

3. 연호고가교

3.1 시설물 개요

3.2 자료수집 및 분석

3.3 현장조사

3.4 콘크리트 내구성조사

3.5 상태평가

3.6 종합평가 및 안전등급 지정

3.7 보수·보강 및 유지관리 방안

3.8 종합결론

3. 연호고가교

3.1 시설물의 개요

본 시설물은 대구광역시 수성구 연호동에 위치한 교량으로서 총 연장 410.0m, 폭 28.9m, 왕복 6차로로 시공되어 있다.

3.1.1 일반사항

【표 3.1.1】 연호고가교 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물번호		BR2003-0000494		관리번호		동부교량-1	
시설물위치		대구광역시 수성구 연호동		준공년월일		2002. 08. 24	
설계하중		DB-24		노 선 명		범안로	
제원	연장	L=410.0m (3@50m+60m+4@50m)					
	폭	B=28.9m, 왕복 6차로					
구조 형식	상부	Steel Box Girder		기초 형식	교 대	파일기초	
	하부	교대 : 역T형식(RTA) 교각 : 다주식 라멘형			교 각	P1, P2 : 파일기초 P3~P7 : 직접기초	
교량받침		납면진받침(L.R.B)		신축이음		A1 : Finger Joint A2 : 저소음굴절형 Joint	
교차시설물		S7,8 하면 체육시설 설치		통과높이		6m	
시 공 자		코오롱건설(주)		관리주체		대구동부순환도로(주)	
부착시설내용		방음벽					

