29. 서문27교(서울)

29.1 시설물 개요
29.2 자료수집 및 분석
29.3 현장조사
29.4 콘크리트 내구성조사
29.5 상태평가
29.6 종합평가 및 안전등급 지정
29.7 보수·보강 및 유지관리 방안
29.8 종합결론

29. 서문27교(서울)

29.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51에 위치한 교량으로 총 연장 50.0m, 폭 16.0m로 시공되어 있다.

29.1.1 일반사항

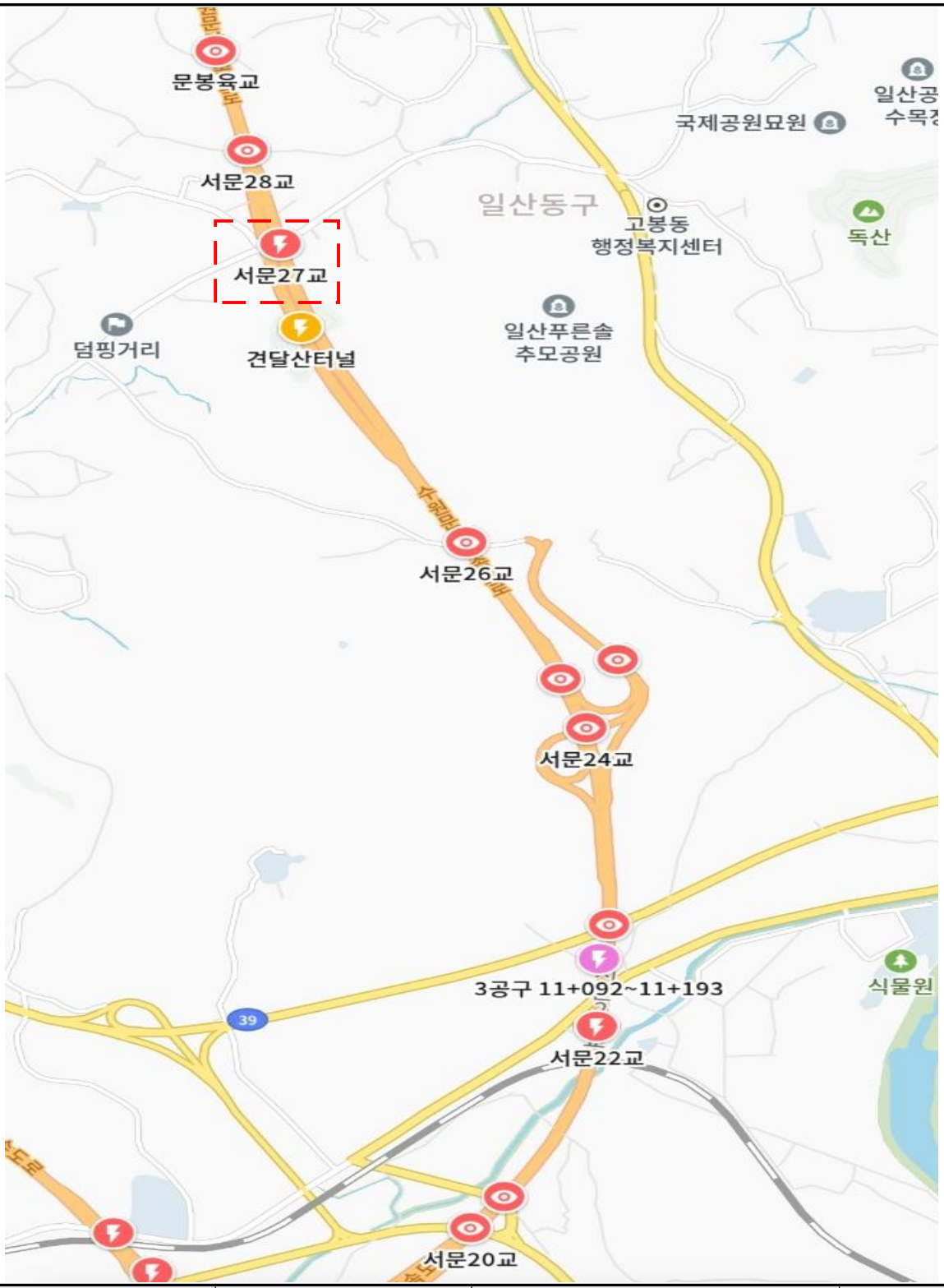
【표 29.1.1】 서문27교(서울) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000118	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		본선구간 11.580km	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=50.0m(50.0m)			
	폭	B=16.0m			
구조형식	상부	BICON거더	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형		교 각	-
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀
교차시설물		견달산로	통과높이		5.0m
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		지에스건설㈜	관리주체		㈜신성엔지니어링
감 리 자		동남이엔씨㈜	관리주체		서울문산고속도로주식회사

측면 전경

상부 전경

29.1.2 위치도 및 전경사진



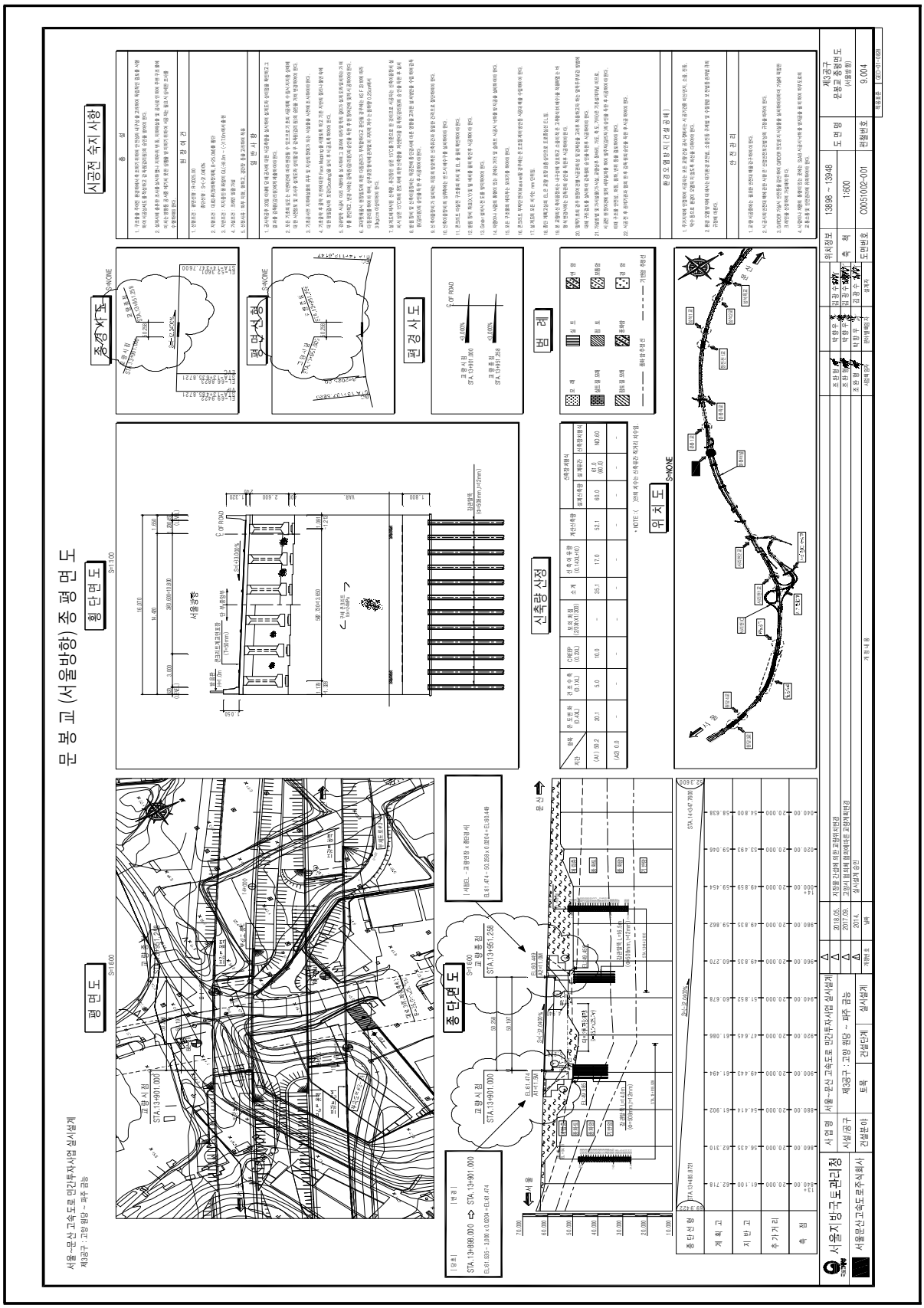
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 29.1.1】 위치도

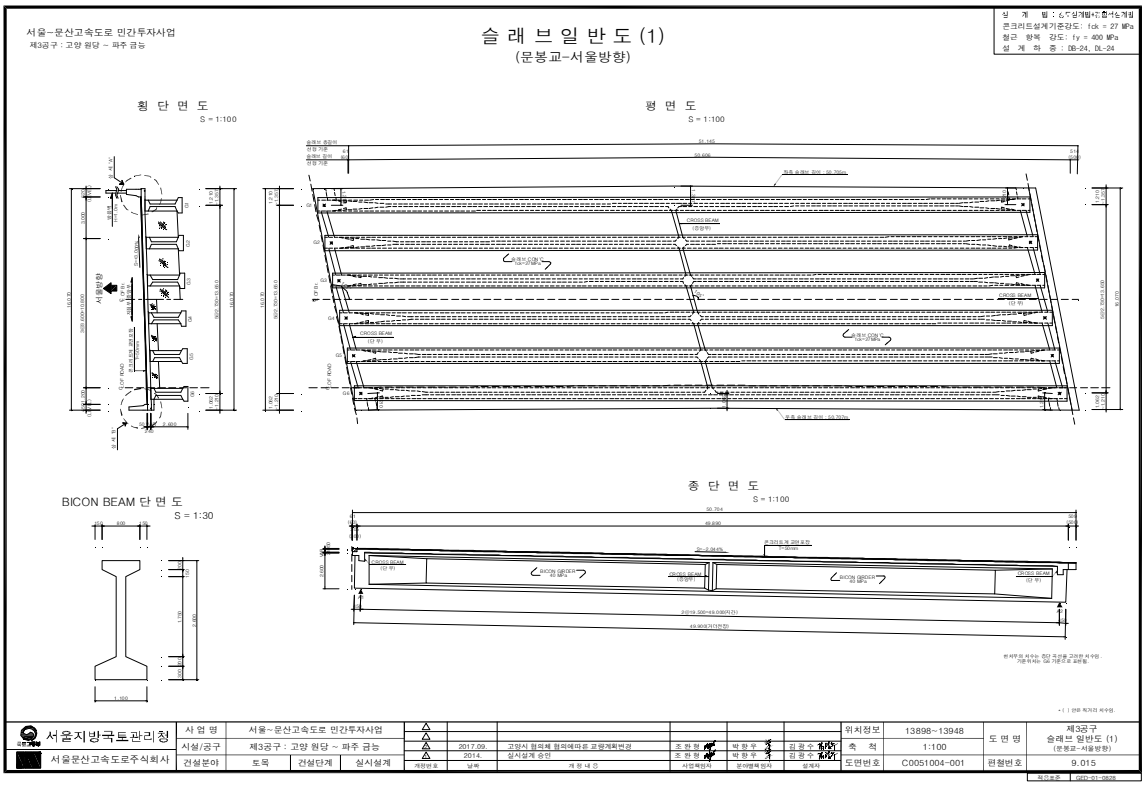
교면포장 전경	신축이음 전경
방호벽, 방음벽 전경	거더, 바닥판하면 전경
교대(A1) 전경	교대(A2) 전경
작업사진(도보 이동점검) 전경	작업사진(고소차) 전경

