

II. 시 설 물 편

제 1장 미사대교[서울]

제 2장 미사대교[양양]

제 1 장 미사대교(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 미사대교(서울)

1.1 시설물개요

1.1.1 미사대교(서울) 전경



미사대교(서울) 상부전경



미사대교(서울) 측면전경

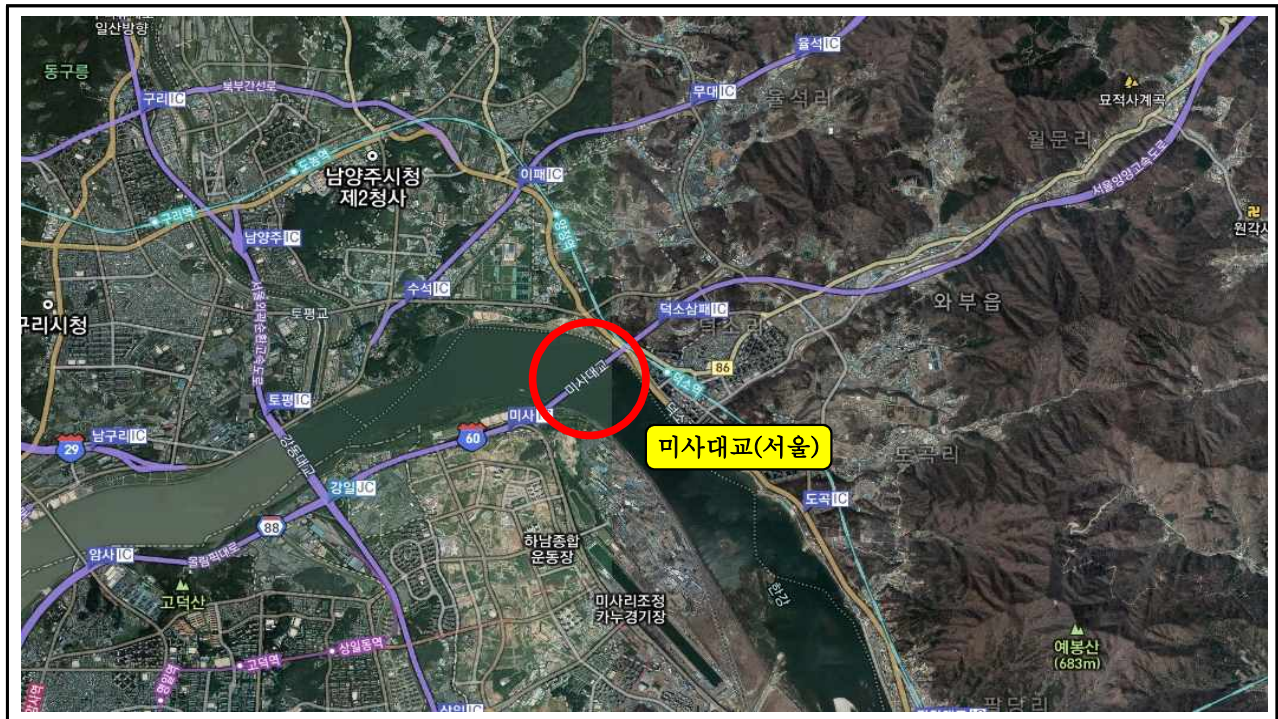
1.1.2 교량현황

본 과업 대상구조물인 미사대교(서울)의 교량현황은 다음 표와 같다.

<표 1.1.1> 미사대교(서울) 교량현황

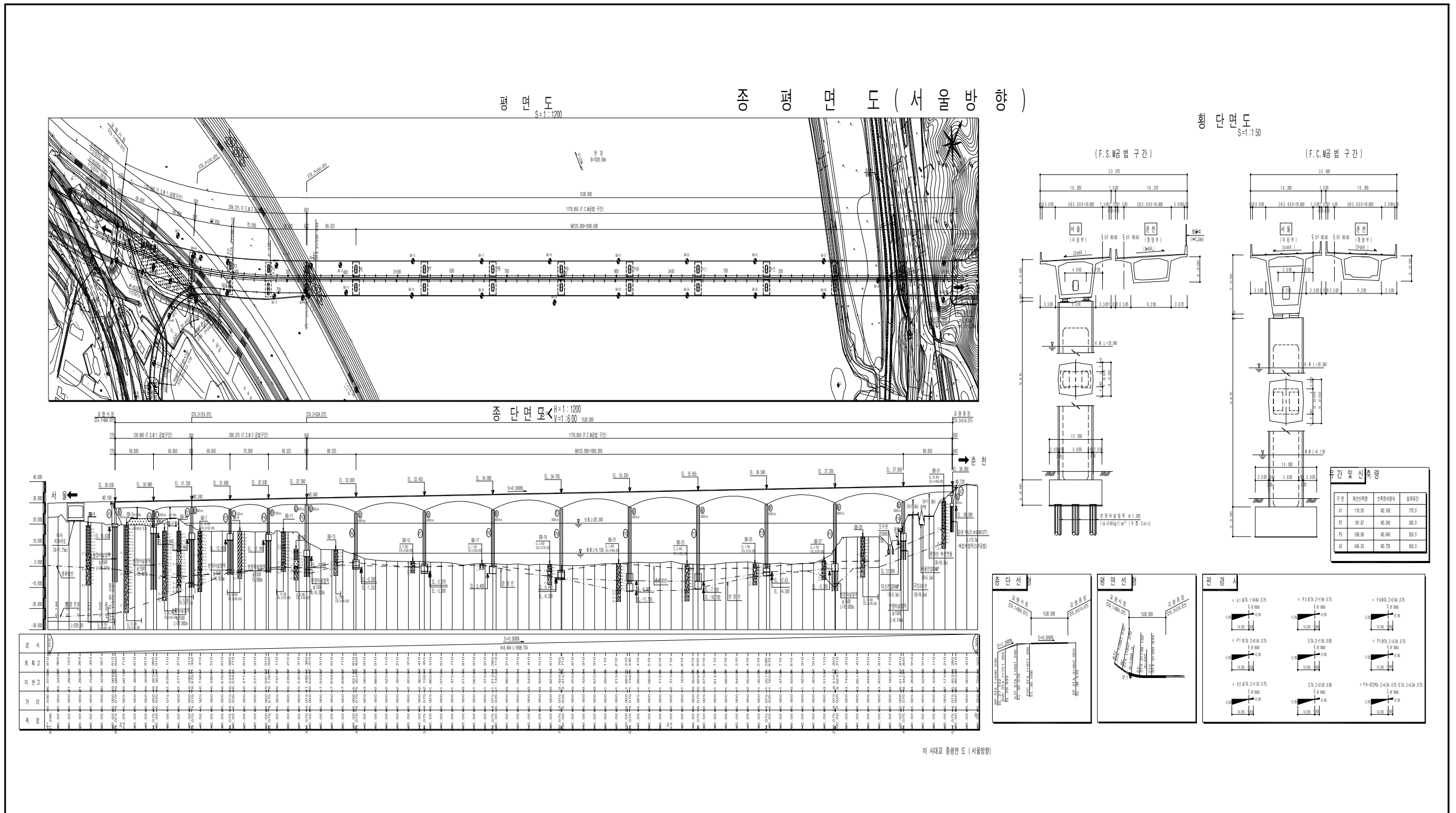
구 분	내 용		구 분	내 용	
시설물명	미사대교(서울)		시설물번호	서울 : BR2009-0000717	
준공년월일	2009년 08월 11일		관리번호	-	
시설물위치	경기도 하남시 망월동 ~ 경기도 남양주시 삼패동				
설계하중	DB-24, DL-24		노선명(이정)	서울춘천고속도로(1.99km)	
제원	연장	L =1,530m, (2@70+3@70+90+8@125+90=1,530m)			
	폭	B=16m, 방향별 3차로			
구조형식	상부	P.S.C Box Girder	기초형식	교대	강관 Pile 기초
	하부	교대 - 역T형 교각 - 중공형 벽식		교각	강관 Pile, 직접기초
교량받침	Pot bearing		신축이음	Rail Joint (A1, P2, P5, A2)	
교차시설물 (도로, 철도, 하천)	도로(국도6호선), 철도(중앙선), 하천(한강)		통과높이	10.5m	
부착시설물	방음벽				

1.1.3 위치도

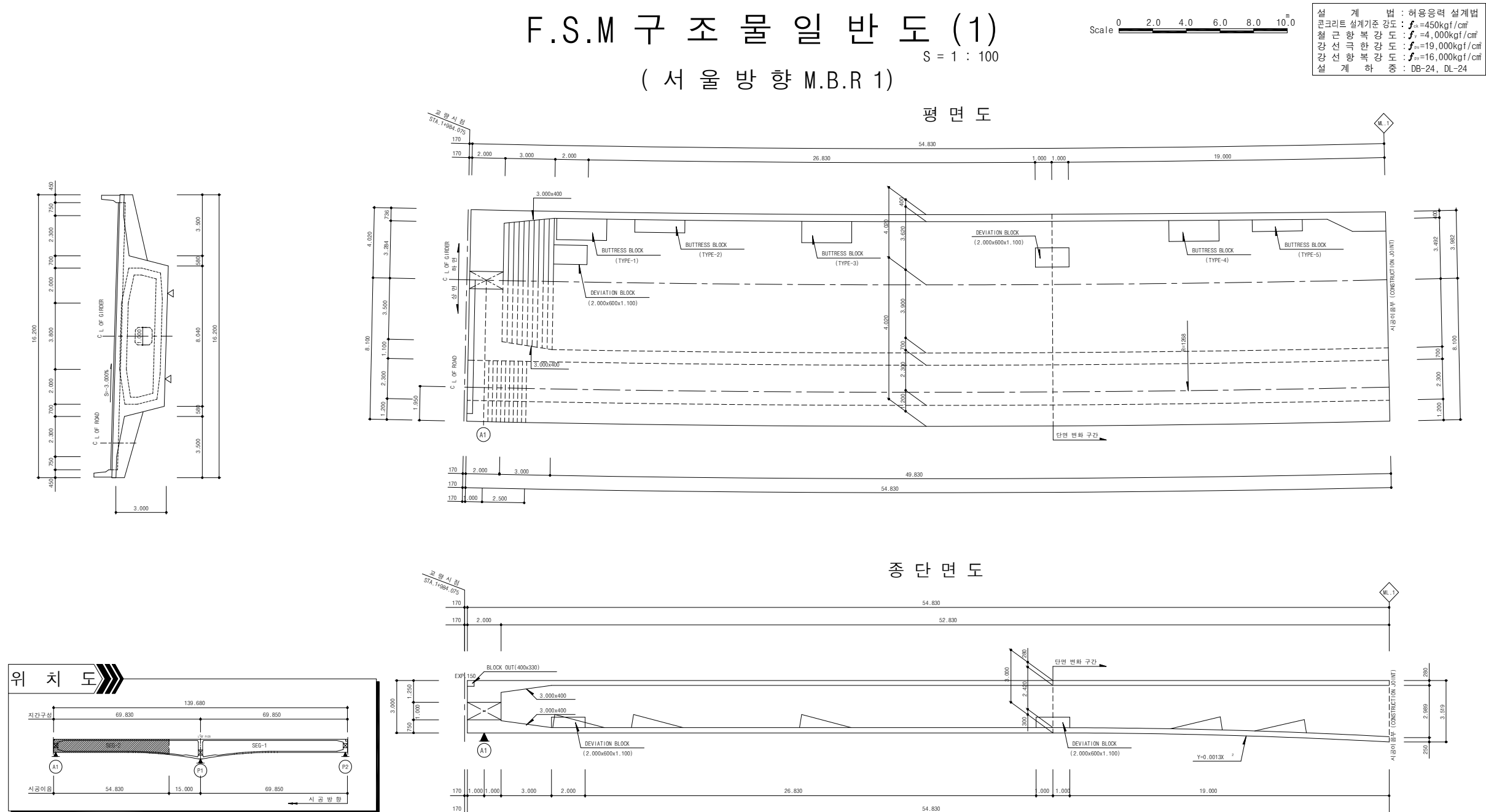


<그림 1.1.1> 위치도

1.1.4 일반도



<그림 1.1.2> 미사대교(서울) 종·평면도



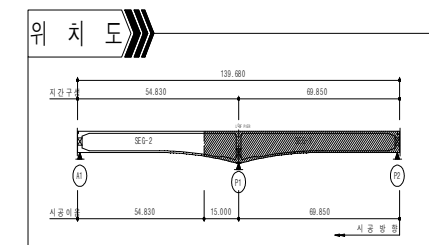
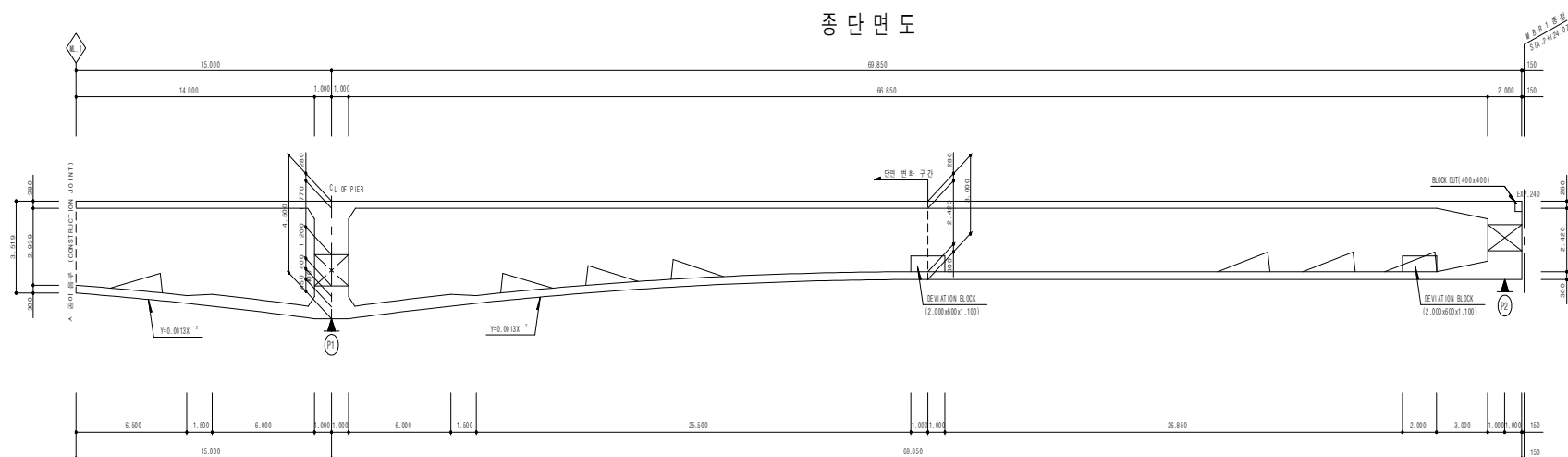
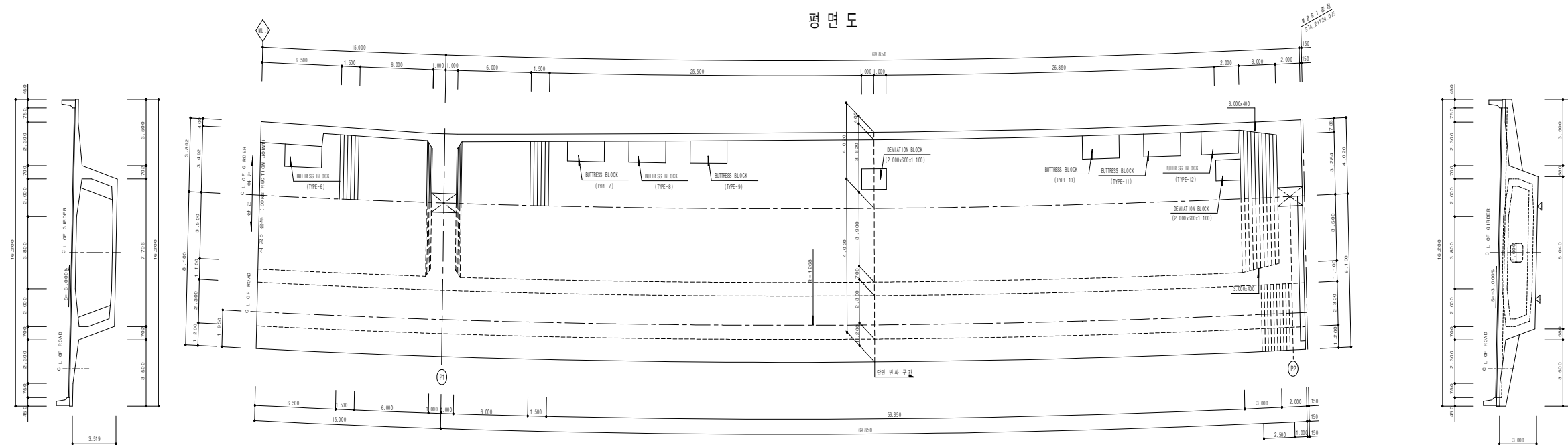
<그림 1.1.3> 미사대교(서울) F.S.M 일반도(1)

F.S.M 구조물 일반도 (2)

(서울방향 M.B.R 1) S = 1 : 100

Scale 0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0

설계	방응력 설계법
재료	콘크리트
강도	$f_c = 450 \text{ kgf/cm}^2$
강도	$f_s = 4,000 \text{ kgf/cm}^2$
강도	$f_s = 19,000 \text{ kgf/cm}^2$
강도	$f_s = 16,000 \text{ kgf/cm}^2$
강도	강도 : DB-24, DL-



<그림 1.1.4> 미사대교(서울) F.S.M 일반도(2)

F.S.M 구조물 일반도 (1)

