

24. 성사1교

[부천방향 확장부]

- 24.1 시설물 개요
- 24.2 자료수집 및 분석
- 24.3 현장조사
- 24.4 콘크리트 내구성조사
- 24.5 상태평가
- 24.6 종합평가 및 안전등급 지정
- 24.7 보수·보강 및 유지관리 방안
- 24.8 종합결론

24. 성사1교(부천방향 확장부)

24.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 성사동 610-14에 위치한 교량으로 총 연장 120.0m, 폭 11.5m로 시공되어 있다.

24.1.1 일반사항

【표 24.1.1】 성사1교(부천방향 확장부) 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물번호		BR2020-0000111		관리번호		-	
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 성사동 610-14		준공년월일		2020. 11. 06	
시점이정		-		노 선 명		고속국도 17호선	
제원	연장	L=120.0m(2@60=120.0m)					
	폭	B=11.5m					
구조 형식	상부	Steel Box		기초 형식	교 대	말뚝기초	
	하부	교대: 역T형 교각: T형			교 각	직접기초	
교량받침		포트받침		신축이음		뉴모노셀조인트	
교차시설물		호국로		통과높이		9.4m	
부착시설내용		-		설계하중		DB-24/DL-24	
시 공 자		두산건설(주)		관리주체		(주)다산건설터트	
감 리 자		(주)동일기술공사		관리주체		서울문산고속도로주식회사	
							
측면 전경				상부 전경			

24.1.2 위치도 및 전경사진

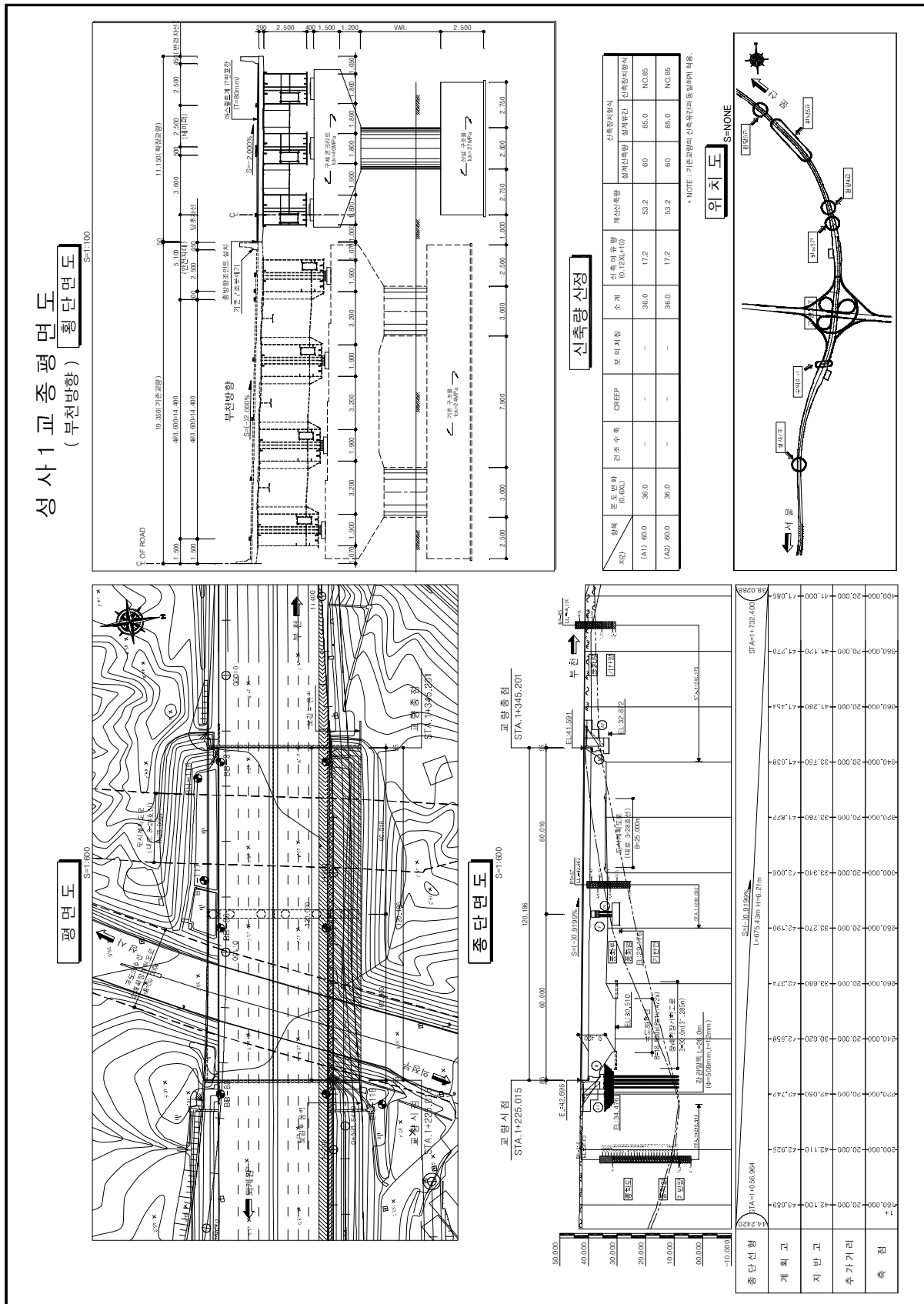


【그림 5.1.1】 위치도

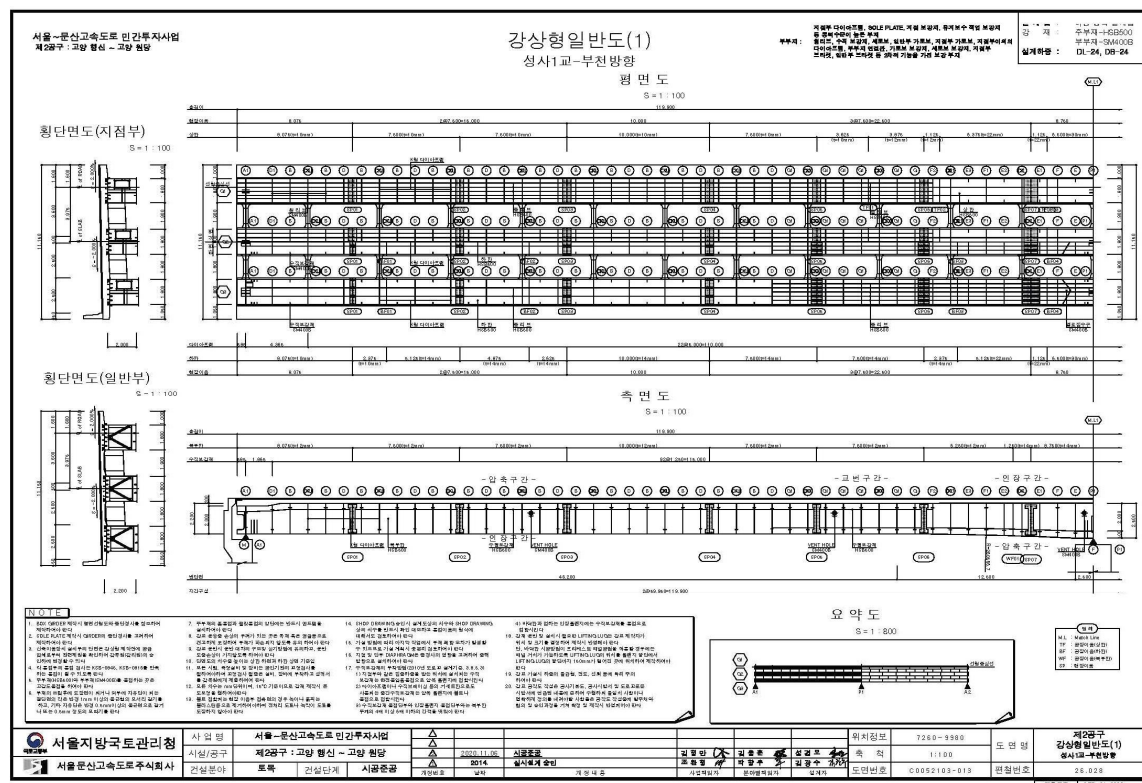
교면포장 전경	신축이음 전경
거더 전경	바닥판하면 전경
교대 전경	교각 전경

【그림 24.1.2】 부재별 현황

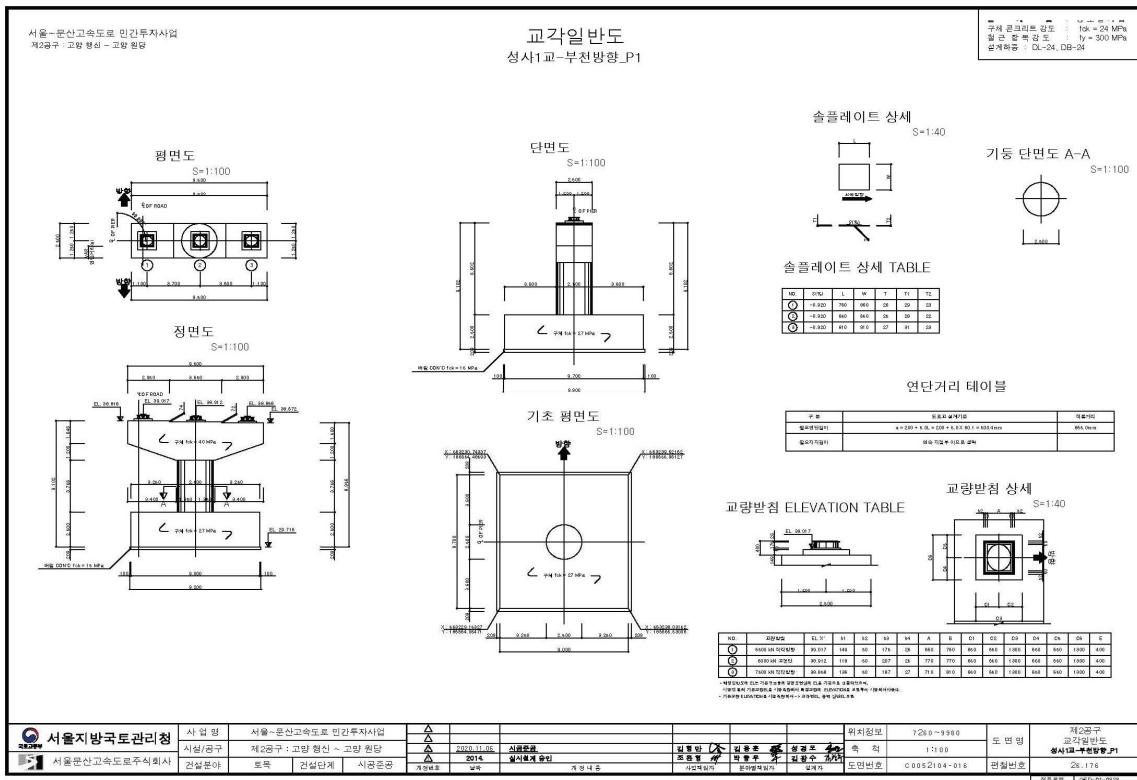
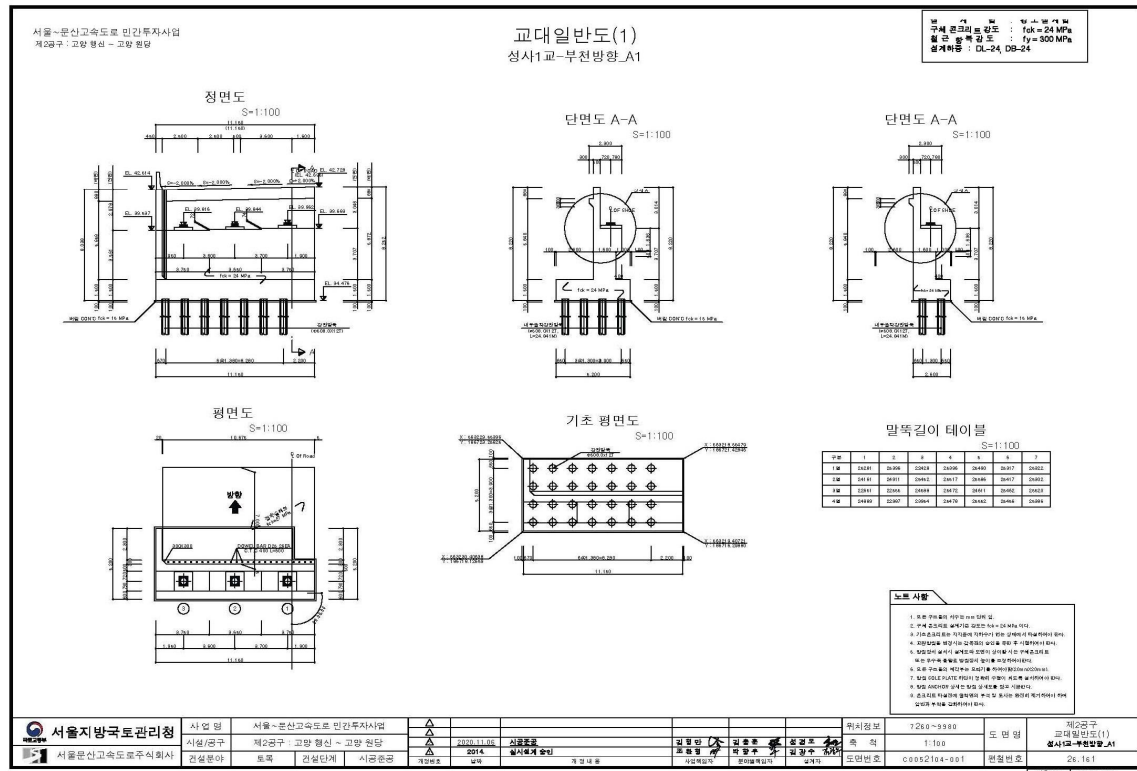
24.1.3 시설물 일반도



