

II. 시 설 물 편

제 1장 서종대교[서울]

제 2장 서종대교[양양]

제 1 장 서종대교(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 서종대교(서울)

1.1 시설물개요

1.1.1 서종대교(서울) 전경



1.1.2 교량현황

본 과업 대상구조물인 서종대교(서울)의 교량현황은 다음 표와 같다.

<표 1.1.1> 서종대교(서울) 교량현황

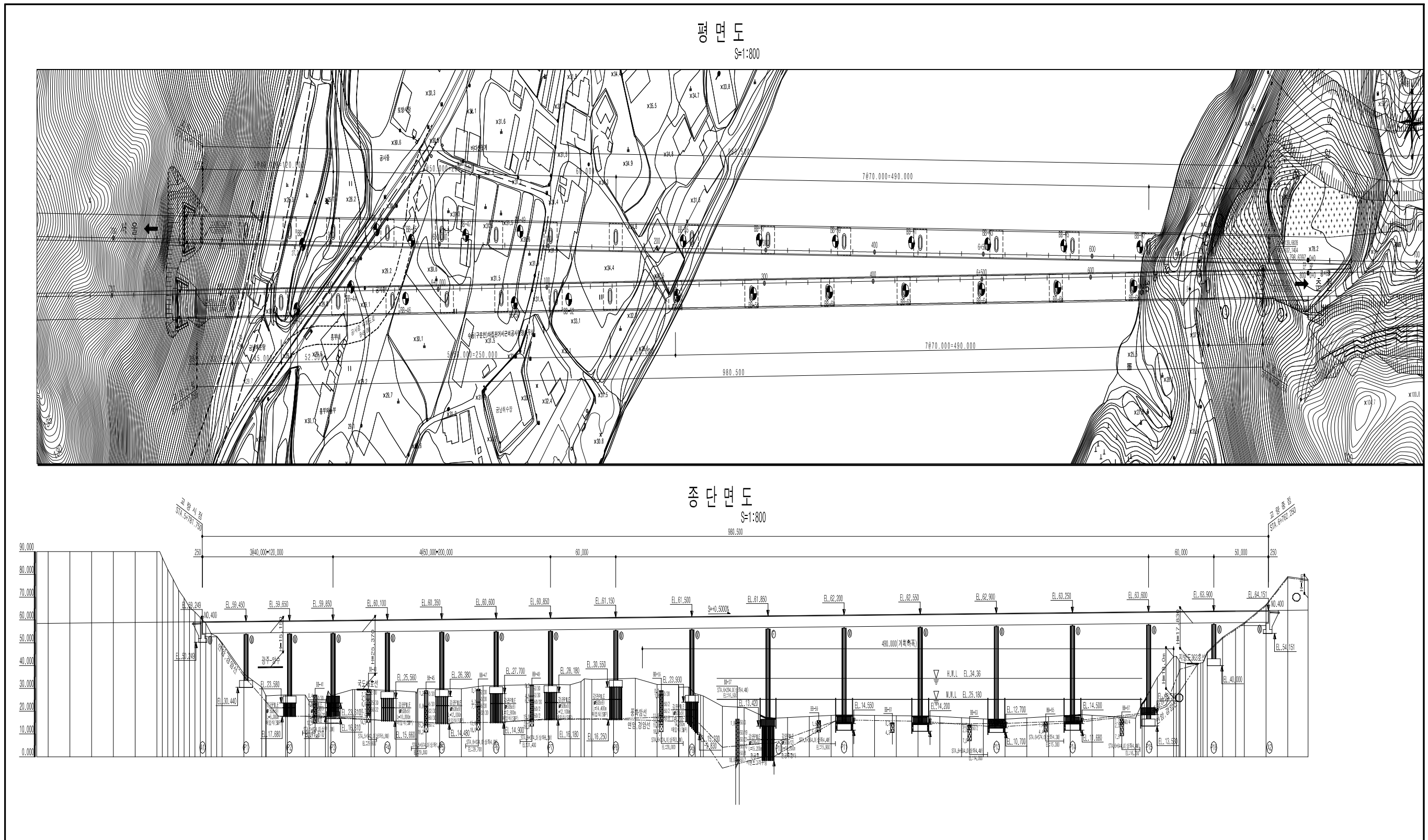
구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		서종대교(서울)		시설물번호		BR2009-0000650	
준공년도		2009. 08. 11.		관리번호		-	
위 치		경기도 남양주시 화도읍 금남리 ~ 경기도 양평군 서종면 문호리					
설계하중		DB-24/DL-24		노선명(이정)		서울춘천고속도로(18.50km)	
제원	연 장	L = 980.0m, (3@40+4@50+60+7@70+60+50=980.0m)					
	폭	B = 13.0m, 편도2차로					
구조 형식	상 부	P.S.C Box Girder		기초 형식	교대	직접기초	
	하 부	교대: 역T형, 교각: 중공 타원형			교각	직접 + Pile기초	
교량받침		Hydampot 받침(기초분리장치)		신축이음		Finger Joint	
교차시설물		도로(국도45호선, 국지도391호선) 하천(북한강)		통과높이		27.4m	

