30. 서문27교(문산)

30.1 시설물 개요

30.2 자료수집 및 분석

30.3 현장조사

30.4 콘크리트 내구성조사

30.5 상태평가

30.6 종합평가 및 안전등급 지정

30.7 보수·보강 및 유지관리 방안

30.8 종합결론

30. 서문27교(문산)

30.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51에 위치한 교량으로 총 연장 100.0m, 폭 15.9m로 시공되어 있다.

30.1.1 일반사항

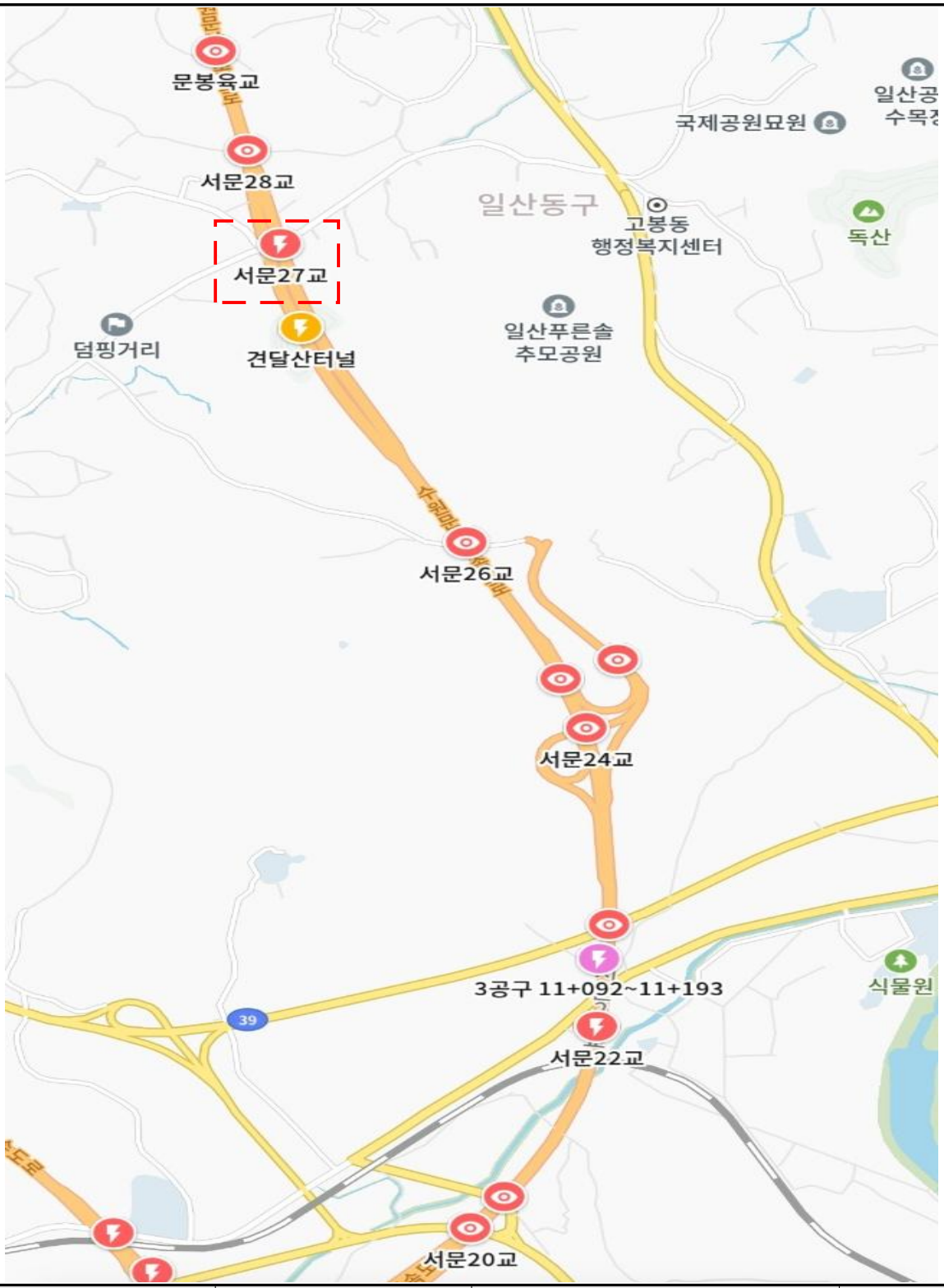
【표 30.1.1】 서문27교(문산) 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000119	관리번호	-	
시설물위치		경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51	준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		본선구간 11.580km	노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=100.0m(2@50=50.0m)			
	폭	B=15.9m			
구조형식	상부	BICON거더	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교 각	강관말뚝기초
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

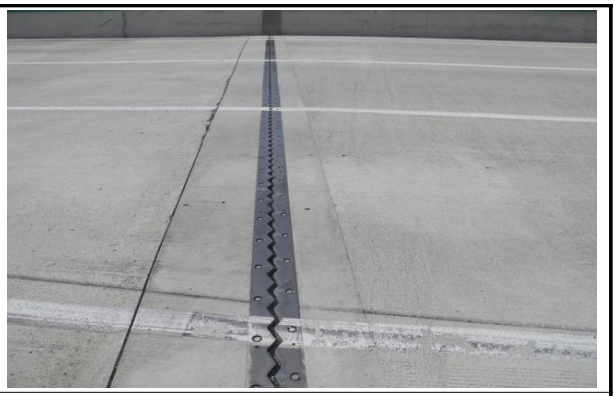
상부 전경

30.1.2 위치도 및 전경사진



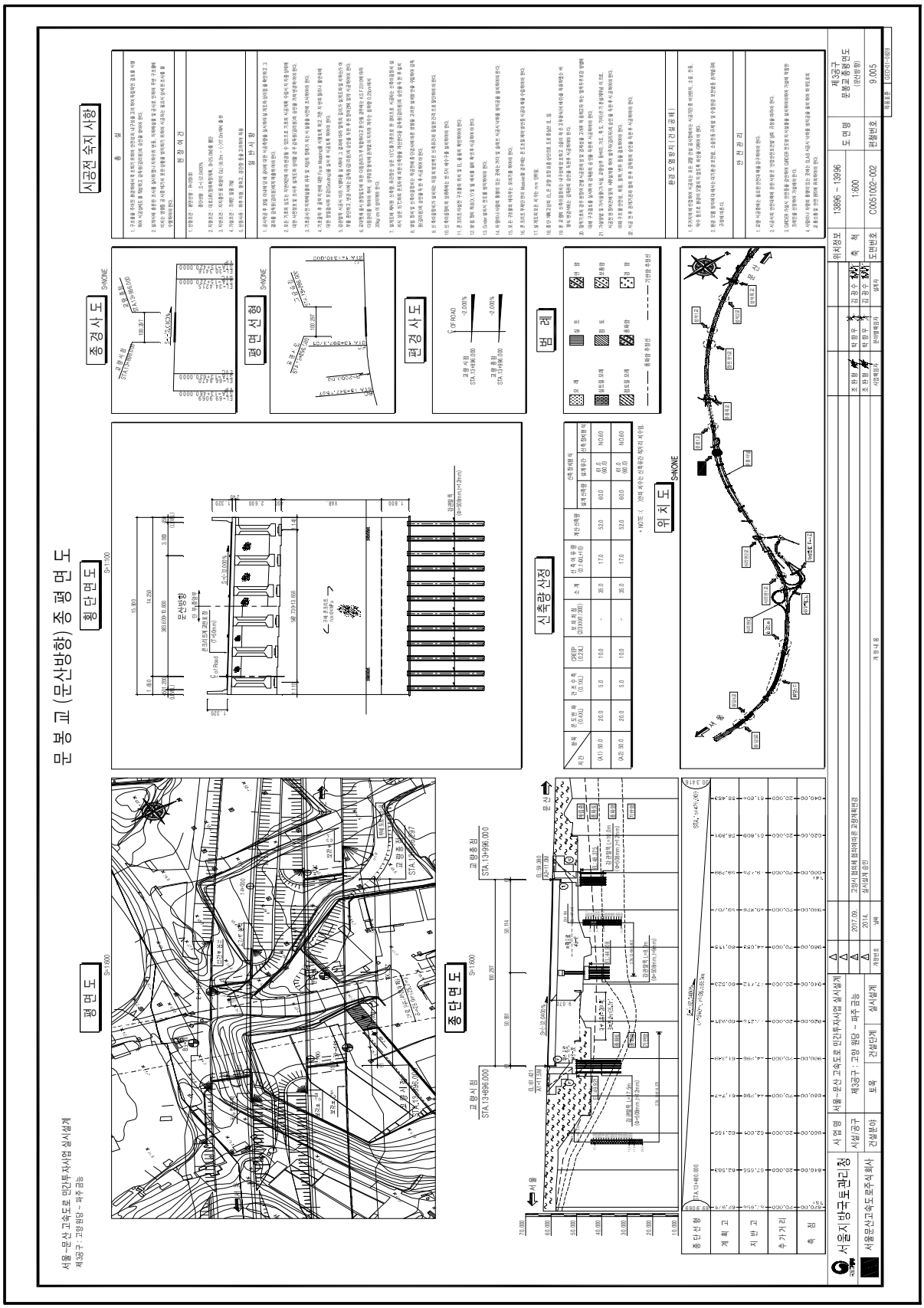
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 30.1.1】 위치도

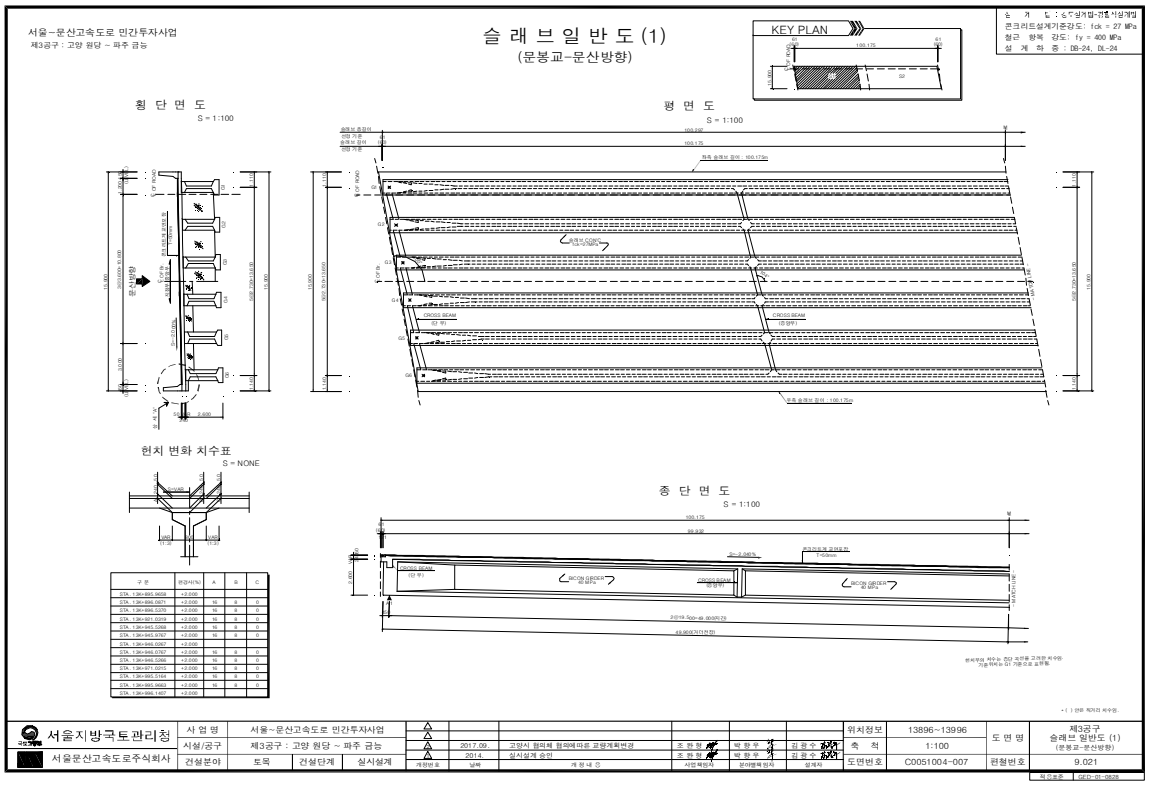
	
교면포장 전경	신축이음 전경
배수구 전경	거더, 바닥판하면 전경
교대(A1) 전경	교대(A2) 전경
교각(P1) 전경	작업사진(도보 이동점검) 전경