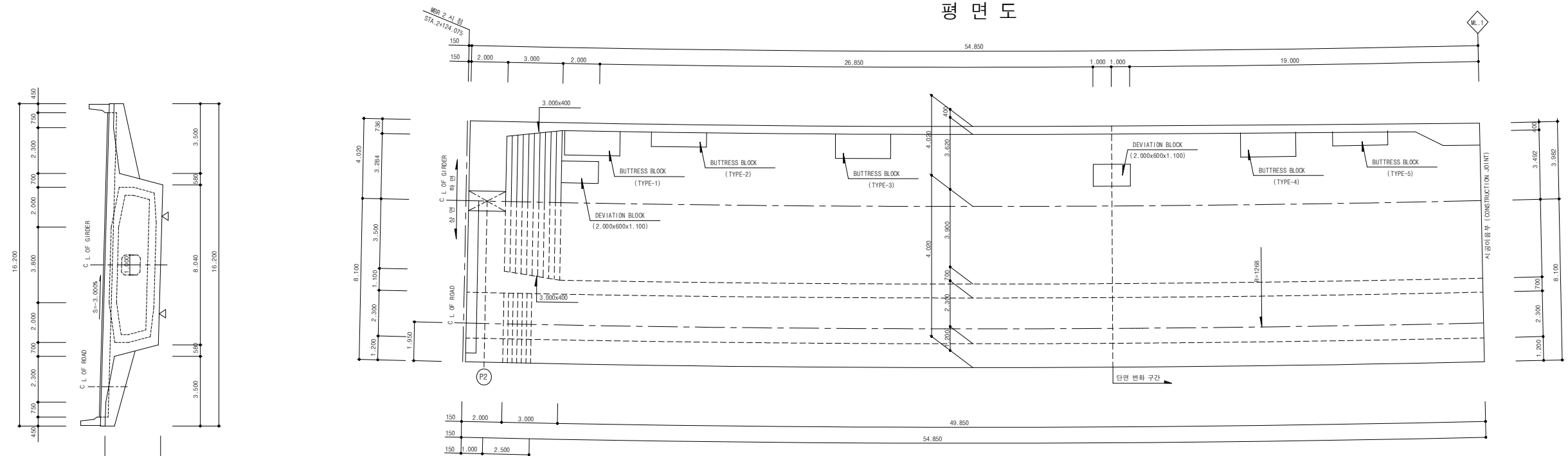
(서울방향 M.B.R 2)

S = 1 : 100

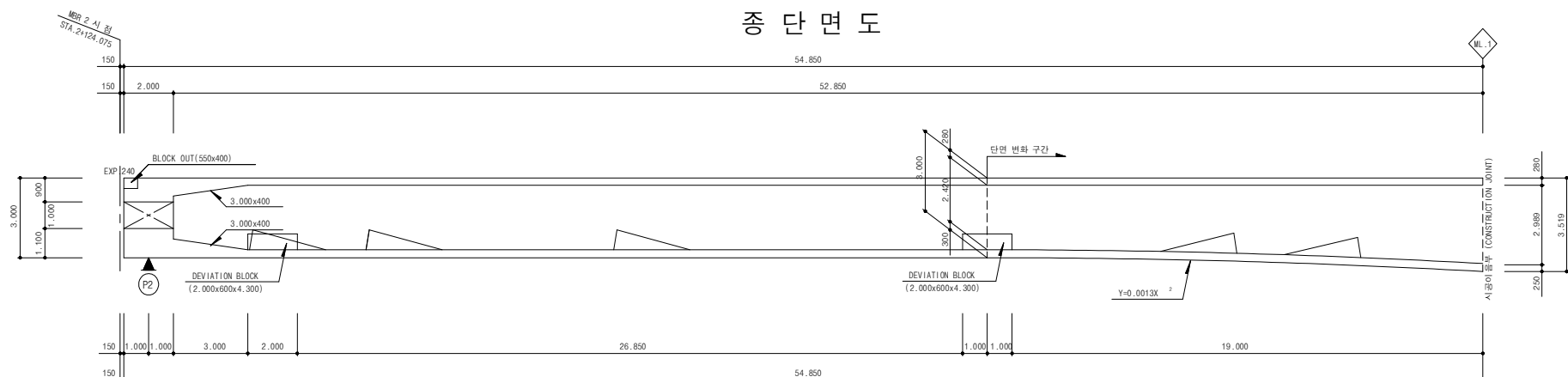
Scale 0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0

설계	법	허용응력 설계법
콘크리트 설계기준 강도	f_{ck}	$=450\text{kgf/cm}^2$
철근 항복강도	f_y	$=4,000\text{kgf/cm}^2$
강선 극한강도	f_{tu}	$=19,000\text{kgf/cm}^2$
강선 항복강도	f_{sy}	$=16,000\text{kgf/cm}^2$
설계 하중		DB-24, DL-24

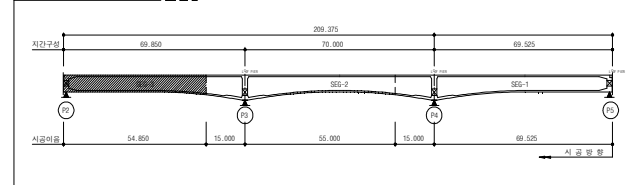
평면도



종단면도



위치도



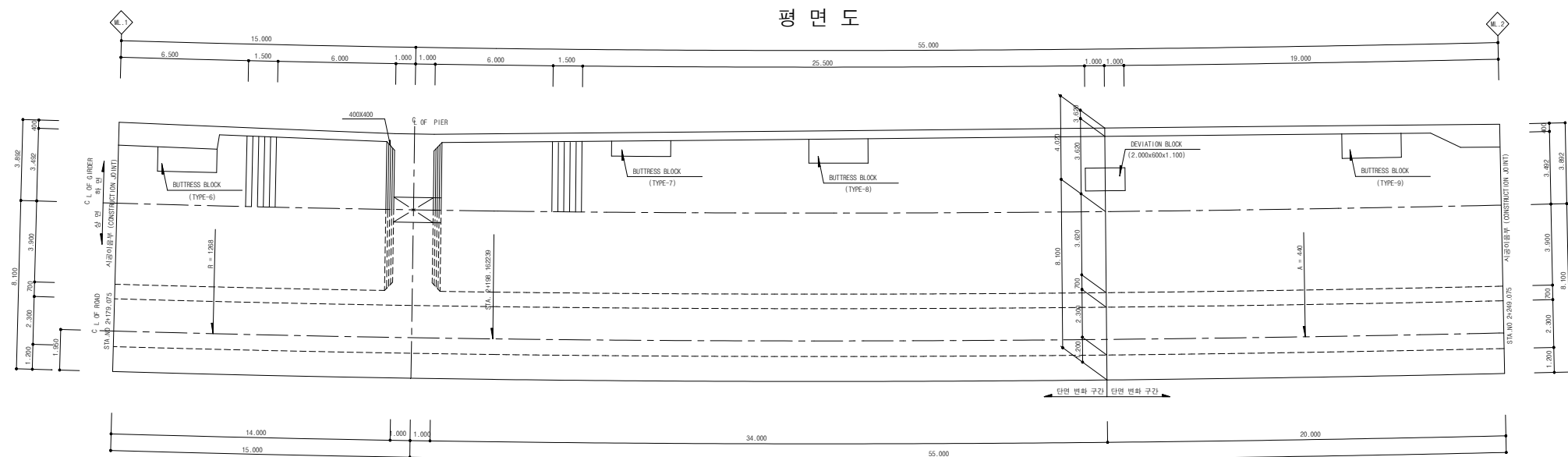
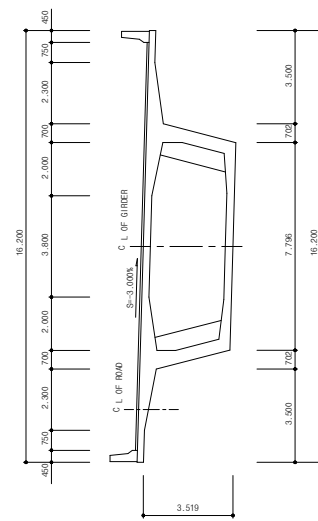
<그림 1.1.5> 미사대교(서울) F.S.M 일반도(3)

F.S.M 구조물 일반도 (2) (서울 방향 M.B.R 2)

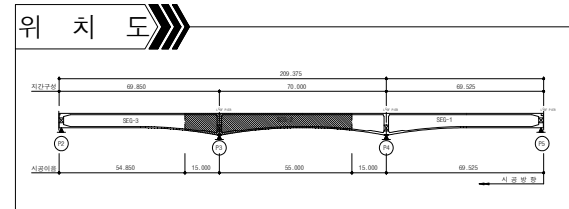
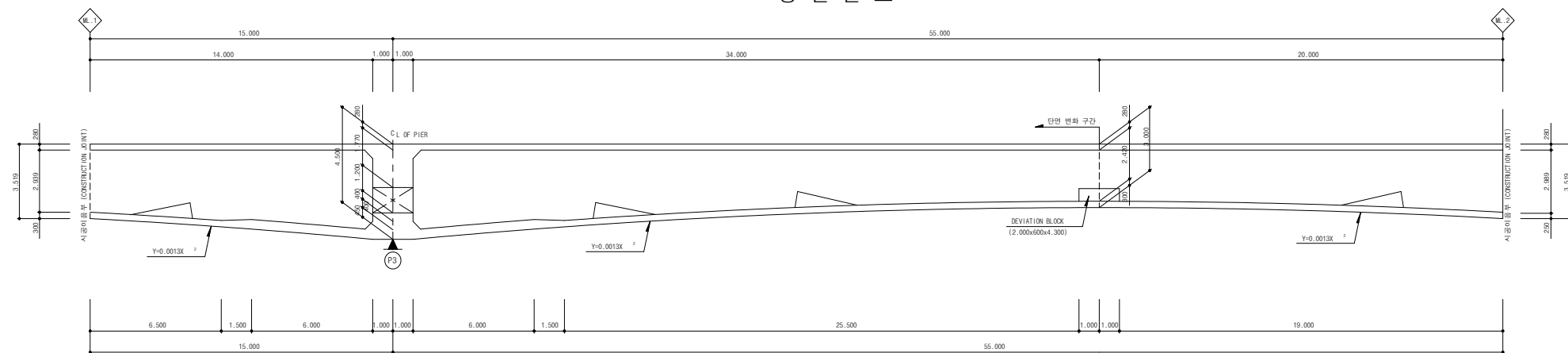
S = 1 : 100

Scale 0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0m

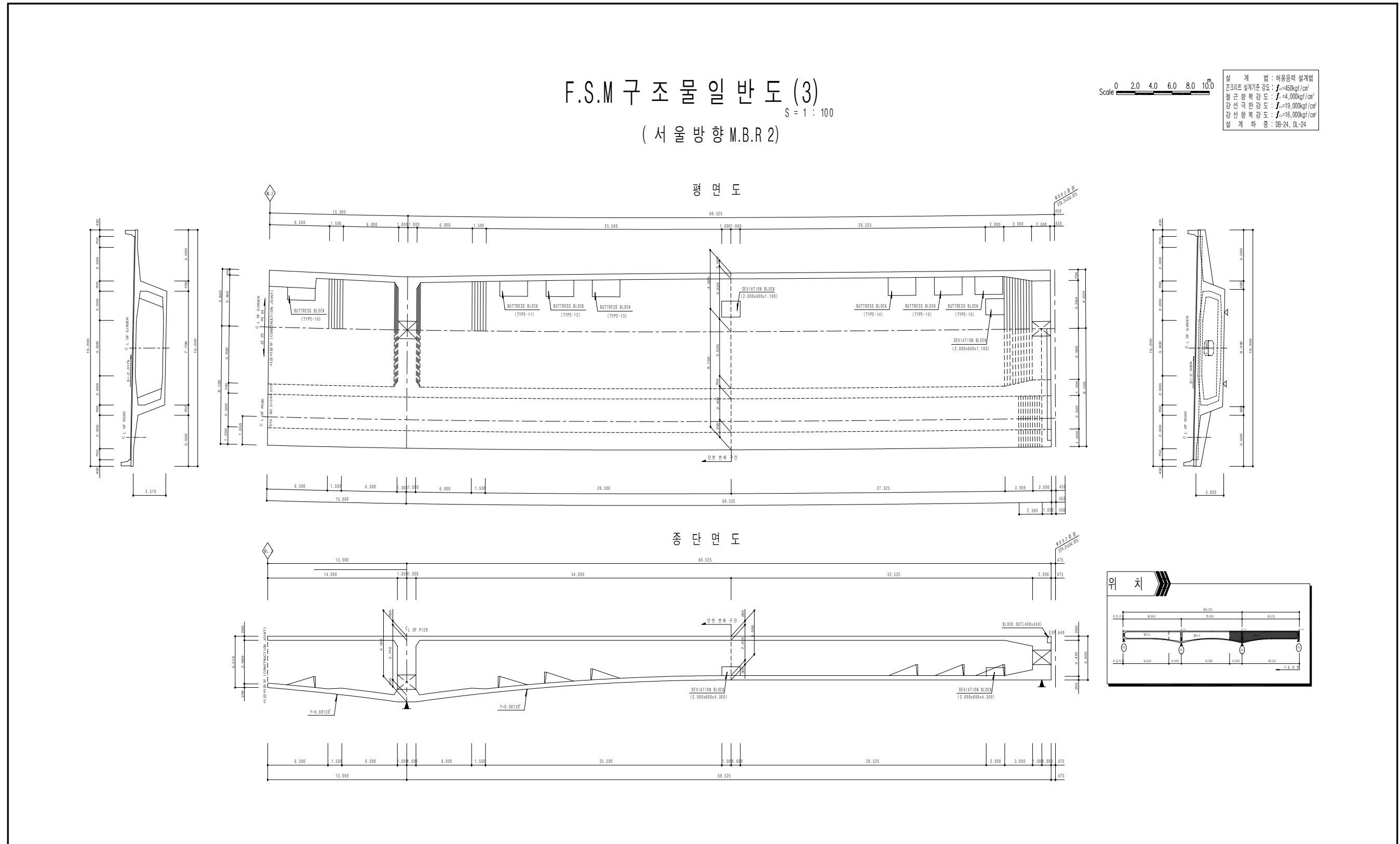
설계	법	: 허용응력 설계법
콘크리트	설계기준 강도	: $f_{ck} = 450 \text{kgf/cm}^2$
철근	항복 강도	: $f_{yk} = 4,000 \text{kgf/cm}^2$
강선	극한 강도	: $f_{tk} = 19,000 \text{kgf/cm}^2$
강선	항복 강도	: $f_{yk} = 16,000 \text{kgf/cm}^2$
설계	하중	: DB-24, DL-24



종 단 면 도



<그림 1.1.6> 미사대교(서울) F.S.M 일반도(4)



<그림 1.1.7> 미사대교(서울) F.S.M 일반도(5)

FCM END PART 일반도(1)

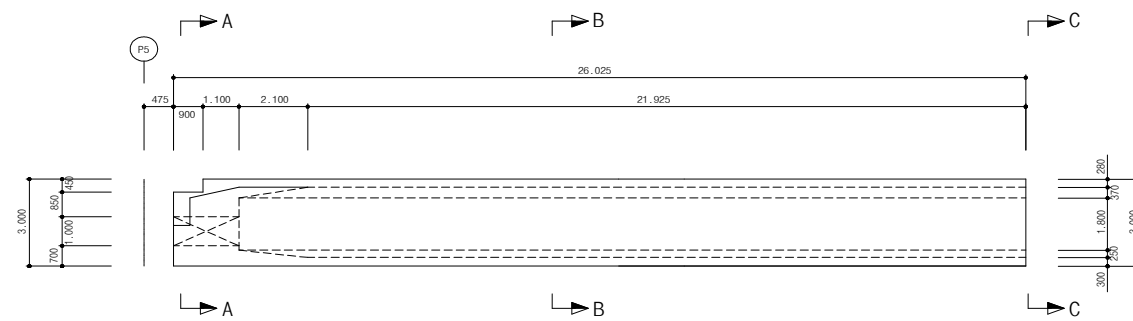
(서울 방향, 시점부)

S = 1 : 100

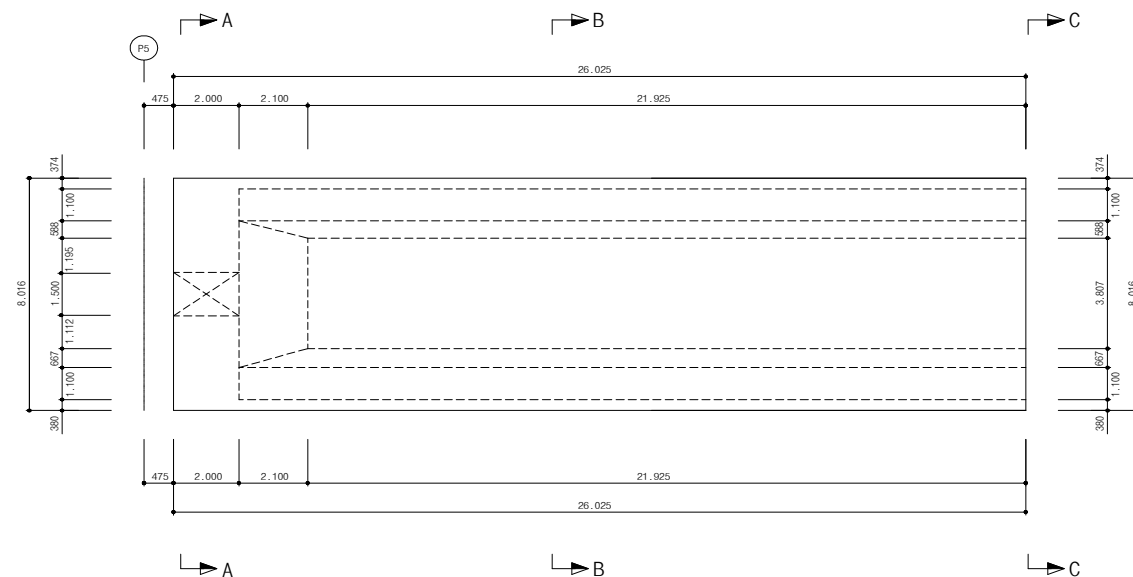
Scale 0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0m

설 계 법 : 허용응력 설계법
 콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck}=450\text{kgf/cm}^2$
 철근 항복 강도 : $f_y=4,000\text{kgf/cm}^2$
 강선 극한강도 : $f_{tu}=19,000\text{kgf/cm}^2$
 강선 항복강도 : $f_{sy}=16,000\text{kgf/cm}^2$
 설계 하중 : DB-24, DL-24

