

2. 고덕교

- 2.1 시설물 개요
- 2.2 자료수집 및 분석
- 2.3 현장조사
- 2.4 콘크리트 내구성조사
- 2.5 안전성능 평가
- 2.6 내구성능 평가
- 2.7 사용성능 평가
- 2.8 종합성능평가
- 2.9 유지관리 전략제안
- 2.10 종합결론 및 건의사항

2. 고덕교

2.1 시설물의 개요

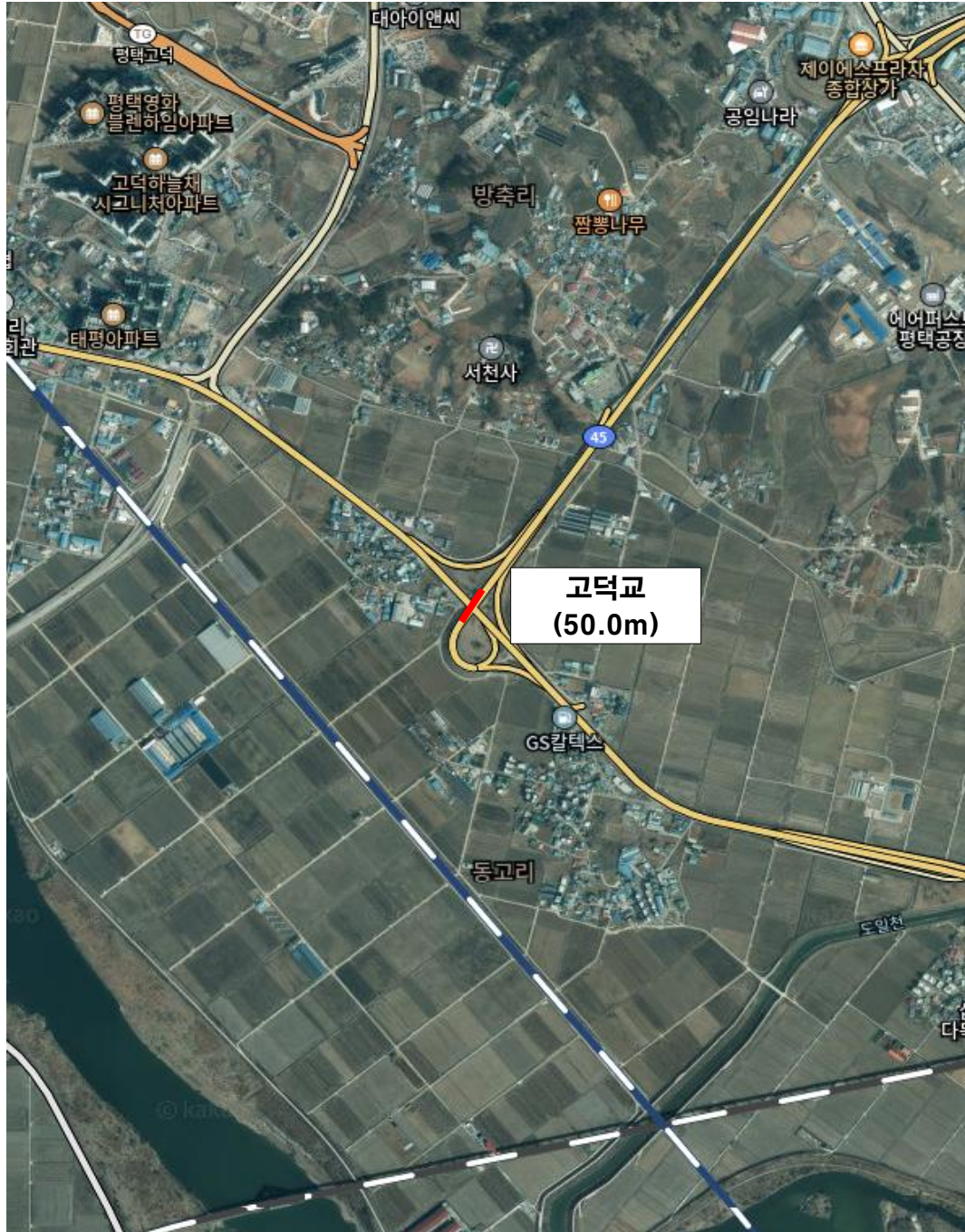
본 시설물은 경기도 평택시 고덕면 동고리에 위치한 교량으로서 총 연장 50.0m, 폭 21.5m, 왕복 4차로, 강박스거더(STB)교로 시공되어 있다.

2.1.1 일반사항

【표 2.1.1】 고덕교 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		고덕교		시설물번호		BR2011-0000314	
준공년월		2005. 05. 31		관리번호		-	
시설물위치		경기도 평택시 고덕면 동고리					
설계하중		DB-24, DL-24 (1등급)		노선명		일반국도45호선	
제원	연장	L=50.0m (단경간)					
	폭	B=21.5m, (차로수 : 왕복 4차로)					
구조 형식	상부	강박스거더 (STB)		기초 형식	교대	확대기초, 말뚝기초	
	하부	교대 : 역T형			교각	-	
교량받침		포트받침		신축이음		핑거 조인트	
교차시설물		일반국도38호선		통과높이		5.0m	
설 계 사		보람엔지니어링(주) (주)상안건설기술공사		시 공 사		대림산업(주) 외 14개	
내진설계유무		적용		관리주체		수원국토관리사무소	
부착시설내용		-					
기 타		준공도면 보유 / 구조계산서 보유					

2.1.2 위치도 및 전경사진



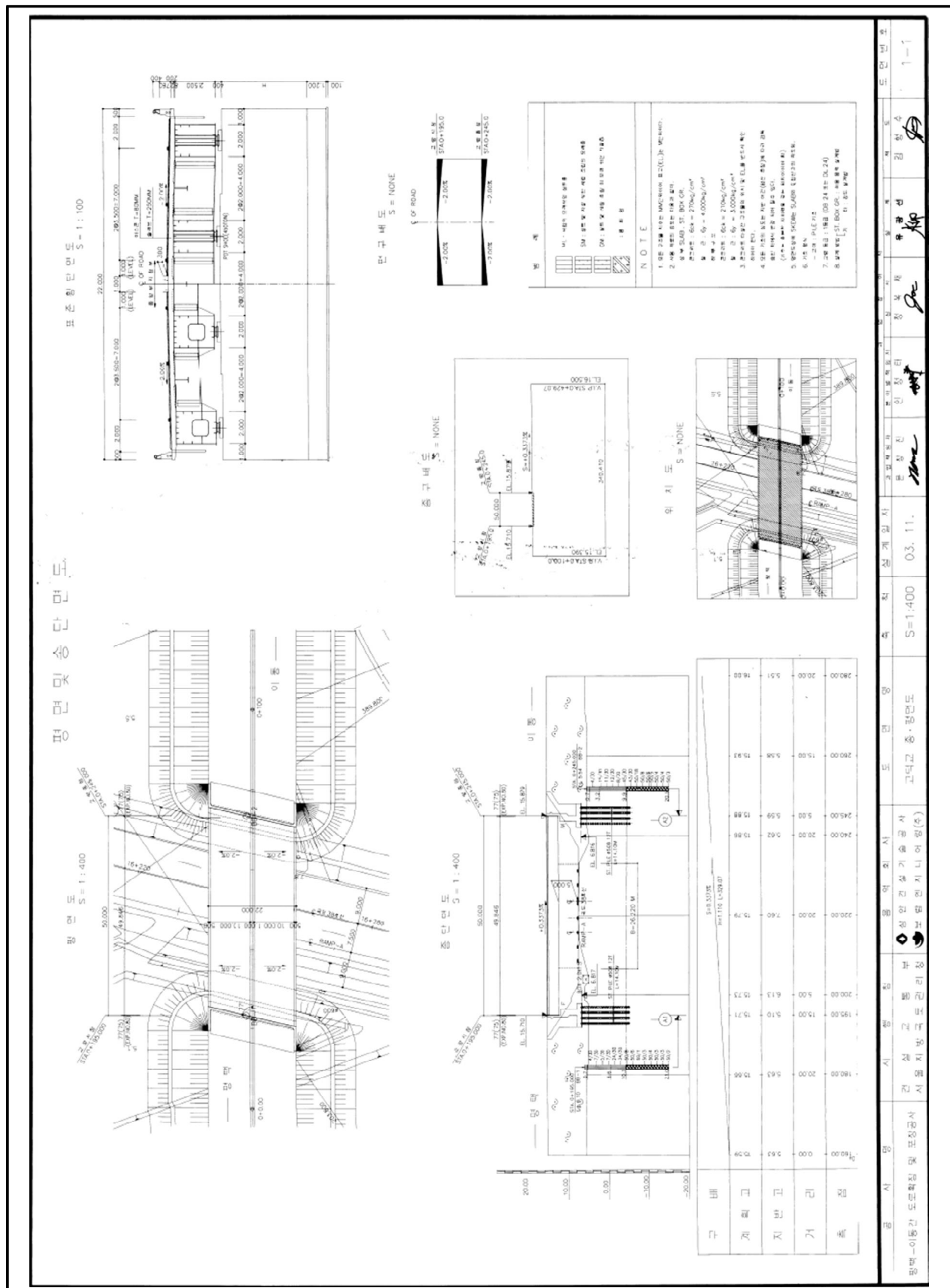
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보, 고소점검차	2024.04.01.~2024.05.31.	

【그림 2.1.1】 위치도

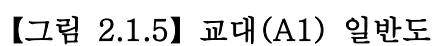
	
교면포장 전경	바닥판, 거더외부 전경
	
거더내부 전경	교량받침 전경
	
교대 전경	신축이음 전경

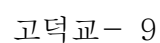
【그림 2.1.2】 부재별 현황

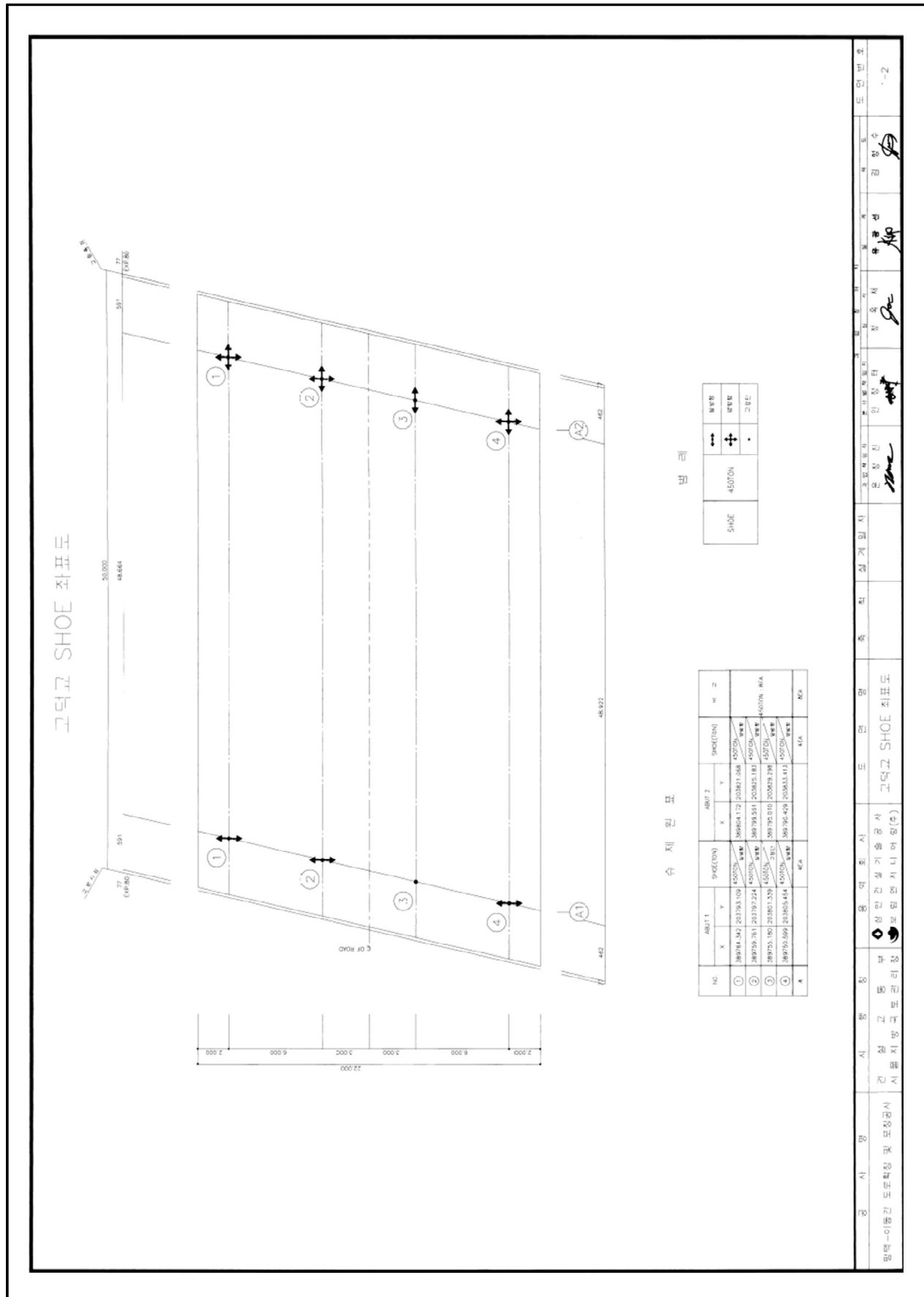
2.1.3 시설물 일반도



【그림 2.1.3】 종평면도







【그림 2.1.7】 교좌장치 배치도

2.2 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.

2.2.1 설계자료 검토

가. 구조계산서

1) 구조검토 결과 요약_상부구조(슬래브)

1. 설 계 조 건

1.1 교 량 제 원

(1) 형 식 : 단결단형강 STEEL BOX GIRDER교

(2) 교 장 : 50.0 m

(3) 교 폭 : 22.000"

(4) 평면선형 : 직선

(5) 사 각 : 77°

(6) 설계하중 : DB-24 , DL-24

1.2 사 용 제 료

(1) 콘크리트 : $\sigma_{ck} = 270 \text{ kg/cm}^2$

$\tau_c = 2.50 \text{ kg/cm}^2$

(2) 강 재 : SNS 490 (주부재)

SNS 400 (부부재)

(3) 철 근 : $\sigma_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$

1.3 참 고 자 료

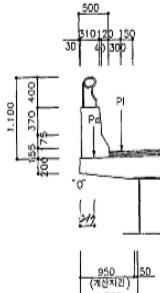
(1) 도로교 표준시방서 - 건교부

(2) 철근콘크리트 표준시방서 - "

(3) 철근콘크리트 설계편람 - "

3. SLAB 설계

3.1 CANTILEVER 부



※ 방호벽 및 난간

$$A = 0.31 \times 0.70 + \frac{1}{2} \times 0.04 \times 0.37 + 0.04 \times 0.175 + \frac{1}{2} \times 0.12 \times 0.175 + 0.120 \times 0.155 = 0.2667 \text{ m}^2$$

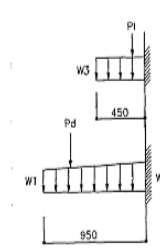
$$P_A = 0.2667 \times 2.50 + 0.1 = 0.767 \text{ t/m}$$

$$G_0 = 0.31 \times 0.70 \times (0.03 + 0.31/2) + \frac{1}{2} \times 0.04 \times 0.37 \times (0.34 + 0.04/3) + 0.04 \times 0.175 \times (0.34 + 0.04/2) + \frac{1}{2} \times 0.12 \times 0.175 \times (0.38 + 0.12/3) + 0.12 \times 0.155 \times (0.34 + 0.12/2) = 0.0580$$

∴ 점 "0" 로 부터 방호벽 도심까지의 거리

$$\bar{X} = G/A = 0.0580 / 0.2667 = 0.217 \text{ m}$$

(1) 사하중에 의한 부재력



$W_1 = 0.20 \times 2.50 = 0.50 \text{ t/m}$

$W_2 = 0.30 \times 2.50 = 0.75 \text{ t/m}$

$W_3 = 0.08 \times 2.3 = 0.184 \text{ t/m}$

$M_A = 0.50 \times 0.95^2/2 + 0.250 \times 0.95/2 \times 0.95/3 + 0.184 \times 0.45^2/2 + 0.767 \times 0.733 = 0.844 \text{ t-m}$

Subject

Date : 19

(2) 활하중에 의한 부재력

$$\cdot \text{중력계수 } i = 15 / (40 + 0.15) = 0.374 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$\cdot \text{원하중 분포도 } E = 0.8 \times 1.14 = 0.912 \times 1.3 \times 0.15 = 1.260 \text{ m} < 2.1 \text{ m}$$

$$\cdot M_d = \frac{P(1+i) \cdot X}{E} = \frac{9.6 \times 1.3 \times 0.15}{1.260} = 1.486 \text{ t-m/m}$$

(3) 중속 하중

$$\cdot \text{설계 속도 } V = 100 \text{ Km/h}$$

$$\cdot \text{작용점의 높이 } H = 1.000 \text{ m}$$

$$\cdot P_c = (Y_{60})^2 \times 0.25 + 0.25 = 2.333 \text{ t}$$

$$\cdot M_c = 2.333 \times 1.0 = 2.333 \text{ t-m}$$

(4) 풍하중

$$\cdot \frac{B}{D} = 22.000 / 1.1 = 20.0 > 8$$

$$\cdot P_w = 240D = 240 \times 1.1 = 264 \text{ Kg/m} \leq 600$$

$$\therefore P_w = 600 \text{ Kg/m}$$

$$\cdot M = 0.6 \times 1.1 / 2 = 0.330 \text{ t-m}$$

(5) 하중 조합

$$1) M_u = 1.3D + 2.15L$$

$$= 1.3 \times 0.844 + 2.15 \times 1.486 = 4.292 \text{ t-m/m}$$

$$2) M_u = 1.3D + 1.3L + 1.3C$$

$$= 1.3 \times 0.844 + 1.3 \times 1.486 + 1.3 \times 2.333 = 6.062 \text{ t-m/m}$$

$$3) M_u = 1.3D + 1.3L + 1.3(0.5W)$$

$$= 1.3 \times 0.844 + 1.3 \times 1.486 + 1.3 \times 0.5 \times 0.330 = 3.244 \text{ t-m/m}$$

(6) 단면 검토

$$B=100 \quad D=24 \quad D'=6 \text{ cm}$$

1-3

철근량 산정 및 단면검토

<< Input Data >>

콘크리트 설계기준강도	$\sigma_{ck} = 270.000 \text{ kg/cm}^2$	철근 항복강도	$\sigma_y = 4000.000 \text{ kg/cm}^2$
극한모멘트	$M_u = 6.062 \text{ t-m}$	강도감소계수(원)	$\phi_f = 0.8500$
극한전단력	$S_u = 0.000 \text{ t}$	강도감소계수(전단)	$\phi_s = 0.7000$
극한축하중	$N_u = 0.000 \text{ t}$	강도감소계수(축력)	$\phi_c = 0.6500$
단면 폭	$b = 100.000 \text{ cm}$	편심 거리	$e = 0.000 \text{ cm}$
단면 높이	$d = 24.000 \text{ cm}$	콘크리트 덮개(압축부)	$d' = 6.000 \text{ cm}$

<< Results >>

1) 중립축 위치 결정(형상단면)

$$x_b = \frac{e + \sigma_y / E_s}{e + \sigma_y / E_s + 0.003} \cdot d = \frac{0.003 + 4000.0 / (2.04 \times 10^6)}{0.003 + 4000.0 / (2.04 \times 10^6)} \times 24.00 = 14.51 \text{ cm}$$

$$x_{max} = 0.75 \cdot x_b$$

$$x \text{ 가정 } (1/2 x_{max} < x < x_{max})$$

$$x = 0.500 \cdot x_b = 0.500 \times 14.51 = 7.26 \text{ cm}$$

2) 압축철근 사용여부 결정

※ κ , 결정

$$\sigma_{ck} \leq 280 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \kappa_1 = 0.85$$

$$280 \leq \sigma_{ck} \leq 560 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \kappa_1 = 0.85 - 0.05 \times (\sigma_{ck} - 280) / 70$$

$$\sigma_{ck} \geq 560 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \kappa_1 = 0.65$$

$$\therefore \kappa_1 = 0.85$$

$$a = \kappa_1 \cdot x = 0.85 \times 7.26 = 6.17 \text{ cm}$$

$$C_c = 0.85 \sigma_{ck} \cdot b \cdot a = 0.85 \times 270.0 \times 100.00 \times 6.17 = 141.564 \text{ t}$$

$$M_u = C_c \cdot (d - a/2) = 141.564.3 \times (24.00 - 6.17/2) = 29.609 \text{ t-m}$$

$$M_u / \phi = 6.062 / 0.85 = 7.132 \text{ t-m} < M_u$$

 $\therefore$ 압축 철근 불필요

3) 철근량 산정

압력 평형조건 $\rightarrow$ 콘크리트 압축력(C_c) = 철근 인장력(T)

$$C_c = 0.85 \sigma_{ck} \cdot b \cdot a$$

$$= 0.85 \times 270.0 \times 100.00 \times a$$

$$T = A_s \cdot \sigma_y = A_s \cdot 4000.0$$

$$\therefore a = A_s \cdot \sigma_y / (0.85 \sigma_{ck} \cdot b)$$

$$= A_s \cdot 4000.0 / (0.85 \times 270.0 \times 100.00) \dots \dots (1)$$

극한 모멘트(M_u)

$$M_u = C_c \cdot z = T \cdot z = A_s \cdot \sigma_y \cdot (d - a/2)$$

$$= A_s \cdot 4000.0 \times (24.00 - a/2) \dots \dots (2)$$

(1)과 (2) 연립

$$\therefore \text{Req'd } A_s = 7.64 \text{ cm}^2 \quad a = 1.33 \text{ cm}$$

4) 사용 철근량

$$\text{Use } A_s \quad H16 \times 4, 000 = 7.944 \text{ cm}^2$$

$$H16 \times 4, 000 = 7.944 \text{ cm}^2 \text{ Total } A_s = 15.888 \text{ cm}^2$$

5) 철근비 검토

$$\rho_{min} = 0.350(\%) < A_s / b d = 0.661(\%) < \rho_{max} = 2.212(\%)$$

Subject

Date : 19

(a) 좌측판 최소주철 검토

$$L = 0.15 \leq 0.25$$

$$T = 24L + 18 = 24 \times 0.15 + 18 = 22.2 \text{ cm} < \text{USE } 30 \text{ cm} \quad \therefore O.K$$

(b) CANTILEVER 판 단면검토

$$M_u = 1.3D + 2 \times 2.15L$$

$$= 1.3 \times 0.844 + 2 \times 2.15 \times 1.486 = 2.489 \text{ t-m}$$

$$b=100 \quad d=24-6=39 \text{ cm}$$

1-6

Page:

14

정밀안전점검 및 성능평가

<< Input Data >>
 CON'C 설계기준강도 $\sigma_{ck} = 270.000 \text{ kg/cm}^2$ 설계 항복강도 $\sigma_y = 4000.000 \text{ kg/cm}^2$
 극한모멘트 $M_u = 7.487 \text{ t} \cdot \text{m}$ 강도감소계수(원) $\phi_f = 0.8500$
 극한관단력 $N_u = 0.000 \text{ t}$ 강도감소계수(관단) $\phi_n = 0.7000$
 극한축하중 $N_u = 0.000 \text{ t}$ 강도감소계수(축하중) $\phi_c = 0.6500$
 단면 폭 $b = 100.000 \text{ cm}$ 편심 거리 $e = 0.000 \text{ cm}$
 단면 높이 $d = 39.000 \text{ cm}$ CON'C 말개(압축부) $d' = 6.000 \text{ cm}$
 << Results >>
 1) 중립축 위치 결정(평형단면)

$$x_b = \frac{m \cdot c}{m \cdot c + \sigma_y / E_s} = \frac{0.003 \times 4000.0 / 2.04 \times 10^6}{0.003 \times 4000.0 / 2.04 \times 10^6 + 23.58} = 23.58 \text{ cm}$$

$$x_{max} = 0.75 \times x_b = 17.685 \text{ cm}$$

$$x = 0.500 \times x_b = 11.79 \text{ cm}$$
 2) 압축철근 사용여부 결정

$$\sigma_{ck} \leq 280 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow K_1 = 0.85$$

$$280 \leq \sigma_{ck} \leq 560 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow K_1 = 0.85 - 0.05 \times (\sigma_{ck} - 280) / 70$$

$$\sigma_{ck} \geq 560 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow K_1 = 0.65$$

$$\therefore K_1 = 0.85$$

$$a = K_1 \times x = 0.85 \times 11.79 = 10.02 \text{ cm}$$

$$C_c = 0.85 \sigma_{ck} \times b \times a = 0.85 \times 270.0 \times 100.00 \times 10.02 = 230.042 \text{ t}$$

$$M_u = C_c \times (d - a/2) = 230.042 \times (39.00 - 10.02/2) = 78.187 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_u / \phi = 7.487 / 0.85 = 8.808 \text{ t} \cdot \text{m} < M_u$$

$$\therefore$$
 압축 철근 불필요
 3) 철근량 산정
 평형 평형조건 $\rightarrow$ CON'C 압축력(C_c) = 철근 인장력(T)

$$C_c = 0.85 \sigma_{ck} \times b \times a$$

$$= 0.85 \times 270.0 \times 100.00 \times a$$

$$T = A_s \times \sigma_y = A_s \times 4000.0$$

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

$$= A_s \times 4000.0 / (0.85 \times 270.0 \times 100.00) \dots (1)$$
 극한 모멘트(M_u)

$$M_u = C_c \times z = T \times z = A_s \times \sigma_y \times (d - a/2)$$

$$A_s = M_u \times 2 / (0.85 \times \sigma_{ck} \times b \times d \times (1 - \rho)) \dots (2)$$
 (1)과 (2) 연립

$$\therefore \text{Req'd } A_s = 5.72 \text{ cm}^2 \quad a = 1.00 \text{ cm}$$
 4) 사용 철근량
 Use $A_s \text{ R16} \times 4, 0.000 = 7.944 \text{ cm}^2$
 $A_s \text{ R16} \times 4, 0.000 = 7.944 \text{ cm}^2 \text{ Total } A_s = 15.888 \text{ cm}^2$
 5) 철근배율

$$\rho_{min} = 0.350 (\%) < A_s / b d = 0.407 (\%) < \rho_{max} = 2.111 (\%)$$

이제강역 검토

순수 휨 상태 (단편 단사정)
 철근 인장력 $T = A_s \times \sigma_y = 15.89 \times 4000.0 = 63.552 \text{ t}$
 중립축까지 거리 $a = T / (0.85 \sigma_{ck} \times b) = 63552.0 / (0.85 \times 270.0 \times 100.00) = 2.77 \text{ cm}$
 $e = d / K_1 = 2.77 / 0.85 = 3.26 \text{ cm}$
 CON'C 압축력 $C_c = 0.85 \sigma_{ck} \times b \times a = 0.85 \times 270.0 \times 100.00 \times 2.77 = 63.552 \text{ t}$
 균형 MOMENT $M_u = A_s \times \sigma_y \times (d - a/2) = 15.89 \times 4000.0 \times (39.00 - 2.77/2) = 23.905 \text{ t} \cdot \text{m}$
 강도 검토
 $C_c = 63.552 \text{ t} \quad T = 63.552 \text{ t}$
 $\phi M_u = 20.320 \text{ t} \cdot \text{m} > M_u = 7.487 \text{ t} \cdot \text{m} \quad \text{GOOD !!}$

