

II. 시 설 물 편

제 1장 천안교[서울]

제 2장 천안교[양양]

제 1 장 천안교(서울)

1.1 시설물 개요

1.2 외관조사

1.3 내구성조사

1.4 종합평가

1.5 정밀안전진단 및 사용제한 필요성

1.6 보수·보강 및 유지관리방안

1.7 종합결론

제 1 장 천안교(서울)

1.1 시설물개요

1.1.1 천안교(서울) 전경



1.1.2 교량현황

본 과업 대상구조물인 천안교(서울)의 교량현황은 다음 표와 같다.

<표 1.1.1> 천안교(서울) 교량현황

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		천안교(서울)		시설물번호		BR2009-0000661	
준공년월일		2009. 08. 11.		관리번호		-	
시설물위치		경기도 가평군 설악면 천안리					
설계하중		DB-24/DL-24		노선명(이정)		서울춘천고속도로(30.30km)	
제 원	연 장	L = 175.0m, (40.0+65.0+40.0+30.0=175.0m)					
	폭	B = 13.0m, 편도 2차로					
구조 형식	상부	Steel Box Girder		기초 형식	교대	직접기초	
	하부	교대: 역T형, 교각: T형			교각	직접기초	
교량받침		포트받침		신축이음		Rail Joint	
교차시설물		도로(국도37호선)		통과 높이		11.5m	
부착시설내용		없음		종 별		1종	
기 타		아스콘 포장					

1.1.3 위치도



<그림 1.1.1> 위치도

서울~춘천 고속도로 민간투자시설사업
제5공구 : 이천 ~ 창의

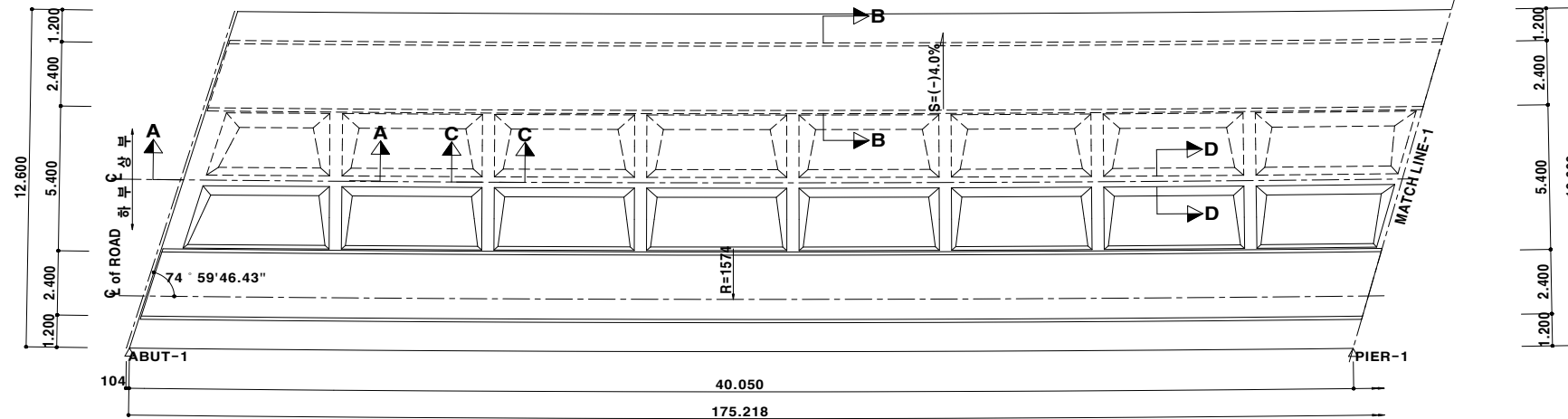
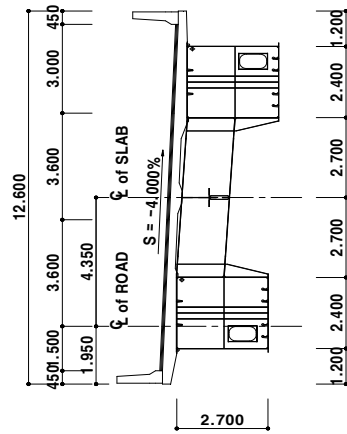
슬래브 일반도 (1) (서울 방향) 평면도

S = 1 : 100

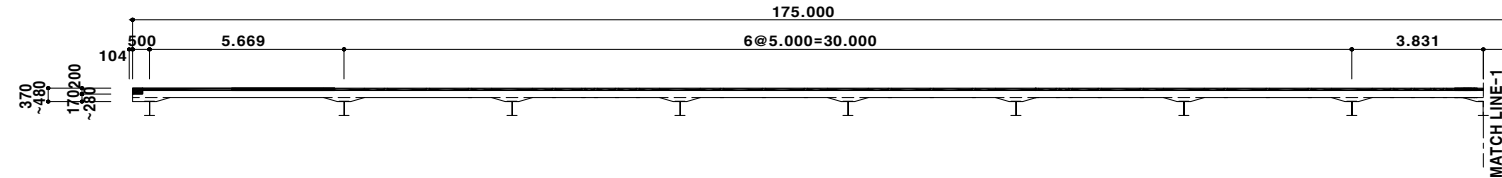
Scale 0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 m

설 계 법 : 강 도 설 계 법
콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck}=270\text{kgf/cm}^2$
철근 항복 강도 : $f_y=4,000\text{kgf/cm}^2$
설 계 하 중 : DB-24, DL-24

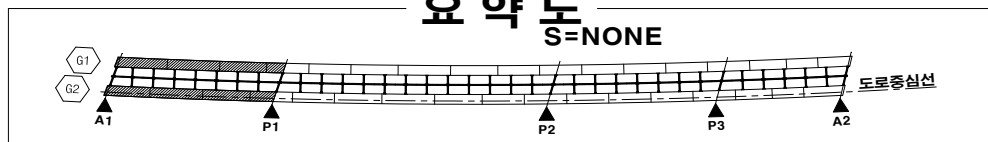
횡단면도



종단면도



요약도 S=NONE



- ① 모든 구조물의 치수는 mm단위임.
- ② 슬래브 콘크리트는 타설순서에 의거하여 시공하여야 하며 양생에 유의하여 균열이 발생하지 않도록 한다.
- ③ 방호벽 설치부의 콘크리트는 슬래브 콘크리트 양생후 충분한 강도가 발생후 타설하여야 한다.
- ④ 장부 슬래브 콘크리트 타설전 구조물의 위치, EL, 기중 등을 모두 점검 하여야 한다.
- ⑤ 모든 구조물의 예각부는 모따기를 하여야 하나, 방호벽 상단은 모따기를 하지 않는다.
- ⑥ 교차 ANCHOR 상세는 교차발침 상세도를 참고하여 시공 하여야 한다.
- ⑦ 신축이음장치 설치 유간은 표준도를 기준으로 한 것이며, 사용하는 제품의 종류에 따라 무수축콘크리트 BLOCK OUT 크기 및 설치 유간은 감독관(감리자)의 승인을 득한후 변경할 수 있다.
- ⑧ 신축이음장치가 설치되는 지점의 방호벽은 신축유간과 동일한 규격으로 절단 하여야 한다.
- ⑨ 상부 콘크리트 타설시에는 비틀림이나 편심이 발생하지 않도록 콘크리트 타설계획을 수립하여 감독관(감리자)의 승인을 득한후 타설하여야 한다.
- ⑩ 방호벽 교대 및 날개벽 부위의 방호벽 설치용 철근은 슬래브철근 조립시 겹침을 깊이를 고려하여 방호벽 이음 철근을 사전에 설치 하여야 한다.
- ⑪ 가루집 및 동바리 설치시에는 콘크리트 자중 및 타설 하중에 의한 처짐을 고려하여 시공 하여야 한다.
- ⑫ 상부 슬래브 콘크리트 타설후 방호벽 콘크리트 타설 전까지는 상당한 시일이 소요되므로 이 기간중 콘크리트 상면에서의 배수 방안을 수립하여 감독관(감리자)의 승인을 득한후 상부 슬래브를 타설하여야 한다.
- ⑬ 교면 배수 및 배수구는 배수 계획도를 참조 할 것.

<그림 1.1.3> 천안교(서울) 슬래브 일반도(1)

서울-춘천 고속도로 민간투자시설사업
제5공구 : 이천 ~ 창의

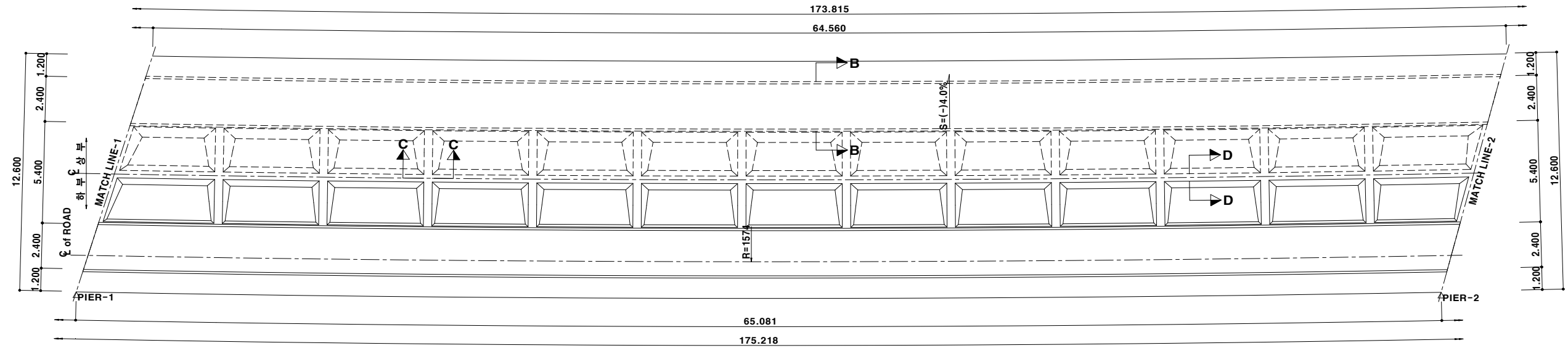
슬래브 일반도 (2)

(서울 방향) S = 1 : 100

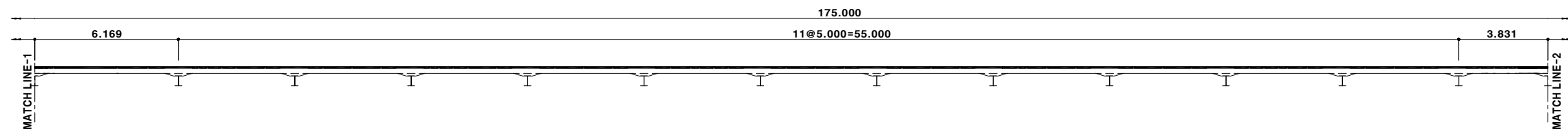
Scale 0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 m

설 계 법 : 강도설계법
콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck} = 270\text{kgf/cm}^2$
철근 항복 강도 : $f_y = 4,000\text{kgf/cm}^2$
설 계 하 중 : DB-24, DL-24

평면도

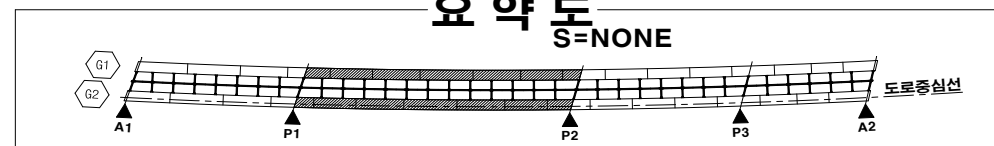


종단면도



요약도

S=NONE



<그림 1.1.4> 천안교(서울) 슬래브 일반도(2)

