cl^-(kg/㎥)	2018년 정밀안전진단 Cl^-(kg/㎥)
상부구조	1.102	1.0161
하부구조	0.996	1.0138

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 3.101】균열깊이 조사결과

시험위치		균열폭 (㎜)	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec)		균열깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	비 고
			건전부 (To)	균열부 (Tc)			
하부구조	P08 코핑부	0.2	74.4	82.5	72	97	
	P10 코핑부	0.2	74.4	79.9	59	89	

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(2010.12, 국토해양부/한국시설안전공단)』참조)

웅진대교는 약 10년 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 3.102】강재 비파괴시험 현황

조사위치		초음파탐상시험	도막두께측정	비고
S1	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
S2	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S3	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
S4	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	

【표 3.102】 강재 비파괴시험 현황(계속)

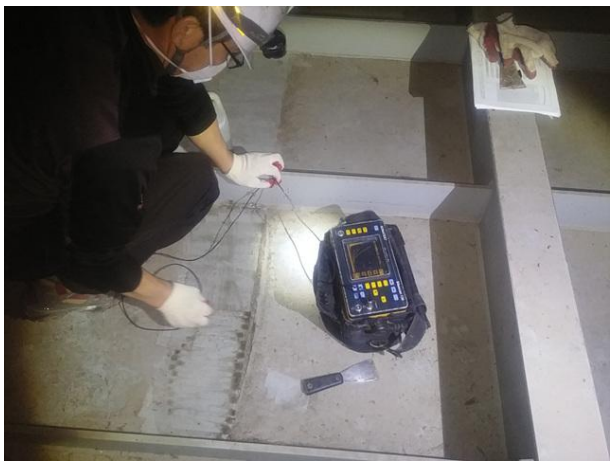
조사위치		초음파탐상시험	도막두께측정	비고
S5	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
S6	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S7	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
S8	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S9	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
S10	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S11	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
S12	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S13	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
S14	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S15	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	

【표 3.102】강재 비파괴시험 현황(계속)

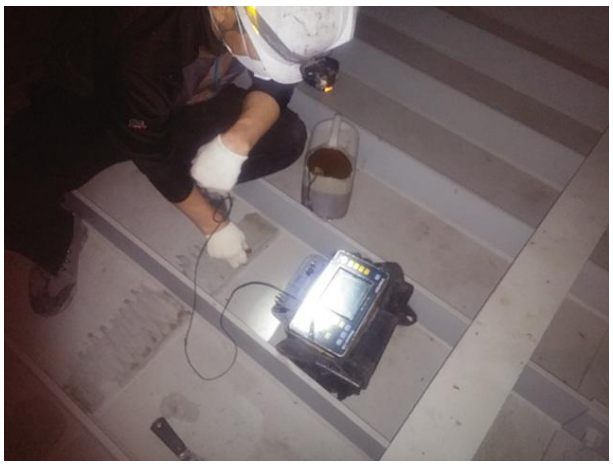
조사위치		초음파탐상시험	도막두께측정	비고
S16	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S17	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
S18	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S19	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
합 계		152	114	
세부지침 기준수량		152	-	

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

2) 조사 사진



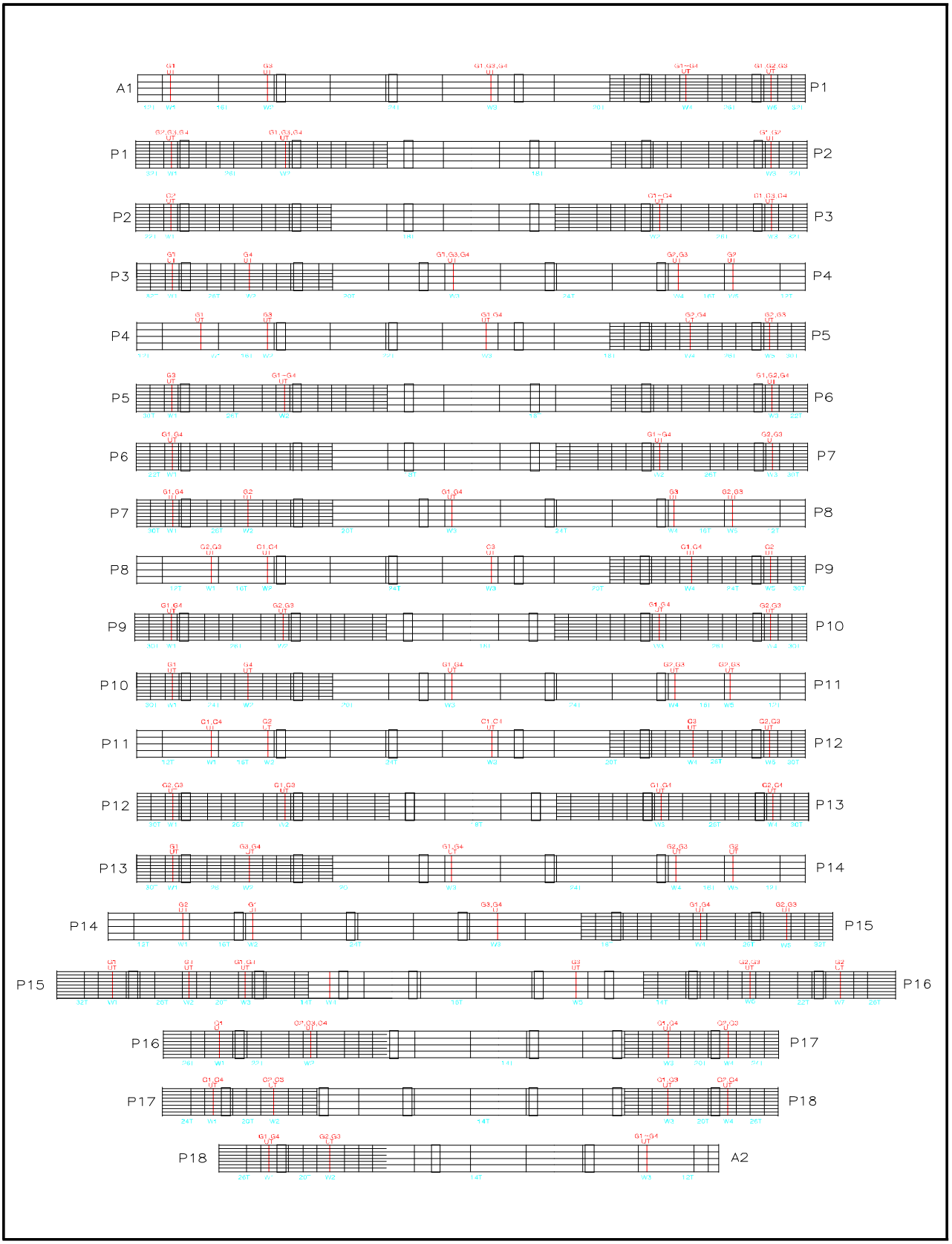
초음파 탐상 검사



도막두께 측정시험

【사진 3.47】강재 내구성조사 전경

3) 강재 내구성조사 위치도



【그림 3.26】강재 내구성조사 위치도

3.5.2 시험내용 및 평가기준

가. 초음파탐상시험(UT : Ultrasonic Testing)

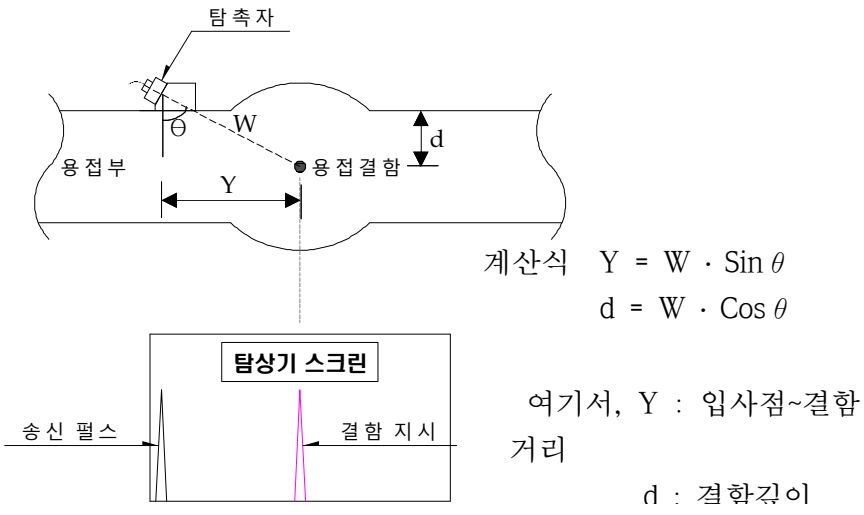
1) 개 요

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 3.27】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 3.103】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 3.104】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)

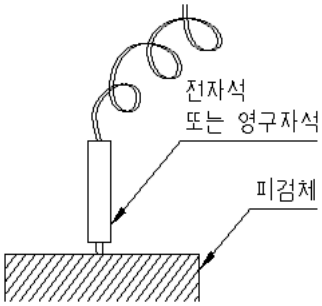
1) 개 요

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.

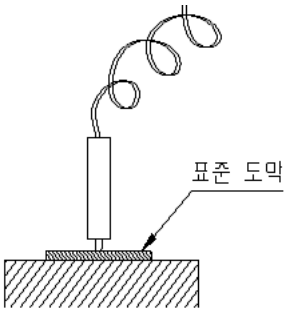
측정은 강박스 거더의 내부와 외부로 구분하였으며, 한 개소당 3회씩 측정하여 평균값을 도막두께로 취하였다.

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 3.28】 Gauge 영점조정



【그림 3.29】 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 3.105】 일반환경용 중방식 도장(공사시방서)

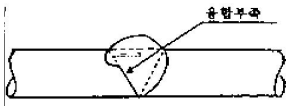
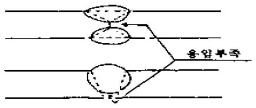
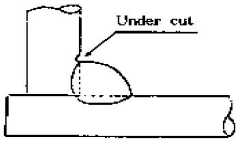
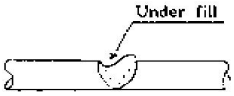
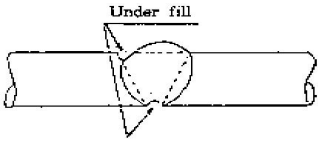
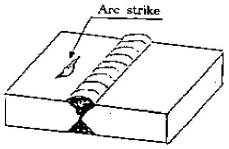
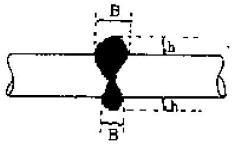
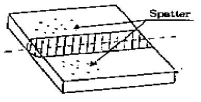
도장부위	표면처리	도장순서	도료형태	건조도막 두께(㎛)
거더 외부	준 나금속블라스트 세정(SA 2.5)	1차	무기질계 도료	50
		2차	염화고무계 중도	60
		3차	염화고무계 상도	30
		4차	염화고무계 상도	30
		계		170
거더 내부	준 나금속블라스트 세정(SA 2.5)	1차	무기질계 도료	100~150
		계		150

【표 3.106】 일반환경용 중방식 도장(현 시방기준)

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

3.5.3 용접부에 발생하는 대표적인 결함

【표 3.107】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 3.108】초음파탐상(UT) 시험결과

시험위치	모재두께	각도	위치		결함발생 현황	등급	합격여부		비 고
			x	y			합격	불합격	
S1 - 주형1 - W1	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S1 - 주형1 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S1 - 주형2 - W4	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S1 - 주형2 - W5	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형1 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형1 - W3	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형2 - W1	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형2 - W3	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형1 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형1 - W3	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		천안 방향
S3 - 주형2 - W1	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형2 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S4 - 주형1 - W1	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S4 - 주형1 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S4 - 주형2 - W4	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S4 - 주형2 - W5	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S5 - 주형1 - W1	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S5 - 주형1 - W3	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S5 - 주형2 - W4	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S5 - 주형2 - W5	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		

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

【표 3.108】 초음파탐상(UT) 시험결과(계속)

시험위치	모재두께	각도	위치		결함발생 현황	등급	합격여부		비 고
			x	y			합격	불합격	
S6 - 주형1 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S6 - 주형1 - W3	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S6 - 주형2 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S6 - 주형2 - W3	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S7 - 주형1 - W1	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S7 - 주형1 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S7 - 주형2 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S7 - 주형2 - W3	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S8 - 주형1 - W1	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S8 - 주형1 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S8 - 주형2 - W2	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S8 - 주형2 - W5	16+12	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S9 - 주형1 - W2	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S9 - 주형1 - W4	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S9 - 주형2 - W1	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		천안
S9 - 주형2 - W5	24+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		방향
S10 - 주형1 - W1	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S10 - 주형1 - W3	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S10 - 주형2 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S10 - 주형2 - W4	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S11 - 주형1 - W1	24+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S11 - 주형1 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S11 - 주형2 - W4	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S11 - 주형2 - W5	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S12 - 주형1 - W1	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S12 - 주형1 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S12 - 주형2 - W2	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S12 - 주형2 - W5	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S13 - 주형1 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S13 - 주형1 - W3	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		

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

【표 3.108】 초음파탐상(UT) 시험결과(계속)

시험위치	모재두께	각도	위치		결함발생 현황	등급	합격여부		비 고
			x	y			합격	불합격	
S13 - 주형2 - W1	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S13 - 주형2 - W4	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S14 - 주형1 - W1	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S14 - 주형1 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S14 - 주형2 - W4	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S14 - 주형2 - W5	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S15 - 주형1 - W2	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S15 - 주형1 - W4	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S15 - 주형2 - W1	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S15 - 주형2 - W5	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S16 - 주형1 - W1	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S16 - 주형1 - W3	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S16 - 주형2 - W6	14+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		천안 방향
S16 - 주형2 - W7	22+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S17 - 주형1 - W1	22+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S17 - 주형1 - W3	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S17 - 주형2 - W2	14+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S17 - 주형2 - W4	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S18 - 주형1 - W1	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S18 - 주형1 - W3	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S18 - 주형2 - W2	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S18 - 주형2 - W4	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S19 - 주형1 - W1	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S19 - 주형1 - W3	12+14	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S19 - 주형2 - W2	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S19 - 주형2 - W3	12+14	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S1 - 주형3 - W2	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S1 - 주형3 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		논산 방향
S1 - 주형4 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S1 - 주형4 - W4	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		

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

【표 3.108】 초음파탐상(UT) 시험결과(계속)

시험위치	모재두께	각도	위치		결함발생 현황	등급	합격여부		비 고
			x	y			합격	불합격	
S2 - 주형3 - W1	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형3 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형4 - W1	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형4 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형3 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형3 - W3	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형4 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형4 - W3	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S4 - 주형3 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S4 - 주형3 - W4	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S4 - 주형4 - W2	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S4 - 주형4 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S5 - 주형3 - W2	16+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S5 - 주형3 - W5	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S5 - 주형4 - W3	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		논산
S5 - 주형4 - W4	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		방향
S6 - 주형3 - W1	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S6 - 주형3 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S6 - 주형4 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S6 - 주형4 - W3	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S7 - 주형3 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S7 - 주형3 - W3	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S7 - 주형4 - W1	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S7 - 주형4 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S8 - 주형3 - W4	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S8 - 주형3 - W5	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S8 - 주형4 - W1	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S8 - 주형4 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S9 - 주형3 - W1	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S9 - 주형3 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		

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

【표 3.108】 초음파탐상(UT) 시험결과(계속)

시험위치	모재두께	각도	위치		결함발생 현황	등급	합격여부		비 고
			x	y			합격	불합격	
S9 - 주형4 - W2	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S9 - 주형4 - W4	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S10 - 주형3 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S10 - 주형3 - W4	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S10 - 주형4 - W1	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S10 - 주형4 - W3	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S11 - 주형3 - W4	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S11 - 주형3 - W5	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S11 - 주형4 - W2	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S11 - 주형4 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S12 - 주형3 - W4	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S12 - 주형3 - W5	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S12 - 주형4 - W1	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S12 - 주형4 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S13 - 주형3 - W1	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		논산
S13 - 주형3 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		방향
S13 - 주형4 - W3	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S13 - 주형4 - W4	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S14 - 주형3 - W2	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S14 - 주형3 - W4	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S14 - 주형4 - W2	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S14 - 주형4 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S15 - 주형3 - W3	18+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S15 - 주형3 - W5	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S15 - 주형4 - W3	18+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S15 - 주형4 - W4	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S16 - 주형3 - W5	14+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S16 - 주형3 - W6	14+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S16 - 주형4 - W2	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S16 - 주형4 - W3	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		

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

【표 3.108】 초음파탐상(UT) 시험결과(계속)

시험위치	모재두께	각도	위치		결함발생 현황	등급	합격여부		비 고
			x	y			합격	불합격	
S17 - 주형3 - W2	14+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S17 - 주형3 - W4	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S17 - 주형4 - W2	14+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S17 - 주형4 - W3	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S18 - 주형3 - W2	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S18 - 주형3 - W3	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S18 - 주형4 - W1	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		논산 방향
S18 - 주형4 - W4	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S19 - 주형3 - W2	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S19 - 주형3 - W3	12+14	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S19 - 주형4 - W1	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S19 - 주형4 - W3	12+14	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		

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

나. 강재 도막두께 측정결과

도막두께 측정결과, 실측도막두께 천안방향(외부 230～260㎛, 내부 188～211㎛), 논산방향(외부 227～257㎛, 내부 192～210㎛)가 표준도막두께(외부 215㎛, 내부 175㎛)를 모두 상회하는 것으로 조사되어 양호한 상태로 측정되었다.

【표 3.109】 강재 도막두께 측정결과

시험위치			실측 도막두께(㎛)			평균 (㎛)	평 가
			1회	2회	3회		
천안 방향	S1	G1-RW(내부)	211	197	203	204	양호
		G2-LW(외부)	268	245	248	254	양호
	S3	G1-RW(내부)	186	191	187	188	양호
		G2-LW(외부)	252	269	263	261	양호
	S5	G1-RW(내부)	200	213	208	207	양호
		G2-LW(외부)	247	239	245	244	양호
	S7	G1-RW(내부)	207	192	201	200	양호
		G2-LW(외부)	238	231	236	235	양호
	S9	G1-RW(내부)	216	215	202	211	양호
		G2-LW(외부)	233	221	245	233	양호
	S11	G1-RW(내부)	191	223	203	206	양호
		G2-LW(외부)	268	253	258	260	양호
	S13	G1-RW(내부)	210	200	207	207	양호
		G2-LW(외부)	238	251	251	247	양호
	S15	G1-RW(내부)	192	213	202	202	양호
		G2-LW(외부)	243	221	227	230	양호
	S17	G1-RW(내부)	203	187	192	194	양호
		G2-LW(외부)	262	243	248	251	양호
	S19	G1-RW(내부)	196	199	199	198	양호
		G2-LW(외부)	241	236	237	238	양호

【표 3.109】강재 도막두께 측정결과(계속)

시험위치			실측 도막두께(㎛)			평균 (㎛)	평 가
			1회	2회	3회		
논산 방향	S2	G3-RW(내부)	191	191	194	192	양호
		G4-LW(외부)	219	231	230	227	양호
	S4	G3-RW(내부)	211	201	203	205	양호
		G4-LW(외부)	252	236	243	244	양호
	S6	G3-RW(내부)	189	211	200	200	양호
		G4-LW(외부)	269	247	248	255	양호
	S8	G3-RW(내부)	200	203	201	201	양호
		G4-LW(외부)	252	238	240	243	양호
	S10	G3-RW(내부)	207	193	207	202	양호
		G4-LW(외부)	236	219	243	233	양호
	S12	G3-RW(내부)	213	217	201	210	양호
		G4-LW(외부)	258	256	258	257	양호
	S14	G3-RW(내부)	201	207	203	204	양호
		G4-LW(외부)	251	245	247	248	양호
	S16	G3-RW(내부)	196	191	201	196	양호
		G4-LW(외부)	252	257	260	256	양호
	S18	G3-RW(내부)	210	210	207	209	양호
		G4-LW(외부)	240	239	275	251	양호

3.6 현장조사 및 시험 결과요약

3.6.1 현장조사 결과

가. 천안방향

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.110】금회 진단 외관조사 결과 요약

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판	• 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 콘크리트 바닥판 균열 및 들뜸, 백태가 발생하였고, 천안방향 S2,3,5 구간에서 cw ≥0.3mm 균열이 신규 발생하였고, S8, 9 구간에서 백태가 추가 조사됨. • 교량의 내측(중분대측)의 캔틸레버 구간에서 cw≥0.3mm 균열이 다수 조사되었고, 손상부는 우수유입에 의한 손상 진전으로 들뜸 및 파손 등의 손상이 추가 조사됨. • 금회 정밀조사로 인한 손상의 물량 수정 및 물량의 손상명 변동 등이 실시됨.	• 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 나타대고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단된다. 또한 발생된 폭 0.3㎜이상 균열은 초기 건조수축 균열이 장기 공용 및 우수 유입에 의한 진행성 손상으로 추정됨. • 발생된 균열은 내구성 확보 차원의 주입 보수 및 폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직함. • 재료분리의 경우 시공당시 다짐 불량에 의한 시공미흡 손상으로 국부적으로 발생된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 요구됨. • 캔틸레버에 발생한 들뜸, 파손 및 철근노출, 박리 구간은 종조인트부 누수로 인한 손상은 없는 것으로 조사되었고, 캔틸레버 하면에서 누수되는 비산수로 인한 장기적인 습윤 상태 및 피복부족으로 인한 층분리, 철근부식, 박리가 발생함. • 손상부의 진전은 미미한 상태로 확인되었으나, 부재의 내구성 확보차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구됨 • 기 발생된 백태, 균열 등 손상에 대하여, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 손상의 진전시 표면처리 등의 유지관리가 필요함.

【표 3.110】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
거더	내부	• 강박스 거더 내부에 대한 외관조사 국부적인 도장손상 및 환기구 볼트 망실, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었고, 정밀조사로 인한 추가 손상이 조사됨. • 기 손상인 화재이력 및 용접불량이 확인되었고, 진전은 없는 것으로 판단됨. • 기 손상인 이물질퇴적이 조사되었고, 기존 누락 손상이 추가로 확인됨.	• 거더 내부에 발생한 도장박리 및 부식 등의 도장손상은 장기 공용에 의한 열화 및 시공미흡으로 인한 손상으로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태로 확인되었다. 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 요구됨. • 스플라이스 틈으로 유입된 우수는 거더 내부 일부 경간에 발생한 상태이며, 이로 인한 부식은 미미한 상태이나, 우수의 유입 형태는 거더 외측의 스플라이스 틈에 국한되어 발생하였으므로, 추가 우수유입 및 거더의 부식 발생 방지를 위하여 실링재 마감을 실시하는 것이 바람직함. • 외관 조사 결과, 용접불량, 균열 등의 구조적 손상은 발견되지 않았고, 일부 도장손상 및 부식, 우슈유입 등이 손상이 조사되었다. 기 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치후 진전시 재도장 등의 보수가 요구됨. • 기타 이물질퇴적, 환기구 볼트 미체결 등은 청소 및 볼트 재체결 등의 유지관리가 필요함 .
	외부	• 강박스 거더 외부에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 일부 도장박리 및 부식이 조사됨. • 금회 정밀 조사로 인해 도장박리 및 탈락이 신규 조사되었고, 손상은 정밀조사로 인한 기존 누락 손상으로 추정됨.	• 발생한 부식 및 점부식은 시공당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 손상은 현재 경미한 상태이므로 주의관찰 후 진전시 재도장이 필요한 상태임. • 발생한 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 면적 대비 손상은 일부분으로 확인된 바,주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요함.
가로보 및 세로보		• 가로보는 경미한 부식이 발생하였고, 금회 정밀 조사로 인한 신규 손상이 일부 추가 조사됨 • 세로보는 별다른 손상이 발생하지 않은 전반적으로 양호한 상태임.	• 가로보에 발생한 부식은 시공 당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 현재 경미한 상태이므로 주의관찰을 필요함. • 발생한 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 국부적으로 확인된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요함.

【표 3.110】 금회 진단 외관조사 결과 요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교대	• 교대에 발생한 균열은 대부분 폭 0.1~0.2㎜로서 수직균열의 형태로 발생함. • 신축이음하부 누수로 인하여 교대에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않았고, 금회 정밀조사로 인한 콘크리트 파손, 박락 등의 신규 손상이 조사되었고, 기존 누락손상으로 확인됨.	• 교대에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 구조적 균열은 없는 것으로 확인되었다, 기 발생한 균열은 손상의 진전시 균열 폭에 따라 표면처리 등을 실시해야 함. • 교대에 발생한 박락 등의 단면손상은 시공중 외부 충격에 의한 손상 및 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 손상의 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 조치가 요구됨. • 교대 날개벽과 바닥판의 이격 등은 발생하지 않은 것으로 나타났으며 교대의 측방유동은 발생하지 않은 것으로 판단됨.
교각	• 교각에 발생된 주요 손상으로 폭 0.1~0.2㎜ 수직균열, 폭 0.2m 이하의 망상균열이 조사됨. • 신축이음 하부 누수로 인하여 교각에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않았다. • 기타 경미한 박락, 들뜸 등의 손상이 조사됨.	• 교각에서 조사된 균열은 균열 및 망상균열의 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 바람직함. • 외부충격에 의한 파손과 다짐불량에 의한 들뜸, 박락 및 긁힘은 내구성에 별다른 영향을 미치지 않으나 손상진전 방지 및 내구성 유지를 위하여 손상의 진전시 단면보수를 실시하는 것이 바람직함. • 기손상인 표지판 탈락, 잡철노출 등의 손상의 주의관찰이 요구됨

【표 3.110】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	• 받침장치의 외관조사 결과, 금회 정밀조사로 인한 일부 신규손상이 발생하였으며, 신규 손상은 기존 누락 손상으로 확인되었고, 전반적으로 구조적인 손상이 없는 양호한 것으로 확인됨. • 일부 받침콘크리트 및 받침몰탈의 균열, 단면손상이 조사됨. • 강재 플레이트에 발생한 녹발생 및 부식의 경우 우수유입에 의한 손상으로 현재 경미한 손상으로 확인됨.	• 받침부식 및 도장손상은 장기공용 및 외기에 부식이 발생한 것으로 판단되며, 별도의 도장보다는 부식제거 후 재도장이 효과적일 것으로 판단되며, 재손상 발생 여부 파악을 위한 주기적인 점검이 요구됨. • 받침몰탈 및 받침콘크리트에 발생한 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상의 진전 및 확대시 주입보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구됨. • 받침콘크리트에 발생한 들뜸은 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며 손상의 진전시 단면보수 등의 조치가 필요함.
신축이음장치	• 신축이음장치의 외관조사 결과 신축이음장치 본체의 부식, 이물질 퇴적 등이 조사된 상태이며, 일부 규간 방호울타리 측의 신축이음 덮개 차수판 볼트 일부가 풀리거나 탈락된 상태이다. 일구 구간 국부적이 후타재 파손이 조사됨. • 조사된 후타재 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태이나, 일부 폭 0.3mm이상 균열이 조사됨.	• 신축이음장치의 본체에 발생한 부식은 신축이음장치의 양측 끝단에 국한되어 발생하였는데 이는 끝단에 퇴적된 이물질에 의하여 장기간 체수가 지속됨에 따라 발생한 것으로 판단됨. • 부식 발생으로 인하여 본체의 거동에는 별다른 문제를 미치지 않는 상태이며, 손상의 진전방지 및 내구성 유지를 위하여 체수가 발생하지 않도록 주기적인 청소를 실시하는 것이 바람직함. • 후타재에 발생한 균열은 시공초기 건조수축, 공용 중 차량의 반복하중 및 충격에 의한 손상으로서 손상의 진전시 주입보수, 표면처리 등을 통한 내구성 유지가 바람직함.
교면포장	• 본 교량의 교면포장에 대한 외관조사 결과 아스콘균열 및 망상균열이 발생되었으며, 일부 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 신규 조사됨. • 기 손상인 아스콘 표면불량 및 소성변형이 조사됨.	• 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 바람직함. • 아스콘 탈락 및 소성변형은 중차량의 반복하중으로 인한 손상으로 주행성에 영향이 경미하므로, 손상의 진전시 재포장 등의 조치가 요구됨. • 금회 조사시 정밀조사로 인한 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 신규 조사되었고, 손상은 차량 반복하중 및 장기 공용으로 인한 열화로 확인 되었으며, 주의관찰 후 진전시 적절한 유지보수가 필요함.

【표 3.110】 금회 진단 외관조사 결과 요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
배수시설	• 일부 배수관 탈락 및 용접부 부식 등의 손상이 이 조사됨. • 금회 정밀조사로 인한 배수관 부식, 연결고리 탈락, 이음부 파손 등의 신규 손상이 확인됨.	• 발생한 배수관 탈락, 배수관 연결고리 탈락 등의 손상은 장기공용으로 인한 손상으로 정비 등의 조치가 요구됨. • 배수관 부식 및 이음부 부식 등의 손상은 외부 우수에 의한 손상으로 배수상태에 영향을 미치지 않으나, 부재의 사용성 확보를 위한 재도장 및 정비 등의 조치가 필요함.
난간 (방호벽)	• 방호울타리에 대한 외관조사 결과 균열 및 균열부 백태, 들뜸 및 박락 등의 손상이 조사되었다. • 방음벽은 고정핀 탈락, 변형, 파손, 하부 부식 등의 손상이 확인되었다.	• 방호울타리에 발생한 균열 및 백태는 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열부 및 우수가 유입되면서 진전된 손상임. • 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 바람직함.

2) 기 점검(2017년 하반기 정기점검) 결과와의 비교

【표 3.111】기 점검 외관조사 결과 비교

구 분	2017년 하반기 점검결과	금회 진단결과	비 고
바닥판	• 기 손상인 균열, 들뜸, 박락 박리 등이 조사됨.	• 비교결과, 들뜸 및 박락 등의 손상이 단면보수 되었고, 균열 및 박리 등의 손상이 신규 조사되었다. 신규 손상은 정밀조사로 인한 신규 손상으로 확인됨.	
거더, 가로보 및 세로보	• 기 손상인 부식, 도장박리, 볼트 풀림, 강재 긁힘 등의 손상이 조사됨.	• 비교결과, 우수유입흔적, 이물질퇴적, 환기구 볼트 풀림, 망실, 강재 긁힘, 부식, 도장박리 등의 손상이 신규 조사되었고, 정밀조사로 인한 신규손상 및 기존 누락 손상으로 확인됨.	
하부구조	• 기 손상인 균열, 망상균열, 단면손상, 백태, 재료분리 등의 손상이 조사됨.	• 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 이후 균열(폭 0.3㎜이상), 폼타이부 누수에 대해 보수가 실시되었으며, 표면열화(박리, 들뜸 등) 손상이 신규 및 진전된 것으로 조사됨.	
교량받침	• 기 손상인 균열, 볼트부식, 받침 부식, 고무재 파손, 받침콘크리트 들뜸, 파손 등의 손상이 조사됨.	• 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 이후 균열(폭 0.3㎜이상) 및 폼타이 누수에 대해 보수가 실시되었으며, 콘크리트 들뜸 및 백태 손상이 추가 발생된 것으로 조사됨.	
신축이음	• 기 손상인 후타재 균열, 후타재 박락, 파손, 본체부식, 접속부 이격 등의 손상이 조사됨.,	• 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 이후 본체 부식, 차수판 설치불량이 조사되었고, 신규 및 물량 변동으로 확인됨.	
교면포장	• 기 손상인 아스콘 균열 및 패임, 망상균열, 소성변형 등의 손상이 조사됨.	• 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 것으로 확인됨.	
기타부재	• 배수시설은 기 손상인 배수시설 배수관 탈락이 조사됨 • 방호벽 및 중분대는 기 손상인 방호벽 균열 및 방상균열, 차수판 볼트탈락, 변형, 박락 및 철근노출 등의 손상이 조사됨,	• 배수시설은 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 것으로 확인됨. • 방호벽 및 중분대는 기 점검이후 콘크리트 들뜸 및 박락, 이격, 방음벽 고정핀 탈락, 이탈 등의 손상인 신규 조사되었고, 정밀조사로 인한 신규손상으로 추정됨.	
검토의견	•기 점검이후 대부분의 손상은 미보수된 상태이며 금회 상세조사를 통한 추가적인 손상이 확인됨 • 대부분의 부재에서 손상이 추가로 발생되어 증가된 상태로서 내구성 확보 및 사용성 확보, 유지관리차원의 보수가 필요함		

나. 논산방향

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.112】 금회 진단 외관조사 결과 요약

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판	• 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 콘크리트 바닥판 균열 및 들뜸, 백태가 발생하였고, 일부 구간 균열 및 백태가 신규 발생함. • 교량의 내측(중분대측)의 캔틸레버 구간에서 cw≥0.3㎜ 균열이 조사되었고, 손상부는 우수유입에 의한 손상 진전으로 들뜸 및 파손 등의 손상이 추가 조사됨.	• 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 나타대고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단된다. 또한 발생된 폭 0.3㎜이상 균열은 초기 건조수축 균열이 장기 공용 및 우수 유입에 의한 진행성 손상으로 추정됨. • 발생된 균열은 내구성 확보 차원의 주입보수 및 폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직함. • 재료분리의 경우 시공당시 다짐 불량에 의한 시공미흡 손상으로 국부적으로 발생된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 요구됨. • 캔틸레버에 발생한 들뜸, 파손 및 철근노출, 박리 구간은 종조인트부 누수로 인한 손상은 없는 것으로 조사되었고, 캔틸레버 하면에서 누수되는 비산수로 인한 장기적인 습윤 상태 및 피복부족으로 인한 층분리, 철근부식, 박리가 발생함. •손상부의 진전은 미미한 상태로 확인되었으나, 부재의 내구성 확보차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구됨 •기 발생된 백태, 균열 등 손상에 대하여, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 손상의 진전시 표면처리 등의 유지관리가 필요함.

【표 3.112】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
거더	내부	• 강박스 거더 내부에 대한 외관조사 국부적인 도장손상 및 환기구 볼트 망실, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었고, 정밀조사로 인한 추가 손상이 조사됨. • 기 손상인 화재이력 및 용접불량이 확인되었고, 진전은 없는 것으로 판단된다. • 기 손상인 이물질퇴적이 조사되었고, 기존 누락 손상이 추가로 확인됨.	• 거더 내부에 발생한 도장박리 및 부식 등의 도장손상은 장기 공용에 의한 열화 및 시공미흡으로 인한 손상으로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태로 확인되었다. 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 요구됨. • 스플라이스 틈으로 유입된 우수는 거더 내부 일부 경간에 발생한 상태이며, 이로 인한 부식은 미미한 상태이나, 우수의 유입형태는 거더 외측의 스플라이스 틈에 국한되어 발생하였으므로, 추가 우수유입 및 거더의 부식 발생 방지를 위하여 실링재 마감을 실시하는 것이 바람직함. • 발생된, 용접불량 및 화재이력은 기 손상으로 손상의 진전 및 추가 손상은 없는 상태로 확인되었으며, 일부 도장 손상 및 부식, 우슈유입 등이 손상이 조사되었다. 기 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치 후 진전시 재도장 등의 보수가 요구됨. • 기타 손상인 이물질퇴적은 청소 등의 유지관리가 바람직함.
	외부	• 강박스 거더 외부에 대한 외관조사 결과 일부 도장박리 및 부식, 기 손상인 변형 등이 조사되었다. • 금회 정밀 조사로 인해 도장박리 및 탈락, 볼트 부식 등이 신규 조사되었고, 손상은 정밀 조사로 인한 기존 누락 손상으로 추정된다.	• 발생한 부식 및 점부식은 시공당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 손상은 현재 경미한 상태이므로 주의관찰 후 진전시 재도장이 필요한 상태임. • 발생한 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 면적 대비 손상은 일부분으로 확인된 바,주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요함.
가로보 및 세로보		• 가로보는 경미한 부식 및 도장박리가 발생하였고, 금회 정밀 조사로 인한 신규 손상이 일부 추가 조사됨 • 세로보는 별다른 손상이 발생하지 않은 전반적으로 양호한 상태임.	• 가로보에 발생한 부식은 시공 당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 현재 경미한 상태이므로 주의관찰을 필요함. • 발생한 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 국부적으로 확인된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요함.

【표 3.112】 금회 진단 외관조사 결과 요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교대	• 교대에 발생한 균열은 대부분 폭 0.1~0.2㎜로서 수직균열의 형태로 발생함. • 신축이음하부 누수로 인하여 교대에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않은 상태임. • 금회 정밀조사로 인한 콘크리트 파손, 박락 등의 신규 손상이 조사되었고, 기존 누락손상으로 확인됨.	• 교대에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 구조적 균열은 없는 것으로 확인되었다, 기 발생한 균열은 손상의 진전시 균열 폭에 따라 표면처리 등을 실시해야 함. • 교대에 발생한 박락 등의 단면손상은 시공중 외부 충격에 의한 손상 및 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 손상의 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 조치가 요구됨. • 교대 날개벽과 바닥판의 이격 등은 발생하지 않은 것으로 나타났으며 교대의 측방유동은 발생하지 않은 것으로 판단됨.
교각	• 교각에 발생된 주요 손상으로 폭 0.1~0.2㎜ 수직균열, 폭 0.2m 이하의 망상균열이 조사됨. • 신축이음 하부 누수로 인하여 교각에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않았다. • 기타 경미한 박락, 들뜸 등의 손상이 조사됨.	• 교각에서 조사된 균열은 균열 및 망상균열의 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 바람직함. • 외부충격에 의한 파손과 다짐불량에 의한 들뜸, 박락 및 긁힘은 내구성에 별다른 영향을 미치지 않으나 손상진전 방지 및 내구성 유지를 위하여 손상의 진전시 단면보수를 실시하는 것이 바람직함. • 기 손상인 표지판 탈락, 잡철노출 등의 손상의 주의관찰이 요구됨
교량받침	• 받침장치의 외관조사 결과, 금회 정밀조사로 인한 일부 신규손상이 발생하였으며, 신규 손상은 기존 누락 손상으로 확인되었고, 전반적으로 구조적인 손상이 없는 양호한 것으로 확인됨. • 일부 받침콘크리트 및 받침몰탈의 균열, 단면손상이 조사됨. • 강재 플레이트에 발생한 녹발생 및 부식의 경우 우수유입에 의한 손상으로 현재 경미한 손상으로 확인됨.	• 받침부식 및 도장손상은 장기공용 및 외기에 부식이 발생한 것으로 판단되며, 별도의 도장보다는 부식제거 후 재도장이 효과적일 것으로 판단되며, 재손상 발생 여부 파악을 위한 주기적인 점검이 요구됨. • 받침몰탈 및 받침콘크리트에 발생한 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상의 진전 및 확대시 주입보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구됨. • 받침콘크리트에 발생한 들뜸은 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며 손상의 진전시 단면보수 등의 조치가 필요함.

