

제2편 시 설 물 편

1. 강매교

- 1.1 시설물 개요
- 1.2 자료수집 및 분석
- 1.3 현장조사
- 1.4 콘크리트 내구성조사
- 1.5 상태평가
- 1.6 종합평가 및 안전등급 지정
- 1.7 보수·보강 및 유지관리 방안
- 1.8 종합결론

1. 강매교

1.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매로 7(강매동)에 위치한 교량으로 총 연장 290.0m, 폭 8.0m로 시공되어 있다.

1.1.1 일반사항

【표 1.1.1】 강매교 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물번호		BR2020-0000227		관리번호		-	
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 강매로 7 (강매동)		준공년월일		2020. 11. 06	
시점이정		-		노 선 명		고속국도 17호선	
제원	연장	L=290.0m (45+50+3@50+45=290.0m)					
	폭	B=8.0m, 1차로					
구조 형식	상부	Steel Box		기초 형식	교 대	강관말뚝기초	
	하부	교대: 역T형, 교각: T형			교 각	복합말뚝기초	
교량받침		포트받침		신축이음		강평거요인트	
교차시설물		-		통과높이		-	
부착시설내용		-		설계하중		DB-24/DL-24	
시 공 자		지에스건설(주)		설 계 자		(주)다산건설턴트	
감 리 자		(주)동일기술공사		관리주체		서울문산고속도로주식회사	
							
측면 전경				상부 전경			

1.1.2 위치도 및 전경사진

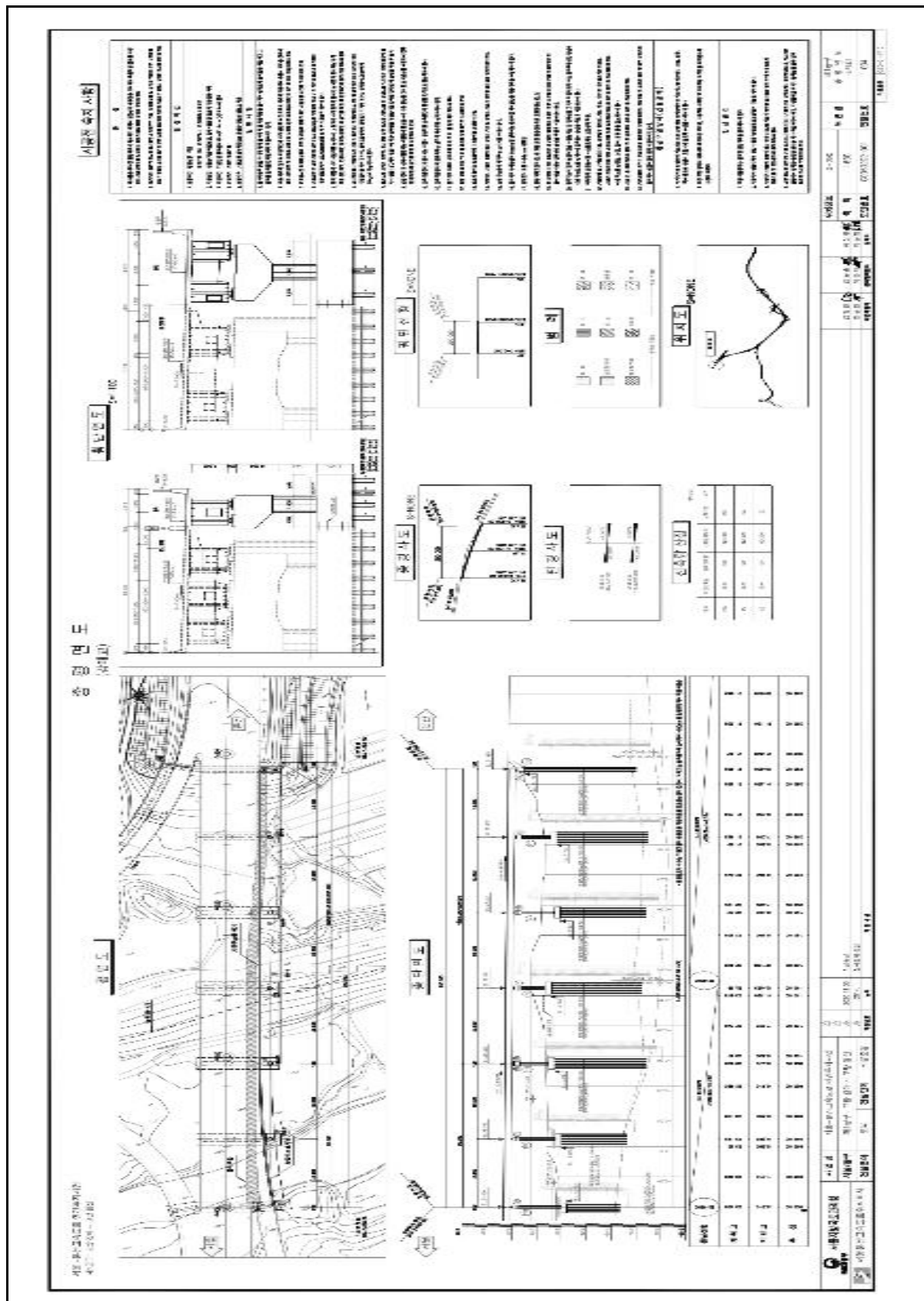


【그림 1.1.1】 위치도

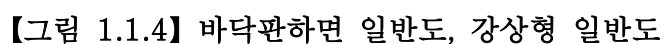
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

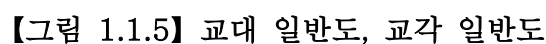
【그림 1.1.2】 부재별 현황

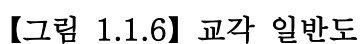
1.1.3 시설물 일반도

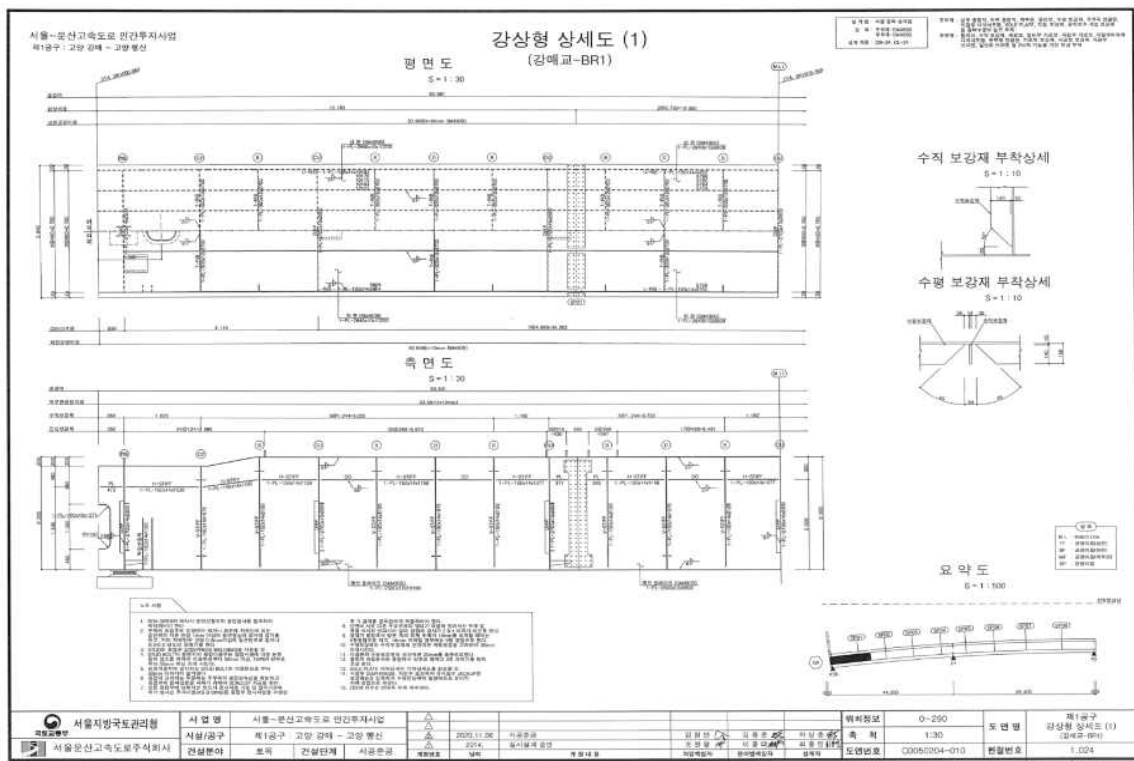
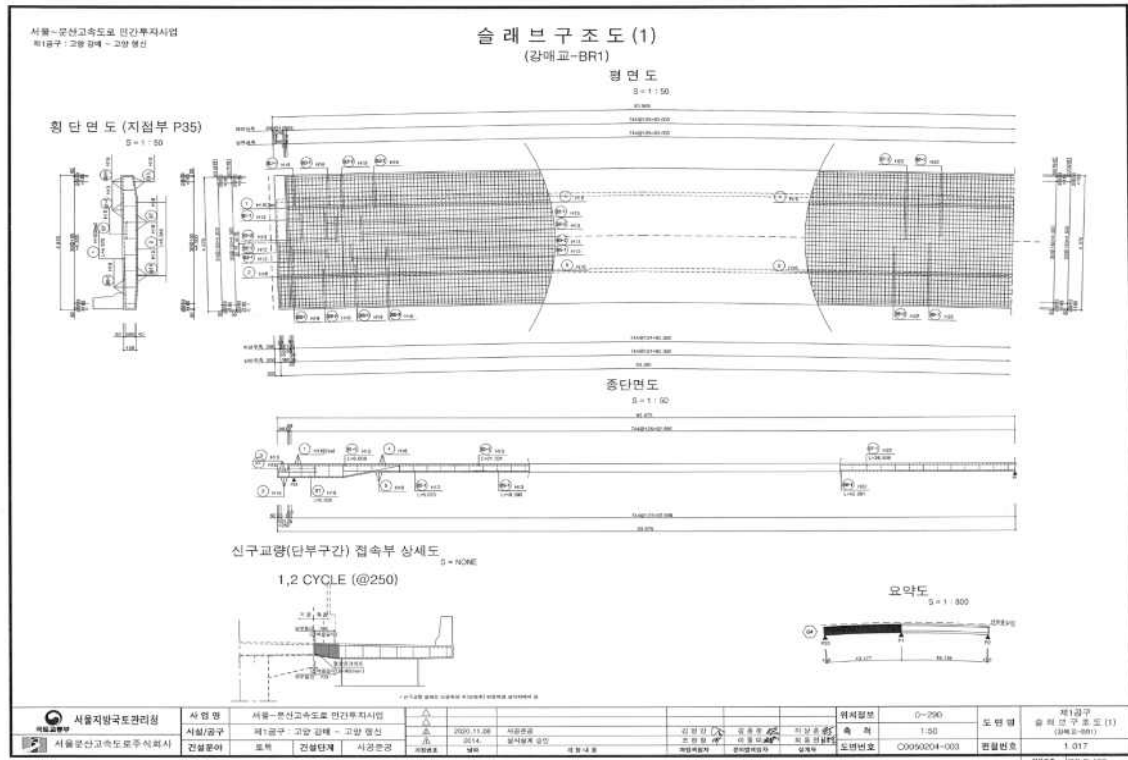