3.1.2 위치도 및 전경사진

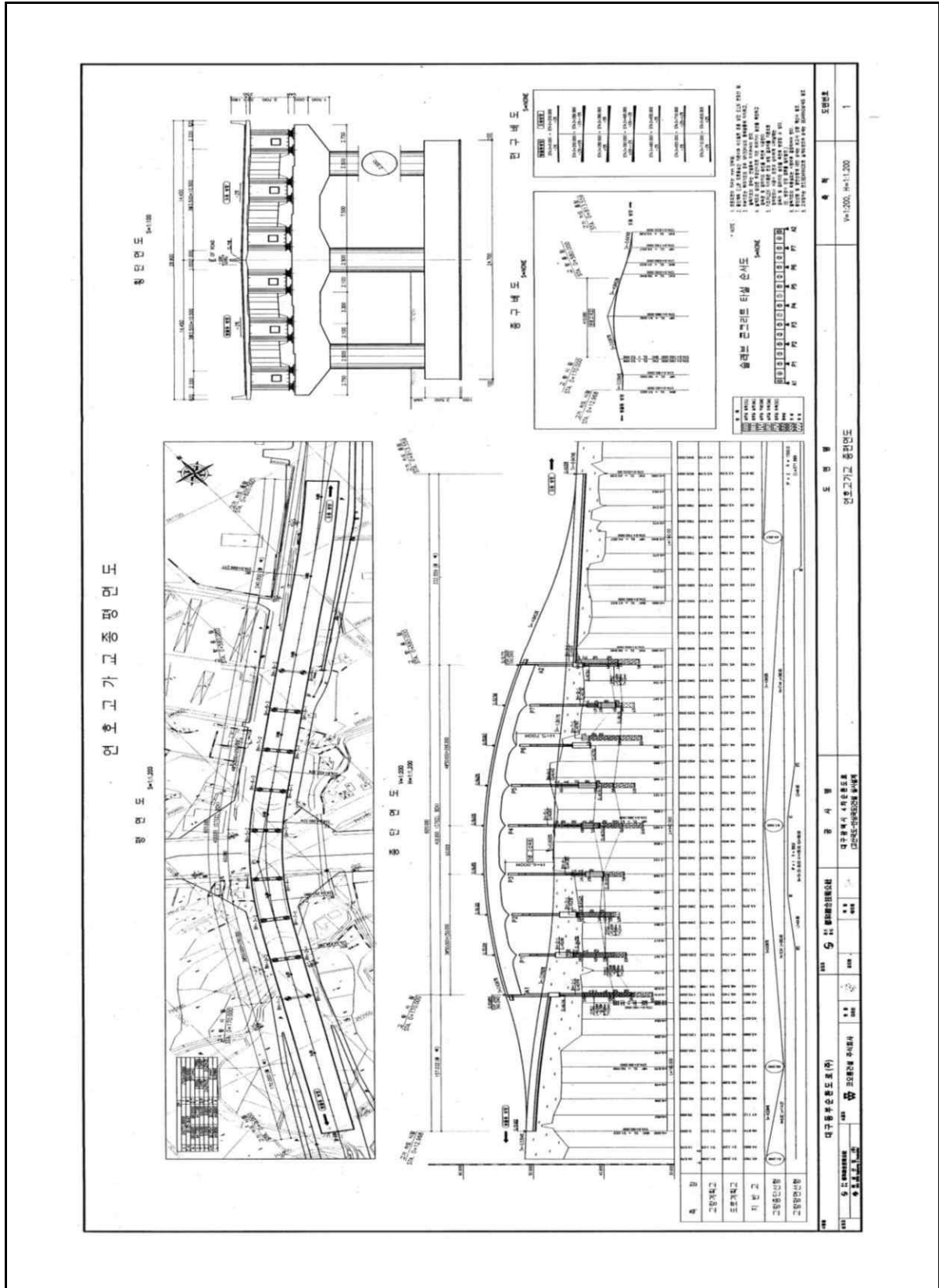


【그림 3.1.1】 위치도

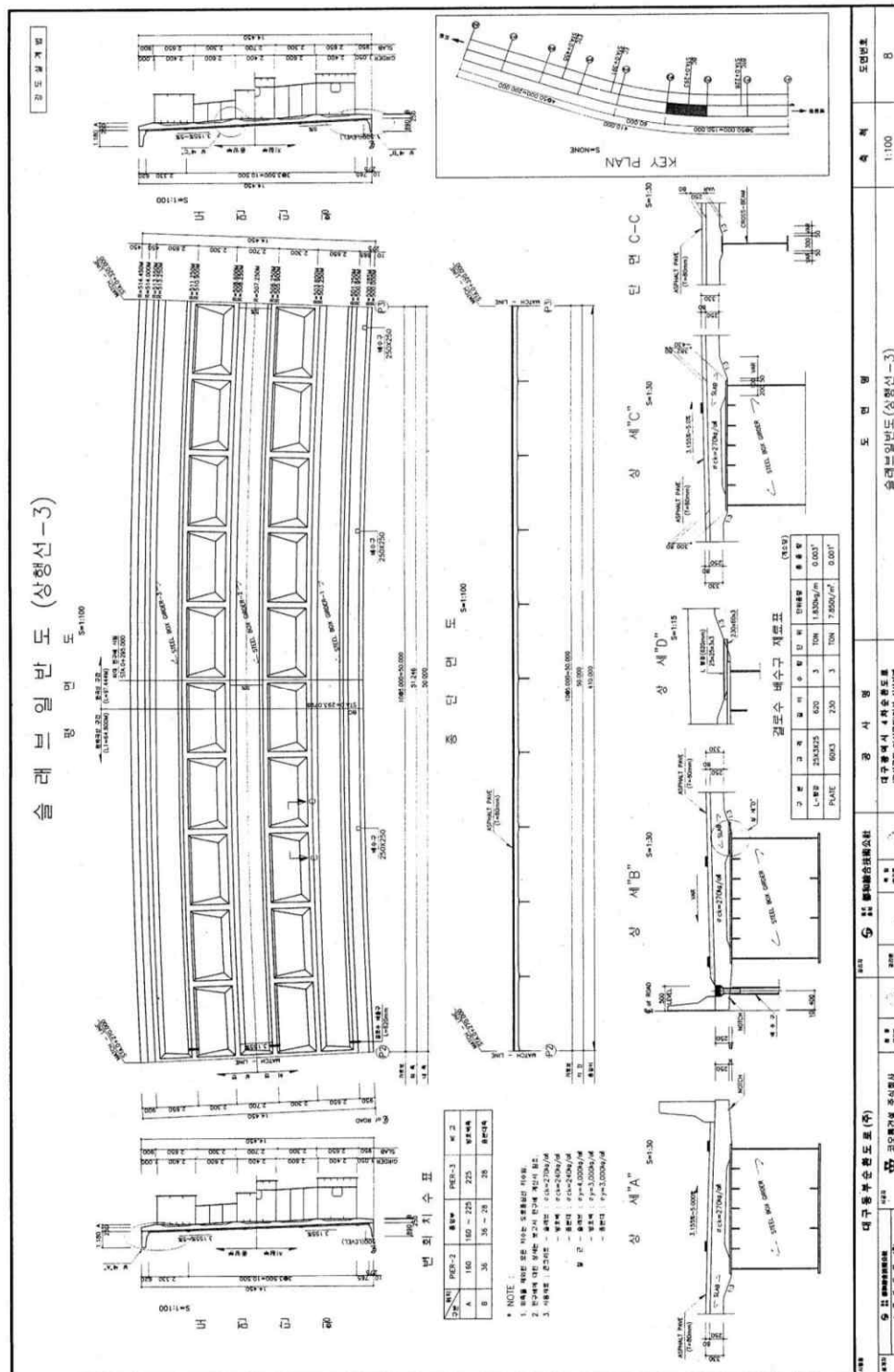
	
교면포장 전경	바닥판하면 전경
	
거더외부 전경	거더내부 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 3.1.2】 부재별 현황

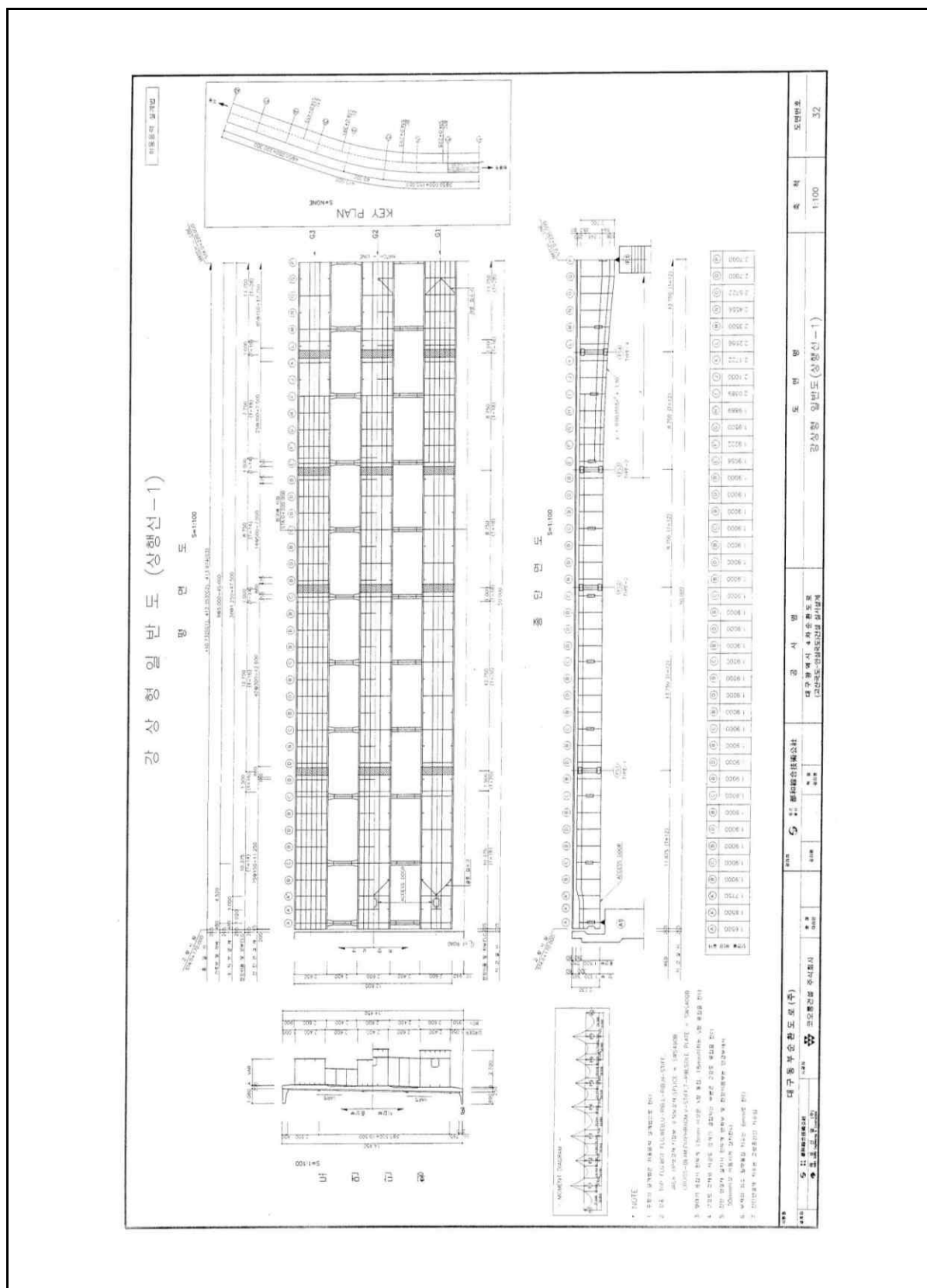
3.1.3 시설물 일반도



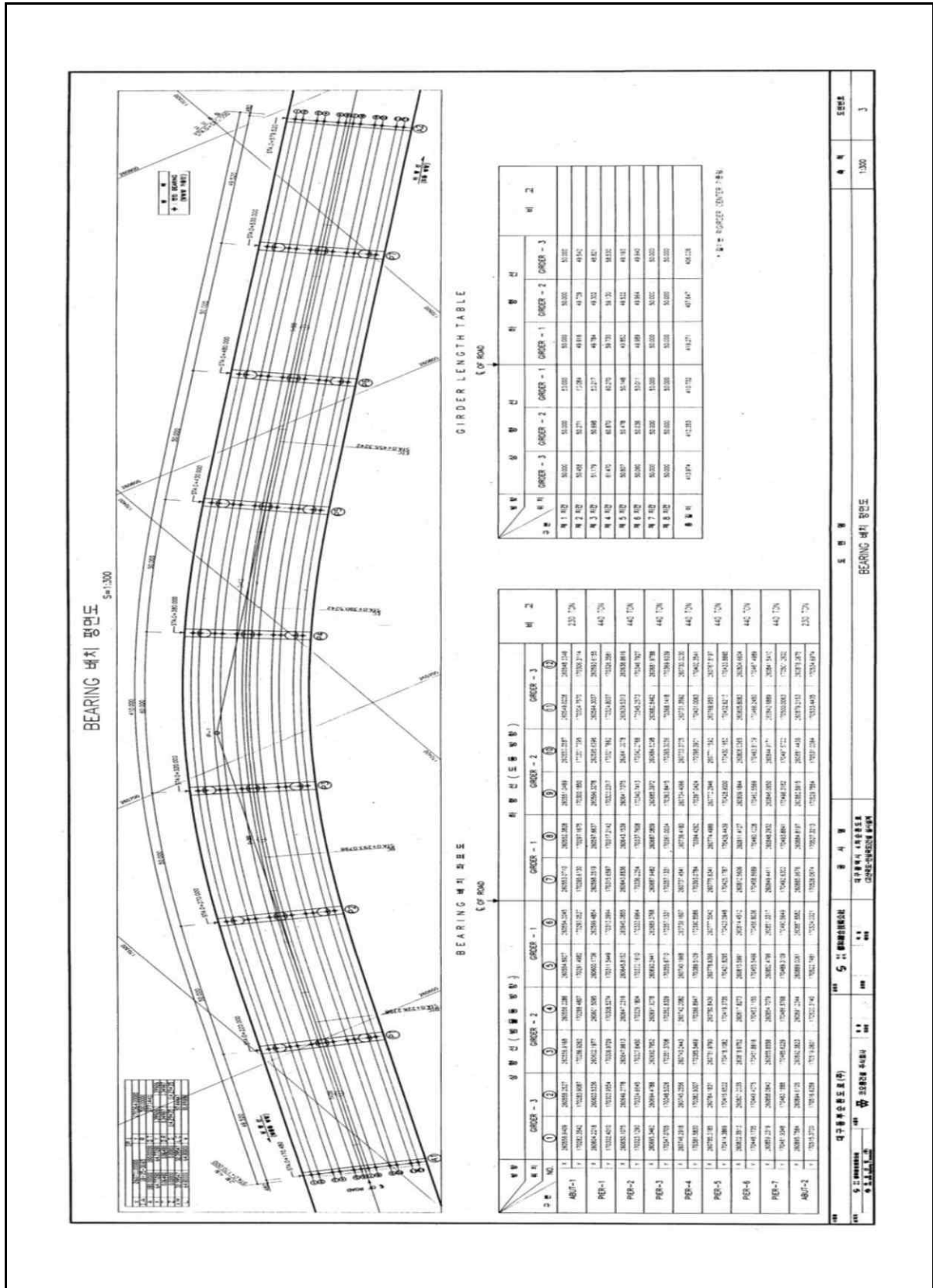
【그림 3.1.3】 평면 및 종단면도



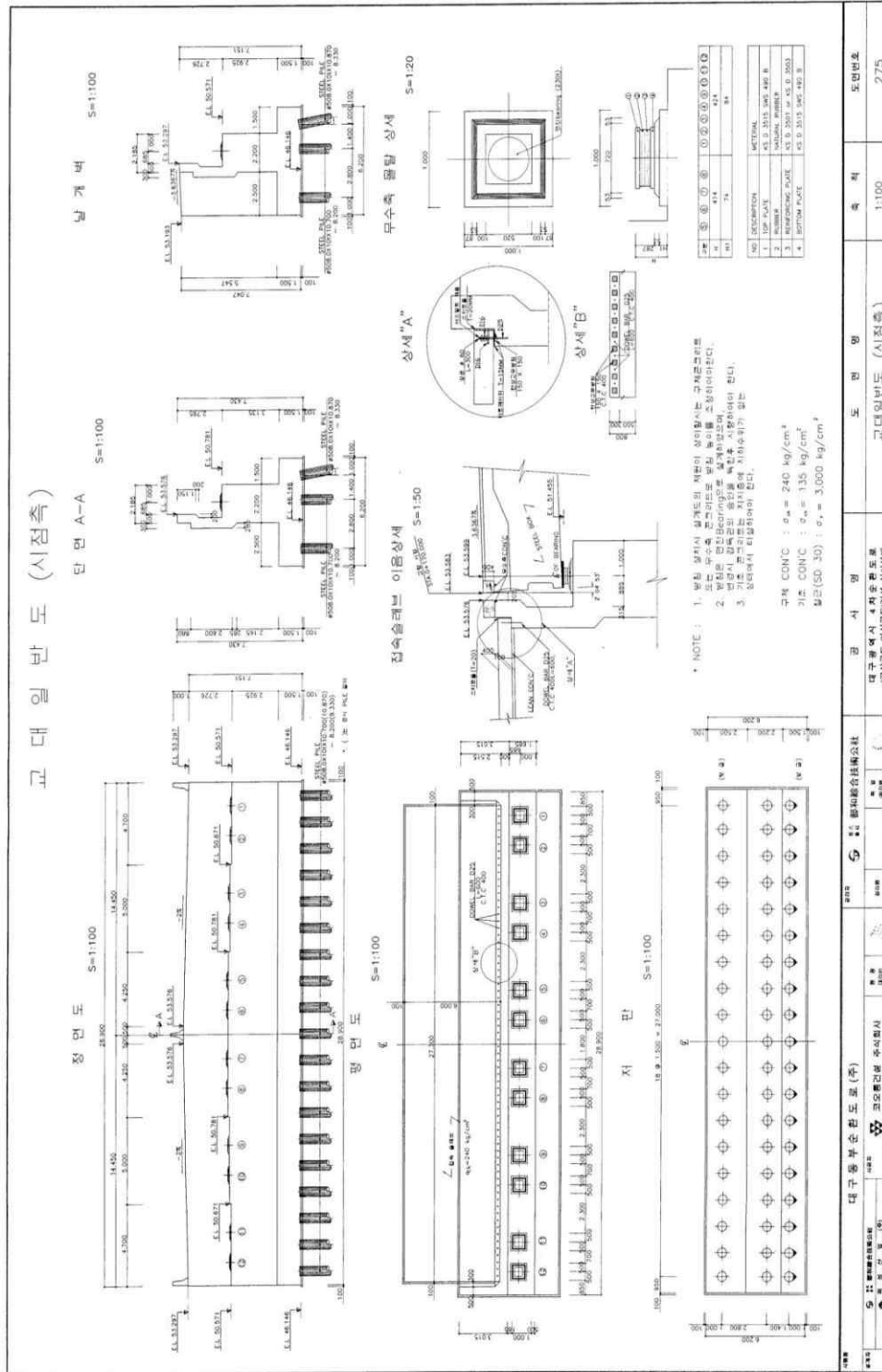
【그림 3.1.4】 슬래브 일반도



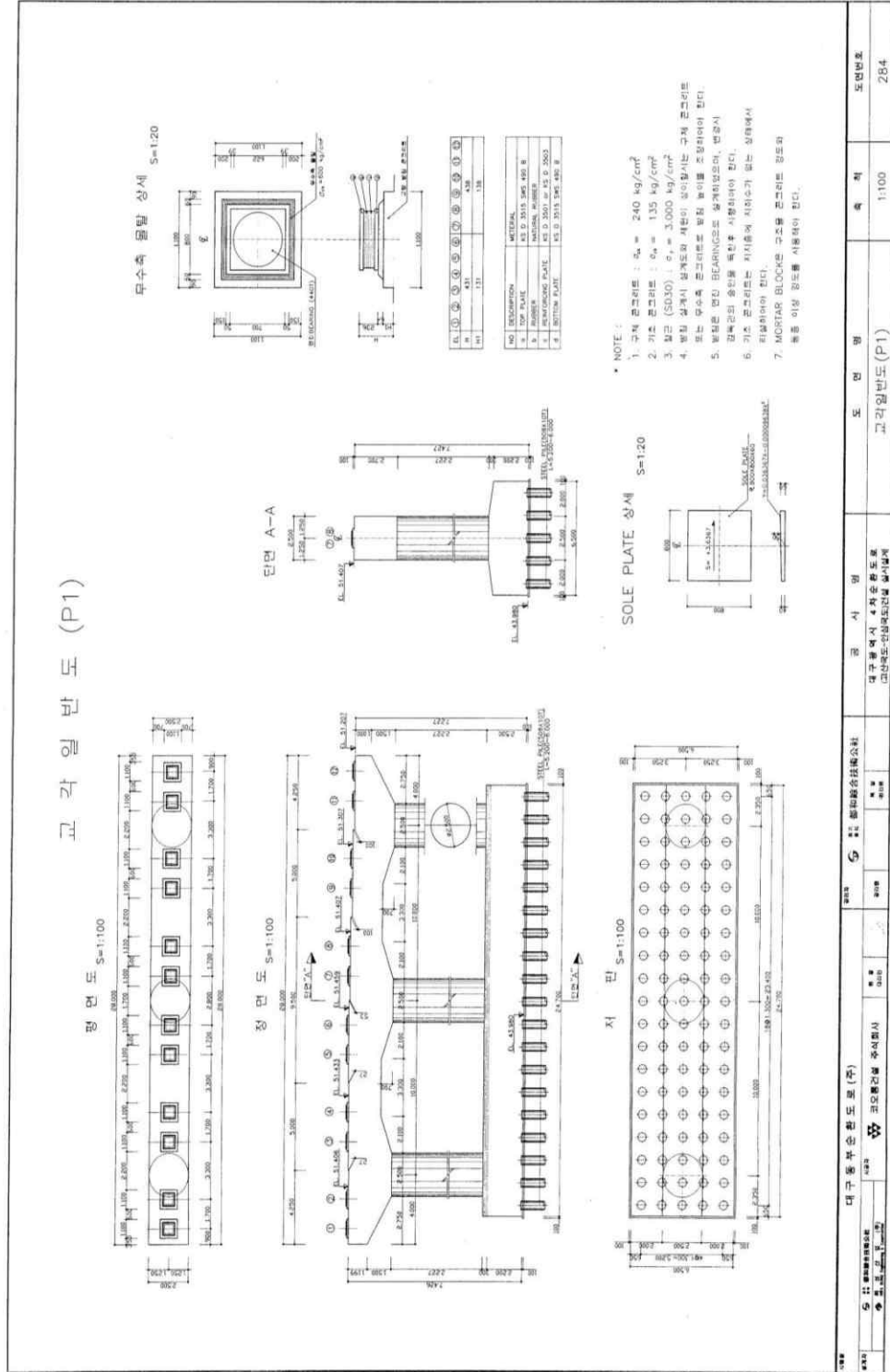
【그림 3.1.5】 강상형 일반도



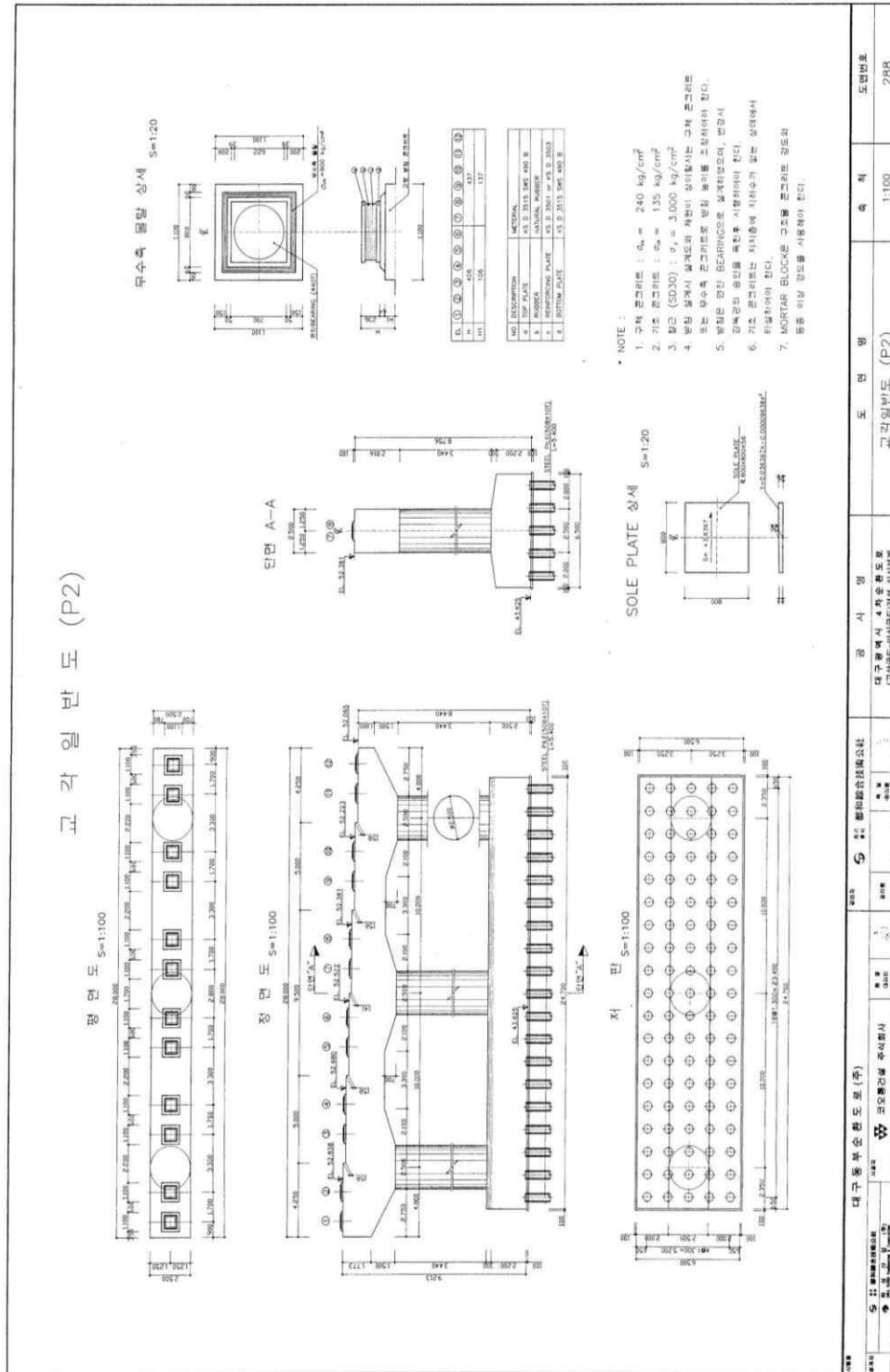
【그림 3.1.6】 교량받침 배치도



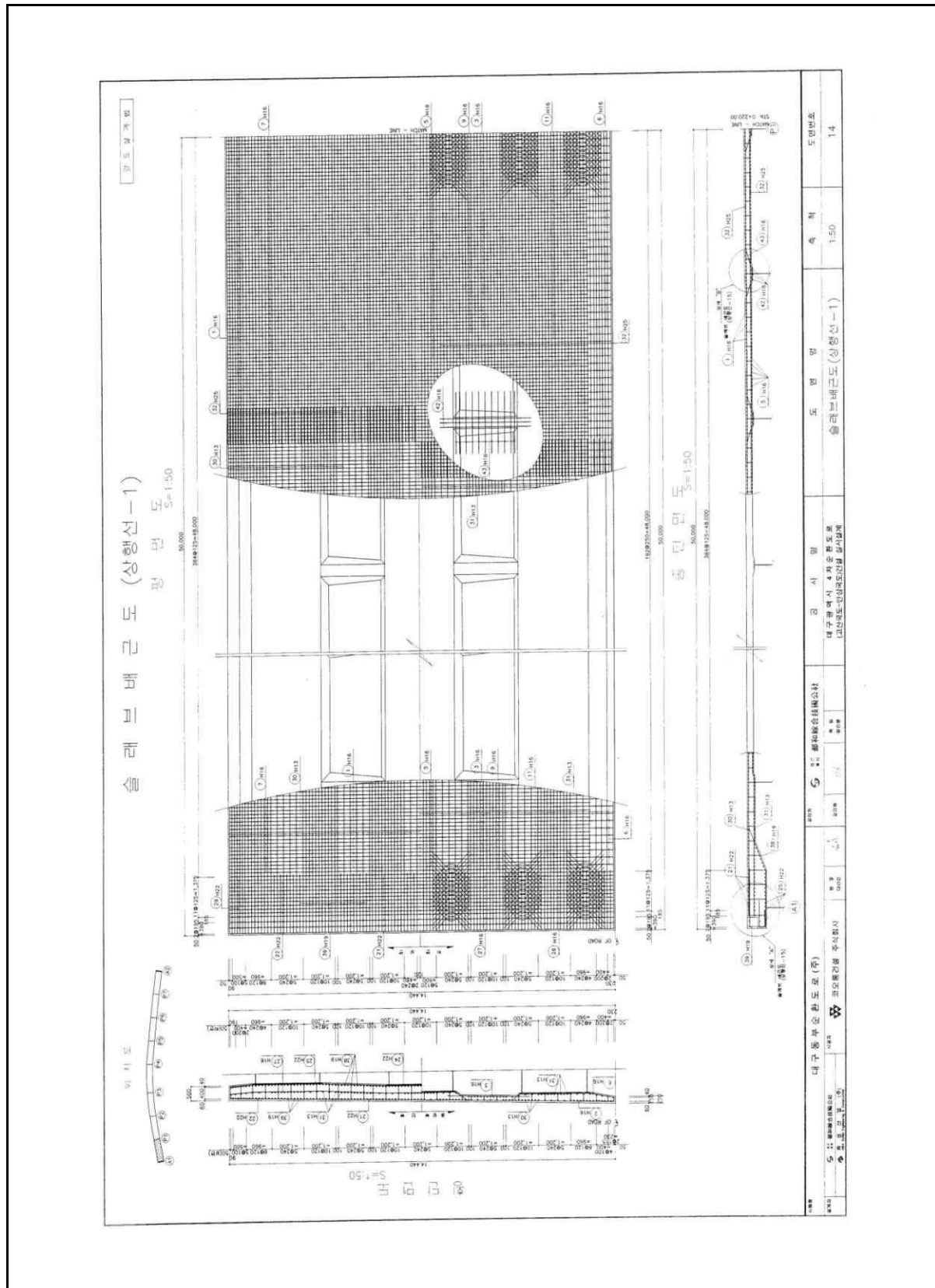
【그림 3.1.7】 교대 일반도



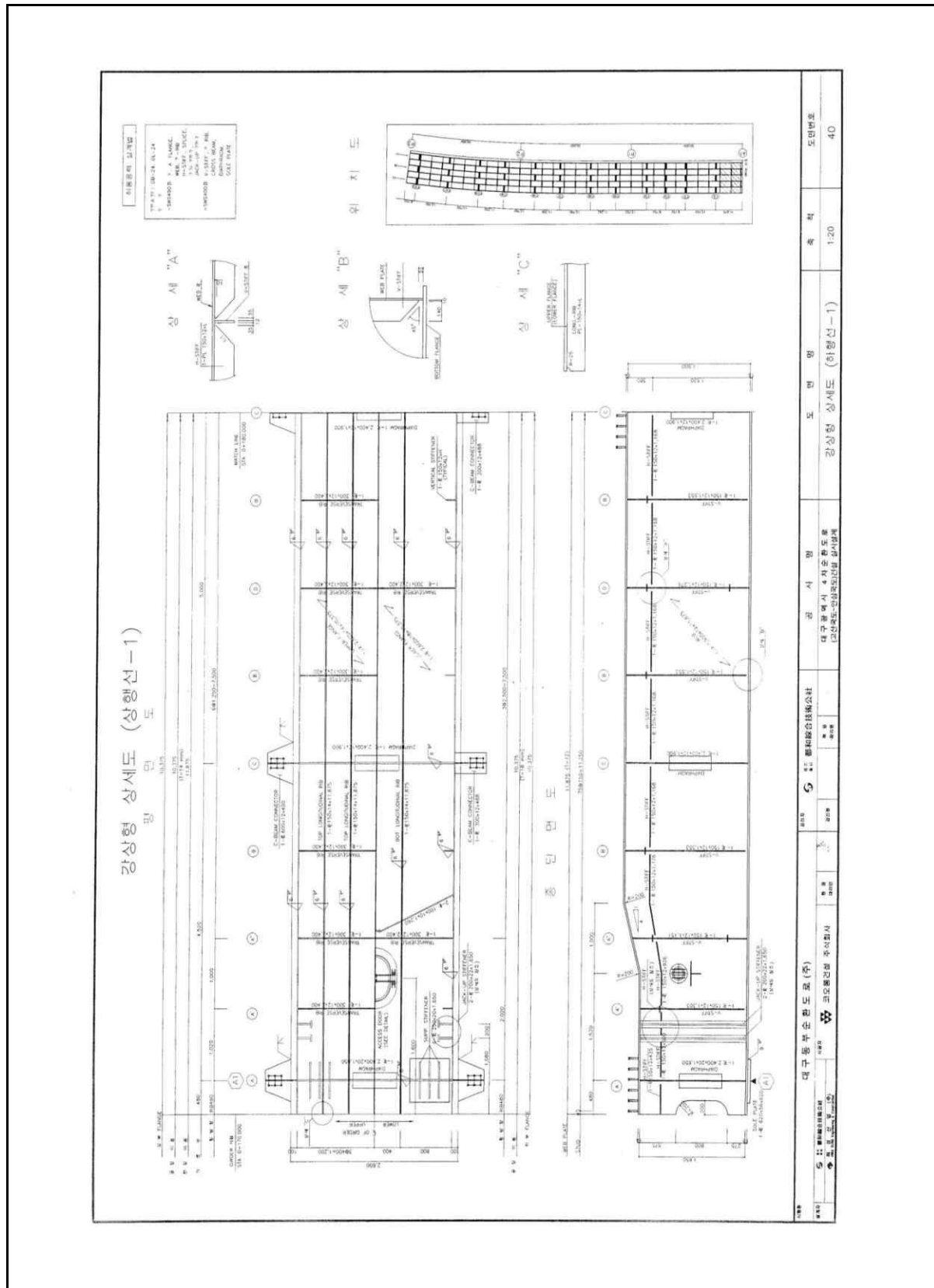
【그림 3.1.8】 교각 일반도(1)



【그림 3.1.9】 교각 일반도(2)

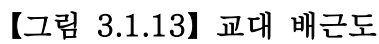


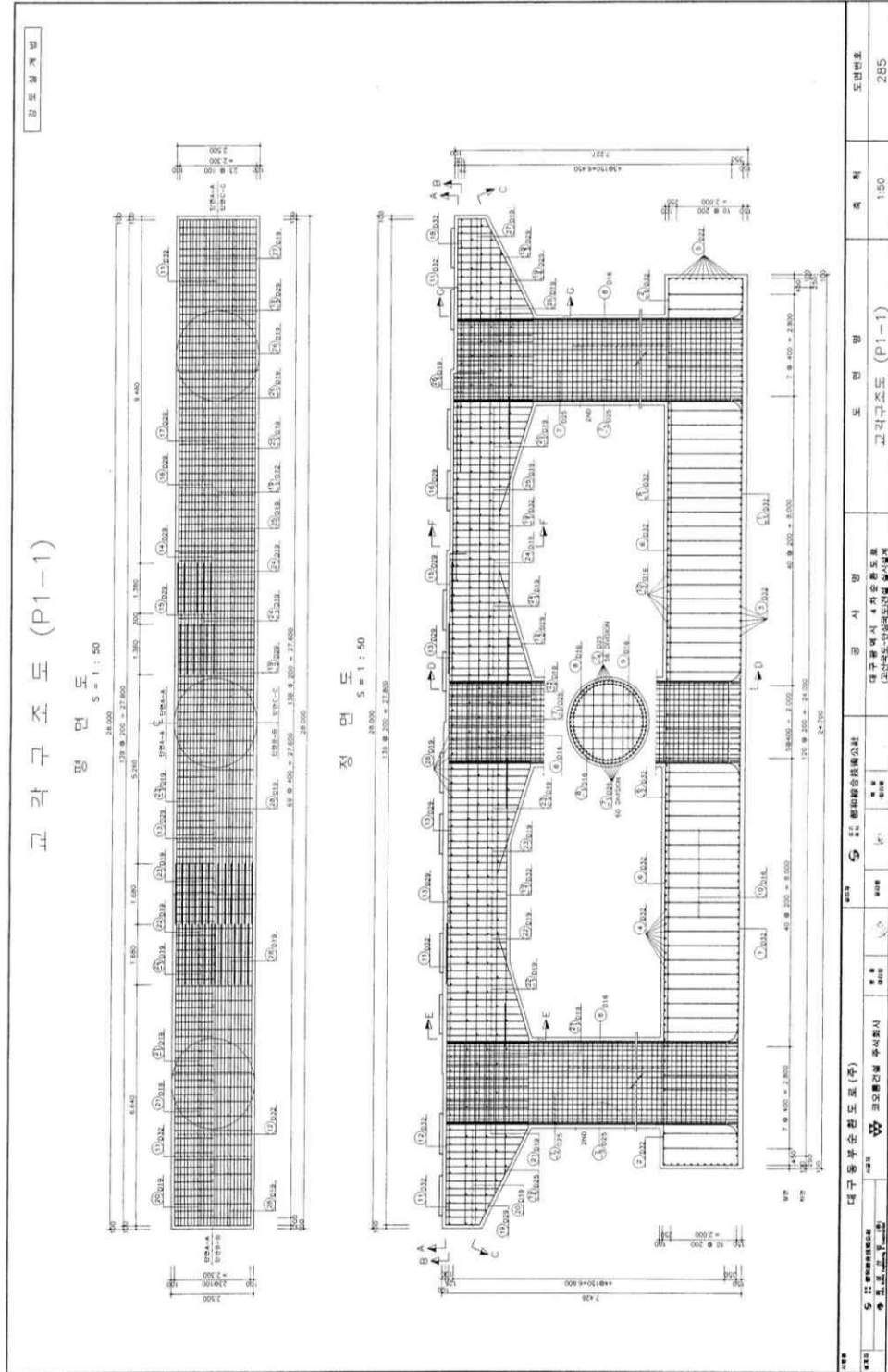
【그림 3.1.10】 슬래브 배근도



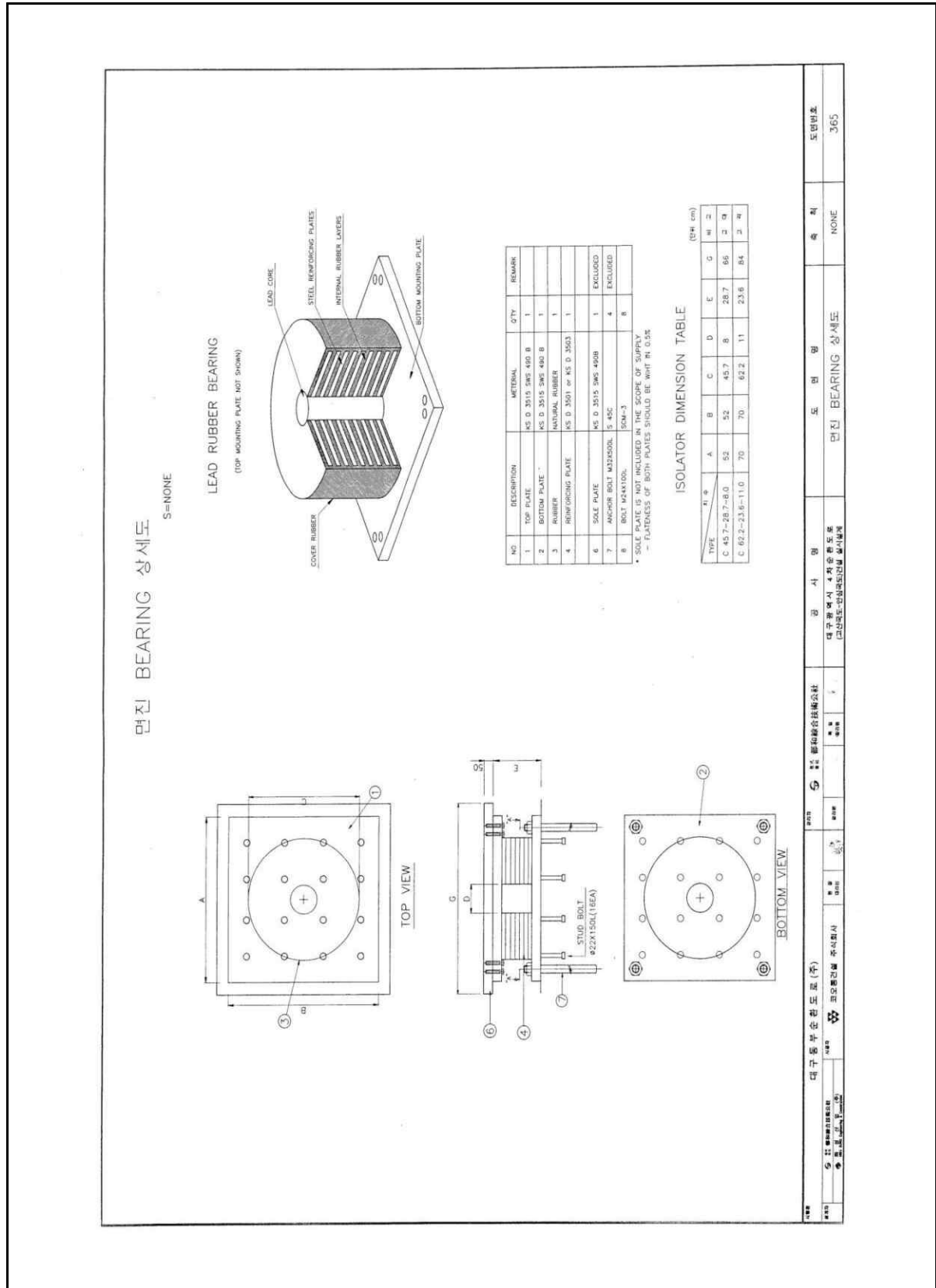
【그림 3.1.11】 강상형 상세도



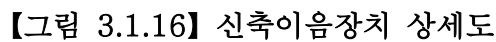


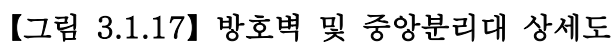


【그림 3.1.14】 교각 구조도



【그림 3.1.15】 교량받침 상세도







3.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “대구광역시 4차 순환도로(고산국도~안심국도)”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

3.2.1 설계자료 검토

가. 구조계산서

1) 설계기준

1.1 일반사항

- 1) 교량형식 : 8경간 연속 STEEL BOX GIRDER
- 2) 연 장 : 3 @ 50 + 60 + 4 @ 50 = 410.000 M
- 3) 폭 원 : 28.900 M
- 4) 교량등급 : 1 등교 (DB 24)
- 5) 곡선반경 : R = 500 M
- 6) 사 각 (SKEW) : 0 °

1.2 하중조건

1) 사 하중

- ㉠ 철근 콘크리트 : 2.50 t/m²
- ㉡ 아스콘 포장 : 2.30 t/m²
- ㉢ 강 재 : 7.85 t/m²

2) 활 하중

- ㉠ 차 큰 하중 : DB-24 $P_f = 2.4$ ton
 $P_r = 9.6$ ton
- ㉡ 차 선 하중 : DL-24 $w = 1.27$ ton/m
 $P_m = 10.8$ ton
 $P_l = 15.6$ ton

$$\text{㉢ 충격계수} : i = \frac{15}{40 + L} \leq 0.3$$

3) 바닥판 콘크리트의 크리프 - 합성형 (도.시 p242)

- 바닥판 콘크리트의 크리프계산(합성형)에 쓰이는 크리프 계수 : $\phi_1 = 2.0$

4) 바닥판 콘크리트와 강재들보와의 온도차 - 합성형 (도.시 p245)

- 바닥판 콘크리트와 강재들보와의 온도차 : $\Delta T = 10.0$ °C
- 바닥판 콘크리트와 강재들보의 선형상계수 : $\alpha = 0.000012$

5) 바닥판 콘크리트의 건조수축 - 합성형 (도.시 p246)

- 최종수축률 : $\epsilon = 0.00018$
- 크리프계수 : $\phi_2 = 2\phi_1 = 4.0$

1.3 사용재료

1) 바닥판 콘크리트

- ㉠ $\sigma_{ck} = 270$ kg/cm²
- ㉡ $E_c = 250000$ kg/cm² (도.시 p96)

2) 철근

- ㉠ $\sigma_y = 4000$ kg/cm²
- ㉡ $E_s = 2040000$ kg/cm² (도.시 p96)

3) 강재

- 주부재 : SWS 490B 부부재 : SWS 400B

1.4 허용응력

1.4.1 강재 (도.시 p124 ~ p125, p130)

1) 허용축방향 인장응력 및 허용휨인장응력

	SS40	SWS400	SWS490	SWS490Y	SWS570
강종	SMA41	SMA41	SMA50	SMA50	SMA58
축방향	1400	1900	2100	2600	
인장응력					

2) 허용축방향 압축응력 (국부좌굴 무시)

	SS40	SWS400	SWS490	SWS490Y	SWS570
강종	SMA41	SMA41	SMA50	SMA50	SMA58
축방향	$l/\gamma \leq 20$ 1400	$l/\gamma \leq 15$ 1900	$l/\gamma \leq 14$ 2100	$l/\gamma \leq 13$ 2600	
인장응력	$20 < l/\gamma \leq 93$ 1400 $-8.4(l/\gamma - 20)$ $93 < l/\gamma$ 12000000 $6700 \cdot (l/\gamma)^2$	$15 < l/\gamma \leq 80$ 1900 $-13(l/\gamma - 15)$ $80 < l/\gamma$ 12000000 $5000 \cdot (l/\gamma)^2$	$14 < l/\gamma \leq 76$ 2100 $-15(l/\gamma - 14)$ $76 < l/\gamma$ 12000000 $4500 \cdot (l/\gamma)^2$	$18 < l/\gamma \leq 67$ 2600 $-22(l/\gamma - 18)$ $67 < l/\gamma$ 12000000 $3500 \cdot (l/\gamma)^2$	
비고	· l : 부재의 유효좌굴 길이 (cm) · γ : 부재 종단면의 부재 2차 반경 (cm)				

1.5 설계방법

1) STEEL BOX GIRDER : 허용응력 설계법

2) 바닥판 SLAB : 강도설계법

1.6 참고문헌

- 1) 도로교표준시방서 - 건설교통부 1996년
- 2) 콘크리트표준시방서 - 건설교통부 1996년
- 3) 도로설계요령 - 한국도로공사 1992년

2) 구조검토 결과 요약_상부구조(바닥판)

3.4. 배력철근량 계산 (도.시 P450)

120 / $\sqrt{2,600} = 74.42\%$ > 67 % $\therefore$ 사용철근량에 67 % 이상 배근

15,888 $\times$ 0.67 = 10,645 cm^2

$\therefore$ USE $A_s = H \ 13 \ \phi \ 120 = 10,558 \text{ cm}^2$ (8.33 EA/M)

TOTAL = 10,558 cm^2

3.5 사용성 검토

1) 종 방향

$M = M_d + M_l = 0.547 + 3.326 = 3.875 \text{ T.M}$

㉠ 처짐 : 처짐계산을 하지 않을 경우 최소두께 검토 (콘.시 P146)

$t_{min} = \left(\frac{2,600}{28} \right) \times \left(0.4 + \frac{4000}{7000} \right)$

= 0.090 m = 9.0 cm < 25 cm $\therefore$ O.K

㉡ 균열

- 인장철근 재원 : $A_s = 15.89 \text{ cm}^2$ $d_c = 4 \text{ cm}$ $d = 21 \text{ cm}$

$B = 100 \text{ cm}$ $p = A_s / (B \times d) = 0.0076$

- 유효인장 단면적

$A = 2 \times d_c \times B/n = 2 \times 4 \times 100 / 8 = 100 \text{ cm}^2$

- 철근의 인장 응력

$k = -n \cdot p + \sqrt{(2np + (np)^2)} = -8 \times 0.0076 + \sqrt{(2 \times 8 \times 0.0076 + (8 \times 0.0076)^2)} = 0.293$

$j = 1 - k / 3 = 1 - 0.293 / 3 = 0.902$

$\sigma_s = M / (A_s \cdot d \cdot j) = \frac{3.875 \times 10^4}{15.89 \times 21 \times 0.902} = 1267.425 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{sa} = 2000 \text{ kg/cm}^2$

$\therefore$ O.K

- 콘크리트의 응력

$\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = \frac{2 \times 3.875 \times 10^4}{0.293 \times 0.902 \times 100 \times 441} = 66.577 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{ca} = 108 \text{ kg/cm}^2$

