

42. 내포IC R-A교

42.1 시설물 개요

42.2 자료수집 및 분석

42.3 현장조사

42.4 콘크리트 내구성조사

42.5 상태평가

42.6 종합평가 및 안전등급 지정

42.7 보수·보강 및 유지관리 방안

42.8 종합결론

42. 내포IC R-A교

42.1 시설물의 개요

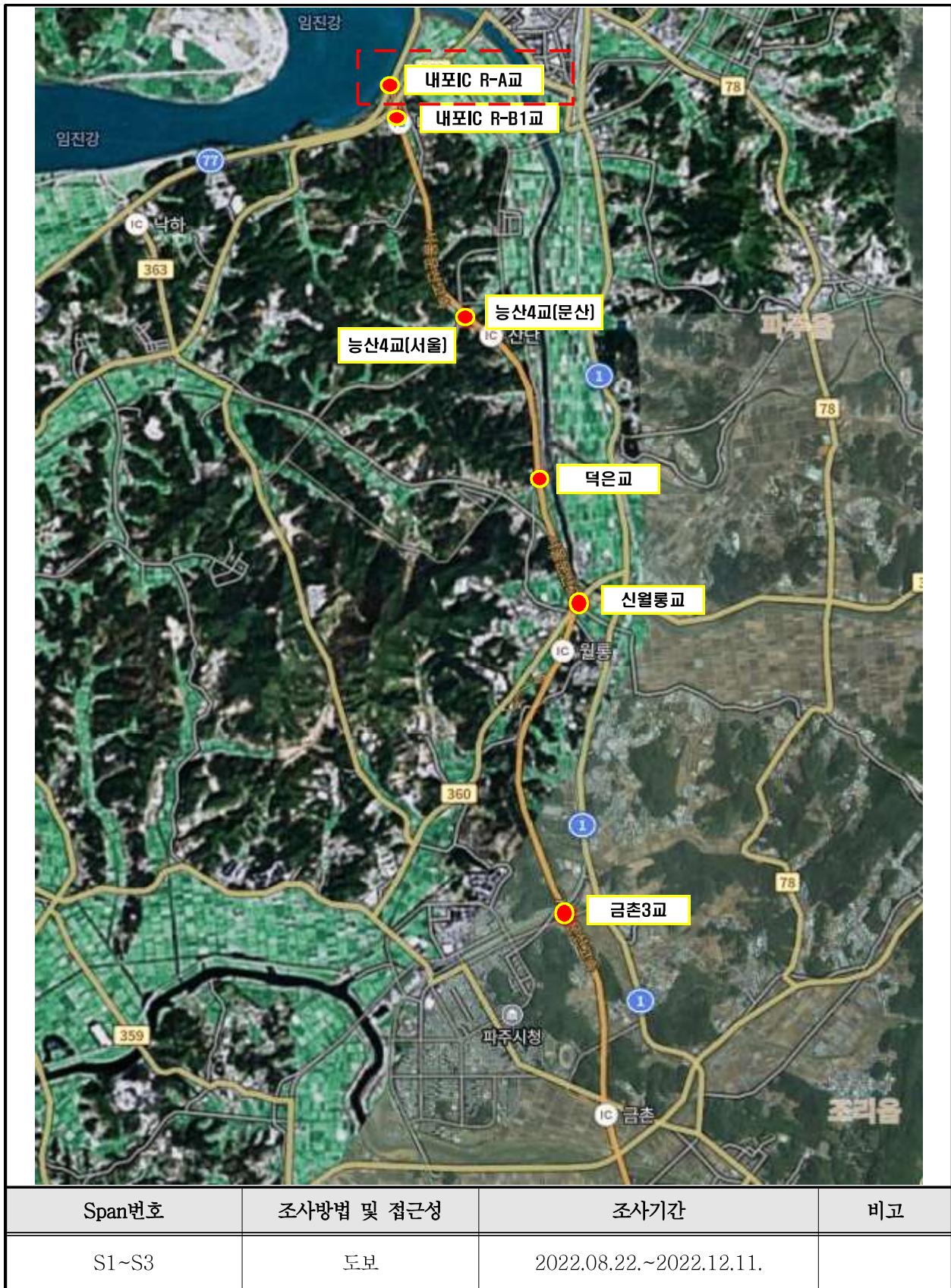
본 시설물은 경기도 파주시 문산읍 내포리 538-2에 위치한 교량으로 총 연장 179.0m, 폭 8.5m로 시공되어 있다.

42.1.1 일반사항

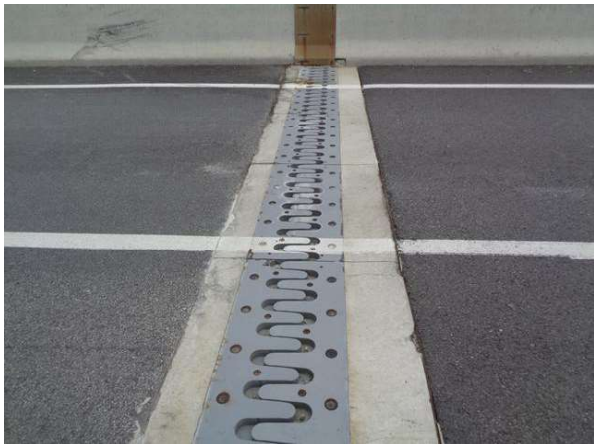
【표 42.1.1】 내포IC R-A교 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물번호		BR2020-0000148		관리번호		-	
시설물위치		경기도 파주시 문산읍 내포리 538-2		준공년월일		2020. 11. 06	
시점이정		-		노 선 명		고속국도 17호선	
제원	연장	L=179.0m(57.0+65.0+57.0=179.0m)					
	폭	B=8.5m					
구조 형식	상부	S.T.B		기초 형식	교 대	강관말뚝기초	
	하부	교대: 역T형, 교각: T형			교 각	강관말뚝기초 복합말뚝기초	
교량받침		지진격리받침		신축이음		강평거조인트	
교차시설물		일반국도77호선		통과높이		-	
부착시설내용		-		설계하중		DB-24/DL-24	
시 공 자		(주)대우건설		관리주체		(주)신성엔지니어링	
감 리 자		(주)신성엔지니어링(오영식)		관리주체		서울문산고속도로주식회사	
							
측면 전경				상부 전경			

42.1.2 위치도 및 전경사진

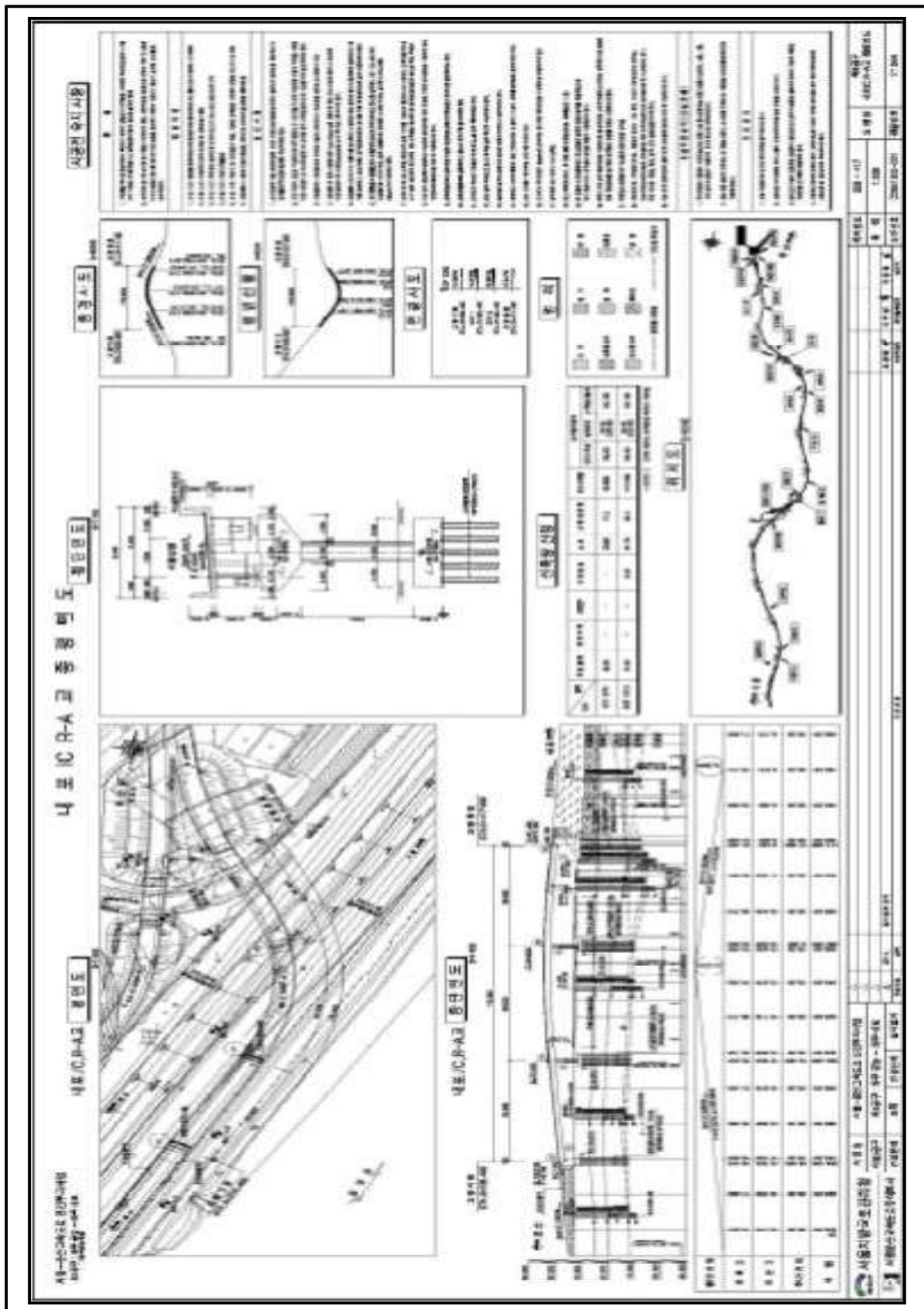


【그림 42.1.1】 위치도

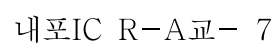
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

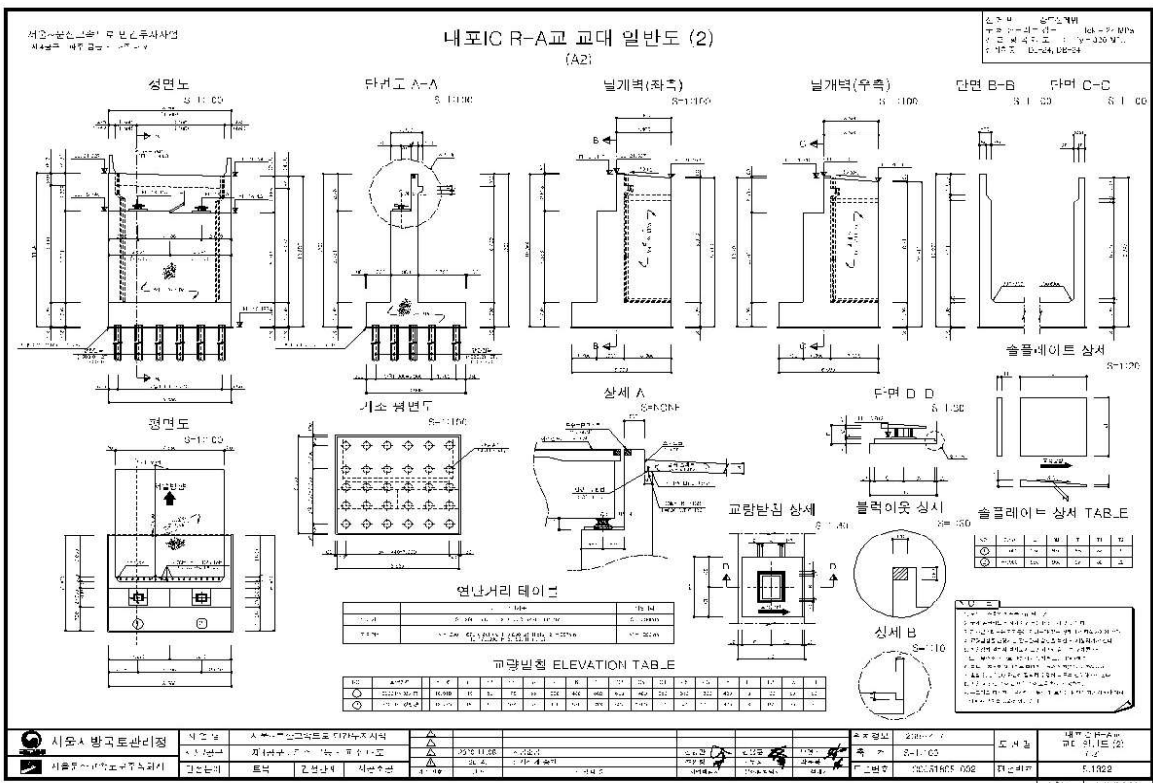
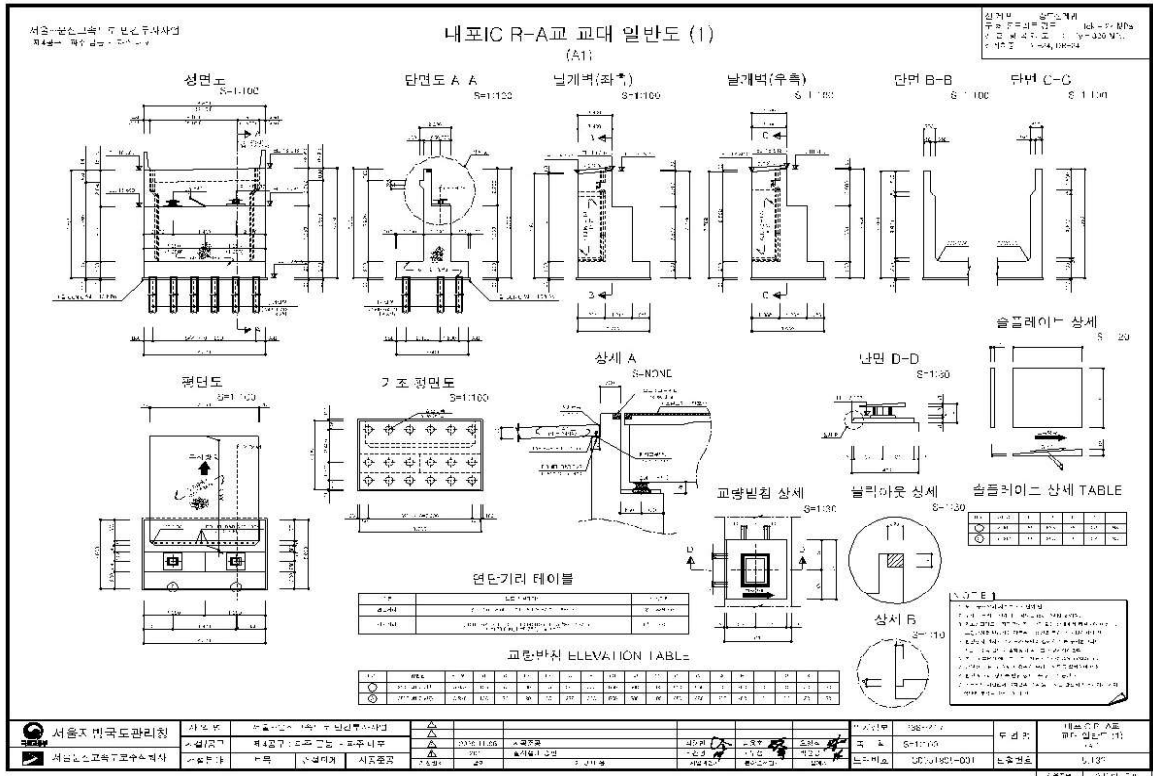
【그림 42.1.2】 부재별 현황