【그림 1.1.3】 평면 및 종단면도

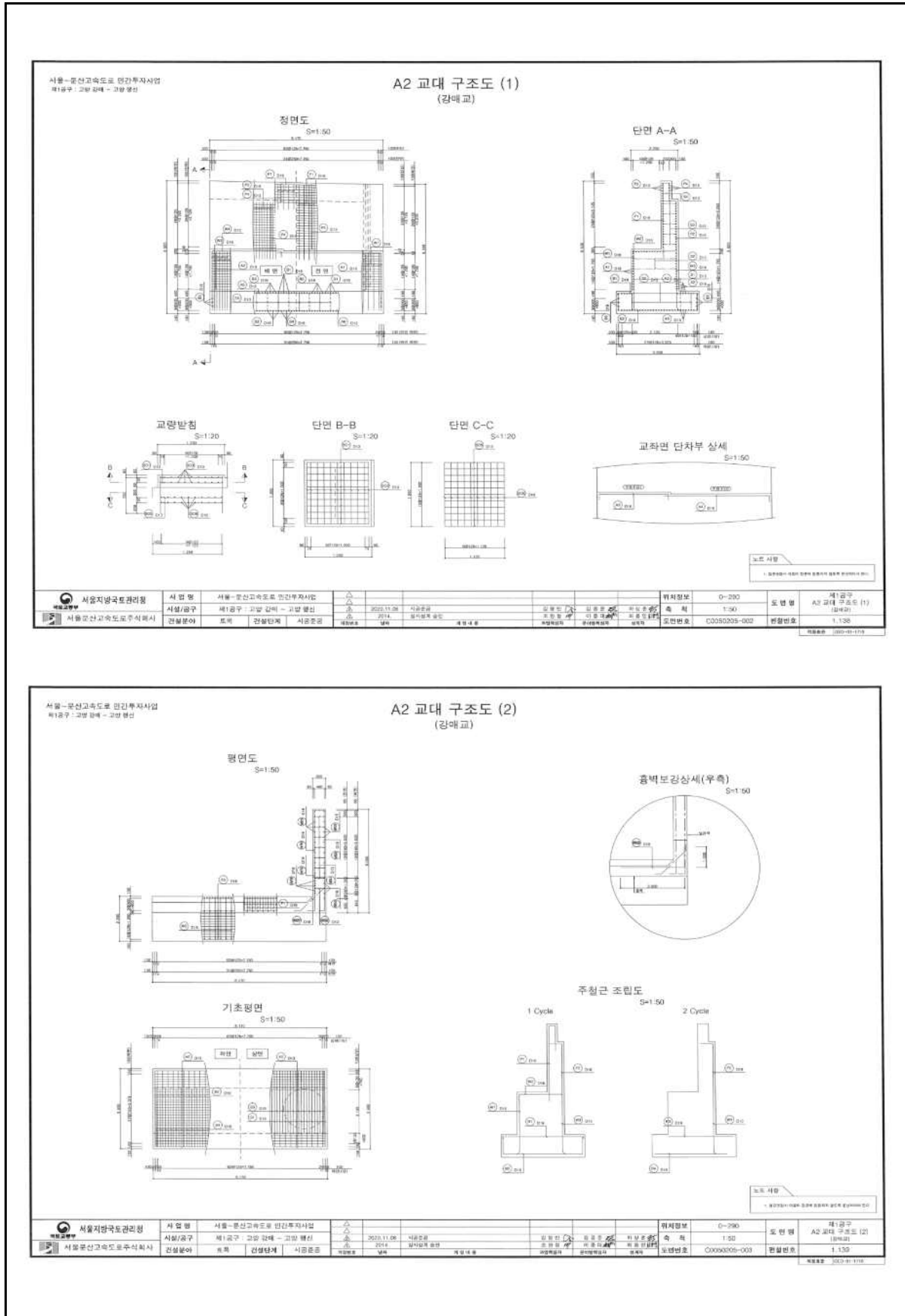




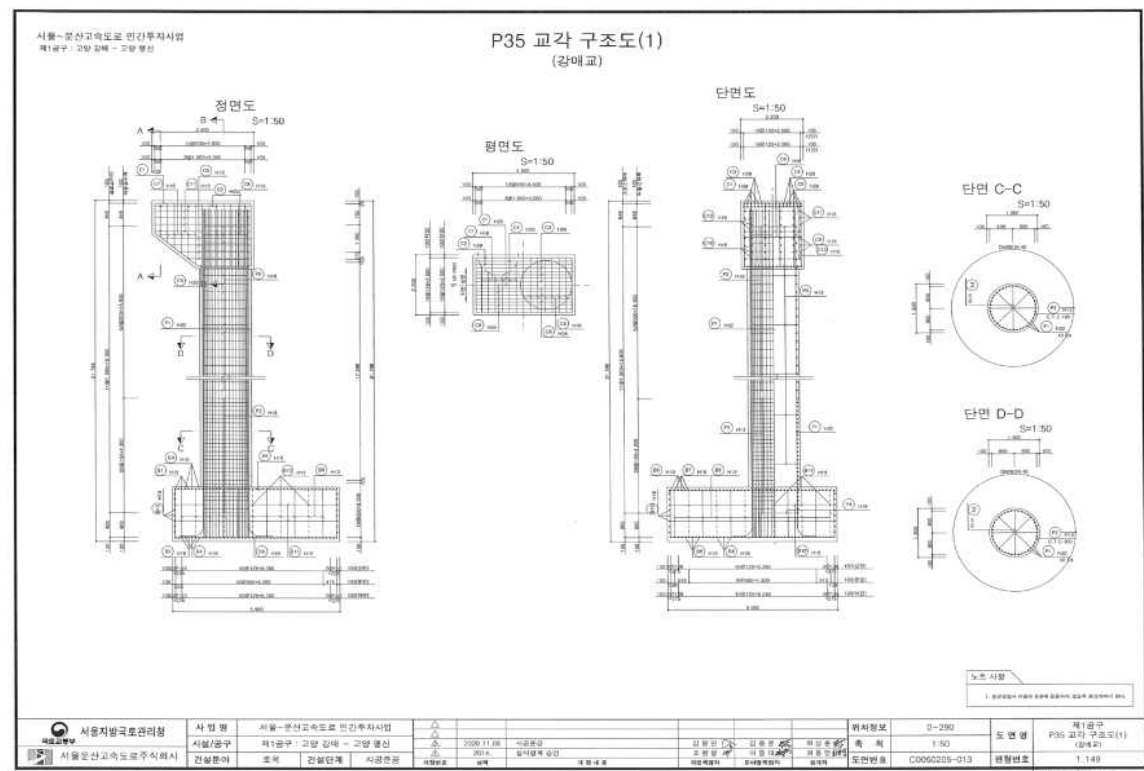
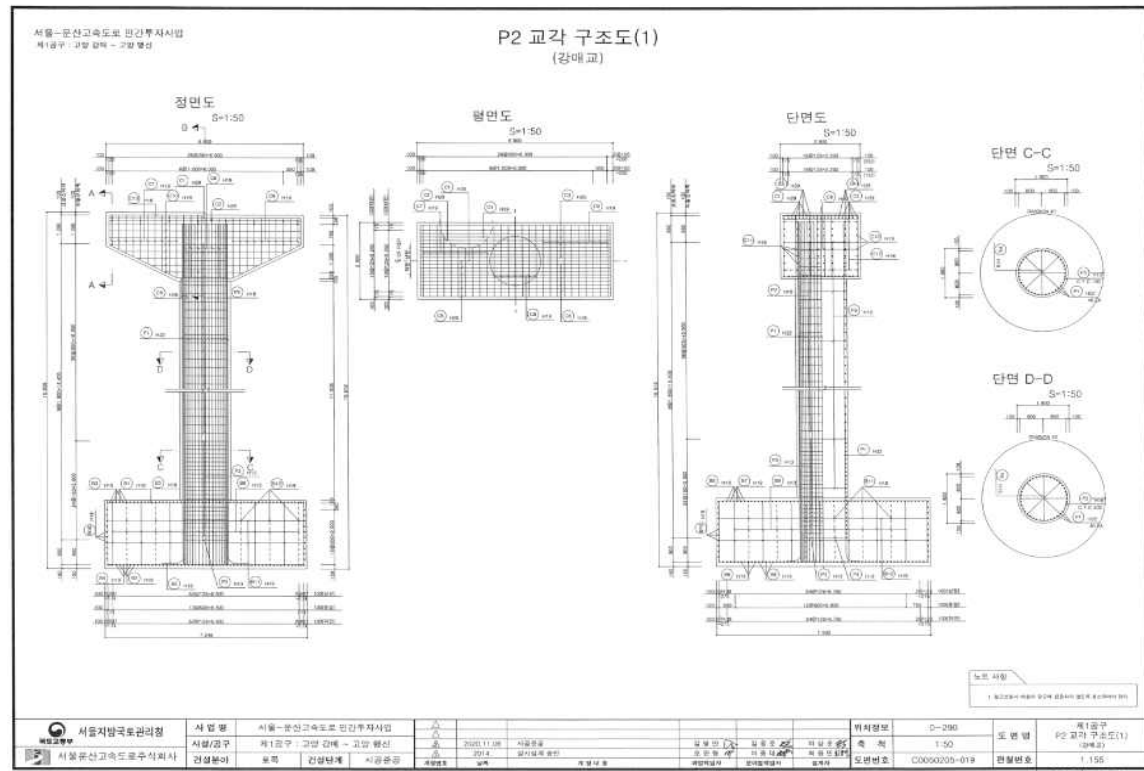




【그림 1.1.7】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도



【그림 1.1.8】 교대 구조도



【그림 1.1.9】 교각 구조도

1.2 자료수집 및 분석

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

1.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질

제4편 성과분석 및 설계지반정수

제 2 장 설계지반정수 산정

2.1 개요

본 과업대상 구간은 본 역에서부터 본 역까지 구간을 대상으로, 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

2.2 지형 및 지질

본 과업대상 구간은 본 역에서부터 본 역까지 구간을 대상으로, 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

2.3 지형 및 지질

본 과업대상 구간은 본 역에서부터 본 역까지 구간을 대상으로, 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.2 보사설의 설계지반정수 산정

2.2.1 지반의 지반정수 산정

본 과업대상 구간은 본 역에서부터 본 역까지 구간을 대상으로, 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

2.2.2 지반의 지반정수 산정

본 과업대상 구간은 본 역에서부터 본 역까지 구간을 대상으로, 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.2 보사설의 설계지반정수 산정

2.2.1 지반의 지반정수 산정

본 과업대상 구간은 본 역에서부터 본 역까지 구간을 대상으로, 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

2.2.2 지반의 지반정수 산정

본 과업대상 구간은 본 역에서부터 본 역까지 구간을 대상으로, 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.5.2 수리 지반특성 분석

개요 : 문헌 및 기존사실에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

구분	투수계수(cm/s)	토질	투수계수(cm/s)	단면의 상태	특성	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하	SC	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성 일반	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
GP	1.0×10^{-2} 이하	ML	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	균열 간격이 보충된 상태	보통 투수성 일반	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
GM	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-3}$	CL	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성 일반	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
GC	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	OL	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	균열 간격이 없음	투수성 일반	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
SW	1.0×10^{-2} 이하	MH	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	균열 간격이 없음	투수성 일반	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
SP	1.0×10^{-2} 이하	CH	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	균열 간격이 없음	투수성 일반	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
SM	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	DH	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	균열 간격이 없음	투수성 일반	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-2}$

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구분	분류	시험결과	지점
배관층	전도	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	5.4 $\times 10^{-4}$
	배관층	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	1.2 $\times 10^{-2}$
	배관층	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	6.6 $\times 10^{-4}$
	배관층	1.0×10^{-8} 이하	5.8 $\times 10^{-3}$
배관층	배관층	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	1.96 $\times 10^{-6} \sim 3.08 \times 10^{-6}$
	배관층	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	4.53 $\times 10^{-3}$
	배관층	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	3.06 $\times 10^{-6} \sim 4.76 \times 10^{-6}$
	배관층	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	1.28 $\times 10^{-6} \sim 2.49 \times 10^{-6}$
배관층	배관층	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	1.28 $\times 10^{-6} \sim 2.49 \times 10^{-6}$
	배관층	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	1.28 $\times 10^{-6} \sim 2.49 \times 10^{-6}$
	배관층	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	1.28 $\times 10^{-6} \sim 2.49 \times 10^{-6}$
	배관층	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	1.28 $\times 10^{-6} \sim 2.49 \times 10^{-6}$