$\therefore$ O.K

㉢ 휨 철근의 분포를 제한하는 수 Z 산정 (도.시 P402)

$z = \sigma_s \cdot j \cdot \sqrt{(d_c \cdot A)} = 1267 \times 0.902 \cdot \sqrt{(4 \times 100)} = 9486 \text{ kg/cm}^2 < \frac{\text{의(노출)}}{23170 \text{ kg/cm}^2}$

$\therefore$ O.K

2) 전단력

$M = M_d + M_l = 1.225 + 1.920 = 3.145 \text{ T.M}$

㉠ 처짐 : 처짐계산을 하지 않을 경우 최소두께 검토 (콘.시 P146)

$t_{min} = \left(\frac{1,000}{10} \right) \times \left(0.4 + \frac{4000}{7000} \right)$

= 0.097 m = 9.7 cm < 30 cm $\therefore$ O.K

㉡ 균열

- 인장철근 재원 : $A_s = 15.89 \text{ cm}^2$ $d_c = 6 \text{ cm}$ $d = 24 \text{ cm}$

$B = 100 \text{ cm}$ $p = A_s / (B \times d) = 0.0066$

- 유효인장 단면적

$A = 2 \times d_c \times B/n = 2 \times 6 \times 100 / 8 = 150 \text{ cm}^2$

- 철근의 인장 응력

$k = -n \cdot p + \sqrt{(2np + (np)^2)} = -8 \times 0.0066 + \sqrt{(2 \times 8 \times 0.0066 + (8 \times 0.0066)^2)} = 0.277$

$j = 1 - k / 3 = 1 - 0.277 / 3 = 0.908$

$\sigma_s = M / (A_s \cdot d \cdot j) = \frac{3.145 \times 10^4}{15.89 \times 24 \times 0.908} = 908.352 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{sa} = 2000 \text{ kg/cm}^2$

$\therefore$ O.K

- 콘크리트의 응력

$\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = \frac{2 \times 3.145 \times 10^4}{0.277 \times 0.908 \times 100 \times 576} = 43.465 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{ca} = 108 \text{ kg/cm}^2$

$\therefore$ O.K

㉢ 휨 철근의 분포를 제한하는 수 Z 산정 (도.시 P402)

$z = \sigma_s \cdot j \cdot \sqrt{(d_c \cdot A)} = 908.4 \times 0.908 \cdot \sqrt{(6 \times 150)} = 8770 \text{ kg/cm}^2 < \frac{\text{의(노출)}}{23170 \text{ kg/cm}^2}$

$\therefore$ O.K

3) 구조검토 결과 요약_상부구조(거더)

6. 주형 단면 검토

(1) SECTION TYPE : 1 (244절점 + 0.375M지점)

• 슬래브 유효폭 (b_{eff}) : 470.00 cm

• 슬래브 두께 (t_s) : 25.00 cm

• 한지 (t_h) : 5.00 cm

• 플랜지 폭 (전체폭) (b_{fl}) : 260.00 cm

• 상연플랜지 폭 (b_{fl}) : 260.00 cm

• 상연플랜지 두께 (t_u) : 1.40 cm

• 상연플랜지 높이 (t_u) : 15.00 cm

• 상연플랜지 갭수 : 5 EA

• 웹 두께 (t_w) : 1.20 cm

• 웹 높이 (t_w) : 190.00 cm

• 웹 갭수 : 2 EA

• 하연플랜지 두께 (t_l) : 1.40 cm

• 하연플랜지 높이 (t_l) : 15.00 cm

• 하연플랜지 갭수 : 2 EA

• 하연플랜지 폭 (b_{fl}) : 260.00 cm

• 하연플랜지 두께 (t_l) : 1.80 cm

• σ_{ck} : 270 kg/cm^2

• E_s : $2.10 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

• E_c : $2.50 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$

• $n (E_s/E_c)$: 8

• k : 0.362

○ 설계 단면력

구분	항목명(T.M)	전단력(T)	TORSION(T.M)
합성전사하중	842.560	30.322	0.109
	246.365	9.367	-1.632
합성후사하중	507.011	42.610	-61.622
지점침하	34.315	0.000	0.000

○ 단면 재형

※ 주부재 사용강종 : SRS 490B

구분	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	Y (cm)	A $\times$ Y (cm ³)	I _y (cm ⁴)	A $\times$ Y ² (cm ⁶)
UPPER FLANGE	260.0	1.4	364.00	-95.7	-34834.8	59.5	333690.4
UPPER RIB	15.00	1.4	15.00	-87.5	-1312.5	1968.8	603906.3
WEB PL	190.00	1.2	190.00	456.00	86520.0	1371800.0	
LOWER RIB	15.00	1.4	15.00	87.5	1312.5	787.5	321562.5
LOWER FLANGE	260.0	1.8	468.00	95.9	44881.2	126.4	4304107.1
TOTAL			1435.00		4533.9	1374742.1	8763266.2
CON'C (N=8)	470.0	25.0	1468.75	-112.5	-165234.4	76497.4	18588667.2

⑤ 전단 응력 검토

• 횡전단응력

$\tau_b = S / A_w = 82199.000 / 456.000 = 180.261 \text{ kg/cm}^2$

• 비틀림에 의한 전단응력

$\tau_s = M_t / (2 \cdot F \cdot t_w)$

M_t : 비틀림 모멘트 ($t \cdot m$) = 63.145 $t \cdot m$

F : 폐단면부의 박판두께 중앙선으로 둘러싸인 면적 (m^2) = 46213.920 cm^2

t_w : 박판두께 (m) = 1.200 cm

$\therefore \tau_s = 6314500.0 / (2 \times 46213.920 \times 1.200) = 56.932 \text{ kg/cm}^2$

• 전단응력 합계

$\tau = \tau_b + \tau_s = 180.261 + 56.932 = 237.193 \text{ kg/cm}^2$

$\tau < \tau_{a=1100.00 \text{ kg/cm}^2} \therefore$ O.K

⑥ 조압 응력 검토

$f = 0.65 \cdot (\varphi/n)^2 + 0.13 \cdot (\varphi/n)^2 + 1.0$

$= 0.65 \times (0.00 / 6)^2 + 0.13 \times (0.00 / 6)^2 + 1.0$

$= 1.00$

$\rightarrow \varphi = (\sigma_1 + \sigma_2) / \sigma_1 \approx 0.0$

n : 종방향 보강재에 의해서 구분되는 Panel의 수 = 6

f : 응력 구배 계수 φ : 응력 구배

σ_1, σ_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $\sigma_1 \geq \sigma_2$ 이며 압축 응력을 정수로 한다.)

• 인장 FLANGE의 허용응력 : $\sigma_{ta} = 1900.00 \text{ kg/cm}^2$

• 압축 FLANGE의 허용응력

$t \geq \frac{b}{24 \cdot f \cdot n} = \frac{240.00}{24 \cdot 1.00 \times 6} = 1.667 \text{ cm}$

b : 240.00

$24 \cdot f \cdot n > t \geq \frac{b}{48 \cdot f \cdot n} = \frac{240.00}{48 \cdot 1.00 \times 6} = 0.833 \text{ cm}$

USE 압축 FLANGE 두께 1.40 cm

$\therefore \sigma_{ca} = 1900 - 39 \times \left(\frac{b}{t \cdot f \cdot n} - 24 \right) = 1721.714 \text{ kg/cm}^2$

• 철근콘크리트의 허용응력 : $\sigma_{ca} = 0.30 \sigma_{ck} = 81.00 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_{ta} = 0.07 \sigma_{ck} = 18.90 \text{ kg/cm}^2$

ii) 연 령 집 계

하중조합	CONCRETE			STEEL			
	작용응력(kg/cm ²)		허용응력(kg/cm ²)	작용응력(kg/cm ²)		허용응력(kg/cm ²)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1				828.600	-779.338	1721.714	1900.000
1+2	32.948	21.123	81.000	983.960	-1355.036	1721.714	1900.000
1+2+3	26.127	17.899	81.000	1042.276	-1330.083	1979.971	1900.000
1+2+3+4	15.964	7.336	81.000	1165.389	-1281.221	1979.971	1900.000
1+2+3+4±5	26.682	19.256	93.150	1308.646	-1350.165	2238.229	2185.000
1+2+3+4±5+6	26.183	20.216	93.150	1315.722	-1376.387	2238.229	2185.000

※ 응력의 부호 : (-) 인장응력, (+) 압축응력

iii) 합 성 응 력 검 토

$$\begin{aligned}
 & \text{상 연 } \left(\frac{\sigma}{\sigma_a} \right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_a} \right)^2 \\
 &= \left(\frac{1165.389}{1979.971} \right)^2 + \left(\frac{237.193}{1100.000} \right)^2 \\
 &= 0.393 < 1.200 \quad \therefore O.K \\
 \\
 & \text{하 연 } \left(\frac{\sigma}{\sigma_a} \right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_a} \right)^2 \\
 &= \left(\frac{-1355.036}{1900.000} \right)^2 + \left(\frac{237.193}{1100.000} \right)^2 \\
 &= 0.555 < 1.200 \quad \therefore O.K
 \end{aligned}$$

iv) 항복에 대한 안전도 검토(도.시 P249)

$$\begin{aligned}
 & \text{하중조합} : 1.3 \times (\text{합성전사하중} + \text{합성후사하중}) + 2.1 \times (\text{활하중} + \text{충격}) \\
 & \quad + 1.0 \times (\text{크리프} + \text{건조수축} + \text{온도변화})
 \end{aligned}$$

구 분	CONCRETE			STEEL		
	작용응력(kg/cm ²)	항복응력(kg/cm ²)	안전도	작용응력(kg/cm ²)	항복응력(kg/cm ²)	안전도
합성전사하중	0.000	0.000	-	828.600	-779.338	-
합성후사하중	10.774	6.907	-	50.805	-188.262	-
활하중+충격	22.173	14.215	-	104.555	-387.436	-
크 리 프	-6.821	-3.224	-	58.316	24.953	-
건조 수축	-10.162	-10.563	-	123.113	48.862	-
온도 변화	± 10.718	± 11.920	-	± 143.257	± 68.943	-
지점 침하	1.501	0.962	-	7.076	-26.222	-
극한 하중(1)	34.370	14.088	162	1408.040	-2092.846	3200
극한 하중(2)	55.806	37.927	162	1694.554	-1954.960	3200

※ 항복응력 : $\sigma_{cy} = 3/5 \cdot \sigma_{ck} = 162 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_{sy} = 3200 \text{ kg/cm}^2$

4) 구조검토 결과 요약_하부구조

1. 일 반 단 면

교대높이 7.700 m
저 판 폭 6.200 m
저판길이 28.900 m

2. 설 계 조 건

- 흙의 단위중량 (γ_t) : 1.900 t/m³
- CON'C의 단위중량 (γ_c) : 2.500 t/m³
- 흙의 내부마찰각 (ϕ) : 35.000 deg
- 흙의 경사각 (α) : 0.000 t/m³
- 배면 연직 경사각 : 0.000 deg
- 노면 수평 경사각 : 0.000 deg
- 기 초 박 약 계수 : 10.000
- 흙과 콘크리트의 마찰각
 - 상시
 - 안정경도시 (RANKINE 토압사용) : 0.000 deg
 - 단면경도시 (COULOMB 토압사용, $\phi/3$) : 11.667 deg
 - 지진시
 - MonoNobe Okabe 공식사용 : 0.000 deg
 - 적립가치 - $K_h = 0.5A$
 - 경사알짜 - $K_h = 1.5A$

3. 작용하중계산 및 연결검토

RANKINE 토압계수 $K_u = 0.271$
지진시 토압계수 $K_e = 0.403$

1) CASE-1 (상부공가설비, 수위고려, 활하중 비제하시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	저항모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	47.454	0.000	140.437	0.000
흙자중	27.990	0.000	140.167	0.000
상부공하중	0.000	0.000	0.000	0.000
토압	0.000	17.350	0.000	47.210
지표제하	0.000	0.000	0.000	0.000
부력	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	75.444	17.350	280.604	47.210

2) CASE-2 (상시, 수위무시, 활하중 제하시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	저항모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	47.454	0.000	140.437	0.000
흙자중	27.990	0.000	140.167	0.000
상부공하중	43.975	1.438	109.939	7.201
토압	0.000	17.350	0.000	47.210
지표제하	2.515	0.000	12.430	0.000
합계	121.935	18.788	402.975	54.411

3) CASE-3 (상시, 수위무시, 활하중 비제하시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	저항모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	47.454	0.000	140.437	0.000
흙자중	27.990	0.000	140.167	0.000
상부공하중	28.760	1.438	71.900	7.201
토압	0.000	17.350	0.000	47.210
지표제하	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	104.204	18.788	352.504	54.411

4) CASE-4 (지진시, 수위무시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	저항모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	47.454	6.643	140.437	15.486
흙자중	27.990	3.918	140.167	17.858
상부공하중	28.760	4.026	71.900	20.162
토압	0.000	22.704	0.000	87.413
지표제하	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	104.204	37.293	352.504	140.920

5) CASE-5 (상시, 수위고려, 활하중 제외)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	저항모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	47.454	0.000	140.437	0.000
흙자중	27.990	0.000	140.167	0.000
상부공하중	43.975	1.438	109.939	7.201
토압	0.000	17.350	0.000	47.210
지표제하	2.515	0.000	12.430	0.000
부력	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	121.935	18.788	402.975	54.411

6) CASE-6 (상시, 수위고려, 활하중 비제하시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	저항모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	47.454	0.000	140.437	0.000
흙자중	27.990	0.000	140.167	0.000
상부공하중	28.760	1.438	71.900	7.201
토압	0.000	17.350	0.000	47.210
지표제하	0.000	0.000	0.000	0.000
부력	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	104.204	18.788	352.504	54.411

7) CASE-7 (지진시, 수위고려)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	저항모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	47.454	6.643	140.437	15.486
흙자중	27.990	3.918	140.167	17.858
상부공하중	28.760	4.026	71.900	20.162
토압	0.000	22.704	0.000	87.413
지표제하	0.000	0.000	0.000	0.000
부력	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	104.204	37.293	352.504	140.920

--- Mu < MB ---

$$\text{인장철근량 (As)} = Mu / (\sigma_y \times (D - AC/2) \times 0.85) = 19.988 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{여기서 } A &= (0.85 \times \sigma_{ck} \times B \times D - \text{SQRT}((0.85 \times \sigma_{ck} \times B \times D)^2 \\ &\quad - 2 \times \sigma_{ck} \times B \times Mu)) / (0.85 \times \sigma_{ck} \times B) = 2.939 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{단면철근비 (P)} = As / (B \times D) = 0.001$$

$$\text{최대철근비 (Pmax)} = 0.75 \times 0.85 \times \sigma_{ck} \times A / (\sigma_y \times D) = 0.029$$

$$\text{최소철근비 (Pmin)} = 14 / \sigma_y = 0.005$$

--- P < PMIN 인 경우 ---

$$\text{균열모멘트 (Mc)} = Zc (\sigma_{cb} + N/Ac) = 24993652.000 \text{ kg.cm}$$

Mc : 균열모멘트

Zc : 콘크리트부재의 단면계수

 σ_{cb} : 콘크리트의 휨인장강도

$$\text{설계 모멘트의 4/3 배 (4/3 Mu)} = 14171871.000 \text{ kg.cm}$$

설계모멘트의 4/3배가 균열모멘트 이하이므로

설계상 필요한 철근을 배치한다.

$$\text{사용철근량 : As} = 19.988 \text{ cm}^2$$

그러므로 As = 19.988 이상 사용하여야 한다.

$$\text{그러므로 사용철근량 As} = D22 \quad @ 12.5 = 30.97 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{설계모멘트강도 } \phi Mn &= 0.85 \times (As \times \sigma_y \times (D - A/2)) \\ &= 16403549.000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

*** 전단력 검토 ***

$$\text{극한전단력} \quad Su = 34664.332 \text{ kg}$$

$$\text{콘크리트 전단설계강도 } \phi Sc = 120697.641 \text{ kg}$$

$$\phi Sc = 120697.641 \text{ kg} > Su = 34664.332 \text{ kg}$$

그러므로 STIRRUP이 필요없다.

4. 연직력의 단면검토

1) 단면력 산정 (하중계수를 적용 : 극한하중)

구 분		상 시	지 진 시
토 압 계 수		0.246	0.403
토 압	q ₁ (h = 0.000 m)	0.418	0.000
	q ₂ (h = 6.200 m)	5.337	8.072
토압에 의한 단면력	Mu (t.m)	39.546	77.577
	Su (t)	17.840	25.025
SBOE 하중에 의한 단면력	Mu (t.m)	6.558	
	Su (t)	1.869	
베르 하중에 의한 단면력	Mu (t.m)		10.350
	Su (t)		4.405
상부하중에 의한 단면력	Mu (t.m)		18.362
	Su (t)		5.234
계	Mu (t.m)	46.104	106.289
	Su (t)	19.710	34.664

$$\text{그러므로 극한모멘트 (Mu)} = 106.289 \text{ t.m}$$

$$\text{극한전단력 (Su)} = 34.664 \text{ t}$$

2) 단면강도

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 10628903.000 \text{ kg.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 34664.332 \text{ kg}$$

$$\text{단위 폭 (B)} = 100.0 \text{ cm}$$

$$\text{속효 높이 (D)} = 210.0 \text{ cm}$$

$$\text{피 폭 두께 (D')} = 10.0 \text{ cm}$$

*** 소요철근량 계산 ***

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 10628903.000 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned} \text{평형모멘트 (Mb)} &= 0.85 \times \sigma_{ck} \times A \times B \times (D - A/2) \times 0.85 \\ &= 311780800.000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\text{여기서 } A = K \times X = 119.783$$

$$\sigma_{ck} < 280$$

$$K = 0.85$$

$$\sigma_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (\sigma_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6120 \times D / (6120 + \sigma_y) = 140.921 \text{ cm}$$

나. 구조계산서 및 내진설계

내진 설계 (Seismic Analysis)

- (1) 교량의 내진 등급 : 내진 1등급 (표시 P916)
 (2) 카운터 계수 (A) : 0.14
 (3) 지반 계수 (S) : 1.0
 (4) 해석 방법 : Single Mode Spectral Analysis Method
 (5) 응답수정 계수 (R)

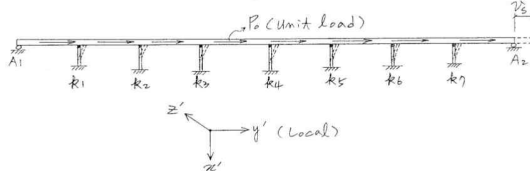
- 가. 기본 동치 : 라우가라 R = 5
 나. 전좌굴 : 상하교와 교대 R = 0.8
 교각, 반쪽교각 R = 1.0
 교각과 함대교각 R = 1.0
 다. 함대교각 : R = 5 × 1/5 = 2.5

(6) 교량 제진

- 가. 8영간 연속 강성체 상자형 교
 나. L = 3050 + 60 + 4050 = 410 m
 다. 교각 : 처골교각으로 라우가라 교각
 라. 교대 : 캔탈레비 교대
 마. 교폭 : B = 28.9 m
 바. 교량 등급 : 1등급 (DB-24)

3. 종방향 지진하중

(1) 종방향 지진 Mode에 대한 구조 Model



- ※ 종방향 제진 $V_3(x)$ 는 5m 간격으로 가정하고
 종방향 지진하중 강도 $P_0(x)$ 는 10m 간격으로 가정하여
 종방향 지진하중을 계산함.

가. 상부구조 (Superstructure) 하중

$$\text{상행선} = 7.817 + 7.286 + 8.272 = 23.375 \text{ t/m}$$

$$\text{하행선} = 7.817 + 7.286 + 8.272 = 23.375 \text{ t/m}$$

(8) 종방향 지진하중 강도 ($P_0(x)$)

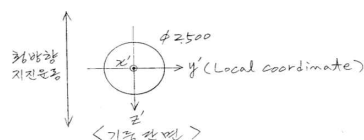
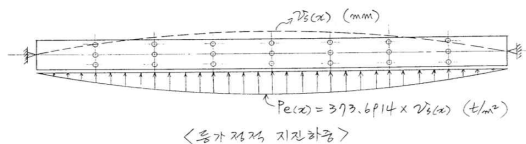
$$P_0(x) = -\frac{P_0 \cdot C_s \cdot W(x) \cdot V_3(x)}{f}$$

$$= \frac{84.2701 \times 0.1684 \times 23.375 \times V_3(x)}{0.8899}$$

$$= 373.614 \times V_3(x) \text{ t/m}^2$$

※ 위와 같이 계산된 종방향 지진하중 $P_0(x)$ 의 값은

- (4)의 TABLE에 표기 하였으며,
 이 값 ($P_0(x)$)을 각종 시계각 계산의 부재력 즉
 전산해석 Program을 이용하여 계산함.



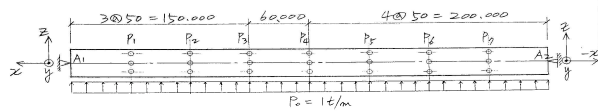
(13) 종방향 지진 운동에 의한 교각의 부재력

위치	종방향 변위 : V_3' (cm)	종방향 모멘트 : M_2' (t-m)
ABUT.1	0	0
PIER.1	319.722	787.475 (157.475)*
PIER.2	319.722	1115.990 (223.198)*
PIER.3	기둥 단면	1835.524 (367.105)*
	연좌부분	1835.524
	함대교각	1835.524 (734.210)*
PIER.4	319.722	1725.220 (345.044)*
PIER.5	319.722	1524.115 (304.823)*
PIER.6	319.722	1155.315 (231.063)*
PIER.7	319.722	856.375 (171.275)*
ABUT.2	0	0

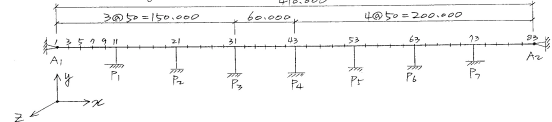
- (*) : 교대역 기둥의 응답수정 계수 (R) 0.8 및 5로 나눈 값
 기둥의 종방향 지진하중을 나눈 값.
 함대교각역 R : 교각(기둥)의 R값의 1/5 사용 (즉 2.5)
 ※ PIER의 경우를 기둥 1개소만 부재력임.

4. 횡방향 지진하중

- (1) Structural Analysis Program (SAP90)을 이용하여
 횡방향 제진하중 ($P_0 = 1 \text{ t/m}$)에 의한 횡방향 변위를 계산.



(2) Modelling



5. 최대 지진력

- ※ 하중계산을 위해 해석 개수로 부하 최대 지진하중과 최대 횡변위를
 알고 있는 PIER 4와 ABUT.1, ABUT.2에 대해
 하중 경우 1 (Load Case 1), 하중 경우 2 (Load Case 2)의
 최대 부재력을 정리함.

위치	부재력	하중 경우 1 (1.0 종 + 0.3 횡)	하중 경우 2 (1.0 횡 + 0.3 종)
ABUT.1	V_2' (지진하중, t)	0 + 20.725 × 0.3 = 6.218	20.725 + 0 = 20.725
ABUT.2	V_2' (지진하중, t)	0 + 10.300 × 0.3 = 3.090	10.300 + 0 = 10.300
PIER.3	V_3' (종방향하중, t)	319.722 + 0 = 319.722	0 + 319.722 × 0.3 = 95.917
	V_3' (지진하중, t)	0 + 183.459 × 0.3 = 55.038	183.459 + 0 = 183.459
	기둥 단면	367.105 + 0 = 367.105	0 + 367.105 × 0.3 = 110.132
	연좌부분	1835.524 + 0 = 1835.524	0 + 1835.524 × 0.3 = 550.657
	함대교각	734.210 + 0 = 734.210	0 + 734.210 × 0.3 = 220.263
	M_2' (t-m)	0 + 370.580 × 0.3 = 111.174	370.580 + 0 = 370.580
PIER.7	M_2' (t-m)	0 + 1852.901 × 0.3 = 555.870	1852.901 + 0 = 1852.901
	함대교각	0 + 741.160 × 0.3 = 222.348	741.160 + 0 = 741.160

※ 지진하중의 단위 : t-m, 횡변위의 단위 : t-m 임.

6. 시계각 변위

- ※ 종방향 지진 운동에 의한 종방향 변위 (교대)
 $N = 0.0016 \text{ m} = 1.6 \text{ mm}$
 ※ 최소 양친 지지 길이 (교대)
 $N = 200 + 0.0017L + 0.0067H \text{ (mm)}$ (표시 P995)
 $= 200 + 0.0017 \times 410 \times 1000 + 0.0067 \times 8.043 \times 1000$
 $= 950.9 \text{ mm}$
 ※ 교대의 최소 양친 지지 길이 $N = 951 \text{ mm}$ 임.

3.2.2 시설물 점검이력

대상 교량은 1종 시설물로서 2002년 8월 24일 준공 이후 정기적으로 안전점검이 시행되었으며 그 결과에 의한 유지관리가 실시되고 있는 상태이다. 현재까지 실시한 안전점검 중 정밀안전점검 및 정밀안전진단시 조사된 주요한 손상내용 및 분석결과는 다음과 같다.

