

41. 내포IC R-B1교

- 41.1 시설물 개요
- 41.2 자료수집 및 분석
- 41.3 현장조사
- 41.4 콘크리트 내구성조사
- 41.5 상태평가
- 41.6 종합평가 및 안전등급 지정
- 41.7 보수·보강 및 유지관리 방안
- 41.8 종합결론

41. 내포IC R-B1교

41.1 시설물의 개요

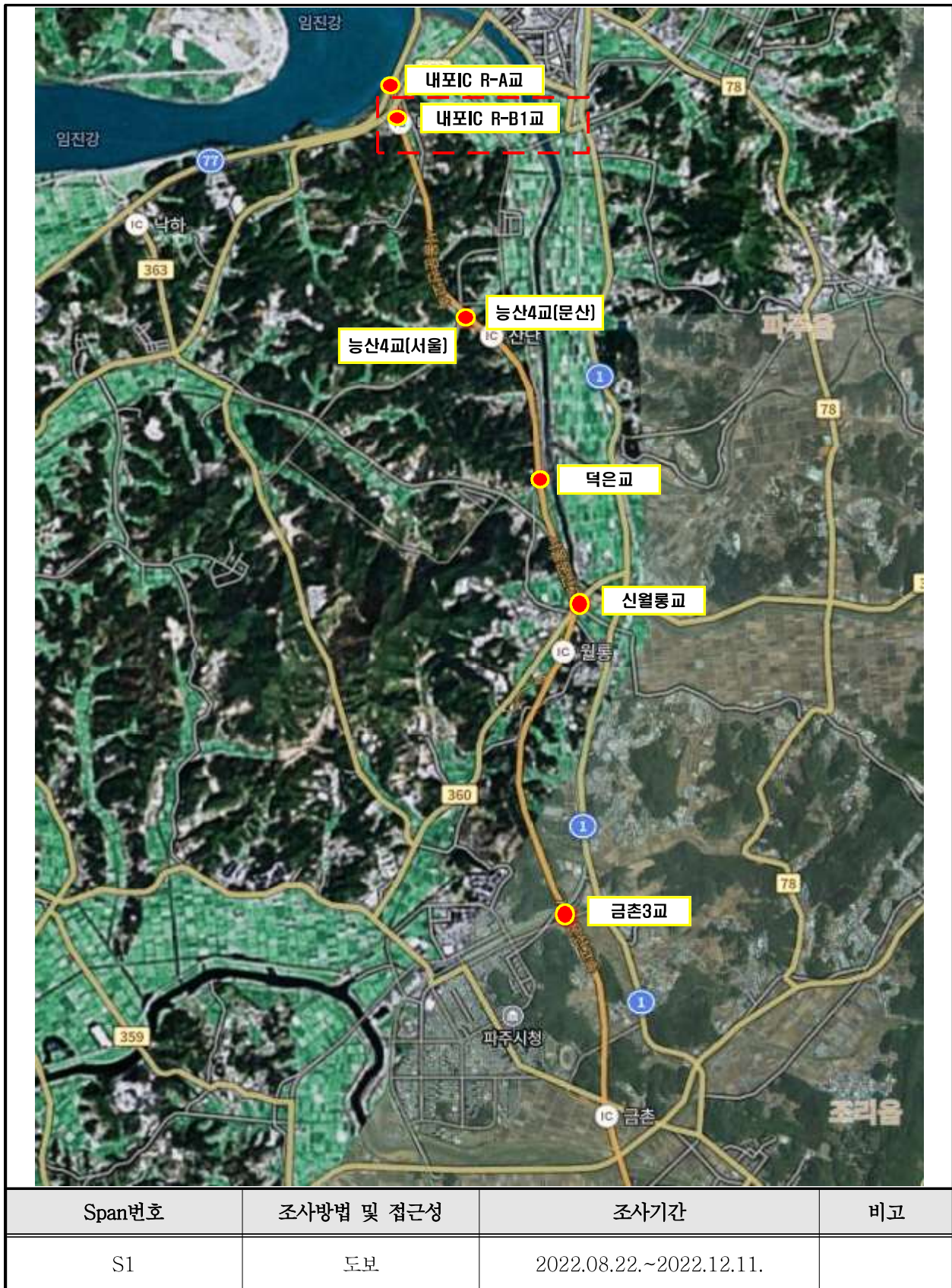
본 시설물은 경기도 파주시 문산읍 내포리 554-4에 위치한 교량으로 총 연장 50.8m, 폭 16.3m로 시공되어 있다.

41.1.1 일반사항

【표 41.1.1】 내포IC R-B1교 일반사항

구 분		내 용		구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000149		관리번호	-	
시설물위치		경기도 파주시 문산읍 내포리 554-4		준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		-		노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=50.8m(단경간)				
	폭	B=16.3m				
구조 형식	상부	IPC 거더	기초 형식	교 대	강관말뚝기초	
	하부	교대: 역T형				
교량받침		탄성받침	신축이음	뉴모노셀조인트		
교차시설물		대명골천	통과높이	-		
부착시설내용		-	설계하중	DB-24/DL-24		
시 공 자		(주)대우건설	관리주체	(주)신성엔지니어링		
감 리 자		(주)신성엔지니어링	관리주체	서울문산고속도로주식회사		
						