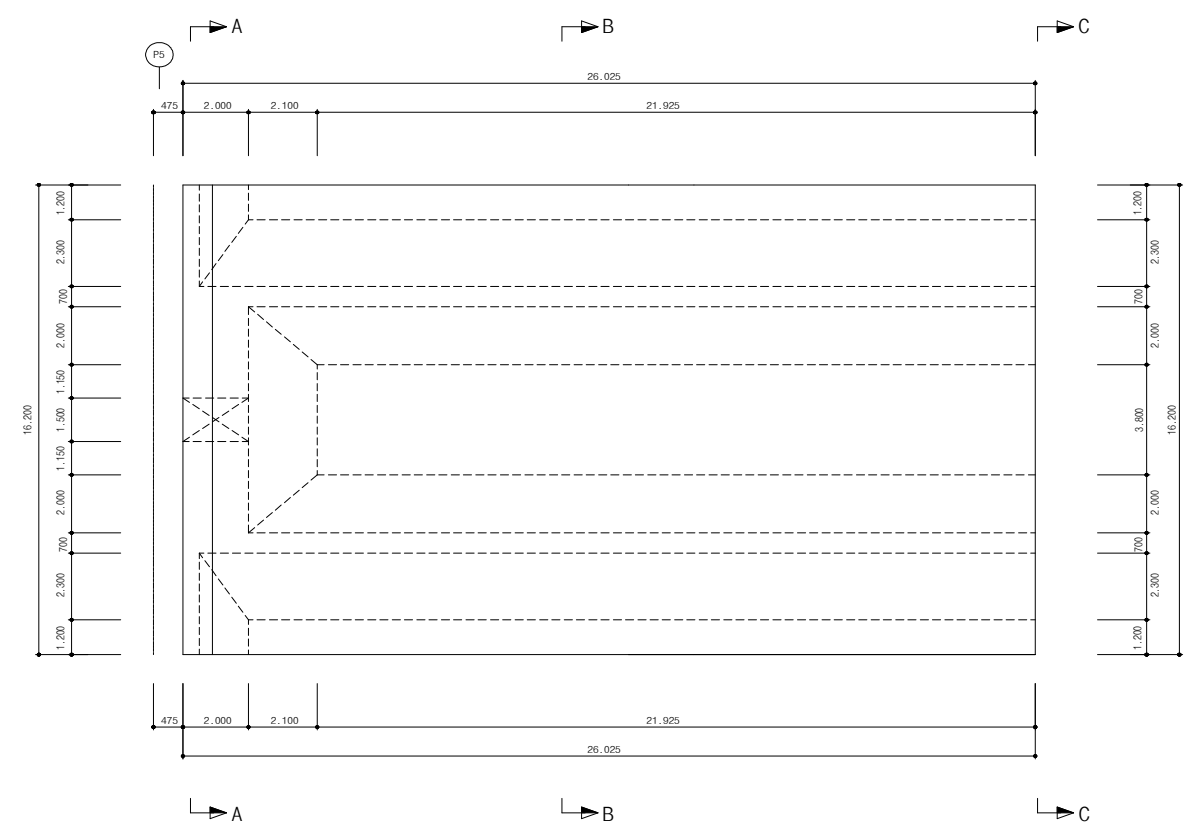
측면도



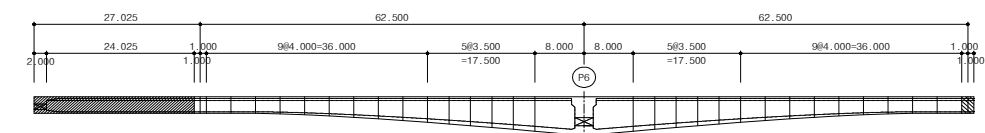
평면도 (하부)



평면도 (상부)



위치도



<그림 1.1.8> 미사대교(서울) F.S.M 일반도(6)

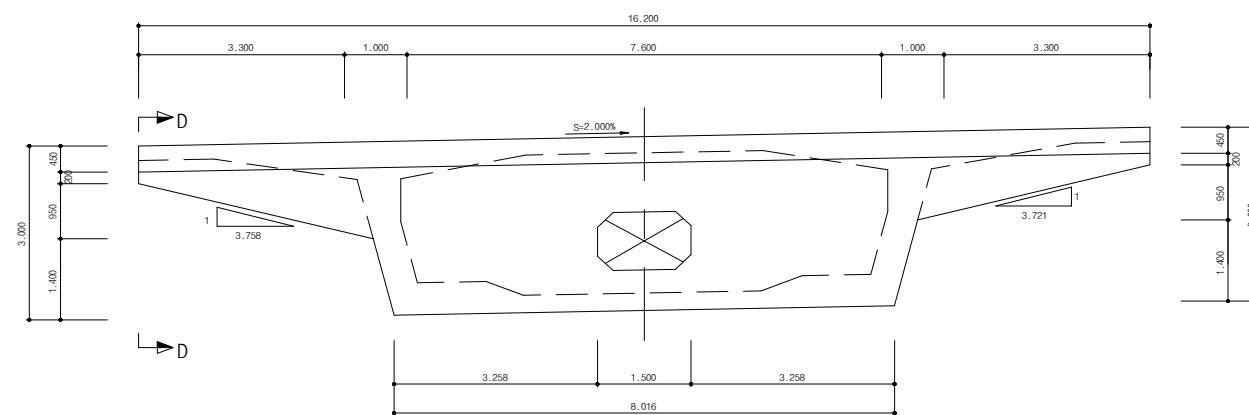
FCM END PART 일반도(2) (서울방향, 시점부)

S = 1 : 100

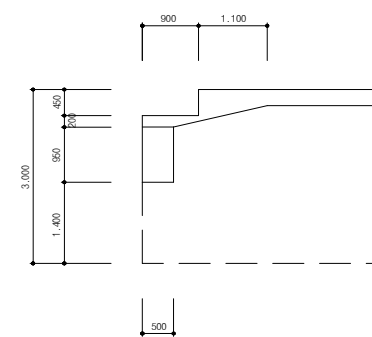
Scale 0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 m

설 계 법 : 허용응력 설계법
콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck} = 450 \text{ kgf/cm}^2$
철근 항복강도 : $f_y = 4,000 \text{ kgf/cm}^2$
강선 극한강도 : $f_{tu} = 19,000 \text{ kgf/cm}^2$
강선 항복강도 : $f_{ty} = 16,000 \text{ kgf/cm}^2$
설 계 하 중 : DB-24, DL-24

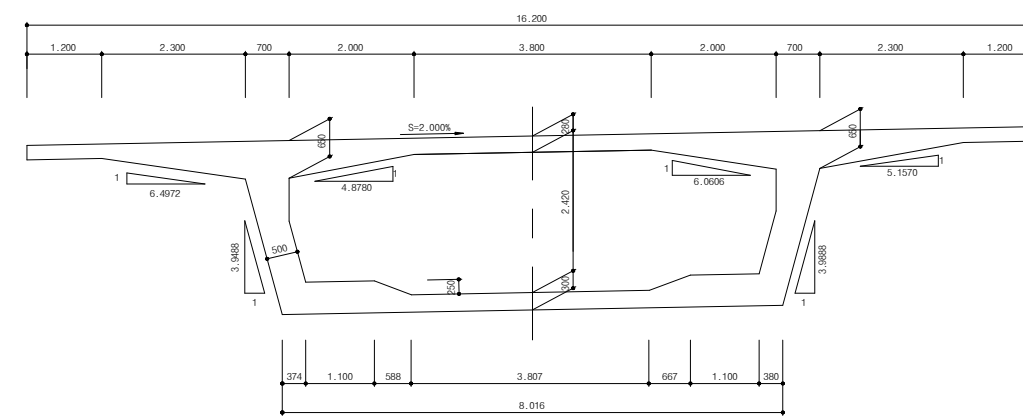
단 면 A - A



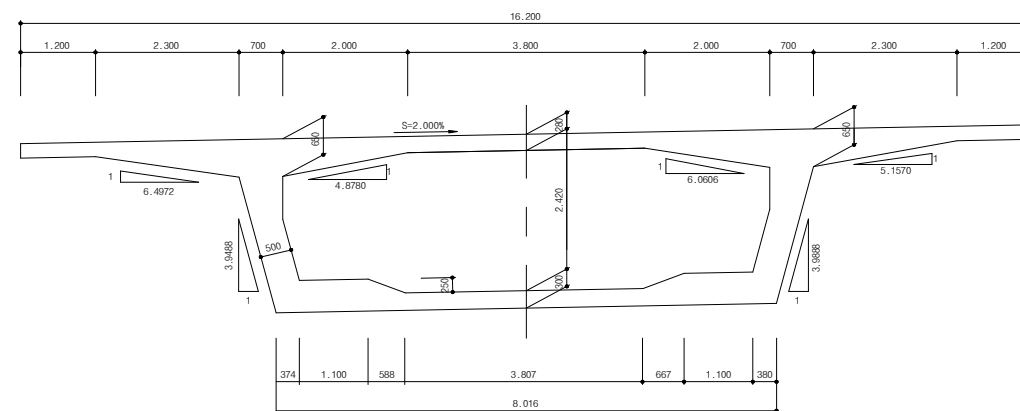
단 면 D - D



단 면 C - C



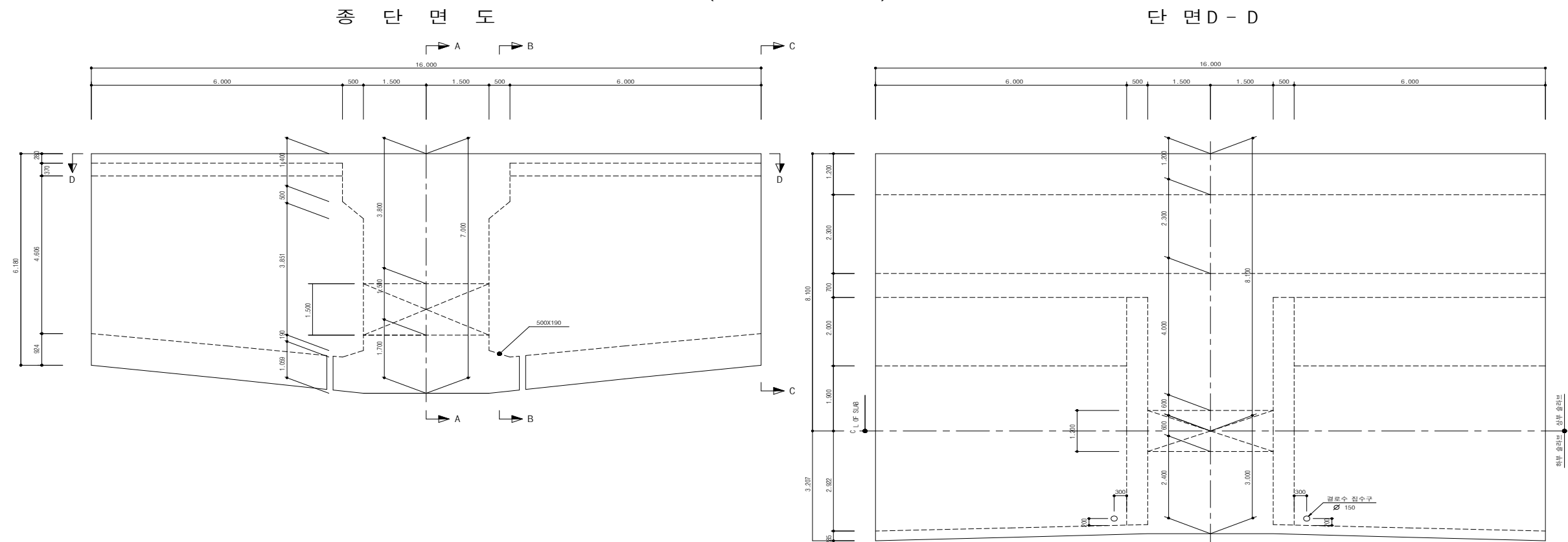
단 면 B - B



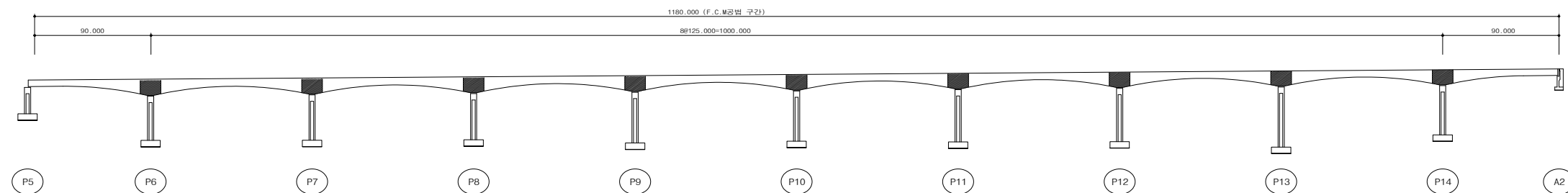
<그림 1.1.9> 미사대교(서울) F.S.M 일반도(7)

주 두 부 일 반 도 (1) (서울방향) S = 1 : 50

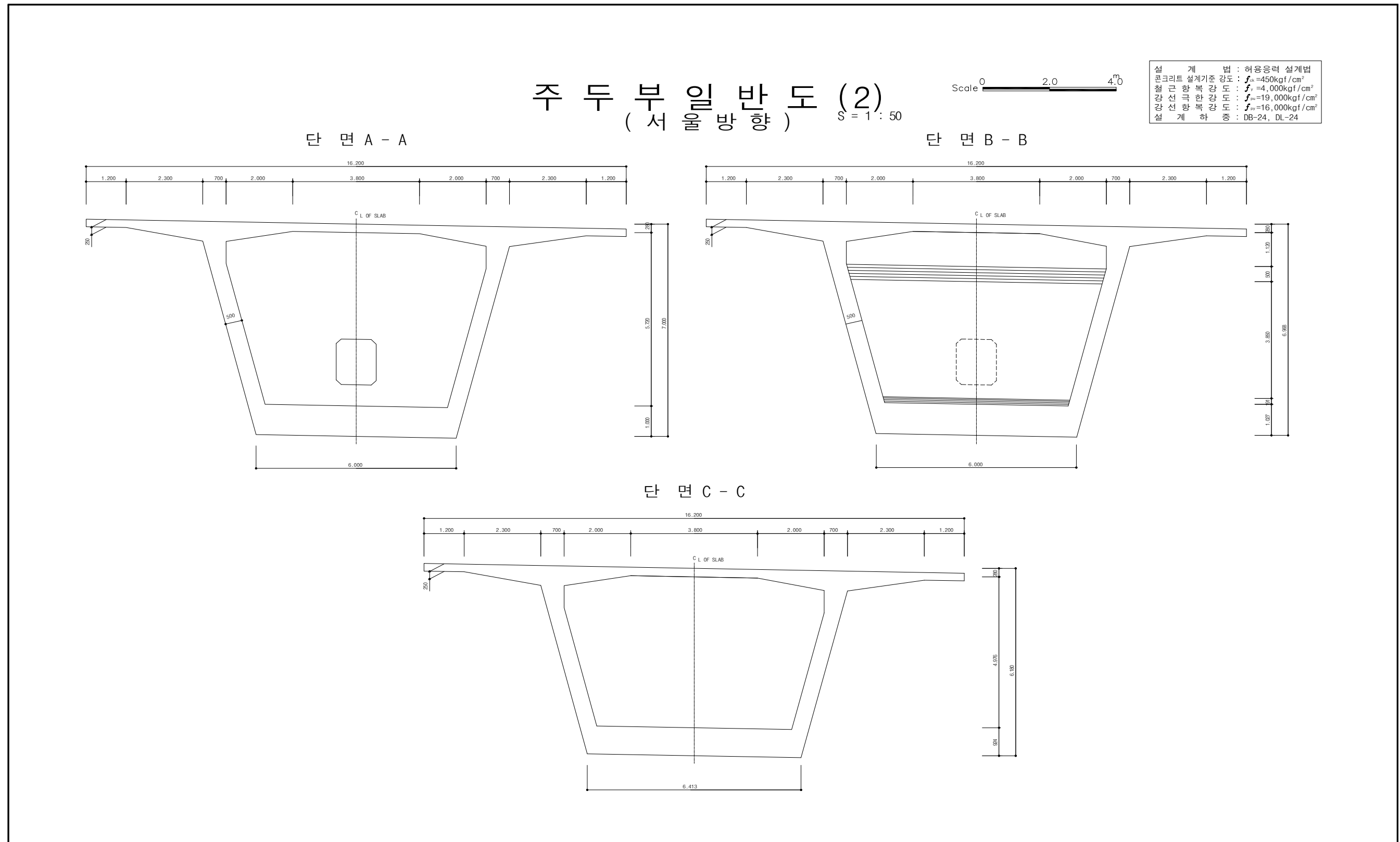
설 계 법 : 허용응력 설계법
 콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck}=450\text{kgf/cm}^2$
 철근 항복강도 : $f_y=4,000\text{kgf/cm}^2$
 강선 극한강도 : $f_{tu}=19,000\text{kgf/cm}^2$
 강선 항복강도 : $f_{sy}=16,000\text{kgf/cm}^2$
 설 계 하 중 : DB-24, DL-24



