

39. 능산4교(서울)

- 39.1 시설물 개요
- 39.2 자료수집 및 분석
- 39.3 현장조사
- 39.4 콘크리트 내구성조사
- 39.5 상태평가
- 39.6 종합평가 및 안전등급 지정
- 39.7 보수·보강 및 유지관리 방안
- 39.8 종합결론

39. 능산4교(서울)

39.1 시설물의 개요

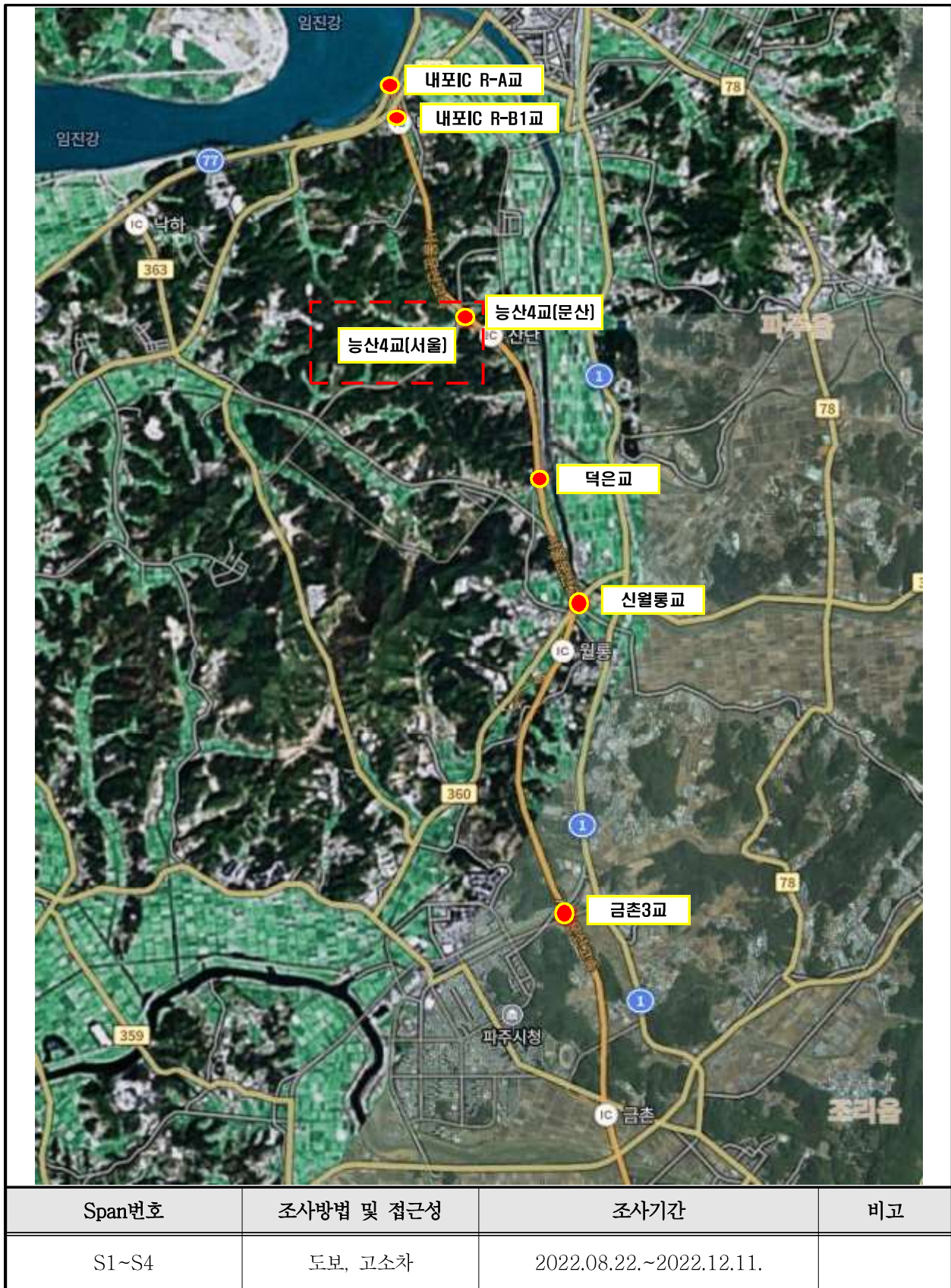
본 시설물은 경기도 파주시 조리읍 능산리 산 13-7에 위치한 교량으로 총 연장 195.4m, 폭 12.1m로 시공되어 있다.

39.1.1 일반사항

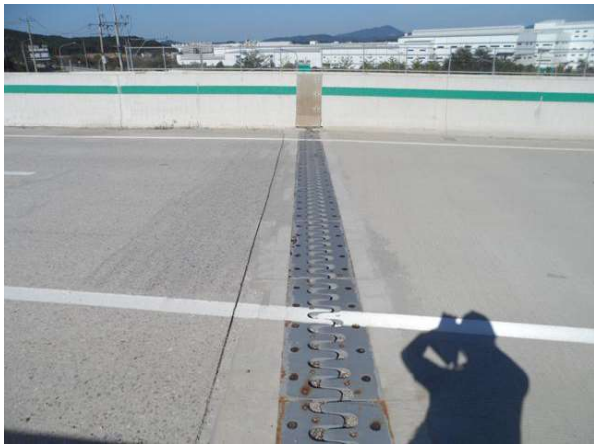
【표 39.1.1】 능산4교(서울) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000146	관리번호		—
시설물위치		경기도 파주시 조리읍 능산리 산 13-7	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		—	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=195.4m(45.13+45.0+45.17+60.1=195.4m)			
	폭	B=12.1m, 2차로			
구조 형식	상부	IPC 거더 + SEG Beam	기초 형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교 각	직접기초
교량받침		탄성받침	신축이음		강평거조인트
교차시설물		능산천	통과높이		—
부착시설내용		—	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		(주)대우건설	설 계 자		(주)신성엔지니어링
감 리 자		(주)신성엔지니어링	관리주체		서울문산고속도로주식회사
					
측면 전경			상부 전경		

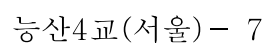
39.1.2 위치도 및 전경사진

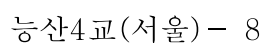


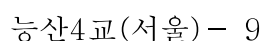
【그림 39.1.1】 위치도

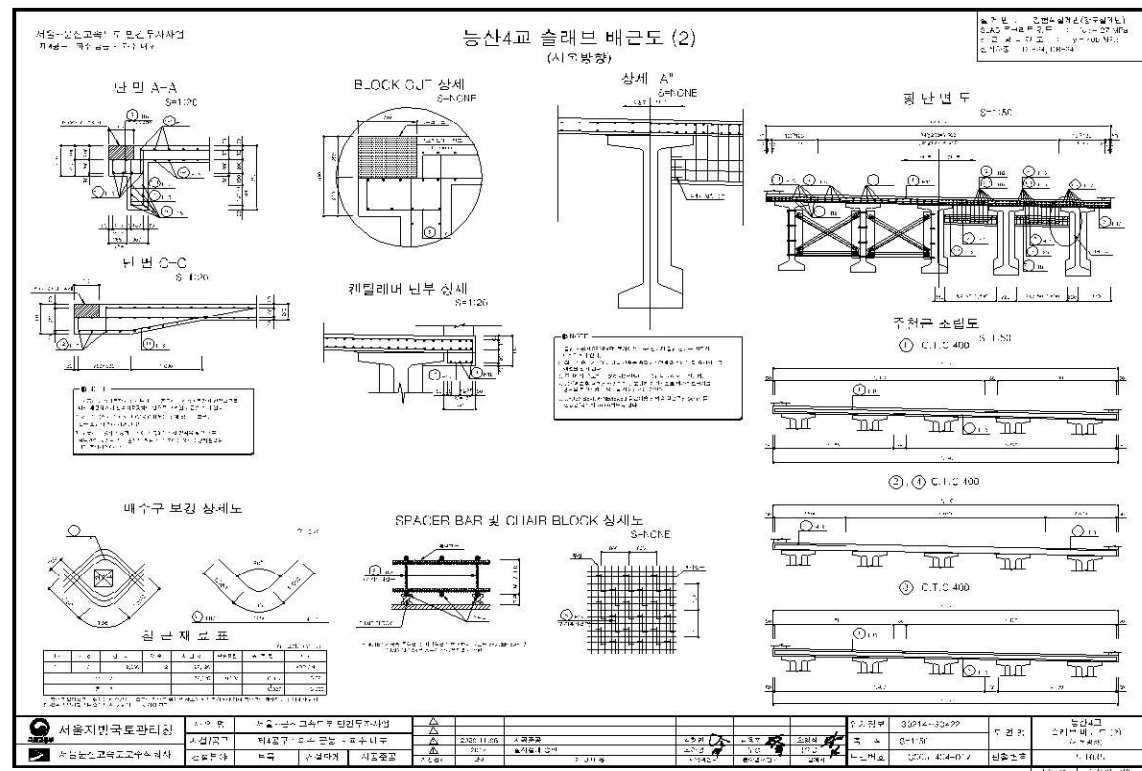
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 39.1.2】 부재별 현황

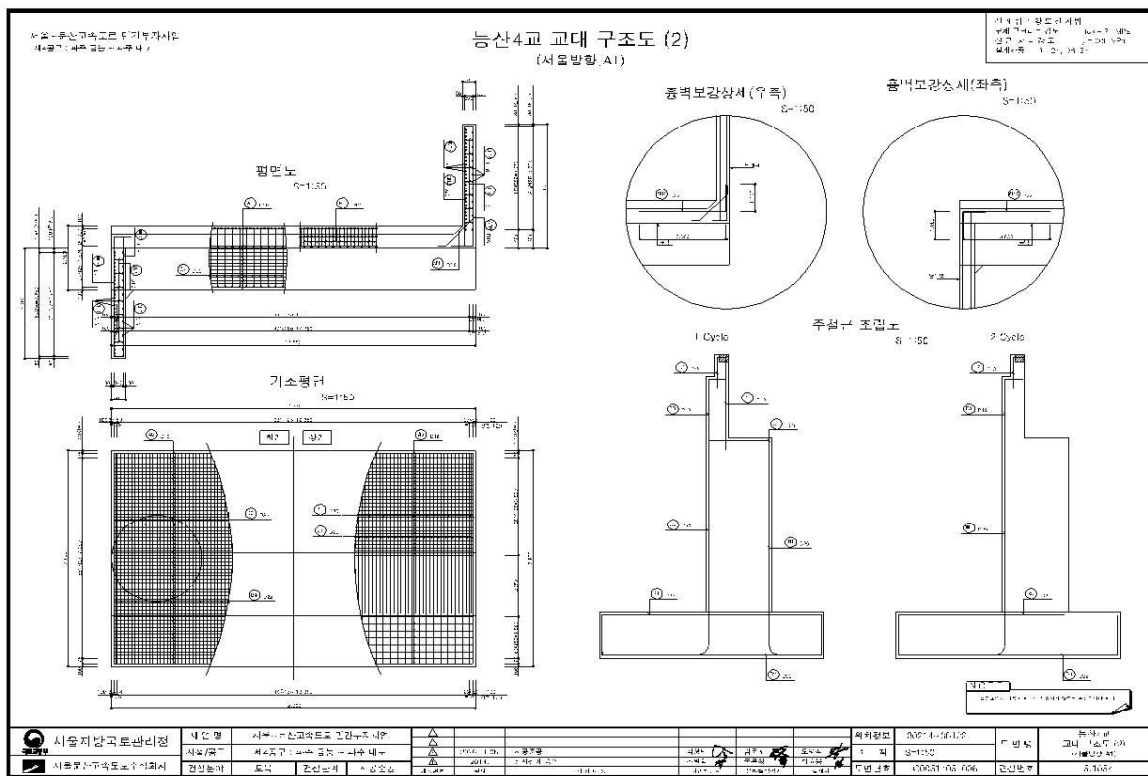




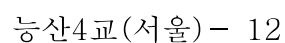




【그림 39.1.7】 바닥판하면 배근도

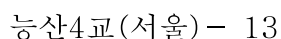


【그림 39.1.8】 교대 구조도



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

가. 지형 및 지질



39. 능산4교(서울)

다. 구조계산서 및 내진설계

OUTPUT 결과 요약 및 설계의견

◆ 결과 요약

○ 능산4교(3R4S)_(A1~P3)_(사용범람)

