

40. 능산4교(문산)

- 40.1 시설물 개요
- 40.2 자료수집 및 분석
- 40.3 현장조사
- 40.4 콘크리트 내구성조사
- 40.5 상태평가
- 40.6 종합평가 및 안전등급 지정
- 40.7 보수·보강 및 유지관리 방안
- 40.8 종합결론

40. 능산4교(문산)

40.1 시설물의 개요

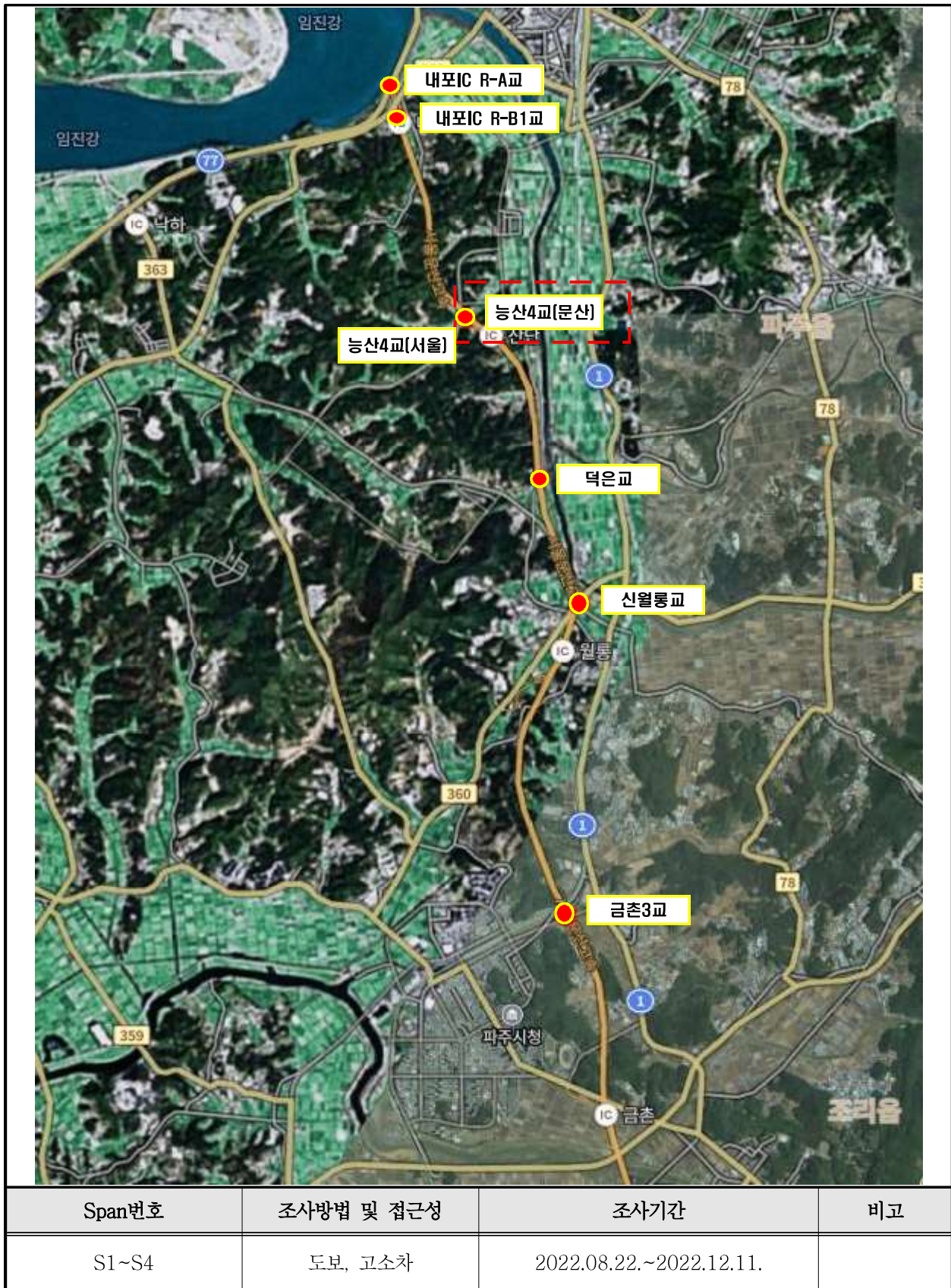
본 시설물은 경기도 파주시 조리읍 능산리 산 13-7에 위치한 교량으로 총 연장 195.4m, 폭 12.1m로 시공되어 있다.

40.1.1 일반사항

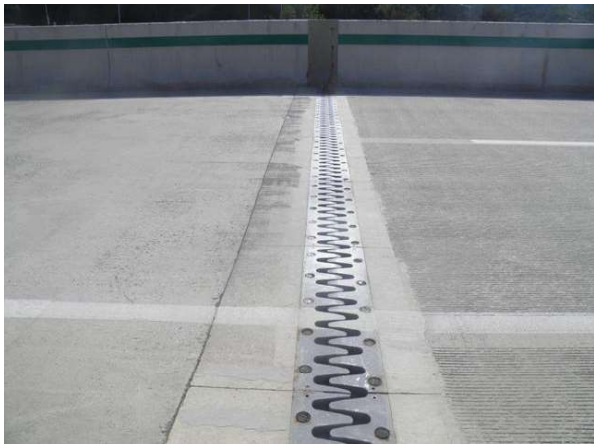
【표 40.1.1】 능산4교(문산) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용	
시설물번호		BR2020-0000147	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 + SEGB 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			

40.1.2 위치도 및 전경사진

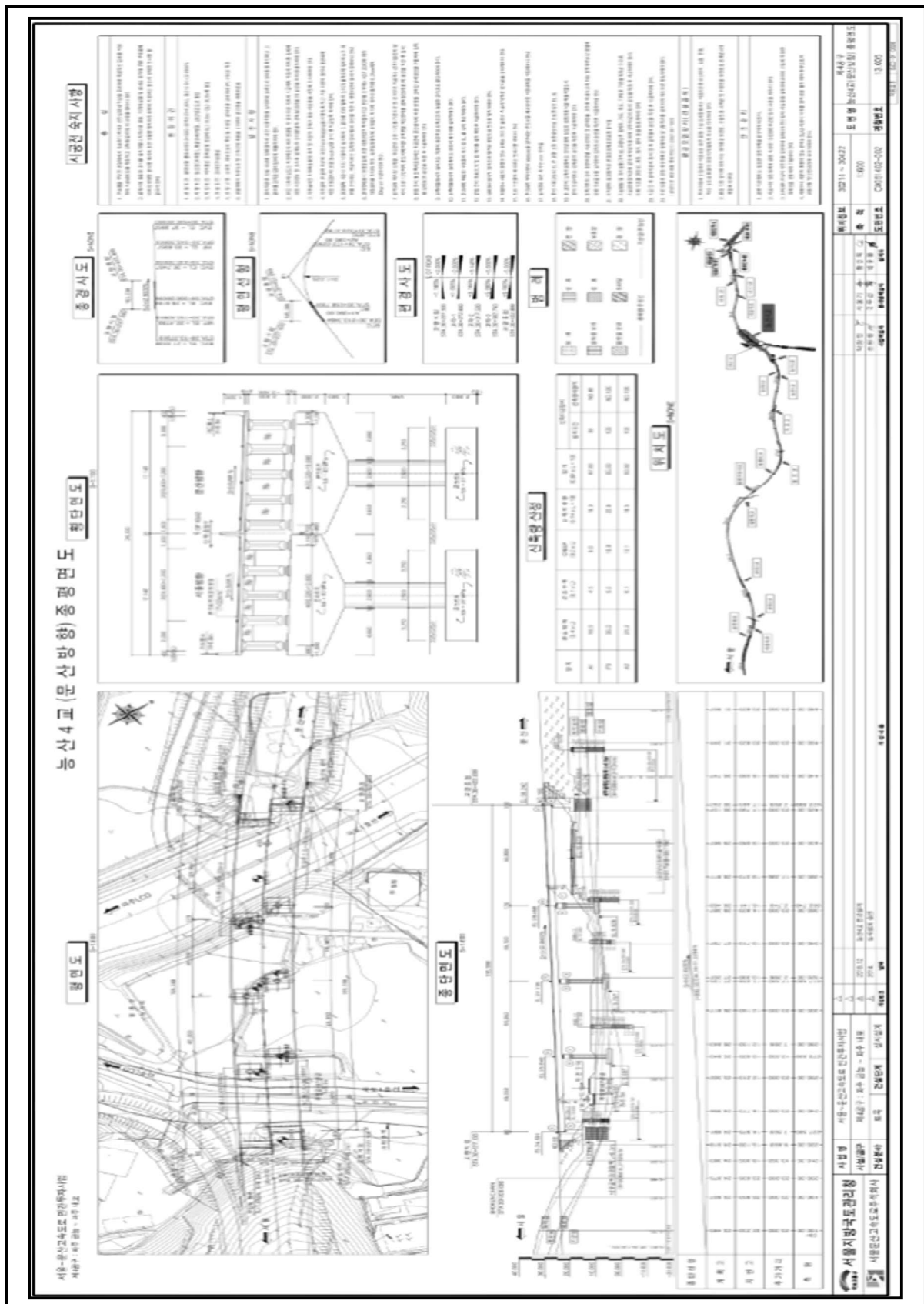


【그림 40.1.1】 위치도

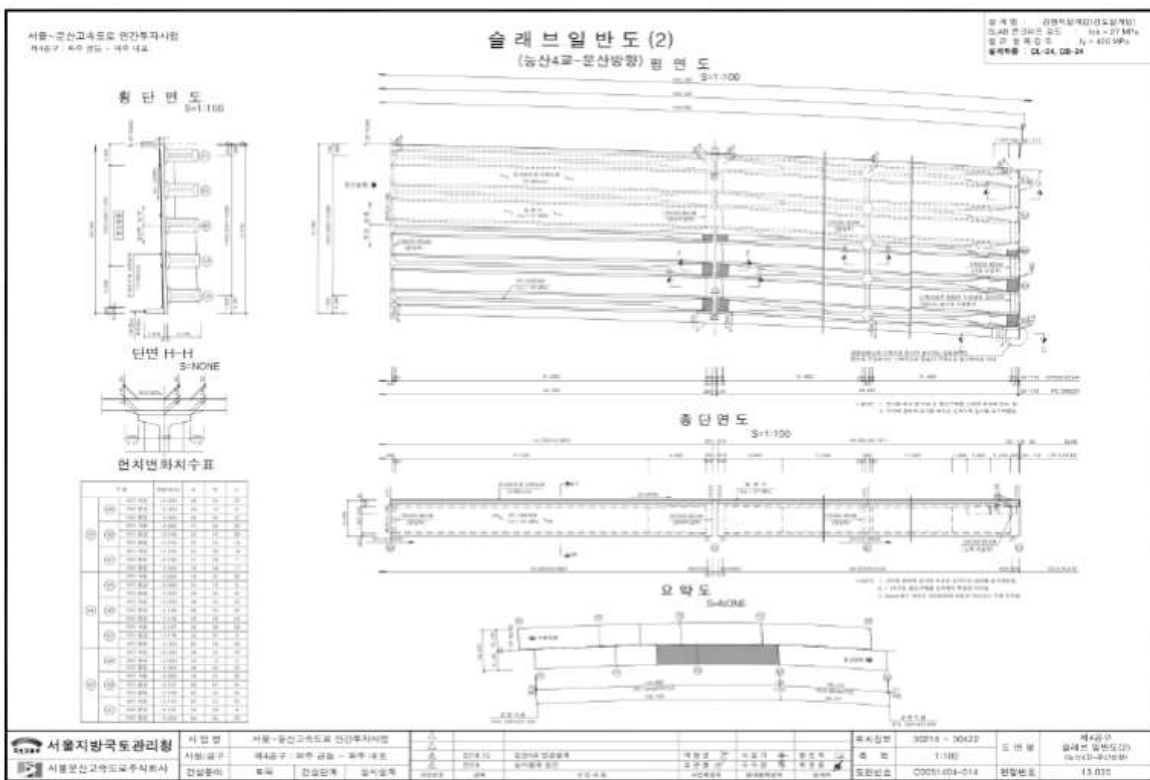
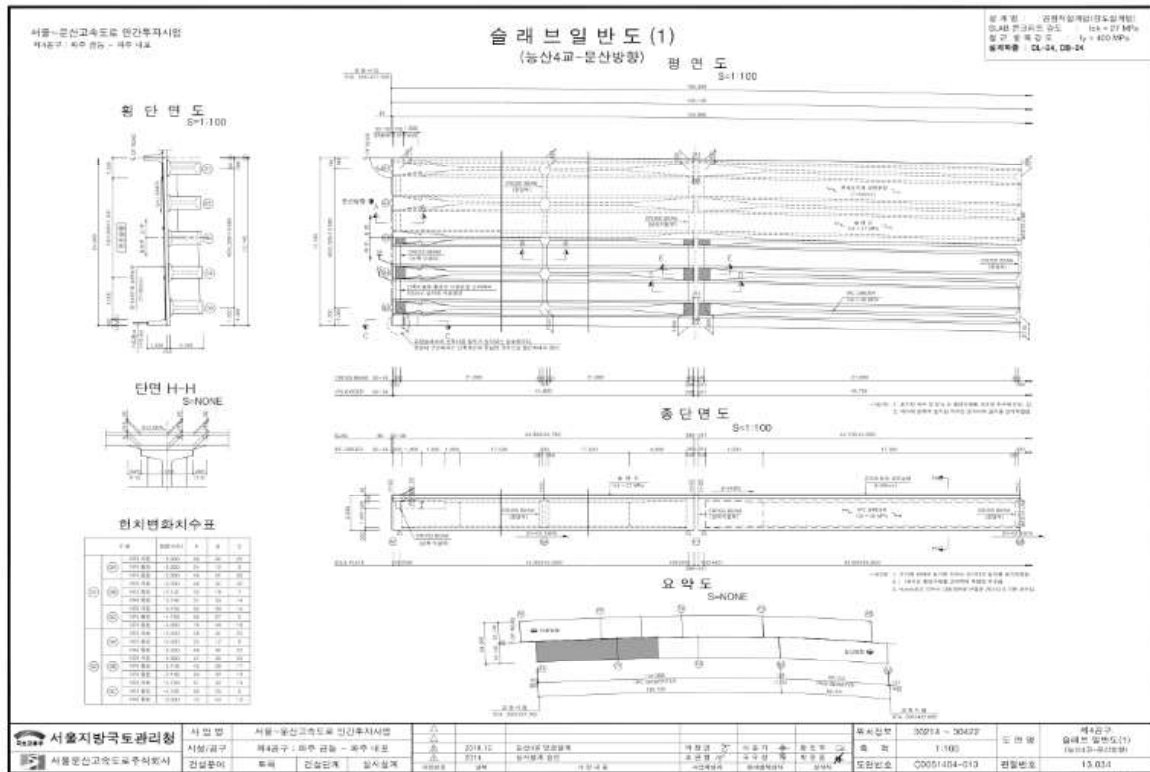
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 40.1.2】 부재별 현황

