

17. 남고양IC1교

17.1 시설물 개요

17.2 자료수집 및 분석

17.3 현장조사

17.4 콘크리트 내구성조사

17.5 상태평가

17.6 종합평가 및 안전등급 지정

17.7 보수·보강 및 유지관리 방안

17.8 종합결론

17. 남고양IC1교

17.1 시설물의 개요

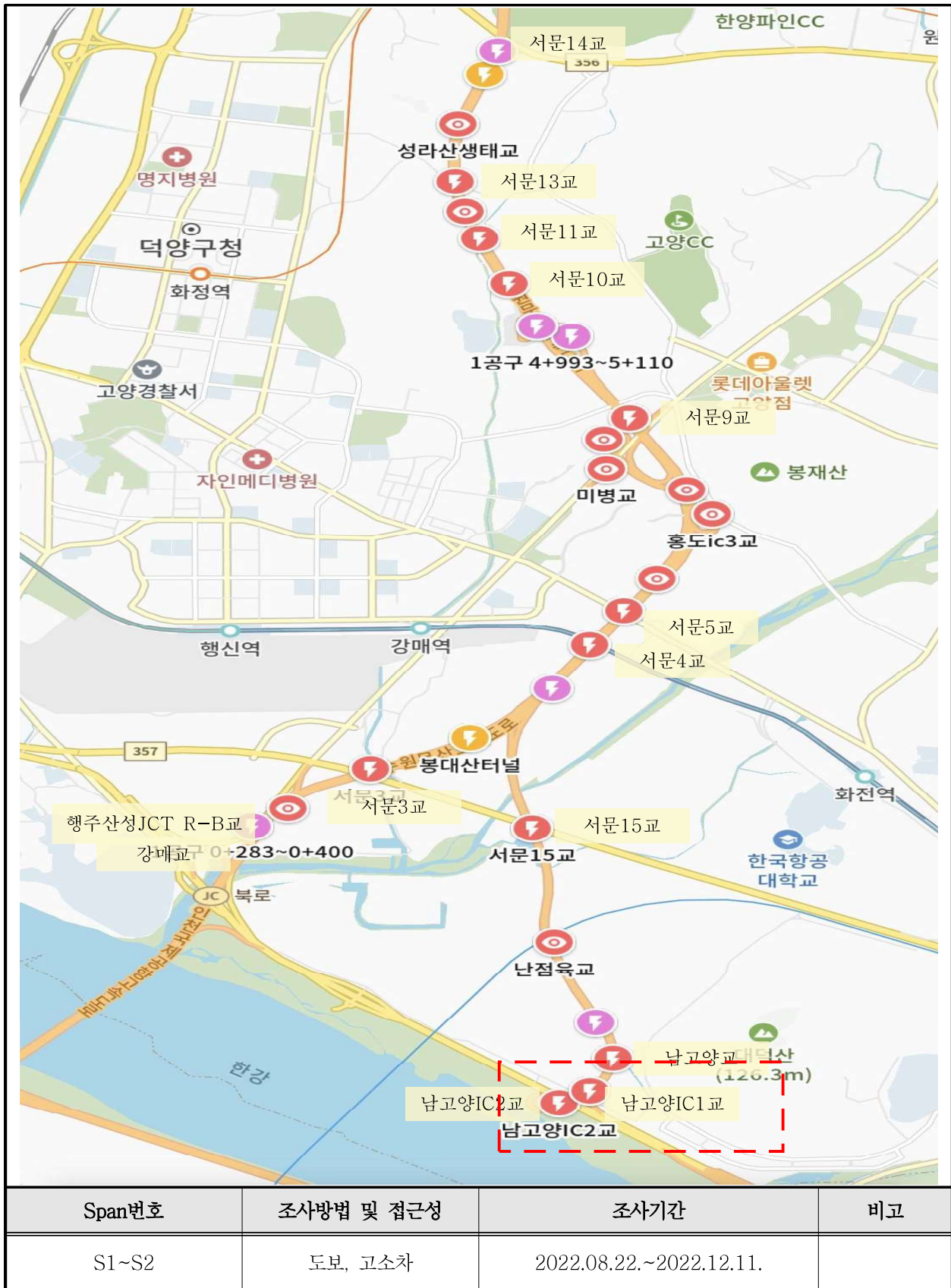
본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 자유로 88 (덕은동)에 위치한 교량으로 총 연장 120.0m, 폭 11.0m로 시공되어 있다.

17.1.1 일반사항

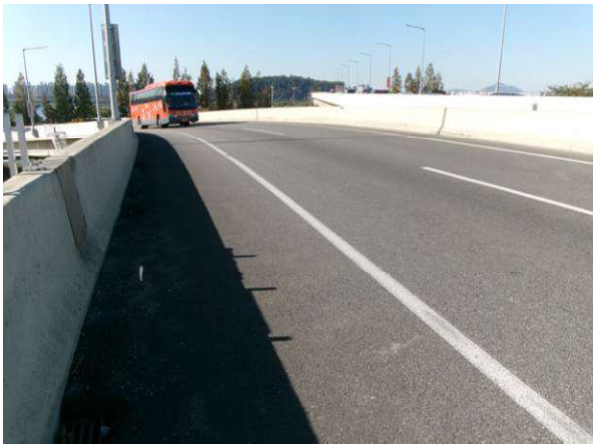
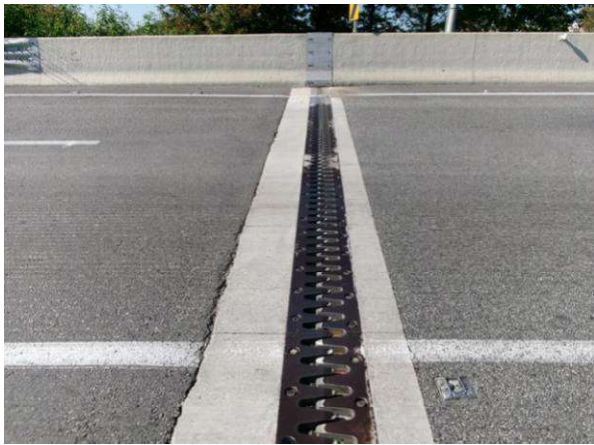
【표 17.1.1】 남고양IC1교 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000236	관리번호	-	
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 자유로 88 (덕은동)	준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		-	노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=120.0m (2@60=120m)			
	폭	B=11.0m, 2차로			
구조 형식	상부	Steel Box	기초 형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교 각	현장타설말뚝
교량받침		면진받침	신축이음	강평거쥔인트	
교차시설물		-	통과높이	-	
부착시설내용		-	설계하중	DB-24/DL-24	
시 공 자		지에스건설(주)	설 계 자	(주)다산컨설팅트	
감 리 자		(주)동일기술공사	관리주체	서울문산고속도로주식회사	
					
측면 전경			상부 전경		

17.1.2 위치도 및 전경사진

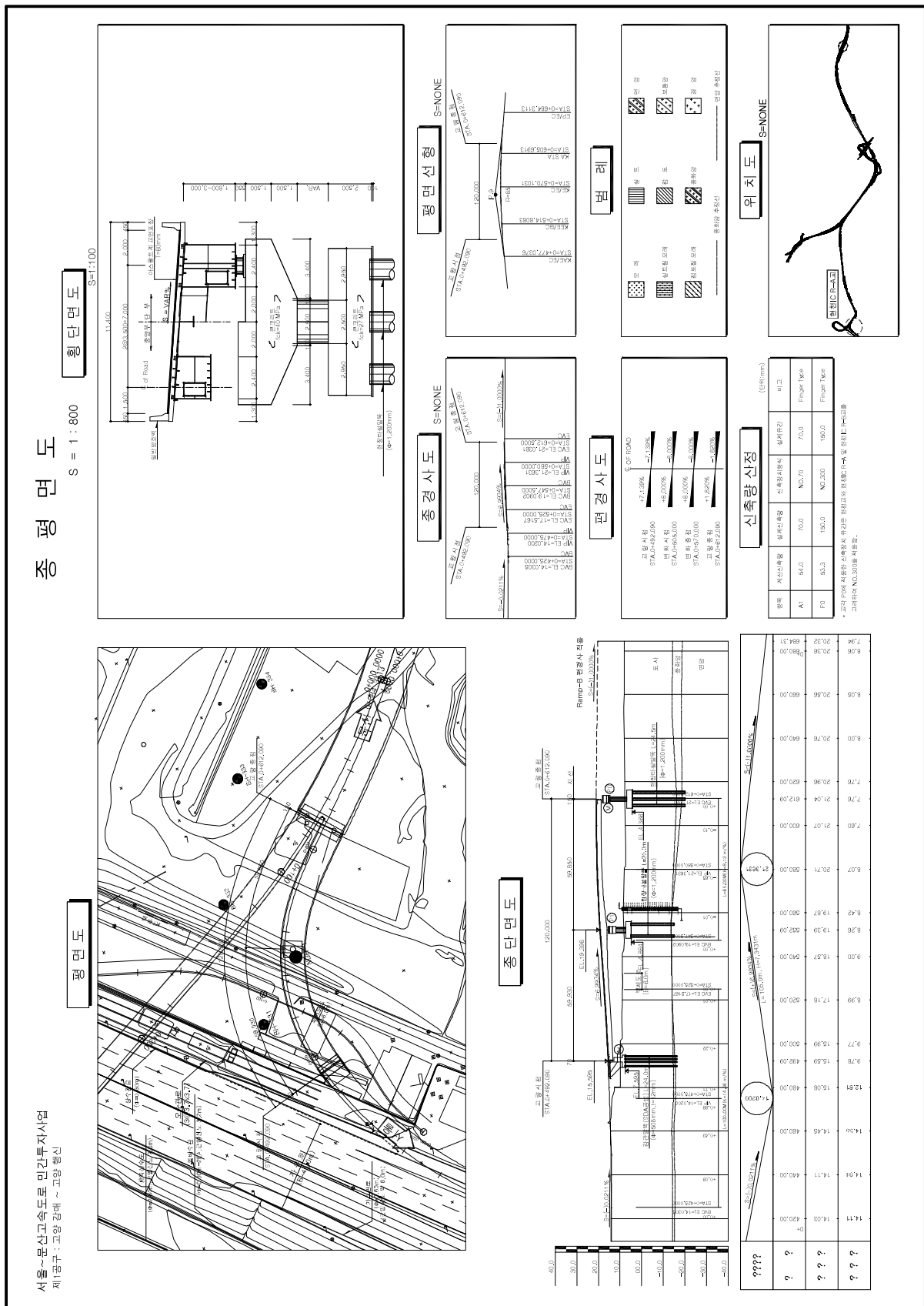


【그림 17.1.1】 위치도

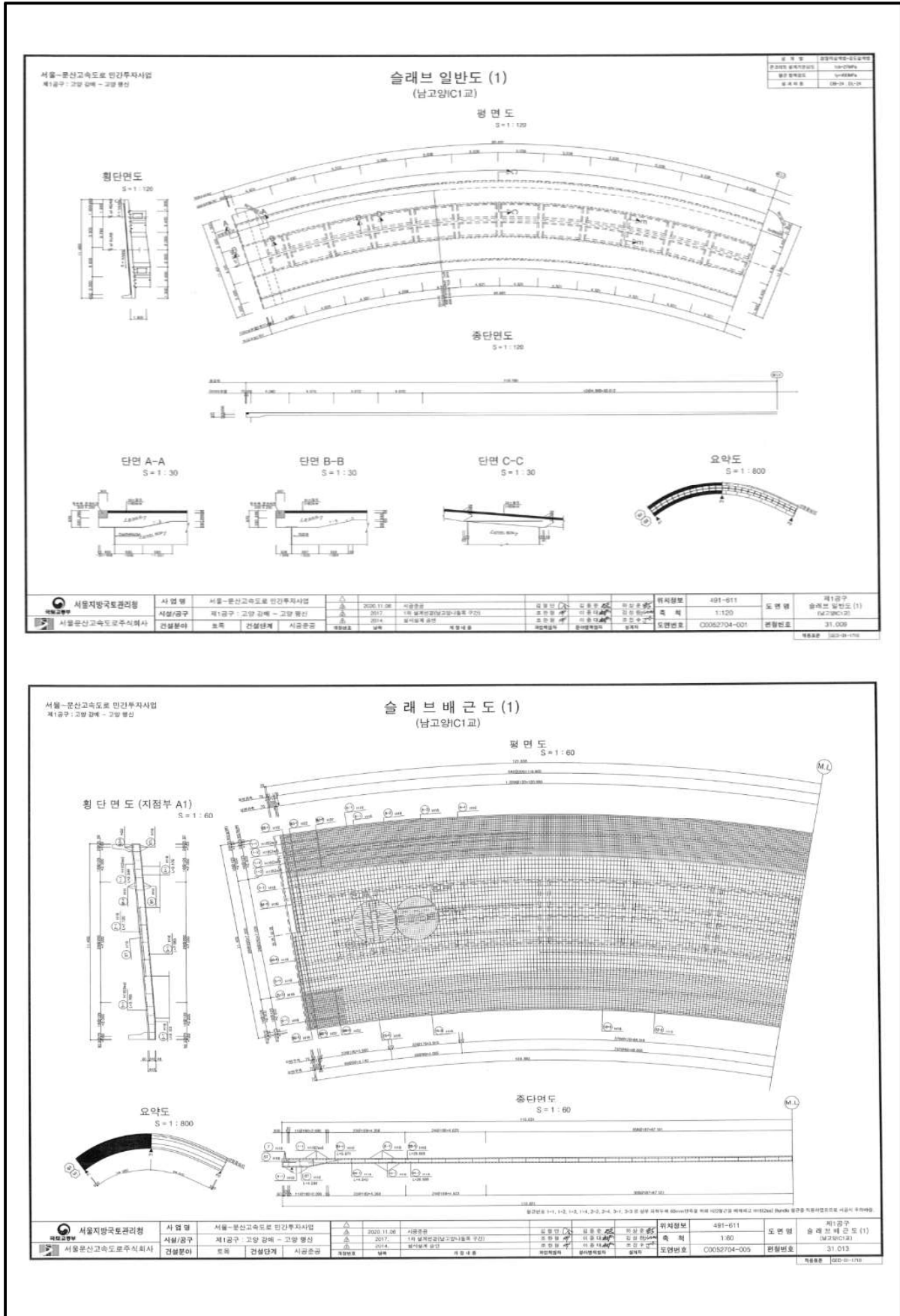
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더외부, 바닥판하면 전경	거더내부 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 17.1.2】 부재별 현황