1.1.3 위치도

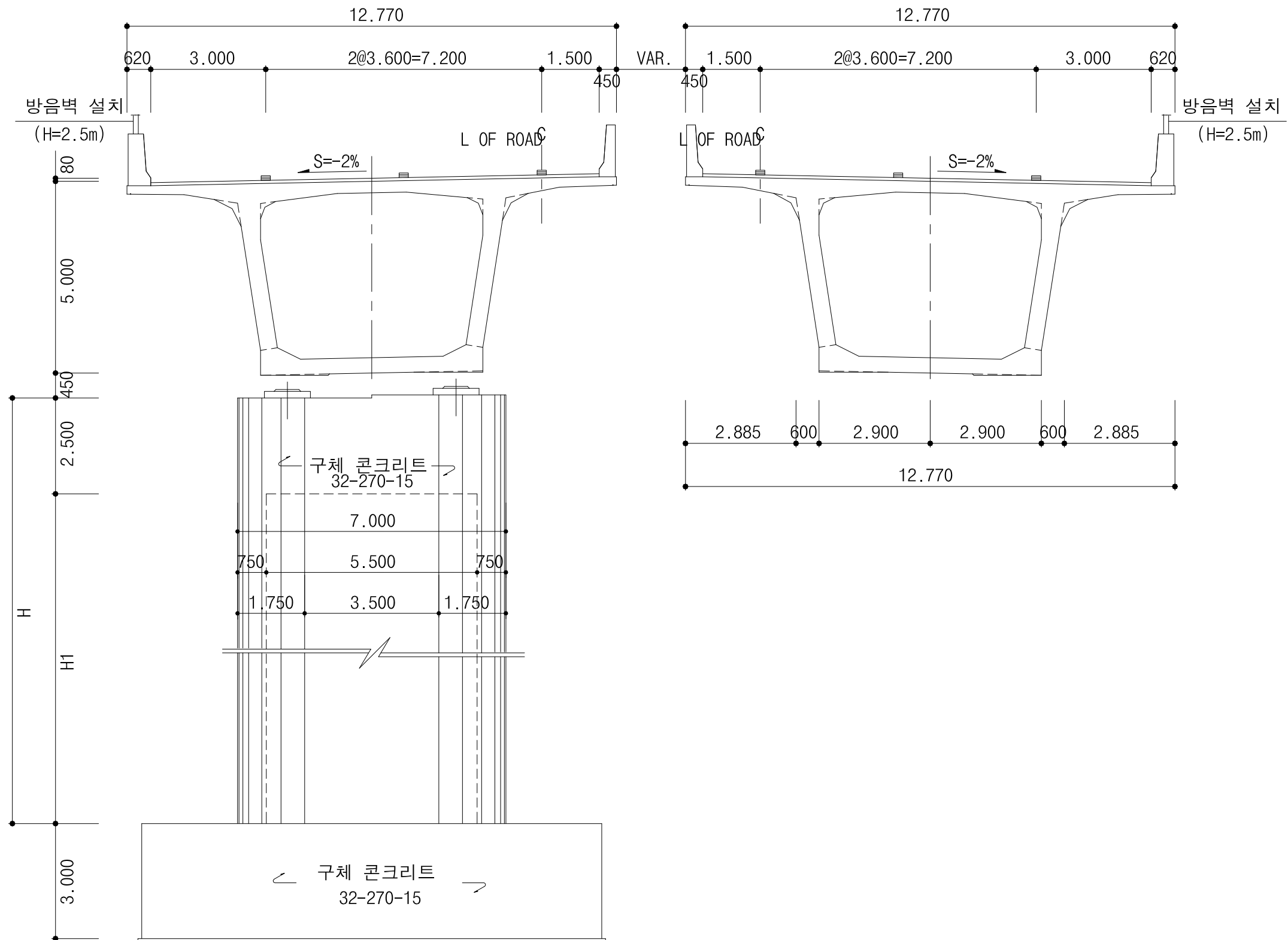


<그림 1.1.1> 위치도

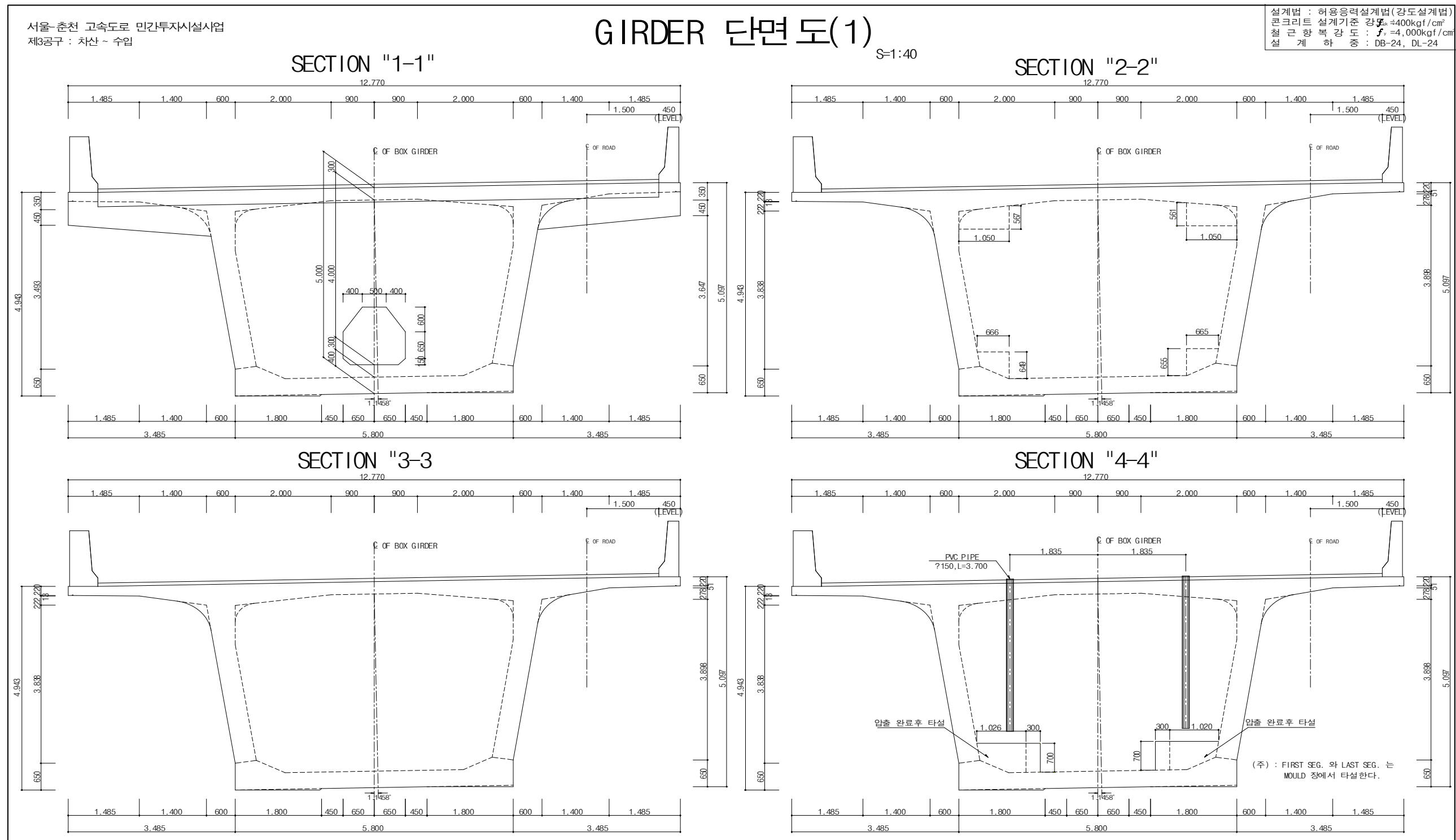
1.1.4 일반도



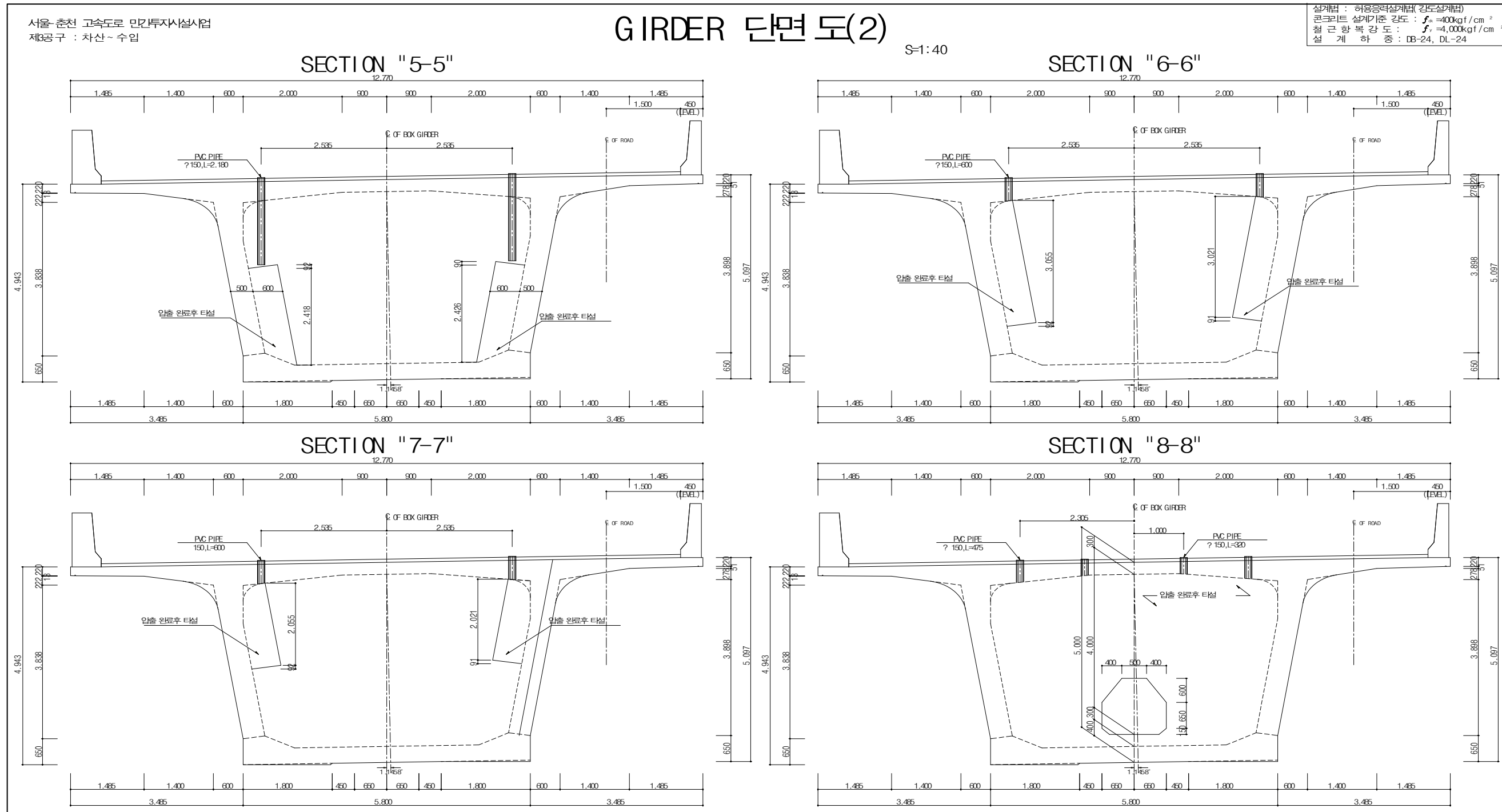
<그림 1.1.2> 서종대교(서울) 종·평면도



<그림 1.1.3> 서종대교(서울) 횡단면도



<그림 1.1.4> 서종대교(서울) 거더 단면도(1)



<그림 1.1.5> 서종대교(서울) 거더 단면도(3)

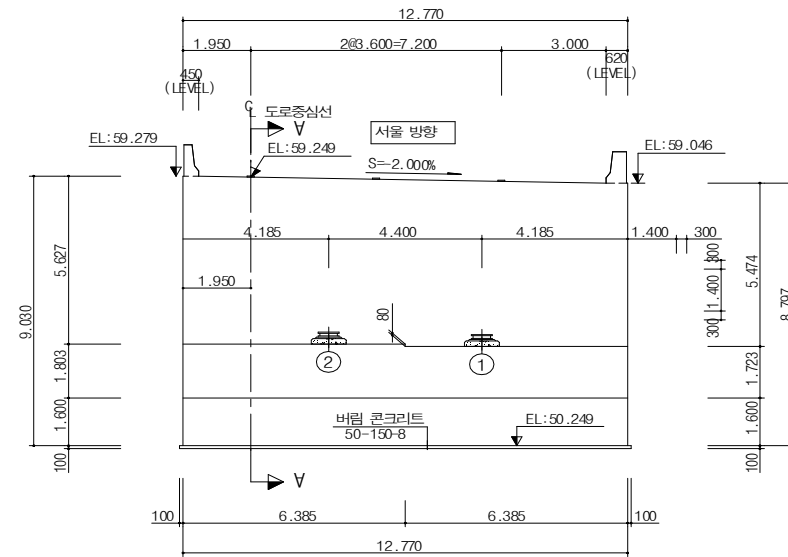
서울~춘천 고속도로 민간투자시설사업
제3공구 : 자산 ~ 수입

시점측 교대 일반도 (1) (서울 방향) S = 1 : 100

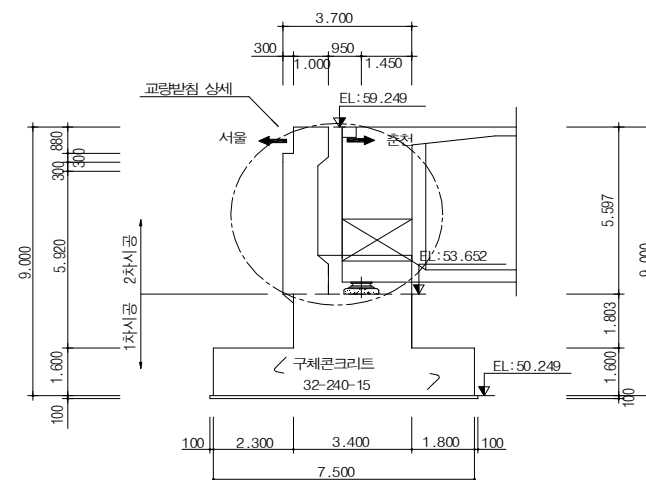
Scale 0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0

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

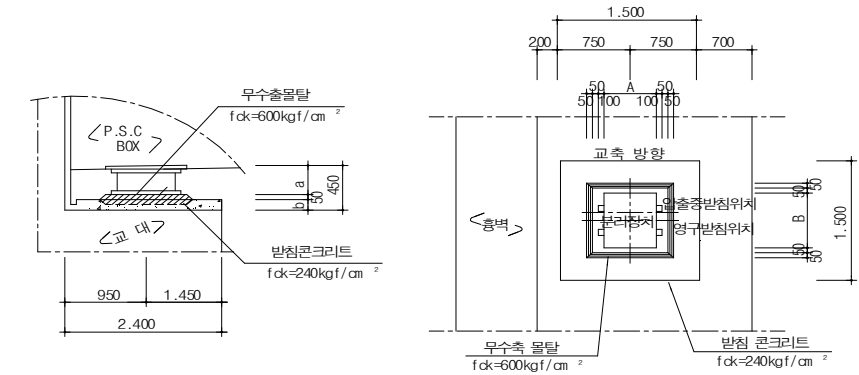
정 면 도



단 면 A-A



교량받침 상세 S = 1 : 30



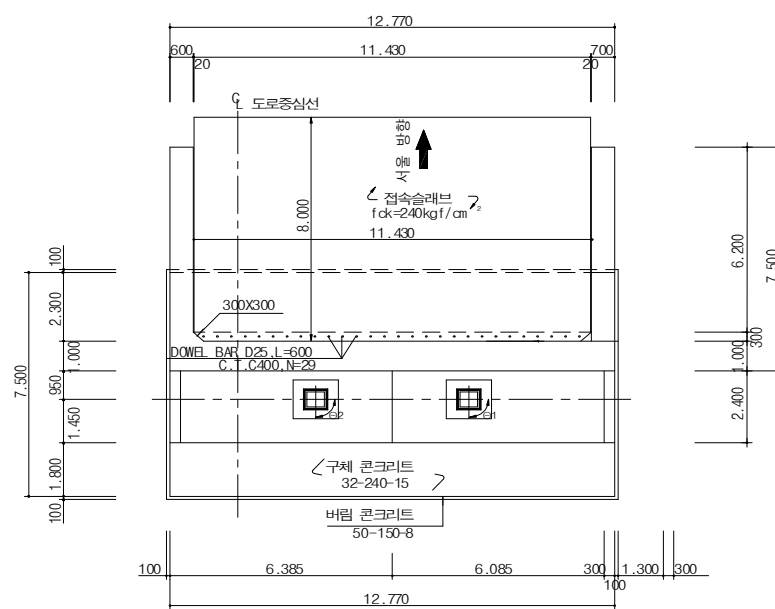
연단 거리 계산표

구 분	최소받침 지지길이(mm)	연 단 거 리 (cm)
신출근거	$200+1.67 \times 980+6.66 \times 31.401=2045.7$	$20+0.5 \times 40=40$
적용길이	2,400	$75+70-62/2=114$

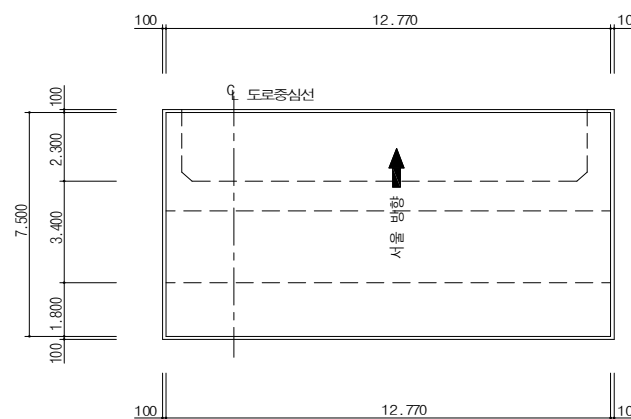
변 화 치 수 표

구 분	①	②	구 분	횡방향
장치형식	HTF600-30	HTF600-30	A	620
	횡방향	횡방향	B	910
	90.000°	90.000°	a	207
받침 E.L.	53.815	53.885	b	193

평 면 도



기 초 평 면 도



NOTE

- 모든 치수의 단위는 mm이다
- 받침 설치후 받침의 상단면은 수평하여야 한다.
- 구체 콘크리트 강도는 $f_c=240\text{kgf/cm}^2$ 이다.
- 기초 고르기 콘크리트 강도는 $f_c=150\text{kgf/cm}^2$ 이다
- 현장 시공시 사용될 신축이음장치 형식에 따라 유간거리 및 기타 변동사항에 대하여 계획서를 작성하여 감독관에게 허가를 득하여야 한다.
- 표시된 치수 및 좌표는 반드시 검토하여야 한다.
- 무수축 물탈은 부착이 양호하도록 치핑한다.
- 시공기준선은 교대 흥벽의 전면선으로 한다.

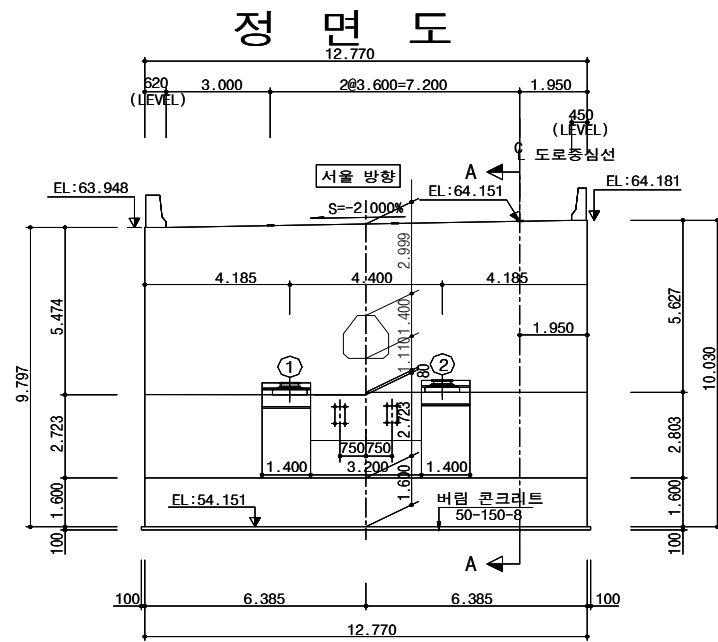
<그림 1.1.6> 서종대교(서울) 교대 일반도(1)

서울-춘천 고속도로 민간투자시설사업
제3공구 : 차산 ~ 수입

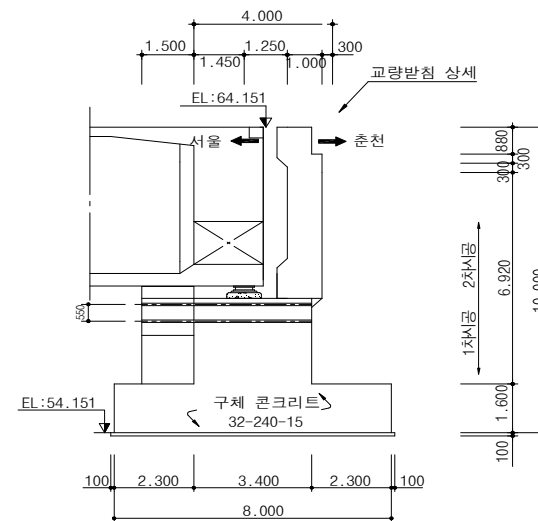
종점측 교대 일반도 (1) (서울 방향) S = 1 : 100

Scale 0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0

설 계 법 : 강도설계법
콘크리트 설계기준 강도 $f_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$
철근 항복강도 : $f_y=3,000\text{kgf/cm}^2$
설 계 하 중 : DB-24, DL-24