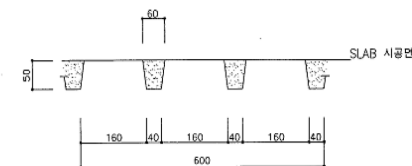
가) 전단 검토

$S_u / \phi = 0.000 / 0.700 = 0.000 \text{ t}$
 $S_c = (0.50 \sqrt{f'_{ck}} \times 176 \times \rho_s \times d / M_u) \times b \times d$
 $= (0.50 \sqrt{270.0} \times 176 \times 0.00407 \times 0.0) \times 39.00 / 748700.0 \times 100.00 \times 39.00 = 32.042 \text{ t}$
 $S_{cmax} = 0.93 \sqrt{f'_{ck}} \times b \times d = 0.93 \sqrt{270.0} \times 100.00 \times 39.00 = 59.598 \text{ t}$
 $S_c < S_{cmax} \rightarrow S_c = 32.042 \text{ t}$
 전단 보강 불필요!
 $S_u = 0.000 \text{ t} < \phi S_c / 2 = 11.215 \text{ t}$

1-7

15

- DECK PLATE 거푸집 하중계산



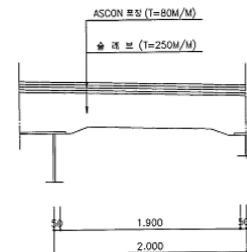
i) DECK PLATE 자중 : 0.006 t/m^2
 ii) DECK PLATE 흙 부분 CON'C

$$(0.040 + 0.060) / 2 \times 0.05 \times (3^2 / 0.6) \times 1.000$$

$$\times 2.50 = 0.0313 \text{ t/m}^2$$

$$\therefore W = 0.006 + 0.0313 = 0.0373 \text{ t/m}^2$$

3.2 증양부



(1) 사하중

$$W_d = 0.25 \times 2.50 + 0.08 \times 2.30 + 0.0373 = 0.846 \text{ t/m}^2$$

$$W_d = 1/10 \times 0.846 \times 2.0 \times 0.2 = 0.338 \text{ t/m}^2$$

(2) 활하중

$$\text{중력계수 } i = \frac{15}{40 + 2.000} = 0.357 > 0.3$$

$$\therefore i = 0.3$$

$$M_t = \frac{2.000 + 0.6}{9.6} \times 9.6 \times 1.3 \times 0.8$$

$$= 2.704 \text{ t/m}^2$$

(3) 하중조합

$$M_u = 1.3 \times 0.338 + 2.15 \times 2.704 = 6.253 \text{ t/m}^2$$

(4) 단면검토

$$B = 100 \text{ cm}, D = 21 \text{ cm}, D' = 4 \text{ cm}$$

철근량 산정 및 단면검토

<< Input Data >>
 CON'C 설계기준강도 $\sigma_{ck} = 270.000 \text{ kg/cm}^2$ 철근 항복강도 $\sigma_y = 4000.000 \text{ kg/cm}^2$
 극한모멘트 $M_u = 6.253 \text{ t} \cdot \text{m}$ 강도감소계수 (원) $\phi_f = 0.8500$
 극한전단력 $S_u = 0.000 \text{ t}$ 강도감소계수 (전단) $\phi_s = 0.7000$
 극한축하중 $N_u = 0.000 \text{ t}$ 강도감소계수 (축하중) $\phi_c = 0.6500$
 단면 폭 $b = 100.000 \text{ cm}$ 원심 거리 $e = 0.000 \text{ cm}$
 단면 높이 $d = 21.000 \text{ cm}$ CON'C 덮개 (압축부) $d' = 0.000 \text{ cm}$

<< Results >>

1) 중립축 위치 결정 (평형단면)

$$x_b = \frac{e + \sigma_y / \epsilon_s}{\sigma_{ck} + \sigma_y / \epsilon_s} \cdot d = \frac{0.003}{0.003 + 4000.0 / (2.04 \times 10^6)} \times 21.00 = 12.70 \text{ cm}$$

$$x_{\max} = 0.75 \cdot x_b$$

$$x \text{ 가정 (단 } x_{\max} < x < x_{\max} \text{)}$$

$$x = 0.500 \cdot x_b = 0.500 \times 12.70 = 6.35 \text{ cm}$$

2) 압축철근 사용여부 결정

※ κ_c 결정

$$\sigma_{ck} \leq 280 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \kappa_c = 0.85$$

$$280 \leq \sigma_{ck} \leq 560 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \kappa_c = 0.85 - 0.85 \times (\sigma_{ck} - 280) / 70$$

$$\sigma_{ck} \geq 560 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \kappa_c = 0.65$$

$$\therefore \kappa_c = 0.85$$

$$a = \kappa_c \cdot x = 0.85 \times 6.35 = 5.40 \text{ cm}$$

$$C_c = 0.85 \sigma_{ck} \cdot b \cdot a = 0.85 \times 270.0 \times 100.00 \times 5.40 = 123.869 \text{ t}$$

$$M_u = C_c \cdot (d - a/2) = 123.868 \cdot 8 \times (21.00 - 5.40/2) = 22.670 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_u / \phi_c = 6.253 / 0.85 = 7.356 \text{ t} \cdot \text{m} < M_u$$

$\therefore$ 압축 철근 불필요

3) 철근량 산정

힘의 평형조건 $\rightarrow \rightarrow \rightarrow$ CON'C 압축력 (C_c) = 철근 인장력 (T)

$$C_c = 0.85 \sigma_{ck} \cdot b \cdot a$$

$$= 0.85 \times 270.0 \times 100.00 \times a$$

$$T = A_s \cdot \sigma_y = A_s \cdot 4000.0$$

$$\therefore a = A_s \cdot \sigma_y / (0.85 \sigma_{ck} \cdot b)$$

$$= A_s \cdot 4000.0 / (0.85 \times 270.0 \times 100.00) \quad \dots \dots (1)$$

극한 모멘트 (M_u)

$$M_u = C_c \cdot z = T \cdot z = A_s \cdot \sigma_y \cdot (d - a/2)$$

$$= A_s \cdot 4000.0 \times (21.00 - a/2) \quad \dots \dots \dots (2)$$

(1)과 (2) 연립

$$\therefore \text{Req'd } A_s = 9.10 \text{ cm}^2 \quad a = 1.59 \text{ cm}$$

4) 사용 철근량

Use A_s H16 $\times$ 4,000 = 7,944 cm²

H16 $\times$ 4,000 = 7,944 cm² Total A_s = 15,888 cm²

5) 철근비 검토

$$\rho_{\min} = 0.350 (\%) < A_s / b d = 0.757 (\%) < \rho_{\max} = 2.212 (\%)$$

6) 거상액 검토

순수 휨 상태 (단 철근 사용)

$$T = A_s \cdot \sigma_y = 15.89 \times 4000.0 = 63.552 \text{ t}$$

$$a = T / (0.85 \sigma_{ck} \cdot b) = 63552.0 / (0.85 \times 270.0 \times 100.00) = 2.77 \text{ cm}$$

$$e = a / \kappa_c = 2.77 / 0.85 = 3.26 \text{ cm}$$

중립축까지 거리

$$C_c = 0.85 \sigma_{ck} \cdot b \cdot a = 0.85 \times 270.0 \times 100.00 \times 2.77 = 63.552 \text{ t}$$

공칭 MOMENT

$$M_u = A_s \cdot \sigma_y \cdot (d - a/2) = 15.89 \times 4000.0 \times (21.00 - 2.77/2) = 12.466 \text{ t} \cdot \text{m}$$

강도 검토

$$C_c = 63.552 \text{ t} \quad T = 63.552 \text{ t}$$

$$\phi M_u = 10.596 \text{ t} \cdot \text{m} > M_u = 6.253 \text{ t} \cdot \text{m} \quad \text{GOOD !!}$$

7) 전단 검토

$$S_u / \phi = 0.000 / 0.700 = 0.000 \text{ t}$$

$$S_c = (0.50 f'_{ck} + 176 - \rho S_u \cdot d / M_u) \cdot b \cdot d$$

$$= (0.50 f'_{ck} + 176 - 0.00757 \times 0) \times 21.00 / 625300.0 \times 100.00 \times 21.00 = 17.255 \text{ t}$$

$$S_{c\max} = 0.93 f'_{ck} \cdot b \cdot d$$

$$= 0.93 f'_{ck} \cdot 100.00 \times 21.00$$

$$= 32.091 \text{ t}$$

$$S_c < S_{c\max} \rightarrow S_c = 17.255 \text{ t}$$

전단 보강 불필요!

$$S_u = 0.000 \text{ t} < \phi S_c / 2 = 6.039 \text{ t}$$

Subject

Date: 19

(5) 바닥 최소두께 검토

$$L = 2.000 \text{ m}$$

$$T = 3L + 13 = 3 \times 2.0 + 13 = 19.0 \text{ cm} < \text{USB } 25.0 \text{ cm} \quad \therefore \text{OK}$$

25%

13

Page:

04

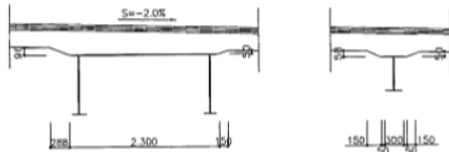
2) 구조검토 결과 요약_상부구조(거더)

4. BOX GIRDER 의 설계

4.1 하중계산

(1) 사하중

- SLAB : $0.25 \times 2.50 = 0.625 \text{ t/m}$
- ASPHALT : $0.08 \times 2.30 = 0.184 \text{ t/m}$



· BOX GIRDER 자중

$$0.30 \text{ t/m} \times 22.000/4^{\text{th}} = 1.650 \text{ t/m}$$

· BOX HAUNCH

$$\left(\left(\frac{1}{2} \times (2.30 + 2.738) \right) \times \frac{1}{2} \times (0.05 + 0.096) \right) \times 2.5 = 0.460 \text{ t/m}$$

$$\text{· STRINGER HAUNCH : } \left(\frac{1}{2} \times (0.40 + 0.70) \times \frac{1}{2} \times (0.05 + 0.058) \right) \times 2.5 = 0.074 \text{ t/m}$$

$$\text{· 연 석 : } 0.392 \text{ t/m} \text{ (SLAB 구조계산서 참조)}$$

- NOTE : STEEL BOX 자중은 1차계산시 가정중량을 사용하고
2차 계산시 실험단면에 의한 실제중량으로 계산

· 슬래브

$$\text{· } AG_{1L} = AG_{1R} = \frac{1}{2} \times 1.500 \times (2.000 + 1.000) = 2.250$$

$$\text{· } AG_{2L} = AG_{2R} = AG_{3L} = AG_{3R} = AG_{4L} = AG_{4R} = S1 = S2 = S3 = \frac{1}{2} \times 1.00 \times (2.000 + 2.000) = 2.000$$

· 포 장

$$\text{· } AG_{1L} = AG_{1R} = \frac{1}{2} \times 1.250 \times (2.000 + 0.500) = 1.563$$

$$\text{· } AG_{2L} = AG_{2R} = AG_{3L} = AG_{3R} = AG_{4L} = AG_{4R} = \frac{1}{2} \times 1.00 \times (2.000 + 2.000) = 2.000$$

1) GIRDER "G₁"

· 합성전 사하중 (GIRDER자중 + 슬래브 + HAUNCH + DECK PLATE)

$$1.650 + 0.625 \times (2.250 + 2.000) + 0.460$$

$$+ \frac{1}{2} \times 2.000 \times 1.0 \times 0.0373 = 4.804$$

$$\therefore WdG_1 = 4.804 \text{ t/m}$$

$$\text{· TORSION : } 0.625 \times (2.250 - 2.000) \times 1.000 + 0.0373 \times \left(0 - \frac{1}{2} \times 1.0 \times 2.000 \right) \times 1.400$$

$$\therefore TdG_1 = 0.104 \text{ t/m}$$

· 합성후 사하중 (포 장 + 연석)

$$0.184 \times (1.563 + 2.000) + 0.392 \times 1.381 = 1.197$$

$$\therefore WdG_1 = 1.197 \text{ t/m}$$

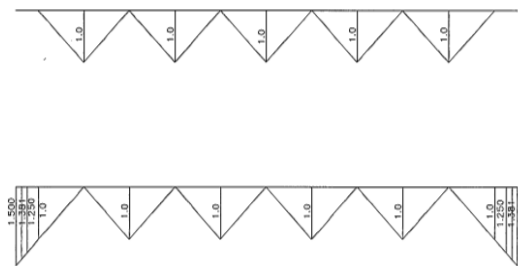
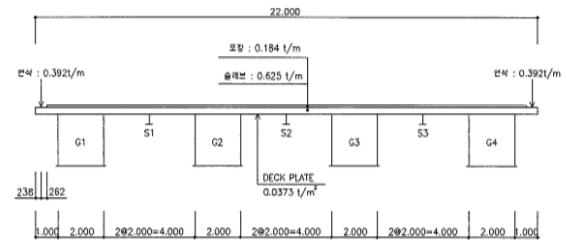
$$\text{· TORSION : } 0.184 \times (1.563 - 2.000) \times 1.00 + 0.392 \times 1.381 \times 1.162 = 0.549$$

$$\therefore TdG_1 = 0.549 \text{ t/m}$$

1-16

4.2 작용하중의 계산

(1) 사하중



1-15

2) GIRDER "G₂", "G₃"

· 합성전 사하중 (GIRDER자중 + 슬래브 + HAUNCH + DECK PLATE)

$$1.650 + 0.625 \times (2.000 + 2.000) + 0.460 + 2.000 \times 1.0 \times 0.0373 = 4.685$$

$$\therefore WdG_2 = 4.685 \text{ t/m}$$

$$\therefore TdG_2 = 0.0 \text{ t/m}$$

· 합성후 사하중 (포 장)

$$0.184 \times (2.000 + 2.000) = 0.736$$

$$\therefore WdG_2 = 0.736 \text{ t/m}$$

$$\therefore TdG_2 = 0.0 \text{ t/m}$$

3) GIRDER "G₄"

· 합성전 사하중 (GIRDER자중 + 슬래브 + HAUNCH + DECK PLATE)

$$1.650 + 0.625 \times (2.000 + 2.250) + 0.460 + \frac{1}{2} \times 1.0 \times 0.0373 = 4.804$$

$$\therefore WdG_2 = 4.804 \text{ t/m}$$

$$\text{· TORSION : } 0.625 \times (2.000 - 2.250) \times 1.000 + 0.0373 \times \left(\frac{1}{2} \times 1.0 \times 1.725 - 0 \right) \times 1.400 = -0.104$$

$$\therefore TdG_2 = -0.104 \text{ t/m}$$

· 합성루 사하중 (포장 + 연속)

$$0.184 \times (2.000 + 1.563) + 0.392 \times 1.381 = 1.197$$

$$\therefore Wd_2 = 1.197 \text{ } \frac{1}{\text{m}}$$

$$\begin{aligned} \text{TORSION} &: 0.184 \times (2.000 - 1.563) \times 1.00 - 0.392 \times 1.381 \times 1.162 \\ &= -0.549 \end{aligned}$$

$$\therefore Td_2 = -0.549 \text{ } \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$$

4) STRINGER "S₁", "S₂", "S₃"

· 합성전 사하중 (SLAB + HAUNCH + DECK PLATE)

$$0.625 \times 2.000 + 0.074 + 0.0373 \times 1.0 \times 2.000$$

$$= 1.399$$

$$\therefore Wd_3 = 1.399 \text{ } \frac{1}{\text{m}}$$

· 합성루 사하중 (포장)

$$0.184 \times 2.000 = 0.368$$

$$\therefore Wd_4 = 0.368 \text{ } \frac{1}{\text{m}}$$

$$A_{G1L} = 1.100 + 0.200 = 1.300$$

$$A_{G1R} = 0.800 + 0.600 = 1.400$$

$$A_{G2L} = 0.300 = 0.300$$

$$S_1 = 0.400 + 0.700 = 1.100$$

· 2차선 제하시 (DB 하중) - PATTERN 1

구 분	A1	A2	전륜하중 (P _L)	후륜하중 (P _R)
G ₁	1.300	1.400	7.562	30.249
G ₂	0.300	-	0.840	3.361
S ₁	1.100	-	3.081	12.324

편심 (e)

$$G_1 : T = (1.300 - 1.400) \times 2.0 / 2 = -0.100$$

$$e = T / P = -0.100 / (1.300 + 1.400) = -0.037 \text{ m}$$

$$G_2 : T = 0.300 \times 2.0 / 2 = 0.300$$

$$e = T / P = 0.300 / 0.300 = 1.00 \text{ m}$$

$$P_L = 2.4 \times (A_1 + A_2) \times (1 + i)$$

$$P_R = 9.6 \times (A_1 + A_2) \times (1 + i)$$

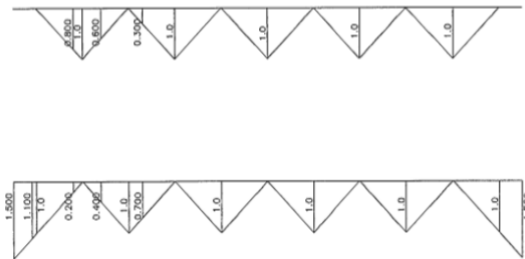
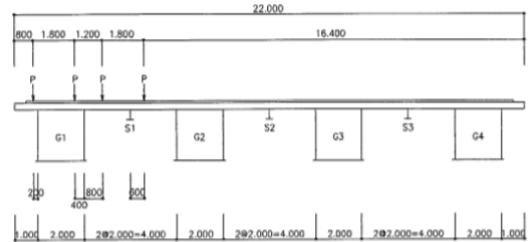
$$\text{※ 충격계수 } i = \frac{15}{40 + L}$$

$$= \frac{15}{40 + 50} = 0.167 \leq 0.3$$

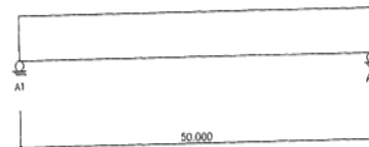
1-20

(2) 활하중

· 2차선 제하시 (DB-24) - PATTERN 1



4.3 유효폭 계산



유효폭 계산식

지 간 부		지 점 부	
$b/l \leq 0.05$	$\lambda = b$	$b/l \leq 0.02$	$\lambda = b$
$0.05 \leq b/l \leq 0.30$	$\lambda = (1.1 - 2(b/l)) \cdot b$	$0.02 \leq b/l \leq 0.30$	$\lambda = (1.05 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2) \cdot b$
$b/l > 0.30$	$\lambda = 0.15 l$	$b/l > 0.30$	$\lambda = 0.15 l$

(1) SLAB

1) 1 지간

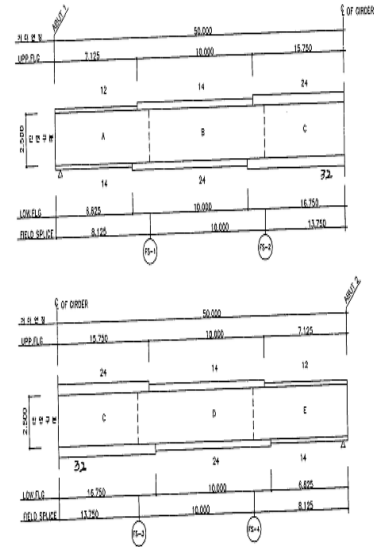
$$\begin{aligned}
 b_1 &= 1,000^* & \ell &= 50,00^* \\
 b_1/\ell &= 0.020 < 0.05 & \lambda_1 &= 1,000^* \\
 b_2 &= 1,000^* & \ell &= 50,00^* \\
 b_2/\ell &= 0.020 < 0.05 & \lambda_2 &= 1,000^* \\
 b_3 &= 2,000^* & \ell &= 50,00^* \\
 b_3/\ell &= 0.040 < 0.05 & \lambda_3 &= 2,000^* \\
 \therefore \sum \lambda &= 1,000 + 2 \times 1,000 + 2,000 = 5,000^* (100\%)
 \end{aligned}$$

(2) FLANGE

1) 1 지간

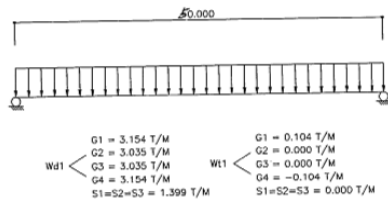
$$\begin{aligned}
 b_1 &= 0.10^* & \ell &= 50,00^* \\
 b_1/\ell &= 0.002 < 0.05 & \lambda_1 &= 0.10^* \\
 b_2 &= 1,000^* & \ell &= 50,00^* \\
 b_2/\ell &= 0.020 < 0.05 & \lambda_2 &= 1,000^* \\
 \therefore \sum \lambda &= 2 \times (0.10 + 1,000) = 2,200^* (100\%)
 \end{aligned}$$

* 단면변화한 곳 횡방향분할

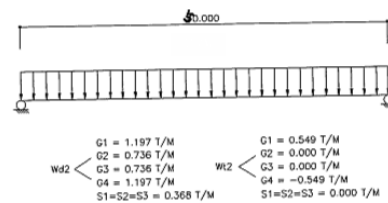


4.5 하중 재하

(1) 합성전 사하중 - CASE 1



(2) 합성후 사하중 - CASE 2



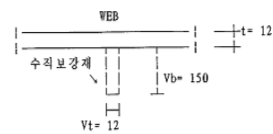
(3) 활하중 (SAP 90 BRIDGE에 의한 활하중 최대 부재력 CASE)



(2) 수직보강재 검토 (POINT = 6)

* 수직보강재 PL = $V_b \times V_t = 150 \times 12$

* 수직보강재 Detail *



① 수직보강재 간격 검토

a = 수직보강재의 간격 = 125.0 (cm)
 b = 상하 양면면지의 순간력 = 250.0 (cm)

* 수평보강재 2단 사용시

수직보강재 간격은 $a/b \leq 1.5$ 일때 다음식에 만족해야 한다.

$$\begin{aligned}
 a/b > 0.64 : R &= \left[\frac{b}{100t} \right]^4 \cdot \left[\left\{ \frac{\sigma}{31500} \right\}^4 + \left\{ \frac{\tau}{1970+610(b/a)} \right\}^4 \right] \leq 1 \\
 a/b \leq 0.64 : R &= \left[\frac{b}{100t} \right]^4 \cdot \left[\left\{ \frac{\sigma}{31500} \right\}^4 + \left\{ \frac{\tau}{1480+810(b/a)} \right\}^4 \right] \leq 1
 \end{aligned}$$

σ = 복부판의 연성유 압축응력 = 1264.00 (Kg/cm²)
 τ = 복부판의 전단응력 = 251.00 (Kg/cm²)

 $a/b = 125.0 / 250.0 = .50 < 0.64$ 이므로 두번째식 적용

$$R = .08 < 1 \text{ OK!!}$$

② 수직보강재 강성 검토

Iv = 수직보강재의 단면 2차모멘트

$$= V_t \cdot V_b / 3 = 1.2 \times 15.0^4 / 3 = 1350.0 \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$\gamma = 8.0(b/a)^4 = 8.0 (250.0 / 125.0)^4 = 32.000$$

$$\text{req. Iv} = (b^4 / 10.92) \times \gamma = (250.0^4 / 10.92) \times 32.000 = 1265.9 \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$I_v = 1350.0 > \text{req. Iv} = 1265.9 \text{ (cm}^4\text{)} \text{ OK!!}$$

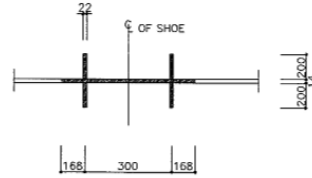
STEEL BOX 수직 수평 보강제 검토

==== HORIZONTAL & VERTICAL STIFF CHECK 집계 ====

a = VERTICAL STIFF. SPACING (cm)
 b = DISTANCE of TOP & BOTTOM FLANGE (cm)
 I_h = HORIZONTAL STIFF. MOMENT of INERTIA (cm⁴)
 I_v = VERTICAL STIFF. MOMENT of INERTIA (cm⁴)
 ratio = RATIOS for VERTICAL STIFF. SPACE CHECK

POINT	a/b	I _h	Req. I _h	ratio	I _v	Req. I _v	OK_NG
1	.50	691.	> 593.	.26 < 1.0	1350.	> 1266.	OK!!
4	.50	691.	> 593.	.18 < 1.0	1350.	> 1266.	OK!!
6	.50	691.	> 593.	.08 < 1.0	1350.	> 1266.	OK!!