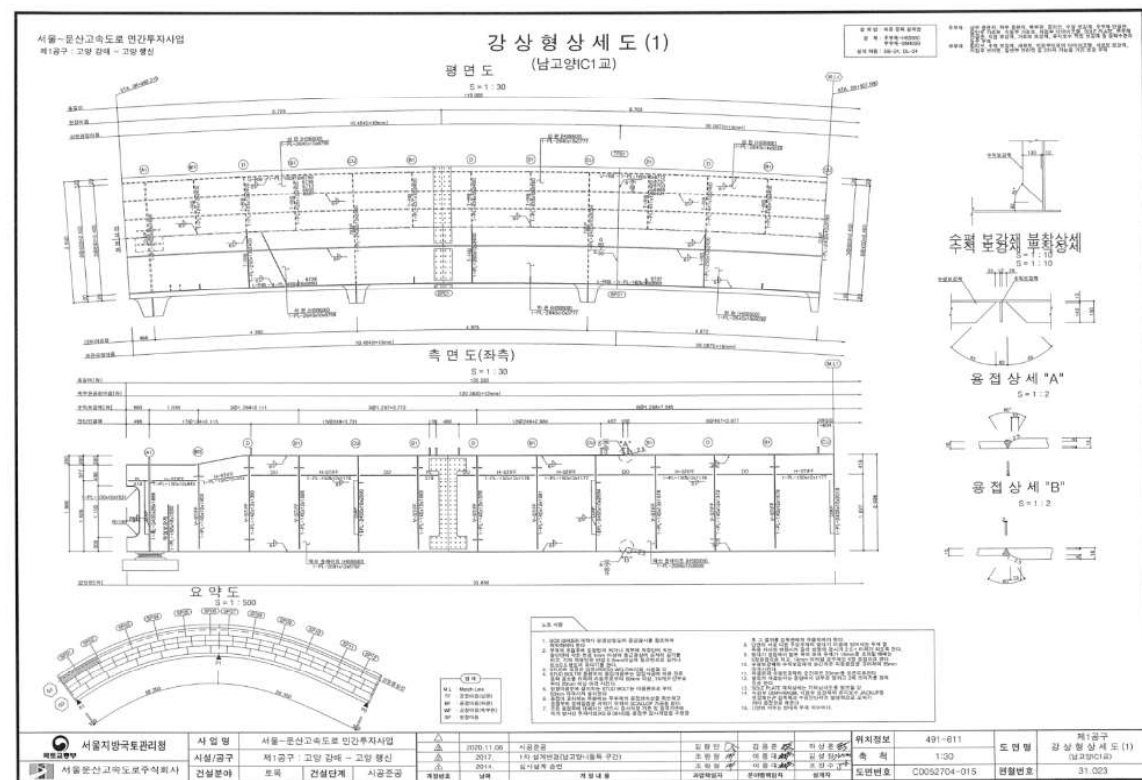
4
 5
 6
 7



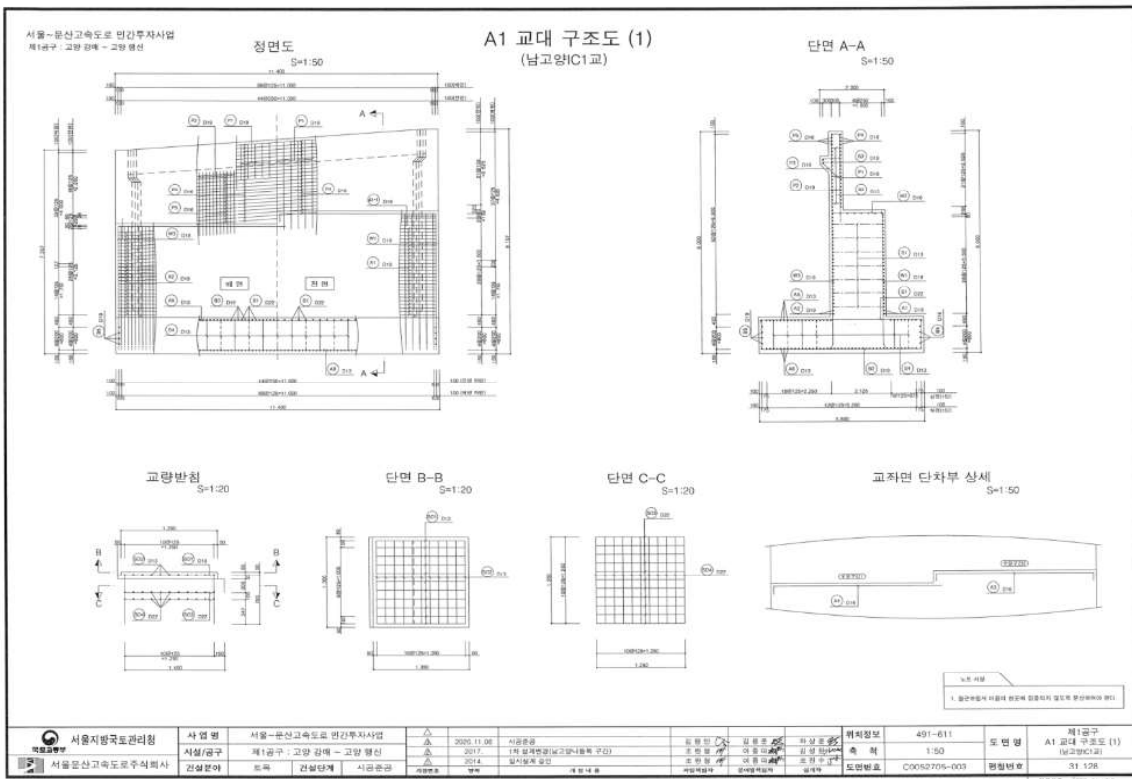
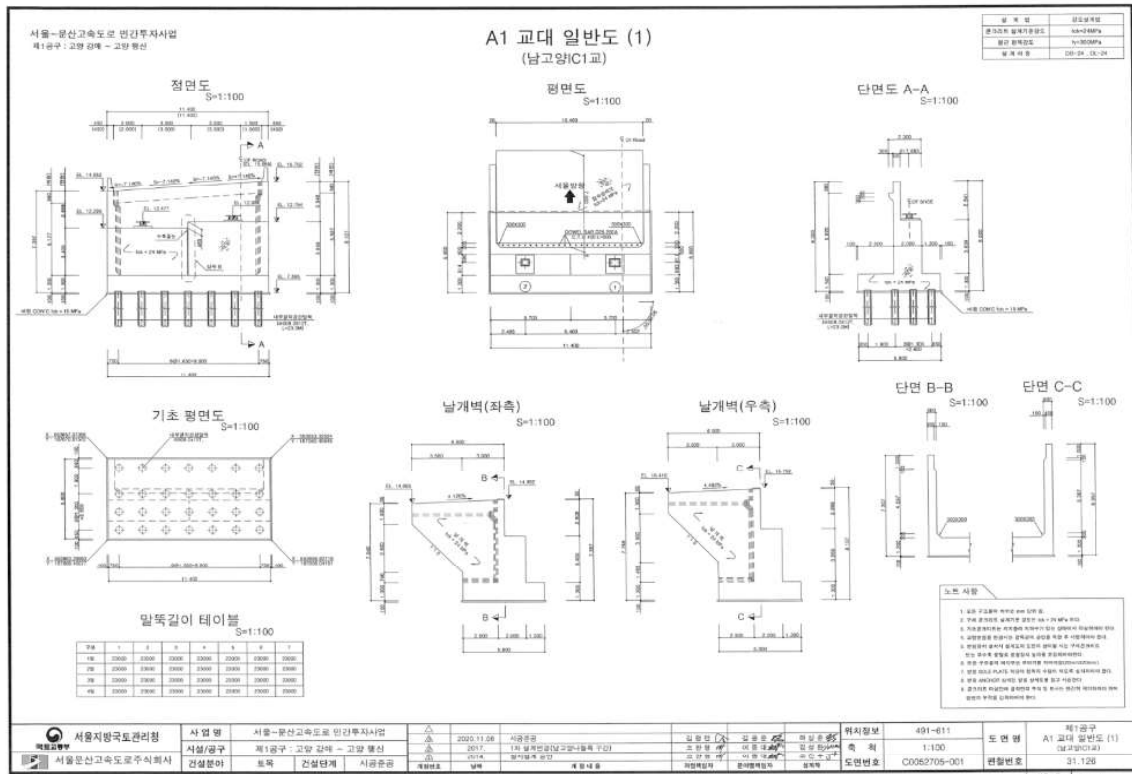
【그림 17.1.3】 평면 및 종단면도



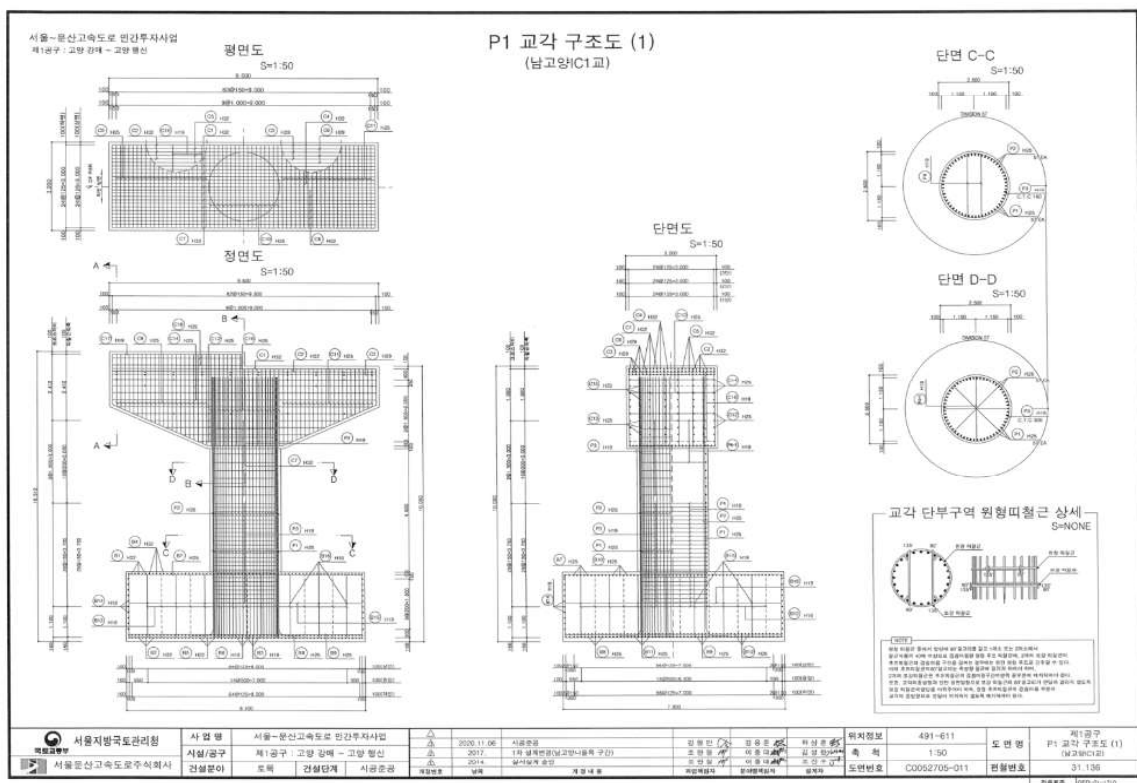
【그림 17.1.4】 바닥판하면 일반도 및 구조도



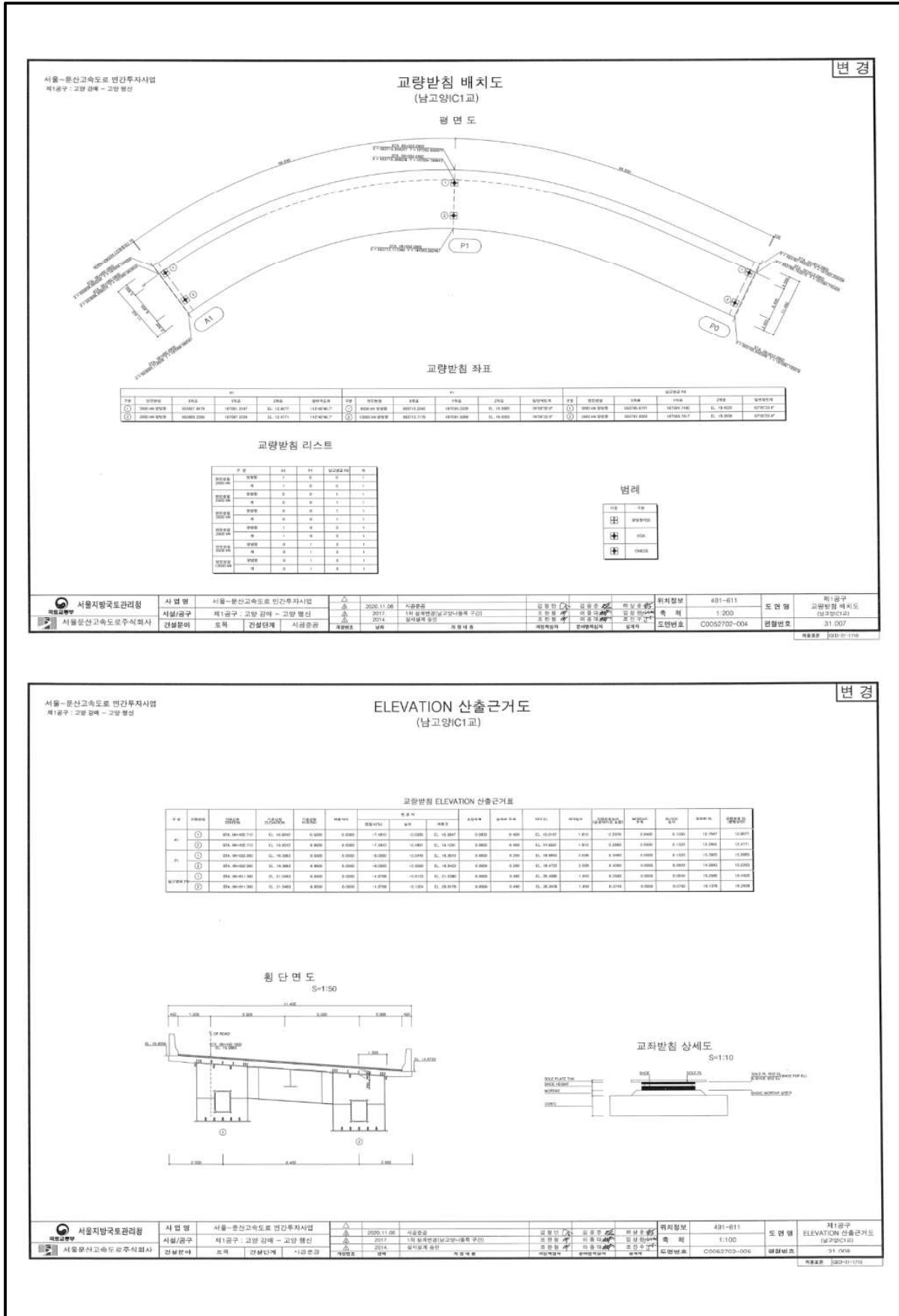
【그림 17.1.5】 강상형 일반도 및 상세도



【그림 17.1.6】 교대 일반도 및 구조도



【그림 17.1.7】 교각 일반도 및 구조도



【그림 17.1.8】 교량받침 배치도

가. 지형 및 지질

[illegible]