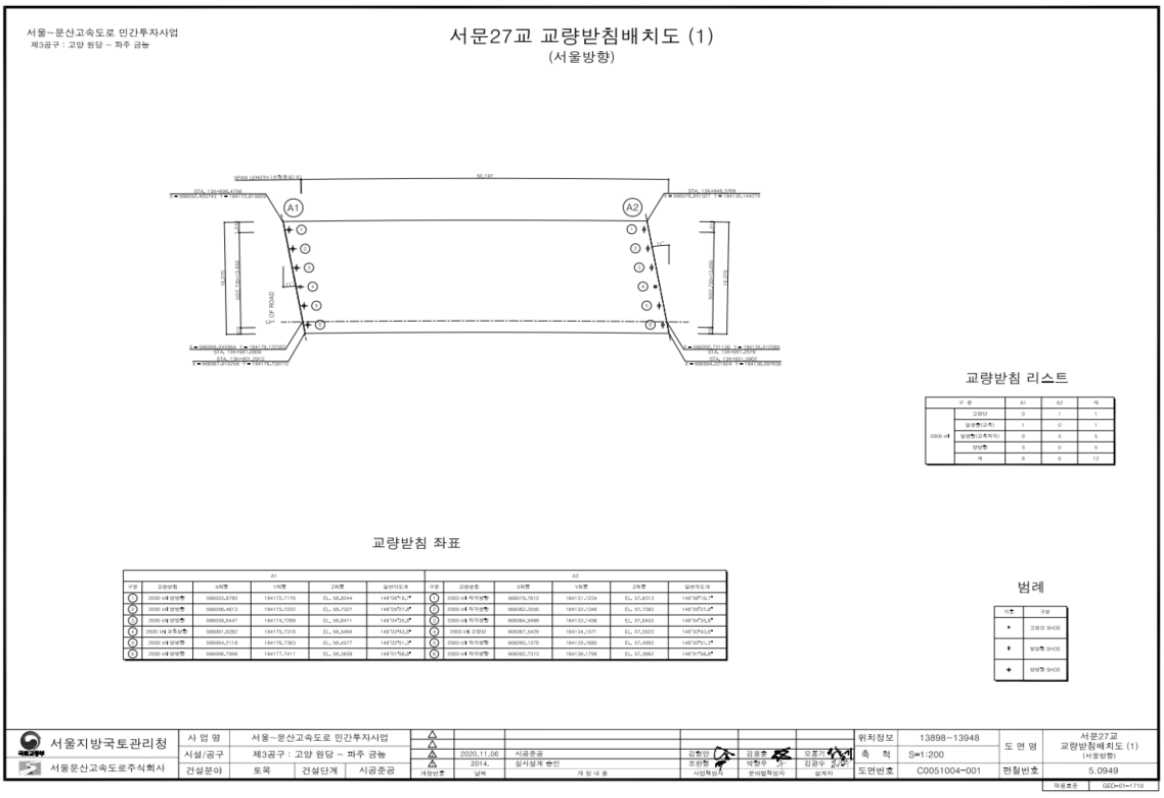
【그림 29.1.2】 부재별 전경 및 작업사진

29.1.3 시설물 일반도

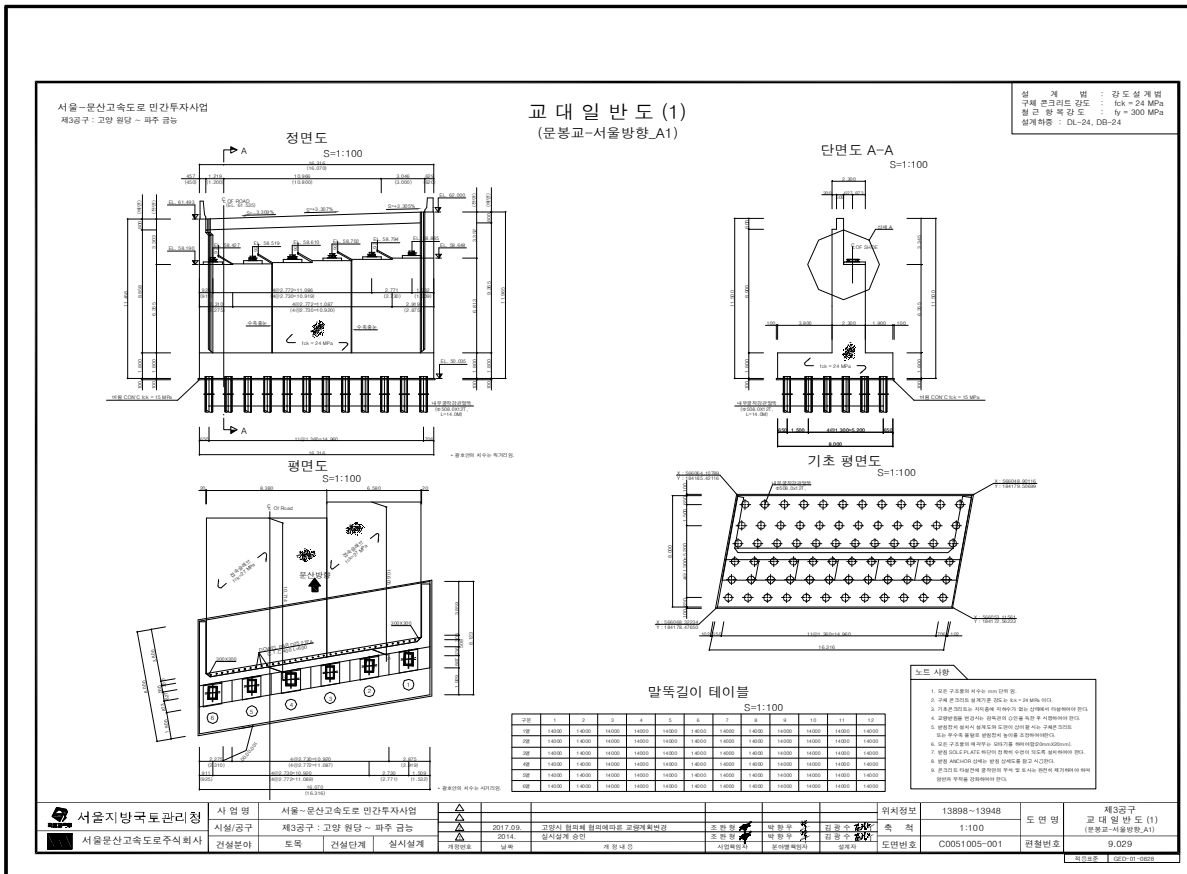


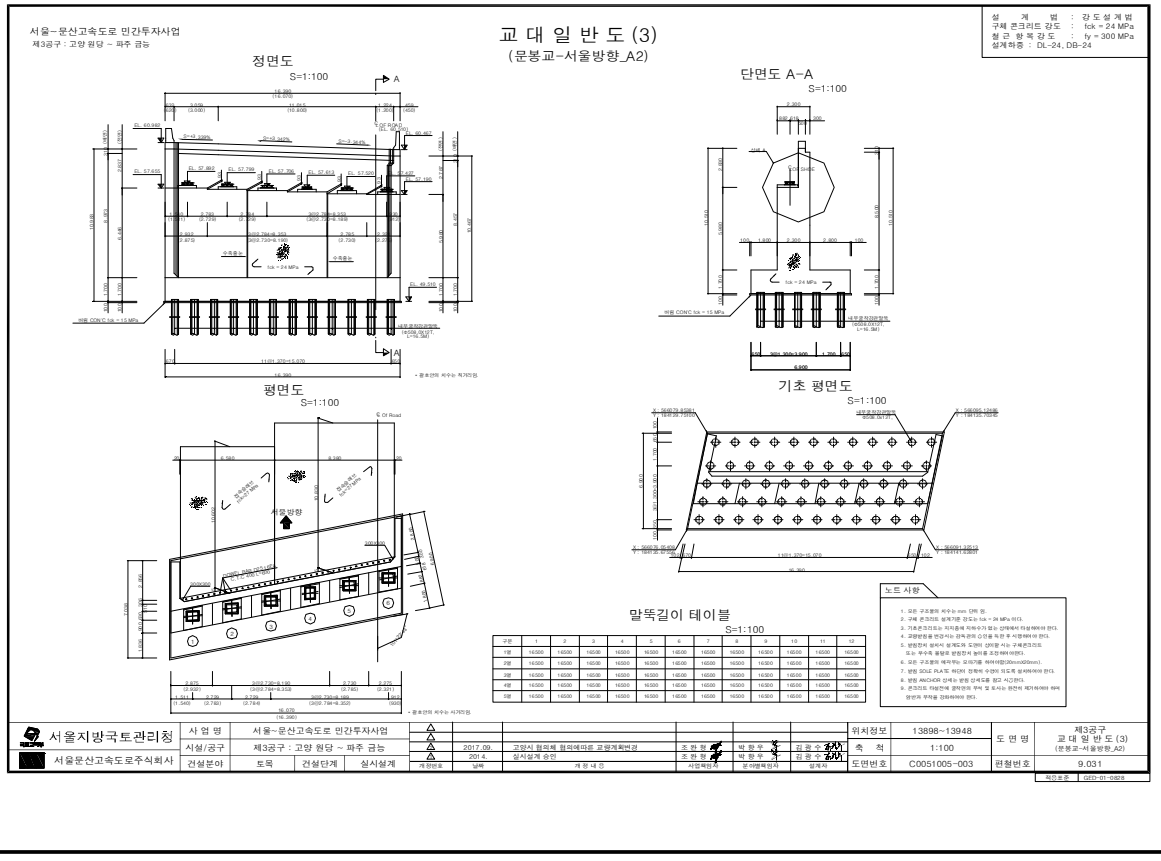
【그림 29.1.3】 평면 및 종단면도



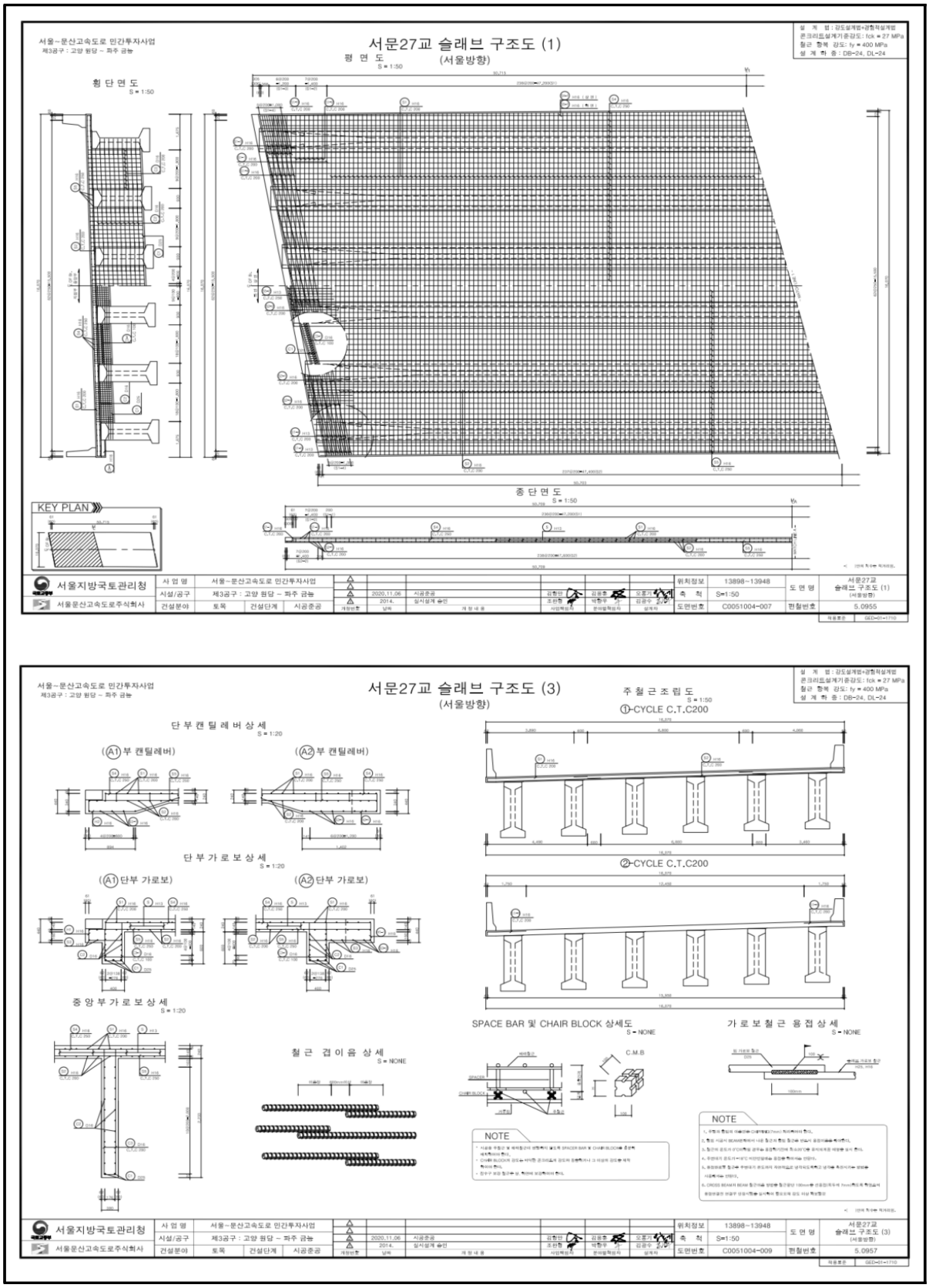


【그림 29.1.4】 바닥판하면 일반도, 교량받침 배치도

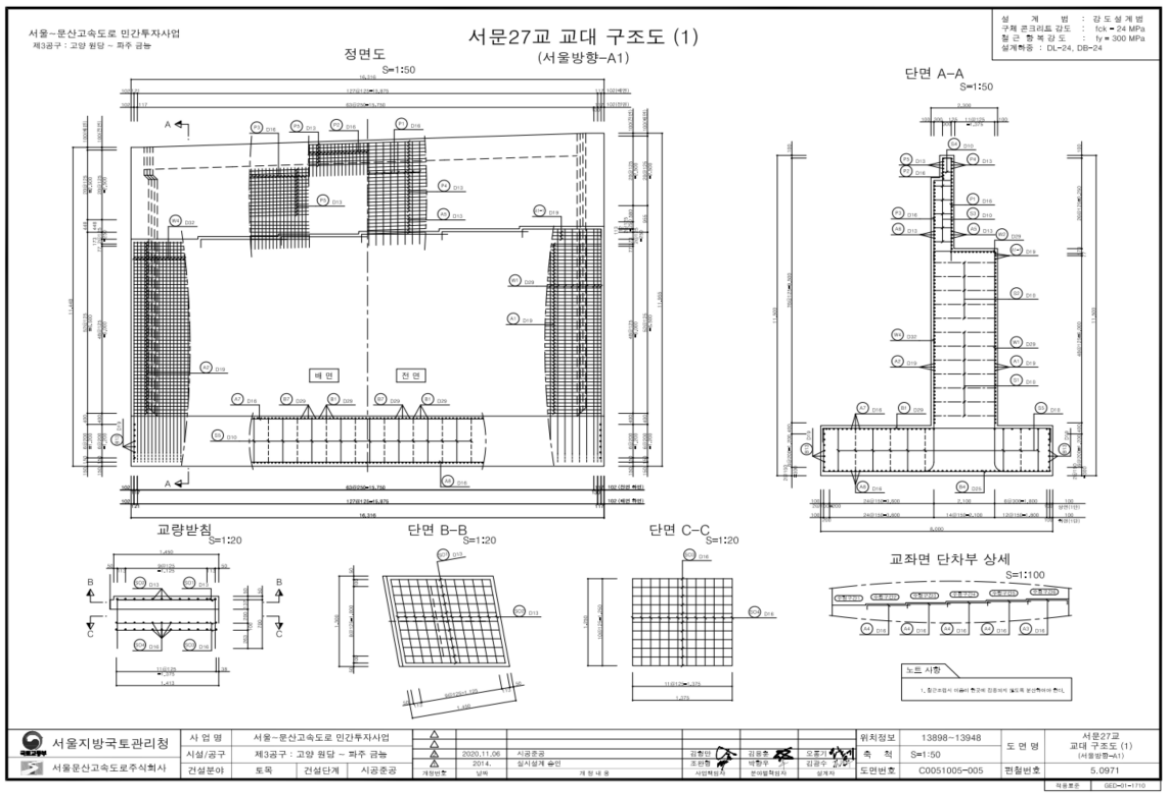


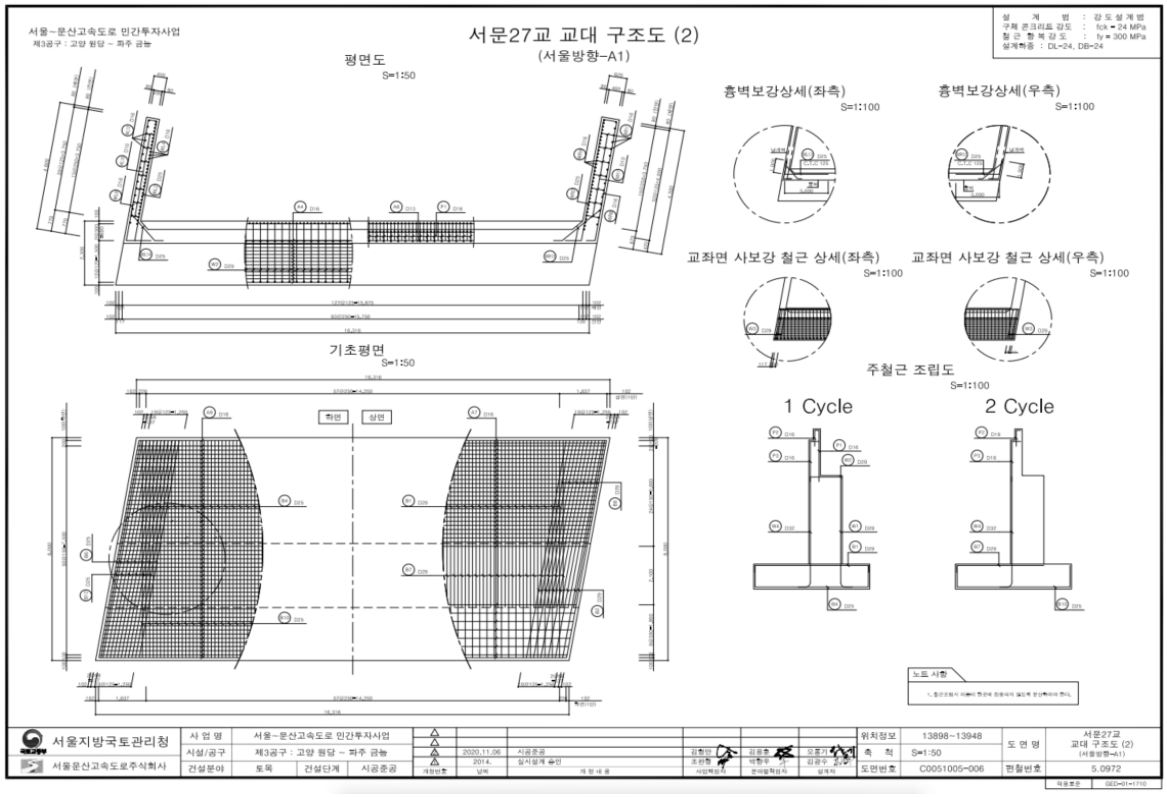


【그림 29.1.5】 교대 일반도

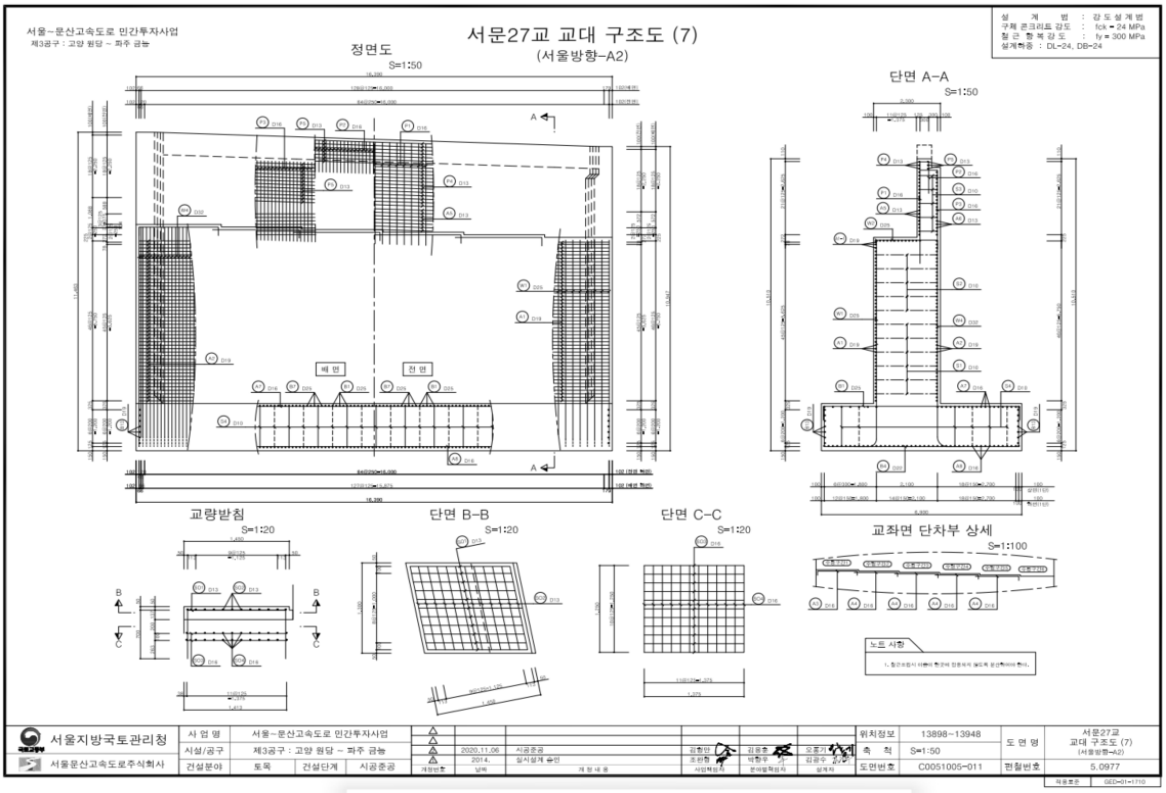


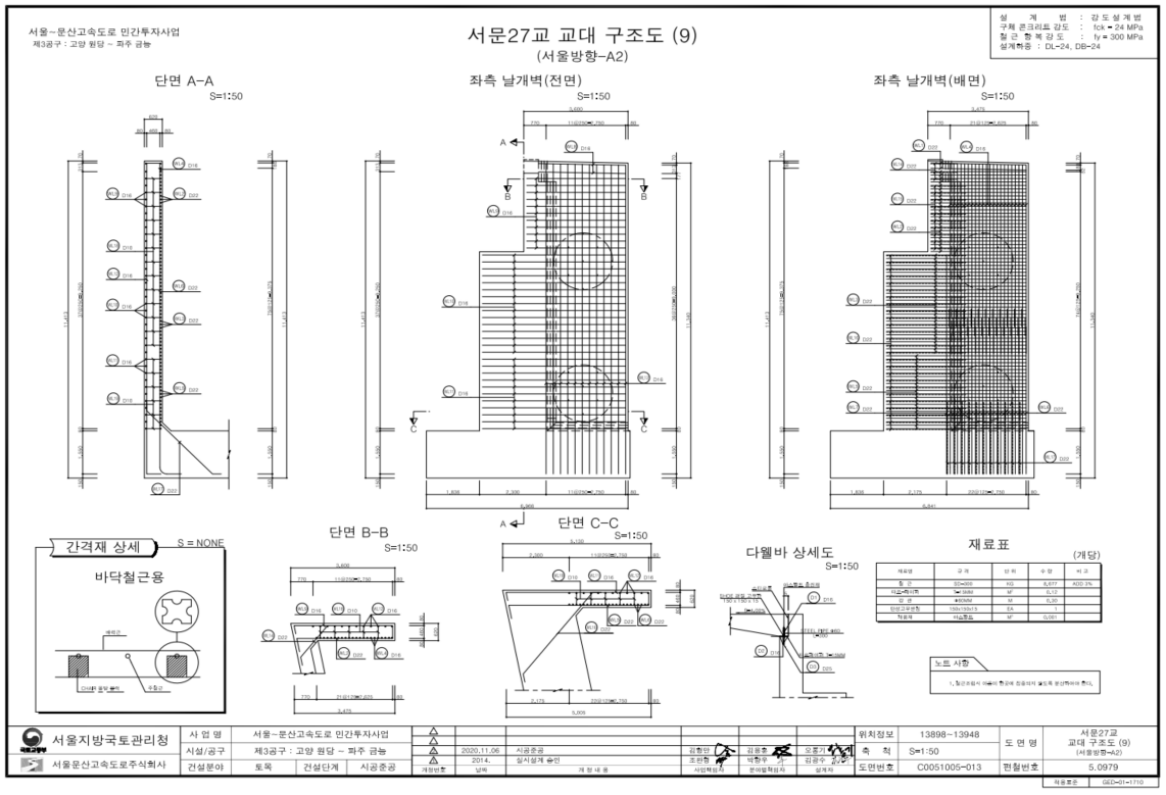
【그림 29.1.6】 바닥판하면 배근도





【그림 29.1.7】 교대(A1) 배근도





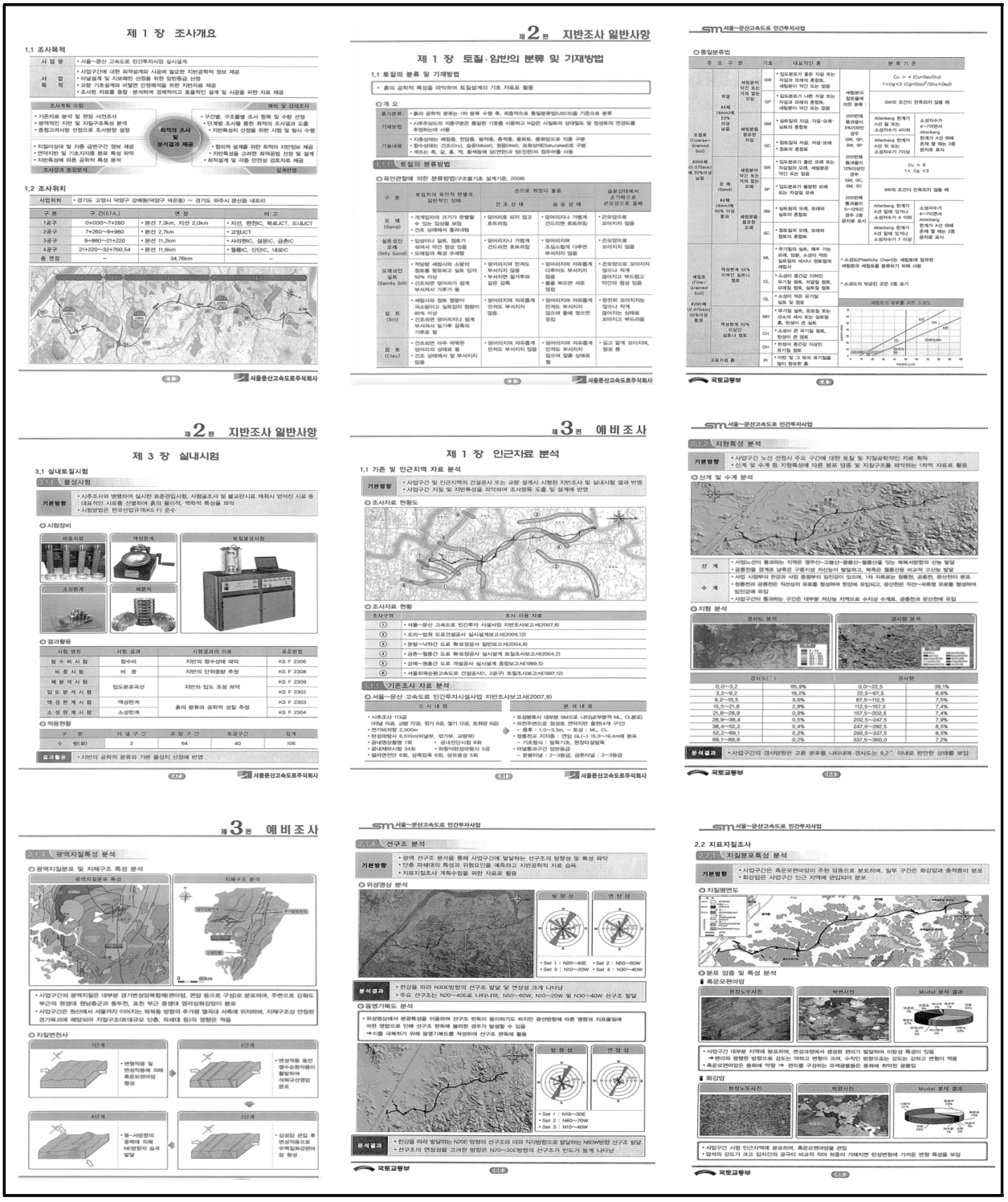
【그림 29.1.8】 교대(A2) 배근도

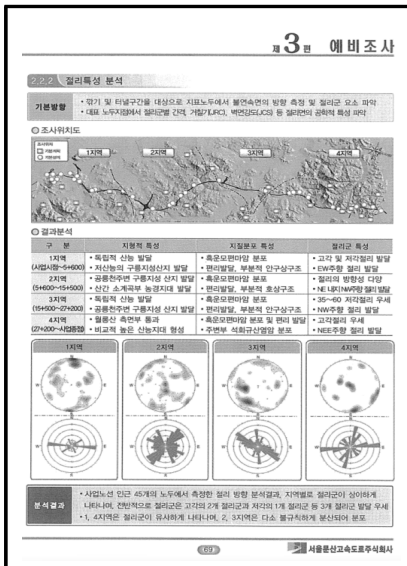
29.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

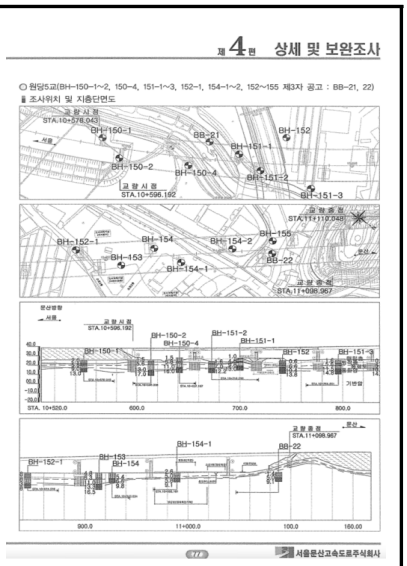
29.2.1 설계자료 검토

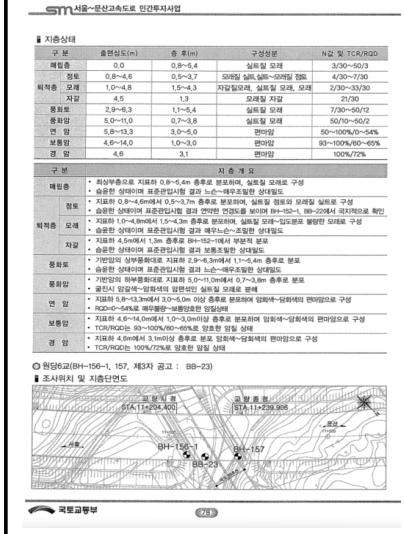
가. 지형 및 지질

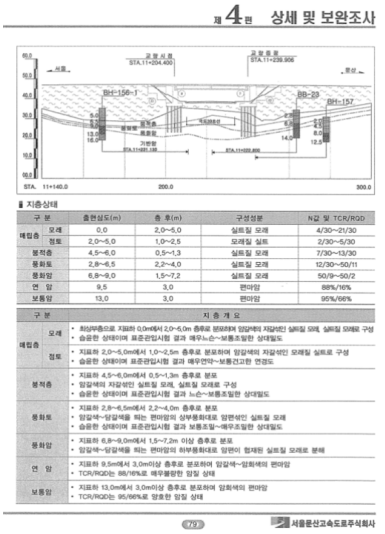