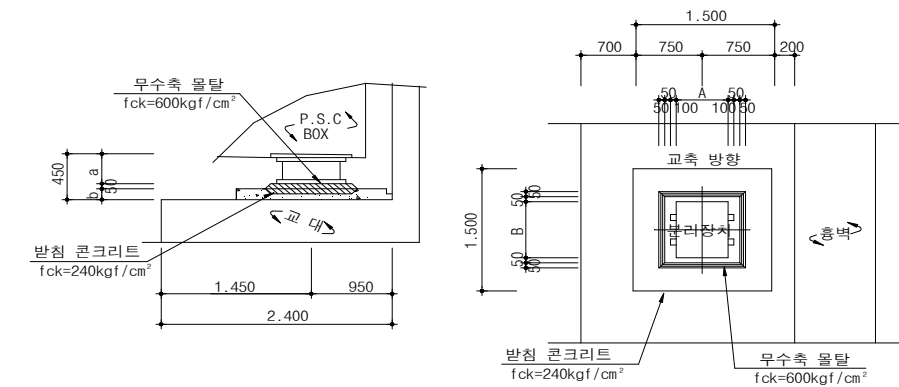


단면 A-A



교량받침 상세

S = 1 : 30

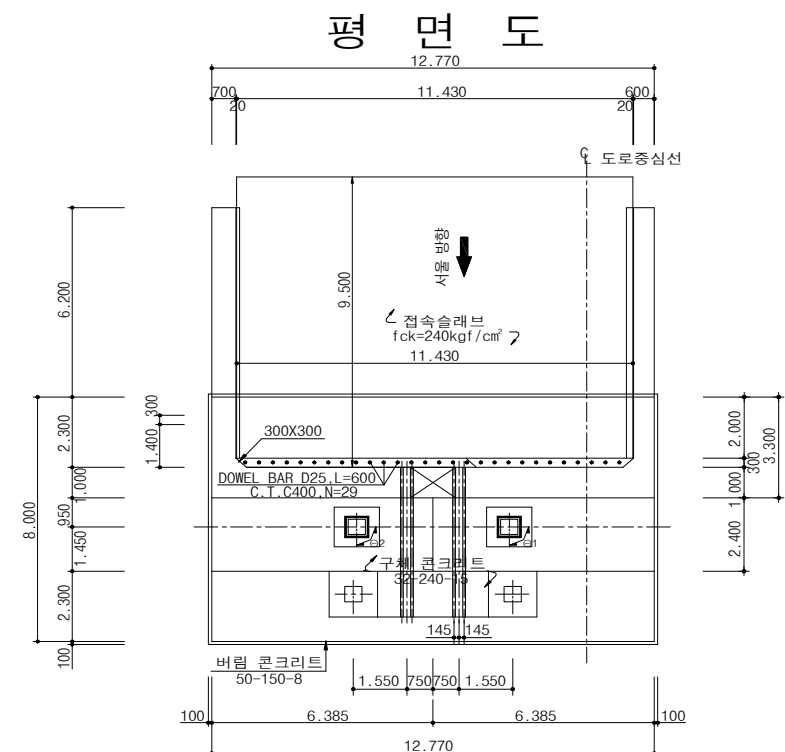


연단 거리 계산표

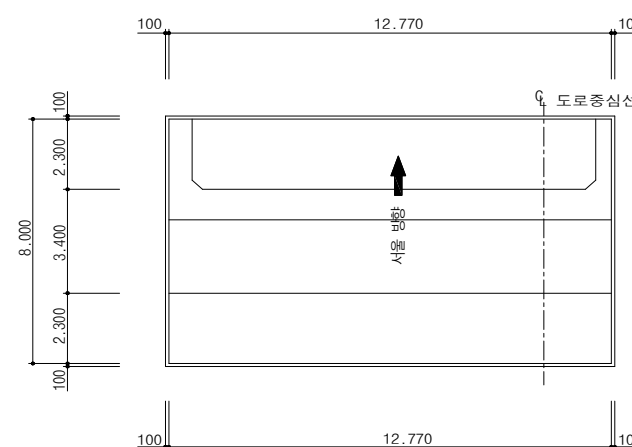
구 분	최소받침 지지길이(mm)	연 단 거 리(cm)
산출근거	$200+1.67 \times 980+6.66 \times 31.401=2045.7$	$20+0.5 \times 50=45$
적용길이	2,400	$75+70-67/2=111.5$

변 화 치 수 표

구 분	①	②	구 분	횡방향
장치형식	HTF700-35	HTF700-35	A	670
	횡방향	횡방향	B	970
Θ	90.000°	90.000°	a	216
받침 EL.	58.708	58.788	b	184



기 초 평면도



NOTE

- ① 모든 치수의 단위는 mm이다
- ② 받침 설치후 받침의 상단면은 수평하여야 한다.
- ③ 구체콘크리트 강도는 $f_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$ 이다.
- ④ 기초 고르기 콘크리트 강도는 $f_{ck}=150\text{kgf/cm}^2$ 이다
- ⑤ 현장 시공시 사용될 신축이음장치 형식에 따라 유간거리 및 기타 변동사항에 대하여 계획서를 작성하여 감독관에게 허가를 득하여야 한다.
- ⑥ 표시된 치수 및 좌표는 반드시 검토하여야 한다.
- ⑦ 무수축 물탈은 부착이 양호하도록 치평한다.
- ⑧ 시공기준선은 교대 흥벽의 전면선으로 한다.

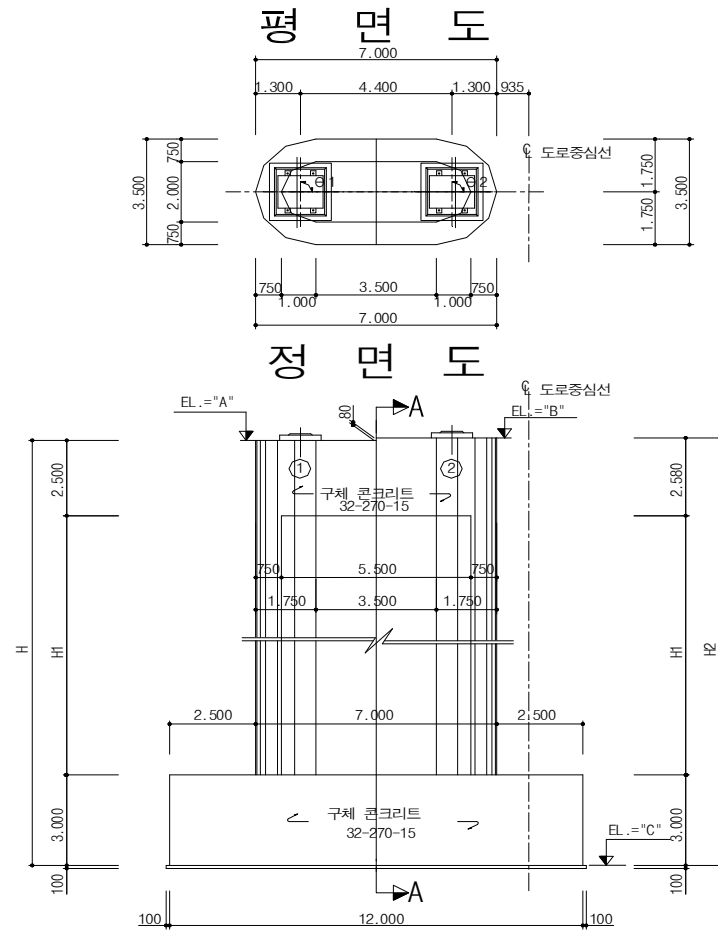
<그림 1.1.7> 서종대교(서울) 교대 일반도(2)

서울~춘천 고속도로 민간투자사업
SEOUL ~ CHUNCHEON EXPRESSWAY P.P.I PROJECT

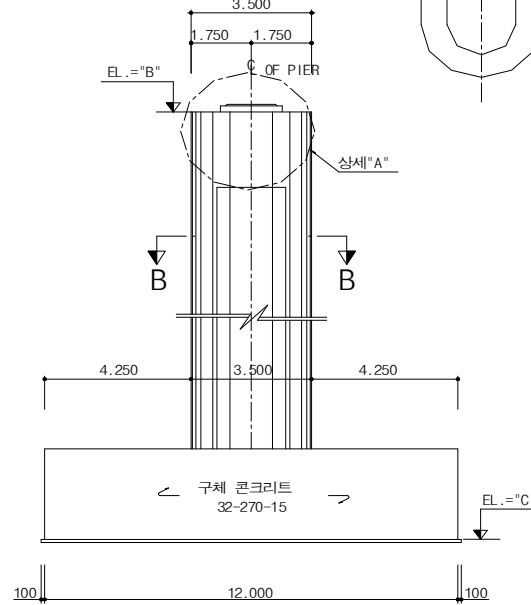
교각 일반도 (1)

(서울 방향 : P1,P3,P15,P16)
교각중심이동좌표
S = 1 : 100

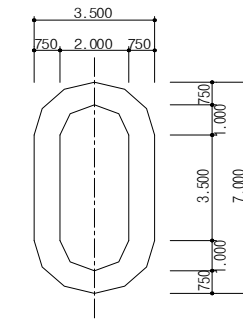
구분	X	Y
P 1	459178.5938	230992.6854
P 3	459175.6602	231072.6316
P 15	459148.1577	231822.1271
P 16	459145.9575	231882.0868



단면 A-A



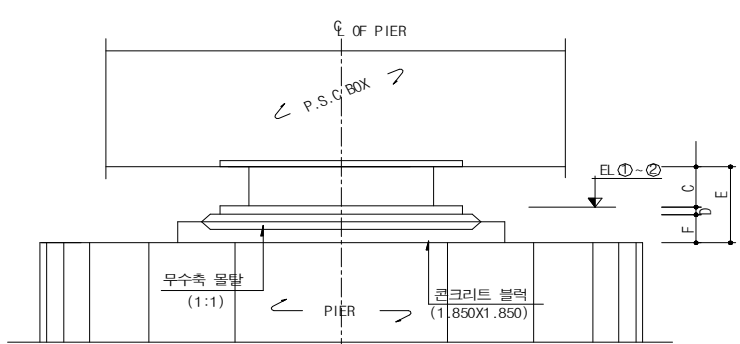
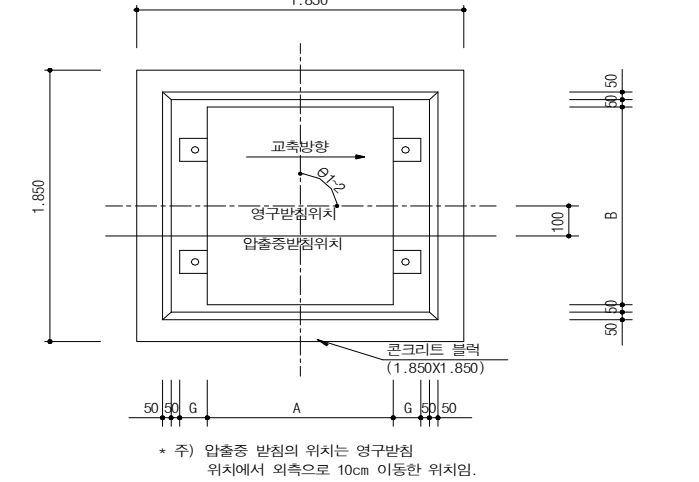
단면 B-B



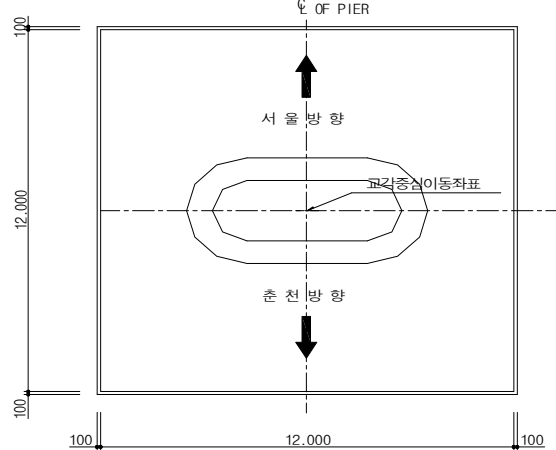
Scale 0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0

설계 방법 : 강도설계법
콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$
철근 항복 강도 : $f_y=3,000\text{kgf/cm}^2$
설계 하중 : DB-24, DL-24

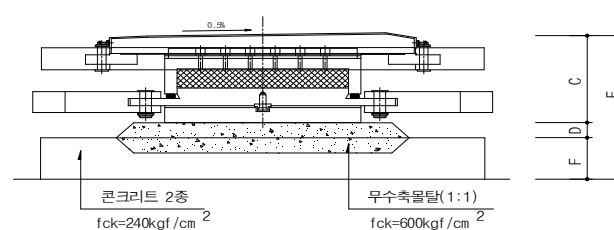
상세 "A"



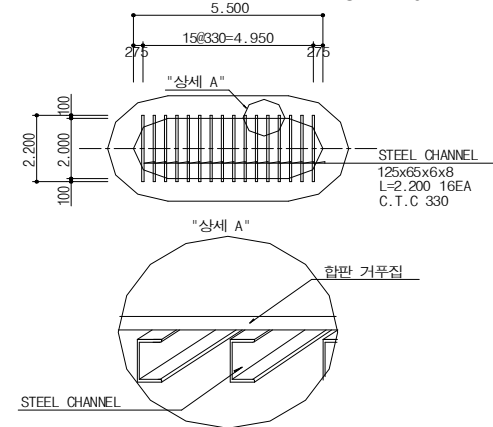
기초 평면도



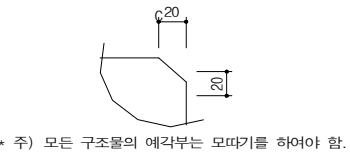
SHOE 상세



코핑부 거푸집 상세



모따기 상세



* 주) 모든 구조물의 예각부는 모따기를 하여야 함.