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

계	요
•	문헌 및 기존사료에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

포	원	투수계수(cm/s)	토	질	투수계수(cm/s)	일반의 상태	특	정	투수계수(cm/s)
GW		1.0×10^{-2} 이하	SC		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	균일 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		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-3}$	CL		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	균일 간격이 보통인 상태	보통 투수성	일반	$1.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
GC		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	OL		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-4}$				
SW		1.0×10^{-2} 이하	MH		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-4}$	균일 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	일반	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-5}$
SP		1.0×10^{-2} 이하	CH		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$				
SM		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	OH		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	균일 간격이 있음	물투수성	일반	1.0×10^{-8} 이상

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구분		분류자료	시험결과	비.상
필적층	배토층	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	-	5.4×10^{-4}
	전도	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	-	1.2×10^{-7}
	모래	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	-	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	-	5.9×10^{-3}
외곽층	중화도	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$1.96 \times 10^{-4} \sim 3.08 \times 10^{-4}$	2.4×10^{-4}
	중화암	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-6}
	연암	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$3.06 \times 10^{-6} \sim 4.76 \times 10^{-6}$	3.9×10^{-6}
	경암	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-8}$	$1.28 \times 10^{-6} \sim 2.49 \times 10^{-6}$	1.9×10^{-6}
	I등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-8}$	-	5.0×10^{-7}
	II등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-8}$	-	5.4×10^{-6}
	III등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-8}$	$1.28 \times 10^{-6} \sim 2.49 \times 10^{-6}$	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^{-3}

89

서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구	부	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	연장계수(MPa)	포아송비(v)	k(cm/s)
쌓기재	토 사	18.0	15.0	28.0	—	—	—
	암벽면	20.0	0.0	35.0	—	—	—
배	필층	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
	외곽층	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-2}
외	곽층	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
중	화도	17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
	중화암	20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-6}

2.7.2 파일구간 암반등급별 설계지반정수

구	부	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	연장계수(MPa)	포아송비(v)	k(cm/s)
I	등급	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}
III	등급	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}
V	등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-6}

2.7.3 불연속체 설계지반정수

암	종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편	바암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구	부	V_s (m/s)	V_p (m/s)	G_d (MPa)	E_r (MPa)	K_1 (MPa)	v_f
배	필층	488	180	62	164	161	0.33
	외곽층	645	200	68	190	317	0.40
외	곽층	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
중	화도	952	382	268	713	699	0.33
	중화암	1,144	544	562	1,539	1,262	0.30
연	암	1,834	954	2,164	5,504	3,822	0.26
	경	2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부

90

나. 지반 및 지질 조사보고서

3월 지반조사 결과 제 1 장 지형 및 지질 1.1 주변 환경 조사 및 분석 지형지물 지반지형 현황 지반조사 결과	3월 지반조사 결과 제 2 장 지형지물 현황 지형지물 현황 지형지물 현황 지형지물 현황	3월 지반조사 결과 제 3 장 지형지물 현황 지형지물 현황 지형지물 현황 지형지물 현황
3월 지반조사 결과 제 4 장 지형지물 현황 지형지물 현황 지형지물 현황 지형지물 현황	3월 지반조사 결과 제 5 장 지형지물 현황 지형지물 현황 지형지물 현황 지형지물 현황	3월 지반조사 결과 제 6 장 지형지물 현황 지형지물 현황 지형지물 현황 지형지물 현황
3월 지반조사 결과 제 7 장 지형지물 현황 지형지물 현황 지형지물 현황 지형지물 현황	3월 지반조사 결과 제 8 장 지형지물 현황 지형지물 현황 지형지물 현황 지형지물 현황	3월 지반조사 결과 제 9 장 지형지물 현황 지형지물 현황 지형지물 현황 지형지물 현황

다. 구조계산서

구조물 개요							
현 장 명	서울-문산 고속도로 민간투자사업			발 주 처	서울지방국토관리청		
교 량 명	남고양IC 1교			현 장	60,000 + 60,000 + 120,000 m		
교량등급	1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)			교량 제한	국 한 11,400 m		
교량형식	Steel 박스거더교			사 각	90,000 °		
바닥판 설계							
구 분	구조위치	검토항목	계수비, 필요철근	공칭B, 사용철근	단 장	안전율	비고
최 소 계 검 토	좌측 캔틸레버부 (강도)	요면도 검토	104.4 kN/m	143.6 kN/m	0. K 11	137.5%	
		필요철근 검토	1,410.6 mm ²	1,996.0 mm ²	0. K 11	H16B200+H16B200	
		배력철근 검토	945.1 mm ²	1,588.8 mm ²	0. K 11	H16B125	
		단부보강주철근	2,821.3 mm ²	2,865.0 mm ²	0. K 11	H16B200+H16B200	
		단부보강배력철근	1,800.2 mm ²	2,292.0 mm ²	0. K 11	H16B125	
단 면 설 계	우측 캔틸레버부 (강도)	요면도 검토	104.4 kN/m	143.6 kN/m	0. K 11	137.5%	
		필요철근 검토	1,410.6 mm ²	1,996.0 mm ²	0. K 11	H16B200+H16B200	
		배력철근 검토	945.1 mm ²	1,588.8 mm ²	0. K 11	H16B125	
		단부보강주철근	2,821.3 mm ²	2,865.0 mm ²	0. K 11	H16B200+H16B200	
		단부보강배력철근	1,800.2 mm ²	2,292.0 mm ²	0. K 11	H16B125	
중간부	가터 양 끝 (공명)	주철근상면철근	960.0 mm ²	993.0 mm ²	0. K 11	H16B400+H16B400	
		주철근상면철근	720.0 mm ²	993.0 mm ²	0. K 11	H16B400+H16B400	
		배력철근상면철근	720.0 mm ²	794.4 mm ²	0. K 11	H16B250	
		배력철근상면철근	720.0 mm ²	794.4 mm ²	0. K 11	H16B250	
		단부보강주철근	960.0 mm ²	993.0 mm ²	0. K 11	H16B400+H16B400	
	내부지점부	주철근상면철근	720.0 mm ²	794.4 mm ²	0. K 11	H16B250	
		주철근상면철근	3,600.0 mm ²	4,584.0 mm ²	0. K 11	H16B125+H16B125	
		주철근상면철근	0.0035 mm ² /mm ²	0.0040 mm ² /mm ²	0. K 11		
		요면도 검토	100.0 mm	461.5 mm	0. K 11	461.5%	
		요면도 검토	100.0 mm	461.5 mm	0. K 11	461.5%	

1. 설계조건

1) 교량제형

- (1) 교량명 : 남고양IC 1교
- (2) 교량등급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- (3) 교량형식 : Steel 박스거더교
- (4) 교량연장 : 60,000 + 60,000 = 120,000 m
- (5) 교량폭원 : B = 11,400 m
- (6) Girder 제형 : B = 2,400 m H = 2,000 - 3,000 mm
- (7) 사각(Skew) : 90,000 °
- (8) 곡률반경(R) : 선형중심 = 85,000 m
- (9) 설계속도 : 50,000 km/h

(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강재

• 사용재료

주 부 재	HSB500(상판, 하판, 복무판, 상부중리브, 하부중리브, 수점보 강재, 지점부 디아프램, 지점보강재, 일관부 가로보, 지점부 가로보슬롯에이스트)
부 부 재	SM400B(지점부와 디아프램, 수점보강재, 철판, 세로보,)
강재 탄성계수 (E _s)	205,000,000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000,000 MPa

• 허용응력 (MPa)

(※ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류	판 두께 (mm)	SS 400 SM 400 SM400	SM 490 SM 490 SM490	SM490V SM 520 SM490	SM 570 SM570	HSE500	HSE600	HSE800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270			
	40 초과 75 이하			200 (215)	260 (270)	230	270	380
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

② 바닥판 콘크리트 (※ 도.설.해 3.9.2.7, 도.설.해 3.9.2.8, 도.설.해 4.2.3, 도.설.해 4.6.3.3)

콘크리트 설계 기준강도 (f _{ck})	27.0 MPa
콘크리트 탄성계수 (E _c)	27,504.0 MPa
전단 탄성계수 (G _c)	12,297.2 MPa
탄성계수비 (ν)	7.0
바닥판 콘크리트와 강재 주거지역의 온도차	10,000 °C
바닥판 콘크리트와 강재의 팽창률계수 (α)	0.000012
건조수축 계수 (ε _d)	0.000270
상 대 습 도	70.0 %
CREEP 계수 (φ _p)	φ _p = 2φ _s : 2

③ 바닥철근

철근 설계 항복강도 (f _y)	400.0 MPa
철근 탄성계수 (E _s)	200,000.0 MPa

2) 하중조건

(1) 고정하중 (※ 도.설.해 2.1.2)

- ① 철근 콘크리트 : 25,000 kN/m³
- ② 무관 콘크리트 : 23,500 kN/m³
- ③ 강재 : 78,500 kN/m³
- ④ 포장 콘크리트 : 23,000 kN/m³

(2) 활하중 (※ 도.설.해 2.1.3)

① 설계차선수신입

$$W_L = 10,500 \text{ N}, N = 3 \text{ 차로}$$

$$W = 3,000 \text{ N}$$

△ 설계차로폭 3,000mm보다 3차로 연속도로 제하

② 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

- DB-24 하중
 - 전륜하중 : P_F = 24,000 kN
 - 후륜하중 : P_R = 96,000 kN
- DL-24 하중
 - 차로당 등분포 하중 : W_L = 12,700 kN/m
 - 로렌트 계산시 집중하중 : P_m = 108,000 kN
 - 전단력 계산시 집중하중 : P_s = 156,000 kN

② 충격계수

• 1 차선

$$I = 15 / (40 + L) = 0.151 < 0.300 \therefore I = 0.151$$

• 2 차선

$$I = 15 / (40 + L) = 0.151 < 0.300 \therefore I = 0.151$$

(3) 콘크리트의 Creep와 건조수축의 영향

• 철근 콘크리트의 바닥판의 Creep와 건조수축의 영향에 대한 단면력을 검토한다.

(4) 지점침하에 의한 영향

• 각 지점에서 발생할 수 있는 부동침하의 발생을 가정하여 가장 불리한 단면력을 산정한다.

(5) 온도변화에 의한 영향

• 바닥판과 주철의 온도차 발생시 생기는 단면력 및 응력을 산정하고 이때의 온도 변화는 적산변화 한다고 가정한다.

(7) 충돌하중

(※ 도.설.해 2.4.3.3, 도.설.해 2.4.3.6)

• 다중충돌 충격력 난간인 경우 바닥판의 설계에만 사용하며, 이 충돌력만을 사용하여 차량 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.

수충격 (kN/m)	작용 높이	수충격 (kN/m)
도입 도로상	일반 도로상	난간 상단부
3,750	2,500	1,000

• 다중충돌 충격력 난간인 경우 바닥판의 설계에만 사용하며, 이 충돌력만을 사용하여 차량 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.

① 수충격 충격력 H는 노면상 1.0m 높이에 교통을 따라 1.0m이하 작용하한 다음 식에 의하여 구한다.

$$H = \left(\frac{V}{60} \right)^2 \times 7.5 + 2.5 \text{ (kN/m)}$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 10kN/m의 수충격을 제하한다.

(다만, 곡률반경 R ≤ 200m인 곡선부에 대해서는 ①, ② 모두에 대해 그 수충격충돌력만 계산된 값의 2배로 한다)

$$I_{cs} = (I_s + A_s \cdot d_s^2) + (I_c/n_c + A_c/n_c \cdot d_{cs}^2)$$

$$= (111,584,951,752.7 + 145,120.0 \times 466.1^2) + (0,586,400,000.0/14.0 + 1,368,000.0/14.0 \times 692.2^2)$$

$$= 1.904E+11 \text{ mm}^4$$

• 합성단면도상에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{c,cs} = y_{cs} - v_1 = 1,002.2 - 466.1 = 536.2 \text{ mm}$$

$$y_{s,cs} = y_{cs} - v_2 = -1,027.8 - 466.1 = -1,493.8 \text{ mm}$$

• 합성단면 도상에서 바닥 콘크리트 연단거리

$$y_{c,cs} = d_{c,cs} + T_c / 2 = 692.2 + 240.0 / 2 = 812.2 \text{ mm}$$

$$y_{s,cs} = y_{c,cs} - T_c = 812.2 - 240.0 = 572.2 \text{ mm}$$

• 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥 콘크리트로 작용하는 압축력

$$N_c = M_{cs} - d_{c,N} \cdot A_{cs} / (n_c \cdot I_{cs})$$

$$= 3,836.2 \times 493.8 \times 1,368,000.0 / (7.0 \times 224,243,921,404.8) = 1.650E+06 \text{ N}$$

• 강재보의 결함으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_a = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = 1,650,130.1 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 1.650E+06 \text{ N}$$

• P_a 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_a = P_a \times d_{a,cs} = 1,650,130.1 \times 692.2 = 1.142E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

• 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{cs} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

• 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하면 응력

$$f_{c,u,w} = M_a \cdot y_{c,u,w} / I_{cs} = 3,836.220 \times 613.6 / (224,243,921,404.8 \times 7.0) = 1.500 \text{ MPa}$$

$$f_{s,u,w} = M_a \cdot y_{s,u,w} / I_{cs} = 3,836.220 \times 373.6 / (224,243,921,404.8 \times 7.0) = 0.913 \text{ MPa}$$

• 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{c,u,s} = 1/n_c \cdot (P_a / A_{cs} + k \cdot M_a \cdot y_{c,u,s} / I_{cs}) - E_{cs} \cdot f_{c,u,w} \cdot \phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (1,650,130.1/242,834.3 + 0.389 \times 1,142,180,036.4 \times 812.2/190,392,170,999.7) - 13,902.0 \times 0.013 \times 2.0/27,804.0 = -0.879 \text{ MPa}$$

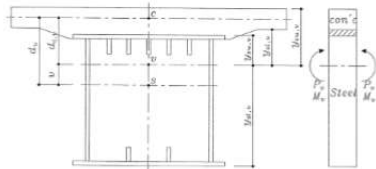
$$f_{s,u,s} = 1/n_c \cdot (P_a / A_{cs} + k \cdot M_a \cdot y_{s,u,s} / I_{cs}) - E_{cs} \cdot f_{s,u,w} \cdot \phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (1,650,130.1/242,834.3 + 0.389 \times 1,142,180,036.4 \times 572.2/190,392,170,999.7) - 13,902.0 \times 0.013 \times 2.0/27,804.0 = -0.332 \text{ MPa}$$

• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{s,u,s} = P_a / A_{cs} + k \cdot M_a \cdot y_{s,u,s} / I_{cs} = 1,650,130.1/242,834.3 + 0.389 \times 1,142,180,036.4 \times 572.2/190,392,170,999.7 = 8.046 \text{ MPa}$$

$$f_{s,u,s} = P_a / A_{cs} + k \cdot M_a \cdot y_{c,u,s} / I_{cs} = 1,650,130.1/242,834.3 + 0.389 \times 1,142,180,036.4 \times -1,493.8/190,392,170,999.7 = 3.310 \text{ MPa}$$



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보의 온도차 영향 (☞ 도.설.책 3.9.2.7)

• 바닥판 콘크리트와 강재 보주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현재한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선형팽창계수는 12×10^{-6} 으로 한다.