【표 3.112】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
신축이음장치	• 신축이음장치의 외관조사 결과 신축이음장치 본체의 부식, 이물질 퇴적 등이 조사된 상태이며, 일부 규간 방호울타리 측의 신축이음 덮개 차수판 볼트 일부가 풀리거나 탈락된 상태이다. 일구 구간 국부적이 후타재 파손이 조사됨. • 조사된 후타재 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태이나, 일부 폭 0.3mm이상 균열이 조사됨.	• 신축이음장치의 본체에 발생한 부식은 신축이음장치의 양측 끝단에 국한되어 발생하였는데 이는 끝단에 퇴적된 이물질에 의하여 장기간 체수가 지속됨에 따라 발생한 것으로 판단됨. • 부식 발생으로 인하여 본체의 거동에는 별다른 문제를 미치지 않는 상태이며, 손상의 진전방지 및 내구성 유지를 위하여 체수가 발생하지 않도록 주기적인 청소를 실시하는 것이 바람직함. • 후타재에 발생한 균열은 시공초기 건조수축, 공용 중 차량의 반복하중 및 충격에 의한 손상으로서 손상의 진전시 주입보수, 표면처리 등을 통한 내구성 유지가 바람직함. • 금회 발생한 슬라이딩 스프링 탈락은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
교면포장	• 본 교량의 교면포장에 대한 외관조사 결과 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 발생되었으며, 일부 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 신규 조사되었다.	• 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. • 금회 조사시 정밀조사로 인한 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 신규 조사되었고, 손상은 차량 반복하중 및 장기 공용으로 인한 열화로 확인 되었으며, 주의관찰 후 진전시 적절한 유지보수가 필요하다.
배수시설	• 일부 배수관 탈락 및 용접부 부식 등의 손상이 이 조사되었다. • 금회 정밀조사로 인한 배수관 부식, 연결고리 탈락, 이음부 파손 등의 신규 손상이 확인되었다.	• 발생한 배수관 탈락, 배수관 연결고리 탈락 등의 손상은 장기공용으로 인한 손상으로 정비 등의 조치가 요구된다. • 배수관 부식 및 이음부 부식 등의 손상은 외부 우수에 의한 손상으로 배수상태에 영향을 미치지 않으나, 부재의 사용성 확보를 위한 재도장 및 정비 등의 조치가 필요하다.
난간 (방호벽)	• 방호울타리에 대한 외관조사 결과 균열 및 망상균열, 들뜸 및 박락, 철근노출 등의 손상이 조사되었다. • 일부 균열 및 박락, 철근노출, 차수판 볼트 탈락, 변형 등의 신규 손상이 확인되었다.	•방호울타리에 발생한 균열 및 백태는 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열부 및 우수가 유입되면서 진전된 손상임. •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 바람직함.

2) 기 점검(2017년 하반기 정기점검) 결과와의 비교

【표 3.113】기 진단 외관조사 결과 비교

구 분	2017년 하반기 점검결과	금회 진단결과	비 고
바닥판	• 기 손상인 균열, 들뜸, 박락 박리, 재료분리, 철근노출, 누수흔적 등이 조사됨.	• 전차 점검에 비해 들뜸 및 박락 등의 손상이 단면보수 되었고, 균열 및 박리 등의 손상이 신규 조사되었다. 신규 손상은 정밀 조사로 인한 신규 손상발생 및 물량수정 등으로 확인됨.	
거더, 가로보 및 세로보	• 기 손상인 도장손상, 부식, 용접불량, 이물질퇴적 등의 손상이 조사됨.	• 전차 점검과의 외관조사 결과, 우수유입 흔적, 이물질퇴적, 환기구 볼트 풀림, 망실, 강재 긁힘 등의 손상이 신규 조사되었고, 정밀조사로 인한 신규손상 및 기존 누락 손상으로 확인됨.	
하부구조	• 기 손상인 균열, 망상균열, 단면손상, 백태, 재료분리 등의 손상이 조사됨.	• 기 점검이후 표면열화(박락, 파손 등), 균열 등의 손상이 신규 및 진전 된 것으로 조사되었고, 정밀조사로 인한 물량 증가로 확인됨.	
교량받침	• 기 손상인 균열, 볼트부식, 받침 부식, 플레이트 도장손상 등의 손상이 조사됨.	• 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 받침 콘크릩 들뜸, 도장박리, 부식 등의 신규 손상이 확인되었고, 정밀조사로 인한 물량 증가로 추정됨.	
신축이음	• 기 손상인 후타재 균열, 후타재 박락, 파손, 본체부식, 접속부 단차 등의 손상이 조사됨.,	• 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 본체 부식, 슬라이딩 스프링 탈락이 조사되었고, 신규손상으로 확인됨.	
교면포장	• 기 손상인 아스콘 균열 및 패임, 탈락, 망상균열 등의 손상이 조사됨.	• 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸 등의 신규 손상이 발생하였고, 손상은 정밀조사로 인한 신규 손상으로 확인됨.	
기타부재	• 배수시설은 기 손상인 부식, 연결고리 탈락, 파손, 배수관 탈락이 조사됨 • 방호벽은 기 손상인 방호벽 균열 및 방상균열, 차수판 볼트탈락, 변형, 박락 및 철근노출 등의 손상이 조사됨,	• 배수시설은 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 것으로 확인됨. • 방호벽 및 중분대는 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 균열(폭 0.3mm이상) 및 파손 및 들뜸, 녹물 등의 손상이 추가 조사되었고, 정밀 조사에의한 신규 손상으로 확인됨.	
검토의견	•기 점검이후 대부분의 손상은 미보수된 상태이며 금회 상세조사를 통한 추가적인 손상이 확인됨 • 대부분의 부재에서 손상이 추가로 발생되어 증가된 상태로서 내구성 확보 및 사용성 확보, 유지관리차원의 보수가 필요함		

3.6.2 시험 및 측정 결과

가. 천안방향

1) 금회 진단 내구성조사 결과요약

【표 3.114】금회 진단 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
비파괴 강도 (㎫)	상부 구조	반발경도	29.3～31.8	27.0	■설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	30.2～32.8		
	하부 구조	반발경도	25.8～27.6	24.0	
		초음파	27.8～29.7		
철근탐사 (㎜)	상부 구조	배근간격	143～253	150~250	■전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	39~93	40	
	하부 구조	배근간격	140～215	150~200	
		피복두께	73～114	100	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		30.0～30.5		■탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		76.5～82.0		
염화물 함유량 시험 (kg/㎥)	상부구조		1.2469		■상부 구조에서 c등급으로 평가되어 향후 염화물에 의한 부식발생가능성이 높아 지속적인 유지관리가 요망됨.
	하부구조		0.3440		
강재 비파괴 시험	초음파탐상시험		1등급: 76개소		■전 개소에서 균열, 기공, 슬래그, 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사됨
	도막두께 측정 (㎛)	거더내부	188～211	175	■도막두께 측정 결과 표준도막두께를 상회하는 양호한 상태로 측정되었음
		거더외부	230～261	215	
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 “a”로 검토되어 양호한 상태로 판단됨. • 염화물 함유량의 경우 신축이음으로부터 유입된 동절기 염화칼슘에 의해 c등급으로 평가되었으므로 내구성 저하 방지를 위해 주기적인 점검을 통한 2차 손상 발생파악 등의 유지관리가 필요함. • 초음파탐상 시험결과, 전 개소에서 맞대기이음부의 용접상태는 양호한 것으로 판단됨				

2) 기 진단(2013년 정밀안전진단) 결과 비교

【표 3.115】기 진단 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			'13년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	반발경도	24.2～27.0	29.3～31.8	■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨
		초음파	24.8～40.1	30.2～32.8	
	하부구조	반발경도	24.3～28.7	25.8～27.6	
		초음파	24.6～27.1	27.8～29.7	
철근탐사 (㎜)	상부구조	배근간격	99～255	143～253	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함
		피복두께	29～95	39~93	
	하부구조	배근간격	101～307	140～215	
		피복두께	71～127	73～114	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		34.7～51.7	30.0～30.5	■ 잔여깊이가 30㎜이상 'a등급'으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨
	하부구조		67.3～96.7	76.5～82.0	
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부구조		1.168	1.2469	■ 상부 구조에서 c등금으로 평가되어 향후 염화물에 의한 부식발생가능성이 높아 지속적인 유지관리가 요망됨.
	하부구조		0.263	0.3440	
강재 비파괴 시험	초음파탐상시험		1등급: 76개소	1등급: 76개소	■ 전 개소에서 균열, 기공, 슬래그, 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사됨
	도막두께 측정 (㎛)	거더내부	-	188～211	■ 도막두께 측정 결과 표준도막두께를 상회하는 양호한 상태로 측정되었음
		거더외부	-	230～261	
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도 대비 100%이상으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 판단됨 • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 "a"로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 의한 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨 • 염화물 함유량의 경우 신축이음으로부터 유입된 동절기 염화칼슘에 의해 c등급으로 평가되었으므로 내구성 저하 방지를 위해 주기적인 점검을 통한 2차 손상 발생파악 등의 유지관리가 필요함. • 초음파탐상 시험결과, 전 개소에서 맞대기이음부의 용접상태는 양호한 것으로 판단됨				

나. 논산방향

1) 금회 진단 내구성조사 결과요약

【표 3.116】금회 진단 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
비파괴 강도 (㎫)	상부 구조	반발경도	28.2～31.8	27.0	■설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	29.7～31.9		
	하부 구조	반발경도	26.6～27.9	24.0	
		초음파	28.1～29.6		
철근탐사 (㎜)	상부 구조	배근간격	90～255	100～250	■전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	40～65	40	
	하부 구조	배근간격	125～207	150~200	
		피복두께	89～103	100	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		30.0～30.5		■탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		75.0～78.0		
염화물 함유량 시험 (kg/㎥)	상부구조		1.0161		■염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성이 낮은 ‘b등급’ 으로 검토됨.
	하부구조		1.0138		
강재 비파괴 시험	초음파탐상시험		1등급: 76개소		■전 개소에서 균열, 기공, 슬래그, 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사됨
	도막두께 측정 (㎛)	거더내부	192～210	175	■도막두께 측정 결과 표준 도막두께를 상회하는 양호한 상태로 측정되었음
		거더외부	227～257	215	
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 양호한 상태로 판단됨. • 염화물 함유량의 경우 신축이음으로부터 유입된 동절기 염화칼슘에 의해 b등급으로 평가되었으나 부식가능성은 낮은 것으로 판단됨. • 초음파탐상 시험결과, 전 개소에서 맞대기이음부의 용접상태는 양호한 것으로 판단됨				

2) 기 진단(2013년 정밀안전진단) 결과 비교

【표 3.117】기 진단 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			'13년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	반발경도	27.1~28.0	30.3~31.6	■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨
		초음파	24.8~28.5	31.3~31.8	
	하부구조	반발경도	26.1~27.7	25.9~26.8	
		초음파	24.0~27.1	27.4~28.5	
철근탐사 (㎜)	상부구조	배근간격	89~255	98~257	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함
		피복두께	30~93	36~96	
	하부구조	배근간격	79~293	112~305	
		피복두께	40~151	79~96	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		24.3~51.3	30.0~30.5	■ 잔여깊이가 30㎜이상 'a등급'으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨
	하부구조		57.4~101.9	75.0~78.0	
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부구조		1.102	1.0161	■ 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성이 낮은 'b등급'으로 검토됨.
	하부구조		0.996	1.0138	
강재 비파괴 시험	초음파탐상시험		1등급: 76개소	1등급: 76개소	■ 전 개소에서 균열, 기공, 슬래그, 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사됨
	도막두께 측정 (㎛)	거더내부	-	192~210	■ 도막두께 측정 결과 표준도막두께를 상회하는 양호한 상태로 측정되었음
		거더외부	-	227~257	
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도 대비 100%이상으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 판단됨 • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 "a"로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 의한 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨 • 염화물 함유량의 경우 신축이음으로부터 유입된 동절기 염화칼슘에 의해 b등급으로 평가되었으나 부식가능성은 낮은 것으로 판단됨. • 초음파탐상 시험결과, 전 개소에서 맞대기이음부의 용접상태는 양호한 것으로 판단됨				

제 4장 시설물의 상태평가

4.1 개 요

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.3 상태평가 결과

제 4장 시설물의 상태평가

4.1 개요

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 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.

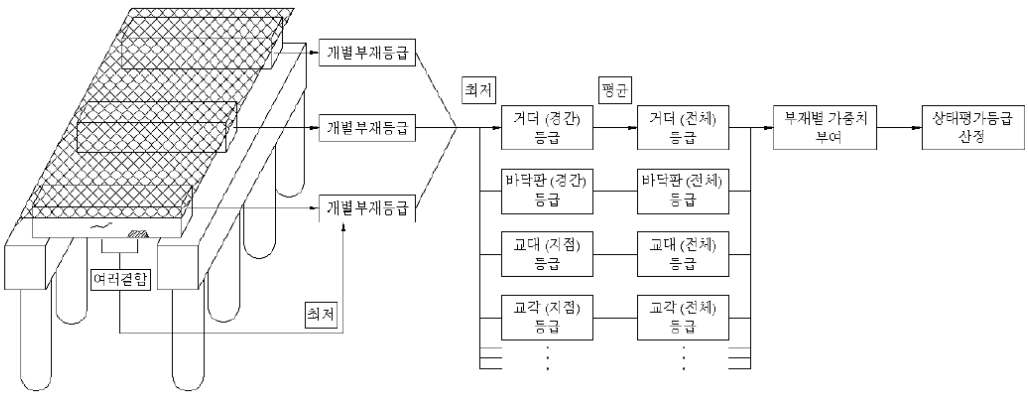
나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

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	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	c
S2	0.3	0.3	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	c
S3	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	c
S4	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S5	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	c
S6	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c
S7	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
S8	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S9	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	c
S10	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c
S11	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c
S12	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c
S13	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	c
S14	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	c
S15	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	2% 미만	c	c
S16	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	2% 미만	c	c
S17	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	2% 미만	c	c
S18	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S19	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	2% 미만	b	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	2%미만	b	b
S4	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S5	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	없음	a	b
S6	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S7	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S8	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S9	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S10	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S11	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S12	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S13	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S14	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S15	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S16	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S17	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S18	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S19	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b

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	없음	a	a
S2	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S3	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S4	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S5	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S6	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	없음	a	b
S7	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S8	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S9	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S10	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S11	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	없음	a	b
S12	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S13	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S14	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S15	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S16	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S17	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S18	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	a	b
S19	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	a	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	2% 미만	b	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	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
P2	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P3	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P4	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P5	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P6	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P7	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P8	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
P9	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P10	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
P11	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
P12	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
P13	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P14	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
P15	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P16	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
P17	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P18	0.2	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
P3	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P4	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P5	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P6	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P7	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P8	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P9	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P10	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P11	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P12	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P13	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P14	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P15	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P16	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P17	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P18	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
A2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	zq

6) 교량받침

【표 4.10】교량받침 상태평가 결과(천안방향)

구분	받침 본체		받침 콘크리트				평가 결과
	강재받침		균열폭(㎜)		박리, 탈락, 파손 등		
A1	부식	b	0.1	b	없음	a	b
P1	도장들뜸	b	0.2	b	없음	a	b
P2	도장박리	b	0.3	c	없음	a	c
P3	도장들뜸	b	없음	a	없음	a	b
P4	도장박리	b	0.2	b	없음	a	b
P5	도장박리	b	0.2	b	없음	a	b
P6	없음	a	0.2	b	없음	a	b
P7	없음	a	0.1	b	없음	a	b
P8	부식	b	0.2	b	들뜸	b	b
P9	부식, 도장박리	c	0.1	b	없음	a	c
P10	도장박리	b	0.2	b	없음	a	b
P11	없음	a	0.1	b	없음	a	b
P12	부식, 도장박리	b	0.2	b	없음	a	b
P13	도장박리	b	0.2	b	없음	a	b
P14	부식	b	0.2	b	파손	b	b
P15	도장박리	b	0.2	b	없음	a	b
P16	도장박리	c	0.2	b	없음	a	c
P17	부식	c	0.2	b	없음	a	c
P18	부식	b	0.2	b	없음	a	b
A2	도장박리	b	0.1	b	없음	a	b

7) 신축이음

【표 4.11】 신축이음 상태평가 결과(천안방향)

구분	본 체		후타재				평가 결과
			균열		박리, 박락, 파손 등		
EXP.J1(A1)	없음	a	0.2	b	없음	a	b
EXP.J2(P4)	본체부식, 이물질퇴적	c	0.2	b	박락	c	c
EXP.J3(P8)	없음	a	0.2	b	박리, 탈락	c	c
EXP.J4(P11)	본체부식, 이물질퇴적	c	0.2	b	박락	c	c
EXP.J5(P14)	본체부식, 이물질퇴적	c	0.2	b	박락	c	c
EXP.J6(A2)	없음	a	없음	a	없음	a	a

8) 교면포장

【표 4.12】 교면포장 상태평가 결과(천안방향)

구분	포장불량				배 수		평가 결과
	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
S4	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S5	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S6	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S7	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S8	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S9	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S10	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S11	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S12	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S13	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S14	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S15	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S16	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S17	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S18	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S19	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b

9) 배수시설

【표 4.13】 배수시설 상태평가 결과(천안방향)

구 분	평가내용	평가결과
S1	없음	a
S2	없음	a
S3	없음	a
S4	없음	a
S5	없음	a
S6	없음	a
S7	없음	a
S8	배수관 탈락	c
S9	배수관 탈락	c
S10	없음	a
S11	없음	a
S12	없음	a
S13	없음	a
S14	배수관 탈락	c
S15	배수관 탈락	c
S16	없음	a
S17	없음	a
S18	없음	a
S19	없음	a

10) 난간 및 연석

【표 4.14】 난간 및 연석 상태평가 결과(천안방향)

구분	콘크리트						평가 결과
	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	10% 미만	c	없음	a	c
S4	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S5	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S6	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S7	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S8	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S9	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S10	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S11	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S12	0.3	c	10% 미만	c	없음	a	c
S13	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S14	0.3	c	10% 미만	c	없음	a	c
S15	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S16	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S17	0.3	c	10% 미만	c	없음	a	c
S18	0.3	c	10% 미만	c	없음	a	c
S19	0.3	c	10% 미만	c	없음	a	c

11) 탄산화

【표 4.15】 탄산화 상태평가 결과(천안방향)

구분		탄산화 잔여 깊이(㎜)	평가기준	평가결과
상부 구조	S5 캔틸레버	30.0	< 탄산화 잔여 깊이 > ·a : 30㎜이상 ·b : 10㎜이상~30㎜미만 ·c : 0㎜이상~10㎜미만 ·d : 0㎜미만	a
	S10 캔틸레버	30.5		a
	S15 캔틸레버	30.0		
	S18 캔틸레버	30.5		a
하부 구조	P1 코핑부	76.5		a
	P5 코핑부	71.0		a
	P10 코핑부	82.0		a

12) 염화물

【표 4.16】 염화물 상태평가 결과(천안방향)

구분		전염화물 이온량(kg/㎥)	평가기준	평가결과
상부 구조	S15 캔틸레버하면	1.2469	< 전염화물 이온량 > ·a : 염화물 ≤ 0.3kg/㎥ ·b : 0.3kg/㎥ < 염화물 < 1.2kg/㎥ ·c : 1.2kg/㎥ ≤ 염화물 < 2.5kg/㎥ ·d : 염화물 ≥ 2.5kg/㎥	c
하부 구조	P1 기둥부	0.3440		a

나. 시설물 전체 상태평가 결과

웅진대교의 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(천안방향)

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
1	STB	c	b	a	b	a	c	b	b	b	q	x	x	x	x
2	STB	c	b	a	b	a	c	x	b	b	q	x	a	x	b
3	STB	c	b	a	b	a	c	x	c	b	q	x	x	x	x
4	STB	b	b	a	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
5	STB	c	b	a	b	a	c	c	b	b	q	a	x	x	x
6	STB	c	b	b	b	a	c	x	b	b	q	x	a	x	x
7	STB	b	b	a	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
8	STB	b	b	a	b	c	c	x	b	b	q	x	x	x	x
9	STB	c	b	b	b	c	c	c	b	b	q	x	x	x	x
10	STB	c	d	a	b	a	c	x	c	b	q	a	x	x	x
11	STB	c	b	b	b	a	c	x	b	b	q	x	a	x	x
12	STB	c	b	a	b	a	c	c	b	b	q	x	x	x	x
13	STB	c	b	a	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
14	STB	c	b	a	b	c	c	x	b	b	q	x	x	x	x
15	STB	c	b	a	b	c	c	c	b	b	q	a	x	c	x
16	STB	c	b	a	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
17	STB	c	b	a	b	a	c	x	c	b	q	x	x	x	x
18	STB	a	b	b	b	a	c	x	c	b	q	a	x	x	x
19	STB	b	b	b	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
20	STB							a	b	b	q		x		x
평균		0.284	0.158	0.095	0.158	0.142	0.316	0.317	0.240	0.200	0.865	0.100	0.100	0.400	0.200
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치 합		0.051	0.032	0.005	0.011	0.004	0.006	0.029	0.022	0.040	0.000	0.002	0.002	0.008	0.002

결함도 범위 : 0.130 ≤ **결함도 지수(0.213)** ≤ 0.260

0.213
B

다. 기 진단결과 비교

상태평가 결과, 상태기준은 “B”로 동일한 상태로 평가되었으며, 2013년 정밀안전진단 이후 주부재인 바닥판하면 및 하부구조 폭 0.3mm이상 균열 보수, 단면보수를 실시하여, 환산결함도 점수가 0.250 ⇨ 0.213으로 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	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c
S2	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	2% 미만	c	c
S3	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	2% 미만	c	c
S4	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	c
S5	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S6	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	2% 미만	c	c
S7	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
S8	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	c
S9	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	c
S10	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c
S11	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	2% 미만	c	c
S12	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c
S13	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	2% 미만	c	c
S14	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	2% 미만	c	c
S15	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	2% 미만	c	c
S16	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c
S17	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c
S18	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c
S19	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c

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
S4	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S5	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S6	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S7	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S8	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S9	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S10	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S11	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S12	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S13	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S14	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S15	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S16	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S17	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S18	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S19	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	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	10% 미만	b	없음	a	b
S3	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	없음	a	b
S4	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S5	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S6	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S7	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	없음	a	b
S8	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S9	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S10	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	없음	a	b
S11	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	없음	a	b
S12	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S13	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S14	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S15	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S16	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S17	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S18	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S19	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	a	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	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
A2	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b

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	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P2	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P3	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P4	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P5	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
P6	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P7	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P8	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
P9	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P10	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
P11	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
P12	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
P13	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
P14	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P15	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	2% 미만	c	c
P16	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P17	0.3	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
P18	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
P3	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P4	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P5	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P6	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P7	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P8	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P9	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P10	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P11	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P12	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P13	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P14	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P15	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P16	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P17	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P18	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
A2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	zq

6) 교량받침

【표 4.24】교량받침 상태평가 결과(논산방향)

구분	받침 본체		받침 콘크리트				평가 결과
	강재받침		균열폭(㎜)		박리, 탈락, 파손 등		
A1	도장박리	b	없음	a	없음	a	b
P1	도장박리	b	0.2	b	없음	a	b
P2	도장박리	b	0.2	b	없음	a	b
P3	도장박리	b	없음	a	없음	a	b
P4	도장박리	b	0.3	c	없음	a	c
P5	도장박리	b	없음	a	없음	a	b
P6	없음	a	0.1	b	없음	a	b
P7	도장박리	b	0.1	b	없음	a	b
P8	부식, 도장박리	b	0.2	b	박락	b	b
P9	도장박리	b	없음	a	없음	a	b
P10	부식, 도장박리	b	0.2	b	없음	a	b
P11	부식, 도장박리	b	0.3	c	들뜸	b	c
P12	부식	b	0.2	b	없음	a	b
P13	없음	a	0.2	b	없음	a	b
P14	없음	a	0.1	b	없음	a	b
P15	부식	b	0.2	b	없음	a	b
P16	부식, 도장박리	b	0.2	b	없음	a	b
P17	없음	a	0.2	b	없음	a	b
P18	부식, 도장박리	b	0.2	b	없음	a	b
A2	도장박리	b	0.1	b	없음	a	b

7) 신축이음

【표 4.25】 신축이음 상태평가 결과(논산방향)

구분	본 체		후타재				평가 결과
			균열		박리, 박락, 파손 등		
EXP.J1(A1)	이물질퇴적	b	없음	a	없음	a	b
EXP.J2(P4)	본체부식, 이물질퇴적	c	0.2	b	박락	c	c
EXP.J3(P8)	본체부식	c	없음	a	없음	a	c
EXP.J4(P11)	없음	a	없음	a	없음	a	a
EXP.J5(P14)	본체부식, 이물질퇴적	c	0.3	c	없음	a	c
EXP.J6(A2)	없음	a	없음	a	없음	a	a

8) 교면포장

【표 4.26】 교면포장 상태평가 결과(논산방향)

구분	포장불량				배 수		평가 결과
	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
S4	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S5	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S6	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S7	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S8	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S9	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S10	없음	a	없음	a	없음	a	a
S11	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S12	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S13	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S14	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S15	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S16	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S17	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S18	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S19	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b

9) 배수시설

【표 4.27】 배수시설 상태평가 결과(논산방향)

구 분	평가내용	평가결과
S1	없음	a
S2	배수관 이음부 부식, 연결고리 탈락	c
S3	배수관 이음부 파손	c
S4	없음	a
S5	배수관 이음부 부식	c
S6	배수관 이음부 파손	c
S7	배수관 부식, 배수관 이음부 파손	c
S8	없음	a
S9	배수관 탈락	c
S10	없음	a
S11	없음	a
S12	배수관 탈락	c
S13	없음	a
S14	없음	a
S15	없음	a
S16	없음	a
S17	배수관 탈락	c
S18	배수관 탈락	c
S19	없음	a

10) 난간 및 연석

【표 4.28】 난간 및 연석 상태평가 결과(논산방향)

구분	콘크리트						평가 결과
	균열폭 (㎜)		박리, 파손, 철근노출 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	0.2	b	10% 미만	c	없음	a	c
S2	0.2	b	없음	a	없음	a	b
S3	0.2	b	10% 미만	c	없음	a	c
S4	0.2	b	없음	a	없음	a	b
S5	0.2	b	없음	a	없음	a	b
S6	0.2	b	없음	a	없음	a	b
S7	0.2	b	없음	a	없음	a	b
S8	0.2	b	없음	a	없음	a	b
S9	0.2	b	없음	a	없음	a	b
S10	0.2	b	없음	a	없음	a	b
S11	0.2	b	없음	a	없음	a	b
S12	0.2	b	없음	a	없음	a	b
S13	0.3	c	10% 미만	c	없음	a	c
S14	0.2	b	10% 미만	c	없음	a	c
S15	0.3	c	10% 미만	c	없음	a	c
S16	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S17	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S18	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S19	0.3	c	10% 미만	c	없음	a	c

11) 탄산화

【표 4.29】 탄산화 상태평가 결과(논산방향)

구분		탄산화 잔여 깊이(㎜)	평가기준	평가결과
상부 구조	S3 캔틸레버하면	30.0	< 탄산화 잔여 깊이 > ·a : 30㎜이상 ·b : 10㎜이상~30㎜미만 ·c : 0㎜이상~10㎜미만 ·d : 0㎜미만	a
	S6 캔틸레버하면	30.0		a
	S13 캔틸레버하면	30.5		a
	S18 캔틸레버하면	30.5		a
하부 구조	P1 기둥부	78.0		a
	P6 기둥부	75.0		a
	P9 기둥부	76.5		a

12) 염화물

【표 4.30】 염화물 상태평가 결과(논산방향)

구분		전염화물 이온량(kg/㎥)	평가기준	평가결과
상부 구조	S6 캔틸레버하면	1.0161	< 전염화물 이온량 > ·a : 염화물 ≤ 0.3kg/㎥ ·b : 0.3kg/㎥ < 염화물 < 1.2kg/㎥ ·c : 1.2kg/㎥ ≤ 염화물 < 2.5kg/㎥ ·d : 염화물 ≥ 2.5kg/㎥	b
하부 구조	P1 기둥부	1.0138		b

나. 시설물 전체 상태평가 결과

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

【표 4.31】 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	a	c	b	b	b	q	x	x	x	x
2	STB	c	b	b	b	c	b	x	b	b	q	x	a	x	b
3	STB	c	b	b	b	c	c	x	b	b	q	a	x	x	x
4	STB	c	b	a	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
5	STB	b	b	a	b	c	b	c	c	b	q	x	x	x	x
6	STB	c	b	a	b	c	b	x	b	b	q	a	x	b	x
7	STB	b	b	b	b	c	b	x	b	b	q	x	a	x	x
8	STB	c	b	a	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
9	STB	c	b	a	b	c	b	c	b	b	q	x	x	x	x
10	STB	c	b	b	a	a	b	x	b	b	q	x	a	x	x
11	STB	c	b	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
12	STB	c	b	a	b	c	b	a	c	b	q	x	x	x	x
13	STB	c	b	a	b	a	c	x	b	b	q	a	x	x	x
14	STB	c	b	a	b	a	c	x	b	a	q	x	x	x	x
15	STB	c	b	a	b	a	c	c	b	b	q	x	x	x	x
16	STB	c	b	a	b	a	c	x	b	c	q	x	x	x	x
17	STB	c	b	a	b	c	c	x	b	b	q	x	x	x	x
18	STB	c	b	a	b	c	c	x	b	c	q	a	x	x	x
19	STB	c	b	b	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
20	STB							a	b	b	q		x		x
평균		0.295	0.158	0.105	0.153	0.189	0.211	0.267	0.220	0.215	0.865	0.100	0.100	0.200	0.200
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치 합		0.053	0.032	0.005	0.011	0.006	0.004	0.024	0.020	0.043	0.000	0.002	0.002	0.004	0.002

결함도 범위 : 0.130 ≤ **결함도 지수(0.207)** ≤ 0.260

0.207
B

다. 기 점검결과 비교

상태평가 결과, 상태기준은 “B”로 동일한 상태로 평가되었으며, 2013년 정밀안전진단 이후 주부재인 바닥판하면 및 하부구조 폭 0.3mm이상 균열 보수, 단면보수를 실시하여, 환산결함도 점수가 0.238 ⇨ 0.207으로 감소한 것으로 분석되었다.

제 5장 시설물의 안전성 평가

5.1 개 요

5.2 구조해석

5.3 내하력 평가

5.4 안전성평가 등급 산정

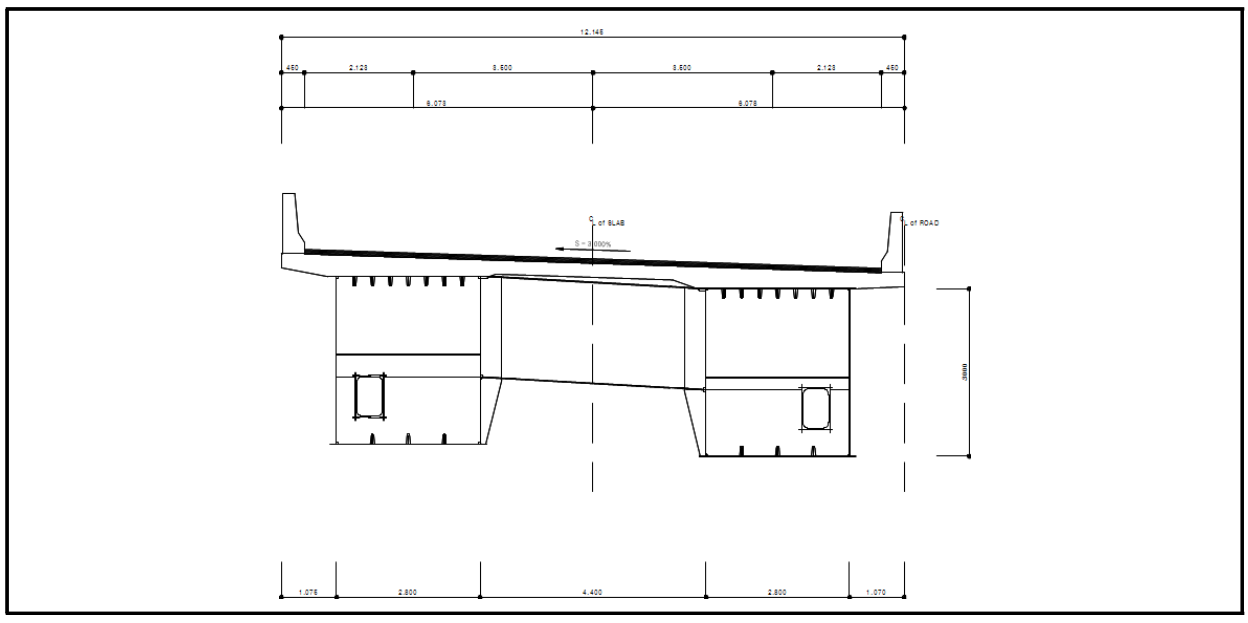
제 5장 시설물의 안전성 평가

5.1 개요

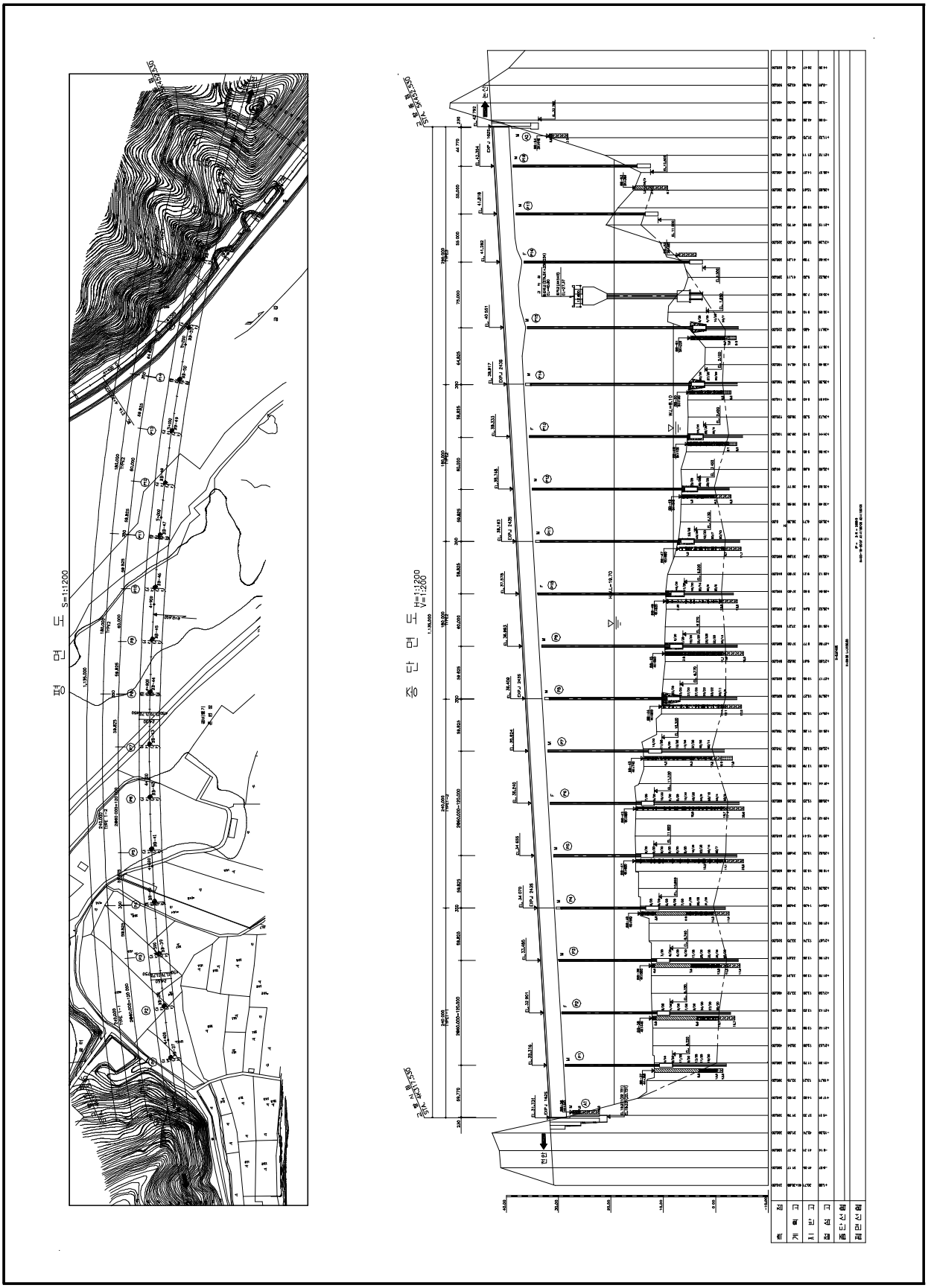
본 과업 대상 교량인 웅진대교의 설치위치 및 시설현황은 다음과 같다. 대상교량은 4경간 2개소, 3경간 2개소, 5경간 1개소로 구성된 연속 교량으로 본 과업에서는 5경간 연속 강합성교를 대상으로 구조해석을 수행하였다. 과업대상 교량의 구조안전성 및 내하력을 평가하기 위해 설계활하중 DB-24, DL-24를 적용하였으며, 도로교 설계기준 및 콘크리트 설계기준에 근거하여 대상교량의 구조안전성 및 내하력을 평가하였다.