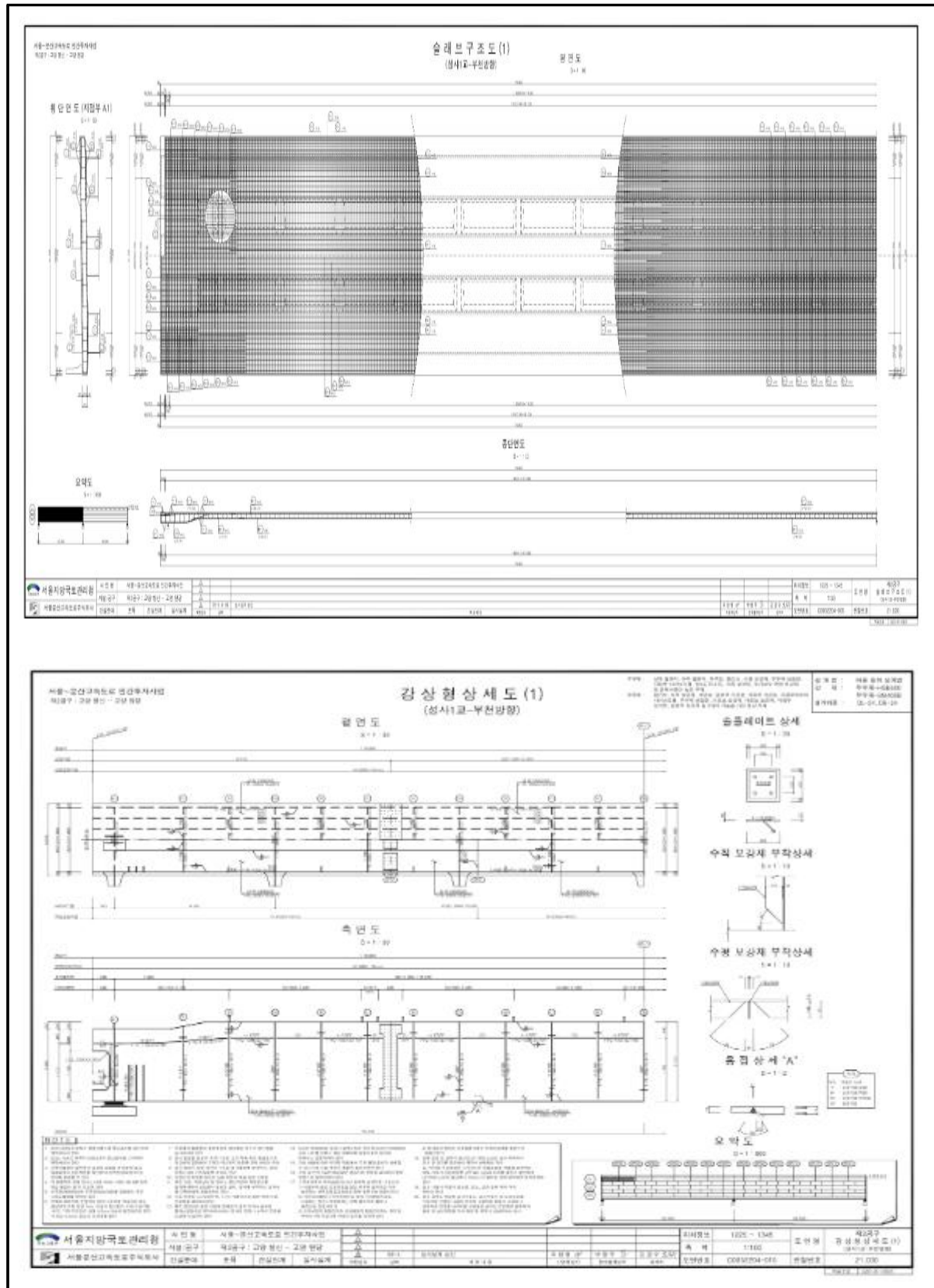
【그림 24.1.3】 평면 및 종단면도



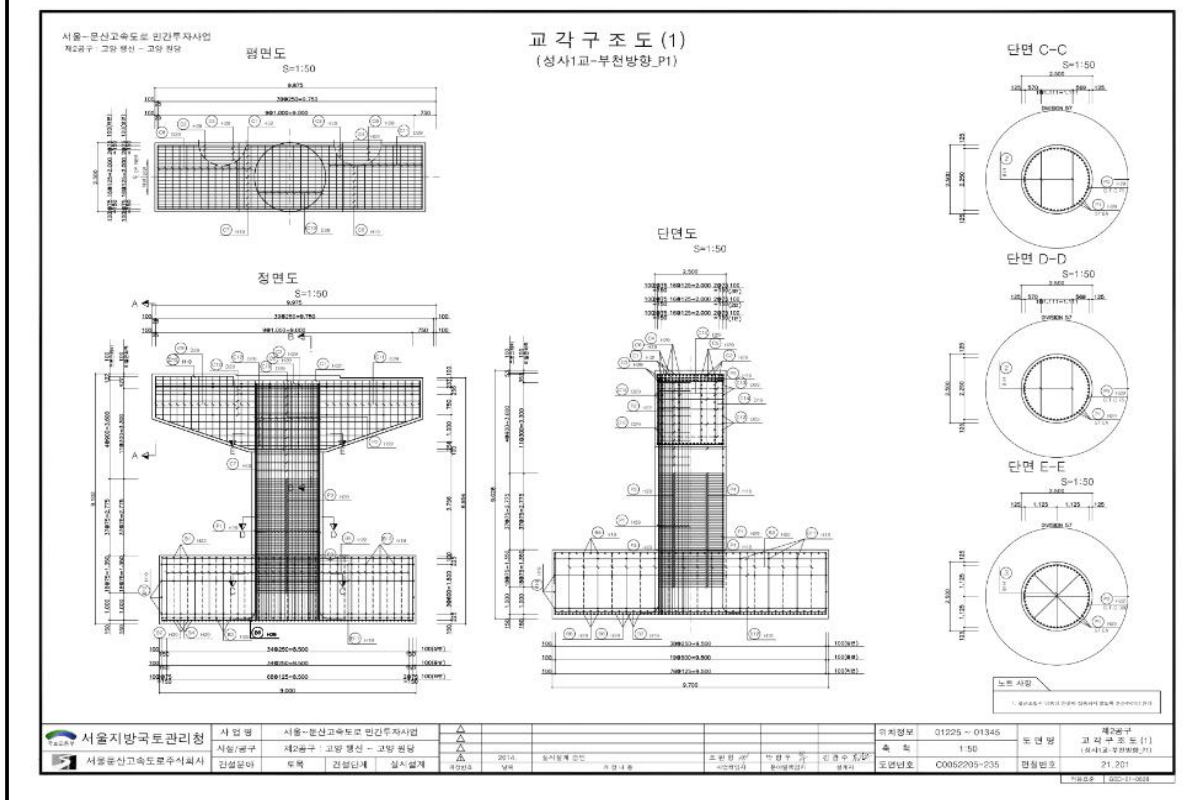
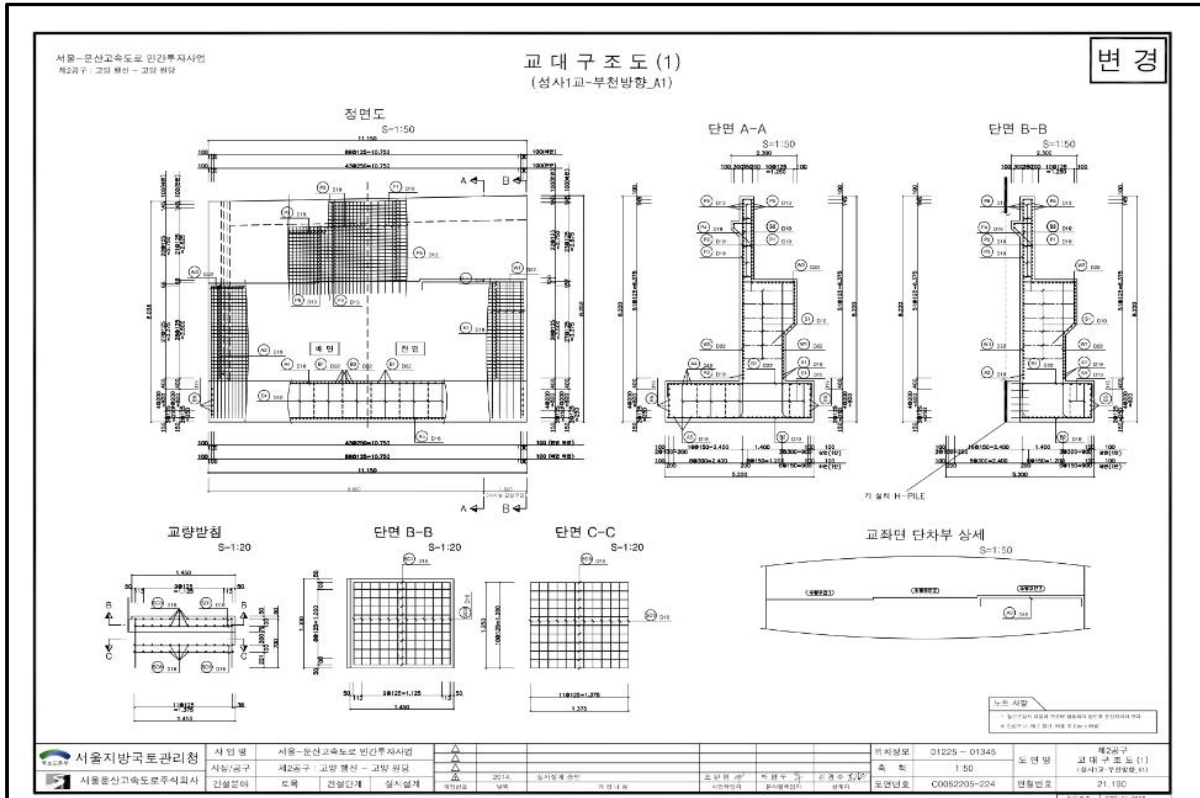
성사1교(부천방향 확장부) - 7



【그림 24.1.5】 교대 일반도



【그림 24.1.6】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도



【그림 24.1.7】 교대 및 교각 구조도

SM 서울~부산고속도로 민간투자사업

2.4.2 경험식에 의한 검토

○ 제안자별 경험식

단위중량 및 포아송비		
구분	Tsuchiya (1964)	국규전 (1993)
산정방식	• 무결식, 기르사레 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
	$\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)} = \frac{7.04 \{ \gamma - 1.26 \} / 14.3}{0.3 - \{ \gamma - 1.26 \} / 0.6}$ $\text{예가치, } \gamma = \log E_{80g/cm^2} - 2.25 / 0.35$	$\mu = -0.17 \log(RMR) + 0.9$
산정적		

분자적 특성	구분
• Erlenmeyer (1966)	$C_{\text{H}} = -0.051 + 0.008R - 3.346 \times 10^{-6}R^2$ $\phi_{\text{H}} = -0.086 + 0.7801RMR - 0.0031 RMR^2$

 $\phi_m = 0.53 \text{ mm}$

*참고문 (1993)
 $\phi_{\text{m}} = 0,256(\text{RMR}^*) + 27,5$

A coordinate plane showing a line with a negative slope. The line passes through the y-intercept at (0, 10) and the x-intercept at (5, 0). The equation of the line is $y = 2x + 10$.

[illegible]

• Benicewski (1973)	$E_m = 0.0049 RMR_{100}(Pa)$; $RMR > 57$	• Benicewski의 Sorafil & Porofil	
• Gerstein & Porcira (1983)	$E_m = 10 (RMR - 10)^2 (GPa)$; $RMR \leq 57$	정형식의 표정을 기준으로 적용	
• 고국현 (1993)	$E_m = 3 \times 10^{10} RMR^{0.75} (GPa)$ - RMR: 종RMR에서 저저수 상태 및 현리암상 모형을 제외		
• Aydan (1987)	$E_m = 0.0397 RMR^{3.5} (MPa)$		

•Mohammad (1967) $E_m = 0.582 \text{ RMR} + 0.1831$ (GPa)

국토교통부

제4편 성과분석 및 설계지반정수

● 변형계수

성명	성별	연령	직업
----	----	----	----

	기초	검정치	사건 결과	기 유
1등금	18,000	55,300~93,300	-	18,000
2등금	13,000~15,000	24,000~28,300	-	13,000
3등금	4,000~6,000	11,500~13,100	-	4,000
4등금	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
5등금	500	600~1,000	-	500

5. 물연속성 설계지침경우 수질환경기준을 따라 가정하에 지는에 이러한 물연속성의 원상조는 양한의 원상조는 양한 대상 이상적인 물연속성 설계, 가용성(Dissolution), 유변성(Filling material), 유변성(Penetrability) 등에 의해 지어지 될 수있지않고 수질환경 기준을 따라하에 대한 물연속성 원상조는 양한 대상, 지질환경기준의 물연속성(특성) 및 지질환경기준을 따라하에 대한 물연속성 원상조는 양한 대상

2.6. 문헌자료

단 식 계	기본분포(α_1)	단 식 계	기본분포(α_1)
과 식 계	32	과 식 계 (조건부)	31~36
원 인 계	31~38	원 인 계	33~40
변 인 계	35	변 인 계	31

백	문	암	
2000년	2000년	2000년	

백운암	27~31	세밀	27
관악암 (재암리)	23~29	미사암	27~31
화강암 (재암리)	29~35	편안암	25~30

가) 차은 고은 일원까지 모든 암석표면에 대해 시찰하여 얻은 일일

© Rock Slope Engineering, E.Hoek & J.W.Bray

한 시 병	
	한

정착력이	발과	수용기
------	----	-----

정착력이 없는 물고기	발라 / 크레 명	구 / 과학 명	30.0 ~ 40.0 45.0 ~ 50.0 35.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 35.0	-	-
정착력이 있는 물고기	발라 / 크레 명	구 / 과학 명	35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 40.0	35.7 ~ 56.1 20.4 ~ 40.8	(화강암, 원두암, 안암) (남양, 편마암, 정광암)

--	--

[illegible]

2.6 기타 전제조건상징주 선정

개요	· 대장암·간암·위암을 진단 시술용 단층촬영술을 분석 · 이물검출, 재관전, 조직물상자를 상판분석 및 결함검사, 비고·분석자료, 직육면체 측정
----	--

- Okamoto (1989) $V_0 = 1$

○ 시험결과 및 실험편지	시험결과	실험편지	시험결과	실험편지
○ 시험결과 및 실험편지	시험결과	실험편지	시험결과	실험편지

매립종	-
-----	---

	V ₁ (1978)	V ₁ (1979)	V ₁ (1980)
카미손	--	--	144.4~234.1
전동	--	--	162.5~249.4
수동	--	--	144.4~234.1
수업	--	--	162.5~249.4
정리제	919~984	375~408	252.4~372.3
중공업	1,103~1,185	511~577	276.4~404.2

단 일	1,768~1,88
계 일	2,168~2,32

구분	V_0 (m/s)	V_1 (m/s)	C_0 (MPa)	C_1 (MPa)	C_2 (MPa)	α
지점1	498	180	62	164	161	0.33
지점2	645	200	68	190	317	0.40

기타	480
작가	514

구분	조각	170	32	440	190	0.39
	직접	514	190	69	181	0.32
공회보		952	342	268	713	0.33
문화광		1,144	584	582	1,539	0.30
인원		1,834	954	2,194	5,504	0.26
경.광		2,246	1,235	3,813	9,456	0.24

※대형에서 설계기준문서상 대로 시공중에서 수평선 DHT 권리의 평균값을 인용하여 적용

고려대학교

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요 : •문헌 및 기존사리에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

모 질	투수계수(cm/s)	토 질	투수계수(cm/s)	입반의 상태	특 징	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	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-3}$			
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 보통인 상태	보통 투수성 일반	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
GC	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	OL	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-4}$			
SW	1.0×10^{-2} 이하	MH	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-4}$	균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성 일반	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-3}$
SP	1.0×10^{-2} 이하	CH	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-4}$			
SM	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	OH	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	균열 간격이 있으며	불투수성 일반	1.0×10^{-8} 이상

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분	문헌자료	시험결과	비 고
퇴적층			
	모래	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	5.4×10^{-4}
	점토	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	1.2×10^{-7}
	모래	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	6.6×10^{-4}
퇴적층			
	모래	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	6.6×10^{-4}
	점토	1.0×10^{-8} 이하	5.9×10^{-3}
	점토	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$1.96 \times 10^{-4} \sim 3.08 \times 10^{-4}$
점토	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 압	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$3.06 \times 10^{-6} \sim 4.76 \times 10^{-6}$	3.9×10^{-6}
경 압	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-5}$	$1.28 \times 10^{-6} \sim 2.49 \times 10^{-6}$	1.9×10^{-6}
I등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-5}$	—	5.0×10^{-7}
II등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-5}$	—	5.4×10^{-6}
III등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-5}$	$1.28 \times 10^{-6} \sim 2.49 \times 10^{-6}$	1.9×10^{-6}
IV등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$3.06 \times 10^{-6} \sim 4.76 \times 10^{-6}$	3.9×10^{-6}
V등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	—	6.4×10^{-5}

89

서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분	내외장강 (kN/m ²)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	연장계수 (MPa)	포아송비 (v)	k(cm/s)
쌓기재	도사	18.0	15.0	28.0	—	—
	암리벽	20.0	0.0	35.0	—	—
배설층	자갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33
	점토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50
퇴적층	모래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35
	자갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32
점토	점토	17.5	22.0	28.0	45.0	0.33
	점토	20.0	30.0	31.0	150.0	0.30

2.7.2 다짐구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	내외장강 (kN/m ²)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	연장계수 (MPa)	포아송비 (v)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-6}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-6}

2.7.3 불연속체 설계지반정수

구 분	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
암 리	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분	V _c (m/s)	V _s (m/s)	G _u (MPa)	E _u (MPa)	K _u (MPa)	v _u
배설층	488	180	62	164	181	0.33
	645	200	68	190	317	0.40
퇴적층	480	170	52	140	156	0.35
	514	190	69	181	168	0.32
점토	952	392	268	713	699	0.33
점토	1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 압	1,834	954	2,184	5,504	3,622	0.26
경 압	2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부