• 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

• 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{cs} = E_c \cdot \epsilon_t \cdot A_{cs} / n_c = 205,000.0 \times 0.000120 \times 1,368,000.0 / 7.0 = 4.806E+06 \text{ N}$$

• P_{cs} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{cs} = P_{cs} \times d_{c,w} = 4,807,542.9 \times 403.8 = 2.373E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

• 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{c,u,s} = 1/n_c \cdot (P_{cs} / A_{cs} + k \cdot M_{cs} \cdot y_{c,u,s} / I_{cs}) - E_{cs} \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (4,807,542.9/340,548.6 + 0.389 \times 2,372,851,045.0 \times 613.6/224,243,921,404.8) - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.959 \text{ MPa}$$

$$f_{s,u,s} = 1/n_c \cdot (P_{cs} / A_{cs} + k \cdot M_{cs} \cdot y_{s,u,s} / I_{cs}) - E_{cs} \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (4,807,542.9/340,548.6 + 0.389 \times 2,372,851,045.0 \times 373.6/224,243,921,404.8) - 27,804.0 \times 0.000120 = -1.100 \text{ MPa}$$

• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{s,u,s} = P_{cs} / A_{cs} + k \cdot M_{cs} \cdot y_{s,u,s} / I_{cs} = 4,807,542.9/340,548.6 + 0.389 \times 2,372,851,045.0 \times 337.6/224,243,921,404.8 = 15.506 \text{ MPa}$$

$$f_{s,u,s} = P_{cs} / A_{cs} + k \cdot M_{cs} \cdot y_{c,u,s} / I_{cs} = 4,807,542.9/340,548.6 + 0.389 \times 2,372,851,045.0 \times -1,692.4/224,243,921,404.8 = 7.152 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

• 용하중 비제거시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{cs} + V_{cs}) / A_{cs} + M_{cs} / (2 \cdot F \cdot I_{cs}) + (M_{cs} + M_{cs}) / (2 \cdot F \cdot I_{cs})$$

$$= 457,514/48,000.0 + 314,813/116,644,320.0 + 895,674/117,636,720.0 = 19.846 \text{ MPa}$$

☞ $u = 19.8 \text{ MPa} \leq u_s = 135.0 \text{ MPa}$ ----- O.K !!

• 용하중 제거시의 전단응력

- 활하중 비제거시

$$u = (V_s + V_{cs} + V_{cs}) / A_{cs} + M_{cs} / (2 \cdot F \cdot I_{cs}) + (M_{cs} + M_{cs}) / (2 \cdot F \cdot I_{cs})$$

(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향 (☞ 도.설.책 3.9.2.8)

• 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용되는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} , 크리프계수

$$\phi_2 = \phi_2 = 2 \cdot \phi_1 = 4.0$$

$$\phi_2 = 4.0$$

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 7.0 \times (1 + 4.0 / 2) = 21.000$$

$$A_{cs} = A_s + A_c / n_2 = 145,120.0 + 1,368,000.0 / 21.0 = 2.103E+05 \text{ mm}^2$$

$$v_2 = (A_{cs} / n_2) \times d_{cs} / A_{cs} = (1,368,000.0/21.0) \times 1,158.2 / 210,262.9 = 368.8 \text{ mm}$$

$$d_{c,cs} = d_{cs} - v_2 = 1,158.2 - 368.8 = 789.4 \text{ mm}$$

$$I_{cs} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c / n_2 + A_c / n_2 \cdot d_{c,cs}^2)$$

$$= (111,584,951,752.7 + 145,120.0 \times 368.8^2) + (0,586,400,000.0/21.0 + 1,368,000.0/21.0 \times 789.4^2) = 1.722E+11 \text{ mm}^4$$

• 합성단면도상에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{c,cs} = y_{cs} - v_2 = 1,002.2 - 368.8 = 643.4 \text{ mm}$$

$$y_{s,cs} = y_{cs} - v_2 = -1,027.8 - 368.8 = -1,396.6 \text{ mm}$$

• 합성단면 도상에서 바닥 콘크리트 연단거리

$$y_{c,cs} = d_{c,cs} + T_c / 2 = 789.4 + 240.0 / 2 = 919.4 \text{ mm}$$

$$y_{s,cs} = y_{c,cs} - T_c = 919.4 - 240.0 = 679.4 \text{ mm}$$

• 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{cs} = E_c \cdot \epsilon_s \cdot A_{cs} / n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 1,368,000.0 / 21.0 = 3.605E+06 \text{ N}$$

• P_{cs} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{cs} = P_{cs} \times d_{c,cs} = 3,605,657.1 \times 919.4 = 2.882E+09 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

• 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{cs} = E_c / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

• 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$$f_{c,u,s} = 1/n_2 \cdot (P_{cs} / A_{cs} + k \cdot M_{cs} \cdot y_{c,u,s} / I_{cs}) - E_{cs} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (3,605,657.1/210,262.9 + 0.389 \times 2,882,360,125.0 \times 919.4/172,213,246,970.7) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.534 \text{ MPa}$$

$$f_{s,u,s} = 1/n_2 \cdot (P_{cs} / A_{cs} + k \cdot M_{cs} \cdot y_{s,u,s} / I_{cs}) - E_{cs} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (3,605,657.1/210,262.9 + 0.389 \times 2,882,360,125.0 \times 919.4/172,213,246,970.7) - 9,761.9 \times 0.000270 = -1.609 \text{ MPa}$$

• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{s,u,s} = P_{cs} / A_{cs} + k \cdot M_{cs} \cdot y_{s,u,s} / I_{cs} = 3,605,657.1/210,262.9 + 0.389 \times 2,882,360,125.0 \times 643.4/172,213,246,970.7 = 21.337 \text{ MPa}$$

$$f_{s,u,s} = P_{cs} / A_{cs} + k \cdot M_{cs} \cdot y_{c,u,s} / I_{cs} = 3,605,657.1/210,262.9 + 0.389 \times 2,882,360,125.0 \times -1,386.6/172,213,246,970.7 = 8.122 \text{ MPa}$$

$$= 119,688/48,000.0 + 314,813/116,644,320.0 + 136,466/117,636,720.0 = 6.352 \text{ MPa}$$

☞ $u = 6.4 \text{ MPa} \leq 1.2u_s = 162.0 \text{ MPa}$ ----- O.K !!

- 활하중 제거시

$$u = (V_s + V_{cs} + V_{cs}) / A_{cs} + M_{cs} / (2 \cdot F \cdot I_{cs}) + (M_{cs} + M_{cs}) / (2 \cdot F \cdot I_{cs})$$

$$= 457,888/48,000.0 + 314,813/116,644,320.0 + 903,664/117,636,720.0 = 19.900 \text{ MPa}$$

☞ $u = 19.9 \text{ MPa} \leq 1.2u_s = 168.8 \text{ MPa}$ ----- O.K !!

(9) 조합 응력의 검토 (☞ 도.설.책 3.4.2.3)

$$\phi = 0.00(\phi/n) + 0.13(\phi/n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

• 인장 (허부)플랜지의 허용응력 (HBS500 사용) (☞ 도.설.책 3.3.2)

$$f_{ts} = 230.0 \text{ MPa}$$

• 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (HBS500 사용) (☞ 도.설.책 3.4.2.3)

$$b/22.0 \cdot t \cdot n = 18.2 \text{ mm} < l_w = 14 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{cs} = 230.0 \text{ MPa}$$

$$b/44.0 \cdot t \cdot n = 9.1 \text{ mm} \leq l_w = 14 \text{ mm} < b/22.0 \cdot t \cdot n = 18.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{cs} = 230.0 - 0.2(b/(l_w \cdot t \cdot n) - 22.0) = 195.8 \text{ MPa}$$

$$b/80.0 \cdot t \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq l_w = 14 \text{ mm} \geq b/44.0 \cdot t \cdot n = 9.1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{cs} = 200.00 \cdot \{(l_w \cdot t \cdot n)/b\}^2 = 269.5 \text{ MPa}$$

$$f_{cs} = 230.0 \text{ MPa}$$

(참고: 합성부 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, 조합 단면과 같이 형상이 일어나기 어려운 경우)

☞ $f_{cs} = 230.0 \text{ MPa}$

• 옆면 콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설.책 3.9.3.1)

$$f_{ts} = 0.40 \cdot f_{cs} = 10.800 \text{ MPa}$$

$$f_{ts} = 0.40 \cdot f_{cs} = 1.600 \text{ MPa}$$

• 슬래브의 주거더에 작용응력 및 허용응력 (☞ 도.설.책 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하중 조합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)	허용응력(MPa)	작용응력(MPa)	허용응력(MPa)	작용응력(MPa)	허용응력(MPa)	작용응력(MPa)	허용응력(MPa)
상면	하면	상면	하면	상면	하면	상면	하면	
I	-	-	-	-	91.069	-93.418	195.829	230.000
I+2+3	4.643	2.827	10.800	10.800	108.980	-183.070	230.000	230.000
I+2+3+5	3.764	2.495	10.800	10.800	117.027	-179.760	264.500	230.000
I+2+3+5+6	2.230	0.886	10.800	10.800	138.363	-171.638	264.500	230.000
I+2+3+5+6+7	1.271	-0.214	12.420	2.174	153.870	-164.486	290.000	264.500
I+2+3+5+6+7	3.189	1.986	12.420	12.420	122.857	-178.790	299.000	264.500
I+2+4	1.512	0.921	12.960	12.960	96.923	-122.618	276.000	276.000
I+2+3+5+4	4.650	2.831	13.500	13.500	109.005	-183.194	287.500	287.500
I+2+3+5+4+5	3.771	2.499	13.500	13.500	117.051	-179.884	287.500	287.500
I+2+3+5+4+5+6	2.237	0.890	13.500	13.500	138.388	-171.762	287.500	287.500
I+2+3+5+4+5+6+7	1.278	-0.210	14.560	2.552	153.894	-164.610	310.500	310.500
I+2+3+5+4+5+6+7	3.196	1.990	14.560	14.560	122.882	-178.913	310.500	310.500

(*) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토

(단도설 3.8.2.4)

하중조합	$(f/f_{td})^2$		$(u/u_d)^2$		합성응력		판별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.216	0.165	0.022	0.022	0.238	0.187	0.K	0.K
1+2+3	0.225	0.634	0.022	0.022	0.248	0.655	0.K	0.K
1+2+3+5	0.196	0.611	0.022	0.022	0.217	0.632	0.K	0.K
1+2+3+5+6	0.274	0.557	0.022	0.022	0.295	0.579	0.K	0.K
1+2+3+5+6+7	0.265	0.387	0.022	0.022	0.286	0.408	0.K	0.K
1+2+3+5+6+7	0.169	0.457	0.022	0.022	0.190	0.479	0.K	0.K
1+2+4	0.123	0.197	0.002	0.002	0.125	0.199	0.K	0.K
1+2+3+0.5x4	0.144	0.406	0.014	0.014	0.158	0.430	0.K	0.K
1+2+3+0.5x4+5	0.166	0.391	0.014	0.014	0.180	0.405	0.K	0.K
1+2+3+0.5x4+5+6	0.232	0.357	0.014	0.014	0.246	0.371	0.K	0.K
1+2+3+0.5x4+5+6+7	0.246	0.281	0.014	0.014	0.260	0.295	0.K	0.K
1+2+3+0.5x4+5+6+7	0.157	0.332	0.014	0.014	0.171	0.346	0.K	0.K

$$(f/f_{td})^2 + (u/u_d)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.K$$

[상 연]
 $\left(\frac{136.363}{264.500} \right)^2 + \left(\frac{19.846}{135.000} \right)^2 = 0.274 + 0.022 = 0.296 \leq 1.2 \dots\dots 0.K$

[하 연]
 $\left(\frac{183.070}{230.000} \right)^2 + \left(\frac{19.846}{135.000} \right)^2 = 0.634 + 0.022 = 0.656 \leq 1.2 \dots\dots 0.K$

(11) 판의 처소두께 검토

• 압축(상부) 플랜지 (단도설 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)
 $l_{min} = \text{자유돌출길이} / 16 = 106.0 / 16.0 = 6.6 \leq l_{req} = 14.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K$
 $l_{min} = b_c / (4 + \alpha) = 2,400.0 / (4 + 1.0 \times 8) = 9.1 \leq l_{req} = 14.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K$
 (합성형 스트리트 슬라지) $l_{min} = 10.0 \leq l_{req} = 14.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K$

• 인장(하부) 플랜지 (단도설 3.8.3.1, 3.8.3.2)
 $l_{min} = \text{자유돌출길이} / 16 = 106.0 / 16.0 = 6.6 \leq l_{req} = 16.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K$