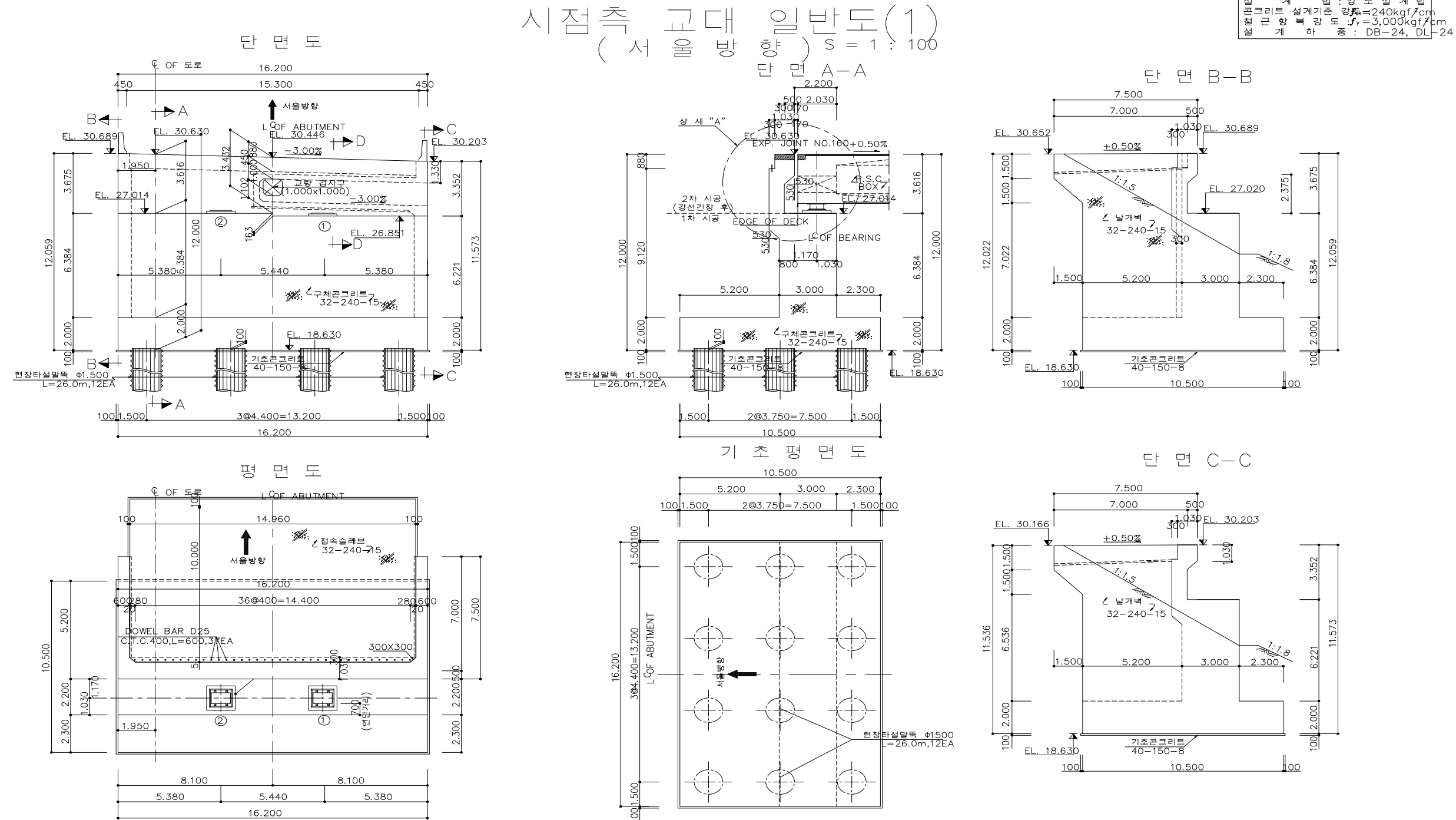
개 요 도



<그림 1.1.10> 미사대교(서울) 주두부 일반도(1)



<그림 1.1.11> 미사대교(서울) 주두부 일반도(2)

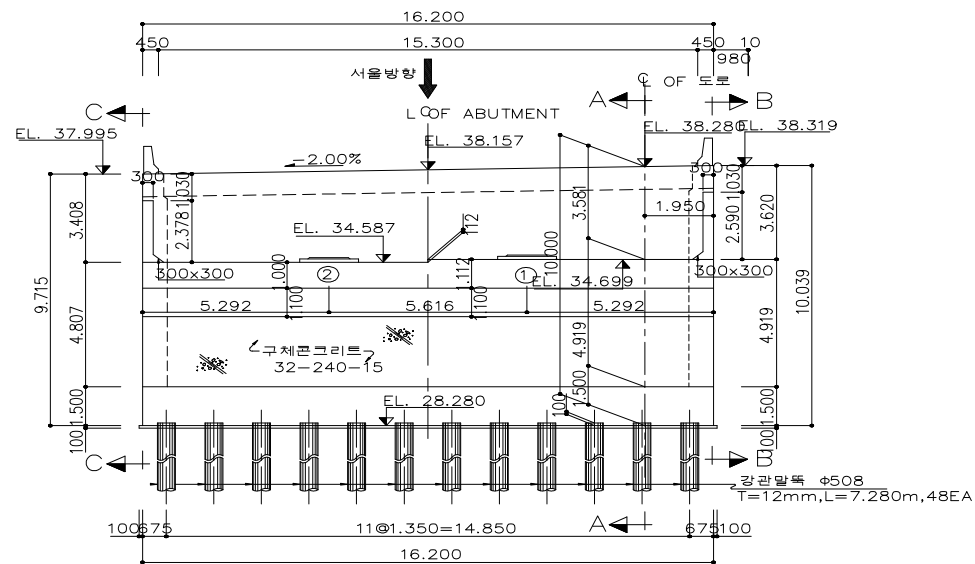


<그림 1.1.12> 미사대교(서울) 교대1 일반도

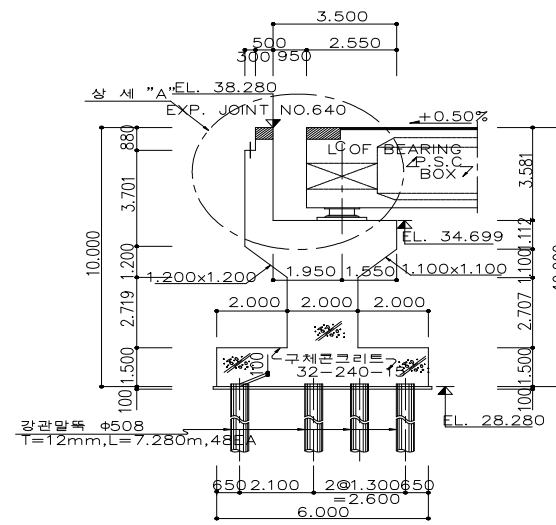
중점측 교대 일반도(1) (서울방향) S = 1 : 100

설계기준 : 강도설계법
콘크리트 설계기준 강도 $f_c = 24.0 \text{ kgf/cm}^2$
철근 항복 강도 $f_y = 30.0 \text{ kgf/cm}^2$
설계 하중 : DB-24, DL-24

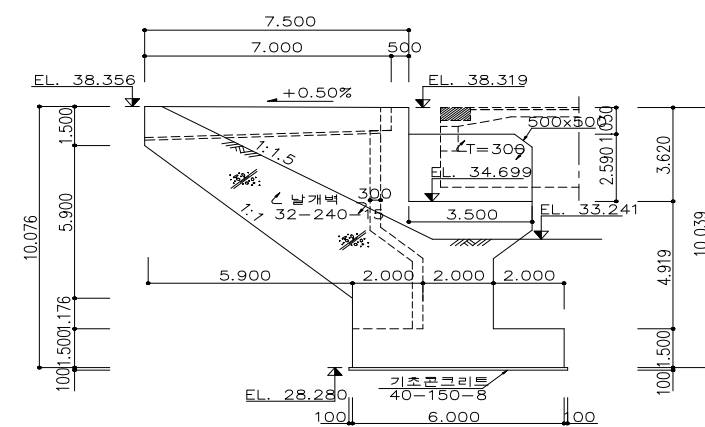
단면도



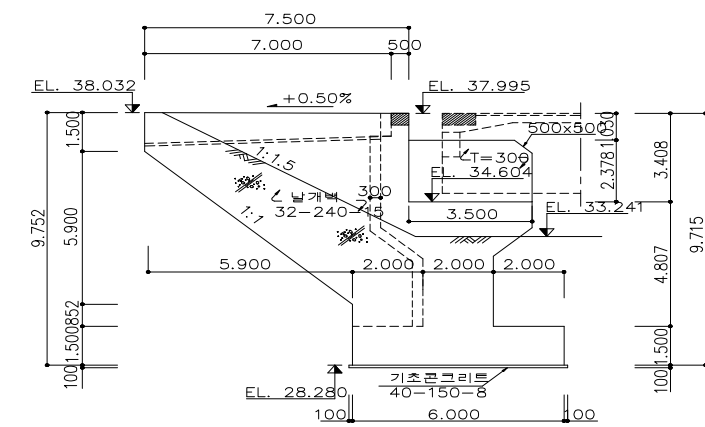
단면 A-A



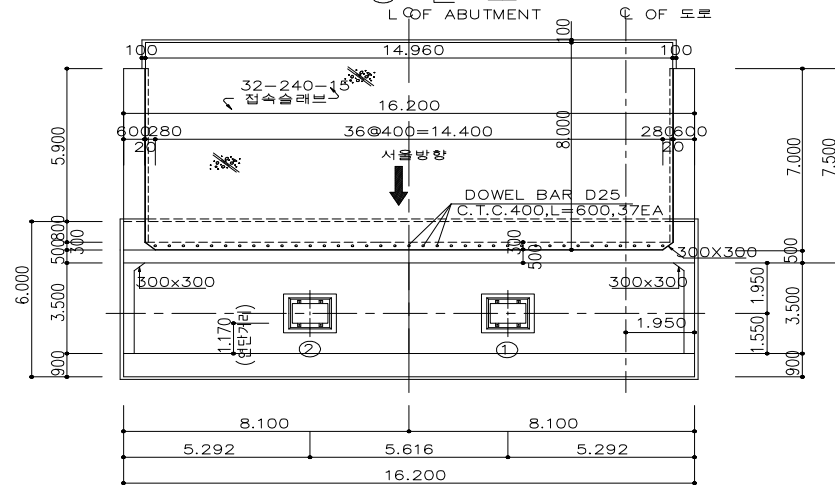
단면 B-B



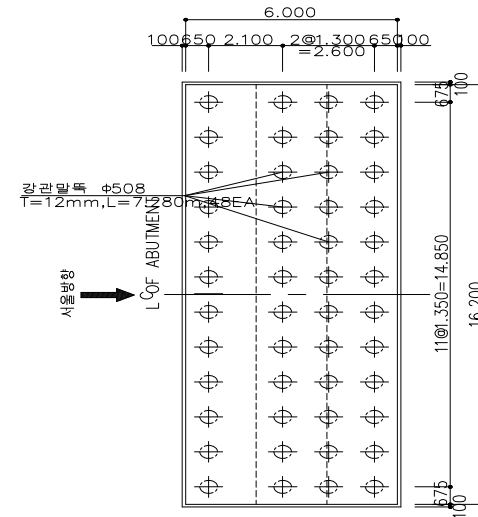
단면 C-C



평면도



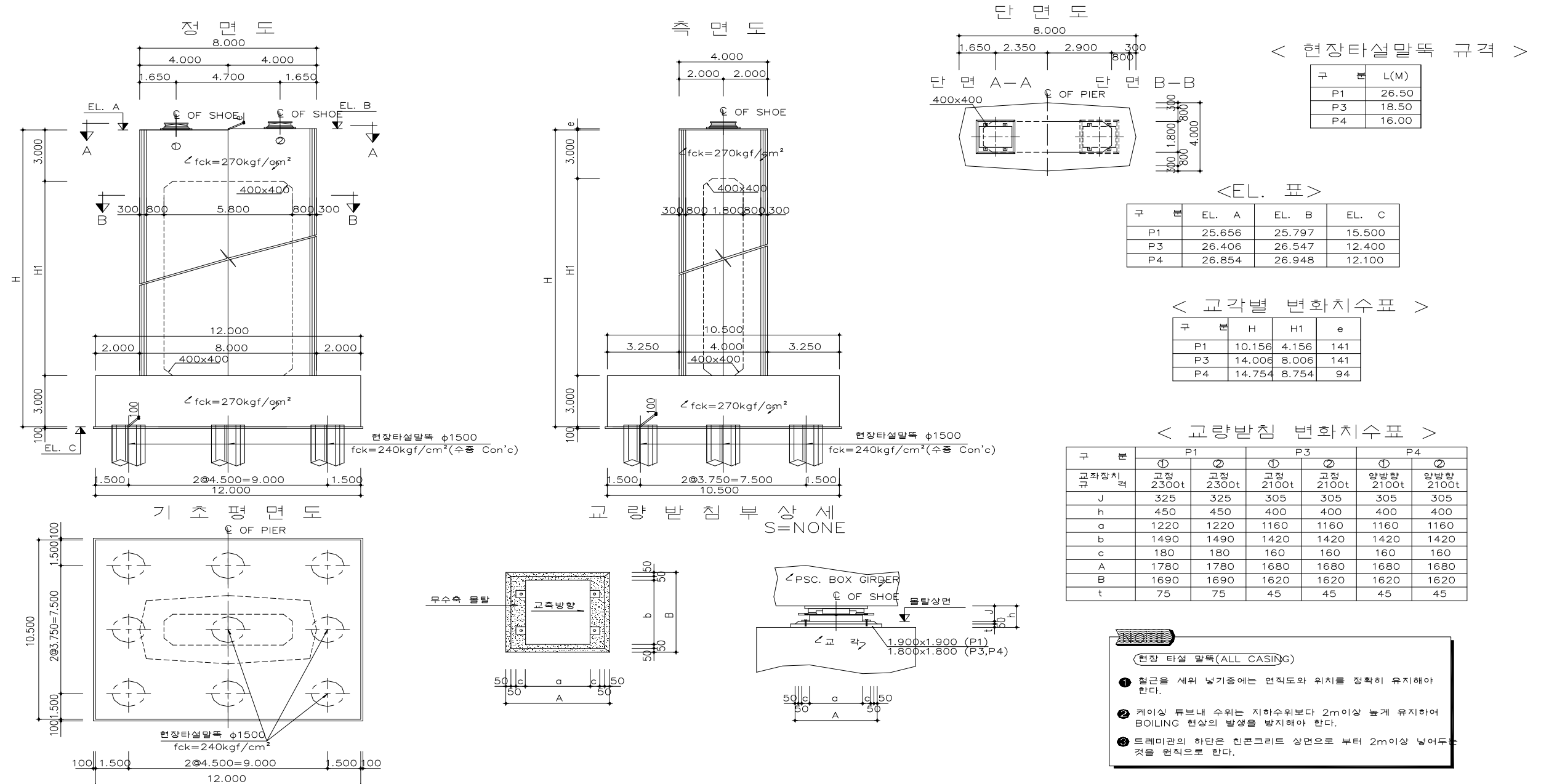
기초평면도



<그림 1.1.13> 미사대교(서울) 교대2 일반도

교각 일반도 (F.S.M 구간: P1, P3, P4) (서울 방향) S = 1 : 100

설계 방법 : 강도설계법
콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck}=270\text{kgf/cm}^2$
설계근항복강도 : $f_y=4,000\text{kgf/cm}^2$
설계하중 : DB-24, DL-24



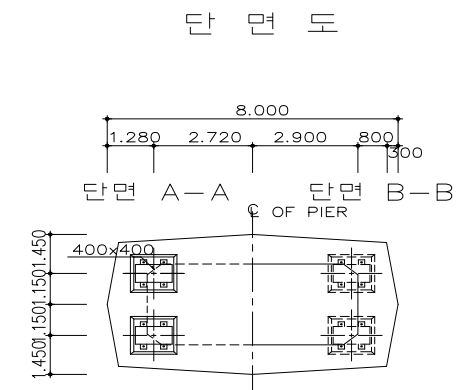
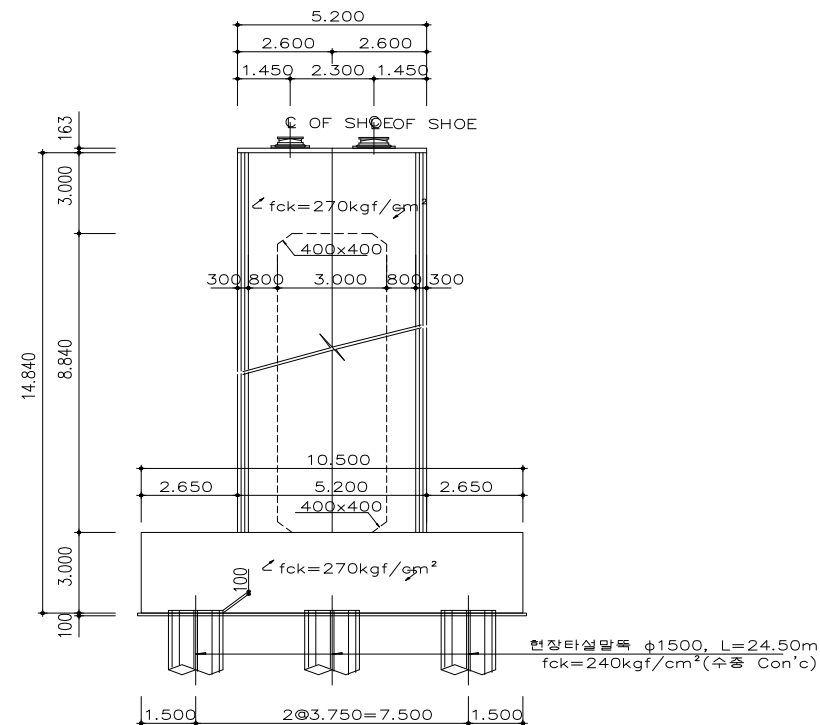
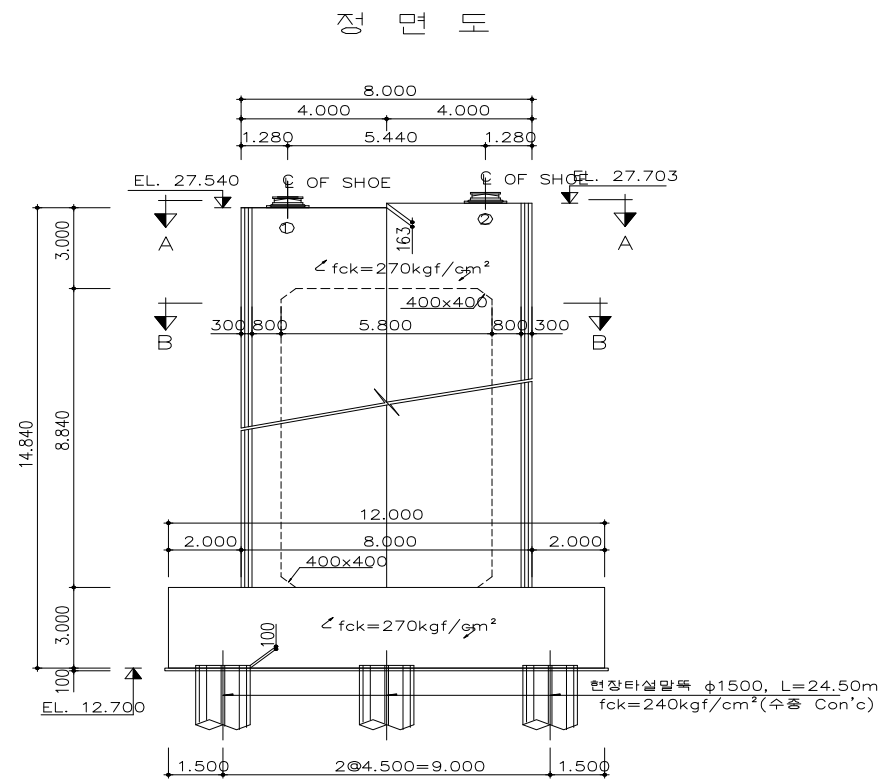
<그림 1.1.14> 미사대교(서울) 교각 일반도(P1, P3, P4)

교각 일반도 (JOINT부: P2)

(서울 방향) S = 1 : 100

정면도 측면도

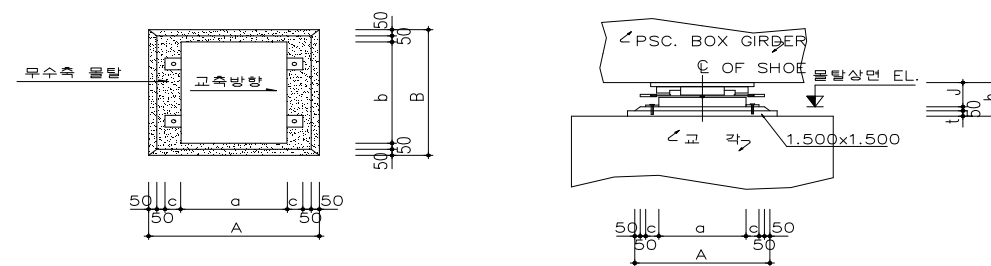
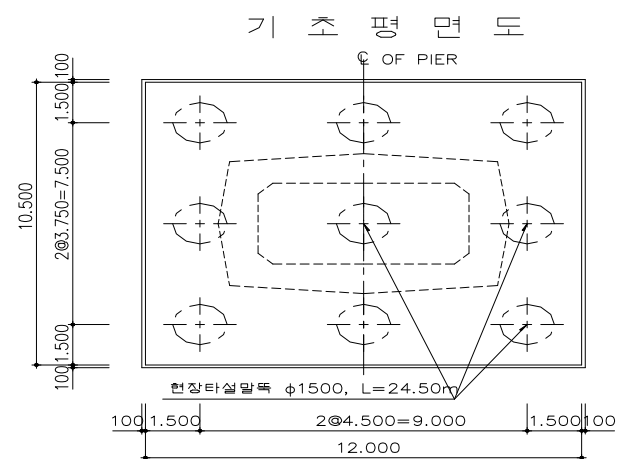
설계 방법: 강도 설계 법
콘크리트 설계기준 강도: $f_{ck} = 270\text{kgf/cm}^2$
철근 항복 강도: $f_y = 4,000\text{kgf/cm}^2$
설계 하중: DB-24, D-24



< 교량받침 변화치수표 >

구분	①	②
교차장치	일방향	일방향
규격	900t	900t
J	230(230)	230(230)
t	120(131)	120(131)
h	400(411)	400(411)
a	660(660)	660(660)
b	1000(1000)	1000(1000)
c	120(120)	120(120)
A	1100(1100)	1100(1100)
B	1200(1200)	1200(1200)

* 단, () 안은 중점측 치수를 나타냄.