42.1.3 시설물 일반도

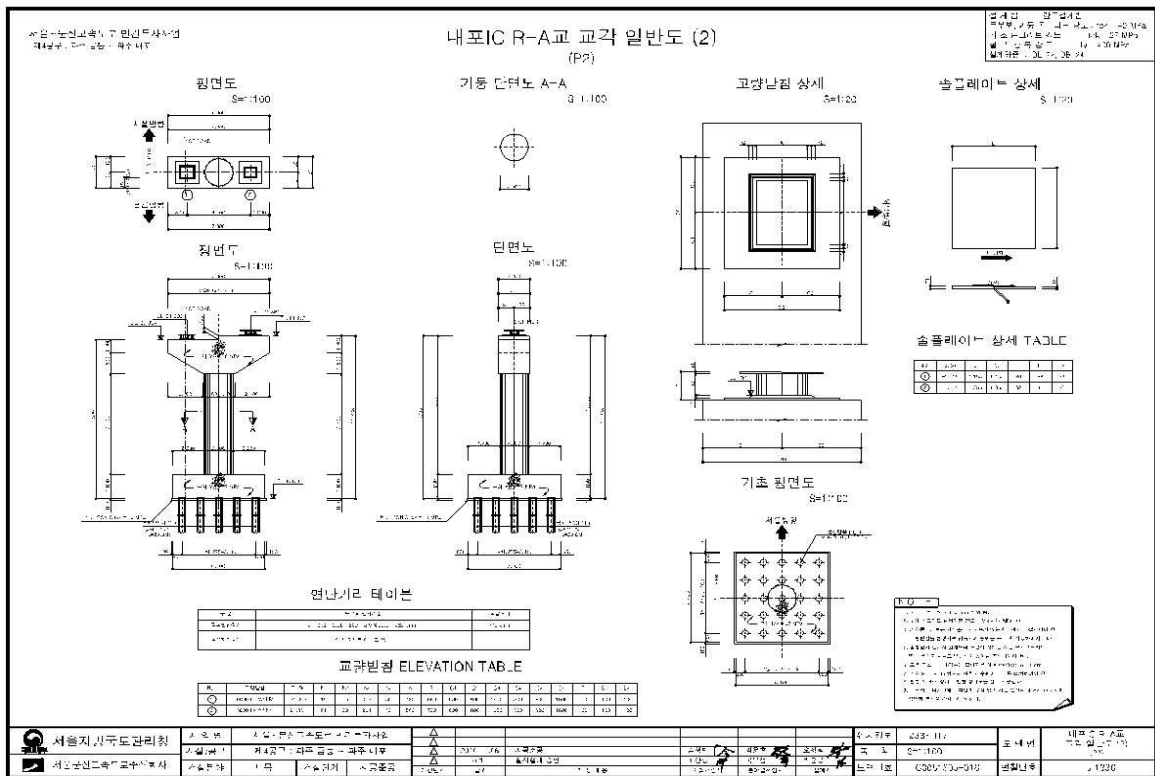


【그림 42.1.3】 평면 및 종단면도

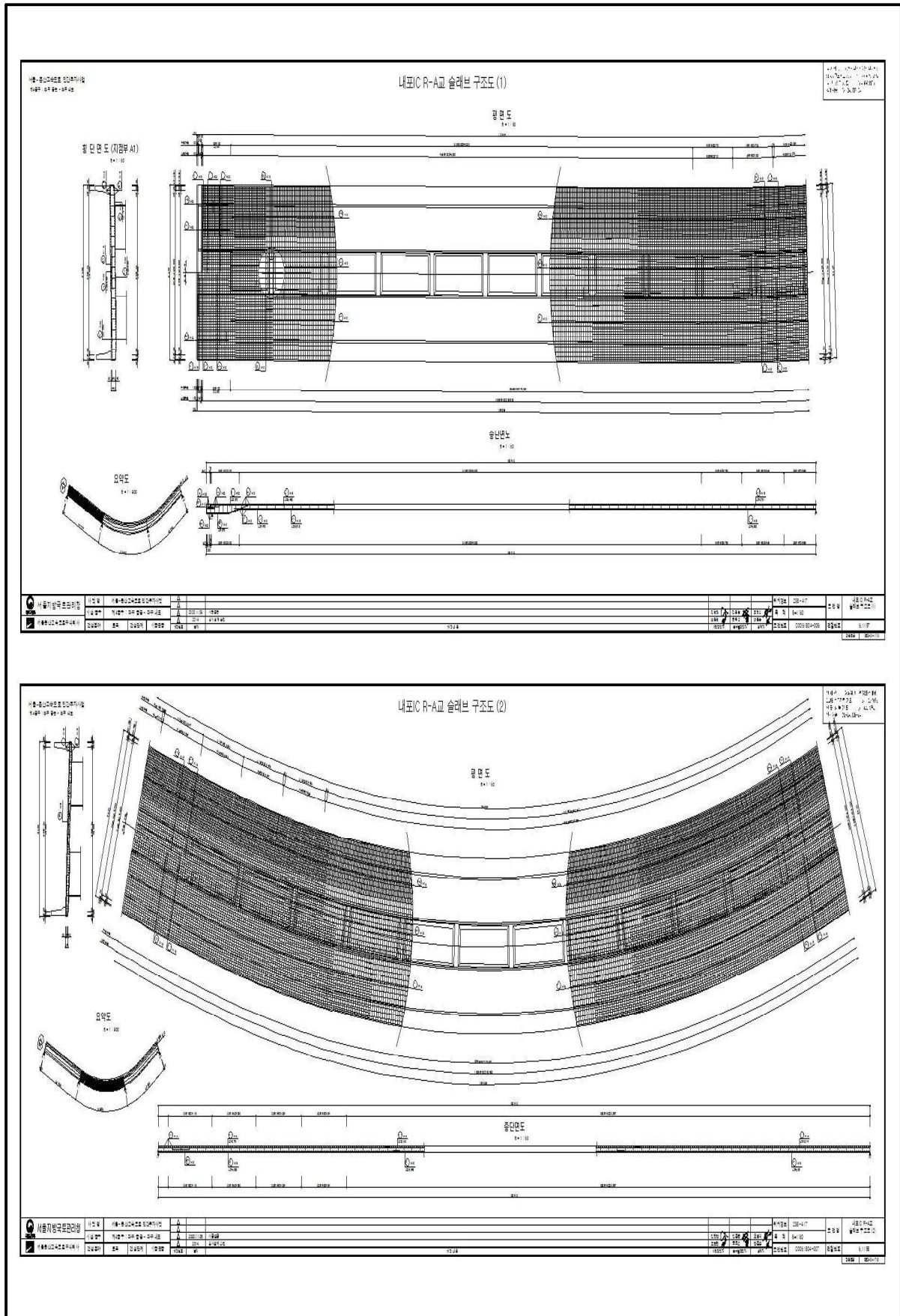


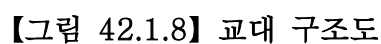


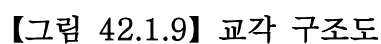
[그림 42.1.5] 교대 일반도

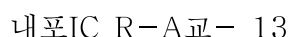


【그림 42.1.6】 교각 일반도









SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.1.2 지형특성 분석

기본방향 • 산업 및 수

• 산적 및 수괴 등 지형특성에 따른 붕괴 안전 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

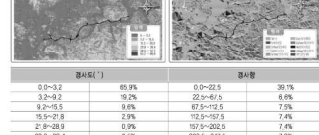
○산계 및 수계 분석



• 11061-8551

산 계	• 시냇노리개 등과는 지역은 동수산·고봉산·봉선산·용문산을 잇는 북부서평간의 산계 일대 • 용문산을 경계로 구릉지대 지산계가 발달하고, 북쪽은 용문산을 북쪽 고지대 일대	경상도 북서
수 계	• 시냇 서부면 한강과 시냇 중부면의 유역권이 있으며, 1차 지류는 동천천, 공룡천, 문선천이 분포 • 문선천과 공룡천 지산산의 양쪽을 형성하여 한강에 유입되고, 문선천 지산-곡천쪽 지류를 형성하여 유입되고 있음 • 서부구간이 동쪽면의 구간을 대부분 차지하며 지류도 수직상 수로, 용문천과 문선천이 직접	경상도 북서

○ 하천 분석

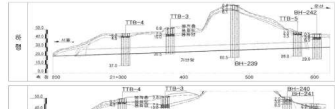


52.2~69.1
69.1~89.9

52.2~60.1	0.2%	202.5~337.5	8.5%
60.1~69.9	0.2%	337.5~360.0	7.2%

2.1.2 터널구간

○금호터널(BH-239, 240, 241, 242, 제3자 공고: TTB-3, 4, 5)



■ 지출상태

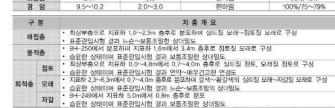
79

제 4 편 상세 및 보완조치

■ 11月24日



3	2	95
---	---	----



통학영	- 기전영 - 윤진시
-----	--

- 기반암의 하부면과도로 지표하 7.5~24.0m에서 0.5~8.5m 이상 총후로 분포
- 굴착시 암반면의 심하게 모래로 분해되어 표준강입시험 결과 매우조일한 상이함

2. 시험규조사 및

10. 336의 극치 상태 및 실험 결과표시에 대한 설명의 옳고 그름을 고지하시라.



1공구	TP-7	2.0	정리형	16.54	17.69	13.06	13.97	0.790
2공구	TP-8	1.9	정리형	15.30	17.98	12.84	15.08	0.839

3분기	NTP-3	1.0	SM	17.64	16.74	14.50	13.60	1,231
	NTP-6	1.0	SM	18.25	15.72	13.91	11.98	1,312
	NTP-9	1.0	SM	18.01	15.50	13.03	11.60	1,200

487	NTP-8	1.0	SM	18.57	15.21	14.89	12.20	1.247
	NTP-9	1.0	SM	18.27	14.99	12.66	10.39	1.443

* 불교전사회의 습윤단위중량 : 14.13~16.70kN/m³, 건조단위중량 : 14.90~20.66kN/m³

-4- 사내 및 보완조치

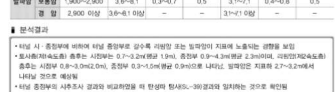
제 3 장 물리탐사

3.1 탄성파탐사

3.1 탄생과탐사

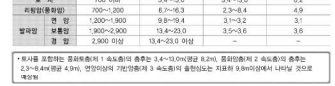


구분	한강하구둑 상류	시정 상류	홍천강 상류	홍천강 중류	홍천강 하류
도 시	700~008	0.9~3.2	0.7~3.2	1.9	0.9~4.3
연 결	700~1,200	1.3~6.3	0.8~3.0	2.0	0.9~1.5
연 결	1,200~1,900	3.2~7.6	0.7~3.3	2.0	0.3~2.8



3.1.2 主成分

일시원지도



○본선 평가구간(SL-45 : STA. 24+126~24+396)



내포IC R-A교- 14

다. 구조계산서 및 내진설계

구조물 개요									
현상명	서울순환고속도로		발주처	서울지방국토관리청					
교량명	내포 IC R-A교		연장	57,000 + 65,000 + 57,000 = 179,000 m					
교량등급	1등급 (DB-24 및 DL-24 적용)		교량폭	폭원		8,500 m			
교량형식	Steel 박스거더교		사각	90,000'					
바닥판 설계									
구분	검토위치	검토방법	최소바닥판두께	사용바닥판두께	단정	안전율	비고		
최소 바닥판	좌측 전월레버	강도설계법	236.0 mm	290.0 mm	0.8 11	122.9%			
	우측 전월레버	강도설계법	236.0 mm	290.0 mm	0.8 11	122.9%			
	가터	강철설계법	220.0 mm	290.0 mm	0.8 11	131.8%			
	가터보	강철설계법	220.0 mm	240.0 mm	0.8 11	109.1%			
바닥판 설계									
구분	검토위치	검토항목	제수M, 필요할 경우 M, 사용할 경우 M	단정	안전율	비고			
단면 설계	좌측 전월레버 (강도)	모멘트 강도	120.7 kN-m	143.8 kN-m	0.8 11	119.0%			
		휨결구 강도	1,645.5 mm ³	1,986.0 mm ³	0.8 11	H160250-H160250			
		내력결구 강도	1,102.5 mm ³	1,146.0 mm ³	0.8 11	H160250			
		단부보강주철구	3,290.9 mm ³	3,871.0 mm ³	0.8 11	H228200-H228200			
	우측 전월레버 (강도)	모멘트 강도	120.7 kN-m	143.8 kN-m	0.8 11	119.0%			
		휨결구 강도	1,645.5 mm ³	1,986.0 mm ³	0.8 11	H160250-H160250			
		내력결구 강도	1,102.5 mm ³	1,146.0 mm ³	0.8 11	H160250			
		단부보강주철구	3,290.9 mm ³	3,871.0 mm ³	0.8 11	H228200-H228200			
	가터 및 가터보 (강철)	모멘트 강도	120.7 kN-m	143.8 kN-m	0.8 11	119.0%			
		휨결구 강도	1,645.5 mm ³	1,986.0 mm ³	0.8 11	H160250-H160250			
		내력결구 강도	1,102.5 mm ³	1,146.0 mm ³	0.8 11	H160250			
		단부보강주철구	3,290.9 mm ³	3,871.0 mm ³	0.8 11	H228200-H228200			
내부지침부	가터 및 가터보 (강철)	모멘트 강도	120.7 kN-m	143.8 kN-m	0.8 11	119.0%			
		휨결구 강도	1,645.5 mm ³	1,986.0 mm ³	0.8 11	H160250-H160250			
		내력결구 강도	1,102.5 mm ³	1,146.0 mm ³	0.8 11	H160250			
		단부보강주철구	3,290.9 mm ³	3,871.0 mm ³	0.8 11	H228200-H228200			
구분	검토위치	검토항목	제수M, 필요할 경우 M, 사용할 경우 M	단정	안전율	비고			
서울고속도로	좌측 전월레버	균열폭	100.0 mm	835.7 mm	0.8 11	835.7%			
	우측 전월레버	균열폭	100.0 mm	835.7 mm	0.8 11	835.7%			