• 폭 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (단도설 3.8.4.1)
 $l_{min} = b_c / (199 \times 1.200) = 2,000.0 / (199 \times 1.200) = 8.4 \leq l_{req} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.K$
 여기서, $\sqrt{f_{cu}/f_{td}} = \sqrt{(230.0 / 91.099)} = 1.59 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200$ 적용

결과 요약

■ 압력 안전검토 및 용력검토

구분	검토항목	허용값	발생값	비고
용량시	허용지하력 (kN/EA)	936.450	651.714	0.K
	허용인발력 (kN/EA)	826.013	-	0.K
	용량력 (MPa)	133.000	102.705	0.K
	전단응력 (MPa)	76.000	11.169	0.K
	수평변위 (mm)	15.000	13.770	0.K
지반시	허용지하력 (kN/EA)	1407.670	753.426	0.K
	허용인발력 (kN/EA)	1242.019	-	0.K
	용량력 (MPa)	199.500	105.360	0.K
	전단응력 (MPa)	114.000	15.953	0.K
	수평변위 (mm)	15.000	11.082	0.K

■ 단면 형상검토

단면위치	길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm ²)	As (mm ²)	Req. As (mm ²)	As (mm ²)	안전도	비고	
관면지반	1300	150	1233.07	1940.4	358.748	561.963	1.566	0.K	
후면지반	1300	100	1827.6	2694.4	552.983	810.874	1.466	0.K	
벽체 (H=6.807)	2000	100	1473.3	2292	709.744	1100.624	1.551	0.K	
용량	500	100	1331.09	2292	132.449	223.334	1.691	0.K	
유속	D(T=600 mm)	600	80	1546.39	2569.6	200.568	328.349	1.637	0.K
	A(T=600 mm)	600	80	4360.1	5139.2	542.504	631.837	1.185	0.K
	외부(T=450)	450	80	2422.68	5139.2	217.575	435.362	2.001	0.K
	B(T=600 mm)	600	80	1557.83	2292	202.018	294.099	1.456	0.K
	C(T=600 mm)	600	80	3492.87	4053.6	449.279	506.698	1.151	0.K
유속	D(T=600 mm)	600	80	1563.09	2569.6	202.685	328.349	1.62	0.K
	A(T=600 mm)	600	80	4467.65	5139.2	554.985	631.837	1.139	0.K
	외부(T=450)	450	80	2542.25	5139.2	227.743	435.362	1.912	0.K
	B(T=600 mm)	600	80	1683.33	2292	219.159	294.099	1.342	0.K
	C(T=600 mm)	600	80	3114.24	4053.6	303.554	506.698	1.287	0.K

(12) 함몰에 대한 안전도 검토

(단도설 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥 콘크리트와 강재 주거터와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{cd} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하중조합	Concrete		판	Steel		판
	작용응력(MPa)	허용응력(MPa)		작용응력(MPa)	허용응력(MPa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	
1	-	-	-	118.428	-121.443	380.000
1+2+3	8.708	5.302	16.200	0.K	151.965	-289.585
1+2+3+7	9.667	6.402	16.200	0.K	167.472	-296.737
1+2+3+5	7.829	4.970	16.200	0.K	160.012	-286.275
1+2+3+5+6	6.295	3.361	16.200	0.K	181.348	-278.153
1+2+3+5+6+7	5.336	2.261	16.200	0.K	196.854	-271.001
1+2+3+5+6+7	7.254	4.481	16.200	0.K	165.842	-285.305
1+2+4	1.962	1.195	16.200	0.K	125.985	-159.330
1+2+3+0.5x4	8.715	5.306	16.200	0.K	151.990	-289.708
1+2+3+0.5x4+7	7.756	4.206	16.200	0.K	167.496	-292.557
1+2+3+0.5x4+5	7.836	4.974	16.200	0.K	160.036	-286.399
1+2+3+0.5x4+5+6	6.302	3.365	16.200	0.K	181.373	-278.276
1+2+3+0.5x4+5+6+7	5.343	2.265	16.200	0.K	196.879	-271.125
1+2+3+0.5x4+5+6+7	7.261	4.485	16.200	0.K	165.867	-285.428

■ 사용성 검토

구분	인장응력(f _s)	허용응력(f _{sa})	슬라브간격(s)	최대간격(S _g)	비고
관면지반	109.452	150	125	369.243	0.K
후면지반	110.339	150	125	491.213	0.K
벽체 (H=6.807)	88.735	150	125	651.228	0.K
용량	113.381	150	125	488.311	0.K
	D(T=600 mm)	90.619	150	696.219	0.K
	A(T=600 mm)	125.178	150	465.356	0.K
	외부(T=450)	71.582	150	880.112	0.K
	B(T=600 mm)	102.382	150	592.931	0.K
유속	C(T=600 mm)	129.169	150	440.915	0.K
	D(T=600 mm)	91.666	150	687.279	0.K
	A(T=600 mm)	128.333	150	449.689	0.K
	외부(T=450)	75.036	150	839.6	0.K
	B(T=600 mm)	111.848	150	527.83	0.K
C(T=600 mm)	118.026	150	125	509.976	0.K

1. 설계조건

- 1) 일반사항
- (1) 구조종식 : 역1층 교대
 - (2) 상부종식 : STEEL BOX
 - (3) 교량종류 : 1종교
 - (4) 교대종류 : B = 11.400 m
 - (5) 교대높이 : H = 8.107 m
 - (6) 기초종식 : 말뚝기초
 - (7) SKE : 90.000°
- 2) 하중
- (1) 활하중의 단위중량 : $y_d = 25.000 \text{ kN/m}^2$ [도로교 설계기준 2.1.2]
 - (2) 반점하중의 단위중량 : $y_{s1} = 20.000 \text{ kN/m}^2$ (보사) [도로교 설계기준 제3편 P380]
 - (3) 기초지반의 단위중량 : $y_{s2} = 20.000 \text{ kN/m}^2$
 - (4) 종재하중 : $q_l = 10.000 \text{ kN/m}^2$
 - (5) 상부 교량하중 반력 : $R_d = 256.828 \text{ kN/m}$
 - (6) 상부 활하중 반력 : $R_l = 147.988 \text{ kN/m}$
 - (7) 교량방위 대향각수 : $\theta_s = 0.080$
- 3) 지반조건
- (1) 반점하중의 내부마찰각 : $\phi_1 = 35.000^\circ$
 - (2) 지반 가속도 계수 : $A = 0.154$: 위험도 계수 × 지진구역 계수
 - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
 - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110
- 4) 사용재료강도
- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : $f_{ck} = 24.000 \text{ MPa}$
 - 탄성계수 : $E_c = 27949.000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]
 - (2) 철근의 항복 강도($S5300$) : $f_y = 300.000 \text{ MPa}$
 - 탄성계수 : $E_s = 200000.000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]
- 5) 설계방법
- (1) 연성성 설계도 : 허용응력 설계법
 - (2) 단면 설계 : 극한강도 설계법
- 6) 참고문헌
- 1) 도로교 설계기준 (2010)
 - 2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
 - 3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
 - 4) 도로교 편람 (2008)
 - 5) 도로교 설계기준 (2009)
 - 6) 강구조 편람 (1995)
 - 7) 강도교상설부 설계지침 (2008)

2) 역제 설계

① 작용하중 집계표 : $H = 6.807 \text{ m}$ 「하중계산 참조」

구분	수평력	작용거리	하중계수		전단력	모멘트
			평상시	지진시		
1. 교대구체(지진시)	17.955	2.522	-	1.000	17.955	45.282
2. 배면토압(평상시)	113.902	2.269	1.000	-	113.902	258.447
3. 배면토압(지진시)	145.497	3.404	-	1.000	145.497	495.206
4. 단차하중 상재하중	16.733	3.404	1.000	-	16.733	56.952
5. 교량방위대향력	12.841	4.309	1.000	-	12.841	55.336
6. 상부관선력	39.277	4.309	-	1.000	39.277	169.256

- 교대구체에 작용하는 수평력 및 작용거리 산출
 $H_0 = \sum (H_2 - H_7) = 17.955 \text{ kN}$
 $M_0 = \sum [H_2 \times (y_2 - 1.300) - H_7 \times (y_7 - 1.300)] = 45.282 \text{ kN.m}$
 $y = M_0 / H_0 = 45.282 / 17.955 = 2.522$

② 설계 단면력 산정

구분	전단력(kN)	모멘트(kN.m)	비고
설계단면력	143.476	370.735	

7. 사용성 검토

1) 총력 설계

① 활하중에 의한 부재력

$$P_v = 114.60 \times K_a = 114.60 \times 0.251 = 28.765 \text{ kN}$$

$$M_0 = 114.60 \times K_a \times (H - 0.36) = 114.60 \times 0.251 \times (2.948 - 0.36) = 74.437 \text{ kN.m}$$

② 토압에 의한 부재력

$$P_h = 1/2 \times K_a \times r \times H^2 \times \cos \delta = 1/2 \times 0.251 \times 20.000 \times 2.948^2 \times \cos 11.667^\circ = 21.300 \text{ kN}$$

$$M_e = 1/3 \times H \times P_h = 1/3 \times 2.948 \times 21.300 = 20.989 \text{ kN.m}$$

③ 설계 단면력 산정

$$V_s = 28.765 + 21.300 = 50.125 \text{ kN}$$

$$M_s = 74.437 + 20.989 = 95.426 \text{ kN.m}$$

3) 기초 설계

① 하중조건

구분	구분	V(kN)	H(kN)	M(kN.m)	M ₀ (kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	809.735	200.085	2893.654	570.389
COMB 2	고정하중+활하중+토압+문도하중(1+3+5+7+8)	809.735	200.085	2893.654	570.389
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	759.342	264.940	2553.786	1036.430
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)	1214.551	200.085	3777.368	570.389
COMB 5	고정하중+활하중+토압+문도하중(1+3+5+7+8)	1214.551	212.926	3777.368	642.417
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)	1016.170	304.123	3214.441	1256.746

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 상부하중 변경해서(가설시) : 상부하중 제거시
 가설시의 활하중은 다른기재(보물러)를 건설기재의 하중을 뜻함.

① 활하중에서의 작용하중 계산

$$\sum M = \sum M_0 - \sum M_0$$

$$e = \text{활하중도심} (=2.750) - \sum M / \sum V : \text{활하중도심의 계산은 「4. 안정판트」 참조}$$

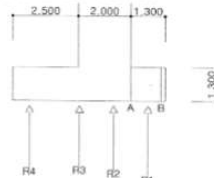
$$M_0 = V \times e$$

- 하중조건별 작용력

구분	구분	V(kN)	H(kN)	e(m)	M ₀ (kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	9230.979	2280.969	-0.119	-1098.407
COMB 2	고정하중+활하중+토압+문도하중(1+3+5)	9230.979	2280.969	-0.119	-1098.407
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	8656.499	3019.244	0.62	5367.029
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)	13845.881	2280.969	0.11	1523.047
COMB 5	고정하중+활하중+토압+문도하중(1+3+5)	13845.881	2427.350	0.169	2339.954
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)	11584.338	3467.002	0.823	9533.91

각 작용력은 교대의 폭폭(11.400 m)를 고려한 결과값임.

② 전단지반(말뚝)의 단면력 계산



$$R1 = R_{u1} \times 7 \text{번} / 11.400 \text{ (kN/a)}$$

$$R2 = R_{u2} \times 7 \text{번} / 11.400 \text{ (kN/a)}$$

$$R3 = R_{u3} \times 7 \text{번} / 11.400 \text{ (kN/a)}$$

$$R4 = R_{u4} \times 7 \text{번} / 11.400 \text{ (kN/a)}$$

구분	Ru1	Ru2	Ru3	Ru4
COMB 1	306,360	348,680	322,280	333,480
COMB 2	306,360	348,680	322,280	333,480
COMB 3	533,880	394,770	274,500	142,780
COMB 4	625,640	508,050	470,240	417,340
COMB 5	651,710	547,990	464,900	391,700
COMB 6	753,430	543,140	352,150	118,180

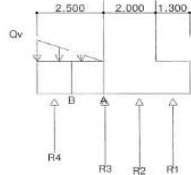
- 기초자중에 의한 단면력
 $V_b = 1,300 \times 0.150 \times 25,000 = 4.875 \text{ kN}$
 $M_a = 1,300 \times 1,300 \times 25,000 \times 1,300 / 2 = 27.463 \text{ kN.m}$

- 말뚝반력에 의한 단면력
 $V_b = 0.00$
 $M_a = R1 \times 0.650$

설계단면력 산정				
구분	말뚝반력에 의한 단면력		설계단면력	
	V _b (kN)	M _a (kN.m)	V _s (kN)	M _s (kN.m)
COMB 1	0.000	158.196	4.875	130.734
COMB 2	0.000	158.196	4.875	130.734
COMB 3	-	-	-	-
COMB 4	0.000	249.707	4.875	222.245
COMB 5	0.000	260.112	4.875	232.650
COMB 6	-	-	-	-

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(3.6)은 고려하지 않는다.

③ 후연자중(무균)의 단면력 계산



$$\begin{aligned} R1 &= Ru1 \times 7\text{본} / 11.400 \text{ (kN/m)} \\ R2 &= Ru2 \times 7\text{본} / 11.400 \text{ (kN/m)} \\ R3 &= Ru3 \times 7\text{본} / 11.400 \text{ (kN/m)} \\ R4 &= Ru4 \times 7\text{본} / 11.400 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

구분	Ru1	Ru2	Ru3	Ru4
COMB 1	306,970	314,630	301,000	231,310
COMB 2	306,970	314,630	301,000	231,310
COMB 3	454,740	364,600	255,660	52,340
COMB 4	542,620	506,430	450,470	322,470
COMB 5	565,050	514,980	444,260	292,660
COMB 6	672,330	512,240	332,850	25,500

- 기초자중에 의한 단면력 : 「단면설계」 참조

- 말뚝을 토사에 의한 단면력 : 「단면설계」 참조

- 상재하중에 의한 단면력 : 「단면설계」 참조

- 토압의 연직분력에 의한 단면력 : 불상시 - 「단면설계」 참조

- 말뚝반력에 의한 단면력
 $V_b = R4$
 $M_a = R4 \times 1.650$

설계단면력 산정				
구분	말뚝반력에 의한 단면력		설계단면력	
	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vs(N)	Ms(kN.m)
COMB 1	142.032	262.760	109.745	337.458
COMB 2	142.032	262.760	109.745	337.458
COMB 3	-	-	-	-
COMB 4	196.008	366.315	53.769	233.903
COMB 5	179.704	332.451	72.073	267.766
COMB 6	-	-	-	-

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(3.6)은 고려하지 않는다.