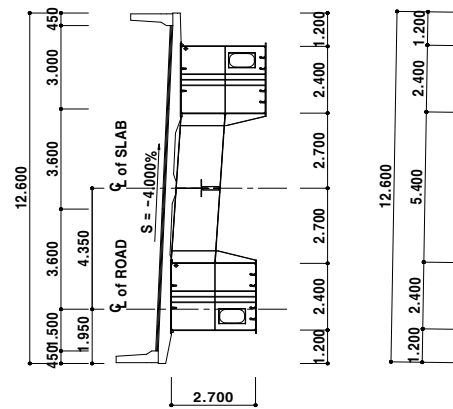
서울-춘천 고속도로 민간투자시설사업
제5공구 : 이천 ~ 창의

슬래브 일반도 (3) (서울 방향) S = 1 : 100

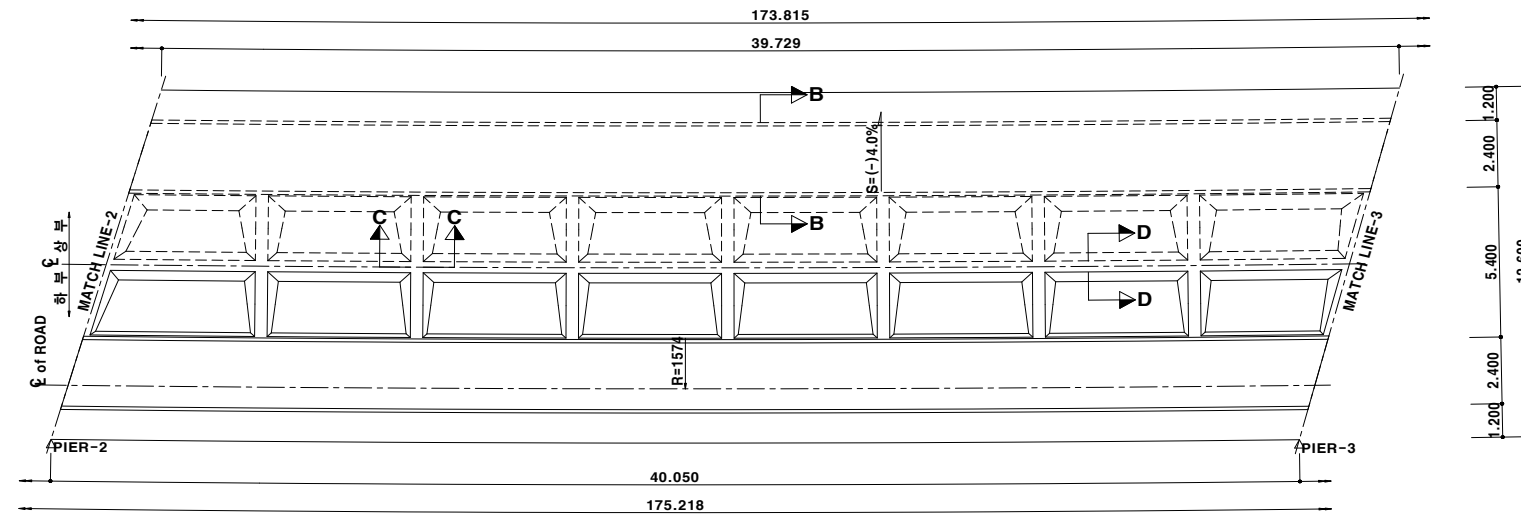
Scale 0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 m

설 계 법 : 강 도 설 계 법
콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck}=270\text{kgf/cm}^2$
철근 항복 강도 : $f_y=4,000\text{kgf/c}$
설 계 하 중 : DB-24, DL-24

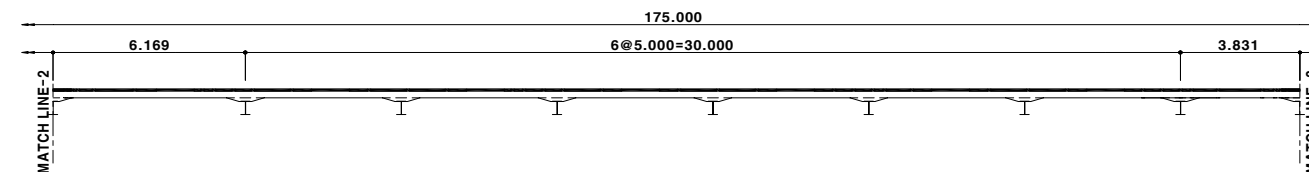
횡 단 면 도



평 면 도



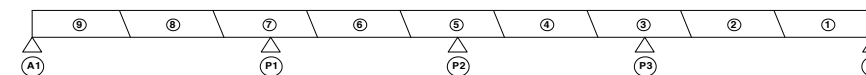
종 단 면 도



SLAB 콘크리트 타설 순서도

S=NONE

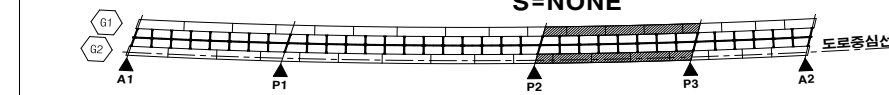
SLAB CON'C 이론적 타설 순서도



NOTE: 1. 시공성(DECK FINISHER)을 고려하여 건진 타설하되 종단 EL이 낮은쪽부터 시작하여야 한다.
2. SLAB 콘크리트를 일방향으로 연속타설 할 경우 콘크리트에 발생하는 초과 인장력을 철근이 부담할 수 있도록 철근 배근 및 고정을 확실시 하여야 하며 타설 및 양생이 진행됨에 따라 단계별로 콘크리트 슬래브 단면력에 대해 응력 및 균열 검토를 실시한다.

요 약 도

S=NONE



<그림 1.1.5> 천안교(서울) 슬래브 일반도(3)

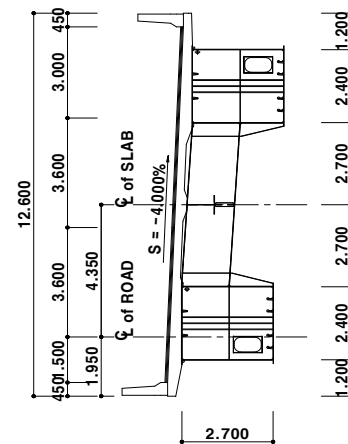
서울-춘천 고속도로 민간투자시설사업
제5공구 : 이천 ~ 창의

슬래브 일반도 (4)
(서울 방향) S = 1 : 100

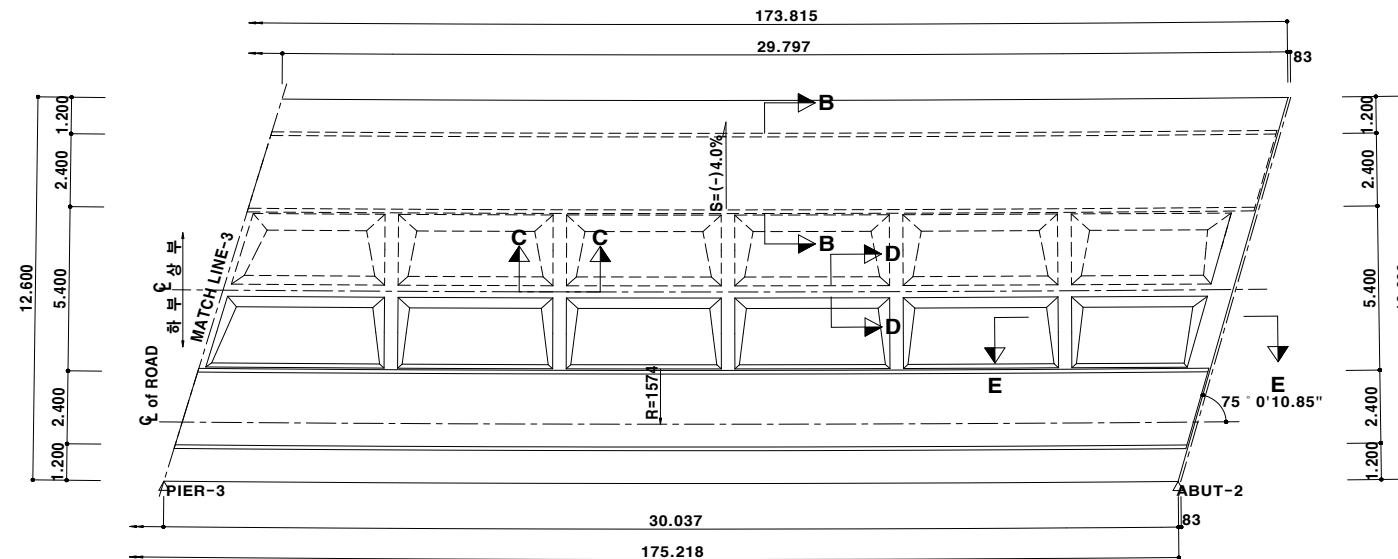
Scale 0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0^m

설 계 법 : 강 도 설 계 법
콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck}=270\text{kgf/cm}^2$
철근 항복 강도 : $f_y=4,000\text{kgf/cm}^2$
설 계 하 중 : DB-24, DL-24

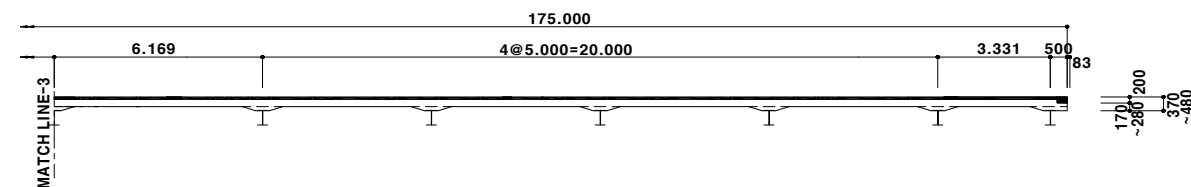
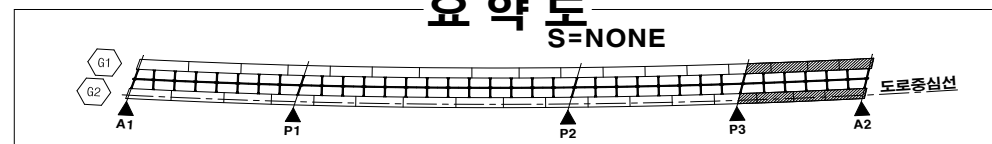
회 단 면 도



