천안논산고속도로
Cheonan Nonsan
Expressway

논산천안고속도로 1종시설물
정밀안전진단 보고서
- 논 산 천 교 -

2018. 06

Cheonan Nonsan Expressway
Corporate Identity Standard
BASIC SYSTEM | APPLICATION SYSTEM

논산천안고속도로 1종시설물

정밀안전진단 보고서

논산천교

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 논산천교의 결과를 본 보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

2018년 06월

(주)한국구조물안전연구원

이 채 규 (인)

(주) 한 맥 기 술

이 기 상 (인)

논산천교 정밀안전진단 결과표

가. 일반현황

용 역 명	2018년 논산천안고속도로 1종시설물 정밀안전진단 용역	진단기간	2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30(255일)		
관리주체명	천안논산고속도로(주)	대 표 자	이 선 관		
공동수급	㈜한국구조물안전연구원, ㈜ 한 맥 기 술	계약방법	일반경쟁		
시설물 구분	교 량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2002년 12월 23일	진단금액 (천원)	38,050	안전등급	B
시설물 위치	충남 논산시 성동면 삼호리 (고속국도25호선 206.725k)	시설물 규모	L=550.0m, B=24.6m(4차로)		

나. 진단 실시결과 현황

중대결함	■ 없음
진 단 주요결과	■ 바닥판 하면 및 거더 내·외부 전구간에 걸쳐 0.1~0.3mm 균열 ■ 교대 및 교각 0.1~0.3mm 수직균열, 백태, 박리, 박락, 파손, 철근노출 ■ 교량받침 부식, 받침콘크리트 균열 ■ 방호울타리 균열, 균열부 백태, 박리, 박락, 철근노출, 방음벽 부식
주 요 보수·보강	■ 폭 0.1~0.2mm 균열 표면보수, 백태 표면보수 ■ 폭 0.3mm균열 주입보수 ■ 박리, 박락, 파손, 철근노출 단면보수

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

논산천교 정밀안전진단 실시결과 요약표

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

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b~c	- 균열(0.2㎜이하) - 균열(0.3㎜) - 망상균열, 백태	- 표면보수 - 주입보수 - 표면보수
	거더 내·외부	b~c	- 균열(0.2㎜이하) - 균열(0.3㎜) - 망상균열 - 들뜸	- 표면보수 - 주입보수 - 표면보수 - 단면보수
하부구조	교대	c	- 균열(0.2㎜이하) - 박리 - 철근노출 - 백태, 표면열화	- 표면보수 - 단면보수 - 단면보수(방청) - 표면보수
	교각	b	- 균열(0.2㎜이하), 망상균열 - 박락	- 표면보수 - 단면보수
교량받침		b	- 부식 - 받침콘크리트 균열(0.2㎜이하)	- 재도장 - 표면보수

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
신축이음장치		a	- 후타재 균열	- 표면보수
교면포장		a	- 포장 패임, 균열	- 주의관찰
기타부재	배수시설	a	- 배수구 이물질 퇴적	- 청소
	난간 및 연석	b~c	- 균열(0.3㎜) - 균열(0.2㎜이하), 균열부 백태 - 긁힘, 박리, 파손 - 철근노출	- 주입보수 - 표면보수 - 단면보수 - 단면보수(방청)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
PSC거더	허용응력법	최소 안전율 1.174으로 양호	1.0이상	A
	강도설계법	최소 안전율 1.022으로 양호	1.0이상	
바닥판	강도설계법	최소 안전율 1.267으로 양호	1.0이상	
교각	강도설계법	최소 안전율 3.132으로 양호	1.0이상	

다. 내진성능 검토 수행 여부

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

※ “제2장 자료수집 및 분석” 편에 상세히 기술함.

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험) - 천안방향

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	반발경도	36.1～49.1	40.0	■ 설계기준강도의 90%를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	37.6～51.0		
	하부구조	반발경도	23.0～26.5	24.0	
		초음파	22.3～34.9		
철근탐사 (㎜)	상부구조	배근간격	105～135	125.0	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	36～55	37.5	
	하부구조	배근간격	275～305	300	
		피복두께	89～107	92.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0～41.0		■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		36.0～92.0		
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부, 하부구조		0.129～0.212		■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.
균열깊이 (㎜)	상부구조		14.80~15.20		■ 철근피복두께를 초과하지 않은 상태로 분석됨.
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 a등급으로 평가되었으므로, 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.				

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험) - 논산방향

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	반발경도	36.4～48.5	40.0	■ 설계기준강도의 90%를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	37.2～47.1		
	하부구조	반발경도	23.4～26.2	24.0	
		초음파	25.9～33.2		
철근탐사 (㎜)	상부구조	배근간격	110～135	125.0	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	38～47	37.5	
	하부구조	배근간격	275～310	300	
		피복두께	89～107	92.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		34.5～42.1		■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		32.2～90.5		
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부, 하부구조		0.110～0.155		■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.
균열깊이 (㎜)	상부, 하부구조		4.40~14.90		■ 철근피복두께를 초과하지 않은 상태로 분석됨.
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 a등급으로 평가되었으므로, 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.				

논산천교 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>논산천교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2003-0001983</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월</td><td>2002년 12월 23일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>논산천안교량-07</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">충청남도 논산시 성동면 삼호리</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도25호선
(순천기점 206.725k)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=550.0m, (11@50=550.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=24.6m, 4차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상 부</td><td>PSC상자형교(PSCB)</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>RCD PILE</td></tr>
<tr><td>하 부</td><td>교대-역T형(RTA)
교각-라멘식(RAP)</td><td>교각</td><td>RCD PILE</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>LRB</td><td colspan="2">신축이음</td><td>FINGER JOINT</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>논산천</td><td colspan="2">교 고</td><td>6.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>금호엔지니어링(주)</td><td colspan="2">시 공 사</td><td>금호산업(주), 이수건설(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">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">- 평면형상 : 사각이 없는 직선교
- 중앙분리대 : 콘크리트
- 포장유형 : 아스팔트 포장
- 난간유형 : 콘크리트 방호벽</td></tr>
</table>

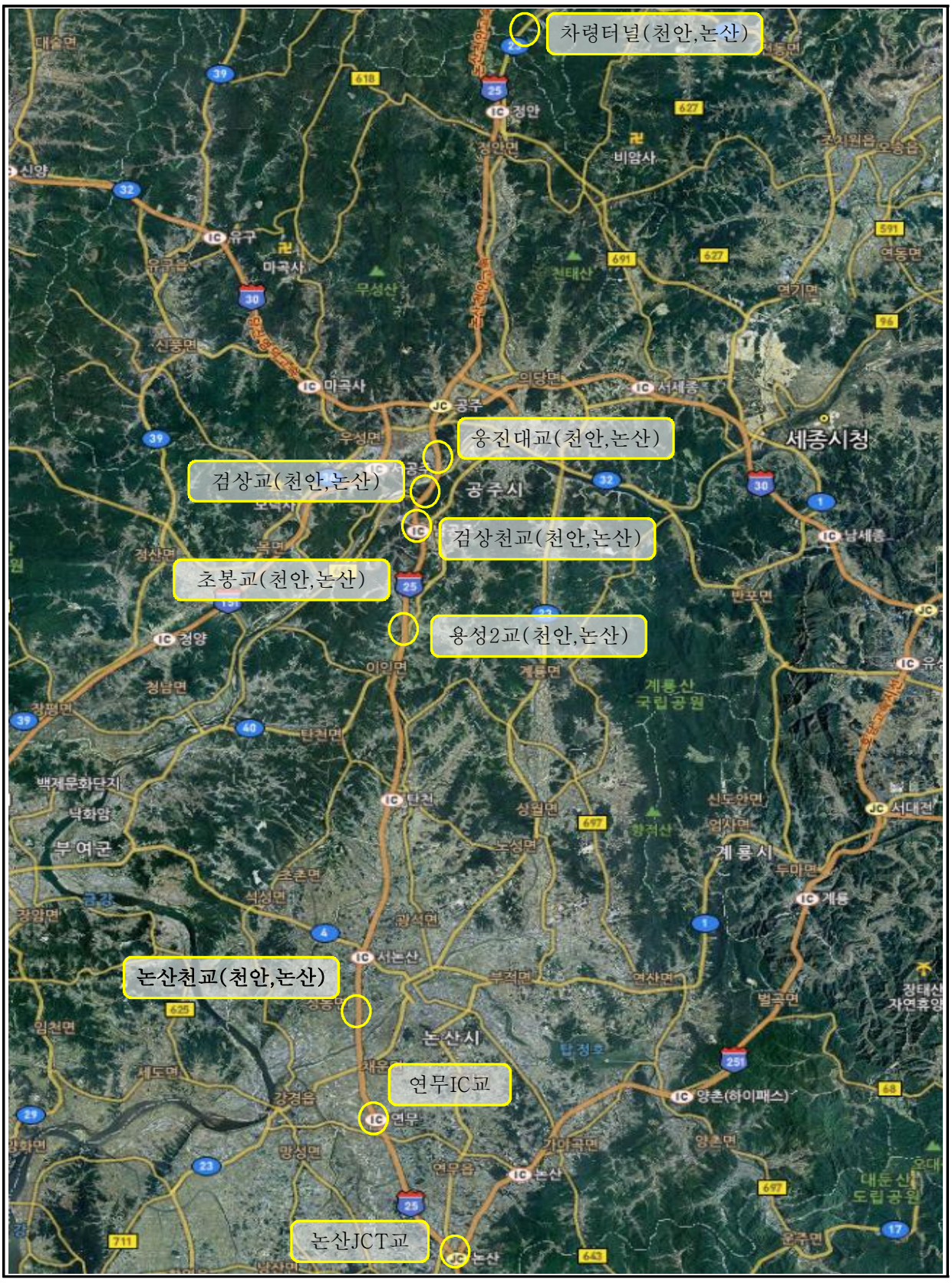
정밀안전진단 참여기술진(1)

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

정밀안전진단 참여기술진(2)

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

시설물의 위치도


차령터널(천안,논산)
웅진대교(천안,논산)
검상교(천안,논산)
검상천교(천안,논산)
초봉교(천안,논산)
용성2교(천안,논산)
논산천교(천안,논산)
연무IC교
논산JCT교
공주시
세종시청
계룡시
논산시
부여군
정안
유구
마곡사
공주
서세종
남세종
경양
서논산
연무
논산
양촌(하이패스)
계룡산 국립공원
백제문화단지
낙화암
대둔산 도립공원

○ 시설물 위치 : 충청남도 논산시 성동면 삼호리 (고속국도25호선 206.725km)

시설물의 전경사진(1)

상부전경

측면전경

시설물의 전경사진(2)

바닥판하면 및 거더 외부 전경

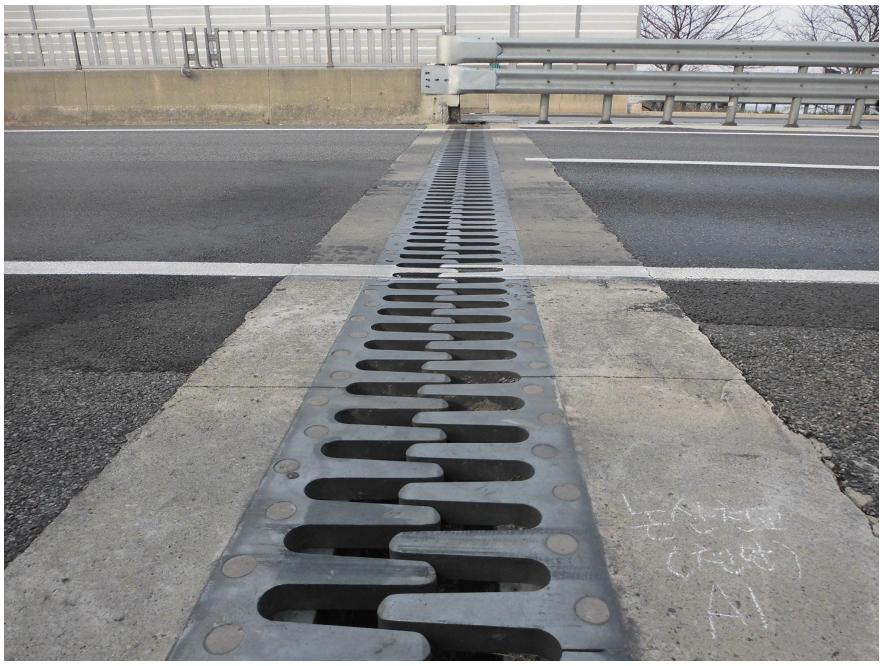
PSC BOX 내부 전경

시설물의 전경사진(3)

교대 전경(A1)

교각 전경(P6)

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) 보고서 작성

나. 수중점검 : 해당사항 없음

다. 과업기간

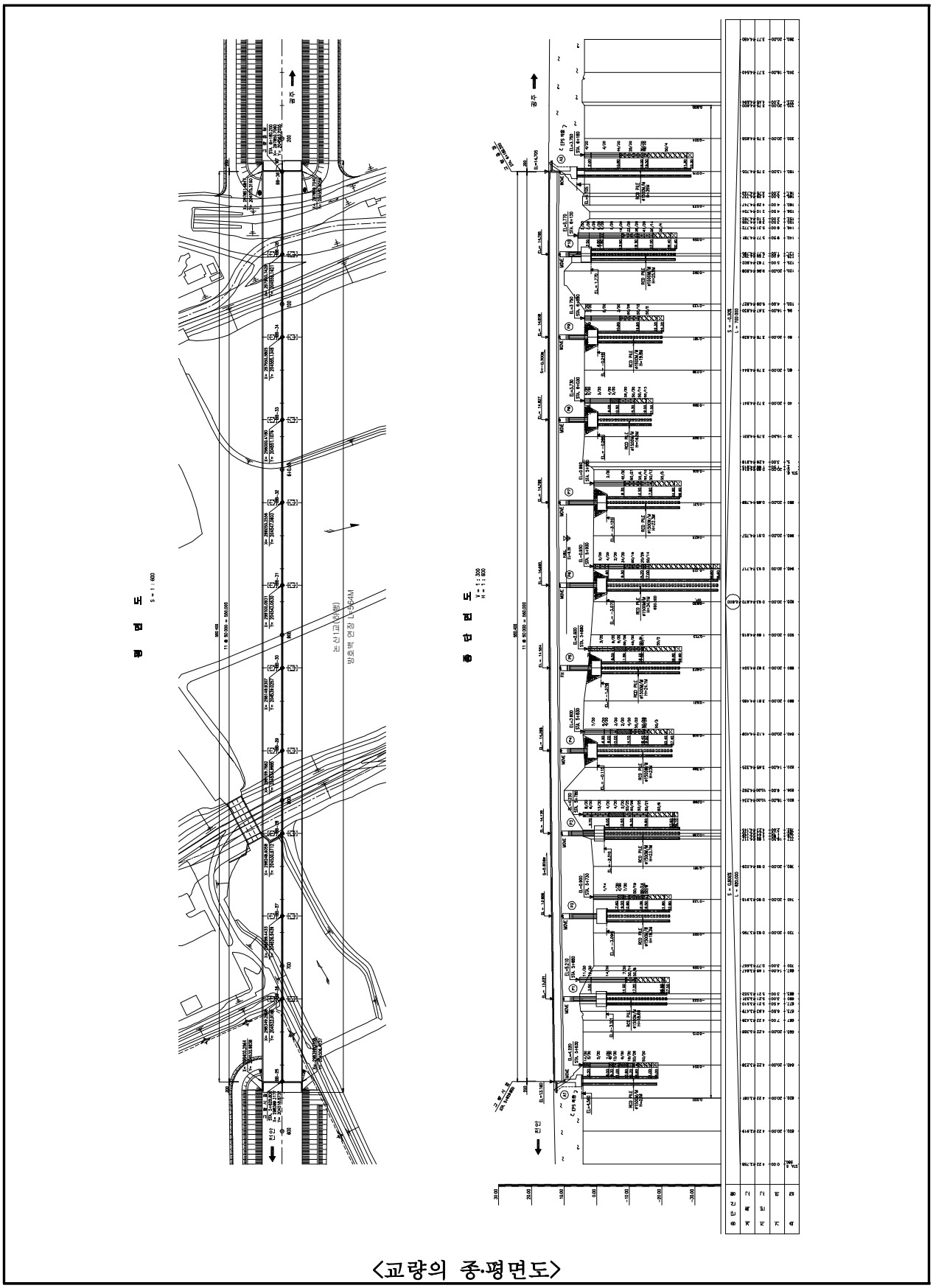
2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30(착수일로부터 255일간)

1.3 시설물의 개요

가. 시설물의 현황

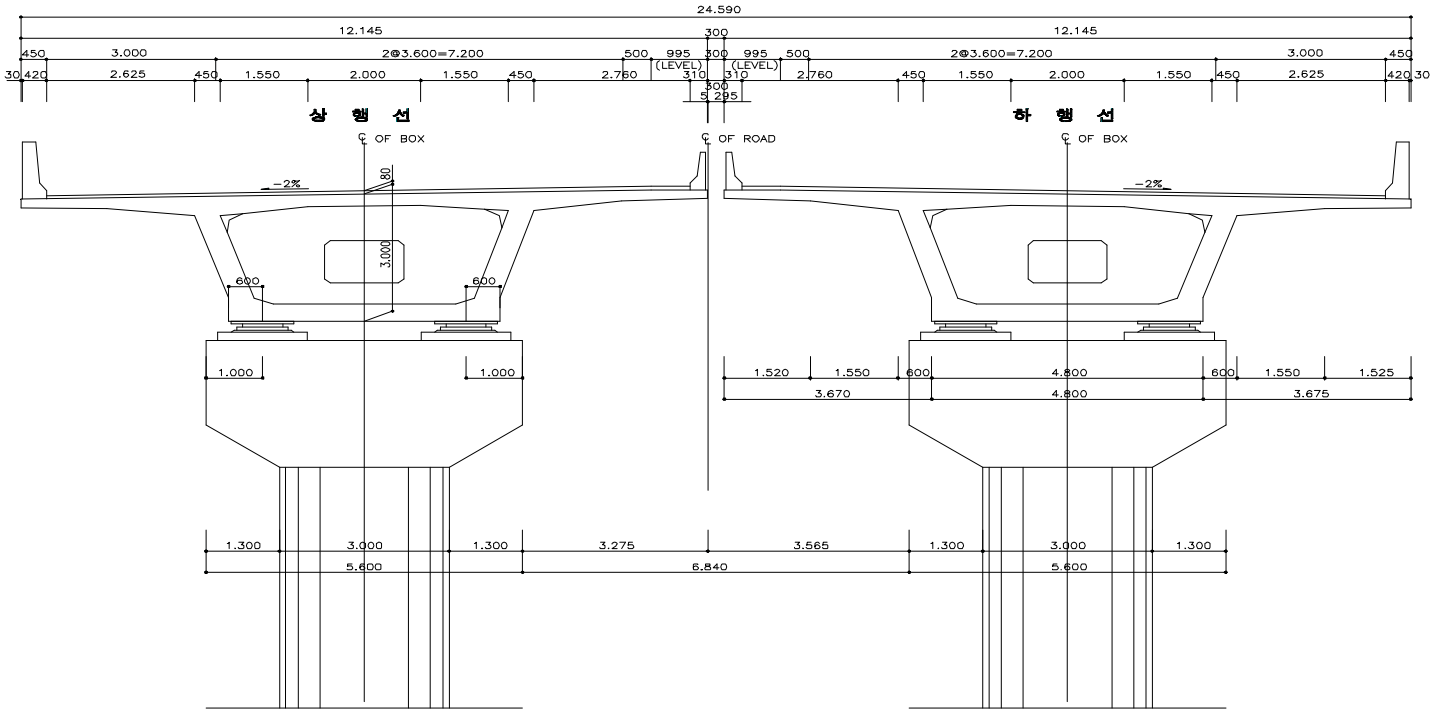
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>논산천교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2003-0001983</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월</td><td>2002년 12월 23일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>논산천안교량-07</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">충청남도 논산시 성동면 삼호리</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도25호선
(순천기점 206.725k)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=550.0m, (11@50=550.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=24.6m, 4차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상 부</td><td>PSC상자형교(PSCB)</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>RCD PILE</td></tr>
<tr><td>하 부</td><td>교대-역T형(RTA)
교각-라멘식(RAP)</td><td>교각</td><td>RCD PILE</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>LRB</td><td colspan="2">신축이음</td><td>FINGER JOINT</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>논산천</td><td colspan="2">교 고</td><td>6.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>금호엔지니어링(주)</td><td colspan="2">시 공 사</td><td>금호산업(주), 이수건설(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">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">- 평면형상 : 사각이 없는 직선교
- 중앙분리대 : 콘크리트
- 포장유형 : 아스팔트 포장
- 난간유형 : 콘크리트 방호벽</td></tr>
</table>

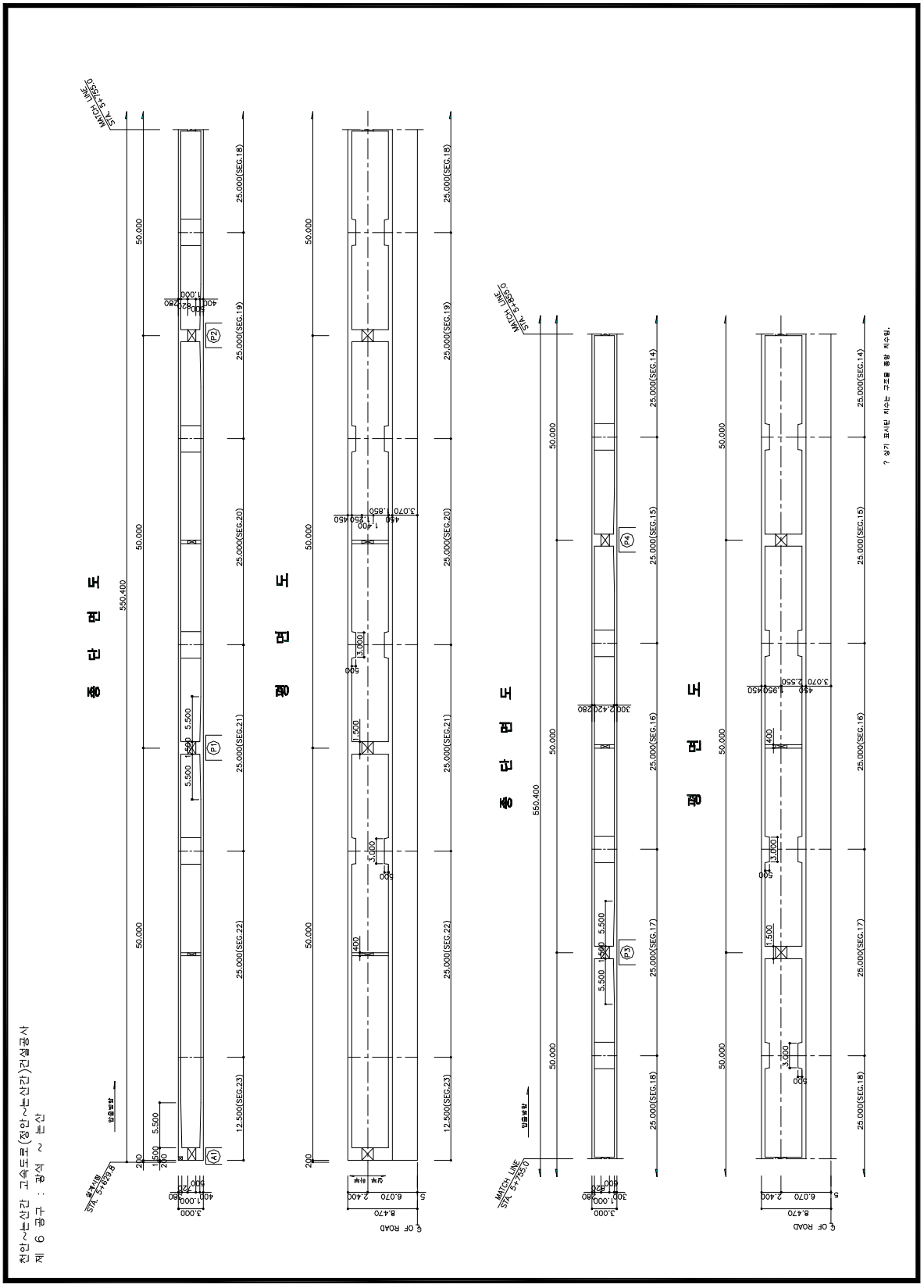
나. 시설물의 주요도면



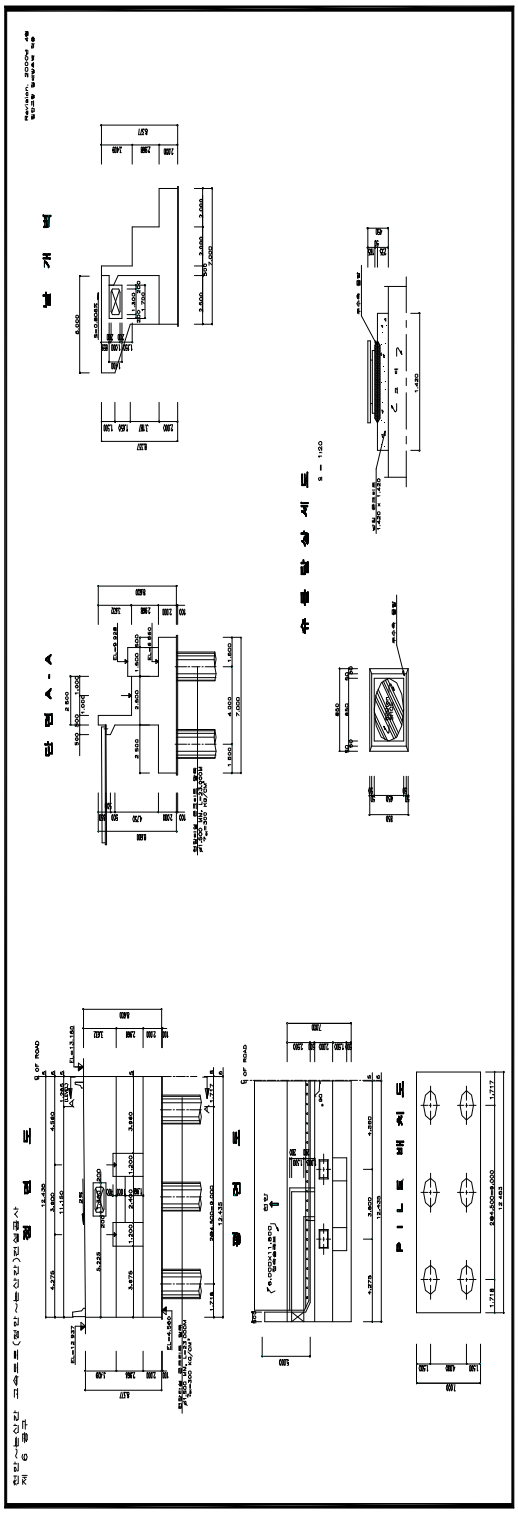
〈교량의 종·평면도〉

표 준 횡 단 면 도

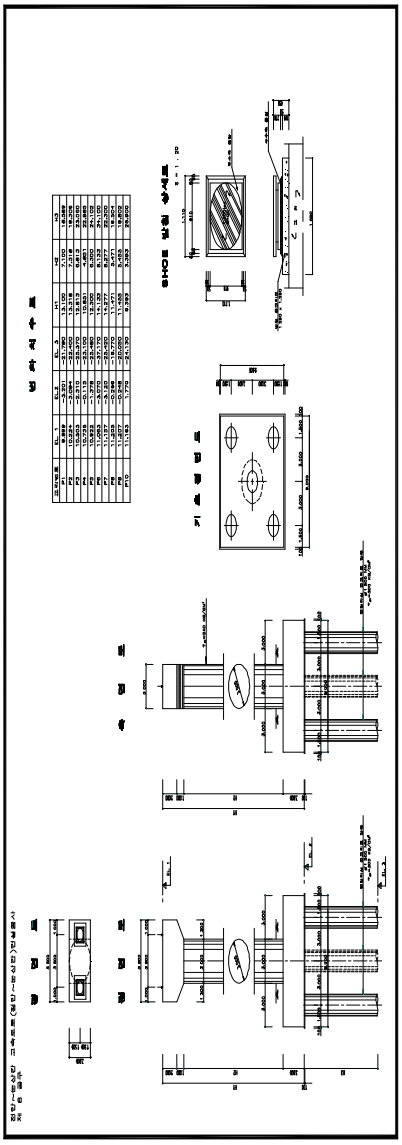

24.590
12.145
300
12.145
450
3.000
2@3.600=7.200
500
995
300
995
500
2@3.600=7.200
3.000
450
30
420
2.625
450
1.550
2.000
1.550
450
2.760
310
(LEVEL)
310
(LEVEL)
2.760
450
1.550
2.000
1.550
450
2.625
420
30
500
5.295
상 행 선
하 행 선
℄ OF BOX
℄ OF ROAD
℄ OF BOX
-2%
-2%
80
3.000
600
600
1.000
1.000
1.520
1.550
600
4.800
600
1.550
1.525
3.670
4.800
3.675
1.300
3.000
1.300
3.275
3.565
1.300
3.000
1.300
5.600
6.840
5.600


천안~논산간 고속도로(청안~논산간)건설공사
제 6 공구 : 광석 ~ 논산
종 단 면 도
평 면 도
종 단 면 도
평 면 도
MATCH LINE STA. 5+735.0
MATCH LINE STA. 5+735.0
STA. 5+735.0
STA. 5+735.0
? 상기 표시된 치수는 구조물 중량 치수임.

<상부구조 일반도>



〈교대 일반도〉



〈교각 일반도〉

2. 자료수집 및 분석

2.1 보수·보강 이력

일 자	내 용	물 량	비 고
04년 04월	교량받침 재도장	7개소	천안방향 : A1, P1, A2 논산방향 : A1, A2
09년 11월	방호울타리 균열보수 거더 출입문 재도장 교량받침 재도장	1개소 1개소 14개소	천안방향 S1 A1 A1-SH2
14년 07월	신축이음 교체 받침장치 재도장	2개소 -	A1, A2 -
15년 12월	신축이음 후타재 보수	2개소	A1, A2
16년 07월	배수관 교체	-	-

2.2 점검 및 진단이력

번호	구 분	점검/진단기간	점검/진단기관	주요점검/진단결과	상태등급
1	초기점검	2003.04	나우이엔씨(주)	전반적인 상태등급은 'A' 등급에 해당되며, 설계하중에 대한 단면력을 충분히 확보하고 있고 공용내하력도 설계내하력(DB-24) 이상이므로 적절한 보수와 향후유지관리가 이루어진다면 공용기간중 교량의 건전성과 사용성을 충분히 유지할 수 있을것으로 사료된다.	A
2	정기점검	2003.12	나우이엔씨(주)	향후 유지관리를 통한 관리와 손상부위의 내구성확보를 위한 보수가 이루어져야 할 것으로 사료된다.	-
3	정기점검	2004.6	(주)아워브레인	양호	-
4	정기점검	2004.12	(주)아워브레인	양호	-
5	정밀점검	2005.6	㈜한길종합엔지니어링	전반적으로 양호한 상태이며, 주요 및 보조부재 미세균열(0.1mm)등 경미한 손상에 대한 주의관찰, 교대측 공동구 균열 및 백태에 대한 보수가 필요한 상태임.	A
6	정기점검	2005.12	㈜한길종합엔지니어링	신축이음장치 연결부 누수로 인하여 교대부 체수 및 콘크리트 표면 변색이 조사되었으며, 받침콘크리트 박리 및 균열, 받침 고정볼트 체결 불량이 조사되었다. 또한 공동구 시공이음부 및 천정부에 건조수축 등으로 균열 및 누수,백태 등의 손상이 진전되고 있는 상태이다. 따라서 구조물의 유지관리를 위해 손상 발생부에 대하여는 보수를 실시하여 구조물의 유지관리에 만전을 기하여야 한다.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
7	정기점검	2006.6	(주)아워브레인	전반적으로 양호한 상태임.	-
8	정기점검	2006.12	(주)아워브레인	교량 전반에 공용년수 증가로 인하여 경미한 손상현황이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상현황으로는 주형 내부 바닥판하면에 종방향균열(Cw≤0.2mm), 공동구 균열 및 백태, 하부구조에 균열(Cw≤0.2mm) 및 체수, 받침장치 균열 및 국부적인 플레이트 부식, 교대 접속부 침하로 인한 점검계단 파손 현황이 발생한 상태이다. 기 발생된 손상현황은 구조적으로 큰 문제가 없는 것으로 사료되나, 구조물의 내구성 확보 차원의 보수가 필요하며, 현재 교대 접속부측에 침하가 장기간 진전중이므로 지속적인 관찰 및 유지관리가 필요하다.	
9	정밀점검	2007.6	(주)아워브레인	본 교량에 대한 상태등급 판정결과 상태평가 등급은 B등급으로 부재에 경미한 손상이 발생되었으나, 기능상에는 문제점이 없는 양호한 상태로서 일부 부재에 대한 보수가 필요한 상태인 것으로 평가되었다. 주요손상은 주형 균열, 하부구조 균열, 교좌장치 부식, 공동구 균열 및 백태, 점검로 볼트 누락 및 탈락등으로 일부부재에 대해서는 내구성 확보차원의 보수가 필요하며, 기타부재들에 대해서는 주의관찰이 필요하다.	B
10	정기점검	2007.12	(주)아워브레인	2007년 하반기 정기점검 결과, 교량 다수 부재에서 공용년수 증가로 인하여 경미한 손상현황이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상현황으로는 주형 내부 상부슬래브 균열, 외부 복부 및 하부슬래브 균열(폭 0.1~0.2mm) 및 들뜸, 공동구 균열 및 백태, 하부구조 균열(폭 0.1~0.2mm) 및 표면열화, 받침장치 무수축몰탈 균열 및 PLATE 부식, 교대 점검계단 침하 미치 이격, 점검로 볼트 누락 및 풀림 등의 현황이 발생한 상태이다. 기 발생된 손상현황은 구조적으로 큰 문제가 없는 것으로 사료되나, 구조물의 내구성 확보를 위한 일부 보수를 실시하며 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요하다.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
11	정기점검	2008.06	(주)아워브레인	2008년 상반기 정기점검 결과, 받침장치 부식부에 재도장이 실시된 상태이나, 공용년수 증가로 인하여 일부 부재에서 손상현황이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상현황으로는 주형 내부 상부슬래브 균열, 외부 복부 및 하부슬래브 균열(폭 0.1~0.2mm) 및 들뜸, 공동구 균열 및 백태, 하부구조 균열(폭 0.1~0.2mm) 및 표면열화, 받침장치 무수축몰탈 균열, 교대 점검계단 침하 및 이격, 점검로 볼트 누락 및 풀림 등의 현황이 발생한 상태이다. 기 발생된 손상현황은 구조적으로 큰 문제가 없는 것으로 사료되나, 구조물의 내구성 확보를 위한 일부 보수를 실시하며 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요하다.	-
12	정기점검	2008.12	(주)아워브레인	2008년 하반기 정기점검 결과, 받침장치 부식부에 재도장이 실시된 상태이나, 공용년수 증가로 인하여 일부 부재에서 손상현황이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상현황으로는 주형 내부 상부슬래브 균열, 외부 복부 및 하부슬래브 균열(폭 0.1~0.2mm) 및 들뜸, 공동구 균열 및 백태, 하부구조 균열(폭 0.1~0.2mm) 및 표면열화, 받침장치 무수축몰탈 균열, 신축이음 하부 지지대 볼트 탈락, 교대 점검계단 침하 및 이격, 점검로 볼트 누락 및 풀림 등의 현황이 발생한 상태이다. 기 발생된 손상현황은 전회와 비교시 진전은 미미한 상태이나, 구조물의 내구성 확보를 위하여 일부 보수를 실시하며, 지속적인 유지관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요하다.	-
13	정밀점검	2009.06	㈜한길종합 엔지니어링	전반적으로 상부구조 및 하부구조의 상태는 양호하나, 일부 국부적인 손상이 조사되어 내구성 측면에서의 보수가 필요하며, 신축이음장치에 대한 여유량 검토결과 신축장치의 수축여유량이 수축계산량 이하로 검토되어 주의관찰이 필요하며, 받침장치의 경우 기준온도 이상에서도 수축거동된 상태로 정기점검시 지속적인 관찰이 필요함.	B

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
14	정기점검	2009.12	㈜한길종합 엔지니어링	정기점검 결과, 대상 시설물의 상태는 '양호'인 것으로 판단되며 주요 손상으로는 PSC BOX 외부에 발생된 균열 및 박락, 하부구조에 발생된 균열(폭 0.3mm) 및 파손 등의 손상이 있으며, 신축이음장치의 간격조절장치 스프링 연결 볼트 탈락에 대한 조치가 필요하다. 그리고 받침장치의 경우 고정단(P5)을 중심으로 표준온도(15℃) 이상에서 수축방향으로 약 1~4.5cm의 편기량이 조사되었다. 특히 P2, P9지점에서 과다하게 편기가 발생한 상태이며, 건조수축 및 크리프의 영향으로 영구적인 수축변형이 발생된 것으로 판단되며, 정기점검시 지속적인 주의관찰을 실시토록 한다.	-
15	정기점검	2010.06	㈜한길종합 엔지니어링	정기점검 결과, 본 교량은 1종 교량시설물로써 점검일 현재 일부 손상에 대한 보수 등의 조치가 이뤄진 상태이다. 주요 손상으로는 배수시설 유공관 길이부족 및 배수관 연결고리 탈락, 주형 내·외부 균열, 하부구조 단면 파손 및 균열, 받침장치 무수축 몰탈 균열, 신축이음장치 볼트 탈락 등의 손상이 있다. 이 중에서 하자담보기간이 남아 있고 구조적으로 문제가 되지 않는 손상에 대하여는 추후 하자보수를 실시하는 것으로 하며, 신축이음장치 및 배수시설에 대한 교체 및 정비 등의 조치가 필요하다. 받침장치의 경우 편기량이 과다 측정되었지만 초기 건조수축 및 크리프의 영향으로 발생된 것으로 판단되며 전회차 와의 비교 검토에서 큰 변화는 없는 것으로 조사되었다. 추후 정기점검 등을 통하여 지속적인 주의관찰이 요구된다.	-
16	정기점검	2010.12	㈜한길종합 엔지니어링	2010년 하반기 점검결과, 전회 점검과 비교시 일부 부재에서 손상의 진전이 있는 것으로 조사되었다. 주요 손상으로는 교면포장 소성변형, PSC 거더 외부 및 내부 균열 및 백태, 하부구조 균열 및 파손, 신축이음장치 연결볼트 탈락, 교량받침 편기발생 등의 손상이 있다. 점검일 현재 구조물의 구조적인 안전에는 문제가 없으며, 공용중 내구성 증진을 위해 일부 손상에 대한 보수 및 교체 등의 조치가 필요하다. 추후 정기적인 점검 등을 통하여 지속적인 주의관찰을 실시한다.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
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. 본 시설물은 구조적인 안전성과 관련된 손상이 없는 양호한 상태로 일부 부재에 손상이 조사되어 내구성 측면에서의 보수가 필요하다. 발생된 주요 손상으로는 신축이음장치 여유량 부족, 바닥판 캔틸레버부 A2지점부에 균열, 하부구조 균열 등이다. 신축이음장치에 대한 여유량 검토결과 수축여유량이 부족한 것으로 검토되어 주의관찰이 필요하며, 바닥판하면 캔틸레버부의 균열은 내구성 저하 방지를 위한 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	정기점검 결과, 대상 시설물의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 양호한 상태이다. 전 회 점검 이후 신축이음 하부 볼트 탈락에 대한 전구간 보수가 실시된 상태이며, 현재 교량하부의 공사로 인해 일부 부재에 손상이 발생하여 주의관찰이 필요한 상태이다. 발생된 주요 손상으로는 교면포장 소성변형, PSC 주형 외부 및 내부 균열 및 백태, 하부구조 균열 및 파손, 교량받침 몰탈 균열 및 파손, 점검로 파손 등이 있다. 기 발생된 손상은 교량의 안전성에 큰 문제는 없으나, 내구성 저하방지를 위한 보수를 실시하고, 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.	-

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
19	정기점검	2012.06	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 '양호'한 상태로 판단된다. 다만, 유지관리차원에서 보수를 요하는 손상이 발생된 상태이다. 이전 점검이후 배수관 교체 및 교대벽체 균열보수, BOX내부 이물질 적치 정비가 실시된 상태이며, 발생된 주요 손상으로는 교면포장 아스콘 손상, PSC BOX 내·외부 균열, 하부구조 균열 등이다. 기 발생된 손상에 대해서도 내구성 저하방지를 위한 일부 보수를 실시하고 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 1등교로써의 교량의 기능발휘에 문제가 없을 것으로 판단된다.	-
20	정밀안전 진단	2013.06	(주)동우기술단	거더 균열, 박락, 재료분리, 파손, 교량받침부식, 받침콘크리트 및 받침모르타르 균열, 박락, 신축이음 하부 누수, 교대 및 교각 균열, 박락, 재료분리, 철근노출	C
21	정기점검	2013.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 '양호'한 상태로 판단된다. 다만, 신축이음의 하부 횡빔의 볼트가 풀리거나 파단되어 진동 및 소음이 발생되고 있어 볼트 풀림은 재체결을 실시하여 추가손상을 방지하여야 하며, 볼트파단은 재체결을 통한 보수가 불가하여 주의관찰후 신축이음의 교체시 일괄적인 보수가 필요하다. 또한 기 발생된 손상에 대해서도 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
22	정밀점검	2014.06	(주)아워브레인	정기점검 결과 조사된 주요 손상으로는 교면포장의 국부적인 파손, 망상균열, 바닥판 및 거더, 하부구조의 0.3㎜균열 등이 조사되었다. 상기 손상의 경우 발생범위, 위치 등 을 감안할 때 비구조적 손상으로 판단되며 내구성확보 차원의 보수가 일부 필요하고 향후 손상진전에 대한 지속적인 점검이 요망된다.	B
23	정기점검	2014.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 전반적인 시설물의 안전성에 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다. 기 발생된 주요 손상 중 바닥판 및 교대 등의 균열에 대한 보수를 실시하는 것이 필요하며 그 외 발생된 일반적인 손상은 발생부위가 국부적이며 표면적인 것으로 판단되며 효율적인 유지관리를 위하여 지속적인 관찰 후 진전이 확인될시 보수를 고려하는 바람직하다.	-
24	정밀점검	2015.06	(주)동우기술단	논산천교에 대한 정밀점검 결과 본 구조물은 주요부재 및 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B” 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 이전 점검 이후 바닥판, 거더, 하부구조에서 균열 및 열화손상, 배수구막힘이 일부 신규로 조사되었으며, 발생한 손상들은 구조물의 안전성에는 영향을 미치지 않는 비구조적 손상으로 판단된다. 조사된 손상중 배수구 막힘은 교면포장에 체수를 유발 하여 통행량의 안전성저하의 원인이 될 수 있으므로 청소가 필요하며 기타 손상의 경우 진전여부를 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.	B
25	정기점검	2015.12	(주)동우기술단	정기점검결과 조사된 손상은 대부분이 기존에 발생된 것으로서 일부 손상은 보수가 실시되었으며 기존 손상의 진전은 미미한 상태이다. 발생된 손상은 시급한 보수가 필요하지 않으며 전반적인 교량의 안전성에 문제가 될 만한 손상은 조사되지 않았다. 이에 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. 주요 손상으로는 바닥판하면 균열, 거더 내,외부 균열 및 들뜸, 하부구조 균열, 배수구 막힘 등이 조사되었다. 기 발생된 손상은 이전 점검과 비교시 진전은 미미한 상태이나, 유지관리차원에서 보수를 요하는 손상이 일부 발생된 상태이다. 또한, 주기적인 점검을 통해 손상의 진전유무 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 점검이후 일부 부재에 발생된 손상에 대한 보수가 시행되었으며, 주요 손상으로는 바닥판하면 균열, 거더 내.외부 균열 및 들뜸, 하부구조 균열, 배수구 막힘 등이 조사되었다. 기 발생된 손상은 이전 점검과 비교시 진전은 미미한 상태이나, 내구성 저하방지차원에서 보수를 요하는 손상이 발생된 상태이다. 또한, 주기적인 점검을 통한 지속적인 유지관리가 필요하다.	-
28	정밀점검	2017.06	(주)아워브레인	논산천교에 대한 정밀점검 결과 본 구조물은 주요부재 및 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 저하방지를 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B” 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 점검결과 포장면은 국부적 보수가 수행되었으며 일부 길어깨부에 균열 등의 손상이 조사되었다. 거더 및 바닥판에 발생된 손상은 선별적 보수가 이루어졌으며 기존 점검자료와 비교해 볼 때 주요 진행사항은 없는 것으로 파악되었다. 주요 발생된 손상으로는 거더 내부 종방향 균열(균열폭 0.1㎜) 및 종방향 이음부의 균열 등이다. 연단거리, 신축이음장치 신축유간 여유량 검토결과 문제점은 없었으며 교량받침 이동량 또한 허용 받침량 이내로 가동상태는 양호한 것으로 평가되었다. 부재별 반발경도법에 의한 콘크리트 강도시험을 실시한 결과 콘크리트 부재의 강도상의 문제점은 없었으며 탄산화 깊이를 측정한 결과 또한 탄산화 잔여깊이가 30㎜ 이상으로 탄산화에 의한 성능저하 및 부식의 발생위험은 없는 것으로 나타났다.	B

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 상태로 판단된다. 주요 손상으로는 바닥판하면 균열, 망상균열, 거더 내,외부 균열, 하부구조 균열, 배수구 막힘 등의 손상이 국부적으로 조사되었다. 기 발생된 손상은 이전 점검과 비교시 진전은 미미한 상태이나, 내구성 저하방지차원에서 보수를 요하는 손상이 발생된 상태이다. 또한, 주기적인 점검을 통한 지속적인 유지관리가 필요하다.	-

2.3 자료수집 및 분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 천안-논산간 고속도로 건설공사 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	◇15년간 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		• 거더 내부 상부측에 종방향 균열 다수 발생 • 켄틸레버 배수관 주변 백태 및 망상균열 발생	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함 • 배수구와 바닥판 이음부에서 우수유입에 의한 손상으로 진행은 없는 상태지만 미관 및 내구성 증대를 위하여 보수가 필요함
거더	내부	• 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 복부 및 격벽에 국부적으로 균열이 발생	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함
	외부	• 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 복부 및 하부에 국부적으로 균열이 발생	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함
교대		• 폭 0.3㎜ 미만 수직균열 • 신축이음부 누수에 의한 누수흔적 • 공동구 내부에 백태 및 철근노출 발생	• 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼태 시공초기 건조수축에 의한 손상이며 지속적인 주의관찰이 필요함 • 누수흔적 및 공동구 내부 손상은 경미한 상태로써 주의관찰이 필요함
교각		• 폭 0.3㎜ 미만 균열과 망상균열	• 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열로 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보차원의 보수 필요함
교량받침		• 받침콘크리트 폭 0.3㎜ 미만의 균열 • 받침 부식, 볼트 풀림 • 받침콘크리트 박락, 파손	• 시공초기 건조수축 균열로서 지속적인 관찰이 필요 • 받침 가동에는 문제가 없는 상태로 받침 본체에 발생한 손상에 대해서 주의관찰이 필요

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
신축이음	• 손상이 발생되지 않은 양호한 상태	-
교면포장	• 아스콘 패임 및 균열, 침하 발생	• 차량의 반복하중에 의해 발생한 손상으로 경미한 상태로 조사되어 주의관찰이 필요
배수시설	• 배수구 이물질 퇴적	• 주기적 청소 및 유지관리가 필요
난간 (방호벽)	• 균열 및 균열부 백태 발생 • 긁힘 및 박리, 파손	• 시공초기 건조수축 균열로서 지속적인 관찰이 필요 • 교량의 안전성 및 차량의 주행 안전성에 별다른 영향을 미치지 않는 손상이므로, 지속적인 관찰이 필요

나. 논산방향

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판		• 거더 내부 상부측에 종방향 균열 다수 발생 • 켄틸레버 배수관 주변 백태 및 망상균열 발생 • 보수재 박리	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함 • 배수구와 바닥판 이음부에서 우수유입에 의한 손상으로 진행은 없는 상태지만 미관 및 내구성 증대를 위하여 보수가 필요함 • 공용중 노후화로 인한 손상으로 경미한 상태이며 지속적인 관찰이 필요
거더	내부	• 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 복부 및 격벽에 국부적으로 균열이 발생	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함
	외부	• 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 복부 및 하부에 국부적으로 균열이 발생	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함
교대		• 폭 0.3㎜ 미만 수직균열 • 신축이음부 누수에 의한 누수흔적 • 공동구 내부에 백태 및 이음부 누수흔적 발생	• 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼태 시공초기 건조수축에 의한 손상이며 지속적인 주의관찰이 필요함 • 누수흔적 및 공동구 내부 손상은 경미한 상태로써 주의관찰이 필요함

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교각	• 폭 0.3㎜ 미만 균열과 망상균열	• 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열로 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보차원의 보수 필요함
교량받침	• 받침콘크리트 폭 0.3㎜ 미만의 균열 • 받침 부식, 볼트 풀림 • 받침콘크리트 박락	• 시공초기 건조수축 균열로서 지속적인 관찰이 필요 • 받침 가동에는 문제가 없는 상태로 받침 본체에 발생한 손상에 대해서 주의관찰이 필요
신축이음	• 후타재 균열 발생	• 시공초기 건조수축 균열로서 지속적인 관찰이 필요
교면포장	• 잡철물 삽입 발생	• 초기 발생한 손상으로 경미한 상태로 조사되어 주의관찰이 필요
배수시설	• 배수구 막힘	• 주기적 청소 및 유지관리가 필요
난간 (방호벽)	• 균열 및 균열부 백태 발생 • 긁힘 및 박리, 파손	• 시공초기 건조수축 균열로서 지속적인 관찰이 필요 • 교량의 안전성 및 차량의 주행 안전성에 별다른 영향을 미치지 않는 손상이므로, 지속적인 관찰이 필요

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">상부구조</td><td>반발경도</td><td>36.1～49.1</td><td rowspan="2">40.0</td><td rowspan="4">■ 설계기준강도의 90%를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>37.6～51.0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부구조</td><td>반발경도</td><td>23.0～26.5</td><td rowspan="2">24.0</td></tr>
<tr><td>초음파</td><td>22.3～34.9</td></tr>
<tr><td rowspan="4">철근탐사
(㎜)</td><td rowspan="2">상부구조</td><td>배근간격</td><td>105～135</td><td>125.0</td><td rowspan="4">■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>36～55</td><td>37.5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부구조</td><td>배근간격</td><td>275～305</td><td>300</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>89～107</td><td>92.0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="2">상부구조</td><td colspan="2">36.0～41.0</td><td rowspan="2">■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td colspan="2">36.0～92.0</td></tr>
<tr><td>염화물
함유량시험
(kg/㎥)</td><td colspan="2">상부, 하부구조</td><td colspan="2">0.129～0.212</td><td>■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.</td></tr>
<tr><td>균열깊이
(㎜)</td><td colspan="2">상부, 하부구조</td><td colspan="2">14.80~15.20</td><td>■ 철근피복두께를 초과하지 않은 상태로 분석됨.</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 a등급으로 평가되었으므로, 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.</td></tr>
</table>

나. 논산방향

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	반발경도	36.4～48.5	40.0	■ 설계기준강도의 90%를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	37.2～47.1		
	하부구조	반발경도	23.4～26.2	24.0	
		초음파	25.9～33.2		
철근탐사 (㎜)	상부구조	배근간격	110～135	125.0	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	38～47	37.5	
	하부구조	배근간격	275～310	300	
		피복두께	89～107	92.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		34.5～42.1		■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		32.2～90.5		
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부, 하부구조		0.110～0.155		■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.
균열깊이 (㎜)	상부구조		4.40~14.90		■ 철근피복두께를 초과하지 않은 상태로 분석됨.
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 a등급으로 평가되었으므로, 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.				

4. 시설물의 상태평가

4.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 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	PSC I	b	b	b	a	b	b	a	b	b	q	a	a	a	a
2	PSC I	b	b	b	a	a	b	×	b	b	q	a	a	-	a
3	PSC I	b	c	b	a	a	c	×	b	b	q	-	-	-	-
4	PSC I	b	b	b	a	a	b	×	b	b	q	-	-	-	-
5	PSC I	b	b	b	a	a	a	×	b	b	q	a	-	-	-
6	PSC I	c	b	c	b	a	c	×	b	b	q	a	-	-	-
7	PSC I	c	b	b	a	a	c	×	b	b	q	-	-	-	-
8	PSC I	b	b	b	a	a	c	×	b	b	q	-	-	-	-
9	PSC I	b	b	b	a	a	b	×	b	b	q	-	-	-	-
10	PSC I	b	b	b	a	a	b	×	b	b	q	-	-	-	-
11	PSC I	b	b	b	b	a	c	a	b	b	q	-	a	-	-
									b	b	q		-		-
평균		0.236	0.209	0.218	0.118	0.109	0.282	0.100	0.200	0.200	0.000	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치합		0.043	0.042	0.011	0.008	0.003	0.006	0.009	0.018	0.040	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001

결함도 범위 : 0.130 ≤ **결함도 지수(0.188)** ≤ 0.260

0.188
B

나. 논산방향

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	PSC I	b	a	b	b	b	b	b	a	c	q	a	a	a	a
2	PSC I	a	a	b	a	a	b	×	b	b	q	a	a	-	a
3	PSC I	b	a	a	a	a	b	×	c	c	q	-	-	-	-
4	PSC I	b	b	a	a	a	b	×	b	b	q	-	-	-	-
5	PSC I	b	a	b	a	a	b	×	b	b	q	a	-	-	-
6	PSC I	b	b	b	a	a	c	×	b	b	q	a	-	-	-
7	PSC I	c	b	b	a	a	c	×	b	b	q	-	-	-	-
8	PSC I	b	b	b	a	a	b	×	b	b	q	-	-	-	-
9	PSC I	b	b	b	a	a	b	×	b	b	q	-	-	-	-
10	PSC I	b	a	c	a	a	c	×	b	b	q	-	-	-	-
11	PSC I	b	b	b	a	a	b	a	b	b	q	-	a	-	-
									b	c	q		-		-
평균		0.209	0.155	0.173	0.109	0.109	0.255	0.150	0.208	0.250	0.000	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치합		0.038	0.031	0.009	0.008	0.003	0.005	0.014	0.019	0.050	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001

결함도 범위 : 0.130 ≤ **결함도 지수(0.182)** ≤ 0.260

0.182
B

5. 안전성평가

5.1 PSC박스 거더 (허용응력설계법)

조합 케이스	허용응력	S1 지점부(P1)		S10 지점부(P9)		S1 중앙부		S10 중앙부	
		합응력	S.F	합응력	S.F	합응력	S.F	합응력	S.F
1	16.000	13.630	1.174	12.420	1.288	9.984	1.603	8.568	1.867
2	16.000	13.630	1.174	12.420	1.288	9.985	1.602	8.568	1.867
3	18.400	13.580	1.355	12.330	1.492	9.914	1.856	8.497	2.165
4	18.400	13.580	1.355	12.330	1.492	9.915	1.856	8.497	2.165
5	18.400	13.720	1.341	12.450	1.478	10.040	1.833	8.632	2.132
6	18.400	13.720	1.341	12.450	1.478	10.040	1.833	8.632	2.132
7	18.400	13.580	1.355	12.330	1.492	9.914	1.856	8.497	2.165
8	18.400	13.580	1.355	12.330	1.492	9.914	1.856	8.497	2.165
9	18.400	13.720	1.341	12.450	1.478	10.040	1.833	8.632	2.132
10	18.400	13.720	1.341	12.450	1.478	10.040	1.833	8.632	2.132
최소 안전율			1.174		1.288		1.602		1.867

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{16.000}{13.630} = 1.174 \qquad 『A』$$

5.2 PSC박스 거더 (강도설계법)

위 치	Mu (kN·m)	ΦMn (kN·m)	안전율
외측경간 지점부 P10, 130요소	-93133.98	140608.52	1.510
외측경간 중앙부 S1, 6요소	88223.25	137248.36	1.556
내측경간 지점부 P8, 117요소	-80843.88	124723.65	1.543
내측경간 중앙부 S2, 20요소	59490.89	137248.36	2.307

위 치(경간위치, 부재번호)	Vu (kN)	ΦVn (kN)	안전율
외측경간 최대 (P1, 12)	12246.14	12513.63	**1.022**
내측경간 최대 (P2, 25)	10697.92	11995.47	1.121

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u} = \frac{140608.52}{93133.98} = 1.510 \qquad 『A』$$

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi V_n}{V_u} = \frac{12513.63}{12246.14} = 1.022 \qquad 『A』$$

5.3 횡방향검토 (강도설계법)

부 재	A_s	M_u (kN・m)	ΦM_n (kN・m)	안전율
캔틸레버부 단부	H25 @125	331.25	419.75	**1.267**
내부슬래브 중앙부	H19 @125	77.80	168.73	2.169

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u} = \frac{419.75}{331.25} = 1.267 \qquad 『A』$$

5.4 하부구조 (강도설계법)

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi P_n}{P_u} = \frac{78262.938}{24987.698} = 3.132 \qquad 『A』$$

6. 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가 결과

가. 천안방향

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S・F	기준	
논산천교	0.188	B	1.022(거더)	A	B
종합평가	• 논산천교의 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 논산천교는 “B”로 평가됨				

나. 논산방향

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S・F	기준	
논산천교	0.182	B	1.022(거더)	A	B
종합평가	• 논산천교의 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 논산천교는 “B”로 평가됨				

6.2 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	논산천교	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(0.3㎜미만)	표면보수	2,710.40	1,016.40	㎡	50	50,820	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	4.50	1.69	㎡	75	127	2
		망상균열	표면보수	1.35	2.03	㎡	50	101	3
		백태	표면보수	4.35	6.53	㎡	50	327	3
거더	내부	균열(0.3㎜미만)	표면보수	266.47	99.93	㎡	50	4,997	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	0.70	0.26	㎡	75	20	2
		망상균열	표면보수	1.00	1.50	㎡	50	75	3
	외부	균열(0.3㎜미만)	표면보수	44.00	16.50	㎡	50	825	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	1.90	0.71	㎡	75	53	2
		들뜸	단면보수	0.26	0.39	㎡	230	90	3
하부구조	교대	균열(0.3㎜미만)	표면보수	13.00	4.88	㎡	50	244	3
		계단변형	주의관찰	1.00	1.00	ea	-	-	-
		도수로파손	주의관찰	0.18	0.27	㎡	-	-	-
		박리	단면보수	0.80	1.20	㎡	230	276	3
		백태	표면보수	1.98	2.97	㎡	50	149	3
		식생	주의관찰	14.00	21.00	㎡	-	-	-
		실런트 파손	주의관찰	6.00	9.00	m	-	-	-
		누수흔적	주의관찰	0.10	0.15	㎡	-	-	-
		이음부 누수흔적	주의관찰	1.00	1.00	ea	-	-	-
		철근노출	단면보수(방청)	0.25	0.38	㎡	250	95	2
		표면열화	표면보수	3.60	5.40	㎡	50	270	3
	교각	균열(0.3㎜미만)	표면보수	50.60	18.98	㎡	50	949	3
		망상균열	표면보수	2.00	3.00	㎡	50	150	3
		박락	단면보수	0.09	0.14	㎡	230	32	3
		긁힘	단면보수	0.72	1.08	㎡	230	248	3
		점검로 볼트탈락	볼트 재결합	7.00	7.00	ea	100	700	3
		점검로 지지대파손	지지대 보수	1.00	1.00	ea	200	200	3
		표지판 탈락	주의관찰	2.00	2.00	ea	-	-	-

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
교량받침	균열(0.3㎜미만)	표면보수	20.90	7.84	㎡	50	392	3
	받침부식	재도장	7.00	7.00	ea	45	315	3
	받침콘크리트 박락	단면보수	0.85	1.27	㎡	230	292	3
	받침콘크리트 파손	단면보수	0.02	0.03	㎡	230	7	3
	고정볼트 풀림	주의관찰	12.00	12.00	ea	-	-	-
교면포장	아스콘 패임	주의관찰	0.10	0.15	㎡	-	-	-
	아스콘 균열 및 침하	주의관찰	7.00	10.50	m	-	-	-
배수시설	배수구 이물질퇴적	청소	1.00	1.00	ea	10	10	3
난간 및 연석	균열(0.3㎜미만)	표면보수	8.90	3.34	㎡	50	167	3
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	6.10	2.29	㎡	75	172	3
	균열부 백태(0.3㎜미만)	표면보수	1.30	0.49	㎡	50	25	3
	균열부 백태(0.3㎜이상)	주입보수	2.00	0.75	㎡	75	56	3
	방음벽 부식	주의관찰	3.22	4.83	㎡	-	-	-
	긁힘	단면보수	1.10	1.65	㎡	230	380	3
	박리	단면보수	0.04	0.06	㎡	230	14	3
	파손	단면보수	0.88	1.32	㎡	230	304	3
	철근부식	단면보수(방청)	3.90	5.85	㎡	250	1,463	3

순공사비 합계(천원)		63,345,000원
제경비(순공사비×50%)		32,173,000원
순위별 공사비 (제경비 포함)	1순위	-
	2순위	443,000원
	3순위	96,075,000원
유지보수 개략공사비 총계		96,518,000원

※ 순공사비는 부대공(교통통제 및 고소장비 등)을 포함한 개략공사비 합산금액이며, 부대비용은 현장여건에 따라 금액이 변경될 수 있음.
※ 유지보수 개략공사비 총계는 부대공을 포함하여 합산한 금액임.
※ 면적환산 = 균열보수(0.3㎜미만) : L(길이) × 0.25m(폭)
※ 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(0.3㎜미만)	표면보수	1,386.80	520.05	㎡	50	26,002	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	0.30	0.11	㎡	75	8	2
		누수흔적	주의관찰	0.01	0.02	㎡			-
		망상균열	표면보수	10.80	16.20	㎡	50	810	3
		박리	단면보수	2.25	3.38	㎡	230	777	3
		박락	단면보수	0.08	0.12	㎡	230	28	3
		백태	표면보수	10.36	15.54	㎡	50	777	3
거더	내부	균열(0.3㎜미만)	표면보수	60.60	22.73	㎡	50	1,137	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	0.70	0.26	㎡	75	20	2
		망상균열	표면보수	0.80	1.20	㎡	50	60	3
	외부	균열(0.3㎜미만)	표면보수	61.70	23.14	㎡	50	1,157	3
		망상균열	주입보수	2.00	0.75	㎡	50	38	3
하부구조	교대	균열(0.3㎜미만)	표면보수	10.90	4.09	㎡	50	205	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	1.80	0.68	㎡	75	51	2
		망상균열	표면보수	10.9	1.00	㎡	50	50	3
		누수흔적	주의관찰	0.40	0.60	㎡			-
		백태	표면보수	0.72	1.08	㎡	50	54	3
		보수부 들뜸	주의관찰	0.10	0.15	㎡			-
		보수재 박리	주의관찰	0.64	0.96	㎡			-
		식생	주의관찰	14.00	21.00	㎡			-
		이음부 누수흔적	주의관찰	2.00	2.00	ea			-
		표면열화	표면보수	1.20	1.00	㎡	50	50	3
	교각	균열(0.3㎜미만)	표면보수	70.70	26.51	㎡	50	1,326	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	0.30	0.11	㎡	75	8	2
		망상균열	표면보수	2.25	0.84	㎡	50	42	3
		박락	단면보수	0.01	0.02	㎡	230	5	3
		마감불량	주의관찰	2.00	3.00	㎡			-
		점검로 지지대파손	지지대 보수	1.00	1.00	ea	200	200	3
교량받침		균열(0.3㎜미만)	표면보수	17.70	6.64	㎡	50	332	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	0.60	0.22	㎡	75	17	3
		받침부식	재도장	5.00	5.00	ea	45	225	3
		받침콘크리트 박락	단면보수	0.01	0.02	㎡	230	5	3
		도장박리	재도장	0.08	0.12	㎡	45	5	3
		고정볼트 풀림	주의관찰	13.00	13.00	ea			-

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
신축이음	후타재균열(0.3㎜미만)	표면보수	0.30	0.11	㎡	50	6	3
교면포장	잡철물 삽입	주의관찰	0.01	0.02	㎡			-
배수시설	배수구 막힘	청소	1.00	1.00	ea	10	10	3
난간 및 연석	균열(0.3㎜미만)	표면보수	24.10	9.04	㎡	50	452	3
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	8.80	3.30	㎡	75	248	3
	재료분리	표면보수	10.15	15.23	㎡	50	762	3
	긁힘	단면보수	3.56	5.34	㎡	230	1,228	3
	박락	단면보수	3.22	4.83	㎡	230	1,111	3
	파손	단면보수	0.12	0.18	㎡	230	41	3
	철근노출	단면보수(방청)	0.02	0.03	㎡	250	8	3
	철근부식	단면보수(방청)	0.10	0.15	㎡	250	38	3
	방음벽 파손	주의관찰	0.30	0.45	㎡			-
순공사비 합계(천원)							37,293,000원	
제경비(순공사비×50%)							18,647,000원	
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위						
		2순위					54,000원	
		3순위					55,886,000원	
유지보수 개략공사비 총계							55,940,000원	

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

7.2 유지관리방안

부재구분	중 점 점 검 내 용
바닥판	• 폭 0.1~0.3㎜ 균열, 망상균열 • 배수구 주변 백태 추가 손상 발생 여부 중점관찰
거더	• 내 · 외부 폭 0.1~0.3㎜ 균열 • 받침부 들뜸 진전 여부
교대	• 신축이음 누수에 따른 2차 손상 발생 여부 • 공동구 내부 백태 및 철근노출, 보수부 박리 진전 여부
교각	• 폭 0.1~0.2㎜ 균열 • 점검로 볼트탈락, 지지대 파손 진전 여부
교량받침	• 폭 0.1㎜ 균열 • 받침부식, 및 받침콘크리트 박락, 파손 진전 여부
신축이음장치	• 손상발생 여부
교면포장	• 포장부 패임 및 균열 진전 여부
배수시설	• 배수구 막힘에 따른 체수 발생 여부
난간 및 연석	• 방호울타리 균열 및 균열부 백태 진전 여부 • 방음벽 부식 및 파손 진전 여부

8. 종합결론

논산천교(천안, 논산)는 논산천안고속도로(이정 : 206.7㎞)에 위치하며 2002년 12월에 준공된 교량이다. 행정구역상으로 충청남도 논산시 성동면 삼호리에 위치하고 교량 하부로는 논산천이 통과하고 있다.

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

가. 현장조사 결과

○ 상부구조인 바닥판과 거더 내·외부는 구조적인 손상 및 결함이 없는 양호한 상태를 확보하고 있으며, 외관조사 결과 전 구간에 걸쳐 폭 0.1~0.3㎜의 균열이 발생한 상태이다. 조사된 손상은 내구성 확보 및 손상 진전 방지를 위한 적절한 보수가 요구되며, 보수 후에도 보수부의 재손상 발생여부를 주기적으로 점검하는 것이 바람직하다.

○ 교대 및 교각에 발생한 수직균열은 폭 0.1~0.3㎜의 균열로서 이는 건조수축 및 온도균열 등에 의한 것으로서 횡방향 균열 등과 같은 구조적 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다. 기타 경미한 백태, 박리, 박락, 파손, 철근노출, 신축이음부 누수에 의한 누수흔적 등이 발생하였으며, 기 손상부는 주의관찰 후 손상의 진전시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

○ 교량받침의 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며 일부 신축이음 누수에 따른 부식, 건조수축에 의한 받침콘크리트 균열 등이 발생한 상태이다. 발생한 손상에 대하여 적절한 보수를 통한 유지관리가 바람직할 것이다.

○ A1과 A2에 강 FINGER 형식으로 설치된 신축이음 장치는 본체에 손상이 발생되지 않는 양호한 상태로 조사되었으며 지속적인 유지관리가 요구된다.

○ 교면포장은 패임 및 균열이 일부 발생하였으나 전반적으로 양호한 상태이며, 추 후 점검을 통한 손상의 발생여부 파악 등의 유지관리가 필요하다.

○ 배수시설은 막힘이 1개소 발생하였으나 전반적으로 양호한 상태이며, 주기적인 청소를 통한 유지관리를 실시하여 현 상태를 유지하는 것이 바람직하다.

○ 방호울타리의 외관조사 결과, 균열, 균열부 백태, 긁힘, 박리, 박락, 파손, 철근노출, 방음벽 부식 등의 손상이 조사되었으며, 균열(폭 0.3㎜이상)부는 손상의 진전 방지를 위한 주입보수를, 그 외 기 손상부는 주의관찰 후 손상의 진전시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직하다.

나. 시험 및 측정 결과

○ 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도의 90%를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가되었다.

○ 철근탐사결과, 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사한 것으로 분석되었다.

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

○ 염화물 함유량의 경우 a등급으로 평가되었으므로, 염화물에 의한 철근의 부식이 발생될 우려는 없는 것으로 평가되었다.

○ 균열폭 0.3㎜의 균열에 대해서 균열깊이를 측정한 결과 철근피복두께를 초과하지 않은 상태로 분석되었다.

다. 상태평가 결과

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

라. 안전성평가 결과

○ 상부구조에 대한 구조검토결과, PSC BOX의 경우 최소안전율이 1.022로, 캔틸레버부의 경우는 최소안전율이 1.267로 안전율 1.0을 상회하는 것으로 평가되었다. 하부구조에 대한 구조검토결과, 최소안전율 3.132로서 안전율 1.0을 초과하며 내하력 평가결과, 기본내하력이 설계활하중인 DB-24를 상회하여 구조물이 전반적으로 구조적 안전성을 확보한 것으로 판단되며 최종적인 안전성 평가등급은 A등급이다.

