

2. 이동교[하]

- 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. 이동교(하)

2.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 안성시 양성면 난실리 375-1에 위치한 교량으로서 총 연장 120.0m, 폭 17.3m, 편도 4차로로 시공되어 있다.

2.1.1 일반사항

【표 2.1.1】 이동교(하) 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		이동교(하)		시설물번호		BR2005-0000270	
준공년월		2004. 12. 30		관리번호		-	
시설물위치		경기도 안성시 양성면 난실리 375-1					
설계하중		DB-24, DL-24 (1등급)		노선명		일반국도45호선	
제원	연장	L=120.0m (2@30.0m+2@30.0m)					
	폭	B=17.3m, 편도 4차선					
구조 형식	상부	PSC I Girder		기초 형식	교대	확대기초	
	하부	교대 : 역T형식(RTA) 교각 : 라멘식			교각	직접기초	
교량받침		탄성고무받침		신축이음		A1, A2 : Finger Joint P2 : Rail Joint	
교차시설물		진위천, 도로(양성로)		통과높이		5.0m	
설 계 사		동부엔지니어링(주)		시 공 사		삼성물산(주)	
내진설계유무		적용		관리주체		수원국토관리사무소	
부착시설내용		-					
기 타		준공도면 보유 / 구조계산서 보유					

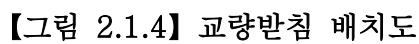
2.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 2.1.1】 위치도

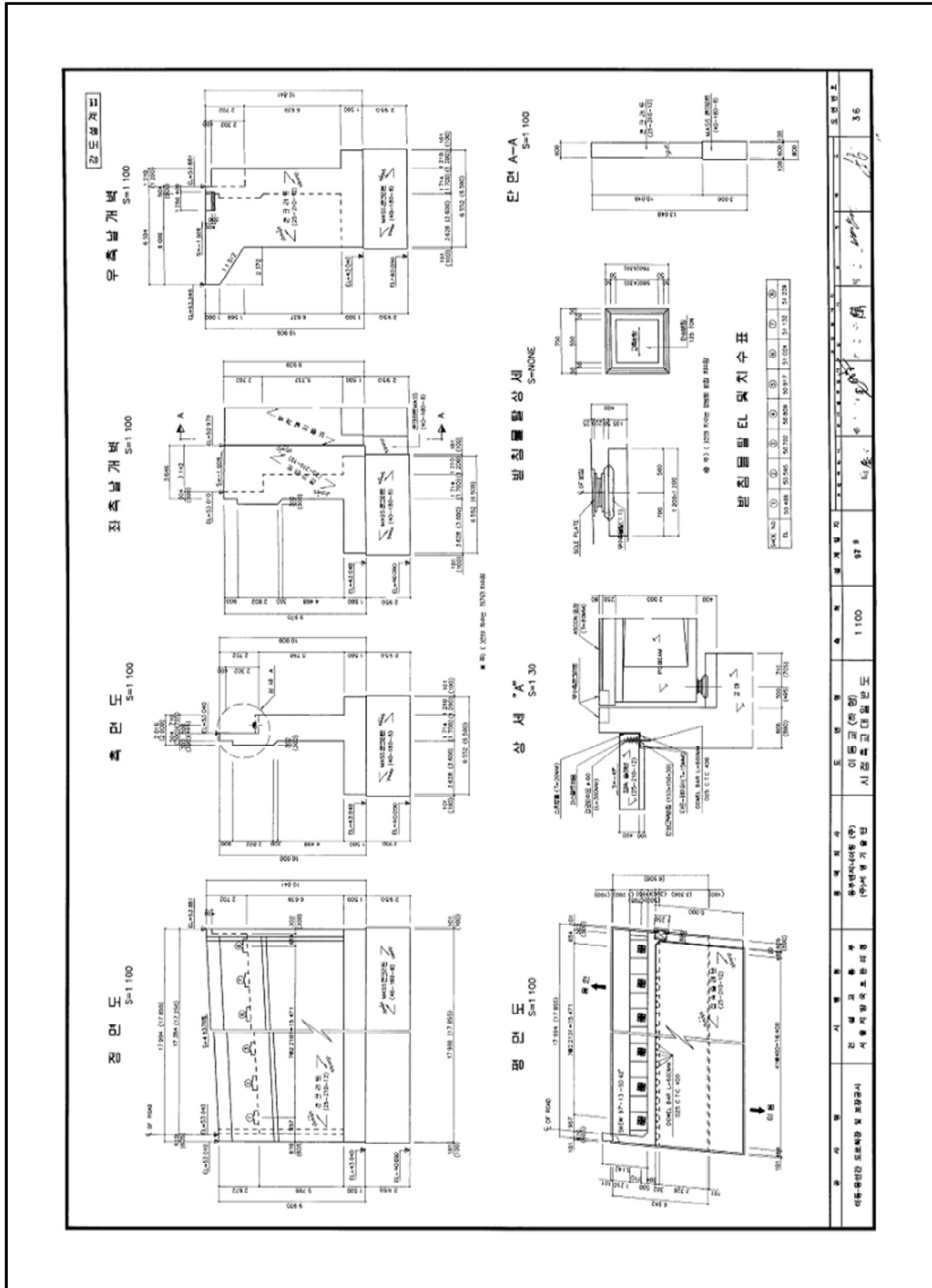
	
교면포장 전경	바닥판하면, 거더 전경
	
교량받침 전경	신축이음 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 2.1.2】 부재별 현황

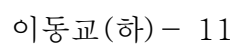


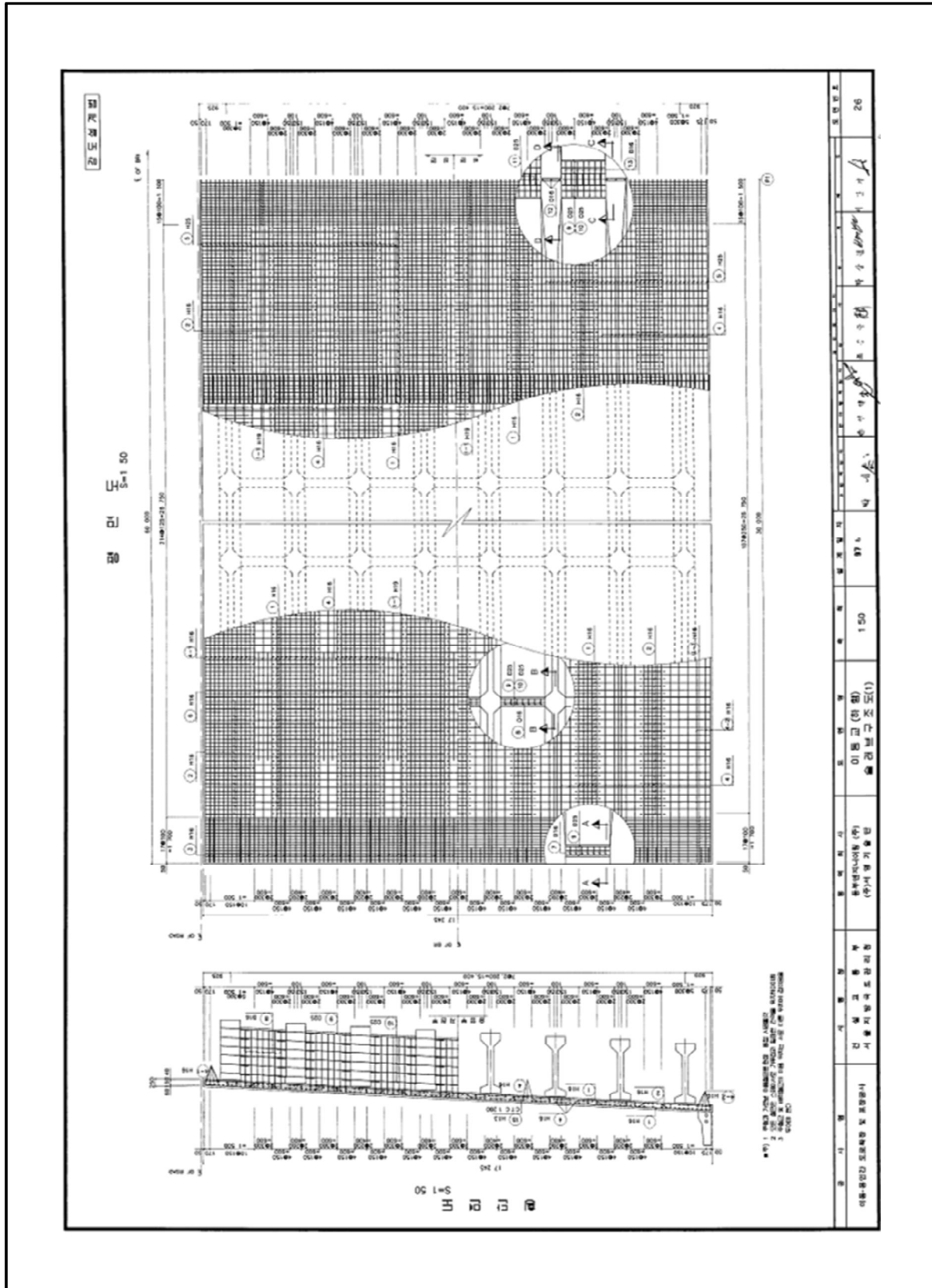


【그림 2.1.6】 거더 일반도

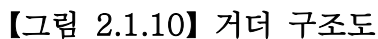


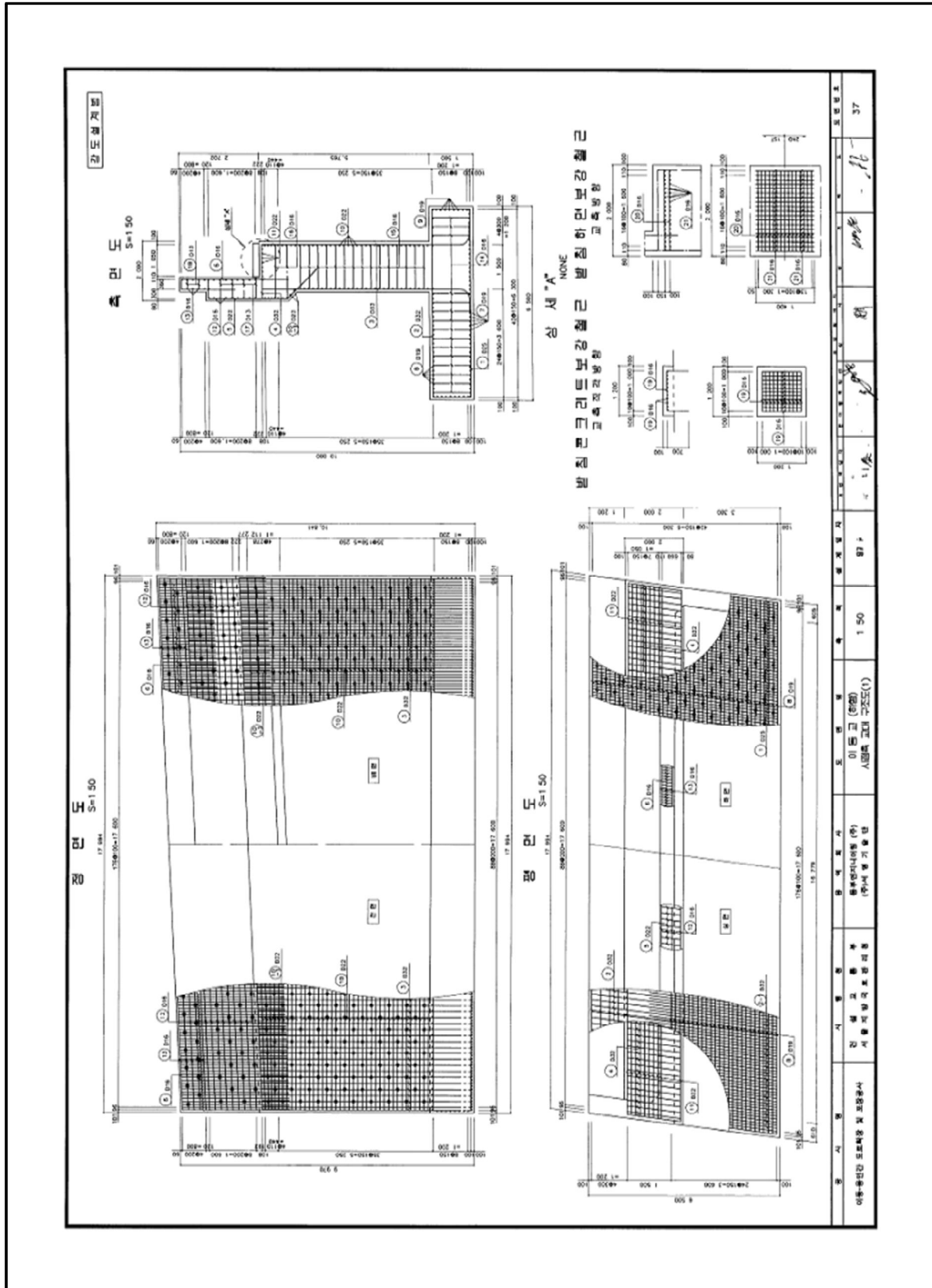
【그림 2.1.7】 교대 일반도



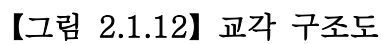


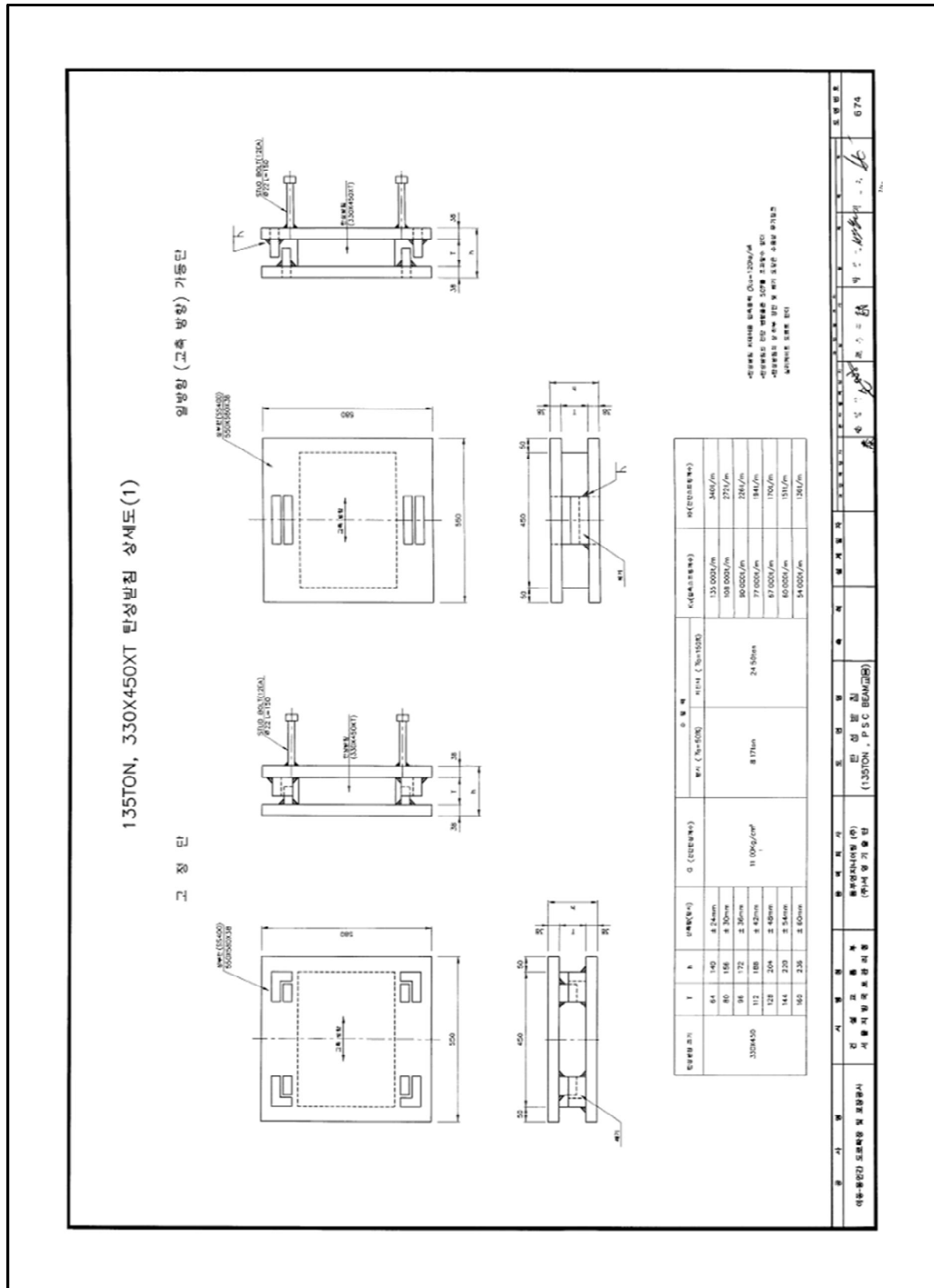
【그림 2.1.9】 슬래브 구조도





【그림 2.1.11】 교대 구조도





2.2 자료수집 및 분석

2.2.1 설계자료 검토

가. 구조계산서

1) 설계기준

1. 설계조건 (이동교 <80M>)

1) 교량종식 : P.C BEAM 교

2) 교량연장 : 60.00 M (계산연장)

지간수	지간장(m)
2	30.0
0	0.0

3) 교량폭별 : 17.250 M

4) 교량등급 : 1등급

5) 하중조건

(1) 사하중 (단위 중량)

① 콘크리트 : $\gamma_c = 2.500 \text{ t/m}^3$

② ASPHALT 포장 : $\gamma_p = 2.300 \text{ t/m}^3$

(2) 활하중

① 차륜하중 : DB 24.0 & DL 24

② 충격계수 : $i = 15 / (40 + L) \leq 0.3$

6) 사용재료

① 콘크리트 설계기준강도 : $f_{ck} = 270 \text{ kg/cm}^2$

② 철근의 항복강도 : $f_y = 4,000 \text{ kg/cm}^2$

7) 설계방법 (강도설계법)

① $U = 1.300 \times MD + 2.150 \times M_L + i$

② $U = 1.300 \times MD + 1.300 \times M_H + 1.300 \times M_L + i$

③ $U = 1.300 \times MD + 0.650 \times M_H + 1.300 \times M_L + i$

I-278

2. 슬래브 검토 (연속부)

1) 표준평단면도 (1 : 중분대, 2 : 방호벽, 3 : 방음벽)

2 방호벽

2) 슬래브 검토

(1) 바닥판의 지간

$\cdot L = 1.750 \text{ M}$

(2) 바닥판의 최소두께 검토

$\cdot t = 3 \times L + 13 = 3 \times 1.750 + 13 = 18.250 \text{ cm}$

$t = 18.250 \leq 25.000 \text{ cm} \therefore \text{OK!!!}$

I-277
2006
2007

2) 구조검토 결과 요약_상부구조(바닥판)

3. 슬래브 검토 (CANTILEVER 부)

● 방화벽 유무 : 0
유 : 1
무 : 0

H1 = 1,100
H2 = 250
H3 = 770
H4 = 175
H5 = 155
H6 = 0
H7 = 0
H8 = 0
H9 = 0
H10 = 80

방화벽

방화벽

L1 = 125
L2 = 300
L3 = 500
L4 = 225
L5 = -100
L6 = 120
L7 = 80
L8 = 270
L9 = 30
L10 = 250
L11 = 200
L12 = 825
L13 = 825
L14 = 0
L15 = 0
L16 = 0

(1) 단면력의 산정

① 사 하 중

구 분	산 식	중 량(t)	활 령이(t)	MOMENT
아 스 콘	$0.08 \times 0.425 \times 2.3 \times 1.0$	0.078	0.213	0.017
슬 래 브	$0.25 \times 0.925 \times 2.5 \times 1.0$	0.578	0.463	0.268
1	$0.27 \times 1.1 \times 2.5 \times 1.0$	0.743	0.790	0.585
2	$0.08 \times 0.77 \times 0.5 \times 2.5 \times 1.0$	0.077	0.599	0.046
방화벽	$0.08 \times 0.33 \times 2.5 \times 1.0$	0.066	0.585	0.039
(a-type)	$0.12 \times 0.175 \times 0.5 \times 2.5 \times 1.0$	0.026	0.505	0.013
5	$0.12 \times 0.155 \times 2.5 \times 1.0$	0.047	0.485	0.023
계		1.615	0.989	

> 방화벽의 중량 : 0.959 참고) BEAM중량에서 방화벽도실까지 거리 : 0.716 m

I-281 2010

(3) 단면력의 산정

① 사 하 중

- ASCON 포장 : $0.080 \times 2.300 = 0.184$
- SLAB : $0.250 \times 2.500 = 0.625$
 $\Sigma Wd = 0.809 \text{ t/m}$

② 활 하 중

- DB-24 후륜하중 $Pr = 9.600 \text{ t}$
- 충격계수 $i = 15 / (40 + L) \leq 0.3$
 $= 15 / (40 + 1.750) = 0.359 > 0.300 \therefore i = 0.300$

③ MOMENT 산정

- $MO = Wd \times L^2 / 10 = 0.809 \times 1.75^2 / 10 = 0.248 \text{ t.m}$
- $Ml+i = ((L+0.6) / 9.6) \times Pr \times (1+i) = ((1.75+0.6) / 9.6) \times 9.6 \times (1+0.3) = 3.055 \text{ t.m}$

④ 극 한 하 중 산정

- $MU = 1.3 \times MO + 2.15 \times Ml+i = 1.3 \times 0.248 + 2.15 \times 3.055 = 6.891 \text{ t.m}$

⑤ 철 근 량 산정

<< Input Data >>

- CON'C설계기준강도 $\sigma_{ck} = 270.0 \text{ kg/cm}^2$ - 철근항복강도 $\sigma_y = 4,000 \text{ kg/cm}^2$
- 극한MOMENT $Mu = 6.891 \text{ t.m}$ - 강도감소계수(휨) $\phi_f = 0.850$
- 극한전단력 $Su = 0.000 \text{ t}$ - 강도감소계수(전단) $\phi_s = 0.800$
- 극한축하중 $Nu = 0.000 \text{ t}$ - 강도감소계수(축력) $\phi_c = 0.650$
- 단면의 폭 $b = 100.0 \text{ cm}$ - 편심거리 $e = 0.000 \text{ cm}$
- 단면의 높이 $h = 25.0 \text{ cm}$ - CON'C파괴두께(상면) $d' = 6.000 \text{ cm}$
- 유효높이 $d = 21.0 \text{ cm}$ - CON'C파괴두께(하면) $d'' = 4.000 \text{ cm}$

I-279 2003

1. 부 개 I (절 결 : P1,P2) : 슬래브강도(연속부)

I-289

1) 설계조건

① 콘크리트 및 철근의 강도
 $\sigma_{ck} = 270. \text{ kg/cm}^2$ $\sigma_y = 4,000. \text{ kg/cm}^2$

② 단면 제원
부재 폭 $B = 100.000 \text{ cm}$
부재 높이 $H = 25.000 \text{ cm}$
인장 피복 두께 $D1' = 4.000 \text{ cm}$
압축 피복 두께 $Dc = 6.000 \text{ cm}$
이단 배근시 철근 간격 $D'' = .0000 \text{ cm}$

③ 작용 단면력 (LOAD CASE : 1)
모멘트 $Mu = 6.891 \text{ t.m}$ 축력 $Pu = .000 \text{ t}$

④ 사용 계수 및 평형 철근비(단철근시)
 $\rho = .85$
 $kl = .85 (\because \sigma_{ck} \leq 280)$
 $Pb = .85kl(\sigma_{ck}/\sigma_y)6120/(6120+\sigma_y) = .02949$

2) 계산 철근량 (단철근 설계)

유효길이 $D = 21.000 \text{ cm}$
압축 연단에서 압축철근 중심까지의 거리 $Dc = 6.000 \text{ cm}$
 $As = [1.7 \rho \sigma_{ck} \sigma_y BD - \sqrt{\{ (1.7 \rho \sigma_{ck} \sigma_y BD)^2 - 4kl.7 \rho \sigma_y^2 \sigma_{ck} B Mu \}}] / [2 \rho \sigma_y^2]$
 $= 10.07 \text{ cm}^2$
 $A = As \sigma_y / (0.85 \sigma_{ck} B) = 1.756 \text{ cm}$

3) 사용 철근량

① 인장 철근량
 $H15 @ 125$ ($As = 15.89 \text{ cm}^2$)

② D 및 Dc
 $D = 21.000 \text{ cm}$
 $Dc = 6.000 \text{ cm}$

4) 철근량 규정 (단철근비)

① 최소 철근량
 $P_{min1} = 14 / \sigma_y = .00350$
 $As_{min1} = P_{min1} BD = 7.35 \text{ cm}^2$
 $As_{min2} = As4/3 = 13.43 \text{ cm}^2$
 $\therefore As_{min} = 7.35 \text{ cm}^2$

② 최대 철근량
 $P_{max} = 0.75 Pb = .02212$
 $\therefore As_{max} = P_{max} BD = 46.45 \text{ cm}^2$

③ 철근량 규정
 $As_{min} = 7.35 \text{ cm}^2 < As = 15.89 \text{ cm}^2 < As_{max} = 46.45 \text{ cm}^2 \text{ O.K. !}$

5) 설계 모멘트

$A = As \sigma_y / (0.85 \sigma_{ck} B) = 2.769 \text{ cm}$
 $Mu = As \sigma_y (D-A/2) = 12.466 \text{ t.m}$
 $\therefore Md = \rho Mu = 10.596 \text{ t.m} > Mu = 6.891 \text{ t.m} \text{ O.K. !}$

I-281 2010

3. 슬래브 검토 (CANTILEVER 부)

● 방화벽 유무 : 0
유 : 1
무 : 0

H1 = 1,100
H2 = 250
H3 = 770
H4 = 175
H5 = 155
H6 = 0
H7 = 0
H8 = 0
H9 = 0
H10 = 80

방화벽

방화벽

L1 = 125
L2 = 300
L3 = 500
L4 = 225
L5 = -100
L6 = 120
L7 = 80
L8 = 270
L9 = 30
L10 = 250
L11 = 200
L12 = 825
L13 = 825
L14 = 0
L15 = 0
L16 = 0

(1) 단면력의 산정

① 사 하 중

구 분	산 식	중 량(t)	활 령이(t)	MOMENT
아 스 콘	$0.08 \times 0.425 \times 2.3 \times 1.0$	0.078	0.213	0.017
슬 래 브	$0.25 \times 0.925 \times 2.5 \times 1.0$	0.578	0.463	0.268
1	$0.27 \times 1.1 \times 2.5 \times 1.0$	0.743	0.790	0.585
2	$0.08 \times 0.77 \times 0.5 \times 2.5 \times 1.0$	0.077	0.599	0.046
방화벽	$0.08 \times 0.33 \times 2.5 \times 1.0$	0.066	0.585	0.039
(a-type)	$0.12 \times 0.175 \times 0.5 \times 2.5 \times 1.0$	0.026	0.505	0.013
5	$0.12 \times 0.155 \times 2.5 \times 1.0$	0.047	0.485	0.023
계		1.615	0.989	

> 방화벽의 중량 : 0.959 참고) BEAM중량에서 방화벽도실까지 거리 : 0.716 m

I-281 2010

I-282 ② 활 하중 · 충격 계수 $i = 15 / (40 + L) \leq 0.3$ $= 15 / (40 + 0.05)$ $= 0.375 > 0.300$ $\therefore i = 0.300$ · 유효 폭 $E = 0.8 \times L + 1.14$ $= 0.800 \times 0.050 + 1.140 = 1.180 \text{ m}$ · 휨모멘트 $Mf = P \times L \times (1 + i) / E$ $= 9.800 \times 0.050 \times (1.000 + 0.300) / 1.180$ $= 0.529 \text{ t.m/m}$ ③ 충돌 하중 · 설계속도 $V = 120.0 \text{ km/hr}$ · 작용높이 $H = 1.060 \text{ m}$ · 충돌하중 $Ph = (V / 60)^2 \times 750 + 250 = 3.250 \text{ t.m}$ · 휨모멘트 $Mh = Ph \times H = 3.25 \times 1.000 = 3.250 \text{ t.m/m}$ ④ 중 하중 · $W = 0.300 \text{ t/m}^2$ · $y = 1.1 / 2 + 0.25 / 2$ $= 0.675 \text{ m}$ · 종 하중 $P = 0.3 \times 1.02$ $= 0.306 \text{ t/m}$ · 휨모멘트 $Mw = P \times y$ $= 0.207 \text{ t.m/m}$	(2) 극한 단면력 ① $Mu = 1.3 \times MD + 2.15 \times Mf + i$ $= 1.300 \times 0.989 + 2.150 \times 0.529 = 2.397 \text{ t.m}$ ② $Mu = 1.3 \times MD + 1.3 \times Mh + 1.3 \times Mf + i$ $= 1.300 \times 0.989 + 1.300 \times 3.250 + 1.300 \times 0.529$ $= 6.173 \text{ t.m}$ ③ $Mu = 1.3 \times MD + 0.65 \times Mh + 1.3 \times Mf + i$ $= 1.300 \times 0.989 + 0.650 \times 0.207 + 1.300 \times 0.529$ $= 2.082 \text{ t.m}$ (3) 철근량 산정 << Input Data >> · CON'C설계기준강도 $\sigma_{ck} = 270.0 \text{ kg/cm}^2$ · 철근항목강도 $\sigma_y = 4,000 \text{ kg/cm}^2$ · 극한모멘트 $Mu = 6.173 \text{ t.m}$ · 강도감소계수(휨) $\phi_f = 0.850$ · 극한전단력 $Su = 0.000 \text{ t}$ · 강도감소계수(전단) $\phi_s = 0.800$ · 극한축하중 $Nu = 0.000 \text{ t}$ · 강도감소계수(축력) $\phi_c = 0.650$ · 단면의 폭 $b = 100.0 \text{ cm}$ · 편심거리 $e = 0.000 \text{ cm}$ · 단면의 높이 $h = 25.0 \text{ cm}$ · CON'C리복두께(상면) $d' = 6.000 \text{ cm}$ · 유효높이 $d = 19.0 \text{ cm}$ · CON'C리복두께(하면) $d'' = 4.000 \text{ cm}$
2011 I-284 2. 부재 2 (결 결 : P1, P2) : 순레버경보 (CANTILEVER부) 1) 설계조건 ① 콘크리트 및 철근의 강도 $\sigma_{ck} = 270. \text{ kg/cm}^2$ $\sigma_y = 4000. \text{ kg/cm}^2$ ② 단면 제원 부재 폭 $B = 100.000 \text{ cm}$ 부재 높이 $H = 25.000 \text{ cm}$ 인장 피복 두께 $D1' = 6.000 \text{ cm}$ 압축 피복 두께 $Dc' = 4.000 \text{ cm}$ 이단 배근시 철근 간격 $D'' = .000 \text{ cm}$ ③ 작용 단면력 (LOAD CASE : 1) 모멘트 $Mu = 6.173 \text{ t-m}$ 축력 $Pu = .000 \text{ t}$ ④ 사용 계수 및 경향 철근비 (단원근시) $\varphi = .85$ $ki = .85 (\because \sigma_{ck} \leq 280)$ $Pb = .85ki (\sigma_{ck} / \sigma_y) 6120 / (6120 + \sigma_y) = .02949$ 2) 계산 철근량 (단원근 설계) 유효깊이 $D = 19.000 \text{ cm}$ 압축측 인장에서 압축철근 중심까지의 거리 $Dc = 4.000 \text{ cm}$ $As = [1.7 \sigma_{ck} \sigma_y B D - \sqrt{ (1.7 \sigma_{ck} \sigma_y B D)^2 - 4 k i . 7 \sigma_y^2 \sigma_{ck} B M u }]$ $/ [2 \sigma_y]$ $= 10.02 \text{ cm}^2$ $A = As \sigma_y / (0.85 \sigma_{ck} B) = 1.746 \text{ cm}$ 3) 사용 철근량 ① 인장 철근량 H16 @ 125 ($As = 15.89 \text{ cm}^2$) ② D 및 Dc $D = 19.000 \text{ cm}$ $Dc = 4.000 \text{ cm}$ 4) 철근량 규정 (단원근비) ① 최소 철근량 $Pmin1 = 14 / \sigma_y = .00350$ $Asmin1 = Pmin1 B D = 6.65 \text{ cm}^2$ $Asmin2 = As4/3 = 13.35 \text{ cm}^2$ $\therefore Asmin = 6.65 \text{ cm}^2$ ② 최대 철근량 $Pmax = 0.75 Pb = .02212$ $\therefore Asmax = Pmax B D = 42.03 \text{ cm}^2$ ③ 철근량 규정 $Asmin = 6.65 \text{ cm}^2 < As = 15.89 \text{ cm}^2 < Asmax = 42.03 \text{ cm}^2$ O.K. ! 5) 설계 모멘트 $A = As \sigma_y / (0.85 \sigma_{ck} B) = 2.769 \text{ cm}$ $Mn = As \sigma_y (D - A / 2) = 11.195 \text{ t-m}$ $\therefore Md = \varphi Mn = 9.516 \text{ t-m} > Mu = 6.173 \text{ t-m}$ O.K. !	I-283 2012 4. 배력 철근의 산정 $120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{1.75} = 90.71 \% > 67 \%$ $\therefore 67.00 \% \text{ 적용}$ · 주철근 $As = 15.888 \text{ af}$ (H16 C.T.C 125) ▶ H16의 단면적 = 1.888 af · 배력철근 $As = 15.888 \times 0.670 = 10.645 \text{ af}$ USE , H16 C.T.C 150 ▶ H16의 단면적 = 1.888 af = 13.240 af $\therefore 600D!!$ I-285 2014
2013	2014