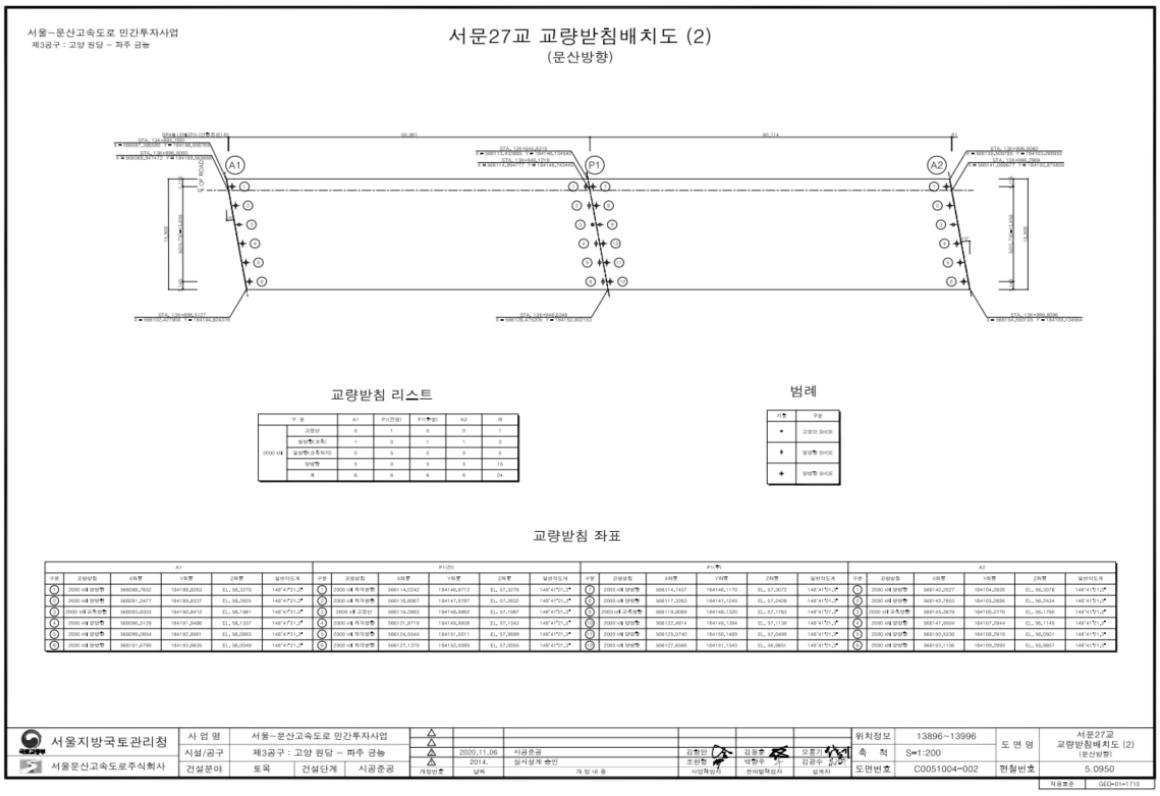
【그림 30.1.2】 부재별 전경 및 작업사진

30.1.3 시설물 일반도

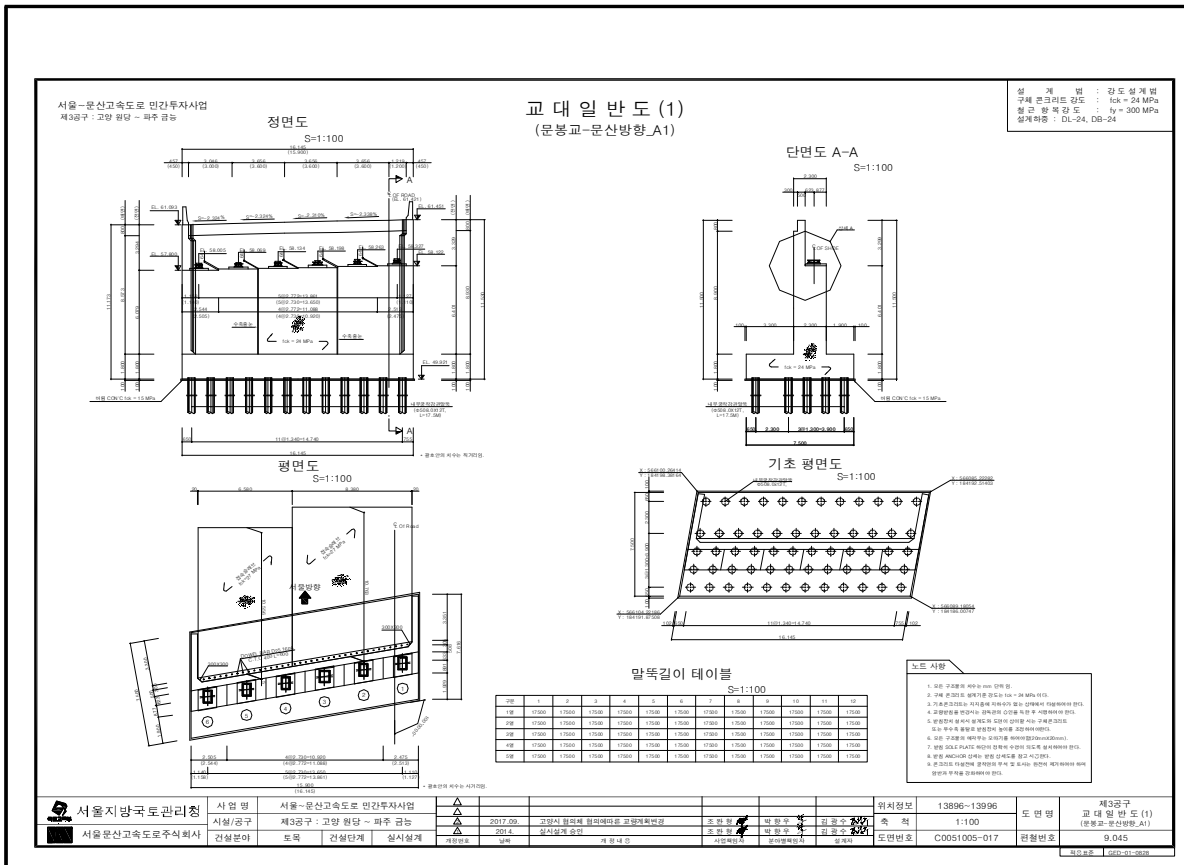


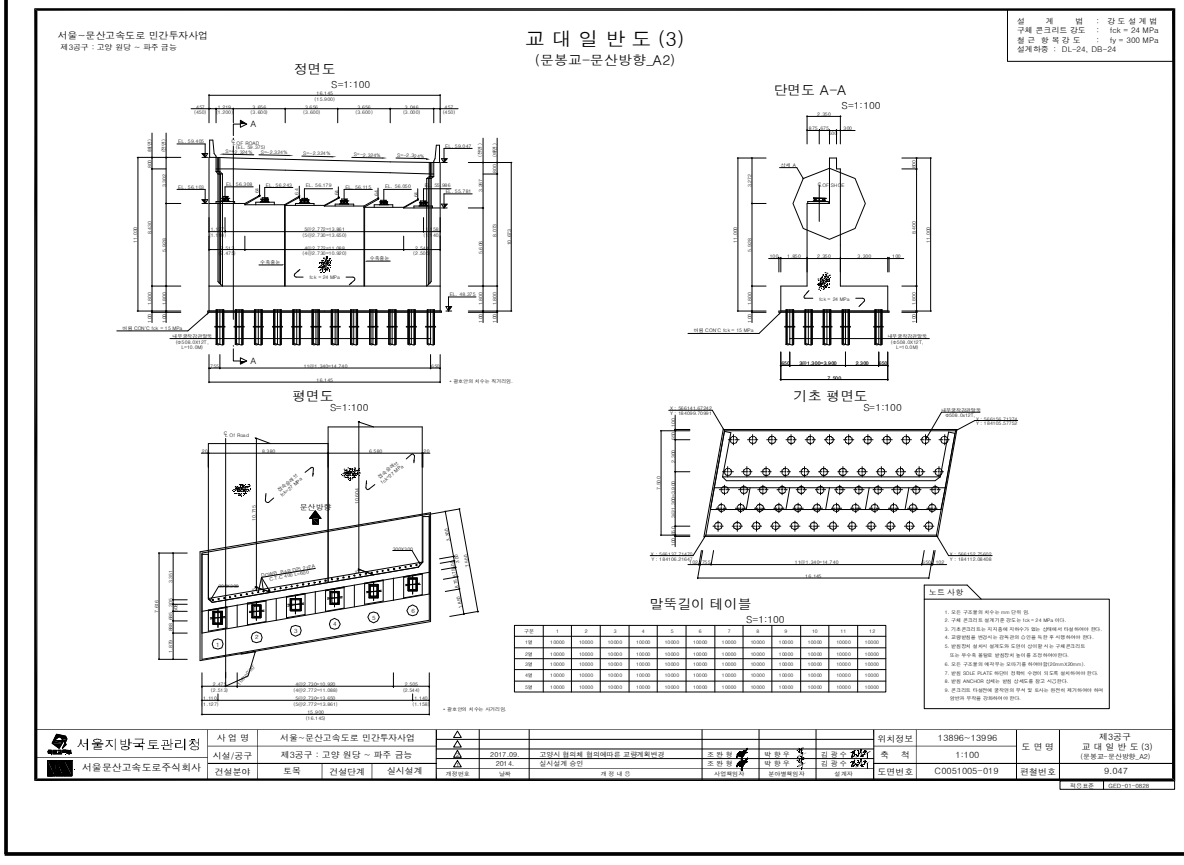
【그림 30.1.3】 평면 및 종단면도



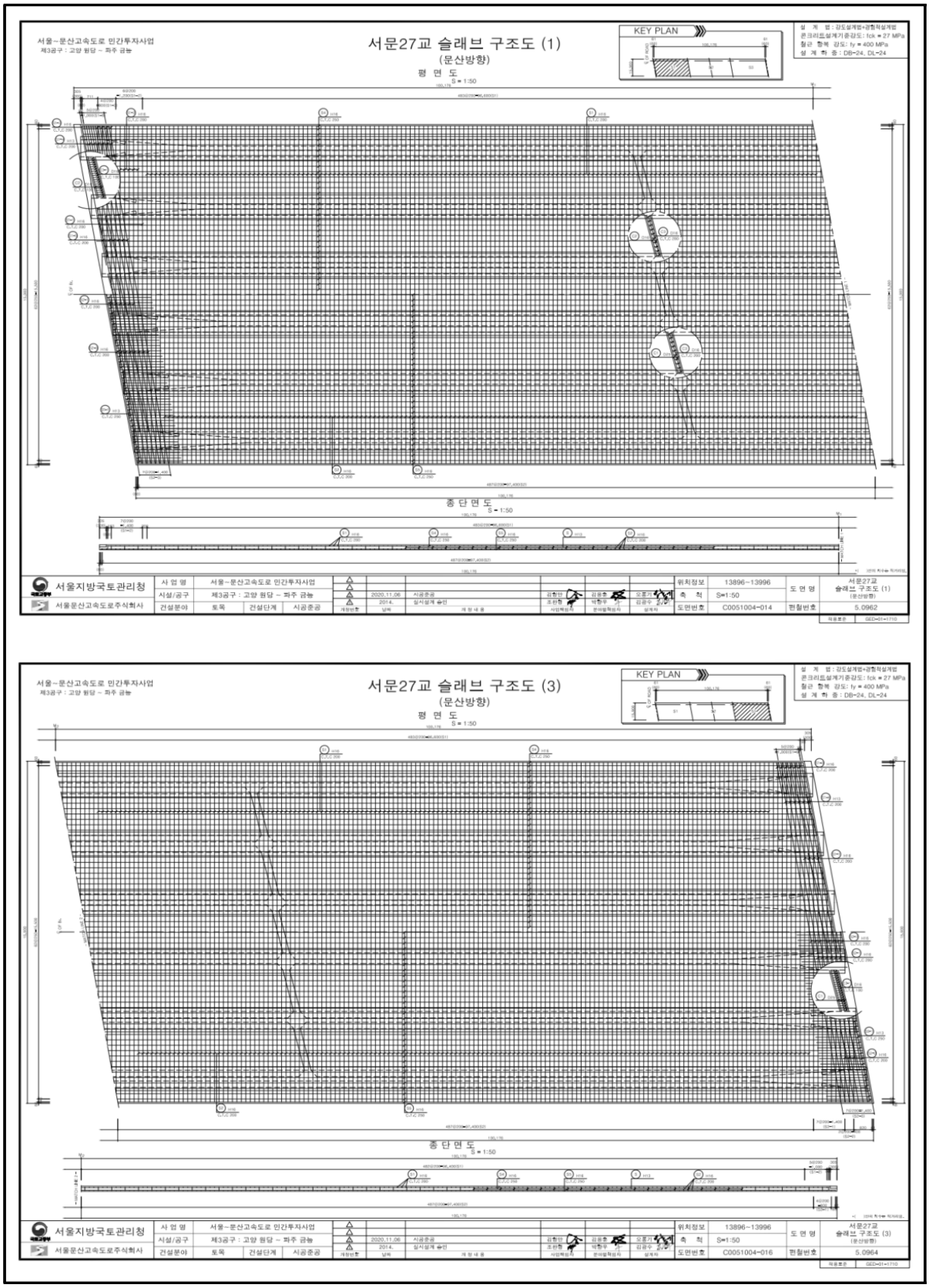


【그림 30.1.4】 바닥판하면 일반도, 교량받침 배치도

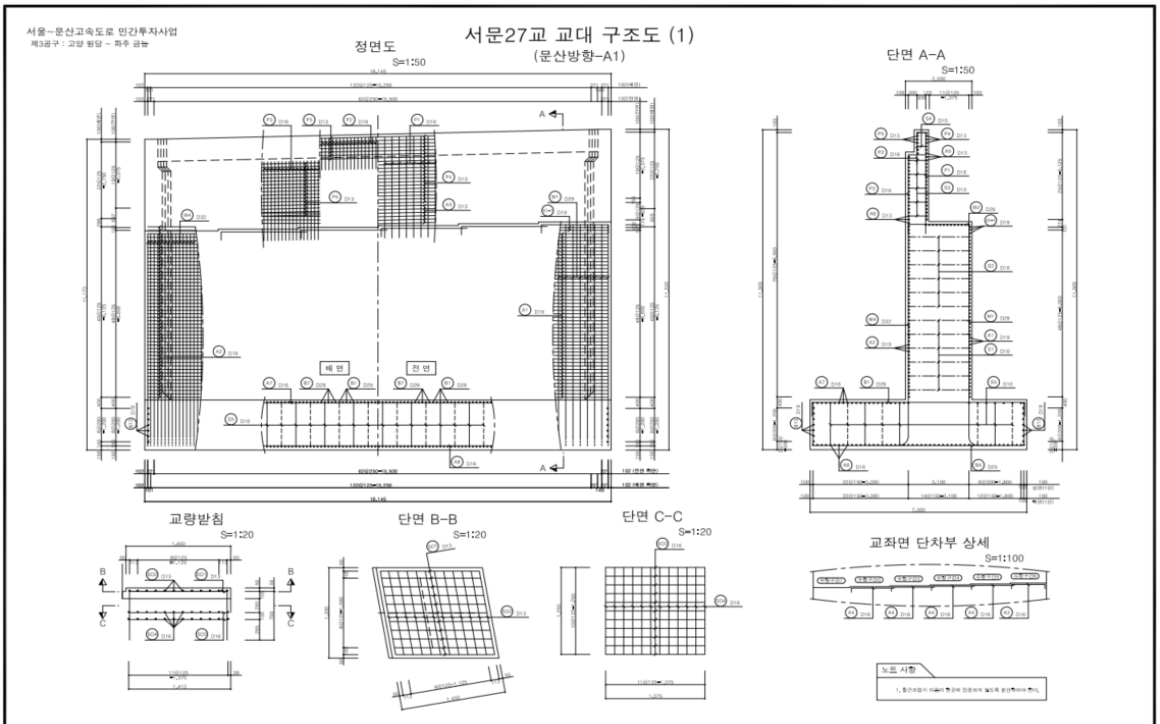


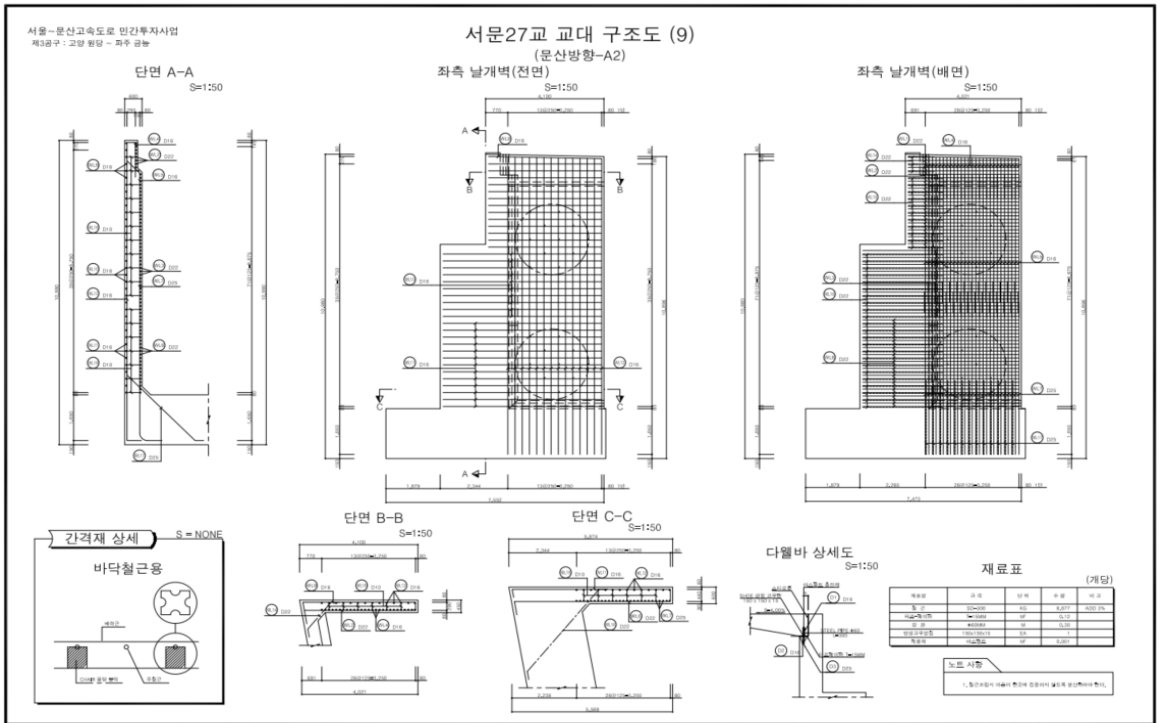


【그림 30.1.5】 교대 일반도

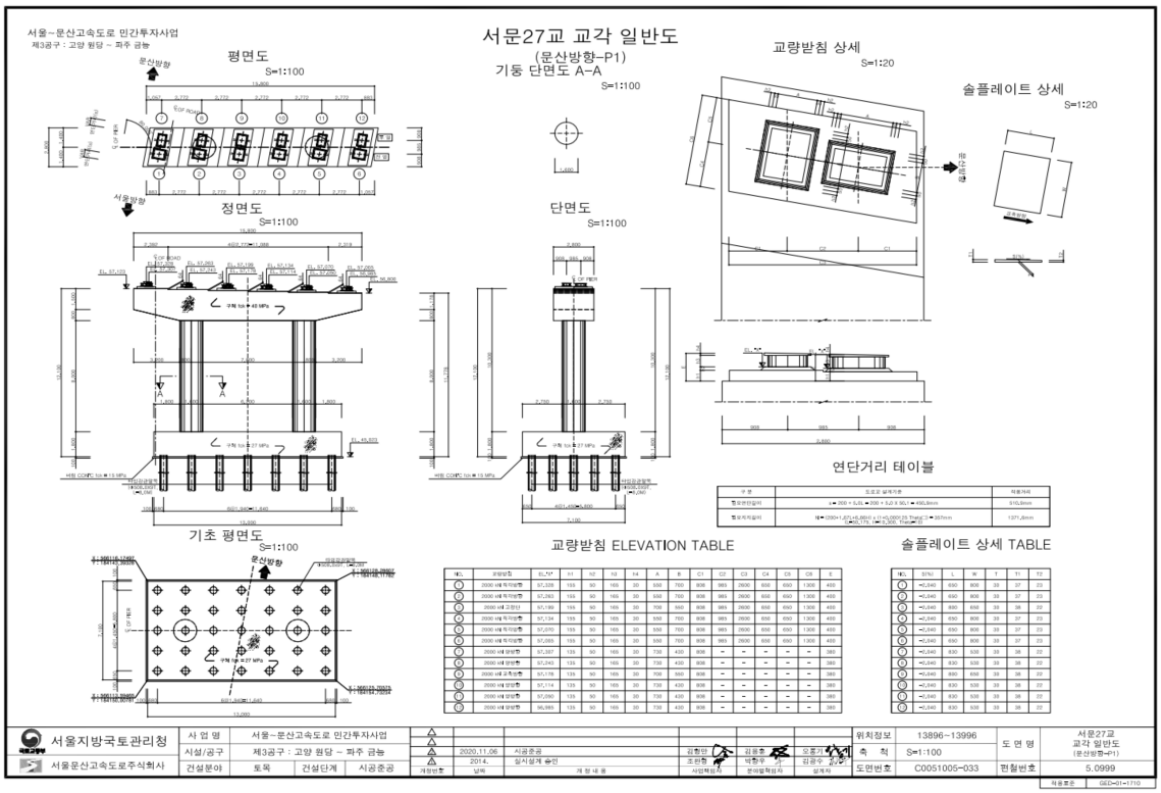


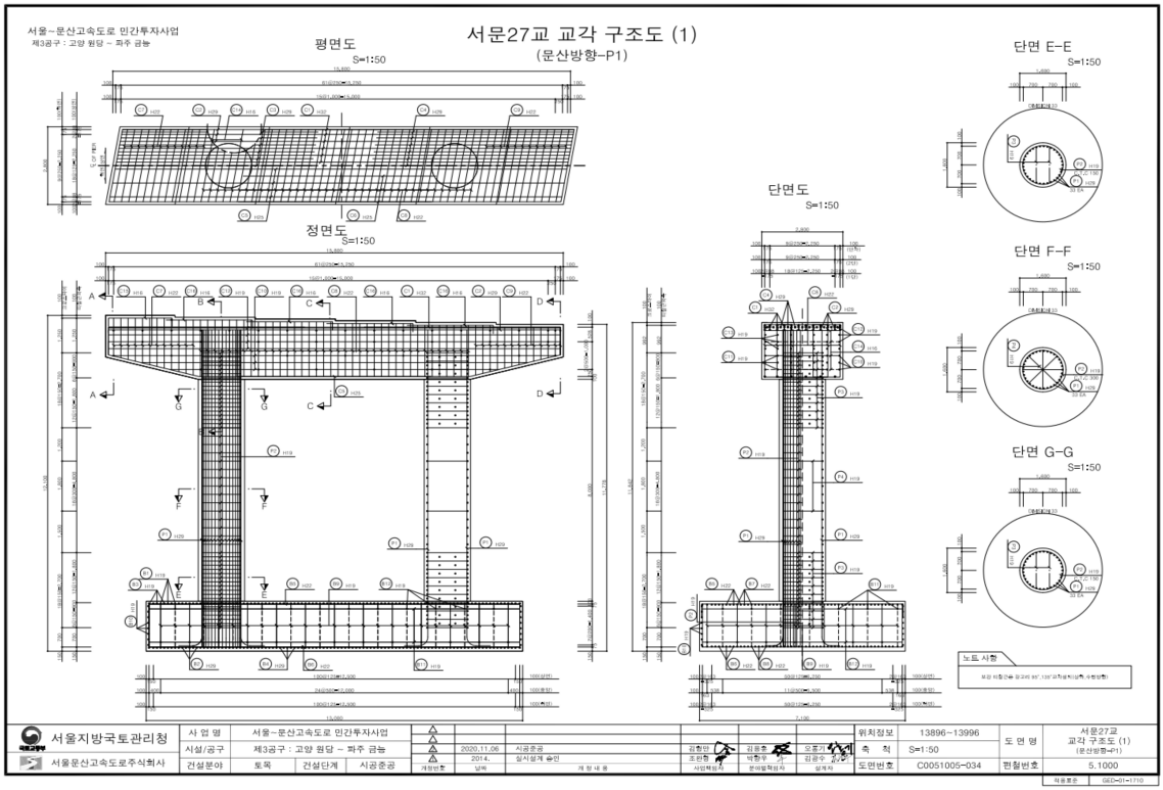
【그림 30.1.6】 바닥판하면 배근도





【그림 30.1.7】 교대 배근도





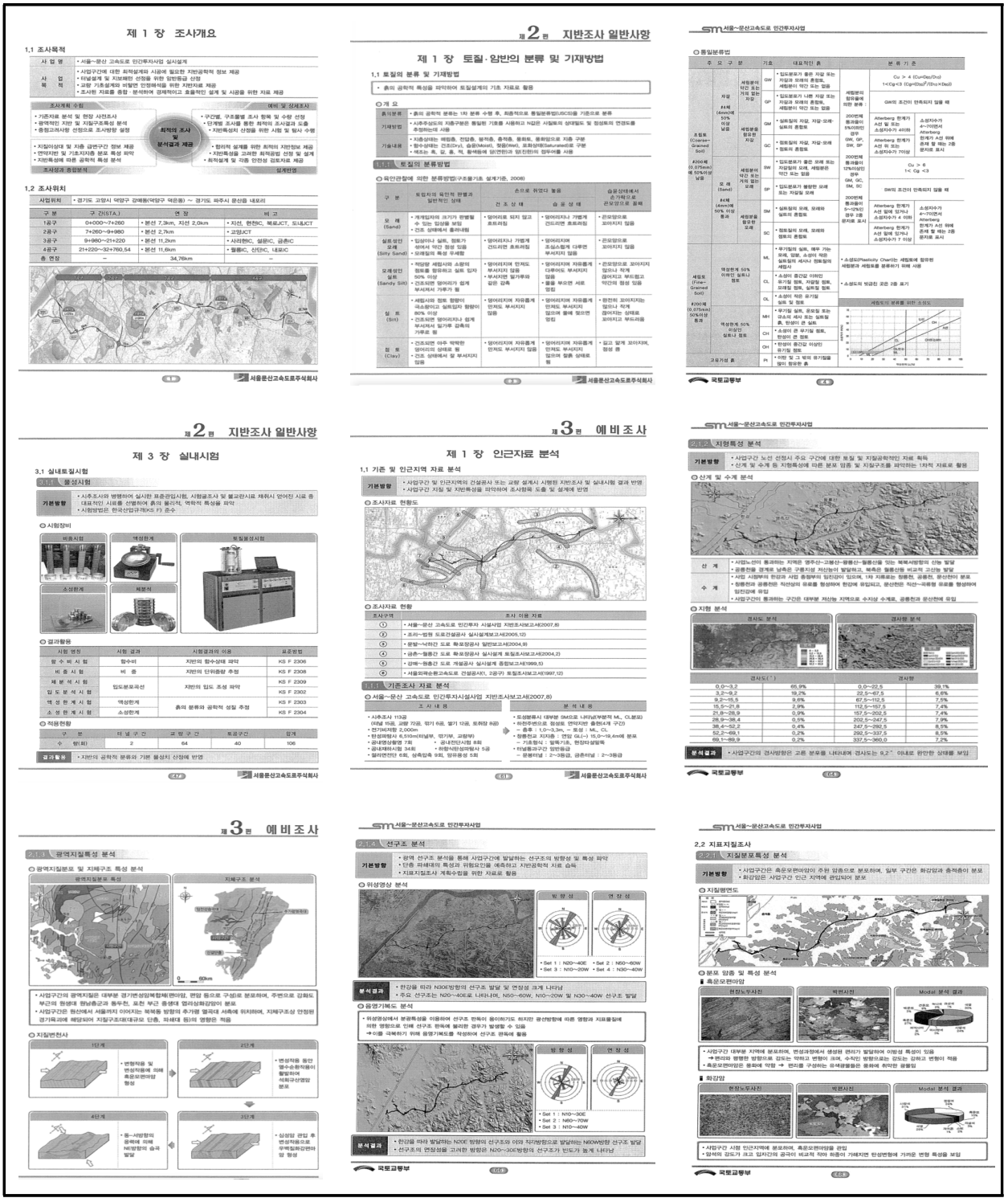
【그림 30.1.8】 교각 일반도, 배근도