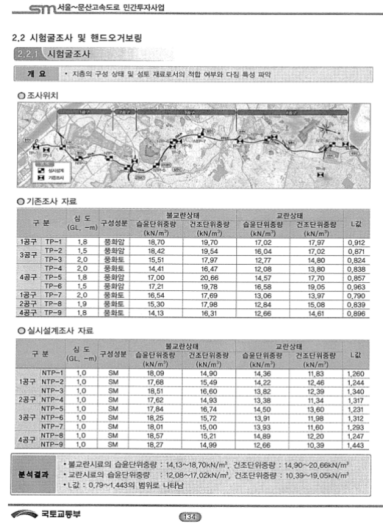

제 3 편 예비조사
2.2.2 절리특성 분석
기본방향
• 암기 및 타넬구간을 대상으로 지표노두에서 불연속면의 방향 측정 및 절리군 요소 파악
• 대표 노두지점에서 절리간격 간격, 개방기(JRC), 변전강도(JCS) 등 절리면의 공학적 특성 파악
조사위치도
결과분석
분석결과
• 사업노선 인근 45개의 노두에서 측정한 절리 방향 분석결과, 지역별로 절리군이 상이하게 나타나며, 전반적으로 절리군은 고각의 2개 절리군과 저각의 1개 절리군 등 3개 절리군 발달 우세
• 1, 4지역은 절리군이 유사하게 나타나며, 2, 3지역은 다소 불규칙하게 분산되어 분포.
69
서울문산고속도로주식회사

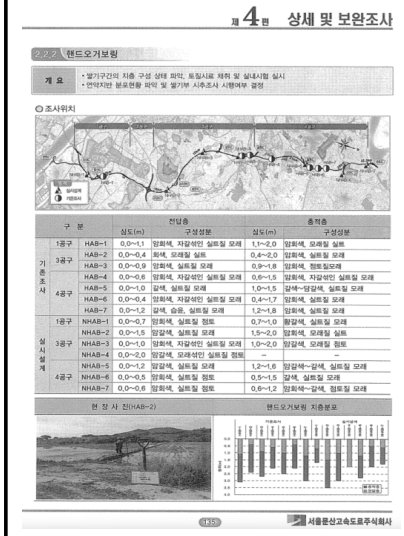
제 4 편 상세 및 보완조사
제 2 장 공구별 지층현황
2.1 시추조사 현황
2.1.1 시추조사 위치
터널구간
교량구간
서울문산고속도로주식회사

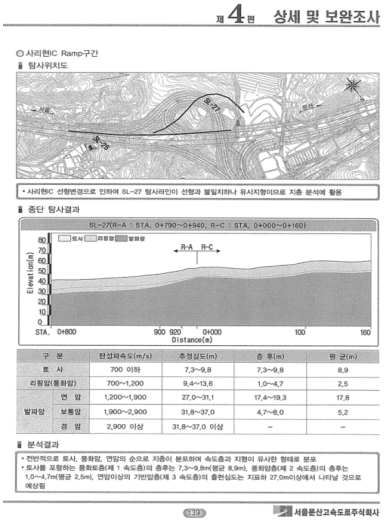

제 4 편 상세 및 보완조사
조사위치 및 지층단면도
서울문산고속도로주식회사

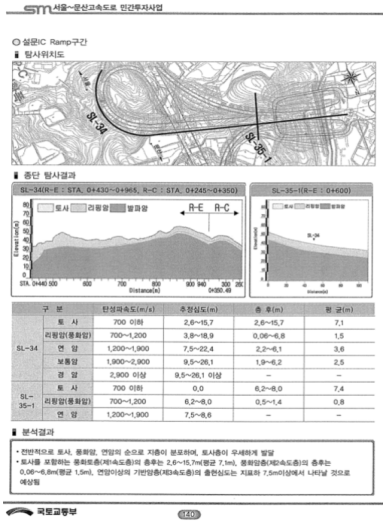

서울~문산고속도로 민간투자사업
지층상태
지층개요
국토교통부
713


제 4 편 상세 및 보완조사
지층상태
79
서울문산고속도로주식회사

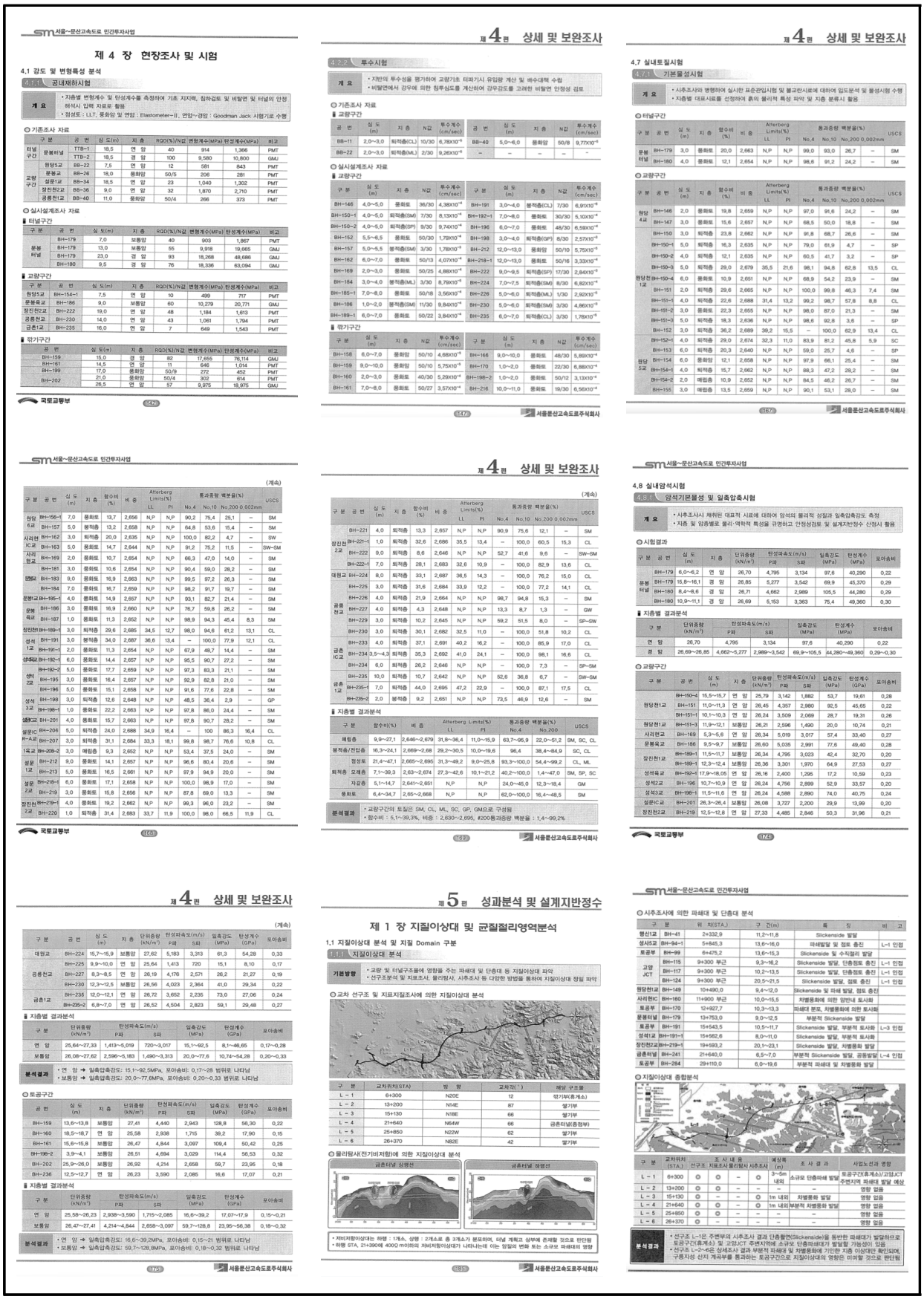

서울~문산고속도로 민간투자사업
2.2 시험굴조사 및 핸드오거보링
2.2.1 시험굴조사
조사위치
기존조사 자료
실시설계조사 자료
분석결과
국토교통부
121