4.10 하중집중점 보강제 (SWS 400)

- 고대 R=351.424^{TON}

$$4-H.2.2 \times 20.0 \quad A_1 = 176.0 \text{ cm}^2$$

$$1-H.1.4 \times 63.6 \quad A_2 = 89.04 \text{ cm}^2$$

$$\text{계} : 265.04 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma A < 1.7A_1 = 1.7 \times 176.0 = 299.2 \text{ cm}^2$$

$$\therefore \text{USE } \Sigma A = 265.04 \text{ cm}^2$$

$$I = \frac{1}{12} \times 2.2 \times 20.0^3 \times 4^{\frac{1}{12}} + \frac{1}{12} \times 63.6 \times 1.4^3 = 23481.2 \text{ cm}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{23481.5}{265.04}} = 9.413$$

$$\frac{L}{r} = \frac{(250/2)}{9.413} = 13.2 < 20$$

$$\therefore \sigma_{ca} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_c = \frac{R}{A} = \frac{351.424 \times 10^3}{265.04} = 1326 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{ca}$$

4.11 DIAPHRAGM의 설계 (도로교 설계 요령 p154)

1) DIAPHRAGM의 간격(Ld)의 산정

$$L = 50.0 \text{ M}$$

$$L = 50.0 \text{ 이므로}$$

$$L_d = 50 \text{ 일때, } L_d < 6.0 \text{ M}$$

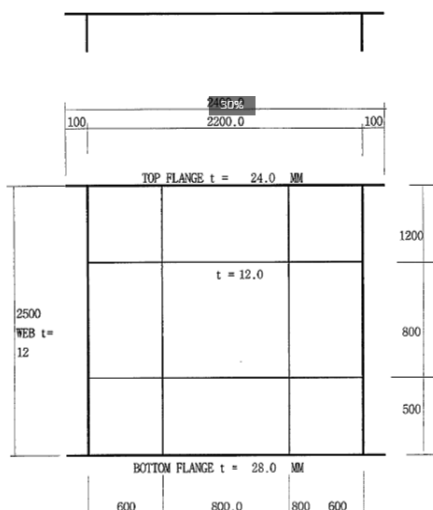
$$\therefore L_d = 5.0 \text{ M로 한다.}$$

2) 소요강성 Kreq 및 실제강성 K의 계산

(1) 단면가정

$$\text{중리브} = 5 \text{ 개}$$

$$PL \ 150 \times 14$$

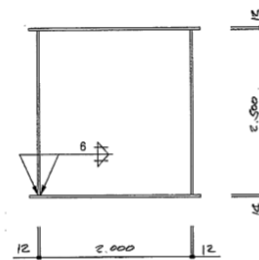


4.12 용접 검토

(1) 허용응력

구분	항목	허용응력 (kg/cm ²)		비고
		알	장	
공용	맞대기 용접	1900	1900	SWS 490
	필렛용접	1100	1100	

(2) 검토단면 (Girder2 - ELE 38)



• 작용 단면력
 모멘트 (M) = 3119.818 T-M
 전단력 (S) = 39.343 TON

• 응력검토

$$\tau = \frac{(S \cdot Q)}{(I \cdot \Sigma a)} < \tau_a$$

여기서, τ : 전단응력 (kg/cm²)

τ_a : 허용전단응력 (kg/cm²)

Q : 용접선상에 있는 1-flange 단면의 중립축에 관한 단면1차

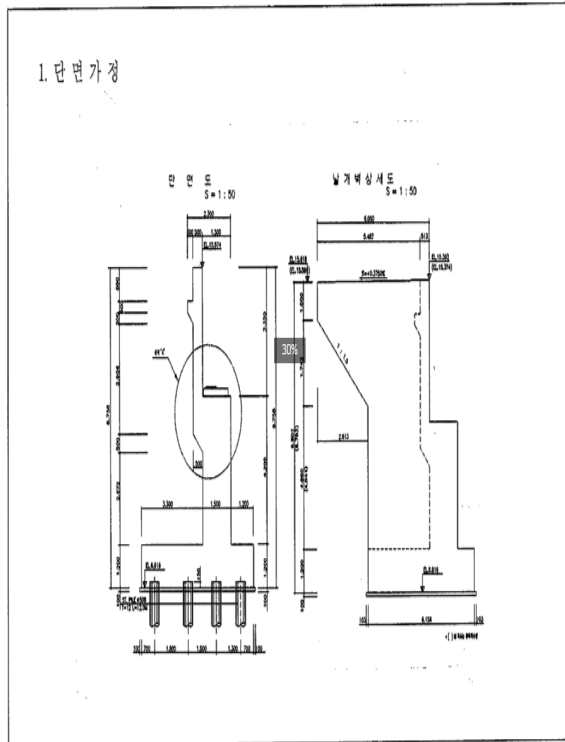
모멘트 (= A · y = 1891 × 129.42 = 244733.22 cm³)

I : 중립축의 중립축에 관한 단면2차 모멘트 (= 23401156 cm⁴)

Σa : 필렛용접의 목두께의 합 (= 4 × 0.424 = 1.696 cm)

$$\therefore \tau = 242.60 \text{ kg/cm}^2 > \tau_a = 1100 \text{ kg/cm}^2 : 0.K!!$$

3) 구조검토 결과 요약_하부구조(교대)



고덕교 교대

1. 일반 단면

교대높이 : 8.758 m

지관폭 : 6.000 m

저관길이 : 22.579 m

2. 설계 조건

* 흙의 단위중량 (γ) : 2.000 t/m³CON'C의 단위중량 (γ_c) : 2.500 t/m³흙의 내부마찰각 (Φ) : 35.000 deg흙의 점착력 (c) : 0.000 t/m²

배면 연직 경사각 : 0.000 deg

노면 수평 경사각 : 0.000 deg

* 기초 바닥 N치 : 5.000

* 흙과 콘크리트의 마찰각

o 상시

안정검토시 (RANKINE 토압사용) : 0.000 deg

단면검토시 (COULOMB 토압사용, $\Phi/3$) : 11.667 deg

o 지진시 : 0.000 deg (MonoNobe Okabe 공식사용)

직접기초 - Kh = 0.5A

경사말뚝 - Kh = 1.5A

3. 작용하중계산 및 안정검토

RANKINE 토압계수 Ka = 0.271

지진시 토압계수 Ke = 0.310

1) CASE-1 (상부공가설전, 수위고려, 활하중 비제하시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	지향모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	38.305	0.000	98.249	0.000
흙자중	49.612	0.000	216.489	0.000
상부공하중	0.000	0.000	0.000	0.000
도압	0.000	23.158	0.000	71.072
지표재하	0.000	0.000	0.000	0.000
부력	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	87.917	23.158	314.738	71.072

전도에 대한 안전율 = 314.738 / 71.073 = 4.43

활하중에 대한 안전율 = 24.834 / 23.159 = 1.07 < 1.5

N.G. 그러므로 말뚝기초 적용

2) CASE-2 (상시, 수위무시, 활하중 제하시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	지향모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	38.305	0.000	98.249	0.000
흙자중	49.612	0.000	216.489	0.000
상부공하중	47.102	5.177	102.446	30.072
도압	0.000	23.158	0.000	71.072
지표재하	3.300	0.000	14.354	0.000
합계	138.319	28.336	431.540	101.144

전도에 대한 안전율 = 431.540 / 101.145 = 4.27

활하중에 대한 안전율 = 39.071 / 28.337 = 1.38 < 1.5

N.G. 그러므로 말뚝기초 적용

1-396

404

4. 연직벽의 단면검토

1) 단면력 산정 (하중계수를 적용 : 극한하중)

구분	상시	지진시
토압계수	0.246	0.310
토압		
q_1 (h = 0.000 m)	0.418	0.000
q_2 (h = 7.558 m)	6.731	7.958
토압에 의한		
Mu (t.m)	72.031	113.645
단면력		
Su (t)	27.013	30.073
SHOE 마찰에		
Mu (t.m)	31.016	
의한 단면력		
Su (t)	6.731	
벽체 자중에		
Mu (t.m)		10.922
의한 관성력		
Su (t)		3.696
상부하중에		
Mu (t.m)		28.949
의한 관성력		
Su (t)		6.282
계		
Mu (t.m)	103.048	153.516
Su (t)	33.744	40.051

그러므로 극한모멘트 (Mu) = 153.516 t.m

극한전단력 (Su) = 40.051 t

--- P < PMIN 인 경우 ---

균열모멘트 (Mc) = $Z_c (\sigma_{cb} N / A_c) = 10868533.000 \text{ kg.cm}$

Mc : 균열모멘트

Zc : 콘크리트부재의 단면계수

σ_{cb} : 콘크리트의 휨인장강도

설계 모멘트의 4/3 배 (4/3 Mu) = 20468832.000 kg.cm

균열모멘트가 설계모멘트의 4/3배 이하이므로 최소철근량 배치

최소철근량 : (1) $4/3 \times A_s = 58.897 \text{ cm}^2$

(2) $14/SSY \times B \times D = 65.333 \text{ cm}^2$

(3) $0.002 \times B \times D = 28.000 \text{ cm}^2$

최소철근량 Asmin = 58.897 cm²

그러므로 As = 58.897 이상 사용하여야 한다.

그러므로 사용철근량 As = D29 @ 12.5 = 51.39 cm²

설계모멘트강도 $\phi M_n = 0.85 \times (A_s \times \sigma_y \times (D-A/2))$

= 17780986.000 kg.cm

*** 전단력 검토 ***

극한전단력 Su = 40050.680 kg

콘크리트 전단설계강도 $\phi V_c = 75268.203 \text{ kg}$

$1/2 \phi V_c = 37634.102 \text{ kg} < Su = 40050.680 \text{ kg}$

그러므로 Avmin = $3.5 \times B \times 30.0 / \sigma_y = 3.500 \text{ cm}^2$ 이상을 배근해야 한다.

그러므로 사용 Av = $2 \times 1.986 = 3.972 \text{ cm}^2$ (D16 @ 30.0, U형 STIRRUP)

2) 단면검토

극한 모멘트 (Mu) = 15351624.000 kg.cm

극한 전단력 (Su) = 40050.680 kg

단위 폭 (B) = 100.0 cm

유효 높이 (D) = 140.0 cm

피복 두께 (D') = 10.0 cm

*** 소요철근량 계산 ***

극한모멘트 (Mu) = 15351624.000 kg.cm

평형모멘트 (Mb) = $0.85 \times \sigma_{ck} \times A \times B \times (D-A/2) \times 0.85$
= 121248080.000 kg.cm

여기서 A = K × X = 79.855

$\sigma_{ck} < 280$

K = 0.85

$\sigma_{ck} > 280$

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

X = $6120 \times D / (6120 + \sigma_y) = 93.947 \text{ cm}$

--- Mu < MB ---

인장철근량 (As) = $Mu / (\sigma_y \times (D-A/2) \times 0.85) = 44.173 \text{ cm}^2$

여기서 A = $(0.85 \times \sigma_{ck} \times B \times D - \sqrt{(0.85 \times \sigma_{ck} \times B \times D)^2 - 2 \times \sigma_{ck} \times B \times Mu}) / (0.85 \times \sigma_{ck} \times B) = 7.424 \text{ cm}$

단면철근비 (P) = As / (B × D) = 0.003

최대철근비 (Pmax) = $0.75 \times 0.85 \times \sigma_{ck} \times A / (\sigma_y \times D) = 0.025$

최소철근비 (Pmin) = $14 / \sigma_y = 0.005$

5. PILE 설계

1) 말뚝 설계조건

말뚝 직경 : 50.800 cm

말뚝 두께 : 1.200 cm

말뚝의 부식두께 : 0.200 cm

말뚝 길이 : 12.000 m

지상돌출부 길이 : 0.250 m

말뚝의 열 수 : 4

1/β 부근의 N 값 : 10

2) 말뚝의 신단 허용지력

말뚝의 면적 = 155.195 cm²

신단폐쇄면적 (A) = 1995.037 cm²

단면2차 모멘트 = 47360.754 cm⁴

탄성계수 = 2100000.000 Kg/cm²

a) 수직 허용지력

말뚝신단의 N치 = 40

Va = $1/3 \times 30 \times N \times A / 10000 = 79.801 \text{ t}$ (상시)

Va = $1/2 \times 30 \times N \times A / 10000 = 119.702 \text{ t}$ (지진시)

b) 수평 허용지지력

PILE 두부의 허용변위 = 1.5 cm

수평 지반 반력계수 (k)

$$k = k_0 \times (BH/30)^{**} (-3/4) = 1.177 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{상 시})$$

$$= 2.530 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{지진시})$$

$$k_0 = 1/30 \times \alpha \times E_0 = 3.332 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_0 = 28 \times N = 280.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$D = 50.400 \text{ cm}$$

PILE의 특성치 (β)

$$\beta = \text{SQRT}(\text{SQRT}(k \times D / (4 \times E \times I)))$$

$$= 0.00349 \text{ 1/cm} \quad (\text{상 시})$$

$$= 0.00423 \text{ 1/cm} \quad (\text{지진시})$$

i) 지상돌출시

① 말뚝머리가 고정인 경우

수평 허용지지력

$$H_a = 1.5 \times 12EI \beta' / ((1 + \beta h)' + 2) = 23.255 \text{ t} \quad (\text{상 시})$$

$$H_a = 1.5 \times 12EI \beta' / ((1 + \beta h)' + 2) = 40.454 \text{ t} \quad (\text{지진시})$$

3) 말뚝군의 도심에 작용하는 하중 (실하중)

(단위 : ton, m)

구분	상부공 사공전	지 하 수 위 무 시				지 하 수 위 고 려	
		CASE-1 비제하시	CASE-2 제하시	CASE-3 비제하시	CASE-4 지진시	CASE-5 제하시	CASE-6 비제하시
기초 폭		6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
교대 길이		22.579	22.579	22.579	22.579	22.579	22.579
수평력		23.159	28.337	28.337	40.895	28.337	28.337
연직력		87.918	118.320	122.436	122.436	118.320	122.436
편심량		0.228	0.611	0.642	1.285	0.611	0.642
모멘트		20.688	84.564	78.637	157.385	84.564	78.637

5) 말뚝의 간격계산

i) 말뚝머리가 고정인 경우

(단위 : ton, m)

구분	상부공 사공전	지 하 수 위 무 시				지 하 수 위 고 려	
		CASE-1 비제하시	CASE-2 제하시	CASE-3 비제하시	CASE-4 지진시	CASE-5 제하시	CASE-6 비제하시
PILE수평반력							
PILE NO. 1		5.790	7.084	7.084	10.224	7.084	7.084
PILE NO. 2		5.790	7.084	7.084	10.224	7.084	7.084
PILE NO. 3		5.790	7.084	7.084	10.224	7.084	7.084
PILE NO. 4		5.790	7.084	7.084	10.224	7.084	7.084
최대수평반력		5.790	7.084	7.084	10.224	7.084	7.084
수평 허용 지 지 력		23.255	23.255	23.255	40.454	23.255	23.255
PILE연직반력							
PILE NO. 1		30.031	54.448	49.774	65.264	54.448	49.774
PILE NO. 2		25.219	42.573	38.319	44.593	42.573	38.319
PILE NO. 3		19.666	28.871	25.102	28.651	28.871	25.102
PILE NO. 4		13.002	12.428	9.241	-8.030	9.241	-8.030
최대연직반력		30.031	54.448	49.774	65.264	54.448	49.774
수직 허용 지 지 력		79.801	79.801	79.801	119.702	79.801	79.801
PILE수평간격		4.017	3.283	3.283	3.957	3.283	3.957
PILE연직간격		2.657	1.466	1.603	1.834	1.466	1.603
필요최대간격		2.657	1.466	1.603	1.834	1.466	1.603

수평반력에 의한 간격 = 수평허용지지력 / 최대수평반력

수직반력에 의한 간격 = 수직허용지지력 / 최대수직반력

그러므로 PILE을 1.300 m 간격으로 설치한다.

6) 말뚝의 최대모멘트 (말뚝본체 계산용)

(단위 : ton, m, 말뚝본단)

구분	상부공 사공전	지 하 수 위 무 시				지 하 수 위 고 려	
		CASE-1 비제하시	CASE-2 제하시	CASE-3 비제하시	CASE-4 지진시	CASE-5 제하시	CASE-6 비제하시
FIX M		11.201	13.872	13.116	14.760	13.072	13.116

7) 말뚝 본체설계

i) 작용력

① 평상시

$$\begin{aligned} \text{수평력} &= R_{\text{hmax}} \times \text{간격} = 9.209 \text{ t} \\ \text{수직력} &= R_{\text{vmax}} \times \text{간격} = 70.783 \text{ t} \\ \beta &= 0.00349 \text{ 1/cm} \\ \text{말뚝머리의 모멘트} &= 13.116 \text{ t.m} \end{aligned}$$

② 지진시

$$\begin{aligned} \text{수평력} &= R_{\text{hmax}} \times \text{간격} = 13.291 \text{ t} \\ \text{수직력} &= R_{\text{vmax}} \times \text{간격} = 84.844 \text{ t} \\ \beta &= 0.00423 \text{ 1/cm} \\ \text{말뚝머리의 모멘트} &= 14.760 \text{ t.m} \end{aligned}$$

ii) 말뚝머리의 변위

① 평상시

$$\begin{aligned} \text{말뚝머리 고정} : \delta &= H((1+\beta h)' + 2) / 12EI \beta' = 0.594020 \text{ cm} < 1.5 \text{ cm} \\ &\therefore \text{O.K.} \end{aligned}$$

② 지진시

$$\begin{aligned} \text{말뚝머리 고정} : \delta &= HE((1+\beta h)' + 2) / 12EI \beta' = 0.492814 \text{ cm} < 1.5 \text{ cm} \\ &\therefore \text{O.K.} \end{aligned}$$

9) 이용설계

a) 확대기초의 수직지압응력 검토

$$\begin{aligned} \text{확대기초의 수직지압응력} &= 42.527 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{콘크리트의 허용지압응력} &= 0.25 \times \sigma_{ck} \times \sqrt{(A_c/A_b)} < 0.5 \times \sigma_{ck} \\ &= 52.500 \text{ kg/cm}^2 < 105.000 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{수직지압응력} &= 42.527 \text{ kg/cm}^2 < \text{허용지압응력} = 52.500 \text{ kg/cm}^2 \\ &\therefore \text{O.K.} \end{aligned}$$

b) 확대기초의 수평지압응력 검토

$$\begin{aligned} \text{확대기초의 수평지압응력} &= 17.580 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{콘크리트의 허용지압응력} &= 52.500 \text{ kg/cm}^2 < 105.000 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{수평지압응력} &= 17.580 \text{ kg/cm}^2 < \text{허용지압응력} = 52.500 \text{ kg/cm}^2 \\ &\therefore \text{O.K.} \end{aligned}$$

c) PUNCHING SHEAR 검토

$$\begin{aligned} \text{전단응력} \quad \tau &= 1.655 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{허용전단응력} \quad \tau_a &= 0.25 \times (1+2/\beta_c) \times \sqrt{(\sigma_{ck})} < 0.5 \times \sqrt{(\sigma_{ck})} \\ &= 10.869 \text{ kg/cm}^2 < 7.246 \text{ kg/cm}^2 \\ \tau_a &= 7.246 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{전단응력} \quad \tau &= 1.655 \text{ kg/cm}^2 < \text{허용전단응력} \quad \tau_a = 7.246 \text{ kg/cm}^2 \\ &\therefore \text{O.K.} \end{aligned}$$

iii) 말뚝본체의 응력검토

① 평상시

$$\begin{aligned} \text{말뚝본체에 작용하는 응력} \\ \sigma &= V/A + M \times y/I = 1153.997 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{허용응력} &= 1400.000 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma &= 1153.997 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_a = 1400 \text{ kg/cm}^2 \\ &\therefore \text{O.K.} \end{aligned}$$

② 지진시

$$\begin{aligned} \text{말뚝본체에 작용하는 응력} \\ \sigma &= V/A + M \times y/I = 1332.070 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{허용응력} &= 2100.000 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma &= 1332.070 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_a = 2100 \text{ kg/cm}^2 \\ &\therefore \text{O.K.} \end{aligned}$$

7. 용벽 설계

1) 단면적 계산 (극한하중)

a) 용벽배면의 단면적 (상시)

$$\begin{aligned} \text{*좌 뿐 하 중} \\ \text{모멘트} &= 18.098 \text{ t.m} \\ \text{전단력} &= 6.053 \text{ t} \end{aligned}$$

*토 압

$$\begin{aligned} \text{모멘트} &= 5.126 \text{ t.m} \\ \text{전단력} &= 4.590 \text{ t} \end{aligned}$$

b) 용벽배면의 단면적 (지진시)

$$\begin{aligned} \text{*충격 자중에 의한 관성력} \\ \text{모멘트} &= 1.414 \text{ t.m} \\ \text{전단력} &= 0.824 \text{ t} \end{aligned}$$

*토 압

$$\begin{aligned} \text{모멘트} &= 7.529 \text{ t.m} \\ \text{전단력} &= 6.742 \text{ t} \end{aligned}$$

--- P > PMIN 인 경우 ---

$$\text{인장철근량 (As)} = 27.715 \text{ cm}^2$$

$$\text{압축철근량 (Ass)} = 0.000 \text{ cm}^2$$

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

$$\begin{aligned} \text{설계모멘트강도 } \phi M_n &= 0.85 \times (As \times \sigma_y \times (D-A/2)) \\ &= 3111169.250 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

*** 전단력 검토 ***

$$\text{극한전단력 } Su = 10416.805 \text{ kg}$$

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

$$1/2 \phi Sc = 11290.230 \text{ kg} > Su = 10416.805 \text{ kg}$$

그러므로 STIRRUP이 필요없다.