■ 단면 휨 설계

단면 위치	면적 A _s (mm ²)	폭 b(mm)	깊이 d(mm)	단면 계수 ρ	사용범람량 (U _{SR} /A _s) (mm ²)	M _u (kN-m)	δ M _u (kN-m)	비고
전도면 (보도면 외측)	876	180	60	H16 @ 200 = 993	51.34	57.90	0.K	
관측면 (보도면 내측)	1,191	180	60	H16 @ 200 = 993 H13 @ 200 = 834	68.69	91.80	0.K	
중간상판부 (상판)	720	180	60	H16 @ 200 = 993	중방제거		0.K	
중간하판부 (하판)	960	200	40	H16 @ 200 = 993	중방제거		0.K	
교대상판부	932	180	60	H16 @ 125 = 1,589	54.48	89.75	0.K	
교대하판부	2,382	180	60	H19 @ 100 = 2,865	93.60	150.59	0.K	

■ 배력설계량(중도철근량) 산정

단면 위치	필요철근량 (mm ²)	사용범람량 (U _{SR} /A _s) (mm ²)	비고
전도면 (외측)	587	H16 @ 250 = 794	0.K
관측면 (내측)	798	H16 @ 125 = 1,589	0.K
교대하판부	1,596	H19 @ 125 = 2,282	0.K

■ 사용성 검토 요약표

구분	기준치	실측치 (S)	허용치 (Sa)	비고
전도면 (외측)	60.1	200.0	1046.3	0.K
관측면 (내측)	99.4	100.0	633.8	0.K
교대하판부	99.8	125.0	631.3	0.K

(5) 허용 균열 용력

- ① 보종 콘크리트 : $f_{tcr} = 0.63 \times \sqrt{f_{ck}} = 3.98 \text{ MPa}$
- ② 부목 강형 콘크리트 : $f_{tcr} = 0.54 \times \sqrt{f_{ck}} = 3.42 \text{ MPa}$
- ③ 전 경형 콘크리트 : $f_{tcr} = 0.47 \times \sqrt{f_{ck}} = 2.87 \text{ MPa}$

(6) 철근부재 허용 지장 용력

- 강재 정착후 : $f_{cr} = 0.7 \times f_{ck} \times \sqrt{(A'_{b}/A_{b}-0.2)} \times 1.10 \times f_{ci}$
- 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 Ø10.3mm)

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

(1) 인장 강도 : f_{pu} = 1,900 MPa

(2) 항복 강도 : f_{py} = 1,600 MPa

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

$$0.60 \times f_{pu} = 1,520 \text{ MPa} \quad \therefore 1,504 \text{ MPa}$$

(4) 허용 인장 용력

- ① 설계 후 정착부에서의 허용용력 : $f_{pa} = 0.7 \times f_{pu} = 1,330 \text{ MPa}$
- ② 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용 용력 : $f_{pa} = 0.82 \times f_{py} = 1,312 \text{ MPa}$
- $f_{pa} = 0.74 \times f_{pu} = 1,406 \text{ MPa} \quad \therefore 1,312 \text{ MPa}$

4) 프리스트레스 강재제 배치를 위한 최소 규격

구분	단위	1차 인장력	2차 인장력
최소관의 외경	mm	80	80
최소관의 두께	mm	5	5
수송가능 강재 면적	mm ²	2,208	2,208
수송가능 강재 개수	개	16	16
최소관 순간격	mm	40	40
최소관 덮개	mm	40	40
과상 마찰 계수 μ	k/rad	0.005	0.005
곡률 마찰 계수 μ	m/rad	0.25	0.25

1.9 설계 방법 (강도 설계법:도설기 P32)

- U = 1.3 × M_{sd} + 2.15 × M_{sl}
- U = 1.3 × M_{sd} + 1.3 × M_{sl} + 1.3 × M_{sl}
- U = 1.3 × M_{sd} + 0.65 × M_{sl} + 1.3 × M_{sl}

1.10 참고 문헌

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

1. 설계 조건

- 1.1 교량 형식 : INCREMENTALLY POST TENSIONING TYPE I.P.C GIRDER
- 1.2 경간 : 45,000 mm + 45,000 mm + 45,000 mm
- 1.3 폭원 : 12,140 mm
- 1.4 교량 등급 : DB-24, DL-24 (1등급교)
- 1.5 거더 깊이 : 44,800 mm + 44,700 mm + 44,800 mm
- 1.6 처간 깊이 : 43,950 mm + 43,900 mm + 43,950 mm
- 1.7 단위 중량 : 콘크리트(상판) : 2,500 kgf/m³
콘크리트(하판) : 2,350 kgf/m³
콘크리트교면표장 : 2,350 kgf/m³

1.8 재료의 물리상수 및 허용 용력

1) 콘크리트

- (1) 콘크리트 : $f_{ck} = 27 \text{ MPa}$
 $E_{c2} = 0.077 \times 10^4 \times 10^3 \times \sqrt{f_{ck}} = 27,804 \text{ MPa}$
- (2) 철근 (SD400) : $f_{yk} = 400 \text{ MPa}$
 $E_s = 200,000 \text{ MPa}$

2) I.P.C GIRDER

- (1) 콘크리트 : $f_{ck} = 40 \text{ MPa}$
 $E_{c1} = 0.077 \times 10^4 \times 10^3 \times \sqrt{f_{ck}} = 30,891 \text{ MPa}$
- (2) 철근 (SD300) : $f_{yk} = 300 \text{ MPa}$
 $E_s = 200,000 \text{ MPa}$

(3) 크리프의 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전 항복용력

- ① 허용 휨 압축용력 : $f_{ci} = 0.8 \times f_{ck} = 32 \text{ MPa}$
 $f_{ci} = 0.6 \times f_{ck} = 19.2 \text{ MPa}$
- ② 허용 휨 인장 용력 :
- 부하된 철근이 없는 인장 구역 :
 $f_{ti} = 0.25 \times \sqrt{f_{ci}} = 1.41 \text{ MPa}$

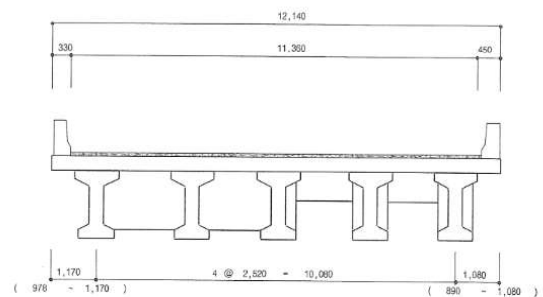
(4) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용용력

- ① 허용 휨 압축용력 : $f_{cag} = 0.45 \times f_{ck} = 18 \text{ MPa}$
- 압축연단용력(유로프리스트레스+전제하중)
 $f_{cag} = 0.60 \times f_{ck} = 24 \text{ MPa}$
- ② 허용 휨 인장 용력 : $f_{tag} = 0.63 \times \sqrt{f_{ci}} = 3.98 \text{ MPa}$

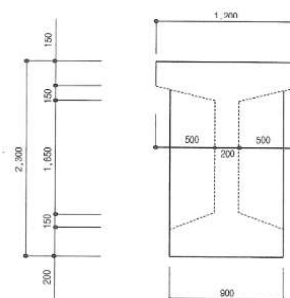
2. 바닥판 슬래브의 설계

2.1 설계 가정단면

1) 상부 슬래브



2) I.P.C GIRDER



2) 경험적 설계 적용 여부 검토 : 도로교 설계기준 4.7.7 (P4-164 ~ P4-166)

- (1) 지지 부재들이 콘크리트에 연결부. ----- 콘크리트 교량
- (2) 콘크리트가 한창타설되고 습윤상태 되어야 함. ----- 습윤상태
- (3) 바닥판이 두께에 대한 유효경간비가 6 이상 15 이하인 경우.
- ① 중앙부 바닥판 : $1,820 > 240 \times 6 = 1,440$ ----- O.K
 $1,820 < 240 \times 15 = 3,600$ ----- O.K
- (4) 바닥판의 상부와 하부에 배치된 철근의 외측면 사이의 두께가 150mm 이상인 경우 (상면 피복 60 mm 하면 피복 40 mm 상부 철근 직경 18 mm 하부 철근 직경 16 mm) $150 < 156$
- (5) 유효경간이 표준차선폭 3600mm 이하인 경우. ----- $1,820 < 3.6$
- (6) 바닥판의 총질, 마모면, 그리고 보호피복부층을 제외한 바닥판의 최소두께가 240mm 이상인 경우. ----- $240 \geq 240$ mm
- (7) 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께의 5배 이상이거나, 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께에 3배 이상이고 구조적으로 연속적인 콘크리트 방호벽과 합성인 경우.
- ① 방호벽 61축 : $1,080 > 240 \times 3 = 720$ ----- O.K
 ② 방호벽 65축 : $1,170 > 240 \times 3 = 720$ ----- O.K
- (8) 콘크리트의 28일 압축강도는 27 MPa 이상인 경우. ----- $27 \geq 27$ MPa
- (9) 철근 콘크리트 바닥판은 바닥판을 지지하는 구조부재들과 완전합성 거동을 하여야함. ----- 콘크리트 합성 거동
- (10) 콘크리트 거더교인 경우 위치를 만족시키기 위하여 바닥판과 콘크리트 주거대를 합성시키는 전단연결자가 충분히 배치 되어야 함. ----- 콘크리트 합성 거동
- 3) 검토 결론
- ① 캔틸레버 (방호벽 61축) : 강도 설계법 적용
- ② 캔틸레버 (방호벽 65축) : 강도 설계법 적용
- ③ 중앙부 바닥판 : 경험적 설계법 적용

4) 하중계산

① 고정하중

구분	부하 (kN)	X (m)	M (kN-m)
방호벽	$L5 \times (H3 + H4 + H5) \times Y_3$	$= 7.580$	4.440
	$L6 \times (H3 + H4) \times Y_3$	$= 0.613$	0.266
	$L7 \times H3 \times Y_3$	$= 0.525$	0.179
	$L8 \times H5 / 2 \times Y_3$	$= 0.849$	0.379
	$L7 \times H4 / 2 \times Y_3$	$= 0.203$	0.395
난간	$= 1.000$	0.585	0.585
소계	$= 10.839$		5.944
슬래브	$(L2 + L3) \times H2 \times Y_2$	$= 4.380$	1.599
소계	$= 4.380$		1.599
포장	$(L8 + L9) \times H1 \times Y_1$	$= 0.329$	0.046
소계	$= 0.329$		0.046
총계	$= 15.548$		7.589

- 방호벽의 무게중심 $X1 = 5.944 / 10.839 = 0.548$ m
- 슬래브의 무게중심 $X2 = 1.599 / 4.380 = 0.365$ m
- 포장의 무게중심 $X3 = 0.046 / 0.329 = 0.140$ m
- $\therefore X = 7.589 / 15.548 = 0.488$ m
- $\Rightarrow M_E = 15.548 \times 0.488 = 7.587$ kN-m

② 활하중

- i) DB ~ 24
- 통행계수 $f = 15 / (40 + L) = 0.375 \geq$ 최대 0.300
 $\therefore f = 0.300$
- 차량하중 분포폭 (주철근의 방향이 차량 진행방향에 직각인 경우) (도.기 4.7.5.2)
 $E = 0.800 \times 0.000 + 1.140 = 1.140$ m
- $\Rightarrow M = 96 \times 0.000 \times (1 + 0.300) / 1.140 = 0.000$ kN-m

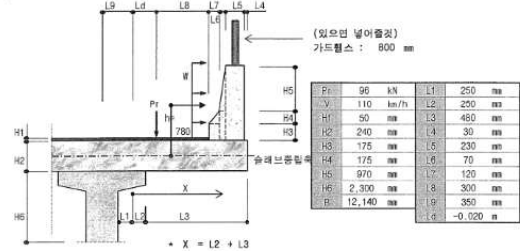
③ 충돌하중 (도.기.표.2008) p.112

- i) 작용하중 : 노면상 1,000 N
- $P_2 = (V / 60)^{1/2} \times 750 + 250 = 2.771$ tonf/s
- $M_2 = 1,000 \times 2.771 \times 10 = 27.71$ kN-m
- ii) 작용높이 : 방호벽 상단
- 직선부는 10 kN/m, 곡선부(RS200m)는 20 kN/m을 적용
- $M_3 = 1,320 \times 10 = 13.20$ kN-m
- iii) 적용 모멘트
- $\Rightarrow M_3 = 27.71$ kN-m

2.3 캔틸레버 (방호벽 61축) - 캔틸레버길이는 1,080

(800 ~ 1,080)

1) 설계단면



2) 바닥판의 유효지간장 산정 (도.기 4.7.3)