89

서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구분	단위중량(kN/m ³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	연장계수(MPa)	포아송비(v)	k(cm/s)
배관층	토사	18.0	15.0	28.0	—	—
	암반	20.0	0.0	35.0	—	—
배관층	토사	19.0	0.0	35.0	0.33	5.4 $\times 10^{-4}$
	암반	17.0	15.0	0.0	0.50	1.2 $\times 10^{-2}$
배관층	토사	18.0	0.0	30.0	0.35	6.6 $\times 10^{-4}$
	암반	19.0	0.0	35.0	0.32	5.8 $\times 10^{-3}$
배관층	토사	17.5	22.0	28.0	45.0	0.33
	암반	20.0	30.0	31.0	150.0	0.30

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구분	단위중량(kN/m ³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	연장계수(MPa)	포아송비(v)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0 $\times 10^{-7}$
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4 $\times 10^{-6}$
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9 $\times 10^{-5}$
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.8 $\times 10^{-5}$
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4 $\times 10^{-5}$

2.7.3 분할구간 설계지반정수

구분	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
배관층	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구분	V _p (m/s)	V _s (m/s)	G _d (MPa)	E _d (MPa)	K _d (MPa)	ρ _d
배관층	408	180	62	164	161	0.33
	645	200	68	190	317	0.40
배관층	480	170	52	140	156	0.35
	514	190	69	181	168	0.32
배관층	952	302	268	713	699	0.33
	1,144	544	582	1,539	1,262	0.30
배관층	1,834	954	2,184	5,504	3,622	0.26
	2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부

90

제3편 지반조사 결과

—sm 서울~문산고속도로 민간투자사업

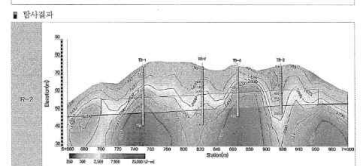
8-2

Figure 1 consists of four parts: (a) A geological cross-section of the fault zone showing the fault plane, fault zone, and surrounding rock layers. (b) A graph of shear stress (kPa) vs. shear strain (%) showing a peak stress of approximately 100 kPa at 1.5% strain. (c) A graph of shear stress (kPa) vs. shear strain (%) showing a peak stress of approximately 100 kPa at 1.5% strain. (d) A graph of shear stress (kPa) vs. shear strain (%) showing a peak stress of approximately 100 kPa at 1.5% strain.

•본 감사결과, 또

[illegible]

제3편 지반조사 결과



■ 분석결과

- 본 탐사는 장제시원문봉산에서 수행하였으며, STA. 61660~74000 구간에서 폭주근처 10m로 하여 탐사구간의 탐사도 수행함
- 탐사구간의 전파현황, 전기저항현황은 250~29,000ohm이 범위로 나타나고 있음
- 지반 1지점부터 STA. 61720~61730 구간에서 지반 종류가 STA. 61660~61670 구간에서 토사적으로 보인 1,000Ω-m 이하의 전기저항 분포로 보아지고 있음
- STA. 61680~61690 구간에서 지반 종류가 잡석으로 보아지므로 본 탐사 구간에서 토사, TB-3 지층간의 경계까지 일괄 분석하고 있으나 토사층

422 두산시집

*이전의 투수율을 제외하고, 해당 본수의 투수율을 적용하여 투수비율 설정

○ 사망률

구	분	구	인	인원수 (구인)	구	군	부위명	부위수 (구인)	구인비율 (%)
생리대	TD-1	2.0 ~ 3.0	골절부	SM	1.06×10^{-4}	7.4			
	TD-2	2.0 ~ 3.0	관절부	SM	3.08×10^{-4}	6.1			
	TD-3	12.0 ~ 13.0	관절부	-	4.53×10^{-3}	17.0			
	TD-4	8.0 ~ 9.0	관절부	SM	2.27×10^{-4}	15.5			

○ 치료비율

◎ 결과분석

구분	중화도	중화속
상리디엔	$1.96 \times 10^{-4} \sim 3.08 \times 10^{-4} \text{cm/s}$	$4.53 \times 10^{-5} \text{cm/s}$

423-1

구분	조건	경도(20~30)	모양상	두께(mm)	Luagon	Flow type
상대밀도	TB-1	7.0 ~ 12.0	연질	3.00×10 ⁻²	0.11	Dilation
	TB-2	16.0 ~ 21.0	경질	1.28×10 ⁻²	0.08	Dilation
	TB-3	20.0 ~ 25.0	경질	2.49×10 ⁻²	0.04	Dilation

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

	TB-6	8.0 ~ 11.0	연 결	4.76×10^{-4}	0.14	Dilation
--	------	------------	-----	-----------------------	------	----------

○ 결과분석

구 분	주주 속도 (cm/s)		광로 Lagoon	
	연 결	결 결	연 결	0결 결

상위러닝

상리하립	$3.05 \times 10^{-2} \sim 4.75 \times 10^{-2}$	$1.28 \times 10^{-2} \sim 2.69 \times 10^{-2}$	0.11~0.14	0.04~0.08
------	--	--	-----------	-----------



국립고궁박물관

(50)

3. 설계조건

3.1 일반사항

- 1) 구조 형식 : T형 교량
- 2) 상부 형식 : STEEL BOX
- 3) 교량 등급 : 1 등급
- 4) 기초 형식 : 말뚝기초

3.2 하중

- 1) 활하중의 단위중량 : $q_c = 25 \text{ kN/m}^2$ [도로교 설계기준 2.1.2]
- 2) 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 제2관 P366]
- 3) 교량법설 마찰계수 : $f_b = 0.05$

3.3 치방조건

- 1) 기초지반의 N치 : $N = 6$
- 2) 기초지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 24.487^\circ$: $15 + \sqrt{15N}$
- 3) 기초지반의 장축력 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- 4) 기초지반의 마찰계수 : $\mu = 0.293$: $\tan(\phi_2)$: 흙과 콘크리트
- 5) 치방 가속도 계수 : $A = 0.154$: 위험도 계수 $\times$ 지진구역계수
 - 내진 등급 : 1 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
 - 지진 구역 : 1 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사용재료강도

- 1) 콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck} =$ 두부분: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 40 MPa
- 탄성계수 : $E_c =$ 두부분: 31879 MPa
기둥: 31879 MPa
기초: 31879 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- 2) 철근의 항복 강도(SD400) : $f_y =$ 두부분: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
기둥(전단철근): 400 MPa
기초(전단철근): 400 MPa
- 탄성계수 : $E_s = 200000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

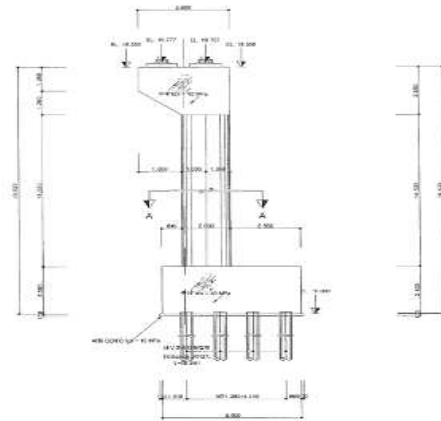
3.5 설계방법

- 1) 안전성 검토 : 허용응력 설계법
- 2) 단면 설계 : 극한강도 설계법

3.6 참고문헌

- (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. 단면가결



2. 해석결과 요약

■ 말뚝 안전성검토 및 움직임검토

구분	항목	허용값	발생값	비고
교축방향	평상시	허용지지력 (kN/EA)	1557.000	730.378 0.K
		허용인발력 (kN/EA)	1021.298	- 0.K
		흙 응력 (MPa)	140.000	49.413 0.K
		전단응력 (MPa)	80.000	0.430 0.K
		수평변위 (mm)	15.000	1.132 0.K
	지진시	허용지지력 (kN/EA)	2335.500	1134.626 0.K
		허용인발력 (kN/EA)	1531.947	- 0.K
		흙 응력 (MPa)	210.000	100.825 0.K
		전단응력 (MPa)	120.000	5.788 0.K
		수평변위 (mm)	15.000	8.587 0.K
교축직각방향	평상시	허용지지력 (kN/EA)	1557.000	1447.471 0.K
		허용인발력 (kN/EA)	1021.298	8.554 0.K
		흙 응력 (MPa)	140.000	117.647 0.K
		전단응력 (MPa)	80.000	0.307 0.K
		수평변위 (mm)	15.000	3.154 0.K
	지진시	허용지지력 (kN/EA)	2335.500	950.554 0.K
		허용인발력 (kN/EA)	1531.947	- 0.K
		흙 응력 (MPa)	210.000	92.842 0.K
		전단응력 (MPa)	120.000	3.287 0.K
		수평변위 (mm)	15.000	4.877 0.K

■ 기둥의 단면 설계

단면위치	P_{use}	P_u (kN)	ϕP_n (kN)	안전도	비고
교축방향	속력최대	0.019	13302.983	71929.224	5.407 0.K
	모멘트최대	0.019	9043.349	82204.826	9.090 0.K
	탄성설계	0.019	6956.422	13407.399	1.927 0.K
	편심최대	0.019	6260.780	82204.826	13.130 0.K
교축직각방향	속력최대	0.019	13302.983	34851.358	2.620 0.K
	모멘트최대	0.019	9043.349	10990.440	1.212 0.K
	탄성설계	0.019	6956.422	102756.034	14.771 0.K
	편심최대	0.019	6260.780	7223.464	1.154 0.K
합성부재력	속력최대	0.019	13302.983	34851.358	2.620 0.K
	모멘트최대	0.019	9043.349	10939.273	1.210 0.K
	탄성설계	0.019	6956.422	13379.439	1.923 0.K
	편심최대	0.019	6260.780	7211.139	1.152 0.K

■ 단면 설계

단면위치	길이 (mm)	D_{req} (mm)	$R_{eq} A_n$ (mm ²)	$A_{n, req}$ (mm ²)	M_u (kN.m)	ϕM_n (kN.m)	안전도	비고
도면	좌측내안장	2500.0	100.0	20680.000	21841.800	-	-	2.188 0.K
	좌측내안장	2200.0	100.0	366.508	3260.760	282.981	2319.634	8.197 0.K
	교축방향	1949.1	100.0	86.512	21841.800	52.734	12881.802	0.000 0.K
	교축방향	2500.0	150.0	11675.254	15870.500	9281.524	12881.805	1.360 0.K
기초	교축-지진부	2500.0	150.0	3642.364	14354.400	2906.711	11414.219	3.930 0.K

■ 사용성 검토

단면위치		인장응력 (1σ)	허용응력 (1σa)	절단강도 (S)	최대강도 (S _g)	비 고
두 부 분	좌측내안장	54.945	180.000	129.412	1146.594	0.K
	좌측내안장수중	42.468	180.000	259.000	1482.435	0.K
	교축방향	19.567	180.000	129.412	3219.757	0.K
기 초	교축방향	147.308	180.000	123.404	186.787	0.K
	교축-지진부	51.218	180.000	127.119	1166.363	0.K

3. 설계 조건

3.1 일반 사항

- 1) 구조 형식 : T형 교각
- 2) 상부 형식 : STEEL BOX
- 3) 교량 폭 : 10.0m
- 4) 기 초 형식 : 말뚝기초

3.2 하중

- 1) 활하중의 단위중량 : $q_c = 25 \text{ kN/m}^2$ [도로교 설계기준 2.1.2]
- 2) 기초하중의 단위중량 : $q_{st} = 30 \text{ kN/m}^2$ [도로교 설계기준 제2차 P300]
- 3) 교량하중 배분계수 : $f_s = 0.05$