90

제3편 지반조사 결과

권세길기쁜

공	번	본	면
---	---	---	---

구분	비교구간		비교구간		비교구간	
	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram
						
구분	장문주기 순환주기	J1(Parker's K) 38.02177.545	ZE(Parker's K) 24.98355.435	ZE(Parker's K) 24.98355.435	주요 38.02177.545	주요 54
T1~2	비례계수	30.723038.49	43.123038.81	-	-	18
	비례계수	38.023058.01	22.0154.963	30.239272.383	33	33
계수비율 분석						구분
						구분
30~40도 범위의 계수 비율		30~40도 범위의 계수 비율		50~60도 범위의 계수 비율		
						
동풍비교구간비율		북풍비교구간비율		동풍비교구간비율(1차)		동풍비교구간비율(2차)
						
예) 1~23.05 : 4차의 경우(Open, joint)의 비례변형률 또는 Crack crack)이 존재함 비례변형률 23.05, 23.05~43.05의 구간에서 약 70%의 수축이 나타남 비례변형률보다 앞서, 30~40의 수축 경향까지 4차 구간과 2차 구간은 비례변형률 30.723038.49의 부피변형률 순방향변형률의 양의 수치를 이루고 있으며, 3차의 비례변형률까지 부피변형률 22.0154.96의 수축을 이루고 있음						
구분	비교구간		비교구간		비교구간	
	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram
						

구분	분류코드	①(Rose Diagram)	②(Side Diagram)	③(Rose Diagram)	개수
TB-3	전체자료	38/442(76.3)	46/703(65.3)	56/321(75.1)	28
	파괴정렬	37/413(90.8)	56/519(95.8)	33/432(76.7)	11
	미파괴정렬	41/1028(6.4)	36/1484(2.4)	-	17

정기 분석	지하철역 분석	건물 분석
300~400평방 미터 주택	1500~1600평방 미터 주택	1000~1000mm의 간격 주(Midrange)

유니코드(가운데)	유니코드(왼쪽)	유니코드(오른쪽)	유니코드(대각)

*①Rose-28.1: 손으로 작성된 Rose Diagram (Open Source)과 Rose Diagram or Cross Diagram이 혼합됨
 *②Rose-28.1은 Rose, 28.1과 28.1의 Uni-Code와 Rose Diagram이 혼합됨
 *③Rose-28.1은 Rose, 28.1과 28.1의 Uni-Code가 혼합됨
 *④Rose-28.1은 Rose, 28.1과 28.1의 Uni-Code가 혼합됨
 *⑤Rose-28.1은 Rose, 28.1과 28.1의 Uni-Code가 혼합됨

① Rose Diagram	② Side Diagram	③ Rose Diagram	④ Side Diagram	⑤ Rose Diagram	⑥ Side Diagram

구분	분류코드	①(Rose Diagram)	②(Side Diagram)	③(Rose Diagram)	개수
TB-4	전체자료	35/166(48.0)	29/119(54.1)	46/309(59.3)	4
	파괴정렬	40/153(83.0)	27/175(21.2)	-	14
	미파괴정렬	37/162(4.2)	23/255(6.8)	23/102(71.7)	27

 서울문산고속도로주식회사

4 동적특성 분석

45 기본분성시험

제 4 장 도로교통안전시설

· 주요 원단위도(도)에 의해 적용되는 단위: 농도계수(도), E_0 , K_0 가 주어
· 도로차도 및 도로변단위도 간섭을 최소화하기 위한 설계에 대한 설명

○ 지표면

· TB-2

구분	길이 (m)	V_0 (km/h)	V_0 (km/h)	단위변위 (mm)	단위변위 (MPa)	단위변위 (MPa)		
				Q_0	Q_0	K_0		
주요도	0.3~0.9	899	378	0.400	2.78E+02	2.78E+02	1.58E+03	19.0
보통도	7.0~9.9	1,083	591	0.363	5.33E+02	1.65E+03	1.77E+03	20.0
경간도	7.9~12.7	1,881	886	0.284	3.29E+03	5.33E+03	5.33E+03	23.0
경간도	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.22E+03	25.0

· TB-3

구분	길이 (m)	V_0 (km/h)	V_0 (km/h)	단위변위 (mm)	단위변위 (MPa)	단위변위 (MPa)		
				Q_0	Q_0	K_0		
주요도	0.4~0.9	894	408	0.397	3.85E+02	0.23E+02	1.47E+03	19.0
보통도	10.0~10.5	1,885	537	0.385	3.92E+02	1.58E+03	1.58E+03	20.0
경간도	15.5~18.1	1,786	937	0.396	2.04E+03	5.33E+03	5.84E+03	23.0
경간도	18.1~27.0	2,198	1,192	0.283	3.63E+03	0.91E+04	7.15E+03	25.0

○ 전단면속도와 거점분류

구분	전단면속도 (km/h)	거점 분류 (km/h)	단위변위 (mm)	단위변위 (MPa)	단위변위 (MPa)
			Q_0	Q_0	K_0
TB-2	DLH1	1.0~24.0	66.7	784	S ₀
TB-3	DLH1	1.0~27.0	70.0	834	S ₀

· 단위변위: 단위길이당 단위변위 (단위변위: 단위길이당 단위변위)
· 단위변위: 단위길이당 단위변위 (단위변위: 단위길이당 단위변위)
· 단위변위: 단위길이당 단위변위 (단위변위: 단위길이당 단위변위)
· 단위변위: 단위길이당 단위변위 (단위변위: 단위길이당 단위변위)
· 단위변위: 단위길이당 단위변위 (단위변위: 단위길이당 단위변위)
· 단위변위: 단위길이당 단위변위 (단위변위: 단위길이당 단위변위)
· 단위변위: 단위길이당 단위변위 (단위변위: 단위길이당 단위변위)
· 단위변위: 단위길이당 단위변위 (단위변위: 단위길이당 단위변위)
· 단위변위: 단위길이당 단위변위 (단위변위: 단위길이당 단위변위)
· 단위변위: 단위길이당 단위변위 (단위변위: 단위길이당 단위변위)

대한민국 도로교통안전시설

[illegible]

◎지층별 결과분석

[illegible]


 교육·문화·체육관광부
 
 한국교육연구학회

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설계조건

1) 교량저원

- (1) 교량면 : 서충남향
- (2) 교량등급 : 1등급 (DS-24 및 DL-24 적용)
- (3) 교량형식 : Steel 박스기둥교
- (4) 교량연장 : 60.000 + 60.000 = 120.000 m
- (5) 교량폭원 : B = 11.160 m
- (6) Girder 제원 : B = 1.800 m H = 2.200 ~ 2.500 m
- (7) 사각(Skew) : 90.000 °
- (8) 곡률반경(R) : 좌측 = 900 m 중점 = 900 m 우측 = 900 m
- (9) 설계속도 : 100.000 km/h
- (10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강재

• 사용재료

주부재	HSB500(상판, 저판, 복판, 상부플리크, 하부플리크, 수월보 강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 송출레이드)
부부재	SM400B(지점부의 다이아프램, 수월보강재, 플리트, 세로보, 일련부 가로보, 지점부 가로보)
강재 인장계수 (E_s)	205,000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000,000 MPa

• 허용응력 (MPa) (CP 도 설계 3.3.2.1)

응력종류	판두께 (mm)	SS 400 SM 400 SWA400	SM 450	SM 570Y SM 520 SWA570	SM 570 SWA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력	40 이하	140	190	215	270			
축방향 인장응력 및 전단응력	40 초과 75 이하		175 (190)	200 (215)	260 (270)	230	270	380
	75 초과 100 이하	130		195 (215)	250 (270)			

(6) 단면검토

【단면검토 : 좌측 편도레버부】

• 단면제형 및 설계가정

$f_{ck} = 27 \text{ MPa}$, $f_y = 400 \text{ MPa}$, $\alpha_1 = 0.85$, $\alpha_2 = 0.85$, $\Phi = 0.80$

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	$M_u(kN.m)$	$V_u(kN)$
1000.00	290.00	230.00	60.00	110.03	0.00

• 강도감소계수(ϕ) 산정

$$T = A_s \times f_y = 1986.000 \times 400.00 = 794400.000$$

$$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 0.85 \times 27.00 \times a \times 1000.000 = 22950.000 \times a$$

$$T = C \text{ 이므로, } a = 34.614 \text{ mm, } c = 34.614 / 0.85 = 40.723 \text{ mm}$$

$$e_y = f_y / f_s = 400.00 / 200000.00 = 0.0020$$

$$e_t = 0.00300 \times (a - c) / c = 0.00300 \times (230.00 - 40.723) / 40.723 = 0.01394$$

$$e_t \geq 0.00500 \text{ 이므로 인장저탄면이며, } \Phi = 0.85 \text{ 을 적용한다.}$$

• 필요철근량 산정

$$M_u / \Phi = A_s \times f_y \times (d - a/2) \quad \text{①}$$

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) \quad \text{②}$$

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{M_u}{f_y \times b} = \frac{A_s^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} - \frac{f_y \times d \times A_s}{0.85 \times f_{ck} \times b} + \frac{M_u}{0.85 \times f_{ck} \times b} = 0, A_s = 1491.286 \text{ mm}^2$$

• 사용철근량 = 1986.0 mm² (철근도심 : 60.0 mm), [사용률 = 1.332]

$$1\text{단} : H16 - 10.0 \text{ EA} (= 1986.0 \text{ mm}^2)$$

• 철근비 검토

$$\rho_{min} : 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00325, \rho_{min} = 0.00350 \text{ 적용}$$

$$\text{수축온도철근비} = 0.00200$$

$$\rho_{max} = 0.714 \times P_u = 0.714 \times k_1 \times \Phi \times (f_{ck} / f_y) \times (600 / (600 + f_y)) = 0.02089$$

$$\rho_{use} = A_s / b d = 0.00863$$

$$\rho_{max} \geq \rho_{use} \geq \rho_{min} \rightarrow \text{철근비 만족, } \therefore O.K$$

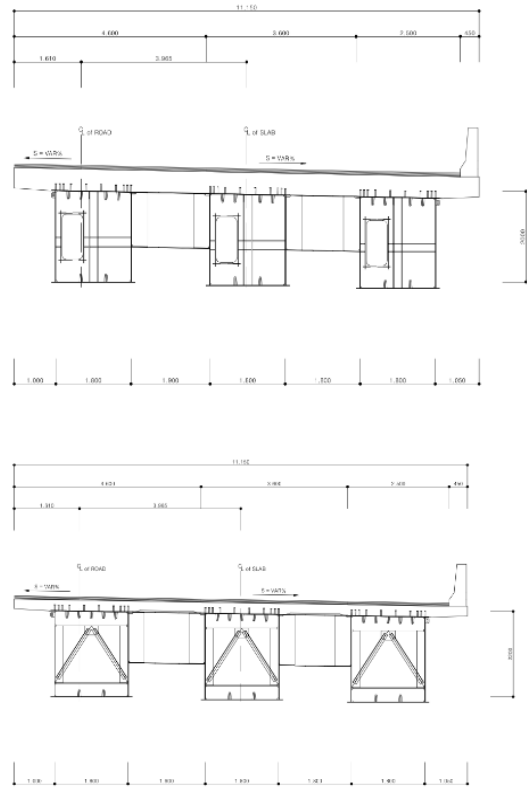
• 휨에 대한 검토

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 34.614 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0.85 \times 1986.000 \times 400 \times (230.00 - a/2) = 143,619 \text{ kN.m}$$

$$\geq M_u (= 110,029 \text{ kN.m}) \therefore O.K \text{ [안전율 1.305]}$$

2. 단면가정



【배치철근 검토 : 좌측 편도레버부】

• 단면제형 (수축 온도철근) : 「콘크리트 구조설계기준 5.7.2」

전체 단면적 대비 0.0020 이상

사용철근량 : 1588.6 mm²

H16 - CTC 12s

$$\text{필요철근량} : 0.0020 \times 1000.0 \times 290.0 = 580.0 \text{ mm}^2$$

$$580.0 \text{ mm}^2 < 1588.6 \text{ mm}^2 \therefore O.K$$

• 주철근이 저항전달발광에 적격한 경우 「도로교 설계기준 3.6.1.4 (4)」

배분율 = 120.0 / $\sqrt{0.950}$ = 123.1 과 67.0 중 작은 값 이상

사용철근량 : 1588.6 mm²

H16 - CTC 12s

$$\text{필요철근량} : 1491.3 \times 0.670 = 999.2 \text{ mm}^2 < 1588.6 \text{ mm}^2 \therefore O.K$$

【균열검토 : 좌측 편도레버부】

① 응력 산정

$$f_s = M / [A_s \times (d - x/3)] = 52.686 \times 1000000 / [1986.000 \times (230.00 - 67.266/3)]$$

$$= 127.801 \text{ MPa}$$

$$x = -nA_s/b + nA_s/b \sqrt{1 + 2bd/(nA_s)}$$

$$= -7 \times 1986.000 / 1000.0 + 7 \times 1986.000 / 1000.0 \times \sqrt{1 + 2 \times 1000.0 \times 230.0 / (7 \times 1986.000)}$$

$$= 67.266 \text{ mm}$$

$$\text{사용철근량} = 1986.0 \text{ mm}^2 \text{ (철근도심 : 60.0 mm)}$$

$$1\text{단} : H16 - 10.0 \text{ EA} (= 1986.0 \text{ mm}^2)$$

② 철근의 최대 중성축력

$$C_c = 60.00 - 16/2 = 52.00 \text{ mm}$$

여기서 C_c : 인장철근이나 긴장대의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

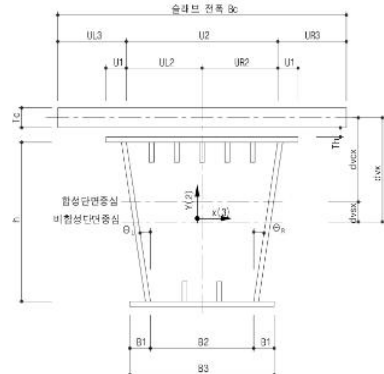
$$S_n = 375 \times (K_c / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 127.801) - 2.5 \times 52.00 = 486.19 \text{ mm}$$

$$300 \times (K_c / f_s) = 300 \times (210 / 127.801) = 492.95 \text{ mm}$$

S_n 는 작은 값인 486.19 mm를 적용

$$S = 1000.00 / 10.0 \text{ EA} = 100.00 \leq S_n (= 486.19 \text{ mm}) \therefore O.K$$

4.2 단 면 기 형 (합성전)



주형의 탄성변형 및 부정정각을 계산하는 경우에는 정부모멘트에 관계없이 바닥판 콘크리트의 합성단축을 고려한다. (☞ 노선 3.9.1.2)

- B_c : 바닥판 콘크리트의 폭
- T_c : 바닥판 콘크리트의 두께
- γ_c : 바닥판 콘크리트의 현저 높이
- N : 강재와 콘크리트의 탄성계수비 ($N = E_s / E_c$)
- A_c : 바닥판 콘크리트의 단면적
- A_s : 합성후 (강재 + 바닥판 콘크리트)의 환산 단면적
- $I_{c(sg)}$: 2축(3축) 방향 바닥판 콘크리트의 단면 2차 모멘트
- $d_{c(sg)}$: 2축(3축) 방향 강재단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
- $I_{s(sg)}$: 2축(3축) 방향 합성후 합성단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
- $d_{s(sg)}$: 2축(3축) 방향 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리 (합성전 및 합성후 단면에서의 도심까지 이동함)
- I_{sg} : 합성전 강재단면의 3축 방향(종방향) 단면2차 모멘트
- I_{sg} : 합성전 강재단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트
- I_{ss} : 합성후 단면의 3축 방향(종방향) 단면2차 모멘트
- I_{ss} : 합성후 단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트
- Θ_L : 지축 북극관과 인직선이 이루는 각도
- Θ_H : 우축 북극관과 인직선이 이루는 각도