30.2 자료수집 및 분석

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

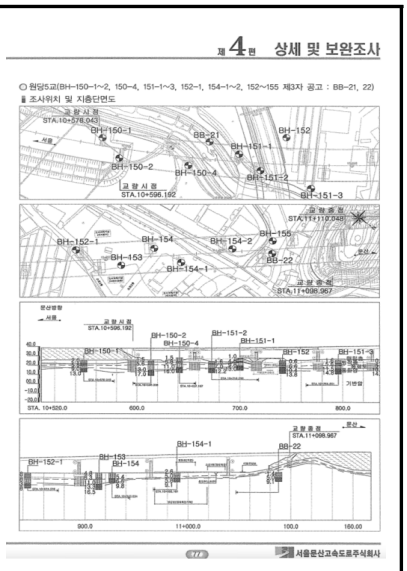
30.2.1 설계자료 검토

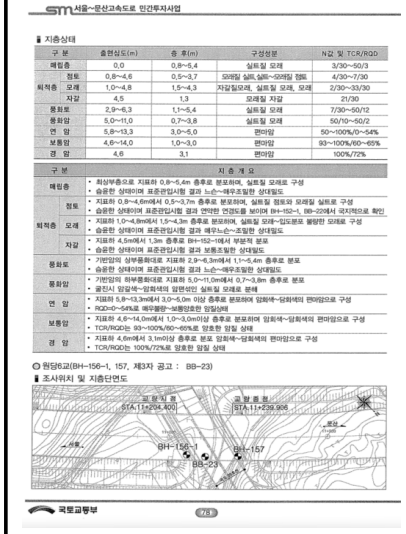
가. 지형 및 지질

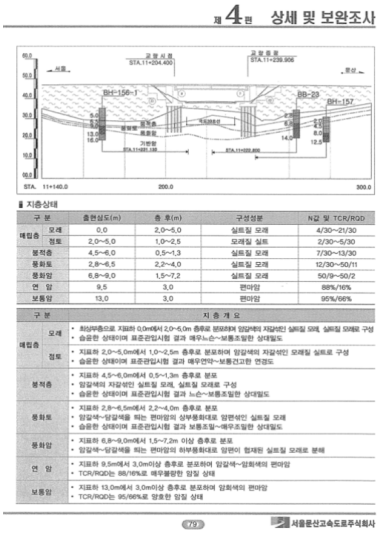


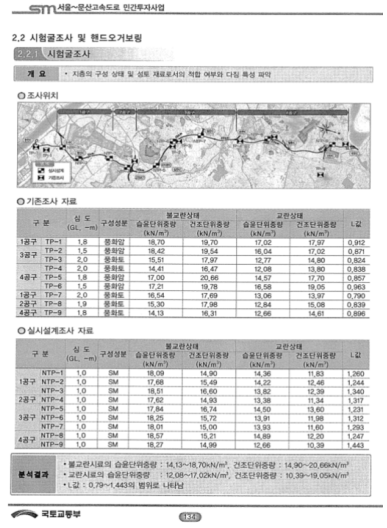
제 3 편 예비조사
2.2.2 절리특성 분석
기본방향
• 광기 및 타넬구간을 대상으로 지표노두에서 불연속면의 방향 측정 및 절리군 요소 파악
• 대표 노두지점에서 절리군별 간격, 개방기(JRC), 변질강도(JCS) 등 절리면의 공학적 특성 파악
조사위치도
결과분석
분석결과
69
서울문산고속도로주식회사

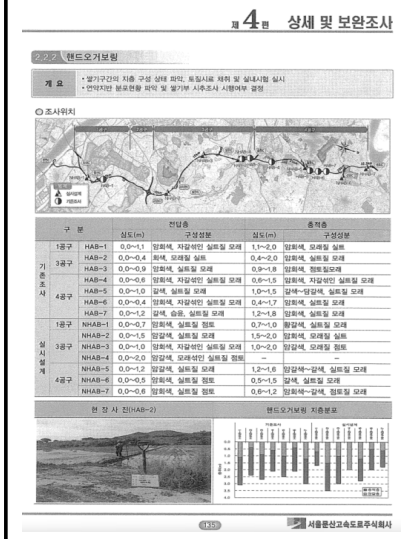
제 4 편 상세 및 보완조사
제 2 장 공구별 지층현황
2.1 시추조사 현황
2.1.1 시추조사 위치
터널구간
교량구간
77
서울문산고속도로주식회사