측면 전경				상부 전경		

41.1.2 위치도 및 전경사진

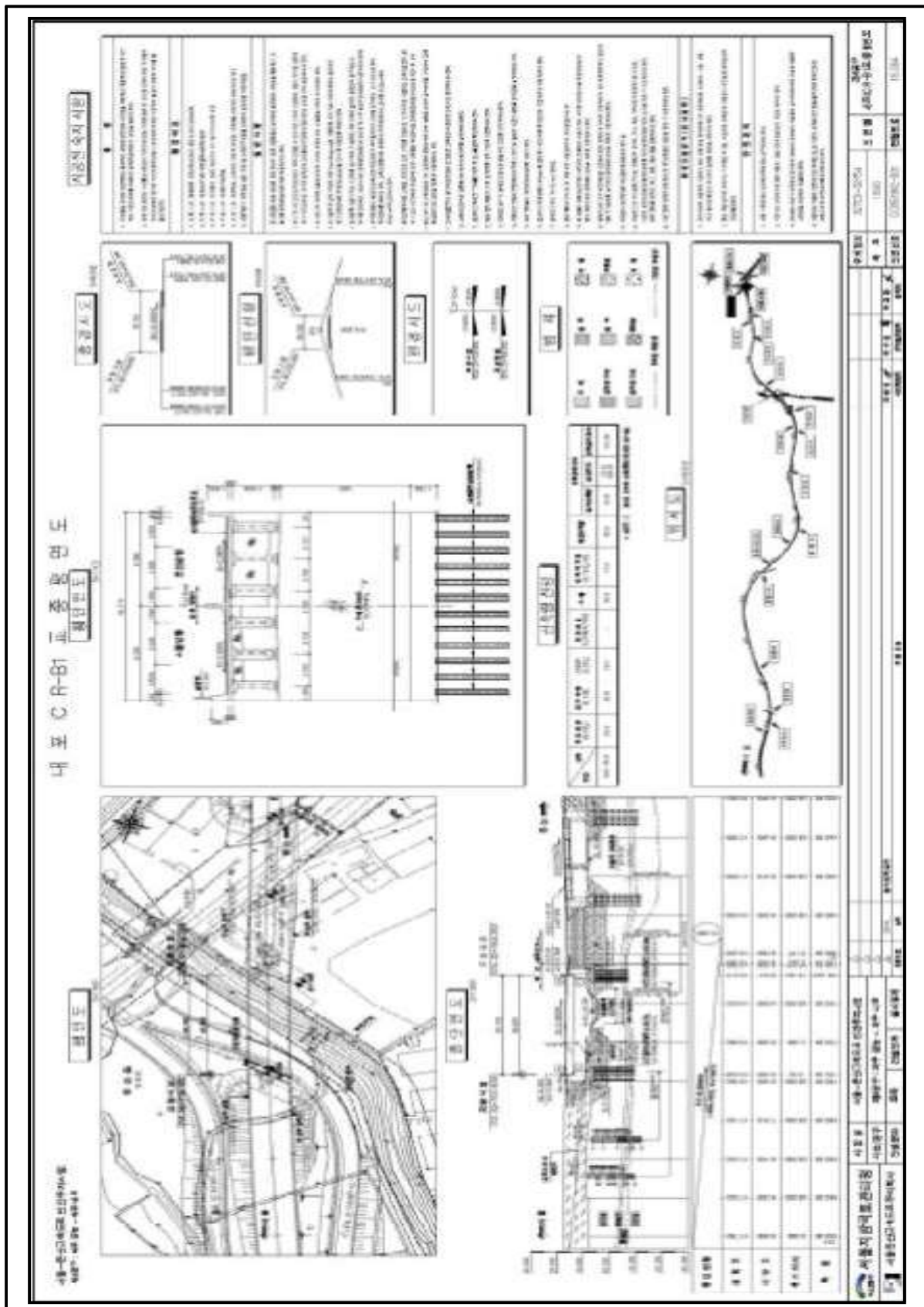


【그림 41.1.1】 위치도

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수시설 전경

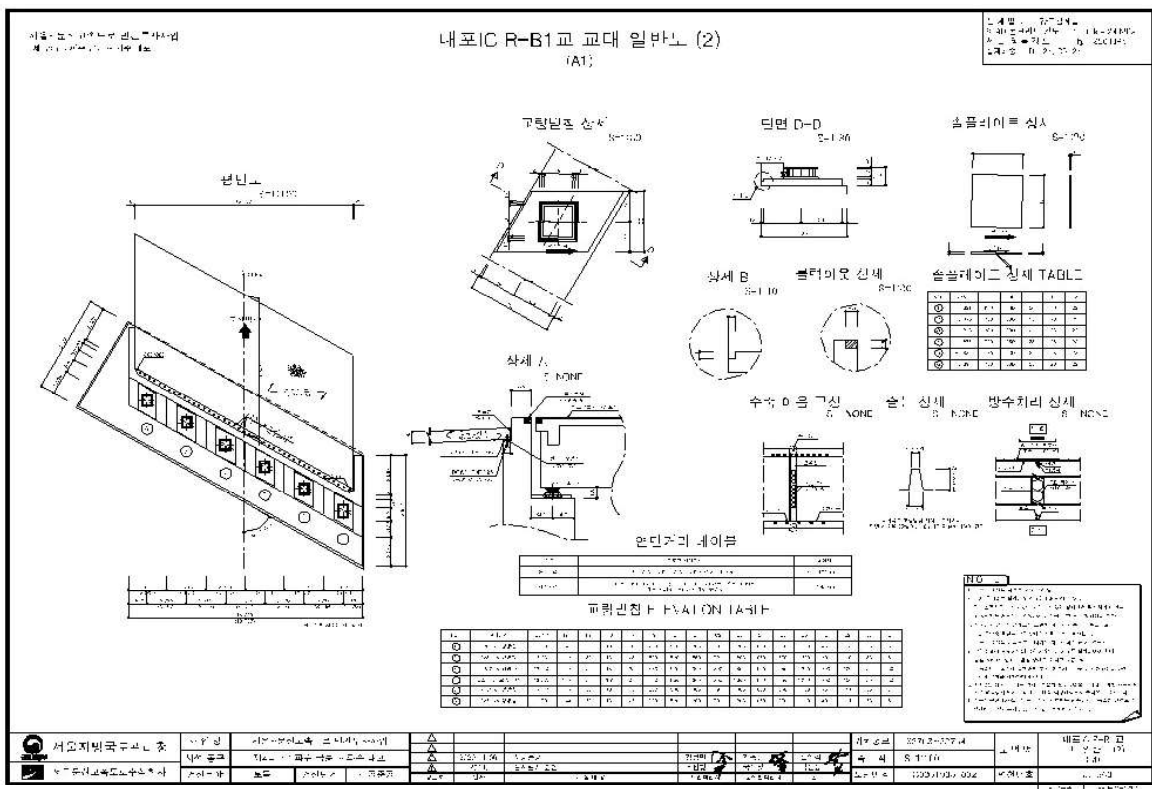
【그림 41.1.2】 부재별 현황

41.1.3 시설물 일반도

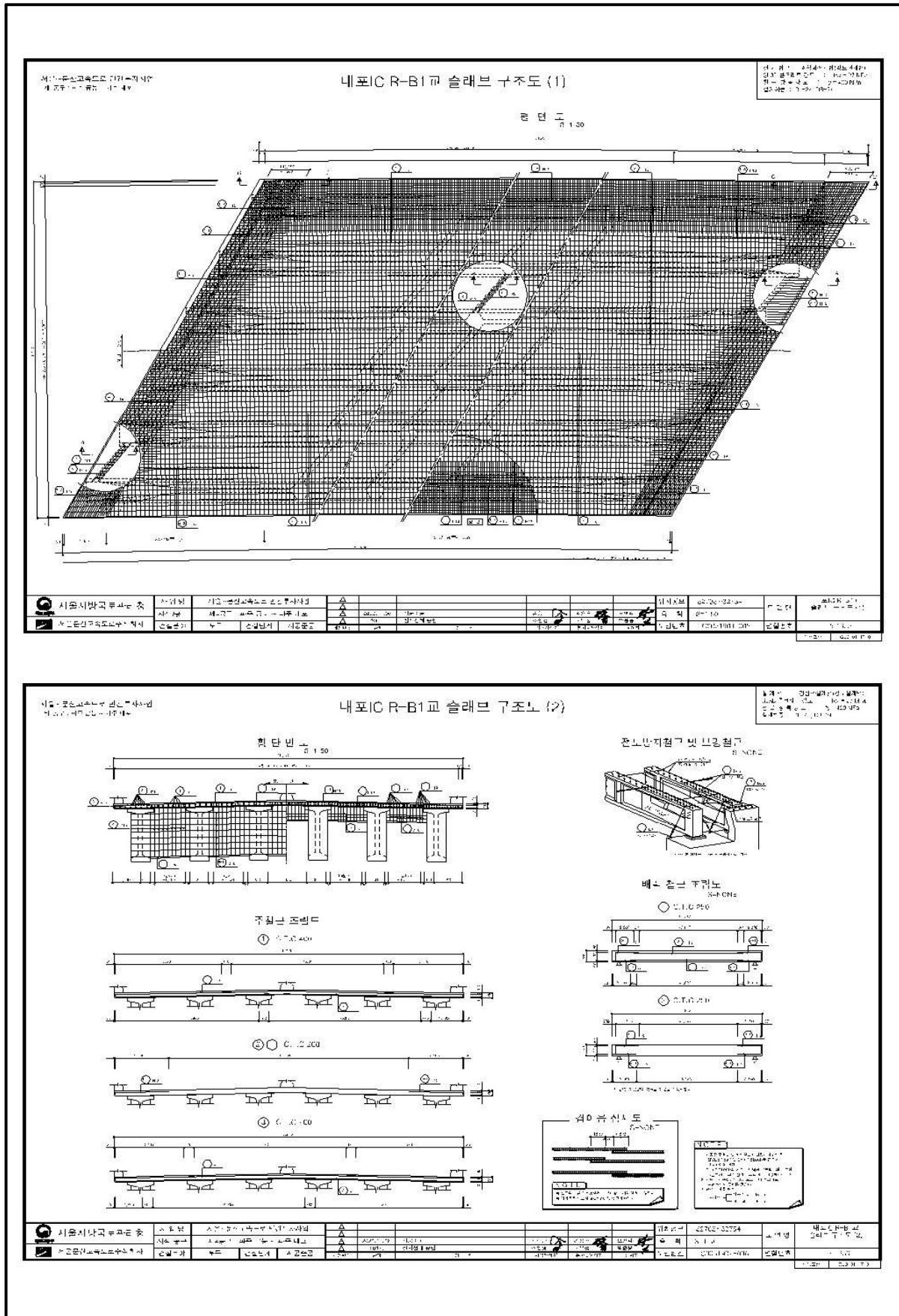


【그림 41.1.3】 평면 및 종단면도

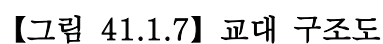


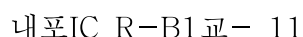


【그림 41.1.5】 교대 일반도



【그림 41.1.6】 슬래브 구조도





내포IC R-B1교- 13

다. 구조계산서 및 내진설계

OUTPUT 결과 요약 및 설계의견

◆ 결과 요약

○ 내포IC R-B1교

■ 단면 형 설계

단면 위치	Req. A _s (mm ²)	폭 b(mm)	깊이 d(mm)	피복 c'(mm)	사용철근량 (Use A _s) (mm ²)	M _u (kN-m)	φM _u (kN-m)	비 고
입출제버 (방호벽 (01측))	1,432	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993 H13 @ 200 = 634	81.56	91.80	0.K
입출제버 (방호벽 (06측))	1,310	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993 H13 @ 200 = 634	75.07	91.80	0.K
중간슬래브 (상면)	720	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993	충 분 대 근		0.K
중간슬래브 (하면)	960	1,000	200	40	H16 @ 200 = 993	충 분 대 근		0.K
슬래브단부	1,751	1,000	260	60	H19 @ 125 = 2,292	145.72	167.07	0.K
입출제버 단 부	2,984	1,000	180	60	H19 @ 100 = 2,865	106.52	150.99	0.K

■ 배력철근량(문도철근량) 산정

단면 위치	필요철근량 (mm ²)	사용철근량 (Use A _s) (mm ²)	비 고
입출제버 방호벽(01측)	959	H16 @ 125 = 1,589	0.K
입출제버 방호벽(06측)	878	H16 @ 125 = 1,589	0.K
입출제버 단부	1,919	H19 @ 125 = 2,292	0.K

■ 사용성 검토 요약표

구 분	연장응력 (f _g)	철근간격 (S)	허용간격 (S _u)	비 고
입출제버 방호벽(01측)	106.7	100.0	160.0	0.K
입출제버 방호벽(06측)	117.8	100.0	534.8	0.K
슬래브 단부	129.5	125.0	482.0	0.K

(5) 허용 균열 용력

- ① 보통 콘크리트 : $f_{cr} = 0.63 \times \sqrt{f_{ck}} = 3.98 \text{ MPa}$
- ② 부조 경향 콘크리트 : $f_{cr} = 0.54 \times \sqrt{f_{ck}} = 3.42 \text{ MPa}$
- ③ 전 경향 콘크리트 : $f_{cr} = 0.47 \times \sqrt{f_{ck}} = 2.97 \text{ MPa}$

(6) 정착재 정착길이

- 긴장재 정착길이 : $f_{cr} = 0.7 \times f_{ci} \times \sqrt{(A' b / A b - 0.2)} \times 1.10 \times f_{ci}$
- 프리스트레스 손실 발생후 : $f_{cr} = 0.5 \times f_{ck} \times \sqrt{(A' b / A b)} \leq 0.90 \times f_{ck}$

3) P.S STRAND (SMPC 7B Ø15.2mm)

- A = 138.7 mm² /ea
- E_p = 200,000 MPa

(1) 연장 길이 : f_{pu} = 1,900 MPa

(2) 정착 길이 : f_{py} = 1,500 MPa

(3) JACK에 의한 최대 긴장 용력 : 0.94 × f_{pu} = 1,504 MPa

0.80 × f_{pu} = 1,520 MPa ∴ 1,504 MPa

(4) 허용 연장 용력

- ① 정착 후 상측부에서의 허용용력
- f_{oa} = 0.7 × f_{pu} = 1,330 MPa
- ② 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용 용력
- f_{pa} = 0.82 × f_{py} = 1,312 MPa
- 0.74 × f_{pu} = 1,406 MPa ∴ 1,312 MPa

4) 프리스트레스 긴장재 배치에 위한 최소 규격

구 분	단위	1차 긴장용	2차 긴장용
최소한의 폭	mm	80	75
최소한의 두께	mm	5	5
수용가능한 긴장재 면적	mm ²	2,208	1,923
수용가능한 긴장재 개수	개	16	14
최소한 종간격	mm	40	40
최소한 옆간격	mm	40	40
최대 비탈 계수 k	k/m	0.005	0.005
곡률 반경 계수 μ	m/rad	0.25	0.25

1.9 설계 방법 (강도 설계법 : 도.설.기 P32)

- U = 1.3 × M_d + 2.15 × M_{L+I}
- U = 1.3 × M_d + 1.3 × M_h + 1.3 × M_{L+I}
- U = 1.3 × M_d + 0.65 × M_w + 1.3 × M_{L+I}

1.10 참고 문헌

- 도로교 설계 기준(한국도로교통협회)
- 도로교 설계기준 해설집(대한 토목학회)
- 구조 설계 기준(콘크리트학회)
- 도로 설계 요령(한국도로공사)