마. 결언

○ 논산천교는 16년의 공용기간이 경과한 교량시설물로서, 주부재인 PSC BOX 거더와 바닥판, 하부구조에 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 ····· 3

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 ····· 19

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 기 정밀안전진단 분석 ····· 35

2.2.4 시공관련 자료검토 ····· 46

2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약 ····· 47

2.4 보수·보강 이력 ····· 55

2.5 시설물의 내진설계 여부 ·····55
2.6 자료분석 결과요약 ·····56

제 3장 현장조사 및 시험 ·····59
3.1 개 요 ·····59
3.2 외관조사(천안방향) ·····61
3.2.1 상부구조 ·····61
3.2.2 하부구조 ·····69
3.2.3 교량받침 ·····74
3.2.4 신축이음장치 ·····83
3.2.5 교면포장 ·····86
3.2.6 기타부재 ·····88
3.3 외관조사(논산방향) ·····94
3.3.1 상부구조 ·····94
3.3.2 하부구조 ·····102
3.3.3 교량받침 ·····107
3.3.4 신축이음장치 ·····117
3.3.5 교면포장 ·····121
3.2.6 기타부재 ·····123
3.4 콘크리트 내구성조사 ·····129
3.4.1 개 요 ·····129
3.4.2 시험내용 및 평가기준 ·····131
3.4.3 시험결과 및 분석 ·····144
3.5 현장조사 및 시험 결과요약 ·····165
3.5.1 현장조사 결과 ·····165
3.5.2 시험 및 측정 결과 ·····169

제 4장 시설물의 상태평가 ·····175
4.1 개요 ·····175
4.2 상태평가 항목 및 기준 ·····175
4.2.1 부재별 상태평가 적용범위 ·····175

4.2.2 구조형식에 따른 부재별 가중치 ····176
4.2.3 상태평가 결과 결정 ····177
4.3 상태평가 결과 ····178
4.3.1 시설물 상태평가 결과(천안방향) ····178
4.3.2 시설물 상태평가 결과(논산방향) ····184

제 5장 시설물의 안전성 평가 ····193
5.1 개요 ····193
5.2 해석조건 ····194
5.2.1 교량 제원 ····194
5.2.2 재료의 물성치 및 허용응력 ····194
5.2.3 하중조건 ····196
5.2.4 하중조합 ····200
5.3 종방향 구조해석 ····201
5.3.1 검토 방법 ····203
5.3.2 허용응력에 의한 안전성 평가 ····203
5.3.3 강도설계법에 의한 안전성 평가 ····209
5.4 횡방향 구조해석 ····216
5.4.1 개 요 ····216
5.4.2 구조해석 모델링 ····216
5.4.3 횡방향 해석 결과 ····217
5.4.4 단면력 검토 ····219
5.5 하부구조 검토 ····220
5.5.1 개 요 ····220
5.6 내하력 평가 ····225
5.6.1 개요 ····225
5.6.2 종방향 내하력 평가 ····226
5.6.3 횡방향 내하력 평가 ····227
5.7 안전성평가 등급 산정 ····227
5.7.1 개요 ····227
5.7.2 안전성 평가결과 ····228

제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정 ····· 233
6.1 종합평가 산정절차 ····· 233
6.1.1 종합평가 결과 산정방법 ····· 233
6.2 종합평가 결과 ····· 234
6.3 안전등급 지정 ····· 235
6.3.1 안전등급기준 ····· 235
6.3.2 안전등급 지정 ····· 235

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안 ····· 239
7.1 개요 ····· 239
7.2 보수·보강 방안 ····· 240
7.2.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 선정 ····· 240
7.2.2 결함내용별 보수·보강방안 ····· 242
7.2.3 주요결함 및 손상에 대한 보수·보강 방법 ····· 245
7.3 보수·보강 개략공사비 253
7.3.1 논산천교(천안방향) ····· 253
7.3.2 논산천교(논산방향) ····· 255
7.4 유지관리방안 ····· 257
7.4.1 진단결과에 따른 중점유지관리 사항 ····· 257
7.4.2 유지관리시 점검요령 ····· 259

제 8장 종합결론 ····· 271
8.1 종합결론 ····· 271
8.2 현장조사 결과 ····· 271
8.3 시험 및 측정 결과 ····· 272
8.4 상태평가 결과 ····· 272
8.5 안전성평가 결과 ····· 272
8.6 결 언 ····· 273

◉ 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. 사전조사 자료 일체

표 목 차

【표 1.1】 과업의 내용 ····4
【표 1.2】 정밀안전진단 과업수행 일정 ····6
【표 1.3】 논산천교 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】 논산천교 교량 현황 ····22
【표 2.6】 본선 횡단구성 ····23
【표 2.7】 연결로 횡단구성 ····23
【표 2.8】 곡선반경별 편구배기준 ····24
【표 2.9】 접속 설치율 및 접속설치 길이 ····24
【표 2.10】 곡선부 길어깨 횡단구배 ····25
【표 2.11】 기하구조기준 ····25
【표 2.12】 연결로 기하구조 ····26
【표 2.13】 노즈부근의 기하구조 ····26
【표 2.14】 본선 기하구조 ····26
【표 2.15】 가감속 차로장 ····27
【표 2.16】 종단구배구간의 가감속 차로길이 보정율 ····27
【표 2.17】 콘크리트 사용기준 ····28
【표 2.18】 콘크리트 사용기준-계속 ····29
【표 2.19】 철근 사용기준 ····30
【표 2.20】 콘크리트 탄성계수 ····30
【표 2.21】 P.C 강재의 종류에 따른 겉보기 리락세이션율 ····31
【표 2.22】 마찰손실 ····31
【표 2.23】 교형비교(안) ····29
【표 2.24】 하부형식비교(안) ····30
【표 2.25】 하부구조 점검시설 설치 현황 ····32
【표 2.26】 교면포장 비교표 ····32
【표 2.27】 I.L.M 공법 허용힘 압축인장응력 ····33
【표 2.28】 논산천교 점검 및 진단이력 ····47
【표 2.29】 논산천교 점검 및 진단이력(계속) ····48
【표 2.30】 논산천교 점검 및 진단이력(계속) ····49

【표 2.31】논산천교 점검 및 진단이력(계속) ·····50
【표 2.32】논산천교 점검 및 진단이력(계속) ·····51
【표 2.33】논산천교 점검 및 진단이력(계속) ·····52
【표 2.34】논산천교 점검 및 진단이력(계속) ·····53
【표 2.35】논산천교 점검 및 진단이력(계속) ·····54
【표 2.36】논산천교 점검 및 진단이력(계속) ·····55
【표 2.37】논산천교 보수·보강 이력 ·····55
【표 2.38】자료분석 결과요약 ·····56
【표 3.1】각 부재 별 조사방법 및 기간 ·····60
【표 3.2】바닥판 외관조사 결과(천안방향) ·····62
【표 3.3】바닥판 하면 기 점검 결과 비교(천안방향) ·····63
【표 3.4】거더내부 외관조사 결과(천안방향) ·····65
【표 3.5】거더 내부 기 점검 결과 비교(천안방향) ·····66
【표 3.6】거더외부 외관조사 결과(천안방향) ·····67
【표 3.7】거더 외부 기 점검 결과 비교(천안방향) ·····68
【표 3.8】교대 외관조사 결과(천안방향) ·····70
【표 3.9】교대 외관조사 결과(천안방향)-계속 ·····70
【표 3.10】교대 외관조사 결과(천안방향) ·····71
【표 3.11】교각 외관조사 결과(천안방향) ·····73
【표 3.12】교각 외관조사 결과(천안방향) ·····74
【표 3.13】교량받침 현황 ·····75
【표 3.14】교량받침 외관조사 결과(천안방향) ·····76
【표 3.15】교량받침 외관조사 결과(천안방향) ·····77
【표 3.16】교대 및 교각 받침부(천안) 연단거리 조사결과 ·····79
【표 3.17】교량받침 가동상태 검토결과(천안방향) ·····80
【표 3.18】교량받침 이동량 산정 ·····81
【표 3.19】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(천안방향) ·····81
【표 3.20】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(천안방향)-계속 ·····82
【표 3.21】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(천안방향) ·····82
【표 3.22】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(천안방향) ·····83
【표 3.23】신축이음 유간 측정결과(천안방향) ·····84
【표 3.24】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(천안방향) ·····85
【표 3.25】신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정 ·····85
【표 3.26】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(천안방향) ·····85
【표 3.27】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(천안방향) ·····86
【표 3.28】교면포장 외관조사 결과(천안방향) ·····87
【표 3.29】교면포장 외관조사 결과(천안방향) ·····88
【표 3.30】배수시설 외관조사 결과(천안방향) ·····89
【표 3.31】배수시설 외관조사 결과(천안방향) ·····90
【표 3.32】난간 및 연석 외관조사 결과(논산방향) ·····91
【표 3.33】난간 및 연석 외관조사 결과(논산방향) ·····91

【표 3.34】방호울타리 외관조사 결과(천안방향) ····93
【표 3.35】바닥판 외관조사 결과(논산방향) ····95
【표 3.36】바닥판 하면 기 점검 결과 비교(논산방향) ····97
【표 3.37】거더내부 외관조사 결과(논산방향) ····99
【표 3.38】거더 내부 기 점검 결과 비교(논산방향) ····100
【표 3.39】거더외부 외관조사 결과(논산방향) ····101
【표 3.40】거더 외부 기 점검 결과 비교(논산방향) ····102
【표 3.41】교대 외관조사 결과(논산방향) ····103
【표 3.42】교대 외관조사 결과(논산방향)-계속 ····103
【표 3.43】교대 외관조사 결과(논산방향) ····104
【표 3.44】교각 외관조사 결과(논산방향) ····106
【표 3.45】교각 외관조사 결과(논산방향) ····107
【표 3.46】교량받침 현황 ····108
【표 3.47】교량받침 외관조사 결과(논산방향) ····109
【표 3.48】교량받침 외관조사 결과(논산방향) ····110
【표 3.49】교량받침 외관조사 결과(논산방향) ····111
【표 3.50】교대 및 교각 받침부(논산) 연단거리 조사결과 ····112
【표 3.51】교량받침 가동상태 검토결과(논산방향) ····113
【표 3.52】교량받침 가동상태 검토결과(논산방향) ····114
【표 3.53】교량받침 이동량 산정 ····114
【표 3.54】교량받침 이동량 산정(계속) ····115
【표 3.55】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(논산방향) ····115
【표 3.56】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(논산방향) ····116
【표 3.57】신축이음장치 외관조사 결과(논산방향) ····117
【표 3.58】신축이음장치 외관조사 결과(논산방향) ····118
【표 3.59】신축이음 유간 측정결과(논산방향) ····119
【표 3.60】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(논산방향) ····119
【표 3.61】신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정 ····120
【표 3.62】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(논산방향) ····120
【표 3.63】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(논산방향) ····121
【표 3.64】교면포장 외관조사 결과(논산방향) ····122
【표 3.65】교면포장 외관조사 결과(논산방향) ····123
【표 3.66】배수시설 외관조사 결과(논산방향) ····124
【표 3.67】배수시설 외관조사 결과(논산방향) ····125
【표 3.68】난간 및 연석 외관조사 결과(논산방향) ····126
【표 3.69】난간 및 연석 외관조사 결과(논산방향) ····126
【표 3.70】방호울타리 외관조사 결과(논산방향) ····128
【표 3.71】콘크리트 비파괴시험 현황 ····129
【표 3.72】보정반발경도(Ro) ····132
【표 3.73】기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험) ····133
【표 3.74】재령계수 α 값 ····133

【표 3.75】기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험) ·····136
【표 3.76】탄산화 속도에 영향을 미치는 요인 ·····140
【표 3.77】탄산화 상태평가 기준 ·····141
【표 3.78】염화물 평가기준(콘크리트 구조설계기준(2007)) ·····142
【표 3.79】염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12)) ·····142
【표 3.80】상부구조(슬래브) 콘크리트 비파괴강도 시험결과 ·····144
【표 3.81】상부구조(거더) 콘크리트 비파괴강도 시험결과 ·····145
【표 3.82】하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과 ·····146
【표 3.83】비파괴강도 시험결과 분석 ·····147
【표 3.84】상부구조 철근탐사 시험결과 ·····148
【표 3.85】하부구조 철근탐사 시험결과 ·····150
【표 3.86】하부구조 철근탐사 시험결과 (계속) ·····151
【표 3.87】탄산화 깊이 측정결과 및 평가 ·····152
【표 3.88】 염화물 함유량 시험결과 및 평가 ·····153
【표 3.89】균열깊이 조사결과 ·····154
【표 3.90】상부구조(슬래브) 콘크리트 비파괴강도 시험결과 ·····155
【표 3.91】상부구조(거더) 콘크리트 비파괴강도 시험결과 ·····156
【표 3.92】하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과 ·····157
【표 3.93】비파괴강도 시험결과 분석 ·····158
【표 3.94】상부구조 철근탐사 시험결과 ·····158
【표 3.95】하부구조 철근탐사 시험결과 ·····160
【표 3.96】하부구조 철근탐사 시험결과 ·····161
【표 3.97】탄산화 깊이 측정결과 및 평가 ·····162
【표 3.98】 염화물 함유량 시험결과 및 평가 ·····163
【표 3.99】균열깊이 조사결과 ·····164
【표 3.100】금회 진단 외관조사 결과 요약(천안방향) ·····165
【표 3.101】금회 진단 외관조사 결과 요약(천안방향)(계속) ·····166
【표 3.102】기 점검 외관조사 결과 비교(천안방향) ·····166
【표 3.103】금회 진단 외관조사 결과 요약(논산방향) ·····167
【표 3.104】금회 진단 외관조사 결과 요약(논산방향)(계속) ·····168
【표 3.105】기 점검 외관조사 결과 비교(논산방향) ·····168
【표 3.106】금회 진단 내구성조사 결과요약(천안방향) ·····169
【표 3.107】기 진단 내구성조사 결과요약(천안방향) ·····170
【표 3.108】금회 진단 내구성조사 결과요약(천안방향) ·····171
【표 3.109】기 진단 내구성조사 결과요약 ·····172
【표 4.1】부재별 상태평가 적용 범위 ·····175
【표 4.2】구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치 ·····176
【표 4.3】결함도 점수 범위에 따른 기준 ·····177
【표 4.4】콘크리트 바닥판 상태평가 결과(천안방향) ·····178
【표 4.5】거더 상태평가 결과(천안방향) ·····178
【표 4.6】가로보 상태평가 결과(천안방향) ·····179

【표 4.7】 콘크리트 교대 상태평가 결과(천안방향) ····· 179
【표 4.8】 콘크리트 교각 상태평가 결과(천안방향) ····· 179
【표 4.9】 기초 상태평가 결과(천안방향) ····· 180
【표 4.10】 교량받침 상태평가 결과(천안방향) ····· 180
【표 4.11】 신축이음 상태평가 결과(천안방향) ····· 181
【표 4.12】 교면포장 상태평가 결과(천안방향) ····· 181
【표 4.13】 배수시설 상태평가 결과(천안방향) ····· 181
【표 4.14】 난간 및 연석 상태평가 결과(천안방향) ····· 182
【표 4.15】 탄산화 상태평가 결과(천안방향) ····· 182
【표 4.16】 염화물 상태평가 결과(천안방향) ····· 182
【표 4.17】 상태평가 결과표(천안방향) ····· 183
【표 4.18】 콘크리트 바닥판 상태평가 결과(논산방향) ····· 184
【표 4.19】 거더 상태평가 결과(논산방향) ····· 184
【표 4.20】 가로보 상태평가 결과(논산방향) ····· 185
【표 4.21】 콘크리트 교대 상태평가 결과(논산방향) ····· 185
【표 4.22】 콘크리트 교각 상태평가 결과(논산방향) ····· 185
【표 4.23】 기초 상태평가 결과(논산방향) ····· 186
【표 4.24】 교량받침 상태평가 결과(논산방향) ····· 186
【표 4.25】 신축이음 상태평가 결과(논산방향) ····· 187
【표 4.26】 교면포장 상태평가 결과(논산방향) ····· 187
【표 4.27】 배수시설 상태평가 결과(논산방향) ····· 187
【표 4.28】 난간 및 연석 상태평가 결과(논산방향) ····· 188
【표 4.29】 탄산화 상태평가 결과(논산방향) ····· 188
【표 4.30】 염화물 상태평가 결과(논산방향) ····· 188
【표 4.31】 상태평가 결과표(논산방향) ····· 189
【표 5.1】 하중조합 ····· 200
【표 5.2】 하중조합에 따른 지점부 상·하연 응력 ····· 207
【표 5.3】 하중조합에 따른 중앙부 상·하연 응력 ····· 208
【표 5.4】 허용응력법에 의한 안전율 산정 ····· 209
【표 5.5】 설계하중 작용시 검토단면의 최대 단면력 ····· 213
【표 5.6】 설계하중 작용 시 외측·내측경간 최대 전단력 ····· 214
【표 5.7】 횡방향 구조해석 하중조합 ····· 218
【표 5.8】 하중조합에 따른 위치별 단면력 모멘트검토 ····· 219
【표 5.9】 극한강도 검토시 하중조합 ····· 221
【표 5.10】 부재력 요약 ····· 221
【표 5.11】 임계하중 산정 결과 ····· 222
【표 5.12】 세장비 검토 결과 ····· 222
【표 5.13】 확대모멘트계수 산정 결과 ····· 223
【표 5.14】 확대모멘트 산정 결과 ····· 223
【표 5.15】 단면력 산출결과 요약 ····· 223
【표 5.16】 P-M 상관도에 의한 기둥 안전성 평가 결과 요약 ····· 224

【표 5.17】허용응력법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력평가 ·····226
【표 5.18】극한강도법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력 평가 ·····226
【표 5.19】횡방향 각 단면에 대한 내하력 평가 ·····227
【표 5.20】구조물의 안전성 평가기준 ·····228
【표 5.21】허용응력법에 의한 안전율 산정 ·····228
【표 5.22】설계하중 작용시 검토단면의 최대 단면력 ·····229
【표 5.23】설계하중 작용 시 외측·내측경간 최대 전단력 ·····229
【표 5.24】하중조합에 따른 위치별 단면력 모멘트검토 ·····229
【표 5.25】안전성 평가결과 ·····230
【표 6.1】종합평가 결과(천안방향) ·····234
【표 6.2】종합평가 결과(논산방향) ·····234
【표 6.3】시설물의 안전등급 ·····235
【표 6.4】안전등급 지정 ·····235
【표 7.1】시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항 ·····240
【표 7.2】보수・보강 우선순위 결정 기준 ·····241
【표 7.3】보수・보강 일람표 ·····243
【표 7.4】보수・보강 일람표(계속) ·····244
【표 7.5】보수・보강 일람표 ·····233
【표 7.6】보수・보강 일람표 ·····234
【표 7.7】수지주입공법의 종류 ·····236
【표 7.8】균열폭에 알맞은 수지의 점도 ·····236
【표 7.9】균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격 ·····236
【표 7.10】에폭시계 수지의 규격 ·····237
【표 7.11】주입공법 공법비교안 ·····238
【표 7.12】일반적인 단면 복구(보수)재의 분류 ·····241
【표 7.13】단면복구(보수) 공법비교안 ·····242
【표 7.14】보수・보강 개략공사비 ·····243
【표 7.15】보수・보강 개략공사비(계속) ·····244
【표 7.16】보수・보강 개략공사비 ·····245
【표 7.17】보수・보강 개략공사비(계속) ·····246
【표 7.18】부재별 유지관리 중점사항 ·····248

그 림 목 차

【그림 1.1】정밀안전진단 과업수행 흐름도 ·····5
【그림 1.2】종·평면도 ·····8
【그림 1.3】횡단면도 ·····9
【그림 1.4】상부구조 일반도(1) ·····10
【그림 1.5】상부구조 일반도(2) ·····11
【그림 1.6】교대 일반도 ·····12
【그림 1.7】교각 일반도 ·····13
【그림 2.1】본선 일반구간 표준횡단면도 ·····21
【그림 2.2】본선 교량구간 표준횡단면도 ·····21
【그림 3.1】부재별 구분 ·····61
【그림 3.2】교량받침 배치도 ·····75
【그림 3.3】도로교설계기준 연단거리 산출방법 ·····78
【그림 3.4】부재별 구분 ·····94
【그림 3.5】교량받침 배치도 ·····108
【그림 3.6】도로교설계기준 연단거리 산출방법 ·····111
【그림 3.7】콘크리트 내구성조사 위치도 ·····130
【그림 3.8】반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차 ·····131
【그림 3.9】초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차 ·····134
【그림 3.10】초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법 ·····134
【그림 3.11】표면법에 의한 초음파전달속도의 측정 ·····135
【그림 3.12】철근탐사 측정원리 ·····137
【그림 3.13】철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차 ·····137
【그림 3.14】탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 ·····139
【그림 3.15】-법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법 ·····143
【그림 3.16】상부구조(슬래브) 평균압축강도 추정결과 ·····145
【그림 3.17】상부구조(거더) 평균압축강도 추정결과 ·····146
【그림 3.18】하부구조 평균압축강도 추정결과 ·····147
【그림 3.19】탄산화 깊이 측정결과 ·····152
【그림 3.20】염화물시험 측정결과 ·····153
【그림 3.21】상부구조(슬래브) 평균압축강도 추정결과 ·····155
【그림 3.22】상부구조(거더) 평균압축강도 추정결과 ·····156
【그림 3.23】하부구조 평균압축강도 추정결과 ·····157
【그림 3.24】탄산화 깊이 측정결과 ·····162
【그림 3.25】염화물시험 측정결과 ·····163
【그림 4.1】전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 ·····177

【그림 5.1】종·평면도 ·····193
【그림 5.2】활하중 재하경우 ·····197
【그림 5.3】 해석모델 ·····201
【그림 5.4】 강연선 배치도 ·····201
【그림 5.5】 강연선 배치도(계속) ·····202
【그림 5.6】 상·하연 발생응력도 ·····204
【그림 5.7】상·하연 발생응력도 (계속) ·····205
【그림 5.8】 상·하연 발생응력도 (계속) ·····206
【그림 5.9】 고정하중에 의한 모멘트도(kN·m) ·····212
【그림 5.10】 활하중에 의한 모멘트도(kN·m) ·····212
【그림 5.11】 하중조합에 의한 극한모멘트도(kN·m) ·····213
【그림 5.12】하중조합을 고려한 교축방향 최대·최소 극한모멘트도(kN·m) ·····213
【그림 5.13】 하중조합을 고려한 교축방향 최대·최소 전단력도(kN) ·····213
【그림 5.14】 하중조합을 고려한 교축방향 최대·최소 비틀림 모멘트도(kN · m) ·····213
【그림 5.15】논산천교 처짐도 ·····215
【그림 5.16】모델링 ·····216
【그림 5.17】하중재하도 ·····217
【그림 5.18】고정하중에 의한 모멘트도(kN·m) ·····217
【그림 5.19】활하중에 의한 모멘트도(kN·m) ·····217
【그림 5.20】CASE1의 휨모멘트도(kN·m) ·····218
【그림 5.21】CASE2의 휨모멘트도(kN·m) ·····218
【그림 5.22】CASE1의 전단력도(kN) ·····219
【그림 5.23】CASE2의 전단력도(kN) ·····219
【그림 5.24】해석단면 ·····220
【그림 6.1】종합평가 결과 산정절차 ·····233
【그림 7.1】보수·보강방안 추진방향 ·····241
【그림 7.2】콘크리트 표면처리 시공순서도 ·····245
【그림 7.3】균열 보수공법 개요도 ·····247
【그림 7.4】단면복구(보수) 상세도 ·····250

사 진 목 차

【사진 3.1】논산천교 장비접근 현황 ·····60
【사진 3.2】바닥판 전경 ·····61
【사진 3.3】바닥판 손상현황 ·····62
【사진 3.4】바닥판 손상현황 ·····63
【사진 3.5】PSC BOX 거더 전경 ·····65
【사진 3.6】거더 손상현황 ·····66
【사진 3.7】거더 손상현황 ·····68
【사진 3.8】교대 전경 ·····69
【사진 3.9】교대 손상현황 ·····70
【사진 3.10】교대 손상현황 ·····71
【사진 3.11】교각 전경 ·····72
【사진 3.12】교각 손상현황 ·····73
【사진 3.13】교량받침 손상현황 ·····77
【사진 3.14】교량받침 가동량 측정 전경 ·····80
【사진 3.15】신축이음장치 전경 ·····83
【사진 3.16】신축이음 유간 측정방법 ·····84
【사진 3.17】교면포장 전경 ·····86
【사진 3.18】교면포장 손상현황 ·····87
【사진 3.19】배수구 및 배수관 전경 ·····88
【사진 3.20】배수시설 손상현황 ·····89
【사진 3.21】난간 및 연석 전경 ·····90
【사진 3.22】난간 및 연석 손상현황 ·····92
【사진 3.23】바닥판 전경 ·····94
【사진 3.24】바닥판 손상현황 ·····95
【사진 3.25】바닥판 손상현황 ·····96
【사진 3.26】PSC BOX 거더 전경 ·····98
【사진 3.27】거더 손상현황 ·····99
【사진 3.28】거더 손상현황 ·····101
【사진 3.29】교대 전경 ·····102
【사진 3.30】교대 손상현황 ·····103
【사진 3.31】교대 손상현황 ·····104
【사진 3.32】교각 전경 ·····105
【사진 3.33】교각 손상현황 ·····106
【사진 3.34】교량받침 손상현황 ·····110
【사진 3.35】교량받침 가동량 측정 전경 ·····113

【사진 3.36】신축이음장치 전경 ·····117
【사진 3.37】신축이음장치 손상현황 ·····118
【사진 3.38】신축이음 유간 측정방법 ·····119
【사진 3.39】교면포장 전경 ·····121
【사진 3.40】교면포장 손상현황 ·····122
【사진 3.41】배수구 및 배수관 전경 ·····123
【사진 3.42】배수시설 손상현황 ·····124
【사진 3.43】난간 및 연석 전경 ·····125
【사진 3.44】난간 및 연석 손상현황 ·····127
【사진 3.45】콘크리트 내구성조사 전경 ·····130

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. 19 ~ 2018. 06. 30(착수일로부터 255일간)

1.2.3 과업의 내용

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

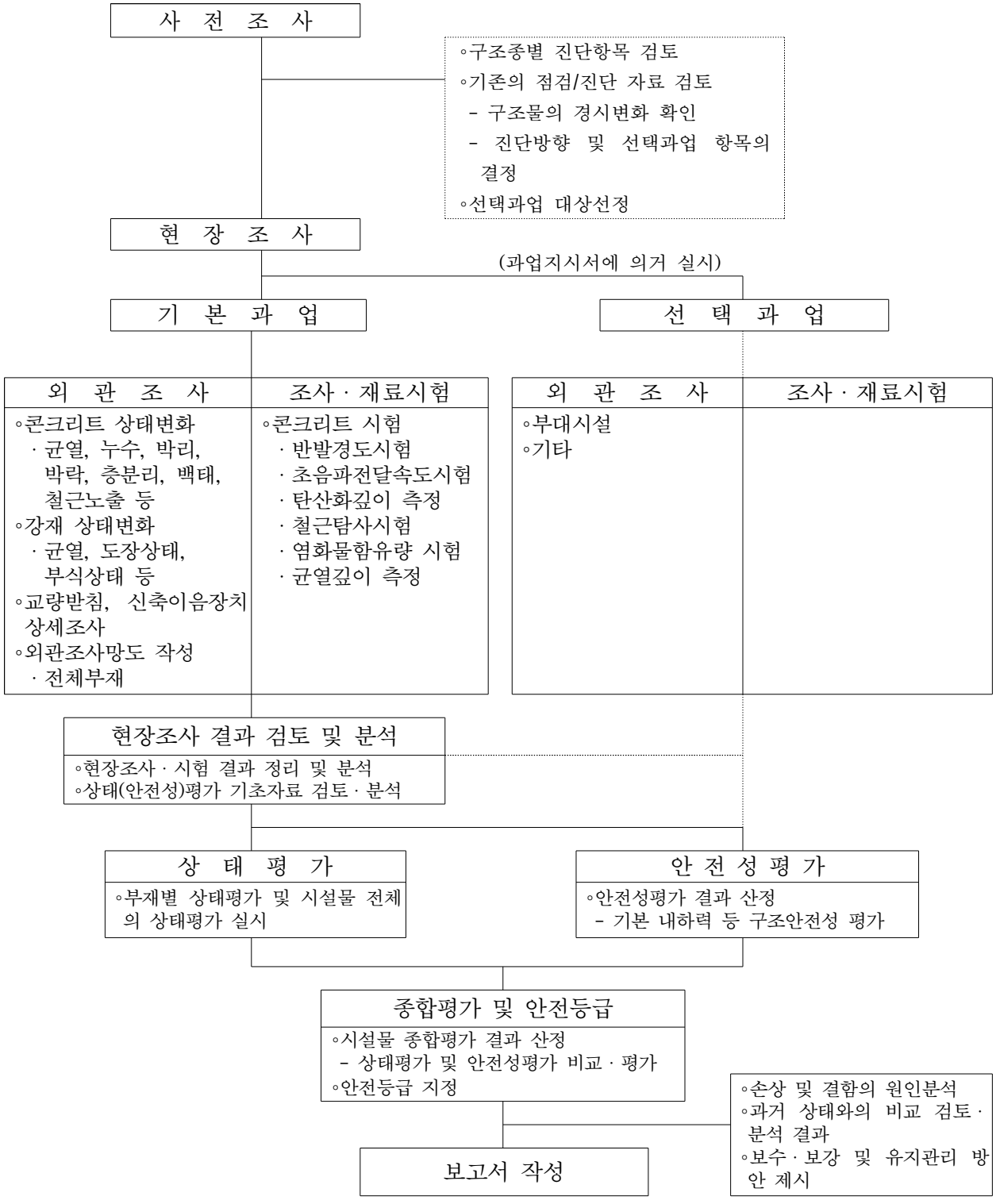
【표 1.1】 과업의 내용

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

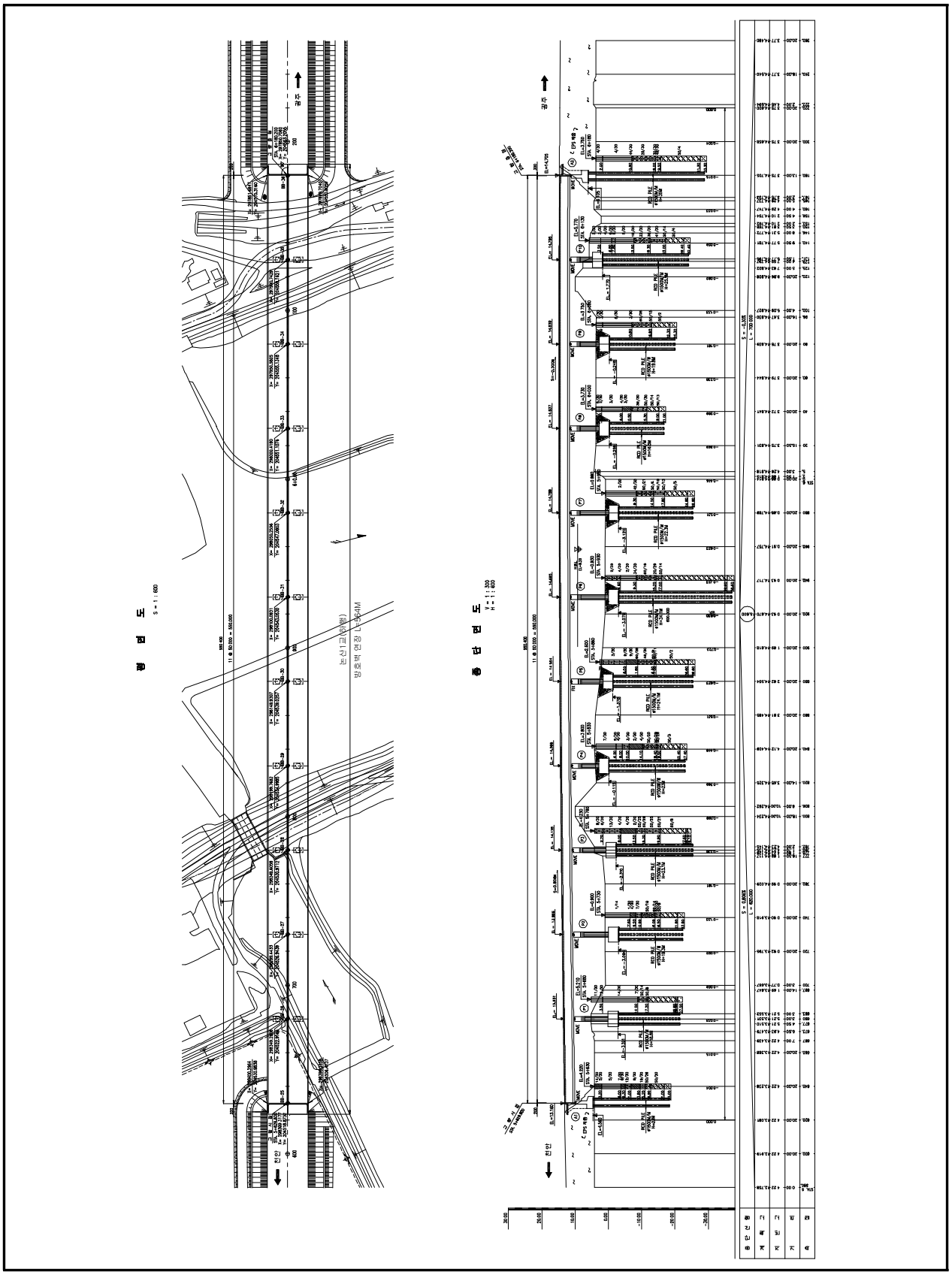
본 과업의 대상시설물인 논산천교의 현황은 다음과 같다.

【표 1.3】논산천교 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>논산천교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2003-0001983</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월</td><td>2002년 12월 23일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>논산천안교량-07</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">충청남도 논산시 성동면 삼호리</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도25호선
(순천기점 206.725k)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=550.0m, (11@50=550.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=24.6m, 4차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상 부</td><td>PSC상자형교(PSCB)</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>RCD PILE</td></tr>
<tr><td>하 부</td><td>교대-역T형(RTA)
교각-라멘식(RAP)</td><td>교각</td><td>RCD PILE</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>LRB</td><td colspan="2">신축이음</td><td>FINGER JOINT</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>논산천</td><td colspan="2">교 고</td><td>6.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>금호엔지니어링(주)</td><td colspan="2">시 공 사</td><td>금호산업(주), 이수건설(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">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">- 평면형상 : 사각이 없는 직선교
- 포장유형 : 아스팔트 포장
- 중앙분리대 : 콘크리트
- 난간유형 : 콘크리트 방호벽</td></tr>
</table>

1.4.2 교량 주요도면



【그림 1.2】 종·평면도

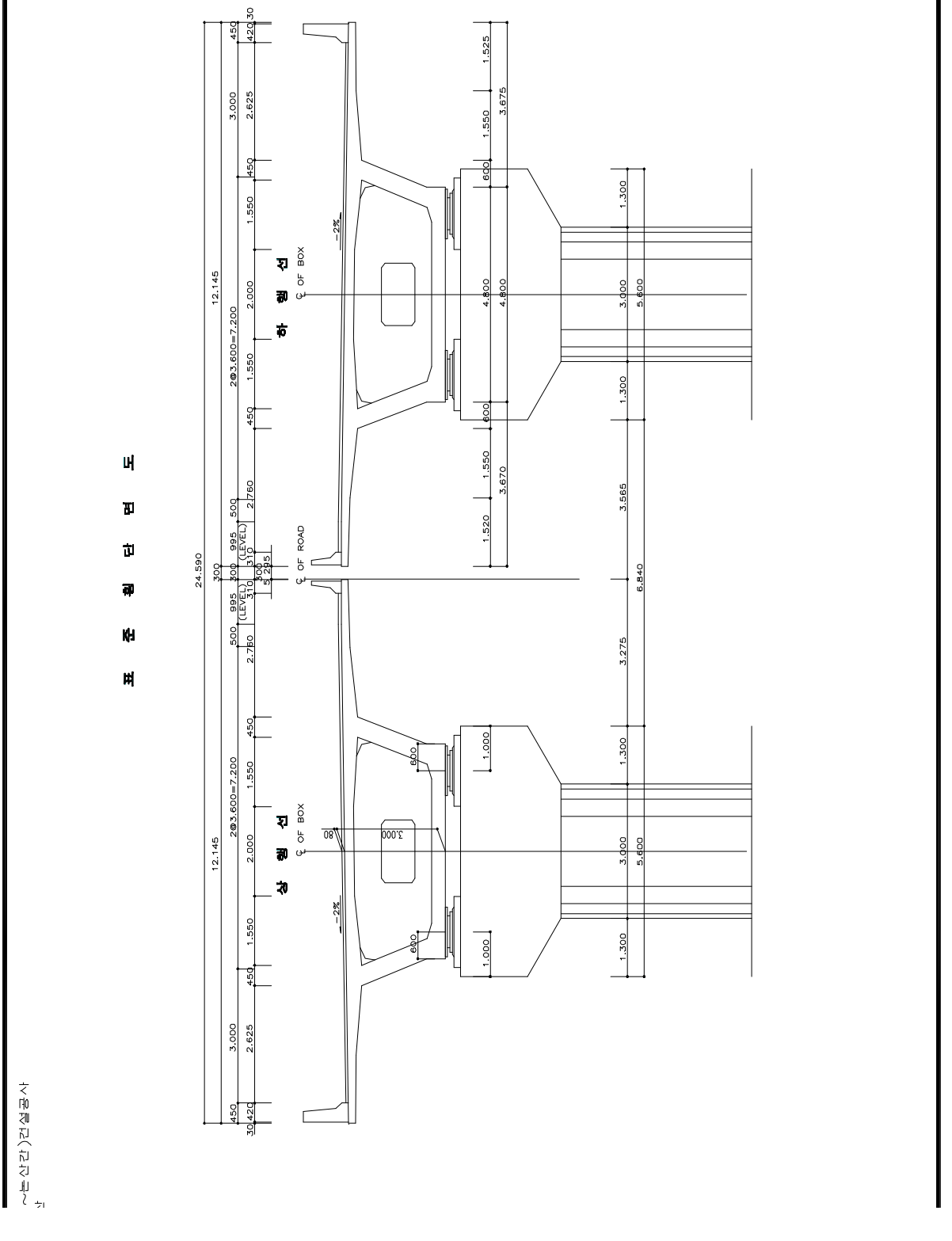
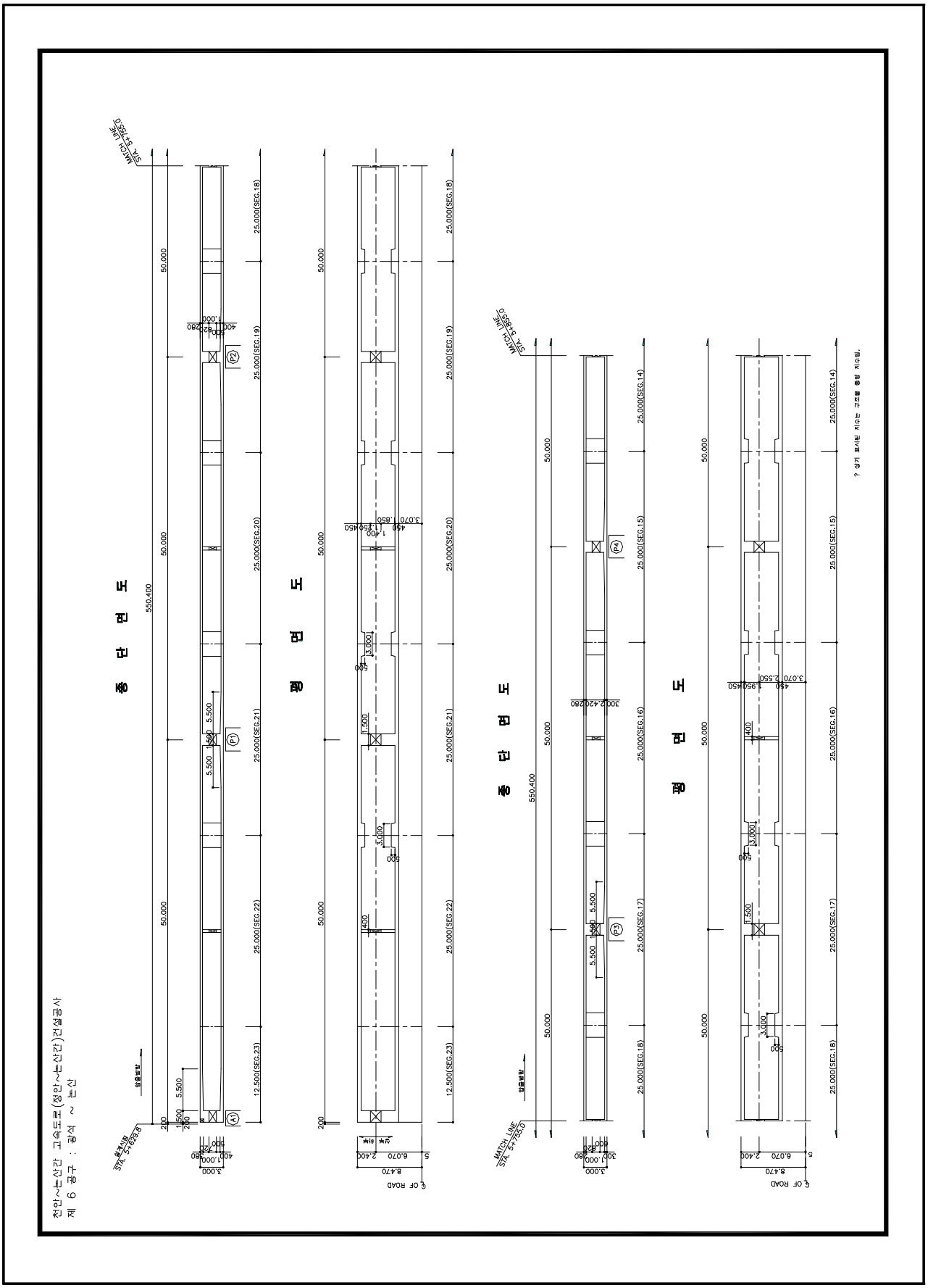
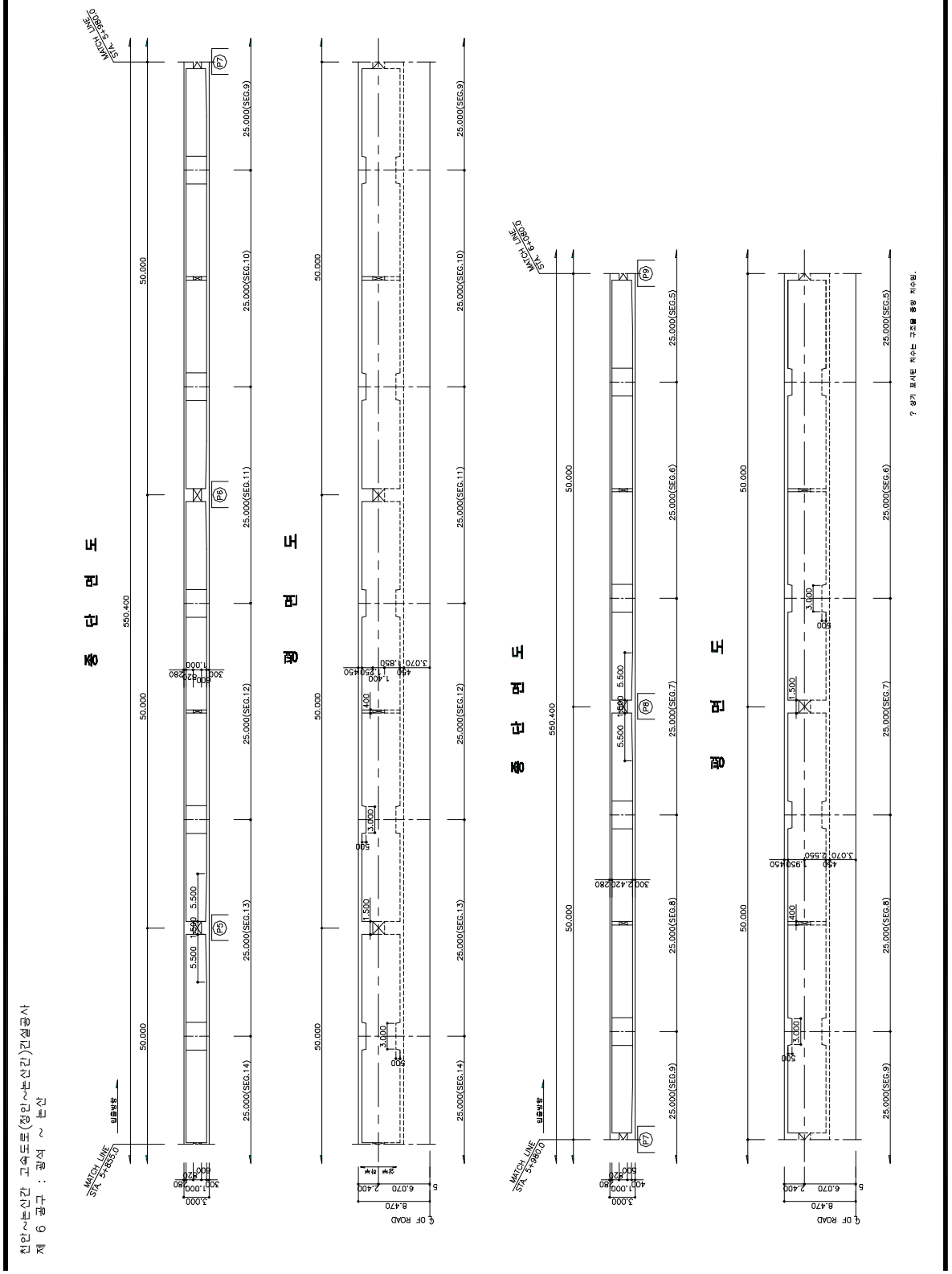


표 준 횡 단 면 도
상 행 선
하 행 선
℄ OF BOX
℄ OF ROAD
-2%
24.590
12.145
2@3.600=7.200
3.000
2.625
1.550
2.000
2.760
995
(LEVEL)
310
5.295
1.525
3.675
1.550
3.670
1.520
4.800
600
450
420
30
1.300
3.000
5.600
3.565
6.840
3.275
1.000
80
3.000

【그림 1.3】 횡단면도

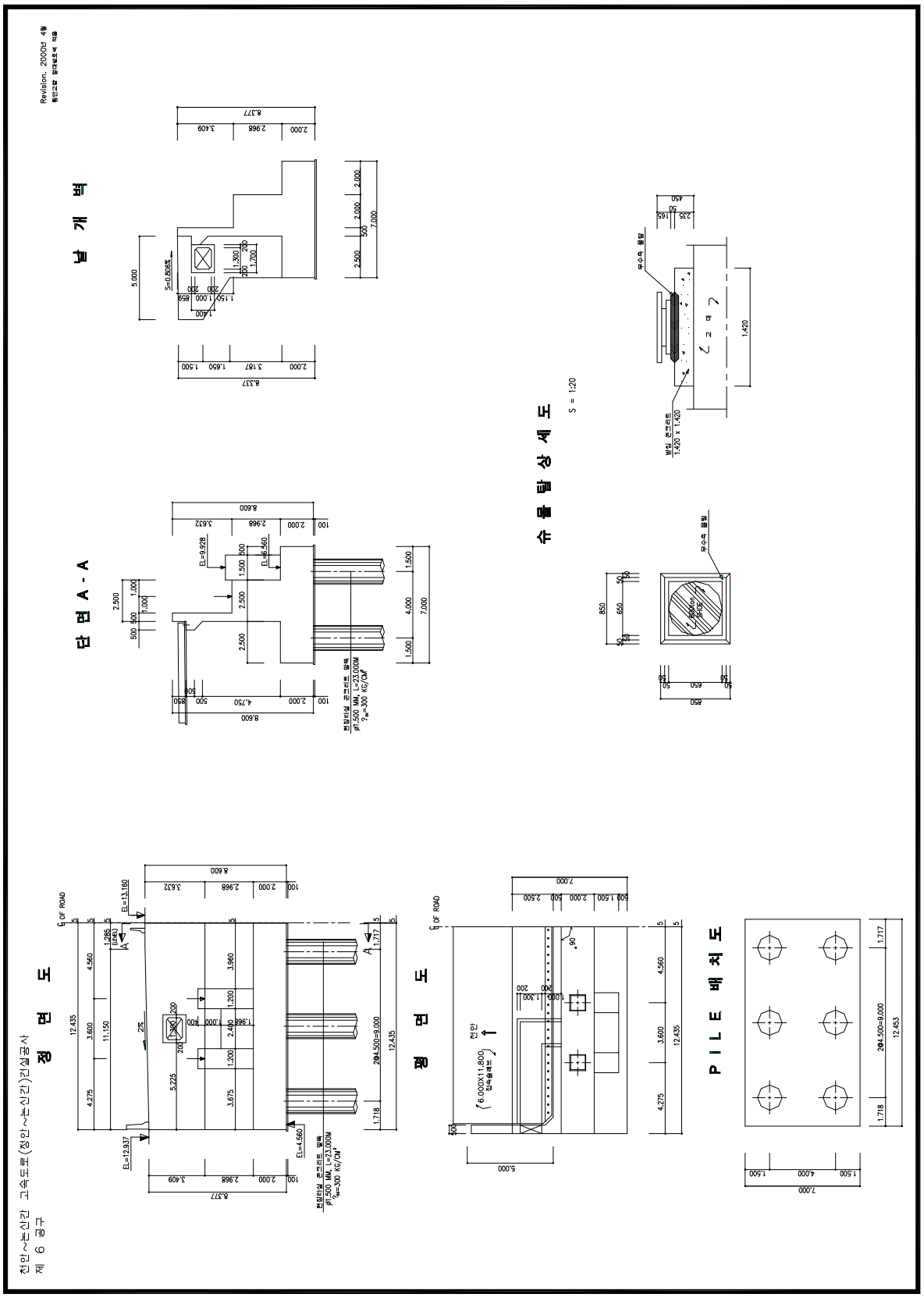


【그림 1.4】 상부구조 일반도(1)

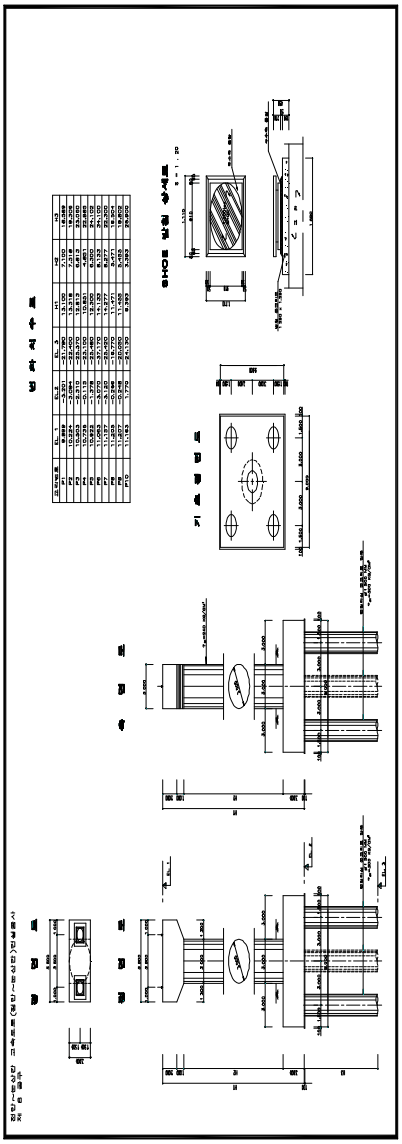


천안~논산간 고속도로 (천안~논산간)건설공사
제 6 공구 : 광석 ~ 논산

【그림 1.5】 상부구조 일반도(2)


날 개 벽
단 면 A - A
수 물 탈 상 세 도
S = 1:20
정 면 도
평 면 도
P I L E 배 치 도
천안~논산간 고속도로(천안~논산간)건설공사
제 6 공구

【그림 1.6】교대 일반도

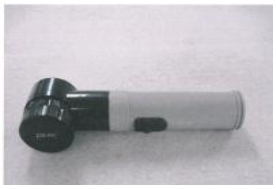


【그림 1.7】 교각 일반도

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 (다굴절 작업차)	-	-	-	

1.6 교량기호의 정의

【표 1.5】교량기호의 정의

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

EX) S1 G1 P1

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

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

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

제 2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약

2.4 보수.보강 이력

2.5 시설물의 내진설계 여부

2.6 자료분석 결과요약

제 2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

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

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

2.1.1 자료수집 현황

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

【표 2.1】 자료수집 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계 도서	◇ 공통 - 공사시방서 - 구조계산서 - 일반보고서 - 토질조사보고서 - 초기점검보고서	○	◇ 천안-논산간 고속도로 건설공사 제6공구 - 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 제6공구”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 제 3차 국토종합개발계획 9×7 간선도로망의 남북 2축 노선으로, 충남 천안시 목천면 응원리 경부고속도로에서 분기하여 논산시 연무읍 고내리 호남고속도로에 접속되는 신설 4차로 고속도로로서 공사시행에 필요한 실시설계를 수행하는데 그 목적이 있다.

나. 과업의 범위

1) 과업명

천안~논산산고속도로(정안~논산간) 건설공사 실시설계, 제6공구

2) 과업구간 및 기간

천안~논산간고속도로 제6공구의 설계구간은 다음과 같다.

【표 2.2】 설계구간

노선명	구분	행정구역	연장
천안~논산간 고속도로 (제6공구)	시점	충남 논산시 광석면 독윤리(천안기점 : 62+550)	18.41km
	종점	충남 논산시 연무읍 고내리(천안기점 : 80+960)	

【표 2.3】 과업기간

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

나. 과업수행 결과요약

1) 목포년도 설정 및 장래교통량

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

【표 2.4】 장래교통량

구분	교 통 량 (대/일)			비고
	2002	2011	2021	
6공구 시점 ~연무IC	42,022	64,236	79,190	
연무IC ~논산JCT	24,556	38,440	52,364	

2) 설계기준

① 도로의 구분 : 자동차 전용도로(지방부 고속도로)

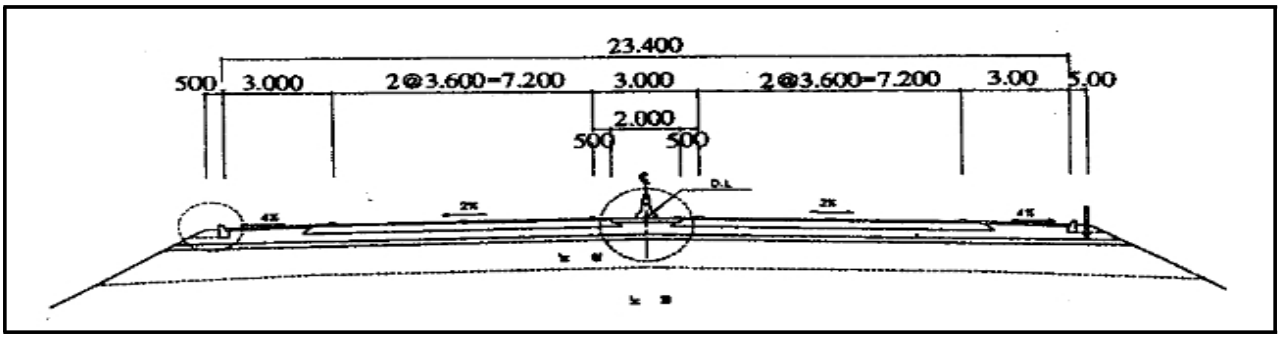
② 설계속도 : 본 선 : 120km/hr

③ 도로폭원 : 23.4m

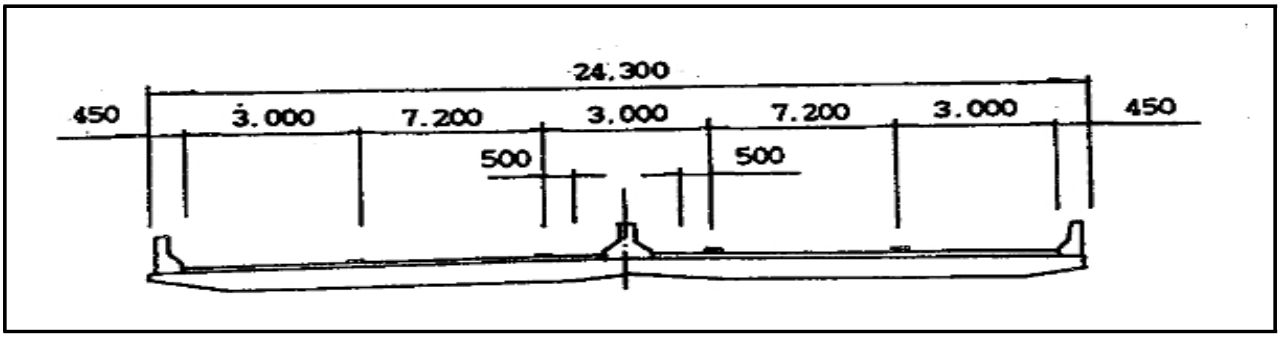
• 차로폭 : 4@3.60 = 14.40m • 길어깨폭 : 2@3.00 = 6.00m

• 중앙분리대 : 3.0m • 보호길어깨폭 : 2@0.50 = 1.00m

④ 표준횡단면도



【그림 2.1】 본선 일반구간 표준횡단면도



【그림 2.2】 본선 교량구간 표준횡단면도

2.2.2 일반보고서(실시설계)

가. 개요

본 설계구간은 충남 논산시 광석면 득윤리에서 충남 논산시 연무읍 고내리를 연결하는 총 연장 18.4km의 4차로 고속도로로서 일반구간 6.195km(STA NO.0~STA NO.2+895, STA NO.15+100~STA NO.18+400)와 연약지반구간 12.205km(STA NO.2+895~STA NO.15+100)로 형성되어 있으며 주로 기존농지를 평균 10m 정도 성토하여 계획하였고 주변에 국도4호선, 국도23호선, 국도1호선, 지방도602호선을 횡단하고 직할하천인 논산천과 준용하천인 마산천 및 신양천을 통과하도록 계획하였다. 따라서 이러한 지형 및 선형여건을 감안하여 교량가설위치 및 형식을 결정하였다.

본 설계구간내 계획교량은 총 36개소로써 교량 총연장 L=2749.5m중 연장 100m 이상의 장대교가 10개소(L=1844m), 소교량이 26개소(L=905.5m)로 구성되어 있고 그중 연약지반에 위치하고 있는 교량이 23개소(L=2,125m)로 전체교량 구조물의 약 80%를 차지하고 있으며 교량의 형식선정은 기본설계시 제안한 형식을 토대로 교량가설위치의 선형조건과 지형 및 지역조건, 지질상태, 형하조건 등을 감안하여 경제성, 시공성, 미관 및 유지관리 등을 종합적으로 고려한 비교안을 면밀히 검토·분석한후 최적안을 선정하였다.

특히 연약지반구간에 위치한 교량의 교대부분은 측방유동압에 의한 말뚝의 수평변위를 방지하기 위한 별도의 대책을 강구하여 계획하였다.

본 교량설계는 사용목적에 적합하고 안전 및 미관이 수려하고 경제적으로 설계하기 위하여 현장조건, 시공방법등 제반여건을 종합적으로 검토하고 국도 및 횡단육교등은 장래확장계획 등을 고려하여 설계하였다.

나. 교량현황

【표 2.5】논산천교 교량 현황

위치 (STA)	교량형식			연장 (m)	폭원 (m)	사각 (deg)	비고
	상부	하부	기초				
206K+725	PSC상자형 (PSC BOX)	교대:역T형 교각:라멘식	교대:RCD PILE 교각:RCD PILE	(11@50)=550	24.6	90 °	

다. 설계기준

1) 설계속도

고속도로의 설계속도는 기하구조를 결정하는데 가장 기본적인 요소로서 계획도로의 중요도, 경제성, 지형 및 지역여건, 설계교통량등이며 자동차의 주행을 직접적으로 규정하는 곡선반경, 편구배, 종단구배 등의 기하구조 요소를 결정한다. 설계속도는 이와같은 도로의 중요성이나 도로의 성격에 관한 지표값의 의미를 나타내고 있으며, 특히 고속도로의 경우에는 고속도로의 특성과 고속주행의 효율성과 안정성을 확보하고 기 설계구간과의 동질성을 고려하여 도로의 구조시설 기준에 관한 규정에서 제시하는 설계속도 120km/hr를 적용하였다.

2) 폭원구성 및 횡단구배

• 폭 원

① 본 선

도로의 폭원은 차로, 중앙분리대, 길어깨로 구성되며 본선의 횡단구성은 다음과 같다.

【표 2.6】 본선 횡단구성

구 분		단 위	적 용	비 고
차 선 수		차 로	4	양방향
도 로 폭 원	총 폭 원	m	23.4	보호 길어깨 제외
	차 로	m	14.4	4@3.6
	중 앙 분 리 대	m	3.0	
	길 어 깨	m	6.0	2@3.0
	측 대	m	0.5	길어깨측
		m	0.5	중앙분리대측
	보 호 길 어 깨	m	0.5	성토부 적용

② 연 결 로

【표 2.7】 연결로 횡단구성

구 분		단 위	1 방 향	2 방 향	비 고
차 로 폭		m	3.6	3.6	
중 앙 분 리 대		m	-	2.5	
길 어 깨	우 측	m	2.5	2.5	
	좌 측	m	1.5	-	

• 횡단구배

① 차 로 부

직선구간의 표준 횡단구배는 2%로 하며 곡선부의 최대편구배는 본선 6%, 연결로 8%로 한다. 편구배 설치방법은 중앙분리대 양단을 회전축으로 사용하였으며 곡선반경별 적용편구배 및 접속설치율은 다음과 같다.

【표 2.8】 곡선반경별 편구배기준

편구배 (%)	곡선반경 설계속도			비 고
	120km/hr	50km/hr	40km/hr	
8	-	80이상 140미만	50이상 90미만	
7	-	140이상 180미만	90이상 130미만	
6	710이상 860미만	180이상 250미만	130이상 170미만	
5	860이상 1,070미만	250이상 370미만	170이상 210미만	
4	1,070이상 1,400미만	370이상 500미만	210이상 330미만	
3	1,400이상 1,990미만	500이상 800미만	330이상 510미만	
2	2,000이상 7,500미만	800이상 1,300미만	510이상 700미만	
표준구배	7,500이상	1,300이상	700이상	

【표 2.9】 접속 설치율 및 접속설치 길이

차도폭 (m)	설계속도 (km/hr)	접속설치율 (m/m)	편구배별 접속설치길이(m)													
			2%		3%		4%		5%		6%		7%		8%	
			TL	L	TL	L	TL	L	TL	L	TL	L	TL	L	TL	L
4.6	50	1/115	21	11	27	16	32	21	37	27	42	32	48	37	53	42
	40	1/105	19	10	24	14	29	19	34	24	39	29	43	34	48	39
8.2	120	1/200	66	33	82	49	98	66	115	82	131	98	-	-	-	-

① 길어깨부

직선구간의 길어깨부 횡단구배는 4%로 하며 곡선부에서는 길어깨의 편구배를 내측은 차로구배와 동일하게 하고 외측은 차로와의 절대 구배차를 7%로 적용하였다.

차로구배별 길어깨 횡단구배는 다음과 같다.

【표 2.10】곡선부 길어깨 횡단구배

내 측 차 로	내측길어깨	외 측 차 로	외측길어깨	비 고
- 2	- 4	+ 2	- 4	
- 3	- 4	+ 3	- 4	
- 4	- 4	+ 4	- 3	
- 5	- 5	+ 5	- 2	
- 6	- 6	+ 6	- 1	

3) 기하구조기준

• 본 선

① 본 선

본 설계에서 기하구조기준은 「도로의 구조시설에 관한 규정」 및 「도로설계요령」에서 제시하는 제요소를 근간으로 가능한한 표준치 이상으로 적용하였다.

【표 2.11】기하구조기준

구 분		단 위	기 준 치	비 고
설 계 속 도		km/hr	120	
최 소 평 면 곡 선 반 경		m	710	
최 소 평 면 곡 선 장	교각 5° 미만	m	700/θ	
	교각 5° 이상	m	140	
최 대 종 단 구 배	표 준	%	3	
	부득이한 경우	%	-	
최소종단곡선 변 화 비 율	볼 록 형	m/%	190	
	오 목 형	m/%	70	
종 단 곡 선 의 최 소 길 이		m	100	
최 소 정 지 시 거		m	280	
최 소 완 화 곡 선 장		m	70	
표 준 횡 단 구 배		%	2	
최 대 편 구 배		%	6	
완 화 곡 선 파 라 미 터		-	R/3≤A≤R	

• 유출입시설

① 연결로 기하구조

【표 2.12】 연결로 기하구조

구 분		단 위	기 준 치			비 고
설 계 속 도		km/hr	60	50	40	
최 소 평 면 곡 선 반 경		m	130	80	50	
완화곡선을 생략할 수 있는 최소곡선반경		m	350	220	140	
최 소 평 면 곡 선 장	교각 5° 미만	m	350/θ	300/θ	250/θ	
	교각 5° 이상	m	70	60	50	
최 대 종 단 구 배	평 지 부	%	6	7	7	
	산 지 부	%	8	10	11	
최소종단곡선 변 화 비 율	블 록 형	m/%	20	10	5	
	오 목 형	m/%	20	12	7	
종 단 곡 선 의 최 소 길 이		m	50	40	35	
최 소 정 지 시 거		m	85	65	45	
최 소 완 화 곡 선 장		m	35	30	25	
표 준 횡 단 구 배		%	2	2	2	
최 대 편 구 배		%	6	6	6	
완 화 곡 선 파 라 미 터			70	50	35	

② 노즈부근의 기하구조

【표 2.13】 노즈부근의 기하구조

설계속도 (km/hr)	최소평면 곡선반경 (m)	최소종단 곡선변화율(m/%)		최소종단 곡 선 장 (m)	최 소 완화곡선 파라미터
		블 록 형	오 목 형		
120	250	20	20	50	90

③ 본선 기하구조

【표 2.14】 본선 기하구조

본 선 설계속도 (km/hr)	최 소 곡선반경 (m)	종단 곡선 변화비율(m/%)		최 소 종단구배 (m)	비 고
		블 록 형	오 목 형		
120	1,000	240	110	2	

④ 가감속 차로장

【표 2.15】 가감속 차로장

감속차로 규정길이(m)		가속차로 규정길이(m)		테 이 퍼 (m)	비 고
1차로	2차로	1차로	2차로		
170	200	300	450	70	

⑤ 종단구배구간의 가감속 차로길이 보정율

【표 2.16】 종단구배구간의 가감속 차로길이 보정율

본선의 종단구배 (%)	내리막 구배					오르막 구배				
	0 ~ 2미만	2이상 ~ 3미만	3이상 ~ 4미만	4이상 ~ 5미만	5이상	0 ~ 2미만	2이상 ~ 3미만	3이상 ~ 4미만	4이상 ~ 5미만	5이상
감속차로의 길이보정율	1.0	1.10	1.20	1.30	1.35	1.0	0.95	0.90	0.85	0.80
가속차로의 길이보정율	1.0	0.80	0.70	0.60	0.50	1.0	1.20	1.30	1.40	1.50

4) 설계하중 및 시설한계

• 적용범위

본 설계에 적용한 표준시방서 및 설계기준은 다음과 같다.

① 콘크리트 표준 시방서 (1996)

② 철근콘크리트 설계편람(Ⅰ,Ⅱ) (1991)

③ 도로교 표준 시방서 (1996)

④ 도로의 구조, 시설 기준에 관한 규정 (1990)

⑤ 도로 설계 요령 (1992)

⑥ 기타 설계 기준

• 설계하중

강도 설계법에 의할 때는 극한 하중을 적용하고 허용응력 설계법에 의할 때는 사용하중을 적용해야 하며, 구조계산 하중조합은 사하중, 활하중, 충격, 건조수축, 크리프, 온도변화 그리고 지지점의 부등침하 등의 영향을 고려한 하중 조합중 가장 불리한 하중으로 설계하고 구조계산서에 상세히 기재한다.

① 사 하 중

사하중의 산출에 사용되는 재료의 중량은 도로교 표준 시방서에 따르며 실하중이 확실한 것은 그 값을 사용한다.

② 활 하 중

- 교 량
  - 본선교량 : 본선 및 I.C교량 DB-24, DL-24
  - 기타교량 : 해당 도로의 등급
- 교량 및 옹벽에 적용하는 노면 활하중
  - 교량 등급에 관계없이 1.0T/㎡으로 한다.