- NOTE**
- 모든 치수의 단위는 mm이다
 - 받침 설치후 받침의 상단면은 수평하여야 한다.
 - 구체콘크리트 강도는 $f_{ck}=270\text{kgf/cm}^2$ 이다.
 - 기초 고르기 콘크리트 강도는 $f_{ck}=150\text{kgf/cm}^2$ 이다
 - 표시된 치수및 좌표는 반드시 검토하여야 한다.
 - 구조물의 미관과 안정성을 도모하고 모서리 파손을 방지하기위하여 모서리 처리형상을 20x20으로 한다.
 - 무수축 몰탈은 부착이 양호하도록 치평한다.
 - 지반의 재료가 연약하거나 이토질이어서 기초지반으로서 부적합 판정시에는 감독관과 협의후 변경해야 한다.

<그림 1.1.8> 서종대교(서울) 교각 일반도(1)

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-춘천 고속도로 민간투자 시설사업 - 일반보고서(2009.08) - 토질조사보고서(2009.08) - 준공내역서(2009.08) - 준공도면(2009.08) ◦ 서울-춘천 고속도로 민간투자 시설사업 구조 및 수리계산서(2009.08)
	◦ 설계도면 - 위치도, 평면도, 표준단면도, 일반도, 구조도 등	
시설물 관리대장	◦ 기본현황 및 상세제원 ◦ 점검 및 진단 이력 ◦ 보수·보강 및 유지관리 이력	◦ 시설물 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-춘천 고속도로 민간투자 시설사업 시공기록보고서(2009.08) - 시공관련 자료 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록
안전점검 및 정밀안전진단 자료		◦ 정밀점검보고서(2014.01) ◦ 서울춘천고속도로 2구간 정밀점검 보고서 (2016.08 백양엔지니어링)
보수·보강 관련자료		◦ 보수·보강 이력사항

나. 기 점검 및 진단자료

서종대교(서울)는 기 정밀점검 (2016. 08) 실시 결과 상태평가 등급은 “B”등급으로 평가되었다. 바닥판 균열, 방호벽 균열, 교량받침 미끄럼판 변형, 거더, 교대 및 교대 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	2009.09.01~ 2009.11.27 (하반기) 정기점검	자체수행 박진희	양호	- 이상없음
2	2010.05.26 (상반기) 정기점검	자체수행 박진희	양호	- A2 교대 물고임 - 배수시트 교체 필요
3	2010.10.27 (하반기) 정기점검	자체수행 박진희	양호	- 이상없음
4	2011.03.07~ 2011.04.29 정기점검 (상반기)	자체수행 정시몬	양호	- 이상없음
5	2011.09.05~ 2011.11.29 (하반기) 정기점검	자체수행 정시몬	양호	- 이상없음
6	2012.05.01. ~2012.05.31. 정기점검 (상반기)	자체수행 송창현	양호	- 이상없음
7	2012.09.03~ 2012.09.28 (하반기) 정기점검	자체수행 송창현	양호	- 이상없음
8	2012.08.01~ 2012.11.15. 정밀점검	자체수행 송창현	A	- 이상없음
9	2013.03.26. (하반기) 정기점검	자체수행 송창현	양호	- 거더 밑면 열화로 인한 파손발생, 동결융해 발생 - A1 배수관 탈락, 배수시트 파손으로 인한 교대부 누수, 슈 녹발생, 체수 교면 다수의 균열 - 주의관찰 필요

<표 1.1.3> 기존 점검·진단 이력(계속)

번호	기간	점검기관	등급	주요 점검 및 진단 결과
10	2013.07.15 (하반기) 정기점검	자체수행 송창현	양호	- 신축이음 배수시트 파손(A1) - 교각부 균열 - 무수축 콘크리트 균열 - 배수시트 재설치 - 균열부 주입보수 - 균열부 면보수
11	2013.10.21~ 2014.01.18 정밀점검	(재)한국재난연구원 홍규선	B	- 바닥판 종방향 균열(cw=0.1mm) - PSC Box 거더 내·외부 격벽 균열, 외부 지점부 박락 - 교대 및 교각 균열손상, 박리 - 교량받침 소울플레이트 부식, 받침몰탈 박락 - 신축이음장치 후타재 균열, 하부 물받이 탈락 - 교면포장 균열 - 배수시설 배수구 막힘, 파손, 배수관 탈락, 용접부 이격·방호벽 균열, 철근노출 - 내구성 저하방지를 위해 균열보수 및 단면보수 실시 - 교량받침 부식 발생 부위에 대해 방청 및 도장보수 - 신축이음 물받이 설치 - 배수구 덮개 설치, 배수관 덧댐연결
12	2014.04.01~ 2014.06.09 (상반기) 정기점검	자체수행 임상희	양호	- A1 벽체박리(0.1m²) - 슈 일부 녹발생 13개소(2.6m²) - A1 벽체 표면보수 - 슈 채도장
13	2014.07.01~ 2014.11.06 (하반기) 정기점검	자체수행 임상희	양호	- 교각 코핑부 미세균열 - 주의관찰
14	2015.04.04~ 2015.04.09 (상반기) 정기점검	자체수행 김상규	양호	- 물받이 파손 교대하부 배수관 연결불량 - 누수흔적 - 물받이 보수 배수관 연결 - 배수시설 보완
15	2016.04.01~ 2016.06.24. (상반기) 정기점검	자체수행 노경희	양호	- 바닥판 균열, PSC 박스거더 균열 및 박리 - 교대 및 교각 균열 및 박리 - 교량받침 플레이트 부식 및 몰탈박락 - 배수관 탈락 및 이격, 방호벽 균열 - 표면보수, 주입보수, 단면보수 - 채도장 및 몰탈복구 - 배수구 덧댐연결
16	2016.08 정밀점검	백양엔지니어링(주)	B	• 바닥판 균열 • 거더내·외부 균열 • 교대 및 교각 균열 • 교량받침 미끄럼판 변형

<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. 08. 13	
용 역 사		· 백양엔지니어링(주)	
외관 조사	교 먼 포 장	· 포장 균열, 파손	b
	배 수 시 설	· 배수구 막힘, 이음부 이격, 연장배수관 탈락	b
	방 호 벽	· 균열, 백태, 파손	b
	바 닥 판	· 균열, 파손, 들뜸	b
	거 더	· 균열, 백태, 박리, 들뜸, 파손	c
	격 벽	· 균열, 들뜸	c
	신 축 이 음	· 후타재 균열, 박락, 토사퇴적	c
	교 량 받 침	· 플레이트 부식, 미끄럼판 변형, 몰탈 및 받침콘크리트 균열	b
	교 대, 교 각	· 균열, 망상균열, 백태, 철근노출, 박락	c
비파괴 시험	강 도	· 설계강도 이상	
	탄 산 화	· a등급으로 철근부식의 우려는 없는 것으로 판단됨	
상 태 평 가		· B등급(0.255)	
안 전 등 급		· 미 실시	
종 합 의 건		·외관조사 결과 콘크리트 부재에서 다수의 균열이 조사되었으나, 균열의 발생원인은 수화열, 내외부 온도차, 건조수축, 시공당시 세그먼트 타설 및 인장, 거푸집 조기탈형 등에 기인한 것으로 구조적 원인에 의한 균열은 없는 것으로 판단되어, 손상현황에 따라 적절한 보수조치가 필요한 것으로 판단됨. 특히 바닥판의 종방향 균열은 교량을 통과하는 중차량 하중에 의해 인장응력 발생(RC 라멘 거동)으로 인한 보수부 재균열이 발생할 가능성이 있으므로 보수완료 후 주기적인 점검을 통한 주의 관찰이 필요한 것으로 판단됨. 또한 시공미흡, 공용년수 경과, 피복부족, 다짐불량, 외부충격 등에 의해 발생된 콘크리트 부재의 단면손상과 받침의 미끄럼판 변형 및 부식, 신축이음의 물받이 탈락, 배수시설의 손상, 방음벽 파손 등에 대해서도 손상현황에 따른 적절한 보수조치와 병행하여 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단됨. ·내구성 조사 결과 비파괴 강도 및 탄산화 잔여깊이는 양호함. ·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
1	2014-06-02~ 2014-08-30	- 신축이음 배수시트 보수 - 배수구 연결 - 중앙분리대 균열 백태 보수 - 하부구조 및 거더 균열보수	현대건설	하자보수

라. 시설물의 내진설계 여부 확인

서종대교(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	결 과	비 고
받침, 교대, 교각 등	Y	설계시 내진검토 반영	내진1등급 설계

1.2 외관조사

과업대상 교량인 서종대교(서울)는 경기도 남양주시 화도읍 금남리에서 경기도 양평군 서종면 문호리에 위치한 교량으로 2009년 8월에 준공하여 현재 약8년이 경과된 구조물로서 설계하중은 DB-24이며, 총연장이 980m, 폭 13.0m인 1종 시설물이다.

서종대교(서울)의 상부구조는 PSC BOX GIRDER 형식이며, 교대는 역T형(직접기초), 교각은 중공타원형(직접+Pile기초)으로 시공되어 있는 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(PSC 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.



작업차량(굴절차)을 이용한 외관조사①



작업차량(굴절차)을 이용한 외관조사②

<사진 1.2.1> 외관조사 현황

1.2.1 교면포장

서종대교 교면포장은 고강도 콘크리트 이며, 별도의 방수층이 필요 없는 HPC(High Performance Concrete)공법으로 시공된 상태이다. 외관조사 결과 건조수축, 공용년수 증가, 반복적인 통행차량 운하중 등으로 인해 발생한 균열, 망상균열, 파손 등이 조사되었다. 기 점검과 비교시 파손부위에 대해 일부 보수를 실시하여 양호한 상태이다. 미보수된 기 손상 부는 주의관찰 후 손상의 진전시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.



교면포장 균열(S11)



교면포장 망상균열(S15)

<사진 1.2.2> 교면포장 손상현황

<표 1.2.1> 교면포장 손상현황

부 재	결 합 내 용	손상물량				손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 12월 금회 정밀점검			
교면포장	균열(폭 0.3mm미만)	4.0 m	2 EA	5.0 m	3 EA	▲ 1.0m	신규손상
	균열(폭 0.3mm이상)	287.8 m	190 EA	286.0 m	189 EA	▼ 1.8m	보수
	망상균열	20.0 m ²	1 EA	20.0 m ²	1 EA	-	
	파손	1.99 m ²	6 EA	0.68 m ²	3 EA	▼ 1.31m ²	보수

1.2.2 방호벽

방호벽은 구조적인 중요도는 낮으나, 차량충돌에 의한 콘크리트 파손 및 재료적인 열화가 발생할 경우 주행차량의 불안감 및 차량충돌시 안전성 미확보가 우려되므로 면밀하게 점검을 실시하였다.

본 교량의 방호벽은 철근콘크리트로 시공되어 있으며, 좌측 방호벽 상단에는 방음벽(H=2.5m)이 설치되어 있다. 외관조사 결과 건조수축, 온도변화 및 환경적요인에 의한 균열, 백태, 국부파손 및 들뜸, 철근노출, 들뜸, 방음벽 파손이 조사되었다. 손상들에 대해 기 실시된 정밀점검(2016.08)과 비교시 균열 및 백태 손상이 일부구간 추가 발생된 것으로 비교·검토되었으며 향후, 부재의 특성상 지속적인 우수유입 및 동절기 동결융해의 반복에 의한 손상이 발생할 수 있으므로 표면처리, 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.



방호벽 균열부 백태(S3)



방호벽(중분대) 철근노출(S5)

<사진 1.2.3> 차량방호벽 손상현황

<표 1.2.2> 차량방호벽 손상현황

부 재	결 합 내 용	손상물량				손상물량 비교	비 고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 12월 금회 정밀점검			
방호벽	균열(폭 0.3㎜미만)	27.3 m	22 EA	96.8 m	88 EA	▲ 69.5m	손상증가
	균열(폭 0.3㎜이상)	3.2 m	4 EA	3.2 m	4 EA	-	
	백태	5.3 m ²	2 EA	15.3 m ²	4 EA	▲ 10.0m ²	손상증가
	파손, 들뜸	0.08 m ²	2 EA	0.08 m ²	2 EA	-	
	철근노출	6.46 m ²	7 EA	6.46 m ²	7 EA	-	
	방음벽 파손	2.4 m	1 EA	2.4 m ²	1 EA	-	

1.2.3 배수시설

배수시설은 좌측 방호울타리 측에 설치되어 있으며, 외관조사 결과 토사퇴적, 외부충격, 시공미흡 등으로 인해 배수구 막힘, 그레이팅 파손, 연장배수관 이음부 이격, 파손, 탈락 등이며 기 점검이후 배수관 막힘에 의한 월류, 배수관 탈락이 추가 조사되어 손상현황에 따라 적절한 보수조치가 필요한 것으로 판단된다.