NOTE

(현장 타설 말뚝(ALL CASING))

- ① 철근을 세워 넣기중에는 연직도와 위치를 정확히 유지해야 한다.
- ② 케이싱 튜브내 수위는 지하수위보다 2m이상 높게 유지하여 BOILING 현상의 발생을 방지해야 한다.
- ③ 트레미관의 하단은 친콘크리트 상면으로부터 2m이상 넣어두는 것을 원칙으로 한다.

<그림 1.1.15> 미사대교(서울) 교각 일반도(P1, P3, P4)

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)
	◦ 설계도면 - 위치도, 평면도, 표준단면도, 일반도, 구조도 등	
시설물 관리대장	◦ 기본현황 및 상세제원 ◦ 점검 및 진단 이력 ◦ 보수·보강 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 계측자료 ◦ 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)한국재단연구원) ◦ 서울춘천고속도로 1구간 정밀점검 보고서 (2016.08 (주)하이콘엔지니어링)
보수·보강 관련자료		◦ 보수·보강 이력사항

나. 기 점검 및 진단자료

미사대교(서울)는 기 정밀점검 (2016. 08) 실시 결과 상태평가 등급은 “B”등급으로 평가되었다. 방호벽 균열, 교량받침 Plate부식, 거더 및 하부구조 균열, 배수관 차집관 연결볼트 풀림 등이 조사되었으며, 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	2009년 (하반기) 초기점검	(주)케이에스알이엔씨	A	· 주요결합 및 손상내용 - 바닥판 및 거더 균열 - 교각 수직균열 · 내구성 조사 : 전반적으로 상태양호 · 종합평가 : A등급(상태평가:A, 안전성평가:A)
2	2009년 (하반기) 정기점검	자체수행	양호	· 바닥판 균열, A2층 슬래브 하부 백태 발생 · 신축이음장치 간격유지재 볼트 탈락
3	2010년 (상반기) 정기점검	자체수행	양호	· 바닥판 백태
4	2010년~ 2012년 정기점검(4회)	자체수행	양호	· 특이사항 없음
5	2012. 11 정밀점검	자체수행	A	· 특이사항 없음
6	2012년 (하반기) 정기점검	자체수행	양호	· 특이사항 없음

<표 1.1.3> 기존 점검·진단 이력(계속)

번호	기간	점검기관	등급	주요 점검 및 진단 결과
7	2013년 (상반기) 정기점검	자체수행	양호	· A2 신축이음부 간격유지재 볼트 탈락 · 앞성토 보호블럭 침하 · 난간방호벽 균열 다수
8	2013. 08 정기점검	자체수행	양호	· 특이사항 없음
9	2014. 01 정밀점검	(재)한국재난 안전연구원	B	· 주요결함 및 손상내용 -박스 거더 균열(cw=0.3mm이하), 재료분리 등 -교대 및 교각 균열(cw=0.3mm이하), 박리 등 -신축이음장치 후타재 균열(cw=0.3mm이하), 방호벽 차수판 파손 등 -방호벽 균열(cw=0.3mm이하), 박락, 파손 등 · 내구성 조사 : 전반적으로 상태양호 · 안전등급 : B등급(상태평가 : B등급)
10	2014년 (상반기) 정기점검	자체수행	양호	· 코핑부 균열 P2 0.2mm/3m P3 0.2mm/2m · 방호벽 균열 및 백태 98m/0.33m²
11	2014년 (하반기) 정기점검	자체수행	양호	· A1,2 벽체 미세균열
12	2015년 (상반기) 정기점검	자체수행	양호	· S3 배수관 뚜껑 탈락 · A2 신축이음부 덮개 변형 및 고정볼량 · A2 레일조인트하부 볼트 탈락
13	2015년 (하반기) 정밀점검	자체수행	B	· 바닥판균열, 재료분리 · 교대 벽체 균열, 교각 코핑부 균열 · 신축이음 후타재 균열
14	2016. 08 정밀점검	(주)하이콘엔지니어링	B	· 거더내·외부 균열 · 교대 및 교각 균열 · 방호벽 균열 및 백태

<표 1.1.4> 2016년 정밀점검((주)하이콘엔지니어링) 요약

구 분		내 용	비 고
용 역 명		· 서울춘천고속도로 정밀점검 1구간	
용 역 기 간		· 2016. 06. 15 ~ 2016. 07. 29	
용 역 사		· (주)하이콘엔지니어링	
외관조사	교 면 포 장	· 국부적 파손	a~b
	배 수 시 설	· 배수막힘, 차집관 연결볼트 풀림	a~b
	방 호 벽	· 균열, 차수판 파손	a~c
	바 닥 판	· 상태양호	a
	거 더	· 내·외부 균열, 국부적 재료분리	b~d
	가 로 보	-	-
	신 축 이 음	· 후타재 균열, 강재 녹발생, 하부 볼트탈락	b~c
	교 량 받 침	· 경미한 녹발생	a~b
	교 대, 교 각	· 균열	a~c
비파괴시험	강 도	· 설계강도 이상	
	탄 산 화	· a등급으로 철근부식의 우려는 없는 것으로 판단됨	
상 태 평 가		· B등급(0.220)	
안 전 등 급		· 미실시	
총 합 의 견		· 과업대상 교량에 대하여 각각의 주요부재 및 교량 전체의 상태평가내용을 반영한 종합평가결과 현재 대상 구조물의 안전등급은 양호한 수준의 ‘B등급(결함도점수 : 0.220)’로서 일부 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태에 해당함. · 대상교량은 외관조사를 토대로 기 점검 및 보수이력자료와 비교·분석결과 뚜렷한 상태의 변화는 없는 것으로 확인되었으며, 현재 수준에서의 급격한 사용성 저하 및 안전성에 문제를 유발할 만한 손상 및 이상 결함은 없는 상태이다. 다만, 거더 내·외부 및 교대, 교각 에서 관측된 균열 등의 부분적인 결함개소에 대해서는 적절한 보수조치를 통해 내구성, 사용성 저하를 방지하고 거더 균열부에 대한 주의관찰이 필요하다.	

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	2010.12	· 거더 내부 - 탄소섬유 보강 : 2,448m ² - 균열보수(0.3mm 이상-에폭시주입) : 7.8m · 균열보수(0.3mm 이하-표면처리) : 376.5m ²	현대산업개발(주)	하자보수
2	2011.03	· 거더 외부 - 균열보수(0.3mm 이상-에폭시주입) : 109m - 균열보수(0.3mm 이하-표면처리) : 985.7m ²	현대산업개발(주)	하자보수

라. 시설물의 내진설계 여부 확인

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

<표 1.1.6> 내진 설계여부

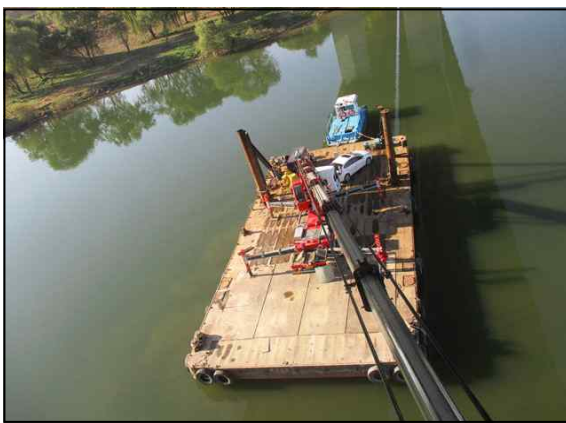
검토대상 부재	설계적용여부	결과	비 고
받침	Y	설계시 내진검토 반영	내진1등급 설계
교대	Y	설계시 내진검토 반영	
교각	Y	설계시 내진검토 반영	

1.2 외관조사

과업대상 교량인 미사대교(서울)는 경기도 하남시 망월동~경기도 남양주시 삼패동에 위치한 교량으로 시공사인 현대산업개발(주)가 2009년 8월에 준공한 교량으로 8년이 경과된 구조물이다. 또한, 설계하중은 DB-24이며, 총연장이 1,530m, 폭 16.0m인 1종 시설물이다.

미사대교(서울)의 상부구조는 PSC BOX GIRDER 형식이며, 하부구조는 중공형 벽식 교각 및 역T형 교대로 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.



바지선 및 작업차량을 이용한 외관조사



바지선 및 작업차량을 이용한 외관조사

<사진 1.2.1> 외관조사 현황

1.2.1 교면포장

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

교면포장에 대한 외관조사 결과 기 점검(2016.08)시 조사된 패임 외에 일부 구간 패임 손상이 추가 발생한 것으로 조사되었다. 현재 조사된 손상은 깊이가 30mm 내외이고 손상 정도가 경미한 수준으로 주행성 및 내구성 확보상의 문제는 없는 상태이나, 향후 공용년수 증가(반복적인 통행차량 운하중 재하)에 따른 ASP포장부 마모 및 균열 등 추가 손상이 발생할 우려가 있으므로 주기적인 점검 및 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.



교면포장 패임(S6)



교면포장 패임(S7)

<사진 1.2.2> 교면포장 손상현황

<표 1.2.1> 교면포장 손상현황

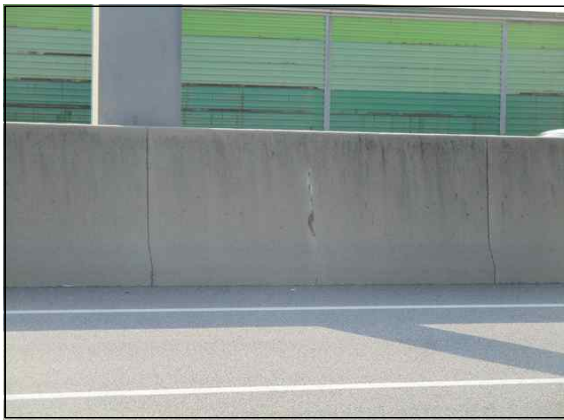
부 재	결 합 내 용	손상물량				손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 12월 금회 정밀점검			
교면포장	패임	0.13㎡	8EA	1.08㎡	26EA	▲ 0.95㎡	손상증가

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 좌·우측에는 주행 중인 차량이 정상적인 경로를 벗어나는 것을 방지함과 동시에 탑승자와 차량의 피해를 최소화 시킬 목적으로 충격도(KJ) 280이상인 중별 S2(SB6)의 콘크리트 방호벽이 설치되어 있다.

방호벽에 대한 외관조사 결과, 시공초기 온도변화 및 환경적요인에 의한 균열폭 0.3mm내·외의 균열과 일부 균열부에 우수유입에 따른 백태, 국부적인 박리 등이 조사되었다. 발생한 손상은 기 실시된 정밀점검(2016.08)과 비교시 손상의 진전 및 신규손상이 추가 발생한 것으로 비교·검토되었으며 향후, 부재의 특성상 지속적인 우수유입 및 동결기 동결융해의 반복에 의한 손상이 발생될 수 있으므로 표면처리, 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다. 또한 차수판 길이부족 손상이 추가 확인된 상태인 바, 정비가 요구된다.



방호벽 좌측 전경(S4)



방호벽 박리(S6)

<사진 1.2.3> 차량방호벽 손상현황

<표 1.2.2> 차량방호벽 손상현황

부 재	결 합 내 용	손상물량				손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 11월 금회 정밀점검			
방호벽	균열(폭 0.3mm 미만)	163.5m	142EA	214.5m	154EA	⬆ 51.0m	손상증가
	균열(폭 0.3mm 이상)	1m	3EA	1.9m	4EA	⬆ 0.9m	손상증가
	긁힘	3㎡	1EA	3㎡	1EA	-	
	보수재 들뜸 및 박리	4.6㎡	1EA	4.6㎡	1EA	-	
	박락	0.16㎡	1EA	0.16㎡	1EA	-	
	박리	0.33㎡	1EA	0.43㎡	2EA	⬆ 0.1㎡	손상증가
	신축유간부 차수판 파손	2EA		2EA		-	
	차수판 길이부족	-		1EA		⬆ 1EA	손상증가

1.2.3 배수시설

본 교량의 배수구조는 횡단구배가 낮은 갓길구간으로 노면수가 유입되도록 시공되었으며, 각 경간별로 7~12개소씩 배수구가 설치되어 있고 배수관을 통해 교각 쪽으로 유도하여 초기 우수처리시설(CDS-Torm Water)에 차집되는 배수시설형식으로 시공되어 있다.

외관조사결과 기 점검시 조사된 배수구 퇴적물(이물질)에 대해 정비 후 배수구 덮개를 설치하여 양호한 상태인 것으로 확인되었다. 다만 기존 손상인 차집관 연결볼트 풀림에 대해서는 원활한 배수관 기능 확보를 위해 볼트 재체결 등 정비가 필요한 상태이다.

<표 1.2.3> 배수시설 손상현황

부 재	결 함 내 용	손상물량		손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검	2017년 11월 금회 정밀점검		
배수시설	배수구 막힘	20EA	-	↓ 20EA	보수
	차집관 연결볼트 풀림	1EA	1EA	-	



차집관 연결볼트 풀림(P7)



배수구 정비후 덮개 설치 현황

<사진 1.2.4> 배수시설 손상현황

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 2

차응력을 줄이고 교면의 평탄성을 유지시켜 주는 역할과 교면수와 오물이 교량 하부구조로 흘러들어가는 것을 방지하여 콘크리트가 부식되지 않도록 하는 기능을 수행하는 중요한 부재로서 본 교량에 설치된 신축이음은 A1, P2, P5, A2에 Rail Joint로 시공되어 있으며 신축이음 단부 방호벽에는 우수유입을 방지하기 위한 차수판(BWP)이 설치되어 있는 것으로 확인되었다.

외관조사 결과 반복적인 차량 운하중 재하에 따른 후타재 균열(폭 0.3mm미만), 환경적요인에 의한 본체 유간부 토사퇴적, A2 하부 고정볼트 탈락 손상이 조사되었다.

본체 이물질퇴적은 신축거동의 저하 및 본체 고무재 열화 등의 원인이 되므로 주기적인 청소등 유지관리가 필요하며, 특히 하부 고정볼트 탈락의 경우 방치시 차량 통행에 따른 진동으로 인해 볼트탈락이 추가 발생될 우려되므로 볼트 재체결 등 적절한 조치가 필요한 상태이다.



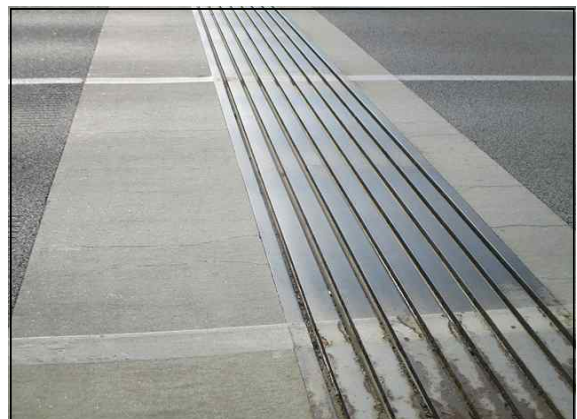
신축이음 상부 전경(A2)



신축이음 하부 전경(A2)



신축이음 본체 낙발생(P5)



신축이음 후타재 균열(P5)

<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 11월 금회 정밀점검			
신축이음	후타재균열(폭 0.3mm미만)	13.2m	22EA	13.2m	22EA	-	
	후타재균열(폭 0.3mm이상)	38.6m	44EA	38.6m	44EA	-	
	본체하부 볼트탈락	3EA		3EA		-	
	본체 녹발생	10.4m ²	8EA	10.4m ²	8EA	-	
	본체 토사퇴적	2m ²	2EA	2m ²	2EA	-	
	하부 Plate 부식	4.86m ²	1EA	4.86m ²	1EA	-	

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	69.83	170	35	12.1	15.99	11.94	O.K
P2	139.70	300	65	12.1	31.99	23.89	O.K
P5	604.06	900	220	12.1	138.33	103.29	O.K
A2	714.05	950	335	12.1	163.52	122.10	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 10월 23일, 12.1℃

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



신축이음 유간측정 현황(A1)



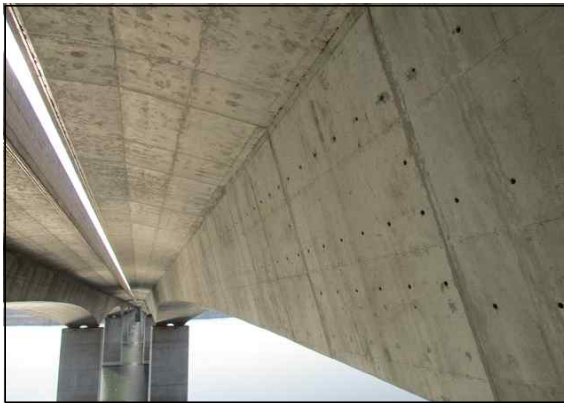
신축이음 유간측정 현황(P2)

<사진 1.2.6> 신축이음 유간측정 현황

1.2.5 바닥판

대상 교량은 총연장 1,530m(2@70m+3@70m+90m+8@125m+90m)인 PSC Box Girder교량으로서 S1~S5구간에는 FSM(Full Staging Method), S6~S15구간에는 FCM(Free Cantilever Method) 공법이 적용되었다.