③ 설계방법 적용기준

- W.S.D(허용응력 설계법) : 철근 CON' C를 탄성체로 보고 재료에 적합한 안전율을 고려한 허용응력을 사용하여 설계하는 방법
- U.S.D(강도 설계법) : 실제 하중이 작용하여 부재가 파괴될 때에 CON' C의 압축응력 분포를 알아내어 이에 맞도록 적합한 하중(LOAD FACTOR)를 갖고 설계하는 방법
  - 강도 설계법 적용 : R.C 구조물(슬래브, 교대, 교각, BOX)
  - 허용응력설계법 적용 : P.C 구조물(상도설계법으로 안정성 검토)

강구조물

• 시설한계

① 도 로 : 4.8m이상(가급적 5.0m이상)

② 철 도 : 7.5m이상(관계기관과 협의)

5) 주요자재 사용기준

• 콘크리트

【표 2.17】 콘크리트 사용기준

종 류	기준강도 (kg/㎠)	골재최대 치수(㎜)	적 용 구 조 물	슬럼프 기 준	비 고
P . C	σck=400	19	P.C 구조물 PREFLEX 아래 플랜지 신축이음장치 후타콘크리트	15 cm	BASE=8cm
1 종	σck=270	25	라멘교(SLAB, 측벽, 기초, 날개벽) PREFLEX(복부, 가로보) 현장제작 철근 콘크리트판 교량접속슬라브, 완충슬라브	13,15 cm	BASE=8cm

【표 2.18】 콘크리트 사용기준-계속

종 류	기준강도 (kg/㎠)	골재최대 치수(㎜)	적 용 구 조 물	슬럼프 기 준	비 고
1 종 (섬유보강)	σck=270	25	거더교 상부 슬래브	13,15cm	
2 종	σck=240	25	필요시	15cm	
		32	터널라이닝 콘크리트 및 입출구시설, 교량하부구조(교각,교대,우물통기초) 및 날개벽, 철근콘크리트 옹벽, 연석, 암거, 암거접속 슬래브		
		40	강관이음용 철근콘크리트		
2종 수중	σck=240 (육상300)	25	수중 콘크리트	15cm	
3 종	σck=210	25	절, 성토부 도수로, 도수로 집수거, V형측구, L형측구(TYPE 3-4), U형 측구(TYPE 1-4,7), U형측구 뚜껑, 중분대 집수정, 노견집수정	8,15cm	
		40	중력식 옹벽, MASS콘크리트, 부대시설기초, 암거 및 배수관 APPROACH부 바닥콘크리트, 배수관 기초, U형측구(TYPE 5-6), 배수관 날개벽		
5 종	σck=150	50	레벨링 콘크리트, 속채움콘크리트(우물통)	-	
L형 측구	σck=210	19	TYPE - 1, 2, 콘크리트 디이크	2~5cm	
		25	TYPE - 3, 4	8cm	
중분대용	σck=240	19	중분대 구체, 교량중분대, 난간 방호벽 : 섬유 보강 콘크리트	2~5cm	
중 간 층	σck=50 (7일양생기준)	40	포장 LEAN 콘크리트	-	습윤포 6일 수침양생 1일
포 장 용	σbk=45	32	포장슬래브, 통로암거접속부, 절성보강슬래브, 중분대 기초	4~6cm	

주) 현장여건 및 사용장비에 따라 골재치수는 변경될 수 있다.

• 철 근

KS D 3504에 적합한 재료를 기준으로 한다.

【표 2.19】 철근 사용기준

종 류	허용응력(kg/㎠)	적 용 콘 크 리 트
SD 40	σy = 4,000 σsa = 1,800	· 1종 콘크리트 · 일반적인 부재, 라멘의 구체(상부 및 하부)
	σy = 4,000 σsa = 1,600	· 1종 콘크리트 · 바닥판 및 지간 10m 이하의 슬래브교 · 수중 혹은 지하수위 이하에 설치
SD 30	σy = 3,000 σsa = 1,500	· 2종 콘크리트

• 강 재

① P.C 강재 : KS D 7002에 적합한 재료를 기준으로 한다.

SW PC7B(2종) 항복점강도 σpy = 160kg/㎟이상

항복점강도 σpu = 190kg/㎟이상

② 일반강재

주 부 재 : SWS 490(상·하 플랜지, 복부판, 종 RIB, 주부재 연결판)

부 부 재 : SWS 400을 기준으로 한다.(주부재를 제외한 모든 부재)

• 주요재료 물리상수

① 콘크리트(도로교 표준시방서 P123,318,630,633)

탄성계수 : $E_c = W^{1.5} \cdot 4{,}270\sqrt{\sigma ck}(kg/cm^3)$에 준하되 다음값을 사용해도 좋다.

【표 2.20】 콘크리트 탄성계수

강 도	400kg/㎠	270kg/㎠	240kg/㎠
Ec	300,000	250,000	235,000
n	7	8	9

온도 팽창계수 : $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}$

CREEP계수 : ψ = 2.0(조강시멘트) 3.0(보통시멘트 사용)

건조수축계수 : 2.0×10^{-5}

② 철근의 탄성계수(도로교 시방서 P123)

ES = $2.04 \times 10^5 (kg/cm^2)$

③ PC 강재(강연선) (도로교 시방서 P123)

- 탄성계수 : $E_p = 2.0 \times 10^6 (kg/cm^3)$
- 겉보기 리락세이션율

【표 2.21】P.C 강재의 종류에 따른 겉보기 리락세이션율

P.C 강재의 종류	겉보기 리락세이션율(%)
P.C 강선, P.C 강연선	5
P.C 강 봉	3

P.C강재가 고온을 받을 경우 P.C강재의 겉보기 리락세이션율을 위표의 값에 2% 가산한다.

④ 마찰손실(도로교 시방서 P755)

【표 2.22】마찰손실

긴장재의 형태	닥트의 형태	파장마찰계수 (K/m)	곡률마찰계수 (μ/rad)
P.C강선 또는 도금되지 않은 P.C강연선	금속쉬스	0.0066	0.30
	아연도금 금속쉬스	0.0050	0.25
	아스팔트 또는 그리스로 코팅되고 피복된것	0.0066	0.30
	아연 도금된 강성 덕트	0.0007	0.25
고강도 강봉	금속쉬스	0.0010	0.20
	아연도금된 금속쉬스	0.0007	0.15

⑤ 강재(도로교 시방서 P123)

- 탄성계수 : $ES = 2.1 \times 10^6 (kg/cm^2)$
- 온도팽창계수 : $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}$

라. 교량형식 선정

1) 계획일반

・교량형식의 선형, 지형 및 지질 그리고 기존교량의 건설경험과 교량 유지보수실적 등을 감안하여 선정하여야 하는바, 이들 요소를 요약하면 다음과 같다.

- 경제성 (경간구성 및 재료)
- 기능 (주행감)
- 시공성 (가설방법, 공기, 시공관리)
- 유지보수
- 조형미 등

・상기한 요소들을 감안한 본 구간의 교량형식 선정시 주요 고려사항은 다음과 같다.

- 교량형식은 지형 및 주위 경관을 고려하여 미려한 구조가 되도록 하였다.
- 상부구조는 차량주행시 쾌적성을 고려하여 가급적 연속구조형식으로 하였다.
- 하부구조는 안정성에 중점을 두고 간단, 경쾌한 구조가 되도록 하였다.
- 기초의 형식은 지반의 상황이나 기타조건을 충분히 조사, 검토한 후 상부구조에 적합하고 가장 안전하며 시공조건을 감안하여 경제적인 형식으로 하였다.
- 형하공간
  - ・ 도 로 : 5.0m이상 (가급적 5.2m이상)

2) 장대교 형식선정

◦ 논산천교

■ 현 황

・위 치 : STA. 5K+905
・평면선형 : 직 선
・종단선형 : 0.81% ~ -0.3%
・사 각 : 90°

■ 본 교량은 연약지반 구간내에 속하며 직할하천인 논산천을 횡단하는 교량으로 시점측에 제작장 확보가 양호하고 평면선형이 직선인 관계로 교형을 PC BOX GIRDER(ILM)으로 채택하였다. 현재 논산천은 하천정비상태이며 우안은 채운 배수펌프장 및 배수갑문 시설이 있고 형하고 부족으로 제방도로는 이설하였음, 기초는 RCD 말뚝을 사용하였다. 연약지반 처리의 일환으로 양측교대부에 EPS공법을 사용하여 기초에 전달되는 수평력을 감소시켰다.

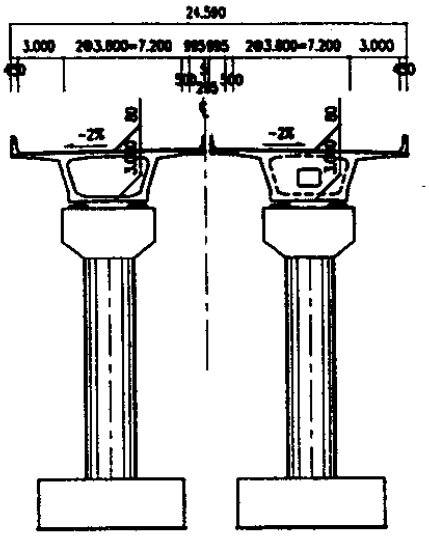
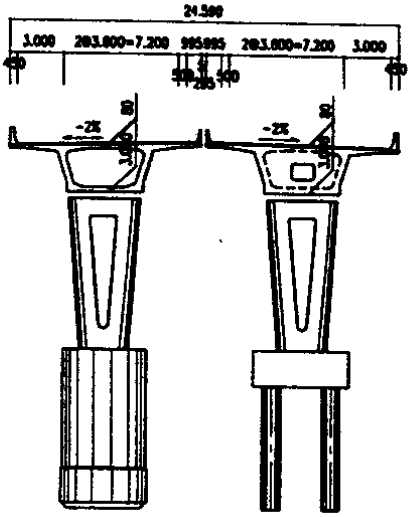
마. 논산천교 교형비교(안)

【표 2.23】 교형비교(안)

구분		기 본 설 계 안	비 교 1 안
형 식	상 부	PC BOX GIRDER	PC BOX GIRDER
	하 부	-	횟 블 형
연 장		35+9@50+35 = 520m	11@50 = 550m
개략 공사비		174억 4천만원	184억 4천만원
장 점		·내구성 우수 ·유지관리 양호 ·휨 강성이 큼 ·PC 도입으로 인한 CON’C구조물 효율성 증대	·휨 강성이 큼 ·PC 도입으로 인한 CON’C구조물 효율성 증대 ·기본 설계안의 문제점(기존교량, 제방밑도로)보완
단 점		·전단 및 지점부에 대한 정밀해석 필요 ·시·종점부 교대부분에 지장물(기존교량, 제방밑도로)저촉	·전단 및 지점부에 대한 정밀해석 필요
건 의 안			○

바. 논산천교 하부 형식 비교(안)

【표 2.24】 하부형식비교(안)

공 종	비 교 1 안	비 교 2 안
형 식	T 형	V 형
단 면		
특 징	・미관 비교적 양호 ・유수 저항에 유리 ・기초 공사비 저감 가능 ・횡방향력 저항성 불리 ・상부가설 형식에 적합한 구조 ・상부 폭원이 클 경우 켄틸레버부의 설계 곤란	・미관 양호 ・기초폭의 최소화 가능 ・시공성 복잡 ・코핑부 설치를 위해 별도의 동바리 설치 필요 ・유수 저항에 비교적 유리
건 의 안	○	

사. 내진설계 적용내용

1) 교량 내진설계 기본방향

- 본 과업구간은 충청남도 논산시에 위치하고 있어 내진 1등급 지역에 해당하고 있으므로 가속도계수 A=0.14g로 교량형식에 관계없이 모든 구조물을 내진 1등급교로 설계하였다. (도시 P.766)
- 지진시 교량의 붕괴방지는 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.
- 구조적으로 허용하는 한 고정받침을 여러개소에 사용하여 수평력을 분산시켜 현재 국내 생산가능한 받침을 적용토록 하였다.
- 상부구조로부터 고정받침이나 전단 KEY에 적용하는 수평력 산정과 수평력에 의한 교각 설계를 면밀히 하였다.

2) 내진설계 기준

① 강합성형 BOX교

- 교축방향, 교축직각방향으로 전단 KEY 설치

② 하부구조

- 교각, 교대 및 기초 모두 시방서에서 규정한 대로 내진설계를 실시(도로교시방서, 제6장 기초 및 교대의 내진설계 P.787)

아. 유지관리시설

교량 구조물 건설에 있어서 공기내에 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.

신설교량의 계획에 있어서는 완성후의 유지관리가 용이하도록 구조 및 설비를 충분히 강구하여야 하며 공용기간중 일관성 있게 관찰 및 점검·보수를 계획하는 것이 매우 중요한 유지관리의 한 방안이다.

1) 교량 점검로 시설

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

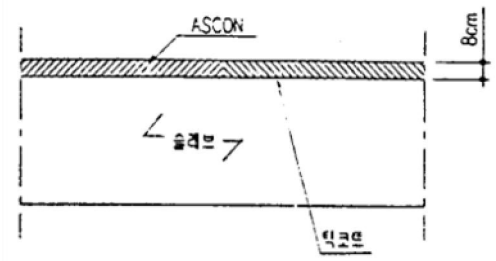
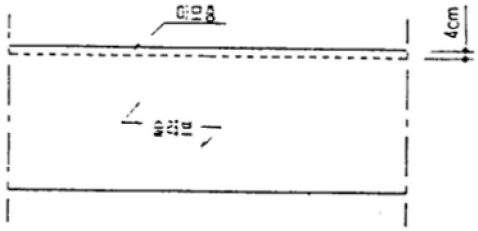
【표 2.25】 하부구조 점검시설 설치 현황

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	

자. 교면포장

본 구간의 교면포장은 ASCON포장과 콘크리트포장을 다음과 같이 비교 검토한 결과 시공성 및 주행성이 양호한 ASCON포장으로 설계하였다.

【표 2.26】 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 있으며, 방수성이 우수하고 내구성, 내활성이 양호하며 가격이 보통인 Sheet방수를 차도구간에 적용토록 하였다.

카. I.L.M. 공법

1) 개요

① 연 장 : 550m (11@50 = 550m)

② 폭 원 : 천안방향 - 12,145m, 논산방향 - 12,145m

③ 구조형식

■ 하부공 - 교대 : 현장타설말뚝, 확대기초구체 4각기둥형

교각 : 현장타설말뚝, 확대기초, 타원형 기둥

■ 상부공 : Post-Tension 방식에 의한 11경간 연속 P.C BOX GIRDER

④ 상부공 가설공법 : 연속압출공법(Incremental Launching Method)

2) 설계기준

① 일반조건

■ 도로등급 : 자동차전용도로(설계속도 120km/hr)

■ 교량형식 : 11경간(11@50=550), 연속 P.C Box Girder

■ 상부시공방법 : 연속압출공법(I.L.M)

■ 평면곡선 : STRAIGHT

■ 하 중 : 차량하중 : DB-24TON, 차선하중 : DL-24TON

② 허용응력

■ Con’c의 허용응력

- 설계기준강도 : σ_{ck} = 400 kg/㎠

- Prestress 도입시 Con’c 강도, σ_{ck} = 400×0.75=300kg/㎠

■ 허용힘 압축인장응력

【표 2.27】I.L.M 공법 허용힘 압축인장응력

구 분	허용힘 압축응력	허용휨 인장응력	허용힘 인장응력 (부착철근이 있는 경우)
초기응력	$0.55\sigma_{ck}$ 0.55×300=165kg/㎠	$0.75\sqrt{\sigma_{ck}}$ 0.75×√300=12.99kg/㎠	$1.5\sqrt{\sigma_{ck}}$ 1.5×√300=25.98kg/㎠
설계하중작용시 응력	$0.4\sigma_{ck}$ 0.55×300=165kg/㎠	$0.75\sqrt{\sigma_{ck}}$ 0.75×√400=15kg/㎠	$1.5\sqrt{\sigma_{ck}}$ 1.5×√400=30kg/㎠
강연선 삽입시 응력	$1.25\times0.4\sigma_{ck}$ 1.25×160=200kg/㎠	$1.25\times0.4\sqrt{\sigma_{ck}}$ 1.25×8=10kg/㎠	-

■ PC 강연선

- 사용기준 : KS D 7002-1988 SWPC 78-ϕ=15.2 ㎜(0.6 "STRAND)
- 허용응력 (정착직후) : $0.7\sigma_{pu}$ = 133 kg/㎠
- 항복점 강도 : σ_{py} = 160 kg/㎟
- 인장강도 : σ_{pu} = 190 kg/㎟
- 단 면 적 : A_p = 138.7 ㎟
- 탄성계수 : E_p = 2.0×10^6 kg/㎠
- Relaxation : 5% (1000시간 후 2.5%)
- PC 강연선의 허용응력

  정착후 정착부에서의 응력 : σ_{psu} = $0.7\sigma_{pu}$ = 13,300 kg/㎠

  손실 발생후 사용하중 상태에서의 응력 : σ_{psu} = $0.8\sigma_{py}$ = 12,800 kg/㎠
- 사용 텐던 단위

  CENTRAL TENDON : 0.6″ - 7

  CONTINUTY TENDON : 0.6″ - 22
- 긴장력

  σ_{pj} = $0.76\sigma_{pu}$ = 14,400 kg/㎠ : 인장강도의 76%
- 마찰계수

  μ = 0.25 / rad : 곡률마찰계수

  k = 0.050 / m : 파상마찰계수

■ STEEL NOSE 강재 : SWS 490

SWS 400

3) 교좌장치 선정

압출시공에 이용하는 미끄럼 받침은 가설받침으로서만 사용하는 형식과 가설받침과 영구받침을 겸하게 하는 형식이 있으며 두 형식 모두 주형으로 부터의 하중에 대하여 안정하게 설계되어져야 한다. 본 설계에서는 가설받침과 영구받침을 겸하는 방식을 채택하였다.

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 기 정밀안전진단 분석

가. 외관조사 결과

구 분	기존 정밀안전진단 (2013년)	비 고
교면 포장	·아스콘 패임 ·소성변형	·주의관찰후 진전시 팻칭보수 ·주의관찰후 진전시 팻칭보수
방호 울타리	·균열 ·균열백태 ·긁힘, 박락, 재료분리, 파손, 철근노출 ·방음벽 부식, 부식	·균열부 주입보수 ·표면처리 및 주의관찰 ·단면보수, 철근방청+단면보수 ·주의관찰
바닥판 하면	·균열, 백태, 망상균열 ·게이지 미제거 ·전구 미설치	·주입보수, 표면처리 ·청소 및 제거 ·전구 설치
배수 시설	·배수관 연결부 불량 ·집수구 막힘	·주기적인 청소 및 점검 ·주의관찰 후 위치조정
PSC Box 거더 내부	·균열, 백태, 망상균열 ·파손, 재료분리 ·이물질 퇴적, 소각흔적	·주입보수, 표면처리 ·단면보수 ·청소 및 제거
PSC Box 거더 외부	·균열 ·캔틸레버 하면 박락, 백태 ·박락, 파손 ·배수관 주변 백태, 박락	·표면처리 및 주입보수 ·교면수 유입 방지후 단면복구 ·내구성 확보 차원의 보수 ·표면처리 및 단면보수
신축 이음	·후타재 균열 ·후타재 박락 ·유간부 토사퇴적 ·차수판 덮개 파손 ·신축이음 하부 누수	·지속적인 관찰 및 점검 ·단면복구 ·주기적인 청소 ·중분대 차수판 정비 및 재설치 ·가요성 물받이 설치
교량 받침	·고정볼트 풀림 및 볼트부식, 받침부식 ·받침모르타르 및 모르타르 균열, 박락	·재체결, 녹 제거후 재도장 ·균열부 지속적인 관찰, 단면보수
교대 교각	·균열, 균열부 백태 ·박락, 재료분리, 긁힘, 마감불량, 파손, 철근노출 ·실런트 파손 및 체수 ·배수로 균열 및 표지판 탈락 ·법면 식생 및 블록탈락 ·출입덮개 유실 및 계단파손	·주입보수, 표면처리 ·단면보수, 철근방청+단면보수 ·실런트교체 및 주의관찰 ·주의관찰 및 재부착 ·제거 및 정비 ·덮개설치 및 정비

나. 내구성 조사

<table>
<tr><th>시험명</th><th colspan="10">시험 결과</th></tr>
<tr><td rowspan="5">비파괴
강도</td><td colspan="3">구분</td><td colspan="2">설계기준(MPa)</td><td colspan="3">조사결과(MPa)</td><td colspan="2">평가결과(%)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">논산천교</td><td rowspan="2">상부
구조</td><td>반발경도</td><td colspan="2" rowspan="2">40.0</td><td colspan="3">44.4～50.7</td><td colspan="2">164.4～187.8</td></tr>
<tr><td>초음파법</td><td colspan="3">40.3～42.6</td><td colspan="2">149.3～157.8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부
구조</td><td>반발경도</td><td colspan="2" rowspan="2">24.0</td><td colspan="3">23.7～25.2</td><td colspan="2">98.8～105.0</td></tr>
<tr><td>초음파법</td><td colspan="3">23.9～25.0</td><td colspan="2">99.6～104.2</td></tr>
<tr><td colspan="11">◦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="10">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">논산천교</td><td rowspan="2">상부
구조</td><td colspan="2" rowspan="2">상부
플렌지</td><td>주철근</td><td>48～53</td><td>115～128</td><td>42</td><td>125</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>60～83</td><td>89～110</td><td>58</td><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="6">하부
구조</td><td colspan="2" rowspan="2">교대</td><td>주철근</td><td>41～53</td><td>275～300</td><td>39</td><td>300</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>63～75</td><td>280～300</td><td>61</td><td>300</td></tr>
<tr><td rowspan="4">교각</td><td rowspan="2">코핑</td><td>주철근</td><td>98～118</td><td>280～320</td><td>90.5</td><td>300</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>110～128</td><td>130～153</td><td>109.5</td><td>150</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기둥</td><td>주철근</td><td>100～130</td><td>90～110</td><td>109.5</td><td>100</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>90～115</td><td>130～150</td><td>90.5</td><td>150</td></tr>
<tr><td colspan="11">◦철근탐사를 결과, 부재별로 설계도면과 비교시 철근배근간격 및 피복두께는 상·하 구조의 부재별로 다소의 편차가 있는 것으로 조사되었으며 지속적인 점검 및 관찰을 실시한다면 문제는 없을 것으로 판단된다.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">탄산화
깊이</td><td colspan="2">구분</td><td>탄산화 깊이
(㎜)</td><td>피복두께
(㎜)</td><td>탄산화잔여깊이
(㎜)</td><td>결 과</td></tr>
<tr><td rowspan="2">논산천교</td><td>상부구조</td><td>3.0～10.0</td><td>45～48</td><td>37.0～44.0</td><td>a</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>6.0～8.0</td><td>41～110</td><td>33.0～102.0</td><td>a</td></tr>
<tr><td colspan="6">◦탄산화시험 수행 결과 측정 심도는 상부구조 3.0㎜～10.0㎜, 하부구조 6.0㎜～8.0㎜으로 조사되어 건전성 평가 기준에 의거 탄산화 잔여깊이가 30㎜이상인 『 a 』 로 평가되었으며, 탄산화에 의한 철근 부식 등 내구성 저하의 가능성은 적을 것으로 판단된다.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>시험명</th><th colspan="7">시험 결과</th></tr>
<tr><td rowspan="14">염화물</td><td colspan="2" rowspan="2">측정위치</td><td rowspan="2">깊이(㎜)</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="9">논산천교
(천안)</td><td rowspan="3">S4 외부
하부플렌지</td><td>0～10</td><td>0.007</td><td>0.158</td><td>a</td></tr>
<tr><td>10～20</td><td>0.005</td><td>0.113</td><td>a</td></tr>
<tr><td>20～30</td><td>0.004</td><td>0.091</td><td>a</td></tr>
<tr><td rowspan="3">P2
코핑부</td><td>0～10</td><td>0.006</td><td>0.136</td><td>a</td></tr>
<tr><td>10～20</td><td>0.005</td><td>0.113</td><td>a</td></tr>
<tr><td>20～30</td><td>0.003</td><td>0.068</td><td>a</td></tr>
<tr><td rowspan="3">P4
기둥부</td><td>0～10</td><td>0.007</td><td>0.158</td><td>a</td></tr>
<tr><td>10～20</td><td>0.005</td><td>0.113</td><td>a</td></tr>
<tr><td>20～30</td><td>0.004</td><td>0.091</td><td>a</td></tr>
<tr><td rowspan="9">논산천교
(논산)</td><td rowspan="3">S3 외부
상부플렌지</td><td>0～10</td><td>0.006</td><td>0.136</td><td>a</td></tr>
<tr><td>10～20</td><td>0.005</td><td>0.113</td><td>a</td></tr>
<tr><td>20～30</td><td>0.004</td><td>0.091</td><td>a</td></tr>
<tr><td rowspan="3">S4 외부
복부판</td><td>0～10</td><td>0.005</td><td>0.113</td><td>a</td></tr>
<tr><td>10～20</td><td>0.004</td><td>0.091</td><td>a</td></tr>
<tr><td>20～30</td><td>0.004</td><td>0.091</td><td>a</td></tr>
<tr><td rowspan="3">P10
코핑부</td><td>0～10</td><td>0.005</td><td>0.113</td><td>a</td></tr>
<tr><td>10～20</td><td>0.005</td><td>0.113</td><td>a</td></tr>
<tr><td>20～30</td><td>0.004</td><td>0.091</td><td>a</td></tr>
<tr><td colspan="7">◦안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)을 토대로 전염화물에 대하여 평가하였으며, 채취한 시료의 전염화물 함유량 분석결과, 염화물함유량이 낮아 부식발생 우려가 없는 상태인 a로 평가되었다.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">균열
깊이</td><td colspan="3" rowspan="2">측 정 위 치</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>논산천교</td><td>상부
구조</td><td>S9 캔틸레버</td><td>47.2</td><td>33.2</td><td>0.3</td><td>37.5</td><td>50.6</td></tr>
<tr><td></td><td>하부
구조</td><td>P10 코핑</td><td>78.4</td><td>32.5</td><td>0.3</td><td>95.0</td><td>109.7</td></tr>
<tr><td colspan="8">◦균열깊이의 측정은 Cw=0.3㎜의 균열을 대상으로 실시하였으며 그 결과 대상 균열은 모두 균열심도가 콘크리트 피복두께를 초과하여 발생된 것으로 나타나, 내구성 확보를 위하여 주입보수가 필요할 것으로 판단된다.</td></tr>
</table>

주) 피복두께는 철근탐사 실측치 및 설계도면(순피복) 적용.

다. 내하력평가

1) 종방향 내하력평가

① 허용응력법에 의한 거더의 내하율 산정

위치	내하율 계산 (단위:MPa)	내하율(RF)	기본내하력
외측 S1경간 지점부(P1)	$\frac{16.000 - (10.590 + 0.463 + 0.019)}{2.579}$	1.910	DB-24 이상
외측 S1경간 중앙부	$\frac{16.000 - (4.459 + 3.886 - 0.006)}{1.639}$	4.674	DB-24 이상
내측 S10경간 지점부(P9)	$\frac{16.000 - (8.061 + 1.982 - 0.027)}{2.374}$	2.520	DB-24 이상
내측 S10경간 중앙부	$\frac{16.000 - (2.140 + 4.230 + 0.002)}{1.359}$	7.084	DB-24 이상

② 극한강도법에 의한 거더의 내하율 산정

위치	내하율 계산 (단위:kN·m)	내하율(RF)	기본내하력
외측 S11경간 지점부 (P10)	$\frac{140608.5 - (1.3 \times 57903.0 - 13560.3)}{2.15 \times 14614.1}$	2.510	DB-24 이상
외측 S1경간 중앙부	$\frac{137248.4 - (1.3 \times 40356.7 + 7460.6)}{2.15 \times 13162.3}$	2.732	DB-24 이상
내측 S9경간 지점부 (P8)	$\frac{124723.7 - (1.3 \times 44713.1 - 7024.2)}{2.15 \times 13833.1}$	2.475	DB-24 이상
내측 S2경간 중앙부	$\frac{137248.4 - (1.3 \times 19064.7 + 11350.1)}{2.15 \times 10863.6}$	4.239	DB-24 이상

2) 횡방향 내하력평가

위치	내하율 계산 (단위:kN·m)	내하율(RF)	기본 내하력
캔틸레버부 단부	$\frac{419.75 - (1.3 \times 58.73)}{2.15 \times 118.56}$	1.347	DB-24 이상
내부슬래브 중앙부	$\frac{168.73 - (1.3 \times 2.64)}{2.15 \times 34.59}$	2.222	DB-24 이상

라. 안전성평가

1) PSC BOX 거더 - 허용응력법에 의한 안전율 산정

조합 케이스	허용응력	S1 지점부(P1)		S10 지점부(P9)		S1 중앙부		S10 중앙부	
		합응력	S.F	합응력	S.F	합응력	S.F	합응력	S.F
1	**16.000**	**13.630**	**1.174**	12.420	1.288	9.984	1.603	8.568	1.867
2	16.000	13.630	1.174	12.420	1.288	9.985	1.602	8.568	1.867
3	18.400	13.580	1.355	12.330	1.492	9.914	1.856	8.497	2.165
4	18.400	13.580	1.355	12.330	1.492	9.915	1.856	8.497	2.165
5	18.400	13.720	1.341	12.450	1.478	10.040	1.833	8.632	2.132
6	18.400	13.720	1.341	12.450	1.478	10.040	1.833	8.632	2.132
7	18.400	13.580	1.355	12.330	1.492	9.914	1.856	8.497	2.165
8	18.400	13.580	1.355	12.330	1.492	9.914	1.856	8.497	2.165
9	18.400	13.720	1.341	12.450	1.478	10.040	1.833	8.632	2.132
10	18.400	13.720	1.341	12.450	1.478	10.040	1.833	8.632	2.132
최소 안전율			**1.174**		1.288		1.602		1.867

2) PSC BOX 거더 - 강도설계법에 의한 안전율 산정

① 설계하중 작용시 검토단면의 최대 단면력

위 치	Mu (kN·m)	ΦMn (kN·m)	안전율
외측경간 지점부 P10, 130요소	-93133.98	140608.52	**1.510**
외측경간 중앙부 S1, 6요소	88223.25	137248.36	1.556
내측경간 지점부 P8, 117요소	-80843.88	124723.65	1.543
내측경간 중앙부 S2, 20요소	59490.89	137248.36	2.307

② 설계하중 작용시 외측·내측 경간 최대 전단력

위 치(경간위치, 부재번호)	Vu (kN)	ΦVn (kN)	안전율
외측경간 최대 (P1, 12)	12246.14	12513.63	**1.022**
내측경간 최대 (P2, 25)	10697.92	11995.47	1.121

3) 횡방향검토 - 강도설계법에 의한 안전율 산정

부 재	As	Mu (kN · m)	ΦMn (kN · m)	안전율
캔틸레버부 단부	H25 @125	331.25	419.75	**1.267**
내부슬래브 중앙부	H19 @125	77.80	168.73	2.169

4) 하부구조 - 강도설계법에 의한 안전율 산정

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi P_n}{P_u} = \frac{78262.938}{24987.698} = 3.132$$ 『A』

라. 상태평가 및 안전등급

1) 안전성평가 결과

부 재	SF(안전율)	등 급
PSC 거더 (허용응력법) (제1 내부지점부, P1)	1.174	A
PSC 거더 (강도설계법) (내측경간 최대, P2)	1.022	A
횡방향 검토 (강도설계법) (캔틸레버 단부)	1.267	A
하부구조 (강도설계법)	3.132	A

2) 논산천교 상태평가 결과

구성교량명	환 산 결함도점수	상태평가 등 급	연장 (m)	차선	길이 × 차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
논산천교(천안)	0.314	c	550	2	1,100	0.500	0.157
논산천교(논산)	0.277	c	550	2	1,100	0.500	0.139
합계(Σ)			1,100	4	2,200	1	0.296
1. 환산결함도 점수 =							0.296
2. 상태평가 결과 =							C

3) 종합평가 및 안전등급

구 분	안전성평가등급	상태평가등급	안 전 등 급
논산천교(천안)	A	C	C
논산천교(논산)	A	C	C

마. 보수·보강 방안

1) 논산천교(천안) 보수·보강 방안

부재	결함내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위	비고
교면 포장	아스콘패임	팻칭보수	15.00	25.50	㎡	55	1,403	2	
	소성변형	팻칭보수	2.00						
난간 및 연석	균열(0.3mm이상)	주입보수	1.50	2.25	m	33	74	1	
	박락	단면보수	0.04	16.41	㎡	330	5,415	2	
	재료분리	단면보수	10.90						
배수 시설	배수구막힘	청소	1.00	1.00	EA	11	11	3	
거더 내부	균열(0.3mm이상)	주입보수	132.10	198.15	m	33	6,539	1	
	이물질퇴적	청소	3.35	5.03	㎡	11	55	3	
거더 외부	균열(0.3mm이상)	주입보수	14.90	22.35	m	33	738	1	
	박락	단면보수	0.47	1.00	㎡	330	330	2	
	파손	단면보수	0.02						
신축 이음	유간토사퇴적	청소	1.03	1.55	㎡	11	17	3	
	신축이음누수	물받이설치	24.00	24.00	m	70	1,680	3	
	차수판 파손	재설치	1.00	1.00	EA	400	400	3	
교량 받침	볼트부식	재도장	0.03	84.05	㎡	13	1,093	1	
	본체 부식	재도장	56.00						
	고정볼트풀림	재체결	12.00	12.00	EA	5	61	1	
	받침모르타르박락	단면보수	0.02	1.00	㎡	330	330	2	
교대	균열(0.3mm이상)	주입보수	11.20	16.80	m	33	554	1	
	철근노출	단면보수(방청)	0.04	1.00	㎡	350	350	1	
	박락	단면보수	0.30	1.00	㎡	330	330	2	
	재료분리	단면보수	0.15						
교각	균열(0.3mm이상)	주입보수	16.40	24.60	m	33	812	1	
	박락	단면보수	0.37	1.00	㎡	330	330	2	
	재료분리	단면보수	0.25						

순공사비 합계 (천원)		20,522
제경비 (순공사비×50%)		10,261
순위별 공사비 (제경비 포함)	제 1 순위	15,331
	제 2 순위	12,207
	제 3 순위	3,245
절삭		83
개략공사비 (천원)		30,700

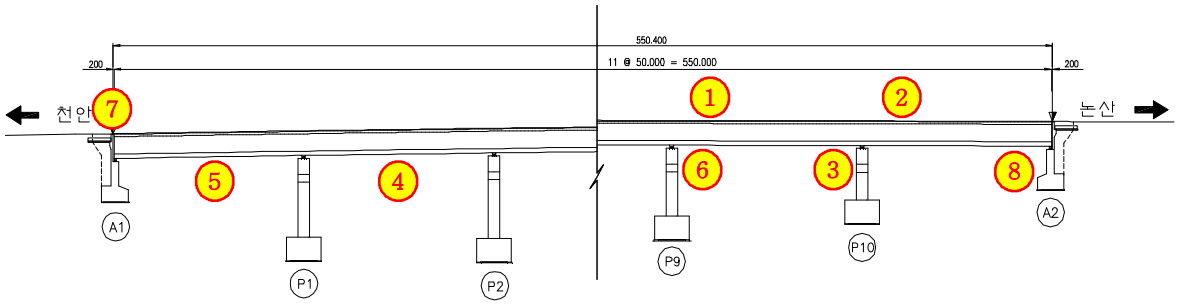
2) 논산천교(논산) 보수·보강 방안

부재	결함내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위	비고
난간 및 연석	균열(0.3mm이상)	주입보수	9.40	14.10	m	33	465	1	
	철근노출	단면보수(방청)	0.01	1.00	㎡	350	350	1	
	박락	단면보수	0.05	15.41	㎡	330	5,084	2	
	재료분리	단면보수	10.15						
	파손	단면보수	0.07						
배수 시설	배수구막힘	청소	2.00	2.00	EA	11	22	3	
거더 내부	균열(0.3mm이상)	주입보수	30.00	45.00	m	33	1,485	1	
	이물질퇴적	청소	0.29	1.00	㎡	11	11	3	
	재료분리	단면보수	0.10	1.00	㎡	330	330	2	
	파손	단면보수	0.04						
	게이지미제거	제거	4.00	4.00	EA	1	4	3	
거더 외부	균열(0.3mm이상)	주입보수	9.50	14.25	m	33	470	1	
	박락	단면보수	0.04	1.00	㎡	330	330	2	
	파손	단면보수	0.05						
	들뜸	단면보수	0.25						
신축 이음	유간토사퇴적	청소	1.70	2.55	㎡	11	28	3	
	신축이음누수	물받이설치	24.00	24.00	m	70	1,680	3	
교량 받침	볼트부식	재도장	0.18	108,27	㎡	13	1,408	1	
	본체 부식	재도장	72.00						
	고정볼트풀림	재체결	13.00	13.00	EA	5	66	1	
	받침모르타르박락	단면보수	0.01	1.00	㎡	330	330	2	
	받침콘크리트균열 (0.3mm이상)	주입보수	0.20	1.00	m	33	33	1	
교대	균열(0.3mm이상)	주입보수	7.70	11.55	m	33	381	1	
	철근노출	단면보수(방청)	0.03	1.00	㎡	350	350	1	
	박락	단면보수	0.10	1.00	㎡	330	330	2	
	출입덮개유실	재설치	1.00	1.00	EA	300	300	3	
교각	균열(0.3mm이상)	주입보수	15.90	23.85	m	33	787	1	
	박락	단면보수	0.09	5.30	㎡	330	1,747	2	
	재료분리	단면보수	1.16						
	파손	단면보수	0.03						

순공사비 합계 (천원)		15,992
제경비 (순공사비×50%)		7,996
순위별 공사비 (제경비 포함)	제 1 순위	8,693
	제 2 순위	12,227
	제 3 순위	3,068
절삭		87
개략공사비 (천원)		23,900

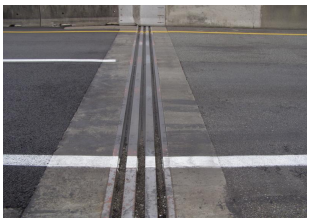
바. 유지관리방안

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



1) 점검 및 진단 시 구조부재별 유지관리 항목

위 치	중점점검항목	점검요령
① 교면포장	·소성변형 ·아스콘 패임	·지속적인 관찰 및 점검 ·공용기간 증가에 따른 손상의 발생 및 진전 여부
② 방호울타리	·방호벽 내,외측 균열 및 균열부 백태 ·철근노출, 재료분리, 박락 등 ·방음벽 부식	·손상에 따른 적절한 보수 실시 ·공용기간 증가에 따른 손상의 진전 및 추가발생 여부
③ 배수시설	·집수구 막힘 ·배수관 연결 불량	·청소 및 체수 상태 ·공용중 배수관 탈락, 파손 여부

위 치	중점점검항목	점검요령
 ④ PSC BOX 거더 내부	·균열, 망상균열 ·백태, 파손, 재료분리 등 ·이물질 퇴적 및 소각 흔적	·균열의 진전, 재발생 및 추가발생 여부 ·보수 후 재발생 여부
 ⑤ PSC BOX 거더 외부	·균열, 백태 ·재료분리, 박락, 파손 ·배수관 주변 백태, 박락	·균열의 진전, 재발생 및 추가발생 여부 ·보수 후 재발생 여부
 ⑥ 교량받침	·상,하부 플레이트 부식 ·볼트 부식 ·받침콘크리트 및 받침모르타르 균열, 박락	·손상의 진전 및 추가발생 여부 ·지속적인 관찰을 통한 이상징후 발생 여부 확인
 ⑦ 신축이음	·후타재 균열, 박락 ·유간 토사 퇴적 ·신축이음 하부 누수	·공용중 손상의 진전 여부 ·보수 시공에 따른 하부 누수의 재발생 여부 확인
 ⑧ 교대 및 교각, 기초	·균열, 균열부 백태 ·재료분리, 박락, 파손, 철근노출 등 ·실런트 파손 및 체수 ·법면 식생, 블록 탈락	·손상의 진전, 재발생 및 추가발생 여부 ·손상의 재발생 및 추가발생 여부 ·신축이음 배수로 설치 후 우천시 체수 재발생 여부 확인

사. 종합결론

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

정밀 외관조사와 항목별 제반시험을 통한 정밀안전진단 결과

- 구조적으로 문제가 될 만한 손상, 결함, 열화는 조사되지 않았으나, 수축량 부족으로 판정된 신축이음 장치는 손상의 발생 유무를 주기적으로 점검해야 하며,

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

시설물의 안전등급은 주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태인 『C등급』으로 평가되었다.

교량의 전체 등급이 C등급으로 평가된 주된 원인은 상부구조 및 하부구조에 발생된 폭 0.3mm 균열이며, 해당 손상에 대하여 보수를 실시하고 정기적으로 유지관리 한다면 교량으로서의 기능유지에 문제가 없을 것으로 판단된다.

2.2.4 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 2.28】 논산천교 점검 및 진단이력

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
1	초기점검	2003.04	나우이엔씨(주)	전반적인 상태등급은 'A' 등급에 해당되며, 설계하중에 대한 단면력을 충분히 확보하고 있고 공용내하력도 설계내하력(DB-24) 이상이므로 적절한 보수와 향후 유지관리가 이루어진다면 공용기간중 교량의 건전성과 사용성을 충분히 유지할 수 있을것으로 사료된다.	A
2	정기점검	2003.12	나우이엔씨(주)	향후 유지관리를 통한 관리와 손상부위의 내구성확보를 위한 보수가 이루어져야 할 것으로 사료된다.	-
3	정기점검	2004.6	(주)아워브레인	양호	-
4	정기점검	2004.12	(주)아워브레인	양호	-
5	정밀점검	2005.6	㈜한길종합 엔지니어링	전반적으로 양호한 상태이며, 주요 및 보조부재 미세균열(0.1mm)등 경미한 손상에 대한 주의관찰, 교대측 공동구 균열 및 백태에 대한 보수가 필요한 상태임.	A
6	정기점검	2005.12	㈜한길종합 엔지니어링	신축이음장치 연결부 누수로 인하여 교대부 체수 및 콘크리트 표면 변색이 조사되었으며, 받침콘크리트 박리 및 균열, 받침고정 볼트 체결 불량이 조사되었다. 또한 공동구 시공이음부 및 천정부에 건조수축 등으로 균열 및 누수,백태 등의 손상이 진전되고 있는 상태이다. 따라서 구조물의 유지관리를 위해 손상 발생부에 대하여는 보수를 실시하여 구조물의 유지관리에 만전을 기하여야 한다.	-
7	정기점검	2006.6	(주)아워브레인	전반적으로 양호한 상태임.	-

【표 2.29】 논산천교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
8	정기점검	2006.12	(주)아워브레인	교량 전반에 공용년수 증가로 인하여 경미한 손상현황이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상현황으로는 주형 내부 바닥판하면에 종방향균열(Cw≤0.2mm), 공동구 균열 및 백태, 하부구조에 균열(Cw≤0.2mm) 및 체수, 받침장치 균열 및 국부적인 플레이트 부식, 교대 접속부 침하로 인한 점검계단 파손 현황이 발생한 상태이다. 기 발생된 손상현황은 구조적으로 큰 문제가 없는 것으로 사료되나, 구조물의 내구성 확보 차원의 보수가 필요하며, 현재 교대 접속부측에 침하가 장기간 진전중이므로 지속적인 관찰 및 유지관리가 필요하다.	
9	정밀점검	2007.6	(주)아워브레인	본 교량에 대한 상태등급 판정결과 상태평가 등급은 B등급으로 부재에 경미한 손상이 발생되었으나, 기능상에는 문제점이 없는 양호한 상태로서 일부 부재에 대한 보수가 필요한 상태인 것으로 평가되었다. 주요손상은 주형 균열, 하부구조 균열, 교좌장치 부식, 공동구 균열 및 백태, 점검로 볼트 누락 및 탈락등으로 일부부재에 대해서는 내구성 확보차원의 보수가 필요하며, 기타부재들에 대해서는 주의관찰이 필요하다.	B
10	정기점검	2007.12	(주)아워브레인	2007년 하반기 정기점검 결과, 교량 다수 부재에서 공용년수 증가로 인하여 경미한 손상현황이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상현황으로는 주형 내부 상부슬래브 균열, 외부 복부 및 하부슬래브 균열(폭 0.1~0.2mm) 및 들뜸, 공동구 균열 및 백태, 하부구조 균열(폭 0.1~0.2mm) 및 표면열화, 받침장치 무수축몰탈 균열 및 PLATE 부식, 교대 점검계단 침하 미치 이격, 점검로 볼트 누락 및 풀림 등의 현황이 발생한 상태이다. 기 발생된 손상현황은 구조적으로 큰 문제가 없는 것으로 사료되나, 구조물의 내구성 확보를 위한 일부 보수를 실시하며 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요하다.	-

【표 2.30】 논산천교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
11	정기점검	2008.06	(주)아워브레인	2008년 상반기 정기점검 결과, 받침장치 부식부에 재도장이 실시된 상태이나, 공용년수 증가로 인하여 일부 부재에서 손상현황이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상현황으로는 주형 내부 상부슬래브 균열, 외부 복부 및 하부슬래브 균열(폭 0.1~0.2mm) 및 들뜸, 공동구 균열 및 백태, 하부구조 균열(폭 0.1~0.2mm) 및 표면열화, 받침장치 무수축몰탈 균열, 교대 점검계단 침하 및 이격, 점검로 볼트 누락 및 풀림 등의 현황이 발생한 상태이다. 기 발생된 손상현황은 구조적으로 큰 문제가 없는 것으로 사료되나, 구조물의 내구성 확보를 위한 일부 보수를 실시하며 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요하다.	-
12	정기점검	2008.12	(주)아워브레인	2008년 하반기 정기점검 결과, 받침장치 부식부에 재도장이 실시된 상태이나, 공용년수 증가로 인하여 일부 부재에서 손상현황이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상현황으로는 주형 내부 상부슬래브 균열, 외부 복부 및 하부슬래브 균열(폭 0.1~0.2mm) 및 들뜸, 공동구 균열 및 백태, 하부구조 균열(폭 0.1~0.2mm) 및 표면열화, 받침장치 무수축몰탈 균열, 신축이음 하부 지지대 볼트탈락, 교대 점검계단 침하 및 이격, 점검로 볼트 누락 및 풀림 등의 현황이 발생한 상태이다. 기 발생된 손상현황은 전회와 비교시 진전은 미미한 상태이나, 구조물의 내구성 확보를 위하여 일부 보수를 실시하며, 지속적인 유지관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요하다.	-
13	정밀점검	2009.06	㈜한길종합 엔지니어링	전반적으로 상부구조 및 하부구조의 상태는 양호하나, 일부 국부적인 손상이 조사되어 내구성 측면에서의 보수가 필요하며, 신축이음장치에 대한 여유량 검토결과 신축장치의 수축여유량이 수축계산량 이하로 검토되어 주의관찰이 필요하며, 받침장치의 경우 기준온도 이상에서도 수축거동된 상태로 정기점검시 지속적인 관찰이 필요함.	B

【표 2.31】 논산천교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
14	정기점검	2009.12	㈜한길종합 엔지니어링	정기점검 결과, 대상 시설물의 상태는 '양호'인 것으로 판단되며 주요 손상으로는 PSC BOX 외부에 발생된 균열 및 박락, 하부구조에 발생된 균열(폭 0.3mm) 및 파손 등의 손상이 있으며, 신축이음장치의 간격조절장치 스프링 연결 볼트 탈락에 대한 조치가 필요하다. 그리고 받침장치의 경우 고정단(P5)을 중심으로 표준온도(15℃) 이상에서 수축방향으로 약 1~4.5cm의 편기량이 조사되었다. 특히 P2, P9지점에서 과다하게 편기가 발생한 상태이며, 건조수축 및 크리프의 영향으로 영구적인 수축변형이 발생된 것으로 판단되며, 정기점검시 지속적인 주의관찰을 실시토록 한다.	-
15	정기점검	2010.06	㈜한길종합 엔지니어링	정기점검 결과, 본 교량은 1종 교량시설물로써 점검일 현재 일부 손상에 대한 보수 등의 조치가 이뤄진 상태이다. 주요 손상으로는 배수시설 유공관 길이부족 및 배수관 연결고리 탈락, 주형 내·외부 균열, 하부구조 단면파손 및 균열, 받침장치 무수축 몰탈 균열, 신축이음장치 볼트 탈락 등의 손상이 있다. 이 중에서 하자담보기간이 남아 있고 구조적으로 문제가 되지 않는 손상에 대하여는 추후 하자보수를 실시하는 것으로 하며, 신축이음장치 및 배수시설에 대한 교체 및 정비 등의 조치가 필요하다. 받침장치의 경우 편기량이 과다 측정되었지만 초기 건조수축 및 크리프의 영향으로 발생된 것으로 판단되며 전회차 와의 비교 검토에서 큰 변화는 없는 것으로 조사되었다. 추후 정기점검 등을 통하여 지속적인 주의관찰이 요구된다.	-
16	정기점검	2010.12	㈜한길종합 엔지니어링	2010년 하반기 점검결과, 전회 점검과 비교 시 일부 부재에서 손상의 진전이 있는 것으로 조사되었다. 주요 손상으로는 교면포장 소성변형, PSC 거더 외부 및 내부 균열 및 백태, 하부구조 균열 및 파손, 신축이음장치 연결볼트 탈락, 교량받침 편기발생 등의 손상이 있다. 점검일 현재 구조물의 구조적인 안전에는 문제가 없으며, 공용중 내구성 증진을 위해 일부 손상에 대한 보수 및 교체 등의 조치가 필요하다. 추후 정기적인 점검 등을 통하여 지속적인 주의관찰을 실시한다.	-

【표 2.32】 논산천교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
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. 본 시설물은 구조적인 안전성과 관련된 손상이 없는 양호한 상태로 일부 부재에 손상이 조사되어 내구성 측면에서의 보수가 필요하다. 발생된 주요 손상으로는 신축이음장치 여유량 부족, 바닥판 캔틸레버부 A2 지점부에 균열, 하부구조 균열 등이다. 신축이음장치에 대한 여유량 검토결과 수축여유량이 부족한 것으로 검토되어 주의관찰이 필요하며, 바닥판하면 캔틸레버부의 균열은 내구성 저하 방지를 위한 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	정기점검 결과, 대상 시설물의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 양호한 상태이다. 전 회 점검 이후 신축이음 하부 볼트 탈락에 대한 전구간 보수가 실시된 상태이며, 현재 교량하부의 공사로 인해 일부 부재에 손상이 발생하여 주의관찰이 필요한 상태이다. 발생된 주요 손상으로는 교면포장 소성변형, PSC 주형 외부 및 내부 균열 및 백태, 하부구조 균열 및 파손, 교량받침 몰탈 균열 및 파손, 점검로 파손 등이 있다. 기 발생된 손상은 교량의 안전성에 큰 문제는 없으나, 내구성 저하방지를 위한 보수를 실시하고, 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.	-

【표 2.33】 논산천교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
19	정기점검	2012.06	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 '양호'한 상태로 판단된다. 다만, 유지관리차원에서 보수를 요하는 손상이 발생된 상태이다. 이전 점검 이후 배수관 교체 및 교대벽체 균열보수, BOX내부 이물질 적치 정비가 실시된 상태이며, 발생된 주요 손상으로는 교면포장 아스콘 손상, PSC BOX 내·외부 균열, 하부구조 균열 등이다. 기 발생된 손상에 대해서도 내구성 저하방지를 위한 일부 보수를 실시하고 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 1등교로써의 교량의 기능발휘에 문제가 없을 것으로 판단된다.	-
20	정밀안전 진단	2013.06	(주)동우기술단	거더 균열, 박락, 재료분리, 파손, 교량받침 부식, 받침콘크리트 및 받침모르타르 균열, 박락, 신축이음 하부 누수, 교대 및 교각 균열, 박락, 재료분리, 철근노출	C
21	정기점검	2013.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 대상시설물의 상태는 교량의 안전성을 저해할 만한 주요부재의 심각한 손상은 없는 '양호'한 상태로 판단된다. 다만, 신축이음의 하부 횡빔의 볼트가 풀리거나 파단되어 진동 및 소음이 발생되고 있어 볼트풀림은 재체결을 실시하여 추가손상을 방지하여야 하며, 볼트파단은 재체결을 통한 보수가 불가하여 주의관찰후 신축이음의 교체시 일괄적인 보수가 필요하다. 또한 기 발생된 손상에 대해서도 내구성 저하방지를 위한 일부 보수를 실시하고 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 1등교로써의 교량의 기능발휘에 문제가 없을 것으로 판단된다.	-

【표 2.34】 논산천교 점검 및 진단이력(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
22	정밀점검	2014.06	(주)아워브레인	정기점검 결과 조사된 주요 손상으로는 교면포장의 국부적인 파손, 망상균열, 바닥판 및 거더, 하부구조의 0.3㎜균열 등이 조사되었다. 상기 손상의 경우 발생범위, 위치 등 을 감안할 때 비구조적 손상으로 판단되며 내구성확보 차원의 보수가 일부 필요하고 향후 손상진전에 대한 지속적인 점검이 요망된다.	B
23	정기점검	2014.12	(주)아워브레인	정기점검 결과, 전반적인 시설물의 안전성에 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다. 기발생된 주요 손상 중 바닥판 및 교대 등의 균열에 대한 보수를 실시하는 것이 필요하며 그 외 발생된 일반적인 손상은 발생부위가 국부적이며 표면적인 것으로 판단되며 효율적인 유지관리를 위하여 지속적인 관찰 후 진전이 확인될시 보수를 고려하는 바람직하다.	-
24	정밀점검	2015.06	(주)동우기술단	논산천교에 대한 정밀점검 결과 본 구조물은 주요부재 및 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B” 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 이전 점검 이후 바닥판, 거더, 하부구조에서 균열 및 열화손상, 배수구막힘이 일부 신규로 조사되었으며, 발생한 손상들은 구조물의 안전성에는 영향을 미치지 않는 비구조적 손상으로 판단된다. 조사된 손상중 배수구 막힘은 교면포장에 체수를 유발 하여 통행량의 안전성저하의 원인이 될 수 있으므로 청소가 필요하며 기타 손상의 경우 진전여부를 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.	B
25	정기점검	2015.12	(주)동우기술단	정기점검결과 조사된 손상은 대부분이 기존에 발생된 것으로서 일부 손상은 보수가 실시되었으며 기존 손상의 진전은 미미한 상태이다. 발생된 손상은 시급한 보수가 필요하지 않으며 전반적인 교량의 안전성에 문제가 될 만한 손상은 조사되지 않았다. 이에 정기적인 점검을 통해 손상의 진전유무를 관찰하고 지속적인 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.	-

【표 2.35】 논산천교 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. 주요 손상으로는 바닥판하면 균열, 거더 내,외부 균열 및 들뜸, 하부구조 균열, 배수구 막힘 등이 조사되었다. 기 발생된 손상은 이전 점검과 비교시 진전은 미미한 상태이나, 유지관리차원에서 보수를 요하는 손상이 일부 발생된 상태이다. 또한, 주기적인 점검을 통해 손상의 진전유무 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 점검이후 일부 부재에 발생된 손상에 대한 보수가 시행되었으며, 주요 손상으로는 바닥판하면 균열, 거더 내.외부 균열 및 들뜸, 하부구조 균열, 배수구 막힘 등이 조사되었다. 기 발생된 손상은 이전 점검과 비교시 진전은 미미한 상태이나, 내구성 저하방지차원에서 보수를 요하는 손상이 발생된 상태이다. 또한, 주기적인 점검을 통한 지속적인 유지관리가 필요하다.	-
28	정밀점검	2017.06	(주)아워브레인	논산천교에 대한 정밀점검 결과 본 구조물은 주요부재 및 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 저하방지를 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B” 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 점검결과 포장면은 국부적 보수가 수행되었으며 일부 길어깨부에 균열 등의 손상이 조사되었다. 거더 및 바닥판에 발생된 손상은 선별적 보수가 이루어졌으며 기존 점검자료와 비교해 볼 때 주요 진행사항은 없는 것으로 파악되었다. 주요 발생된 손상으로는 거더 내부 종방향 균열(균열폭 0.1㎜) 및 종방향 이음부의 균열 등이다. 연단거리, 신축이음장치 신축유간 여유량 검토결과 문제점은 없었으며 교량받침 이동량 또한 허용 받침량 이내로 가동상태는 양호한 것으로 평가되었다. 부재별 반발경도법에 의한 콘크리트 강도시험을 실시한 결과 콘크리트 부재의 강도상의 문제점은 없었으며 탄산화 깊이를 측정한 결과 또한 탄산화 잔여깊이가 30㎜ 이상으로 탄산화에 의한 성능저하 및 부식의 발생위험은 없는 것으로 나타났다.	B

【표 2.36】 논산천교 점검 및 진단이력(계속)

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 상태로 판단된다. 주요 손상으로는 바닥판하면 균열, 망상균열, 거더 내,외부 균열, 하부구조 균열, 배수구 막힘 등의 손상이 국부적으로 조사되었다. 기 발생된 손상은 이전 점검과 비교시 진전은 미미한 상태이나, 내구성 저하방지차원에서 보수를 요하는 손상이 발생된 상태이다. 또한, 주기적인 점검을 통한 지속적인 유지관리가 필요하다.	-

2.4 보수.보강 이력

【표 2.37】 논산천교 보수·보강 이력

일 자	내 용	물 량	비 고
04년 04월	교량받침 재도장	7개소	천안방향 : A1, P1, A2 논산방향 : A1, A2
09년 11월	방호울타리 균열보수 거더 출입문 재도장 교량받침 재도장	1개소 1개소 14개소	천안방향 S1 A1 A1-SH2
14년 07월	신축이음 교체 받침장치 재도장	2개소 -	A1, A2 -
15년 12월	신축이음 후타재 보수	2개소	A1, A2
16년 07월	배수관 교체	-	-

2.5 시설물의 내진설계 여부

본 과업구간은 충청남도 논산시에 위치하고 있어 내진 1등급 지역에 해당하고 있으므로, 가속도계수 A=0.14g로 교량형식에 관계없이 모든 구조물을 내진 1등급교로 설계하였다. 지진시 교량의 붕괴방지는 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 매 교각에 설치하였다. 구조적으로 허용하는 한 고정받침을 여러 개소에 사용하여 수평력을 분산시켜 현재 국내 생산 가능한 받침을 적용토록 하였다. 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 2.38】 자료분석 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	◇ 15년간 공용하면서 별다른 문제가 없는 양호한 상태 ◇ 일부 발생한 손상에 대하여 보수 필요 ◇ 보수 및 보강 이력은 관리주체에 제공받아 검토됨	

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

3.2 외관조사(천안방향)

3.3 외관조사(논산방향)

3.4 콘크리트 내구성조사

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

논산천교(천안, 논산)는 논산천안고속도로(이정 : 206.7㎞)에 위치하며 2002년 12월에 준공된 교량이다. 행정구역상으로 충청남도 논산시 성동면 삼호리에 위치하고 교량 하부로는 논산천이 통과하고 있다.

평면선형은 사각이 없는 직선교이며 종단선형은 시점에서 0.806%의 상향경사를 이루고 종점에서는 0.300%의 하향경사를 이루고 있다. 상부 구조형식은 11경간 연속 ILM으로 시공된 PSC BOX GIRDER교이며 하부구조는 역T형의 교대 2기와 라멘식(Π형)의 교각 각 12기(총 24기)로 구성되어 있고 기초형식은 말뚝기초(RCD PILE)로 시공되어 있다.

총연장은 550.0m(11@50)로 최대경간장이 50m이며, 각 교량의 폭은 24.60m(도로폭 14.40m)으로 설계하중 DB(DL)-24(1등교)로 설계되었다.

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

본 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.

논산천교의 조사 방법은 도보를 통한 1차 외관조사 실시 후 접근장비를 이용한 2차 조사를 실시하였으며, 도보를 통한 3차조사(이동량측정)을 실시하였다. 접근장비는 교량점검차를 이용하여 최대한 접근 후 조사를 실시하였다.

【표 3.1】각 부재 별 조사방법 및 기간

구분	경간	조사방법	조사기간	비고
1차 조사	S1~S11	도보	2017.11.13. ~ 11.14	
2차 조사	S1~S11	교량점검차	2017.11.15. ~ 11.17	
3차 조사	S1~S11	도보	2018.03.29. ~ 03.30	

PSC BOX 내부 조사

바닥판 조사를 위한 교량점검차 이용

바닥판 조사를 위한 교량점검차 이용

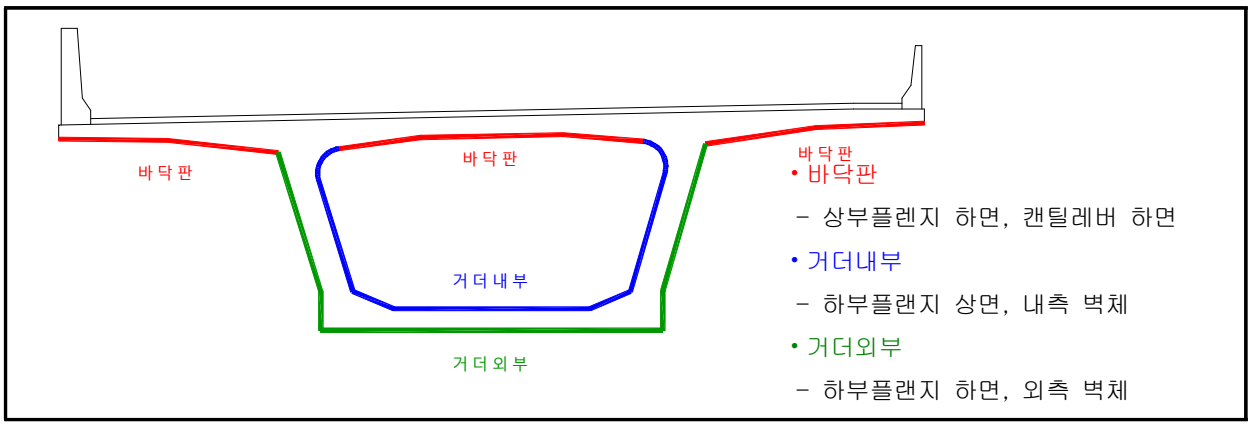
바닥판 조사를 위한 교량점검차 이용

【사진 3.1】논산천교 장비접근 현황

3.2 외관조사(천안방향)

3.2.1 상부구조

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



【그림 3.1】 부재별 구분

본 교량의 부재별 구분은 위의 【그림 3.1】과 같이 구분하여 외관조사 및 상태평가를 실시하였다. 외부의 좌 · 우측 캔틸레버와 거더 내부의 상부플랜지는 바닥판으로 구분하고 거더 내부, 거더외부 및 기타부재인 교면포장, 방호울타리, 받침장치 등으로 분류하여 상세외관조사 및 평가를 수행하였다.

가. 바닥판

바닥판의 외관조사는 근접장비(고소점검차 및 망원경)를 이용하여 실시하였다.

바닥판 하면(거더 외부)

바닥판 하면(거더 내부)

【사진 3.2】 바닥판 전경

1) 외관조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 거더내부 상부측 콘크리트 바닥판에 폭 0.1~0.2mm의 종방향 균열이 다수 조사되었으며, 일부구간 폭 0.3mm 이상 균열이 발생하였다.
- 켄틸레버부측 배수관 주변 백태 및 망상균열이 일부 발생한 상태이다.

【표 3.2】 바닥판 외관조사 결과(천안방향)

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	비고
	0.3mm미만	0.3mm이상			
S1	300.00/6	-	-	-	
S2	336.60/14	-	-	0.37/2	
S3	352.00/8	-	-	-	
S4	361.50/10	-	-	-	
S5	350.00/7	-	-	-	
S6	319.00/10	3.00/1	-	1.00/1	
S7	300.00/6	1.50/1	-	1.50/3	
S8	50.00/1	-	-	0.57/2	
S9	200.00/4	-	-	0.83/3	
S10	131.00/7	-	-	-	
S11	10.30/3	-	1.35/2	0.08/2	
함 계	**2,710.4/76**	**4.50/2**	**1.35/2**	**4.35/13**	

천안방향 S3 폭 0.3㎜ 미만 균열

천안방향 S6 캔틸레버 폭 0.3㎜ 이상 균열

【사진 3.3】 바닥판 손상현황

천안방향 S11 캔틸레버 망상균열

천안방향 S11 캔틸레버 백태

【사진 3.4】 바닥판 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

금회 진단은 준공 후 실시하는 15년차 정밀안전진단으로서 전차 점검에 비해 바닥판하면 폭 0.3mm 미만의 균열 및 백태가 추가 조사되었다.

【표 3.3】 바닥판 하면 기 점검 결과 비교(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	66ea / 2,663.10m	76ea / 2,710.40m	⬆ 47.30m	신규손상
균열 (폭 0.3mm이상)	2ea / 4.50m	2ea / 4.50m	- -	변동없음
망상균열	2ea / 1.35㎡	2ea / 1.35㎡	- -	변동없음
백태	11ea / 3.85㎡	13ea / 4.35㎡	⬆ 0.50㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 일부 폭 0.3㎜ 이상 균열이 조사되었다. 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 신·구 콘크리트의 재령일 차이에 의한 수축 및 구속에 의한 원인과 콘크리트 타설시 배치된 강선의 위치이동, 강선의 과긴장 등으로 발생한 것으로 판단된다. 기존 점검결과와 비교시 균열의 진행은 없는 것으로 평가되었으며 발생된 손상의 규모 및 발생형상, 발생위치 등을 종합적으로 분석해 보았을 때 바닥판의 기능을 유지하는 데 문제는 없을 것으로 판단된다. 일부 발생된 폭 0.3㎜이상 균열은 국부적으로 발생된 균열로 내구성 확보 차원의 주입보수 등의 유지관리가 요구되며, 폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 거더 외부 시·종점측에 발생된 망상균열은 균열폭이 0.2㎜이하이고 기존 점검결과와 비교시 진행은 없는 상태로써 시공초기 손상으로 판단되며 누수 및 백태 등이 동반된 손상은 아닌 상태로써 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 요구된다.
- 거더 외부에 조사된 백태는 배수구와 바닥판 이음부 및 방호벽과 바닥판 이음부에서 우수유입에 의하여 발생된 손상으로 기존 점검결과와 비교시 손상의 진행은 없는 상태지만 교량의 미관 및 내구성 증대를 위하여 표면보수가 필요할 것으로 판단된다.

나. PSC BOX 거더

논산천교의 시공방식은 ILM(Incremental Launching Method)으로서 PSC Box의 Seg.를 교대 후방에서 선제작 후 상·하플랜지에 Post-Tension 방식으로 프리스트레스를 도입하고 교량 교축방향으로 PSC Box를 반복하여 밀어내는 공법으로 본 교량은 11경간 연속 ILM으로 시공된 PSC Box 거더교이다.

PSC BOX 거더는 각 Seg.별 재령일 차이에 따른 신·구 콘크리트의 구속력, 건조수축과 압출시 강선의 방향, 프리스트레스 도입에 영향 등으로 여러 형태의 균열이 발생되며, Box 내부에 발생한 균열 중 폭 Cw≥0.3㎜의 균열 및 단면손상은 대부분 보수를 실시한 상태이다.

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

PSC BOX 거더 내부 전경	PSC BOX 거더 외부 전경

【사진 3.5】PSC BOX 거더 전경

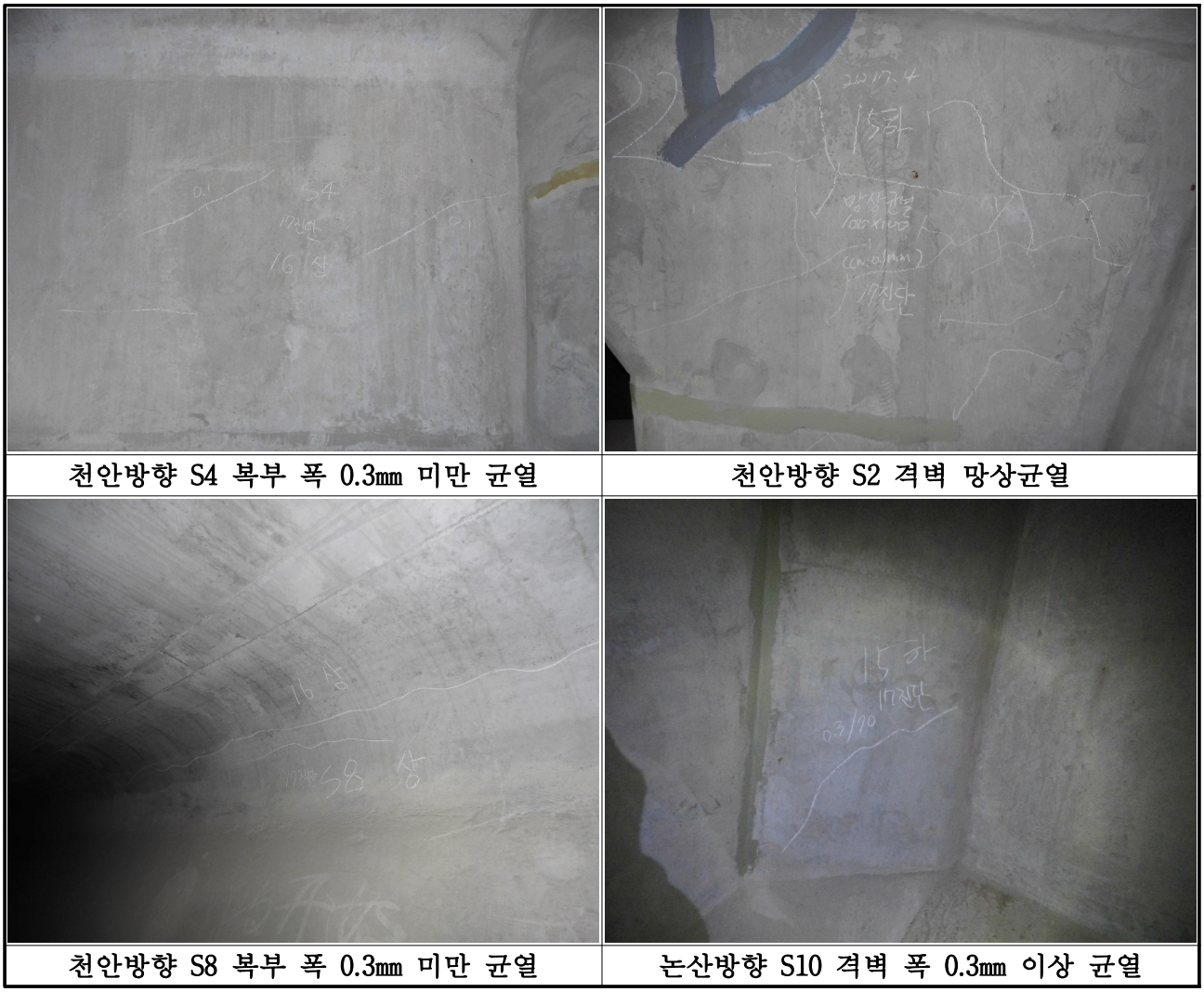
1) PSC BOX 거더 내부

① 외관조사 결과

- PSC BOX 거더 내부에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 복부에 균열폭 0.3㎜미만의 균열, 균열폭 0.3㎜이상의 균열, 망상균열이 조사되었다.