1. 설계 조건

- 1.1 교량 형식 : INCREMENTALLY POST TENSIONING TYPE I.P.C GIRDER교
- 1.2 길 간 : 50,000 mm
- 1.3 폭 원 : 16,270 mm
- 1.4 교량 등급 : DB-24, DL-24 (1등급교)
- 1.5 기타 길이 : 49,000 mm
- 1.6 지반 깊이 : 40,000 mm
- 1.7 단위 중량 : 콘크리트(철근) : 2,500 kg/m³
콘크리트(무근) : 2,350 kg/m³
아스팔트계교면포장 : 2,300 kg/m³

1.8 재료의 물리상수 및 허용 용력

1) 슬래브

- (1) 콘 크 리 트 : f_{ck} = 27 MPa
E_{c2} = 0.077 × m_s^{1.5} × f_{cu} = 29,000 MPa
- (2) 철 근 (SD400) : f_y = 400 MPa
E_s = 200,000 MPa

2) I.P.C GIRDER

- (1) 콘 크 리 트 : f_{ck} = 40 MPa
E_{c1} = 0.077 × m_s^{1.5} × f_{cu} = 32,000 MPa
- (2) 철 근 (SD300) : f_y = 300 MPa
E_s = 200,000 MPa

(3) 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어난 후의 항복용력

- ① 허용 휨 압축용력 (f_{ci}' = 0.8 × f_{ck} = 32 MPa)

$$- f_{ci} = 0.6 \times f_{ck} = 19.2 \text{ MPa}$$

② 허용 휨 인장 용력

- 부착된 철근이 없는 인장 구역 :

$$f_{ti} = 0.25 \times \sqrt{f_{ci}'} = 1.41 \text{ MPa}$$

(4) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용용력

① 허용 휨 압축용력

- f_{cag} = 0.45 × f_{ck} = 18 MPa
- 압축단단용력(우회프리스트레스+전제하중)
- f_{cag} = 0.60 × f_{ck} = 24 MPa

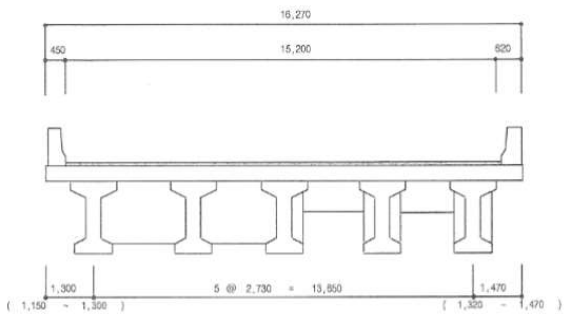
② 허용 휨 인장 용력

$$f_{cag} = 0.83 \times \sqrt{f_{ck}} = 3.98 \text{ MPa}$$

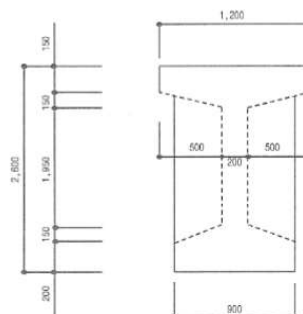
2. 바닥판 슬래브의 설계

2.1 설계 가정단면

1) 상부 슬래브



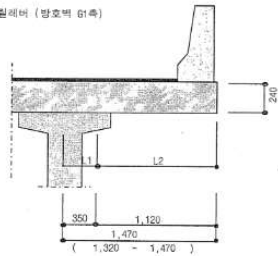
2) I.P.C GIRDER



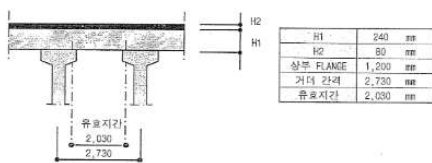
2.2 경합식 설계법이 되기 위한 검토

1) 설계단면

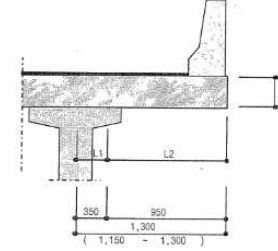
① 편월레버 (방호벽 61측)



② 중앙부 바닥판



③ 편월레버 (방호벽 66측)



4) 하중계산

① 고정하중

구분	V_0 (kN)	X (m)	M (kN-m)
방호벽	$L_5 \times (H_3 + H_4 + H_5) \times Y_1$ $L_6 \times (H_3 + H_4) \times Y_2$ $L_7 \times H_3 \times Y_3$ $L_8 \times H_5 / 2 \times Y_4$ $L_7 \times H_4 / 2 \times Y_5$	$= 10.800$ $= 0.665$ $= 0.615$ $= 0.613$ $= 0.203$	$= 0.890$ $= 0.555$ $= 0.560$ $= 0.408$ $= 0.152$
방음판	$L_9 \times H_4 / 2 \times Y_6$	$= 1.000$	$= 0.890$
소계	$= 13.955$		$= 11.842$
슬래브	$(L_2 + L_3) \times H_2 \times Y_7$	$= 6.720$	$= 0.560$
소계	$= 6.720$		$= 3.763$
포장	$(L_8 + L_d) \times H_1 \times Y_8$	$= 0.920$	$= 0.230$
소계	$= 0.920$		$= 0.230$
총계	$= 21.595$		$= 15.835$

- 방호벽의 무게중심 $X_1 = 11.842 / 13.955 = 0.849$ m

- 슬래브의 무게중심 $X_2 = 3.763 / 6.720 = 0.560$ m

- 포 포장의 무게중심 $X_3 = 0.230 / 0.920 = 0.250$ m

$\therefore X = 15.835 / 21.595 = 0.733$ m

$\Rightarrow M_0 = 21.595 \times 0.733 = 15.829$ kN-m

② 활하중

i) DS - 24

- 충격계수 $I = 15 / (40 + L) = 0.373 \geq$ 최대 0.300
 $\therefore I = 0.300$

- 차량하중 분포도 (주행선의 방향이 차랑 진행방향에 직각인 경우) (도.기 4.7.5.2)
 $E = 0.800 \times (0.200 + 1.140) = 1.300$ m

$\Rightarrow M = 96 \times 0.200 \times (1 + 0.300) / 1.300 = 19.200$ kN-m

③ 충돌하중 (도.기.학.(2003) p.112)

i) 작용높이 : 노면상 1,000 mm

$P_0 = (V / 60)^{1/3} \times 750 + 250 = 2.771$ tonf/m

$M_0 = 1,000 \times 2.771 \times 10 = 27.71$ kN-m

ii) 작용높이 : 방호벽 상단

- $\Rightarrow$ 직선부는 10 kN/m, 곡선부($R \leq 200$ m)는 20 kN/m를 적용

$M_0 = 1,080 \times 10 = 10.80$ kN-m

iii) 적용 모멘트

$\Rightarrow M_0 = 27.71$ kN-m

2) 경합식 설계 여부 검토 : 도로교 설계기준 4.7.7 (P4-154 ~ P4-166)

(1) 지지 부재들이 콘크리트로 된 경우. ----- 콘크리트 교량

(2) 콘크리트가 합성된 후 습윤상태 되어야 함. ----- 습윤상태

(3) 바닥판이 두께에 대한 유효강간비가 6 이상 15 이하인 경우.

① 중앙부 바닥판 : $2,030 > 240 \times 6 = 1,440$ ----- O.K
 $2,030 < 240 \times 15 = 3,600$ ----- O.K

(4) 바닥판의 상부와 하부에 배치된 철근의 최측면 사이의 두께가 150mm 이상인 경우 (상면 철근 60 mm 하면 철근 40 mm)
상부 철근 직경 16 mm 하부 철근 직경 16 mm : $150 < 150$

(5) 유효강간비 표준치선폭 3600mm 이하인 경우. ----- $2,030 < 3,600$

(6) 바닥판의 총합, 미요면, 그리고 모호리특수처리를 제외한 바닥판의 최소두께가 240mm 이상인 경우. ----- $240 \geq 240$ mm

(7) 편월레버부의 길이가 내측바닥판 두께의 5배 이상이거나, 편월레버부의 길이가 내측바닥판 두께에 3배 이상이고 구조적으로 연속적인 콘크리트 방호벽과 합성인 경우.

① 방호벽 61측 $1,470 > 240 \times 3 = 720$ ----- O.K

② 방호벽 66측 $1,300 > 240 \times 3 = 720$ ----- O.K

(8) 콘크리트의 28일 압축강도는 27 MPa 이상인 경우. ----- $27 \geq 27$ MPa

(9) 철근 콘크리트 바닥판은 바닥판을 지지하는 구조부재들과 완전합성 거동을 하여야 함. ----- 콘크리트 합성 거동

(10) 콘크리트 거고인 경우 위하중을 만족시키기 위하여 바닥판과 콘크리트 주거터를 합성시키는 전단연결재가 충분히 배치 되어야 한다. ----- 콘크리트 합성 거동

3) 검토 결론

① 편 월 레 버 (방호벽 61측) : 검토 설계법 적용

② 편 월 레 버 (방호벽 66측) : 검토 설계법 적용

③ 중 앙 부 바닥판 : 경합식 설계법 적용

④ 동 하 중 (도.기 2.1.11)

1a 당 작용하는 동하중 (부재의 단면형상을 각형으로 설계) = 3.00 kN/m²

$\therefore P_s = 3.00$ kN/m

$\Rightarrow M_s = 3.00 \times 1.001 \times 0.581 = 1.74$ kN-m

⑤ 원심하중 (곡선교입 경우 적용) (도.기 2.1.17)

트럭 수	단일 차선	복수 차선
2	2'	3'
3 또는 4	3'	4'
5 이상	4'	5'

$\Rightarrow$ 개단면 상부구조에서 중심선이 좌의 표에서 주어진 중심선보다 작은 차선에서는 곡률의 영향을 무시할 수 있다.