평면도



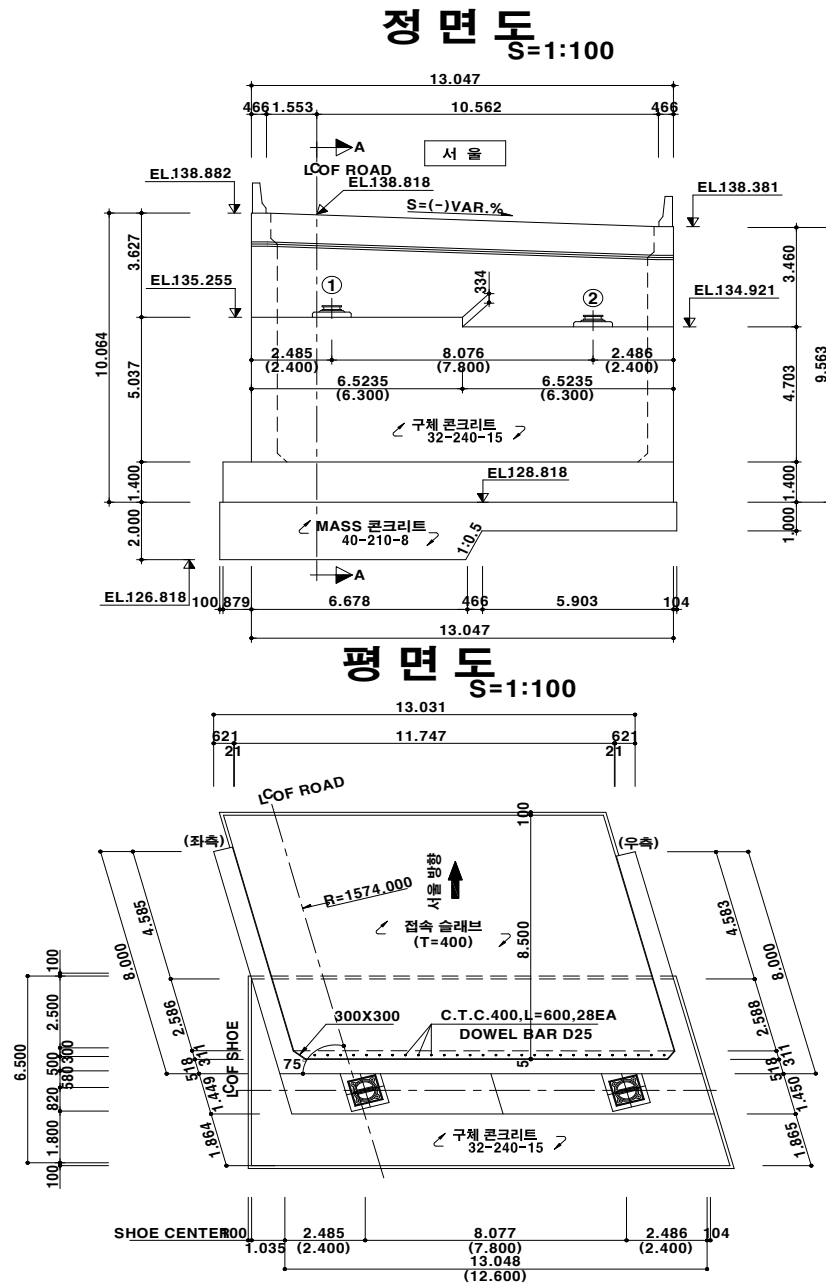
종 단 면 도

요약도
S=NONE

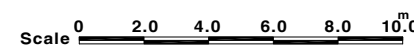
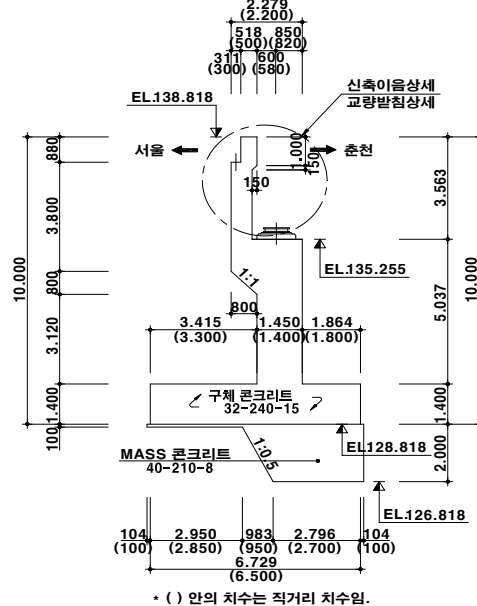
- ① **모든 구조물의 차수는 mm단 위임.**
 - ② **슬래브 콘크리트는 타설순서에 따라가하여 시공하여야 하며 양생에 유의하여 균열이 발생하지 않도록 한다.**
 - ③ **방호벽 설치부의 콘크리트는 슬래브 콘크리트 양생후 충분한 강도가 발생후 타설하여야 한다.**
 - ④ **창부 슬래브 콘크리트 타설전 구조물의 취하, EL, 기구 등을 모두 점검 하여야 한다.**
 - ⑤ **모든 구조물의 예각부는 모따기를 하여야 한다. 방호 벽 상단은 모따기를 하지 않는다.**
 - ⑥ **교차 ANCHOR 상생는 교차발생 상생도를 참고하여 시공 하여야 한다.**
 - ⑦ **신속이음장치 설치 유간은 표준도를 기준으로 한 것이며, 시공되는 제품의 종류에 따라 우수축콘크리트 BLOCK OUT 크기 및 설치 유간은 감속관(감리차)의 승인을 득한후 변경할 수 있다.**
 - ⑧ **신속이음장치에 설치되는 지점의 방호벽은 신속유간과 동일한 규격으로 절단 하여야 한다.**
 - ⑨ **상부 콘크리트 타설시에는 비배설이 판상이 발생하 지 않도록 콘크리트 타설계획을 수립하여 감속관(감리 차)의 승인을 득한후 타설하여야 한다.**
 - ⑩ **방호벽 하단 및 날개벽 부위의 방호벽 설치후 철근은 슬래브철근 조립시 접이음 길이를 고려하여 방호벽 이음용 철근을 사전에 설치 하여야 한다.**
 - ⑪ **가죽 및 동바리 설치시에는 콘크리트 자중 및 타설 하중에 의한 처짐을 고려하여 시공 하여야 한다.**
 - ⑫ **신속이음장치 타설후 방호벽 콘크리트 타설 전까지의 상생한 시일이 소요되므로 이 기간중 콘크리 트 상면에서의 배수 방안을 수립하여 감속관(감리차) 의 승인을 득한후 상부 슬래브를 타설하여야 한다.**
 - ⑬ **교면 배수 및 배수구는 배수 계획도를 참조 할 것.**

<그림 1.1.6> 천안교(서울) 슬래브 일반도(4)

서울~춘천 고속도로 민간투자시설사업
제5공구 : 이천 ~ 창의

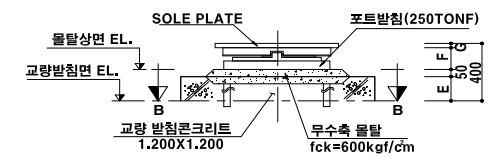


교대1 일반도 (1) (서울 방향) 단면 A-A S=1:100

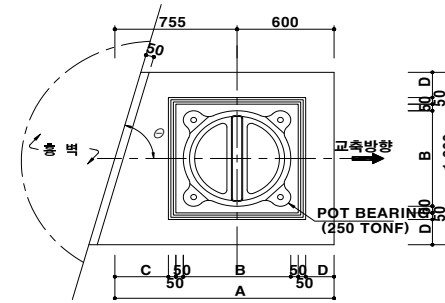


설 계 법 : 강 도 설 계 법
콘크리트 설계기준 강도 : $f_c = 240 \text{ kgf/cm}^2$
철근 항복 강도 : $f_s = 3,000 \text{ kgf/cm}^2$
설 계 하 중 : DB-24, DL-24

교량받침 상세 S=1:20



단면 B-B S=1:20



교량받침 치수표

구 분	교차받침 No.	양방향	일방향(교축)
A	1.355	1.355	
B	400	470	
C	455	420	
D	300	265	
E	220	162	
F	103	161	
G	27	27	
θ		74° 59'44.19"	74° 55'8.73"

몰탈상면 EL.표

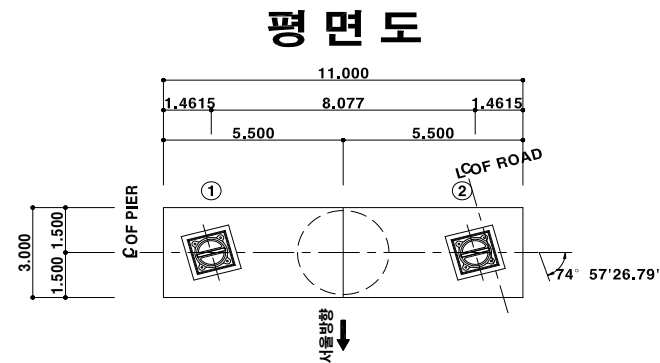
구 분	교차받침 No.	(1)	(2)
교량받침 형식	250TONF	250TONF	
몰탈상면 EL.	양방향	일방향(교축) 수평력 130TONF	
		135.525	135.133

교량받침 연단거리 및 낙교 지지거리

구 분	최소받침지지길이(MM)	연단거리(CM)
최소길이	$200 + 1.67 \times 90 + 6.67 \times 12.885 = 436$	$20 + 0.5 \times 40 = 40.0$
적용길이	1.400	58.5

<그림 1.1.7> 천안교(서울) 교대 일반도

서울-춘천 고속도로 민간투자시설사업
제5공구 : 이천 ~ 창의



교각 일반도 (1)

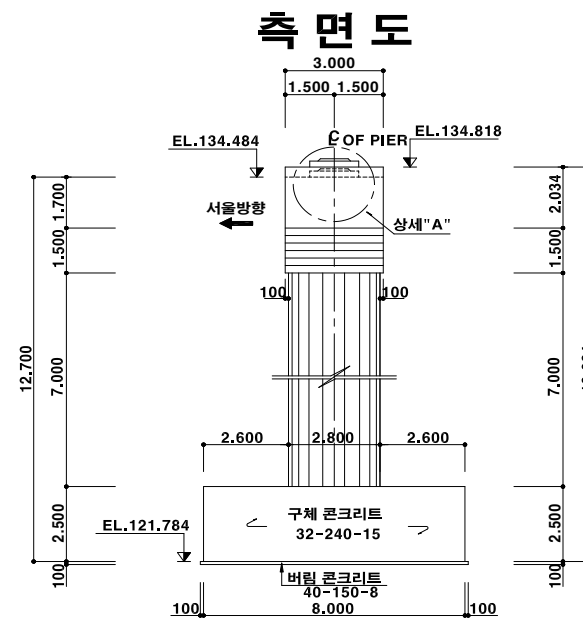
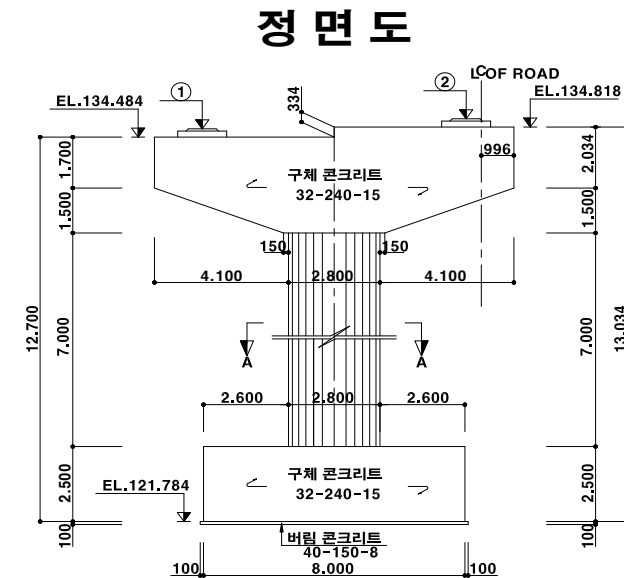
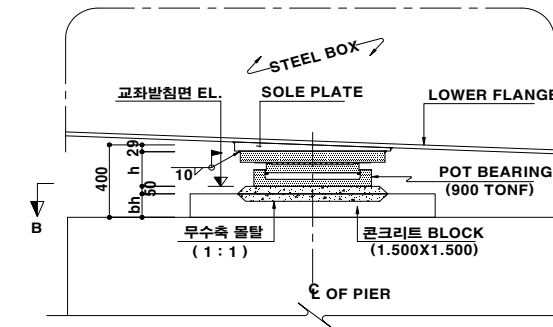
(서울방향-P1) $S=1:100$

교량받침 EL. 및 치수표

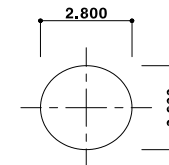
구 분	교 각 1	
교량받침 기호	①	②
h	242	159
bh	79	162
a	850	760
b	225	270
교좌받침면 EL.	134.613	135.030
θ	74° 55'8.73"	74° 59'44.19"
교량받침	교축방향 (900 tonf) (수평력:351 tonf)	양 방 향 (900 tonf)

상 세 "A"

$S=1:20$

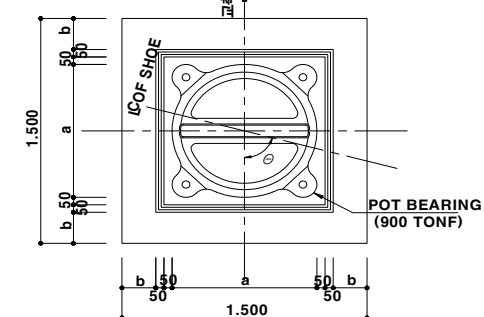


단 면 A-A



단 면 B-B

$S=1:20$



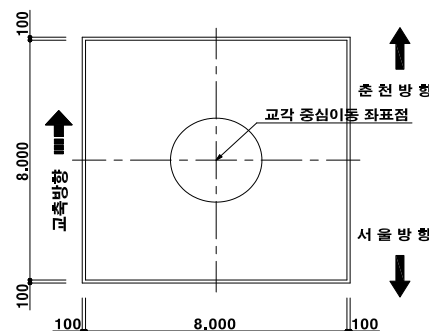
교각중심이동좌표

구 분	X	Y
P 1	461110.305924	2203.5024

연단 거리 계산표

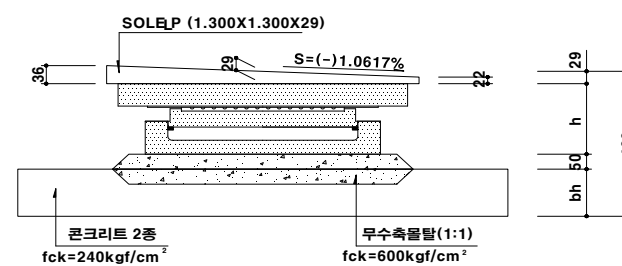
구 분	최소받침 지지길이(mm)	연 단 거 리(cm)
교 각 1 산출근거	-	20+0.5x65=52.5
적용길이	-	107.5

기 초 평면도

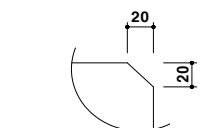


SOLE PLATE 상세

$S=1:10$



모따기 상세



* 주) 모든 구조물의 예각부는 모따기를 하여야 함.