4) 사용성 검토

① 전연자중

① 응력 산정

$$\begin{aligned} f_s &= M / [A_s \times (d - \chi/3)] = 232.650 \times 1000000 / [1940.400 \times (1150.000 - 163.688/3)] \\ &= 109.452 \text{ MPa} \\ \chi &= -nA_s/b + nA_s/b \sqrt{1 + 2bd/(nA_s)} \\ &= -7 \times 1940.400/1000.0 + 7 \times 1940.400/1000.0 \times \sqrt{1 + 2 \times 1000.0 \times 1150.0 / (7 \times 1940.400)} \\ &= 163.688 \text{ mm} \\ \text{사용성극한} &= 1940.4 \text{ mm}^2 \text{ (철근도심 : 150.0 mm)} \\ \text{1단 : D19 - 4.0 EA, D16 - 4.0 EA (= 1940.4 mm}^2 \text{)} \end{aligned}$$

② 철근의 최대 종심간격

$$\begin{aligned} C_c &= 150.00 - 19/2 = 140.50 \text{ mm} \\ \text{여기서 } C_c : \text{인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)} \\ S_{min} &= 375 \times (K_{cr} / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 109.45) - 2.5 \times 140.50 = 368.24 \text{ mm} \\ 300 \times (K_{cr} / f_s) &= 300 \times (210 / 109.45) = 575.59 \text{ mm} \\ S_a &\text{는 작은 값인 } 368.24 \text{ mm 을 적용} \\ S &= 1000.00 / 8.0 \text{ EA} = 125.00 \leq S_a (= 368.24 \text{ mm}) \quad \therefore 0.K \end{aligned}$$

② 후연자중

① 응력 산정

$$\begin{aligned} f_s &= M / [A_s \times (d - \chi/3)] = 337.458 \times 1000000 / [2694.400 \times (1200.000 - 194.731/3)] \\ &= 110.339 \text{ MPa} \\ \chi &= -nA_s/b + nA_s/b \sqrt{1 + 2bd/(nA_s)} \\ &= -7 \times 2694.400/1000.0 + 7 \times 2694.400/1000.0 \times \sqrt{1 + 2 \times 1000.0 \times 1200.0 / (7 \times 2694.400)} \\ &= 194.731 \text{ mm} \\ \text{사용성극한} &= 2694.4 \text{ mm}^2 \text{ (철근도심 : 100.0 mm)} \\ \text{1단 : D22 - 4.0 EA, D19 - 4.0 EA (= 2694.4 mm}^2 \text{)} \end{aligned}$$

② 철근의 최대 종심간격

$$\begin{aligned} C_c &= 100.00 - 22/2 = 89.00 \text{ mm} \\ \text{여기서 } C_c : \text{인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)} \\ S_{min} &= 375 \times (K_{cr} / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 110.34) - 2.5 \times 89.00 = 491.21 \text{ mm} \\ 300 \times (K_{cr} / f_s) &= 300 \times (210 / 110.34) = 570.97 \text{ mm} \\ S_a &\text{는 작은 값인 } 491.21 \text{ mm 을 적용} \\ S &= 1000.00 / 8.0 \text{ EA} = 125.00 \leq S_a (= 491.21 \text{ mm}) \quad \therefore 0.K \end{aligned}$$

③ 베타계 (H=6.807)

① 응력 산정

$$\begin{aligned} f_s &= M / [A_s \times (d - \chi/3)] = 370.735 \times 1000000 / [2292.000 \times (1900.000 - 231.392/3)] \\ &= 88.735 \text{ MPa} \\ \chi &= -nA_s/b + nA_s/b \sqrt{1 + 2bd/(nA_s)} \\ &= -7 \times 2292.000/1000.0 + 7 \times 2292.000/1000.0 \times \sqrt{1 + 2 \times 1000.0 \times 1900.0 / (7 \times 2292.000)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 231.392 \text{ mm} \\ \text{사용성극한} &= 2292.0 \text{ mm}^2 \text{ (철근도심 : 100.0 mm)} \\ \text{1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm}^2 \text{)} \end{aligned}$$

② 철근의 최대 종심간격

$$\begin{aligned} C_c &= 100.00 - 19/2 = 90.50 \text{ mm} \\ \text{여기서 } C_c : \text{인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)} \\ S_{min} &= 375 \times (K_{cr} / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 88.73) - 2.5 \times 90.50 = 661.23 \text{ mm} \\ 300 \times (K_{cr} / f_s) &= 300 \times (210 / 88.73) = 709.98 \text{ mm} \\ S_a &\text{는 작은 값인 } 661.23 \text{ mm 을 적용} \\ S &= 1000.00 / 8.0 \text{ EA} = 125.00 \leq S_a (= 661.23 \text{ mm}) \quad \therefore 0.K \end{aligned}$$

④ 응력

① 응력 산정

$$\begin{aligned} f_s &= M / [A_s \times (d - \chi/3)] = 95.426 \times 1000000 / [2292.000 \times (400.000 - 98.379/3)] \\ &= 113.381 \text{ MPa} \\ \chi &= -nA_s/b + nA_s/b \sqrt{1 + 2bd/(nA_s)} \\ &= -7 \times 2292.000/1000.0 + 7 \times 2292.000/1000.0 \times \sqrt{1 + 2 \times 1000.0 \times 400.0 / (7 \times 2292.000)} \\ &= 98.379 \text{ mm} \\ \text{사용성극한} &= 2292.0 \text{ mm}^2 \text{ (철근도심 : 100.0 mm)} \\ \text{1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm}^2 \text{)} \end{aligned}$$

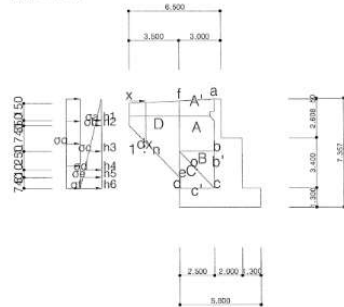
② 철근의 최대 종심간격

$$\begin{aligned} C_c &= 100.00 - 19/2 = 90.50 \text{ mm} \\ \text{여기서 } C_c : \text{인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)} \\ S_{min} &= 375 \times (K_{cr} / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 113.38) - 2.5 \times 90.50 = 468.31 \text{ mm} \\ 300 \times (K_{cr} / f_s) &= 300 \times (210 / 113.38) = 555.65 \text{ mm} \\ S_a &\text{는 작은 값인 } 468.31 \text{ mm 을 적용} \\ S &= 1000.00 / 8.0 \text{ EA} = 125.00 \leq S_a (= 468.31 \text{ mm}) \quad \therefore 0.K \end{aligned}$$

8. 날개벽 설계

1) 좌측 날개벽

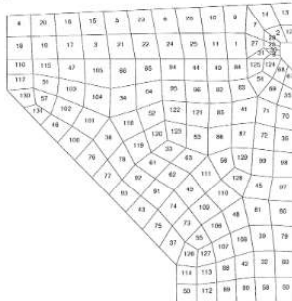
(1) 단면적 선정



$$U = 1.700 - H + 2.150 \cdot L$$

정지도압계수 $K_0 = 1 - \sin \Phi = 1 - \sin(35.0^\circ) = 0.426$
 30 Plate 해석 시 자중은 프로그램 내부에서 고려함.

① 해석 모델



사용철근량 = 5139.2 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
 1단 : 029 - 8.0 EA (= 5139.2 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

$C_c = 80.00 - 25/2 = 65.50$ mm
 여기서 C_c : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
 $S_{min} = 375 \times (K_{cr} / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 71.58) - 2.5 \times 65.50 = 936.39$ mm
 $300 \times (K_{cr} / f_s) = 300 \times (210 / 71.58) = 880.11$ mm
 S_a 는 작은 값인 880.11 mm를 적용
 $S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 \leq S_a (= 880.11 \text{ mm}) \therefore 0.K$

④ B(T=600 mm)

① 용력 산정

$f_s = M / [A_s \times (d - x/3)] = 113.096 \times 1000000 / [2292.000 \times (520.000 - 114.122/3)]$
 $= 102.382$ MPa
 $x = -nA_s/b + nA_s/b \sqrt{1 + 2bd/(nA_s)}$
 $= -7 \times 2292.000/1000.0 + 7 \times 2292.000/1000.0 \times \sqrt{[1 + 2 \times 1000.0 \times 520.0/(7 \times 2292.000)]}$
 $= 114.122$ mm
 사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
 1단 : 019 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

$C_c = 80.00 - 19/2 = 70.50$ mm
 여기서 C_c : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
 $S_{min} = 375 \times (K_{cr} / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 102.38) - 2.5 \times 70.50 = 592.93$ mm
 $300 \times (K_{cr} / f_s) = 300 \times (210 / 102.38) = 615.34$ mm
 S_a 는 작은 값인 592.93 mm를 적용
 $S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 \leq S_a (= 592.93 \text{ mm}) \therefore 0.K$

⑤ C(T=600 mm)

① 용력 산정

$f_s = M / [A_s \times (d - x/3)] = 246.836 \times 1000000 / [4053.600 \times (520.000 - 145.738/3)]$
 $= 129.169$ MPa
 $x = -nA_s/b + nA_s/b \sqrt{1 + 2bd/(nA_s)}$
 $= -7 \times 4053.600/1000.0 + 7 \times 4053.600/1000.0 \times \sqrt{[1 + 2 \times 1000.0 \times 520.0/(7 \times 4053.600)]}$
 $= 145.738$ mm
 사용철근량 = 4053.6 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
 1단 : 025 - 8.0 EA (= 4053.6 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

$C_c = 80.00 - 25/2 = 67.50$ mm
 여기서 C_c : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
 $S_{min} = 375 \times (K_{cr} / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 129.17) - 2.5 \times 67.50 = 440.91$ mm
 $300 \times (K_{cr} / f_s) = 300 \times (210 / 129.17) = 487.73$ mm

(3) 사용성 검토

① D(T=600 mm)

① 용력 산정

$f_s = M / [A_s \times (d - x/3)] = 111.773 \times 1000000 / [2569.600 \times (520.000 - 119.963/3)]$
 $= 90.619$ MPa
 $x = -nA_s/b + nA_s/b \sqrt{1 + 2bd/(nA_s)}$
 $= -7 \times 2569.600/1000.0 + 7 \times 2569.600/1000.0 \times \sqrt{[1 + 2 \times 1000.0 \times 520.0/(7 \times 2569.600)]}$
 $= 119.963$ mm
 사용철근량 = 2569.6 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
 1단 : 029 - 4.0 EA (= 2569.6 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

$C_c = 80.00 - 29/2 = 65.50$ mm
 여기서 C_c : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
 $S_{min} = 375 \times (K_{cr} / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 90.62) - 2.5 \times 65.50 = 705.27$ mm
 $300 \times (K_{cr} / f_s) = 300 \times (210 / 90.62) = 695.22$ mm
 S_a 는 작은 값인 695.22 mm를 적용
 $S = 1000.00 / 4.0 EA = 250.00 \leq S_a (= 695.22 \text{ mm}) \therefore 0.K$

② A(T=600 mm)

① 용력 산정

$f_s = M / [A_s \times (d - x/3)] = 300.048 \times 1000000 / [5139.200 \times (520.000 - 160.768/3)]$
 $= 125.178$ MPa
 $x = -nA_s/b + nA_s/b \sqrt{1 + 2bd/(nA_s)}$
 $= -7 \times 5139.200/1000.0 + 7 \times 5139.200/1000.0 \times \sqrt{[1 + 2 \times 1000.0 \times 520.0/(7 \times 5139.200)]}$
 $= 160.768$ mm
 사용철근량 = 5139.2 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
 1단 : 029 - 8.0 EA (= 5139.2 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

$C_c = 80.00 - 29/2 = 65.50$ mm
 여기서 C_c : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
 $S_{min} = 375 \times (K_{cr} / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 125.18) - 2.5 \times 65.50 = 465.36$ mm
 $300 \times (K_{cr} / f_s) = 300 \times (210 / 125.18) = 503.28$ mm
 S_a 는 작은 값인 465.36 mm를 적용
 $S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 \leq S_a (= 465.36 \text{ mm}) \therefore 0.K$

③ A면 횡부(T=450 mm)

① 용력 산정

$f_s = M / [A_s \times (d - x/3)] = 120.037 \times 1000000 / [5139.200 \times (370.000 - 131.104/3)]$
 $= 71.582$ MPa
 $x = -nA_s/b + nA_s/b \sqrt{1 + 2bd/(nA_s)}$
 $= -7 \times 5139.200/1000.0 + 7 \times 5139.200/1000.0 \times \sqrt{[1 + 2 \times 1000.0 \times 370.0/(7 \times 5139.200)]}$
 $= 131.104$ mm

S_a 는 작은 값인 440.91 mm를 적용

$S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 \leq S_a (= 440.91 \text{ mm}) \therefore 0.K$

17.2.2 시설물 점검이력

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

【표 17.2.1】 남고양IC1교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	남고양IC1교의 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	남고양IC1교의 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
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	상태양호	양호

17.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

17.2.4 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	○ 금회 점검에서는 시설물의 하중 변화 여부, 신규손상 발생 여부, 비파괴 시험 등에 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.	

17.2.5 시설물 보수 이력

【표 17.2.2】 남고양IC1교 보수이력사항

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

17.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 17.2.3】 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.			

17.3 현장조사

17.3.1 개요

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

가. 장비사용 현황

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

【사진 17.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

17.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 남고양IC1교는 총 2경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=120.0m 폭 11.0m로 바닥판 하면은 철근콘크리트로 시공되어 있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



【사진 17.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 망상균열, 재료분리(철근노출)이 조사되었다.

【표 17.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)		재료분리(철근노출) (㎡/개소)	
S1	—	—	0.06	1	—	—
S2	10.50	2	—	—	0.50	1
합계	10.50	2	0.06	1	0.50	1

	
바닥판 하면 S1 재료분리(0.3×0.2)	바닥판 하면 S1 망상균열(3.5×1.5)
	
바닥판 하면 S1 망상균열(3.5×1.5)	바닥판 하면 S1 재료분리(철근노출)(0.5×1.0)

【사진 17.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 조사된 망상균열, 재료분리(철근노출)은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기 탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수(방청) 등을 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 2열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 외관조사를 실시하였다.