- 중심선 : $(50.0 \times 180) / (2000 \times \pi) = 1.432$ m < 4' $\therefore$ O.K $\Rightarrow$ 곡률의 영향 무시

- 작용 높이 : $H = 1.800$ m

$CF = 0.790 \times V^3 / R = 0.790 \times 110^3 / 0 = 0.000$ %

$F_{cr} = 96 \times 0.000 / 100 = 0.000$ kN

$\Rightarrow M_{cr} = 0.000 \times 1.800 = 0.000$ kN-m

⑥ 모멘트 요약 정리

구분	M (kN-m)	구분	M (kN-m)	구분	M (kN-m)
고정 하중	15.829	충돌 하중	27.710	원심 하중	0.000
활 하중	19.200	동 하중	1.743		

5) 하중조합

① 사용하중 - 사용성 검토시

하중 경우	고정하중	활 하중	충돌하중	동 하중	원심하중	비고
Case 1	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
Case 2	1.00	0.00	0.00	0.30	0.00	
Case 3	1.00	1.00	0.00	0.30	1.00	
Case 4	1.00	1.00	0.00	0.30	1.00	

② 계승하중 - 인건 검토시

하중 경우	고정하중	활 하중	충돌하중	동 하중	원심하중	비고
Case 1	1.30	2.15	0.00	0.00	1.30	
Case 2	1.30	0.00	0.00	1.30	0.00	
Case 3	1.30	1.30	0.00	0.65	1.30	
Case 4	1.25	1.25	0.00	0.625	1.25	
Case 5	1.30	1.30	1.30	0.00	1.30	
Case 6	1.20	0.00	1.20	1.20	0.00	

5. 설계대상 교량제출 및 설계상수

5.1 교량형식 : ST-box 교

5.2 해역 대상 교량 총연장 : $57.0 + 65.0 + 57.0 = 179.00\text{m}$

5.3 교 폭 : 8.500m

5.4 교각형식 : T형교각

5.5 교각기초형식 :

5.6 내진설계상수

- (1) 내진등급 : 내진 1 등급교
- (2) 지진구속계수 : 0.11
- (3) 위험도계수 : $I = 1.4$
- (4) 가속도계수 : $A = 0.154$
- (5) 지반계수 : $S = 1.5$ (지반종류 2, 지진력리코팅)
- (6) 응답수준계수
- (7) 교각지 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
- (8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
- (9) 방진형식 : EQS 방진방식

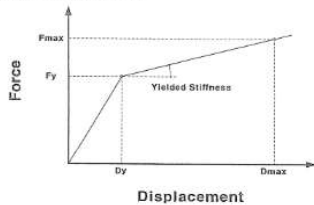
5.7 해석방법

- (1) 해석방법 선정 : 시간이력해석법
- (2) 모드조합방법 : CQC방법

5.8 해석모델

- (1) 사용프로그램 : SAP 2000
- (2) 모델링 : Frame요소사용
- (3) 절단선정 : 자동절단 임력 및 추가사하중 절단변환

6.4 사용된 연진점치(EQS)의 특성



구분	1차강성 (K1,kN/m)	2차강성 (K2,kN/m)	유효강성 (Keff,kN/m)	항복강도 (kN)
OMEQS 2000	중	97006.0	-	963.0
	경	97006.0	1083.0	2623.0
OMEQS 2500	중	119055.0	-	1181.0
	경	119055.0	1329.0	3219.0
OMEQS 3000	중	141105.0	-	1400.0
	경	141105.0	1575.0	3815.0
EQS5000		260160.0	2904.0	7034.0
EQS6000		343936.0	3639.0	9299.0
EQS7500		432128.0	4623.0	11683.0
EQS9000		529134.0	5506.0	14306.0

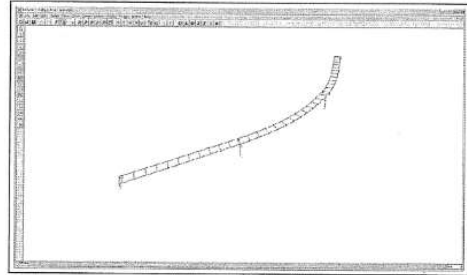
6.5 절단 배치

일반내진방장의 경우 고정단과 가동단으로 구분되어 절단이 배치 되는 경우가 일반적이다. 교축방장의 경우 상시 온도신축하중에 의해 자유를기 위해 하나의 고정단과 나머지는 모두 가동단방장으로 배치하게 되는데 이때에 교축방장의 모든 지진력준은 고정단교각에 전달되게 된다. 이러한 경우 고정단 교각의 비대칭은 돌출되고 소성변형이 발생하여 지진 후 교각을 보수 보강을 하여 한다.

따라서 면진방장을 적용하면 모든 교각에 지진하중을 분산시켜 구조물의 안정성을 확보하고 동시에 지진하중을 흡수 소산시켜 구조물의 비대칭을 방지하여 경제적인 측면도 매우 우수하다.

6. 설계단면 및 모델링

6.1 도면형



6.2 단면특성

- ① 상부구조 단면특성 : 연성단계 구조해석 참조
- ② 하부구조 단면특성 : 용성단계 구조해석 참조

6.3 작용하중(하중질량)

상부구조는 거더의 형상을 통하여 알 수 있는 단면적으로 프로그램에서 자동생성되도록 재하하고 그외의 고정하중반력과 2차고정하중들을 각각의 주형을 모델링한 프레임 요소에 단위길이 당의 하중과 질량으로 재하하여 구조해석을 수행하였다. 하부구조는 콘크리트로 구성된 교각으로 각각의 단면적에 따라 프로그램내에서 자동으로 계산된 질량을 사용한다.

9. 내진해석결과

9.1 방진 지진력

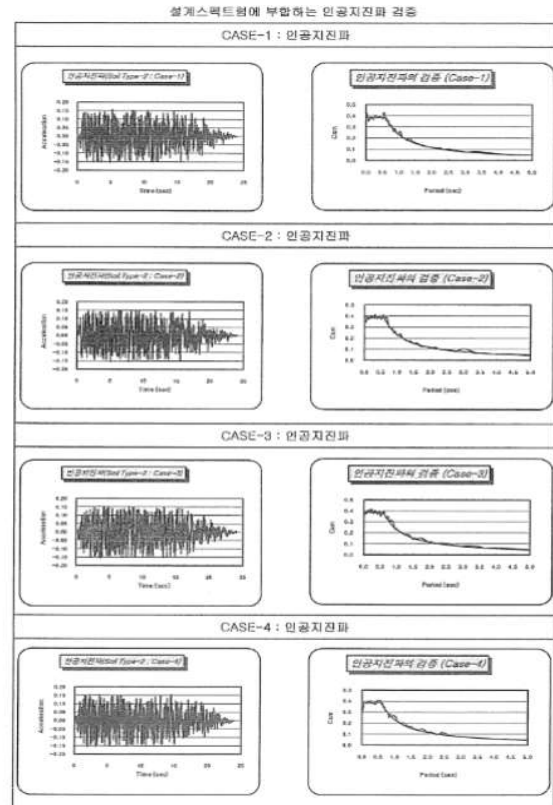
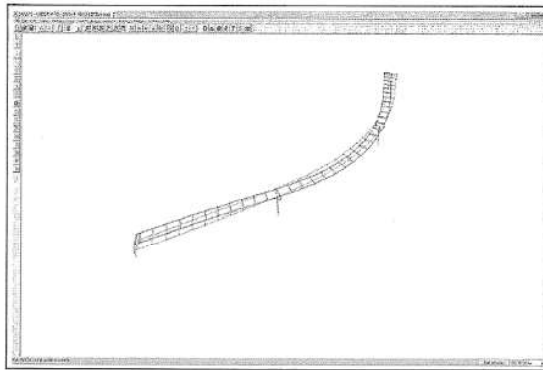
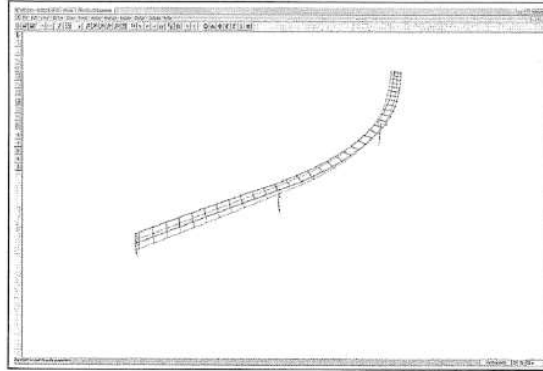
구분		R	교축방장		교축방장		Combo1		Combo2		방진하중 전달력	비고
			교각	교각	교각	교각	교각	교각	교각	교각		
A1	B1	0.9	94.999	87.253	94.932	123.830	154.349	155.528	154.290	187.545	220	OK
	B2	0.9	94.999	87.838	94.854	123.344	154.319	156.051	154.192	187.119	220	OK
P1	B1	1.0	430.261	246.889	264.015	423.699	509.496	373.998	393.094	497.765	580	OK
	B2	1.0	341.512	183.024	207.110	333.483	403.645	283.069	306.563	388.391	480	OK
P2	B1	1.0	541.446	239.950	305.086	529.431	632.971	396.760	467.519	601.416	710	OK
	B2	1.0	267.045	116.567	148.618	261.233	311.630	194.937	228.731	296.203	350	OK
A2	B1	0.8	76.999	66.029	76.994	96.929	125.122	144.547	125.117	155.926	180	OK
	B2	0.8	111.999	124.740	111.990	146.926	181.995	211.022	181.987	230.435	250	OK

9.2 방진 변위

구분		교축방장		교축방장		Combo1		Combo2		방진하중 변위	비고
		교각	교각	교각	교각	교각	교각	교각	교각		
A1	B1	28.3	11.8	14.9	27.9	32.8	20.2	23.4	31.5	120	OK
	B2	28.8	11.8	14.7	27.9	33.2	20.2	23.3	31.5	120	OK
P1	B1	28.9	10.6	11.7	27.7	27.4	17.4	18.9	25.9	90	OK
	B2	24.2	10.6	11.9	22.8	27.8	17.4	19.2	25.9	90	OK
P2	B1	21.7	7.6	8.1	23.8	24.1	14.7	14.6	26.1	90	OK
	B2	22.3	7.6	8.5	23.9	24.9	14.7	15.2	26.1	90	OK
A2	B1	27.5	17.2	20.6	25.1	33.7	24.7	28.8	30.2	120	OK
	B2	28.0	17.2	19.9	25.0	33.9	24.7	28.3	30.2	120	OK

9.3 교각 코팅부 변위

구분		교축방장		교축방장		COM1		COM2		비고
		교각	교각	교각	교각	교각	교각	교각	교각	
P1		5.5	1.7	1.8	5.8	6.1	3.4	3.5	6.3	
		11.0	2.5	3.3	11.0	12.0	5.8	6.6	11.7	



9.4 교각하단 단면력 (Unit : Kx.m)

구분	교축방향				교차방향			
	교축전단력	교축전단력	교축모멘트	교축모멘트	교축전단력	교축전단력	교축모멘트	교축모멘트
P1	957.737	478.165	6664.356	3083.622	544.763	844.133	6912.443	6479.227
P2	946.750	425.056	8517.122	3983.133	437.602	675.533	4182.666	7668.419

9.5 교각상단 하중조합 (Unit : Kx.m)