- 상부플랜지폭 / 바닥판두께 = $1,200 / 240 = 5.000 > 4$

($b/t \geq 20/240 = 5 > 4$ 이므로 상부플랜지 플랜지 중앙에서 캔틸레버 끝단 거리)

3) 바닥판의 최소두께 (도.기 4.7.4.1)

① 활하중에 의한 지간 $L = 0.000$ m

② 바닥판의 최소두께 $T_{min} = 280 L + 180 = 180$ mm $< T_{min} = 220$ mm

$\therefore T_c = 240 > T_{min}$ O.K

③ 바닥판의 적용두께

- 바닥판 최소두께 $t = 220$ mm 적용시 철근의 연직 순간력

$$S = \frac{220}{30} = 7.33 \text{ mm} < \frac{13 \times 2 + 16 \times 2 + 16 \times 2}{4} = 100 \text{ (피복)}$$

$$N.G$$

- 바닥판 최소두께 $t = 240$ mm 적용시 철근의 연직 순간력

$$S = \frac{240}{50} = 4.8 \text{ mm} > \frac{13 \times 2 + 16 \times 2 + 16 \times 2}{4} = 100 \text{ (피복)}$$

$$O.K$$

$\therefore$ 바닥판 두께 $t = 240$ mm 적용

④ 풍하중 (도.기 2.1.11)

1m 당 작용하는 풍하중 (부재의 단면형상을 각형으로 설계) = 3.00 kN/m²

$\therefore P_s = 3.00$ kN/m

$\Rightarrow M_s = 3.00 \times 2.070 \times 1.205 = 7.48$ kN-m

⑤ 형상하중 (곡선교 및 경부 적용) (도.기 2.1.17)

모의 수	단일 지간	복수 지간
2	2'	3'
3 이상은 4	3'	4'
5 이상은 5	4'	5'

$\Rightarrow$ 개단면 상부구조에서 형상하중이 위치 표에서 주어진 형상하중보다 작은 지간에는 곡률의 영향을 무시할 수 있다.

- 형상하중 : $(45.0 \times 180) / (1025 \times \pi) = 2.515' < 4'$ $\therefore$ O.K $\Rightarrow$ 곡률의 영향 무시

- 작용 높이 : $H = 1.800$ m

$CF = 0.750 \times V^{1/2} / R = 0.750 \times 110^{1/2} / 0 = 0.000$ %

$P_{st} = 96 \times 0.000 / 100 = 0.000$ kN

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

⑥ 오버면 요철 정리

구분	M (kN-m)	구분	M (kN-m)	구분	M (kN-m)
고정하중	7.587	충돌하중	27.710	형상하중	0.000
활하중	0.000	풍하중	0.000		

5) 하중조합

① 사용하중 - 사용상 검토시

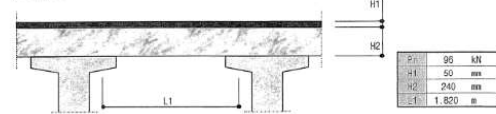
하중구분	고정하중	활하중	충돌하중	형상하중	요철하중	비고
Case 1	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
Case 2	1.00	0.00	0.00	0.30	0.00	
Case 3	1.00	1.00	0.00	0.30	1.00	
Case 4	1.00	1.00	0.00	0.30	1.00	

② 계수하중 - 단면 검토시

하중구분	고정하중	활하중	충돌하중	형상하중	요철하중	비고
Case 1	1.30	2.15	0.00	0.00	1.30	
Case 2	1.30	0.00	0.00	0.30	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	

2.5 중간 슬래브 (경험적 설계법)

1) 설계단면



상부 플랜지 폭 / 바닥두께 = $1,200 / 240 = 5.000 > 4$ 이므로,
상부 플랜지 종속축 중앙점 사이이격거리

2) 경험적 설계법에 의한 철근량 산정

(1) 시방서 규정 : 도로교 설계기준 4.7.7 (P346 ~ P348)

- ① 경간 방향 : 하부 철근량 = 콘크리트 바닥판 단면의 0.4% 이상 (주철근)
상부 철근량 = 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상 (주철근)
- ② 경간 방향에 직각 방향 : 하부 철근량 = 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상 (배력철근)
상부 철근량 = 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상 (배력철근)

(2) 필요 철근량 산정

- ① 경간 방향 : 주철근
하부 철근량 = $240 \times 1000 \times 0.004 = 960 \text{ mm}^2$
상부 철근량 = $240 \times 1000 \times 0.003 = 720 \text{ mm}^2$
- ② 경간 방향에 직각 방향 : 배력철근
하부 철근량 = $240 \times 1000 \times 0.003 = 720 \text{ mm}^2$
상부 철근량 = $240 \times 1000 \times 0.003 = 720 \text{ mm}^2$

(3) 하단 철근량 산정

- 요구되는 철근량 $Req. A_s = 960 \text{ mm}^2$
- 사용철근량 Use $A_s = H16 @ 200 = 963 \text{ mm}^2 \therefore O.K$
- 적용 배력철근량 : $Req. A_s = 720 \text{ mm}^2$
- 사용철근량 Use $A_s = H16 @ 250 = 794 \text{ mm}^2 \therefore O.K$

(4) 상단 철근량 산정

- 요구되는 철근량 $Req. A_s = 720 \text{ mm}^2$
- 사용철근량 Use $A_s = H16 @ 200 = 963 \text{ mm}^2 \therefore O.K$
- 적용 배력철근량 : $Req. A_s = 720 \text{ mm}^2$
- 사용철근량 Use $A_s = H16 @ 250 = 794 \text{ mm}^2 \therefore O.K$

4) 단면 설계

콘크리트 설계기준강도	$f_{ck} = 27 \text{ MPa}$	철근의 항복강도	$f_y = 400 \text{ MPa}$
설계 모멘트	$M_d = 54.483 \text{ kN-m}$	철근의 압축계수	$\phi_c = 0.85$
부재 높이	$h = 240 \text{ mm}$	부재 폭	$b = 1,000 \text{ mm}$
인장 피폭	$d^* = 60 \text{ mm}$	부재 높이	$d = 180 \text{ mm}$

강도감소계수(ϕ) 산정
 $T = A_s \times f_y = 400,000 \text{ N}$
 $C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 22950 \text{ a}$
 $T = C \therefore a = 27.69 \text{ mm}$
 $c = 32.58 \text{ mm}$

$\epsilon_f = \frac{f_y}{E_s} = 0.0020$
 $\epsilon_c = \frac{0.003 \times (d^* - c)}{c} = 0.0136$
 $\therefore \epsilon_c \geq 0.005$ 이므로 안전치대 단면이며, $\phi = 0.85$

① 휨철근량 산정

$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_{ck} b} \quad (1) \quad A_s = \frac{M_d}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)} \quad (2)$

(1), (2)에 의해 요구철근량 $Req. A_s = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{4 M_d}{\phi f_y b}}}{2} = 932 \text{ mm}^2$

균형철근비 $P_b = 0.85 \frac{f_{ck}}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} = 0.02926$
 최대철근비 $P_{max} = 0.714 \times P_b = 0.02089$
 최소철근비 $P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$
 최소철근량 $A_{smin} = P_{min} \times b \times d = 630 \text{ mm}^2$
 최소철근량 $A_{smin} = \frac{0.25 \sqrt{f_{ck}}}{f_y} b d = 585 \text{ mm}^2$ (두값중 큰값 적용)
 배력요구량 $Req. A_s = 932 \text{ mm}^2 > \text{최소철근량 } A_{smin} = 630 \text{ mm}^2$

그러므로 요구되는 철근량 $Req. A_s = 932 \text{ mm}^2$

사용철근량 Use $A_s = H16 @ 125 = 1,569 \text{ mm}^2 \therefore O.K$

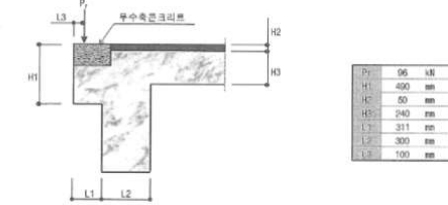
사용철근비 Use $P = 1569 / (1000 \times 180) = 0.00883 \therefore a = 27.7 \text{ mm}$

$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2}\right) = 89.75 \text{ kN-m}$

그러므로, $\phi M_n = 89.75 \text{ kN-m} > M_d = 54.48 \text{ kN-m} \therefore O.K$

2.6 슬래브단 단부 설계 (도기 4.7.3)

1) 설계단면



2) 하중계산

① 고정하중

$P_d = 311 \times 490 \times 2,500 \times 10 = 3,810 \text{ kN/m}$
 $\Rightarrow W_d = 3,810 \times 0.311 \times \frac{1}{2} = 0.59 \text{ kN-m}$

② 활하중

→ 충격계수 $i = 15 / (40 + L) = 0.373 \geq \text{최대 } 0.300 \therefore i = 0.300$

→ 차량하중 분포폭 (주철근의 방향이 차량 진행방향인 경우) (도기 4.7.5.2)

$E = 0.350 \times 0.211 + 0.980 = 1.054 \text{ m} < 2.100 \text{ m} \therefore E = 1.054 \text{ m}$

$\Rightarrow W = 96 \times 0.211 \times (1 + 0.300) / 1.054 = 24.964 \text{ kN-m}$

③ 보합폭 요인 합리

구분	종	M (kN-m)	P (kN)	종	M (kN-m)
상단	하중	0.590	활하중	하중	24.964

3) 하중조합

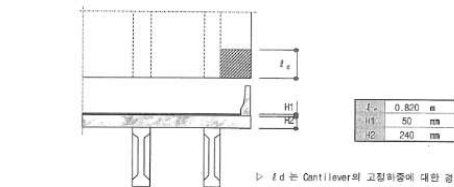
① 사용하중 및 계수배율

하중	구분	상하중	활하중	비고
Case 1	1.00	1.00	사용하중 - 사용상 한도치	
	1.30	2.15	계수하중 - 단면의 한도치	

② 하중조합 결과

구분	사용하중	계수하중	비고
Case 1	25.574	54.483	

2.7 캔틸레버 단부 설계 (도기 4.7.5.4)



1) 단면적 산정

① 방호벽 61측 단면적

구분	M (kN-m)	구분	M (kN-m)	구분	M (kN-m)
고정하중	7.587	활하중	0.000	충돌하중	27.710

② 방호벽 64측 단면적

구분	M (kN-m)	구분	M (kN-m)	구분	M (kN-m)
고정하중	6.774	활하중	18.363	충돌하중	27.710

③ 적용 단면적

구분	M (kN-m)	구분	M (kN-m)	구분	M (kN-m)
고정하중	7.587	활하중	18.363	충돌하중	27.710

2) 하중조합

① 계수하중 - 단면 검토시

하중	구분	상하중	활하중	충돌하중	비고
Case 1	1.30	2.15	0.00		
	1.30	1.30	1.30		

② 하중조합 결과

구분	계수하중	비고
Case 1	88.781	
Case 2	83.804	

③ 적용 하중

구분	계수하중	비고
Case 2	83.804	

01. 교량제원 및 설계상수

1.1 교량형식 : PSC Girder 교

1.2 해석 대상 교량 총연장 : $L = 3 \times 45.0 + 60 = 195,000 \text{ m}$

1.3 교 폭 : 12.140m

1.4 교각형식 : T형 교각

1.5 교각기초형식 : 직립기초

1.6 내진설계상수

- 1) 내진등급 : 내진 1 등급 (도로교 설계기준 6-11)
- 2) 지진구역계수 : 0.11 (도로교 설계기준 6-10)
- 3) 위험도계수 : $I = 1.4$ (도로교 설계기준 6-10)
- 4) 가속도계수 : $A = 0.154$ (도로교 설계기준 6-9)
- 5) 지반계수 : $S = 1.2$ (지반종류 2, 도로교 설계기준 6-11)
- 6) 응답수정계수 (도로교 설계기준 6-13)
- 7) 고유진동 해석방법 : Eigen Vectors - Ritz Vectors
- 8) 방점형식 : 탄성방점

1.7 해석방법

- 1) 해석방법 선정 : 용답스펙트럼해석
- 2) 냉각조항방법 : 100-30%방법

1.8 해석모델

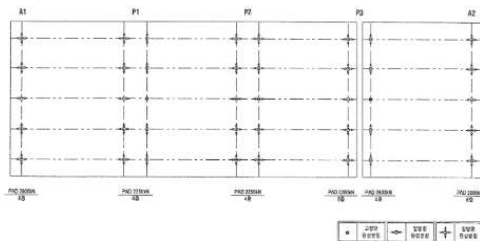
- 1) 사용프로그램 : MIDAS CIVIL 2016
- 2) 모델명 : Frame요소사용
- 3) 실랑선정 : 1.2차 고정하중 및 자중을 각 요소에 분포하중으로 입력