4.5 뒤틀림(WARPING TORSION)에 대한 검토

1) 합성전 WARPING TORSION에 대한 검토 (☞ 철.보 9.10.1 ☞ 강교설계의 기초 P165)

비틀림상수비 가장 큰 단면 B 에 대하여 검토함

$$\begin{aligned} B_w &= I_y + I_w/2 \times 2\alpha = 1,800.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 1,812.0 \text{ mm} \\ B_y &= I_y + I_w/2 \times 2\alpha = 1,800.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 1,812.0 \text{ mm} \\ H &= h + I_w/2 + I_y/2 = 2,500.0 + 24.0 / 2 + 28.0 / 2 = 2,526.0 \text{ mm} \\ F &= (B_w + B_y) / 2 \times H = (1,812.0 + 1,812.0) / 2 \times 2,526.0 = 4,577,112.0 \text{ mm}^2 \\ B_w &= (B_w \times I_y) / (I_w \times H) = (1,812.0 \times 24.0) / (12.0 \times 2,526.0) = 1.435 \\ B_y &= (B_y \times I_y) / (I_w \times H) = (1,812.0 \times 28.0) / (12.0 \times 2,526.0) = 1.674 \\ \epsilon &= 2 \times I_w \times I_y / I_w^2 = 2 \times 24.0 \times 28.0 / 12.0^2 = 9.333 \end{aligned}$$

• 비틀림 상수

$$q^* = \{ (B_w + B_y) / 2 \times I_w \times \epsilon \} / (B_w + B_y + \epsilon) = \{ (1,812.0 + 1,812.0) / 2 \times 12.0 \times 9.333 \} / (1,435 + 1.674 + 9.333) = 16,311.5$$

• 추가된 상수(Unit Warping)

$$\begin{aligned} \Delta \omega &= \{ (B_w + B_y) / 2 \times H \} \times (q^* \times H) / I_w = \{ (1,812.0 + 1,812.0) / 2 \times 2,526.0 \} \times (16,311.5 \times 2,526.0) / 12.0 = 5,722,118.2 \\ \omega_1 &= \{ -\Delta \omega \times (B_y + 3) \} / (B_w + B_y + 6) = \{ -5,722,118.2 \times (1.674 + 3) \} / (1.435 + 1.674 + 6) = -2,936,166.9 \\ \omega_2 &= \{ \Delta \omega \times (B_w + 3) \} / (B_w + B_y + 6) = \{ 5,722,118.2 \times (1.435 + 3) \} / (1.435 + 1.674 + 6) = 2,785,951.3 \end{aligned}$$

• 추가된 비틀림 상수

$$I_w = H \times I_y / 3 \times \{ \omega_1^2 (2 - B_w) + 2 \times \omega_1 \times \omega_2 - \omega_2^2 (2 + B_y) \} = 2,526.0 \times 12.0 / 3 \times \{ (-2,936,166.9)^2 \times (2 + 1.435) + 2 \times (-2,936,166.9) \times 2,785,951.32 + 2,785,951.32^2 \times (2 + 1.674) \} = 4.220E+17 \text{ mm}^6$$

• 추가된 비틀림 상수

$$K = 4 \times I^2 / (F \times d \times I) = 4 \times I^2 / \{ (F \cos \Theta_L + H \cos \Theta_H) \times I_w + B_w \times I_{w1} + B_y \times I_{w2} \} = 4 \times 4,577,112.0^2 / \{ (4,526.0 + 2,526.0) \times 12.0 + 1,812.0 / 24.0 + 1,812.0 / 28.0 \} = 1.493E+11$$

• 비틀림 상수비

$$\begin{aligned} \alpha &= L \times \sqrt{\frac{G \cdot K}{E_s \cdot I_w}} = 59,365.0 \times \sqrt{\frac{79,000.0 \times 1.493E+11}{205,000.0 \times 4.220E+17}} = 21.922 \\ \alpha &= 21.92 > 10.0 \quad \text{※ 검토결과 } \alpha > 10.0 \text{ 이므로 뒤틀림에 따른 응력 계산을 생략할 수 있다.} \\ L &: \text{지라장(59,365.0 mm)} \\ E_s &: \text{탄성계수(205,000.0 MPa)} \\ G &: \text{전단탄성계수(79,000.0 MPa)} \end{aligned}$$

☞ 단면별 비틀림 모멘트 고려한 외력 결과

구분	B_w	B_y	H	T_w	I_y	I_w	$F(\text{mm}^2)$	B_w	B_y	ϵ	q^*
단면-1	1,812.0	1,812.0	2,510.0	10.0	10.0	12.0	4,556+06	0.602	0.602	1.389	11650.9
단면-2	1,812.0	1,812.0	2,510.0	10.0	10.0	12.0	4,556+06	0.602	0.602	1.389	11650.9
단면-3	1,812.0	1,812.0	2,511.0	10.0	12.0	12.0	4,556+06	0.601	0.722	1.667	12121.8
단면-4	1,812.0	1,812.0	2,513.0	10.0	16.0	12.0	4,556+06	0.601	0.961	2.222	12767.9
단면-5	1,812.0	1,812.0	2,513.0	10.0	16.0	12.0	4,556+06	0.601	0.961	2.222	12767.9
단면-6	1,812.0	1,812.0	2,516.0	20.0	16.0	12.0	4,566+06	1.199	0.959	4.444	14635.1
단면-7	1,812.0	1,812.0	2,521.0	20.0	22.0	12.0	4,576+06	1.198	1.318	6.111	15403.2
단면-8	1,812.0	1,812.0	2,526.0	24.0	28.0	12.0	4,586+06	1.435	1.674	9.333	16311.5

구분	$\Delta \omega$	ω_1	ω_2	I_{sg}	$I_{ss}(\text{mm}^4)$	$h(\text{mm}^3)$	α	판정
단면-1	4,711,038.3	-2,355,519.2	2,355,519.2	59,365.0	1.78E+17	1.06E+11	28.40	$\alpha > 10$
단면-2	4,711,038.3	-2,355,519.2	2,355,519.2	59,365.0	1.78E+17	1.06E+11	28.40	$\alpha > 10$
단면-3	4,811,460.7	-2,445,241.5	2,366,219.2	59,365.0	1.93E+17	1.10E+11	27.86	$\alpha > 10$
단면-4	4,950,583.7	-2,583,299.3	2,357,284.4	59,365.0	2.18E+17	1.19E+11	25.89	$\alpha > 10$
단면-5	4,950,583.7	-2,583,299.3	2,357,284.4	59,365.0	2.18E+17	1.19E+11	25.89	$\alpha > 10$
단면-6	5,352,240.9	-2,597,441.7	2,754,799.2	59,365.0	2.99E+17	1.34E+11	24.61	$\alpha > 10$
단면-7	5,519,581.4	-2,789,816.7	2,721,164.7	59,365.0	3.47E+17	1.41E+11	23.48	$\alpha > 10$
단면-8	5,722,118.2	-2,936,166.9	2,785,951.3	59,365.0	4.22E+17	1.49E+11	21.92	$\alpha > 10$

※ 검토결과 비틀림 상수비 $\alpha < 0.4$ 일 경우 순수 비틀림에 따른 응력계산을, $\alpha > 10$ 일 경우 뒤틀림에 대한 응력계산을 각각 생략할 수 있다.

2) 합성후 WARPING TORSION에 대한 검토

비틀림상수비 가장 큰 단면 B 에 대하여 검토함

$$\begin{aligned} B_w &= I_y + I_w/2 \times 2\alpha = 1,800.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 1,812.0 \text{ mm} \\ B_y &= I_y + I_w/2 \times 2\alpha = 1,701.3 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 1,713.3 \text{ mm} \\ H &= h + I_w/2 + I_y/2 = 2,500.0 + 58.3 / 2 + 28.0 / 2 = 2,543.2 \text{ mm} \\ F &= (B_w + B_y) / 2 \times H = (1,812.0 + 1,713.3) / 2 \times 2,543.2 = 4,482,083.3 \text{ mm}^2 \\ B_w &= (B_w \times I_y) / (I_w \times H) = (1,812.0 \times 58.3) / (12.0 \times 2,543.2) = 3.462 \\ B_y &= (B_y \times I_y) / (I_w \times H) = (1,713.3 \times 28.0) / (12.0 \times 2,543.2) = 1.572 \\ \epsilon &= 2 \times I_w \times I_y / I_w^2 = 2 \times 58.3 \times 28.0 / 12.0^2 = 22.672 \end{aligned}$$

• 비틀림 상수

$$q^* = \{ (B_w + B_y) / 2 \times I_w \times \epsilon \} / (B_w + B_y + \epsilon) = \{ (1,812.0 + 1,713.3) / 2 \times 12.0 \times 22.672 \} / (3.462 + 1.572 + 22.672) = 17,309.0$$

• 추가된 상수(Unit Warping)

$$\begin{aligned} \Delta \omega &= \{ (B_w + B_y) / 2 \times H \} \times (q^* \times H) / I_w = \{ (1,812.0 + 1,713.3) / 2 \times 2,543.2 \} \times (17,309.0 \times 2,543.2) / 12.0 = 5,909,620.5 \\ \omega_1 &= \{ -\Delta \omega \times (B_y + 3) \} / (B_w + B_y + 6) = \{ -5,909,620.5 \times (1.572 + 3) \} / (3.462 + 1.572 + 6) = -2,448,703.0 \end{aligned}$$

7.2 사용하중 조합시 부재별 검토

1) 연속극단하중

① 기중 : 부재번호 12

(교각방향)

하중	가동상단			가동하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
SV001	-17403.078	1502.707	0.000	-17932.854	1502.707	0.000	
SV002	-15505.733	-1992.007	0.000	-17035.509	-1992.007	0.000	
SV003	-15416.525	6961.394	0.000	-16946.371	6961.394	0.000	
SV004	-13632.238	4308.636	-381.855	-14162.014	5692.045	-398.043	
SV005	-17403.078	2758.104	-281.055	-17932.854	3988.888	-289.149	
SV006	-15505.733	-735.610	-281.055	-17035.509	494.174	-289.149	
SV007	-15416.525	8215.791	-281.055	-16946.371	9447.575	-289.149	
SV008	-17403.078	1502.707	0.000	-17932.854	1502.707	0.000	
SV009	-17403.078	1502.707	0.000	-17932.854	1502.707	0.000	
SV010	-15505.733	-1992.007	0.000	-17035.509	-1992.007	0.000	
SV011	-15505.733	-1992.007	0.000	-17035.509	-1992.007	0.000	
SV012	-15416.525	6961.394	0.000	-16946.371	6961.394	0.000	
SV013	-15416.525	6961.394	0.000	-16946.371	6961.394	0.000	
SV014	-13632.238	4308.636	-381.855	-14162.014	5692.045	-398.043	
SV015	-17403.078	2758.104	-281.055	-17932.854	3988.888	-289.149	
SV016	-17403.078	2758.104	-281.055	-17932.854	3988.888	-289.149	
SV017	-15505.733	-735.610	-281.055	-17035.509	494.174	-289.149	
SV018	-15416.525	8215.791	-281.055	-16946.371	9447.575	-289.149	
SV019	-15505.733	-735.610	-281.055	-17035.509	494.174	-289.149	
SV020	-15416.525	8215.791	-281.055	-16946.371	9447.575	-289.149	
SV021	-13632.238	2849.433	0.000	-14162.014	2849.433	0.000	
SV022	-17403.078	1502.707	0.000	-17932.854	1502.707	0.000	
SV023	-15505.733	-1992.007	0.000	-17035.509	-1992.007	0.000	
SV024	-15416.525	6961.394	0.000	-16946.371	6961.394	0.000	
SV025	-13632.238	4308.636	-381.855	-14162.014	5692.045	-398.043	

4. 안 정 검 토

1) 하중상태 및 조립

① 하중조건 조립 : 「하중조건 조립」

구 분	수직력	수평력	작동거리		모멘트	
			X(n)	Y(n)	Mx(kN.m)	My(kN.m)
1. 교대구체(정상시)	395.564	-	2.230	2.463	882.025	-
2. 교대구체(지진시)	395.564	30.458	2.230	2.463	882.025	75.924
3. 빔하중(정상시)	348.410	-	3.909	4.859	1361.949	-
4. 빔하중(지진시)	348.410	26.828	3.909	4.859	1361.949	130.345
5. 배면토압(정상시)	-	184.544	-	2.751	-	507.627
6. 배면토압(지진시)	-	213.826	-	4.126	-	882.259
7. 빔하중 상재하중	26.000	22.363	3.900	4.126	101.400	92.271
8. 상부 교각하중(민력)	297.745	-	1.380	-	410.888	-
9. 상부 활하중(민력)	152.460	-	1.380	-	210.395	-
10. 교대발상대활력	-	14.887	-	5.828	-	83.777
11. 상부관성력	-	14.887	-	5.828	-	83.777

② 하중조합

구 분	구 분	V(k)	H(k)	Mx(kN.m)	My(kN.m)
COMB 1	교각하중+활하중+토압(1+3+5+7)	769.374	206.307	2345.374	599.895
COMB 2	교각하중+활하중+토압+문도하중(H3+5+7)	769.374	206.307	2345.374	599.895
COMB 3	교각하중+토압+지진하중+문도하중(2+4+6)	743.974	271.112	2243.974	1087.628
COMB 4	교각하중+활하중+토압(1+3+5+7+9)	1220.179	206.307	2996.637	599.895
COMB 5	교각하중+활하중+토압+문도하중(H3+5+7+9)	1220.179	221.794	2996.637	683.675
COMB 6	교각하중+토압+지진하중+문도하중(2+4+6+9)	1041.719	285.999	2654.862	1171.405

註) COMB 1,2,3 : 상부하중 비재하시(가설시), COMB 4,5,6 : 상부하중 재하시
가설시의 상하중은 대전가계(교목리)를 건설가계의 하중을 뜻함.

2) 선도에 대한 안전

- 말뚝거초 하중으로 불필요 : 「H, 말뚝검토」 참조

3) 활중에 대한 안전

- 말뚝거초 하중으로 불필요 : 「H, 말뚝검토」 참조

4) 지지력에 대한 안전

- 말뚝거초 하중으로 불필요 : 「H, 말뚝검토」 참조

5) 말뚝도설에서의 작용하중 산출

① 말뚝도설의 작용하중 계산

$$\Sigma W = \Sigma H + \Sigma M_0$$

$$e = \text{말뚝도설} (= 2.600) = \Sigma M / \Sigma V$$

$$M_0 = V \times e$$

※ 말뚝도설의 계산

구 분	거 리(n)	분 수	거 리 x 분수	도 설(n)
1. 교	0.650	7.000	4.550	-
2. 교	1.850	7.000	13.650	-
3. 교	3.250	7.000	22.750	-
4. 교	4.550	7.000	31.850	-
계	-	28.000	72.800	2.600

② 하중조합별 작용하중

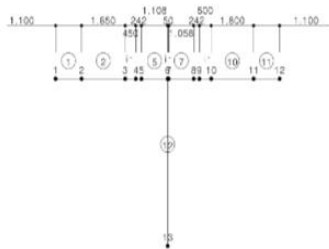
구 분	구 분	V(k)	H(k)	e(m)	Mx(kN.m)
COMB 1	교각하중+활하중+토압(1+3+5+7)	8585.210	2307.013	0.333	2856.875
COMB 2	교각하중+활하중+토압+문도하중(1+3+5+7)	8585.210	2307.013	0.333	2856.875
COMB 3	교각하중+토압+지진하중+문도하중(2+4+6)	8295.310	3022.899	1.046	5676.854
COMB 4	교각하중+활하중+토압(1+3+5+7+9)	13604.996	2307.013	0.690	5979.297
COMB 5	교각하중+활하중+토압+문도하중(1+3+5+7+9)	13604.996	2473.003	0.729	9918.042
COMB 6	교각하중+토압+지진하중+문도하중(2+4+6+9)	11615.167	3108.889	1.176	13659.436

註) COMB 1,2,3 : 상부하중 비재하시(가설시), COMB 4,5,6 : 상부하중 재하시

국 역발행된 교대의 선곡의 선곡(11, 150 m)을 고려한 결과임.