【표 3.2.1】 연호고가교 점검이력사항

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
1	정밀안전점검	2003.02.24 ~2003.04.25	(주)한국건설안전기술단	A등급	상태양호
2	정기안전점검	2003.10.25 ~2003.12.25	(주)한국건설안전기술단	양호	상태양호
3	정기안전점검	2004.05.19 ~2004.07.18	(주)혜성안전기술원	양호	상부구조 상태는 양호한 편이고 하부구조는 폭 0.1mm 균열이 다수 발생한 상태이다. 비파괴 강도조사나 중성화 조사에서는 강도의 저하나 중성화의 진전으로 인한 철근부식은 없는 양호한 상태이다.
4	정기안전점검	2004.11.01 ~2004.12.25	(주)혜성안전기술원	양호	상부구조 상태는 양호한 편이고 하부구조는 폭 0.1mm 균열이 다수 발생한 상태이다.
5	정밀안전점검	2005.05.12 ~2005.07.05	(주)혜성안전기술원	A등급	교량안전시설(텔레미터 파손) 일부 손상, 미세균열 등이 발생되었으나 전반적으로 교량안전성에 문제가 없으므로 정밀안전진단 필요성 없음.
6	정기안전점검	2005.10.07 ~2005.11.30	(주)혜성안전기술원	양호	교연포장은 별다른 이상이 없는 양호한상태이며, 연석부분은 미세균열과 약간의 백화를 제외한 양호한 상태이며, 교대 및 교각에 폭0.1mm 일방향 균열발생하였으며, 받침장치 기준치이내 기울어짐
7	정기안전점검	2006.05.08 ~2006.05.31	부계기술단(주)	양호	교량의 안전성 및 사용성이 양호한 상태로 평가되었다. 따라서, 현 시점에서 정밀안전진단의 필요성은 없다.
8	정기안전점검	2006.10.01 ~2006.11.30	부계기술단(주)	양호	교량의 안전성 및 사용성이 양호한 상태로 평가되었다.
9	정밀안전점검	2007.04.05 ~2007.05.31	부계기술단(주)	A등급	0.2mm이하 균열, 텔레미터 파손, 교량받침 녹발생
10	정기안전점검	2007.10.01 ~2007.11.30	부계기술단(주)	양호	0.2mm이하 균열, 텔레미터 파손, 교량받침 녹발생
11	정기안전점검	2008.04.23 ~2008.05.30	(주)한국건설안전기술단	양호	안전성을 저해할 만한 손상은 없는 것으로 판단되나 공용년수가 증가 및 중차량의 통행이 빈번함에 따라 지속적으로 진전상태를 관리하여 구조물의 내구성 및 안전성을 확보
12	정기안전점검	2008.10.01 ~2008.11.29	(주)한국건설안전기술단	양호	안전성을 저해할 만한 손상은 없는 것으로 판단되나 공용년수가 증가 및 중차량의 통행이 빈번함에 따라 지속적으로 진전상태를 관리하여 구조물의 내구성 및 안전성을 확보

【표 3.2.1】 연호고가교 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
13	정기안전점검	2009.04.07 ~2009.05.31	(주)동화엔지니어링	양호	연호고가교에 대한 정기안전점검결과 교량의 안전성 및 사용성이 양호한 상태로 평가되었다. 따라서, 현 시점에서 정밀안전진단의 필요성은 없으며 외관조사에서 나타난 부분적인 손상에 대해서 보수를 시행하고, 지속적인 점검과 관찰을 통하여 현재의 상태를 유지한다면 이 교량의 도로시설물로서의 기능을 계속적으로 발휘할 수 있을 것으로 판단된다.
14	정밀안전점검	2009.04.07 ~2009.06.30	(주)동화엔지니어링	A등급	연호고가교에 대한 정밀안전점검결과 시설물의 종합평가 등급은 “A
15	정기안전점검	2009.10.01 ~2009.11.30	(주)동화엔지니어링	양호	미세균열, 텔리네이트 파손, 신축이음부분부식이 일부구간 관찰되나 교량의 안전성을 저할 만한 손상은 없으며 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 현 시점에서 정밀안전진단의 필요성은 없으며, 부분적인 보수를 시행하고, 지속적인 점검과 관찰을 통하여 현재의 상태를 유지한다면 도로시설물로서의 기능을 계속적으로 발휘할 수 있을 것으로 판단된다.
16	정기안전점검	2010.04.27 ~2010.05.31	(주)아워브레인	양호	교량전반에 걸쳐 양호한 상태로 조사되었다. 현재 구조적으로 큰 문제가 없는 상태이나, 기 발생된 손상현황은 유지관리차원의 적절한 조치가 필요하며 특히, 신축이음 후타재 균열에 대해서는 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.
17	정기안전점검	2010.09.13 ~2010.11.30	(주)아워브레인	양호	2010년 하반기 정기점검 결과, 전회점검 이후 주부재 및 보조부재에 일부 손상이 진전된 상태로, 진전된 주요손상으로는 포장균열, 균열부 주변 포트홀, 패임과 방호벽, 중분대, 신축장치 후타재 및 받침콘크리트 균열, 주형 내부 손상등으로, 현재 조사된 결함에 의해 시설물의 구조적 안전성에 영향을 미치는 수준은 아닌 것으로 판단되나, 향후 구조물의 내구성 및 사용성 확보를 위하여 손상 부위에 대한 적절한 보수 및 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.
18	정기안전점검	2011.05.02 ~2011.05.31	(주)아워브레인	양호	2011년 상반기 정기점검 결과, 전회점검 이후 교면재포장을 실시하였으며, 텔리네이트 파손부에 대한 보수가 완료된 상태이나, 포장면 손상이 추가적으로 조사되었다. 주요손상으로는 방호벽, 중분대, 신축장치 후타재 및 받침콘크리트 균열, 주형 내부 손상등으로, 현재 조사된 결함에 의해 시설물의 구조적 안전성에 영향을 미치는 수준은 아닌 것으로 판단되나, 향후 구조물의 내구성 및 사용성 확보를 위하여 손상 부위에 대한 적절한 보수 및 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

【표 3.2.1】 연호고가교 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
19	정기안전점검	2011.11.01 ~2011.11.30	(주)아워브레인	양호	2011년 하반기 정기점검 결과, 전회점검 이후 갓길 일부구간에 대한 표면처리를 실시하였으며, 일부 손상의 진전 외에 큰 손상의 진전은 없는 것으로 조사되었다. 주요손상으로는 방호벽, 중분대, 신축장치 후타재 및 받침콘크리트 균열, 주형 내부 우수유입에 의한 도장오염, 부식 및 받침장치 들뜸, Plate 부식 손상 등으로, 현재 조사된 결함에 의해 시설물의 구조적 안전성에 영향을 미치는 수준은 아닌 것으로 판단되나, 향후 구조물의 내구성 및 사용성 확보를 위하여 손상 부위에 대한 적절한 보수 및 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.
20	정밀안전진단 (하자)	2012.03.05 ~2012.06.30	(주)아워브레인	B등급	? 연호고가교에 대한 정밀안전진단 결과, 안전등급은 'B'로 평가되었다. 본 교량은 주부재 및 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태로 나타났다. ? 외관조사 결과, 교량의 안전성을 저해할 만한 손상(주형의 처짐 및 변형, 받침의 파손 등)은 없으며, 신축이음 및 받침장치의 가동상태 등 교량의 전반적인 신축거동 또한 양호한 상태로 나타났다. 다만, 교량의 내구성 측면 및 유지관리차원에서 보수를 요하는 손상이 일부 발생된 상태이며, 주요 손상으로는 바닥판하면 균열, 주형내부 우수유입 및 도장손상, 하부구조 균열, 신축장치 후타재 균열 등이다. ? 콘크리트 비파괴시험 결과, 콘크리트의 강도 및 탄산화, 철근 배근상태 등은 전반적으로 설계기준이나 시방기준에 만족하는 것으로 평가되었다. ? 강재 비파괴시험 결과, 주형의 맞대기 용접부는 내부결함이 없는 양호한 상태로 나타났으며, 주형 내?외부에 대한 도막두께 또한 양호한 상태로 측정되었다. ? 대상교량의 상태평가 결과, 환산결함도 점수가 0.233으로 산정되어 상태평가등급은 'B'로 평가되었다. ? STB 구간에 대한 구조해석 및 재하시험 결과, 모든 부재에서 안전율이 1.0 이상으로 설계하중(DB(DL)-24)를 만족하고 있으며, 공용내하력 평가결과 설계하중을 상회하고 있는바, 대상교량의 안전성 평가 결과는 기준 'A'로 평가되었다. ? 연호고가교의 정밀안전진단 종합평가 결과, 상태평가등급은 "B

【표 3.2.1】 연호고가교 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
21	정기안전점검	2012.11.02 ~2012.11.25	(주)삼우기술	양호	전회차 진단 이후 손상의 큰 진전은 없으며, 주요손상으로는 방호벽, 중분대, 신축장치 후타재 및 하부구조 균열 및 망상균열 등으로 시설물의 구조적 안전성에 영향을 미치는 수준은 아닌 것으로 판단되나, 향후 구조물의 내구성 및 사용성 확보를 위하여 손상 부위에 대한 적절한 보수 및 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단됨
22	정기안전점검	2013.04.12 ~2013.04.26	(주)삼우기술	양호	하자보수 실시 후 전반적으로 양호한 상태, 외관조사결과 후타재 균열 및 받침장치 고무재 탈락 등이 발생한 상태
23	정기안전점검	2013.08.26 ~2013.09.08	(주)삼우기술	양호	전회차 정기점검 이후 하자보수가 실시되었으며, 주요 손상으로는 신축장치 후타재 균열 등으로 시설물의 구조적 안전성에 영향을 미치는 수준은 아닌 것으로 판단됨.
24	정밀안전점검	2014.02.15 ~2014.04.05	(주)삼우기술	B등급	주요 손상으로는 신축장치 후타재 균열 및 교대, 교각 미세균열 등으로 시설물의 구조적 안전성에 영향을 미치는 수준은 아닌 것으로 판단되나, 향후 구조물의 내구성 및 사용성 확보를 위하여 손상 부위에 대한 적절한 보수 및 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다
25	정기안전점검	2014.10.10 ~2014.10.24	(주)우림종합엔지니어링	양호	- 하자보수 실시로 양호한 상태- 신축장치 후타재 균열($CW \geq 0.3mm$)- 교대 및 교각의 미세균열
26	정기안전점검	2015.03.11 ~2015.03.25	(주)우림종합엔지니어링	양호	- 하자보수 실시로 양호한 상태- 미끄럼포장 균열 및 패임- 신축장치 후타재 균열($CW \leq 0.3mm$)- 교대 및 교각의 미세균열
27	정기안전점검	2015.09.01 ~2015.09.19	(주)우림종합엔지니어링	양호	전회 정기점검 후 하자보수(신축이음장치 후타재 균열 보수)로 교면의 상태는 전반적으로 양호한 상태이며, 주요 손상으로는 신축이음장치 후타재 균열($CW \leq 0.2mm$), 경미한 미끄럼방지막 파손, 교대-교각의 균열 및 백태 등으로 시설물의 구조적 안전성과 차량의 주행성에 영향을 미치는 수준은 아닌 것으로 판단되나, 교대 A1 부분의 지반침하로 추정되는 방호벽의 단차와 이로 인한 방호벽의 횡균열은 계측기를 설치하여 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 사료된다.
28	정밀안전점검	2016.02.19 ~2016.04.03	(주)우림종합엔지니어링	B등급	교면포장:망상균열,포장패임,미끄럼방지포장 탈락교명주:교명판유실,설명판유실방호벽:굽힘,균열,방호벽침하신축이음:후타재균열,이물질퇴적바닥판하면:유도배수관주변누수거더외부:도장박리,박락거더내부:누수흔적,부식,실리콘마감부족받침장치:도장박리,박락교각:균열,배수관주변파손,백태연호고가교의 현장조사(외관조사, 내구성조사)에 의한 상태평가 결과 『B등급(0.132)』으로 평가되었으며, 금회 조사된 결함 및 손상 부위에 대해서는 단기적인 보수와 중점유지관리 항목들에 대한 주기적인 점검이 시행된다면 내구성 및 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단되며, 유지관리 하는데는 문제가 없을 것으로 판단된다.

【표 3.2.1】 연호고가교 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
29	정기안전점검	2016.08.19 ~2016.09.01	(주)우림종합엔지니어링	양호	2016년 하반기 정기점검 결과, 포장면의 망상균열 및 패임, 신축장치 후타재 균열, 교각의 망상균열 및 온도에 의한 교량받침의 변형에 대해서 구조적 안전성에 영향을 미치는 수준은 아닌 것으로 판단되나, 손상부위에 대한 보수보강과 함께 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.
30	정밀안전진단	2017.03.02 ~2017.06.09	(주)우림종합엔지니어링	B등급	? 교면포장 망상균열, 패임, 미끄럼방지포장 국부 파손? 콘크리트 방호난간 균열, 백태, 철근노출? 신축이음장치 A2 이상음 발생? 거더 외부 도장박락, 내부 부식, 도장 박락, 실링처리 미흡? 교각 기둥 하단부 배수관 길이부족에 의한 콘크리트 침식
31	정기안전점검	2017.11.01 ~2017.11.20	(주)삼우기술	양호	? 포장부 망상균열, 마모, 박리, 파손, 균함, 표지병 탈락 등? 방호벽 및 중앙분리대 수직균열, 백태균열, 백태, 단면파손 등? 신축이음 차수조인트 볼트 탈락, 배수관 길이부족 등? 바닥판하면 상태양호, 거더 보수부 도장박리? 교대 및 교각 균열, 망상균열, 백태, 오염 등? 교량받침 플레이트 도장박리, 받침콘크리트 균열 등
32	정기안전점검	2018.03.20 ~2018.04.15	(주)명성엔지니어링	양호	연호고가교는 2002년에 준공되고, 대구광역시 수성구 연호동에 위치한 1종 교량으로 현재 기능발휘에 지장이 없는 상태이다. 외관조사 결과, 교면포장 아스콘 균열, 패임, 배수시설 배수관 파손, 길이부족, 방호벽 균열, 중앙분리대 이격, 신축이음 후타재 균열, 교량받침 무수축물탈 균열, 횡방향 가동, 바닥판 백태, 거더 도장박리, 교대 및 교각 균열, 망상균열, 박락 등의 손상이 조사되었다. 기 손상부는 장기공용에 의한 열화, 시공미흡, 우수유입, 외부 충격 등의 원인으로 발생된 손상으로 판단된다. 본 교량은 손상물량 총괄표에 제시한 보수·보강방안을 참조하여 보수를 실시하고, 지속적인 점검으로 손상의 진전유무를 확인, 손상의 진전시 조치를 취하는 유지관리가 효율적일 것으로 판단된다. 특히, 횡방향으로 거동된 A2 안심방향 교량 받침과 7경간, 8경간에 걸쳐 발생한 중앙분리대 이격은 주기적인 관찰이 필요하며, 정확한 원인 분석을 위해 향후 내진성능평가를 실시하는 것이 바람직하다.

【표 3.2.1】 연호고가교 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검 기관	상태 등급	주요점검 · 진단내용
33	정기안전점검	2018.08.21 ~2018.09.19	(주)명성엔지니어링	양호	연호고가교는 2002년에 준공되고, 대구광역시 수성구 연호동에 위치한 1종 교량으로 현재 기능발휘에 지장이 없는 상태이다. 외관조사 결과, 교면포장 아스콘 균열, 패임, 방호벽 균열 및 백태, 중앙분리대 이격, 신축이음 후타재 균열, 교량받침 무수축물탈 균열, 횡방향 가동, 바닥판 백태, 교대 및 교각 균열, 망상균열, 박락 등의 손상이 조사되었다. 기 손상부는 장기공용에 의한 열화, 시공미흡, 우수유입, 외부 충격 등의 원인으로 발생한 손상으로 판단되며, 금회 방호벽 균열, 교각 망상균열 등의 신규 손상이 확인되었고, 기존 누락 손상으로 추정된다. 본 교량은 손상물량 총괄표에 제시한 보수·보강방안을 참조하여 보수를 실시하고, 지속적인 점검으로 손상의 진전유무를 확인, 손상의 진전시 조치를 취하는 유지관리가 효율적일 것으로 판단된다. 특히, 횡방향으로 거동된 A2 안심방향 교량 받침과 7경간, 8경간에 걸쳐 발생한 중앙분리대 이격은 주기적인 관찰이 필요하며, 정확한 원인 분석을 위해 향후 내진성능평가를 실시하는 것이 바람직하다.
34	정밀안전점검	2019.04.22 ~2019.06.09	(주)명성엔지니어링	B등급	교면포장 : 램프구간 아스콘 균열방호벽 및 중앙분리대 : 균열(cw=0.3mm내·외), 파손 및 재료분리, 백태배수시설 : 상태양호신축이음 : 후타재 균열, 하부 누수흔적, 흡음재 탈락바닥판 : 균열(cw=0.3mm미만), 백태거더 : 도장박리받침장치 : Plate부식, 받침콘크리트 균열(cw=0.3mm미만), 받침콘크리트 파손교대 및 교각 : 균열(cw=0.3mm미만), 파손 및 철근노출, 누수흔적
35	정기안전점검	2019.10.28 ~2019.11.28	(주)명성엔지니어링	양호	연호고가교는 2002년에 준공되고, 대구광역시 수성구 연호동에 위치한 1종 교량으로 현재 기능발휘에 지장이 없는 상태이다. 외관조사 결과, 금회 교대 및 교각, 바닥판하면 등에 표면보수, 단면보수 등의 전반적 보수가 실시 되었고, 보수는 양호한 상태로 확인되었다. 기 손상인 교면포장 아스콘 포트홀, 신축이음 후타재 균열, 하부 누수흔적, 바닥판 하면 백태, 교량받침 Plate 도장박락, 받침콘크리트 균열, 교대 누수흔적, 교각 망상균열 등의 손상은 장기공용에 의한 열화, 건조수축 등의 원인으로 발생한 손상으로 판단된다. 기 손상부는 현재 경미한 상태 및 물량의 규모가 작으므로, 현 시점의 유지보수 보다는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규손상 발생시 표면처리, 단면보수 등의 일괄보수가 효율적일 것으로 판단된다.

【표 3.2.1】 연호고가교 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
36	정기안전점검	2020.03.09 ~2020.04.15	일광이앤씨(주)	양호	교면포장포트홀, 포장불량→주의관찰신축이음후타재 균열, 차수관볼트탈락, 하부누수흡음재탈락 → 정비, 주의관찰방호벽 균열, 균열부백태, 파손, 백태 → 주의관찰, 표면처리, 단면보수 받침장치 도장박리, 몰탈 균열 → 도장보수, 주의관찰 바닥판 백태 → 표면처리 거더외부 도장박리 → 도장보수 교대 누수흔적, 백태 → 주의관찰, 표면처리 교각 망상균열, 균열 → 주의관찰
37	정기안전점검	2020.10.05 ~2020.10.31	일광이앤씨(주)	양호	교면포장 소성변형, 파손/함몰, 균열 배수시설 상태양호 방호벽 균열, 망상균열, 백태균열, 파손, 철근노출, 재료분리, 단차 신축이음 후타재균열, 하부누수흔적 흡음재탈락 받침장치 도장박리, 몰탈 균열 바닥판 백태 거더외부 도장박리, 조류배설물오염 교대 누수오염, 백태 교각 균열, 망상균열, 파손
38	정밀안전점검	2021.04.19 ~2021.06.09	주식회사 다인기술단	B등급	* 바닥판균열(W<0.3mm), 바닥판백태, 거더도장박리, 교대균열(W<0.3mm), 교대누수흔적, 교대파손, 교각균열(W<0.3mm), 교각파손, 받침콘크리트 균열, 아스콘 균열, 파손, 포트홀, 방호벽균열, 방호벽접속부단차, 데리네이트 파손, 방호벽망상균열, 들뜸, 박리, 방호벽표면재료분리, 방호벽파손, 철근노출, 접속부 포장균열, 이격, 차수커버 볼트탈락, 차수커버 철판절단, 후타재 균열
39	정기안전점검	2021.09.27 ~2021.11.25	주식회사 다인기술단	양호	* 아스콘 균열, 아스콘 파손, 포트홀, 방호벽, 중분대 균열(W<0.3mm), 방호벽 망상균열, 방호벽 보수부 들뜸, 박리, 방호벽 파손, 방호벽 철근노출, 데리네이트 파손, 배수구 막힘, 신축이음 후타재 균열(W<0.3mm), 신축이음 흡음재 탈락, 신축이음 차수커버 볼트탈락, 신축이음 차수커버 철판절단, 바닥판하면 균열(W<0.3mm), 바닥판하면 백태, 거더 도장박리, 받침콘크리트 균열(W<0.3mm), 교대, 교각 균열(W<0.3mm), 교각 망상균열(W<0.3mm), 교대, 교각 파손
40	정밀안전진단	2022.03.11 ~2022.06.09	(주)명성엔지니어링	B등급	- 거더외부 도장박리-거더내부 도장들뜸, 박락, 표면오염, 볼트부식, 실링처리미흡, 점검등 덮개탈락, 파손, 불량, 기공-가로보 이물질퇴적(조류서식)-바닥판하면 균열(0.3mm미만), 백태, 박리, 종조인트 누수-하부구조 균열(0.3mm미만), 망상균열, 백태, 누수흔적, 파손, 표면오염(녹물)-교량받침 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 본체 도장박리-신축이음 후타재 균열(폭 0.3mm미만), 파손, 흡음재 탈락, 접속부 포장균열, 이격-교면포장 양호-배수시설 양호-난간 및 연석 균열(0.3mm미만)-램프구간 포장 아스콘 균열, 파손, 포트홀, 난간 및 연석 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 파손, 재료분리, 철근노출, 단차

【표 3.2.1】 연호고가교 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
41	정기안전점검	2022.10.11 ~2022.11.25	(주)명성엔지니어링	양호	? 교면포장 : 상태양호? 배수시설 : 상태양호? 신축이음 : 흡음재 탈락, 접속부 포장균열 및 이격, 후타재 균열, 파손? 교량받침 : 상태 양호? 바닥판 하면 : 균열, 백태, 박리, 종조인트 누수? 거더 : 외부 도장박리, 내부 도장들뜸, 실링처리 미흡, 점검등 손상? 가로보 : 이물질퇴적? 교대 : 균열, 누수흔적, 파손? 교각 : 상태양호
42	1종성능평가	2022.06.10 ~2022.12.31	(주)명성엔지니어링	B등급	연호고가교는 약 20년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과 대체로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 거더 내부 도장손상, 볼트부식, 바닥판하면 종조인트부 누수, 백태, 교대 홍벽 파손, 백태, 접속부 포장 균열 및 이격, 방호벽 단차 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, B등급(0.181)으로 평가되어 B등급(결함도 범위 : 0.20~0.26)인 성능목표를 달성한 상태이므로 성능평가 보수 우선순위 정보를 활용하여 예산범위 내에서 적절한 보수공사가 지속적으로 시행된다면 성능목표 상태의 시설물 유지관리가 가능할 것으로 판단된다.
43	정기안전점검	2023.03.06 ~2023.05.10	(주)명성엔지니어링	양호	? 교면포장 : 상태양호? 배수시설 : 상태양호? 신축이음 : 흡음재 탈락, 접속부 포장균열 및 이격, 후타재 균열, 파손? 교량받침 : 상태 양호? 바닥판 하면 : 균열, 백태, 박리, 종조인트 누수? 거더 : 외부 도장박리, 내부 도장들뜸, 실링처리 미흡, 점검등 손상? 가로보 : 이물질퇴적? 교대 : 균열, 누수흔적, 파손? 교각 : 상태양호
44	정기안전점검	2023.11.29 ~2023.12.25	주식회사 홍익기술산업	양호	- 바닥판하면 : 균열(0.3mm미만), 백태, 박리, 종조인트 누수- 거더 : 도장박리, 도장들뜸, 실링처리 미흡, 점검등 손상- 가로보 : 조류이물질퇴적, 도장박리- 교량받침 : 받침플레이트 도장박리- 교대 : 균열(0.3mm미만), 누수흔적, 백태, 파손, 철근노출- 교각 : 균열/망상균열(0.3mm미만), 누수오염, 보수재박리- 기초 : 상태양호- 교면포장 : 포장균열, 망상균열, 포트홀- 신축이음 : 후타재 균열, 파손- 배수시설 : 배수구 막힘- 난간 및 연석 : 방호벽 균열/망상균열/백태균열(0.3mm미만), 백태, 보수재박리, 파손, 단차, 실란트 열화- 안전 및 기타시설 : 중앙분리대 균열(0.3mm미만), 파손, 방음벽 흡음재 탈락

3.2.3 전차 정밀안전진단 실시결과(2022년06월)

가. 외관조사결과

구분	정밀안전진단 결과	비고
바닥판하면	■ 균열(0.3mm미만) - 대체로 초기 건조수축에 의해 발생된 방향성이 없는 표면균열로 판단되며, 비구조적인 손상이나 우수유입, 온도변화 등에 의해 손상이 진전될 우려가 있으므로 내구성 확보 차원에서 표면처리 보수를 실시하는 것이 필요하다. ■ 백태 - 손상부를 통한 우수유입, 수분접촉, 종조인트 누수 등의 원인에 의해 발생한 것으로 판단되며, 표면처리를 통해 구조물의 내구성 저하를 방지하는 것이 바람직하다. ■ 박리 - 시공시 다짐불량, 외부충격, 우수유입, 온도변화 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 정도는 경미하나 내구성 확보차원의 보수를 실시하는 것이 필요하다. ■ 종조인트 누수 - 종조인트부로 침투된 노면수 등에 의한 것으로 판단되며, 손상에 대한 주의관찰을 실시하고 누수에 대한 대책 수립이 요구된다.	
Steel Box Girder	■ 도장박리 - 약 21년의 공용기간중 외기노출 및 경년열화에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 및 도장손상에 따른 부식을 방지하기 위한 도장보수를 실시하는 것이 필요하다. ■ 도장들뜸, 박락, 볼트부식 - 공용기간 경과, 우수유입, 보수미흡, 시공미흡 등에 의한 손상으로 내구성 확보 차원의 도장보수가 필요하며, 보수시 기존 도장 제거, 도료 품질관리 등을 통하여 재손상 발생을 방지하여야 한다. ■ 표면오염 - 현장 이음부 틈을 통해서 유입된 누수흔적으로 판단되며, 우천시 우수유입에 따른 2차손상 발생 우려가 있으므로 현장 이음부 실란트 충전을 통한 보수가 필요하다. ■ 실링처리미흡 - 우수유입 방지를 위한 실란트 충전이 요구된다. ■ 점검등 덮개탈락, 파손, 불량 - 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 정비를 통한 유지관리가 필요하다. ■ 기공 - 시공미흡 등에 의한 것으로 손상의 정도가 경미하므로 주의관찰이 요구된다.	
가로보	■ 이물질퇴적(조류서식) - 정비를 통한 보수가 필요하며, 기 손상외에 전반적으로 양호한 것으로 확인되었다.	
교대, 교각	■ 균열(0.3mm미만), 망상균열 - 건조수축 및 구속응력, 온도변화 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 장기간 우수 및 외기에 의한 수분접촉시 표면열화에 따른 박리 또는 내부 철근의 부식 팽창 등에 의해 박락이 발생될 수 있으므로 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 필요하다. ■ 백태 - 신축이음부 우수유입, 외기노출, 온도변화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 표면처리를 통해 구조물의 내구성 저하를 방지하는 것이 바람직하다. ■ 표면오염(녹물), 누수흔적 - 신축이음부 우수유입, 외기노출 등에 의한 것으로 판단되며, 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다. 보수시 신축이음부와 연계된 보수가 필요하다. ■ 파손 - 시공미흡, 우수유입, 온도변화 등에 의한 것으로 내구성 확보 차원의 단면보수가 필요하다.	