제 4 편 상세 및 보완조사
2.2.2 핸드오거보링
조사위치
135
서울문산고속도로주식회사


제 4 편 상세 및 보완조사
사리현IC Ramp구간
종단 평사결과
132
서울문산고속도로주식회사


서울~문산고속도로 민간투자사업
설문IC Ramp구간
종단 평사결과
분석결과
국토교통부
140

나. 지반 및 지질 조사보고서



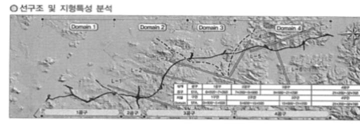
서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역 29. 서문27교(서울)

제 5 편 성과분석 및 설계지반정수

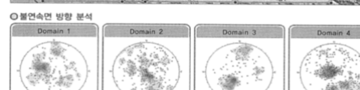
1.1.2 지질 Domain 구분

기본방향	• 사업구간의 지형과 지질특성을 비교·분석하여 동일한 지질특성을 보이는 지질 Domain 구분 • 지질 Domain별 설계지반정수 적용구간 선정 및 균질절리영역분석시 1차적 분류요소로 활용

○ 선구조 및 지형특성 분석



○ 불연속면 방향 분석



○ 지질 Domain 구분

구 분	Domain 1	Domain 2	Domain 3	Domain 4
STA.(km+m)	• 사업시점~5+600	• 5+600~15+500	• 15+500~21+200	• 21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마 타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
선구조 특성	• 한강/창릉천 수계 방향 NE~NW 선구조 발달	• 공릉천주변 NNE방향 선구조 발달 • 선구조 L-1~3 발달	• 공릉천주변 NW방향 선구조 발달	• 월롱산 주변 NE~NW 방향 선구조 발달 • 선구조 L-4~6 발달
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약
지형적 요소	• 한강 및 창릉천 주변 퇴적지대 발달	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 공릉천주변 퇴적지대 및 구릉산지 발달	• 월롱산 측면부 통과
사업공구	1공구	2공구	3공구	4공구

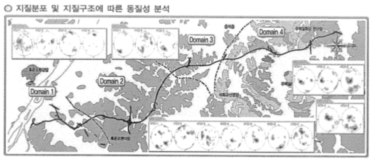
분석결과	• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분 • 지질 Domain과 사업공구 구간의 차이는 있으나 지질 Domain을 기준으로 각 구간별 설계정수

187 서울문산고속도로주식회사

제 5 편 성과분석 및 설계지반정수

1.2.2 동질성 검토결과

○ 지질분포 및 지질구조에 따른 동질성 분석



○ 절리방향에 따른 동질성 분석

▮ Miller Patch 방법(공내영상촬영)

구 분		0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	170°	X²합 평균	우측 p값	검 증
BH-29 vs BH-34	BH-29	18.4	17.8	18.9	22.2	20.5	19.8	20.0	17.9	16.2	21.4	45.4	0.074	동 질
	BH-34	25.2	24.4	25.9	30.4	28.1	27.2	27.4	24.5	22.1	29.4			
BH-34 vs BH-37	BH-34	45.3	51.4	41.4	48.5	55.2	39.3	48.1	50.3	37.4	53.7	62.6	0.001	비동질
	BH-37	15.7	17.8	14.3	16.8	19.1	13.6	16.6	17.4	12.9	18.6			
BH-37 vs BH-109	BH-37	14.1	13.9	14.4	14.2	14.2	15.0	15.3	13.4	14.2	14.3	45.1	0.079	동 질
	BH-109	30.1	29.6	30.9	30.3	30.4	32.1	32.6	28.6	30.3	30.5			
BH-109 vs BH-159	BH-109	44.0	38.1	38.8	43.5	39.5	39.6	43.3	37.9	38.8	40.7	68.9	0.000	비동질
	BH-159	31.2	27.0	27.5	30.8	28.0	28.0	30.7	26.8	27.5	28.8			
BH-159 vs BH-180	BH-159	54.4	50.9	51.9	54.3	50.7	51.6	53.5	51.0	51.9	50.8	124.0	0.000	비동질
	BH-180	74.7	69.9	71.2	74.5	69.6	70.9	73.5	70.0	71.3	69.8			
BH-180 vs CCB-2	BH-180	38.7	41.2	39.9	38.1	41.3	40.0	38.2	41.3	40.2	40.2	91.1	0.000	비동질
	CCB-2	50.1	53.2	51.6	49.3	53.5	51.7	49.4	53.5	52.0	51.9			
CCB-2 vs TTB-4	CCB-2	20.4	19.5	18.6	19.2	18.6	18.9	20.4	19.5	19.8	21.7	45.3	0.075	동 질
	TTB-4	26.9	25.7	24.5	25.3	24.6	24.9	26.9	25.7	26.1	28.5			
TTB-4 vs BH-241	TTB-4	44.2	44.8	50.2	44.6	37.9	41.3	38.2	36.9	43.6	44.5	58.4	0.004	비동질
	BH-241	15.1	15.3	17.1	15.2	12.9	14.1	13.0	12.6	14.9	15.2			
BH-241 vs TTB-6	BH-241	12.1	11.7	10.5	10.4	10.5	9.8	10.9	11.0	10.6	10.5	62.1	0.002	비동질
	TTB-6	55.8	53.9	48.5	48.1	48.6	45.0	50.1	50.8	48.8	48.6			
TTB-6 vs TTB-13	TTB-6	96.3	113.3	111.7	97.9	118.9	128.9	109.3	116.3	117.9	125.4	127.8	0.000	비동질
	TTB-13	8.8	10.3	10.2	8.9	10.8	11.7	9.9	10.6	10.7	11.4			
TTB-13 vs BH-282	TTB-13	90.1	94.1	93.4	90.8	93.8	93.2	90.7	93.8	92.7	92.1	236.0	0.000	비동질
	BH-282	137.4	143.4	142.4	138.4	143.0	142.1	138.3	143.1	141.4	140.5			

제 5 편 성과분석 및 설계지반정수

2.2 교량구간 성과분석

2.2.1 교량별 지층현황

○ 지층현황

교량명	위치		해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N치	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
원당3교	A2		*BB-20	–	–	–	–	1.9	37	–	–
원당4교	A1		BH-146	7.0	50/12~5	12.5	20	–	–	–	–
	A2		BH-147	–	–	6.0	0	–	–	–	–
원당천 1교	문산	A1	BH-150-2	11.0	50/10	13.0	13~23	–	–	–	–
	서울	A1	BH-150-1	–	–	9.0	5	–	–	–	–
	문산	P1	BH-150-4	10.0	50/10~4	13.0	22	–	–	–	–
	서울	P1	BH-150-3	10.0	50/7	11.0	0	–	–	14.0	65
	문산	P2	BH-150-2	11.0	50/10~5	13.0	13~23	–	–	–	–
	서울	P2	BH-150-1	–	–	9.0	5	–	–	–	–
	문산	A2	BH-151-3	9.0	50/7~3	–	–	11.5	54	–	–
원당5교	문산	P1	BH-153	11.0	50/7~2	13.3	12	–	–	–	–
	서울	P1	BH-152-1	10.3	50/8	11.5	7	–	–	–	–
	문산	P2	BH-154-1	5.0	50/7	5.8	10~20	–	–	–	–
	서울	P2	BH-154	5.4	50/2	6.5	18	–	–	–	–
	문산	P3	*BB-22	5.0	50/6~5	6.1	12	–	–	–	–
	서울	P3	BH-154-2	5.0	50/7	5.7	60	–	–	–	–
	서울	P4	BH-155	–	–	–	–	–	–	41.6	72
원당6교	A1		BH-156-1	9.0	50/5	–	–	13.0	66	–	–
	A2		BH-157	8.0	50/7~2	9.5	16	–	–	–	–
사리현 IC교	A1		BH-162	8.0	50/7~4	12.0	31	–	–	13.7	83
	A2		BH-163	9.0	50/10~8	11.0	37	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

서울~문산고속도로 민간투자사업

(계속)

교량명	위치		해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
사리현교	A1		*BB-25	2.0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
	A2		BH-169	–	–	5.0	9	–	–	6.8	96
문봉교	문산	A1	BH-181	15.0	50/4~2	17.0	10	–	–	–	–
	문산	A2	BH-184	8.0	50/10~3	–	–	–	–	–	–
	서울	A2	BH-183	17.0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
문봉1교	A1		*BB-27	3.0	50/9~4	6.5	24	–	–	–	–
	A2		BH-185-1	11.0	50/3	12.0	17	–	–	–	–
문봉육교	A1		BH-186	6.0	50/3	7.8	0	8.1	60	–	–
	A2		BH-187	3.0	50/8	3.5	0~10	–	–	–	–
장진천1교	A1		BH-189-1	8.0	50/4	8.9	7	10.3	43	–	–
	P1		*BB-28	7.0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
성석1교	A1		BH-191	8.0	50/7	10.5	20	–	–	–	–
	A2		BH-191-1	6.0	50/9	8.0	7	–	–	–	–
성석육교	A1		BH-192-1	13.0	50/9~6	15.5	39	–	–	–	–
	A2		*BB-30	8.0	50/10~6			–	–	–	–
성석2교	A1		BH-195	6.0	50/10~7	9.7	8	–	–	–	–
	A2		BH-196	9.0	50/6	9.5	26	–	–	–	–
성석3교	A1		BH-198	8.0	50/4	9.0	0	–	–	9.4	83
	A2		BH-198-1	3.0	50/5	10.0	28	–	–	–	–
설문IC교	A1		BH-201	20.0	50/10~5	24.6	0	26.2	46	–	–
	A2		*BB-32	–	–	4.0	31	–	–	–	–
설문1육교	A1		BH-208-1	9.8	50/2	–	–	11.3	58	–	–
	A2		*BB-33	–	–	7.5	12	–	–	8.5	84
설문R-A교	A1		BH-207	12.6	50/7~1	–	–	–	–	–	–
	A2		BH-206	10.8	50/5~1	–	–	–	–	–	–
설문1교	A1		BH-212	10.0	50/10~3	–	–	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

국토교통부 218

제 5 편 성과분석 및 설계지반정수

(계속)

교량명	위치		해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
설문1교	A2		BH-213	12.0	50/9~4	16.0	36	–	–	–	–
설문2교	A1		BH-218-1	14.0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
장진천2교	문산	A1	BH-219	11.0	50/8~6	12.2	40~60	–	–	–	–
	서울	A1	BH-219-1	14.0	50/10~8	20.1	35	–	–	–	–
	서울	P1	BH-220	6.0	50/10~5	11.8	46~76	–	–	–	–
장진천2교	서울	P2	BH-222-1	6.0	50/10~7	12.0	38	–	–	–	–
	문산	A2	BH-222	15.0	50/10	–	–	18.4	48	–	–
	서울	A2	BH-222-1	13.0	50/10~8	14.8	0~29	–	–	–	–
대원교	A1		*BB-40	4.3	50/9~4	–	–	–	–	–	–
	P1		BH-225	–	–	9.8	11	–	–	–	–
공릉천교	P2		BH-226	10.0	50/10~5	12.0	25	–	–	–	–
	P3		BH-227	7.0	50/6	7.3	39	–	–	–	–
	P5		*BB-41	4.6	50/5	5.8	0	–	–	–	–
	P6		BH-229	4.0	50/10~4	5.1	17	–	–	–	–
	P7		BH-230	10.0	50/5	10.3	10	12.3	43	15.0	78~95
	A2		*BB-42	7.7	50/6~5	9.9	0	10.9	37	–	–
	P7		BH-230	10.0	50/5	10.3	10	12.3	43	15.0	78~95
	A2		BB-42	7.7	50/6~5	9.9	0	10.9	37	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

○ 지층 분포 현황

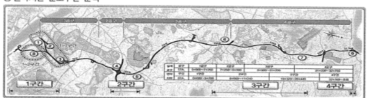
구분	풍화암	연 암	보통암	경 암
출현심도(m)	2.0~20.0	3.5~24.6	1.9~26.2	6.8~41.6

분석결과	• 지지층인 풍화암:GL.(-)2.0~20.0m, 연암:GL.(-)3.5~24.6m, 보통암:GL.(-)1.9~26.2m, 경암:GL.(-)6.8~41.6m로 분포 • 구조물, 위치별 및 지층별로 출현심도의 편차가 큼

제 5 편 성과분석 및 설계지반정수

2.4.2 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 분포구간 분석



위 치(STA.)	구성토질	출현심도 (G.L(-)m)	층후(m)	N 값	대상 지층	연약층 하부지층	비 고
① 사업시점~0+300	CL	1.8~14.5	0.9~1.5	1/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP)	
	ML	1.0~12.0	0.5~6.5	2/30~4/30			
② 1+000~1+318	ML	1.9~9.0	1.0~1.1	4/30	퇴적층	퇴적층(SM), 풍화토	
③ 3+000~3+200	CL	0.0	8.0	1/30~2/30	퇴적층	퇴적층(SM, SC)	
	ML	4.0	2.5	3/30~4/30			
④ 8+660~9+540	CL	0.0~4.0	0.7~2.2	1/30~4/30	매립, 봉적, 퇴적층	퇴적층(SM, SC, SP, GP) 풍화토	부분적 분 포
	ML	3.5	3.5	2/30~3/30			
⑤ 10+640~11+240	CL	0.0~0.8	1.2~2.2	3/30~4/30	매립, 봉적, 퇴적층	퇴적층(SM, GP) 봉적층(SM)	부분적 분 포
	ML	1.4~5.0	1.0~2.0	2/30~3/30			
⑥ 19+320~21+160	CL	0.0~8.0	1.0~6.4	2/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, SW) 풍화토	
	ML	1.0~4.7	0.7~2.9	1/30~4/30			
⑦ 27+900~28+440	CL	1.5~9.0	1.0~3.5	3/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SP, SW)	
⑧ (지선) 0+060~1+760	CL	0.8~5.4	1.0~11.9	3/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP) 풍화토	
	ML	2.6~9.0	1.0~4.0	2/30~6/30			
⑨ 32+760~종점, 내포IC Ramp-B	CL	3.0~4.5	2.0~6.1	2/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, SP), 풍화토	
	ML	4.0~7.5	2.0~10.0	2/30~6/30			

○ 점토(CL) 연약지반구간 선정

구 분		지형적 조건	연약지반 분포현황	비 고
1구간	1-1구간 (①~③지역)	• 창릉천 하류 농경지구간 통과	• 출현심도 : 1.8~14.5m • 층후 : 0.9~8.0m(평균 2.4m)	사업시점~3+200
	1-2구간 (⑧지역)	• 한강 주변 및 창릉천 하류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0.8~5.4m • 층후 : 1.0~11.9m(평균 4.4m)	지선0+0~1+381
2구간 (④~⑤지역)		• 공릉천 지류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0.0~4.0m • 층후 : 0.7~2.2m(평균 1.6m)	8+660~9+540
3구간 (⑥~⑦지역)		• 공릉천 및 문산천 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 0.0~8.0m • 층후 : 1.0~6.4m(평균 3.3m)	19+320~28+600
4구간(⑨지역)		• 임진강 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 3.0~4.5m • 층후 : 2.0~6.1m(평균 4.0m)	32+760~내포IC Ramp

• 사업 3공구(본선 STA.9+980~21+200)는 연약지반 3구간(본선 STA.19+600~28+600)에 해당

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 3 장 설계지반정수 산정

3.1 개요

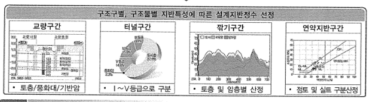
개 요	• 지표지질조사 성과분석에 의한 사업구간내 구조구 특성을 고려한 구간별 설계지반정수 산정 • 문헌자료, 인근지역 분석 자료 및 기존자료(제3자공고안, 보완설계)에 대한 분석을 수행하고, 각종 경험식 및 현장시험 값을 고려한 설계지반정수 유도

3.1.1 기본방향

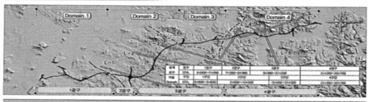
기존자료 및 현장시험에 따른 결과분석에 의한 구조구별 설계지반정수 선정

문헌자료 분석 / 인근조사자료 분석 / 기존자료 분석 → 경험식 적용 설계지반정수 도출 / 현장시험 결과 적용 → 지질 구조구별 설계지반정수 산정

