

1. 칠곡교

- 1.1 시설물 개요
- 1.2 자료수집 및 분석
- 1.3 현장조사
- 1.4 콘크리트 내구성조사
- 1.5 안전성능 평가
- 1.6 내구성능 평가
- 1.7 사용성능 평가
- 1.8 종합성능평가
- 1.9 유지관리 전략제안
- 1.10 종합결론 및 건의사항

1. 철곡교

1.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 안성시 원곡면 철곡리에 위치한 교량으로 총 연장 270.0m, 폭 19.5m, PSCI Beam교로 시공되어 있다.

1.1.1 일반사항

【표 1.1.1】 철곡교 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		칠곡교		시설물번호		BR2005-0000811	
준공년월		2005. 05. 25		관리번호		-	
시설물위치		경기도 안성시 원곡면 칠곡리					
설계하중		DB-24, DL-24 (1등급)		노선명		일반국도45호선	
제원	연장	L=270.0m (9@30.0m)					
	폭	B=19.5m, (차로수 : 왕복 4차로)					
구조 형식	상부	PSCI Beam		기초 형식	교대	직접기초	
	하부	교대 : 역T형, 교각 : 다주식			교각	직접기초	
교량받침		탄성고무받침		신축이음		핑거 조인트	
교차시설물		고속국도40호선, 지방도 302호선		통과높이		13.9~22.9m	
설 계 사		보람엔지니어링(주)		시 공 사		대림산업(주) 외 14개	
내진설계유무		적용		관리주체		수원국도관리사무소	
부착시설내용		-					
기 타		준공도면 보유 / 구조계산서 보유					

1.1.2 위치도 및 전경사진



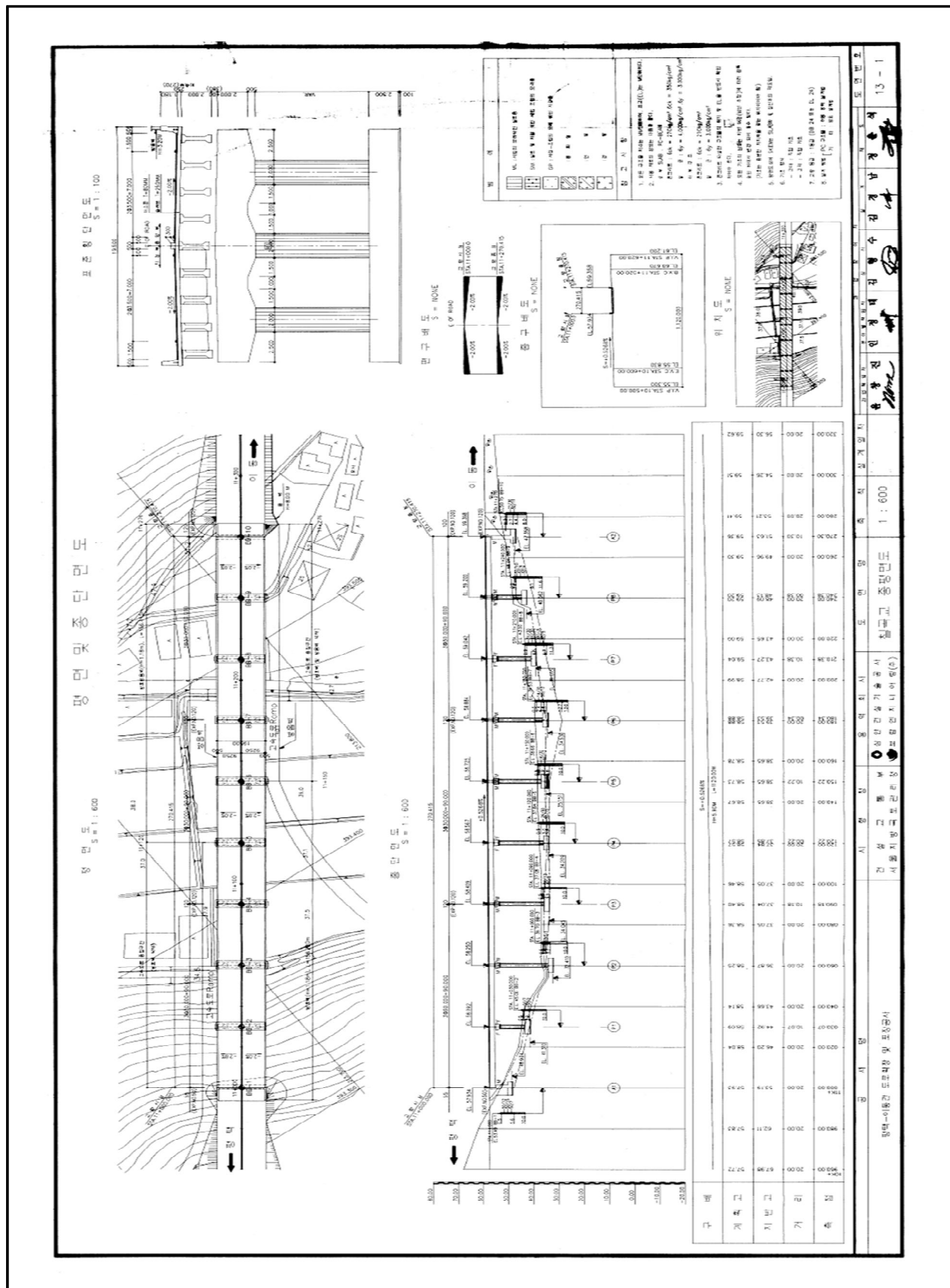
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S9	도보, 고소점검차	2024.04.01.~2024.05.31.	

【그림 1.1.1】 위치도

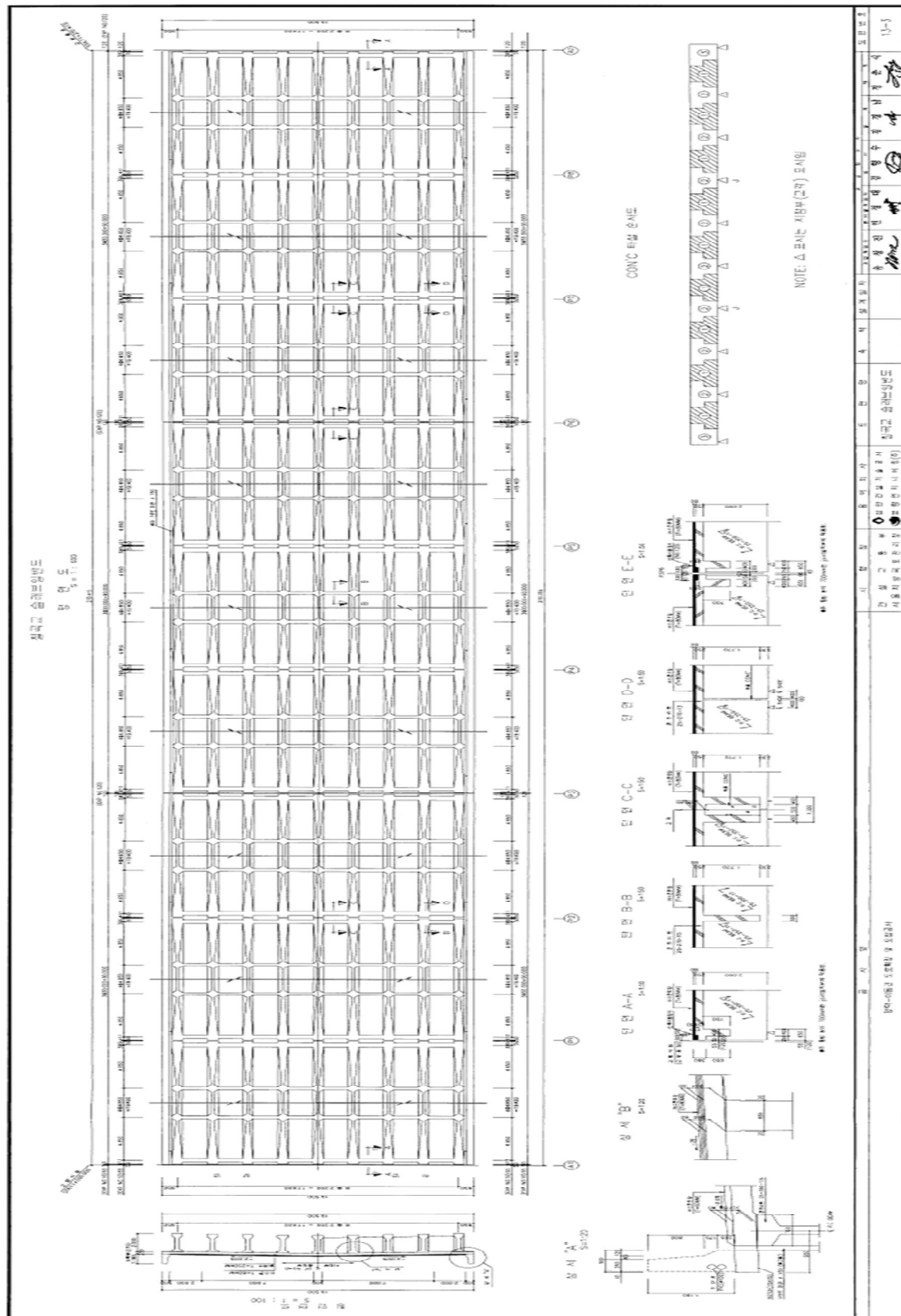
	
교량 측면 전경	교량 상부 전경
	
바닥판 하면 및 거더 전경	캔틀레버부 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 1.1.2】 부재별 현황

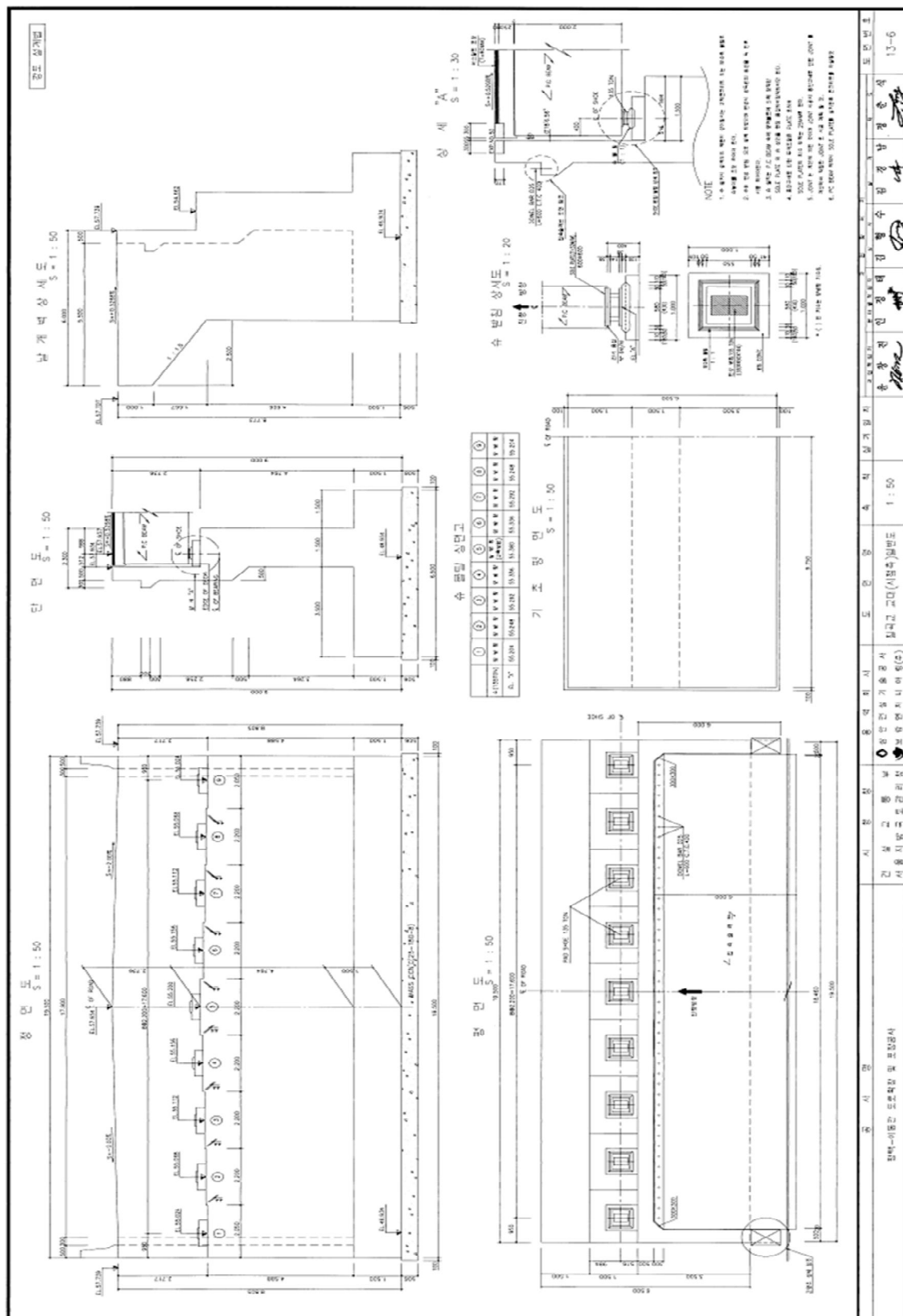
1.1.3 시설물 일반도



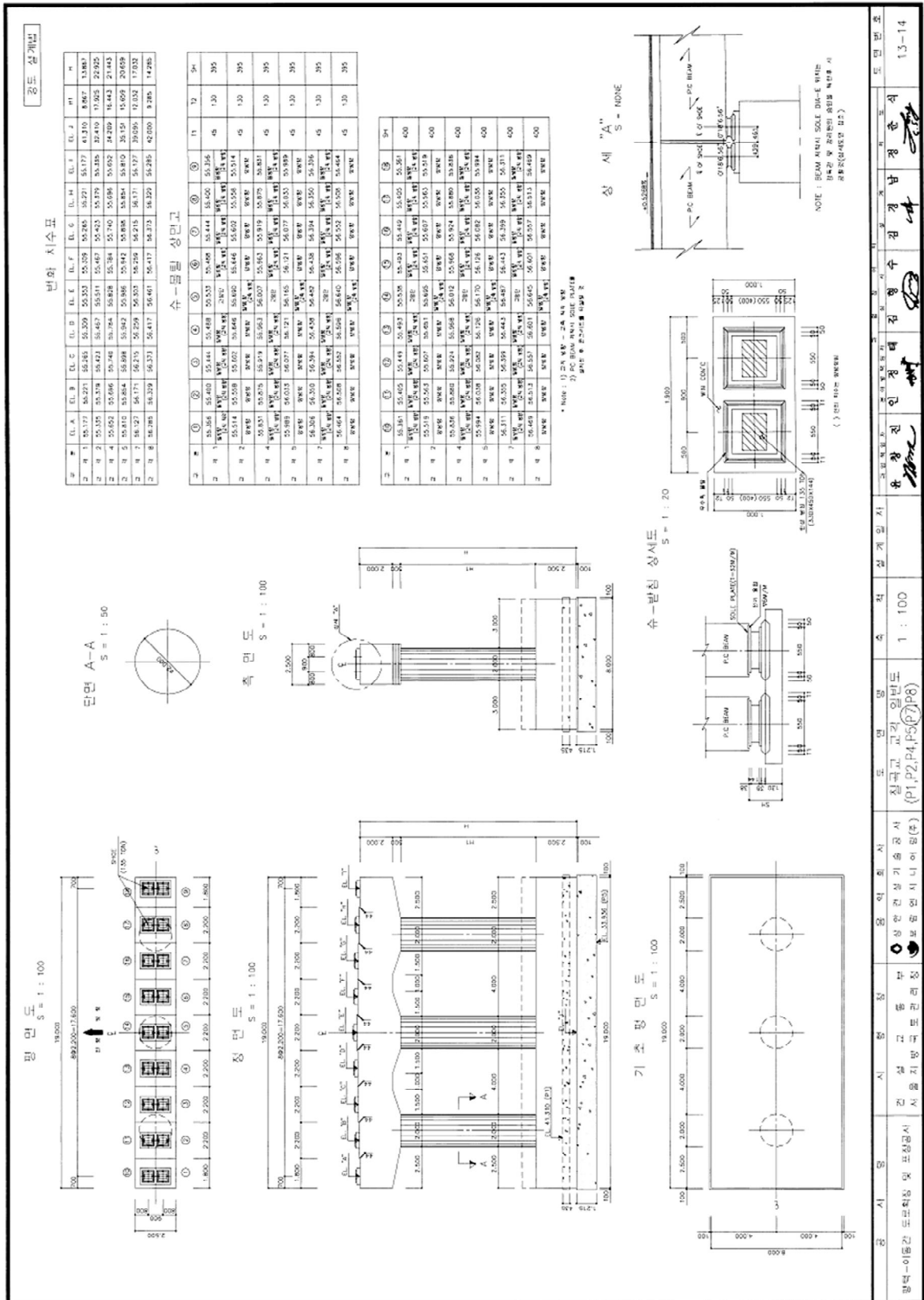
【그림 1.1.3】 종평면도



【그림 1.1.4】 슬래브 일반도



【그림 1.1.5】 교대 일반도



【그림 1.1.6】 교각 일반도

1.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “평택~이동간 도로확장 및 포장공사”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

1.2.1 설계자료 검토

가. 구조계산서

1. 설계 조건

1.1 일반 조건

- 교량 형식 : P.C 35MK교
- 교량 등급 : 1 등급
- 지반 길이(L) : 29.100 m
- 교 폭(B) : 19.500 m
- 활하중 : DB-24

- 충격 계수 : $\frac{15}{40 + L} = 0.217 < 0.3$

- 극한 하중 조합 : 1.3 D + 2.15 L

1.2 재료의 강도 및 재료 성질

- 콘크리트
- 주형 : 설계 기준 강도(σ_{ck}) : 350,000 Kp/cm²
- P.S 도입시(σ_{ci}) : 280,000 Kp/cm²
- 솔레브 : 270,000 Kp/cm²
- 형 빌 : 270,000 Kp/cm²
- P.S 장선 (SMPC 12.7mm 7연선 자일락세이션 강연선 사용)
- 극한 강도(σ_{pu}) : 190,000,000 Kp/cm²
- 항복 강도(σ_{py}) : 160,000,000 Kp/cm²
- 탄성 계수(E_p) : 2.100E+06 Kp/cm²

1.3 허용 응력

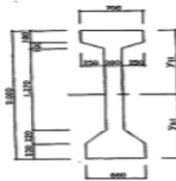
- 프리스트레스트 콘크리트 :
- 긴장직후 : 허용압축응력(σ_{ca}) = 0.55 x σ_{ci} = 154,000 Kp/cm²
- 허용인장응력(σ_{ta}) = $M(14.0, 0.75 \sqrt{\sigma_{ci}})$
- = 12,560 Kp/cm²
- 사용상태 : 허용압축응력(σ_{ca}) = 0.40 σ_{ck} = 140,000 Kp/cm²
- 허용인장응력(σ_{ta}) = 1.90 $\sqrt{\sigma_{ck}}$ = 28,062 Kp/cm²
- P.C 강재 (자일락세이션 강재)
- 긴장시 : $M(0.8 \sigma_{pu}, 0.9 \sigma_{py})$ = 14400,000 Kp/cm²
- 긴장직접 직후 : $M(0.7 \sigma_{pu}, 0.8 \sigma_{py})$ = 12800,000 Kp/cm²
- 사용하중상태 : 0.7 σ_{pu} = 13300,000 Kp/cm²
- 솔레브 콘크리트
- 허용 압축응력 = 0.4 σ_{ck} = 108,000 Kp/cm²

1.4 간장 응력

- 긴장제 # 1 = 12800.00 Kp/cm²
- 긴장제 # 2 = 12800.00 Kp/cm²
- 긴장제 # 3 = 12800.00 Kp/cm²
- 긴장제 # 4 = 12800.00 Kp/cm²
- 긴장제 #

4. 주형의 설계

4.1 단면 재형



1) 거대 종단면

- 콘크리트

ITEM	Ac	Ac x y	Io	Ixx	beta	Ic
2	1.260E+03	2.407E+05	3.402E+04	4.600E+07	2.753E-01	1.140E+05
3	4.500E+02	7.965E+04	3.750E+03	1.410E+07	2.867E-01	1.290E+04
4	2.540E+03	2.756E+05	3.414E+06	3.232E+07	3.003E-01	3.051E+05
5	9.460E+02	3.216E+04	3.816E+04	1.132E+06	2.263E-01	1.036E+05
6	1.518E+03	1.746E+04	6.692E+04	2.677E+05	2.601E-01	2.089E+05

TOTAL AREA = 6.714E+03 1st MOMENT = 5.455E+05
MOMENT INERTIA = 3.275E+07 TORSIONAL INERTIA = 8.584E+10
TOP TO CENTER = 1.039E+02 2ND TO CENTER = 9.615E+01

13-3
4380
13-4
4389

방호벽(방음벽) 단면검토 (철곡교)

1) 충돌하중 (CO)

$$H = \left(\frac{V}{60} \right)^2 \times 0.75 + 0.25$$

H(수평력) : kg/m

V(설계속도) : 100 km/hr

$$H = \left(\frac{100}{60} \right)^2 \times 0.75 + 0.25 = 2.333 \text{ t/m}$$

M = 2.333 x 1.00 = 2.333 t-m/m

2) 방호벽에 작용하는 풍하중 (W)

P = 0.3 t/m²

$$M = 0.3 \times 4.36 \times 4.36 \times \frac{3}{2} = 2.878 \text{ t-m}$$

3) 하중조합 (도·시 P79)

CASE 1 : 1.3 x CO

$$1.3 \times 2.333 = 3.033 \text{ t-m}$$

CASE 2 : 1.2 x W + 1.2 x CO

$$1.2 \times 2.878 + 1.2 \times 2.333 = 6.253 \text{ t-m}$$

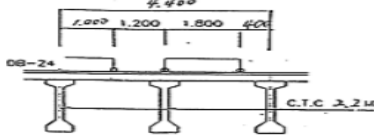
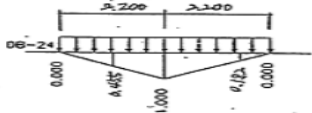
4) 단면검토

CASE 2에 대하여 검토한다.

6. 바닥판 연속제점부 모강검토

- 3@30 = 90.0 m 구간

1) 활하중

(1) DB - 24

충격계수 : $i = \frac{15}{40+30} = 0.214 \leq 0.3$

- R = (0.455 + 1.000 + 0.182) x P x (1 + i)

= 1.637 x 9.6 x 1.214 = 19.078 ton

(2) DL - 24

- W = 1/2 x (0.00 + 1.00) x 2.20 x 2ea x 1.27 x 1/3 x 1.214

= 1.131 ton

- P₁ = 15.6 x 1.214 x 4.43.0 = 27.776 ton

- P₂ = 10.8 x 1.214 x 4.43.0 = 19.230 ton

(3) 작용모멘트 (일방선 합계)

(DB - 24)

- M_L = 19.078 x (0.983 + 1.0156 + 0.8356 x 1/4) x 10 x 30.0

= 126.350 t-m

13-93
4490
13-96
4429

철 곡 교 (사경부)

1. 일반 단면

교대높이 : 9.000 m
지관폭 : 6.500 m
저관깊이 : 19.500 m

2. 설계조건

* 흙의 단위중량 (γ_t) : 2.000 t/m³
CON'C의 단위중량 (γ_c) : 2.500 t/m³
흙의 내부마찰각 (ϕ) : 35.000 deg
흙의 전좌각 (c) : 0.000 t/m²
배면 연직 경사각 : 0.000 deg
노면 수평 경사각 : 0.000 deg

* 기초 바닥 넓이 : 40.000

* 흙과 콘크리트의 마찰각

o 상시

배경경도시 (RANKINE 도알사용) : 0.000 deg

반면경도시 (COLUMB 도알사용, $\phi/3$) : 11.667 deg

o 지진시 : 0.000 deg (MoriNobe Ukabe 공식사용)

지진계조 : $K_h = 0.5A$

경사발목 : $K_h = 1.5A$

--- $P < P_{MIN}$ 인 경우 ---

균열모멘트 (M_c) = $Z_c(\sigma_{cb} + H/A_c) = 1207614.750 \text{ kg.cm}$

M_c : 균열모멘트

Z_c : 콘크리트부재의 단면계수

σ_{cb} : 콘크리트의 휨인장강도

설계 모멘트의 4/3 배 ($4/3 M_u$) = 520212.469 kg.cm

설계모멘트 4/3배가 균열모멘트 이하이므로

설계상 필요한 철근을 배치한다.

사용철근량 : $A_s = 3.670 \text{ cm}^2$

그러므로 $A_s = 3.670$ 이상 사용하여야 한다.

그러므로, 사용철근량 $A_s = D29 \text{ } \phi 12.5 = 51.39 \text{ cm}^2$

설계모멘트강도 $\phi M_u = 0.85 \times (A_s \times \sigma_y \times (D - A/2))$
= 4938125.000 kg.cm

*** 전단력 검토 ***

극한전단력 $S_u = 4002.384 \text{ kg}$

콘크리트 전단설계강도 $\phi S_c = 22580.461 \text{ kg}$

$1/2 \phi S_c = 11290.230 \text{ kg} > S_u = 4002.384 \text{ kg}$

그러므로 STIRRUP이 필요하다.

13- 79

4436

13- 27

4460

* 철근 상세

콘크리트강도 (σ_{ck})	= 210.00	철근항복강도 (σ_y)	= 3000.00
설계 모멘트 (M_u)	= 25.43	MOMENT	(ϕ) = 0.85
설계 전단력 (S_u)	= 24.22	SHEAR	(ϕ) = 0.80
부재 단면폭 (b)	= 100.00	유리 높이 (d)	= 21.00
부재 단면높이 (h)	= 40.00	최소 철근비 (ρ_{min})	= 0.00

k
 $\sigma_{ck} < 230 : k1 = 0.85$
 $\sigma_{ck} > 230 : k1 = 0.85 - (\sigma_{ck} - 230) \times 0.007 / 10$

***** MOMENT CHECK *****
Req'd $A_s = M / (0.85 \times \sigma_y \times (D - a/2))$ = 34.246 cm²
Amin. (14/0y) = 14.933 cm²

■ 사용 철근량 ■
(1-CYCLE) $D 25 \times 4.0 \text{ EA}$ (C.T.C 250) = 20.268 cm²
(1-CYCLE) $D 25 \times 4.0 \text{ EA}$ (C.T.C 250) = 20.268 cm²

TOTAL A_s (USE) = 40.536 cm²

$a = (A_s \times \sigma_y) / (0.85 \times \sigma_{ck} \times b)$ = 6.813 cm

$\phi M_u = 0.85 \times \sigma_y \times A_s \times (D - a/2)$ = 29.556

$\phi M_u = 29.556 \text{ t.m} > M_u = 25.430 \text{ t.m}$ O.K !!!

$\phi M_u / M_u = 29.556 / 25.430$ = 1.16

***** SHEAR REINFORCEMENT *****

$\phi = 0.80$

$\phi \times S_c = \phi \times 0.53 \times \sigma_{ck} \times b \times d$ = 19.662 T

$\phi \times S_c = 19.662 \text{ T} < S_u = 24.220 \text{ T}$

전단 철근 필요

$S_s (\text{strp}) = (S_u - \phi S_c)$ = 4.558 T

$S_s (\text{strp}) = 4.558 \text{ T}$

Req'd $A_v = S_s \times s / (\phi \times \sigma_y \times D)$ = 1.434 cm²

$S_s (\text{Use'd}) = (\phi \times \sigma_y \times A_v \times D) / s$ = 9.731 T

$S_u = 24.220 \text{ T} < \phi \times (S_c + S_s) = 29.392 \text{ T}$ O.K !!!

Use'd $A_v = 3.166 \text{ cm}^2$ UMF STIRRUP: D13 @ 2.5 EA

교축 직각 방향

$$A_{sy1} = \frac{1(1-b/y) \times P}{4 \times b \times \sigma_{sy}} \\ = \frac{1(1-58/190) \times (106.024 \times 10^3) / 1500}{4} \\ = 12.276 \text{ cm}^2$$

- 수평 하중에 의한 수평방향 철근량

$$A_{sx1} = H_s / \sigma_{sx} = 15.904 \times 10^3 / 1500 = 10.603 \text{ cm}^2$$

교축 직각 방향

$$A_{sy2} = H_s / (\sigma_{sx} \times 1.25) = 1.578 \times 10^3 / (1500 \times 1.25) = 0.837 \text{ cm}^2$$

- 철근 보강 범위

$$b_x = b_{sx} + b_{sy} = 55 + 95.0 = 150.0 \text{ cm}$$

$$b_y = b_{sy} + b_{sx} = 58 + 98.4 = 156.4 \text{ cm}$$

- 철근 배근

$$\text{교축 방향 } A_{sx} + A_{sx1} + A_{sx2} = 23.335 \text{ cm}^2$$

$$D13 \text{ 사용시 } n = 23.335 / 2.865 = 8.145 \text{ EA}$$

∴ 교축 방향으로 1.4m 범위내에 15-D19 배치 (10cm간격으로 2단 배치)

교축 직각 방향

$$A_{sy} = A_{sy1} + A_{sy2} = 13.113 \text{ cm}^2$$

$$D13 \text{ 사용시 } n = 13.113 / 2.865 = 4.577 \text{ EA}$$

∴ 교축 직각 방향으로 1.4m 범위내에 15-D19 배치 (10cm간격으로 2단 배치)

13- 77

4503

13- 29

4505

나. 내진해석

1. 지진해석 결과 교량에 작용하는 수평력 (F_x, F_y)

$$A_s, P_s(B), P_s(B) : F(0) = 80.917$$

$$F(2) = 90.130$$

2. 교량 방벽의 수평 하중 결정 (도·시 P771)

하중 경우 1.

$$F(0) = 1.0 \times \text{교각방향} + 0.3 \times \text{교각 직각 방향} \\ = 1.0 \times 80.917 + 0.3 \times 90.130 = 107.956$$

하중 경우 2.

$$F(2) = 0.3 \times \text{교각방향} + 1.0 \times \text{교각 직각 방향} \\ = 0.3 \times 80.917 + 1.0 \times 90.130 = 114.405$$

3. 교량 방벽 설계 수평력 결정

$$= 107.956 / 9 = 11.995$$

$$= 114.405 / 9 = 12.712$$

∴ 135TON 사용

구	분	방향 수평력	$F(s)$	$F(2)$	설계 수평력	비고
A ₁ , P _s (B), P _s (B)	교각 방향	24.5	80.917		11.995	
	교각 직각방향	24.5		90.130	12.712	
	CASE - 1	24.5	107.956		11.995	
	CASE - 2	24.5		114.405	12.712	

4. 방벽의 선정

구	분	수평 하중	작용 수평력	작용 방향	방향 수평력	내진방벽
A ₁	1	+	0	135TON	0	01 적용
	2	+	0	135TON	0	"
	3	+	0	135TON	0	"
	4	+	0	135TON	0	"
	5	++	12.712	135TON	24.500	"
	6	+	0	135TON	0	"
	7	+	0	135TON	0	"
	8	+	0	135TON	0	"
	9	+	0	135TON	0	"

1. 설계조건

1. 설계형식

- 상부구조 형식 : P.C BEAM

- 하부구조 형식 : RC형 교각

- 기초형식 : 직경기초

2. 교량 : 270.0 M

3. 교폭 : B = 19.50 M

4. 설계하중 : DB - 24, DL - 24

5. 사용재료

- 콘크리트 : $\sigma_{ck} = 210 \text{ kg/cm}^2$

$$E_c = 15000 \sqrt{\sigma_{ck}} = 2.17 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

- 철근 : $\sigma_y = 3000 \text{ kg/cm}^2$

6. 단면광량

- 철근콘크리트 : $W_c = 2.50 \text{ T/m}^2$ - 토사 : $\gamma_s = 2.0 \text{ t/m}^2$

7. 내진설계

- 내진등급 : 내진 1등급교

8. 참고 문헌

- 도로교 사양서

- 콘크리트 표준시방서

- 도로설계요령

- 건설교통부

- 건설교통부

- 한국도로공사

13-196

4550

13-196

4517

정관상 산정 및 단면광도

support

<< Input Data >>

CONC 설계기준강도 $\sigma_{ck} = 210.000 \text{ kg/cm}^2$ 정관상광도 $\sigma_y = 3000.000 \text{ kg/cm}^2$

국방도면도

국한단면도

국한축하중

단면 폭

단면 높이

<< Results >>

1) 중립축 위치 결정 (방향단면)

$$x_b = \frac{e_c}{e_c + \sigma_y / E_s} \cdot d = \frac{0.003}{0.003 + 3000.0 / 2.17 \times 10^5} \times 240.00 = 161.05 \text{ cm}$$

xmax = 0.75 · x_b

x가정 (1/6)xmax < x < xmax

x = 0.500 · x_b = 0.500 × 161.05 = 80.53 cm

2) 압축장근 사용여부 결정

또 K₁ 결정 $\sigma_{ck} \leq 280 \text{ kg/cm}^2$ ----- K₁ = 0.85 $280 < \sigma_{ck} \leq 560 \text{ kg/cm}^2$ ----- K₁ = 0.85 - 0.05 × (σ_{ck} - 280) / 780 $\sigma_{ck} \geq 560 \text{ kg/cm}^2$ ----- K₁ = 0.65∴ K₁ = 0.85a = K₁ · x = 0.85 × 80.53 = 68.45 cmCc = 0.85σ_{ck} · b · a = 0.85 × 210.0 × 100.00 × 68.45 = 1221.786 t

Ms = Cc · (d - a/2) = 1221.786 × (240.00 - 68.45/2) = 2514.145 t · m

Ms/φ = 108.824/0.85 = 128.028 t · m < Ms

∴ 압축 장근 용량요

3) 정관상 산정

형식 결정조건 ----> CONC 압축력 (Cc) < 정관상광도 (T)

Cc = 0.85σ_{ck} · b · a

= 0.85 × 210.0 × 100.00 × a

T = As · σ_y = As · 3000.0∴ a = As · σ_y / (0.85σ_{ck} · b)

= As · 3000.0 / (0.85 × 210.0 × 100.00) ----- (1)

국한 보강도 (Ms)

Ms = Cc · x = T · x = As · σ_y · (d - a/2)

= As · 3000.0 × (240.00 - a/2) ----- (2)

(1)과 (2) 연립

∴ Req'd As = 17.89 cm²

a = 3.01 cm

4) 사용 정관상

Use As

931 × 4.000 = 31.768 cm²931 × 4.000 = 31.768 cm² Total As = 63.536 cm²

5) 정관상 검토

As1 = 63.536 cm² > Req'd As1 × (1+1/6) = 23.358 cm²

4) 저항력 검토

순수 휨 상태 (단 정관상 사용)

정관상 인장력 T = As · σ_y = 63.54 × 3000.0 = 190.608 t정관상 저항력 R_n = T / (0.85σ_{ck} · b)

= 190.608 / (0.85 × 210.0 × 100.00) = 10.68 cm

중립축까지 거리 c = a / K₁ = 10.68 / 0.85 = 12.56 cmCONC 압축력 Cc = 0.85σ_{ck} · b · a

= 0.85 × 210.0 × 100.00 × 10.68 = 190.608 t

정관상 MOMENT Ms = As · σ_y · (d - a/2)

= 63.54 × 3000.0 × (240.00 - 10.68/2)

= 447.282 t · m

강도 검토

Cc = 190.608 t T = 190.608 t

φMs = 380.190 t · m > Ms = 108.824 t · m OK !!