3.3 지반 조건

- 1) 기초하중의 N치 : $N = 2$
 - 2) 기초하중의 내부마찰각 : $\phi = 20.477^\circ$: $15^\circ \sim 25^\circ$
 - 3) 기초하중의 점착력 : $c = 3 \text{ kN/m}^2$
 - 4) 기초하중의 마찰계수 : $\mu = 0.243$: $TAN(\phi/2)$: 점착력, 내부마찰각
 - 5) 지반 가압도 계수 : $A = 0.154$: 위도도 계수 γ 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급
- 지진 구역 : I 구역
- 지진구역 계수 : 0.11 [도로교 설계기준 6.3.1]

3.4 사용 재료 강도

- 1) 콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck} =$ 도면부 : 40 MPa
기중 : 40 MPa
기중 : 40 MPa
- 탄성계수 : $E_c =$ 도면부 : 31879 MPa
기중 : 31879 MPa
기중 : 31879 MPa
(도로교 설계기준 2.3.3)
- 2) 철근의 항복 강도(σ_{yk}) : $f_y =$ 도면부 : 400 MPa
기중 : 400 MPa
기중 : 400 MPa
기중(전단철근) : 400 MPa
기중(전단철근) : 400 MPa
- 탄성계수 : $E_k = 200000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

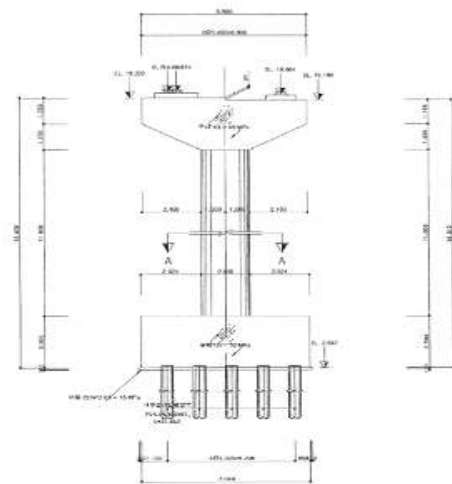
3.5 설계 방법

- 1) 안전 설계 방법 : 허용응력 설계법
- 2) 단면 설계 : 국한강도 설계법

3.6 참고 문헌

- (1) 도로교 설계기준 (2010)
- (2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
- (3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
- (4) 도로설계 규약 (2008)
- (5) 도로설계 요령 (2008)
- (6) 강구조 편람 (1995)
- (7) 강도교량 상세부 설계지침 (2006)

4. 단면 가칭



2. 해석결과 요약

■ 말뚝 안전성검토 및 용량검토

구분		허용강	발생강	비고
교목방향	평상시	허용지하력 (kN/EA)	1470.500	566.140 O.K
		허용인발력 (kN/EA)	1319.972	- O.K
		수평응력 (MPa)	140.000	46.375 O.K
		전단응력 (MPa)	80.000	1.443 O.K
		수평변위 (mm)	15.000	3.890 O.K
	지진시	허용지하력 (kN/EA)	2205.750	566.727 O.K
		허용인발력 (kN/EA)	1979.957	- O.K
		수평응력 (MPa)	210.000	52.232 O.K
		전단응력 (MPa)	120.000	2.651 O.K
		수평변위 (mm)	15.000	3.932 O.K
교목직각방향	평상시	허용지하력 (kN/EA)	1470.500	820.057 O.K
		허용인발력 (kN/EA)	1319.972	- O.K
		수평응력 (MPa)	140.000	81.611 O.K
		전단응력 (MPa)	80.000	4.624 O.K
		수평변위 (mm)	15.000	12.175 O.K
	지진시	허용지하력 (kN/EA)	2205.750	483.987 O.K
		허용인발력 (kN/EA)	1979.957	- O.K
		수평응력 (MPa)	210.000	51.715 O.K
		전단응력 (MPa)	120.000	3.211 O.K
		수평변위 (mm)	15.000	4.764 O.K

■ 기둥의 단면 설계

단면위치	P_{use}	$P_u(kN)$	$\phi P_n(kN)$	안전도	비고
교목방향	축력최대	0.019	11522.382	62204.828	7.134 O.K
	모멘트최대	0.019	7510.173	36256.429	4.698 O.K
	전단최대	0.019	8008.138	38042.315	5.996 O.K
	축력최소	0.019	5707.731	28303.243	4.856 O.K
	축력최대	0.019	11522.382	56672.676	4.896 O.K
교목직각방향	모멘트최대	0.019	7810.579	10028.595	1.284 O.K
	전단최대	0.019	8008.138	78320.484	12.703 O.K
	전단최대	0.019	5407.324	6731.661	1.245 O.K
	축력최대	0.019	11522.382	54882.730	4.772 O.K
	모멘트최대	0.019	7510.173	9389.532	1.247 O.K
평상시	전단최대	0.019	8008.138	32759.467	5.453 O.K
	전단최대	0.019	5707.731	6459.332	1.132 O.K
	모멘트최대	0.019	7810.579	9656.470	1.275 O.K
	전단최대	0.019	5407.324	6697.639	1.239 O.K

■ 단면 설계

단면위치	길이 (mm)	폭 (mm)	Req. A_s (mm ²)	Use. A_s (mm ²)	M_u (kN.m)	(M_u/M_n)	안전도	비고	
교목방향	좌측내연부	2406.0	100.0	25267.200	26960.800	-	-	1.034	O.K
	우측내연부	2406.0	100.0	25267.200	26960.800	-	-	2.821	O.K
	좌측내연부	2800.0	100.0	97.628	3683.300	89.614	3534.103	39.437	O.K
	우측내연부	2800.0	100.0	97.628	3683.300	89.614	3534.103	39.437	O.K
	교량발점2	1811.2	100.0	140.035	26960.800	79.114	14719.222	186.051	O.K
	교량발점1	1889.8	100.0	1619.844	26960.800	1011.389	18357.342	16.173	O.K
	교량발점3	1717.2	100.0	138.785	26960.800	73.899	13656.916	167.410	O.K
	교목방향	2500.0	150.0	9067.947	16330.500	7221.877	12972.393	1.800	O.K
교목-지리부	2500.0	150.0	6422.151	22838.900	5120.332	18108.184	3.540	O.K	

■ 사용응력 검토

단면위치	인장응력 (f _s)	허용응력 (f _{sa})	평균간격 (mm)	최대간격 (mm)	비고
교목방향	좌측내연부	86.102	180.000	133.333	680.096 O.K
	우측내연부	68.558	180.000	133.333	516.696 O.K
	좌측내연부수평	8.630	180.000	218.727	7135.101 O.K
	우측내연부수평	8.630	180.000	218.727	7135.101 O.K
	교량발점2	11.079	180.000	133.333	5966.261 O.K
교목직각방향	교량발점1	14.057	180.000	133.333	4461.756 O.K
	교량발점3	14.792	180.000	133.333	4258.965 O.K
	교목방향	157.376	180.000	123.649	149.297 O.K
	교목-지리부	36.545	180.000	127.119	1723.920 O.K

3. 설계조건

3.1 일반사항

- 1) 구조형식 : T형 교각
- 2) 상부형식 : STEEL BOX
- 3) 교량종류 : 1 차교
- 4) 기초형식 : 말뚝기초

3.2 하중

- 1) 활하중(콘크리트의 단위중량) : $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 2.1.2]
- 2) 기층지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 제2관 P366]
- 3) 교량발판 마찰계수 : $f_s = 0.05$

3.3 차방조건

- 1) 기층지반의 N치 : $N = 4$
- 2) 기층지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 22.746^\circ$: $15^\circ \leq \phi_2 \leq 150$
- 3) 기층지반의 점착력 : $c = 0 \text{ kN/m}^2$
- 4) 기층지반의 마찰계수 : $\mu = 0.271$: $f_{mk}(3\sigma, \phi_2)$: 흙과 콘크리트
- 5) 지반 가속도 계수 : $A = 0.154$: 위험도 계수 $\times$ 지진구역계수
 - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
 - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역계수 : 0.11

3.4 사용재료강도

- 1) 콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck} =$ 두부보 : 40 MPa
 기둥 : 40 MPa
 기초 : 40 MPa
 - 탄성계수 : $E_c =$ 두부보 : 31679 MPa
 기둥 : 31679 MPa
 기초 : 31679 MPa
 [도로교 설계기준 2.3.3]
- 2) 철근의 항복 강도(SD400) : $f_y =$ 두부보 : 400 MPa
 기둥 : 400 MPa
 기초 : 400 MPa
 기둥(콘크리트) : 400 MPa
 기초(콘크리트) : 400 MPa
 - 탄성계수 : $E_s = 200000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

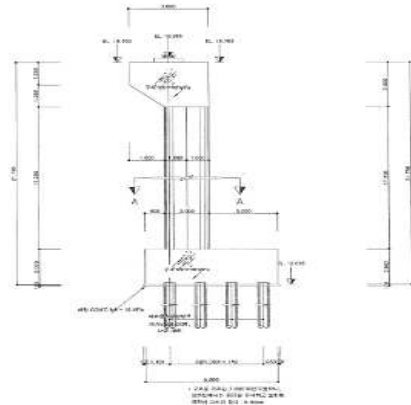
3.5 설계방법

- 1) 한계상태법 : 한계상태 설계법
- 2) 단면 설계 : 극한강도 설계법

3.6 참고문헌

- (1) 도로교 설계기준 (2010)
- (2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
- (3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
- (4) 도로설계 원리 (2008)
- (5) 도로설계 규정 (2009)
- (6) 강구조 연립 (1995)
- (7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단면가정



2. 해석결과 요약

■ 교각 단면성능도 및 응력강도

구분		허용강	발생강	비고
교목발판	평상시	허용지지력(kN/EA)	1557.000	647.111
		허용인발력(kN/EA)	800.874	-
		흙 압력(MPa)	140.000	45.597
		전단응력(MPa)	80.000	0.533
		수평변위(mm)	15.000	1.859
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2335.500	964.229
		허용인발력(kN/EA)	1201.011	-154.521
		흙 압력(MPa)	210.000	85.128
		전단응력(MPa)	120.000	4.352
		수평변위(mm)	15.000	6.529
교목지각발판	평상시	허용지지력(kN/EA)	1557.000	912.971
		허용인발력(kN/EA)	800.874	-
		흙 압력(MPa)	140.000	75.477
		전단응력(MPa)	80.000	4.068
		수평변위(mm)	15.000	14.150
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2335.500	438.511
		허용인발력(kN/EA)	1201.011	-
		흙 압력(MPa)	210.000	52.034
		전단응력(MPa)	120.000	2.937
		수평변위(mm)	15.000	5.757

■ 기둥의 단면 설계

단면위치	P_{use}	$P_f(kN)$	$\phi P_f(kN)$	안전도	비고
교목발판	축하최대	9.915	5518.302	79280.482	14.367
	모멘트최대	9.915	4026.884	28796.405	7.149
	완전설계	9.915	3221.518	8311.319	2.980
	편심최대	9.915	3090.440	21400.636	6.983
	축하최대	9.915	5518.302	45121.913	8.177
교목지각발판	모멘트최대	9.915	4197.670	5329.334	1.273
	완전설계	9.915	3221.518	8525.207	2.957
	편심최대	9.915	2890.364	3830.888	1.321
	축하최대	9.915	5518.302	44597.436	8.078
	모멘트최대	9.915	4026.884	5134.506	1.275
완전부하	완전설계	9.915	3221.518	6548.984	2.064
	편심최대	9.915	3090.440	3718.981	1.215
	모멘트최대	9.915	4197.670	5282.286	1.261
	편심최대	9.915	2890.364	3802.593	1.312
	축하최대	9.915	5518.302	44597.436	8.078