구분	Combo1				Combo2			
	교축전단력	교축전단력	교축모멘트	교축모멘트	교축전단력	교축전단력	교축모멘트	교축모멘트
P1	1121.174	731.396	8038.091	5027.390	832.113	887.552	5671.750	7404.814
P2	1078.121	687.715	9741.922	5673.559	721.927	1003.049	6657.803	9043.359

9.6 교각상단 단면력 (Unit : Kx.m)

구분	교축방향				교차방향			
	교축전단력	교축전단력	교축모멘트	교축모멘트	교축전단력	교축전단력	교축모멘트	교축모멘트
P1	892.839	452.529	2104.048	1080.915	526.657	855.809	1258.011	2938.176
P2	951.738	353.368	2020.393	847.422	523.491	754.163	1065.176	2033.283

9.7 교각상단 하중조합 (Unit : Kx.m)

구분	Combo1				Combo2			
	교축전단력	교축전단력	교축모멘트	교축모멘트	교축전단력	교축전단력	교축모멘트	교축모멘트
P1	1050.899	708.272	2480.851	1982.368	794.708	991.567	1887.225	3282.451
P2	1108.766	579.645	2339.946	1553.407	809.012	690.162	1671.294	2607.510

④ 주철근 조립도

- ① Cycle (CTC = 250)

- ② Cycle (CTC = 250)

1. 설계 조건

1) 외 반 사 항			
(1) 구조 형식	: 약1층 교대		
(2) 상부 형식	: PC GIRDER		
(3) 교량 형식	: 1 폭교		
(4) 교대 폭	: B = 18.787 M		
(5) 교대 축간거리	: H = 11.160 M		
(6) 기초 형식	: 말뚝형식		
(7) 지중	: 60.000 *		
2) 하 중			
(1) 활중하중의 단위중량	: $q_c = 25.000 \text{ kN/m}^2$	[도로교 설계기준 2.1.2]	
(2) 단면하중의 단위중량	: $q_{st} = 20.000 \text{ kN/m}^2$ (토시)	[도로교설계기준 제3편 P380]	
(3) 기초지반의 단위중량	: $q_f = 20.000 \text{ kN/m}^3$		
(4) 교대 직경	: $d_f = 10.000 \text{ m}$		
(5) 상부 교량하중 반력	: $R_d = 480.128 \text{ kN/m}$		
(6) 상부 굴착하중 반력	: $R_{st} = 124.028 \text{ kN/m}$		
3) 지 반 조 건			
(1) 단위중량의 내부마찰각	: $\phi_1 = 35.000^\circ$		
(2) 기초지반의 마찰	: $\mu = 7.000$		
(3) 기초지반의 내부마찰각	: $\phi_2 = 25.247^\circ$ [$\phi_2 = 15 + \sqrt{15N}$]		
(4) 기초지반의 전단력계수	: $C = 17.000 \text{ kN/m}^2$		
(5) 기초지반의 마찰계수	: $\mu = 0.303$; $\tan(35^\circ \phi_2)$: 종과 콘크리트		
(6) 지반 가속도 계수	: $A_c = 0.154$: 하중도계수 × 지진지반계수		
- 내진 등급	: 1 등급	- 하중도 계수	: 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역	: 1 구역	- 지진지반 계수	: 0.110

4) 사 용 제 르 강 도

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트와 설계기준 강도	$f_{ck} = 24,000 \text{ MPa}$	
- 탄성계수	$E_c = 27604,000 \text{ MPa}$	[도표값 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(f_{yk})	$f_y = 300,000 \text{ MPa}$	
- 탄성계수	$E_s = 200000,000 \text{ MPa}$	[도표값 설계기준 2.3.3]

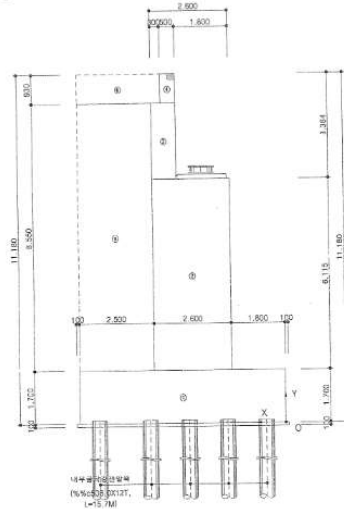
5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 결 과	허용강도 설계법
(2) 단 면 설 계	직단강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 콘크리트구조 설계기준	한국콘크리트학회 (2007)
(2) 도표값 설계기준	국토해양부 (2010)
(3) 도로설계 매뉴얼	국토해양부 (2000)
(4) 도로설계 요령	한국도로공사 (2002)

2. 단면가정



※ 교량단면 면적 외계표 (단위: m²)

구분	1	2	3	4	5	6	계
교량면적	1581.367	1416.673	1457.367	1426.000	1369.832	1393.061	8644.320
활하중	492.831	449.119	372.936	361.843	376.700	276.657	2330.066

※ 지반하중 전계표 (단위: kN)

구분	1	2	3	4	5	6	계
교량하중	292.237	201.601	269.321	300.025	253.146	257.441	1597.470
지반하중	292.237	261.601	269.321	263.525	253.145	257.441	1597.470

H = R x A x S R : 교량단면의 고정하중 면적, A : 가속도계수 (=0.154), S : 지반계수 (=1.200)
 교축적하하중 H = R x A x S, R : 교량단면의 고정하중 면적
 교축하중 H = R x A x S, R : 교량단면의 고정하중 면적

2) 측면도면 의한 도판

① 도판계수 산정

- 평상시 주동토압계수 (RANKINE) : 안전검토시 적용(상시)

$$K_e = \cos \alpha \times \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}$$

- 평상시 주동토압계수 (coulomb) : 단면검토시 적용(상시)

$$K_e = \frac{\cos^2(\phi - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \left[1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - \alpha)} \right]}$$

- 지반시 주동토압계수 (Mononobe - Okabe)

$$K_{oe} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \theta + \beta) \left[1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \alpha - \theta)}{\cos(\beta + \delta + \theta) \cdot \cos(\beta - \alpha)} \right]}$$

φ = 빗저울 밑의 내부마찰각(도)
 α = 지표면과 수평선이 이루는 각(도)
 β = 벽면과 수평선이 이루는 각(도)
 δ = 벽면과 빗저울 사이의 벽면마찰각(도)
 θ = tan⁻¹[Kh/(1-Kv)], Kv = 0
 Kh = 수평지진계수 = A/2 (반복률 미충만 교대), A=0.154

구분	평상시		지진시	
	안정검토	벽체설계	안정검토	벽체설계
φ	35.000	35.000	35.000	35.000
α	0.000	0.000	0.000	0.000
β	0.000	0.000	0.000	0.000
δ	0.000	11.667	0.000	0.000
θ	0.000	0.000	4.403	4.403
Kh	0.000	0.000	0.077	0.077
K _g , K _{ao}	0.271	0.251	0.314	0.314

3. 하중계산

1) 자중 및 관성력 (단위: 0을 기준으로)

① 개별하중 산정

구분	번호	체적(A)		단위중량(γ)	수평력(V)	수직력(H)
		m ³	kN/m ³			
교대구체	①	6.900 × 1.700	= 11.730	25.000	293.250	22.580
	②	2.600 × 6.115	= 15.900	25.000	397.499	30.607
	③	0.800 × 2.434	= 1.947	25.000	48.683	3.748
	④	0.500 × 0.930	= 0.465	25.000	11.625	0.895
	소계		= 30.442		751.057	57.831
빔체중	⑤	2.500 × 8.550	= 21.374	20.000	427.477	32.916
	⑥	2.800 × 0.930	= 2.604	20.000	52.080	4.010
	소계		= 23.978		479.557	36.926
총계					1230.614	94.757

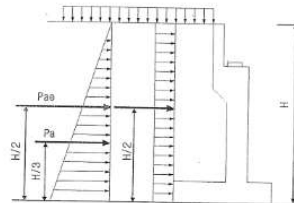
※ 수평력(지진시 관성력) H_i = Kh × V_i (Kh = A/2 = 0.077)

② 모멘트 산정

구분	번호	발생치		모멘트	
		X(m)	Y(m)	M _x	M _y
교대구체	①	3.450	0.850	1011.713	19.193
	②	3.100	4.758	1232.746	145.020
	③	4.000	9.032	194.733	33.859
	④	3.850	10.715	44.756	9.591
	소 계			2483.448	208.264
빔체중	⑤	5.650	5.075	2415.243	196.664
	⑥	5.500	10.715	266.440	42.967
	소 계			2701.683	239.631
총 계			5185.131	447.894	

③ 압력의 작용위치 산정

- 교대구체: X = 2483.448 / 751.057 = 3.307 m
 Y = 208.264 / 57.831 = 3.601 m
 - 빔체중: X = 2701.683 / 479.557 = 5.634 m
 Y = 239.631 / 36.926 = 6.490 m



④ 안전검토시 토압

- 평상시 토압 (H = 11.180 m)

$$P_a = 1/2 \times K_a \times \gamma \times H^2 \times \cos(\delta) = 1/2 \times 0.271 \times 20.000 \times 11.180^2 \times \cos(0.000) = 338.701 \text{ kN}$$

Y = H / 3 = 3.727 m : 작용중심높이

- 지진시 토압 (H = 11.180 m)

$$P_{ae} = 1/2 \times K_{ae} \times \gamma \times H^2 \times \cos(\delta) = 1/2 \times 0.314 \times 20.000 \times 11.180^2 \times \cos(0.000) = 392.443 \text{ kN}$$

Y = H / 2 = 5.590 m : 작용중심높이

⑤ 단면검토시 토압

- 평상시 토압 (H = 9.480 m)

$$P_a = 1/2 \times K_a \times \gamma \times H^2 \times \cos(\delta + \beta) = 1/2 \times 0.251 \times 20.000 \times 9.480^2 \times \cos(11.667 + 0.000) = 220.893 \text{ kN}$$

Y = H / 3 = 3.160 m : 작용중심높이

- 지진시 토압 (H = 9.480 m)

$$P_{ae} = 1/2 \times K_{ae} \times \gamma \times H^2 \times \cos(\delta + \beta) = 1/2 \times 0.314 \times 20.000 \times 9.480^2 \times \cos(0.000 + 0.000) = 282.165 \text{ kN}$$