바닥판은 상부로부터 전달되는 차량의 윤회중을 거더로 직접 전달하는 역할을 하는 부재로서 박스 거더 좌·우측 캔틸레버 구간을 대상으로 하며, 외관조사결과 건조수축, 소성수축 및 수화열 등에 의한 균열(cw=0.3mm미만)이 조사되었다. 기 손상부는 구조물의 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.



바닥판 전경



거더 내부 상면 균열(S2)

<사진 1.2.7> 바닥판 전경

<표 1.2.6> 바닥판 손상현황

부재	결함내용	손상물량				손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 11월 금회 정밀점검			
바닥판	균열(폭 0.3mm미만)	164.2m	74EA	164.2m	74EA	-	

1.2.6 거더

대상교량의 거더는 S1~S5구간은 FSM(Full Staging Method), S6~S15구간은 FCM(Free Cantilever Method) 공법이 적용되었으며, 거더 내·외부 균열발생 개소에 대해서는 탄소섬유보강(FCM, 내부 정착구 주변 복부)과 주입보수, 표면처리 등으로 보수 및 보강을 실시한 것으로 확인하였다.

거더에 대한 외관조사 결과 이상 처짐, 변형 및 지점부(정착부) 파손과 같은 특이할만한 결함 및 손상은 없는 상태이다. 다만 거더 내·외부 일부 구간에서 폭 0.1~0.3mm 정도의 경사균열 및 종방향 균열, 망상균열, 백태 등이 발생한 상태이고, 기정밀점검과 비교시 균열 외에 하부플랜지 파손, 보수부 들뜸 등이 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



거더외부 좌측면 균열(S2)



거더내부 우측면 균열(S9)

<사진 1.2.8> 거더 전경 및 손상현황



거더 외부 하면 박락(S8)



거더외부 하면 균열(S11)

<사진 1.2.8> 거더 전경 및 손상현황(계속)

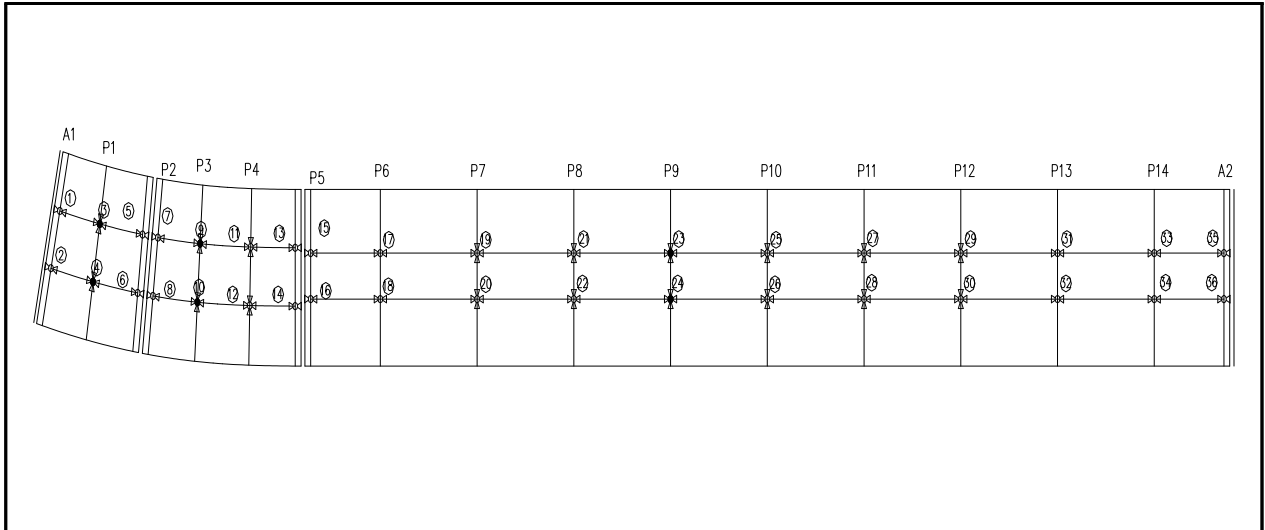
<표 1.2.7> 거더 손상현황

부 재		결 합 내 용	손상물량				손상물량 비교	비고
			2016년 08월 정밀 점검		2017년 11월 금회 정밀 점검			
거더	외부	균열(폭 0.3mm미 만)	523.8m	167EA	528.3m	170EA	⬆ 4.5m	손상증가
		균열(폭 0.3mm이 상)	189.5m	70EA	189.5m	70EA	-	
		재료분리	1.49㎡	2EA	1.49㎡	2EA	-	
		파손	-	-	0.01㎡	1EA	⬆ 0.01㎡	손상증가
		보수재 들뜸	-	-	0.01㎡	1EA	⬆ 0.01㎡	손상증가
	내부	균열(폭 0.3mm미 만)	204.8m	211EA	203.8m	210EA	⬇ 1.0m	폭 증가
		균열(폭 0.3mm이 상)	14.5m	10EA	15.5m	11EA	⬆ 1.0m	폭 증가
		백태	0.09㎡	1EA	0.09㎡	1EA	-	
		망상균열	5.95㎡	1EA	5.95㎡	1EA	-	
		조류배설물 퇴적	17.4㎡	1EA	17.4㎡	1EA	-	
	격벽	균열(폭 0.3mm미 만)	8.8m	9EA	8.8m	9EA	-	
		균열(폭 0.3mm이 상)	3.0m	2EA	3.0m	2EA	-	
		망상균열	14.9㎡	4EA	14.9㎡	4EA	-	

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 Pot Bearing에 E-형 감재 이력 댐퍼를 적용한 구조로서 각 지점별로 2개(신축이음구간 4개)의 받침이 설치되어 있고, 이중 P1, P3, P9가 고정받침이다.

받침장치에 대한 외관조사 결과 가동불량, 편기 등의 손상은 조사되지 않았으나 측면 우수유입 및 환경적요인에 따른 Plate 녹발생, 시공초기 부주의에 의한 받침콘크리트 박리, 조류배설물 퇴적 등이 조사되었다. 기 실시된 정밀점검과 비교시 도장손상이 추가 조사되었으며 손상들에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

<표 1.2.8> 교량받침 손상현황

부 재	결 합 내 용	손상물량				손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 11월 금회 정밀점검			
교량받침	Plate 부식	4EA		4EA		-	
	받침콘크리트 박리	0.12㎡	1EA	0.12㎡	1EA	-	
	도장손상	-	-	0.03㎡	3EA	▲ 0.03㎡	손상증가
	조류배설물 퇴적	41.6㎡	1EA	41.6㎡	1EA	-	



교량받침 전경 (A1 SH1:가동단)



교량받침 전경 (P9 SH1:고정단)



Plate부식 (P6 SH2)



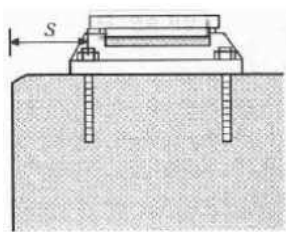
Plate부식 (P9 SH2)

<사진 1.2.9> 교량받침 전경 및 손상현황

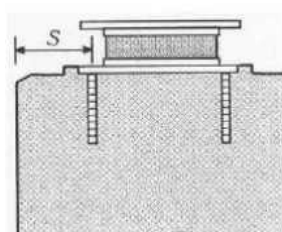
나. 교량받침 연단거리

1) 교량받침 연단거리 조사 방법

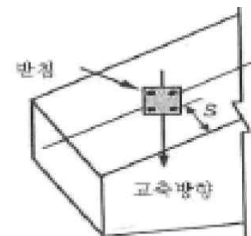
교좌면은 받침을 통해서 상부구조로부터 하중 등의 집중하중을 받는 곳이고 또 지진시 등에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 따라서, 지진시 하중을 전달하는 부재로서 앵커볼트에 의해 받침을 고정하는 경우에는 받침의 종류와 관계없이 앵커볼트의 중심에서 하부구조 정부 연단까지의 거리를 받침연단거리 S로 한다. 사교 혹은 곡선교의 경우 받침 연단거리 S는 하부구조 정부연단과의 최단거리 방향으로 확보하여야 한다.



a. 강재받침의 경우



b. 고무받침의 경우



c. 사교, 곡선교

<그림 1.2.2> 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 미사대교(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)	소요 연단거리(cm)	실측연단거리(cm)	비 고
A1		69.83	54.9	115	O.K
P1	시점측			110	O.K
	종점측	69.85	54.9	110	O.K
P2	시점측			80	O.K
	종점측	69.85	54.9	80	O.K
P3	시점측			110	O.K
	종점측	70.00	55.0	110	O.K
P4	시점측			110	O.K
	종점측	69.53	54.8	110	O.K
P5	시점측			110	O.K

주1) 지간길이 100m이하 구간 : $S = 20 + 0.5L$, 100m이상 구간 : $S = 30 + 0.4L$

<표 1.2.9> 연단거리 측정 결과표(계속)

부 재		경 간 거 리 (m)	소 요 연 단 거 리 (cm)	실 측 연 단 거 리 (cm)	비 고
P5	종 점 측	89.53	64.8	140	O.K
P6	시 점 측			140	O.K
	종 점 측	125.0	80.0	140	O.K
P7	시 점 측			140	O.K
	종 점 측	125.0	80.0	140	O.K
P8	시 점 측			150	O.K
	종 점 측	125.0	80.0	150	O.K
P9	시 점 측			150	O.K
	종 점 측	125.0	80.0	150	O.K
P10	시 점 측			150	O.K
	종 점 측	125.0	80.0	150	O.K
P11	시 점 측			140	O.K
	종 점 측	125.0	80.0	140	O.K
P12	시 점 측			150	O.K
	종 점 측	125.0	80.0	150	O.K
P13	시 점 측			150	O.K
	종 점 측	125.0	80.0	150	O.K
P14	시 점 측			150	O.K
	종 점 측	89.05	64.5	150	O.K
A2				110	O.K

주1) 지간길이 100m이하 구간 : $S = 20 + 0.5L$, 100m이상 구간 : $S = 30 + 0.4L$



교량받침 연단거리 측정 현황①



교량받침 연단거리 측정 현황②

<사진 1.2.10> 교량받침 연단거리 측정 현황

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)		점검당시 실측이동량 (mm)	신축장 (m)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동 여유량(mm)		받침 허용량 (mm)	비고
				최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	-10	70	15.4	12.6	90	110	±100	O.K
	Sh2	-10				90	110		
P2 (A1)	Sh1	-25	70	4.2	23.8	75	125	±100	O.K
	Sh2	-35				65	135		
P2 (A2)	Sh3	-20	70	4.2	23.8	80	120	±100	O.K
	Sh4	-15				85	115		
P4	Sh1	-45	70	4.2	23.8	55	145	±100	O.K
	Sh2	-40				60	140		
P5 (A1)	Sh1	-85	140	8.4	47.6	65	235	±150	O.K
	Sh2	-80				70	230		
P5 (A2)	Sh3	-100	465	27.9	158.1	150	350	±250	O.K
	Sh4	-90				160	340		
P6	Sh1	-95	375	22.5	127.5	105	295	±200	O.K
	Sh2	-85				115	285		
P7	Sh1	-85	250	15	85.0	65	235	±150	O.K
	Sh2	-85				65	235		
P8	Sh1	-55	125	7.5	42.5	45	155	±100	O.K
	Sh2	-55				45	155		
P10	Sh1	-40	125	7.5	42.5	60	140	±100	O.K
	Sh2	-40				60	140		
P11	Sh1	-30	250	15	85.0	120	180	±150	O.K
	Sh2	-35				115	185		
P12	Sh1	-90	375	22.5	127.5	110	290	±200	O.K
	Sh2	-85				115	285		
P13	Sh1	-115	500	30	170.0	135	365	±250	O.K
	Sh2	-105				145	355		
P14	Sh1	-140	625	37.5	212.5	160	440	±300	O.K
	Sh2	-125				175	425		
A2	Sh1	-60	715	157.3	128.7	290	410	±350	O.K
	Sh2	-80				270	430		

주1) 콘크리트교 - 최대 설계온도($-5^{\circ}\text{C} \sim +35^{\circ}\text{C}$) 상승 시 온도에 의한 신축여유량($\Delta L=1.0 \times 10^{-5} \times \Delta T \times L$)

주2) 측정일 : 2017년 10월 19일, 17.0°C (교대), 2017년 11월 16일, 1.0°C (교각)

1.2.8 교대 및 교각

교대 및 교각은 교량 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 아주 중요한 역할을 수행하는 구조부재이다. 본 교량의 교대는 말뚝기초로서 역T형구조이며, 교각의 경우 한강을 횡단하는 P6~P12 구간은 연암 상에 직접기초로 나머지 구간은 말뚝기초로서 중공형 벽식구조로 시공되어있다.



교대 전경



교각 전경

<사진 1.2.11> 교대 및 교각 현황

가. 교대

교대에 대한 외관조사결과 신규 손상은 발생되지 않은 상태이다. 다만 기존 손상인 폭0.1~0.3mm정도의 균열과 법면 보호공 침하가 확인되었다. 조사된 일부균열에 대해서는 내구성저하 방지를 위하여 보수를 실시하는 것이 바람직하며, 법면 침하에 대해서는 상태변화 유무에 대한 주기적인 점검이 필요하다.

<표 1.2.11> 교대 손상현황

부재	결함내용	손상물량				손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 11월 금회 정밀점검			
교대	균열(폭 0.3mm미만)	13.9m	17EA	13.9m	17EA	-	
	균열(폭 0.3mm이상)	1.6m	1EA	1.6m	1EA	-	
	교대 보호공 침하	8.1m²	1EA	8.1m²	1EA	-	



교대 균열(A2)



교대 보호공 침하(A2)

<사진 1.2.12> 교대 손상현황

나. 교각

교각에 대한 외관조사 결과, 시공초기 온도변화 및 환경적요인에 의한 균열폭 0.2mm내외의 균열, 망상균열, 박리, 파손이 조사되었다. 기 실시된 정밀점검과 비교시 기 점검시 누락된 손상으로 판단되는 백태, 균열 등의 손상이 추가 조사되었다. 기 손상부는 내구성 저하 방지를 위한 표면처리, 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

<표 1.2.12> 교각 손상현황

부 재	결 합 내 용	손상물량				손상물량 비교	비고
		2016년 08월 정밀점검		2017년 11월 급회 정밀점검			
교각	균열(폭 0.3mm미만)	88.2m	40EA	89.9m	50EA	⬆ 1.7m	손상증가
	망상균열	267.4m	15EA	284.85m²	16EA	⬆ 17.45m²	손상증가
	박리	0.15m²	1EA	0.15m²	1EA	-	
	파손	0.16m²	1EA	0.19m²	2EA	⬆ 0.03m²	손상증가
	백태	-	-	0.03m²	1EA	⬆ 0.03m²	손상증가



교각 망상균열(P6)



교각 균열(P8)

<사진 1.2.13> 교각 손상현황

1.2.9 기 점검결과와 비교

기 실시되었던 정밀점검(2016.08)과 금회 실시한 정밀점검 결과 비교결과 교면포장 패임, 방호벽 균열, 거더외부 균열, 교각 망상균열 등의 손상이 증가하고 있는 것으로 확인되었으며 기 점검이후 하자보수를 통한 배수시설의 손상이 감소되었다.