■ 단면 설계

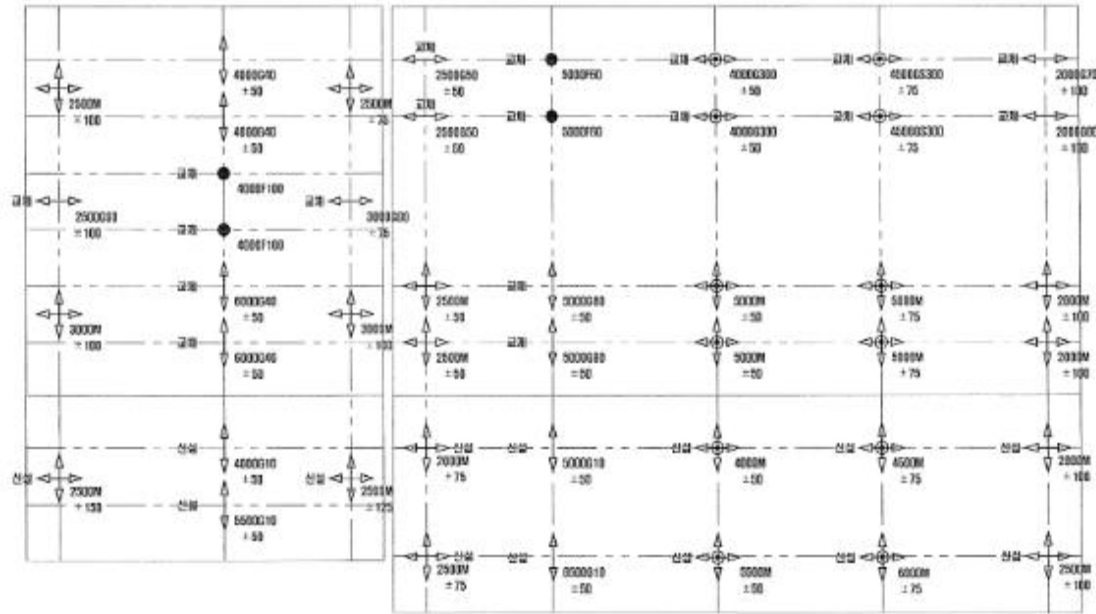
단면위치	길이(mm)	면적(mm ²)	$R_{eq} A_c (mm^2)$	$U_{eq} A_s (mm^2)$	$W_u(kN.m)$	$\phi M_u(kN.m)$	안전도	비고
두부보	좌측내단면	2500.0	100.0	20690.030	21841.600	-	-	44.097
기둥	좌측내단면	2200.0	100.0	44.338	3290.700	31.956	2319.634	75.277
기초	교목발판	2000.0	150.0	5057.561	11443.800	3172.535	7153.757	2.260
	교각-지점부	2000.0	150.0	13164.440	22814.900	8222.865	14790.522	1.600

■ 사용강도

단면위치	안전율(f_s)	허용응력(f_s)	발생강도(S)	최대강도(S_q)	비고
두부보	좌측내단면	2.882	190.000	129.412	22014.114
기둥	좌측내단면	4.754	190.000	250.000	13252.065
기초	교목발판	39.573	190.000	125.532	1633.272
	교각-지점부	150.000	190.000	127.000	189.998

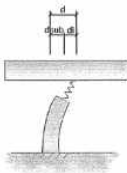
5. 내진 해석결과

5.1 받침 배치도



5.6 변위해석결과

- 지진시 상부구조와 교대 혹은 연결부는 상부구조간의 충돌에 의한 주요 구조부재의 손상을 방지(설계시 고려된 내진성능이 충분히 발휘할 수 있도록 하기 위하여 상부구조의 단부에는 여유간격을 설치하여야 한다.
- 상부구조의 여유간격은 다음 식에 의한 값보다 작아서는 안된다.
『도로교설계기준, 6.4.8』



$$\Delta I_s = d + \Delta I_s + \Delta I_c + 0.4 \Delta I_l$$

여기서, ΔI_s : 상부구조의 여유간격

d : 지반에 대한 상부구조의 총변위 ($d_s + d_{un}$)

ΔI_c : 콘크리트 건조수축에 의한 이동량

ΔI_s : 콘크리트 크리프에 의한 이동량

ΔI_l : 온도변화에 의한 이동량

① 상부구조 총변위

교 각	점 No.	상부변위 (mm)		비고
		교각방향 해석시	교각적각방향 해석시	
P35	41	261.2	241.3	
P2	51	187.6	32.2	
A2	61	58.4	2.5	

• 여유간격 선정

- 지진시 상부가 교대의 움직임에 충돌하는 경우 건조수축과 크리프의 변위는 충돌하라는 변위와 반대방향으로 이동하기 때문에 건조수축과 크리프의 변위량은 상부구조의 여유간격 감소 요인으로 작용하므로 변위의 이동량 및 신축유간보다 상부구조의 여유간격을 크게 확보하기 위해서는 건조 및 크리프에 의한 이동은 원로된 것으로 보고 상부구조의 여유간격을 선정한다.

② 교각 35 여유간격

$$d = 261.2 \text{ mm}$$

$$\Delta I_s = 0.0 \text{ mm}$$

$$\Delta I_c = 0.0 \text{ mm}$$

$$L = 45.0 \text{ m}$$

$$\Delta I_l = 0.4 \times L = \pm 18 \text{ mm}$$

$$\therefore d_s = 261.2 + 0.4 \times 18.0 = 268.41 \text{ mm}$$

따라서 교각 35의 여유간격은 268.5mm 이상 확보해야 함.

③ 교각 2 여유간격

$$d = 187.6 \text{ mm}$$

$$\Delta I_s = 0.0 \text{ mm}$$

$$\Delta I_c = 0.0 \text{ mm}$$

$$L = 50.0 \text{ m}$$

$$\Delta I_l = 0.4 \times L = \pm 20 \text{ mm}$$

$$\therefore d_s = 187.6 + 0.4 \times 40.0 = 203.63 \text{ mm}$$

따라서 교대2의 여유간격은 203.7mm 이상 확보해야 함.

④ 교대2 여유간격

$$d = 58.4 \text{ mm}$$

$$\Delta I_s = 0.0 \text{ mm}$$

$$\Delta I_c = 0.0 \text{ mm}$$

$$L = 145.0 \text{ m}$$

$$\Delta I_l = 0.4 \times L = \pm 58 \text{ mm}$$

$$\therefore d_s = 58.4 + 0.4 \times 116.0 = 104.82 \text{ mm}$$

따라서 교대2의 여유간격은 104.9mm 이상 확보해야 함.

1.2.2 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 1.2.1】 강매교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	상태 양호	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	상태 양호	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	상태 양호	양호

1.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

1.2.4 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	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3mm미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 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.	

1.2.5 시설물 보수 이력

【표 1.2.2】 강매교 보수이력사항

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

1.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 1.2.3】 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.			

1.3 현장조사

1.3.1 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~S6	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	
			
작업전경		작업전경	
			
제원조사		비파괴시험	

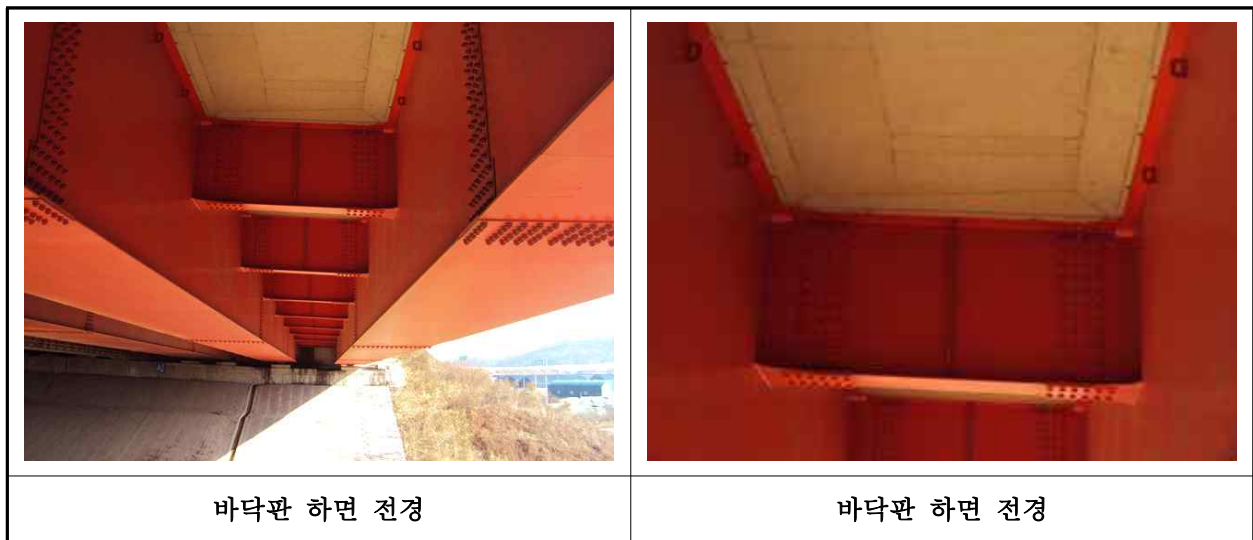
【사진 1.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

1.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 강매교는 총 6경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=290.0m 폭 8.0m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보, 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 1.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과, 바닥판의 안전성에 영향을 미칠만한 구조적인 손상은 조사되지 않았으나, 폭 0.3mm미만의 균열 및 망상균열, 박리 등의 손상이 조사되었다.

【표 1.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		박리 (㎡/개소)	
S1	2.00	2	—	—	—	—
S2	2.00	2	—	—	0.12	3
S3	1.00	1	100.00	10	—	—
S4	—	—	100.00	10	—	—
S5	—	—	100.00	10	—	—
S6	2.00	2	55.00	6	—	—
합계	7.00	7	355.00	36	0.12	3

	
S1 캔틸레버부 균열 (0.2mm/1.0m×2EA)	S1 캔틸레버부 균열 (0.2mm/1.0m×2EA)
	
S2 박리 (0.5m×2.0m×3EA)	S1 캔틸레버부 균열 (0.2mm/1.0m)
	
S3 망상균열 (2.0m×5.0m×10EA)	S3 망상균열 (2.0m×5.0m×10EA)

【사진 1.3.3】 바닥판하면 손상현황

	
S4 망상균열 (2.0m×5.0m×10EA)	S5 망상균열 (2.0m×5.0m×10EA)
	
S6 균열 (0.2mm/2.0m)	S6 망상균열 (2.0m×5.0m×5EA)

【사진 1.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면은 초기 건조수축에 의한 폭 0.2mm 미만의 균열 및 망상균열이 조사되었고, 시공 시 다짐미흡 등에 의한 박리가 일부 조사되었다. 손상부는 초기 손상으로 추정되면 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수 등의 보수가 필요할 것으로 사료된다. 또한 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인, 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Steel Box 거더는 2열로 시공되었으며, 도보 및 고소작업차를 이용하여 현장조사를 실시하였다



【사진 1.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 거더 내, 외부의 경우 국부적인 도장손상(박리, 긁힘)이 확인되었다.