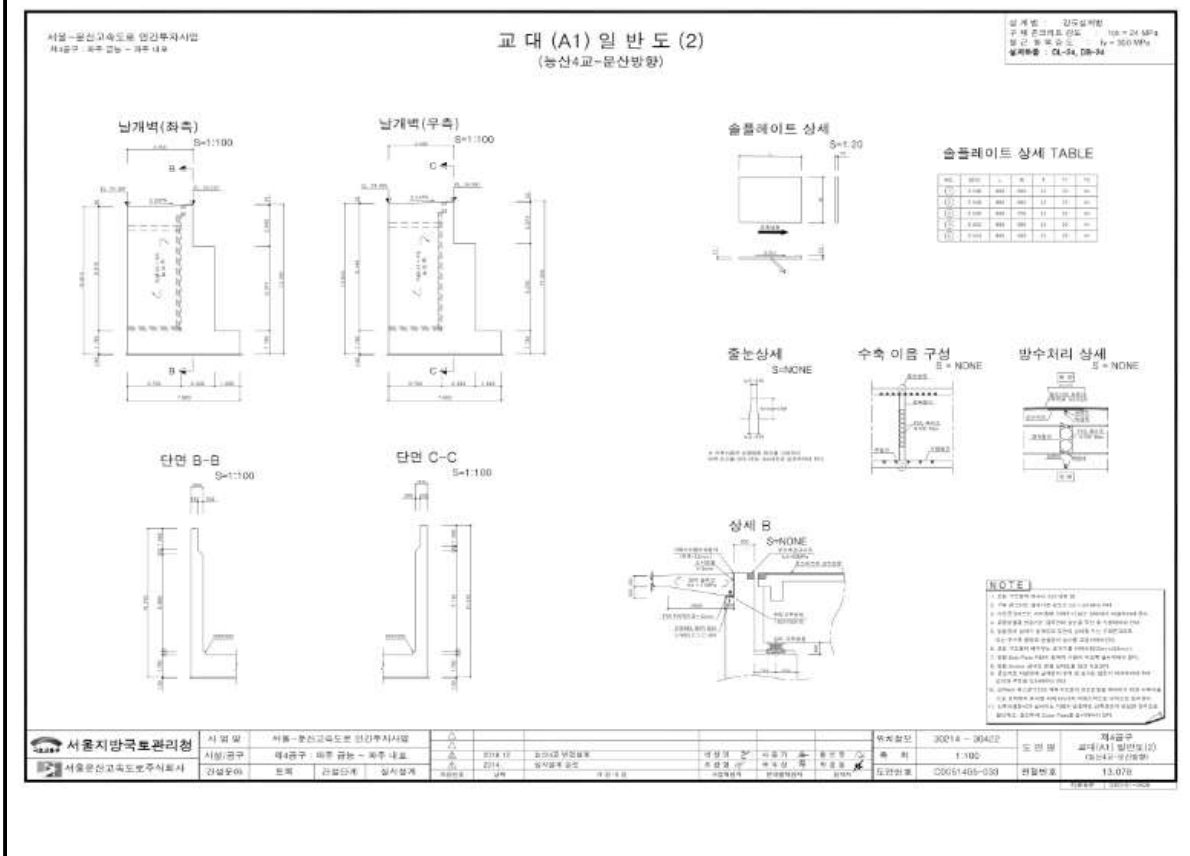
40.1.3 시설물 일반도



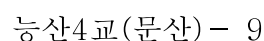
【그림 40.1.3】 평면 및 종단면도

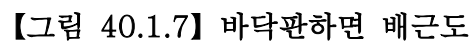


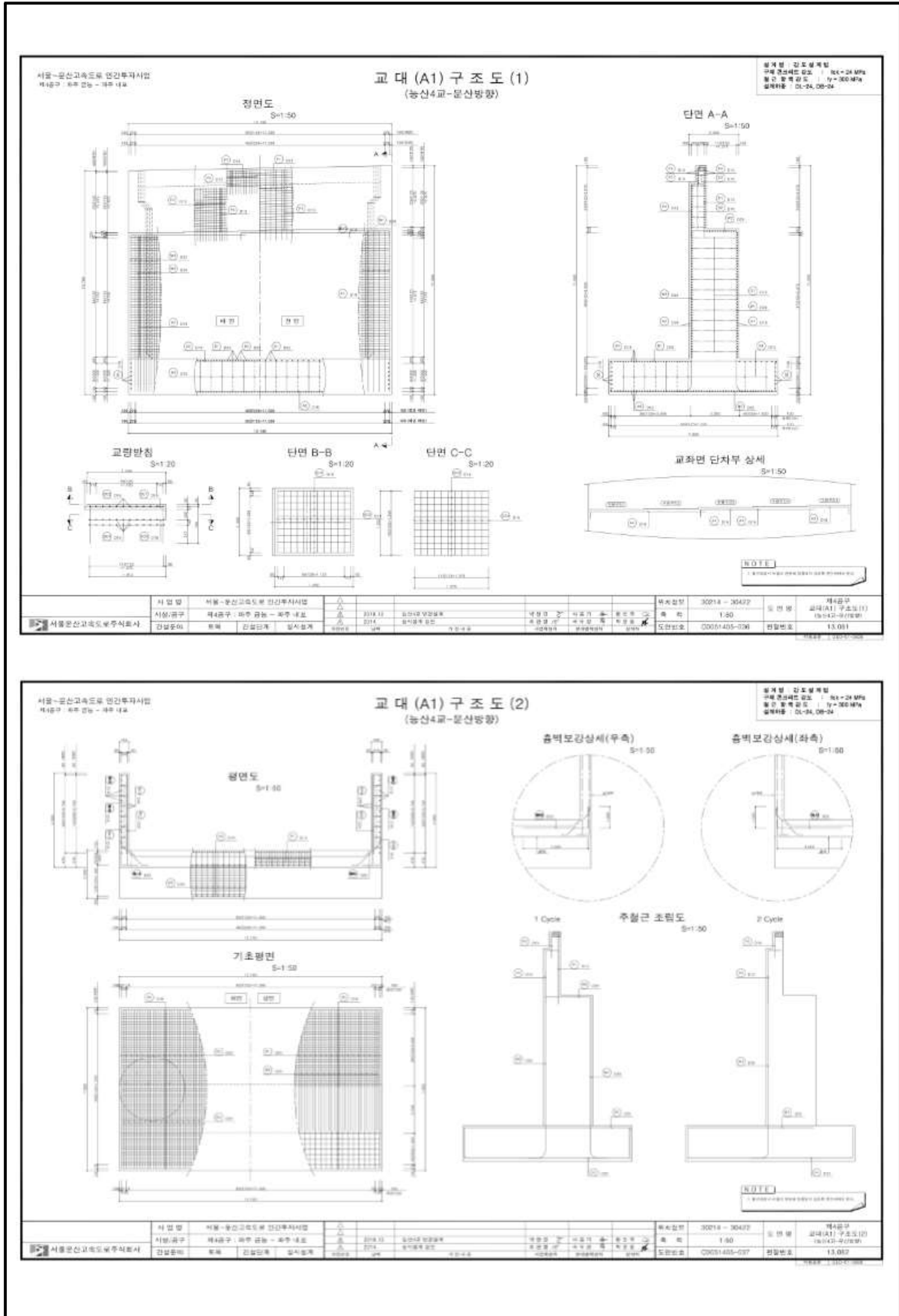
【그림 40.1.4】 바닥판하면 일반도



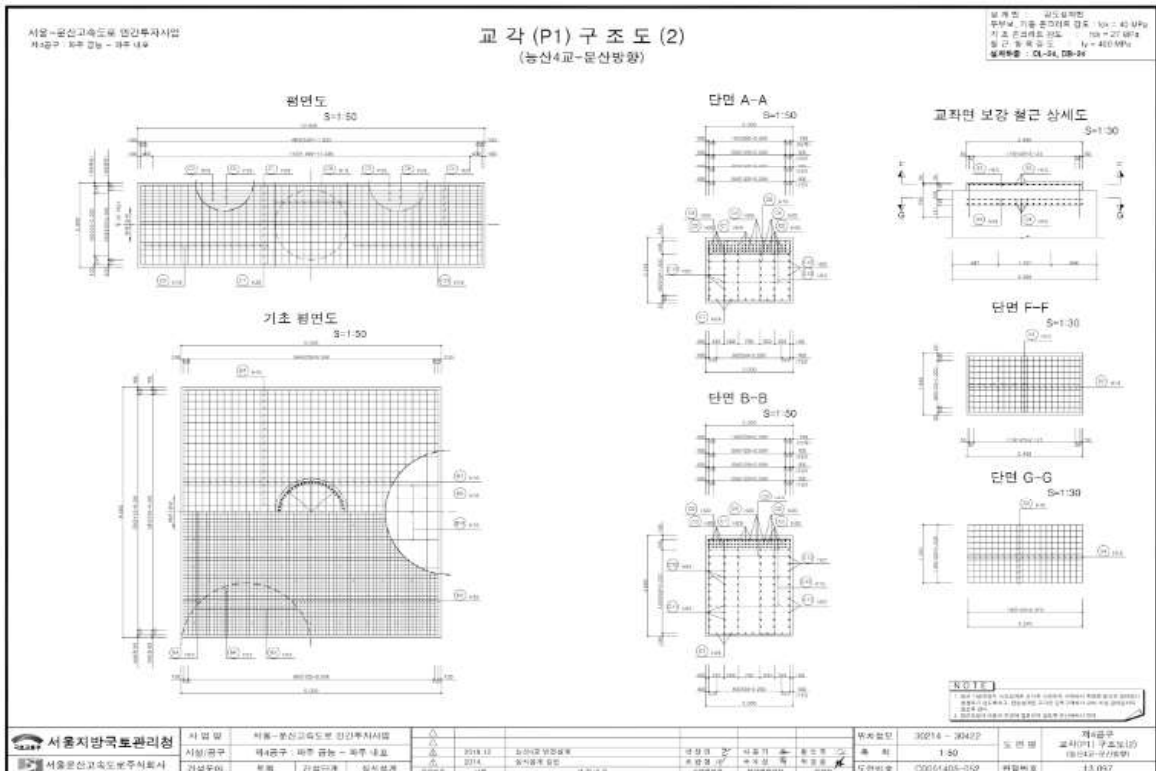
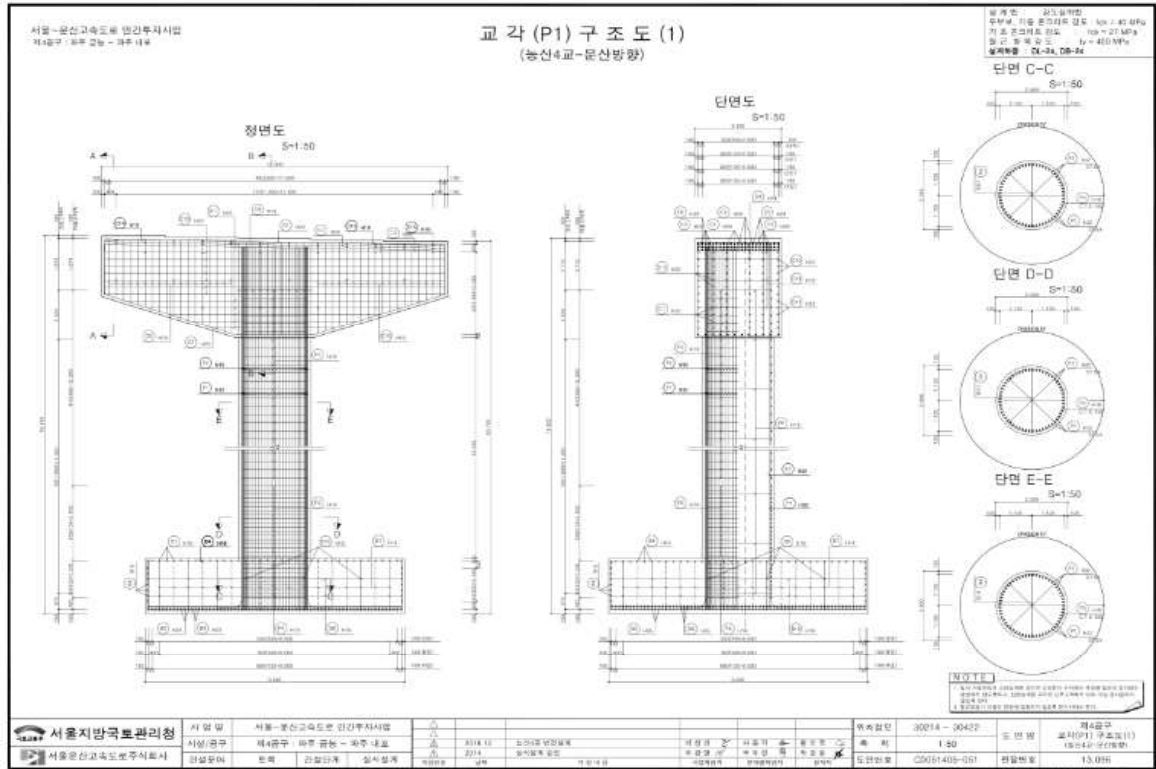
【그림 40.1.5】 교대 일반도