【표 5.1】 설치위치 및 현황

구 분	내 용	비고
설 치 위 치	충청남도 공주시 우성면 평목리 논산천안고속도로상	
총 연 장	240+240+180+180+295 = 1,135m	
교 량 형 식	강합성형교	
준 공 연 도	2002년 12월	
설 계 하 중	DB24, DL24	



【그림 5.1】 표준 횡단면도 (일반부)



【그림 5.2】 종·평면도

5.2 구조해석

5.2.1 교량제원

가. 교량명 : 웅진대교

나. 형 식 : 5경간 강합성형교(Steel Box Girder Bridge)

다. 교 폭 : B = 12.150 m

라. 연 장 : L = 65.0m + 75.0m + 2@55.0m + 45.0m = 295.0m

5.2.2 설계기준

가. 설계하중

1) 고정하중 단위질량

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

2) 활하중 : DB-24, DL-24

나. 사용재료의 역학적 특성

1) 강재(SWS490B 및 SWS400A)

- 허용인장응력 : $f_y = 190\ MPa$
- 탄성계수 : $E_s = 2.05\times10^5\ MPa$

2) 콘크리트

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

3) 철근(SD40)

- 항복응력 : $f_y = 400\ MPa$
- 탄성계수 : $E_s = 2.0\times10^5\ MPa$
- 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: 28.2~31.8 Mpa - 하부: 25.8~27.9 Mpa	• 비파괴강도 측정값이 설계기준 강도를 상회 하므로 설계기준강도 적용	
철근 간격 / 피복 두께	상부 구조	100~250 / 40	90~255 / 39~93	• 철근배근 및 피복두께는 적반적으로 설계값과 일치하므로 설계값 적용	
	하부 구조	150~200 / 100	125~215 / 73~114		

5.2.3 단면특성

【표 5.2】 합성전·후 교량 단면상수

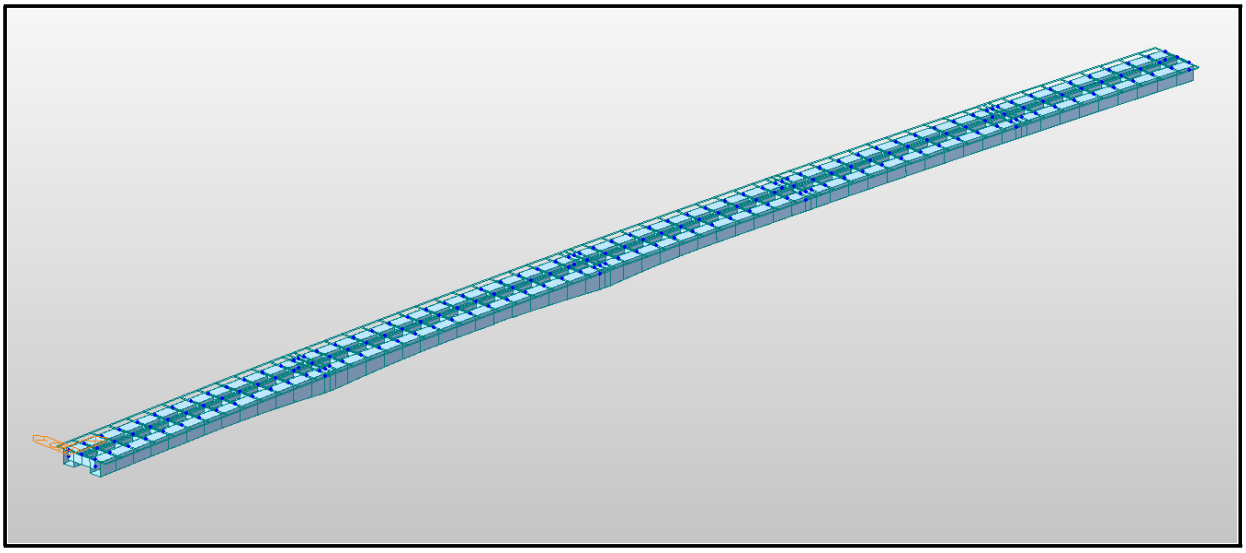
구분	AREA (m2)	Asy (m2)	Asz (m2)	Ixx (m2)	Iyy (m2)	Izz (m2)	Cyp (m)	Cym(m)	Czp (m)	Czm (m)	Qyb (m2)	Qzb (m2)
1	0.416	0.303	0.299	0.310	0.608	5.437	1.470	1.470	0.547	2.479	0.000	0.000
2	0.440	0.315	0.311	0.361	0.666	5.778	1.470	1.470	0.600	2.430	0.000	0.000
3	0.458	0.333	0.311	0.390	0.674	6.019	1.470	1.470	0.579	2.457	0.000	0.000
4	0.481	0.356	0.311	0.424	0.810	6.341	1.470	1.470	0.700	2.344	0.000	0.000
5	0.481	0.356	0.311	0.424	0.810	6.341	1.470	1.470	0.700	2.344	0.000	0.000
6	0.428	0.303	0.311	0.149	0.772	2.961	1.470	1.470	0.777	2.249	0.000	0.000
7	0.456	0.321	0.312	0.378	0.731	3.341	1.470	1.470	0.639	2.451	0.000	0.000
8	0.459	0.321	0.315	0.397	0.785	3.386	1.470	1.470	0.671	2.527	0.000	0.000
9	0.455	0.321	0.320	0.425	0.811	3.336	1.470	1.470	0.671	2.680	0.000	0.000
10	0.550	0.368	0.368	0.680	1.201	4.700	1.470	1.470	0.907	2.668	0.000	0.000
11	0.602	0.409	0.378	0.824	1.566	5.419	1.470	1.470	1.046	2.803	0.000	0.000
12	0.610	0.409	0.387	0.887	1.757	8.201	1.470	1.470	1.121	2.941	0.000	0.000
13	0.610	0.409	0.387	0.885	1.757	5.546	1.470	1.470	1.121	2.941	0.000	0.000
14	0.562	0.368	0.379	0.758	1.419	4.872	1.470	1.470	1.006	2.857	0.000	0.000
15	0.552	0.368	0.370	0.695	1.242	4.734	1.470	1.470	0.926	2.705	0.000	0.000
16	0.475	0.338	0.322	0.472	0.899	3.607	1.470	1.470	0.710	2.718	0.000	0.000
17	0.449	0.309	0.317	0.388	0.742	3.255	1.470	1.470	0.625	2.639	0.000	0.000
18	0.446	0.309	0.314	0.368	0.687	3.206	1.470	1.470	0.592	2.557	0.000	0.000
19	0.441	0.315	0.312	0.366	0.686	3.140	1.470	1.470	0.613	2.461	0.000	0.000
20	0.468	0.315	0.339	0.541	1.220	6.196	1.470	1.470	0.906	3.124	0.000	0.000
21	0.440	0.315	0.311	0.359	0.668	3.124	1.470	1.470	0.601	2.434	0.000	0.000
22	0.444	0.309	0.312	0.355	0.652	3.174	1.470	1.470	0.570	2.501	0.000	0.000
23	0.446	0.309	0.314	0.368	0.687	3.206	1.470	1.470	0.592	2.557	0.000	0.000
24	0.441	0.309	0.317	0.388	0.686	3.141	1.470	1.470	0.577	2.688	0.000	0.000

【표 5.2】 합성전·후 교량 단면상수(계속)

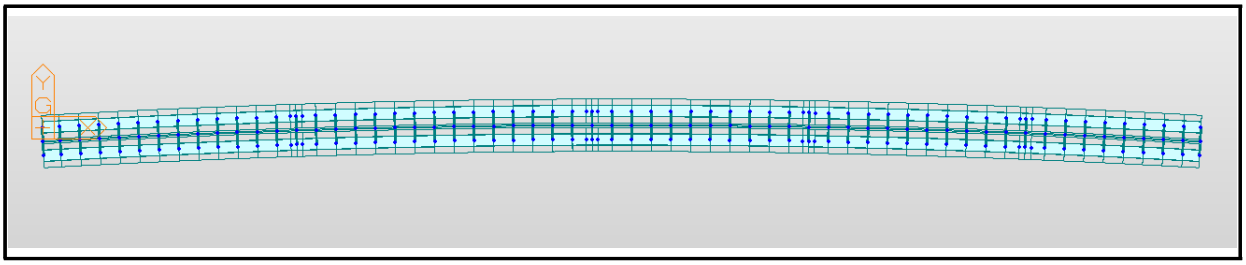
구분	AREA (m2)	Asy (m2)	Asz (m2)	Ixx (m2)	Iyy (m2)	Izz (m2)	Cyp (m)	Cym(m)	Czp (m)	Czm (m)	Qyb (m2)	Qzb (m2)
25	0.486	0.350	0.322	0.490	0.946	3.768	1.470	1.470	0.736	2.697	0.000	0.000
26	0.492	0.350	0.327	0.527	1.062	3.849	1.470	1.470	0.794	2.832	0.000	0.000
27	0.522	0.374	0.334	0.605	1.327	4.268	1.470	1.470	0.915	2.950	0.000	0.000
28	0.502	0.377	0.311	0.448	0.811	6.622	1.470	1.470	0.661	2.390	0.000	0.000
29	0.527	0.374	0.339	0.643	1.465	4.345	1.470	1.470	0.974	3.076	0.000	0.000
30	0.520	0.374	0.332	0.592	1.279	4.240	1.470	1.470	0.894	2.905	0.000	0.000
31	0.488	0.350	0.323	0.502	0.983	3.794	1.470	1.470	0.755	2.741	0.000	0.000
32	0.477	0.350	0.304	0.415	0.885	3.622	1.470	1.470	0.706	2.567	0.000	0.000
33	0.433	0.309	0.301	0.333	0.648	3.006	1.470	1.470	0.554	2.558	0.000	0.000
34	0.422	0.309	0.299	0.322	0.610	5.518	1.470	1.470	0.540	2.488	0.000	0.000
35	0.416	0.303	0.299	0.310	0.608	5.437	1.470	1.470	0.547	2.479	0.000	0.000
36	0.454	0.333	0.299	0.356	0.721	5.954	1.470	1.470	0.622	2.414	0.000	0.000
37	0.478	0.356	0.299	0.383	0.795	6.275	1.470	1.470	0.668	2.376	0.000	0.000
38	0.446	0.333	0.299	0.356	0.675	5.840	1.470	1.470	0.579	2.457	0.000	0.000
39	0.416	0.303	0.299	0.310	0.560	5.437	1.470	1.470	0.489	2.537	0.000	0.000
40	0.422	0.309	0.299	0.322	0.562	5.518	1.470	1.470	0.483	2.545	0.000	0.000
41	0.469	0.356	0.299	0.383	0.751	6.161	1.470	1.470	0.628	2.416	0.000	0.000
42	0.481	0.368	0.299	0.395	0.788	6.322	1.470	1.470	0.651	2.398	0.000	0.000
43	0.446	0.333	0.299	0.356	0.675	5.840	1.470	1.470	0.579	2.457	0.000	0.000
44	0.425	0.303	0.299	0.310	0.610	5.551	1.470	1.470	0.538	2.488	0.000	0.000
45	0.422	0.309	0.299	0.322	0.610	5.518	1.470	1.470	0.540	2.488	0.000	0.000
46	0.410	0.297	0.299	0.300	0.571	5.357	1.470	1.470	0.511	2.513	0.000	0.000
47	0.044	0.014	0.028	0.000	0.025	0.000	0.225	0.225	1.000	1.000	1.056	0.025
48	0.017	0.004	0.012	0.000	0.003	0.000	0.125	0.125	0.615	0.615	0.336	0.008

5.2.4 해석모델

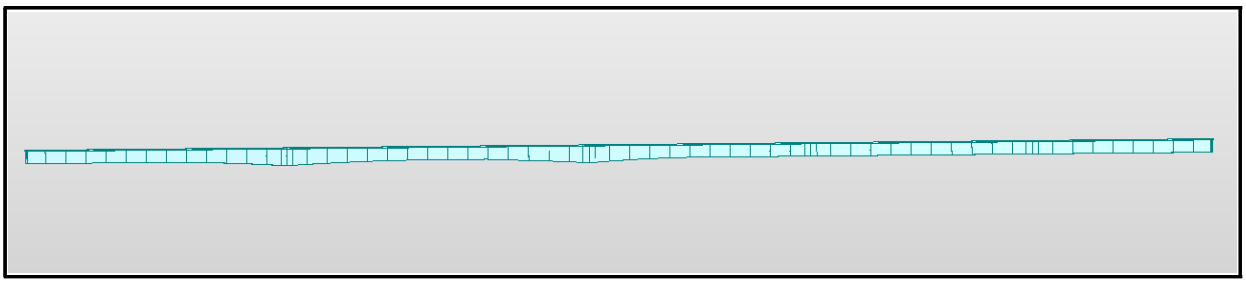
대상교량의 구조해석모델은【그림 5.3】과 같다.



(a) 3D MODEL



(b) 평면 VIEW



(c) 종단 VIEW

【그림 5.3】 강박스 거더 구조해석 모델

5.2.5 하중산정

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

가. 고정하중

1) 합성전 고정하중

■ 강재자중

강재자중은 구조해석 프로그램 내에서 자동으로 고려하도록 하였다. 단, 강재자중에는 해석모델에서 제외된 수평/수직보강재, 현장이음판, 다이아프램 , 볼트 등의 부부재 및 기타 부재의 중량을 고려하여 할증된 단위중량을 적용하였으며 할증율은 준공도면에서의 강재총중량과 해석모델에서의 강재중량의비로 산정하였다.

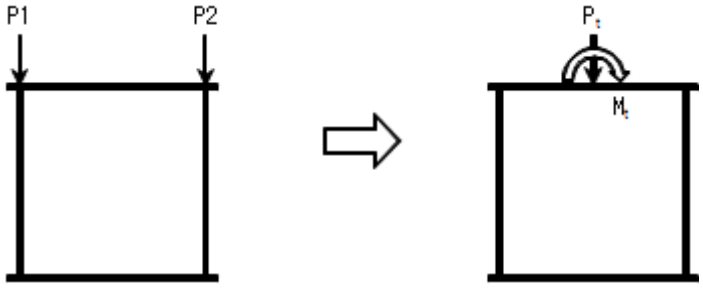
【표 5.3】 강재중량 할증율 산정 결과

구 분	① 강재재료표	② 해석모델	할증율 (①/②)
총중량 (ton)	3,395.8	2,421.6	1.402

■ 바닥판 하중

콘크리트 바닥판의 자중은 콘크리트 단위중량과 부재두께를 고려하여 산정하였으며, 횡방향 해석을 수행하여 연직하중 및 비틀림모멘트 하중으로 부재하중으로 적용하였다.

다음 【그림 5.4】는 이와 같은 하중재하 개념도를 나타낸 것으로 【표 5.3】에 거더에 작용하는 바닥판 하중의 산정결과를 정리하였다.



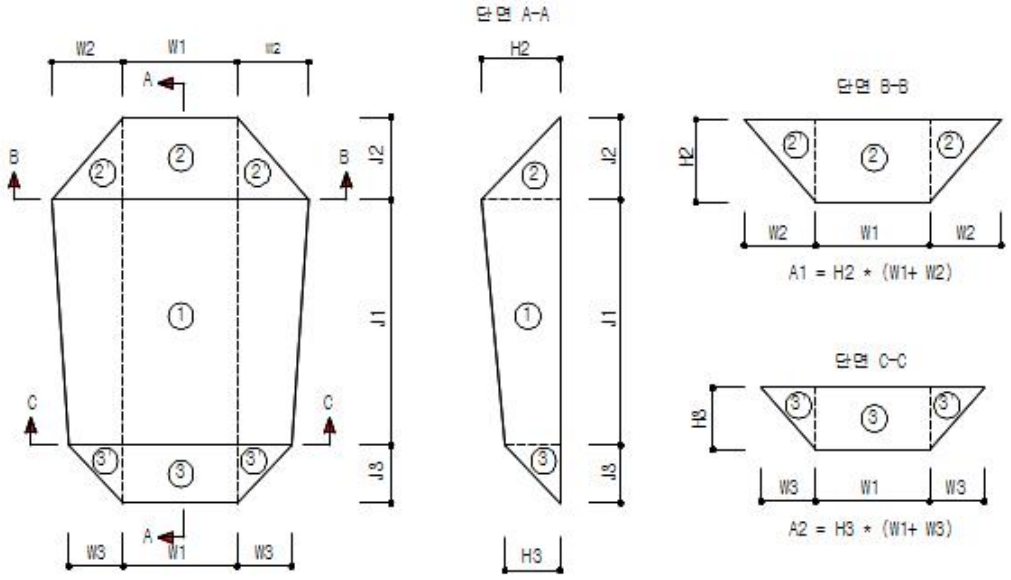
【그림 5.4】 강박스 거더 바닥판 하중 개하 개념도

【표 5.4】 바닥판 재하하중 산정 결과

거더 No.	거더폭 (m)	슬래브 자중				비 고
		P1 (kN/m)	P2 (kN/m)	Pt (kN/m)	Mt (kN · m/m)	
G - 1	2.800	30.108	51.554	81.662	30.024	
G - 2	2.800	55.069	27.196	82.265	-39.022	

■ 가로보 헌치 자중

가로보 헌치에 작용하는 하중의 개요도는 【그림 5.5】과 같다.



【그림 5.5】 강박스 거더 바닥판 하중 개하 개요도

■ 산식정리

V(1) = 1/2×J1×(A1+A2) = 1/2 × J1 × [H2×(W1+W2) + H3×(W1+W3)]

V(2) + (2') = (1/2×H2×J2×W1) + (1/2×H2×J2×W2×1/3)×2ea

V(3) + (3') = (1/2×H3×J3×W1) + (1/2×H3×J3×W3×1/3)×2ea

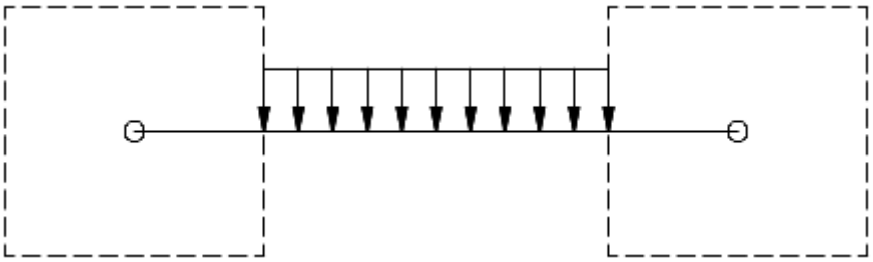
가로보 단위길이당 작용하중

∴Σ단위중량/ 가로보길이

다음 【표 5.5】에는 가로보에 재하하는 하중을 정리하였으며, 가로보하중 작용위치는 【그림 5.6】와 같다.

【표 5.5】 가로보 재하하중 산정 결과

체적(㎥)				단위중량 (kN/㎥)	길이당 중량 (kN/m)
V(1)	V(2)+(2')	V(3)+(3')	Σ V		
0.206	0.002	0.019	0.226	25.000	1.503



【그림 5.6】 가로보 하중 작용위치

2) 합성후 고정하중

합성후 고정하중으로는 포장, 방호벽 및 기타 부가하중 등이 있으며 부재하중으로 고려하였다. 다음 【표 5.6】에는 포장 및 방호벽에 의한 합성 후 재하되는 하중을 정리하였으며, 표 4.2.4의 하중과 점검로 등의 부속설비하중으로 0.5kN/m2을 반영(강도로교상세부설계지침, P131)하여 거더당 3.036 kN/m을 재하하였다.

- 거더당 작용하는 부속설비하중 W(kN/m)

  = 0.5kN/m2 × 슬래브 평균폭(m) / 총거더수

  = 0.50 × 12.145 / 2 = 3.036 kN/m

【표 5.6】 포장 및 방호벽에 의한 재하하중 산정 결과

거더 No.	거더폭 (m)	포장 및 방호벽				비 고
		P1 (kN/m)	P2 (kN/m)	Pt (kN/m)	Mt (kN・m/m)	
G - 1	2.800	14.331	4.381	18.712	-13.930	
G - 2	2.800	4.409	14.300	18.709	13.847	

나. 설계활하중

설계활하중은 DB-24로 최대 단면력을 발생시키는 경우에 대해서 구조검토를 수행하였다. 설계충격계수는 정·부모멘트부 모두 아래의 식으로 계산하여 구성지간별로 산정하여 구조해석시 적용하였다.

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

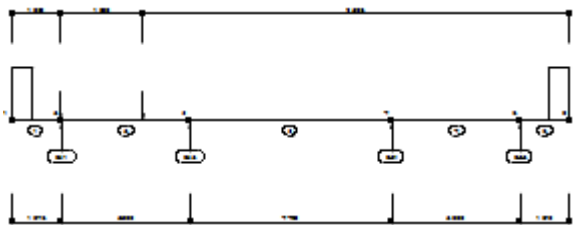
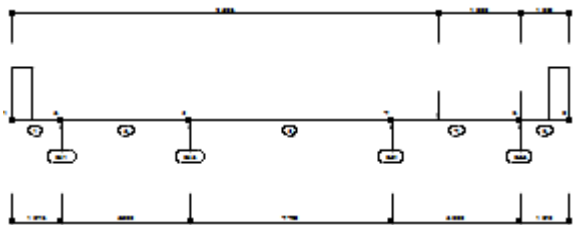
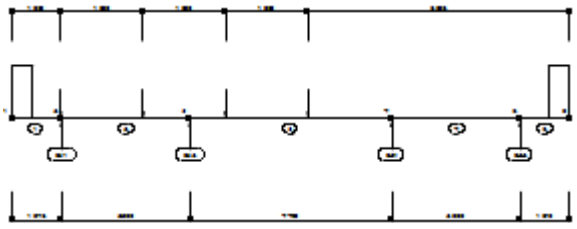
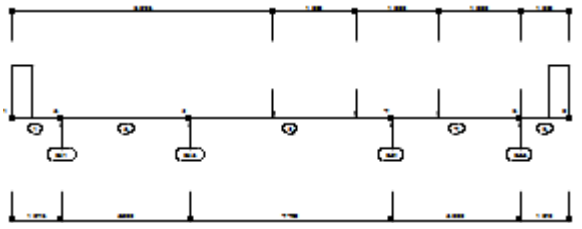
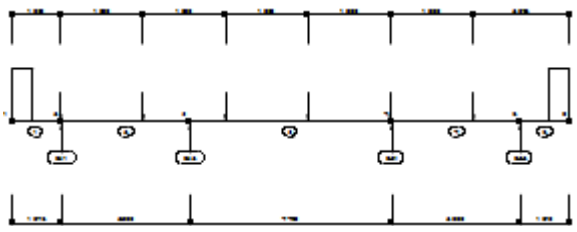
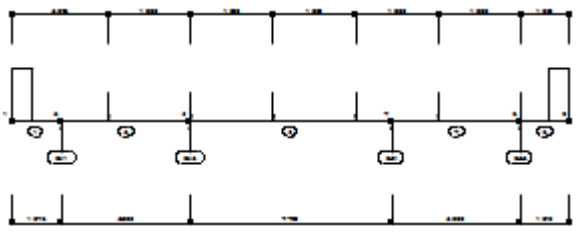
【표 5.7】 충격계수

구성지간	45m	55m	65m	75m
충격계수	0.176	0.158	0.143	0.130

■ 하중재하도

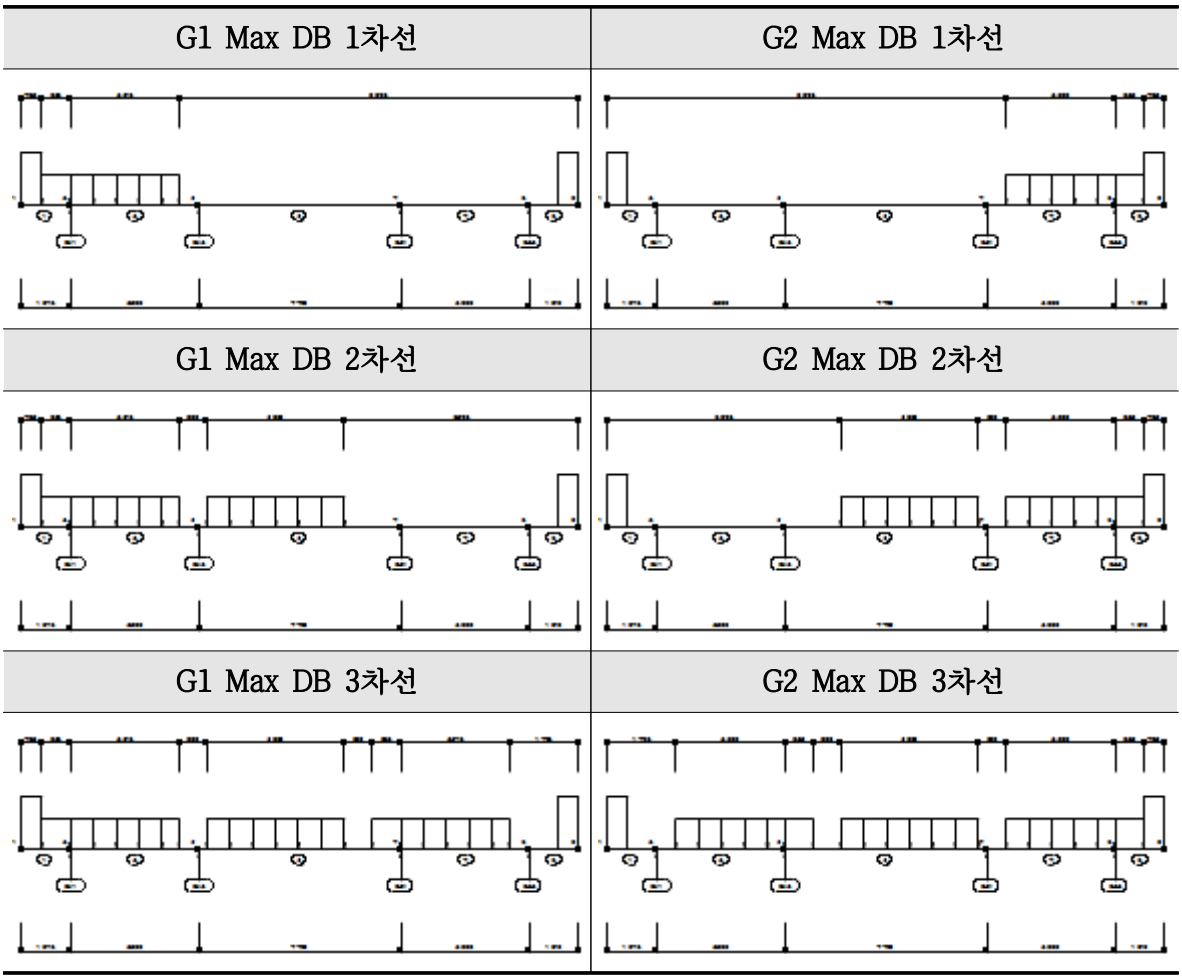
활하중 재하를 위한 단면개요도를 【그림 5.7】과 【그림 5.8】에서 나타내었다.

· DB-24

G1 Max DB 1차선	G2 Max DB 1차선
	
G1 Max DB 2차선	G2 Max DB 2차선
	
G1 Max DB 3차선	G2 Max DB 3차선
	

【그림 5.7】활하중재하도(DB-24)

· DL24



【그림 5.8】활하중재하도(DL-24)

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 고려하고 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α는 12×10-6으로 한다.

라. 바닥판 콘크리트의 건조수축

합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우(Md2) 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 쓰이는 건조수축 계ϕ_2수 은 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 5.8】 상부구조 풍하중 산정

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 5.9】 하부구조 풍하중 산정

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

■ 교축직각방향

•Wcolumn = 1.5×10-3 × 2.500 × 1000 = 3.750 kN/m

•Wocpoing = 3.0×10-3 × 3.000 × 1000 = 9.000 kN/m

■ 교축방향

•Wcolumn = 1.5×10-3 × 2.500 × 1000 = 3.750 kN/m

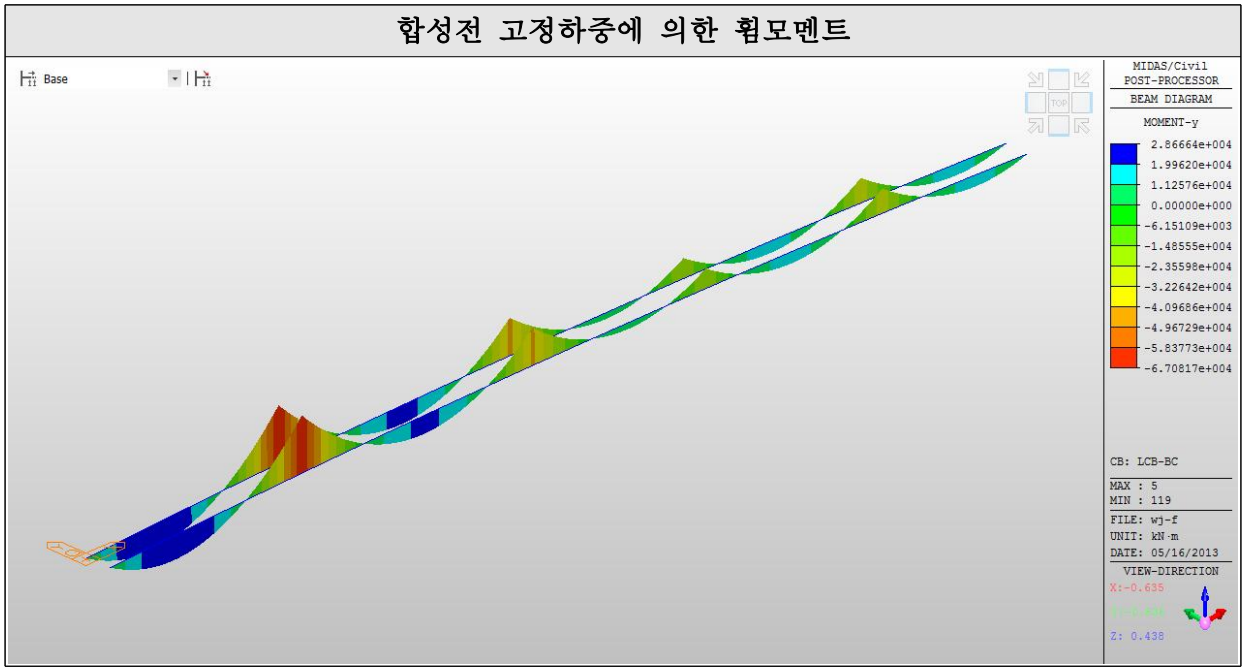
•Wocpoing = 3.0×10-3 × 3.000 × 1000 = 9.000 kN/m

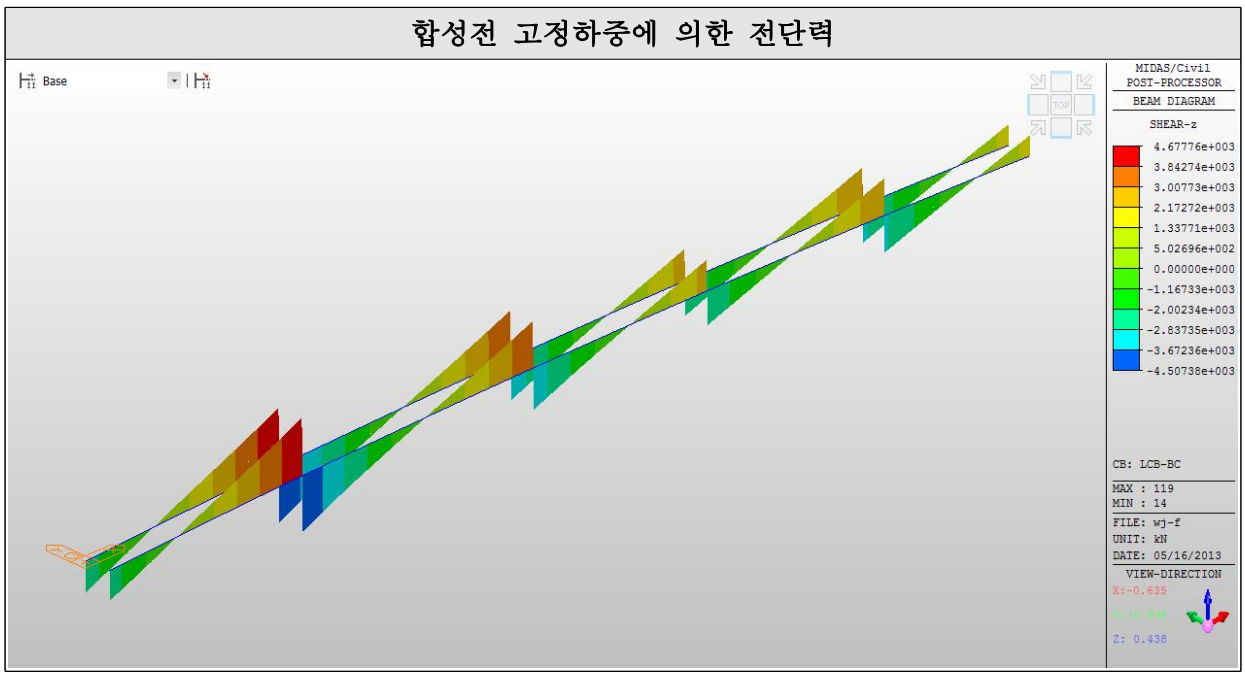
5.2.6 해석결과

가. 고정하중 및 활하중에 의한 검토

고정하중 및 활하중에 의한 각 하중에 대한 해석결과는 다음 아래와 같다.