구조구별, 구조물별 지반특성에 따른 설계지반정수 선정



3.1.2 분석구간 설정



구 분	1구간(Domain 1)	2구간(Domain 2)	3구간(Domain 3)	4구간(Domain 4)
STA.(km+m)	사업시점~5+600	5+600~15+500	15+500~21+200	21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약

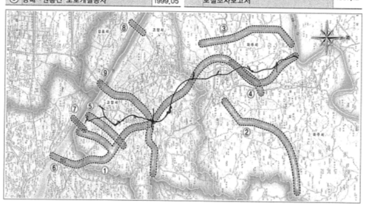
• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분
• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain-Ⅱ~Ⅲ)에 해당

제 5 편 성과분석 및 설계지반정수

3.3.2 인근지역 적용사례 분석

○ 기존자료 현황

구분	사 업 명	사업년도	구분	사업명	사업년도
①	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업(보완분)	2005.01	⑥	월드컵대교 건설공사	2006.10
②	조리~법원 도로개설공사	2005.12	⑦	인천국제공항 철도 2단계	2002.10
③	문발~낙하간 도로 확포장공사	2004.09	⑧	일산대교 건설 민간투자사업	1999.12
④	금촌~월롱간 도로 확포장공사	2004.02	⑨	서울외곽순환도로 건설공사(1,2공구) 토질조사보고서	1997.12
⑤	강매~원흥간 도로개설공사	1999.05			



○ 기존자료 분석결과

지 층	토 질 구 성	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)
매립층	사질토	18~20	0~5	28~33	10~80	0.33~0.35
	자갈층	19~20	0~17	25~39	15~35	0.3
봉적층	사질토	17~19	0~30	25~32	10~32	0.35
	점성토	18	0~20	–	–	–
	자갈층	20	0~50	39	35	0.30
충적층	사질토	17~20	0~10	25~33	15~80	0.35
	점성토	17~18	10~30	–	5~10	0.50
	자갈층	18~20	0~20	35~39	35	0.30
풍화토		18~19	15~200	25~30	35~50	0.30~0.33

서울~문산고속도로 민간투자사업

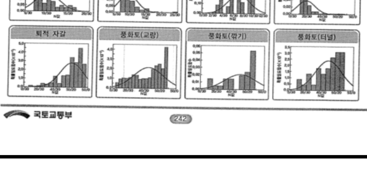
3.3.3 지층별 대표 N값 산정

기본방향	• 사업구간내 토사층이 광역적으로 분포함에 따라 지형적 · 지질적 요인에 따른 토질 특성을 고려 • 선행된 지표지질조사 결과에 의한 지질 구조구 및 구조물 특성, 토질입자의 특성 등을 고려하여 분류 • 각종 물성값의 기초 자료가 되는 구간별, 구조물별, 지층별, 토성별 N값을 선정

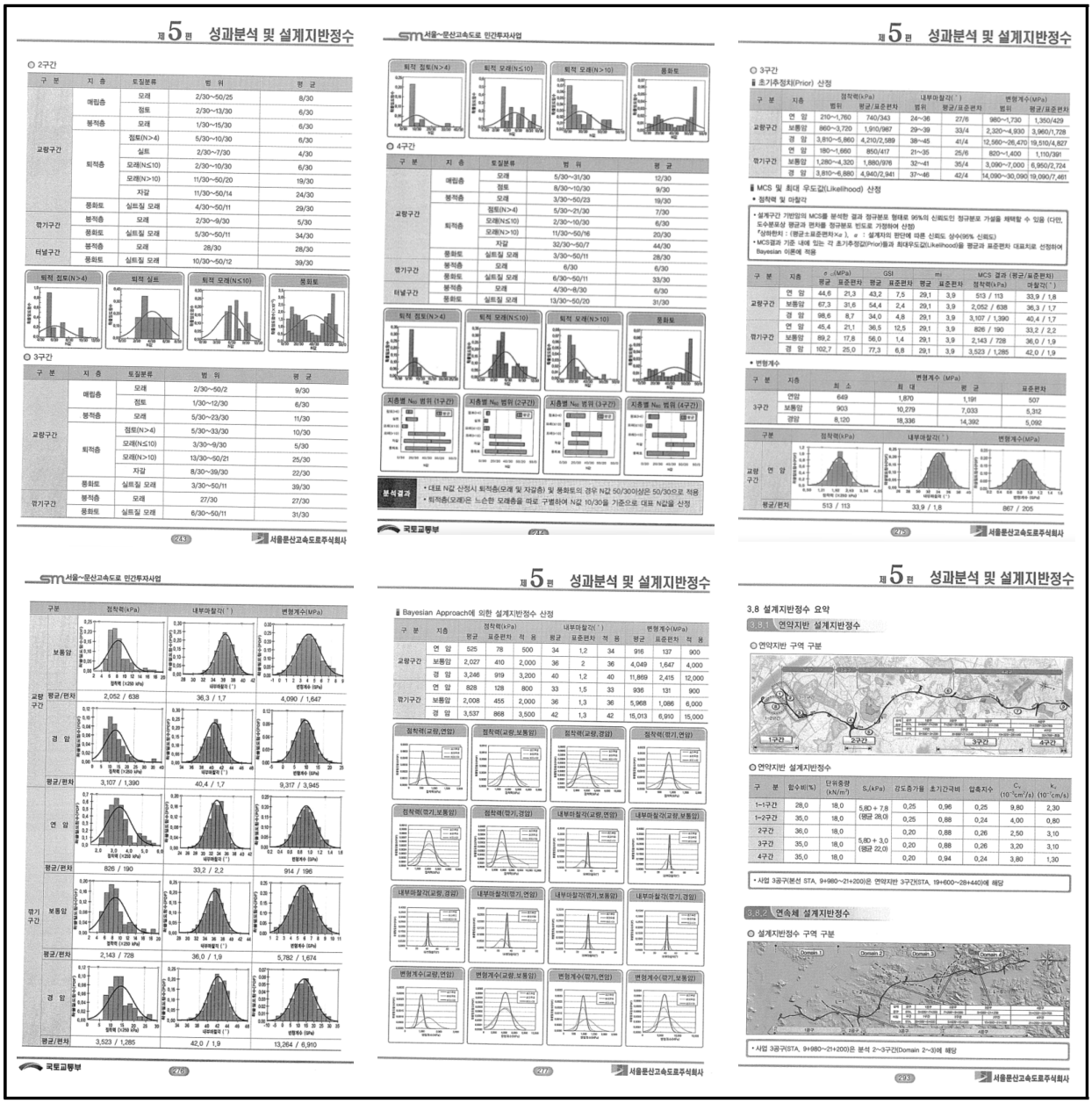
구간별	구조물별	지층별	토성별
• 제1구간, 제2구간, 제3구간, 제4구간으로 구분	• 구조물의 특성에 따라 교량구간, 터널구간, 깎기구간으로 구분	• 분포하는 지층에 따라 매립층, 봉적층, 퇴적층, 풍화토층 등으로 분류	• 사업구간내 분포하는 토성에 따라 점토, 실트, 모래, 자갈 등으로 분류

○ 1구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	1/30~50/1	10/30
		점토	10/30~11/30	11/30
	봉적층	모래	4/30~18/30	9/30
	퇴적층	점토(N>6)	7/30~17/30	11/30
		실트	7/30~25/30	8/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	7/30
		모래(N>10)	11/30~50/12	22/30
		자갈	5/30~50/3	47/30
	풍화토	실트질 모래	7/30~50/11	41/30
깎기구간	봉적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	38/30
터널구간	봉적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	43/30



국토교통부 242



제 5 편 성과분석 및 설계지반정수

○ 2구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/25	8/30
		점토	2/30~13/30	6/30
	봉적층	모래	1/30~15/30	6/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~10/30	6/30
		실트	2/30~7/30	4/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/20	19/30
		자갈	11/30~50/14	24/30
	풍화토	실트질 모래	4/30~50/11	29/30
깍가구간	봉적층	모래	2/30~9/30	5/30
	풍화토	실트질 모래	5/30~50/11	34/30
터널구간	봉적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	10/30~50/12	39/30

○ 3구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/2	9/30
		점토	1/30~12/30	6/30
	봉적층	모래	5/30~23/30	11/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~33/30	10/30
		모래(N≤10)	3/30~9/30	5/30
		모래(N>10)	13/30~50/21	25/30
		자갈	8/30~39/30	22/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	39/30
깍가구간	봉적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	31/30

서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 4구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	5/30~31/30	12/30
		점토	8/30~10/30	9/30
	봉적층	모래	3/30~50/23	19/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~21/30	7/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/16	20/30
		자갈	32/30~50/7	44/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	28/30
깍가구간	봉적층	모래	6/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	33/30
터널구간	봉적층	모래	4/30~8/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	13/30~50/20	31/30

분석결과
- 대표 N값 산정시 퇴적층(모래 및 자갈층) 및 풍화토의 경우 N값 50/30이상은 50/30으로 적용
- 퇴적층(모래)은 느슨한 모래층을 따로 구별하여 N값 10/30을 기준으로 대표 N값을 산정

국토교통부

제 5 편 성과분석 및 설계지반정수

○ 3구간

초기추정치(Prior) 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 범위	점착력(kPa) 평균/표준편차	내부마찰각(°) 범위	내부마찰각(°) 평균/표준편차	변형계수(MPa) 범위	변형계수(MPa) 평균/표준편차
교량구간	연 암	210~1,760	740/343	24~36	27/6	980~1,730	1,350/429
	보통암	860~3,720	1,910/987	29~39	33/4	2,320~4,930	3,960/1,728
	경 암	3,810~5,860	4,210/2,589	38~45	41/4	12,560~26,470	19,510/4,827
깍가구간	연 암	180~1,660	850/417	21~35	25/6	820~1,400	1,110/391
	보통암	1,280~4,320	1,880/976	32~41	35/4	3,090~7,000	6,950/2,724
	경 암	3,810~6,880	4,940/2,941	37~46	42/4	14,090~30,090	19,090/7,461

MCS 및 최대 우도값(Likelihood) 산정

- 점착력 및 마찰각

• 설계구간 기반암의 MCS를 분석한 결과 정규분포 형태로 95%의 신뢰도인 정규분포 가설을 채택할 수 있음 (다만, 도수분포상 평균과 편차를 정규분포 빈도로 가정하여 산정)
*상하한치 : (평균±표준편차×α), α : 설계자의 판단에 따른 신뢰도 상수(95% 신뢰도)
• MCS결과 기존 내재 있는 각 초기추정값(Prior)들과 최대우도값(Likelihood)을 평균과 표준편차 대표치로 선정하여 Bayesian 이론에 적용

구 분	지층	σ ci(MPa) 평균	σ ci(MPa) 표준편차	GSI 평균	GSI 표준편차	mi 평균	mi 표준편차	MCS 결과 (평균/표준편차) 점착력(kPa)	MCS 결과 (평균/표준편차) 마찰각(°)
교량구간	연 암	44.6	21.3	43.2	7.5	29.1	3.9	513 / 113	33.9 / 1.8
	보통암	67.3	31.6	54.4	2.4	29.1	3.9	2,052 / 638	36.3 / 1.7
	경 암	98.6	8.7	34.0	4.8	29.1	3.9	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7
깍가구간	연 암	45.4	21.1	36.5	12.5	29.1	3.9	826 / 190	33.2 / 2.2
	보통암	89.2	17.8	56.0	1.4	29.1	3.9	2,143 / 728	36.0 / 1.9
	경 암	102.7	25.0	77.3	6.8	29.1	3.9	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9

• 변형계수

구 분	지층	변형계수 (MPa) 최 소	최 대	평 균	표준편차
3구간	연암	649	1,870	1,191	507
	보통암	903	10,279	7,033	5,312
	경암	8,120	18,336	14,392	5,092

구분	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간 연 암 평균/편차	513 / 113	33.9 / 1.8	867 / 205

서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

구분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간	보통암	2,052 / 638	36.3 / 1.7	4,090 / 1,647
	경 암	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7	9,317 / 3,945
	평균/편차	826 / 190	33.2 / 2.2	914 / 196
깍기구간	연 암	2,143 / 728	36.0 / 1.9	5,782 / 1,674
	보통암	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9	13,264 / 6,910
	경 암			
	평균/편차			

국토교통부

제 5 편 성과분석 및 설계지반정수

Bayesian Approach에 의한 설계지반정수 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 평균	점착력(kPa) 표준편차	점착력(kPa) 적 용	내부마찰각(°) 평균	내부마찰각(°) 표준편차	내부마찰각(°) 적 용	변형계수(MPa) 평균	변형계수(MPa) 표준편차	변형계수(MPa) 적 용
교량구간	연 암	525	78	500	34	1.2	34	916	137	900
	보통암	2,027	410	2,000	36	2	36	4,049	1,647	4,000
	경 암	3,246	919	3,200	40	1.2	40	11,869	2,415	12,000
깍가구간	연 암	828	128	800	33	1.5	33	936	131	900
	보통암	2,008	455	2,000	36	1.3	36	5,968	1,086	6,000
	경 암	3,537	868	3,500	42	1.3	42	15,013	6,910	15,000

서울문산고속도로주식회사

제 5 편 성과분석 및 설계지반정수

3.8 설계지반정수 요약

3.8.1 연약지반 설계지반정수

○ 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 설계지반정수

구 분	함수비(%)	단위중량 (kN/m³)	S_u(kPa)	강도증가율	초기간극비	압축지수	C_v ($10^{-3}cm^2/s$)	K_v ($10^{-7}cm/s$)
1-1구간	28,0	18,0	5.8D + 7.8 (평균 28.0)	0,25	0,96	0,25	9,80	2,30
1-2구간	35,0	18,0		0,25	0,88	0,24	4,00	0,80
2구간	36,0	18,0	5.8D + 3.0 (평균 22.0)	0,20	0,88	0,26	2,50	3,10
3구간	35,0	18,0		0,20	0,88	0,26	3,20	3,10
4구간	35,0	18,0		0,20	0,94	0,24	3,80	1,30

• 사업 3공구(본선 STA. 9+980~21+200)은 연약지반 3구간(STA. 19+600~28+440)에 해당

3.8.2 연속체 설계지반정수

○ 설계지반정수 구역 구분

• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain 2~3)에 해당

서울문산고속도로주식회사

다. 구조계산서 및 내진설계

2. 설 계 조 건

- 교 량 명 : 문봉교(서울방향)
- 교량형식 : Bicon 교
- 교량등급 : 1등급 적용

2.1 기본제원

(1) 슬래브 전장 : 50.000 m

(2) 거 더 전 장 : 49.900 m

(3) 설 계 지 간 : 49.000 m

(4) 교 량 폭 원 : 16.070 m

(5) 횡 단 면 도 : 슬래브 일반도 참조

(6) 종 단 면 도 : 슬래브 일반도 참조

2.2 주요재료

2.2.1 바닥판

(1) 콘 크 리 트 Fcks = 27 MPa

Ecks = 8,500 × (fck+Δf)^1/3 = 26702 MPa (※ Δf= 4)

(2) 철근(SD400) Fyb = 400 MPa

Esb = 2.0 × 10^5 MPa

2.2.2 Bicon 거더

(1) 콘크리트(사용 하중 시)

- 설계기준강도 : Fck = 40 MPa
- 탄 성 계 수 : Ecks = 8,500 × (fck+Δf)^1/3 = 30008 MPa (※ Δf= 4)

(2) 콘크리트(PS강재 긴장 시)

- 설계기준강도 : Fci = 0.8 × fck = 32 MPa
- 탄 성 계 수 : Eci = 8,500 × (fck+Δf)^1/3 = 28066 MPa (※ Δf= 4)

(3) 철근(SD300)

- 항 복 강 도 : Fby = 300 MPa
- 탄 성 계 수 : Ebs = 2.0 × 10^5 MPa

(4) PS 강연선(KS D 7002 SWPC 7B, 저릴렉세이션 강재)

- 직 경 : Dpt = 15.2 mm
- 단 면 적 : Apt = 138.7 mm^2
- 극 한 강 도 : Fput = 1900 MPa
- 항 복 강 도 : Fpyt = 1600 MPa
- 탄 성 계 수 : Ept = 2.0 × 10^5 MPa

(5) PS 강봉(KS D 3505, 저릴렉세이션 강재)

- 직 경 : Dpc = 36 mm
- 단 면 적 : Apc = 1017.4 mm^2
- 극 한 강 도 : Fpuc = 1050 MPa
- 항 복 강 도 : Fpyc = 950 MPa
- 탄 성 계 수 : Epc = 2.00 × 10^5 MPa

(6) 쉬스규격

구 분	단위	강 연 선						강 봉
PS강재 개수	개,ea	7	10	11	13	16	19	40
쉬스관 내경	mm	65	75	75	85	85	100	50
쉬스관 외경	mm	70	80	80	90	90	105	55
표준마찰계수(μ)	/rad	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-
파상마찰계수(κ)	/m	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.008

2.2.3 탄성계수비

(1) 거더콘크리트와 PS 강봉의 탄성계수비(nc) = Epc / Eck = 200000 / 30008 = 6.665

(2) 거더콘크리트와 PS 강연선의 탄성계수비(nt) = Ept / Eck = 200000 / 30008 = 6.665

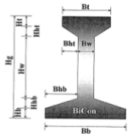
(3) 거더콘크리트와 바닥판콘크리트의 탄성계수비(ns) = Ecks / Eck = 26702 / 30008 0.890

3. 단 면 가 정

3.1 단면제원

(1) 바닥판 두께(sh) : 240 mm

(2) 거더 단면



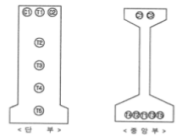
Bicon 단면제원	
Bg	2600 mm
Ht	200 mm
Hb	300 mm
Hbt	150 mm
Hbb	200 mm
Hw	1750 mm
Bt	800 mm
Bb	1100 mm
Bw	200 mm
Bbt	300 mm
Bbb	450 mm

(3) 중간가로보수 : 1 EA

(4) 단부블록크기 : 700 mm

3.2 PS 강연선 및 PS강봉 배치

(1) 단면 배치



단위 : mm

		PS 강봉		PS 강연선				
		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
직경,가닥수		36mm	36mm	7EA	17EA	17EA	17EA	17EA
쉬스관외경		50mm	50mm	70mm	105mm	105mm	105mm	105mm
초기긴장력		~575kN	~575kN	1150kN	3390kN	3390kN	3390kN	3390kN
단부 좌표	Y	~105mm	105mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
	Z	2475mm	2475mm	2475mm	1750mm	1250mm	750mm	250mm
중앙부 좌 표	Y	~105mm	105mm	0mm	~150mm	150mm	~300mm	300mm
	Z	2475mm	2475mm	115mm	125mm	125mm	125mm	125mm

※ 좌표의 기준 원점은 거더의 하단 중심점.