Y = H / 2 = 4.740 m : 작용중심높이

3) 상부구조에 의한 하중

① 상부구조에 의한 하중

- 고정하중반력

$$R_d = 8644.320 \div (16.270 / \sin 60.000) = 460.126 \text{ kN/m}$$

- 활하중반력

$$R_l = 2330.066 \div (16.270 / \sin 60.000) = 124.028 \text{ kN/m}$$

② 교량받침 마찰력에 의한 수평력

- 상부구조의 신축량

$$\delta = \alpha \times \Delta T \times L$$

$$= 0.00012 \times 25.0 \times 50.8$$

$$= 0.015245 \text{ m}$$

교대의 폭원 : $B = 18.787 \text{ m}$

단상발침의 전단발상계수 : $KH = 19809.000 \text{ kN/m}$

- 단위폭당 작용 수평력

$$Ph = \sum K_H \times \delta / B$$

$$= 19809.000 \times 0.015245 / 18.787$$

$$= 16.075 \text{ kN/m}$$

③ 가동단 하부구조에 작용하는 지진시 수평력

$$F_H = \sum H \times (16.270 / \sin 60.0)$$

$$= 85.032 \text{ kN/m}$$

: $\sum H$ 는 교대에 작용하는 지진시 수평력이며 1597.470 kN 일, 「지진하중 설계표」 참조

4) 뚫어짐 지표면의 상재하중

① 상재하중에 의한 수직력

$$P1 = 10.000 \times 2.800 = 28.000 \text{ kN}$$

② 상재하중에 의한 수평력

- 안전검토시 수평로압 ($H = 11.180 \text{ m}$)

$$Pa1 = K_a \times q \times H \times \cos(\delta + \beta)$$

$$= 0.271 \times 10.000 \times 11.180 \times \cos 0.000$$

$$= 30.297 \text{ kN}$$

$$y = H / 2 = 5.590 \text{ m} : \text{작용중심높이}$$

- 단면검토시 수평로압 ($H = 9.480 \text{ m}$)

$$Pa2 = K_a \times q \times H \times \cos(\delta + \beta)$$

$$= 0.251 \times 10.000 \times 9.480 \times \cos 11.667$$

$$= 23.302 \text{ kN}$$

$$y = H / 2 = 4.740 \text{ m} : \text{작용중심높이}$$

5) 말뚝도상에서의 작용하중 산정

① 말뚝도상의 작용하중 계산

$$\sum M = \sum M_v - \sum M_h$$

$$e = \text{말뚝도상}(e = 3.288) - \sum M / \sum V$$

$$M_0 = V \times e$$

※ 말뚝도상의 계산

구분	거리(m)	면수	거리 x 면수	도상(m)
1 열	0.650	14,000	9,100	-
2 열	1.050	14,000	27,300	-
3 열	3.250	14,000	45,500	-
4 열	4.550	14,000	63,700	-
5 열	6.250	13,000	81,250	-
계	-	69,000	226,850	3.288

② 하중조합별 작용력

구분	구분	V(kN)	H(kN)	e(m)	M ₀ (kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5)	23645.581	6932.365	0.193	4327.141
COMB 2	고정하중+토압+온도하중(1+3+5)	23119.545	6363.176	0.100	2311.955
COMB 3	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+4+6)	23119.545	9153.026	1.221	28229.965
COMB 4	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5)	34620.120	7234.386	0.394	12601.724
COMB 5	고정하중+토압+온도하중(1+3+5+10)	31763.970	6665.177	0.294	9338.607
COMB 6	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+4+6)	31763.970	10750.523	1.445	45898.937

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

각 작용력은 교대의 전폭 18.787 m를 고려한 결과값임.

4. 안 정 검 토

1) 하중하중 및 조합

① 작용하중 집계표 : 「하중계산 참조」

구분	수직력	수평력	작용거리			
			V(kN)	H(kN)	M _v (kN.m)	M _h (kN.m)
1. 교대구체(평상시)	751.057	-	3.307	3.601	2483.448	-
2. 교대구체(지진시)	751.057	57.631	3.307	3.601	2483.448	209.292
3. 보체중재(평상시)	479.557	-	5.634	6.490	2701.665	-
4. 보체중재(지진시)	479.557	36.926	5.634	6.490	2701.665	239.632
5. 배면토압(평상시)	-	336.701	-	3.727	-	1262.173
6. 배면토압(지진시)	-	392.443	-	5.590	-	2193.665
7. 뚫어짐 상재하중	28.000	30.297	5.500	5.590	154.000	169.353
8. 상부 교량하중반력	460.128	-	2.760	-	1269.653	-
9. 상부 활하중반력	124.028	-	2.760	-	342.317	-
10. 교량받침마찰력	-	16.075	-	8.215	-	132.062
11. 상부관상력	-	85.032	-	8.215	-	698.599

② 하중조합

구분	구분	V(kN)	H(kN)	M _v (kN.m)	M _h (kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7)	1258.614	369.998	5339.133	1451.526
COMB 2	고정하중+토압+온도하중(1+3+5)	1230.614	336.701	5185.133	1262.173
COMB 3	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+4+6)	1230.614	497.200	5185.133	2541.559
COMB 4	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+9)	1842.770	385.073	6951.403	1563.588
COMB 5	고정하중+토압+온도하중(1+3+5+10)	1690.742	354.776	6455.060	1394.235
COMB 6	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+4+6)	1690.742	672.232	6455.060	3340.128

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

가설시의 활하중은 단위기계(로컬러)를 건설기계의 현용을 통한.

2) 전도에 대한 안정

- 말뚝기초 여므로 불필요 : 「10. 말뚝검토」 참조

3) 활중에 대한 안정

- 말뚝기초 여므로 불필요 : 「10. 말뚝검토」 참조

4) 지지력에 대한 안정

- 말뚝기초 여므로 불필요 : 「10. 말뚝검토」 참조

※ 확대기초 두께에 대한 검토 : [도로교 설계기준 5.4.5.2]

- 확대기초는 부재로서 필요한 두께를 확보함과 동시에 강재로서 취급되는 두께를 가져야함을 명적으로 한다.
- 확대기초에 대한 강재로서의 취급여부는 지반반력 및 말뚝반력에 미치는 확대기초의 강성의 영향을 고려하여 판정하는 것으로서, 일반적으로 다음의 식을 만족할 때 강재로 취급할 수 있다.

$$\beta \lambda \leq 1.0$$

$$\text{여기서 } \beta = \sqrt{\frac{3 \cdot k}{E \cdot h^3}} (m^{-1})$$

k : kv - 직접기초인 경우, kp - 말뚝기초인 경우

kp : 환산지반반력계수 (kN/m³)

$$= 190151.774 \times 69 / (18.787 \times 6.900) = 101215.731 \text{ kN/m}^3$$

L : 확대기초의 길이 (= 18.787 m)

B : 확대기초의 폭 (= 6.900 m)

n-m : 말뚝의 개수 (= 60 본)

E : 확대기초의 탄성계수 (= 27804000.000 kN/m²)

h : 확대기초의 평균두께 (= 1.700 m)

λ : 확대기초의 환산 볼륨값이 (m)

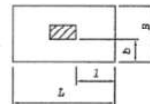
$$\beta = \sqrt{\frac{3 \times 101215.731}{(27804000.000 \times 1.700^3)}} = 0.217 (m^{-1})$$

※ 역확대기초 및 역확대기초의 경우

$$\lambda = \max(1, b) = \max(0.000, 2.500) = 2.500$$

다만, 역확대기초이므로 λ = 0

$$b \geq B/2 \text{ 이면 } b = B/2 = 3.450, \text{ 뒷말기초로 판정}$$



$$\beta \lambda = 0.217 \times 2.500 = 0.543 \leq 1.0, \therefore O.K$$

41.2.2 시설물 점검이력

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

【표 41.2.1】 내포IC R-B1교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	내포IC R-B1교의 주요 손상현황으로는 방호벽 철근미제거, 교대 균열(0.3mm이상)이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	내포IC R-B1교의 주요 손상현황으로는 방호벽 철근미제거, 교대 신축이음 하부 누수, 균열(0.3mm이상)이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	방호벽 철근미제거 교대 균열(cw=0.3mm이상) 신축이음 하부 누수	양호

41.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

41.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교·검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○ 관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○ 안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○ 점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○ 일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○ 외관조사결과 기 손상인 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.	

41.2.5 시설물 보수 이력

【표 41.2.2】 내포IC R-B1교 보수이력사항

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

41.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 41.2.3】 내진설계 여부 확인

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

41.3 현장조사

41.3.1 개요

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

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보	2022.08.22.~2022.12.11.	
			
작업사진		작업사진	
			
제원조사		비파괴시험	

【사진 41.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

41.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 내포IC R-B1교는 단경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=50.8m 폭 16.3m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보로 근접조사를 실시하였다.



【사진 41.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 외관조사 결과 파손 등의 손상이 확인되었다.

【표 41.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	파손 (㎡/개소)	
S1	0.02	1
합계	0.02	1

	
바닥판하면 S1 파손 (0.1×0.2)	바닥판하면 S1 파손 (0.1×0.2)

【사진 41.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 파손은 초기 건조수축 및 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. IPC Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 IPC 거더는 철근콘크리트로 시공되었으며, 보도 접근조사를 실시하였다.



【사진 41.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 41.3.2】 거더 외관조사 결과

구분		상태양호	
IPC 거더	S1	—	—
합계		—	—

	
거더 상태양호	거더 상태양호

【사진 41.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더는 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 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 근접조사를 실시하였다.