1.9 참고자료

- 1) 도로교 설계기준 (한국도로교통협회, 2010년)
- 2) 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부, 2012년)
- 3) 도로설계요령 (한국도로공사, 2009년)
- 4) 설계 실무 자료집 (한국도로공사)

2.2 적용 방점 특성

1) 방점배치



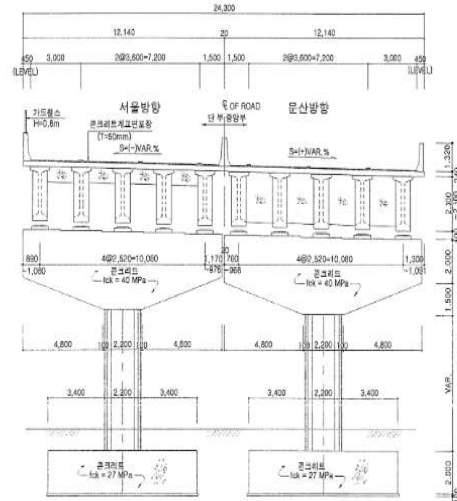
2) 탄성방점

* MIDAS CIVIL 2016 - Elastic Link Property

1, 1001, 2001, GEN	0, 956400, 2875, 2875, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
2, 1002, 2002, GEN	0, 956400, 2875, 2875, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
3, 1003, 2003, GEN	0, 956400, 2875, 2875, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
4, 1004, 2004, GEN	0, 956400, 2875, 2875, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
5, 1005, 2005, GEN	0, 956400, 2875, 2875, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
6, 1006, 2006, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
7, 1007, 2007, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
8, 1008, 2008, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
9, 1009, 2009, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
10, 1010, 2010, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
11, 1011, 2011, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
12, 1012, 2012, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
13, 1013, 2013, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
14, 1014, 2014, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
15, 1015, 2015, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
16, 1016, 2016, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
17, 1017, 2017, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
18, 1018, 2018, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
19, 1019, 2019, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
20, 1020, 2020, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
21, 1021, 2021, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
22, 1022, 2022, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
23, 1023, 2023, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
24, 1024, 2024, GEN	0, 13938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,

02. 교량 및 방점 특성

2.1 교량 단면 특성



04. 탄성지진응답 계수

(1) 탄성지진응답 계수

1) 가속도계수

구분	작용 계수	비고
구역계수 (Z)	0.110	지진구역 I
지진원형도계수 (I)	1.400	내진등급 1등급 (재현주기 1000년)
가속도계수 (A)	0.154	$A = Z \times I$

2) 지반계수

구분	작용 계수	비고
지반계수 (S)	1.200	지반종류 II

3) 탄성지진응답 계수(Cs) 산정

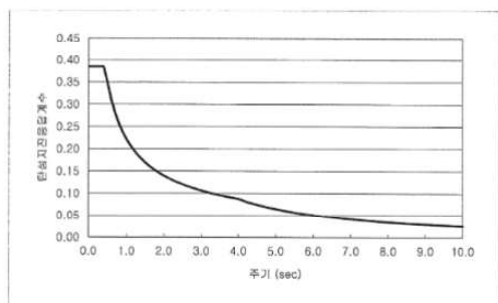
① $T \leq 4.0 \text{ sec}$

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

② $T > 4.0 \text{ sec}$

$$C_s = (3 \times A \times S) / T^{4/3}$$

여기서, T : 교량의 주기



■ 알뜰 안정검토 및 음력검토

■ 단면 형 설계

■ 사후성 검토

2. 단 면 가 정

단위 : kN1) 일반 사항

- 2) 하

- ### 3) 지 반 조 건

- #### 4) 사용재료감도

- ### 5) 설계 방법

- ## 6) 참고 문헌

- ### 3. 하 중 계 산

1) 자통 및 관성력 (원점 0을 기준으로)

註) 수평력(지진시 관성력) $H_1 = K_h \times V_1$ ($K_h = A/2 = 0.077$)

⑦ 모멘트 산정

③ 활력의 작용위치 산정

- 교대구체 : $X = 2557.683 / 746.923 = 3.424$ 日
 $Y = 195.484 / 57.513 = 3.399$ 日
- 횡재음재 : $X = 4113.838 / 693.015 = 5.936$ 日
 $Y = 340.426 / 53.362 = 6.380$ 日

2. 해석결과 요약

표 안전성검토 및 항목검토

구분	항목	항목명	항목값	항목단위	항목비고
교목성검토	정기	정기검토대상 항목 (km/h)	118451.894	9045.913	2.00 O.K
		정기검토대상 항목 (km/h)	15794.919	653.596	24.17 1.50 O.K
		정기검토대상 항목 (km/h)	844.100	435.466	1.94 1.00 O.K
		정기검토대상 항목 (km/h)	118451.894	33643.299	3.52 1.50 O.K
교목성검토	정밀	정밀검토대상 항목 (km/h)	15794.919	3535.051	4.47 1.20 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	1205.100	601.898	2.10 1.00 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	118451.894	22219.254	5.33 1.50 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	15794.919	1722.350	9.17 1.50 O.K
교목성검토	정밀	정밀검토대상 항목 (km/h)	844.100	507.873	1.66 1.00 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	118451.894	28793.738	4.11 1.50 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	15794.919	2460.651	6.42 1.20 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	1205.100	561.964	2.35 1.00 O.K

표 기둥의 단면 설계

구분	항목	항목명	항목값	항목단위	항목비고
교목성검토	정기	정기검토대상 항목 (km/h)	118451.894	9045.913	2.00 O.K
		정기검토대상 항목 (km/h)	15794.919	653.596	24.17 1.50 O.K
		정기검토대상 항목 (km/h)	844.100	435.466	1.94 1.00 O.K
		정기검토대상 항목 (km/h)	118451.894	33643.299	3.52 1.50 O.K
교목성검토	정밀	정밀검토대상 항목 (km/h)	15794.919	3535.051	4.47 1.20 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	1205.100	601.898	2.10 1.00 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	118451.894	22219.254	5.33 1.50 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	15794.919	1722.350	9.17 1.50 O.K
교목성검토	정밀	정밀검토대상 항목 (km/h)	844.100	507.873	1.66 1.00 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	118451.894	28793.738	4.11 1.50 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	15794.919	2460.651	6.42 1.20 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	1205.100	561.964	2.35 1.00 O.K

표 기둥 하중

구분	항목	항목명	항목값	항목단위	항목비고
교목성검토	정기	정기검토대상 항목 (km/h)	118451.894	9045.913	2.00 O.K
		정기검토대상 항목 (km/h)	15794.919	653.596	24.17 1.50 O.K
		정기검토대상 항목 (km/h)	844.100	435.466	1.94 1.00 O.K
		정기검토대상 항목 (km/h)	118451.894	33643.299	3.52 1.50 O.K
교목성검토	정밀	정밀검토대상 항목 (km/h)	15794.919	3535.051	4.47 1.20 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	1205.100	601.898	2.10 1.00 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	118451.894	22219.254	5.33 1.50 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	15794.919	1722.350	9.17 1.50 O.K
교목성검토	정밀	정밀검토대상 항목 (km/h)	844.100	507.873	1.66 1.00 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	118451.894	28793.738	4.11 1.50 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	15794.919	2460.651	6.42 1.20 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	1205.100	561.964	2.35 1.00 O.K

3. 설계조건

3.1 일반사항

- 1) 구조물명 : T형 교각
- 2) 상부구조 : IPC GIRDER
- 3) 교각종류 : 1종교
- 4) 기둥종류 : 직립기둥

3.2 하중

- 1) 철근콘크리트의 단위중량 : $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 2.1.2]
- 2) 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 제2장 P306]
- 3) 교각받침의 마찰계수 : $\mu_s = 0.15$

3.3 지반조건

- 1) 기초지반의 B지 : $B = 50$
- 2) 기초지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 42.38^\circ$; $15 + \sqrt{15K}$
- 3) 기초지반의 점착력 : $C = 28 \text{ kN/m}^2$
- 4) 기초지반의 최대 허용지하력 : $Q_a = 844 \text{ kN/m}^2$
- 5) 기초지반의 마찰계수 : $\mu = 0.6$; $\tan \phi_b = 0.60$, $C_b = 0$ (영양분 콘크리트)
- 6) 지반 가속도 계수 : $A = 0.154$; 위험도 계수 x 지반구분계수
 - 내진 등급 : I 등급
 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 8.3.1]
 - 지반 구분 : I 구역
 - 지반구분 계수 : 0.11

3.4 사용재료강도

- 1) 콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck} =$ 두부보 : 40 MPa
기둥 : 40 MPa
기초 : 27 MPa
- 탄성계수 : $E_c =$ 두부보 : 30891 MPa
기둥 : 30891 MPa
기초 : 27804 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- 2) 철근의 항복 강도(SD400) : $f_y =$ 두부보 : 400 MPa
기둥 : 400 MPa
기초 : 400 MPa
기초 (전단슬라브) : 400 MPa
- 탄성계수 : $E_s = 200000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

3.5 설계방법

- 1) 안전성검토 : 허용응력 설계법
- 2) 단면 설계 : 극한강도 설계법

3.6 참고문헌

- 1) 도로교 설계기준 : 국토교통부 (2010)
- 2) 콘크리트구조 설계기준 : 건설교통부 (2007)
- 3) 도로설계 편찬 : 국토교통부 (2008)
- 4) 도로 설계 요령 : 한국도로공사 (2009)

표 단면 설계

구분	항목	항목명	항목값	항목단위	항목비고
교목성검토	정기	정기검토대상 항목 (km/h)	118451.894	9045.913	2.00 O.K
		정기검토대상 항목 (km/h)	15794.919	653.596	24.17 1.50 O.K
		정기검토대상 항목 (km/h)	844.100	435.466	1.94 1.00 O.K
		정기검토대상 항목 (km/h)	118451.894	33643.299	3.52 1.50 O.K
교목성검토	정밀	정밀검토대상 항목 (km/h)	15794.919	3535.051	4.47 1.20 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	1205.100	601.898	2.10 1.00 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	118451.894	22219.254	5.33 1.50 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	15794.919	1722.350	9.17 1.50 O.K
교목성검토	정밀	정밀검토대상 항목 (km/h)	844.100	507.873	1.66 1.00 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	118451.894	28793.738	4.11 1.50 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	15794.919	2460.651	6.42 1.20 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	1205.100	561.964	2.35 1.00 O.K

표 사용성 검토

구분	항목	항목명	항목값	항목단위	항목비고
교목성검토	정기	정기검토대상 항목 (km/h)	118451.894	9045.913	2.00 O.K
		정기검토대상 항목 (km/h)	15794.919	653.596	24.17 1.50 O.K
		정기검토대상 항목 (km/h)	844.100	435.466	1.94 1.00 O.K
		정기검토대상 항목 (km/h)	118451.894	33643.299	3.52 1.50 O.K
교목성검토	정밀	정밀검토대상 항목 (km/h)	15794.919	3535.051	4.47 1.20 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	1205.100	601.898	2.10 1.00 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	118451.894	22219.254	5.33 1.50 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	15794.919	1722.350	9.17 1.50 O.K
교목성검토	정밀	정밀검토대상 항목 (km/h)	844.100	507.873	1.66 1.00 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	118451.894	28793.738	4.11 1.50 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	15794.919	2460.651	6.42 1.20 O.K
		정밀검토대상 항목 (km/h)	1205.100	561.964	2.35 1.00 O.K

5. 하중 계산

5.1 상부구조에 걸리는 하중

교차번호	교정 하중(D)	활하중(L)
		한계하중(L1) ; 좌측편차하중(L2) ; 우측편차하중(L3)
1	1156.576	418.064 ; 450.754 ; 94.056
2	1130.387	379.030 ; 393.678 ; 147.028
3	1099.396	353.558 ; 260.112 ; 264.752
4	1079.456	324.145 ; 166.610 ; 372.448
5	1071.364	328.662 ; 103.862 ; 470.762
6	1061.898	300.300 ; 380.536 ; 79.873
7	1058.901	325.913 ; 314.250 ; 124.600
8	1034.811	304.002 ; 229.676 ; 228.148
9	1021.399	279.916 ; 132.966 ; 321.701
10	1020.706	281.830 ; 86.882 ; 407.591
계	10754.894	3354.558 ; 2434.466 ; 2509.959

※ 교각하중은 25,000 kN/m²의 값을 프로그램에서 자동처리

5.2 통 하중

1) 교목성검토법 (W-T)

① 상부구조에 작용하는 통하중

$$B/D = 12.140 / 4.260 = 2.850 \quad [1 \leq B/D < 8]$$

$$W_1 = [4.0 - 0.2 \times (12.140 / 4.260)] \times 4.260 = 14.612 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ 이므로}$$

$$= 14.612 \text{ kN/m}$$

$$P_1 = 14.612 \times (45.130 + 45.000) / 2 \times \sin 90.6^\circ$$

$$= 659.458 \text{ kN}$$

$$\text{작용위치 } h = 4.260/2 + 0.400 + 1.000 = 3.53 \text{ m}$$

$$\text{작용단면적 } W_y = P_1 \times h = 659.458 \times 3.530 = 2324.248 \text{ kN.m}$$

※ 작용단면적은 수직력으로 환산하여 교각받침에 고려한다. 「교목성검토법」 참조

구분	1	2	3	4	5
수직력	92.33	46.21	0.1	-46.01	-92.13
구분	6	7	8	9	10
수직력	92.13	46.01	-0.1	-46.21	-92.33

② 하부구조에 작용하는 통하중

$$W_{\text{coping}} = 3.000 \times 3.500 \times 3.000 = 31.497 \text{ kN}$$

$$W_{\text{column}} = 1.500 \times 2.500 = 3.75 \text{ kN/m (점하하중)}$$

※ 활하중 하중시에는 계산된 하중의 1/2를 적용한다.