4. 바닥판의 설계

4.1 경험적 설계법에 의한 바닥판 슬래브계산

4.1.1 설계조건

(1) 지지부재들이 3개이상의 강재 주거더 또는 콘크리트 지지보와 완전합성으로 거동하고 바닥판의 지간방향이 차량진행방향에 직각인 경우의 철근콘크리트 바닥판에만 적용할 수 있다.

(2) 캔틸레버 바닥판에 적용할 수 없다.

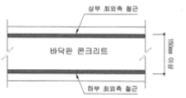
(3) 콘크리트가 현장타설되고 습윤양생되어야 한다.

(4) 거더 플랜지부의 위치와 같이 국부적으로 두껍게한 곳을 제외한 상태에서 전체적으로 바닥판의 두께가 일정해야 한다.

(5) 바닥판 두께에 대한 유효지간의 비가 60이상 150이하인 경우 적용한다.

6 ≤ 1.980 m / 0.240 m = 8.042 ≤ 15 ---------- O.K

(6) 바닥판의 상부와 하부에 배근된 철근의 피복면 사이의 두께가 150mm이상인 경우 적용한다.



240 - (60 + 40) + (16/2 + 16/2) = 156 mm ≥ 150 mm ---------- O.K

(7) 유효지간이 표준차선폭(3.6m) 이하인 경우 적용한다.

1.980 m ≤ 3.600 m ---------- O.K

(8) 바닥판의 종합, 마모면, 보호피복 두께중을 제외한 바닥판의 최소두께가 240mm이상인 경우 적용한다.

(9) 콘크리트의 28일 압축강도가 27MPa 이상인 경우 적용한다.

(10) 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께의 5배 이상이거나, 캔틸레버부의 길이가 내측 바닥판 두께의 3배 이상이고 구조적으로 연속적인 콘크리트 방호책과 합성된 경우 적용한다

▶ 중앙대 또는 방호책, 보도 등이 있을 경우

0.810 m (하측캔틸레버 길이) ≥ 0.24 × 3 = 0.720 ---------- O.K

0.810 m (우측캔틸레버 길이) ≥ 0.24 × 3 = 0.720 ---------- O.K

▶ 중앙대 또는 방호책, 보도 등이 없을 경우

0.810 m (하측캔틸레버 길이) < 0.24 × 5 = 1.200 ---------- 적용 불가

0.810 m (우측캔틸레버 길이) < 0.24 × 5 = 1.200 ---------- 적용 불가

※ 경험적 설계법 적용구간

	캔틸레버구간	캔틸레버 인접 내측바닥판	중앙부 내측바닥판	비 고
외측	강도설계법	경험적 설계법 적용	경험적 설계법 적용	
우측	강도설계법	경험적 설계법 적용	경험적 설계법 적용	

4.1.2 철근 배근

(1) 지간방향 (주철근)

상부 최소철근량 : 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

하부 최소철근량 : 콘크리트 바닥판 단면의 0.4%이상

(2) 지간의 직각방향 (배력철근)

상부 최소철근량 : 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

하부 최소철근량 : 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

(3) 현장타설 되는 콘크리트 바닥판에는 4개층의 철근을 배근하되 콘크리트 피복두께 요구조건에 의해 허용되는 한도에서 바깥 표면에 가까이 배근하며, 유효지간방향으로 배근되는 철근을 가장 바깥쪽 층에 배근한다.

4.1.3 사용철근량

(1) 바닥판 슬래브 단면 : 1000 × 240 = 240000 mm^2

(2) 주철근

상부 철근량

As_{req} = 240000 × 0.300% = 720.000 mm^2

As_{use} = H 16 @ 200 = 993.000 mm^2

Σ = 993.000 mm^2 (N = 5) ---------- O.K

하부 철근량

As_{req} = 240000 × 0.400% = 960.000 mm^2

As_{use} = H 16 @ 200 = 993.000 mm^2

Σ = 993.000 mm^2 (N = 5) ---------- O.K

(3) 배력철근

상부 철근량

As_{req} = 240000 × 0.300% = 720.000 mm^2

As_{use} = H 16 @ 250 = 794.400 mm^2

Σ = 794.400 mm^2 (N = 4) ---------- O.K

하부 철근량

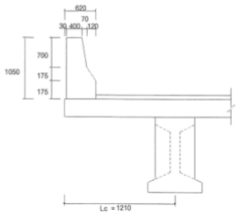
As_{req} = 240000 × 0.300% = 720.000 mm^2

As_{use} = H 16 @ 250 = 794.400 mm^2

Σ = 794.400 mm^2 (N = 4) ---------- O.K

4.2 G1축 캔틸레버 부

4.2.1 단면치수



4.2.2 바닥판의 두께 검토

(1) 활하중에 대한 지간 (도로교설계기준, 2010, P.4-153)

L = 0.000 m (캔틸레버 구간에 활하중이 작용하지 않음)

4.2.3 설계하중에 의한 단면력

(1) 고정하중에 의한 휨모멘트

구 분	면적 (m^2)	단위중량 (kN/m^3)	하중 (kN)	작용거리 (m)	휨모멘트 (kN · m)
방호벽	0.501	25.000	12.525	0.537	6.726
바닥판	0.194	25.000	4.850	0.405	1.964
포 장	0.010	23.500	0.223	0.095	0.021
방음판			1.000	0.537	0.537
합 계			18.598		9.248

(8) 하중조합

① 계수하중 - 단면 검토시

Load Case	고정하중	활 하 중	풍하중	원심하중	충돌하중	비 고
Case 1	1.30	2.15		1.30		
Case 2	1.30		1.30			
Case 3	1.30	1.30	0.65	1.30		
Case 4	1.30	1.30		1.30		
Case 5	1.25	1.25	0.625	1.25		
Case 6	1.30	1.30		1.30	1.30	
Case 7	1.20		1.20		1.20	

② 사용하중 - 사용성 검토시

Load Case	고정하중	활 하 중	풍하중	원심하중	충돌하중	비 고
Case 1	1.00	1.00		1.00		
Case 2	1.00		1.00			
Case 3	1.00	1.00	1.00	1.00		
Case 4	1.00	1.00		1.00		
Case 5	1.00	1.00	1.000	1.00		
Case 6	1.00	1.00		1.00	1.00	
Case 7	1.00		1.00		1.00	

③ 하중조합 결과

Load Case	계 수 하 중 M (kN · m)	사 용 하 중 M (kN · m)	비 고
Case 1	12.022	9.248	
Case 2	20.217	15.552	
Case 3	16.410	15.998	
Case 4	12.022	9.248	
Case 5	15.779	15.998	
Case 6	42.355	32.581	
Case 7	46.662	38.885	

④ 적용하중

구 분	M (kN · m)	비 고
계 수 하 중	46.662	
사 용 하 중	38.885	

8. 설계 단면력 집계

8.1 지간중앙부의 휨모멘트 집계(kN · m)

구 분	G1	G2-G5	G6	저 항 단 면	비 고
거더 자중	8208.9	8208.9	8208.9	순 단 면	
합성전 고정하중	4915.4	5474.6	4915.4	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	2359.7	2308.2	1741.6		
DB 활하중	4071.5	3475.1	3479.5		
DL 활하중	4409.6	3705.4	3814.8	바닥판 합성단면	
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	4409.6	3705.4	3814.8		
합 계	19893.6	19697.1	18680.7		

8.2 지간지점부의 전단력 집계(kN)

구 분	G1	G2-G5	G6	저 항 단 면	비 고
거더 자중	725.3	725.3	725.3	순 단 면	
합성전 고정하중	390.0	424.2	390.0	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	241.3	174.2	184.9		
DB 활하중	390.2	392.7	309.4		
DL 활하중	400.5	385.8	321.3	바닥판 합성단면	
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	400.5	392.7	321.3		
합 계	1757.1	1716.5	1621.5		

6) 전단연결재의 배치간격 결정

- 접촉면을 청결하고 부유물이 없게끔하며, 대략 6 mm 깊이로 표면을 일부러 거칠게 한 후 최소전단연결재 이상을 사용.
- 최대 전단철근 간격

a. bw x 4 = 0.8 x 4 = 3.200 m

b. 0.600 m

※ 전단철근 최대 간격 s = 0.600 m

① 단부 (4.55m)

- 사용 철근량 Use Av = D 16 x 2 ea = 0.000398 m^2
- 해석에 의한 최소전단철근 간격

$$Req.\ s = \frac{Av \times fy}{0.35 \times bw} = \frac{0.000398 \times 300}{0.35 \times 0.800} = 0.426\ m$$

※ 사용 전단철근 간격 s = 0.200 m ※ O.K

② 중간 가로보부(19.95m)

- 사용 철근량 Use Av = D 16 x 2 ea = 0.000398 m^2
- 해석에 의한 최소전단철근 간격

$$Req.\ s = \frac{Av \times fy}{0.35 \times bw} = \frac{0.000398 \times 300}{0.35 \times 0.800} = 0.426\ m$$

※ 사용 전단철근 간격 s = 0.400 m ※ O.K

③ 중앙부

- 사용 철근량 Use Av = D 16 x 2 ea = 0.000398 m^2
- 해석에 의한 최소전단철근 간격

$$Req.\ s = \frac{Av \times fy}{0.35 \times bw} = \frac{0.000398 \times 300}{0.35 \times 0.800} = 0.426\ m$$

※ 사용 전단철근 간격 s = 0.400 m ※ O.K

1. 내진해석 일반

1.1 목적

: 지진에 대비하여 안전하게 교량을 설계하고, 지진 발생시 교량이 받을 수 있는 피해의 정도를 최소화하기 위함이다.

1.2 내진해석 방법

○ 지진해석의 정의

: 지진해석이란 임의의 지역에서 발생 가능한 지진동에 대하여 구조물의 최대 응답을 구하는 것으로 입력 지진동의 형태에 따라 응답 스펙트럼 해석법과 시간이력 해석법으로 나뉘어진다.
- 응답 스펙트럼 방법 : 선형 해석
- 시간이력 해석 방법 : 선형 조건 및 비선형 해석

(1) 정적 및 등가정적 해석법
- 교량의 지진 응답해석에서 지진력의 분포나 변형모드를 용이하게 추정할 수 있을때 사용.
- 직교형 연속교의 종방향 거동에는 상당히 정확함.
- 횡방향 거동 및 교량형식이 복잡한 경우에는 정확도가 떨어짐.
- 한번에 지진력을 가하는 정적 방법과 단계적으로 가하는 등가정적인 방법으로 나뉜다.

(2) 지진 응답 스펙트럼 해석법
- 단일모드 응답 스펙트럼 해석법
: 하나의 진동모드만을 사용하여 주파수역대에서 해석하는 탄성 해석법
- 다중모드 응답 스펙트럼 해석법
: 여러개의 진동모드를 사용하여 주파수역대에서 해석하는 탄성해석법

(3) 시간이력 해석
- 특정의 지진동 입력에 대한 교량의 응답을 시간 이력으로 구하는 방법
- 특히, 교량 연결부위에 Damper등의 비선형성 거동을 나타내는 system을 사용하는 경우 시간이력 해석법에 의한 비선형 해석을 하여야 한다.(모드 해석은 선형 해석이다.)

- 고속도로교량의 설계기준 (2010년) -
▷ 시간이력해석이 요구되는 지진격리교량의 경우에는 다음 조건들을 적용하여야 한다. 1) 지진격리받침의 비선형 특성을 고려하여야 한다. 2) 시간이력해석을 위한 지진입력 시간이력은 감쇠율 5%에 대한 설계지반응답스펙트럼에 부합되도록 실제로 기록된 지진운동을 수정하거나 인공적으로 합성된 최소한 4쌍 이상의 지진 운동을 작성하여 사용해야 한다. 3) 시간이력의 지속시간은 10 ~ 25초 또 강진구간 지속시간은 6 ~ 10초가 되도록하여야 한다. 4) 두방향 이상의 시간이력을 동시에 고려할 경우, 각 직교방향의 시간이력은 통계학적으로 독립되어야 한다. 여기서, 두 시간이력 사이의 시각 시간 차이를 고려하여 계산된 상관계함수의 최대절대값이 0.3을 넘지 않는다면 두 시간이력은 통계학적으로 독립이라고 간주할 수 있다. 5) 7쌍 미만의 지반 운동 시간이력에 의한 해석결과로부터 얻어진 응답치의 최대값 혹은 7 쌍 이상의 해석결과로부터 얻어진 평균값을 설계값으로 한다.

1.3 내진등급과 지반가속도계수

○ 지진구역의 구분

지진구역	행 정 구 역	
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시,울산광역시, 광주광역시
	도	경기도, 강원도남부, 충청도, 경상도, 전라북도, 전라남도 북동부
II	도	강원도북부, 전라남도 남서부, 제주도

○ 지진구역 계수

지진구역	I	II
구역계수	0.11	0.07

○ 위험도 계수

재현주기(년)	500	1000
위험도계수	1	1.4

○ 내진등급

- 도로교의 내진등급과 설계지진

내진등급	교 량	재현주기
내진I등급	- 고속도로, 자동차전용도로, 특별시도, 광역시도 또는 일반국도상의 교량 - 지방도, 시도 및 군도 중 지역의 방재 계획상 필요한 도로에 건설된 교량, 해당도로의 일일계획 교통량을 기준으로 판단했을 때 중요한 교량 - 내진I등급교가 건설되는 도로 위를 넘어가는 고가교량	1000년
내진II등급	내진I등급교에 속하지 않는 교량	500년

○ 지반계수

지반계수		지 반 종 류 I	II	III	IV
S	내진	1.0	1.2	1.5	2.0
	지진격리	1.0	1.5	2.0	2.7

○ 지반분류

지반	지반종류의 호칭	지표면 아래 30m 토층에 대한 평균값 전단파속도 (m/sec)	표준관입시험 (N치)	비배수전단강도 (kPa)
I	경암지반 보통암지반	760이상	-	-
II	매우 조밀한 토사지반 또는 연암지반	360에서 760	> 50	> 100
III	단단한 토사지반	180에서 360	15에서 50	50에서 100
IV	연약한 토사지반	180미만	< 15	< 50
V	부지 고유의 특성평가가 요구되는 지반			

○ 응답수정 계수

하 부 구 조	R 내진	R 지진격리	연 결 부	R
벽식교각	2	1.5	상부구조와 교대	0.8
철근콘크리트 말뚝 가구(Bent)			상부구조 한 지간 내 신축이음	0.8
1. 수직말뚝만 사용	3	1.5		
2. 한개이상의 경사말뚝을 사용	2	1.5		
단일 기둥	3	1.5	기둥, 교각 또는 말뚝 가구와 캡빔 또는 상부구조	1.0 1.0
강재 또는 합성강재 콘크리트 말뚝 가구(Bent)			기둥또는 교각과 기초	1.0
1. 수직말뚝만 사용	5	2.5		
2. 한개 이상의 경사말뚝을 사용	3	1.5		
다주 가구	5	2.5		