3) 구조검토 결과 요약_상부구조(거터)

I-312

10. P.C BEAM 설계

cf> 해변지역과 같이 심각한 무석에 노출된 상태 ;

$$\sigma_{cam} = 0.750 \times \sqrt{\sigma_{ck}} = 14.031 \text{ kg/cm}^2$$

· 미리 압축력을 가한 인장구역에서 부착된 철근이 없는 부재 ;

$$\sigma_{cam} = 0.750 \times \sqrt{\sigma_{ci}} = 12.990 \text{ kg/cm}^2$$

1) 설계 조건

(1) 형식 : POST TENSIONING TYPE P.C BEAM 교

(2) 교장 : 80.00 m

(3) 교폭 : 17.25 m

(4) 포장 : ASPHALT 포장

(5) 교량등급 : 1 등교 (DB 24 & DL 24)

(6) PC방 길이 : 29.900 m

(7) 지간장 : 29.100 m

(8) 재료

가) PC BEAM

(가) 콘크리트

$$\sigma_{ck} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

■ 허용응력

1> 프리스트레스트 구조수축에 의한 손실이 일어나기 전

- 허용된 압축응력 ($\sigma_{ci} = 0.850 \times \sigma_{ck} = 300.0$)

$$\sigma_{cat}' = 0.55 \times \sigma_{ci} = 165.000 \text{ kg/cm}^2$$

- 허용된 인장응력

- 부착된 철근이 없는 인장구역 :

$$\sigma_{cat} = 14.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{cat} = 0.750 \times \sqrt{\sigma_{ci}} = 12.990 \text{ kg/cm}^2$$

$$\therefore \sigma_{cat} = 12.990 \text{ kg/cm}^2$$

- 부착된 철근이 있는 인장구역 :

$$\sigma_{cat} = 1.500 \times \sqrt{\sigma_{ci}} = 25.981 \text{ kg/cm}^2$$

2> 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력

- 허용된 압축응력

$$\sigma_{cam}' = 0.400 \times \sigma_{ck} = 140.000 \text{ kg/cm}^2$$

- 허용된 인장응력

- 미리 압축력을 가한 인장구역에서 부착된 철근을 갖는 부재 ;

$$\sigma_{cam} = 1.500 \times \sqrt{\sigma_{ck}} = 28.052 \text{ kg/cm}^2$$

3> 허용 균열응력 :

$$\sigma_{cr} = 2.000 \times \sqrt{\sigma_{ck}} = 37.417 \text{ kg/cm}^2$$

4> 정착부의 허용 지압응력

- 사용하중상태 :

$$\sigma_{cr} = 0.900 \times \sigma_{ci} = 270.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{cr} = 210.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$\therefore \sigma_{cr} = 210.000 \text{ kg/cm}^2$$

(나) P.C STRAND (SWPC 7B 4-12 x 12.7mm)

$$A = 0.9871 \text{ cm}^2/\text{EA} \times 12.0 = 11.845 \text{ cm}^2$$

$$4 \text{ CABLE : } 4 \times 11.845 = 47.381 \text{ cm}^2$$

1> 인장강도 : $\sigma_{pu} = 19,000 \text{ kg/cm}^2$

2> 압축강도 : $\sigma_{py} = 16,000 \text{ kg/cm}^2$

3> 허용 인장응력

- 초기 인장응력 :

$$\sigma_{pi} = 0.900 \times \sigma_{py} = 14,400 \text{ kg/cm}^2$$

- 정착 후 정착부에서의 허용응력 :

$$\sigma_{py}' = 0.700 \times \sigma_{pu} = 13,300 \text{ kg/cm}^2$$

- 정착 후 활용에 의한 손실구역 끝부분에서의 허용응력 :

$$\sigma_{py}' = 0.830 \times \sigma_{py} = 13,280 \text{ kg/cm}^2$$

(다) 원근

$$\sigma_y = 3,000 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{SD 30})$$

I-313

2041

2042

5. 응력검토

5-1. 내측보 (단위:kg/cm²)

(Xm : 지지점(SHOE)에서 떨어진 거리)

DISTANCE (X:m)	JUST AFTER PRESTRESS			AT SERVICE LOAD		
	PRESTRESS	BEAM	TOTAL	PRESTRESS	LOAD	TOTAL
1.819	T 26.63 B 53.33	.00 .00	26.63 53.33	22.05 44.17	.00 .00	22.05 44.17
3.638	T 34.40 B 122.17	12.59 -11.73	46.98 110.44	28.49 101.19	31.81 -37.27	60.30 63.92
5.456	T 8.46 B 146.99	26.54 -24.90	35.00 122.09	7.01 121.74	62.75 -72.37	69.76 49.38
7.275	T -13.77 B 168.51	36.53 -34.46	22.76 134.05	-11.40 139.57	86.97 -99.93	75.57 39.63
9.094	T -32.23 B 186.54	44.79 -42.44	12.56 144.11	-26.69 154.50	106.26 -121.76	79.57 32.75
10.913	T -46.80 B 200.88	51.29 -48.77	4.49 152.11	-38.76 166.38	121.59 -138.76	82.83 27.61
12.731	T -57.33 B 211.30	55.98 -53.36	-1.35 157.95	-47.48 175.01	132.20 -150.62	84.72 24.39
14.550	T -63.71 B 217.64	58.82 -56.14	-4.89 161.49	-52.77 180.25	138.51 -157.59	85.75 22.66

<< 기호 >>

T : P. C. BEAM 의 상면 응력

B : P. C. BEAM 의 하면 응력

⇒ 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력 (도.시 P752)

· 압축응력 : 85.75 kg/cm² < 0.4 x $\sigma_{ck} = 140.0 \text{ kg/cm}^2$ O.K

5-2. 외측보 (단위:kg/cm²)

(Xm : 지지점(SHOE)에서 떨어진 거리)

DISTANCE (X:m)	JUST AFTER PRESTRESS			AT SERVICE LOAD		
	PRESTRESS	BEAM	TOTAL	PRESTRESS	LOAD	TOTAL
1.819	T 26.63 B 53.33	.00 .00	26.63 53.33	22.44 44.95	.00 .00	22.44 44.95
3.638	T 34.40 B 122.17	12.59 -11.73	46.98 110.44	28.99 102.96	39.74 -43.71	68.73 59.25
5.456	T 8.46 B 146.99	26.54 -24.90	35.00 122.09	7.13 123.88	77.30 -84.06	84.43 39.81
7.275	T -13.77 B 168.51	36.53 -34.46	22.76 134.05	-11.60 142.01	107.02 -115.93	95.42 26.09
9.094	T -32.23 B 186.54	44.79 -42.44	12.56 144.11	-27.16 157.21	130.95 -141.34	103.78 15.87
10.913	T -46.80 B 200.88	51.29 -48.77	4.49 152.11	-39.44 169.29	149.59 -160.87	110.15 8.42
12.731	T -57.33 B 211.30	55.98 -53.36	-1.35 157.95	-48.32 178.08	162.71 -174.63	114.40 3.45
14.550	T -63.71 B 217.64	58.82 -56.14	-4.89 161.49	-53.69 183.41	170.52 -182.73	116.82 .68

<< 기호 >>

T : P. C. BEAM 의 상면 응력

B : P. C. BEAM 의 하면 응력

⇒ 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력 (도.시 P752)

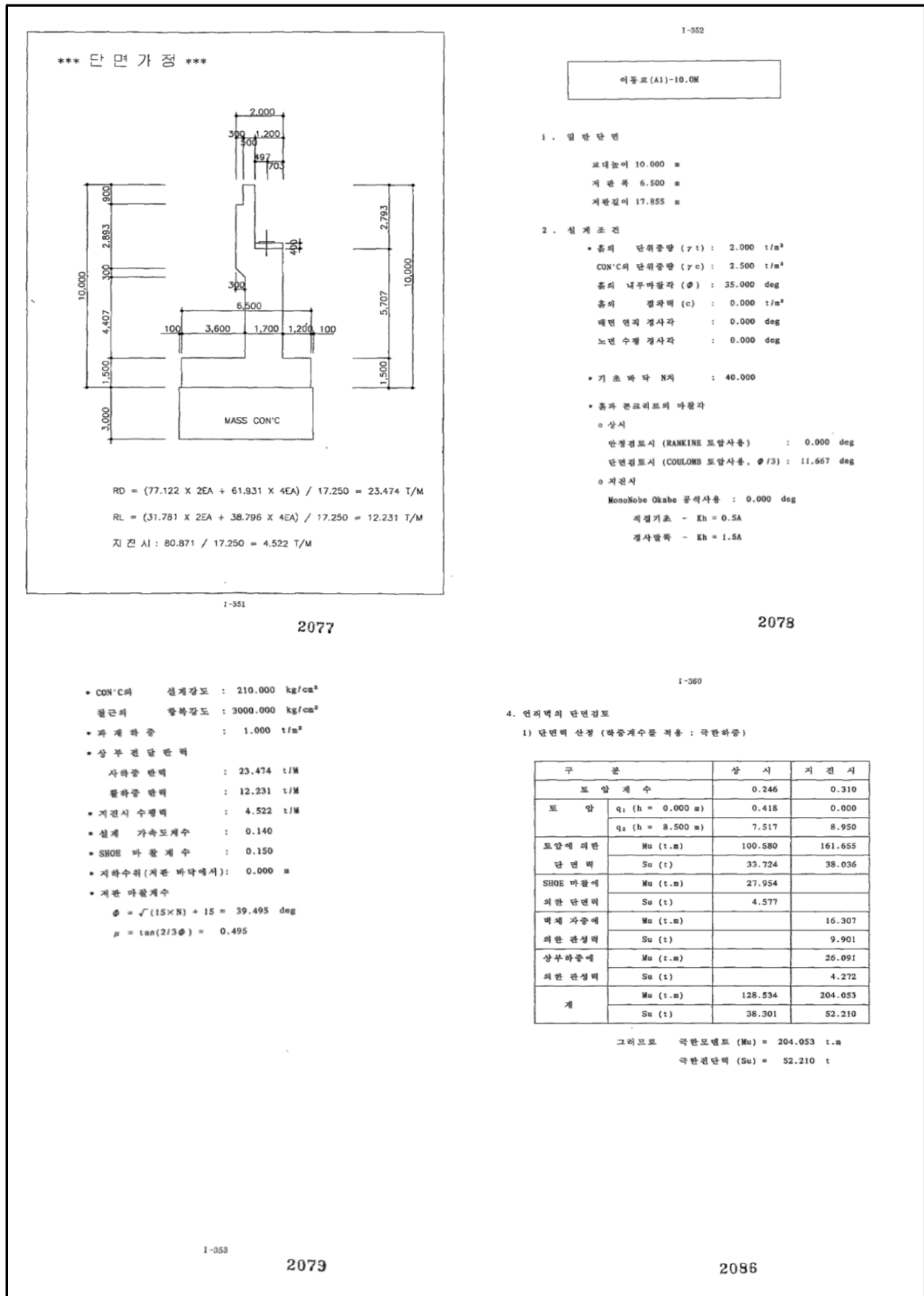
· 압축응력 : 116.82 kg/cm² < 0.4 x $\sigma_{ck} = 140.0 \text{ kg/cm}^2$ O.K

I-317

2066

2067

4) 구조검토 결과 요약_하부구조



2) 단면검토

극한 모멘트 (M_u) = 20405250.000 kg.cm
 극한 전단력 (S_u) = 52210.043 kg
 단위 폭 (B) = 100.0 cm
 유효 높이 (D) = 160.0 cm
 피복 두께 (D') = 10.0 cm

*** 소요철근량 계산 ***

극한모멘트 (M_u) = 20405250.000 kg.cm
 평형모멘트 (M_b) = $0.85 \times \sigma_{ck} \times B \times D \times (D-A/2) \times 0.85$
 = 158364848.000 kg.cm

여기서 $A = K \times X$ = 91.263

$$\sigma_{ck} < 280$$

$$K = 0.85$$

$$\sigma_{ck} > 280$$

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

$$X = 6120 \times D / (6120 + \sigma_y) = 107.368 \text{ cm}$$

$$--- Mu < MB ---$$

$$\text{인장철근량 } (A_s) = M_u / (\sigma_y \times (D - A/2) \times 0.85) = 51.400 \text{ cm}^2$$

$$\text{여기서 } A = (0.85 \times \sigma_{ck} \times B \times D - \sqrt{(0.85 \times \sigma_{ck} \times B \times D)^2 - 2 \times \sigma_{ck} \times B \times M_u}) / (0.85 \times \sigma_{ck} \times B) = 8.639 \text{ cm}$$

$$-2 \times \sigma_{ck} \times B \times M_u) / (0.85 \times \sigma_{ck} \times B) = 8.639 \text{ cm}$$

$$\text{단면철근비 } (P) = A_s / (B \times D) = 0.003$$

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

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

I-362

--- P < P_{MIN} 인 경우 ---

$$\text{최소철근량 : (1) } 4/3 \times A_s = 68.534 \text{ cm}^2$$

$$(2) 14/SSY \times B \times D = 74.667 \text{ cm}^2$$

$$\text{최소철근량 } A_{smin} = 68.534 \text{ cm}^2$$

그리므로 $A_s = 68.534$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{그러므로 사용철근량 } A_s = D32 \quad \phi 10.0 = 79.40 \text{ cm}^2$$

$$\text{철계모멘트강도 } \phi M_n = 0.85 \times (A_s \times \sigma_y \times (D - A/2))$$

$$= 31044268.000 \text{ kg.cm}$$

*** 전단력 검토 ***

$$\text{극한전단력 } S_u = 52210.043 \text{ kg}$$

$$\text{콘크리트 전단성계장도 } \phi S_c = 86020.805 \text{ kg}$$

$$\phi S_c = 86020.805 \text{ kg} > S_u = 52210.043 \text{ kg}$$

그리므로 STIRRUP이 필요없다.

I-361

2087

2088

5. 기초 단면검토

1) 지반반력산정 (하중계수를 적용 : 극한하중)

구분	상부공 지공비	지하수 지공비	지하수 지공비	지하수 지공비	지하수 지공비	지하수 지공비	지하수 지공비
구분	CASE-1 지공비	CASE-2 지공비	CASE-3 지공비	CASE-4 지공비	CASE-5 지공비	CASE-6 지공비	CASE-7 지공비
기초폭	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500
교대길이	17.855	17.855	17.855	17.855	17.855	17.855	17.855
설치폭	147.511	242.464	178.427	178.427	232.454	178.427	178.427
수평력	50.675	55.252	55.252	55.252	55.252	55.252	55.252
전단력	0.689	1.951	0.997	2.057	0.951	0.997	2.057
지반반력 계수	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500
최대지반 반력	21.228	61.378	52.705	99.125	61.378	52.706	99.125
최소지반 반력	8.285	1.995	2.195	0.006	1.995	2.195	8.000

2) 기초의 단면력산정 (하중계수를 적용 : 극한하중)

구분	상부공 지공비	지하수 지공비	지하수 지공비	지하수 지공비	지하수 지공비	지하수 지공비	지하수 지공비
구분	CASE-1 지공비	CASE-2 지공비	CASE-3 지공비	CASE-4 지공비	CASE-5 지공비	CASE-6 지공비	CASE-7 지공비
발 FOOTING	25.322	41.608	35.710	63.775	41.658	35.780	63.775
단면적 Su	16.302	19.726	22.931	25.478	29.728	22.931	25.478
도 FOOTING	86.499	88.263	100.348	173.348	88.263	100.348	173.348
단면적 Su	55.419	49.879	59.285	97.659	49.871	59.285	97.659

I-363

2089

2090

--- P < PMIN 인 경우 ---

$$\text{최소철근량 : (1) } 4/3 \times A_s = 66.748 \text{ cm}^2$$

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

$$\text{최소철근량 } A_{smin} = 65.333 \text{ cm}^2$$

그러므로 $A_s = 65.333$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{그러므로 사용철근량 } A_s = D32 \quad \Phi 10.0 = 79.40 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{설계모멘트장도 } \phi M_n &= 0.85 \times (A_s \times \sigma_y \times (D-A/2)) \\ &= 26994866.000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

*** 전단력 검토 ***

$$\text{극한전단력 } S_u = 97038.648 \text{ kg}$$

$$\text{콘크리트 전단설계장도 } \phi S_c = 75268.203 \text{ kg}$$

---- 소요 STIRRUP ----

$$\phi S_c = 0.7 \times 0.53 \times \sqrt{\sigma_{ck}} \times B \times D = 75268.203 \text{ kg}$$

$$S_s = (S_u - \phi S_c) / 0.7 = 31100.637 \text{ kg}$$

$$S_{sm} = 2.1 \times \sqrt{\sigma_{ck}} \times B \times D = 426046.469 \text{ kg}$$

$$A_v = (S_u - \phi S_c) \times 50.0 / (0.7 \times \sigma_y \times D) = 3.702 \text{ cm}^2$$

$$A_{vmin} = 3.5 \times B \times 50.0 / \sigma_y = 5.833 \text{ cm}^2$$

그러므로 $A_v = 5.833 \text{ cm}^2$ 이상 배근하여야 한다.

그러므로 사용 $A_v = 2 \times 3.871 = 7.742 \text{ cm}^2$ (D22 Φ 50.0, U형 STIRRUP)

I-365

2091

--- P < PMIN 인 경우 ---

$$\text{최소철근량 : (1) } 4/3 \times A_s = 24.080 \text{ cm}^2$$

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

$$\text{최소철근량 } A_{smin} = 24.080 \text{ cm}^2$$

그러므로 $A_s = 24.080$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{그러므로 사용철근량 } A_s = D25 \quad \Phi 10.0 = 50.70 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{설계모멘트장도 } \phi M_n &= 0.85 \times (A_s \times \sigma_y \times (D-A/2)) \\ &= 17549082.000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

*** 전단력 검토 ***

$$\text{극한전단력 } S_u = 26726.463 \text{ kg}$$

$$\text{콘크리트 전단설계장도 } \phi S_c = 75268.203 \text{ kg}$$

$$\phi S_c = 75268.203 \text{ kg} > S_u = 26726.463 \text{ kg}$$

그러므로 STIRRUP이 필요없다.

I-367

2093

I-366

4) 앞굽판(TOE)의 단면검토

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 6377477.500 \text{ kg.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 26726.463 \text{ kg}$$

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

$$\text{유효 높이 (D)} = 140.0 \text{ cm}$$

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

*** 소요철근량 계산 ***

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 6377477.500 \text{ kg.cm}$$

$$\text{평형모멘트 (Mb)} = 0.85 \times \sigma_{ck} \times A \times B \times (D-A/2) \times 0.85$$

$$= 121248080.000 \text{ kg.cm}$$

$$\text{여기서 } A = K \times X = 79.855$$

$$\sigma_{ck} < 280$$

$$K = 0.85$$

$$\sigma_{ck} > 280$$

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

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

--- Mu < Mb ---

$$\text{인장철근량 (As)} = Mu / (\sigma_y \times (D-A/2) \times 0.85) = 18.060 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{여기서 } A &= (0.85 \times \sigma_{ck} \times B \times D - \sqrt{(0.85 \times \sigma_{ck} \times B \times D)^2} \\ &\quad - 2 \times \sigma_{ck} \times B \times Mu)) / (0.85 \times \sigma_{ck} \times B) = 3.035 \text{ cm} \end{aligned}$$

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

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

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

I-368

2092

6. 종 벽 설계

1) 단면 설계

1-1) 단면력 계산 (극한하중)

a) 종벽면의 단면력 (상시)

*자 중 하중

$$\text{모멘트} = 14.727 \text{ t.m}$$

$$\text{전단력} = 6.053 \text{ t}$$

*토 압

$$\text{모멘트} = 2.970 \text{ t.m}$$

$$\text{전단력} = 3.191 \text{ t}$$

b) 종벽면의 단면력 (지진시)

*풍벽 자중에 의한 관성력

$$\text{모멘트} = 1.041 \text{ t.m}$$

$$\text{전단력} = 1.051 \text{ t}$$

*토 압

$$\text{모멘트} = 4.363 \text{ t.m}$$

$$\text{전단력} = 4.686 \text{ t}$$

I-370

1-2) 철근량 계산

극한 모멘트 (M_u) = 1769732.250 kg.cm
 극한 전단력 (S_u) = 9243.560 kg
 단위 폭 (B) = 100.0 cm
 유효 높이 (D) = 72.0 cm
 피복 두께 (D') = 8.0 cm

*** 소요철근량 계산 ***

극한모멘트 (M_u) = 1769732.250 kg.cm
 평형모멘트 (M_b) = $0.85 \times \sigma_{ck} \times A \times B \times (D-A/2) \times 0.85$
 = 3206880.000 kg.cm

여기서 $A = K \times X$ = 41.068

$\sigma_{ck} < 280$

$K = 0.85$

$\sigma_{ck} > 280$

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

$X = 6120 \times D / (6120 + \sigma_y)$ = 48.316 cm

--- $M_u < M_b$ ---

인장철근량 (A_s) = $M_u / (\sigma_y \times (D - A/2) \times 0.85)$ = 9.750 cm²

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

= 1.639 cm

단면철근비 (P) = $A_s / (B \times D)$ = 0.001

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

최소철근비 (P_{min}) = $14 / \sigma_y$ = 0.005

--- $P < P_{min}$ 인 경우 ---

최소철근량 : (1) $4/3 \times A_s$ = 13.000 cm²

(2) $14/SSY \times B \times D$ = 33.600 cm²

최소철근량 A_{smin} = 33.600 cm²

그리므로 A_s = 33.600 이상 사용하여야 한다.

그리므로 사용철근량 A_s = D22 @ 20.0 = 19.350 cm²

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

= 3392193.000 kg.cm

*** 전단력 검토 ***

극한전단력 S_u = 9243.560 kg

콘크리트 전단설계강도 ϕS_c = 38709.363 kg

ϕS_c = 38709.363 kg > S_u = 9243.560 kg

그리므로 STIRRUP이 필요없다.

2096

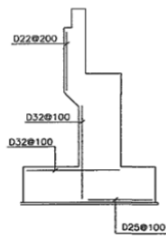
I-371

2097

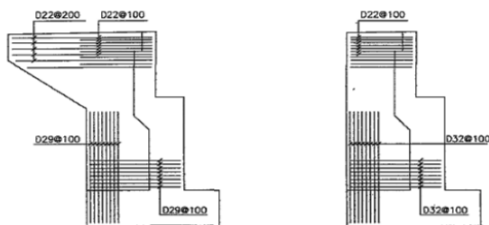
I-388

*** 철근 조립도 ***

- 본 체 -



- 날개 벽 -



2114

나. 구조계산서 및 내진설계

1. 설계 조건 (이동교 <50M>)

1) 교량 형식 : PC BEAM 교

2) 연 장 : 60.0 m (계산 연장)

지간 수	지간장(m)
2.0	30.0
0.0	0.0

3) 교 폭 : 17.250 m

4) 교량 등급 : 1등급 (DB - 24 & DL - 24)

5) 내진 등급 : 내진 1 등급 교 (A = 0.140)

6) 하부 형식

- 교대 : 역 T 형 교대
- 교각 : 파이형 교각

7) 지반 종류

지반종류 : 2 (S = 1.200)

8) 기초 형식

- 교대 : 직 접 기초
- 교각 : 직 접 기초

9) SHOE의 제형

- 교대 : 330 x 450 x 14.4 , 135 t x 8 EA
- Kv = 60,000 t/m (계당)
- Kh = 151 t/m (계당)
- SHOE 종류 : RUBBER SHOE
- 교각 : 330 x 450 x 14.4 , 135 t x 8 EA
- Kv = 60,000 t/m (계당)
- Kh = 151 t/m (계당)
- SHOE 종류 : RUBBER SHOE

10) 해석 방법 : 단일로드 스프링법

2. 단면

1-500

ASD = 0.690 m T = 0.290 m BE = 2.000 m

B1 = 0.925 m
B2 = 0.925 m
H = 7.0 m
W = 2.300 m
B3 = 15.400 m
B = 17.250 m

B = 2.600 m L1 = 17.040 m H = 12.300 m
B1 = 7.600 m L2 = 2.400 m H1 = 6.800 m
B2 = 2.500 m L3 = 15.640 m H2 = 1.500 m
B3 = 2.600 m L4 = 2.200 m H3 = 1.500 m
L7 = 0.000 m L5 = 2.600 m H4 = 2.500 m
L8 = 7.040 m L6 = 0.000 m

2221

I-199

■ 교차면의 설계

1) 교차면의 최소 받침길이

(1) 교축방향의 받침연단 거리 검토

① 교대부 (L = 30,000 mm)

$S_{min} = 20 + 0.5 L = 35,000 \text{ cm} \leq 42,500 \text{ cm} \quad \therefore \text{OK} !!$

② 교각부 (L = 30,000 mm)

$S_{min} = 20 + 0.5 L = 35,000 \text{ cm} \leq 51,000 \text{ cm} \quad \therefore \text{OK} !!$

(2) 지진시 최소 받침길이 검토

① 교대부

L = 60,000 mm
H = 10,900 mm
L = 인접 신축이음부까지 또는 교량단부까지의 거리(mm)
H = 기둥 또는 교각의 평균높이(mm)

$N_{min} = 200 + 0.0017 L + 0.0067 H = 375 \text{ mm} \leq 1,150 \text{ mm} \quad \therefore \text{OK} !!$

I-327

2243

2222

I-528

② 교각부

L1 = 30,000 mm
L2 = 30,000 mm
H = 12,300 mm
L = 인접 신축이음부까지 또는 교량단부까지의 거리(mm)
H = 기둥 또는 교각의 평균높이(mm)

$N_{1min} = 200 + 0.0017 L1 + 0.0067 H = 333 \text{ mm}$
 $N_{2min} = 200 + 0.0017 L2 + 0.0067 H = 333 \text{ mm}$
 $\therefore (N_{1min} + N_{2min}) = 666 \text{ mm} \leq (N1 + N2) = 2,600 \text{ mm} \quad \therefore \text{OK} !!$

2) 교차면의 하면 보강 설계

(1) 교대부 ($\sigma_{sa} = 1,800 \text{ kg/cm}^2$)

P = 108,893 ton
b1x = 55,000 cm
b1y = 55,000 cm
b2x = 70,000 cm
b2y = 95,000 cm

Hax = 19,717 ton
Hxy = 16,875 ton
Hx = 온도하중에 의한 SHOE아출력
Hxy = 풍하중에 의한 수평력

2250

$j = 40,000 \text{ cm}$ SOLE PLATE = 7,600 cm
 SHOE높이 = 14,400 cm SHOE MORTAR높이 = 5,000 cm
 $c = j - \text{SOLE PLATE} - \text{SHOE높이} - \text{SHOE MORTAR높이} = 13,000 \text{ cm}$
 $d = c + 10 = 23,000 \text{ cm}$
 $f = b1x + 2d = 101,000 \text{ cm}$
 $e = b1y + 2d = 101,000 \text{ cm}$
 $bcx = 2 \times b2x = 140,000 \leq 5 \times b1x = 275,000 \text{ cm} \quad \therefore 6000 \text{ !!}$
 $bcy = 2 \times b2y = 190,000 \leq 5 \times b1y = 275,000 \text{ cm} \quad \therefore 6000 \text{ !!}$

① 연직하중에 대한 수평 철근량 계산

$A_{sn} = 1/4 \times (1 - b1 / bc) \times P / \sigma_{sa}$
 여기서,
 σ_{sa} : 온도에 대한 활중계수 (1.150)
 풍하중에 대한 활중계수 (1.250)

- 교 축 방 향 $A_{sx} = 1/4 \times (1 - b1x / bcx) \times P / \sigma_{sa} = 11.0189 \text{ cf}$
 - 교 축 직 각 방 향 $A_{sy} = 1/4 \times (1 - b1y / bcy) \times P / \sigma_{sa} = 12.8552 \text{ cf}$

② 수평하중에 의한 수평방향 철근량 계산

$A_s = H_s / \sigma_{sa}$
 - 교 축 방 향 $A_{sx} = H_{sx} / (\sigma_{sa} \times 1.15) = 11.4301 \text{ cf}$
 - 교 축 직 각 방 향 $A_{sy} = H_{sy} / (\sigma_{sa} \times 1.25) = 9.0000 \text{ cf}$

I-529 2251

I-530

③ 사용 철근량

- 교 축 방 향 (계산 철근량)
 $A_{sx} = 22.4490 \text{ cf}$

- 교 축 직 각 방 향 (계산 철근량)
 $A_{sy} = 21.895 \text{ cf}$

• 교 차 장 치 하 면 사 용 철 근 량

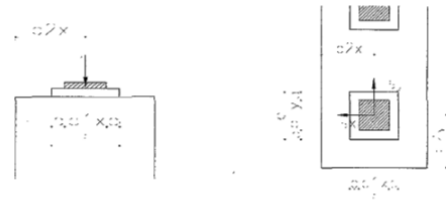
구 분	지름	단면적 (cm ²)	수 량 (EA)	단 수	철근량 (cm ³)	보강 범위 (cm)	비 고
교 축 방 향	D16	1.986	16	2	63,552	130.0	6000 !!
교축직각방향	D16	1.986	14	2	55,608	150.0	6000 !!