1. 설계 조건

1) 교량 제원

- (1) 교량 명 : 내포IC R-A교
- (2) 교량 등급 : 1등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- (3) 교량 형식 : Steel 박스거더교
- (4) 교량 연장 : 57,000 + 65,000 + 57,000 = 179,000 m
- (5) 교량 폭원 : B = 8,500 m
- (6) Girder 제원 : B = 2,100 m H = 2,000 ~ 2,500 m
- (7) 사각(Skew) : 90,000'
- (8) 곡률반경(R) : 좌측 = 90,000 m 중앙 = 90,000 m 우측 = 90,000 m
- (9) 설계 속도 : 50,000 km/h
- (10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강재

• 사용재료

주 부재	H68500 (상판, 하판, 복판, 상부플레이트, 하부플레이트, 수평보강재, 지압부 다이어프램, 지압부강재, 솔라라이트)
부 부재	SM400 (지압부의 다이어프램, 수직보강재, 플레이트, 세로보, 일련부 가로보, 지압부 가로보)
강재 인장강도 (σ _t)	205,000 MPa
강재의 인장탄성계수 (E)	70,000,000 MPa

• 허용 응력 (MPa)

		(단, 도.설.제 3.3.2.1)					
응력 종류	단위계 (mm)	SS 400 SM 400 SM 400	SM 490 SM 490 SM 490	SM 490Y SM 520 SM 490	SM 570 SM 570 SM 570	H68500	H68500
축방향 인장응력 및 횡 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270
	40 초과 75 이하	130	175	200	250	230	270
	75 초과 100 이하	130	175	200	250	230	270

		(단, 도.설.제 3.3.2.1)					
응력 종류	단위계 (mm)	SS 400 SM 400 SM 400	SM 490 SM 490 SM 490	SM 490Y SM 520 SM 490	SM 570 SM 570 SM 570	H68500	H68500
⑥ 휨 압축응력	40 이하	140	190	215	270	230	270
	40 초과 75 이하	130	175	200	250	230	270
	75 초과 100 이하	130	175	200	250	230	270
전단응력	40 이하	80	110	125	155	135	155
	40 초과 75 이하	75	100	115	145	135	155
	75 초과 100 이하	75	100	115	145	135	155
지압응력 (지압과 일련 사이)	40 이하	210	285	325	405	345	405
	40 초과 75 이하	195	265	305	385	345	405
	75 초과 100 이하	195	265	305	385	345	405

※ TMC 강재일 경우에는 () 안의 값을 적용한다.

압축응력이 콘크리트 바닥판 등에 직접 고정되어 있는 경우, 상사철 단면, ⅹ형 단면과 같이
홍사철이 일어나기 어려운 경우 휨 압축응력 적용

• 합력 응력 (MPa)

		(단, 도.설.제 3.2.5)					
응력 종류	단위계 (mm)	SS 400 SM 400 SM 400	SM 490 SM 490 SM 490	SM 490Y SM 520 SM 490	SM 570 SM 570 SM 570	H68500	H68500
기준 합력점	40 이하	235	315	355	450	360	450
	40 초과 75 이하	215	295	335	430	360	450
	75 초과 100 이하	215	295	335	430	360	450

※ TMC 강재일 경우에는 () 안의 값을 적용하고, H68 600인 경우에는 [] 안의 값을 적용한다.

• 국부좌굴을 고려하지 않는 허용 축방향 압축응력 (MPa)

단위계 (mm)	SS 400 SM 400 SM 400	SM 490 SM 490 SM 490	SM 490Y SM 520 SM 490	SM 570 SM 570 SM 570
40 이하	$140 \leq \frac{L}{r} \leq 18.6$ $140 - 0.82 \left(\frac{L}{r} - 18.6 \right)$ $18.6 < \frac{L}{r} \leq 92.8$ $\frac{1,200,000}{6,700 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \leq 92.8 < \frac{L}{r}$	$190 \leq \frac{L}{r} \leq 16.0$ $190 - 1.29 \left(\frac{L}{r} - 16.0 \right)$ $16.0 < \frac{L}{r} \leq 80.1$ $\frac{1,200,000}{5,000 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \leq 80.1 < \frac{L}{r}$	$215 \leq \frac{L}{r} \leq 15.1$ $215 - 1.55 \left(\frac{L}{r} - 15.1 \right)$ $15.1 < \frac{L}{r} \leq 75.5$ $\frac{1,200,000}{4,400 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \leq 75.5 < \frac{L}{r}$	$270 \leq \frac{L}{r} \leq 13.4$ $270 - 2.19 \left(\frac{L}{r} - 13.4 \right)$ $13.4 < \frac{L}{r} \leq 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \leq 67.1 < \frac{L}{r}$
40 초과 75 이하	$130 \leq \frac{L}{r} \leq 19.4$ $130 - 0.73 \left(\frac{L}{r} - 19.4 \right)$ $19.4 < \frac{L}{r} \leq 97$	$175 \leq \frac{L}{r} \leq 16.6$ $175 - 1.15 \left(\frac{L}{r} - 16.6 \right)$ $16.6 < \frac{L}{r} \leq 82.8$	$200 \leq \frac{L}{r} \leq 15.5$ $200 - 1.4 \left(\frac{L}{r} - 15.5 \right)$ $15.5 < \frac{L}{r} \leq 77.7$ $\frac{1,200,000}{4,700 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \leq 77.7 < \frac{L}{r}$	$260 \leq \frac{L}{r} \leq 13.7$ $260 - 2.07 \left(\frac{L}{r} - 13.7 \right)$ $13.7 < \frac{L}{r} \leq 68.6$ $\frac{1,200,000}{3,600 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \leq 68.6 < \frac{L}{r}$
75 초과 100 이하	$194 < \frac{L}{r} \leq 97$ $\frac{1,200,000}{7,300 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \leq 97 < \frac{L}{r}$	$166 < \frac{L}{r} \leq 82.8$ $\frac{1,200,000}{5,300 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \leq 82.8 < \frac{L}{r}$	$19 \leq \frac{L}{r} \leq 15.8$ $19 - 1.35 \left(\frac{L}{r} - 15.8 \right)$ $15.8 < \frac{L}{r} \leq 78.9$ $\frac{1,200,000}{4,800 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \leq 78.9 < \frac{L}{r}$	$250 \leq \frac{L}{r} \leq 13.9$ $250 - 1.96 \left(\frac{L}{r} - 13.9 \right)$ $13.9 < \frac{L}{r} \leq 69.4$ $\frac{1,200,000}{3,700 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \leq 69.4 < \frac{L}{r}$

※ TMC 강재일 경우에는 일련강재에 40이하 값을 사용함

단위계 (mm)	H68500	H68600	H68800	비고
80 이하	$20 \leq \frac{L}{r} \leq 14.6$ $20 - 1.72 \left(\frac{L}{r} - 14.6 \right)$ $14.6 < \frac{L}{r} \leq 73.0$ $\frac{1,200,000}{4,100 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \leq 73.0 < \frac{L}{r}$	$20 \leq \frac{L}{r} \leq 14.6$ $20 - 2.19 \left(\frac{L}{r} - 14.6 \right)$ $14.6 < \frac{L}{r} \leq 69.1$ $\frac{1,200,000}{3,300 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \leq 69.1 < \frac{L}{r}$	$380 \leq \frac{L}{r} \leq 18.0$ $380 - 4.18 \left(\frac{L}{r} - 18.0 \right)$ $18.0 < \frac{L}{r} \leq 54.2$ $\frac{1,200,000}{2,300 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \leq 54.2 < \frac{L}{r}$	
80 초과 100 이하	$20 \leq \frac{L}{r} \leq 14.6$ $20 - 1.72 \left(\frac{L}{r} - 14.6 \right)$ $14.6 < \frac{L}{r} \leq 73.0$ $\frac{1,200,000}{4,100 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \leq 73.0 < \frac{L}{r}$	$20 \leq \frac{L}{r} \leq 14.6$ $20 - 2.19 \left(\frac{L}{r} - 14.6 \right)$ $14.6 < \frac{L}{r} \leq 69.1$ $\frac{1,200,000}{3,300 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \leq 69.1 < \frac{L}{r}$	$380 \leq \frac{L}{r} \leq 18.0$ $380 - 4.18 \left(\frac{L}{r} - 18.0 \right)$ $18.0 < \frac{L}{r} \leq 54.2$ $\frac{1,200,000}{2,300 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \leq 54.2 < \frac{L}{r}$	
비고	L : 부재의 유효 좌굴길이 (mm) r : 부재 종단면의 단면 회전 반경 (mm)			

※ 이의의 허용 질 압축 응력 (MPa) (☞ 도.설.책 3.3.2.1)

강종		SS 400 SM 400 SM400	SM 490 [SM490C-TWC]	SM 490Y SM 520 SM490 [SM520C-TWC]	SM 570 SM4570 SM570C-TWC]
$\frac{A_w}{A_s} \leq 2$	40 이하	$140 \cdot \frac{l}{b} \leq 4.6$ $140 \cdot 24K \cdot \frac{l}{b} \leq 4.6$ $4.6 < \frac{l}{b} \leq 30$	$190 \cdot \frac{l}{b} \leq 4.0$ $190 \cdot 39K \cdot \frac{l}{b} \leq 4.0$ $4.0 < \frac{l}{b} \leq 30$	$215 \cdot \frac{l}{b} \leq 3.8$ $215 \cdot 46K \cdot \frac{l}{b} \leq 3.8$ $3.8 < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 \cdot \frac{l}{b} \leq 3.4$ $270 \cdot 66K \cdot \frac{l}{b} \leq 3.4$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$
	40 초과 75 이하	$130 \cdot \frac{l}{b} \leq 4.9$	$175 \cdot \frac{l}{b} \leq 4.1$	$200 \cdot \frac{l}{b} \leq 3.9$ $200 \cdot 42K \cdot \frac{l}{b} \leq 3.9$ $3.9 < \frac{l}{b} \leq 27$	$260 \cdot \frac{l}{b} \leq 3.4$ $260 \cdot 62K \cdot \frac{l}{b} \leq 3.4$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$
	75 초과 100 이하	$130 \cdot 22K \cdot \frac{l}{b} \leq 4.9$ $4.9 < \frac{l}{b} \leq 30$	$175 \cdot 34K \cdot \frac{l}{b} \leq 4.1$ $4.1 < \frac{l}{b} \leq 30$	$195 \cdot \frac{l}{b} \leq 3.9$ $195 \cdot 40K \cdot \frac{l}{b} \leq 3.9$ $3.9 < \frac{l}{b} \leq 27$	$250 \cdot \frac{l}{b} \leq 3.5$ $250 \cdot 59K \cdot \frac{l}{b} \leq 3.5$ $3.5 < \frac{l}{b} \leq 25$
	비고	A_w : 복부판의 총 단면적 (mm ²) A_s : 압축플랜지의 총단면적 (mm ²) l : 압축플랜지의 고정관강의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) $K = \sqrt{\frac{I_s \cdot A_s}{2A}}$			
	40 이하	$140 \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{9.3}{K}$ $140 \cdot 12K \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{9.3}{K}$ $\frac{9.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$190 \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{8.0}{K}$ $190 \cdot 19K \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{8.0}{K}$ $\frac{8.0}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$215 \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{7.5}{K}$ $215 \cdot 23K \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{7.5}{K}$ $\frac{7.5}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{6.7}{K}$ $270 \cdot 33K \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{6.7}{K}$ $\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$
	40 초과 75 이하	$130 \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{9.7}{K}$	$175 \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{8.3}{K}$	$200 \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{7.8}{K}$ $200 \cdot 21K \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{7.8}{K}$ $\frac{7.8}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$260 \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{6.9}{K}$ $260 \cdot 31K \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{6.9}{K}$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$
	75 초과 100 이하	$130 \cdot 10K \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{9.7}{K}$ $\frac{9.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$175 \cdot 17K \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{8.3}{K}$ $\frac{8.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$195 \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{7.9}{K}$ $195 \cdot 20K \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{7.9}{K}$ $\frac{7.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$250 \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{6.9}{K}$ $250 \cdot 29K \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{6.9}{K}$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$

※ TWC 강재일 경우에는 () 안의 값을 적용한다.

⑦ 비약판 콘크리트 (☞ 도.설.책 3.9.2.7, 도.설.책 3.9.2.8, 도.설.책 4.2.3, 도.설.책 4.6.3.3)

콘크리트 설계 기준강도 (f_{ck})	27.0 MPa
콘크리트 탄성계수 (E_c)	28,693.4 MPa
철근 탄성계수 (E_s)	12,297.2 MPa
탄성계수비 (n)	7.0
비약판 콘크리트와 강재 주거단면의 온도차	10,000 ℃
비약판 콘크리트와 강재의 선형변형률 (mm)	0.00012
건조수축 계수 (ϵ_d)	0.000270
상 대 습 도	70.0 %
Creep 계수 (Φ_p)	$\Phi_p = 2\Phi_1$: 2

⑧ 비약판 철근

철근 설계 항복강도 (f_{yk})	400.0 MPa
철근 탄성계수 (E_s)	200,000.0 MPa

2) 하중 조건

(1) 고 령 하 중 (☞ 도.설.책 2.1.2)

- ① 철근 콘크리트 : 25,000 kN/m²
- ② 부근 콘크리트 : 23,500 kN/m²
- ③ 강 재 : 78,500 kN/m²
- ④ 포장 콘크리트 : 23,000 kN/m²

(2) 활 하 중 (☞ 도.설.책 2.1.3)

- ① 설계 차선수 산정
 $M_k = 7.600 \text{ m}$, $N = 2$ 차로
 $M_k = 7.600 / 2 = 3.800 \text{ m} > 3.600 \text{ m}$
 ∴ 설계 차폭 3.600m보다 2차로 연속으로 제하

⑨ 1등급 교량으로서 DS-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

- DS-24 하중
 - 전방하중 : $P_f = 24,000 \text{ kN}$
 - 후방하중 : $P_r = 96,000 \text{ kN}$
- DL-24 하중
 - 차로당 동등포 하중 : $W_L = 12,700 \text{ kN/s}$
 - 모멘트 계산시 집중하중 : $P_m = 108,000 \text{ kN}$
 - 전단력 계산시 집중하중 : $P_s = 156,000 \text{ kN}$

강종		HS8000	HS9000	HS9800	비고
$\frac{A_w}{A_s} \leq 2$	100 이하	$230 \cdot \frac{l}{b} \leq 3.6$ $230 \cdot 51K \cdot \frac{l}{b} \leq 3.6$ $3.6 < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 \cdot \frac{l}{b} \leq 3.4$ $270 \cdot 66K \cdot \frac{l}{b} \leq 3.4$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$	$380 \cdot \frac{l}{b} \leq 5.4$ $380 \cdot 125K \cdot \frac{l}{b} \leq 5.4$ $5.4 < \frac{l}{b} \leq 19$	
	100 이하	$230 \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{7.3}{K}$ $230 \cdot 26K \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{7.3}{K}$ $\frac{7.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{6.7}{K}$ $270 \cdot 33K \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{6.7}{K}$ $\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$	$380 \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{5.8}{K}$ $380 \cdot 63K \cdot \frac{l}{b} \leq \frac{5.8}{K}$ $\frac{5.8}{K} < \frac{l}{b} \leq 19$	
비고		A_w : 복부판의 총 단면적 (mm ²) A_s : 압축플랜지의 총단면적 (mm ²) l : 압축플랜지의 고정관강의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) $K = \sqrt{\frac{I_s \cdot A_s}{2A}}$			

• 설계 주거단의 허용응력 증가율 (☞ 도.설.책 3.9.3.1)

하중의 조합		증가율 (%)	
		압력, 침투압력을 갖는 부분	부압, 침투압력을 갖는 부분
1	브레이크 동행과 건조수축과 일방을 제외한 주하중	0	0
2	주 하 중	압축면 : 15 인장면 : 0	0
3	도하중, 타하중, 전크리프트와 강재 주거단면의 온도차	압축면 : 30 인장면 : 15	15
4	가설시 하중	압축면 : 25 인장면 : 25	25

• 마찰 이음봉 고정력 분포 허용력 (kN) (1봉은 10마달인 다) (☞ 도.설.책 3.3.2.3)

봉의 위치	F 8 T	F 10 T	S 10 T	F 13 T	S 13 T
나사요철					
봉 20	31	39	39	50	50
봉 22	39	48	48	63	63
봉 24	45	56	56	73	73
봉 27	58	73	73	-	-
봉 30	71	89	89	-	-

⑩ 충격 계수

• 1 차간

$$i = 15 / (40 + L) = 0.156 < 0.300 \therefore i = 0.156$$

• 2 차간

$$i = 15 / (40 + L) = 0.143 < 0.300 \therefore i = 0.143$$

• 3 차간

$$i = 15 / (40 + L) = 0.156 < 0.300 \therefore i = 0.156$$

(3) 콘크리트의 Creep와 건조수축의 영향

• 철근 콘크리트의 비약판의 Creep와 건조수축의 영향에 대한 단면력을 검토한다.