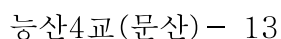




【그림 40.1.8】 교대 구조도



【그림 40.1.9】 교각 구조도



SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.1.2 지형특성 분석

기본방향 • 선제 및 수

○산계 및 수계 분석



• 사업노선어

산 계	• 사해노인이 종래에는 지역은 동수산·고봉산·물산·물산산을 잇는 북해서해의 산계 일방 • 공룡산 계를 경계로 남쪽은 구룡지산 지산이 일방이고, 북쪽은 동룡산 동룡 고지산 일방 일방
수 계	• 사해 서해의 한강과 남해 동해의 한강이 있으며, 1차 지류는 동해천, 공룡천, 동산천, 물로 • 동해천과 공룡천 지류는 양쪽을 형성하여 한강에 합류되고, 동산천 지류는 구룡천을 형성하여 양쪽에 합류 • 서해구간의 동해천은 구룡천 내륙을 흐르는 지역으로 수지산 수지천, 공룡천과 동산천 직접

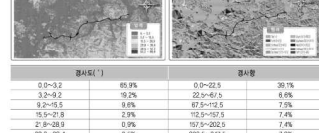
○ 지형 분석

경사도 분석



경사각 분석





39.6~52.2
52.2~69.1
69.1~86.0

38.6~62.2	0.4%	247.5~292.5	8.5%
52.2~69.1	0.2%	292.5~337.5	8.5%

2.1.2 터널구간

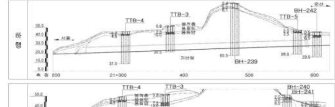


Figure 1: A schematic diagram of a single-layered structure. It shows a cross-section with a central layer labeled "材料" (Material) and a top layer labeled "空氣" (Air). The bottom layer is labeled "基底" (Substrate). Dimensions are indicated: "厚度" (Thickness) for the material layer, "高度" (Height) for the air layer, and "寬度" (Width) for the substrate. A coordinate system (x, y) is shown at the bottom left.

79

서울원산고등학교로주석회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.2.1 시험굴조사



	(GL ₁ -m)	第一層土層	第二層土層	第三層土層	第四層土層	第五層土層	總和
		(kN/m ²)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	
NTP-1	1.0	54	55.09	14.90	14.36	11.83	1,260

120

제 4 편 상세 및 보완조사

제 3 장 물리탐사

3.1 탄성파탐사

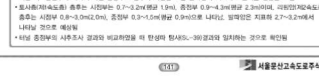
◎ 圖書出版



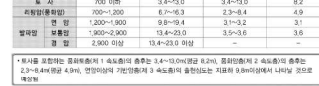
도 차	700 이하	0.5~3.2	0.7~3.2	1.9	0.9~4.3	0.9~4.3	2.3
-----	--------	---------	---------	-----	---------	---------	-----



- 토사층(저속도층) 층수는
층수는 시정부 0.8~3.0m



3.1.2 토공구간



5.5~7.8m(평균 6.8m), 연암이상의 가반위층(저 3 속도층)의 출현상도는 지표하 17.5m이상에서 나타날 것으로 예상됨

나. 지반 및 지질 조사보고서

STL서울-문산고속도로 민간투자사업		제4편 상세 및 보완조사		STL서울-문산고속도로 민간투자사업	
제 4 장 안전조사 및 시험 4.1 구조 및 시설물 특성 분석 4.1.1 교각/교대 특성 분석 개요 • 지반에 반입되는 지반 특성에 대한 지반 조사, 지반조사 및 시험한 결과 • 지반에 반입되는 지반 특성에 대한 지반 조사, 지반조사 및 시험한 결과 교각/교대 특성 교각/교대 특성 교각/교대 특성 교각/교대 특성		제 4 장 상세 및 보완조사 4.2 수리 및 시설물 특성 분석 4.2.1 교각/교대 특성 분석 개요 • 지반에 반입되는 지반 특성에 대한 지반 조사, 지반조사 및 시험한 결과 • 지반에 반입되는 지반 특성에 대한 지반 조사, 지반조사 및 시험한 결과 교각/교대 특성 교각/교대 특성 교각/교대 특성 교각/교대 특성		제 4 장 상세 및 보완조사 4.2 수리 및 시설물 특성 분석 4.2.1 교각/교대 특성 분석 개요 • 지반에 반입되는 지반 특성에 대한 지반 조사, 지반조사 및 시험한 결과 • 지반에 반입되는 지반 특성에 대한 지반 조사, 지반조사 및 시험한 결과 교각/교대 특성 교각/교대 특성 교각/교대 특성 교각/교대 특성	
국토교통부 국토교통부		국토교통부 국토교통부		국토교통부 국토교통부	

다. 구조계산서 및 내진설계

OUTPUT 결과 요약 및 설계의견

◆ 결과 요약

○ 능산4교(3945)_(A1~P3)_(문산방향)

■ 단면 및 설계

단면 위치	단면 폭 (mm)	중심 간격 (mm)	단면 높이 (mm)	사용철근량 (Use A _s) (mm ²)	f _{yk} (MPa)	f _{tdk} (MPa)	비고
레노베이션 (보도면, 좌측)	716	180	60	H16 @ 200 = 963	42.30	57.90	0.K
레노베이션 (보도면, 우측)	1,318	180	60	H16 @ 200 = 963 H13 @ 200 = 634	75.52	91.80	0.K
중간상판 (보도면)	720	180	60	H16 @ 200 = 963	통상배근		0.K
중간상판 (보도면)	960	200	40	H16 @ 200 = 963	통상배근		0.K
교각기둥부	968	180	60	H16 @ 125 = 1,569	55.93	89.75	0.K
연속기둥부	2,636	180	60	H19 @ 100 = 2,665	100.48	150.96	0.K

■ 배철량(보도면) 산정

단면 위치	보도면 폭 (mm)	중심 간격 (mm)	단면 높이 (mm)	사용철근량 (Use A _s) (mm ²)	f _{yk} (MPa)	f _{tdk} (MPa)	비고
연속기둥부	400	H16 @ 250 = 794					0.K
연속기둥부	863	H16 @ 125 = 1,569					0.K
레노베이션 (보도면)	1,766	H19 @ 125 = 2,292					0.K

■ 사용성 검토 요약표

구분	항목	인계용량 (t _p)	철근간격 (S)	비율 (S ₀)	비고
연속기둥부	보도면 (1차)	33.0	200.0	1909.1	0.K
	보도면 (2차)	124.5	100.0	502.4	0.K
교각기둥부		102.5	125.0	614.6	0.K

(5) 허용 강도

- ① 보강 콘크리트 : $f_{tcr} = 0.63 \times \sqrt{f_{ck}} = 3.98 \text{ MPa}$
- ② 부분 강형 콘크리트 : $f_{tcr} = 0.54 \times \sqrt{f_{ck}} = 3.42 \text{ MPa}$
- ③ 전 강형 콘크리트 : $f_{tcr} = 0.47 \times \sqrt{f_{ck}} = 2.97 \text{ MPa}$

(6) 정작부의 허용 지압

- 긴장재 정착직후 : $f_{cr} = 0.7 \times f_{cl} \times \sqrt{A^2/b^2 - 0.2} : 1.10 \times f_{cl}$
- 프리스트레스 손실 발생후 : $f_{cr} = 0.5 \times f_{cl} \times \sqrt{A^2/b^2} \leq 0.90 \times f_{cl}$

3) P.S STRAND (SMPC 75 Ø15.2mm)

- A = 138.7 mm² / ea
- E_p = 200,000 MPa
- (1) 인장 강도 : $f_{pu} = 1,900 \text{ MPa}$
- (2) 항복 강도 : $f_{py} = 1,600 \text{ MPa}$
- (3) JADK에 의한 최대 인장 응력 : $0.94 \times f_{py} = 1,504 \text{ MPa}$
 $0.80 \times f_{pu} = 1,520 \text{ MPa} \quad \therefore 1,504 \text{ MPa}$

(4) 허용 인장 응력

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

4) 프리스트레스 긴장재 배치용 위한 최소 규격

구분	단면 폭 (mm)	1차 고정폭 (mm)	2차 고정폭 (mm)
최소관의 외경	80	80	80
최소관의 두께	5	5	5
수용가능한 고정재 연직	2,208	2,208	2,208
수용가능한 고정재 개수	16	16	16
최소관 수직폭	40	40	40
최소관의 무게	40	40	40
과장 하중 계수 k	0.005	0.005	0.005
곡률 하중 계수 μ	0.25	0.25	0.25

1.9 설계 방법 (항도 설계법:도.설.기 P32)

- U = 1.3 x M_d + 2.15 x M_h
- U = 1.3 x M_d + 1.3 x M_h + 1.3 x M_h
- U = 1.3 x M_d + 0.65 x M_h + 1.3 x M_h

1.10 참고 문헌

- 도표와 설계 기준(한국도로교통협회)
- 도표와 설계기준 하중편(대한 토목학회)
- 구조 설계 기준(콘크리트학회)
- 도표 설계 요령(한국도로공사)

1. 설계 조건

- 1.1 교량 형식 : INCREMENTALLY POST TENSIONING TYPE I.P.C GIRDER
- 1.2 길 이 : 45,000 mm + 45,000 mm + 45,000 mm
- 1.3 폭 폭 : 12,140 mm
- 1.4 교량 폭폭 : 08 - 24, DL - 24 (1층교)
- 1.5 거리 길이 : 44,800 mm + 44,700 mm + 44,800 mm
- 1.6 지간 길이 : 43,950 mm + 43,900 mm + 43,950 mm
- 1.7 단위 중량 : 콘크리트(합계) : 2,600 kgf/m²
콘크리트(유연) : 2,350 kgf/m²
콘크리트교면도장 : 2,350 kgf/m²

1.8 재료의 물리상수 및 허용 응력

1) 슬래브

- (1) 콘 크 리 트 : $f_{ck} = 27 \text{ MPa}$
 $E_{c2} = 0.077 \times \sqrt{f_{ck}} \times \sqrt{f_{cu}} = 27,804 \text{ MPa}$
- (2) 철 근 (SD430) : $f_{yk} = 400 \text{ MPa}$
 $E_s = 200,000 \text{ MPa}$