【표 3.4】거더내부 외관조사 결과(천안방향)

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	비고
	0.3mm미만	0.3mm이상		
S1	10.37/12	-	-	
S2	14.30/3	-	1.00/1	
S3	5.60/6	-	-	
S4	7.00/10	-	-	
S5	6.90/9	-	-	
S6	12.40/12	0.70/1	-	
S7	77.60/7	-	-	
S8	98.00/8	-	-	
S9	32.10/6	-	-	
S10	0.50/2	-	-	
S11	1.70/2	-	-	
함 계	**266.47/77**	**0.70/1**	**1.00/1**	



천안방향 S4 복부 폭 0.3㎜ 미만 균열	천안방향 S2 격벽 망상균열
천안방향 S8 복부 폭 0.3㎜ 미만 균열	논산방향 S10 격벽 폭 0.3㎜ 이상 균열

【사진 3.6】 거더 손상현황

② 기 점검 결과와의 비교·분석

거더의 전차 점검과의 외관조사 결과, 일부 균열이 추가 발생하였고, 기존 누락 손상으로 확인되었다.

【표 3.5】 거더 내부 기 점검 결과 비교(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	74ea / 250.97m	77ea / 266.47m	⬆ 15.50m	물량변동
균열 (폭 0.3mm이상)	1ea / 0.70m	1ea / 0.70m	- -	변동없음
망상균열	1ea / 1.00㎡	1ea / 1.00㎡	- -	변동없음

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 일부 폭 0.3㎜ 이상 균열이 조사되었다. 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 신·구 콘크리트의 재령일 차이에 의한 수축 및 구속에 의한 원인과 콘크리트 타설시 배치된 강선의 위치이동, 강선의 과긴장 등으로 발생한 것으로 판단된다. 기존 점검결과와 비교시 균열의 진행은 없는 것으로 평가되었으며 발생된 손상의 규모 및 발생형상, 발생위치 등을 종합적으로 분석해 보았을 때 거더의 기능을 유지하는 데 문제는 없을 것으로 판단된다. 일부 발생된 폭 0.3㎜이상 균열은 국부적으로 발생된 균열로 내구성 확보 차원의 주입보수 등의 유지관리가 요구되며, 폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

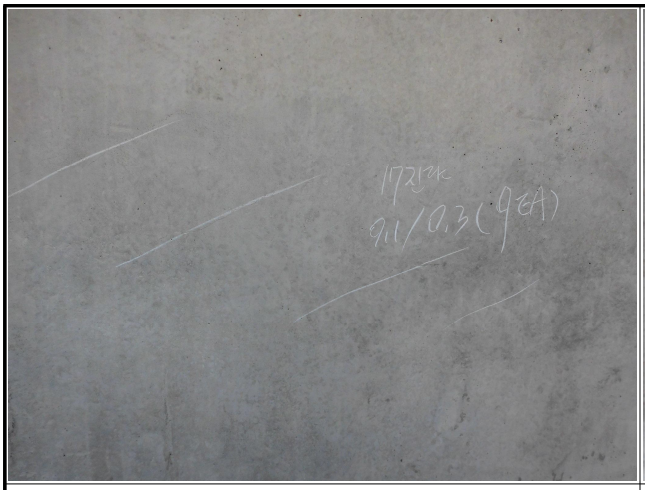
2) PSC BOX 거더 외부

① 외관조사 결과

- PSC BOX 거더 외부에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 균열폭 0.3㎜미만의 균열, 0.3㎜이상 균열 및 망상균열, 들뜸이 조사되었다.

【표 3.6】 거더외부 외관조사 결과(천안방향)

구 분	균열(m/개소)		들뜸 (㎡/개소)	비고
	0.3mm미만	0.3mm이상		
S1	6.20/16	-	-	
S2	5.40/17	-	-	
S3	8.00/5	1.90/2	-	
S4	-	-	-	
S5	-	-	0.26/2	
S6	-	-	-	
S7	5.80/3	-	-	
S8	1.80/2	-	-	
S9	15.80/12	-	-	
S10	1.00/1	-	-	
S11	-	-	-	
함 계	**44.00/56**	**1.90/2**	**0.26/2**	

	
천안방향 S1 폭 0.3㎜ 미만 균열	천안방향 S7 폭 0.3㎜ 미만 균열
천안방향 S5 들뜸	천안방향 S5 들뜸

【사진 3.7】 거더 손상현황

② 기 점검 결과와의 비교·분석

거더의 전차 점검과의 외관조사 결과, 일부 균열이 추가 발생하였고, 기존 누락 손상으로 확인되었다.

【표 3.7】 거더 외부 기 점검 결과 비교(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	18ea / 29.40m	56ea / 44.00m	⬆ 14.60m	물량변동
균열 (폭 0.3mm이상)	2ea / 1.9m	2ea / 1.9m	- -	변동없음
들뜸	2ea / 0.26㎡	2ea / 0.26㎡	- -	변동없음

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

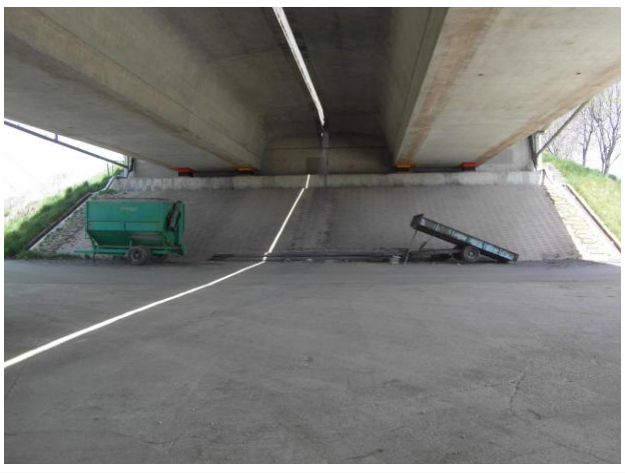
- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있다. 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 신 · 구 콘크리트의 재령일 차이에 의한 수축 및 구속에 의한 원인과 콘크리트 타설시 배치된 강선의 위치 이동, 강선의 과긴장 등으로 발생한 것으로 판단된다. 기존 점검결과와 비교시 균열의 진행은 없는 것으로 평가되었으며 발생된 손상의 규모 및 발생형상, 발생위치 등을 종합적으로 분석해 보았을 때 거더의 기능을 유지하는 데 문제는 없을 것으로 판단된다. 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 받침장치 플레이트 주변 콘크리트 들뜸이 조사되었다. 시공초기 불량으로 판단되며 기능을 유지하는데 문제는 없을 것으로 판단된다.

3.2.2 하부구조

가. 교대

논산천교의 하부구조는 역T형의 교대 2기로 구성되어 있고 기초형식 말뚝기초(RCD PILE)로 시공되어 있다.

각 교대(A1, A2) 전면측에는 사면보호블럭으로 보호토록 되어 있는 상태이다.

	
교대 A1 전경	교대 A2 전경

【사진 3.8】교대 전경

1) 외관조사 결과

- 교대에 발생한 균열은 대부분 폭 0.1~0.3㎜로서 수직균열의 형태로 발생하였다.

- 신축이음하부 누수로 인하여 교대에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인해 표면열화가 조사되었다.
- 교대 공동구 내부에 백태 및 철근노출, 보수재 박리가 조사되었다.
- 부대시설인 계단 변형 및 도수로 파손, 보호블럭 식생이 조사되었다.

【표 3.8】교대 외관조사 결과(천안방향)

구 분	균열(m/개소)		계단변형 (EA)	도수로파손 (㎡/개소)	박리 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상					
A1	2.00/3	0.40/1	-	-	-	1.08/5	
A2	11.00/14	1.40/4	1	0.18/3	0.80/2	0.90/2	
합 계	**13.00/17**	**1.80/5**	**1**	**0.18/3**	**0.80/2**	**1.98/7**	

【표 3.9】교대 외관조사 결과(천안방향)-계속

구 분	식생 (㎡/개소)	실런트파손 (m/개소)	누수흔적 (㎡/개소)	이음부 누수흔적 (EA)	철근노출 (㎡/개소)	표면열화 (㎡/개소)	비 고
A1	4.00/3	5.00/1	-	-	0.01/1	3.60/1	
A2	10.00/2	1.00/1	0.10/1	1	0.24/1	-	
합 계	**14.00/5**	**6.00/2**	**0.10/1**	**1**	**0.25/2**	**3.60/1**	

천안방향 교대 A1 날개벽 폭 0.3㎜ 미만 균열

천안방향 교대 A1 공동구 백태

【사진 3.9】교대 손상현황

천안방향 교대 A2 보수부 들뜸

천안방향 교대 A2 파손 및 철근노출

【사진 3.10】교대 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 이후 정밀조사로 인한 계단변형 등의 손상이 신규 조사되었으며, 박리 및 백태가 증가하였다. 기 누락 손상으로 추정된다.

【표 3.10】교대 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교		비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)			
균열 (폭 0.3mm미만)	17ea / 13.00m	17ea / 13.00m	-	-	변동없음
균열 (폭 0.3mm이상)	5ea / 1.80m	5ea / 1.80m	-	-	변동없음
계단변형	- / -	1ea / 1ea	⬆	1ea	신규손상
도수로파손	3ea / 0.18㎡	3ea / 0.18㎡	-	-	변동없음
박리	1ea / 0.40㎡	2ea / 0.80㎡	⬆	0.40㎡	물량변동
백태	7ea / 1.78㎡	8ea / 1.98㎡	⬆	0.20㎡	물량변동
식생	5ea / 14.00㎡	5ea / 14.00㎡	-	-	변동없음
실런트 파손	2ea / 6.00m	2ea / 6.00m	-	-	변동없음
누수흔적	1ea / 0.10㎡	2ea / 0.10㎡	-	-	변동없음
이음부 누수흔적	1ea / 1ea	1ea / 1ea	-	-	변동없음
철근노출	2ea / 0.25㎡	2ea / 0.25㎡	-	-	변동없음
표면열화	1ea / 3.60㎡	1ea / 3.60㎡	-	-	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교대에서 조사된 수직균열 및 망상균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며 손상의 진전시 균열 폭에 따라 표면보수 및 주입보수를 실시해야 한다.
- 교대에 발생한 철근부식 및 박리, 누수흔적은 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 손상의 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구된다.
- 교대 공동구 내부에 발생한 백태는 기존 점검결과와 비교시 진행은 없는 것으로 평가되었으며 발생된 손상의 규모 및 발생형상, 발생위치 등을 종합적으로 분석해 보았을 때 기능을 유지하는 데 문제는 없을 것으로 판단된다. 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

나. 교각

논산천교(천안, 논산)의 하부구조는 T형 교각 10기로 구성되어 있고 기초형식은 말뚝기초(RCD PILE)로 시공되어 있다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>교각 P8 전경</td><td>교각 P6 전경</td></tr>
</table>

【사진 3.11】 교각 전경

1) 외관조사 결과

- 교각에 발생된 주요 손상으로 폭 0.1~0.2㎜ 수직균열이 조사되었다.
- 기타 경미한 망상균열, 박락, 긁힘, 마감불량, 점검로 볼트탈락, 점검로 지지대파손, 표지판 탈락 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.11】교각 외관조사 결과(천안방향)

구 분	0.3mm미만 균열 (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	긁힘 (㎡/개소)	점검로 볼트탈락 (EA)	점검로 지지대파손 (EA)	표지판 탈락 (EA)	비 고
P1	4.00/5	-	-	-	-	-	-	
P2	4.70/8	-	-	0.12/1	-	-	-	
P3	1.20/1	-	-	0.60/2	-	-	-	
P4	3.90/7	-	-	-	-	1	1	
P5	2.60/4	-	-	-	-	-	-	
P6	4.50/5	-	-	-	3	-	-	
P7	7.00/11	-	0.09/2	-	4	-	-	
P8	5.30/8	-	-	-	-	-	1	
P9	7.70/14	2.00/1	-	-	-	-	-	
P10	9.70/9	-	-	-	-	-	-	
합 계	**50.6/72**	**2.00/1**	**0.09/2**	**0.72/3**	**7**	**1**	**2**	

천안방향 교각 P1 균열폭 0.3㎜이하 균열

천안방향 교각 P10 망상균열

천안방향 교각 P2 긁힘

천안방향 교각 P8 표지판 탈락

【사진 3.12】교각 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교각에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 이후 정밀조사로 인한 균열폭 0.3㎜미만의 균열이 증가하였다. 기 누락 손상으로 추정된다.

【표 3.12】교각 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	67ea / 46.60m	72ea / 50.60m	⬆ 4.00m	물량변동
망상균열	1ea / 2.00㎡	1ea / 2.00㎡	- -	변동없음
박락	2ea / 0.09㎡	2ea / 0.09㎡	- -	변동없음
긁힘	3ea / 0.72㎡	3ea / 0.72㎡	- -	변동없음
점검로 볼트탈락	7ea / 7ea	7ea / 7ea	- -	변동없음
점검로 지지대파손	1ea / 1ea	1ea / 1ea	- -	변동없음
표지판 탈락	2ea / 2ea	2ea / 2ea	- -	변동없음

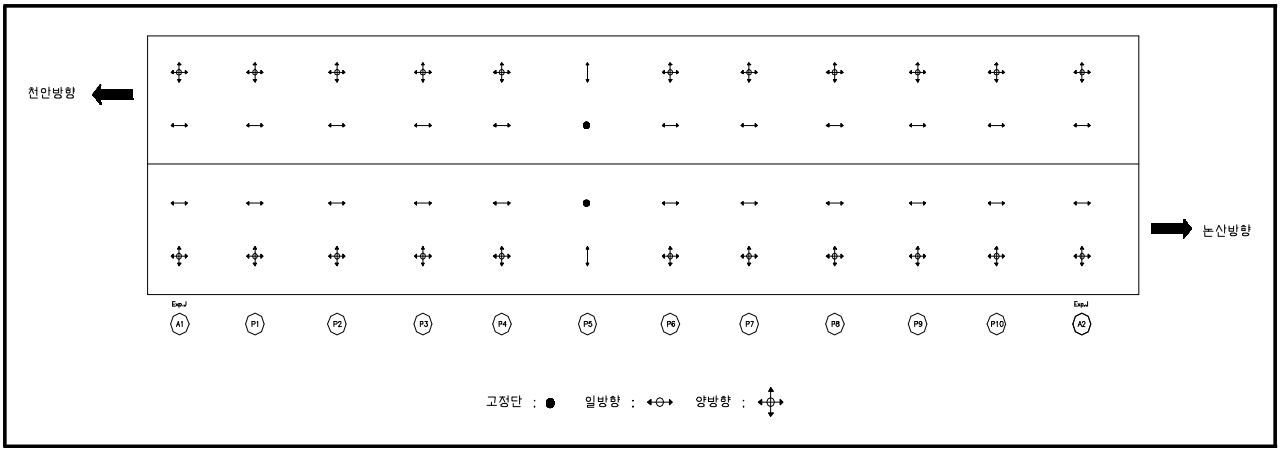
3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교각에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축이 주된 원인으로 판단되며, 폭 0.3mm 균열은 외기의 영향으로 손상이 진전된 것으로 판단된다.
- 발생한 균열은 교량의 구조적인 안전성에 미치는 영향은 미미하나, 내구성 저하 방지를 위하여 표면보수 및 주입보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 외부충격에 의한 박락 및 긁힘은 내구성에 별다른 영향을 미치지 않으므로 손상의 진전에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.
- 교각 점검시설에 대한 조사결과 볼트탈락, 지지대파손, 표지판 탈락이 조사되었다. 점검로 손상은 점검자의 안전에 영향을 미칠수 있으므로 보수가 요구된다.

3.2.3 교량받침

본 교량의 받침 형식은 탄성받침(LRB)로 설치되어 있다. 천안방향에 1개의 고정단 받침, 11개소의 교축 일방향 받침, 1개의 교축 직각 일방향 받침 및 11개소의 양방향 받침으로 총 24개의 받침이 설치되어 있다. 교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부에 전달하

는 기능을 수행하는 부재로서 상부 온도변화에 따른 거동, 상부 활하중에 의한 변위에 대한 흡수, 저항하는 부재로 온도변화, 활하중에 의한 신축기능 여부뿐만 아니라 표면부식, 받침콘크리트 손상여부 등을 점검하여야 한다.



【그림 3.2】교량받침 배치도

【표 3.13】교량받침 현황

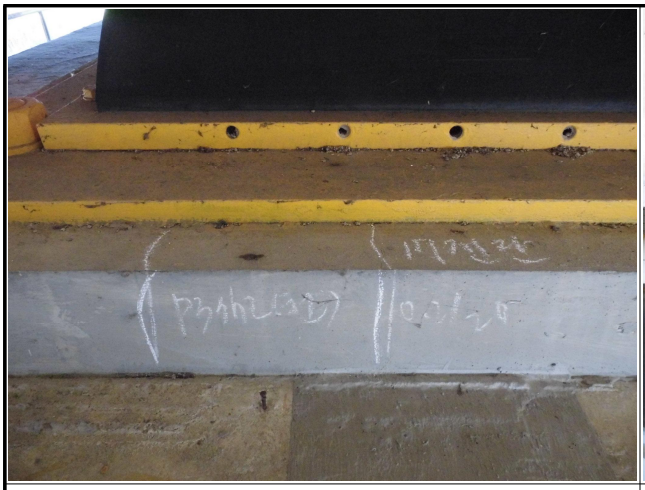
가동방향		현황사진	용량(ton)		가동량(mm)	설치개소
일방향	교축방향		교대	1,200	±176.0	11
			교각	1,200		
	교축 직각방향		교각	1,200	-	1
양방향			교대	1,200	±1760.0	11
			교각	1,200		
고정단			교각	1,200	-	1

가. 외관조사 결과

- 교량 받침장치는 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재로서 본 조사에서는 과반력 및 부반력 발생 여부, 온도변화 및 활하중에 의한 신축거동 여부뿐만 아니라 강재 부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성, 사용성 등에 대한 현장조사를 시행하였다.
- 받침장치의 외관조사 결과, 금회 정밀조사로 인한 일부 신규손상이 발생하였으며, 구조적인 손상이 없는 양호한 것으로 확인되었다.
- 일부 받침콘크리트의 균열은 초기 건조수축으로 인한 손상으로 사료되며, 외부 충격에 의한 파손 및 박락이 발생하였다. 손상은 진전시 주입보수, 단면보수 등의 조치가 필요하다.
- 강재 플레이트에 발생한 녹발생 및 부식의 경우 우수유입에 의한 손상으로 현재 경미한 손상으로 확인된 바 손상의 진전시 재도장 등의 조치가 필요하다.

【표 3.14】 교량받침 외관조사 결과(천안방향)

구 분	받침 콘크리트 균열(0.1mm) (m/개소)	받침 부식 (개소)	받침콘크리트 박락 (㎡/개소)	받침콘크리트 파손 (㎡/개소)	고정볼트 풀림 (EA)	비 고
A1	-	1	-	-	-	
P1	2.60/13	-	-	0.02/1	-	
P2	5.20/26	1	0.02/2	-	-	
P3	1.50/10	-	-	-	-	
P4	1.40/7	-	-	-	-	
P5	2.00/10	-	-	-	-	
P6	2.60/18	-	-	-	-	
P7	1.40/9	2	-	-	-	
P8	1.60/11	-	-	-	-	
P9	1.20/12	2	-	-	12	
P10	0.40/2	-	-	-	-	
A2	-	1	-	0.01/1	-	
합 계	**20.90/118**	**7**	**0.02/2**	**0.03/2**	**12**	



천안방향 교각 P3 받침콘크리트 균열

천안방향 교각 P2 부식

【사진 3.13】교량받침 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

교량받침에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 균열(폭 0.3mm미만) 등의 손상이 신규 조사되었고, 기 누락 손상으로 추정된다. 금회 점검 결과를 토대로 향후 유지관리를 시행하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

【표 3.15】교량받침 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
받침콘크리트 균열 (폭 0.3mm미만)	89ea / 15.60m	118ea / 20.90m	⬆ 5.3m	물량변동
받침부식	5ea / 5ea	7ea / 7ea	- -	변동없음
받침콘크리트 박락	5ea / 0.85㎡	5ea / 0.85㎡	- -	변동없음
받침콘크리트 파손	2ea / 0.02㎡	2ea / 0.02㎡	- -	변동없음
고정볼트 풀림	12ea / 12ea	12ea / 12ea	- -	변동없음

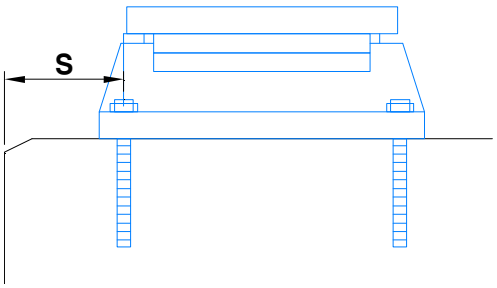
다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 받침부식 및 도장박리는 장기공용 및 외기에 부식이 발생한 것으로 판단되며, 별도의 도장보다는 부식제거가 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 고정볼트 풀림은 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며 손상의 진전시 재결합 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.



< 탄성받침 >

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

여기서, L은 경간길이(m)

【그림 3.3】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

1) 연단거리 산출

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

2) 연단거리 측정 결과

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

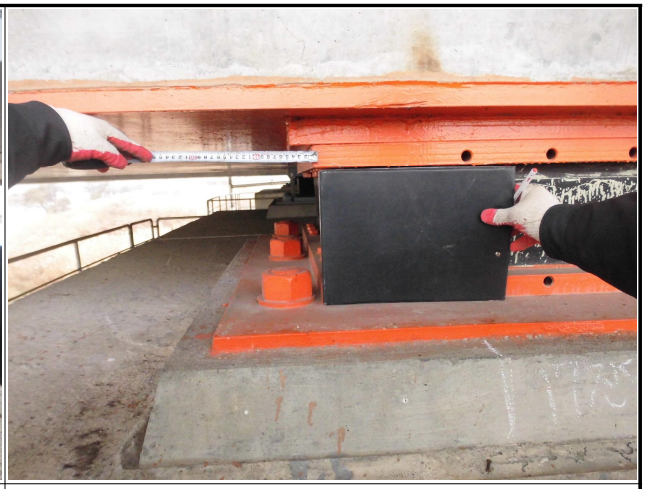
【표 3.16】교대 및 교각 받침부(천안) 연단거리 조사결과

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		450.0	460	460	O.K
P1	A1측	450.0	900	870	O.K
	A2측		900	900	O.K
P2	A1측	450.0	860	890	O.K
	A2측		900	900	O.K
P3	A1측	450.0	880	890	O.K
	A2측		890	900	O.K
P4	A1측	450.0	820	820	O.K
	A2측		800	830	O.K
P5	A1측	450.0	810	800	O.K
	A2측		850	850	O.K
P6	A1측	450.0	875	900	O.K
	A2측		800	790	O.K
P7	A1측	450.0	830	850	O.K
	A2측		820	800	O.K
P8	A1측	450.0	835	850	O.K
	A2측		840	820	O.K
P9	A1측	450.0	840	820	O.K
	A2측		840	860	O.K
P10	A1측	450.0	840	830	O.K
	A2측		810	810	O.K
A2		450.0	450	460	O.K

마. 교량받침 신축거동상태 검토

- 교량받침은 탄성받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화와 활하중에 의한 거더의 처짐에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 교량받침의 이동량은 2회(1차:3.4℃(2017년 11월 15일), 2차:13.9℃(2018년 03월 29일))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 측정결과 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 전반적으로 양호한 거동상태를 보이고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.17】교량받침 가동상태 검토결과(천안방향)

구 분		실측 이동량(㎜)				변동량(㎜)		비 고
		1차		2차		실측치	이론치	
A1	Sh1	80	(A2)	45	(A2)	35	26.25	
	Sh2	85	(A2)	48	(A2)	37		
P1	Sh1	75	(A2)	58	(A2)	17	21.00	
	Sh2	80	(A2)	62	(A2)	18		
P2	Sh1	75	(A2)	60	(A2)	15	15.75	
	Sh2	75	(A2)	58	(A2)	17		
P3	Sh1	25	(A2)	17	(A2)	8	10.50	
	Sh2	30	(A2)	20	(A2)	10		
P4	Sh1	25	(A2)	20	(A2)	5	5.25	
	Sh2	30	(A2)	26	(A2)	4		
P5	고정단							
P6	Sh1	15	(A1)	10	(A1)	5	5.25	
	Sh2	15	(A1)	10	(A1)	5		
P7	Sh1	30	(A1)	20	(A1)	10	10.50	
	Sh2	35	(A1)	28	(A1)	7		
P8	Sh1	60	(A1)	45	(A1)	15	15.75	
	Sh2	60	(A1)	40	(A1)	20		
P9	Sh1	75	(A1)	60	(A1)	15	21.00	
	Sh2	80	(A1)	50	(A1)	20		
P10	Sh1	70	(A1)	45	(A1)	25	26.25	
	Sh2	70	(A1)	45	(A1)	25		
A2	Sh1	80	(A1)	40	(A1)	30	31.50	
	Sh2	80	(A1)	40	(A1)	30		

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

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

【표 3.18】 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	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	250	33.5	91.5	13.3	46.8	104.8
P1	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	200	26.8	73.2	13.3	40.1	86.5
P2	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	150	20.1	54.9	13.3	33.4	68.2
P3	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	100	13.4	36.6	13.3	26.7	49.9
P4	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	50	6.7	18.3	13.3	20	31.6
P5	고 정 단								
P6	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	50	6.7	18.3	13.3	20	31.6
P7	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	100	13.4	36.6	13.3	26.7	49.9
P8	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	150	20.1	54.9	13.3	33.4	68.2
P9	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	200	26.8	73.2	13.3	40.1	86.5
P10	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	250	33.5	91.5	13.3	46.8	104.8
A2	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	300	40.2	109.8	13.3	53.5	123.1

1) 조사당시 온도 : 3.4℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)

2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.19】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(천안방향)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	80 (A2)	46.8	104.8	96	256	±176	O.K
	Sh2	85 (A2)			91	261	±176	O.K
P1	Sh1	75 (A2)	40.1	86.5	101	251	±176	O.K
	Sh2	80 (A2)			96	256	±176	O.K
P2	Sh1	75 (A2)	33.4	68.2	101	251	±176	O.K
	Sh2	75 (A2)			101	251	±176	O.K
P3	Sh1	25 (A2)	26.7	49.9	151	201	±176	O.K
	Sh2	30 (A2)			146	206	±176	O.K
P4	Sh1	25 (A2)	20	31.6	151	201	±176	O.K
	Sh2	30 (A2)			146	206	±176	O.K
P5		고정단						

【표 3.20】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(천안방향)-계속

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P6	Sh1	15 (A1)	20	31.6	161	191	±176	O.K
	Sh2	15 (A1)			161	191	±176	O.K
P7	Sh1	30 (A1)	26.7	49.9	146	206	±176	O.K
	Sh2	35 (A1)			141	211	±176	O.K
P8	Sh1	60 (A1)	33.4	68.2	116	236	±176	O.K
	Sh2	60 (A1)			116	236	±176	O.K
P9	Sh1	75 (A1)	40.1	86.5	101	251	±176	O.K
	Sh2	80 (A1)			96	256	±176	O.K
P10	Sh1	70 (A1)	46.8	104.8	106	246	±176	O.K
	Sh2	70 (A1)			106	246	±176	O.K
A2	Sh1	80 (A1)	53.5	123.1	96	256	±176	O.K
	Sh2	80 (A1)			96	256	±176	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

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

기상청 통계자료	・최근 10년간 담양군 기상관측소 자료 참조 ・최근 10년간 최저기온 : -16.2℃(측정일시 : 2016년 1월 25일) ・최근 10년간 최고기온 : 36.9℃(측정일시 : 2016년 8월 11일)

【표 3.21】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(천안방향)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	80 (A2)	64.1	97.1	96	256	±176	O.K
	Sh2	85 (A2)			91	261	±176	O.K
P1	Sh1	75 (A2)	53.9	80.3	101	251	±176	O.K
	Sh2	80 (A2)			96	256	±176	O.K

【표 3.22】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(천안방향)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P2	Sh1	75 (A2)	43.8	63.6	101	251	±176	O.K
	Sh2	75 (A2)			101	251	±176	O.K
P3	Sh1	25 (A2)	33.6	46.8	151	201	±176	O.K
	Sh2	30 (A2)			146	206	±176	O.K
P4	Sh1	25 (A2)	23.5	30.1	151	201	±176	O.K
	Sh2	30 (A2)			146	206	±176	O.K
P5		고정단						
P6	Sh1	15 (A1)	23.5	30.1	161	191	±176	O.K
	Sh2	15 (A1)			161	191	±176	O.K
P7	Sh1	30 (A1)	33.6	46.8	146	206	±176	O.K
	Sh2	35 (A1)			141	211	±176	O.K
P8	Sh1	60 (A1)	43.8	63.6	116	236	±176	O.K
	Sh2	60 (A1)			116	236	±176	O.K
P9	Sh1	75 (A1)	53.9	80.3	101	251	±176	O.K
	Sh2	80 (A1)			96	256	±176	O.K
P10	Sh1	70 (A1)	64.1	97.1	106	246	±176	O.K
	Sh2	70 (A1)			106	246	±176	O.K
A2	Sh1	80 (A1)	74.2	113.8	96	256	±176	O.K
	Sh2	80 (A1)			96	256	±176	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3.2.4 신축이음장치

논산천교는 ILM으로 시공된 교량으로 교대인 A1, A2에 신축이음장치가 설치되어 있으며, A1, A2는 강핑거 조인트로 시공되었다.

A1 신축이음장치 | A2 신축이음장치

【사진 3.15】신축이음장치 전경

가. 외관조사 결과

- 신축이음장치의 외관조사 결과 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

나. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차:3.4℃(2017년 11월 15일), 2차:13.9℃(2018년 03월 29일))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 3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 3.23】 신축이음 유간 측정결과(천안방향)

측정위치	측 정 값(㎜)						비 고
	신축이음장치(A)		거더 상부(바닥판)(B)		거더 하부(C)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1 (A1)	170	135	305	260	320	280	FINGER Joint (No. 250)
EXP.J2 (A2)	180	148	275	240	290	260	FINGER Joint (No. 250)

- 17년 11월(3.4℃)과 18년 3월(13.9℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, EXP. J1(A1) EXP. J2(A2)의 가동상태는 이론 변동량과 유사한 것으로 나타났다.

【표 3.24】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(천안방향)

측정위치		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	170	135	35	26.3	
	거더 상부	305	260	45		
	거더 하부	320	280	40		
EXP.J2(A2)	신축이음장치	180	148	32	31.5	
	거더 상부	275	240	35		
	거더 하부	290	260	30		

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

- 신축이음 유간을 각각 측정한 결과, 전 개소에서 충분한 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.25】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	250	33.5	91.5	-	33.5	91.5
EXP.J2(A2)	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	300	40.2	109.8	-	40.2	109.8

1) 조사당시 온도 : 3.4℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)

2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.26】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(천안방향)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간 (㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	33.5	91.5	170	250	46.5	65.2	O.K
	거더 상부			305	250	46.5	200.2	O.K
	거더 하부			320	250	46.5	215.2	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음장치	40.2	109.8	180	250	29.8	56.9	O.K
	거더 상부			275	250	29.8	151.9	O.K
	거더 하부			290	250	29.8	166.9	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

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

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

【표 3.27】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(천안방향)

구 분		계산 이동량(㎜) 최대 수축시 ①	계산 이동량(㎜) 최대 신장시 ②	점검당시 실측유간 (㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜) 최대 수축시 ④-(①+③)	신축 여유량(㎜) 최대 신장시 ③-②	검토 결과
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	50.8	83.8	170	250	29.2	86.2	O.K
	거더 상부			305	250	29.2	221.2	O.K
	거더 하부			320	250	29.2	236.2	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음장치	60.9	100.5	180	250	9.1	79.5	N.G
	거더 상부			275	250	9.1	174.5	O.K
	거더 하부			290	250	9.1	189.5	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

3.2.5 교면포장

논산천교는 각 편도 2차로(총 왕복 4차로)로 구성되어 있고 교면포장은 아스팔트 포장으로 T=80㎜ 두께로 설계되었으나 현장조사시 포장두께는 T=100㎜((1,110㎜-1,010㎜=100㎜(방호울타리 외측면 높이-방호울타리 내측면 높이))로 조사되었다.

교면포장 전경

교면포장 전경

【사진 3.17】 교면포장 전경

가. 외관조사 결과

- 본 교량의 교면포장에 대한 외관조사 결과 아스콘 균열 및 침하, 패임이 조사되었다.

【표 3.28】교면포장 외관조사 결과(천안방향)

구분	아스콘 패임 (㎡/개소)	아스콘 균열 및 침하 (m/개소)	비고
S1	-	-	
S2	-	-	
S3	-	-	
S4	-	-	
S5	-	-	
S6	0.10/1	-	
S7	-	-	
S8	-	-	
S9	-	-	
S10	-	-	
S11	-	7.00/1	
합계	**0.10/1**	**7.0/1**	

천안방향 교면포장 S6 아스콘 패임

천안방향 교면포장 S11 아스콘 균열

【사진 3.18】교면포장 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

교면포장에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 손상의 진진 및 신규 손상이 없는 상태로 확인되었다.

【표 3.29】교면포장 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
아스콘 패임	1ea / 0.10㎡	1ea / 0.10㎡	- -	변동없음
아스콘 균열 및 침하	1ea / 7.00m	1ea / 7.00m	- -	변동없음

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 본 교량의 교면포장에 발생한 균열 및 패임은 차량의 반복하중에 의해 발생한 것으로 판단되며 손상의 정도는 경미한 상태인 것으로 판단된다.

3.2.6 기타부재

가. 배수시설

논산천교는 직선교로서 (-)2.0%의 횡단 편구배를 가지고 있으므로 교면수 흐름에 의거하여 교량 외측의 캔틸레버에 90개소의 배수시설이 설치되어 있으며, 배수시설의 형식은 하천형 및 육교형으로 되어 있다. 차량 및 보행자 통행구간 등은 육교형으로 시공된 상태이며, 하천구간의 배수시설은 하천형으로 배수구를 통해 지표수가 하부로 직접 유출되도록 되어 있다. 교면부의 상부에는 이물질 혼입 방지를 위한 집수구 덮개(Grating)가 설치되어 있다.

배수구 현황

배수관 현황

【사진 3.19】배수구 및 배수관 전경

1) 외관조사 결과

•1) 외관조사 결과

- 배수구 및 배수관에 대한 외관조사 결과 배수구 이물질퇴적이 1개소 관찰되었으며 배수관 설치상태 및 관리상태는 전반적으로 양호한 상태이다.

【표 3.30】배수시설 외관조사 결과(천안방향)

구분	배수구 이물질 퇴적 (개소)	비고
S1	1	
S2	-	
S3	-	
S4	-	
S5	-	
S6	-	
S7	-	
S8	-	
S9	-	
S10	-	
S11	-	
합계	1	

배수구 이물질 퇴적

【사진 3.20】배수시설 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

배수시설에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 손상의 진진 및 신규 손상이 없는 상태로 확인되었다.

【표 3.31】 배수시설 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
배수구 이물질퇴적	1ea / 1ea	1ea / 1ea	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

배수시설에 대한 점검결과 배수구 이물질퇴적으로 집수구 막힘 관찰된 상태로서 교면수의 원할한 배수가 이루어질 수 있도록 집수구는 주기적인 청소를 실시하여 관리가 이루어질 수 있도록 하여야 할 것이다. 현재 손상은 경미한 상태로 손상의 진전시 청소 및 유지관리 등의 조치가 필요하다.

나. 난간 및 연석(방호울타리)

본 교량의 방호울타리는 좌·우측에 차량 충돌 시 탑승자의 보호, 충돌로부터 인접 주행차량의 보호, 교면 상부나 하부의 인명 및 재물의 보호 등을 위하여 콘크리트로 설치되어 있다. 시점측의 제방구간 방호울타리에는 방음벽이 설치되어 있으며, 중앙분리대 상단에는 야간에 교차하는 차량의 눈부심을 방지하기 위해 차광막이 설치되어 있다.

방호울타리 전경

방호울타리 중분대 전경

【사진 3.21】 난간 및 연석 전경

1) 외관조사 결과

- 방호울타리에 대한 외관조사 결과 균열 및 균열부 백태, 긁힘 및 박리, 파손, 철근부식 등의 손상이 조사되었다.
- 기타 손상으로 방음벽 부식 등의 손상이 조사되었다

【표 3.32】 난간 및 연석 외관조사 결과(논산방향)

구분	균열(m/개소)		균열부 백태(m/개소)		방음벽 부식 (㎡/개소)	비고
	0.3mm미만	0.3mm이상	0.3mm미만	0.3mm이상		
S1	0.40/1	-	-	-	3.20/9	
S2	2.00/1	-	-	-	-	
S3	0.80/4	1.20/3	-	-	-	
S4	1.80/4	-	0.30/1	-	0.02/1	
S5	-	-	-	-	-	
S6	0.60/2	-	1.00/1	2.00/1	-	
S7	-	2.30/1	-	-	-	
S8	1.40/3	0.60/2	-	-	-	
S9	-	-	-	-	-	
S10	0.30/1	-	-	-	-	
S11	1.60/3	2.00/1	-	-	-	
합계	**8.90/19**	**6.10/7**	**1.30/2**	**2.00/1**	**3.22/10**	

【표 3.33】 난간 및 연석 외관조사 결과(논산방향)

구분	긁힘 (㎡/개소)	박리 (㎡/개소)	파손 (㎡/개소)	철근부식 (㎡/개소)	비고
S1	-	0.04/1	0.24/2	-	
S2	-	-	-	-	
S3	-	-	-	-	
S4	-	-	-	-	
S5	-	-	-	-	
S6	0.20/4	-	-	-	
S7	-	-	-	0.30/1	
S8	-	-	-	-	
S9	-	-	-	3.60/6	
S10	-	-	-	-	
S11	0.90/1	-	0.64/2	-	
합계	**1.10/5**	**0.04/1**	**0.88/4**	**3.90/7**	

천안방향 방호벽 S3 균열폭 0.2mm 균열

천안방향 방음벽 부식

천안방향 방호벽 S1 균열폭 0.3mm 균열

천안방향 방호벽 S6 균열폭 0.3mm 균열부백태

천안방향 방호벽 S6 긁힘

천안방향 중앙분리대 철근부식

【사진 3.22】 난간 및 연석 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

난간 및 연석에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 균열 및 균열부 백태(폭 0.3mm미만 및 이상), 긁힘이 추가 조사되었고, 손상은 정밀 조사로 인한 물량 증가로 확인되었다.

【표 3.34】 방호울타리 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	16ea / 6.1m	19ea / 8.9m	⬆ 2.8m	신규손상
균열 (폭 0.3mm이상)	7ea / 6.1m	7ea / 6.1m	- -	변동없음
균열부 백태 (폭 0.3mm미만)	1ea / 0.30m	2ea / 1.30m	⬆ 1.00m	신규손상
균열부 백태 (폭 0.3mm이상)	1ea / 2.00m	1ea / 2.00m	- -	변동없음
방음벽 부식	10ea / 3.22㎡	10ea / 3.22㎡	- -	변동없음
긁힘	1ea / 0.90㎡	2ea / 1.10㎡	⬆ 0.20㎡	신규손상
박리	1ea / 0.04㎡	1ea / 0.04㎡	- -	변동없음
파손	4ea / 0.88㎡	4ea / 0.88㎡	- -	변동없음
철근부식	7ea / 3.90㎡	7ea / 3.90㎡	- -	변동없음

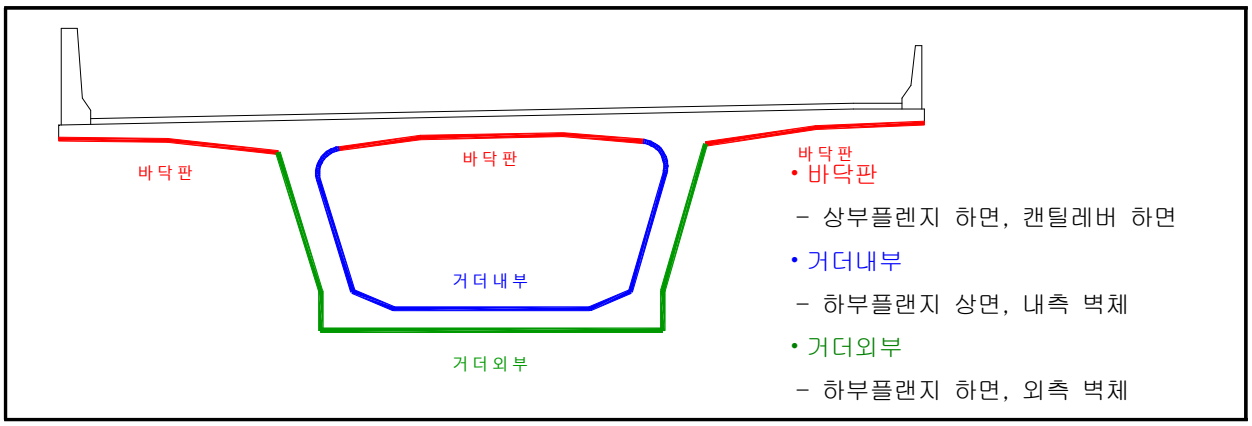
3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 방호울타리에 발생한 균열 및 균열부 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

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



【그림 3.4】 부재별 구분

본 교량의 부재별 구분은 위의 【그림 3.4】과 같이 구분하여 외관조사 및 상태평가를 실시하였다. 외부의 좌 · 우측 캔틸레버와 거더 내부의 상부플랜지는 바닥판으로 구분하고 거더 내부, 거더외부 및 기타부재인 교면포장, 방호울타리, 받침장치 등으로 분류하여 상세외관조사 및 평가를 수행하였다.

가. 바닥판

바닥판의 외관조사는 근접장비(고소점검차 및 망원경)를 이용하여 실시하였다.

바닥판 하면(거더 외부)

바닥판 하면(거더 내부)

【사진 3.23】 바닥판 전경

1) 외관조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 거더내부 상부측 콘크리트 바닥판에 폭 0.1~0.2mm의 종방향 균열이 다수 조사되었으며, 일부구간 폭 0.3mm 이상 균열이 발생하였다.
- 켄틸레버부측 배수관 주변 백태 및 망상균열, 박락이 일부 조사되었으며, 보수재 박리가 신규로 발생한 상태이다.

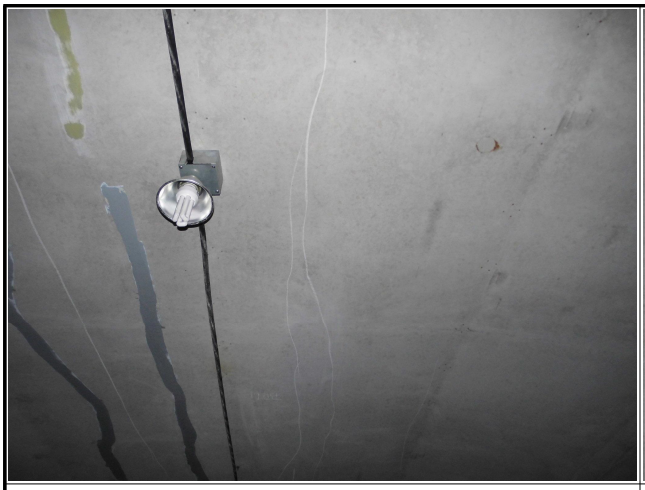
【표 3.35】 바닥판 외관조사 결과(논산방향)

구 분	균열(m/개소)		누수흔적 (㎡/개소)	망상균열 (㎡/개소)	박리 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상						
S1	-	-	0.01/1	1.00/1	-	-	0.25/1	
S2	-	-	-	-	-	-	-	
S3	250.00/5	-	-	-	-	-	0.16/1	
S4	150.00/3	-	-	-	-	-	0.50/2	
S5	14.60/6	-	-	-	-	-	-	
S6	201.20/6	-	-	-	-	-	0.25/1	
S7	85.00/7	0.30/1	-	-	2.25/3	-	0.75/1	
S8	250.00/5	-	-	0.80/1	-	-	2.25/2	
S9	150.00/3	-	-	-	-	-	-	
S10	120.00/5	-	-	-	-	-	-	
S11	166.00/9	-	-	9.00/2	-	0.08/1	6.20/5	
함 계	**1,386.80/49**	**0.30/1**	**0.01/1**	**10.80/4**	**2.25/3**	**0.08/1**	**10.36/13**	

논산방향 S7 폭 0.3㎜ 미만 균열

논산방향 S7 폭 0.3㎜ 이상 균열

【사진 3.24】 바닥판 손상현황

	
논산방향 S5 폭 0.3㎜ 미만 균열	논산방향 S11 캔틸레버 망상균열
논산방향 S7 켄틸레버 보수부 박리	논산방향 S11 캔틸레버 박락
논산방향 S6 캔틸레버 배수구주변 백태	논산방향 S8 캔틸레버 백태

【사진 3.25】바닥판 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

금회 진단은 준공 후 실시하는 15년차 정밀안전진단으로서 전차 점검에 비해 보수부 박리 손상이 신규 조사되었고, 바닥판하면 폭 0.3mm 미만의 균열 및 백태, 망상균열이 추가 조사되었다.

【표 3.36】바닥판 하면 기 점검 결과 비교(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	43ea / 1,374.80m	49ea / 1,386.80m	⬆ 12.00m	물량변동
균열 (폭 0.3mm이상)	1ea / 0.30m	1ea / 0.30m	- -	변동없음
누수흔적	1ea / 0.01㎡	1ea / 0.01㎡	- -	변동없음
망상균열	2ea / 2.00㎡	4ea / 10.80㎡	⬆ 8.80㎡	물량변동
박리	- / -	3ea / 2.25㎡	⬆ 2.25㎡	신규손상
박락	1㎡ / 0.08㎡	1㎡ / 0.08㎡	- -	변동없음
백태	12ea / 10.11㎡	13ea / 10.36㎡	⬆ 0.25㎡	물량변동

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 일부 폭 0.3㎜ 이상 균열이 조사되었다. 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 신 · 구 콘크리트의 재령일 차이에 의한 수축 및 구속에 의한 원인과 콘크리트 타설시 배치된 강선의 위치이동, 강선의 과긴장 등으로 발생한 것으로 판단된다. 기존 점검결과와 비교시 균열의 진행은 없는 것으로 평가되었으며 발생된 손상의 규모 및 발생형상, 발생위치 등을 종합적으로 분석해 보았을 때 바닥판의 기능을 유지하는 데 문제는 없을 것으로 판단된다. 일부 발생된 폭 0.3㎜이상 균열은 국부적으로 발생된 균열로 내구성 확보 차원의 주입보수 등의 유지관리가 요구되며, 폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 거더 외부 시종점측에 발생된 망상균열은 균열폭이 0.2㎜이하이고 기존 점검결과와 비교시 진행은 없는 상태로써 시공초기 손상으로 판단되며 누수 및 백태 등이 동반된 손상은 아닌 상태로써 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 요구

된다.

- 거더 외부 표면처리 보수를 실시한 상태로써 일부 보수부 박리 및 박락이 발생되었으며 보수재가 박리된 상태로써 지속적인 주의관찰을 통한 유지관리가 요구된다.
- 거더 외부에 조사된 백태는 배수구와 바닥판 이음부 및 방호벽과 바닥판 이음부에서 우수유입에 의하여 발생된 손상으로 기존 점검결과와 비교시 손상의 진행은 없는 상태지만 교량의 미관 및 내구성 증대를 위하여 표면보수가 필요할 것으로 판단된다.

나. PSC BOX 거더

논산천교의 시공방식은 ILM(Incremental Launching Method)으로서 PSC Box의 Seg.를 교대 후방에서 선제작 후 상·하플랜지에 Post-Tension 방식으로 프리스트레스를 도입하고 교량 교축방향으로 PSC Box를 반복하여 밀어내는 공법으로 본 교량은 11경간 연속 ILM으로 시공된 PSC Box 거더교이다.

PSC BOX 강박스 거더는 각 Seg.별 재령일 차이에 따른 신·구 콘크리트의 구속력, 건조수축과 압출시 강선의 방향, 프리스트레스 도입에 영향 등으로 여러 형태의 균열이 발생되며, Box 내부에 발생한 균열 중 폭 Cw≥0.3㎜의 균열 및 단면손상은 대부분 보수를 실시한 상태이다.

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

PSC BOX 거더 내부 격벽 전경

PSC BOX 거더 외부 전경

【사진 3.26】PSC BOX 거더 전경

1) PSC BOX 거더 내부

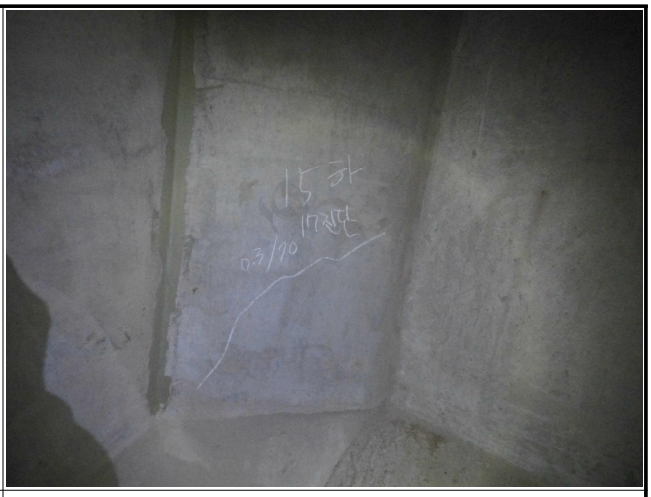
① 외관조사 결과

- PSC BOX 거더 내부에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 복부에 균열폭 0.3㎜미만의 균열, 균열폭 0.3㎜이상의 균열, 망상균열이 조사되었다.

【표 3.37】 거더내부 외관조사 결과(논산방향)

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	비고
	0.3mm미만	0.3mm이상		
S1	3.30/5	-	-	
S2	-	-	0.80/1	
S3	-	-	-	
S4	-	-	-	
S5	5.30/6	-	-	
S6	1.40/3	-	-	
S7	3.30/5	-	-	
S8	4.50/6	-	-	
S9	9.80/14	-	-	
S10	9.10/14	0.70/1	-	
S11	23.9/8	-	-	
함 계	**60.6/61**	**0.70/1**	**0.80/1**	

논산방향 S11 복부 폭 0.3㎜ 미만 균열



논산방향 S10 격벽 폭 0.3㎜ 이상 균열

【사진 3.27】 거더 손상현황

② 기 점검 결과와의 비교·분석

거더의 전차 점검과의 외관조사 결과, 일부 균열폭 0.3㎜이하 균열 및 망상균열이 추가 발생하였고, 기존 누락 손상으로 확인되었다.

【표 3.38】거더 내부 기 점검 결과 비교(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	58ea / 57.70m	61ea / 60.60m	⬆ 2.90m	물량변동
균열 (폭 0.3mm이상)	1ea / 0.70m	1ea / 0.70m	- -	변동없음
망상균열	- / -	1ea / 0.80㎡	⬆ 0.80㎡	물량변동

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 일부 폭 0.3㎜ 이상 균열이 조사되었다. 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 신 · 구 콘크리트의 재령일 차이에 의한 수축 및 구속에 의한 원인과 콘크리트 타설시 배치된 강선의 위치이동, 강선의 과긴장 등으로 발생한 것으로 판단된다. 기존 점검결과와 비교시 균열의 진행은 없는 것으로 평가되었으며 발생된 손상의 규모 및 발생형상, 발생위치 등을 종합적으로 분석해 보았을 때 거더의 기능을 유지하는 데 문제는 없을 것으로 판단된다. 일부 발생된 폭 0.3㎜이상 균열은 국부적으로 발생된 균열로 내구성 확보 차원의 주입보수 등의 유지관리가 요구되며, 폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

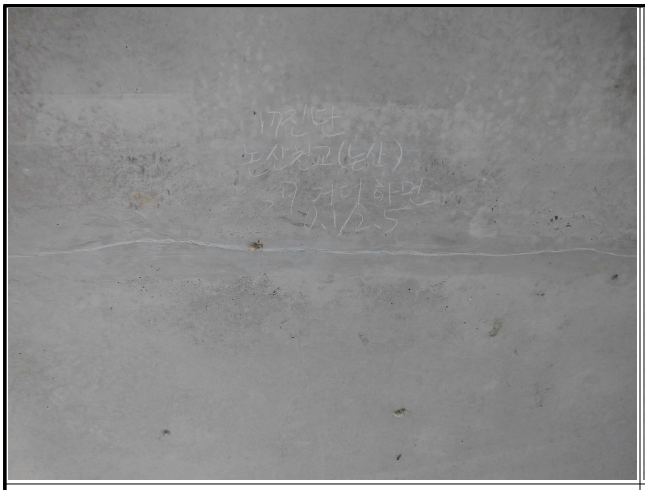
3) PSC BOX 거더 외부

① 외관조사 결과

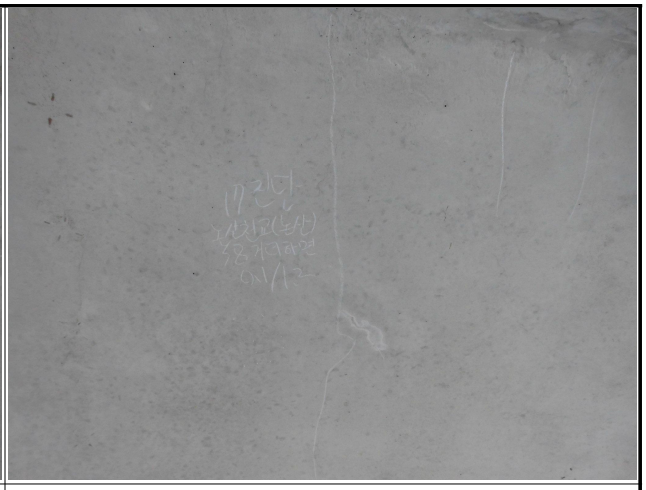
- PSC BOX 거더 외부에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 균열폭 0.3㎜미만의 균열 및 망상균열이 조사되었다.

【표 3.39】 거더외부 외관조사 결과(논산방향)

구 분	균열 0.3mm미만 (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	비고
S1	-	-	
S2	-	-	
S3	-	-	
S4	1.00/1	-	
S5	-	-	
S6	10.30/7	-	
S7	3.10/2	-	
S8	5.90/9	-	
S9	36.30/26	-	
S10	-	-	
S11	5.10/5	2.00/1	
함 계	**61.7/50**	**2.00/1**	



논산방향 S7 폭 0.3㎜ 미만 균열



논산방향 S8 폭 0.3㎜ 미만 균열

【사진 3.28】 거더 손상현황

4) 기 점검 결과와의 비교·분석

거더의 전차 점검과의 외관조사 결과, 일부 망상균열이 추가 발생하였고, 기존 누락 손상으로 확인되었다.

【표 3.40】거더 외부 기 점검 결과 비교(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	47ea / 58.20m	50ea / 61.70m	- -	변동없음
망상균열	- / -	1ea / 2.00㎡	⬆ 2.00㎡	물량변동

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

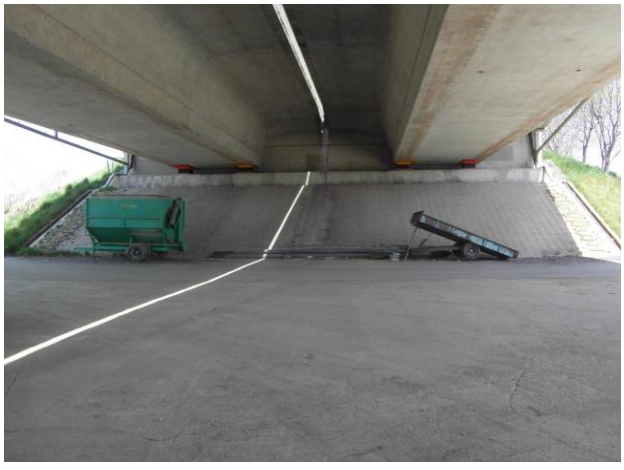
- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있다. 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 신 · 구 콘크리트의 재령일 차이에 의한 수축 및 구속에 의한 원인 등으로 발생한 것으로 판단된다. 발생된 손상의 규모 및 발생형상, 발생위치 등을 종합적으로 분석해 보았을 때 거더의 기능을 유지하는 데 문제는 없을 것으로 판단된다. 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

3.3.2 하부구조

가. 교대

논산천교의 하부구조는 각 방향별로 역T형의 교대 2기로 구성되어 있고 기초형식 말뚝기초(RCD PILE)로 시공되어 있다.

각 교대(A1, A2) 전면측에는 사면보호블럭으로 보호토록 되어 있는 상태이다.



교대 A1 전경

교대 A2 전경

【사진 3.29】교대 전경

1) 외관조사 결과

- 교대에 발생한 균열은 대부분 폭 0.1~0.3㎜로서 수직균열의 형태로 발생하였다.
- 신축이음하부 누수로 인하여 교대에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인해 표면열화가 조사되었다.
- 교대 공동구 내부에 이음부 누수흔적, 백태 및 보수재 박리가 조사되었다.
- 부대시설인 보호블럭 식생이 조사되었다.

【표 3.41】교대 외관조사 결과(논산방향)

구 분	균열(m/개소)		누수흔적 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	보수부 들뜸 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상				
A1	0.20/1	0.40/1	-	0.32/2	-	
A2	10.70/9	1.40/4	0.40/1	0.40/1	0.10/1	
합 계	**10.90/10**	**1.80/5**	**0.40/1**	**0.72/2**	**0.10/1**	

【표 3.42】교대 외관조사 결과(논산방향)-계속

구 분	보수재 박리 (㎡/개소)	식생 (㎡/개소)	이음부 누수흔적 (EA)	표면열화 (㎡/개소)	비 고
A1	0.64/1	4.00/1	1	1.20/1	
A2		10.00/2	1	-	
합 계	**0.64/1**	**14.00/3**	**2**	**1.20/1**	

논산방향 교대 A1 공동구 보수재 박리

논산방향 교대 A2 수직균열

【사진 3.30】교대 손상현황

논산방향 교대 A1 보호블럭 식생

논산방향 교대 A2 박리

【사진 3.31】교대 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 이후 균열이 증가하였다. 기 누락 손상으로 추정된다.

【표 3.43】교대 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	8ea / 7.90m	10ea / 10.90m	⬆ 3.00m	물량변동
균열 (폭 0.3mm이상)	5ea / 1.80m	5ea / 1.80m	- -	변동없음
망상균열	7ea / 10.90㎡	7ea / 10.9㎡	- -	변동없음
누수흔적	1ea / 0.40㎡	1ea / 0.40㎡	- -	변동없음
백태	3ea / 0.72㎡	3ea / 0.72㎡	- -	변동없음
보수부 들뜸	1ea / 0.10㎡	1ea / 0.10㎡	- -	변동없음
보수재 박리	1ea / 0.64㎡	1ea / 0.64㎡	- -	변동없음
식생	3ea / 14.00㎡	3ea / 14.00㎡	- -	변동없음
이음부 누수흔적	2ea / 2EA	2ea / 2EA	- -	변동없음
표면열화	1ea / 1.20㎡	1ea / 1.20㎡	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교대에서 조사된 수직균열 및 망상균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며 손상의 진전시 균열 폭에 따라 표면보수 및 주입보수를 실시해야 한다.
- 교대에 발생한 누수흔적은 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 손상의 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구된다.
- 교대 공동구 내부에 발생한 백태, 보수부 들뜸 및 박리는 기존 점검결과와 비교시 진행은 없는 것으로 평가되었으며 발생된 손상의 규모 및 발생형상, 발생위치 등을 종합적으로 분석해 보았을 때 기능을 유지하는 데 문제는 없을 것으로 판단된다. 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

나. 교각

논산천교(천안, 논산)의 하부구조는 각 방향별로 라멘식(Π형)의 교각 10기로 구성되어 있고 기초형식은 말뚝기초(RCD PILE)로 시공되어 있다.

교각 P8 전경

교각 P6 전경

【사진 3.32】교각 전경

1) 외관조사 결과

- 교각에 발생된 주요 손상으로 폭 0.1~0.3㎜ 수직균열이 조사되었다.
- 기타 경미한 망상균열, 박락, 마감불량, 점검로 지지대파손 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.44】교각 외관조사 결과(논산방향)

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	마감불량 (㎡/개소)	점검로 지지대파손 (EA)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상					
P1	5.60/7	-	-	-	-	-	
P2	5.40/10	0.30/1	-	-	-	-	
P3	4.60/10	-	-	-	-	-	
P4	1.30/3	-	-	-	-	1	
P5	5.50/9	-	2.25/1	-	-	-	
P6	12.30/11	-	-	-	2.00/2	-	
P7	5.60/9	-	-	0.01/1	-	-	
P8	14.60/17	-	-	-	-	-	
P9	11.20/21	-	-	-	-	-	
P10	4.60/8	-	-	-	-	-	
합 계	**70.7/105**	**0.30/1**	**2.25/1**	**0.01/1**	**2.00/2**	**1**	

논산방향 교각 P8 균열폭 0.3㎜이하 균열

논산방향 교각 P6 점검로 볼트 탈락

논산방향 교각 P5 망상균열

논산방향 교각 P2 균열폭 0.3㎜이하 균열

【사진 3.33】교각 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교각에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 이후 정밀조사로 인한 균열폭 0.3㎜미만의 균열이 증가하였다. 기 누락 손상으로 추정된다.

【표 3.45】교각 외관조사 결과(논산방향)

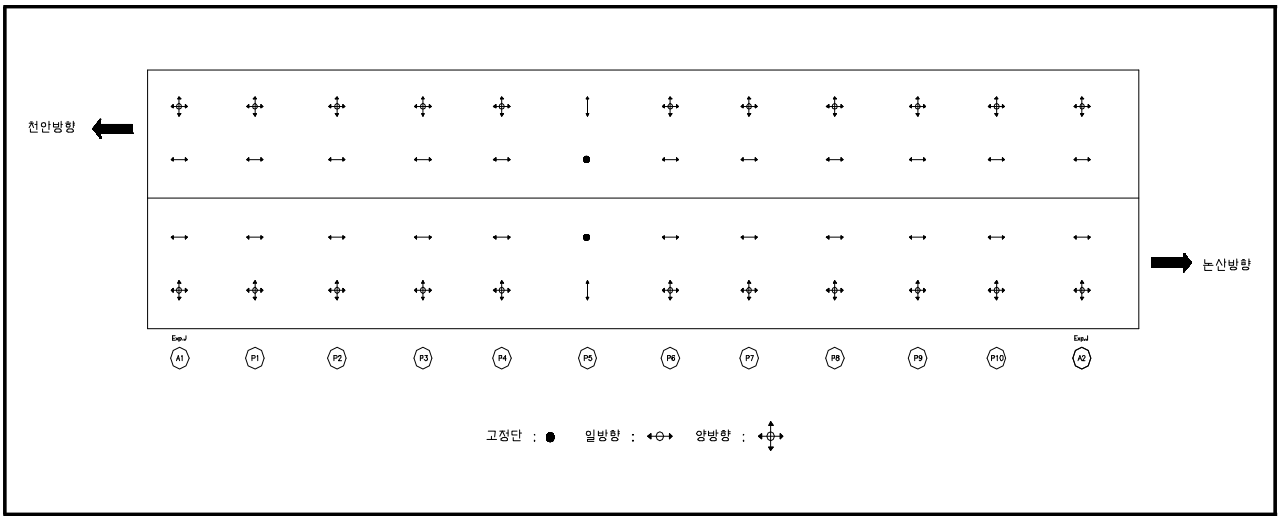
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	95ea / 63.60m	105ea / 70.70m	⬆ 7.10m	물량변동
균열 (폭 0.3mm이상)	1ea / 0.30m	1ea / 0.30m	- -	변동없음
망상균열	1ea / 2.25㎡	1ea / 2.25㎡	- -	변동없음
박락	1ea / 0.01㎡	1ea / 0.01㎡	- -	변동없음
마감불량	2ea / 2.00㎡	6ea / 2.00㎡	- -	변동없음
점검로 지지대파손	1ea / 1ea	1ea / 1ea	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교각에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축이 주된 원인으로 판단되며, 폭 0.3mm 균열은 외기의 영향으로 손상이 진전된 것으로 판단된다.
- 발생한 균열은 교량의 구조적인 안전성에 미치는 영향은 미미하나, 내구성 저하 방지를 위하여 표면보수 및 주입보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 교각 점검시설에 대한 조사결과 지지대파손이 조사되었다. 점검로 손상은 점검자의 안전에 영향을 미칠수 있으므로 보수가 요구된다.

3.3.3 교량받침

본 교량의 받침 형식은 탄성받침(LRB)로 설치되어 있다. 논산방향에 1개의 고정단 받침, 11개소의 교축 일방향 받침, 1개의 교축 직각 일방향 받침 및 11개소의 양방향 받침으로 총 24개의 받침이 설치되어 있다. 교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부에 전달하는 기능을 수행하는 부재로서 상부 온도변화에 따른 거동, 상부 활하중에 의한 변위에 대한 흡수, 저항하는 부재로 온도변화, 활하중에 의한 신축기능 여부뿐만 아니라 표면부식, 받침콘크리트 손상여부 등을 점검하여야 한다.



【그림 3.5】교량받침 배치도

【표 3.46】교량받침 현황

가동방향		현황사진	용량(ton)		가동량(mm)	설치개소
일방향	교축방향		교대	1,200	±176.0	22
			교각	1,200		
	교축 직각방향		교각	1,200	-	2
양방향			교대	1,200	±1760.0	22
			교각	1,200		
고정단			교각	1,200	-	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, 구조적인 손상이 없는 양호한 것으로 확인되었다.
- 일부 받침콘크리트의 균열은 초기 건조수축으로 인한 손상으로 사료되며, 외부 충격에 의한 박락이 발생하였다. 손상은 진전시 주입보수, 단면보수 등의 조치가 필요하다.
- 강재 플레이트에 발생한 도장박리, 녹발생 및 부식의 경우 우수유입에 의한 손상으로 현재 경미한 손상으로 확인된 바 손상의 진전시 재도장 등의 조치가 필요하다.

【표 3.47】교량받침 외관조사 결과(논산방향)

구 분	받침 콘크리트 균열 (m/개소)		받침 부식 (개소)	받침콘크리트 박락 (㎡/개소)	도장박리 (㎡/개소)	고정볼트 풀림 (EA)	비 고
	0.3㎜ 이하	0.3㎜ 이상					
A1	-	-	-	-	-	-	
P1	1.20/6	-	-	-	-	-	
P2	4.30/28	0.60/1	2	0.01/1	-	-	
P3	3.00/15	-	-	-	-	-	
P4	1.20/6	-	-	-	-	-	
P5	2.20/11	-	-	-	-	-	
P6	2.00/11	-	-	-	-	-	
P7	0.60/3	-	-	-	-	-	
P8	1.20/6	-	-	-	-	1	
P9	1.10/11	-	-	-	0.08/1	12	
P10	0.50/5	-	1	-	-	-	
A2	0.40/2	-	2	-	-	-	
합 계	**17.70/103**	**0.60/1**	**5**	**0.01/1**	**0.08/1**	**13**	

논산방향 교각 P2 받침콘크리트 균열	논산방향 교각 P6 받침콘크리트 균열
논산방향 교각 P9 도장박리	논산방향 교각 P8 고정볼트 풀림

【사진 3.34】교량받침 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

교량받침에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 손상의 진진 및 신규 손상이 없는 상태로 확인되었다.

【표 3.48】교량받침 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
받침콘크리트 균열 (폭 0.3mm미만)	103ea / 17.7m	103ea / 17.70m	- -	변동없음
받침콘크리트 균열 (폭 0.3mm이상)	1ea / 0.6m	1ea / 0.60m	- -	변동없음

【표 3.49】교량받침 외관조사 결과(논산방향)

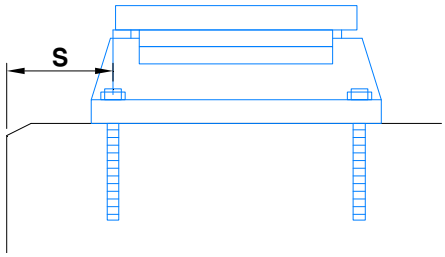
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
받침부식	5ea / 5ea	5ea / 5ea	- -	변동없음
받침콘크리트 박락	1ea / 0.01㎡	1ea / 0.01㎡	- -	변동없음
도장박리	1ea / 0.08㎡	1ea / 0.08㎡	- -	변동없음
고정볼트 풀림	13ea / 13ea	13ea / 13ea	- -	변동없음

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 받침부식 및 도장박리는 장기공용 및 외기에 부식이 발생한 것으로 판단되며, 별도의 도장보다는 부식제거가 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 고정볼트 풀림은 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며 손상의 진전시 재결합 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.