<표 1.2.3> 배수시설 손상현황

부재	결함내용	손상물량				손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 12월 금회 정밀점검			
배수시설	배수구 막힘	15 EA	15 EA	14 EA	14 EA	↓ 1EA	보수
	그레이팅 파손	26 EA	26 EA	-	-	↓ 26EA	보수
	배수관 이음부 이격	2 EA	2 EA	2 EA	2 EA	-	
	연장배수관 파손	1 EA	1 EA	1 EA	1 EA	-	
	연장배수관 탈락	11.0 m	2 EA	11.0 m	2 EA	-	



연장배수관 탈락(S3)



배수관 탈락(12)

<사진 1.2.4> 배수시설 손상현황

1.2.4 신축이음

가. 외관조사 결과

신축이음은 대기 온도변화에 의한 교량 상부구조의 수축과 팽창, 콘크리트의 재력에 의한 CREEP, 건조수축 및 활하중에 의한 이동과 회전등의 변위 및 변형을 원활하게 하여 2차응력을 줄이고, 교면의 평탄성을 유지시켜 주는 중요한 부재로서, 본 교량에 설치된 신

축이음은 A1, A2에 Finger Joint로 시공되어 있으며 신축이음 단부 방호벽에는 우수유입을 방지하기 위한 차수판(BWP)이 설치되어 있는 것으로 확인되었다.

외관조사 결과 본체는 시공미흡, 공용년수 경과로 인해 하부 물받이 탈락, 상부 토사퇴적이 조사되어 물받이 재설치 및 주기적인 청소가 필요하며, 후타재의 경우 차량의 반복적인 윤하중에 따른 후타재 균열(폭0.3mm미만) 및 박락이 조사된 바, 손상현황에 따라 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.



신축이음 후타재 박락(A1)



신축이음 물받이 파손(A2)



신축이음 후타재 균열(A1)



신축이음 후타재 균열(A2)

<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	물받이 탈락	12.8 m	1 EA	1.0 m	1 EA	↓ 11.8m	보수
	토사퇴적	3.0 m²	1 EA	3.0 m²	1 EA	-	
	후타재균열(폭0.3mm미만)	8.8 m	11 EA	8.8 m	11 EA	-	
	후타재 박락	0.4 m²	1 EA	0.4 m²	1 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	520	400	305	4.0	161.2	46.8	O.K
A2	460	400	390	4.0	142.6	41.4	O.K

주1) 콘크리트교 : 최대 설계온도(-5℃~35℃) 상승 시 온도에 의한 신축여유량($\Delta L=1.0 \times 10^{-5} \times \Delta T \times L$)

주2) 측정일 : 2017년 11월 23일, 4.0℃

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



신축이음 전경(A2)



신축이음 유간측정 현황(A2)

<사진 1.2.6> 신축이음 전경 및 유간측정 현황

1.2.5 바닥판

ILM(Incremental Launching Method)공법으로 시공된 서종대교(서울)는 총 17경간으로 구성되어 있으며, 상부구조는 PSC 박스거더로 시공되어 있다. 상부구조 PSC 박스 거더의 상부플랜지는 외관조사 및 상태평가 산정시 바닥판으로 분류하였다.

바닥판은 상부로부터 전달되는 차량의 윤회중을 거더로 직접 전달하는 역할을 하는 부재로서 박스 거더 좌·우측 켄틸레버 구간을 대상으로 하며 외관조사결과, 일부 손상에 대해 보수를 실시하였으나 미보수된 폭0.3mm미만 균열, 파손 및 들뜸이 조사되었으며, 기점검과 비교시 일부구간 파손이 추가 확인되었다. 기 발생한 손상은 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아닌 것으로 판단되나, 내구성 저하 방지를 위해 각 손상현황에 따라 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.



바닥판 전경



바닥판 백태 보수(S12)



바닥판 콘크리트 파손(S7)



바닥판 콘크리트 파손(S8)

<사진 1.2.7> 바닥판 전경

<표 1.2.6> 바닥판 손상현황

부 재	결 합 내 용	손상물량				손상물량 비교	비 고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 12월 금회 정밀점검			
바닥판	균열(폭0.3mm이하)	4,134 m	97 EA	4.5 m	2 EA	↓ 4129.5m	보수
	파손 및 들뜸	0.28 m²	15 EA	0.04 m²	2 EA	↓ 0.24m²	보수

1.2.6 거더

거더에 대한 외관조사 결과 이상 처짐, 변형 및 지점부(정착부) 파손과 같은 특이할만한 결함 및 손상은 없는 상태이다. 다만 거더 내·외부 및 격벽 일부구간에서 폭 0.3mm내·외의 균열 및 망상균열, 콘크리트 파손/들뜸, 백태 등이 발생한 상태이다. 기점검과 비교시 일부 손상에 대해 보수를 실시하였으나, 일부 구간 균열 손상이 추가 발생한 것으로 확인되었다. 조사된 균열의 경우 일반적으로 PSC 상자형교에서 강선 긴장시 발생하는 국부적인 응력집중 현상과 가설공법 특성과 같은 시공환경 영향, 건조수축, 수화열, 온도변화 등 복합적인 요인에 의해 발생한 초기결함으로, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아닌 것으로 판단되나, 기타 손상과 더불어 내구성 확보차원의 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.



거더 내부 전경



거더 외부 전경



거더 외부 측면 균열(S6)



거더 외부 측면 균열(S15)

<사진 1.2.8> 거더 전경 및 손상현황



거더 내부 균열(S14)



거더 내부 균열(S15)

<사진 1.2.8> 거더 전경 및 손상현황(계속)

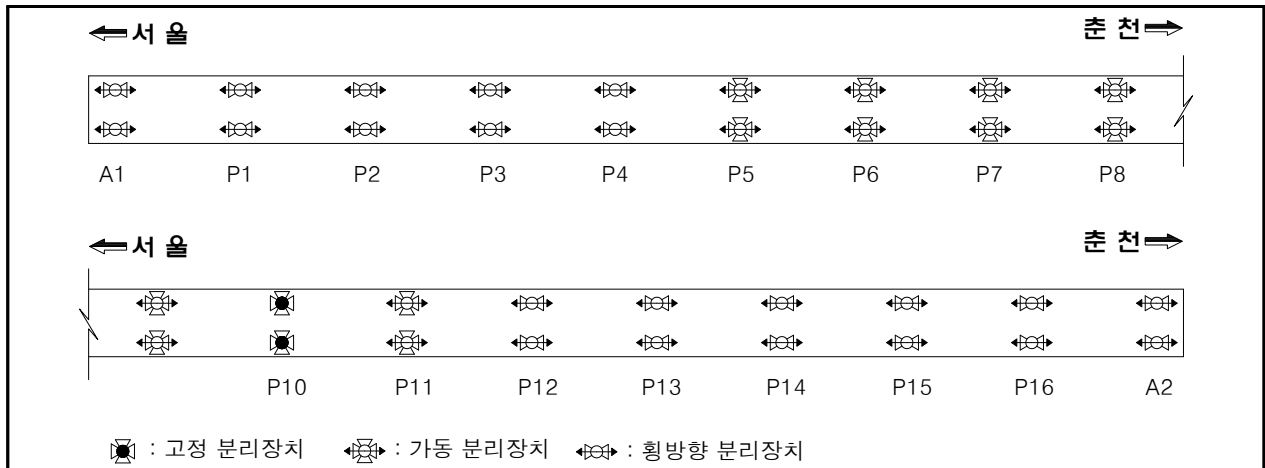
<표 1.2.7> 거더 손상현황

부재		결함내용	손상물량				손상물량 비교	비고
			2016년 08월 정밀점검		2017년 12월 금회 정밀점검			
거더	외부	균열(폭0.3mm미만)	1074.2 m	320 EA	990.7 m	314 EA	↓ 83.5m	보수
		균열(폭0.3mm이상)	21.0 m	5 EA	2.0 m	1 EA	↓ 19.0m	보수
		망상균열	1599 m²	25 EA	-	- EA	↓ 1599m²	보수
		백태	0.18 m²	2 EA	-	- EA	↓ 0.18m²	보수
		들뜸, 파손	0.70 m²	7 EA	-	- EA	↓ 0.70m²	보수
	내부	균열(폭0.3mm미만)	323.8 m	322 EA	198.9 m	181 EA	↓ 124.9m	보수
		균열(폭0.3mm이상)	30.1 m	45 EA	0 m	0 EA	↓ 30.1m	보수
		백태, 녹발생	0.2 m²	4 EA	0.2 m²	4 EA	-	
		주입구 노출	1.44 m²	13 EA	1.44 m²	13 EA	-	
		조류배설물 퇴적	16 EA	16 EA	16 EA	16 EA	-	
		들뜸	2.0 m²	1 EA	-	-	↓ 2.0m²	보수

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 1.2.9> 교량받침 배치도

본 교량의 받침은 Hydampot 받침(기초분리장치)으로 고정 분리장치(P10), 가동 분리장치(P5~P9, P11), 횡방향 분리장치(A1~P4, P12~A2)로 시공되어 있다.

받침장치에 대한 조사 결과 일부 손상에 대해 보수를 실시하였으나, 미보수된 슬플레이트 부식과 시공미흡으로 판단되는 미끄럼판 변형, 받침몰탈 균열/박락, 받침콘크리트 균열/재료분리 등이 조사되어, 각 손상들에 대해 적절한 보수가 필요하며, 특히 P16 받침 미끄럼판 변형의 경우 원활한 기능 향상을 위해 교체를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다.

<표 1.2.8> 교량받침 손상현황

부 재	결 합 내 용	손상물량				손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 12월 금회 정밀점검			
교량받침	미끄럼판 변형	2 EA	2 EA	2 EA	2 EA	-	
	슬플레이트 부식	36 EA	36 EA	36 EA	36 EA	-	
	몰탈 균열(폭0.3미만)	5.5 m	53 EA	5.5 m	53 EA	-	
	몰탈 박락	0.8 m²	4 EA	0.8 m²	4 EA	-	
	받침콘크리트 재료분리	0.74 m²	9 EA	0.74 m²	9 EA	-	
	받침콘크리트 파손	0.1 m²	2 EA	0.1 m²	2 EA	-	



플레이트 부식(A1 SH1)



무수축물탈 박락(P1 SH2)



반침물탈 균열(P4 SH2)



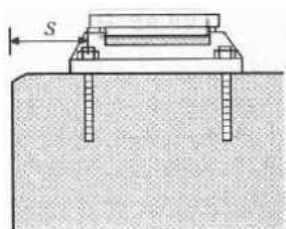
미끄럼판 변형(P16 SH2)

<사진 1.2.10> 교량반침 전경 및 손상현황

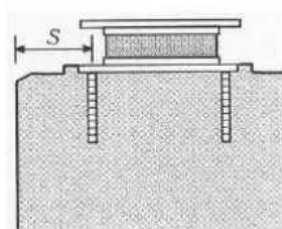
나. 교량반침 연단거리

1) 교량반침 연단거리 조사 방법

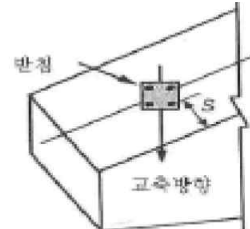
교좌면은 받침을 통해서 상부구조로부터 하중 등의 집중하중을 받는 곳이고 또 지진시 등에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 따라서, 지진시 하중을 전달하는 부재로서 앵커볼트에 의해 받침을 고정하는 경우에는 받침의 종류와 관계없이 앵커볼트의 중심에서 하부구조 정부 연단까지의 거리를 받침연단거리 S로 한다. 사교 혹은 곡선교의 경우 받침 연단거리 S는 하부구조 정부연단과의 최단거리 방향으로 확보하여야 한다.



a. 강제받침의 경우



b. 고무받침의 경우



c. 사교, 곡선교

<그림 1.2.11> 받침장치 형식에 따른 연단거리 조사 방법

2) 교량받침 연단거리 산출근거

교축방향의 받침연단과 하부구조 정부연단 사이의 거리 S(cm)는 다음의 값 이상으로 한다.(도로교설계기준)

① 거더의 지간길이 100m 이하인 경우

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

② 거더의 지간길이 100m 이상인 경우

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

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 서종대교(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		경간거리(m)	소요연단거리(cm)	실측연단거리(cm)	비 고
A1		40	40	107	OK
P1	시점측	40	40	106	OK
	종점측	40	40	107	OK
P2	시점측	40	40	110	OK
	종점측	40	40	106	OK
P3	시점측	40	40	103	OK
	종점측	50	45	107	OK
P4	시점측	50	45	103	OK
	종점측	50	45	106	OK
P5	시점측	50	45	105	OK
	종점측	50	45	106	OK
P6	시점측	50	45	103	OK
	종점측	50	45	104	OK

<표 1.2.9> 연단거리 측정 결과표(계속)

위치		경간길이(m)	최소연단거리(cm)	실측 연단거리(cm)	비고
P7	시점측	50	45	104	OK
	종점측	60	50	103	OK
P8	시점측	60	50	100	OK
	종점측	70	55	96	OK
P9	시점측	70	55	98	OK
	종점측	70	55	92	OK
P10	시점측	70	55	94	OK
	종점측	70	55	98	OK
P11	시점측	70	55	101	OK
	종점측	70	55	98	OK
P12	시점측	70	55	101	OK
	종점측	70	55	101	OK
P13	시점측	70	55	99	OK
	종점측	70	55	99	OK
P14	시점측	70	55	98	OK
	종점측	70	55	100	OK
P15	시점측	70	55	100	OK
	종점측	60	50	98	OK
P16	시점측	60	50	108	OK
	종점측	50	45	105	OK
A2		50	45	100	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 $-5^{\circ}\text{C} \sim +35^{\circ}\text{C}$ 설계하였으며 설계시 고려한 온도를 기준으로 교량받침 여유량 검토결과 온도변화에 따른 여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 측정/확인 되었다.