5) 전단 검토

Su/φ = 107.929/0.700 = 154.164 t

Sc = (0.50/σ_{ck} + 178 · ρ_{su} · d/96) · b · d

= (0.50/210.0 + 178 × 0.00265 × 107929.0

× 140.00/1088240.0) × 100.00 × 240.00 = 185.079 t

Scmax = 0.93/σ_{ck} · b · d

= 0.93/210.0 × 100.00 × 240.00

= 273.442 t

Sc < Scmax -----> Sc = 185.079 t

Sc/2 = 92.539 t < Su/φ = 154.164 t < Sc = 185.079 t

-----> Min. Shear Reinforcement

Stirrup 간격 s = 50.00 cm

Req'd Av = 5.83 cm²

사용 정관상

Use Av

D16 × 3.000 = 5.958 cm²Su = As · σ_y · d/s

= 5.96 × 3000.0 × 240.00/ 50.00

= 85.795 t

Su = Sc + Se = 185.079 + 85.795 = 270.874 t

Su = 270.874 t > Su/φ

Su = 85.795 t > Vs = 84.000 t

Su = 85.795 t < 2.1/σ_{ck} · b · d = 230.365 t O.K. !!

13-201

4660

13-203

4667

다. 토질조사

조사지역	시추공 No.	조사 위치 (STA)	표고 (m)	비고
구 조 물 지 역	BB-50 (BB-3)	11 + 060	36.70	
	BB-51 (BB-4)	11 + 090	37.06	
	BB-52 (BB-5)	11 + 120	37.84	
	BB-53 (BB-6)	11 + 150	38.06	
	BB-54 (BB-7)	11 + 180	39.53	
	BB-55 (BB-8)	11 + 210	43.50	
	BB-56 (BB-9)	11 + 240	48.09	
	BB-57 (BB-10)	11 + 270	50.75	
	BB-58 (BB-11)	11 + 323(부3.5m)	50.53	
	BB-59 (BB-12)	11 + 343	57.85	
	BB-60 (BB-13)	12 + 533(상행)	56.77	
	BB-61 (BB-14)	12 + 552.5(상행)	57.21	
	BB-62 (BB-15)	15 + 787(상행)	86.16	
	BB-63 (BB-16)	15 + 817(상행)	76.02	
	BB-64 (BB-17)	15 + 847(상행)	66.52	
	BB-65 (BB-18)	15 + 877	65.57	
	BB-66 (BB-19)	15 + 907	64.74	
	BB-67 (BB-20)	15 + 937	62.96	
	BB-68 (BB-21)	15 + 967	63.38	
	BB-69 (BB-22)	15 + 997	65.35	
동 행 고	BB-70 (BB-23)	16 + 027	71.73	
	BB-71 (BB-24)	16 + 057	69.70	
	BB-72 (BB-25)	16 + 087	67.73	
	BB-73 (BB-26)	16 + 117	67.36	
	BB-74 (BB-27)	16 + 147	67.36	

※ ()의 번호는 조장전의 구 번호임.

3.0 조 사 결 과

3.1 지형 및 지질

3.1.1 지형

본 계획노선은 행정 구역상 경기도 평택군 고덕면, 안성군 안곡면 및 양성면 일원으로서 중랑 부에는 경부고속도로가 횡단하고 있다.

산계는 노선 시점부로부터 함곡면까지는 함박산(59 m)등이 높지않은 산계를 형성하고 있으나 양성면에서는 고성산(200 m)이 급한 경사의 산 사면을 이루고 있다.

수계는 수지상 수계로서 크고 작은 지류들이 모여 전위천에 합류하여 서유하면서 아산만으로 유입되고 있다.

3.1.2 지 질

본 지역의 지질은 선 캄브리아기(Precambrian)의 흑운모 편마암(Biotite Gneiss), 반상변질 편마암(Porphyroblastic Gneiss), 석영 운모 편암(Quartz Mica Schist) 그리고 제 4기(Quaternary)의 충적층(Alluvium)으로 구성되어 있다.

흑운모 편마암은 어느 정도 일정방향의 열리구조를 보이는 특징을 가지고 있으며 노선 전변부에 걸쳐 분포하고 있다.

본 암은 변성고대작용을 받아 후에 반상 변질 편마암으로 변화하고 있으며 주 구성 광물은 석영, 장석, 흑운모, 각섬석, 박운모 등으로 구성되어 있다.

반상 변질 편마암은 흑운모 편마암이 변질 고대 작용의 결과로 알카리 성분 함유되었으며 주로 변형이 많은 것이 특징이며 열리구조와 초상구조가 발달되어 있고 변질들은 무색대를 형성하고 있다.

주 구성 광물은 미사장석, 카리장석, 석영, 사장석, 흑운모, 각섬석 등으로 구성되어 있다.

또한, 석영 운모 광물을 놓고 힘한 지형을 이루며 방향성이 없는 열리구조를 보이고 있는데 흑운모 편마암과는 암색차를 이루고 있지만 분열한 경계선을 그을 수 없는 현대적인 암색관계를 가지고 있다.

본 암의 주 구성 광물은 미사, 카리, 운모, 석영, 사장, 흑운모, 각섬, 장석 등으로 이루어져 있으며 분열한 경계선을 그을 수 없는 현대적인 암색관계를 가지고 있다.

12

31

사) 연암층(Soft Rock)

기반암인 편마암(Gneiss)이 부분적으로 선택동화작용을 받아 변질되어 형성된 층으로서 풍화암층 하부 즉, 지표면으로부터 3.6~15.6 m의 심도에 분포되어 있다.

본 연암은 그 풍화정도가 풍화암과 경암의 중간과정으로서 풍화가 진전 또는 진행중에 있는 층이고 균열 및 절리가 발달하여 굴진작업 과정에서 암면 내지 단주상으로 회수되었는데 코어(Core) 회수율(T.C.R)은 8~45 %, R.Q.D는 0~6 % 정도이다.

(13) 철곡교 (시추공 No. BB-64~57)

가) 매립토층 (F8)

성토작업에 의해 형성된 지층으로서 시추공 No. BB-55 위치의 지층상부에 0.9 m의 두께로 분포되어 있다.

본 지층은 실트성인 세립 내지 조립의 모래로 구성되어 도질분류서 SM으로 분류되어 상 대밀도는 느슨한 상태이다.

나) 표토 및 전담토층 (Top & Paddy Soil)

지층의 최상부에 위치하여 한 지표면을 피복 또는 전담으로 이용되고 있는 지층으로서 0.3~0.5 m 정도의 두께로 분포하고 있다.

본 지층은 실트성인 세립 내지 중립의 모래, 세립 내지 중립의 모래 및 점토성인 실트로 구성되어 도질분류서 SM 및 ML로 분류되어 Consistency 및 상대밀도의 경우 점성토층은 연약한 상태이며 사질토층은 느슨한 상태이다.

다) 충적토층(Alluvial Deposit)

물수의 운반퇴적작용에 의하여 형성된 지층으로서 시추공 No. BB-51, 52, 53, 54 위치의 전담토층 하부에 0.5~2.9 m 정도의 두께로 분포되어 있다.

본 지층은 주로 자갈 및 실트성인 세립 내지 조립의 모래 또는 세립 내지 조립의 모래성인 자갈로 구성되어 도질분류서 SM, GW 및 GP로 분류되어 N-치는 14~29회 정도로서 중 강정도 조밀한 상태의 상대밀도를 보여준다.

라) 풍화잔류토층(Residual Soil)

기반암이 풍화작용에 의하여 진전된 풍화작용이 한계치에 관통되어 있는 지층으로서 서

추공 No. BB-49, 50, 53, 54, 55, 56, 57 위치에 지표면으로부터 0.3~3.4 m의 심도에 0.5~3.6 m 정도의 두께로 분포하고 있다.

본 지층은 실트성인 세립 내지 중립 또는 조립의 모래로 구성되어 도질분류서 SM으로 분류되어 N-치는 14~41회 내지로서 상대밀도는 중강정도 조밀한 내지 조밀한 상태이다.

마) 풍화암층(Weathered Rock)

기반암인 편마암(Gneiss)이 풍화작용을 받아 형성된 층으로서 모암의 조직과 형태를 그대로 보존하고 있으나 화학적 성질은 거의 상실한 상태이다.

본 풍화암은 지표면으로부터 0.5~4.5 m의 심도에 0.6~6.9 m 정도의 두께로 분포되어 있는 데 모암이 속(중화점투투)으로 변해가는 과정에 있고 암질이 부식된 상태에서 표준관입시험 과정에서 채취된 시료는 암면에 의해 기재되는 퇴적층에 의하여 실트성인 세립 내지 조립의 모래 및 함탄으로 완전히 분해된 상태였다.

한편, 시추공 No. BB-51, 56 위치에서는 부분적으로 풍화작용을 다소 적게 받은 연암정도의 균거를 보이는 암크여가 발생하여 특징이다.

바) 연암층(Soft Rock)

기반암인 편마암(Gneiss)이 부분적으로 선택동화작용을 받아 변질되어 형성된 층으로서 풍화암 층 하부 즉, 지표면으로부터 1.5~10.7 m의 심도에 분포되어 있다.

본 연암은 그 풍화정도가 풍화암과 경암의 중간과정으로서 풍화가 진전 또는 진행중에 있는 층이고 균열 및 절리가 발달하여 굴진작업 과정에서 암면 내지 단주상으로 회수되었는데 코어(Core) 회수율(T.C.R)은 4~100 %, R.Q.D는 0~65 % 정도이다.

사) 경암층(Hard Rock)

기반암인 편마암(Gneiss)이 보통풍화(Moderately Weathered) 내지 신선암(Fresh) 상태의 층으로서 시추공 No. BB-54, 57 위치의 연암층 하부 즉, 지표면으로부터 3.0~12.0 m의 심도에 분포되어 있다.

본 경암은 약간의 균열 및 절리가 발달하여 있으나 대체로 신선한 상태이며 코어회수율(T.C.R)은 60~100 %, R.Q.D는 10~20% 정도이다.

55

59

1.2.2 시설물 점검이력

【표 1.2.1】 철곡교 점검이력사항

번호	구 분	점검기간	점검기관	등급	점검결과
1	정기안전 점검	2023.10.15 ~2023.11.30	자체수행	양호	· 교면포장:아스콘균열,마모,망상균열,소성변형,아스콘파손및패임,토사및이물질퇴적 · 배수시설:배수관막힘및이물질퇴적,배수관및배수로파손,유도배수시설탈락,물받이파손 · 난간및연석:균열(0.3mm미만,이상),균열부백태,보수부박리및망상균열,열화,파손,볼트체결불량 · 신축이음장치:후타재균열,후타재박리,파손,신축이음누수,토사퇴적,차수판변형,차수판볼트탈락 · 바닥판:균열(0.3mm미만, 이상),백태,박리및박락,충분리,파손,백업재탈락,보수재박리,철근노출 · 거더및가로보:균열(0.3mm미만,이상),균열부백태,망상균열,백태 · 교량받침:몰탈균열(0.3mm미만),망상균열,박락및들뜸파손,콘크리트균열(0.3mm미만,이상),박리및박락,재료분리및충분리,플레이트부식 · 교대및교각:균열(0.3mm미만,이상),망상균열,백태,박리,보수부들뜸,재료분리,실런트열화,보호블럭침하및파손,박락,파손,누수오염,철근노출 · 공중이이용하는부위:상태양호
2	정밀안전 점검	2023.03.30 ~2023.09.13	반석안전(주)	C등급	-바닥판하면:균열(0.3mm미만,이상),백태,박리,박락,철근노출,백업재탈락,백태,보수재박리,충분리,파손 -거더/가로보:균열(0.3mm미만),균열부백태,누수흔적,망상균열,박리,박락,백태,보수부들뜸,보수부박리,파손,충분리,재료분리 -교대/교각:균열(0.3mm미만,이상),균열(0.5mm이상),재균열(0.3mm미만),망상균열,박락,철근노출,박리,백태,보수부박리,들뜸,누수오염,실런트열화,재료분리 -교량받침:받침몰탈균열(0.3mm미만),망상균열,박락,들뜸,파손,받침콘크리트균열(0.3mm미만,이상),재료분리,충분리,받침플레이트부식 -신축이음장치:후타재균열(0.3mm미만,이상),망상균열,박리,파손,본체부식,유간토사퇴적,차수판변형,덮개볼트탈락,중조인트백업재탈락,파손, -교면포장:아스콘균열,마모,망상균열,소성변형,파손,패임,이물질퇴적 -방호벽및중앙분리대:균열(0.3mm미만,이상),균열부백태,델리네이트파손,망상균열,방음벽변형,보수부박리,볼트체결불량,열화,가드레일변형,파손,표면오염 -배수시설:배수관막힘,부식,파손,이물질퇴적,공동,유도배수시설탈락 -점검시설:점검로출입문개폐불량,점검계단파손
3	정기안전 점검	2023.04.11 ~2023.06.12	자체수행	양호	중조인트(후타재 파손, 단차), 바닥판하면(충분리, 철근노출, 박락), 거더(균열, 박리 및 박락), 가로보(재료분리, 철근노출), 교대 및 교각(균열)

【표 1.2.1】칠곡교 점검이력사항(계속)

번호	구 분	점검기간	점검기관	등급	점검결과
4	정기안전 점검	2022.10.05 ~2022.12.09	자체수행	양호	교면포장 균열
5	정기안전 점검	2022.01.01 ~2022.06.30	자체수행	양호	지속관찰
6	정기안전 점검	2021.07.01 ~2021.12.31	자체수행	양호	지속관찰
7	정기안전 점검	2021.01.01 ~2021.06.30	자체수행	양호	지속관찰
8	정밀안전 점검	2021.03.12 ~2021.06.08	다운이엔씨 주식회사	C등급	1) 교면포장: 아스콘균열, 아스콘망상균열, 아스콘마모, 아스콘 소성변형, 포트홀등 2) 배수시설: 배수관부식, 배수관파손, 배수로공동, 이물질퇴적, 배수로파손등 3) 방호벽및중분대: 중앙분리대변형, 텔라네이트파손, 중분대 파손, 표면오염등 4) 신축이음: 후타재파손, 유간토사퇴적, 본체부식, 후타재박리, 후타재마모등 5) 바닥판하판: 균열(0.3mm이상), 균열부백테, 백테, 박리/박락/ 파손등 6) 거더/가로보: 균열(0.3mm미만), 균열부백테, 철근노출, 박리/ 박락, 재료분리등 7) 교량받침: 몰탈/콘크리트균열, 몰탈망상균열, 플레이트부식, 콘크리트재료분리등 8) 하부구조: 누수오염, 열화/박리, 균열(0.3mm이상), 누수오염, 패콘크리트적치, 들뜸, 채수, 재료분리, 보호블럭침하등
9	정기안전 점검	2020.07.01 ~2020.12.31	자체수행	양호	지속관찰
10	정기안전 점검	2020.01.01 ~2020.06.30	자체수행	양호	지속관찰
11	정기안전 점검	2019.07.01 ~2019.12.31	자체수행	양호	지속관찰
12	2종성능 평가	2019.08.22 ~2019.12.30	(주)다음기 술단	C등급	-외관조사결과구조적으로문제가될만한손상, 결함 , 열화는조사되지않았으나, 각부재별내구성확보를 위한일반적인보수가필요한상태임. -안전성능평가결과상태안전성능은양호한상태로 조사되었으며, 구조안전성능에의한내하력은안전 율을확보하고있는것으로검토됨. -내구성능평가결과광범위한부재에서내구성능의 저하가능성이조사되었거나주의가필요한수준으로 진행되어간단한보수가필요한것으로검토됨. -사용성능평가결과장래수요및외부조건변화에대 해기능발휘또는사용상편의에일부문제점이있어일 부개선이필요한것으로검토됨.

【표 1.2.1】칠곡교 점검이력사항(계속)

번호	구 분	점검기간	점검기관	등급	점검결과
13	정밀안전 점검	2019.08.22 ~2019.12.20	(주)다음기 술단	C등급	-구조적으로문제가될만한손상,결함,열화는조사되지않았으며,각부재별내구성확보를위한일반적인보수가필요한상태이다. -교면포장아스콘균열/망상균열,소성변형,파손,바닥판균열,충분리,철근노출,거더균열,충분리,교대보호블럭침하등
14	정기안전 점검	2019.01.01 ~2019.06.30	자체수행	양호	지속관찰
15	정기안전 점검	2018.10.01 ~2018.12.31	자체수행	양호	지속관찰
16	정기안전 점검	2018.04.01 ~2018.06.30	자체수행	양호	지속관찰
17	정기안전 점검	2017.10.01 ~2017.12.31	자체수행	양호	지속관찰
18	정밀안전 점검	2017.10.31 ~2017.12.22	케이에스엠 기술(주)	B등급	-교면포장:아스콘균열,망상균열,마모,아스콘파손,소성변형,포트홀 -난간및연석:균열,망상균열,균열부백태,열화,텔리네이터파손 -바닥판하면:균열,망상균열,균열부백태,백태,박리,박락,파손 -거더및가로보:균열,망상균열,백태,재료분리,박리,박락,들뜸,철근노출 -교대및교각:균열,박락,파손,누수흔적,체수,보호블럭,점검계단침하 -신축이음/교량받침:후타재균열,솔플레이트부식,가동상태양호 -배수시설:배수구막힘
19	정기안전 점검	2017.04.01 ~2017.06.30	자체수행	양호	지속관찰
20	정기안전 점검	2016.10.01 ~2016.12.31	자체수행	양호	지속관찰
21	정기안전 점검	2016.04.01 ~2016.06.30	자체수행	양호	지속관찰, 예산확보후 조치예정
22	정기안전 점검	2015.10.01 ~2015.12.31	자체수행	양호	지속관찰, 예산확보후 조치예정

【표 1.2.1】 철곡교 점검이력사항(계속)

번호	구 분	점검기간	점검기관	등급	점검결과
23	정밀안전 점검	2015.09.25 ~2015.12.17	(주)대한이 엔씨	B등급	- 교면포장: 부분적인 아스콘 균열, 거북등 균열, 국부적인 소성 변형, 접속부 침하, 포트홀 - 방호벽 및 중앙분리대: 연석 표면 열화, 균열 (cw=0.2mm), 파손, 중앙분리대 변형, 볼트 탈락 - 배수시설: 집수구 및 배수관 막힘 - 신축이음: 후타재 파손, 균열 (cw=0.1~0.2mm), 망상 균열, 접속부 포장면 거북등 균열, 신축이음 장치 본체 유간 사이 토사 퇴적, 변형, 탈락 - 바닥판 하면: 바닥판 하면의 균열 (Cw=0.2mm), 신축이음 바닥판 하면의 누수 흔적, 박락, 파손, 백태, 램프교 종방향 접속부의 바닥판 쉐일 레버 부 균열 (cw=0.3~0.5mm), 박락, 파손, 기존 바닥판 보수 상태는 양호함 - 거더 및 가로보: 거더의 균열 (cw=0.2mm), 망상 균열, 박리, 파손, 가로보의 균열 (cw=0.2mm), 들뜸, 철근 노출, 재료 분리, 백태 - 교량 받침: Sole Plate 부식, 몰탈 균열 (cw=0.1~0.2mm), 몰탈 망상 균열, 재료 분리, 토사 퇴적 - 교대 및 교각: 균열 (cw=0.2~0.3mm), 망상 균열, 보수 부재 균열, 박리, 박락, 철근 노출, 파손, 체수, 토사 퇴적, 성토부 보호 블록 침하
24	정기안전 점검	2015.04.01 ~2015.06.30	자체수행	양호	지속관찰, 예산 확보 후 조치 예정
25	정기안전 점검	2014.07.01 ~2014.12.31	자체수행	양호	예산 확보 후 조치 예정
26	정기안전 점검	2014.01.01 ~2014.06.30	자체수행	양호	14년 하반기 조치 예정
27	정기안전 점검	2013.11.01 ~2013.12.31	자체수행	양호	-
28	정밀안전 점검	2013.04.30 ~2013.07.26	주식회사 남양이엔씨	B등급	신축이음 하부 누수로 인한 받침 플레이트 부식 및 교대, 교각 박락, 바닥판 하면 균열 및 망상 균열, 거더 전단 균열, 박락 및 파손, 교각 균열 및 망상 균열, 아스콘 망상 균열, 방호벽 균열 등 공용 중 발생하는 손상이 조사되었다.
29	정기안전 점검	2013.05.01 ~2013.06.30	자체수행	양호	-
30	정기안전 점검	2012.11.01 ~2012.12.31	자체수행	양호	양호
31	정기안전 점검	2012.05.01 ~2012.06.30	자체수행	양호	양호
32	정기안전 점검	2011.12.20 ~2011.12.20	수원국도관 리사무소	양호	신축이음 후타재 균열, 바닥판 균열, 교대 교각 균열

【표 1.2.1】 철곡교 점검이력사항(계속)

번호	구 분	점검기간	점검기관	등급	점검결과
33	정밀안전 점검	2011.03.28 ~2011.06.25	(주)경호엔 지니어링중 합건축사사 무소	B등급	바닥판균열, 균열부백태, 거더 균열, 교대 및 교각 균열, 콘크리트 박락, 신축이음 누수, 후타재 균열, 균열파손, 교량받침 부식, 방호벽 균열
34	정기안전 점검	2011.06.21 ~2011.06.21	수원국도관 리사무소	양호	신축이음 교체 , 바닥판 균열
35	정기안전 점검	2010.12.08 ~2010.12.08	수원국도관 리사무소	양호	양호
36	정기안전 점검	2010.06.07 ~2010.06.07	수원국도관 리사무소	양호	포장망상균열
37	정기안전 점검	2009.11.15 ~2009.11.15	수원국도관 리사무소	양호	포장망상균열
38	정기안전 점검	2009.06.02 ~2009.06.02	수원국도관 리사무소	양호	보조부재에 경미한 결함이 발생, 기능발휘에는 지장이 없는 B등급
39	정기안전 점검	2009.06.02 ~2009.06.02	수원국도관 리사무소	양호	보조부재에 경미한 결함이 발생, 기능발휘에는 지장이 없는 B등급
40	정밀안전 점검	2009.02.13 ~2009.04.24	(주)다음기 술단	B등급	교량받침 부식 등 비교적 경미한 손상이 부분적으로 발생되어, 보수조치가 필요한 상태이나, 전반적으로 재료시험결과 등은 대체로 양호한 상태
41	정기안전 점검	2008.10.31 ~2008.10.31	수원국도관 리사무소	양호	포장부 일부 균열
42	정기안전 점검	2008.06.03 ~2008.06.03	수원국도관 리사무소	양호	포장부 일부 균열
43	정기안전 점검	2007.12.06 ~2007.12.06	수원국도유 지건설사무 소	양호	대체로 양호
44	정밀안전 점검	2007.06.26 ~2007.09.23	영동이엔지(주)	B등급	교량의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 발생하지 않았음
45	정기안전 점검	2007.05.23 ~2007.06.07	-	양호	포장균열 및 재료분리
46	정기안전 점검	2006.11.22 ~2006.11.22	수원국도유 지건설사무 소	양호	
47	정기안전 점검	2006.06.23 ~2006.06.23	수원국도유 지건설사무 소	양호	양호
48	정기안전 점검	2005.10.28 ~2005.10.28	-	양호	양호

1.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과(2023년09월)

가. 외관조사결과

구분	정밀안전점검 결과	비고
바닥판 하면	•바닥판 하면 외관조사 결과 균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 균열부백태, 박리 및 박락, 백업재 탈락, 백태, 보수재 박리 및 백태, 철근노출, 층분리, 파손 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 기 점검 이후 균열과 단면손상에 대한 보수가 시행된 것으로 확인되었으나, 공용기간 증가 및 근접 상세조사로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다. •바닥판에 발생한 균열은 발생위치가 신축이음 단부 및 종조인트 주변으로 대부분의 균열이 폭 0.2mm이하로 일부 균열은 0.3mm의 폭으로 조사되었다. 콘크리트의 재료적 특성인 시공초기 건조수축 및 환경조건(온도변화, 습윤상태) 등에 의해 발생한 비구조적인 균열로 일부 균열이 공용기간 증가, 신축이음 및 종조인트로 유입되는 교면수의 영향으로 진전 및 확대된 것으로 판단된다. 또한, 일부 균열은 백태를 동반하는 것으로 조사되었다. 구조물의 내구성 저하 방지를 위해 균열 폭 0.3mm미만은 표면처리를 실시하고 0.3mm이상은 주입보수를 실시하는 것이 바람직하다. •박리 및 박락, 철근노출, 층분리, 파손손상은 주로 신축이음부 주변 바닥판과 켄틸레버 단부에 발생한 상태로 시공 당시 신축이음장치 설치 시 발생하는 외부충격 및 공용중 신축이음에서 누수되는 교면수 등에 의한 손상으로 판단된다. 발생한 손상은 내구성확보를 위해 단면보수 및 단면보수(방청)를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 신축이음 누수로 인한 교면수의 지속적인 바닥판 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요하다. •백태, 보수재 박리 및 백태 등의 발생위치는 바닥판 단부 주변으로 신축이음부에서 누수되어 유입되는 교면수에 의해 발생한 것으로 손상부위에 교면수 유입으로 인한 콘크리트 열화 등의 2차 손상 발생 방지를 위해 표면처리가 필요할 것으로 판단된다.	
거더	•거더 외관조사 결과 균열(cw=0.3mm미만), 누수흔적, 망상균열, 박리 및 박락, 백태, 보수부 들뜸, 인양홀 주변 파손, 층분리, 파손 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 기 점검 이후 단면손상에 대한 보수가 시행된 것으로 확인되었으나, 공용기간 증가 및 근접 상세조사로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다. •거더 복부에 발생한 균열은 폭 0.1~0.2mm이하의 균열로 거더 중앙부가 아닌 지점부에 발생한 상태로 건조수축 및 수화열에 의해 발생한 미세균열이 공용 중 온도변화 등에 의해 육안으로 관찰되는 균열의 형태로 발전된 것으로 추정되며 박락, 녹물흔적 등 동반하는 2차 손상이 없는 점을 고려했을 때 표면처리하여도 구조물의 사용 및 안전에는 지장이 없을 것으로 판단된다. •박리 및 박락, 층분리 손상은 주로 거더 단부에 발생한 상태로 신축이음부에서 누수되어 유입되는 교면수가 거더의 미세균열부에 지속적으로 유입되어 발생한 것으로 판단된다. 또한, 일부 단면손상 보수부에 보수미흡 및 교면수 유입으로 인한 보수부 들뜸이 발생한 것으로 조사되었다. 파손은 거더 단부 인양홀 주변에 발생한 손상으로 시공초기 거더 거치 시 외부충격으로 인해 발생한 손상으로 판단된다. 내구성 확보를 위해 거더에 발생한 단면손상에 대한 단면보수가 필요하며, 신축이음 누수로 인한 교면수의 지속적인 하부 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요할 것으로 판단된다. •S7-G5 거더에 조사된 백태 및 누수흔적은 P6 신축이음 하부 누수로 인해 발생한 손상으로 손상의 규모가 크지않고 경미하나, 내구성확보를 위해 표면처리를 실시하는 것이 바람직하다.	

구분	정밀안전점검 결과	비고
가로보	•가로보 외관조사 결과 균열(cw=0.3mm미만), 균열부백태, 층분리(들뜸), 박리 및 박락(들뜸), 백태, 재료분리 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 기 점검 이후 균열과 단면손상에 대한 보수가 시행된 것으로 확인되었으나, 공용기간 증가 및 근접 상세조사로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다. •가로보에 발생한 균열, 층분리, 박리 및 박락손상은 단계별 시공에 따른 부재간 구속력 및 콘크리트 재료적 특성에 의한 건조수축, 공용기간 증가 등 복합적인 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 일부 균열에서 환경조건(온도변화, 습윤상태)으로 인해 백태를 동반하고 있는 것으로 조사되었다. 발생한 손상은 내구성 저하 방지를 위해 균열에 대한 표면처리, 단면손상에 대한 단면보수가 필요하다. 또한, 시공초기 다짐불량 등 시공미흡으로 인해 재료분리가 일부 발생한 것으로 조사되었으며, 손상의 정도는 경미하나, 진전 및 확대 방지를 위해 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다. •가로보에서 조사된 백태는 신축이음 하부 누수로 인해 발생한 손상으로 손상의 규모가 크지않고 경미하나, 내구성확보를 위해 표면처리가 필요할 것으로 판단된다.	
교대 및 교각	•교대 및 교각에 대한 외관조사 결과 균열(0.1mm~0.5mm), 보수부재균열, 망상균열, 박리, 박락, 박락 및 철근노출, 백태, 보수부 박리 및 들뜸, 누수오염 및 누수흔적, 보호블럭 박리, 침하 및 파손, 식생, 실런트열화, 재료분리, 파손, 페콘크리트 적치 등이 조사되었다. 기 점검 이후 균열과 단면손상에 대한 보수가 시행된 것으로 확인되었으나, 공용기간 증가 및 근접 상세조사로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다. •교각에 전반적으로 발생한 균열(0.1~0.3mm)은 주로 수직균열 형태로 발생하였으며 균열의 위치와 형상을 고려했을 때 콘크리트 타설 후 수화열 및 소성수축에 기인한 균열, 거푸집 구속에 의한 건조수축 및 온도변화 등이 주요한 원인으로 추정되며, 공용기간 증가로 인해 일부 균열손상의 균열 폭이 진전된 것으로 판단된다.교각 P6 기둥부에 발생한 균열폭 0.5mm 수직균열은 누수오염부에 발생한 상태로 신축이음 누수에 따른 지속적인 교면수 유입, 동결융해, 온도변화 등에 의해 진전된 것으로 판단된다. 0.5mm 수직균열은 손상등급 d등급에 해당되어 중대한 결함에 포함되는 손상이나, 교각의 부등침하 등 외적거동이 없는 점과 누수흔적부에 한해 발생되었고, 균열부 주변 녹물흔적이 없는 점을 고려했을 때 구조적인 균열은 아닌 것으로 판단하여 중대한 결함으로 지정하지 않았다. 또한, 발생한 균열에 대한 균열심도(3.2.2 콘크리트 내구성 조사, 균열깊이 측정 참조)를 측정한 결과, 균열 심도가 철근피복두께를 초과하지 않은 것으로 분석되었다. 차기 점검 시 균열손상에 대한 진전 여부를 관찰할 수 있도록 균열게이지를 부착하였으며, 해당손상에 대해 조속한 보수가 실시될 수 있도록 관리주체에 즉각적인 보고를 실시하였다. - 망상균열은 균열폭 0.1~0.2mm의 미세균열로 손상의 정도는 경미하고, 금회 현장조사 결과 일부 보수가 시행된 것으로 확인되었으며, 기존 보수부에 보수미흡으로 인한 재균열이 일부 발생한 것으로 조사되었다. 따라서, 시설물의 내구성 확보 및 추가적인 손상 진전을 방지하기 위해 균열폭 0.3mm미만은 표면처리, 0.3mm이상은 주입보수, 0.5mm이상 균열은 충전보수가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 신축이음 누수로 인한 지속적인 교면수 하부 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요하다. •박락 및 철근노출, 박리, 박락, 보수부 박리 및 들뜸 등은 대부분 신축이음부가 위치한 교대 및 교각(A1, A2, P3, P6)에 발생하였으며, 신축이음 누수로 인한 교면수 유입으로 콘크리트 열화 및 환경적요소(동결융해, 우수유입), 반복적인 건습작용 등에 의해 발생한 것으로 손상의 진전 및 확대 방지를 위해 단면보수 및 단면보수(방청)이 필요하며, 신축이음 누수로 인한 지속적인 교면수 하부 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요하다. 또한, A2 교대에 발생한 재료분리는 시공시 다짐불량 등의 시공미흡으로 발생한 것으로 판단되며, 교각 기둥부에 발생한 파손은 외부충격으로 인해 발생한 것으로 손상의 정도는 경미하나, 내구성 확보를 위해 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다.	