< 탄성받침 >

- 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

2) 연단거리 측정 결과

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

【표 3.50】교대 및 교각 받침부(논산) 연단거리 조사결과

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		450.0	460	450	O.K
P1	A1측	450.0	870	860	O.K
	A2측		890	890	O.K
P2	A1측	450.0	870	870	O.K
	A2측		860	860	O.K
P3	A1측	450.0	870	900	O.K
	A2측		860	880	O.K
P4	A1측	450.0	800	830	O.K
	A2측		830	820	O.K
P5	A1측	450.0	800	810	O.K
	A2측		850	850	O.K
P6	A1측	450.0	880	890	O.K
	A2측		810	800	O.K
P7	A1측	450.0	805	810	O.K
	A2측		870	860	O.K
P8	A1측	450.0	810	800	O.K
	A2측		830	860	O.K
P9	A1측	450.0	810	830	O.K
	A2측		850	830	O.K
P10	A1측	450.0	810	810	O.K
	A2측		850	850	O.K
A2		450.0	460	450	O.K

마. 교량받침 신축거동상태 검토

- 교량받침은 탄성받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화와 활하중에 의한 거더의 처짐에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 교량받침의 이동량은 2회(1차:3.4℃(2017년 11월 15일), 2차:13.9℃(2018년 03월 29일))에 걸쳐 측정하였으며, 온도는 기상청 일평균 온도를 적용하였다.

교량받침 가동량 측정(Sh1)	교량받침 가동량 측정(Sh2)

【사진 3.35】교량받침 가동량 측정 전경

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

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

【표 3.51】교량받침 가동상태 검토결과(논산방향)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	Sh1	80 (A2)	45 (A2)	35	26.25	
	Sh2	70 (A2)	45 (A2)	25		
P1	Sh1	75 (A2)	55 (A2)	20	21.00	
	Sh2	70 (A2)	52 (A2)	18		
P2	Sh1	70 (A2)	54 (A2)	16	15.75	
	Sh2	63 (A2)	50 (A2)	13		
P3	Sh1	65 (A2)	53 (A2)	12	10.50	
	Sh2	70 (A2)	60 (A2)	10		

【표 3.52】교량받침 가동상태 검토결과(논산방향)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P4	Sh1	28 (A2)	20 (A2)	8	5.25	
	Sh2	24 (A2)	15 (A2)	9		
P5	고정단					
P6	Sh1	12 (A1)	10 (A1)	2	5.25	
	Sh2	12 (A1)	10 (A1)	2		
P7	Sh1	30 (A1)	38 (A1)	8	10.50	
	Sh2	30 (A1)	38 (A1)	8		
P8	Sh1	55 (A1)	45 (A1)	10	15.75	
	Sh2	52 (A1)	40 (A1)	12		
P9	Sh1	80 (A1)	60 (A1)	20	21.00	
	Sh2	80 (A1)	60 (A1)	20		
P10	Sh1	80 (A1)	55 (A1)	25	26.25	
	Sh2	78 (A1)	53 (A1)	25		
A2	Sh1	80 (A1)	52 (A1)	28	31.50	
	Sh2	90 (A1)	51 (A1)	39		

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	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	250	33.5	91.5	13.3	46.8	104.8
P1	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	200	26.8	73.2	13.3	40.1	86.5
P2	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	150	20.1	54.9	13.3	33.4	68.2
P3	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	100	13.4	36.6	13.3	26.7	49.9
P4	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	50	6.7	18.3	13.3	20	31.6
P5	고 정 단								

1) 조사당시 온도 : 3.4℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)

2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.54】 교량받침 이동량 산정(계속)

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)
P6	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	50	6.7	18.3	13.3	20	31.6
P7	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	100	13.4	36.6	13.3	26.7	49.9
P8	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	150	20.1	54.9	13.3	33.4	68.2
P9	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	200	26.8	73.2	13.3	40.1	86.5
P10	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	250	33.5	91.5	13.3	46.8	104.8
A2	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	300	40.2	109.8	13.3	53.5	123.1

1) 조사당시 온도 : 3.4℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)

2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.55】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(논산방향)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	80 (A2)	46.8	104.8	96	256	±176	O.K
	Sh2	70 (A2)			106	246	±176	O.K
P1	Sh1	75 (A2)	40.1	86.5	101	251	±176	O.K
	Sh2	70 (A2)			106	246	±176	O.K
P2	Sh1	70 (A2)	33.4	68.2	106	246	±176	O.K
	Sh2	63 (A2)			113	239	±176	O.K
P3	Sh1	65 (A2)	26.7	49.9	111	241	±176	O.K
	Sh2	70 (A2)			106	246	±176	O.K
P4	Sh1	28 (A2)	20	31.6	148	204	±176	O.K
	Sh2	24 (A2)			152	200	±176	O.K
P5		고정단						
P6	Sh1	12 (A1)	20	31.6	164	188	±176	O.K
	Sh2	12 (A1)			164	188	±176	O.K
P7	Sh1	30 (A1)	26.7	49.9	146	206	±176	O.K
	Sh2	30 (A1)			146	206	±176	O.K
P8	Sh1	55 (A1)	33.4	68.2	121	231	±176	O.K
	Sh2	52 (A1)			124	228	±176	O.K
P9	Sh1	80 (A1)	40.1	86.5	96	256	±176	O.K
	Sh2	80 (A1)			96	256	±176	O.K
P10	Sh1	80 (A1)	46.8	104.8	96	256	±176	O.K
	Sh2	78 (A1)			98	254	±176	O.K
A2	Sh1	80 (A1)	53.5	123.1	96	256	±176	O.K
	Sh2	90 (A1)			86	266	±176	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

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

기상청 통계자료	·최근 10년간 담양군 기상관측소 자료 참조 ·최근 10년간 최저기온 : -16.2℃(측정일시 : 2016년 1월 25일) ·최근 10년간 최고기온 : 36.9℃(측정일시 : 2016년 8월 11일)

【표 3.56】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(논산방향)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	80 (A2)	64.1	97.1	96	256	±176	O.K
	Sh2	70 (A2)			106	246	±176	O.K
P1	Sh1	75 (A2)	53.9	80.3	101	251	±176	O.K
	Sh2	70 (A2)			106	246	±176	O.K
P2	Sh1	70 (A2)	43.8	63.6	106	246	±176	O.K
	Sh2	63 (A2)			113	239	±176	O.K
P3	Sh1	65 (A2)	33.6	46.8	111	241	±176	O.K
	Sh2	70 (A2)			106	246	±176	O.K
P4	Sh1	28 (A2)	23.5	30.1	148	204	±176	O.K
	Sh2	24 (A2)			152	200	±176	O.K
P5		고정단						
P6	Sh1	12 (A1)	23.5	30.1	164	188	±176	O.K
	Sh2	12 (A1)			164	188	±176	O.K
P7	Sh1	30 (A1)	33.6	46.8	146	206	±176	O.K
	Sh2	30 (A1)			146	206	±176	O.K
P8	Sh1	55 (A1)	43.8	63.6	121	231	±176	O.K
	Sh2	52 (A1)			124	228	±176	O.K
P9	Sh1	80 (A1)	53.9	80.3	96	256	±176	O.K
	Sh2	80 (A1)			96	256	±176	O.K
P10	Sh1	80 (A1)	64.1	97.1	96	256	±176	O.K
	Sh2	78 (A1)			98	254	±176	O.K
A2	Sh1	80 (A1)	74.2	113.8	96	256	±176	O.K
	Sh2	90 (A1)			86	266	±176	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3.3.4 신축이음장치

논산천교는 ILM으로 시공된 교량으로 교대인 A1, A2에 신축이음장치가 설치되어 있으며, A1, A2는 강핑거조인트로 시공되었다.

A1 신축이음장치

A2 신축이음장치

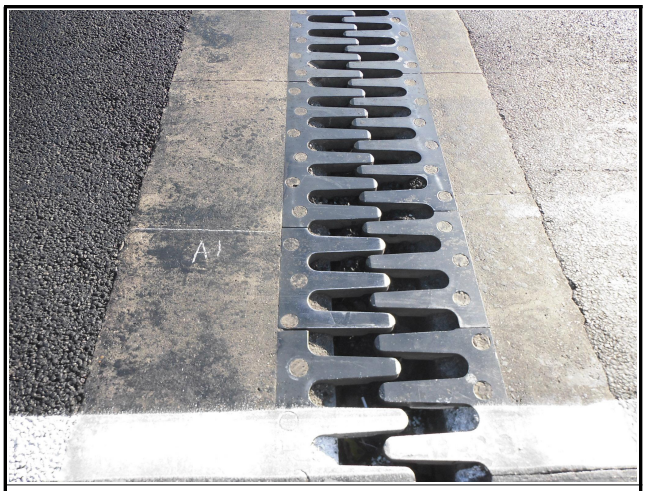
【사진 3.36】신축이음장치 전경

가. 외관조사 결과

- 신축이음장치의 외관조사 결과 신축이음장치 본체는 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었으며 국부적으로 균열폭 0.3㎜미만의 후타재 균열이 조사되었다.

【표 3.57】신축이음장치 외관조사 결과(논산방향)

구분	후 타 재	비 고
	0.3mm미만 균열 (m/개소)	
A1	0.30/2	
A2	-	
합계	**0.30/2**	



논산방향 신축이음 A1 후타재 균열

【사진 3.37】 신축이음장치 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

신축이음장치에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 손상의 진진 및 신규 손상이 없는 상태로 확인되었다.

【표 3.58】 신축이음장치 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	2ea / 0.30m	2ea / 0.30m	- -	변동없음

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 후타재에 발생한 균열은 시공초기 건조수축, 공용 중 차량의 반복하중 및 충격에 의한 손상으로서 보수를 통한 내구성 유지가 바람직하다.

라. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차:3.4℃(2017년 11월 15일), 2차:13.9℃(2018년 03월 29일))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 3.38】 신축이음 유간 측정방법

【표 3.59】 신축이음 유간 측정결과(논산방향)

측정위치	측 정 값(㎜)						비 고
	신축이음장치(A)		거더 상부(바닥판)(B)		거더 하부(C)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1 (A1)	180	143	295	265	300	270	FINGER Joint (No. 250)
EXP.J2 (A2)	175	145	295	260	300	270	FINGER Joint (No. 250)

- 17년 11월(3.4℃)과 18년 3월(13.9℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, EXP. J1(A1) EXP. J2(A2)의 가동상태는 이론 변동량과 유사한 것으로 나타났다.

【표 3.60】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(논산방향)

측정위치		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	180	143	37	26.3	
	거더 상부	295	265	30		
	거더 하부	300	270	30		
EXP.J2(A2)	신축이음장치	175	145	30	31.5	
	거더 상부	295	260	35		
	거더 하부	300	270	30		

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

- 신축이음 유간을 각각 측정한 결과, 전 개소에서 충분한 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.61】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	250	33.5	91.5	-	33.5	91.5
EXP.J2(A2)	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	300	40.2	109.8	-	40.2	109.8

1) 조사당시 온도 : 3.4℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)
2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.62】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(논산방향)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간 (㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	33.5	91.5	180	250	36.5	88.5	O.K
	거더 상부			295	250	36.5	203.5	O.K
	거더 하부			300	250	36.5	208.5	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음장치	40.2	109.8	175	250	34.8	65.2	O.K
	거더 상부			295	250	34.8	185.2	O.K
	거더 하부			300	250	34.8	190.2	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

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

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

【표 3.63】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(논산방향)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간 (㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	50.8	83.8	180	250	19.2	96.2	O.K
	거더 상부			295	250	19.2	211.2	O.K
	거더 하부			300	250	19.2	216.2	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음장치	60.9	100.5	175	250	14.1	74.5	O.K
	거더 상부			295	250	14.1	194.5	O.K
	거더 하부			300	250	14.1	199.5	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

3.3.5 교면포장

논산천교는 각 편도 2차로(총 왕복 4차로)로 구성되어 있고 교면포장은 아스팔트 포장으로 T=80㎜ 두께로 설계되었으나 현장조사시 포장두께는 T=100㎜((1,110㎜-1,010㎜=100㎜(방호울타리 외측면 높이-방호울타리 내측면 높이))로 조사되었다.

교면포장 전경

교면포장 전경

【사진 3.39】 교면포장 전경

가. 외관조사 결과

- 본 교량의 교면포장에 대한 외관조사 결과 잡철물 삽입이 조사되었다.

【표 3.64】교면포장 외관조사 결과(논산방향)

구분	잡철물 삽입 (㎡개소)	비고
S1	0.10/1	
S2	-	
S3	-	
S4	-	
S5	-	
S6	-	
S7	-	
S8	-	
S9	-	
S10	-	
S11	-	
합계	**0.10/1**	

논산방향 교면포장 S1 잡철물 삽입

【사진 3.40】교면포장 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

교면포장에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 손상의 진진 및 신규 손상이 없는 상태로 확인되었다.

【표 3.65】교면포장 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
잡철물 삽입	1ea / 0.10㎡	1ea / 0.10㎡	- -	변동없음

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 본 교량의 교면포장에 발생한 잡철물 삽입은 초기 손상으로 판단되며 손상의 정도는 경미한 상태인 것으로 판단된다.

3.2.6 기타부재

가. 배수시설

논산천교는 직선교로서 (-)2.0%의 횡단 편구배를 가지고 있으므로 교면수 흐름에 의거하여 교량 외측의 캔틸레버에 90개소의 배수시설이 설치되어 있으며, 배수시설의 형식은 하천형 및 육교형으로 되어 있다. 차량 및 보행자 통행구간 등은 육교형으로 시공된 상태이며, 하천구간의 배수시설은 하천형으로 배수구를 통해 지표수가 하부로 직접 유출되도록 되어 있다. 교면부의 상부에는 이물질 혼입 방지를 위한 집수구 덮개(Grating)가 설치되어 있다.

배수구 현황

배수관 현황

【사진 3.41】배수구 및 배수관 전경

1) 외관조사 결과

•1) 외관조사 결과

- 배수구 및 배수관에 대한 외관조사 결과 배수구 이물질퇴적이 1개소 관찰되었으며 배수관 설치상태 및 관리상태는 전반적으로 양호한 상태이다.

【표 3.66】배수시설 외관조사 결과(논산방향)

구분	배수구 막힘 (개소)	비고
S1	1	
S2	-	
S3	-	
S4	-	
S5	-	
S6	-	
S7	-	
S8	-	
S9	-	
S10	-	
S11	-	
합계	1	

배수구 막힘

【사진 3.42】배수시설 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

배수시설에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 손상의 진진 및 신규 손상이 없는 상태로 확인되었다.

【표 3.67】 배수시설 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
배수구 막힘	1ea / 1ea	1ea / 1ea	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

배수시설에 대한 점검결과 배수구 막힘이 관찰된 상태로서 교면수의 원할한 배수가 이루어질 수 있도록 집수구는 주기적인 청소를 실시하여 관리가 이루어질 수 있도록 하여야 할 것이다. 현재 손상은 경미한 상태로 손상의 진전시 청소 및 유지관리 등의 조치가 필요하다.

나. 난간 및 연석(방호울타리)

본 교량의 방호울타리는 좌·우측에 차량 충돌 시 탑승자의 보호, 충돌로부터 인접 주행차량의 보호, 교면 상부나 하부의 인명 및 재물의 보호 등을 위하여 콘크리트로 설치되어 있다. 시점측의 제방구간 방호울타리에는 방음벽이 설치되어 있으며, 중앙분리대 상단에는 야간에 교차하는 차량의 눈부심을 방지하기 위해 차광막이 설치되어 있다.

방호울타리 전경

방호울타리 중분대 전경

【사진 3.43】 난간 및 연석 전경

1) 외관조사 결과

- 방호울타리에 대한 외관조사 결과 균열 및 재료분리, 긁힘 및 박락, 파손, 철근노출, 철근부식 등의 손상이 조사되었다.
- 기타 손상으로 방음벽 파손 및 부식 등의 손상이 조사되었다

【표 3.68】 난간 및 연석 외관조사 결과(논산방향)

구분	균열(m/개소)		재료분리 (㎡/개소)	긁힘 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	비고
	0.3mm미만	0.3mm이상				
S1	0.20/1	-	-	-	0.10/2	
S2	-	-	-	-	0.01/1	
S3	2.00/2	-	-	0.10/5	-	
S4	1.00/1	-	-	-	-	
S5	2.00/9	-	10.00/1	-	-	
S6	3.90/6	1.00/1	-	-	-	
S7	0.20/1	3.80/5	-	-	-	
S8	1.00/1	-	-	0.06/3	-	
S9	7.40/7	-	-	3.00/1	-	
S10	4.20/4	4.00/3	0.15/1	0.40/1	0.01/1	
S11	2.20/3	-	-	-	-	
합계	**24.1/35**	**8.80/9**	**10.15/2**	**3.56/10**	**0.12/4**	

【표 3.69】 난간 및 연석 외관조사 결과(논산방향)

구분	파손 (㎡/개소)	철근노출 (㎡/개소)	철근부식 (㎡/개소)	방음벽 파손 (㎡/개소)	방음벽 부식 (㎡/개소)	비고
S1	0.19/3	0.01/1	-	-	-	
S2	0.01/1	-	-	-	0.28/9	
S3	-	-	0.10/1	0.30/1	0.25/6	
S4	-	-	-	-	0.77/2	
S5	-	-	-	-	-	
S6	0.04/1	-	-	-	-	
S7	-	-	-	-	-	
S8	-	-	-	-	-	
S9	-	-	-	-	-	
S10	0.02/2	-	-	-	-	
S11	0.02/1	-	-	-	-	
합계	**0.28/8**	**0.01/1**	**0.10/1**	**0.30/1**	**1.30/17**	

논산방향 방호벽 S1 균열폭 0.2mm 균열

논산방향 방호벽 S10 재료분리

논산방향 방호벽 S1 박락

논산방향 중앙분리대 S1 철근노출

논산방향 방음벽 S3 파손

논산방향 방음벽 S2 부식

【사진 3.44】 난간 및 연석 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

난간 및 연석에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 균열 및 방음벽 파손 및 부식이 추가 조사되었고, 손상은 공용기간 증대에 의한 손상 증가로 확인되었다.

【표 3.70】 방호울타리 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	29ea / 17.70m	35ea / 24.10m	⬆ 2.8m	물량변동
균열 (폭 0.3mm이상)	9ea / 8.80m	9ea / 8.80m	- -	변동없음
재료분리	2ea / 10.15㎡	2ea / 10.15㎡	- -	변동없음
긁힘	10ea / 3.56㎡	10ea / 3.56㎡	- -	변동없음
박락	10ea / 3.22㎡	10ea / 3.22㎡	- -	변동없음
파손	4ea / 0.12㎡	4ea / 0.12㎡	- -	변동없음
철근노출	2ea / 0.02㎡	2ea / 0.02㎡	- -	변동없음
철근부식	1ea / 0.10㎡	1ea / 0.10㎡	- -	변동없음
방음벽 파손	- / -	1ea / 0.30㎡	⬆ 0.30㎡	신규손상
방음벽 부식	1ea / 0.75㎡	17ea / 1.30㎡	⬆ 0.55㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 방호울타리에 발생한 균열은 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열부 및 우수가 유입되면서 진전된 손상이다.
- 방음벽에 발생한 파손 및 부식은 공용기간 증대에 의한 노후화로 발생된 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, 국토해양부/한국시설안전공단)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

나. 조사 현황 및 위치

1) 조사 현황

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

【표 3.71】콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조(Steel BOX)	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	36	9	44	24	동일부위 시험
초음파 전달속도시험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	36	9	44	24	
철근탐사 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	36	9	44	24	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 4~6개소[1)] • 5경간 이상: 6~9개소[2)]		4~6		8	6	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상[3)]		3		2	4	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		–		3	1	C_w=0.3㎜이상 균열

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

2) 내구성조사 위치 선정사유

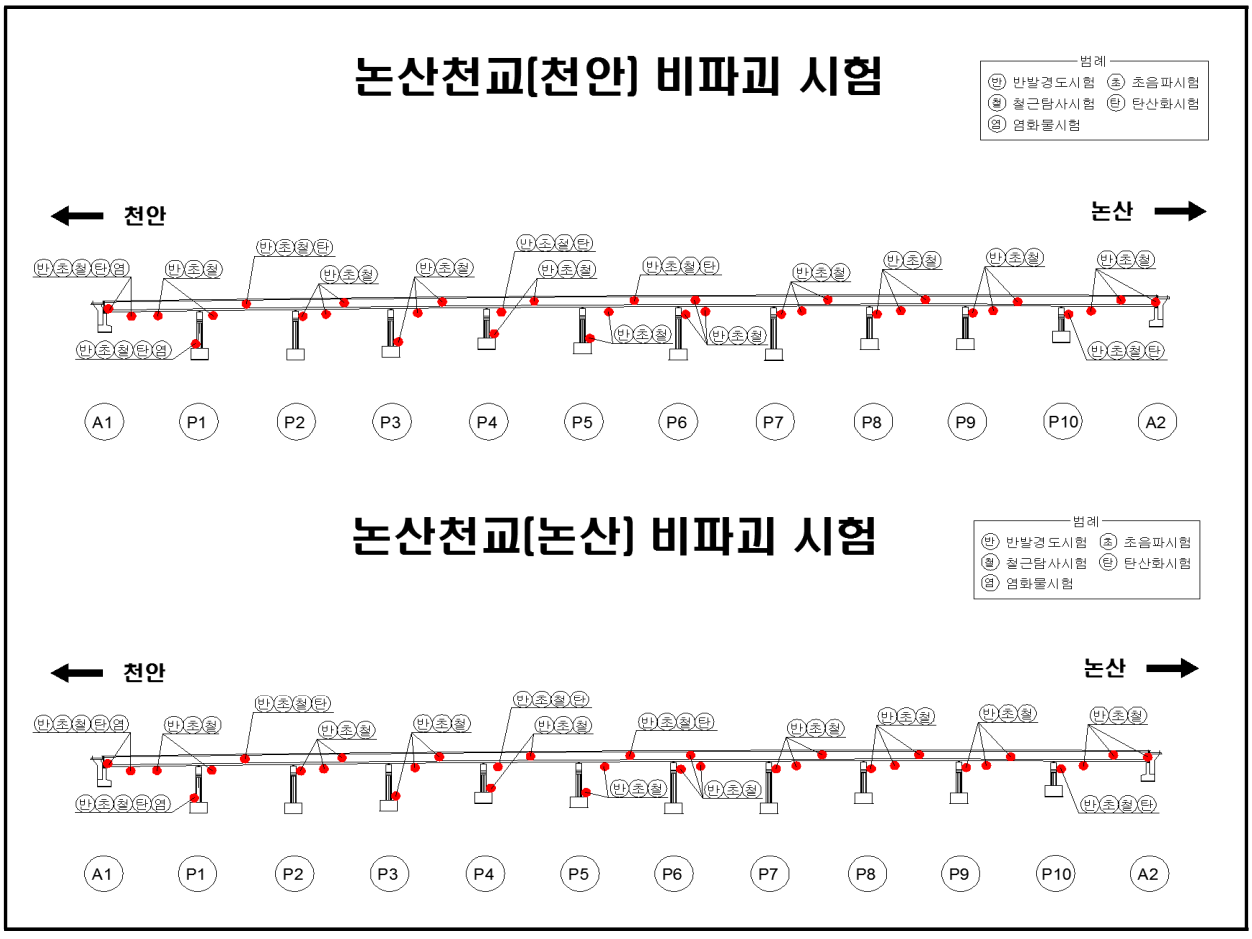
외관조사 결과에 따라 내구성의 상태 비교를 위하여 손상이 발생한 손상부와 손상이 발생하지 않은 건전부에 각각 시험을 실시하였으며, 그에 따라 상부구조는 바닥판하면 슬래브와 거더, 하부구조는 교대, 교각에 실시하였다.

3) 조사 사진

반발경도 시험	초음파 탐상 시험	탄산화 깊이 시험	철근탐사 시험

【사진 3.45】 콘크리트 내구성조사 전경

4) 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.7】 콘크리트 내구성조사 위치도

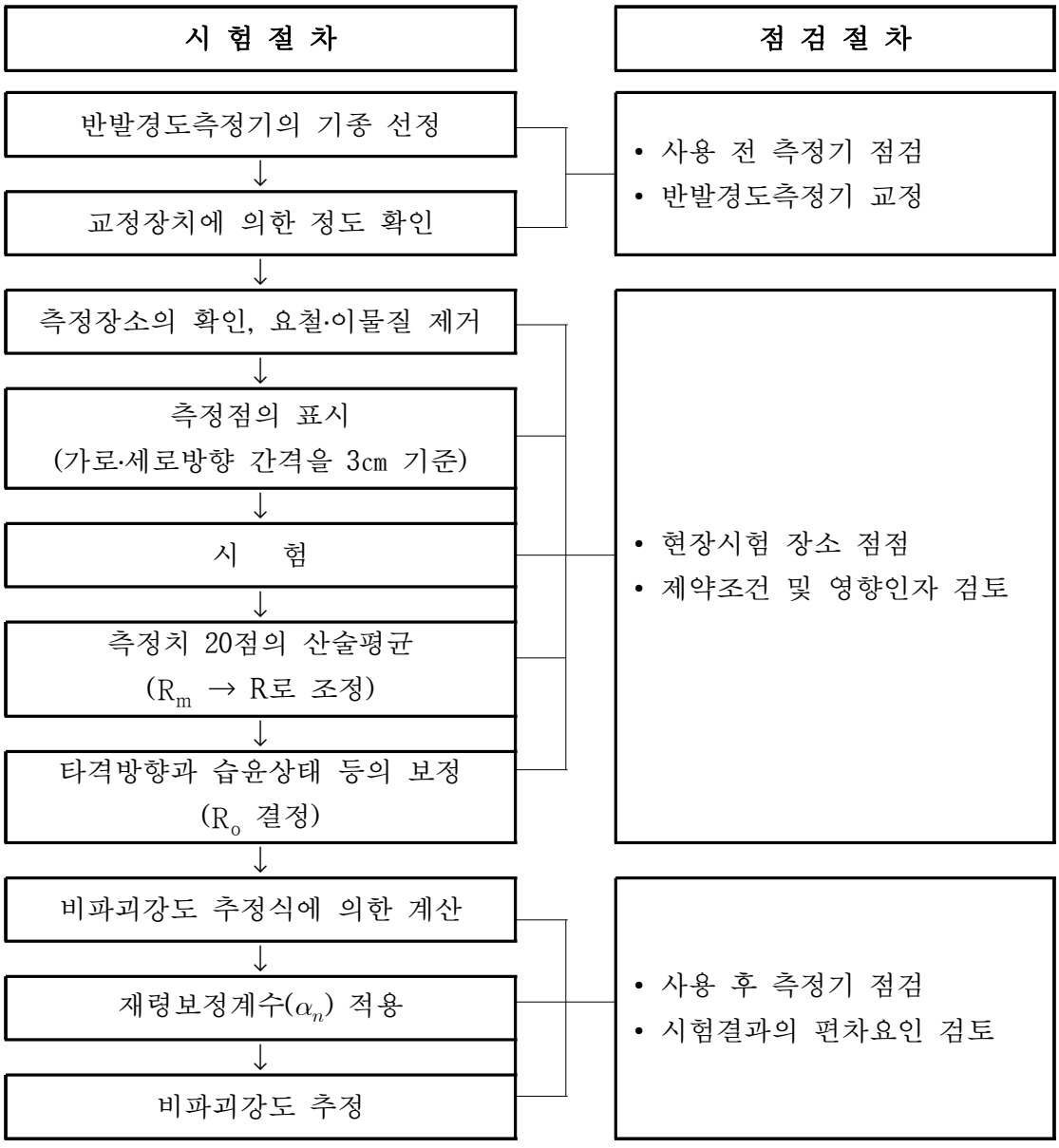
3.4.2 시험내용 및 평가기준

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 3.8】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 3.72】 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 3.73】 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	$F_c = (-120.6 + 8.0R_o + 0.0932R_o^2) \times 0.098$	-
과학기술부(고강도)	$F_c = (15.2R_o - 112.8) \times 0.098$	**금회 적용(식⑤)**
※ 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.

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

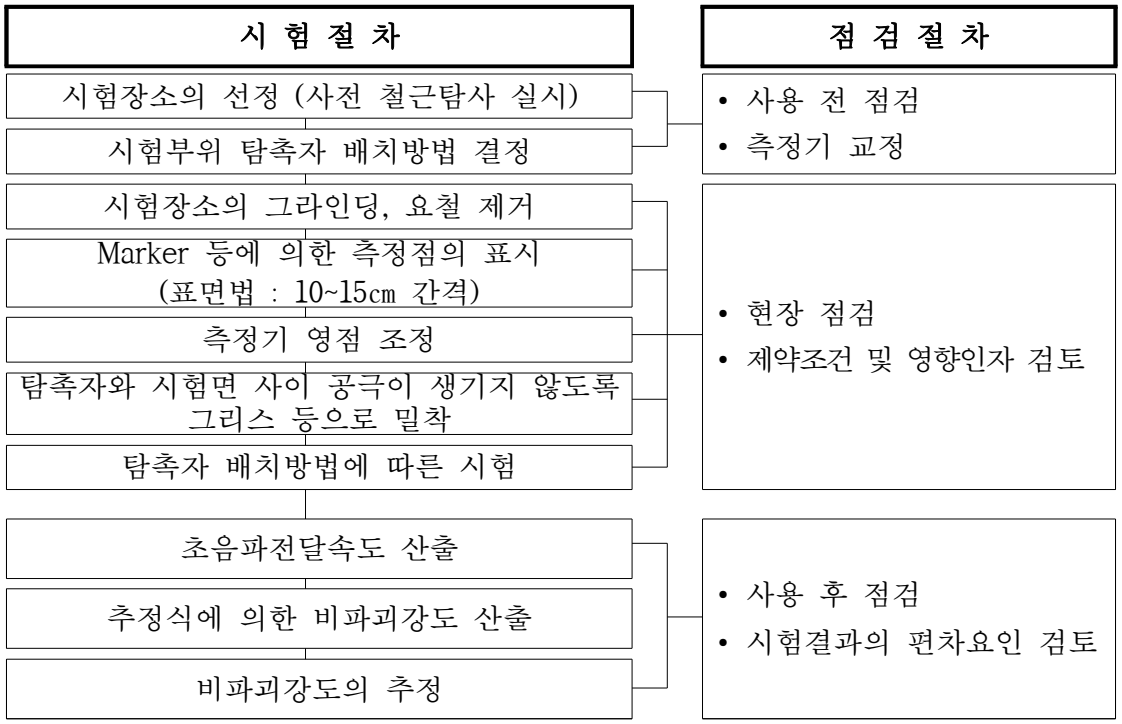
【표 3.74】 재령계수 α 값

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



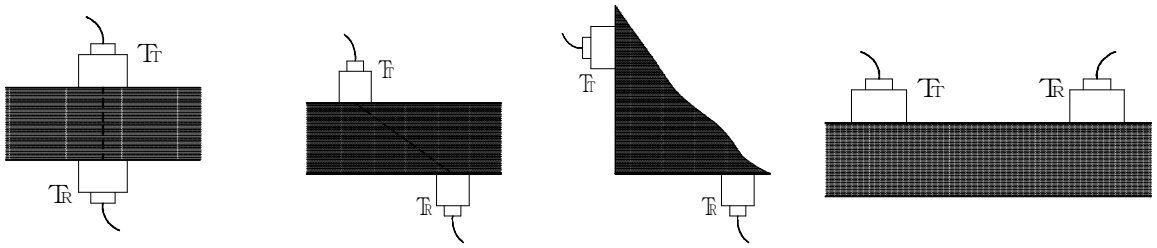
【그림 3.9】초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

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 3.10】초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$$V_d \approx 1.05 V_i$$

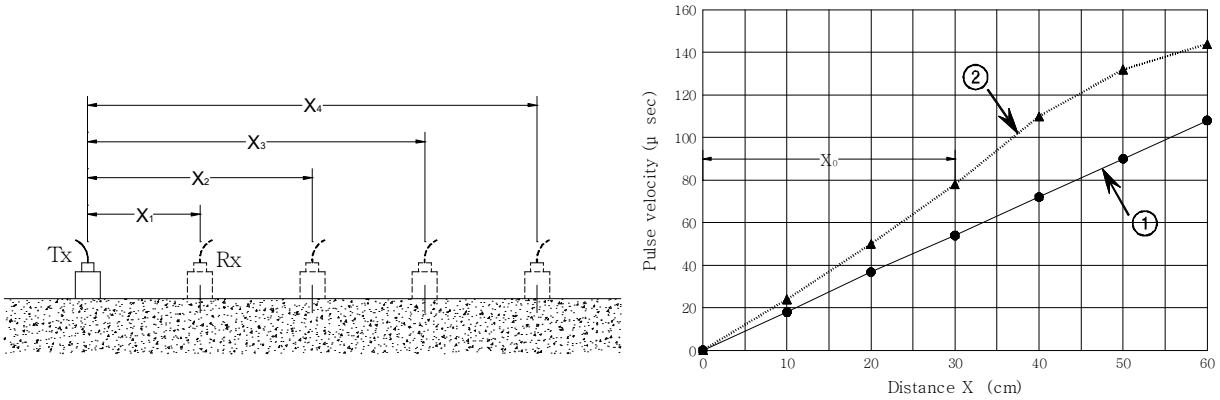
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

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 3.11】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 압축강

도의 상관관계를 도출한 다음 식을 사용하였다.

【표 3.75】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 3.12】에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

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

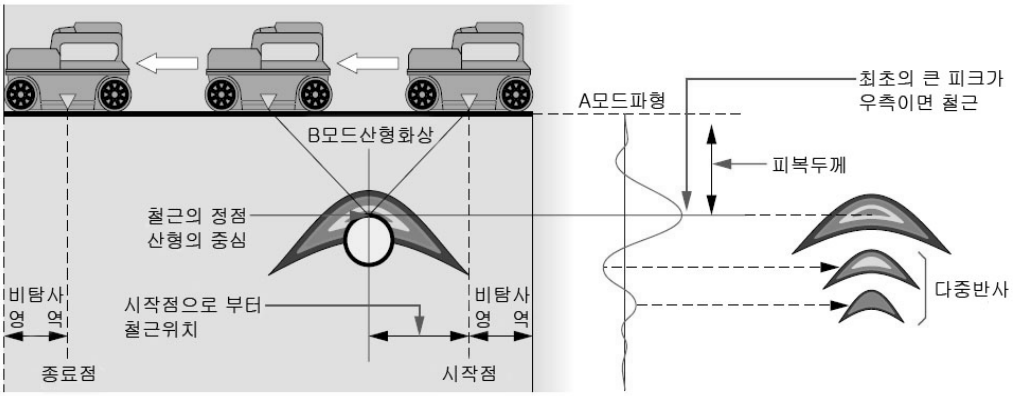
여기서, C : 진공 중에서 전자파의 속도(3×10^8 m/sec)

ε_r : 콘크리트의 상대유전율(6~10)

또한, 반사물체까지의 거리(D)는 송신 시각으로부터 수신 시각까지의 시간차(T)의 측정치

와 콘크리트 내부의 전파속도(V)로부터 구할 수 있다.

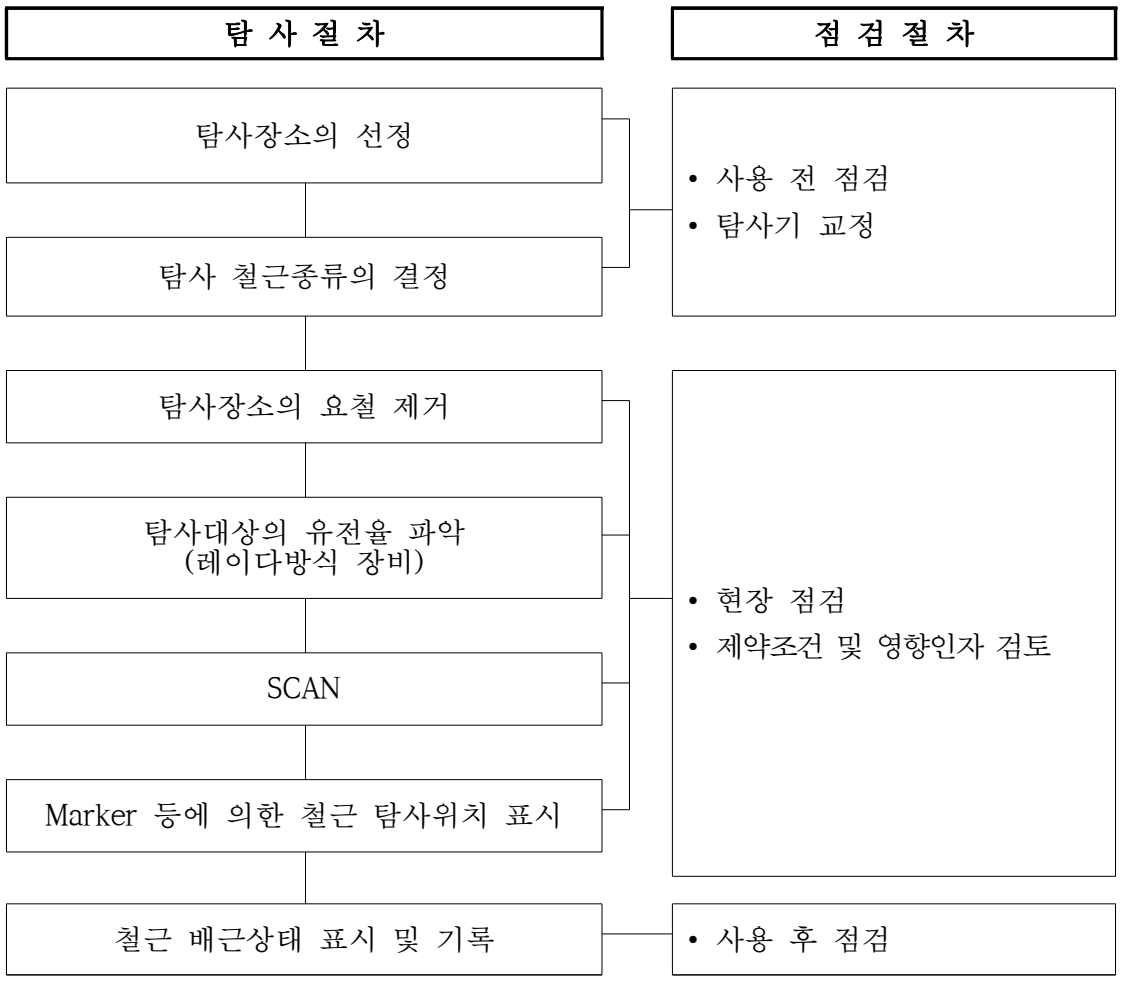
$$D = \frac{1}{2} V T \quad (m)$$



【그림 3.12】 철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

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



【그림 3.13】 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

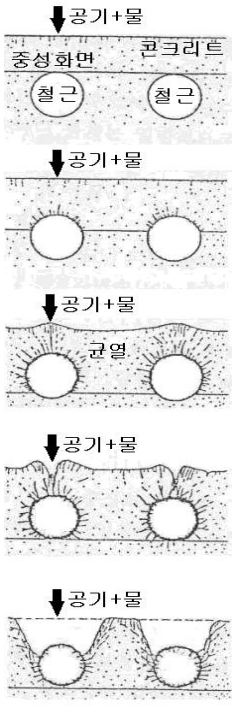
탄산화란 콘크리트의 탄산화(Carbonation) 과정에서 나타나는 현상으로 탄산화에 의해서 문제가 발생되는 것은 콘크리트 자체에서 생기는 것이 아니고, 콘크리트 중의 철근에 녹이 발생함으로써 문제를 일으키는 것이다.

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

(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 pH

가 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 3.14】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 3.76】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
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 3.77】 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 3.78】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 3.79】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	-	-

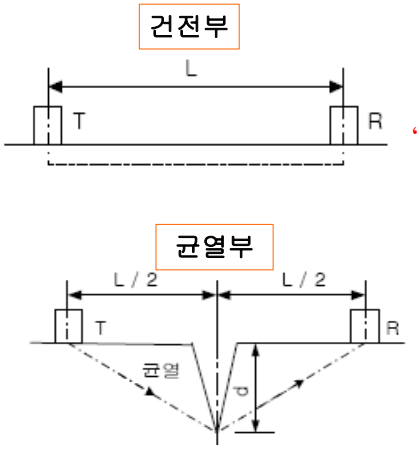
마. 균열깊이 조사

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 3.15】 T_c-T_o법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법

3.4.3 시험결과 및 분석

가. 천안방향

1) 콘크리트 강도시험

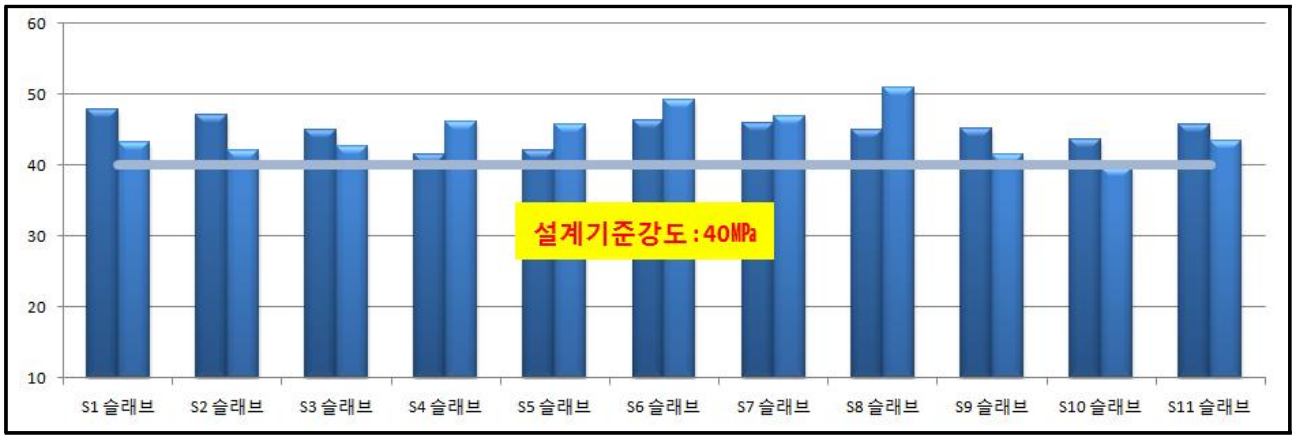
논산천교(천안)의 콘크리트 비파괴강도시험은 상・하부구조에서 반발경도시험 34개소(상부구조:22개소, 하부구조:12개소) 및 초음파전달속도시험 34개소(상부구조:22개소, 하부구조:12개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

■ 검토결과, 설계기준 대비 평균 천안방향 상부구조(슬래브) : 103.8～119.5%, 상부구조(거더) : 90.3～122.8%, 하부구조 : 95.8～110.4%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 상부구조(슬래브)는 설계기준강도 상회하는 양호한 것으로 측정되었으나, 상부구조(거더) 및 하부구조의 경우 일부에서 설계기준강도 이하로 측정되었다. 측정강도의 편차에 대한 요인은 비건전부(손상발생부위), 측정대상면의 상태, 측정시 타격방향, 콘크리트표면의 함수 상태 등 반발경도 측정시 미치는 영향인자에 의한 편차로써 측정강도는 설계기준강도의 90%이상을 확보하고 있는 상태이며 강도 편차로 인한 손상은 관찰되지 않은 상태로 조사되었다.

【표 3.80】 상부구조(슬래브) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)	초음파속도법 (MPa)		반발경도법 평균	초음파속도법 평균	설계기준강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식⑤	식③	식④			
상부구조	S1 슬래브	58.4	5.103	47.8	39.5	46.8	47.8	43.2	40.0
	S2 슬래브	57.6	5.030	47.1	38.8	45.2	47.1	42.0	
	S3 슬래브	55.3	5.072	44.9	39.2	46.1	44.9	42.7	
	S4 슬래브	51.6	5.292	41.5	41.4	50.7	41.5	46.1	
	S5 슬래브	52.3	5.271	42.1	41.2	50.3	42.1	45.8	
	S6 슬래브	56.8	5.492	46.3	43.4	55.0	46.3	49.2	
	S7 슬래브	56.4	5.334	46.0	41.9	51.6	46.0	46.8	
	S8 슬래브	55.4	5.607	45.0	44.6	57.4	45.0	51.0	
	S9 슬래브	55.5	4.998	45.1	38.5	44.5	45.1	41.5	
	S10 슬래브	53.9	4.872	43.6	37.2	41.9	43.6	39.6	
	S11 슬래브	56.1	5.114	45.7	39.7	47.0	45.7	43.4	
평 균				45.0	40.5	48.8	45.0	44.7	
표준편차				1.86	2.12	4.47	1.86	3.29	
변동계수				4.13	5.23	9.16	4.13	7.36	



【그림 3.16】 상부구조(슬래브) 평균압축강도 추정결과

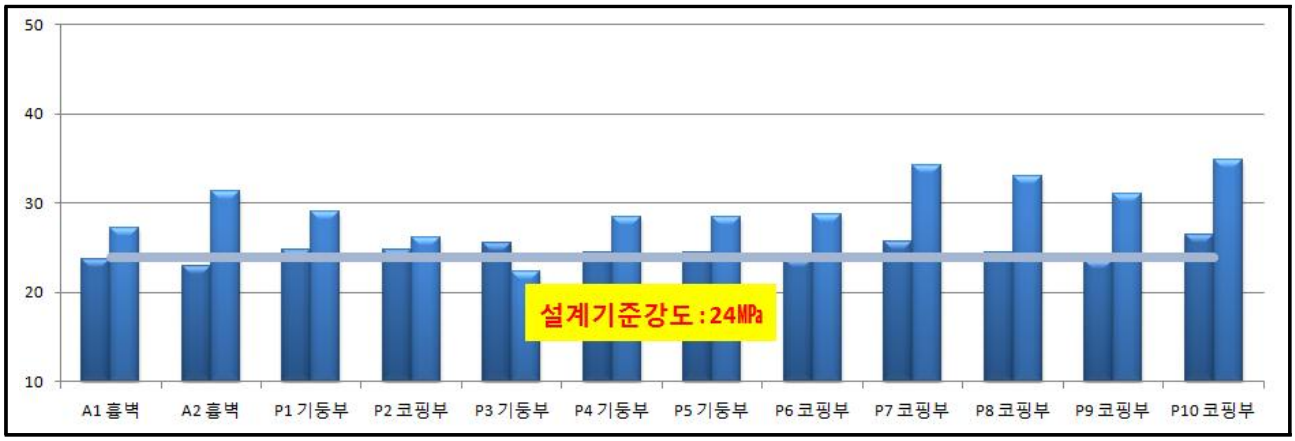
【표 3.81】 상부구조(거더) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)	초음파속도법 (MPa)		반발 경도법 평균	초음파 속도법 평균	설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식⑤	식③	식④			
상부구조	S1 거더	59.7	4.956	49.1	38.1	43.7	49.1	40.9	40.0
	S2 거더	46.6	4.820	36.8	36.7	40.8	36.8	38.8	
	S3 거더	46.7	4.977	36.9	38.3	44.1	36.9	41.2	
	S4 거더	48.3	5.103	38.4	39.5	46.8	38.4	43.2	
	S5 거더	45.9	4.746	36.1	36.0	39.2	36.1	37.6	
	S6 거더	51.6	4.872	41.5	37.2	41.9	41.5	39.6	
	S7 거더	46.1	4.872	36.3	37.2	41.9	36.3	39.6	
	S8 거더	49.7	4.830	39.7	36.8	41.0	39.7	38.9	
	S9 거더	46.4	4.893	36.6	37.4	42.3	36.6	39.8	
	S10 거더	49.1	4.830	39.1	36.8	41.0	39.1	38.9	
	S11 거더	51.3	4.778	41.2	36.3	39.9	41.2	38.1	
	평 균			39.2	37.3	42.1	39.2	39.7	
	표준편차			3.62	0.96	2.05	3.62	1.51	
	변동계수			9.23	2.57	4.87	9.23	3.80	

【그림 3.17】 상부구조(거더) 평균압축강도 추정결과

【표 3.82】 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 흉벽	42.0	4.074	22.3	25.1	29.3	25.1	23.7	27.2	24.0
	A2 흉벽	40.9	4.337	21.4	24.6	31.9	30.6	23.0	31.3	
	P1 기둥부	43.8	4.200	23.7	25.9	30.5	27.7	24.8	29.1	
	P2 코핑부	43.7	4.011	23.6	25.9	28.6	23.8	24.8	26.2	
	P3 기둥부	44.9	3.759	24.6	26.4	26.1	18.4	25.5	22.3	
	P4 기둥부	43.2	4.158	23.2	25.6	30.1	26.8	24.4	28.5	
	P5 기둥부	43.4	4.158	23.4	25.7	30.1	26.8	24.5	28.5	
	P6 코핑부	42.0	4.169	22.3	25.1	30.2	27.1	23.7	28.7	
	P7 코핑부	45.2	4.536	24.8	26.5	33.9	34.8	25.7	34.3	
	P8 코핑부	43.4	4.452	23.4	25.7	33.0	33.0	24.5	33.0	
	P9 코핑부	41.8	4.326	22.1	25.0	31.8	30.4	23.6	31.1	
	P10 코핑부	46.5	4.568	25.9	27.1	34.2	35.5	26.5	34.9	
	평 균			23.4	25.7	30.8	28.3	24.6	29.6	
	표준편차			1.22	0.68	2.21	4.66	0.95	3.43	
	변동계수			5.21	2.65	7.18	16.47	3.86	11.59	



【그림 3.18】 하부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.83】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부 구조	반발경도법	36.1～49.1	40.0	90.8～122.8
	초음파속도법	37.6～51.0		94.0～127.0
하부 구조	반발경도법	23.0～26.5	24.0	95.8～110.4
	초음파속도법	22.3～34.9		92.9～145.4

② 기 진단결과와의 비교·분석

구 분	시험방법	2013년 정밀안전진단	2018년 정밀안전진단
상부구조	반발경도법	45.1～50.7	36.1～49.1
	초음파속도법	40.5～42.3	37.6～51.0
하부구조	반발경도법	23.7～24.8	23.0～26.5
	초음파속도법	23.9～25.0	22.3～34.9

3) 철근탐사시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 34개소(상부구조 22개소, 하부구조 12개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 설계도서와 유사하게 분석되었다. 다만 일부개소에서 측정된 피복두께가 설계치에 최대 4.5㎜ 미달되는 것으로 조사되었으나 측정 최소피복두께가 36㎜로써 콘크리트 구조설계기준의 현장치기 콘크리트 최소 피복두께인 20㎜를 상회하는 것으로 분석되어 적정한 피복두께를 확보하고 있는 것으로 조사되었다.

① 철근탐사 시험결과

【표 3.84】 상부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	S1 슬래브	주철근	110~130	41	125	40.5	양호
		배력철근	195~215	58~66	200	59.5	양호
	S2 슬래브	주철근	110~130	41	125	40.5	양호
		배력철근	195~210	60~62	200	59.5	양호
	S3 슬래브	주철근	115~135	39	125	40.5	양호
		배력철근	195	58~61	200	59.5	양호
	S4 슬래브	주철근	120~130	36~39	125	40.5	양호
		배력철근	190	60	200	59.5	양호
	S5 슬래브	주철근	115~130	36~39	125	40.5	양호
		배력철근	200~215	57~60	200	59.5	양호
	S6 슬래브	주철근	110~125	44	125	42.0	양호
		배력철근	95~110	62~67	100	58.0	양호
	S7 슬래브	주철근	125~130	39	125	42.0	양호
		배력철근	100~110	55~61	100	58.0	양호
	S8 슬래브	주철근	125~130	41	125	40.5	양호
		배력철근	210	57~60	200	59.5	양호
	S9 슬래브	주철근	110~135	41~44	125	40.5	양호
		배력철근	190~200	57~65	200	59.5	양호
	S10 슬래브	주철근	125~135	38~41	125	40.5	양호
		배력철근	200~210	56~61	200	59.5	양호
	S11 슬래브	주철근	110~125	36~39	125	40.5	양호
		배력철근	205~210	55	200	59.5	양호
	S1 거더	주철근	115~130	41~44	125	40.5	양호
		배력철근	90~100	65~69	100	59.5	양호
	S2 거더	주철근	120~135	39~41	125	37.5	양호
		배력철근	195~205	65~69	200	62.5	양호
	S3 거더	주철근	125~135	38~41	125	37.5	양호
		배력철근	195~210	62~67	200	62.5	양호
	S4 거더	주철근	120~130	39~41	125	37.5	양호
		배력철근	185~195	65~72	200	62.5	양호

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	S5 거더	주철근	110~130	36~39	125	37.5	양호
		배력철근	195~200	60~72	200	62.5	양호
	S6 거더	주철근	120	44~47	125	37.5	양호
		배력철근	190~215	72~79	200	62.5	양호
	S7 거더	주철근	120~130	41~44	125	37.5	양호
		배력철근	190~210	72~77	200	62.5	양호
	S8 거더	주철근	120~130	38~40	125	37.5	양호
		배력철근	195~205	69~73	200	62.5	양호
	S9 거더	주철근	105~135	49	125	37.5	양호
		배력철근	200~205	74~79	200	62.5	양호
	S10 거더	주철근	115~130	41~44	125	37.5	양호
		배력철근	195~200	77~82	200	62.5	양호
	S11 거더	주철근	125~135	55	125	37.5	양호
		배력철근	200~210	82~84	200	62.5	양호

중 앙 부 상 부 구 조 도 (1)

상 부 슬 래 브

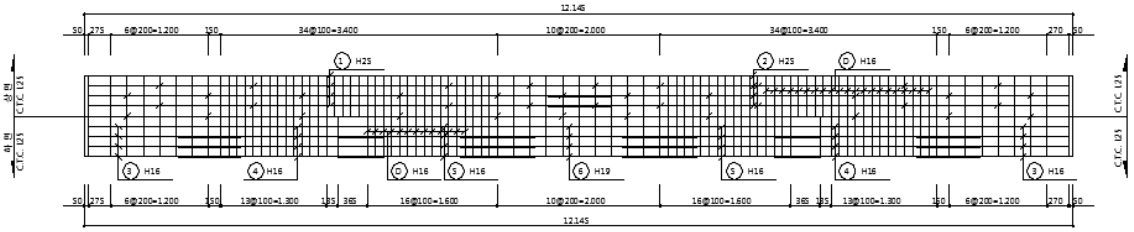
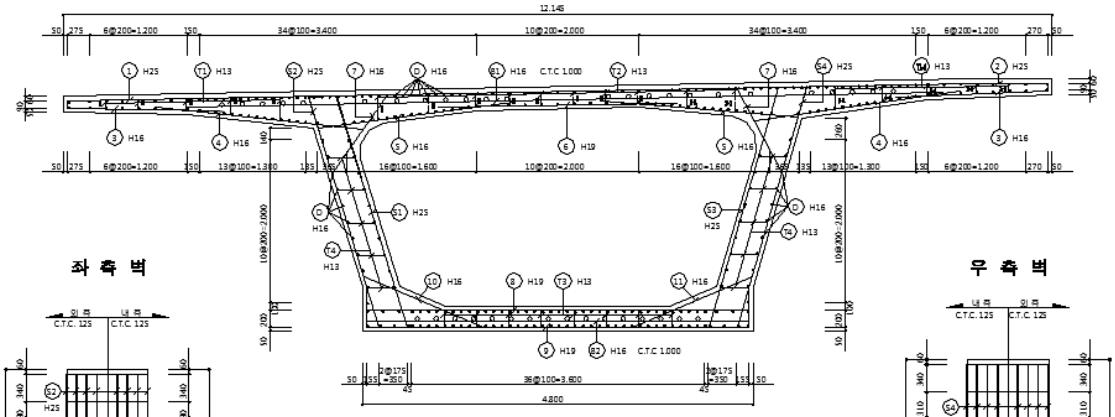
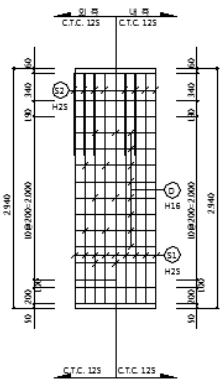


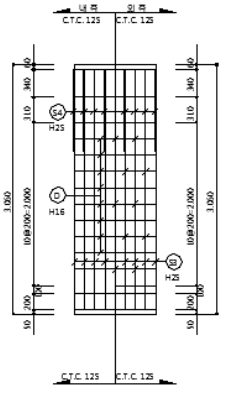
표 준 단 면 도



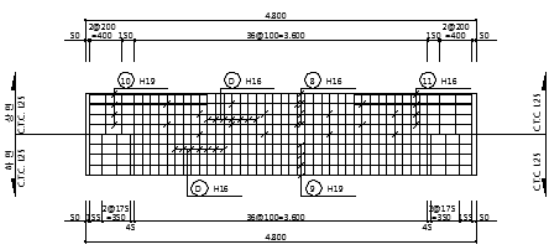
좌 측 벽



우 측 벽



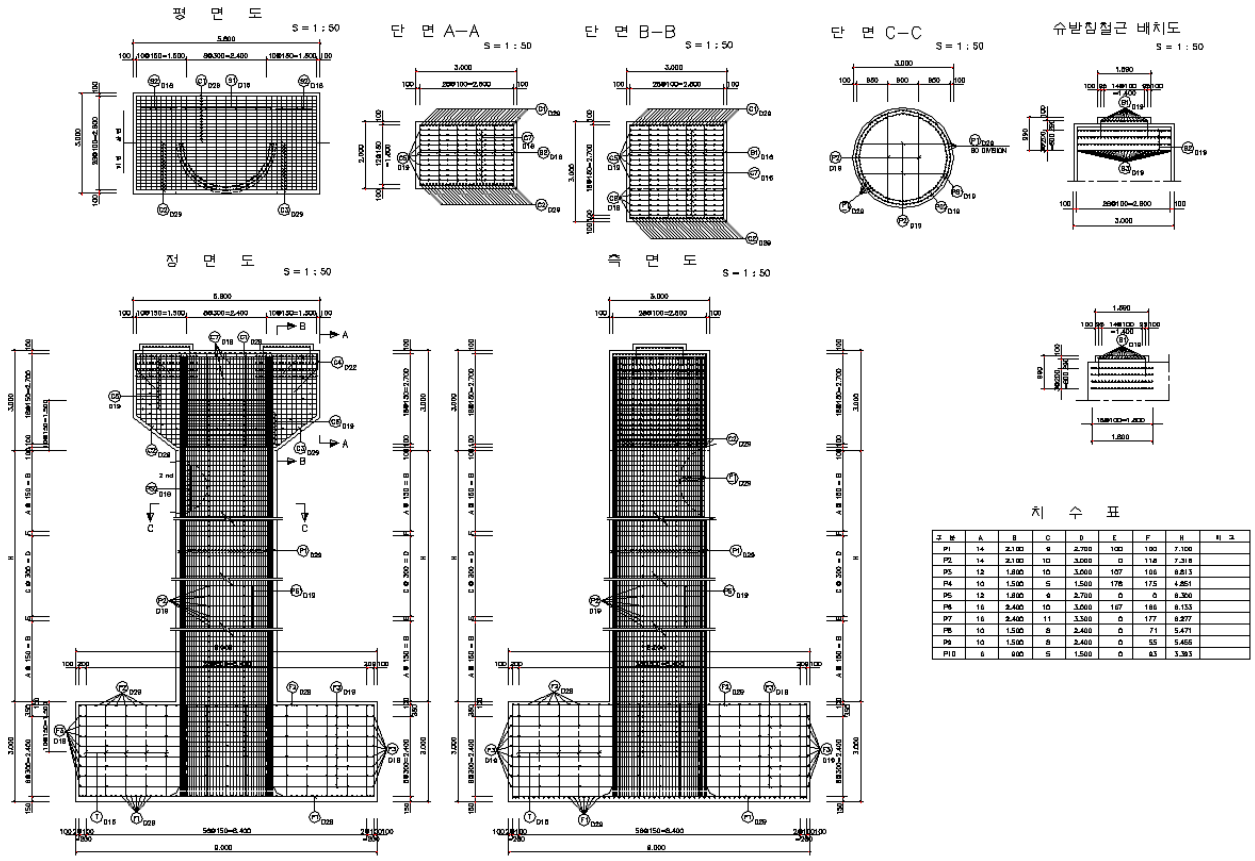
하 부 슬 래 브



【표 3.85】 하부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부구조	A1 흉벽	수직철근	275~300	38~44	300	39.0	양호
		수평철근	300~315	60~65	300	61.0	양호
	A2 흉벽	수직철근	285~300	60~65	300	39.0	양호
		수평철근	295~310	91~98	300	61.0	양호
	P1 기둥부	수직철근	110~115	109~115	110	109.5	양호
		수평철근	135~150	88~91	150	90.5	양호
	P2 코핑부	수직철근	155~165	89~94	150	92.0	양호
		수평철근	140~160	107~112	150	108.0	양호
	P3 기둥부	수직철근	115~120	109~112	110	109.5	양호
		수평철근	155~160	88~97	150	90.5	양호
	P4 기둥부	수직철근	105~110	121~126	110	109.5	양호
		수평철근	290~310	98~105	300	90.5	양호
	P5 기둥부	수직철근	110~120	107~112	110	109.5	양호
		수평철근	265~320	89~94	300	90.5	양호
	P6 코핑부	수직철근	145~155	93~103	150	92.0	양호
		수평철근	160~165	105~110	150	108.0	양호
	P7 코핑부	수직철근	275~305	91~100	300	92.0	양호
		수평철근	140~150	114~121	150	108.0	양호
	P8 코핑부	수직철근	145	103~107	150	92.0	양호
		수평철근	140~155	135~137	150	108.0	양호
	P9 코핑부	수직철근	285~300	91~93	300	92.0	양호
		수평철근	160	100~105	150	108.0	양호
	P10 코핑부	수직철근	285~295	103~105	300	92.0	양호
		수평철근	135~140	121~128	150	108.0	양호

【표 3.86】하부구조 철근탐사 시험결과 (계속)



② 기 진단결과와의 비교

구 분	2013년 정밀안전진단		2018년 정밀안전진단	
	배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	115～128	38～54	105～135	36～55
하부구조	280～300	90～105	275～305	89～107

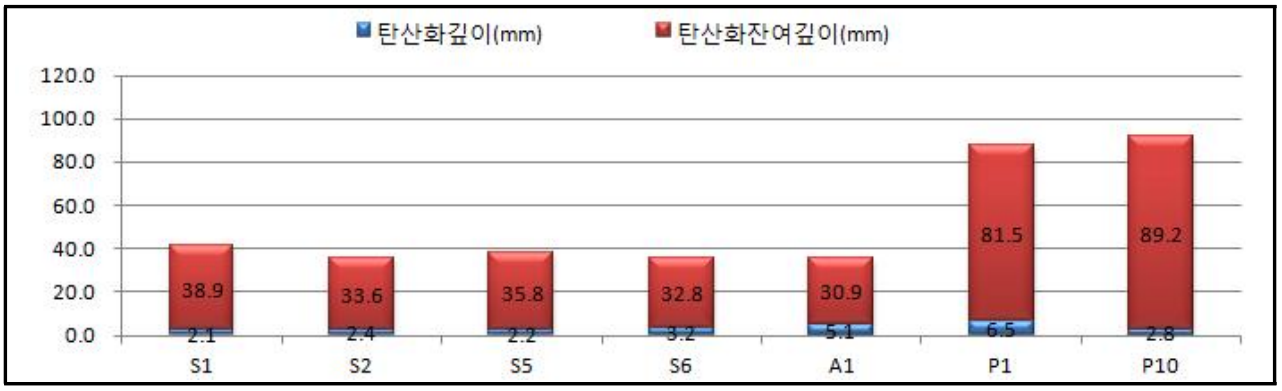
4) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 7개소(천안방향 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 3.87】탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 등급	비 고
상부 구조	S1 슬래브	2.1	41.0	38.9	0.54	100년이상	a	양호
	S2 거더	2.4	36.0	33.6	0.62	100년이상	a	양호
	S5 슬래브	2.2	38.0	35.8	0.57	100년이상	a	양호
	S6 거더	3.2	36.0	32.8	0.83	100년이상	a	양호
하부 구조	A1 흉벽	5.1	36.0	30.9	1.32	100년이상	a	양호
	P1 기둥부	6.5	88.0	81.5	1.68	100년이상	a	양호
	P10 코핑부	2.8	92.0	89.2	0.72	100년이상	a	양호



【그림 3.19】탄산화 깊이 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

구 분	2013년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)	2018년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)
상부구조	39.0～44.0	36.0～41.0
하부구조	33.0～102.0	36.0～92.0

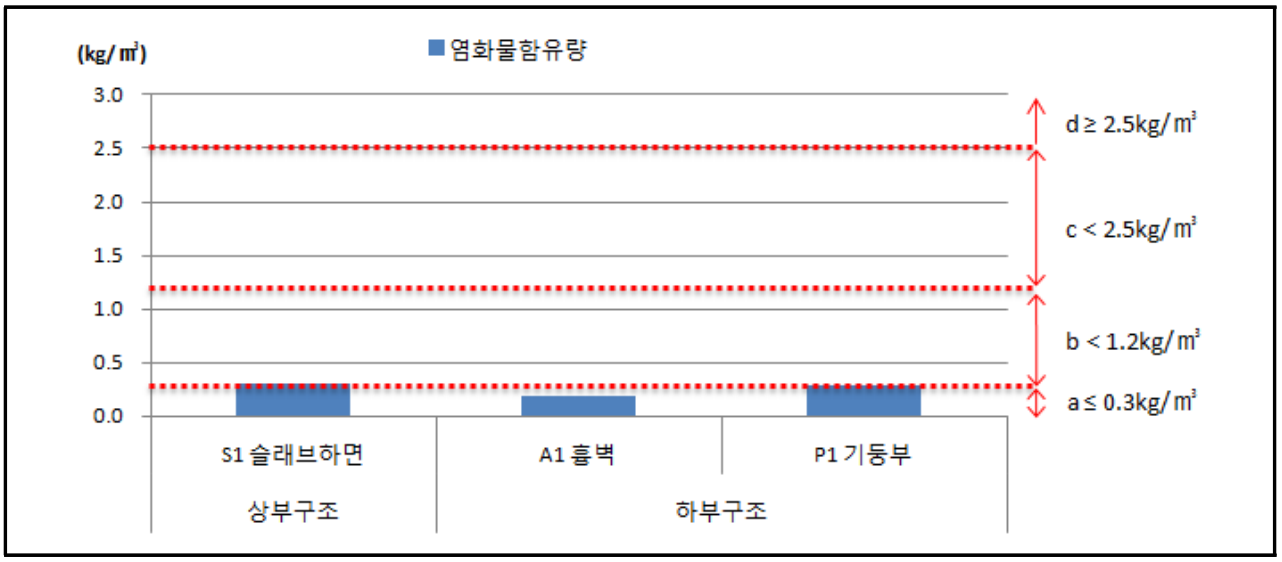
5) 염화물함유량 시험

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

【표 3.88】 염화물 함유량 시험결과 및 평가

시험위치		실측 피복두께 (㎜)	염화물 함유량		평가 결과	비 고
			Cl^-(%)	Cl^-(kg/㎥)		
상부 구조	S1 슬래브하면 (건전부)	41.0	0.0131	0.297	a	
하부 구조	A1 흉벽 (건전부)	38.0	0.0084	0.190	a	
	P1 기둥부 (건전부)	88.0	0.0130	0.295	a	

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



【그림 3.20】염화물시험 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

구 분	2013년 정밀안전진단 Cl^-(kg/㎥)	2018년 정밀안전진단 Cl^-(kg/㎥)
상부구조	0.091	0.212
하부구조	0.068~0.091	0.129~0.210

6) 균열깊이 측정결과

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

균열깊이 측정결과, 폭 0.3㎜이상 균열의 균열깊이는 철근피복두께를 초과하지 않은 것으로 분석되었다. 이에 콘크리트 내구성 저하 방지를 위해 폭 0.3㎜이상 균열에는 주입보수를 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)			
상부구조	S3 거더외부	0.3	33.2	47.2	15.20	39.00	
	S6 거더내부	0.3	49.5	35.3	14.80	44.00	

나. 논산방향

1) 콘크리트 강도시험

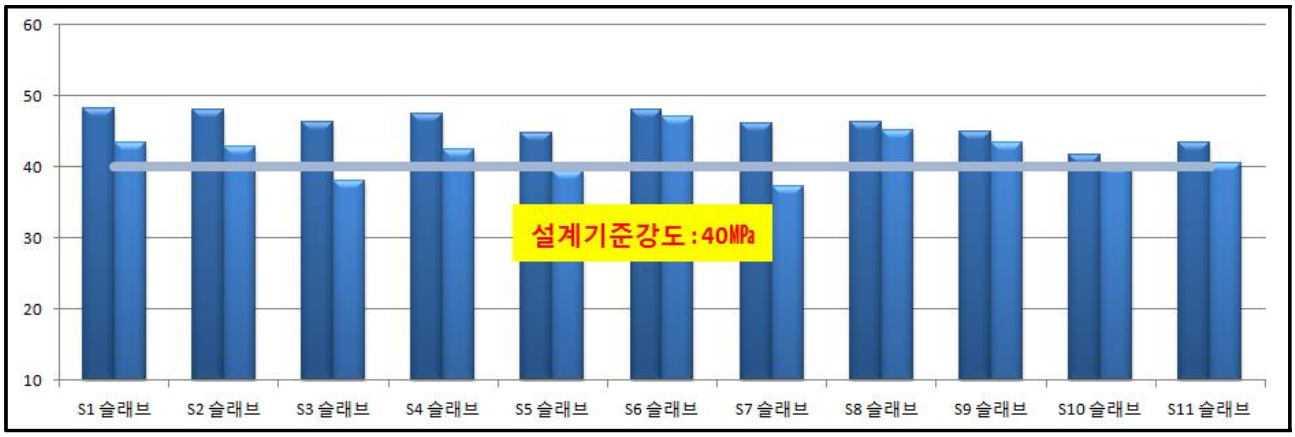
논산천교(논산)의 콘크리트 비파괴강도시험은 상・하부구조에서 반발경도시험 34개소(상부구조:22개소, 하부구조:12개소) 및 초음파전달속도시험 34개소(상부구조:22개소, 하부구조:12개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

■ 검토결과, 설계기준 대비 평균 논산방향 상부구조(슬래브) : 104.3～120.8%, 상부구조(거더) : 91.0～121.3%, 하부구조 : 97.5～109.2%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 상부구조(슬래브)는 설계기준강도 상회하는 양호한 것으로 측정되었으나, 상부구조(거더) 및 하부구조의 경우 일부에서 설계기준강도 이하로 측정되었다. 측정강도의 편차에 대한 요인은 비건전부(손상발생부위), 측정대상면의 상태, 측정시 타격방향, 콘크리트표면의 함수 상태 등 반발경도 측정시 미치는 영향인자에 의한 편차로써 측정강도는 설계기준강도의 90%이상을 확보하고 있는 상태이며 강도 편차로 인한 손상은 관찰되지 않은 상태로 조사되었다.