2) I.P.C GIRDER

- (1) 콘 크 리 트 : $f_{ck} = 40 \text{ MPa}$
 $E_{c1} = 0.077 \times \sqrt{f_{ck}} \times \sqrt{f_{cu}} = 30,891 \text{ MPa}$
- (2) 철 근 (SD300) : $f_{yk} = 300 \text{ MPa}$
 $E_s = 200,000 \text{ MPa}$

(3) 크리크와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전 항복응력

- ① 허용된 압축응력 ($f_{cl}' = 0.8 \times f_{ck} = 32 \text{ MPa}$)
 $f_{cl} = 0.6 \times f_{cl}' = 19.2 \text{ MPa}$
- ② 허용된 인장 응력 :
- 무제한 한계가 없는 인장 구역 :
 $f_{t1} = 0.25 \times \sqrt{f_{cl}'} = 1.41 \text{ MPa}$

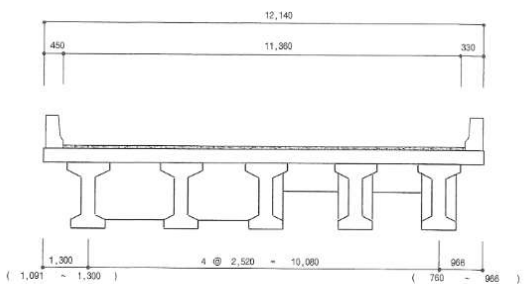
(4) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용응력

- ① 허용된 압축응력 :
 $f_{csp} = 0.45 \times f_{ck} = 18 \text{ MPa}$
- 압축연응력(후호르프스레스+전제하중)
 $f_{csp} = 0.60 \times f_{ck} = 24 \text{ MPa}$
- ② 허용된 균일 응력 :
 $f_{csp} = 0.63 \times \sqrt{f_{ck}} = 3.99 \text{ MPa}$

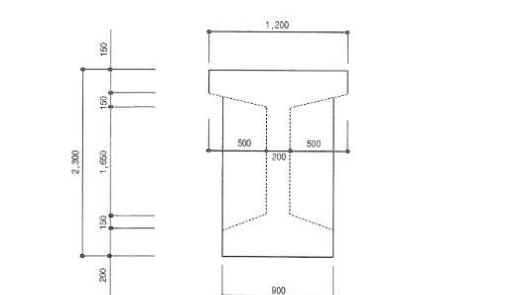
2. 비약한 슬래브의 설계

2.1 설계 가정단면

1) 상부 슬래브



2) I.P.C GIRDER



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

- (1) 지지 부재물이 콘크리트로 된 경우, ----- 콘크리트 교량
- (2) 콘크리트가 현장타설되고 승용장상 되어야 함. ----- 승용장상
- (3) 바닥면이 두께에 대한 유효장강도가 6 이상 15 이하인 경우.
 - ① 중앙부 바닥판 : $1,820 > 240 \times 6 = 1,440$ ----- 0.K
 - $1,820 < 240 \times 15 = 3,600$ ----- 0.K
- (4) 바닥면의 상부와 하부에 배치된 철근의 외측면 사이의 두께가 150mm 이상인 경우 (상면 피복 80 mm 하면 피복 40 mm)
 - 상부 철근 직경 16 mm 하부 철근 직경 16 mm) $150 < 156$
- (5) 유효장강이 표준치선폭 3000mm 이하인 경우. ----- $1,820 < 3.6$
- (6) 바닥면의 폭중, 마모면, 그리고 보호피복두께를 제외한 바닥면의 최소두께가 240mm 이상인 경우. ----- $240 \geq 240$ mm
- (7) 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께의 5배 이상이거나, 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께에 3배이상이고 구조적으로 연속적인 콘크리트 방호벽과 합성인 경우.
 - ① 방호벽 61축 966 > $240 \times 3 = 720$ ----- 0.K
 - ② 방호벽 65축 1,300 > $240 \times 3 = 720$ ----- 0.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 하중항을 만족시키기 위하여 바닥판과 콘크리트 주거너를 합성시키는 전단연결재가 충분히 배치 되어야 한다. ----- 콘크리트 합성 거동

3) 검토 결과

- ① 캔틸레버 비(방호벽 61축) : 강도 설계법 적용
- ② 캔틸레버 비(방호벽 65축) : 강도 설계법 적용
- ③ 중앙부 바닥판 : 경합적 설계법 적용

4) 하중계산

① 고정하중

구분	W (kN)	X (m)	M (kN-m)
방호벽	$L5 \times (H3 + H4 + H5) \times Y_1$ $L6 \times (H3 + H4) \times Y_1$ $L7 \times H3 \times Y_1$ $L6 \times H5 / 2 \times Y_1$ $L7 \times H4 / 2 \times Y_1$	$= 4.290$ $= 0.563$ $= 0.391$ $= 0.956$ $= 0.273$	0.551 0.449 0.136 0.441 0.101
난간	$= 0.000$ $= 0.000$	0.551 0	0 0
슬래브	$(L2 + L3) \times H2 \times Y_2$ $= 3.696$	0.308	1.138
포장	$(L8 + Ld) \times H1 \times Y_3$ $= 0.336$	0.143	0.048
합계	$= 10.505$	$= 1.005$	4.480

- 방호벽의 무게중심 $X1 = 3.294 / 9.473 = 0.347$ m
- 슬래브의 무게중심 $X2 = 1.138 / 3.696 = 0.308$ m
- 포장층의 무게중심 $X3 = 0.048 / 0.336 = 0.143$ m
- $\therefore X = 4.480 / 10.505 = 0.426$ m
- $\Rightarrow M_d = 10.505 \times 0.426 = 4.475$ kN-m

② 활하중

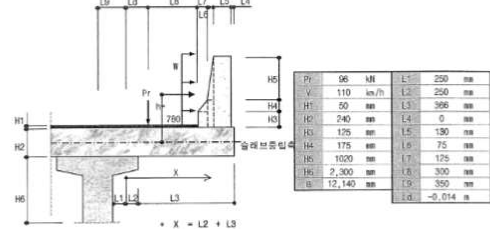
- i) DB-24
- 축지계수 $I = 15 / (40 + L) = 0.375$ > 최대 0.300
 $\therefore I = 0.300$
- 차량하중 분포율 (주행로의 방향에 차량 진행방향에 직각인 경우) (도.기 4.7.5.2)
 $E = 0.800 \times 0.000 + 1.140$
- $\Rightarrow M = 96 \times 0.000 \times (1 + 0.300) / 1.140 = 0.000$ kN-m

③ 충돌하중 (도.기.해,2008) p.112

- i) 차량높이 : 노면상 1.000 m
- $P_k = (V / 80)^{1/4} \times 750 + 250 = 2.771$ ton/m
- $M_k = 1.000 \times 2.771 \times 10 = 27.71$ kN-m
- ii) 작용높이 : 방호벽 상단
- $\Rightarrow$ 직선부는 10 kN/m, 곡선부(R≤250m)는 20 kN/m를 적용
- $M_k = 1.320 \times 10 = 13.20$ kN-m
- iii) 작용 모멘트
- $\Rightarrow M_k = 27.71$ kN-m

2.3 캔틸레버 (방호벽 61축) - 캔틸레버길이는 966 (250 ~ 966)

1) 설계단면



2) 바닥판의 유효지간장 산정 (도.기 4.7.3)

- $\Rightarrow$ 상부플랜지폭 / 바닥판두께 = $1,200 / 240 = 5.000 > 4$
- $(b/t \times 1200/240 = 5 > 4)$ 이므로 상부플랜지 플랜지 중앙점에서 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
 $\therefore T_k = 240 > T_{min}$ O.K
- ③ 바닥판의 적용두께
 - 바닥판 최소두께 $t = 220$ mm 적용시 일단의 연직 순간재하
 $S = 220 - (13 \times 2 + 16 \times 2 + 16 \times 2) = 100$ (피복)
 $= 30$ mm < 40 mm $\therefore$ N.G
 - 바닥판 최소두께 $t = 240$ mm 적용시 일단의 연직 순간재하
 $S = 240 - (13 \times 2 + 16 \times 2 + 16 \times 2) = 100$ (피복)
 $= 50$ mm > 40 mm $\therefore$ O.K
 - $\therefore$ 바닥판 두께 $t = 240$ mm 적용

④ 등 하중 (도.기 2.1.11)

- W_d 당 작용하는 등하중 (부재의 단면형상을 직형으로 설계) = 3.00 kN/m²
- $\therefore P_k = 3.00$ kN/m

$\Rightarrow M_k = 3.00 \times 1.270 \times 0.806 = 3.07$ kN-m

⑤ 형상하중 (곡선교일 경우 적용) (도.기 2.1.17)

보의 수	단일 지간	복수 지간
2	2'	3'
3	3'	4'
4 이상	4'	5'

$\Rightarrow$ 개단면 상부구조에서 중심각이 위의 표에서 주어졌 중심각보다 작은 지간에는 곡률의 영향을 무시할 수 있다.

- 중심각 : $(45.6 \times 180) / (1025 \times \pi) = 2.515^\circ < 4^\circ$ $\therefore$ O.K $\Rightarrow$ 곡률의 영향 무시

- 작용 높이 : $H = 1.800$ m
- $CF = 0.790 \times V^{1/4} / R = 0.790 \times 110^{1/4} / 0 = 0.000$ %
- $P_{cf} = 96 \times 0.000 / 100 = 0.000$ kN
- $\Rightarrow M_k = 0.000 \times 1.800 = 0.000$ kN-m

⑥ 모델은 요약 정리

구분	단면적 (mm²)	구분	단면적 (mm²)	구분	단면적 (mm²)
방호벽	4.475	충돌하중	27.710	방호벽	0.000
등 하중	0.000	곡선하중	3.067		

5) 하중조합

① 사용하중 - 사용성 검토시

하중	상하	고정하중	활하중	충돌하중	등 하중	형상하중	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

하중	상하	고정하중	활하중	충돌하중	등 하중	형상하중	비고
Case 1	1.30	2.15	0.00	0.00	1.30		
Case 2	1.30	0.00	0.00	1.30	0.00		
Case 3	1.30	1.30	0.00	0.65	1.30		
Case 4	1.25	1.25	0.00	0.625	1.25		
Case 5	1.30	1.30	0.00	1.30	1.30		
Case 6	1.20	0.00	1.20	1.20	0.00		

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 등급교 (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) 내진형식 : 한성발진

1.7 해석방법

- 1) 해석방법 선정 : 등압스펙트럼해석
- 2) 방위조합방법 : 100-30%방법

1.8 해석모델

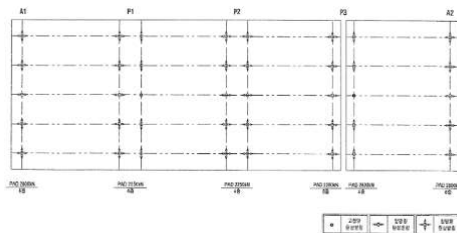
- 1) 사용프로그램 : MIDAS CIVIL 2016
- 2) 모델링 : Frame요소사용
- 3) 실물상형 : 1.2차 고정하중 및 자중을 각 요소에 분포질량으로 입력

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 발진 특성

1) 발진배치



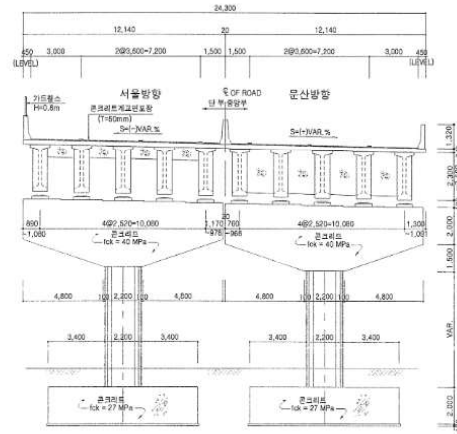
2) 한성발진

* 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, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
7, 1007, 2007, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
8, 1008, 2008, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
9, 1009, 2009, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
10, 1010, 2010, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
11, 1011, 2011, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
12, 1012, 2012, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
13, 1013, 2013, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
14, 1014, 2014, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
15, 1015, 2015, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
16, 1016, 2016, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
17, 1017, 2017, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
18, 1018, 2018, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
19, 1019, 2019, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
20, 1020, 2020, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
21, 1021, 2021, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
22, 1022, 2022, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
23, 1023, 2023, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
24, 1024, 2024, GEN	0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,

02. 교량 및 발진 특성

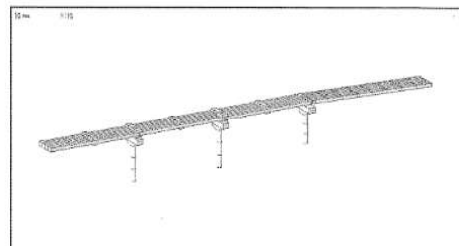
2.1 교량 단면 특성



03. 교량 모델링 및 입력데이터

능산4교 (문산방향)의 기본적인 모델링은 상부 및 하부구조물은 FRAME요소를 이용하였고, 하부구조와 상부구조를 연결하는 교량발진의 특성에 대해서 MIDAS CIVIL 2016 에서 정의하는 Elastic-Link라는 요소를 사용하였다.