■ 교차받침 보강철근
 : 교차 받침 콘크리트 보강철근은 교축 및 교축직각방향
 철근량 중 큰 값 사용
 $A_s = 11.4301 \text{ cf}$

• 교 차 받 침 사 용 철 근 량

구 분	지름	단면적 (cm ²)	수 량 (EA)	단 수	철근량 (cm ³)	비 고
교 차 받 침 보 강 철 근	D16	1.986	11	1	21,846	6000 !!

(2) 교 차 부 ($\sigma_{sa} = 1,500 \text{ kg/cm}^2$)



I-532 2252

$P = 111.887 \text{ ton}$ $H_{sx} = 39.436 \text{ ton}$
 $b1x = 55,000 \text{ cm}$ $H_{sy} = 33.750 \text{ ton}$
 $b1y = 55,000 \text{ cm}$ H_{sx} : 온도하중에 의한 SHOE마찰력
 $b2x = 85,000 \text{ cm}$ H_{sy} : 풍하중에 의한 수평력
 $b2y = 80,000 \text{ cm}$

$j = 40,000 \text{ cm}$ SOLE PLATE = 7,600 cm
 SHOE높이 = 14,400 cm SHOE MORTAR높이 = 5,000 cm
 $c = j - \text{SOLE PLATE} - \text{SHOE높이} - \text{SHOE MORTAR높이} = 13,000 \text{ cm}$
 $d = c + 10 = 23,000 \text{ cm}$
 $f = b1x + 2d = 101,000 \text{ cm}$
 $e = b1y + 2d = 101,000 \text{ cm}$
 $bcx = 2 \times b2x = 170,000 \leq 5 \times b1x = 275,000 \text{ cm} \quad \therefore 6000 \text{ !!}$
 $bcy = 2 \times b2y = 160,000 \leq 5 \times b1y = 275,000 \text{ cm} \quad \therefore 6000 \text{ !!}$

① 연직하중에 대한 수평 철근량 계산

$A_{sn} = 1/4 \times (1 - b1 / bc) \times P / \sigma_{sa}$
 여기서,
 σ_{sa} : 온도에 대한 활중계수 (1.150)
 풍하중에 대한 활중계수 (1.250)

- 교 축 방 향 $A_{sx} = 1/4 \times (1 - b1x / bcx) \times P / \sigma_{sa} = 12.6147 \text{ cf}$
 - 교 축 직 각 방 향 $A_{sy} = 1/4 \times (1 - b1y / bcy) \times P / \sigma_{sa} = 12.2376 \text{ cf}$

② 수평하중에 의한 수평방향 철근량 계산

$A_s = H_s / \sigma_{sa}$

I-531 2253

I-532

③ 사용 철근량

- 교 축 방 향 (계산 철근량)
 $A_{sx} = 35.4761 \text{ cf}$

- 교 축 직 각 방 향 (계산 철근량)
 $A_{sy} = 30.238 \text{ cf}$

• 교 차 장 치 하 면 사 용 철 근 량

구 분	지름	단면적 (cm ²)	수 량 (EA)	단 수	철근량 (cm ³)	보강 범위 (cm)	비 고
교 축 방 향	D16	1.986	15	2	59,580	140.0	6000 !!
교축직각방향	D16	1.986	15	2	59,580	140.0	6000 !!

■ 교차받침 보강철근
 : 교차 받침 콘크리트 보강철근은 교축 및 교축직각방향
 철근량 중 큰 값 사용
 $A_s = 22.8614 \text{ cf}$

• 교 차 받 침 사 용 철 근 량

구 분	지름	단면적 (cm ²)	수 량 (EA)	단 수	철근량 (cm ³)	비 고
교 차 받 침 보 강 철 근	D16	1.986	12	1	23,832	6000 !!

I-533 2254

다. 토질조사보고서

얕은 상태에서 조사지역의 시추공 NO.BH-45를 제외한 전역에서 지표로부터 8.3~22.0m내외의 심도에서 확인되었다.

또한, 굴진작업시 코아회수율(TCR : Total Core Recovery)이 21~100%, 암질 표시율(RQD : Rock Quality Designation)이 0~83%이며 색상은 회색, 흑회색, 흑갈색, 황갈색, 흑색, 회색, 황회색 및 갈색을 나타내고 있다.

4.2.2 교량구간(BH-1~BH-69)

각 교량의 교대 및 교각설치예정지점에 대해 총 69공의 시추조사를 실시하여 각 지점에서의 지층분포상태를 파악하였다.

시추조사 내용은 <표4-2>로 요약하였고 각 교량별 지반상태를 설명하면 다음과 같다.

1) 장서육교 ~ 이동교 (BH-1 ~ BH-5)

가. 표토층 (Top soil)

본 지층은 조사지역의 최상부에 위치하고 있는 지층으로서 조사지역의 시추공 NO.BH-3,5의 지역에서 0.3m내외의 두께로 분포되어 있다.

지층의 구성성분은 모래 섞인 점토로 구성되어 있으며 지층의 연경도는 연약한 상태이고 색상은 갈색을 나타내고 있다.

나. 퇴적토층 (Alluvial deposit)

본 층은 과거 하천 및 유수의 운반, 퇴적작용에 의하여 상당히 오랜기간 침적되어 형성된 지층으로 조사지역의 시추공 전역에서 1.8~3.4m내외의 두께로 분포되어 있다.

지층의 구성성분은 실트 및 모래 섞인 자갈로 구성되어 있고 시추작업시 표준관입시험에 의한 N치는 21회/30cm~50회/30cm 정도로서 지층의 상태밀도는 중간정도 조밀 내지 매우 조밀한 상태이다. 통일분류법에 의한 흙의 분류는 GM으로 분류되며 색상은 갈색 및 황갈색을 나타내고 있다.

다. 풍화암층 (Highly weathered rock)

본 지층은 모암인 변성퇴적암(석회질 운모편암)이 풍화작용을 받아 형성된 지층으로서 모암의 기본조직과 형태를 그대로 보존하고 있으나 역학적 성질은 거의 상실한 상태로서 외력에 의하여 실트 섞인 모래 및 암편으로 분해되고, 조사지역의 시추공 NO.BH-1,2,5의 지역에서 퇴적토층 하부 즉, 지표로부터 1.8~

2.8m내외의 심도에서 확인되며 갈색, 황갈색 및 청갈색을 나타내고 있다.

라. 연암층 (Partly weathered rock)

본 지층은 모암인 변성퇴적암(석회질 운모편암)이 부분적으로 풍화되어 형성된 지층으로서 조사지역의 시추공 전역에서 풍화암층 하부 즉, 지표로부터 2.4~5.2m내외의 심도에서 확인되었다. 또한, 굴진작업시 결리 및 균열이 발달하여 코아회수율(TCR : Total Core Recovery)이 15~46%, 암질표시율(RQD : Rock Quality Designation)이 13~14% 정도로 저조한 상태이며 이들 지층은 상부의 풍화암층에 비하여 모암의 기본조직과 역학적 성질을 잃지 않은 상태이고 색상은 회색 및 흑회색을 나타내고 있다.

2) 표봉교 (BH-6 ~ BH-9)

가. 용적토층 (Colluvial deposit)

본 지층은 사면의 활동, 붕괴 또는 기타요인에 의하여 경사면의 상부로부터 하부로 흩어 이동되어 형성된 지층으로서 조사지역의 시추공NO.BH-6의 지역에서 3.2m내외의 두께로 분포되어 있다.

지층의 구성성분은 실트 섞인 모래로 구성되어 있으며 시추조사시 표준관입시험에 의한 N치는 6회/30cm~9회/30cm정도로 지층의 상태밀도는 느슨한 상태이고 색상은 갈색을 나타내고 있다.

나. 퇴적토층 (Alluvial deposit)

본 층은 과거 하천 및 유수의 운반, 퇴적작용에 의하여 상당히 오랜기간 침적되어 형성된 지층으로 조사지역의 시추공 전역에서 1.3~9.2m내외의 두께로 분포되어 있다.

지층의 구성성분은 실트 및 모래 섞인 자갈, 모래 섞인 점토층으로 구성되어 있고 시추작업시 표준관입시험에 의한 N치는 7회/30cm~50회/6cm 정도로서 지층의 상태밀도는 중간정도 조밀 내지 매우 조밀한 상태이고 지층의 연경도는 중간정도 단단한 상태이다.

통일분류법에 의한 흙의 분류는 GM 및 CL로 분류되며 색상은 갈색, 회갈색 및 담회색을 나타내고 있다.

1295

- 17 -

<표 4-2> 교량지역 시추조사

교량명	공 번	지 층 두께 (m)							SPT (회)	
		층적층		풍화대	연암	경암	계			
		점토	모래	자갈				풍화토		풍화암
장서육교	BB-1			2.8		1.2	1.0	5.0	2	
	BB-2			1.8		2.1	1.1	5.0	2	
	BB-3	0.3		3.4			1.3	5.0	2	
이동교	BB-4			2.4			2.6	5.0	1	
	BB-5	0.3		2.5		2.4	1.6	6.8	3	
	BB-6		3.2	1.3	3.3	2.9	2.3	13.0	7	
묘봉교	BB-7	2.8		6.4		1.5	1.3	12.0	7	
	BB-8			1.8		4.4	2.8	9.0	4	
	BB-9			2.3		1.9	4.8	9.0	2	
묘봉육교	BB-10			0.7	4.1	3.9	2.3	11.0	5	
	BB-11	2.1		0.6	2.3	1.8	4.7	11.5	4	
	BB-12			1.5	1.0	2.5	1.0	6.0	3	
요덕교	BB-13		1.0		1.5	2.5	1.0	6.0	3	
	BB-14	0.5		1.0	1.8	1.2	4.5	4.5	2	
	BB-15	2.0			0.4	1.6	1.0	5.0	2	
송전1교	BB-16	1.4	1.5	1.1			1.0	5.0	2	
	BB-17	0.4	1.6	1.0			1.0	4.0	1	
송전육교	BB-18	0.4		3.5			2.4	0.6	6.9	2
	BB-19	0.4	1.5	1.9			2.0	1.1	6.9	2
비룡1교	BB-20	0.8	1.1	3.0			2.2		7.1	3
비룡2교	BB-21	0.4	1.5	1.6			1.6	1.0	6.1	2
	BB-22	0.5	2.2	2.4			1.3	1.0	7.4	3
	BB-23	0.4	2.6	1.4			0.6	1.4	6.4	2
시미육교	BB-24	0.9	2.5	2.3			0.4	1.1	7.2	3
	BB-25	0.4	3.8				0.9	1.0	6.1	2
	BB-26	0.9	3.0	1.8			1.0	0.9	7.6	3
원덕성교	BB-27	0.4	3.0	1.7			1.0		6.1	3
	BB-28	3.6	0.6	5.4			1.1		10.7	6
덕성1교	BB-29	2.8	0.7	4.6			1.1		9.2	5
	BB-30	1.3	0.4	6.4			1.0		9.1	5
	소 계	20.5	32.7	65.6	13.6	30.5	48.6	8.1	219.6	93

1313

- 35 -

1296

- 18 -

에 자갈층이 분포하므로 퇴적층하부의 풍화암을 지지지반으로 하는 PILE기초를 채택하는 것이 타당할 것으로 판단되며 이외의 교각 및 용인방면의 교대(A-2)는 퇴적층의 분포가 미약하여 기반암이 얕은 심도에서 출현하므로 풍화암 및 연암을 지지지반으로 하는 직접기초를 채택하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

② 이동교(BH-3 ~ BH-5)

본 교량은 2개의 교대와 3개의 교각으로 구성되어 있으며 경간은 30m이다.

본 지역은 상부로부터 실트질 점토, 사력, 연암 순으로 분포하며 최상부층의 실트질 점토는 갈색을 띠며 습윤경도의 함수상태로 0.3m의 박층으로 분포한다. 2.4~3.4m의 두께를 보이는 사력층은 세립-조립질 모래와 Ø1~8cm의 자갈로 구성되어 상태밀도는 보통조밀~매우조밀로 나타났다. 또한 풍화대는 2.4m의 층후로 BH-5지역에서만 분포하며 시추심도가 깊어짐에 따라 균기상태가 증가하는 것으로 조사되었다. 따라서 기초형식은 중간에 자갈층이 2.4~3.4m로 분포하므로 자갈층하부의 풍화암 및 연암을 지지지반으로 하는 직접기초를 채택하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

③ 표봉교(BH-6 ~ BH-9)

본 교량은 상행선과 하행선으로 분리되어 있고, 각각 2개의 교대와 5개의 교각으로 구성되어 있으며 경간은 30m이다.

본 교량구간은 상부로부터 퇴적층(점토, 모래, 사력층), 풍화대, 연암의 순으로 분포한다. 점토와 모래층의 두께는 각각 3.2m와 2.8m로 나타나며 이들 하부의 사력층은 표준관입시험에 의한 N치가 16/30 ~ 50/6범위로 중간조밀 ~ 매우조밀한 상태밀도를 보인다.

풍화대는 GL -1.8 ~ -9.2m심도에서 출현하여 1.5 ~ 6.2m의 층후로 분포하며 풍화대하부인 연암은 GL -4.2 ~ -10.7m 심도에서 출현하는 것으로 확인된다.

따라서 기초형식은 중간에 사력층하부의 풍화암층이나 그 하부인 연암층을 지지지반으로 하는 pile기초나 직접기초를 채택하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

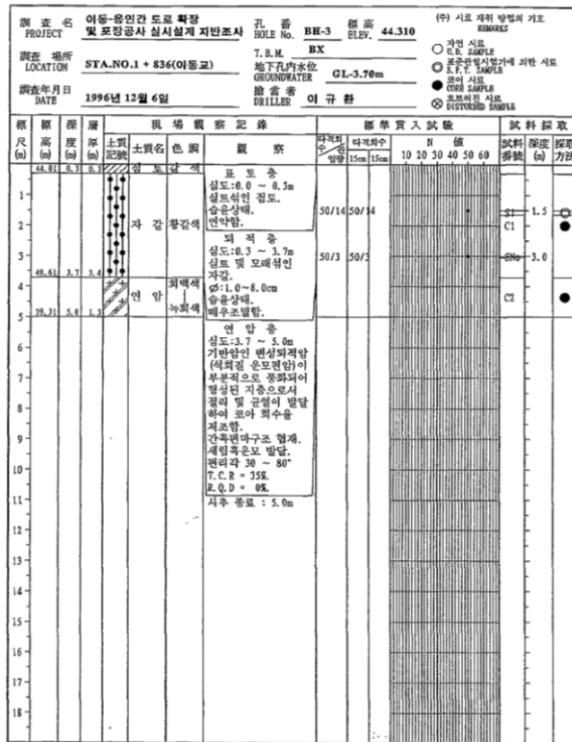
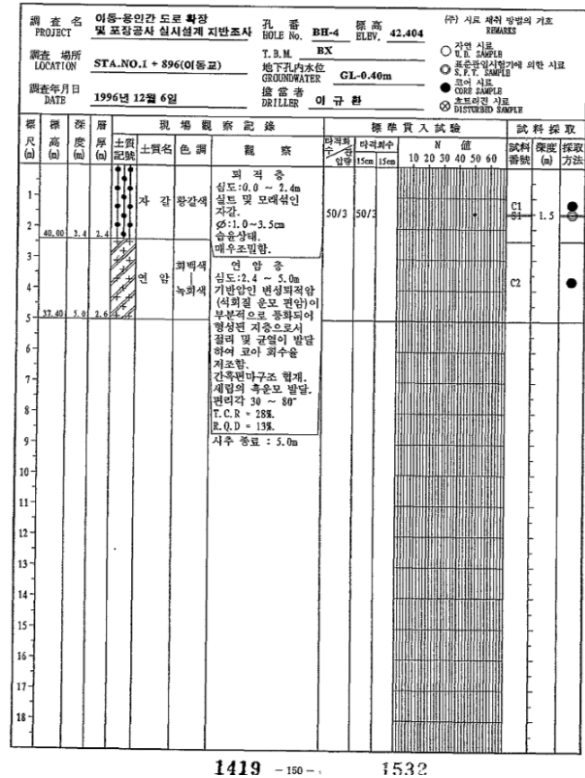
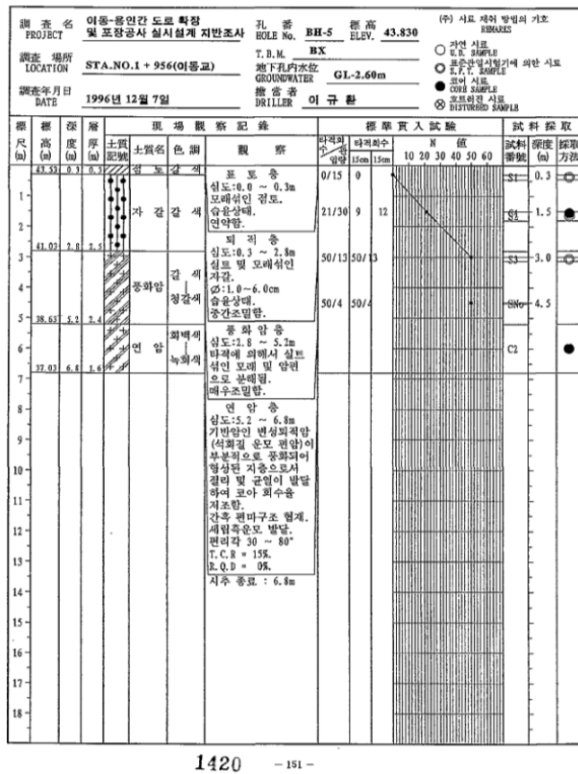
④ 표봉육교(BH-10 ~ BH-11)

본 교량은 2개의 교대로 구성되어 있으며 경간은 30m이다.

본 교량구간의 지층상태는 0.7~2.7m 두께의 점성토(점토, 실트)와 사력으로 구성된 퇴적층이 상부에 형성되며 그 하부로 풍화대 및 기반암이 분포한다. 표준관입시험에 의한 연경도 및 상태밀도는 지층에 따라 큰 차이를 보이지 않음도 지반

1382

- 105 -

地質柱狀圖
DRILL LOG地質柱狀圖
DRILL LOG地質柱狀圖
DRILL LOG

2.2.2 시설물 점검이력

대상 교량은 2중 시설물로서 2004년 12월 30일 준공 이후 정기적으로 안전점검이 시행되었으며 그 결과에 의한 유지관리가 실시되고 있는 상태이다.

【표 2.2.1】 이동교(하) 점검이력사항

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
1	정기안전점검	2005.07.13 ~2005.07.13	수원국도유지건설사무소	양호	대체적으로 양호
2	정기안전점검	2005.10.31 ~2005.10.31	수원국도유지건설사무소	양호	대체적으로 양호
3	정밀안전점검	2006.03.21 ~2006.05.19	수원국도유지건설사무소	B등급	교면포장:주의관찰/배수시설:청소/바닥판하면:균열보수/신축이음:주입보수
4	정밀안전점검	2006.03.21 ~2006.05.19	케이에스엠기술(주)	B등급	교면포장면 마모, 바닥판 하면 균열, 신축이음 균열등
5	정기안전점검	2006.06.23 ~2006.06.23	수원국도유지건설사무소	양호	대체적으로 양호
6	정기안전점검	2006.11.22 ~2006.11.22	수원국도유지건설사무소	양호	
7	정기안전점검	2007.05.23 ~2007.06.07	수원국도유지건설사무소	양호	포장균열 및 재료분리
8	정기안전점검	2007.12.06 ~2007.12.06	수원국도유지건설사무소	양호	대체적으로 양호
9	정기안전점검	2008.06.05 ~2008.06.05	수원국도관리사무소	양호	정밀점검결과 후 보수부분 조치예정
10	정밀안전점검	2008.06.09 ~2008.08.08	엔이티엔지니어링(주)	B등급	교면포장 균열 및 파손, 주형 균열, 가로보균열, 배수구 막힘, 교대누수흔적, 교각 균열 설명판 망실 등의 손상이 조사
11	정기안전점검	2008.11.04 ~2008.11.04	수원국도관리사무소	양호	바닥판 하면, 주형, 가로보 균열발생
12	정기안전점검	2009.06.02 ~2009.06.02	수원국도관리사무소	양호	양호
13	정기안전점검	2009.11.15 ~2009.11.15	수원국도관리사무소	양호	교면포장 종방향균열 발생
14	정밀안전점검	2010.03.11 ~2010.06.08	(주)이지엔지니어링	B등급	이동교(하)는 PSC BEAM 형식의 교량으로 전반적으로 양호한 상태이며, 교면포장에 발생된 소성변형 및 균열 등의 손상은 슬래브 및 교면방수층 보호, 주행차량의 안전 등을 위하여 보수를 실시하여 구조물의 내구성 및 공용기간을 확보하는 것이 바람직하다.
15	정기안전점검	2010.06.14 ~2010.06.14	수원국도관리사무소	양호	전반적 상태양호

【표 2.2.1】이동교(하) 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
16	정기안전점검	2010.06.14 ~2010.06.14	수원국도관리사무소	양호	전반적 상태양호
17	정기안전점검	2010.12.08 ~2010.12.08	수원국도관리사무소	양호	포장면균열, 교대콘크리트파손
18	정기안전점검	2011.06.21 ~2011.06.21	수원국도관리사무소	양호	포장면균열, 교대콘크리트파손
19	정기안전점검	2011.12.20 ~2011.12.20	수원국도관리사무소	양호	포장면균열, 교대콘크리트파손
20	정밀안전점검	2012.03.20 ~2012.06.17	(주)평화엔지니어링	B등급	본 시설물에 대한 외관조사, 콘크리트 비파괴조사를 통한 정밀점검 결과 시공중과 공용중에 발생되었을 것으로 추정되는 손상 및 결함이 조사되었으며 점검일 현재 안전에 문제될 만한 결함 발생은 없는 것으로 조사되었다. 따라서 결함이 발생된 부위에 대하여는 시설물의 안전성과 내구성에 미치는 영향을 종합적으로 판단하여 보수·보강 방법과 유지관리 방안을 제시하였다.
21	정기안전점검	2012.05.01 ~2012.06.30	자체수행	양호	교면포장(균열,마모,망상균열), 바닥판(균열), 교대교각(균열)
22	정기안전점검	2011.11.15 ~2012.12.15	자체수행	양호	양호
23	정기안전점검	2012.11.01 ~2012.12.31	자체수행	양호	교면포장(균열,마모,망상균열), 바닥판(균열)
24	정기안전점검	2013.05.01 ~2013.06.30	자체수행	양호	지속관찰
25	정기안전점검	2013.11.01 ~2013.12.31	자체수행	양호	지속관찰
26	정기안전점검	2014.01.01 ~2014.06.30	자체수행	양호	예산확보후 조치예정
27	정밀안전점검	2014.05.12 ~2014.08.09	대진컨설팅트주식회사	B등급	- 전반적으로 구조물의 안전성에 영향을 미치는 손상은 없는 양호한 상태 - 교면포장 아스콘 균열, 망상 균열 및 마모, 라벨링, 썰링 보수 부마모 및 파손 - 배수시설 배수구 막힘, 배수관 망실, 도수로 파손 - 난간 및 연석 방호벽 철근 노출, 중앙분리대 파손, 철근 노출 - 신축이음 유간이 물질 퇴적, 후타재 균열(0.3mm 미만), 차수판 덮개 망실 - 바닥판 하면 균열(0.3mm 미만), 망상 균열, 누수 흔적, 물 끓기 흠미 제거 - 거더 및 가로보 균열(0.3mm 미만), 파손 - 교량 받침 도장 박리, 부식, 균열(0.3mm 미만, 이상), 파손 - 하부 구조 균열(0.3mm 미만), 누수 흔적, 화재 흔적
28	정기안전점검	2014.07.01 ~2014.12.31	자체수행	양호	예산확보후 조치예정

【표 2.2.1】이동교(하) 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
29	정기안전점검	2015.04.01 ~2015.06.30	자체수행	양호	15년 하반기 예산확보후 조치예정, 지속관찰
30	정기안전점검	2015.10.01 ~2015.12.31	자체수행	양호	16년 조치예정, 지속관찰
31	정기안전점검	2016.04.01 ~2016.06.30	자체수행	양호	지속관찰
32	정밀안전점검	2016.06.13 ~2016.11.09	영동이엔지(주)	B등급	구조적으로 문제가 될 정도의 손상은 없는 것으로 조사되었으며, 주요 손상으로는 A1, A2신축이음누수(노후화), 교면포장 일부구간 망상균열, 종방향 시공이음부 균열, 방호벽 콘크리트 단면보수재 망상균열, 중분대 연석부 박리, 박락, 교면 배수구 막힘, 바닥판 하면 미보수 건조수축균열, 상,하행 접속부 박리, 균열, 철근노출, 거더 복부 균열, 가로보 균열, 교량받침 콘크리트 및 몰탈 균열, 받침 Plate 표면부식, 도장박리, 하부구조 건조수축 균열, 기둥 하부 유수에 의한 경미한 표면침식 등의 손상이 조사되었다. 콘크리트비파괴시험(콘크리트강도,탄산화시험)결과 내구성의문제는없는것으로조사되었다.
33	정기안전점검	2016.10.01 ~2016.12.31	자체수행	양호	지속관찰
34	정기안전점검	2017.04.01 ~2017.06.30	자체수행	양호	지속관찰
35	정기안전점검	2017.10.01 ~2017.12.31	자체수행	양호	지속관찰
36	정기안전점검	2018.04.01 ~2018.06.30	자체수행	양호	지속관찰
37	정밀안전점검	2018.06.28 ~2018.09.18	다운이엔씨주식회사	B등급	· 교면포장:포장패임 · 난간및연석:표면들뜸,들뜸,박락,균열(0.3mm이상), 난간변형 · 바닥판하면:균열(0.3mm미만),누수흔적,망상균열, 백태 · 거더및2차부재:인양홀주변파손,파손,망상균열,균열(0.3mm미만)등 · 교대및교각:굽힘,누수오염,망상균열,박리,백태,이물 질퇴적,파손등 · 신축이음:유간토사퇴적,차수판덮개망실,후타재파손 등 · 교량받침:받침플레이트부식,솔플레이트부식,받침플레이트도장박리등 · 배수시설:배수구막힘,배수관길이부족
38	정기안전점검	2018.10.01 ~2018.12.31	자체수행	양호	지속관찰

【표 2.2.1】 이동교(하) 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
39	2중성능평가	2018.12.18 ~2019.06.28	경인엔지니어링(주)	B등급	- 교면포장: 포장폐임 - 방호시설: 표면들뜸, 들뜸, 박락, 균열(0.3mm이상), 난간변형 - 배수시설: 배수구막힘, 배수관길이부족 - 신축이음: 유간토사퇴적, 차수판덮개망실, 후타재파손 - 바닥판: 균열(0.3mm미만), 누수흔적, 망상균열, 백태 - 거더및2차부재: 인양홀주변파손, 파손, 망상균열, 균열(0.3mm미만) - 교량받침: 받침플레이트부식, 솔플레이트부식, 받침플레이트도장박리 - 교대및교각: 균열, 굽힘, 누수오염, 망상균열, 박리, 백태, 이물질퇴적, 파손
40	정기안전점검	2019.01.01 ~2019.06.30	자체수행	양호	지속관찰
41	정기안전점검	2019.07.01 ~2019.12.31	자체수행	양호	지속관찰
42	정밀안전점검	2020.03.23 ~2020.06.20	(주)인프라플러스	B등급	- 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태이나 일부 보수를 요하는 손상인 바닥판 하면의 망상균열, 미세백태, 가로보 폭 0.2mm 균열이 조사되었으며, 하부구조는 신축이음부를 통한 누수로 누수흔적, 백태 등이 조사되어 내구성 저하방지를 위한 적절 한 보수가 필요 한 상태이다. 교량받침의 신축거동과 설치상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었고, 신축이음은 현재 유간은 확보된 상태이므로 누수로 인한 2차 손상에 대해 주기적으로 점검하여야 한다. 교면포장은 양호한 상태로 확인되었고, 배수시설 집수구막힘, 방호벽의 보수부들 틈 구간에 대한 보수를 실시하는 것이 바람직함. - 상태평가결과 “B” 로 평가됨. - 발생된 손상을 보수하고 제시된 유지관리 내용에 따라 주기적인 점검을 실시하면 1등급으로서 사용성 및 안전성 면에서 문제가 없을 것으로 판단됨.
43	정기안전점검	2020.01.01 ~2020.06.30	자체수행	양호	지속관찰
44	정기안전점검	2020.07.01 ~2020.12.31	자체수행	양호	지속관찰
45	정기안전점검	2021.01.01 ~2021.06.30	자체수행	양호	지속관찰
46	정기안전점검	2021.07.01 ~2021.12.31	자체수행	양호	지속관찰
47	정기안전점검	2022.01.01 ~2022.06.30	자체수행	양호	지속관찰

【표 2.2.1】 이동교(하) 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
48	정밀안전점검	2022.04.19 ~2022.09.22	(주) 건우이앤씨	B등급	- 바닥판: 백태, 파손 - 거더: 상태양호 - 교대: 균열($C_w=0.1\sim0.3\text{mm}$), 보수부재균열($C_w=0.3\text{mm}$미만), 백태, 표면오염, 누수흔적 - 교각: 균열($C_w=0.3\text{mm}$미만) - 교량받침: 받침부식 - 신축이음: 본체변형, 유간토사퇴적, 후타재균열및파손, 차수덮개볼트불량 - 교면포장: 포장균열, 패임 - 배수시설: 배수구막힘, 배수관길이부족 - 방호벽및중앙분리대: 균열($C_w=0.1\sim0.3\text{mm}$), 보수부들뜸, 파손, 누수흔적, 가드레일변형
49	정기안전점검	2022.10.05 ~2022.12.09	자체수행	양호	신축이음 후타재 파손
50	정기안전점검	2023.04.11 ~2023.06.12	자체수행	양호	바닥판(균열), 신축이음(후타재 균열), 받침장치(부식), 배수관 길이 부족, 신축이음 후타재 파손
51	기타(부분점검·진단 등)	2023.03.30 ~2023.09.18	(주) 한국건설시스템안전기술		- 이동교(하) 내진성능평가는 전구조체를 모두 모델링하여 검토하였으며, 지진시 부재력이 가장 크게 발생하는 교각 및 교대를 대상으로 하여 평가를 진행하였다. - 상세평가시 평가대상인 기둥부, 기초부(교대, 교각), 받침부(교대, 교각), 지지길이(교대부, 이음부)에 대한 내진 성능보유여부를 확인한 결과, 모든 부재에서 내진성능을 만족하는 것으로 나타났다.
52	정기안전점검	2023.10.15 ~2023.11.30	자체수행	양호	· 교면포장: 포장균열, 포장패임 · 배수시설: 배수구막힘 · 난간및연석: 균열(0.3mm내외), 보수부파손, 들뜸, 중앙분리대가드레일변형, 누수흔적, 긁힘 · 신축이음: 본체변형, 유간토사퇴적, 후타재균열, 파손, 패임, 차수덮개볼트불량 · 바닥판: 백태, 파손, 박리 · 거더: 파손 및 철근노출 · 2차부재: 상태양호 · 교량받침: 받침부식 · 하부구조: 균열(0.3mm내외), 보수부재균열, 백태, 누수흔적, 표면오염, 체수, 폐콘크리트 적치 · 공중이용이이용하는부위: 전반적 상태양호

2.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과(2022년09월)

가. 외관조사결과

구분	정밀안전점검 결과	비고
바닥판하면	■ 외관조사결과 확인된 캔틸레버 하면의 백태, 파손은 중·횡방향 신축이음 하부 누수 등에 의한 표면 백태 손상으로써, 기 점검 이후 손상의 진전은 없는 상태로써 향후 지속적인 주의관찰을 통한 손상의 진행 여부 확인이 필요할 것으로 판단된다.	
거더	■ 거더 외관조사결과 2004년 준공 이후 특별한 결함 발생이 없는 양호한 상태를 유지하고 있으며, 향후 지속적인 점검을 통한 거더에 발생될 수 있는 주요 손상 등에 대한 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.	
가로보	■ 이물질퇴적(조류서식) - 정비를 통한 보수가 필요하며, 기 손상외에 전반적으로 양호한 것으로 확인되었다.	
교대	■ 교대에 조사된 균열은 균열의 형태, 방향성, 발생 위치 등을 종합적으로 고려할 때 시공초기 건조수축 및 수화열에 의한 온도응력 등에 기인한 비구조적 손상으로써, 일부 보수부의 노후화에 의한 재균열이 일부 확인되었으며, 국부적으로 확인된 0.3mm이상 균열 1개소에 대한 내구성 저하방지를 위한 주입보수가 요구되며, 그 밖에 폭 0.3mm미만의 균열 및 보수부 재균열에 대한 지속적인 주의관찰이 요구된다. ■ A1, A2 홍벽 및 구체에 확인된 누수흔적 및 체수흔적은 공용 증가에 따른 신축이음 노후화 및 외부 우수유입으로 인한 손상으로써 일부 홍벽의 표면 백태가 동반되고 있는 것으로 확인되었다. 향후 지속적인 누수 등으로 인한 하부구조 열화 및 반침 부식으로 인한 가동불량 등을 유발할 수 있으므로 주의관찰 후 유지관리계획에 따른 신축이음장치 교체가 실시됨이 바람직할 것으로 판단되며, 국부적으로 확인된 백태 손상에 대해 내구성 저하 방지를 위한 표면처리가 요구된다. ■ 그 밖에 A1 교좌면에 페콘크리트가 적치된 것으로 조사되었으며, 이는 공용 중 실시된 보수 시공과정에서의 잔여물으로써 구조물에 특별한 영향은 없으나 원활한 구조물 유지관리를 위한 청소 조치가 요구된다.	
교각	■ 교각에 조사된 균열은 대부분 폭 0.3mm미만의 비교적 경미한 상태로 확인되었으며, 이는 시공초기 콘크리트 수화열과 건조수축 등에 의해 발생한 손상으로 판단된다. 현재 발생된 균열의 경우 비진행성의 균열로써 구조물의 내구성 저하우려는 없는 상태로 지속적인 주의관찰이 요구된다.	
교량받침	■ 기 점검 이후 반침 부식이 신규로 조사되었으며, 이는 공용 증가에 따른 지속적인 외기 접촉에 의한 도장면 노후화 부위의 부식 진전으로 판단된다. ■ 연단거리 측정결과 전개소에서 설계기준에서 요구하는 연단거리를 충분히 확보하고 있는 것으로 검토되었다. ■ 온도변화에 의한 교량받침 이동을 고려한 여유량 검토결과 전개소에서 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.	