6. 구 조 해 석

6.1 해석 모델링



6.2 절점 좌표

절점	x	z	절점	x	z
1	0.000	6.267	6	4.750	6.257
2	1.100	6.267	7	4.800	6.257
3	2.250	6.267	8	5.858	6.257
4	3.400	6.267	9	6.100	6.257
5	3.642	6.267	10	6.600	6.257

6.3 단면 좌표

구 분	g(m)	h(m)	A(m ²)	I22(m ⁴)	I33(m ⁴)	적용종류
1	2.500	1.500	3.750	1.95325	0.70325	12
2	2.500	1.546	4.115	2.143229	0.929070	1
3	2.500	1.888	4.720	2.458333	1.402054	11
4	2.500	2.034	5.085	2.648437	1.753120	2
5	2.500	2.524	6.310	3.289488	3.349081	10
6	2.500	2.596	6.400	3.380308	3.644793	
7	2.500	2.613	6.532	3.402344	3.716867	3
8	2.500	2.587	6.717	3.498996	4.041678	
9	2.500	2.772	6.930	3.609375	4.437501	4-9
10	2.500	0.000	4.909	1.917476	1.917476	기둥상단
11	2.500	0.000	4.909	1.917476	1.917476	기둥하단

7. 해석결과 집계

7.1 하중별 부재력 집계

① 기준 : 부재번호 12

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
D	-13632.238	2549.433	0.000	-14162.014	2849.433	0.000	
L1	-3770.840	-1346.726	0.000	-3770.840	-1346.726	0.000	
L2	-2873.495	-4841.440	0.000	-2873.495	-4841.440	0.000	
L3	-2784.357	4111.961	0.000	-2784.357	4111.961	0.000	
H-TR	0.000	1159.205	-381.855	0.000	2842.612	-398.043	
HL	0.000	675.795	-90.127	0.000	1064.875	-90.127	
G-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
D	-13632.238	0.000	0.000	-14162.014	0.000	0.000	
L1	-3770.840	0.000	0.000	-3770.840	0.000	0.000	
L2	-2873.495	0.000	0.000	-2873.495	0.000	0.000	
L3	-2784.357	0.000	0.000	-2784.357	0.000	0.000	
H-LC	0.000	-130.235	66.789	0.000	-453.508	82.977	
HL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-L01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-LC	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

② 두부부 : 내관부

하중	좌측 (부재5, 절점5)		우측 (부재7, 절점8)		비고
	M(kN.m)	V(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
D	-15432.945	4283.526	-12290.963	-50.0.689	
L1	-3670.851	1444.080	-2568.750	-1057.730	
L2	-4053.905	1594.770	-645.469	-254.315	
L3	-756.187	297.477	-3582.390	-1439.280	
H-LC	0.000	0.000	0.000	0.000	
H-TR	138.196	0.000	-138.196	0.000	
HL	166.682	0.000	-166.682	0.000	
G-L01	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-LC	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	

1. 설계조건

상부구조형식	구조 형식	Steel Box GIRDER교	
	교량내진등급	1등급	
	지 간	2 @ 60,000 = 120,000 m	
하부구조형식	교 각 형식	T형	
	기 초 형식	직접 + 말뚝기초	
사용재료	교각 콘크리트 (tck)	27, 40 Mpa	
	교대 콘크리트 (tck)	24 Mpa	
재료특성	콘크리트 단위중량(q_c)	25.0 kN/m ³	
	아스팔트 단위중량(q_a)	23.0 kN/m ³	
가속도계수(A)	지진구역계수	0.11 (I)	
	위험도계수	1.4 (1000년 재원주기)	
	가속도계수(A)	지진구역계수 × 위험도계수 = 0.154 g	
지반계수(S)	지반종류	II	
	지반계수	S = 1.2 (내진설계)	
응답수정계수	구조부재	항복식 { 설계기준 } R	탄성거동시 R
	기둥 (단주)	3.0	1.0
	연결	상부구조와 교대	0.8
		상부구조와 교각	1.0
		기초	3.0 / 2 = 1.5
해석방법	* POT 발췌한 응답스펙트럼을 이용하여 다중모드 응답스펙트럼 방법을 수행함.		

2. 해석 방법별 특성 및 받침 물성치

1) 내진해석

- POT 발췌 적용시 내진해석.
- * 발췌한 NLLINK로 (표 POT 발췌 물성치)와 같이 모델링 하였다.
- * 해석시 5% 감쇠비를 적용하고 Ritz Vector 해석 수행, 질량참여율이 90% 넘도록 50차 모드 까지 고려 하였다.
- * 지진하중은 지반계수 S에 (내진해석시 S=1.2), 가속도계수 A=0.154g 에 해당하는 응답스펙트럼을 사용하였다.
- * 해석은 다중모드 응답스펙트럼 방법을 사용하였다.

발췌종류	해석시 입력값	성명	적용위치	비고
POT 고정단	NAME=POTFX TYPE=GAP	NLink type	P1	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=1E+08 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=1E+08 CE=0	교차방향 강성		
POT 일방향 (교축)	NAME=POTM1 TYPE=GAP	NLink type	A1, A2	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=0 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=1E+08 CE=0	교차방향 강성		
POT 일방향 (교차)	NAME=POTM2 TYPE=GAP	NLink type	P1	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=1E+08 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=0 CE=0	교차방향 강성		
POT 양방향	NAME=POTM TYPE=GAP	NLink type	A1, A2	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=0 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=0 CE=0	교차방향 강성		

3. 지진하중 (응답스펙트럼)

(1) 탄성지진응답계수

1) 가속도계수

구분	지진계수	비고
구역계수 (Z)	0.110	지진구역 I
지진위험도계수 (B)	1.400	내진등급 1등급 (재원주기 1000년)
가속도계수 (A)	0.154	A = Z x B

2) 지반계수

구분	지진계수	비고
지반계수 (S)	1.200	지반종류 II

3) 탄성지진응답계수(Cs) 산정

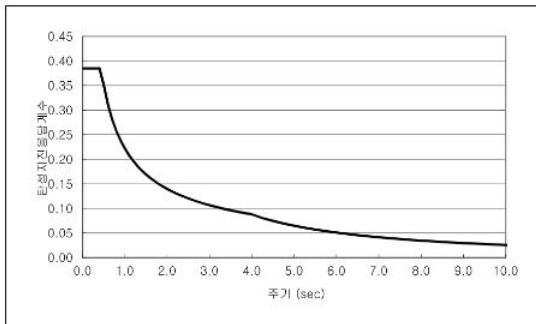
$$\textcircled{1} T \leq 4.0 \text{ sec}$$

$$C_s = \{ 1.2 \times A \times S \} / T^{2/3} \leq 2.5 \times A$$

$$\textcircled{2} T > 4.0 \text{ sec}$$

$$C_s = \{ 3 \times A \times S \} / T^{1/3}$$

여기서, T : 교량의 주기

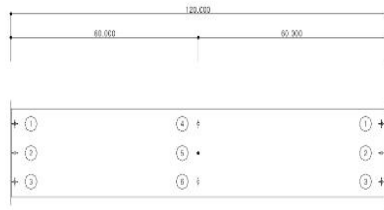


4) 탄성지진응답계수

주기 (sec)	가속도 계수	지반 계수	탄성지진 응답계수	탄성지진 가속도 (m/sec ²)	비고
0.5000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.1000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.2000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.3000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.4000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.5000	0.1540	1.2000	0.3520	3.4533	
0.6000	0.1540	1.2000	0.3117	3.0581	
0.7000	0.1540	1.2000	0.2813	2.7594	
0.8000	0.1540	1.2000	0.2573	2.5244	
0.9000	0.1540	1.2000	0.2379	2.3336	
1.0000	0.1540	1.2000	0.2218	2.1755	
1.1000	0.1540	1.2000	0.2081	2.0415	
1.2000	0.1540	1.2000	0.1964	1.9265	
1.3000	0.1540	1.2000	0.1862	1.8264	
1.4000	0.1540	1.2000	0.1772	1.7383	
1.5000	0.1540	1.2000	0.1692	1.6602	
1.6000	0.1540	1.2000	0.1621	1.5903	
1.7000	0.1540	1.2000	0.1557	1.5273	
1.8000	0.1540	1.2000	0.1499	1.4702	
1.9000	0.1540	1.2000	0.1446	1.4181	
2.0000	0.1540	1.2000	0.1397	1.3705	
2.1000	0.1540	1.2000	0.1352	1.3266	
2.2000	0.1540	1.2000	0.1311	1.2861	
2.3000	0.1540	1.2000	0.1273	1.2485	
2.4000	0.1540	1.2000	0.1237	1.2136	
2.5000	0.1540	1.2000	0.1204	1.1810	
2.6000	0.1540	1.2000	0.1173	1.1505	
2.7000	0.1540	1.2000	0.1144	1.1220	
2.8000	0.1540	1.2000	0.1116	1.0951	
2.9000	0.1540	1.2000	0.1090	1.0696	
3.0000	0.1540	1.2000	0.1066	1.0459	
3.2000	0.1540	1.2000	0.1021	1.0018	
3.4000	0.1540	1.2000	0.0981	0.9621	
3.6000	0.1540	1.2000	0.0944	0.9262	
3.8000	0.1540	1.2000	0.0911	0.8934	
4.0000	0.1540	1.2000	0.0880	0.8633	
4.2500	0.1540	1.2000	0.0805	0.7900	
4.5000	0.1540	1.2000	0.0746	0.7321	

5. 내진 해석결과

5.1 발침 배치도



범례

●	교상단 하중	○	상방하중 하중	△	상방하중 하중
---	--------	---	---------	---	---------

5.3 발침 변위 검토

위 치	별첨		용량 (kN)	지진시 작용 변위(mm)				지진시 허용 변위 (mm)				판정		비고
	NO.	Type		교축방향		교차방향		교축		교차				
				교축	교차	교축	교차							
A1	1	상방하중	2000M	46	0	15	0	50	50	OK	OK			
	2	교축방향	2000G40	46	0	14	0	50	0	OK	OK			
	3	상방하중	2500M	46	0	15	0	50	50	OK	OK			
P1	4	교차방향	6000G20	0	1	0	3	0	50	OK	OK			
	5	교상단	6000F40	0	0	0	0	0	0	OK	OK			
	6	교차방향	7000G20	0	1	0	3	0	50	OK	OK			
A2	7	상방하중	2000M	46	0	15	0	50	50	OK	OK			
	8	교축방향	2000G40	46	0	14	0	50	0	OK	OK			
	9	상방하중	2500M	46	0	15	0	50	50	OK	OK			

5.2 발침 수평력 검토

위 치	항 목		용량 (kN)	지진시 작용 수평력(kN)				지진시 허용 수평력 (kN)				판정	비고	
	NO.	Type		교축방향		교차방향		교축		교차				
				교축	교차	교축	교차	교축	교차	교축	교차			
A1	1	상방하중	2000M	0	0	0	0	0	0	0	OK	OK		
	2	교축방향	2000G40	0	247	0	807	0	1,040	OK	OK			
	3	상방하중	2500M	0	0	0	0	0	0	0	OK	OK		
P1	4	교차방향	6000G20	1,370	0	428	0	1,480	0	OK	OK			
	5	교상단	6000F40	1,397	851	425	2,796	2,860	2,860	OK	OK			
	6	교차방향	7000G20	1,422	0	442	0	1,820	0	OK	OK			
A2	7	상방하중	2000M	0	0	0	0	0	0	0	OK	OK		
	8	교축방향	2000G40	0	243	0	800	0	1,040	OK	OK			
	9	상방하중	2500M	0	0	0	0	0	0	0	OK	OK		

5.4 부재력 해석 결과

1) 교각하단 부재력

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	교축방향 지진력 작용시				교차방향 지진력 작용시				비고
			모멘트 (kN·m)		전단력 (kN)		모멘트 (kN·m)		전단력 (kN)		
			교축	교차	교축	교차	교축	교차	교축	교차	
P1	P1S	9.34	52,796	179	4,466	15	178	28,116	21	3,064	상설

2) 교각상단 부재력

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	교축방향 지진력 작용시				교차방향 지진력 작용시				비고
			모멘트 (kN-m)		전단력 (kN)		모멘트 (kN-m)		전단력 (kN)		
			교축	교차	교축	교차	교축	교차	교축	교차	
P1	P1T	9.34	25,017	68	4,430	15	51	9,140	20	3,047	

5.5 부재력 하중조합 (적용 부재력)

- COM1 : 동방향측 해석으로부터 구한 지진력에 횡방향측의 해석으로부터 구한 지진력의 30%를 합한 경우.
 - C1-1 1.0x 중속해석에 의한 중방향 부재력 + 0.3x 중속해석에 의한 동방향 부재력
 - C1-2 1.0x 중속해석에 의한 동방향 부재력 + 0.3x 중속해석에 의한 중방향 부재력
- COM2 : 횡방향측 해석으로부터 구한 지진력에 동방향측의 해석으로부터 구한 지진력의 30%를 합한 경우.
 - C2-1 0.3x 중속해석에 의한 중방향 부재력 + 1.0x 횡해석에 의한 동방향 부재력
 - C2-2 0.3x 중속해석에 의한 동방향 부재력 + 1.0x 중속해석에 의한 중방향 부재력

1) 교각하단 하중조합

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	COM1				COM2				비고
			모멘트 (kNm)		전단력 (kN)		모멘트 (kNm)		전단력 (kN)		
			교축	교차	교축	교차	교축	교차	교축	교차	
P1	P1S	9.34	52.650	6,814	4,472	840	16,017	28,170	1,260	3,069	

2) 교각상단 하중조합

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	COM1				COM2				비고
			모멘트 (kNm)		전단력 (kN)		모멘트 (kNm)		전단력 (kN)		
			교각	교각	교각	교각	교각	교각	교각	교각	
P1	P1T	9.34	25.032	2,830	4,436	929	7.556	9,167	1,349	3,051	

5.6 코팅 상단 변위

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	코팅상단변위(mm)				비고
			COM1		COM2		
			교축	교직	교축	교직	
P1	P1T	9.34	43	9	13	31	

③ 교대1 여유간격

$$d = 45.9 \text{ mm}$$

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

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

$$L = 60.0 \text{ m}$$

$$\Delta I_1 = 0.4 \times L = \pm 24 \text{ mm}$$

$$\therefore d_1 = 45.9 + 0.4 \times 24.0 = 55.474 \text{ mm}$$

따라서 교대1의 여유간격은 55.5mm 이상 확보되어 함.

④ 교대2 여유간격

$$d = 45.9 \text{ mm}$$

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

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

$$L = 60.0 \text{ m}$$

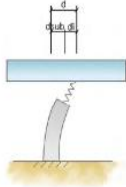
$$\Delta I_1 = 0.4 \times L = \pm 24 \text{ mm}$$

$$\therefore d_1 = 45.9 + 0.4 \times 48.0 = 65.053 \text{ mm}$$

따라서 교대2의 여유간격은 65.1mm 이상 확보되어 함.

5.7 변위해석결과

- 지진시에 상부구조와 교대 혹은 인접하는 상부구조간의 충돌에 의한 주요 구조부재의 손상을 방지하기 위하여 내진성능이 충분히 발휘할 수 있도록 하기 위하여 상부구조의 일부에는 여유간격을 설치하여야 한다.
- 상부구조의 여유간격은 다음 식에 의한 값보다 작아서는 안된다.
『도로교설계기준, 8.4.8』



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

여기서, ΔI_s : 상부구조의 여유간격

d : 지반에 대한 상부구조의 총변위 ($d_1 + d_{2s}$)

ΔI_c : 콘크리트 건조수축에 의한 이동량

ΔI_t : 콘크리트 크리프에 의한 이동량

ΔI_s : 온도변화에 의한 이동량

① 상부구조 총변위

교 라	절 점 No.	상부변위 (mm)		비고
		교축방향 해석시	교축직각방향 해석시	
A1	41	45.9	14.7	
A2	51	45.9	14.7	

• 여유간격 산정

- 지진시 상부구조와 교대의 충돌에 충돌하는 경우 건조수축과 크리프의 변위는 충돌회피를 위한 여유간격으로 거동하기 때문에 건조수축과 크리프의 변위량은 상부구조의 여유간격 검토 요인으로 취급하므로 변위의 이동량 및 신축유량보다 상부구조의 여유간격을 크게 확보하기 위해서는 건조 및 크리프에 의한 이동은 원용된 것으로 보고 상부구조의 여유간격을 산정한다.