표 수직력 산정 : 교목성검토법 모멘트를 연직력으로 변환



$$L_1 = 0.000 \text{ m} \quad L_8 = 5.051 \text{ m}$$

$$L_2 = 2.520 \text{ m} \quad L_9 = 7.571 \text{ m}$$

$$L_3 = 5.040 \text{ m} \quad L_{10} = 10.091 \text{ m}$$

$$L_4 = 7.560 \text{ m}$$

$$L_5 = 10.080 \text{ m}$$

$$L_6 = 0.011 \text{ m}$$

$$L_7 = 2.531 \text{ m}$$

$$M = \sum (V_i \times L_i) \quad i=1 \sim i=9 \quad \text{①}$$

$$V_2 = (V_1 + V_{10}) \times L_2 / L_{10} - V_{10} \quad \text{②}$$

$$V_3 = (V_1 + V_{10}) \times L_3 / L_{10} - V_{10} \quad \text{③}$$

$$V_4 = (V_1 + V_{10}) \times L_4 / L_{10} - V_{10} \quad \text{④}$$

$$V_5 = (V_1 + V_{10}) \times L_5 / L_{10} - V_{10} \quad \text{⑤}$$

$$V_6 = (V_1 + V_{10}) \times L_6 / L_{10} - V_{10} \quad \text{⑥}$$

$$V_7 = (V_1 + V_{10}) \times L_7 / L_{10} - V_{10} \quad \text{⑦}$$

$$V_8 = (V_1 + V_{10}) \times L_8 / L_{10} - V_{10} \quad \text{⑧}$$

$$V_9 = (V_1 + V_{10}) \times L_9 / L_{10} - V_{10} \quad \text{⑨}$$

$$\sum V = \sum V_i \quad i=1 \sim i=10 \quad \text{⑩}$$

$$\rightarrow V_{10} = \sum V_i \quad i=1 \sim i=9 = 0 \quad \text{⑪}$$

$$\begin{aligned} &= V_1 + (V_1 + V_{10}) \times L_2 / L_{10} - V_{10} \\ &+ (V_1 + V_{10}) \times L_3 / L_{10} - V_{10} \\ &+ (V_1 + V_{10}) \times L_4 / L_{10} - V_{10} \\ &+ (V_1 + V_{10}) \times L_5 / L_{10} - V_{10} \\ &+ (V_1 + V_{10}) \times L_6 / L_{10} - V_{10} \\ &+ (V_1 + V_{10}) \times L_7 / L_{10} - V_{10} \\ &+ (V_1 + V_{10}) \times L_8 / L_{10} - V_{10} \\ &+ (V_1 + V_{10}) \times L_9 / L_{10} - V_{10} \end{aligned}$$

※ 등식에서 $V_{10} = a V_1 \rightarrow$ ⑩식 외 항들로 수렴한다.
 등식을 ② ~ ⑩식에 대입하고, ② ~ ⑩식을 ①에 대입하면

$$M = \beta \times V_1$$

$$V_1 = M / \beta$$

※ V_1 값을 ② ~ ⑩식에 대입한다.

연립방정식의 결과는 다음과 같다.

$$V_1 = 0.040 \times M$$

$$V_2 = 0.020 \times M$$

$$V_3 = 0.000 \times M$$

$$V_4 = -0.020 \times M$$

$$V_5 = -0.040 \times M$$

$$V_6 = 0.040 \times M$$

$$V_7 = 0.020 \times M$$

$$V_8 = 0.000 \times M$$

$$V_9 = -0.020 \times M$$

$$V_{10} = -0.040 \times M$$

5.5 교각 출몰하중

1) 교축적각방향 (G-TR)

$P = 1000,000 \text{ kN}$ 의 하중이 지면상 1.8m에서 수평으로 작용 하는것으로 한다.
 작용위치 $h = 6.360 \text{ m}$ (기초상단으로부터)

2) 교축방향 (G-L0)

$P = 500,000 \text{ kN}$ 의 하중이 지면상 1.8m에서 수평으로 작용 하는것으로 한다.
 작용위치 $h = 6.360 \text{ m}$ (기초상단으로부터)

5.6 지면에 의한 하중 : 내진해석 참조

(lg 적용)

구분	교축 방향	교축 방향	교축 방향	교축 방향	교축 방향	교축 방향	교축 방향
위치	지점	지점	지점	지점	지점	지점	지점
기둥	경우 1	기둥 1	2455.500	6136.100	0.05375	445.000	2336.700
상부	경우 2	기둥 1	755.000	1866.100	0.01649	1385.300	7354.300
기둥	경우 1	기둥 1	2400.700	26537.200	0	454.900	7996.200
하단	경우 2	기둥 1	765.500	8145.800	0	1415.700	24374.500

2) 교축방향 (W-L0)

① 하부구조에 작용하는 출몰하중

$W_{\text{copping}} = 106.121 \text{ kN}$ (Copping 높이에 따라 재하)
 $W_{\text{column}} = 1.500 \times 2.500 = 3.75 \text{ kN/m}$
 ※ 출몰하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2를 적용 한다.

5.3 출몰하중에 작용하는 출몰하중

출몰하중에 재하되는 출몰하중이 대항하는 교면상 1.5m 위치에서 $1500,000 \text{ N/m}$ 의 출몰하중이 재하되는 것으로 한다. [도로표계기준 P19]

$P_h = 1.500 \times (45.130 + 45.000) / 2 \times \sin 90.6 = 67.594 \text{ kN}$
 작용위치 $h = 3.013 + 1.500 + 1.000 = 5.513 \text{ m}$
 작용모멘트 $M_y = P_h \times h = 67.594 \times 5.513 = 372.664 \text{ kN.m}$

※ 작용모멘트는 수직력으로 환산하여 교량발달에 재하한다. 『중 수직력 산정 참조』

구분	1	2	3	4	5
수직력	14.8	7.41	0.02	-7.38	-14.77
구분	6	7	8	9	10
수직력	14.77	7.38	-0.02	-7.41	-14.8

5.4 온도하중 산정

1) 교축적각방향 (G-TR)

① 온도변화 계수 : $\Delta T = 10^\circ \text{C}$ 적용
 ② 건조수축 : $\Delta T = \alpha / \epsilon = 0.00015 / 0.00010 = -15.0^\circ \text{C}$

2) 교축방향 (G-L0)

① 교각의 종방향 변위를 유발하는 수평력

$$\delta = \alpha \times \Delta T \times L = 0.00012 \times 25.0 \times 45.000 = 0.135 \text{ m}$$

$$\delta = \frac{P \times L^3}{3 \times E \times I} \quad P_s = \frac{3 \times E \times I \times \delta}{L^3}$$

$$P_h = 3 \times 30891000 \times 1.91748 \times 10^4 \times 0.01350 / 16.700^3 \times \sin 90.6 = 515.077 \text{ kN}$$

② 한강발원의 전단변위를 유발하는 수평력

교량발원의 계수 : $N = 10 \text{ EA}$
 한강발원의 전단변형계수 : $kh = 4792.000 \text{ kN/m}$
 $P_h = kh \times \delta \times N = 4792.000 \times 0.01350 \times 10 \times \sin 90.6 = 646.889 \text{ kN}$

※ 수평력은 ①, ②를 각각 515.077 kN를 적용한다.

③ 작용 모멘트
 $M_h = 515.077 \times (0.400 + 2.000 / 2) = 721.023 \text{ kN.m}$

5.7 하중조합 : 사용하중 검토시

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	E	GD
SVB01	1.00	1.00								
SVB02	1.00		1.00							
SVB03	1.00			1.00						
SVB04	1.00				1.00					
SVB05	1.00	1.00			0.50	1.00				
SVB06	1.00		1.00		0.50	1.00				
SVB07	1.00			1.00	0.50	1.00				
SVB08	1.00	1.00					1.00	1.00		
SVB09	1.00	1.00					-1.00	1.00		
SVB10	1.00		1.00				1.00	1.00		
SVB11	1.00		1.00				-1.00	1.00		
SVB12	1.00			1.00			1.00	1.00		
SVB13	1.00			1.00			-1.00	1.00		
SVB14	1.00				1.00		1.00	1.00		
SVB15	1.00				1.00		-1.00	1.00		
SVB16	1.00	1.00			0.50	1.00	1.00	1.00		
SVB17	1.00	1.00			0.50	1.00	-1.00	1.00		
SVB18	1.00		1.00		0.50	1.00	1.00	1.00		
SVB19	1.00			1.00	0.50	1.00	-1.00	1.00		
SVB20	1.00			1.00	0.50	1.00	1.00	1.00		
SVB21	1.00			1.00	0.50	1.00	-1.00	1.00		
SVB22	1.00								1.00	
SVB23	1.00	1.00								1.00
SVB24	1.00		1.00							1.00
SVB25	1.00			1.00						1.00
SVB26	1.00				1.00					1.00

D = 고정하중 또는 이에 따른 단면력

L = 활하중 또는 이에 따른 단면력

W = 풍하중 또는 이에 따른 단면력

WL = 차량발원하중에 작용하는 풍하중 또는 이에 따른 단면력

E = 지진하중 또는 이에 따른 단면력

GD = 충돌하중 또는 이에 따른 단면력

G = 부동침하, 크리프, 건조수축(GS), 재하 또는 시공시 기초착오, 속도변화

또는 온도변화등으로 인한 팽창 또는 수축변형으로 유발된 변형력 또는 이에 따른 단면력

※ 위 테이블에 표시된 SVB는 교축방향이며, 모멘트방향의 SV0는 교축방향의 SV0를 나타냅니다.

SVB와 SV0는 동일한 하중조합의 교축, 교축방향 성분들입니다.

39.2.2 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 39.2.1】 능산4교(서울) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	능산4교(문산)의 주요 손상현황으로는 가로보 파손 및 철근노출, 교량받침 받침콘크리트 균열(Cw=0.3mm미만), 받침콘크리트재료분리가 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	능산4교(서울)의 주요 손상현황으로는 바닥판하면 파손(거푸집미제거), 교량받침 받침물탈 균열(Cw=0.3mm미만), 받침물탈 망상균열이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교량받침 받침콘크리트 균열(cw=0.3mm미만) 바닥판하면 파손(거푸집 미제거)	양호

39.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

39.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교·검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○ 관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○ 안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○ 점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○ 일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○ 금회 점검에서는 시설물의 하중 변화 여부, 신규손상 발생 여부, 비파괴 시험 등에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○ 중대결함 : 없음 ○ 구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○ 점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

39.2.5 시설물 보수 이력

【표 39.2.2】 능산4교(서울) 보수이력사항

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

39.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 39.2.3】 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.			