【표 1.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		도장손상(박리,긁힘) (㎡/개소)	
거더 외부	S1	—	—
	S2	—	—
	S3	—	—
	S4	0.02	1
	S5	—	—
	S6	0.03	1
합계		0.05	2

【표 1.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		도장손상(박리) (㎡/개소)	
거더 내부	S1	—	—
	S2	0.01	1
	S3	—	—
	S4	—	—
	S5	—	—
	S6	—	—
합계		0.01	1

	
S4-G3 도장손상 (0.1m×0.2m)	S6-G4 도장손상 (0.1m×0.3m)
	-
S2-G4 도장손상 (0.1m×0.1m)	-

【사진 1.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

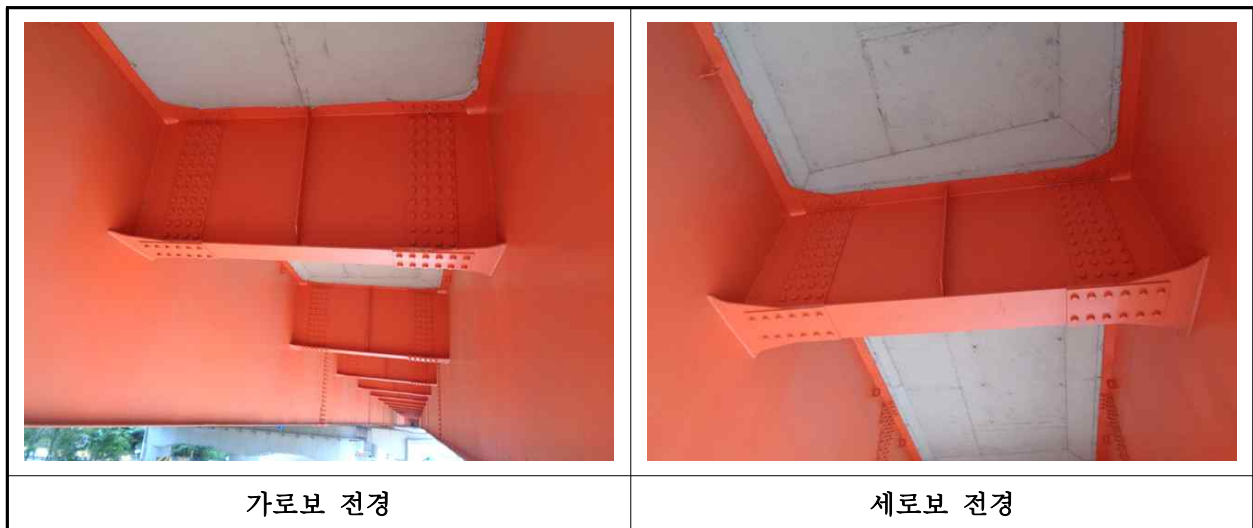
4) 검토의견

- 거더외부에 발생한 도장손상은 시공 초기 외부 충격에 의한 긁힘, 시공시 전처리 미흡에 의한 박리로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었다, 손상부는 강우시 부재의 부식 등의 진전을 유발 할 수 있으므로 재도장 등의 유지관리가 필요하다.
- 거더내부에 발생한 도장손상은 시공 초기 외부 충격에 의한 긁힘에 의한 박리로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었다, 손상부는 장기 공용시 부식 등의 진전을 유발 할 수 있으므로 재도장 등의 유지관리가 필요하다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보는 강재로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 1.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 1.3.4】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	—	—
	S2	—	—
	S3	—	—
	S4	—	—
	S5	—	—
	S6	—	—
합계		—	—

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
세로보 상태양호	세로보 상태양호

【사진 1.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

라. 교대

1) 부재의 개요

- 강매교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 1.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A2에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3mm 미만 균열이 조사되었다.

【표 1.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	균열 (0.3mm미만) (m/개소)	
A2	1.00	1
합계	1.00	1

	
A2 균열(폭 0.2mm/1.0m)	A2 균열(폭 0.2mm/1.0m)

【사진 1.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 0.2mm균열이 조사 되었고, 균열의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 강매교의 교각은 T형으로, 복합말뚝기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.



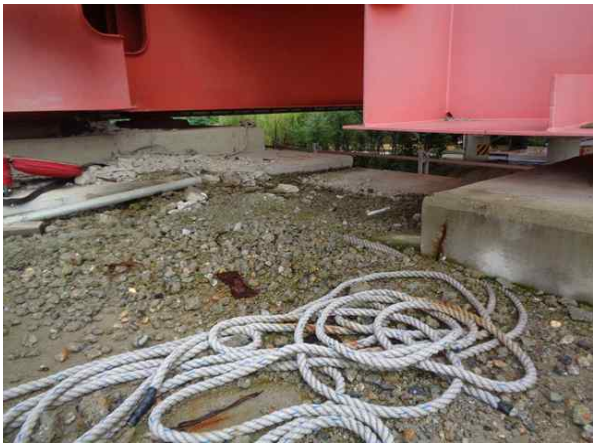
【사진 1.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 기 손상인 폭 0.3mm미만 망상균열, 폐 콘크리트 퇴적이 조사되었다.

【표 1.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		폐콘크리트 퇴적 (㎡/개소)	
P35	—	—	—	—
P1	5.00	1	—	—
P2	—	—	6.00	1
P3	—	—	—	—
P4	—	—	—	—
P5	2.00	1	—	—
합계	7.00	2	6.00	1

	
P1 교평부 망상균열 (5.0m×1.0m)	P2 교평부 상면 폐콘크리트 적치
	—
P5 교평부 망상균열 (2.0m×1.0m)	—

【사진 1.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

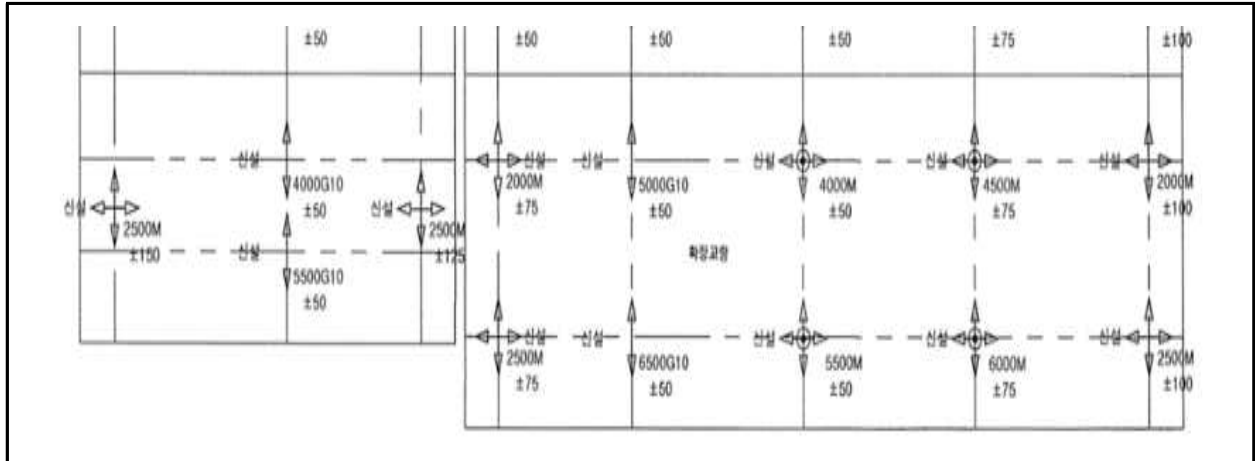
4) 검토의견

- 교각 코핑부에 발생한 망상균열은 폭 0.3mm미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 폐콘크리트 적치의 경우, 시공시 발생한 손상으로 청소 등의 정비가 요구된다. 교각은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인, 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 강매교의 받침은 포트받침으로 총 14기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 1.3.1】 교량받침 배치도



포트받침 (일방향) 전경

포트받침 (양방향) 전경

【사진 1.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 받침콘크리트 파손이 3개소 조사되었다.

【표 1.3.7】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침콘크리트 파손 (m/개소)	
P35	0.06	2
P1	0.03	1
P2	—	—
P3	—	—
P4	—	—
P5	—	—
A2	—	—
합계	0.09	2

	
P35-Sh1 받침콘크리트 파손(0.1m×0.3m×2EA)	P35-Sh1 받침콘크리트 파손(0.1m×0.3m×2EA)
	—
P1-Sh1 받침콘크리트 파손(0.1m×0.3m)	—

【사진 1.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

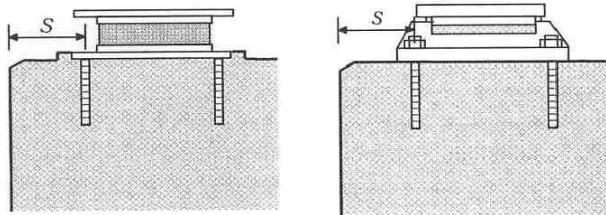
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 받침본체에서 발생한 받침콘크리트 파손의 경우, 시공시 외부충격 및 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 파손으로 추정되며 공사중에 발생한 손상으로 하자보수 등의 유지관리가 필요하며, 받침의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

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
: $S(\text{mm}) = 200 + 5L$
 - 거더의 경간길이 100m 이상
: $S(\text{mm}) = 300 + 4L$
- 여기서, L은 경간길이(m)

【그림 1.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

받침장치 연단거리 측정

【사진 1.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : $200 + 5 \times 45.0 = 425(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=50.0m) : $200 + 5 \times 50.0 = 450(\text{mm})$

【표 1.3.8】 연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)			검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	
P35		425	820			O.K
P1	A1측	450	820	820		O.K
	A2측	450	820	820		O.K
P2	A1측	450	540			O.K
	A2측	450		540	540	O.K
P3	A1측	450	955	955		O.K
	A2측	450	955	955		O.K
P4	A1측	450	855	855		O.K
	A2측	450	855	855		O.K
P5	A1측	450	875	875		O.K
	A2측	450	875	875		O.K
A2		425	480	480		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.



【사진 1.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 1.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
P35	29.4	30.6	0.000012	44.8	15.8	16.5	
P1	고정단						
P2	29.4	30.6	0.000012	50.0	17.6	18.4	
P3	고정단						
P4	29.4	30.6	0.000012	50.0	17.6	18.4	
P5	29.4	30.6	0.000012	100.0	35.3	36.7	
A2	29.4	30.6	0.000012	144.8	51.1	53.2	
1) 조사당시 온도 : 18.9℃(조사일 : 2021년 10월 08일, 평균온도, 상주)							
2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(보통지방)							

【표 1.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (mm)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P35	SH1	30	180	120	15.8	16.5	±150	O.K
P1	고정단							
P2(P35측)	SH1	0	125	125	17.6	18.4	±125	O.K
P2(A2측)	SH2	0	125	125	17.6	18.4	±50	O.K
	SH3	5	55	45			±50	O.K
P3	고정단							
P4	SH1	10	60	40	17.6	18.4	±50	O.K
	SH2	10	60	40			±50	O.K
P5	SH1	0	75	75	35.3	36.7	±75	O.K
	SH2	0	75	75			±75	O.K
A2	SH1	20	120	80	51.1	53.2	±100	O.K
	SH2	20	120	80			±100	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

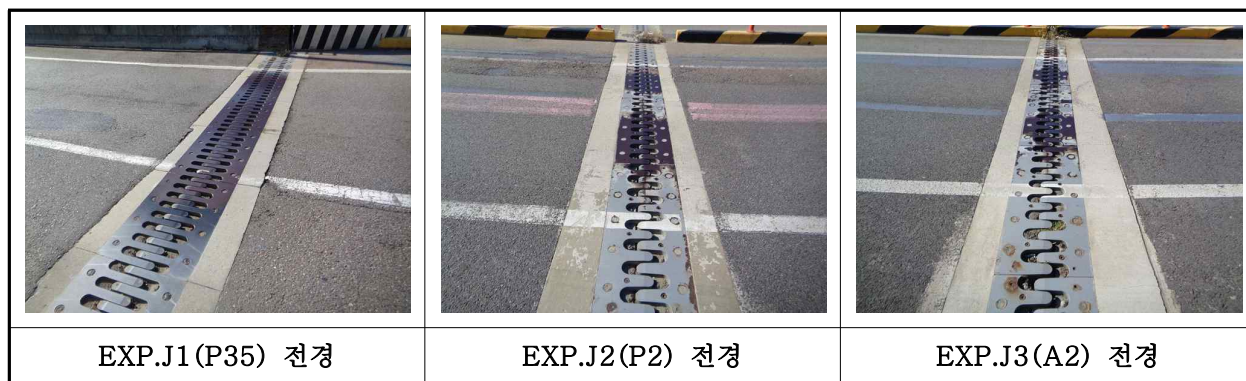
② 교량받침 이동량 검토의견

- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 P35, P2, A2에 강평거조인트로 시공된 상태이다.



【사진 1.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열(0.3mm미만), 본체 이물질퇴적, 신축이음 하부 누수 등의 손상이 조사되었다. P35 신축이음의 경우 인천국제공항 고속도로 관리 구간으로 본 과업에서 해당사항 없음으로 확인되었다.