구분	정밀안전점검 결과	비고
교대 및 교각	•누수흔적 및 누수오염은 주로 신축이음부가 위치한 교대 및 교각(A1, A2, P3, P6)에 발생한 상태로 신축이음 누수로 인해 교면수가 하부로 유입되면서 발생한 것으로 손상부위에 교면수 접촉으로 인한 콘크리트 열화 등의 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 교대에 발생한 실린트 열화는 공용기간 증가 및 교면수 영향으로 발생한 것으로 교면수 유입 차단을 위해 실링보수가 필요할 것으로 판단된다. •교대에 발생한 보호블럭 침하 및 파손은 성토 시 다짐미흡 및 우수유입으로 인한 토사유실로 인하여 발생한 것으로 추정되며 기 점검과 비교 시 손상의 진전은 없는 것으로 판단되나 측면에 설치된 배수로의 파손으로 인해 우수가 지속적으로 유입되어 손상의 진전 및 확대될 우려가 있으므로 유도배수로 정비 및 보호블록 재설치 등의 적절한 조치가 필요하다.	
기초	•칠곡교의 교대와 교각은 직접기초로 시공되어 있으며, 전 개소 모두 지반에 근입되어 있는 상태로 기초에 대한 외관조사는 불가하였으며, 육안상 관찰되는 구조물의 기울음, 전도 등도 없는 상태로 확인되어 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다. 또한, 칠곡교는 하천을 횡단하는 교량이 아니므로 수중조사는 제외하였다.	
교량받침	•교량받침 외관조사 결과, 받침물탈균열(0.3mm미만), 망상균열, 박락 및 들뜸, 파손, 받침콘크리트균열(0.3mm미만), 받침콘크리트균열(0.3mm이상), 박리 및 박락, 재료분리, 층분리, 받침 플레이트 부식 등이 조사되었으며, 공용기간 증가 및 근접 상세조사 등으로 일부 손상물량이 소폭 증가된 것으로 분석되었다. •받침콘크리트 및 받침물탈균열은 0.1~0.3mm의 폭으로 발생하였으며, 균열의 양상이 대부분 교축방향, 교직방향 구분 없이 산발적으로 발생한 점 등을 고려할 때 상부구조의 신축거동 불량 및 수평력 발생 등에 의한 구조적 균열이 아닌 재료적 특성 및 무수축 물탈재와 받침플레이트 간의 열팽창계수 상이 등의 복합적인 요인으로 발생한 균열이 공용기간 증가로 인해 균열폭이 일부 증가된 것으로 판단되며, 내구성 향상을 위한 표면처리와 주입보수가 필요하다. •받침물탈과 받침콘크리트에 발생한 단면손상은 시공미흡으로 인한 취약부위에 신축이음 누수로 인한 교면수 유입, 환경적요소(우수유입, 동결융해), 반복적인 건습작용 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 파손은 외부충격에 의해 발생한 것으로 손상의 정도나 범위가 경미하나, 손상의 진전 방지를 위해 단면보수가 필요할 것으로 판단된다. •교량받침에 전반적으로 발생한 플레이트 부식은 공용기간 증가에 의한 도장열화 및 습윤한 외기환경, 신축이음 누수 등으로 인해 발생한 것으로 판단되며, 내구성확보를 위한 도장보수가 필요하다. •연단거리 측정결과 ‘시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편)’에서 제시하고 있는 연단거리 기준을 만족하는 상태로 조사되었다. 따라서, 안전성을 확보한 상태로 연단거리 부족으로 인한 문제는 없을 것으로 판단된다. •받침장치부에 대한 여유량 검토결과 교량받침 전체에서 온도변화에 따른 이동여유량이 확보된 상태로 검토되었다.	
신축이음	•신축이음 외관조사 결과, 후타재균열(0.3mm미만), 후타재균열(0.3mm이상), 망상균열, 박리, 파손, 본체부식, 신축이음 누수, 유간 토사퇴적, 차수판 변형, 차수판 덮개 볼트탈락, 종조인트 백업재 탈락, 본체변형, 본체부식, 유간 토사퇴적, 파손, 후타재 균열 등이 조사되었다. 기 점검 이후 A2 신축이음 장치 교체로 인해 후타재균열과 단면손상 등의 손상물량이 감소하였으나, 공용기간 증가 및 근접 상세조사로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다.	

구분	정밀안전점검 결과	비고
신축이음	•금회 조사된 후타재 균열, 망상균열, 박리, 파손은 후타재 급속타설, 건조수축, 반복적인 차량 통행하중 및 재설제의 영향 등으로 인해 발생한 것으로 판단되며 발생한 손상으로 인한 신축이음 기능저하 등은 없는 상태로 주의관찰 후 관리주체의 유지관리계획에 맞추어 보수하여도 구조물의 사용성에는 지장이 없을 것으로 판단된다. 다만, 교대 A1 신축이음부 후타재에 발생한 후타재파손은 방치 시 주행하는 차량에 영향을 미치는 상태로 판단되어 해당손상에 대해 조속한 조치가 실시될 수 있도록 관리주체에 즉각적인 보고를 실시하였다. 또한, 신축이음 본체부식은 공용기간 증가 및 지속적인 우수 및 재설제 등의 접촉으로 인해 발생한 것으로 보수보다는 주의관찰이 요구되며, 유간 토사퇴적은 통행차량에 의해 주변 토사가 유입되어 퇴적된 것으로 원활한 신축거동을 위해 주기적인 청소가 요구된다. •우천 시 신축이음 누수에 대한 추가적인 조사를 진행하였으며, P6측 신축이음부에서 누수가 발생하는 것으로 확인되었다. 공용기간 증가 및 육안으로는 확인되지 않았지만 신축이음 배수 고무재의 파손으로 인해 발생한 것으로 추정되며, 우천 시 누수에 대한 추가조사 시 누수가 확인되지 않은 A1, A2, P3측에도 하부구조에 누수흔적 및 누수로 인한 손상들이 발생한 것을 고려했을 때 강우량이 많은 기간에는 누수가 발생하는 것으로 판단된다. 따라서, 신축이음 누수로 인한 구조물의 내구성 저하 방지를 위해 유도 배수시설 설치를 통한 교면수 유입 차단조치가 필요하다. •신축작용, 외부충격 및 시공미흡으로 인해 발생한 차수판 덮개 변형 및 볼트탈락은 신축이음 기능 및 차수 상에는 지장을 주지 않는 경미한 손상으로 판단되나, 신축이음 장치의 장기적인 사용성 확보를 위해 재설치가 필요하다. •중방향 조인트는 본 구조물인 철곡교와 서안성IC2교, 서안성IC3교가 접속하는 이음부로 일부 구간에서 약 10~20mm의 단차가 조사되었으며, 발생원인은 시공시기 차이에 의한 구조물간 신축거동 상이, 공용기간 증가에 따른 노후화 등에 의해 발생한 것으로 판단된다. 또한, 공용기간 증가에 따른 반복적인 차량 통행하중 및 재설제의 영향, 단차로 인해 중조인트 후타재균열, 후타재파손, 본체변형 및 파손, 부식, 유간 토사퇴적 등의 손상이 발생한 상태이다. 따라서, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 확대 등을 관찰하고 서안성IC 2교 및 서안성IC 3교의 관리주체(한국도로공사 화성지사)와 협의하여 관리주체의 유지관리계획에 맞춘 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다. •신축이음 유간측정결과 측정일 일평균온도에서 측정된 신축유간은 신축유간 온도변화에 따른 이론식으로 산정한 결과 전 개소 최소 필요 유간 이상을 확보하고 있는 것으로 평가되어 온도차에 따른 신축거동에는 문제가 없을 것으로 검토되었다. 주기적인 점검을 통한 신축 여유량을 조사하여 구조물 및 차량 안전성 확보여부를 검토 하여야 한다.	
교면포장	•교면포장 외관조사 결과, 아스콘균열, 마모, 망상균열, 소성변형, 파손 및 패임, 토사 및 이물질퇴적 등이 조사되었으며, 공용기간 증가로 일부 손상물량이 증가된 것으로 분석되었다. •평택방향 포장부는 2013년 전구간 재포장 이후 부분적인 손상에 대하여 보수를 실시하여 현재까지 약 10년간 공용중에 있으며, 포장부에 발생한 균열, 망상균열, 마모, 파손 및 패임, 소성변형 등의 손상은 공용중 반복적인 차량 통행하중, 지속적인 재설제의 영향과 중차량 진동, 공용기간 증가에 따른 노후화로 인해 발생한 것으로 판단되며, 조사시점 현재 S1~S6 구간에 망상균열이 국부적으로 발생한 상태로 조사되었다. •포장부의 효율적인 유지관리를 위하여 방향별 포장부에 대한 상태평가(4.3.1. 나. 유지관리를 위한 교면포장부 방향별 상태평가 결과 참조)를 실시한 결과 S1~S6구간 불량율 13.1~40.7%로 상태평가기준 “d등급” 으로 분석되었다. 또한, 포장불량부의 코어채취를 실시하여 포장 및 방수층에 대한 품질상태를 확인한 결과, 아스콘 포장두께 80mm를 기준으로 볼 때 하부 약 30mm의 아스콘 상태는 코어가 형성되지 않은 상태로 교면수 체수 발생으로 인한 열화가 발생한 것으로 추정되며, 방수층 상태는 양호한 상태로 판단되나 장기적인 체수 발생 시 바닥 손상 발생 가능성이 있을 것으로 판단된다. 따라서, 상기 사항들을 고려했을 때 구조물의 장기적인 사용성 및 내구성 확보를 위해 LMC(Latax-Modified Concrete)로 재포장을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.	

구분	정밀안전점검 결과	비고
교면포장	•하남방향은 2020년 시설물 보수공사를 통해 전면 재포장을 실시한 것으로 확인되었으며 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 다만, 공용중 반복적인 차량 통행하중, 지속적인 재설제의 영향과 공용기간 증가로 인해 경미한 아스콘 파손이 조사되었으며, 손상의 정도가 주행하는 차량에 영향을 미치는 상태는 아닌 것으로 판단되어 지속적인 주의관찰이 요구된다. •교면포장 일부 구간에 공용기간 증가 및 주행차량에 의해 주변 토사, 비산먼지 등이 퇴적된 것으로 조사되었으며, 주행하는 차량에 미치는 영향은 없으나, 주기적인 청소가 요구된다.	
방호벽 및 중앙분리대	•방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과, 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 균열부백태, 델리네이트 파손 및 탈락, 망상균열, 방음벽변형, 보수부 박리 및 망상균열, 볼트체결불량, 열화 및 박리, 가드레일 변형, 파손, 표면오염 및 보수부 박리 등이 조사되었으며, 공용기간 증가 및 근접 상세조사 등으로 일부 손상물량이 증가된 것으로 분석되었다. •방호벽 균열 손상은 공용기간 증가와 콘크리트의 재료적 특성 및 부재의 위치적 특성에 따른 우수·일사열 등에 의한 건습반복, 환경적 온도변화 등에 의해 발생한 손상으로 일부 균열은 백태를 동반한 것으로 확인되었다. 균열의 진전 및 확대 방지를 위해 균열폭에 따른 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직하다. •방호벽에 발생한 열화 및 박리, 파손, 표면오염 및 보수부 박리, 망상균열은 공용기간 증가 및 부재의 위치적 특성에 따른 우수·일사열 등에 의한 건습반복, 동결융해, 보수미흡 등 복합적인 요인으로 인해 발생한 것으로 판단되며, 방호벽은 교량의 주요부재가 아니며 시설물의 구조적 안전성에 큰 영향을 미치지 않고 손상의 깊이 및 심화정도가 크지 않아 경미한 결함으로 판단된다. 다만, 공용기간 증가로 인한 손상의 진전 및 확대 방지를 위해 손상에 따른 적합한 조치가 필요할 것으로 판단된다. •가드레일 변형 및 델리네이트 파손 및 탈락, 방음벽 변형 등의 손상은 주행차량에 의한 외부충격, 공용기간 증가에 따른 노후화로 인해 발생한 것으로 주행하는 차량의 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 판단되며 보수보다는 지속적인 주의관찰이 필요하다. 또한, 중앙분리대 가드레일에서 볼트체결불량이 발생한 상태로 방치 시 공용기간 증가로 인해 탈락 및 전도 등으로 주행하는 차량에 영향을 줄 수 있으므로 재설치가 필요하다.	
배수시설	•배수시설 외관조사 결과, 배수관 막힘, 배수관 부식, 파손, 배수구 이물질 퇴적 및 막힘, 배수로 파손, 공동, 유도 배수시설 탈락 등이 조사되었으며, 공용기간 증가로 일부 손상물량이 증가된 것으로 분석되었다. •공용기간 증가에 따른 토사 등의 이물질이 퇴적한 상태로 배수구로 유입된 토사 등의 이물질이 배수관 내부에 퇴적된 상태로 점검망치를 이용한 청음조사결과 약 1.0 ~ 2.5m 구간이 막혀있는 것으로 조사되었으며, 교면수의 원활한 배수를 위해 주기적인 청소가 필요하다. •배수관 부식은 공용기간 증가 및 지속적인 우수 등의 수분접촉으로 발생되었으며, 손상의 정도가 경미하여 보수보다는 지속적인 주의관찰이 요구된다. 또한, 교대 A2에 발생한 유도 배수시설 탈락과 교각 P6에 발생한 배수관 파손은 시공미흡 및 외부충격으로 인해 발생한 것으로 원활한 배수 및 2차 손상 발생 방지를 위해 재설치가 필요하다. •배수로 파손 및 공동은 성토다짐미흡 등의 시공미흡 및 우수유입으로 인한 토사유실 등으로 발생한 것으로 추정되며 기 점검과 비교 시 손상의 진전은 없는 것으로 판단되나 우수가 지속적으로 유입되어 손상의 진전 및 확대될 우려가 있으므로 토사채움 및 정비가 필요하다.	
점검시설	•점검점시설 외관조사 결과, 점검로 출입문 개폐불량, 점검계단 파손 등이 조사되었으며, 공용기간 증가로 인해 점검로 출입문 개폐불량손상이 신규 조사되었다. •교각 P7의 점검로로 출입하는 출입문이 공용기간 증가에 따른 노후화로 개폐불량이 발생하였으며, 지속적인 주의관찰과 향후 유지관리계획에 맞추어 교체가 필요할 것으로 판단된다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조		27.1~29.4	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	상부구조(고강도)		45.6~47.4	40.0	
	하부구조		26.2~29.2	21.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		32.5~41.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		59.5~77.0	a등급	
균열깊이 (mm)	구 분		균열폭/깊이 (mm/m)	균열심도 (mm)	철근피복 (mm)
	하부구조	P6	0.5 / 3.3	51.2	102.2
	■ 금회 측정한 균열 심도 결과, 균열 심도가 51.2mm로 철근피복을 초과하지 않는 것으로 측정됨. 외관조사 시 균열의 녹물이나 백태, 철근부식으로 인한 2차 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었으나 구조물의 내구성 확보 및 교량 유지관리 차원에서 충전보수 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.				

다. 종합평가 및 안전등급 지정

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S · F	기준	
철곡교	0.300	C	—	—	C
종합평가	•본 구조물에 대하여 상태평가를 토대로 종합평가를 실시한 결과 시설물의 안전등급은 ‘C(보통)’ 등급으로서, 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 상태인 것으로 평가되었다.				

라. 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『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』인 “C등급”으로 지정하였다.

마. 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	균열(0.3mm 미만)	표면처리	1.71	m ²	275	470	3
	균열(0.3mm 이상)	주입보수	1.32	m	168	222	1
	균열부백태	표면처리	3.99	m ²	275	1,097	3
	박리 및 박락	단면보수	0.20	m ²	1,056	211	2
	백업재 탈락	재설치	1.85	m ²	11	20	3
	백태	표면처리	0.89	m ²	275	245	3
	보수재 박리 및 백태	표면처리	0.18	m ²	275	50	3
	철근노출	단면보수(방청)	0.01	m ²	1,605	16	1
	충분리	단면보수	0.44	m ²	1,056	465	2
	파손	단면보수	0.94	m ²	1,056	993	2
거더	균열(0.3mm 미만)	표면처리	11.73	m ²	275	3,226	3
	망상균열	표면처리	8.63	m ²	275	2,373	3
	박리 및 박락	단면보수	0.38	m ²	1,056	401	2
	백태	표면처리	0.18	m ²	275	50	3
	보수부 들뜸	단면보수	0.13	m ²	1,056	137	2
	인양홀 주변 파손	단면보수	0.06	m ²	1,056	63	2
	충분리	단면보수	0.41	m ²	1,056	433	2
	파손	단면보수	0.18	m ²	1,056	190	2
가로보	균열(0.3mm 미만)	표면처리	15.15	m ²	173	2,616	3
	균열부백태	표면처리	0.27	m ²	173	47	3
	충분리(들뜸)	단면보수	0.24	m ²	930	223	2
	박리 및 박락(들뜸)	단면보수	1.01	m ²	930	939	2
	백태	표면처리	0.54	m ²	173	93	3
	재료분리	단면보수	1.12	m ²	930	1,041	2
교대	균열(0.3mm 미만)	표면처리	3.93	m ²	229	899	3
	균열(0.3mm 이상)	주입보수	2.88	m	167	482	1
	보수부재균열(0.3mm 미만)	표면처리	0.60	m ²	229	137	3
	망상균열	표면처리	0.10	m ²	229	23	3
	박락 및 철근노출	단면보수(방청)	0.19	m ²	1,338	254	1
	박리	단면보수	0.10	m ²	880	88	2
	백태	표면처리	0.52	m ²	229	119	3
	보수부 박리 및 들뜸	단면보수	0.36	m ²	880	317	2
	누수오염	표면처리	31.44	m ²	229	7,193	3
	보호블럭 침하 및 파손	재정비	9.24	m ²	77	711	2
	실런트 열화	실링보수	0.72	m ²	2	2	3
	재료분리	단면보수	0.05	m ²	880	44	2

구 분		손상내용	보수방안	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교각		균열(0.3mm 미만)	표면처리	84.30	m ²	229	19,288	3
		균열(0.3mm 이상)	주입보수	9.60	m	235	2,260	1
		균열(0.5mm 이상)	충진보수	3.96	m	290	1,148	1
		보수부재균열(0.3mm 미만)	표면처리	0.96	m ²	229	220	3
		망상균열	표면처리	30.96	m ²	229	7,084	3
		누수오염 및 누수흔적	표면처리	99.30	m ²	229	22,720	3
		박락	단면보수	0.91	m ²	774	705	2
		파손	단면보수	0.12	m ²	774	93	2
교량받침		받침몰탈균열(0.3mm 미만)	표면처리	19.68	m ²	229	4,503	3
		받침몰탈망상균열	표면처리	0.36	m ²	229	82	3
		받침몰탈 박락 및 들뜸	단면보수	0.31	m ²	774	240	2
		받침몰탈 파손	단면보수	0.01	m ²	774	8	2
		받침콘크리트균열(0.3mm 미만)	표면처리	1.98	m ²	229	453	3
		받침콘크리트균열(0.3mm 이상)	주입보수	3.84	m	160	612	1
		받침콘크리트 박리 및 박락	단면보수	0.24	m ²	774	186	2
		받침콘크리트 재료분리	단면보수	0.40	m ²	774	310	2
		받침콘크리트 층분리	단면보수	0.91	m ²	774	705	2
		받침 플레이트 부식	도장보수	35.00	EA	382	13,360	3
신축이음(A1, P3,P6)		후타재박리	단면보수	2.40	m ²	880	2,112	1
		후타재파손	단면보수	0.24	m ²	880	211	1
		신축이음 누수	유도배수시설 설치	39.00	m	71	2769	1
		유간토사퇴적	청소	45.00	m	9	396	3
		차수판변형	재설치	1.00	EA	666	666	3
		차수판 덮개 볼트탈락	재설치	2.00	EA	2	4	3
신축이음(A2)		후타재균열(0.3mm 미만)	표면처리	2.10	m ²	—	—	하자
		후타재파손	단면보수	0.05	m ²	—	—	하자
		유간 토사퇴적	청소	19.50	m	—	—	하자
		차수판 덮개 볼트탈락	재설치	3.00	EA	—	—	하자
교면 포장	평택	아스콘 균열	LMC 재포장(전면)	2497.50	m ²	318	794,205	1
		아스콘 망상균열						
		아스콘 마모						
		아스콘 소성변형						
		아스콘 파손 및 패임						
		아스콘 파손 및 소성변형						
		토사퇴적						
	하남	토사 및 이물질퇴적	청소	234.00	m ²	8	1,872	3

구 분	손상내용	보수방안	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
방호벽 및 중앙 분리대	균열(0.3㎜ 미만)	표면처리	37.23	㎡	229	8,518	3
	균열(0.3㎜ 이상)	주입보수	66.84	m	305	20,366	1
	균열부백태	표면처리	15.30	㎡	229	3,501	3
	망상균열	표면처리	10.80	㎡	229	2,471	3
	보수부 박리 및 망상균열	표면처리	10.92	㎡	229	2,498	3
	볼트체결불량	재설치	8.00	EA	2	18	3
	열화 및 박리	단면보수	4.68	㎡	880	4,118	2
	파손	단면보수	0.37	㎡	880	326	2
배수시설	배수관 막힘	청소	3.00	EA	169	508	3
	배수관 파손	재설치	0.02	㎡	529	11	3
	배수구 이물질퇴적 및 막힘	청소	10.00	EA	169	1,694	3
	배수로 파손	단면보수	1.98	㎡	477	945	2
	배수로 공동	채정비	3.60	㎡	1,100	3,960	2
	유도배수시설 탈락	재설치	4.20	m	71	298	1
점검시설	점검계단 파손	단면보수	0.14	㎡	880	123	2
순위별 공사별 (천원, 제경비 포함)		단 기(1순위)			824,956		
		중 기(2순위)			17,975		
		장 기(3순위)			108,526		
개략공사비(순공사비+제경비)					951,457		

- ※ 1. 손상물량으로 여유수량을 감안하여 할증(20%)을 적용하였으며, 명확하게 수량산출이 가능한 손상은 할증적용을 제외하였음.(보수물량 = 손상물량 × 1.2(할증))
2. 상기 개략공사비는 제경비가 포함된 금액이며, 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.
3. 적용된 공법 및 대가기준은 개략적인 비용을 산출하기 위한 것으로서 실제 보수 시에는 별도의 설계를 통해 공법 및 대가를 산정해야 함.
4. 2022년 수원국토관리사무소 공종별 유지보수 단가, 2023년 한국도로공사 공종별 유지보수 단가, 2022년 서울시 예산편성 기초 단가 평균 등을 적용하였음.
5. cw=0.3mm미만 균열(A=0.25m×길이) 적용.

바. 종합결론

칠곡교는 2005년 준공 후 18년이 경과된 도로교량으로 현장조사 결과 안전성에 문제되는 중요 손상이나 결함은 없는 상태이며, 상태평가를 바탕으로 실시한 종합평가에 따라 안전등급을 지정하였으며, 그 결과 “C등급” 으로 “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” 로 평가되었다.

1.2.4 시설물 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 및 일상보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 기 손상인 바닥판 균열(0.3mm미만), 망상균열, 박락, 박락 및 철근노출, 파손, 교대 및 교각 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 박리, 박락, 철근노출, 누수흔적 등의 손상이 확인 되었고 금회 점검에서는 보수여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부 확인 등에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기안전점검 38회, 정밀안전점검 9회, 2종성능평가 1회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

1.2.5 시설물 보수 이력

【표 1.2.3】 칠곡교 보수이력사항

구분	공사명	공사 구분	보수보강부위	설계자	시공자
	공사기간		공사내역	공사비(천원)	책임기술자
1	2022년 관내 교량배수시설 정비공사	보수	—	(주)건영이엔씨	(주)이지테크
	2022-06-27 ~ 2022-10-20		배수관설치	249,100	—
2	국도45호선 양성교(상) 등 시설물 보수공사	보수	바닥판하면, 교각	(주)건영이엔씨	(주)기남건설
	2022-03-17 ~ 2022-05-25		표면보수, 주입보수, 단면보수, 방청	171,600	—
3	국도45호선 칠곡교 등 시설물 보수공사	보수	—	(주)건영이엔씨	(주)알티코리아
	2021-11-15 ~ 2021-12-20		신축이음교체(A2[용인, 평택 방향] : NO.120 = 24.6m)	62,198	(주)KG엔지니어링 종합건축사사무소
4	국도42호선 유산1교 등 시설물 보수공사	보수	—	백강, 호성	보령종합건설(주)
	2021-03-26 ~ 2021-06-24		단면보수	4,853	KG엔지니어링 종합건축사사무소
5	국도42호선 유산1교 등 시설물 보수공사	보수	—	백강, 호성	보령종합건설(주)
	2021-03-26 ~ 2021-06-24		단면보수	4,853	KG엔지니어링 종합건축사사무소
6	국도45호선 칠곡교(상) 시설물 보수공사	보수	—	수원국토	덕현건설(주)
	2020-03-23 ~ 2020-06-09		교면포장(아스콘[t=8cm] : 2,450m ²), 방호벽 및 중분대(단면보수[t=10mm, 벽체] : 132m ²)	332,469	(주)KG엔지니어링 종합건축사사무소
7	국도45호선 칠곡교 보수공사	보수	—	수원국토	(주)지수건설
	2014-07-23 ~ 2014-10-23		표면보수 : 3,453.94m ² , 단면보수 : 28.66m ² , 표면주입 : 2.0m, 콘크리트 면정리 : 70.9m ²	366,630	동부엔지니어링(주)
8	국도39호선 자안1육교외 6개교 교면포장공사	보수	—	수원국토	경기건설(주) 대표 최재문
	2013-05-16 ~ 2013-08-08		—	270,169	동부엔지니어링(주) 최병선
9	관내 교량하부 불법점용물 진입 차단시설 설치공사	개량	—	수원국토	중원그린산업(주) 김현태
	2011-06-20 ~ 2011-09-08		—	163,052	(주)다산컨설팅트 한광훈
10	국도45호선 청용교외 2개교 교면보수공사	보수	—	—	(주)유성건설 김연미
	2010-03-29 ~ 2010-05-27		—	313,000	(주)한국종합기술

1.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 1.2.4】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
—	적용	—	—
• FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미 실시 된 것으로 확인되었다.			

1.2.7 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

1.2.8 하중변화 이력

준공이후 하중변화 이력은 없는 것으로 확인되었다.

1.2.9 자료수집 현황

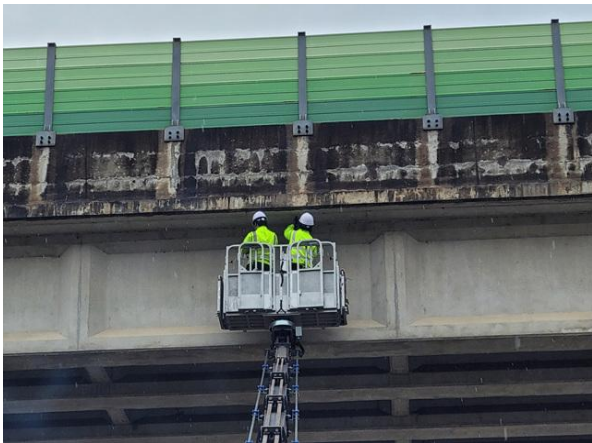
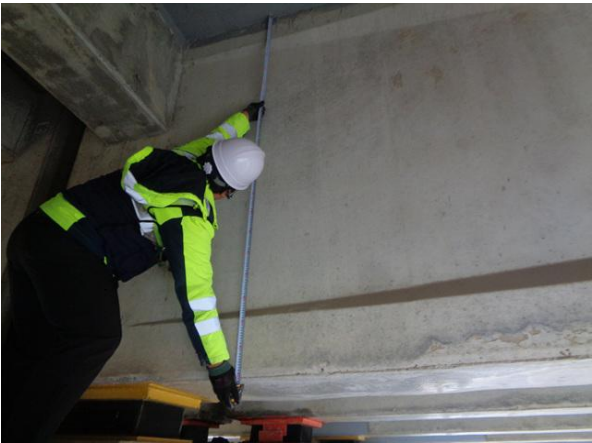
안전성능, 내구성능 및 사용성능 평가를 위한 자료는 각 평가별 보고서 내에 수록하였다.

1.3 현장조사

1.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 전회 정밀안전점검 현장조사결과를 토대로 시설물의 상태현황 확인 및 성능평가 추가 조사를 실시하기 위하여 고소점검차를 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~S9	도보, 고소점검차	2024.04.01.~2024.05.31.	
			
고소작업차 작업전경		고소작업차 작업전경	
			
제원측정		점검망치를 이용한 타격조사	

【사진 1.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

1.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판하면

1) 부재의 개요

- 철곡교의 바닥판하면은 차량하중을 직접적으로 지지하는 동시에 거더에 하중을 분산시키는 역할을 하는 주요 부재로 총 9경간으로 이루어져 있으며, 연장 $L=270.0\text{m}(9@30.0\text{m})$, 폭 19.5m 의 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 1.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

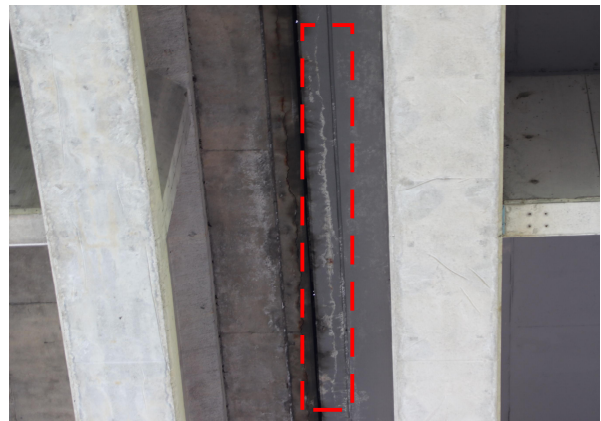
- 바닥판하면 현장조사 결과, 균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만), 균열($cw=0.3\text{mm}$ 이상), 균열부백태, 박리 및 박락, 백업재 탈락, 백태, 보수재 박리 및 백태, 철근노출, 층분리, 파손 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 기 점검 이후 균열과 단면손상에 대한 보수가 시행된 것으로 확인되었으나, 공용기간 증가 및 근접 상세조사로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다.

【표 1.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	손상 내용	단위	전회		금회		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판하면	균열(0.3mm 미만)	m	8.70	14	5.70	12	▽ 3.00	
	균열(0.3mm 이상)	m	1.1	2	1.1	2	— —	
	균열부 백태	m	8.4	20	13.3	3	▲ 4.90	
	망상균열	m ²	5.6	3	—	—	▽ 5.60	
	박리 및 박락	m ²	0.25	6	0.17	4	▽ 0.08	
	박락 및 철근노출	m ²	0.29	4	—	—	▽ 0.29	
	백업재 탈락	m ²	0.46	3	1.54	5	▲ 1.08	
	백태	m ²	1.67	9	0.74	6	▽ 0.93	
	보수재 박리 및 백태	m ²	—	—	0.15	1	▲ 0.15	
	철근노출	m ²	—	—	0.01	1	▲ 0.01	
	충분리 및 철근노출	m ²	0.75	2	—	—	▽ 0.75	
	충분리	m ²	23.95	12	0.37	2	▽ 23.58	
	파손	m ²	1.08	6	0.78	5	▽ 0.30	



S1 바닥판 하면 균열(0.3mm/0.8m)



S2 바닥판 하면 균열부백태(0.2mm×10.0m)



S3 바닥판 하면 파손(0.5m×0.2m)



S3 바닥판 하면 충분리(0.2m×0.1m)

【사진 1.3.3】 바닥판하면 손상현황

	
S5 바닥판 하면 충분리(0.5m×0.7m)	S6 바닥판 하면 백태(0.1m×0.2m)

【사진 1.3.3】 바닥판하면 손상현황(계속)

3) 검토의견

- 균열 및 균열부백태 - 바닥판에 발생한 균열은 발생위치가 신축이음 단부 및 종조인트 주변으로 대부분의 균열이 폭 0.2mm이하로 일부 균열은 0.3mm의 폭으로 조사되었다. 콘크리트의 재료적 특성인 시공초기 건조수축 및 환경조건(온도변화, 습윤상태) 등에 의해 발생한 비구조적인 균열로 일부 균열이 공용기간 증가, 신축이음 및 종조인트로 유입되는 교면수의 영향으로 진전 및 확대된 것으로 판단된다. 또한, 일부 균열은 백태를 동반하는 것으로 조사되었다. 구조물의 내구성 저하 방지를 위해 균열 폭 0.3mm미만은 표면처리를 실시하고 0.3mm이상은 주입보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 단면손상(박리 및 박락, 철근노출, 충분리, 파손) - 박리 및 박락, 철근노출, 충분리, 파손손상은 주로 신축이음부 주변 바닥판과 쉐들레버 단부에 발생한 상태로 시공 당시 신축이음장치 설치 시 발생하는 외부충격 및 공용중 신축이음에서 누수되는 교면수 등에 의한 손상으로 판단된다. 발생한 손상은 내구성확보를 위해 단면보수 및 단면보수(방청)를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 신축이음 누수로 인한 교면수의 지속적인 바닥판 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요하다.
- 백태, 보수재 박리 및 백태 - 백태, 보수재 박리 및 백태 등의 발생위치는 바닥판 단부 주변으로 신축이음부에서 누수되어 유입되는 교면수에 의해 발생한 것으로 손상부위에 교면수 유입으로 인한 콘크리트 열화 등의 2차 손상 발생 방지를 위해 표면처리가 필요할 것으로 판단된다.

나. PSCI Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 PSC I 거더 형식으로 9경간 9열로 시공되었다.
- 거더에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



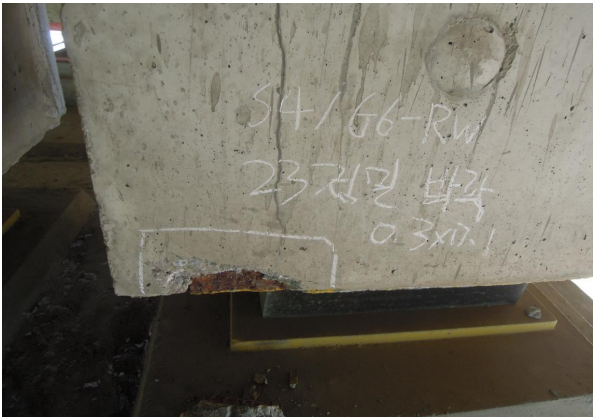
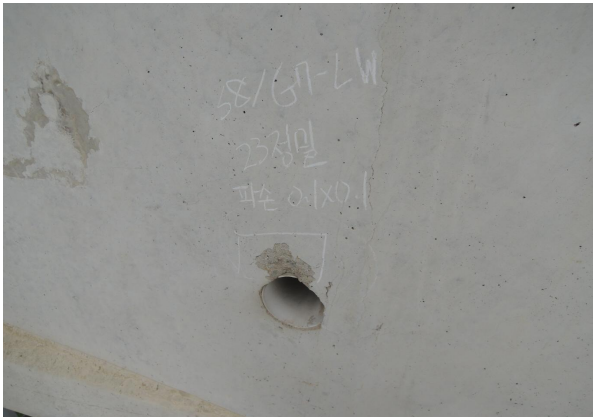
【사진 1.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더 외관조사 결과 균열(cw=0.3mm미만), 누수흔적, 망상균열, 박리 및 박락, 백태, 보수부 들뜸, 인양홀 주변 파손, 층분리, 파손 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 기 점검 이후 단면손상에 대한 보수가 시행된 것으로 확인되었으나, 공용기간 증가 및 근접 상세조사로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다.