【표 3.90】 상부구조(슬래브) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

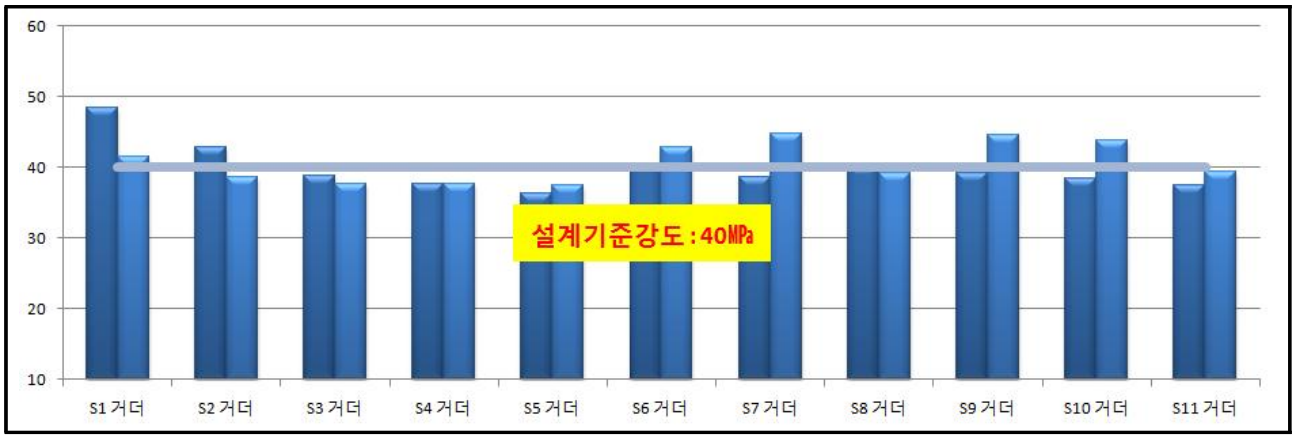
시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)	초음파속도법 (MPa)		반발경도법 평균	초음파속도법 평균	설계기준강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식⑤	식③	식④			
상부구조	S1 슬래브	58.9	5.114	48.3	39.7	47.0	48.3	43.4	40.0
	S2 슬래브	58.6	5.082	48.0	39.3	46.3	48.0	42.8	
	S3 슬래브	56.8	4.778	46.3	36.3	39.9	46.3	38.1	
	S4 슬래브	58.0	5.061	47.5	39.1	45.9	47.5	42.5	
	S5 슬래브	55.2	4.851	44.8	37.0	41.5	44.8	39.3	
	S6 슬래브	58.7	5.355	48.1	42.1	52.1	48.1	47.1	
	S7 슬래브	56.6	4.715	46.2	35.7	38.6	46.2	37.2	
	S8 슬래브	56.9	5.229	46.4	40.8	49.4	46.4	45.1	
	S9 슬래브	55.4	5.114	45.0	39.7	47.0	45.0	43.4	
	S10 슬래브	51.9	4.904	41.7	37.6	42.6	41.7	40.1	
	S11 슬래브	53.8	4.935	43.5	37.9	43.2	43.5	40.6	
	평 균			46.0	38.7	44.9	46.0	41.8	
	표준편차			1.99	1.86	3.91	1.99	2.88	
	변동계수			4.33	4.81	8.71	4.33	6.89	



【그림 3.21】 상부구조(슬래브) 평균압축강도 추정결과

【표 3.91】 상부구조(거더) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

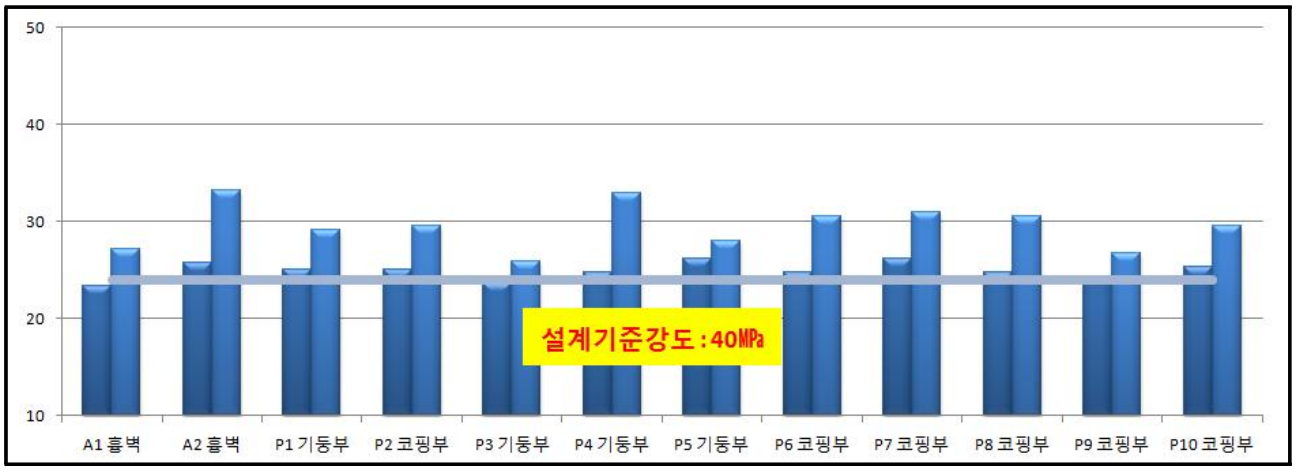
시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)	초음파속도법 (MPa)		반발경도법 평균	초음파속도법 평균	설계기준강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식⑤	식③	식④			
상부구조	S1 거더	59.1	4.998	48.5	38.5	44.5	48.5	41.5	40.0
	S2 거더	53.0	4.809	42.8	36.6	40.6	42.8	38.6	
	S3 거더	48.8	4.746	38.8	36.0	39.2	38.8	37.6	
	S4 거더	47.5	4.746	37.6	36.0	39.2	37.6	37.6	
	S5 거더	46.2	4.736	36.4	35.9	39.0	36.4	37.5	
	S6 거더	50.7	5.082	40.6	39.3	46.3	40.6	42.8	
	S7 거더	48.6	5.198	38.6	40.5	48.8	38.6	44.7	
	S8 거더	50.3	4.841	40.2	36.9	41.2	40.2	39.1	
	S9 거더	49.2	5.187	39.2	40.4	48.5	39.2	44.5	
	S10 거더	48.4	5.145	38.5	40.0	47.6	38.5	43.8	
	S11 거더	47.3	4.851	37.4	37.0	41.5	37.4	39.3	
	평 균			39.9	37.9	43.3	39.9	40.6	
	표준편차			3.19	1.77	3.73	3.19	2.75	
	변동계수			7.99	4.67	8.61	7.99	6.77	



【그림 3.22】 상부구조(거더) 평균압축강도 추정결과

【표 3.92】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 흉벽	41.6	4.074	21.9	24.9	29.3	25.1	23.4	27.2	24.0
	A2 흉벽	45.3	4.463	24.9	26.6	33.1	33.3	25.8	33.2	
	P1 기둥부	44.2	4.200	24.0	26.1	30.5	27.7	25.1	29.1	
	P2 코핑부	44.1	4.232	23.9	26.0	30.8	28.4	25.0	29.6	
	P3 기둥부	42.1	3.990	22.3	25.1	28.4	23.3	23.7	25.9	
	P4 기둥부	43.6	4.452	23.5	25.8	33.0	33.0	24.7	33.0	
	P5 기둥부	46.0	4.127	25.5	26.9	29.8	26.2	26.2	28.0	
	P6 코핑부	43.6	4.295	23.5	25.8	31.5	29.7	24.7	30.6	
	P7 코핑부	46.0	4.316	25.5	26.9	31.7	30.2	26.2	31.0	
	P8 코핑부	43.6	4.284	23.5	25.8	31.4	29.5	24.7	30.5	
	P9 코핑부	43.2	4.043	23.2	25.6	28.9	24.4	24.4	26.7	
	P10 코핑부	44.5	4.232	24.3	26.2	30.8	28.4	25.3	29.6	
	평 균			23.8	26.0	30.8	28.3	24.9	29.5	
	표준편차			1.07	0.60	1.43	3.02	0.84	2.22	
	변동계수			4.50	2.31	4.64	10.67	3.37	7.53	



【그림 3.23】하부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.93】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부	반발경도법	36.4～48.5	40.0	91.0～121.3
구조	초음파속도법	37.2～47.1		93.0～117.8
하부	반발경도법	23.4～26.2	24.0	97.5～109.2
구조	초음파속도법	25.9～33.2		107.9～138.3

② 기 진단결과와의 비교·분석

구 분	시험방법	2013년 정밀안전진단	2018년 정밀안전진단
상부구조	반발경도법	44.4～50.1	36.4～48.5
	초음파속도법	40.3～42.6	37.2～47.1
하부구조	반발경도법	24.2～25.2	23.4～26.2
	초음파속도법	24.1～24.8	25.9～33.2

3) 철근탐사시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 34개소(상부구조 22개소, 하부구조 12개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 설계도서와 유사하게 분석되었다. 다만 일부개소에서 측정된 피복두께가 설계치에 최대 2.5㎜ 미달되는 것으로 조사되었으나 측정 최소피복두께가 38㎜로써 콘크리트 구조설계기준의 현장치기 콘크리트 최소 피복두께인 20㎜를 상회하는 것으로 분석되어 적정한 피복두께를 확보하고 있는 것으로 조사되었다.

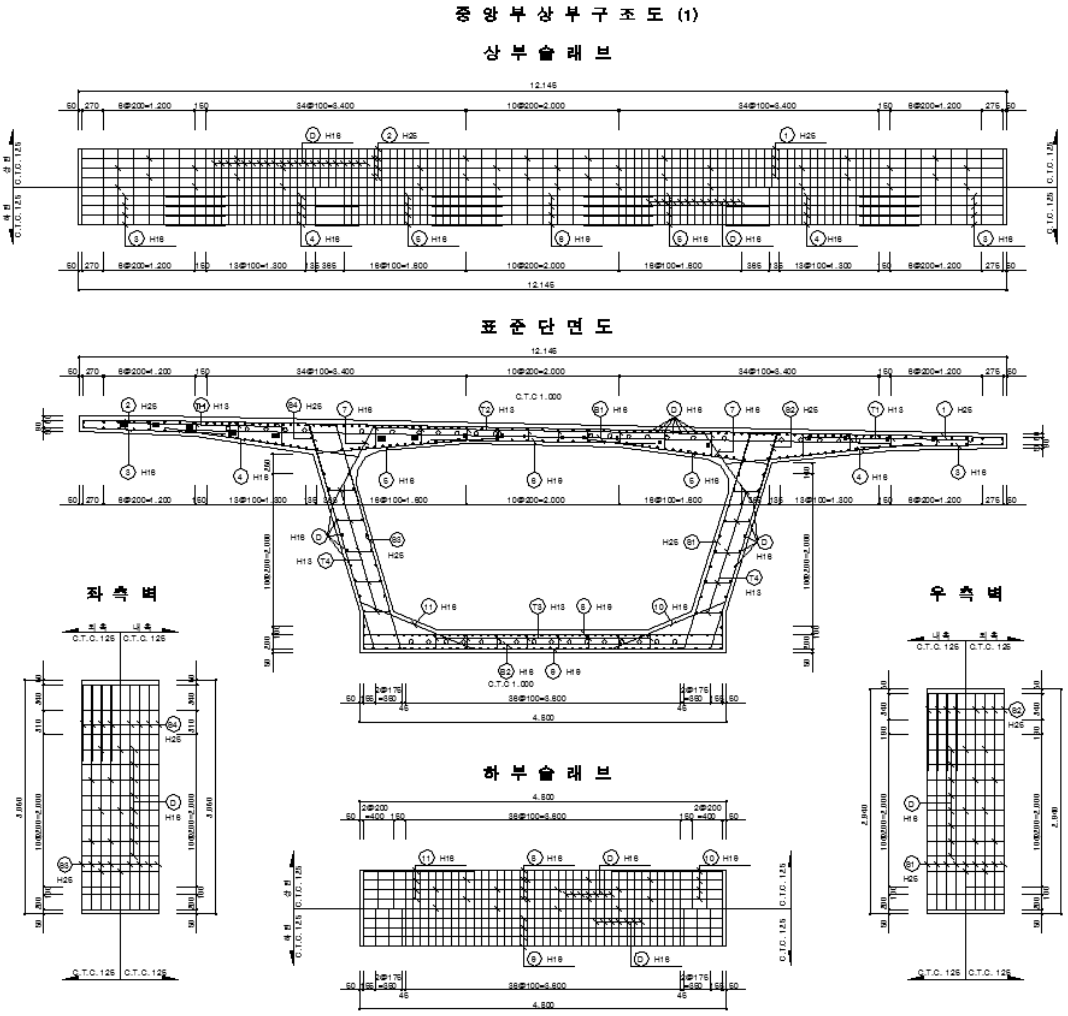
① 철근탐사 시험결과

【표 3.94】 상부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	S1 슬래브	주철근	110~125	39~41	125	40.5	양호
		배력철근	180~205	55~60	200	59.5	양호
	S2 슬래브	주철근	115~130	39~41	125	40.5	양호
		배력철근	180~210	55~69	200	59.5	양호
	S3 슬래브	주철근	115~135	41~44	125	40.5	양호
		배력철근	205	57~62	200	59.5	양호
	S4 슬래브	주철근	120~130	44~47	125	42.0	양호
		배력철근	90~110	52~57	100	58.0	양호
	S5 슬래브	주철근	115~135	41	125	40.5	양호
		배력철근	185~200	59~62	200	59.5	양호

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	S6 슬래브	주철근	105~120	41~47	125	40.5	양호
		배력철근	190~195	59	200	59.5	양호
	S7 슬래브	주철근	115~130	41	125	40.5	양호
		배력철근	200~205	59~64	200	59.5	양호
	S8 슬래브	주철근	115~125	42~47	125	40.5	양호
		배력철근	200~210	60	200	59.5	양호
	S9 슬래브	주철근	115~135	41~44	125	42.0	양호
		배력철근	190~210	59~61	200	58.0	양호
	S10 슬래브	주철근	105~125	41~44	125	40.5	양호
		배력철근	200~210	59~61	200	59.5	양호
	S11 슬래브	주철근	120~135	41~44	125	40.5	양호
		배력철근	200~210	59~62	200	59.5	양호
	S1 거더	주철근	115~130	41~44	125	40.5	양호
		배력철근	90~100	65~69	100	59.5	양호
	S2 거더	주철근	120~135	39~41	125	37.5	양호
		배력철근	195~205	65~69	200	62.5	양호
	S3 거더	주철근	125~135	38~41	125	37.5	양호
		배력철근	195~210	62~67	200	62.5	양호
	S4 거더	주철근	120~130	39~41	125	37.5	양호
		배력철근	185~195	65~72	200	62.5	양호
	S5 거더	주철근	110~130	36~39	125	37.5	양호
		배력철근	195~200	60~72	200	62.5	양호
	S6 거더	주철근	120	44~47	125	37.5	양호
		배력철근	190~215	72~79	200	62.5	양호
	S7 거더	주철근	120~130	41~44	125	37.5	양호
		배력철근	190~210	72~77	200	62.5	양호
	S8 거더	주철근	120~130	38~40	125	37.5	양호
		배력철근	195~205	69~73	200	62.5	양호
	S9 거더	주철근	105~135	49	125	37.5	양호
		배력철근	200~205	74~79	200	62.5	양호
	S10 거더	주철근	115~130	41~44	125	37.5	양호
		배력철근	195~200	77~82	200	62.5	양호

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	S11 거더	주철근	125~135	55	125	37.5	양호
		배력철근	200~210	82~84	200	62.5	양호

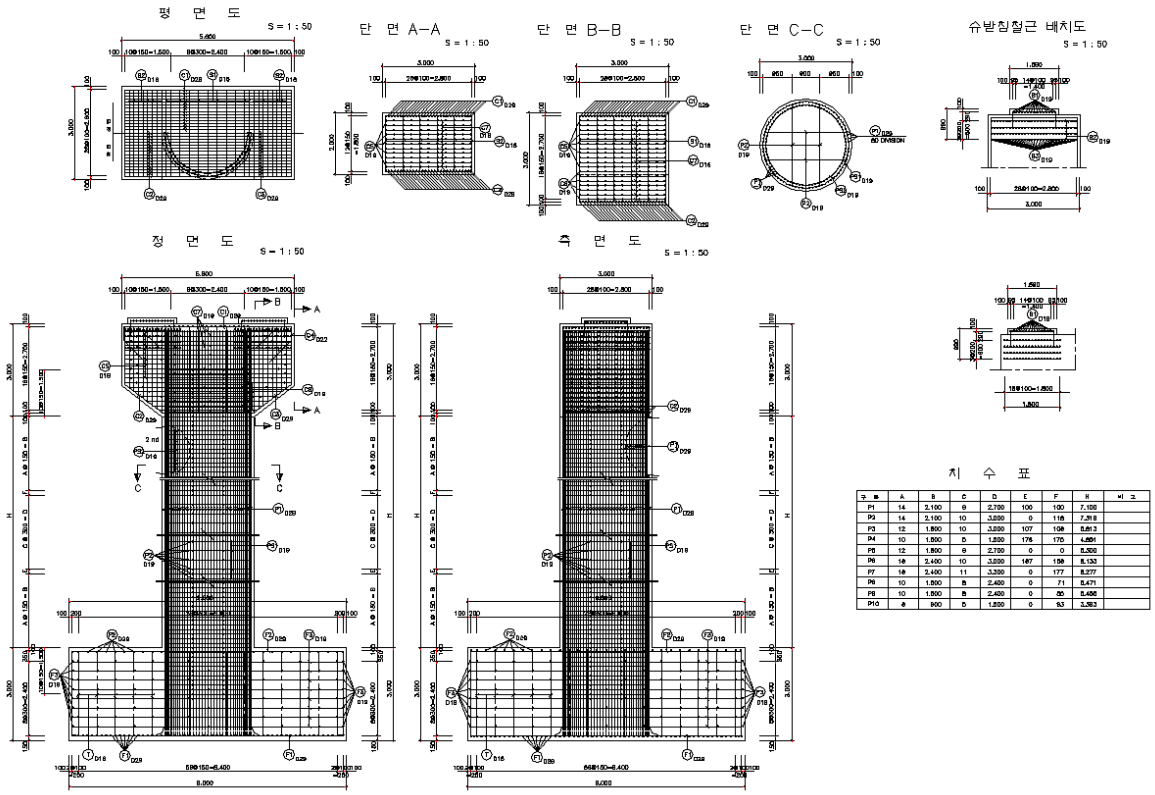


【표 3.95】하부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부 구조	A1 흉벽	수직철근	275~315	46~51	300	39.0	양호
		수평철근	300~305	74~100	300	61.0	양호
	A2 흉벽	수직철근	295~305	70~75	300	39.0	양호
		수평철근	290~315	82~84	300	61.0	양호
	P1 기둥부	수직철근	120~125	107~115	110	109.5	양호
		수평철근	155~160	93	150	90.5	양호

【표 3.96】 하부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부 구조	P2 코핑부	수직철근	135~160	91	150	92.0	양호
		수평철근	135~150	110~117	150	108.0	양호
	P3 기둥부	수직철근	105~120	110~112	110	109.5	양호
		수평철근	280~285	92~100	300	90.5	양호
	P4 기둥부	수직철근	295~325	91~94	300	92.0	양호
		수평철근	145~150	110~115	150	108.0	양호
	P5 기둥부	수직철근	100~115	110~118	110	109.5	양호
		수평철근	295~305	88~91	300	90.5	양호
	P6 코핑부	수직철근	145~160	110~114	150	92.0	양호
		수평철근	135~160	121~133	150	108.0	양호
	P7 코핑부	수직철근	275~310	89~107	300	92.0	양호
		수평철근	140~155	117~124	150	108.0	양호
	P8 코핑부	수직철근	300~310	93~98	300	92.0	양호
		수평철근	130~150	110~114	150	108.0	양호
	P9 코핑부	수직철근	280~300	92~98	300	92.0	양호
		수평철근	145~155	112~117	150	108.0	양호
	P10 코핑부	수직철근	285	92~97	300	92.0	양호
		수평철근	140~160	108~118	150	108.0	양호



② 기 진단결과와의 비교

구 분	2013년 정밀안전진단		2018년 정밀안전진단	
	배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	110~130	43~55	110~135	38~47
하부구조	280~300	87~105	275~310	89~107

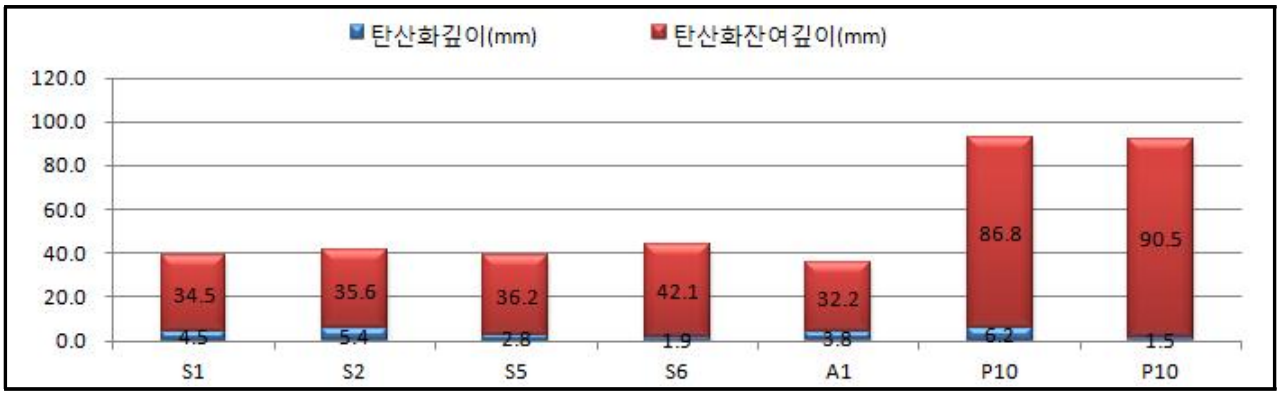
4) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 7개소(논산방향 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	S1 슬래브	4.5	39.0	34.5	1.16	100년이상	a	양호
	S2 거더	5.4	41.0	35.6	1.39	100년이상	a	양호
	S5 슬래브	2.8	39.0	36.2	0.72	100년이상	a	양호
	S6 거더	1.9	44.0	42.1	0.49	100년이상	a	양호
하부 구조	A1 흉벽	3.8	36.0	32.2	0.98	100년이상	a	양호
	P1 기둥부	6.2	93.0	86.8	1.60	100년이상	a	양호
	P10 코핑부	1.5	92.0	90.5	0.39	100년이상	a	양호



【그림 3.24】탄산화 깊이 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

구 분	2013년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)	2018년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)
상부구조	37.0~40.0	34.5~42.1
하부구조	39.0~91.0	32.2~90.5

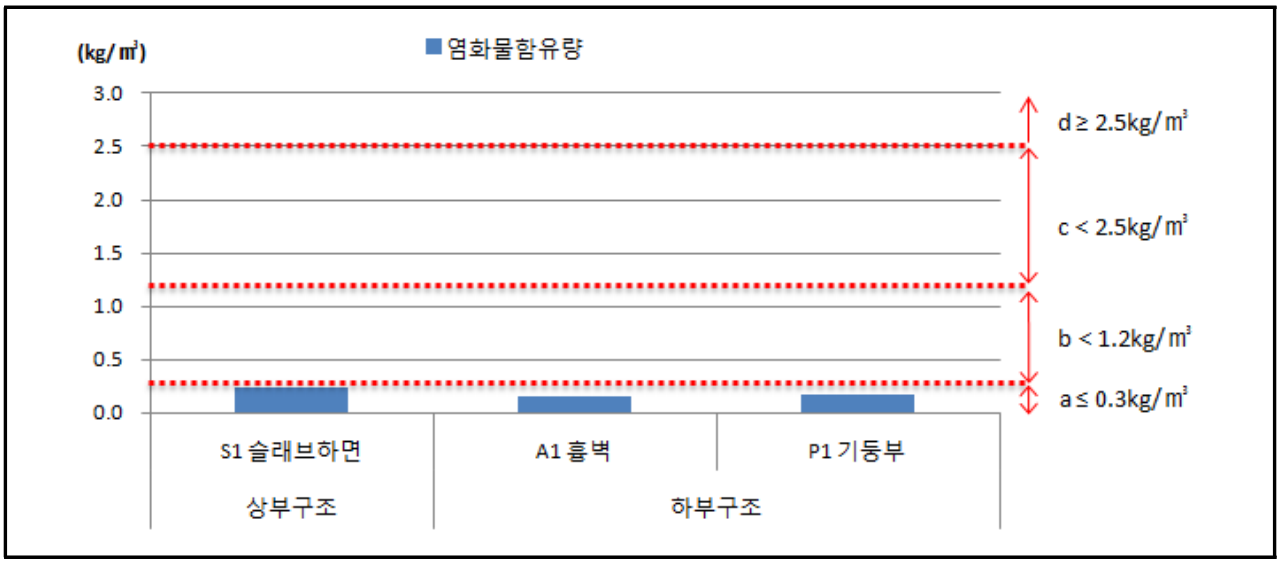
5) 염화물함유량 시험

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

【표 3.98】 염화물 함유량 시험결과 및 평가

시험위치		실측 피복두께 (㎜)	염화물 함유량		평가 결과	비 고
			Cl^-(%)	Cl^-(kg/㎥)		
상부 구조	S1 슬래브하면 (건전부)	39.0	0.0107	0.242	a	
하부 구조	A1 흉벽 (건전부)	36.0	0.0066	0.150	a	
	P1 기둥부 (건전부)	93.0	0.0072	0.164	a	

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



【그림 3.25】염화물시험 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

구 분	2013년 정밀안전진단 Cl^-(kg/㎥)	2018년 정밀안전진단 Cl^-(kg/㎥)
상부구조	0.091	0.155
하부구조	0.091	0.110~0.134

6) 균열깊이 측정결과

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

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

【표 3.99】균열깊이 조사결과

시험위치		균열폭 (㎜)	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec)		균열깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	비 고
			건전부 (To)	균열부 (Tc)			
상부구조	S10 거더내부	0.3	31.6	44.6	14.90	41.0	
하부구조	A1 벽체	0.3	73.0	76.1	4.40	46.0	

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

3.5.1 현장조사 결과

가. 천안방향

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.100】 금회 진단 외관조사 결과 요약(천안방향)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판		• 거더 내부 상부측에 종방향 균열 다수 발생 • 켄틸레버 배수관 주변 백태 및 망상균열 발생	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함 • 배수구와 바닥판 이음부에서 우수유입에 의한 손상으로 진행은 없는 상태지만 미관 및 내구성 증대를 위하여 보수가 필요함
거더	내부	• 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 복부 및 격벽에 국부적으로 균열이 발생	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함
	외부	• 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 복부 및 하부에 국부적으로 균열이 발생	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함
교대		• 폭 0.3㎜ 미만 수직균열 • 신축이음부 누수에 의한 누수흔적 • 공동구 내부에 백태 및 철근노출 발생	• 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼태 시공초기 건조수축에 의한 손상이며 지속적인 주의관찰이 필요함 • 누수흔적 및 공동구 내부 손상은 경미한 상태로써 주의관찰이 필요함
교각		• 폭 0.3㎜ 미만 균열과 망상균열	• 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열로 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보차원의 보수 필요함
교량받침		• 받침콘크리트 폭 0.3㎜ 미만의 균열 • 받침 부식, 볼트 풀림 • 받침콘크리트 박락, 파손	• 시공초기 건조수축 균열로서 지속적인 관찰이 필요 • 받침 가동에는 문제가 없는 상태로 받침 본체에 발생한 손상에 대해서 주의관찰이 필요

【표 3.101】 금회 진단 외관조사 결과 요약(천안방향)(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
신축이음	• 손상이 발생되지 않은 양호한 상태	-
교면포장	• 아스콘 패임 및 균열, 침하 발생	• 차량의 반복하중에 의해 발생한 손상으로 경미한 상태로 조사되어 주의관찰이 필요
배수시설	• 배수구 이물질 퇴적	• 주기적 청소 및 유지관리가 필요
난간 (방호벽)	• 균열 및 균열부 백태 발생 • 긁힘 및 박리, 파손	• 시공초기 건조수축 균열로서 지속적인 관찰이 필요 • 교량의 안전성 및 차량의 주행 안전성에 별다른 영향을 미치지 않는 손상이므로, 지속적인 관찰이 필요

2) 기 진단(2017년 12월 정기점검) 결과와의 비교

【표 3.102】 기 점검 외관조사 결과 비교(천안방향)

구 분	2013년 진단결과	금회 진단결과	비 고
바닥판	• 균열, 백태, 망상균열, 파손, 재료분리 배수관 주변 백태 발생	• 기 발생된 손상의 진전은 없으나 균열 및 백태가 추가 조사됨	
거더,	• 균열, 박락, 파손이 조사됨	• 기 점검 이후 손상의 진전은 없으나 균열이 추가 조사됨	
하부구조	• 균열, 균열부 백태, 박락, 파손, 철근노출 등이 조사됨	• 계단변형이 신규 조사되었으며 균열, 박리 및 백태가 추가 조사됨	
교량받침	• 고정볼트 풀림, 받침부식, 받침콘크리트 균열 및 박락 등이 조사됨	• 기 점검 이후 손상의 진전은 없으나 받침콘크리트 균열이 추가 조사됨	
신축이음	• 후타재 균열, 층분리, 유간 토사퇴적, 차수판 덮개 파손 등이 조사됨	• 신축이음 교체 시공되었으며 손상이 없는 양호한 상태로 조사됨	
교면포장	• 아스콘 패임 및 소성변형이 조사됨	• 패임과 균열이 조사됨	
기타부재	• 배수시설 : 배수구 막힘 발생 • 방호벽 : 균열, 균열부 백태, 철근노출, 방음벽 부식, 박락, 긁힘 발생	• 배수시설 : 배수구 이물질 퇴적이 조사됨 • 방호벽 : 기점검 이후 균열 및 균열부 백태 및 충격에 의한 긁힘이 추가 조사됨	
검토의견	• 기 점검(2017년 12월)결과 발생된 손상 중 대부분의 손상은 미보수된 상태이며 금회 상세조사를 통한 추가적인 손상이 확인됨 • 대부분의 부재에서 손상이 추가로 발생되어 증가된 상태로서 내구성 확보와 유지관리차원의 보수가 필요함		

나. 논산방향

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.103】 금회 진단 외관조사 결과 요약(논산방향)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판		• 거더 내부 상부측에 종방향 균열 다수 발생 • 켄틸레버 배수관 주변 백태 및 망상균열 발생 • 보수재 박리	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함 • 배수구와 바닥판 이음부에서 우수유입에 의한 손상으로 진행은 없는 상태지만 미관 및 내구성 증대를 위하여 보수가 필요함 • 공용중 노후화로 인한 손상으로 경미한 상태이며 지속적인 관찰이 필요
거더	내부	• 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 복부 및 격벽에 국부적으로 균열이 발생	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함
	외부	• 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 복부 및 하부에 국부적으로 균열이 발생	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함
교대		• 폭 0.3㎜ 미만 수직균열 • 신축이음부 누수에 의한 누수흔적 • 공동구 내부에 백태 및 이음부 누수흔적 발생	• 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼태 시공초기 건조수축에 의한 손상이며 지속적인 주의관찰이 필요함 • 누수흔적 및 공동구 내부 손상은 경미한 상태로써 주의관찰이 필요함
교각		• 폭 0.3㎜ 미만 균열과 망상균열	• 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열로 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보차원의 보수 필요함
교량받침		• 받침콘크리트 폭 0.3㎜ 미만의 균열 • 받침 부식, 볼트 풀림 • 받침콘크리트 박락	• 시공초기 건조수축 균열로서 지속적인 관찰이 필요 • 받침 가동에는 문제가 없는 상태로 받침 본체에 발생한 손상에 대해서 주의관찰이 필요

【표 3.104】금회 진단 외관조사 결과 요약(논산방향)(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
신축이음	• 후타재 균열 발생	• 시공초기 건조수축 균열로서 지속적인 관찰이 필요
교면포장	• 잡철물 삽입 발생	• 초기 발생한 손상으로 경미한 상태로 조사되어 주의관찰이 필요
배수시설	• 배수구 막힘	• 주기적 청소 및 유지관리가 필요
난간 (방호벽)	• 균열 및 균열부 백태 발생 • 긁힘 및 박리, 파손	• 시공초기 건조수축 균열로서 지속적인 관찰이 필요 • 교량의 안전성 및 차량의 주행 안전성에 별다른 영향을 미치지 않는 손상이므로, 지속적인 관찰이 필요

2) 기 진단(2017년 12월 정기점검) 결과와의 비교

【표 3.105】기 점검 외관조사 결과 비교(논산방향)

구 분	2013년 진단결과	금회 진단결과	비 고
바닥판	• 균열, 백태, 망상균열, 파손, 재료분리 배수관 주변 백태 발생	• 기 발생된 손상의 진전은 없으나 균열 및 백태가 추가 조사됨	
거더,	• 균열, 박락, 파손이 조사됨	• 기 점검 이후 손상의 진전은 없으나 균열이 추가 조사됨	
하부구조	• 균열, 균열부 백태, 박락, 파손, 철근노출 등이 조사됨	• 균열, 박리 및 백태가 추가 조사됨	
교량받침	• 고정볼트 풀림, 받침부식, 받침콘크리트 균열 및 박락 등이 조사됨	• 기 점검 이후 손상의 진전은 없으나 받침콘크리트 균열이 추가 조사됨	
신축이음	• 후타재 균열, 층분리, 유간 토사퇴적, 차수판 덮개 파손 등이 조사됨	• 신축이음 교체 시공되었으며 후타재 균열이 조사됨	
교면포장	• 아스콘 패임 및 소성변형이 조사됨	• 잡철물 삽입이 조사됨	
기타부재	• 배수시설 : 배수구 막힘 발생 • 방호벽 : 균열, 균열부 백태, 철근노출, 방음벽 부식, 박락, 긁힘 발생	• 배수시설 : 배수구 막힘 조사됨 • 방호벽 : 기점검 이후 균열 및 균열부 백태 및 충격에 의한 긁힘이 추가 조사됨	
검토의견	• 기 점검(2017년 12월)결과 발생된 손상 중 대부분의 손상은 미보수된 상태이며 금회 상세조사를 통한 추가적인 손상이 확인됨 • 대부분의 부재에서 손상이 추가로 발생되어 증가된 상태로서 내구성 확보와 유지관리차원의 보수가 필요함		

3.5.2 시험 및 측정 결과

가. 천안방향

1) 금회 진단 내구성조사 결과요약

【표 3.106】 금회 진단 내구성조사 결과요약(천안방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	반발경도	36.1～49.1	40.0	■ 설계기준강도의 90%를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	37.6～51.0		
	하부구조	반발경도	23.0～26.5	24.0	
		초음파	22.3～34.9		
철근탐사 (㎜)	상부구조	배근간격	105～135	125.0	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	36～55	37.5	
	하부구조	배근간격	275～305	300	
		피복두께	89～107	92.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0～41.0		■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		36.0～92.0		
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부, 하부구조		0.129～0.212		■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.
균열깊이 (㎜)	상부, 하부구조		14.80~15.20		■ 철근피복두께를 초과하지 않은 상태로 분석됨.
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 a등급으로 평가되었으므로, 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.				

2) 기 진단(2012년 정밀안전진단) 결과 비교

【표 3.107】기 진단 내구성조사 결과요약(천안방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			'13년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	반발경도	45.1～50.7	36.1～49.1	■ 설계기준강도의 90%를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	40.5～42.3	37.6～51.0	
	하부구조	반발경도	23.7～24.8	23.0～26.5	
		초음파	23.9～25.0	22.3～34.9	
철근탐사 (㎜)	상부구조	배근간격	110～128	105～135	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	38～54	36～55	
	하부구조	배근간격	275～300	275～305	
		피복두께	48～105	89～107	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39～44	36.0～41.0	■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		33～102	36.0～92.0	
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부, 하부구조		0.091～0.158	0.129～0.212	■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.
균열깊이 (㎜)	상부, 하부구조		50.6～103.3	14.80~15.20	■ 철근피복두께를 초과하지 않은 상태로 분석됨.
종합평가	• 콘크리트 및 강재 비파괴시험 비교결과, 측정 및 시험위치의 상이함으로 일부 시험에서 다소 차이가 있지만, 전반적으로 비파괴시험 기준을 상회하는 양호한 상태로 판단된다.				

나. 논산방향

1) 금회 진단 내구성조사 결과요약

【표 3.108】 금회 진단 내구성조사 결과요약(논산방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	반발경도	36.4～48.5	40.0	■ 설계기준강도의 90%를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	37.2～47.1		
	하부구조	반발경도	23.4～26.2	24.0	
		초음파	25.9～33.2		
철근탐사 (㎜)	상부구조	배근간격	110～135	125.0	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	38～47	37.5	
	하부구조	배근간격	275～310	300	
		피복두께	89～107	92.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		34.5～42.1		■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		32.2～90.5		
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부, 하부구조		0.110～0.155		■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.
균열깊이 (㎜)	상부구조		4.40~14.90		■ 철근피복두께를 초과하지 않은 상태로 분석됨.
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 a등급으로 평가되었으므로, 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.				

2) 기 진단(2012년 정밀안전진단) 결과 비교

【표 3.109】기 진단 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			'13년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	반발경도	44.4～50.1	36.4～48.5	■ 설계기준강도의 90%를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	40.3～42.6	37.2～47.1	
	하부구조	반발경도	24.2～25.2	23.4～26.2	
		초음파	24.1～24.8	25.9～33.2	
철근탐사 (㎜)	상부구조	배근간격	110～130	110～135	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	47～51	38～47	
	하부구조	배근간격	280～305	275～310	
		피복두께	68～105	89～107	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37～40	34.5～42.1	■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		39～91	32.2～90.5	
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부, 하부구조		0.091～0.136	0.110～0.155	■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.
균열깊이 (㎜)	상부, 하부구조		49.7～109.7	4.40~14.90	■ 철근피복두께를 초과하지 않은 상태로 분석됨.
종합평가	• 콘크리트 및 강재 비파괴시험 비교결과, 측정 및 시험위치의 상이함으로 일부 시험에서 다소 차이가 있지만, 전반적으로 비파괴시험 기준을 상회하는 양호한 상태로 판단된다.				

제 4장 시설물의 상태평가

4.1 개 요

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.3 상태평가 결과

제 4장 시설물의 상태평가

4.1 개요

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

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

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.2.1 부재별 상태평가 적용범위

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

【표 4.1】부재별 상태평가 적용 범위

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

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

4.2.2 구조형식에 따른 부재별 가중치

【표 4.2】 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

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

〈해 설〉

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

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

4.2.3 상태평가 결과 결정

가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

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

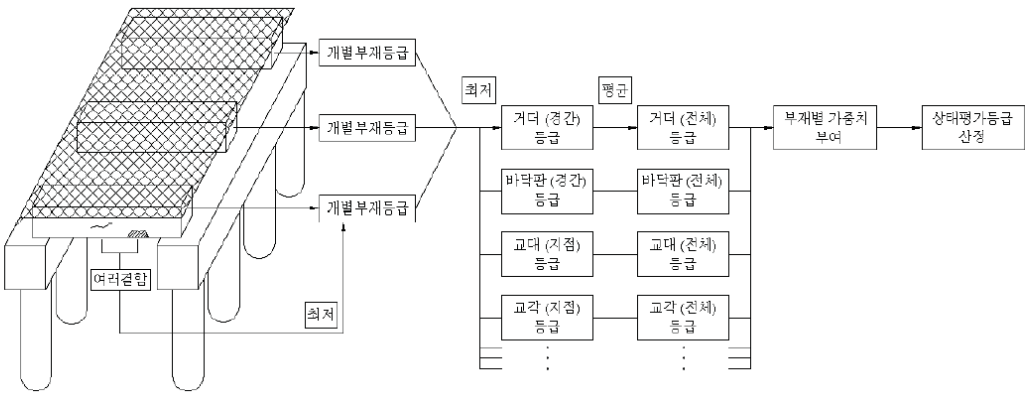
나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

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

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

【표 4.3】 결함도 점수 범위에 따른 기준

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



【그림 4.1】 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법

4.3 상태평가 결과

4.3.1 논산천교(천안방향)

가. 각 부재별 상태평가 결과

1) 콘크리트 바닥판

【표 4.4】 콘크리트 바닥판 상태평가 결과(천안방향)

구분	1방향 균열				2방향 균열				열화 및 손상				평가 결과
	균열폭 (㎜)		균열율 (%)		균열폭 (㎜)		균열율 (%)		표면 손상면적(%)		철근부식 손상면적(%)		
S1	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S2	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
S3	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S4	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S5	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S6	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c
S7	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c
S8	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
S9	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
S10	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S11	0.2	b	2% 미만	b	0.2	b	2% 미만	b	2% 미만	b	없음	a	b

2) 거더(콘크리트거더)

【표 4.5】 거더 상태평가 결과(천안방향)

구분	1방향 균열				2방향 균열				열화 및 손상				평가 결과
	균열폭 (㎜)		균열율 (%)		균열폭 (㎜)		균열율 (%)		표면 손상면적(%)		철근부식 손상면적(%)		
S1	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S2	0.2	b	2% 미만	b	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
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	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
S6	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S7	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S8	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S9	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S10	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S11	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b

3) 가로보(격벽)

【표 4.6】 가로보 상태평가 결과(천안방향)

구분	1방향 균열				2방향 균열				열화 및 손상				평가 결과
	균열폭 (㎜)		균열율 (%)		균열폭 (㎜)		균열율 (%)		표면 손상면적(%)		철근부식 손상면적(%)		
S1	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S2	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S3	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S4	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S5	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S6	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	c
S7	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S8	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S9	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S10	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S11	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	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	2% 미만	b	2% 미만	b	b
A2	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	2% 미만	b	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	없음	a	없음	a	b
P2	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
P3	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	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	없음	a	없음	a	b
P9	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P10	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 4.9】 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
A2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q

6) 교량받침

【표 4.10】 교량받침 상태평가 결과(천안방향)

구분	받침 본체		받침 콘크리트				평가 결과
	강재받침		균열폭(㎜)		박리, 탈락, 파손 등		
A1	받침부식	b	없음	a	없음	a	b
P1	없음	a	0.1	b	파손	b	b
P2	받침부식	b	0.1	b	박락	b	b
P3	없음	a	0.1	b	없음	a	b
P4	없음	a	0.1	b	없음	a	b
P5	없음	a	0.1	b	없음	a	b
P6	없음	a	0.1	b	없음	a	b
P7	받침부식	b	0.1	b	없음	a	b
P8	없음	a	0.1	b	없음	a	b
P9	받침부식	b	0.1	b	없음	a	b
P10	없음	a	0.1	b	없음	a	b
A2	받침부식	b	없음	a	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	없음	a	없음	a	a
EXP.J2(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	없음	a	없음	a	없음	a	a
S2	없음	a	없음	a	없음	a	a
S3	없음	a	없음	a	없음	a	a
S4	없음	a	없음	a	없음	a	a
S5	없음	a	없음	a	없음	a	a
S6	2%미만	b	없음	a	없음	a	b
S7	없음	a	없음	a	없음	a	a
S8	없음	a	없음	a	없음	a	a
S9	없음	a	없음	a	없음	a	a
S10	없음	a	없음	a	없음	a	a
S11	2%미만	b	없음	a	없음	a	b

9) 배수시설

【표 4.13】 배수시설 상태평가 결과(천안방향)

구 분	평가내용	평가결과
S1	배수구 이물질 퇴적	b
S2	없음	a
S3	없음	a
S4	없음	a
S5	없음	a
S6	없음	a
S7	없음	a
S8	없음	a
S9	없음	a
S10	없음	a
S11	없음	a

10) 난간 및 연석

【표 4.14】 난간 및 연석 상태평가 결과(천안방향)

구분	콘크리트						평가결과
	균열폭(㎜)		박리, 파손, 철근노출(%)		철근부식 손상면적(%)		
S1	0.2	b	2%미만	b	없음	a	b
S2	0.2	b	없음	a	없음	a	b
S3	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S4	0.2	b	없음	a	없음	a	b
S5	없음	a	없음	a	없음	a	a
S6	0.3	c	2%미만	b	없음	a	c
S7	0.3	c	없음	a	2%미만	b	c
S8	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S9	없음	a	없음	a	2%미만	b	b
S10	0.2	b	없음	a	없음	a	b
S11	0.3	c	2%미만	b	없음	a	c

11) 탄산화

【표 4.15】 탄산화 상태평가 결과(천안방향)

구분		탄산화 잔여 깊이(㎜)	평가기준	평가결과
상부 구조	S1 슬래브	38.9	< 탄산화 잔여 깊이 > ·a : 30㎜이상 ·b : 10㎜이상~30㎜미만 ·c : 0㎜이상~10㎜미만 ·d : 0㎜미만	a
	S2 거더	33.6		a
	S5 슬래브	35.8		a
	S6 거더	32.8		a
하부 구조	A1 흉벽	30.9		a
	P1 기둥부	81.5		a
	P10 코핑부	89.2		a

12) 염화물

【표 4.16】 염화물 상태평가 결과(천안방향)

구분		전염화물 이온량(kg/㎥)	평가기준	평가결과
상부 구조	S1 슬래브	0.297	< 전염화물 이온량 > ·a : 염화물 ≤ 0.3kg/㎥ ·b : 0.3kg/㎥ < 염화물 < 1.2kg/㎥ ·c : 1.2kg/㎥ ≤ 염화물 < 2.5kg/㎥ ·d : 염화물 ≥ 2.5kg/㎥	a
하부 구조	A1 흉벽	0.190		a
	P1 기둥부	0.295		a

나. 시설물 전체 상태평가 결과

논산천교(천안방향)의 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	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
1	PSC I	b	b	b	a	b	b	a	b	b	q	a	a	a	a
2	PSC I	b	b	b	a	a	b	×	b	b	q	a	a	-	a
3	PSC I	b	c	b	a	a	c	×	b	b	q	-	-	-	-
4	PSC I	b	b	b	a	a	b	×	b	b	q	-	-	-	-
5	PSC I	b	b	b	a	a	a	×	b	b	q	a	-	-	-
6	PSC I	c	b	c	b	a	c	×	b	b	q	a	-	-	-
7	PSC I	c	b	b	a	a	c	×	b	b	q	-	-	-	-
8	PSC I	b	b	b	a	a	c	×	b	b	q	-	-	-	-
9	PSC I	b	b	b	a	a	b	×	b	b	q	-	-	-	-
10	PSC I	b	b	b	a	a	b	×	b	b	q	-	-	-	-
11	PSC I	b	b	b	b	a	c	a	b	b	q	-	a	-	-
									b	b	q		-		-
평균		0.236	0.209	0.218	0.118	0.109	0.282	0.100	0.200	0.200	0.000	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치합		0.043	0.042	0.011	0.008	0.003	0.006	0.009	0.018	0.040	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001

결함도 범위 : 0.130 ≤ **결함도 지수(0.188)** ≤ 0.260

0.188
B

다. 기 점검결과 비교

상태평가 결과, 상태기준은 “C” ⇨ “B” 로 상향 되었으며, 2013년 정밀안전진단 이후 주부재인 바닥판하면 및 하부구조 폭 0.3mm이상 균열 보수, 단면보수, 보조부재인 신축이음 교체 등을 실시하여, 환산결함도 점수가 0.314 ⇨ 0.139으로 감소한 것으로 분석되었다.

4.3.2 논산천교(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	없음	a	없음	a	0.2	b	2% 미만	b	2% 미만	b	없음	a	b
S2	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S3	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
S4	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
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	없음	a	b
S7	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c
S8	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b
S9	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S10	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S11	0.2	b	2% 미만	b	0.2	b	2% 미만	b	2% 미만	b	없음	a	b

2) 거더(콘크리트거더)

【표 4.19】 거더 상태평가 결과(논산방향)

구분	1방향 균열				2방향 균열				열화 및 손상				평가 결과
	균열폭 (㎜)		균열율 (%)		균열폭 (㎜)		균열율 (%)		표면 손상면적(%)		철근부식 손상면적(%)		
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	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S5	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S6	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S7	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S8	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S9	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S10	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S11	0.2	b	2% 미만	b	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b

3) 가로보(격벽)

【표 4.20】 가로보 상태평가 결과(논산방향)

구분	1방향 균열				2방향 균열				열화 및 손상				평가 결과
	균열폭 (㎜)		균열율 (%)		균열폭 (㎜)		균열율 (%)		표면 손상면적(%)		철근부식 손상면적(%)		
S1	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S2	없음	a	없음	a	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
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	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	없음	a	없음	a	b
S7	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S8	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S9	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S10	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	c
S11	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	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	0.3	c	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c
A2	0.3	c	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c

② 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	0.3	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
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	2% 미만	b	없음	a	b
P8	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P9	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P10	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
A2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q

6) 교량받침

【표 4.24】 교량받침 상태평가 결과(논산방향)

구분	받침 본체		받침 콘크리트				평가 결과
	강재받침		균열폭(㎜)		박리, 탈락, 파손 등		
A1	없음	a	없음	a	없음	a	a
P1	없음	a	0.1	b	없음	a	b
P2	받침부식	b	0.3	c	박락	b	c
P3	없음	a	0.1	b	없음	a	b
P4	없음	a	0.1	b	없음	a	b
P5	없음	a	0.1	b	없음	a	b
P6	없음	a	0.1	b	없음	a	b
P7	없음	a	0.1	b	없음	a	b
P8	없음	a	0.1	b	없음	a	b
P9	도장박리	b	0.1	b	없음	a	b
P10	받침부식	b	0.1	b	없음	a	b
A2	받침부식	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)	없음	a	0.2㎜	b	없음	a	b
EXP.J2(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	없음	a	없음	a	없음	a	a
S3	없음	a	없음	a	없음	a	a
S4	없음	a	없음	a	없음	a	a
S5	없음	a	없음	a	없음	a	a
S6	없음	a	없음	a	없음	a	a
S7	없음	a	없음	a	없음	a	a
S8	없음	a	없음	a	없음	a	a
S9	없음	a	없음	a	없음	a	a
S10	없음	a	없음	a	없음	a	a
S11	없음	a	없음	a	없음	a	a

9) 배수시설

【표 4.27】 배수시설 상태평가 결과(논산방향)

구 분	평가내용	평가결과
S1	배수구 막힘	b
S2	없음	a
S3	없음	a
S4	없음	a
S5	없음	a
S6	없음	a
S7	없음	a
S8	없음	a
S9	없음	a
S10	없음	a
S11	없음	a

10) 난간 및 연석

【표 4.28】 난간 및 연석 상태평가 결과(논산방향)

구분	콘크리트						평가결과
	균열폭(㎜)		박리, 파손, 철근노출(%)		철근부식 손상면적(%)		
S1	0.2	b	2%미만	b	2%미만	b	b
S2	없음	a	2%미만	b	없음	a	b
S3	0.2	b	2%미만	b	2%미만	b	b
S4	0.2	b	없음	a	없음	a	b
S5	0.2	b	2%미만	b	없음	a	b
S6	0.3	c	2%미만	b	없음	a	c
S7	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S8	0.2	b	2%미만	b	없음	a	b
S9	0.2	b	2%미만	b	없음	a	b
S10	0.3	c	2%미만	b	없음	a	c
S11	0.2	b	2%미만	b	없음	a	b

11) 탄산화

【표 4.29】 탄산화 상태평가 결과(논산방향)

구분		탄산화 잔여 깊이(㎜)	평가기준	평가결과
상부 구조	S1 슬래브	34.5	< 탄산화 잔여 깊이 > ·a : 30㎜이상 ·b : 10㎜이상~30㎜미만 ·c : 0㎜이상~10㎜미만 ·d : 0㎜미만	a
	S2 거더	35.6		a
	S5 슬래브	36.2		a
	S6 거더	42.1		a
하부 구조	A1 흉벽	32.2		a
	P1 기둥부	86.8		a
	P10 코핑부	90.5		a

12) 염화물

【표 4.30】 염화물 상태평가 결과(논산방향)

구분		전염화물 이온량(kg/㎥)	평가기준	평가결과
상부 구조	S1 슬래브	0.242	< 전염화물 이온량 > ·a : 염화물 ≤ 0.3kg/㎥ ·b : 0.3kg/㎥ < 염화물 < 1.2kg/㎥ ·c : 1.2kg/㎥ ≤ 염화물 < 2.5kg/㎥ ·d : 염화물 ≥ 2.5kg/㎥	a
하부 구조	A1 흉벽	0.150		a
	P1 기둥부	0.164		a

나. 시설물 전체 상태평가 결과

논산천교(논산방향)의 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	PSC I	b	a	b	b	b	b	b	a	c	q	a	a	a	a
2	PSC I	a	a	b	a	a	b	×	b	b	q	a	a	-	a
3	PSC I	b	a	a	a	a	b	×	c	c	q	-	-	-	-
4	PSC I	b	b	a	a	a	b	×	b	b	q	-	-	-	-
5	PSC I	b	a	b	a	a	b	×	b	b	q	a	-	-	-
6	PSC I	b	b	b	a	a	c	×	b	b	q	a	-	-	-
7	PSC I	c	b	b	a	a	c	×	b	b	q	-	-	-	-
8	PSC I	b	b	b	a	a	b	×	b	b	q	-	-	-	-
9	PSC I	b	b	b	a	a	b	×	b	b	q	-	-	-	-
10	PSC I	b	a	c	a	a	c	×	b	b	q	-	-	-	-
11	PSC I	b	b	b	a	a	b	a	b	b	q	-	a	-	-
									b	c	q		-		-
평균		0.209	0.155	0.173	0.109	0.109	0.255	0.150	0.208	0.250	0.000	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치합		0.038	0.031	0.009	0.008	0.003	0.005	0.014	0.019	0.050	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001

결함도 범위 : 0.130 ≤ **결함도 지수(0.182)** ≤ 0.260

0.182
B

다. 기 점검결과 비교

상태평가 결과, 상태기준은 “C” ⇨ “B” 로 상향 되었으며, 2013년 정밀안전진단 이후 주부재인 바닥판하면 및 하부구조 폭 0.3mm이상 균열 보수, 단면보수, 보조부재인 신축이음 교체 등을 실시하여, 환산결함도 점수가 0.277 ⇨ 0.187으로 감소한 것으로 분석되었다.

제 5장 시설물의 안전성 평가

5.1 개 요

5.2 해석조건

5.3 종방향 구조해석

5.4 횡방향 구조해석

5.5 하부구조 검토

5.6 내하력 평가

5.7 안전성평가 등급 산정

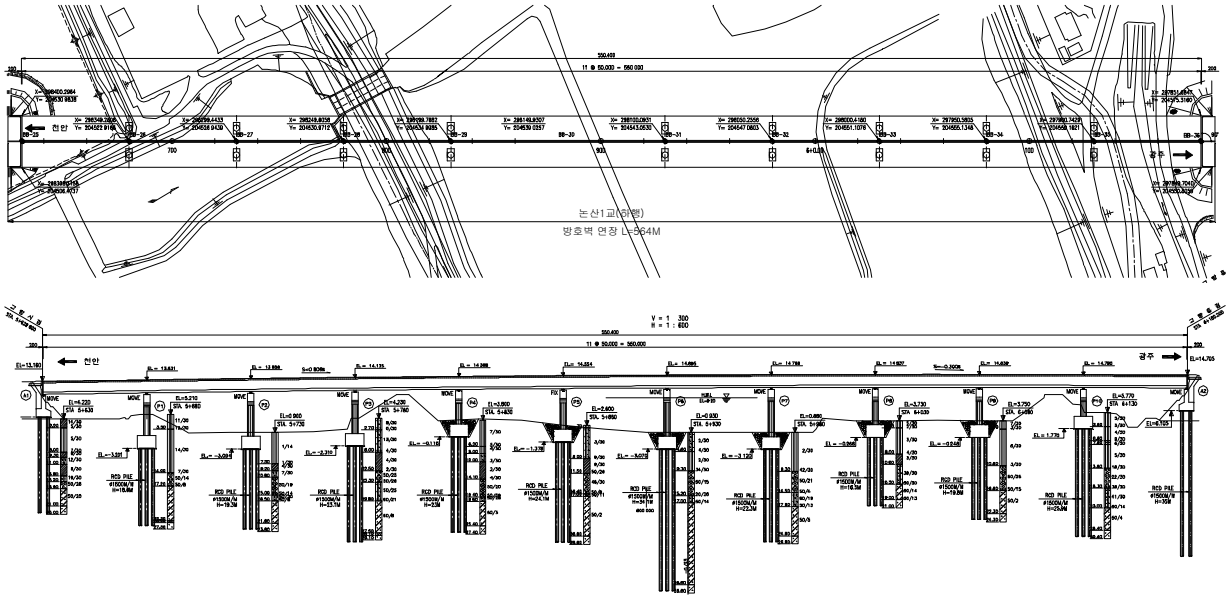
제 5장 시설물의 안전성 평가

5.1 개요

본 과업 대상인 논산천교는 충청남도 논산시 성동면 삼호리에 위치하며 논산천안고속도로 상에 있는 교량으로서 총연장 L=550.400m 이다. 11경간 연속 PSC 박스 거더교로 압출공법(Incremental Launching Method, ILM)으로 시공되었으며 2002년에 준공되어 교명은 논산1교였으며, 후에 논산천교로 개명되었다.

본 구조물의 구조 안전성 검토 및 내하력 평가를 위한 구조해석은 고정하중 외 1등급의 DB-24(DL-24)의 활하중과 종방향 온도, 상·하연 온도차, 크리프 및 건조수축과 프리스트레스에 의한 부정정력 등에 대하여 사용하중 상태의 응력 검토와 극한상태에서의 구조안전성 검토를 수행하였다.

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



【그림 5.1】 종·평면도

5.2 해석조건

5.2.1 교량 제원

- 교량 형식 : PSC 박스 거더교
- 가설 공법 : Incremental Launching Method (ILM)
- 교 폭 : 12.145m
- 교량 등급 : 1등급(DB-24, DL-24)
- 경간 구성 : L = 11@50.000 = 550.000m (곡률반경 R=∞)

5.2.2 재료의 물성치 및 허용응력

재료의 물성치는 실측값 및 설계도면에서 제시된 값을 우선 적용하였고 설계도면에 기록되지 않은 값은 설계도면를 제외한 설계도서가 없는 관계로 2003년에 수행한 초기점검 보고서에서 사용된 값을 인용하였다. 또한 허용응력 등은 현행 도로교 설계기준(2010)에 근거하여 산출, 적용하였다.

가. 콘크리트

- 설계기준강도 : fck = 40MPa
- 탄성계수 : Ec = $8500\sqrt[3]{40+8}$ = 30,891MPa
- 단위중량 : γc = 25kN/㎥
- 프리스트레스 도입 시 콘크리트 압축강도 : fci = $0.8f_{ck}$ = 32MPa
- 허용응력

  ※ 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력

  - 허용휨압축응력 : 0.55 fci = 17.6MPa
  - 허용휨인장응력 : $0.5\sqrt{f_{ci}}$ = 2.828MPa (부착철근이 있는 경우)

    1.4Mpa 또는 $0.25\sqrt{f_{ci}}$ = 1.414MPa (부착철근이 없는 경우)

  ※ 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력

  - 허용휨압축응력 : 0.40 fck = 16.000MPa
  - 허용휨인장응력 : $0.5\sqrt{f_{ck}}$ = 3.162MPa

■ 균열응력 : $0.63\sqrt{f_{ck}}$ = 3.984MPa

※ 부가하중(크리프, 건조수축, 지점침하 등)고려시 허용응력 증가계수 1.15 적용

※ 가설시 하중고려시 허용응력 증가계수 1.25 적용

나. 철근(SD40)

■ 항복응력 : fy = 400MPa

■ 탄성계수 : Es = 2.0×105MPa

다. PS 강연선

■ fpu = 1,900 MPa / fpy = 1,600 MPa

■ 1차 강선(Top) : 7 - ø12.7㎜

■ 1차 강선(Bottom) : 7 - ø12.7㎜

■ 2차 강선 : 22 - ø15.2㎜

■ P.S 강연선의 허용응력

- 정착직후 정착구에서의 응력 : 0.7fpu = 1,330 Mpa
- 손실이 일어난 후 설계하중 작용시 : 0.8fpy = 1,280 Mpa

■ 마찰 계수 - 곡률 마찰계수 : μ = 0.25/rad

- 파상 마찰계수 : k = 0.0066/m(금속쉬스)

■ Wedge slip량 : 6㎜

■ 릴렉세이션율 : 5%

라. 적용 물성치

구분		설계도서	현장측정	적용	비고
설계 강도		• 준공도면/구조계산서 - 상부: 40.0Mpa - 하부: 24.0Mpa	• 준공도면/구조계산서 - 상부: 36.1~49.1 Mpa - 하부: 23.0~26.5 Mpa	• 비파괴강도 측정값이 설계기준 강도의 90%이상 상회 하므로 설계기준 강도 적용	
철근 간격 / 피복 두께	상부 구조	125 / 37.5	105~135 / 36~55	• 철근배근 및 피복두께는 전반적으로 설계값과 일치하므로 설계값 적용	
	하부 구조	300 / 92.0	275~310 / 89~107		

5.2.3 하중조건

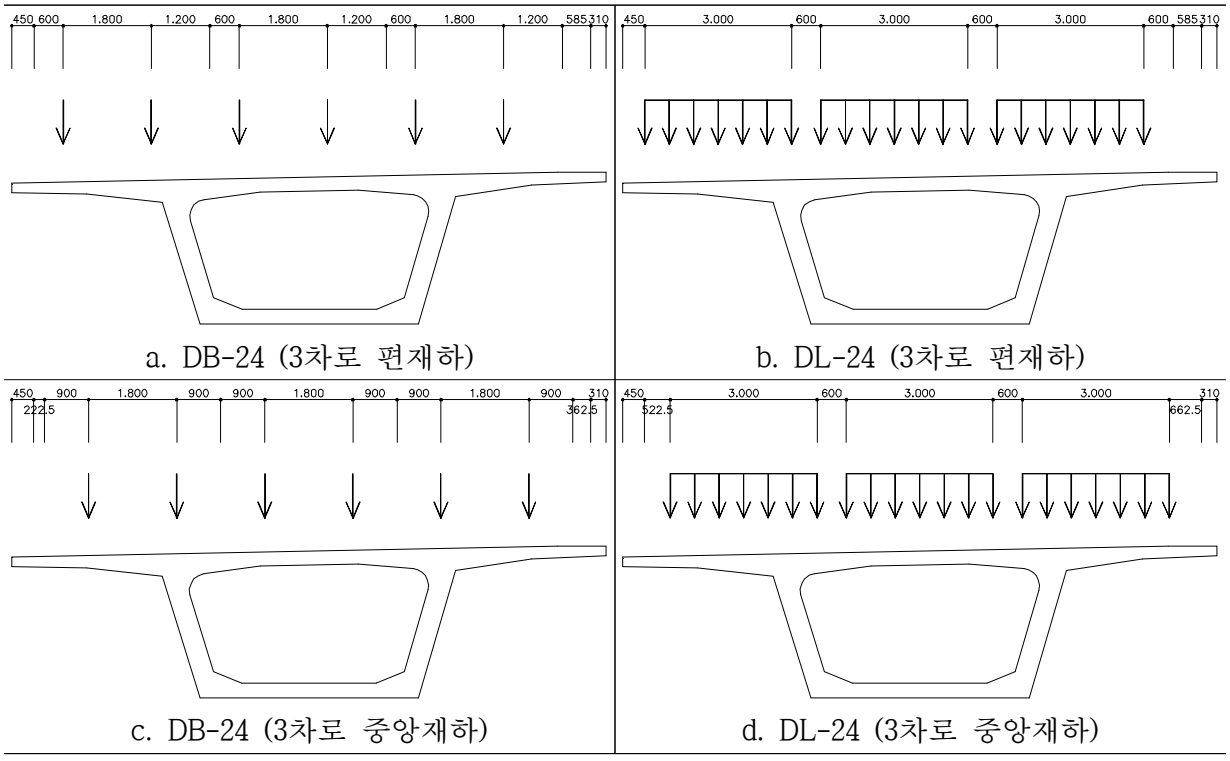
가. 고정하중

■ BOX 및 격벽 자중(1차 고정하중) : γ = 25 kN/m^3 적용

■ 2차 고정하중

①	Asphalt	:	0.10 × 11.385 × 23	=	28.804 kN/m
②	우측 방호울타리	:	8.365 × 1EA	=	8.365 kN/m
③	좌측 방호울타리	:	3.790 × 2EA	=	3.787 kN/m
	합계	:			40.956 kN/m

나. 활하중



a. DB-24 (3차로 편재하) b. DL-24 (3차로 편재하)

c. DB-24 (3차로 중앙재하) d. DL-24 (3차로 중앙재하)

【그림 5.2】활하중 재하경우

- DB-24 : Pr = 96.0kN, Pf = 24.0kN

- DL-24 : Pm = 108.0kN, Ps = 156.0kN, w = 12.7 kN/m

- 충격계수 : $i = \dfrac{15}{40 + L} = 0.1667 < 0.3$

DB-24(DL-24) 활하중 재하경우에 대하여 MIDAS CIVIL 2012 프로그램은 이동하중을 자동 재하하여 최대/최소 단면력에 대한 활하중 포락선도를 계산함

- 설계 차로 : 3차로 (설계 차로폭 3.6m)

- 하중 재하 : 설계 차로폭을 고려한 중앙재하 및 편재하에 대한 활하중 재하는 상기 그림과 같다.