【사진 17.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 거더내부는 양호한 상태로 조사되었으며, 거더외부는 변형, 굽힘 등의 손상이 조사되었다.

【표 17.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		도장굽힘 (㎡/개소)		변형 (m/개소)	
거더 내부	S1	2.76	3	0.10	1
	S2	—	—	—	—
합계		2.76	3	0.10	1

【표 17.3.3】 거더내부 현장조사 결과

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

	
S1-G1 도장긫힘 (0.1×0.2)	S1-G1 변형 (L=0.1m)
	
S1-G1 도장긫힘 (0.2×1.2)	거더내부 상태양호

【사진 17.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이나 거더외부는 시공시 물리적충격, 시공미흡 등에 의한 도장긫힘, 변형이 조사되었으며, 조사된 손상은 채도장, 정비(주의관찰)를 실시하고 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요구된다.

다. 가로보 및 세로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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



【사진 17.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보 및 세로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 17.3.4】 가로보 및 세로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	—	—
	S2	—	—
세로보	S1	—	—
	S2	—	—
합계		—	—

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
세로보 상태양호	세로보 상태양호

【사진 17.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보 및 세로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 남고양IC1교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 17.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1에 대한 현장조사 결과 누수흔적이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 17.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	누수흔적 (㎡/개소)	
A1	1.85	2
합계	1.85	2

A1 흙벽 누수흔적 (0.3 x 2.0)	A1 누수흔적 (0.3 x 2.0)
A1 흙벽 누수흔적 (0.5 x 2.5)	A1 구체 상태양호

【사진 17.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대의 현장조사 결과 신축이음부 우수유입 등에 의한 누수흔적이 조사되었으며, 조사된 손상은 신축이음과 연계하여 정비(재설치), 표면처리 등을 실시하는 것이 필요하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 남고양IC1교의 교각은 T형, 기초는 현장타설말뚝으로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보조사를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 17.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과 기둥부 망상균열이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 17.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)	
P1	14.00	4
합계	14.00	4



【사진 17.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

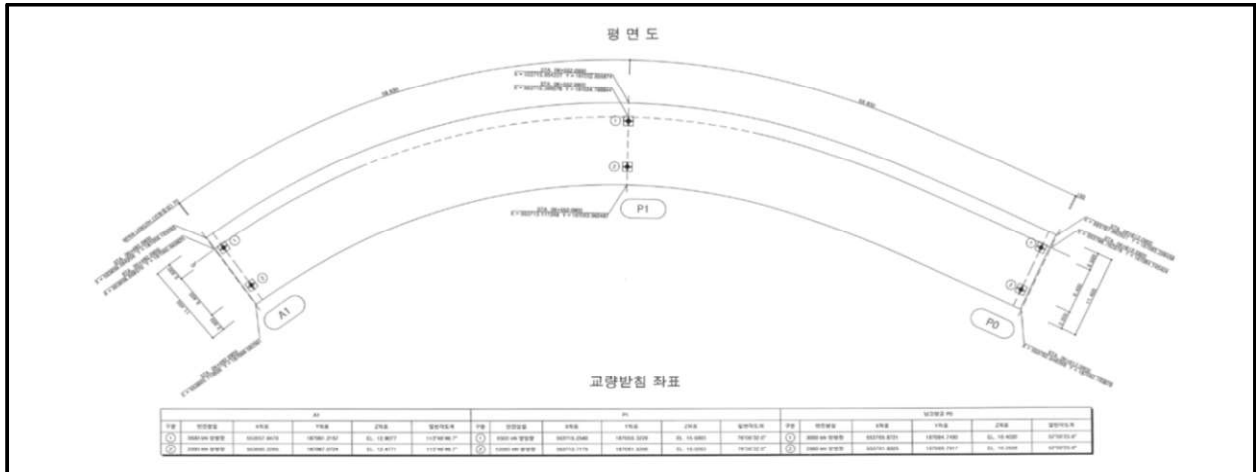
4) 검토의견

- 교각의 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 망상균열이 조사되었으며, 조사된 손상의 정도는 미미하나 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 바람직하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 남고양IC1교의 받침은 면진받침으로 총 6기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 17.3.1】 교량받침 배치도



【사진 17.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침의 현장조사 결과 국부적인 받침물탈 균열(0.3mm미만)이 조사되었다.

【표 17.3.7】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침물탈 균열(0.3mm미만) (m/개소)	
A1	—	—
P1	1.20	4
P0	1.20	4
합계	2.40	8

	
P1-Sh1 받침몰탈 균열(Cw=0.3mm미만)	P1-Sh2 받침몰탈 균열(Cw=0.3mm미만)
	
A1-Sh1 상태양호	A1-Sh2 상태양호

【사진 17.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

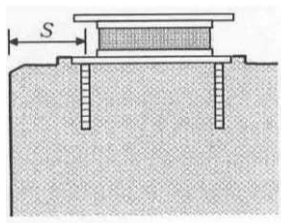
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

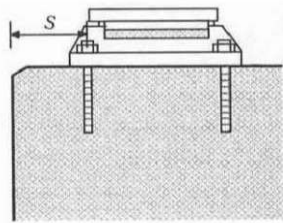
- 교량받침의 현장조사 결과 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 국부적인 받침몰탈 균열(0.3mm미만)이 조사되었으며, 조사된 손상의 정도는 미미하나 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

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 17.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

받침장치 연단거리 측정

【사진 17.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

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

【표 17.3.8】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1	P0측	500	800	800	O.K
P1	A1측	500	1310	1310	O.K
	P0측	500	1300	1300	O.K
P0	A1측	500	650	650	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 17.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도($-20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ (한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 17.3.9】교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}\text{C}$)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	45.4	14.6	0.000012	60.0	32.7	10.5	
P1	고정단						
P0	45.4	14.6	0.000012	60.0	32.7	10.5	
1) 조사당시 온도 : 25.4°C (조사일 : 2022년 08월 23일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : $-20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ (한랭지방)							

【표 17.3.10】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (mm)	검토결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	0	200	200	32.7	10.5	±200.0	O.K
	SH2	0	200	200			±200.0	O.K
P1	고정단							
P0	SH1	30(P0)	230	170	32.7	10.5	±200.0	O.K
	SH2	30(P0)	230	170			±200.0	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

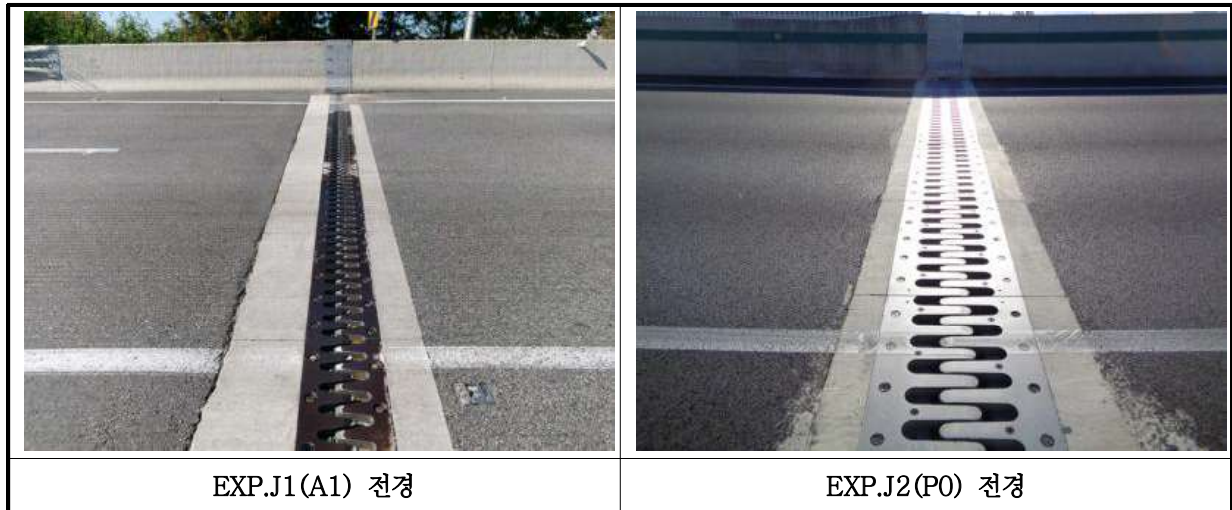
② 교량받침 이동량 검토의견

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

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, P0 모두 강평거 조인트로 시공된 상태이다.



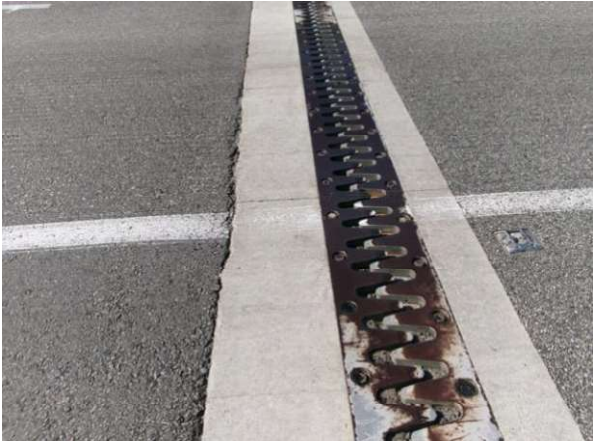
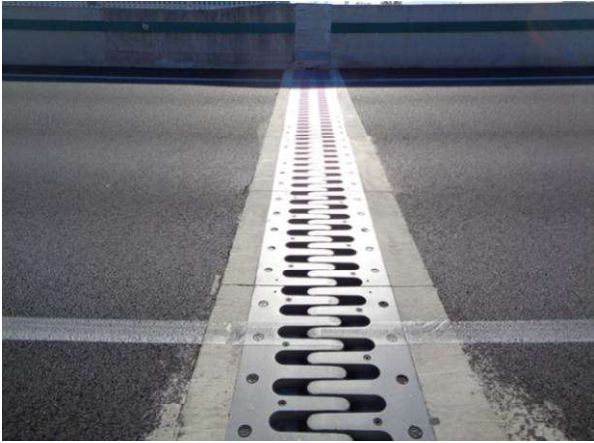
【사진 17.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열(0.3mm미만)이 조사되었다.

【표 17.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열(0.3mm미만) (m/개소)		여유량 부족 (개소)	
A1 (EXP J1)	3.50	7	1.00	1
P0 (EXP J2)	—	—	—	—
합계	3.50	7	1.00	1

	
A1 후타재 균열 (Cw=0.3mm미만)	A1 후타재 균열 (Cw=0.3mm미만)
	
A1 하부 전경	P0 상태양호

【사진 17.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음의 현장조사 결과 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 거푸집 조기탈형 등에 의한 후타재 균열(0.3mm미만)이 조사되었으며, 구조물의 내구성 확보 차원에서 표면처리 등을 통한 보수가 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. 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 border="1"><thead><tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α (/℃)</th></tr></thead><tbody><tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>-10~+40</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td>하로교, 강바닥판교</td><td>-10~+50</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>-5~+35</td><td>-15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr></tbody></table>				교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α (/℃)	강교	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 (/℃)																			
강교	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 17.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 17.3.12】 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				
A1	29.4	30.6	0.000012	60.0	21.2	22	68	82	132	
P0	29.4	30.6	0.000012	255.0	90	93.6	120	230	280	

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

【표 17.3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 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	21.2	22	68	70	-19.20	46.00	N.G
	바닥판			82	-	-	60.0	O.K
	거더			132	-	-	110.0	O.K
P0	신축이음	90	93.6	120	300	90.00	26.40	O.K
	바닥판			230	-	-	136.4	O.K
	거더			280	-	-	186.4	O.K
주) 판정 : 0.0mm ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A1 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

- 남고양IC1교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.



【사진 17.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장의 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 17.3.14】 교면포장 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
합계	—	—

	
교면포장 상태양호	교면포장 상태양호

【사진 17.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장의 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 남고양IC1교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 17.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이나 배수구 막힘이 조사되었다.

【표 17.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수구 막힘 (개소)	
S1	2.00	2
S2	—	—
합계	2.00	2

	
S1 배수구 막힘	배수관 상태 양호

【사진 17.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 전반적으로 양호한 상태이나 공용기간 경과, 차량통행에 의한 비산물퇴적 등에 의한 배수구 막힘이 조사되었으며, 정비를 통한 유지관리를 실시하는 것이 요구된다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

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



【사진 17.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 국부적인 균열(0.3mm미만, 이상), 균열부백태가 조사되었다.

【표 17.3.16】 방호벽 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열(0.3mm이상) (m/개소)		균열부백태 (㎡/개소)	
S1	6.00	2	1.10	1	0.90	8
S2	1.10	1	4.00	2	2.70	27
합계	7.10	3	5.10	3	3.60	35

	
S1 방호벽 균열($C_w=0.3\text{mm}$ 이상)	S1 방호벽 균열부백태(0.1×1.0)
	
S2 방호벽 균열($C_w=0.3\text{mm}$ 미만)	S2 방호벽 균열부백태(0.1×1.0)

【사진 17.3.24】 방호벽 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

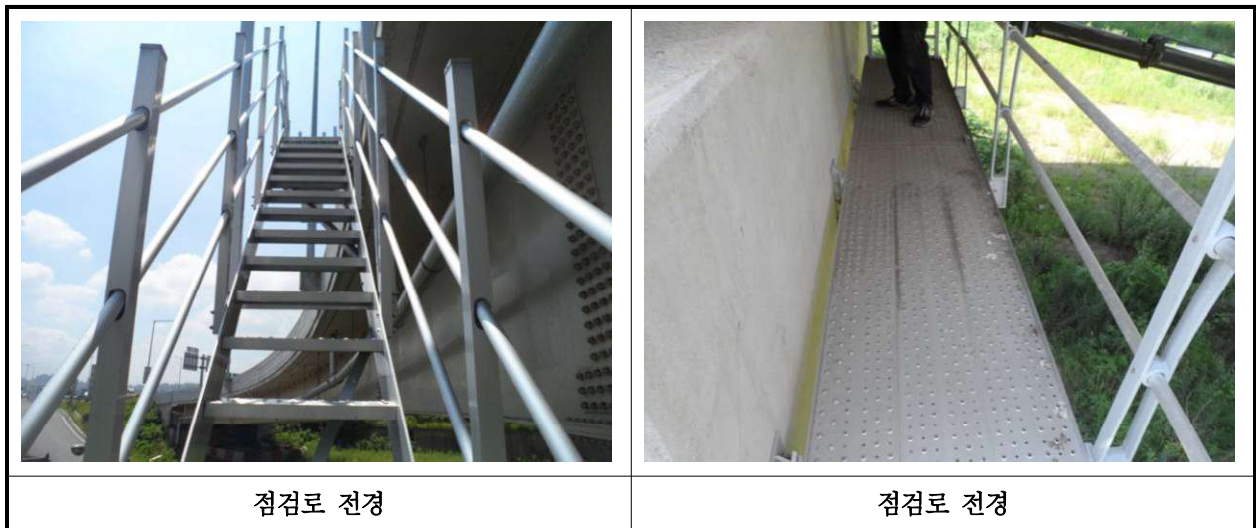
4) 검토의견

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투 등에 의한 국부적인 균열(0.3mm 미만, 이상), 균열부백태가 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 및 미관 확보 차원에서 표면처리, 주입보수 등을 실시하는 것이 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 남고양IC1교의 점검로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1에 강재+알루미늄 재질의 점검로가 설치되어 있다.