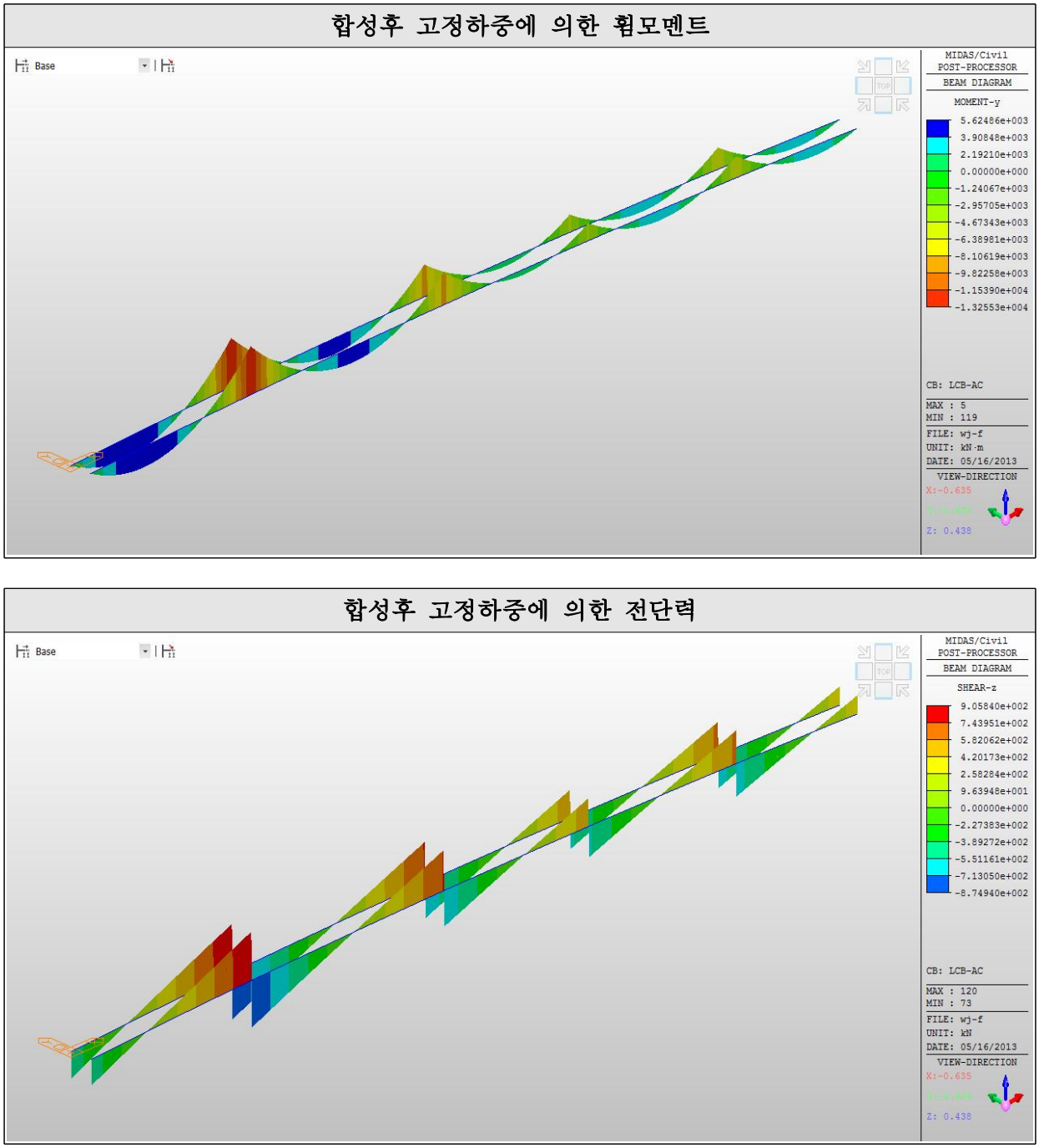
1) 합성전 고정하중





【그림 5.9】 강박스 거더의 하중조건별 부재력도

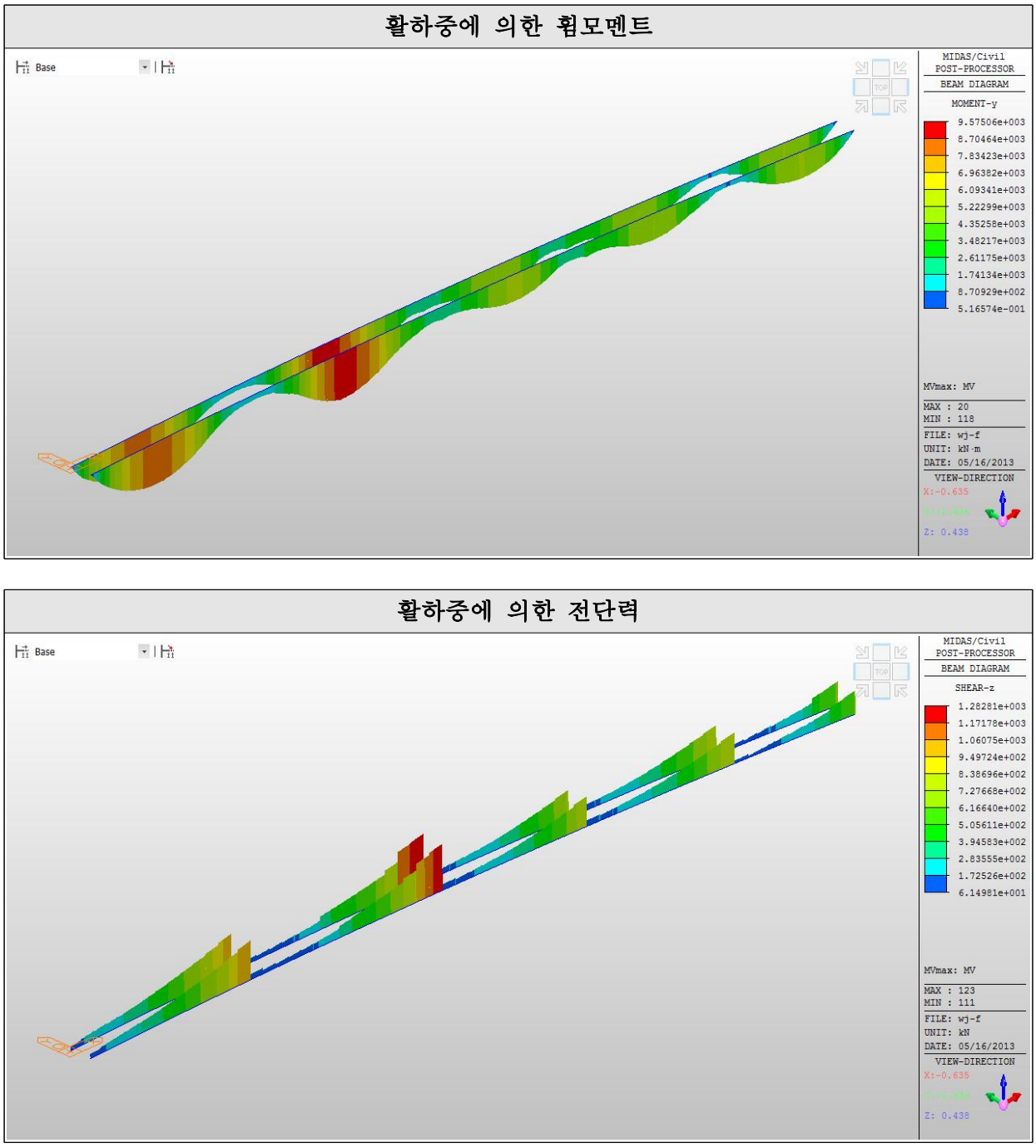
2) 합성후 고정하중



【그림 5.10】 강박스 거더의 하중조건별 부재력도

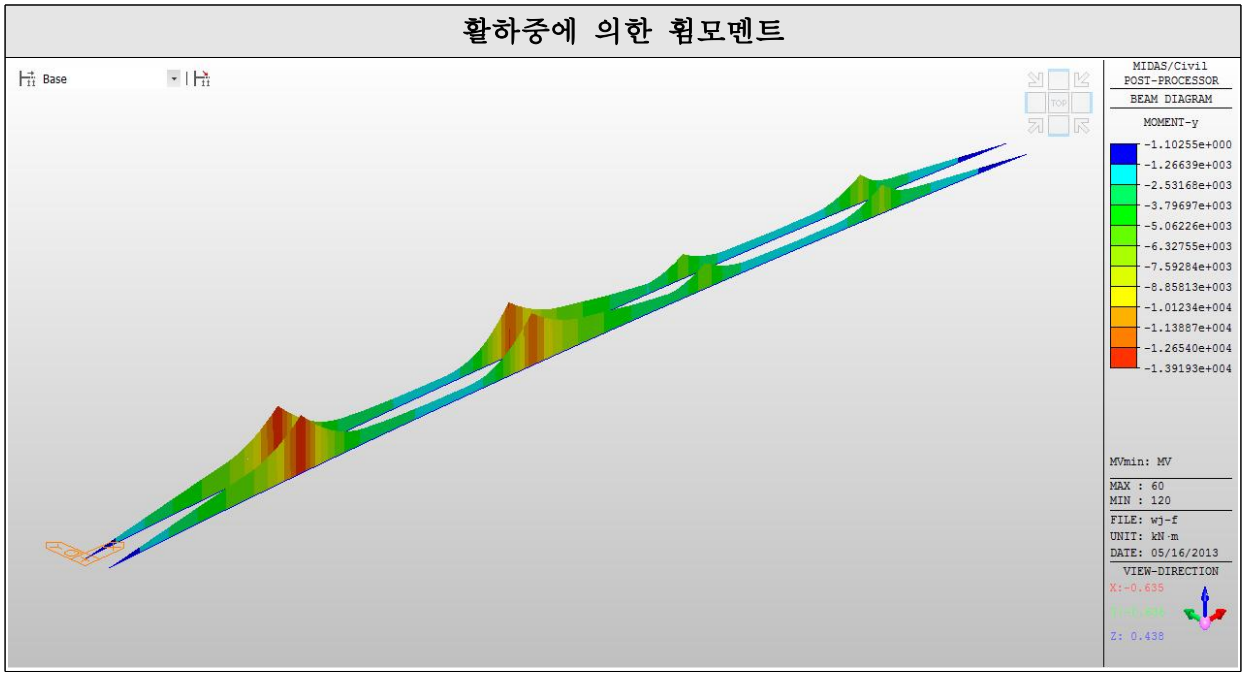
3) 활하중

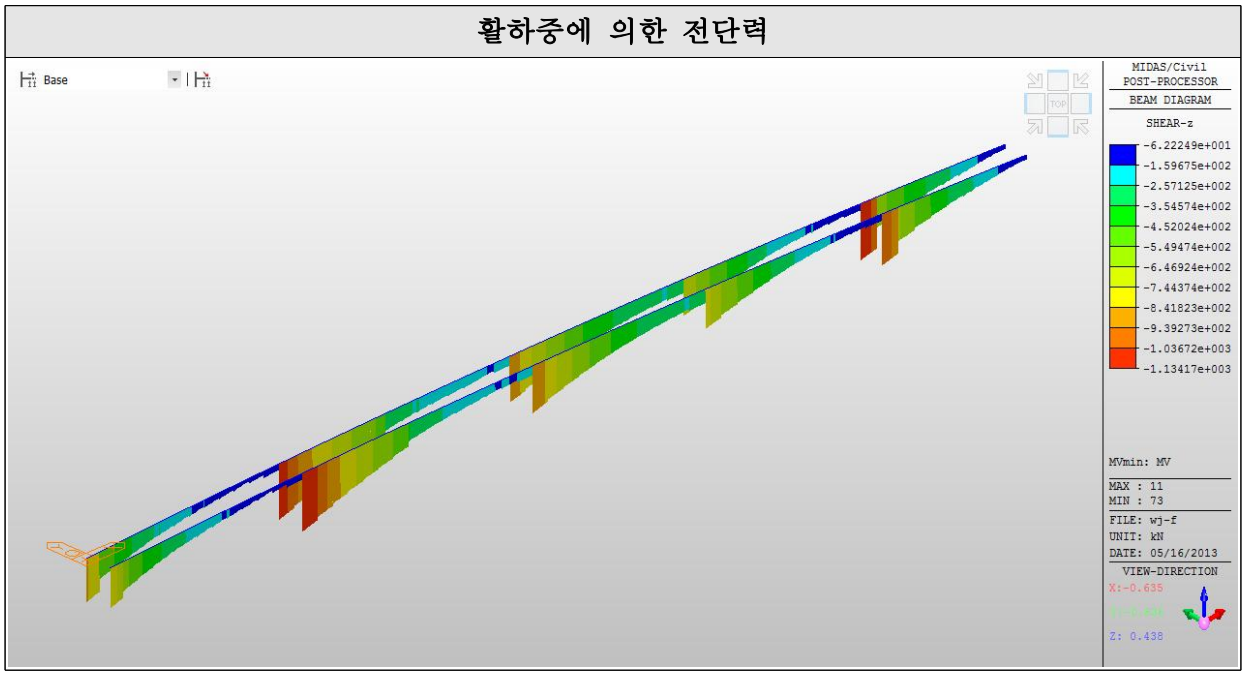
■ MAX



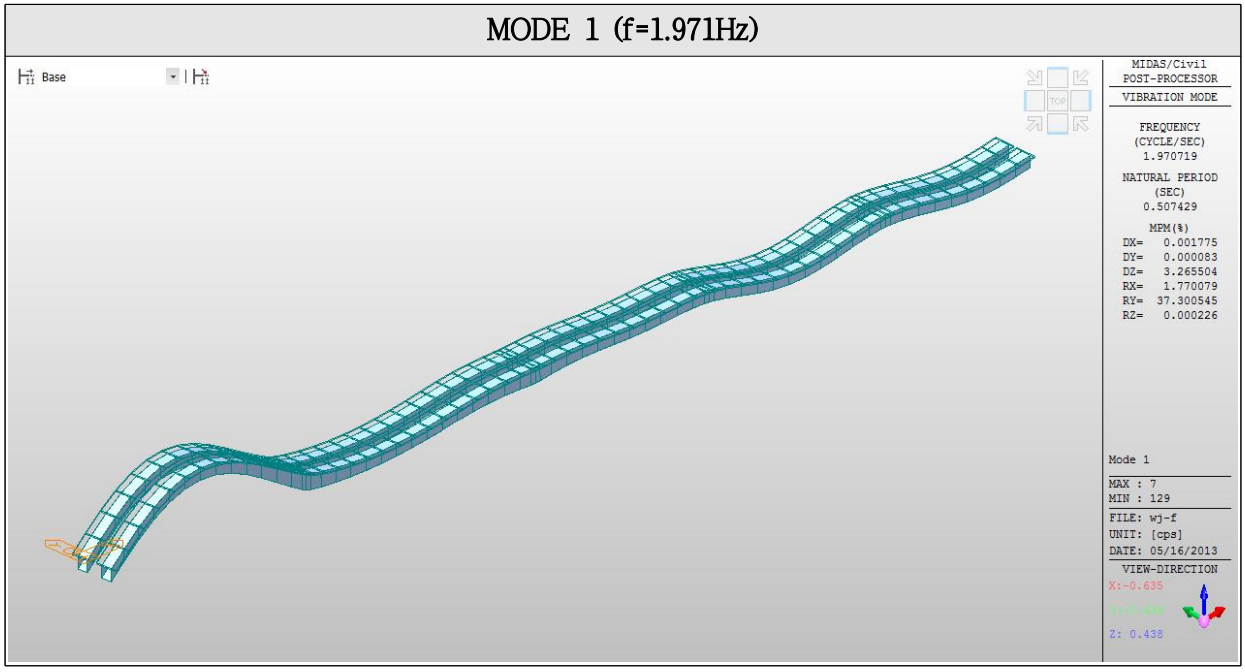
【그림 5.11】 강박스 거더의 하중조건별 부재력도

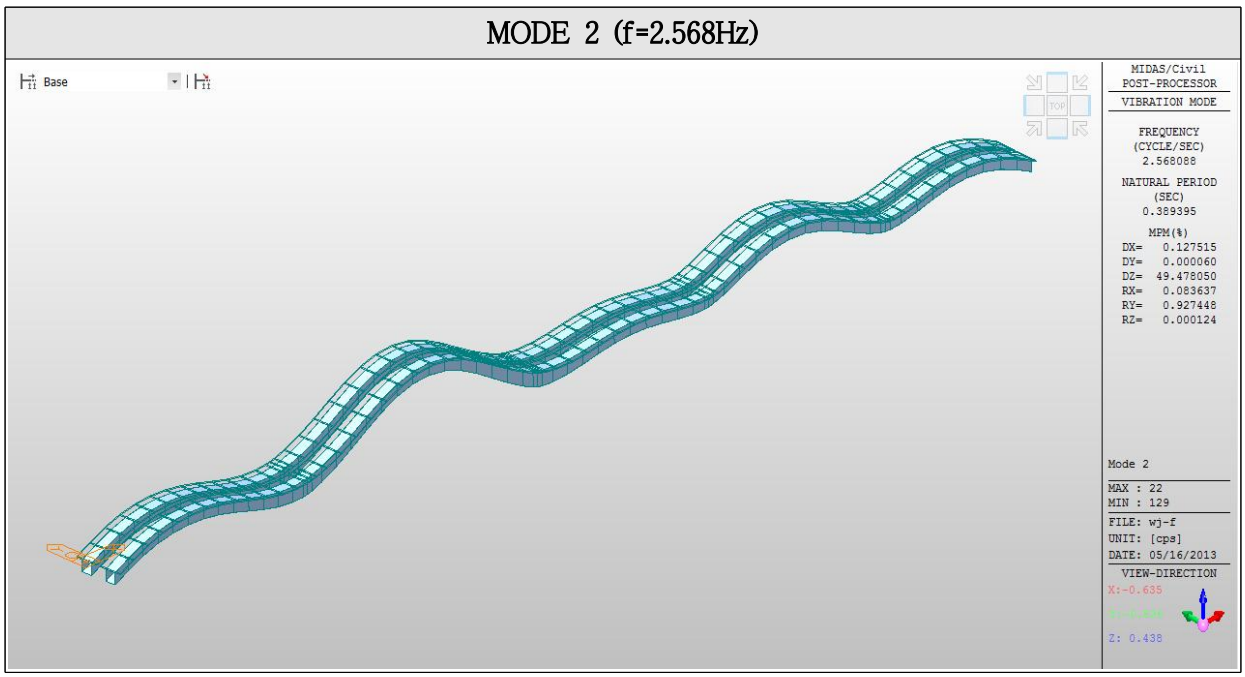
■ MIN





【그림 5.12】 강박스 거더의 하중조건별 부재력도





【그림 5.13】 강박스 거더의 고유진동수 해석 결과

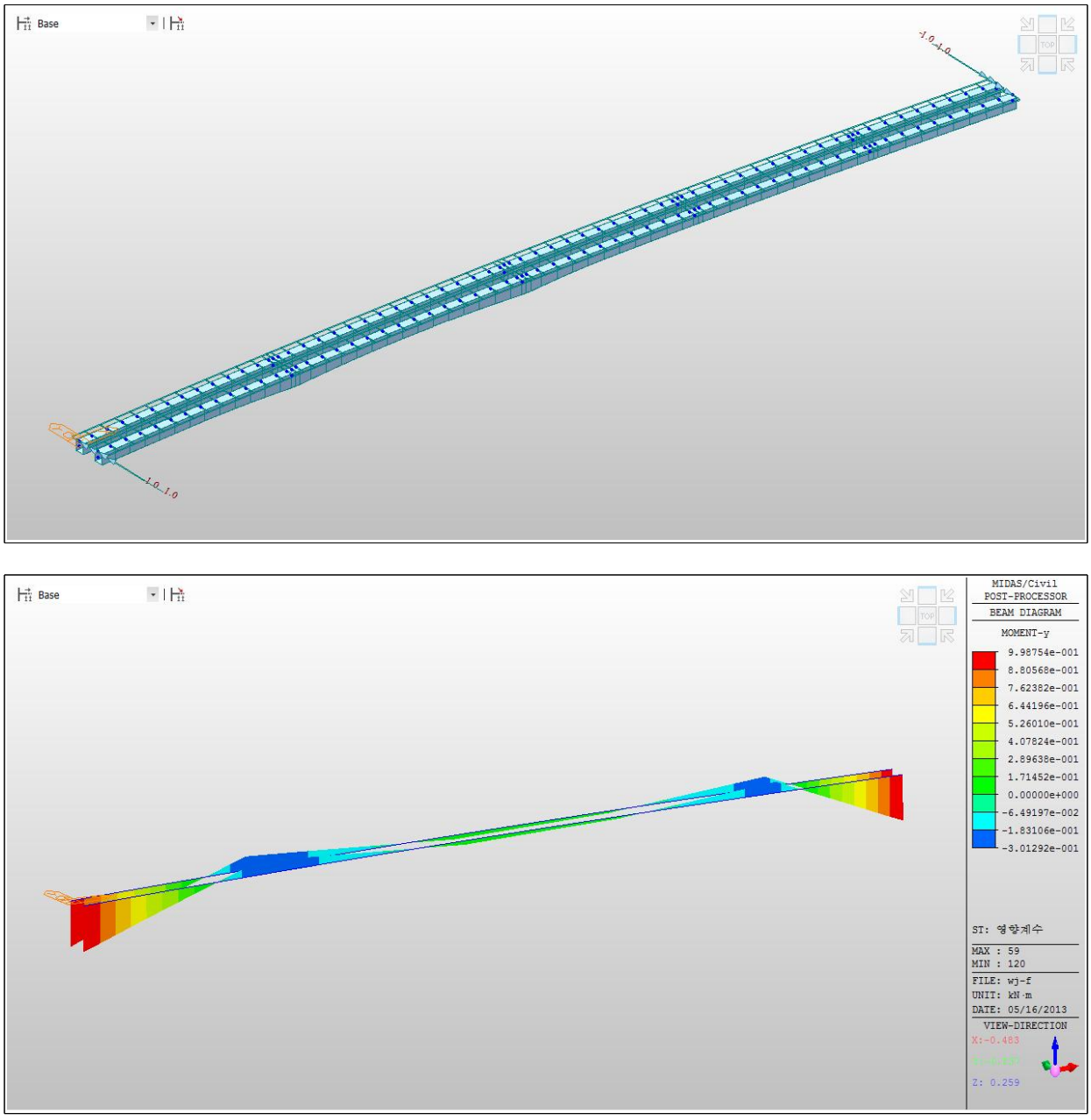
박스 거더의 정모멘트부와 부모멘트부에서 각각 발생한 최대 단면력을 【표 5.10】에 나타내었다.

【표 5.10】 휨모멘트 산출결과 (kN·m)

구 분		합 성 전 고정하중	합성후			합 계	비 고
			고정하중	활하중(충격포함)			
				Max	Min		
제1지간 중앙부	G1	28600.8	5586.0	8151.2	-	42338.0	
	G2	28265.9	5547.4	8217.6	-	42030.9	
제1내부 지점부	G1	-66377.4	-13484.2	-	-13810.8	-93672.4	
	G2	-67171.7	-13120.2	-	-13896.5	-94188.4	
제2지간 중앙부	G1	21315.0	2001.31	9572.3	-	32888.6	
	G2	21257.1	1912.16	9138.8	-	32308.1	
제2내부 지점부	G1	-45942.6	-9993.6	-	-12730.8	-68667.0	
	G2	-45416.2	-9513.8	-	-12531.8	-67461.8	
제3지간 중앙부	G1	7431.9	1374.1	5225.9	-	14031.9	
	G2	7124.3	1475.7	5322.3	-	13922.3	
제3내부 지점부	G1	-23859.0	-4560.9	-	-5850.9	-34270.8	
	G2	-22683.1	-4989.1	-	-6168.3	-33840.5	
제4지간 중앙부	G1	13530.1	2834.4	5126.7	-	21491.2	
	G2	13395.6	2834.7	5236.7	-	21467.0	
제4내부 지점부	G1	-28881.7	-5947.6	-	-6842.9	-41672.2	
	G2	-28542.4	-6009.4	-	-6857.1	-41408.9	
제5지간 중앙부	G1	13347.3	2760.2	5252.3	-	21359.8	
	G2	13224.4	2746.6	5324.2	-	21295.2	

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.



【그림 5.14】영향계수 산출을 위한 해석모델 및 결과

【표 5.11】 영향계수 k값 산출결과 요약 (MPa)

거더명	거리(m)	지점명	지간장(m)	k값
G1	0	P14		1.000
	5		64.375	0.911
	10			0.808
	15			0.706
	20			0.604
	25			0.501
	30			0.399
	35			0.297
	40			0.195
	45			0.092
	50			-0.010
	55			-0.112
	60			-0.214
	65	P15		-0.301
	70		75	-0.289
	75			-0.261
	80			-0.234
	85			-0.206
	90			-0.179
	95			-0.151
	100			-0.123
	105			-0.096
	110			-0.068
	115			-0.040
	120			-0.013
	125			0.015
	130			0.042
	135			0.070
	140	P16		0.098

거더명	거리(m)	지점명	지간장(m)	k값
G2	0	P14		1.000
	5		64.375	0.913
	10			0.813
	15			0.714
	20			0.614
	25			0.515
	30			0.415
	35			0.315
	40			0.216
	45			0.116
	50			0.017
	55			-0.083
	60			-0.183
	65	P15		-0.282
	70		75	-0.258
	75			-0.234
	80			-0.209
	85			-0.185
	90			-0.161
	95			-0.137
	100			-0.113
	105			-0.088
	110			-0.064
	115			-0.040
	120			-0.016
	125			0.008
	130			0.033
	135			0.057
	140	P16		0.081

【표 5.11】 영향계수 k값 산출결과 요약 (MPa) (계속)

거더명	거리(m)	지점명	지간장(m)	k값
G1	145		55	0.092
	150			0.085
	155			0.079
	160			0.073
	165			0.067
	170			0.061
	175			0.055
	180			0.049
	185			0.043
	190			0.037
	195	P17		0.031
	200		55	0.009
	205			-0.013
	210			-0.035
	215			-0.058
	220			-0.080
	225			-0.102
	230			-0.124
	235			-0.146
	240			-0.168
	245			-0.190
	250	P18		-0.212
	255		44.32	-0.076
	260			0.061
	265			0.198
	270			0.335
	275			0.472
	280			0.608
	285			0.745
	290			0.882
	295	A2		1.000

거더명	거리(m)	지점명	지간장(m)	k값
G1	145		55	0.077
	150			0.072
	155			0.067
	160			0.063
	165			0.058
	170			0.054
	175			0.049
	180			0.045
	185			0.040
	190			0.036
	195	P17		0.031
	200		55	0.006
	205			-0.018
	210			-0.043
	215			-0.068
	220			-0.092
	225			-0.117
	230			-0.142
	235			-0.167
	240			-0.191
	245			-0.216
	250	P18		-0.241
	255		44.32	-0.101
	260			0.039
	265			0.179
	270			0.319
	275			0.459
	280			0.599
	285			0.739
	290			0.879
	295	A2		1.000

1) k값의 적용방법

k 값은 주형의 설계에서 바닥판 콘크리트의 크리프와 건조수축, 그리고 강재보와 바닥판 콘크리트와의 온도차 등에 의해 단면내의 발생하는 2차모멘트를 계산하는 데 이용된다.

① 바닥판 콘크리트의 크리프

바닥판 콘크리트 $\Delta f_c = \frac{1}{n_1}\left[\frac{P_\phi}{A_{v1}} + \frac{M_\phi y_{v1}}{I_{v1}}\right] - E_{c1}\frac{f_c}{E_c}\phi_1$

강재거더 $\Delta f_s = \frac{P_\phi}{A_{v1}} + \frac{M_\phi y_{v1}}{I_{v1}}$

여기서, $P_\phi = E_{c1}A_c\varepsilon_{\phi 0} = E_{c1}A_c\frac{N_c}{E_cA_c}\phi_1 = N_c\frac{2\phi_1}{2+\phi_1}$

$M_\phi = P_\phi\left[d_{c1} + \frac{r_c^2}{d_c}\right] \fallingdotseq P_\phi \cdot d_{c1}$

② 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차

바닥판 콘크리트 $f_c = \frac{1}{n}\left[\frac{P_1}{A_v} + \frac{M_v y_v}{I_v}\right] - E_c\varepsilon_t$

강재거더 $f_s = \frac{P_1}{A_v} + \frac{M_v y_v}{I_v}$

여기서, $\varepsilon_t = \alpha \cdot \Delta_t$ (콘크리트가 인장이 되는 경우,즉 강재거더 쪽이 고온인 경우를 정으로 한다)

$P_1 = E_s \cdot \varepsilon_t \cdot \frac{A_c}{n}$ $M_v = P_1 \cdot d_c$

③ 바닥판 콘크리트의 건조수축

바닥판 콘크리트 $f_c = \frac{1}{n_2}\left[\frac{P_2}{A_{v2}} + \frac{M_{v2}y_{v2}}{I_{v2}}\right] - E_{c2}\varepsilon_s$

강재거더 $f_s = \frac{P_2}{A_{v2}} + \frac{M_{v2}y_{v2}}{I_{v2}}$

여기서, $E_2 = \frac{E_s}{n_2}$

$P_2 = \frac{E_s\varepsilon_s A_c}{n_2} = E_{c2}\varepsilon_s A_c$ $M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2}$

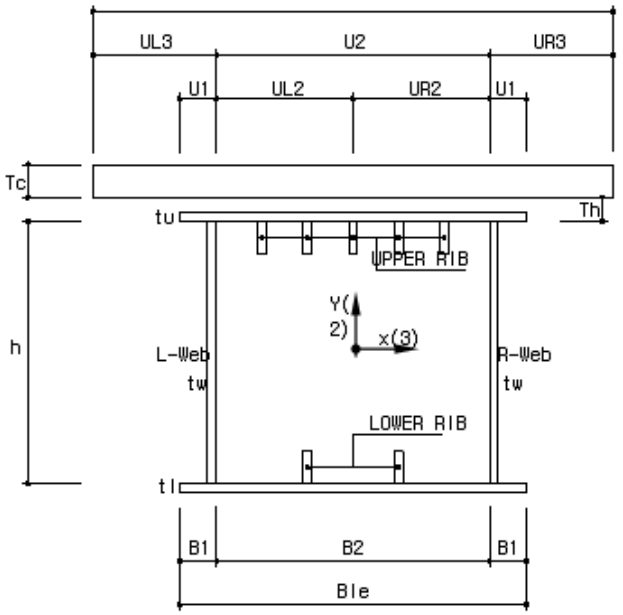
다. 구조안전성 검토결과

(1) 최대 정모멘트부

1) 단면가정 및 설계조건

최대정모멘트가 작용하는 제1지간 거더 중앙부(S14)에 대해 검토하였다.

사용기호의 정의



입력데이타

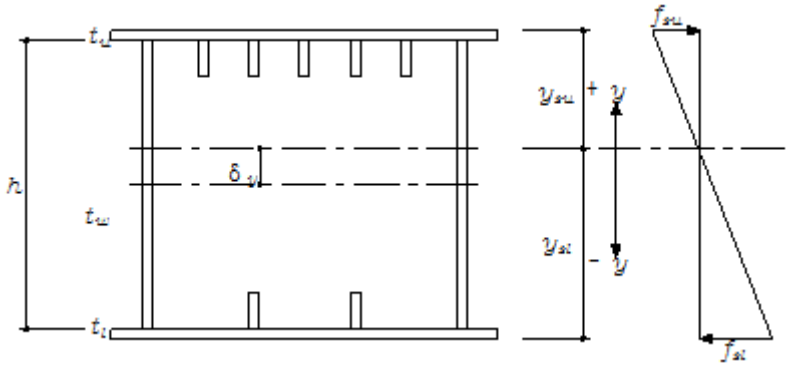
주부재 강종 : SM490B		
Bc	6,070.0	mm
UL3	2,200.0	mm
UR3	1,070.0	mm
U1	120.0	mm
UL2	1,400.0	mm
UR2	1,400.0	mm
상부 플랜지 유효폭		
Bue	3,040.0	mm
하부 플랜지 유효폭		
Ble	3,040.0	mm
B1	120.0	mm
B2	2,800.0	mm
Tc	300.0	mm
Th	50.0	mm
h	3,000.0	mm

구 분		단 위	입력 Data
Es	강재 탄성계수	MPa	205,000
Ec	콘크리트의 탄성계수	MPa	28,693
εs	바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
α	강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
$\phi 2$	건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
n	강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
Δt	강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
Ms	합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN•m	28,544
Msc	합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN•m	5,596
Mv	활하중에 의한 모멘트	kN•m	8,121
Vs	합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	717
Vsc	합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	146
Vv	활하중에 의한 전단력	kN	369
Mst	합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN•m	99
Msct	합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN•m	39
Mvt	활하중에 의한 비틀림 모멘트	kN•m	415

X(3)축 방향 단면 제원

구 분	규 격	As(mm2)	Y(mm)	As•Y(mm3)	As•Y2(mm4)	Ixo(mm4)
UPPER FL.	1- 3,040.0 × 20.0	60,800.0	1,510.0	9.181E+07	1.386E+11	2.027E+06
UPPER RIB	7- 150.0 × 14.0	14,700.0	1,425.0	2.095E+07	2.985E+10	2.756E+07
L-WEB	1- 3,000.0 × 14.0	42,000.0	-	-	-	3.150E+10
R-WEB	1- 3,000.0 × 14.0	42,000.0	-	-	-	3.150E+10
LOWER RIB	3- 150.0 × 14.0	6,300.0	-1,425.0	-8.978E+06	1.279E+10	1.181E+07
LOWER FL.	1- 3,040.0 × 24.0	72,960.0	-1,512.0	-1.103E+08	1.668E+11	3.502E+06
강재 단면 합계		238,760.0	-	-6.538E+06	3.481E+11	6.304E+10
RC. SLAB	1- 6,070.0 × 300.0	1,821,000.0	1,700.0	3.096E+09	5.263E+12	1.366E+10
SLAB 단면 합계		1,821,000.0	-	3.096E+09	5.263E+12	1.366E+10
※ As = 238,760.0 mm2		Ac1 =		1,821,000.0	mm2	

2) 응력검토



① 합성전

■ 도심축 이동량

$\delta y = \Sigma AsY / \Sigma As = -6,537,520.0 / 238,760.0 = -27.381$ mm

■ 도심축에서 상·하부플랜지연단거리

ysu = h/2+tu-δy = 3,000.0 / 2 + 20.0 -(-27.381) = 1,547.381 mm

ysl = -{h/2+tl+δy} = -{ 3,000.0 / 2 + 24.0 + -27.381 } = -1,496.619 mm

■ 강재의 단면2차 모멘트

Is = ΣIxo+ΣAsY2-As·δy2

= 63,044,903,746.7 + 348,070,271,240.0 - 238,760.0 × -27.381^2

= 4.109E+11mm4

■ 플랜지 응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.1)

fsu = Ms·ysu/Is = 28,544.000×1,547.4/410,936,170,263.3 = 107.483 MPa

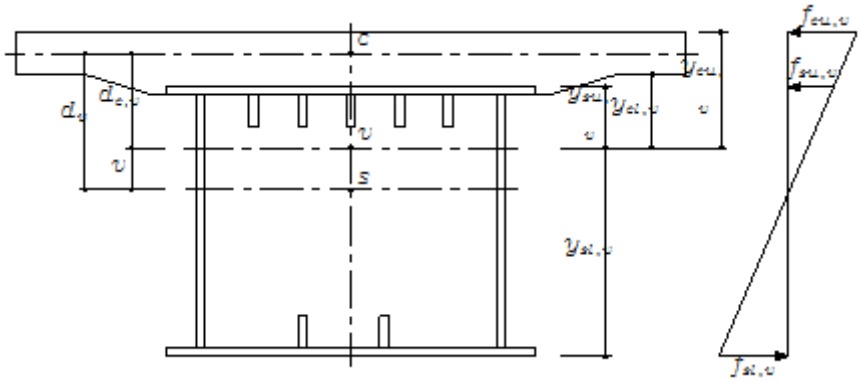
fsl = Ms·ysl/Is = 28,544.000×-1,496.6/410,936,170,263.3 = -103.957 MPa

■ 부재의 전단응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 7.907E+06 mm2

υ = Vs/Aw+Mst/(2·F·tw)

= 717.000 / 84,000.0 + 99.000 / (2 × 7,907,344.0 × 14.0) = 8.983 MPa



② 합성후

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

Acn1 = Ac1/n = 1,821,000.0 / 7.0 = 260,142.9 mm2

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

Icn1 = Ic1/n = 13,657,500,000.0 / 7.0 = 1.951E+09 mm4

■ 합성 단면적

Av = As+Acn1 = 238,760.0 + 260,142.9 = 498,902.9 mm2

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

dv = ysu-tu+Th+Tc/2 = 1,547.4 - 20.0 + 50.0 + 300.0/2 = 1,727.4 mm

■ 합성 단면의 도심축 이동량

v = Acn1×dv/Av = 260,142.9 × 1,727.4 / 498,902.9 = 900.7 mm

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

dc,v = dv-v = 1,727.4 - 900.7 = 826.7 mm

■ 합성단면의 단면2차 모멘트

Iv = Is+As·v² +Icn1+Acn1·dc,v²

= 410,936,170,263.3+238,760.0×900.7² +1,951,071,428.6+260,142.9×826.7²

= 7.844E+11 mm4

■ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

ysu,v = ysu-v = 1,547.4 - 900.7 = 646.7 mm

ysl,v = ysl-v = -1,496.6 - 900.7 = -2,397.3 mm

■ 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

ycu,v = dc,v+Tc/2 = 826.7 + 300.0 / 2 = 976.7 mm

ycl,v = ycu,v-Tc = 976.7 - 300.0 = 676.7 mm

■ 응력검토

fsu,v = Msc·ysu,v/Iv = 5,596.000×646.7/784,365,867,169.9 = 4.614 MPa

fsl,v = Msc·ysl,v/Iv = 5,596.000×-2,397.3/784,365,867,169.9 = -17.104 MPa

fcu,v = Msc·ycu,v/(Iv·n)

= 5,596.000×976.7/(784,365,867,169.9×7.0) = 0.995 MPa

fcl,v = Msc·ycl,v/(Iv·n) = 5,596.000×676.7/(784,365,867,169.9×7.0) = 0.690 MPa

■ 전단응력 검토

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

= 7.996E+06 mm^2

υ = Vsc/Aw+Msct/(2·Fv·tw)

= 146.000 / 84,000.0 + 39.000 / (2 × 7,995,721.1 × 14.0) = 1.912 MPa

③ 활하중

■ 응력 검토

fsu,v = Mv·ysu,v / Iv

= 8,121.000×646.7/784,365,867,169.9 = 6.695 MPa

fsl,v = Mv·ysl,v / Iv

= 8,121.000×-2,397.3/784,365,867,169.9 = -24.821 MPa

fcu,v = Mv·ycu,v / (Iv·n)

= 8,121.000×976.7/(784,365,867,169.9×7.0) = 1.445 MPa

fcl,v = Mv·ycl,v / (Iv·n)

= 8,121.000×676.7/(784,365,867,169.9×7.0) = 1.001 MPa

■ 전단응력 검토

υ = Vv/Aw + Mvt/(2·Fv·tw)

= 369.000 / 84,000.0 + 415.000 / (2 × 7,995,721.1 × 14.0) = 6.247 MPa

④ 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

■ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력계산에 쓰이는 크리프계수 $\Phi 1$은 2.0을 표준으로 한다.

$\Phi 1$ = 2.0

k = 0.505 ※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

n1 = n·(1+ϕ 1/2) = 7.0×(1 + 2.0/2) = 14.000

Av1 = As+Ac1/n1 = 238,760.0 + 1,821,000.0 / 14.0 = 3.688E+05 mm2

v1 = (Ac1/n1)×dv/Av1 = (1,821,000.0/14.0)×1,727.4 / 368,831.4 = 609.2 mm

dc,v1 = dv-v1 = 1,727.4 - 609.2 = 1,118.2 mm

Iv1 = (Is+As·v12)+(Ic/n1+Ac/n1·dc,v12)

= (410,936,170,263.3+238,760.0×609.2²) + (13,657,500,000.0/14.0

+1,821,000.0/14.0× 1,118.2²) = 6.632E+11 mm4

■ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

ysu,v1 = ysu-v1 = 1,547.4 - 609.2 = 938.2 mm

ysl,v1 = ysl-v1 = -1,496.6 - 609.2 = -2,105.8 mm

■ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

ycu,v1 = dc,v1+Tc/2 = 1,118.2 + 300.0 / 2 = 1,268.2 mm

ycl,v1 = ycu,v1-Tc = 1,268.2 - 300.0 = 968.2 mm

■ 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

Nc = Msc · dc,v·Ac1/(n·Iv)

= 5,596.0 × 826.7 × 1,821,000.0 / (7.0 × 784,365,867,169.9) = 1.534E+06 N

■ 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

PΦ = Nc·2·φ1/(2+φ1) = 1,534,280.2 × 2 × 2.0 / (2 + 2.0) = 1.534E+06 N

■ PΦ에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

MΦ = Pφ×dc,v1 = 1,534,280.2 × 1,118.2 = 1.716E+09 N·mm

■ 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

Ec1 = Ec/(1+φ1/2) = 28,693.4 / (1 + 2.0 / 2) = 14,346.700 MPa

■ 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

fcu,v = Msc·ycu,v/(Iv·n)

= 5,596.000×976.7/(784,365,867,169.9×7.0) = 0.995 MPa

fcl,v = Msc·ysl,v/(Iv·n)

= 5,596.000×676.7/(784,365,867,169.9×7.0) = 0.690 MPa

■ 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

fcu,v1 = 1/n1·(Pφ/Av1+k·Mφ·ycu,v1/Iv1) - Ec1·fcu,v·φ1/Ec

= (1/14.0)×(1,534,280.2/368,831.4 + 0.505×1,715,641,325.7×1,268.2

/663,153,510,853.5) - 14,346.7×0.995×2.0/28,693.4 = -0.580 MPa

fcl,v1 = 1/n1·(Pφ/Av1+k·Mφ·ycl,v1/Iv1) - Ec1·fcl,v·φ1/Ec

= (1/14.0)×(1,534,280.2/368,831.4 + 0.505×1,715,641,325.7×968.2

/663,153,510,853.5) - 14,346.7×0.690×2.0/28,693.4 = -0.302 MPa

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

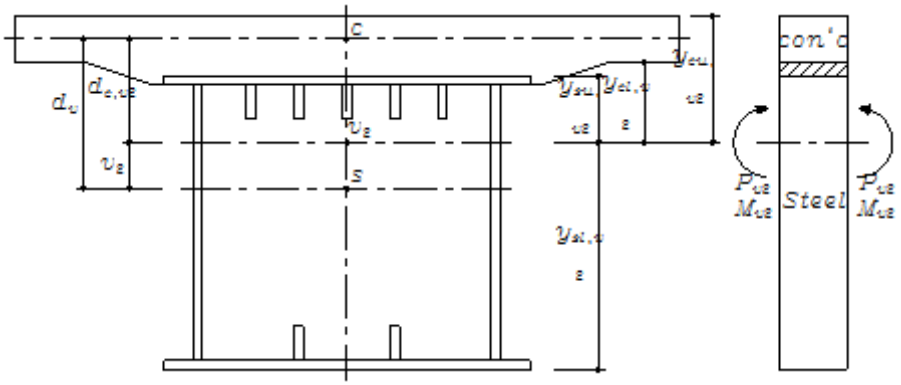
fsu,v1 = Pφ/Av1 + k·Mφ·ysu,v1/Iv1

= 1,534,280.2/368,831.4 + 0.505×1,715,641,325.7×938.2/663,153,510,853.5

= 5.386 MPa

fsl,v1 = Pϕ/Av1 + k·Mϕ·ysl,v1/Iv1 = 1,534,280.2/368,831.4

+ 0.505×1,715,641,325.7×-2,105.8/663,153,510,853.5 = 1.409 MPa



⑤ 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.8)

■ 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 εs는 27×10-5, 크리프계수 Φ2는 Φ2 = 2·Φ1 = 4.0을 표준으로 한다.