(4) 지점침하에 의한 영향

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

(5) 온도변화에 의한 영향

• 비약판과 주철의 온도차 발생시 생기는 단면력 및 응력을 산정하고 이의의 온도 변화는 직선변화 한다고 가정한다.

• 다듬어 제시된 충돌력은 난간면 경우 비약판의 설계에만 사용하며, 이 충돌력을 사용하여 차랑 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.

수 령 령 (kN/m)		지점 높이	수 령 령 (kN/m)
도심 도로상	일반 도로상		
3.750	2.500	난간 상단부	1.000

• 다듬어 제시된 충돌력은 벽식 강성 방호 울타리인 경우 비약판의 설계에만 사용하며, 이 충돌력을 사용하여 차랑 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.

⑪ 수 령 령 높이 H는 노면상 1.0m 높이에 곡률의 피라 1.0m이다 적용하되 다음 식에 의하여 구한다.

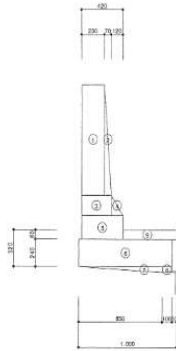
$$H = \left(\frac{V}{60} \right)^2 \times 7.5 + 2.5 \text{ (kN/m)}$$

⑫ 방호벽 상단에 횡방향으로 10kN/h의 수 령 령을 제하한다.

(다만, 곡률반지름 R≤200m인 곡선부에 대해서는 ①, ② 모두에 대해 그 수 령 령을 제하한 길의 2배로 한다)

3. 바닥판 설계

3.1 좌측 편입레버부



(1) 고정 하중

No.	산 식	적용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	$0.970 \times 0.230 \times 25,000$	5,577	0.805	-4,490
2	$0.970 \times 0.070 \times 25,000 \times 1/2$	0,649	0.667	-0.596
3	$0.175 \times 0.300 \times 25,000$	1,313	0.770	1,011
4	$0.175 \times 0.120 \times 25,000 \times 1/2$	0,263	0.580	0.152
5	$0.205 \times 0.420 \times 25,000$	2,152	0.710	1,528
6	$0.240 \times 0.650 \times 25,000$	5,700	0.475	2,708
7	$0.050 \times 0.850 \times 25,000 \times 1/2$	0,531	0.383	0.204
8	$0.050 \times 0.100 \times 25,000$	0,125	0.050	0.006
9	$0.080 \times 0.500 \times 23,000$	0,920	0.250	0.230
합 계		17,430		10,894

(2) 활 하중 (DB-24 : Pr = 95.0 kN) (☞도.설.기 2.1.3)

① 승 령 계 수

$$l = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.200) = 0.373 > 0.30 \quad \therefore l = 0.300$$

(6) 하중 조합 (☞도.설.해 2.2.3.2)

- 최대 계수 모멘트 계산

$$\begin{aligned} \textcircled{1} M_u &= 1.30 + 2.15(L+l) + 1.30F \\ &= 1.3 \times 10.894 + 2.15 \times 19,200 + 1.3 \times 32,815 = 98,103 \text{ kN} \cdot \text{m/n} \\ \textcircled{2} M_u &= 1.30 + 1.3(L+l) + 1.30F + 1.30c \\ &= 1.3 \times 10.894 + 1.3 \times 19,200 + 1.3 \times 32,815 + 1.3 \times 29,900 = 120,653 \text{ kN} \cdot \text{m/n} \\ \textcircled{3} M_u &= 1.30 + 1.3(L+l) + 1.30F + 0.65W \\ &= 1.3 \times 10.894 + 1.3 \times 19,200 + 1.3 \times 32,815 + 0.65 \times 3,277 = 82,912 \text{ kN} \cdot \text{m/n} \\ \textcircled{4} M_u &= 1.20 + 1.2W + 1.2c \\ &= 1.2 \times 10.894 + 1.2 \times 3,277 + 1.2 \times 29,900 = 52,885 \text{ kN} \cdot \text{m/n} \\ \textcircled{5} M_u &= 1.30 + 1.3W \\ &= 1.3 \times 10.894 + 1.3 \times 3,277 = 18,422 \text{ kN} \cdot \text{m/n} \end{aligned}$$

· 최대 계수 모멘트는 하중조합 중에서 가장 큰 $M_u = 120,653 \text{ kN} \cdot \text{m/n}$ 로 단면 검토한다.

- 최대 사용 모멘트 계산

$$\begin{aligned} \textcircled{1} M_s &= D + Li + 0.3W + 0.0F \\ &= 10.894 + 19,200 + 0.3 \times 3,277 + 0.0 \times 32,815 = 31,077 \text{ kN} \cdot \text{m/n} \\ \textcircled{2} M_s &= D + Li + 0.0c + 0.0F \\ &= 10.894 + 19,200 + 0.0 \times 29,900 + 0.0 \times 32,815 = 30,084 \text{ kN} \cdot \text{m/n} \end{aligned}$$

· 최대 사용 모멘트는 하중조합 중에서 가장 큰 $M_s = 31,077 \text{ kN} \cdot \text{m/n}$ 로 균일 검토한다.

(7) 바닥판의 최소 두께 (X = 0.20 ≤ 0.25 인 경우) (☞도.설.기 3.6.1.5)

$$\begin{aligned} h(\min) &= 280 \cdot L + 180 = 280 \times 0.200 + 180 = 236.0 \text{ mm} \geq 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h(\text{req}) = 236.0 \text{ mm} \\ h(\text{use}) &= 290.0 \text{ mm} \geq h(\text{req}) = 236.0 \text{ mm} \quad \therefore \text{OK} \end{aligned}$$

② 유효도 분포폭

$$E = 0.8 \times L + 1.14 = 0.8 \times 0.200 + 1.14 = 1.300 \text{ m}$$

③ 휨 모멘트

$$M_l = (Pr/E) \times L \times (1+i) = (95,000/1,300) \times 0.200 \times (1+0.300) = 19,200 \text{ kN} \cdot \text{m/n}$$

(3) 차량 충돌 하중 (☞도.설.해 2.4.3.5)

① 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교통을 따라 1m 마다 작용하는 것으로 한다.

$$H = (V/90)^2 \times 7.5 + 2.5 = (50,000/90.0)^2 \times 7.5 + 2.5 = 7,708 \text{ kN/m}$$

작용 높이 $h = 1.225 \text{ m}$

$$\text{작용모멘트 } M_{co} = H \times h = 7,708 \times 1.225 = 9,443 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

② 앞후측 상단에 횡방향으로 10kN/m의 수평하중을 작용한다.

작용 높이 $h = 1.495 \text{ m}$

$$\text{작용모멘트 } M_{co} = H \times h = 10,000 \times 1.495 = 14,950 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

극한반직률 $R = 90.0 \text{ m} \leq 200.0 \text{ m}$ 이므로, ①과 ②의 값 중 큰 값에 2배를 적용한다.

$$M_{co} = 29,900 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

(4) 풍 하중

$$\begin{aligned} F_w &= 3,000 \times H = 3,000 \times 1.270 \\ &= 3,810 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_w &= F_w \times (H/2 + P_1 + 1/2) = 3,810 \times (1.270 / 2 + 0.080 + 0.145) \\ &= 3,277 \text{ kN} \cdot \text{m/n} \end{aligned}$$

(5) 변 심 하 중

$$\text{표 설계속도 } V = 50.000 \text{ km/hr} \quad R = 90,000$$

- 일반화하중 작용시

$$\begin{aligned} CF &= 0.75 \times V^2 / R (\%) = 0.75 \times 50,000^2 / 90,000 = 21,944 \% \\ P_{cf} &= (Pr/E) \times CF/100 = (95,000/1,300) \times 21,944/100 = 16,205 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ M_{cf} &= P_{cf} \times 2.02 = 16,205 \times 2.02 = 32,815 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

(8) 단 면 검토

[단면근로 : 좌측 편입레버부]

· 단면재질 및 설계가정

$$f_{ck} = 27 \text{ MPa}, f_y = 400 \text{ MPa}, k_1 = 0.85, \phi f = 0.85, \phi v = 0.80$$

B(mm)	H(mm)	d(mm)	단면적(mm ²)	Mu(kN·m)	Vu(kN)
1000.00	290.00	230.00	60.00	120.65	0.00

· 광도라소계수(φ) 산정

$$\begin{aligned} T &= A_s \times f_y = 1986.000 \times 400.00 = 794,400.000 \\ C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 0.85 \times 27.00 \times a \times 1000.00 = 22,950.000 \times a \\ T &= C \text{ 이므로, } a = 34.614 \text{ mm, } c = 34.614 / 0.85 = 40.723 \text{ mm} \\ e_y &= f_y / E_s = 400.00 / 200,000.00 = 0.0020 \\ \epsilon_t &= 0.00300 \times (d - c) / c = 0.00300 \times (230.00 - 40.723) / 40.723 = 0.01394 \\ \epsilon_t &\geq 0.00500 \text{ 이므로 민장지배단면이며, } \phi = 0.85 \text{ 를 적용한다.} \end{aligned}$$

· 필요철근량 산정

$$\begin{aligned} M_u / \phi &= A_s \times f_y \times (d - a/2) \quad \textcircled{1} \\ a &= A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) \quad \textcircled{2} \\ \text{식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 } A_s \text{를 구한다} \\ f_y^2 & \quad M_u \\ \frac{A_s^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\phi} &= 0, A_s = 1986.459 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

· 사용철근량 = 1986.0 mm² (철근도심 : 60.0 mm), [사용률 = 1.207]
1단 : H16 - 10.0 EA (= 1986.0 mm²)

· 철근비 검토

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1.4 / f_y = 0.00350 \\ 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y &= 0.00325, \quad \rho_{\min} = 0.00350 \text{ 적용} \\ \text{수직온도철근비} &= 0.00200 \\ \rho_{\max} &= 0.714 \times \rho_b = 0.714 \times k_1 \times \phi \times \{f_{ck} / (f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\}\} = 0.02059 \\ \rho_{\text{use}} &= A_s / bd = 0.00863 \\ \rho_{\max} &\geq \rho_{\text{use}} \geq \rho_{\min} \rightarrow \text{철근비 만족, } \therefore \text{OK} \end{aligned}$$

4. 내진 해석을 위한 제원

(1)내진등급 및 가속도 계수

■ 지진구역 구분

지진구역	활용 구역
I	시 서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시
	도 경기도, 강원도 남부, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부
II	도 강원도 북부, 전라남도 남서부, 제주도

전라남도 남서부(고,시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥 ...

■ 지진구역계수(재현주기 500년에 해당)

지진구역	I	II
구역계수	0.11	0.07

■ 위험도계수

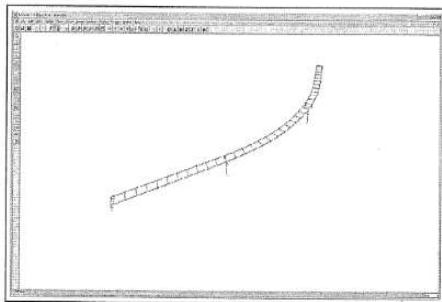
재현주기(년)	50	100	200	500	1000	2400
위험도계수 I	0.40	0.57	0.73	1.00	1.40	2.00

■ 도로교의 내진등급과 설계지침

내진등급	교량	설계지침의 평균재현주기
내진등급교	- 고속도로, 자동차 전용도로, 특별시도, 광역시도 또는 일반국도상의 교량 - 지방도, 시도 및 군도 중 지역의 방재계획상 필요한 도로에 건설된 교량, 해일도로의 일일계획교통량을 기준으로 판단했을 때 중요한 교량 - 내진등급교가 건설되는 도로위를 넘어가는 고가교량	1000년
내진비등급교	- 내진등급교 속하지 않는 교량	500년

6. 설계단면 및 모델링

6.1 모델링



6.2 단면특성

- ① 상부구조 단면특성 : 원형단면 구조해석 참조
- ② 하부구조 단면특성 : 원형단면 구조해석 참조

6.3 작용하중(작용질량)

상부구조는 거더의 형상을 통하여 받을 수 있는 단면적으로 프로그램에서 자동생성된도록 제작하고 그외의 고정하중반력과 2차고정하중들을 각각의 주철을 모델링한 프레임 요소에 단위길이 당의 하중과 질량으로 재하여 구조해석을 수행하였다. 하부구조는 콘크리트로 구성된 교각으로 각각의 단면적에 따라 프로그램내에서 자동으로 계산된 질량을 사용한다.