3.1 교량 모델링



04. 탄성지진응답 계수

(1) 탄성지진응답 계수

1) 가속도 계수

구분	적용 계수	비고
구역계수 (Z)	0.110	지진구역 I
지진위험도계수 (I)	1.400	내진등급 1등급 (재현주기 1000년)
가속도계수 (A)	0.154	A = Z x I

2) 지반계수

구분	적용 계수	비고
지반계수 (S)	1.200	지반종류 II

3) 탄성지진응답계수(Cs) 선정

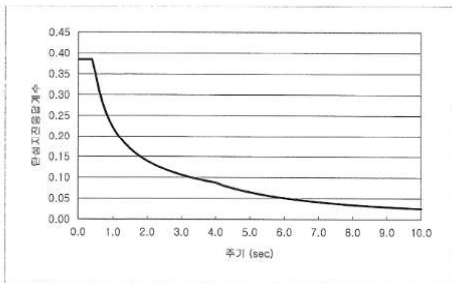
① T ≤ 4.0 sec

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

② T > 4.0 sec

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

여기서, T : 교량의 주기



4) 탄성지진응답 계수

주기 (sec)	가속도 계수	지반 계수	탄성지진 응답 계수	탄성지진 가속도 (m/sec²)	비고
0.0000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.1000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.2000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.3000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.4000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.5000	0.1540	1.2000	0.3520	3.4533	
0.6000	0.1540	1.2000	0.3117	3.0581	
0.7000	0.1540	1.2000	0.2813	2.7594	
0.8000	0.1540	1.2000	0.2573	2.5244	
0.9000	0.1540	1.2000	0.2379	2.3338	
1.0000	0.1540	1.2000	0.2218	2.1755	
1.1000	0.1540	1.2000	0.2081	2.0415	
1.2000	0.1540	1.2000	0.1964	1.9265	
1.3000	0.1540	1.2000	0.1862	1.8264	
1.4000	0.1540	1.2000	0.1772	1.7383	
1.5000	0.1540	1.2000	0.1692	1.6602	
1.6000	0.1540	1.2000	0.1621	1.5903	
1.7000	0.1540	1.2000	0.1557	1.5273	
1.8000	0.1540	1.2000	0.1499	1.4702	
1.9000	0.1540	1.2000	0.1446	1.4181	
2.0000	0.1540	1.2000	0.1397	1.3705	
2.1000	0.1540	1.2000	0.1352	1.3266	
2.2000	0.1540	1.2000	0.1311	1.2861	
2.3000	0.1540	1.2000	0.1273	1.2485	
2.4000	0.1540	1.2000	0.1237	1.2136	
2.5000	0.1540	1.2000	0.1204	1.1810	
2.6000	0.1540	1.2000	0.1173	1.1505	
2.7000	0.1540	1.2000	0.1144	1.1220	
2.8000	0.1540	1.2000	0.1116	1.0951	
2.9000	0.1540	1.2000	0.1090	1.0698	
3.0000	0.1540	1.2000	0.1066	1.0459	
3.2000	0.1540	1.2000	0.1021	1.0018	
3.4000	0.1540	1.2000	0.0981	0.9621	
3.6000	0.1540	1.2000	0.0944	0.9262	
3.8000	0.1540	1.2000	0.0911	0.8934	
4.0000	0.1540	1.2000	0.0880	0.8633	
4.2500	0.1540	1.2000	0.0805	0.7900	
4.5000	0.1540	1.2000	0.0746	0.7321	

05. 고유진동 해석

5.1 주기 및 진동수

주기 (sec)	가속도 계수	지반 계수	탄성지진 응답 계수	탄성지진 가속도 (m/sec²)	비고
4.7500	0.1540	1.2000	0.0694	0.6811	
5.0000	0.1540	1.2000	0.0648	0.6361	
5.2500	0.1540	1.2000	0.0608	0.5960	
5.5000	0.1540	1.2000	0.0571	0.5602	
5.7500	0.1540	1.2000	0.0538	0.5280	
6.0000	0.1540	1.2000	0.0508	0.4988	
6.2500	0.1540	1.2000	0.0482	0.4724	
6.5000	0.1540	1.2000	0.0457	0.4483	
6.7500	0.1540	1.2000	0.0435	0.4263	
7.0000	0.1540	1.2000	0.0414	0.4062	
7.2500	0.1540	1.2000	0.0395	0.3876	
7.5000	0.1540	1.2000	0.0378	0.3705	
7.7500	0.1540	1.2000	0.0361	0.3546	
8.0000	0.1540	1.2000	0.0347	0.3399	
8.2500	0.1540	1.2000	0.0333	0.3263	
8.5000	0.1540	1.2000	0.0320	0.3135	
8.7500	0.1540	1.2000	0.0307	0.3015	
9.0000	0.1540	1.2000	0.0296	0.2905	
9.2500	0.1540	1.2000	0.0286	0.2801	
9.5000	0.1540	1.2000	0.0276	0.2703	
9.7500	0.1540	1.2000	0.0266	0.2611	
10.0000	0.1540	1.2000	0.0257	0.2524	
15.0000	0.1540	1.2000	0.0150	0.1470	
20.0000	0.1540	1.2000	0.0102	0.1002	

MODE	PERIOD (TIME)	FREQUENCY		EIGENVALUE (RAD/TIME)**2	비고
		(CYC/TIME)	(RAD/TIME)		
1	1.8398	0.5435	3.42	11.66	
2	1.8391	0.6949	4.37	13.06	
3	1.3918	0.7185	4.51	20.38	
4	1.2052	0.8297	5.21	27.18	
5	1.1965	0.8358	5.25	27.58	
6	0.7859	1.2708	7.98	81.76	
7	0.6843	1.4614	9.18	84.11	
8	0.6659	1.5016	9.44	89.02	
9	0.6225	1.6063	10.09	101.86	
10	0.5074	1.9709	12.38	153.36	
11	0.4596	2.1758	13.67	186.89	
12	0.4232	2.3627	14.85	220.39	
13	0.4035	2.4785	15.57	242.52	
14	0.3831	2.6101	16.40	268.94	
15	0.3698	2.7043	16.99	288.71	
16	0.3378	2.9600	18.60	345.89	
17	0.3210	3.1157	19.58	383.34	
18	0.3091	3.2350	20.33	413.14	
19	0.3029	3.3012	20.74	430.24	
20	0.3026	3.3045	20.76	431.09	
21	0.2935	3.4067	21.40	458.17	
22	0.2660	3.7593	23.62	557.94	
23	0.2653	3.7688	23.68	560.76	
24	0.2497	4.0047	25.16	633.15	
25	0.2458	4.0678	25.56	653.24	
26	0.2201	4.5441	28.55	815.18	
27	0.1713	5.8364	36.67	1344.77	
28	0.1670	5.9866	37.62	1414.89	
29	0.1394	7.1758	45.09	2032.80	
30	0.1379	7.2530	45.58	2077.14	
31	0.1301	7.6888	48.31	2333.90	
32	0.1269	7.8778	49.50	2450.02	
33	0.1208	8.2799	52.02	2706.52	
34	0.1166	8.5761	53.88	2903.58	
35	0.1150	8.6980	54.65	2986.75	
36	0.1103	9.0627	56.94	3242.46	
37	0.1030	9.7096	61.01	3721.91	
38	0.0932	10.7279	67.41	4543.51	
39	0.0922	10.8427	68.13	4641.23	
40	0.0817	12.2411	76.91	5915.60	
41	0.0782	12.7909	80.37	6438.97	
42	0.0672	14.8843	93.52	8746.11	
43	0.0588	16.9929	106.79	11399.75	
44	0.0499	20.0355	125.89	15847.54	
45	0.0456	21.9211	137.73	18970.71	
46	0.0412	24.2918	152.63	22295.86	
47	0.0377	26.5121	167.15	25897.30	
48	0.0331	30.3004	177.06	29018.93	
49	0.0156	64.0380	402.36	161895.74	
50	0.0152	65.7176	412.92	170499.29	

■ 결과 요약

■ 일축 단면검토 및 용역결과

구분	항목	허용값	실측값	비고
중상시	허용지점하 (kN/EA)	1841.500	707.244	0.K
	허용인발력 (kN/EA)	266.610	-	0.K
	활중력 (MPa)	140.000	110.483	0.K
	관성모멘트 (mm ⁴)	80.000	12.700	0.K
	수평관력 (mm)	15.000	11.662	0.K
차상시	허용지점하 (kN/EA)	2172.700	1006.910	0.K
	허용인발력 (kN/EA)	399.920	-96.377	0.K
	활중력 (MPa)	210.000	151.682	0.K
	관성모멘트 (mm ⁴)	120.000	20.636	0.K
	수평관력 (mm)	15.000	10.672	0.K

■ 단면 활 중계

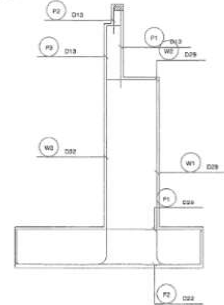
단면구지	길이 (mm)	ds (mm)	Req. As (mm ²)	As (mm ²)	As/Req. As	Req. As (mm ²)	As (mm ²)	As/Req. As	비고
면면지점	1700	150	2114.13	3096.8	827.229	1306.059	1.458	0.K	
주면지점	1700	100	3361.62	4053.6	1350.352	1623.059	1.202	0.K	
벽체 (H=300)	2300	100	3809.91	5746.4	2157.695	3161.815	1.405	0.K	
중부	800	100	279.573	1013.6	49.225	179.001	3.636	0.K	
좌측널개벽	Alt=800 mm	800	80	2055.15	3096.8	369.406	550.581	1.49	0.K
	활부 (T=450)	450	80	916.155	3096.8	84.865	274.202	3.231	0.K
	BlT=800 mm	800	80	1573.3	3096.8	284.217	550.581	1.937	0.K
	ClT=800 mm	800	80	2206.89	4053.6	396.403	713.432	1.8	0.K
우측널개벽	Alt=800 mm	800	80	1975.7	3096.8	355.42	550.581	1.549	0.K
	활부 (T=500)	500	80	982.16	3096.8	101.312	313.666	3.066	0.K
	BlT=800 mm	800	80	1655.75	4053.6	296.855	713.432	2.387	0.K
	ClT=800 mm	800	80	2246.27	4053.6	402.954	713.432	1.771	0.K

■ 사용량 검토

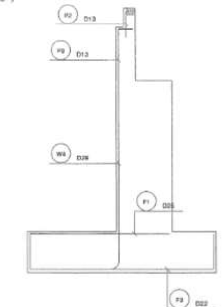
구분	인장용량 (kg)	허용용량 (kg)	실측가중 (S)	최대가중 (Sg)	비고
조면지점	117.287	150	125	323.932	0.K
주면지점	121.541	150	125	429.182	0.K
벽체 (H=300)	64.323	150	125	979.426	0.K
중부	146.376	150	125	304.249	0.K
좌측널개벽	Alt=800 mm	100.215	150	613.314	0.K
	활부 (T=450)	45.307	150	1390.519	0.K
	BlT=800 mm	78.746	150	800.044	0.K
	ClT=800 mm	84.875	150	742.207	0.K
우측널개벽	Alt=800 mm	96.89	150	640.275	0.K
	활부 (T=500)	47.431	150	1328.247	0.K
	BlT=800 mm	63.82	150	965.607	0.K
	ClT=800 mm	66.359	150	729.512	0.K

■ 주철근 조립도

- ① Cycle (CTC = 250)

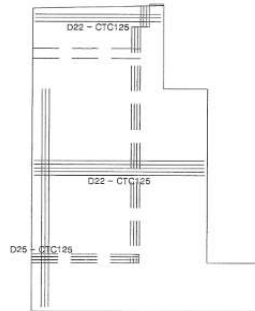


- ② Cycle (CTC = 250)

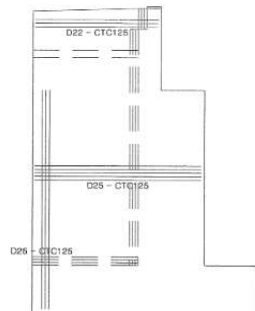


■ 주철근 조립도

- 좌측널개벽



- 우측널개벽



1. 설계 조건

1) 일반 사항

- (1) 구조 형식 : 역T형 교대
- (2) 상부 형식 : IPC girder
- (3) 교량 폭 : 11.0m
- (4) 교대 폭 : 8.0m
- (5) 교대 높이 : 11.000m
- (6) 가중치 : 활중기중
- (7) 강재 : S460