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1113.890	778.701	O.K
	허용인발력(kN/EA)	733.642	-	O.K
	휨응력(MPa)	140.000	115.318	O.K
	전단응력(MPa)	80.000	12.895	O.K
	수평변위(mm)	15.000	11.366	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1670.840	1029.851	O.K
	허용인발력(kN/EA)	1100.463	-99.787	O.K
	휨응력(MPa)	210.000	131.906	O.K
	전단응력(MPa)	120.000	19.000	O.K
	수평변위(mm)	15.000	9.437	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1800	150	2277.1	4053.6	948.368	1674.743	1.766	O.K
후면저판		1800	100	3793.56	5139.2	1617.524	2178.322	1.347	O.K
벽체 (H=10.165)		2300	100	4266.85	6353.6	2359.566	3488.679	1.479	O.K
흉벽		800	100	929.809	1588.8	164.35	278.868	1.697	O.K
좌측날개벽	A(T=600 mm)	600	80	3181.22	4053.6	402.855	506.698	1.258	O.K
	화부(T=450	450	80	1768.75	4053.6	161.015	351.648	2.184	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	2938.2	4053.6	373.419	506.698	1.357	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	4253.69	5139.2	530.113	631.937	1.192	O.K
우측날개벽	A(T=620 mm)	620	80	3130.06	4053.6	412.639	527.371	1.278	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	3007.6	4053.6	397.186	527.371	1.328	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	4151.68	5139.2	539.368	658.147	1.22	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		100.555	150	125	439.407	O.K
후면저판		122.476	150	125	429.235	O.K
벽체 (H=10.165)		86.902	150	125	696.198	O.K
흉벽		111.179	150	125	478.319	O.K
좌측날개벽	A(T=600 mm)	120.662	150	125	483.902	O.K
	화부(T=450	67.015	150	125	940.084	O.K
	B(T=600 mm)	112.269	150	125	532.687	O.K
	C(T=600 mm)	127.321	150	125	454.766	O.K
우측날개벽	A(T=620 mm)	119.117	150	125	492.367	O.K
	B(T=620 mm)	114.968	150	125	516.224	O.K
	C(T=620 mm)	124.763	150	125	467.447	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
(2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
(3) 교 량 등 급 : 1 등교
(4) 교 대 총 폭 : B = 16.316 m
(5) 교 대 총높이 : H = 11.965 m
(6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
(7) SKEW : 100.000 °

2) 하 중
(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
(4) 과 재 하 중 : ql = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 511.524 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 144.367 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

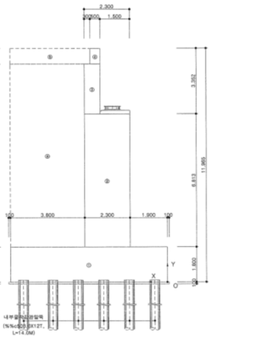
3) 지 반 조 건
(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 50.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 42.386 ° {Φ2 = 15 + √15N}
(4) 기초지반의 점착력 : C = 17.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.537 : TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 26986.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
(1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
고정하중	1429.847	1404.645	1375.894	1371.468	1387.972	1376.366	8346.192
활하중	413.249	398.197	368.423	370.251	402.706	402.706	2355.532

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
교축방향	220.196	216.315	211.888	211.206	213.748	211.96	1285.314
직각방향	220.196	216.315	211.888	211.206	213.748	211.96	1285.314

H = R x A x S R : 교량받침의 고정하중 반력, A : 가속도계수(=0.154), S : 지반계수(=1.000)
교축직각방향 H = R x A x S , R : 교량받침의 고정하중 반력
교축방향 H = R x A x S , R : 교량받침의 고정하중 반력

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1367.220	776.274	O.K
	허용인발력(kN/EA)	865.592	-	O.K
	휨응력(MPa)	133.000	117.136	O.K
	전단응력(MPa)	76.000	13.648	O.K
	수평변위(mm)	15.000	12.030	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2050.830	1095.675	O.K
	허용인발력(kN/EA)	1298.388	-174.530	O.K
	휨응력(MPa)	199.500	132.349	O.K
	전단응력(MPa)	114.000	20.764	O.K
	수평변위(mm)	15.000	10.313	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1700	150	2364.84	3096.8	924.218	1206.029	1.305	O.K
후면저판		1700	100	2814.03	4053.6	1133.277	1623.059	1.432	O.K
벽체 (H=9.773)		2300	100	3848.79	6353.6	2131.394	3488.679	1.637	O.K
흉벽		800	100	917.861	1588.8	162.259	278.868	1.719	O.K
좌측날개벽	A(T=620 mm)	620	80	1989.05	3096.8	266.474	408.448	1.533	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	1817.34	3096.8	244.055	408.448	1.674	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	2329.41	3096.8	310.586	408.448	1.315	O.K
우측날개벽	A(T=600 mm)	600	80	1816.3	3096.8	234.656	392.654	1.673	O.K
	화부(T=450	450	80	1095.1	3096.8	101.074	274.202	2.713	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	1676.66	2292	217.054	294.069	1.355	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	2147.7	3096.8	276.136	392.654	1.422	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		128.406	150	125	265.79	O.K
후면저판		113.819	150	125	473.138	O.K
벽체 (H=9.773)		67.185	150	125	937.712	O.K
흉벽		109.849	150	125	486.895	O.K
좌측날개벽	A(T=620 mm)	99.734	150	125	617.101	O.K
	B(T=620 mm)	91.66	150	125	686.655	O.K
	C(T=620 mm)	116.829	150	125	501.563	O.K
우측날개벽	A(T=600 mm)	91.184	150	125	690.913	O.K
	화부(T=450	53.846	150	125	1169.993	O.K
	B(T=600 mm)	113.111	150	125	519.969	O.K
	C(T=600 mm)	107.886	150	125	557.436	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
(2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
(3) 교 량 등 급 : 1 등교
(4) 교 대 총 폭 : B = 16.390 m
(5) 교 대 총높이 : H = 11.473 m
(6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
(7) SKEW : 101.379 °

2) 하 중
(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
(4) 과 재 하 중 : ql = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 509.200 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 144.134 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

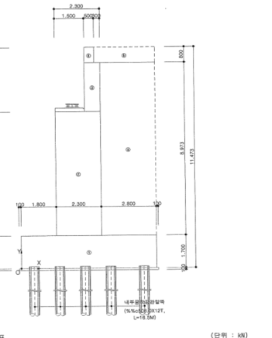
3) 지 반 조 건
(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 50.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 42.386 ° {Φ2 = 15 + √15N}
(4) 기초지반의 점착력 : C = 17.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.537 : TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 26986.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
(1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
고정하중	1433.082	1401.489	1377.063	1370.144	1389.918	1374.167	8345.863
활하중	418.108	396.463	369.519	369.057	404.611	404.611	2362.369

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
교축방향	220.695	215.829	212.068	211.002	214.047	211.622	1285.263
직각방향	220.695	215.829	212.068	211.002	214.047	211.622	1285.263

H = R x A x S R : 교량받침의 고정하중 반력, A : 가속도계수(=0.154), S : 지반계수(=1.000)
교축직각방향 H = R x A x S , R : 교량받침의 고정하중 반력
교축방향 H = R x A x S , R : 교량받침의 고정하중 반력

29.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 29.2.1】 서문27교(서울) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	서문27교(서울)의 주요 손상현황으로는 교량받침 탄성고무배부름이 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며, 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	서문27교(서울)의 주요 손상현황으로는 교량받침 탄성고무배부름, 교대 신축이음 하부 누수가 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며, 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교량받침 탄성고무배부름 신축이음 신축이음 하부 누수	양호

29.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

29.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교·검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 기 손상인 교량받침 탄성고무 배부름, 신축이음 하부 누수 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

29.2.5 시설물 보수 이력

【표 29.2.2】 서문27교(서울) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

29.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 29.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

29.3 현장조사

29.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

작업전경

작업전경

제원조사

비파괴시험

【사진 29.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

29.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문27교(서울)의 바닥판하면은 차량하중을 직접적으로 지지하는 동시에 거더에 하중을 분산시키는 역할을 하는 주요 부재로 총 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=50.0m 폭 16.0m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 29.3.2】바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 국부적인 들뜸이 확인되었다.

【표 29.3.1】바닥판하면 현장조사 결과

구분	들뜸 (㎡/개소)	
S1	0.09	1
합계	0.09	1

S1 들뜸(0.3×0.3)	바닥판 하면 상태양호

【사진 29.3.3】바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면은 전반적으로 양오하나 국부적인 들뜸이 조사되었다. 손상부는 교대와 접한 부위에 발생한 것으로 교량의 내구성확보를 위해 보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.

나. BICON Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 BICON 거더 형식으로 1경간 6열로 시공되었다.
- 거더에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

거더 전경	거더 전경

【사진 29.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 29.3.2】 거더 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더	S1	-	-
합계		-	-

거더 상태양호	거더 상태양호

【사진 29.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더는 현재 전반적으로 양호한 상태로 확인되었고, 주요부재로서 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요망된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있다.
- 가로보에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

가로보 전경

가로보 전경

【사진 29.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 29.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
합계		-	-

가로보 상태양호

가로보 상태양호

【사진 29.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 서문27교(서울) 교대는 상부 구조물로부터의 하중을 기초로 전달하는 부재로써, 역T형으로 A1, A2 강관말뚝기초로 시공되어있다.
- 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

교대 전경(A1)	교대 전경(A2)

【사진 29.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 균열부 백태, 박락 및 긁힘이 조사되었다.

【표 29.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	긁힘 (㎡/개소)		박락 (㎡/개소)		균열부 백태 (㎡/개소)	
A1	0.02	1	-	-	-	-
A2	-	-	0.03	1	0.10	1
합계	0.02	1	0.03	1	0.10	1

A1 긁힘(0.2×0.1)	A2 박락(0.3×0.1)
A2 균열부 백태(0.1×1.0)	A2 신축이음 하부 누수흔적

【사진 29.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

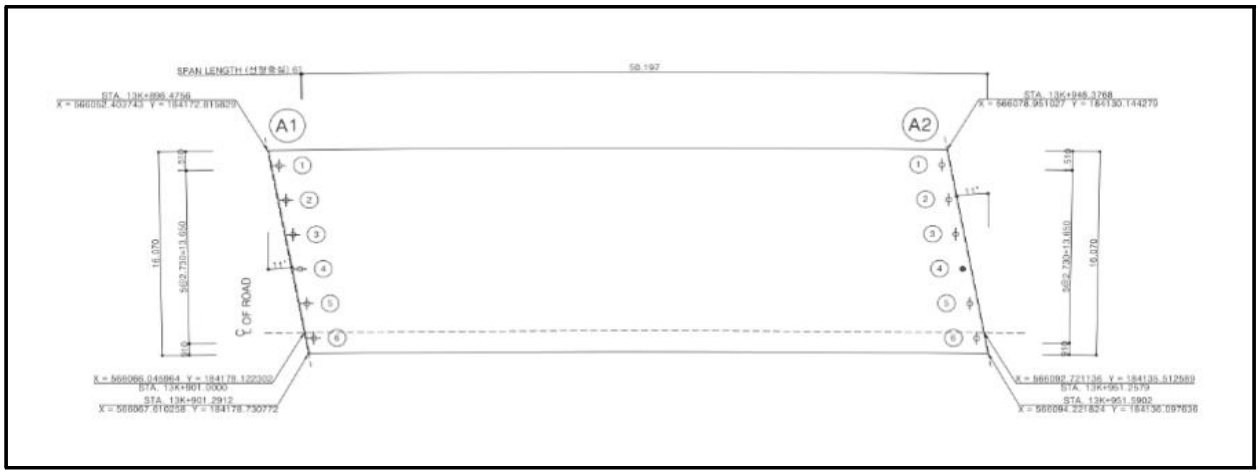
4) 검토의견

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적이 확인되었고, 주요 손상으로 균열부 백태, 박락, 긁힘이 조사되었다. 상기 손상의 경우 건조수축, 온도변화, 우수유입, 거푸집 조기 탈형, 외부충격 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수 등의 조치가 요구된다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

- 서문27교(서울)의 받침은 탄성받침으로 총 12기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 29.3.1】 교량받침 배치도

탄성받침(일방향) 전경

탄성받침(양방향) 전경

탄성받침(고정) 전경

【사진 29.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 탄성고무 배부름이 확인되었다.

【표 29.3.5】 교량받침 현장조사 결과

구분	탄성고무 배부름 (개소/개소)	
A1	1.00	1
A2	–	–
합계	1.00	1

A1-Sh6 탄성고무 배부름	A1-Sh6 탄성고무 배부름

【사진 29.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

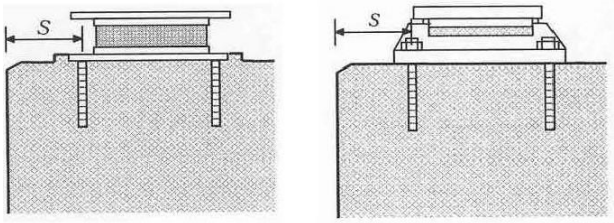
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 받침본체에서 발생된 탄성고무 배부름 현상은 고무층과 보강철판이 균일하게 움직이지 못하여 발생한 현상으로, 주의관찰 후 고무재 갈라짐, 들뜸 및 롤오버 등의 손상이 발생시 교체를 실시하는 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

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

【그림 29.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

받침장치 연단거리 측정	받침장치 연단거리 측정

【사진 29.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450(㎜)

【표 29.3.6】 연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)						검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	
A1	450	500	500	500	510	500	500	O.K
A2	450	600	600	600	600	600	600	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.

교량 받침 가동량 측정(1)	교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 29.3.13】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 29.3.7】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	26.2	23.8	0.00001	50.0	13.1	11.9	
A2	고정단						

1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)

【표 29.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	+20	60	20	13.1	11.9	±39.9	O.K
	SH2	+20	60	20			±39.9	O.K
	SH3	+20	60	20			±39.9	O.K
	SH4	+20	60	20			±39.9	O.K
	SH5	+20	60	20			±39.9	O.K
	SH6	+20	60	20			±39.9	O.K
A2	고정단							

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K
허용변위 = 받침높이 × 0.3

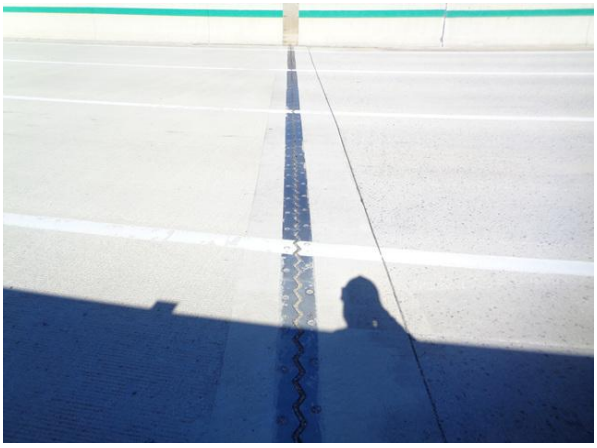
② 교량받침 이동량 검토의견

- 교량받침 이동량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

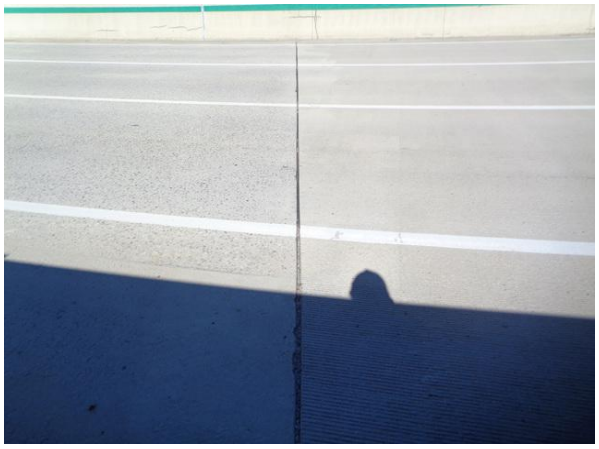
바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 신축이음장치는 직접 차량하중을 받는 부재로써, 설계 및 시공의 결함은 차량통행자에게 불쾌감 및 위협감을 줄 뿐만 아니라 경우에 따라서는 교량구조에도 악영향을 미칠 수 있는 장치이다.
- 본 교량의 신축이음장치는 A1(NO.60) 뉴모노셀, A2는 미시공된 상태이다.
- 신축이음의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사 및 측정을 실시하였다.



EXP.J1(A1) 전경



EXP.J2(A2) 전경

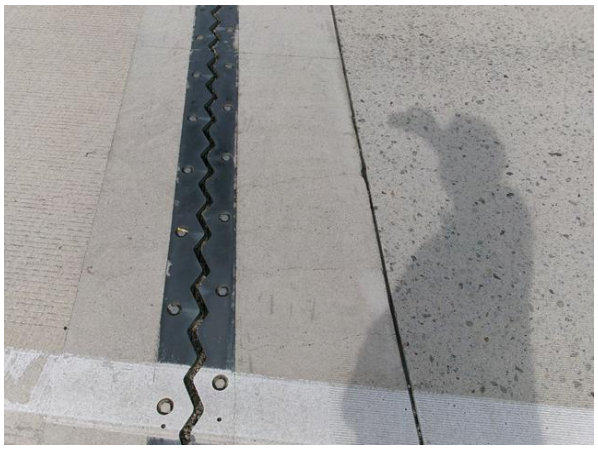
【사진 29.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 폭 0.3㎜미만의 후타재 균열, 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.