【표 1.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	이물질퇴적 (m/개소)		후타재 균열 (m/개소)		하부 누수 (m/개소)		여유량 부족 (개소/개소)	
P35 (EXP J1)	—	—	—	—	—	—	—	—
P2 (EXP J2)	—	—	—	—	—	—	—	—
A2 (EXP J3)	3.00	1	3.00	10	1.00	1	1.00	1
합계	6.00	2	3.00	10	1.00	1	1.00	1

	
A2 후타재 균열 (0.2mm/0.3m×10EA)	A2 본체 이물질퇴적
	
A2 하부 누수	A2 하부 누수

【사진 1.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 망상균열, 박락의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상으로 시급한 보수 보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갯길측 체수 등에 의한 본체 부식 등의 손상이 발생하였고, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

구분	계산방법	비고																			
이론 신축량	- 온도변화에 의한 이동량 $\Delta L_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ - 여기서, ΔL_t : 온도변화에 의한 이동량 ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조) α (강재): 1.2×10^{-5}, α (콘크리트): 1.0×10^{-5} L : 신축보의 길이(mm)																				
소요 신축량	- 소요 가동량 산정 - 조사일 : 2022. 10. 18. 기온 적용: 9.4℃(일평균) ΔT(신장시) : 40.0℃-9.4℃ = 30.6℃ ΔT(수축시) : -20.0℃-(9.4℃) = 29.4℃ ΔL_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)<table><tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α (/℃)</th></tr><tr><td rowspan="2">강 교</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>	교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α (/℃)	강 교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}	하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}	RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}	 
교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α (/℃)																	
강 교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}																	
	하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}																	
RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}																	

【사진 1.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 1.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		신축이음 실측유간 (mm)	바닥판 실측유간 (mm)	거더 실측유간 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
P2	29.4	30.6	0.000012	99.9	35.2	36.7	83.0	150.0	125.0	
A2	29.4	30.6	0.000012	144.4	50.9	53.0	90.0	120.0	180.0	

1) 조사당시 온도 : 9.4℃(조사일 : 2022년 10월 18일, 평균온도, 서울)
 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)

【표 1.3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
P2	신축이음	35.2	36.7	83.0	120	1.8	46.3	O.K
	바닥판			150.0	－	－	113.3	O.K
	거더			125.0	－	－	88.3	O.K
A2	신축이음	50.9	53.0	90.0	120	－20.9	37.0	N.G
	바닥판			120.0	－	－	67.0	O.K
	거더			180.0	－	－	127.0	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A2 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 강매교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.



【사진 1.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 주행에 영향을 줄만한 손상은 조사되지 않았고, 일부 구간에서 라벨링이 확인되었다.

【표 1.3.14】 교면포장 현장조사 결과

구분	라벨링 (㎡/개소)	
S1	45.00	1
S2	50.00	1
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
S6	—	—
합계	95.00	2



【사진 1.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장은 중차량 통행 및 공용중 열화에 의한 라벨링이 확인 되었고, 손상은 현재 미미한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 재포장 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 강매교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 1.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 1.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
S6	—	—
합계	—	—

	
배수관 상태 양호	배수관 상태 양호
	
배수구 상태 양호	배수구 상태 양호

【사진 1.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 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. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



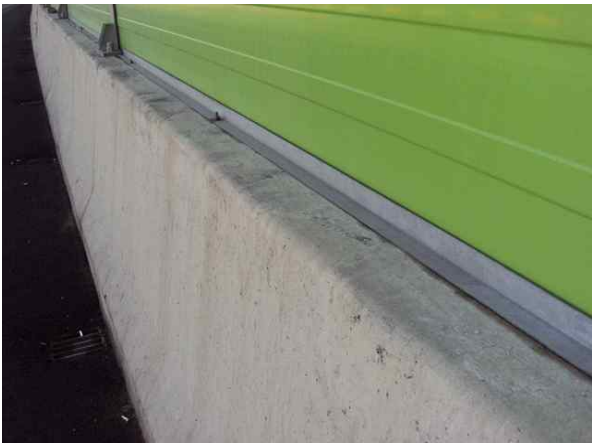
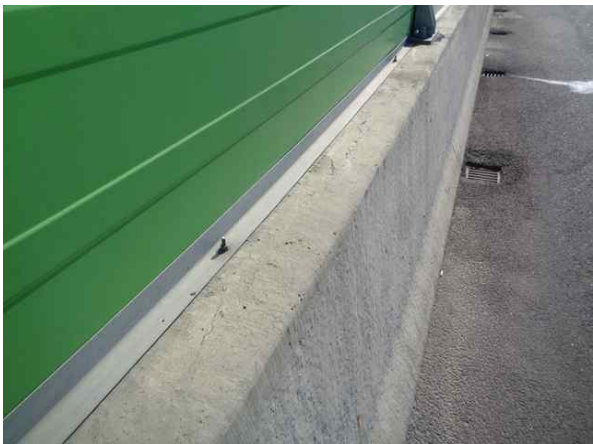
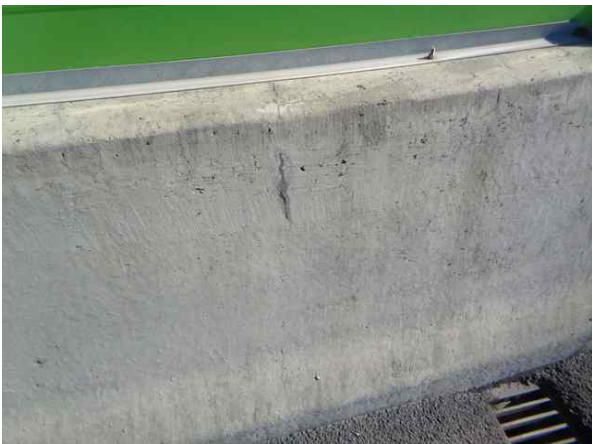
【사진 1.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3mm내, 외 균열, 국부적인 파손이 확인되었다.

【표 1.3.16】 난간 및 연석 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열(0.3mm이상) (m/개소)		파손 (㎡/개소)	
S1	10.00	6	—	—	—	—
S2	7.80	3	0.90	2	—	—
S3	2.90	2	1.10	1	—	—
S4	0.50	1	—	—	0.30	1
S5	4.60	5	—	—	—	—
S6	9.60	8	1.20	1	—	—
합계	35.40	25	3.20	4	0.30	1

	
S1 방호벽 균열 (0.2mm/0.4m×5EA)	S1 방호벽 균열 (0.2mm/0.8m)
	
S2 방호벽 균열부 (0.2mm/7.0m)	S2 방호벽 균열부 (0.3mm/0.5m)
	
S3 방호벽 균열부 (0.2mm/2.5m)	S3 방호벽 균열부 (0.3mm/1.1m)

【사진 1.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

	
S4 방호벽 균열(0.2mm/0.5m)	S5 방호벽 균열(0.2mm/1.2m)
	
S6 방호벽 균열(0.3mm/1.2m)	S4 파손(1.0m×0.3m)

【사진 1.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열은 초기 건조수축, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면보수, 주입보수가 필요하며, S4에 발생한 파손의 경우, 외부 충격에 의한 손상으로 단면보수가 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 강매교의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P35, P1~5에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.



【사진 1.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 점검로 파손이 1개소 확인되었다.

【표 1.3.17】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	점검로 파손 (개소/개소)	
P35	—	—
P1	—	—
P2	1.00	1
P3	—	—
P4	—	—
P5	—	—
A2	—	—
합계	—	—

	—
P4 점검로 파손(1EA)	—

【사진 1.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 일부 구간에서 점검로 파손이 확인되었고, 작업자의 안전 확보 차원의 보수 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.

1.3.3 현장조사 총괄표

【표 1.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열 (0.3㎜미만)	m	7.00	7	
		망상균열	㎡	355.00	36	
		박리	㎡	0.12	3	
거더	외부	도장박리, 긁힘	㎡	0.05	2	
	내부	도장박리	㎡	0.01	1	
가로보		상태양호	—	—	—	
교대		균열 (0.3㎜미만)	m	1.00	1	
교각		망상균열	㎡	7.00	2	
		페콘크리트퇴적	㎡	6.00	1	
교량받침		파손	㎡	0.09	2	
신축이음		이물질퇴적	m	6.00	2	
		후타재균열	m	3.00	10	
		하부누수	m	1.00	1	
		여유량 부족	EA	1.00	1	
교면포장		라벨링	㎡	95.00	2	
배수시설		상태양호	—	—	—	
방호벽		균열 (0.3㎜미만)	m	35.40	25	
		균열 (0.3㎜이상)	m	3.20	4	
		파손	㎡	0.30	1	
점검시설		점검로 파손	EA	1.00	1	

1.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

1.4 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.

1.4.1 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 1.4.1】 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	6	6	6	6	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 ¹⁾ • 5경간 이상: 3~6개소 ²⁾		1	2	2	4	

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

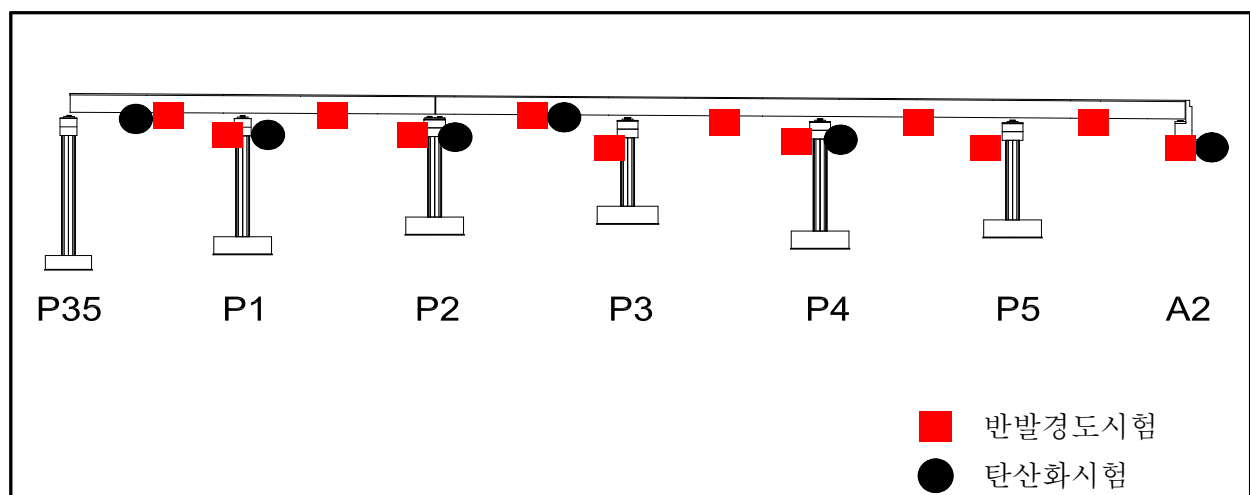
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



【사진 1.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 1.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

1.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발강도시험(총 12개소)을 실시하였으며, 검토결과
 과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 1.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발강도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발강도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1	바닥판	45.9	27.0	28.6	0.67	27.0	
	S2	바닥판	46.4	27.4	28.8			
	S3	바닥판	46.0	27.1	28.6			
	S4	바닥판	46.3	27.3	28.8			
	S5	바닥판	46.4	27.4	28.8			
	S6	바닥판	47.9	28.7	29.5			

【표 1.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발강도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발강도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A2	교대	43.8	25.2	27.6	0.67	24.0	

【표 1.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발강도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발강도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	교각	48.0	40.5	48.1	0.67	40.0	
	P2	교각	49.3	41.7	50.0			
	P3	교각	49.1	41.6	49.8			
	P4	교각	48.5	40.9	48.8			
	P5	교각	49.4	41.8	50.2			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~29.5MPa, 하부구조(교대) 25.2~27.6 MPa, 하부구조(교각) 40.5~50.2MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각:40.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단 된다.