<표 1.2.10> 교량받침 여유량 측정 결과표

구분 (방향)	신축장 (m)	대기온도 (℃)	계산 가동량(mm)		가동여유량(mm)		비고
			신장(방향)	수축(방향)	신장(방향)	수축(방향)	
A1	520	4.0	161.2(A1)	46.8(P10)	275(A1)	275(P10)	O.K
P1	480	4.0	148.8(A1)	19.2(P10)	250(A1)	250(P10)	O.K
P2	440	4.0	136.4(A1)	17.6(P10)	250(A1)	250(P10)	O.K
P3	400	4.0	124(A1)	16(P10)	225(A1)	225(P10)	O.K
P4	350	4.0	108.5(A1)	14(P10)	330(A1)	70(P10)	O.K
P5	300	4.0	93(A1)	12(P10)	290(A1)	60(P10)	O.K
P6	250	4.0	77.5(A1)	10(P10)	245(A1)	55(P10)	O.K
P7	200	4.0	62(A1)	8(P10)	210(A1)	40(P10)	O.K
P8	140	4.0	43.4(A1)	5.6(P10)	175(A1)	35(P10)	O.K
P9	70	4.0	21.7(A1)	2.8(P10)	85(A1)	65(P10)	O.K
P10	-	4.0	-	-	-	-	F
P11	70	4.0	21.7(A2)	2.8(P10)	75(A2)	75(P10)	O.K
P12	140	4.0	43.4(A2)	5.6(P10)	100(A2)	100(P10)	O.K
P13	210	4.0	65.1(A2)	8.4(P10)	120(A2)	130(P10)	O.K
P14	280	4.0	86.8(A2)	11.2(P10)	150(A2)	150(P10)	O.K
P15	350	4.0	108.5(A2)	14(P10)	200(A2)	200(P10)	O.K
P16	410	4.0	127.1(A2)	16.4(P10)	230(A2)	220(P10)	O.K
A2	460	4.0	142.6(A2)	18.4(P10)	250(A2)	250(P10)	O.K

주1) 콘크리트교 - 최대 설계온도(-5℃~35℃) 상승 시 온도에 의한 신축여유량($\Delta l=1.0 \times 10^{-5} \times \Delta T \times L$)

주2) 측정일 : 2017년 11월 23일, 4.0℃

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 중공타원형(직접+Pile기초)으로 시공되어있다.



교대 전경



교각 전경

<사진 1.2.12> 교대 및 교각 현황

가. 교대

교대에 대한 외관조사결과 기존 손상인 균열, 재료분리, 철근노출 등에 대한 손상들에 대해 전반적으로 보수를 실시하였으며 양호한 상태인 것으로 조사되었다. 일부 미 보수된 손상부는 내구성 증진을 위한 표면처리, 주입보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

<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(폭 0.3mm 미만)	4.0 m	4 EA	4.0 m	4 EA	-	
	균열(폭 0.3mm 이상)	29.1 m	18 EA	1.5 m	1 EA	↓ 27.6m	보수
	백태, 녹발생	0.11 m ²	2 EA	-	-	↓ 0.11m ²	보수
	재료분리, 박리	7.8 m ²	4 EA	-	-	↓ 7.8m ²	보수
	철근노출 및 박락	0.24 m ²	1 EA	-	-	↓ 0.24m ²	보수



교대 균열보수 현황(A1)



교대 단면보수 현황(A2)

<사진 1.2.13> 교대 보수현황

나. 교각

교각에 대한 외관조사 결과, 기존 손상인 균열 및 망상균열 등에 대해 일부 보수를 실시한 것으로 조사되었으나, 미보수된 국부파손, 폭0.3mm내·외의 균열 등이 확인되었으며, 내구성 확보를 위한 적절한 보수가 필요하다.

<표 1.2.12> 교각 손상현황

부 재	결 합 내 용	손상물량				손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 12월 금회 정밀점검			
교각	균열(폭0.3mm미만)	109.4 m	111 EA	46.5 m	52 EA	↓ 62.9m	보수
	균열(폭0.3mm이상)	141.9 m	77 EA	0.3 m	1 EA	↓ 141.6m	보수
	망상균열	13.0 m²	10 EA	29.2 m²	5 EA	↑ 16.2m²	손상증가
	파손	0.12 m²	2 EA	-	-	↓ 0.12m²	보수
	굽힘	0.4 m²	1 EA	6.4 m²	2 EA	↑ 6.0m²	손상증가



교각 코핑부 균열(P4)



교각 기둥부 균열(P12)

<사진 1.2.14> 교각 손상현황

1.2.9 기 점검결과와 비교

기 실시되었던 정밀점검(2016년)과 금회 실시한 정밀점검 결과 비교결과 공용중 차량운행에 영향을 받는 교면포장, 방호벽에서 손상이 증가하였고, 전회 점검이후 하자보수를 통한 전체 부재별로 손상물량이 감소되었다.

<표 1.2.13> 기 점검결과와의 비교

구분	손상내용	2016년 08월 정밀점검		금회 정밀점검		손상물량 비교	손상물량 증감원인
교면포장	균열(폭 0.3mm미만)	4.0 m	2 EA	5.0 m	3 EA	↑ 1.0m	손상증가
	균열(폭 0.3mm이상)	287.8 m	190 EA	286.0 m	189 EA	↓ 1.8m	보수
	망상균열	20.0 m ²	1 EA	20.0 m ²	1 EA	-	
	파손	1.99 m ²	6 EA	0.68 m ²	3 EA	↓ 1.31m ²	보수
방호벽	균열(폭 0.3mm미만)	27.3 m	22 EA	96.8 m	88 EA	↑ 69.5m	손상증가
	균열(폭 0.3mm이상)	3.2 m	4 EA	3.2 m	4 EA	-	
	백태	5.3 m ²	2 EA	15.3 m ²	4 EA	↑ 10.0m ²	손상증가
	파손, 들뜸	0.08 m ²	2 EA	0.08 m ²	2 EA	-	
	철근노출	6.46 m ²	7 EA	6.46 m ²	7 EA	-	
	방음벽 파손	2.4 m	1 EA	2.4 m ²	1 EA	-	
배수시설	배수구 막힘	15 EA	15 EA	14 EA	14 EA	↓ 1EA	보수
	그레이팅 파손	26 EA	26 EA	-	-	↓ 26EA	보수
	배수관 이음부 이격	2 EA	2 EA	2 EA	2 EA	-	
	연장배수관 파손	1 EA	1 EA	1 EA	1 EA	-	
	연장배수관 탈락	11 m	2 EA	11.0 m	2 EA	-	
신축이음	물받이 탈락	12.8 m	1 EA	1.0 m	1 EA	↓ 11.8m	보수
	토사퇴적	3.0 m ²	1 EA	3.0 m ²	1 EA	-	
	후타재균열(폭0.3미만)	8.8 m	11 EA	8.8 m	11 EA	-	
	후타재 박락	0.4 m ²	1 EA	0.4 m ²	1 EA	-	

<표 1.2.13> 기 점검결과와의 비교(계속)

구분		손상내용	2016년 08월 정밀점검		금회 정밀점검		손상물량 비교	손상물량 증감원인
바닥판		균열(폭0.3mm이하)	4,134 m	97 EA	4.5 m	2 EA	↓ 4129.5m	보수
		파손 및 들뜸	0.28 m²	15 EA	0.04 m²	2 EA	↓ 0.24m²	보수
거더	외부	균열(폭0.3mm미만)	1074.2 m	320 EA	990.7 m	314 EA	↓ 83.5m	보수
		균열(폭0.3mm이상)	21.0 m	5 EA	2.0 m	1 EA	↓ 19.0m	보수
		망상균열	1599 m²	25 EA	-	- EA	↓ 1599m²	보수
		백태	0.18 m²	2 EA	-	- EA	↓ 0.18m²	보수
		들뜸, 파손	0.70 m²	7 EA	-	- EA	↓ 0.70m²	보수
	내부	균열(폭0.3mm미만)	150 m	75 EA	198.9 m	181 EA	↓ 124.9m	보수
		균열(폭0.3mm이상)	2.0 m	1 EA	0 m	0 EA	↓ 30.1m	보수
		백태, 녹발생	0.2 m²	4 EA	0.2 m²	4 EA	-	
		주입구 노출	1.44 m²	13 EA	1.44 m²	13 EA	-	
		조류배설물 퇴적	16 EA	16 EA	16 EA	16 EA	-	
		들뜸	2.0 m²	1 EA	-	-	↓ 2.0m²	보수
교량받침		미끄럼판 변형	2 EA	2 EA	2 EA	2 EA	-	
		슬플레이트 부식	36 EA	36 EA	36 EA	36 EA	-	
		몰탈 균열(폭0.3미만)	5.5 m	53 EA	5.5 m	53 EA	-	
		몰탈 박락	0.8 m²	4 EA	0.8 m²	4 EA	-	
		재료분리	0.74 m²	9 EA	0.74 m²	9 EA	-	
		받침콘크리트 파손	0.1 m²	2 EA	0.1 m²	2 EA	-	
교대		균열(폭 0.3mm미만)	4.0 m	4 EA	4.0 m	4 EA	-	
		균열(폭 0.3mm이상)	29.1 m	18 EA	1.5 m	1 EA	↓ 27.6m	보수
		백태, 녹발생	0.11 m²	2 EA	-	-	↓ 0.11m²	보수
		재료분리, 박리	7.8 m²	4 EA	-	-	↓ 7.8m²	보수
		철근노출 및 박락	0.24 m²	1 EA	-	-	↓ 0.24m²	보수
교각		균열(폭0.3mm미만)	109.4 m	111 EA	46.5 m	52 EA	↓ 62.9m	보수
		균열(폭0.3mm이상)	141.9 m	77 EA	0.3 m	1 EA	↓ 141.6m	보수
		망상균열	13.0 m²	10 EA	29.2 m²	5 EA	↑ 16.2m²	손상증가
		파손	0.12 m²	2 EA	-	-	0.12m²	
		긁힘	0.4 m²	1 EA	6.4 m²	2 EA	↑ 6.0m²	손상증가

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> 서종대교(서울) 콘크리트 비파괴 강도 측정결과(상부구조) [단위 : MPa]

시 험 위 치	비파괴시험	측정압축강도 (MPa)			설 계 강도 (MPa)	평 가
	반발경도 (R_0)	한국시설안전 공단	과학기술부	평균		
S2 거더내부 좌벽	53.7	42.1	43.4	42.8	40.0	만족
S2 거더내부 우벽	53.3	41.7	43.0	42.4	40.0	만족
S3 거더내부 상면	55.0	43.5	44.7	44.1	40.0	만족
P3 거더내부 격벽	53.3	41.7	43.0	42.4	40.0	만족
S7 거더내부 좌벽	55.0	43.5	44.7	44.1	40.0	만족
S7 거더내부 우벽	54.2	42.7	43.9	43.3	40.0	만족
P9 거더내부 격벽	54.0	42.5	43.7	43.1	40.0	만족
S9 거더외부 하면	54.4	42.9	44.1	43.5	40.0	만족
S11 거더내부 좌벽	55.0	43.5	44.7	44.1	40.0	만족
P11 거더내부 격벽	53.3	41.7	43.0	42.4	40.0	만족
S13 거더내부 우벽	53.4	41.8	43.2	42.5	40.0	만족
S13 거더외부 하면	55.7	44.3	45.3	44.8	40.0	만족
S15 거더내부 좌벽	53.3	41.7	43.0	42.4	40.0	만족
평균(MPa)		43.2				
M A X		44.8				
M I N		42.4				

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

시 험 위 치	비파괴시험	측정압축강도 (MPa)			설 계 강도 (MPa)	평 가
	반발경도 (R_0)	일본재료학회	일본건축학회	평균		
A1 홍벽	46.4	25.8	27.1	26.5	24.0	만족
P1 기둥부	49.6	28.4	28.5	28.5	27.0	만족
P2 기둥부	47.9	27.0	27.8	27.4	27.0	만족
P3 기둥부	49.5	28.3	28.5	28.4	27.0	만족
P4 기둥부	49.7	28.4	28.6	28.5	27.0	만족
P5 기둥부	49.7	28.4	28.6	28.5	27.0	만족
P6 기둥부	47.9	27.0	27.8	27.4	27.0	만족
P7 기둥부	49.5	28.3	28.5	28.4	27.0	만족
P8 기둥부	49.5	28.3	28.5	28.4	27.0	만족
P9 기둥부	49.6	28.4	28.5	28.5	27.0	만족
P10 기둥부	49.5	28.3	28.5	28.4	27.0	만족
P11 기둥부	49.5	28.3	28.5	28.4	27.0	만족
P12 기둥부	49.6	28.4	28.5	28.5	27.0	만족
평균(MPa)		교대	26.5			
		교각	28.3			
M A X		교대	26.5			
		교각	28.5			
M I N		교대	26.5			
		교각	27.4			

<표 1.3.3> 서종대교(서울) 콘크리트 비파괴 강도 측정결과

[단위 : MPa]

종류 부재		시험압축강도 (A)	설계기준강도 (B)	(A/B)×100 (%)
상부구조	거더	42.4 ~ 44.8	40.0	106 ~ 112
하부구조	교대	26.5	24.0	110
	교각	27.4 ~ 28.5	27.0	101 ~ 105

콘크리트 비파괴 시험결과 상부구조 거더 추정 비파괴 강도는 42.4~44.8MPa, 하부구조 교대 추정 비파괴 강도는 26.5MPa, 교각 추정 비파괴강도는 27.4~28.5MPa로서 설계기준 강도(거더 : 40.0MPa, 교대 : 24.0MPa, 교각 : 27.0MPa) 이상을 확보하고 있는 것으로 측정·검토 되었다.