【표 29.3.9】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	9.00	18	0.60	2
A2 (EXP J2)	-	-	6.00	1
합계	9.00	18	6.60	3

	
A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)
A1 하부 누수	A2 하부 누수

【사진 29.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 하부 누수의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 균열 보수 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2">

</td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 17. 기온 적용: 11.2℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃−11.2℃ = 23.8℃
△T(수축시) : −15.0℃−(11.2℃) = 26.2℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 29.3.10】 신축이음 유간 측정방법

【표 29.3.10】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	26.2	23.8	0.00001	50.0	13.1	11.9	25	50	80	
1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)										

【표 29.3.11】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③−②)	
A1	신축이음	13.1	11.9	25	60	38.1	13.1	O.K
	바닥판			50	−	−	38.1	O.K
	거더			80	−	−	68.1	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

- 서문27교(서울)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.
- 교면포장의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사를 실시하였다.

교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

【사진 29.3.16】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 교량부의 포장은 양호한 상태이나, 접속도로 박리 및 망상균열이 확인되었다.

【표 29.3.12】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속도로 박리 (㎡/개소)		접속도로 망상균열 (㎡/개소)	
S1	6.00	1	40.00	1
합계	6.00	1	40.00	1

S1 접속도로 포장 박리(1.5×4.0)	S1 접속도로 포장 박리(1.5×4.0)
S1 접속도로 망상균열(4.0×10.0)	S1 접속도로 망상균열(4.0×10.0)

【사진 29.3.17】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장은 구배불량에 의한 물고임 현상은 없는 상태이며, 접속도로 포장부 콘크리트 망상균열 및 박리가 조사되었다. 상기 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

- 서문27교(서울)의 상부는 그레이팅 덮개로 마감된 배수구가 하부는 육교형 배수관이 시공되어있고, 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.
- 배수시설에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

배수구 전경	배수관 전경

【사진 29.3.18】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 29.3.13】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 29.3.19】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다. 부속시설로 방음벽이 시공되어 있다.
- 방호벽에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

방호벽 전경	중분대 전경

【사진 29.3.20】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만의 균열 및 접속부 실란트 파손이 확인되었다.

【표 29.3.14】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		접속부 실란트 파손 (m/개소)	
S1	29.00	3	3.00	2
합계	29.00	3	3.00	2

S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)	S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)
S1 접속부 실란트 파손	S1 접속부 실란트 파손

【사진 29.3.21】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

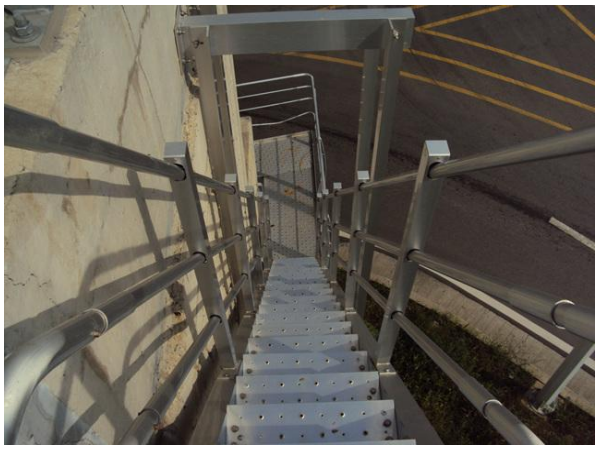
4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열 및 실란트 파손은 건조수축, 공용기간 증가, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성확보를 위한 표면보수, 실란트 충전 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

차. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 서문27교(서울)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1, A2에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 설치되어 있다.
- 교량 점검시설에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
점검통로 전경	점검통로 전경

【사진 29.3.22】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 29.3.15】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 29.3.23】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

29.3.3 외관조사 총괄표

【표 29.3.16】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	들뜸	㎡	0.09	1	
거더	상태양호	-	-	-	
가로보	상태양호	-	-	-	
교대	긁힘	㎡	0.02	1	
	박락	㎡	0.03	1	
	균열부 백태	㎡	0.10	1	
교량받침	탄성고무 배부름	EA	1.00	1	
신축이음	후타재 균열(0.3㎜ 미만)	m	9.00	18	
	하부 누수	m	6.60	3	
교면포장	접속도로 박리	㎡	6.00	1	
	접속도로 망상균열	㎡	40.00	1	
배수시설	상태양호	-	-	-	
방호벽	균열(0.3㎜ 미만)	m	29.00	3	
	접속부 실란트 파손	m	3.00	2	
점검시설	상태양호	-	-	-	

29.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

29.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

29.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

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

【표 29.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	2	2	2	2	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

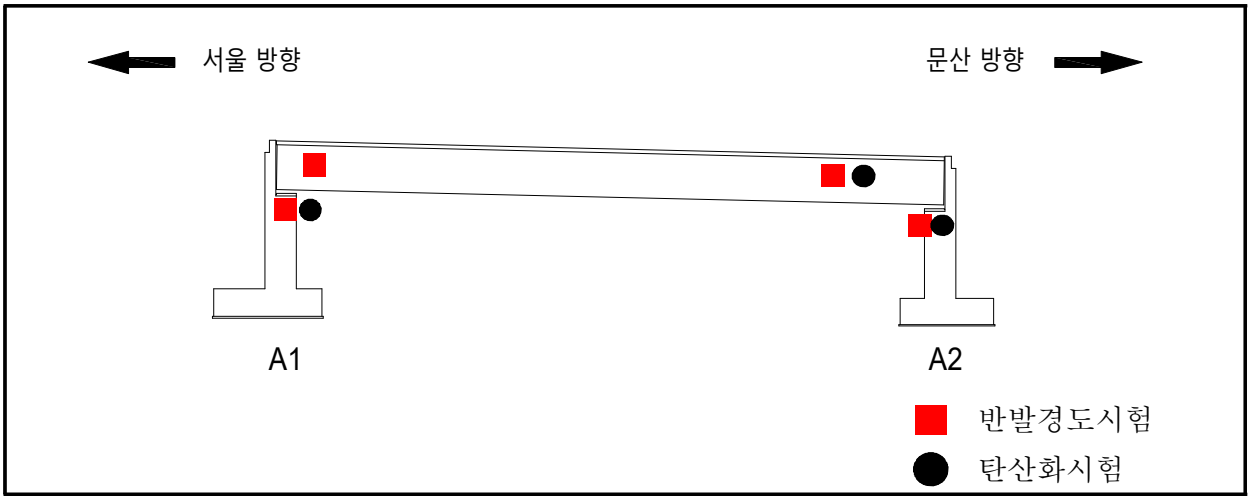
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

반발경도 시험 현황	탄산화깊이 측정 현황

【사진 29.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 29.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

29.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상 · 하부구조에서 반발경도시험(각 2개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 29.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(㎫)				설계기준 강도 (㎫)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1	바닥판	47.0	27.9	29.1	0.67	27.0	
	S1	바닥판	48.0	28.8	29.6			

【표 29.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(㎫)				설계기준 강도 (㎫)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	흉벽	44.8	26.1	28.0	0.67	24.0	
	A2	흉벽	46.8	27.8	29.0			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판 27.9~28.8㎫, 하부구조 교대 26.1~27.8㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 29.4.4】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.9~28.8	27.0	103.5~106.5
하부구조	교대	26.1~27.8	24.0	108.6~115.7

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 29.4.5】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판하면	3.5	40.0	36.5	2.47	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	4.0	100.0	96.0	2.83	100년이상	a
	A2 흉벽	4.5	100.0	95.5	3.18	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 4.0~4.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 29.4.6】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	3.5	36.5	
하부구조	4.0~4.5	95.5~96.0	

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 29.4.7】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.9~28.8	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	26.1~27.8	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5~96.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

29.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검 · 진단 편 -2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

29.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급'으로 산정되었다.

【표 29.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	BICON	b	a	a	a	a	b	c	b	b	q	a	a
	A2								c	a	b	q	–	a
평균			0.200	0.100	0.100	0.100	0.100	0.200	0.400	0.150	0.200	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.036	0.020	0.005	0.007	0.003	0.004	0.036	0.014	0.040	–	0.004	0.003
													0.172	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.172) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 29.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문27교(서울)	0.172	B	50.0	3	150	1.000	0.172
합계(∑)			50.0	3	150	1.000	0.172
1. 평가지수 =							0.172
2. 상태평가결과 =							B

29.5.2 기 점검 결과와의 비교

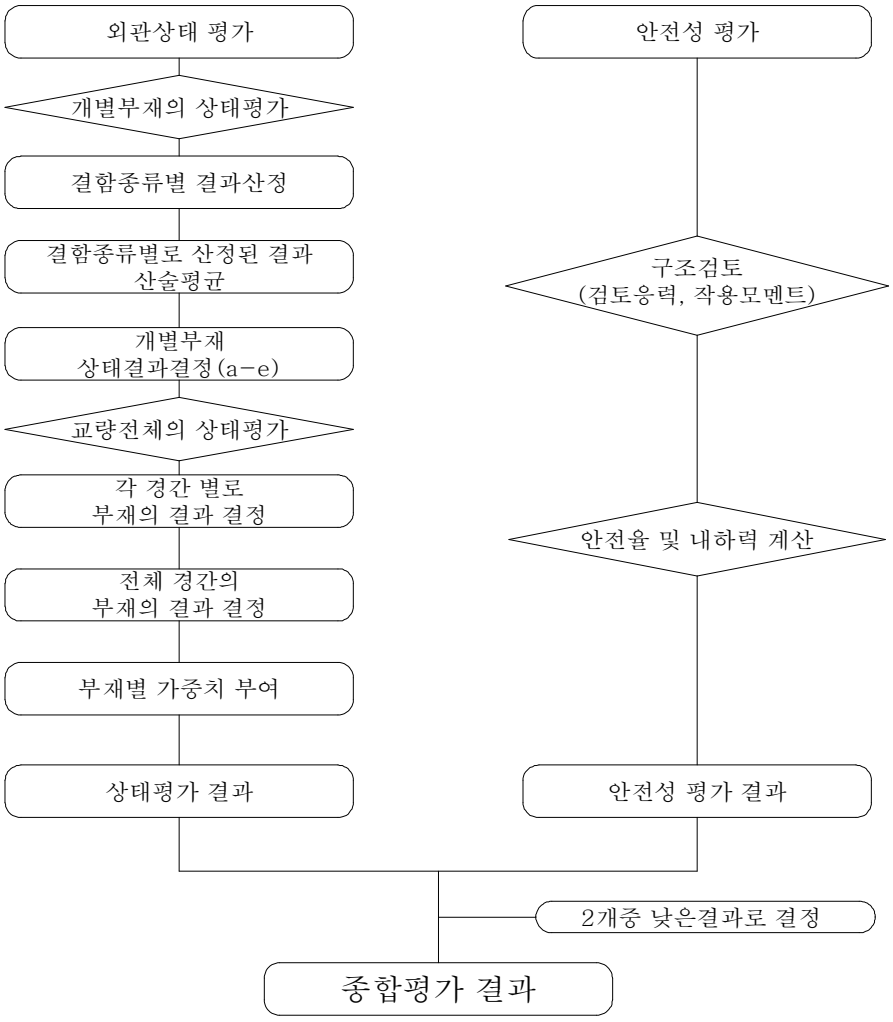
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

29.6 종합평가 및 안전등급 지정

29.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 29.6.1】 종합평가 결과 산정절차

29.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 29.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문27교(서울)	0.172	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

29.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 29.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

29.7 보수·보강 및 유지관리방안

29.7.1 보수·보강 방안

【표 29.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	들뜸	㎡	0.09	1	단면보수	하자
거더	상태양호	-	-	-	-	-
가로보	상태양호	-	-	-	-	-
교대	긁힘	㎡	0.02	1	단면보수	하자
	박락	㎡	0.03	1	단면보수	하자
	균열부 백태	㎡	0.10	1	표면처리	하자
교량받침	탄성고무 배부름	EA	1.00	1	재설치	하자
신축이음	후타재 균열(0.3㎜ 미만)	m	9.00	18	표면처리	하자
	하부 누수	m	6.60	3	재설치	하자
교면포장	접속도로 박리	㎡	6.00	1	단면보수	하자
	접속도로 망상균열	㎡	40.00	1	표면처리	하자
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-
방호벽	균열(0.3㎜ 미만)	m	29.00	3	표면처리	하자
	접속부 실란트 파손	m	3.00	2	실란트 충전	하자
점검시설	상태양호	-	-	-	-	-

29.7.2 개략공사비

【표 29.7.2】 개략공사비

구분	손상 내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	들뜸	단면보수	0.09	0.14	㎡	-	-	하자
교대	긁힘	단면보수	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
	박락	단면보수	0.03	0.05	㎡	-	-	하자
	균열부 백태	표면처리	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
교량받침	탄성고무 배부름	재설치	1.00	1.50	EA	-	-	하자
신축이음	후타재 균열(0.3㎜ 미만)	표면처리	9.00	3.38	㎡	-	-	하자
	하부 누수	재설치	6.60	9.90	m	-	-	하자
교면포장	접속도로 박리	단면보수	6.00	9.00	㎡	-	-	하자
	접속도로 망상균열	표면처리	40.00	60.00	㎡	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜ 미만)	표면처리	29.00	10.88	㎡	-	-	하자
	접속부 실란트 파손	실란트충전	3.00	4.50	m	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

29.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 29.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

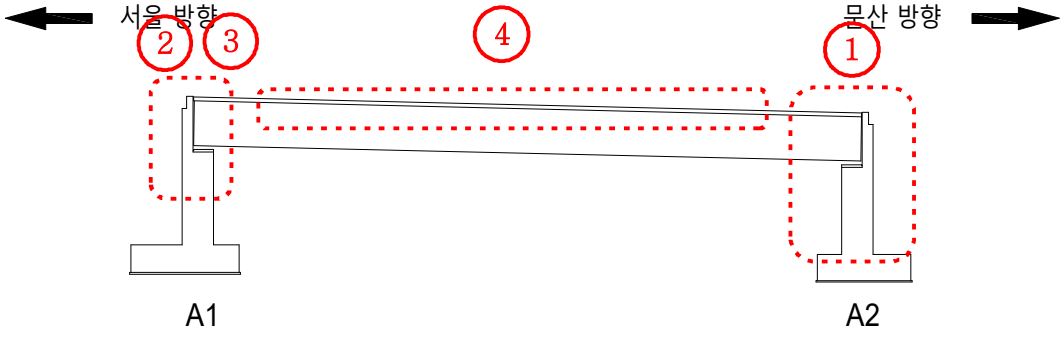
◎ 부재별 중점점검 손상

① 하부구조 백태, 박락 등 – 진전 여부확인

② 교량받침 탄성고무 배부름 – 진전 여부확인

③ 신축이음 균열, 하부 누수 – 진전 여부확인

④ 방호벽 균열 등 - 진전 여부확인



29.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51에 위치한 교량으로 총 연장 50.0m, 폭 16.0m의 BICON Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

29.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면 현장조사 결과 국부적인 들뜸이 확인되었다.
- 바닥판하면은 전반적으로 양오하나 국부적인 들뜸이 조사되었다. 손상부는 교대와 접한 부위에 발생한 것으로 교량의 내구성확보를 위해 보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.

2) BICON Girder

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 거더는 현재 전반적으로 양호한 상태로 확인되었고, 주요부재로서 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요망된다.

3) 가로보

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 균열부 백태, 박락 및 긁힘이 조사되었다.
- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적이 확인되었고, 주요 손상으로 균열부 백태, 박락, 긁힘이 조사되었다. 상기 손상의 경우 건조수축, 온도변화, 우수유입, 거푸집 조기탈형, 외부충격 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수 등의 조치가 요구된다.

5) 교량받침

- 현장조사 결과 탄성고무 배부름이 확인되었다.
- 받침본체에서 발생된 탄성고무 배부름 현상은 고무층과 보강철판이 균일하게 움직이지 못하여 발생한 현상으로, 주의관찰 후 고무재 갈라짐, 들뜸 및 롤오버 등의 손상이 발생시 교체를 실시하는 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 교량받침 이동량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

6) 신축이음장치

- 신축이음 현장조사 결과 폭 0.3㎜미만의 후타재 균열, 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.
- 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 하부 누수의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 균열 보수 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

- 현장조사 결과 교량부의 포장은 양호한 상태이나, 접속도로 박리 및 망상균열이 확인되었다.
- 교면포장은 구배불량에 의한 물고임 현상은 없는 상태이며, 접속도로 포장부 콘크리트 망상균열 및 박리가 조사되었다. 상기 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

8) 배수시설

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만의 균열 및 접속부 실란트 파손이 확인되었다.
- 방호벽에 발생한 균열 및 실란트 파손은 건조수축, 공용기간 증가, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성확보를 위한 표면보수, 실란트 충전 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

10) 교량 점검시설

- 교대에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.
- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

11) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판 27.9~28.8㎫, 하부구조 교대 26.1~27.8㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 3.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 4.0~4.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 서문27교(서울)의 상태평가 결과는 “B” 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문27교(서울)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

29.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

29.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.