5.8 질량참여율

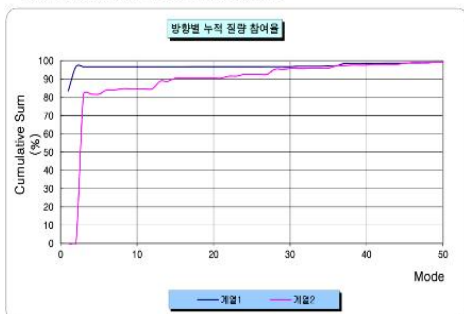
◎ 질량참여율

Mode No	Period (sec)	Frequency (rad/sec)	Frequency (cycle/sec)	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z	
				MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.989	5.915	1.01	83.570	83.570	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.782	8.031	1.278	13.187	96.757	0.097	0.097	0.000	0.001
3	0.764	8.229	1.310	0.311	96.709	81.667	81.764	0.001	0.002
4	0.692	9.086	1.446	0.300	96.709	0.002	81.787	0.000	0.002
5	0.486	12.357	2.069	0.301	96.709	0.001	81.788	84.563	64.565
6	0.322	19.523	3.107	0.300	96.709	2.189	83.357	0.000	64.565
7	0.229	27.482	4.314	0.300	96.709	0.000	83.357	0.000	64.565
8	0.208	30.203	4.807	0.300	96.709	0.759	84.715	0.000	64.565
9	0.200	31.373	4.993	0.321	96.701	0.000	84.715	0.000	64.565
10	0.183	32.543	5.179	0.300	96.701	0.001	84.716	0.000	64.565
11	0.180	33.269	5.295	0.300	96.701	0.001	84.717	0.000	64.565
12	0.155	40.573	6.457	0.300	96.701	0.000	84.717	1.293	65.858
13	0.129	48.550	7.727	0.300	96.701	4.000	88.777	0.000	65.858
14	0.104	60.365	9.607	0.300	96.701	0.000	88.777	0.000	65.858
15	0.086	63.990	10.185	0.300	96.701	1.649	90.426	0.000	65.858
16	0.089	70.821	11.272	0.300	96.701	0.000	90.426	0.000	65.858
17	0.066	71.051	11.368	0.307	96.796	0.000	90.426	0.000	65.858
18	0.076	83.119	13.223	0.300	96.796	0.000	90.426	12.386	78.243
19	0.075	83.296	13.257	0.300	96.796	0.000	90.426	0.000	78.244
20	0.071	88.440	14.076	0.300	96.796	0.007	90.434	0.000	78.244
21	0.070	90.389	14.386	0.300	96.796	0.000	90.434	0.000	78.244
22	0.069	91.030	14.488	0.300	96.796	1.139	91.573	0.000	78.244
23	0.064	97.564	15.528	0.300	96.796	0.000	91.573	0.000	78.244
24	0.062	130.022	16.237	0.300	96.796	0.998	92.555	0.000	78.244
25	0.061	130.648	16.337	0.300	96.796	0.000	92.555	0.000	78.244
26	0.059	121.736	16.375	0.300	96.796	0.000	92.555	0.000	78.244
27	0.050	125.892	20.035	0.319	96.817	0.000	92.555	0.000	78.244
28	0.047	133.555	21.256	0.300	96.817	2.869	95.425	0.001	78.244
29	0.046	136.774	21.768	0.300	96.817	0.001	95.430	2.165	80.409
30	0.043	145.814	23.207	0.300	96.817	0.335	95.755	0.000	80.409
31	0.042	151.033	24.038	0.192	97.009	0.000	95.755	0.000	80.410
32	0.040	158.862	25.284	0.300	97.009	0.000	95.755	0.000	80.410
33	0.036	175.568	27.941	0.300	97.009	0.180	95.945	0.000	80.410
34	0.032	194.450	30.948	0.300	97.009	0.000	95.945	10.480	90.890
35	0.032	195.961	31.198	0.115	97.125	0.000	95.945	0.008	90.897
36	0.031	203.919	32.455	0.300	97.125	1.338	97.284	0.001	90.898
37	0.029	218.062	34.704	1.330	98.456	0.000	97.284	0.000	90.898
38	0.027	234.020	37.245	0.300	98.456	0.421	97.725	0.000	90.898
39	0.025	252.575	40.199	0.300	98.456	0.000	97.725	1.733	92.631
40	0.022	289.425	45.063	0.370	98.526	0.003	97.725	0.011	92.642
41	0.021	332.869	49.203	0.302	98.526	0.344	98.252	0.003	92.645

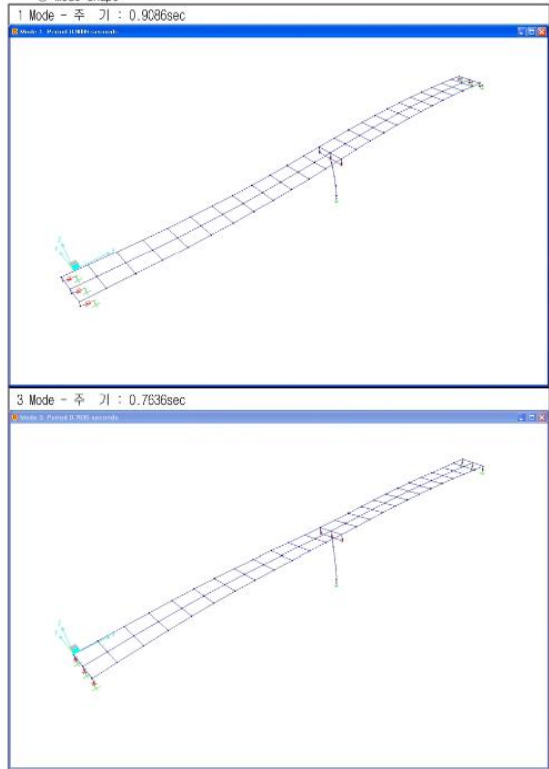
Mode No	Period (sec)	Frequency (rad/sec)	Frequency (cycle/sec)	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z	
				MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
42	0.019	329.225	52.398	0.313	98.509	0.001	98.753	1.645	94.290
43	0.019	339.588	54.047	0.387	98.606	0.001	98.754	0.253	94.543
44	0.014	439.950	70.020	0.303	98.609	0.005	98.759	0.029	94.572
45	0.013	457.578	74.417	0.300	98.609	0.699	98.758	0.000	94.573
46	0.011	502.886	81.996	0.370	98.979	0.001	98.759	0.004	94.577
47	0.009	672.063	106.962	0.312	98.991	0.001	98.760	0.386	94.963
48	0.008	830.963	132.252	0.301	98.992	0.449	99.209	0.002	94.965
49	0.007	952.892	151.657	0.230	99.222	0.002	99.211	0.017	94.982
50	0.005	1306.648	207.960	0.302	99.224	0.000	99.211	0.304	95.306

▷ 방향별 누적 질량 참여율

교각의 해석결과 방향별 누적 질량 참여율의 합이 90% 이상임을 확인하여 본 해석이 교각의 동적거동을 충분히 구현하고 있음을 확인하였다.



◎ Mode Shape



24.2.2 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 24.2.1】 성사1교(부천방향 확장부) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	성사1교(부천방향 확장부)는 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	성사1교(부천방향 확장부)의 주요 손상현황으로는 교대 신축이음 하부 누수 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축으로 판단되며, 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	- 신축이음 신축이음 하부 누수	양호

24.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

24.2.4 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.	

24.2.5 시설물 보수 이력

【표 24.2.2】 성사1교(부천방향 확장부) 보수이력사항

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

24.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 24.2.3】 내진설계 여부 확인

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

24.3 현장조사

24.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 도보 및 사다리를 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
S1~2	도보 및 사다리	2022.08.22.~2022.12.11.	
			
작업전경		작업전경	
			
비파괴시험		비파괴시험	

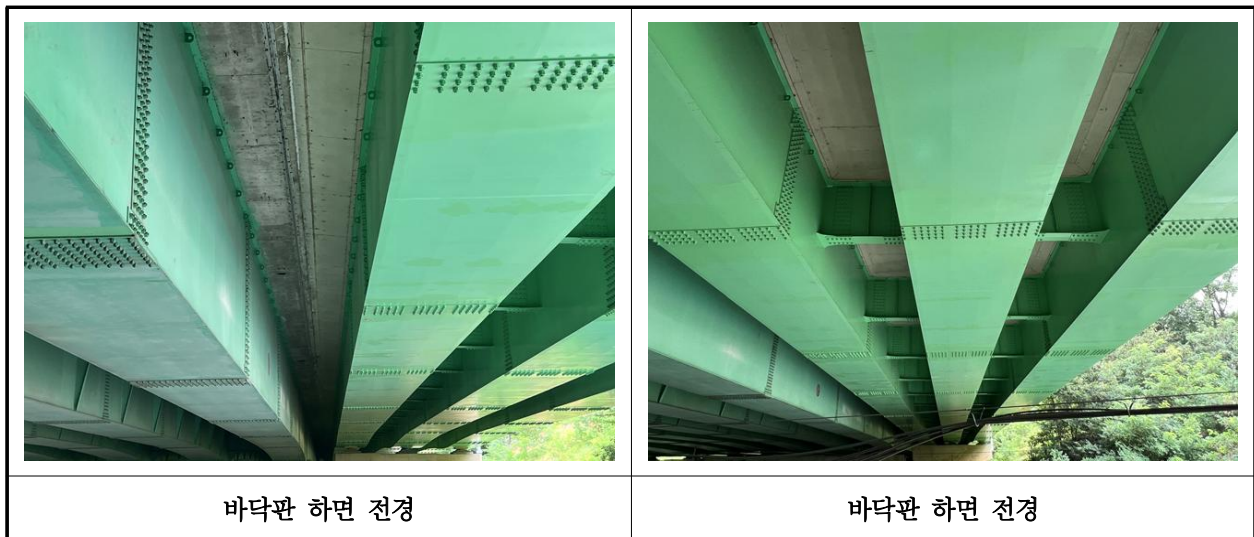
【사진 24.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

24.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 성사1교(부천방향 확장부)는 총 2경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=120.0m 폭 11.5m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보로 근접조사를 실시하였다.



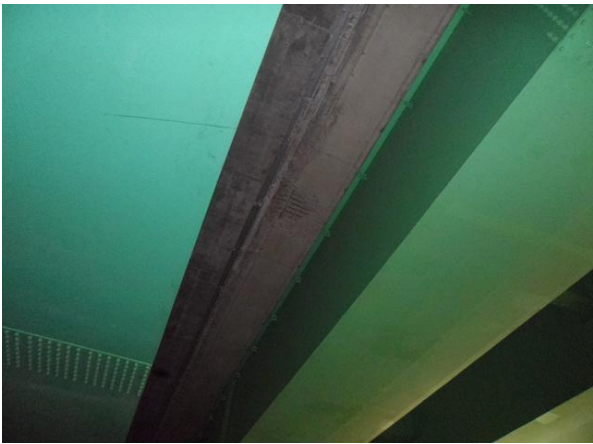
【사진 24.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 바닥판 하면 캔틸레버부에 파손 및 철근노출이 확인되었다.

【표 24.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	파손 및 철근노출 (㎡/개소)	
S1	—	—
S2	0.25	1
합계	0.25	1

	
바닥판 하면 S2 파손 및 철근노출(0.5×0.5)	바닥판 하면 S2 파손 및 철근노출(0.5×0.5)
	
바닥판 하면 S1 상태양호	바닥판 하면 S1 상태양호

【사진 24.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면의 현장조사 결과, 파손 및 철근노출이 조사되었으며, 조사된 손상은 시공미흡, 다짐불량 등의 복합적인 원인으로 발생한 손상으로 유추된다. 해당 손상에 대하여 조인트부 우수유입, 습기흡착으로 인한 철근부식, 손상의 진전 등 2차 손상 발생을 방지하고, 내구성 확보 차원의 단면보수(방청) 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 보수부위 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리가 요구된다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 3열로 시공되었으며, 도보로 현장조사를 실시하였다



【사진 24.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 24.3.2】 거더 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	—	—
	S2	—	—
거더 내부	S1	—	—
	S2	—	—
합계		—	—

	
거더외부 S1 상태양호	거더외부 S2 상태양호
	
거더내부 S1 상태양호	거더내부 S2 상태양호

【사진 24.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

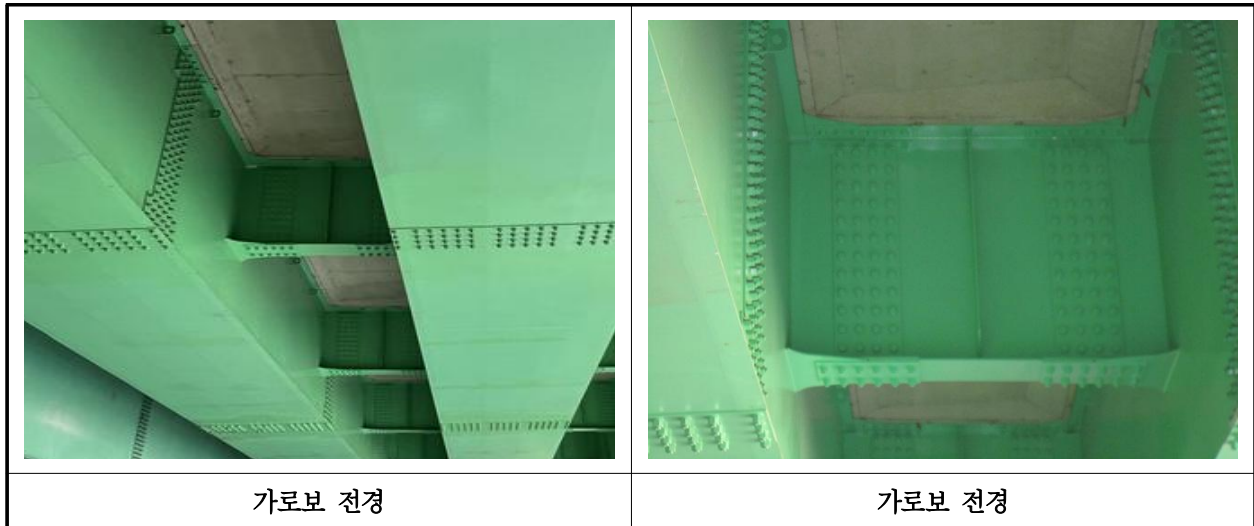
4) 검토의견

- 거더외부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 STEEL로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보를 통한 근접조사를 실시하였다.