39.3 현장조사

39.3.1 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~S4	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	
			
작업전경		작업전경	
			
연단거리 측정		비파괴시험	

【사진 39.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

39.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 능산4교(서울)는 총 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=195.4m 폭 12.1m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



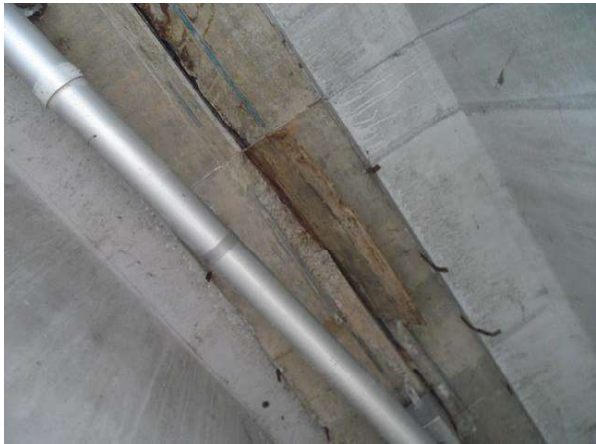
【사진 39.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 외관조사 결과, 파손, 거푸집미제거 등의 손상이 확인되었다.

【표 39.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	파손 (㎡/개소)		거푸집미제거 (㎡/개소)	
S1	—	—	—	—
S2	—	—	—	—
S3	—	—	—	—
S4	0.30	1	0.20	1
합계	0.30	1	0.20	1

	
바닥판 하면 S4 파손(0.3×1.0)	바닥판 하면 S4 파손(0.3×1.0)
	
바닥판 하면 S4 거푸집 미제거(0.2×1.0)	바닥판 하면 S4 거푸집 미제거(0.2×1.0)

【사진 39.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 파손, 거푸집 미제거는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형,, 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수, 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 S1~S3구간은 IPC 거더, S4는 SEG Beam으로 시공되었으며, 도보 및 고소차를 이용한 외관조사를 실시하였다.



【사진 39.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, IPS 거더와 SEG Beam 거더 모두 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 39.3.2】 거더 현장조사 결과(IPC 거더)

구분		상태양호	
IPC 거더	S1	—	—
	S2	—	—
	S3	—	—
합계		—	—

【표 39.3.3】 거더 현장조사 결과(SEG Beam 거더)

구분		상태양호	
SEG Beam	S4	—	—
합계		—	—

	
IPC 거더 손상현황	SEG Beam 거더 상태양호

【사진 39.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- IPC거더는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- SEG Beam 거더는 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 강재(SEG Beam구간)와 콘크리트(IPC구간)로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소차를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 39.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, IPC거더와 SEG Beam거더의 가로보 모두 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 39.3.4】 가로보 현장조사 결과(IPC 거더)

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

【표 39.3.5】 가로보 현장조사 결과(SEG Beam 거더)

구분		상태양호	
가로보	S4	—	—
합계		—	—

	
가로보 상태양호 (IPC거더)	가로보 상태양호 (IPC거더)
	
가로보 상태양호(SEG Beam 거더)	가로보 상태양호(SEG Beam 거더)

【사진 39.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- IPC 거더 구간의 가로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- SEG Beam 거더 구간의 가로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 능산4교(서울) 교대는 A1, A2 역T형으로 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관 조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 39.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 균열(0.3mm미만), 망상균열, 백태, 파손, 굽힘이 조사되었다.

【표 39.3.6】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		망상균열 (m/개소)		백태 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)		굽힘 (㎡/개소)	
A1	2.00	1	—	—	0.10	2	—	—	—	—
A2	13.30	16	0.02	1	—	—	0.03	2	0.18	1
합계	15.30	17	0.02	1	0.10	2	0.03	2	0.18	1

교대 A1 홍벽 균열(Cw=0.3mm미만)	교대 A2 홍벽 균열(Cw=0.3mm미만)
교대 A1 홍벽 백태(0.1×0.5×2EA)	교대 A2 파손 (0.1×0.1)

【사진 39.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 조사된 폭0.3mm미만 균열, 망상균열, 파손, 백태, 균힘은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 능산4교(서울)의 교각은 T형 3기로, 기초는 직접기초로 시공되었다. 교각에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 39.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 균열 (0.3mm미만), 망상균열, 누수흔적, 페콘크리트 퇴적이 조사되었다.

【표 39.3.7】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		누수흔적 (㎡/개소)		페콘크리트퇴적 (㎡/개소)	
P1	18.70	7	27.00	2	—	—	—	—
P2	21.00	8	24.00	1	—	—	—	—
P3	1.50	1	1.00	1	1.00	1	5.00	1
합계	41.20	16	52.00	4	1.00	1	5.00	1

	
교각 P1 코핑부 균열(Cw=0.3mm미만)	교각 P3 코핑부 누수흔적 (0.2×0.5)
	
교각 P3 코핑부 폐콘크리트 퇴적(1.0×1.0)	교각 P2 코핑부 망상균열 (12.0×2.0)

【사진 39.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

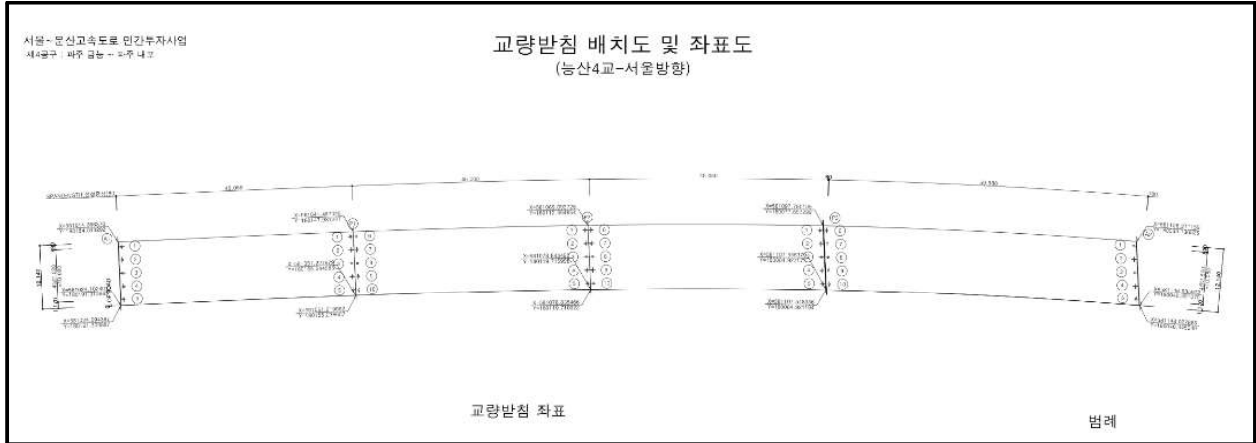
4) 검토의견

- 교각에 대한 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공 미흡 등에 의한 균열(0.3mm미만), 망상균열, 누수흔적, 폐콘크리트 퇴적이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 능산4교(서울)의 받침은 탄성받침으로 총 40기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 39.3.1】 교량받침 배치도



【사진 39.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 받침콘크리트 재료분리 등이 조사되었다.

【표 39.3.8】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침콘크리트 균열(0.3mm미만) (m/개소)		받침콘크리트 재료분리 (m/개소)	
A1	—	—	—	—
P1	—	—	—	—
P2	—	—	0.09	1
P3	0.90	3	—	—
A2	—	—	—	—
합계	0.90	3	0.09	1



【사진 39.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

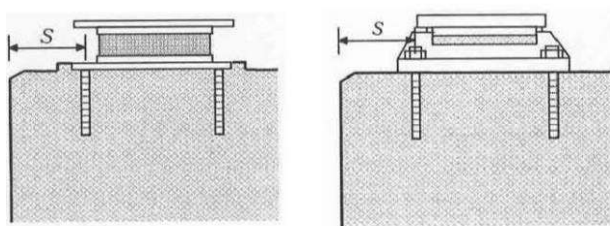
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교량받침에 조사된 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 받침콘크리트 재료분리의 경우 초기 건조 수축, 시공미흡, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로, 부재의 내구성 확보를 위하여 표면처리, 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 39.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 39.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=45.13m) : $200+5 \times 45.13 = 426(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=45.0m) : $200+5 \times 45.0 = 425(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=45.17m) : $200+5 \times 45.17 = 426(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=60.1m) : $200+5 \times 60.1 = 501(\text{mm})$

【표 39.3.9】 연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)					검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
		Sh6	Sh7	Sh8	Sh9	Sh10	
A1	426	580	550	550	520	520	O.K
P1	A1측	426	930	930	920	920	O.K
	A2측	425	930	930	930	930	O.K
P2	A1측	425	940	910	910	910	O.K
	A2측	426	930	920	920	920	O.K
P3	A1측	426	930	930	920	920	O.K
	A2측	501	950	940	940	940	O.K
A2	501	620	620	620	610	610	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 39.3.15】 교량받침 이동량 측정

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

【표 39.3.10】 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	36.3	13.7	0.00001	45.1	16.4	6.2	
P1	고정단						
P2	36.3	13.7	0.00001	45.0	16.3	6.2	
P3(sh1-5)	36.3	13.7	0.00001	90.2	32.7	12.4	
P3(sh5-10)	고정단						
A2	36.3	13.7	0.00001	60.1	21.8	8.2	
1) 조사당시 온도 : 21.3℃(조사일 : 2022년 08월 25일, 평균온도, 파주)							
2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)							

【표 39.3.11】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)	검토 결과	
			수축	신장	최대수축	최대신장			
A1	SH1	-5	62	72	16.4	6.2	±67	O.K	
	SH2	-5	62	72			±67	O.K	
	SH3	-5	62	72			±67	O.K	
	SH4	-5	62	72			±67	O.K	
	SH5	-5	62	72			±67	O.K	
P1	고정단								
P2	SH1	0	67	67	16.3	6.2	±67	O.K	
	SH2	0	67	67			±67	O.K	
	SH3	0	67	67			±67	O.K	
	SH4	0	67	67			±67	O.K	
	SH5	0	67	67			±67	O.K	
	SH6	0	67	67			±67	O.K	
	SH7	0	67	67			±67	O.K	
	SH8	0	67	67			±67	O.K	
	SH9	0	67	67			±67	O.K	
	SH10	0	67	67			±67	O.K	
P3(SH1~SH5)	SH1	0	67	67	32.7	12.4	±67	O.K	
	SH2	0	67	67			±67	O.K	
	SH3	0	67	67			±67	O.K	
	SH4	0	67	67			±67	O.K	
	SH5	0	67	67			±67	O.K	
P3(SH6~SH10)		고정단							
A2	SH1	+10	60	40	21.8	8.2	±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	
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K 허용변위 = 받침높이 × 0.3									

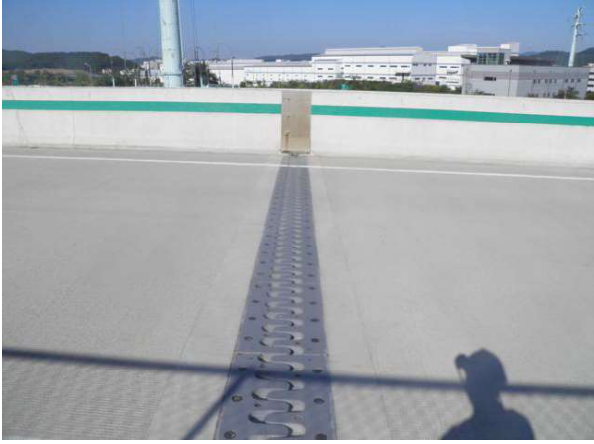
② 교량받침 이동량 검토의견

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

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, P3, A2 강평거조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(P3) 전경
	—
EXP.J3(A2) 전경	—

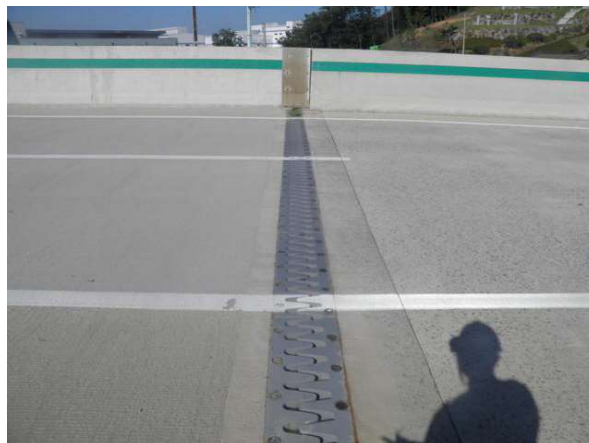
【사진 39.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 39.3.12】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1 (EXP J1)	—	—
P3 (EXP J2)	—	—
A2 (EXP J3)	—	—
합계	—	—