【표 1.3.2】 거더 외관조사 결과

구분	손상 내용	단위	전회		금회		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
거더	균열(0.3mm 미만)	m	18.9	19	39.1	35	▲ 20.20	
	누수흔적	m ²	0.60	1	0.60	1	— —	
	망상균열	m ²	5.76	2	7.19	3	▲ 1.43	
	박리 및 박락	m ²	3.83	41	0.32	5	▽ 3.51	
	백태	m ²	0.15	1	0.15	1	— —	
	보수부 들뜸	m ²	—	—	0.11	2	▲ 0.11	
	보수부 박리	m ²	0.19	2	—	—	▽ 0.19	
	인양홀 주변 파손	m ²	0.02	2	0.05	5	▲ 0.03	
	철근노출	m ²	0.02	2	—	—	▽ 0.02	
	층분리	m ²	0.38	3	0.34	4	▽ 0.04	
	파손	m ²	0.56	25	0.15	6	▽ 0.41	

	
거더 S2-G4 망상균열 (2.4m×1.3m, Cw=0.1mm)	거더 S3-G6 균열 (0.2mm/1.0, 2EA)
	
거더 S3-G3 보수부들뜸 (0.1m×0.8m)	거더 S4-G7 충분리 (0.1m×1.0m)
	
거더 S4-G6 박락 (0.3m×0.1m)	거더 S8-G1 인양홀 주변 파손 (0.1m×0.1m)

【사진 1.3.5】 거더 손상현황

3) 검토의견

- 균열, 망상균열 - 거더 복부에 발생한 균열은 폭 0.1~0.2mm이하의 균열로 거더 중앙부가 아닌 지점부에 발생한 상태로 건조수축 및 수화열에 의해 발생한 미세균열이 공용 중 온도변화 등에 의해 육안으로 관찰되는 균열의 형태로 발전된 것으로 추정되며 박락, 녹물흔적 등 동반하는 2차 손상이 없는 점을 고려했을 때 표면처리하여도 구조물의 사용 및 안전에는 지장이 없을 것으로 판단된다.
- 단면손상(박리 및 박락, 층분리, 파손), 보수부 들뜸 - 박리 및 박락, 층분리 손상은 주로 거더 단부에 발생한 상태로 신축이음부에서 누수되어 유입되는 교면수가 거더의 미세균열부에 지속적으로 유입되어 발생한 것으로 판단된다. 또한, 일부 단면손상 보수부에 보수미흡 및 교면수 유입으로 인한 보수부 들뜸이 발생한 것으로 조사되었다. 파손은 거더 단부 인양홀 주변에 발생한 손상으로 시공초기 거더 거치 시 외부충격으로 인해 발생한 손상으로 판단된다. 내구성 확보를 위해 거더에 발생한 단면손상에 대한 단면보수가 필요하며, 신축이음 누수로 인한 교면수의 지속적인 하부 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요할 것으로 판단된다.
- 백태 및 누수흔적 - S7-G5 거더에 조사된 백태 및 누수흔적은 P6 신축이음 하부 누수로 인해 발생한 손상으로 손상의 규모가 크지 않고 경미하나, 내구성확보를 위해 표면처리를 실시하는 것이 바람직하다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있다.
- 가로보에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 1.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보 외관조사 결과 균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만), 균열부백태, 층분리(들뜸), 박리 및 박락(들뜸), 백태, 재료분리 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 기 점검 이후 균열과 단면손상에 대한 보수가 시행된 것으로 확인되었으나, 공용기간 증가 및 근접 상세조사로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다.

【표 1.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분	손상 내용	단위	전회		금회		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
가로보	균열(0.3mm 미만)	m	66.2	45	50.5	36	▽ 15.7	
	균열부백태	m	0.90	3	0.90	3	— —	
	층분리(들뜸)	m ²	0.04	1	0.2	4	▲ 0.16	
	박리 및 박락(들뜸)	m ²	2.96	22	0.84	4	▽ 2.12	
	백태	m ²	—	—	0.45	1	▲ 0.45	
	재료분리	m ²	2.4	27	0.93	6	▽ 1.47	
	재료분리 및 철근노출	m ²	0.06	1	—	—	▽ 0.06	
	철근노출	m ²	0.16	3	—	—	▽ 0.16	

	
가로보 S2-G1~G2-CB1 박락(0.3m×0.3m)	가로보 S2-G1~G2-CB7 균열(0.2mm/1.5m)
	
가로보 S4-G8~G9-CB1 백태(0.3m×1.5m)	가로보 S6-G6~G7-CB6 재료분리(0.2m×1.5m)

【사진 1.3.7】 가로보 손상현황

3) 검토의견

- 균열, 균열부 백태, 단면손상(층분리, 박리 및 박락, 재료분리) - 가로보에 발생한 균열, 층분리, 박리 및 박락손상은 단계별 시공에 따른 부재간 구속력 및 콘트리트 재료적 특성에 의한 건조수축, 공용기간 증가 등 복합적인 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 일부 균열에서 환경조건(온도변화, 습윤상태)으로 인해 백태를 동반하고 있는 것으로 조사되었다. 발생한 손상은 내구성 저하 방지를 위해 균열에 대한 표면처리, 단면손상에 대한 단면보수가 필요하다. 또한, 시공초기 다짐불량 등 시공미흡으로 인해 재료분리가 일부 발생한 것으로 조사되었으며, 손상의 정도는 경미하나, 진전 및 확대 방지를 위해 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 백태 - 가로보에서 조사된 백태는 신축이음 하부 누수로 인해 발생한 손상으로 손상의 규모가 크지 않고 경미하나, 내구성확보를 위해 표면처리가 필요할 것으로 판단된다.

라. 교대 및 교각

1) 부재의 개요

- 철곡교 교대 및 교각은 상부 구조물로부터의 하중을 기초로 전달하는 부재로써, 역T형, 3주식 II형으로 기초부는 직접기초로 시공되어있다.
- 교대 및 교각에 대한 외관조사는 도보, 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 1.3.8】 교대 및 교각 전경

2) 현장조사 결과

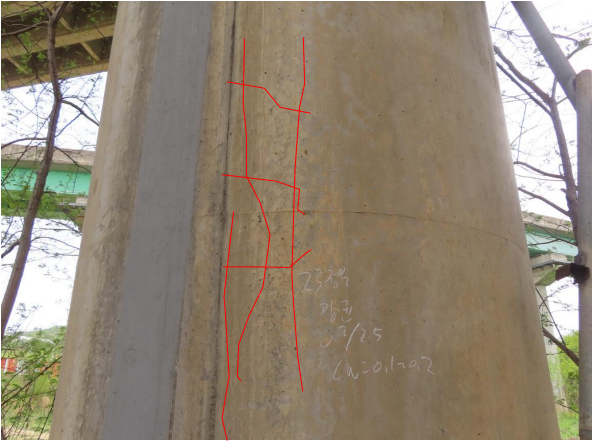
- 교대 및 교각에 대한 외관조사 결과 균열(0.1mm~0.5mm), 보수부재균열, 망상균열, 박리, 박락, 박락 및 철근노출, 백태, 보수부 박리 및 들뜸, 누수오염 및 누수흔적, 보호블럭 박리, 침하 및 파손, 식생, 실런트 열화, 재료분리, 파손, 폐콘크리트 적치 등이 조사되었다. 기 점검 이후 균열과 단면손상에 대한 보수가 시행된 것으로 확인되었으나, 공용기간 증가 및 근접 상세조사로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다.

【표 1.3.4】 교대 외관조사 결과

구분	손상 내용	단위	전회		금회		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3mm미만)	m	9.1	10	13.1	16	▲ 4.00	
	균열(0.3mm이상)	m	6.0	3	2.4	2	▽ 3.60	
	보수부 재균열(0.3mm미만)	m	—	—	2.0	1	▲ 2.0	
	망상균열	m ²	—	—	0.08	1	▲ 0.08	
	박락 및 철근노출	m ²	—	—	0.16	1	▲ 0.16	
	박리	m ²	0.08	2	0.08	2	— —	
	백태	m ²	0.40	1	0.43	2	▲ 0.03	
	보수부 박리 및 들뜸	m ²	0.28	2	0.3	3	▲ 0.02	
	누수오염	m ²	26.2	24	26.2	24	— —	
	보호블럭 박리	m ²	28.0	1	28.0	1	— —	
	보호블럭 식생	EA	2.00	2	2.00	2	— —	
	보호블럭 침하 및 파손	m ²	7.7	4	7.7	4	— —	
	실런트 열화	m ²	0.6	1	0.6	1	— —	
	재료분리	m ²	0.04	1	0.04	1	— —	
	채수	m ²	0.90	1	—	—	▽ 0.90	

【표 1.3.5】 교각 외관조사 결과

구분	손상 내용	단위	전회		금회		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3mm미만)	m	284.6	192	281.0	201	▽ 3.60	
	균열(0.3mm이상)	m	9.70	6	8.00	5	▽ 1.70	
	균열(0.5mm이상)	m	—	—	3.30	1	▲ 3.30	
	보수부 재균열(0.3mm미만)	m	2.0	2	3.2	3	▲ 1.20	
	망상균열	m ²	43.06	21	25.8	14	▽ 17.26	
	누수오염 및 누수흔적	m ²	86.15	32	82.75	33	▽ 3.4	
	박락	m ²	—	—	0.76	3	▲ 0.76	
	열화 및 박리	m ²	3.5	1	—	—	▽ 3.5	
	층분리(들뜸)	m ²	0.79	3	—	—	▽ 0.79	
	파손	m ²	1.4	7	0.1	1	▽ 1.3	
	페콘크리트 적치	m ²	8.1	5	8.1	5	— —	

	
A1 교대 보호블럭 침하 및 파손(1.0m×2.0m)	P3 교각 박락(0.7m×0.4m)
	
P3 교각 망상균열(0.2m×2.5m, Cw=0.1~0.2mm)	P6 교각 누수오염(0.5m×10.0m)
	
P6 교각 균열(0.3mm/2.5m, 3EA)	P6 교각 균열(0.5mm/3.3m)

【사진 1.3.9】 교대 및 교각 손상현황

	
A2 교대 실런트열화(6.0m×0.1m)	A2 교대 박락 및 철근노출(0.4m×0.4m)

【사진 1.3.9】 교대 및 교각 손상현황(계속)

3) 검토의견

- 균열 및 망상균열 - 교각에 전반적으로 발생한 균열(0.1~0.3mm)은 주로 수직균열 형태로 발생하였으며 균열의 위치와 형상을 고려했을 때 콘크리트 타설 후 수화열 및 소성수축에 기인한 균열, 거푸집 구속에 의한 건조수축 및 온도변화 등이 주요한 원인으로 추정되며, 공용기간 증가로 인해 일부 균열손상의 균열 폭이 진전된 것으로 판단된다. 교각 P6 기둥부에 발생한 균열폭 0.5mm 수직균열은 누수오염부에 발생한 상태로 신축이음 누수에 따른 지속적인 교면수 유입, 동결융해, 온도변화 등에 의해 진전된 것으로 판단된다. 0.5mm 수직균열은 손상등급 d등급에 해당되어 중대한 결함에 포함되는 손상이나, 교각의 부등침하 등 외적거동이 없는 점과 누수흔적부에 한해 발생되었고, 균열부 주변 녹물흔적이 없는 점을 고려했을 때 구조적인 균열은 아닌 것으로 판단하여 중대한 결함으로 지정하지 않았다. 또한, 발생한 균열에 대한 균열심도(3.2.2 콘크리트 내구성 조사, 균열깊이 측정 참조)를 측정한 결과, 균열 심도가 철근 피복두께를 초과하지 않은 것으로 분석되었다. 차기 점검 시 균열손상에 대한 진전 여부를 관찰할 수 있도록 균열게이지를 부착하였으며, 해당손상에 대해 조속한 보수가 실시될 수 있도록 관리주체에 즉각적인 보고를 실시하였다. 망상균열은 균열폭 0.1~0.2mm의 미세균열로 손상의 정도는 경미하고, 금회 현장조사 결과 일부 보수가 시행된 것으로 확인되었으며, 기존 보수부에 보수미흡으로 인한 재균열이 일부 발생한 것으로 조사되었다. 따라서, 시설물의 내구성 확보 및 추가적인 손상 진전을 방지하기 위해 균열폭 0.3mm미만은 표면처리, 0.3mm이상은 주입보수, 0.5mm이상 균열은 충전보수가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 신축이음 누수로 인한 지속적인 교면수 하부 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요하다.
- 단면손상(박락 및 철근노출, 박리, 박락, 재료분리, 파손), 보수부 박리 및 들뜸 - 박락 및 철근노출, 박리, 박락, 보수부 박리 및 들뜸 등은 대부분 신축이음부가 위치한 교대 및 교각(A1, A2, P3, P6)에 발생하였으며, 신축이음 누수로 인한 교면수 유입으로 콘크리트 열화 및 환경적 요소(동결융해, 우수유입), 반복적인 진습작용 등에 의해 발생한 것으로 손상의 진전 및 확

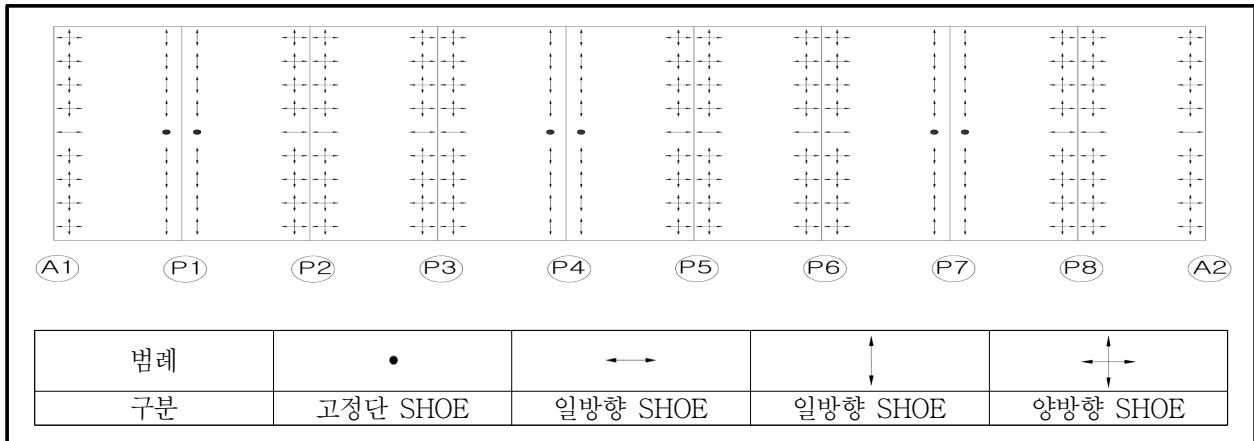
대 방지를 위해 단면보수 및 단면보수(방청)이 필요하며, 신축이음 누수로 인한 지속적인 교면수 하부 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요하다. 또한, A2 교대에 발생한 재료 분리는 시공시 다짐불량 등의 시공미흡으로 발생한 것으로 판단되며, 교각 기둥부에 발생한 파손은 외부충격으로 인해 발생한 것으로 손상의 정도는 경미하나, 내구성 확보를 위해 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

- 누수오염 및 누수흔적, 실런트 열화 - 누수흔적 및 누수오염은 주로 신축이음부가 위치한 교대 및 교각(A1, A2, P3, P6)에 발생한 상태로 신축이음 누수로 인해 교면수가 하부로 유입되면서 발생한 것으로 손상부위에 교면수 접촉으로 인한 콘크리트 열화 등의 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 교대에 발생한 실런트 열화는 공용기간 증가 및 교면수 영향으로 발생한 것으로 교면수 유입 차단을 위해 실링보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 보호블럭 침하 및 파손, 박리, 식생 - 교대에 발생한 보호블럭 침하 및 파손은 성토 시 다짐미흡 및 우수유입 등으로 인한 토사유실로 인하여 발생한 것으로 추정되며 기 점검과 비교 시 손상의 진전은 없는 것으로 판단되나 측면에 설치된 배수로의 파손으로 인해 우수가 지속적으로 유입되어 손상의 진전 및 확대될 우려가 있으므로 유도배수로 정비 및 보호블록 재설치 등의 적절한 조치가 필요하다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

- 본 교량의 받침장치는 탄성받침으로 양방향 96개소, 일방향 60개소, 고정단 6개소로 총 162개소가 시공되어 있다. 받침장치의 순번은 A1을 등지고 좌측부터 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 1.3.1】 교량받침 배치도



【사진 1.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침 외관조사 결과, 받침물탈균열(0.3mm미만), 망상균열, 박락 및 들뜸, 파손, 받침콘크리트균열(0.3mm미만), 받침콘크리트균열(0.3mm이상), 박리 및 박락, 재료분리, 층분리, 받침플레이트 부식 등이 조사되었으며, 공용기간 증가 및 근접 상세조사 등으로 일부 손상물량이 소폭 증가된 것으로 분석되었다.

【표 1.3.6】교량받침 외관조사 결과

구분	손상 내용	단위	전회		금회		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량 받침	받침몰탈균열(0.3mm 미만)	m	65.8	330	65.6	329	▽ 0.20	
	받침몰탈 망상균열	m ²	0.3	4	0.3	4	— —	
	받침몰탈 박락 및 들뜸	m ²	—	—	0.26	2	▲ 0.26	
	받침몰탈 파손	m ²	0.01	1	0.01	1	— —	
	받침콘크리트균열(0.3mm 미만)	m	5.4	22	6.6	28	▲ 1.20	
	받침콘크리트균열(0.3mm 이상)	m	1.5	1	3.2	4	▲ 1.70	
	받침콘크리트 박리 및 박락	m ²	0.10	1	0.20	1	▲ 0.10	
	받침콘크리트 재료분리	m ²	0.32	4	0.33	5	▲ 0.01	
	받침콘크리트 층분리	m ²	—	—	0.76	4	▲ 0.76	
	받침 플레이트 부식	EA	33.0	33	35.0	35	▲ 2.00	



교각 P2-SH6 받침몰탈파손(0.1m×0.1m)



교각 P3-SH1 받침플레이트 부식(14EA)



교각 P3-SH9 받침몰탈균열(0.2mm/0.2m, 17EA)



교각 P3-SH18 받침콘크리트균열(0.3mm/1.5m)

【사진 1.3.11】교량받침 손상현황

	
P6-SH13 반침몰탈 박락 및 들뜸(0.2m×1.0m)	교각 P6-SH8 반침콘크리트충분리(0.2m×1.5m)

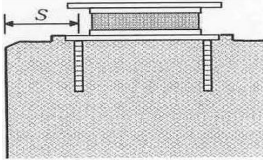
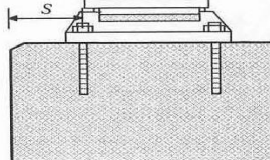
【사진 1.3.11】 교량반침 손상현황(계속)

3) 검토의견

- 반침 콘크리트 및 반침몰탈균열, 망상균열 - 반침콘크리트 및 반침몰탈균열은 0.1~0.3mm의 폭으로 발생하였으며, 균열의 양상이 대부분 교축방향, 교직방향 구분 없이 산발적으로 발생한 점 등을 고려할 때 상부구조의 신축거동 불량 및 수평력 발생 등에 의한 구조적 균열이 아닌 재료적 특성 및 무수축 몰탈재와 반침플레이트 간의 열팽창계수 상이 등의 복합적인 요인으로 발생한 균열이 공용기간 증가로 인해 균열폭이 일부 증가된 것으로 판단되며, 내구성 향상을 위한 표면처리와 주입보수가 필요하다.
- 단면손상(박락 및 들뜸, 파손, 박리 및 박락, 재료분리, 충분리) - 반침몰탈과 반침콘크리트에 발생한 단면손상은 시공미흡으로 인한 취약부위에 신축이음 누수로 인한 교면수 유입, 환경적 요소(우수유입, 동결융해), 반복적인 건습작용 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 파손은 외부충격에 의해 발생한 것으로 손상의 정도나 범위가 경미하나, 손상의 진전 방지를 위해 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 반침 플레이트 부식 - 교량반침에 전반적으로 발생한 플레이트 부식은 공용기간 증가에 의한 도장열화 및 습윤한 외기환경, 신축이음 누수 등으로 인해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보를 위한 도장보수가 필요하다., 교량반침의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 ‘도로교설계기준(2009, 국토교통부)’에서는 최소값을 규정하고 있다.

 (a) 고무받침	 (b) 강재받침	
① 거더의 경간길이 100m 이하 : $S(\text{mm})=200+5L$ ② 거더의 경간길이 100m 이상 : $S(\text{mm})=300+4L$ 여기서, S : 받침연단거리(cm), L : 거더의 경간길이(m) • 연단거리 산출 : $200+5 \times 30.0 = 350.0(\text{mm})$		

【그림 1.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

【표 1.3.7】 연단거리 측정 결과

구분		실측 연단거리					최소 연단거리 (mm)	비고
		1	2	3	4	5		
		6	7	8	9	—		
A1	A2방향	739	730	730	750	770	350	양호
		750	730	720	730	—	350	양호
P1	A1방향	570	570	580	580	580	350	양호
		580	590	590	600	—	350	양호
	A2방향	580	580	570	560	560	350	양호
		560	550	550	550	—	350	양호
P2	A1방향	550	570	580	600	610	350	양호
		600	590	580	580	—	350	양호
	A2방향	540	550	560	560	580	350	양호
		570	550	540	530	—	350	양호
P3	A1방향	500	500	500	500	500	350	양호
		500	500	510	510	—	350	양호
	A2방향	490	480	490	490	490	350	양호
		490	490	480	480	—	350	양호
P4	A1방향	600	590	600	580	580	350	양호
		590	600	600	610	—	350	양호
	A2방향	550	540	540	530	540	350	양호
		540	540	540	540	—	350	양호

【표 1.3.7】연단거리 측정 결과(계속)

구분		실측 연단거리					최소 연단거리 (mm)	비고
		1	2	3	4	5		
		6	7	8	9	—		
P5	A1방향	550	550	560	560	570	350	양호
		570	570	570	570	—	350	양호
	A2방향	550	560	560	550	550	350	양호
		550	540	540	550	—	350	양호
P6	A1방향	550	540	540	540	540	350	양호
		530	530	530	530	—	350	양호
	A2방향	460	460	470	480	470	350	양호
		480	460	460	460	—	350	양호
P7	A1방향	580	580	550	550	550	350	양호
		550	540	570	580	—	350	양호
	A2방향	520	550	530	550	540	350	양호
		570	530	530	535	—	350	양호
P8	A1방향	560	550	560	570	540	350	양호
		530	560	550	550	—	350	양호
	A2방향	530	560	550	570	550	350	양호
		550	570	540	530	—	350	양호
A2	A1방향	1240	1240	1200	1260	1210	350	양호
		1230	1200	1190	1220	—	350	양호
검토 결과	· 철곡교의 연단거리 측정 결과 전 개소 최소연단거리 이상을 확보하는 것으로 조사되었다.							

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.

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

【표 1.3.8】 교량받침 온도변화에 의한 이동량 산정

위 치	온도변화(ΔT)		선팅창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L)	온도에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐으로 발생하는 이동량(mm)	교량받침 계산이동량(mm)	
	동절기 (℃)	하절기 (℃)			동절기	하절기		동절기 (최대수축시)	하절기 (최대신장시)
A1	29.4	20.6	1.0×10^{-5}	30	8.8	6.2	—	8.8	6.2
P1	고정단								
P2	29.4	20.6	1.0×10^{-5}	30	8.8	6.2	—	8.8	6.2
P3	시점	29.4	20.6	1.0×10^{-5}	60	17.6	12.4	—	17.6
	종점	29.4	20.6	1.0×10^{-5}	30	8.8	6.2	—	8.8
P4	고정단								
P5	29.4	20.6	1.0×10^{-5}	30	8.8	6.2	—	8.8	6.2
P6	시점	29.4	20.6	1.0×10^{-5}	60	17.6	12.4	—	17.6
P6	종점	29.4	20.6	1.0×10^{-5}	30	8.8	6.2	—	8.8
P7	고정단								
P8	29.4	20.6	1.0×10^{-5}	30	8.8	6.2	—	8.8	6.2
A2	29.4	20.6	1.0×10^{-5}	60	17.6	12.4	—	17.6	12.4
1) 조사당시 온도 : 14.4℃(조사일 : 2023년 4월 24일, 평균온도)									
2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)									

【표 1.3.9】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침이동 허용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	13	8.8	6.2	58.2	34.8	54	O.K
	Sh2	12	8.8	6.2	57.2	35.8	54	O.K
	Sh3	8	8.8	6.2	53.2	39.8	54	O.K
	Sh4	11	8.8	6.2	56.2	36.8	54	O.K
	Sh5	16	8.8	6.2	61.2	31.8	54	O.K
	Sh6	4	8.8	6.2	49.2	43.8	54	O.K
	Sh7	10	8.8	6.2	55.2	37.8	54	O.K
	Sh8	3	8.8	6.2	48.2	44.8	54	O.K
	Sh9	10	8.8	6.2	55.2	37.8	54	O.K
P1		고정단						
P2 시점	Sh1	-3	8.8	6.2	42.2	50.8	54	O.K
	Sh2	-2	8.8	6.2	43.2	49.8	54	O.K
	Sh3	2	8.8	6.2	47.2	45.8	54	O.K
	Sh4	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
	Sh5	2	8.8	6.2	47.2	45.8	54	O.K
	Sh6	4	8.8	6.2	49.2	43.8	54	O.K
	Sh7	2	8.8	6.2	47.2	45.8	54	O.K
	Sh8	2	8.8	6.2	47.2	45.8	54	O.K
	Sh9	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
P2 종점	Sh1	2	8.8	6.2	47.2	45.8	54	O.K
	Sh2	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
	Sh3	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
	Sh4	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
	Sh5	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
	Sh6	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
	Sh7	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
	Sh8	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
	Sh9	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
P3 시점	Sh1	-8	17.6	12.4	28.4	49.6	54	O.K
	Sh2	-8	17.6	12.4	28.4	49.6	54	O.K
	Sh3	-8	17.6	12.4	28.4	49.6	54	O.K
	Sh4	-10	17.6	12.4	26.4	51.6	54	O.K
	Sh5	-10	17.6	12.4	26.4	51.6	54	O.K
	Sh6	-8	17.6	12.4	28.4	49.6	54	O.K
	Sh7	-9	17.6	12.4	27.4	50.6	54	O.K
	Sh8	-10	17.6	12.4	26.4	51.6	54	O.K
	Sh9	-7	17.6	12.4	29.4	48.6	54	O.K
P3 종점	Sh1	-9	8.8	6.2	36.2	56.8	54	O.K
	Sh2	-8	8.8	6.2	37.2	55.8	54	O.K
	Sh3	-10	8.8	6.2	35.2	57.8	54	O.K
	Sh4	-10	8.8	6.2	35.2	57.8	54	O.K
	Sh5	-12	8.8	6.2	33.2	59.8	54	O.K
	Sh6	-11	8.8	6.2	34.2	58.8	54	O.K
	Sh7	-11	8.8	6.2	34.2	58.8	54	O.K
	Sh8	-10	8.8	6.2	35.2	57.8	54	O.K
	Sh9	-12	8.8	6.2	33.2	59.8	54	O.K

※ 실측이동량 : (+)신장, (-)수축

【표 1.3.9】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침이동 허용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P4		고정단						
P5 시점	Sh1	-5	8.8	6.2	40.2	52.8	54	O.K
	Sh2	-5	8.8	6.2	40.2	52.8	54	O.K
	Sh3	-5	8.8	6.2	40.2	52.8	54	O.K
	Sh4	-4	8.8	6.2	41.2	51.8	54	O.K
	Sh5	-4	8.8	6.2	41.2	51.8	54	O.K
	Sh6	-4	8.8	6.2	41.2	51.8	54	O.K
	Sh7	-4	8.8	6.2	41.2	51.8	54	O.K
	Sh8	-5	8.8	6.2	40.2	52.8	54	O.K
	Sh9	-4	8.8	6.2	41.2	51.8	54	O.K
P5 종점	Sh1	8	8.8	6.2	53.2	39.8	54	O.K
	Sh2	6	8.8	6.2	51.2	41.8	54	O.K
	Sh3	6	8.8	6.2	51.2	41.8	54	O.K
	Sh4	6	8.8	6.2	51.2	41.8	54	O.K
	Sh5	7	8.8	6.2	52.2	40.8	54	O.K
	Sh6	5	8.8	6.2	50.2	42.8	54	O.K
	Sh7	5	8.8	6.2	50.2	42.8	54	O.K
	Sh8	3	8.8	6.2	48.2	44.8	54	O.K
	Sh9	3	8.8	6.2	48.2	44.8	54	O.K
P6 시점	Sh1	-4	17.6	12.4	32.4	45.6	54	O.K
	Sh2	-3	17.6	12.4	33.4	44.6	54	O.K
	Sh3	-5	17.6	12.4	31.4	46.6	54	O.K
	Sh4	-4	17.6	12.4	32.4	45.6	54	O.K
	Sh5	-3	17.6	12.4	33.4	44.6	54	O.K
	Sh6	-3	17.6	12.4	33.4	44.6	54	O.K
	Sh7	-3	17.6	12.4	33.4	44.6	54	O.K
	Sh8	-2	17.6	12.4	34.4	43.6	54	O.K
	Sh9	-3	17.6	12.4	33.4	44.6	54	O.K
P6 종점	Sh1	-9	8.8	6.2	36.2	56.8	54	O.K
	Sh2	-10	8.8	6.2	35.2	57.8	54	O.K
	Sh3	-8	8.8	6.2	37.2	55.8	54	O.K
	Sh4	-9	8.8	6.2	36.2	56.8	54	O.K
	Sh5	-8	8.8	6.2	37.2	55.8	54	O.K
	Sh6	-8	8.8	6.2	37.2	55.8	54	O.K
	Sh7	-10	8.8	6.2	35.2	57.8	54	O.K
	Sh8	-10	8.8	6.2	35.2	57.8	54	O.K
	Sh9	-7	8.8	6.2	38.2	54.8	54	O.K
P7		고정단						
P8 시점	Sh1	-8	8.8	6.2	37.2	55.8	54	O.K
	Sh2	-9	8.8	6.2	36.2	56.8	54	O.K
	Sh3	-10	8.8	6.2	35.2	57.8	54	O.K
	Sh4	-8	8.8	6.2	37.2	55.8	54	O.K
	Sh5	-9	8.8	6.2	36.2	56.8	54	O.K
	Sh6	-10	8.8	6.2	35.2	57.8	54	O.K
	Sh7	-11	8.8	6.2	34.2	58.8	54	O.K
	Sh8	-7	8.8	6.2	38.2	54.8	54	O.K
	Sh9	-12	8.8	6.2	33.2	59.8	54	O.K

※ 실측이동량 : (+)신장, (-)수축

【표 1.3.9】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침이동 허용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P8 중점	Sh1	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
	Sh2	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
	Sh3	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
	Sh4	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
	Sh5	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
	Sh6	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
	Sh7	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
	Sh8	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
	Sh9	0	8.8	6.2	45.2	47.8	54	O.K
A2	Sh1	-5	17.6	12.4	31.4	46.6	54	O.K
	Sh2	-10	17.6	12.4	26.4	51.6	54	O.K
	Sh3	-10	17.6	12.4	26.4	51.6	54	O.K
	Sh4	-12	17.6	12.4	24.4	53.6	54	O.K
	Sh5	-7	17.6	12.4	29.4	48.6	54	O.K
	Sh6	-20	17.6	12.4	16.4	61.6	54	O.K
	Sh7	0	17.6	12.4	36.4	41.6	54	O.K
	Sh8	-10	17.6	12.4	26.4	51.6	54	O.K
	Sh9	-8	17.6	12.4	28.4	49.6	54	O.K

※ 실측이동량 : (+)신장, (-)수축

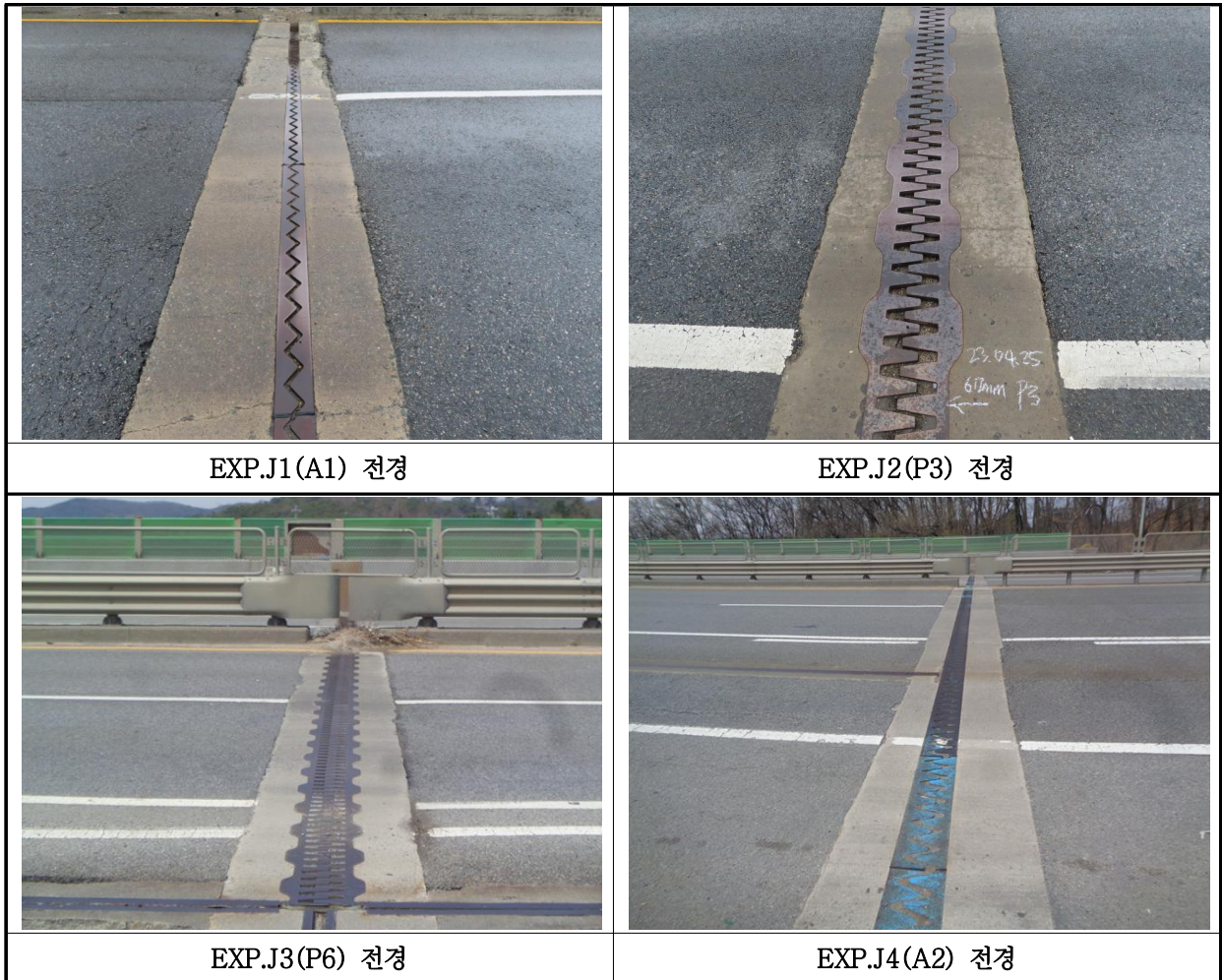
② 교량받침 이동량 검토의견

- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과, 받침장치의 이동여유량은 충분한 것으로 평가되었으며 추후에도 지속적으로 관찰 하도록 한다.