< 교좌면 보강철근 계산 >

교 대

1) 작용력

$$\text{연직하중} = 218.688 \text{ t}$$

$$\text{수평하중 : ① 교축방향} = \mu N = 0.10 \times 218.688 = 21.869 \text{ t}$$

$$\begin{aligned} \text{② 교축직각방향} &= 4.625 \text{ t (중하중 25\% 횡중)} \\ \frac{B}{D} &= \frac{22.000}{2.950} = 7.458 \leq 8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= \left[400 - 20 \left(\frac{B}{D} \right) \right] \times D \\ &= [400 - 20 \times 7.458] \times 2.950 = 739.978 \text{ kg/m} \\ &= 0.740 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= W \times (L/2) / N \quad \text{슈갯수} \\ &= 0.740 \times (50.0/2) / 4 = 4.625 \text{ t} \end{aligned}$$

2) 연단 거리 검토

$$S = 20 + 0.5L = 20 + 0.5 \times 50.0 = 45.00 \text{ cm} < \text{USE } 49.0 \text{ cm} \quad \therefore \text{O.K.}$$

3) 교좌 장치 하면 보강 철근 (X-종방향, Y-횡방향)

- 연직 하중에 의한 수평 철근량

$$b_{lx} = 64 \text{ cm} \quad b_{cx} = 84.8 \text{ cm}$$

$$b_{ly} = 64 \text{ cm} \quad b_{cy} = 153.0 \text{ cm}$$

$$b_{cx} = \min (2b_{cx}, 5b_{lx}) = 169.6 \text{ cm}$$

$$b_{cy} = \min (2b_{cy}, 5b_{ly}) = 306 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{교축 방향 } A_{sx1} &= \frac{1(1-b_{ly})}{4} \times \frac{P}{\sigma_{sa}} \\ &= \frac{1(1-64/169.6)}{4} \times (218.688 \times 10^3) / 1500 \\ &= 22.7 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

교축 직각 방향

$$\begin{aligned} A_{sy1} &= \frac{1(1-b_{lx})}{4} \times \frac{P}{\sigma_{sa}} \\ &= \frac{1(1-64/306)}{4} \times (218.688 \times 10^3) / 1500 \\ &= 28.823 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- 수평 하중에 의한 수평방향 철근량

교축 방향

$$A_{sx2} = H_s / \sigma_{sa} = 21.869 \times 10^3 / 1500 = 14.579 \text{ cm}^2$$

교축 직각 방향

$$A_{sy2} = H_s / (\sigma_{sa} \times 1.25) = 4.625 \times 10^3 / (1500 \times 1.25) = 2.467 \text{ cm}^2$$

- 철근 보강 범위

$$b_x = b_{lx} + b_{ly} = 64 + 153 = 217.0 \text{ cm}$$

$$b_y = b_{ly} + b_{lx} = 64 + 84.8 = 148.8 \text{ cm}$$

- 철근 배근

$$\text{교축 방향 } A_{sx} = A_{sx1} + A_{sx2} = 37.279 \text{ cm}^2$$

$$D19 \text{ 사용시 } n = 37.279 / 2.865 = 11.267 \text{ EA}$$

∴ 교축 방향으로 1.9m 범위내에 20-D19 배치 (10cm간격으로 2단 배치)

교축 직각 방향

$$A_{sy} = A_{sy1} + A_{sy2} = 31.29 \text{ cm}^2$$

$$D19 \text{ 사용시 } n = 31.290 / 2.865 = 11.271 \text{ EA}$$

∴ 교축 직각 방향으로 1.9m 범위내에 20-D19 배치 (10cm간격으로 2단 배치)

4) 교좌 받침 콘크리트 보강 철근

교축 방향

$$A_{sx} = H_s / \sigma_{sa} = 21.869 \times 10^3 / 1500 = 14.579 \text{ cm}^2$$

$$D19 \text{ 사용시 } n = 14.579 / 2.865 = 5.089 \text{ EA}$$

∴ 교축 방향으로 1.2m 내에 13 - D19배치 (10cm간격으로 2단 배치)

교축 직각 방향

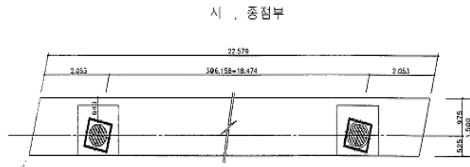
$$A_{sy} = H_s / (\sigma_{sa} \times 1.25) = 4.625 \times 10^3 / (1500 \times 1.25) = 2.467 \text{ cm}^2$$

$$D19 \text{ 사용시 } n = 2.467 / 2.865 = 0.861 \text{ EA}$$

∴ 교축 직각 방향으로 1.2m 내에 13 - D19배치 (10cm간격으로 2단 배치)

수 연단거리 산출근거

◆ 평면도



연단거리경도 (도시 P.572)

$$S = 20 + 0.5L = 20 + 0.5 \times 50.000$$

$$= 45.00 \text{ cm} < 64.00 \text{ cm} \text{ ----- OK !!!}$$

1. 지진해석 결과 교량에 작용하는 수평력 (수평력 = 시하중 반력 $\times$ 0.14)

$$1150.468 \times 0.14 = 218.466$$

· 도로교 시행서 제 V 편 내진설계편 4.5 단경간교의 설계 규정 (P.772)

구분	중방향 해석 (TON)	횡방향 해석 (TON)	비고
수평력	218.466 / 4	218.466 / 2	
	= 54.617TON	= 109.233TON	

2. 교량 방향의 수평 하중 결정

지진력에 의한 수평력의 하중 조합 (도시 P.771)

하중 경우 1.

$$F(x) = 1.0 \times \text{중} + 0.3 \times \text{횡} = 54.617 + 32.770 = 87.387$$

하중 경우 2.

$$F(z) = 1.3 \times \text{중} + 1.0 \times \text{횡} = 16.385 + 109.233 = 125.618$$

3. 교량 방향 설계 수평력 결정

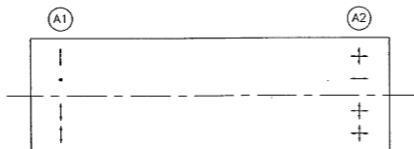
· 허용응력 한중 계수 - 지진하중 = 1.5 : 도시 제 V 편 내진 설계편 표 4.7.1

교량 방향을 강구조물로 규정

구분	지진수평력	지진력 / 1.5	비고
A ₁ (중방향)	87.387	58.258	
A ₁ (횡방향)	125.618	83.745	
A ₂ (중방향)	87.387	58.258	
A ₂ (횡방향)	125.618	83.745	

4. 방향의 지지력 검토

수평치도



1) 교축방향

$$A_1 = F_x = 58.258 \text{ t} < 84.0 \text{ t} \text{ ----- OK !!!}$$

※ 중방향 보강 불필요

2) 교축 직각방향

$$A_1 = F_x = 83.745 \text{ t} < 84.0 \text{ t} \text{ ----- OK !!!}$$

※ 횡방향 보강 불필요

나. 토질조사보고서

조사지역	시추공 No.	조사 위치 (STA.)	표 고 (m)	비 고
고 덕 교	BB - 1	0 + 195 (고덕VC RAMP-A)	6.01	
	BB - 2	0 + 245 (고덕VC RAMP-A)	5.54	
공 는 교	BB - 3 (BB - 1)	0 + 267	7.14	
	BB - 4 (BB - 2)	0 + 282	8.26	
송 탄 교	BB - 5 (BB - 1)	2 + 640	9.81	구조물지역 = 102개소
	BB - 6 (BB - 2)	2 + 685	8.63	
	BB - 7 (BB - 3)	2 + 730	9.75	
	BB - 8 (BB - 4)	2 + 775	8.89	
	BB - 9 (BB - 5)	2 + 820	8.81	
	BB - 10 (BB - 6)	2 + 877	8.79	
	BB - 11 (BB - 7)	2 + 925	9.70	
	BB - 12 (BB - 8)	2 + 970	9.72	
	BB - 13 (BB - 9)	3 + 013	9.74	
	BB - 14 (BB - 10)	3 + 065	10.14	
	BB - 15 (BB - 1)	0 + 189 (송탄VC RAMP-C 우5.0m)	9.71	
	BB - 16 (BB - 1)	0 + 215 (송탄VC RAMP-D 우5.0m)	10.63	
	BB - 17 (BB - 2)	0 + 244 (송탄VC RAMP-D 우3.0m)	11.71	
	BB - 18 (BB - 3)	0 + 318 (송탄VC RAMP-D 우3.0m)	9.72	
송 탄 VC RAMP-D교	BB - 19 (BB - 1)	0 + 396 (송탄VC RAMP-F 우3.0m)	12.52	
	BB - 20 (BB - 2)	0 + 427 (송탄VC RAMP-F 우3.0m)	12.20	
송 탄 VC RAMP-F교	BB - 21 (BB - 1)	5 + 454 (본선 우25.0m) 0 + 337 (도시계획도로)	32.87	
	BB - 22 (BB - 2)	5 + 446 (본선 좌25m) 0 + 387 (도시계획도로)	37.84	
동 사 교	BB - 23 (BB - 1)	6 + 702	14.69	
	BB - 24 (BB - 2)	6 + 717	14.81	

※ (1)의 번호는 조정전 위치 번호임.

- 점성토층 :

본 지층은 주로 실트세암 점토 또는 점토세암 실트로 구성되어 토질분류시 CH 또는 ML로 분류되는 지층으로서 층 상부에 2.5~5.9 m 정도의 두께로 분포되어 있는데 N치는 4~7 회 정도로서 중간경도 단단한 상태의 Consistency를 보여준다.

- 사질토층 :

본 지층은 실트세암 세립의 모래층 또는 실트세암 세립 내지 조립의 모래로 구성되어 토질분류시 SM으로 분류되는 지층으로서 점성토층 하부에 3.7~6.2 m 정도의 두께로 분포되어 있는데 N치는 8~34회 정도로서 느슨한 내지 조밀한 상태의 상대밀도를 나타낸다.

(4) 풍화잔류토층 (Residual Soil)

기반암이 풍화작용에 의하여 완전히 토사화되어 원위치에 잔류되어 있는 지층으로서 시추공 No. BB-2 위치의 층적토층 하부 즉, 지표면으로부터 9.4 m의 심도에 4.2 m의 두께로 분포하고 있다.

본 지층은 실트세암 세립 내지 조립의 모래로 구성되어 토질분류시 SM으로 분류되어 N-치는 43~50회 이상으로서 조밀한 내지 매우 조밀한 상태의 상대밀도를 나타낸다.

(5) 풍화암층 (Weathered Rock)

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

본 풍화암은 지표면으로부터 10.3~13.6 m의 심도에 분포되어 있는데 모암이 흙(풍화잔류토)으로 변해가는 과정에 있고 암질이 부식된 상태에서 표준관입시험 과정에서 채취된 시료는 타격에너지에 의해 실트세암 세립 내지 조립의 모래 및 알갱이로 분해된 상태였다.

(2) 공 는 교 (시추공 No. BB-3, 4)

가) 전담토층 (Paddy Soil)

지층의 최상부에 위치하여 현재 전담으로 이용되고 있는 지층으로서 그 두께는 0.5 m 이 내이다.

본 지층은 주로 점토세암 실트로 구성되어 토질분류시 ML로 분류되어 대체로 연약한 상태의 Consistency를 보여준다.

본 지층은 주로 실트세암 세립 내지 중립 또는 조립의 모래로 구성되어 토질분류시 SM으로 분류되어 N-치는 35회 정도로서 조밀한 상태의 상대밀도를 나타낸다.

(5) 풍화암층 (Weathered Rock)

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

본 풍화암은 지표면으로부터 9.0~10.2 m의 심도에 9.1~10.5 m 정도의 두께로 분포되어 있는데 모암이 흙(풍화잔류토)으로 변해가는 과정에 있고 암질이 부식된 상태에서 시추작업시 코어(Core)회수는 불가능하였으며 표준관입시험 과정에서 채취된 시료는 함가에 의해 가해지는 타격 에너지에 의하여 실트세암 세립 내지 조립의 모래 및 알갱이로 분해된 상태였다.

(6) 연암층 (Soft Rock)

기반암인 편마암(Gneiss)이 부분적으로 선택풍화작용을 받아 변질되어 형성된 층으로서 풍화암층 하부 즉, 지표면으로부터 19.3~19.5 m의 심도에 분포되어 있는데 현재 풍화가 진행 또는 진행중에 있는 층이고 균열 및 절리가 발달한 상태였다.

3.3.3 구조물지역 (시추공 No. BB-1~102)

본 구조물지역에서는 21개소의 교량구조물과 1개소의 BOX 구조물 가설 예정지역에 총 102개소의 시추조사를 실시하였는데 조사과정에서 파악된 지층의 분포상태를 각 구조물별로 구분하여 기술하면 다음과 같다.

(1) 고덕교 (시추공 No. BB-1~2)

가) 전담토층 (Paddy Soil)

지층의 최상부에 위치하여 현재 전담으로 이용되고 있는 층으로서 그 두께는 0.7 m 정도이다.

본 지층은 점토세암 실트로 구성되어 토질분류시 ML로 분류되어 연약한 상태의 Consistency를 보여준다.

나) 층적토층 (Alluvial Deposit)

유수의 운반적작동에 의하여 형성된 지층으로서 전담토층 하부에 8.7~9.6 m 정도의 두께로 분포되어 있는데 구성성분이 다량 상부의 점성토층과 하부의 사질토층으로 구분된다.

나) 층적토층 (Alluvial Deposit)

유수의 운반적작동에 의하여 형성된 지층으로서 전담토층 하부에 6.3~6.9 m 정도의 두께로 분포하고 있다.

본 지층은 주로 실트세암 점토 또는 점토세암 실트로 구성되어 토질분류시 대체로 CH, MH 및 ML로 분류되나 시추공 No. BB-4 위치의 층 상부에서는 0.8 m 두께로 점토세암 세립 내지 조립의 모래층(SC)이 분포되어 있음이 특징이다.

또한, N-치는 3~7회 정도로서 Consistency는 연약한 내지 중간경도 단단한 상태이다.

(4) 풍화잔류토층 (Residual Soil)

기반암이 풍화작용에 의하여 완전히 토사화되어 원위치에 잔류되어 있는 지층으로서 시추공 No. BB-3 위치에서만 층적토층 하부 즉, 지표면으로부터 6.8 m의 심도에 3.3 m의 두께로 분포하고 있다.

본 지층은 알탄 및 실트세암 세립 내지 중립의 모래로 구성되어 토질분류시 SM으로 분류되어 N-치는 50회 이상으로서 매우 조밀한 상태의 상대밀도를 나타낸다.

(5) 풍화암층 (Weathered Rock)

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

본 풍화암은 지표면으로부터 7.3~10.1 m의 심도에 분포되어 있는데 모암이 흙(풍화잔류토)으로 변해가는 과정에 있고 암질이 부식된 상태에서 시추작업시 코어(Core)회수가 불가능하였으며 표준관입시험 과정에서 채취된 시료는 함가에 의해 가해지는 타격에너지에 의하여 실트세암 세립 내지 조립의 모래 및 알갱이로 분해된 상태였다.

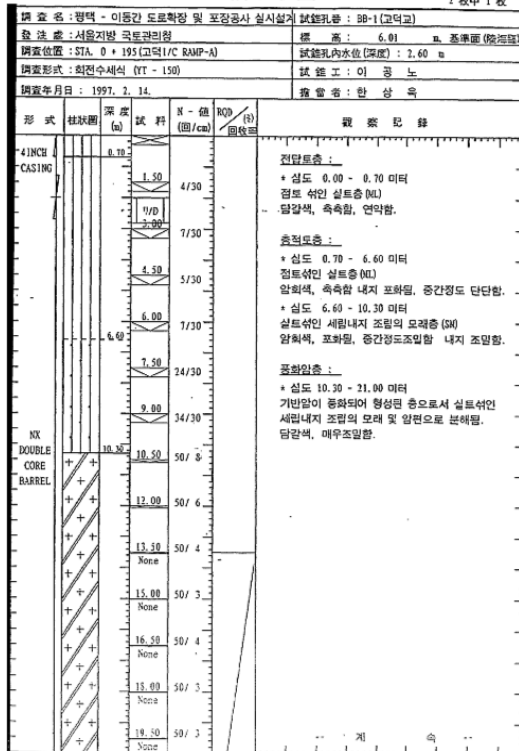
(6) 연암층 (Soft Rock)

기반암인 편마암(Gneiss)이 부분적으로 선택풍화작용을 받아 변질되어 형성된 층으로서 시추공 No. BB-4 위치에서만 지표면으로부터 19.4 m의 심도에 분포되어 있다.

본 연암층은 풍화가 진행 또는 진행중에 있는 층이고 균열 및 절리가 발달한 상태에서 코어 회수가 불가능 하였다.

試錐柱狀圖

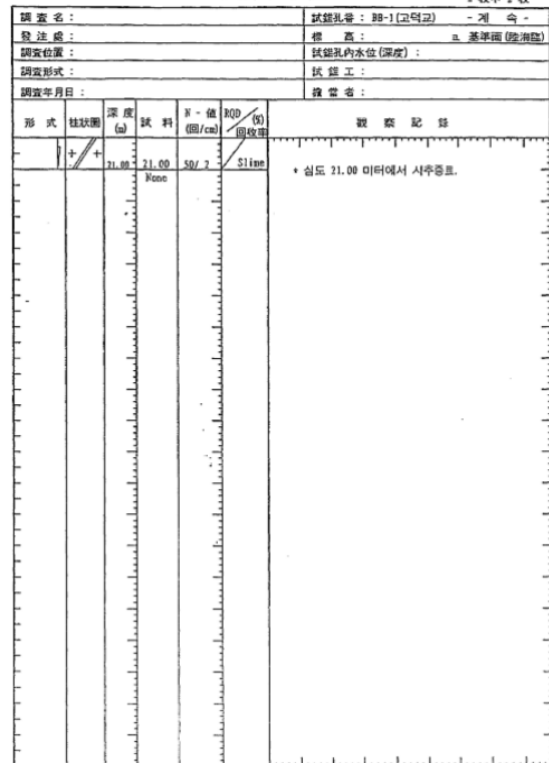
2 枚中 1 枚



331

試錐柱狀圖

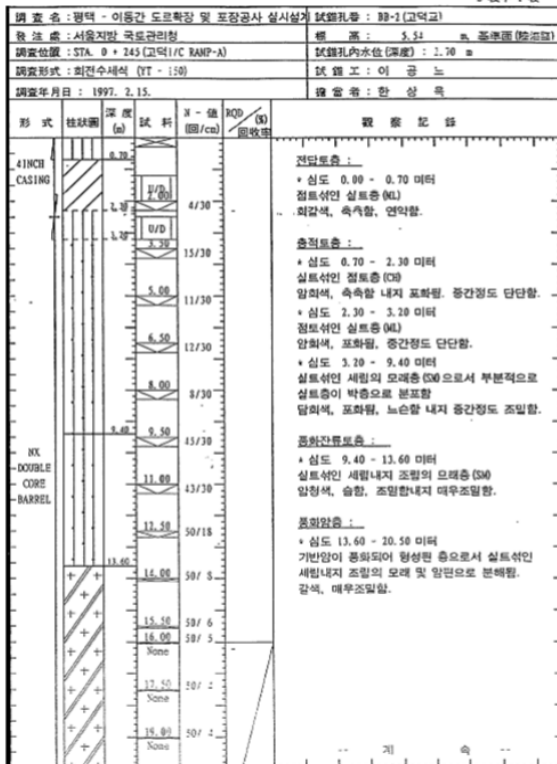
2 枚中 2 枚



332

試錐柱狀圖

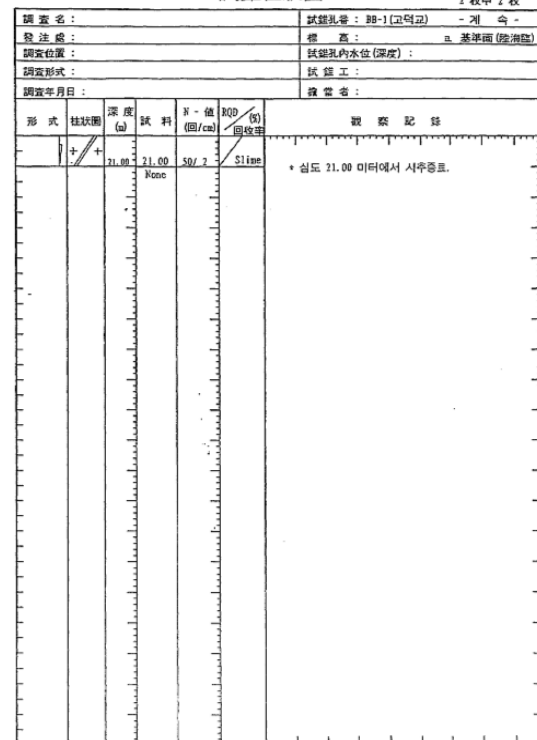
2 枚中 1 枚



333

試錐柱狀圖

2 枚中 2 枚



332

2.2.2 시설물 점검이력

【표 2.2.1】 고덕교 점검이력사항

번호	구분	점검기간	점검기관	등급	점검결과
1	정밀안전점검	2011.06.15 ~2011.08.28	(주)이지엔지니어링	B등급	1.포장면 소성변형, 포트홀, 체수 2.배수시설배수구막힘, 배수관탈락 3.S.TBOXSplice균힘, 볼트유실, 볼트부식, 도장박리/박락 4.교량받침물탈균열, 볼트부식 5.교대균열(Cw=0.3mm미만), 재료분리, 표면열화
2	정기안전점검	2012.05.01 ~2012.06.30	자체수행	양호	지속관찰
3	정기안전점검	2012.11.01 ~2012.12.31	자체수행	양호	지속관찰
4	정기안전점검	2013.05.01 ~2013.06.30	자체수행	양호	지속관찰
5	정기안전점검	2013.11.01 ~2013.12.31	자체수행	양호	—
6	정기안전점검	2014.01.01 ~2014.06.30	자체수행	양호	—
7	정밀안전점검	2014.05.12 ~2014.08.09	대진건설턴트주식회사	B등급	-교면포장 망상균열 -배수시설 배수관망실 -난간및연석 방호벽표면열화, 균열부백태, 백태, 균열(0.3mm미만), 중앙분리대 망상균열 -바닥판하면균열(0.3mm미만), 백태, 부식 -거더외부볼트탈락, 볼트부식, 도장박리및부식. -거더내부도장박리, 누수흔적, 토사퇴적 -신축이음유간부이물질퇴적, 후타재균열및망상균열 -교량받침 받침콘크리트균열, 볼트부식, 물탈균열및박락 -하부구조 균열(0.3mm미만), 망상균열, 재료분리, 표면열화
8	정기안전점검	2015.04.01 ~2015.06.30	자체수행	양호	지속관찰
9	정기안전점검	2015.10.01 ~2015.12.31	자체수행	양호	지속관찰
10	정기안전점검	2016.04.01 ~2016.06.30	자체수행	양호	지속관찰

【표 2.2.1】 고덕교 점검이력사항(계속)

번호	구분	점검기간	점검기관	등급	점검결과
11	정밀안전점검	2016.04.11 ~2016.07.08	주식회사 남양이엔씨	B등급	고덕교의 주요손상으로는 이동방향 아스콘 망상균열, 방호벽 외측면 균열 및 균열부백태, 표면열화, 데크플레이트 부식, 강재거더 외부 도장박리 및 굽힘, 부식, 현장이음부(Splice) 볼트탈락, 거더내부 볼트부식 및 토사 퇴적, 누수흔적, 배수구 막힘 및 배수관 길이부족, 신축이음부 유간토사 퇴적 및 후타재균열, 망상균열, 차수판 덮개 너트망실 및 파손, 받침콘크리트 균열, 낙교방지장치 몰탈 박리 및 볼트부식, 교대 균열 등이 조사되었다. 대상시설물의 시설물상태평가 등급은 “보조부재에경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이없으며 내구성증진을 위하여 일부의 보수가 필요한상태” 인 B등급으로 평가되었다. 향후 공용시 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 적극적인 유지관리가 요구된다.
12	정기안전점검	2016.10.01 ~2016.12.31	자체수행	양호	지속관찰
13	정기안전점검	2017.04.01 ~2017.06.30	자체수행	양호	지속관찰
14	정기안전점검	2017.10.01 ~2017.12.31	자체수행	양호	지속관찰
15	정기안전점검	2018.04.01 ~2018.06.30	자체수행	양호	지속관찰
16	정밀안전점검	2018.07.11 ~2018.10.08	(주)이디시엠	B등급	• Deck Plate 부식(1개소) • 신축이음본체토사적체및차수판볼트탈락 • 거더도장손상(도장탈락및부식) ⇒전반적 • 신축이음후타재균열및망상균열 • 교대수직균열(cwmax=0.2mm) • 교면포장소성변형및국부파손 • 받침콘크리트균열(cwmax=0.1mm미만) • 배수관길이부족(4개소), 덮개망실및막힘(1개소) • 낙교방지책물탈박락, 부식 • 방호벽외측균열부백태(국부적)
17	정기안전점검	2018.10.01 ~2018.12.31	자체수행	양호	지속관찰
18	정기안전점검	2019.01.01 ~2019.06.30	자체수행	양호	지속관찰
19	2종성능평가	2019.08.22 ~2019.11.19	주식회사 남양이엔씨	B등급	▶ 안전성능평가결과, 성능평가점수 0.215, 등급b로평가 ▶ 내구성능평가결과, 성능평가점수 0.156, 등급b로평가 ▶ 사용성능평가결과, 성능평가점수 0.227, 등급b로평가 ▶ 종합성능평가결과, 성능평가점수 0.204, 등급b로평가
20	정기안전점검	2019.07.01 ~2019.12.31	자체수행	양호	지속관찰

【표 2.2.1】 고덕교 점검이력사항(계속)

번호	구분	점검기간	점검기관	등급	점검결과
21	정밀안전점검	2020.03.23 ~2020.06.20	(주)신우기술	B등급	바닥판하면 : 상태양호 거더및가로보:도장손상,부식,볼트부식 교대:균열(cw=0.3mm미만),이격,잡철물노출 교량받침:받침콘크리트균열(cw=0.3mm미만),낙교방지책물탈들뜸,박락,부식 신축이음:본체유간토사퇴적,유간부족으로인한후타재박락등 교면포장:포장균열 방호벽:미세망상균열,박락 배수시설:배수관길이부족,배수그레이팅파손
22	정기안전점검	2020.01.01 ~2020.06.30	자체수행	양호	지속관찰
23	정기안전점검	2020.07.01 ~2020.12.31	자체수행	양호	지속관찰
24	정기안전점검	2021.01.01 ~2021.06.30	자체수행	양호	지속관찰
25	정기안전점검	2021.07.01 ~2021.12.31	자체수행	양호	지속관찰
26	정밀안전점검	2022.03.22 ~2022.06.13	영동이앤지(주)	B등급	-바닥판 하면 : 상태양호 -거더:도장손상(탈락,부식),볼트부식 -2차부재:상태양호 -하부구조:균열(폭0.3mm미만),망상균열(폭0.3mm미만),보수재균열(폭0.3mm미만),보수재망상균열(폭0.3mm미만),누수흔적,이격,체수,충분리,잡철물부식 -교량받침:받침콘크리트균열(폭0.3mm미만) -낙교방지장치:볼트부식,충분리및박락 -신축이음:유간토사퇴적,후타재균열,신축이음누수 -교면포장:포장균열,포장망상균열,포장폐임,체수,토사퇴적,접속슬래브포장망상균열 -배수시설:배수구막힘,배수구그레이팅파손 -난간/연석:망상균열(폭0.3mm미만),박락,차수판볼트탈락 -공중이이용하는부위:특이사항없음.
27	정기안전점검	2022.01.01 ~2022.06.30	자체수행	양호	지속관찰
28	정기안전점검	2022.10.05 ~2022.12.09	자체수행	양호	배수구 막힘
29	정기안전점검	2023.04.11 ~2023.06.12	자체수행	양호	배수시설(배수구 막힘, 배수구 그레이팅 파손)