구분	정밀안전점검 결과	비고
신축이음장치	■ 공용 중 중차량의 반복적인 통행시 발생하는 충격 등에 의한 본체 변형 4개소가 확인되었으나, 이로 인한 차량 통행시 파손 등의 우려는 없는 상태로 주의관찰이 요구된다. ■ 신축이음 유간 토사퇴적은 차량 반복 통행 및 우천시 유입되는 교면수에 포함된 이물질이 퇴적된 상태로 방치될 경우 토사의 경화 등으로 인한 고무재 파손, 신축이음 가동 불량 등을 유발시키므로 주기적인 청소와 유지관리가 필요하다. ■ 후타재 균열 및 파손은 차량의 반복통행에 따른 진동 및 충격 등에 의한 손상으로써 현 상태 보수의 필요성은 적으며, 추후 신축이음장치 본체 손상 발생시 교체시기에 맞춰 후타재 보수를 실시함이 바람직할 것으로 판단된다. ■ 그 밖에 신축이음 측면 차수 덮개의 볼트 불량은 시공 불량에 의한 것으로 차수기능에 문제는 없는 상태로 주의관찰이 요구된다. ■ 온도변화에 따른 신축 여유량 검토결과 전개소에서 여유량을 충분히 확보하는 것으로 평가되었다.	
교면포장	■ 교면포장의 외관조사 결과 포장면에서 발생한 균열은 공용 중 중차량의 반복적인 통행 및 제동하중 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상부위를 통한 교면수 유입시 바닥판 열화 등의 2차 손상 우려가 있으므로 유지관리계획에 따른 썰링처리가 요구된다. ■ 그 밖에 중차량 통행시 낙하물에 의한 S2 포장(갓길부)의 패임이 확인되었으며, 차량주행성능 저하 우려는 없는 상태로 주의관찰을 통한 지속적인 관리가 요구된다.	
배수시설	■ 배수시설에 대한 외관조사결과 총 9개소 집수구 중 7개소에서 막힘이 조사되어 주기적인 청소를 통한 원활한 우수배제가 요구되며, 배수관 길이부족은 시공 미흡에 따른 것으로 배수구 주변 박리, 열화 등의 2차손상은 없는 상태로 지속적인 주의관찰 후 유지관리계획에 따른 길이연장 시공이 필요할 것으로 판단된다.	
난간 및 연석	■ 방호울타리에 발생된 균열 및 중앙분리대 들뜸, 박리 등은 공용 증가에 따른 보수부 노후화에 기인한 보수부 재손상으로 확인되었으며, 구조적으로 문제가 발생될 우려는 없는 것으로 확인되었다. 다만, 중앙분리대 연석의 들뜸 및 박락의 경우 손상부위를 통한 우천시 우수 유입에 따른 하부 콘크리트 열화 및 백태 등의 손상이 우려되는 만큼 유지관리계획에 따른 전반적인 단면보수가 필요할 것으로 판단된다. ■ S3 중앙분리대 강재 난간 변형은 차량 충돌에 따른 손상으로 기능 저하 우려는 없으며, 향후 지속적인 주의관찰을 통한 관리 후 차량 통행에 지장이 발생될 경우 교체 시공을 통한 조치가 바람직할 것으로 판단된다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시험명	시험부위		시험 결과	검토 의견
비파괴 강도 (MPa)	상부구조 (설계기준 : 27MPa)		35.6~36.6	■ 설계기준 대비 콘크리트 강도에는 문제가 없는 것으로 판단됨
	거더 (설계기준 : 40MPa)		63.7~69.2	
	하부구조 (설계기준 : 21MPa)		29.5~35.7	
탄산화 깊이 (mm)	상부구조	진행깊이	1.70	■ 실측 피복두께 대비 탄산화 잔여 깊이가 30mm 이상으로 측정되어 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 없는 'a' 등급으로 평가됨
		잔여깊이	31.30	
	하부구조	진행깊이	5.54~5.64	
		잔여깊이	37.46~69.36	

다. 종합평가 및 안전등급 지정

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결합도점수	기준	S · F	기준	
이동교(하)	0.169	B	—	—	B
종합평가	• 상태평가 결과를 통한 종합평가 결과 이동교(하)는 “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
교면포장	포장균열	실링보수	39.60	m ²	22	871	3순위
배수시설	배수구 막힘	청소	7	EA	40	280	1순위
	배수관 길이부족	배수관 재설치	5	EA	321	1,605	2순위
난간 및 연석	파손, 들뜸	난간 교체	2.20	m	117	257	3순위
	가드레일 변형	단면보수	72.00	m ²	310	22,320	3순위
신축이음장치	유간토사퇴적	청소	7.50	m	5	38	2순위
교대	균열 (0.3mm이상)	주입보수	0.48	m	102	49	2순위
	백태	표면처리	2.33	m ²	5	137	3순위
	표면오염, 누수흔적	표면처리	15.83	m ²	59	934	3순위
	폐콘크리트 적치	청소	4.50	m ²	5	23	3순위
순공사비 합계(천원)						26,514	
제경비(순공사비×50%, 천원)						13,257	
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위				420	
		2순위				2,538	
		3순위				24,542	
유지보수 개략공사비 총계						36,813	
※ Cw=0.2mm 균열 및 균열백태 표면처리 면적은 길이×보수 폭 25cm를 적용함. ※ 보수물량은 손상물량의 20% 할증하였으며, 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영. ※ 개략공사비는 설계 시 공법 및 단가변동에 의해 공사비가 바뀔 수 있음.							

바. 종합결론

- 이동교(하)는 약 18년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과 전반적으로 양호한 상태이나 일부 보수를 요하는 손상이 조사되어 구조물의 내구성 및 사용성 확보를 위한 적절한 보수조치가 요구되며, 배수시설의 배수구 막힘에 의한 교면 체수 등이 우려되므로 주기적인 청소조치가 요구된다.
- 본 교량의 상태평가 결과를 토대로 실시한 종합평가 결과 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며, 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 “B등급(양호)” 으로 평가되었다.
- 금회 정밀안전점검 결과 확인된 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 점검 보고서에 제시된 보수를 시행하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

2.2.4 전차 2중성능평가 실시결과(2019년06월)

가. 외관조사결과

구분	정밀안전점검 결과	비고
바닥판	■ 균열, 망상균열, 백태, 누수흔적, 파손, 철근노출 등이 조사되었다.	
거더 및 2차부재	■ 균열, 망상균열, 인양홀 주변파손, 파손, 철근노출 등이 조사되었다.	
교대	■ 균열, 누수흔적, 백태, 박리, 철근노출, 이물질퇴적 등이 조사되었다.	
교각	■ 균열, 망상균열, 파손, 박리, 굽힘 등이 조사되었다.	
받침장치	■ 받침 균열, 균열부 백태, 몰탈 균열, 몰탈 파손, 부식, 도장박리 등이 조사되었다.	
신축이음장치	■ 본체 부식, 팽거 변형, 후타재 균열, 후타재 파손, 유간 토사퇴적 등이 조사되었다.	
교면포장	■ 전반적으로 양호하며, 포장패임이 일부 조사되었다.	
배수시설	■ 배수구 막힘, 배수관 길이부족 등이 조사되었다.	
방호시설	■ 균열, 층분리, 박락, 가드레일 변형, 차량 굽힘 등이 조사되었다.	
점검시설	■ 상시 유지관리, 점검을 위한 점검시설 미설치가 없는 것으로 조사되었다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

구분	시험부위	시험 결과	평가
콘크리트 강도시험	바닥판 거더 교대,교각	27.6 ~ 33.6MPa 46.5 ~ 46.9MPa 24.9~ 32.9MPa	▶ 반발경도법에 의한 콘크리트 표면(피복) 강도시험결과 측정위치에서 모두 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 건전부 및 비건전부에 대하여 비교 시 큰 차이가 없는 것으로 조사되어 현재 강도부족으로 인한 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.
탄산화 시험	바닥판 교대,교각	4.1~5.2mm 5.7~10.1mm	▶ 실측한 최소 피복두께를 고려한 잔여 피복두께를 분석한 결과 30mm이상인 “a” 등급으로 현재 탄산화에 의한 철근부식 및 내구성 저하 우려는 없을 것으로 판단된다.
염화물 시험	바닥판 교대 교각	0.041~0.075kg/m³ 0.088~0.140kg/m³ 0.468~0.493kg/m³	▶ 교각 1개소에서 “b” 등급으로 판정되어 부식 발생 가능성은 낮은 것으로 분석되었다.
철근배근 탐사	바닥판 교대 교각	@115~130 / 36~39 @100 / 52 @100/ 93~100	▶ 철근탐사 결과 단위 m당 철근량은 적정한 것으로 판단되며, 준공도면과 유사한 것으로 평가되었다.

다. 종합평가 및 안전등급 지정

구분	안전성능(68%)		내구성능(21%)		사용성능(11%)			종합 성능
	상태안전 성능	구조안전 성능	강재 내구성능	콘크리트 내구성능	사용성	유지 관리성	수요 및 용량	
이동교(하)	0.205, B		0.100, A		0.565, D			0.223 B등급
	0.205	0.130	－	0.100	0.525	0.021	0.020	
종합평가	• 종합성능평가 “B등급” 으로 『일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속관찰하고 보수여부를 결정하여야 하는 성능수준』 으로 평가되었다.							

라. 성능평가 실시결과 분석

1) 시설물의 성능목표

대상 시설물의 성능목표 등급은 다음과 같이 “B등급” 으로 산정되었다.

일교통량	구간당 10,000대 이상	해당
중차량통행량	구간당 1,000대 이상	해당
대상교량의 차단 시 우회거리	5km 이상	해당
성능목표등급	모든 조건이 해당하는 경우	나머지의 경우
	B (결합도범위 : $0.13 \leq X < 0.2$)	B (결합도범위 : $0.2 \leq X < 0.26$)

2) 성능평가 실시결과 분석

이동교(하)에 대한 종합성능평가 실시결과, 아래 표와 같이 결합도 지수 0.223, 종합성능평가 B등급으로 산정되어 대상 시설물의 장기적인 목표 성능 유지, 도로사용자의 편의 도모를 위해 외부 환경 조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속관찰하고 보수 여부 결정이 필요한 상태이다.

평가항목	성능별 결합도 점수	평가등급	성능간 가중치
안전성능 평가	0.205	B	0.68
내구성능 평가	0.100	A	0.21
사용성능 평가	0.566	D	0.11
종합성능등급 산정 결과	$= 0.205 \times 0.68 + 0.10 \times 0.21 + 0.566 \times 0.11$ $= 0.223$ $\therefore \text{B등급}$		

마. 유지관리 전략제안

종합성능평가 결과, 상태안전성능평가 결과에서 세부 지표별 평가결과가 목표성능인 B등급에 미치지 못하는 부재(또는 지표), 내구성 및 사용성 저하 우려가 있는 부재 등에 대하여 보수방안을 제시하여 대상 시설물의 장기적인 성능목표를 유지할 수 있도록 한다. 다만, 보수를 실시하더라도 효과발휘가 어렵고, 보수 전보다 추가 결함 발생이 우려되는 부재들은 현상 유지를 통한 지속적인 관찰을 실시하면서 보수 여부를 결정할 것을 제안한다.

평가항목	성능별 결함도 점수		평가등급		성능간 가중치
	보수 전	보수 후	보수 전	보수 후	
안전성능 평가	0.181	0.164	b	b	0.68
내구성능 평가	0.100	0.100	a	a	0.21
사용성능 평가	0.527	0.527	d	d	0.11
종합성능등급 산정 결과	보수 전		보수 후		
	$= 0.181 \times 0.68 + 0.10 \times 0.21 + 0.527 \times 0.11 = 0.202$ $\therefore$ B등급		$= 0.164 \times 0.68 + 0.10 \times 0.21 + 0.527 \times 0.11 = 0.190$ $\therefore$ B등급		

부 재	보수공법(안)	순공사비(천원)
교면포장	재포장	146,250
배수시설	배수구 청소, 그레이팅 재설치, 배수관 재설치	1,855
순공사비 합계		148,105
제 경 비(순공사비*50%)		74,053
개략 공사비 합계		222,158

2.2.5 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교·검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○ 관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○ 안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
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 40회, 정밀안전점검은 10회, 기타(부분점검·진단) 1회, 2중성능평가 1회를 실시하였으며, 전반적으로 점검시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

2.2.6 시설물 보수·보강 이력

【표 2.2.2】 이동교(하) 보수·보강이력사항

번호	공사명	공사 구분	보수·보강부위	설계자	시공자
	공사기간		공사내역	공사비 (천원)	책임기술자
1	국도43호선 황구지천교 신축이음 보수공사	보수	—	백강, 호성	유디아이(주)
	2021-03-19 ~ 2021-06-09		후타재보수	9,857	KG엔지니어링 종합건축사사무소
2	국도45호선 이동교 시설물 보수공사	보수	—	(주)세일엔진 니어링	(주)서현시설안전
	2019-05-07 ~ 2019-06-14		표면보수(바닥판, 거더, 가로보, 교대), 단면보수(거더, 가로보, 교대, 교량받침), 주입보수(교량받침 : 21㎡)	339,990	(주)내경엔지니어링

【표 2.2.2】 이동교(하) 보수·보강이력사항(계속)

번호	공사명	공사 구분	보수·보강부위	설계자	시공자
	공사기간		공사내역	공사비 (천원)	책임기술자
3	관내 교량하부 불법점용물 진입 차단시설 설치공사	개량	—	수원국토	중원그린산업(주) 김현태
	2011-06-20 ~ 2011-09-08		—	163,052	(주)다산건설턴트 한광홀

2.2.7 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 2.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y		
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 2023년 실시되었고, 내진성능을 만족한 것으로 확인되었다.			

2.2.8 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

2.2.9 하중변화 이력

준공이후 하중변화 이력은 없는 것으로 확인되었다.

2.2.10 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 전회 정밀안전점검 현장조사결과를 토대로 시설물의 상태현황 확인 및 성능평가 추가 조사를 실시하기 위하여 고소점검차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S4	도보, 고소작업차	2024.03.08.~2024.09.03.	
			
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. 바닥판하면

1) 부재의 개요

- 이동교(하)는 총 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=120.0m, 폭 17.3m(편도 4차로)로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 고소작업차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 2.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판하면에 대한 외관조사 결과, 금회 정밀조사로 균열(0.3mm이상), 백태, 파손 및 철근노출이 조사되었다. 기 발생된 백태, 파손이 확인되었으며, 금회 점검시 균열(0.3mm이상), 파손 및 철근노출이 신규로 추가 조사되었다.

【표 2.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판	균열(0.3mm이상)	m	—	—	2.50	2	▲ 2.50	신규손상
	백태	m ²	0.43	—	0.43	2	— —	변동없음
	파손 및 철근노출	m ²	0.09	—	0.99	3	▲ 0.90	신규손상

	
S1 백태, 파손(0.3m×0.3m)	S1 백태(0.2m×1.7m)
	
S1 파손 및 철근노출(0.3m×1.5m)	S1 파손(0.3m×1.5m)
	
S4 균열(0.3mm/1.5m)	S4 균열(0.3mm/1.0m)

【사진 2.3.3】바닥판하면 손상현황

3) 검토의견

- 바닥판 하면에 발생한 균열(0.3mm이상)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 구속응력 등에 의한 발생한 손상으로 우수유입, 온도변화 등에 의해 손상이 진전될 우려가 있으므로 내구성 확보 차원에서 주입보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 백태는 손상부를 통한 우수유입, 수분접촉, 종조인트 누수 등의 원인에 의해 발생한 것으로 판단되며, 표면처리를 통해 구조물의 내구성 저하를 방지하는 것이 바람직하다.
- 파손 및 철근노출은 외부충격, 우수유입, 온도변화 등에 의한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 및 손상의 진전 방지를 위해 단면보수(방청)를 실시하는 것이 필요하다.

나. PSCI Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 철근콘크리트로 시공되어 8열로 배치되어 있는 상태이며, 근접육안조사를 위하여 고소작업차를 이용하여 외관조사를 실시하였다.



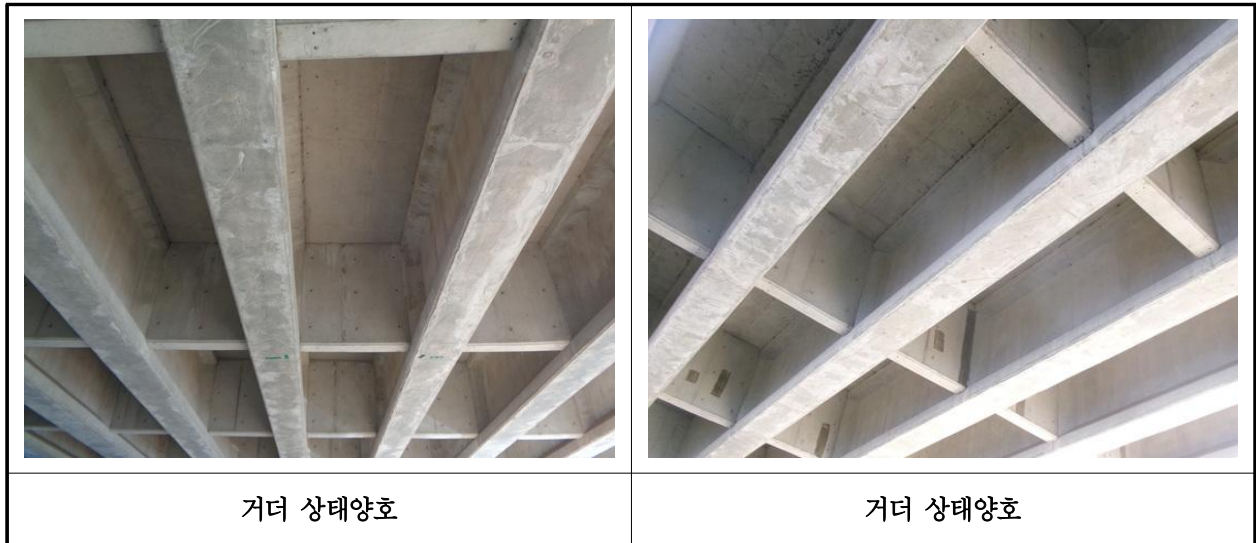
【사진 2.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 외관조사 결과 추가 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.3.2】 거더 외관조사 결과

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



【사진 2.3.5】 거더 손상현황

3) 검토의견

- 거더는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가 손상 발생 여부에 대한 주의관찰이 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



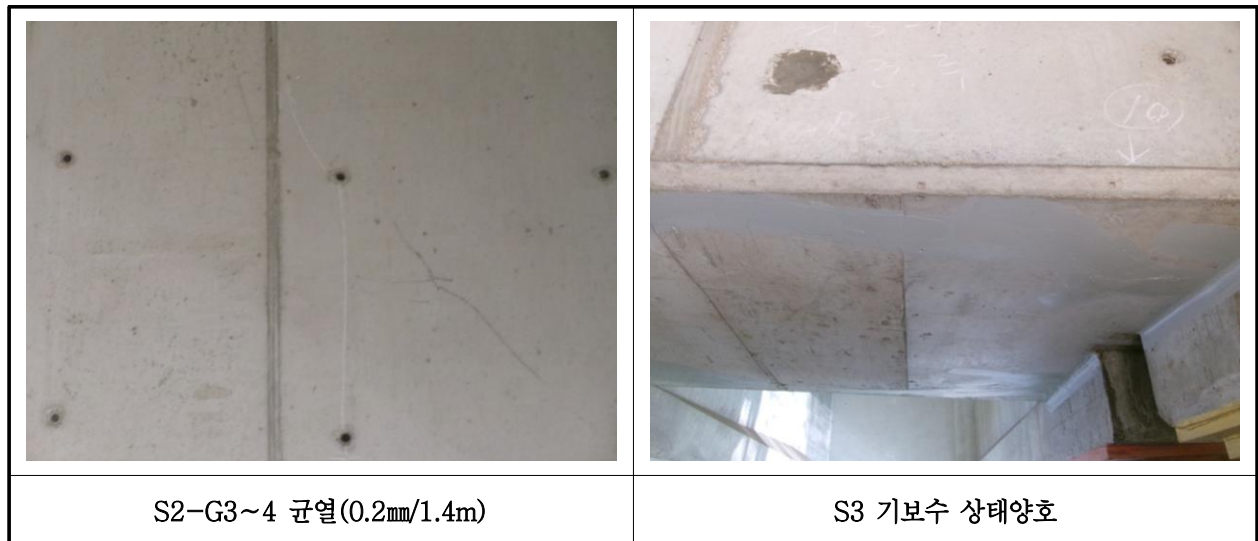
【사진 2.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 외관조사 결과 균열(0.3mm미만)이 조사되었다. 기 발생된 균열(0.3mm미만)이 확인되었으며, 금회 점검시 손상의 추가 및 진전은 없는 것으로 조사되었다.

【표 2.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
가로보	균열(0.3mm미만)	m	1.40	-	1.40	1	- -	변동없음



【사진 2.3.7】 가로보 손상현황

3) 검토의견

- 가로보에 발생된 균열(0.3mm미만)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 구속응력 등에 의한 발생한 손상으로 우수유입, 온도변화 등에 의해 손상이 진전될 우려가 있으므로 내구성 확보 차원에서 표면처리 보수를 실시하는 것이 필요하다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 이동교(하) 교대는 역T형 2기로 시공되어 있으며, 기초는 확대기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 2.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 대한 외관조사 결과 균열 및 보수부재균열(0.3mm미만), 백태, 누수흔적, 체수, 폐콘크리트 적치, 누수오염, 표면오염이 조사되었다. 기 손상인 균열 및 재균열(0.3mm미만), 백태, 누수흔적, 체수, 폐콘크리트 적치, 누수오염, 표면오염이 확인되었으며, 금회 점검시 손상의 추가 및 진전은 없는 것으로 조사되었다.

【표 2.3.4】 교대 외관조사 결과

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 성능평가		중,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3mm미만)	m	1.00	—	1.00	2	— —	변동없음
	보수부재균열(0.3mm미만)	m	1.00	—	1.00	2	— —	변동없음
	백태	m ²	2.26	—	2.26	6	— —	변동없음
	누수흔적, 체수	m ²	9.39	—	9.39	7	— —	변동없음
	폐콘크리트 적치	m ²	3.75	—	3.75	5	— —	변동없음
	누수오염, 표면오염	m ²	4.70	—	4.70	4	— —	변동없음

	
A1 보수부 재균열(0.2mm/0.5m)	A1 페콘크리트 퇴적(0.5m×1.5m, 5EA)
	
A1 백태(0.2m×2.0m)	A2 균열(0.2mm/0.5m)
	
A2 누수흔적(2.3m×1.0m)	A2 표면오염(0.5m×1.0m)

【사진 2.3.9】 교대 손상현황

3) 검토의견

- 교대에 발생한 균열 및 재균열(0.3mm미만)은 건조수축 및 구속응력, 온도변화 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 장기간 우수 및 외기에 의한 수분접촉시 표면열화에 따른 박리 또는 내부 철근의 부식 팽창 등에 의해 박락이 발생할 수 있으므로 내구성 확보를 위한 표면보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 백태는 손상부를 통한 우수유입, 수분접촉, 종조인트 누수 등의 원인에 의해 발생한 것으로 판단되며, 표면처리를 통해 구조물의 내구성 저하를 방지하는 것이 바람직하다.
- 누수흔적, 체수, 누수오염, 표면오염은 신축이음부 우수유입, 외기노출 등에 의한 것으로 판단되며, 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다. 보수시 신축이음부와 연계된 보수가 필요하다.
- 폐콘크리트 적치는 공사 및 보수시 발생한 것으로 정비를 통한 유지관리가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 이동교(하)의 교각은 라멘식(P1~P3)으로 구성되어 있으며, 기초는 직접기초로 시공되어있다. 교각에 대한 외관조사는 도보조사, 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.



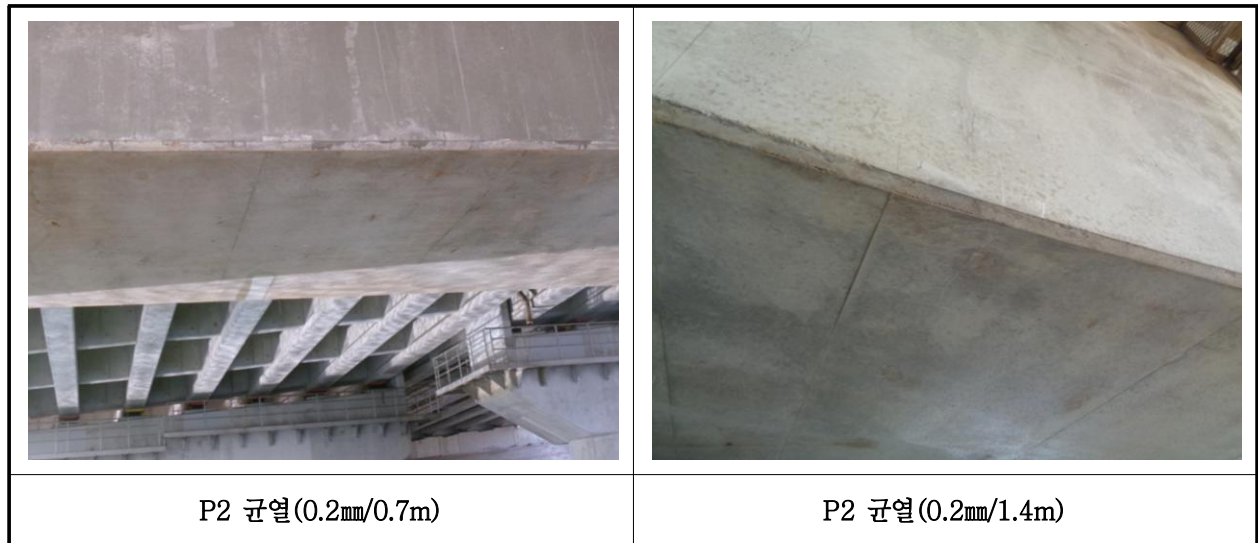
【사진 2.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 외관조사 결과 균열(0.3mm미만)이 조사되었다. 기 발생한 균열(0.3mm미만)이 확인되었으며, 금회 점검시 손상의 추가 및 진전은 없는 것으로 조사되었다.