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 신축이음장치는 직접 차량하중을 받는 부재로써, 설계 및 시공의 결함은 차량통행자에게 불편감 및 위협감을 줄 뿐만 아니라 경우에 따라서는 교량구조에도 악영향을 미칠 수 있는 장치이다.
- 본 교량의 신축이음장치는 A1, P3, P6, A2에 팽거조인트로 시공된 상태이다.
- 신축이음의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사 및 측정을 실시하였다.



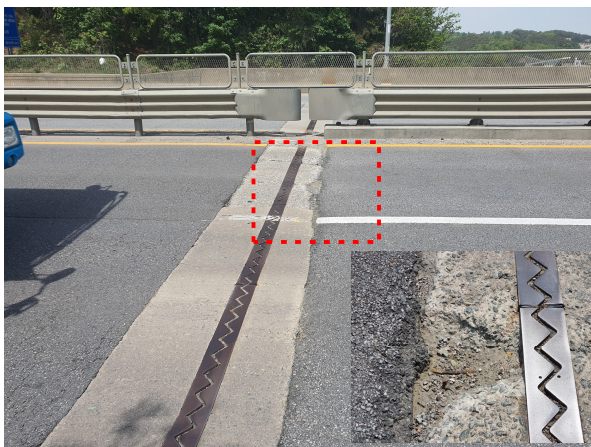
【사진 1.3.12】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 외관조사 결과, 후타재균열(0.3mm미만), 후타재균열(0.3mm이상), 망상균열, 박리, 파손, 본체부식, 신축이음 누수, 유간 토사퇴적, 차수판 변형, 차수판 덮개 볼트탈락, 종조인트 백업재 탈락, 본체변형, 본체부식, 유간 토사퇴적, 파손, 후타재 균열 등이 조사되었다. 기 점검 이후 A2 신축이음 장치 교체로 인해 후타재균열과 단면손상 등의 손상물량이 감소하였으나, 공용기간 증가 및 근접 상세조사로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다.

【표 1.3.10】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	손상 내용	단위	전회		금회		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음 장치	후타재균열(0.3mm 미만)	m	45.6	112	35.6	90	▽ 10.0	
	후타재균열(0.3mm 이상)	m	8.4	28	8.4	28	— —	
	후타재 망상균열	m ²	0.48	2	0.48	2	— —	
	후타재 박리	m ²	2.00	2	2.00	2	— —	
	후타재 마모	m ²	0.60	1	—	—	▽ 0.60	
	후타재 파손	m ²	0.50	6	0.24	5	▽ 0.26	
	본체부식	m ²	0.6	1	0.6	1	— —	
	신축이음 하부 누수	m	—	—	1.5	1	▲ 1.50	
	유간 토사퇴적	m	53.5	5	53.75	6	▲ 0.25	
	차수판 변형	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	
	차수판 덮개 볼트탈락	EA	4.00	4	5.00	5	▲ 1.00	
	중조인트 백업재 탈락	EA	—	—	2.00	2	▲ 2.00	
	중조인트 본체변형	m	—	—	2.50	1	▲ 2.50	
	중조인트 본체부식	m ²	6.00	1	6.00	1	— —	
	중조인트 유간토사퇴적	m	30.00	1	30.00	1	— —	
	중조인트 파손	m ²	0.02	1	0.02	1	— —	
	중조인트 후타재균열(0.3mm 미만)	m	1.40	2	2.0	3	▲ 0.60	
	중조인트 후타재파손	m ²	6.95	18	7.99	24	▲ 1.04	

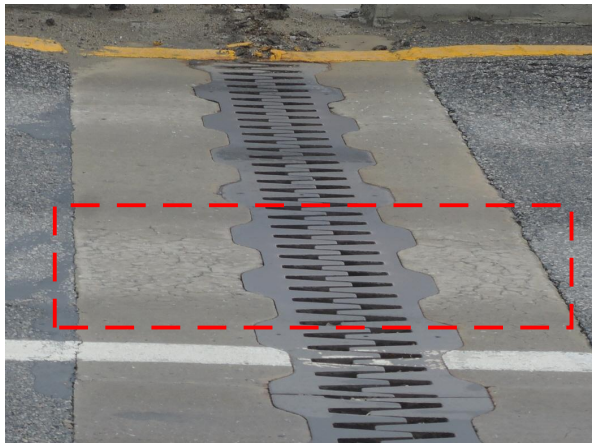


A1 신축이음 후타재 파손(0.3m×0.3m)



A1 신축이음 후타재 파손(0.2m×0.2m)

【사진 1.3.13】 신축이음장치 손상현황

	
P3 신축이음 유간 토사퇴적(L=2.0m)	P3 신축이음 후타재 망상균열(0.8m×0.3m, 2EA)
	
P6 신축이음 후타재균열(0.3mm/0.3m, 13EA)	P6 신축이음 하부 누수(L=1.5m)
	
P6 신축이음 본체부식(0.4m×1.5m)	A2 신축이음 차수판 덮개 볼트탈락(3EA)

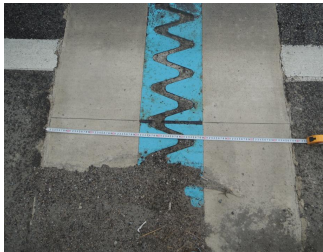
【사진 1.3.13】 신축이음장치 손상현황(계속)

3) 검토의견

- 후타재 손상, 본체부식, 유간 토사퇴적 - 금회 조사된 후타재 균열, 망상균열, 박리, 파손은 후타재 급속타설, 건조수축, 반복적인 차량 통행하중 및 재설제의 영향 등으로 인해 발생한 것으로 판단되며 발생한 손상으로 인한 신축이음 기능저하 등은 없는 상태로 주의관찰 후 관리주체의 유지관리계획에 맞추어 보수하여도 구조물의 사용성에는 지장이 없을 것으로 판단된다. 다만, 교대 A1 신축이음부 후타재에 발생한 후타재 파손은 방치 시 주행하는 차량에 영향을 미치는 상태로 판단되어 해당손상에 대해 조속한 조치가 실시될 수 있도록 관리주체에 즉각적인 보고를 실시하였다. 또한, 신축이음 본체부식은 공용기간 증가 및 지속적인 우수 및 재설제 등의 접촉으로 인해 발생한 것으로 보수보다는 주의관찰이 요구되며, 유간 토사퇴적은 통행차량에 의해 주변 토사가 유입되어 퇴적된 것으로 원활한 신축거동을 위해 주기적인 청소가 요구된다.
- 신축이음 누수 - 우천 시 신축이음 누수에 대한 추가적인 조사를 진행하였으며, P6측 신축이음부에서 누수가 발생하는 것으로 확인되었다. 공용기간 증가 및 육안으로는 확인되지 않았지만 신축이음 배수 고무재의 파손으로 인해 발생한 것으로 추정되며, 우천 시 누수에 대한 추가조사 시 누수가 확인되지 않은 A1, A2, P3측에도 하부구조에 누수흔적 및 누수로 인한 손상들이 발생한 것을 고려했을 때 강우량이 많은 기간에는 누수가 발생하는 것으로 판단된다. 따라서, 신축이음 누수로 인한 구조물의 내구성 저하 방지를 위해 유도 배수시설 설치를 통한 교면수 유입 차단조치가 필요하다.
- 차수판 덮개 변형, 볼트탈락 - 신축작용, 외부충격 및 시공미흡으로 인해 발생한 차수판 덮개 변형 및 볼트탈락은 신축이음 기능 및 차수 상에는 지장을 주지 않는 경미한 손상으로 판단되나, 신축이음 장치의 장기적인 사용성 확보를 위해 재설치가 필요하다.
- 종조인트 손상(본체 변형, 파손, 부식, 후타재손상, 유간 토사퇴적) - 종방향 조인트는 본 구조물인 칠곡교와 서안성IC2교, 서안성IC3교가 접속하는 이음부로 일부 구간에서 약 10~20 mm의 단차가 조사되었으며, 발생원인은 시공시기 차이에 의한 구조물간 신축거동 상이, 공용기간 증가에 따른 노후화 등에 의해 발생한 것으로 판단된다. 또한, 공용기간 증가에 따른 반복적인 차량 통행하중 및 재설제의 영향, 단차로 인해 종조인트 후타재균열, 후타재파손, 본체변형 및 파손, 부식, 유간 토사퇴적 등의 손상이 발생한 상태이다. 따라서, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 확대 등을 관찰하고 서안성IC 2교 및 서안성IC 3교의 관리주체(한국도로공사 화성지사)와 협의하여 관리주체의 유지관리계획에 맞춘 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다.

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 : 2023. 04. 24. 기온 적용: 14.4℃(일평균) ΔT(신장시) : 35.0℃-14.4℃ = 15.6℃ ΔT(수축시) : -15.0℃-(14.4℃) = 29.4℃ 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>선판창계수 α (1/℃)</th></tr><tr><td rowspan="2">강 교</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	선판창계수 α (1/℃)	강 교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}	하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}	RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}	 
교량형식		보통지방	한랭지방	선판창계수 α (1/℃)																	
강 교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}																	
	하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}																	
RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}																	

【사진 1.3.14】 신축이음 유간 측정방법

【표 1.3.11】 신축이음 온도변화에 의한 변화량 계산

구 분	온도변화 (ΔT , ℃)		선판창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		신축이음 실측유간 (mm)	바닥판 실측유간 (mm)	거더 실측유간 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	29.4	20.6	0.00001	30.0	8.8	6.2	23.0	75.0	150.0	
P3	29.4	20.6	0.00001	90.0	26.5	18.5	67.0	130.0	225.0	
P6	29.4	20.6	0.00001	90.0	26.5	18.5	36.0	125.0	220.0	
A2	29.4	20.6	0.00001	60.0	17.6	12.4	65.0	115.0	170.0	
1) 조사당시 온도 : 14.4℃(조사일 : 2023년 4월 24일, 평균온도) 2) 검토온도 : -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)										

【표 1.3.12】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간(mm) ③	허용량(mm)	신축 여유량(mm)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	8.8	6.2	23.0	50.0	31.8	19.7	O.K
	바닥판			75.0	—	—	71.7	O.K
	거더			150.0	—	—	146.7	O.K
P3	신축이음	26.5	18.5	67.0	120.0	93.5	60.4	O.K
	바닥판			130.0	—	—	123.4	O.K
	거더			225.0	—	—	218.4	O.K
P6	신축이음	26.5	18.5	36.0	120.0	62.5	29.4	O.K
	바닥판			125.0	—	—	118.4	O.K
	거더			220.0	—	—	213.4	O.K
A2	신축이음	17.6	12.4	65.0	120.0	82.6	61.7	O.K
	바닥판			115.0	—	—	111.7	O.K
	거더			170.0	—	—	166.7	O.K
주) 판정 : 0.0mm ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

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

사. 교면포장

1) 부재의 개요

- 칠곡교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘포장으로 확인되었다.
- 교면포장의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사를 실시하였다.



【사진 1.3.15】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장 외관조사 결과, 아스콘균열, 마모, 망상균열, 소성변형, 파손 및 패임, 토사 및 이물질퇴적 등이 조사되었으며, 공용기간 증가로 일부 손상물량이 증가된 것으로 분석되었다.

【표 1.3.13】 교면포장 외관조사 결과

구분	손상 내용	단위	전회		금회		증·감		비고
			물량	개소	물량	개소			
교 면 포 장	평택 방향	아스콘 균열	m	157.00	69	157.00	69	— —	
		아스콘 망상균열	m ²	142.37	9	370.37	9	▲ 228.0	
		아스콘 마모	m ²	1.30	2	1.30	2	— —	
		아스콘 소성변형	m ²	4.77	4	4.77	4	— —	
		아스콘 파손 및 패임	m ²	0.90	4	0.90	4	— —	
		아스콘 파손 및 소성변형	m ²	4.25	2	4.25	2	— —	
		토사퇴적	m ²	90.0	3	90.0	3	— —	
	하남 방향	아스콘 파손	m ²	0.04	1	0.05	2	▲ 0.01	
		토사 및 이물질퇴적	m ²	195.0	6	195.0	6	— —	

	
교면포장(평택방향) S2 아스콘파손(0.8m×0.8m)	교면포장(평택방향) S5 아스콘 소성변형(0.5m×8.0m)
	
교면포장(평택방향) S6 아스콘망상균열(3.0m×30.0m)	교면포장(평택방향) S6 아스콘파손 및 소성변형(0.8m×5.0m)
	
교면포장(하남방향) S1 아스콘파손(0.1m×0.1m)	교면포장(하남방향) S1 이물질퇴적(30.0m×0.5m)

【사진 1.3.16】 교면포장 손상현황

3) 검토의견

- 아스콘 균열 및 망상균열, 마모, 파손 및 패임, 소성변형 - 평택방향 포장부는 2013년 전 구간 재포장 이후 부분적인 손상에 대하여 보수를 실시하여 현재까지 약 10년간 공용중에 있으며, 포장부에 발생한 균열, 망상균열, 마모, 파손 및 패임, 소성변형 등의 손상은 공용중 반복적인 차량 통행하중, 지속적인 재설제의 영향과 중차량 진동, 공용기간 증가에 따른 노후화로 인해 발생한 것으로 판단되며, 조사시점 현재 S1~S6 구간에 망상균열이 국부적으로 발생한 상태로 조사되었다. 포장부의 효율적인 유지관리를 위하여 방향별 포장부에 대한 상태평가 (4.3.1. 나. 유지관리를 위한 교면포장부 방향별 상태평가 결과 참조)를 실시한 결과 S1~S6 구간 불량율 13.1~40.7%로 상태평가기준 “d등급”으로 분석되었다. 또한, 포장불량부의 코어채취를 실시하여 포장 및 방수층에 대한 품질상태를 확인한 결과, 아스콘 포장두께 80mm를 기준으로 볼 때 하부 약 30mm의 아스콘 상태는 코어가 형성되지 않은 상태로 교면수 체수 발생으로 인한 열화가 발생한 것으로 추정되며, 방수층 상태는 양호한 상태로 판단되나 장기적인 체수 발생 시 바닥판 손상 발생 가능성이 있을 것으로 판단된다. 따라서, 상기 사항들을 고려했을 때 구조물의 장기적인 사용성 및 내구성 확보를 위해 LMC(Latax-Modified Concrete)로 재포장을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 하남방향은 2020년 시설물 보수공사를 통해 전면 재포장을 실시한 것으로 확인되었으며 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 다만, 공용중 반복적인 차량 통행하중, 지속적인 재설제의 영향과 공용기간 증가로 인해 경미한 아스콘 파손이 조사되었으며, 손상의 정도가 주행하는 차량에 영향을 미치는 상태는 아닌 것으로 판단되어 지속적인 주의관찰이 요구된다.
- 토사 및 이물질 퇴적 - 교면포장 일부 구간에 공용기간 증가 및 주행차량에 의해 주변 토사, 비산먼지 등이 퇴적된 것으로 조사되었으며, 주행하는 차량에 미치는 영향은 없으나, 주기적인 청소가 요구된다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

- 칠곡교 배수시설은 양측 노면측에 설치된 배수구를 통해 집수된 교면수를 하부로 배출하는 육교형으로 설치되어 있으며, 횡단구배는 -2.0%로 시공되어 있다.
- 배수시설에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 1.3.17】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설 외관조사 결과, 배수관 막힘, 배수관 부식, 파손, 배수구 이물질 퇴적 및 막힘, 배수로 파손, 공동, 유도 배수시설 탈락 등이 조사되었으며, 공용기간 증가로 일부 손상물량이 증가된 것으로 분석되었다.

【표 1.3.14】 배수시설 외관조사 결과

구분	손상 내용	단위	전회		금회		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	배수관 막힘	EA	3.00	3	3.00	3	- -	
	배수관 부식	EA	2.00	2	2.00	2	- -	
	배수관 파손	m ²	0.02	1	0.02	1	- -	
	배수구 이물질 퇴적 및 막힘	EA	8.00	8	10.0	10.0	▲ 2.00	
	배수로 파손	m ²	1.25	2	1.65	3	▲ 0.40	
	배수로 공동	m ²	3.00	2	3.00	2	- -	
	유도배수시설 탈락	m	-	-	3.5	3	▲ 3.50	

	
교대 A1 배수로 파손(0.5m×0.5m)	S3 바닥판 상면 배수구 막힘
	
S6 바닥판 하면 배수관 막힘(1EA)	교대 A2 유도 배수시설 탈락(L=1.5m, 2EA)
	
교대 A2 배수로 파손(0.5m×2.0m)	교대 A2 배수로 공동(0.5m×5.0m, t=800mm)

【사진 1.3.18】 배수시설 손상현황

3) 검토의견

- 배수구 이물질 퇴적 및 막힘, 배수관 막힘 - 공용기간 증가에 따른 토사 등의 이물질이 퇴적한 상태로 배수구로 유입된 토사 등의 이물질이 배수관 내부에 퇴적된 상태로 점검망치를 이용한 청음조사결과 약 1.0 ~ 2.5m 구간이 막혀있는 것으로 조사되었으며, 교면수의 원활한 배수를 위해 주기적인 청소가 필요하다.
- 배수관 부식, 배수관 파손, 유도 배수시설 탈락 - 배수관 부식은 공용기간 증가 및 지속적인 우수 등의 수분접촉으로 발생되었으며, 손상의 정도가 경미하여 보수보다는 지속적인 주의 관찰이 요구된다. 또한, 교대 A2에 발생한 유도 배수시설 탈락과 교각 P6에 발생한 배수관 파손은 시공미흡 및 외부충격으로 인해 발생한 것으로 원활한 배수 및 2차 손상 발생 방지를 위해 재설치가 필요하다.
- 배수로 파손, 공동 - 배수로 파손 및 공동은 성토다짐미흡 등의 시공미흡 및 우수유입으로 인한 토사유실 등으로 발생한 것으로 추정되며 기 점검과 비교 시 손상의 진전은 없는 것으로 판단되나 우수가 지속적으로 유입되어 손상의 진전 및 확대될 우려가 있으므로 토사채움 및 정비가 필요하다.

자. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

- 통행차량의 이탈방지, 사고 시 완충작용 등의 기능을 목적으로 하는 부재로서 좌·우측에 철근콘크리트 방호벽 및 중앙분리대(가드레일)가 시공되어 있으며, 평택방향 S5~S9 방호벽 상단에 방음벽이 설치되어 있다. 『도로안전시설 설치 및 관리지침(차량방호 안전시설편, 2021.06)』을 만족하고 있는 것으로 조사되었다.
- 방호벽에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 1.3.19】 난간 및 연석 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과, 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 균열부백태, 델리네이트 파손 및 탈락, 망상균열, 방음벽변형, 보수부 박리 및 망상균열, 볼트체결불량, 열화 및 박리, 가드레일 변형, 파손, 표면오염 및 보수부 박리 등이 조사되었으며, 공용기간 증가 및 근접 상세조사 등으로 일부 손상물량이 증가된 것으로 분석되었다.

【표 1.3.15】난간 및 연석 외관조사 결과

구분	손상 내용	단위	전회		금회		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	m	115.9	102	124.1	120	▲ 8.20	
	균열(0.3mm이상)	m	50.7	21	55.7	23	▲ 5.00	
	균열부 백태	m	51.0	34	51.0	34	— —	
	델리네이트 파손 및 탈락	EA	3.00	3	4.00	4	▲ 1.00	
	망상균열	m ²	—	—	9.0	1	▲ 9.00	
	방음벽 변형	m	—	—	2.5	1	▲ 2.50	
	보수부 박리 및 망상균열	m ²	0.10	1	9.1	2	▲ 9.00	
	볼트체결불량	EA	8.00	8	8.00	8	— —	
	열화 및 박리	m ²	3.90	1	3.90	1	— —	
	가드레일 변형	m	4.00	2	4.00	2	— —	
	파손	m ²	0.31	3	0.31	3	— —	
	표면오염 및 보수부 박리	m ²	1.25	2	1.5	3	▲ 0.25	



S1 방호벽 균열(0.3mm/2.5m)



S6 중앙분리대 가드레일변형(L=2.0m)



S9 중앙분리대 연석파손(0.5m×0.5m)



S9 방호벽 방음벽변형(L=2.5m)

【사진 1.3.20】난간 및 연석 손상현황

3) 검토의견

- 균열, 균열부백태, 망상균열 - 방호벽 균열 손상은 공용기간 증가와 콘크리트의 재료적 특성 및 부재의 위치적 특성에 따른 우수·일사열 등에 의한 건습반복, 환경적 온도변화 등에 의해 발생한 손상으로 일부 균열은 백태를 동반한 것으로 확인되었다. 균열의 진전 및 확대 방지를 위해 균열폭에 따른 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 열화 및 박리, 파손, 표면오염 및 보수부 박리, 망상균열 - 방호벽에 발생한 열화 및 박리, 파손, 표면오염 및 보수부 박리, 망상균열은 공용기간 증가 및 부재의 위치적 특성에 따른 우수·일사열 등에 의한 건습반복, 동결융해, 보수미흡 등 복합적인 요인으로 인해 발생한 것으로 판단되며, 방호벽은 교량의 주요부재가 아니며 시설물의 구조적 안전성에 큰 영향을 미치지 않고 손상의 깊이 및 심화정도가 크지 않아 경미한 결함으로 판단된다. 다만, 공용기간 증가로 인한 손상의 진전 및 확대 방지를 위해 손상에 따른 적합한 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 가드레일 변형, 텔리네이트 파손 및 탈락, 방음벽 변형, 볼트체결불량 - 가드레일 변형 및 텔리네이트 파손 및 탈락, 방음벽 변형 등의 손상은 주행차량에 의한 외부충격, 공용기간 증가에 따른 노후화로 인해 발생한 것으로 주행하는 차량의 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 판단되며 보수보다는 지속적인 주의관찰이 필요하다. 또한, 중앙분리대 가드레일에서 볼트체결불량이 발생한 상태로 방치 시 공용기간 증가로 인해 탈락 및 전도 등으로 주행하는 차량에 영향을 줄 수 있으므로 재설치가 필요하다.

차. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 칠곡교의 점검시설은 점검통로 및 점검사다리가 교각 전 개소에 설치된 상태이며, 교각(P1~P4)은 하남방향, 교각(P5~P8)은 평택방향에 설치된 사다리를 통해 출입이 가능하다.



【사진 1.3.21】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 점검시설 외관조사 결과, 점검로 출입문 개폐불량, 점검계단 파손 등이 조사되었으며, 공용기간 증가로 인해 점검로 출입문 개폐불량손상이 신규 조사되었다.

【표 1.3.16】 점검시설 외관조사 결과

구분	손상 내용	단위	전회		금회		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
점검 시설	점검로 출입문 개폐불량	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	
	점검계단 파손	m ²	0.12	3	0.12	3	— —	

	
P7 점검로 출입문 개폐불량	A1 점검계단 파손(0.2m×0.2m, 3EA)

【사진 1.3.22】 난간 및 연석 손상현황

3) 검토의견

- 점검로 출입문 개폐불량 - 교각 P7의 점검로로 출입하는 출입문이 공용기간 증가에 따른 노후화로 개폐불량이 발생하였으며, 지속적인 주의관찰과 향후 유지관리계획에 맞추어 교체가 필요할 것으로 판단된다.

카. 공중이 이용하는 부위

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

1) 추락방지시설

- 추락방지시설 점검결과 점검시설의 설치상태는 전반적으로 양호한 것으로 확인되었으나, 일부 경미한 결함 등이 발생한 상태로 관련 상세내용은 본 장의 “3.1.1 부재별 외관조사 결과(카. 교량점검시설)”에 조사결과를 상세 기술하였다.

2) 도로포장

- 도로포장 점검결과 차량 주행에 영향을 미칠만한 손상은 발생하지 않은 상태이나, 전반적인 아스콘균열 및 망상균열과 마모, 소성변형, 파손 및 패임 등의 손상이 발생한 상태로 관련 상세내용은 본 장의 “3.1.1 부재별 외관조사 결과(아. 교면포장)”에 조사결과를 상세 기술하였다.

3) 도로부 신축이음부

- 도로부 신축이음부 점검결과 유간 토사퇴적, 후타재 균열(0.1~0.3mm), 박리, 파손 등의 손상이 조사되었으며, 관련 상세내용은 본 장의 “3.1.1 부재별 외관조사 결과(사. 신축이음장치)”에 조사결과를 상세 기술하였다.

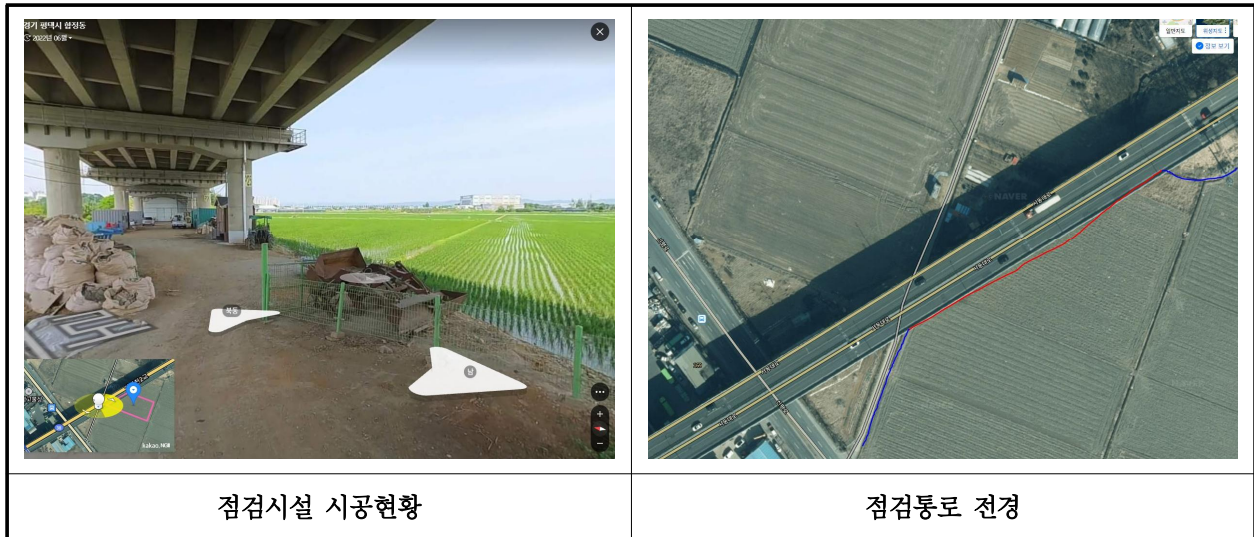
4) 환기구 등의 덮개

- 환기구 덮개에 해당되는 부재는 없는 것으로 조사되었으며, 공중이 이용하는 부위의 환기구 덮개에 대한 항목은 상태평가에서 제외하였다.

다. 주변시설물 배수시설 검토(국토관리사무소 요청)

1) 개요

- 주변 시설물 중 안성천2교 S25~28 구간에 비점오염원인 노면수가 기존배수관을 따라 흘러나와 교각 하부 토사유실 및 근처 논으로 유입되므로, 조치가 필요한 상태이다.



【사진 1.3.23】 안성천2교 배수관련 손상현황

2) 검토의견

- 따라서, 해당구간(S25~28, L=120.0m) 하부를 따라 배수로를 설치하여 P24, P28 주변에 기존설치되어 있던 배수로에 연결시는 방안을 제안하는 바이다.

【표 1.3.17】 안성천2교 배수로 설치 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	비고
배수시설	비점오염원 유출	배수로설치	144.0	m	550	79,200	
개략공사비(순공사비+제경비)						79,200	

- ※ 1. 손상물량으로 여유수량을 감안하여 할증(20%)을 적용하였으며, 명확하게 수량산출이 가능한 손상은 할증적용을 제외하였음.(보수물량 = 손상물량 × 1.2(할증))
2. 상기 개략공사비는 제경비가 포함된 금액이며, 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.
3. 적용된 공법 및 대가기준은 개략적인 비용을 산출하기 위한 것으로서 실제 보수 시에는 별도의 설계를 통해 공법 및 대가를 산정해야 함.
4. 2023년 수원국토관리사무소 공중별 유지보수 단가,

1.3.3 외관조사 총괄표

【표 1.3.17】금회 점검 손상물량 집계표

부재	손상내용	손상물량			조치방안	비고
		단위	물량	개소		
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	5.70	12	표면처리	
	균열(0.3mm이상)	m	1.1	2	주입보수	
	균열부백태	m	13.3	3	표면처리	
	박리 및 박락	m ²	0.17	4	단면보수	
	백업재 탈락	m ²	1.54	5	재설치	
	백태	m ²	0.74	6	표면처리	
	보수재 박리 및 백태	m ²	0.15	1	표면처리	
	철근노출	m ²	0.01	1	단면보수(방청)	
	충분리	m ²	0.37	2	단면보수	
	파손	m ²	0.78	5	단면보수	
거더	균열(0.3mm미만)	m	39.1	35	표면처리	
	누수흔적	m ²	0.60	1	주의관찰	
	망상균열	m ²	7.19	3	표면처리	
	박리 및 박락	m ²	0.32	5	단면보수	
	백태	m ²	0.15	1	표면처리	
	보수부 들뜸	m ²	0.11	2	단면보수	
	인양홀 주변 파손	m ²	0.05	5	단면보수	
	충분리	m ²	0.34	4	단면보수	
	파손	m ²	0.15	6	단면보수	
가로보	균열(0.3mm미만)	m	50.5	36	표면처리	
	균열부백태	m	0.90	3	표면처리	
	충분리(들뜸)	m ²	0.2	4	단면보수	
	박리 및 박락(들뜸)	m ²	0.84	4	단면보수	
	백태	m ²	0.45	1	표면처리	
	재료분리	m ²	0.93	6	단면보수	
교대	균열(0.3mm미만)	m	13.1	16	표면처리	
	균열(0.3mm이상)	m	2.4	2	주입보수	
	보수부재균열(0.3mm미만)	m	2.0	1	표면처리	
	망상균열	m ²	0.08	1	표면처리	
	박락 및 철근노출	m ²	0.16	1	단면보수(방청)	
	박리	m ²	0.08	2	단면보수	
	백태	m ²	0.43	2	표면처리	
	보수부 박리 및 들뜸	m ²	0.3	3	단면보수	
	누수오염	m ²	26.2	24	표면처리	
	보호블럭 박리	m ²	28.0	1	주의관찰	
	보호블럭 식생	EA	2.00	2	주의관찰	
	보호블럭 침하 및 파손	m ²	7.7	4	재정비	
	실런트 열화	m ²	0.6	1	실링보수	
	재료분리	m ²	0.04	1	단면보수	

【표 1.3.17】금회 점검 손상물량 집계표(계속)

부재	손상내용	손상물량			조치방안	비고
		단위	물량	개소		
교각	균열(0.3mm미만)	m	281.0	201	표면처리	
	균열(0.3mm이상)	m	8.00	5	주입보수	
	균열(0.5mm이상)	m	3.30	1	충진보수	
	보수부재균열(0.3mm미만)	m	3.2	3	표면처리	
	망상균열	m ²	25.8	14	표면처리	
	누수오염 및 누수흔적	m ²	82.75	33	표면처리	
	박락	m ²	0.76	3	단면보수	
	파손	m ²	0.1	1	단면보수	
	폐콘크리트 적치	m ²	8.1	5	주의관찰	
교량받침	받침몰탈균열(0.3mm미만)	m	65.6	329	표면처리	
	받침몰탈망상균열	m ²	0.3	4	표면처리	
	받침몰탈 박락 및 들뜸	m ²	0.26	2	단면보수	
	받침몰탈 파손	m ²	0.01	1	단면보수	
	받침콘크리트균열(0.3mm미만)	m	6.6	28	표면처리	
	받침콘크리트균열(0.3mm이상)	m	3.2	4	주입보수	
	받침콘크리트 박리 및 박락	m ²	0.20	1	단면보수	
	받침콘크리트 재료분리	m ²	0.33	5	단면보수	
	받침콘크리트 층분리	m ²	0.76	4	단면보수	
	받침 플레이트 부식	EA	35.0	35	도장보수	
신축이음 (A1,P3,P6)	후타재균열(0.3mm미만)	m	28.60	71	주의관찰	
	후타재균열(0.3mm이상)	m	8.4	28	주의관찰	
	후타재망상균열	m ²	0.48	2	주의관찰	
	후타재박리	m ²	2.00	2	단면보수	
	후타재파손	m ²	0.20	4	단면보수	
	본체부식	m ²	0.6	1	주의관찰	
	신축이음 누수	m	1.5	1	유도배수시설 설치	
	유간토사퇴적	m	37.5	4	청소	
	차수판변형	EA	1.00	1	재설치	
	차수판 덮개 볼트탈락	EA	2.00	2	재설치	
신축이음 (A2)	후타재균열(0.3mm미만)	m	7.0	19	표면처리	하자
	후타재파손	m ²	0.04	1	단면보수	하자
	유간 토사퇴적	m	16.25	2	청소	하자
	차수판 덮개 볼트탈락	EA	3.00	3	재설치	하자
신축이음 (중조인트)	중조인트 백업재 탈락	EA	2.00	2	주의관찰	
	중조인트 본체변형	m	2.50	1	주의관찰	
	중조인트 본체부식	m ²	6.00	1	주의관찰	

【표 1.3.17】금회 점검 손상물량 집계표(계속)