다. 기타 하중

■ 온도 하중 : ·종방향 = ±⊿15℃ ·상하연온도차 = ±⊿5℃

라. 크리프 및 건조수축

■ 시멘트 : 보통(1종) 시멘트

■ 지속하중 재하시 콘크리트 재령 : t' = 7일

■ 콘크리트가 외기중에 노출되었을 때의 재령 : ts =3일

■ 상대습도 : 70% (가정)

■ 외기 또는 양생온도 : T = 20℃

■ 콘크리트의 크리프

$\varepsilon c\sigma(t,t')$: t' 일에서 fc(t')에 의한 콘크리트의 순간 변형 및 크리프변형을 함께 고려한 전체 크리프 변형율

$$\varepsilon_{c\sigma}(t,t') = f_c(t')\left[\frac{1}{E_{ci}(t')} + \frac{\phi(t,t')}{E_{ci}}\right]$$

Eci : 28일 재령 콘크리트의 초기 접선탄성계수(Mpa)

$$E_{ci} = 2.15\times10^4\sqrt[3]{\frac{f_{cu}}{10}}$$

$\phi(t,t')$: 크리프 계수 $\phi(t,t') = \phi 0\,\beta c(t-t')$

t : 콘크리트의 재령 (일)

t' : 지속하중이 작용할 때의 콘크리트의 재령 (일)

$\phi 0$: 콘크리트의 개념 크리프 계수 $\phi 0 = \phi RH\,\beta c(fcu)\,\beta(t')$

ø RH : 외기의 상대습도와 부재 두께에 의해 크리프에 미치는 영향 계수

$$\phi_{RH} = 1 + \frac{1 - 0.01RH}{0.1\sqrt[3]{h}}$$

β c(fcu) : 콘크리트 강도에 의해 크리프에 미치는 영향 함수

$$\beta(f_{cu}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cu}}}$$

β(t') : 지속하중이 가해지는 시간 t'에 의해 크리프에 미치는 영향 함수

$$\beta(t') = \frac{1}{0.1 + (t')^{0.2}}$$

β c(t-t') : 재하시간에 따라 크리프에 미치는 영향 함수

$$\beta_c(t - t') = \left[\frac{(t - t')}{\beta_H + (t - t')}\right]^{0.3}$$

β H : 외기의 상대습도와 부재의 두께에 따른 계수

$$\beta_H = 15[1 + (0.012RH)^{18}]h + 250 \le 1500 \text{ 일}$$

h : 개념적인 부재치수(㎝), $h = \frac{2A_c}{u}$

Ac : 단면적 (㎠)

u : 외기와 접촉하는 단면 둘레(㎝)

RH : 상대습도 (%)

fcu : 콘크리트의 28일 평균 압축강도(Mpa)

■ 콘크리트의 건조수축 변형율

ε sh(t,t') : ts재령에서 외기에 노출된 콘크리트 재령, t에서의 전체 건조수축 변형율

$$\varepsilon_{sh}(t, t_s) = \varepsilon_{sh0}\beta_s(t - t_s)$$

ε sh0 : 개념적인 건조수축 계수

$$\varepsilon_{sh0} = \varepsilon_s(f_{cu})\beta_{RH}$$

β s(t-t') : 건조 기간에 따른 건조수축 변형율 함수

$$\beta_s(t-t_s)=\sqrt{\frac{(t-t_s)}{0.035h^2+(t-t_s)}}$$

ts : 수축이 시작 될 때의 콘크리트의 재령 (일)

$$\varepsilon_s(f_{cu})=\left[160+10\beta_{sc}\left(9-\frac{f_{cu}}{10}\right)\right]\times10^{-6}$$

βRH : 외기습도에 따른 크리프와 건조수축에 미치는 영향 계수

$$\beta_{RH}=\begin{cases}-1.55\left[1-\left(\frac{RH}{100}\right)^3\right] & 40\%\le RH<90\% \\ 0.25 & RH\ge 90\%\end{cases}$$

h : 개념적인 부재치수(㎜), $h=\frac{2A_c}{u}$

마. 초기 프리스트레스 힘

- 1차 강선 : Pi = 995.000 kN
- 2차 강선 : Pi = 439.420 kN

5.2.4 하중조합

【표 5.1】 하중조합

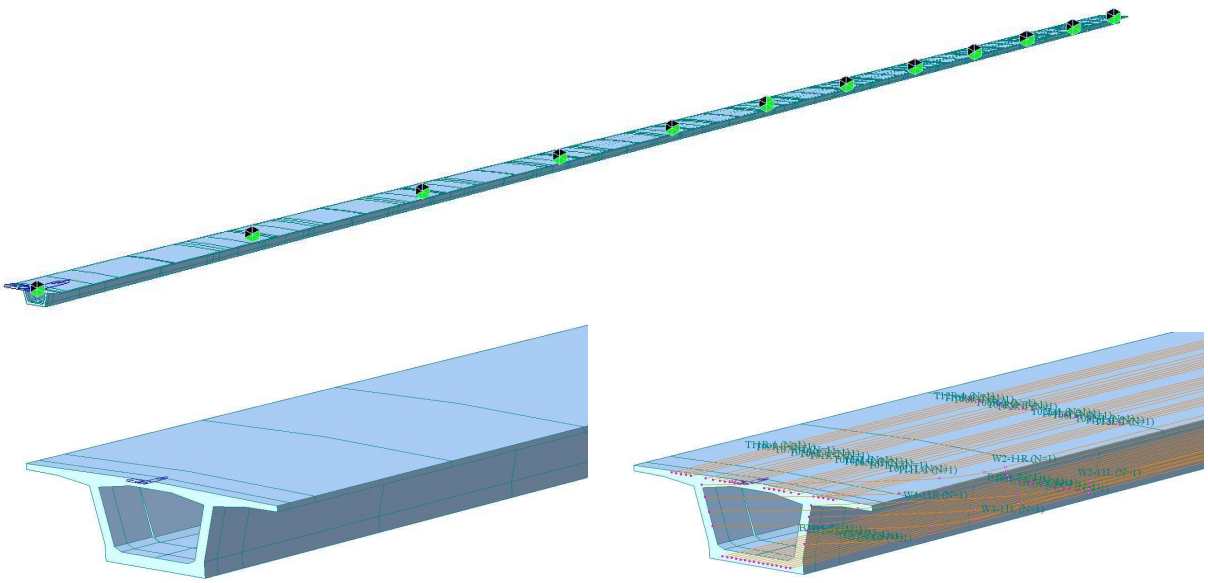
구분		고 정 하 중	활하중		전체 온도변화		상하연 온도차		C&S1)	Tendon2)	허용응력 증가계수
			만재하	편재하	+	-	+	-			
극한강도조합	CASE1	1.30	2.15							1.00	
	CASE2	1.30		2.15						1.00	
	CASE3	1.30	1.30		1.30		1.30		1.30	1.00	
	CASE4	1.30		1.30	1.30		1.30		1.30	1.00	
	CASE5	1.30	1.30		1.30			1.30	1.30	1.00	
	CASE6	1.30		1.30	1.30			1.30	1.30	1.00	
	CASE7	1.30	1.30			1.30	1.30		1.30	1.00	
	CASE8	1.30		1.30		1.30	1.30		1.30	1.00	
	CASE9	1.30	1.30			1.30		1.30	1.30	1.00	
	CASE10	1.30		1.30		1.30		1.30	1.30	1.00	
사용하중조합	CASE1	1.00	1.00						1.00	1.00	1.15
	CASE2	1.00		1.00					1.00	1.00	1.15
	CASE3	1.00	1.00		1.00		1.00		1.00	1.00	1.25
	CASE4	1.00		1.00	1.00		1.00		1.00	1.00	1.25
	CASE5	1.00	1.00		1.00			1.00	1.00	1.00	1.25
	CASE6	1.00		1.00	1.00			1.00	1.00	1.00	1.25
	CASE7	1.00	1.00			1.00	1.00		1.00	1.00	1.25
	CASE8	1.00		1.00		1.00	1.00		1.00	1.00	1.25
	CASE9	1.00	1.00			1.00		1.00	1.00	1.00	1.25
	CASE10	1.00		1.00		1.00		1.00	1.00	1.00	1.25

주1) C&S : 크리프 및 건조수축 또는 이에 따른 단면력

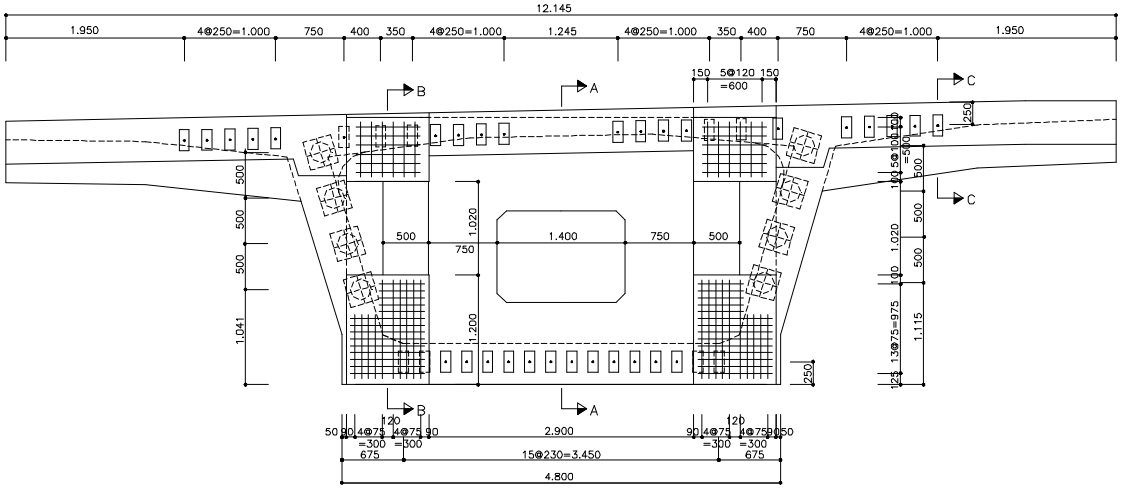
2) Tendon : 프리스트레스 또는 이에 따른 단면력

5.3 종방향 구조해석

ILM 가설공법에 의하여 시공된 본 구조물의 상부구조 해석은 구조물의 적절한 모사와 PS 강재의 모델링 및 구조계 변화에 따른 크리프 및 건조수축에의 영향, PS 강재의 장기손실과 재령에 따른 부정정력의 산출이 가능한 모델을 적용하여야 한다. 따라서 이러한 구조거동을 가장 유사하게 모델링 할 수 있는 프로그램의 선정이 우선되어야 하며 지정교의 종방향 해석을 위해 PSC Box 거더교의 시공단계별 해석이 가능한 해석 프로그램인 MIDAS Civil 2012를 사용하여 다음과 같이 모델링하였다.

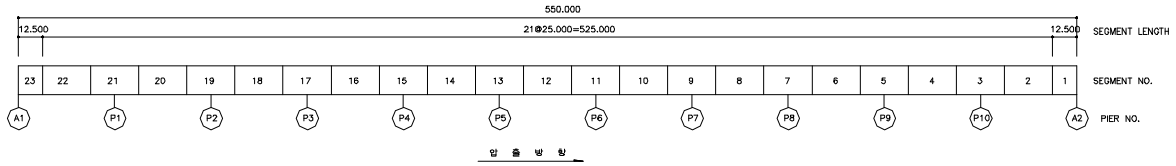


【그림 5.3】 해석모델

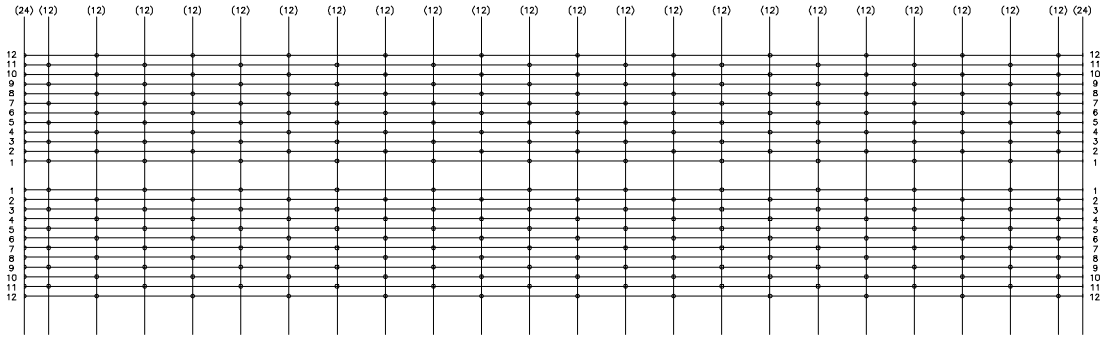


【그림 5.4】 강연선 배치도

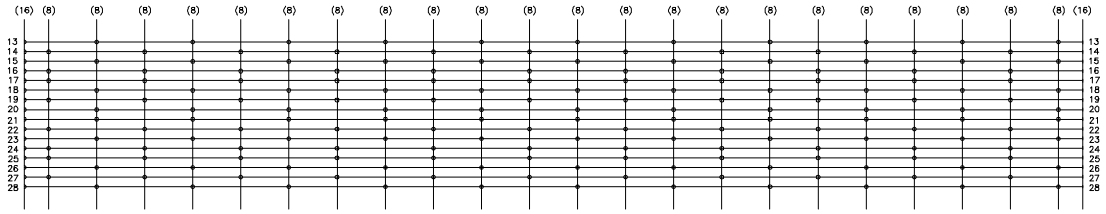
1 차 강 선 배 치 도



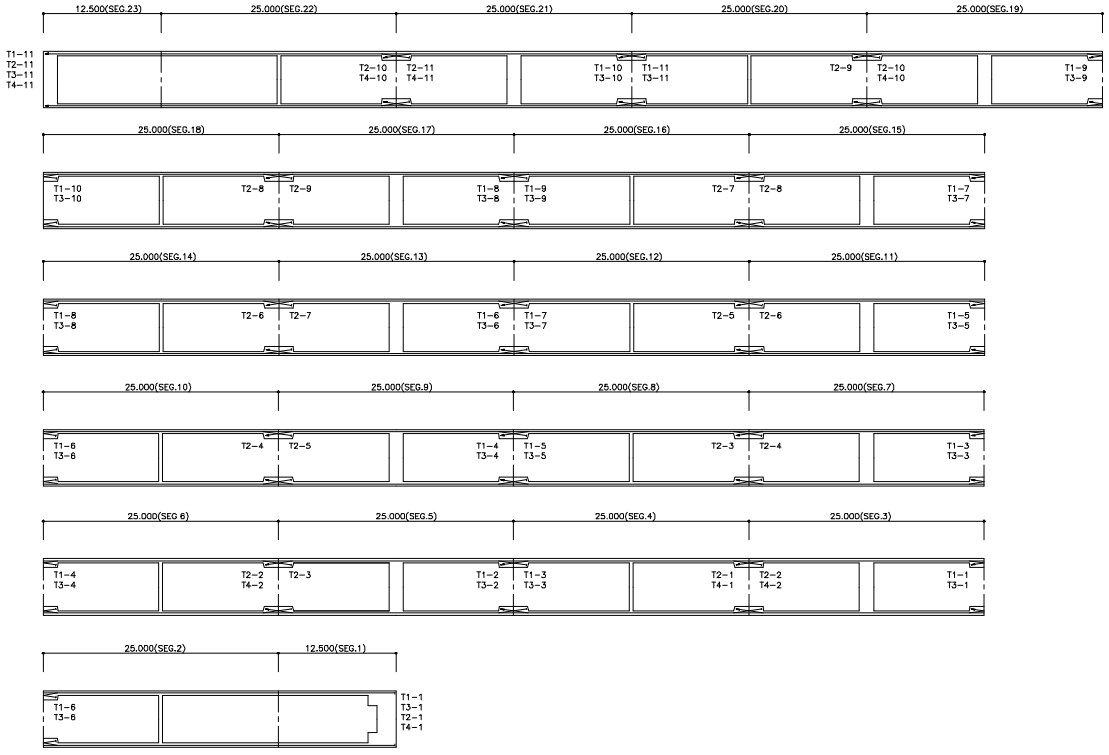
상 부



하 부



2 차 강 선 배 치 도



【그림 5.5】 강연선 배치도(계속)

5.3.1 검토 방법

논산천교는 2012년 12월에 준공된 설계하중 DB/DL-24의 PSC-Box교로 안전성 및 내하력 평가를 위하여 시공단계 및 현 구조물 상태에 따른 하중상태를 고려하여 허용응력 및 강도설계법에 의한 안전성 평가를 수행하고 이를 바탕으로 내하력 평가를 수행하고자 한다. 따라서, 내하력 평가를 위해 고정하중, 활하중, 프리스트레스힘, 크리프와 건조수축에 의한 부정정력 및 기타 하중에 대한 정적해석을 수행한다.

5.3.2 허용응력에 의한 안전성 평가

가. 개요

일반적으로 PSC 박스 거더에 적용되는 하중은 자중(1차 고정하중)과 2차 고정하중, 활하중, 크리프와 건조수축, 지점침하, 온도, 풍하중, 프리스트레싱 및 2차 부정정력 등이 고려되며 본 구조해석은 도로교 설계기준에 준용하여 실시하였다.

구조해석을 통하여 PSC 박스 자중(1차 고정하중)과 2차 고정하중, 크리프와 건조수축에 대한 응력 집계를 수행하였고 이 후 활하중에 대하여 최대·최소 단면력을 고려하여 각각에 대한 조합을 수행하였고 부하중의 경우에도 ±효과를 감안 최대치 및 최소치를 감안하여 응력 집계를 수행하였다.

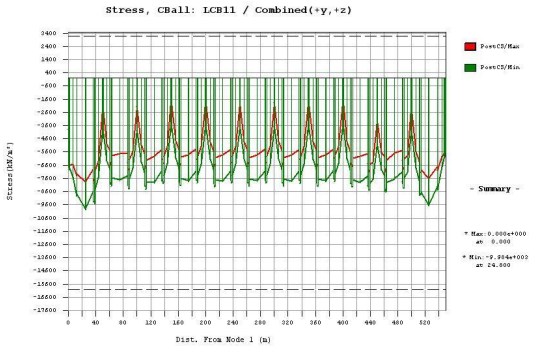
나. 종방향 응력 검토 결과

1) 단면 상·하연 발생응력 검토

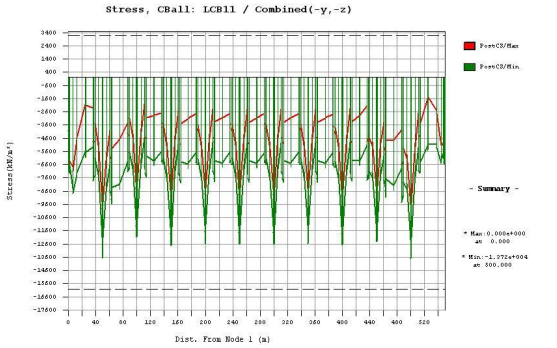
단면 상·하연 발생응력은 다음과 같다. 여기서, 콘크리트의 허용휨인장응력은 3.162MPa이고, 허용휨압축응력은 16.000MPa이다. CASE3 ~ CASE10의 경우 도로교설계기준(2010)의 2.2.2항에 따라 주하중+주하중에 해당하는 특수하중+온도변화의 영향인 경우에 해당하므로 허용휨압축응력에 대한 할증을 15%로 설정하여 허용휨압축응력은 18.4MPa이고 이 경우 허용인장응력에 대한 할증은 고려하지 않는다.

검토 결과 허용응력에 대한 PSC Box 상·하연의 최대 발생응력은 허용응력 이내로 안전성을 확보하는 것으로 나타났다. 【그림 5.6】은 하중조합별 PSC Box 상·하연의 최대·최소 발생응력을 나타낸 것이다.

CASE 1 : 고정하중+활하중(만재하)+프리스트레스

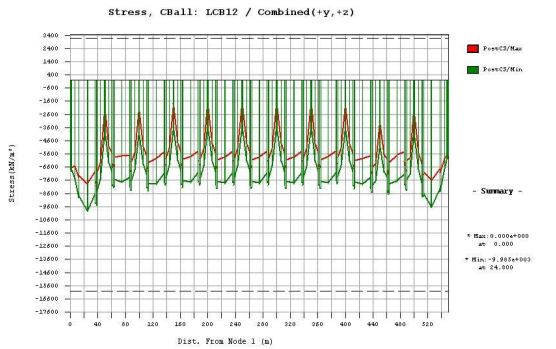


(a) 단면 상연

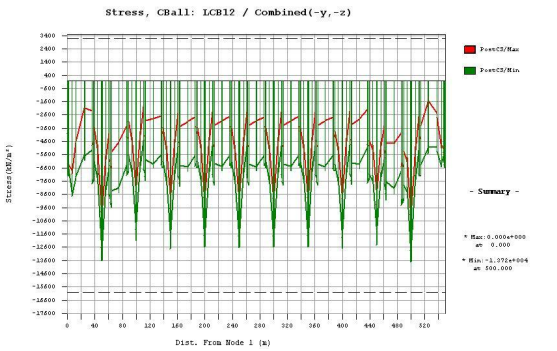


(b) 단면 하연

CASE 2 : 고정하중+활하중(편재하)+프리스트레스

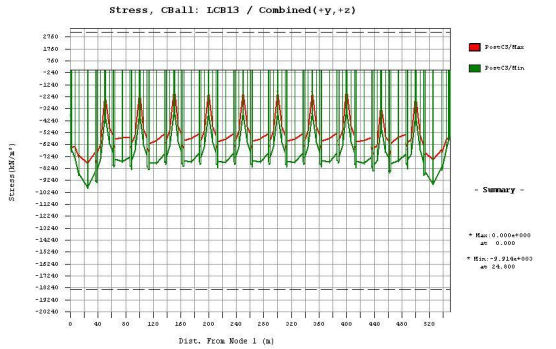


(c) 단면 상연

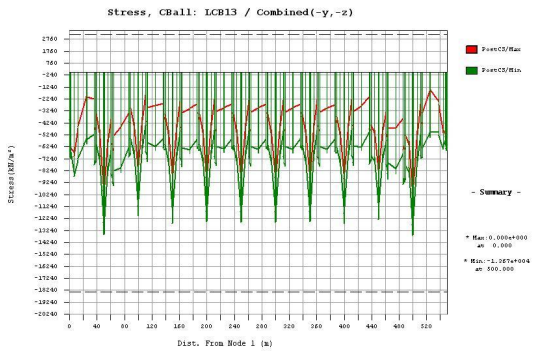


(d) 단면 하연

CASE 3 : 고정하중+활하중(만재하)+프리스트레스+전체온도변화(+)+상하연온도차(+)

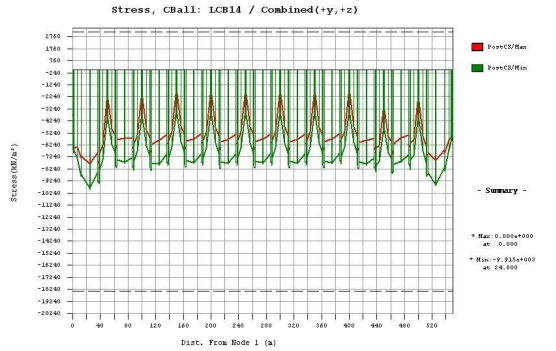


(e) 단면 상연

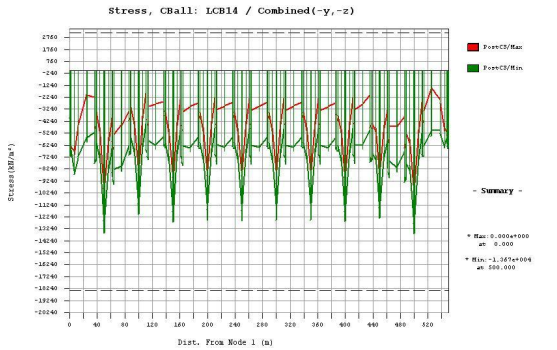


(f) 단면 하연

CASE 4 : 고정하중+활하중(편재하)+프리스트레스+전체온도변화(+)+상하연온도차(+)



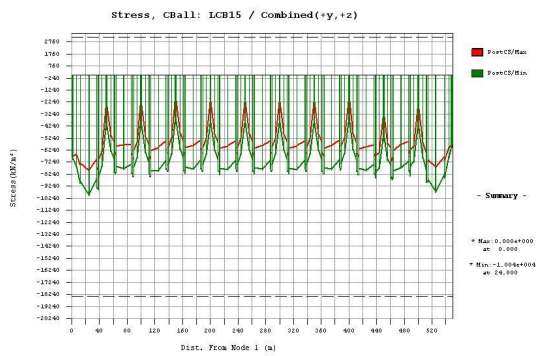
(g) 단면 상연



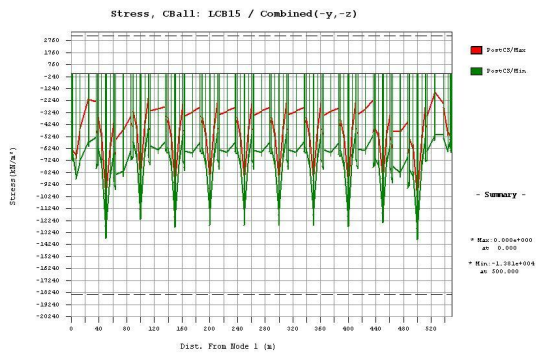
(h) 단면 하연

【그림 5.6】 상·하연 발생응력도

CASE 5 : 고정하중+활하중(만재하)+프리스트레스+전체온도변화(+)+상하연온도차(-)

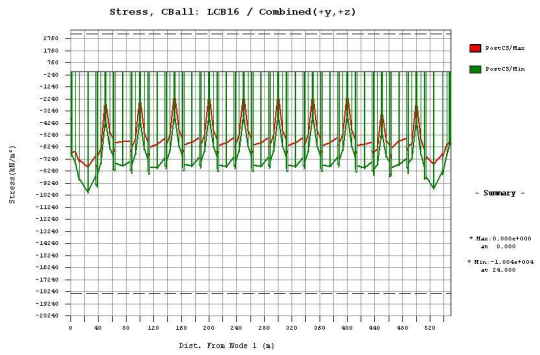


(i) 단면 상연

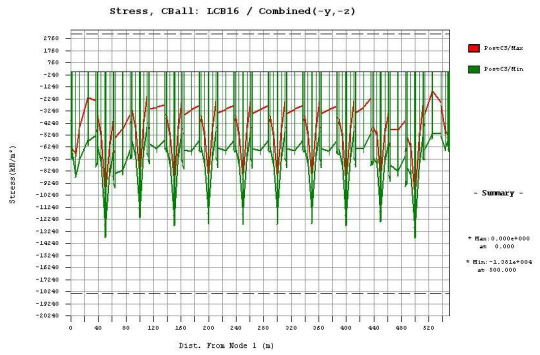


(j) 단면 하연

CASE 6 : 고정하중+활하중(편재하)+프리스트레스+전체온도변화(+)+상하연온도차(-)

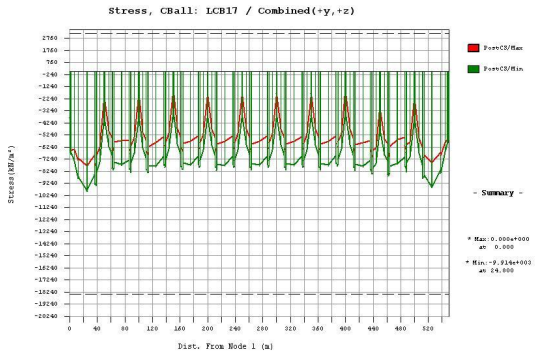


(k) 단면 상연

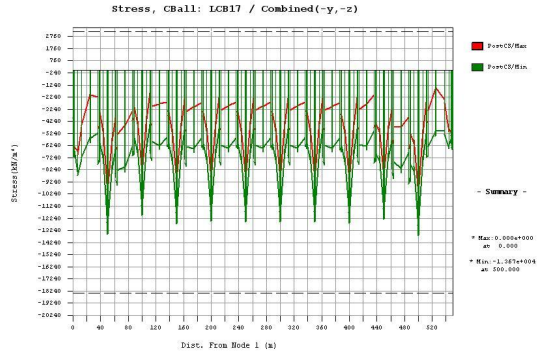


(l) 단면 하연

CASE 7 : 고정하중+활하중(만재하)+프리스트레스+전체온도변화(-)+상하연온도차(+)

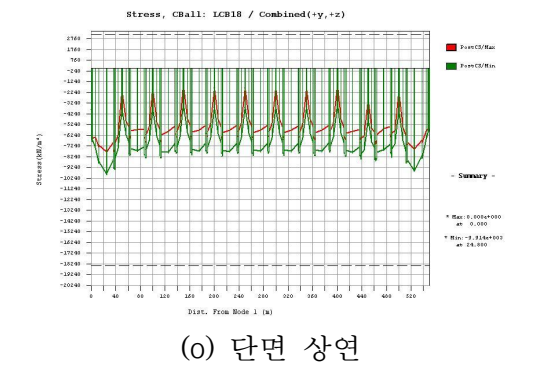


(m) 단면 상연

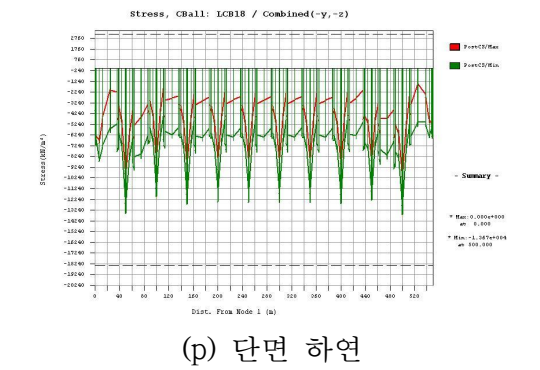


(n) 단면 하연

CASE 8 : 고정하중+활하중(편재하)+프리스트레스+전체온도변화(-)+상하연온도차(+)



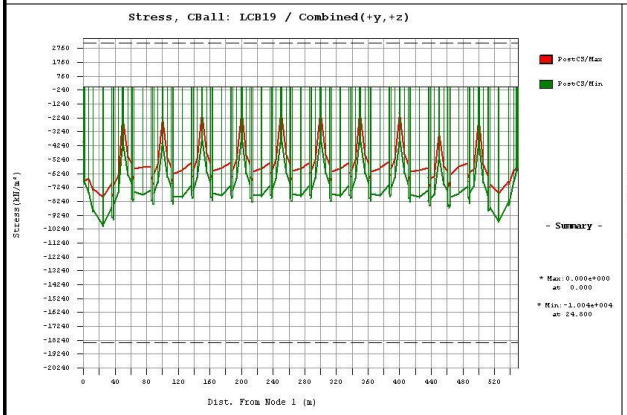
(o) 단면 상연



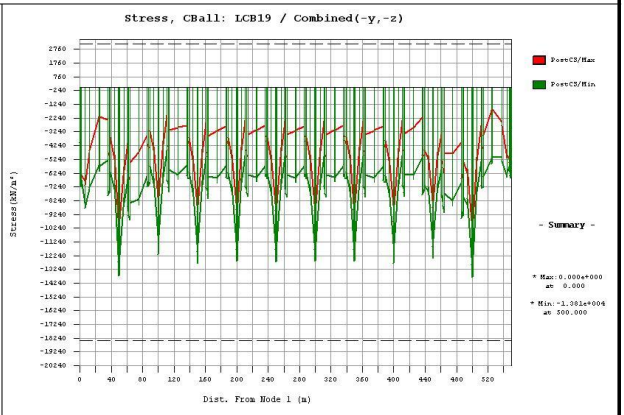
(p) 단면 하연

【그림 5.7】 상·하연 발생응력도 (계속)

CASE 9 : 고정하중+활하중(만재하)+프리스트레스+전체온도변화(-)+상하연온도차(-)

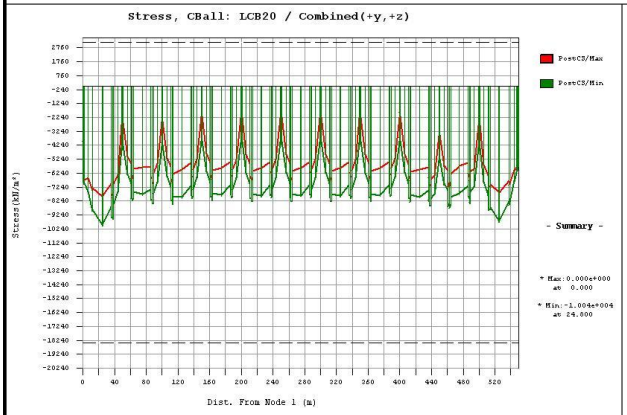


(q) 단면 상연

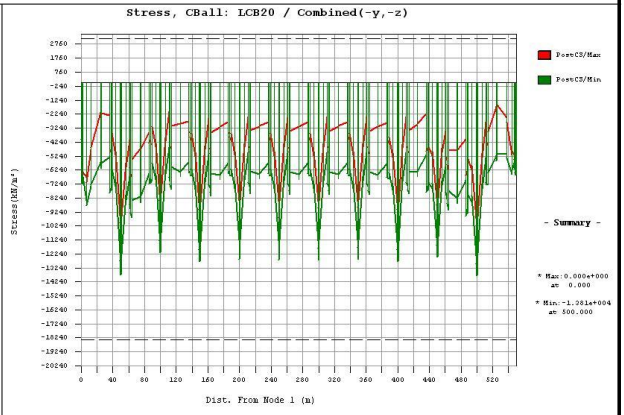


(r) 단면 하연

CASE 10 : 고정하중+활하중(편재하)+프리스트레스+전체온도변화(-)+상하연온도차(-)



(s) 단면 상연



(t) 단면 하연

【그림 5.8】 상·하연 발생응력도 (계속)

위에서 제시한 공용중 각 하중별 상·하연 응력에 대한 하중조합을 수행한 결과 최대인장응력은 0.000MPa로서 인장응력이 발생하지 않았으며, 최대 압축응력은 상연에서 10.04MPa, 하연에서 13.81MPa로서 허용응력 이내로 안전성을 확보하는 것으로 나타났다.

【표 5.2】 하중조합에 따른 지점부 상·하연 응력

구 분 (kN/㎡)	외측 S1경간 지점부(P1) (요소번호 13)				내측 S10경간 지점부(P9) (요소번호 117)				비고
	상연		하연		상연		하연		
	최대	최소	최대	최소	최대	최소	최대	최소	
고정하중	6.294		-10.590		4.793		-8.061		⊕ : 인장
P·S	-10.171		-0.463		-9.395		-1.982		⊖ : 압축
C & S	0.011		-0.019		-0.016		0.027		
활하중	1.544	-0.204	0.341	-2.579	1.421	-0.403	-2.374	-2.374	
온도하중	0.057	-0.057	0.070	-0.071	0.064	-0.064	0.058	-0.058	
조합 CASE1	-2.333	-4.081	-10.710	-13.630	-3.181	-5.005	-9.370	-12.420	
조합 CASE2	-2.334	-4.080	-10.710	-13.630	-3.182	-5.005	-9.370	-12.420	
조합 CASE3	-2.265	-4.013	-10.660	-13.580	-3.133	-4.957	-9.285	-12.330	
조합 CASE4	-2.266	-4.013	-10.660	-13.580	-3.133	-4.957	-9.285	-12.330	
조합 CASE5	-2.378	-4.126	-10.800	-13.720	-3.261	-5.085	-9.400	-12.450	
조합 CASE6	-2.379	-4.126	-10.800	-13.720	-3.262	-5.085	-9.400	-12.450	
조합 CASE7	-2.265	-4.013	-10.660	-13.580	-3.133	-4.957	-9.285	-12.330	
조합 CASE8	-2.266	-4.013	-10.660	-13.580	-3.133	-4.957	-9.285	-12.330	
조합 CASE9	-2.378	-4.126	-10.800	-13.720	-3.261	-5.085	-9.400	-12.450	
조합 CASE10	-2.379	-4.126	-10.800	-13.720	-3.262	-5.085	-9.400	-12.450	
하중조합최대	-2.379	-4.126	-10.800	-13.720	-3.262	-5.085	-9.400	-12.450	

【표 5.3】 하중조합에 따른 중앙부 상·하연 응력

구 분 (kN/㎡)	외측 S1경간 중앙부 (요소번호 6)				내측 S10경간 중앙부 (요소번호 123)				비고
	상연		하연		상연		하연		
	최대	최소	최대	최소	최대	최소	최대	최소	
고정하중	-4.459		7.676		-2.140		3.685		⊕ : 인장
P·S	-3.886		-12.985		-4.230		-11.217		⊖ : 압축
C & S	0.006		-0.010		-0.002		0.003		
활하중	0.397	-1.639	-0.693	-0.693	0.595	-1.359	-1.038	-1.038	
온도하중	0.065	-0.065	0.047	-0.047	0.053	-0.053	0.068	-0.068	
조합 CASE1	-7.948	-9.984	-2.448	-6.000	-5.775	-7.728	-5.159	-8.568	
조합 CASE2	-7.949	-9.985	-2.448	-6.000	-5.775	-7.728	-5.159	-8.568	
조합 CASE3	-7.878	-9.914	-2.411	-5.963	-5.723	-7.677	-5.088	-8.497	
조합 CASE4	-7.878	-9.915	-2.410	-5.963	-5.724	-7.677	-5.088	-8.497	
조합 CASE5	-8.007	-10.040	-2.505	-6.058	-5.829	-7.783	-5.224	-8.632	
조합 CASE6	-8.007	-10.040	-2.505	-6.058	-5.830	-7.783	-5.223	-8.632	
조합 CASE7	-7.878	-9.914	-2.411	-5.963	-5.723	-7.676	-5.089	-8.497	
조합 CASE8	-7.878	-9.914	-2.411	-5.963	-5.724	-7.677	-5.088	-8.497	
조합 CASE9	-8.007	-10.040	-2.505	-6.058	-5.829	-7.782	-5.224	-8.632	
조합 CASE10	-8.007	-10.040	-2.505	-6.058	-5.830	-7.783	-5.224	-8.632	
하중조합최대	-8.007	-10.040	-2.505	-6.058	-5.830	-7.783	-5.224	-8.632	

3) 허용응력법에 의한 안전율 산정

공용하중 작용 시 지점부 및 경간중앙부 에서의 각 하중조합과 허용응력 증가계수를 고려한 안전율을 계산해 보면 【표 5.4】와 같다.

【표 5.4】 허용응력법에 의한 안전율 산정

단위 : (kN/㎡)

조합 케이스	허용응력	S1 지점부(P1)		S10 지점부(P9)		S1 중앙부		S10 중앙부	
		합응력	S.F	합응력	S.F	합응력	S.F	합응력	S.F
1	16.000	13.630	1.174	12.420	1.288	9.984	1.603	8.568	1.867
2	16.000	13.630	1.174	12.420	1.288	9.985	1.602	8.568	1.867
3	18.400	13.580	1.355	12.330	1.492	9.914	1.856	8.497	2.165
4	18.400	13.580	1.355	12.330	1.492	9.915	1.856	8.497	2.165
5	18.400	13.720	1.341	12.450	1.478	10.040	1.833	8.632	2.132
6	18.400	13.720	1.341	12.450	1.478	10.040	1.833	8.632	2.132
7	18.400	13.580	1.355	12.330	1.492	9.914	1.856	8.497	2.165
8	18.400	13.580	1.355	12.330	1.492	9.914	1.856	8.497	2.165
9	18.400	13.720	1.341	12.450	1.478	10.040	1.833	8.632	2.132
10	18.400	13.720	1.341	12.450	1.478	10.040	1.833	8.632	2.132
최소 안전율			1.174		1.288		1.602		1.867

5.3.3 강도설계법에 의한 안전성 평가

가. 단면력 검토

1) 설계 휨강도

① 중립축이 플랜지내에 있는 플랜지를 갖는 단면(사각형 단면)

$$\phi M_n = \phi\left[A_{ps} f_{ps} d_p \left\{ 1 - 0.59\left(\frac{\rho_p f_{ps}}{f_{ck}} + \frac{d}{d_p}\frac{\rho f_y}{f_{ck}} \right) \right\} \right] + A_s \left\{ 1 - 0.59\left(\frac{d_p}{d}\frac{\rho_p f_{ps}}{f_{ck}} + \frac{\rho f_y}{f_{ck}} \right) \right\}$$

인장 또는 압축 측에 철근을 배치하지 않았거나, 배치했더라도 그 영향을 무시할 수 있는 경우는

$$\phi M_n = \phi\left[A_{ps} f_{ps} d_p \left\{ 1 - 0.59 \frac{\rho_p f_{ps}}{f_{ck}} \right\} \right]$$

② 중립측이 플랜지내에 있지 않는 플랜지를 갖는 단면

$$\phi M_n = \phi\left[A_{pw} f_{ps} d_p \left\{ 1 - 0.59 \frac{A_{pw} f_{ps}}{b_0 d_p f_{ck}} \right\} + A_s f_y (d - d_p) + 0.85 f_{ck} (b - b_0) t (d_p - 0.5t) \right]$$

인장 또는 압축 측에 철근을 배치하지 않았거나, 배치했더라도 그 영향을 무시할 수 있는 경우는

$$\phi M_n = \phi\left[A_{pw} f_{ps} d_p \left\{ 1 - 0.59 \frac{A_{pw} f_{ps}}{b_0 d_p f_{ck}} \right\} + 0.85 f_{ck} (b - b_0) t (d_p - 0.5t) \right]$$

여기서, $A_{pw} = A_p - A_{pf}$(식(2)에 적용)

$A_{pw} = A_p + (A_s f_y / f_{ps}) - A_{pf}$(식(1)에 적용)

$A_{pf} = 0.85 f_{ck} (b - b_0) t / f_{ps}$

t : 압축플랜지 두께, 혹은 플랜지를 갖는 부재의 플랜지 평균두께

2) PS강재의 응력

$$f_{ps} = f_{pu}\left[1 - \frac{\gamma_p}{\beta 1} \left\{ \rho_p \frac{f_{pu}}{f_{ck}} + \frac{d}{d_p} \left(\rho \frac{f_y}{f_{ck}} - \rho' \frac{f_y}{f_{ck}} \right) \right\} \right]$$

인장 또는 압축 측에 철근을 배치하지 않았거나, 배치했더라도 그 영향을 무시할 수 있는 경우는

$$f_{ps} = f_{pu}\left[1 - \frac{\gamma_p}{\beta 1} \cdot \frac{\rho_p f_{pu}}{f_{ck}} \right]$$

여기서, γ_p : 0.4(응력제거 강재), 0.28(저 릴락세이션 강재), 0.55(강봉)

f_{ps} : PS강재의 극한강도

ρ_p : PS강재 비 = $A_{ps} / (b \times d_p)$

γ_p : 강재의 종류에 따른 계수

d_p : 압축측 연단에서 긴장내 도심까지의 거리

3) PS강재의 제한(연성 한계)

① 최대 PS강재량

■ 중립축이 플랜지내에 있는 플랜지를 갖는 단면

$$q_p = \rho_p \frac{f_{ps}}{f_{ck}} \le 0.36\beta_1$$

강재지수가 0.36 β1보다 큰 부재에서는 설계 휨강도를 다음 값보다 크지 않게 취해야 한다

$$\phi M_n = \phi\left[(0.36\beta_1 - 0.08\beta_1^2) f_{ck} b d_p^2\right]$$

■ 중립축이 플랜지내에 있니 않는 플랜지를 갖는 단면

$$q_p = A_{pw} \frac{f_{ps}}{b_w d_p f_{ck}} \le 0.36\beta_1$$

강재지수가 0.36 β1보다 큰 부재에서는 설계 휨강도를 다음 값보다 크지 않게 취해야 한다.

$$\phi M_n = \phi\left[(0.36\beta_1 - 0.08\beta_1^2) f_{ck} b_w d_p^2 + 0.85 f_{ck}(b - b_w) t(d_p - 0.5t)\right]$$

② 최소 PS강재량

$$\phi M_n \ge 1.2 M_{cr}^* \qquad f_{ru} = 0.5\sqrt{f_{ck}}$$

여기서, fru: 유효프리스트레스에 의한 콘크리트 압축응력

③ f_{ck} = 40Mpa, f_y = 1,900Mpa, β_1 = 0.4(응력제거 강재)

4) 설계 전단강도

① 콘크리트가 부담하는 전단강도

콘크리트의 전단강도는 다음의 Vc, Vci 또는 Vcw중에서 작은 값으로 한다.

$$V_{ci} = 0.05\sqrt{f_{ck}} b_w d_p + V_d + \frac{V_i M_{cr}}{M_{\max}} > 0.14\sqrt{f_{ck}} b_w d_p$$

여기서, Vi = Vu - Vd, Mmax = Mu - Md

$M_{cr} = \frac{I}{y_t}(0.5\sqrt{f_{ck}} + f_{pe} - f_d)$: 균열모멘트

$$V_{cw} = (0.29\sqrt{f_{ck}} + 0.3 f_{pc}) b_w d + V_p$$

여기서, fpc : 단면중심에서 프리스트레스에 의한 응력

Vp : 단면이 유효프리스트레스 힘의 수직분력

② 전단철근이 부담하는 전단강도

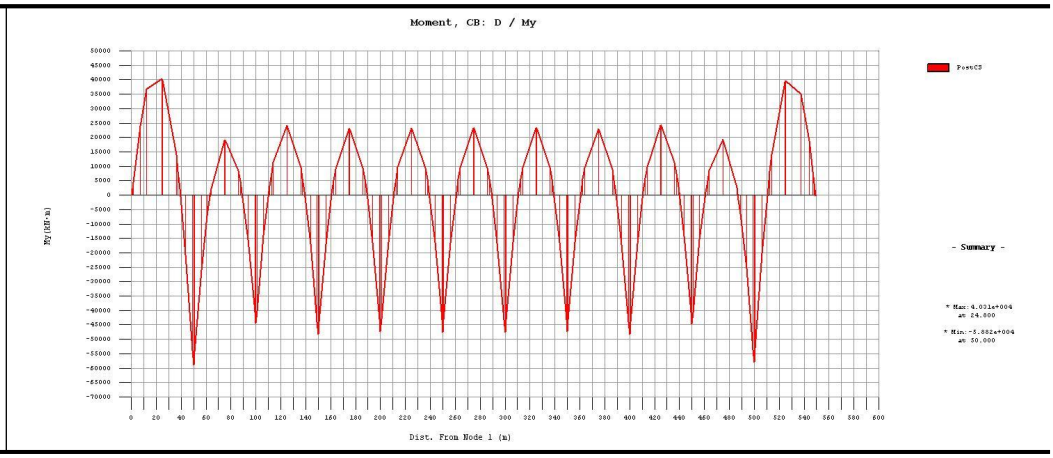
$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{A_v f_y d}{s} < \frac{2}{3}\sqrt{f_{ck}} b_w d$$

최소 전단철근량 $V_u > 1/2\phi V_c$인 경우, $A_{v,\min} = 0.35\frac{b_w s}{f_y}$

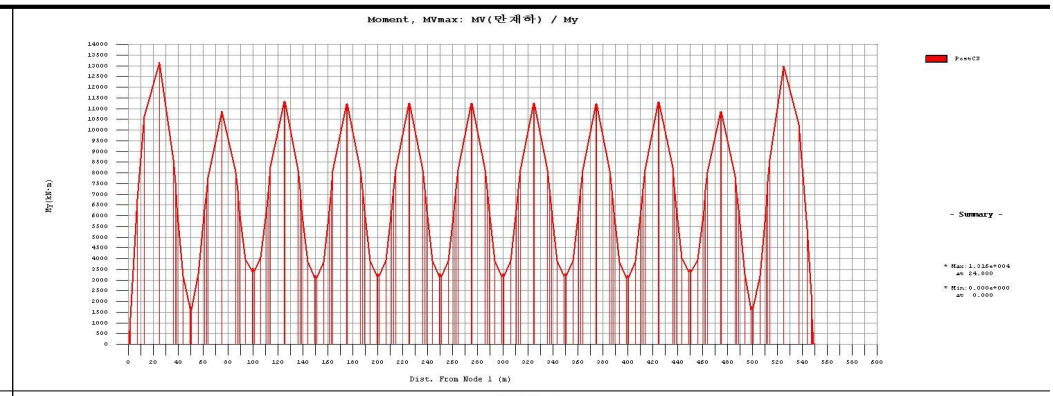
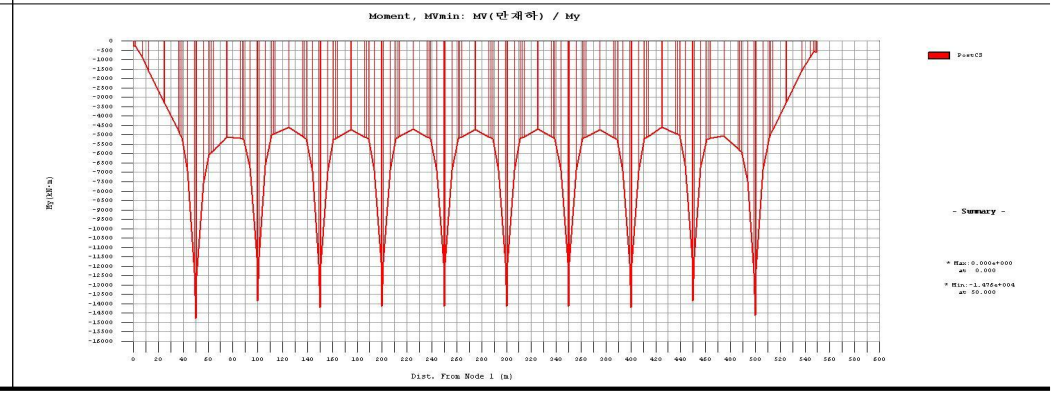
나. 휨강도 검토

1) 계수하중조합에 의한 단면력도

휨강도 검토를 위한 하중조합을 위한 하중별 단면력도는 다음과 같다.

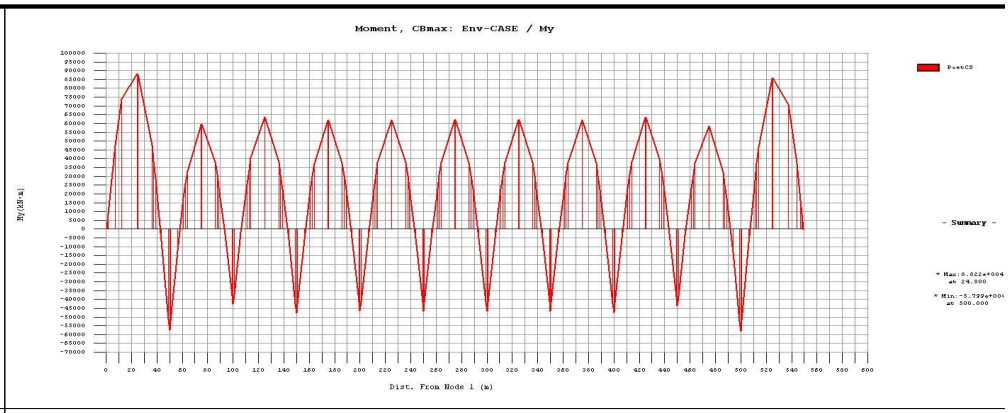
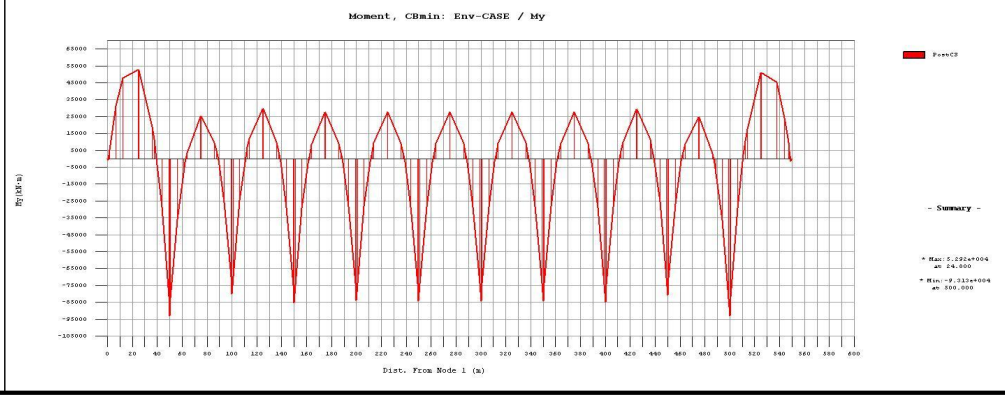
모멘트도	

【그림 5.9】 고정하중에 의한 모멘트도(kN·m)

최대 모멘트도	
최소 모멘트도	

【그림 5.10】 활하중에 의한 모멘트도(kN·m)

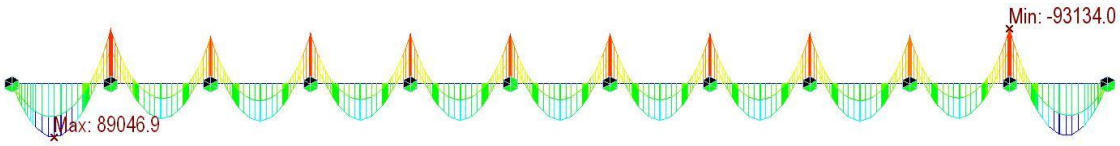
일반적으로 단면에 대한 검토는 하중조합 중 가장 불리한 경우를 택하여 극한모멘트(최대 단면력)를 결정하며 이를 공칭강도와 비교하여 안전성을 검토하는 것이다. 【그림 5.11】은 각 하중 경우(CASE1~CASE10)에 대한 하중조합에 의한 각 점의 최대값과 최소값에 대한 극한 모멘트도를 보여주고 있다.

최대 모멘트	
최소 모멘트	

【그림 5.11】 하중조합에 의한 극한모멘트도(kN·m)

2) 휨강도 검토

【그림 5.12】은 【그림 5.11】의 최대·최소 극한모멘트를 동시에 도시한 그림이며 휨강도 검토결과 안전한 것으로 확인되었다.



【그림 5.12】하중조합을 고려한 교축방향 최대·최소 극한모멘트도(kN·m)

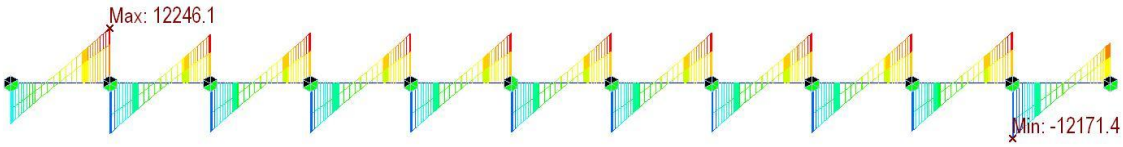
【표 5.5】 설계하중 작용시 검토단면의 최대 단면력

위 치	Mu (kN·m)	ΦMn (kN·m)	안전성
외측경간 지점부 P10, 130요소	-93133.98	140608.52	OK
외측경간 중앙부 S1, 6요소	88223.25	137248.36	OK
내측경간 지점부 P8, 117요소	-80843.88	124723.65	OK
내측경간 중앙부 S2, 20요소	59490.89	137248.36	OK

다. 전단강도 검토 결과

1) 전단강도 검토

【그림 5.13】은 최대·최소 전단력을 동시에 도시한 그림이며 전단강도 검토결과 안전한 것으로 확인되었다.



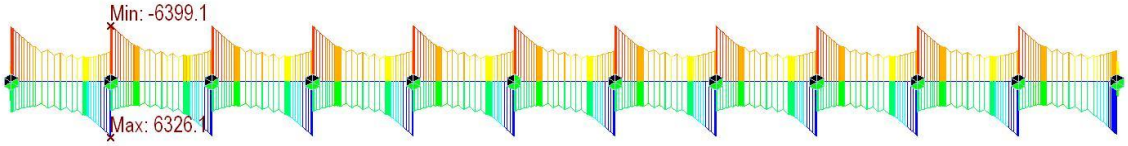
【그림 5.13】 하중조합을 고려한 교축방향 최대·최소 전단력도(kN)

【표 5.6】설계하중 작용 시 외측·내측경간 최대 전단력

위 치(경간위치, 부재번호)	Vu (kN)	ΦVn (kN)	안전성
외측경간 최대 (P1, 12)	12246.14	12513.63	OK
내측경간 최대 (P2, 25)	10697.92	11995.47	OK

라. 비틀림 검토

비틀림 검토는 도로교설계기준 4.4.7을 적용하였다.



【그림 5.14】 하중조합을 고려한 교축방향 최대·최소 비틀림 모멘트도(kN·m)

1) 비틀림이 고려되어야 하는 경우

프리스트레스트 콘크리트 부재에서 다음과 같은 경우는 비틀림 설계시 비틀림모멘트를 무시할 수 있다.

$$T_u < \phi(0.26\sqrt{f_{ck}})\frac{A_{cp}^2}{p_{cp}}\sqrt{1+\frac{f_{pc}}{1.06\sqrt{f_{ck}}}}$$

여기서, ϕ : 강도감소계수 (=0.8)

f_{ck} : 콘크리트의 설계기준강도

A_{cp} : 콘크리트 단면에서 외부둘레로 둘러싸인 면적

P_{cp} : 콘크리트 단면에서의 외부 둘레길이

f_{pc} : 외적 작용하중을 저항하는 단면의 중심에서의 콘크리트의 압축응력(모든 프리스트레스의 손실을 감안한) 또는 단면의 중심이 플랜지내에 위치할 경우는 복부와 플랜지의 교차점에서의 압축응력

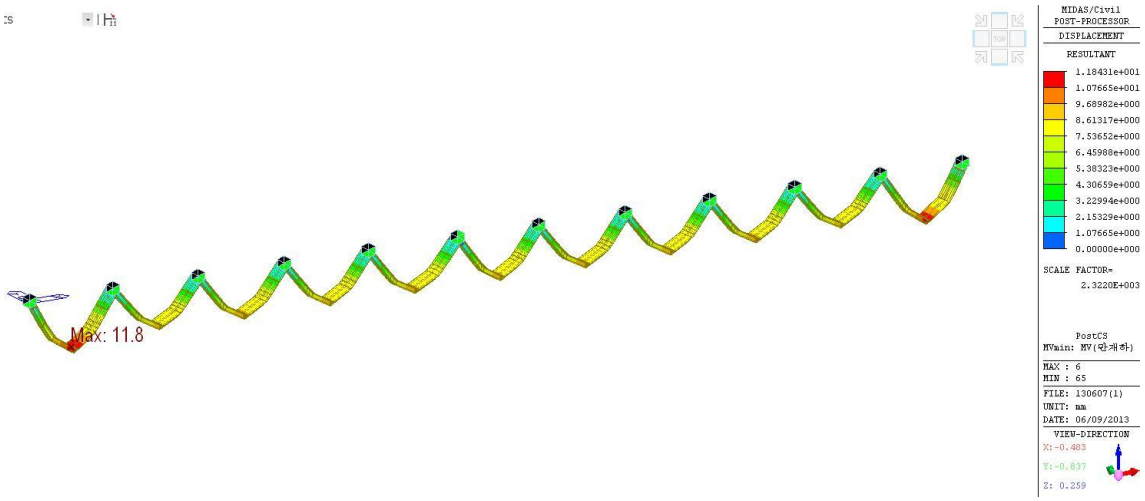
2) 비틀림 모멘트 검토

- T_u = 6399.1 kN·m
- P_{cp} = 28.682 m
- A_{cp} = 17.767 ㎡
- A_g = 7.683 ㎡
- $f_{pc} = \frac{P_e}{A_g} = \frac{52466.512}{7683542} \times 10^{-3} = 6.828$
- $\phi \cdot T_{cr} = 0.26\sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \sqrt{1+\frac{f_{pc}}{1.06\sqrt{f_{ck}}}}$

$$= 0.8 \times 0.26\sqrt{40} \times \frac{17.767^2}{28.682} \sqrt{1+\frac{6.828}{1.06\sqrt{40}}} = 25712.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$\therefore$ T_u = 6399.1 kN·m $<$ $\phi \cdot T_{cr}$ = 25712.3 kN·m 이므로 비틀림 검토는 생략

마. 처짐 검토



【그림 5.15】논산천교 처짐도

■ 작용처짐량 = 11.8mm < 허용처짐량 = 62.50mm (L/800 = 50000/800) OK

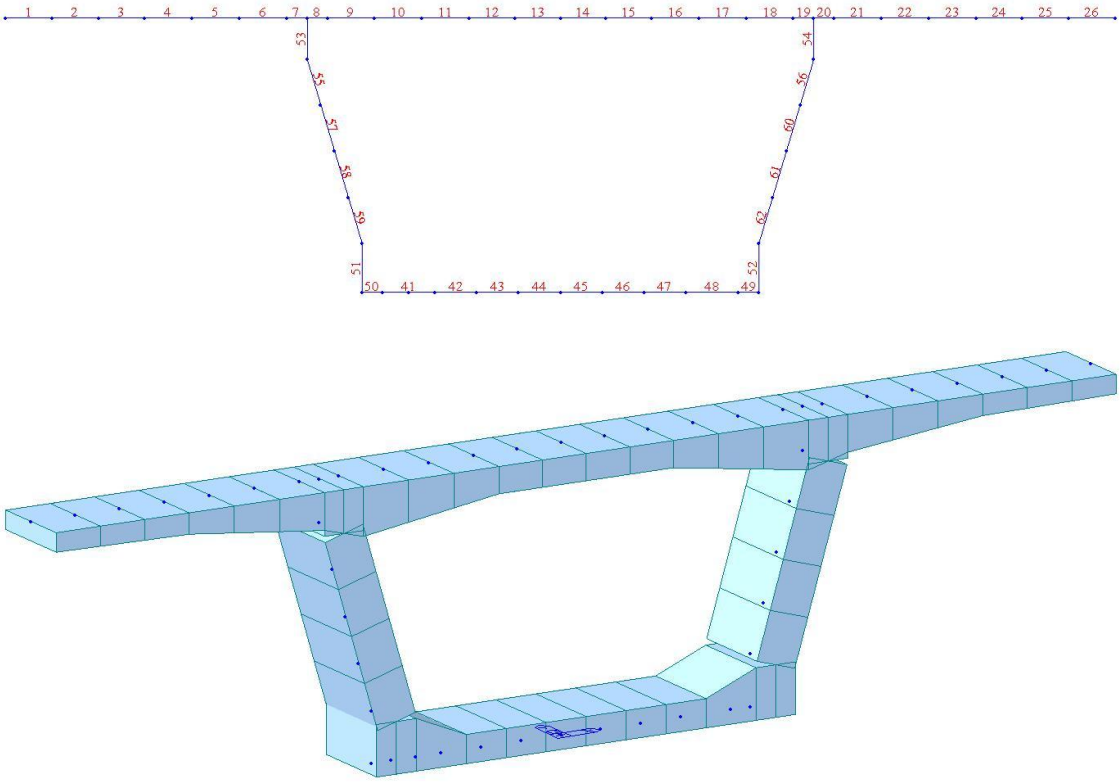
5.4 횡방향 구조해석

5.4.1 개 요

논산천의 횡방향 해석을 통한 구조 안전성 검토를 위해 철근콘크리트 구조로서 강도 설계법에 의한 극한 상태에서의 안전성 검토를 각각 수행하였다.

5.4.2 구조해석 모델링

논산천교의 횡방향 해석을 위한 모델링 및 부재번호는 다음과 같다.



【그림 5.16】 모델링

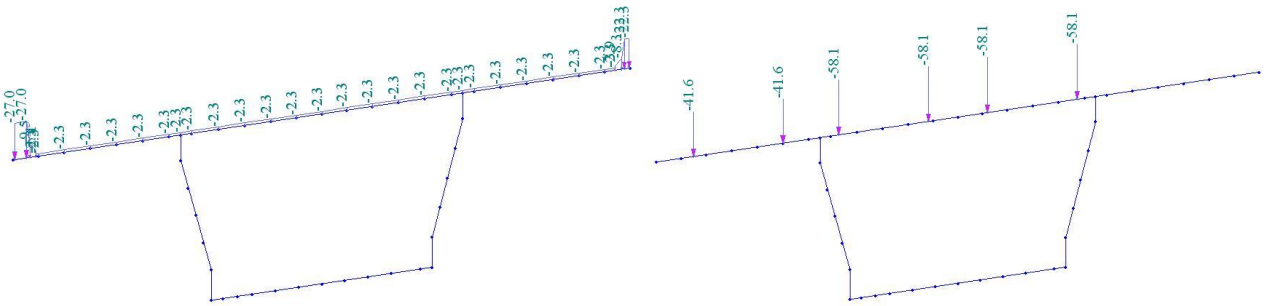
- 윤하중 분포폭은 도로교 설계기준 준용
- 윤하중 재하는 캔틸레버부와 내측지간부 위험단면에 대한 영향선 검토를 수행하여 최대 단면력이 발생하는 위치에 재하

1) 켄틸레버 슬래브 (L=3.075m)

- 충격계수 = 15/(40+3.075) = 0.348 > 0.3
- 윤하중 분포폭 = 0.8X + 1.14 = 3.000m
- 재하 활하중 = (96 / 3.000) × 1.3 = 41.60 kN·m/m

2) 내측 슬래브 (L=5.100m)

- 충격계수 = 15/(40+5.100) = 0.332 > 0.3 ∴ 충격계수 = 0.3
- 윤하중 분포폭 = 2.4L / (0.6+L) = 2.147 m
- 재하 활하중 = (96 / 2.147) × 1.3 = 58.127 kN·m/m

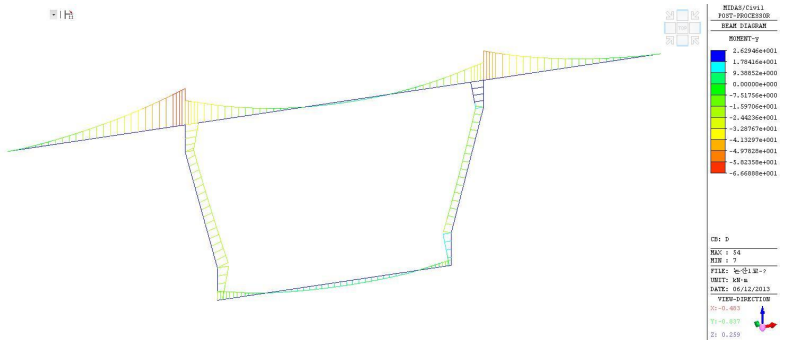


a. 고정하중 재하도 b. 활하중 재하도

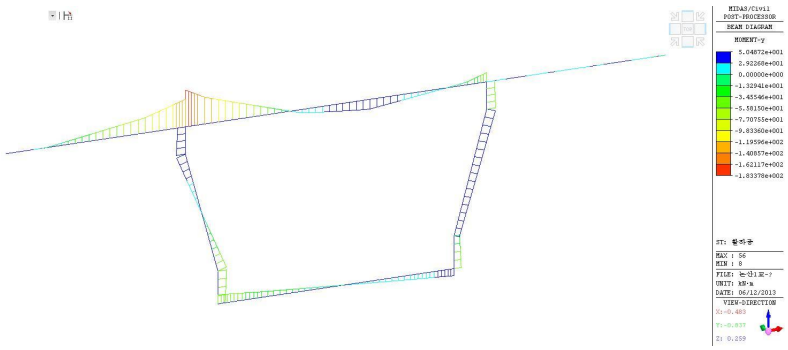
【그림 5.17】하중재하도

5.4.3 횡방향 해석 결과

가. 하중별 해석결과



【그림 5.18】고정하중에 의한 모멘트도(kN·m)



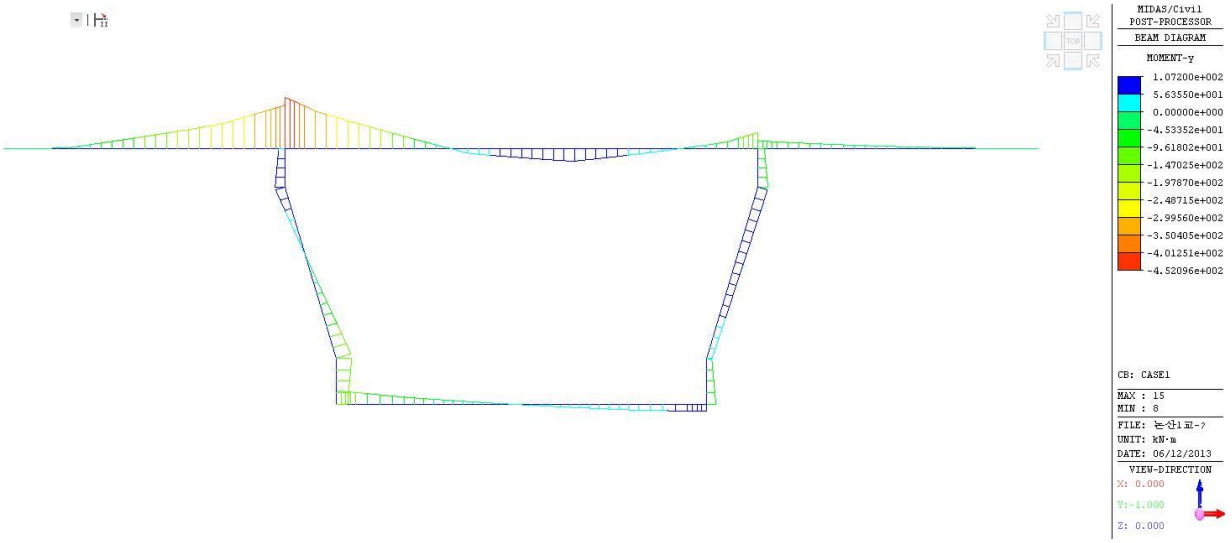
【그림 5.19】활하중에 의한 모멘트도(kN·m)

나. 하중조합

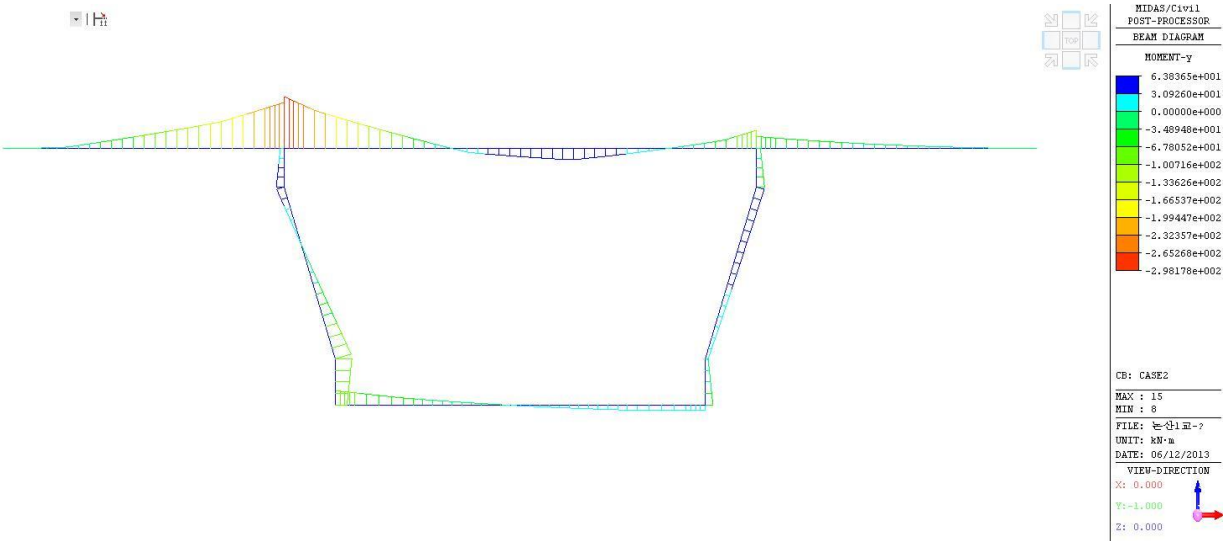
횡방향 단면검토를 위한 하중조합은 아래와 같고, 각 하중조합별 최대·최소 모멘트와 최대·최소 전단력을 다음 그림에 도시하였다.