NOTE

- 모든 치수의 단위는 mm이다
- 받침 설치후 받침의 상단면은 수평하여야 한다.
- 구체콘크리트 강도는 $f_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$ 이다.
- 기초 고르기 콘크리트 강도는 $f_{ck}=150\text{kgf/cm}^2$ 이다
- 표시된 치수 및 좌표는 반드시 검토하여야 한다.
- 구조물의 미관과 안정성을 도모하고 모서리 파손을 방지하기 위하여 모서리 처리형상을 20x20으로 한다.
- 무수축 물탈은 부착이 양호하도록 치명한다.
- 지반의 재료가 연약하거나 이토질이어서 기초지반으로서 부적합 판정시에는 감독관과 협의후 변경해야 한다.

<그림 1.1.8> 천안교(서울) 교각 일반도

1.1.5 자료수집 및 분석

본 과업에 대한 자료조사는 현장을 답사하여, 각각의 특성을 파악하고 점검 등의 추진방향과 세부수행계획을 수립하였다. 또한, 본 과업 대상구조물의 점검 시 관련 자료를 수집하여 정밀점검 및 유지관리시 필요한 자료를 정리 및 분석하였고, 적절한 보수·보강공법의 제시 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

가. 자료수집 현황

과업기간 중 수집된 자료는 다음 목록과 같다.

<표 1.1.2> 자료수집 목록

보존대상 목록		관리주체 보유현황
설계도서	◦ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	◦ 서울-춘천고속도로 민간투자 시설사업 - 일반보고서(2009.08) - 토질조사보고서(2009.08) - 준공내역서(2009.08) - 준공도면(2009.08) ◦ 서울-춘천고속도로 민간투자 시설사업 구조 및 수리계산서(2009.08)
	◦ 설계도면 - 위치도, 평면도, 표준단면도, 일반도, 구조도 등	
시설물 관리대장	◦ 기본현황 및 상세제원 ◦ 점검 및 진단 이력 / 보수 및 유지관리 이력	◦ 한국도로공사 시스템 내 관리대장
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 ◦ 사고기록	◦ 서울-춘천고속도로 민간투자 시설사업 시공기록보고서(2009.08) - 시공관련 자료 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록
안전점검 및 정밀안전진단 자료		◦ 서울-춘천고속도로 민간투자 시설사업 초기점검보고서(2009.08) ◦ 서울춘천고속도로 1구간 정밀점검 보고서 (2014.01, (재)한국재난연구원) ◦ 서울춘천고속도로 2구간 정밀점검 보고서 (2016.08, 백양엔지니어링(주))
내진설계 반영 여부		◦ 설계시 내진검토 반영(내진1등급 설계)

나. 기 점검 및 진단자료

천안교(서울)는 기 정밀점검 (2016. 08) 실시 결과 상태평가 등급은 “B”등급으로 평가되었다. 바닥판 균열, 거더 녹발생, 교대 및 교각 균열, 박리, 교량받침 몰탈 균열, 신축이음 후타재, 균열 등이 조사되었으며, 바닥판, 거더, 교대 및 교각에 발생한 손상에 대해서는 하자담보 만료기간전 일괄 보수를 실시하여야 할 것이다.

따라서, 금회 과업에서는 기 실시된 정밀점검 (2016. 08)시 지적된 사항에 대하여 보수여부 및 손상의 진전 등에 대하여 면밀히 조사·검토하고 하자담보 만료기간내에 있는 부재에 발생한 손상에 대하여 적절한 하자보수 수행여부에 대해 중점을 두고 과업을 실시하였다.

<표 1.1.3> 기존 점검·진단 이력

번호	기간	점검기관	등급	주요 점검 및 진단 결과
1	정기점검 (하반기) 2009.09.01. ~2009.11.27	자체수행	양호	- 특이사항 없음
2	정기점검 (상반기) 2010.05.14	자체수행	양호	- 교대부 균열 - 주입보수
3	정기점검 (하반기) 2010.10.28	자체수행	양호	- 특이사항 없음
4	정기점검 (상반기) 2011.03.07. ~2011.04.29	자체수행	양호	- 특이사항 없음
5	정기점검 (하반기) 2011.09.05. ~2011.11.29	자체수행	양호	- 특이사항 없음
6	정기점검 (상반기) 2012.05.01. ~2012.05.31	자체수행	양호	- 특이사항 없음
7	정기점검 (하반기) 2012.09.03 ~2012.09.28	자체수행	양호	- 특이사항 없음
8	정밀점검 2012.08.01 ~2012.11.15	자체수행	A	- 특이사항 없음

<표 1.1.3> 기존 점검·진단 이력(계속)

번호	기간	점검기관	등급	주요 점검 및 진단 결과
9	정기점검 (상반기) 2013.03.28	자체수행	양호	- A2 도장탈락(20*20), 불법점용(설악면 체육시설) 고물상
10	정기점검 (하반기) 2013.07.04	자체수행	양호	- 교대 신축이음 후타재부 철근노출 A1 - 난간방호벽 균열 - 신축이음 후타재 균열 및 백태 - 균열보수 - 균열부 보수 및 면보수
11	정밀점검 2013.10.21 ~2014.01.18	(재)한국재난연구원	B	- 교대 및 교각 균열(cw 0.3 미만, cw 0.3 이상) - 신축이음장치 후타재 균열(cw 0.3 미만) - 방호벽 균열(cw 0.3 미만), 백태 - 내구성 저하방지를 위해 균열보수 및 표면보수 실시
12	정기점검 (상반기) 2014.04.01 ~2014.06.30	자체수행	양호	- A1 구체균열, 난간방호벽 균열 - 균열보수
13	정기점검 (하반기) 2014.07.01 ~2014.11.06	자체수행	양호	- A1 벽체 미세균열 - 주의관찰
14	정기점검 (상반기) 2015.03.02. ~2015.04.15	자체수행	양호	- 특이사항 없음
15	정기점검 (상반기) 2016.04.01 ~2016.06.23	자체수행	양호	- 교대 및 교각 균열, 신축이음 후타재 균열, 방호벽 균열 및 백태 - 표면보수, 주입보수
16	정밀점검 2016.08	백양엔지니어링(주)	B	- 바닥판 균열, 거더 누수흔적, 환기구 손상 - 교대 및 교각 균열, 파손 - 신축이음 후타재 균열, 방호벽 균열

<표 1.1.4> 2016년 정밀점검(백양엔지니어링(주)) 요약

구 분		내 용	비 고
용 역 명		· 서울춘천고속도로 정밀점검 2구간	
용 역 기 간		· 2016. 06. 15 ~ 2016. 07. 29	
용 역 사		· 백양엔지니어링(주)	
외관조사	교 면 포 장	· 상태양호	a
	배 수 시 설	· 배수관 주변 미세 누수	b
	방 호 벽	· 균열 및 백태	c
	바 닥 판	· 균열, 표면오염	b
	거 더	· 누수흔적, 환기구 철망 탈락	a
	가 로 보	· 상태양호	a
	신 축 이 음	· 후타재 균열	b
	교 량 받 침	· 상태양호	a
	교 대, 교 각	· 균열, 망상균열, 파손	c
비파괴시험	강 도	· 설계강도 이상	
	탄 산 화	· a등급으로 철근부식의 우려는 없는 것으로 판단됨	
상 태 평 가		· B등급(0.177)	
안 전 등 급		· 미실시	
총 합 의 견		·외관조사 결과 콘크리트 부재에서 균열이 조사되었으나, 균열의 발생원인은 소성수축, 외부구속(강박스 거더) 응력, 수화열, 건조수축 등에 기인한 것으로 구조적 원인에 의한 균열은 없는 것으로 판단되어, 손상현황에 따라 적절한 보수조치가 필요한 것으로 판단됨. 특히 바닥판 하면의 균열은 향후 중차량 반복 통행으로 인한 균열 재발생 가능성을 배제할 수 없으므로 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단됨. 또한 시공미흡, 외부충격 등에 의해 발생된 콘크리트 부재의 파손, 백태 등에 대해서도 손상현황에 따른 적절한 보수조치가 필요하며, 배수관 주변 미세누수로 인한 표면오염에 대해서도 주기적인 점검을 통한 주의 관찰이 필요한 것으로 판단됨. ·내구성 조사 결과 비파괴 강도 및 탄산화 잔여깊이는 양호한 것으로 조사됨. ·시설물에 대한 상태평가 결과 일부 주부재 및 보조부재에 보수가 필요한 B등급으로 평가되었으며 안전등급도 B등급으로 평가됨. ·따라서 대상시설물에 발생한 주요 손상에 대한 내구성 확보차원의 보수 및 지속적인 유지관리를 수행하면 사용성 및 구조적 안전성에는 문제가 없을 것으로 판단됨.	

다. 보수·보강 관련사항 분석결과

본 교량은 준공 이후 현재까지 주기적인 점검을 실시하고 있으며, 금회 정밀점검시 한국시설안전공단 FMS 및 관리주체 보수·보강 이력사항에 기록되지 않은 사항에 대하여 주의깊은 점검을 실시하였다.

<표 1.1.5> 보수·보강 이력

번호	기간	보수·보강공사 내용	시공사	비고
		해당사항 없음		

라. 시설물의 내진설계 여부 확인

천안교(서울)는 2009년 준공된 교량으로 준공도서 및 시설물관리대장(FMS) 등을 검토한 결과 내진설계가 적용된 교량인 것으로 확인되었다.

<표 1.1.6> 내진 설계여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	비 고
받침	Y	설계시 내진검토 반영	내진1등급 설계
교대	Y	설계시 내진검토 반영	
교각	Y	설계시 내진검토 반영	

1.2 외관조사

과업대상 교량인 천안교(서울)는 경기도 가평군 설악면 천안리(서울춘천고속도로, 이정 30.30km)에 위치한 교량으로 2009년 8월에 준공된 8년이 경과된 구조물로서 설계하중은 DB-24이며, 총연장이 170.0m, 폭 13.0m인 1종 시설물이다.

천안교(서울)의 상부구조는 STEEL BOX GIRDER 형식이며, 하부구조는 역T형(직접기초)교대 및 T형(직접기초)교각으로 시공되어있는 구조물로서, 본 과업은 대상교량의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로, 교량부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였고, 사전 현장답사를 통해 주변 교통여건을 파악하여 현장접근에 필요한 장비동원과 계획을 수립하여 교량의 외관상태를 조사하였다. 외관조사는 교량부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였으며, 사전 현장답사를 통해 현장접근에 필요한 장비동원과 일정계획을 수립하여 교량의 외관상태 조사를 수행하였다.

외관조사는 주요 구조부재(STEEL BOX GIRDER, 교대 및 교각)와 교면포장, 배수시설, 방호벽, 신축이음 및 교량받침 등으로 구분하여 실시하였고, 특히 교량의 안전성을 저해할 만한 구조적인 결함의 유무를 확인하고자 하였다.



작업차량을 이용한 외관조사



작업차량을 이용한 외관조사

<사진 1.2.1> 외관조사 현황

1.2.1 교면포장

본 천안교(서울)의 교면포장은 ASP포장으로 시공되어 있으며, 차량이 운행중인 상태에서 최대한 접근이 가능한 범위까지 근접 육안조사를 실시하였다.

교면포장에 대한 외관조사 결과 전반적인 외관상태는 양호한 것으로 조사되었으며 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.



교면포장 전경



교면포장 전경

<사진 1.2.2> 교면포장 전경

<표 1.2.1> 교면포장 손상현황

부 재	결 합 내 용	손상물량				손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 12월 금회 정밀점검			
교면포장	상태양호	-	-	-	-	-	

1.2.2 방호벽

방호벽은 철근콘크리트로 시공되어 있으며 외관조사 결과 건조수축, 시공미흡 등으로 인해 다수의 균열이 조사되었으며, 균열부에 우수가 유입되어 백태가 발생 된 것으로 조사되어 손상현황에 따라 적절한 보수조치가 필요한 것으로 판단된다.