【표 2.3.5】 교각 외관조사 결과

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교각	균열 (0.3mm미만)	m	6.10	—	6.10	6	— —	변동없음



【사진 2.3.11】 교각 손상현황

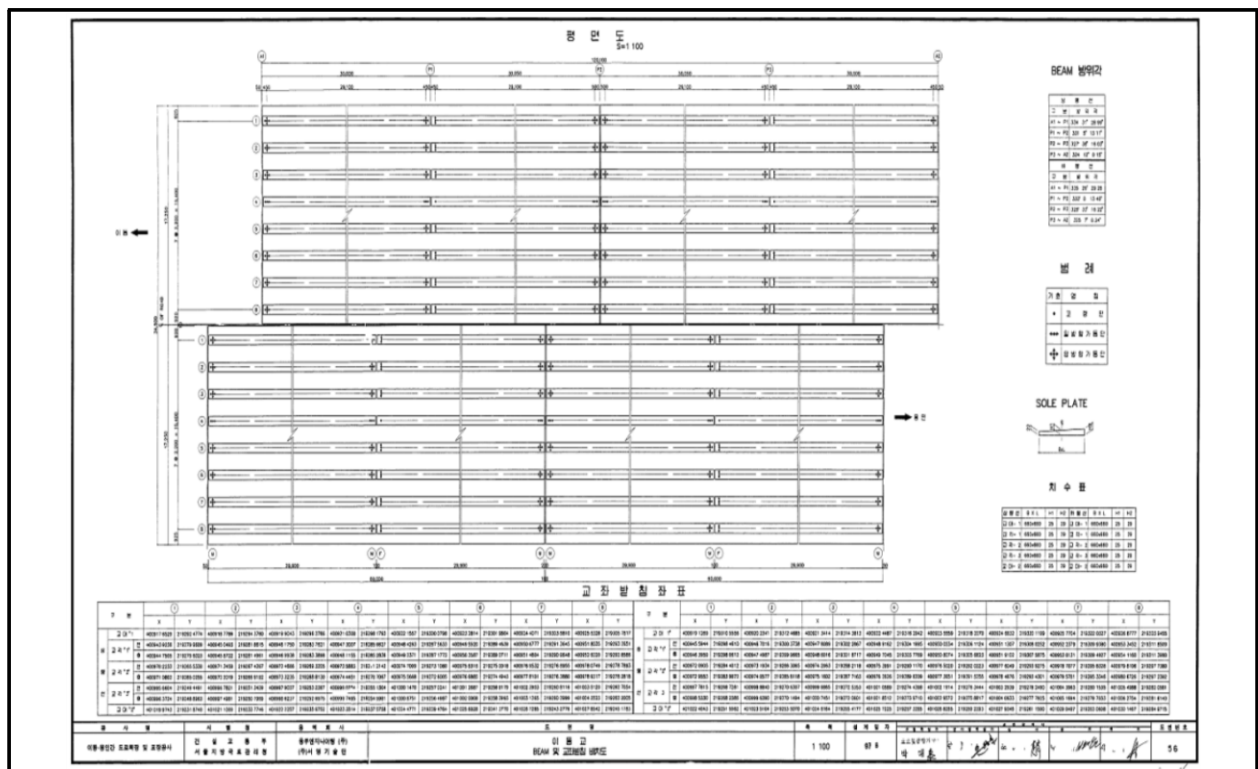
3) 검토의견

- 교각에 발생된 균열 (0.3mm미만)의 경우 건조수축 및 구속응력, 거푸집 조기탈거, 온도변화 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 장기간 우수 및 외기에 의한 수분침투시 표면열화에 따른 박리 또는 내부 철근의 부식 팽창 등에 의해 박락이 발생할 수 있으므로 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 이동교(하)의 교량받침은 고무받침(탄성받침)으로 거더당 2개소씩 배치되어 있으며, 총 64개소가 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 2.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침에 대한 외관조사 결과 받침몰탈 균열 및 재균열(0.3mm미만), 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), Plate 부식이 조사되었다. 기 발생한 받침 Plate 부식이 확인되었으며, 금회 점검시 받침몰탈 균열 및 재균열, 받침콘크리트 균열이 추가 조사되었다.

【표 2.3.6】 교량받침 외관조사 결과

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량 받침	받침몰탈 균열(0.3mm미만)	m	—	—	0.10	1	▲ 0.10	신규손상
	받침몰탈 재균열(0.3mm미만)	m	—	—	0.10	1	▲ 0.10	신규손상
	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	—	—	0.20	1	▲ 0.20	신규손상
	Plate 부식	EA	3.00	—	3.00	3	— —	변동없음

	
A2-SH8 플레이트 부식	P1-SH3(A1) 받침콘크리트 균열(0.1mm/0.2m)
	
P1-SH5(A2) 받침몰탈 균열(0.1mm/0.1m)	P2-SH1(A1) 받침몰탈 재균열(0.2mm/0.1m)

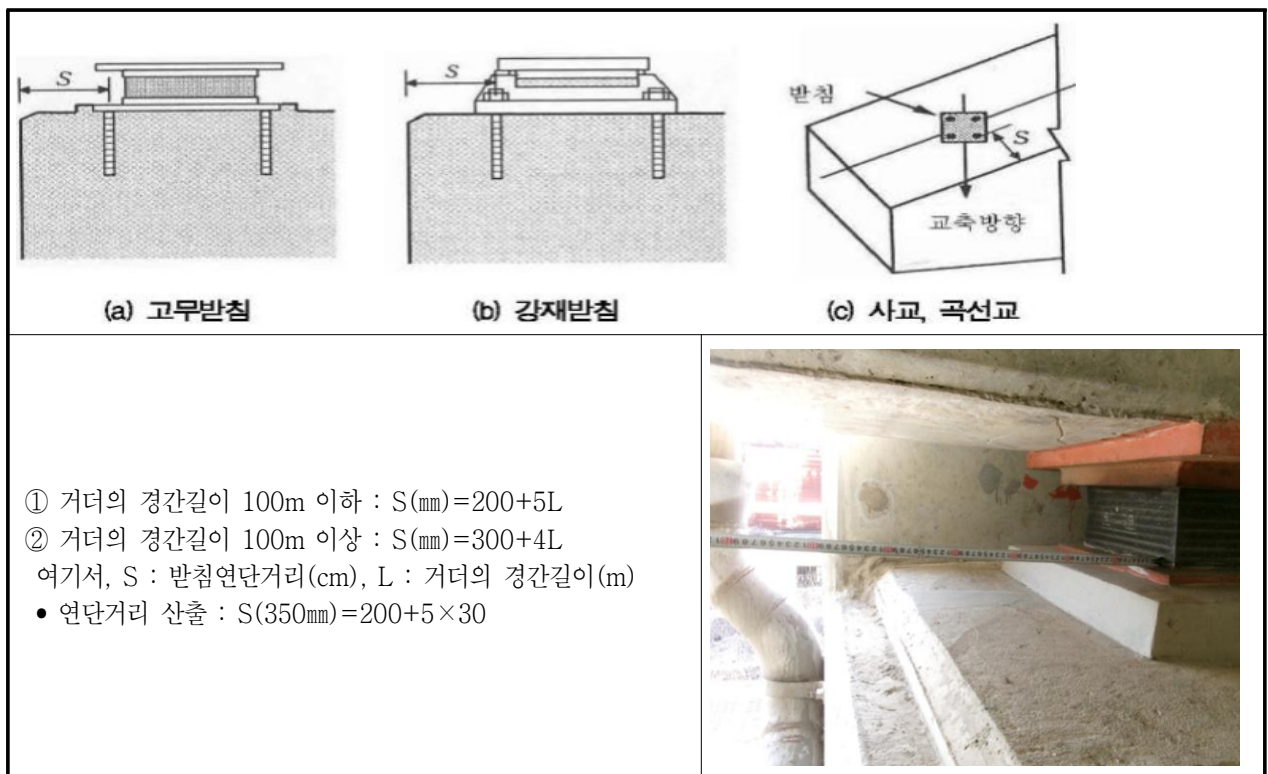
【사진 2.3.13】 교량받침 손상현황

3) 검토의견

- 교량받침에서 조사된 받침물탈 균열 및 재균열(0.3mm미만), 받침콘크리트 균열(0.3mm미만)의 경우 건조수축 및 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 판단되며, 미세균열로 교량 받침의 거동에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 보수 조치가 필요하다고 판단된다.
- Plate 부식의 경우 시공미흡, 우수유입, 외기노출, 공용기간 경과 등에 의해 발생한 손상으로 장기적인 내구성 확보를 위하여 재도장을 통한 보수가 필요하다.

5) 연단거리 검토

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



【그림 2.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

【표 2.3.7】연단거리 측정 결과

구 분	계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)								검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	Sh7	Sh8	
A1	350	460	450	460	460	450	460	460	460	O.K
P1	A1측	350	910	910	920	920	920	920	920	O.K
	A2측	350	940	940	940	940	930	930	930	O.K
P2	A1측	350	880	880	880	880	880	870	870	O.K
	A2측	350	890	890	890	890	890	900	900	O.K
P3	A1측	350	840	840	840	840	840	850	850	O.K
	A2측	350	850	850	850	850	860	860	860	O.K
A2	350	450	450	450	440	450	440	450	450	O.K

② 연단거리 검토의견

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

5) 교량받침 신축거동상태 검토

- 받침장치의 가동 여유량 검토는 교량의 신장 및 수축에 의해 안정화가 이루어진 상태이므로 건조수축, 크리프 등은 검토에서 배제하였고, 현 상태에서 신축이음의 신축에 가장 지배적인 온도에 의한 이동량을 계산하여 유간 확보 여부에 대한 검토를 실시하였다.

① 설계기준온도(-15℃ ~ 35℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 2.3.8】교량받침 온도변화에 의한 이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	29.2	20.8	0.00001	35.0	10.2	7.3	
P1	고정단						
P2(A1)	29.2	20.8	0.00001	35.0	10.2	7.3	
P2(A2)	29.2	20.8	0.00001	35.0	10.2	7.3	
P3	고정단						
A2	29.2	20.8	0.00001	35.0	10.2	7.3	
1) 조사당시 온도 : 14.2℃(조사일 : 2024년 4월 2일, 평균온도, 수원)							
2) 검토온도 : -15℃ ~ 35℃(한랭지방)							

【표 2.3.9】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용 변위 (mm)	수축 검토 결과	신장 검토 결과
			최대수축	최대수축	최대수축	최대신장			
A1	SH1	-5	49.0	59.0	10.2	7.3	±54.0	O.K	O.K
	SH2	-5	49.0	59.0			±54.0	O.K	O.K
	SH3	-5	49.0	59.0			±54.0	O.K	O.K
	SH4	-5	49.0	59.0			±54.0	O.K	O.K
	SH5	-5	49.0	59.0			±54.0	O.K	O.K
	SH6	-5	49.0	59.0			±54.0	O.K	O.K
	SH7	-5	49.0	59.0			±54.0	O.K	O.K
	SH8	-5	49.0	59.0			±54.0	O.K	O.K
P1	고정단								
P2(A1)	SH1	0	54.0	54.0	10.2	7.3	±54.0	O.K	O.K
	SH2	0	54.0	54.0			±54.0	O.K	O.K
	SH3	0	54.0	54.0			±54.0	O.K	O.K
	SH4	0	54.0	54.0			±54.0	O.K	O.K
	SH5	0	54.0	54.0			±54.0	O.K	O.K
	SH6	0	54.0	54.0			±54.0	O.K	O.K
	SH7	0	54.0	54.0			±54.0	O.K	O.K
	SH8	0	54.0	54.0			±54.0	O.K	O.K
P2(A2)	SH1	+5	59.0	49.0	10.2	7.3	±54.0	O.K	O.K
	SH2	+5	59.0	49.0			±54.0	O.K	O.K
	SH3	+5	59.0	49.0			±54.0	O.K	O.K
	SH4	+5	59.0	49.0			±54.0	O.K	O.K
	SH5	+5	59.0	49.0			±54.0	O.K	O.K
	SH6	+5	59.0	49.0			±54.0	O.K	O.K
	SH7	+5	59.0	49.0			±54.0	O.K	O.K
	SH8	+5	59.0	49.0			±54.0	O.K	O.K
P3	고정단								
A2	SH1	-5	49.0	59.0	10.2	7.3	±54.0	O.K	O.K
	SH2	-5	49.0	59.0			±54.0	O.K	O.K
	SH3	-5	49.0	59.0			±54.0	O.K	O.K
	SH4	-5	49.0	59.0			±54.0	O.K	O.K
	SH5	-5	49.0	59.0			±54.0	O.K	O.K
	SH6	-5	49.0	59.0			±54.0	O.K	O.K
	SH7	-5	49.0	59.0			±54.0	O.K	O.K
	SH8	-5	49.0	59.0			±54.0	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), Rail Joint(P2) 형식으로 시공된 상태이다.



【사진 2.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 외관조사 결과 후타재 균열(0.3mm미만), 파손, 패임, 유간 토사퇴적, 본체 변형, 차수관 볼트/너트 부족이 조사되었다. 기 발생한 후타재 균열, 파손, 패임, 유간 토사퇴적, 본체 변형, 차수관 볼트/너트 부족이 확인되었으며, 금회 점검시 손상의 추가 및 진전은 없는 것으로 조사되었다.

【표 2.3.10】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	45.10	—	45.10	114	— —	변동없음
	후타재 파손, 패임	m ²	0.44	—	0.44	5	— —	변동없음
	유간 토사퇴적	m	9.00	—	9.00	3	— —	변동없음
	본체 변형	EA	4.00	—	4.00	4	— —	변동없음
	차수관 볼트/너트 부족	EA	8.00	—	8.00	8	— —	변동없음

	
A1 후타재 파손(0.1m×3.0m)	A1 후타재 균열(0.1mm/0.3m, 7EA)
	
P2 유간 토사퇴적(L=5.0m)	P2 후타재 균열(0.1mm/0.4m)
	
A2 유간 토사퇴적(L=1.5m), 본체 변형	A2 후타재 균열(0.1mm/0.4m)

【사진 2.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열(0.3mm미만), 본체 변형은 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.
- 후타재 파손, 패임의 경우 차량 운하중, 외부충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 차량의 안전 사고 및 손상의 진전 방지를 위해 단면보수를 실시하는 것이 요구된다.
- 유간 토사퇴적의 경우 공용기간 경과에 따른 비산먼지 축적에 의해 발생한 손상으로 청소 등의 정비를 통한 유지관리가 요구된다.
- 차수판 볼트/너트 부족은 공용기간 경과, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 하부 우수유입 방지를 위해 교체를 통한 정비가 요구된다.

4) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(-15℃ ~ 35℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

- 신축이음의 유간검토는 교량의 신장 및 수축에 의해 안정화가 이루어진 상태이므로 시공전 후 신축이음 설치시 필요한 건조수축, 크리프, 그리고 부가여유량 및 설치여유량 등은 검토에서 배제하였고, 현 상태에서 신축이음의 신축에 가장 지배적인 온도에 의한 이동량을 계산하여 유간 확보 여부에 대한 검토를 실시하였다.
- 신축이음 유간 계산시 온도변화량은 한랭지방 콘크리트교 기준(-15℃ ~ +35℃)을 적용하였다. 신축이음 유간 측정시(2024년 04월 02일) 일평균기온(+14.2℃)을 기준으로 실측온도차를 산출하였고, 이 값을 적용온도변화(ΔT)에 적용하여 온도변화에 의한 이동량을 산출하였다.



【사진 2.3.16】 신축이음 유간측정



【사진 2.3.16】 신축이음 유간측정 (계속)

【표 2.3.11】 신축이음 온도변화에 의한 변화량 계산

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	29.2	20.8	0.00001	30.0	8.8	6.2	20	55	55	Finger Joint
P2	29.2	20.8	0.00001	60.0	17.5	12.5	50	110	200	Rail Joint
A2	29.2	20.8	0.00001	30.0	8.8	6.2	25	60	75	Finger Joint
1) 조사당시 온도 : 14.2 $^{\circ}C$ (조사일 : 2024년 4월 2일, 평균온도, 수원) 2) 검토온도 : -15 $^{\circ}C$ ~ 35 $^{\circ}C$ (한랭지방)										

【표 2.3.12】 신축이음장치 유간 측정결과

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	신축이음	8.8	6.2	20	50	21.2	13.8	OK	OK
	바닥판			55	—	—	48.8	—	OK
	거더			55	—	—	48.8	—	OK
P2	신축이음	17.5	12.5	50	100	32.5	37.5	OK	OK
	바닥판			110	—	—	97.5	—	OK
	거더			200	—	—	187.5	—	OK
A2	신축이음	8.8	6.2	25	50	16.2	18.8	OK	OK
	바닥판			60	—	—	53.8	—	OK
	거더			75	—	—	68.8	—	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

- 이동교(하)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스팔트 포장(T=80mm), 4차로로 시공되었으며, 2020년 점검 이후 전반적인 재포장이 실시된 것으로 확인되었다.



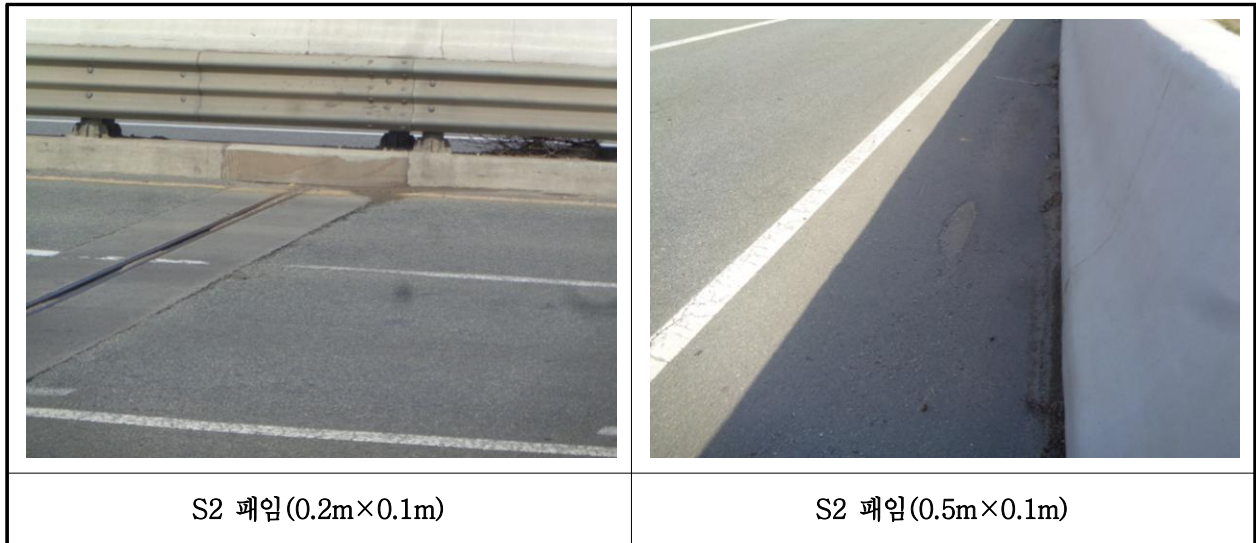
【사진 2.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장에 대한 외관조사 결과 아스콘 균열, 패임이 조사되었다. 기 발생한 아스콘 균열, 패임이 확인되었으며, 금회 점검시 손상의 추가 및 진전은 없는 것으로 조사되었다.

【표 2.3.13】 교면포장 외관조사 결과

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	아스콘 균열	m	33.00	—	33.00	2	— —	변동없음
	패임	m ²	0.07	—	0.07	2	— —	변동없음



【사진 2.3.18】 교면포장 손상현황

3) 검토의견

- 교면포장에 발생한 아스콘 균열, 패임의 경우 차량의 운하중, 외부충격 등에 의해 발생한 손상으로 비교적 경미한 상태로 차량 주행성능 저하의 우려는 없는 것으로 판단되는 바 주의관찰을 통한 유지관리가 필요하고, 진전시 아스콘 실링, 팻칭 등과 같은 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 이동교(하)의 배수시설은 교량의 횡구배에 맞게 설치되어 있으며, 육교형(S1~S4) 배수관으로 연결되어있는 상태이다.



【사진 2.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 외관조사 결과, 배수구 막힘, 토사퇴적, 배수관 길이부족이 조사되었다. 기 발생된 배수구 막힘, 토사퇴적, 배수관 길이부족이 조사되었으며, 금회 점검시 배수관 길이부족에 대한 손상이 일부 양호한 것으로 확인되었다.

【표 2.3.14】 배수시설 외관조사 결과

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	배수구 막힘	EA	6.00	—	6.00	6	— —	변동없음
	배수로 토사퇴적	m³	1.20	—	1.20	1	— —	변동없음
	배수관 길이부족	EA	5.00	—	3.00	3	▼ 2.00	상태양호

	
S1 배수구 막힘	S2 배수구 막힘
	
S1 배수관 길이부족	A1 배수로 토사퇴적

【사진 2.3.20】 배수시설 손상현황

3) 검토의견

- 배수시설의 배수구 막힘, 배수로 토사퇴적, 배수관 길이부족은 공용기간 증가, 우천시 토사유입, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 원활한 배수기능을 확보하기 위하여 청소, 정비 등을 통한 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.

차. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 좌·우측으로 철근 콘크리트 방호벽(H=1.18m)과 중앙분리대(연석+가드레일)이 시공되어있다.



【사진 2.3.21】 난간 및 연석 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만), 파손, 들뜸, 보호몰탈 박리, 가드레일 변형, 가드레일 지주파손, 표지판 파손이 조사되었다. 기 발생된 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 파손, 들뜸, 패임, 굽힘, 식생, 난간 변형, 누수흔적, 이음부 노출이 확인되었으며, 금회 점검 시 손상의 추가 및 진전은 없는 것으로 조사되었다.

【표 2.3.15】난간 및 연석 외관조사 결과

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	m	9.30	—	9.30	23	— —	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	0.25	—	0.25	1	— —	변동없음
	망상균열	m ²	1.76	—	1.76	2	— —	변동없음
	파손, 들뜸, 패임, 긁힘	m ²	10.33	—	10.33	31	— —	변동없음
	식생	m ²	1.76	—	1.76	33	— —	변동없음
	난간 변형	m	1.00	—	1.00	1	— —	변동없음
	누수흔적	m ²	2.36	—	2.36	5	— —	변동없음
	이음부 노출	m ²	0.30	—	0.30	2	— —	변동없음



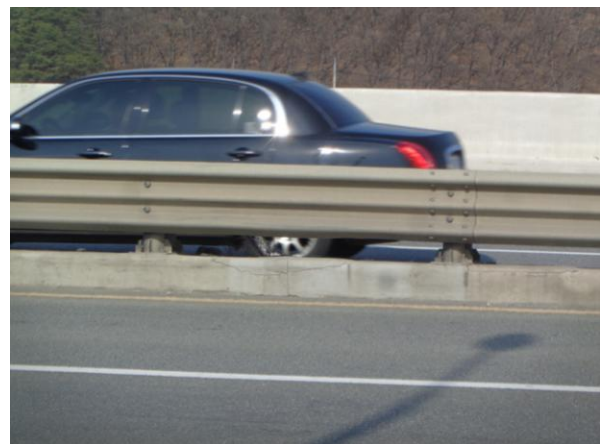
S1 방호벽 긁힘(1.2m×1.3m)



S1 중분대 표면들뜸(0.6m×0.5m)



S2 중분대 보수부들뜸(0.1m×0.3m)



S3 중분대 들뜸(0.4m×0.7m)

【사진 2.3.22】난간 및 연석 손상현황

	
S4 방호벽 균열(0.1mm/0.4m)	방호벽 제원측정 전경

【사진 2.3.22】 난간 및 연석 손상현황(계속)

3) 검토의견

- 방호벽 및 중분대에 발생한 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열의 경우 건조수축 및 구속응력, 온도변화, 수화열 등에 의해 발생된 것으로 내구성 및 미관 확보 차원의 보수를 실시하는 것이 요구되며, 보수시 철저한 시공관리를 통해 재손상이 발생하지 않도록 하는 것이 필요하다.
- 파손, 들뜸, 패임, 긁힘의 경우 차량충격에 따른 외부충격, 시공시 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지 및 내구성 확보 차원에서 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 난간 변형의 경우 차량충격에 따른 외부충격에 의한 손상으로 주행차량의 안전성 및 내구성 확보를 위해 정비를 통한 유지관리가 요구된다.
- 식생, 누수흔적, 이음부 노출의 경우 공용기간 경과, 비산먼지 및 토사 축적, 강우, 외기노출 등에 의해 발생한 것으로 손상 범위 확대 여부에 대한 주의관찰이 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 점검시설은 철근콘크리트 점검계단(A1), 강재 점검로(P1~P3)가 설치되어 있으며, 교각의 강재 점검시설은 교각과 일체로 연결된 상태로 외측에 작업자의 안전을 위한 난간이 설치되어있고, 점검사다리를 통해 교량 상부에서 출입이 가능한 상태이다.



교량 점검시설 전경

교량 점검시설 전경

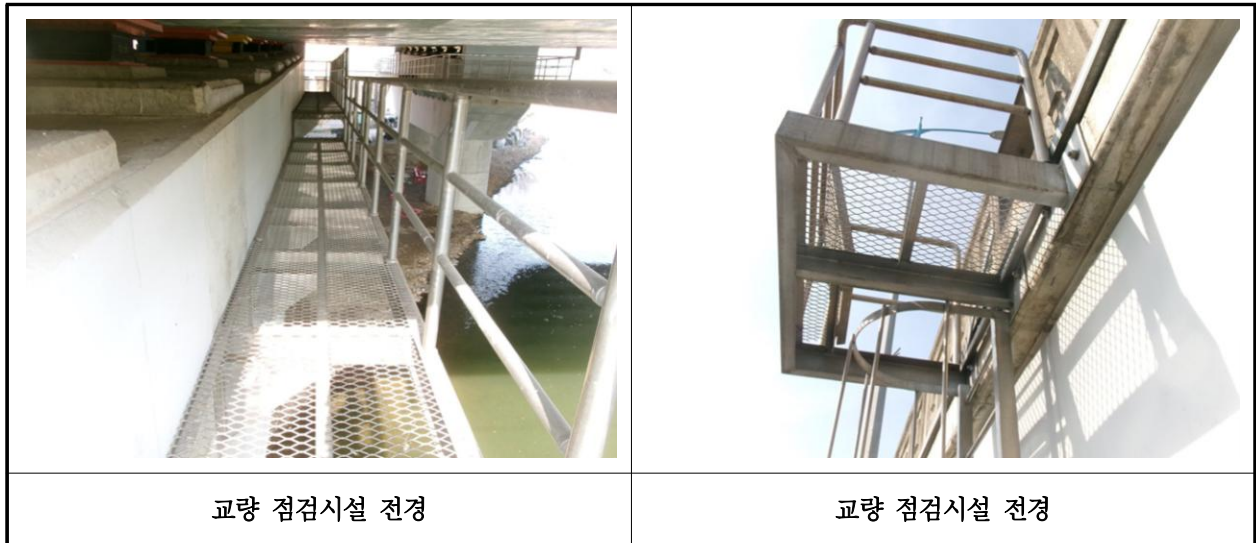
【사진 2.3.23】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 점검시설에 대한 현장조사 결과, 이용시 위험 발생요소는 조사되지 않았으며, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.3.16】 교량 점검시설 외관조사 결과

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



【사진 2.3.24】 교량 점검시설 손상현황

3) 검토의견

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

타. 공중이 이용하는 부위

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

1) 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 2.3.17】 손상물량 집계표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판하면	균열(0.3mm이상)	m	2.50	2	
	백태	m ²	0.43	2	
	파손 및 철근노출	m ²	0.99	3	
거더	상태양호	—	—	—	
가로보	균열(0.3mm미만)	m	1.40	1	
교대	균열(0.3mm미만)	m	1.00	2	
	보수부재균열(0.3mm미만)	m	1.00	2	
	백태	m ²	2.26	6	
	누수흔적, 채수	m ²	9.39	7	
	폐콘크리트 적치	m ²	3.75	5	
	누수오염, 표면오염	m ²	4.70	4	
교각	균열(0.3mm미만)	m	6.10	6	
교량받침	받침몰탈 균열(0.3mm미만)	m	0.10	1	
	받침몰탈 재균열(0.3mm미만)	m	0.10	1	
	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	0.20	1	
	Plate 부식	EA	3.00	3	
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	45.10	114	
	후타재 파손, 패임	m ²	0.44	5	
	유간 토사퇴적	m	9.00	3	
	본체 변형	EA	4.00	4	
	차수판 볼트/너트 부족	EA	8.00	8	
교면포장	아스콘 균열	m	33.00	2	
	패임	m ²	0.07	2	
배수시설	배수구 막힘	EA	6.00	6	
	배수로 토사퇴적	m ²	1.20	1	
	배수관 길이부족	EA	3.00	3	
난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	m	9.30	23	
	균열(0.3mm이상)	m	0.25	1	
	망상균열	m ²	1.76	2	
	파손, 들뜸, 패임, 긁힘	m ²	10.33	31	
	식생	m ²	1.76	33	
	난간 변형	m	1.00	1	
	누수흔적	m ²	2.36	5	
	이음부 노출	m ²	0.30	2	
교량 점검시설	상태양호	—	—	—	

2.3.4 기 점검 결과 비교

【표 2.3.18】 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2022년 정밀안전점검		2024년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판	균열(0.3mm이상)	m	—	—	2.50	2	▲ 2.50	신규손상
	백태	m ²	0.43	—	0.43	2	— —	변동없음
	파손 및 철근노출	m ²	0.09	—	0.99	3	▲ 0.90	신규손상
거더	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
가로보	균열(0.3mm미만)	m	1.40	—	1.40	1	— —	변동없음
교대	균열(0.3mm미만)	m	1.00	—	1.00	2	— —	변동없음
	보수부재균열(0.3mm미만)	m	1.00	—	1.00	2	— —	변동없음
	백태	m ²	2.26	—	2.26	6	— —	변동없음
	누수흔적, 체수	m ²	9.39	—	9.39	7	— —	변동없음
	페콘크리트 적치	m ²	3.75	—	3.75	5	— —	변동없음
	누수오염, 표면오염	m ²	4.70	—	4.70	4	— —	변동없음
교각	균열(0.3mm미만)	m	6.10	—	6.10	6	— —	변동없음
교량받침	받침몰탈 균열(0.3mm미만)	m	—	—	0.10	1	▲ 0.10	신규손상
	받침몰탈 재균열(0.3mm미만)	m	—	—	0.10	1	▲ 0.10	신규손상
	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	—	—	0.20	1	▲ 0.20	신규손상
	Plate 부식	EA	3.00	—	3.00	3	— —	변동없음
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	45.10	—	45.10	114	— —	변동없음
	후타재 파손, 패임	m ²	0.44	—	0.44	5	— —	변동없음
	유간 토사퇴적	m	9.00	—	9.00	3	— —	변동없음
	본체 변형	EA	4.00	—	4.00	4	— —	변동없음
	차수판 볼트/너트 부족	EA	8.00	—	8.00	8	— —	변동없음
교면포장	아스콘 균열	m	33.00	—	33.00	2	— —	변동없음
	패임	m ²	0.07	—	0.07	2	— —	변동없음
배수시설	배수구 막힘	EA	6.00	—	6.00	6	— —	변동없음
	배수로 토사퇴적	m ²	1.20	—	1.20	1	— —	변동없음
	배수관 길이부족	EA	5.00	—	3.00	3	▼ 2.00	상태양호
난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	m	9.30	—	9.30	23	— —	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	0.25	—	0.25	1	— —	변동없음
	망상균열	m ²	1.76	—	1.76	2	— —	변동없음
	파손, 들뜸, 패임, 긁힘	m ²	10.33	—	10.33	31	— —	변동없음
	식생	m ²	1.76	—	1.76	33	— —	변동없음
	난간 변형	m	1.00	—	1.00	1	— —	변동없음
	누수흔적	m ²	2.36	—	2.36	5	— —	변동없음
	이음부 노출	m ²	0.30	—	0.30	2	— —	변동없음
교량접합설	상태양호	—	—	—	—	—		

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

2.4.1 조사 현황 및 위치

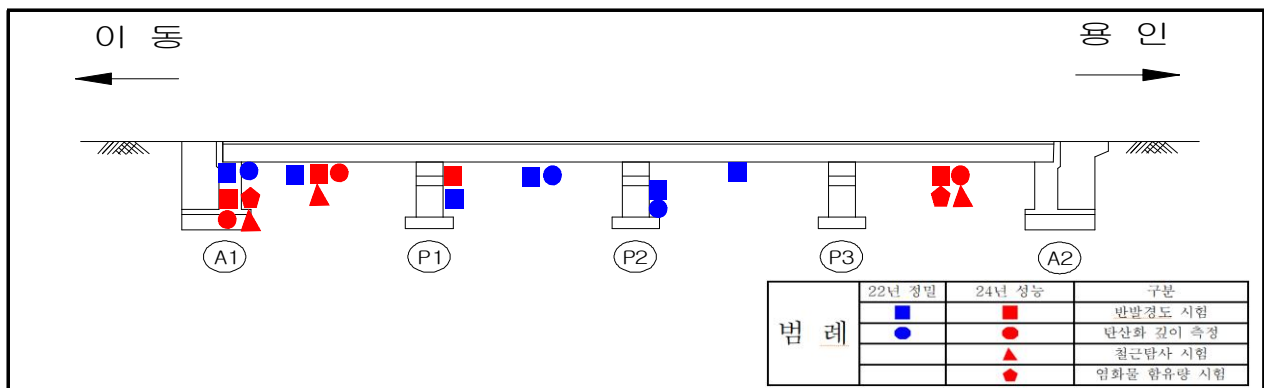
가. 조사 현황

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	3	3	5	3	
철근탐사시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	3	2	
탄산화깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 • 5경간 이상: 3~6개소		1	1	2	1	
염화물침투량 시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	1	1	

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



【사진 2.4.1】 반발경도 시험

【표 2.4.2】 상부구조(바닥판 및 가로보) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도(MPa)	비고
		반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S4 바닥판하면	48.9	27.8	28.2	0.63	27.0	건전
	S4 바닥판하면	47.5	26.7	27.6			비건전
	S4 가로보	55.4	32.9	31.1			건전

【표 2.4.3】 상부구조(거더) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도(MPa)	비고
		반발경도(R_o)	과학기술부	한국시설안전공단	재령보정계수		
상부구조	S1-G7 거더	60.9	50.2	64.0	0.63	35.0	건전
	S4-G7 거더	58.3	47.7	60.1			건전

【표 2.4.4】하부구조(교대 및 교각) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	44.5	24.2	26.2	0.63	21.0	건전
	P3 교각	48.9	27.8	28.2			건전
	P3 교각	46.0	25.4	26.9			비건전

2) 구조물 형식별 콘크리트 추정 비파괴강도

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판 및 가로보) 26.7~32.9MPa, 상부구조(거더) 47.7~64.0MPa, 하부구조(교대 및 교각) 24.2~28.2MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판 및 가로보 : 27.0MPa, 거더 : 35.0MPa, 교대 및 교각 : 21.0MPa)를 상회하는 것으로 확인되었다. 건전부와 비건전부의 검토 결과, 상부구조 비건전부의 강도가 건전부의 95% 이상, 하부구조 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 2.4.5】비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	위 치	전 회	금 회	설계기준강도
반발경도법	바닥판 및 가로보	35.6 ~ 36.6	26.7 ~ 32.9	27.0
	거더	62.5 ~ 69.4	47.7 ~ 64.0	35.0
	교대 및 교각	29.8 ~ 34.2	24.2 ~ 28.2	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 3개소, 하부 2개소를 실시하여, 총 5개소를 실시하였다.
- 철근 피복두께 및 배근간격은 설계치와 비교시 전반적으로 준공도면과 대체로 일치하는 것으로 나타났으며, 일부구간 배근간격이 다소 상이하고, 피복두께도 다소 부족한 것으로 측정되어 구조물에 대한 주의관찰이 요구된다.