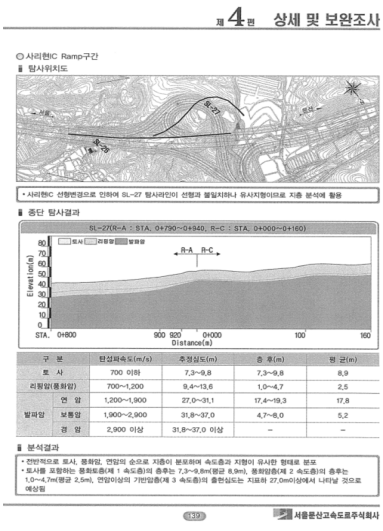

제 4 편 상세 및 보완조사
조사위치 및 지층단면도
78
서울문산고속도로주식회사

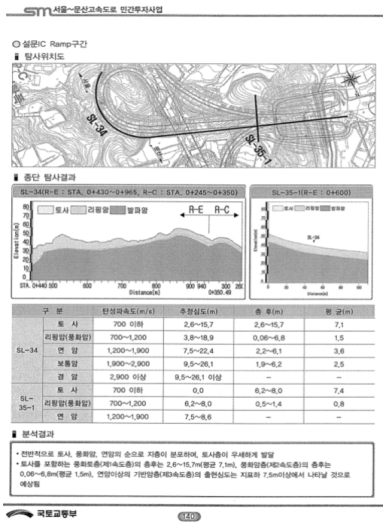

서울~문산고속도로 민간투자사업
지층상태
지층개요
국토교통부
128


제 4 편 상세 및 보완조사
지층상태
79
서울문산고속도로주식회사

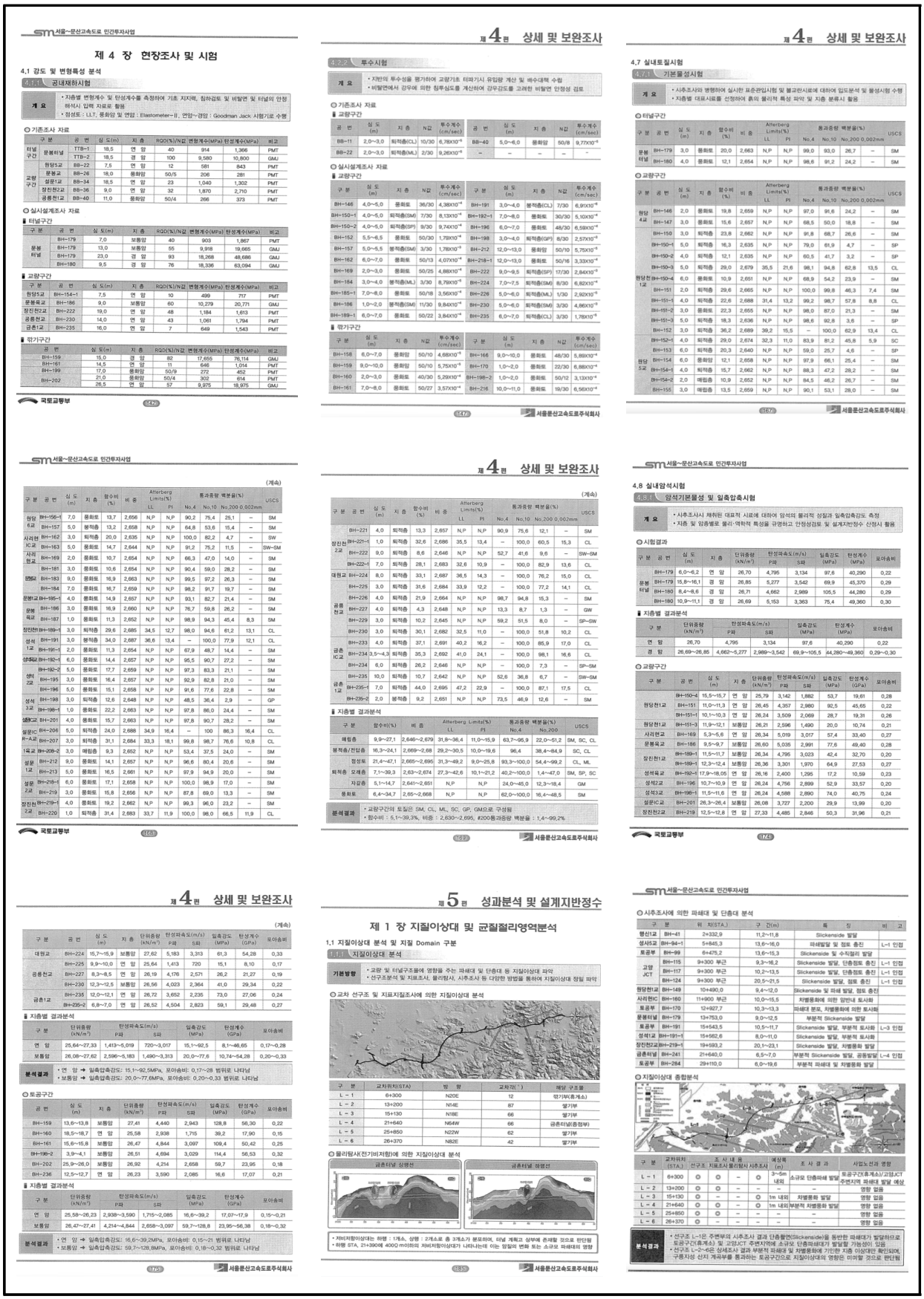

서울~문산고속도로 민간투자사업
2.2 시험굴조사 및 핸드오거보링
2.2.1 시험굴조사
조사위치
기존조사 자료
실시설계조사 자료
분석결과
국토교통부
131


제 4 편 상세 및 보완조사
2.2.2 핸드오거보링
개 요
조사위치
135
서울문산고속도로주식회사


제 4 편 상세 및 보완조사
사리현IC Ramp구간
탐사위치도
종단 탐사결과
분석결과
139
서울문산고속도로주식회사


서울~문산고속도로 민간투자사업
설문IC Ramp구간
탐사위치도
종단 탐사결과
분석결과
국토교통부
140

나. 지반 및 지질 조사보고서

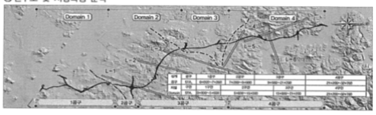


서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역 30. 서문27교(문산)

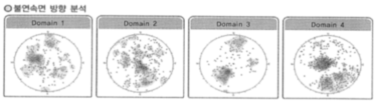
1.1.2 지질 Domain 구분

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



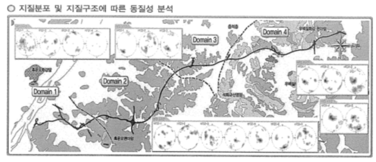
○ 지질 Domain 구분

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

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			

2.2 교량구간 성과분석

2.2.1 교량별 지층현황

○ 지층현황

교량명	위치		해당 공번	풍화암		연암		보통암		경암	
				출현심도	N치	출현심도	RQD(%)	출현심도	RQD(%)	출현심도	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

(계속)

교량명	위치		해당 공번	풍화암		연암		보통암		경암	
				출현심도	N값	출현심도	RQD(%)	출현심도	RQD(%)	출현심도	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

(계속)

교량명	위치		해당 공번	풍화암		연암		보통암		경암	
				출현심도	N값	출현심도	RQD(%)	출현심도	RQD(%)	출현심도	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

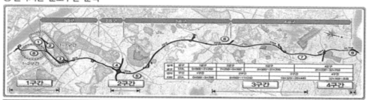
○ 지층 분포 현황

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

2.4.2 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 분포구간 분석



위 치(STA.)	구성 토질	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

제 3 장 설계지반정수 산정

3.1 개요

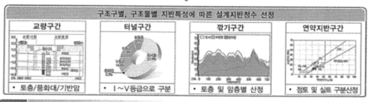
개 요	• 지표지질조사 성과분석에 의한 사업구간내 구조구 특성을 고려한 구간별 설계지반정수 산정 • 문헌자료, 인근지역 분석 자료 및 기존자료(제3자공고안, 보완설계)에 대한 분석을 수행하고, 각종 경험식 및 현장시험 값을 고려한 설계지반정수 유도

3.1.1 기본방향

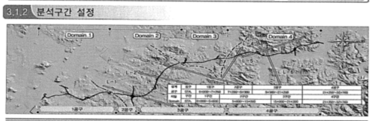
기존자료 및 현장시험에 따른 결과분석에 의한 구조구별 설계지반정수 선정

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



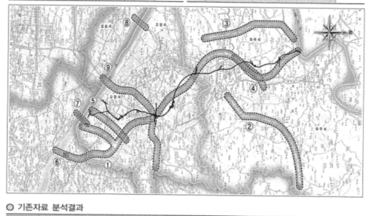
구 분	1구간(Domain 1)	2구간(Domain 2)	3구간(Domain 3)	4구간(Domain 4)
STA.(km+m)	사업시점~5+600	5+600~15+500	15+500~21+200	21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 •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

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

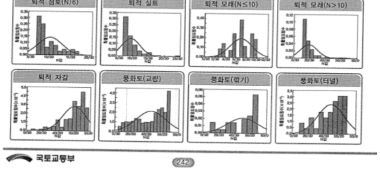
3.3.3 지층별 대표 N값 산정

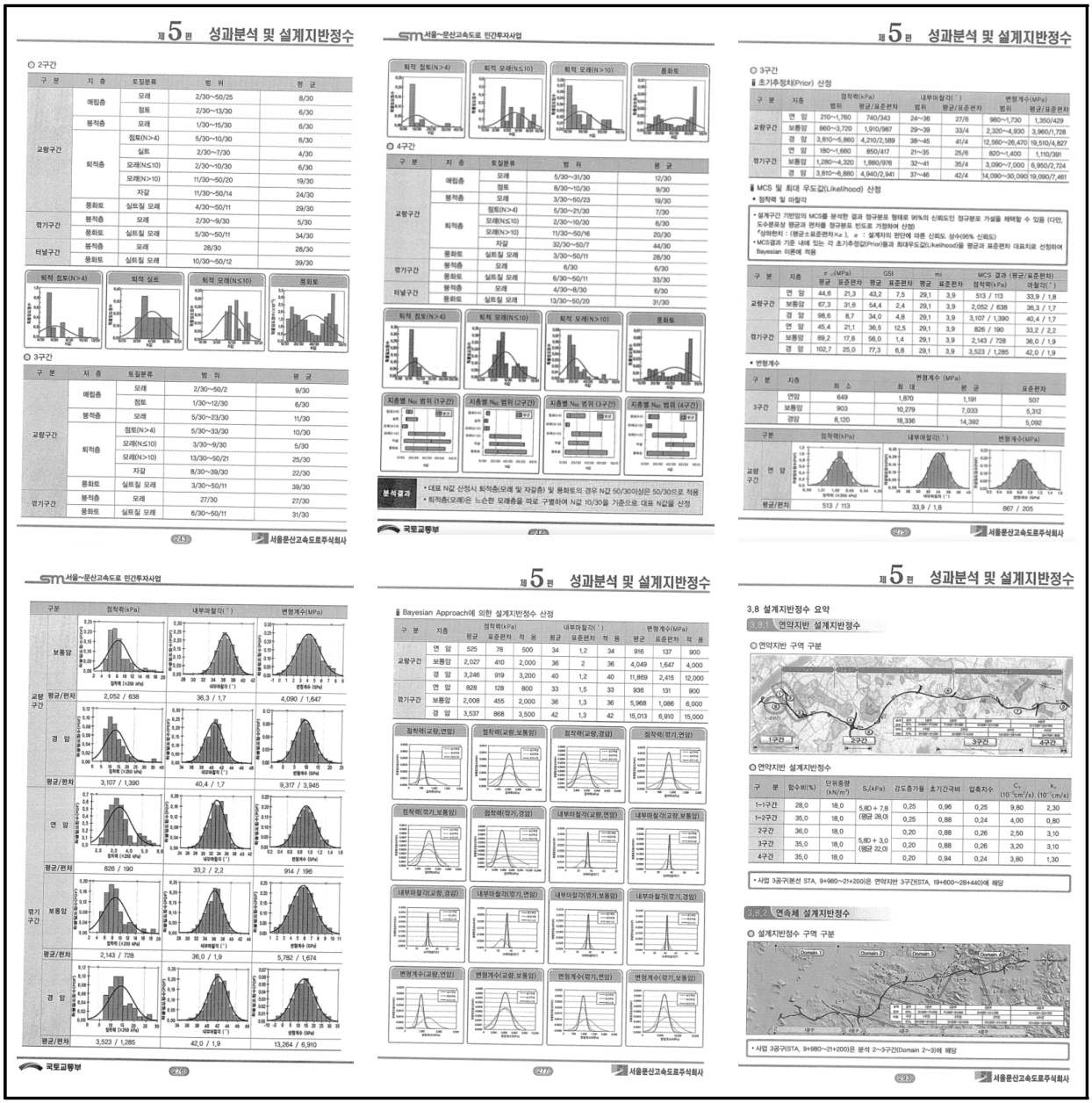
기본방향	• 사업구간내 토사층이 광역적으로 분포함에 따라 지형적 · 지질적 요인에 따른 토질 특성을 고려 • 선행된 지표지질조사 결과에 의한 지질 구조구 및 구조물 특성, 토질입자의 특성 등을 고려하여 분류 • 각종 물성값의 기초 자료가 되는 구간별, 구조물별, 지층별, 토성별 N값을 선정

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





제5편 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

제5편 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 변차를 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	826 / 190	33.2 / 2.2	914 / 196
	보통암	2,143 / 728	36.0 / 1.9	5,782 / 1,674
	경 암	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9	13,264 / 6,910

국토교통부

제5편 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

제5편 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 (10⁻²cm²/s)	K_v (10⁻⁷cm/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(문산방향)
- 교량형식 : Bicon 교
- 교량등급 : 1등급 적용

2.1 기본제원

(1) 슬래브 전장 : 100.000 m

(2) 거 더 전 장 : 49.900 m

(3) 설 계 지 간 : 49.000 m

(4) 교 량 폭 원 : 15.900 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,mm	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
곡률마찰계수(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

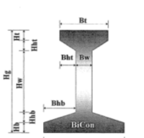
(3) 거더콘크리트와 바닥판콘크리트의 탄성계수비(ns) = Ecks / Eck = 26702 / 30008 0.890

3. 단 면 가 정

3.1 단면제원

(1) 바닥판 두께(sh) : 240 mm

(2) 거더 단면



Bicon 단면제원

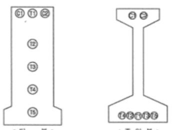
Hg	2600 mm
Ht	200 mm
Hb	300 mm
Hht	150 mm
Hhb	200 mm
Hw	1750 mm
Bt	800 mm
Bb	1100 mm
Bw	200 mm
Bht	300 mm
Bhb	450 mm

(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	3300kN	3300kN	3300kN	3300kN
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.

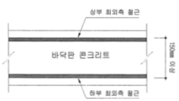
(3) 콘크리트가 현장타설되고 습윤양생되어야 한다.

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

(5) 바닥판 두께에 대한 유효지간의 비가 6이상 15이하인 경우 적용한다.

6 ≤ 1.930 m / 0.240 m = 8.042 ≤ 15 -------------- O.K

(6) 바닥판의 상부와 하부에 배근된 철근의 외측면 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.

1.930 m ≤ 3.600 m -------------- O.K

(8) 바닥판의 홈집, 마모면, 보호피복 두께층을 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

▶ 중분대 또는 방호벽, 보도 등이 있을 경우

0.710 m (좌측켄틸레버 길이) ≥ 0.24 × 3 = 0.720 -------------- O.K

0.740 m (우측켄틸레버 길이) ≥ 0.24 × 3 = 0.720 -------------- O.K

▶ 중분대 또는 방호벽, 보도 등이 없을 경우

0.710 m (좌측켄틸레버 길이) < 0.24 × 5 = 1.200 -------------- 적용 불가

0.740 m (우측켄틸레버 길이) < 0.24 × 5 = 1.200 -------------- 적용 불가

※ 경험적 설계법 적용구간

	켄틸레버구간	켄틸레버 인접 내측바닥판	중앙부 내측바닥판	비고
좌측	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 배근하여, 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

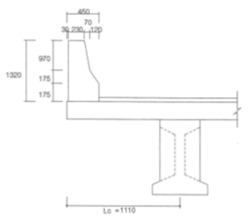
As_{req} = 240000 × 0.300% = 720.000 mm^2

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

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

4.2 G1측 켄틸레버 부

4.2.1 단면치수



4.2.2 바닥판의 두께 검토

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

L = 0.000 m (켄틸레버 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	0.394	25.000	9.850	0.525	5.171
바닥판	0.170	25.000	4.250	0.355	1.509
포 장	0.013	23.500	0.306	0.130	0.040
난 간			0.000	0.525	0.000
합 계			14.406		6.720

(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	8.736	6.720	
Case 2	12.134	9.334	
Case 3	13.124	13.470	
Case 4	8.736	6.720	
Case 5	12.619	13.470	
Case 6	39.069	30.053	
Case 7	39.200	32.667	

④ 적용하중

구 분	M (kN · m)	비 고
계 수 하 중	39.200	
사 용 하 중	32.667	

4.2.4 철근량 산정

(1) 설계조건

1) 설계휨모멘트 : Mu = 39199920.0 (N · mm)

2) 단 면 치 수 : H = 240.00 (mm) , b = 1000.0 (mm)

: d = 180.00 (mm) , d' = 60.0 (mm)

3) 재료의 성질 : f_{ck} = 27 MPa , f_y = 400 MPa

4) 강도감소계수 : Φ_f = 0.85 , k_1 = 0.85

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As × fy = 993.000 × 400.000 = 397200.000

C = 0.85 × fck × a × b = 0.85 × 27 × a × 1000.000 = 22950.000 × a

T = C 이므로, a = 17.307 mm , c = 17.307 / β1

= 17.307 / 0.85 = 14.711 mm

εy = fy / Es = 400.000 / 200000.000 = 0.002

εt = 0.0030 × (dt - c) / c = 0.003 × (180.000 - 14.711) / 14.711

= 0.0337

εt ≥ 0.005 이므로 인장지배단면이며, Φ_f = 0.85 를 적용한다.