2) 하중

- (1) 활중기중의 단위중량 : $q_c = 25.000 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 빗치용량의 단위중량 : $q_{st} = 20.000 \text{ kN/m}^3$ (부하) [도로교 설계기준 제3관 P380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : $q_{s2} = 20.000 \text{ kN/m}^3$
- (4) 교대 하중 : $q_l = 10.000 \text{ kN/m}^2$
- (5) 상부 교량하중 반력 : $R_d = 427.107 \text{ kN/m}$
- (6) 상부 활중하중 반력 : $R_l = 120.319 \text{ kN/m}$
- (7) 교량보강 미함계수 : $f_s = 0.000$

3) 지반 조건

- (1) 빗치용량의 내부마찰각 : $\phi_1 = 35.000^\circ$
- (2) 지반 가속도 계수 : $A = 0.154$: 위험도계수 $\times$ 지진구역계수
- 내진 용량 : I 용량 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사용재료강도

- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : $f_{ck} = 24.000 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $E_c = 20396.000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도(S3000) : $f_y = 300.000 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $E_s = 200000.000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설계 방법

- (1) 한계상태 설계법 : 허용응력 설계법
- (2) 단면 설계 : 극한강도 설계법

6) 참고 문헌

- (1) 콘크리트구조 설계기준 : 건축구조기준 (2007)
- (2) 도로교 설계기준 : 국토교통부 (2010)
- (3) 도로설계 매뉴얼 : 국토교통부 (2008)
- (4) 도로설계 요령 : 한국도로공사 (2009)

2. 해석결과 요약

■ 안전성검토 및 용량검토

구 분		현용량	발생량	안전율	현용안전율	비 고
교목범람	평상시	전도예대한 인장(kN.m)	115825.352	9313.660	12.44	2.00 O.K
		활동예대한 인장(kN)	15443.380	655.078	23.54	1.50 O.K
		지지력에대한 인장(kN/m²)	844.100	427.565	1.97	1.00 O.K
	지진시	전도예대한 인장(kN.m)	115825.352	32759.131	3.54	1.50 O.K
교목직각범람	평상시	활동예대한 인장(kN)	15443.380	3447.306	4.48	1.20 O.K
		지지력에대한 인장(kN/m²)	1266.100	587.388	2.16	1.00 O.K
	지진시	전도예대한 인장(kN.m)	115825.352	24405.718	4.75	2.00 O.K
		활동예대한 인장(kN)	15443.380	1721.067	8.97	1.50 O.K
교목직각범람	평상시	활동예대한 인장(kN)	15443.380	518.635	1.63	1.00 O.K
		지지력에대한 인장(kN/m²)	844.100	31796.999	3.64	1.50 O.K
	지진시	전도예대한 인장(kN.m)	115825.352	2458.806	6.28	1.20 O.K
		활동예대한 인장(kN)	15443.380	579.469	2.18	1.00 O.K

■ 기둥의 단면 설계

① 기둥 상단

단면위치	Pmax	Pu(kN)	φPu(kN)	안전율	비 고
교목범람	속력최대	0.018	25113.643	112019.214	4.460 O.K
	도면트최대	0.018	17225.706	49389.478	2.897 O.K
	탄성설계	0.018	13780.555	23673.382	1.718 O.K
	관성최대	0.018	13091.536	40081.531	3.062 O.K
교목직각범람	속력최대	0.018	25113.643	112019.214	4.460 O.K
	도면트최대	0.018	16536.678	25475.802	1.541 O.K
	탄성설계	0.018	13780.555	22511.512	1.634 O.K
	관성최대	0.018	16223.328	40245.953	2.481 O.K
합성부재역	속력최대	0.018	25113.643	112019.214	4.460 O.K
	도면트최대	0.018	17225.706	26090.909	1.689 O.K
	탄성설계	0.018	13780.555	17380.127	1.261 O.K
	관성최대	0.018	13091.536	22852.712	1.746 O.K
기	도면트최대	0.018	16536.678	24778.507	1.498 O.K
	관성최대	0.018	16223.328	32327.562	1.993 O.K

■ 단면 설계

단면위치	높이 (mm)	외폭 (mm)	Req. As (mm²)	Use. As (mm²)	Mu (kN.m)	φMu (kN.m)	안전율	비 고
두 부분	속력내인보	3599.5	100.0	40794.359	44325.600	-	-	1.416 O.K
	속력내인보	3599.5	100.0	40794.359	44325.600	-	-	1.322 O.K
	속력내인보	3000.0	100.0	2848.102	7214.800	2803.721	7084.871	2.527 O.K
	속력내인보	3000.0	100.0	2855.616	7214.800	2811.107	7084.871	2.520 O.K
	교량범람1	2535.4	100.0	129.948	44325.600	101.862	33449.524	328.284 O.K
	교량범람2	3269.6	100.0	171.473	44325.600	134.691	33512.724	248.912 O.K
	교량범람3	3273.8	100.0	12248.475	44325.600	12902.835	44951.006	3.567 O.K
	교량범람4	3174.3	100.0	13603.308	44325.600	12700.688	45014.206	3.544 O.K
	교량범람5	3170.1	100.0	13729.314	44325.600	13801.865	43515.160	3.146 O.K
	교량범람6	2711.7	100.0	175.699	44325.600	13729.637	43451.967	3.165 O.K
	교량범람7	2307.5	100.0	129.939	44325.600	126.126	30514.630	241.836 O.K
	교량범람8	2000.0	150.0	33338.093	54998.220	20037.005	32645.805	1.629 O.K
기	교목-지점부	2000.0	150.0	34710.309	71951.400	20846.066	42329.892	2.021 O.K

■ 사용성 검토

단면위치	인장률(εs)	항복강도(fsy)	윤근강도(Sy)	최대강도(Su)	비 고
두 부분	속력내인보	124.977	180.000	130.435	418.365 O.K
	속력내인보	138.831	180.000	130.435	353.487 O.K
	속력내인보+교	139.005	180.000	224.971	356.680 O.K
	속력내인보+교	139.369	180.000	224.971	355.381 O.K
	교량범람1	0.834	180.000	130.435	75590.096 O.K
	교량범람2	1.060	180.000	130.435	52461.518 O.K
	교량범람3	65.797	180.000	130.435	957.495 O.K
	교량범람4	66.218	180.000	130.435	951.404 O.K
	교량범람5	77.624	180.000	130.435	800.760 O.K
	교량범람6	77.162	180.000	130.435	806.834 O.K
	교량범람7	1.100	180.000	130.435	57274.470 O.K
	교량범람8	0.837	180.000	130.435	75204.714 O.K
기	교목범람	156.457	180.000	126.761	159.071 O.K
기	교목-지점부	144.757	180.000	126.761	200.266 O.K

■ 기둥 하단

단면위치	Pmax	Pu(kN)	φPu(kN)	안전율	비 고
교목범람	속력최대	0.018	27219.488	127521.873	4.685 O.K
	도면트최대	0.018	19250.556	57032.185	2.963 O.K
	탄성설계	0.018	15400.445	26856.796	1.744 O.K
	관성최대	0.018	14630.423	46263.309	3.162 O.K
교목직각범람	속력최대	0.018	27219.488	127521.873	4.685 O.K
	도면트최대	0.018	19480.534	28501.259	1.542 O.K
	탄성설계	0.018	15400.445	25525.943	1.657 O.K
	관성최대	0.018	13860.401	21776.648	1.571 O.K
합성부재역	속력최대	0.018	27219.488	127521.873	4.685 O.K
	도면트최대	0.018	19250.556	32814.231	1.705 O.K
	탄성설계	0.018	15400.445	20060.378	1.303 O.K
	관성최대	0.018	14630.423	25676.351	1.755 O.K
기	도면트최대	0.018	19480.534	27667.459	1.497 O.K
	관성최대	0.018	13860.401	21013.495	1.516 O.K

3. 설계 조건

3.1 일반 사항

- 1) 구조 형식 : T형 교각
- 2) 상 부 형식 : IFC GIRDER
- 3) 교량 종류 : 1 차로
- 4) 기초 형식 : 직관기초

3.2 하중

- 1) 평균콘크리트의 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 제2편 F306]
- 3) 교량방향 마찰계수 : $f_s = 0.15$

3.3 차 반 조건

- 1) 기초지반의 N치 : $N = 50$
 - 2) 기초지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 42.386^\circ$: $15 + \sqrt{15N}$
 - 3) 기초지반의 점착력 : $C = 28 \text{ kN/m}^2$
 - 4) 기초지반의 최대 전단저항력 : $\sigma_a = 844 \text{ kN/m}^2$
 - 5) 기초지반의 마찰계수 : $\mu = 0.6$: $\tan\phi_b = 0.60, \phi_b = 0^\circ$ 임과 콘크리트
 - 6) 지반 가속도 계수 : $A = 0.154$: 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사용 재료 강도

- 1) 콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck} =$ 두부분 : 40 MPa
기둥 : 40 MPa
기둥 : 27 MPa
- 단철계수 : $F_{ct} =$ 두부분 : 30801 MPa
기둥 : 30801 MPa
기둥 : 27804 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- 2) 철근의 항복 강도(S0400) : $f_y =$ 두부분 : 400 MPa
기둥 : 400 MPa
기둥 : 400 MPa
기둥(전단철근) : 400 MPa
기둥(전단철근) : 400 MPa
- 단철계수 : $E_s = 200000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

3.5 설계 방법

- 1) 단 철 강 강 도 : 허용응력 설계법
- 2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참고 문헌

- 1) 도로교 설계기준 : 국토교통부 (2010)
- 2) 콘크리트구조 설계기준 : 국토교통부 (2007)
- 3) 도로설계 편람 : 국토교통부 (2006)
- 4) 도로 설계 요령 : 한국도로공사 (2008)

40.2.2 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 40.2.1】 능산4교(문산) 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(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
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교량받침 받침콘크리트 균열(cw=0.3mm미만), 받침콘크리트 재료분리 가로보 파손 및 철근노출	양호

40.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

40.2.4 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.	

40.2.5 시설물 보수 이력

【표 40.2.2】 능산4교(문산) 보수이력사항

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

40.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 40.2.3】 내진설계 여부 확인

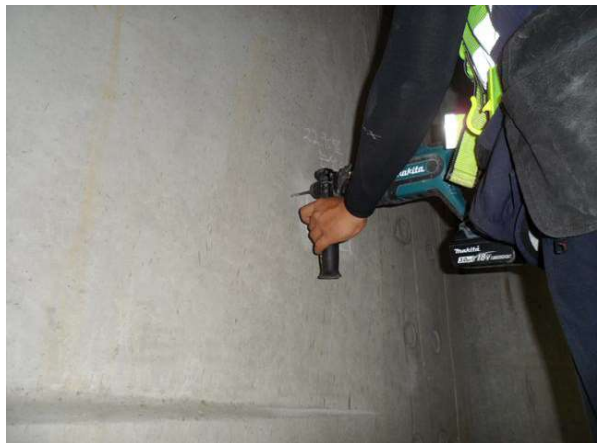
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	—	—
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미 실시 된 것으로 확인되었다.			

40.3 현장조사

40.3.1 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 40.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

40.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 능산4교(문산)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 40.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 외관조사 결과, 균열부백태 등의 손상이 확인되었다.

【표 40.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열부백태 (㎡/개소)	
S1	—	—
S2	0.60	3
S3	—	—
S4	—	—
합계	0.60	3

	
바닥판 하면 S2 균열부백태(0.2×1.0×3EA)	바닥판 하면 S2 균열부백태(0.2×1.0×3EA)

【사진 40.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 균열부백태는 초기 건조수축, 온도변화, 우수유입 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 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 40.3.4】 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 40.3.2】 거더 현장조사 결과(IPC 거더)

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

【표 40.3.3】 거더 현장조사 결과(SEG Beam 거더)

구분		상태양호	
SEG Beam	S4	—	—
합계		—	—



【사진 40.3.5】 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 40.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, IPC거더 가로보 재료분리가 조사되었고, SEG Beam거더의 가로보는 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 40.3.4】 가로보 현장조사 결과(IPC 거더)

구분		재료분리	
가로보	S1	—	—
	S2	0.75	1
	S3		
합계		0.75	1

【표 40.3.5】 가로보 현장조사 결과(SEG Beam 거더)

구분		상태양호	
가로보	S4	—	—
합계		—	—



【사진 40.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- IPC 거더 구간의 가로보의 초기 건조수축, 거푸집 조기탈형, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- SEG Beam 거더 구간의 가로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

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



【사진 40.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 균열($C_w=0.3\text{mm}$ 미만), 백태가 조사되었다.