【사진 2.4.2】 철근탐사 시험

【표 2.4.6】 철근탐사 결과

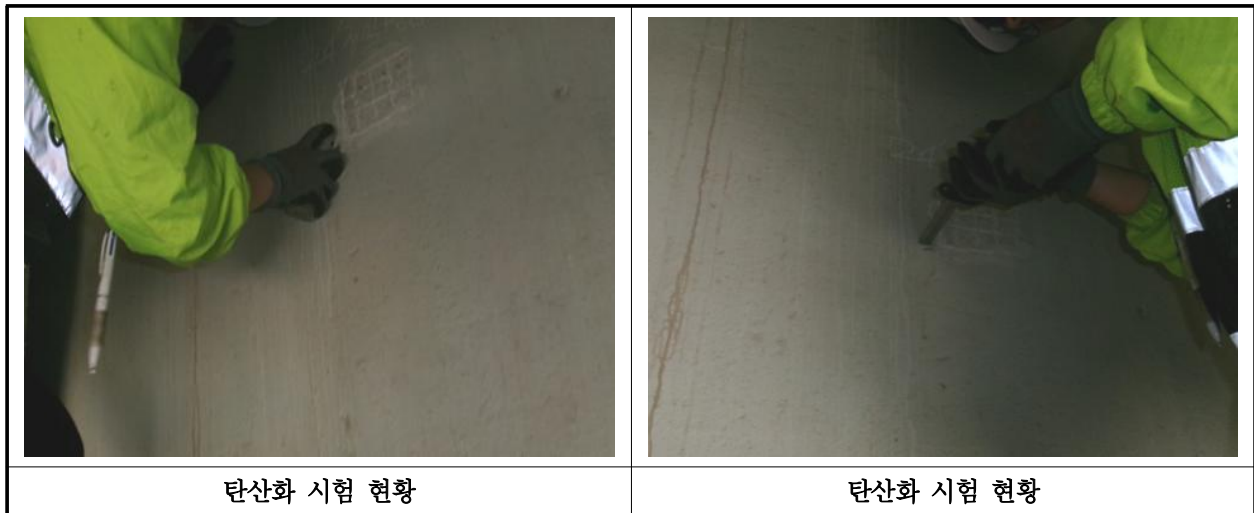
구 분	측정위치	철근	측정결과(mm)		설계도면(mm)		비고
			피복두께	배근간격	피복두께	배근간격	
상부 구조	S4 바닥판하면	주철근	44	120	40	125	양호
		배력철근	41	185	40	150	
	S4 바닥판하면 (염화물)	주철근	51	125	40	125	양호
		배력철근	40	180	40	150	
	S1-G7 거더	주철근	62	95	50	100	양호
		배력철근	75	180	50	200	
하부 구조	A1 교대	수직철근	51	105	60	100	양호
		수평철근	44	205	60	200	
	A1 교대 (염화물)	수직철근	48	100	60	100	양호
		수평철근	41	200	60	200	

※ 피복두께는 최저값, 배근간격은 평균값을 사용함.

다. 탄산화 깊이 측정

1) 탄산화 시험결과

이동교(상)에서 탄산화시험은 상부구조 2개, 하부구조 1개로 총 3개소 시험을 실시하였으며 결과 값은 아래 표에 정리하였다. 분석 결과, 전개소 모두 “탄산화에 의한 부식발생 우려 없음”인 ‘a’ 등급으로 평가되었고, 30년 초과의 잔존수명을 확보하여 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다.



【사진 2.4.3】 탄산화 시험

【표 2.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S4 바닥판하면	2.0	41.0	39.0	a	0.45	30년 초과	
	S1-G7 거터	1.5	62.0	60.5	a	0.34	30년 초과	
하부구조	A1 흥벽	5.0	41.0	36.0	a	1.12	30년 초과	

2) 기 정밀안전점검 결과와 비교

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

【표 2.4.8】탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	전 회			금 회			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
상부구조	1.70	31.30	a	1.5~2.0	39.0~60.5	a	
하부구조	5.54~5.64	37.46~69.36	a	5.0	36.0	a	
검토의견	■ 기준 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 2.4.9】내구성조사 결과 요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과 (배근간격)	설계기준 (피복두께)	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 및 가로보	26.7 ~ 32.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	47.7 ~ 64.0	35.0	
	하부구조	교대 및 교각	24.2 ~ 28.2	21.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		39.0~60.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		36.0	a등급	
철근탐사 (배근간 격/피복 두께) (mm)	상부 구조	주철근	95~125	44~62	■ 피복두께 및 배근간격은 대체로 설계치와 일치하나 일부구간 배근간격이 다소 상이하고 피복두께도 다소 부족한 것으로 조사됨
		배력철근	180~185	40~75	
	하부 구조	수직철근	100~105	48~51	
		수평철근	200~205	41~44	
종합 평가	- 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 - 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임 - 철근탐사 측정결과 전반적으로 설계값과 일치하나, 일부구간 피복두께가 다소 부족한 것으로 조사됨				

마. 내구성조사 결과 비교

【표 2.4.10】 내구성조사 결과 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고		
			전회		금회				
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	바닥판 및 가로보	35.6	~	36.6	26.7	~	32.9	■ 강도저하 없음
		거더	62.5	~	69.4	47.7	~	64.0	
	하부 구조	교대 및 교각	29.8	~	34.2	24.2	~	28.2	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		31.3		a	39.0~60.5		a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		37.4~69.3		a	36.0		a	
철근탐사 (배근간격/피복 두께) (mm)	상부 구조	주철근	—		—	95~125		44~62	■ 피복두께 및 배근간격은 대체로 설계치와 일치하나 일부구간 배근간격이 다소 상이하고 피복두께도 다소 부족한 것으로 조사됨
		배력철근	—		—	180~185		40~75	
	하부 구조	수직철근	—		—	100~105		48~51	
		수평철근	—		—	200~205		41~44	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용연수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨								

바. 반발경도 시험 보고서

【표 2.4.11】 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, 가로보 : 27.0MPa 거더 : 35.0MPa 교대/교각 : 21.0MPa
시험 위치의 표면상태	양호
시험시 온도	14.2℃
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
버린 반발경도의 값 및 위치	부록 참조

사. 탄산화 시험 보고서

【표 2.4.12】 탄산화 시험 보고서

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

아. 철근탐사시험 보고서

【표 2.4.13】 철근탐사시험 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. 염화물침투량시험 보고서

【표 2.4.14】 염화물침투량시험 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 S11
	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 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, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 ‘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	PSCI	c	a	a	a	c	c	c	a	b	q
S2	P1	PSCI	a	a	b	b	c	c	—	b	a	q
S3	P2	PSCI	a	a	a	a	c	c	c	b	b	q
S4	P3	PSCI	c	a	a	b	c	c	—	a	b	q
	A2	PSCI	—	—	—	—	—	—	c	b	b	q
평균			0.250	0.100	0.125	0.150	0.400	0.400	0.400	0.160	0.180	—
가중치			15	25	4	4	3	2	7	15	25	—
(평균×가중치) /가중치합			0.038	0.025	0.005	0.006	0.012	0.008	0.028	0.024	0.045	—
											0.191	
											B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.191) < 0.260$

나. 공중이 이용하는 부위 상태안전성능평가

① 추락방지시설

결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 “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

차량주행에 문제는 없으며 보수 여부를 결정하여야 하는 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 불편감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	○깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
e	○도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태

③ 도로부 신축이음부

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

기준	상태기준 설명
a	○신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 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
이동교(하)	0.191	B	120	4	480	1.000	0.191
합계(Σ)			120	4	480	1.000	0.191
1. 평가지수 =							0.191
2. 상태안전성능평가결과 =							B

2.5.2 구조안전성능평가

금회 과업은 2종 성능평가로써 설계당시 준공도면, 구조계산서, 전회 2종 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. 구조계산서

1) 구조검토 결과 요약

1.	거더 검토 조건 및 검토 단면
1.1	검토 조건
1)	교량 재원 - 교량명 : 이동교(상) - 형식 : PSC 18m Girder교 - 문명하중 : -24/DL-24 - 교량 : L = 30.000 m @ 2 = 60.000 m - 범정장 : Lb = 29.900 m - 지간 : Le = 29.100 m - 교폭 : B = 17.250 m - 유효폭 : Be = 16.750 m (유효폭) - SKIEW : $\theta = 7.00^\circ$, RADIUS : 500 m - GIRDER : 높이 : 2.00 m , 간격 : 2.20 m , 개수 : 7 EA
2)	하중 - 활하중 : -24/DL-24 - 충격계수 : $i = 15/(40+L)$
3)	사용 재료
①	Con'c
a.	바닥판 : fck = 27 Mpa
b.	PSC Girder : fck = 35 Mpa
②	Reinforcing Bar
a.	바닥판 : SD 400
b.	PSC Girder : SD 300
③	PS Tendon : SWPC7B : 7 - Φ 12.7 mm , 12 T (2) 저탄력케이블 PS강연선 - Sheath : Φ 66 mm - fpu = 1,900 Mpa (Ultimate Strength) - fpy = 1,600 MPa (Yield Strength)
4)	단위 중량 - 철근콘크리트 : $\gamma_{con} = 25.0$ kN/m³ - 아스팔트 포장 : $\gamma_{pave} = 23.0$ kN/m³ - 콘크리트 : $\gamma_{cc} = 23.5$ kN/m³

1.2	부재의 허용응력 및 물리상수																																																															
1)	물리 상수																																																															
①	콘크리트 탄성계수 $E_c = 8,500 \sqrt{f_{cu}}$ 여기서, $f_{cu} = f_{ck} + 4$																																																															
a.	바닥판 : $E_c = 26,702$ Mpa																																																															
b.	PSC Girder - Prestressing 직후 : $E_{c1} = 26,986$ Mpa - 설계하중 적용시 : $E_{c1} = 28,825$ Mpa																																																															
②	강재 탄성계수 : $E_s = 200,000$ Mpa																																																															
③	PS Tendon 탄성계수 : $E_p = 200,000$ Mpa																																																															
④	Coefficient																																																															
a.	철근구의 미결계수 : $\zeta = 0.030$																																																															
b.	곡률 미결계수 : $\mu = 0.300$ /rad																																																															
c.	파선 미결계수 : $\kappa = 0.0070$ /m																																																															
⑤	Creep Factor : $\Phi = 2.2$ (Con'c 초기하중부터 T=∞까지의 Creep Factor) $\Phi_{\infty} = 3.0$ (바닥판 합성후부터 T=∞까지의 Creep Factor)																																																															
⑥	Shrinkage Ratio : $\epsilon_s = 0.0002$ (Girder와 바닥판의 건조수축차)																																																															
⑦	Anchorage Slip : $\Delta_L = 3$ mm																																																															
2)	PSC 거더 허용 응력																																																															
	<table> <tr> <th>부재</th><th>하중 상태</th><th>항목</th><th>산정식</th><th>허용 응력</th></tr> <tr> <td rowspan="3">바닥판</td><td rowspan="3">설계하중 적용시</td><td>압축강도</td><td>fck</td><td>27.00 Mpa</td></tr> <tr> <td>허용압축응력</td><td>0.40 fck</td><td>10.80 Mpa</td></tr> <tr> <td>허용인장응력</td><td>0.50 / fck</td><td>2.60 Mpa</td></tr> <tr> <td rowspan="6">PSC Girder</td><td rowspan="2">Prestressing 시의 압축강도</td><td></td><td>0.60 fck</td><td>28.00 Mpa</td></tr> <tr> <td>허용압축응력</td><td>상계값 적용</td><td>15.40 Mpa</td></tr> <tr> <td rowspan="2">허용인장응력</td><td>상계값 적용</td><td></td><td>1.26 Mpa</td></tr> <tr> <td>상계값 적용</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>설계하중 적용시의 압축강도</td><td>fck</td><td></td><td>35.00 Mpa</td></tr> <tr> <td>설계하중 적용시</td><td>허용압축응력</td><td>상계값 적용</td><td>14.00 Mpa</td></tr> <tr> <td>허용인장응력</td><td>상계값 적용</td><td></td><td>2.806 Mpa</td></tr> <tr> <td rowspan="5">PS Tendon</td><td rowspan="2">전 하중</td><td>극한강도</td><td>fpu</td><td>1,900 Mpa</td></tr> <tr> <td>항목강도</td><td>fpy</td><td>1,600 Mpa</td></tr> <tr> <td rowspan="2">하중 최대 긴장력</td><td></td><td>0.90 fpy</td><td>1,440 Mpa</td></tr> <tr> <td>정적 하중 정적부</td><td>허용 응력</td><td>0.70 fpu</td><td>1,330 Mpa</td></tr> <tr> <td>손실후 설계하중 적용시</td><td>허용 응력</td><td>0.80 fpy</td><td>1,280 Mpa</td></tr> </table>	부재	하중 상태	항목	산정식	허용 응력	바닥판	설계하중 적용시	압축강도	fck	27.00 Mpa	허용압축응력	0.40 fck	10.80 Mpa	허용인장응력	0.50 / fck	2.60 Mpa	PSC Girder	Prestressing 시의 압축강도		0.60 fck	28.00 Mpa	허용압축응력	상계값 적용	15.40 Mpa	허용인장응력	상계값 적용		1.26 Mpa	상계값 적용			설계하중 적용시의 압축강도	fck		35.00 Mpa	설계하중 적용시	허용압축응력	상계값 적용	14.00 Mpa	허용인장응력	상계값 적용		2.806 Mpa	PS Tendon	전 하중	극한강도	fpu	1,900 Mpa	항목강도	fpy	1,600 Mpa	하중 최대 긴장력		0.90 fpy	1,440 Mpa	정적 하중 정적부	허용 응력	0.70 fpu	1,330 Mpa	손실후 설계하중 적용시	허용 응력	0.80 fpy	1,280 Mpa
부재	하중 상태	항목	산정식	허용 응력																																																												
바닥판	설계하중 적용시	압축강도	fck	27.00 Mpa																																																												
		허용압축응력	0.40 fck	10.80 Mpa																																																												
		허용인장응력	0.50 / fck	2.60 Mpa																																																												
PSC Girder	Prestressing 시의 압축강도		0.60 fck	28.00 Mpa																																																												
		허용압축응력	상계값 적용	15.40 Mpa																																																												
	허용인장응력	상계값 적용		1.26 Mpa																																																												
		상계값 적용																																																														
	설계하중 적용시의 압축강도	fck		35.00 Mpa																																																												
	설계하중 적용시	허용압축응력	상계값 적용	14.00 Mpa																																																												
허용인장응력	상계값 적용		2.806 Mpa																																																													
PS Tendon	전 하중	극한강도	fpu	1,900 Mpa																																																												
		항목강도	fpy	1,600 Mpa																																																												
	하중 최대 긴장력		0.90 fpy	1,440 Mpa																																																												
		정적 하중 정적부	허용 응력	0.70 fpu	1,330 Mpa																																																											
	손실후 설계하중 적용시	허용 응력	0.80 fpy	1,280 Mpa																																																												

5)	Girder & Slab 제원
----	------------------

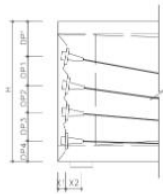
① Girder 단면 제원 (Center)

~ 외측 Girder 종설까지)



- | | |
|----------------|-----------------------|
| • Hd = 25 cm | • Bex1 = 95.0 cm (G7) |
| • H = 200 cm | • Bex2 = 95.0 cm (G6) |
| • H1 = 18 cm | • Bd1 = 205 cm (G7) |
| • H2 = 10 cm | • Bd2 = 205 cm (G6) |
| • H3 = 127 cm | • Bd = 220 cm (G2) |
| • H4 = 22.0 cm | • Bfu = 70 cm |
| • H5 = 23.0 cm | • B1 = 20 cm |
| • D1 = 12.0 cm | • B2 = 25 cm |
| • D2 = 8.0 cm | • B3 = 23 cm |
| | • Bfl = 66 cm (G1) |
| • 도랑 = 8.0 cm | |

② Girder 단부 제원



- H = 200 cm • X1 = 15 cm
- DP* = 50.0 cm • X2 = 25 cm
- DP1 = 41.4 cm
- DP2 = 38.6 cm
- DP3 = 40.6 cm
- DP4 = 29.4 cm
- DP5 = - cm

③ 사용 철근

a. 바닥판

- ▶ **필렛레버**
- : D 16 @ 125 mm $Asd = 15.888 \text{ cm}^2$ (주철근이 저형진행 적각방형)
- : 피복두께 = 6.0 cm
- ▶ **연속부**
- : D 16 @ 125 mm $Asd = 15.888 \text{ cm}^2$ (주철근이 저형진행 적각방형)
- : 피복두께 = 4.0 cm

b.	Girder
----	--------

- | | |
|-----------------|------------------------------|
| ▶ 전단 철근 | (지점에서 0.000 m ~ 지점에서 3.00 m) |
| : D 16 @ 200 mm | Asg = 9.930 cm ² |
| : 피복두께 = 4.0 cm | |
| ▶ 전단 철근 | (지점에서 3.000 m ~ 지점에서 7.50 m) |
| : D 16 @ 300 mm | Asg = 6.620 cm ² |
| : 피복두께 = 4.0 cm | |
| ▶ 전단 철근 | (지점에서 7.30 m ~ 지점에서 14.55 m) |
| : D 16 @ 384 mm | Asg = 5.172 cm ² |
| : 피복두께 = 4.0 cm | |

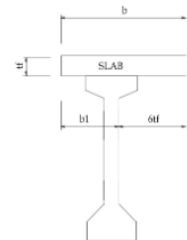
6)	PS Tendon 제원
----	--------------

- SHEATH : $\Phi = 66$, 4 EA :
 Ash = 34.21 cm^2/EA
 Asht = 136.84 cm^2
- PS Tendon : 7 - Φ 12.7 , 12 T , 4 EA
 Ap = 98.71 $\text{mm}^2/\text{Strand}$
 Ap* = 0.9871 $\times 12 = 11.8452$ cm^2/EA
 Apt = 11.8452 $\times 4 = 47.3808$ cm^2
- Tendon 배치 개수 = 4 EA (상단 3 EA) = tu
 (하단 3 EA) = tb
 - 상단면단 도심에서 Beam 상면까지의 거리 : 180.00 cm
 - 하단면단 도심에서 Beam 상면까지의 거리 : 192.00 cm
- Dep = 189.00 cm : (Tendon 도심에서 Girder 상면까지의 거리)

6)	Slab 异豆荚
----	----------

① 외측 Girder (G1)

④ 비대칭 T형 이므로 다음의 값 중 작은값을 유효폭으로 한다.

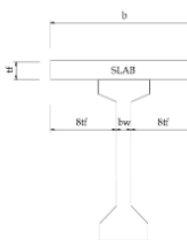


- $\bullet \text{ } 6 \text{ if} + b1$
 $= 6 \times 25 + 105$
 $= 255.0 \text{ cm}$
 $\bullet \text{ (보의 시간의 } 1/12) + b1$
 $= 2,910 / 12 + 105$
 $= 347.5 \text{ cm}$
 $\bullet \text{ (인접거리와의 순경간의 } 1/2) + b1$
 $= 200 / 2 + 105$
 $= 205.0 \text{ cm}$
 $\therefore b = 205.0 \text{ cm}$

- 외측 Girder 바닥판의 유효폭: $B_{de} = 205.0 \text{ cm}$

② 내측 Girder

④ 대형 T형 이므로 다음의 값 중 작은값을 유효폭으로 한다.

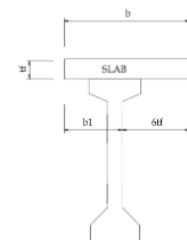


- ▶ $16tf + bw$
 $= 16 \times 25 + 20$
 $= 420.0 \text{ cm}$
- ▶ $\langle \frac{b}{4} \rangle$
 $= 2,910 / 4$
 $= 727.5 \text{ cm}$
- ▶ (양쪽 Slab의 중심간 거리)
 $= 220.0 \text{ cm}$
- ∴ $b = 220.0 \text{ cm}$

- 내측 Girder 바닥판의 유효폭: $B_{de}' = 220.0 \text{ cm}$

③ 외측 Girder (G9)

⇒ 비대칭 T형 이므로 다음의 값 중 작은값을 유효폭으로 한다.

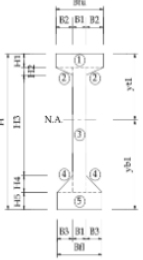


- ▶ $6f + b1$
 $= 6 \times 25 + 105$
 $= 255.0 \text{ cm}$
- ▶ (보의 시간의 $1/12$) + $b1$
 $= 2,910 \div 12 + 105$
 $= 347.5 \text{ cm}$
- ▶ (임장거리와의 순경간의 $1/2$) + $b1$
 $= 200 \div 2 + 105$
 $= 205.0 \text{ cm}$
- ∴ $b = 205.0 \text{ cm}$

* 외측 Girder 바닥판의 유효폭: $B_{de} = 205.0 \text{ cm}$

2. 단면 제계수

2.1 총단면에 대한 단면 제계수



Member	B (cm)	H (cm)	A (cm ²)	y (cm)	A · y (cm ³)	A · y ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)
①	70.0	18.0	1,260.00	9.00	11,340.00	102,060.00	34,020.00
②	25.0	10.0	250.00	21.33	5,332.50	113,742.22	1,388.88
③	20.0	159.0	3,180.00	97.50	310,050.00	30,229,875.00	6,699,465.00
④	23.0	22.0	506.00	169.67	85,853.02	14,566,681.90	13,605.77
⑤	66.0	23.0	1,518.00	188.50	286,143.00	53,937,955.50	66,918.50
Σ			6,714.00		698,718.52	98,950,314.62	6,815,398.15

$$y_{t1} = \frac{\sum(A \cdot y)}{\sum A} = \frac{698,718.52}{6,714} = 104.06 \text{ cm}$$

$$y_{b1} = H - y_{t1} = 200.0 - 104.06 = 95.94 \text{ cm}$$

$$I_{c1} = \sum I_o + \sum (A \cdot y^2) - \sum A \cdot y_{t1}^2 = 6,815,398.15 + 98,950,314.62 - 6,714.00 \times 104.06^2 = 33,063,273 \text{ cm}^4$$

$$Z_{t1} = \frac{I_{c1}}{y_{t1}} = \frac{33,063,273}{104.06} = 317,732 \text{ cm}^3$$

$$Z_{b1} = \frac{I_{c1}}{y_{b1}} = \frac{33,063,273}{95.94} = 344,624 \text{ cm}^3$$

$$r_{t1}^2 = \frac{I_{c1}}{\sum A} = \frac{33,063,273}{6,714.00} = 4,924 \text{ cm}^2$$

2.2 순단면에 대한 단면 제계수



Member	A (cm ²)	y (cm)	A · y (cm ³)	A · y ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)
순 단 면	6,714.00		698,718.52	98,950,314.62	6,815,398.15
SHEATH	-136.84	189.00	-25,862.76	-4,888,061.64	0.00
Σ	6,577.16		672,855.76	94,062,252.98	6,815,398.15

$$y_{t2} = \frac{\sum(A \cdot y)}{\sum A} = \frac{672,855.76}{6,577.16} = 102.30 \text{ cm}$$

$$y_{b2} = H - y_{t2} = 200.0 - 102.30 = 97.70 \text{ cm}$$

$$e_{p2} = Dep - y_{t2} = 189.00 - 102.30 = 86.70 \text{ cm}$$

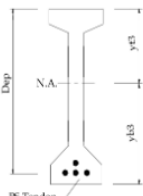
$$I_{c2} = \sum I_o + \sum (A \cdot y^2) - \sum A \cdot y_{t2}^2 = 6,815,398.15 + 94,062,252.98 - 6,577.16 \times 102.30^2 = 32,045,764.00 \text{ cm}^4$$

$$Z_{t2} = \frac{I_{c2}}{y_{t2}} = \frac{32,045,764}{102.30} = 313,252 \text{ cm}^3$$

$$Z_{b2} = \frac{I_{c2}}{y_{b2}} = \frac{32,045,764}{97.70} = 328,001 \text{ cm}^3$$

$$Z_{p2} = \frac{I_{c2}}{e_{p2}} = \frac{32,045,764}{86.70} = 369,616 \text{ cm}^3$$

2.3 PS Tendon 환산단면에 대한 단면 제계수



Member	A (cm ²)	y (cm)	A · y (cm ³)	A · y ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)
순 단 면	6,577.16		672,855.76	94,062,252.98	6,815,398.15
PS Tendon	318.210	189.00	60,141.69	11,366,779.41	0.00
Σ	6,895.37		732,997.45	105,429,032.39	6,815,398.15

$$n_p = \frac{E_p}{E_{cg}} = \frac{200,000}{8,500 \times \sqrt[3]{\frac{35}{8}}} = 6.716$$

$$A_{pt}' = A_{pt} \cdot n_p = 318.21 \text{ cm}^2$$

$$y_{t3} = \frac{\sum(A \cdot y)}{\sum A} = \frac{732,997.45}{6,895.37} = 106.30 \text{ cm}$$

$$y_{b3} = H - y_{t3} = 200.0 - 106.30 = 93.70 \text{ cm}$$

$$e_{p3} = Dep - y_{t3} = 189.00 - 106.30 = 82.70 \text{ cm}$$

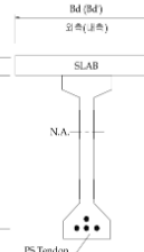
$$I_{c3} = \sum I_o + \sum (A \cdot y^2) - \sum A \cdot y_{t3}^2 = 6,815,398.15 + 105,429,032.39 - 6,895.37 \times 106.30^2 = 34,328,887.10 \text{ cm}^4$$

$$Z_{t3} = \frac{I_{c3}}{y_{t3}} = \frac{34,328,887}{106.30} = 322,943 \text{ cm}^3$$

$$Z_{b3} = \frac{I_{c3}}{y_{b3}} = \frac{34,328,887}{93.70} = 366,370 \text{ cm}^3$$

$$Z_{p3} = \frac{I_{c3}}{e_{p3}} = \frac{34,328,887}{82.70} = 415,101 \text{ cm}^3$$

2.4 바닥판 합성단면에 대한 단면 제계수



Member	A (cm ²)	y (cm)	A · y (cm ³)	A · y ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)
순 단 면	6,577.16		672,855.76	94,062,252.98	6,815,398.15
PS Tendon	318.210	189.00	60,141.69	11,366,779.41	0.00
Σ	6,895.37		732,997.45	105,429,032.39	6,815,398.15

$$y_{t3} = \frac{\sum(A \cdot y)}{\sum A} = \frac{732,997.45}{6,895.37} = 106.30 \text{ cm}$$

$$y_{b3} = H - y_{t3} = 200.0 - 106.30 = 93.70 \text{ cm}$$

$$e_{p3} = Dep - y_{t3} = 189.00 - 106.30 = 82.70 \text{ cm}$$

$$I_{c3} = \sum I_o + \sum (A \cdot y^2) - \sum A \cdot y_{t3}^2 = 6,815,398.15 + 105,429,032.39 - 6,895.37 \times 106.30^2 = 34,328,887.10 \text{ cm}^4$$

$$Z_{t3} = \frac{I_{c3}}{y_{t3}} = \frac{34,328,887}{106.30} = 322,943 \text{ cm}^3$$

$$Z_{b3} = \frac{I_{c3}}{y_{b3}} = \frac{34,328,887}{93.70} = 366,370 \text{ cm}^3$$

$$Z_{p3} = \frac{I_{c3}}{e_{p3}} = \frac{34,328,887}{82.70} = 415,101 \text{ cm}^3$$

1) 외측 Girder (G1)