<표 1.2.2> 차량방호벽 손상현황

부 재	결 합 내 용	손상물량				손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 12월 금회 정밀점검			
방호벽	균열(폭0.3mm미만)	4.7 m	10 EA	4.7 m	10 EA	-	
	백태	137.4 m²	81 EA	137.4 m²	81 EA	-	



방호벽 균열부 백태(S1)



방호벽 균열부 백태(S3)

<사진 1.2.3> 차량방호벽 손상현황

1.2.3 배수시설

배수시설은 좌측 방호울타리 측에 설치되어 있으며, 외관조사 결과 유도배수관 누수 및 유도배수관 연결고리 탈락이 조사되었으며, 기 손상부는 유도배수관 교체 및 연결고리 재설치 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.



배수관 전경



배수시설 유도배수관 누수(S1)

<사진 1.2.4> 배수시설 손상현황

<표 1.2.3> 배수시설 손상현황

부 재	결 합 내 용	손상물량				손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 12월 금회 정밀점검			
배수시설	유도배수관 누수	-	-	1.0 m	1 EA	⬆ 1.0m	신규손상
	유도배수관 연결고리 탈락	-	-		1 EA	⬆ 1EA	신규손상

1.2.4 신축이음

가. 외관조사 결과

신축이음은 대기 온도변화에 의한 교량 상부구조의 수축과 팽창, 콘크리트의 재령에 의한 CREEP, 건조수축 및 활하중에 의한 이동과 회전등의 변위 및 변형을 원활하게 하여 2차응력을 줄이고 교면의 평탄성을 유지시켜 주는 역할과 교면수와 오물이 교량 하부구조로 흘러들어가는 것을 방지하여 콘크리트가 부식되지 않도록 하는 기능을 수행하는 중요한 부재이다. 본 교량에 설치된 신축이음은 4경간 연속교로서 신축이음장치는 A1, A2 구간에 Rail Joint로 각각 설치되어 있다.

외관조사 결과 본체는 전반적으로 양호한 상태이다. 반면 후타재의 경우 건조수축, 중차량 반복통행 등으로 인해 후타재 균열이 조사된 바, 내구성 확보를 위한 적절한 보수가 필요하다.



신축이음 전경(A1)



신축이음 후타재 균열(A1)

<사진 1.2.5> 신축이음 손상현황

<표 1.2.4> 신축이음 손상현황

부 재	결 합 내 용	손상물량				손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 12월 금회 정밀점검			
신축이음	후타재균열(폭0.3미만)	15.5 m	34 EA	15.5 m	34 EA	-	

나. 신축이음 유간검토

신축이음은 상부구조의 온도변화, 처짐, 콘크리트의 크리프와 건조수축, 프리스트레스에 의한 부재의 탄성변형 등에 의해 생기는 이동량(기본신축량)에 대해서 여유량 확보해야 하므로 각 신축이음별 유간을 측정하였다.

<표 1.2.5> 신축이음 유간검토 결과

위치	영향거리 (m)	설계유간 (mm)	측정유간 (mm)	측정온도 (℃)	이론신장량 ΔL (mm)	이론수축량 ΔL (mm)	비고
A1	105	100	50	14.5	30.87	32.13	O.K
A2	70	80	35	14.5	20.58	21.42	O.K

주1) 강교 : 최대 설계온도(-10℃~40℃) 상승 시 온도에 의한 신축여유량($\Delta L=1.2 \times 10^{-5} \times \Delta T \times L$)

주2) 측정일 : 2017년 10월 17일, 14.5℃

천안교(서울)의 각 신축이음별 신축량 및 유간거리를 검토한 결과 신축이음은 하절기 온도상승 및 동절기 온도하강시 신축여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

1.2.5 바닥판

대상 교량은 4경간 연속의 Steel Box Girder교로서 바닥판에 대한 외관조사결과 일부 손상에 대해 보수를 실시한 상태이다. 다만 미보수된 손상으로 초기 건조수축에 의한 폭 0.3mm미만 균열, 배수관 주변 백태 등이 조사되어, 내구성 확보를 위한 보수와 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.



바닥판 균열(S1)



바닥판 균열(S2)

<사진 1.2.6> 바닥판 전경

<표 1.2.6> 바닥판 손상현황

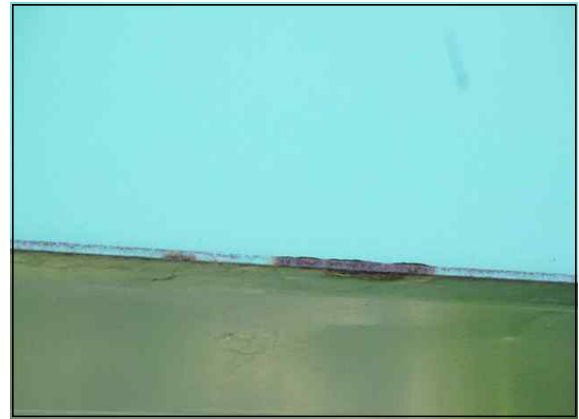
부재	결함내용	손상물량				손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 12월 금회 정밀점검			
바닥판	균열(폭0.3mm미만)	55.7 m	38 EA	31.4 m	25 EA	↓ 24.3m	보수
	표면오염	4.21 m²	8 EA	3.72 m²	7 EA	↓ 0.49m²	보수

1.2.6 거더 및 가로보

대상 교량의 상부구조 형식은 4경간 연속(40.0+65.0+40.0+30.0=175.0m) 강상자형(STB) 교로서 외관조사 결과, 전회 점검이후 거더 내부에서 조사된 누수흔적, 환기구 망 손상 등에 대해서는 정비를 실시한 것으로 조사되었다. 반면 거더 외부에서 경미한 수준의 부식이 조사되어 채도장등 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다.



거더 내부 환기구 망 보수(S3 G1)



거더 외부 부식(S1-G2)

<사진 1.2.7> 거더 손상현황

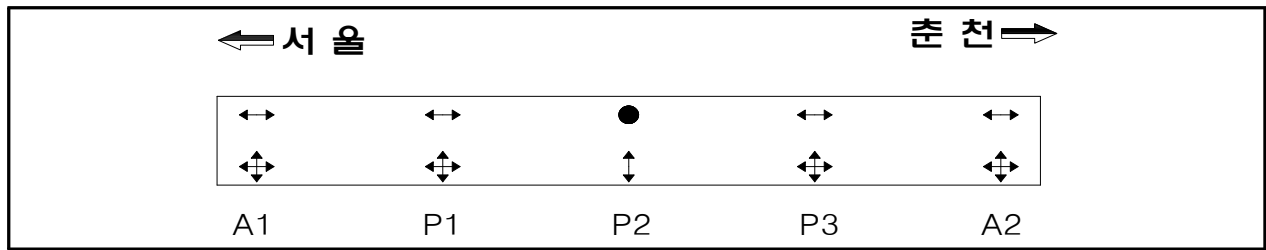
<표 1.2.7> 거더 손상현황

부 재		결 합 내 용	손상물량				손상물량 비교	비고
			2016년 08월 정밀점검		2017년 12월 금회 정밀점검			
거더	외 부	부식	-	-	0.01 m²	1 EA	⬆ 0.01m²	신규손상
	내 부	누수흔적	2.6 m²	1 EA	-	-	⬇ 2.6m²	보수
		환기구 철망탈락	1 m²	1 EA	-	-	⬇ 1.0m²	보수
		환기구 볼트 체결불량	7 EA	7 EA	-	-	⬇ 7EA	보수
가로보		상태양호						

1.2.7 교량받침

가. 외관조사

교량받침은 상·하부구조 접속부에 있는 교량 부속물로서 교량의 구조 중 기계적 요소가 가장 강하며, 하중의 전달과 완충의 기능을 갖고 있어 하중전달을 위해 견고하게 연결되어야 한다.



<그림 1.2.1> 교량받침 배치도

대상교량의 받침장치는 포트받침으로 고정단 1EA, 교축직각방향 가동단 1EA, 교축방향 가동단 4EA, 양방향 가동단 4EA로 시공되어 있다. 받침본체 및 받침물탈의 외관조사 결과 기 정밀점검 결과와 동일하게 전반적인 외관상태는 양호한 것으로 조사되었다.



받침전경 (가동단 A1 SH2)



받침전경 (가동단 A2 SH2)

<사진 1.2.8> 교량받침 전경

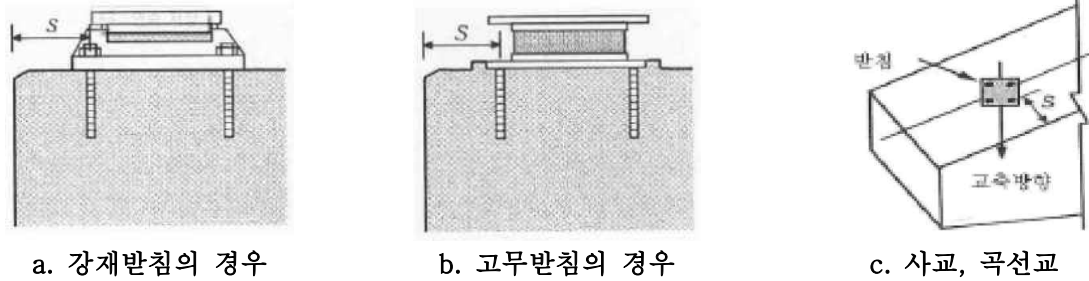
<표 1.2.8> 교량받침 손상현황

부재	결함내용	손상물량				손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 12월 금회 정밀점검			
교량받침	상태양호						

나. 교량받침 연단거리

1) 교량받침 연단거리 조사 방법

교좌면은 받침을 통해서 상부구조로부터 하중 등의 집중하중을 받는 곳이고 또 지진시 등에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 따라서, 지진시 하중을 전달하는 부재로서 앵커볼트에 의해 받침을 고정하는 경우에는 받침의 종류와 관계없이 앵커볼트의 중심에서 하부구조 정부 연단까지의 거리를 받침연단거리 S로 한다. 사교 혹은 곡선교의 경우 받침 연단거리 S는 하부구조 정부연단과의 최단거리 방향으로 확보하여야 한다.



<그림 1.2.2> 받침장치 형식에 따른 연단거리 조사 방법

2) 교량받침 연단거리 산출근거

교축방향의 받침연단과 하부구조 정부연단 사이의 거리 $S(\text{cm})$ 는 다음의 값 이상으로 한다.(도로교설계기준)

① 거더의 지간길이 100m 이하인 경우

$$S = 20 + 0.5L \dots\dots\dots \text{<식 2.1>}$$

② 거더의 지간길이 100m 이상인 경우

$$S = 30 + 0.4L \dots\dots\dots \text{<식 2.2>}$$

여기서, S : 받침연단거리(cm), L : 거더의 지간길이(m)

3) 연단거리 평가

교대 및 교각의 교량받침에 대한 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치를 상회하는 것으로 조사되어 본 과업대상인 천안교(서울)는 충분한 연단거리를 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

또한, 기 실시한 정밀점검(2016.08)과 비교시 측정오류 및 연단거리의 차이는 없는 것으로 측정·검토되었다.

4) 교량받침 연단거리 측정결과

<표 1.2.9> 연단거리 측정 결과표

부 재		경간길이(m)	최소연단거리(cm)	실측 연단거리(cm)	비 고
A1		40	40	59	OK
P1	시점측	40	40	113	OK
	종점측	65	52.5	111	OK
P2	시점측	65	52.5	108	OK
	종점측	40	40	104	OK
P3	시점측	40	40	111	OK
	종점측	30	35	114	OK
A2		30	35	59	OK

다. 교량받침 여유량

대상 교량 받침장치의 대기온도 변화를 고려하여 상부 바닥판의 신축 변화량을 산정하고 각 지점에서 측정된 받침장치 가동량을 측정 비교·검토하였다.

본 교량의 가동받침 이동량 산정시 온도변화는 보통지방을 고려하여 $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ 설계하였으며 설계시 고려한 온도를 기준으로 교량받침 여유량 검토결과 온도변화에 따른 여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 측정/확인 되었다.