구분	정밀안전진단 결과	비고
교량받침	■ 균열(0.3mm미만) - 건조수축 및 온도변화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원의 표면처리를 실시하는 것이 필요하고, 보수시 표면정리, 적합한 보수재 사용 등에 대해 주의를 기울여야 한다. ■ 도장박리 - 시공미흡, 우수유입, 외기노출, 공용기간 경과 등에 의해 발생한 손상으로 장기적인 내구성 확보를 위하여 도장보수가 필요하다. ■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다. ■ 받침장치 가동 여유량 검토 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었다.	
신축이음장치	■ 후타재 균열(0.3mm미만), 파손 - 건조수축, 차량의 반복적인 운하중, 온도변화, 공용기간 경과에 의한 것으로 판단되며, 손상의 정도가 경미하므로 보수보다는 주의관찰을 실시하고, 추후 손상의 증가 및 확대시 일괄보수를 실시하는 것이 요구된다. ■ 흡음재 탈락 - 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 차량 통행시 소음 등의 영향이 크지않은 바 주의관찰이 요구된다. ■ 접속부 포장균열, 이격 - 차량의 반복적인 운하중, 다짐미흡, 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 주행성에 영향이 없는 상태로 주의관찰 후 보수시기를 결정하는 것이 바람직하다. ■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.	
교면포장	■ 현재 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 향후 공용기간 경과, 차량의 운하중, 온도변화, 우수유입 등에 의해 신규 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.	
배수시설	■ 현재 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.	
난간 및 연석	■ 균열(0.3mm미만) - 건조수축 및 구속응력, 온도변화, 수화열 등에 의해 발생한 것으로 내구성 및 미관 확보 차원의 보수를 실시하는 것이 요구되며, 보수시 철저한 시공관리를 통해 재손상이 발생하지 않도록 하는 것이 필요하다.	
램프구간 포장	■ 아스콘 균열, 파손, 포트홀 - 차량의 반복적인 운하중, 공용기간 경과, 시공초기 다짐불량, 배합불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 조사된 손상은 차량통행에 중대한 영향을 미치는 손상이 아닌 바 지속적인 주의관찰을 실시하고 향후 손상의 진전시 보수대책 수립이 요구된다.	
램프구간 난간 및 연석	■ 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열 - 건조수축 및 구속응력, 온도변화, 수화열 등에 의해 발생한 것으로 내구성 및 미관 확보 차원의 표면보수, 주입보수를 실시하는 것이 요구되며, 보수시 철저한 시공관리를 통해 재손상이 발생하지 않도록 하는 것이 필요하다. ■ 파손, 재료분리, 철근노출 - 차량 충격, 다짐미흡, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 내구성 및 미관확보를 위해 단면보수를 실시하는 것이 요구된다. ■ 단차 - 시공초기 옹벽 시공 이후 잔류침하에 의한 손상으로 추정되며, 현재 균열모니터를 통해 유지관리중인 것으로 확인되고, 진전여부에 대한 지속적인 계측 및 주의관찰이 요구된다.	
교량점검시설	■ 점검시설은 미설치된 상태이다.	
공중이용하는 부위	■ 추락방지시설은 점검시설, 도로포장은 교면포장, 도로부 신축이음부는 신축이음에 기입된 사항으로 대체하였으며, 환기구 등의 겹개는 없는 것으로 확인되었다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시험명	시험부위		시험 결과			검토 의견
비파괴 강도 (MPa)	보정 코어강도		상부 24.3, 하부 36.7~36.8			■ 설계기준 대비 상부구조는 105.9~118.5%, 하부구조는 101.9~108.5%로 콘크리트 강도에는 문제가 없는 것으로 판단됨
	보정계수의 결정		반발경도법(1.0506)			
	상부구조 (설계기준 : 27MPa)		28.6~32.0			
	하부구조 (설계기준 : 24MPa)		27.5~29.3			
탄산화 깊이 (mm)	상부구조	진행깊이	9.0~12.0			■ 실측 피복두께 대비 탄산화 잔여 깊이가 30mm 이상으로 측정되어 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 없는 'a' 등급으로 평가됨
		잔여깊이	30.0~33.0			
	하부구조	진행깊이	10.0~12.0			
		잔여깊이	75.0~84.5			
철근탐사 (배근간격 /피복두께) (mm)	상부구조	바닥판	주근	117~259	41~52	■ 배근간격은 대체로 설계값과 일치하는 양호한 상태로 측정되었으며, 피복두께는 대체로 설계값을 만족하고 있으나 일부 구간의 경우 실측피복이 다소 부족한 것으로 조사됨
			배력근	100~118	44~57	
	하부구조	교대	수직철근	127~128	55~56	
			수평철근	250	52~86	
		교각 (기둥)	수직철근	134~143	117~119	
			수평철근	150~307	84~119	
		교각 (코핑)	수직철근	182~217	86~101	
			수평철근	243~300	89~100	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	상부구조		0.0226~0.0339			■ 'a' 등급으로 평가되어 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨
	하부구조		0.0339			
균열깊이 측정	상부구조	Cw=0.1mm	14.1			■ 실측 피복두께 초과하지 않음
	하부구조	Cw=0.2mm	17.2			
초음파 탐상시험	거더 내부		96개소 양호			■ 판정기준에 의거 불합격 결함은 조사되지 않았음
도막두께 측정 (μm)	거더 내부		200~289			■ 전반적으로 기준 이상의 두께를 확보하고 있는 상태임
	거더 외부		275~332			

다. 종합평가 및 안전등급 지정

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S · F	기준	
연호고가교	0.178	B	1.219(거더) 1.346(바닥판)	A	B
종합평가	•연호고가교의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 “B” 로 평가됨 •안전성평가 결과 양방향 최소 안전율 1.0이상으로 “A” 로 평가됨 •상태평가 및 안전성평가 결과를 통한 종합평가 결과 연호고가교는 “B” 로 평가됨				

라. 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 “B등급” 으로 지정하였다.

마. 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
거더외부		도장박리	도장보수	4.4	6.6	m²	110	726	2
거더내부		도장들뜸, 박락	도장보수	2.78	4.17	m²	110	459	2
		표면오염	실란트충전	5	6	개소	11	66	3
		볼트부식	도장보수	22	2.2	m²	110	242	2
		실링처리미흡	실란트충전	2	2	개소	11	22	3
		점검등덮개탈락, 파손, 불량	정비	17	17	개소	32	544	3
가로보		이물질퇴적(조류서식)	정비	1	1	개소	32	32	3
바닥판하면		균열(0.3mm미만)	표면처리	7.5	2.81	m²	75	211	2
		백태	표면처리	1.66	2.49	m²	75	187	2
		박리	단면보수	0.09	0.14	m²	250	35	2
하 부 구 조	교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	4.9	1.84	m²	70	129	2
		백태	표면처리	0.04	0.06	m²	70	4	2
		파손	단면보수	1.29	1.94	m²	250	485	2
	교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	56.1	21.04	m²	70	1,473	2
		망상균열	표면처리	106	159	m²	70	11,130	2
		백태	표면처리	0.24	0.36	m²	70	25	2
교 량 반 침	받침 콘크리트	균열(0.3mm미만)	표면처리	7.2	2.7	m²	70	189	2
	본체	도장박리	도장보수	1.97	2.96	m²	55	163	2
난간 및 연석		균열(0.3mm미만)	표면처리	619.4	232.28	m²	70	16,260	2
램 프 구 간	난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	표면처리	20	7.5	m²	70	525	2
		균열(0.3mm이상)	주입보수	5.8	8.7	m	64	557	2
		망상균열	표면처리	195	292.5	m²	70	20,475	2
		파손	단면보수	0.28	0.42	m²	300	126	2
		재료분리	단면보수	23.2	34.8	m²	300	10,440	2
		철근노출	단면보수(방청)	0.26	0.39	m²	400	156	2
순공사비 합계(천원)							64,661		
제경비(순공사비×50%, 천원)							32,331		
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위				—		
			2순위				95,996		
			3순위				996		
유지보수 개략공사비 총계							96,992		
※ 순공사비는 가시설, 접근장비, 교통통제 등 부대비용을 제외한 금액임. ※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였으며 균열(폭 0.3mm미만)의 표면처리는 손상 길이에 폭(0.25m)을 곱하여 보수 물량을 산출함.									

바. 종합결론

- 연호고가교의 정밀안전진단 종합평가 결과, 기준 ‘B’로 평가되어 안전등급은 “B등급(양호)”으로 지정되었다. 대상 교량은 안전성 및 사용성이 양호한 상태로 판단되며 외관조사에서 나타난 부분적인 손상에 대하여 보수를 실시하고, 중점유지관리사항에 대한 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 교량의 원활한 기능발휘와 더불어 건전한 상태를 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.
- 거더 도장손상은 공용기간 경과, 우수유입, 보수미흡, 시공미흡 등에 의한 손상으로 내구성 확보 차원의 도장보수가 필요하며, 보수시 기존 도장 제거, 도료 품질관리 등을 통하여 재손상 발생을 방지하여야 한다. 바닥판하면 종조인트 누수, 백태 등의 경우 침투된 노면수 등에 의한 것으로 판단되며, 손상에 대한 표면처리, 주의관찰을 실시하고 누수에 대한 대책 수립이 요구된다. 교대 흙벽 파손, 백태의 경우 시공미흡, 우수유입 등에 의한 것으로 내구성 확보 차원의 단면보수, 표면처리가 필요하다. 신축이음 접속부 포장균열, 이격, 방호벽 단차 등의 경우 차량의 반복적인 윤하중, 다짐미흡, 시공미흡, 시공이후 잔류침하 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 주행성에 영향이 없는 상태로 주의관찰 후 보수시기를 결정하는 것이 바람직하다.

3.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교·검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○ 관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○ 안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○ 점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○ 일괄보수 보다는 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○ 외관조사결과 각 부재의 전반적인 균열, 거더 도장손상, 부식, 교대 흙벽 파손, 백태, 교량받침 부식, 신축이음 후타재 파손, 접속부 포장균열, 이격, 방호벽 단차 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○ 중대결함 : 없음 ○ 구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○ 점검일 현재 정기안전점검은 반기별로 주기적으로 실시되고 있으며, 정밀안전점검은 총8회, 정밀안전진단은 총3회, 1종성능평가 1회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

3.2.5 시설물 보수 이력

【표 3.2.2】 연호고가교 보수이력사항

구 분	일 자	내 용	비 고
1	2011년 03월	교면포장 재포장(오버레이 등, 227300천원)	(주)협우건설
2	2012년 12월	연호고가교 아래 배수로 보수공사(40,760천원)	(주)삼우케미칼
3	2013년 05월	중분대 및 난간 콘크리트 중성화 방지공사(125,000천원)	(주)일송테크
4	2015년 11월	거더 도장공사(840,718천원)	(주)합동건설
5	2016년 04월	교면포장 재포장(절삭후 재포장, 10,000천원)	대익건설(주)
6	2017년 07월	신축이음 교체(A1 : 핑거조인트, A2 : 저소음 내진형) (231,375천원)	(주)새움씨앤씨
7	2018년 05월	중조인트부 유도배수관 탈락 및 변형으로 인한 재설치(S7~S8) (9,680천원)	(주)천수
8	2018년 12월	포장 절삭, 교면방수(BAS 교량복합방수공법) 후 아스콘포장 및 시설물 설치(441,334천원)	(주)대남건설
9	2019년 09월	거더외부, 교량받침, 바닥판, 교대, 교각 균열 표면처리, 단면보수, 재도장 등(11,545천원)	(주)천수
10	2020년 08월	방호벽 균열 백대 표면처리, 중분대 단면파손 보수, 배수관 길이부족 연장, 바닥판 백대 표면처리, 거더외부 도장박리 재도장 등(14,916천원)	(주)천수
11	2022년 10월	시설물 보수공사-거더내부, 하부구조, 교량받침, 난간 도자보수, 표면처리, 주입보수 등(14,440천원)	성희건설
12	2023년 09월	거더외부 도장보수 공사(4,000천원)	유화산업
13	2023년 12월	시설물 보수공사-거더내부, 교대, 신축이음, 난간 실링처리, 표면처리, 단면보수 등(406천원)	(주)천수

3.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 3.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
기둥(P1,P4), 기초(P1,P4) 받침(A1,P1,P4)	Y	O.K	• 기둥 및 기초, 받침부에서 모두 내진성능이 만족한 것으로 판단
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 2022년에 내진성능평가가 실시된 것으로 확인되었으며, 교각 및 교대의 받침부에서 내진성능이 모두 만족한 것으로 검토되었다.			

3.2.7 시설물의 용도변경 및 하중변화 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 및 하중변화 이력은 없는 것으로 확인되었다.

3.3 현장조사

3.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소작업차를 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~S8	도보, 고소작업차	2024.03.18.~2024.06.09.	
			
고소작업차를 이용한 근접조사		고소작업차를 이용한 근접조사	
			
고소작업차를 이용한 근접조사		고소작업차를 이용한 근접조사	

【사진 3.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

3.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 연호고가교는 총 8경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=410.0m 폭 28.9m(왕복 6차로)로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있고, 캔틸레버부를 제외한 내측은 데크플레이트가 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 고소작업차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판하면에 대한 외관조사 결과, 금회 정밀조사로 균열(0.3mm미만), 백태, 충분리, 종조인트 누수가 조사되었다.

【표 3.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		백태 (㎡/개소)		충분리 (㎡/개소)		종조인트 누수 (m/개소)	
S1	—	—	—	—	—	—	—	—
S2	—	—	0.25	5	—	—	—	—
S3	—	—	0.08	1	0.03	1	10.00	1
S4	—	—	0.20	2	—	—	10.00	1
S5	1.50	3	—	—	0.06	1	—	—
S6	—	—	—	—	—	—	—	—
S7	13.00	13	—	—	—	—	—	—
S8	—	—	—	—	—	—	—	—
합계	14.50	16	0.53	8	0.09	2	20.00	2

			
손상현황	• S3 층분리 (0.1m×0.3m) (범물)	손상현황	• S3 백태 (0.4m×0.2m) (범물)
원 인	• 시공시 다짐불량, 우수유입 등	원 인	• 공용기간 증가, 우수유입
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S3 종조인트 누수 (10.0m) (범물)	손상현황	• S4 백태 (0.1m×1.2m) (범물)
원 인	• 우수유입 등	원 인	• 공용기간 증가, 우수유입
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S7 균열 (0.1mm/1.0m*6EA) (범물)	손상현황	• S2 백태 (0.1m×1.0m) (안심)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등	원 인	• 공용기간 증가, 우수유입
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 3.3.3】바닥판하면 손상현황

			
손상현황	• S4 백태(0.1m×0.5m) (안심)	손상현황	• S7 균열(0.1mm/1.0m*6EA) (안심)
원 인	• 공용기간 증가, 우수유입	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 3.3.3】 바닥판하면 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 기존점검시 발생한 균열, 백태, 층분리, 종조인트 누수 등의 손상이 확인되었고, 금회 정밀조사에서 종조인트 누수가 추가로 조사되었다.

【표 3.3.2】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전진단		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판하면	균열(0.3mm미만)	m	14.50	16	14.50	16	— —	변동없음
	백태	m ²	0.53	8	0.53	8	— —	변동없음
	층분리	m ²	0.09	2	0.09	2	— —	변동없음
	종조인트 누수	m	10.00	1	20.00	2	▲ 10.00	신규손상

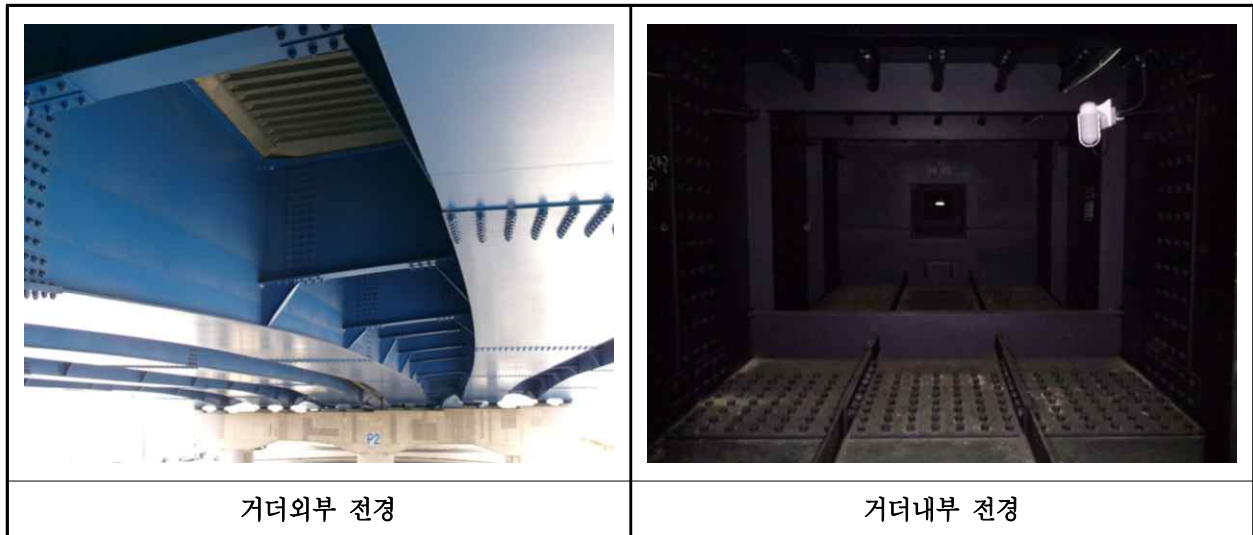
4) 검토의견

- 바닥판 하면에 발생한 균열(0.3mm미만)은 대체로 초기 건조수축에 의해 발생한 방향성이 없는 표면균열로 판단되며, 비구조적인 손상이나 우수유입, 온도변화 등에 의해 손상이 진전될 우려가 있으므로 내구성 확보 차원에서 표면처리 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 백태는 손상부를 통한 우수유입, 수분접촉, 종조인트 누수 등의 원인에 의해 발생한 것으로 판단되며, 표면처리를 통해 구조물의 내구성 저하를 방지하는 것이 바람직하다.
- 층분리는 시공시 다짐불량, 외부충격, 우수유입, 온도변화 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 정도는 경미하나 내구성 확보차원의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 종조인트 누수는 종조인트부로 침투된 노면수 등에 의한 것으로 판단되며, 손상에 대한 주의 관찰을 실시하고, 보수시 노면수 유입에 따른 누수보수 대책을 수립하는 것이 요구된다.

나. Steel Box Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Steel Box Girder는 각 방향별 3열로 총 6열 배치되어 있는 상태이며, 근접육안조사를 위하여 고소작업차를 이용하여 외관조사를 실시하였다.



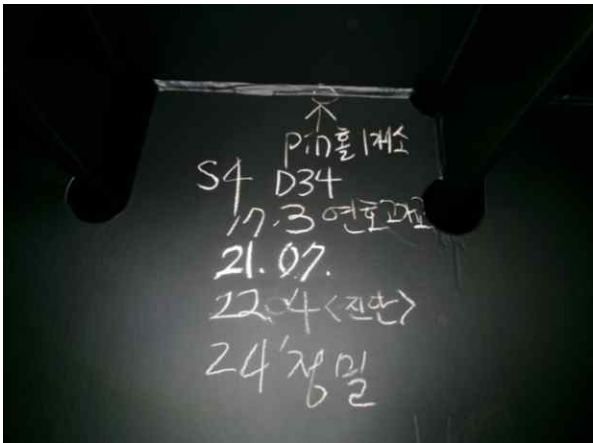
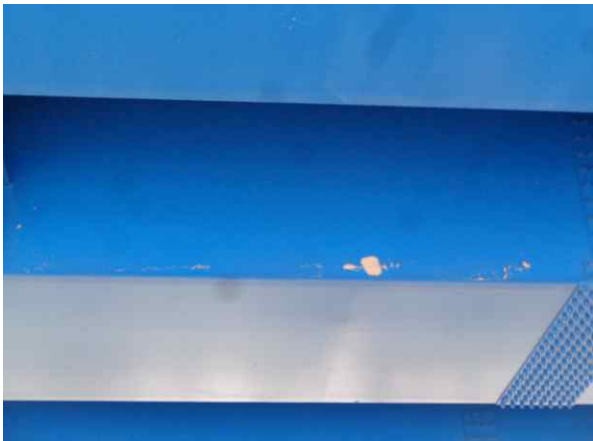
【사진 3.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

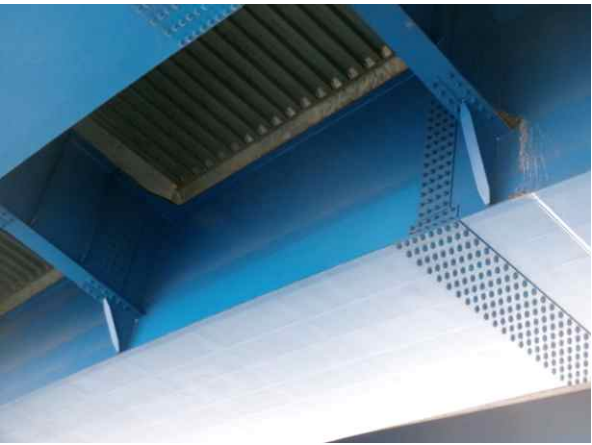
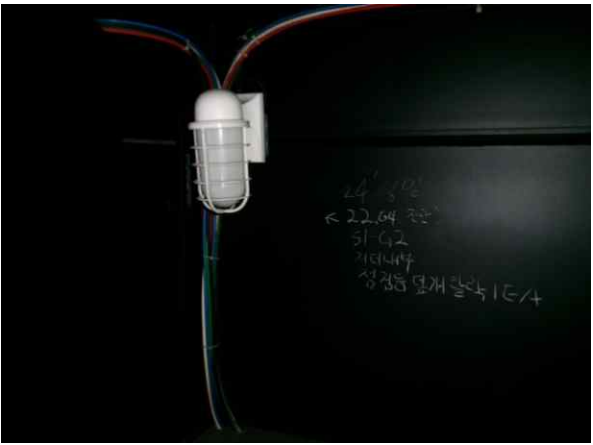
- 거더에 대한 외관조사 결과 거더내부 도장들뜸, 기공, 실링처리미흡, 점검등불량, 거더외부 도장박리가 조사되었다.