Φ2 = 4.0

n2 = n·(1+Φ2/2) = 7.0×(1 + 4.0/2) = 21.000

Av2 = As + Ac1/n2 = 238,760.0 + 1,821,000.0 / 21.0 = 3.255e+5mm2

v2 = (Ac1/n2)×dv/Av2 = (1,821,000.0/21.0)× 1,727.4 / 325,474.3 = 460.2mm

dc,v2 = dv - v2 = 1,727.4 - 460.2 = 1,267mm

Iv2 = (Is + As·v22) + (Ic/n2 + Ac/n2·dc,v22)

= (410,936,170,263.3 + 238,760.0×460.2²) + (13,657,500,000.0/21.0

+ 1,821,000.0/21.0×1,267 = 6.014mm4

■ 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

y = ysu - v2 = 1,547.4 - 460.2 = 1,087mm

y = ysl - v2 = -1,496.6 - 460.2 = -1,95mm

■ 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

y = dc,v2 + Tc = 1,267.2 + 300.0 /2 = 1,417.2 mm

y = ycu,v2 - T = 1,417.2 - 300.0 = 1,117.2 mm

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

P = Es · εs · A = 205,000.0×0.000270×1,821,000.0 / 21.0 = 4.800e+6N

■ Pv2에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

M = Pv2 × dc,v2 = 4,799,635.7 × 1,417.2 = 6.082e+9 N·mm

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

E = Es / n2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761MPa

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

fcu,v2 = 1/n2·(Pv2/Av2 + k·Mv2·ycu,v2/Iv2) - Ec2·εs

= (1/21.0)×(4,799,635.7/325,474.3 + 0.505×6,081,928,867.2×1,417.2

/601,393,378,262.5) - 9,761.9×0.000270 = -1.58MPa

fcl,v2 = 1/n2·(Pv2/Av2 + k·Mv2·ycl,v2/Iv2) - Ec2·εs

= (1/21.0)×(4,799,635.7/325,474.3 + 0.505×6,081,928,867.2×1,417.2

/601,393,378,262.5) - 9,761.9×0.000270 = -1.66MPa

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

fsu,v2 = Pv2/Av2 + k·Mv2·ysu,v2/Iv2

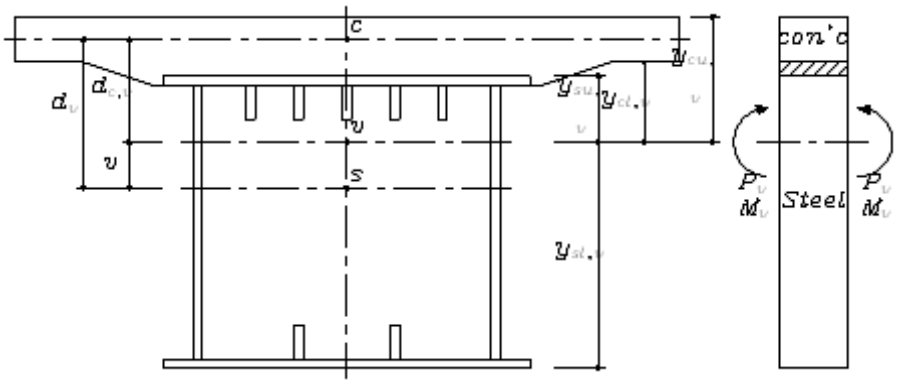
= 4,799,635.7/325,474.3 + 0.505×6,081,928,867.2×1,087.2

/601,393,378,262.5 = 20.29MPa

fsl,v2 = Pv2/Av2 + k·Mv2·ysl,v2/Iv2

= 4,799,635.7/325,474.3 + 0.505×6,081,928,867.2×-1,956.8

/601,393,378,262.5 = 4.753MPa



⑥ 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.7)

■ 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α는 12×10-6으로 한다.

■ 온도 변형률

$\varepsilon t = \alpha \cdot \Delta t$ = 0.000012 × 10.0 = 0.000120

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

Pv1 = Es · εt · A = 205,000.0×0.0001 = 6.400 N

■ Pv1에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

M=Pv1 × dc,v = 6,399,514.3 × 82 = 5.290 N·mm

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

fcu,t = 1/n·(Pv1/Av + k·Mv1·ycu,v/Iv) - Ec·εt

= (1/7.0)×(6,399,514.3/498,902.9 + 0.505×5,290,305,652.3×976.7

/784,365,867,169.9) - 28,693.4×0.000120 = -1.136 MPa

fcl,t = 1/n·(Pv1/Av + k·Mv1·ycl,v/Iv) - Ec·εt

= (1/7.0)×(6,399,514.3/498,902.9 + 0.505×5,290,305,652.3×676.7

/784,365,867,169.9) - 28,693.4×0.000120 = -1.281 MPa

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

fsu,v2 = Pv1/Av + k·Mv1·ysu,v/Iv

= 6,399,514.3/498,902.9 + 0.505×5,290,305,652.3×646.7

/784,365,867,169.9 = 15.030 MPa

fsl,v2 = Pv1/Av + k·Mv1vysl,v/Iv

= 6,399,514.3/498,902.9 + 0.505×5,290,305,652.3×-2,397.3

/784,365,867,169.9 = 4.662 MPa

⑦ 전단 및 비틀림

■ 풍하중 비재하시의 전단응력

= (Vs+Vsc+Vv)/Aw + Mst/(2·F·tw) + (Msct+Mvt)/(2·Fv·tw)

= 1,232.000/84,000.0 + 99.000/221,405,632.0 + 454.000/223,880,192.0

=17.1 MPa ≤ va = 110.0 MPa ------ O.K !!

⑧ 조합응력의 검토 (☞ 도.설.해 3.4.2.3)

i = 0.65(φ/n)2 + 0.13(φ/n) + 1.0 = 1.000

여기서, φ : 응력 구배 (φ = (f1 - f2)/f1 ≒ 0.0)

f1, f2 : 보강된 판의 양연 응력 (단, f1≥f2, 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

■ 인장 (하부)플랜(SM490B 사용) (☞ 도.설.해 3.3.2)

f = 190.MPa

■ 압축 (상부)플랜(SM490B 사용) (☞ 도.설.해 3.4.2.3)

b/24·i·n = 14.6 mm ≤ tu = 20mm

⇒ fca = 190 MPa 적용

■ 철근 콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1)

fca = 0.4fck = 10.8 MPa (fck = 27. MPa 사용)

fta = 0.0fck = 1.89 MPa

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	107.483	-103.957	190.000	190.000
1+2+3	2.440	1.691	10.800	10.800	118.792	-145.881	190.000	190.000
1+2+3+4	1.860	1.388	10.800	10.800	124.177	-144.472	218.500	190.000
1+2+3+4+5	0.271	-0.273	10.800	1.890	144.476	-139.719	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.864	-1.555	2.174	2.174	159.506	-135.058	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	1.407	1.008	12.420	12.420	129.446	-144.381	247.000	218.500

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

⑨ 합성응력의 검토

하 중 조 합	(f/fa)2		(υ / υ a)2		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.320	0.299	0.024	0.024	0.344	0.324	O.K !!	O.K !!
1+2+3	0.391	0.590	0.024	0.024	0.415	0.614	O.K !!	O.K !!
1+2+3+4	0.323	0.578	0.024	0.024	0.347	0.602	O.K !!	O.K !!
1+2+3+4+5	0.437	0.541	0.024	0.024	0.461	0.565	O.K !!	O.K !!
1+2+3+4+5+6	0.417	0.382	0.024	0.024	0.441	0.406	O.K !!	O.K !!
1+2+3+4+5-6	0.275	0.437	0.024	0.024	0.299	0.461	O.K !!	O.K !!

(f/fa)2+(υ / υ a)2 ≤ 1.2 ••••• O.K !!

[상 연]

$(144.476/218.500)^2 + (17.142/110.000)^2 = 0.437 + 0.024 = 0.461$

≤ 1.2 ••••• O.K !!

[하 연]

$(-145.881/190.000)^2 + (17.142/110.000)^2 = 0.590 + 0.024 = 0.614$

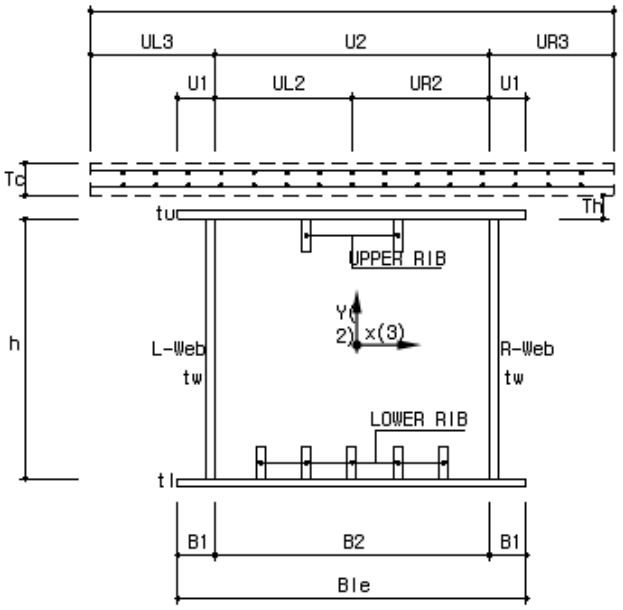
≤ 1.2 ••••• O.K !!

(2) 최대 부모멘트부

1) 단면가정 및 설계조건

최대 부모멘트가 작용하는 거더 지점부(P14)에 대해 검토하였다.

사용기호의 정의



입력데이타

주부재 강종 : SM490B		
Bc	6,070.0	mm
U1	120.0	mm
UL2	1,400.0	mm
UR2	1,400.0	mm
상부 플랜지 유효폭		
Bue	3,040.0	mm
하부 플랜지 유효폭		
Ble	3,040.0	mm
B1	120.0	mm
B2	2,800.0	mm
Tc	300.0	mm
Th	50.0	mm
h	4,000.0	mm

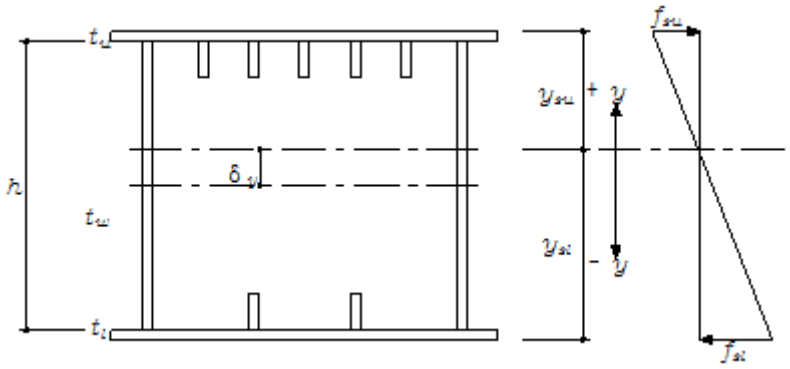
구 분		단 위	입력 Data
Es	강재 탄성계수	MPa	205,000
Ec	콘크리트의 탄성계수	MPa	28,693
εs	바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
α	강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
$\phi 2$	건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
n	강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
Δt	강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
Ms	합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN•m	-66,373
Msc	합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN•m	-13,198
Mv	활하중에 의한 모멘트	kN•m	-13,919
Vs	합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-4,477
Vsc	합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-875
Vv	활하중에 의한 전단력	kN	-1,134
Mst	합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN•m	-99
Msct	합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN•m	-25
Mvt	활하중에 의한 비틀림 모멘트	kN•m	-1,275
tcu, tcl	교축방향 철근의 피복두께	mm	60, 40

X(3)축 방향 단면 제원

구 분	규 격	As(mm2)	Y(mm)	As•Y(mm3)	As•Y2(mm4)	Ixo(mm4)
UPPER FL.	1- 3,040.0 × 30.0	91,200.0	2,015.0	1.838E+08	3.703E+11	6.840E+06
UPPER RIB	3- 150.0 × 14.0	6,300.0	1,925.0	1.213E+07	2.335E+10	1.181E+07
L-WEB	1- 4,000.0 × 20.0	80,000.0	-	-	-	1.067E+11
R-WEB	1- 4,000.0 × 20.0	80,000.0	-	-	-	1.067E+11
LOWER RIB	7- 150.0 × 14.0	14,700.0	-1,925.0	-2.830E+07	5.447E+10	2.756E+07
LOWER FL.	1- 3,040.0 × 32.0	97,280.0	-2,016.0	-1.961E+08	3.954E+11	8.301E+06
강재 단면 합계		369,480.0	-	-2.852E+07	8.435E+11	2.134E+11
UPPERRE-Bar(Aru)		24,625.6	2,240.0	55,161,388.8	123,561,510,912.0	-
LOWERRE-Bar(Arl)		24,625.6	2,090.0	51,467,545.8	107,567,170,722.0	-
RE-Bar 합계		49,251.2		1.066E+08	2.311E+11	-
RC. SLAB	1- 6,075.0 × 300.0	1,518,750.0	2,175.0	3.303E+09	7.185E+12	7.910E+09
SLAB 단면 합계						

※ As = 369,480.0 mm2 Ac1 = 1,518,750.0 mm2 / Ar = 49,251.2 mm2

2) 응력검토



① 합성전

■ 도심축 이동량

δy = ΣAsY/ΣAs = -28,518,480.0 / 369,480.0 = -77.185 mm

■ 도심축에서 상·하부플랜지연단거리

ysu = h/2+tu-δy = 4,000.0 / 2 + 30.0 - (-77.185) = 2,107.185 mm

ysl = -{h/2+tl+δy} = -{ 4,000.0 / 2 + 32.0 + -77.185 } = -1,954.815 mm

■ 강재의 단면2차 모멘트

Is = ΣIxo+ΣAsY2-As·$\delta y2$

= 213,387,849,560.0 + 843,481,468,680.0 - 369,480.0 × -77.185^2

= 1.055E+12mm4

■ 플랜지 응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.1)

fsu = Ms·ysu/Is = 66,373.000×2,107.2/1,054,668,106,533.0 = -132.611 MPa

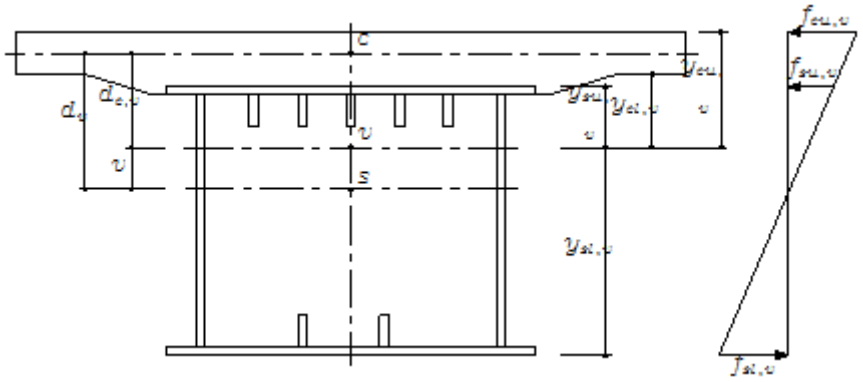
fsl = Ms·ysl/Is = -66,373.000×-1,954.8/1,054,668,106,533.0 = 123.022 MPa

■ 부재의 전단응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 9.367E+06 mm2

υ = Vs/Aw+Mst/(2·F·tw)

= 4,477.000 / 160,000.0 + 99.000 / (2 × 9,366,772.0 × 20.0) = 28.245 MPa



② 합성후

■ 합성 단면적

Av = As+Acn1 = 369,480.0 + 49,251.2 = 418,731.2 mm²

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

dv = ysu - tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl) × Aru / Ar

= 2,107.2 - 30.0 + 50.0 + 40.0 +(250.0-60.0-40.0)× 24,625.6/49,251.2

= 2,242.2 mm

■ 합성단면의 도심축 이동량

v = Acn1×dv/Av = 49,251.2 × 2,242.2 / 418,731.2 = 263.7 mm

■ 합성단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

dc,v = dv-v = 2,242.2 - 263.7 = 1,978.5 mm

■ 합성단면의 단면2차 모멘트

Iv = Is+As·v² +Icn1+Acn1·dc,v²

= 1,054,668,106,533.0+369,480.0×263.7² +0.0+49,251.2×1,978.5²

= 1.2734E+12 mm4

■ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

ysu,v = ysu-v = 2,107.2 - 263.7 = 1,843.5 mm

ysl,v = ysl-v = -1,954.8 - 263.7 = -2,218.5 mm

■ 합성단면 도심에서 바닥판 주철근 상·하연까지의 거리

yru,v = dr,v + (Tc - tcu - tcl) × Arl / Ar

= 1,978.5 + (250.0 - 60.0 - 40.0)× 24,625.6 / 49,251.2 = 2,053.5 mm

yrl,v = dr,v - (Tc - tcu - tcl) × Arl / Ar

= 1,978.5 - (250.0 - 60.0 - 40.0)× 24,625.6 / 49,251.2 = 1,903.5 mm

■ 응력검토

fsu,v = Msc·ysu,v / Irv

= -13,198.000 × 1,843.5 / 1,273,150,176,059 = -19.110 MPa

fsl,v = Msc·ysl,v / Irv

= -13,198.000 × -2,218.5 / 1,273,150,176,059 = 22.998 MPa

fru,v = Msc·yru,v / (Irv·n)

= -13,198.000 × -2,053.5 / 1,273,150,176,059 = -21.287 MPa

frl,v = Msc·yrl,v / (Irv·n)

= -13,198.000 × -1,903.5 / 1,273,150,176,059 = -19.732 MPa

■ 전단응력 검토

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

= 9.4156E+06 mm^2

υ = Vsc/Aw+Msct/(2·Fv·tw)

= 875.000 / 1601,000.0 + 25.000 / (2 × 9,414,977.7 × 20.0) = 5.535 MPa

③ 활하중

■ 응력 검토

fsu,v = Mv·ysu,v / Iv

= -13,919.000 × 1,843.5 / 1,273,150,176,059 = -20.154 MPa

fsl,v = Mv·ysl,v / Iv

= -13,919.000 × -2,218.5 / 1,273,150,176,059 = 24.255 MPa

fcu,v = Mv·ycu,v / (Iv·n)

= -13,919.000 × -2,053.5 / 1,273,150,176,059 = -22.450 MPa

fcl,v = Mv·ycl,v / (Iv·n)

= -13,919.000 × -1,903.5 / 1,273,150,176,059 = -20.810 MPa

■ 전단응력 검토

υ = Vv/Aw + Mvt/(2·Fv·tw)

= 1,134.000 / 160,000.0 + 1,275.000 / (2 × 9,414,977.7 × 20.0) = 10.473 MPa

④ 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

■ 바닥판 콘크리트 환산단면적

Acn1 = Ac1/n = 1,518,750.0 / 7.0 = 216,964.3 mm2

■ 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

Icn1 = Ic1/n = 7,910,156,250.0 / 7.0 = 1.130E+09 mm4

■ 합성 단면적

Av' = As + Acn1 = 369,480.0 + 216,964.3 = 586,444.3 mm2

■ 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

dv' = ysu-tu + Th + Tc/2 = 2,107.2 - 30.0 + 50.0 + 250.0/2 = 2,252.2 mm

■ 합성 단면의 도심축 이동량

v' = Acn1 × dv'/Av' = 216,964.3 × 2,252.2 / 586,444.3 = 833.2 mm

■ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

dc,v' = dv'-v' = 2,252.2 - 833.2 = 1,419.0 mm

■ 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력계산에 쓰이는 크리프계수 $\Phi 1$은 2.0을 표준으로 한다.

$\Phi 1$ = 2.0

k = -0.301 ※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

n1 = n·(1+ϕ1/2) = 7.0×(1 + 2.0/2) = 14.000

Av1 = As+Ac1/n1 = 369,480.0 + 1,518,750.0 / 14.0 = 4.780E+05 mm2

v1 = (Ac1/n1)×dv/Av1 = (1,518,750.0/14.0)×2,252.2 / 477,962.1 = 511.2 mm

dc,v1 = dv-v1 = 2,252.2 - 511.2 = 1,741.0 mm

Iv1 = (Is+As·v12)+(Ic/n1+Ac/n1·dc,v12)

= (1,054,668,106,533.0 + 369,480.0×833.2²) + (7,910,156,250.0/7.0

+1,518,750.0/7.0× 1,419.0²) = 1.530E+12 mm4

■ 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

Nc = Msc · dc,v·Ac1/(n·Iv1)

= -13,198.0 × 1,419.0 × 1,518,750.0 / (7.0×1,530,174,957,273.0) = -2.655E+06 N

■ 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

PΦ = Nc·2·ϕ1/(2+ϕ1) = -2,655,361.2 × 2 × 2.0 / (2 + 2.0) = -2.655E+06 N

■ PΦ에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

MΦ = Pϕ ×dc,v1 = -2,655,361.2 × 1,741.0 = -4.623E+09 N·mm

■ 바닥판 철근응력 변화량

fcu,v1 = Pϕ/Av + k·Mϕ·yru,v/Irv

= -2,655,361.2/418,731.2 + -0.301×-4,623,013,835.4×2,053.5

/1,273,150,176,059.1 = -4.097 MPa

fcl,v1 = Pϕ/Av + k•Mϕ•yrl,v/Irv

= -2,655,361.2/418,731.2 + -0.301×-4,623,013,835.4×1,903.5

/1,273,150,176,059.1 = -4.261 MPa

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

fsu,v1 = Pϕ/Av1+k·Mϕ·ysu,v1/Iv1

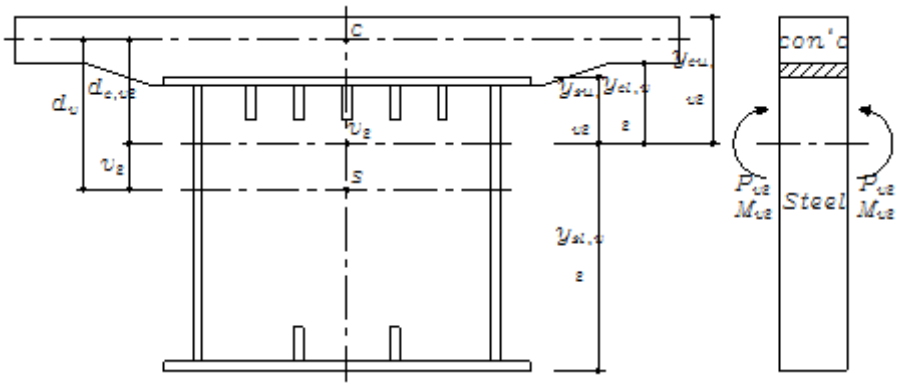
= -2,655,361.2/418,731.2 + -0.301×-4,623,013,835.4×1,843.5

/1,273,150,176,059.1 = -4.237 MPa

fsl,v1 = Pϕ/Av1+k·Mϕ·ysl,v1/Iv1

= -2,655,361.2/418,731.2 + -0.301×-4,623,013,835.4×-2,218.5

/1,273,150,176,059.1 = 1.409 MPa



⑤ 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.8)

■ 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 εs는 27×10-5, 크리프계수 $\Phi 2$는 $\Phi 2 = 2 \cdot \Phi 1 = 4.0$을 표준으로 한다.

$\Phi 2$ = 4.0

n2 = n·(1+$\Phi 2$/2) = 7.0×(1 + 4.0/2) = 21.000

Av2 = As + Ac1/n2 = 369,480.0 + 1,518,750.0 / 21.0 = 4.418e+5mm2

v2 = (Ac1/n2)×dv/Av2 = (1,518,750.0/21.0)×2,252.2 / 441,801.4 = 368.7mm

dc,v2 = dv - v2 = 2,252.2 - 368.7 = 1,883.5mm

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

P = Es · εs · Ac1/n2 = 205,000.0×0.000270×1,518,750.0/21.0 = 4.006e+6N

■ Pv2에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

M = Pv2 × dc,v2 = 4,002,991.1 × 1,883.5 = 7.540e+9 N·mm

■ 바닥판 철근응력변화량

f = Pv2/Av + k·Mv2·yru,v/Irv

= 4,002,991.1/418,731.2 + -0.301×7,539,674,358.7×2,053.5

/1,273,150,176,059.1 = 5.899 MPa

f = Pv2/Av + k·Mv2·yrl,v/Irv

= ,002,991.1/418,731.2 + -0.301×7,539,674,358.7×1,903.5

/1,273,150,176,059.1 = 6.167 MPa

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

f = Pv2/Av + k·Mv2·ysu,v/Irv

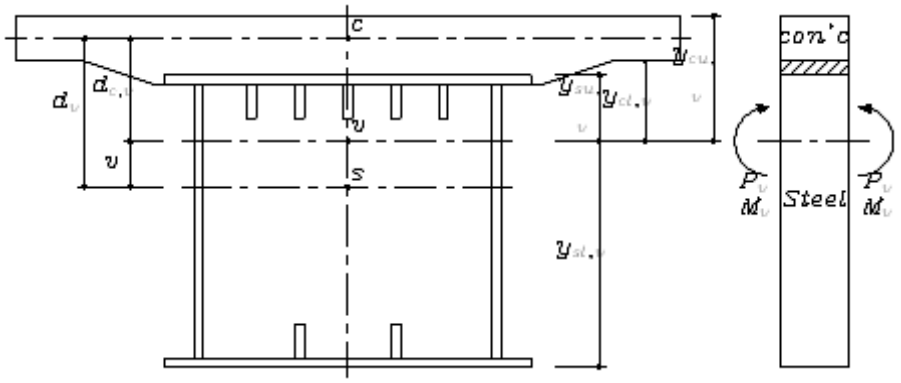
= 4,002,991.1/418,731.2 + -0.301×7,539,674,358.7×1,843.5

/1,273,150,176,059.1 = 6.274 MPa

f = Pv2/Av + k·Mv2·ysl,v/Irv

= 4,002,991.1/418,731.2 + -0.301×7,539,674,358.7×-2,218.5

/1,273,150,176,059.1 = 13.514 MPa



⑥ 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.7)

■ 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α는 12×10-6으로 한다.

■ 온도 변형률

$\varepsilon t = \alpha \cdot \Delta t$ = 0.000012 × 10.0 = 0.000120

■ 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

Pv1 = Es · εt · Ac1/n = 205,000.0×0.000120×1,518,750.0 / 7.0 = 5.337e+6 N

■ Pv1에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

M = Pv1 × dc,v' = 5,337,321.4 × 1,419.02 = 7.573e+9 N·mm

■ 바닥판 콘크리트의 응력변화량

fru,t = Pv1/Av + k·Mv1·yru,v/Irv - Es·εt

= 5,337,321.4/418,731.2 + -0.301×7,573,413,727.0×2,053.5

/1,273,150,176,059.1 - 205,000.0×0.000120 = -15.530 MPa

frl,t = Pv1/Av + k·Mv1·yrl,v/Irv - Es·εt

= 5,337,321.4/418,731.2 + -0.301×7,573,413,727.0×1,903.5

/1,273,150,176,059.1 - 205,000.0×0.000120 = -15.262 MPa

■ 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

fsu,v2 = Pv1/Av + k·Mv1·ysu,v/Irv

= 5,337,321.4/418,731.2+-0.301×7,573,413,727.0×1,843.5

/1,273,150,176,059.1 = 9.446 MPa

fsl,v2 = Pv1/Av + k·Mv1·ysl,v/Irv

= 5,337,321.4/418,731.2+-0.301×7,573,413,727.0×-2,218.5

/1,273,150,176,059.1 = 16.719 MPa

⑦ 전단 및 비틀림

■ 풍하중 비재하시의 전단응력

= (Vs+Vsc+Vv)/Aw + Mst/(2·F·tw) + (Msct+Mvt)/(2·Fv·tw)

= 6,486.000/160,000.0 + 99.000/374,670,880.0 + 1,300.000/376,599,108.6

= 44.3 MPa ≤ va = 110.0 MPa ------ O.K !!

⑧ 조합응력의 검토 (☞ 도.설.해 3.4.2.3)

i = 0.65(φ/n)2 + 0.13(φ/n) + 1.0 = 1.000

여기서, φ : 응력 구배 (φ = (f1 - f2)/f1 ≒ 0.0)

f1, f2 : 보강된 판의 양연 응력 (단, f1≥f2, 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

■ 인장 (하부)플랜(SM490B 사용) (☞ 도.설.해 3.3.2)

f = 190.MPa

■ 압축 (상부)플랜(SM490B 사용) (☞ 도.설.해 3.4.2.3)

b/24·i·n = 14.6 mm ≤ tu = 20mm

⇒ fca = 190 MPa 적용

■ 철근 콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1)

fca = 0.4fck = 10.8 MPa (fck = 27. MPa 사용)

fta = 0.0fck = 1.89 MPa

■ 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	RE-BAR				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	-132.611	123.022	190.000	190.000
1+2+3	-43.737	-40.542	160.000	160.000	-171.875	170.275	190.000	190.000
1+2+3+4	-47.834	-44.803	160.000	160.000	-176.201	161.508	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-41.935	-38.636	160.000	160.000	-169.928	175.023	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-57.465	-53.898	184.000	184.000	-160.482	191.741	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-26.404	-23.374	184.000	184.000	-179.373	158.304	218.500	218.500

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

⑨ 합성응력의 검토

하 중 조 합	(f/fa)2		(υ / υ a)2		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.487	0.419	0.162	0.162	0.649	0.581	O.K !!	O.K !!
1+2+3	0.818	0.803	0.162	0.162	0.980	0.965	O.K !!	O.K !!
1+2+3+4	0.860	0.723	0.162	0.162	1.022	0.884	O.K !!	O.K !!
1+2+3+4+5	0.800	0.849	0.162	0.162	0.962	1.010	O.K !!	O.K !!
1+2+3+4+5+6	0.539	0.770	0.162	0.162	0.701	0.932	O.K !!	O.K !!
1+2+3+4+5-6	0.674	0.525	0.162	0.162	0.836	0.687	O.K !!	O.K !!

$$(f/fa)2+(\upsilon / \upsilon a)2 \leq 1.2 \text{ ••••• O.K !!}$$

[상 연]

$(-176.201/190.0)^2 + (44.254/110.000)^2 = 0.860 + 0.162 = 1.022$

≤ 1.2 ••••• O.K !!

[하 연]

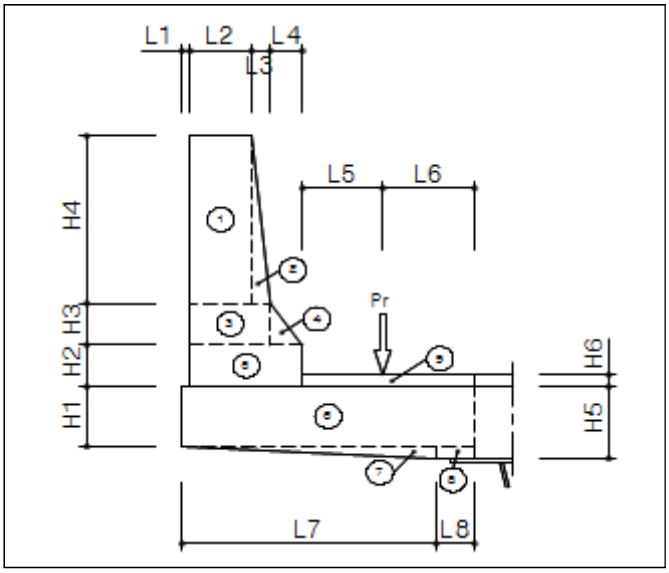
$(175.023/190.0)^2 + (44.254/110.000)^2 = 0.849 + 0.162 = 1.010$

≤ 1.2 ••••• O.K !!

5.2.7 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(좌측)



H1	0.250m	L1	0.030m
H2	0.205m	L2	0.230m
H3	0.175m	L3	0.070m
H4	0.700m	L4	0.120m
H5	0.300m	L5	0.300m
H6	0.080m	L6	0.265m
H7	0.000m	L7	0.905m
R	2,600.000m	L8	0.110m
V	110.000 km/h	L9	0.000m
콘크리트 단위중량			25.000 kN/m³
무근콘크리트 단위중량			23.500 kN/m³
포장 단위중량			23.000 kN/m³

1) 고정하중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN•m)
1	0.230 × 0.700 × 25.000	4.025	0.870	3.502
2	(1/2) × 0.070 × 0.700 × 25.000	0.613	0.732	0.448
3	0.300 × 0.175 × 25.000	1.313	0.835	1.096
4	(1/2) × 0.120 × 0.175 × 25.000	0.263	0.645	0.169
5	0.420 × 0.205 × 25.000	2.153	0.775	1.668
6	1.015 × 0.250 × 25.000	6.344	0.508	3.219
7	(1/2) × 0.905 × 0.050 × 25.000	0.566	0.412	0.233
8	0.110 × 0.050 × 25.000	0.138	0.055	0.008
9	0.565 × 0.080 × 23.000	1.040	0.283	0.294
TOTAL		16.451		10.637

2) 활하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

■ 윤하중 분포폭 (☞ 도.설 3.6.1.4)

E = 0.8 · X + 1.14 = 0.8 × 0.265 + 1.14 = 1.352 m 여기서, X = 0.265 m

■ 충 격 계 수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.265) = 0.373 > 0.300, I = 0.300

■ 작용 모멘트

Ml+i = (96.00 / 1.352)×0.265×(1 + 0.30) = 24.462 kN•m/m

3) 차량 충돌하중

① 수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

$$H=(V/60)2\times 7.5+2.5$$

여기서,

H : 강성 방호울타리 1m 높이에 직각으로 작용하는 교축 1m당의 수평충돌력 (kN/m)

V : 차량의 충돌속도(km/h), 최근 도로환경이 개선되고 주행속도가 높아지는 경향이 있으므로 충돌속도는 도로의 설계속도로 볼 수 있다.