【표 40.3.6】 교대 현장조사 결과

구분	균열($C_w=0.3\text{mm}$ 미만) (m/개소)		백태 (㎡/개소)	
A1	—	—	7.50	3
A2	8.00	2	—	—
합계	8.00	2	7.50	3

	
교대 A1 홍벽 백태(0.1×2.5×3EA)	교대 A1 홍벽 백태(0.1×2.5×3EA)
	
교대 A2 홍벽 균열(Cw=0.3mm미만)	교대 A2 홍벽 균열(Cw=0.3mm미만)

【사진 40.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

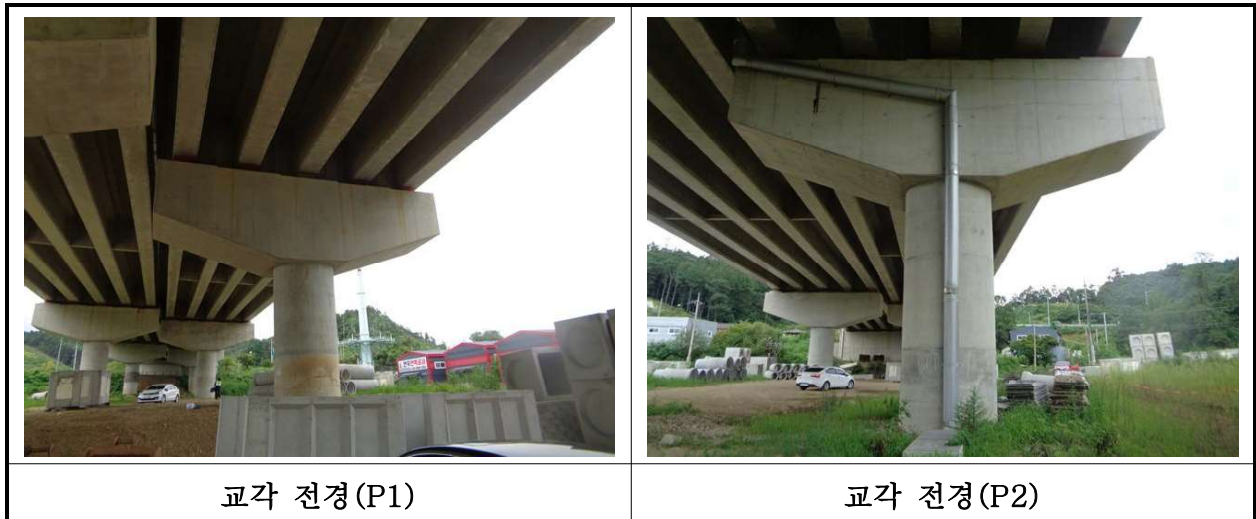
4) 검토의견

- 교대에 조사된 폭0.3mm미만 균열, 백태는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상방지를 위해 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

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



【사진 40.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만), 망상균열이 조사되었다.

【표 40.3.7】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	
P1	6.00	1	3.00	2
P2	3.00	3	—	—
P3	—	—	—	—
합계	9.00	4	3.00	2

	
교각 P1 코핑부 균열(Cw=0.3mm미만)	교각 P2 기둥부 균열(Cw=0.3mm미만)
	
교각 P1 기둥부 망상균열(1.0×1.0)	교각 P1 코핑부 망상균열 (1.0×2.0)

【사진 40.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

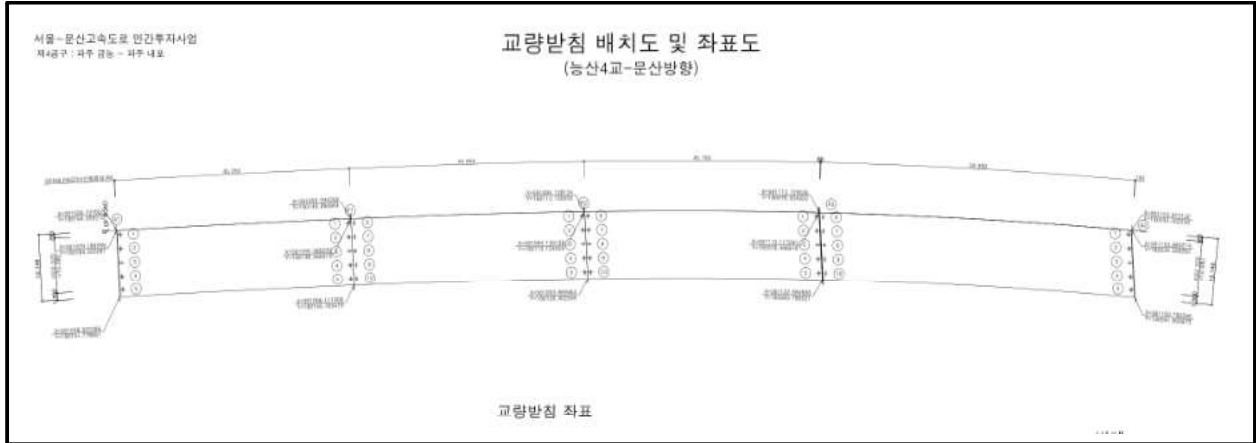
4) 검토의견

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



【그림 40.3.1】 교량받침 배치도



【사진 40.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 40.3.8】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침콘크리트 균열(0.3mm미만) (m/개소)		받침콘크리트재료분리 (m/개소)	
A1	—	—	—	—
P1	—	—	—	—
P2	—	—	0.04	1
P3	1.20	3	—	—
A2	—	—	—	—
합계	1.20	3	0.04	1



【사진 40.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

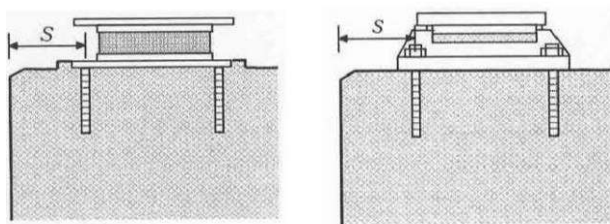
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

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 40.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 40.3.14】 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 40.3.9】 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	530	530	530	540	540	O.K
P1	A1측	426	920	920	920	930	930	O.K
	A2측	425	900	900	910	910	910	O.K
P2	A1측	425	910	910	930	930	930	O.K
	A2측	426	930	930	940	940	940	O.K
P3	A1측	426	920	920	920	920	920	O.K
	A2측	501	920	910	910	920	920	O.K
A2		501	610	610	620	610	620	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 40.3.15】 교량받침 이동량 측정

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

【표 40.3.10】 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 40.3.11】 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	-5	72	62	32.7	12.4	±67	O.K
	SH2	-5	72	62			±67	O.K
	SH3	-5	72	62			±67	O.K
	SH4	-5	72	62			±67	O.K
	SH15	-5	72	62			±67	O.K
P3(S6~S10)	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	—

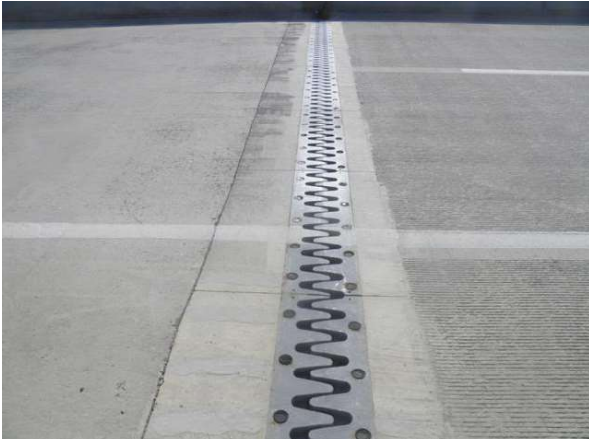
【사진 40.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 40.3.12】 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 40.3.17】 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 40.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 40.3.13】 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	701	180	
P3	31.2	18.8	0.00001	90.2	28.1	16.9	60	125	350	
A2	31.2	18.8	0.00001	60.1	18.8	11.3	60	80	80	
1) 조사당시 온도 : 16.2℃(조사일 : 2022년 09월 26일, 평균온도, 파주)										
2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)										

【표 40.3.14】 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	60	120	31.9	43.1	O.K
	바닥판			100	—	—	83.1	O.K
	거더			350	—	—	333.1	O.K
A2	신축이음	18.8	11.3	60	100	21.2	48.7	O.K
	바닥판			80	—	—	68.7	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(문산)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 LMC 포장(T=50mm)으로 되어있다.



【사진 40.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 40.3.15】 교면포장 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
합계	—	—

	
교면포장 S1 상태양호	교면포장 S2 상태양호
	
교면포장 S3 상태양호	교면포장 S4 상태양호

【사진 40.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

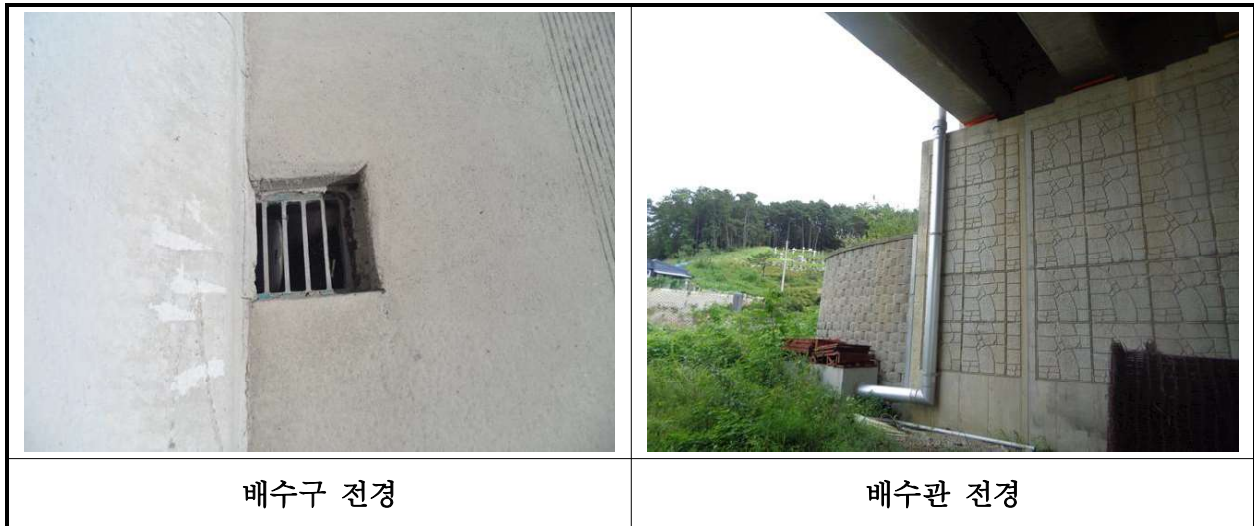
4) 검토의견

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

자. 배수시설

1) 부재의 개요

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



【사진 40.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 40.3.16】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
합계	—	—

	
배수시설 배수구 상태양호	배수시설 배수관 상태양호

【사진 40.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

차. 방호벽

1) 부재의 개요

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



【사진 40.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 백태가 조사되었다.

【표 40.3.17】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	백태 (㎡/개소)	
S1	—	—
S2	—	—
S3	2.00	1
S4	—	—
합계	2.00	1

	
방호벽 S3 백태(4.0×0.5)	방호벽 S3 백태(4.0×0.5)

【사진 40.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 백태는 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 우수유입 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

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



【사진 40.3.25】 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 40.3.18】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
A2	—	—
합계	—	—



【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.

40.3.3 현장조사 총괄표

【표 40.3.19】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열부백태	m ²	0.60	3	
거더	IPC거더	상태양호	—	—	—	
	SEG B거더	상태양호	—	—	—	
가로보	IPC	재료분리	m ²	0.75	1	
	SEG B거더	상태양호	—	—	—	
교대		균열(0.3mm미만)	m	8.00	2	
		백태	m ²	7.50	3	
교각		균열(0.3mm미만)	m	9.00	4	
		망상균열	m ²	3.00	2	
교량받침		받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	1.20	3	
		받침콘크리트 재료분리	m ²	0.04	1	
신축이음		상태양호	—	—	—	
교면포장		상태양호	—	—	—	
배수시설		상태양호	—	—	—	
방호벽		백태	m ²	2.00	1	

40.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

40.4 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.