<표 1.2.10> 교량받침 여유량 측정 결과표

구분 (방향)		신축장 (m)	대기온도 (℃)	계산 가동량(mm)		가동 여유량(mm)		비고
				신장(방향)	수축(방향)	신장(방향)	수축(방향)	
A1	Sh1	105	7.7	22.3	40.7	140.0(A1)	160.0(A2)	OK
	Sh2	105	7.7	22.3	40.7	140.0(A1)	160.0(A2)	OK
P1	Sh1	65	7.7	13.8	25.2	50.0(A2)	50.0(A1)	OK
	Sh2	65	7.7	13.8	25.2	50.0(A2)	50.0(A1)	OK
P2	Sh1	0	7.7	-	-	-	-	-
	Sh2	0	7.7	-	-	-	-	-
P3	Sh1	40	7.7	8.5	15.5	51.0(A2)	49.0(A1)	OK
	Sh2	40	7.7	8.5	15.5	51.0(A2)	49.0(A1)	OK
A2	Sh1	70	7.7	14.9	27.1	80.0(A2)	80.0(A1)	OK
	Sh2	70	7.7	14.9	27.1	80.0(A2)	80.0(A1)	OK

주1) 강교 - 최대 설계온도($-10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$) 상승 시 온도에 의한 신축여유량($\Delta L = 1.2 \times 10^{-5} \times \Delta T \times L$)

주2) 측정일 : 2017년 11월 10일, 7.7°C

1.2.8 교대 및 교각

교대 및 교각은 교량 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 중요한 역할을 수행하는 구조부재이며, 교대는 역T형(직접기초), 교각은 T형(직접기초)으로 시공되어있다.



교대 전경



교각 전경

<사진 1.2.9> 교대 및 교각 현황

가. 교대

교대에 대한 외관조사결과 일부 손상에 대해 보수를 실시하여 양호한 것으로 확인되었다. 다만 미보수된 손상으로 초기 수화열 및 건조수축에 의한 폭0.3mm미만인 균열이 조사되어 내구성 확보를 위한 보수와 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.



교대 균열(A1)



교대 균열(A2)

<사진 1.2.10> 교대 손상현황

<표 1.2.11> 교대 손상현황

부 재	결 합 내 용	손상물량				손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 12월 금회 정밀점검			
교대	균열(폭0.3mm미만)	13.2 m	12 EA	2.7 m	3 EA	↓ 2.7m	보수
	균열(폭0.3mm이상)	1.5 m	1 EA	-	-	↓ 1.5m	보수

나. 교각

교각에 대한 외관조사 결과 일부 손상에 대해 보수를 실시한 상태이다. 다만 미보수된 손상으로 초기 온도변화, 건조수축에 의한 폭0.3mm미만의 균열과 경미한 수준의 파손 등이 조사되었으며, 내구성 확보를 위한 보수와 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.



교각 코핑부 균열(P1)



교각 코핑부 균열 보수현황(P1)

<사진 1.2.11> 교각 손상현황

<표 1.2.12> 교각 손상현황

부 재	결 합 내 용	손상물량				손상물량 비교	비 고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 12월 금회 정밀점검			
교각	균열(폭0.3mm미만)	49.5 m	42 EA	25.1 m	23 EA	↓ 24.4m	보수
	균열(폭0.3mm이상)	3.5 m	2 EA	-	-	↓ 3.5m	보수
	망상균열	0.72 m²	1 EA	-	-	↓ 0.72m²	보수
	파손	0.02 m²	2 EA	0.02 m²	2 EA	-	

1.2.9 기 점검결과와 비교

기 실시되었던 정밀점검(2015.12)과 금회 실시한 정밀점검 결과 비교결과 배수시설 및 거더외부 손상이 증가하였으며, 기 점검이후 하자보수를 통한 바닥판, 거더, 교대·교각의 손상이 감소되었다.

<표 1.2.13> 기 점검결과와의 비교

구분		손상내용	2016년 08월 정밀점검		금회 정밀점검		손상물량 비교	손상물량 증감원인
교면포장		상태양호	-	-	-	-	-	
방호벽	균열(폭0.3mm미만)		4.7 m	10 EA	4.7 m	10 EA	-	
	백태		137.4 m²	81 EA	137.4 m²	81 EA	-	
배수시설	유도배수관 누수		-	-	1.0 m	1 EA	⬆ 1.0m	신규손상
	유도배수관 연결고리 탈락		-	-		1 EA	⬆ 1EA	신규손상
신축이음		후타재균열(폭0.3미만)	15.5 m	34 EA	15.5 m	34 EA		
바닥판	균열(폭0.3mm미만)		55.7 m	38 EA	31.4 m	25 EA	⬇ 24.3m	보수
	표면오염		4.21 m²	8 EA	3.72 m²	7 EA	⬇ 0.49m²	보수
거더	외부	부식	-	-	0.01 m²	1 EA	⬆ 0.01m²	신규손상
	내부	누수흔적	2.6 m²	1 EA	-	-	⬇ 2.6m²	보수
		환기구 철망탈락	1 m²	1 EA	-	-	⬇ 1.0m²	보수
		환기구 볼트 체결불량	7 EA	7 EA	-	-	⬇ 7EA	보수
가로보		상태양호	-	-	-	-	-	
교량받침		상태양호	-	-	-	-	-	
교대	균열(폭0.3mm미만)		13.2 m	12 EA	2.7 m	3 EA	⬇ 2.7m	보수
	균열(폭0.3mm이상)		1.5 m	1 EA	-	-	⬇ 1.5m	보수
교각	균열(폭0.3mm미만)		49.5 m	42 EA	25.1 m	23 EA	⬇ 24.4m	보수
	균열(폭0.3mm이상)		3.5 m	2 EA	-	-	⬇ 3.5m	보수
	망상균열		0.72 m²	1 EA	-	-	⬇ 0.72m²	보수
	파손		0.02 m²	2 EA	0.02 m²	2 EA	-	

1.3 내구성조사

1.3.1 콘크리트 비파괴강도 조사

반발경도 시험법에 의한 비파괴강도는 상부구조 및 하부구조에 대하여 실시하였으며 그 결과는 다음 표와 같다.

<표 1.3.1> 천안교(서울) 콘크리트 비파괴 강도 측정결과(상부구조) [단위 : MPa]

시 험 위 치	비 파 괴 시 험	측정압축강도 (MPa)			설 계 강 도 (MPa)	평 가
	반발경도 (R_0)	일본재료학회	일본건축학회	평균		
S1 바닥판	47.9	27.0	27.8	27.4	27.0	만족
S2 바닥판	50.2	28.9	28.8	28.9	27.0	만족
S3 바닥판	49.0	27.8	28.3	28.1	27.0	만족
S4 바닥판	48.1	27.2	27.8	27.5	27.0	만족
평균(MPa)		28.0				
M A X		28.9				
M I N		27.4				

<표 1.3.2> 천안교(서울) 콘크리트 비파괴 강도 측정결과(하부구조) [단위 : MPa]

시 험 위 치	비파괴시험	측정압축강도 (MPa)			설계강도 (MPa)	평가
	반발경도 (R_0)	일본재료학회	일본건축학회	평균		
A2 흥벽	44.4	24.2	26.2	25.2	24.0	만족
P1 기둥부	46.5	25.9	27.2	26.6	24.0	만족
P2 기둥부	47.9	27.0	27.8	27.4	24.0	만족
P3 기둥부	48.7	27.6	28.1	27.9	24.0	만족
평균(MPa)		26.8				
M A X		27.9				
M I N		25.2				

<표 1.3.3> 천안교(서울) 콘크리트 비파괴 강도 측정결과

[단위 : MPa]

부재 \ 종류	시험압축강도 (A)	설계기준강도 (B)	(A/B)×100 (%)
상부구조	27.4 ~ 28.9	27.0	101 ~ 107
하부구조	25.2 ~ 27.9	24.0	105 ~ 116

콘크리트 비파괴 시험결과 상부구조 바닥판 추정 비파괴 강도는 27.4~28.9MPa, 하부구조 추정 비파괴 강도는 25.2~27.9MPa로서 설계기준강도(상부 : 27.0MPa, 하부 : 24.0MPa) 이상을 확보하고 있는 것으로 측정·검토 되었다.



바닥판 압축강도 측정①



바닥판 압축강도 측정②

<사진 1.3.1> 반발경도시험 현황

1.3.2 탄산화시험

본 구조물에서는 측정위치에 타정공구 및 드릴을 이용하여 국부적으로 파손시킨 면에 페놀프탈레인 용액을 지시약으로 사용하는데, 이는 알칼리성 콘크리트의 탄산화가 진행된 면에서는 무색으로 변화가 없는 무색의 깊이가 곧 탄산화 진행 깊이가 된다. 구조물의 내구성에 영향이 없는 부위에는 코어시편을 채취하여 탄산화 깊이를 측정하였으며, 측정결과는 다음 표와 같다.

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

여기서, C : 탄산화깊이(mm) → 탄산화 잔여깊이

A : 탄산화 속도계수 t : 콘크리트 타설 후 경과된 시간(년)

<표 1.3.4> 탄산화 깊이의 측정결과(상부구조)

시험위치	탄산화 깊이(mm) (C)	공용년수 (t)	탄산화 속도계수 (A)	탄산화 잔여깊이 (mm)	잔존수명 (t_d)	비고
바닥판 S2	3.5	8	1.24	36.5	100년이상	

※ $A = \text{탄산화깊이} / \sqrt{(\text{경과년수} : 8\text{년})}$

※ 잔존수명 = (탄산화 잔여깊이 / A)²

※ 이론깊이:岸谷式에 의한 탄산화 이론깊이(w/c : 0.55, R : 1 적용)

<표 1.3.5> 탄산화 깊이의 측정결과(하부구조)

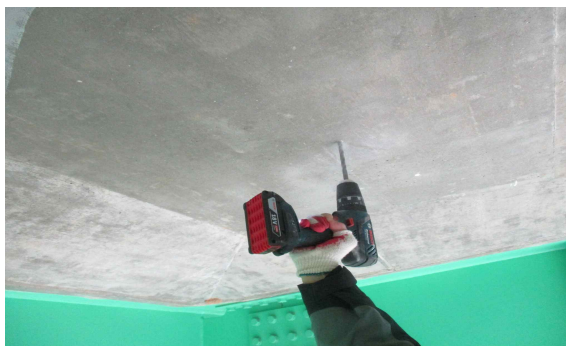
시험위치	탄산화 깊이(mm) (C)	공용년수 (t)	탄산화 속도계수 (A)	탄산화 잔여깊이 (mm)	잔존수명 (t_d)	비고
교대 A1	3.0	8	1.06	97.0	100년이상	
교각 P2	4.0	8	1.41	96.0		

※ $A = \text{탄산화깊이} / \sqrt{(\text{경과년수} : 8\text{년})}$

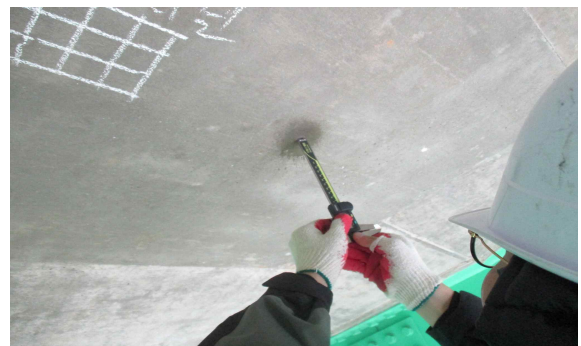
※ 잔존수명 = (탄산화 잔여깊이 / A)²

※ 이론깊이:岸谷式에 의한 탄산화 이론깊이(w/c : 0.55, R : 1 적용)

탄산화 깊이 측정은 총 3개소(상부구조 1개소, 하부구조 2개소)에서 실시하였으며 탄산화에 의한 수명 평가는 경과년수와 탄산화깊이와의 관계를 통해 탄산화 속도계수를 역추적하여 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하였다. 앞서 언급한 식 $C=A\sqrt{t}$ 에서 준공 후 현재까지의 경과년수 t 는 설계도로부터 구할 수 있고 탄산화 깊이 C 는 현장조사를 통하여 얻을 수 있으므로 탄산화 속도계수 A 를 계산할 수 있다. 측정결과 모든 측정부재에서 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간을 추정한 결과 100년 이상으로 탄산화에 의한 철근부식은 없을 것으로 판단된다.



탄산화 시험을 위한 드릴링 작업



바닥판 탄산화 시험

<사진 1.3.2> 탄산화시험 현황

1.3.3 기 점검결과와 비교

가. 압축강도

<표 1.3.6> 기 점검결과와 압축강도 비교

[단위:MPa]

구 분	상부구조	하부구조	비 고
2016년 정밀점검	28.0 ~ 31.7	25.4 ~ 27.5	
금회 정밀점검	27.4 ~ 28.9	25.2 ~ 27.9	

기 실시한 2014년 및 2016년 실시한 정밀점검과의 압축강도 비교결과 측정위치, 표면요철 및 습윤상태 등에 의한 미소한 차이는 있으나 압축강도의 저하는 없는 것으로 검토되었다.