거더외부 압축강도 측정

<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
거더내부 S3	5.5	8	1.94	44.5	100년이상	a등급
거더외부 S8	4.2	8	1.48	45.8		
거더외부 S12	3.8	8	1.34	56.2		

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

※ 잔존수명 = $(\text{탄산화 잔여깊이} / A)^2$

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

<표 1.3.5> 탄산화 깊이의 측정결과(하부구조)

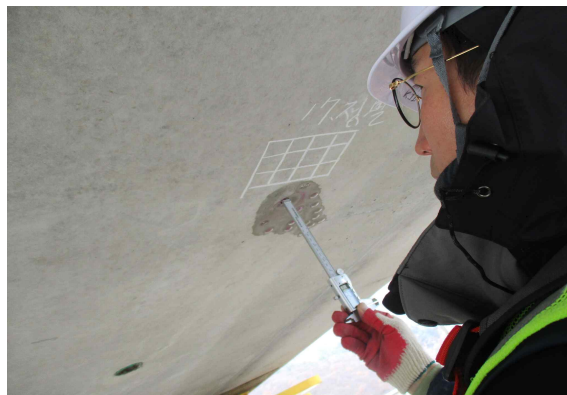
시험위치	탄산화 깊이(mm) (C)	공용년수 (t)	탄산화 속도계수 (A)	탄산화 잔여깊이 (mm)	잔존수명 (t_d)	비고
교대 A1	10.0	8	3.54	90.0	100년이상	a등급
교각 P6	5.5	8	1.94	94.5		
교각 P12	6.0	8	2.12	94.0		

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

※ 잔존수명 = $(\text{탄산화 잔여깊이} / A)^2$

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

탄산화 깊이 측정은 총 6개소(상부구조 3개소, 하부구조 3개소)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.



거더외부 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
		교대	교각	
2016년 정밀점검	43.1 ~ 48.9	25.4 ~ 25.7	27.4 ~ 32.0	
금회 정밀점검	42.4 ~ 44.8	26.5	27.4 ~ 28.5	

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 잔여깊이 비교

[단위:mm]

구 분	상부구조	하부구조	비 고
2016년 정밀점검	43.3 ~ 46.2	91.5 ~ 96.1	
금회 정밀점검	44.5 ~ 56.2	90.0 ~ 94.5	

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> 서종대교(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)
PSCI[1]	PSCI	b	b	b	b	a	b	c	b	c	q	x	a
PSCI[2]	PSCI	a	b	b	b	b	c	x	b	c	q	x	x
PSCI[3]	PSCI	a	b	b	a	b	b	x	b	c	q	a	x
PSCI[4]	PSCI	a	b	b	a	b	b	x	b	a	q	x	x
PSCI[5]	PSCI	a	b	b	b	b	c	x	b	b	q	x	x
PSCI[6]	PSCI	a	b	b	a	b	b	x	b	b	q	x	x
PSCI[7]	PSCI	b	b	b	a	a	b	x	b	b	q	x	a
PSCI[8]	PSCI	b	c	b	a	b	c	x	b	c	q	a	x
PSCI[9]	PSCI	a	c	b	b	b	b	x	b	b	q	x	x
PSCI[10]	PSCI	a	b	b	b	a	c	x	b	b	q	x	x
PSCI[11]	PSCI	b	b	b	b	b	c	x	b	b	q	x	x
PSCI[12]	PSCI	a	b	b	b	b	b	x	b	b	q	a	x
PSCI[13]	PSCI	a	b	b	b	b	a	x	b	b	q	x	a
PSCI[14]	PSCI	a	b	b	b	b	b	x	b	b	q	x	x
PSCI[15]	PSCI	a	b	b	b	b	c	x	b	b	q	x	x
PSCI[16]	PSCI	a	b	b	b	b	b	x	b	b	q	x	x
PSCI[17]	PSCI	a	b	b	b	b	a	x	b	b	q	x	x
								b	b	b	q	x	x
평균		0.124	0.224	0.200	0.171	0.182	0.259	0.300	0.200	0.239	0.000	0.100	0.100
가중치		20	20	3	7	3	2	9	9	20	0	4	3
(평균×가중치) /가중치합		0.025	0.045	0.006	0.012	0.005	0.005	0.027	0.018	0.048	0.000	0.004	0.003
1. 환산결합도 점수 =												0.198	
2. 상태평가 결과 =												B	

나. 개별교량 상태평가 결과

<표 1.4.2> 서종대교(서울) 개별교량 상태평가 결과

개별교량명	서종대교(서울)					
구분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도 점수 ×연장비
서종대교(서울)	PSC Beam	0.198	B	980.0	1.000	0.198
합계(Σ)				980.0	1.000	0.198
1. 환산결함도 점수 =						0.198
2. 상태평가 결과 =						B

다. 전체교량 평가결과

<표 1.4.3> 서종대교(서울) 전체교량 상태평가 결과

개별교량명	서종대교(서울)						
구분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이 ×차선	연장비	환산결함도점수 ×연장비
서종대교(서울)	0.198	B	980.0	2	1,960	1.00	0.198
합계(Σ)			980.0		1,960	1.00	0.198
1. 평가지수 =						0.198	
2. 상태평가 결과 =						B 등급	

라. 상태평가 결과

본 서종대교(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	0.198	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
2016년 정밀점검	0.255	“B”	
금회 정밀점검	0.198	“B”	평가지수 하향

2016년 실시한 정밀점검과의 상태평가 비교결과 일부 부재의 손상이 증가하였으나 전반적인 보수를 실시하여 종합평가 지수가 하향되었다. 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 서종대교(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

서종대교(서울)에 발생한 부재별 손상현황 및 보수·보강방안은 다음 표와 같다.

<표 1.6.1> 부재별 보수·보강 일람표

점검부위		결합 및 손상내용	보수물량				보수·보강(안) 공법	순위	비고
교면포장		균열(폭 0.3mm미만)	5.0	m	3	EA	주의관찰	-	
		균열(폭 0.3mm 이상)	286.0	m	189	EA	주의관찰	-	
		망상균열	20.0	m ²	1	EA	주의관찰	-	
		파손	0.68	m ²	3	EA	주의관찰	-	
방호벽		균열(폭 0.3mm미만)	96.8	m	88	EA	표면처리	3	
		균열(폭 0.3mm 이상)	3.2	m	4	EA	주입보수	2	
		백태	15.3	m ²	4	EA	표면처리	2	
		파손, 들뜸	0.08	m ²	2	EA	단면보수	2	
		철근노출	6.46	m ²	7	EA	단면보수+방청	2	
		방음벽 파손	2.4	m ²	1	EA	주의관찰	-	
배수시설		배수구 막힘	14	EA	14	EA	청소	1	
		배수관 이음부 이격	2	EA	2	EA	주의관찰	-	
		연장배수관 파손	1	EA	1	EA	주의관찰	-	
		연장배수관 탈락	11.0	m	2	EA	주의관찰	-	
신축이음		물받이 탈락	1.0	m	1	EA	주의관찰	-	
		토사퇴적	3.0	m ²	1	EA	청소	1	
		후타재균열(폭0.3미만)	8.8	m	11	EA	표면처리	2	
		후타재 박락	0.4	m ²	1	EA	단면보수	2	
바닥판		균열(폭0.3mm미만)	4.5	m	2	EA	표면처리	2	
		파손 및 들뜸	0.04	m ²	2	EA	단면보수	2	
거더	외부	균열(폭0.3mm미만)	990.7	m	314	EA	표면처리	2	
		균열(폭0.3mm 이상)	2.0	m	1	EA	주입보수	1	
	내부	균열(폭0.3mm미만)	198.9	m	181	EA	표면처리	2	
		백태, 녹발생	0.2	m ²	4	EA	표면처리	2	
		주입구 노출	1.44	m ²	13	EA	주의관찰	-	
		조류배설물 퇴적	16	EA	16	EA	청소	3	
교량받침		미끄럼판 변형	2	EA	2	EA	교체	2	
		슬플레이트 부식	36	EA	36	EA	재도장	2	
		몰탈 균열(폭0.3미만)	5.5	m	53	EA	표면처리	2	
		재료분리	0.74	m ²	9	EA	단면보수	3	
		받침콘크리트 파손	0.1	m ²	2	EA	단면보수	2	
교대		균열(폭 0.3mm미만)	4.0	m	4	EA	표면처리	2	
		균열(폭 0.3mm 이상)	1.5	m	1	EA	주입보수	1	
교각		균열(폭0.3mm미만)	46.5	m	52	EA	표면처리	2	
		균열(폭0.3mm 이상)	0.3	m	1	EA	주입보수	1	
		망상균열	29.2	m ²	5	EA	표면처리	2	
		굽힘	6.4	m ²	2	EA	단면보수	2	

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
교면포장		균열(폭 0.3mm미만)	1.25	m ²	주의관찰	-	-	
		균열(폭 0.3mm이상)	286.0	m	주의관찰	-	-	
		망상균열	20.0	m ²	주의관찰	-	-	
		파손	0.68	m ²	주의관찰	-	-	
방호벽		균열(폭 0.3mm미만)	24.2	m ²	표면처리	1,089	3	
		균열(폭 0.3mm이상)	3.2	m	주입보수	384	2	
		백태	15.3	m ²	표면처리	689	2	
		파손, 들뜸	0.08	m ²	단면보수	16	2	
		철근노출	6.46	m ²	단면보수+방청	1,292	2	
		방음벽 파손	2.4	m ²	주의관찰	-	-	
배수시설		배수구 막힘	14	EA	청소	42	1	
		배수관 이음부 이격	2	EA	주의관찰	-	-	
		연장배수관 파손	1	EA	주의관찰	-	-	
		연장배수관 탈락	11.0	m	주의관찰	-	-	
신축이음		물받이 탈락	1.0	m	주의관찰	-	-	
		토사퇴적	3.0	m ²	청소	9	1	
		후타재균열(폭0.3미만)	2.2	m ²	표면처리	99	2	
		후타재 박락	0.4	m ²	단면보수	80	2	
바닥판		균열(폭0.3mm미만)	1.35	m ²	표면처리	61	2	하자
		파손 및 들뜸	0.04	m ²	단면보수	8	2	하자
거더	외부	균열(폭0.3mm미만)	247.7	m ²	표면처리	11,147	2	하자
		균열(폭0.3mm이상)	2.0	m	주입보수	240	1	하자
	내부	균열(폭0.3mm미만)	49.7	m ²	표면처리	2,237	2	하자
		백태, 녹발생	0.2	m ²	표면처리	9	2	하자
		주입구 노출	1.44	m ²	주의관찰	-	-	
		조류배설물 퇴적	16	EA	청소	48	3	
교량받침		미끄럼판 변형	2	EA	교체	6,900	2	하자
		슬플레이트 부식	36	EA	재도장	2,520	2	하자
		몰탈 균열(폭0.3미만)	1.4	m ²	표면처리	63	2	하자
		재료분리	0.74	m ²	단면보수	148	3	하자
		받침콘크리트 파손	0.1	m ²	단면보수	20	2	하자
교대		균열(폭 0.3mm미만)	1.0	m ²	표면처리	45	2	하자
		균열(폭 0.3mm이상)	1.5	m	주입보수	180	1	하자
교각		균열(폭0.3mm미만)	11.6	m ²	표면처리	522	2	하자
		균열(폭0.3mm이상)	0.3	m	주입보수	36	1	하자
		망상균열	29.2	m ²	표면처리	1,314	2	하자
		굽힘	6.4	m ²	단면보수	1,280	2	하자
순 공사비						30,478		
제경비(순공사비×0.5)						15,239		
총 공사비						45,717		

※ 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		결함 및 손상내용	보수물량		보수·보강(안) 공법	개략공사비 (천원)	순위	비고
방호벽		균열(폭 0.3mm미만)	24.2	m²	표면처리	1,089	3	
		균열(폭 0.3mm이상)	3.2	m	주입보수	384	2	
		백태	15.3	m²	표면처리	689	2	
		파손, 들뜸	0.08	m²	단면보수	16	2	
		철근노출	6.46	m²	단면보수+방청	1,292	2	
배수시설		배수구 막힘	14	EA	청소	42	1	
신축이음		토사퇴적	3.0	m²	청소	9	1	
		후타재균열(폭0.3미만)	2.2	m²	표면처리	99	2	
		후타재 박락	0.4	m²	단면보수	80	2	
거더	내부	조류배설물 퇴적	16	EA	청소	48	3	
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위			77		
			2순위			3,840		
			3순위			1,705		
개략공사비 총계						5,622		