부재		손상내용	손상물량			조치방안	비고
			단위	물량	개소		
신축이음 (중조인트)		중조인트 유간토사퇴적	m	30.00	1	주의관찰	
		중조인트 파손	m ²	0.02	1	주의관찰	
		중조인트 후타재균열(0.3mm미만)	m	2.0	3	주의관찰	
		중조인트 후타재파손	m ²	7.99	24	주의관찰	
교 면 포 장	평택 방향	아스콘 균열	m	157.00	69	LMC 재포장(전면)	
		아스콘 망상균열	m ²	142.37	9		
		아스콘 마모	m ²	1.30	2		
		아스콘 소성변형	m ²	4.77	4		
		아스콘 파손 및 패임	m ²	0.90	4		
		아스콘 파손 및 소성변형	m ²	4.25	2		
		토사퇴적	m ²	90.0	3		
	하남 방향	아스콘 파손	m ²	0.04	1	주의관찰	
		토사 및 이물질퇴적	m ²	195.0	6	청소	
방호벽 및 중앙 분리대		균열(0.3mm미만)	m	124.1	120	표면처리	
		균열(0.3mm이상)	m	55.7	23	주입보수	
		균열부 백태	m	51.0	34	표면처리	
		델리네이트 파손 및 탈락	EA	4.00	4	주의관찰	
		망상균열	m ²	9.0	1	표면처리	
		방음벽 변형	m	2.5	1	주의관찰	
		보수부 박리 및 망상균열	m ²	9.1	2	표면처리	
		볼트 체결불량	EA	8.00	8	재설치	
		열화 및 박리	m ²	3.90	1	단면보수	
		가드레일 변형	m	4.00	2	주의관찰	
		파손	m ²	0.31	3	단면보수	
		표면오염 및 보수부 박리	m ²	1.5	3	주의관찰	
배수시설		배수관 막힘	EA	3.00	3	청소	
		배수관 부식	EA	2.00	2	주의관찰	
		배수관 파손	m ²	0.02	1	재설치	
		배수구 이물질 퇴적 및 막힘	EA	10.0	10.0	청소	
		배수로 파손	m ²	1.65	3	단면보수	
		배수로 공동	m ²	3.00	2	재정비	
		유도배수시설 탈락	m	3.5	3	재설치	
점검시설		점검로 출입문 개폐불량	EA	1.00	1	주의관찰	
		점검계단 파손	m ²	0.12	3	단면보수	

1.3.4 기 점검 결과 비교

【표 1.3.18】 기 점검 결과 비교

구 분	손상내용	단위	전회		금회		증감	
			물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	8.70	14	5.70	12	▽	3.00
	균열(0.3mm이상)	m	1.10	2	1.10	2	—	—
	균열부 백태	m	8.40	20	13.3	3	▲	4.90
	망상균열	m ²	5.60	3	—	—	▽	5.60
	박리 및 박락	m ²	0.25	6	0.17	4	▽	0.08
	박락 및 철근노출	m ²	0.29	4	—	—	▽	0.29
	백업재 탈락	m ²	0.46	3	1.54	5	▲	1.08
	백태	m ²	1.67	9	0.74	6	▽	0.93
	보수재 박리 및 백태	m ²	—	—	0.15	1	▲	0.15
	철근노출	m ²	—	—	0.01	1	▲	0.01
	충분리 및 철근노출	m ²	0.75	2	—	—	▽	0.75
	충분리	m ²	23.95	12	0.37	2	▽	23.58
	파손	m ²	1.08	6	0.78	5	▽	0.30
거 더	균열(0.3mm미만)	m	18.9	19	39.1	35	▲	20.20
	누수흔적	m ²	0.60	1	0.60	1	—	—
	망상균열	m ²	5.76	2	7.19	3	▲	1.43
	박리 및 박락	m ²	3.83	41	0.32	5	▽	3.51
	백태	m ²	0.15	1	0.15	1	—	—
	보수부 들뜸	m ²	—	—	0.11	2	▲	0.11
	보수부 박리	m ²	0.19	2	—	—	▽	0.19
	인양홀 주변 파손	m ²	0.02	2	0.05	5	▲	0.03
	철근노출	m ²	0.02	2	—	—	▽	0.02
	충분리	m ²	0.38	3	0.34	4	▽	0.04
	파손	m ²	0.56	25	0.15	6	▽	0.41
가로보	균열(0.3mm미만)	m	66.2	45	50.5	36	▽	15.7
	균열부 백태	m	0.90	3	0.90	3	—	—
	충분리(들뜸)	m ²	0.04	1	0.2	4	▲	0.16
	박리 및 박락(들뜸)	m ²	2.96	22	0.84	4	▽	2.12
	백태	m ²	—	—	0.45	1	▲	0.45
	재료분리	m ²	2.40	27	0.93	6	▽	1.47
	재료분리 및 철근노출	m ²	0.06	1	—	—	▽	0.06
	철근노출	m ²	0.16	3	—	—	▽	0.16

【표 1.3.18】 기 점검 결과 비교(계속)

구 분	손상내용	단위	전회		금회		증감	
			물량	개소	물량	개소		
교 대	균열(0.3mm미만)	m	9.10	10	13.10	16	▲	4.00
	균열(0.3mm이상)	m	6.00	3	2.40	2	▽	3.60
	보수부재균열(0.3mm미만)	m	—	—	2.00	1	▲	2.00
	망상균열	m ²	—	—	0.08	1	▲	0.08
	박락 및 철근노출	m ²	—	—	0.16	1	▲	0.16
	박리	m ²	0.08	2	0.08	2	—	—
	백태	m ²	0.40	1	0.43	2	▲	0.03
	보수부 박리 및 들뜸	m ²	0.28	2	0.30	3	▲	0.02
	누수오염	m ²	26.20	24	26.20	24	—	—
	보호블럭 박리	m ²	28.00	1	28.00	1	—	—
	보호블럭 식생	EA	2.00	2	2.00	2	—	—
	보호블럭 침하 및 파손	m ²	7.70	4	7.70	4	—	—
	실런트 열화	m ²	0.60	1	0.60	1	—	—
	재료분리	m ²	0.04	1	0.04	1	—	—
	체수	m ²	0.90	1	—	—	▽	0.90
교 각	균열(0.3mm미만)	m	284.60	192	281.00	201	▽	3.60
	균열(0.3mm이상)	m	9.70	6	8.00	5	▽	1.70
	균열(0.5mm이상)	m	—	—	3.30	1	▲	3.30
	보수부재균열(0.3mm미만)	m	2.00	2	3.20	3	▲	1.20
	망상균열	m ²	43.06	21	25.80	14	▽	17.26
	누수오염 및 누수흔적	m ²	86.15	32	82.75	33	▽	3.40
	박락	m ²	—	—	0.76	3	▲	0.76
	열화 및 박리	m ²	3.50	1	—	—	▽	3.50
	충분리(들뜸)	m ²	0.79	3	—	—	▽	0.79
	파손	m ²	1.40	7	0.10	1	▽	1.30
	페콘크리트 적치	m ²	8.10	5	8.10	5	—	—
교량반침	반침몰탈균열(0.3mm미만)	m	65.80	330	65.60	329	▽	0.20
	반침몰탈망상균열	m ²	0.30	4	0.30	4	—	—
	반침몰탈 박락 및 들뜸	m ²	—	—	0.26	2	▲	0.26
	반침몰탈 파손	m ²	0.01	1	0.01	1	—	—
	반침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	5.40	22	6.60	28	▲	1.20
	반침콘크리트 균열(0.3mm이상)	m	1.50	1	3.20	4	▲	1.70
	반침콘크리트 박리 및 박락	m ²	0.10	1	0.20	1	▲	0.10
	반침콘크리트 재료분리	m ²	0.32	4	0.33	5	▲	0.01
	반침콘크리트 충분리	m ²	—	—	0.76	4	▲	0.76
	반침 플레이트 부식	EA	33.00	33	35.00	35	▲	2.00

【표 1.3.18】 기 점검 결과 비교(계속)

구 분		손상내용	단위	전회		금회		증감	
				물량	개소	물량	개소		
신축이음		후타재 균열(0.3mm미만)	m	45.60	112	35.60	90	▽	10.00
		후타재 균열(0.3mm이상)	m	8.40	28	8.40	28	—	—
		후타재 망상균열	m ²	0.48	2	0.48	2	—	—
		후타재 박리	m ²	2.00	2	2.00	2	—	—
		후타재 마모	m ²	0.60	1	—	—	▽	0.60
		후타재 파손	m ²	0.50	6	0.24	5	▽	0.26
		본체부식	m ²	0.60	1	0.60	1	—	—
		신축이음 하부 누수	m	—	—	1.50	1	▲	1.50
		유간 토사퇴적	m	53.50	5	53.75	6	▲	0.25
		차수판 변형	EA	—	—	1.00	1	▲	1.00
		차수판 덮개 볼트탈락	EA	4.00	4	5.00	5	▲	1.00
		중조인트 백업재 탈락	EA	—	—	2.00	2	▲	2.00
		중조인트 본체변형	m	—	—	2.50	1	▲	2.50
		중조인트 본체부식	m ²	6.00	1	6.00	1	—	—
		중조인트 유간토사퇴적	m	30.00	1	30.00	1	—	—
		중조인트 파손	m ²	0.02	1	0.02	1	—	—
		중조인트 후타재균열(0.3mm미만)	m	1.40	2	2.00	3	▲	0.60
		중조인트 후타재파손	m ²	6.95	18	7.99	24	▲	1.04
교면 포장	평택 방향	아스콘 균열	m	157.00	69	157.00	69	—	—
		아스콘 망상균열	m ²	142.37	9	370.37	9	▲	228.0
		아스콘 마모	m ²	1.30	2	1.30	2	—	—
		아스콘 소성변형	m ²	4.77	4	4.77	4	—	—
		아스콘 파손 및 패임	m ²	0.90	4	0.90	4	—	—
		아스콘 파손 및 소성변형	m ²	4.25	2	4.25	2	—	—
		토사퇴적	m ²	90.0	3	90.0	3	—	—
	하남 방향	아스콘 파손	m ²	0.04	1	0.05	2	▲	0.01
		토사 및 이물질퇴적	m ²	195.0	6	195.0	6	—	—
방호벽 및 중앙 분리대		균열(0.3mm미만)	m	115.90	102	124.10	120	▲	8.20
		균열(0.3mm이상)	m	50.70	21	55.70	23	▲	5.00
		균열부백태	m	51.00	34	51.00	34	—	—
		텔리네이트 파손 및 탈락	EA	3.00	3	4.00	4	▲	1.00
		망상균열	m ²	—	—	9.00	1	▲	9.00
		방음벽 변형	m	—	—	2.50	1	▲	2.50
		보수부 박리 및 망상균열	m ²	0.10	1	9.10	2	▲	9.00
		볼트 체결불량	EA	8.00	8	8.00	8	—	—
		열화 및 박리	m ²	3.90	1	3.90	1	—	—
		가드레일 변형	m	4.00	2	4.00	2	—	—
		파손	m ²	0.31	3	0.31	3	—	—
		표면오염 및 보수부 박리	m ²	1.25	2	1.50	3	▲	0.25
배수시설		배수관 막힘	EA	3.00	3	3.00	3	—	—
		배수관 부식	EA	2.00	2	2.00	2	—	—
		배수관 파손	m ²	0.02	1	0.02	1	—	—
		배수구 이물질 퇴적 및 막힘	EA	8.00	8	10.00	10	▲	2.00
		배수로 파손	m ²	1.25	2	1.65	3	▲	0.40
		배수로 공동	m ²	3.00	2	3.00	2	—	—
		유도배수시설 탈락	m	—	—	3.50	3	▲	3.50
점검시설		점검로 출입문 개폐불량	EA	—	—	1.00	1	▲	1.00
		점검계단 파손	m ²	0.12	3	0.12	3	—	—

1.4 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.

금회 2중 성능평가의 콘크리트 내구성 조사는 전회 정밀안전점검 자료를 활용하였으며, 일부 자료가 미비한 경우 추가조사를 실시하였다.

1.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

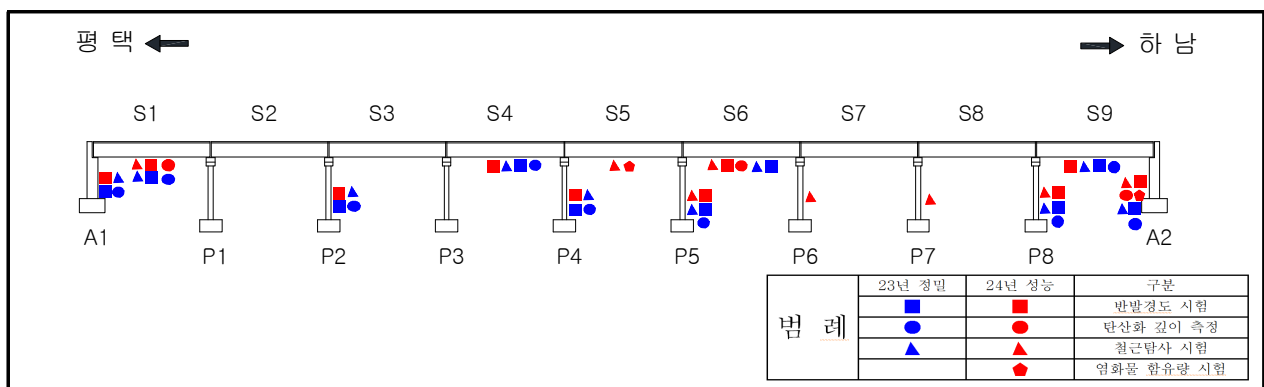
본 구조물에 대한 현장시험은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침[성능평가][교량편](2023. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 위치 및 수량을 결정하였으며, 전차 점검 및 진단 비파괴시험과 비교·검토할 수 있도록 시험 위치를 선정하였다.

【표 1.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도시험	• 50m 마다	• 50m 마다	6	6	8	7	
철근탐사시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	5	5	
탄산화깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 • 5경간 이상: 3~6개소		2	1	3	1	
염화물침투량 시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	1	1	

• 염화물침투량 시험결과는 내구성능평가 파트에 기입하였다.

나. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 1.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

1.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도법에 의한 비파괴 강도

반발경도 측정은 콘크리트 표면의 요철, 부착물에 이물질은 그라인딩으로 제거하고 실시하였으며, 표면에 곰보, 공극, 노출된 자갈이 있는 부위들은 측정위치에서 제외했다. 또한, 반발경도 값은 각 측정부재에 따라 타격방향, 표면의 건습상태, 재령에 의한 보정을 한 후 콘크리트 강도를 추정하였다. 또한 반발경도에 의한 압축강도 추정은 보통 콘크리트는 일본건축학회식과 일본재료학회식을 사용하였고, 고강도 콘크리트는 과학기술부식과 한국시설안전공단 식을 사용하였다.



【사진 1.4.1】 반발경도 시험

【표 1.4.2】 상부구조(바닥판 및 가로보) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판 하면	51.5	29.9	29.4	0.63	27.0	
	S4 캔틸레버	48.5	27.4	28.0			
	S6 캔틸레버	49.3	28.1	28.4			
	S9 캔틸레버	49.7	28.4	28.6			
	S4 가로보	48.0	27.1	27.8			

【표 1.4.3】 상부구조(거더) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	한국시설 안전공단	재령보정 계수		
상부 구조	S1-G9 거더	51.2	41.1	49.9	0.63	35.0	
	S9-G1 거더	50.3	40.2	48.6			건전
	S9-G1 거더	49.3	39.3	47.1			비건전

【표 1.4.4】하부구조(교대 및 교각) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 홍벽	44.5	24.2	26.2	0.63	21.0	
	A2 홍벽	51.2	29.6	29.2			건전
	A2 홍벽	50.5	29.0	28.9			비건전
	P2 기둥부	47.0	26.3	27.4			
	P2 기둥부	46.0	25.5	26.9			
	P3 기둥부	46.7	26.0	27.2			
	P5 기둥부	47.4	26.6	27.5			

2) 구조물 형식별 콘크리트 추정 비파괴강도

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판 및 가로보) 27.1~29.9MPa, 상부구조(거더) 39.3~49.9MPa, 하부구조(교대 및 교각) 24.2~29.6MPa로 측정되었으며, 설계기준압축강도(바닥판 및 가로보 : 27.0MPa, 거더 : 35.0MPa 교대 및 교각 : 21.0MPa)를 전반적으로 상회하는 것으로 확인되었다. 건전부와 비건전부의 검토 결과, 비건전부의 강도가 건전부의 95%이상으로 측정되어 건전부 대비 큰 차이를 보이지 않는 것으로 분석되었으며, 설계기준강도를 상회하는 것으로 확인되어 비건전부의 콘크리트 성능저하는 없는 것으로 판단된다. 따라서, 콘크리트 강도는 공용연수 경과에 따른 강도 저하가 없는 것으로 조사되었다.

3) 기 정밀안전점검 결과와 비교

- 기 정밀안전점검 결과와 금회 성능평가 결과를 비교·분석한 결과 측정값에 일부 차이가 있으나 이는 콘크리트 표면 상태 및 시험위치 등의 차이로 인한 것으로 판단되며, 설계기준강도를 상회하는 것으로 분석됨에 따라 콘크리트 강도는 양호한 상태인 것으로 확인되었다.

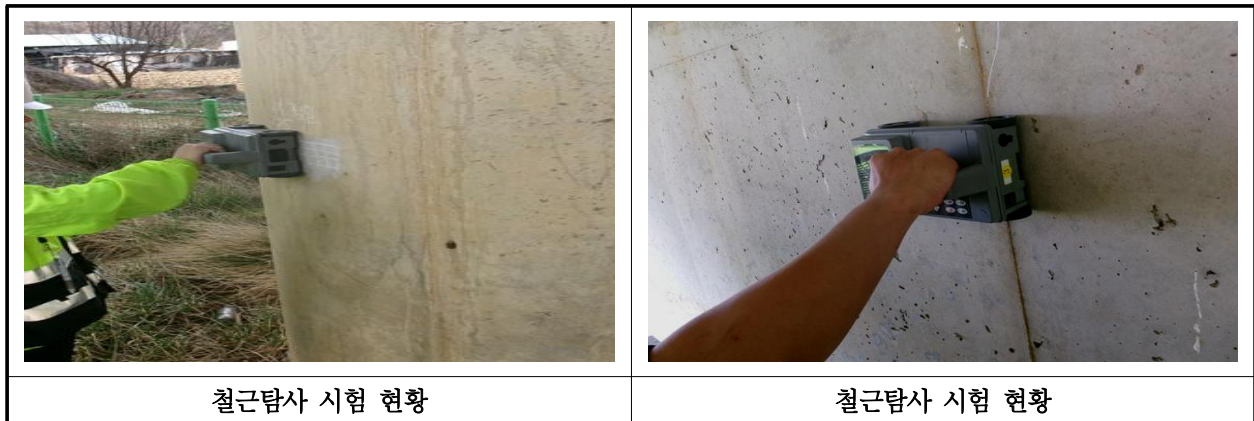
【표 1.4.5】기 정밀안전점검 결과와 비교(반발경도측정결과)

구 분	위 치	전 회	금 회	설계기준강도
반발경도법	바닥판 및 가로보	27.1 ~ 29.4	27.1 ~ 29.9	27.0
	거더	45.6 ~ 47.4	39.3 ~ 49.9	35.0
	교대 및 교각	26.2 ~ 29.2	24.2 ~ 29.6	21.0
검토의견		■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과 측정부위에 따라 다소 차이는 있지만, 대부분 설계강도를 100%이상 상회하고 있는 것으로 확인되어 콘크리트의 강도상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.		

나. 철근탐사

1) 철근탐사 시험결과

- 철근탐사 시험은 상부 5개소, 하부 5개소를 실시하여, 총 10개소를 실시하였으며, 철근 피복두께 및 배근간격은 설계치와 비교시 전반적으로 준공도면과 대체로 일치하는 것으로 나타났으며, 일부 구간 배근간격이 다소 상이하고, 피복두께도 다소 부족한 것으로 측정되어 구조물에 대한 주의관찰이 요구된다.



【사진 1.4.2】 철근탐사 시험

【표 1.4.6】 철근탐사 결과

구 분	측정위치	철근	측정결과(mm)		설계도면(mm)		비고
			피복두께	배근간격	피복두께	배근간격	
상부 구조	S1 바닥판하면	주철근	48	100	60	100	양호
		배력철근	37	150	60	150	
	S5 바닥판하면	주철근	44	105	60	100	양호
		배력철근	37	200	60	150	
	S6 바닥판하면	주철근	44	90	60	100	양호
		배력철근	41	165	60	150	
	S9-G9 거더	주철근	86	100	60	150	양호
		배력철근	84	185	60	300	
	S9-가로보	주철근	44	175	50	150	양호
		배력철근	41	200	50	300	
하부 구조	A2 교대 홍벽	수직철근	51	120	50	125	양호
		수평철근	44	125	50	200	
	P5 교각 코핑부	수직철근	86	140	100	150	양호
		수평철근	89	270	100	300	
	P6 교각 코핑부	수직철근	83	180	100	150	양호
		수평철근	84	250	100	300	
	P7 교각 코핑부	수직철근	97	150	100	150	양호
		수평철근	94	300	100	300	
	P8 교각 코핑부	수직철근	92	140	100	150	양호
		수평철근	102	350	100	300	

※ 피복두께는 최저값, 배근간격은 평균값을 사용함.

다. 탄산화 깊이 측정

- 탄산화시험은 상부구조 3개, 하부구조 1개로 총 4개소 시험을 실시하였으며 결과 값은 아래 표에 정리하였다. 분석 결과, 전개소 모두 “탄산화에 의한 부식발생 우려 없음” 인 ‘a’ 등급으로 평가되었고 30년 이상의 잔존수명을 확보하여 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다.



【사진 1.4.3】 탄산화 시험

【표 1.4.7】 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	4.5	37.0	32.5	a	1.03	30년 초과	
	S6 바닥판하면	6.5	41.0	34.5	a	1.49	30년 초과	
	S9-G9 거더	3.5	84.0	80.5	a	0.80	30년 초과	
하부구조	A2 교대	5.5	44.0	38.5	a	1.26	30년 초과	

2) 기 정밀안전점검 결과와 비교

- 기 정밀안전점검 결과와 금회 성능평가 결과를 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하지만 금회 측정시 전개소 모두 30년 이상의 잔존수명을 확보하여 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다.

【표 1.4.8】기 정밀안전점검 결과와 비교(탄산화 깊이 측정)

구 분	전회			금회			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
상부구조	4.0~16.5	32.5~41.5	b	3.5~6.5	32.5~80.5	a	
하부구조	6.5~25.5	59.5~77.0	a	5.5	38.5	a	
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 실측피복두께를 적용하여 다소 차이는 있지만, 잔여깊이가 30mm 이상 확보하는 것으로 분석되어 탄산화에 진행에 따른 구조물의 내구성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.						

라. 내구성조사 결과 요약

【표 1.4.9】내구성조사 결과 요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과 (배근간격)	설계기준 (피복두께)	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 및 가로보	27.1 ~ 29.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	39.3 ~ 49.9	35.0	
	하부구조	교대 및 교각	24.2 ~ 29.6	21.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		32.5~80.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		38.5	a등급	
철근탐사 (배근간 격/피복 두께) (mm)	상부구조	주철근	90~175	44~86	■ 배근간격은 대체로 설계값과 일치하는 양호한 상태로 측정되었으며, 피복두께는 대체로 설계값을 만족하고 있으나 일부 구간의 경우 실측피복이 다소 부족한 것으로 조사됨
		배력철근	150~200	37~84	
	하부구조	수직철근	120~180	51~97	
		수평철근	125~350	44~102	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

마. 내구성조사 결과 비교

【표 1.4.10】 내구성조사 결과 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고		
			전회		금회				
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	바닥판 및 가로보	27.1	~	29.4	27.1	~	29.9	■ 강도저하 없음
		거더	45.6	~	47.4	39.3	~	49.9	
	하부 구조	교대 및 교각	26.2	~	29.2	24.2	~	29.6	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		32.5~41.5	a	35.0~81.0	a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음		
	하부구조		59.5~77.0	a	45.5	a			
철근탐사 (배근간격/피복 두께) (mm)	상부 구조	주철근	129.0~148.5	57~63	90~175	44~86	■ 피복두께 및 배근간격은 대체로 설계치와 일치하나 일부구간 배근간격이 다소 상이하고 피복두께도 다소 부족한 것으로 조사됨		
		배력철근	100.0~151.6	38~81	150~200	37~84			
	하부 구조	수직철근	115.0~147.4	70~108	120~180	51~97			
		수평철근	142.5~197.5	78~102	125~350	44~102			
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용연수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨								

바. 반발경도 시험 보고서

【표 1.4.11】 반발경도 시험 보고서

구 분	내 용
시험일자	2023년 04월 24일
시험시간	09:00 ~ 17:00
시험 영역의 위치	상부구조, 하부구조
시험 대상 구조물 표본에 대한 설명	기 점검과의 비교 · 평가를 위해 위치를 선정
콘크리트 설계조건	바닥판하면, 가로보 : 27.0MPa 거더 : 35.0MPa, 교대/교각 : 21.0MPa
시험 위치의 표면상태	양호
시험시 온도	16.0℃ ~ 19.4℃
콘크리트 재령	3,000일 이상
콘크리트 내부의 함수상태	표면 건조 상태
반발경도측정기 종류	NR-Type(NR-10)
타격방향	+90° , 0°
시험 부위별 반발경도의 평균값	부록 참조
버린 반발경도의 값 및 위치	부록 참조

사. 탄산화 시험 보고서

【표 1.4.12】 탄산화 시험 보고서

구 분	내 용
시험일자	2024년 04월 02일
시험시간	09:00 ~ 17:00
시험 영역의 위치	상부구조, 하부구조
골재 종류	보통골재(추정)
측정면의 종류	햄머드릴을 이용해 뚫어낸 면
시약	페놀프탈레인 1% 용액
측정 기구	햄머드릴, 버니어 캘리퍼스, 시험지
시약 분무로부터 탄산화 깊이까지의 시간	즉시
측정결과(측정값, 평균값, 최대값 등)	부록 참조
연한 적자색 변색 유무	유

아. 철근탐사시험 보고서

【표 1.4.13】 철근탐사 시험 보고서

구 분		내 용	
시 험 조 건	시험일시	2024년 4월 2일	
	시험시간	09:00 ~ 17:00	
	시험 영역의 위치	상부구조, 하부구조(철근콘크리트 구조물)	
시험 대상 표본 선정		재료시험 수량에 따른 표본 선정	
시험 한계(잡음원인 및 장애물)		없음	
측정기구	종 류	NJJ-95A(전자파레이더 방식)	
	제품번호	ED72983	
	매개변수	X-axis(측정방식)	레이더 방식
		depth(심도보정)	6~11 0. 1단계
	매개변수	300mm 미만	
시험 대상면에서나 안테나 위치, 방향		측정 대상 철근의 수직방향, 수평방향 측정	
시험을 통한 획득 정보		배근간격 및 피복두께	
전자파를 콘크리트 내로 방사하면 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율·도전율)이 다른 물체(철근, 매설관, 공동 등)와의 경계면에서 반사한다. 이를 수신안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 구한다.			
- 콘크리트 내의 전자파속도(V)		- 반사물체까지의 거리(D)	
$V = C / \sqrt{\epsilon_r} \quad (m/s)$		$D = VT / 2 \quad (m)$	
여기서, C : 진공중에서의 전자파속도		여기서, V : 콘크리트 내의 전자파속도	
ϵ_r : 콘크리트의 비유전율		T : 왕복전파시간	
시험 성과표 참조			

자. 염화물함유량시험 보고서

【표 1.4.14】 염화물함유량 시험 보고서

구 분		내 용	
시 험 조 건	시험일시	2024년 4월 2일	
	시험시간	09:00 ~ 17:00	
	시험 영역의 위치	상부구조, 하부구조(철근콘크리트 구조물)	
조 사 수 량	상부구조	1개소	바닥판하면 S5
	하부구조	1개소	교대 A2
구조물 경과년수		경과년수 : 19년	
측정면 종류		기건 상태의 건전한 콘크리트 면 (그라인딩을 통해 요철 제거, 평탄 작업 실시)	
사용 골재의 종류		보통골재	
시험방법		시험부재의 철근깊이까지 10~20mm 단위로 깊이별로 구분하여 KS F 2713의 산-가용성 염화물시험 방법으로 실시	
시험 성과표 참조			

1.5 안전성능 평가

시설물의 상태안전성능평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상
태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2023. 12
.)』의 상태안전성능평가 기준에 따라 실시한다.

1.5.1 상태안전성능 평가

상태안전성능평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 기존 외관조사망도를 참고하여 부재별로
상세히 상태안전성능평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태안전성능평가 결과를
결정하게 된다.

가. 상태안전성능 평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태안전성능평가를 수행한 결과, 주요부재에 경미한 결함 또는 보
조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에
내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태인
‘C등급’으로 산정되었다.

【표 1.5.1】 상태안전성능평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초
S1	A1	PSCI	c	c	a	c	c	c	c	b	c	q
S2	P1	PSCI	b	c	b	c	c	c	—	b	b	q
S3	P2	PSCI	c	c	b	d	c	c	—	b	c	q
S4	P3	PSCI	b	c	b	d	c	c	b	c	c	q
S5	P4	PSCI	b	c	b	b	c	c	—	b	b	q
S6	P5	PSCI	b	c	b	d	c	b	—	b	b	q
S7	P6	PSCI	b	c	b	b	c	b	c	c	d	q
S8	P7	PSCI	a	b	a	b	c	b	—	b	b	q
S9	P8	PSCI	b	c	b	b	c	b	—	b	b	q
—	A2	—							c	b	c	q
평균			0.233	0.378	0.178	0.411	0.400	0.311	0.350	0.240	0.330	—
가중치			15	25	4	4	3	2	7	15	25	—
(평균×가중치) /가중치합			0.035	0.094	0.007	0.016	0.012	0.006	0.025	0.036	0.083	—
											0.314	
											C	

■ 결함도 범위 : $0.260 \leq \text{결함도지수}(0.314) < 0.490$

나. 공중이 이용하는 부위 상태안전성능평가

① 추락방지시설

결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태인 “c” 로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
b	○추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
c	○추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생 할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
e	○추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

② 도로포장

포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불쾌감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태인 “c” 등급으로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불쾌감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	○깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
e	○도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태

③ 도로부 신축이음부

부분적 균열, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태로 “c” 로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생된 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태 ○신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
e	○신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태

④ 환기구 등의 덮개

미설치된 상태로 평가불가.

기준	상태기준 설명
a	○ 환기구 등의 덮개가 최상의 상태
b	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태 ○ 기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태
c	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태
d	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태
e	○ 결함 및 파손 정도가 심각하거나 덮개 등이 탈락된 상태

다. 시설물 전체 상태안전성능평가 결과

【표 1.5.2】 시설물 전체 상태안전성능평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태안전 성능평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
철곡교	0.314	C	270	4	1,080	1.000	0.314
합계(Σ)			270	4	1,080	1.000	0.314
1. 평가지수 =							0.314
2. 상태안전성능평가결과 =							C

1.5.2 구조안전성능평가

금회 과업은 2중 성능평가로써 설계당시 준공도면, 구조계산서, 전회 2중 성능평가 보고서 등 기초자료를 검토하고, 첨부하여 구조안전성능평가 결과를 산출하였다.

구조안전성능 항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 구조안전성능 기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다. 또한, 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

가. 구조검토

제4장 시설물의 안전성능 평가

4.3 시설물의 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가는 공용 내하력 평가와 세굴심 검토결과에 따른 기초안전성 평가 중 낮은 등급으로 결정된다.

일반적으로 공용 내하력 평가, 세굴심 검토에 따른 기초안전성 평가를 수행하기 위해서는 기존 자료를 활용해야 하며 기존 자료의 부재 시 선택과업비 반영에 따라 수행한다.

구조안전성능 평가 수행에 필요한 자료는 다음과 같다.

- “초기점검 보고서” + “구조 및 수리계산서” 공용 내하력 및 안전성 평가
- “하원경비 기본계획 보고서(부록포함)” + “토질조사 보고서” 세굴심 검토 등

※ 기존자료 수집 시 : 관리주체, 시설물 정보관리 종합시스템(FMS), 인터넷 포털 사이트 등

4.3.1 내하력 평가 결과

내하력 평가는 “초기점검 보고서”의 공용내하력 평가 결과를 활용하였다.

- 그 결과, 공용 내하력은 DB-24이상음
- 안전율은 최소 1.550 이상을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

〈표 4.10〉 기본 내하력 평가 결과(강도설계법)

구분	σ _{Mn}	하중계수		모멘트(kN·m)		내하율	내하력
		고정하중	활하중	고정하중	활하중		
켄틸레버부	96.91	1.3	1.20	-	52.11	1.550	DB-24이상

〈표 4.11〉 기본 내하력 평가 결과(허용응력설계법)

구분		허용응력 (f _{allow})	고정하중응력 (f _{DF})	활하중응력 (f _{LF})	프리스트레스 (f _{ps})	기본내하율 (RF)	내하력
외측 빔	상면	14.000	11.857	0.9007	-5.585	8.580	DB-24이상
	하면	-2.806	-11.902	-3.585	18.400	2.595	DB-24이상
내측 빔	상면	14.000	13.066	0.735	-5.585	8.869	DB-24이상
	하면	-2.806	-12.907	-3.151	18.400	2.634	DB-24이상

※ 공용내하력(P)_F = 내하율(RF) × 설계하중(Pr) × 응답보정계수(K_s)

RF × Pr = 기본 내하력, RF × K_s = 공용 내하율

제4장 시설물의 안전성능 평가

〈표 4.12〉 안전성 평가 결과(허용응력설계법, 강도설계법)

구분		검토결과				안전율(SF)	안전성 평가
		허용응력 (MPa)	발생응력 (MPa)	설계강도 (σ _{Mn})	소요강도 (σ _{tu})		
PSCI	외측	14.000	5.432	-	-	2.568	a
	내측	14.000	4.881	-	-	2.868	
바닥판 켄틸레버		-	-	96.91	62.53	1.550	

4.3.2 세굴심 검토 결과

교량 세굴은 유수에 의한 침식유발능력과 지반의 침식저항능력의 상호관계에 따라 발생하는 현상이므로 수리학과 지반공학적인 측면을 모두 고려하여 주의 깊게 평가하여야 한다.

특히, 교량의 하상변화에 영향을 주는 구조물이 영향권 내에 설치될 경우 기존 교량의 세굴취약성을 평가하여야 한다.