H = (110.000 / 60)² × 7.5 + 2.5 = 27.708 kN/m, 작용높이 h = 1.230 m

Mco = 27.708 × 1.230 = 34.081 kN•m/m

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10.000 kN/m 의 수평하중 재하시

H = 10.000 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.230 m

Mco = 10.000 × 1.230 = 12.300 kN•m/m

③ 곡선반경R＞200m이므로①과②에 의해 계산된 값 중에서 큰값을 적용

Mco = 34.081 = 34.081 kN•m/m

4) 풍하중 (3.000kN/m2) (☞ 도.설.해 2.1.11)

Pw = 3.000 × 1.000 = 3.000 kN/m

Mw = 3.000 × (1.000 / 2 + 0.08 + 0.30 / 2) = 2.190kN•m/m

5) 원심하중 (☞ 도.설.해 2.1.17)

$$CF=0.79V2/R(\%)$$

여기서, CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

■ 일반 차량하중 작용시

CF = 0.79 × 110.000² / 2,600.000 = 3.677 (%)

Pcf = 96.000 / 1.352 × 3.677 / 100 = 2.611 kN/m

작용높이h = 2.030 m

Mcf = 2.611 × 2.030 = 5.299 kN•m/m

6) 작용모멘트

구 분	고정하중 (MD)	활하중 (ML+i)	충돌하중 (MCO)	풍하중 (MW)	원심하중 (MCF)
모 멘 트	10.637	24.462	34.081	2.190	5.299

7) 하중조합 (☞ 도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	MD	ML+i	MCO	MW	MCF	비 고
CASE 1	kN•m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.30	1.30	1.30		1.30	차량 충돌하중
CASE 3	"	1.30	1.30		0.65	1.30	활하중 재하시
CASE 4	"	1.20		1.20	1.20		차량 충돌하중
CASE 5	"	1.30			1.30		
CASE 6	"	1.00	1.00		0.30	0.00	사용모멘트
CASE 7	"	1.00	1.00	0.00		0.00	차량충돌 사용모멘트

8) 계산 적용모멘트 산정

CASE	단위	MD	ML+i	MCO	MW	MCF	소 계
CASE 1	kN•m	13.828	52.592			6.889	73.310
CASE 2	"	13.828	31.800	44.306		6.889	96.823
CASE 3	"	13.828	31.800		1.424	6.889	53.941
CASE 4	"	12.764		40.898	2.628		56.290
CASE 5	"	13.828			2.847		16.675
최대 계수 모멘트							96.823
CASE 6	"	10.637	24.462		0.657	0.000	35.755
CASE 7	"	10.637	24.462	0.000		0.000	35.098
최대 사용 모멘트							35.755

9) 단면검토

fck = 27 MPa, fy = 400 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.0	300.0	240.0	60.0	105.8	0.0

• 강도감소계수(Φ) 산정

T = As×fy = 1940.400×400.00 = 776160.000

C = 0.85×fck×a×b = 0.85×27.00×a×1000.000 = 22950.000×a

T = C 이므로, a = 33.820 mm, c = 33.820 / β1 = 33.820 / 0.85 = 39.788 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300×(dt - c) / c = 0.00300×(240.00-39.788) / 39.788 = 0.01510

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

• 필요철근량 산정

Mu / Φ = As×fy×(d - a/2) ---------- ①

a = As×fy / (0.85×fck×b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

[fy² /(2×0.85×fck×b)] × As² - fy×d×As + (Mu/Φ) = 0, As=1364.060 mm²

• 사용철근량 = 1940.4 mm² (철근도심 : 60.0 mm), [사용률 = 1.423]

1단 : H19 - 4.0 EA, H16 - 4.0 EA (= 1940.4 mm²)

• 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00350

0.25 $\sqrt{}$fck / fy = 0.00325, ρmin = 0.00350 적용

수축온도철근비 = 0.00200

ρmax = 0.714×Pb = 0.714×k1×Φ×(fck/fy)×{ 600/(600+fy) } = 0.02089

ρuse = As / bd = 0.00809

ρmax ≥ ρuse ≥ ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

• 휨에 대한 검토

a = As×fy / (0.85×fck×b) = 33.820mm

ΦMn = 0.85×1940.400×400×(240.00 - a/2) = 147.181 kN.m

≥Mu (= 96.823 kN.m) ∴ 안전율 = 1.520

10) 내하력 검토

• 내하율 $$RF = \frac{147.181 - 1.3 \times 10.637}{2.15 \times 24.462} = 2.536$$

• 기본내하력 DB-24 이상

나. 단면 중앙부

1) 고정하중

■ 철근콘크리트 : 0.300 m × 25.000 kN/m3 = 7.500 kN/m3

■ 포장콘크리트 : 0.080 m × 23.000 kN/m3 = 1.830 kN/m3

■ 합 계 : 9.340 kN/m3

■ 계산지간 L : 2.800m, 바닥판지점의수 n : 4

■ 고정하중 모멘트

Md = (1/10)×wd×L2 = (1/10)×9.340×2.8002 = 7.323 kN/m3 (☞도.설4.7.5.4)

2) 활하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

■ 윤하중 분포폭 (☞ 도.설 3.6.1.4)

E = 0.8・X + 1.14 = 0.8 × 0.265 + 1.14 = 1.352 m 여기서, X = 0.265 m

■ 충 격 계 수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.800) = 0.350 > 0.300, I = 0.300

■ 작용 모멘트

Ml+i = (2.80+0.6)×6.0/9.6×(1+0.300) = 44.200 kN•m/m (☞도.설.해3.6.1.4)

바닥판이 3개이상의 지점인 경우 계산된 값에 0.8배를 취한다.

(☞도.설.해3.6.1.4)

Ml+i = 44.200×0.8 = 35.360 kN•m/m

3) 원심하중 (☞ 도.설.해 2.1.17)

CF=0.79V2/R(%)

여기서, CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율
V : 설계속도 (km/h)
R : 곡선반경 (m)

■ 일반 차량하중 작용시

CF = 0.79 × 110.000² / 2,600.000 = 3.677 (%)

M = (L + 0.6) P / 9.6 ---------- ① ☞도.설.해3.6.1.4)

M = (P / E) L / 4 ---------- ② 단순보에 Max 구하는공식

∴ ①식과②식을연립해서풀면E = 2.4 L / (L + 0.6) = 1.976

Pcf = 96.000 / 1.976 × 3.677 / 100 = 1.786 kN/m

작용높이h = 2.030 m

Mcf = 1.786 × 2.030 = 3.625 kN•m/m

4) 작용모멘트

구 분	고정하중 (MD)	활하중 (ML+i)	충돌하중 (MCO)	풍하중 (MW)	원심하중 (MCF)
모 멘 트	7.323	35.360			3.625

5) 하중조합 (☞ 도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	MD	ML+i	MCO	MW	MCF	비 고
CASE 1	kN•m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	“	1.30	1.30			1.30	활하중 재하시
CASE 3	“	1.30			1.30		
CASE 4	“	1.00	1.00		1.0	1.0	사용모멘트

6) 계산 적용모멘트 산정

CASE	단위	MD	ML+i	MCO	MW	MCF	소 계
CASE 1	kN•m	9.519	76.024			4.713	90.256
CASE 3	“	9.519	45.968			4.713	60.200
CASE 5	“	9.519			0.000		9.519
최대 계수 모멘트							90.256
CASE 6	“	7.323	35.360		0.000	3.625	46.308
최대 사용 모멘트							46.308

7) 단면검토

fck = 27 MPa, fy = 400 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.0	250.0	210.0	40.0	90.3	0.0

• 강도감소계수(Φ) 산정

T = As × fy = 1588.800 x 400.00 = 635520.000

C = 0.85 × fck × a × b = 0.85 × 27.00 × a × 1000.000 = 22950.000 x a

T = C 이므로, a = 27.692 mm, c = 27.692 / β

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 × (dt - c) / c = 0.00300 × (260.00 - 32.578) / 32.578 = 0.02094

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

• 필요철근량 산정

Mu / Φ = As×fy×(d - a/2) ---------- ①

a = As×fy / (0.85×fck×b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

[fy² /(2×0.85×fck×b)] × As² - fy×d×As + (Mu/Φ) = 0, As=998 mm²

• 사용철근량 = 1588.8 mm² (철근도심 : 40.0 mm), [사용률 = 1.592]

1단 : H16 - 8.0 EA (= 1588.8 mm²)

• 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00350

0.25 $\sqrt{}$fck / fy = 0.00325, ρmin = 0.00350 적용

수축온도철근비 = 0.00200

ρmax = 0.714×Pb = 0.714×k1×Φ×(fck/fy)× { 600/(600+fy) } = 0.02089

ρuse = As / bd = 0.00611

ρmax ≥ ρuse ≥ ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

• 휨에 대한 검토

a = As×fy / (0.85×fck×b) = 27.7mm

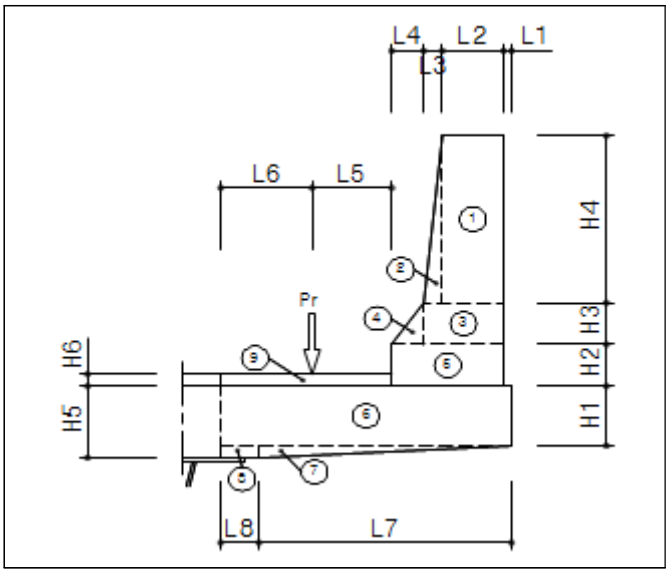
ΦMn = 0.85×1588.800×400×(260.00 - a/2) = 106.0 kN.m

≥Mu (= 90.256 kN.m) ∴ 안전율 = 1.174

8) 내하력 검토

- 내하율 $$RF = \frac{106.0 - 1.3 \times 9.519}{2.15 \times 35.360} = 1.232$$
- 기본내하력 DB-24 이상

다. 캔틸레버부(우측)



H1	0.250m	L1	0.030m
H2	0.205m	L2	0.230m
H3	0.175m	L3	0.070m
H4	0.700m	L4	0.120m
H5	0.300m	L5	0.300m
H6	0.080m	L6	0.260m
H7	0.000m	L7	0.900m
R	2,600.000m	L8	0.110m
V	110.000 km/h	L9	0.000m
콘크리트 단위중량			25.000 kN/m³
무근콘크리트 단위중량			23.500 kN/m³
포장 단위중량			23.000 kN/m³

1) 고정하중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN•m)
1	0.230 × 0.700 × 25.000	4.025	0.865	3.482
2	(1/2) × 0.070 × 0.700 × 25.000	0.613	0.727	0.445
3	0.300 × 0.175 × 25.000	1.313	0.830	1.089
4	(1/2) × 0.120 × 0.175 × 25.000	0.263	0.640	0.168
5	0.420 × 0.205 × 25.000	2.153	0.770	1.657
6	1.010 × 0.250 × 25.000	6.313	0.505	3.188
7	(1/2) × 0.905 × 0.050 × 25.000	0.563	0.410	0.231
8	0.110 × 0.050 × 25.000	0.138	0.055	0.008
9	0.560 × 0.080 × 23.000	1.030	0.280	0.289
TOTAL		16.408		10.556

2) 활하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

■ 윤하중 분포폭 (☞ 도.설 3.6.1.4)

E = 0.8 · X + 1.14 = 0.8 × 0.260 + 1.14 = 1.348 m 여기서, X = 0.260 m

■ 충 격 계 수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.260) = 0.373 > 0.300, I = 0.300

■ 작용 모멘트

Ml+i = (96.00 / 1.348)×0.260×(1 + 0.30) = 24.071 kN · m/m

3) 차량 충돌하중

① 수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

$$H=(V/60)2\times 7.5+2.5$$

여기서,

H : 강성 방호울타리 1m 높이에 직각으로 작용하는 교축 1m당의 수평충돌력 (kN/m)

V : 차량의 충돌속도(km/h), 최근 도로환경이 개선되고 주행속도가 높아지는 경향이 있으므로 충돌속도는 도로의 설계속도로 볼 수 있다.

H = (110.000 / 60)² × 7.5 + 2.5 = 27.708 kN/m, 작용높이 h = 1.230 m

Mco = 27.708 × 1.230 = 34.081 kN•m/m

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10.000 kN/m 의 수평하중 재하시

H = 10.000 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.230 m

Mco = 10.000 × 1.230 = 12.300 kN · m/m

③ 곡선반경R > 200m이므로①과②에 의해 계산된 값 중에서 큰값을 적용

Mco = 34.081 = 34.081 kN · m/m

4) 풍하중 (3.000kN/m2) (☞ 도.설.해 2.1.11)

Pw = 3.000 × 1.000 = 3.000 kN/m

Mw = 3.000 × (1.000 / 2 + 0.08 + 0.30 / 2) = 2.190kN•m/m

5) 원심하중 (☞ 도.설.해 2.1.17)

$$CF=0.79V2/R(\%)$$

여기서, CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

■ 일반 차량하중 작용시

CF = 0.79 × 110.000² / 2,600.000 = 3.677 (%)

Pcf = 96.000 / 1.348 × 3.677 / 100 = 2.618 kN/m

작용높이h = 2.030 m

Mcf = 2.618 × 2.030 = 5.315 kN・m/m

6) 작용모멘트

구 분	고정하중 (MD)	활하중 (ML+i)	충돌하중 (MCO)	풍하중 (MW)	원심하중 (MCF)
모 멘 트	10.556	24.071	34.081	2.190	5.315

7) 하중조합 (☞ 도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	MD	ML+i	MCO	MW	MCF	비 고
CASE 1	kN•m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.30	1.30	1.30		1.30	차량 충돌하중
CASE 3	"	1.30	1.30		0.65	1.30	활하중 재하시
CASE 4	"	1.20		1.20	1.20		차량 충돌하중
CASE 5	"	1.30			1.30		
CASE 6	"	1.00	1.00		0.30	0.00	사용모멘트
CASE 7	"	1.00	1.00	0.00		0.00	차량충돌 사용모멘트

8) 계산 적용모멘트 산정

CASE	단위	MD	ML+i	MCO	MW	MCF	소 계
CASE 1	kN•m	13.723	51.753			6.910	72.386
CASE 2	"	13.723	31.293	44.306		6.910	96.231
CASE 3	"	13.723	31.293		1.424	6.910	53.349
CASE 4	"	12.667		40.898	2.628		56.193
CASE 5	"	13.723			2.847		16.570
최대 계수 모멘트							96.231
CASE 6	"	10.556	24.071		0.657	0.000	35.284
CASE 7	"	10.556	24.071	0.000		0.000	34.627
최대 사용 모멘트							35.284

9) 단면검토

fck = 27 MPa, fy = 400 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.0	300.0	240.0	60.0	105.8	0.0

• 강도감소계수(Φ) 산정

T = As×fy = 1940.400×400.00 = 776160.000

C = 0.85×fck×a×b = 0.85×27.00×a×1000.000 = 22950.000×a

T = C 이므로, a = 33.820 mm, c = 33.820 / β1 = 33.820 / 0.85 = 39.788 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300×(dt - c) / c = 0.00300×(240.00-39.788) / 39.788 = 0.01510

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

• 필요철근량 산정

Mu / Φ = As×fy×(d - a/2) ---------- ①

a = As×fy / (0.85×fck×b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

[fy² /(2×0.85×fck×b)] × As² - fy×d×As + (Mu/Φ) = 0, As=1234.649 mm²

• 사용철근량 = 1940.4 mm² (철근도심 : 60.0 mm), [사용률 = 1.572]

1단 : H19 - 4.0 EA, H16 - 4.0 EA (= 1940.4 mm²)

• 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00350

0.25 $\sqrt{}$fck / fy = 0.00325, ρmin = 0.00350 적용

수축온도철근비 = 0.00200

ρmax = 0.714×Pb = 0.714×k1×Φ×(fck/fy)×{ 600/(600+fy) } = 0.02089

ρuse = As / bd = 0.00809

ρmax ≥ ρuse ≥ ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

• 휨에 대한 검토

a = As×fy / (0.85×fck×b) = 33.820mm

ΦMn = 0.85×1940.400×400×(240.00 - a/2) = 147.181 kN.m

≥Mu (= 96.231 kN.m) ∴ 안전율 = 1.529

10) 내하력 검토

• 내하율 $RF = \frac{147.181 - 1.3 \times 10.556}{2.15 \times 24.071} = 2.579$

• 기본내하력 DB-24 이상

5.2.8 바닥판 균열 검토

가. 캔틸레버부 (좌측)

① 응력 산정

fs = M / [As×(d-χ/3)] = 35.755×1000000 / [1940.400×(240.000 - 68.297/3)]

= 84.825 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1+2bd/(nAs)]

= -7×1940.400/1000.0 + 7×1940.400/1000.0×√[(1+2×1000.0×240.0/(7×1940.400)]

= 68.297 mm

사용철근량 = 1940.4 mm² (철근도심 : 60.0 mm)

1단 : H19 - 4.0 EA, H16 - 4.0 EA (= 1940.4 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 60.00 - 19/2 = 50.50 mm

여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375×(210/fs) - 2.5×Cc = 375×(210/84.82) - 2.5×50.50 = 802.14 mm

300×(210/fs) = 300×(210/84.82) = 742.71 mm

Sa는 작은 값인 742.71 mm 를 적용

S = 1000.00/8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 742.71 mm) ∴ O.K

나. 단면 중앙부

① 응력 산정

fs = M / [As×(d-χ/3)] = 46.308×1000000 / [1588.800×(260.000 - 65.735/3)]

= 122.418 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1+2bd/(nAs)]

= -7×1588.800/1000.0 + 7×1588.800/1000.0×√[(1+2×1000.0×240.0/(7×1588.800)]

= 65.735 mm

사용철근량 = 1940.4 mm² (철근도심 : 60.0 mm)

1단 : H16 - 8.0 EA (= 1588.800 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 40.00 - 19/2 = 32.00 mm

여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375×(210/fs) - 2.5×Cc = 375×(210/122.42) - 2.5×32.00 = 563.29 mm

300×(210/fs) = 300×(210/122.42) = 514.63 mm

Sa는 작은 값인 514.63 mm 를 적용

S = 1000.00/8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 514.63 mm) ∴ O.K

다. 캔틸레버부 (우측)

① 응력 산정

fs = M / [As×(d-χ/3)] = 35.284×1000000 / [1940.400×(240.000 - 68.297/3)]

= 83.707 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b$\sqrt{}$[1+2bd/(nAs)]

= -7×1940.400/1000.0 + 7×1940.400/1000.0×$\sqrt{}$[(1+2×1000.0×240.0/(7×1940.400)]

= 68.297 mm

사용철근량 = 1940.4 mm² (철근도심 : 60.0 mm)

1단 : H19 - 4.0 EA, H16 - 4.0 EA (= 1940.4 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 60.00 - 19/2 = 50.50 mm

여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375×(210/fs) - 2.5×Cc = 375×(210/83.71) - 2.5×50.50 = 814.53 mm

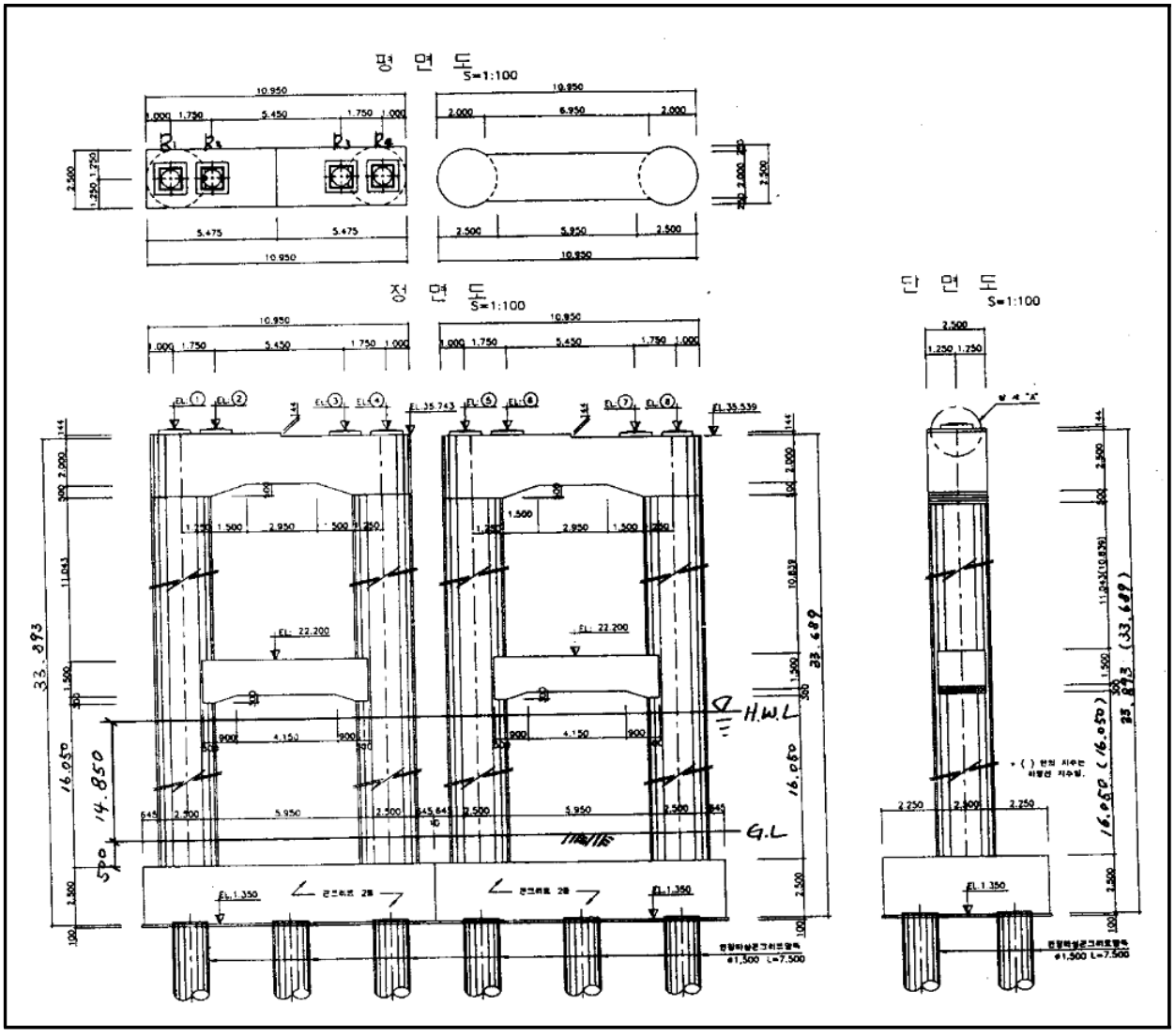
300×(210/fs) = 300×(210/83.71) = 752.63 mm

Sa는 작은 값인 752.63 mm 를 적용

S = 1000.00/8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 752.63 mm) ∴ O.K

5.2.9 하부구조 검토

본 절에서는 고정단 교각을 제외한 가동단 교각중 예비 구조해석을 수행하여 가장 불리한 단면력 발생이 예상되는 교각 P15에 대해서 안전성검토를 실시하였다. 안전성검토시 고려된 하중은 고정하중, 설계활하중(DB-24, DL-24)과 풍하중이며 교각 P15의 단면제원은 【그림 5.15】과 같다.

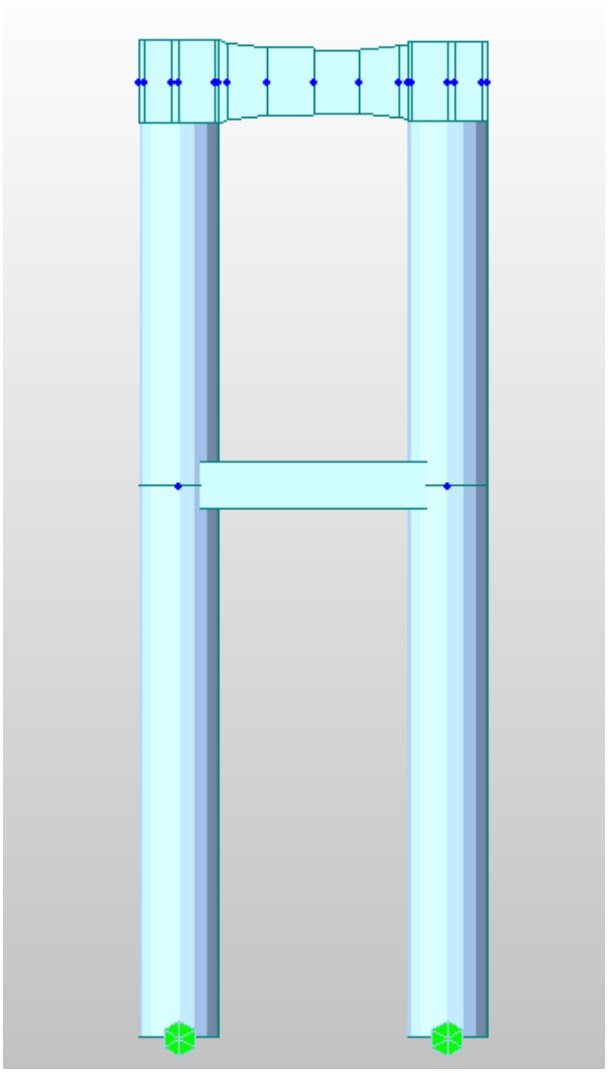


【그림 5.15】 해석단면

가. 검토조건

- 단면형상 : Π형 라멘식
- 콘크리트 설계기준강도 : 24.0 MPa
- 철근 설계기준항복강도 : 300.0 MPa
- 철근 탄성계수 : 200000.0 MPa
- 콘크리트 탄성계수 : 26986.0 MPa
- 사용 철근량 : 64240 ㎟

나. 해석모델



【그림 5.16】 해석모델

다. 하중산정

(1) 상부반력 및 교각자중

교좌번호	고정하중(D)	활하중(L)		
		만재하시(L1)	좌측편재하(L2)	우측편재하(L3)
1	5022.040	1322.841	1469.823	-533.565
2	5966.685	3098.143	1291.107	1224.405
3	5830.268	3127.402	1283.270	1269.536
4	5128.284	1330.690	-521.918	1478.544
계	21947.277	8879.076	3522.282	3438.920

※ 교각자중은 25.000 kN/m³ 의 값을 프로그램에서 자동재하

(2) 풍 하 중

1) 교축직각방향 (W-TR)

① 상부구조에 작용하는 풍하중

B/D = 12.145 / 5.330 = 2.279 [1≤ B/D< 8]

W1 = 18.891 kN/m

P1 = 1322.37 kN

② 하부구조에 작용하는 풍하중

W'copping = 3.000 x 2.500 x 2.500 = 18.75 kN

W'column = 1.500 x 2.500 = 3.75 kN (풍상측)

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용 한다.

2) 교축방향 (W-LO)

① 하부구조에 작용하는 풍하중

W'copping = 73.086 kN (Copping 높이에 따라 재하)

W'column = 1.500 x 2.500 = 3.75 kN (풍상측)

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용 한다.

3) 활하중에 작용하는 풍하중

활하중에 재하되는 풍하중에 대하여는 교면상 1.5m 위치에서 1500 N/m의 풍하중이 재하되는 것으로 한다. [도로설계기준 P19]

작용모멘트 My = Ph x h = 105.000 x 7.615 = 799.612 kN.m

(3) 온도하중 산정

연평균 온도변화차 ⊿T = 10℃ 적용

(4) 유수압 (Q1-TR)

$P = 10\ K\ v^2\ A = 10 \times 0.040 \times 3.000^2 \times 38.375 = 138.15$ kN

(5) 유목, 선박, 기타 부유물의 충돌하중 (COL-TR)

$P = 0.1\ W\ v = 0.1 \times 100.000 \times 3.000 = 30.000$ kN

라. 하중조합

교각 P15의 축력이 최대가 되는 경우와 모멘트가 최대가 되는 경우를 찾기 위해 활하중의 경우 동시발생 부재력을 고려해 4개의 교량받침반력의 Fz(축력), Fy(전단력), Mx(모멘트) 성분별로 각각 최대의 반력을 갖는 조건을 찾아 재하하였다. 극한강도 검토시 하중조합은 다음과 같다.

【표 5.12】 극한강도 검토시 하중조합

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

마. 해석결과

계수하중에 의한 하중조합별 부재력을 비교하여 최대축력 및 최대모멘트인 경우의 하중조합을 검토하였다.

(1) 좌측기둥

① 교축직각방향

하중	기둥상단			기둥하단		
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)
D	-11888.867	2637.060	139.900	-15702.891	-275.397	-50.376
L1	-4424.036	1372.025	72.845	-4425.745	-187.530	-33.907
L2	-2792.558	470.008	30.586	-2794.717	-21.263	14.235
L3	-663.875	660.087	29.367	-663.149	176.599	13.672
W-TR	3076.425	-9489.391	-680.208	3694.617	8353.636	705.232
WL	272.785	-702.713	-53.325	320.645	626.004	52.215
G-TR	-0.140	99.972	7.951	-0.140	-129.755	7.951
Q1-TR	27.278	-116.968	-0.091	27.278	868.489	-136.062
Q3	2883.000	0.000	0.000	2883.000	0.000	0.000
COL-TR	26.291	-112.737	-0.087	26.291	343.018	-30.087

② 교축방향

하중	기둥상단			기둥하단		
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)
D	-11888.867	0.000	0.000	-15702.891	0.000	0.000
L1	-4424.036	0.000	0.000	-4425.745	0.000	0.000
L2	-2792.558	0.000	0.000	-2794.717	0.000	0.000
L3	-663.875	0.000	0.000	-663.149	0.000	0.000
W-LO	0.000	-44.061	36.676	0.000	-2240.933	88.367
WL	272.785	0.000	0.000	272.785	0.000	0.000
G-LO2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Q3	2883.000	0.000	0.000	2883.000	0.000	0.000

(2) 우측기둥

① 교축직각방향

하중	기둥상단			기둥하단		
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)
D	-11887.830	-2663.862	-139.900	-15696.530	280.284	50.376
L1	-4455.034	-1388.131	-72.845	-4453.325	189.190	33.907
L2	-729.724	-688.928	-30.586	-727.565	-179.415	-14.235
L3	-2775.050	-452.649	-29.367	-2775.776	24.701	-13.672
W-TR	-3076.425	-9123.959	-660.914	-3694.617	8389.0275	711.603
WL	-272.785	-671.461	-51.675	-320.645	629.174	52.785
G-TR	0.140	-98.786	-7.951	0.140	130.942	-7.951
Q1-TR	-27.278	-113.533	0.091	-27.278	866.686	-135.880
Q3	2883.000	0.000	0.000	2883.000	0.000	0.000
COL-TR	-26.291	-109.426	0.087	-26.291	341.280	-29.913

② 교축방향

하중	기둥상단			기둥하단		
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)
D	-11887.830	0.000	0.000	-15696.530	0.000	0.000
L1	-4455.034	0.000	0.000	-4453.325	0.000	0.000
L2	-729.724	0.000	0.000	-727.565	0.000	0.000
L3	-2775.050	0.000	0.000	-2775.050	0.000	0.000
W-LO	0.000	-47.297	36.411	0.000	-2236.518	88.102
WL	-272.785	0.000	0.000	-272.785	0.000	0.000
G-LO2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Q3	2883.000	0.000	0.000	2883.000	0.000	0.000

바. 하중조합별 최대단면력 정리

(1) 좌측기둥

Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN·m)	MY (kN·m)	MZ (kN·m)
ULB01	-138.390	0.000	26181.211	0.000	-761.205	0.000
ULB02	-96.094	0.000	22674.499	0.000	-312.300	0.000
ULB03	-94.884	0.000	18091.629	0.000	-737.703	0.000
ULB04	-65.489	-96.949	16665.859	2625.085	-358.016	1.837
ULB05	-109.569	-48.475	22419.328	1312.543	-601.805	0.918
ULB06	-83.994	-48.475	20298.990	1312.543	-330.374	0.918
ULB07	-83.263	-48.475	17527.952	1312.543	-587.595	0.918
ULB08	-109.569	0.000	22419.328	0.000	-601.805	0.000
ULB09	-109.569	0.000	22419.328	0.000	-601.805	0.000
ULB10	-83.994	0.000	20298.990	0.000	-330.374	0.000
ULB11	-83.994	0.000	20298.990	0.000	-330.374	0.000
ULB12	-83.263	0.000	17527.952	0.000	-587.595	0.000
ULB13	-83.263	0.000	17527.952	0.000	-587.595	0.000
ULB14	-62.971	-93.220	16024.864	2524.120	-344.247	1.766
ULB15	-62.971	-93.220	16024.864	2524.120	-344.247	1.766
ULB16	-105.354	-46.610	21557.046	1262.060	-578.659	0.883
ULB17	-105.354	-46.610	21557.046	1262.060	-578.659	0.883
ULB18	-80.764	-46.610	19518.260	1262.060	-317.667	0.883
ULB19	-80.764	-46.610	19518.260	1262.060	-317.667	0.883
ULB20	-80.060	-46.610	16853.800	1262.060	-564.995	0.883
ULB21	-80.060	-46.610	16853.800	1262.060	-564.995	0.883
ULB22	-50.376	0.000	12819.891	0.000	-275.397	0.000
ULB23	-109.569	0.000	22419.328	0.000	-601.805	0.000
ULB24	-83.994	0.000	20298.990	0.000	-330.374	0.000
ULB25	-83.263	0.000	17527.952	0.000	-587.595	0.000
ULB26	-60.452	-89.492	15383.870	2423.156	-330.477	1.695

(2) 우측기둥

Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN・m)	MY (kN・m)	MZ (kN・m)
ULB01	138.390	0.000	26232.236	0.000	771.127	0.000
ULB02	96.094	0.000	18221.854	0.000	750.111	0.000
ULB03	94.884	0.000	22625.507	0.000	311.262	0.000
ULB04	65.489	-96.490	16657.588	2618.768	364.369	4.641
ULB05	109.569	-48.245	22446.910	1309.384	610.316	2.320
ULB06	83.994	-48.245	17603.423	1309.384	597.608	2.320
ULB07	83.263	-48.245	20266.097	1309.384	332.258	2.320
ULB08	109.569	0.000	22446.910	0.000	610.316	0.000
ULB09	109.569	0.000	22446.910	0.000	610.316	0.000
ULB10	83.994	0.000	17603.423	0.000	597.608	0.000
ULB11	83.994	0.000	17603.423	0.000	597.608	0.000
ULB12	83.263	0.000	20266.097	0.000	332.258	0.000
ULB13	83.263	0.000	20266.097	0.000	332.258	0.000
ULB14	62.971	-92.779	16016.912	2518.046	350.355	4.462
ULB15	62.971	-92.779	16016.912	2518.046	350.355	4.462
ULB16	105.354	-46.389	21583.568	1259.023	586.842	2.231
ULB17	105.354	-46.389	21583.568	1259.023	586.842	2.231
ULB18	80.764	-46.389	16926.369	1259.023	574.623	2.231
ULB19	80.764	-46.389	16926.369	1259.023	574.623	2.231
ULB20	80.060	-46.389	19486.632	1259.023	319.479	2.231
ULB21	80.060	-46.389	19486.632	1259.023	319.479	2.231
ULB22	50.376	0.000	12813.530	0.000	280.284	0.000
ULB23	109.569	0.000	22446.910	0.000	610.316	0.000
ULB24	83.994	0.000	17603.423	0.000	597.608	0.000
ULB25	83.263	0.000	20266.097	0.000	332.258	0.000
ULB26	60.452	-89.068	15376.235	2417.325	336.341	4.284

사. 단면검토

(1) 좌측 기둥 - 축력 최대

1) 설계조건 및 단면가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φc = 0.65, e = 90.00 mm

직경(mm)	d(mm)	피복(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)
2500.0	2355.185	100.000	26181.211	2356.309

2) 압축부재의 장주효과

① 세장비 검토

횡구속된 압축부재이므로, k = 1.00

세장비 λ = k × Lu/r ≤ 34 - 12 (M1/M2)

= 1.000 × 28.893 / 0.625

= 46.229 > 34.000 ∴ 장주

여기서, M1,M2 : 기둥 양끝단 모멘트 (M1=0.000 , M2=761.205)

M1/M2의 값이 단일곡률일 때(+), 이중곡률일 때(-)

M1/M2(= 0.000) ≥ -0.5

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 28.893 m)

② 임계하중(Pc) 산정

$Pc = \pi^2 EI / (k \times Lu)^2$

$= \pi^2 \times 17823246.075 / (1.000 \times 28.893)^2$

= 210717.824 kN

여기서, EI = 0.4*Ec*Ig/(1+βd) = 17823246.075 kN/m²

βd = 최대장기지속계수축력 / 전체계수축력 = 0.000

Ec = 23237.90 MPa

Ig = 1.917476 m⁴ , k : 유효길이계수

③ 모멘트 확대계수 산정

δns = Cm / {1 - Pu/(0.75Pc)} ≥ 1.0

= 0.600 / {1 - 26181.211/(0.75 x 210717.824)}

= 1.000

Cm = 0.6 + 0.4(M1/M2) ≥ 0.4, 기둥양단사이에 횡하중이 있는 경우 Cm = 1.0

④ 확대 모멘트 산정

Mc = δns x M2 = 1.000 x 2356.309 = 2356.309 kN.m

M2min = Pu x (15.0 + 0.03h) = 2356.309 kN.m > 761.205 kN.m

3) 철근비 검토

Ag = 4908738.52 mm² , Ast = 99580.80 mm² , Puse = 0.02029

- 1단 : D32 - 72EA (As=57182.400 mm²), d1 = 100.000 mm

- 2단 : D29 - 66EA (As=42398.400 mm²), d2 = 200.000 mm

ρmin (= 0.0100) ≤ ρuse (= 0.0203) ≤ ρmax (= 0.0800) ∴ O.K

4) 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1570.124 mm, ab = k1 x cb = 1334.605 mm

Cc = 0.85 x 24.0 x 2665825.454 = 54382.839 kN,

ΣCsi = 13255.450 kN, ΣTsi = 7831.400 kN

Pb = 54382.839 + 13255.450 - 7831.400 = 59806.890 kN

Mb = Cc x 1152.436 + Σ(Csi*di) + Σ(Tsi*di) = 43339.271 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 724.653 mm, e = Mu/Pu = 90.000 mm)

5) 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 2687.569 mm, a = k1 x c = 2284.434 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 24.0 x 4703535.959 = 95952.134 kN

ΣCsi = 21254.531 kN, ΣTsi = 0.000 kN

Pn = 95952.134 + 21254.531 - 0.000 = 117206.665 kN

Mn = Cc x 1191.258 + Σ(Csi*di) + Σ(Tsi*di) = 10548.817 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=90.002)| = 0.0018 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

6) 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 2500.00 - 100.00 = 2400.000 mm

c = 2687.569 mm, a = k1 x c = 2284.434 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2400.00-2687.57) / 2687.57 = -0.00032

εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.65 를 적용한다.