<표 1.6.4> 하자 보수·보강 개략공사비

점검부위		결함 및 손상내용		보수물량		보수·보강(안) 공법		개략공사비 (천원)		순위	비고
바닥판		균열(폭0.3mm미만)		1.35	m ²	표면처리		61	2	하자	
		파손 및 들뜸		0.04	m ²	단면보수		8	2	하자	
거더	외부	균열(폭0.3mm미만)		247.7	m ²	표면처리		11,147	2	하자	
		균열(폭0.3mm이상)		2.0	m	주입보수		240	1	하자	
	내부	균열(폭0.3mm미만)		49.7	m ²	표면처리		2,237	2	하자	
		백태, 녹발생		0.2	m ²	표면처리		9	2	하자	
교량받침		미끄럼판 변형		2	EA	교체		6,900	2	하자	
		솔플레이트 부식		36	EA	재도장		2,520	2	하자	
		몰탈 균열(폭0.3미만)		1.4	m ²	표면처리		63	2	하자	
		재료분리		0.74	m ²	단면보수		148	3	하자	
		받침콘크리트 파손		0.1	m ²	단면보수		20	2	하자	
교대		균열(폭 0.3mm미만)		1.0	m ²	표면처리		45	2	하자	
		균열(폭 0.3mm이상)		1.5	m	주입보수		180	1	하자	
교각		균열(폭0.3mm미만)		11.6	m ²	표면처리		522	2	하자	
		균열(폭0.3mm이상)		0.3	m	주입보수		36	1	하자	
		망상균열		29.2	m ²	표면처리		1,314	2	하자	
		긁힘		6.4	m ²	단면보수		1,280	2	하자	
순위별 공사비 (제경비 포함)				1순위				684			
				2순위				39,189			
				3순위				222			
개략공사비 총계								40,095			

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 균열(S11)	교면포장 망상균열(S15)
점검내용	◦ 외관조사 결과 건조수축, 공용년수 증가, 반복적인 통행차량 운하중 등으로 인해 발생된 균열, 망상균열, 파손 등이 조사되었다. 기 점검과 비교시 파손부위에 대해 일부 보수를 실시하여 양호한 상태이다. 다만 미보수된 손상들에 대해서는 통행차량의 주행성 확보를 위해 보수조치가 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(S3)	방호벽(중분대) 철근노출(S5)
점검내용	◦ 외관조사 결과 건조수축, 온도변화 및 환경적요인에 의한 균열, 백태, 국부 파손 및 들뜸, 철근노출, 들뜸, 방음벽 파손이 조사되었다. 손상들에 대해 실시된 정밀점검(2016.08)과 비교시 균열 및 백태 손상이 일부구간 추가 발생된 것으로 비교·검토되었으며 향후, 부재의 특성상 지속적인 우수유입 및 동절기 동결융해의 반복에 의한 손상이 발생할 수 있으므로 이에 대한 주의 깊은 점검이 요구된다.	
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 • 강재난간 앵커부 파손유무	
점검도구	· 사진기, 점검용 망치, 필기도구, 점검야장	

3) 배수시설

주요부위 및 손상	 차집관 연결볼트 풀림(S3)	 배수관 탈락(S12)
점검내용	◦ 외관조사 결과 토사퇴적, 외부충격, 시공미흡 등으로 인해 배수구 막힘, 그레이팅 파손, 연장배수관 이음부 이격,파손, 탈락 등이며 기 점검이후 배수관 막힘에 의한 월류, 배수관 탈락이 추가 조사되어 손상현황에 따라 적절한 보수조치가 필요한 것으로 판단된다.	
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	신축이음 물받이 파손(A2) 신축이음 후타재 균열(A2) ◦ 외관조사 결과 본체는 시공미흡, 공용년수 경과로 인해 하부 물받이 탈락, 상부 토사퇴적이 조사되어 물받이 재설치 및 주기적인 청소가 필요하며, 후타재의 경우 차량의 반복적인 윤하중에 따른 후타재 균열(폭0.3mm미만) 및 박락이 조사된 바, 손상현황에 따라 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다. ◦ 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 갓길구간에 대한 주기적인 방청처리 필요 • 신축유간부 토사, 이물질 적체시 지수판 파손을 유발할 수 있으므로 주기적인 청소	
점검도구	· 사진기, 점검용 망치, 필기도구, 점검야장, 줄자	

5) 거더 및 바닥판

주요부위 및 손상		
점검내용	바닥판 콘크리트 파손(S8)	거더 내부 균열(S15)
점검요령	◦ 거더에 대한 외관조사 결과 이상 처짐, 변형 및 지점부(정착부) 파손과 같은 특이할만한 결함 및 손상은 없는 상태이다. 다만 거더 내·외부 및 격벽 일부 구간에서 폭 0.3mm내·외의 균열 및 망상균열, 콘크리트 들뜸, 백태, 등이 발생된 상태이고, 기 정밀점검과 비교시 일부 손상에 대해 보수를 실시하였으며, 균열 손상이 다소 증가 한 것으로 확인되었다. 조사된 균열의 경우 일반적으로 PSC 상자형교에서 강선 긴장시 발생하는 국부적인 응력집중 현상과 가설공법 특성과 같은 시공환경 영향, 건조수축, 수화열, 온도변화 등 복합적인 요인에 의해 발생한 초기결함으로, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아닌 것으로 판단되나, 기타 손상과 더불어 내구성 확보차원의 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다. ◦ 바닥판 외관조사결과, 일부 손상에 대해 보수를 실시하였으나 미보수된 폭 0.3mm미만 균열, 파손 및 들뜸이 조사되었으며, 기 점검과 비교시 일부구간 파손이 추가 확인되었다. 기 발생한 손상은 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아닌 것으로 판단되나, 내구성 저하 방지를 위해 각 손상현황에 따라 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다. ◦ 점검방법 · 내부 - 도보 및 사다리를 이용한 근접 육안조사 · 교량점검차를 이용한 육안조사 ◦ 점검항목 · 거더 균열 상태(범위확산, 추가발생, 박리, 박락 등)변화 점검 · 정착부 주변 균열, 파손발생 유무 ◦ 중점 점검사항 · 박스 거더 내·외부에서 조사된 균열(cw=0.2mm이상)과 국부적인 재료분리, 박락개소 등 초기결함개소에 대해서는 내구성저하 방지를 위한 적절한 유지보수와 거더 내·외부의 균열 상태변화에 대해서는 지속적인 주의관찰 필요	
점검도구	· 사진기, 점검용 망치, 필기도구, 점검야장	

6) 교량받침

주요부위 및 손상		
점검내용	무수축물탈 박락(P1 SH2)	미끄럼판 변형(P16 SH2)
점검요령	◦ 받침장치에 대한 조사 결과 일부 손상에 대해 보수를 실시하였으나, 미보수된 슬플레이트 부식과 시공미흡으로 판단되는 미끄럼판 변형, 받침물탈 균열/박락, 받침콘크리트 균열/재료분리 등이 조사되어, 각 손상들에 대해 적절한 보수가 필요하며, 특히 P16 받침 미끄럼판 변형의 경우 원활한 기능 향상을 위해 교체를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다. ◦ 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치를 상회하는 것으로 조사되어 본 과업대상인 서종대교(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	

7) 교대 및 교각

주요부위 및 손상		
	교각 코핑부 균열(P4)	교각 기둥부 균열(P12)
점검내용	◦ 교대에 대한 외관조사결과 기존 손상인 균열, 재료분리, 철근노출 등에 대한 손상들에 대해 전반적으로 보수를 실시하였으며 양호한 상태인 것으로 조사되었다. 향후 공용년수 증가 및 노후화에 따른 신규손상이 발생할 우려가 있는 만큼, 주기적인 점검 등을 통해 현상태를 유지할 수 있도록 세심한 유지관리가 필요하다. ◦ 교각에 대한 외관조사 결과, 기존 손상인 균열 및 망상균열 등에 대해 일부 보수를 실시한 것으로 조사되었으나, 미보수된 국부파손, 폭0.3mm내·외의 균열 등이 확인되었으며, 내구성 확보를 위한 적절한 보수가 필요하다.	
점검요령	◦ 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

서종대교 교면포장은 고강도 콘크리트 이며, 별도의 방수층이 필요 없는 HPC(High Performance Concrete)공법으로 시공된 상태이다. 외관조사 결과 건조수축, 공용년수 증가, 반복적인 통행차량 운하중 등으로 인해 발생된 균열, 망상균열, 파손 등이 조사되었다. 기 점검과 비교시 파손부위에 대해 일부 보수를 실시하여 양호한 상태이다. 미보수된 기 손상부는 주의관찰 후 손상의 진전시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단 된다.

2) 방호벽

방호벽은 구조적인 중요도는 낮으나, 차량충돌에 의한 콘크리트 파손 및 재료적인 열화가 발생될 경우 주행차량의 불안감 및 차량충돌시 안전성 미확보가 우려되므로 면밀하게 점검을 실시하였다.

본 교량의 방호벽은 철근콘크리트로 시공되어 있으며, 좌측 방호벽 상단에는 방음벽(H=2.5m)이 설치되어 있다. 외관조사 결과 건조수축, 온도변화 및 환경적요인에 의한 균열, 백태, 국부파손 및 들뜸, 철근노출, 들뜸, 방음벽 파손이 조사되었다. 손상들에 대해 기 실시된 정밀점검(2016.08)과 비교시 균열 및 백태 손상이 일부구간 추가 발생된 것으로 비교·검토되었으며 향후, 부재의 특성상 지속적인 우수유입 및 동결기 동결융해의 반복에 의한 손상이 발생될 수 있으므로 표면처리, 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

3) 배수시설

배수시설은 좌측 방호울타리 측에 설치되어 있으며, 외관조사 결과 토사퇴적, 외부충격, 시공미흡 등으로 인해 배수구 막힘, 그레이팅 파손, 연장배수관 이음부 이격,파손, 탈락 등이며 기 점검이후 배수관 막힘에 의한 월류, 배수관 탈락이 추가 조사되어 손상현황에 따라 적절한 보수조치가 필요한 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 중요한 부재로서, 본 교량에 설치

된 신축이음은 A1, A2에 Finger Joint로 시공되어 있으며 신축이음 단부 방호벽에는 우수 유입을 방지하기 위한 차수판(BWP)이 설치되어 있는 것으로 확인되었다.

외관조사 결과 본체는 시공미흡, 공용년수 경과로 인해 하부 물받이 탈락, 상부 토사퇴적이 조사되어 물받이 재설치 및 주기적인 청소가 필요하며, 후타재의 경우 차량의 반복적인 윤하중에 따른 후타재 균열(폭0.3mm미만) 및 박락이 조사된 바, 손상현황에 따라 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

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

5) 바닥판

바닥판은 상부로부터 전달되는 차량의 윤하중을 거더로 직접 전달하는 역할을 하는 부재로서 박스 거더 좌·우측 켄틸레버 구간을 대상으로 하며 외관조사결과, 일부 손상에 대해 보수를 실시하였으나 미보수된 폭0.3mm미만 균열, 파손 및 들뜸이 조사되었으며, 기 점검과 비교시 일부구간 파손이 추가 확인되었다. 기 발생된 손상은 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아닌 것으로 판단되나, 내구성 저하 방지를 위해 각 손상현황에 따라 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

6) 거더

거더에 대한 외관조사 결과 이상 처짐, 변형 및 지점부(정착부) 파손과 같은 특이할만한 결함 및 손상은 없는 상태이다. 다만 거더 내·외부 및 격벽 일부구간에서 폭 0.3mm내·외의 균열 및 망상균열, 콘크리트 들뜸, 백태, 등이 발생한 상태이고, 기 정밀점검과 비교시 일부 손상에 대해 보수를 실시하였으며, 균열 손상이 다소 증가 한 것으로 확인되었다. 조사된 균열의 경우 일반적으로 PSC 상자형교에서 강선 긴장시 발생하는 국부적인 응력 집중 현상과 가설공법 특성과 같은 시공환경 영향, 건조수축, 수화열, 온도변화 등 복합적인 요인에 의해 발생한 초기결함으로, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아닌 것으로 판단되나, 기타 손상과 더불어 내구성 확보차원의 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

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.

본 교량의 받침은 Hydampot 받침(기초분리장치)으로 고정 분리장치(P10), 가동 분리장치(P5~P9, P11), 횡방향 분리장치(A1~P4, P12~A2)로 시공되어 있다.

받침장치에 대한 조사 결과 일부 손상에 대해 보수를 실시하였으나, 미보수된 슬플레이트 부식과 시공미흡으로 판단되는 미끄럼판 변형, 받침몰탈 균열/박락, 받침콘크리트 균열/재료분리 등이 조사되어, 각 손상들에 대해 적절한 보수가 필요하며, 특히 P16 받침 미끄럼판 변형의 경우 원활한 기능 향상을 위해 교체를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다.

교대 및 교각의 교량받침에 대한 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치를 상회하는 것으로 조사되어 본 과업대상인 서종대교(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 중공타원형(직접+Pile기초)으로 시공되어있다.

교대에 대한 외관조사결과 기존 손상인 균열, 재료분리, 철근노출 등에 대한 손상들에 대해 전반적으로 보수를 실시하였으며 양호한 상태인 것으로 조사되었다. 일부 미 보수된 손상부는 내구성 증진을 위한 표면처리, 주입보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

교각에 대한 외관조사 결과, 기존 손상인 균열 및 망상균열 등에 대해 일부 보수를 실시한 것으로 조사되었으나, 미보수된 국부파손, 폭0.3mm내·외의 균열 등이 확인되었으며, 내구성 확보를 위한 적절한 보수가 필요하다.

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

서종대교(서울)는 준공 후 8년이 경과된 PSC BOX Girder 형식의 교량으로 교면포장 균열, 방호벽 균열, 신축이음 후타재 균열, 거더 및 바닥판 균열, 백태, 교량받침 몰탈 및 받침콘크리트 박리/균열, 미끄럼판 변형, 하부구조 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.