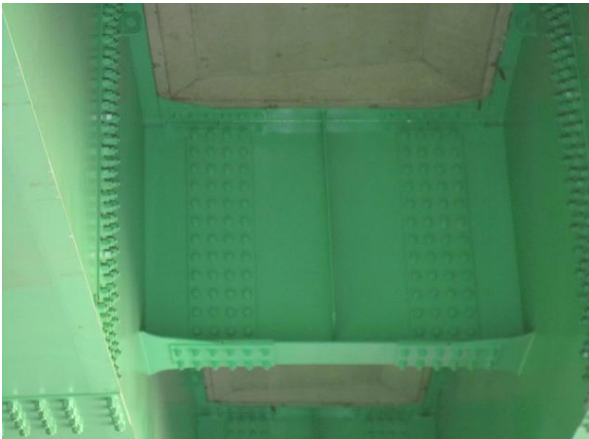
【사진 24.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 24.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	—	—
	S2	—	—
합계		—	—

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 24.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

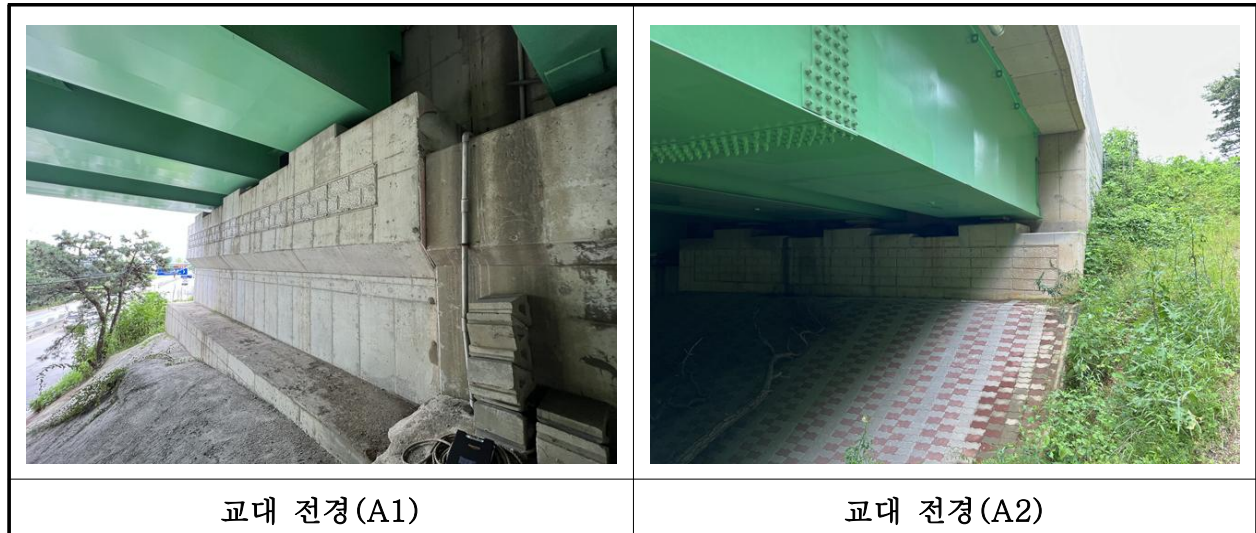
4) 검토의견

- 가로보의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 성사1교(부천방향 확장부) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 A1 강관말뚝기초, A2 직접기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 24.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 24.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	상태양호			
A1	—	—	—	—
A2	—	—	—	—
합계	—	—	—	—

	
교대 A1 상태양호	교대 A1 상태양호
	
교대 A2 상태양호	교대 A2 상태양호

【사진 24.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 성사1교(부천방향 확장부)의 교각은 T형으로 구성되어 있으며, 직접기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보 및 사다리를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 2.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.3.5】 교각 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	—	—
합계	—	—

	
교각 P1 코핑부 상태양호	교각 P1 기둥부 상태양호

【사진 2.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

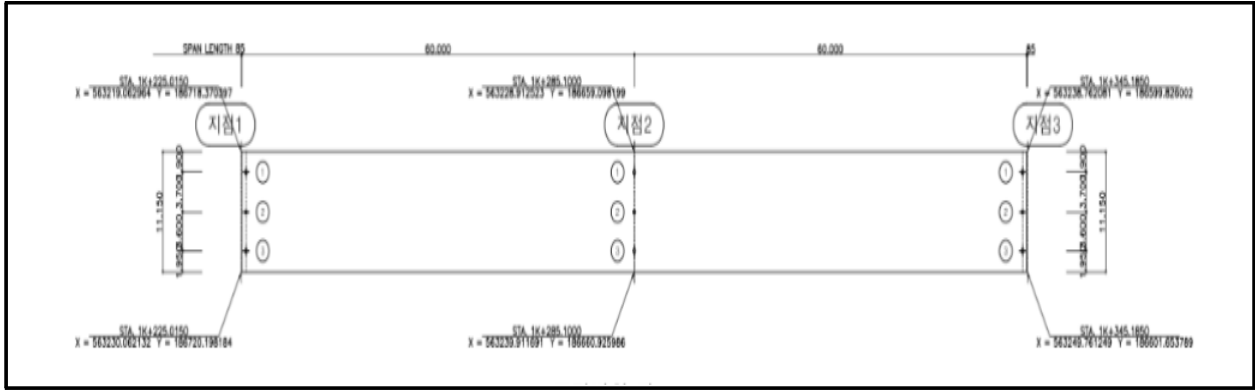
4) 검토의견

- 교각의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

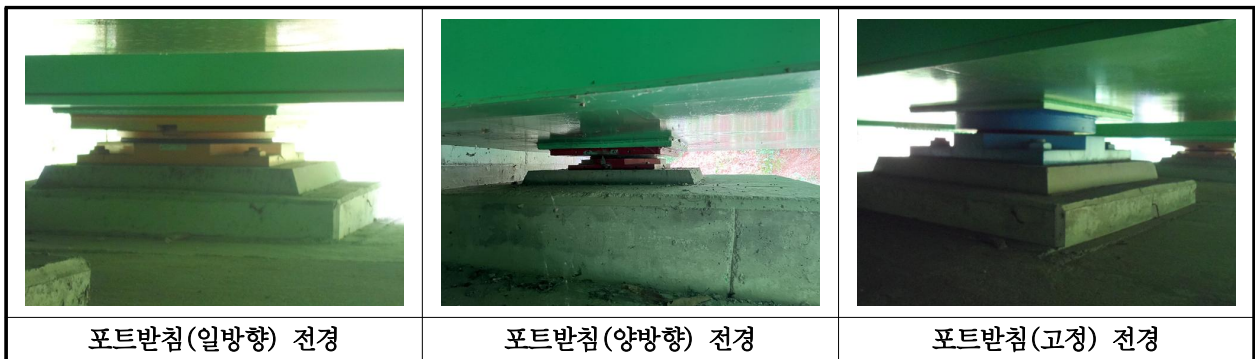
바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 성사1교(부천방향 확장부)의 받침은 포트받침으로 총 9기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 24.3.1】 교량받침 배치도



포트받침(일방향) 전경

포트받침(양방향) 전경

포트받침(고정) 전경

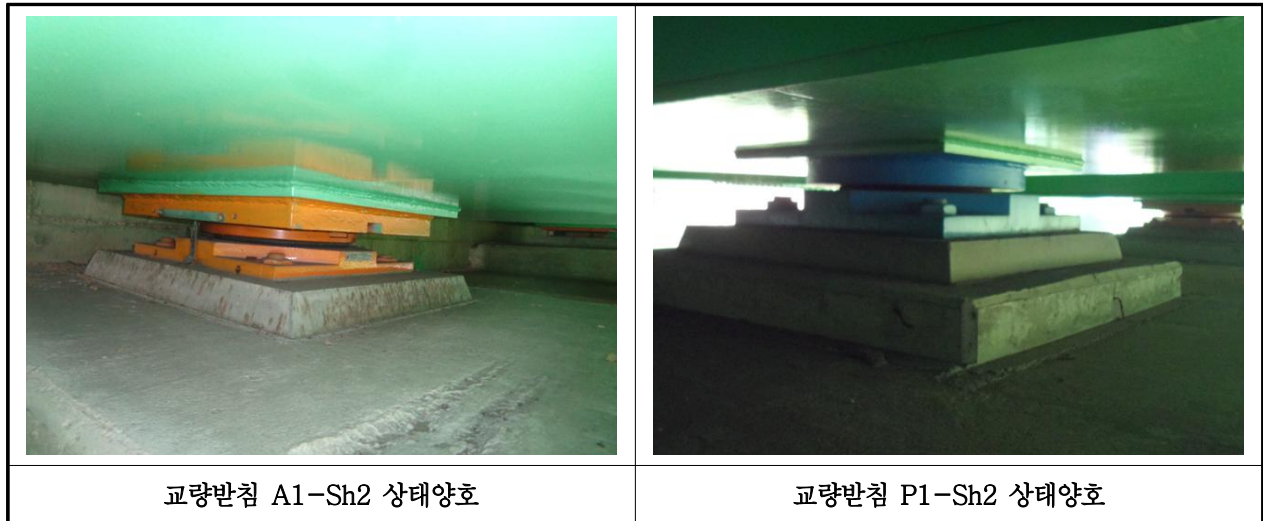
【사진 24.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 24.3.6】 교량받침 현장조사 결과

구분	상태양호			
A1	—	—	—	—
P1	—	—	—	—
A2	—	—	—	—
합계	—	—	—	—



【사진 24.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

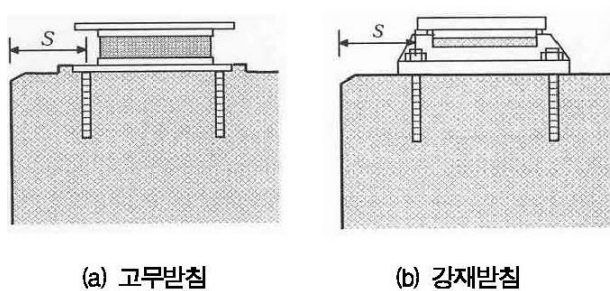
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교량받침의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

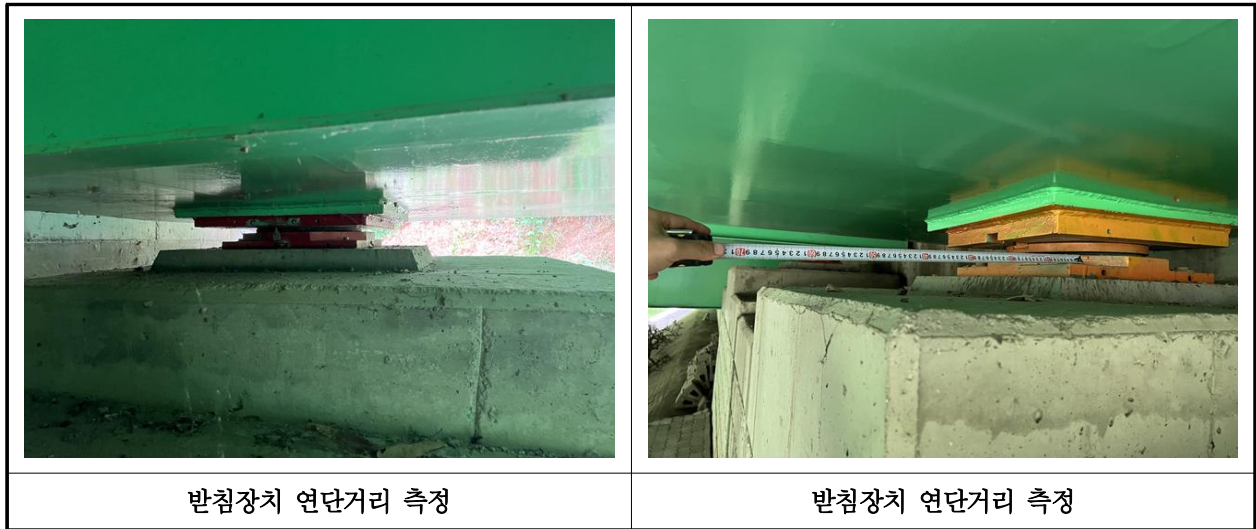
5) 연단거리 검토

- 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.



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

【그림 24.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 24.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=60.0m) : $200+5 \times 60.0 = 500(\text{mm})$

【표 24.3.7】 연단거리 측정 결과

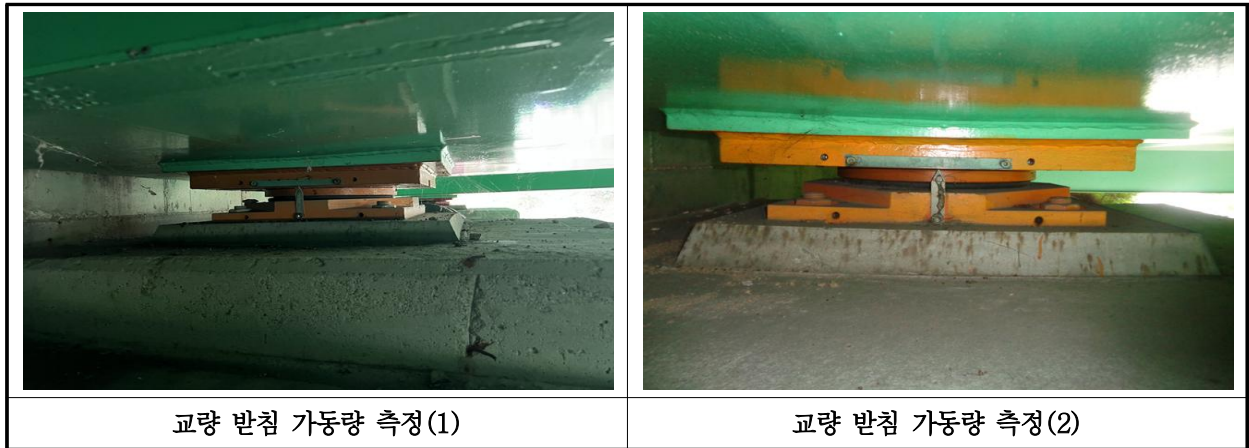
구 분		설계 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)			검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	
A1		500	610	570	610	O.K
P1	A1측	500	960	910	910	O.K
	A2측	500	960	915	910	O.K
A2		500	600	555	605	O.K

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 24.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 24.3.8】 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	
A1	41.0	19.0	0.000012	60.0	29.5	13.7	
P1	고정단						
A2	41.0	19.0	0.000012	60.0	29.5	13.7	
1) 조사당시 온도 : 21.0℃(조사일 : 2022년 08월 29일, 평균온도, 고양시(기상청 자료 : 서울)) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 24.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (mm)	검토결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	10(A1)	110	90	29.5	13.7	±100	OK
	SH2	10(A1)	110	90	29.5	13.7	±100	OK
	SH3	10(A1)	110	90	29.5	13.7	±100	OK
P1	SH1~3	고정단						
A2	SH1	10(A2)	110	90	29.5	13.7	±100	OK
	SH2	10(A2)	110	90	29.5	13.7	±100	OK
	SH3	10(A2)	110	90	29.5	13.7	±100	OK
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 A1, A2 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.



【사진 24.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 후타재 균열(0.3mm미만), 신축이음 하부 누수 등의 손상이 확인되었다.

【표 24.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열(0.3mm미만) (m/개소)		신축이음 하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	8.00	16	0.50	1
A2 (EXP J2)	8.00	16	—	—
합계	16.00	32	0.05	1

	
신축이음 A1 후타재 균열(Cw=0.3mm미만)	신축이음 A2 후타재 균열(Cw=0.3mm미만)
	
신축이음 A1 하부 누수(L=0.50m)	신축이음 A2 하부 상태양호

【사진 24.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열(Cw=0.3mm미만), 신축이음 하부 누수의 경우, 초기 건조수축, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 정도가 경미하나 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 유도배수관 설치 등의 보수를 실시하고 주기적인 안전점검을 통하여 손상의 재발생 여부 등을 확인하는 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 가동량 산정 - 조사일 : 2022. 08. 29. 기온 적용: 21.0℃ (일평균) ΔT(신장시) : 40.0℃ - 21.0℃ = 19.0℃ ΔT(수축시) : -20.0℃ - (21.0℃) = -41.0℃ 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 24.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 24.3.11】 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				
A1	41.0	19.0	0.000012	60.0	29.5	13.7	35.0	90.0	95.0	
A2	41.0	19.0	0.000012	60.0	29.5	13.7	40.0	110.0	80.0	

1) 조사당시 온도 : 21.0℃(조사일 : 2022년 08월 29일, 평균온도, 고양시(기상청 자료 : 서울))
 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)

【표 24.3.12】 신축이음 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간(mm) ③	허용량(mm) ④	신축 여유량(mm)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①-③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	29.5	13.7	35.0	80	15.5	21.3	O.K
	바닥판	29.5	13.7	90.0	-	-	76.3	O.K
	거더	29.5	13.7	95.0	-	-	81.3	O.K
A2	신축이음	29.5	13.7	40.0	80	10.5	26.3	O.K
	바닥판	29.5	13.7	110.0	-	-	96.3	O.K
	거더	29.5	13.7	80.0	-	-	66.3	O.K
주) 판정 : $0.0\text{mm} \leq \text{신축 여유량} \leq \text{허용량} \Rightarrow \text{O.K}$								

6) 신축거동상태 검토의견

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

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 성사1교(부천방향 확장부)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산 시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.