【표 3.3.3】 거더 외관조사 결과

구분		도장박리, 들뜸 (㎡/개소)		기공 (개소/개소)		실링처리미흡 (개소/개소)		점검등 고정불량 (개소/개소)	
거더내부	S1	—	—	—	—	—	—	—	—
	S2	—	—	—	—	—	—	—	—
	S3	2.50	2	—	—	—	—	—	—
	S4	—	—	1.00	1	—	—	—	—
	S5	—	—	—	—	—	—	—	—
	S6	—	—	—	—	—	—	1.00	1
	S7	—	—	—	—	2.00	2	—	—
	S8	—	—	—	—	—	—	—	—
거더외부	S1	—	—	—	—	—	—	—	—
	S2	—	—	—	—	—	—	—	—
	S3	—	—	—	—	—	—	—	—
	S4	0.44	4	—	—	—	—	—	—
	S5	—	—	—	—	—	—	—	—
	S6	0.10	1	—	—	—	—	—	—
	S7	—	—	—	—	—	—	—	—
	S8	4.13	28	—	—	—	—	—	—
합계		7.17	35	1.00	1	2.00	2	1.00	1

			
손상현황	• S4-G2 거더내부 기공(1EA) (범물)	손상현황	• S6-G1 거더내부 점검등 고정볼량(1EA) (범물)
원 인	• 시공미흡	원 인	• 시공미흡
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 정비
			
손상현황	• S6-G1 거더외부 도장박리(0.1m×2.0m) (범물)	손상현황	• S8-G1 거더외부 도장박리(0.8m×0.5m) (범물)
원 인	• 공용기간 경과, 외기노출 등	원 인	• 공용기간 경과, 외기노출 등
조치방안	• 재도장	조치방안	• 재도장
			
손상현황	• S8-G1 거더외부 도장박리(0.3m×3.0m) (안심)	손상현황	• S8-G2 거더외부 도장박리(0.2m×0.3m) (안심)
원 인	• 공용기간 경과, 외기노출 등	원 인	• 공용기간 경과, 외기노출 등
조치방안	• 재도장	조치방안	• 재도장

【사진 3.3.5】 거더 손상현황

			
손상현황	• 거더외부 도장박리 보수 실시	손상현황	• 거더내부 점검등 고정불량, 불량 보수 실시
원 인	-	원 인	-
조치방안	-	조치방안	-

【사진 3.3.5】 거더 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 기존점검시 발생한 거더내부 도장들뜸, 기공, 실링처리미흡, 거더외부 도장박리 등의 손상이 확인되었고, 금회 정밀조사에서 점검등 고정불량, 볼트부식, 표면오염, 도장박리에 대한 보수가 실시되었으며, 도장박리, 점검등 고정불량이 일부 추가 조사되었다.

【표 3.3.4】 거더 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전진단		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
거더내부	도장들뜸	m ²	2.50	2	2.50	2	- -	변동없음
	기공	EA	1.00	1	1.00	1	- -	변동없음
	실링처리미흡	EA	2.00	2	2.00	2	- -	변동없음
	점검등 고정불량	EA	17.00	17	1.00	1	▼ 16.00	보수 실시
	볼트부식	EA	22.00	22	-	-	▼ 22.00	보수 실시
	표면오염	m ²	5.00	1	-	-	▼ 5.00	보수 실시
거더외부	도장박리	m ²	4.40	57	4.67	33	▲ 0.27	신규, 보수

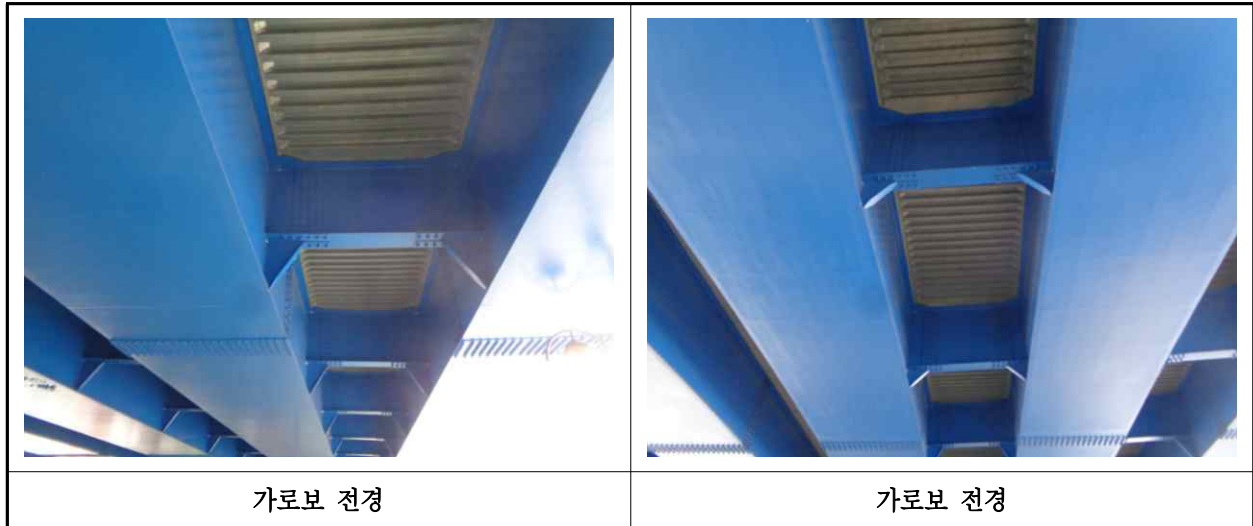
4) 검토의견

- 거더내부·외부에 발생한 도장들뜸, 박리는 약 21년의 공용기간중 외기노출 및 경년열화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 및 도장손상에 따른 부식을 방지하기 위한 재도장을 실시하는 것이 필요하다.
- 거더내부에 발생한 실링처리미흡은 우수유입 방지를 위한 실란트 충전이 요구되며, 점검등 고정불량은 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 정비를 통한 유지관리가 필요하다. 기공은 시공미흡 등에 의한 것으로 손상의 정도가 경미하므로 주의관찰이 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 중·횡분배 역할을 하는 가로보는 Steel로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 외관조사 결과 도장박리, 이물질퇴적(조류서식)이 조사되었다.

【표 3.3.5】 가로보 현장조사 결과

구분	도장박리 (㎡/개소)		이물질퇴적(조류서식) (개소/개소)	
S1	—	—	—	—
S2	—	—	—	—
S3	0.09	1	—	—
S4	—	—	1.00	1
S5	—	—	—	—
S6	—	—	—	—
S7	—	—	—	—
S8	—	—	—	—
합계	0.09	1	1.00	1

			
손상현황	• S3 도장박리(0.3m×0.3m) (범물)	손상현황	• S4 이물질퇴적(1EA) (범물)
원 인	• 공용기간 경과, 외기노출 등	원 인	• 조류서식
조치방안	• 재도장	조치방안	• 청소

【사진 3.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상이었던 이물질퇴적(조류서식)이 확인되었으며, 금회 도장박리가 추가 조사되었다.

【표 3.3.6】 가로보 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전진단		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
가로보	도장박리	m ²	—	—	0.09	1	▲ 0.09	신규손상
	이물질퇴적 (조류서식)	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음

4) 검토의견

- 가로보에 발생한 도장박리는 외기노출 및 경년열화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 및 도장손상에 따른 부식을 방지하기 위한 재도장을 통한 도장보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 가로보에 발생한 이물질퇴적(조류서식)은 청소 등의 정비를 통한 보수가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 연호고가교 교대는 역T형 2기로 시공되어 있으며, 기초는 파일기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 대한 외관조사 결과 균열(0.3mm미만), 파손 및 철근노출, 누수흔적이 조사되었다.

【표 3.3.7】 교대 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		파손 및 철근노출 (㎡/개소)		누수흔적 (㎡/개소)	
A1	2.80	2	1.20	1	24.40	4
A2	—	—	—	—	8.00	2
합계	2.80	2	1.20	1	32.40	6

			
손상현황	• A1 누수흔적 (7.0m×2.0m)	손상현황	• A1 누수흔적 (5.0m×2.0m)
원 인	• 우수유입	원 인	• 우수유입
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• A1 파손 및 철근노출 (12.0m×0.1m)	손상현황	• A1 균열 (0.1mm/2.0m)
원 인	• 외부충격, 시공미흡	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등
조치방안	• 단면보수 (방청)	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• A2 누수흔적 (1.0m×4.0m)	손상현황	• A2 누수흔적 (1.0m×4.0m)
원 인	• 우수유입	원 인	• 우수유입
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰

【사진 3.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상인 균열(0.3mm미만), 백태에 대한 보수가 실시되었으며, 누수흔적이 추가조사되었고, 기 발생한 파손에서 파손 및 철근노출로 손상이 진전 조사되었다.

【표 3.3.8】 교대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전진단		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3mm미만)	m	4.90	4	2.80	2	▼ 2.10	보수실시
	파손 및 철근노출	m ²	1.20	1	1.20	1	— —	손상진전
	누수흔적	m ²	28.40	5	32.40	6	▲ 4.00	신규손상
	백태	m ²	0.04	1	—	—	▼ 0.04	보수실시

4) 검토의견

- 교대에 발생한 균열(0.3mm미만)은 건조수축 및 구속응력, 온도변화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 장기간 우수 및 외기에 의한 수분접촉시 표면열화에 따른 박리 또는 내부 철근의 부식 팽창 등에 의해 박락이 발생될 수 있으므로 내구성 확보를 위한 표면보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 누수흔적은 신축이음부 우수유입 등에 의한 것으로 판단되며, 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다. 보수시 신축이음부와 연계된 보수가 필요하다.
- 파손 및 철근노출의 경우 시공시 외부충격, 시공미흡 등에 의한 것으로 내구성 확보 차원에서 단면보수(방청)가 필요하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 연호고가교의 교각은 다주식 라멘형(P1~P7)로 구성되어 있으며, 기초는 파일기초(P1, P2), 직접기초(P3~P7)로 시공되어있다. 교각에 대한 외관조사는 도보조사, 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 외관조사 결과 균열(0.3mm미만), 망상균열, 체수가 조사되었다.

【표 3.3.9】 교각 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		체수 (㎡/개소)	
P1	—	—	—	—	—	—
P2	—	—	—	—	—	—
P3	—	—	—	—	—	—
P4	—	—	3.00	1	3.00	1
P5	—	—	—	—	—	—
P6	—	—	—	—	—	—
P7	6.00	2	16.00	4	—	—
합계	6.00	2	19.00	5	3.00	1

			
손상현황	• P4 망상균열(3.0m×1.0m)	손상현황	• P4 체수(1.5m×2.0m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등	원 인	• 우수유입 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• P7 균열(0.2mm/3.0m)	손상현황	• P4 망상균열(3.0m×1.0m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P1 균열 보수 실시	손상현황	• P2 균열 보수 실시
원 인	—	원 인	—
조치방안	—	조치방안	—

【사진 3.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 발생한 균열(0.3mm미만), 망상균열, 백태, 표면오염(녹물)에 대한 전반적인 보수가 실시되었으며, 미 보수된 균열(0.3mm미만), 망상균열이 확인되었고, 체수가 추가 조사되었다.

【표 3.3.10】 교각 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전진단		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교각	균열(0.3mm미만)	m	56.10	47	6.00	2	▼ 50.10	보수실시
	망상균열	m ²	106.0	29	19.00	5	▼ 87.00	보수실시
	체수	m ²	—	—	3.00	1	▲ 3.00	신규손상
	백태	m ²	0.24	12	—	—	▼ 0.24	보수실시
	표면오염(녹물)	m ²	5.00	1	—	—	▼ 5.00	보수실시

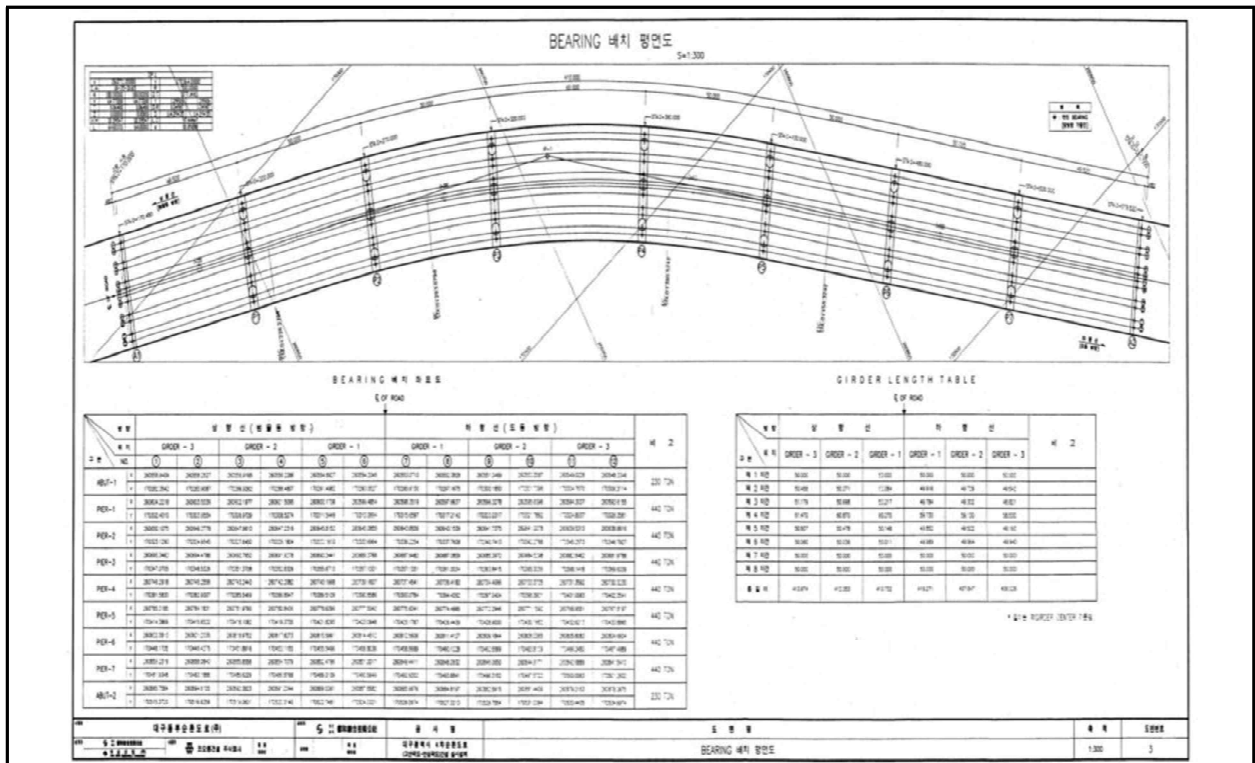
4) 검토의견

- 교각에 발생한 균열(0.3mm미만), 망상균열의 경우 건조수축 및 구속응력, 거푸집 조기탈거, 온도변화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 장기간 우수 및 외기에 의한 수분접촉시 표면열화에 따른 박리 또는 내부 철근의 부식 팽창 등에 의해 박락이 발생할 수 있으므로 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 코핑부에 발생한 체수의 경우 종조인트부 우수유입에 의한 손상으로 판단되며, 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구되고, 보수시 노면수 유입방지를 위해 종조인트부와 연계된 보수가 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 연호고가교의 교량받침은 납면진받침(L.R.B)으로 거더당 2개소씩 배치되어 있으며, 총 108개소가 설치되어있다. 교량받침은 상부구조의 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재로써 본 조사에서는 과반력 및 부반력 발생여부, 온도변화에 의한 신축거동 여부뿐만 아니라 강재부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성 등에 대한 조사를 실시하였다.



【그림 3.3.1】 교량받침 배치도



【사진 3.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침에 대한 외관조사 결과 받침콘크리트 균열, 망상균열, 플레이트부식, 도장박리가 조사되었다.

【표 3.3.11】 교량받침 외관조사 결과

구분	받침콘크리트 균열(0.3mm미만) (m/개소)		받침콘크리트 망상균열 (m ² /개소)		플레이트부식 (개소/개소)		도장박리 (m ² /개소)	
A1	—	—	—	—	—	—	—	—
P1	0.30	1	—	—	—	—	0.26	3
P2	—	—	—	—	1.00	1	0.51	6
P3	0.90	3	—	—	—	—	—	—
P4	0.30	1	0.06	1	—	—	—	—
P5	—	—	—	—	—	—	—	—
P6	—	—	—	—	—	—	—	—
P7	—	—	—	—	—	—	—	—
A2	—	—	—	—	—	—	—	—
합계	1.50	5	0.06	1	1.00	1	0.77	9

			
손상현황	• P1-Sh2 도장박리(0.2×0.5)	손상현황	• P1-Sh6 받침콘크리트 균열(0.2mm/0.3m)
원 인	• 공용기간 경과, 외기노출 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등
조치방안	• 재도장	조치방안	• 표면처리

【사진 3.3.13】 교량받침 손상현황

			
손상현황	• P2-Sh2 도장박리(0.2×0.5)	손상현황	• P2-Sh9 플레이트 부식(1EA)
원 인	• 공용기간 경과, 외기노출 등	원 인	• 공용기간 경과, 외기노출 등
조치방안	• 재도장	조치방안	• 재도장
			
손상현황	• P3-Sh8 받침콘크리트 균열(0.2mm/0.3m)	손상현황	• P4-Sh12 받침콘크리트 망상균열(0.2×0.5)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P4-Sh6 받침콘크리트 균열 보수 실시	손상현황	• P5-Sh4 받침콘크리트 균열 보수 실시
원 인	—	원 인	—
조치방안	—	조치방안	—

【사진 3.3.13】 교량받침 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 기 발생한 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 망상균열, 도장박리에 대한 전반적인 보수가 실시되었으며, 금회 점검시 받침콘크리트 균열, 망상균열, 플레이트 부식, 도장박리가 일부 추가 조사되었다.

【표 3.3.12】 교량받침 기 점검 결과 비교

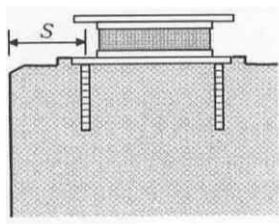
구분	손상 내용	단 위	2022년 정밀안전진단		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	7.20	27	1.50	5	▼ 5.70	보수실시
	받침콘크리트 망상균열(0.3mm미만)	m	—	—	0.06	1	▲ 0.06	신규손상
	플레이트 부식	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.0.0	신규손상
	도장박리	m ²	1.97	19	0.77	9	▼ 1.20	보수실시

4) 검토의견

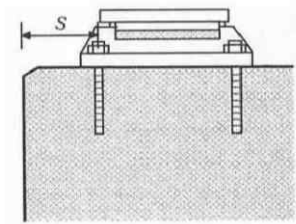
- 교량받침에서 조사된 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 망상균열의 경우 건조수축 및 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 판단되며, 현재 폭 0.1~0.2mm의 미세균열로 교량받침의 거동에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 보수조치가 필요하다고 판단된다.
- 플레이트 부식, 도장박리의 경우 시공미흡, 우수유입, 외기노출, 공용기간 경과 등에 의해 발생한 손상으로 장기적인 내구성 확보를 위하여 재도장을 통한 보수가 필요하다.

5) 연단거리 검토

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



(a) 고무받침



(b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
: $S(\text{mm}) = 200 + 5L$
 - 거더의 경간길이 100m 이상
: $S(\text{mm}) = 300 + 4L$
- 여기서, L은 경간길이(m)

【그림 3.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

받침장치 연단거리 측정

【사진 3.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.0m) : $200 + 5 \times 50 = 450(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=60.0m) : $200 + 5 \times 60 = 500(\text{mm})$

【표 3.3.13】연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)												검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	Sh7	Sh8	Sh9	Sh10	Sh11	Sh12	
A1		450	760	750	750	750	750	760	750	770	750	750	750	760	O.K
P1	A1측	450	880	870	880	880	890	900	870	890	890	890	890	890	O.K
	A2측	450	880	880	890	890	880	880	880	880	890	890	890	890	O.K
P2	A1측	450	900	900	880	880	880	900	900	900	900	900	900	900	O.K
	A2측	450	880	880	900	880	880	880	870	880	880	870	870	870	O.K
P3	A1측	450	890	900	900	900	900	900	900	900	890	890	890	890	O.K
	A2측	500	880	880	870	880	880	890	890	880	890	870	870	870	O.K
P4	A1측	500	900	900	900	880	890	890	890	900	900	900	900	900	O.K
	A2측	450	880	880	870	870	880	880	870	880	880	880	870	870	O.K
P5	A1측	450	890	890	880	890	890	890	890	900	900	890	890	900	O.K
	A2측	450	870	870	870	880	880	880	880	880	870	870	880	870	O.K
P6	A1측	450	890	890	900	900	900	900	900	900	890	890	890	890	O.K
	A2측	450	870	870	880	880	870	870	870	870	860	880	880	870	O.K
P7	A1측	450	890	890	890	900	900	900	900	900	900	900	900	900	O.K
	A2측	450	880	880	880	870	870	870	870	880	880	870	870	870	O.K
A2		450	700	700	700	700	700	690	690	700	700	700	700	700	O.K

② 연단거리 검토의견

- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토



【사진 3.3.15】교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−10℃ ~ 40℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

【표 3.3.14】교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	17.9	32.1	0.000012	150	32.2	57.8	
P1	17.9	32.1	0.000012	100	21.5	38.5	
P2	17.9	32.1	0.000012	50	10.7	19.3	
P3	17.9	32.1	0.000012	50	10.7	19.3	
P4	17.9	32.1	0.000012	100	21.5	38.5	
P5	17.9	32.1	0.000012	150	32.2	57.8	
P6	17.9	32.1	0.000012	100	21.5	38.5	
P7	17.9	32.1	0.000012	50	10.7	19.3	
A2	17.9	32.1	0.000012	50	10.7	19.3	
1) 조사당시 온도 : 7.9℃(조사일 : 2024년 3월 26일, 평균온도, 대구) 2) 검토온도 : −10℃ ~ 40℃(보통지방)							

【표 3.3.15】교량반침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)	수축 검토 결과	신장 검토 결과
			최대수축	최대수축	최대수축	최대신장			
A1	SH1	-5	195	205	32.2	57.8	±200	O.K	O.K
	SH2	-5	195	205			±200	O.K	O.K
	SH3	-5	195	205			±200	O.K	O.K
	SH4	-5	195	205			±200	O.K	O.K
	SH5	-5	195	205			±200	O.K	O.K
	SH6	-5	195	205			±200	O.K	O.K
	SH7	-5	195	205			±200	O.K	O.K
	SH8	-5	195	205			±200	O.K	O.K
	SH9	-5	195	205			±200	O.K	O.K
	SH10	-5	195	205			±200	O.K	O.K
	SH11	-5	195	205			±200	O.K	O.K
	SH12	-5	195	205			±200	O.K	O.K
P1	SH1	0	165	165	21.5	38.5	±165	O.K	O.K
	SH2	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH3	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH4	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH5	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH6	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH7	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH8	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH9	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH10	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH11	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH12	0	165	165			±165	O.K	O.K
P2	SH1	0	165	165	10.7	19.3	±165	O.K	O.K
	SH2	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH3	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH4	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH5	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH6	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH7	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH8	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH9	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH10	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH11	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH12	0	165	165			±165	O.K	O.K
주) 판정 : 계산 가동 이동량 ≤ 측정 가동여유량 ⇒ O.K									

【표 3.3.15】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)	수축 검토 결과	신장 검토 결과
			최대수축	최대수축	최대수축	최대신장			
P3	SH1	0	165	165	10.7	19.3	±165	O.K	O.K
	SH2	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH3	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH4	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH5	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH6	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH7	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH8	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH9	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH10	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH11	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH12	0	165	165			±165	O.K	O.K
P4	SH1	0	165	165	21.5	38.5	±165	O.K	O.K
	SH2	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH3	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH4	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH5	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH6	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH7	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH8	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH9	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH10	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH11	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH12	0	165	165			±165	O.K	O.K
P5	SH1	+5	170	160	32.2	57.8	±165	O.K	O.K
	SH2	+5	170	160			±165	O.K	O.K
	SH3	+5	170	160			±165	O.K	O.K
	SH4	+5	170	160			±165	O.K	O.K
	SH5	+5	170	160			±165	O.K	O.K
	SH6	+5	170	160			±165	O.K	O.K
	SH7	+5	170	160			±165	O.K	O.K
	SH8	+5	170	160			±165	O.K	O.K
	SH9	+5	170	160			±165	O.K	O.K
	SH10	+5	170	160			±165	O.K	O.K
	SH11	+5	170	160			±165	O.K	O.K
	SH12	+5	170	160			±165	O.K	O.K
주) 판정 : 계산 가동 이동량 ≤ 측정 가동여유량 ⇒ O.K									

【표 3.3.15】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)	수축 검토 결과	신장 검토 결과
			최대수축	최대수축	최대수축	최대신장			
P6	SH1	0	165	165	21.5	38.5	±165	O.K	O.K
	SH2	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH3	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH4	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH5	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH6	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH7	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH8	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH9	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH10	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH11	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH12	0	165	165			±165	O.K	O.K
P7	SH1	0	165	165	10.7	19.3	±165	O.K	O.K
	SH2	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH3	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH4	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH5	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH6	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH7	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH8	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH9	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH10	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH11	0	165	165			±165	O.K	O.K
	SH12	0	165	165			±165	O.K	O.K
A2	SH1	+5	205	195	10.7	19.3	±200	O.K	O.K
	SH2	+5	205	195			±200	O.K	O.K
	SH3	+5	205	195			±200	O.K	O.K
	SH4	+5	205	195			±200	O.K	O.K
	SH5	+5	205	195			±200	O.K	O.K
	SH6	+5	205	195			±200	O.K	O.K
	SH7	+5	205	195			±200	O.K	O.K
	SH8	+5	205	195			±200	O.K	O.K
	SH9	+5	205	195			±200	O.K	O.K
	SH10	+5	205	195			±200	O.K	O.K
	SH11	+5	205	195			±200	O.K	O.K
	SH12	+5	205	195			±200	O.K	O.K
주) 판정 : 계산 가동 이동량 ≤ 측정 가동여유량 ⇒ O.K									

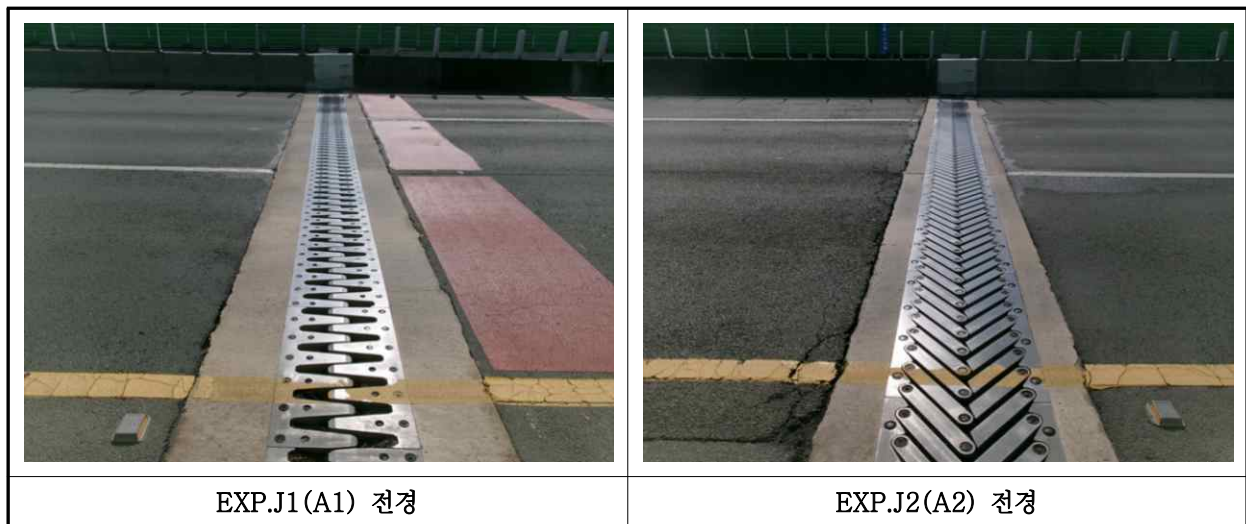
② 교량받침 이동량 검토의견

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

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 신축이음은 교량받침과 연동되어 온도나 하중에 대한 상부구조의 신축거동을 수렴하는 중요 장치로써 본체와 후타재로 구분되며, 본 교량의 신축이음은 2017년도에 교체되었고 Finger Joint(A1), 저소음 굴절형 Joint(A2) 형식으로 시공된 상태이다.