7) 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 102384.846 kN

< Pn = 117206.665 kN

ΦPn = 0.65 x 102384.846 = 66550.150 kN ≥ Pu = 26181.211 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.090 = 5989.513 kN.m ≥ Mu = 2356.309 kN.m ∴ O.K

(2) 좌측 기둥 - 모멘트 최대

1) 설계조건 및 단면가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φc = 0.65, e = 355.44 mm

직경(mm)	d(mm)	피복(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)
2500.0	2355.185	100.000	16665.859	5923.779

2) 압축부재의 장주효과

① 세장비 검토

횡구속된 압축부재이므로, k = 1.00

세장비 λ = k × Lu/r ≤ 34 - 12 (M1/M2)

= 1.000 × 28.893 / 0.625

= 46.229 > -53.988 ∴ 장주

여기서, M1,M2 : 기둥 양끝단 모멘트 (M1=2625.085 , M2=358.016)

M1/M2의 값이 단일곡률일 때(+), 이중곡률일 때(-)

M1/M2(= 7.332) ≥ -0.5

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 28.893 m)

② 임계하중(Pc) 산정

Pc = π^2 EI / (k×Lu)^2

= π^2 × 17823246.075 / (1.000 × 28.893)^2

= 210717.824 kN

여기서, EI = 0.4*Ec*Ig/(1+βd) = 17823246.075 kN/m^2

βd = 최대장기지속계수축력 / 전체계수축력 = 0.000

Ec = 23237.90 MPa

Ig = 1.917476 m^4 , k : 유효길이계수

③ 모멘트 확대계수 산정

δns = Cm / {1 - Pu/(0.75Pc)} ≥ 1.0

= 3.533 / {1 - 16665.859/(0.75 x 210717.824)}

= 3.949

Cm = 0.6 + 0.4(M1/M2) ≥ 0.4, 기둥양단사이에 횡하중이 있는 경우 Cm = 1.0

④ 확대 모멘트 산정

Mc = δns x M2 = 3.949 x 1499.927 = 5923.779 kN.m

M2min = Pu x (15.0 + 0.03h) = 1499.927 kN.m > 358.016 kN.m

3) 철근비 검토

Ag = 4908738.52 mm² , Ast = 99580.80 mm² , Puse = 0.02029

- 1단 : D32 - 72EA (As=57182.400 mm²), d1 = 100.000 mm

- 2단 : D29 - 66EA (As=42398.400 mm²), d2 = 200.000 mm

ρmin (= 0.0100) ≤ ρuse (= 0.0203) ≤ ρmax (= 0.0800) ∴ O.K

4) 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1570.124 mm, ab = k1 x cb = 1334.605 mm

Cc = 0.85 x 24.0 x 2665825.454 = 54382.839 kN,

ΣCsi = 13255.450 kN, ΣTsi = 7831.400 kN

Pb = 54382.839 + 13255.450 - 7831.400 = 59806.890 kN

Mb = Cc x 1152.436 + Σ(Csi*di) + Σ(Tsi*di) = 43339.271 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 724.653 mm, e = Mu/Pu = 355.444 mm)

5) 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 2039.553 mm, a = k1 x c = 1733.620 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 24.0 x 3632697.028 = 74107.019 kN

ΣCsi = 16170.325 kN, ΣTsi = 1526.977 kN

Pn = 74107.019 + 16170.325 - 1526.977 = 88750.368 kN

Mn = Cc x 1147.910 + Σ(Csi*di) + Σ(Tsi*di) = 31545.631 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=355.442)| = 0.0017 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

6) 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 2500.00 - 100.00 = 2400.000 mm

c = 2039.553 mm, a = k1 x c = 1733.620 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2400.00-2039.55) / 2039.55 = 0.00053

$\varepsilon t \leq \varepsilon y$ 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.65 를 적용한다.

7) 축방향력 및 휨에대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 102384.846 kN

$\geq$ Pn = 88750.368 kN

ΦPn = 0.65 x 88750.368 = 57687.739 kN $\geq$ Pu = 16665.859 kN $\therefore$ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.355 = 20504.758 kN.m $\geq$ Mu = 5923.779 kN.m $\therefore$ O.K

(3) 우측 기둥 - 축력 최대

1) 설계조건 및 단면가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φc = 0.65, e = 355.44 mm

직경(mm)	d(mm)	피복(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)
2500.0	2355.185	100.000	26232.236	2360.901

2) 압축부재의 장주효과

① 세장비 검토

횡구속된 압축부재이므로, k = 1.00

세장비 λ = k $\times$ Lu/r $\leq$ 34 - 12 (M1/M2)

= 1.000 $\times$ 28.893 / 0.625

= 46.229 $>$ 34.000 $\therefore$ 장주

여기서, M1,M2 : 기둥 양끝단 모멘트 (M1=0.000 , M2=771.127)

M1/M2의 값이 단일곡률일 때(+), 이중곡률일 때(-)

M1/M2(= 0.000) $\geq$ -0.5

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 28.893 m)

② 임계하중(Pc) 산정

Pc = π^2 EI / $(k \times Lu)^2$

= π^2 $\times$ 17823246.075 / $(1.000 \times 28.893)^2$

= 210717.824 kN

여기서, EI = 0.4*Ec*Ig/(1+βd) = 17823246.075 kN/m^2

βd = 최대장기지속계수축력 / 전체계수축력 = 0.000

Ec = 23237.90 MPa

Ig = 1.917476 m^4 , k : 유효길이계수

③ 모멘트 확대계수 산정

δns = Cm / {1 - Pu/(0.75Pc)} ≥ 1.0

= 0.600 / {1 - 26232.236/(0.75 x 210717.824)}

= 1.000

Cm = 0.6 + 0.4(M1/M2) ≥ 0.4, 기둥양단사이에 횡하중이 있는 경우 Cm = 1.0

④ 확대 모멘트 산정

Mc = δns x M2 = 1.000 x 2360.901 = 2360.901 kN.m

M2min = Pu x (15.0 + 0.03h) = 2360.901 kN.m > 771.127 kN.m

3) 철근비 검토

Ag = 4908738.52 mm^2 , Ast = 99580.80 mm^2 , Puse = 0.02029

- 1단 : D32 - 72EA (As=57182.400 mm^2), d1 = 100.000 mm

- 2단 : D29 - 66EA (As=42398.400 mm^2), d2 = 200.000 mm

ρmin (= 0.0100) ≤ ρuse (= 0.0203) ≤ ρmax (= 0.0800) ∴ O.K

4) 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1570.124 mm, ab = k1 x cb = 1334.605 mm

Cc = 0.85 x 24.0 x 2665825.454 = 54382.839 kN,

ΣCsi = 13255.450 kN, ΣTsi = 7831.400 kN

Pb = 54382.839 + 13255.450 - 7831.400 = 59806.890 kN

Mb = Cc x 1152.436 + Σ(Csi*di) + Σ(Tsi*di) = 43339.271 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 724.653 mm, e = Mu/Pu = 90.000 mm)

5) 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 2687.569 mm, a = k1 x c = 2284.434 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 24.0 x 4703535.959 = 95952.134 kN

ΣCsi = 21254.531 kN, ΣTsi = 0.000 kN

Pn = 95952.134 + 21254.531 - 0.000 = 117206.665 kN

Mn = Cc x 1191.258 + Σ(Csi*di) + Σ(Tsi*di) = 10548.817 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=90.002)| = 0.0018 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

6) 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 2500.00 - 100.00 = 2400.000 mm

c = 2687.569 mm, a = k1 x c = 2284.434 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2400.00-2687.57) / 2687.57 = -0.00032

$\varepsilon t \leq \varepsilon y$ 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.65 를 적용한다.

7) 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 102384.846 kN

< Pn = 117206.665 kN

ΦPn = 0.65 x 102384.846 = 66550.150 kN ≥ Pu = 26232.236 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.090 = 5989.513 kN.m ≥ Mu = 2360.901 kN.m ∴ O.K

(4) 우측 기둥 - 모멘트 최대

1) 설계조건 및 단면가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φc = 0.65, e = 355.44 mm

직경(mm)	d(mm)	피복(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)
2500.0	2355.185	100.000	16665.588	5826.337

2) 압축부재의 장주효과

① 세장비 검토

횡구속된 압축부재이므로, k = 1.00

세장비 λ = k × Lu/r ≤ 34 - 12 (M1/M2)

= 1.000 × 28.893 / 0.625

= 46.229 > -52.246 ∴ 장주

여기서, M1,M2 : 기둥 양끝단 모멘트 (M1=2618.768 , M2=364.369)

M1/M2의 값이 단일곡률일 때(+), 이중곡률일 때(-)

M1/M2(= 7.187) ≥ -0.5

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 28.893 m)

② 임계하중(Pc) 산정

Pc = π^2 EI / (k×Lu)^2

= π^2 × 17823246.075 / (1.000 × 28.893)^2

= 210717.824 kN

여기서, EI = 0.4*Ec*Ig/(1+βd) = 17823246.075 kN/m^2

βd = 최대장기지속계수축력 / 전체계수축력 = 0.000

Ec = 23237.90 MPa

Ig = 1.917476 m^4 , k : 유효길이계수

③ 모멘트 확대계수 산정

δns = Cm / {1 - Pu/(0.75Pc)} ≥ 1.0

= 3.475 / {1 - 16665.588/(0.75 x 210717.824)}

= 3.884

Cm = 0.6 + 0.4(M1/M2) ≥ 0.4, 기둥양단사이에 횡하중이 있는 경우 Cm = 1.0

④ 확대 모멘트 산정

Mc = δns x M2 = 3.884 x 1499.903 = 5826.337 kN.m

M2min = Pu x (15.0 + 0.03h) = 1499.903 kN.m > 364.369 kN.m

3) 철근비 검토

Ag = 4908738.52 mm^2 , Ast = 99580.80 mm^2 , Puse = 0.02029

- 1단 : D32 - 72EA (As=57182.400 mm^2), d1 = 100.000 mm

- 2단 : D29 - 66EA (As=42398.400 mm^2), d2 = 200.000 mm

ρmin (= 0.0100) ≤ ρuse (= 0.0203) ≤ ρmax (= 0.0800) ∴ O.K

4) 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1570.124 mm, ab = k1 x cb = 1334.605 mm

Cc = 0.85 x 24.0 x 2665825.454 = 54382.839 kN,

ΣCsi = 13255.450 kN, ΣTsi = 7831.400 kN

Pb = 54382.839 + 13255.450 - 7831.400 = 59806.890 kN

Mb = Cc x 1152.436 + Σ(Csi*di) + Σ(Tsi*di) = 43339.271 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 724.653 mm, e = Mu/Pu = 349.603 mm)

5) 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 2050.626 mm, a = k1 x c = 1743.032 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 24.0 x 3654358.949 = 74548.923 kN

ΣCsi = 16217.639 kN, ΣTsi = 1439.205 kN

Pn = 74548.923 + 16217.639 - 1439.205 = 89327.357 kN

Mn = Cc x 1148.056 + Σ(Csi*di) + Σ(Tsi*di) = 31228.862 kN.m

- 편심오차 : | e - Mn/Pn(=349.600) | = 0.0026 $\leq$ 0.010 $\therefore$ 허용오차 만족

6) 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 2500.00 - 100.00 = 2400.000 mm

c = 2050.626 mm, a = k1 x c = 1743.032 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2400.00-2050.63) / 2050.63 = 0.00051

εt $\leq$ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.65 를 적용한다.

7) 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 102384.846 kN

$\geq$ Pn = 89327.357 kN

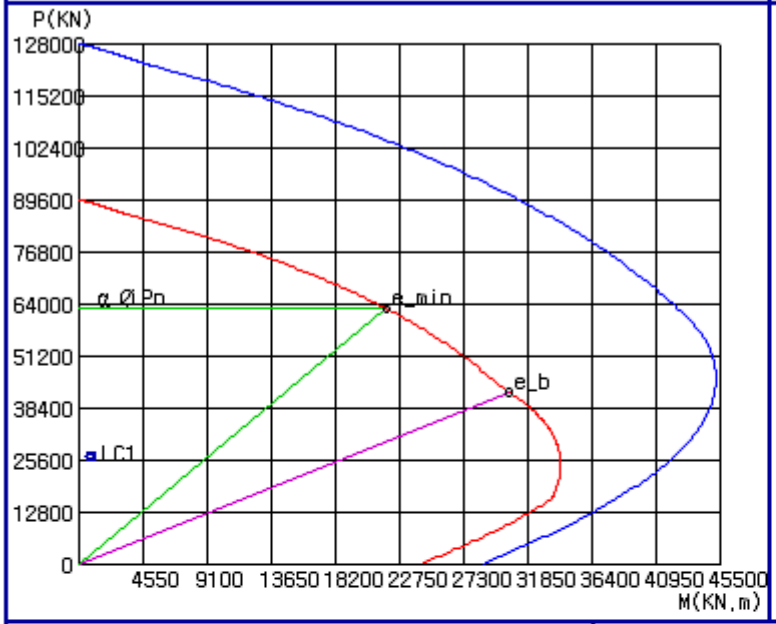
ΦPn = 0.65 x 89327.357 = 58062.782 kN $\geq$ Pu = 16665.588 kN $\therefore$ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.350 = 20298.913 kN.m $\geq$ Mu = 5826.337 kN.m $\therefore$ O.K

(4) P-M 상관도

1) 좌측 기둥 - 축력 최대

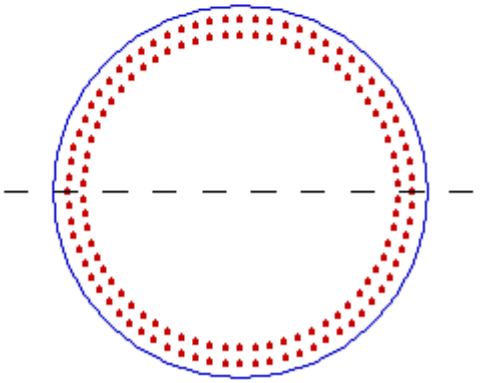
검토단면 : P15



검 토 조 건

fck	=	24 MPa
fy	=	300 MPa
Ec	=	26900 MPa
Erb	=	200000 MPa
Ix	=	1.917 E+12 mm⁴
Iy	=	1.917 E+12 mm⁴
Ag	=	4.909 E+06 mm²
Lu	=	28.9 mm
Kx	=	1.00
Ky	=	1.00
ρ	=	2.029 %
Pu	=	26181.210 KN
Mu	=	761.205 KN·m
Θ	=	0.000 °

[검 토 단 면]



▷ 최소 편심 상태
e_min = 346.935 mm
ØPmin = 62710.710 KN
ØMmin = 21756.560 KN·m

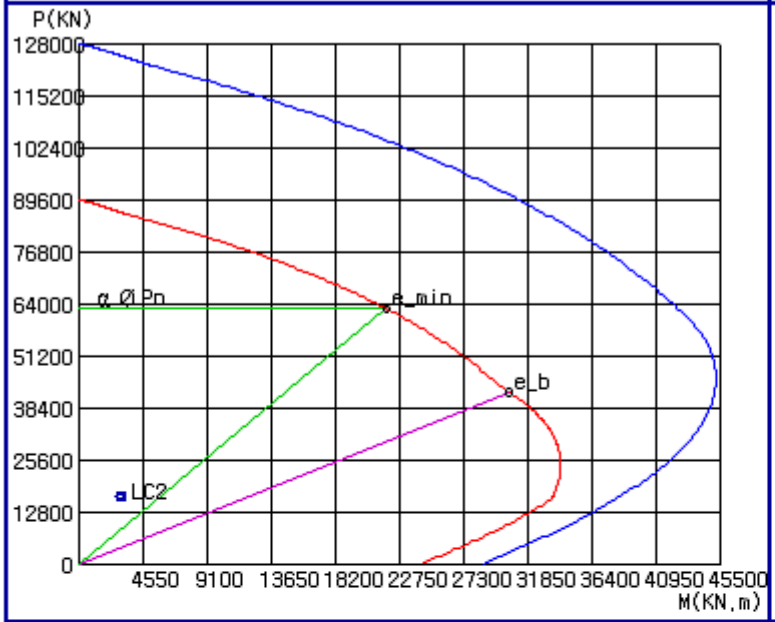
▷ 평형 편심 상태
e_b = 723.175 mm
ØPb = 42131.710 KN
ØMb = 30468.580 KN·m

▷ 작용편심에서의 설계강도
e < e_min ∴ 최소편심구간
ØPn = 62710.710 KN (=ØPmin)
ØMn = 21756.560 KN·m (=ØMmin)

▷ 사용철근량
A_rebar = 99580.800 mm²

2) 좌측 기둥 - 모멘트 최대

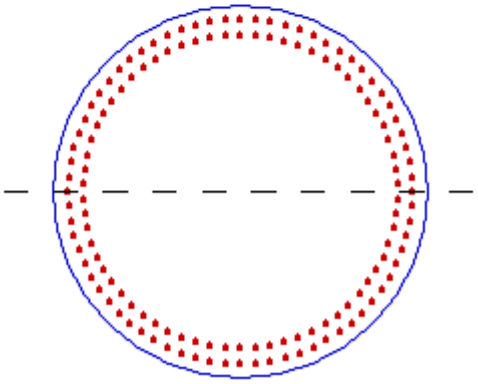
검토단면 : P15



검 토 조 건

fck	=	24 MPa
fy	=	300 MPa
Ec	=	26900 MPa
Erb	=	200000 MPa
Ix	=	1.917 E+12 mm⁴
Iy	=	1.917 E+12 mm⁴
Ag	=	4.909 E+06 mm²
Lu	=	28.9 mm
Kx	=	1.00
Ky	=	1.00
ρ	=	2.029 %
Pu	=	16665.860 KN
Mu	=	2983.101 KN·m
Θ	=	0.000 °

[검 토 단 면]



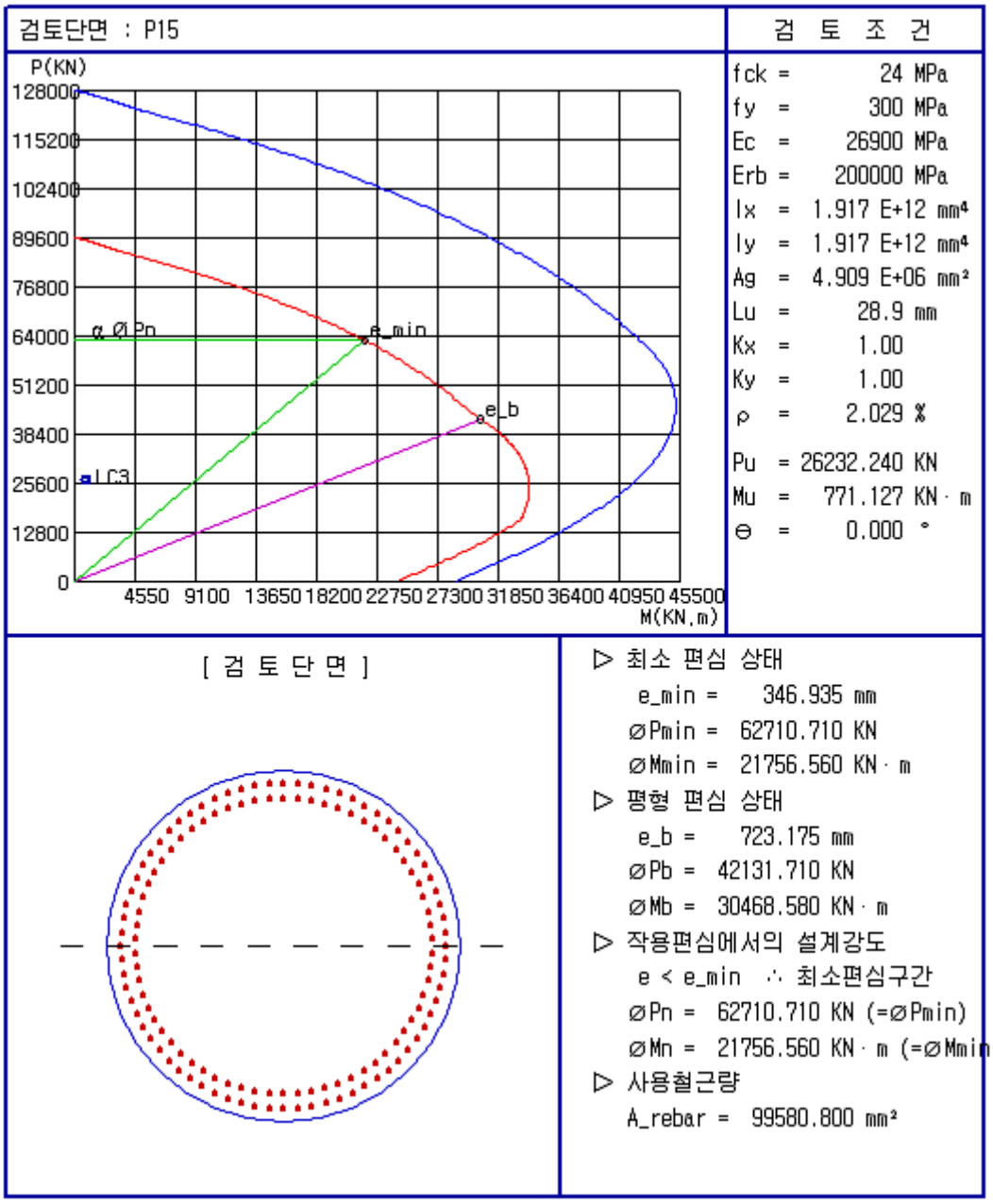
▷ 최소 편심 상태
e_min = 346.935 mm
ØPmin = 62710.710 KN
ØMmin = 21756.560 KN·m

▷ 평형 편심 상태
e_b = 723.175 mm
ØPb = 42131.710 KN
ØMb = 30468.580 KN·m

▷ 작용편심에서의 설계강도
e < e_min ∴ 최소편심구간
ØPn = 62710.710 KN (=ØPmin)
ØMn = 21756.560 KN·m (=ØMmin)

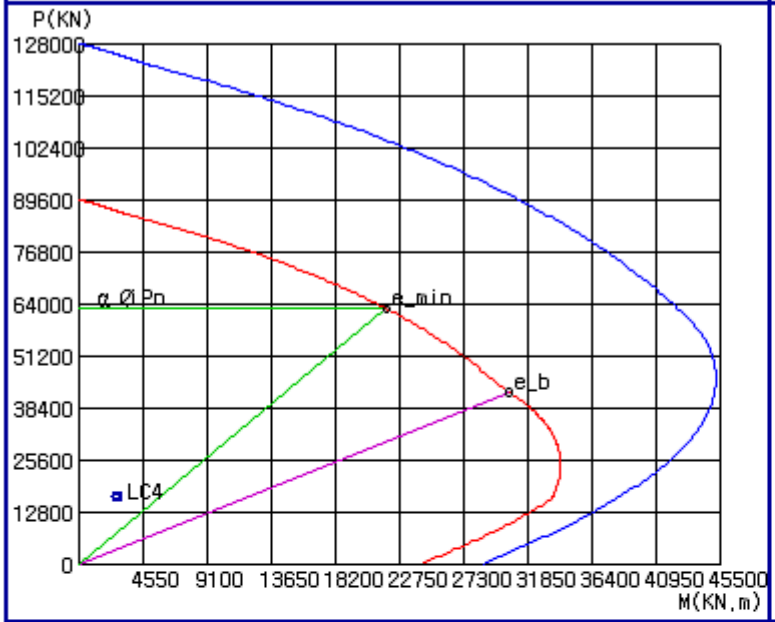
▷ 사용철근량
A_rebar = 99580.800 mm²

3) 우측 기둥 - 축력 최대


검토단면 : P15
P(KN)
128000
115200
102400
89600
76800
64000
51200
38400
25600
12800
0
α·ØPn
e_min
e_b
LC3
4550 9100 13650 18200 22750 27300 31850 36400 40950 45500
M(KN.m)
검 토 조 건
fck = 24 MPa
fy = 300 MPa
Ec = 26900 MPa
Erb = 200000 MPa
Ix = 1.917 E+12 mm⁴
Iy = 1.917 E+12 mm⁴
Ag = 4.909 E+06 mm²
Lu = 28.9 mm
Kx = 1.00
Ky = 1.00
ρ = 2.029 %
Pu = 26232.240 KN
Mu = 771.127 KN·m
Θ = 0.000 °
[검 토 단 면]
▷ 최소 편심 상태
e_min = 346.935 mm
ØPmin = 62710.710 KN
ØMmin = 21756.560 KN·m
▷ 평형 편심 상태
e_b = 723.175 mm
ØPb = 42131.710 KN
ØMb = 30468.580 KN·m
▷ 작용편심에서의 설계강도
e < e_min ∴ 최소편심구간
ØPn = 62710.710 KN (=ØPmin)
ØMn = 21756.560 KN·m (=ØMmin)
▷ 사용철근량
A_rebar = 99580.800 mm²

4) 우측 기둥 - 모멘트 최대

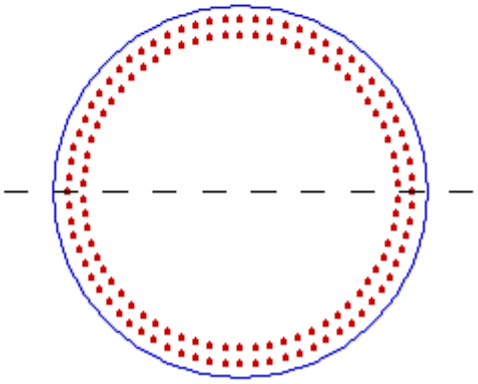
검토단면 : P15



검 토 조 건

fck	=	24 MPa
fy	=	300 MPa
Ec	=	26900 MPa
Erb	=	200000 MPa
Ix	=	1.917 E+12 mm⁴
Iy	=	1.917 E+12 mm⁴
Ag	=	4.909 E+06 mm²
Lu	=	28.9 mm
Kx	=	1.00
Ky	=	1.00
ρ	=	2.029 %
Pu	=	16657.590 KN
Mu	=	2618.768 KN·m
Θ	=	0.000 °

[검 토 단 면]



▷ 최소 편심 상태
e_min = 346.935 mm
ØPmin = 62710.710 KN
ØMmin = 21756.560 KN·m

▷ 평형 편심 상태
e_b = 723.175 mm
ØPb = 42131.710 KN
ØMb = 30468.580 KN·m

▷ 작용편심에서의 설계강도
e < e_min ∴ 최소편심구간
ØPn = 62710.710 KN (=ØPmin)
ØMn = 21756.560 KN·m (=ØMmin)

▷ 사용철근량
A_rebar = 99580.800 mm²

5.3 내하력 평가

5.3.1 개요

내하력 평가시 강박스 거더교의 주거더에 대해서는 허용응력법으로 내하력을 평가하였으며, 콘크리트 바닥판은 강도설계법에 의하여 내하력을 평가하였다.

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

여기서, fa : 허용응력, fd : 고정하중에 의한 응력

fl : 설계활하중에 의한 응력, i : 이론 충격계수

나. 강도설계법

강도설계법으로 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 상당히 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, PC 구조물의 휨 부재)

Md = 고정하중 모멘트, M1 = 설계활하중 모멘트

γu = 활하중 계수 = 2.15, γd = 고정하중계수 = 1.30

i = 이론 충격계수

5.3.2 기본 내하력 평가

대상교량의 강박스 거더와 바닥판의 내하력은 재하시험을 실시하지 않아 기본내하력으로 평가하였으며, 아래 【표 5.13】과 【표 5.14】에서 보는 바와 같이 강박스 거더와 바닥판 모두 설계활하중인 DL-24 및 DB-24 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

【표 5.13】허용응력법에 의한 응진대교 거더의 공용내하력

구 분		발생응력(MPa)			내하율	비 고
		허용	고정하중	활하중		
최대 정모멘트부	상 연	190.000	112.096	6.695	11.636	
	하 연	190.000	-121.060	-24.821	2.777	
최대 부모멘트부	상 연	190.000	-151.721	-20.154	1.899	
	하 연	190.000	146.020	24.255	1.813	

【표 5.14】 강도설계법에 의한 웅진대교 바닥판의 공용내하력

구 분	$\varnothing M_n$ (kN · m)	M_d (kN · m)	$M_{l(1+i)}$ (kN · m)	내하율	비 고
켄틸레버부 (좌측)	147.181	10.637	24.462	2.536	
중앙부	106.000	9.519	35.360	1.232	
켄틸레버부 (우측)	147.181	10.556	24.071	2.014	

5.3.3 고찰· 내하율

본 교량의 대한 구조해석 결과 강박스 거더에 대한 내하율과 바닥판 슬래브의 내하율이 1.0 이상으로 설계활하중 DB-24를 만족하는 것으로 평가된다.

5.4 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.

5.4.1 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 5.15】 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	

5.4.2 안전성 평가 결과

【표 5.15】에 따라 설계하중에 대한 안전율은 다음과 같이 계산된다.

• 강박스 거더 (허용응력설계법)

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190.000}{171.875} = 1.105 \qquad 『A』$$

• 바닥판 슬래브 (강도설계법)

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u} = \frac{106.000}{88.399} = 1.199 \qquad 『A』$$

• 하부구조 (강도설계법)

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u} = \frac{5989.513}{2360.901} = 2.537 \qquad 『A』$$

대상교량의 구조해석에 의한 안전성 평가결과는 【표 5.16】와 같이 강박스 거더와 바닥판 슬래브, 하부구조 모두 안전율이 1.0을 상회하는 A등급으로 판정되었다.

【표 5.16】안전성 평가결과

부 재	SF(안전율)	등 급
강박스 거더	1.105	A
바닥판 슬래브	1.199	A
하부구조	2.537	A

5.5 기타 경간 내하력 및 안전성평가

5.5.1 4경간부(4@60=240m)

가. 기본내하력평가

4경간부 교량의 강박스 거더의 내하력은 재하시험을 실시하지 않아 기본내하력으로 평가하였으며, 아래 【표 5.17】과 【표 5.18】에서 보는 바와 같이 강박스 거더와 바닥판 모두 설계활하중인 DL-24 및 DB-24 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

.

【표 5.17】4경간부 거더의 공용내하력

구 분		발생응력(MPa)			내하율	비 고
		허용	고정하중	활하중		
최대 정모멘트부	상 연	190.000	89.3	10.2	9.873	
	하 연	190.000	-99.8	-30.3	2.977	
최대 부모멘트부	상 연	190.000	-134.2	-30.1	1.854	
	하 연	190.000	130.0	36.2	1.657	

【표 5.18】4경간부 바닥판의 공용내하력

구 분	$\varnothing M_n$ (kN · m)	M_d (kN · m)	$M_{l(1+i)}$ (kN · m)	내하율	비 고
켄틸레버부 (좌측)	147.20	16.36	39.68	1.456	
중앙부	95.20	4.40	29.12	1.429	
켄틸레버부 (우측)	147.20	7.46	36.81	1.737	

나. 고찰·내하율

본 교량의 대한 구조해석 결과 강박스 거더에 대한 내하율과 바닥판 슬래브의 내하율이 1.0 이상으로 설계활하중 DB-24를 만족하는 것으로 평가된다.

다. 안전성 평가결과

【표 5.17】과 【표 5.18】에 따라 설계하중에 대한 안전율은 다음과 같이 계산된다.

• 강박스 거더 (허용응력설계법)

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190.00}{166.20} = 1.143 \qquad 『A』$$

• 바닥판 슬래브 (강도설계법)

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u} = \frac{95.20}{68.33} = 1.393 \qquad 『A』$$

대상교량의 구조해석에 의한 안전성 평가결과는 【표 5.19】과 같이 강박스 거더와 바닥판 슬래브, 하부구조 모두 안전율이 1.0을 상회하는 A등급으로 판정되었다.

【표 5.19】안전성 평가결과

부 재	SF(안전율)	등 급
강박스 거더	1.143	A
바닥판 슬래브	1.393	A

5.5.2 3경간부(3@60=180m)

가. 기본내하력평가

3경간부 교량의 강박스 거더의 내하력은 재하시험을 실시하지 않아 기본내하력으로 평가하였으며, 아래 【표 5.20】과 【표 5.21】에서 보는 바와 같이 강박스 거더와 바닥판 모두 설계활하중인 DL-24 및 DB-24 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

【표 5.20】3경간부 거더의 공용내하력

구 분		발생응력(MPa)			내하율	비 고
		허용	고정하중	활하중		
최대 정모멘트부	상 연	190.000	91.5	10.7	9.206	
	하 연	190.000	-100.8	-30.6	2.915	
최대 부모멘트부	상 연	190.000	-124.2	-30.5	2.157	
	하 연	190.000	119.3	36.5	1.937	

【표 5.21】3경간부 바닥판의 공용내하력

구 분	$\varnothing M_n$ (kN・m)	M_d (kN・m)	$M_{l(1+i)}$ (kN・m)	내하율	비 고
켄틸레버부 (좌측)	147.20	16.36	39.68	1.456	
중앙부	95.20	4.40	29.12	1.429	
켄틸레버부 (우측)	147.20	7.46	36.81	1.737	

나. 고찰·내하율

본 교량의 대한 구조해석 결과 강박스 거더에 대한 내하율과 바닥판 슬래브의 내하율이 1.0 이상으로 설계활하중 DB-24를 만족하는 것으로 평가된다.

다. 안전성 평가결과

【표 5.20】과 【표 5.21】에 따라 설계하중에 대한 안전율은 다음과 같이 계산된다.

• 강박스 거더 (허용응력설계법)

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190.00}{155.80} = 1.220 \qquad 『A』$$

• 바닥판 슬래브 (강도설계법)

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u} = \frac{95.20}{68.33} = 1.393 \qquad 『A』$$

대상교량의 구조해석에 의한 안전성 평가결과는 【표 5.22】과 같이 강박스 거더와 바닥판 슬래브, 하부구조 모두 안전율이 1.0을 상회하는 A등급으로 판정되었다.

【표 5.22】안전성 평가결과

부 재	SF(안전율)	등 급
강박스 거더	1.220	A
바닥판 슬래브	1.393	A

제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가 산정절차

6.2 종합평가 결과

6.3 안전등급 지정

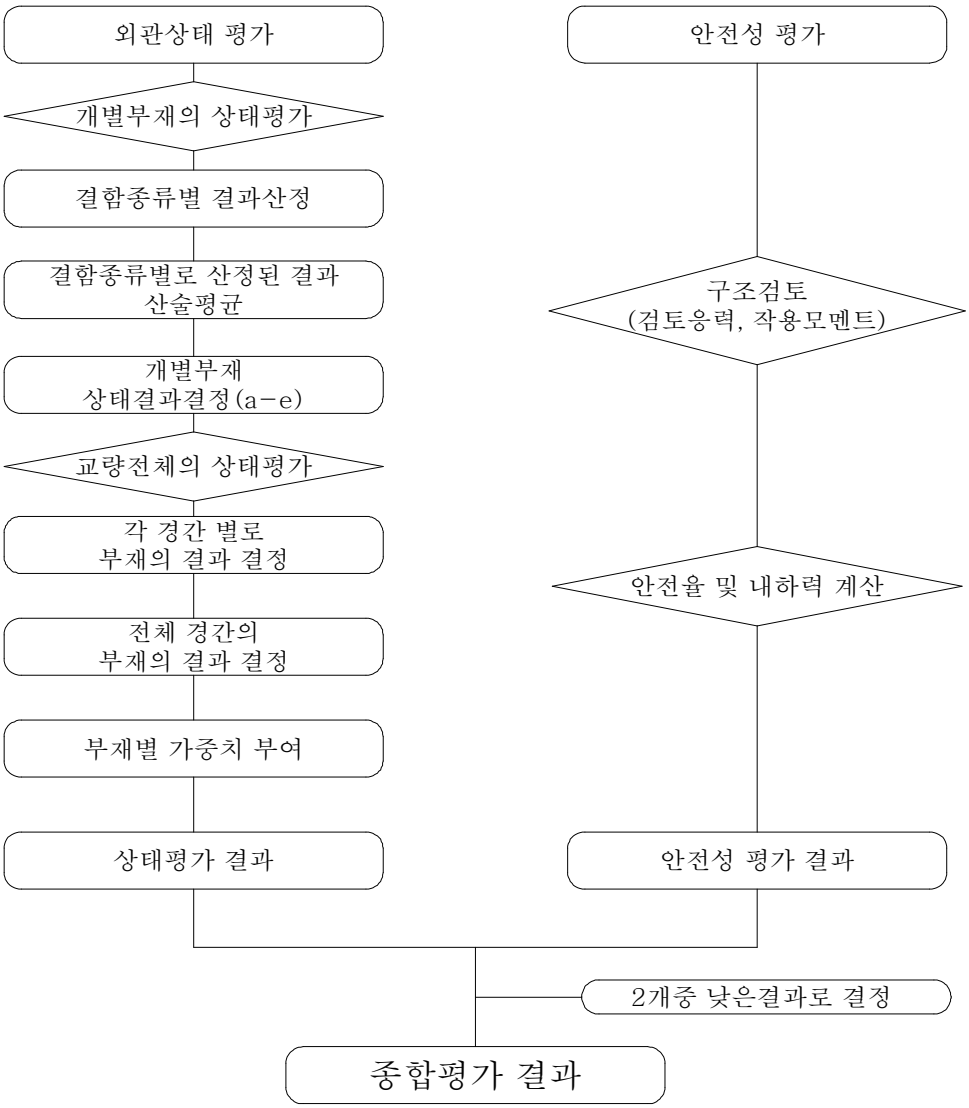
제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정

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, 웅진대교의 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 6.1】 종합평가 결과(천안방향)

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
웅진대교	0.213	B	1.393(바닥판)	A	B
종합평가	•웅진대교의 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, 웅진대교는 “B” 로 평가됨				

【표 6.2】 종합평가 결과(논산방향)

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
웅진대교	0.207	B	1.393(바닥판)	A	B
종합평가	•웅진대교의 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 웅진대교는 “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 6.3】 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

웅진대교에 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 6.4】 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	웅진대교	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

웅진대교는 충청남도 공주시 우성면 평목리(순천기점 237.72km 지점)에 위치하고 있으며, 2002년도에 준공되어 약 16년 정도의 공용기간이 경과한 상태이다.

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.