가로보 전경

【사진 41.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 41.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
IPC 거더	S1	—	—
합계		—	—



【사진 41.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

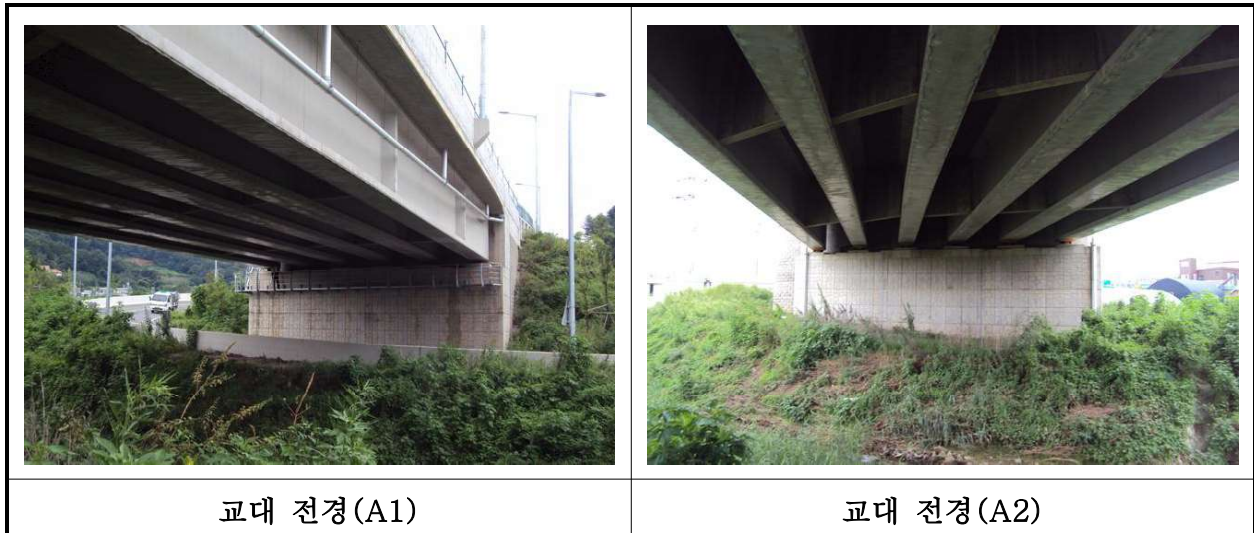
4) 검토의견

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

라. 교대

1) 부재의 개요

- 내포IC R-B1교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝으로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



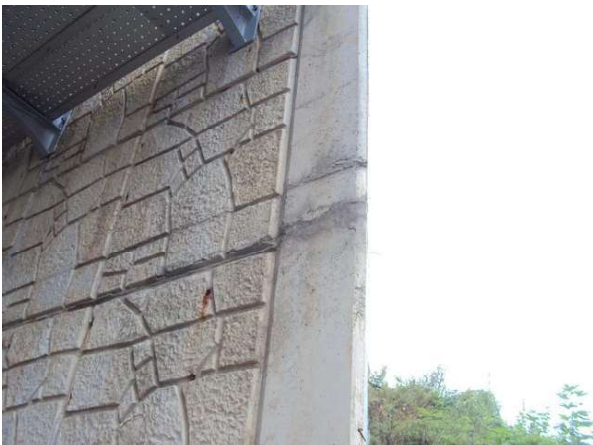
【사진 41.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과, 균열부백태, 망상균열, 재료분리, 파손이 조사되었다.

【표 41.3.4】 교대 외관조사 결과

구분	균열부백태 (㎡/개소)		망상균열 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
A1	9.00	6	1.08	3	2.57	3	0.06	1
A2	—	—	12.70	4	—	—	—	—
합계	9.00	6	13.78	7	2.57	3	0.06	1

	
교대 A1 균열부백태(0.3×3.0×6EA)	교대 A2 망상균열(0.4×0.3)
	
교대 A1 재료분리(0.3×0.3×2EA)	교대 A1 파손(0.2×0.3)

【사진 41.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 조사된 균열부백태, 망상균열, 재료분리, 파손은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 우수유입, 수분침투, 외부 충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

- 내포IC R-B1교의 받침은 탄성받침으로 총 12기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 41.3.1】 교량받침 배치도



【사진 41.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 41.3.5】 교량받침 외관조사 결과

구분	상태양호	
A1	—	—
A2	—	—
합계	—	—



【사진 41.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

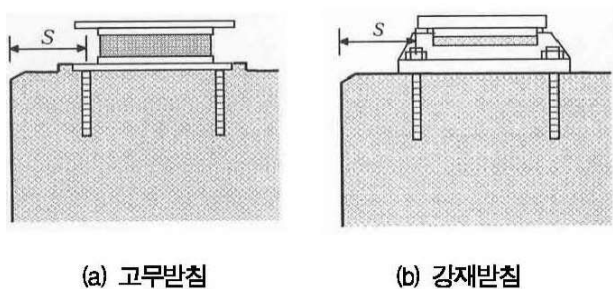
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교량받침은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 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 41.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 41.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.8m) : $200+5 \times 50.8 = 454(\text{mm})$

【표 41.3.6】 연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)						검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	
A1	454	690	690	700	700	700	700	O.K
A2	454	720	720	710	710	710	710	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 41.3.13】 교량받침 이동량 측정

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

【표 41.3.7】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}C$)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	39.6	10.4	0.00001	50.8	20.1	5.3	
A2	고정단						
1) 조사당시 온도 : 24.6 $^{\circ}C$ (조사일 : 2022년 08월 22일, 평균온도, 파주)							
2) 검토온도 : -15 $^{\circ}C$ ~ 35 $^{\circ}C$ (한랭지방, 콘크리트교)							

【표 41.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	+10	60	40	20.1	5.3	±50	O.K
	SH2	+10	60	40			±50	O.K
	SH3	+10	60	40			±50	O.K
	SH4	+10	60	40			±50	O.K
	SH5	+10	60	40			±50	O.K
	SH6	+10	60	40			±50	O.K
A2	고정단							
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K 허용변위 = 받침높이 × 0.3								

② 교량받침 이동량 검토의견

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

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1에 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.



【사진 41.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 기 손상인 후타재 균열(0.3mm미만), 후타재 파손, 신축이음 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.

【표 41.3.9】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		신축이음 하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	2.00	4	0.20	1	0.30	1
합계	2.00	4	0.20	1	0.90	3

	
신축이음 A1 후타재 균열($C_w=0.3\text{mm}$미만)	신축이음 A1 후타재 파손(0.1×2.0)
	
신축이음 A1 하부 누수($L=0.30\text{m}$)	신축이음 A2 하부 누수($L=0.30\text{m} \times 2\text{EA}$)

【사진 41.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 후타재 파손, 신축이음 하부 누수의 경우 초기 건조수축, 시공미흡, 우수유입, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(-15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트))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. 22. 기온 적용: 24.6℃(일평균) ΔT(신장시) : 35.0℃-24.6℃ = 10.4℃ ΔT(수축시) : -15.0℃-(24.6℃) = 39.6℃ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)				
소요 신축량	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 41.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 41.3.10】 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	39.6	10.4	0.00001	50.8	20.1	5.3	30.0	30.0	180.0	

1) 조사당시 온도 : 24.6℃(조사일 : 2022년 08월 22일, 평균온도, 파주)
2) 검토온도 : -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트)

【표 41.3.11】 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) ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②) (③-②)	
A1	신축이음	20.1	5.3	30	100	49.9	24.7	O.K
	바닥판			30	-	-	24.7	O.K
	거더			180	-	-	174.7	O.K
주) 판정 : 0.0mm ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

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

사. 교면포장

1) 부재의 개요

- 내포IC R-B1교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘포장으로 되어있다.



【사진 41.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장의 현장조사 결과 아스콘 균열 등이 조사되었다.

【표 41.3.12】 교면포장 외관조사 결과

구분	아스콘 균열 (m/개소)	
S1	5.00	1
합계	5.00	1

	
교면포장 S1 아스콘균열 (L=5.0m)	교면포장 S1 아스콘균열 (L=5.0m)

【사진 41.3.18】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장에 발생한 아스콘 균열은 초기 건조수축, 시공미흡, 주행차량의 윤하중 및 충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

- 내포IC R-B1교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌,우측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 41.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수구 그레이팅 변형이 조사되었다.

【표 41.3.13】 배수시설 외관조사 결과

구분	배수구 그레이팅 변형 (EA/개소)	
S1	1.00	1
합계	1.00	1

	
배수구 S1 그레이팅 변형 (1EA)	배수관 상태양호

【사진 41.3.20】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구에 조사된 그레이팅 변형의 경우, 시공 미흡, 공용기간 경과 및 추량통행 등에 의한 원인으로 추가적인 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 정비(재설치)를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

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



【사진 41.3.21】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 방호벽 균열, 들뜸, 철근미제거가 조사되었다.

【표 41.3.14】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	방호벽 균열 (m/개소)		방호벽 들뜸 (㎡/개소)		철근미제거 (EA/개소)	
S1	2.50	2	0.20	1	1.00	1
합계	2.50	2	0.20	1	1.00	1

	
방호벽 S1 균열(Cw=0.3mm미만)	방호벽 S1 들뜸 (0.1m×2.0m)
	
방호벽 S1 철근미제거 (1EA)	방호벽 S1 철근미제거 (1EA)

【사진 41.3.22】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열, 방호벽 들뜸, 철근미제거의 경우 초기 건조수축, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 외부충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리, 던면보수, 정비(철근제거) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

차. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 내포IC R-B1교의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1에 강재+알루미늄 재질의 점검로가 설치되어 있다.



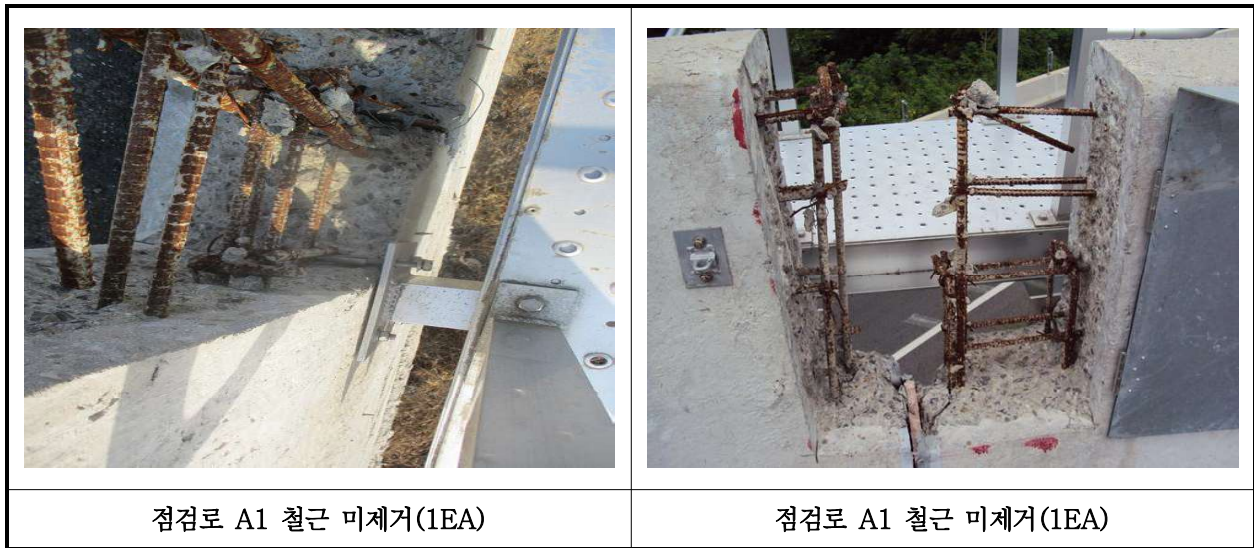
【사진 41.3.23】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 점검로 철근미제거가 조사되었다.