(2) 필요 철근량

a = As · fy / 0.85 · fck · b = 0.0174 As (mm^2)

Mu = Φ · As · fy · (d - a / 2)

-2.963 As^2 + 61200 As - 39199920.0 = 0 에서

As(req) = 661.721 (mm^2)

단면철근비 : P = As / (b × d) = 0.0037

최대철근비 : Pmax = 0.75×0.85× k1 ×(fck / fy)×(600 / (600 + fy)) = 0.0219

최소철근비 : Pmin = 1.4 / fy = 0.0035

① As(req) = 661.721

② As(min) = 630.000 ∴ As = 661.721 mm^2 이상 사용

③ 4/3×As = 882.295

(3) 사용 철근량

① H 16 @ 200 = 993.000

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

(4) 설계휨강도

Φf · Mn = 0.85×As×fy×(d - a/2) = 57.850 kN · m

a = As · fy / (0.85 · fck · b) = 17.307 mm

∴ Φf · Mn = 57.850 kN · m > Mu = 39.200 kN · m ------------------ O.K

4.2.5 사용성 검토

(1) 처짐 검토 (콘크리트구조설계기준 · 해설, 2007, p.75)

1) 처짐검토를 필요로 하지 않는 최소두께 (켄틸레버)

Tmin = L / 10 = 0.71 × 1000 / 10 = 71 mm

Tcan (240mm) > Tmin (71mm) ------------------ 처짐검토 불필요

(2) 균열 검토 (콘크리트구조설계기준 · 해설, 2007, p.495)

1) 사용하중에 대한 철근의 인장응력 최대값

Mmax : 사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합 사용

Mmax = Mnet = 32.667 kN · m

n = Es / Ec = 8

puse = As_use / b · d = 0.00552

k = -n · p + √((n · p)² + 2 · n · p) = 0.256

j = 1 - (k / 3) = 0.915

Fsmax = Mmax / (p · j · b · d²) = 199.618 MPa

Fsmax (=199.618 MPa) < 0.6Fy (=240 MPa) ------------------ O.K

2) 철근의 최대 중심간격

Cc = d' - Hn / 2 = 60.00 - H 16 / 2 = 52.00 mm

여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375 × (210 / Fsmax) - 2.5 Cc

= 375 × (210 / 199.62) - 3 × 52.00 = 264.504 mm

300 × (210 / Fsmax) = 300 × (210 / 199.62) = 315.603 mm

Sa는 작은 값인 264.504 mm 를 적용

S = 200 mm ≤ Sa (= 264.504 mm) ------------------ O.K

(3) 피로 검토 (콘크리트구조설계기준 · 해설, 2007, p.82)

▶ SD40 이형철근의 경우 피로를 고려하지 않아도 되는 응력 범위 : 150 MPa

Ml = 0.000 kN · m

fy = Ml / (p · j · b · d²) = 0 MPa < 150 MPa -------------- 검토 불필요

4.7 2경간 연속부 검토

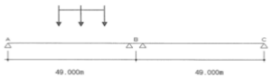
1차 사하중 : BEAM 가설시 단순 BEAM 에서 출수
2차 사하중 : 활하중 및 포장, 난간 기타
본 계산에서는 2차 사하중에 의해 발생하는 부모멘트에 의하여 설계한다.

4.7.1 연속부 부모멘트 산정

(1) 2차 사하중 (49.000 + 49.000 = 98.000)

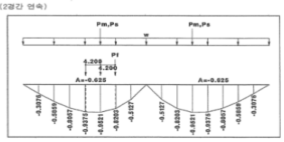
(2) 활하중

- DB24 (Pf = 24 kN , Pr = 96 kN)



- DL24 (wl = 12.7 kN/m , Pm = 108 kN)

(3) 영향선 (2경간 연속)



4.7.4 사용성 검토

(1) 균열 검토

Wmax = 1234.89 kN · m/m (사용하중에 의한 단면력)
fck = 27 MPa H = 2473.00mm d = 2343.00m
fy = 400 MPa B = 1000.00mm 피복두께= 130.00mm
P = As / (b×d) = 0.0020
rp = 0.01619
k = -rp + √((rp)²+2rp)
= 0.16448
j = 1 - k / 3 = 0.9452
fs = Wmax / (p×j×b×d²) = 121.646 MPa

As-use : H 19 @ 125 = 2292.00 철근간격= 125.00mm (2 단 배근)
H 19 @ 125 = 2292.00 N = 16
dc = 60.00mm (슬래브 상면피복) n = 8
R = 1.35 (슬래브)

- 철근의 최대 중심간격
Cc = z - Rn / 2
= 51 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (210 / Fsmax) -2.5 Cc
= 521.118 mm
300 x (210 / Fsmax)
= 517.894 mm
Smin 작은 값인 517.894 mm 을 적용
S = 125.000 mm ≤ (= 517.894 mm) O.K

(2) 처짐 검토
fy = 400 MPa (콘크리트구조설계기준 · 해설, 2007, p.82)
Tmin = L/28 지간 = 1.93m
= 0.069
= 68.93mm < Tuse = 2473.00mm

∴ 처짐 검토 생략

(3) 피로 검토
Ml = 296.889 kN · m/m (SD40 일때 철근응력 범위 = 150MPa)
fy = Ml / (p × j × b × d²) = 29.245 MPa < 150 MPa
O.K

5.5 단면성질 요약

5.5.1 G1 거더

< 단위 : m >

구 분	A	Iyy	zst	zgt	zgb	zcc	zlc
총 단 면	1.04500	0.913970	-	1.494	-1.106	-	-
순 단 면	1.00259	0.869459	-	1.462	-1.138	1.337	-1.014
PS강재 환산단면	1.08548	0.961468	-	1.510	-1.090	1.385	-0.966
바닥판 합성단면	1.61414	1.908840	1.216	0.976	-1.624	0.851	-1.500

5.5.2 G2~G5 거더

< 단위 : m >

구 분	A	Iyy	zst	zgt	zgb	zcc	zlc
총 단 면	1.04500	0.913970	-	1.494	-1.106	-	-
순 단 면	1.00259	0.869459	-	1.462	-1.138	1.337	-1.014
PS강재 환산단면	1.08548	0.961468	-	1.510	-1.090	1.385	-0.966
바닥판 합성단면	1.66861	1.972428	1.181	0.941	-1.659	0.816	-1.535

5.5.3 G6 거더

< 단위 : m >

구 분	A	Iyy	zst	zgt	zgb	zcc	zlc
총 단 면	1.04500	0.913970	-	1.494	-1.106	-	-
순 단 면	1.00259	0.869459	-	1.462	-1.138	1.337	-1.014
PS강재 환산단면	1.08548	0.961468	-	1.510	-1.090	1.385	-0.966
바닥판 합성단면	1.62055	1.916542	1.212	0.972	-1.628	0.847	-1.504

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	4735.4	5474.6	4789.4	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	1839.0	1919.5	1851.0	바닥판 합성단면	
DB 활하중	4100.3	3532.0	3432.2		
DL 활하중	4432.8	3769.7	3763.7		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	4432.8	3769.7	3763.7		
합 계	19216.1	19372.7	18613.0		

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	375.3	424.2	379.7	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	189.2	145.7	190.2	바닥판 합성단면	
DB 활하중	399.3	396.3	306.2		
DL 활하중	409.0	389.8	317.9		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	409.0	396.3	317.9		
합 계	1698.7	1691.4	1613.2		

15.3 파열력에 대한 검토

(1) 정착구 Busting 철근 검토
a(정착판 횡변 길이) = 315 mm
b(정착단면의 치수) = 2600 mm
α(radian) = ave(Tn-1- Tn) = 0.134353979
∑Pn (도입긴장력) = 13200000 N

1) 파열력 산정
Thurst = 0.25 × ∑Po × { 1 - (a/b)} + (0.5 × ∑Po × sinα)
= 0.25 × 13200000 × { 1 - (945 / 2600) }
+ 0.5 × 13200000 × sin 0.13435
= 2967313.2 N

2) 보강철근량 산정
1.2 Thurst = Φ Tn = Φ As fy
Req'd As = 1.2 × 2967313.19 / (0.8 × 300.0) = 14936.6 mm²
e = 2600 / 2 - (250 x 4 + 500 x 2 + 500 x 1) / 4
= 675 mm
dburst = 0.5 × (h - 2e) + 5e x sin 0.13435
= 0.5 × (2600 - 2 × 67.50) + 5 × 67.50 × sin 0.13435
= 1233.3 mm

* 파열 보강 철근은 고려하는 면에 대해 2.5dburst의 거리에 걸쳐 단면의 해당 측방향 치수의 1.5배를 넘지 않게 긴장재 압축을 이라 계하면 발에 콘로의이라 한다. 파열 보강 철근의 도심은 설계에 적용된 거리 dburst에 일치해야 한다. 간격은 보강 철근 지름의 24배 또는 300mm를 넘어서는 안된다.
(도로교설계기준, P323)

배치 범위 = 2.5 × 1233.3 = 3083.25 mm
spacing = 150 mm
Used bar = D 16 (Ar= 198.6 mm²) - 6 ea × 14 layer = 16692.4 mm²
O.K

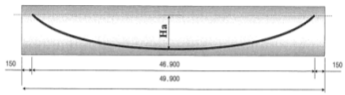
15.4 할렬력에 대한 검토

1) 할렬력 산정
Tspall = 0.02 × ∑Po = 0.02 × 2967313.190 = 59746.264 N

2) 보강철근량 산정
fs = 0.6 × fy = 0.6 × 300 = 180 MPa
As = Tspall / fs = 59746.264 / 180 = 331.924 mm²

16. PS 강재의 신장량 검토

16.1 강뎅 및 강선의 계원 (8. 프리스트레스 참조)



강선번호	Ap(m²)	Ep(MPa)	Ha(m)	L(m)	α(radian)
C1	0.001017	200000	0.000	48.950	0.00000
C2	0.001017	200000	0.000	48.950	0.00000
T1	0.000971	200000	2.360	49.241	0.38684
T2	0.002358	200000	1.625	49.093	0.13202
T3	0.002358	200000	1.125	49.019	0.09167
T4	0.002358	200000	0.625	48.971	0.05103
T5	0.002358	200000	0.125	48.951	0.01021

16.2 PS 강재의 신장량
(1) 신장량 (11. 정착부 설계 참조)
ΔL = (Po + Pnet) / 2 × Lps / (Ap×Ep)

강선번호	검장순서	도입긴장력(Po)	순긴장력(Pnet)	Lps(m)	ΔL(mm)
C1	5	-575.00	-472.75	48.950	-126.031
C2	5	-575.00	-472.75	48.950	-126.031
T1	5	1150.00	923.07	49.241	262.850
T2	4	3300.00	2864.30	49.093	320.865
T3	1	3300.00	2577.95	49.019	305.465
T4	2	3300.00	2712.96	48.971	312.208
T5	3	3300.00	2849.29	48.951	319.154

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
내진등급	- 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 - 내진등급교가 건설되는 도로 위를 넘어가는 고가교량	1000년
내진II등급	내진등급교에 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

2. 설계대상 교량

2.1 설계조건

○ 교량 제원

(1) 구조형식

구 조 형 식					
상부형식	구조형식	PSC BEAM	하부형식	교각형식	역T형교각(H=1.6m)
	지간구성	2@50.0 = 100.0m		사용재료	콘크리트 f_{ck}=40 MPa
	사용재료	콘크리트		기초형식	직접기초
				사용재료	콘크리트 f_{ck}=27 MPa

(2) 내진등급과 설계지진 수준

내진등급	위험도계수	가속도계수	지반계수
I	0.11	1.4	구역계수 × 위험도계수 = 0.154g	II (내진I.2,연진I.5)

(3) 해석 방법

구 분	내진설계	면진설계
입력지진	지반계수에 맞는 응답스펙트럼	4개의 인공지진파
해석방법	다중모드 응답 스펙트럼 해석	시간이력 해석
	5% 감쇠비를 적용하였으며 Ritz Vector 해석법 사용	5% 감쇠비를 적용하였으며 Ritz Vector 해석법 사용
	질량참여율 90% 이상	질량참여율 90% 이상

(4) 적용 받침

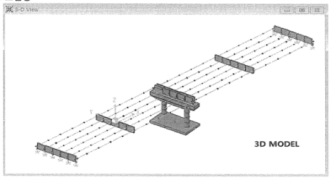
구 분	내진설계
적용 받침	탄성받침(PAD)

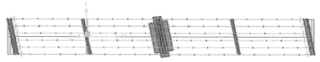
2.2 참고문헌

① 도로교 설계기준 (한국도로교통협회, 2010년)
② 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부, 2007년)
③ 도로설계요령 (한국도로공사. 2002년)
④ 설계 실무 자료집 (한국도로공사. 1996년)

3. 해석 모델

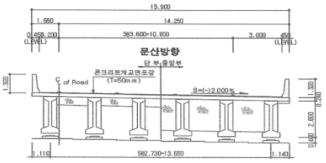
3.1 모델링





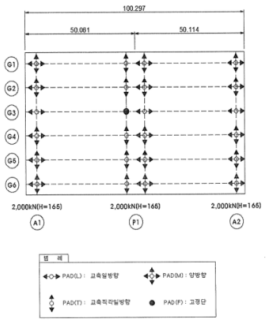
X-Y MODEL

3.2 단면 특성


15.900
1.950
14.250
0.450
(L.0.0L)
363.600=10.800
3.000
0.450
(L.0.0L)
문산방향
단 부 중앙부
콘크리트계고면포장
(T=50cm)
℄ of Road
3%
3%
2%
2%
2

4. 받침특성치 검토

4.1 받침배치도



4.2 받침특성치

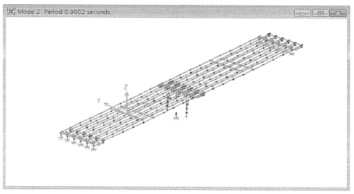
받침규격			압축강성	전단강성	고무층수	위치
받침	용량	받침높이	Kv,(kN/m)	Kh,(kN/m)		
PAD	2,000 kN	H=165mm	818,200	3,451	5층	A1~A2

5. 고유치 해석결과

5.1 Mode Shape

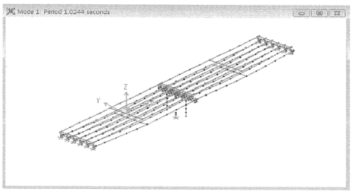
(1) 교축방향 모드형상 (2차모드)

- 고유주기 : 0.9902초



(2) 교축직각방향 모드형상 (1차모드)