	
신축이음 A1 상태양호	신축이음 A1 상태양호
	
신축이음 P3 상태양호	신축이음 A2 상태양호

【사진 39.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

5) 신축이음 거동상태 검토

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

구분	계산방법	비고																			
이론 신축량	- 온도변화에 의한 이동량 $\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ - 여기서, Δl_t : 온도변화에 의한 이동량 ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조) α (강재): 1.2×10^{-5}, α (콘크리트): 1.0×10^{-5} - L : 신축보의 길이(mm)																				
소요 신축량	- 소요 가동량 산정 - 조사일 : 2022. 09. 26. 기온 적용: 16.2℃(일평균) - RC교 ΔT(신장시) : $35.0^{\circ}\text{C} - 16.2^{\circ}\text{C} = 18.8^{\circ}\text{C}$ ΔT(수축시) : $-15.0^{\circ}\text{C} - (16.2^{\circ}\text{C}) = 31.2^{\circ}\text{C}$ 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>선팽창계수 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	선팽창계수 α (/℃)	강교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}	하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}	RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}	 
교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α (/℃)																	
강교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}																	
	하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}																	
RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}																	

【사진 39.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 39.3.13】 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	31.2	18.8	0.00001	45.1	14.1	8.5	60	80	180	
P3	31.2	18.8	0.00001	90.2	28.1	16.9	70	100	400	
A2	31.2	18.8	0.00001	60.1	18.8	11.3	60	90	80	

1) 조사당시 온도 : 16.2℃(조사일 : 2022년 09월 26일, 평균온도, 파주)
 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)

【표 39.3.14】 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	14.1	8.5	60	80	5.9	51.5	O.K
	바닥판			80	-	-	71.5	O.K
	거더			180	-	-	171.5	O.K
P3	신축이음	28.1	16.9	70	120	21.9	53.1	O.K
	바닥판			100	-	-	83.1	O.K
	거더			400	-	-	383.1	O.K
A2	신축이음	18.8	11.3	60	100	21.2	48.7	O.K
	바닥판			90	-	-	78.7	O.K
	거더			80	-	-	68.7	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.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 능산4교(서울)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 LMC 포장($T=50\text{mm}$)으로 되어있다.



【사진 39.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장 현장조사 결과 전체적인 상태는 양호하나 국부적은 접속도로 포장박리가 조사되었다.

【표 39.3.15】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속도로 포장박리 (㎡/개소)	
S1	10.50	1
S2	—	—
S3	—	—
S4	12.50	1
합계	23.00	2

	
교면포장 S1 접속도로 포장박리(1.5×7.0)	교면포장 S5 접속도로 포장박리(1.5×7.0)
	
교면포장 S4 접속도로 포장박리(2.5×5.0)	교면포장 S4 접속도로 포장박리(2.5×5.0)

【사진 39.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장의 현장조사 결과 접속도로 포장박리는 초기 건조수축, 온도변화, 차량의 윤하중, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 실링재 충전 등의 보수대책을 수립 및 지속적인 주의관찰이 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 능산4교(서울)의 상부는 그레이팅 덮개로 마감된 배수구, 하부는 육교형 배수관이 시공되어 있고, 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 39.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수관 이음부 불량이 조사되었다.

【표 39.3.16】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수관 이음부불량 (EA/개소)	
S1	—	—
S2	—	—
S3	1.00	1
S4	—	—
합계	1.00	1

	
배수시설 S13 배수관 이음부 불량(1EA)	배수시설 S13 배수관 이음부 불량(1EA)

【사진 39.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수시설의 현장조사 결과 시공미흡 등에 의한 배수관 이음부 불량이 조사되었으며, 부재의 내구성 확보 및 2차손상 방지를 위한 정비(재설치) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

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



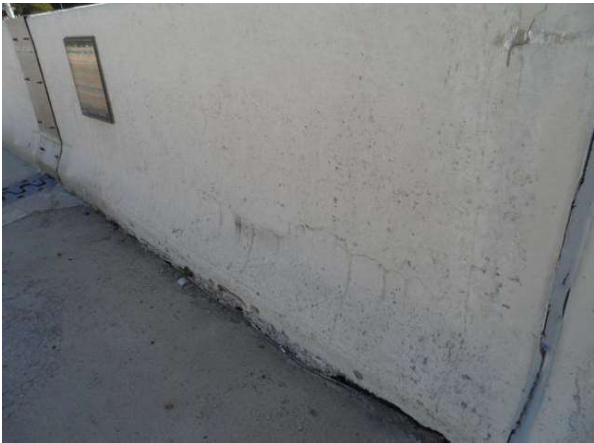
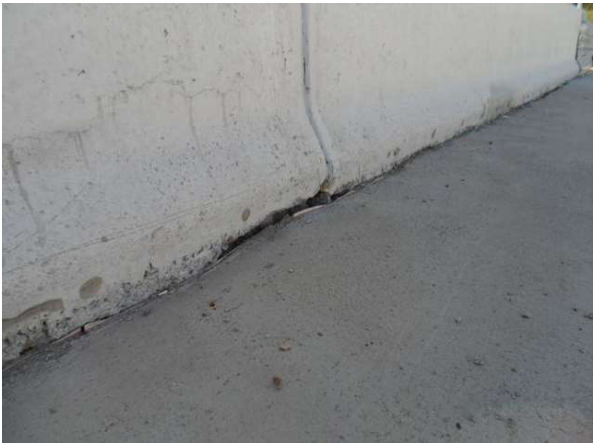
【사진 39.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만), 시공불량(철근노출), 실란트 파손이 조사되었다.

【표 39.3.17】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		시공불량(철근노출) (㎡/개소)		실란트 파손 (m/개소)	
S1	—	—	—	—	—	—
S2	—	—	—	—	—	—
S3	—	—	—	—	—	—
S4	20.30	26	0.90	1	1.50	1
합계	20.30	26	0.90	1	1.50	1

	
방호벽 S4 균열(Cw=0.3mm미만)	방호벽 S4 균열(Cw=0.3mm미만)
	
방호벽 S4 시공불량(철근노출)(3.0×0.3)	방호벽 S4 실란트파손(L=1.5m)

【사진 39.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열(폭0.3mm미만), 시공불량(철근노출), 실란트 파손은 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 실란트 재충전, 단면보수 및 방청을 실시하는 것이 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 능산4교(서울)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A2에 강재+알루미늄 재질의 점검로가 설치되어 있다.



【사진 39.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 39.3.18】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
A2	—	—
합계	—	—

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 40.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 - 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 - 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

39.3.3 현장조사 총괄표

【표 39.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		파손	m ²	0.30	1	
		거푸집미제거	m ²	0.20	1	
거더	IPC거더	상태양호	—	—	—	
	SEG B거더	상태양호	—	—	—	
가로보	IPC	상태양호	—	—	—	
	SEG B거더	상태양호	—	—	—	
교대		균열(0.3mm미만)	m	15.30	17	
		망상균열	m ²	0.02	1	
		백태	m ²	0.10	2	
		파손	m ²	0.03	2	
		긁힘	m ²	0.18	1	
교각		균열(0.3mm미만)	m	41.20	16	
		망상균열	m	52.00	4	
		누수흔적	m ²	1.00	1	
		폐콘크리트퇴적	m ²	5.00	1	
교량받침		받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	0.90	3	
		받침콘크리트 재료분리	m ²	0.09	1	
신축이음		상태양호	—	—	—	
교면포장		접속도로 포장박리	m ²	23.00	2	
배수시설		배수관 이음부 불량	EA	1.00	1	
방호벽		균열(0.3mm미만)	m	20.30	2	
		시공불량(철근노출)	m ²	0.90	1	
		실란트 파손	m	1.50	1	

39.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

39.4 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.

39.4.1 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 39.4.1】 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	2	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

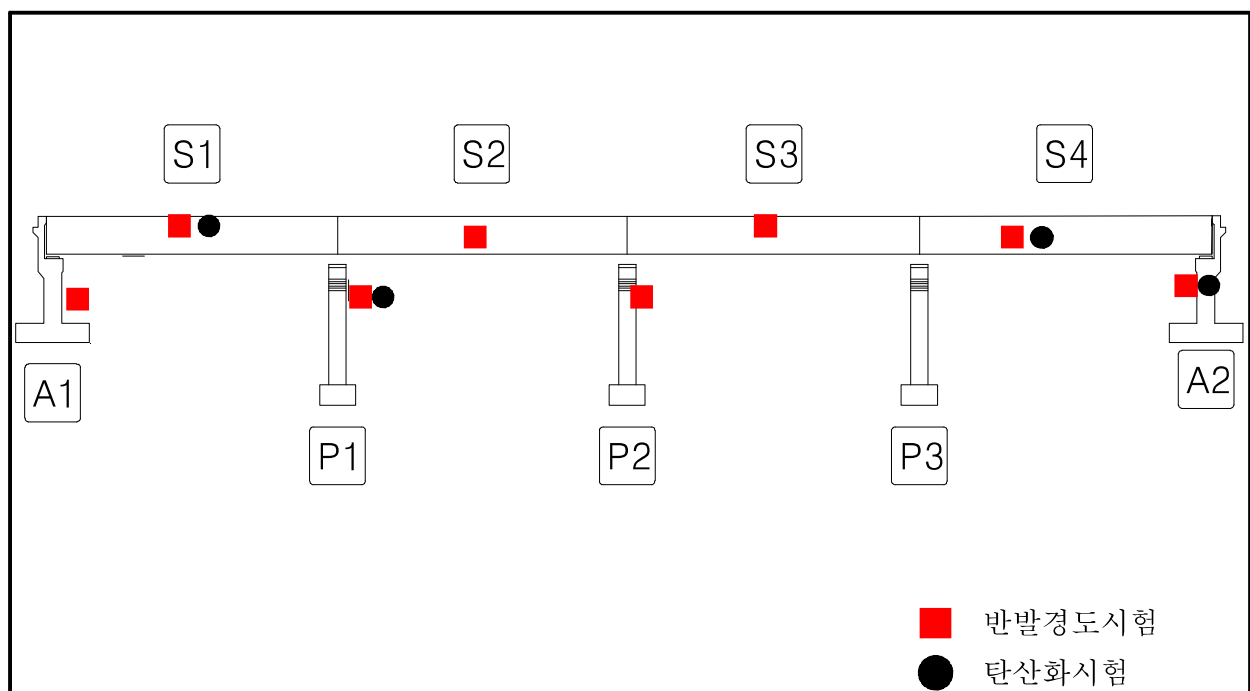
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



【사진 39.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 39.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

39.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

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

① 비파괴강도 시험결과

【표 39.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도(MPa)	비고
		반발경도(R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판	46.8	27.8	29.0	0.67	27.0	
	S4 바닥판	46.6	27.6	28.9			

【표 39.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도(MPa)	비고
		반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
상부 구조	S2 거더	48.6	41.0	48.9	0.67	40.0	
	S3 거더	48.7	41.1	49.1			

【표 39.4.4】 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	43.4	24.9	27.4	0.67	24.0	
	A2 교대	43.0	24.5	27.2			

【표 39.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도(MPa)	비고
		반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1 교각	48.7	41.2	49.2	0.67	40.0	
	P2 교각	48.4	40.8	48.6			

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.6~29.0MPa, 거더 41.0~49.1 MPa, 하부구조 교대 24.5~27.4MPa, 교각 40.8~49.2MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥 판: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 40.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 39.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.6~29.0	27.0	102.3~107.4
	거더	41.0~49.1	40.0	102.6~122.8
하부구조	교대	24.5~27.4	24.0	102.0~114.0
	교각	40.8~49.2	40.0	102.1~123.0

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 39.4.7】 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	2.0	40.0	38.0	a	1.41	100년이상	
	S4 바닥판하면	1.0	40.0	39.0	a	0.71	100년이상	
하부구조	P1 코평부	1.5	100.0	98.5	a	1.06	100년이상	
	A2 교대	3.5	100.0	96.5	a	2.47	100년이상	

- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0~2.0mm, 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 39.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	1.0~2.0	38.0~39.0	
하부구조	1.5~3.5	96.5~98.5	

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 39.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.6~29.0	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.0~49.1	40.0	
	하부구조	교대	24.5~27.4	24.0	
		교각	40.8~49.2	40.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		38.0~39.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성 저하 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 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

39.5 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.