- 또한 1단계 평가(세굴심 평가) 후 세굴이 발생할 수 있을 경우
- 2단계 평가인 기초안전성과 세굴모니터링 및 세굴방지공 설치 여부를 결정하여야 하며, 안전성 평가 시 기초의 변위량은 허용변위를 초과하지 않아야 한다.

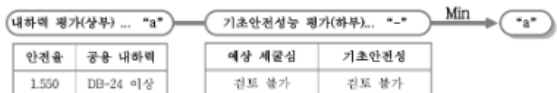
본 교량은 공용 내하력 평가는 “초기점검 보고서” 중 공용 내하력 편”의 부재로 “구조 및 수리계산서”를 활용하여 기본 내하력 평가를 수행하였으며 하원 비침단 교량이므로 세굴심 검토 평가는 배제하였다.

따라서, 시설물의 구조안전성능 등급은 내하력 평가 결과를 적용하였다.

4.3.4 시설물의 구조안전성능 평가 결과

상부구조의 내하력 및 안전성 평가, 세굴심 검토에 따른 구조안전성능 평가 결과를 종합하여 작은 지수를 대표로 하는 구조안전성능 평가 결과는 “a”로 판정하였다.

구조안전성능
평가 결과 “a”



나. 세굴에 대한 안전성 평가

본 교량은 하천(해상)을 횡단하는 교량은 아니므로 세굴을 포함한 기초안전성 평가방법은 제외하였다.

다. 구조안전성능평가 평가

구조안전성능 평가는 내하력평가와 기초안전성 평가 중 최저등급으로 평가되며, 다음과 같은 결과가 산정되었다.

【표 1.5.3】 구조안전성능평가 결과

평가항목	평가	구조안전성능 평가 = Min(내하력평가, 기초안전성 평가))
내하력평가	a	a (0.129)
기초안전성 평가	—	

1.5.3 안전성능평가 결과

평가대상에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능을 실시한 후 그 결과에 의해 산출된 상태안전성능지수와 구조안전성능지수를 비교하여 작은 값을 최종 안전성능지수로 결정하여 교량의 안전성능 결과를 결정한다.

교량의 구조안전성능 평가지수 = Min(상태안전성능등급, 구조안전성능등급)

【표 1.5.4】 안전성능평가 결과

구분	상태안전성능등급		구조안전성능등급		비고
	평가지수	평가등급	평가지수	평가등급	
칠곡교	0.314	c	0.129	a	
안전성능등급	상태안전성능평가와 구조안전성능평가를 종합하여 분석한 결과, 최저평가지수인 0.314로, 평가등급은 C등급으로 산정되었다.				

1.6 내구성능 평가

1.6.1 콘크리트 내구성능 평가

콘크리트의 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분되며, 열화진전평가로는 탄산화 깊이, 염화물 함유량, 피복 콘크리트의 품질이며, 열화환경평가는 비래염분에 의한 염해환경 및 동결융해의 반복에 의한 동해환경이다.

콘크리트 내구성능 평가 결과 산정방법은 내구성능 평가 지표별 결과 중 가장 낮은 등급인 최저등급을 반영한다.

열화진전평가는 각 세부부재별로 정해진 시험수량과 개소에서 실시하며, 열화환경평가는 전체 시설물을 대상으로 실시한다.

열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시하며, 대상 시설물의 내구성능 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 종합등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용된다.

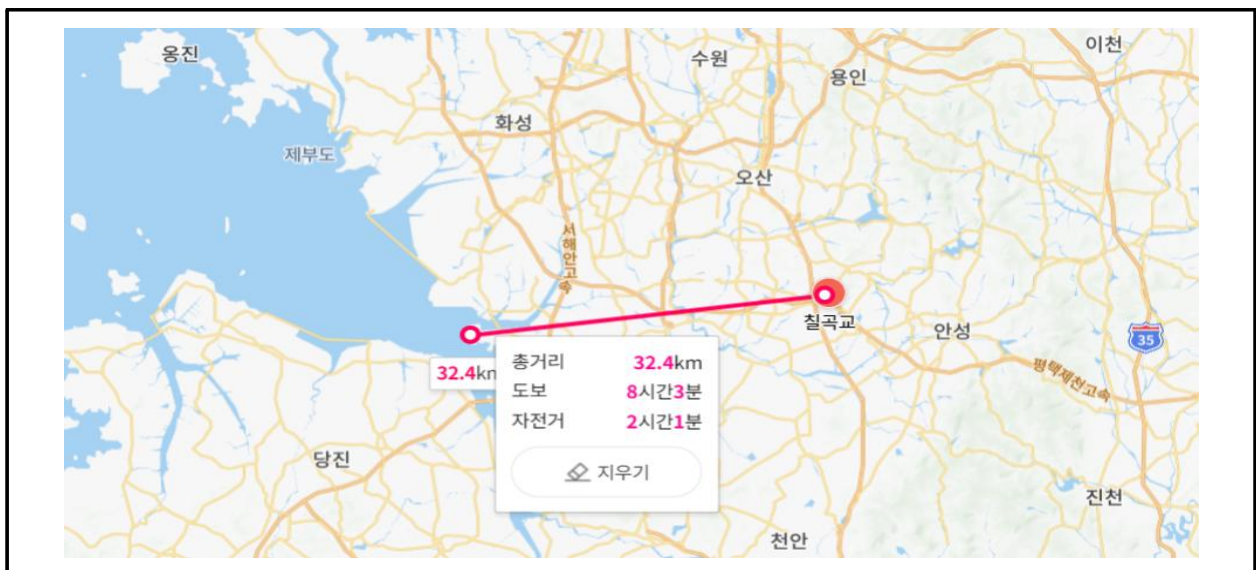
1.6.2 콘크리트 내구성능 평가 결과

가. 염해환경 평가

1) 해안거리에 따른 비래염분 염해환경

대상교량은 경기도 안성시 원곡면 칠곡리에 위치하며, 서해안으로부터 약 32.4km 떨어진 위치에 시공된 것으로 확인되었다.

해안거리에 따른 비래염분 염해환경 평가결과, 서해안으로부터 교량까지의 거리가 300m를 초과하여 평가등급은 A등급으로 분석되었다.



【그림 1.6.1】 위치도

【표 1.6.1】 해안거리에 따른 비래염분 염해환경 평가결과

평가항목	해안	적용지역	해안으로부터 거리 X(m)	평가 등급
해안거리에 따른 비래염분 염해환경	서해안	그 외 지역	300초과	A등급

2) 제설제 염해환경

강설일수는 기상청 기후자료를 참조하였으며, 기상관측소는 안성에 관측소가 없는 관계로 자료가 있는 관측소 중 가장 가까운 관측소인 수원 관측소에서 측정된 최근 10년간 데이터를 활용하여 평가하였다. 최근에 측정된 최신신적설 자료 중 2014년부터 2023년까지의 자료를 참조하였으며, 연평균 강설 일수는 11.3일로 확인되었고, 평가등급은 B등급으로 분석되었다.

【표 1.6.2】 제설제 염해환경 평가결과(연평균 강설일수)

해당지역	경기도 수원시				
분석기간	2014년 11월 1일 ~ 2024년 3월 31일 (10년)				
2014.11~2015.3	8일	2018.11~2019.3	7일	2021.11~2022.3	10일
2015.11~2016.3	14일	2019.11~2020.3	6일	2022.11~2023.3	12일
2016.11~2017.3	9일	2020.11~2021.3	14일	2023.11~2024.3	15일
2017.11~2018.3	18일	평균 강설일수			11.3일

주) 강설일수는 최근 10년간 최신신적설이 발생한 일수의 연간 평균값, *참고 : 기상자료개방포털 (<https://data.kma.go.kr/>)

나. 동해환경 평가

동결융해 반복일수에 따른 동해환경 평가는 대상구조물의 가장 가까운 관측소인 수원 관측소에서 측정된 최근 10년간의 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량 데이터를 수집하여 평가하였으며, 동해환경 평가는 다음과 같다.

- 수분과 지속적으로 접촉하지 않는 일반 부재일 경우

{일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃} & {강수량 > 0} 인 연평균 일수

- 수분과 지속적으로 접촉하는 부재일 경우

{일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃} 인 연평균 일수

수분과 미접촉하는 부재의 경우 10.8회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 58.9회로써 동결융해 환경은 “B” 등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우도 동결융해 사이클이 연평균 10.8회로 동결융해의 피해를 입을 수 있음이 확인된다.

【표 1.6.3】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분접촉)

해당지역	경기도 수원시				
분석기간	2014년 11월 1일 ~ 2024년 3월 31일 (10년)				
2014.11~2015.3	67일	2018.11~2019.3	67일	2021.11~2022.3	63일
2015.11~2016.3	57일	2019.11~2020.3	51일	2022.11~2023.3	59일
2016.11~2017.3	72일	2020.11~2021.3	37일	2023.11~2024.3	51일
2017.11~2018.3	65일	동결융해 횟수 (수분접촉)			58.9

【표 1.6.4】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분미접촉)

해당지역	경기도 수원시				
분석기간	2014년 11월 1일 ~ 2024년 3월 31일 (10년)				
2013.11~2014.3	17일	2017.11~2018.3	5일	2020.11~2021.3	10일
2014.11~2015.3	11일	2018.11~2019.3	7일	2021.11~2022.3	10일
2015.11~2016.3	13일	2019.11~2020.3	10일	2022.11~2023.3	10일
2016.11~2017.3	15일	동결융해 횟수 (수분미접촉)			10.8일

다. 열화진전 평가

1) 염화물 침투량

【표 1.6.5】 염화물 함유량 평가(상부구조)

구 분	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m ³)			평가등급
			0~15mm	15~30mm	30mm~철근	
염화물함유량	바닥판	S5	0.109	0.061	0.032	a

【표 1.6.6】 염화물 함유량 평가(하부구조)

구 분	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m ³)			평가등급
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근	
염화물함유량	교대	A2	0.127	0.070	0.041	a

【표 1.6.7】 염화물 확산계수 산출(상부구조)

계산항목	세부 부재명		깊이별 염화물 확산계수 (cm ² /year)		
			0~15mm	15~30mm	30mm~철근
염화물확산계수	바닥판	S5	—	—	3.182

【표 1.6.8】 염화물 확산계수 산출(하부구조)

계산항목	세부 부재명		깊이별 염화물 확산계수 (cm ² /year)		
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근
염화물확산계수	교대	A2	—	—	3.182

【표 1.6.9】 철근부의 전염화물 함유량이 2.5(kg/m³)가 되는 시점 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		계산결과(year)	평가등급
철근부 전염화물 함유량 C_r 가 2.5(kg/m ³)가 되는 시점	바닥판	S5	30년 초과	a
	교대	A2	30년 초과	a

【표 1.6.10】 염화물 침투량 최종 평가등급

세부 부재명		염화물 함유량 평가 결과	철근부 전염화물 함유량 C_r 가 2.5(kg/m ³)가 되는 시점	염화물 함유량 최종 평가 등급
바닥판	S5	a	a	a
교대	A2	a	a	a

2) 탄산화 깊이

【표 1.6.11】 탄산화 깊이 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명	탄산화 깊이 (mm)	탄산화 속도계수	잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간 T(년)	개별 평가등급	평가 등급
탄산화 깊이	S1 바닥판하면	4.5	1.03	30년 초과	a	a
	S6 바닥판하면	6.5	1.49	30년 초과	a	a
	S9 G9 거더	3.5	0.80	30년 초과	a	a
	A2 교대	5.5	1.26	30년 초과	a	a

3) 피복 콘크리트의 품질

【표 1.6.12】 피복 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	세부부재명		설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부비율(%)	개별 평가등급	평균	평가 등급
피복 콘크리트의 품질	바닥판	S1	108.9		a	0.100	a
		S4	101.6		a		
		S6	104.0		a		
		S9	105.1		a		
	거더	S1	117.4		a	0.100	a
		S9	115.0		a		
		S9(비건전부)	—	96.9	a		
	가로보	S4	100.4		a	0.100	a
	교대	A1	115.4		a	0.10	a
		A2	139.3		a		
		A2(비건전부)	—	98.0	a		
	교각	P2	125.1		a		
		P4	121.3		a		
		P5	123.7		a		
		P8	126.6		a		

라. 콘크리트 내구성능 평가결과

【표 1.6.13】 대상교량 제원

교량형식		PSCI 거더교
경간장 및 경간수		9@30m = 270.0m
교폭		19.5m
바닥판의 높이		0.25m
거더 갯수		9
2차 부재		L=1.7m, 교축방향 4.85m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교각		일반 RC
피복 두께		40mm~100mm
공용연수		19년
위치	지역	경기도 안성시 원곡면 칠곡리
	해안 이격거리	300m 초과

【표 1.6.14】 일반콘크리트 거더교 콘크리트 내구성능 평가

부재 그룹명	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
		염화물 함유량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재	비고
상부	바닥판(33)	a	a	a	a	0.1
	거더(35)	—	a	a	a	0.1
	2차부재(7)	—	—	a	a	0.1
하부	교대/교각(25)	a	a	a	a	0.1
		결함도지수	$(0.1*33+0.1*35+0.1*7+0.1*25)/100=0.100$			
		등급	A			

【표 1.6.15】 열화환경지표의 평가

열화환경지표		평가등급
제설제 염해환경		B
비래염분 염해환경	해안거리에 따른 비래염분 염해환경	A
동해환경		B

1.6.3 내구성능평가 결과

본 과업에서 실시한 내구성능평가 결과는 다음과 같다.

【표 1.6.16】 내구성능평가 결과

구분	결함도지수	평가등급	가중치	결함도지수×가중치
콘크리트내구성능평가 결과	0.100	A	1.0	0.100
결함도점수				0.100
내구성능평가 결과				A

1.7 사용성능 평가

교량의 사용성능 평가는 시설물의 예상수요를 고려하여 공용연수 동안 확보해야할 사용자 편의성 및 계획당시의 설계기준에 근거한 사용목적에 만족하기 위한 성능으로 정의한다.

시설물의 사용성능은 주행성과 기능성으로 구분되며, 주행성은 사용자의 편의를 도모하는 시설의 성능으로 시설물에 대한 이용자의 만족도로 평가하며, 기능성은 시설물이 계획 당시의 목적대로 서비스를 제공할 수 있는 역량과 이를 유지할 수 있는 조건의 충족여부로 평가한다.

각 성능별로 세부지표의 평가 결과를 가중치를 반영하여 최종 평가 등급으로 결정한다.

교량의 세부지표는 성능평가의 정의에 따라 주행성과 기능성으로 구분하고 해당 시설물의 특성을 반영하여 필요 성능을 도출한다.

교량에서는 서비스의 성능에 직접적인 영향을 미치는 시설물의 성능으로 사용자의 만족도 측면에서 주행성과 시설물의 기능유지 측면에서 유지관리성, 수요 및 용량을 선정한다.

1.7.1 사용성능지표 평가

가. 포장상태 평가

1) 일반도로 포장상태 지수(NHPCI) 산정

과업대상의 포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 NHPCI를 분석한 결과, 4.26~7.34로 산정되어 최저값 4.26에 대한 평가등급 적용시 c등급으로 평가되었다.

【표 1.7.1】 포장상태 평가결과

노선명	방향	차로	연장(km)	포장형식	평균			NHPCI	평가
					균열률 XCR(%)	소성변형 XRD(mm)	종단평탄성 XIRI(m/km)		
일반국도 45호선	평택	1	0.27	아스팔트	3.70	0.74	2.14	6.81	a
일반국도 45호선	평택	2	0.27	아스팔트	36.40	1.48	2.14	4.26	c
일반국도 45호선	하남	1	0.27	아스팔트	0.00	0.00	2.14	7.34	a
일반국도 45호선	하남	2	0.27	아스팔트	0.00	0.00	2.14	7.34	a
평가결과	포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 NHPCI를 분석한 결과, 4.26~7.34로 산정되어 최저값 4.26에 대한 평가등급 적용시 c등급으로 평가되었다.								

나. 교량조명 평가

【표 1.7.2】 교량 조명의 작동유무 평가

평가기준	작동유무	평가
a	모든 조명 사용 가능	○
b	모든 조명의 90% 이상 사용가능	
c	모든 조명의 80% 이상 사용가능	
d	모든 조명의 70% 이상 사용가능	
e	모든 조명의 70% 미만 사용가능	

- 철곡교는 8개의 조명이 설치되어 있고, 전체 조명이 정상작동 하고 있는 작동유무 a등급으로 평가되었다.

【표 1.7.3】 도로의 조명기준

도로의 종류	교통의 종류와 자동차 교통량	도로 조명 등급
상하행선이 분리되고 교차부는 모두 입체교차로로서, 출입이 완전히 제한되어 있는 고속도의 도로, 자동차 전용도로 또는 고속도로	교통량이 많으면서 도로 선형이 복잡한 경우	M1
	교통량이 많거나 도로 선형이 복잡한 경우	M2
	교통량이 적고 도로 선형이 단순한 경우, 또는 주변환경이 어두운 경우	M3
고속의 도로, 상하행선 분리 도로	교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 부족함	M1
	교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 잘 되어 있음	M2
주요한 도시 교통로, 간선도로, 국도	교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 부족함	M2
	교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 잘 되어 있음	M3
중요도가 낮은 연결 도로, 지방 연결 도로, 주택지역의 주 접근 도로, 사유지골의 접근 도로와 연결 도로	교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 부족함	M4
	교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 잘 되어 있음	M5

- 철곡교는 국도45호선에 위치한 교량으로 도로 사용자의 분리가 잘되어 있는 교량으로 도로 조명등급 기준 M3에 해당한다.

【표 1.7.4】 휘도 측정값

No.	외곽차선 휘도(cd/m^2)	중앙차선 휘도(cd/m^2)
1	0.33	0.26
2	0.43	0.35
3	0.58	0.45
4	0.67	0.45
5	0.48	0.38
6	0.59	0.30
7	0.60	0.30
8	0.43	0.48
9	0.44	0.33
10	0.38	0.28
평균(최댓값, 최소값 제외)	0.49	0.35

- 해당 도로의 조명 등급은 M3에 해당하며, 평균노면 휘도(최소허용치)는 $1.0cd/m^2$ 이다. 외곽차선 휘도와 중앙차선 휘도 중 낮은 값(0.35)을 적용하면 70%미만으로 e등급에 해당된다.

【표 1.7.5】 교량 조명 성능평가 결과

작동유무평가 ①	설치상태				조명평가등급 MIN(①,②)
	도로조명 휘도기준		측정휘도 (cd/m^2)	설치상태평가 ②	
	도로조명등급	평균 노면휘도(cd/m^2)			
a	M3	1.0	0.35	e	e

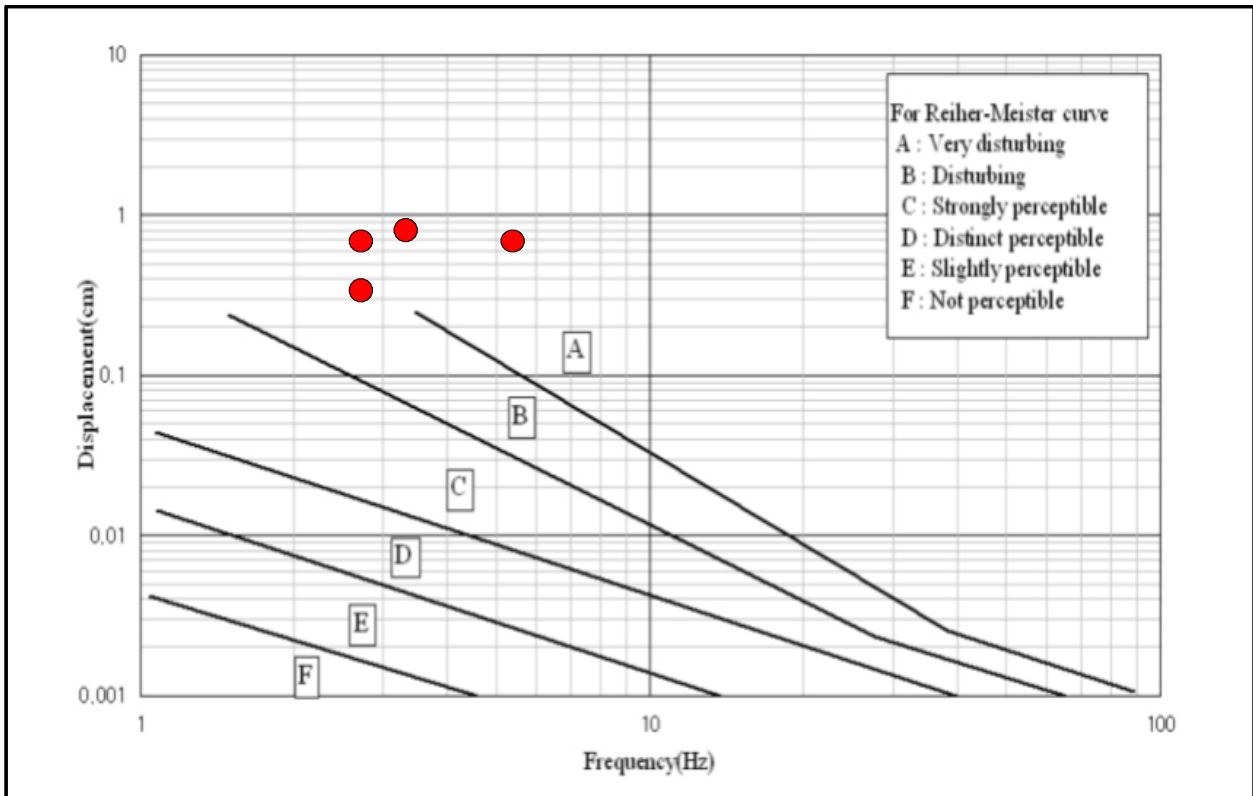
다. 진동사용성 평가

1) 측정

- 해당 교량의 진동사용성 평가를 위하여 교량의 최대 처짐과 고유진동수를 측정하였다.

【표 1.7.6】진동측정값

No.	Dis(cm)	Fre(Hz)
1	0.33	2.8
2	0.79	2.9
3	0.97	3.2
4	0.83	5.3



【그림 1.7.1】Reiher-Meister(1931)의 허용곡선

2) 분석결과

- 처짐과 고유진동수를 측정한 결과, A~B구간으로 측정되었으며, 이는 d~e등급으로 최저등급인 e등급으로 평가되었다.

라. 점검시설 평가

해당 교량은 교각 8기에 전개소 점검시설이 설치되어 있는 상태이다.

【표 1.7.7】 점검시설 평가결과

평가 기준	평가내용		평가 결과
	설치 유무	설치상태	
a	점검로가 교각마다 모두 설치 되어 있을 때	점검로가 신설되어 모두 양호한 상태	b
b	점검로가 교각의 80% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로가 모두 양호한 상태	
c	점검로가 교각의 60% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로의 20% 미만의 수리 및 10% 미만의 교체가 필요 할때	
d	점검로가 교각의 40% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로의 40% 미만의 수리 및 20% 미만의 교체가 필요 할때	
e	점검로가 교각의 40% 미만으로 설치되어 있을 때	설치된 점검로의 40% 이상의 수리 및 20% 이상의 교체가 필요한 상태	

- 해당 교량은 일반교량에 설치된 점검시설로 일반교량의 점검시설 성능평가기준에 의거 평가 하였으며, 평가결과 점검로가 교각마다 모두 설치 되어있는 a등급과 설치된 점검로가 모두 양호한 상태인 b등급으로 평가되었다. 그 결과, 점검시설의 성능평가는 b등급으로 평가한다.

마. 교통량 평가

대상 시설물의 평택-이동간 도로확장 및 포장공사 검토서에서 기재된 수요예측을 보간법에 의한 2023년 일교통량 45,332대/일과 교통량정보제공시스템(TMS)에서 제공된 서안성IC~철곡구간의 수요실제 46,304대/일을 비교 검토한 결과 수요예측 대비 수요실제 비율이 97.9%로 b등급으로 평가되었다.

【표 1.7.8】 교통량의 성능평가

구 분	수요예측(대/일) a	수요실제(대/일) b	대비(%) $a/b \times 100$	평가등급	비고
철곡교	45,332	46,304	97.9	b등급	2023년 교통량

1.7.2 사용성능평가 결과

【표 1.7.9】 사용성능평가 결과

구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	등급점수
사용성능	사용성	포장상태	0.247	c	0.4
		조명시설	0.150	e	1.0
		진동사용성	0.202	e	1.0
기능성	유지관리성	점검시설의 유무	0.206	b	0.2
	수요 및 용량	교통량	0.195	b	0.2
				결합도점수	0.531
				등급	D

- 사용성능 최종 등급을 산정하면, 0.4×0.247 (포장상태) + 1.0×0.150 (조명시설) + 1.0×0.202 (진동사용성) + 0.2×0.206 (점검시설의 유무) + 0.2×0.195 (교통수요) = 0.531 으로 D등급으로 평가되었다.

1.8 종합성능평가

성능평가를 통해 실시 결과에 따라 결정된 안전성능, 내구성능, 사용성능 등급을 종합하여 종합성능등급을 결정하였다.

종합평가 및 종합성능등급의 산정 절차와 방법은 「세부지침」에 따르며, 최종적으로 안전성능, 내구성능, 사용성능 등급과 함께 종합성능등급의 결과를 작성하였다.

【표 1.8.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	철곡교		
평가구분	성능별 결함도 점수 (X_n)	평가등급	성능간 가중치 (W_n)
안전성능 평가	0.314	c	0.68
내구성능 평가	0.100	a	0.21
사용성능 평가	0.531	d	0.11
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.314 \times 0.68 + 0.100 \times 0.21 + 0.531 \times 0.11 = 0.293$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.293 • 종합성능평가 결과 : C등급		

1.9 유지관리 전략제안

1.9.1 성능목표 등급 산정

【표 1.9.1】등급점수 범위 및 대표점수

구분		A	B		C	D	E
			상B	하B			
도로 교량	점수	0.10	0.2		0.40	0.70	1.00
			0.16	0.23			
	범위	$0 \leq X < 0.13$	$0.13 \leq X < 0.2$	$0.2 \leq X < 0.26$	$0.26 \leq X < 0.49$	$0.49 \leq X < 0.79$	$0.79 \leq X$

【표 1.9.2】평가지표별 가중치 및 성능목표 등급산정 방법

구분	사용성 및 기능성 (1)	주변 환경			지진 구역계수 (5)	공용 연수 (6)
		동해환경 (2)	해안 이격거리 (3)	강설일수 (4)		
가중치	0.8	0.1			0.08	0.02
성능목표 = (1)×0.8 + [{(2)+(3)+(4)}/3]×0.1 + (5)×0.08 + (6)×0.02						

【표 1.9.3】사용성 및 기능성 성능목표 선정

구분	기준	평가교량	평가등급
일교통량	10,000 대/일 이상	46,304 대/일	하B
중차량 통행량	차선당 1,000 대/일 이상	차선당 1,046 대/일 (4,186 대/일)	
대상교량의 차단 시 우회거리	5km 이상	2.5km	

【표 1.9.4】주변환경 성능목표 선정

구분	평가교량			평가등급
동해환경	지속적인 수분접촉		58.9일	A
	지속적인 수분접촉 없음		10.8일	C
해안이격거리	서해안	그 외 지역	300 초과	C
강설일수	11.3일			B

【표 1.9.5】지진구역계수 및 공용연수

구분	평가교량	평가등급
지진구역계수	경기도	A
공용연수	19년	D

【표 1.9.6】성능목표 등급 산정표

구분	사용성 및 기능성 (1)	주변 환경			지진 구역계수 (5)	공용 연수 (6)
		동해환경 (2)	해안 이격거리 (3)	강설일수 (4)		
평가등급	하B	C	C	B	A	D
평가점수	0.23	0.40	0.40	0.20	0.10	0.70
가중치	0.8	0.1			0.08	0.02
성능목표	= 0.23×0.8 + [{0.40+0.40+0.20}/3]×0.1 + 0.10×0.08 + 0.70×0.02 = 0.239(하B)					

1.9.2 성능평가 실시결과 검토 · 분석

안전성능평가 결과	내구성능평가 결과	사용성능평가 결과
- 상태안전성능 평가결과 → C등급(0.314) - 구조안전성능 평가결과 → A등급(0.129)	내구성능 평가결과 → A등급(0.100)	사용성능 평가결과 → D등급(0.531)
종합평가	C등급(0.293)	
성능목표	B등급($0.2 \leq X < 0.26$)	
분석결과	- 성능평가 실시 결과, 안전성능 평가 C등급, 내구성능 평가 A등급, 사용성능평가 D등급으로 분석되어 최종 종합평가 등급은 C등급으로 판정되었다. - 이는 시설물의 성능평가 목표치인 B등급에 미치지 못하는 것으로 평가되었으나, 발생한 손상 중 긴급보수를 요하는 손상은 발생하지 않았으며, 발생한 손상은 보수를 시행토록하고, 그 외 손상은 주기적인 점검을 통한 관리로 보수를 시행하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.	

1.9.3 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

가. 보수 개략공사비

【표 1.9.7】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	균열(0.3mm 미만)	표면처리	1.71	m ²	299	511	3
	균열(0.3mm 이상)	주입보수	1.32	m	103	136	2
	균열부백태, 백태	표면처리	5.06	m ²	299	1,513	3
	박리 및 박락, 층분리	단면보수	1.58	m ²	1,152	1,820	2
	철근노출	단면보수(방청)	0.01	m ²	1,336	13	2
거더	균열(0.3mm 미만)	표면처리	11.73	m ²	299	3,507	3
	망상균열	표면처리	8.63	m ²	299	2,580	3
	박리 및 박락, 파손	단면보수	1.16	m ²	1,152	1,336	2
	백태	표면처리	0.18	m ²	299	54	3
가로보	균열(0.3mm 미만)	표면처리	15.15	m ²	187	2,833	3
	균열부백태	표면처리	0.27	m ²	187	50	3
	층분리(들뜸)	단면보수	1.25	m ²	1,152	1,440	2
	백태	표면처리	0.54	m ²	187	101	3
	재료분리	단면보수	1.12	m ²	1,152	1,290	2
교대	균열, 재균열(0.3mm 미만)	표면처리	4.53	m ²	250	1,133	3
	균열(0.3mm 이상)	주입보수	2.88	m	103	297	2
	망상균열	표면처리	0.10	m ²	250	25	3
	박락 및 철근노출	단면보수(방청)	0.19	m ²	1,114	212	2
	박리, 들뜸	단면보수	0.46	m ²	9660	4,444	2
	재료분리	단면보수	0.05	m ²	960	48	2
	백태	표면처리	0.52	m ²	250	130	3
	보호블럭 침하 및 파손	주의관찰 후 조치	9.24	m ²	—	—	—
	실린트 열화	실링보수	0.72	m ²	1	1	3
교각	균열, 재균열(0.3mm 미만)	표면처리	85.26	m ²	250	21,315	3
	균열(0.3mm 이상)	주입보수	13.56	m	182	2,468	2
	망상균열	표면처리	30.96	m ²	250	7,740	3
	박락, 파손	단면보수	1.03	m ²	960	989	2

구 분		손상내용	보수방안	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교량받침		받침몰탈균열(0.3mm 미만)	표면처리	19.68	m ²	250	4,920	3
		받침몰탈 망상균열	표면처리	0.36	m ²	250	90	3
		몰탈 박락, 들뜸, 파손	단면보수	0.32	m ²	960	307	2
		받침콘크리트균열(0.3mm 미만)	표면처리	1.98	m ²	250	495	3
		받침콘크리트균열(0.3mm 이상)	주입보수	3.84	m	174	668	2
		받침콘크리트 박리 및 박락	단면보수	1.15	m ²	960	1,104	2
		받침콘크리트 재료분리	단면보수	0.40	m ²	960	384	2
		받침 플레이트 부식	도장보수	35.00	EA	415	14,525	3
신축이음(A1, P3,P6)		후타재 박리, 파손	단면보수	2.64	m ²	960	2,534	2
		신축이음 누수	유도배수시설 설치	39.00	m	1,286	50,154	2
		유간토사퇴적	청소	45.00	m	8	360	3
		차수판변형	재설치	1.00	EA	725	725	3
		차수판 덮개 볼트탈락	재설치	2.00	EA	725	1,450	3
교면 포장	평택	아스콘 균열, 변형, 파손	재포장(전면)	2497.50	m ²	166	414,585	1
	하남	토사 및 이물질퇴적	청소	234.00	m ²	8	1,872	3
방호벽 및 중앙 분리대		균열(0.3mm 미만)	표면처리	37.23	m ²	250	9,308	3
		균열(0.3mm 이상)	주입보수	66.84	m	187	12,499	3
		균열부백태	표면처리	15.30	m ²	250	3,825	3
		망상균열	표면처리	21.72	m ²	250	5,430	3
		볼트체결불량	재설치	8.00	EA	8	64	3
		열화 및 박리, 파손	단면보수	5.05	m ²	960	4,848	2
배수시설		배수구, 배수관 막힘	청소	13.00	EA	184	2,392	3
		배수관 파손	재설치	0.02	m ²	577	12	3
		배수로 파손	단면보수	1.98	m ²	960	1,901	2
		배수로 공동	주의관찰 후 조치	3.60	m ²	—	—	—
		유도배수시설 탈락	재설치	4.20	m	1,286	5,401	2
순위별 공사별 (천원, 제경비 포함)			단 기(1순위)			621,878		
			중 기(2순위)			122,691		
			장 기(3순위)			149,190		
개략공사비(순공사비+제경비)						893,759		

- ※ 1. 손상물량으로 여유수량을 감안하여 할증(20%)을 적용하였으며, 명확하게 수량산출이 가능한 손상은 할증적용을 제외하였음.(보수물량 = 손상물량 × 1.2(할증))
2. 상기 개략공사비는 제경비가 포함된 금액이며, 실시시설제시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.
3. 적용된 공법 및 대가기준은 개략적인 비용을 산출하기 위한 것으로서 실제 보수 시에는 별도의 설계를 통해 공법 및 대가를 산정해야 함.
4. 2022년 수원국토관리사무소 공종별 유지보수 단가에 20%할증을 적용하였음.
5. cw=0.3mm미만 균열(A=0.25m×길이) 적용.