<표 1.2.13> 기 점검결과와의 비교

구분	손상내용	2016년 08월 정밀점검		금회 정밀점검		손상물량 비교	손상물량 증감원인
교면포장	패임	0.13m ²	8EA	1.08m ²	26EA	⬆ 0.95m ²	신규손상
방호벽	균열(폭 0.3mm미만)	163.5m	142EA	214.5m	154EA	⬆ 51.0m	신규손상
	균열(폭 0.3mm이상)	1m	3EA	1.9m	4EA	⬆ 0.9m	신규손상
	굽힘	3m ²	1EA	3m ²	1EA	-	
	보수재 들뜸 및 박리	4.6m ²	1EA	4.6m ²	1EA	-	
	박락	0.16m ²	1EA	0.16m ²	1EA	-	
	박리	0.33m ²	1EA	0.43m ²	2EA	⬆ 0.1m ²	신규손상
	차수판 파손	2EA		2EA		-	
	차수판 길이부족	-		1EA		⬆ 1EA	신규손상
배수시설	배수구 막힘	20EA		-		⬇ 20EA	보수
	차집관 연결볼트 풀림	1EA		1EA		-	
신축이음	후타재균열(폭 0.3mm미만)	13.2m	22EA	13.2m	22EA	-	
	후타재균열(폭 0.3mm이상)	38.6m	44EA	38.6m	44EA	-	
	본체하부 볼트탈락	3EA		3EA		-	
	본체 녹발생	10.4m ²	8EA	10.4m ²	8EA	-	
	본체 토사퇴적	2m ²	2EA	2m ²	2EA	-	
바닥판	균열(폭 0.3mm미만)	164.2m	74EA	164.2m	74EA	-	

<표 1.2.13> 기 점검결과와의 비교(계속)

구분		손상내용	2016년 08월 정밀점검		금회 정밀점검		손상물량 비교	손상물량 증감원인
거터	외부	균열(폭 0.3mm미만)	523.8m	167EA	528.3m	170EA	↑ 4.5m	신규손상
		균열(폭 0.3mm이상)	189.5m	70EA	189.5m	70EA	-	
		재료분리	1.49m ²	2EA	1.49m ²	2EA	-	
		박락	-	-	0.01m ²	1EA	↑ 0.01m ²	신규손상
		들뜸	-	-	0.01m ²	1EA	↑ 0.01m ²	신규손상
	내부	균열(폭 0.3mm미만)	204.8m	211EA	203.8m	210EA	↓ 1.0m	폭증가
		균열(폭 0.3mm이상)	14.5m	10EA	15.5m	11EA	↑ 1.0m	폭증가
		백태	0.09m ²	1EA	0.09m ²	1EA	-	
		망상균열	5.95m ²	1EA	5.95m ²	1EA	-	
		조류배설물 퇴적	17.4m ²	1EA	17.4m ²	1EA	-	
	격벽	균열(폭 0.3mm미만)	8.8m	9EA	8.8m	9EA	-	
		균열(폭 0.3mm이상)	3.0m	2EA	3.0m	2EA	-	
		망상균열	14.9m ²	4EA	14.9m ²	4EA	-	
교량받침	Plate 부식		4EA		4EA		-	
	받침콘크리트 박리		0.12m ²	1EA	0.12m ²	1EA	-	
	도장손상		-	-	0.03m ²	3EA	↑ 0.03m ²	신규손상
	조류배설물 퇴적		41.6m ²	1EA	41.6m ²	1EA	-	
교대	균열(폭 0.3mm미만)		13.9m	17EA	13.9m	17EA	-	
	균열(폭 0.3mm이상)		1.6m	1EA	1.6m	1EA	-	
	교대 보호공 침하		8.1m ²	1EA	8.1m ²	1EA	-	
교각	균열(폭 0.3mm미만)		88.2m	40EA	89.9m	50EA	↑ 1.7m	신규손상
	망상균열		267.4m	15EA	284.85m ²	16EA	↑ 17.45m ²	신규손상
	박리		0.15m ²	1EA	0.15m ²	1EA	-	
	파손		0.16m ²	1EA	0.19m ²	2EA	↑ 0.03m ²	신규손상
	백태		-	-	0.03m ²	1EA	↑ 0.03m ²	신규손상

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> 미사대교(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		
S1 거터내부 좌벽	58.7	47.4	48.1	47.8	45.0	만족
S2 거터내부 우벽	58.2	46.9	47.6	47.3	45.0	만족
S3 거터내부 상면	60.2	49.1	49.5	49.3	45.0	만족
P4 거터내부 격벽	58.0	46.7	47.4	47.1	45.0	만족
S5 거터내부 좌벽	61.6	50.5	50.8	50.7	45.0	만족
S6 거터내부 우벽	59.2	48.0	48.6	48.3	45.0	만족
P7 거터내부 격벽	59.0	47.8	48.4	48.1	45.0	만족
S8 거터외부 하면	58.0	46.7	47.4	47.1	45.0	만족
S9 거터내부 좌벽	61.6	50.5	50.8	50.7	45.0	만족
P10 거터내부 격벽	58.1	46.8	47.6	47.2	45.0	만족
S11 거터내부 우벽	58.4	47.1	47.8	47.5	45.0	만족
S12 거터외부 하면	60.8	49.7	50.1	49.9	45.0	만족
S13 거터내부 좌벽	58.3	47.1	47.8	47.5	45.0	만족
S14 거터내부 우벽	58.2	46.9	47.6	47.3	45.0	만족
S15 거터내부 우벽	58.2	46.9	47.6	47.3	45.0	만족
평균(MPa)		48.2				
M A X		50.7				
M I N		47.1				

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

시 험 위 치	비파괴시험	측정압축강도 (MPa)			설계강도 (MPa)	평가
	반발경도 (R_0)	일본재료학회	일본건축학회	평균		
A1 홍벽	44.4	24.2	26.2	25.2	24.0	만족
P1 기둥부	53.5	31.4	30.3	30.9	27.0	만족
P2 기둥부	52.5	30.7	29.9	30.3	27.0	만족
P3 기둥부	49.5	28.3	28.5	28.4	27.0	만족
P4 기둥부	50.9	29.4	29.1	29.3	27.0	만족
P5 기둥부	49.7	28.4	28.6	28.5	27.0	만족
P6 기둥부	51.4	29.8	29.4	29.6	27.0	만족
P7 기둥부	50.6	29.2	29.0	29.1	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	49.9	28.6	28.7	28.7	27.0	만족
P12 기둥부	49.6	28.4	28.5	28.5	27.0	만족
P13 기둥부	49.6	28.4	28.5	28.5	27.0	만족
P14 기둥부	50.4	29.0	28.9	29.0	27.0	만족
A2 홍벽	46.3	25.7	27.0	26.4	24.0	만족
평균(MPa)		교대	25.8			
		교각	29.0			
M A X		교대	26.4			
		교각	30.9			
M I N		교대	25.2			
		교각	28.4			

<표 1.3.3> 미사대교(서울) 콘크리트 비파괴 강도 측정결과

[단위 : MPa]

종류 부재		시험압축강도 (A)	설계기준강도 (B)	(A/B)×100 (%)
상부구조	거더	47.1 ~ 50.7	45.0	105 ~ 113
하부구조	교대	25.2 ~ 26.4	24.0	105 ~ 110
	교각	28.4 ~ 30.9	27.0	105 ~ 114

콘크리트 비파괴 시험결과 상부구조 거더 추정 비파괴 강도는 47.1~50.7MPa, 하부구조 교대 추정 비파괴 강도는 25.2~26.4MPa, 교각 추정 비파괴강도는 28.4~30.9MPa로서 설계기준강도(거더 : 45.0MPa, 교대 : 24.0MPa, 교각 : 27.0MPa) 이상을 확보하고 있는 것으로 측정·검토 되었다.



거더외부 압축강도 측정



교각 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	6.0	8	2.12	54.0	100년이상	
거더외부 S8	4.5	8	1.59	55.5		
거더외부 S12	4.0	8	1.41	56.0		

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

※ 잔존수명 = (탄산화 잔여깊이 / A)²

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

<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	11.5	8	4.07	88.5	100년이상	
교각 P6	6.0	8	2.12	94.0		
교각 P12	6.5	8	2.30	93.5		

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

※ 잔존수명 = (탄산화 잔여깊이 / A)²

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

탄산화 깊이 측정은 총 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



교각 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	
2014년 정밀점검	47.1 ~ 52.9	27.2 ~ 30.5	28.3 ~ 31.4	
2016년 정밀점검	46.9 ~ 51.5	28.0 ~ 29.1	28.2 ~ 31.0	
금회 정밀점검	47.1 ~ 50.7	25.2 ~ 26.4	28.4 ~ 30.9	

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
2014년 정밀점검	2.5 ~ 3.2	3.9 ~ 4.6	
2016년 정밀점검	1.2 ~ 3.5	2.4 ~ 11.2	
금회 정밀점검	4.0 ~ 6.0	6.0 ~ 11.5	

기 실시한 2014년 및 2016년 실시한 정밀점검과의 탄산화깊이 비교결과 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2012.12)” 건전성 평가기준(탄산화 잔여깊이 30mm 이상 : 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> 미사대교(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)
PSC1	PSC Box	b	a	b	a	a	b	c	a	c	Q	x	a
PSC2	PSC Box	b	b	b	a	a	b	x	a	b	Q	x	x
PSC3	PSC Box	b	b	a	a	a	b	c	b	b	Q	a	x
PSC4	PSC Box	b	b	b	a	b	b	x	a	b	Q	x	x
PSC5	PSC Box	b	b	a	a	b	b	x	a	b	Q	x	x
PSC6	PSC Box	b	c	a	b	a	c	c	b	b	Q	x	x
PSC7	PSC Box	b	c	a	b	a	c	x	b	b	Q	x	a
PSC8	PSC Box	c	c	a	a	b	c	x	a	b	Q	a	x
PSC9	PSC Box	b	c	a	a	c	c	x	a	b	Q	x	x
PSC10	PSC Box	b	d	a	a	b	b	x	b	b	Q	x	x
PSC11	PSC Box	b	c	a	b	b	b	x	a	c	Q	x	x
PSC12	PSC Box	b	c	a	a	a	c	x	b	b	Q	a	x
PSC13	PSC Box	a	d	b	a	a	b	x	b	b	Q	x	a
PSC14	PSC Box	a	d	a	a	a	b	x	a	b	Q	x	x
PSC15	PSC Box	b	c	b	a	a	b	x	a	a	Q	x	x
	PSC Box	-	-	-	-	-	-	c	a	b	Q	x	x
평균		0.200	0.387	0.133	0.120	0.153	0.267	0.400	0.138	0.219	-	0.100	0.100
가중치		20	20	3	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합		0.040	0.077	0.004	0.008	0.005	0.005	0.036	0.012	0.044	-	0.004	0.003
1. 환산결합도 점수 =												0.239	
2. 상태평가 결과 =												B	

나. 개별교량 상태평가 결과

<표 1.4.2> 미사대교(서울) 개별교량 상태평가 결과

개별교량명	미사대교(서울)					
구분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도 점수 ×연장비
미사대교(서울)	PSC Box	0.239	B	1,530.0	1.000	0.239
합계(Σ)				1,530.0	1.000	0.239
1. 환산결함도 점수 =						0.239
2. 상태평가 결과 =						B

다. 전체교량 평가결과

<표 1.4.3> 미사대교(서울) 전체교량 상태평가 결과

개별교량명	미사대교(서울)						
구분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이 ×차선	연장비	환산결함도점수 ×연장비
미사대교(서울)	0.239	B	1,530.0	3	4,590.0	1.00	0.239
합계(Σ)			1,530.0		4,590.0	1.00	0.239
1. 평가지수 =						0.239	
2. 상태평가 결과 =						B 등급	

라. 상태평가 결과

본 미사대교(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	0.239	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	0.213	"B"	
2016년 정밀점검	0.220	"B"	
금회 정밀점검	0.239	"B"	평가지수 상향

2016년 실시한 정밀점검과의 상태평가 비교결과 일부 부재의 손상이 증가하였으며 신규 손상이 발생되어 종합평가 지수가 상향되었다. 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 미사대교(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

미사대교(서울)에 발생한 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
교면포장		패임	1.08㎡ / 26EA	주의관찰	-	
방호벽		균열(폭 0.3㎜미만)	64.35㎡ / 154EA	표면처리	3	
		균열(폭 0.3㎜이상)	0.57㎡ / 4EA	주입보수	2	
		긁힘	3.6㎡ / 1EA	단면보수	2	
		보수재 들뜸 및 박리	5.52㎡ / 1EA	단면보수	2	
		박락	0.19㎡ / 1EA	단면보수	2	
		박리	0.52㎡ / 2EA	단면보수	2	
		차수관 파손	2EA	재설치	2	
		차수관 길이부족	1EA	재설치	2	
배수시설		차집관 연결볼트 풀림	1EA	재체결	2	
신축이음		후타재균열(폭 0.3㎜미만)	3.96㎡ / 22EA	표면처리	3	
		후타재균열(폭 0.3㎜이상)	11.58㎡ / 44EA	표면처리	2	
		본체하부 볼트탈락	3EA	재체결	2	
		본체 녹발생	12.48㎡ / 8EA	녹제거, 방청	2	
		본체 토사퇴적	2.4㎡ / 2EA	청소	1	
바닥판		균열(폭 0.3㎜미만)	49.26㎡ / 74EA	표면처리	2	
거더	외부	균열(폭 0.3㎜미만)	158.49㎡ / 170EA	표면처리	2	
		균열(폭 0.3㎜이상)	56.85㎡ / 70EA	주입보수	1	
		재료분리	1.79㎡ / 2EA	단면보수	3	
		박락	0.01㎡ / 1EA	단면보수	2	
		들뜸	0.01㎡ / 1EA	단면보수	2	
	내부	균열(폭 0.3㎜미만)	61.14㎡ / 210EA	표면처리	2	
		균열(폭 0.3㎜이상)	4.65㎡ / 11EA	주입보수	1	
		백태	0.11㎡ / 1EA	표면처리	2	
		망상균열	7.14㎡ / 1EA	표면처리	2	
		조류배설물 퇴적	20.88㎡ / 1EA	청소	-	
	격벽	균열(폭 0.3㎜미만)	2.64㎡ / 9EA	표면처리	2	
		균열(폭 0.3㎜이상)	0.9㎡ / 2EA	주입보수	1	
		망상균열	17.88㎡ / 4EA	표면처리	2	
교량받침		Plate 부식	4EA	재도장	2	
		받침콘크리트 박리	0.14㎡ / 1EA	단면보수	2	
		도장손상	0.04㎡ / 3EA	재도장	2	
		조류배설물 퇴적	49.92㎡ / 1EA	청소	-	
교대		균열(폭 0.3㎜미만)	4.17㎡ / 17EA	표면처리	2	
		균열(폭 0.3㎜이상)	0.48㎡ / 1EA	주입보수	1	
		교대 보호공 침하	9.72㎡ / 1EA	주의관찰	-	
교각		균열(폭 0.3㎜미만)	26.97㎡ / 50EA	표면처리	2	
		망상균열	341.82㎡ / 16EA	표면처리	2	
		박리	0.18㎡ / 1EA	단면보수	2	
		파손	0.23㎡ / 2EA	단면보수	2	
		백태	0.04㎡ / 1EA	표면처리	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		패임	1.08㎡ / 26EA	주의관찰	-	-		
방호벽		균열(폭 0.3㎜미만)	64.35㎡ / 154EA	표면처리	2,896	3		
		균열(폭 0.3㎜이상)	0.57㎡ / 4EA	주입보수	68	2		
		긱힘	3.6㎡ / 1EA	단면보수	720	2		
		보수재 들뜸 및 박리	5.52㎡ / 1EA	단면보수	1,104	2		
		박락	0.19㎡ / 1EA	단면보수	38	2		
		박리	0.52㎡ / 2EA	단면보수	104	2		
		차수관 파손	2EA	재설치	800	2		
		차수관 길이부족	1EA	재설치	400	2		
배수시설		차집관 연결볼트 풀림	1EA	재체결	30	2		
신축이음		후타재균열(폭 0.3㎜미만)	3.96㎡ / 22EA	표면처리	178	3		
		후타재균열(폭 0.3㎜이상)	11.58㎡ / 44EA	표면처리	521	2		
		본체하부 볼트탈락	3EA	재체결	90	2		
		본체 녹발생	12.48㎡ / 8EA	녹제거, 방청	686	2		
		본체 토사퇴적	2.4㎡ / 2EA	청소	12	1		
바닥판		균열(폭 0.3㎜미만)	49.26㎡ / 74EA	표면처리	2,217	2		
거 더	외부	균열(폭 0.3㎜미만)	158.49㎡ / 170EA	표면처리	7,132	2		
		균열(폭 0.3㎜이상)	56.85㎡ / 70EA	주입보수	6,822	1		
		재료분리	1.79㎡ / 2EA	단면보수	358	3		
		박락	0.01㎡ / 1EA	단면보수	2	2		
		들뜸	0.01㎡ / 1EA	단면보수	2	2		
	내부	균열(폭 0.3㎜미만)	61.14㎡ / 210EA	표면처리	2,751	2		
		균열(폭 0.3㎜이상)	4.65㎡ / 11EA	주입보수	558	1		
		백태	0.11㎡ / 1EA	표면처리	5	2		
		망상균열	7.14㎡ / 1EA	표면처리	321	2		
		조류배설물 퇴적	20.88㎡ / 1EA	청소	104	3		
	격벽	균열(폭 0.3㎜미만)	2.64㎡ / 9EA	표면처리	119	2		
		균열(폭 0.3㎜이상)	0.9㎡ / 2EA	주입보수	108	1		
		망상균열	17.88㎡ / 4EA	표면처리	805	2		
	교량받침		Plate 부식	4EA	재도장	280	2	
			받침콘크리트 박리	0.14㎡ / 1EA	단면보수	28	2	
도장손상			0.04㎡ / 3EA	재도장	3	2		
조류배설물 퇴적			49.92㎡ / 1EA	청소	250	3		
교대		균열(폭 0.3㎜미만)	4.17㎡ / 17EA	표면처리	188	2		
		균열(폭 0.3㎜이상)	0.48㎡ / 1EA	주입보수	58	1		
		교대 보호공 침하	9.72㎡ / 1EA	주의관찰	-	-		
교각		균열(폭 0.3㎜미만)	26.97㎡ / 50EA	표면처리	1,214	2		
		망상균열	341.82㎡ / 16EA	표면처리	15,382	2		
		박리	0.18㎡ / 1EA	단면보수	36	2		
		파손	0.23㎡ / 2EA	단면보수	46	2		
		백태	0.04㎡ / 1EA	표면처리	2	2		
순 공 사 비					46,436			
제정비(순공사비×0.5)					23,220			
총 공 사 비					69,658			

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

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

<표 1.6.3> 유지보수 개략공사비

점검부위	결함 및 손상내용	보수물량	보수·보강(안) 공법	개략공사비 (천원)	순위	비고
방호벽	균열(폭 0.3mm미만)	64.35㎡ / 154EA	표면처리	2,896	3	
	균열(폭 0.3mm이상)	0.57㎡ / 4EA	주입보수	68	2	
	긁힘	3.6㎡ / 1EA	단면보수	720	2	
	보수재 들뜸 및 박리	5.52㎡ / 1EA	단면보수	1,104	2	
	박락	0.19㎡ / 1EA	단면보수	38	2	
	박리	0.52㎡ / 2EA	단면보수	104	2	
	차수판 파손	2EA	재설치	800	2	
	차수판 길이부족	1EA	재설치	400	2	
배수시설	차집관 연결볼트 풀림	1EA	재체결	30	2	
신축이음	후타재균열 (폭 0.3mm미만)	3.96㎡ / 22EA	표면처리	178	3	
	후타재균열 (폭 0.3mm이상)	11.58㎡ / 44EA	표면처리	521	2	
	본체하부 볼트탈락	3EA	재체결	90	2	
	본체 녹발생	12.48㎡ / 8EA	녹제거, 방청	686	2	
	본체 토사퇴적	2.4㎡ / 2EA	청소	12	1	
거더내부	조류배설물 퇴적	20.88㎡ / 1EA	청소	104	3	
교량받침	Plate 부식	4EA	재도장	280	2	
	받침콘크리트 박리	0.14㎡ / 1EA	단면보수	28	2	
	도장손상	0.04㎡ / 3EA	재도장	3	2	
	조류배설물 퇴적	49.92㎡ / 1EA	청소	250	3	
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위		12		
		2순위		7,314		
		3순위		5,142		
개략공사비 총계				12,468		