39.5.1 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 39.5.1】 상태평가 결과표 (IPC)

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	a	a	a	c	a	a	a	a	b	q	a	—
S2	P1	IPC	a	a	a	a	a	a	—	a	b	q	—	a
S3	P2	IPC	a	a	a	a	a	a	—	b	b	q	—	—
평균			0.100	0.100	0.100	0.200	0.100	0.100	0.100	0.133	0.200	—	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	—	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.020	0.005	0.014	0.003	0.002	0.009	0.012	0.040	—	0.004	0.003
													0.130	
													B	

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

【표 39.5.2】 상태평가 결과표 (SEGB)

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
S4	P3	SEGB	b	a	a	c	b	c	a	a	b	q	a	—
	A2	SEGB							a	a	b	q	—	a
평균			0.200	0.100	0.100	0.400	0.200	0.400	0.100	0.100	0.200	—	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	—	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.036	0.020	0.005	0.028	0.006	0.008	0.009	0.009	0.040	—	0.004	0.003
													0.168	
													B	

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

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 39.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
능산4교(서울) (IPC)	0.130	B	135.3	2	271	0.692	0.090
능산4교(서울) (SEGB)	0.168	B	60.1	2	120	0.308	0.052
합계(Σ)			195.4	4	391	1.000	0.142
1. 평가지수							0.142
2. 상태평가결과 =							B

39.5.2 기 점검 결과와의 비교

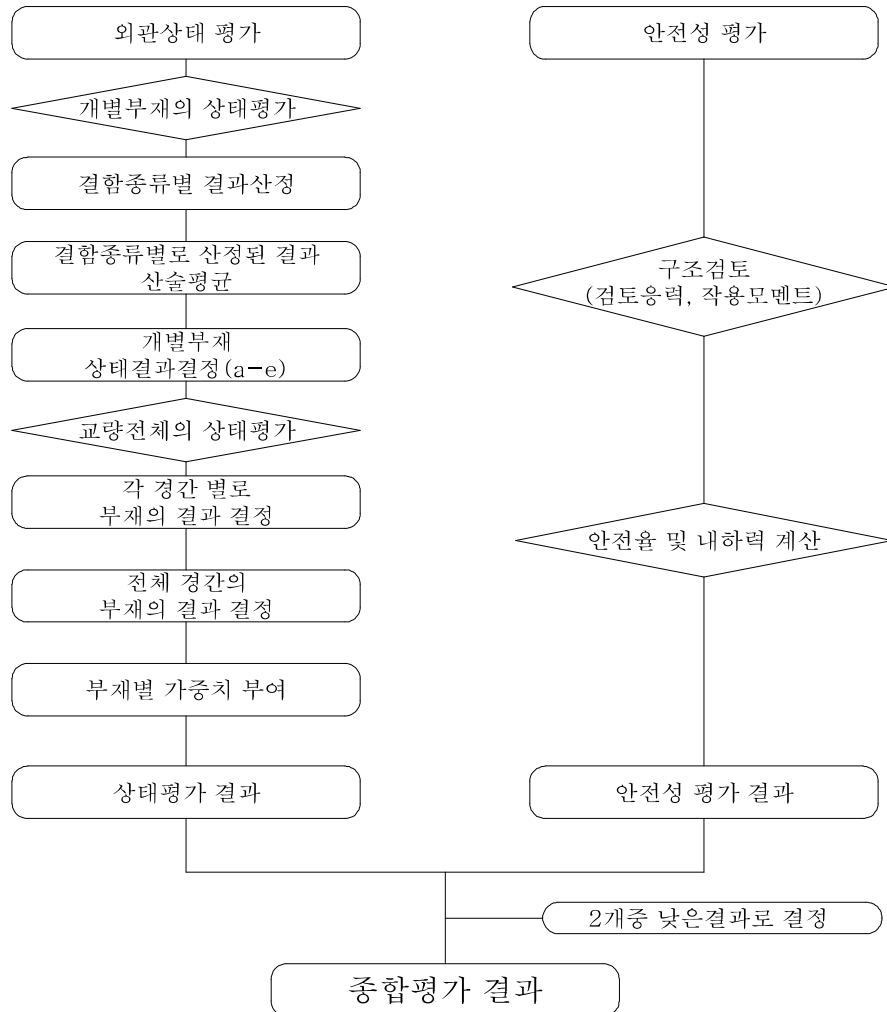
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

39.6 종합평가 및 안전등급 지정

39.6.1 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 39.6.1】 종합평가 결과 산정절차

39.6.2 종합평가 결과

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

【표 39.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
능산4교(서울)	0.142	B	—	—	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

39.6.3 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 39.6.2】 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

39.7 보수·보강 및 유지관리방안

39.7.1 보수·보강 방안

【표 39.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		파손	m ²	0.30	1	단면보수	하자
		거푸집미제거	m ²	0.20	1	정비	하자
거더	IPC거더	상태양호	—	—	—	—	—
	SECB 거더	상태양호	—	—	—	—	—
가로보	IPC거더	상태양호	—	—	—	—	—
	SECB 거더	상태양호	—	—	—	—	—
교대		균열 (0.3mm미만)	m	15.30	17	표면처리	하자
		망상균열	m ²	0.02	1	단면보수	하자
		백태	m ²	0.10	2	표면처리	하자
		파손	m ²	0.03	2	단면보수	하자
		긁힘	m ²	0.18	1	단면보수	하자
교각		균열 (0.3mm미만)	m	41.20	16	표면처리	하자
		망상균열	m ²	52.00	4	표면처리	하자
		누수흔적	m ²	1.00	1	표면처리	하자
		페콘크리트퇴적	m ²	5.00	1	정비	하자
교량받침		받침콘크리트 균열 (0.3mm미만)	m	0.90	3	표면처리	하자
		받침콘크리트 재료분리	m ²	0.09	1	단면보수	하자
신축이음		상태양호	—	—	—	—	—
교면포장		접속도로 포장박리	m ²	23.00	2	단면보수	하자
배수시설		배수관 이음부 불량	EA	1.00	1	정비(재설치)	하자
방호벽		균열 (0.3mm미만)	m	20.30	2	표면처리	하자
		시공불량(철근노출)	m ²	0.90	1	단면보수 및 방청	하자
		실란트 파손	m	1.50	1	실란트재충전	하자

39.7.2 개략공사비

【표 39.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	파손	단면보수	0.30	0.45	m ²	—	—	하자
	거푸집미제거	정비	0.20	0.30	m ²	—	—	하자
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	15.30	5.74	m ²	—	—	하자
	망상균열	단면보수	0.02	0.03	m ²	—	—	하자
	백태	표면처리	0.10	0.15	m ²	—	—	하자
	파손	단면보수	0.03	0.05	m ²	—	—	하자
	긁힘	단면보수	0.18	0.27	m ²	—	—	하자
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	41.20	15.45	m ²	—	—	하자
	망상균열	표면처리	52.00	78.00	m ²	—	—	하자
	누수흔적	표면처리	1.00	1.50	m ²	—	—	하자
	폐콘크리트 퇴적	정비	5.00	7.50	m ²	—	—	하자
교량받침	받침콘 균열(0.3mm미만)	표면처리	0.90	0.34	m ²	—	—	하자
	받침콘 재료분리	단면보수	0.09	0.14	m ²	—	—	하자
교면포장	접속도로 포장박리	단면보수	23.00	34.50	m ²	—	—	하자
배수시설	배수관 이음부 불량	정비(재설치)	1.00	1.00	EA	—	—	하자
방호벽	균열(0.3mm미만)	표면처리	20.30	7.61	m ²	—	—	하자
	시공불량(철근노출)	방청	0.90	1.35	m ²	—	—	하자
	실란트 파손	실란트재충전	1.50	1.50	m	—	—	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.

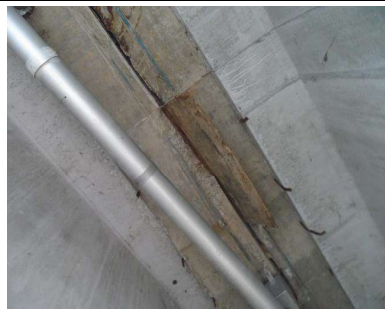
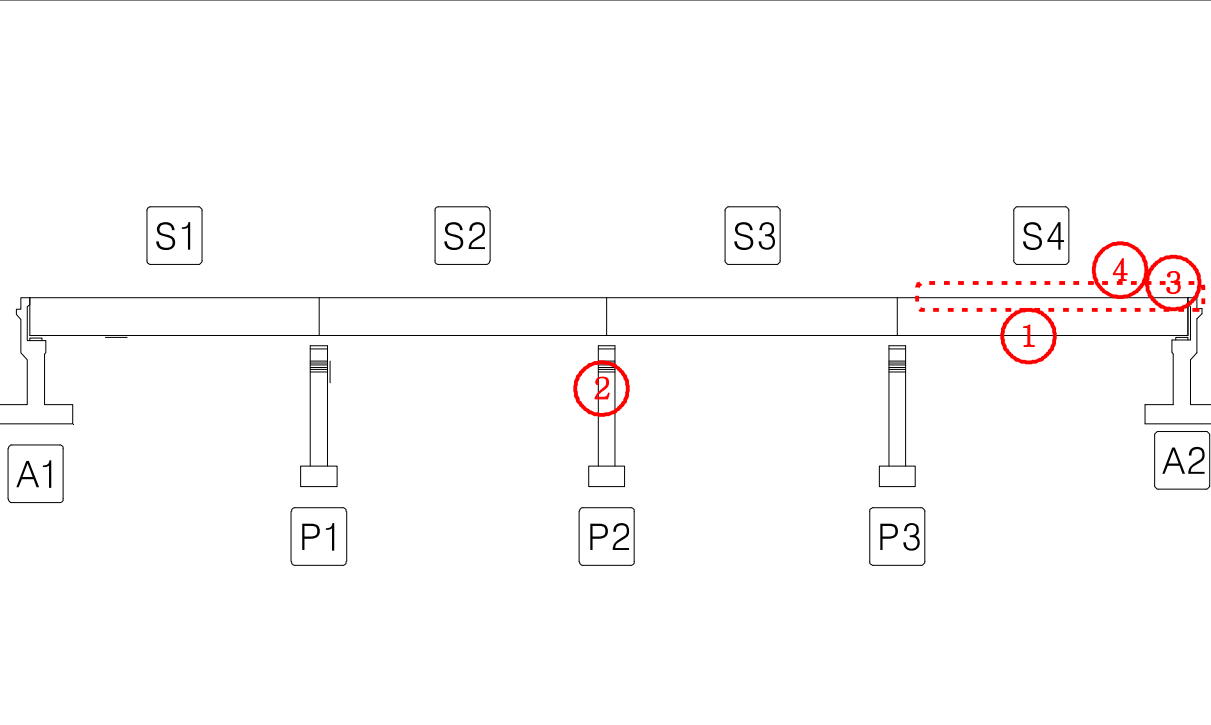
39.7.3 유지관리방안

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 39.7.3】 중점유지관리 항목

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

◎ 부재별 중점점검 손상

		
① 바닥판 하면 파손 - 진전 여부확인		② 하부구조 망상균열 - 진전 여부확인
		
③ 교면포장 포장박리 - 진전 여부확인	④ 방호벽 실란트파손, 시공불량(철근노출) 등 - 진전 여부확인	
		

39.8 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 조리읍 능산리 산 13-7에 위치한 교량으로 총 연장 195.4m, 폭 12.1m의 IPC + SEG Beam 거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

39.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

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

2) 거더

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

3) 가로보

- IPC 거더 구간의 가로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- SEG Beam 거더 구간의 가로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 조사된 폭0.3mm미만 균열, 망상균열, 파손, 백태, 굽힘은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 교각

- 교각에 대한 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공 미흡 등에 의한 균열(0.3mm미만), 망상균열, 누수흔적, 폐콘크리트 퇴적이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

6) 교량받침

- 교량받침에 조사된 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 받침콘크리트 재료분리의 경우 초기 건조수축, 시공미흡, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로, 부재의 내구성 확보를 위하여 표면처리, 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, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장의 현장조사 결과 접속도로 포장박리는 초기 건조수축, 온도변화, 차량의 윤하중, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 실링재 충전 등의 보수대책을 수립 및 지속적인 주의관찰이 요구된다.

9) 배수시설

- 배수시설의 현장조사 결과 시공미흡 등에 의한 배수관 이음부 불량에 조사되었으며, 부재의 내구성 확보 및 2차손상 방지를 위한 정비(재설치) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열(폭0.3mm미만), 시공불량(철근노출), 실란트 파손은 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 실란트 재충전, 단면보수 및 방청을 실시하는 것이 필요하다.

11) 교량 점검시설

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

12) 공중이 이용하는 부위

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

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.6~29.0MPa, 거더 41.0~49.1MPa, 하부구조 교대 24.5~27.4MPa, 교각 40.8~49.2MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 40.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0~2.0mm, 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, 능산4교(서울)의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.142 "B" 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 능산4교(서울)에 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.

39.8.2 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.

39.8.3 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.