나. 탄산화깊이

<표 1.3.7> 기 점검결과와 탄산화 비교

[단위:mm]

구 분	상부구조	하부구조	비 고
2016년 정밀점검	3.0 ~ 5.0	2.5 ~ 4.0	
금회 정밀점검	3.5	3.0 ~ 4.0	

기 실시한 2014년 및 2016년 실시한 정밀점검과의 탄산화깊이 비교결과 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2012.12)” 건전성 평가기준(탄산화 잔여깊이 30mm이상 : a등급)에 준하여 탄산화에 의한 철근 부식의 가능성은 적을 것으로 판단된다.

1.4 종합평가

1.4.1 상태평가

상태평가등급 산정과정은 외관조사 결과 부재별로 상태등급을 매긴 후, 부재별 중요도를 고려한 가중치를 고려하여 전체 평가등급을 산정하는 과정으로 되어 있다.

이외에 내구성과 관련된 요소로서 탄산화에 대한 등급을 구한 후 일반 부재와 같이 가중치를 부여하여 교량 전체의 상태평가항목으로 반영하였으며 상태평가 결과는 다음 표와 같다.

가. 구조별 상태평가 결과

<표 1.4.1> 천안교(서울) 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
STB1	STB	b	b	a	a	b	c	b	a	b	q	x	a
STB2	STB	b	a	a	a	b	c	x	a	b	q	a	x
STB3	STB	b	a	a	a	b	c	x	a	b	q	x	a
STB4	STB	b	a	a	a	b	c	x	a	b	q	x	x
	STB	-	-	-	-	-	-	b	a	b	q	x	x
평균		0.200	0.125	0.100	0.100	0.200	0.400	0.200	0.100	0.200	0.000	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	4	3
(평균×가중치) /가중치합		0.018	0.040	0.006	0.007	0.004	0.004	0.018	0.015	0.055	0.000	0.004	0.003
1. 환산결합도 점수 =												0.161	
2. 상태평가 결과 =												B	

나. 개별교량 상태평가 결과

<표 1.4.2> 천안교(서울) 개별교량 상태평가 결과

개별교량명	천안교(서울)					
구분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도 점수 ×연장비
천안교(서울)	STB	0.162	B	175.0	1.000	0.161
합계(Σ)				175.0	1.000	0.161
1. 환산결함도 점수 =						0.161
2. 상태평가 결과 =						B

다. 전체교량 평가결과

<표 1.4.3> 천안교(서울) 전체교량 상태평가 결과

개별교량명	천안교(서울)						
구분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이 ×차선	연장비	환산결함도점수 ×연장비
천안교(서울)	0.161	B	175.0	2	350.0	1.00	0.161
합계(Σ)			175.0		350.0	1.00	0.161
1. 평가지수 =						0.161	
2. 상태평가 결과 =						B 등급	

라. 상태평가 결과

본 천안교(서울)의 상태평가 결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 "B등급"의 상태로 평가 되었다.

1.4.2 안전등급 지정

<표 1.4.4> 안전등급 지정

구 분	상태평가		안전성평가	
	평가지수	평가기준	평가지수	평가기준
평가결과	0.161	B	미 실시 (정밀안전진단 과업)	
안전등급 지 정	상태평가 B 안전성평가 (미 실시) - 안전등급 B			

안전등급은 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 등급을 안전등급으로 지정하나 금회 실시한 정밀점검에서는 안전성평가(정밀안전진단 과업)를 실시하지 않아 안전등급은 B등급“보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태”로 지정되었다.

1.4.3 기 점검결과와 비교

<표 1.4.5> 기 점검결과와 상태평가 비교

구 분	종합평가 지수	상태평가 등급	비고
2014년 정밀점검	0.145	"B"	
2015년 정밀점검	0.177	"B"	
금회 정밀점검	0.161	"B"	평가지수 하향

2015년 실시한 정밀점검과의 상태평가 비교결과 일부 부재의 손상이 증가하였으나 바닥, 교대 및 교각에 발생된 손상에 대하여 전반적인 보수를 실시하여 종합평가 지수가 하향되었다. 그러나, 상태평가 등급은 B등급의 범위($0.13 \leq x < 0.26$) 내에 포함되어 기 정밀점검 결과 같은 B등급으로 평가되었다.

1.5 정밀안전진단 및 사용제한 필요성

정밀점검 대상 시설물인 천안교(서울)는 2009년 준공 후 8년이 경과된 교량으로서 금회 정밀점검 결과 시공상태가 양호하고, 활하중 작용 등 외력에 의한 구조적 결함이나 손상이 없는 상태로서 국부적으로 발생한 손상·결함부에 대해 보수를 시행한다면 구조물의 기능성과 안전성을 확보할 수 있으므로 현재 상태의 정밀안전진단 및 사용제한 등의 필요성이 없으며 향후 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 의한 정기점검, 정밀점검 등의 시행과 동절기와 해빙기를 전·후하여 특별점검 등 지속적인 유지관리를 실시한다면 설계시 의도한 내구연한을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

1.6 보수·보강 및 유지관리 방안

1.6.1 부재별 보수·보강방안

천안교(서울)에 발생된 부재별 손상현황 및 보수·보강방안은 다음 표와 같다.

<표 1.6.1> 부재별 보수·보강 일람표

점검부위		결함 및 손상내용	보수물량	보수·보강(안) 공법	순위	비고
방호벽		균열(폭0.3mm미만)	1.41㎡ / 10EA	표면처리	3	
		백태	164.88㎡ / 81EA	표면처리	2	
배수시설		유도배수관 누수	1.0m / 1EA	교체	3	
		유도배수관 연결고리 탈락	1EA	재설치	3	
신축이음		후타재균열(폭0.3미만)	4.65㎡ / 34EA	표면처리	3	
바닥판		균열(폭0.3mm미만)	9.42㎡ / 25EA	표면처리	2	하자
		표면오염	4.46㎡ / 7EA	표면처리	3	하자
거더	외부	부식	0.02㎡ / 1EA	재도장	3	
교대		균열(폭0.3mm미만)	0.81㎡ / 3EA	표면처리	2	하자
교각		균열(폭0.3mm미만)	7.53㎡ / 23EA	표면처리	2	하자
		파손	0.03㎡ / 2EA	단면보수	2	하자

1.6.2 보수·보강 개략공사비

<표 1.6.2> 부재별 보수·보강 개략공사비

점검부위		결함 및 손상내용	보수물량	보수·보강(안) 공법	개략공사비 (천원)	순위	비고
방호벽		균열(폭0.3mm미만)	1.41㎡ / 10EA	표면처리	63	3	
		백태	164.88㎡ / 81EA	표면처리	7,420	2	
배수시설		유도배수관 누수	1.0m / 1EA	교체	100	3	
		유도배수관 연결고리 탈락	1EA	재설치	100	3	
신축이음		후타재균열(폭0.3mm미만)	4.65㎡ / 34EA	표면처리	209	3	
바닥판		균열(폭0.3mm미만)	9.42㎡ / 25EA	표면처리	424	2	하자
		표면오염	4.46㎡ / 7EA	표면처리	201	3	하자
거더	외부	부식	0.02㎡ / 1EA	재도장	2	3	
교대		균열(폭0.3mm미만)	0.81㎡ / 3EA	표면처리	36	2	하자
교각		균열(폭0.3mm미만)	7.53㎡ / 23EA	표면처리	339	2	하자
		파손	0.03㎡ / 2EA	단면보수	6	2	하자
순 공사비					8,900		
제경비(순공사비×0.5)					4,450		
총 공사비					13,350		

※ 면적환산 = 균열보수(0.3mm미만) : L(길이) × 0.25m(폭)

※ 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.

<표 1.6.3> 유지관리 보수·보강 개략공사비

점검부위		결합 및 손상내용	보수물량	보수·보강(안) 공법	개략공사비 (천원)	순위	비고
방호벽		균열(폭0.3㎜미만)	1.41㎡ / 10EA	표면처리	63	3	
		백태	164.88㎡ / 81EA	표면처리	7,420	2	
배수시설		유도배수관 누수	1.0m / 1EA	교체	100	3	
		유도배수관 연결고리 탈락	1EA	재설치	100	3	
신축이음		후타재균열(폭0.3미만)	4.65㎡ / 34EA	표면처리	209	3	
거더	외부	부식	0.02㎡ / 1EA	재도장	2	3	
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위		-		
			2순위		11,130		
			3순위		711		
개략공사비 총계					11,841		

<표 1.6.4> 하차 보수·보강 개략공사비

점검부위	결함 및 손상내용	보수물량	보수·보강(안) 공법	개략공사비 (천원)	순위	비고
바닥판	균열(폭0.3mm미만)	9.42㎡ / 25EA	표면처리	424	2	하차
	표면오염	4.46㎡ / 7EA	표면처리	201	3	하차
교대	균열(폭0.3mm미만)	0.81㎡ / 3EA	표면처리	36	2	하차
교각	균열(폭0.3mm미만)	7.53㎡ / 23EA	표면처리	339	2	하차
	파손	0.03㎡ / 2EA	단면보수	6	2	하차
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위		-		
		2순위		1,208		
		3순위		301		
개략공사비 총계				1,509		

1.6.3 유지관리 방안

가. 유지관리의 목적 및 필요성

도로시설물의 유지관리란 기존에 건설된 시설물이 기능을 보존케하고 이용차량의 편의와 안전을 도모하기 위하여 기존 시설을 점검하고 손상된 부분의 원상복귀와 추가시설을 보완하여 수명기간 동안 안전과 기능을 충분히 발휘하게 하기 위한 일련의 과정을 말한다. 도로시설물 유지관리의 주요내용은 ① 시설물 안전점검, ② 이상발견, ③ 보수필요여부 판정, ④ 적정 보수공법 선정, ⑤ 보수공사 실시, ⑥보수효과 확인 등으로 구분된다.

나. 중점유지관리 사항

1) 교면포장

주요부위 및 손상		
	교면포장 전경	교면포장 전경
점검내용	◦ 교면포장에 대한 외관조사 결과 전반적인 외관상태는 양호한 것으로 조사되었으며 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.	
점검요령	◦ 점검방법 • 도보를 이용한 근접 육안조사 및 테스트 햄머를 이용한 타격시험 ◦ 점검항목 • 균열, 함몰, 단차, 요철, 마모 등의 손상유무 • 신축이음 전후 단차 및 파손 등의 손상유무 ◦ 중점 점검사항 • 배수구주변 포장 들뜸 및 파손발생 유무 • 균열, 함몰, 단차, 요철, 마모 등의 손상유무	
점검도구	· 사진기, 점검용 망치, 필기도구, 점검야장	

2) 방호벽

주요부위 및 손상		
	방호벽 균열부 백태(S1)	방호벽 균열부 백태(S3)
점검내용	◦ 방호벽은 철근콘크리트로 시공되어 있으며 외관조사 결과 건조수축, 시공미흡 등으로 인해 다수의 균열이 조사되었으며, 균열부에 우수가 유입되어 백태가 발생된 것으로 조사되어 손상현황에 따라 적절한 보수조치가 필요한 것으로 판단된다.	
점검요령	◦ 점검방법 • 도보를 이용한 근접 육안조사 ◦ 점검항목 • 콘크리트 방호벽 균열, 파손, 박락 및 강재난간 변형상태 확인 • 신축유간부 차수판 상태확인 ◦ 중점 점검사항 • 균열 상태변화(균열확산, 균열부 백태, 박리 등) 점검 • 균열부 백태 박리, 박락 발생 유무 • 균열보수 후 재균열 발생유무	
점검도구	· 사진기, 점검용 망치, 필기도구, 점검야장	

3) 배수시설

주요부위 및 손상	
점검내용	배수관 전경 ◦ 배수시설은 좌측 방호울타리 측에 설치되어 있으며, 외관조사 결과 전반적인 외관상태는 양호한 것으로 조사되었으며, 주기점검을 통한 유지관리가 필요하다.
점검요령	◦ 점검방법 • 도보를 이용한 근접 육안조사 ◦ 점검항목 • 배수구 주변 바닥판상·하면 상태 확인 • 배수구 토사적체, 배수관 부식 및 탈락 등의 손상유무 ◦ 중점 점검사항 • 배수관 주변 교면포장 들뜸, 융기여부 및 바닥판하면 배수관주변 누수, 백태 발생유무에 대한 주기적인 점검필요 • 배수기능 확보를 위해서는 청소 등의 일상적인 유지관리 필요
점검도구	· 사진기, 점검용 망치, 필기도구, 점검야장