40.4.1 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 40.4.1】 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

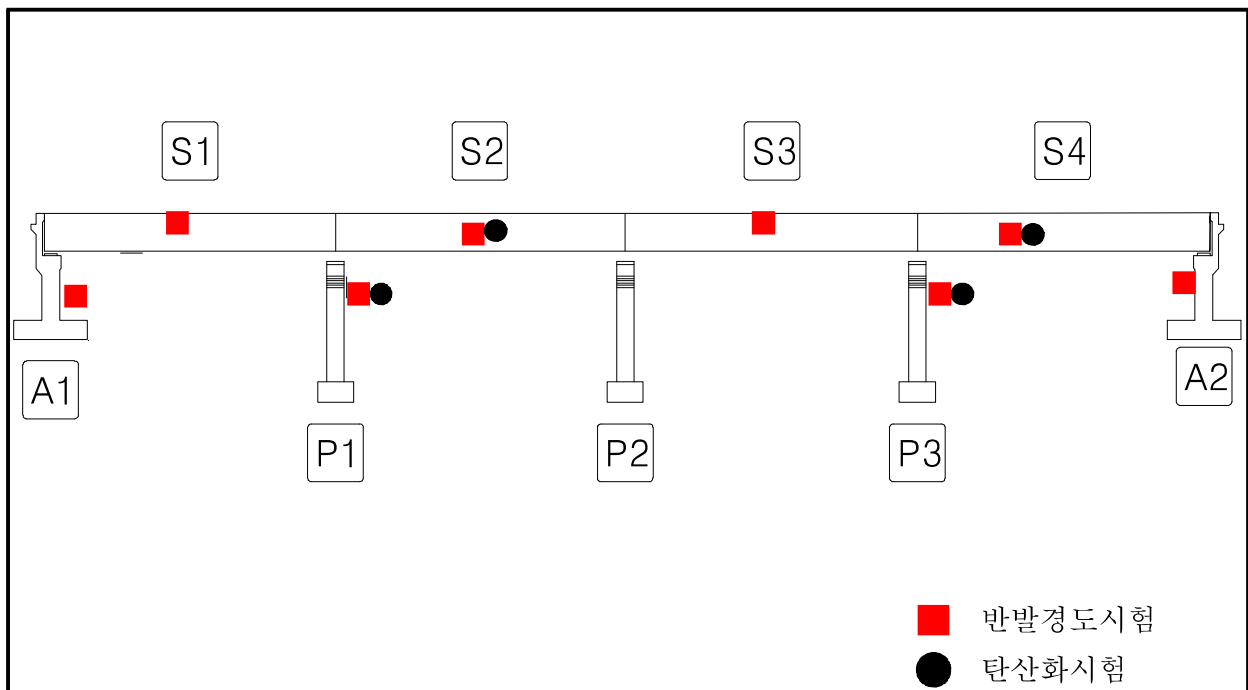
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



【사진 40.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 40.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

40.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

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

① 비파괴강도 시험결과

【표 40.4.2】 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	46.0	27.1	28.6	0.67	27.0	
	S4 바닥판	46.1	27.2	28.7			

【표 40.4.3】 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	41.1	49.0	0.67	40.0	
	S3 거더	48.3	40.8	48.6			

【표 40.4.4】 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	43.1	24.6	27.2	0.67	24.0	
	A2 교대	42.7	24.2	27.0			

【표 40.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도(MPa)	비고
		반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1 교각	48.6	41.0	48.9	0.67	40.0	
	P3 교각	48.8	41.3	49.3			

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.1~28.7MPa, 거더 40.8~49.0 MPa, 하부구조 교대 24.2~27.2MPa, 교각 41.0~49.3MPa 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 40.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.1~28.7	27.0	100.4~106.2
	거더	40.8~49.0	40.0	102.0~122.6
하부구조	교대	24.2~27.2	24.0	101.0~113.4
	교각	41.0~49.3	40.0	102.6~123.3

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 40.4.7】 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	S2 바닥판하면	0.5	40.0	39.5	a	0.35	100년이상	
	S4 바닥판하면	1.5	40.0	38.5	a	1.06	100년이상	
하부구조	P1 코핑부	4.0	100.0	96.0	a	2.83	100년이상	
	P3 코핑부	1.5	100.0	98.5	a	1.06	100년이상	

- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 0.5~1.5mm, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~4.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 40.4.8】탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	0.5~1.5	38.5~39.5	
하부구조	1.5~4.0	96.0~98.5	

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 40.4.9】금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.7	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.8~49.0	40.0	
	하부구조	교대	24.2~27.2	24.0	
		교각	41.0~49.3	40.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		38.5~39.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~98.5	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.

40.5 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.

40.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 문제점이 없는 최상의 상태인 ‘A등급’으로 산정되었다.

【표 40.5.1】 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	a	a	a	a	a	b	q	—	—
S2	P1	IPC	b	a	a	a	a	a	—	a	b	q	a	a
S3	P2	IPC	a	a	a	a	a	b	—	b	b	q	—	—
평균			0.133	0.100	0.100	0.100	0.100	0.133	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			0.024	0.020	0.005	0.007	0.003	0.003	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 40.5.1】 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	a	a	a	a	a	a	a	b	a	q	a	a
	A2								a	a	b	q	—	—
평균			0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.150	0.150	—	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	0.007	0.003	0.002	0.009	0.014	0.030	—	0.004	0.003
													0.115	
													A	

■ 결함도 범위 : $0.100 \leq \text{결함도지수}(0.115) < 0.129$

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 40.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
능산4교(문산) (IPC)	0.130	B	135.3	2	271	0.692	0.090
능산4교(문산) (SEGB)	0.115	A	60.1	2	120	0.308	0.035
합계(Σ)			195.4	4	391	1.000	0.125
1. 평가지수 =							0.125
2. 상태평가결과 =							A

40.5.2 기 점검 결과와의 비교

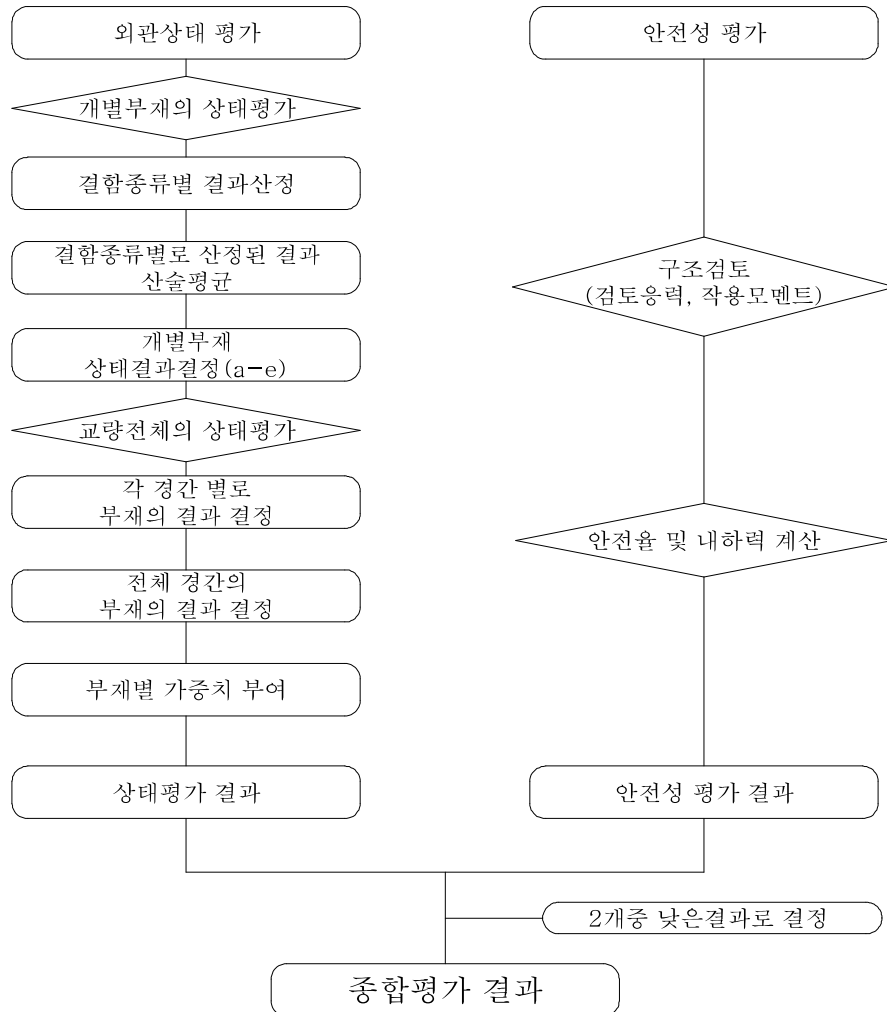
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

40.6 종합평가 및 안전등급 지정

40.6.1 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 40.6.1】 종합평가 결과 산정절차

40.6.2 종합평가 결과

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

【표 40.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
능산4교(문산)	0.125	A	—	—	A
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 문제점이 없는 최상의 상태인 “A” 로 평가됨 •종합평가 결과, “A” 로 평가됨				

40.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『문제점이 없는 최상의 상태인』인 “A등급” 으로 지정하였다.

【표 40.6.2】 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 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

40.7 보수·보강 및 유지관리방안

40.7.1 보수·보강 방안

【표 40.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열부백태	m ²	0.60	3	단면보수	하자
거더	IPC거더	상태양호	—	—	—	—	—
	SEGB거더	상태양호	—	—	—	—	—
가로보	IPC	재료분리	m ²	0.75	1	단면보수	하자
	SEGB	상태양호	—	—	—	—	—
교대		균열(0.3mm미만)	m	8.00	2	표면처리	하자
		백태	m ²	7.50	3	표면처리	하자
교각		균열(0.3mm미만)	m	9.00	4	표면처리	하자
		망상균열	m ²	3.00	2	표면처리	하자
교량받침		받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	1.20	3	표면처리	하자
		받침콘크리트 재료분리	m ²	0.04	1	단면보수	하자
신축이음		상태양호	—	—	—	—	—
교면포장		상태양호	—	—	—	—	—
배수시설		상태양호	—	—	—	—	—
방호벽		백태	m ²	2.00	1	표면처리	하자

40.7.2 개략공사비

【표 40.7.2】 개략공사비

구 분		손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면		균열부백태	단면보수	0.60	0.90	m ²	—	—	하자
가로보	IPC	재료분리	단면보수	0.75	1.13	m ²	—	—	하자
교대		균열(0.3㎜미만)	표면처리	8.00	3.00	m ²	—	—	하자
		백태	단면보수	7.50	11.25	m ²	—	—	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	표면처리	9.00	3.38	m ²	—	—	하자
		망상균열	표면처리	3.00	4.50	m ²	—	—	하자
교량받침		받침콘 균열(0.3㎜미만)	표면처리	1.20	0.45	m ²	—	—	하자
		받침콘크리트 재료분리	단면보수	0.04	0.06	m ²	—	—	하자
방호벽		백태	표면처리	2.00	3.00	m ²	—	—	하자
개략 공사비 (천원)		구 분	1순위		2순위			3순위	
		순공사비	—		—			—	
		재경비 (순공사비의 50%)	—		—			—	
		합계	—		—			—	
개략공사비 총계(천원)			—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

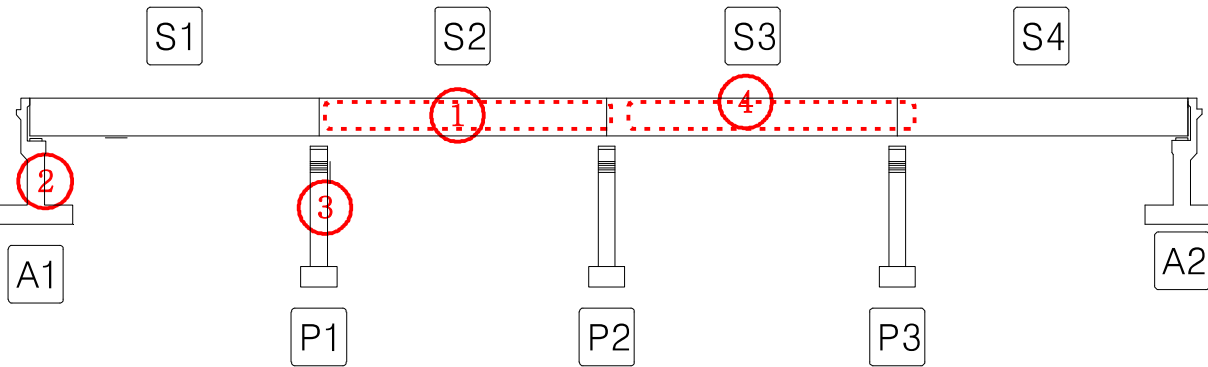
40.7.3 유지관리방안

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 40.7.3】 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 균열부백태 - 진전 여부확인		② 하부구조 백태 - 진전 여부확인
		
③ 하부구조 망상균열 - 진전 여부확인	④ 방호벽 백태 - 진전 여부확인	
		

40.8 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.

40.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 발생한 균열부백태는 초기 건조수축, 온도변화, 우수유입 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 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 가로보의 초기 건조수축, 거푸집 조기탈형, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 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, 백태는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리 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 건조 수축, 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, 교량 받침의 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

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

9) 배수시설

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

10) 방호벽

- 방호벽에 발생한 백태는 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 우수유입 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리를 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 27.1~28.7MPa, 거더 40.8~49.0MPa, 하부구조 교대 24.2~27.2MPa, 교각 41.0~49.3MPa 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 0.5~1.5mm, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~4.0mm로 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(문산)의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.125인 "A" 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 능산4교(문산)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 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」 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.

40.8.2 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.

40.8.3 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.