【표 2.2.1】 고덕교 점검이력사항(계속)

번호	구분	점검기간	점검기관	등급	점검결과
30	정기안전점검	2023.10.15 ~2023.11.30	자채수행	양호	· 교면포장 : 포장균열, 망상균열, 패임, 체수, 토사퇴적, 접속부 망상균열 · 배수시설:배수구막힘,그레이팅파손 · 난간및연석:망상균열(폭0.3mm미만),박락,차수판볼트탈락 · 신축이음장치:본체토사퇴적,후타재균열,신축이음누수 · 바닥판:상태양호 · 거더:도장탈락,부식,볼트부식 · 가로보:상태양호 · 교량받침:받침콘크리트균열(폭0.3mm미만) · 교대및교각: 균열(폭 0.3mm미만), 망상균열, 재균열, 보수부 망상균열, 누수흔적, 보호블럭 이격 등 · 기초:해당없음 · 점검시설:상태양호 · 공중이이용이이용하는부위:포장부및,신축이음부손상

2.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과(2022년09월)

가. 외관조사결과

구분	정밀안전점검 결과	비고
바닥판하면	■ 바닥판에 대한 외관조사 결과, 내측바닥판(테크플레이트)은 부식, 변형, 파손, 용접부 결함이 없는 양호한 상태로 조사되었다. 외측바닥판(콘크리트)도 균열, 백태, 누수, 단면손상 등이 발생되지 않은 양호한 상태이다. ■ 종합적으로 바닥판하면은 전반적으로 양호한 상태로 분석되며, 향후 추가손상 발생에 대한 면밀한 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.	
거더내부	■ 거더내부에 대한 외관조사 결과, 국부적으로 볼트부식, 실링미처리가 조사되었으며, 도장손상, 변형, 파손 등의 손상은 발견되지 않았다. ■ 볼트부식은 S1-G1 현장이음부 하면에서 확인되었고, 그 외 기타 현장이음부의 볼트상태는 양호한 상태로 조사되었다. 해당손상은 과거 현장이음부의 틈새로 들어온 우수접촉에 의한 부식으로 추정되나, 부식 및 도장열화로 인한 내구성능 저하는 없는 수준으로 보수보다는 주의관찰이 필요하다. 다만, 부식의 확산방지를 위해 현장이음부의 틈을 실링처리가 필요하다.	
거더외부	■ 거더외부에 대한 외관조사 결과, 도장손상(탈락,부식)이 국부적으로 발생되었고 현장이음부에서 볼트부식이 1개소 조사되었다. 그 외 플랜지 변형 및 처짐, 피로균열 등의 구조적 결함은 발생되지 않았다. ■ 도장손상(탈락,부식)은 주로 거더하면에서 조사되었고, 손상발생위치가 차량이 지나가는 구간에 집중적으로 발생한 것으로 보아, 과거 적재불량 화물차가 교량하부를 통과시 거더 하부에 접촉되면서 발생한 손상으로 추정된다. 형하고 측정 결과 4.95~5.05m로 현재 차량제한 표지판(4.8m)이 설치된 상태이며, 현재 부식 및 도장열화로 인한 내구성능 저하는 없는 수준으로 주의관찰을 통한 유지관리가 합리적이다.	
가로보	■ 2차부재에 대한 외관조사 결과, 피로균열, 변형, 현장이음부 볼트 손상, 누수 등은 조사되지 않았으며, 도장상태도 양호한 것으로 조사되었으므로, 향후 신규손상 발생에 대한 주기적인 점검이 필요하다.	
교대	■ 교대에 대한 외관조사 결과, 균열, 망상균열, 체수, 층분리 등의 비구조적 손상이 조사되었으며, 교대의 기울음 및 전도, 부등침하로 인한 손상은 발견되지 않았다. ■ 교대에서 발생한 균열은 폭 0.3mm미만의 수직균열로써 길이가 짧은 형태로 조사되었다. 교대의 전면은 대기에 노출되어 있어 교대 배면에 비해 대기중으로 수분이 빠르게 증발하게 되고, 전면과 배면의 불균일한 건조수축작용, 온도응력 등에 의해 교대 상부에서 아래로 수직균열이 발생하게 된다. 금회 조사시 발생한 균열은 구체와 흉벽에 전면에서 발생되었고 수직균열 및 망상균열의 형태로 외력에 의한 구조적 균열이라기 보다는 재료특성에 기인한 비구조적 균열로 판단된다. 따라서, 긴급한 보수는 불필요하나 우천시 신축이음부를 통해 누수가 지속되고 있는 상황을 감안할 때 균열부 틈으로 우수가 침투하여 철근의 부식팽창을 발생시킬 가능성을 배제할 수 없으므로 일반적인 표면보수를 실시하여 손상의 진전을 억제하는 것이 바람직하다. ■ 교대 A2에서 발생한 층분리는 지속적인 우수접촉에 의해 콘크리트 내부 철근이 부식 팽창하여 콘크리트의 층을 이루며 분리되는 현상으로 손상의 규모는 경미하지만 내구성 저하 방지차원에서 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.	

구분	정밀안전점검 결과	비고
교대	■ 채수현상은 A2 전면벽체 상면에서 조사되었으며, 신축이음부의 누수 진행에 따른 물고임 현상으로 확인되었다. 따라서, 신축이음 유도배수 처리가 우선적으로 시행되어야 할것으로 판단된다. ■ 고덕교의 시·중점부 교대 전면에는 보호블럭이 시공되어 있으며, 전반적으로 양호한 상태를 보이고 있으나, A1 전면벽체와 보호블럭 간의 이격이 조사되었다. 해당손상은 시공당시 법면의 다짐미흡 및 즉시침하에 따른 이격으로 추정되며 손상의 진전성은 없는 것으로 판단되므로 주의관찰이 바람직하다. ■ 잡철물부식은 교대A2 흉벽에서 발생되었으며, 시공 후 잡철물 처리 미흡으로 인한 손상으로 내구성 저하 방지차원의 단면보수가 바람직하다.	
교량받침	■ 교량받침은 점검일 현재 하중전달 경로상에 문제를 유발할 수 있는 편기, 이탈 등의 중대결함은 없고, 외관상에도 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 일부 받침콘크리트에서 경미한 균열이 2개소 확인되었다. 또한 낙교방지시설의 손상은 볼트부식, 기초부 층분리 및 박락이 있으며, 그 외 구조적 결함은 없는 것으로 조사되었다. ■ 본 교량의 교량받침은 편기, 변형, 파손 등은 발생되지 않았으며, 도장상태도 양호한 것으로 확인되었다. 받침콘크리트의 경우 일부개소에서 균열이 경미하게 발생되었으나, 시공초기 건조수축에 의한 비구조적 균열이므로 별도의 보수는 불필요하다. ■ 낙교방지장치의 경우, 지속적인 우수접촉으로 인해 볼트의 부식이 발생하였고, 우수유입과 동결융해 반복작용에 의해 기초콘크리트가 일부가 박락되어 떨어져 나간 것으로 판단된다. 해당손상들은 기능성 확보를 위해 단면보수를 통한 유지관리가 요구된다. ■ 교대 교량받침부의 연단거리 측정결과, 각 지점에서의 실측 연단거리가 이론 연단거리를 상회하는 것으로 조사되었다. ■ 교량받침의 이동량을 검토한 결과, 전 개소의 교량받침은 현 설계기준에 의한 받침 가동 여유량을 만족하는 것으로 검토되었다.	
신축이음	■ 신축이음에 대한 점검 결과, 2021년도 신축이음 교체 이후 전반적으로 양호한 상태를 보이고 있으나, 국부적인 후타재 균열, 유간 토사퇴적이 발생되었고 신축이음 하부로 누수가 진행되고 있는 것으로 조사되었다. ■ 본 교량의 신축이음 본체는 외관상 양호한 상태로 확인되었으나, 유간에 이물질이 퇴적되어 있는 것으로 조사되었다. 최근 신축이음 교체가 이루어진 것을 감안할 때, 신축거동에 영향을 미칠 정도의 손상은 아닌 것으로 판단되나, 주기적인 청소를 통해 기능성을 유지하는 것이 바람직하다. ■ 후타재는 기존에 조사되었던 단면손상(파손,박락)이 신축이음 교체로 인해 전부 보수가 완료되었으며, 교체 이후 국부적인 균열이 발생하였다. 무수축 콘크리트로 시공하는 후타재는 시공품질에 따라 하자가 많고 차륜하중과 외기환경, 시공시 양생부족 등이 복합적인 원인으로 작용함에 따라 횡방향 균열이 발생하게 된다. 후타재에 발생한 손상들은 다양한 방법(주입, 면, 충전보수 등)으로 보수해도 지속적인 차륜 하중으로 인해 보수효율이 떨어지므로 손상 진전 후 일괄 보수하는 것 ■ 우천시(2022년4월13일, 일강수량 9.5mm) 현장조사 결과, 신축이음 하부로 누수가 발생된 것으로 확인되었다. 후타재 균열부에서 유입된 우수는 교대 흉벽을 타고 하부로 흘러들어가 교대 벽체 상면에 채수되어 있으며, 손상 방지시 하부구조의 열화 및 강재거더, 교량받침의 강재부식을 유발시킬 우려가 있다. 또한, 하부로 겨울철 제설제 살포로 인해 염화물이 함유되어 유입될 경우, 하부 콘크리트 내구성 저하의 가능성이 있으므로, 상부에서의 우수유입을 차단하기 위한 유도배수관 설치가 필요하다.	

구분	정밀안전점검 결과	비고
신축이음	■ 점검 당시 현재의 유간을 측정하여 향후 이론적인 신장, 수축량과 비교하였으며 신축이음 가동여유량을 검토한 결과, 현 설계기준에 의한 신축이음 신축 여유량을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.	
교면포장	■ 교면포장에 대한 외관조사 결과, 포장 망상균열이 광범위하게 발생하였고, 국부적으로 균열, 패임, 체수, 토사퇴적 등이 조사되었다. ■ 교면포장(아스콘)의 주요손상은 균열 및 망상균열이며, 상대적으로 차량통행이 많은 이동방향에 집중된 것으로 확인되었다. 바닥판 또는 강박스 내부로의 우수유입이 없는 것으로 볼 때, 방수층의 손상은 없는 것으로 판단된다. 해당손상은 교통량의 증가, 중차량 통행으로 인한 원인이 지배적인 것으로 추정되며, 손상 진전 방지를 위해 이동방향 측 재포장이 필요하며, 재포장시에는 강성이 크고 변형 저항성이 우수한 강성 포장(L.M.C)에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다. ■ 조사된 토사퇴적은 갯길 외측에서 주로 조사되었으며 공용기간 증가가 주요 원인으로 판단된다. 교면의 토사는 배수구로 유입 시 배수구 막힘의 원인이 될 수 있으므로 주기적인 청소가 필요하다.	
배수시설	■ 배수시설에 대한 점검결과, 배수관의 부식, 이탈은 조사되지 않았으나, 배수구 막힘, 그레이팅 파손이 확인되었다. 기존 점검에서 조사되었던 배수관 길이부족은, 금회 점검시 배수관의 연장이 완료된 것으로 조사되었다. ■ 교면의 배수구 막힘은 공용 중 포장면의 이물질 및 토사가 퇴적된 것으로 교면의 물고임 및 배수불량이 발생할 수 있으므로 유지관리 차원의 청소 등 보수조치가 필요하다. 또한, 그레이팅 파손부위는 배수구의 이물질 유입 방지를 위해 재설치를 시행하여 배수기능을 확보하는 것이 바람직하다.	
난간 및 방호벽	■ 난간 및 방호벽(중앙분리대), 투석방지망에 대한 점검결과, 전 구간 표면처리된 방호벽 표면에 미세한 망상균열이 광범위하게 발생하였으며 그 외 박락, 차수판 볼트탈락이 조사되었다. 강재 난간 및 투석방지망의 경우, 파손, 변형, 이탈 등의 손상은 없는 양호한 상태로 조사되었다. ■ 방호벽 보수부 표면에 보수품질의 불량 및 건조수축 작용, 공용기간 증가에 따른 표면부 망상균열이 광범위하게 발생하였으며, 망상균열이 진전되어 박락이 1개소 조사되었다. 금회 조사된 망상균열, 박락, 차수판 볼트탈락은 손상의 정도가 경미하므로 주의관찰을 통한 유지관리가 요구된다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시험명	시험부위		시험 결과	검토 의견
비파괴 강도 (MPa)	상부구조 (설계기준 : 27MPa)		30.2~31.6	■ 설계기준 대비 콘크리트 강도에는 문제가 없는 것으로 판단됨
	하부구조 (설계기준 : 24MPa)		27.3~28.0	
탄산화 깊이 (mm)	상부구조	진행깊이	4.5~6.0	■ 실측 피복두께 대비 탄산화 잔여 깊이가 30mm 이상으로 측정되어 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 없는 'a' 등급으로 평가됨
		잔여깊이	38.0~47.5	
	하부구조	진행깊이	6.0~7.0	
		잔여깊이	61.0~100.0	

다. 종합평가 및 안전등급 지정

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S · F	기준	
고덕교	0.259	B	—	—	B
종합평가	• 상태평가 결과를 통한 종합평가 결과 고덕교는 “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	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
거더내부	실링재 미처리	실링처리	2.73	m	10	27	3순위
교대	균열(폭0.3㎜미만)	표면처리	4.32	㎡	85	367	3순위
	망상균열(폭0.3㎜미만)	표면처리	4.60	㎡	85	391	3순위
	충분리, 잡철물 부식	단면보수	1.00	㎡	260	260	2순위
방호벽	충분리 및 박락	단면보수	1.87	㎡	260	487	2순위
신축이음	유간 토사퇴적	청소	42.00	m	70	2,940	3순위
	신축이음 누수	유도배수관 설치	44.00	m	20	880	2순위
교면포장	포장균열	재포장 (이동방향)	550.00	㎡	220	121,000	1순위
	포장망상균열						
	포장패임						
배수시설	배수구 막힘	청소	4	개소	70	280	3순위
	배수구 그레이팅 파손	그레이팅 설치	2	개소	100	200	3순위
순공사비 합계(천원)						126,833	
제경비(순공사비×50%, 천원)						101,466	
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위				217,800	
		2순위				2,928	
		3순위				7,571	
유지보수 개략공사비 총계						228,299	
※ 폭 0.3㎜미만의 균열은 균열길이에 보수 폭 0.25m를 고려하여 보수면적을 산출함. ※ 보수물량은 손상물량의 30% 할증하였으며, 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영. ※ 개략공사비는 설계 시 공법 및 단가변동에 의해 공사비가 바뀔 수 있음. ※ 교면 재포장은 이동방향의 전체면적을 적용함.							

바. 종합결론

- 고덕교의 주요 손상으로는 거더 도장부식 및 볼트 부식, 교대 균열 및 망상균열/충분리/체수, 받침콘크리트 균열, 신축이음 누수 및 후타재 균열, 중차량 통행에 의로 인한 포장 망상균열/패임/갓길 토사퇴적/체수, 배수구 막힘, 방호벽 망상균열/박락 등이 조사되었다. 조사된 손상은 시공 초기 발생한 국부 손상과 공용 기간 증가에 따른 손상으로 구조적 결함에 의한 손상은 없는 상태로 구조물의 안전에 미치는 영향은 크지 않은 상태이다. 다만, 부재의 내구성 저하를 초래할 수 있으므로 손상의 종류 및 규모, 우선순위에 따른 보수가 필요하다. 추락방지시설의 외관조사 결과 난간 및 투석방지망에서 결함 및 파손, 고정부 연결부 파손 등의 손상은 없는 양호한 상태로 확인되었다. 각 부재에 발생한 손상은 구조물의 안전에 미치는 영향은 없겠으나 부재의 내구성 저하를 초래할 수 있으므로 손상의 종류 및 규모, 우선순위에 따른 보수가 필요하겠다.
- 반발경도에 의한 강도시험 결과 상·하부구조 모두 설계기준 강도를 상회하는 양호한 상태로 조사되었으며, 탄산화 잔여 깊이는 30.0mm이상으로 상태평가는 “a등급”으로 산정되어 탄산화에 의한 내구성 저하는 없는 것으로 조사되었다.
- 상태평가 및 종합평가를 통한 구조물의 전체 안전등급 결과는 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”인 B등급(양호)으로 산정되었다.
- 대상 교량에서 조사된 결함 또는 열화손상 개소에 대해서는 내구성증진 및 기능저하 방지를 위한 손상정도에 따른 적절한 보수가 필요하며, 보수 이후에도 재균열, 추가균열 등 균열상태 변화유무에 대한 주기적인 점검과 주의관찰을 통해 적절한 유지관리계획을 수립함이 바람직한 것으로 판단된다.

2.2.4 시설물 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비 고
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	
안전점검자료	○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 균열, 들뜸, 박리, 파손, 박락, 재료분리, 누수흔적, 부식 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, 정기안전점검은 23회, 정밀안전점검은 6회, 2종성능평가 1회를 실시하였으며, 전반적으로 점검시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

2.2.5 시설물 보수 이력

【표 2.2.2】 고덕교 보수·보강이력사항

번호	공사명	공사 구분	보수·보강부위	설계자	시공자
	공사기간		공사내역	공사비 (천원)	책임기술자
1	국도37호선 풍계교 등 교면포장 보수공사	보수	—	(주)남양엔지 니어링	동양이앤씨(주)
	2023-04-28 ~ 2023-07-19		아스콘포장 1,026㎡	199,700	—
2	국도45호선 도곡교(상) 등 신축이음 보수공사	보수	—	백강, 호성	화강건설(주)
	2021-03-23 ~ 2021-06-09		신축이음 교체	68,392	KG엔지니어링 종합건축사사무소

【표 2.2.2】 고덕교 보수·보강이력사항(계속)

번호	공사명	공사 구분	보수·보강부위	설계자	시공자
	공사기간		공사내역	공사비 (천원)	책임기술자
3	국도38호선 평공교 등 시설물 보수공사	보수	—	(주)세일엔지니어링	삼다건설(주)
	2019-08-12 ~ 2019-11-09		실링보수[거더] : 18m	5,384	KG엔지니어링 종합건축사사무소
4	국도45호선 청용교외 3개교 교면포장공사	보수	—	수원국토	(주)성한건설 대표 김보연
	2013-05-16 ~ 2013-07-11		—	252,658	동부엔지니어링(주) 최병선
5	국도38호선 행죽교외 44개교 교면포장 보수공사	보수	—	수원국토	(주)동일이앤씨 임선우
	2011-08-16 ~ 2011-11-13		소파보수	268,660	(주)다산건설턴트 한광홀
6	국도45호선 묘봉교외 25개교 교면보수공사	보수	—	—	(주)효상토건 김명식
	2010-09-13 ~ 2010-11-11		소파보수	210,610	(주)한국종합기술

2.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 2.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
—	Y	—	—
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시된 상태로 확인되었다.			

2.2.7 시설물의 용도변경 여부 확인

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

2.2.8 하중변화 이력

준공이후 하중변화 이력은 없는 것으로 확인되었다.

2.2.9 자료수집 현황

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

2.3 현장조사

2.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 시설물의 정밀안전점검 및 성능평가 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	도보, 고소점검차	2024.04.01.~2024.05.31.	
			
고소작업차를 이용한 근접조사		고소작업차를 이용한 근접조사	
			
고소작업차를 이용한 근접조사		고소작업차를 이용한 근접조사	

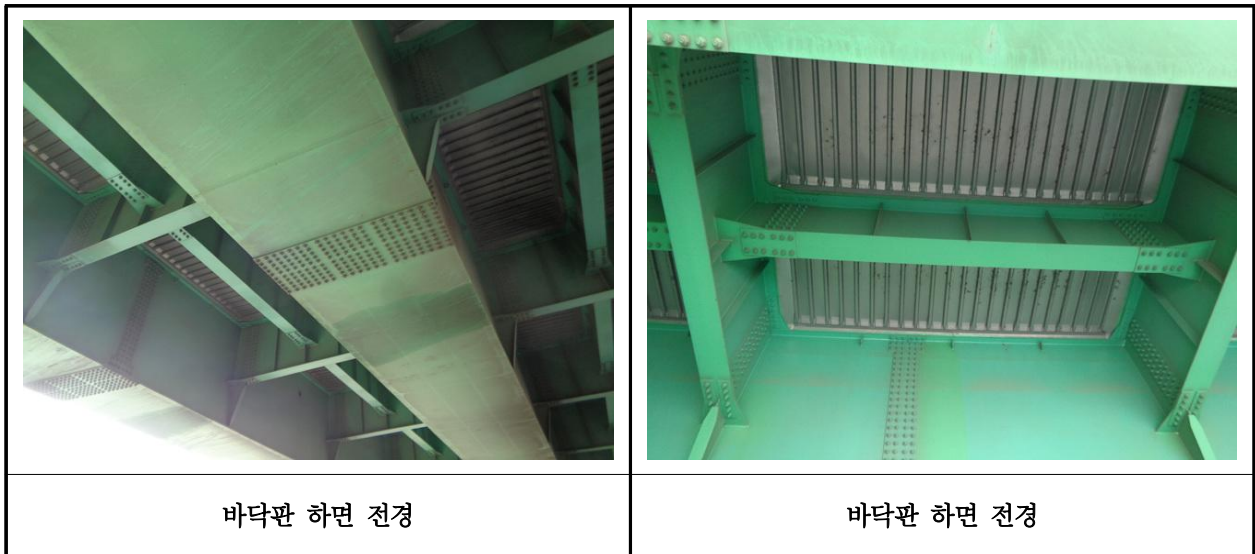
【사진 2.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

2.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 고덕교는 총 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=50.0m, 폭 21.5m(왕복 4차로)로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있고, 강재 데크플레이트가 전구간 시공되어 있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 2.3.2】 바닥판 하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	상태양호
S1	—
합계	—



【사진 2.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 바닥판 하면은 기 손상이 없는 상태로 확인되었고, 신규 손상은 조사되지 않았다.

【표 2.3.2】 바닥판 하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면	상태양호	—	—	—	—	—	— —	변동없음

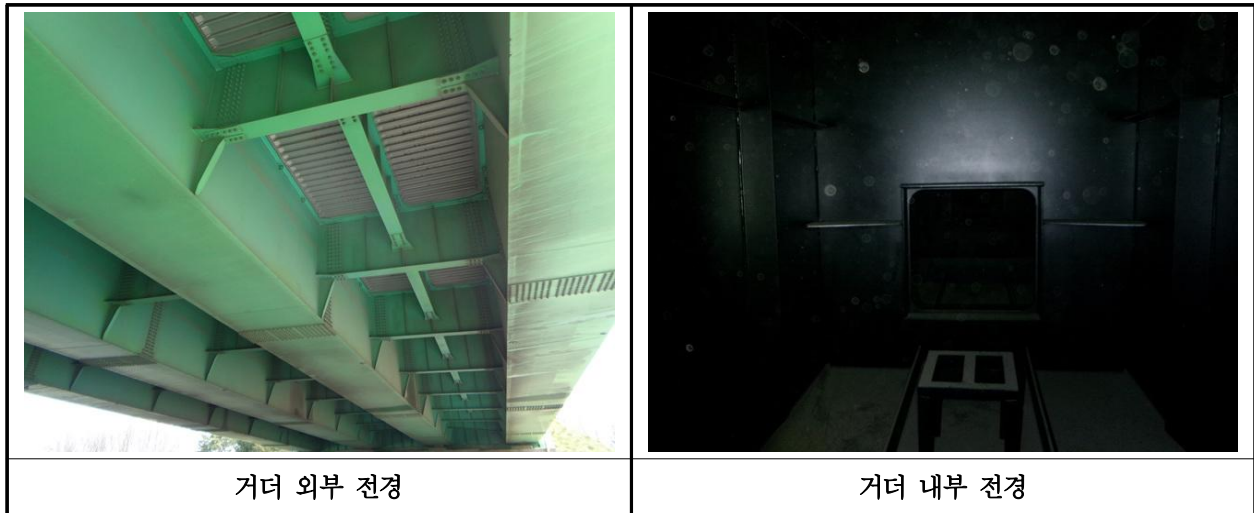
4) 검토의견

- 바닥판 하면의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 4열로 시공되었으며, 도보 및 고소작업차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 2.3.4】 거더외부 · 거더내부 전경

2) 현장조사 결과

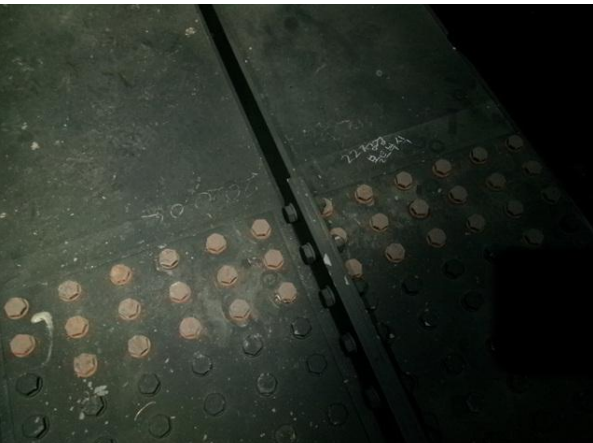
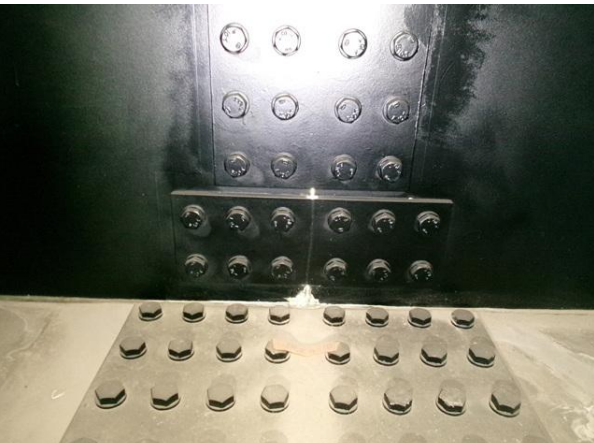
- 거더외부에 대한 외관조사 결과, 도장탈락 및 부식, 볼트부식 등의 손상이 조사되었다.
- 거더내부에 대한 외관조사 결과, 볼트부식, 실링재 미처리 등의 손상이 조사되었다.