【표 5.7】횡방향 구조해석 하중조합

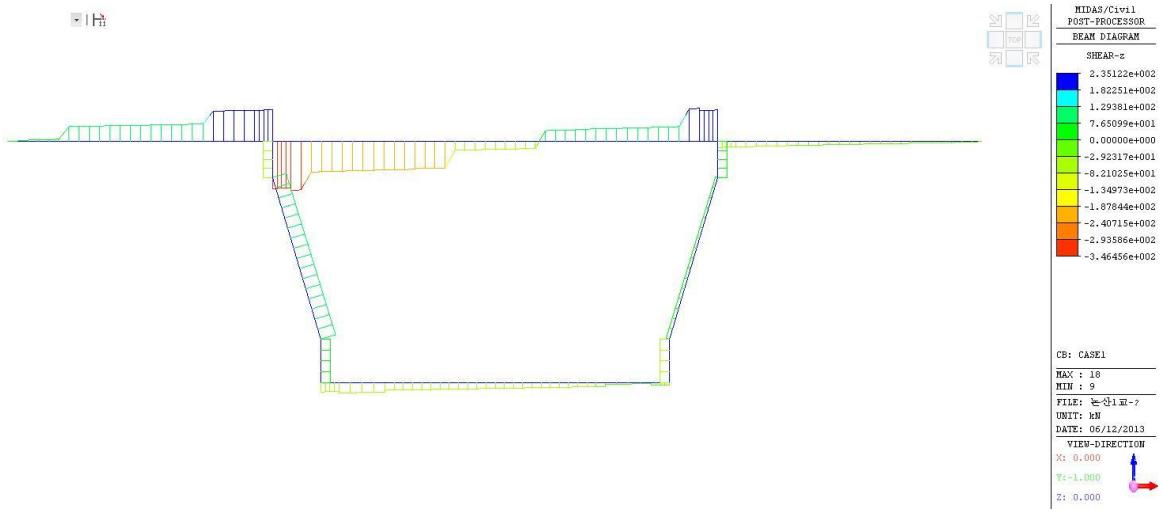
구분	고정하중	활하중	온도하중	비고
CASE1	1.3	2.15		
CASE2	1.3	1.3	1.3	



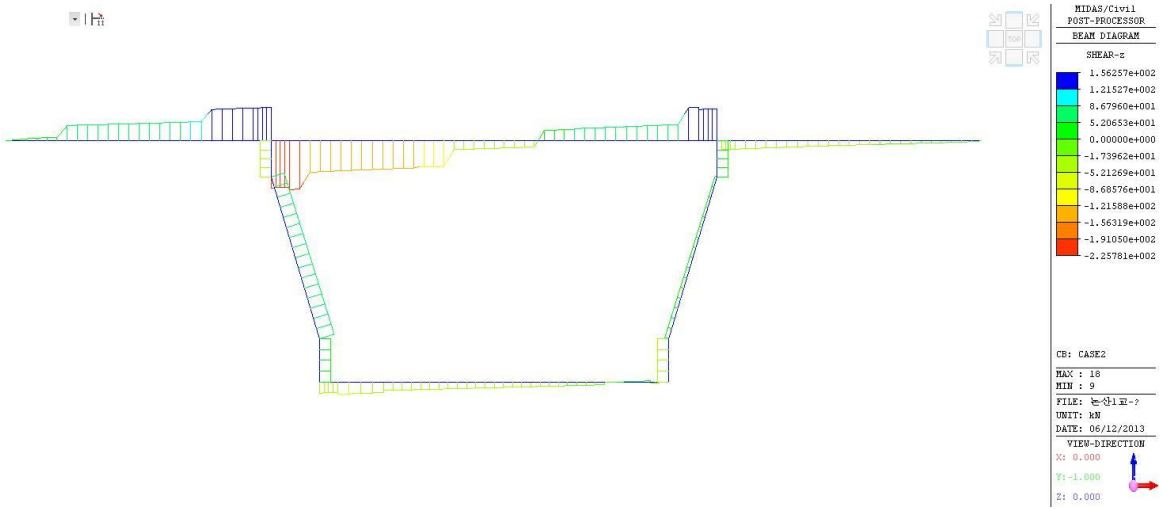
【그림 5.20】CASE1의 휨모멘트도(kN·m)



【그림 5.21】CASE2의 휨모멘트도(kN·m)



【그림 5.22】CASE1의 전단력도(kN)



【그림 5.23】CASE2의 전단력도(kN)

5.4.4 단면력 검토

횡방향 구조해석 결과에 대한 극한강도 및 전단력을 검토한 결과 발생 단면력이 공칭 휨강도 및 공칭 전단력을 만족하는 것으로 나타나 안전성에는 문제가 없는 것으로 확인되었다.

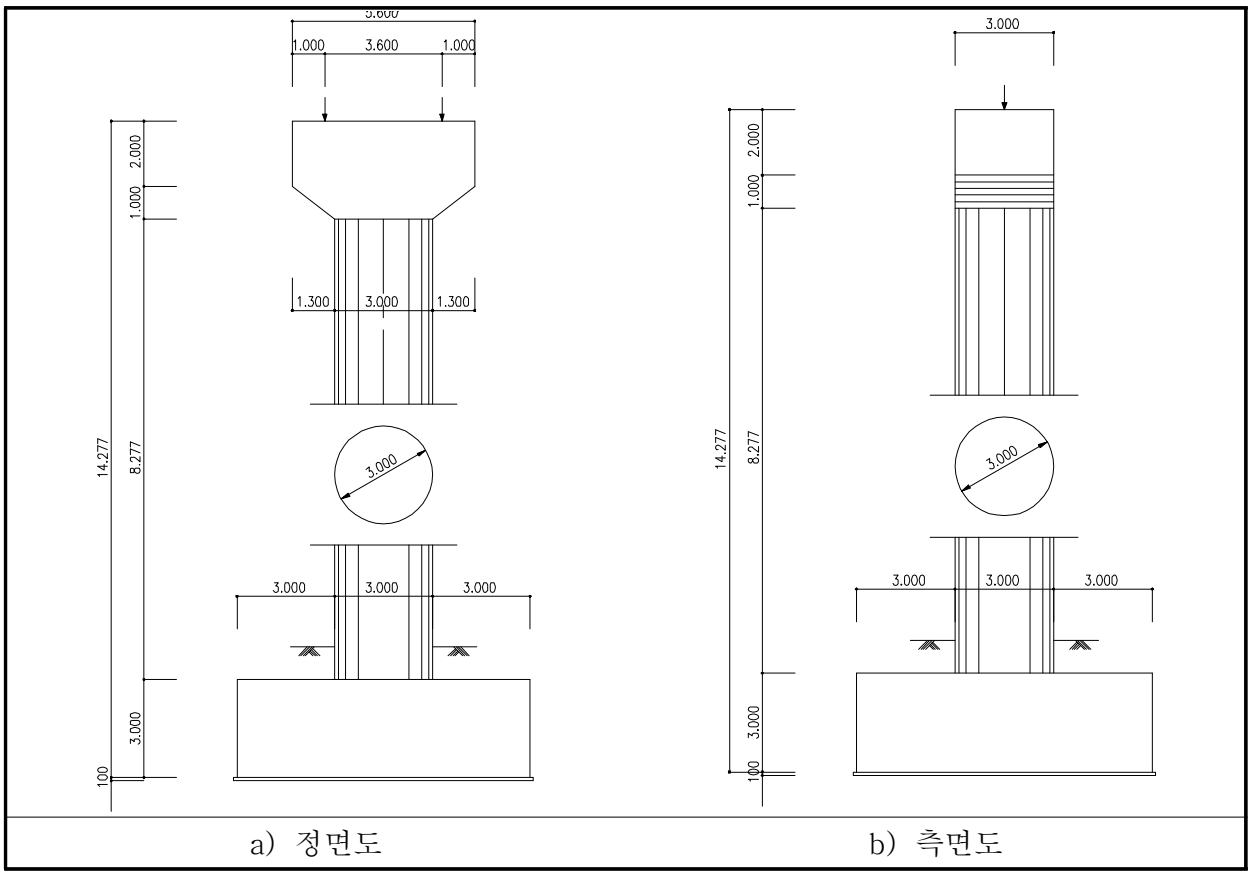
【표 5.8】하중조합에 따른 위치별 단면력 모멘트검토

부 재	A_s	휨 검 토		안전율
		M_u (kN · m)	ΦM_n (kN · m)	
캔틸레버부 단부	H25 @125	331.25	419.75	1.27
내부슬래브 중앙부	H19 @125	77.80	168.73	2.17

5.5 하부구조 검토

5.5.1 개 요

본 절에서는 고정단 교각을 제외한 가동단 교각중 예비 구조해석을 수행하여 가장 불리한 단면력 발생이 예상되는 교각7(P7)에 대해서 안전성검토를 실시하였다. 안전성검토시 고려된 하중은 고정하중, 설계활하중(DB-24, DL-24)과 풍하중이며 교각7(P7)의 실측 단면 제원은【그림 5.24】와 같다.



【그림 5.24】 해석단면

가. 검토조건

- 단면형상 : 원형
- 콘크리트 설계기준강도 : 24.0 MPa
- 철근 설계기준항복강도 : 300.0 MPa
- 철근 탄성계수 : 200000.0 MPa
- 콘크리트 탄성계수 : 26986.0 MPa
- 사용 철근량 : 102784 ㎟

나. 하중조합

【표 5.9】극한강도 검토시 하중조합

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

다. 부재력 요약

【표 5.10】부재력 요약

구 분		Pu(kN)	모멘트(kN · m)				V(kN)	δ (mm)
			Top		Bottom			
			Sway	Nonsway	Sway	Nonsway		
LCBF5	y축	22568.57	0.000	5903.778	0.000	5903.778	0.000	0.000
	z축		0.000	-26.325	0.000	-271.780	-41.760	0.000
LCBF2	y축	24987.7	0.000	10801.124	0.000	10801.124	0.000	0.000
	z축		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LCBF3	y축	18868.73	0.000	1584.428	0.000	1584.428	0.000	0.000
	z축		0.000	-52.650	0.000	-543.561	-83.520	0.000

라. 확대모멘트 산정

1) 횡구속여부 결정

검토교각은 철근콘크리트 T형식으로서 기둥의 거동은 교각 상단의 연결상태를 고려할 때 교축 및 교축직각방향에 대해서 수평하중의 변형에 대한 구속력이 없는 것으로 판단되므로 횡방향 상대변위가 방지되지 않은 부재로 취급하여 검토하였으며, 수평이동에 대한 가능성을 고려하여 유효좌굴계수는 k=2.0을 적용하였다.

2) 임계하중 산정

【표 5.11】임계하중 산정 결과

구 분	교축직각방향(y)				교축방향(z)			
	k	βd	EI(kN·m²)	Pc(kN)	k	βd	EI(kN·m²)	Pc(kN)
LCBF5	2	0.6	26824430.5	966105.056	2	0.6	26824430.56	966105.056
LCBF2	2	0.6	26824430.5	966105.056	2	0.6	26824430.56	966105.056
LCBF3	2	0.6	26824430.5	966105.056	2	0.6	26824430.56	966105.056

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

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

EI : 휨강성

E_c : 26985.82 MPa

k : 유효좌굴길이계수

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

I : 단면2차모멘트
y축 = 3.976078 m^4 z축 = 3.976078 m^4

lu : 비지지길이
y축 = 8.277 m z축 = 8.277 m

3) 비횡구속 골조인 경우의 확대모멘트 계산

① 세장비 검토

【표 5.12】 세장비 검토 결과

구 분	교축직각방향(y축)				교축방향(z축)			
	k	(k · lu)/r	한계세장비	판단	k	(k · lu)/r	한계세장비	판단
LCBF5	2.000	22.072	22.000	장주	2.000	22.072	22.000	장주
LCBF2	2.000	22.072	22.000	장주	2.000	22.072	22.000	장주
LCBF3	2.000	22.072	22.000	장주	2.000	22.072	22.000	장주

M_1, M_2 : 기둥의 양끝단 모멘트

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

M_1 / M_2 의 값이 단일곡률일 때 (+), 이중곡률일 때 (-)

$M_1 / M_2 \ge -0.5$

$r = \sqrt{I/A}$: 회전반경

- y축 = 0.750 m
- z축 = 0.750 m

② 확대모멘트계수 산정

【표 5.13】확대모멘트계수 산정 결과

구 분	교축직각방향(y축)			교축방향(z축)		
	ΣPu(kN)	ΣPc(kN)	δs	ΣPu(kN)	ΣPc(kN)	δs
LCBF5	0	0	1.000	0	0	1.000
LCBF2	0	0	1.000	0	0	1.000
LCBF3	0	0	1.000	0	0	1.000

$\delta_s = \frac{1}{1-Q}$ 여기서, Q < 0.6, δ_s < 2.5

δ_s > 1.5 이면

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

ΣP_u : 해당층의 모든 수직하중의 합
ΣP_c : 해당층의 횡변위를 지지하는 기둥들의 임계하중의 합
β_d = 최대 장기지속 계수축력 / 전체계수축력

③ 확대모멘트 산정

【표 5.14】확대모멘트 산정 결과

구 분		δs	M2(kN・m)	검토	Cm	Pu(kN)	δns	Mc(kN・m)
y축	LCBF5	1.000	5903.778	이하	-	-	-	5903.778
	LCBF2	1.000	10801.12	이하	-	-	-	10801.124
	LCBF3	1.000	1584.428	이하	-	-	-	1584.428
z축	LCBF5	1.000	271.78	이하	-	-	-	271.78
	LCBF2	1.000	0	이하	-	-	-	0
	LCBF3	1.000	543.561	이하	-	-	-	543.561

$M_2 = M_{2ns} + \delta_s \cdot M_{2s}$

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

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

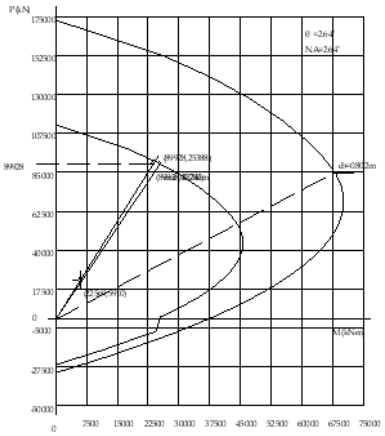
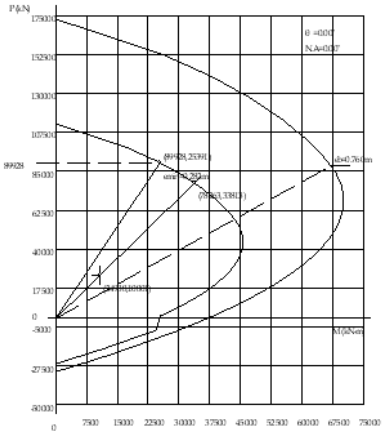
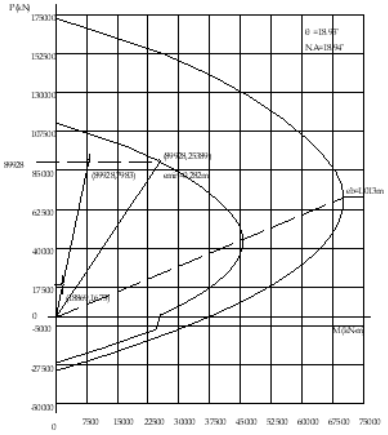
4) 확대모멘트 산정 결과

【표 5.15】단면력 산출결과 요약

구 분	Pu (kN)	Mcy (kN・m)	Mcz (kN・m)	Mc (kN・m)	비 고
LCBF5	22568.57 kN	5903.78 kN・m	271.78 kN・m	5910.03 kN・m	Pu,max
LCBF2	24987.70 kN	10801.12 kN・m	0.00 kN・m	10801.12 kN・m	Mz,max
LCBF3	18868.73 kN	1584.43 kN・m	543.56 kN・m	1675.07 kN・m	My,max

5) P-M 상관도

【표 5.16】P-M 상관도에 의한 기둥 안전성 평가 결과 요약

■ 하중조합 : LCBF5 	▪ 평형편심 상태 eb = 0.802 m ΦPb = 55191.463 kN ΦMb = 44237.262 kN·m ▪ 작용편심에서의 설계강도 e = 0.264 m ΦPn = 89927.505 kN ≥ Pu = 22568.569 kN ∴ OK ΦMn = 23746.058 kN·m ≥ Mu = 5910.03 kN·m ∴ OK
■ 하중조합 : LCBF2 	▪ 평형편심 상태 eb = 0.760 m ΦPb = 57338.727 kN ΦMb = 43595.559 kN·m ▪ 작용편심에서의 설계강도 e = 0.432 m ΦPn = 78262.938 kN ≥ Pu = 24987.698 kN ∴ OK ΦMn = 33812.632 kN·m ≥ Mu = 10801.12 kN·m ∴ OK
■ 하중조합 : LCBF3 	▪ 평형편심 상태 eb = 1.013 m ΦPb = 45025.521 kN ΦMb = 45593.488 kN·m ▪ 작용편심에서의 설계강도 e = 0.089 m ΦPn = 89927.505 kN ≥ Pu = 18868.725 kN ∴ OK ΦMn = 7983.325 kN·m ≥ Mu = 1675.073 kN·m ∴ OK

5.6 내하력 평가

5.6.1 개요

본 교량의 안전성 평가는 시공중과 시공완료후 공용하중에 대해 평가를 하였으며 시공완료후에 대해서는 현 시방기준에 입각하여 허용응력법과 극한강도법에 의해 평가를 하였다. 거더의 종방향 내하력 평가는 허용응력법과 극한강도법에 의한 기본내하율을 각각 구하였으며 횡방향에 대한 내하율은 극한강도법에 의하여 산정하였다.

- 허용응력법에의한내하율$(RF) = \dfrac{f_a - (f_d + f_{pt} + f_{cs})}{f_l(1+i)}$

여기서, f_a = 허용응력

f_d = 고정하중에 의한 발생응력

f_{pt} = 프리스트레스력에 의한 발생응력

f_{cs} = Creep, Shrinkage에 의한 발생응력

f_l = 활하중에 의한 발생응력

- 극한강도법에의한내하율$(RF) = \dfrac{\phi M_n - (\gamma_d M_d + \gamma_{pt} M_{pt})}{\gamma_l M_l (1+i)}$

여기서, $\varnothing M_n$ = 극한 저항 모멘트 (RC·PC구조물의 휨부재 $\varnothing$=0.85)

M_d = 고정하중 모멘트(증가계수 γ_d = 1.3)

M_{pt} = 프리스트레스력에 의한 모멘트(증가계수 γ_{pt} = 1.0)

M_l = 활하중에 의한 모멘트(증가계수 γ_l = 2.15)

i = 충격계수

5.6.2 종방향 내하력 평가

가. 허용응력법에 의한 거더의 내하율 산정

허용응력법에 의한 내하율 산정시 검토위치는 외측경간 S_1 지점부P_1, 외측경간 S_1 경간중앙부, 내측경간 S_{10} 지점부 P_9 및 내측경간S_{10} 경간중앙부로 선정하였으며 각 단면의 내하력은 다음 【표 5.17】과 같다.

【표 5.17】허용응력법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력평가 단위:MPa

위치	내하율 계산	내하율(*RF*)	기본내하력
외측 S_1경간 지점부(P_1)	$\frac{16.000 - (10.590 + 0.463 + 0.019)}{2.579}$	1.910	DB-24 이상
외측 S_1경간 중앙부	$\frac{16.000 - (4.459 + 3.886 - 0.006)}{1.639}$	4.674	DB-24 이상
내측 S_{10}경간 지점부(P9)	$\frac{16.000 - (8.061 + 1.982 - 0.027)}{2.374}$	2.520	DB-24 이상
내측 S_{10}경간 중앙부	$\frac{16.000 - (2.140 + 4.230 + 0.002)}{1.359}$	7.084	DB-24 이상

나. 극한강도법에 의한 거더의 내하율 산정

극한강도법에 의한 내하율 산정시 검토위치는 외측경간 S_{11} 지점부P_{10}, 외측경간 S_1 경간중앙부, 내측경간 S_9 지점부 P_8 및 내측경간S_2 경간중앙부로 선정하였으며 각 단면의 내하력을 산정하면 다음【표 5.18】과 같다

【표 5.18】극한강도법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력 평가 단위:kN・m

위치	내하율 계산	내하율(RF)	기본내하력
외측 S_{11}경간 지점부 (P_{10})	$\frac{140608.5 - (1.3 \times 57903.0 - 13560.3)}{2.15 \times 14614.1}$	2.510	DB-24 이상
외측 S_1경간 중앙부	$\frac{137248.4 - (1.3 \times 40356.7 + 7460.6)}{2.15 \times 13162.3}$	2.732	DB-24 이상
내측 S_9경간 지점부 (P_8)	$\frac{124723.7 - (1.3 \times 44713.1 - 7024.2)}{2.15 \times 13833.1}$	2.475	DB-24 이상
내측 S_2경간 중앙부	$\frac{137248.4 - (1.3 \times 19064.7 + 11350.1)}{2.15 \times 10863.6}$	4.239	DB-24 이상

평가 결과, 설계 활하중 DB-24(DL-24)에 대하여 충분한 내하력을 확보하는 것으로 나타났다.

5.6.3 횡방향 내하력 평가

【표 5.19】은 횡방향 각 단면에 대한 내하력을 산정하였다.

【표 5.19】횡방향 각 단면에 대한 내하력 평가 단위:kN・m

위치	내하율 계산	내하율(RF)	기본 내하력
캔틸레버부 단부	$\frac{419.75 - (1.3 \times 58.73)}{2.15 \times 118.56}$	1.347	DB-24 이상
내부슬래브 중앙부	$\frac{168.73 - (1.3 \times 2.64)}{2.15 \times 34.59}$	2.222	DB-24 이상

평가 결과, 설계 활하중 DB-24(DL-24)에 대하여 충분한 내하력을 확보하는 것으로 나타났다.

5.7 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.

5.7.1 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 5.20】 구조물의 안전성 평가기준

등급	안전성평가 기준	비 고
A	SF > 1.0	◦ 허용응력설계법
B	0.9 ≤ SF < 1 이나, 공용내하력이 설계하중보다 크게 평가된 경우	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}}$
C	0.9 ≤SF < 1	
D	0.75 ≤ SF < 0.9	◦ 강도설계법
E	SF < 0.75	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u}$

5.7.2 안전성 평가결과

【표 5.21】에 따라 설계하중에 대한 안전율은 다음과 같이 계산된다.

• PSC박스 거더 (허용응력설계법)

【표 5.21】 허용응력법에 의한 안전율 산정 단위 : (kN/㎡)

조합 케이스	허용응력	S1 지점부(P1)		S10 지점부(P9)		S1 중앙부		S10 중앙부	
		합응력	S.F	합응력	S.F	합응력	S.F	합응력	S.F
1	16.000	13.630	1.174	12.420	1.288	9.984	1.603	8.568	1.867
2	16.000	13.630	1.174	12.420	1.288	9.985	1.602	8.568	1.867
3	18.400	13.580	1.355	12.330	1.492	9.914	1.856	8.497	2.165
4	18.400	13.580	1.355	12.330	1.492	9.915	1.856	8.497	2.165
5	18.400	13.720	1.341	12.450	1.478	10.040	1.833	8.632	2.132
6	18.400	13.720	1.341	12.450	1.478	10.040	1.833	8.632	2.132
7	18.400	13.580	1.355	12.330	1.492	9.914	1.856	8.497	2.165
8	18.400	13.580	1.355	12.330	1.492	9.914	1.856	8.497	2.165
9	18.400	13.720	1.341	12.450	1.478	10.040	1.833	8.632	2.132
10	18.400	13.720	1.341	12.450	1.478	10.040	1.833	8.632	2.132
최소 안전율			1.174		1.288		1.602		1.867

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{16.000}{13.630} = 1.174 \quad 『A』$$

• PSC박스 거더 (강도설계법)

【표 5.22】 설계하중 작용시 검토단면의 최대 단면력

위 치	Mu (kN·m)	ΦMn (kN·m)	안전율
외측경간 지점부 P10, 130요소	-93133.98	140608.52	1.510
외측경간 중앙부 S1, 6요소	88223.25	137248.36	1.556
내측경간 지점부 P8, 117요소	-80843.88	124723.65	1.543
내측경간 중앙부 S2, 20요소	59490.89	137248.36	2.307

【표 5.23】 설계하중 작용 시 외측·내측경간 최대 전단력

위 치(경간위치, 부재번호)	Vu (kN)	ΦVn (kN)	안전율
외측경간 최대 (P1, 12)	12246.14	12513.63	**1.022**
내측경간 최대 (P2, 25)	10697.92	11995.47	1.121

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u} = \frac{140608.52}{93133.98} = 1.510 \qquad 『A』$$

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi V_n}{V_u} = \frac{12513.63}{12246.14} = 1.022 \qquad 『A』$$

• 횡방향검토 (강도설계법)

【표 5.24】 하중조합에 따른 위치별 단면력 모멘트검토

부 재	A_s	M_u (kN · m)	ΦM_n (kN · m)	안전율
캔틸레버부 단부	H25 @125	331.25	419.75	**1.267**
내부슬래브 중앙부	H19 @125	77.80	168.73	2.169

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u} = \frac{419.75}{331.25} = 1.267 \qquad 『A』$$

• 하부구조 (강도설계법)

$$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi P_n}{P_u} = \frac{78262.938}{24987.698} = 3.132 \qquad 『A』$$

대상교량의 구조해석에 의한 안전성 평가결과는 【표 5.25】와 같이 모든 부재에서 안전율이 1.0을 초과한다.

【표 5.25】안전성 평가결과

부 재	SF(안전율)	등 급
PSC 거더 (허용응력법) (제1 내부지점부, P1)	1.174	A
PSC 거더 (강도설계법) (내측경간 최대, P2)	1.022	A
횡방향 검토 (강도설계법) (캔틸레버 단부)	1.267	A
하부구조 (강도설계법)	3.132	A

제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가 산정절차

6.2 종합평가 결과

6.3 안전등급 지정

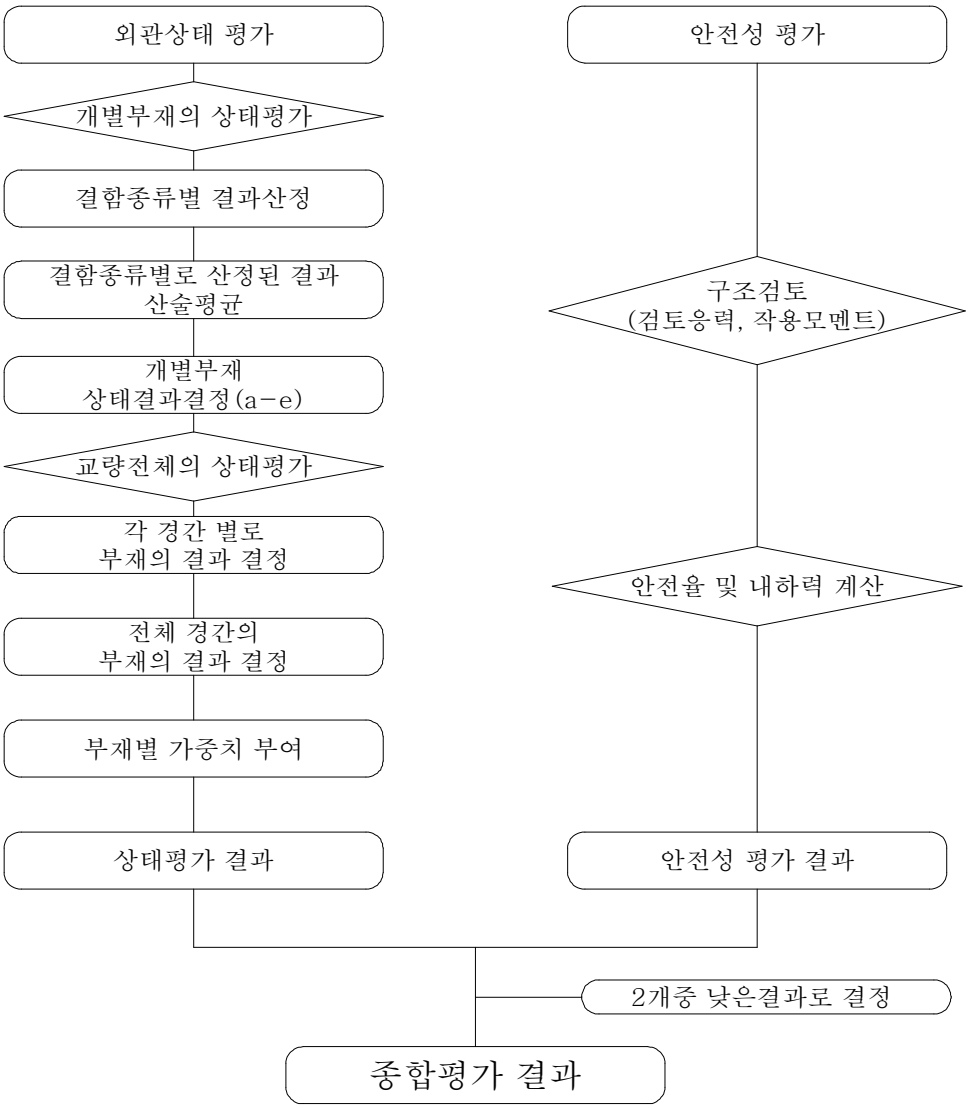
제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정

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, 논산천교(천안방향)의 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 6.1】 종합평가 결과(천안방향)

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
논산천교(천안)	0.188	B	1.022(거더)	A	B
종합평가	• 논산천교의 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 논산천교는 “B” 로 평가됨				

외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과와 구조검토에 의한 안전성평가 결과를 종합하여 검토한 결과, 논산천교(논산방향)의 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 6.2】 종합평가 결과(논산방향)

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
논산천교(논산)	0.182	B	1.022(거더)	A	B
종합평가	• 논산천교의 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 논산천교는 “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

논산천교에 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
	논산천교	B등급(양호)

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개 요

7.2 보수·보강 방안

7.3 보수·보강 개략공사비

7.4 유지관리방안

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개요

본 과업 대상 교량인 논산천교는 논산천안고속도로(이정 : 206.7km)상의 교량으로 2002년 12월에 준공된 교량이며, 논산시 성동면 삼호리에 위치하고 있으며 교량하부로는 논산천이 통과하고 있다.

교량의 외관조사에 따른 상태평가 결과 "B등급"으로 산정되어 발생한 손상에 대한 보수가 필요한 상태이고, 구조안전성평가 결과, 상·하행선 모두 전 경간에서 1등교(DB-24)로서의 내하력을 충분히 확보하고 있으며, 하부구조 또한 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

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

논산천교의 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

논산천교에 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.

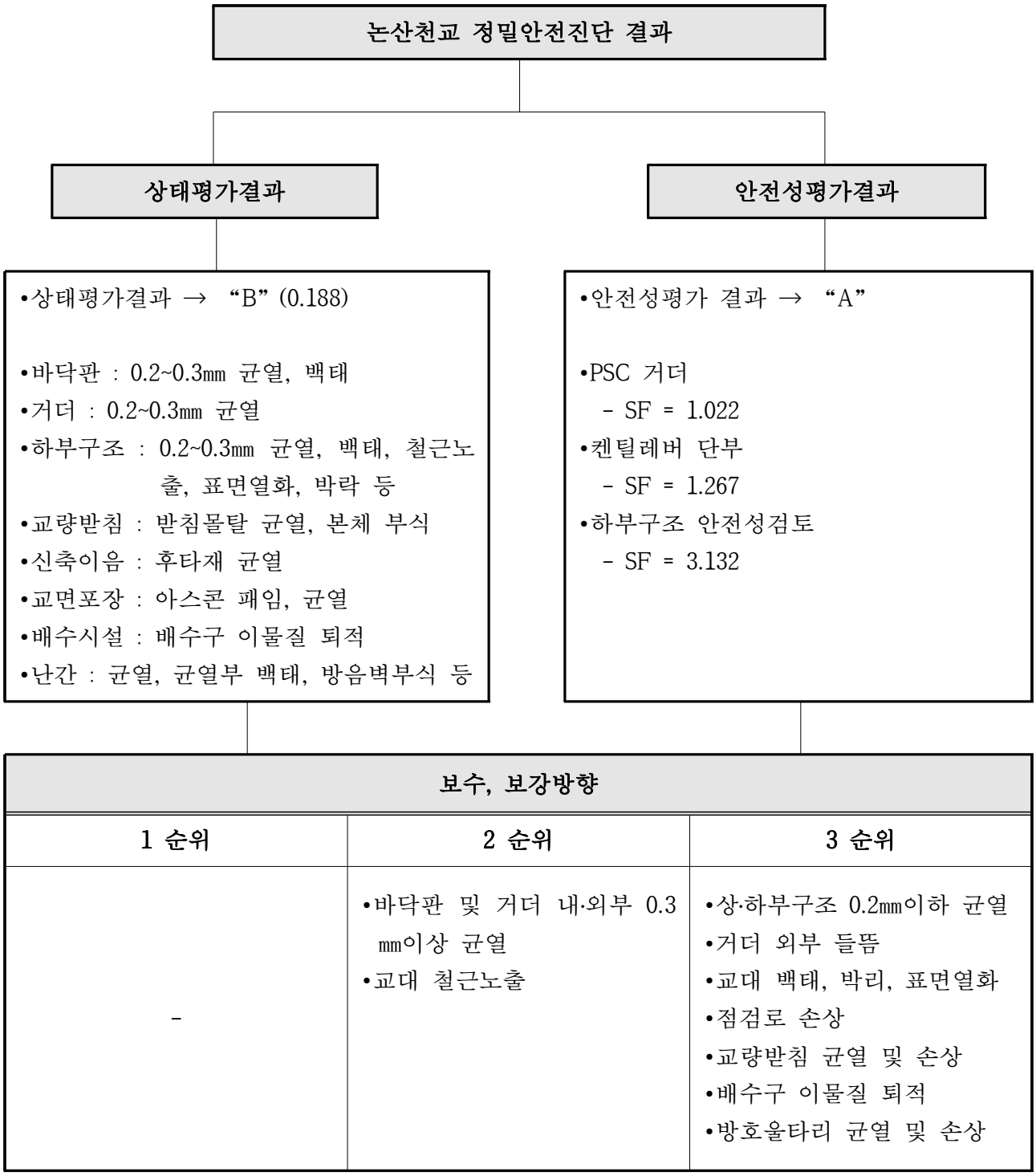
진단시 조사된 콘크리트의 균열, 박리, 박락 등의 손상 및 결함에 대해서는 가능한 한 조속한 보수·보강을 실시하는 것이 원칙이나, 경제적이고 효율적인 보수·보강 작업을 위해 손상 및 결함이 구조물의 안전성에 미치는 영향을 고려하여야 한다.

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

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

【표 7.2】보수 · 보강 우선순위 결정 기준

구분	순위	내 용
단기	1순위	• 『시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령』 제18조(시설물의 중대한 결함)의 “대통령령으로 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 •주요부재에 발생된 결함 및 손상이 커 상태평가 기준 “d” 이하인 경우 •철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우
중기	2순위	•보조부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 •상부 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상 •즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
장기	3순위	•기능발휘에는 지장이 없으나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상 •발생된 손상이 경미하여, 유지관리를 통한 점검이 필요한 경우
주의 관찰		•1~3순위를 제외한 손상으로서 지속적인 관찰을 통해 향후 발전상태에 따라 보수·보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 - 콘크리트의 0.2mm이하의 비구조적 미세균열(단, 균열집중구간은 제외) - 경미한 강재의 용접결함 - 후타재 등의 보조부재에서의 주행에 지장을 주지 않는 균열 등의 손상(빈번한 차량통행으로 인한 보수효과가 없는 경우, 향후 교체가 시행될 부재 등) - 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않은 경우



보수, 보강방향		
1 순위	2 순위	3 순위
-	•바닥판 및 거더 내·외부 0.3㎜이상 균열 •교대 철근노출	•상·하부구조 0.2㎜이하 균열 •거더 외부 들뜸 •교대 백태, 박리, 표면열화 •점검로 손상 •교량받침 균열 및 손상 •배수구 이물질 퇴적 •방호울타리 균열 및 손상

【그림 7.1】 보수·보강방안 추진방향

7.2.2 결함내용별 보수·보강방안

가. 논산천교(천안방향)

【표 7.3】 보수·보강 일람표

구분		손상내용	손상 물량	단위	보수방안	우선 순위
바닥판		균열(0.3㎜미만)	2,710.40	m	표면보수	3
		균열(0.3㎜이상)	4.5	m	주입보수	2
		망상균열	1.35	㎡	표면보수	3
		백태	4.35	㎡	표면보수	3
거더	내부	균열(0.3㎜미만)	266.47	m	표면보수	3
		균열(0.3㎜이상)	0.70	m	주입보수	2
		망상균열	1.00	㎡	표면보수	3
	외부	균열(0.3㎜미만)	44.00	m	표면보수	3
		균열(0.3㎜이상)	1.90	m	주입보수	2
		들뜸	0.26	㎡	단면보수	3
하부 구조	교대	균열(0.3㎜미만)	13.00	m	표면보수	3
		계단변형	1.00	ea	주의관찰	-
		도수로파손	0.18	㎡	주의관찰	-
		박리	0.80	㎡	단면보수	3
		백태	1.98	㎡	표면보수	3
		식생	14.00	㎡	주의관찰	-
		실런트 파손	6.00	m	주의관찰	-
		누수흔적	0.10	㎡	주의관찰	-
		이음부 누수흔적	1.00	ea	주의관찰	-
		철근노출	0.25	㎡	단면보수(방청)	2
		표면열화	3.60	㎡	표면보수	3
	교각	균열(0.3㎜미만)	50.60	m	표면보수	3
		망상균열	2.00	㎡	표면보수	3
		박락	0.09	㎡	단면보수	3
		긁힘	0.72	㎡	단면보수	3
		점검로 볼트탈락	7.00	ea	볼트 재결합	3
		점검로 지지대파손	1.00	ea	지지대 보수	3
		표지판 탈락	2.00	ea	주의관찰	-

【표 7.4】 보수·보강 일람표(계속)

구분	손상내용	손상 물량	단위	보수방안	우선 순위
교량받침	균열(0.3㎜미만)	20.90	m	표면보수	3
	받침부식	7.00	ea	재도장	3
	받침콘크리트 박락	0.85	㎡	단면보수	3
	받침콘크리트 파손	0.02	㎡	단면보수	3
	고정볼트 풀림	12.00	ea	주의관찰	-
교면포장	아스콘 패임	0.10	㎡	주의관찰	-
	아스콘 균열 및 침하	7.00	m	주의관찰	-
배수시설	배수구 이물질퇴적	1.00	ea	청소	3
난간 및 연석	균열(0.3㎜미만)	8.90	m	표면보수	3
	균열(0.3㎜이상)	6.10	m	주입보수	3
	균열부 백태(0.3㎜미만)	1.30	m	표면보수	3
	균열 부 백태(0.3㎜이상)	2.00	m	주입보수	3
	방음벽 부식	3.22	㎡	주의관찰	-
	긁힘	1.10	㎡	단면보수	3
	박리	0.04	㎡	단면보수	3
	파손	0.88	m	단면보수	3
	철근부식	3.90	㎡	단면보수(방청)	3

나. 논산천교(논산방향)

【표 7.5】 보수·보강 일람표

구분		손상내용	손상 물량	단위	보수방안	우선 순위
바닥판		균열(0.3㎜미만)	1,386.80	m	표면보수	3
		균열(0.3㎜이상)	0.30	m	주입보수	2
		누수흔적	0.01	㎡	주의관찰	-
		망상균열	10.80	㎡	표면보수	3
		박리	2.25	㎡	단면보수	3
		박락	0.08	㎡	단면보수	3
		백태	10.36	㎡	표면보수	3
거더	내부	균열(0.3㎜미만)	60.60	m	표면보수	3
		균열(0.3㎜이상)	0.70	m	주입보수	2
		망상균열	0.80	㎡	표면보수	3

【표 7.6】 보수·보강 일람표

구분		손상내용	손상 물량	단위	보수방안	우선 순위
거더	외부	균열(0.3㎜미만)	61.70	m	표면보수	3
		망상균열	2.00	㎡	표면보수	3
하부 구조	교대	균열(0.3㎜미만)	10.90	m	표면보수	3
		균열(0.3㎜이상)	1.80	m	주입보수	2
		망상균열	10.9	㎡	표면보수	3
		누수흔적	0.40	㎡	주의관찰	-
		백태	0.72	㎡	표면보수	3
		보수부 들뜸	0.10	㎡	주의관찰	-
		보수재 박리	0.64	㎡	주의관찰	-
		식생	14.00	㎡	주의관찰	-
		이음부 누수흔적	2.00	ea	주의관찰	-
		표면열화	1.20	㎡	표면보수	3
	교각	균열(0.3㎜미만)	70.70	m	표면보수	3
		균열(0.3㎜이상)	0.30	m	주입보수	2
		망상균열	2.25	㎡	표면보수	3
		박락	0.01	㎡	단면보수	3
		마감불량	2.00	㎡	주의관찰	-
		점검로 지지대파손	1.00	ea	지지대 보수	3
교량받침		균열(0.3㎜미만)	17.70	m	표면보수	3
		균열(0.3㎜이상)	0.60	m	주입보수	3
		받침부식	5.00	ea	재도장	3
		받침콘크리트 박락	0.01	㎡	단면보수	3
		도장박리	0.08	㎡	재도장	3
		고정볼트 풀림	13.00	ea	주의관찰	-
신축이음		후타재균열(0.3㎜미만)	0.30	m	표면보수	3
교면포장		잡철물 삽입	0.01	㎡	주의관찰	-
배수시설		배수구 막힘	1.00	ea	청소	3
난간 및 연석		균열(0.3㎜미만)	24.10	m	표면보수	3
		균열(0.3㎜이상)	8.80	m	주입보수	3
		재료분리	10.15	㎡	표면보수	3
		긁힘	3.56	㎡	단면보수	3
		박락	3.22	㎡	단면보수	3
		파손	0.12	㎡	단면보수	3
		철근노출	0.02	㎡	단면보수(방청)	3
		철근부식	0.10	㎡	단면보수(방청)	3
		방음벽 파손	0.30	㎡	주의관찰	-

7.2.3 주요결함 및 손상에 대한 보수·보강 방법

가. 콘크리트 균열보수 방안

1) 진단 현황

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

2) 콘크리트 표면처리공법(c/w=0.3㎜미만)

① 공법 개요

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

② 시공방법 및 유의사항

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

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

표 면 처 리	콘크리트 열화부위, 백태발생 부위를 그라인더 등을 이용하여 표면처리 한다.
↓	
표 면 청 소	콘크리트 표면처리후 고압살수기를 이용하여 표면을 고압세척한다. 고압세척의 압력은 노즐 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=0.3㎜이상)

① 개요

균열(0.3㎜이상)부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다.

균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안전성 여부 등을 종합적으로 판단하여 보수 목적에 따라 가장 유리한 보수 대책을 선정하여야 한다. 또한, 균열보수는 균열 폭과 균열깊이를 고려하여 이에 적합한 주입속도, 점도 및 양생 속도를 갖는 수지 재료를 사용하여야 한다.

② 수지주입공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며, 이 중 저압·저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있어 유리하다.

【표 7.7】 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 7.8】 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

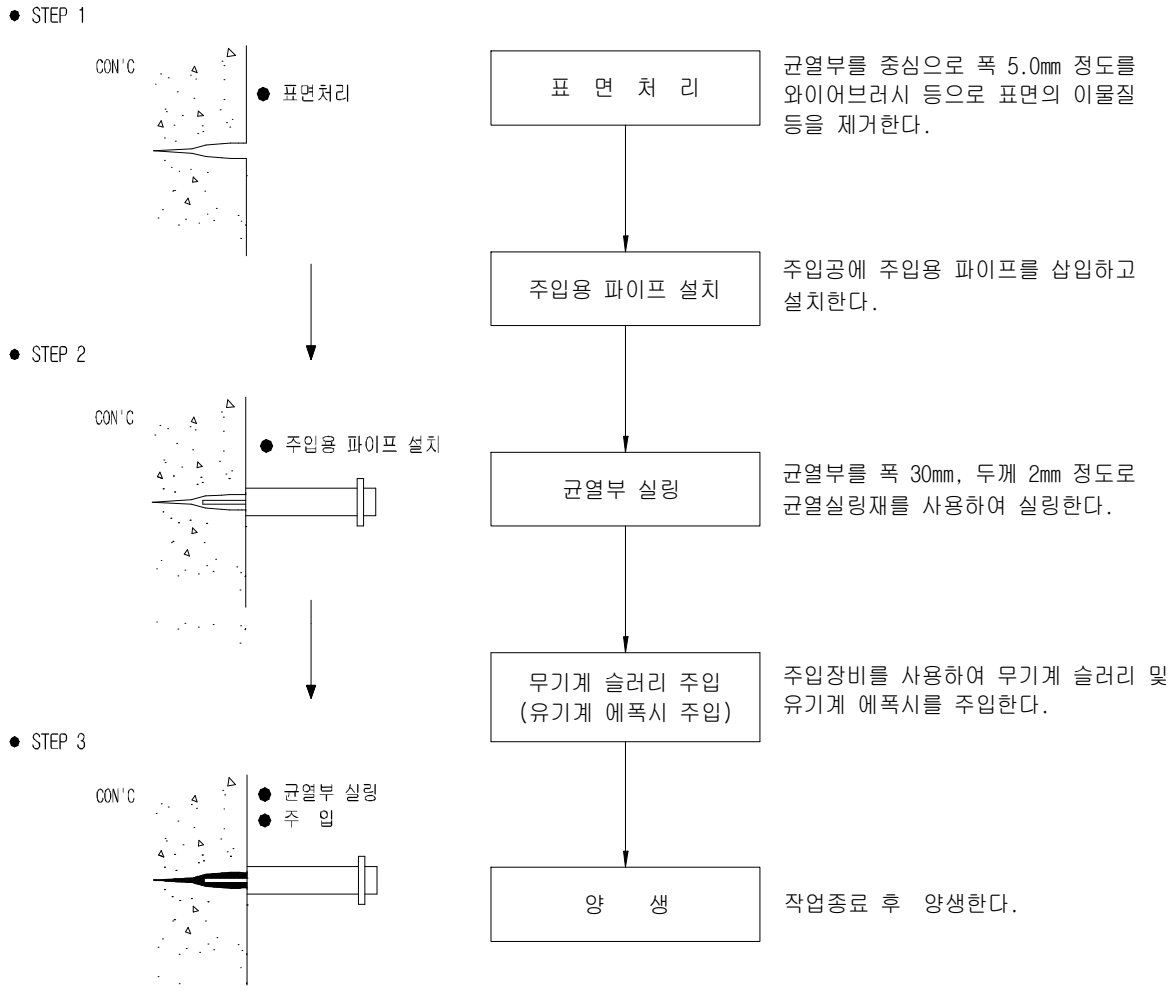
【표 7.9】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

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 7.10】 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.

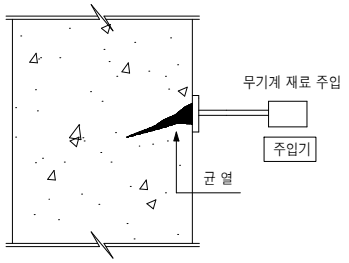
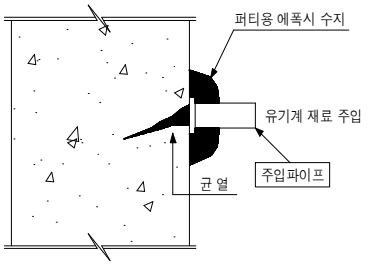
㉡ 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.

㉢ 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 7.11】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 거더의 들뜸, 교대 및 교각의 박리, 박락, 철근노출, 난간 긁힘, 박리, 박락, 철근부식, 철근노출 등이 조사되었으며, 조사된 손상은 주의관찰, 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

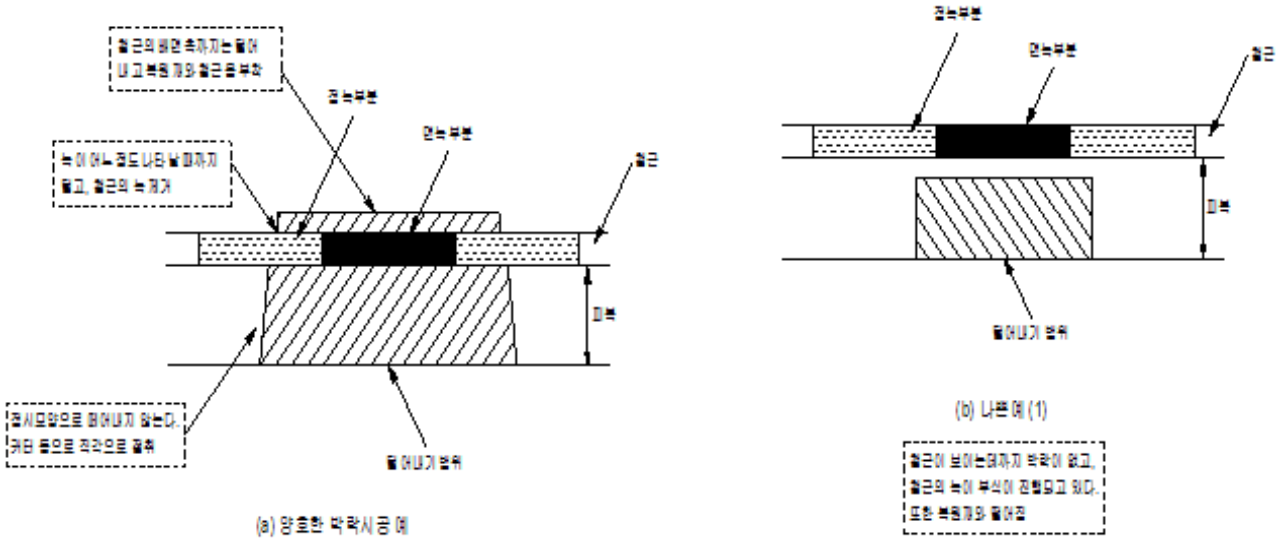
콘크리트의 열화부분을 충분하게 제거하여도 철근의 부식범위는 이 부위보다 넓은 경우가 대부분이다. 이 경우는 박락되어 노출된 부분의 철근 청소를 실시하여도 그 전후는 녹이 잔존한 채 남아있게 된다. 이 상태에서 단면복구(보수)를 실시하면 보수된 범위는 마이너스(-), 그 전후는 플러스(+)의 macro cell 부식이 생겨서 철근부식이 주위로 확산되어 보수효과가 적어지는 결과를 나타내는 경우가 많다.

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 7.12】 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.

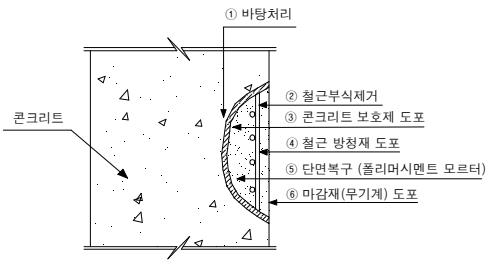
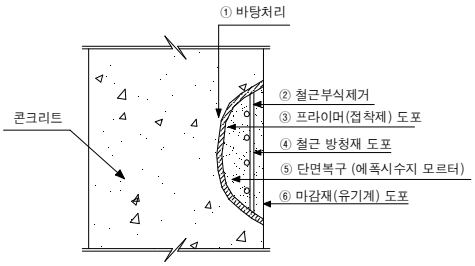
② 철근방청재, 프라이머, 단면복구(보수)재는 동일 제작사의 제품을 사용하거나 서로 양호한 조합의 물건을 이용한다.

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 7.13】 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 진단에서 대한 부재 및 손상에 대하여 개략공사비를 산정하였으며, 보수공법별 단가는 한국도로공사 2018년 유지보수단가를 적용하여 산정하였다.

7.3.1 논산천교(천안방향)

【표 7.14】 보수·보강 개략공사비

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판		균열(0.3㎜미만)	표면보수	2,710.40	1,016.40	㎡	50	50,820	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	4.50	1.69	㎡	75	127	2
		망상균열	표면보수	1.35	2.03	㎡	50	101	3
		백태	표면보수	4.35	6.53	㎡	50	327	3
거더	내부	균열(0.3㎜미만)	표면보수	266.47	99.93	㎡	50	4,997	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	0.70	0.26	㎡	75	20	2
		망상균열	표면보수	1.00	1.50	㎡	50	75	3
	외부	균열(0.3㎜미만)	표면보수	44.00	16.50	㎡	50	825	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	1.90	0.71	㎡	75	53	2
		들뜸	단면보수	0.26	0.39	㎡	230	90	3
하부구조	교대	균열(0.3㎜미만)	표면보수	13.00	4.88	㎡	50	244	3
		계단변형	주의관찰	1.00	1.00	ea	-	-	-
		도수로파손	주의관찰	0.18	0.27	㎡	-	-	-
		박리	단면보수	0.80	1.20	㎡	230	276	3
		백태	표면보수	1.98	2.97	㎡	50	149	3
		식생	주의관찰	14.00	21.00	㎡	-	-	-
		실런트 파손	주의관찰	6.00	9.00	m	-	-	-
		누수흔적	주의관찰	0.10	0.15	㎡	-	-	-
		이음부 누수흔적	주의관찰	1.00	1.00	ea	-	-	-
		철근노출	단면보수(방청)	0.25	0.38	㎡	250	95	2
		표면열화	표면보수	3.60	5.40	㎡	50	270	3
	교각	균열(0.3㎜미만)	표면보수	50.60	18.98	㎡	50	949	3
		망상균열	표면보수	2.00	3.00	㎡	50	150	3
		박락	단면보수	0.09	0.14	㎡	230	32	3
		긁힘	단면보수	0.72	1.08	㎡	230	248	3
		점검로 볼트탈락	볼트 재결합	7.00	7.00	ea	100	700	3
		점검로 지지대파손	지지대 보수	1.00	1.00	ea	200	200	3
		표지판 탈락	주의관찰	2.00	2.00	ea	-	-	-

【표 7.15】 보수·보강 개략공사비(계속)

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
교량받침	균열(0.3㎜미만)	표면보수	20.90	7.84	㎡	50	392	3
	받침부식	재도장	7.00	7.00	ea	45	315	3
	받침콘크리트 박락	단면보수	0.85	1.27	㎡	230	292	3
	받침콘크리트 파손	단면보수	0.02	0.03	㎡	230	7	3
	고정볼트 풀림	주의관찰	12.00	12.00	ea	-	-	-
교면포장	아스콘 패임	주의관찰	0.10	0.15	㎡	-	-	-
	아스콘 균열 및 침하	주의관찰	7.00	10.50	m	-	-	-
배수시설	배수구 이물질퇴적	청소	1.00	1.00	ea	10	10	3
난간 및 연석	균열(0.3㎜미만)	표면보수	8.90	3.34	㎡	50	167	3
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	6.10	2.29	㎡	75	172	3
	균열부 백태(0.3㎜미만)	표면보수	1.30	0.49	㎡	50	25	3
	균열부 백태(0.3㎜이상)	주입보수	2.00	0.75	㎡	75	56	3
	방음벽 부식	주의관찰	3.22	4.83	㎡	-	-	-
	긁힘	단면보수	1.10	1.65	㎡	230	380	3
	박리	단면보수	0.04	0.06	㎡	230	14	3
	파손	단면보수	0.88	1.32	㎡	230	304	3
	철근부식	단면보수(방청)	3.90	5.85	㎡	250	1,463	3

순공사비 합계(천원)		63,345,000원
제경비(순공사비×50%)		32,173,000원
순위별 공사비 (제경비 포함)	1순위	-
	2순위	443,000원
	3순위	96,075,000원
유지보수 개략공사비 총계		96,518,000원

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

7.3.2 논산천교(논산방향)

【표 7.16】보수·보강 개략공사비

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판		균열(0.3㎜미만)	표면보수	1,386.80	520.05	㎡	50	26,002	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	0.30	0.11	㎡	75	8	2
		누수흔적	주의관찰	0.01	0.02	㎡			-
		망상균열	표면보수	10.80	16.20	㎡	50	810	3
		박리	단면보수	2.25	3.38	㎡	230	777	3
		박락	단면보수	0.08	0.12	㎡	230	28	3
		백태	표면보수	10.36	15.54	㎡	50	777	3
거더	내부	균열(0.3㎜미만)	표면보수	60.60	22.73	㎡	50	1,137	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	0.70	0.26	㎡	75	20	2
		망상균열	표면보수	0.80	1.20	㎡	50	60	3
	외부	균열(0.3㎜미만)	표면보수	61.70	23.14	㎡	50	1,157	3
		망상균열	주입보수	2.00	0.75	㎡	50	38	3
하부구조	교대	균열(0.3㎜미만)	표면보수	10.90	4.09	㎡	50	205	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	1.80	0.68	㎡	75	51	2
		망상균열	표면보수	10.9	1.00	㎡	50	50	3
		누수흔적	주의관찰	0.40	0.60	㎡			-
		백태	표면보수	0.72	1.08	㎡	50	54	3
		보수부 들뜸	주의관찰	0.10	0.15	㎡			-
		보수재 박리	주의관찰	0.64	0.96	㎡			-
		식생	주의관찰	14.00	21.00	㎡			-
		이음부 누수흔적	주의관찰	2.00	2.00	ea			-
		표면열화	표면보수	1.20	1.00	㎡	50	50	3
	교각	균열(0.3㎜미만)	표면보수	70.70	26.51	㎡	50	1,326	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	0.30	0.11	㎡	75	8	2
		망상균열	표면보수	2.25	0.84	㎡	50	42	3
		박락	단면보수	0.01	0.02	㎡	230	5	3
		마감불량	주의관찰	2.00	3.00	㎡			-
		점검로 지지대파손	지지대 보수	1.00	1.00	ea	200	200	3
교량받침		균열(0.3㎜미만)	표면보수	17.70	6.64	㎡	50	332	3
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	0.60	0.22	㎡	75	17	3
		받침부식	재도장	5.00	5.00	ea	45	225	3
		받침콘크리트 박락	단면보수	0.01	0.02	㎡	230	5	3
		도장박리	재도장	0.08	0.12	㎡	45	5	3
		고정볼트 풀림	주의관찰	13.00	13.00	ea			-

【표 7.17】 보수·보강 개략공사비(계속)

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
신축이음	후타재균열(0.3㎜미만)	표면보수	0.30	0.11	㎡	50	6	3
교면포장	잡철물 삽입	주의관찰	0.01	0.02	㎡			-
배수시설	배수구 막힘	청소	1.00	1.00	ea	10	10	3
난간 및 연석	균열(0.3㎜미만)	표면보수	24.10	9.04	㎡	50	452	3
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	8.80	3.30	㎡	75	248	3
	재료분리	표면보수	10.15	15.23	㎡	50	762	3
	긁힘	단면보수	3.56	5.34	㎡	230	1,228	3
	박락	단면보수	3.22	4.83	㎡	230	1,111	3
	파손	단면보수	0.12	0.18	㎡	230	41	3
	철근노출	단면보수(방청)	0.02	0.03	㎡	250	8	3
	철근부식	단면보수(방청)	0.10	0.15	㎡	250	38	3
	방음벽 파손	주의관찰	0.30	0.45	㎡			-
순공사비 합계(천원)							37,293,000원	
제경비(순공사비×50%)							18,647,000원	
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위						
		2순위					54,000원	
		3순위					55,886,000원	
유지보수 개략공사비 총계							55,940,000원	

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

7.4 유지관리방안

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

7.4.1 진단결과에 따른 중점유지관리 사항

가. 중점유지관리 개요

논산천교는 금회 진단결과, 바닥판, 거더 내·외부 및 교대에 발생한 균열 폭 0.3㎜이상 균열 등이며 이에 대해 보수 실시 후 재손상 발생 여부 및 추가 손상진전 발생에 대한 주기적인 점검이 필요하다. 그 외 손상부는 주의관찰 후 손상의 진전시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직하다.

나. 상·하부구조 폭 0.3㎜ 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.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>바닥판 하면 균열 0.3㎜</td><td>거더 외부 균열 0.3㎜</td></tr>
</table>

3) 향후관리방안

발생한 균열(폭 0.3㎜이상)에 대하여 주입보수를 실시하고 보수부 재균열 발생 여부 및 진전여부를 주기적인 관찰 및 점검을 실시하여 유지관리 하는 것이 바람직하며, 그 외 균열부는 주의관찰 후 손상의 진전시 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

다. 부재별 중점유지관리 사항

본 교량에 대한 부재별 유지관리 중점사항은 다음과 같다.

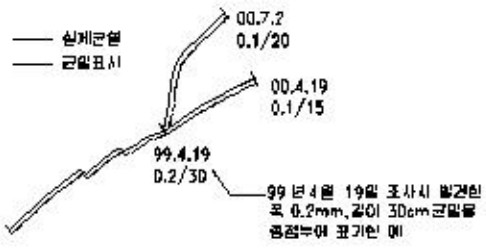
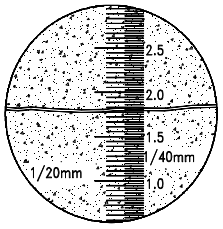
【표 7.18】 부재별 유지관리 중점사항

부재구분	중 점 점 검 내 용
바닥판	• 폭 0.1~0.3㎜ 균열, 망상균열 • 배수구 주변 백태 추가 손상 발생 여부 중점관찰
거더	• 내 · 외부 폭 0.1~0.3㎜ 균열 • 받침부 들뜸 진전 여부
교대	• 신축이음 누수에 따른 2차 손상 발생 여부 • 공동구 내부 백태 및 철근노출, 보수부 박리 진전 여부
교각	• 폭 0.1~0.2㎜ 균열 • 점검로 볼트탈락, 지지대 파손 진전 여부
교량받침	• 폭 0.1㎜ 균열 • 받침부식, 및 받침콘크리트 박락, 파손 진전 여부
신축이음장치	• 손상발생 여부
교면포장	• 포장부 패임 및 균열 진전 여부
배수시설	• 배수구 막힘에 따른 체수 발생 여부
난간 및 연석	• 방호울타리 균열 및 균열부 백태 진전 여부 • 방음벽 부식 및 파손 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, 철근노출(피복두께 부족), 파손
•백태(유리석회), 오염
•재료분리</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷ 거더교</td><td>•균열(거더사이, 헌치부 종방향 균열)
•망상균열</td></tr>
<tr><td rowspan="2">▷ 슬래브, 라멘교 상부</td><td>- 단부</td><td>•부스러짐
•사인장균열</td></tr>
<tr><td>- 중앙부</td><td>•휨균열</td></tr>
<tr><td>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. PSC BOX 거더

점 검 부 위	점 검 항 목
▷공통	•박리, 박락(파손), 철근노출, 백태
▷받침부	•부스러짐 •복부 사인장균열 •연속교 상단 횡균열 •격벽 개구부 모서리 균열
▷중앙부	•횡균열, 거더처짐 •쉬스관 노출 및 파손 •박스내부 플랜지 및 복부의 강선방향 균열 •시공이음부 균열 및 누수
▷강선정착부	•정착부 균열 및 파손

주요 부위

점검요령

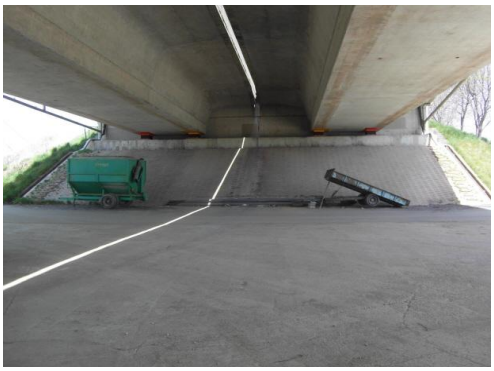
○ 점검방법
- 접근이 불가능한 구간은 점검 장비를 이용하여 근접 점검
- 받침부나 중앙부 근처의 손상을 중점점검하며 받침부에 발생한 복부 사인장 균열은 급작스러운 파괴를 유발할 수 있으므로 정밀한 조사 필요
- 균열의 진행 상황을 파악하기 위하여 균열의 시·종점을 표시해 두는 것이 필요하며, 정기적으로 진행여부를 관찰
- 부모멘트가 발생하는 연속 받침부는 거더의 상부가 인장영역이 되고, 정모멘트가 발생하는 중앙부 거더 하부가 인장구간이 되어 균열발생이 쉬운 부위이므로 인장균열의 발생에 유의하여 점검
- 균열부에 녹물이 유출되는 것은 철근부식의 징후이므로 유출여부를 조사

○ 점검시 유의사항
- 받침부 거더 복부의 사인장 균열과 중앙부 휨균열은 균열폭, 진전길이 등을 조사하고 다근 거더에도 공통적으로 발생되는 손상인지를 확인
- 공통적인 손상은 대부분 구조적인 결함이므로 발생 원인을 규명하고 보수·보강 등 적절한 조치방법을 수립할 수 있도록 주의깊게 조사
- 큰 균열일지라도 상당히 오래전에 발생하여 안정된 것이 있는 반면에 미세균열일지라도 윤하중의 반복재하에 의해 점차 커지는 균열이 있으므로 균열조사시에는 특별히 큰 균열에만 주목하지 말고 미세한 균열에도 주의를 기울여야 함
- 환경적 요인에 의하여 열화가 심한 부분은 철근의 부식 환경을 확인하기 위하여 탄산화시험, 염화물함유량 시험, 자연전위차시험 등을 선별하여 실시

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

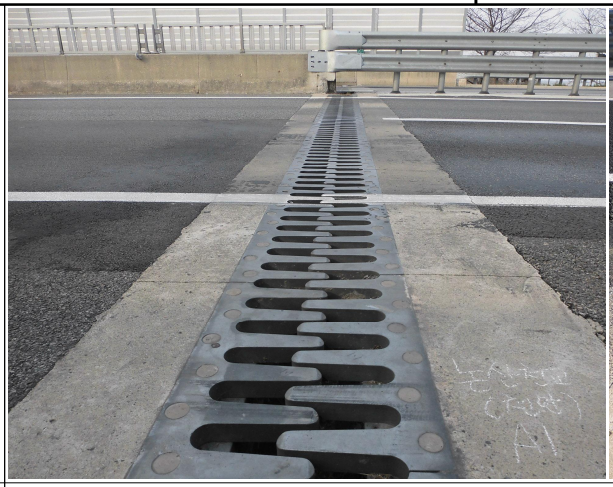
○ 점검방법
- 도보접근이 불가능한 부분은 접근장비를 이용하여 근접점검
- 가동받침의 가동여부는 가동면의 윤활재가 밀린 흔적이나 먼지 부착정도로 확인 가능함
- 눈금자가 설치되지 않은 받침은 측면을 깨끗한 헝겊으로 잘 닦고 유성펜으로 상부받침과 이동제한장치 끝부분에 수직으로 선을 그어 놓으면 다음 점검시 온도차에 따른 가동량을 측정할 수 있음
- 곡선교 내측 단부 혹은 사교의 예각부 단부의 부반력으로 인한 받침과 거더의 들뜸 상태 점검
- 경사교에서 받침 경사설치로 인한 상부가동받침과 하부받침 접촉 및 받침 부속품과의 접촉으로 인한 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

논산천교(천안, 논산)는 논산천안고속도로(이정 : 206.7㎞)에 위치하며 2002년 12월에 준공된 교량이다. 행정구역상으로 충청남도 논산시 성동면 삼호리에 위치하고 교량 하부로는 논산천이 통과하고 있다.

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

8.2 현장조사 결과

○ 상부구조인 바닥판과 거더 내·외부는 구조적인 손상 및 결함이 없는 양호한 상태를 확보하고 있으며, 외관조사 결과 전 구간에 걸쳐 폭 0.1~0.3㎜의 균열이 발생한 상태이다. 조사된 손상은 내구성 확보 및 손상 진전 방지를 위한 적절한 보수가 요구되며, 보수 후에도 보수부의 재손상 발생여부를 주기적으로 점검하는 것이 바람직하다.

○ 교대 및 교각에 발생한 수직균열은 폭 0.1~0.3㎜의 균열로서 이는 건조수축 및 온도균열 등에 의한 것으로서 횡방향 균열 등과 같은 구조적 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다. 기타 경미한 백태, 박리, 박락, 파손, 철근노출, 신축이음부 누수에 의한 누수흔적 등이 발생하였으며, 기 손상부는 주의관찰 후 손상의 진전시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

○ 교량받침의 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며 일부 신축이음 누수에 따른 부식, 건조수축에 의한 받침콘크리트 균열 등이 발생한 상태이다. 발생한 손상에 대하여 적절한 보수를 통한 유지관리가 바람직할 것이다.

○ A1과 A2에 강 FINGER 형식으로 설치된 신축이음 장치는 본체에 손상이 발생되지 않는 양호한 상태로 조사되었으며 지속적인 유지관리가 요구된다.

○ 교면포장은 패임 및 균열이 일부 발생하였으나 전반적으로 양호한 상태이며, 추 후 점검을 통한 손상의 발생여부 파악 등의 유지관리가 필요하다.

○ 배수시설은 막힘이 1개소 발생하였으나 전반적으로 양호한 상태이며, 주기적인 청소를 통한 유지관리를 실시하여 현 상태를 유지하는 것이 바람직하다.

○ 방호울타리의 외관조사 결과, 균열, 균열부 백태, 긁힘, 박리, 박락, 파손, 철근노출, 방음벽 부식 등의 손상이 조사되었으며, 균열(폭 0.3㎜이상)부는 손상의 진전 방지를 위한 주입보수를, 그 외 기 손상부는 주의관찰 후 손상의 진전시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직하다.

8.3 시험 및 측정 결과

○ 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도의 90%를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가되었다.

○ 철근탐사결과, 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사한 것으로 분석되었다.

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

○ 염화물 함유량의 경우 a등급으로 평가되었으므로, 염화물에 의한 철근의 부식이 발생될 우려는 없는 것으로 평가되었다.

○ 균열폭 0.3㎜의 균열에 대해서 균열깊이를 측정한 결과 철근피복두께를 초과하지 않은 상태로 분석되었다.

8.4 상태평가 결과

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

8.5 안전성평가 결과

○ 상부구조에 대한 구조검토결과, PSC BOX의 경우 최소안전율이 1.022로, 캔틸레버부의 경우는 최소안전율이 1.267로 안전율 1.0을 상회하는 것으로 평가되었다. 하부구조에 대한 구조검토결과, 최소안전율 3.132로서 안전율 1.0을 초과하며 내하력 평가결과, 기본내하력이 설계활하중인 DB-24를 상회하여 구조물이 전반적으로 구조적 안전성을 확보한 것으로 판단되며 최종적인 안전성 평가등급은 A등급이다.

8.6 결 언

○ 논산천교는 16년의 공용기간이 경과한 교량시설물로서, 주부재인 PSC BOX 거더와 바닥판, 하부구조에 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.