5. 설계대상 교량제원 및 설계상수

5.1 교량종식 : ST.Box 교

5.2 해석 대상 교량 총연장 : 57.0 + 65.0 + 57.0 = 179.00m

5.3 교 폭 : 8.500m

5.4 교각형식 : T형교각

5.5 교각기초형식 :

5.6 내진설계상수

- (1) 내진등급 : 내진 1 등급교
- (2) 지진구역계수 : 0.11
- (3) 위험도계수 : I = 1.4
- (4) 가속도계수 : A = 0.154
- (5) 지반계수 : S = 1.5 (지반종류 2, 지진리리교량)
- (6) 용단수정계수
- (7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
- (8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
- (9) 방정형식 : EQS 연진방정

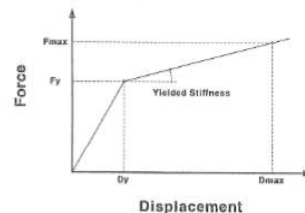
5.7 해석방법

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

5.8 해석모델

- (1) 사용프로그램 : SAP 2000
- (2) 모델링 : Frame요소사용
- (3) 질량산정 : 자동질량 입력 및 추가사하중 질량변환

6.4 사용된 연진장치(EQS)의 특성

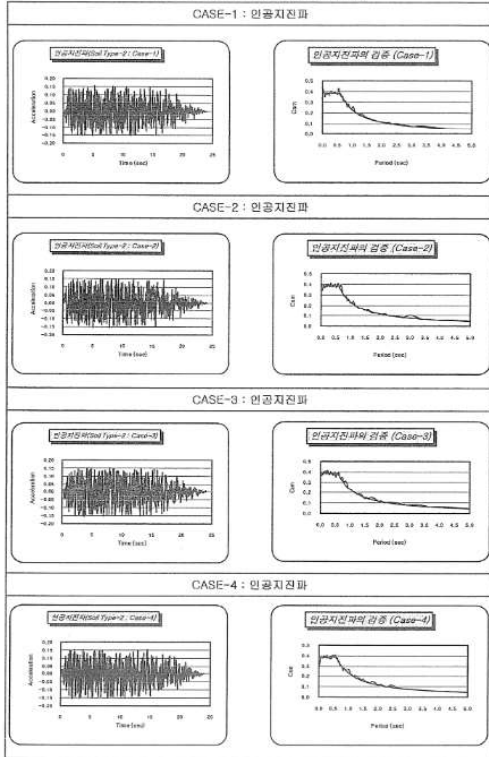


구분	1차강성 (K1,kN/m)	2차강성 (K2,kN/m)	유류강성 (Keff,kN/m)	항복강도(kN)
OMEQS 2000	중	97005.0	-	963.0
	경	97005.0	1083.0	2623.0
OMEQS 2500	중	119055.0	-	1181.0
	경	119055.0	1329.0	3219.0
OMEQS 3000	중	141105.0	-	1400.0
	경	141105.0	1675.0	3815.0
EQS5000		260160.0	2904.0	7034.0
EQS6000		343036.0	3639.0	9299.0
EQS7500		432128.0	4623.0	11983.0
EQS9000		526134.0	5606.0	14306.0

6.5 발진 위치

일반내진설계의 경우 고정단과 가동단으로 구분되어 변형이 배치 되는 경우가 일반적이다. 교축방향의 경우 상시 온도신축하중변에 자유롭게 위해 하나의 고정단과 나머지는 모두 가동단변위로 배치하게 되는데 이점에 교축방향의 모든 지점하중은 고정단교각에 전달되게 된다. 이러한 경우 고정단 교각의 배대되는 돌출이고 소성변형이 발생하여 지진 후 교각을 보수 보강을 하여 한다. 따라서 연진방정을 적용하면 모든 교각에 지진하중을 분산시켜 구조물의 안정성을 확보하고 동시에 지진하중을 줄수 소산시켜 구조물의 비대칭을 방지하여 경제적인 측면도 매우 우수하다.

설계스펙트럼에 부합하는 인공지진파 검증



8. 고유지 해석결과

8.1 주기 및 진동수

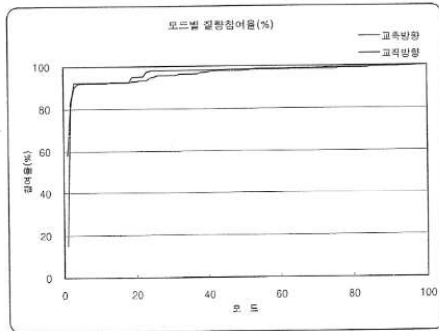
< 모드별 주기 및 진동수 >

MODE	FREQUENCY (rad/sec)	FREQUENCY (cycle/sec)	PERIOD (SEC)	비고
1	4.0657	0.6503	1.5378	
2	4.2385	0.6746	1.4824	
3	4.4682	0.7113	1.4059	
4	5.2525	0.8328	1.2008	
5	6.1525	0.9792	1.0212	
6	9.1953	1.4635	0.6833	
7	9.7401	1.5502	0.6451	
8	13.1698	2.0860	0.4771	
9	13.3191	2.1198	0.4717	
10	20.0771	3.1854	0.3130	
11	24.5752	3.9272	0.2546	
12	25.1697	4.0059	0.2496	
13	27.9830	4.4536	0.2245	
14	30.4040	4.8389	0.2067	
15	33.0895	5.2664	0.1898	
16	34.0954	5.4265	0.1843	
17	37.9878	6.0223	0.1662	
18	38.5481	6.1381	0.1630	
19	39.1865	6.2367	0.1603	
20	40.7481	6.4653	0.1542	
21	47.5508	7.5839	0.1319	
22	53.5089	8.5162	0.1174	
23	55.9210	8.9001	0.1124	
24	56.3330	8.9657	0.1115	
25	57.2287	9.1241	0.1096	
26	57.5087	9.1528	0.1093	
27	59.1037	9.4066	0.1063	
28	59.9744	9.5613	0.1051	
29	72.8168	11.5802	0.0863	
30	73.7583	11.7360	0.0852	
31	77.5423	12.3412	0.0810	
32	81.3548	12.9450	0.0772	
33	85.5807	13.6206	0.0734	
34	86.3597	13.7446	0.0728	
35	90.3478	14.3117	0.0699	
36	104.3650	16.6104	0.0602	
37	105.7495	16.8306	0.0594	
38	107.5215	17.1126	0.0584	
39	108.2018	17.2206	0.0581	
40	118.9642	18.9337	0.0528	
41	125.2389	19.9324	0.0502	
42	125.2517	19.9344	0.0502	
43	126.8894	20.1997	0.0495	
44	130.9740	20.8452	0.0480	
45	143.3037	22.8075	0.0438	
46	147.6528	23.4697	0.0426	
47	149.5103	23.7953	0.0420	
48	152.0263	24.1657	0.0413	
49	156.1094	24.7007	0.0405	
50	165.0167	26.2632	0.0381	

MODE	FREQUENCY (rad/sec)	FREQUENCY (cycle/sec)	PERIOD (SEC)	비고
51	171.8830	27.3242	0.0366	
52	173.6669	27.6309	0.0362	
53	184.8676	29.4226	0.0340	
54	192.0044	30.6539	0.0326	
55	195.0354	31.0409	0.0322	
56	198.1411	31.5361	0.0317	
57	202.5275	32.2333	0.0310	
58	203.2500	32.3482	0.0309	
59	209.0749	33.2753	0.0301	
60	216.7962	34.5042	0.0290	
61	225.9064	35.9546	0.0278	
62	228.7795	36.4114	0.0275	
63	229.1333	36.4577	0.0274	
64	229.4036	36.5107	0.0274	
65	233.4342	37.1522	0.0269	
66	240.7267	38.3126	0.0261	
67	241.5704	38.4471	0.0260	
68	250.0440	39.7957	0.0251	
69	250.4315	39.8574	0.0251	
70	267.4988	42.5734	0.0235	
71	270.7457	43.0905	0.0232	
72	274.7375	43.7258	0.0229	
73	278.6550	44.3971	0.0225	
74	284.4057	45.8551	0.0213	
75	303.8949	48.3694	0.0207	
76	314.6358	50.0750	0.0200	
77	319.0783	50.7829	0.0197	
78	328.7067	52.3153	0.0191	
79	344.3848	54.8105	0.0182	
80	346.6828	55.1763	0.0181	
81	372.7286	59.3218	0.0169	
82	374.4559	59.7551	0.0167	
83	419.1448	66.7090	0.0150	
84	432.0766	68.7671	0.0145	
85	465.3586	74.0641	0.0135	
86	477.3156	75.9671	0.0132	
87	535.7791	85.2719	0.0117	
88	544.9915	86.7381	0.0115	
89	616.5969	98.1504	0.0102	
90	648.0337	103.1378	0.0097	
91	677.1388	107.7700	0.0093	
92	783.0519	124.8266	0.0080	
93	818.7868	130.3140	0.0077	
94	943.6451	150.1954	0.0066	
95	#####	170.9825	0.0058	
96	#####	190.5213	0.0052	
97	#####	203.8014	0.0049	
98	#####	271.9226	0.0037	
99	#####	300.1612	0.0033	
100	#####	311.3141	0.0032	

8.2 질량 참여율

고유지 해석결과 방향별 유효 질량 참여율의 합이 90%를 상회함을 확인하여 본 해석이 교량의 동적거동률 충분히 구현하고 있음을 확인하였다.



< 질량참여율 >

Mode	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		비고
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	
1	58.22	58.22	15.39	15.39	0.00	0.00	
2	22.32	80.54	67.62	83.31	0.01	0.01	
3	11.76	92.31	6.77	90.08	0.00	0.01	
4	0.01	92.31	1.84	91.92	0.05	0.01	
5	0.00	92.31	0.14	92.06	0.31	0.32	
6	0.00	92.31	0.01	92.07	0.02	0.34	
7	0.00	92.32	0.00	92.07	0.02	0.36	
8	0.00	92.32	0.00	92.07	39.21	39.57	
9	0.00	92.32	0.00	92.07	23.47	63.04	
10	0.04	92.36	0.00	92.07	0.00	63.05	
11	0.01	92.36	0.00	92.07	0.00	63.05	
12	0.01	92.37	0.01	92.08	0.00	63.05	
13	0.00	92.37	0.52	92.60	0.00	63.05	
14	0.00	92.37	0.01	92.60	0.00	63.05	
15	0.02	92.39	0.00	92.61	0.25	63.30	
16	0.04	92.43	0.01	92.61	0.17	63.47	
17	0.00	92.43	0.00	92.61	0.00	63.47	
18	0.03	92.46	0.01	92.62	0.01	63.48	
19	2.59	95.05	0.24	92.86	0.00	63.48	
20	0.00	95.05	0.00	92.86	0.00	63.48	
21	0.16	95.22	0.39	93.25	0.04	63.53	
22	0.00	95.22	0.07	93.33	0.02	63.55	
23	2.26	97.47	0.95	93.39	0.24	63.79	
24	0.39	97.87	1.32	94.71	0.77	64.56	
25	0.05	97.91	0.38	95.08	1.02	65.59	
26	0.02	97.93	0.58	95.67	0.02	65.60	
27	0.01	97.94	0.00	95.67	0.19	65.70	
28	0.00	97.94	0.00	95.67	0.00	65.70	
29	0.00	97.94	0.02	95.69	0.41	66.11	
30	0.04	97.98	0.01	95.70	0.02	66.12	
31	0.00	97.99	0.06	95.75	9.66	75.80	
32	0.02	98.01	0.46	96.22	0.91	76.71	
33	0.04	98.05	0.03	96.25	0.01	76.72	
34	0.11	98.17	0.08	96.33	0.02	76.73	
35	0.00	98.17	0.00	96.33	0.00	76.73	
36	0.00	98.17	0.00	96.34	0.00	76.74	
37	0.00	98.17	0.00	96.34	0.00	76.78	
38	0.00	98.17	0.72	97.07	0.07	76.80	
39	0.00	98.17	0.07	97.13	0.01	76.81	
40	0.02	98.19	0.22	97.35	0.01	76.82	
41	0.00	98.22	0.32	97.67	0.00	76.82	
42	0.00	98.22	0.02	97.69	0.00	76.82	
43	0.00	98.22	0.10	97.79	0.00	76.88	
44	0.00	98.22	0.00	97.80	0.02	76.90	
45	0.09	98.31	0.00	97.80	0.14	77.04	
46	0.00	98.31	0.00	97.80	0.12	77.16	
47	0.00	98.32	0.02	97.82	3.38	80.54	
48	0.00	98.32	0.00	97.82	0.78	81.33	
49	0.00	98.32	0.01	97.83	0.10	81.42	
50	0.00	98.32	0.25	98.09	0.01	81.43	

■ 결과 요약

말뚝 인장검토 및 용역현황				
	구분	현장값	설계값	비고
정상시	현상지반력 (kN/EA)	1586.98	680.517	0.K
	하중인발력 (kN/EA)	537.660		
	활동력 (MPa)	133	87.725	0.K
	잔잔활동력 (MPa)	76	12.897	0.K
	수평변위 (mm)	15	5.048	0.K
지진시	현상지반력 (kN/EA)	2380.47	754.494	0.K
	하중인발력 (kN/EA)	806.504		
	활동력 (MPa)	199.5	86.415	0.K
	잔잔활동력 (MPa)	114	17.073	0.K
	수평변위 (mm)	15	3.786	0.K

■ 단면 휨 설계

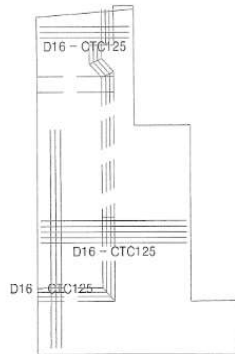
단면위치	길이 (mm)	두께 (mm)	Reo/As (mm ²)	사출콘크리트 Mu (kN.m)	σMn (kN.m)	안전도	비고	
연면지판	1200	150	1373.13	2292	964.119	603.033	1.858 0.K	
후면지판	1200	100	1056.5	2292	294.255	633.056	2.151 0.K	
벽체 : H=8,830	1900	100	1481.9	2292	676.072	1042.178	1.542 0.K	
충돌벽	500	80	1138.3	1588.8	119.482	165.427	1.385 0.K	
좌측널개벽	A(T=800 mm)	800	80	605.417	1588.8	110.467	286.971	2.598 0.K
	충부(T=450)	450	80	604.405	1588.8	56.349	145.17	2.576 0.K
	B(T=800 mm)	800	80	454.646	1588.8	83.086	286.971	3.454 0.K
	C(T=800 mm)	800	80	555.406	1588.8	101.409	286.971	2.83 0.K
우측널개벽	A(T=800 mm)	800	80	610.142	1588.8	111.324	286.971	2.576 0.K
	충부(T=450)	450	80	607.160	1588.8	56.594	145.17	2.565 0.K
	B(T=800 mm)	800	80	475.457	1588.8	86.87	286.971	3.303 0.K
	C(T=800 mm)	800	80	565.885	1588.8	103.477	286.971	2.773 0.K