【표 2.3.3】 거더외부 외관조사 결과

구분	도장탈락 및 부식 (㎡/개소)		볼트부식 (개소/개소)	
S1	67.38	20	1.00	1
합계	67.38	20	1.00	1

【표 2.3.4】 거더내부 외관조사 결과

구분	볼트부식 (개소/개소)		실링재 미처리 (m/개소)	
S1	48.00	48	1.20	4
합계	48.00	48	1.20	4

	
거더외부 S1-G1 도장탈락 및 부식 (13.0m×2.2m)	거더외부 S1-G5 도장탈락 및 부식 (7.5m×2.2m)
	
거더외부 S1-G1 볼트부식 (1EA)	거더내부 S1-G1 볼트부식 (6EA)
	
거더내부 S1-G1 볼트부식 (42EA)	거더내부 S1-G4 실링재 미처리 (L=0.3m)

【사진 2.3.5】 거더외부 · 거더내부 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 거터외부에 기 손상인 도장탈락 및 부식, 볼트부식이 조사되었고, 금회 점검에서 별도의 신규 손상은 조사되지 않았다.
- 거터내부에 기 손상인 볼트부식, 실링재 미처리가 조사되었고, 금회 점검시 실링재 미처리가 추가 조사되었다.

【표 2.3.5】 거터외부·거터내부 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
거터외부	도장탈락 및 부식	m ²	67.38	20	67.38	20	- -	변동없음
	볼트부식	EA	1.00	1	1.00	1	- -	변동없음
거터내부	볼트부식	EA	48.00	48	48.00	48	- -	변동없음
	실링재 미처리	m	0.90	3	1.20	4	▲ 0.30	신규손상

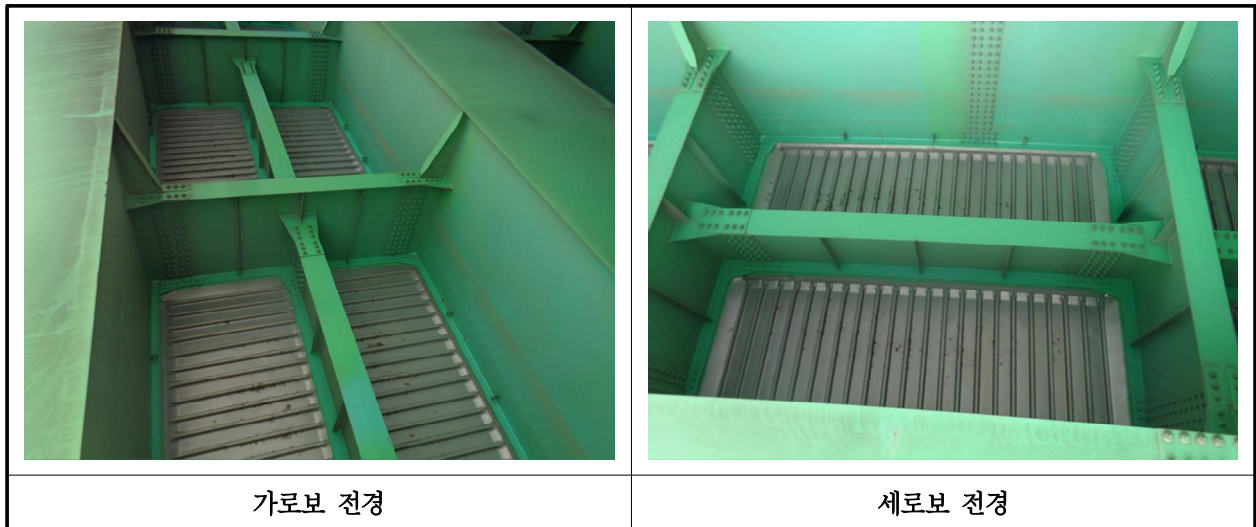
4) 검토의견

- 거터외부에 발생한 도장탈락 및 부식, 볼트부식의 경우 허용높이 초과 차량의 하부 접촉에 의한 손상으로 유추되며, 구조물에 영향을 미치는 손상은 아니나 내구성 확보 차원의 재도장 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 거터내부에 발생한 볼트부식은 현장이음부의 우수접촉에 의한 손상으로 구조물에 영향을 미치는 손상은 아니나 내구성 확보 차원의 재도장 등의 보수가 필요하다. 실링재 미처리의 경우 시공초기 마감 미흡에 의한 손상으로 우수유입 등에 의한 부식을 방지하기 위하여 실링재주입 등의 조치가 필요하다.

다. 가로보 및 세로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보 및 세로보는 STEEL로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



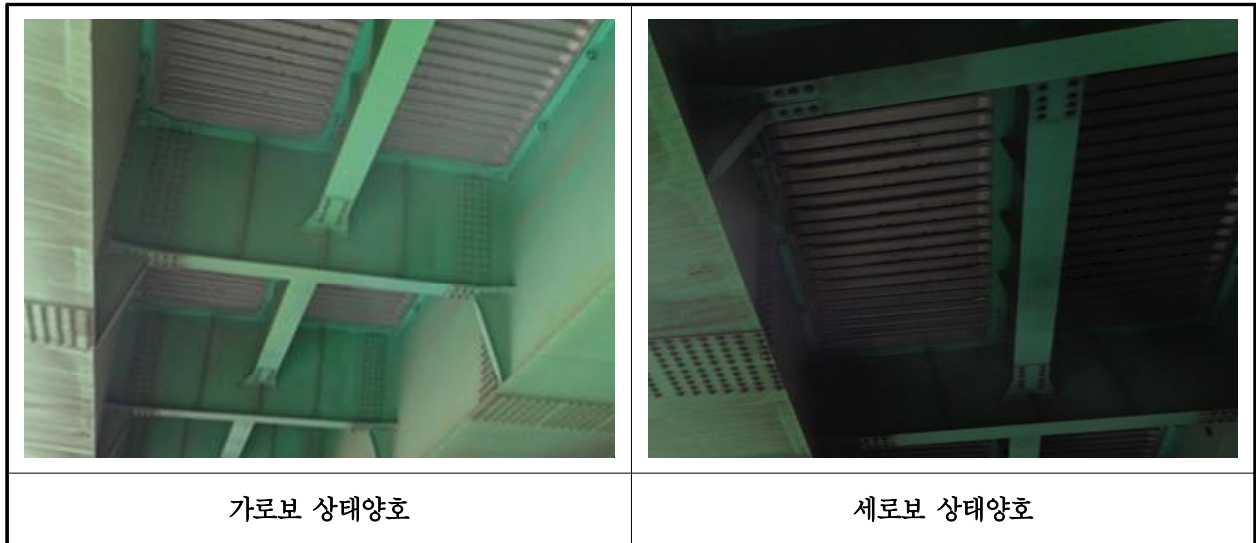
【사진 2.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보 및 세로보에 대한 현장조사 결과, 기존 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 금회 점검에서 별도의 신규 손상은 조사되지 않았다.

【표 2.3.6】 가로보 및 세로보 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—



【사진 2.3.7】 가로보 및 세로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 가로보 및 세로보 에 대한 외관조사 결과 추가 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.3.7】 가로보 및 세로보 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
가로보 및 세로보	상태양호	—	—	—	—	—	— —	변동없음

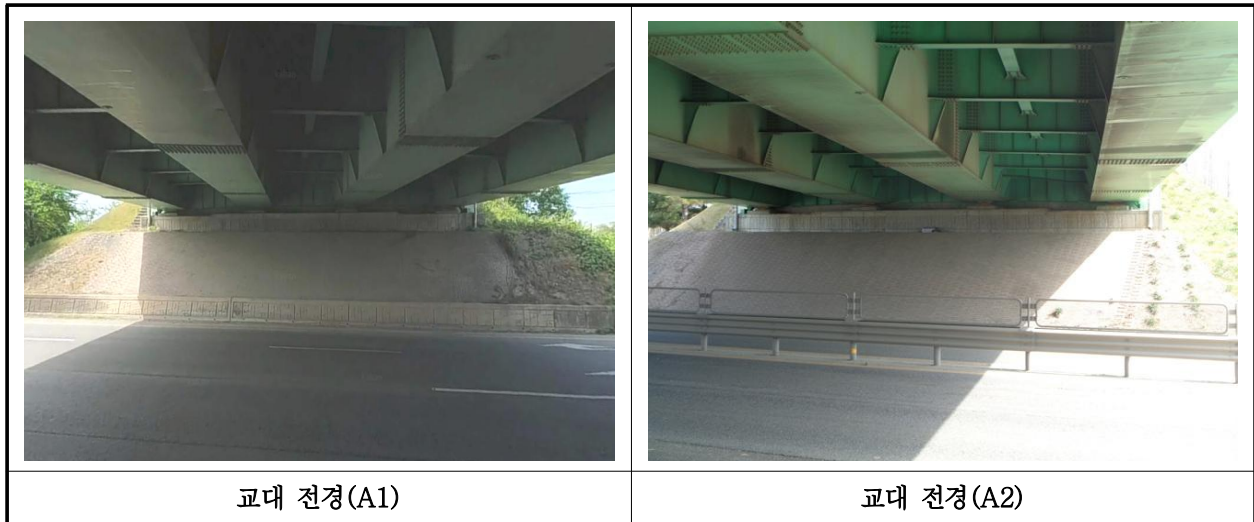
4) 검토의견

- 가로보 및 세로보는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가 손상 발생 여부에 대한 주의관찰이 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 고덕교의 교대는 역T형 2기로 시공되어 있으며, 기초는 확대기초 및 말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 2.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 대한 외관조사 결과 균열(0.3mm미만), 망상균열(폭0.2mm), 보수부 재균열(0.3mm미만), 보수부 망상균열(폭0.2mm), 충분리 및 박락, 잡철물부식, 법면 이격, 체수가 조사되었다.

【표 2.3.8】 교대 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		망상균열(폭0.2mm) (m²/개소)		보수부 재균열(0.3mm미만) (m/개소)		보수부 망상균열(폭0.2mm) (m²/개소)	
A1	5.30	7	0.84	1	—	—	—	—
A2	6.00	6	—	—	2.00	1	2.70	1
합계	11.30	13	0.84	1	2.00	1	2.70	1

구분	충분리 (m²/개소)		잡철물부식 (개소/개소)		법면 이격 (m/개소)		체수 (m²/개소)	
A1	—	—	0.03	1	22.00	1	—	—
A2	0.10	1	0.04	2	—	—	5.50	3
합계	0.10	1	0.07	3	22.00	1	5.50	3

	
교대 A1 균열(0.1mm/0.6m)	교대 A1 망상균열(폭0.2mm) (0.7m×1.2m)
	
교대 A2 보수부 재균열(0.2mm/2.0m)	교대 A2 보수부 망상균열(폭0.2mm) (1.0m×2.7m)
	
교대 A2 충분리(0.5m×0.2m)	교대 A1 법면 이격(L=22.0m)

【사진 2.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상인 균열(0.3mm미만), 망상균열, 보수부 재균열(0.3mm미만), 보수부 망상균열, 충분리, 잡철물부식, 법면 이격, 체수 등이 조사되었고, 금회 점검에서 별도의 신규 손상은 조사되지 않았다.

【표 2.3.9】 교대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3mm미만)	m	11.30	13	11.30	13	— —	변동없음
	망상균열(폭0.2mm)	m ²	0.84	1	0.84	1	— —	변동없음
	보수부 재균열(0.3mm미만)	m	2.00	1	2.00	1	— —	변동없음
	보수부 망상균열(폭0.2mm)	m ²	2.70	1	2.70	1	— —	변동없음
	충분리	m ²	0.10	1	0.10	1	— —	변동없음
	잡철물부식	m ²	0.07	3	0.07	3	— —	변동없음
	법면 이격	m	22.00	1	22.00	1	— —	변동없음
	체수	m ²	5.50	3	5.50	3	— —	변동없음

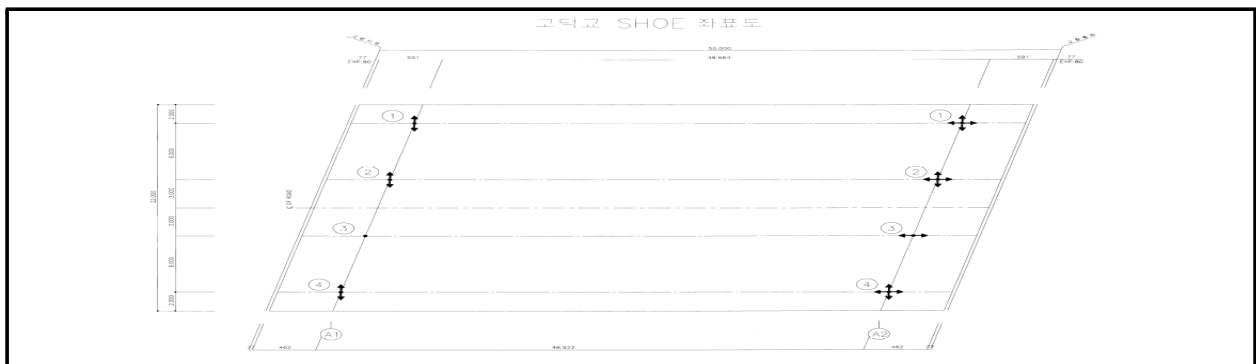
4) 검토의견

- 교대에 발생한 균열(0.3mm미만), 망상균열(폭0.2mm), 보수부 재균열(0.3mm미만), 보수부 망상균열(폭0.2mm)은 건조수축 및 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 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.
- 충분리의 경우 장기간 우수 및 외기에 의한 수분접촉시 표면열화에 따른 내부철근의 부식 팽창 등에 의한 손상으로 내구성 확보 차원에서 단면보수가 필요하다.
- 잡철물부식의 시공초기 마감미흡 등에 의한 손상으로 내구성 확보 차원에서 단면보수가 필요하다.
- 법면 이격은 시공초기 다짐미흡, 공용기간 경과, 우수유입 등에 의한 것으로 손상의 진전성은 없는 것으로 판단되며, 손상 범위 확대 여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
- 체수는 신축이음부 우수유입 등에 의한 것으로 판단되며, 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다. 보수시 신축이음부와 연계된 보수가 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 고덕교의 교량받침은 포트받침으로 거더당 2개소씩 배치되어 있으며, 총 8개소가 설치되어 있고, 교대 좌·우 양쪽 단부에 낙교방지장치가 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 2.3.1】 교량받침 배치도



【사진 2.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침에 대한 외관조사 결과 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 낙교방지시설 충분리 및 박락, 부식이 조사되었다.

【표 2.3.10】 교량받침 외관조사 결과

구분	받침콘크리트 균열(0.3mm미만) (m/개소)		낙교방지시설			
			충분리 및 박락 (㎡/개소)		부식 (개소/개소)	
A1	—	—	0.72	2	1.00	1
A2	0.50	2	0.72	2	2.00	2
합계	0.50	2	1.44	4	3.00	3

	
A2-SH3 받침콘크리트 균열(0.1mm/0.3m)	A2-SH4 받침콘크리트 균열(0.1mm/0.2m)
	
낙교방지장치 A1 충분리 및 박락(3.6m×0.1m)	낙교방지장치 A2 부식(2EA)

【사진 2.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 발생한 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 낙교방지시설 충분리 및 박락, 부식이 조사되었으며, 금회 점검시 손상의 추가 및 진전은 없는 것으로 확인되었다.

【표 2.3.11】 교량받침 기 점검 결과 비교

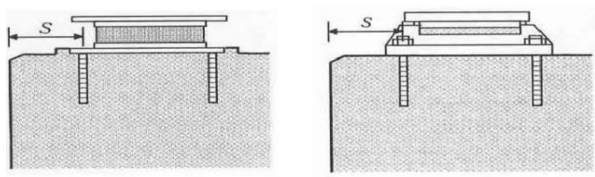
구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	0.50	2	0.50	2	— —	변동없음
낙교방지 장치	충분리 및 박락	m ²	1.44	4	1.44	4	— —	변동없음
	부식	EA	3.00	3	3.00	3	— —	변동없음

4) 검토의견

- 교량받침에서 조사된 받침콘크리트 균열(0.3mm미만)의 경우 건조수축 및 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 판단되며, 미세균열로 교량받침의 거동에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 보수조치가 필요하다고 판단된다.
- 낙교방지장치에서 조사된 충분리 및 박락의 경우 공용기간 경과, 온도변화 등에 의한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수가 요구된다.
- 부식의 경우 우수유입, 외기노출, 공용기간 경과 등에 의해 발생한 손상이며, 장기적인 내구성 확보를 위하여 재도장을 통한 보수가 필요하다.

5) 연단거리 검토

- 교대의 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 2.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

받침장치 연단거리 측정

【사진 2.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

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

【표 2.3.12】 연단거리 측정 결과

구 분	계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)				검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
A1	450	550	560	560	560	O.K
A2	450	700	695	700	705	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 2.3.13】교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 2.3.13】교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}\text{C}$)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	고정단						
A2	34.3	25.7	0.000012	50.0	20.6	15.4	

1) 조사당시 온도 : 14.3 $^{\circ}\text{C}$ (조사일 : 2024년 4월 2일, 평균온도, 수원)

2) 검토온도 : -20 $^{\circ}\text{C}$ ~ 40 $^{\circ}\text{C}$ (한랭지방)

【표 2.3.14】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용 변위 (mm)	수축 검토 결과	신장 검토 결과
			최대수축	최대신장	최대수축	최대신장			
A1	고정단								
A2	SH1	32	82	18	20.6	15.4	±50.0	O.K	O.K
	SH2	32	82	18			±50.0	O.K	O.K
	SH3	32	82	18			±50.0	O.K	O.K
	SH4	32	82	18			±50.0	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, Finger Joint(A1, A2) 형식으로 시공된 상태이다.



【사진 2.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 외관조사 결과 후타재 균열(0.3mm미만), 유간 토사퇴적, 차수판볼트탈락, 신축이음 하부 누수가 조사되었다.

【표 2.3.15】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열 (0.3mm미만) (m/개소)		유간 토사퇴적 (m/개소)		차수판볼트탈락 (개소/개소)		신축이음 하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	14.80	32	21.00	1	6.00	6	22.00	1
A2 (EXP J3)	8.00	20	21.00	1	3.00	3	22.00	1
합계	22.80	52	42.00	2	9.00	9	44.00	2

	
A1 후타재 균열(0.2mm/0.5m)	A2 유간 토사퇴적(L=21.0m)
	
A1 차수판볼트탈락(6EA)	A1 신축이음 하부 누수(L=22.0m)

【사진 2.3.15】신축이음 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 발생한 후타재 균열, 유간 토사퇴적, 차수판볼트탈락, 신축이음 하부 누수가 확인되었으며, 금회 조사시 후타재 균열이 추가 조사되었다.

【표 2.3.16】신축이음 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	17.20	38	22.80	52	▲ 5.60	신규손상
	유간 토사퇴적	m	42.00	2	42.00	2	— —	변동없음
	차수판볼트탈락	EA	9.00	9	9.00	9	— —	변동없음
	신축이음 하부 누수	m	44.00	2	44.00	2	— —	변동없음

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열(0.3mm미만)은 건조수축, 차량 반복통행, 장기공용, 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 발생한 손상으로 인한 차량통행에 지장 및 신축이음 기능저하 등은 없는 상태로 주의관찰 후 관리주체의 유지관리계획에 맞추어 보수하여도 구조물의 사용 및 안전에는 지장이 없을 것으로 판단된다.
- 유간 토사퇴적의 경우 공용기간 경과에 따른 비산먼지 축적에 의해 발생한 손상으로 청소 등의 정비를 통한 유지관리가 요구된다.
- 차수관볼트탈락의 경우 외부충격 등에 의해 발생한 것으로 하부 우수유입 방지를 위해 재설치를 통한 정비가 요구된다.
- 신축이음 하부 누수의 경우 시공시 마감 미흡에 의한 손상으로 판단되며, 하부에 우수가 유입되고 있어 교대에 체수가 조사되었다. 하부구조에 열화 및 강재부식 등에 의한 내구성 저하를 예방하기 위하여 유도배수관 설치가 요구된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))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 : 2024. 04. 02. 기온 적용: 14.2℃(일평균) ΔT(신장시) : 40.0℃-14.3℃ = 25.7℃ ΔT(수축시) : -20.0℃-(14.2℃) = 34.3℃ ΔL_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)				
	교량형식	보통지방	한랭지방	선행창계수 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 2.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 2.3.17】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}C$)		선팅창 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	고정단									
A2	34.2	25.8	0.000012	50.0	20.6	15.4	50.0	60.0	100.0	Finger Joint
1) 조사당시 온도 : 14.3 $^{\circ}C$ (조사일 : 2024년 4월 2일, 평균온도, 수원) 2) 검토온도 : -20 $^{\circ}C$ ~ 40 $^{\circ}C$ (한랭지방)										

【표 2.3.18】 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)			
A1	고정단								
A2	신축이음	20.6	15.4	50.0	100.0	70.6	34.6	OK	OK
	바닥판			60.0	-	-	44.6	-	OK
	거더			100.0	-	-	84.6	-	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

- 고덕교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스팔트 포장(T=80mm), 4차로로 시공되었다.



【사진 2.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장에 대한 외관조사 결과, 전구간 재포장 된 것이 확인되었고, 접속부 포장 망상균열, 접속부 아스콘 균열이 조사되었다.

【표 2.3.19】 교면포장 외관조사 결과

구분	접속부 포장 망상균열 (m²/개소)		접속부 아스콘 균열 (m/개소)	
S1	11.00	3	3.00	1
합계	11.00	3	3.00	1

	
이동방향 S1 접속부 포장 망상균열(4.0m×1.0m)	이동방향 S1 접속부 포장 망상균열(0.5m×7.0m)
	
평택방향 S1 접속부 포장 망상균열(0.5m×7.0m)	평택방향 S1 접속부 아스콘 균열(L=3.0m)
	
이동방향 S1 재포장 보수	평택방향 S1 청소 보수

【사진 2.3.18】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 발생한 포장 균열, 포장 망상균열, 포장 패임, 체수, 토사퇴적은 전구간 채포장 및 청소에 의한 보수가 확인되었고, 기 손상인 접속부 포장 망상균열에 대한 손상이 확인되었으며, 금회 점검시 접속부 아스콘 균열이 신규 조사되었다.

【표 2.3.20】 교면포장 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	포장 균열	m	5.00	2	—	—	▼ 5.00	보수됨
	포장 망상균열	m ²	126.00	2	—	—	▼ 126.00	보수됨
	포장 패임	m ²	0.10	2	—	—	▼ 0.10	보수됨
	체수	m ²	4.00	1	—	—	▼ 4.00	보수됨
	토사퇴적	m ²	100.00	1	—	—	▼ 100.00	보수됨
	접속부 포장 망상균열	m ²	11.00	3	11.00	3	— —	변동없음
	접속부 아스콘 균열	m	—	—	3.00	1	▲ 3.00	신규손상

4) 검토의견

- 교면포장에 발생한 접속부 포장 망상균열 및 아스콘 균열의 경우 차량의 윤하중, 외부충격 등에 의해 발생한 손상으로 비교적 경미한 상태로 차량 주행성능 저하의 우려는 없는 것으로 판단되는 바 주의관찰을 통한 유지관리가 필요하고, 진전시 아스콘 패칭 등과 같은 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 고덕교의 배수시설은 교량의 횡구배에 맞게 설치되어 있으며, 육교형 배수관으로 연결되어있는 상태이다.



배수관 전경

배수관 전경

【사진 2.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 외관조사 결과, 배수구 막힘, 배수구 그레이팅 파손이 조사되었다.

【표 2.3.21】 배수시설 외관조사 결과

구분	배수구 막힘 (개소/개소)		배수구 그레이팅 파손 (개소/개소)	
S1	6.00	6	2.00	2
합계	6.00	6	2.00	2



이동방향 S1 배수구 막힘

이동방향 S1 배수구 막힘, 그레이팅 파손

【사진 2.3.20】 배수시설 손상현황



【사진 2.3.20】 배수시설 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 기 발생한 배수구 막힘, 배수구 그레이팅 파손이 확인되었으며, 금회 점검시 배수구 막힘이 신규 조사되었다.

【표 2.3.22】 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	배수구 막힘	EA	4.00	2	6.00	6	▲ 2.00	신규손상
	배수구 그레이팅 파손	EA	2.00	2	2.00	2	— —	변동없음

4) 검토의견

- 배수시설의 배수구 막힘, 배수구 그레이팅 파손은 공용기간 증가, 우천시 토사유입, 외부충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 원활한 배수기능을 확보하기 위하여 청소, 재설치를 통한 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.

차. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 좌·우측으로 철근콘크리트 방호벽(강재난간+낙하물방지울타리)과 중앙분리대(연석+가드레일)이 시공되어있다.



【사진 2.3.21】 난간 및 연석 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 망상균열(폭0.2mm) 및 박락이 조사되었다.

【표 2.3.23】 난간 및 연석 외관조사 결과

구분	망상균열(폭0.2mm) (m/개소)		박락 (㎡/개소)	
S1	200.00	3	0.03	1
합계	200.00	3	0.03	1

이동방향 S1 방호벽 망상균열 (50.0m×1.5m)	평택방향 S1 방호벽 망상균열 (50.0m×1.5m)
중앙분리대 S1 연석 망상균열 (50.0m×1.0m)	이동방향 S3 박락 (0.3m×0.1m)

【사진 2.3.22】 난간 및 연석 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 발생된 망상균열(폭0.2mm), 박락이 확인되었으며, 금회 점검시 손상의 추가 및 진전은 없는 것으로 조사되었다.

【표 2.3.24】 난간 및 연석 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
난간 및 연석	망상균열(폭0.2mm)	m ²	200.00	3	200.00	3	— —	변동없음
	박락	m ²	0.03	1	0.03	1	— —	변동없음

4) 검토의견

- 방호벽 및 중분대에 발생한 망상균열(폭0.2mm), 박락의 경우 장기공용에 따른 방호벽 보호재 열화에 의한 손상으로 주의관찰을 실시한 후 손상의 진전시 일괄적으로 보수를 실시하는 유지관리가 적절할 것으로 판단된다.

카. 교량 점검시설

- 고덕교는 별도의 점검시설은 없는 것으로 조사되었다.

타. 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.

2.3.3 외관조사 총괄표

【표 2.3.25】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판하면	상태양호	—	—	—	
거더외부	도장탈락 및 부식	m ²	67.38	20	
	볼트부식	EA	1.00	1	
거더내부	볼트부식	EA	48.00	48	
	실링재 미처리	m	1.20	4	
가로보 및 세로보	상태양호	—	—	—	
교대	균열(0.3mm미만)	m	11.30	13	
	망상균열(폭0.2mm)	m ²	0.84	1	
	보수부 재균열(0.3mm미만)	m	2.00	1	
	보수부 망상균열(폭0.2mm)	m ²	2.70	1	
	층분리	m ²	0.10	1	
	잡철물부식	m ²	0.07	3	
	법면 이격	m	22.00	1	
	체수	m ²	5.50	3	
교량받침	받침콘크리트균열(0.3mm미만)	m	0.50	2	
	층분리 및 박락	m ²	1.44	4	
	부식	EA	3.00	3	
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	22.80	52	
	유간 토사퇴적	m	42.00	2	
	차수판볼트탈락	EA	9.00	9	
	신축이음 하부 누수	m	44.00	2	
교면포장	접속부 포장 망상균열	m ²	11.00	3	
	아스콘 균열	m	3.00	1	
배수시설	배수구 막힘	EA	6.00	6	
	배수구 그레이팅 파손	EA	2.00	2	
난간 및 연석	망상균열(폭0.2mm)	m ²	200.00	3	
	박락	m ²	0.03	1	

2.3.4 전회차 손상물량 비교

【표 2.3.26】 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판	상태양호	—	—	—	—	—	—	변동없음
거더외부	도장탈락 및 부식	m ²	67.38	20	67.38	20	—	변동없음
	볼트부식	EA	1.00	1	1.00	1	—	변동없음
거더내부	볼트부식	EA	48.00	48	48.00	48	—	변동없음
	실링재 미처리	m	0.90	3	1.20	4	▲ 0.30	신규손상
가로보 및 세로보	상태양호	—	—	—	—	—	—	변동없음
교대	균열(0.3mm미만)	m	11.30	13	11.30	13	—	변동없음
	망상균열(폭0.2mm)	m ²	0.84	1	0.84	1	—	변동없음
	보수부 재균열(0.3mm미만)	m	2.00	1	2.00	1	—	변동없음
	보수부 망상균열(폭0.2mm)	m ²	2.70	1	2.70	1	—	변동없음
	충분리	m ²	0.10	1	0.10	1	—	변동없음
	잡철물부식	m ²	0.07	3	0.07	3	—	변동없음
	법면 이격	m	22.00	1	22.00	1	—	변동없음
	체수	m ²	5.50	3	5.50	3	—	변동없음
교량받침	반침콘크리트균열(0.3mm미만)	m	0.50	2	0.50	2	—	변동없음
	충분리 및 박락	m ²	1.44	4	1.44	4	—	변동없음
	부식	EA	3.00	3	3.00	3	—	변동없음
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	17.20	38	22.80	52	▲ 5.60	신규손상
	유간 토사퇴적	m	42.00	2	42.00	2	—	변동없음
	차수판볼트탈락	EA	9.00	9	9.00	9	—	변동없음
	신축이음 하부 누수	m	44.00	2	44.00	2	—	변동없음
교면포장	포장 균열	m	5.00	2	—	—	▼ 5.00	보수됨
	포장 망상균열	m ²	126.00	2	—	—	▼ 126.00	보수됨
	포장 패임	m ²	0.10	2	—	—	▼ 0.10	보수됨
	체수	m ²	4.00	1	—	—	▼ 4.00	보수됨
	토사퇴적	m ²	100.00	1	—	—	▼ 100.00	보수됨
	접속부 포장 망상균열	m ²	11.00	3	11.00	3	—	변동없음
	아스콘 균열	m	—	—	3.00	1	▲ 3.00	신규손상
배수시설	배수구 막힘	EA	4.00	2	6.00	6	▲ 2.00	신규손상
	배수구 그레이팅 파손	EA	2.00	2	2.00	2	—	변동없음
난간 및 연석	망상균열(폭0.2mm)	m ²	200.00	3	200.00	3	—	변동없음
	박락	m ²	0.03	1	0.03	1	—	변동없음

2.4 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 2종 성능평가의 콘크리트 내구성 조사는 금회 정밀안전점검 자료를 활용하였으며, 일부 자료가 미비한 경우 추가조사를 실시하였다.

2.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

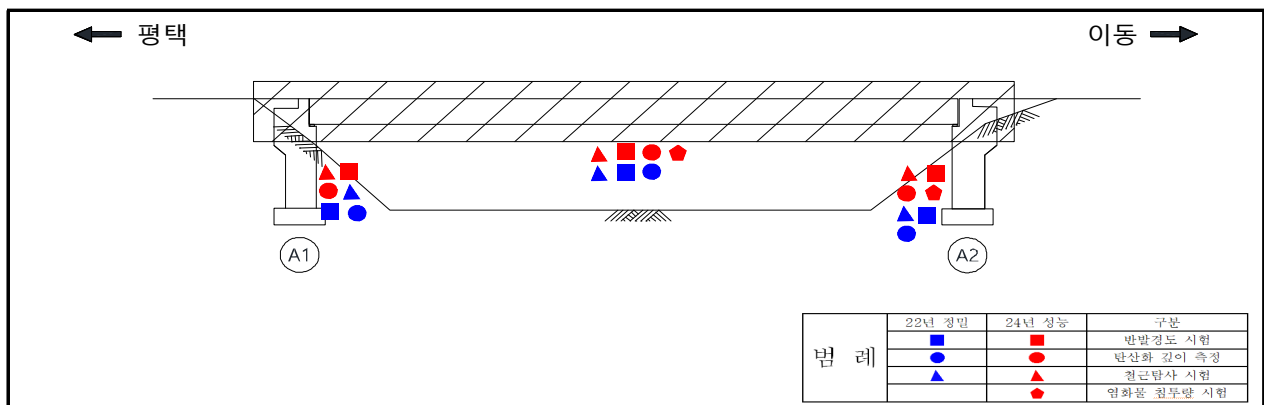
본 구조물에 대한 현장시험은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침[성능평가][교량편](2023. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 위치 및 수량을 결정하였으며, 전차 점검 및 진단 비파괴시험과 비교·검토할 수 있도록 시험 위치를 선정하였다.

【표 2.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

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

• 염화물침투량 시험결과는 내구성능평가 파트에 기입하였다.

나. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 2.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

2.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도법에 의한 비파괴 강도

반발경도 측정은 콘크리트 표면의 요철, 부착물에 이물질을 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 일본건축학회식과 일본재료학회식을 사용하였다.



【사진 2.4.1】 반발경도 시험

【표 2.4.2】 상부구조(바닥판) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법 (MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	50.9	29.4	29.1	0.63	27.0	건전
	S1 바닥판하면	50.4	28.9	28.9			비건전

【표 2.4.3】 하부구조(교대) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법 (MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	55.9	33.4	31.4	0.63	21.0	
	A2 교대	51.6	29.9	29.4			건전
	A2 교대	46.8	26.1	27.3			비건전

2) 구조물 형식별 콘크리트 추정 비파괴강도

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판) 28.9~29.4MPa, 하부구조(교대) 26.1~33.4MPa로 측정되었으며, 설계기준압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 21.0MPa)를 상회한다. 건전부와 비건전부의 검토 결과, 상부구조의 비건전부의 강도가 건전부의 95%이상, 하부구조의 비건전부의 강도가 건전부의 85%이상으로 측정되어 상부구조는 건전부 대비 큰 차이를 보이지 않는 것으로 분석되었으며, 하부구조는 동해 등에 의해 피복콘크리트의 내구성능이 저하되기 시작하는 것으로 분석되었으나, 측정부위 모두 설계기준강도를 상회하는 것으로 확인되어 양호한 것으로 판단된다. 따라서, 콘크리트 강도는 공용년수 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 2.4.4】 기 정밀안전점검 결과와 비교(반발경도측정결과)

구 분	위치	전회	금회	설계기준강도
반발경도법	바닥판	30.2 ~ 30.4	28.9 ~ 29.4	27.0
	교대	27.3 ~ 28.0	26.1 ~ 33.4	21.0
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. 철근탐사

1) 철근탐사 시험결과

- 철근탐사 시험은 상부 2개소, 하부 3개소를 실시하여, 총 5개소를 실시하였으며, 철근 피복은 다소의 변동 폭을 보이는 것으로 조사되었으며 이는 시공시 발생한 오차로 판단되며, 철근의 배근간격은 설계도면에 준하는 것으로 조사되었다. 따라서 철근탐사에서 철근의 직경은 파악되지 않으므로, 철근의 직경이 설계도서와 일치한다면, 철근 배근량에 대한 문제는 없는 것으로 판단된다.



【사진 2.4.2】 철근탐사 시험

【표 2.4.5】 철근탐사 결과

구 분	측정위치	철근	측정결과(mm)		설계도면(mm)		비고
			피복두께	배근간격	피복두께	배근간격	
상부 구조	S1 바닥판 하면	주철근	44	105	60	125	
		배력철근	55	270	60	300	
	S1 바닥판 하면	주철근	37	125	60	125	
		배력철근	37	300	60	300	
하부 구조	A1 교대 홍벽	수직철근	53	165	50	125	
		수평철근	47	200	50	200	
	A1 교대 홍벽	수직철근	34	175	50	125	
		수평철근	44	200	50	200	
	A2 교대 홍벽	수직철근	51	110	50	125	
		수평철근	44	170	50	200	

※ 피복두께는 최저값, 배근간격은 평균값을 사용함.

다. 탄산화 깊이 측정

- 탄산화시험은 상부구조 1개, 하부구조 2개로 총 3개소 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.



【사진 2.4.3】 탄산화 시험

【표 2.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화깊이 (mm)	피복두께 (mm)	잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수	최근도달 시간(년)	평가
상부구조	S1 바닥판하면	3.0	44.0	41.0	0.69	30년 초과	a
하부구조	A1 홍벽	6.0	47.0	41.0	1.38	30년 초과	a
	A2 홍벽	5.5	44.0	38.5	1.26	30년 초과	a

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 2.4.7】 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	4.5~6.1	38.0~47.5	a	3.0	41.0	a	
하부구조	6.0~7.0	61.0~100.0	a	5.5~6.0	31.5~41.0	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.						

라. 내구성조사 결과 요약

【표 2.4.8】 내구성조사 결과 요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과 (배근간격)	설계기준 (피복두께)	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판하면	28.9 ~ 29.4	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	26.1 ~ 33.4	21.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		41.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		31.5~41.0	a등급	
철근탐사 (배근간 격/피복 두께) (mm)	상부구조	주철근	105~125	37~44	■ 배근간격은 대체로 설계값과 일치하는 양호한 상태로 측정되었으며, 피복두께는 일부 구간의 경우 실측피복이 다소 부족한 것으로 조사됨
		배력철근	270~300	37~55	
	하부구조	수직철근	110~175	34~53	
		수평철근	170~200	44~47	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도를 상회하며 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

마. 내구성조사 결과 비교

【표 2.4.9】 내구성조사 결과 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			전회		금회		
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	바닥판	30.2	~ 30.4	28.9	~ 29.4	■ 강도저하 없음
	하부 구조	교대	27.3	~ 28.0	26.1	~ 33.4	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		38.0~47.5	a	41.0	a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		61.0~100.0	a	31.5~41.0	a	
철근탐사 (배근간격/피복 두께) (mm)	상부 구조	주철근	—	—	105~125	37~44	■ 배근간격은 대체로 설계값과 일치하는 양호한 상태로 측정되었으며, 피복두께는 일부 구간의 경우 실측피복이 다소 부족한 것으로 조사됨
		배력철근	—	—	270~300	37~55	
	하부 구조	수직철근	—	—	110~175	34~53	
		수평철근	—	—	170~200	44~47	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용연수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨						

바. 반발경도 시험 보고서

【표 2.4.10】 반발경도 시험 보고서

구 분	내 용
시험일자	2024년 04월 02일
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 : 27.0MPa 교대 : 21.0MPa
시험 위치의 표면상태	양호
시험시 온도	14.3℃
콘크리트 재령	3,000일 이상
콘크리트 내부의 함수상태	기건 상태
반발경도측정기 종류	NR-Type(NR-10)
타격방향	+90°, 0°
시험 부위별 반발경도의 평균값	부록 참조
머린 반발경도의 값 및 위치	부록 참조

사. 탄산화 시험 보고서

【표 2.4.11】 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 2.4.12】 철근탐사 시험 보고서

구 분		내 용	
시 험 조 건	시험일시	2024년 04월 02일	
	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 2.4.13】 염화물함유량 시험 보고서

구 분		내 용	
시 험 조 건	시험일시	2024년 04월 02일	
	시험시간	09:00 ~ 17:00	
	시험 영역의 위치	상부구조, 하부구조(철근콘크리트 구조물)	
조 사 수 량	상부구조	1개소	바닥판하면 S1
	하부구조	1개소	교대 A2
구조물 경과연수		경과연수 : 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			

2.5 안전성능 평가

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

2.5.1 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, 일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준인 ‘B등급’으로 산정되었다.

【표 2.5.1】 상태안전성능평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초
S1	A1	STB	a	c	a	b	b	c	c	a	b	q
-	A2	-	-	-	-	-	-	-	c	b	b	q
평균			0.100	0.400	0.100	0.200	0.200	0.400	0.400	0.150	0.200	-
가중치			15	25	4	4	3	2	7	15	25	-
(평균×가중치) /가중치합			0.015	0.100	0.004	0.008	0.006	0.008	0.028	0.023	0.050	-
											0.242	
											B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.242) < 0.260$

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

포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 “b” 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

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 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 2.5.2】 시설물 전체 상태안전성능평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태안전 성능평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
고덕교	0.242	B	50	4	200	1.000	0.242
합계(Σ)			50	4	200	1.000	0.242
1. 평가지수 =							0.242
2. 상태안전성능평가결과 =							B

2.5.2 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

6.5.2 구조안전성능 평가 결과

가. 구조안전성능 결과 산정

1) 개요

평가대상 교량에 대하여 구조안전성능을 실시한 후, 그 결과를 비교하여 최저등급을 평가 결과로 산정한다.

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀외관조사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 도로교와 철도교는 강교의 경우 허용응력 설계법, 콘크리트교는 강도설계법으로 설계되고 있다.

안전성 검토는 대상 교량의 설계계법을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 하고, 최근 도입되고 있는 신뢰성이론에 의한 평가방법은 충분한 통계자료가 뒷받침되어야 하므로 참고자료로 활용한다.

또한 교량의 안전성평가는 내하력평가 개념으로 규정되어 왔으나 내하력은 활하중여유도로서 하중비에 따라 내하력의 변동폭이 크게 변화하므로 교량의 안전성을 일관되게 평가하는 기준으로 적절하지 못하다.

따라서 안전성평가는 교량의 안전을 개념을 도입하여 평가하였다. 그러나 안전율이 0.9에서 1.0 사이에 있어 재하시험에 의한 공용내하력 평가를 실시한 경우 공용내하력 산정결과에 따라 안전성평가 결과를 산정한다.

교량의 구조안전성능 평가지수 = Min(공용내하력, 기초안전성)

본 교량의 경우 구조안전성능 평가는 급회 성능평가 시 초기점검시 실시한 재하시험 공용내하력 산정결과를 이용하여 구조안전성능 평가를 실시하였다. (부록 참조)

나. 주형의 공용내하력 산정

1) 주형 기본내하력 평가

① 부재력 집계

[표 6.5.3] 부재력 집계

부 재	사하중모멘트/응력	활하중모멘트/응력	계
고덕교	거터	143.0 MPa	4.50 MPa
	Slab	8.44KN·m	14.86KN·m
			23.3KN·m

② 응력 집계

[표 6.5.4] 응력 집계

부 재	사하중응력	활하중응력	허용응력
거터	UP.F	117.5 MPa	7.6 MPa
	LOW.F	143.0 MPa	4.50 MPa
			190 MPa

③ 기본 내하율 산정

[표 6.5.5] 기본 내하율 산정

부 재		사하중 응력(MPa)	활하중 응력(MPa)	허용응력(MPa)	내하율
거터	UP.F	117.5	7.6	190	9.53
	LOW.F	-143.0	-4.5	-190	10.44
구 분	내하율 계산		내하율(R.F)	기본내하력	비 고
거터	$\frac{190 - 117.5}{7.6} =$		9.53	DB-24이상	

2) 슬래브 기본내하력 평가

① 기본 내하율 산정

[표 6.5.6] 기본 내하율 산정

부 재		사하중 모멘트(KN.m)	활하중 모멘트(KN.m)	공칭강도	내하율
고덕교	슬래브	8.44	14.86	122.17	3.48
구 분	내하율 계산		내하율(R.F)	기본내하력	비 고
슬래브	$\frac{122.17 - 1.3 \times 8.44}{2.15 \times 14.86} =$		3.48	DB-24이상	

구조안전성능 평가 수행 부재	해석 방법	사하중 응력 (MPa)	활하중 응력 (MPa)	허용응력 (MPa)	내하율	기본내하력	구조안전성능 평가결과
거터	내하력 평가	117.5	7.6	190	9.53	DB-24이상	a
		-143.0	-4.5	-190	10.44		

구조안전성능 평가 수행 부재	해석방법	사하중 모멘트 (KN.m)	활하중 모멘트 (KN.m)	공칭강도 (KN.m)	내하율	기본내하력	구조안전성능 평가결과
바닥판	내하력 평가	8.44	14.86	122.17	3.48	DB-24이상	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 2.5.3】 구조안전성능평가 결과

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

2.5.3 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 2.5.4】 안전성능평가 결과

구분	상태안전성능등급		구조안전성능등급		비고
	평가지수	평가등급	평가지수	평가등급	
고덕교	0.242	b	0.129	a	
안전성능등급	상태안전성능평가와 구조안전성능평가를 종합하여 분석한 결과, 최저평가지수인 0.242로, 평가등급은 B등급으로 산정되었다.				

2.6 내구성능 평가

2.6.1 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.

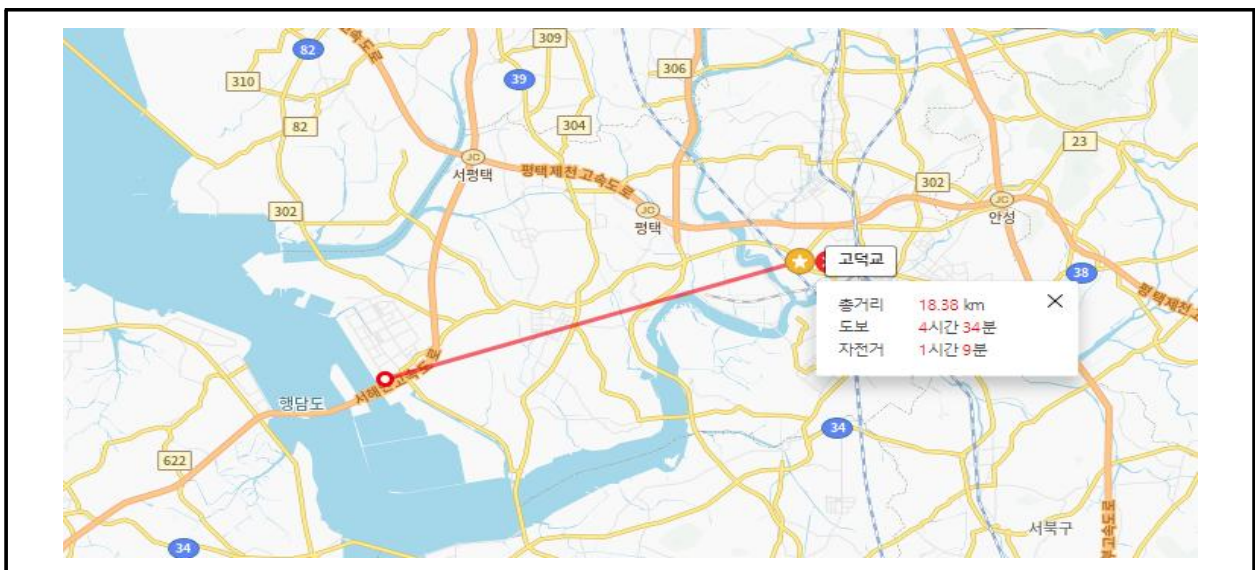
2.6.2 콘크리트 내구성능 평가 결과

가. 염해환경 평가

1) 해안거리에 따른 비래염분 염해환경

대상교량은 경기도 평택시 고덕면 동고리에 위치하며, 서해안으로부터 약 18.4km 떨어진 위치에 시공된 것으로 확인되었다.

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



【그림 2.6.1】 위치도

【표 2.6.1】 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 평택에 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 2.6.2】 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 2.6.3】 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 2.6.4】 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 2.6.5】 염화물 함유량 평가(상부구조)

구 분	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m ³)			평가등급
			0~15mm	15~30mm	30mm~철근	
염화물 함유량	바닥판	S1	0.222	0.152	0.111	a

【표 2.6.6】 염화물 함유량 평가(하부구조)

구 분	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m ³)			평가등급
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근	
염화물 함유량	교대	A2	0.172	0.093	0.048	a

【표 2.6.7】 염화물 확산계수 산출(상부구조)

계산항목	세부 부재명		깊이별 염화물 확산계수 (cm ² /year)		
			0~15mm	15~30mm	30mm~철근
염화물 확산계수	바닥판	S1	—	—	3.182

【표 2.6.8】 염화물 확산계수 산출(하부구조)

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

【표 2.6.9】 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	S1	30년 초과	a
	교대	A2	30년 초과	a

【표 2.6.10】 염화물 침투량 최종 평가등급

세부 부재명		염화물 함유량 평가 결과	철근부 전염화물 함유량 C_r 가 25(kg/m ³)가 되는 시점	염화물 함유량 최종 평가 등급
바닥판	S1	a	a	a
교대	A2	a	a	a

2) 탄산화 깊이

【표 2.6.11】 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 바닥판	3.0	0.69	30년 초과	a	a
	A1 교대	6.0	1.38	30년 초과	a	a
	A2 교대	5.5	1.26	30년 초과	a	a

3) 피복 콘크리트의 품질

【표 2.6.12】 피복 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부비율(%)	개별 평가등급	평균	평가 등급
피복 콘크리트의 품질	바닥판	S1	107.8	—	a	0.10	a
		S1(비건전)	—	98.3	a		
	교대	A1	149.4	—	a	0.13	b
		A2	124.2	—	a		
		A2(비건전)	—	87.3	b		

라. 콘크리트 내구성능 평가결과

【표 2.6.13】 대상교량 제원

교량형식		STB 거더교
경간장 및 경간수		1@50.0m = 50.0m
교폭		21.5m
바닥판의 높이		0.25m
거더 갯수		4
2차 부재		가로보:L=1.5m, 교축방향 5.0m 간격 설치 세로보:L=5m
바닥판		일반 RC
교대		일반 RC
피복 두께		40mm~100mm
공용연수		19년
위치	지역	경기도 평택시 고덕면 동고리
	해안 이격거리	300m 초과

【표 2.6.14】 콘크리트 내구성능 평가

부재 그룹명	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
		염화물 함유량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재	비고
상부	바닥판(50)	a	a	a	a	0.1
하부	교대(50)	a	a	b	b	0.2
		결함도지수	$(0.1 \times 50 + 0.2 \times 50) / 100 = 0.150$			
		등급	b			

【표 2.6.15】 열화환경지표의 평가

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

2.6.3 강재 내구성능 평가

강재 내구성능 평가항목은 크게 내부적 요소(열화진전 요소)와 외부적 요소(열화환경 요소)로 구분되며, 내부적 요소는 발청, 도장열화, 도장두께, 외부적 요소는 해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도 등을 포함하는 대기환경으로 구성된다.