- 고유주기 : 1.0244초



6. 내진해석 결과

6.1 받침 부재력 해석결과

(단위 : kN)

교각	받침		용량	교축방향 해석시		교축직각방향 해석시	
				교축	교직	교축	교직
A1	1	PAD	2,000	192	22	31	133
	2	PAD	2,000	192	22	31	133
	3	PAD	2,000	192	22	31	133
	4	PAD	2,000	192	22	31	133
	5	PAD	2,000	192	22	31	133
	6	PAD	2,000	192	22	31	133
P1좌	7	PAD	2,000	128	30	20	172
	8	PAD	2,000	128	30	20	172
	9	PAD	2,000	129	30	20	172
	10	PAD	2,000	129	30	20	173
	11	PAD	2,000	129	29	20	172
	12	PAD	2,000	130	29	20	172
P1우	13	PAD	2,000	128	29	20	172
	14	PAD	2,000	128	30	20	172
	15	PAD	2,000	129	30	20	173
	16	PAD	2,000	129	29	20	173
	17	PAD	2,000	129	29	20	172
	18	PAD	2,000	130	29	20	172
A2	19	PAD	2,000	192	22	31	133
	20	PAD	2,000	192	22	31	133
	21	PAD	2,000	192	22	31	133
	22	PAD	2,000	192	22	31	133
	23	PAD	2,000	192	22	31	133
	24	PAD	2,000	192	22	31	133

7. 하부구조 내진해석 결과

7.1 교각하단 부재력

구 분			교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	8.00	6,773	924	932	198	1,271	4,760	163	1,152	
	우		6,472	899	857	198	1,197	4,749	153	1,149	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.2 교각하단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진

2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

구 분			하중경우 1				하중경우 2				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	8.00	7,154	2,352	981	543	3,303	5,037	443	1,211	
	우		6,831	2,324	903	543	3,139	5,018	410	1,209	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.3 교각상단 부재력

구 분			교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	8.00	673	937	918	193	639	4,382	157	1,130	
	우		407	966	843	194	700	4,371	147	1,127	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.4 교각상단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진

2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

구 분			하중경우 1				하중경우 2				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	8.00	865	2,252	965	532	841	4,664	433	1,188	
	우		617	2,277	887	532	822	4,661	400	1,185	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

▣ 결 과 요 약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(tf/EA)	1231.410	733.291	O.K
	허용인발력(tf/EA)	524.071	-	O.K
	휨응력(MPa)	133.000	120.425	O.K
	전단응력(MPa)	76.000	14.018	O.K
	수평변위(mm)	15.000	12.356	O.K
지진시	허용지지력(tf/EA)	1847.110	1000.330	O.K
	허용인발력(tf/EA)	786.107	-71.810	O.K
	휨응력(MPa)	199.500	135.451	O.K
	전단응력(MPa)	114.000	20.981	O.K
	수평변위(mm)	15.000	10.420	O.K

■ 단면 등 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (㎟)	사용철근량 (㎟)	Mu (tf.m)	ΦMn (tf.m)	만족도	비고
전면파한		1800	150	2203.44	4053.6	917.994	1674.743	1.824	O.K
후면파한		1800	100	3047.03	5139.2	1303.48	2178.322	1.671	O.K
벽체 (H=9.730)		2300	100	3811.41	6353.6	2110.962	3489.679	1.653	O.K
돌출		800	100	919.563	1589.8	162.382	279.868	1.717	O.K
좌측날개벽	A(T=600 mm)	600	80	2496.48	4053.6	319.348	506.698	1.587	O.K
	돌부(T=450)	450	80	1301.09	4053.6	119.584	351.648	2.941	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	2308.09	3096.8	296.064	392.654	1.326	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	3163.16	4053.6	430.675	506.698	1.265	O.K
우측날개벽	A(T=600 mm)	600	80	2546.23	3096.8	325.474	392.654	1.206	O.K
	돌부(T=450)	450	80	1244.37	3096.8	114.503	274.202	2.395	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	2361.04	3096.8	302.621	392.654	1.298	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	3157.64	4053.6	400.009	506.698	1.267	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sg)	비 고
전면파한		95.072	150	125	484.572	O.K
후면파한		97.886	150	125	590.759	O.K
벽체 (H=9.730)		73.001	150	125	862.998	O.K
돌부		109.927	150	125	486.385	O.K
좌측날개벽	A(T=600 mm)	95.689	150	125	654.231	O.K
	돌부(T=450)	49.6	150	125	1270.165	O.K
	B(T=600 mm)	115.294	150	125	510.536	O.K
	C(T=600 mm)	120.767	150	125	483.335	O.K
우측날개벽	A(T=600 mm)	125.496	150	125	450.047	O.K
	돌부(T=450)	61.311	150	125	1027.552	O.K
	B(T=600 mm)	118.024	150	125	494.738	O.K
	C(T=600 mm)	120.731	150	125	483.528	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 등급
(4) 교 대 총 폭 : B = 16.145 m
(5) 교 대 총높이 : H = 11.530 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 : q1 = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 505.010 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 146.396 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 27.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 35.125 ° (Φ2 = 15 + √15N)
(4) 기초지반의 점착력 : C = 17.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.433 : TAN(가 · 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)

▣ 결 과 요 약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(tf/EA)	929.980	702.243	O.K
	허용인발력(tf/EA)	301.235	-	O.K
	휨응력(MPa)	140.000	115.001	O.K
	전단응력(MPa)	80.000	12.912	O.K
	수평변위(mm)	15.000	11.381	O.K
지진시	허용지지력(tf/EA)	1394.970	944.873	O.K
	허용인발력(tf/EA)	451.853	-36.245	O.K
	휨응력(MPa)	210.000	135.524	O.K
	전단응력(MPa)	120.000	19.610	O.K
	수평변위(mm)	15.000	9.740	O.K

■ 단면 등 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (㎟)	사용철근량 (㎟)	Mu (tf.m)	ΦMn (tf.m)	만족도	비고
전면파한		1800	150	2007.4	4053.6	837.057	1674.743	2.001	O.K
후면파한		1800	100	2717.51	5139.2	1164.193	2178.322	1.871	O.K
벽체 (H=9.230)		2350	100	3255.71	6353.6	1848.088	3559.688	1.932	O.K
돌부		800	100	905.773	1588.8	160.142	279.868	1.741	O.K
좌측날개벽	A(T=600 mm)	600	80	2398.5	3096.8	307.254	392.654	1.278	O.K
	돌부(T=450)	450	80	1493.34	3096.8	136.716	274.202	2.006	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	2206.9	3096.8	283.503	392.654	1.385	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	3064.02	4053.6	388.686	506.698	1.304	O.K
우측날개벽	A(T=600 mm)	600	80	2157.02	3096.8	277.287	392.654	1.416	O.K
	돌부(T=450)	450	80	1154.8	3096.8	106.455	274.202	2.576	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	2020.57	3096.8	260.272	392.654	1.509	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	2743.85	4053.6	349.723	506.698	1.449	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sg)	비 고
전면파한		87.035	150	125	561.961	O.K
후면파한		86.884	150	125	692.636	O.K
벽체 (H=9.230)		61.798	150	125	1019.451	O.K
돌부		108.521	150	125	495.796	O.K
좌측날개벽	A(T=600 mm)	119.101	150	125	488.706	O.K
	돌부(T=450)	73.291	150	125	859.585	O.K
	B(T=600 mm)	110.331	150	125	541.259	O.K
	C(T=600 mm)	117.075	150	125	503.895	O.K
우측날개벽	A(T=600 mm)	107.287	150	125	561.516	O.K
	돌부(T=450)	56.923	150	125	1106.758	O.K
	B(T=600 mm)	101.152	150	125	606.03	O.K
	C(T=600 mm)	105.245	150	125	579.503	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 등급
(4) 교 대 총 폭 : B = 16.145 m
(5) 교 대 총높이 : H = 11.530 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 : q1 = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 505.010 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 146.624 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 27.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 35.125 ° (Φ2 = 15 + √15N)
(4) 기초지반의 점착력 : C = 17.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.433 : TAN(가 · 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]

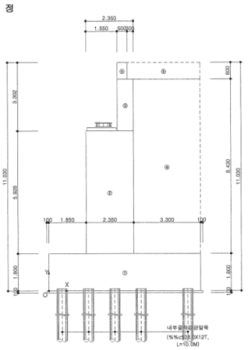
5) 설 계 방 법

(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	1351.161	1373.273	1350.000	1348.966	1375.518	1354.604	8153.522
활하중	427.158	399.883	369.333	368.459	402.845	402.845	2370.523

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
교축방향	192.31	192.33	192.3	192.29	192.32	192.29	1153.84
직각방향	133.31	133.27	133.32	133.29	133.18	132.85	799.22

2. 해석결과 요약

■ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1250.500	846.846	O.K
		허용인발력(kN/EA)	416.962	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	78.397	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	0.689	O.K
		수평변위(mm)	15.000	0.144	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1875.800	1079.151	O.K
		허용인발력(kN/EA)	625.443	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	122.114	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	13.366	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.573	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1250.500	901.372	O.K
		허용인발력(kN/EA)	416.962	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	89.401	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	3.763	O.K
		수평변위(mm)	15.000	0.786	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1875.800	886.450	O.K
		허용인발력(kN/EA)	625.443	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	124.535	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	16.150	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.901	O.K

■ 기둥의 단면 설계

① 기둥 상단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.011	17445.217	48526.477	2.782	O.K
	모멘트최대	0.011	12191.488	48526.477	3.980	O.K
	탄성설계	0.011	9378.068	11642.745	1.241	O.K
	편심최대	0.011	8440.261	48526.477	5.749	O.K
교축직각방향	축력최대	0.011	17445.217	47579.069	2.727	O.K
	모멘트최대	0.011	10828.563	32997.068	3.047	O.K
	탄성설계	0.011	9378.068	23458.122	2.395	O.K
	편심최대	0.011	8015.143	30978.714	3.865	O.K
활성부재력	축력최대	0.011	17445.217	47577.512	2.727	O.K
	모멘트최대	0.011	11292.044	33917.383	3.012	O.K
	탄성설계	0.011	9378.068	10844.110	1.156	O.K
	편심최대	0.011	7582.312	32592.202	4.298	O.K
	모멘트최대	0.011	10828.563	32078.002	2.962	O.K
	편심최대	0.011	8015.143	30309.627	3.782	O.K

② 기둥 하단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.011	17967.982	48526.477	2.701	O.K
	모멘트최대	0.011	12714.252	48526.477	3.817	O.K
	탄성설계	0.011	9780.194	12269.539	1.255	O.K
	편심최대	0.011	8802.175	48526.477	5.513	O.K
교축직각방향	축력최대	0.011	17967.982	47853.375	2.663	O.K
	모멘트최대	0.011	11331.221	33873.143	2.998	O.K
	탄성설계	0.011	9780.194	23729.117	2.426	O.K
	편심최대	0.011	8397.163	29536.720	3.517	O.K
활성부재력	축력최대	0.011	17967.982	47853.375	2.663	O.K
	모멘트최대	0.011	11784.808	34754.350	2.949	O.K
	탄성설계	0.011	9780.194	11596.055	1.186	O.K
	편심최대	0.011	7944.226	33877.363	4.239	O.K
	모멘트최대	0.011	11331.221	32975.962	2.910	O.K
	편심최대	0.011	8397.163	28862.184	3.437	O.K

③ 기둥 상단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.011	17185.607	48526.477	2.824	O.K
	모멘트최대	0.011	12023.640	48526.477	4.036	O.K
	탄성설계	0.011	9248.954	12326.653	1.333	O.K
	편심최대	0.011	8324.059	48526.477	5.830	O.K
교축직각방향	축력최대	0.011	17185.607	47460.535	2.762	O.K
	모멘트최대	0.011	10049.636	45455.237	3.020	O.K
	탄성설계	0.011	9248.954	21697.836	2.346	O.K
	편심최대	0.011	12274.949	44868.390	3.653	O.K
활성부재력	축력최대	0.011	17185.607	45055.504	2.622	O.K
	모멘트최대	0.011	12953.085	47326.122	3.654	O.K
	탄성설계	0.011	9248.954	12723.533	1.376	O.K
	편심최대	0.011	9192.007	44032.855	4.796	O.K
	모멘트최대	0.011	15049.636	43505.072	2.891	O.K
	편심최대	0.011	12274.949	43317.700	3.529	O.K

④ 기둥 하단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.011	17708.371	48526.477	2.740	O.K
	모멘트최대	0.011	12546.405	48526.477	3.868	O.K
	탄성설계	0.011	9651.080	12591.179	1.305	O.K
	편심최대	0.011	8685.972	48526.477	5.587	O.K
교축직각방향	축력최대	0.011	17708.371	47742.091	2.696	O.K
	모멘트최대	0.011	15572.400	45944.530	2.948	O.K
	탄성설계	0.011	9651.080	22974.470	2.381	O.K
	편심최대	0.011	10061.898	43558.724	4.329	O.K
활성부재력	축력최대	0.011	17708.371	45217.527	2.553	O.K
	모멘트최대	0.011	13475.849	47480.842	3.523	O.K
	탄성설계	0.011	9651.080	13615.417	1.411	O.K
	편심최대	0.011	9543.921	44501.365	4.663	O.K
	모멘트최대	0.011	15572.400	43782.198	2.812	O.K
	편심최대	0.011	10061.898	42175.536	4.192	O.K

■ 단면 설계

단면위치		길이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm^2)	Use.As (mm^2)	Mu(kN.m)	φMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	1977.9	100.0	21658.837	24305.600	13350.239	14834.722	1.119	O.K
	우측내민보	1977.9	100.0	21070.191	24305.600	12908.710	14834.722	1.149	O.K
	좌측내민보수	2800.0	100.0	902.830	3948.800	827.974	3609.231	4.359	O.K
	우측내민보수	2800.0	100.0	911.435	3948.800	835.857	3609.231	4.318	O.K
	내부지간1좌	2235.6	357.7	19712.510	24305.600	12096.040	14834.722	1.226	O.K
	내부지간1우	2106.7	228.8	2785.533	17239.200	1730.632	10532.616	6.086	O.K
	내부지간1우	2042.3	164.4	19040.122	24305.600	11692.592	14834.722	1.269	O.K
	교량받침1	1720.8	100.0	103.346	24305.600	55.827	12709.650	227.661	O.K
	교량받침7	1764.3	100.0	985.225	24305.600	546.167	13069.130	23.929	O.K
	교량받침3	2171.2	100.0	3352.236	24305.600	2316.450	16431.796	7.094	O.K
	교량받침9	2171.2	100.0	2605.432	24305.600	1801.796	16431.796	9.120	O.K
	교량받침4	2106.7	100.0	2673.516	24305.600	1790.182	15899.435	8.881	O.K
	교량받침10	2106.7	100.0	3000.727	24305.600	2008.581	15899.435	7.916	O.K
	교량받침6	1442.2	100.0	1172.147	24305.600	521.266	10407.335	19.965	O.K
	교량받침12	1398.7	100.0	103.101	24305.600	44.404	10047.856	226.283	O.K
기초	교축방향	1800.0	150.0	37792.189	66167.200	20870.453	36121.942	1.731	O.K
	교직-지점부	1800.0	150.0	11935.192	21290.500	6636.196	11754.806	1.771	O.K
	교직-중앙부	1800.0	100.0	18148.231	21290.500	10352.230	12116.745	1.170	O.K

■ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
두부보	좌측내민보	213.607	180.000	121.739	158.668	O.K
	우측내민보	212.859	180.000	121.739	159.963	O.K
	좌측내민보수평	80.056	180.000	247.238	773.682	O.K
	우측내민보수평	80.819	180.000	247.238	764.404	O.K
	내부지간1좌축지점부	183.294	180.000	121.739	219.638	O.K
	내부지간1종앙부	41.814	180.000	233.333	1556.688	O.K
	내부지간1우축지점부	215.855	180.000	121.739	154.828	O.K
	교량받침1	1.202	180.000	121.739	52404.100	O.K
	교량받침7	10.114	180.000	121.739	6228.953	O.K
	교량받침3	36.858	180.000	121.739	1621.278	O.K
	교량받침9	31.338	180.000	121.739	2010.352	O.K
	교량받침4	23.686	180.000	121.739	2659.827	O.K
	교량받침10	32.606	180.000	121.739	1932.158	O.K
	교량받침6	12.369	180.000	121.739	5393.333	O.K
	교량받침12	1.209	180.000	121.739	52090.866	O.K
기초	교축방향	140.601	180.000	126.214	221.348	O.K
	교직-지점부	146.284	180.000	129.091	190.835	O.K
	교직-중앙부	205.407	180.000	129.091	160.886	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : 다주식 교각
2) 상 부 형 식 : PC GIRDER
3) 교 량 등 급 : 1 등급
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γsc = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 50
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 42.398 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 17 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.537 : TAN(⅔ · φ2) : 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 30891 MPa
기둥: 30891 MPa
기초: 27804 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]

2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
기둥(전단철근) 400 MPa
기초(전단철근) 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

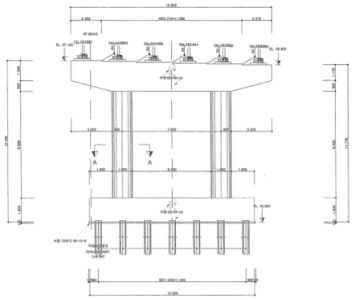
3.5 설 계 방 법

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

3.6 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)

4. 단 면 가 정



10.3.3 기둥 하단 지점 검토

1) 기둥부재력 설계 : 하단

구 분	Pu(kN)	Mx(kN.m)	My(kN.m)	M2(kN.m)	비 고
UL03	-17708.371	1572.331	2004.670	2547.730	축력최대
UL04	-13475.849	1040.981	1173.431	1568.624	모멘트최대
UL22	-9651.080	6830.460	4426.992	8139.621	탄성설계
UL22	-9651.080	2276.460	412.592	2313.547	소성설계
UE26	-9543.921	-728.911	1260.470	1456.055	편심최대
UL09	-15572.400	1344.551	2121.851	2511.985	모멘트최대
UE14	-10061.898	-767.820	1950.487	1820.345	편심최대

註) Pu : 축력, Mx : 교축방향 모멘트, My : 교축직각방향 모멘트
Mx,My는 축대 모멘트 값을 사용한다, M2 = √(Mx² + My²)

2) 기둥검토 요약

구 분	철 근 비				축방향력, 휨				
	Pei/n	Puse	Peax	비고	φPn	Pu	Mu	안전도	비 고
축력최대	0.010	0.011	0.060	O.K	45217.527	17708.371	2547.730	2.553	O.K
모멘트최대	0.010	0.011	0.060	O.K	47480.842	13475.849	1569.624	3.523	O.K
탄성설계	0.010	0.011	0.060	O.K	13615.417	9651.080	8139.621	1.411	O.K
편심최대	0.010	0.011	0.060	O.K	44501.365	9543.921	1456.055	4.663	O.K
모멘트최대	0.010	0.011	0.060	O.K	43782.198	15572.400	2511.985	2.812	O.K
편심최대	0.010	0.011	0.060	O.K	42175.536	10061.898	1820.345	4.192	O.K

3) 기둥단면 검토
① 축력최대 (부재 30, UL003)
【 편향기둥 : 하부 , 1/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정
fck=40MPa, fy=400MPa, k1=0.77, Φc=0.75, Φ=51.892도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
1800	125	1,475	17708.371	2547.73	143.9

㉯ 철근비 검토
Ag = 2010619.30 mm² , Ast = 21199.20 mm² , Puse = 0.01054
- 1단 : HD9 - 33EA (As=21199.200 mm²), d1 = 125.000 mm
ρmin (= 0.0100) ≤ ρuse (= 0.0105) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

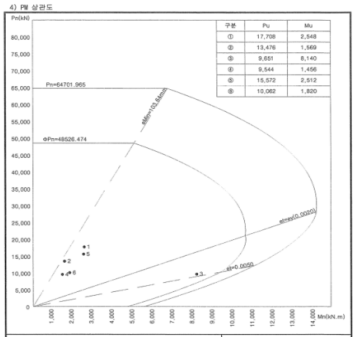
㉰ 평형하중 산정
cb = 600 / (600 + fy) x d = 885.00 mm, ab = k1 x cb = 677.91 mm
Cc = 0.85 x 40.0 x 810756.841 = 27565.733 kN, ∑Csi = 3024.216 kN, ∑Tsi = 2502.457 kN
Pb = 27565.733 + 3024.216 - 2502.457 = 28087.491 kN
Mb = Cc x 406.414 + ∑(Csi(+di)) + ∑(Tsi(+di)) = 14085.471 kN.m
eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 501.486 mm, a = Mu/Pu = 143.871 mm)

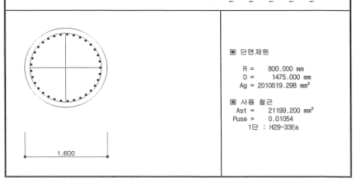
㉱ 공칭강도 산정
- 반복시산법을 이용하여 c = 1575.08 mm, a = k1 x c = 1206.51 mm 를 사용.
Cc = 0.85 x 40.0 x 1628608.445 = 55304.687 kN
∑Csi = 4985.348 kN, ∑Tsi = 0.000 kN
Pn = 55304.687 + 4985.348 - 0.000 = 60290.036 kN
Mn = Cc x 134.104 + ∑(Csi(+di)) + ∑(Tsi(+di)) = 8673.644 kN.m
- 편심오차 : | e - Mn/Pn(=143.865) | = 0.0062 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정
dt = 1600.00 - 125.00 = 1475.000 mm
c = 1575.076 mm, a = k1 x c = 1206.508 mm
εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020
εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (1475.00-1575.08) / 1575.08 = -0.00019
εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.75 를 적용한다.

㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토
MaxPn = 0.85 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 64701.969 kN ≥ Pn = 60290.036 kN
ΦPn = 0.75 x 60290.036 = 45217.527 kN ≥ Pu = 17708.371 kN ∴ O.K
ΦMn = ΦPn x 0.144 = 6505.513 kN.m ≥ Mu = 2547.730 kN.m ∴ O.K

4) PM 상관도





■ 단면제원
R = 800.000 mm
D = 1475.000 mm
Ag = 2010619.298 mm²

■ 사용 철근
Ast = 21199.200 mm²
Puse = 0.01054
1단 : HD9-33Ea

30.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 30.2.1】 서문27교(문산) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	서문27교(문산)의 현장조사 및 분석 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 시설물의 전반적인 안정성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로 판단된다. 해당 구조물의 경우 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	서문27교(문산)의 주요 손상현황으로는 교면포장 접속도로 파손, 신축이음 후타재 균열, 차수판볼트탈락, 교대 신축이음 하부 누수, 균열부백태가 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며, 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교면포장 접속도로 파손 신축이음 후타재 균열(cw=0.3㎜미만), 차수판 볼트탈락, 신축이음 하부 누수 교대 균열부백태	양호

30.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

30.2.4 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 신축이음 후타재 균열, 하부 누수, 교대 균열부 백태 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.	

30.2.5 시설물 보수 이력

【표 30.2.2】 서문27교(문산) 보수이력사항

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

30.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 30.2.3】 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.			

30.3 현장조사

30.3.1 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~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

작업전경

작업전경

제원조사

비파괴시험

【사진 30.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

30.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문27교(문산)의 바닥판하면은 차량하중을 직접적으로 지지하는 동시에 거더에 하중을 분산시키는 역할을 하는 주요 부재로 총 2경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=100.0m 폭 15.9m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 30.3.2】바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 백태가 조사되었다.

【표 30.3.1】바닥판하면 현장조사 결과

구분	백태 (㎡/개소)	
S1	0.05	1
S2	–	–
합계	0.05	1

S1 백태(0.1×0.5)	바닥판 하면 상태양호

【사진 30.3.3】바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 백태는 초기건조수축, 온도변화, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 교량의 내구성 확보를 위해 표면보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.

나. BICON Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 BH거더는 2경간 6열로 시공되었다.
- 거더에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

거더 전경	거더 전경

【사진 30.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 S1과 S2 거더 연결부에 균열이 조사되었다.

【표 30.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		균열(0.3㎜이상) (m/개소)	
거더	S1	-	-
	S2	2.00	1
합계		2.00	1

S2-G6 균열(Cw=0.3㎜이상)	거더 상태양호

【사진 30.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더에 발생한 균열은 거더와 거더 연결부에 발생한 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 주입보수 등의 조치가 필요하다.

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 30.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 30.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
합계		-	-

가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 30.3.7】 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(문산) 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 30.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 균열부 백태가 발생한 것으로 조사되었다.

【표 30.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	균열부 백태 (㎡/개소)	
A1	-	-
A2	0.12	2
합계	0.12	2

A2 균열부 백태(0.2×0.3×2EA)	교대 구체 상태양호

【사진 30.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 국부적인 누수흔적이 확인되었고, 그 외의 손상인 균열부 백태의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 백태로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하다.
- 신축이음 하부를 통한 누수에 대해 지속적인 주의관찰을 실시하는 유지관리가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 서문27교(문산)의 교각은 π형 1기로, 기초는 강관말뚝기초로 시공되었다.
- 교각에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

교각 전경	교각 전경

【사진 30.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

【표 30.3.5】 교각 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
합계	-	-

코핑부 상태양호	기둥부 상태양호

【사진 30.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

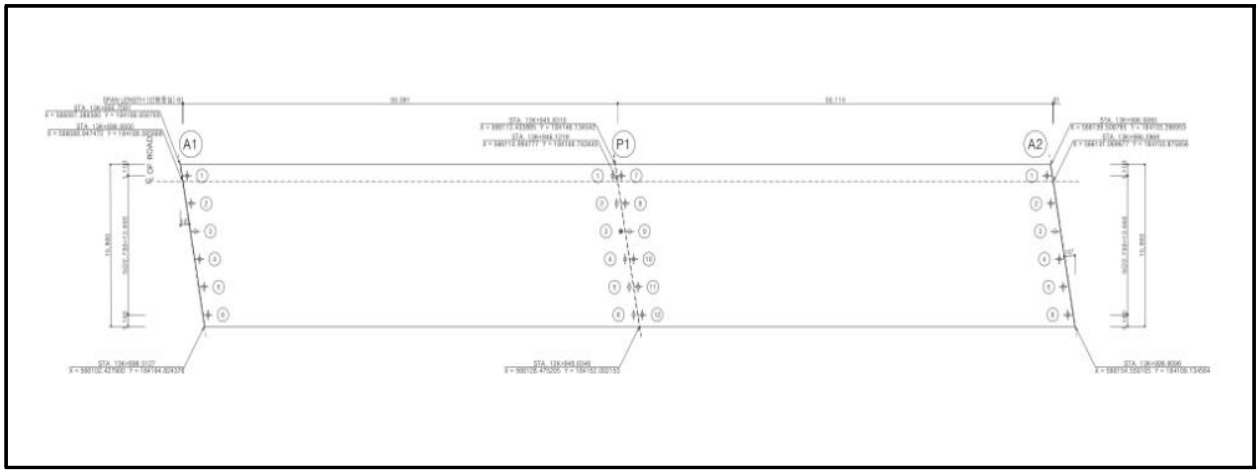
4) 검토의견

- 교각은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었고, 기존보수부의 재손상 발생여부, 코핑부의 단면변화부의 균열발생 유무 등 취약부위에 대해 주의관찰을 실시하는 유지관리가 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 서문27교(문산)의 받침은 탄성받침으로 총 24기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 30.3.1】 교량받침 배치도

탄성받침(일방향) 전경	탄성받침(양방향) 전경	탄성받침(고정) 전경

【사진 30.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 30.3.6】 교량받침 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
P1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

교량받침 상태양호

교량받침 상태양호

【사진 30.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

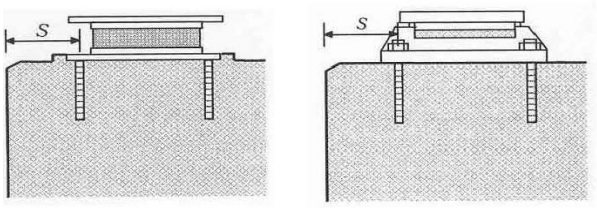
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 받침본체 및 몰탈, 콘크리트 모두 양호한 상태로 조사되었으나, 플레이트 도장 및 콘크리트 균열 등에 대하여 주기적인 점검을 통한 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 30.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

받침장치 연단거리 측정

받침장치 연단거리 측정

【사진 30.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

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

【표 30.3.7】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)						검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	
A1		450	510	510	510	500	500	500	O.K
P1	A1측	450	640	640	630	630	630	630	O.K
	A2측	450	540	560	550	540	550	550	O.K
A2		450	520	520	520	520	510	520	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 30.3.15】 교량받침 이동량 측정

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

【표 30.3.8】 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	
P1	고정단						
A2	26.2	23.8	0.00001	50.0	13.1	11.9	
1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)							

【표 30.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	+15	64.5	34.5	13.1	11.9	±49.5	O.K
	SH2	+15	64.5	34.5			±49.5	O.K
	SH3	+15	64.5	34.5			±49.5	O.K
	SH4	+15	64.5	34.5			±49.5	O.K
	SH5	+15	64.5	34.5			±49.5	O.K
	SH6	+15	64.5	34.5			±49.5	O.K
P1	고정단							
A2	SH1	+25	74.5	24.5	13.1	11.9	±49.5	O.K
	SH2	+25	74.5	24.5			±49.5	O.K
	SH3	+25	74.5	24.5			±49.5	O.K
	SH4	+25	74.5	24.5			±49.5	O.K
	SH5	+25	74.5	24.5			±49.5	O.K
	SH6	+25	74.5	24.5			±49.5	O.K
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.

사. 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), A2(NO.60) 뉴모노셀로 시공된 상태이다.
- 신축이음의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사 및 측정을 실시하였다.

EXP.J1(A1) 전경

EXP.J2(A2) 전경

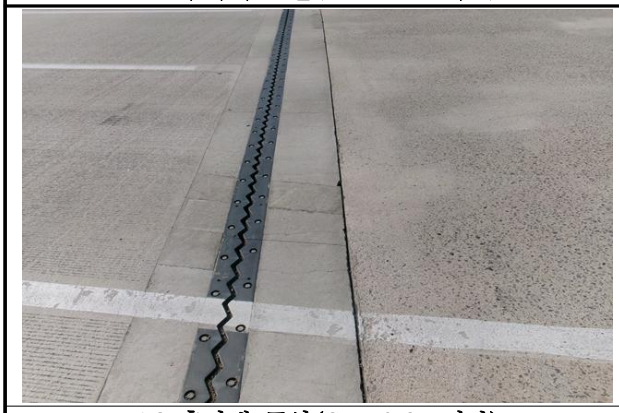
【사진 30.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 폭 0.3㎜미만의 후타재 균열, 차수판 앵커, 볼트 탈락, 하부 누수가 조사되었다.