나. 투자우선순위지수 산출

【표 1.9.8】 투자우선순위지수 산정

구분	보수 물량 (m³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
				손상 내용	부재 위치	성 능	등 급	손 상	부 재	성 능	등 급		
표면처리	1.71	299	511	균열(0.3mm 미만)	바닥판	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	12
주입보수	1.32	103	136	균열(0.3mm 이상)	바닥판	안전	c	1.00	0.15	0.68	0.18	0.01836	1
표면처리	5.06	299	1,513	균열부백태, 백태	바닥판	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	12
단면보수	1.58	1,152	1,820	박리 및 박락 층분리	바닥판	안전	c	1.00	0.15	0.68	0.18	0.01836	1
단면보수(양청)	0.01	1,336	13	철근노출	바닥판	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	12
표면처리	11.73	299	3,507	균열(0.3mm 미만)	거더	안전	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	8
표면처리	8.63	299	2,580	망상균열	거더	안전	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	8
단면보수	1.16	1,152	1,336	박리 및 박락, 파손	거더	안전	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	8
표면처리	0.18	299	54	백태	거더	안전	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	8
표면처리	15.15	187	2,833	균열(0.3mm 미만)	가로보	안전	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	51
표면처리	0.27	187	50	균열부백태	가로보	안전	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	51
단면보수	1.25	1,152	1,440	층분리(들뜸)	가로보	안전	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	51
표면처리	0.54	187	101	백태	가로보	안전	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	51
단면보수	1.12	1,152	1,290	재료분리	가로보	안전	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	51
표면처리	4.53	250	1,133	균열, 재균열 (0.3mm 미만)	교대	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
주입보수	2.88	103	297	균열(0.3mm 이상)	교대	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
표면처리	0.10	250	25	망상균열	교대	안전	c	1.00	0.13	0.68	0.18	0.01591	4
단면보수(양청)	0.19	1,114	212	박락 및 철근노출	교대	안전	c	1.00	0.13	0.68	0.18	0.01591	4
단면보수	0.46	9,660	4,444	박리, 들뜸	교대	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
단면보수	0.05	960	48	재료분리	교대	안전	c	1.00	0.13	0.68	0.18	0.01591	4
표면처리	0.52	250	130	백태	교대	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
실링보수	0.72	1	1	실런트 열화	교대	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
표면처리	85.26	250	21,315	균열, 재균열 (0.3mm 미만)	교각	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
주입보수	13.56	182	2,468	균열(0.3mm 이상)	교각	안전	c	1.00	0.13	0.68	0.18	0.01591	4
표면처리	30.96	250	7,740	망상균열	교각	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
단면보수	1.03	960	989	박락, 파손	교각	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26

【표 1.9.8】투자우선순위지수 산정 (계속)

구분	보수 물량 (m³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
				손상 내용	부재 위치	성 능	등 급	손 상	부 재	성 능	등 급		
표면처리	19.68	250	4,920	반침몰탈 균열(0.3mm 미만)	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	12
표면처리	0.36	250	90	반침몰탈 망상균열	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	12
단면보수	0.32	960	307	몰탈 박락 들뜸, 파손	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	12
표면처리	1.98	250	495	반침콘크리트 균열(0.3mm 미만)	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	12
주입보수	3.84	174	668	반침콘크리트 균열(0.3mm 이상)	교량반침	안전	c	1.00	0.15	0.68	0.18	0.01836	1
단면보수	1.15	960	1,104	반침콘크리트 박리 및 박락	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	12
단면보수	0.40	960	384	반침콘크리트 재료분리	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	12
도장보수	35.00	415	14,525	반침 플레이트 부식	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	12
단면보수	2.64	960	2,534	후타재 박리, 파손	신축이음	안전	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	40
유도배수시설	39.00	1,286	50,154	신축이음 누수	신축이음	안전	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	40
청소	45.00	8	360	유간토사퇴적	신축이음	안전	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	40
재설치	1.00	725	725	차수판변형	신축이음	안전	c	1.00	0.07	0.68	0.18	0.00857	22
재설치	2.00	725	1,450	차수판 덮개 볼트탈락	신축이음	안전	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	40
재포장(전면)	249750	166	414585	아스콘 균열, 변형, 파손	교면포장	안전	d	1.00	0.04	0.68	0.30	0.00816	25
청소	234.00	8	1,872	토사 및 이물질퇴적	교면포장	안전	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	51
표면처리	37.23	250	9,308	균열(0.3mm 미만)	보호시설	안전	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	61
주입보수	66.84	187	12,499	균열(0.3mm 이상)	보호시설	안전	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	61
표면처리	15.30	250	3,825	균열부백태	보호시설	안전	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	61
표면처리	21.72	250	5,430	망상균열	보호시설	안전	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	61
재설치	8.00	8	64	볼트체결불량	보호시설	안전	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	61
단면보수	5.05	960	4,848	열화 및 박리, 파손	보호시설	안전	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	61
청소	13.00	184	2,392	배수구, 배수관 막힘	배수시설	안전	b	1.00	0.03	0.68	0.09	0.00184	58
재설치	0.02	577	12	배수관 파손	신축이음	안전	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	40
단면보수	1.98	960	1,901	배수로 파손	신축이음	안전	c	1.00	0.07	0.68	0.18	0.00857	22
재설치	4.20	1,286	5,401	유도배수시설 탈락	배수시설	안전	b	1.00	0.03	0.68	0.09	0.00184	58

【표 1.9.8】투자우선순위지수 산정 (계속)

구분	보수 물량 (㎡)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
				손상 내용	부재 위치	성 능	등 급	손 상	부 재	성 능	등 급		
—	—	—	—	염화물	바닥판	내구	a	1.00	0.33	0.21	0.05	0.00347	48
—	—	—	—	염화물	교대	내구	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	35
—	—	—	—	탄산화	바닥판	내구	a	1.00	0.33	0.21	0.05	0.00347	48
—	—	—	—	탄산화	거더	내구	a	1.00	0.35	0.21	0.05	0.00368	46
—	—	—	—	탄산화	교대	내구	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	35
—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	바닥판	내구	a	1.00	0.33	0.21	0.05	0.00347	48
—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	거더	내구	a	1.00	0.35	0.21	0.05	0.00368	46
—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	가로보	내구	b	1.00	0.07	0.21	0.09	0.00132	60
—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	교대	내구	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	35
—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	교각	내구	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	35
—	—	—	—	포장상태	—	사용	c	0.247	1	0.11	0.18	0.00489	39
—	—	—	—	교량조명	—	사용	e	0.15	1	0.11	0.38	0.00627	34
—	—	—	—	진동사용성	—	사용	e	0.202	1	0.11	0.38	0.00844	24
—	—	—	—	점검시설	—	사용	b	0.206	1	0.11	0.09	0.00204	57
—	—	—	—	교통량	—	사용	c	0.195	1	0.11	0.18	0.00386	45

다. 성능목표에 따른 유지관리 전략 제안

관리주체는 관할 내 교량의 경제성(교통량, 투입비용, 향후교통량), 검토사항(시공성, 제 3 대상 위험도, 노선, 환경), 사고위험 등을 종합적으로 고려하여 다수의 시설물 중 보수의 우선순위가 높은 시설물을 결정하고, 개별시설물의 비용효과 분석을 통해 선정된 시설물 내의 부재별 보수·보강 우선순위를 결정하여 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

다만, 부재별 우선순위를 선정할 때 부재 내의 손상의 경중을 고려한 것이 아닌, 부재별 총공사비와 해당 부재의 가중치를 비교하여 도출된 결론으로써 부재별 보수·보강의 효율성을 판단하는 것이므로 우선순위가 높은 부재라고 하더라도 그 부재가 주요손상을 포함하고 있다고 할 수는 없다. 그러므로 보수를 실시하고자 할 때 주요 손상에 대해 우선적으로 보수를 하고 순위별로 순차적으로 보수 조치를 취하도록 한다.

해당 교량은 종합성능평가 결과가 0.294로 C등급으로 평가되었으며, 성능목표인 B등급($0.2 \leq X < 0.26$) 이하 수준으로 분석되었다. 따라서, 시설물의 성능유지를 위해 우선순위 산정결과에 따라 순차적으로 보수를 실시하여 성능목표에 맞추어 유지관리를 한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

1.10 종합결론 및 건의사항

본 시설물은 경기도 안성시 원곡면 칠곡리에 위치한 교량으로 총 연장 270.0m, 폭 19.5m의 PSCI 거더 교량으로, 2005년도에 준공되어 약 19년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태안전성능평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법” (이하 “시설물안전법”이라 한다.)에 따른 성능평가를 시행하여 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데에 있다.

1.10.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판하면

- 바닥판하면 현장조사 결과, 균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 균열부백태, 박리 및 박락, 백업재 탈락, 백태, 보수재 박리 및 백태, 철근노출, 층분리, 파손 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 기 점검 이후 균열과 단면손상에 대한 보수가 시행된 것으로 확인되었으나, 공용기간 증가 및 근접 상세조사로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다.
- 균열 및 균열부백태 - 바닥판에 발생한 균열은 발생위치가 신축이음 단부 및 종조인트 주변으로 대부분의 균열이 폭 0.2mm이하로 일부 균열은 0.3mm의 폭으로 조사되었다. 콘크리트의 재료적 특성인 시공초기 건조수축 및 환경조건(온도변화, 습윤상태) 등에 의해 발생한 비구조적인 균열로 일부 균열이 공용기간 증가, 신축이음 및 종조인트로 유입되는 교면수의 영향으로 진전 및 확대된 것으로 판단된다. 또한, 일부 균열은 백태를 동반하는 것으로 조사되었다. 구조물의 내구성 저하 방지를 위해 균열 폭 0.3mm미만은 표면처리를 실시하고 0.3mm이상은 주입보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 단면손상(박리 및 박락, 철근노출, 층분리, 파손) - 박리 및 박락, 철근노출, 층분리, 파손손상은 주로 신축이음부 주변 바닥판과 쉐플러 단부에 발생한 상태로 시공 당시 신축이음장치 설치 시 발생하는 외부충격 및 공용중 신축이음에서 누수되는 교면수 등에 의한 손상으로 판단된다. 발생한 손상은 내구성확보를 위해 단면보수 및 단면보수(방청)를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 신축이음 누수로 인한 교면수의 지속적인 바닥판 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요하다.
- 백태, 보수재 박리 및 백태 - 백태, 보수재 박리 및 백태 등의 발생위치는 바닥판 단부 주변으로 신축이음부에서 누수되어 유입되는 교면수에 의해 발생한 것으로 손상부위에 교면수 유입으로 인한 콘크리트 열화 등의 2차 손상 발생 방지를 위해 표면처리가 필요할 것으로 판단된다.

2) PSCI Girder

- 거더 외관조사 결과 균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만), 누수흔적, 망상균열, 박리 및 박락, 백태, 보수부 들뜸, 인양홀 주변 파손, 층분리, 파손 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 기 점검 이후 단면손상에 대한 보수가 시행된 것으로 확인되었으나, 공용기간 증가 및 근접 상세조사로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다.
- 균열, 망상균열 - 거더 복부에 발생한 균열은 폭 $0.1\sim0.2\text{mm}$ 이하의 균열로 거더 중앙부가 아닌 지점부에 발생한 상태로 건조수축 및 수화열에 의해 발생한 미세균열이 공용 중 온도변화 등에 의해 육안으로 관찰되는 균열의 형태로 발전된 것으로 추정되며 박락, 녹물흔적 등 동반하는 2차 손상이 없는 점을 고려했을 때 표면처리하여도 구조물의 사용 및 안전에는 지장이 없을 것으로 판단된다.
- 단면손상(박리 및 박락, 층분리, 파손), 보수부 들뜸 - 박리 및 박락, 층분리 손상은 주로 거더 단부에 발생한 상태로 신축이음부에서 누수되어 유입되는 교면수가 거더의 미세균열부에 지속적으로 유입되어 발생한 것으로 판단된다. 또한, 일부 단면손상 보수부에 보수미흡 및 교면수 유입으로 인한 보수부 들뜸이 발생한 것으로 조사되었다. 파손은 거더 단부 인양홀 주변에 발생한 손상으로 시공초기 거더 거치 시 외부충격으로 인해 발생한 손상으로 판단된다. 내구성 확보를 위해 거더에 발생한 단면손상에 대한 단면보수가 필요하며, 신축이음 누수로 인한 교면수의 지속적인 하부 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요할 것으로 판단된다.
- 백태 및 누수흔적 - S7-G5 거더에 조사된 백태 및 누수흔적은 P6 신축이음 하부 누수로 인해 발생한 손상으로 손상의 규모가 크지 않고 경미하나, 내구성확보를 위해 표면처리를 실시하는 것이 바람직하다.

3) 가로보

- 가로보 외관조사 결과 균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만), 균열부백태, 층분리(들뜸), 박리 및 박락(들뜸), 백태, 재료분리 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 기 점검 이후 균열과 단면손상에 대한 보수가 시행된 것으로 확인되었으나, 공용기간 증가 및 근접 상세조사로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다.
- 균열, 균열부 백태, 단면손상(층분리, 박리 및 박락, 재료분리) - 가로보에 발생한 균열, 층분리, 박리 및 박락손상은 단계별 시공에 따른 부재간 구속력 및 콘트리트 재료적 특성에 의한 건조수축, 공용기간 증가 등 복합적인 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 일부 균열에서 환경조건(온도변화, 습윤상태)으로 인해 백태를 동반하고 있는 것으로 조사되었다. 발생한 손상은 내구성 저하 방지를 위해 균열에 대한 표면처리, 단면손상에 대한 단면보수가 필요하다. 또한, 시공초기 다짐불량 등 시공미흡으로 인해 재료분리가 일부 발생한 것으로 조사되었으며, 손상의 정도는 경미하나, 진전 및 확대 방지를 위해 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

- 백태 - 가로보에서 조사된 백태는 신축이음 하부 누수로 인해 발생한 손상으로 손상의 규모가 크지 않고 경미하나, 내구성확보를 위해 표면처리가 필요할 것으로 판단된다.

4) 교대 및 교각

- 교대 및 교각에 대한 외관조사 결과 균열(0.1mm~0.5mm), 보수부재균열, 망상균열, 박리, 박락, 박락 및 철근노출, 백태, 보수부 박리 및 들뜸, 누수오염 및 누수흔적, 보호블럭 박리, 침하 및 파손, 식생, 실런트 열화, 재료분리, 파손, 페콘크리트 적치 등이 조사되었다. 기 점검 이후 균열과 단면손상에 대한 보수가 시행된 것으로 확인되었으나, 공용기간 증가 및 근접상세조사로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다.
- 균열 및 망상균열 - 교각에 전반적으로 발생한 균열(0.1~0.3mm)은 주로 수직균열 형태로 발생하였으며 균열의 위치와 형상을 고려했을 때 콘크리트 타설 후 수화열 및 소성수축에 기인한 균열, 거푸집 구속에 의한 건조수축 및 온도변화 등이 주요한 원인으로 추정되며, 공용기간 증가로 인해 일부 균열손상의 균열 폭이 진전된 것으로 판단된다. 교각 P6 기둥부에 발생한 균열폭 0.5mm 수직균열은 누수오염부에 발생한 상태로 신축이음 누수에 따른 지속적인 교면수 유입, 동결융해, 온도변화 등에 의해 진전된 것으로 판단된다. 0.5mm 수직균열은 손상등급 d등급에 해당되어 중대한 결함에 포함되는 손상이나, 교각의 부등침하 등 외적거동이 없는 점과 누수흔적부에 한해 발생되었고, 균열부 주변 녹물흔적이 없는 점을 고려했을 때 구조적인 균열은 아닌 것으로 판단하여 중대한 결함으로 지정하지 않았다. 또한, 발생한 균열에 대한 균열심도(3.2.2 콘크리트 내구성 조사, 균열깊이 측정 참조)를 측정한 결과, 균열 심도가 철근 피복두께를 초과하지 않은 것으로 분석되었다. 차기 점검 시 균열손상에 대한 진전 여부를 관찰할 수 있도록 균열게이지를 부착하였으며, 해당손상에 대해 조속한 보수가 실시될 수 있도록 관리주체에 즉각적인 보고를 실시하였다. 망상균열은 균열폭 0.1~0.2mm의 미세균열로 손상의 정도는 경미하고, 금회 현장조사 결과 일부 보수가 시행된 것으로 확인되었으며, 기존 보수부에 보수미흡으로 인한 재균열이 일부 발생한 것으로 조사되었다. 따라서, 시설물의 내구성 확보 및 추가적인 손상 진전을 방지하기 위해 균열폭 0.3mm미만은 표면처리, 0.3mm이상은 주입보수, 0.5mm이상 균열은 충전보수가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 신축이음 누수로 인한 지속적인 교면수 하부 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요하다.
- 단면손상(박락 및 철근노출, 박리, 박락, 재료분리, 파손), 보수부 박리 및 들뜸 - 박락 및 철근노출, 박리, 박락, 보수부 박리 및 들뜸 등은 대부분 신축이음부가 위치한 교대 및 교각(A1, A2, P3, P6)에 발생하였으며, 신축이음 누수로 인한 교면수 유입으로 콘크리트 열화 및 환경적 요소(동결융해, 우수유입), 반복적인 진습작용 등에 의해 발생한 것으로 손상의 진전 및 확대 방지를 위해 단면보수 및 단면보수(방청)이 필요하며, 신축이음 누수로 인한 지속적인 교면수 하부 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요하다. 또한, A2 교대에 발생한 재료분리는 시공시 다짐불량 등의 시공미흡으로 발생한 것으로 판단되며, 교각 기둥부에 발생한 파손은 외부충격으로 인해 발생한 것으로 손상의 정도는 경미하나, 내구성 확보를 위해 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

- 누수오염 및 누수흔적, 실런트 열화 - 누수흔적 및 누수오염은 주로 신축이음부가 위치한 교대 및 교각(A1, A2, P3, P6)에 발생한 상태로 신축이음 누수로 인해 교면수가 하부로 유입되면서 발생한 것으로 손상부위에 교면수 접촉으로 인한 콘크리트 열화 등의 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 교대에 발생한 실런트 열화는 공용기간 증가 및 교면수 영향으로 발생한 것으로 교면수 유입 차단을 위해 실링보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 보호블럭 침하 및 파손, 박리, 식생 - 교대에 발생한 보호블럭 침하 및 파손은 성토 시 다짐미흡 및 우수유입 등으로 인한 토사유실로 인하여 발생한 것으로 추정되며 기 점검과 비교 시 손상의 진전은 없는 것으로 판단되나 측면에 설치된 배수로의 파손으로 인해 우수가 지속적으로 유입되어 손상의 진전 및 확대될 우려가 있으므로 유도배수로 정비 및 보호블록 재설치 등의 적절한 조치가 필요하다.

5) 교량반침

- 교량반침 외관조사 결과, 받침물탈균열(0.3mm미만), 망상균열, 박락 및 들뜸, 파손, 받침콘크리트균열(0.3mm미만), 받침콘크리트균열(0.3mm이상), 박리 및 박락, 재료분리, 층분리, 받침플레이트 부식 등이 조사되었으며, 공용기간 증가 및 근접 상세조사 등으로 일부 손상물량이 소폭 증가된 것으로 분석되었다.
- 받침 콘크리트 및 받침물탈균열, 망상균열 - 받침콘크리트 및 받침물탈균열은 0.1~0.3mm의 폭으로 발생하였으며, 균열의 양상이 대부분 교축방향, 교직방향 구분 없이 산발적으로 발생한 점 등을 고려할 때 상부구조의 신축거동 불량 및 수평력 발생 등에 의한 구조적 균열이 아닌 재료적 특성 및 무수축 몰탈재와 받침플레이트 간의 열팽창계수 상이 등의 복합적인 요인으로 발생한 균열이 공용기간 증가로 인해 균열폭이 일부 증가된 것으로 판단되며, 내구성 향상을 위한 표면처리와 주입보수가 필요하다.
- 단면손상(박락 및 들뜸, 파손, 박리 및 박락, 재료분리, 층분리) - 받침물탈과 받침콘크리트에 발생한 단면손상은 시공미흡으로 인한 취약부위에 신축이음 누수로 인한 교면수 유입, 환경적 요소(우수유입, 동결융해), 반복적인 건습작용 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 파손은 외부충격에 의해 발생한 것으로 손상의 정도나 범위가 경미하나, 손상의 진전 방지를 위해 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 받침 플레이트 부식 - 교량반침에 전반적으로 발생한 플레이트 부식은 공용기간 증가에 의한 도장열화 및 습윤한 외기환경, 신축이음 누수 등으로 인해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보를 위한 도장보수가 필요하다., 교량반침의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과, 받침장치의 이동여유량은 충분한 것으로 평가되었으며 추후에도 지속적으로 관찰 하도록 한다.

6) 신축이음장치

- 신축이음 외관조사 결과, 후타재균열(0.3mm미만), 후타재균열(0.3mm이상), 망상균열, 박리, 파손, 본체부식, 신축이음 누수, 유간 토사퇴적, 차수판 변형, 차수판 덮개 볼트탈락, 종조인트 백업재 탈락, 본체변형, 본체부식, 유간 토사퇴적, 파손, 후타재 균열 등이 조사되었다. 기 점검 이후 A2 신축이음 장치 교체로 인해 후타재균열과 단면손상 등의 손상물량이 감소하였으나, 공용기간 증가 및 근접 상세조사로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다.
- 후타재 손상, 본체부식, 유간 토사퇴적 - 금회 조사된 후타재 균열, 망상균열, 박리, 파손은 후타재 급속타설, 건조수축, 반복적인 차량 통행하중 및 재설제의 영향 등으로 인해 발생한 것으로 판단되며 발생한 손상으로 인한 신축이음 기능저하 등은 없는 상태로 주의관찰 후 관리주체의 유지관리계획에 맞추어 보수하여도 구조물의 사용성에는 지장이 없을 것으로 판단된다. 다만, 교대 A1 신축이음부 후타재에 발생한 후타재 파손은 방치 시 주행하는 차량에 영향을 미치는 상태로 판단되어 해당손상에 대해 조속한 조치가 실시될 수 있도록 관리주체에 즉각적인 보고를 실시하였다. 또한, 신축이음 본체부식은 공용기간 증가 및 지속적인 우수 및 재설제 등의 접촉으로 인해 발생한 것으로 보수보다는 주의관찰이 요구되며, 유간 토사퇴적은 통행차량에 의해 주변 토사가 유입되어 퇴적된 것으로 원활한 신축거동을 위해 주기적인 청소가 요구된다.
- 신축이음 누수 - 우천 시 신축이음 누수에 대한 추가적인 조사를 진행하였으며, P6측 신축이음부에서 누수가 발생하는 것으로 확인되었다. 공용기간 증가 및 육안으로는 확인되지 않았지만 신축이음 배수 고무재의 파손으로 인해 발생한 것으로 추정되며, 우천 시 누수에 대한 추가조사 시 누수가 확인되지 않은 A1, A2, P3측에도 하부구조에 누수흔적 및 누수로 인한 손상들이 발생한 것을 고려했을 때 강우량이 많은 기간에는 누수가 발생하는 것으로 판단된다. 따라서, 신축이음 누수로 인한 구조물의 내구성 저하 방지를 위해 유도 배수시설 설치를 통한 교면수 유입 차단조치가 필요하다.
- 차수판 덮개 변형, 볼트탈락 - 신축작용, 외부충격 및 시공미흡으로 인해 발생한 차수판 덮개 변형 및 볼트탈락은 신축이음 기능 및 차수 상에는 지장을 주지 않는 경미한 손상으로 판단되나, 신축이음 장치의 장기적인 사용성 확보를 위해 재설치가 필요하다.
- 종조인트 손상(본체 변형, 파손, 부식, 후타재손상, 유간 토사퇴적) - 종방향 조인트는 본 구조물인 철곡교와 서안성IC2교, 서안성IC3교가 접속하는 이음부로 일부 구간에서 약 10~20mm의 단차가 조사되었으며, 발생원인은 시공시기 차이에 의한 구조물간 신축거동 상이, 공용기간 증가에 따른 노후화 등에 의해 발생한 것으로 판단된다. 또한, 공용기간 증가에 따른 반복적인 차량 통행하중 및 재설제의 영향, 단차로 인해 종조인트 후타재균열, 후타재파손, 본체변형 및 파손, 부식, 유간 토사퇴적 등의 손상이 발생한 상태이다. 따라서, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 확대 등을 관찰하고 서안성IC 2교 및 서안성IC 3교의 관리주체(한국도로공사 화성지사)와 협의하여 관리주체의 유지관리계획에 맞춘 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

- 교면포장 외관조사 결과, 아스콘균열, 마모, 망상균열, 소성변형, 파손 및 패임, 토사 및 이물질 퇴적 등이 조사되었으며, 공용기간 증가로 일부 손상물량이 증가된 것으로 분석되었다.
- 아스콘 균열 및 망상균열, 마모, 파손 및 패임, 소성변형 - 평택방향 포장부는 2013년 전 구간 재포장 이후 부분적인 손상에 대하여 보수를 실시하여 현재까지 약 10년간 공용중에 있으며, 포장부에 발생한 균열, 망상균열, 마모, 파손 및 패임, 소성변형 등의 손상은 공용중 반복적인 차량 통행하중, 지속적인 재설제의 영향과 중차량 진동, 공용기간 증가에 따른 노후화로 인해 발생한 것으로 판단되며, 조사시점 현재 S1~S6 구간에 망상균열이 국부적으로 발생한 상태로 조사되었다. 포장부의 효율적인 유지관리를 위하여 방향별 포장부에 대한 상태평가(4.3.1. 나. 유지관리를 위한 교면포장부 방향별 상태평가 결과 참조)를 실시한 결과 S1~S6구간 불량율 13.1~40.7%로 상태평가기준 “d등급”으로 분석되었다. 또한, 포장불량부의 코어채취를 실시하여 포장 및 방수층에 대한 품질상태를 확인한 결과, 아스콘 포장두께 80mm를 기준으로 볼 때 하부 약 30mm의 아스콘 상태는 코어가 형성되지 않은 상태로 교면수 체수 발생으로 인한 열화가 발생한 것으로 추정되며, 방수층 상태는 양호한 상태로 판단되나 장기적인 체수 발생 시 바닥판 손상 발생 가능성이 있을 것으로 판단된다. 따라서, 상기 사항들을 고려했을 때 구조물의 장기적인 사용성 및 내구성 확보를 위해 LMC(Latax-Modified Concrete)로 재포장을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 하남방향은 2020년 시설물 보수공사를 통해 전면 재포장을 실시한 것으로 확인되었으며 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 다만, 공용중 반복적인 차량 통행하중, 지속적인 재설제의 영향과 공용기간 증가로 인해 경미한 아스콘 파손이 조사되었으며, 손상의 정도가 주행하는 차량에 영향을 미치는 상태는 아닌 것으로 판단되어 지속적인 주의관찰이 요구된다.
- 토사 및 이물질 퇴적 - 교면포장 일부 구간에 공용기간 증가 및 주행차량에 의해 주변 토사, 비산먼지 등이 퇴적된 것으로 조사되었으며, 주행하는 차량에 미치는 영향은 없으나, 주기적인 청소가 요구된다.

8) 배수시설

- 배수시설 외관조사 결과, 배수관 막힘, 배수관 부식, 파손, 배수구 이물질 퇴적 및 막힘, 배수로 파손, 공동, 유도 배수시설 탈락 등이 조사되었으며, 공용기간 증가로 일부 손상물량이 증가된 것으로 분석되었다.
- 배수구 이물질 퇴적 및 막힘, 배수관 막힘 - 공용기간 증가에 따른 토사 등의 이물질이 퇴적한 상태로 배수구로 유입된 토사 등의 이물질이 배수관 내부에 퇴적된 상태로 점검망치를 이용한 청음조사결과 약 1.0 ~ 2.5m 구간이 막혀있는 것으로 조사되었으며, 교면수의 원활한 배수를 위해 주기적인 청소가 필요하다.

- 배수관 부식, 배수관 파손, 유도 배수시설 탈락 - 배수관 부식은 공용기간 증가 및 지속적인 우수 등의 수분접촉으로 발생되었으며, 손상의 정도가 경미하여 보수보다는 지속적인 주의 관찰이 요구된다. 또한, 교대 A2에 발생한 유도 배수시설 탈락과 교각 P6에 발생한 배수관 파손은 시공미흡 및 외부충격으로 인해 발생한 것으로 원활한 배수 및 2차 손상 발생 방지를 위해 재설치가 필요하다.
- 배수로 파손, 공동 - 배수로 파손 및 공동은 성토다짐미흡 등의 시공미흡 및 우수유입으로 인한 토사유실 등으로 발생한 것으로 추정되며 기 점검과 비교 시 손상의 진전은 없는 것으로 판단되나 우수가 지속적으로 유입되어 손상의 진전 및 확대될 우려가 있으므로 토사채움 및 정비가 필요하다.

9) 난간 및 연석

- 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과, 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 균열부백태, 텔리네이트 파손 및 탈락, 망상균열, 방음벽변형, 보수부 박리 및 망상균열, 볼트체결불량, 열화 및 박리, 가드레일 변형, 파손, 표면오염 및 보수부 박리 등이 조사되었으며, 공용기간 증가 및 근접 상세조사 등으로 일부 손상물량이 증가된 것으로 분석되었다.
- 균열, 균열부백태, 망상균열 - 방호벽 균열 손상은 공용기간 증가와 콘크리트의 재료적 특성 및 부재의 위치적 특성에 따른 우수·일사열 등에 의한 건습반복, 환경적 온도변화 등에 의해 발생한 손상으로 일부 균열은 백태를 동반한 것으로 확인되었다. 균열의 진전 및 확대 방지를 위해 균열폭에 따른 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 열화 및 박리, 파손, 표면오염 및 보수부 박리, 망상균열 - 방호벽에 발생한 열화 및 박리, 파손, 표면오염 및 보수부 박리, 망상균열은 공용기간 증가 및 부재의 위치적 특성에 따른 우수·일사열 등에 의한 건습반복, 동결융해, 보수미흡 등 복합적인 요인으로 인해 발생한 것으로 판단되며, 방호벽은 교량의 주요부재가 아니며 시설물의 구조적 안전성에 큰 영향을 미치지 않고 손상의 깊이 및 심화정도가 크지 않아 경미한 결함으로 판단된다. 다만, 공용기간 증가로 인한 손상의 진전 및 확대 방지를 위해 손상에 따른 적합한 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 가드레일 변형, 텔리네이트 파손 및 탈락, 방음벽 변형, 볼트체결불량 - 가드레일 변형 및 텔리네이트 파손 및 탈락, 방음벽 변형 등의 손상은 주행차량에 의한 외부충격, 공용기간 증가에 따른 노후화로 인해 발생한 것으로 주행하는 차량의 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 판단되며 보수보다는 지속적인 주의관찰이 필요하다. 또한, 중앙분리대 가드레일에서 볼트체결불량이 발생한 상태로 방치 시 공용기간 증가로 인해 탈락 및 전도 등으로 주행하는 차량에 영향을 줄 수 있으므로 재설치가 필요하다.

10) 교량 점검시설

- 점검시설 외관조사 결과, 점검로 출입문 개폐불량, 점검계단 파손 등이 조사되었으며, 공용기간 증가로 인해 점검로 출입문 개폐불량손상이 신규 조사되었다.
- 점검로 출입문 개폐불량 - 교각 P7의 점검로로 출입하는 출입문이 공용기간 증가에 따른 노후화로 개폐불량이 발생하였으며, 지속적인 주의관찰과 향후 유지관리계획에 맞추어 교체가 필요할 것으로 판단된다.

11) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 추락방지시설은 방호벽, 도로포장, 도로부 신축이음부는 본문의 교면포장, 신축이음장치에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판 및 가로보) 26.5~29.9MPa, 상부구조(거더) 39.3~49.9MPa, 하부구조(교대 및 교각) 24.2~29.6MPa로 측정 되었으며, 설계기준압축강도(바닥판 및 가로보: 27.0MPa, 거더:35.0MPa 교대 및 교각 21.0MPa)를 상회한다. 건전부와 비건전부의 검토 결과, 비건전부의 강도가 건전부의 95%이상으로 측정되어 건전부 대비 큰 차이를 보이지 않는 것으로 분석되었으며, 설계기준강도를 상회하는 것으로 확인되어 비건전부의 콘크리트 성능저하는 없는 것으로 판단된다. 따라서, 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 없는 것으로 조사되었다.
- 철근탐사 시험은 상부 5개소, 하부 5개소를 실시하여, 총 10개소를 실시하였으며, 철근 피복 두께 및 배근간격은 설계치와 비교시 전반적으로 준공도면과 대체로 일치하는 것으로 나타났으며, 일부구간 배근간격이 다소 상이하고, 피복두께도 다소 부족한 것으로 측정되어 구조물에 대한 주의관찰이 요구된다.
- 철곡교에서 탄산화시험은 상부구조 3개, 하부구조 1개로 총 4개소 시험을 실시하였으며 결과 값은 아래 표에 정리하였다. 분석 결과, 전개소 모두 “탄산화에 의한 부식발생 우려 없음” 인 ‘a’ 등급으로 평가되었고 100년 이상의 잔존수명을 확보하여 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다.

1.10.2 성능평가 결과

【표 1.10.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	칠곡교		
평가구분	성능별 결함도 점수 (X_n)	평가등급	성능간 가중치 (W_n)
안전성능 평가	0.314	c	0.68
내구성능 평가	0.100	a	0.21
사용성능 평가	0.531	d	0.11
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.314 \times 0.68 + 0.100 \times 0.21 + 0.531 \times 0.11 = 0.293$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.293 • 종합성능평가 결과 : C등급		

1.10.3 종합결론

- 칠곡교는 약 19년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과 대체로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 바닥판 파손 등의 손상은 공용기간 경과시 손상의 진전 및 2차 손상 발생 우려가 있으므로 구조물의 내구성 및 사용성 향상을 위한 적절한 조치를 취하는 것이 필요하다.
- 종합성능평가를 실시한 결과, C등급(0.294)으로 평가되어 B등급(결함도 범위 : $0.2 \leq X < 0.26$)인 성능목표 이하 수준으로 분석되었다. 따라서, 시설물의 성능유지를 위해 우선순위 산정결과에 따라 순차적으로 보수를 실시하여, 성능목표에 맞추어 유지관리를 한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

1.10.4 사용제한의 필요성 여부

- 내구성능의 현저한 저하 또는 구조적 안전성에 문제가 될 만한 사항은 발생되지 않은 상태로 서 시설물의 사용제한은 필요치 않은 것으로 검토되었다.

1.10.5 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 상부구조 파손의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 등의 유지관리가 필요하다.

1.10.6 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 바