여기서, 도장열화는 박리, 균열, 부품, 변색·백아화 등 4가지 열화요인에 대해 각각 평가한다. 발청을 포함하여 도장열화에 대한 세부지표 간의 중요도에 따라 합산 및 등급산정을 한다.

평가대상 부재에 대해 내부적 요소와 외부적 요소에 대해 강재 내구성능을 평가한다.

가. 발청 및 도장열화 평가

1) 거더

【표 2.6.16】 거더 발청 및 도장열화 평가

구분		손상면적(m²)					부재면적(m²)	비고	
		발청	박리	균열	부품	변색			
거더	S1	67.37	1.34	—	—	—	2,786		
	손상면적율(%)	2.418	0.05	—	—	—			
평균 손상면적율(%)		2.418	0.05	—	—	—			
손상별 등급		c	a	a	a	a			

【표 2.6.17】 거더 발청 및 도장열화 평가 등급

평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화
거더	c	a	a	a	a
확정등급	c	a	a	a	a

【표 2.6.18】 거더 발청 및 도장열화 평가 점수

평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화	평가점수
등급	c	a	a	a	a	25
점수	20	2	1	1.5	0.5	
발청 및 도장열화 등급						b

- 거더의 발청 및 도장열화 평가 점수는 경미한 결함이 있으나 그 이외의 부분에 대해서는 전반적으로 양호한 단계인 b등급으로 평가되었다.

2) 2차부재

【표 2.6.19】 2차부재 발청 및 도장열화 평가

구분		손상면적(m²)					부재면적(m²)	비고
		발청	박리	균열	부품	변색		
2차 부재	S1	—	—	—	—	—	618	
	손상면적율(%)	—	—	—	—	—		
평균 손상면적율(%)		—	—	—	—	—	—	
손상별 등급		a	a	a	a	a		

【표 2.6.20】 2차부재 발청 및 도장열화 평가 등급

평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화
2차부재	a	a	a	a	a
확정등급	a	a	a	a	a

【표 2.6.21】 2차부재 발청 및 도장열화 평가 점수

평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화	평가점수
등급	a	a	a	a	a	10
점수	5	2	1	1.5	0.5	
발청 및 도장열화 등급						a

- 2차부재의 발청 및 도장열화 평가 점수는 부식 및 도장열화로 인한 내구성능 저하를 무시할 수준의 단계인 a등급으로 평가되었다.

나. 도장두께 평가

- 해당 교량의 구간은 환경조건이 양호한 지역이므로 일반환경을 적용하여 외부도장은 내후성 중방식 도장(우레탄계 : 215 μ m)을 적용하고 내부도장은 에폭시 도장(175 μ m)을 적용하였다.

1) 거더

【표 2.6.22】 거더 도장두께 평가

측정위치	조사경간	#1	#2	#3	#4	#5	평균	기준	판정
거더외부	S1-G1	260	240	244	254	250	250	215	만족
	S1-G3	240	223	224	232	241	232	215	만족
거더내부	S1-G1	179	172	183	182	191	181	175	만족
	S1-G3	185	190	175	182	183	183	175	만족
거더 도장두께 불만족 비율 = (불만족 거더 개수)/(조사 대상 거더 개수)×100 = 0%(a등급)									

2) 2차부재

【표 2.6.23】 2차부재 도장두께 평가

측정위치	조사경간	#1	#2	#3	#4	#5	평균	기준	판정
2차부재	S1	252	245	223	232	241	239	215	만족
	S4	232	220	235	255	249	238	215	만족
거더 도장두께 불만족 비율 = (불만족 거더 개수)/(조사 대상 거더 개수)×100 = 0%(a등급)									

다. 환경요인 평가

【표 2.6.24】 환경요인 평가

구분	평가지표	측정값	등급
대기 환경	해안 이격거리	18.4km	a
	연간 젖음시간(일)	84.6일	
	이산화황 농도	0.004 ppm	
제설제(강설횟수)		11.3 회	b

<해설>

- 해안 이격거리 : 시설물의 위치로 지도 및 인터넷 정보를 이용하여 최단거리 측정
- 연간 젖음시간(일) : 기상청 기상연보에서 0 ° C 이상, 상대습도 80% 이상인 관측일 산정
- 이산화황 농도 : 에어코리아(<http://www.airkorea.or.kr>)에서 제공하는 지역별 10년 평균 농도
- 강설횟수 : 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 상의 동결융해 사이클 수 참조

2.6.4 강재 내구성능 평가 결과

가. 강재 내구성능 최종 평가

【표 2.6.25】 평가항목별 가중치에 따른 거더의 내구성능

평가지표	등급	점수	가중치	평점/100
발청 및 도장열화	b	0.2	60	0.12
도장두께	a	0.1	20	0.02
대기 환경	a	0.1	10	0.01
강설 횟수	a	0.1	10	0.01
평 점				0.16

【표 2.6.26】 평가항목별 가중치에 따른 2차부재의 내구성능

평가지표	등급	점수	가중치	평점/100
발청 및 도장열화	a	0.1	60	0.06
도장두께	a	0.1	20	0.02
대기 환경	a	0.1	10	0.01
강설 횟수	a	0.1	10	0.01
평 점				0.10

【표 2.6.27】 부재별 가중치에 따른 강재 내구성능 평가

결함도 평가부재		부재별 평점	가중치	평점/100
상부	바닥판	—	—	—
	거더	0.16	77	0.123
	2차 부재	0.10	23	0.023
하부	교각	—	—	—
합 계				0.146
시설물 강재 내구성능 등급				B

2.6.5 내구성능평가 결과

본 과업에서 실시한 내구성능평가 결과는 다음과 같다.

【표 2.6.28】 내구성능평가 결과

구분	결함도지수	평가등급	가중치	결함도지수×가중치
콘크리트내구성능평가 결과	0.150	B	0.6	0.090
강재내구성능평가 결과	0.146	B	0.4	0.058
결함도점수				0.148
내구성능평가 결과				B

2.7 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.

2.7.1 사용성능지표 평가

가. 포장상태 평가

1) 일반도로 포장상태 지수(NHPCI) 산정

과업대상의 포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 NHPCI를 분석한 결과, 7.34 로 산정되어 평가등급 적용시 a등급으로 평가되었다.

【표 2.7.1】 포장상태 평가결과

노선명	방향	차로	연장(km)	포장형식	평균			NHPCI	평가
					균열률 XCR(%)	소성변형 XRD(mm)	중단평탄성 XIRI(m/km)		
일반국도 45호선	평택	1	0.27	아스팔트	0.00	0.00	2.14	7.34	a
일반국도 45호선	평택	2	0.27	아스팔트	0.00	0.00	2.14	7.34	a
일반국도 45호선	이동	1	0.27	아스팔트	0.00	0.00	2.14	7.34	a
일반국도 45호선	이동	2	0.27	아스팔트	0.00	0.00	2.14	7.34	a
평가결과	포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 NHPCI를 분석한 결과, 7.34로 산정되어 평가등급 적용시 a등급으로 평가되었다.								

나. 교량조명 평가

- 해당 교량에는 조명시설이 설치되어있지 않아 해당항목 평가는 실시하지 않았다.

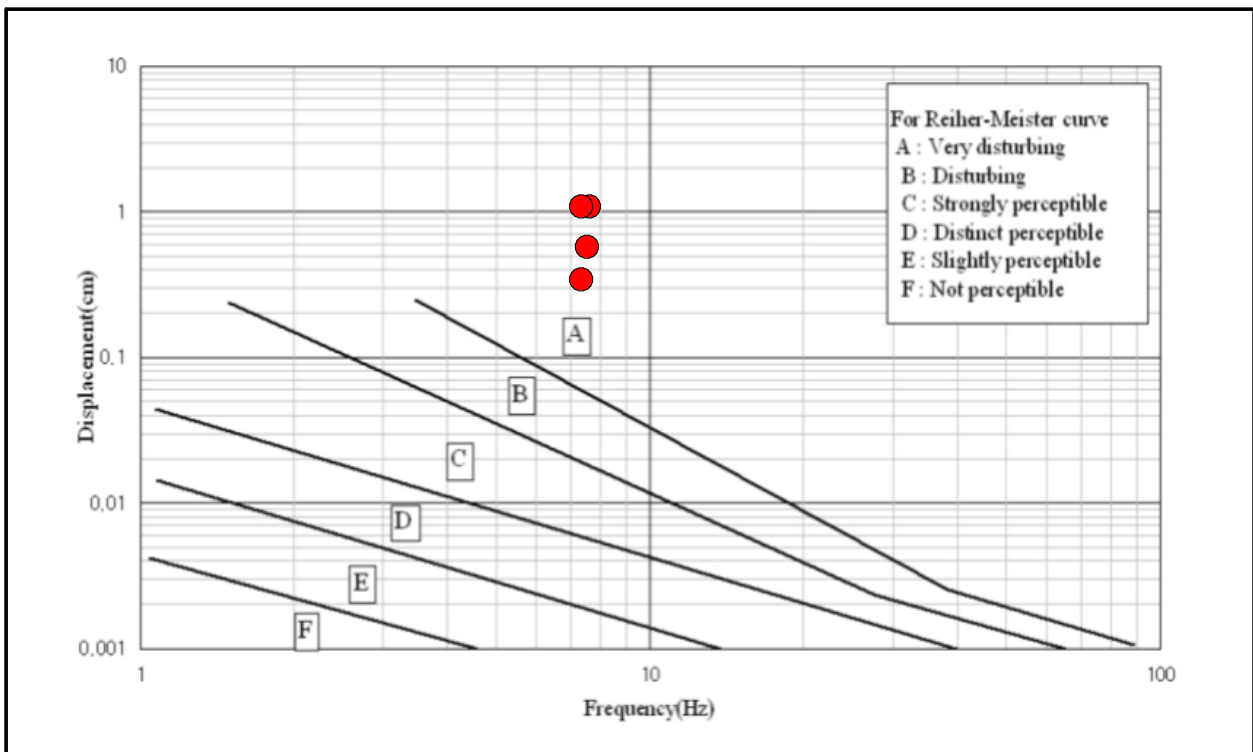
다. 진동사용성 평가

1) 측정

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

【표 2.7.2】 진동측정값

No.	Dis(cm)	Fre(Hz)
1	0.60	7.4
2	1.04	7.4
3	1.03	7.6
4	0.44	7.5



【그림 2.7.1】 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 1경간의 교량으로 교각이 없으므로 해당항목 평가는 실시하지 않았다.

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~칠곡구간의 수요실제 46,304대/일을 비교 검토한 결과 수요예측 대비 수요실제 비율이 97.9%로 b등급으로 평가되었다.

【표 2.7.3】 교통량의 성능평가

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

2.7.2 사용성능평가 결과

【표 2.7.4】 사용성능평가 결과

구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	등급점수
사용성능	사용성	포장상태	0.38	a	0.1
		조명시설	—	—	—
		진동사용성	0.32	e	1.0
기능성	유지관리성	점검시설의 유무	—	—	—
	수요 및 용량	교통량	0.30	b	0.2
				결합도점수	0.418
				등급	C

- 사용성능 최종 등급을 산정하면, 0.1×0.38 (포장상태) + 1.0×0.32 (진동사용성) + 0.2×0.30 (교통수요) = 0.418 으로 C등급으로 평가되었다.

2.8 종합성능평가

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

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

【표 2.8.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	고덕교		
평가구분	성능별 결함도 점수 (X_n)	평가등급	성능간 가중치 (W_n)
안전성능 평가	0.242	b	0.68
내구성능 평가	0.148	b	0.21
사용성능 평가	0.418	c	0.11
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.242 \times 0.68 + 0.148 \times 0.21 + 0.418 \times 0.11 = 0.241$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.241 • 종합성능평가 결과 : B등급		

2.9 유지관리 전략제안

2.9.1 성능목표 등급 산정

【표 2.9.1】 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 2.9.2】 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 2.9.3】 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 2.9.4】 주변환경 성능목표 선정

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

【표 2.9.5】지진구역계수 및 공용연수

구분	평가교량	평가등급
지진구역계수	경기도	A
공용연수	19년	D

【표 2.9.6】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)					

2.9.2 성능평가 실시결과 검토 · 분석

안전성능평가 결과	내구성능평가 결과	사용성능평가 결과
• 상태안전성능 평가결과 → B등급(0.242) • 구조안전성능 평가결과 → A등급(0.129)	• 내구성능 평가결과 → B등급(0.148)	• 사용성능 평가결과 → C등급(0.418)
종합평가	B등급(0.241)	
성능목표	B등급($0.2 \leq X < 0.26$)	
분석결과	• 성능평가 실시 결과, 안전성능 평가 B등급, 내구성능 평가 B등급, 사용성능평가 C등급으로 분석되어 최종 종합평가 등급은 B등급으로 판정되었다. • 이는 시설물의 성능평가 목표치인 B등급으로 “일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준” 인 것으로 분석되었다.	

2.9.3 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

가. 보수 개략공사비

【표 2.9.7】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
거더외부	도장탈락 및 부식	재도장	67.38	101.07	m²	1,132	114,411	3
	볼트부식	재도장	1.00	0.02	m²	1,132	23	3
거더내부	볼트부식	재도장	48.00	0.72	m²	1,132	815	3
	실링재 미처리	실링재주입	1.20	1.80	m	54	97	3
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	11.30	4.24	m²	250	1,060	3
	망상균열(폭0.2mm)	표면처리	0.84	1.26	m²	250	315	3
	보수부 재균열(0.3mm미만)	표면처리	2.00	0.75	m²	250	188	3
	보수부 망상균열(폭0.2mm)	표면처리	2.70	4.05	m²	250	1,013	3
	충분리	단면보수	0.10	0.15	m²	960	144	2
	잡철물부식	단면보수	0.07	0.11	m²	960	106	2
교량받침	받침콘크리트균열(0.3mm미만)	표면처리	0.40	0.15	m²	250	38	3
	충분리 및 박락	단면보수	0.01	0.02	m²	960	19	2
	부식	도장보수	8.00	8.00	EA	415	3,320	3
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	표면처리	22.80	8.55	m²	250	2,138	3
	유간 토사퇴적	청소	42.00	63.00	m	8	504	3
	차수판볼트탈락	정비	9.00	9.00	EA	8	72	3
	신축이음 하부 누수	유수배관설치	44.00	66.00	m	1,286	84,876	2
배수시설	배수구 막힘	청소	6.00	9.00	EA	184	1,656	3
	배수구 그레이팅 파손	재설치	2.00	3.00	EA	122	366	3
난간및연석	망상균열(폭0.2mm)	표면처리	200.00	75.00	m²	250	18,750	3
	박락	단면보수	0.03	0.05	m²	960	48	3
순위별 고사별 (천원, 제경비 포함)		단 기(1순위)				-		
		중 기(2순위)				127,718		
		장 기(3순위)				217,221		
개략공사비(순공사비+제경비)						344,939		

- ※ 1. 손상물량으로 여유수량을 감안하여 할증(50%)을 적용하였으며, 명확하게 수량산출이 가능한 손상은 할증적용을 제외하였음.(보수물량 = 손상물량 × 1.5(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 2.9.8】 투자우선순위지수 산정

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		
채도장	101.07	1,132	114,411	도장탈락 및 부식	거더	안전	c	1.00	0.25	0.68	0.18	0.03060	1
채도장	1.00	1,132	23	볼트부식	거더	안전	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	2
채도장	48.00	1,132	815	볼트부식	거더	안전	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	2
실링재주입	1.80	54	97	실링재 미처리	거더	안전	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	2
표면처리	4.24	250	1,060	균열(0.3mm미만)	교대	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	10
표면처리	1.26	250	315	망상균열(폭0.2mm)	교대	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	10
표면처리	0.75	250	188	채균열(0.3mm미만)	교대	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	10
표면처리	4.05	250	1,013	망상균열(폭0.2mm)	교대	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	10
단면보수	0.15	960	144	충분리	교대	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	10
단면보수	0.11	960	106	잡철물부식	교대	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	10
표면처리	0.15	250	38	반침콘크리트 균열(0.3mm미만)	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	5
단면보수	0.02	960	19	충분리 및 박락	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	5
도장보수	8.00	415	3,320	부식	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	5
표면처리	8.55	250	2,138	후타재 균열 (0.3mm미만)	신축이음	안전	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	19
청소	63.00	8	504	유간 토사퇴적	신축이음	안전	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	19
정비	9.00	8	72	차수판볼트탈락	신축이음	안전	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	19
유도배수관	66.00	1,286	84,876	신축이음 하부누수	신축이음	안전	c	1.00	0.07	0.68	0.18	0.00857	8
청소	9.00	184	1,656	배수구 막힘	배수시설	안전	b	1.00	0.03	0.68	0.09	0.00184	26
재설치	3.00	122	366	그레이팅 파손	배수시설	안전	b	1.00	0.03	0.68	0.09	0.00184	26
표면처리	75.00	250	18,750	망상균열(폭0.2mm)	보호시설	안전	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	29
단면보수	0.05	960	48	박락	보호시설	안전	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	29
—	—	—	—	염화물	바닥판	내구	a	1.00	0.33	0.21	0.05	0.00347	22
—	—	—	—	염화물	교대	내구	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	16
—	—	—	—	탄산화	바닥판	내구	a	1.00	0.33	0.21	0.05	0.00347	22
—	—	—	—	탄산화	교대	내구	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	16
—	—	—	—	외복콘크리트의 품질	바닥판	내구	a	1.00	0.33	0.21	0.05	0.00347	22
—	—	—	—	외복콘크리트의 품질	교대	내구	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	16
—	—	—	—	포장상태	—	사용	a	0.247	1.00	0.11	0.05	0.00136	28
—	—	—	—	진동사용성	—	사용	e	0.202	1.00	0.11	0.38	0.00844	9
—	—	—	—	교통량	—	사용	b	0.195	1.00	0.11	0.09	0.00193	25

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 0.241로 B등급으로 평가되었으며, 성능목표인 B등급($0.20 \leq X < 0.26$)을 만족하고 있는 것으로 조사되었고, 교량의 내구연한 증진을 위하여 경제성을 고려한 우선순위를 대상으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

2.10 종합결론 및 건의사항

본 시설물은 경기도 평택시 고덕면 동고리에 위치한 교량으로서 총 연장 50.0m, 폭 21.5m의 STEEL BOX Girder 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.

2.10.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) STEEL BOX Girder

- 거더외부에 발생한 도장탈락 및 부식, 볼트부식의 경우 허용높이 초과 차량의 하부 접촉에 의한 손상으로 유추되며, 구조물에 영향을 미치는 손상은 아니나 내구성 확보 차원의 재도장 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 거더내부에 발생한 볼트부식은 현장이음부의 우수접촉에 의한 손상으로 구조물에 영향을 미치는 손상은 아니나 내구성 확보 차원의 재도장 등의 보수가 필요하다. 실링재 미처리의 경우 시공초기 마감 미흡에 의한 손상으로 우수유입 등에 의한 부식을 방지하기 위하여 실링재주입 등의 조치가 필요하다.

3) 가로보 및 세로보

- 가로보 및 세로보는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가 손상 발생 여부에 대한 주의관찰이 요구된다.

4) 교대

- 교대에 발생한 균열(0.3mm미만), 망상균열(폭0.2mm), 보수부 재균열(0.3mm미만), 보수부 망상균열(폭0.2mm)은 건조수축 및 구속응력, 온도변화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 장기

간 우수 및 외기에 의한 수분접촉시 표면열화에 따른 박리 또는 내부 철근의 부식 팽창 등에 의해 박락이 발생될 수 있으므로 내구성 확보를 위한 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

- 층분리의 경우 장기간 우수 및 외기에 의한 수분접촉시 표면열화에 따른 내부 철근의 부식 팽창 등에 의한 손상으로 내구성 확보 차원에서 단면보수가 필요하다.
- 잡철물부식의 시공초기 마감미흡 등에 의한 손상으로 내구성 확보 차원에서 단면보수가 필요하다.
- 법면 이격은 시공초기 다짐미흡, 공용기간 경과, 온도변화, 우수유입 등에 의한 것으로 손상의 진전성은 없는 것으로 판단되며, 손상 범위 확대 여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
- 체수는 신축이음부 우수유입 등에 의한 것으로 판단되며, 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다. 보수시 신축이음부와 연계된 보수가 필요하다.

5) 교량받침

- 교량받침에서 조사된 받침콘크리트 균열(0.3mm미만)의 경우 건조수축 및 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 판단되며, 미세균열로 교량받침의 거동에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 보수조치가 필요하다고 판단된다.
- 낙교방지장치에서 조사된 층분리 및 박락의 경우 공용기간 경과, 다짐미흡, 온도변화 등에 의한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수가 요구된다.
- 식의 경우 우수유입, 외기노출, 공용기간 경과 등에 의해 발생한 손상이며, 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, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

6) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열(0.3mm미만)은 건조수축, 차량 반복통행, 장기공용, 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 발생한 손상으로 인한 차량통행에 지장 및 신축이음 기능저하 등은 없는 상태로 주의관찰 후 관리주체의 유지관리계획에 맞추어 보수하여도 구조물의 사용 및 안전에는 지장이 없을 것으로 판단된다.
- 유간 토사퇴적의 경우 공용기간 경과에 따른 비산먼지 축적에 의해 발생한 손상으로 청소 등의 정비를 통한 유지관리가 요구된다.
- 차수판볼트탈락의 경우 외부충격 등에 의해 발생한 것으로 하부 우수유입 방지를 위해 재설치를 통한 정비가 요구된다.
- 신축이음 하부 누수의 경우 시공시 마감 미흡에 의한 손상으로 판단되며, 하부에 우수가 유

입되고 있어 교대에 채수가 조사되었다. 하부구조에 열화 및 강재부식 등에 의한 내구성 저하를 예방하기 위하여 유도배수관 설치가 요구된다.

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

7) 교면포장

- 교면포장에 발생한 접속부 포장 망상균열 및 아스콘 균열의 경우 차량의 윤하중, 외부충격 등에 의해 발생한 손상으로 비교적 경미한 상태로 차량 주행성능 저하의 우려는 없는 것으로 판단되는 바 주의관찰을 통한 유지관리가 필요하고, 진전시 아스콘 팻칭 등과 같은 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

8) 배수시설

- 배수시설의 배수구 막힘, 배수구 그레이팅 파손은 공용기간 증가, 우천시 토사유입, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 원활한 배수기능을 확보하기 위하여 청소, 재설치를 통한 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.

9) 난간 및 연석

- 방호벽 및 중분대에 발생한 망상균열(폭0.2mm)의 경우 건조수축 및 구속응력, 온도변화, 수화열 등에 의해 발생한 것으로 내구성 및 미관 확보 차원의 표면처리 보수를 실시하는 것이 요구되며, 보수시 철저한 시공관리를 통해 재손상이 발생하지 않도록 하는 것이 필요하다.
- 박락의 경우 차량충격에 따른 외부충격, 시공시 다짐불량 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지 및 내구성 확보 차원에서 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.

10) 교량 점검시설

- 고덕교는 별도의 점검시설은 없는 것으로 조사되었다.

11) 공중이 이용하는 부위

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

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판) 28.9~29.4MPa, 하부구조(교대) 26.1~33.4MPa로 측정되었으며, 설계기준압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 21.0MPa)를 상회한다. 건전부와 비건전부의 검토 결과, 상부구조의 비건전부의 강도가 건전부의 95%이상, 하부구조의 비건전부의 강도가 건전부의 85%이상으로 측정되어 상부구조는 건전부 대비 큰 차이를 보이지 않는 것으로 분석되었으며, 하부구조는 동해 등에 의해 피복콘크리트의 내구성능이 저하되기 시작하는 것으로 분석되었으나, 측정부위 모두 설계기준강도를 상회하는 것으로 확인되어 양호한 것으로 판단된다. 따라서, 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 없는 것으로 조사되었다.
- 철근탐사 시험은 상부 2개소, 하부 3개소를 실시하여, 총 5개소를 실시하였으며, 철근 피복은 다소의 변동 폭을 보이는 것으로 조사되었으며 이는 시공시 발생된 오차로 판단되며, 철근의 배근간격은 설계도면에 준하는 것으로 조사되었다. 따라서 철근탐사에서 철근의 직경은 파악되지 않으므로, 철근의 직경이 설계도서와 일치한다면, 철근 배근량에 대한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 고덕교에서 탄산화시험은 상부구조 1개, 하부구조 2개로 총 3개소 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.

2.10.2 성능평가 결과

【표 2.10.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	고덕교		
평가구분	성능별 결함도 점수 (X_n)	평가등급	성능간 가중치 (W_n)
안전성능 평가	0.242	b	0.68
내구성능 평가	0.148	b	0.21
사용성능 평가	0.418	c	0.11
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(X_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.242 \times 0.68 + 0.148 \times 0.21 + 0.418 \times 0.11 = 0.241$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.241 • 종합성능평가 결과 : B등급		

2.10.3 종합결론

- 고덕교는 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, B등급(0.241)으로 평가되었으며, 성능목표인 B등급($0.20 \leq X < 0.26$)을 만족하고 있는 것으로 조사되었고, 교량의 내구연한 증진을 위하여 경제성을 고려한 우선순위를 대상으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

2.10.4 사용제한의 필요성 여부

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

2.10.5 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 거더의 도장손상의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 등의 유지관리가 필요하다.

2.10.6 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 바람직하다.