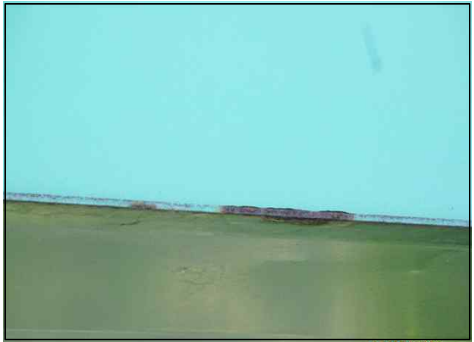
4) 신축이음

주요부위 및 손상		
점검내용	◦ 외관조사 결과 본체는 전반적으로 양호한 상태이다. 반면 후타재의 경우 건조수축, 중차량 반복통행 등으로 인해 후타재 균열이 조사된 바, 내구성 확보를 위한 적절한 보수가 필요하다. ◦ 각 신축이음별 신축량 및 유간거리를 검토한 결과 각 신축이음은 하절기 온도상승 및 동절기 온도하강시 신축여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 검토되었다.	
점검요령	◦ 점검방법 • 도보를 이용한 근접 육안조사, 신축량 측정 ◦ 점검항목 • 신축이음장치 본체 사용성, 주행성, 유간확보상태 및 차수 기능 발휘상태 확인 • 신축이음장치 후타재 균열, 파손, 단차 등의 손상유무 ◦ 중점 점검사항 • 후타재 균열 상태변화(균열확산, 균열부 백태, 박리 등) 점검 • 신축이음 본체 부식상태가 심화될 경우 강성저하로 인한 변형을 유발할 수 있으므로 갭길구간에 대한 주기적인 방청처리 필요 • 신축유간부 토사, 이물질 적체시 지수관 파손을 유발할 수 있으므로 주기적인 청소 • 신축이음 본체 하부 연결볼트 탈락유무 점검	
점검도구	· 사진기, 점검용 망치, 필기도구, 점검야장, 줄자	

5) 바닥판

주요부위 및 손상		
점검내용	바닥판 균열(S1)	바닥판 균열(S2)
점검요령	◦ 바닥판에 대한 외관조사결과 일부 손상에 대해 보수를 실시한 상태이다. 다만 미보수된 손상으로 초기 건조수축에 의한 폭0.3mm미만 균열, 배수관 주변 백태 등이 조사되어, 내구성 확보를 위한 보수와 유지관리가 필요한 것으로 판단된다. ◦ 점검방법 · 내도보 및 고소차를 이용한 근접 육안조사 ◦ 점검항목 · 바닥판 하면 균열 발생유무 및 기타 결함발생 유무 등 · 바닥판의 탄산화 등 철근부식 환경에 대한 조사·측정 등 ◦ 중점 점검사항 · 균열 상태변화(균열확산, 균열부 백태, 박리 등) 점검 · 균열부 백태 박리, 박락 발생 유무	
점검도구	· 사진기, 점검용 망치, 필기도구, 점검야장	

6) 거더 및 가로보

주요부위 및 손상		
	거더 내부 환기구 망 보수(S3 G1)	거더 외부 부식(S1-G2)
점검내용	◦ 거더에 대한 외관조사 결과, 전회 점검이후 거더 내부에서 조사된 누수흔적, 환기구 망 손상 등에 대해서는 정비를 실시한 것으로 조사되었다. 반면 거더 외부에서 경미한 수준의 부식이 조사되어 채도장등 적절한 조치가 필요하다.	
점검요령	◦ 점검방법 · 내부 - 도보 및 사다리를 이용한 근접 육안조사 · 교량점검차를 이용한 육안조사 ◦ 점검항목 · 공통적으로 도장 녹발생, 박리, 박락 등의 손상유무 · 보조 부재 및 주부재의 변형 발생유무 · 볼트이음부 볼트풀림, 파단 등의 손상 발생유무 ◦ 중점 점검사항 · 녹 발생 등 강재부식 발생유무 점검 · 용접부 결함에 대한 손상 발생 유무 점검	
점검도구	· 사진기, 점검용 망치, 필기도구, 점검야장	

7) 교량받침

주요부위 및 손상		
점검내용	받침전경 (가동단 A1 SH2)	받침전경 (가동단 A2 SH2)
점검요령	◦ 받침본체 및 받침물탈의 외관조사 결과 기 정밀점검 결과와 동일하게 전반적인 외관상태는 양호한 것으로 조사되었다. ◦ 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치를 상회하는 것으로 조사되어 본 과업대상인 천안교(서울)는 충분한 연단거리를 확보하고 있는 것으로 검토되었다. ◦ 교량받침 여유량 검토결과 온도변화에 따른 여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 측정/확인 되었다.	
점검도구	· 사진기, 점검용 망치, 필기도구, 점검야장, 줄자	

8) 교대 및 교각

주요부위 및 손상		
점검내용	교대 균열(A1)	교각 코핑부 균열(P1)
점검요령	◦ 교대에 대한 외관조사결과 일부 손상에 대해 보수를 실시하여 양호한 것으로 확인되었다. 다만 미보수된 손상으로 초기 수화열 및 건조수축에 의한 폭 0.3mm내·외 균열이 조사되어 내구성 확보를 위한 보수와 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. ◦ 교각에 대한 외관조사 결과 일부 손상에 대해 보수를 실시한 상태이다. 다만 미보수된 손상으로 초기 온도변화, 건조수축에 의한 폭0.3mm내·외의 균열, 망상균열과 경미한 수준의 파손 등이 조사되었으며, 내구성 확보를 위한 보수와 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다. ◦ 점검방법 · 도보 및 사다리를 이용한 근접 육안조사 · 교량점검차, 바지선+크레인 이용한 육안조사 ◦ 점검항목 · 교대 및 교각 균열, 백태, 파손 등의 손상발생 유무 · 받침장치 주변 균열, 파손 등 이상결함 발생유무 ◦ 중점 점검사항 · 교대 및 교각 균열(cw=0.2mm이상) 등 초기결함개소에 대해서는 내구성저하 방지를 위한 적절한 유지보수와 균열 상태변화에 대해서는 지속적인 주의 관찰 필요	
점검도구	· 사진기, 점검용 망치, 필기도구, 점검야장, 줄자	

1.7 종합결론

가. 외관조사

1) 교면포장

본 천안교(서울)의 교면포장은 ASP포장으로 시공되어 있으며, 차량이 운행중인 상태에서 최대한 접근이 가능한 범위까지 근접 육안조사를 실시하였다.

교면포장에 대한 외관조사 결과 전반적인 외관상태는 양호한 것으로 조사되었으며 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

2) 방호벽

방호벽은 철근콘크리트로 시공되어 있으며 외관조사 결과 건조수축, 시공미흡 등으로 인해 다수의 균열이 조사되었으며, 균열부에 우수가 유입되어 백태가 발생 된 것으로 조사되어 손상현황에 따라 적절한 보수조치가 필요한 것으로 판단된다.

3) 배수시설

배수시설은 좌측 방호울타리 측에 설치되어 있으며, 외관조사 결과 유도배수관 누수 및 유도배수관 연결고리 탈락이 조사되었으며, 기 손상부는 유도배수관 교체 및 연결고리 재설치 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

4) 신축이음

신축이음은 대기 온도변화에 의한 교량 상부구조의 수축과 팽창, 콘크리트의 재령에 의한 CREEP, 건조수축 및 활하중에 의한 이동과 회전등의 변위 및 변형을 원활하게 하여 2차응력을 줄이고 교면의 평탄성을 유지시켜 주는 역할과 교면수와 오물이 교량 하부구조로 흘러들어가는 것을 방지하여 콘크리트가 부식되지 않도록 하는 기능을 수행하는 중요한 부재이다. 본 교량에 설치된 신축이음은 4경간 연속교로서 신축이음장치는 A1, A2 구간에 Rail Joint로 각각 설치되어 있다.

외관조사 결과 본체는 전반적으로 양호한 상태이다. 반면 후타재의 경우 건조수축, 중차량 반복통행 등으로 인해 후타재 균열이 조사된 바, 내구성 확보를 위한 적절한 보수가 필요하다.

천안교(서울)의 각 신축이음별 신축량 및 유간거리를 검토한 결과 각 신축이음은 하절기 온도상승 및 동절기 온도하강시 신축여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

5) 바닥판

대상 교량은 4경간 연속의 Steel Box Girder교로서 바닥판에 대한 외관조사결과 일부 손상에 대해 보수를 실시한 상태이다. 다만 미보수된 손상으로 초기 건조수축에 의한 폭 0.3mm미만 균열, 배수관 주변 백태 등이 조사되어, 내구성 확보를 위한 보수와 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

6) 거더

대상 교량의 상부구조 형식은 4경간 연속(40.0+65.0+40.0+30.0=175.0m) 강상자형(STB)교로서 외관조사 결과, 전회 점검이후 거더 내부에서 조사된 누수흔적 환기구 망 손상 등에 대해서는 정비를 실시한 것으로 조사되었다. 반면 거더 외부에서 경미한 수준의 부식이 조사되어 재도장등 적절한 조치가 필요하다.

7) 교량받침

교량받침은 상·하부구조 접속부에 있는 교량 부속물로서 교량의 구조 중 기계적 요소가 가장 강하며, 하중의 전달과 완충의 기능을 갖고 있어 하중전달을 위해 견고하게 연결되어야 한다.

대상교량의 받침장치는 포트받침으로 고정단 1EA, 교축직각방향 가동단 1EA, 교축방향 가동단 4EA, 양방향 가동단 4EA로 시공되어 있다. 받침본체 및 받침물탈의 외관조사결과 기 정밀점검 결과와 동일하게 전반적인 외관상태는 양호한 것으로 조사되었다.

교대 및 교각의 교량받침에 대한 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치를 상회하는 것으로 조사되어 본 과업대상인 천안교(서울)는 충분한 연단거리를 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

또한, 기 실시한 정밀점검(2016.08)과 비교시 측정오류 및 연단거리의 차이는 없는 것으로 측정·검토되었다.

대상 교량 받침장치의 대기온도 변화를 고려하여 상부 바닥판의 신축 변화량을 산정하고 각 지점에서 측정된 받침장치 가동량을 측정 비교·검토하였다.

본 교량의 가동받침의 이동량 산정시 온도변화는 보통지방을 고려하여 $-5^{\circ}\text{C} \sim +35^{\circ}\text{C}$ 설계하였으며 설계시 고려한 온도를 기준으로 교량받침 여유량 검토결과 온도변화에 따른 여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 측정/확인 되었다.

8) 교대 및 교각

교대 및 교각은 교량 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 중요한 역할을 수행하는 구조부재이며, 교대는 역T형(직접기초), 교각은 T형(직접기초)으로 시공되어있다.

교대에 대한 외관조사결과 일부 손상에 대해 보수를 실시하여 양호한 것으로 확인되었다. 다만 미보수된 손상으로 초기 수화열 및 건조수축에 의한 폭0.3mm미만의 균열이 조사되어 내구성 확보를 위한 보수와 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

교각에 대한 외관조사 결과 일부 손상에 대해 보수를 실시한 상태이다. 다만 미보수된 손상으로 초기 온도변화, 건조수축에 의한 폭0.3mm미만의 균열과 경미한 수준의 파손 등이 조사되었으며, 내구성 확보를 위한 보수와 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

나. 내구성 조사

내구성 평가를 위하여 실시한 반발경도법에 의한 압축강도시험, 탄산화 시험 측정결과 설계기준, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2017.01)을 만족하는 것으로 측정·검토되었다.

다. 종합결론

천안교(서울)는 준공 후 8년이 경과된 STEEL BOX GIRDER 형식의 교량으로 방호벽 균열, 백테, 신축이음 후타재 균열, 바닥판 균열, 거더외부 부식, 교대 및 교각 균열, 망상 균열 등이 조사되어 "B등급"(양호)으로 평가 되었으며, 금회 점검시 조사된 손상·결함부에 대하여 보수를 시행한다면 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다. 또한, 하자보수를 실시한 보수부의 점검을 통한 재손상 여부를 판단하여 이에 대한 적절한 조치를 취하여야 할 것이다.