■ 사용성 검토

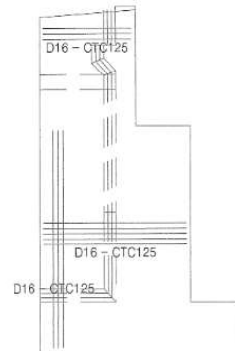
구분	마찰용량 (fs)	항복용량 (fsa)	항간강력 (S)	최대강력 (Sg)	비고
연면지판	106.494	150	125	388.23	0.K
후면지판	98.68	150	125	917.296	0.K
벽체 : H=8,830	98.002	150	125	577.307	0.K
충돌벽	139.258	150	125	386.497	0.K
좌측널개벽	A(T=800 mm)	56.769	150	125	1109.76 0.K
	충부(T=450)	56.868	150	125	1107.826 0.K
	B(T=800 mm)	43.826	150	125	1437.502 0.K
	C(T=800 mm)	63.619	150	125	1174.555 0.K
우측널개벽	A(T=800 mm)	57.224	150	125	1100.94 0.K
	충부(T=450)	57.126	150	125	1102.822 0.K
	B(T=800 mm)	45.856	150	125	1373.871 0.K
	C(T=800 mm)	54.751	150	125	1150.447 0.K

■ 주철근 조립도

- 좌측널개벽

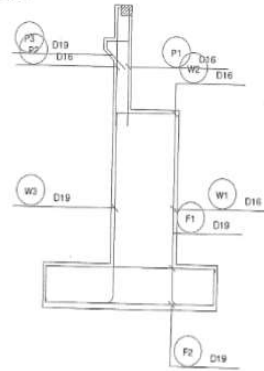


- 우측널개벽

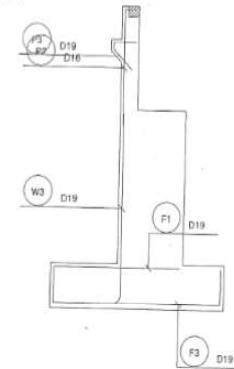


■ 주철근 조립도

- ① Cycle (CTC = 250)



- ② Cycle (CTC = 250)



1. 설계 조건

1) 일반 사항

- (1) 구조 형식 : 역T형 교대
- (2) 상부 형식 : STEEL BOX
- (3) 교량 등급 : 1종교
- (4) 교대 폭 : B = 8.500 M
- (5) 교대 높 : H = 8.030 M
- (6) 기초 형식 : 말뚝기초
- (7) SKEW : 90.000°

2) 하중

- (1) 활하중의 단위중량 : $q_c = 25.000 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 활하중의 단위중량 : $q_{s1} = 20.000 \text{ kN/m}^3$ (토사) [도로교 설계기준 제3편 F380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : $q_{s2} = 20.000 \text{ kN/m}^3$
- (4) 과재하중 : $q_l = 10.000 \text{ kN/m}^2$
- (5) 상부 교각하중 반력 : $R_d = 309.552 \text{ kN/m}$
- (6) 상부 활하중 반력 : $R_l = 133.324 \text{ kN/m}$

3) 지반 조건

- (1) 활하중의 내부마찰각 : $\phi_1 = 35.000^\circ$
- (2) 기초지반의 N치 : $N = 9.000$
- (3) 기초지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 26.619^\circ$ ($\phi_2 = 15 + \sqrt{15N}$)
- (4) 기초지반의 점착력 : $C = 17.000 \text{ kN/m}^2$
- (5) 기초지반의 마찰계수 : $\mu = 0.320$; $\tan(\phi_2)$; 흙과 콘크리트
- (6) 지반 가압도 계수 : $A = 0.154$; 위험도 계수 $\times$ 지진구역계수
 - 내진 등급 : I등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
 - 지진 구역 : I구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사용 재료 강도

- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : $f_{ck} = 24.000 \text{ MPa}$
- 항복계수 : $E_c = 27849.000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도(S0300) : $f_y = 300.000 \text{ MPa}$
- 항복계수 : $E_s = 200000.000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

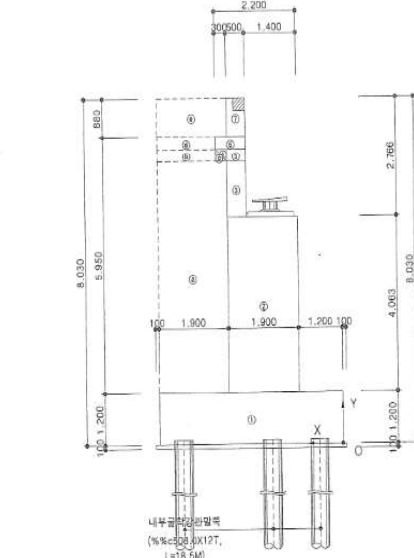
5) 설계 방법

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

6) 참고 문헌

- (1) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
- (2) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
- (3) 도로설계 관행 : 국토해양부 (2000)
- (4) 도로설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

2. 단면가정



※ 교량단면 단면적 집계표 (단위 : m²)

구분	1	2	계
교량단면	1306.667	1324.521	2631.188
활하중	430.183	703.073	1133.256

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구분	1	2	계
교량단면	123.479	123.456	246.935
지진하중	150.036	148.655	298.691

③ 활하중 작용위치 산정

- 교량단면 : $X = 899.453 / 380.972 = 2.361 \text{ m}$
 $Y = 74.457 / 29.335 = 2.538 \text{ m}$
- 활하중 : $X = 1042.405 / 256.840 = 4.059 \text{ m}$
 $Y = 90.791 / 19.777 = 4.591 \text{ m}$

2) 배면토에 의한 토압

① 토압계수 산정

- 평상시 주동토압계수 (Rankine) : 안정상태시 적용(상시)

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

- 평상시 주동토압계수 (coulomb) : 단면설계시 적용(상시)

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

- 지진시 주동토압계수 (Nononobe - Okabe)

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

ϕ = 유효활동 각의 내부마찰각(도)

α = 지표면과 수평면이 이루는 각(도)

β = 벽면과 수평면이 이루는 각(도)

δ = 벽면과 유효활동 각의 내부마찰각(도)

$\theta = \tan^{-1} [R_h / (1 - K_v)]$, $K_v = 0$

R_h = 수평지진계수 = $A/2$ (단면설계 허용 최대), $A=0.154$

구분	평상시		지진시	
	안정상태	벽체상계	안정상태	벽체상계
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
R_h	0.000	0.000	0.077	0.077
K_a, K_{aw}	0.271	0.251	0.314	0.314

3. 하중계산

1) 자중 및 고정하중 (원형 0을 기준으로)

① 교량하중 산정

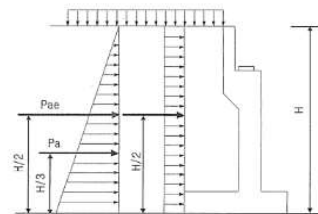
구분	번호	체적(AI)		단위중량(Y)		수중하중(HI)	
		m ³	kN/m ²	kN/m ²	kN	kN	
교량구체	①	5.000 × 1.200	= 6.000	25.000	150.000	11.550	
	②	1.900 × 4.063	= 7.721	25.000	193.016	14.862	
	③	0.500 × 1.286	= 0.643	25.000	16.081	1.258	
	④	0.300 × 0.300 × 1/2	= 0.045	25.000	1.125	0.087	
	⑤	0.500 × 0.300	= 0.150	25.000	3.750	0.289	
	⑥	0.800 × 0.300	= 0.240	25.000	6.000	0.462	
	⑦	0.500 × 0.880	= 0.440	25.000	11.000	0.847	
소계			= 15.239		380.972	29.335	
활하중	⑧	1.900 × 5.350	= 10.165	20.000	203.300	15.654	
	⑨	1.800 × 0.300	= 0.540	20.000	9.000	0.739	
	⑩	0.300 × 0.300 × 1/2	= 0.045	20.000	0.900	0.089	
	⑪	1.600 × 0.300	= 0.480	20.000	9.600	0.739	
	⑫	1.900 × 0.880	= 1.672	20.000	33.440	2.575	
소계			= 12.842		256.840	19.777	
총계					637.812	49.111	

※ 수중하중(지진시 안전성) $H_h = K_h \times V_h$ ($K_h = A/2 = 0.077$)

② 모멘트 산정

참고: $YI = YI(m)$, $YI(m)$

구분	번호	수중하중		모멘트	
		수중하중	수중하중	M_{x1}	M_{y1}
		$YI(m)$	$YI(m)$	kN·m	kN·m
교량구체	①	2.500	0.600	375.000	6.930
	②	2.150	3.282	414.964	48.031
	③	2.850	5.907	45.832	7.314
	④	3.200	6.750	3.600	0.585
	⑤	2.850	6.700	10.688	1.335
	⑥	3.000	7.000	18.000	3.794
	⑦	2.850	7.590	31.350	6.429
소계				899.453	74.457
활하중	⑧	4.050	3.875	823.363	60.659
	⑨	4.200	6.700	40.320	4.953
	⑩	3.300	6.650	2.970	0.481
	⑪	4.200	7.000	40.320	5.174
	⑫	4.050	7.590	135.432	19.543
소계				1042.405	90.791
총계				1941.858	165.248



② 안정검토시 토압

- 평상시 토압 ($H = 8.030 \text{ m}$)
 $P_a = 1/2 \times K_a \times \gamma \times H^2 \times \cos(\delta)$
 $= 1/2 \times 0.271 \times 20.000 \times 8.030^2 \times \cos(0.000)$
 $= 174.743 \text{ kN}$
 $y = H / 3 = 2.677 \text{ m}$: 작용중심높이

- 지진시 토압 ($H = 8.030 \text{ m}$)
 $P_{aw} = 1/2 \times K_{aw} \times \gamma \times H^2 \times \cos(\delta)$
 $= 1/2 \times 0.314 \times 20.000 \times 8.030^2 \times \cos(0.000)$
 $= 202.469 \text{ kN}$
 $y = H / 2 = 4.015 \text{ m}$: 작용중심높이

③ 단면검토시 토압

- 평상시 토압 ($H = 8.830 \text{ m}$)
 $P_a = 1/2 \times K_a \times \gamma \times H^2 \times \cos(\delta + \beta)$
 $= 1/2 \times 0.251 \times 20.000 \times 8.830^2 \times \cos(11.667 + 0.000)$
 $= 114.668 \text{ kN}$
 $y = H / 3 = 2.977 \text{ m}$: 작용중심높이
- 지진시 토압 ($H = 8.830 \text{ m}$)
 $P_{aw} = 1/2 \times K_{aw} \times \gamma \times H^2 \times \cos(\delta + \beta)$
 $= 1/2 \times 0.314 \times 20.000 \times 8.830^2 \times \cos(0.000 + 0.000)$
 $= 146.477 \text{ kN}$
 $y = H / 2 = 4.415 \text{ m}$: 작용중심높이

3) 상부구조에 의한 하중

① 상부구조에 의한 하중

- 고정하중단면
 $R_d = 2631.188 \div 8.500 = 309.552 \text{ kN/m}$
- 활하중단면
 $R_l = 1133.256 \div 8.500 = 133.324 \text{ kN/m}$

42.2.2 시설물 점검이력

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

【표 42.2.1】 내포IC R-A교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	내포IC R-A교의 주요 손상현황으로는 방호벽 백태, 망상균열 및 백태, 신축이음 후타재파손, 차수관볼트체결불량, 교량받침 받침콘크리트 재료분리, 받침몰탈 균열($C_w=0.3\text{mm}$ 미만), 무수축몰탈하부들뜸, 교대 토사유실, 균열($C_w=0.3\text{mm}$ 이상), 교각 균열($C_w=0.3\text{mm}$ 이상), 폐자재적치가 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	내포IC R-A교의 주요 손상현황으로는 방호벽 백태, 망상균열 및 백태, 단차, 신축이음 후타재파손, 후타재균열, 차수관볼트체결불량, 바닥판하면 재료분리, 교량받침 받침콘크리트 재료분리, 받침몰탈 균열($C_w=0.3\text{mm}$ 미만), 무수축몰탈하부들뜸, 교대 토사유실, 균열($C_w=0.3\text{mm}$ 이상), 교각 균열($C_w=0.3\text{mm}$ 이상), 폐자재적치가 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	방호벽 백태, 망상균열 및 백태, 단차 신축이음 후타재 파손, 후타재 균열($c_w=0.3\text{mm}$ 미만), 차수관 볼트체결 불량 바닥판하면 재료분리 교량받침 받침콘크리트 재료분리 교대 균열($c_w=0.3\text{mm}$ 이상), 토사유실 교각 균열($c_w=0.3\text{mm}$ 이상), 폐자재적치, 파손	양호

42.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

42.2.4 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.	

42.2.5 시설물 보수 이력

【표 42.2.2】 내포IC R-A교 보수이력사항

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

42.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 42.2.3】 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.			

42.3 현장조사

42.3.1 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~S3	도보	2022.08.22.~2022.12.11.	
			
현장조사		현장조사	
			
제원조사		비파괴시험	

【사진 42.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

42.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 내포IC R-A교는 3경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=179.0m 폭 8.5m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보로 근접조사를 실시하였다.



【사진 42.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 재료분리 등의 손상이 확인되었다.

【표 42.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	재료분리 (㎡/개소)	
S1	—	—
S2	—	—
S3	2.08	2
합계	2.08	2

	
바닥판하면 S3 재료분리(0.2×0.4)	바닥판하면 S3 재료분리(1.0×2.0)

【사진 42.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 재료분리는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. S.T.B Girder

1) 부재의 개요

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



【사진 42.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더외부에 대한 현장조사 결과 도장손상이 조사되었다.
- 거더내부에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 42.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		도장손상 (㎡/개소)	
거더외부	S1	—	—
	S2	—	—
	S3	0.10	10
합계		0.10	10

【표 42.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더내부	S1	—	—
	S2	—	—
	S3	—	—
합계		—	—

	
거터외부 S3-G2 도장손상(0.1×0.1×6EA)	거터내부 상태양호

【사진 42.3.5】 거터 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거터외부에 발생한 도장손상은 시공 초기 외부 충격에 의한 긁힘으로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었다, 손상부는 강우시 부재의 부식 등의 진전을 유발 할 수 있으므로 재도장 등의 유지관리가 필요하다.
- 거터내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 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 42.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 42.3.4】 가로보 및 세로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
STB 가로보	S1	—	—
	S2	—	—
	S3	—	—
합계		—	—



【사진 42.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

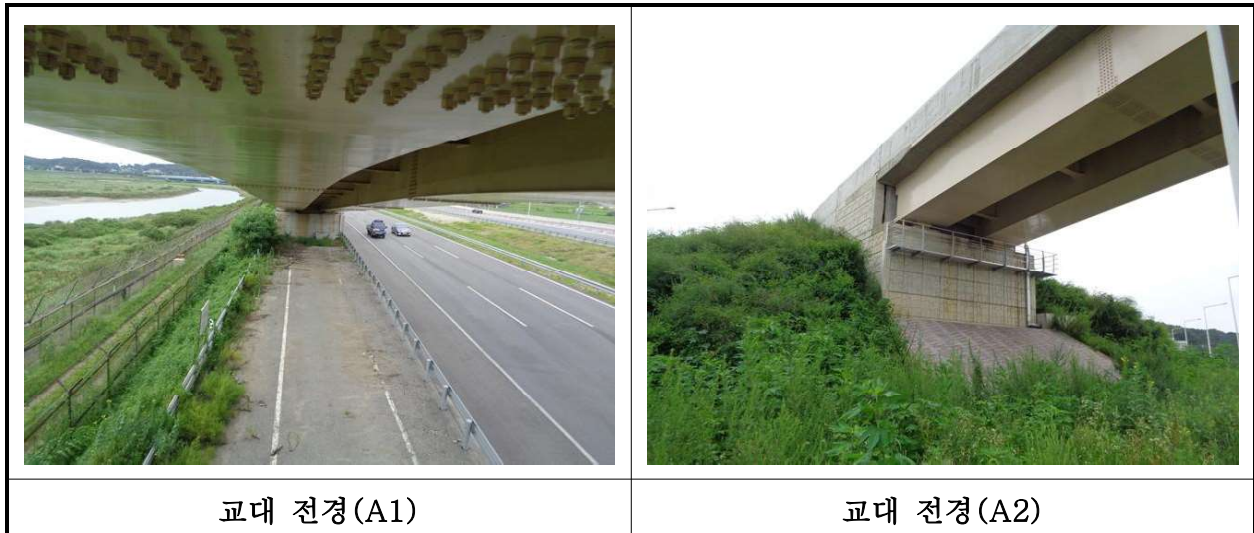
4) 검토의견

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

라. 교대

1) 부재의 개요

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



【사진 42.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과, 재료분리, 파손, 철근노출, 토사유실이 확인되었다.