【표 1.4.5】비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.0~29.5	27.0	100.0~109.3
하부구조	교대	25.2~27.6	24.0	105.0~115.0
	교각	40.5~50.2	40.0	101.3~125.5

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 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 1.4.6】탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
	S3 바닥판	3.0	40.0	37.0	2.12	100년이상	a
하부구조	A2 홍벽	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a
	P1 코핑부	1.0	100.0	99.0	0.71	100년이상	a
	P2 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a
	P4 코핑부	1.0	100.0	99.0	0.71	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 1.0~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 1.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비 고
상부구조	2.0~3.0	37.0~38.0	
하부구조	1.0~3.0	97.0~99.0	

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 1.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.0~29.5	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.2~27.6	24.0	
		교각	40.5~50.2	40.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		37.0~38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~99.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

1.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 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.

1.5.1 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 1.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	b	a	a	b	a	b	a	b	a	q	a	—
S2	P1	STB	b	b	a	b	a	b	—	b	b	q	—	a
S3	P2	STB	b	a	a	a	a	b	a	a	a	q	a	a
S4	P3	STB	b	b	a	a	a	b	—	a	a	q	—	—
S5	P4	STB	b	a	a	a	a	b	—	a	a	q	—	a
S6	P5	STB	b	b	a	a	a	b	—	a	b	q	—	—
	A2								b	a	b	q	—	a
평균			0.200	0.150	0.100	0.133	0.100	0.200	0.133	0.129	0.143	—	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	—	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.036	0.030	0.005	0.009	0.003	0.004	0.012	0.012	0.029	—	0.004	0.003
													0.146	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.146) < 0.260$

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 1.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결합도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결합도점수 X 연장비
강매교	0.146	B	290.0	1	290.0	1.000	0.146
합계(Σ)			290.0	1	290.0	1	0.146
1. 평가지수 =							0.146
2. 상태평가결과 =							B

1.5.2 기 점검 결과와의 비교

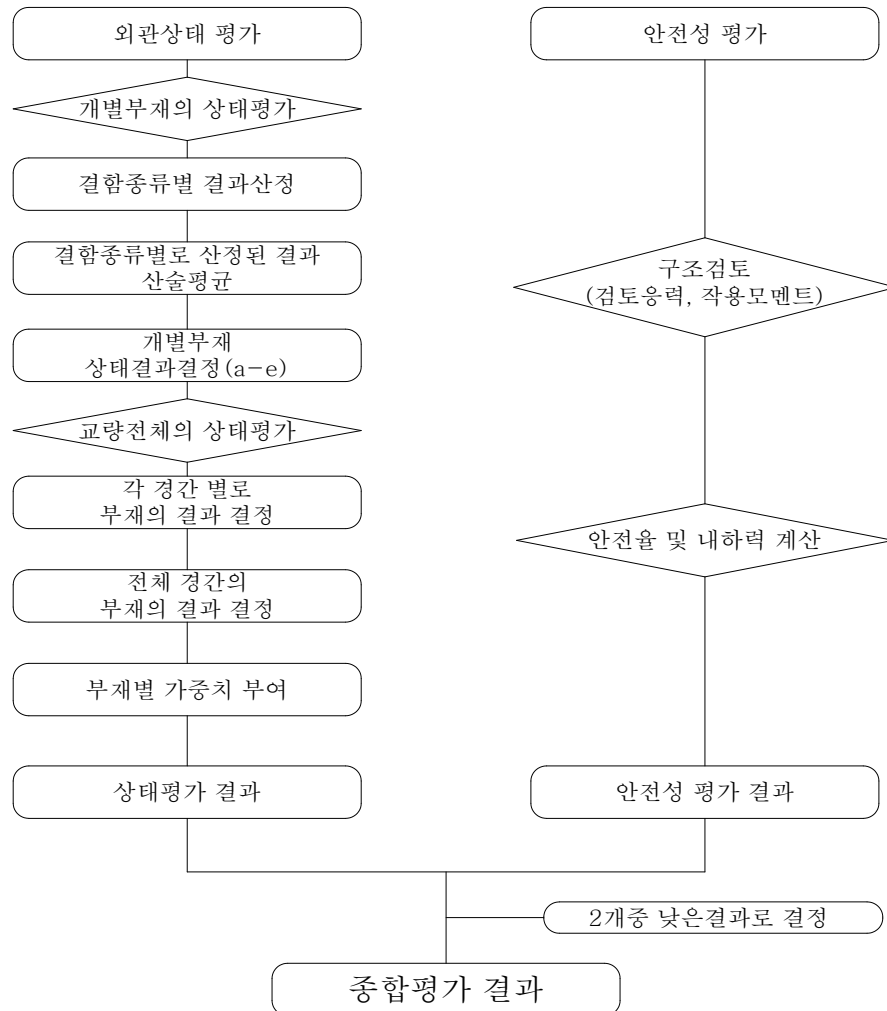
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

1.6 종합평가 및 안전등급 지정

1.6.1 종합평가 결과 산정방법

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

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 1.6.1】 종합평가 결과 산정절차

1.6.2 종합평가 결과

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

【표 1.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S · F	기준	
강매교	0.146	B	—	—	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

1.6.3 안전등급 지정

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

【표 1.6.2】 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 위협이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

1.7 보수·보강 및 유지관리방안

1.7.1 보수·보강 방안

【표 1.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열 (0.3mm미만)	m	7.00	7	표면처리	하자
		망상균열	m ²	355.00	36	표면처리	하자
		박리	m ²	0.12	3	단면보수	하자
거터	외부	도장박리, 긁힘	m ²	0.05	2	재도장	하자
	내부	도장박리	m ²	0.01	1	재도장	하자
가로보		상대양호	—	—	—	—	—
교대		균열 (0.3mm미만)	m	1.00	1	표면처리	하자
교각		망상균열	m ²	7.00	2	표면처리	하자
		페콘크리트퇴적	m ²	6.00	1	정비	하자
교량받침		파손	m ²	0.09	2	단면보수	하자
신축이음		이물질퇴적	m	6.00	2	청소	3순위
		후타재균열	m	3.00	10	표면처리	하자
		하부누수	m	1.00	1	교체	하자
		여유량 부족	EA	1.00	1	교체	하자
교면포장		라벨링	m ²	95.00	2	재포장	하자
배수시설		상태양호	—	—	—	—	—
방호벽		균열 (0.3mm미만)	m	35.40	25	표면처리	하자
		균열 (0.3mm이상)	m	3.20	4	주입보수	하자
		파손	m ²	0.30	1	단면보수	하자
점검시설		점검로 파손	EA	1.00	1	정비	하자

1.7.2 개략공사비

【표 1.7.2】 개략공사비

구 분		손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바판하천		균열(0.3㎜미만)	표면처리	7.00	2.63	m	—	—	하자
		망상균열	표면처리	355.00	532.50	m²	—	—	하자
		박리	단면보수	0.12	0.18	m²	—	—	하자
거터	외부	도장박리, 굽힘	재도장	0.05	0.08	m²	—	—	하자
	내부	도장박리	재도장	0.01	0.02	m²	—	—	하자
교대		균열(0.3㎜미만)	표면처리	1.00	0.38	m	—	—	하자
교각		망상균열	표면처리	7.00	10.50	m²	—	—	하자
		폐콘크리트퇴적	정비	6.00	9.00	m²	—	—	하자
교량받침		파손	단면보수	0.09	0.14	m²	—	—	하자
신축이음		이물질퇴적	청소	6.00	9.00	m	30	270	3순위
		후타재균열	표면처리	3.00	4.50	m	—	—	하자
		하부누수	교체	1.00	1.50	m	—	—	하자
		여유량 부족	교체	1.00	1.00	EA	—	—	하자
교면포장		라벨링	재포장	95.00	142.50	m²	—	—	하자
방호벽		균열(0.3㎜미만)	표면처리	35.40	13.27	m	—	—	하자
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	3.20	4.80	m	—	—	하자
		파손	단면보수	0.30	0.45	m²	—	—	하자
점검시설		점검로 파손	정비	1.00	1.00	EA	—	—	하자
개략 공사비 (천원)		구 분	1순위		2순위			3순위	
		순공사비	—		—			270	
		재경비 (순공사비의 50%)	—		—			135	
		합계	—		—			405	
개략공사비 총계(천원)			405						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

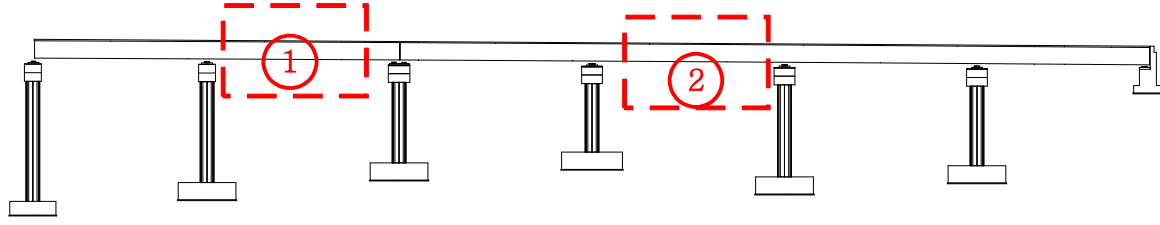
1.7.3 유지관리방안

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 1.7.3】 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 박리 - 진전 여부확인	② 거더외부 도장박리 - 부식 등의 진전 여부확인	
		
P35	P1	P2
	P3	P4
	P5	A2

1.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매로 7(강매동)에 위치한 교량으로 총 연장 290.0m, 폭 8.0m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

1.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면은 초기 건조수축에 의한 폭 0.2mm 미만의 균열 및 망상균열이 조사되었고, 시공시 다짐미흡 등에 의한 박리가 일부 조사되었다. 손상부는 초기 손상으로 추정되면 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수 등의 보수가 필요할 것으로 사료된다. 또한 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인, 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) Steel Box Girder

- 거더외부에 발생한 도장손상은 시공 초기 외부 충격에 의한 긁힘, 시공시 전처리 미흡에 의한 박리로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었다, 손상부는 강우시 부재의 부식 등의 진전을 유발 할 수 있으므로 재도장 등의 유지관리가 필요하다.
- 거더내부에 발생한 도장손상은 시공 초기 외부 충격에 의한 긁힘에 의한 박리로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었다, 손상부는 장기 공용시 부식 등의 진전을 유발 할 수 있으므로 재도장 등의 유지관리가 필요하다.

3) 가로보

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

4) 교대

- 교대에 0.2mm균열이 조사 되었고, 균열의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교각

- 교각 코핑부에 발생한 망상균열은 폭 0.3mm미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 폐콘크리트 적치의 경우, 시공시 발생한 손상으로 청소 등의 정비가 요구된다. 교각은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인, 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

6) 교량받침

- 받침본체에서 발생한 받침콘크리트 파손의 경우, 시공시 외부충격 및 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 파손으로 추정되며 공사중에 발생한 손상으로 하자보수 등의 유지관리가 필요하며, 받침의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 망상균열, 박락의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상으로 시급한 보수 보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갯길측 체수 등에 의한 본체 부식 등의 손상이 발생하였고, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A2 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

8) 교면포장

- 교면포장은 중차량 통행 및 공용중 열화에 의한 라벨링이 확인 되었고, 손상은 현재 미미한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 재포장 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

9) 배수시설

- 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 발생한 균열은 초기 건조수축, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면보수, 주입보수가 필요하며, S4에 발생한 파손의 경우, 외부 충격에 의한 손상으로 단면보수가 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

11) 교량 점검시설

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 일부 구간에서 점검로 파손이 확인되었고, 작업자의 안전 확보 차원의 보수 등의 유지관리가 요구된다.

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~29.5MPa, 하부구조(교대) 25.2~27.6MPa, 하부구조(교각) 40.5~50.2MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 교대: 24.0 MPa, 교각:40.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.
- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 1.0~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 강매교의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 강매교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 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 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

1.8.2 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.

1.8.3 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.