<표 1.6.4> 하자보수 개략공사비

점검부위		결함 및 손상내용	보수물량	보수·보강(안) 공법	개략공사비 (천원)	순위	비고
바닥판		균열(폭 0.3mm미만)	49.26㎡ / 74EA	표면처리	2,217	2	
거 더	외부	균열(폭 0.3mm미만)	158.49㎡ / 170EA	표면처리	7,132	2	
		균열(폭 0.3mm이상)	56.85㎡ / 70EA	주입보수	6,822	1	
		재료분리	1.79㎡ / 2EA	단면보수	358	3	
		박락	0.01㎡ / 1EA	단면보수	2	2	
		들뜸	0.01㎡ / 1EA	단면보수	2	2	
	내부	균열(폭 0.3mm미만)	61.14㎡ / 210EA	표면처리	2,751	2	
		균열(폭 0.3mm이상)	4.65㎡ / 11EA	주입보수	558	1	
		백태	0.11㎡ / 1EA	표면처리	5	2	
		망상균열	7.14㎡ / 1EA	표면처리	321	2	
	격벽	균열(폭 0.3mm미만)	2.64㎡ / 9EA	표면처리	119	2	
		균열(폭 0.3mm이상)	0.9㎡ / 2EA	주입보수	108	1	
		망상균열	17.88㎡ / 4EA	표면처리	805	2	
교대		균열(폭 0.3mm미만)	4.17㎡ / 17EA	표면처리	188	2	
		균열(폭 0.3mm이상)	0.48㎡ / 1EA	주입보수	58	1	
교각		균열(폭 0.3mm미만)	26.97㎡ / 50EA	표면처리	1,214	2	
		망상균열	341.82㎡ / 16EA	표면처리	15,382	2	
		박리	0.18㎡ / 1EA	단면보수	36	2	
		파손	0.23㎡ / 2EA	단면보수	46	2	
		백태	0.04㎡ / 1EA	표면처리	2	2	
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위		11,323		
			2순위		45,330		
			3순위		537		
개략공사비 총계					57,190		

1.6.3 유지관리 방안

가. 유지관리의 목적 및 필요성

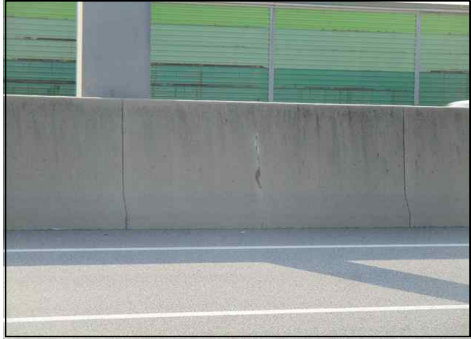
도로시설물의 유지관리란 기존에 건설된 시설물이 기능을 보존케하고 이용차량의 편의와 안전을 도모하기 위하여 기존 시설을 점검하고 손상된 부분의 원상복귀와 추가시설을 보완하여 수명기간 동안 안전과 기능을 충분히 발휘하게 하기 위한 일련의 과정을 말한다. 도로시설물 유지관리의 주요내용은 ① 시설물 안전점검, ② 이상발견, ③ 보수필요여부 판정, ④ 적정 보수공법 선정, ⑤ 보수공사 실시, ⑥보수효과 확인 등으로 구분된다.

나. 중점유지관리 사항

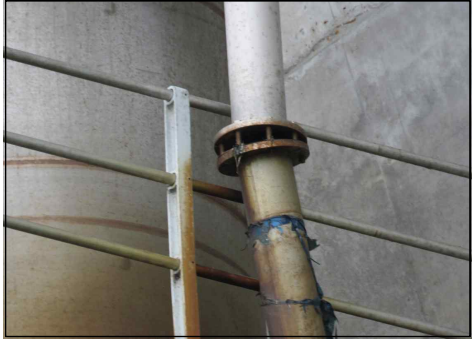
1) 교면포장

주요부위 및 손상		
	a. 교면포장 패임(S6)	b. 교면포장 패임(S7)
점검내용	◦ 외관조사 결과 기 점검(2016.08)시 조사된 패임 외에 일부 구간 패임 손상이 추가 발생한 것으로 조사되었다. 현재 조사된 손상은 깊이가 30mm 내외이고 손상 정도가 경미한 수준으로 주행성 및 내구성 확보상의 문제는 없는 상태이나, 향후 공용년수 증가(반복적인 통행차량 윤회중 재하)에 따른 ASP포장부마모 및 균열 등 추가 손상이 발생할 우려가 있으므로 주기적인 점검 및 유지관리가 필요할 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	

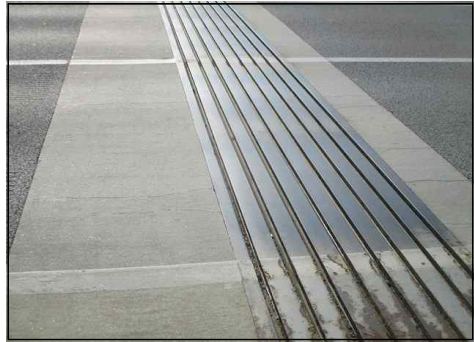
2) 방호벽

주요부위 및 손상		
점검내용	◦ 외관조사 결과 시공초기 온도변화 및 환경적요인에 의한 균열폭 0.3mm 정도의 균열과 일부 균열부에 우수유입에 따른 백태, 국부적인 박리 등이 조사되었다. 발생한 손상은 기 실시된 정밀점검(2016.08)과 비교시 손상의 진전 및 신규손상이 추가 발생된 것으로 비교·검토되었으며 향후, 부재의 특성상 지속적인 우수유입 및 동절기 동결융해의 반복에 의한 손상이 발생할 수 있으므로 이에 대한 주의깊은 점검이 요구된다. 또한 차수판 길이부족 손상이 추가 확인된 상태인 바 주의관찰이 필요하다.	
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		
점검내용	a. 차집관 연결볼트 풀림(P7) b. 배수구 정비후 덮개 설치 현황 ◦ 외관조사 결과 기 점검시 조사된 배수구 퇴적물(이물질)에 대해 정비 후 배수구 덮개를 설치하여 양호한 상태인 것으로 확인되었다. 다만 기존 손상인 차집관 연결볼트 풀림에 대해서는 원활한 배수관 기능 확보를 위해 볼트 재조임 등 정비가 필요한 상태이다.	
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	

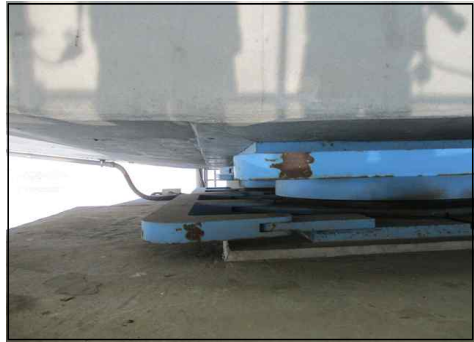
4) 신축이음

주요부위 및 손상		
점검내용	a. 신축이음 본체 녹발생(P5)	b. 신축이음 후타재 균열(P5)
점검요령	◦ 외관조사 결과 반복적인 차량 운하중 재하에 따른 후타재 균열(폭 0.3mm미만), 환경적요인에 의한 본체 유간부 토사퇴적, A2 하부 고정볼트 탈락 손상이 조사되었다. - 본체 이물질퇴적은 신축거동의 저하 및 본체 고무재 열화 등의 원인이 되므로 주기적인 청소등 유지관리가 필요하며, 특히 하부 고정볼트 탈락의 경우 방치시 차량 통행에 따른 진동으로 인해 볼트탈락이 추가 발생될 우려되므로 볼트 재채결 등 적절한 조치가 필요한 상태이다. ◦ 각 신축이음별 신축량 및 유간거리를 검토한 결과 각 신축이음은 하절기 온도상승 및 동절기 온도하강시 신축여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 검토되었다.	
점검도구	· 사진기, 점검용 망치, 필기도구, 점검야장, 줄자	

5) 거더

주요부위 및 손상		
	a. 거더 내부 상면 박락(S2)	b. 거더외부 하면 균열(S11)
점검내용	◦ 외관조사 결과 이상 처짐, 변형 및 지점부(정착부) 파손과 같은 특이할만한 결함 및 손상은 없는 상태이다. 다만 거더 내·외부 일부 구간에서 폭 0.1~0.3mm정도의 경사균열 및 종방향 균열, 망상균열, 백태 등이 발생된 상태이고, 기 정밀점검과 비교시 균열 외에 하부플랜지 국부박락, 보수부 들뜸 등이 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 발생된 초기결함으로, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아닌 것으로 판단되나, 기타 손상과 더불어 내구성 확보차원의 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.	
점검요령	◦ 점검방법 · 내부 - 도보 및 사다리를 이용한 근접 육안조사 · 교량점검차, 바지선+크레인 이용한 육안조사 ◦ 점검항목 · 거더 균열 상태(범위확산, 추가발생, 박리, 박락 등)변화 점검 · 정착부 주변 균열, 파손발생 유무 ◦ 중점 점검사항 · 정착부 주변 탄소섬유보강구간 들뜸, 파손, 균열진전 등 유무에 대한 점검 필요 · 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	a. Plate부식 (P6 SH2) b. Plate부식(P9 SH2) ◦ 외관조사 결과 가동불량, 편기 등의 손상은 조사되지 않았으나 측면 우수유입 및 환경적요인에 따른 Plate 녹발생, 시공초기 부주의에 의한 받침콘크리트 박리, 조류배설물 퇴적 등이 조사되었다. 기 실시된 정밀점검과 비교시 Plate 부식이 추가 조사되었으며 손상들에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다. ◦ 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치를 상회하는 것으로 조사되어 본 과업대상인 미사대교(서울)는 충분한 연단거리를 확보하고 있는 것으로 검토되었다. ◦ 교량받침 여유량 검토결과 온도변화에 따른 여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 측정/확인 되었다.	
점검요령	◦ 점검방법 · 사다리, 고소차, 바지선+크레인을 이용한 근접 육안조사 ◦ 점검항목 · 받침장치 본체 신축가동상태 및 녹 발생 등 강재부식 발생유무 · 받침장치 편기, 협착 등 이상결합 발생유무 · 받침장치 주변 및 교대, 교각 두부 인장영역의 균열, 파손발생 유무 ◦ 중점 점검사항 · 접근장비 운영에 한계가 있으므로 정밀점검 주기별로 중점조사 실시 · 받침장치 가동상태 및 녹 발생 등 강재부식 발생유무 점검	
점검도구	· 사진기, 점검용 망치, 필기도구, 점검야장, 줄자	

7) 교대 및 교각

주요부위 및 손상		
	a. 교대 균열(A2)	b. 교각 망상균열(P6)
점검내용	◦ 교대에 대한 외관조사결과 신규 손상은 발생되지 않은 상태이다. 다만 기존 손상인 폭0.1~0.3mm정도의 균열과 법면 보호공 침하가 확인되었다. 조사된 일부균열에 대해서는 내구성저하 방지를 위하여 보수를 실시하는 것이 바람직하며, 법면 침하에 대해서는 상태변화 유무에 대한 주기적인 점검이 필요하다. ◦ 교각에 대한 외관조사 결과, 시공초기 온도변화 및 환경적요인에 의한 균열 폭 0.2mm내외의 균열, 망상균열, 박리, 파손이 조사되었다. 기 실시된 정밀점검과 비교시 기 점당시 누락된 손상으로 판단되는 백태, 균열 등의 손상이 추가 조사되었다.	
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

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

교면포장에 대한 외관조사 결과 기 점검(2016.08)시 조사된 패임 외에 일부 구간 패임 손상이 추가 발생한 것으로 조사되었다. 현재 조사된 손상은 깊이가 30mm 내외이고 손상 정도가 경미한 수준으로 주행성 및 내구성 확보상의 문제는 없는 상태이나, 향후 공용 년수 증가(반복적인 통행차량 운하중 재하)에 따른 ASP포장부 마모 및 균열 등 추가 손상이 발생할 우려가 있으므로 주기적인 점검 및 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

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 좌·우측에는 주행 중인 차량이 정상적인 경로를 벗어나는 것을 방지함과 동시에 탑승자와 차량의 피해를 최소화 시킬 목적으로 충격도(KJ) 280이상인 중별 S2(SB6)의 콘크리트 방호벽이 설치되어 있다.

방호벽에 대한 외관조사 결과, 시공초기 온도변화 및 환경적요인에 의한 균열폭 0.3mm 내·외의 균열과 일부 균열부에 우수유입에 따른 백태, 국부적인 박리 등이 조사되었다. 발생한 손상은 기 실시된 정밀점검(2016.08)과 비교시 손상의 진전 및 신규손상이 추가 발생한 것으로 비교·검토되었으며 향후, 부재의 특성상 지속적인 우수유입 및 동결기 동결융해의 반복에 의한 손상이 발생할 수 있으므로 표면처리, 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다. 또한 차수판 길이부족 손상이 추가 확인된 상태인 바, 정비가 요구된다.

3) 배수시설

본 교량의 배수구조는 횡단구배가 낮은 갓길구간으로 노면수가 유입되도록 시공되었으며, 각 경간별로 7~12개소씩 배수구가 설치되어 있고 배수관을 통해 교각 쪽으로 유도하여 초기 우수처리시설(CDS-Torm Water)에 차집되는 배수시설형식으로 시공되어 있다.

외관조사결과 기 점검시 조사된 배수구 퇴적물(이물질)에 대해 정비 후 배수구 덮개를 설치하여 양호한 상태인 것으로 확인되었다. 다만 기존 손상인 차집관 연결볼트 풀림에

대해서는 원활한 배수관 기능 확보를 위해 볼트 재체결 등 정비가 필요한 상태이다.

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 부재로서 본 교량에 설치된 신축이음은 A1, P2, P5, A2에 Rail Joint로 시공되어 있으며 신축이음 단부 방호벽에는 우수유입을 방지하기 위한 차수판(BWP)이 설치되어 있는 것으로 확인되었다.

외관조사 결과 반복적인 차량 운하중 재하에 따른 후타재 균열(폭 0.3mm미만), 환경적 요인에 의한 본체 유간부 토사퇴적, A2 하부 고정볼트 탈락 손상이 조사되었다.

본체 이물질퇴적은 신축거동의 저하 및 본체 고무재 열화 등의 원인이 되므로 주기적인 청소등 유지관리가 필요하며, 특히 하부 고정볼트 탈락의 경우 방치시 차량 통행에 따른 진동으로 인해 볼트탈락이 추가 발생될 우려되므로 볼트 재체결 등 적절한 조치가 필요한 상태이다.

미사대교(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 총연장 1,530m(2@70m+3@70m+90m+8@125m+90m)인 PSC Box Girder교량으로서 S1~S5구간에는 FSM(Full Staging Method), S6~S15구간에는 FCM(Free Cantilever Method) 공법이 적용되었다.

바닥판은 상부로부터 전달되는 차량의 운하중을 거더로 직접 전달하는 역할을 하는 부재로서 박스 거더 좌·우측 캔틸레버 구간을 대상으로 하며, 외관조사결과 건조수축, 소성수축 및 수화열 등에 의한 균열(cw=0.3mm미만)이 조사되었다. 기 손상부는 구조물의 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

6) 거더

대상교량의 거더는 S1~S5구간은 FSM(Full Staging Method), S6~S15구간은 FCM(Free Cantilever Method) 공법이 적용되었으며, 거더 내·외부 균열발생 개소에 대해서는 탄소섬유보강(FCM, 내부 정착구 주변 복부)과 주입보수, 표면처리 등으로 보수 및 보강을 실시한 것으로 확인하였다.

거더에 대한 외관조사 결과 이상 처짐, 변형 및 지점부(정착부) 파손과 같은 특이할만한 결함 및 손상은 없는 상태이다. 다만 거더 내·외부 일부 구간에서 폭 0.1~0.3mm 정도의 경사균열 및 종방향 균열, 망상균열, 백태 등이 발생한 상태이고, 기 정밀점검과 비교시 균열 외에 하부플랜지 파손, 보수부 들뜸 등이 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.

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 Pot Bearing에 E-형 감재 이력 댐퍼를 적용한 구조로서 각 지점별로 2개(신축이음구간 4개)의 받침이 설치되어 있고, 이중 P1, P3, P9가 고정받침이다.

받침장치에 대한 외관조사 결과 가동불량, 편기 등의 손상은 조사되지 않았으나 측면 우수유입 및 환경적요인에 따른 Plate 녹발생, 시공초기 부주의에 의한 받침콘크리트 박리, 조류배설물 퇴적 등이 조사되었다. 기 실시된 정밀점검과 비교시 도장손상이 추가 조사되었으며 손상들에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

교대 및 교각의 교량받침에 대한 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치를 상회하는 것으로 조사되어 본 과업대상인 미사대교(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 $-5^{\circ}\text{C} \sim +35^{\circ}\text{C}$ 설

계하였으며 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 아주 중요한 역할을 수행하는 구조부재이다. 본 교량의 교대는 말뚝기초로서 역T형구조이며, 교각의 경우 한강을 횡단하는 P6~P12구간은 연암 상에 직접기초로 나머지 구간은 말뚝기초로서 중공형 벽식구조로 시공되어있다.

교대에 대한 외관조사결과 신규 손상은 발생되지 않은 상태이다. 다만 기존 손상인 폭 0.1~0.3mm정도의 균열과 법면 보호공 침하가 확인되었다. 조사된 일부균열에 대해서는 내구성저하 방지를 위하여 보수를 실시하는 것이 바람직하며, 법면 침하에 대해서는 상태 변화 유무에 대한 주기적인 점검이 필요하다.

교각에 대한 외관조사 결과, 시공초기 온도변화 및 환경적요인에 의한 균열폭 0.2mm내 외의 균열, 망상균열, 박리, 파손이 조사되었다. 기 실시된 정밀점검과 비교시 기 점당시 누락된 손상으로 판단되는 백태, 균열 등의 손상이 추가 조사되었다. 기 손상부는 내구성 저하 방지를 위한 표면처리, 단면보수 등의 조치가 필요할 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·검토 되었다.

다. 종합결론

미사대교(서울)는 준공 후 8년이 경과된 PSC BOX Girder 형식의 교량으로 방호벽 균열, 신축이음 후타재 균열 및 하부 볼트 탈락, 거더 내·외부 균열, 교량받침 부식, 교대 및 교각 균열, 박리 등의 손상이 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.