Member	A (cm ²)	y (cm)	A · y (cm ³)	A · y ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)
PS Tendon 합성단면	6,895.37		732,997.45	105,429,032.39	6,815,398.15
바닥판 원상단면	4,786.75	-12.50	-59,834.37	747,929.62	249,309.89
Σ	11,682.12		673,163.08	106,176,962.01	7,064,708.04

$$y_{t4} = \frac{\Sigma(A \cdot y)}{\Sigma A} = \frac{673,163.08}{11,682.12} = 57.62 \text{ cm}$$

$$y_{b4} = H - y_{t4} = 142.38 \text{ cm}$$

$$y_s = y_{t4} + H_d = 82.62 \text{ cm}$$

$$e_{p4} = \text{Dep} - y_{t4} = 131.38 \text{ cm}$$

$$I_{c4} = \Sigma I_o + \Sigma (A \cdot y^2) - \Sigma A \cdot y_{t4}^2$$

$$= 7,064,708.04 + 106,176,962.01 - 11,682.12 \times 57.62^2 = 74,456,279.00 \text{ cm}^4$$

$$Z_{t4} = \frac{I_{c4}}{y_{t4}} = \frac{74,456,279}{57.62} = 1,292,195 \text{ cm}^3$$

$$Z_{b4} = \frac{I_{c4}}{y_{b4}} = \frac{74,456,279}{142.38} = 522,940 \text{ cm}^3$$

$$Z_{p4} = \frac{I_{c4}}{e_{p4}} = \frac{74,456,279}{131.38} = 566,724 \text{ cm}^3$$

$$Z_s = \frac{I_{c4}}{y_s} = \frac{74,456,279}{82.62} = 901,189 \text{ cm}^3$$

2) 내측 Girder (G2~G5)

Member	A (cm ²)	y (cm)	A · y (cm ³)	A · y ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)
PS Tendon 합성단면	6,895.37		732,997.45	105,429,032.39	6,815,398.15
바닥판 원상단면	5,137.00	-12.50	-64,212.50	802,656.25	267,552.08
Σ	12,032.37		668,784.95	106,231,688.64	7,082,950.23

$$y_{t4} = \frac{\Sigma(A \cdot y)}{\Sigma A} = \frac{668,784.95}{12,032.37} = 55.58 \text{ cm}$$

$$y_{b4} = H - y_{t4} = 144.42 \text{ cm}$$

$$y_s = y_{t4} + H_d = 80.58 \text{ cm}$$

$$e_{p4} = \text{Dep} - y_{t4} = 133.42 \text{ cm}$$

$$I_{c4} = \Sigma I_o + \Sigma (A \cdot y^2) - \Sigma A \cdot y_{t4}^2$$

$$= 7,082,950.23 + 106,231,688.64 - 12,032.37 \times 55.58^2 = 76,145,006.00 \text{ cm}^4$$

$$Z_{t4} = \frac{I_{c4}}{y_{t4}} = \frac{76,145,006}{55.58} = 1,370,007 \text{ cm}^3$$

$$Z_{b4} = \frac{I_{c4}}{y_{b4}} = \frac{76,145,006}{144.42} = 527,246 \text{ cm}^3$$

$$Z_{p4} = \frac{I_{c4}}{e_{p4}} = \frac{76,145,006}{133.42} = 570,716 \text{ cm}^3$$

$$Z_s = \frac{I_{c4}}{y_s} = \frac{76,145,006}{80.58} = 944,961 \text{ cm}^3$$

3) 외측 Girder (G6)

Member	A (cm ²)	y (cm)	A · y (cm ³)	A · y ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)
PS Tendon 합성단면	6,895.37		732,997.45	105,429,032.39	6,815,398.15
바닥판 원상단면	4,786.75	-12.50	-59,834.37	747,929.62	249,309.89
Σ	11,682.12		673,163.08	106,176,962.01	7,064,708.04

$$y_{t4} = \frac{\Sigma(A \cdot y)}{\Sigma A} = \frac{673,163.08}{11,682.12} = 57.62 \text{ cm}$$

$$y_{b4} = H - y_{t4} = 142.38 \text{ cm}$$

$$y_s = y_{t4} + t = 82.62 \text{ cm}$$

$$e_{p4} = \text{Dep} - y_{t4} = 131.38 \text{ cm}$$

$$I_{c4} = \Sigma I_o + \Sigma (A \cdot y^2) - \Sigma A \cdot y_{t4}^2$$

$$= 7,064,708.04 + 106,176,962.01 - 11,682.12 \times 57.62^2 = 74,456,279.00 \text{ cm}^4$$

$$Z_{t4} = \frac{I_{c4}}{y_{t4}} = \frac{74,456,279}{57.62} = 1,292,195 \text{ cm}^3$$

$$Z_{b4} = \frac{I_{c4}}{y_{b4}} = \frac{74,456,279}{142.38} = 522,940 \text{ cm}^3$$

$$Z_{p4} = \frac{I_{c4}}{e_{p4}} = \frac{74,456,279}{131.38} = 566,724 \text{ cm}^3$$

$$Z_s = \frac{I_{c4}}{y_s} = \frac{74,456,279}{82.62} = 901,189 \text{ cm}^3$$

3. 단면력 산정

3.1 합성전 단면력

작 용 하 중	구 분	표시	합성전		
			G1	G2~G6	G7
		기호	외측거리	내측거리	외측거리
Beam 자중	휨모멘트 (kN · m)	M _{wt}	1,871,990	1,871,990	1,871,990
예 의한 단면력	전 단 력 (kN)	V _{wt}	284,100	284,100	284,100
합성전 고정하중	휨모멘트 (kN · m)	M _{cg}	3,089,880	1,985,440	3,089,880
예 의한 단면력	전 단 력 (kN)	V _{cg}	418,660	260,770	418,660

3.2 합성후 단면력

작 용 하 중	구 분	표시	합성후		
			G1	G2~G6	G7
		기호	외측거리	내측거리	외측거리
합성후 고정하중	휨모멘트 (kN · m)	M _{d1}	305,010	428,490	305,010
예 의한 단면력	전 단 력 (kN)	V _{d1}	41,930	58,900	41,930
활 하 중	휨모멘트 (kN · m)	M _{l1+t}	2,018,730	2,141,080	2,018,730
예 의한 단면력	전 단 력 (kN)	V _{l1+t}	298,690	316,790	298,690
총 계	휨모멘트 (kN · m)	M _{TOTAL}	7,285,610	6,427,000	7,285,610
(합성+활하중)	전 단 력 (kN)	V _{TOTAL}	1,043,380	920,560	1,043,380

4. 외측 Girder (G1)

$$\begin{aligned} & \bullet \text{ Girder 및 바닥판} : f = M / Z \\ & \bullet \text{ PS 강연선} : f = np \cdot M / Z \\ & \bullet np = \frac{Es}{Ecg} = \frac{200,000}{8,500 \times \sqrt[3]{35+8}} = 6.716 \\ & \bullet ncd = \frac{Ecs}{Ecg} = \frac{8,500 \times \sqrt[3]{27+8}}{8,500 \times \sqrt[3]{35+8}} = 0.934 \end{aligned}$$

구분	모멘트 (kN·m)	단면계수 (cm ³)	Conc 단면 휨응력 (MPa)				
			PSC Girder		PS 강연선 응력	바닥판	
			상면	하면	PSC 강선 도심위치	상면	하면
Beam 자중	M ₀₁ = 1,871.990	Z12 = 313,252	5.98	-	-	-	-
		Z12 = 328,001	-	-5.71	-	-	-
		Zp2 = 369,616	-	-	-5.06	-	-
완성전 고정하중	M ₀₂ = 3,089.880	Z13 = 322,943	9.57	-	-	-	-
		Z13 = 366,370	-	-8.43	-	-	-
		Zp3 = 415,101	-	-	-7.44	-49.99	-
완성후 고정하중	M ₀₃ = 305.010	Z14 = 1,292,195	0.24	-	-	-	-
		Z14 = 522,940	-	-0.58	-	-	-
		Zp4 = 566,724	-	-	-0.54	-3.61	-
활하중	M ₀₄ = 2,018.730	Z14 = 901,189	-	-	-	-	0.34
		Z14 = 1,292,195	1.56	-	-	-	-
		Z14 = 522,940	-	-3.86	-	-	-
		Zp4 = 566,724	-	-	-3.56	-23.92	-
		Zs = 901,189	-	-	-	-	2.24
Σ	7,285.610		17.35	-18.58	-16.60	-77.52	2.58

(-) 인장, (+) 압축

4.2 내측 Girder (G2~G5)

$$\begin{aligned} & \bullet \text{ Girder 및 바닥판} : f = M / Z \\ & \bullet \text{ PS 강연선} : f = np \cdot M / Z \\ & \bullet np = \frac{Es}{Ecg} = \frac{200,000}{8,500 \times \sqrt[3]{35+8}} = 6.716 \\ & \bullet ncd = \frac{Ecs}{Ecg} = \frac{8,500 \times \sqrt[3]{27+8}}{8,500 \times \sqrt[3]{35+8}} = 0.934 \end{aligned}$$

구분	모멘트 (kN·m)	단면계수 (cm ³)	Conc 단면 휨응력 (MPa)				
			PSC Girder		PS 강연선 응력	바닥판	
			상면	하면	PSC 강선 도심위치	상면	하면
Beam 자중	M ₀₁ = 1,871.990	Z12 = 313,252	5.98	-	-	-	-
		Z12 = 328,001	-	-5.71	-	-	-
		Zp2 = 369,616	-	-	-5.06	-	-
완성전 고정하중	M ₀₂ = 1,983.440	Z13 = 322,943	6.15	-	-	-	-
		Z13 = 366,370	-	-5.42	-	-	-
		Zp3 = 415,101	-	-	-4.78	-32.12	-
완성후 고정하중	M ₀₃ = 428.490	Z14 = 1,370,007	0.31	-	-	-	-
		Z14 = 527,246	-	-0.81	-	-	-
		Zp4 = 570,716	-	-	-0.75	-5.04	-
활하중	M ₀₄ = 2,141.080	Zs = 944,961	-	-	-	-	0.45
		Z14 = 1,370,007	1.56	-	-	-	-
		Z14 = 527,246	-	-4.06	-	-	-
		Zp4 = 570,716	-	-	-3.75	-25.20	-
		Zs = 944,961	-	-	-	-	2.27
Σ	6,427.000		14.00	-16.00	-14.34	-62.36	2.72

(-) 인장, (+) 압축

4.3 외측 Girder (G6)

$$\begin{aligned} & \bullet \text{ Girder 및 바닥판} : f = M / Z \\ & \bullet \text{ PS 강연선} : f = np \cdot M / Z \\ & \bullet np = \frac{Es}{Ecg} = \frac{200,000}{8,500 \times \sqrt[3]{35+8}} = 6.716 \\ & \bullet ncd = \frac{Ecs}{Ecg} = \frac{8,500 \times \sqrt[3]{27+8}}{8,500 \times \sqrt[3]{35+8}} = 0.934 \end{aligned}$$

구분	모멘트 (kN·m)	단면계수 (cm ³)	Conc 단면 휨응력 (MPa)				
			PSC Girder		PS 강연선 응력	바닥판	
			상면	하면	PSC 강선 도심위치	상면	하면
Beam 자중	M ₀₁ = 1,871.990	Z12 = 313,252	5.98	-	-	-	-
		Z12 = 328,001	-	-5.71	-	-	-
		Zp2 = 369,616	-	-	-5.06	-	-
완성전 고정하중	M ₀₂ = 3,089.880	Z13 = 322,943	9.57	-	-	-	-
		Z13 = 366,370	-	-8.43	-	-	-
		Zp3 = 415,101	-	-	-7.44	-49.99	-
완성후 고정하중	M ₀₃ = 305.010	Z14 = 1,292,195	0.24	-	-	-	-
		Z14 = 522,940	-	-0.58	-	-	-
		Zp4 = 566,724	-	-	-0.54	-3.61	-
활하중	M ₀₄ = 2,018.730	Zs = 901,189	-	-	-	-	0.34
		Z14 = 1,292,195	1.56	-	-	-	-
		Z14 = 522,940	-	-3.86	-	-	-
		Zp4 = 566,724	-	-	-3.56	-23.92	-
		Zs = 901,189	-	-	-	-	2.24
Σ	7,285.610		17.35	-18.58	-16.60	-77.52	2.58

(-) 인장, (+) 압축

5. Secondary Stress

5.1 Creep 및 Shrinkage에 의한 단면력

⇒ Creep에 의한 단면력 산정

$$\begin{aligned} \bullet N_{cr} &= - \frac{K}{C^2 \cdot BF} \{ P \{ B \{ y13^3 \cdot ep3 - rc3 \} - C \cdot ep3 \} + Md1 \{ C \cdot B \cdot y13^3 \} \\ &\quad - \frac{K}{C^2 \cdot BF} \cdot Md2 \{ C \cdot B \cdot y13^3 \} \\ \bullet M_{cr} &= - \frac{K}{BF \cdot C^2} \{ P \{ C \{ y13^3 \cdot ep3 - rc3 \} - F \cdot ep3 \} + Md1 \{ F \cdot C \cdot y13^3 \} \\ &\quad - \frac{K}{BF \cdot C^2} \cdot Md2 \{ F \cdot C \cdot y13^3 \} \end{aligned}$$

⇒ Shrinkage에 의한 단면력 산정

$$\begin{aligned} \bullet N_{sh} &= \frac{es \cdot Ecg \cdot lcg \cdot B}{BF \cdot C^2} \cdot \frac{1}{1 + \Phi_{\infty}} \\ \bullet M_{sh} &= \frac{ts \cdot Ecg \cdot lcg \cdot C}{C^2 \cdot BF} \cdot \frac{1}{1 + \Phi_{\infty}} \end{aligned}$$

1) Creep에 의한 단면력 ① 외측 경간 a. 외측 Girder $m = \frac{E_{cg} \cdot I_{cg}}{E_{cd} \cdot I_{cd}} = \frac{266,437 \times 29,874,436}{232,379 \times 201,822} = 169.7$ $B = 1 + m = 1 + 169.7 = 170.7$ $C = y t_3 - B \cdot y_{db} = 89.6 - 170.7 \times 25.0 / 2 = -2,044.2$ $F = y t_3^2 + r c_3^2 + m \cdot r c_d^2 + m \cdot y_{db}^2 =$ $= 89.6^2 + \left(\frac{29,874,436}{7,634.0} \right) + 169.7 \times \left(\frac{201,822}{3,875.0} \right) + 169.7 \times \left(\frac{25.0}{2} \right)^2$ $= 47,296$ $P = (f p_2 + f p_e) / 2 \cdot A p_t = (10,158.28 + 8,463.82) / 2 \times 47.380$ $= 441,158 \text{ kgf}$ $K = \frac{\Phi_{cc}}{1 + \Phi_{cc}} = \frac{3}{1 + 3.0} = 0.750$ $K' = \frac{\Phi_t}{1 + \Phi_{cc}} = \frac{2.2}{1 + 3.0} = 0.350$ $N_{cr} = -\frac{0.550}{-2,044.2^2 - 170.7 \times 47,296} \times [441,158 \times \{170.7 \times (89.6 \times 69.8 - \frac{29,874,436}{7,634.0}) - 2,044.2 \times 69.8\} + 123,109 E + 05 \times (-2,044.2 - 170.7 \times 89.6)] - \frac{0.750}{-2,044.2^2 - 170.7 \times 47,296} \times 91,591 E + 05 \times (-2,044.2 - 170.7 \times 89.6)$ $= -26,987 \text{ kgf}$ $M_{cr} = -\frac{0.550}{170.7 \times 47,296 - 2,044.2^2} \times [441,158 \times \{-2,044.2 \times (89.6 \times 69.8 - \frac{29,874,436}{7,634.0}) - 47,296 \times 69.8\} + 123,109 E + 05 \times (47,296 - 2,044.2 \times 89.6)] - \frac{0.750}{170.7 \times 47,296 - 2,044.2^2} \times 91,591 E + 05 \times (47,296 - 2,044.2 \times 89.6)$ $= -303,934 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$	b. 내측 Girder $m = \frac{E_{cg} \cdot I_{cg}}{E_{cd} \cdot I_{cd}} = \frac{266,437 \times 29,874,436}{232,379 \times 195,312} = 175.4$ $B = 1 + m = 1 + 175.4 = 176.4$ $C = y t_3 - B \cdot y_{db} = 89.6 - 176.4 \times 25.0 / 2 = -2,115.4$ $F = y t_3^2 + r c_3^2 + m \cdot r c_d^2 + m \cdot y_{db}^2 =$ $= 89.6^2 + \left(\frac{29,874,436}{7,634.0} \right) + 175.4 \times \left(\frac{195,312}{3,750.0} \right) + 175.4 \times \left(\frac{25.0}{2} \right)^2$ $= 48,483$ $P = (f p_2 + f p_e) / 2 \cdot A p_t = (10,158.28 + 8,458.03) / 2 \times 47.380$ $= 441,020 \text{ kg}$ $K = \frac{\Phi_{cc}}{1 + \Phi_{cc}} = \frac{3.0}{1 + 3.0} = 0.750$ $K' = \frac{\Phi_t}{1 + \Phi_{cc}} = \frac{2.2}{1 + 3.0} = 0.530$ $N_{cr} = -\frac{0.550}{-2,115.4^2 - 176.4 \times 48,483} \times [441,020 \times \{176.4 \times (89.6 \times 69.8 - \frac{29,874,436}{7,634.0}) - 2,115.4 \times 69.8\} + 123,045 E + 05 \times (-2,115.4 - 176.4 \times 89.6)] - \frac{0.750}{-2,115.4^2 - 176.4 \times 48,483} \times 88,728 E + 05 \times (-2,115.4 - 176.4 \times 89.6)$ $= -25,687 \text{ kg}$ $M_{cr} = -\frac{0.550}{176.4 \times 48,483 - 2,115.4^2} \times [441,020 \times \{-2,115.4 \times (89.6 \times 69.8 - \frac{29,874,436}{7,634.0}) - 48,483 \times 69.8\} + 123,045 E + 05 \times (48,483 - 2,115.4 \times 89.6)] - \frac{0.750}{176.4 \times 48,483 - 2,115.4^2} \times 88,728 E + 05 \times (48,483 - 2,115.4 \times 89.6)$ $= -288,205 \text{ kg} \cdot \text{cm}$
2) Shrinkage에 의한 단면력 ① 외측 경간 a. 외측 Girder $N_{sh} = \frac{0.0002 \times 266,437 \times 29,874,436 \times 170.7}{170.7 \times 47,296 - 2,044.2^2} \times \frac{1}{1 + 3}$ $= 17,443 \text{ kg}$ $M_{sh} = \frac{0.0002 \times 266,437 \times 29,874,436 \times (-2,044.2)}{-2,044.2^2 - 170.7 \times 47,296} \times \frac{1}{1 + 3}$ $= 208,889 \text{ kg}$ b. 내측 Girder $N_{sh} = \frac{0.0002 \times 266,437 \times 29,874,436 \times 176.4}{176.4 \times 48,483 - 2,115.4^2} \times \frac{1}{1 + 3}$ $= 17,218 \text{ kg}$ $M_{sh} = \frac{0.0002 \times 266,437 \times 29,874,436 \times (-2,115.4)}{-2,115.4^2 - 176.4 \times 48,483} \times \frac{1}{1 + 3}$ $= 206,474 \text{ kg}$	5.2 PSC Girder의 응력 1) Creep에 의한 응력 ① 외측 경간 a. 외측 Girder $f_{t,cr} = \frac{N_{cr}}{A_g} + \frac{M_{cr} + N_{cr} \cdot y t_3}{I_{cg}} \cdot y t_3$ $\text{(단위)} = \frac{-26,987}{7,634} + \frac{-303,934 + (-26,987) \times 89.6}{29,874,436} \times 89.6$ $= -11.70 \text{ kg/cm}^2$ $f_{b,cr} = \frac{N_{cr}}{A_g} - \frac{M_{cr} + N_{cr} \cdot y t_3}{I_{cg}} \cdot y t_3$ $\text{(단위)} = \frac{-26,987}{7,634.0} - \frac{-303,934 + (-26,987) \times 89.6}{29,874,436} \times 85.4$ $= 4.25 \text{ kg/cm}^2$ b. 내측 Girder $f_{t,cr} = \frac{N_{cr}}{A_g} + \frac{M_{cr} + N_{cr} \cdot y t_3}{I_{cg}} \cdot y t_3$ $\text{(단위)} = \frac{-25,687}{7,634} + \frac{-288,205 + (-25,687) \times 89.6}{29,874,436} \times 89.6$ $= -11.14 \text{ kg/cm}^2$ $f_{b,cr} = \frac{N_{cr}}{A_g} - \frac{M_{cr} + N_{cr} \cdot y t_3}{I_{cg}} \cdot y t_3$ $\text{(단위)} = \frac{-25,687}{7,634} - \frac{-288,205 + (-25,687) \times 89.6}{29,874,436} \times 85.4$ $= 4.04 \text{ kg/cm}^2$

2) Shrinkage에 의한 응력

① 외측 경간

a. 외측 Girder

$$f_{t,sh} = \frac{N_{sh}}{A_g} + \frac{M_{sh} + N_{sh} \cdot y_t}{I_{cg}} \cdot y_t$$

(상면) $= \frac{17,443}{7,634.0} + \frac{208,889 + (17,443) \times 89.6}{29,874,436} \times 89.6$
 $= 7.60 \text{ kg/cm}^2$

$$f_{b,sh} = \frac{N_{sh}}{A_g} - \frac{M_{sh} + N_{sh} \cdot y_t}{I_{cg}} \cdot y_b$$

(하면) $= \frac{17,443}{7,634.0} - \frac{208,889 + (17,443) \times 89.6}{29,874,436} \times 85.4$
 $= -2.78 \text{ kg/cm}^2$

b. 내측 Girder

$$f_{t,sh} = \frac{N_{sh}}{A_g} + \frac{M_{sh} + N_{sh} \cdot y_t}{I_{cg}} \cdot y_t$$

(상면) $= \frac{17,218}{7,634.0} + \frac{206,474 + (17,218) \times 89.6}{29,874,436} \times 89.6$
 $= 7.50 \text{ kg/cm}^2$

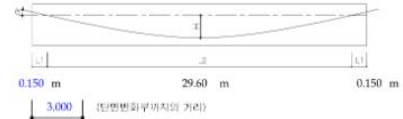
$$f_{b,sh} = \frac{N_{sh}}{A_g} - \frac{M_{sh} + N_{sh} \cdot y_t}{I_{cg}} \cdot y_b$$

(하면) $= \frac{17,218}{7,634.0} - \frac{206,474 + (17,218) \times 89.6}{29,874,436} \times 85.4$
 $= -2.74 \text{ kg/cm}^2$

6. Prestress

6.1

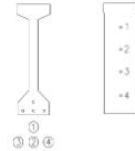
PS Tendon Works



$$H = H_{End} - H_{Mid} \quad a = H \cdot (l/2) \quad \alpha = \tan^{-1}(2 \cdot a \cdot l/2)$$

$$L = l + (8H^2 / 3L) + (32H^4 / 5L^3)$$

1) PS Tendon 위치



① PS Tendon 배치형식

a. 일반구간

Tendon No.	H _{End} (m)	H _{Mid} (m)	H (m)	e (m)	a	α (radian)	L (m)
1	1.500	0.200	1.300	29.60	0.00593499	0.17390122	29.7530
2	1.086	0.080	1.006	29.60	0.00459277	0.13511767	29.6914
3	0.700	0.080	0.620	29.60	0.00283053	0.08358846	29.6347
4	0.294	0.080	0.214	29.60	0.00097699	0.02891085	29.6041
5	-	-	-	-	-	-	-
Σ				118.40		0.42151820	118.6832
Average				29.60		0.10537955	29.6708

②

Girder 중심으로부터 거리대 따른 Girder 하면에서 PS Tendon 까지의 높이

$$y = a \cdot x^2 + 0.20 \quad (\text{Tendon No.1})$$

$$= a \cdot x^2 + 0.08 \quad (\text{Tendon No.2, 3, 4})$$

Tendon No.	14.800	13.350	11.950	10.950	6.090	0.000
1	1.500	1.290	1.048	0.912	0.420	0.200
2	1.086	0.923	0.736	0.631	0.250	0.080
3	0.700	0.600	0.484	0.419	0.185	0.080
4	0.294	0.259	0.220	0.197	0.116	0.080

단면에서 3.000 m 떨어진 위치(단면 변화부)의 Girder 하면에서 PS Tendon 까지의 높이

Tendon No.	H (m)	e (m)	a	α (radian)	L (m)
1	1.048	11.95	0.029342103	0.33724320	12.1994
2	0.736	11.95	0.020611937	0.24150521	12.0719
3	0.484	11.95	0.013562977	0.16068032	12.0025
4	0.220	11.95	0.006148817	0.07334655	11.9608
Σ		47.80		0.81277528	48.2346
Average		11.95		0.20319382	12.0587

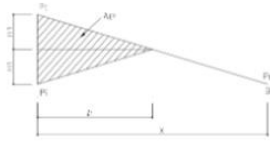
2)

Tendon의 Jacking Force

Tendon No.	Tensioning Sequence	Jacking Force (kN)	Jacking Stress (MPa)
1	1	1,468.80	1,240.00
2	2	1,468.80	1,240.00
3	3	1,468.80	1,240.00
4	4	1,468.80	1,240.00
5	5	0.00	0.00
Average		1,468.80	1,240.00

$$f_{average} / 0.9 (f_y = 1,240.00 / (0.90 \times 1,900)) = 0.725$$

$$f_{ptI} = 1,240.00 \text{ Mpa} \quad (\text{외용저의 } 72.5 \%)$$

6.2 Prestress의 즉시 손실 (Instantaneous Loss) 1) Anchorage Slip 에 의한 손실 ① PS Tendon과 Sheath 사이에 마찰이 있는 경우 $\Delta_L = A_{ap} / (A_p \cdot E_p)$ $A_{ap} = \Delta_L \cdot A_p \cdot E_p = 3 \times 98.71 \times 12 \text{ Strand} \times 4 \text{ EA} \times 200,000$ $= 2,842,848,000 \text{ N} \cdot \text{mm}$  - 마찰에 의한 손실은 직선으로 방편되고 가정한다. $P_{t1} = (1,240.00 \times 1,184,520) \times 4 \text{ EA} = 5,875,219 \text{ N}$ $P_{t0} = (1,240.00 - 157.09) \times 1,184,520 \times 4 \text{ EA} = 5,130,914 \text{ N}$ $\Delta P_t = P_{t1} - P_{t0} = 5,875,219 - 5,130,914 = 744,305 \text{ N}$ $i_1 : H_1 = 14,835.4 : 744,305, \quad H_1 = i_1 \times 744,305 / 14,835.40$ $A_{ap} = \frac{1}{2} \times i_1 \times H_1 \times 2 \text{ EA} = 744,305 / 14,835.40 \times 6^2$ $i_1 = \sqrt{(2,842,848,000 \times 14,835.40 / 744,305)} = 7,527.5 \text{ mm}$ $= 7,527.5 \text{ mm} < 14,835.4 \text{ mm}$ $\therefore$ Anchorage Slip에 의한 손실이 Girder 단면 중앙에 영향을 미치지 않음. $\Delta P_{sl} = 0.00 \text{ Mpa}$ ② PS Tendon과 Sheath 사이에 마찰이 없는 경우 $\Delta P_{s2} = \Delta_L \cdot E_p / \ell = 3 \times 200,000 / 14,835.40 = 40.44 \text{ Mpa}$ ③ 직용 Anchorage Slip 손실량 $\Delta P_s = 40.44 \text{ Mpa}$ ※ 본 PSC Beam은 PS Tendon과 Sheath 사이에 마찰이 없는 것으로 고려하고 있으므로 Anchorage Slip에 의한 손실은 없는 것으로 판단하나 견정성을 고려하여 ②에서 산정된 값을 적용한다.	2) PS Tendon과 Sheath의 마찰에 의한 손실 $x = L/2 = 29.6708 / 2$ (절차단에서 Girder 중심까지의 PS Tendon의 평균길이) $= 14.8354 \text{ m}$ $\mu = 0.30 / \text{rad}$ (Curvature Coefficient) $\chi = 0.0070 / \text{m}$ (Friction Coefficient) $\chi \cdot x + \mu \cdot \alpha = 0.0070 \times 14.8354 + 0.3000 \times 0.105379550 = 0.13546$ $\Delta f_{pf} = f_{pt1} \cdot [1 - \exp^{-\chi \cdot x + \mu \cdot \alpha}] = 1,240.00 \times [1 - \exp^{-0.13546}]$ $= 157.09 \text{ Mpa}$ 3) Con'c Elastic Shortening 에 의한 손실 $\Delta P_{el} = 0.5 \times \frac{E_s}{E_{ci}} \times f_{c1r} = 0.5 \times \frac{E_s}{E_{ci}} \times (f_{ctg} + f_{dog})$ E_s : PS Tendon의 탄성계수 E_{ci} : Prestressing 시의 Con'c의 탄성계수 f_{c1r} : 절차단에서 Girder의 고정하중과 Prestress에 의해 발생하는 PS Tendon 중심에서의 Con'c의 평균 압축응력으로서 최대모멘트와 발생하는 단면에서 계산 f_{ctg}' : 순간단에서 Prestress에 의한 PS Tendon 도상위에서의 응력 f_{dog} : Girder 자중에 의한 PS Tendon 도상위에서의 응력 $E_s = 200,000 \text{ Mpa}$ (PS Tendon의 탄성계수) $E_{ci} = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 8,500 \times \sqrt[3]{28 + 8}$ $= 28,066 \text{ Mpa}$ (Prestressing 시의 Con'c의 탄성계수) $f_{pt}' = f_{pt1} - \Delta f_{pf} - \Delta P_s = 1,240.00 - 157.09 - 40.44 = 1,042.47 \text{ Mpa}$ $P_t' = f_{pt}' \cdot A_{pt} = 1,042.47 \times 4,738.08 = 4,939,306 \text{ N}$ $f_{ctg}' = \frac{P_t'}{A_c} + \frac{P_t' \cdot e_{p2}}{Z_{p2}} = \frac{4,939,306}{657,716} + \frac{4,939,306 \times 867.0}{369,616,000}$ $= 19.10 \text{ Mpa}$ (압축) $f_{dog} = \frac{M_d}{Z_{p2}} = \frac{1,871,990 \text{ E}+06}{369,616,000} = -5.06 \text{ Mpa}$ (인장) $f_{c1r} = \frac{N+1}{N} \times f_{ctg}' + f_{dog} = \frac{3}{4} \times 19.10 + -5.06 = 9.27 \text{ Mpa}$ $\therefore \Delta P_{el} = 0.5 \times \frac{E_s}{E_{ci}} \times f_{c1r} = 0.5 \times \frac{200,000}{28,066} \times 9.27$ $= 33.03 \text{ MPa}$
4) Initial Stress of PS Tendon $f_{pt2} = f_{pt1} - \Delta f_{pf} - \Delta P_s - \Delta P_{el} = 1,240.00 - 157.09 - 40.44 - 33.03$ $= 1,009.44 \text{ Mpa}$ 5) Initial Force of PS Tendon $P_{t2} = f_{pt2} \cdot A_{pt} = 1,009.44 \times 4,738.08 = 4,782,807 \text{ N}$	6.3 Prestress의 시간적 손실 1) Con'c Shrinkage에 의한 손실 $\Delta P_{sh} = 0.8 \times (119 - 1.05 \text{ Hr})$ (Hr: 주위의 평균온 상대습도, 국내 평균 상대습도 = 70%) $= 0.8 \times (119 - 1.05 \times 70) = 36.40 \text{ Mpa}$ 2) Con'c Creep에 의한 손실 $\Delta P_{cr} = 12 \times f_{c1r1} - 7 \times f_{cds}$ (f_{cds} : Prestress를 가할 당시 존재하는 고정하중을 제외한 그 후 모든 고정하중에 의해 발생하는 PS(단면 중심에서의 콘크리트 응력) ① 외측 Girder (G1) $f_{c1r1} = \frac{P_{t2}}{A_c} + \frac{P_{t2} \cdot e_{p2}}{Z_{p2}} - \frac{M_{d1}}{Z_{p2}}$ $= \frac{4,782,807}{657,716} + \frac{4,782,807 \times 867.0}{369,616,000} - \frac{1,871,990 \text{ E}+06}{369,616,000}$ $= 7.27 + 11.22 - 5.06 = 13.43 \text{ Mpa}$ $f_{cds} = 7.44 + 0.54 = 7.98 \text{ Mpa}$ (평균의 평균) $\therefore \Delta P_{cr} = 12 \times 13.43 - 7 \times 7.98 = 105.30 \text{ Mpa}$ ② 내측 Girder (G2-G5) $f_{c1r1} = \frac{P_{t2}}{A_c} + \frac{P_{t2} \cdot e_{p2}}{Z_{p2}} - \frac{M_{d1}}{Z_{p2}}$ $= \frac{4,782,807}{657,716} + \frac{4,782,807 \times 867.0}{369,616,000} - \frac{1,871,990 \text{ E}+06}{369,616,000}$ $= 7.27 + 11.22 - 5.06 = 13.43 \text{ Mpa}$ $f_{cds} = 4.780 + 0.750 = 5.53 \text{ Mpa}$ (평균의 평균) $\therefore \Delta P_{cr} = 12 \times 13.43 - 7 \times 5.53 = 122.45 \text{ Mpa}$