【사진 24.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 24.3.13】 교면포장 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
합계	—	—

	
교면포장 S1 상태양호	교면포장 S2 상태양호

【사진 24.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 성사1교(부천방향 확장부)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 24.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 배수구 토사퇴적이 확인되었다.

【표 24.3.14】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수구 토사퇴적 (개소)	
S1	17.00	17
S2	17.00	17
합계	34.00	34

	
배수시설 S1 배수구 토사퇴적	배수시설 S1 배수구 토사퇴적
	
배수시설 S2 배수구 토사퇴적	배수시설 S2 배수구 토사퇴적

【사진 24.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수시설의 배수관은 현재 양호한 상태이나, 배수구에서 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 배수구 토사퇴적이 발생하였다. 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.



【사진 24.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 해당 시설물의 방호벽 접속부에 접속부 파손, 방음벽 파손의 손상이 확인되었다.

【표 24.3.15】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	접속부 파손 (㎡/개소)	
S1	0.30	1
S2	0.15	1
합계	0.45	2

	
방호벽 S1 접속부 파손(0.2×1.5)	방호벽 S1 접속부 파손(0.2×1.5)
	
방호벽 S2 접속부 파손(0.1×1.5)	방호벽 S2 접속부 파손(0.1×1.5)

【사진 24.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽의 현장조사 결과, 발생한 접속부 파손은 시공초기 지반안정기간에 발생한 초기 침하가 원인으로 판단되고, 방음벽 파손의 경우 외부충격에 의한 손상으로 유추되며, 손상부에 대한 단면보수 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요하다고 사료된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 본 교량은 점검통로 등의 별도의 점검시설은 설치되어있지 않은 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.

24.3.3 현장조사 총괄표

【표 24.3.16】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		파손 및 철근노출	m ²	0.25	1	
거더	거더외부	상태양호	—	—	—	
	거더내부	상태양호	—	—	—	
가로보		상태양호	—	—	—	
교대		상태양호	—	—	—	
교각		상태양호	—	—	—	
교량받침		상태양호	—	—	—	
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)		m	16.00	32	
	신축이음 하부 누수		m	0.50	1	
교면포장		상태양호	—	—	—	
배수시설		배수구 토사퇴적	EA	34.00	34	
방호벽		접속부 파손	m ²	0.45	2	

24.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

24.4 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.

24.4.1 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 24.4.1】 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

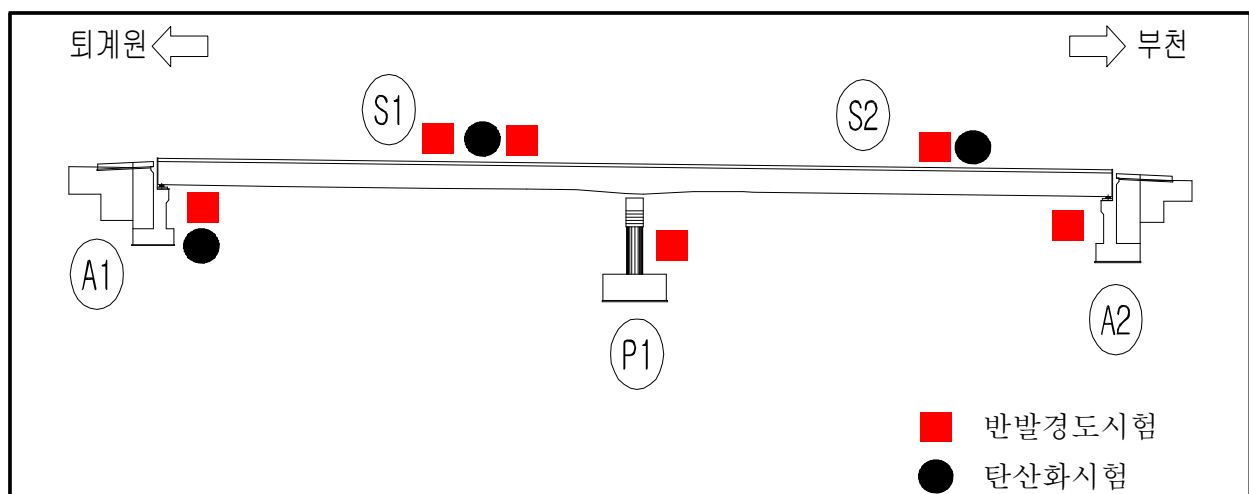
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



【사진 24.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 24.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

24.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 6개소)을 실시하였으며, 검토 결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 24.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1	바닥판	46.9	27.8	29.0	0.67	27.0	
	S1	바닥판	46.7	27.7	29.0			
	S2	바닥판	47.8	28.6	29.5			

【표 24.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	교대	45.7	26.8	28.5	0.67	24.0	
	A2	교대	45.9	27.0	28.5			

【표 24.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	교각	51.3	43.8	53.2	0.67	40.0	

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.7~29.5MPa, 하부구조(교대) 26.8~28.5 MPa, 하부구조(교각) 43.8~53.2MPa 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 24.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.7 ~ 29.5	27.0	102.6 ~ 109.2
하부구조	교대	26.8 ~ 28.5	24.0	111.8 ~ 118.9
	교각	43.8 ~ 53.2	40.0	109.5 ~ 133.0

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 설계피복으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 24.4.6】 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 하면	1.00	40.00	39.00	0.71	100년이상	a
	S2 바닥판 하면	0.50	40.00	39.50	0.35	100년이상	a
하부구조	A1 교대	0.50	100.00	99.50	0.35	100년이상	a

탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화 깊이는 0.5~1.0mm, 하부구조 탄산화 깊이는 0.5mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 24.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	0.5~1.0	39.0~39.5	
하부구조	0.5	99.5	

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 24.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.7~29.5	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	26.8~28.5	24.0	
		교각	43.8~53.2	40.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		39.0~39.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		99.5	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.

24.5 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 현장조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

24.5.1 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 24.5.1】 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	a	a	a	a	c	c	c	a	a	q	a	a
S2	P1	STB	c	a	a	a	c	c	—	a	a	q	a	—
	A2								b	a	a	q	—	—
평균			0.250	0.100	0.100	0.100	0.400	0.400	0.300	0.100	0.100	—	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	—	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.045	0.020	0.005	0.007	0.012	0.008	0.027	0.009	0.020	—	0.004	0.003
													0.160	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.160) < 0.260$

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 24.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결합도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결합도점수 X 연장비
성사1교 (부천방향 확장부)	0.160	B	120	1	120	1.000	0.160
합계(Σ)			120	1	120	1	0.160
1. 평가지수 =							0.160
2. 상태평가결과 =							B

24.5.2 기 점검 결과와의 비교

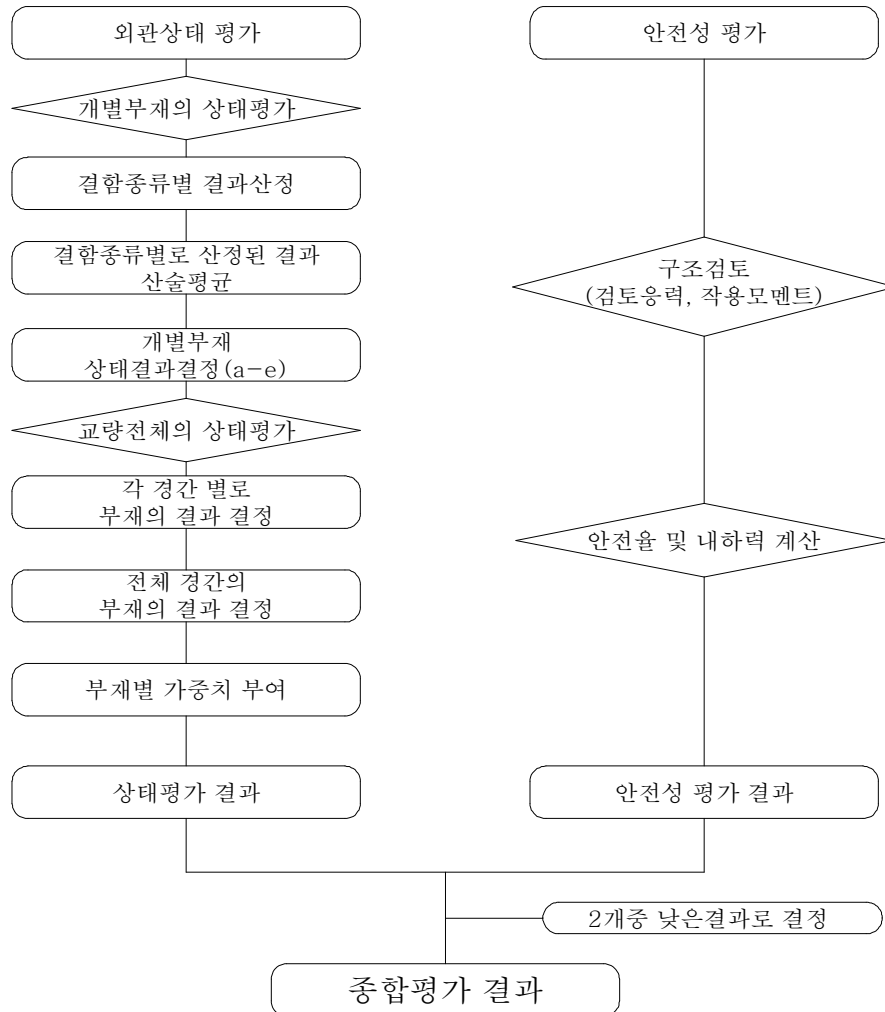
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

24.6 종합평가 및 안전등급 지정

24.6.1 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 24.6.1】 종합평가 결과 산정절차

24.6.2 종합평가 결과

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

【표 24.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
성사1교 (부천방향 확장부)	0.160	B	—	—	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

24.6.3 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 24.6.2】 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

24.7 보수·보강 및 유지관리방안

24.7.1 보수·보강 방안

【표 24.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	파손 및 철근노출	m ²	0.25	1	단면보수(방청)	하자
거더	거더외부	상태양호	—	—	—	—
	거더내부	상태양호	—	—	—	—
가로보	상태양호	—	—	—	—	—
교대	상태양호	—	—	—	—	—
교각	상태양호	—	—	—	—	—
교량받침	상태양호	—	—	—	—	—
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	16.00	32	표면처리	하자
	신축이음 하부 누수	m	0.50	1	유도배수관 설치	하자
교면포장	상태양호	—	—	—	—	—
배수시설	배수구 토사퇴적	EA	34.00	34	정비	하자
방호벽	접속부 파손	m ²	0.45	2	단면보수	하자

24.7.2 개략공사비

【표 24.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	파손 및 철근노출	단면보수(방청)	0.25	0.38	m²	—	—	하자
교대	후타재 균열(0.3mm미만)	표면처리	16.00	6.00	m²	—	—	하자
	신축이음 하부 누수	유도배수관 설치	0.50	0.75	m	—	—	하자
배수시설	배수구 토사퇴적	정비	34.00	34.00	EA	—	—	하자
방호벽	접속부 파손	단면보수	0.45	0.68	m²	—	—	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		—		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		—		
	합계	—		—		—		
개략공사비 총계(천원)		—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

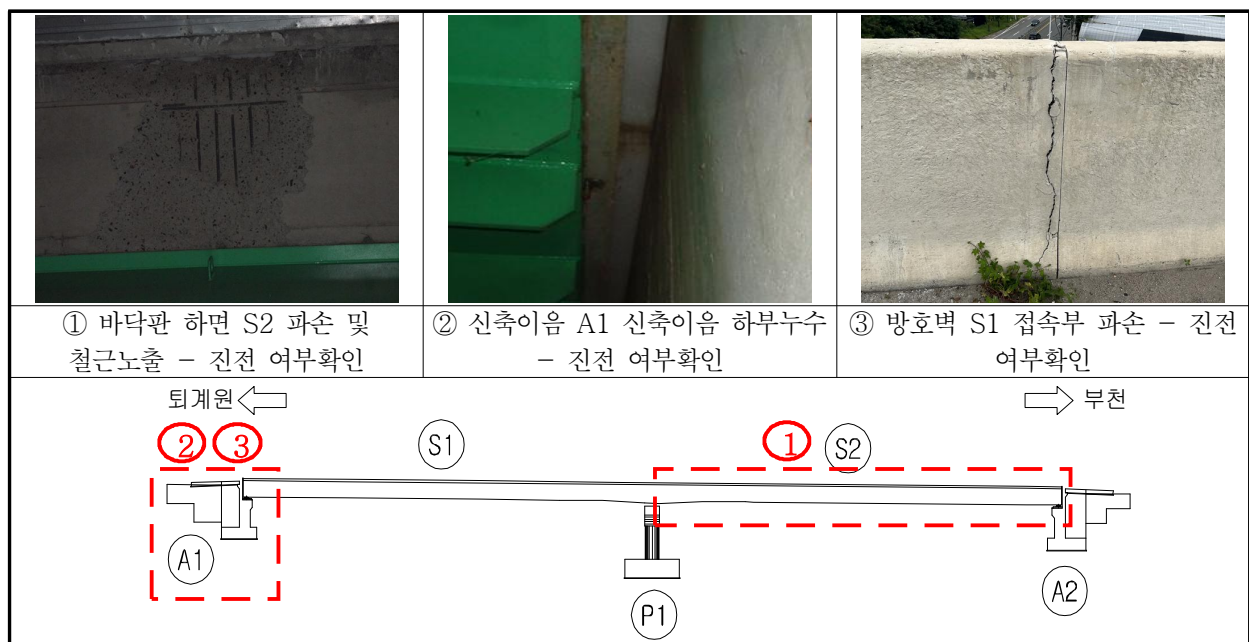
24.7.3 유지관리방안

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 24.7.3】 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



24.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 성사동 610-14에 위치한 교량으로 총 연장 120.0m, 폭 11.5m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

24.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면의 현장조사 결과, 파손 및 철근노출이 조사되었으며, 조사된 손상은 시공미흡, 다짐불량 등의 복합적인 원인으로 발생한 손상으로 유추된다. 해당 손상에 대하여 조인트부 우수유입, 습기흡착으로 인한 철근부식, 손상의 진전 등 2차 손상 발생을 방지하고, 내구성 확보 차원의 단면보수(방청) 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 보수부위 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리가 요구된다.

2) Steel Box Girder

- 거더외부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교각

- 교각의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

6) 교량받침

- 교량받침의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 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($Cw=0.3\text{mm}$ 미만), 신축이음 하부 누수의 경우, 초기 건조수축, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 정도가 경미하나 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 유도배수관 설치 등의 보수를 실시하고 주기적인 안전점검을 통하여 손상의 재발생 여부 등을 확인하는 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

9) 배수시설

- 배수시설의 배수관은 현재 양호한 상태이나, 배수구에서 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 배수구 토사퇴적이 발생하였다. 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽의 현장조사 결과, 발생한 접속부 파손은 시공초기 지반안정기간에 발생한 초기 침하가 원인으로 판단되고, 방음벽 파손의 경우 외부충격에 의한 손상으로 유추되며, 손상부에 대한 단면보수 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요하다고 사료된다.

11) 교량 점검시설

- 해당사항 없음.

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 27.7~29.5MPa, 하부구조(교대) 26.8~28.5MPa, 하부구조(교각) 43.8~53.2MPa 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 판단된다.
- 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화 깊이는 0.5~1.0mm, 하부구조 탄산화 깊이는 0.5mm 로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 성사1교(부천방향 확장부)의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.160, 상태평가 점수는 “B” 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 성사1교(부천방향 확장부)에 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 상태인」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.

24.8.2 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.

24.8.3 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.