【표 42.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	재료분리 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)		철근노출 (㎡/개소)		토사유실 (㎡/개소)	
A1	0.16	2	—	—	—	—	—	—
A2	—	—	0.09	2	0.03	1	3.00	1
합계	0.16	2	0.09	2	0.03	1	3.00	1

	
교대 A1 재료분리(0.2×0.4×2EA)	교대 A2 파손(0.1×0.1)
	
교대 A2 철근노출(0.3×0.1)	교대 A2 토사유실(L=3.0m)

【사진 42.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 조사된 재료분리, 파손, 철근노출, 토사유실은 초기 건조수축, 시공미흡, 다짐불량, 외부충격, 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 단면보수, 방청, 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 서문10교(문산방향)의 교각은 T형, 기초는 강관말뚝기초, 복합말뚝기초로 시공되어 있다. 교각에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교각 전경

【사진 42.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 기둥부는 양호한 상태로 조사되었으나 코핑부 망상균열이 조사되었다.

【표 42.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm이상) (m/개소)		파손 (㎡/개소)		표면불량 (㎡/개소)	
P1	—	—	0.06	1	0.87	6
P2	4.00	8	—	—	—	—
합계	4.00	8	0.06	1	0.87	6

	
교각 P1 기둥부 표면불량(0.4×0.6×3EA)	교각 P1 코핑부 파손(0.2×0.3)
	
교각 P2 코핑부 균열(Cw=0.3mm이상)	교각 P2 코핑부 균열(Cw=0.3mm이상)

【사진 42.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

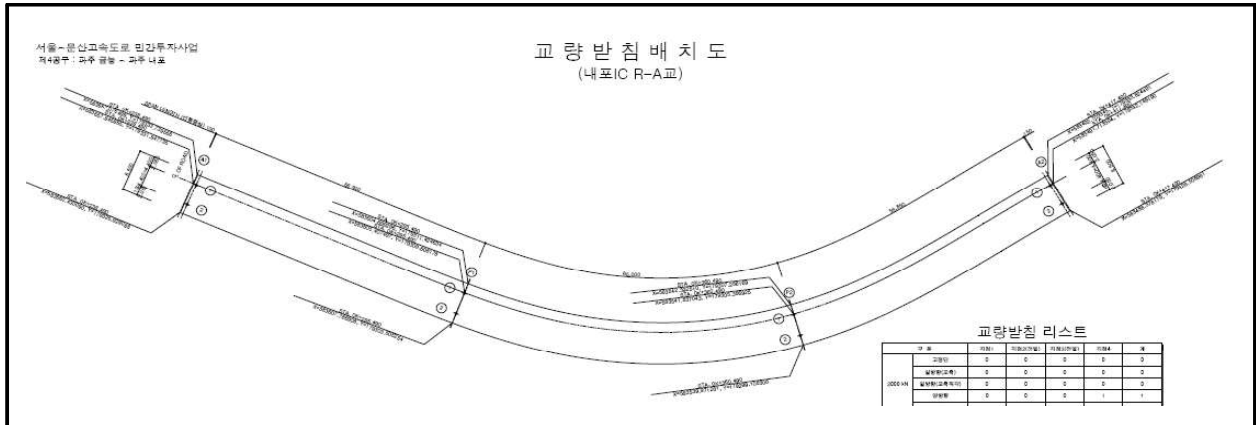
4) 검토의견

- 교각에 조사된 표면불량, 파손, 균열(폭0.3mm이상)은 초기 건조수축, 시공미흡, 다짐불량, 외부충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 주입보수, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 내포IC R-A교의 받침은 지진격리받침으로 총 8기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 42.3.1】 교량받침 배치도



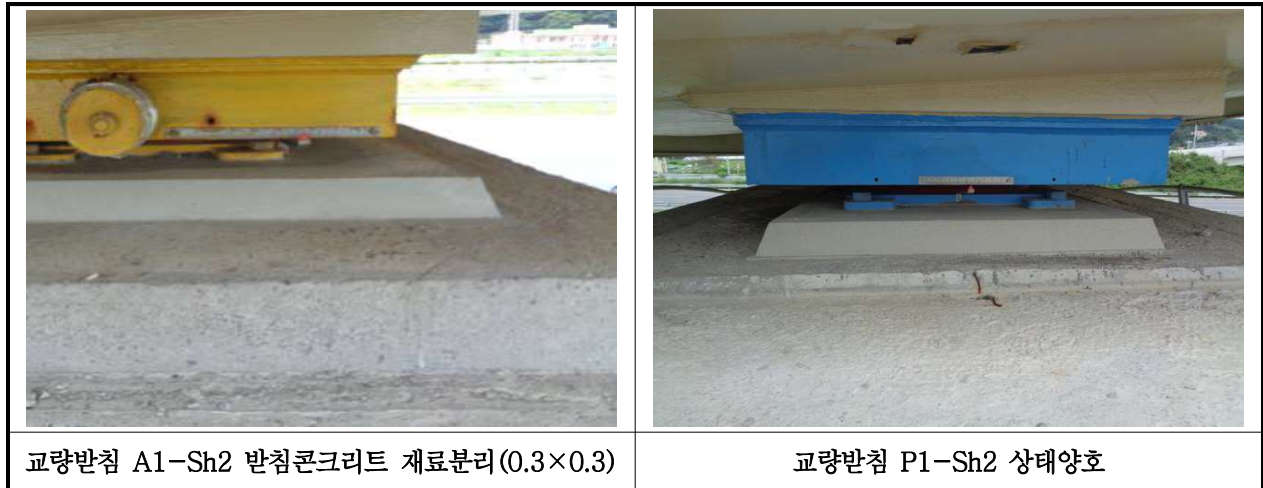
【사진 42.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침에 대한 현장조사 결과 받침콘크리트 재료분리가 국부적으로 조사되었다.

【표 42.3.7】 교량받침 외관조사 결과

구분	받침콘크리트 재료분리 (㎡/개소)	
A1	0.09	1
P1	—	—
P2	—	—
A2	—	—
합계	0.09	1



【사진 42.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

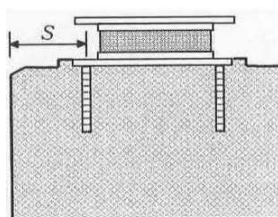
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

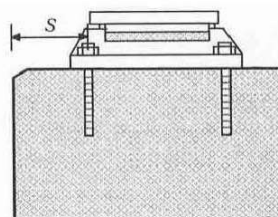
- 교량받침에서 발생한 받침콘크리트 재료분리는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 구조물의 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

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 42.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 42.3.14】교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=57.0m) : $200+5 \times 57.0 = 485(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=65.0m) : $200+5 \times 65.0 = 525(\text{mm})$

【표 42.3.8】연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)		검토 결과
			SH1	SH2	
A1		485	540	540	O.K
P1	A1측	485	790	790	O.K
	A2측	525	800	800	O.K
P2	A1측	525	760	760	O.K
	A2측	485	750	750	O.K
A2		485	510	510	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 42.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃ (한랭지방, 강교))에 따른 여유량 검토

【표 42.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	44.6	15.4	0.000012	57.0	30.5	10.5	
P1	고정단						
P2	44.6	15.4	0.000012	65.0	34.8	12.0	
A2	44.6	15.4	0.000012	122.0	65.3	22.5	
1) 조사당시 온도 : 24.6℃(조사일 : 2022년 08월 22일, 평균온도, 파주)							
2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃ (한랭지방, 강교)							

【표 42.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	+38	158	82	30.5	10.5	±120	O.K
	SH2	+38	158	82			±120	O.K
P1	고정단							
P2	SH1	+20	110	70	34.8	12.0	±90	O.K
	SH2	+20	110	70			±90	O.K
A2	SH1	+40	160	80	65.3	22.5	±120	O.K
	SH2	+40	160	80			±120	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, A2에 강팽거조인트로 시공된 상태이다.



【사진 42.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열, 후타재 파손, 차수판 볼트체결불량이 조사되었다.

【표 42.3.11】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		차수판볼트체결불량 (EA/개소)	
A1 (EXP J1)	3.60	12	—	—	4.00	4
A2 (EXP J3)	—	—	0.60	2	—	—
합계	3.60	12	0.60	2	4.00	4

	
신축이음 A1 후타재 균열($C_w=0.3\text{mm}$미만)	신축이음 A2 후타재 파손($0.1\times 3.0\times 2\text{EA}$)
	
신축이음 A1 차수판 볼트체결불량(4EA)	신축이음 A2 후타재 파손($0.1\times 3.0\times 2\text{EA}$)

【사진 42.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 후타재 파손, 차수판 볼트체결불량은 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치) 등을 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교))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) : $40.0^{\circ}\text{C} - 24.6^{\circ}\text{C} = 15.4^{\circ}\text{C}$ ΔT(수축시) : $-20.0^{\circ}\text{C} - (24.6^{\circ}\text{C}) = 44.6^{\circ}\text{C}$ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)<table><tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선평창계수 α (/℃)</th></tr><tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>-10~+40</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td>하로교, 강바닥판교</td><td>-10~+50</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>-5~+35</td><td>-15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr></table>				교량형식		보통지방	한랭지방	선평창계수 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	선평창계수 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 42.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 42.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구분	온도변화 (ΔT , ℃)		선평창계수 (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	44.6	15.4	0.000012	57.0	30.5	10.5	50.0	70.0	110.0	
A2	44.6	15.4	0.000012	122.0	65.3	22.5	70.0	130.0	130.0	

1) 조사당시 온도 : 24.6℃(조사일 : 2022년 08월 22일, 평균온도, 파주)
 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교)

【표 42.3.13】 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	30.5	10.5	50	100	19.5	39.5	O.K
	바닥판			70	-	-	59.5	O.K
	거더			110	-	-	99.5	O.K
A2	신축이음	65.3	22.5	70	150	14.7	47.5	O.K
	바닥판			130	-	-	107.5	O.K
	거더			130	-	-	107.5	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.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

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



【사진 42.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 42.3.14】 교면포장 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
합계	—	—

	
교면포장 상태양호	교면포장 상태양호

【사진 42.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장은 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통하여 추가 손상의 발생여부 확인에 대한 유지관리가 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 내포IC R-A교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 42.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 42.3.15】 배수시설 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
합계	—	—

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 42.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

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



【사진 42.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 방호벽 균열(폭0.3mm미만), 방호벽 망상균열 및 백태, 방호벽 단차, 접속부 파손이 확인되었다.

【표 42.3.16】 방호벽 외관조사 결과

구분	방호벽 균열(0.3mm미만) (m/개소)		방호벽 망상균열 및 백태 (m²/개소)		방호벽 단차 (m/개소)		접속부 파손 (m²/개소)	
S1	7.80	13	—	—	—	—	—	—
S2	1.50	5	4.50	1	—	—	—	—
S3	1.30	1	—	—	3.00	2	0.20	1
합계	10.60	19	4.50	1	3.00	2	0.20	1

	
방호벽 S1 균열(Cw=0.3mm미만)	방호벽 S1 파손(0.4m×0.5m)
	
방호벽 S2 망상균열 및 백태(15.0m×0.3m)	방호벽 S2 접속부 단차 (L=1.5m×2EA)

【사진 42.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 방호벽 균열, 망상균열 및 백태, 방호벽 파손, 접속부 단차는 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 다짐불량, 우수유입 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 단면보수, 실링재충전 등을 실시하고, 주기적인 계측을 통해 손상의 진전을 여부를 확인하여야 한다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 내포IC R-A교의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1,P2,A2에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.



【사진 42.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 42.3.17】 교량 점검시설 외관조사 결과

구분	점검로 파손 (EA/개소)	
P1	1.00	1
P2	—	—
A2	—	—
합계	1.00	1



【사진 42.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설에 발생한 점검로 파손은 시공미흡, 외부충격 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 정비(재설치)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.

42.3.3 현장조사 총괄표

【표 42.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		재료분리	m ²	2.08	2	
S.T.B거더	거더외부	도장손상	m ²	0.10	10	
	거더내부	상태양호	—	—	—	
가로보		상태양호	—	—	—	
교대		재료분리	m ²	0.16	2	
		파손	m ²	0.09	2	
		철근노출	m ²	0.03	1	
		토사유실	m	3.00	1	
교각		균열(폭0.3mm이상)	m	4.00	8	
		파손	m ²	0.06	1	
		표면불량	m ²	0.87	6	
교량받침		받침콘크리트 재료분리	m ²	0.09	1	
신축이음		후타재 균열	m	3.60	12	
		후타재 파손	m ²	0.60	2	
		차수판볼트체결불량	EA	4.00	4	
교면포장		상태양호	—	—	—	
배수시설		상태양호	—	—	—	
방호벽		방호벽 균열	m	10.60	19	
		방호벽 망상균열 및 백태	m ²	4.50	1	
		방호벽 단차	m	3.00	2	
		접속부 파손	m ²	0.20	1	
점검시설		점검로 파손	EA	1.00	1	

42.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

42.4 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.