【표 30.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		차수판 앵커,볼트 탈락 (개소/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	30.00	60	1.00	1	0.50	1
A2 (EXP J2)	12.00	30	3.00	1	2.00	2
합계	42.00	90	4.00	2	2.50	3

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

【사진 30.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 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 30.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 30.3.11】 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	35	60	110	
A2	26.2	23.8	0.00001	50.0	13.1	11.9	30	45	140	

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

【표 30.3.12】 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	35	60	48.1	23.1	O.K
	바닥판			60	−	−	48.1	O.K
	거더			110	−	−	98.1	O.K
A2	신축이음	13.1	11.9	30	60	43.1	18.1	O.K
	바닥판			45	−	−	33.1	O.K
	거더			140	−	−	128.1	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.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 서문27교(문산)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 30.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 30.3.13】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속도로 망상균열 (㎡/개소)		접속도로 파손 (㎡/개소)	
S1	72.00	1	-	-
S2	-	-	0.50	1
합계	72.00	1	0.50	1

S1 접속도로 망상균열(9.0×8.0)	S1 접속도로 망상균열(9.0×8.0)
S2 접속도로 파손(0.2×2.5)	S2 접속도로 파손(0.2×2.5)

【사진 30.3.20】 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 파손이 조사되었다. 상기 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 서문27교(문산)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 30.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 30.3.14】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
합계	-	-

배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 30.3.22】 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.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

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

방호벽 전경	중분대 전경

【사진 30.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 기 손상인 균열부 백태가 확인되었다.

【표 30.3.15】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	접속부 실란트 파손 (m/개소)	
S1	3.00	2
S2	-	-
합계	3.00	2

S1 접속부 실란트 파손	방호벽 상태양호

【사진 30.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 서문27교(문산)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1, P1, A2에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 설치되어 있다.
- 교량 점검시설에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

점검통로 전경	점검통로 전경

【사진 30.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 및 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 지지대 파손이 1개소 조사되었다.

【표 30.3.16】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	지지대 파손 (개소/개소)	
A1	-	-
P1	1.00	1
A2	-	-
합계	1.00	1

P1 지지대 파손	점검로 상태양호

【사진 30.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 교각 P1에 지지대 파손 1개소가 조사되었고, 이는 외부충격에 의한 손상으로 판단된다. 파손부는 점검자의 안전을 위해 정비가 필요한 상태이다.

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.

30.3.3 외관조사 총괄표

【표 30.3.17】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	백태	㎡	0.05	1	
거더	균열(0.3㎜이상)	m	2.00	1	
가로보	상태양호	-	-	-	
교대	균열부 백태	㎡	0.12	2	
교각	상태양호	-	-	-	
교량받침	상태양호	-	-	-	
신축이음	후타재 균열	m	42.00	90	
	차수판 앵커볼트 탈락	EA	4.00	2	
	하부 누수	m	2.50	3	
교면포장	접속도로 망상균열	㎡	72.00	1	
	접속도로 파손	㎡	0.50	1	
배수시설	상태양호	-	-	-	
방호벽	접속부 실란트파손	m	3.00	2	
점검시설	지지대 파손	EA	1.00	1	

30.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

30.4 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.

30.4.1 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 30.4.1】 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	3	3	3	3	
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

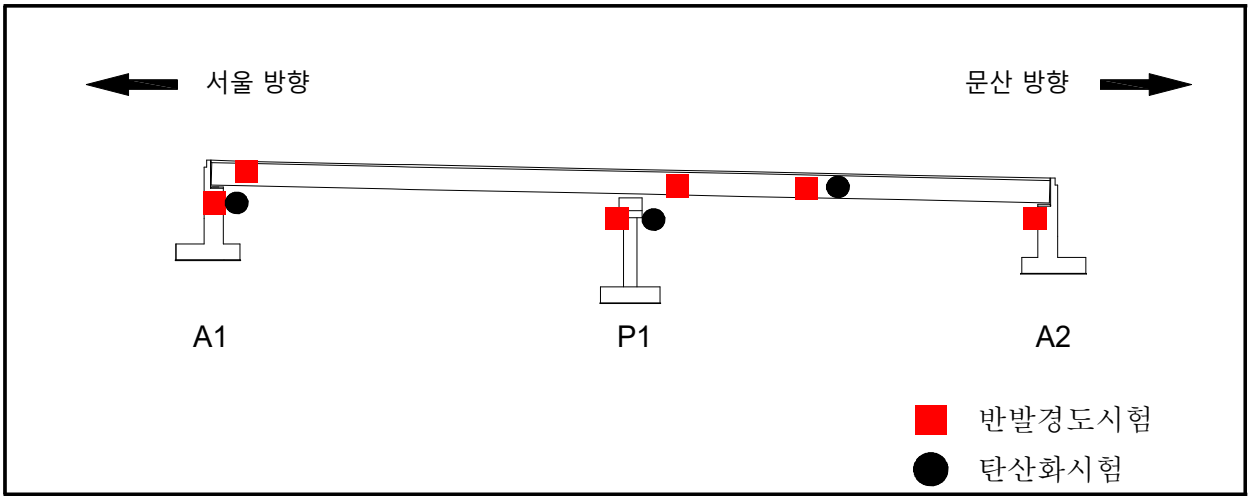
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

반발경도 시험 현황	탄산화깊이 측정 현황

【사진 30.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 30.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

30.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상 · 하부구조에서 반발경도시험(각 3개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 30.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S2	바닥판	46.3	27.3	28.7	0.67	27.0	
	S2	바닥판	46.1	27.2	28.7			

【표 30.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
상부 구조	S1	거더	53.3	45.7	56.2	0.67	40.0	

【표 30.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	흉벽	46.4	27.4	28.8	0.67	24.0	
	A2	흉벽	46.4	27.4	28.8			

【표 30.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	코핑부	50.6	43.1	52.1	0.67	40.0	

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.2~27.3㎫, 거더 45.7㎫, 하부구조 교대 27.4㎫, 교각 43.1㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 30.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.2~27.3	27.0	100.8~101.1
	거더	45.7	40.0	114.3
하부구조	교대	27.4	24.0	114.3
	교각	43.1	40.0	107.7

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 설계피복두께를 적용하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 30.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S2 바닥판하면	4.0	40.0	36.0	2.83	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	4.5	100.0	95.5	3.18	100년이상	a
	P1 코핑부	4.5	100.0	95.5	3.18	100년이상	a

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

【표 30.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	4.0	36.0	
하부구조	4.5	95.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 30.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~27.3	27.0	■설계강도 이상(양호)
		거더	45.7	40.0	
	하부구조	교대	27.4	24.0	
		교각	43.1	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5	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.

30.5 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.

30.5.1 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 30.5.1】 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	a	a	q	-	a
S2	P1	BICON	a	c	a	a	a	a	-	a	a	q	a	a
	A2								c	a	b	q	-	-
평균			0.150	0.250	0.100	0.100	0.100	0.150	0.400	0.100	0.133	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.027	0.050	0.005	0.007	0.003	0.003	0.036	0.009	0.027	-	0.004	0.003
													0.174	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.174) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 30.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문27교(문산)	0.174	B	100.0	3	300	1.000	0.174
합계(∑)			100.0	3	300	1.000	0.174
1. 평가지수 =							0.174
2. 상태평가결과 =							B

30.5.2 기 점검 결과와의 비교

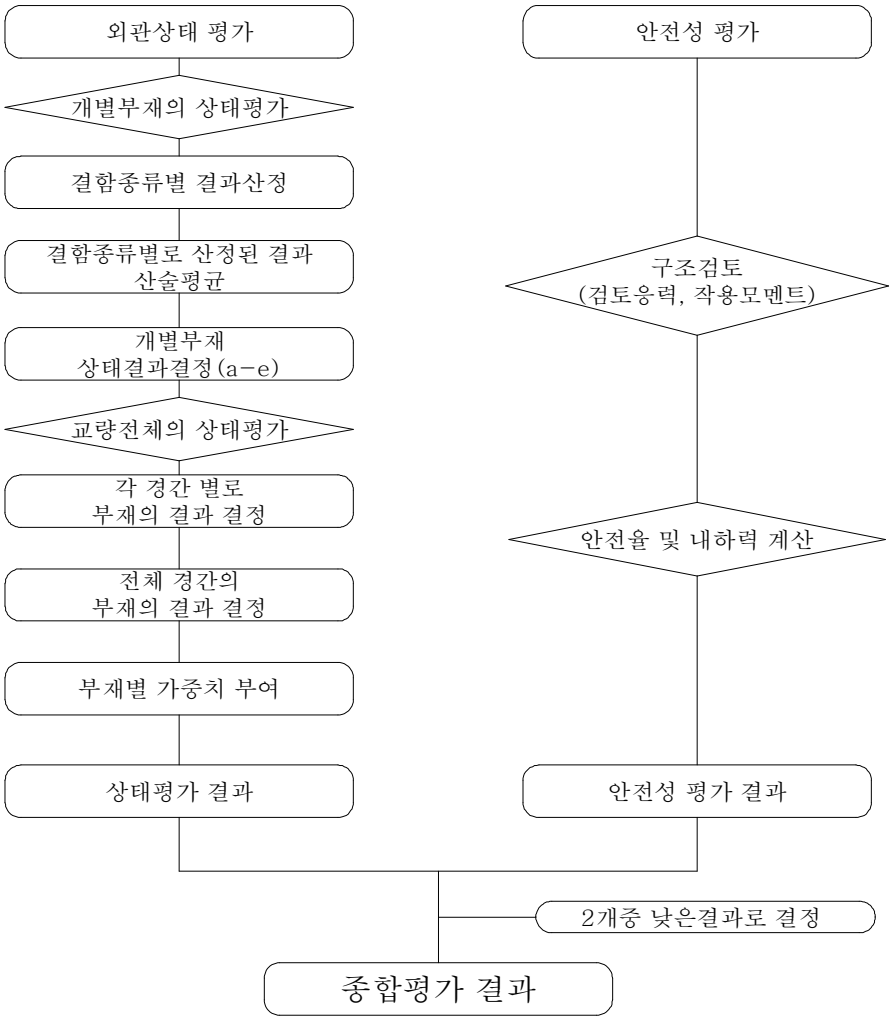
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

30.6 종합평가 및 안전등급 지정

30.6.1 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 30.6.1】 종합평가 결과 산정절차

30.6.2 종합평가 결과

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

【표 30.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문27교(문산)	0.174	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

30.6.3 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 30.6.2】 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

30.7 보수·보강 및 유지관리방안

30.7.1 보수·보강 방안

【표 30.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	백태	㎡	0.05	1	표면처리	하자
거더	균열(0.3㎜이상)	m	2.00	1	주입보수	하자
가로보	상태양호	-	-	-	-	-
교대	균열부 백태	㎡	0.12	2	표면처리	하자
교각	상태양호	-	-	-	-	-
교량받침	상태양호	-	-	-	-	-
신축이음	후타재 균열	m	42.00	90	표면처리	하자
	차수판 앵커볼트 탈락	EA	4.00	2	정비	하자
	하부 누수	m	2.50	3	재설치	하자
교면포장	접속도로 망상균열	㎡	72.00	1	표면처리	하자
	접속도로 파손	㎡	0.50	1	단면보수	하자
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-
방호벽	접속부 실란트파손	m	3.00	2	실란트충전	하자
점검시설	지지대 파손	EA	1.00	1	정비	하자

30.7.2 개략공사비

【표 30.7.2】 개략공사비

구분	손상 내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	백태	표면처리	0.05	0.08	㎡	-	-	하자
거더	균열(0.3㎜이상)	주입보수	2.00	3.00	m	-	-	하자
교대	균열부 백태	표면처리	0.12	0.18	㎡	-	-	하자
신축이음	후타재 균열	표면처리	42.00	63.00	m	-	-	하자
	차수판 앵커볼트 탈락	정비	4.00	6.00	EA	-	-	하자
	하부 누수	재설치	2.50	3.75	m	-	-	하자
교면포장	접속도로 망상균열	표면처리	72.00	108.00	㎡	-	-	하자
	접속도로 파손	단면보수	0.50	0.75	㎡	-	-	하자
방호벽	접속부 실란트파손	실란트충전	3.00	4.50	m	-	-	하자
점검시설	지지대 파손	정비	1.00	1.50	EA	-	-	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.

30.7.3 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 30.7.3】 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

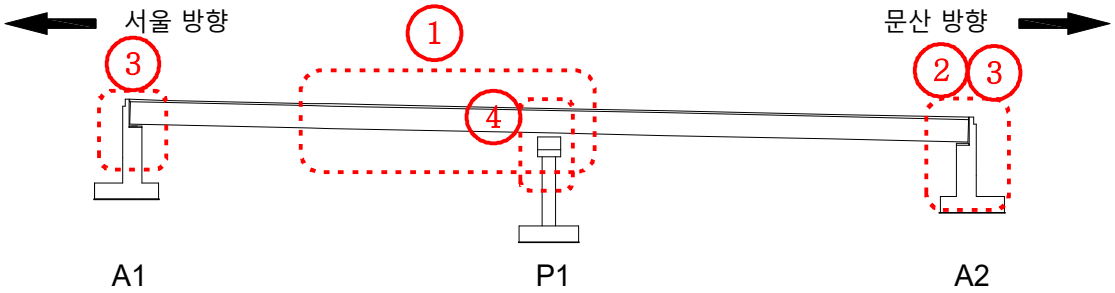
◎ 부재별 중점점검 손상

① 바닥판 하면 백태, 거더 균열 등 – 진전 여부확인

② 하부구조 백태 – 진전 여부확인

③ 신축이음 후타재 균열, 누수 – 진전 여부확인

④ 점검시설 지지대 파손 - 진전 여부확인



30.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51에 위치한 교량으로 총 연장 100.0m, 폭 15.9m의 BICON Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

30.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면 현장조사 결과 백태가 조사되었다.
- 바닥판하면에 발생한 백태는 초기건조수축, 온도변화, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 교량의 내구성 확보를 위해 표면보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.

2) BICON Girder

- 거더에 대한 현장조사 결과 S1과 S2 거더 연결부에 균열이 조사되었다.
- 거더에 발생한 균열은 거더와 거더 연결부에 발생한 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 주입보수 등의 조치가 필요하다.

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 백태가 발생한 것으로 조사되었다.
- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 국부적인 누수흔적이 확인되었고, 그 외의 손상인 균열부 백태의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 백태로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하다.
- 신축이음 하부를 통한 누수에 대해 지속적인 주의관찰을 실시하는 유지관리가 요구된다.

5) 교각

- 교각에 대한 현장조사 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.
- 교각은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었고, 기존보수부의 재손상 발생여부, 코핑부의 단면변화부의 균열발생 유무 등 취약부위에 대해 주의관찰을 실시하는 유지관리가 필요하다.

6) 교량받침

- 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 받침본체 및 몰탈, 콘크리트 모두 양호한 상태로 조사되었으나, 플레이트 도장 및 콘크리트 균열 등에 대하여 주기적인 점검을 통한 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.

7) 신축이음장치

- 신축이음 현장조사 결과 폭 0.3㎜미만의 후타재 균열, 차수판 앵커, 볼트 탈락, 하부 누수가 조사되었다.
- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 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.

8) 교면포장

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

9) 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.

10) 방호벽

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 기 손상인 균열부 백태가 확인되었다.
- 방호벽에 발생한 실란트 파손은 공용기간 증가, 우수유입 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성확보를 위한 실란트 충전 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

11) 교량 점검시설

- 교대 및 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 지지대 파손이 1개소 조사되었다.
- 점검시설은 교각 P1에 지지대 파손 1개소가 조사되었고, 이는 외부충격에 의한 손상으로 판단된다. 파손부는 점검자의 안전을 위해 정비가 필요한 상태이다.

12) 공중이 이용하는 부위

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

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.2~27.3㎫, 거더 45.7㎫, 하부구조 교대 27.4㎫, 교각 43.1㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 4.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 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(문산)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문27교(문산)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.

30.8.2 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.

30.8.3 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.