【표 41.3.15】 교량 점검시설 외관조사 결과

구분	점검로 철근미제거 (EA/개소)	
A1	1.00	1
합계	1.00	1



【사진 41.3.24】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설에 발생한 철근미제거는 시공미흡 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 정비(철근제거)를 실시하는 것이 필요하다.

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.

41.3.3 현장조사 총괄표

【표 41.3.16】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	파손	m ²	0.02	1	
IPC거더	상태양호	—	—	—	
가로보	상태양호	—	—	—	
교대	균열부백태	m ²	9.00	6	
	망상균열	m ²	13.78	7	
	재료분리	m ²	2.57	3	
	파손	m ²	0.06	1	
교량받침	상태양호	—	—	—	
신축이음	후타재 균열	m	2.00	4	
	후타재 파손	m ²	0.20	1	
	신축이음 하부 누수	m	0.90	3	
교면포장	아스콘 균열	m	5.00	1	
배수시설	배수구 그레이팅 변형	EA	1.00	1	
방호벽	방호벽 균열	m	2.50	2	
	방호벽 들뜸	m ²	0.20	1	
	철근미제거	EA	1.00	1	
점검시설	철근미제거	EA	1.00	1	

41.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

41.4 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.

41.4.1 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 41.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

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

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

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

다. 조사 사진



【표 41.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 41.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

41.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 4개소)을 실시하였으며, 검토 결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 41.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도(MPa)	비고
		반발경도(R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	46.3	27.3	28.7	0.67	27.0	

【표 41.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도(MPa)	비고
		반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
상부 구조	S1 거더	48.2	40.6	48.3	0.67	40.0	

【표 41.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도(MPa)	비고
		반발경도(R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	42.9	24.4	27.1	0.67	24.0	
	A2 교대	42.6	24.1	27.0			

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.7MPa, 거더 40.6~48.3 MPa, 하부구조 교대 24.1~27.1MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 41.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.3 ~ 28.7	27.0	101.1 ~ 106.4
	거더	40.6 ~ 48.3	40.0	101.6 ~ 120.8
하부구조	교대	24.1 ~ 27.1	24.0	100.6 ~ 113.0

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 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 41.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S1 바닥판하면	1.0	40.0	39.0	a	0.71	100년이상	
하부구조	A1 교대	3.5	100.0	96.5	a	2.47	100년이상	
	A2 교대	2.5	100.0	97.5	a	1.77	100년이상	

- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 2.5~3.5mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 41.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	1.0	39.0	
하부구조	2.5~3.5	96.5~97.5	

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 41.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.7	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.6~48.3	40.0	
	하부구조	교대	24.1~27.1	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		39.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.5~97.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

41.5 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.

41.5.1 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 41.5.1】 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	IPC	b	a	a	b	b	c	b	a	b	q	a	a
	A2								b	a	b	q	—	a
평균			0.200	0.100	0.100	0.200	0.200	0.400	0.200	0.100	0.200	—	0.100	0.100
가중치			20	20	3	7	3	2	9	9	20	—	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.040	0.020	0.003	0.014	0.006	0.008	0.018	0.009	0.040	—	0.004	0.003
													0.165	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.165) < 0.260$

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 41.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결합도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결합도점수 X 연장비
내포IC R-B1교	0.165	B	50.8	2	102	1.000	0.165
합계(Σ)			50.8	2	102	1	0.165
1. 평가지수 =							0.165
2. 상태평가결과 =							B

41.5.2 기 점검 결과와의 비교

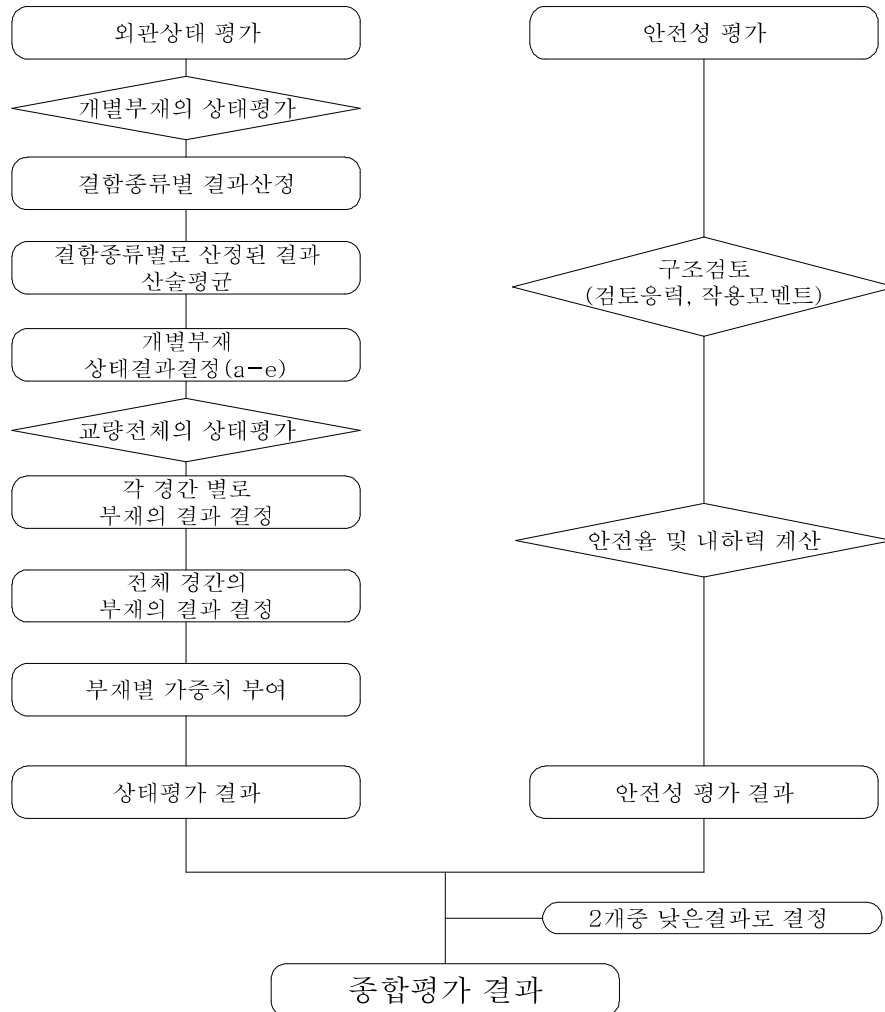
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

41.6 종합평가 및 안전등급 지정

41.6.1 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 41.6.1】 종합평가 결과 산정절차

41.6.2 종합평가 결과

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

【표 41.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
내포IC R-B1교	0.165	B	—	—	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

41.6.3 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 41.6.2】 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

41.7 보수·보강 및 유지관리방안

41.7.1 보수·보강 방안

【표 41.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	파손	m ²	0.02	1	단면보수	하자
IPC거더	상태양호	—	—	—	—	—
가로보	상태양호	—	—	—	—	—
교대	균열부백태	m ²	9.00	6	표면처리	하자
	망상균열	m ²	13.78	7	표면처리	하자
	재료분리	m ²	2.57	3	단면보수	하자
	파손	m ²	0.06	1	단면보수	하자
교량받침	상태양호	—	—	—	—	—
신축이음	후타재 균열	m	2.00	4	표면처리	하자
	후타재 파손	m ²	0.20	1	단면보수	하자
	신축이음 하부 누수	m	0.90	3	정비(재설치)	하자
교면포장	아스콘 균열	m	5.00	1	표면처리	하자
배수시설	배수구 그레이팅 변형	EA	1.00	1	정비(재설치)	하자
방호벽	방호벽 균열	m	2.50	2	표면처리	하자
	방호벽 들뜸	m ²	0.20	1	단면보수	하자
	철근미제거	EA	1.00	1	정비(철근제거)	하자
점검시설	철근미제거	EA	1.00	1	정비(철근제거)	하자

41.7.2 개략공사비

【표 41.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	파손	단면보수	0.02	0.03	m ²	—	—	하자
교대	균열부백태	표면처리	9.00	13.50	m ²	—	—	하자
	망상균열	표면처리	13.78	20.67	m ²	—	—	하자
	재료분리	단면보수	2.57	3.85	m ²	—	—	하자
	파손	단면보수	0.06	0.09	m ²	—	—	하자
신축이음	후타재 균열	표면처리	2.00	0.75	m ²	—	—	하자
	후타재 파손	단면보수	0.20	0.30	m ²	—	—	하자
	신축이음 하부 누수	정비(재설치)	0.90	0.90	m	—	—	하자
교면포장	아스콘 균열	표면처리	5.00	1.88	m ²	—	—	하자
배수시설	배수구 그레이팅 변형	정비(재설치)	1.00	1.00	EA	—	—	하자
방호벽	방호벽 균열	표면처리	2.50	3.75	m ²	—	—	하자
	방호벽 들뜸	단면보수	0.20	0.30	m ²	—	—	하자
	철근미제거	정비(철근제거)	1.00	1.00	EA	—	—	하자
점검시설	철근미제거	정비(철근제거)	1.00	1.00	EA	—	—	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		—		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		—		
	합계	—		—		—		
개략공사비 총계(천원)		—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

41.7.3 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 41.7.3】 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



41.8 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 문산읍 내포리 554-4에 위치한 교량으로 총 연장 50.8m, 폭 16.3m의 IPC거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

41.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 발생한 파손은 초기 건조수축 및 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) IPC Girder

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

3) 가로보

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

4) 교대

- 교대에 조사된 균열부백태, 망상균열, 재료분리. 파손은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기 탈형, 시공미흡, 우수유입, 수분침투, 외부 충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 교량받침

- 교량받침은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 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.

6) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 후타재 파손, 신축이음 하부 누수의 경우 초기 건조수축, 시공미흡, 우수유입, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차 부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

- 교면포장에 발생한 아스콘 균열은 초기 건조수축, 시공미흡, 주행차량의 윤하중 및 충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

8) 배수시설

- 배수구에 조사된 그레이팅 변형의 경우, 시공 미흡, 공용기간 경과 및 추량통행 등에 의한 원인으로 추가적인 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 정비(재설치)를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열, 방호벽 들뜸, 철근미제거의 경우 초기 건조수축, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 외부충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(철근제거) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

10) 교량 점검시설

- 점검시설에 발생한 철근미제거는 시공미흡 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 정비(철근제거)를 실시하는 것이 필요하다.

11) 공중이 이용하는 부위

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

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.7MPa, 거더 40.6~48.3

MPa, 하부구조 교대 24.1~27.1MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 2.5~3.5mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 내포IC R-B1교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.165인 "B" 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 내포IC R-B1교에 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.

41.8.2 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.

41.8.3 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.