42.4.1 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 42.4.1】 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	4	4	4	4	
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

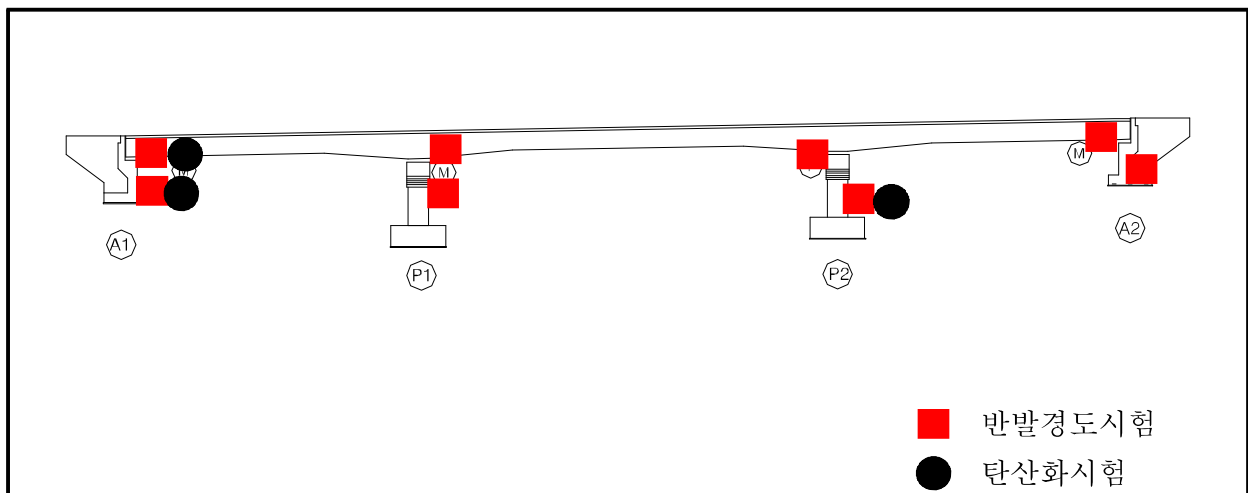
대상 구조물에 대한 재료시험은 도로로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



【사진 42.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 42.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

42.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 8개소)를 실시하였으며, 검토결과
는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 42.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 캔틸레버	46.3	27.3	28.8	0.67	27.0	
	S2 캔틸레버	46.0	27.1	28.6			
	S2 캔틸레버	46.1	27.2	28.7			
	S3 캔틸레버	46.6	27.6	28.9			

【표 42.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	42.9	24.4	27.1	0.67	24.0	
	A2 교대	42.7	24.3	27.0			

【표 42.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1 교각	48.3	40.7	48.5	0.67	40.0	
	P2 교각	49.0	41.5	49.6			

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.1~28.9MPa, 하부구조 교대 24.3~27.1MPa, 교각 40.7~49.6MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 40.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 42.4.5】비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.1 ~ 28.9	27.0	100.4 ~ 105.6
하부구조	교대	24.3 ~ 27.1	24.0	101.1 ~ 113.0
	교각	40.7 ~ 49.6	40.0	101.9 ~ 124.1

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 42.4.6】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	2.5	40.0	37.5	a	1.77	100년이상	
하부구조	A1 교대	1.5	100.0	98.5	a	1.06	100년이상	
	P2 교각	3.5	100.0	96.5	a	2.47	100년이상	

- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.5mm, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~3.5mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 42.4.7】탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	2.5	37.5	
하부구조	1.5~3.5	96.5~98.5	

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 42.4.8】금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.3~27.1	24.0	
		교각	40.7~49.6	40.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		37.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.5~98.5	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.

42.5 상태평가

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

42.5.1 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 42.5.1】 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	S.T.B	a	a	a	a	a	b	b	b	b	q	a	a
S2	P1	S.T.B	a	a	a	a	a	b	—	a	b	q	—	—
S3	P2	S.T.B	b	b	a	a	a	c	—	a	c	q	—	a
	A2								b	a	c	q	—	—
평균			0.133	0.133	0.100	0.100	0.100	0.267	0.200	0.125	0.300	—	0.100	0.100
가중치			20	20	3	7	3	2	9	9	20	—	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.027	0.027	0.003	0.007	0.003	0.005	0.018	0.011	0.060	—	0.004	0.003
													0.168	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.168) < 0.260$

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 42.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결합도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결합도점수 X 연장비
내포IC R-A교	0.168	B	179	1	179	1.000	0.168
합계(Σ)			179	1	179	1	0.168
1. 평가지수 =							0.168
2. 상태평가결과 =							B

42.5.2 기 점검 결과와의 비교

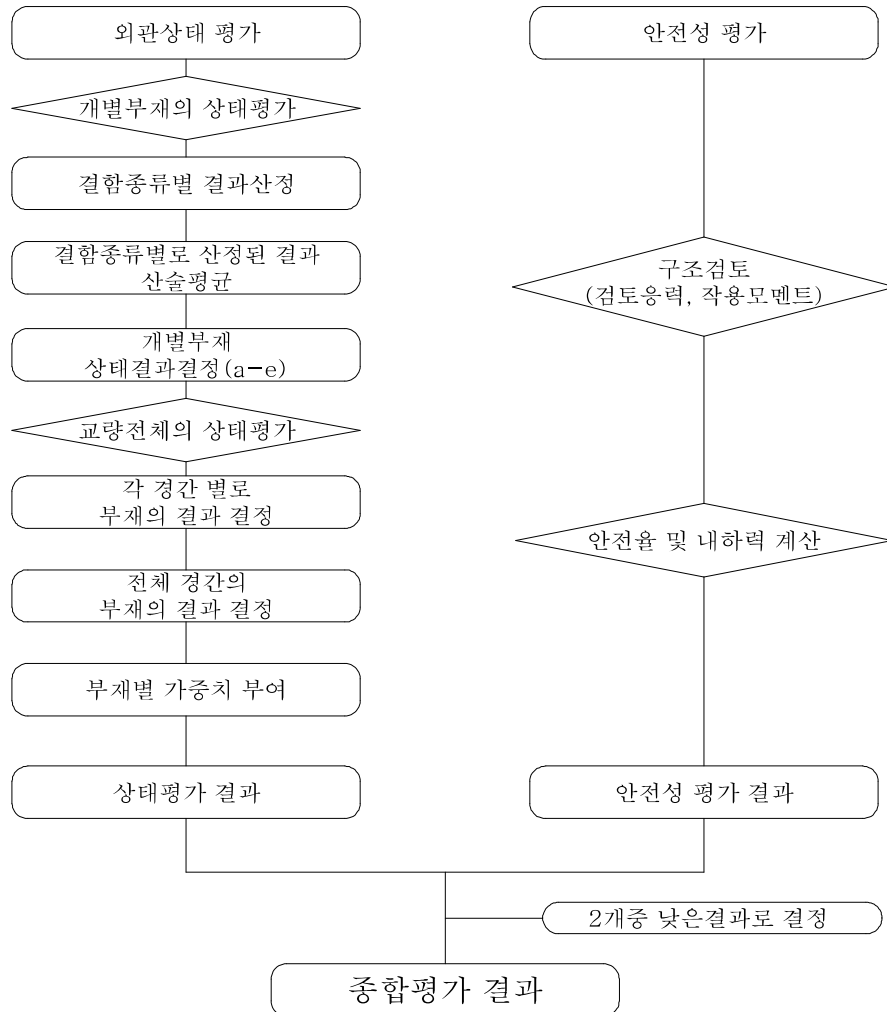
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

42.6 종합평가 및 안전등급 지정

42.6.1 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 42.6.1】 종합평가 결과 산정절차

42.6.2 종합평가 결과

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

【표 42.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
내포IC R-A교	0.168	B	—	—	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

42.6.3 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 42.6.2】 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

42.7 보수·보강 및 유지관리방안

42.7.1 보수·보강 방안

【표 42.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		재료분리	m ²	2.08	2	단면보수	하자
S.T.B 거더	거더외부	도장손상	m ²	0.10	10	재도장	하자
	거더내부	상태양호	—	—	—	—	—
가로보		상태양호	—	—	—	—	—
교대		재료분리	m ²	0.16	2	단면보수	하자
		파손	m ²	0.09	2	단면보수	하자
		철근노출	m ²	0.03	1	단면보수(방청)	하자
		토사유실	m	3.00	1	정비	하자
교각		균열(폭0.3mm이상)	m	4.00	8	주입보수	하자
		파손	m ²	0.06	1	단면보수	하자
		표면불량	m ²	0.87	6	단면보수	하자
교량받침		받침콘크리트 재료분리	m ²	0.09	1	단면보수	하자
신축이음		후타재 균열	m	3.60	12	표면처리	하자
		후타재 파손	m ²	0.60	2	단면보수	하자
		차수판볼트체결불량	EA	4.00	4	정비(재설치)	하자
교면포장		상태양호	—	—	—	—	—
배수시설		상태양호	—	—	—	—	—
방호벽		방호벽 균열	m	10.60	19	표면처리	하자
		방호벽 망상균열 및 백태	m ²	4.50	1	표면처리	하자
		방호벽 단차	m	3.00	2	실링재충전	하자
		접속부 파손	m ²	0.20	1	단면보수	하자
점검시설		점검로 파손	EA	1.00	1	정비(재설치)	하자

42.7.2 개략공사비

【표 42.7.2】 개략공사비

구 분		손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면		재료분리	단면보수	2.08	3.12	m ²	—	—	하자
STB 거더	외부	도장손상	재도장	0.10	0.15	m ²	—	—	하자
교대		재료분리	단면보수	0.16	0.24	m ²	—	—	하자
		파손	단면보수	0.09	0.14	m ²	—	—	하자
		철근노출	단면보수(방청)	0.03	0.05	m ²	—	—	하자
		토사유실	정비	3.00	3.00	m	—	—	하자
교각		균열(폭0.3㎜이상)	주입보수	4.00	4.00	m	—	—	하자
		파손	단면보수	0.06	0.09	m ²	—	—	하자
		표면불량	단면보수	0.87	1.31	m ²	—	—	하자
교량받침		받침콘크리트 재료분리	단면보수	0.09	0.14	m ²	—	—	하자
신축이음		후타재 균열	표면처리	3.60	1.35	m ²	—	—	하자
		후타재 파손	단면보수	0.60	0.90	m ²	—	—	하자
		차수판볼트체결불량	정비(재설치)	4.00	4.00	EA	—	—	하자
방호벽		균열	표면처리	10.60	3.97	m ²	—	—	하자
		망상균열 및 백태	표면처리	4.50	6.75	m ²	—	—	하자
		방호벽 단차	실링재충전	3.00	3.00	m	—	—	하자
		접속부 파손	단면보수	0.20	0.30	m ²	—	—	하자
점검시설		점검로 파손	정비(재설치)	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.

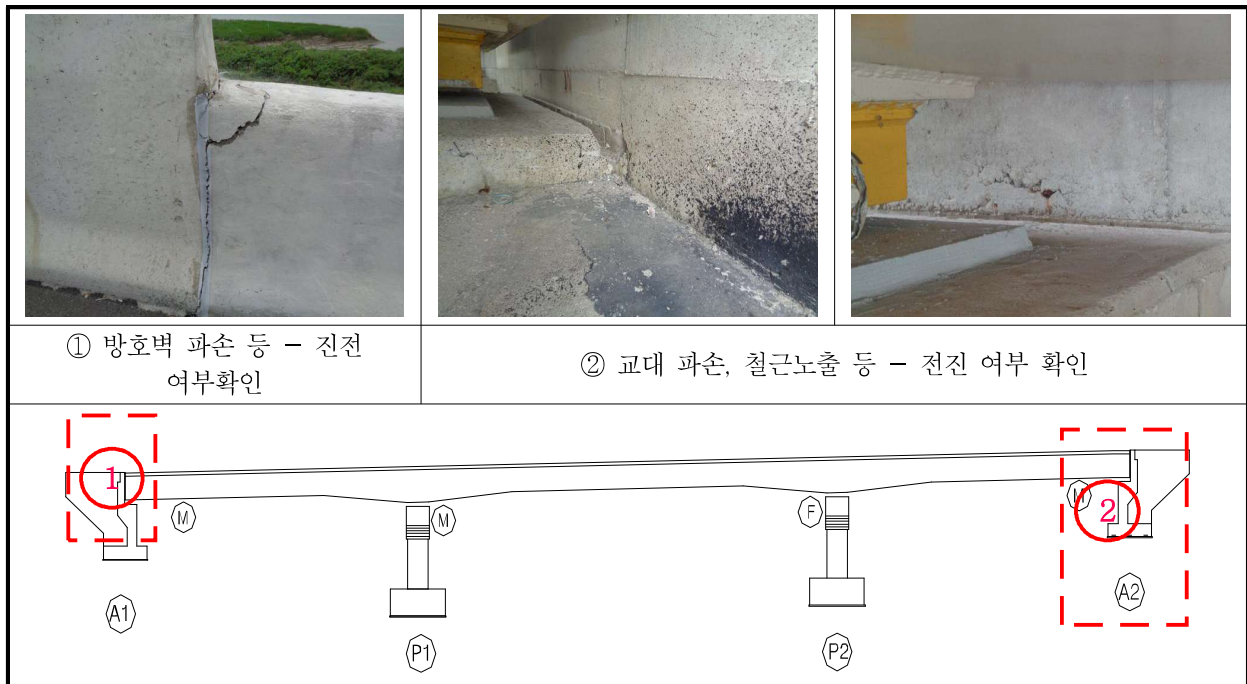
42.7.3 유지관리방안

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 42.7.3】 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



42.8 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 문산읍 내포리 538-2에 위치한 교량으로 총 연장 179.0m, 폭 8.5m의 S.T.B거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

42.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 발생한 재료분리는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) IPC Girder

- 거더외부에 발생한 도장손상은 시공 초기 외부 충격에 의한 긁힘으로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었다, 손상부는 강우시 부재의 부식 등의 진전을 유발할 수 있으므로 재도장 등의 유지관리가 필요하다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 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 재료분리, 파손, 철근노출, 토사유실은 초기 건조수축, 시공미흡, 다짐불량, 외부충격, 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 단면보수, 방청, 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 교각

- 교각에 조사된 표면불량, 파손, 균열(폭0.3mm이상)은 초기 건조수축, 시공미흡, 다짐불량, 외부충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 주입보수, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

6) 교량받침

- 교량받침에서 발생한 받침콘크리트 재료분리는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 구조물의 내구성 확보 차원에서 단면보수 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

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 후타재 파손, 차수판 볼트체결불량은 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치) 등을 실시하는 것이 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장은 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통하여 추가 손상의 발생여부 확인에 대한 유지관리가 요구된다.

9) 배수시설

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 발생한 방호벽 균열, 망상균열 및 백테, 방호벽 파손, 접속부 단차는 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 다짐불량, 우수유입 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 단면보수, 실링재충전 등을 실시하고, 주기적인 계측을 통해 손상의 진전을 여부를 확인하여야 한다.

11) 교량 점검시설

- 점검시설에 발생한 점검로 파손은 시공미흡, 외부충격 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 정비(재설치)를 실시하는 것이 필요하다.

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 27.1~28.9MPa, 하부구조 교대 24.3~27.1MPa, 교각 40.7~49.6MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 40.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.5mm, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~3.5mm로 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-A교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.168인 "B" 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 내포IC R-A교에 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.

42.8.2 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.

42.8.3 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.