【사진 17.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 17.3.17】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	—	—
합계	—	—

	
P1 점검로 상태양호	P1 점검로 상태양호
	
P1 점검로 상태양호	P1 점검로 상태양호

【사진 17.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

다. 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.

17.3.3 외관조사 총괄표

【표 17.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		망상균열	m ²	10.50	2	
		재료분리	m ²	0.06	1	
		재료분리(철근노출)	m ²	0.50	1	
거더	거더외부	도장균형	m ²	2.76	3	
		변형	m	0.10	1	
	거더내부	상태양호	—	—	—	
가로보 및 세로보		상태양호	—	—	—	
교대		누수흔적	m ²	1.85	2	
교각		망상균열	m ²	14.00	4	
교량받침		받침물탈 균열(0.3mm미만)	m	2.40	8	
신축이음		후타재 균열(0.3mm미만)	m	3.50	7	
		여유량 부족	EA	1.00	1	
교면포장		상태양호	—	—	—	
배수시설		배수구 막힘	EA	2.00	2	
방호벽		균열(0.3mm미만)	m	7.10	3	
		균열(0.3mm이상)	m	5.10	3	
		균열부백태	m ²	3.60	35	
점검시설		상태양호	—	—	—	

17.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

17.4 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.

17.4.1 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 17.4.1】 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

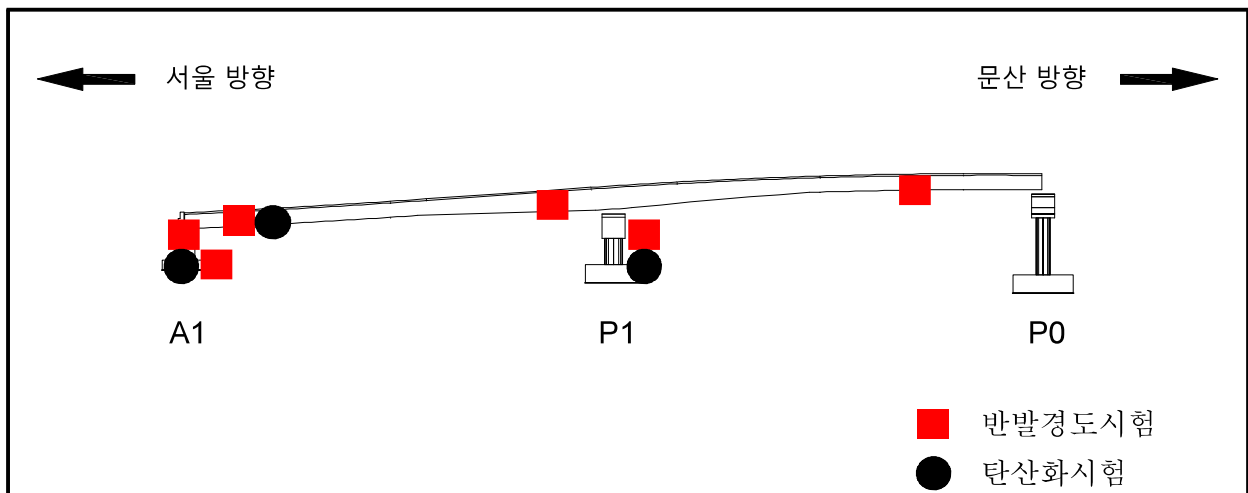
대상 구조물에 대한 재료시험은 도로로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



【사진 17.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 17.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

17.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발강도시험(각 3개소)을 실시하였으며, 검토결과
는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 17.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1(A1)	바닥판	46.3	27.3	28.7	0.67	27.0	
	S1(P1)	바닥판	46.5	27.5	28.9			
	S2	바닥판	46.3	27.3	28.8			

【표 17.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	홍벽	44.2	25.5	27.8	0.67	24.0	
	A1	구체	44.4	25.7	27.8			

【표 17.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	기둥부	49.5	42.0	50.4	0.67	40.0	

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.9MPa, 하부구조 교대 25.5~27.8MPa, 교각 42.0~50.4MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 40.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 17.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.3~28.9	27.0	101.1~106.9
하부구조	교대	25.5~27.8	24.0	106.5~116.0
	교각	42.0~50.4	40.0	105.0~126.0

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복두께를 적용하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 17.4.6】 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
하부구조	A1 홍벽	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a
	P1 기둥부	2.5	100.0	97.5	1.77	100년이상	a

- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~2.5mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 17.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	2.0	38.0	
하부구조	2.0~2.5	97.5~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 17.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.5~27.8	24.0	
		교각	42.0~50.4	40.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.5~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

17.5 상태평가

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

17.5.1 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 17.5.1】 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	c	a	a	c	b	b	a	a	q	a	a
S2	P1	STB	c	a	a	a	a	b	—	b	b	q	—	a
	P0								a	b	—	—	—	—
평균			0.300	0.250	0.100	0.100	0.250	0.200	0.150	0.167	0.150	—	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	—	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.054	0.050	0.005	0.007	0.008	0.004	0.014	0.015	0.030	—	0.004	0.003
													0.193	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.193) < 0.260$

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 17.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결합도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결합도점수 X 연장비
남고양IC1교	0.193	B	120	2	240	1.000	0.193
합계(Σ)			120	2	240	1	0.193
1. 평가지수 =							0.193
2. 상태평가결과 =							B

17.5.2 기 점검 결과와의 비교

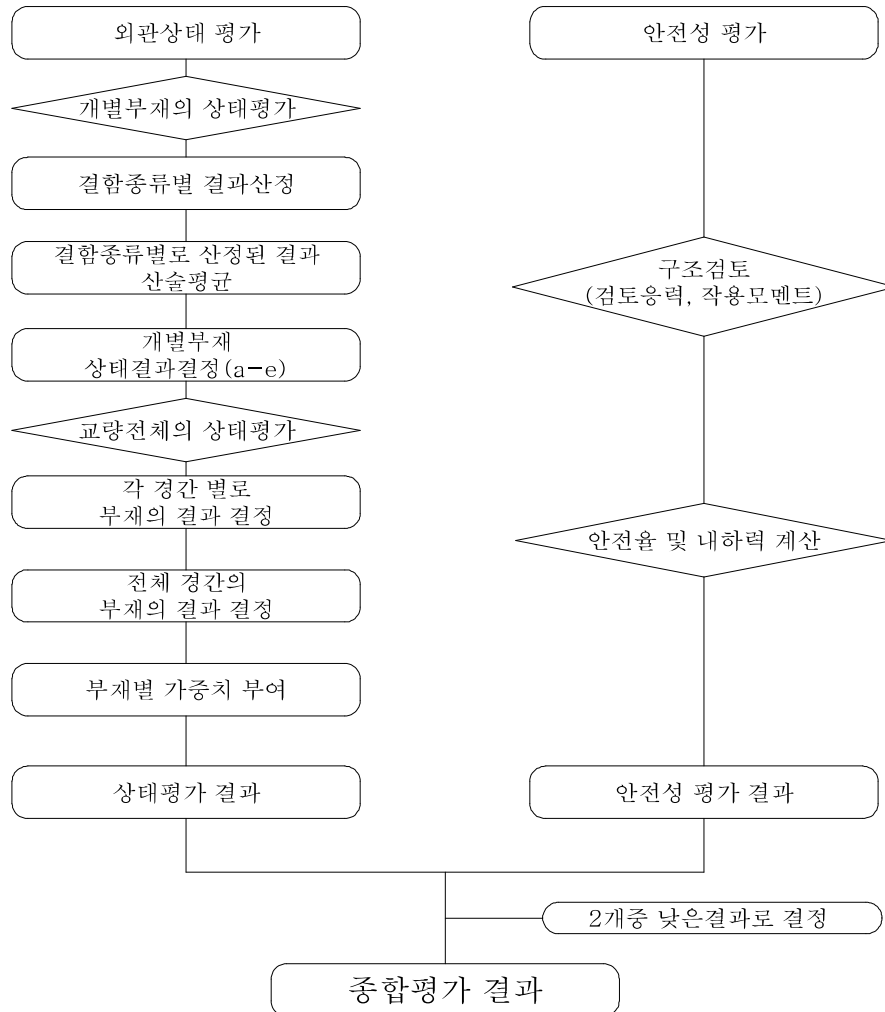
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

17.6 종합평가 및 안전등급 지정

17.6.1 종합평가 결과 산정방법

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

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 17.6.1】 종합평가 결과 산정절차

17.6.2 종합평가 결과

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

【표 17.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
남고양IC1교	0.193	B	—	—	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

17.6.3 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 17.6.2】 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

17.7 보수·보강 및 유지관리방안

17.7.1 보수·보강 방안

【표 17.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		망상균열	m ²	10.50	2	표면처리	하자
		재료분리	m ²	0.06	1	단면보수	하자
		재료분리(철근노출)	m ²	0.50	1	단면보수(방청)	하자
거더	거더외부	도장긋힘	m ²	2.76	3	재도장	하자
		변형	m	0.10	1	정비(주의관찰)	하자
	거더내부	상태양호	—	—	—	—	—
가로보 및 세로보		상태양호	—	—	—	—	—
교대		누수흔적	m ²	1.85	2	표면처리(정비)	하자
교각		망상균열	m ²	14.00	4	표면처리	하자
교량받침		받침몰탈 균열(0.3mm미만)	m	2.40	8	표면처리	하자
신축이음		후타재 균열(0.3mm미만)	m	3.50	7	표면처리	하자
		여유량 부족	EA	1.00	1	정비(재설치)	하자
교면포장		상태양호	—	—	—	—	—
배수시설		배수구 막힘	EA	2.00	2	정비(청소)	하자
방호벽		균열(0.3mm미만)	m	7.10	3	표면처리	하자
		균열(0.3mm이상)	m	5.10	3	주입보수	하자
		균열부백태	m ²	3.60	35	표면처리	하자
점검시설		상태양호	—	—	—	—	—

17.7.2 개략공사비

【표 17.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천 원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	망상균열	표면처리	10.50	15.75	m ²	—	—	하자
	재료분리	단면보수	0.06	0.09	m ²	—	—	하자
	재료분리(철근노출)	단면보수(방청)	0.50	0.75	m ²	—	—	하자
거터외부	도장균형	재도장	2.76	4.14	m ²	—	—	하자
	변형	정비(주요관찰)	0.10	0.15	m	—	—	하자
교대	누수흔적	표면처리(정비)	1.85	2.78	m ²	—	—	하자
교각	망상균열	표면처리	14.00	21.00	m ²	—	—	하자
교량받침	받침몰탈 균열(0.3mm미만)	표면처리	2.40	0.60	m ²	—	—	하자
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	표면처리	3.50	0.88	m ²	—	—	하자
	여유량 부족	정비(재설치)	1.00	1.00	EA	—	—	하자
배수시설	배수구 막힘	정비(청소)	2.00	2.00	EA	—	—	하자
방호벽	균열(0.3mm미만)	표면처리	7.10	1.78	m ²	—	—	하자
	균열(0.3mm이상)	주입보수	5.10	7.65	m	—	—	하자
	균열부백태	표면처리	3.60	5.40	m ²	—	—	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.

17.7.3 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 17.7.3】 중점유지관리 항목

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

◎ 부재별 중점점검 손상

① 바닥판 하면 재료분리(철근노출) - 진전 여부확인	② 교대 누수흔적 - 진전 여부확인	
③ 방호벽 균열, 균열부백태 - 정비 및 진전 여부확인		④ 신축이음 A1 수축여유량 부족- 주기적인 계측 필요

17.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 자유로 88 (덕은동)에 위치한 교량으로 총 연장 120.0m, 폭 11.0m의 Steel Box 거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

17.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 조사된 망상균열, 재료분리(철근노출)은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기 탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수(방청) 등을 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이나 거더외부는 시공시 물리적충격, 시공미흡 등에 의한 도장긁힘, 변형이 조사되었으며, 조사된 손상은 채도장, 정비(주의관찰)를 실시하고 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요구된다.

3) 가로보 및 세로보

- 가로보 및 세로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대의 현장조사 결과 신축이음부 우수유입 등에 의한 누수흔적이 조사되었으며, 조사된 손상은 신축이음과 연계하여 정비(재설치), 표면처리 등을 실시하는 것이 필요하다.

5) 교각

- 교각의 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 망상균열이 조사되었으며, 조사된 손상의 정도는 미미하나 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 바람직하다.

6) 교량받침

- 교량받침의 현장조사 결과 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 국부적인 받침몰탈 균열(0.3mm미만)이 조사되었으며, 조사된 손상의 정도는 미미하나 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 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

- 신축이음의 현장조사 결과 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 거푸집 조기탈형 등에 의한 후타재 균열(0.3mm미만)이 조사되었으며, 구조물의 내구성 확보 차원에서 표면처리 등을 통한 보수가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A1 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

- 교면포장의 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

9) 배수시설

- 배수구는 전반적으로 양호한 상태이나 공용기간 경과, 차량통행에 의한 비산물퇴적 등에 의한 배수구 막힘이 조사되었으며, 정비를 통한 유지관리를 실시하는 것이 요구된다.

10) 방호벽

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투 등에 의한 국부적인 균열(0.3mm미만, 이상), 균열부백태가 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 및 미관 확보 차원에서 표면처리, 주입보수 등을 실시하는 것이 필요하다.

11) 교량 점검시설

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

12) 공중이 이용하는 부위

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

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.9MPa, 하부구조 교대 25.5~27.8MPa, 교각 42.0~50.4MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 40.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~2.5mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 남고양IC1교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.193인 "B" 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 남고양IC1교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

17.8.2 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.

17.8.3 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.