【사진 3.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 외관조사 결과 후타재 균열(0.3mm미만), 파손, 흡음재 탈락, 접속부 포장균열, 이격이 조사되었다.

【표 3.3.16】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열(0.3mm미만) (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		흡음재 탈락 (m/개소)		접속부 포장균열, 이격 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	9.90	33	0.02	2	—	—	—	—
A2 (EXP J2)	11.60	34	—	—	2.00	1	10.00	1
합계	21.50	67	0.02	2	2.00	1	10.00	1

			
손상현황	• A1 후타재균열 (0.2mm/0.3m) (범물)	손상현황	• A2 접속부 포장균열, 이격(10.0m) (범물)
원 인	• 건조수축, 차량윤하중	원 인	• 공용기간 경과, 차량윤하중
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• A1 후타재균열 (0.2mm/0.3m) (안심)	손상현황	• A2 흡음재 탈락(2.0m) (안심)
원 인	• 건조수축, 차량윤하중	원 인	• 시공미흡
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• A2 후타재 파손(0.1m×0.1m*2EA) (안심)	손상현황	• A2 후타재균열 (0.2mm/0.3m) (안심)
원 인	• 차량윤하중, 보수미흡 등	원 인	• 건조수축, 차량윤하중
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면처리

【사진 3.3.17】 신축이음 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 발생한 후타재 파손에 대한 보수가 실시되었으나, 임시보수차원으로 손상의 변동은 없는 것으로 확인하였으며, 그 외 후타재 균열, 흡음재 탈락, 접속부 포장균열, 이격이 조사되었다.

【표 3.3.17】 신축이음 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전진단		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	21.50	67	21.50	67	- -	변동없음
	후타재 파손	m ²	0.02	2	0.02	2	- -	변동없음
	흡음재 탈락	m	2.00	1	2.00	1	- -	변동없음
	접속부 포장균열, 이격	m	10.00	1	10.00	1	- -	변동없음

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열(0.3mm미만)은 건조수축, 차량 반복통행, 장기공용, 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원의 표면처리 보수를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다.
- 후타재 파손의 경우 차량 윤하중, 외부충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 차량의 안전사고 및 손상의 진전 방지를 위해 단면보수를 실시하는 것이 요구된다.
- 흡음재 탈락은 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 차량 통행시 소음 등의 영향이 크지않은 바 주의관찰이 요구된다.
- 접속부 포장균열, 이격은 차량의 반복적인 윤하중, 다짐미흡, 시공미흡, 공용기간 경과 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 주행성에 영향이 없는 상태로 주의관찰 후 보수시기를 결정하는 것이 바람직하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−10℃ ~ 40℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

구분	계산방법				비고	
이론 신축량	- 온도변화에 의한 이동량 $\Delta Lt = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ 여기서, ΔLt : 온도변화에 의한 이동량 ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조) α (강재): 1.2×10^{-5}, α (콘크리트): 1.0×10^{-5} L : 신축보의 길이(mm)					
	- 소요 가동량 산정 조사일 : 2024. 03. 26. 기온 적용: 7.9℃(일평균) ΔT(신장시) : $40.0^{\circ}\text{C} - 7.9^{\circ}\text{C} = 32.1^{\circ}\text{C}$ ΔT(수축시) : $-10.0^{\circ}\text{C} - (7.9^{\circ}\text{C}) = 17.9^{\circ}\text{C}$ ΔLt(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)					
소요 신축량	교량형식		보통지방	한랭지방	선팡창계수 α (/℃)	
	강교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}	
		하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}	
	RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}	

【사진 3.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 3.3.18】 신축이음 신축이동량 산정

구 분		온도변화 (ΔT , ℃)		선팡창 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				
범물 방향	A1	17.9	32.1	0.000012	205	44	79	145	180	170	Finger Joint
	A2	17.9	32.1	0.000012	205	44	79	—	150	154	JHR Joint
안심 방향	A1	17.9	32.1	0.000012	205	44	79	132	160	150	Finger Joint
	A2	17.9	32.1	0.000012	205	44	79	—	155	160	JHR Joint
1) 조사당시 온도 : 7.9℃(조사일 : 2024년 3월 26일, 평균온도, 대구) 2) 검토온도 : −10℃ ~ 40℃(보통지방)											

※ 저소음 굴절형 조인트(JHR Joint)는 유간을 하부만 고려함에 따라 상부유간은 고려하지 않음.

【표 3.3.19】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분			계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간(mm) ③	허용량(mm)	신축 여유량(mm)		수축 검토 결과	신장 검토 결과
			최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)		
범물 방향	A1	신축이음	44	79	145	240	51.00	66.00	OK	OK
		바닥판			180	-	-	101.0	-	OK
		거더			170	-	-	91.0	-	OK
	A2	신축이음	44	79	-	240	-	-	-	-
		바닥판			150	-	-	71.0	-	OK
		거더			154	-	-	75.0	-	OK
안심 방향	A1	신축이음	44	79	132	240	64.00	53.00	OK	OK
		바닥판			160	-	-	81.0	-	OK
		거더			150	-	-	71.0	-	OK
	A2	신축이음	44	79	-	240	-	-	-	-
		바닥판			155	-	-	76.0	-	OK
		거더			160	-	-	81.0	-	OK
주) 판정 : 0.0mm ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K										

6) 신축거동상태 검토의견

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

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 연호고가교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스팔트 포장 (T=80mm)으로 시공되었으며, 각 방향별 3차로 총 6차로로 구성되어있다.



【사진 3.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장에 대한 외관조사 결과 채포장된 이후 차량 주행성저하, 침하, 변형 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.3.20】 교면포장 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
S6	—	—
S7	—	—
S8	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• S7 포장 상태양호(범물)	손상현황	• S8 포장 상태양호(범물)
원 인	-	원 인	-
조치방안	-	조치방안	-

【사진 3.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검 및 금회 점검시 신규 손상의 추가가 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 3.3.21】 교면포장 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전진단		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	상태양호	-	-	-	-	-	- -	-

4) 검토의견

- 교면포장은 현재 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 향후 공용기간 경과, 차량의 윤하중, 온도변화, 우수유입 등에 의해 신규 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 연호고가교의 배수시설은 교량의 횡구배에 맞게 설치되어 있으며, 육교형(S1~S8) 배수관으로 연결되어있는 상태이다.



【사진 3.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 외관조사 결과, 배수구 이물질퇴적이 조사되었다.

【표 3.3.22】 배수시설 외관조사 결과

구분	배수구 이물질퇴적 (개소/개소)	
S1	2.00	2
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
S6	—	—
S7	—	—
S8	—	—
합계	2.00	2

			
손상현황	• S1 배수구 이물질퇴적(2EA) (범물)	손상현황	• S1 배수구 이물질퇴적(2EA) (범물)
원 인	• 공용기간 경과, 토사유입 등	원 인	• 공용기간 경과, 토사유입 등
조치방안	• 청소	조치방안	• 청소

【사진 3.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검에서 그레이팅 파손이 조사되었고, 손상의 진전은 미미한 것으로 확인되었다. 금회 정밀안전점검 결과 그레이팅 파손과, 배수구 막힘이 신규로 추가 조사되었다.

【표 3.3.23】 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전진단		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	배수구 이물질퇴적	EA	—	—	2.00	2	▲ 2.00	신규손상

4) 검토의견

- 배수시설의 배수구 이물질퇴적은 공용기간 증가, 우천시 토사유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 원활한 배수기능을 확보하기 위하여 청소를 통한 주기적인 정비를 실시하는 것이 바람직하다.

차. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 교면 외측(안심방향, 범물방향)에는 콘크리트 방호벽 및 방음벽, 중앙부에는 콘크리트 중앙분리대가 시공되어 있다.



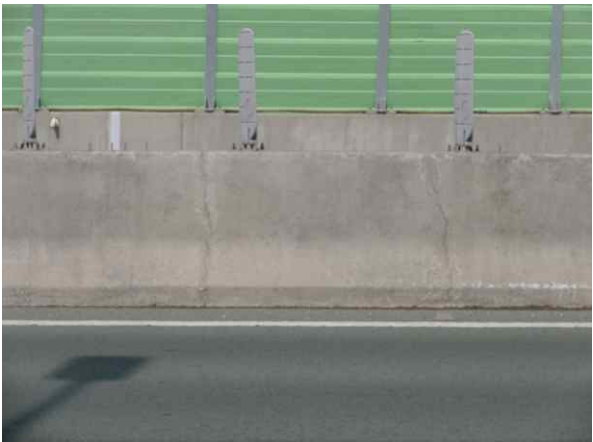
【사진 3.3.23】 난간 및 연석 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 3.3.24】 난간 및 연석 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		파손 (㎡/개소)	
S1	36.80	69	—	—
S2	45.80	81	—	—
S3	93.60	99	—	—
S4	124.00	116	0.15	1
S5	98.40	99	—	—
S6	92.80	90	—	—
S7	82.80	83	—	—
S8	35.60	39	—	—
합계	609.80	676	0.15	1

			
손상현황	• S3 방호벽 균열(0.2mm/1.0m) (범물)	손상현황	• S4 방호벽 파손(0.3m×0.5m) (범물)
원 인	• 건조수축, 온도변화 등	원 인	• 외부충격 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S6 방호벽 균열(0.2mm/0.8m) (범물)	손상현황	• S1 중분대 균열(0.2mm/0.8m) (안심)
원 인	• 건조수축, 온도변화 등	원 인	• 건조수축, 온도변화 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S4 방호벽 균열(0.2mm/1.2m) (안심)	손상현황	• S8 방호벽 균열 기보수 상태양호
원 인	• 건조수축, 온도변화 등	원 인	—
조치방안	• 표면처리	조치방안	—

【사진 3.3.24】 난간 및 연석 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 발생한 균열(0.3mm미만)에 대한 보수가 일부 실시되었으며, 금회 점검시 파손이 신규로 추가 조사되었다.

【표 3.3.25】 난간 및 연석 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전진단		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	m	619.40	684	609.80	676	▼ 9.60	보수실시
	파손	m ²	—	—	0.15	1	▲ 0.15	신규손상

4) 검토의견

- 방호벽 및 중분대에 발생한 균열(0.3mm미만)의 경우 건조수축 및 구속응력, 온도변화, 수화열 등에 의해 발생한 것으로 내구성 및 미관 확보 차원의 보수를 실시하는 것이 요구되며, 보수시 철저한 시공관리를 통해 재손상이 발생하지 않도록 하는 것이 필요하다.
- 방호벽 파손의 경우 차량충격에 따른 외부충격에 의한 손상으로 손상의 진전 방지를 위한 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.

카. 교량 점검시설

- 연호고가교의 점검시설은 미설치된 상태이다.

타. 램프구간 포장

1) 부재의 개요

- 램프구간 포장은 아스팔트 포장으로 시공되었으며, 각 방향별 3차로 총 6차로로 구성되어있다.



【사진 3.3.25】 램프구간 포장 전경

2) 현장조사 결과

- 램프구간 포장에 대한 현장조사 결과, 아스콘 균열, 파손, 포트홀이 조사되었다.

【표 3.3.26】 램프구간 포장 외관조사 결과

구분	아스콘 균열 (m/개소)		아스콘 파손 (㎡/개소)		포트홀 (㎡/개소)	
시점부 램프구간	163.00	5	0.14	5	0.04	1
종점부 램프구간	3.60	3	—	—	—	—
합계	166.60	8	0.14	5	0.04	1

			
손상현황	• 시점부 24m 아스콘 파손(0.2m×0.2m) (범물)	손상현황	• 시점부 100m 아스콘 파손(0.2m×0.2m) (범물)
원 인	• 장기공용, 차량윤하중	원 인	• 장기공용, 차량윤하중
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• 시점부 157m 포트홀(0.2m×0.2m) (범물)	손상현황	• 시점부 0~50m 아스콘 균열(50.0m) (안심)
원 인	• 장기공용, 차량윤하중	원 인	• 장기공용, 차량윤하중
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• 시점부 50~100m 아스콘 균열(50.0m) (안심)	손상현황	• 종점부 170m 아스콘 균열(1.2m×3EA) (범물)
원 인	• 장기공용, 차량윤하중	원 인	• 장기공용, 차량윤하중
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰

【사진 3.3.26】 램프구간 포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 발생한 아스콘 균열, 파손, 포트홀이 확인되었으며, 아스콘 균열, 파손이 추가 및 진전 조사되었다.

【표 3.3.27】 램프구간 포장 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전진단		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
램프구간 포장	아스콘 균열	m	23.60	7	166.60	8	▲ 143.0	신규발생 손상진전
	아스콘 파손	m ²	0.09	3	0.14	5	▲ 0.05	신규발생
	포트홀	m ²	0.04	1	0.04	1	- -	변동없음

4) 검토의견

- 램프구간 포장에 발생한 아스콘 균열, 파손, 포트홀은 차량의 반복적인 윤회중, 공용기간 경과 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 조사된 손상은 차량통행에 중대한 영향을 미치는 손상이 아닌 바 지속적인 주의관찰을 실시하고 향후 손상의 진전시 재포장 등과 같은 보수대책 수립이 요구된다.

파. 램프구간 난간 및 연석

1) 부재의 개요

- 램프구간 외측(안심방향, 범물방향)에는 콘크리트 방호벽 및 방음벽, 중앙부에는 콘크리트 중앙분리대가 시공되어있다.



【사진 3.3.27】 램프구간 난간 및 연석 전경

2) 현장조사 결과

- 램프구간 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 망상균열, 단차가 조사되었다.

【표 3.3.28】 램프구간 난간 및 연석 외관조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		단차 (개소/개소)	
시점부 램프구간	146.40	3	1.00	1
종점부 램프구간	14.40	2	—	—
합계	160.80	5	1.00	1

			
손상현황	• 시점부 50~100m 망상균열(50.0m×1.2m) (범물)	손상현황	• 시점부 100~157m 망상균열(50.0m×1.2m) (범물)
원 인	• 건조수축, 온도변화	원 인	• 건조수축, 온도변화
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• 시점부 157m 단차(1EA) (안심)	손상현황	• 시점부 157m 단차(1EA) (안심)
원 인	• 잔류침하 등	원 인	• 잔류침하 등
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• 종점부 60~70m 망상균열(10.0m×1.2m) (범물)	손상현황	• 종점부 215m 망상균열(2.0m×1.2m) (범물)
원 인	• 건조수축, 온도변화	원 인	• 건조수축, 온도변화
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 3.3.28】 램프구간 난간 및 연석 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 발생된 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 파손, 재료분리, 철근노출에 대한 전반적인 보수가 실시되었으며, 기존 손상인 망상균열, 단차가 확인되었고, 금회 정밀안전점검에서 별도의 추가적인 손상은 조사되지 않았다.

【표 3.3.29】 램프구간 난간 및 연석 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전진단		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
램프구간 난간 및 연석	망상균열	m ²	195.00	6	160.80	5	▼ 34.20	보수실시
	단차	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	균열(0.3mm미만)	m	20.00	21	—	—	▼ 20.00	보수실시
	균열(0.3mm이상)	m	5.80	5	—	—	▼ 5.80	보수실시
	파손	m ²	0.28	2	—	—	▼ 0.28	보수실시
	재료분리	m ²	23.2	2	—	—	▼ 23.2	보수실시
	철근노출	m ²	0.26	3	—	—	▼ 0.26	보수실시

4) 검토의견

- 램프구간 난간 및 연석에 발생한 망상균열의 경우 건조수축 및 구속응력, 온도변화, 수화열 등에 의해 발생한 것으로 내구성 및 미관 확보 차원의 보수를 실시하는 것이 요구되며, 보수 시 철저한 시공관리를 통해 재손상이 발생하지 않도록 하는 것이 필요하다.
- 단차의 경우 시공초기 옹벽 시공 이후 잔류침하에 의한 손상으로 추정되며, 현재 균열모니터를 통해 유지관리중인 것으로 확인되고, 진전여부에 대한 지속적인 계측 및 주의관찰이 요구된다.

하. 공중이 이용하는 부위

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

1) 추락방지시설

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 “현장조사 결과 - 난간 및 연석”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로포장

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

3) 도로부 신축이음부

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

4) 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

3.3.3 외관조사 총괄표

【표 3.3.30】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판하면	균열(0.3mm미만)	m	14.50	16	
	백태	m ²	0.53	8	
	충분리	m ²	0.09	2	
	중조인트 누수	m	20.00	2	
거더내부	도장들뜸	m ²	2.50	2	
	기공	EA	1.00	1	
	실링처리미흡	EA	2.00	2	
	점검등 고정볼량	EA	1.00	1	
	볼트부식	EA	22.00	22	
거더외부	도장박리	m ²	4.67	33	
가로보	도장박리	m ²	0.09	1	
	이물질퇴적(조류서식)	EA	1.00	1	
교대	균열(0.3mm미만)	m	2.80	2	
	파손 및 철근노출	m ²	1.20	1	
	누수흔적	m ²	32.40	6	
교각	균열(0.3mm미만)	m	6.00	2	
	망상균열	m ²	19.00	5	
	채수	m ²	3.00	1	
교량받침	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	1.50	5	
	받침콘크리트 망상균열(0.3mm미만)	m	0.06	1	
	플레이트 부식	EA	1.00	1	
	도장박리	m ²	0.77	9	
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	21.50	67	
	후타재 파손	m ²	0.02	2	
	흡음재 탈락	m	2.00	1	
	접속부 포장균열, 이격	m	10.00	1	
교면포장	상태양호	—	—	—	
배수시설	배수구 이물질퇴적	EA	2.00	2	
난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	m	609.80	676	
	파손	m ²	0.15	1	
램프구간 포장	아스콘 균열	m	166.60	8	
	아스콘 파손	m ²	0.14	5	
	포트홀	m ²	0.04	1	
램프구간 난간 및 연석	망상균열	m ²	160.80	5	
	단차	EA	1.00	1	

3.3.4 전회차 손상물량 비교

【표 3.3.31】 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전진단		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판	균열(0.3mm미만)	m	14.50	16	14.50	16	— —	변동없음
	백태	m ²	0.53	8	0.53	8	— —	변동없음
	충분리	m ²	0.09	2	0.09	2	— —	변동없음
	중조인트 누수	m	10.00	1	20.00	2	▲ 10.00	신규손상
거더내부	도장들뜸	m ²	2.50	2	2.50	2	— —	변동없음
	기공	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	실링처리미흡	EA	2.00	2	2.00	2	— —	변동없음
	점검등 고정불량	EA	17.00	17	1.00	1	▼ 16.00	보수실시
	볼트부식	EA	22.00	22	—	—	▼ 22.00	보수실시
	표면오염	m ²	5.00	1	—	—	▼ 5.00	보수실시
거더외부	도장박리	m ²	4.40	57	4.67	33	▲ 0.27	신규,보수
가로보	도장박리	m ²	—	—	0.09	1	▲ 0.09	신규손상
	이물질퇴적(조류서식)	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
교대	균열(0.3mm미만)	m	4.90	4	2.80	2	▼ 2.10	보수실시
	파손 및 철근노출	m ²	1.20	1	1.20	1	— —	손상진전
	누수흔적	m ²	28.40	5	32.40	6	▲ 4.00	신규손상
	백태	m ²	0.04	1	—	—	▼ 0.04	보수실시
교각	균열(0.3mm미만)	m	56.10	47	6.00	2	▼ 50.10	보수실시
	망상균열	m ²	106.0	29	19.00	5	▼ 87.00	보수실시
	채수	m ²	—	—	3.00	1	▲ 3.00	신규손상
	백태	m ²	0.24	12	—	—	▼ 0.24	보수실시
	표면오염(녹물)	m ²	5.00	1	—	—	▼ 5.00	보수실시
교량받침	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	7.20	27	1.50	5	▼ 5.70	보수실시
	받침콘크리트 망상균열(0.3mm미만)	m	—	—	0.06	1	▲ 0.06	신규손상
	플레이트 부식	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.0.0	신규손상
	도장박리	m ²	1.97	19	0.77	9	▼ 1.20	보수실시
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	21.50	67	21.50	67	— —	변동없음
	후타재 파손	m ²	0.02	2	0.02	2	— —	변동없음
	흡음재 탈락	m	2.00	1	2.00	1	— —	변동없음
	접속부 포장균열 이격	m	10.00	1	10.00	1	— —	변동없음
교면포장	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
배수시설	배수구 이물질퇴적	EA	—	—	2.00	2	▲ 2.00	신규손상
난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	m	619.40	684	609.80	676	▼ 9.60	보수실시
	파손	m ²	—	—	0.15	1	▲ 0.15	신규손상
램프구간 포장	아스콘 균열	m	23.60	7	166.60	8	▲ 143.0	신규,진전
	아스콘 파손	m ²	0.09	3	0.14	5	▲ 0.05	신규발생
	포트홀	m ²	0.04	1	0.04	1	— —	변동없음
램프구간 난간 및 연석	망상균열	m ²	195.00	6	160.80	5	▼ 34.20	보수실시
	단차	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	균열(0.3mm미만)	m	20.00	21	—	—	▼ 20.00	보수실시
	균열(0.3mm이상)	m	5.80	5	—	—	▼ 5.80	보수실시
	파손	m ²	0.28	2	—	—	▼ 0.28	보수실시
	재료분리	m ²	23.2	2	—	—	▼ 23.2	보수실시
	철근노출	m ²	0.26	3	—	—	▼ 0.26	보수실시

3.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2023. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

3.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 3.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	• 50m 마다	• 50m 마다	9	9	10	9	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 ¹⁾ • 5경간 이상: 3~6개소 ²⁾		2	1	2	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

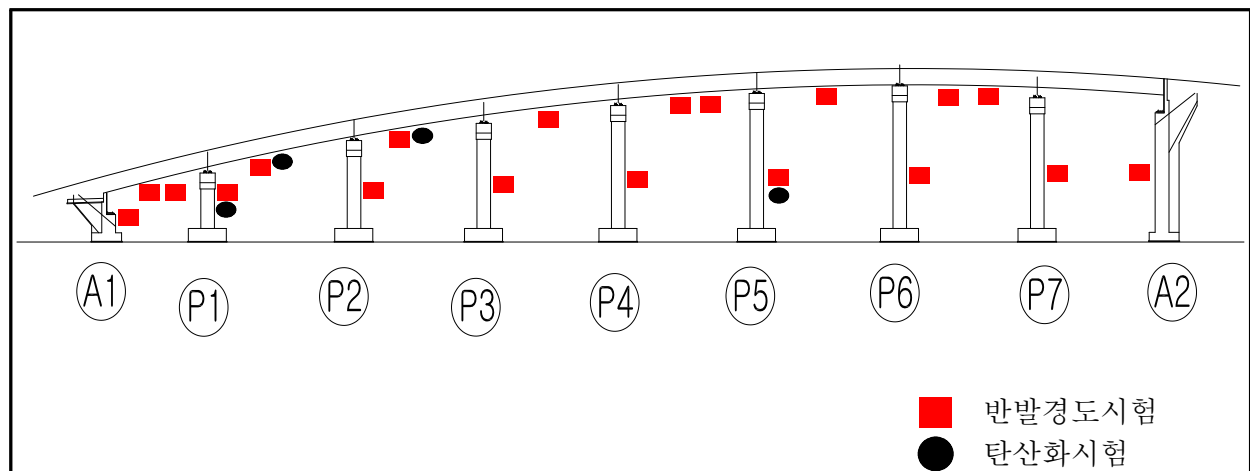
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 고소작업차 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



【사진 3.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

3.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 19개소)을 실시하였으며, 검토결과 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 3.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1	바닥판	52.3	30.5	29.7	0.63	27.0	건전 (범물)
	S1	바닥판	51.4	29.8	29.4			건전 (안심)
	S2	바닥판	52.2	30.4	29.7			건전
	S3	바닥판	52.4	30.5	29.8			건전
	S4	바닥판	51.6	29.9	29.4			건전
	S5	바닥판	52.5	30.7	29.8			건전
	S5	바닥판	52.1	30.4	29.7			비건전
	S6	바닥판	50.8	29.3	29.1			건전
	S7	바닥판	52.7	30.9	29.9			건전
	S7	바닥판	50.0	28.6	28.7			비건전

【표 3.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대 및 교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	교대	49.1	27.9	28.3	0.63	24.0	
	A2	교대	49.4	28.2	28.4			
	P1	교각	46.2	25.6	27.0			
	P2	교각	49.5	28.2	28.5			
	P3	교각	46.2	25.6	27.0			
	P4	교각	46.3	25.7	27.0			
	P5	교각	47.1	26.3	27.4			
	P6	교각	47.0	26.2	27.3			
	P7	교각	47.2	26.4	27.5			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면) 28.6~30.9MPa, 하부구조(교대 및 교각) 25.6~28.5MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판하면: 27.0MPa, 교대 및 교각: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 3.4.4】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판하면	28.6 ~ 30.9	27.0	105.9 ~ 114.4
하부구조	교대 및 교각	25.6 ~ 28.5	24.0	106.7 ~ 118.8

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.4.5】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	위치	2022년 정밀안전진단	2024년 정밀안전점검	설계기준강도
반발경도법	바닥판	28.6 ~ 32.0	28.6 ~ 30.9	27.0
	교대 및 교각	27.5 ~ 29.3	25.6 ~ 28.5	24.0
검토의견		■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과 측정부위에 따라 다소 차이는 있지만, 설계강도를 100%이상 상회하고 있는 것으로 확인되어 콘크리트의 강도상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.		