웅진대교의 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

웅진대교에 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 진단 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 보슈효과가 없는 경우, 향후 교체가 시행될 부재 등) - 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않은 경우

【표 7.3】 보수·보강 주체 선정

구 분	하자보수	관리주체
내용	- 준공 후 하자담보 책임기간 만료 전 발생한 하자 손상 - 준 공 : 2006년 12월 - 하자만료 : 2016년 12월	- 사용 중 구조물에 발생한 손상 - 자연적인 손상 및 노후화 - 하자담보 책임기간이 만료된 기타부재
보수방안	- 주요부재 및 보조부재 : 상부구조(바닥판, 거더, 2차부재) : 하부구조(교대 및 교각, 기초)	- 기타부재 : 교면포장, 방호울타리, 배수시설 : 신축이음장치, 교량받침
손상내용	- 균열(건조수축 및 수화열 등) - 철근노출, 박리 : 철근관련 손상 - 재료분리, 박락 : 단면손상 - 기타 시공미흡에 의해 발생한 손상	- 기타부재에 발생한 손상 - 외부 충격에 의해 발생한 손상 - 파손, 긁힘 등

웅진대교 정밀안전진단 결과

상태평가결과

- 상태평가결과 → “B” (0.255)
- 바닥판 : 망상균열 발생
- 거더 : 경미한 도장박리, 부식 발생
- 하부구조 : 0.2~0.3㎜ 수직균열, 망상균열, 재료분리, 파손 등
- 교량받침 : 본체 부식
- 신축이음 : 본체 부식, 하부 누수
- 교면포장 : 균열, 파손 등
- 배수시설 : 배수관 주변 누수흔적
- 난간 : 균열백태 등

안전성평가결과

- 안전성평가 결과 → “A”
- 강박스 거더
  - SF = 1.429
- 바닥판
  - SF = 1.075
- 하부구조 안전성검토
  - SF = 2.627

보수, 보강방향

1 순위	2 순위	3 순위
-	•바닥판 및 하부구조 0.3mm 이상 균열, 단면손상	•바닥판 및 하부구조 0.3mm 미만 균열 •거더 도장손상 및 부식, 이물질퇴적 •교면포장 아스콘 패임

【그림 7.1】 보수·보강방안 추진방향

7.2.2 결함내용별 보수·보강방안

【표 7.4】 보수·보강 일람표(천안방향)

구분		손상내용	손상 물량	단위	보수방안	우선 순위
바닥판		균열 (폭 0.3mm미만)	603.5	m	표면보수	3
		재료분리	0.1	㎡	단면보수	2
		누수흔적	0.06	㎡	주의관찰	-
		물끊기홈불량	1.7	m	주의관찰	-
		균열 (폭 0.3mm이상)	333.0	m	주입보수	2
		들뜸	7.6	㎡	단면보수	2
		박락	0.95	㎡	단면보수	2
		박리	0.3	㎡	단면보수	2
거더	내부	도장손상	10.23	㎡	재도장	3
		부식, 점부식, 그을음	1.75	㎡	재도장	3
		전등탈락	1	ea	정비	3
		변형	0.2	㎡	주의관찰	-
		우수유입흔적	0.05	㎡	정비	3
		환기구볼트망실	4	ea	정비	3
		강재 긁힘	0.01	㎡	재도장	3
		환기구 볼트 풀림	4ea	ea	정비	3
		이물질퇴적	15.03	㎡	정비	3
	외부	도장박리, 탈락	20.5	㎡	재도장	3
		부식	3.85	㎡	재도장	3
		볼트부식	26	ea	재도장	3
		볼트탈락	1	ea	정비	3
가로보 및 세로보		도장박리	0.03	㎡	재도장	3
		부식	0.34	㎡	재도장	3
		도장긁힘	0.03	㎡	재도장	3

【표 7.4】 보수·보강 일람표(천안방향)(계속)

구분		손상내용	손상 물량	단위	보수방안	우선 순위
하부 구조	교대	균열 (폭 0.3mm미만)	11.7	m	표면보수	3
		균열부 백태	0.4	㎡	표면보수	3
		누수흔적	2.8	㎡	표면보수	3
		백태	0.5	㎡	표면보수	2
		박락	0.1	㎡	단면보수	2
	교각	균열 (폭 0.3mm미만)	804.1m	m	표면보수	3
		균열 (폭 0.3mm이상)	2.3m	m	주입보수	2
		망상균열	146.25	㎡	표면보수	3
		누수흔적, 표면오염	56.1	㎡	표면보수	3
		박리, 박락, 긁힘, 탈락, 재료분리	60.97	㎡	단면보수	2
		백태	4.8	㎡	표면보수	3
교량받침		받침콘크리트 균열	25.0	m	표면보수	3
		받침콘크리트 균열 (폭 0.3mm이상)	0.3	m	주입보수	2
		받침콘크리트 들뜸	1.13	㎡	단면보수	2
		도장박리	20.3	㎡	재도장	3
		부식	27.2	㎡	재도장	3
		파손	0.02	㎡	단면보수	2
		도장들뜸	0.09	㎡	재도장	3
		받침부식	3.25	㎡	재도장	3
		고무재 들뜸	0.3	㎡	주의관찰	-
		볼트부식	7	ea	재도장	3
		볼트풀림	5	ea	주의관찰	-
		고무재파손	3	ea	주의관찰	-
		먼지막이고무링파손	8	ea	주의관찰	-
		전단키 용접부부식	0.1	㎡	주의관찰	-
		이동량표지판탈락	9	ea	주의관찰	-

【표 7.4】 보수·보강 일람표(천안방향)(계속)

구분		손상내용	손상 물량	단위	보수방안	우선 순위
신축이음		후타재균열	50	m	주의관찰	-
		후타재균열 (폭 0.3mm이상)	4.0	m	주의관찰	-
		후타재박리, 박락	1.6	㎡	주의관찰	-
		유간 이물질퇴적	17.6	m	정비	3
		본체부식	32.5	m	주의관찰	-
		접속부 이격	5.5	m	주의관찰	-
		차수판설치불량	1	ea	주의관찰	-
교면포장		아스콘균열	903.50	m	주의관찰	-
		아스콘패임	4.33	㎡	아스콘패칭	3
		아스콘망상균열	162.7	㎡	주의관찰	-
		소성변형	0.25	㎡	주의관찰	-
		표면불량	6.0	m	주의관찰	-
기타 시설	배수시설	배수관 탈락	6	ea	정비	3
	방호벽	균열 (폭 0.3mm미만)	210.0	m	주의관찰	-
		균열 (폭 0.3mm이상)	248.2	m	주의관찰	-
		파손, 들뜸, 탈락	1.98	㎡	주의관찰	-
		녹물	3.55	㎡	주의관찰	-
		균열부백태	135.54	㎡	주의관찰	-
		난간변형	11.1	m	주의관찰	-
		이격	1.16	m	주의관찰	-
	방음벽	고정Plate탈락	4	ea	정비	3
		변형	1	ea	정비	3
		파손	1	ea	정비	3
		고정핀 이탈, 탈락	5	ea	정비	3
		하부 부식	35.0	m	주의관찰	-

【표 7.5】 보수·보강 일람표(논산방향)

구분		손상내용	손상 물량	단위	보수방안	우선 순위
바닥판		균열(폭 0.3mm미만)	606.5	m	표면처리	3
		백태	3.7	㎡	표면처리	3
		균열부 백태	0.1	㎡	표면처리	3
		재료분리	0.53	㎡	단면보수	2
		녹물	0.4	㎡	주의관찰	-
		누수흔적	0.74	㎡	주의관찰	-
		잡철노출	0.3	㎡	주의관찰	-
		물끊기홈탈락, 들뜸	33.5	m	주의관찰	-
		거푸집 미제거	5	ea	주의관찰	-
		균열(폭 0.3mm이상)	112.5	m	주입보수	2
		균열 및 들뜸	5.43	㎡	단면보수	2
		박락	0.02	㎡	단면보수	2
		박락 및 철근노출	1.66	㎡	단면보수	2
		측면들뜸	0.15	㎡	단면보수	2
거더	내부	도장손상	21.5	㎡	재도장	3
		부식	9.46	㎡	재도장	3
		용접불량	0.01	㎡	주의관찰	-
		이물질퇴적	41.7	㎡	정비	3
		화재이력	0.09	㎡	주의관찰	-
	외부	도장손상	4.1	㎡	재도장	3
		부식	19.79	㎡	재도장	3
		변형	0.1	㎡	주의관찰	-
		볼트부식	54	ea	재도장	3
		점검구 볼트미체결	2	ea	정비	3
가로보 및 세로보		도장박리	0.14	㎡	재도장	3
		부식	0.6	㎡	재도장	3

【표 7.5】 보수·보강 일람표(논산방향)(계속)

구분		손상내용	손상 물량	단위	보수방안	우선 순위
하부 구조	교대	균열(폭 0.3mm미만)	19.4	m	표면처리	3
		균열부백태	0.16	㎡	표면처리	3
		누수흔적	10	㎡	주의관찰	-
		망상균열	1.5	㎡	표면처리	3
		백태	0.24	㎡	표면처리	3
		박락, 파손	0.51	㎡	단면보수	2
	교각	균열(폭 0.3mm미만)	665.7	m	표면처리	3
		균열(폭 0.3mm이상)	3.5m	m	주입보수	2
		망상균열	96.99	㎡	표면처리	3
		박리, 박락, 들뜸, 재료분리	112.69	㎡	단면보수	2
		백태	1.1	㎡	표면처리	3
		이물질퇴적	0.01	㎡	정비	3
		누수흔적	1.5	㎡	주의관찰	-
교량받침		받침 콘크리트균열 (0.3mm미만)	26.1	m	표면처리	3
		받침 콘크리트균열 (0.3mm이상)	1.4	m	주입보수	2
		받침콘크리트 들뜸, 파손, 재료분리	1.4	m	단면보수	2
		Plate도장손상	32.12	㎡	재도장	3
		고무재파손	3	ea	주의관찰	-
		먼지막이고무링파손	4	ea	주의관찰	-
		이동량표지판탈락	3	ea	주의관찰	-

【표 7.5】 보수·보강 일람표(논산방향)(계속)

구분		손상내용	손상 물량	단위	보수방안	우선 순위
신축 이음	본체	부식	22.7	m	주의관찰	-
		이물질퇴적	9.5m	m	주의관찰	-
		슬라이딩 스프링 탈락	1	ea	주의관찰	-
	후타재	균열(0.3mm미만)	13.0	m	주의관찰	-
		균열(0.3mm이상)	1.0	m	주의관찰	-
		박락	0.1	㎡	주의관찰	-
		접속부 단차	2.0	m	주의관찰	-
교면포장		아스콘 균열	493.0	m	주의관찰	-
		아스콘 들뜸	1.11	㎡	아스콘패칭	3
		아스콘 망상균열	107.0	㎡	주의관찰	-
기타 시설	배수시설	부식	8	ea	주의관찰	-
		연결고리 탈락	1	ea	주의관찰	-
		파손	2	ea	주의관찰	-
		탈락	6	ea	주의관찰	-
	방호벽	균열(폭 0.3mm미만)	261.1	m	주의관찰	-
		균열(폭 0.3mm이상)	61.7	m	주의관찰	-
		파손, 들뜸, 탈락	0.9	㎡	주의관찰	-
		망상균열, 녹물	2.19	㎡	주의관찰	-
		철근노출	0.02㎡	㎡	주의관찰	-
		균열부 백태	94.22	㎡	주의관찰	-
		난간손상	2.3	m	주의관찰	-
		이격	1.0	m	주의관찰	-

7.2.3 주요결함 및 손상에 대한 보수·보강 방법

가. 콘크리트 균열보수 방안

1) 진단 현황

본 교량에 상·하부 구조에 발생된 균열은 대부분 폭 0.1㎜~0.3mm로 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 7.6】 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 7.7】 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

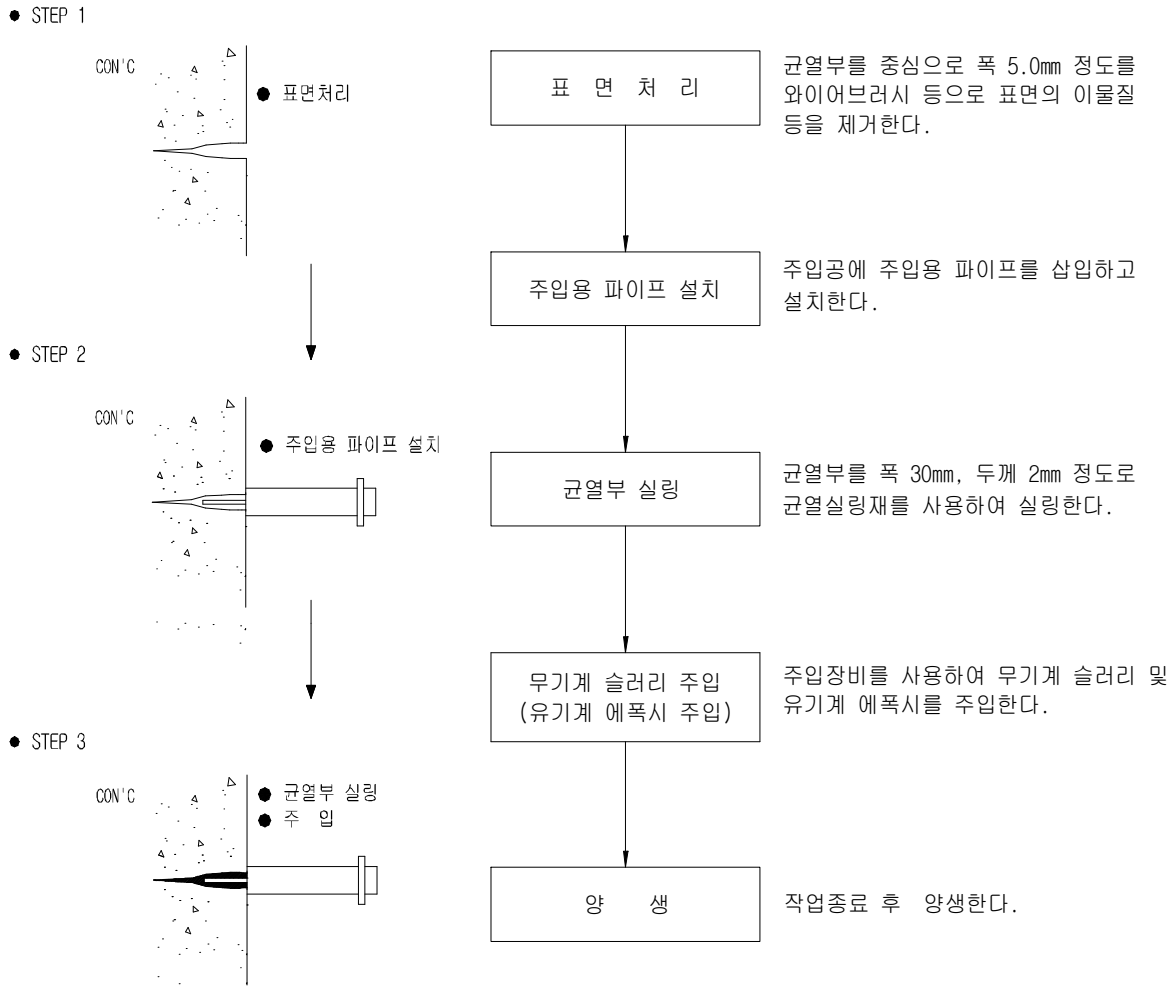
【표 7.8】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

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 7.9】 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.

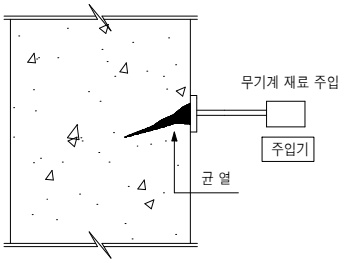
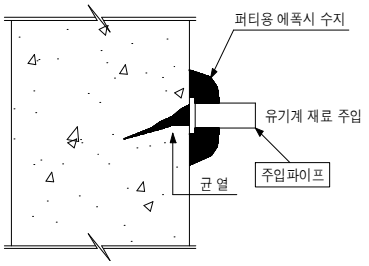
㉡ 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.

㉢ 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 7.10】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

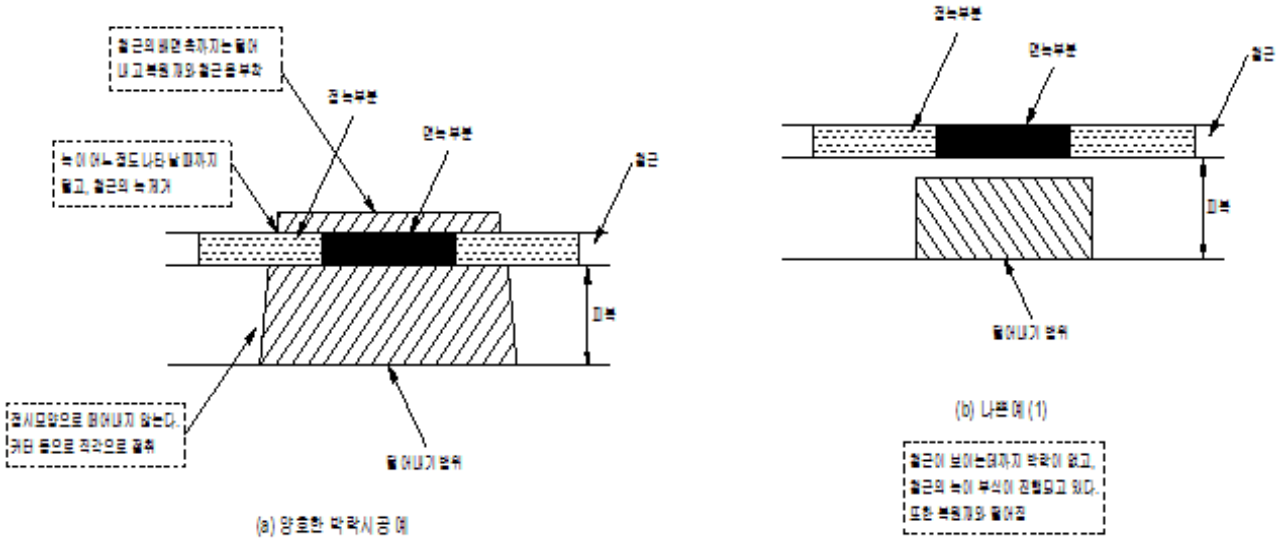
콘크리트의 열화부분을 충분하게 제거하여도 철근의 부식범위는 이 부위보다 넓은 경우가 대부분이다. 이 경우는 박락되어 노출된 부분의 철근 청소를 실시하여도 그 전후는 녹이 잔존한 채 남아있게 된다. 이 상태에서 단면복구(보수)를 실시하면 보수된 범위는 마이너스(-), 그 전후는 플러스(+)의 macro cell 부식이 생겨서 철근부식이 주위로 확산되어 보수효과가 적어지는 결과를 나타내는 경우가 많다.

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 7.11】 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.

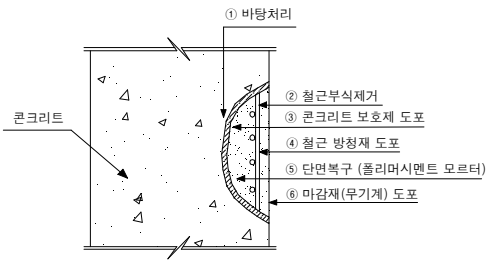
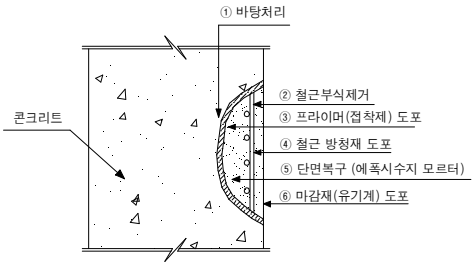
② 철근방청재, 프라이머, 단면복구(보수)재는 동일 제작사의 제품을 사용하거나 서로 양호한 조합의 물건을 이용한다.

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 7.12】 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 7.13】 보수·보강 개략공사비(천안방향)

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판		균열 (폭 0.3mm미만)	표면보수	603.5	226.31	m	50	11,316	3
		재료분리	단면보수	0.1	0.15	㎡	230	35	2
		누수흔적	주의관찰	0.06	-	㎡	-	-	-
		물끊기홈불량	주의관찰	1.7	-	m	-	-	-
		균열 (폭 0.3mm이상)	주입보수	333.0	124.88	m	75	9,366	2
		들뜸	단면보수	7.6	11.40	㎡	230	2,622	2
		박락	단면보수	0.95	1.42	㎡	230	327	2
		박리	단면보수	0.3	0.45	㎡	230	104	2
거더	내부	도장손상	재도장	10.23	15.35	㎡	9	138	3
		부식, 점부식, 그을음	재도장	1.75	2.63	㎡	9	24	3
		전등탈락	정비	1	1	ea	10	10	3
		변형	주의관찰	0.2	-	㎡	-	-	-
		우수유입흔적	정비	0.05	0.08	㎡	10	1	3
		환기구볼트망실	정비	4	4	ea	10	40	3
		강재 긁힘	재도장	0.01	0.02	㎡	9	0	3
		환기구 볼트 풀림	정비	4ea	4ea	ea	10	40	3
		이물질퇴적	정비	15.03	22.55	㎡	10	226	3
	외부	도장박리, 탈락	재도장	20.5	30.75	㎡	45	1,384	3
		부식	재도장	3.85	38.95	㎡	45	1,753	3
		볼트부식	재도장	26	26	ea	45	1,170	3
		볼트탈락	정비	1	1	ea	10	10	3
가로보 및 세로보		도장박리	재도장	0.03	0.05	㎡	45	2	3
		부식	재도장	0.34	0.51	㎡	45	0	3
		도장긁힘	재도장	0.03	0.05	㎡	45	2	3

【표 7.13】 보수·보강 개략공사비(천안방향)(계속)

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
하부 구조	교대	균열 (폭 0.3mm미만)	표면보수	11.7	4.39	m	50	219	3
		균열부 백태	표면보수	0.4	0.60	㎡	50	30	3
		누수흔적	표면보수	2.8	4.20	㎡	50	210	3
		백태	표면보수	0.5	0.75	㎡	50	38	2
		박락	단면보수	0.1	0.15	㎡	230	35	2
	교각	균열 (폭 0.3mm미만)	표면보수	804.1m	301.54	m	50	15,077	3
		균열 (폭 0.3mm이상)	주입보수	2.3m	0.86	m	75	65	2
		망상균열	표면보수	146.25	219.38	㎡	50	10,969	3
		누수흔적, 표면오염	표면보수	56.1	84.15	㎡	50	4,208	3
		박리, 박락, 긁힘, 탈락, 재료분리	단면보수	60.97	91.46	㎡	230	21,036	2
		백태	표면보수	4.8	7.20	㎡	50	360	3
교량 받침		받침콘크리트 균열	표면보수	25.0	9.38	m	50	469	3
		받침콘크리트 균열 (폭 0.3mm이상)	주입보수	0.3	0.11	m	75	8	2
		받침콘크리트 들뜸	단면보수	1.13	1.69	㎡	230	389	2
		도장박리	재도장	20.3	30.45	㎡	45	1,370	3
		부식	재도장	27.2	40.80	㎡	45	1,836	3
		파손	단면보수	0.02	0.03	㎡	230	7	2
		도장들뜸	재도장	0.09	0.14	㎡	45	6	3
		받침부식	재도장	3.25	4.88	㎡	45	220	3
		고무재 들뜸	주의관찰	0.3	0.45	㎡	-	-	-
		볼트부식	재도장	7	7	ea	45	315	3
		볼트풀림	주의관찰	5	-	ea	-	-	-
		고무재파손	주의관찰	3	-	ea	-	-	-
		먼지막이고무링파손	주의관찰	8	-	ea	-	-	-
		전단키 용접부부식	주의관찰	0.1	-	㎡	-	-	-
		이동량표지판탈락	주의관찰	9	-	ea	-	-	-

【표 7.13】 보수·보강 개략공사비(천안방향)(계속)

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
신축 이음		후타재균열	주의관찰	50	-	m	-	-	-
		후타재균열 (폭 0.3mm이상)	주의관찰	4.0	-	m	-	-	-
		후타재박리, 박락	주의관찰	1.6	-	㎡	-	-	-
		유간 이물질퇴적	정비	17.6	26.40	m	10	264	3
		본체부식	주의관찰	32.5	-	m	-	-	-
		접속부 이격	주의관찰	5.5	-	m	-	-	-
		차수판설치불량	주의관찰	1	-	ea	-	-	-
교면 포장		아스콘균열	주의관찰	903.50	-	m	-	-	-
		아스콘패임	아스콘패칭	4.33	6.50	㎡	75	488	3
		아스콘망상균열	주의관찰	162.7	-	㎡	-	-	-
		소성변형	주의관찰	0.25	-	㎡	-	-	-
		표면불량	주의관찰	6.0	-	m	-	-	-
기타 시설	배수 시설	배수관 탈락	정비	6	6	ea	10	60	3
	난간 및 연석	균열(폭 0.3mm미만)	주의관찰	210.0	-	m	-	-	-
		균열(폭 0.3mm이상)	주의관찰	248.2	-	m	-	-	-
		파손, 들뜸, 탈락	주의관찰	1.98	-	㎡	-	-	-
		녹물	주의관찰	3.55	-	㎡	-	-	-
		균열부백태	주의관찰	135.54	-	㎡	-	-	-
		난간변형	주의관찰	11.1	-	m	-	-	-
		이격	주의관찰	1.16	-	m	-	-	-
		고정Plate탈락	정비	4	4	ea	10	40	3
		변형	정비	1	1	ea	10	10	3
		파손	정비	1	1	ea	10	10	3
		고정핀 이탈, 탈락	정비	5	5	ea	10	50	3
		하부 부식	주의관찰	35.0	-	m	-	-	-

순공사비 합계(천원)		86.359
제경비(순공사비×50%)(천원)		43,180
순위별 공사비 (제경비 포함)	1순위(천원)	-
	2순위(천원)	51,048
	3순위(천원)	78,491
유지보수 개략공사비 총계(천원)		129,539

※ 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 7.14】 보수·보강 개략공사비(논산방향)

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판		균열(폭 0.3mm미만)	표면처리	606.5	227.44	m	50	11,372	3
		백태	표면처리	3.7	5.55	㎡	50	278	3
		균열부 백태	표면처리	0.1	0.15	㎡	50	8	3
		재료분리	단면보수	0.53	0.80	㎡	230	184	2
		녹물	주의관찰	0.4	-	㎡	-	-	-
		누수흔적	주의관찰	0.74	-	㎡	-	-	-
		잡철노출	주의관찰	0.3	-	㎡	-	-	-
		물끊기홈탈락, 들뜸	주의관찰	33.5	-	m	-	-	-
		거푸집 미제거	주의관찰	5	-	ea	-	-	-
		균열(폭 0.3mm이상)	주입보수	112.5	42.19	m	75	3,164	2
		균열 및 들뜸	단면보수	5.43	8.15	㎡	230	1,875	2
		박락	단면보수	0.02	0.03	㎡	230	7	2
		박락 및 철근노출	단면보수	1.66	2.49	㎡	250	623	2
		측면들뜸	단면보수	0.15	0.22	㎡	230	51	2
거더	내부	도장손상	재도장	21.5	32.25	㎡	9	290	3
		부식	재도장	9.46	14.19	㎡	9	128	3
		용접불량	주의관찰	0.01	-	㎡	-	-	-
		이물질퇴적	정비	41.7	62.55	㎡	10	626	3
		화재이력	주의관찰	0.09	-	㎡	-	-	-
	외부	도장손상	재도장	4.1	6.15	㎡	45	277	3
		부식	재도장	19.79	38.95	㎡	45	1,753	3
		변형	주의관찰	0.1	-	㎡	-	-	-
		볼트부식	재도장	54	54	ea	45	2,430	3
		점검구 볼트미체결	정비	2	2	ea	10	20	3
가로보 및 세로보		도장박리	재도장	0.14	0.21	㎡	45	9	3
		부식	재도장	0.6	0.90	㎡	45	41	3

【표 7.14】 보수·보강 개략공사비(논산방향)(계속)

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
하부 구조	교대	균열(폭 0.3mm미만)	표면처리	19.4	7.28	m	50	364	3
		균열부백태	표면처리	0.16	0.24	㎡	50	12	3
		누수흔적	주의관찰	10	-	㎡	-	-	-
		망상균열	표면처리	1.5	2.25	㎡	50	113	3
		백태	표면처리	0.24	0.36	㎡	50	18	3
		박락, 파손	단면보수	0.51	0.77	㎡	230	177	2
	교각	균열(폭 0.3mm미만)	표면처리	665.7	249.64	m	50	12,482	3
		균열(폭 0.3mm이상)	주입보수	3.5m	1.31	m	75	98	2
		망상균열	표면처리	96.99	145.48	㎡	50	7,274	3
		박리, 박락, 들뜸, 재료분리	단면보수	112.69	169.04	㎡	230	38,879	2
		백태	표면처리	1.1	1.65	㎡	50	83	3
		이물질퇴적	정비	0.01	0.02	㎡	10	0	3
		누수흔적	주의관찰	1.5	-	㎡	-	-	-
교량 받침		받침 콘크리트균열 (0.3mm미만)	표면처리	26.1	9.79	m	50	489	3
		받침 콘크리트균열 (0.3mm이상)	주입보수	1.4	0.52	m	75	39	2
		받침콘크리트 들뜸, 파손, 재료분리	단면보수	1.4	2.10	m	230	483	2
		Plate도장손상	재도장	32.12	48.18	㎡	45	2,168	3
		고무재파손	주의관찰	3	-	ea	-	-	-
		먼지막이고무링파손	주의관찰	4	-	ea	-	-	-
		이동량표지판탈락	주의관찰	3	-	ea	-	-	-

【표 7.14】 보수·보강 개략공사비(논산방향)(계속)

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
신축이음	본체	부식	주의관찰	22.7	-	m	-	-	-
		이물질퇴적	주의관찰	9.5m	-	m	-	-	-
		간격조절재 탈락	주의관찰	1	-	ea	-	-	-
	후타재	균열(0.3mm미만)	주의관찰	13.0	-	m	-	-	-
		균열(0.3mm이상)	주의관찰	1.0	-	m	-	-	-
		박락	주의관찰	0.1	-	㎡	-	-	-
		접속부 단차	주의관찰	2.0	-	m	-	-	-
교면포장		아스콘 균열	주의관찰	493.0	-	m	-	-	-
		아스콘 들뜸	아스콘패칭	1.11	1.67	㎡	75	125	3
		아스콘 망상균열	주의관찰	107.0	-	㎡	-	-	-
기타시설	배수시설	부식	주의관찰	8	-	ea	-	-	-
		연결고리 탈락	주의관찰	1	-	ea	-	-	-
		파손	주의관찰	2	-	ea	-	-	-
		탈락	주의관찰	6	-	ea	-	-	-
	난간 및 연석	균열(폭 0.3mm미만)	주의관찰	261.1	-	m	-	-	-
		균열(폭 0.3mm이상)	주의관찰	61.7	-	m	-	-	-
		파손, 들뜸, 탈락	주의관찰	0.9	-	㎡	-	-	-
		망상균열, 녹물	주의관찰	2.19	-	㎡	-	-	-
		철근노출	주의관찰	0.02㎡	-	㎡	-	-	-
		균열부 백태	주의관찰	94.22	-	㎡	-	-	-
		난간손상	주의관찰	2.3	-	m	-	-	-
		이격	주의관찰	1.0	-	m	-	-	-

순공사비 합계(천원)		85,940
제경비(순공사비×50%)(천원)		42,970
순위별 공사비 (제경비 포함)	1순위(천원)	-
	2순위(천원)	68,370
	3순위(천원)	68,540
유지보수 개략공사비 총계(천원)		136,910

※ 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 폭 0.3㎜이상 균열, 단면손상, 하부구조 폭 0.3㎜ 균열, 단면손상, 신축이음 하부 누수 등이며 이에 대해 보수 실시 후 재손상 발생 여부 및 추가 손상진전 발생에 대한 주기적인 점검이 필요하다.

나. 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-SH3 플레이트 부식	S19 바닥판 파손 및 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.

다. 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.

	
바닥판 S1 균열 및 들뜸 0.3mm	바닥판 S3 균열 및 들뜸 0.3mm

【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.

라. 부재별 중점유지관리 사항

본 교량에 대한 부재별 유지관리 중점사항은 다음과 같다.

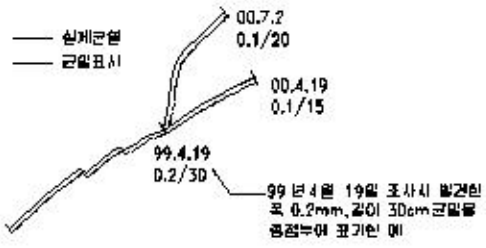
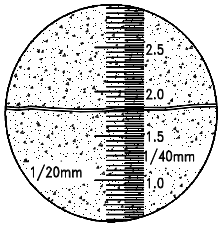
【표 7.15】부재별 유지관리 중점사항

부재구분	중 점 점 검 내 용
바닥판	• 폭 0.1~0.3mm 균열 • 캔틸레버 우수 유입 • 균열부 백태, 박락, 파손 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	• 도장손상 진전여부
신축이음장치	• 부식발생 여부 확인
교면포장	• 포장부 패임 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

<table>
<tr><th colspan="2">점 검 부 위</th><th>점 검 항 목</th></tr>
<tr><td colspan="2">▷ 공통</td><td>•박리, 박락, 층분리, 파손
•백태(유리석회), 오염
•재료분리</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷ 거더교</td><td>•균열(거더사이, 헌치부 종방향 균열)
•망상균열</td></tr>
<tr><td rowspan="2">▷ 슬래브, 라멘교 상부</td><td>- 단부</td><td>•부스러짐
•사인장균열</td></tr>
<tr><td>- 중앙부</td><td>•휨균열</td></tr>
<tr><td>주요부위</td><td colspan="2">   </td></tr>
<tr><td>점검요령</td><td colspan="2">○ 점검방법
- 도보접근이 불가능한 구간은 점검장비를 이용 근접 점검
- 균열의 진행상황을 파악하기 위하여 균열의 시·종점을 표시해 두는 것이 필요하며, 정기적으로 진행여부를 관찰
  (a) 균열표시 예  (b) 균열경 조사 예</td></tr>
</table>

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





점검요령

○ 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

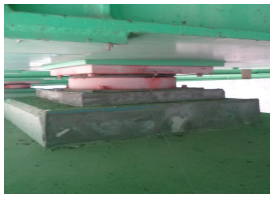
○ 손상발생시 조치
- 교각두부 받침하부에 폭 0.3㎜이상 균열이 단부까지 진행된 경우에는 교량 안전과 직접적으로 관련이 있으므로 즉시 보고 및 대책수립

○ 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

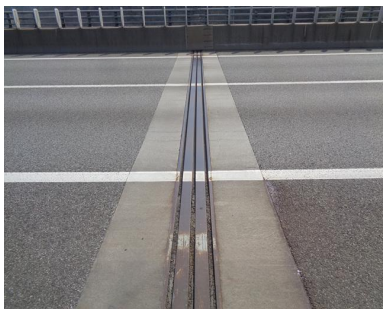
○ 손상발생시 조치
- 받침하부 교각 두부에 폭 0.3㎜ 이상의 균열이 단부까지 진행된 경우 즉시 보고하고, 안전성 검토 및 대책 수립 필요

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

웅진대교는 충청남도 공주시 우성면 평목리(순천기점 237.72K 지점)에 위치하고 있으며, 2002년도에 준공되어 약 16년 정도의 공용기간이 경과한 상태의 교량이다.

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

8.2 현장조사 결과

○ 상부구조인 강박스 거더와 바닥판은 구조적인 손상 및 결함이 없는 양호한 상태를 확보하고 있으며, 외관조사 결과 바닥판 하면 전 구간에 걸쳐 폭 0.1~0.2mm의 균열이 발생한 상태이다. 일부구간 발생한 단면손상은 바닥판의 내구성 확보차원의 단면보수가 필요하다, 거더의 경우 일부 부식, 도장박리 등이 조사되었다. 조사된 손상은 진전시 내구성 확보 및 손상 진전 방지를 위한 적절한 보수가 요구되며, 보수 후에도 보수부의 재손상 발생여부를 주기적으로 점검하는 것이 바람직함.

○ 가로보 및 세로보는 전반적으로 양호한 상태이며, 일부 발생한 도장박리 및 부식에 대하여 보수를 실시하고 주의관찰 하는것이 바람직함.

○ 교대 및 교각에 발생한 수직균열은 폭 0.1~0.2mm의 균열로서 이는 건조수축 및 온도균열 등에 의한 것으로서 일부 발생된 철근부식, 단면손상은 부재의 내구성 확보차원의 단면보수, 방청 등의 조치가 필요하며, 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구됨.

○ 교량받침의 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며 일부 신축이음 누수에 따른 부식 및 도장손상이 발생한 상태이다. 발생한 손상에 대하여 적절한 보수를 통한 유지관리가 필요함.

○ 신축이음 장치는 하부 누수, 본체의 부식 등이 조사된 상태이며, 이로 인한 2차 손상 유발 가능성이 존재하므로 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생여부 확인 및 기 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 필요함.

○ 교면포장은 기 손상인 아스콘 균열 및 망상균열, 아스콘 패임이 조사된 상태로 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 상태로 확인되었다. 기 손상부는 진전시 재포장 등의 장기적인 보수계획 수립이 필요할 것으로 사료됨.

○ 배수시설은 막힘이 발생하지 않은 양호한 상태이며, 캔틸레버에 설치된 배수관 일부 부식이 발생한 상태이다. 이는 배수구의 용접 연결부의 열화로 인하여 우수 등이 유입된 것으로 판단되며, 추후 철근부식 및 박리 등과 같은 2차 손상이 발생할 우려가 있으므로 보수를 실시한 후 재손상 발생 여부에 대한 주의관찰이 필요함.

○ 방호울타리는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 일부 발생한 균열, 백태 등의 손상은 진전시 내구성 유지를 위한 보수가 필요함.

8.3 시험 및 측정 결과

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

○ 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인됨.

○ 탄산화 깊이는 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 “a등급”으로 평가됨.

○ 염화물 함유량의 경우 신축이음으로부터 유입된 동절기 염화칼슘에 의해 b~c등급으로 평가되었으므로 내구성 저하 방지를 위해 주기적인 점검을 통한 2차 손상 발생파악 등의 유지관리가 필요함.

○ 균열깊이 측정결과, 폭 0.3㎜미만 균열의 균열깊이는 철근피복두께를 초과하지 않은 것으로 분석됨.

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

8.4 상태평가 결과

○ 웅진대교의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 천안방향 0.213, 논산방향 0.207로 “B” 로 평가됨.

8.5 안전성평가 결과

○ 안전성 검토를 근거한 안전율(SF)이 1.0이상으로 검토되었으며 안전성평가 결과 『A』로 평가되었고, 구조해석 결과 교량의 상・하부구조의 안전성에 문제가 없는 것으로 검토 되었으며 내하력 평가 결과 설계 내하력인 DB-24(DL-24)를 상회하는 것으로 평가됨.

8.6 결 언

○ 웅진대교는 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.