나. 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	실측 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S2 바닥판	12.0	47.0	35.0	a	2.56	100년 이상	
	S3 바닥판	10.0	44.0	34.0	a	2.13	100년 이상	
하부구조	P1 기둥부	11.0	88.0	77.0	a	2.35	100년 이상	
	P5 기둥부	13.0	94.0	81.0	a	2.77	100년 이상	

탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 10.0~12.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 11.0~13.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 3.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	10.0~12.0	34.0~35.0	
하부구조	11.0~13.0	77.0~81.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.4.8】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2022년 정밀안전진단			2024년 정밀안전점검			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
상부구조	9.0~12.0	30.0~33.0	a	10.0~12.0	34.0~35.0	a	
하부구조	10.0~12.0	75.0~84.5	a	11.0~13.0	77.0~81.0	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.						

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 3.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판하면	28.6 ~ 30.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대 및 교각	25.6 ~ 28.5	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		40.0~43.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		85.0~91.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

【표 3.4.10】 기 점검결과와 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			2022년 정밀안전진단		2024년 정밀안전점검		
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판하면	28.6 ~ 32.0		28.6 ~ 30.9		■ 강도저하 없음
	하부구조	교대 및 교각	27.5 ~ 29.3		25.6 ~ 28.5		
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		30.0~33.0	a	40.0~43.0	a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		75.0~84.5	a	85.0~91.0	a	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨						

3.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편 -2023. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀안전점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

3.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 ‘B등급’으로 산정되었다.

【표 3.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	S.T.B	a	a	a	a	c	b	c	a	c	q	-	-
S2	P1	S.T.B	b	a	a	a	a	b	-	b	a	q	a	a
S3	P2	S.T.B	b	b	b	a	a	b	-	b	a	q	a	-
S4	P3	S.T.B	b	b	a	a	a	c	-	b	a	q	-	-
S5	P4	S.T.B	b	a	a	a	a	b	-	b	b	q	-	-
S6	P5	S.T.B	a	b	a	a	a	b	-	a	a	q	-	a
S7	P6	S.T.B	b	a	a	a	a	b	-	a	a	q	-	-
S8	P7	S.T.B	a	b	a	a	a	b	-	a	b	q	-	-
	A2								b	a	a	q	-	-
평균			0.163	0.150	0.113	0.100	0.138	0.225	0.300	0.144	0.156	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.029	0.030	0.006	0.007	0.004	0.005	0.027	0.013	0.031	-	0.004	0.003
													0.159	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.159) < 0.260$

나. 공중이 이용하는 부위 상태평가

① 추락방지시설

경미한 결함 및 파손이 발생한 상태로 지속적인 관찰 후 보수가 필요한 “b” 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

손상이 없는 양호한 상태로 “a” 등급으로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생한 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 불편감을 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

국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태인 “c” 로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생한 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 상태평가 결과

【표 3.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
연호고가교	0.159	B	410	6	2,460	1.000	0.159
합계(Σ)			410	6	2,460	1.000	0.159
1. 평가지수 =							0.159
2. 상태평가결과 =							B

3.5.2 기 점검 결과와의 비교

【표 3.5.3】 전회 정밀안전점검과 상태평가 결과 비교·분석

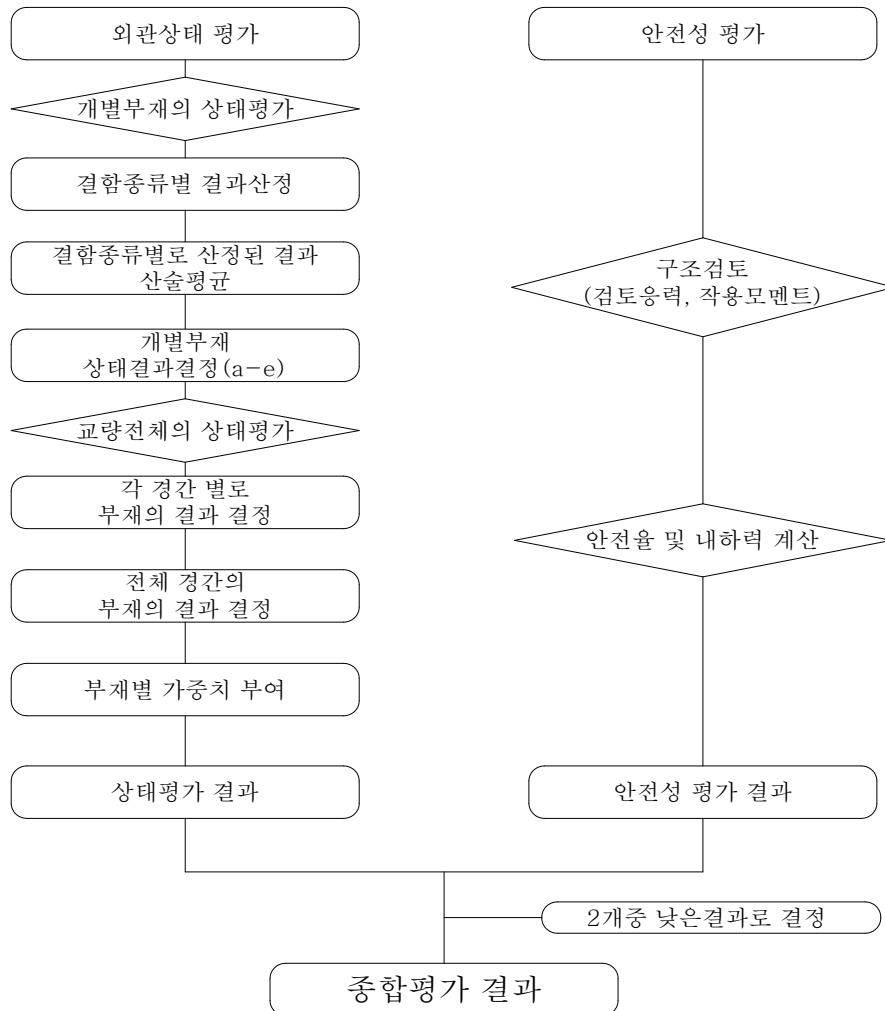
구 분	2022년 정밀안전진단	2024년 정밀안전점검
환산결함도 점수	0.178	0.159
상태평가결과	B	B
총 평	- 금회 정밀안전점검 결과, 연호고가교의 상태평가 결과는 “B” 로 산정되었다. - 전회(2022년) 정밀안전진단과 비교·분석한 결과, 환산결함도 점수가 0.178에서 0.159로 0.019 감소하였으며, 상태평가 등급은 “B” 로 동일하게 평가되었다. - 환산결함도 점수가 감소된 주요 원인은 거더 볼트부식, 도장박리, 교대 및 교각 균열, 백태, 교량받침 받침콘크리트 균열, 도장박리 등에 대한 전반적인 보수가 실시되어 전체 환산결함도 점수가 감소한 것으로 판단된다.	

3.6 종합평가 및 안전등급 지정

3.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 3.6.1】 종합평가 결과 산정절차

3.6.2 종합평가 결과

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

【표 3.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S · F	기준	
연호고가교	0.159	B	—	—	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

3.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 “B등급” 으로 지정하였다.

【표 3.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위협이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

3.7 보수·보강 및 유지관리방안

3.7.1 보수·보강 방안

【표 3.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판하면	균열(0.3mm미만)	m	14.50	16	표면처리	2순위
	백태	m ²	0.53	8	표면처리	2순위
	충분리	m ²	0.09	2	단면보수	2순위
	종조인트 누수	m	20.00	2	주의관찰	—
거더내부	도장들뜸	m ²	2.50	2	재도장	2순위
	기공	EA	1.00	1	주의관찰	—
	실링처리미흡	EA	2.00	2	실란트 충전	3순위
	점검등 고정불량	EA	1.00	1	정비	3순위
거더외부	도장박리	m ²	4.67	33	재도장	2순위
가로보	도장박리	m ²	0.09	1	재도장	2순위
	이물질퇴적(조류서식)	EA	1.00	1	청소	3순위
교대	균열(0.3mm미만)	m	2.80	2	표면처리	2순위
	파손 및 철근노출	m ²	1.20	1	단면보수(방청)	1순위
	누수흔적	m ²	32.40	6	주의관찰	—
교각	균열(0.3mm미만)	m	6.00	2	표면처리	2순위
	망상균열	m ²	19.00	5	표면처리	2순위
	체수	m ²	3.00	1	주의관찰	—
교량받침	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	1.50	5	표면처리	2순위
	받침콘크리트 망상균열(0.3mm미만)	m	0.06	1	표면처리	2순위
	플레이트 부식	EA	1.00	1	재도장	2순위
	도장박리	m ²	0.77	9	재도장	2순위
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	21.50	67	표면처리	3순위
	후타재 파손	m ²	0.02	2	단면보수	2순위
	흡음재 탈락	m	2.00	1	주의관찰	—
	접속부 포장균열, 이격	m	10.00	1	주의관찰	—
교면포장	상태양호	—	—	—	—	—
배수시설	배수구 이물질퇴적	EA	2.00	2	청소	3순위
난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	m	609.80	676	표면처리	3순위
	파손	m ²	0.15	1	단면보수	3순위
램프구간 포장	아스콘 균열	m	166.60	8	주의관찰 (진전시 재포장 대책수립)	—
	아스콘 파손	m ²	0.14	5		—
	포트홀	m ²	0.04	1		—
램프구간 난간 및 연석	망상균열	m ²	160.80	5	표면처리	3순위
	단차	EA	1.00	1	주의관찰	—

3.7.2 개략공사비

【표 3.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	균열(0.3mm미만)	표면처리	14.5	5.44	m²	85	462	2
	백태	표면처리	0.53	0.8	m²	85	68	2
	층분리	단면보수	0.09	0.14	m²	260	36	2
거더내부	도장들뜸	재도장	2.5	3.75	m²	110	413	2
	실링처리미흡	실란트 충전	2	2	개소	70	140	3
	점검등 고정불량	정비	1	1	개소	70	70	3
거더외부	도장박리	재도장	4.67	7.01	m²	110	771	2
가로보	도장박리	재도장	0.09	0.14	m²	110	15	2
	이물질퇴적(조류서식)	청소	1	1	개소	70	70	3
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	2.8	1.05	m²	85	89	2
	파손 및 철근노출	단면보수(쌍창)	1.2	1.8	m²	320	576	1
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	6	2.25	m²	85	191	2
	망상균열	표면처리	19	28.5	m²	85	2,423	2
교량받침	받침콘크리트균열(0.3mm미만)	표면처리	1.5	0.56	m²	85	48	2
	받침콘크리트망상균열(0.3mm미만)	표면처리	0.06	0.02	m²	85	2	2
	플레이트 부식	재도장	1	1	개소	110	110	2
	도장박리	재도장	0.77	1.16	m²	110	128	2
신축이음	후타재균열(0.3mm미만)	표면처리	21.5	8.06	m²	85	685	3
	후타재 파손	단면보수	0.02	0.03	m²	260	8	2
배수시설	배수구 이물질퇴적	청소	2	2	개소	70	140	3
남안맞연접	균열(0.3mm미만)	표면처리	609.8	228.68	m²	85	19,438	3
	파손	단면보수	0.15	0.23	m²	260	60	3
램프구간 남안맞연접	망상균열	표면처리	160.8	241.2	m²	85	20,502	3
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	576		4,764		41,105		
	재경비 (순공사비의 50%)	288		2,382		20,553		
	합계	864		7,146		61,658		
개략공사비 총계(천원)		69,668						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

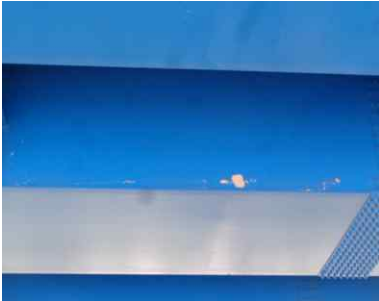
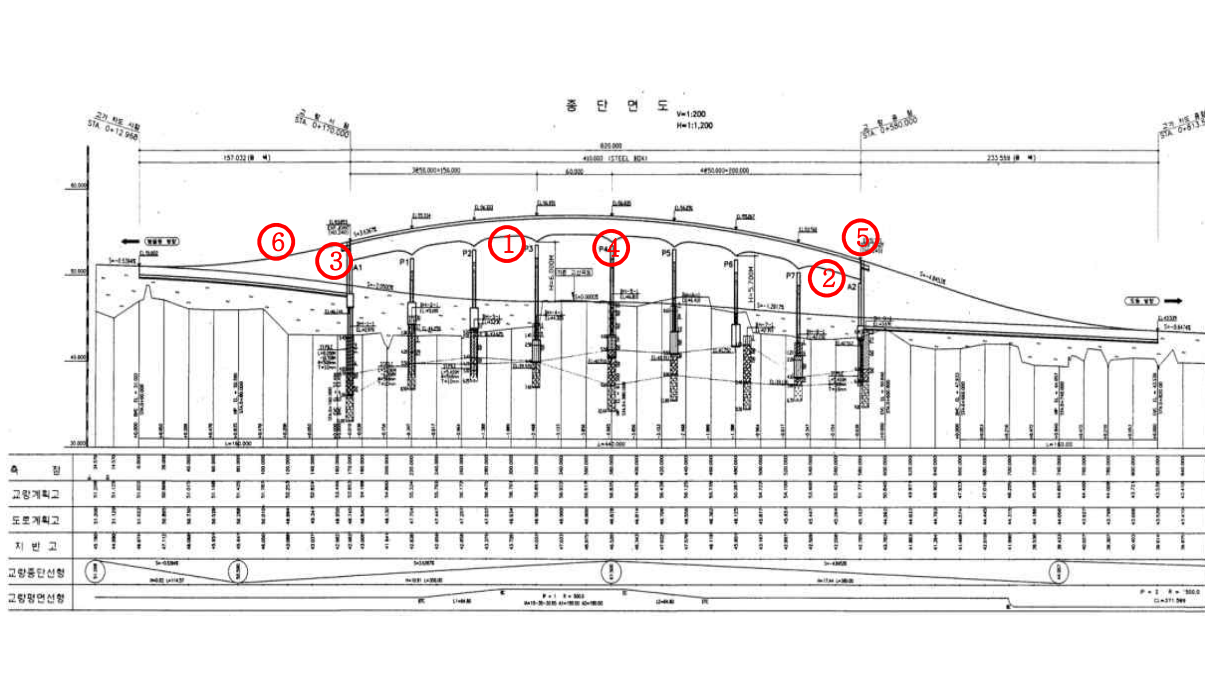
3.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 3.7.3】 중점유지관리 항목

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

◎ 부재별 중점점검 손상

		
① 바닥판하면 중조인트 누수 - 진전 여부확인	② 거더외부 도장박리 - 진전 여부확인	③ 교대 파손 및 철근노출 - 진전 여부확인
		
④ 교량받침 도장박리 - 진전 여부확인	⑤ 신축이음 후타재 파손 - 진전 여부확인	⑥ 램프구간 포장 아스콘 파손 - 진전 여부확인
		

3.8 종합결론

본 시설물은 대구광역시 수성구 연호동에 위치한 교량으로서 총 연장 410.0m, 폭 28.9m, 왕복 6차로로 시공되어, 2002년도에 준공되어 약 22년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

3.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면에 발생한 균열(0.3mm미만)은 대체로 초기 건조수축에 의해 발생한 방향성이 없는 표면균열로 판단되며, 비구조적인 손상이나 우수유입, 온도변화 등에 의해 손상이 진전될 우려가 있으므로 내구성 확보 차원에서 표면처리 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 백태는 손상부를 통한 우수유입, 수분접촉, 중조인트 누수 등의 원인에 의해 발생한 것으로 판단되며, 표면처리를 통해 구조물의 내구성 저하를 방지하는 것이 바람직하다.
- 층분리는 시공시 다짐불량, 외부충격, 우수유입, 온도변화 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 정도는 경미하나 내구성 확보차원의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 중조인트 누수는 중조인트부로 침투된 노면수 등에 의한 것으로 판단되며, 손상에 대한 주의관찰을 실시하고, 보수시 노면수 유입에 따른 누수보수 대책을 수립하는 것이 요구된다.

2) Steel Box Girder

- 거더내부·외부에 발생한 도장들뜸, 박리는 약 21년의 공용기간중 외기노출 및 경년열화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 및 도장손상에 따른 부식을 방지하기 위한 재도장을 실시하는 것이 필요하다.
- 거더내부에 발생한 실링처리미흡은 우수유입 방지를 위한 실란트 충전이 요구되며, 점검등 고정불량은 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 정비를 통한 유지관리가 필요하다. 기공은 시공미흡 등에 의한 것으로 손상의 정도가 경미하므로 주의관찰이 요구된다.

3) 가로보

- 가로보에 발생한 도장박리는 외기노출 및 경년열화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 및 도장손상에 따른 부식을 방지하기 위한 재도장을 통한 도장보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 가로보에 발생한 이물질퇴적(조류서식)은 청소 등의 정비를 통한 보수가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 발생한 균열(0.3mm미만)은 건조수축 및 구속응력, 온도변화 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 장기간 우수 및 외기에 의한 수분접촉시 표면열화에 따른 박리 또는 내부 철근의 부식 팽창 등에 의해 박락이 발생될 수 있으므로 내구성 확보를 위한 표면보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 누수흔적은 신축이음부 우수유입 등에 의한 것으로 판단되며, 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다. 보수시 신축이음부와 연계된 보수가 필요하다.
- 파손 및 철근노출의 경우 시공시 외부충격, 시공미흡 등에 의한 것으로 내구성 확보 차원에서 단면보수(방청)가 필요하다.

5) 교각

- 교각에 발생한 균열(0.3mm미만), 망상균열의 경우 건조수축 및 구속응력, 거푸집 조기탈거, 온도변화 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 장기간 우수 및 외기에 의한 수분접촉시 표면열화에 따른 박리 또는 내부 철근의 부식 팽창 등에 의해 박락이 발생될 수 있으므로 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 코핑부에 발생한 체수의 경우 종조인트부 우수유입에 의한 손상으로 판단되며, 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구되고, 보수시 노면수 유입방지를 위해 종조인트부와 연계된 보수가 필요하다.

6) 교량받침

- 교량받침에서 조사된 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 망상균열의 경우 건조수축 및 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 판단되며, 현재 폭 0.1~0.2mm의 미세균열로 교량받침의 거동에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 보수조치가 필요하다고 판단된다.
- 플레이트 부식, 도장박리의 경우 시공미흡, 우수유입, 외기노출, 공용기간 경과 등에 의해 발생한 손상으로 장기적인 내구성 확보를 위하여 재도장을 통한 보수가 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열(0.3mm미만)은 건조수축, 차량 반복통행, 장기공용, 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원의 표면처리 보수를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다.
- 후타재 파손의 경우 차량 운하중, 외부충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 차량의 안전사고 및 손상의 진전 방지를 위해 단면보수를 실시하는 것이 요구된다.
- 흡음재 탈락은 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 차량 통행시 소음 등의 영향이 크지않은바 주의관찰이 요구된다.
- 접속부 포장균열, 이격은 차량의 반복적인 운하중, 다짐미흡, 시공미흡, 공용기간 경과 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 주행성에 영향이 없는 상태로 주의관찰 후 보수시기를 결정하는 것이 바람직하다.

8) 교면포장

- 교면포장은 현재 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 향후 공용기간 경과, 차량의 운하중, 온도변화, 우수유입 등에 의해 신규 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.

9) 배수시설

- 배수시설의 배수구 이물질퇴적은 공용기간 증가, 우천시 토사유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 원활한 배수기능을 확보하기 위하여 청소를 통한 주기적인 정비를 실시하는 것이 바람직하다.

10) 난간 및 연석

- 방호벽 및 중분대에 발생한 균열(0.3mm미만)의 경우 건조수축 및 구속응력, 온도변화, 수화열 등에 의해 발생된 것으로 내구성 및 미관 확보 차원의 보수를 실시하는 것이 요구되며, 보수시 철저한 시공관리를 통해 재손상이 발생하지 않도록 하는 것이 필요하다.
- 방호벽 파손의 경우 차량충격에 따른 외부충격에 의한 손상으로 손상의 진전 방지를 위한 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.

11) 교량 점검시설

- 연호고가교의 점검시설은 미설치된 상태이다.

12) 램프구간 포장

- 램프구간 포장에 발생한 아스콘 균열, 파손, 포트홀은 차량의 반복적인 윤회중, 공용기간 경과 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 조사된 손상은 차량통행에 중대한 영향을 미치는 손상이 아닌 바 지속적인 주의관찰을 실시하고 향후 손상의 진전시 채포장 등과 같은 보수대책 수립이 요구된다.

13) 램프구간 난간 및 연석

- 램프구간 난간 및 연석에 발생한 망상균열의 경우 건조수축 및 구속응력, 온도변화, 수화열 등에 의해 발생된 것으로 내구성 및 미관 확보 차원의 보수를 실시하는 것이 요구되며, 보수 시 철저한 시공관리를 통해 재손상이 발생하지 않도록 하는 것이 필요하다.
- 단차의 경우 시공초기 용벽 시공 이후 잔류침하에 의한 손상으로 추정되며, 현재 균열모니터를 통해 유지관리중인 것으로 확인되고, 진전여부에 대한 지속적인 계측 및 주의관찰이 요구된다.

14) 공중이 이용하는 부위

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

15) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면) 28.6~30.9MPa, 하부구조(교대 및 교각) 25.6~28.5MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판하면: 27.0MPa, 교대 및 교각: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.
- 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 10.0~12.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 11.0~13.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 연호고가교의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.
- 전회(2022년) 정밀안전진단과 비교·분석한 결과, 환산결함도 점수가 0.178에서 0.159로 0.019 감소하였으며, 상태평가 등급은 “B”로 동일하게 평가되었다.
- 환산결함도 점수가 감소된 주요 원인은 거더 볼트부식, 도장박리, 교대 및 교각 균열, 백태, 교량받침 받침콘크리트 균열, 도장박리 등에 대한 전반적인 보수가 실시되어 전체 환산결함도 점수가 감소한 것으로 판단된다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 연호고가교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 연호고가교의 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

3.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

3.8.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 종조인트 누수는 종조인트부로 침투된 노면수 등에 의한 것으로 판단되며, 손상에 대한 주의 관찰을 실시하고, 보수시 노면수 유입에 따른 누수보수 대책을 수립하는 것이 요구된다.
- 거더내부·외부에 발생한 도장들뜸, 박리, 교량받침 도장박리는 약 21년의 공용기간중 외기 노출 및 경년열화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 및 도장손상에 따른 부식을 방지하기 위한 재도장을 실시하는 것이 필요하다.
- 교대 파손 및 철근노출의 경우 시공시 외부충격, 시공미흡 등에 의한 것으로 내구성 확보 차원에서 단면보수(방청)가 필요하다.
- 후타재 파손의 경우 차량 윤하중, 외부충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 차량의 안전사고 및 손상의 진전 방지를 위해 단면보수를 실시하는 것이 요구된다.

3.8.4 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.