⑤ 외측 Girder (G6) $\bullet f_{c1r1} = \frac{P_{t2}}{A_c} + \frac{P_{t2} \cdot e_{p2}}{Z_{p2}} - \frac{M_{d1}}{Z_{p2}}$ $= \frac{4,782,807}{657,716} + \frac{4,782,807 \times 867.0}{369,616,000} - \frac{1,871,990 \text{ E+06}}{369,616,000}$ $= 7.27 + 11.22 - 5.06 = 13.43 \text{ Mpa}$ $\bullet f_{cds} = 7.440 + 0.540 = 7.980 \text{ Mpa (평정역 참조)}$ $\therefore \Delta f_{pcr} = 12 \times 13.43 - 7 \times 7.980 = 105.30 \text{ Mpa}$ 3) PS 강연선의 Relaxation에 의한 손실 • (2) 계일력제이션 강연선 사용 • $\Delta f_{pr} = 35 - 0.07 \times \Delta f_{pl} - 0.10 \times \Delta f_{pe1} - 0.05 \times (\Delta f_{psh} + \Delta f_{pcr})$ Δf_{pl} : 고려되는 시정인 0.7 fpu 이하에서 마찰손실에 의한 응력 감소량 Δf_{pe1} : 콘크리트 탄성수축에 의한 손실량 Δf_{psh} : 콘크리트 Shrinkage에 의한 손실량 Δf_{pcr} : 콘크리트 Creep에 의한 손실량 ① 외측 Girder (G1) $\bullet \Delta f_{pr} = 35 - 0.07 \times 157.09 - 0.10 \times 33.03 - 0.05 \times (36.40 + 105.30)$ $= 13.62 \text{ Mpa}$ ② 내측 Girder (G2-G5) $\bullet \Delta f_{pr} = 35 - 0.07 \times 157.09 - 0.10 \times 33.03 - 0.05 \times (36.40 + 122.45)$ $= 12.76 \text{ Mpa}$ ③ 외측 Girder (G6) $\bullet \Delta f_{pr} = 35 - 0.07 \times 157.09 - 0.10 \times 33.03 - 0.05 \times (36.40 + 105.30)$ $= 13.62 \text{ Mpa}$	4) PS 강연선의 유효응력 ① 외측 Girder (G1) ⇒ PS 유효 인장 응력 $\bullet f_{pe} = f_{pt2} - \Delta f_{psh} - \Delta f_{pcr} - \Delta f_{pr} =$ $= 1,009.44 - 36.40 - 105.30 - 13.62 = 854.12 \text{ Mpa}$ ⇒ 유효계수 $\bullet \eta = \frac{f_{pe}}{f_{pt2}} = \frac{854.12}{1,009.44} = 0.846$ ② 내측 Girder (G2-G5) ⇒ PS 유효 인장 응력 $\bullet f_{pe} = f_{pt2} - \Delta f_{psh} - \Delta f_{pcr} - \Delta f_{pr} =$ $= 1,009.44 - 36.40 - 122.45 - 12.76 = 837.83 \text{ Mpa}$ ⇒ 유효계수 $\bullet \eta = \frac{f_{pe}}{f_{pt2}} = \frac{837.83}{1,009.44} = 0.830$ ③ 외측 Girder (G6) ⇒ PS 유효 인장 응력 $\bullet f_{pe} = f_{pt2} - \Delta f_{psh} - \Delta f_{pcr} - \Delta f_{pr} =$ $= 1,009.44 - 36.40 - 105.30 - 13.62 = 854.12 \text{ Mpa}$ ⇒ 유효계수 $\bullet \eta = \frac{f_{pe}}{f_{pt2}} = \frac{854.12}{1,009.44} = 0.846$
6.4 Prestress의 영향을 고려한 재하단계별 응력 1) Prestress 도입 직후의 콘크리트 응력 ① Prestress에 의한 콘크리트 응력 • $P_{t2} = N \cdot f_{pt2} \cdot A_p = 1,009.44 \times 4738.08 = 4,782,807 \text{ N}$ a. 상면 응력 $\bullet f_{ct1} = \frac{P_{t2}}{A_c} - \frac{P_{t2} \cdot e_{p2}}{Z_{t2}} = \frac{4,782,807}{657,716} - \frac{4,782,807 \times 867.0}{313,252,000}$ $= 7.27 - 13.24 = -5.97 \text{ Mpa}$ b. 하면 응력 $\bullet f_{cb1} = \frac{P_{t2}}{A_c} + \frac{P_{t2} \cdot e_{p2}}{Z_{b2}} = \frac{4,782,807}{657,716} + \frac{4,782,807 \times 867.0}{328,001,000}$ $= 7.27 + 12.64 = 19.91 \text{ Mpa}$ ② Beam 자중에 의한 콘크리트 응력 a. 상면 응력 $\bullet f_{ct2} = \frac{M_{d1}}{Z_{t2}} = \frac{1,871,990 \text{ E+06}}{313,252,000} = 5.98 \text{ Mpa}$ b. 하면 응력 $\bullet f_{cb2} = \frac{M_{d1}}{Z_{b2}} = \frac{1,871,990 \text{ E+06}}{328,001,000} = -5.71 \text{ Mpa}$ ③ Prestress 도입 직후의 콘크리트 응력 a. 상면 응력 $\bullet f_{ct} = f_{ct1} + f_{ct2} = -5.97 + 5.98 = 0.01 \text{ Mpa}$ b. 하면 응력 $\bullet f_{cb} = f_{cb1} + f_{cb2} = 19.91 + -5.71 = 14.20 \text{ Mpa}$	2) 유효 Prestress ① 외측 Girder (G1) ⇒ 상면 응력 $\bullet f_{cte} = \eta \cdot f_{ct1} = 0.846 \times -5.97 = -5.05 \text{ Mpa}$ ⇒ 하면 응력 $\bullet f_{cbe} = \eta \cdot f_{cb1} = 0.846 \times 19.91 = 16.84 \text{ Mpa}$ ② 내측 Girder (G2-G5) ⇒ 상면 응력 $\bullet f_{cte} = \eta \cdot f_{ct1} = 0.830 \times -5.97 = -4.96 \text{ Mpa}$ ⇒ 하면 응력 $\bullet f_{cbe} = \eta \cdot f_{cb1} = 0.830 \times 19.91 = 16.53 \text{ Mpa}$ ③ 외측 Girder (G6) ⇒ 상면 응력 $\bullet f_{cte} = \eta \cdot f_{ct1} = 0.846 \times -5.97 = -5.05 \text{ Mpa}$ ⇒ 하면 응력 $\bullet f_{cbe} = \eta \cdot f_{cb1} = 0.846 \times 19.91 = 16.84 \text{ Mpa}$

3) 설계하중 작용시의 휨응력

(-): 연장, (+): 압축

구 분		휨응력					
		비대칭상면		외측 Girder (G1)		내측 Girder (G2-G5)	
		외측	내측	상면	하면	상면	하면
Prestress 도입직후	Prestress	-	-	-5.97	19.91	-5.97	19.91
	Girder시중	-	-	5.98	-5.71	5.98	-5.71
	Σ	-	-	0.01	14.20	0.01	14.20
	허용응력	-	-	-1.26	< Σ <	15.40	
	응력검토	-	-	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
설계하중 작용시	유요 Prestress	-	-	-5.05	16.84	-4.96	16.53
	충하중 (고정하중+충하중)	2.58	2.72	17.35	-18.58	14.00	-16.00
	Creep에 의한 응력	-	-	-1.17	0.43	-1.11	0.40
	Shrinkage에 의한응력	-	-	0.76	-0.28	0.75	-0.27
	Σ	2.58	2.72	11.89	-1.59	8.68	0.66
	허용응력	10.8	10.8	-2.8	< Σ <	14.00	
	응력검토	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.

(-): 연장, (+): 압축

구 분		휨응력			
		비대칭상면		외측 Girder (G6)	-
		외측	내측	상면	하면
Prestress 도입직후	Prestress	-	-	-5.97	19.91
	Girder시중	-	-	5.98	-5.71
	Σ	-	-	0.01	14.20
	허용응력	-	-	-1.26	< Σ < 15.40
	응력검토	-	-	O.K.	O.K.
설계하중 작용시	유요 Prestress	-	-	-5.05	16.84
	충하중 (고정하중+충하중)	2.58	-	17.35	-18.58
	Creep에 의한 응력	-	-	-1.17	0.43
	Shrinkage에 의한응력	-	-	0.76	-0.28
	Σ	2.58	-	11.89	-1.59
	허용응력	10.8	-	-2.8	< Σ < 14.00
	응력검토	O.K.	-	O.K.	O.K.

7.

휨강도 검토

7.1

외측 Girder (G1)

1)

 f_{ps} 계산

$$\begin{aligned} \bullet Mu &= 1.30 \times \Sigma \text{ 고정하중 모멘트} + 2.15 \times \Sigma \text{ 활하중 모멘트} \\ &= 1.30 \times (1,871.990 + 3,089.880 + 305.010) + 2.15 \times 2,018.730 \\ &= 1.30 \times 5,266.880 + 2.15 \times 2,018.730 \\ &= 11,187.214 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad (\text{계수 환모멘트}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet H &= 2,000 \text{ mm} \\ \bullet t &= 250 \text{ mm} \\ \bullet b_v &= 2,050 \text{ mm} \\ \bullet d_p &= Hd + Dep = 250 + 1,890 = 2,140 \text{ mm} \\ \bullet A_p &= 4,738.08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet f_{ps} &= 1,600 \text{ Mpa} \\ \bullet f_{cs} &= 27 \text{ Mpa} \\ \bullet f_{pc} &= 854.1 \text{ Mpa} \\ \bullet f_{ps} &= 1,900 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\bullet f_{ps} / f_{pc} = 0.450 < 0.5 \quad \therefore \text{변형률 적입조건에 의해 휨저항강도 계산}$$

$$\bullet f_{ps} = 0.93 \quad f_{ps} = 0.93 \times 1,900 = 1,767.00 \text{ Mpa} \quad (\text{가정치})$$

$$A_p \cdot f_{ps} = 0.85 \cdot f_{cs} \cdot x \cdot b_v \text{ 이시}$$

$$\bullet x = \frac{A_p \cdot f_{ps}}{0.85 \cdot f_{cs} \cdot b_v} = \frac{4,738.08 \times 1,767.00}{0.85 \times 27 \times 0.85 \times 2,050} = 209.4 \text{ mm}$$

$$\bullet a = 0.85 \cdot x = 0.85 \times 209.4 = 178.0 \text{ mm} < 250 \text{ mm} \quad \therefore \text{적사각형 단면으로 검토}$$

2) 극한저항모멘트

$$\begin{aligned} \bullet \Phi M_n &= \Phi A_p f_{ps} (d_p - a/2) \\ &= 0.85 \times 4,738.08 \times 1,767.00 \times (2,140 - 178.0 / 2) \times 10^{-6} \\ &= 14,595.653 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\therefore \Phi M_n > M_u = 11,187.214 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K.} \quad [S.F = 1.305]$$

3) 균열 모멘트 검토

$$\bullet qMn (14,595.7 \text{ kN}\cdot\text{m}) < 4/3 Mu (14,916.3 \text{ kN}\cdot\text{m}) \text{ 이므로 균열모멘트 검토 필요}$$

$$\begin{aligned} \bullet f_{ti} &= f_{ps} + f_{cr} = -0.63 \sqrt{f_{ck}} \\ &= -18.6 + 16.84 - M_{cr} / 0.523 \\ &= -0.63 \sqrt{35} = -3.73 \end{aligned}$$

$$\bullet M_{cr} = (-1.74 + 3.727) \times 0.523 \times 1000 = 1,039.150 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\therefore M_{cr} = 7,285.610 + 1,039.150 = 8,324.760 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\Phi M_n = 14,595.653 \text{ kN}\cdot\text{m} > 1.2 M_{cr} = 9,989.712 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K.}$$

7.2

내측 Girder (G2-G5)

1)

 f_{ps} 계산

$$\begin{aligned} \bullet Mu &= 1.3 \times \Sigma \text{ 고정하중 모멘트} + 2.15 \times \Sigma \text{ 활하중 모멘트} \\ &= 1.3 \times (1,871.990 + 1,985.440 + 428.490) + 2.15 \times 2,141.080 \\ &= 1.3 \times 4,285.920 + 2.15 \times 2,141.080 \\ &= 10,175.018 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad (\text{계수 환모멘트}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet H &= 2,000 \text{ mm} \\ \bullet t &= 250 \text{ mm} \\ \bullet b_v &= 2,200 \text{ mm} \\ \bullet d_p &= Hd + Dep = 250 + 1,890 = 2,140 \text{ mm} \\ \bullet A_p &= 4,738.08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet f_{ps} &= 1,600 \text{ Mpa} \\ \bullet f_{cs} &= 27 \text{ Mpa} \\ \bullet f_{pc} &= 837.8 \text{ Mpa} \\ \bullet f_{ps} &= 1,900 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\bullet f_{ps} / f_{pc} = 0.441 < 0.5 \quad \therefore \text{변형률 적입조건에 의해 휨저항강도 계산}$$

$$\bullet f_{ps} = 0.93 \quad f_{ps} = 0.93 \times 1,900 = 1,767.00 \text{ Mpa} \quad (\text{가정치})$$

$$A_p \cdot f_{ps} = 0.85 \cdot f_{cs} \cdot x \cdot b_v \text{ 이시}$$

$$\bullet x = \frac{A_p \cdot f_{ps}}{0.85 \cdot f_{cs} \cdot b_v} = \frac{4,738.08 \times 1,767.00}{0.85 \times 27 \times 0.85 \times 2,200} = 195.1 \text{ mm}$$

$$\bullet a = 0.85 \cdot x = 0.85 \times 195.1 = 165.8 \text{ mm} < 250 \text{ mm} \quad \therefore \text{적사각형 단면으로 검토}$$

• $\epsilon_{cu} = 0.003$ (콘크리트 압축연단에서의 최대변형률) • $\epsilon_{pe} = f_{pe} / E_p = 837.8 / 200,000 = 0.004189$ • $\epsilon_p = \frac{d_p - x}{x} \cdot \epsilon_{cu} + \epsilon_{pe} = \frac{2,140 - 195}{195} \times 0.003 + 0.004189 = 0.0341 > 0.015$ $\Rightarrow f_{pu}/f_{pe} < 0.5$ 인 경우에 있어 휨저항 강도를 계산할 때 PS강변선의 응력-변형을 관계는 0.84 f_{pu} 이하에서는 0에서부터 탄성비례하는 것으로, 변형률 0.015 이상에서는 PS강변선의 최대응력이 0.93 f_{pu} 인 것으로 그 사이는 직선비례하는 것으로 가정함 $\therefore f_{pu} = 0.93 \cdot f_{pe} = 1,767.00 \text{ Mpa}$ 2) 극한저항모멘트 • $\Phi M_u = \Phi A_p f_{pu} (d_p - a/2)$ $= 0.85 \times 4,738.08 \times 1,767.00 \times (2,140 - 165.8 / 2) \times 10^6$ $= 14,639.063 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $\therefore \Phi M_u > M_u = 10,175.018 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \therefore \text{O.K} \quad [S.F = 1.439]$ 3) 균열 모멘트 검토 • $\phi M_n (14,639.1 \text{ kN} \cdot \text{m}) > 4/3 M_u (13,566.7 \text{ kN} \cdot \text{m})$ 이므로 균열모멘트 검토 필요 없음 • $f_{t10} + f_{pe} + f_{sa} = -0.63 \sqrt{f_{ck}}$ $= -16 + 16.33 - M'_{cr} / 0.527$ $= -0.63 \sqrt{35} = -3.73$ • $M_{cr} = (-0.53 + 3.727) \times 0.527 \times 1000 = 2,244.555 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $\therefore M_{cr} = 6,427.000 + 2,244.555 = 8,671.555 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $\Phi M_u = 14,639.063 \text{ kN} \cdot \text{m} > 1.2 M_{cr} = 10,405.866 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \therefore \text{O.K}$	7.3 외측 Girder (G6) 1) f_{pu} 계산 • $M_u = 1.3 \times \sum \text{고정하중 모멘트} + 2.15 \times \sum \text{활하중 모멘트}$ $= 1.3 \times (1,871.990 + 3,089.880 + 305.010) + 2.15 \times 2,018.730$ $= 1.3 \times 5,266.880 + 2.15 \times 2,018.730$ $= 11,187.214 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{계수 환모멘트})$ • $H = 2,000 \text{ mm}$ • $t = 250 \text{ mm}$ • $b_v = 2,050 \text{ mm}$ • $d_p = H_d + \text{Dep} = 250 + 1,890 = 2,140 \text{ mm}$ • $A_p = 4,738.08 \text{ mm}^2$ • $f_{py} = 1,600 \text{ Mpa}$ • $f_{ck} = 27 \text{ Mpa}$ • $f_{pe} = 837.8 \text{ Mpa}$ • $f_{pu} = 1,900 \text{ Mpa}$ • $f_{pu} / f_{pe} = 0.441 < 0.5 \quad \therefore \text{변형을 적분조건에 의해 휨저항강도 계산}$ • $f_{pu} = 0.93 \cdot f_{pe} = 0.93 \times 1,900 = 1,767.00 \text{ Mpa} \quad (\text{가정치})$ $A_p \cdot f_{pu} = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot 0.85 \cdot x \cdot b_v$ 이시 • $x = \frac{A_p \cdot f_{pu}}{0.85 \cdot f_{ck} \cdot 0.85 \cdot x \cdot b_v} = \frac{4,738.08 \times 1,767.00}{0.85 \times 27 \times 0.85 \times 2,050} = 209.4 \text{ mm}$ • $a = 0.85 \cdot x = 0.85 \times 209.4 = 178.0 \text{ mm} < 250 \text{ mm} \quad \therefore \text{적사각형 단면으로 검토}$
• $\epsilon_{cu} = 0.003$ (콘크리트 압축연단에서의 최대변형률) • $\epsilon_{pe} = f_{pe} / E_p = 837.8 / 200,000 = 0.0041892$ • $\epsilon_p = \frac{d_p - x}{x} \cdot \epsilon_{cu} + \epsilon_{pe} = \frac{2,140 - 209}{209} \times 0.003 + 0.0042 = 0.0318 > 0.015$ $\Rightarrow f_{pu}/f_{pe} < 0.5$ 인 경우에 있어 휨저항 강도를 계산할 때 PS강변선의 응력-변형을 관계는 0.84 f_{pu} 이하에서는 0에서부터 탄성비례하는 것으로, 변형률 0.015 이상에서는 PS강변선의 최대응력이 0.93 f_{pu} 인 것으로 그 사이는 직선비례하는 것으로 가정함 $\therefore f_{pu} = 0.93 \cdot f_{pe} = 1,767.00 \text{ Mpa}$ 2) 극한저항모멘트 • $\Phi M_u = \Phi A_p f_{pu} (d_p - a/2)$ $= 0.85 \times 4,738.08 \times 1,767.00 \times (2,140 - 178.0 / 2) \times 10^6$ $= 14,595.653 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $\therefore \Phi M_u > M_u = 11,187.214 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \therefore \text{O.K} \quad [S.F = 1.305]$ 3) 균열 모멘트 검토 • $\phi M_n (14,595.7 \text{ kN} \cdot \text{m}) < 4/3 M_u (14,916.3 \text{ kN} \cdot \text{m})$ 이므로 균열모멘트 검토 필요 • $f_{t10} + f_{pe} + f_{sa} = -0.63 \sqrt{f_{ck}}$ $= -18.6 + 16.84 - M'_{cr} / 0.523$ $= -0.63 \sqrt{35} = -3.73$ • $M_{cr} = (-1.74 + 3.727) \times 0.523 \times 1000 = 1,039.150 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $\therefore M_{cr} = 7,285.610 + 1,039.150 = 8,324.760 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $\Phi M_u = 14,595.653 \text{ kN} \cdot \text{m} > 1.2 M_{cr} = 9,989.712 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \therefore \text{O.K}$	8. 전단강도 검토 8.1 극한전단력 (전단력이 큰 외측 Girder 에 대하여 검토) 1) 지점부 • $V_u = 1.3 \times \sum \text{고정하중 전단력} + 2.15 \times \sum \text{활하중 전단력}$ $1.3 \times (284.100 + 418.660 + 41.930) + 2.15 \times 313.160$ $= 1,641.391 \text{ kN}$ • $M_u = 0.000 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{단지점부 이므로})$

8.2 전단철근이 부담해야 할 전단강도

1) 지점부

- $\Phi V_c = 0.8 \times 1538.0 = 1230.4 \text{ kN}$
- $\Phi V_s = V_u - \Phi V_c = 1,641.4 - 1,230.4 = 410.99 \text{ kN}$
- $1/3 \sqrt{f_{ck}} \cdot b_w \cdot d = 0.33 \times \sqrt{35} \times 200.0 \times 1600 = 631.049 \text{ kN}$
- $V_s = 513.74 \text{ kN} < 1/3 \sqrt{f_{ck}} \cdot b_w \cdot d = 631.049 \text{ kN}$

8.3 STIRRUP 배치간격 검토

1) 지점부

a. 사용 철근량

$$A_v = D 16 \times 2 \text{ EA} = 3,972 \text{ cm}^2$$

b. 필요 전단철근 간격

$$s_{req} \leq \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{3,972 \times 300 \times 1,600}{513,739} = 371.1 \text{ mm}$$

c. Stirrup 배치 간격 검토

$$s_{use} = 200.0 \text{ mm} < s_{req} = 371.1 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K.}$$

9. 내하력 산정

9.1 내하력 산정 방법

허용응력법 (ASD; Allowable Stress Design Method)

① 내하율 산정 방법

a. Con'c Girder

$$RF = \frac{f_{ca} - (f_d + f_{ce})}{f_{t-1}}$$

여기서, f_{ca} : Con'c의 허용응력
 f_{ce} : 유요 Prestress에 의한 Con'c의 응력

b. PS Tendon

$$RF = \frac{(f_{pa} - f_{pe}) - f_d}{f_{t-1}}$$

f_{pa} : PS Tendon의 허용응력
 f_{pe} : 유요 Prestress
 f_d : 고정하중에 의한 응력
 f_{t-1} : 유효응(손괴도함)에 의한 모멘트

② 내하력 산정 방법

a. 기본 내하력

$$P_o = RF \cdot P_r \text{ (기본 내하력)}$$

b. 공용 내하력

$$P_n = K_s \cdot P_o \text{ (공용 내하력)}$$

2) 강도설계법 (USD; Ultimate Strength Design Method)

① 내하율 산정 방법

a. Con'c Girder

$$RF = \frac{\Phi M_n - \gamma_d \cdot M_d}{\gamma_L \cdot M_{L+I}}$$

여기서, Φ : 강도 감소계수
 M_n : 공칭 모멘트

$\gamma_d (\gamma_L)$: 고정하중(활하중) 계수

M_d : 고정하중에 의한 모멘트

M_{L+I} : 유효하중(손괴도함)에 의한 모멘트

② 내하력 산정 방법

a. 기본 내하력

$$P_o = RF \cdot P_r \text{ (기본 내하력)}$$

b. 공용 내하력

$$P_n = K_s \cdot P_o \text{ (공용 내하력)}$$

9.2 내하력 산정

1) 허용응력법 (ASD; Allowable Stress Design Method)

① PSC 거더

구분		외측 Girder (G1)		내측 Girder (G2-G3)	
		PSC Girder		PSC Girder	
		상하	하하	상하	하하
응력 (MPa)	재료응력 ; f_a	14.00	2.81	14.00	2.81
	유요 Prestress ; f_{pe}	-5.05	16.84	-4.96	16.53
	고정하중 응력 ; f_d	15.79	-14.72	12.44	-11.94
	유효응 응력 ; f_{t-1}	1.56	-3.86	1.56	-4.06
모정계수 ; K_s	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
기본 내하율 ; RF	2.090	1.276	4.179	1.822	
공용 내하율 ; RF	2.090	1.276	4.179	1.822	
기본 내하력 ; P_o	DB-50.2	DB-30.6	DB-100.3	DB-43.7	
공용 내하력 ; P_n	DB-50.2	DB-30.6	DB-100.3	DB-43.7	
설계하중 ; P_r (중하중)	DB-24		DB-24		

구분	외측 Girder (G6)			
	PSC Girder			
	상하	하하		
응력 (MPa)	재료응력 ; f_a	14.0	2.8	
	유요 Prestress ; f_{pe}	-5.05	16.84	
	고정하중 응력 ; f_d	15.79	-14.72	
	유효응 응력 ; f_{t-1}	1.56	-3.86	
모정계수 ; K_s	1.000	1.000		
기본 내하율 ; RF	2.090	1.276		
공용 내하율 ; RF	2.090	1.276		
기본 내하력 ; P_o	DB-50.2	DB-30.6		
공용 내하력 ; P_n	DB-50.2	DB-30.6		
설계하중 ; P_r (중하중)	DB-24			

2) 강도설계법 (USD; Ultimate Strength Design Method)

구분		외측 Girder (G1)	내측 Girder (G2-G3)	외측 Girder (G4)
		PSC Girder	PSC Girder	PSC Girder
모멘트 (kN-m)	설계모멘트 ; M_u	14,595.653	14,639.063	14,595.653
	고정하중 모멘트 ; M_d	5,266.880	4,285.920	5,266.880
하중 고정하중 계수 ; γ_d	활하중 모멘트 ; M_{L+I}	2,018.730	2,141.080	2,018.730
	하중 고정하중 계수 ; γ_d	1.30	1.30	1.30
계수	활하중 계수 ; γ_L	2.15	2.15	2.15
	모정계수 ; K_s	1.000	1.000	1.000
기본 내하력 ; RF	기초 내하력 ; RF	1.785	1.970	1.785
	공통 내하력 ; RF	1.785	1.970	1.785
기본 내하력 ; P_o	기본 내하력 ; P_o	DB-42.8	DB-47.3	DB-42.8
	공통 내하력 ; P_n	DB-42.8	DB-47.3	DB-42.8
설계하중 ; Pr (중공강)	설계하중 ; Pr (중공강)	DB-24	DB-24	DB-24

구분		Slab	Slab	-
		관절리브	중앙부	-
모멘트 (kN-m)	설계모멘트 ; M_u	64.237	60.861	-
	고정하중 모멘트 ; M_d	17.600	3.400	-
하중 고정하중 계수 ; γ_d	활하중 모멘트 ; M_{L+I}	4.781	8.820	-
	하중 고정하중 계수 ; γ_d	1.30	1.30	-
계수	활하중 계수 ; γ_L	2.15	2.15	-
	모정계수 ; K_s	1.000	1.000	-
기본 내하력 ; RF	기본 내하력 ; RF	4.023	2.976	-
	공통 내하력 ; RF	4.023	2.976	-
기본 내하력 ; P_o	기본 내하력 ; P_o	L-96.6	L-71.4	-
	공통 내하력 ; P_n	L-96.6	L-71.4	-
설계하중 ; Pr (중공강)	설계하중 ; Pr (중공강)	L-24	L-24	-

- 5) 파상마찰계수 : $K = 0.0086 \text{ k/m}$] 금속워스 {도기 p310}
 6) 곡률마찰계수 : $M = 0.39 \text{ u/rad}$
 7) 슬립량 : 6.0 mm

1.3.3 바닥 콘크리트

1) 콘크리트

- (1) 압축강도 : $f_{ck} = 27.0 \text{ kgf/cm}^2$
 (2) 탄성계수 : $E_c = 2.45 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$

2) 철근 (SD40)

- (1) 인장강도 : $f_t = 4,000 \text{ kgf/cm}^2$ (SD-40)
 (2) 탄성계수 : $E_s = 2.0 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$

1.4 허용응력(도기 p28~29, p307 ~ p309)

1.4.1 PSC 콘크리트

- 1) 허용압축응력 : $f_{ca} = 0.4 \times f_{ck} = 10.8 \text{ kgf/cm}^2$

2) 프리스트레스 도입시의 콘크리트 압축강도

$$f_{ci} = 0.8 \times f_{ck} = 21.6 \text{ kgf/cm}^2$$

- 3) 크리어프의 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력

- (1) 허용압축응력 : $0.55 \times f_{ci} = 11.9 \text{ kgf/cm}^2$
 (2) 허용인장응력(미리 압축력을 가한 인장구역) : 규정 없음, 손실후 참조
 (3) 허용인장응력(그 외의 지역) :
 - 부착된 철근이 없는 인장구역 :
 $14 \text{ kgf/cm}^2 \text{ or } 0.8 \sqrt{f_{ci}} = 11.023 \text{ kgf/cm}^2$

4) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력

- (1) 허용압축응력 : $0.4 \times f_{ck} = 10.8 \text{ kgf/cm}^2$
 (2) 허용인장응력(미리 압축력을 가한 인장구역) :
 - 부착된 철근을 갖는 부재 : $1.50 \times \sqrt{f_{ck}} = 25 \text{ kgf/cm}^2$
 - 부착된 철근을 갖고 있는 부재 : $0.80 \times \sqrt{f_{ck}} = 13 \text{ kgf/cm}^2$
 - 부착된 철근이 없는 부재 : 0

5) 허용균열응력 (실험값의 1/2인장강도 사용, 보통콘크리트) :

$$2.0 \times \sqrt{f_{ck}} = 33 \text{ kgf/cm}^2$$

6) 정착부의 지압응력(사용하중상태에서 정착부) :

- (1) 긴장재 정착 직후 : $0.7 \times f_{ci} \sqrt{A_b / A_s} - 0.2 \leq 1.1 f_{ci}$
 (2) 프리스트레스 손실 발생 후 : $0.5 \times f_{ck} \sqrt{A_b / A_s} \leq 0.9 f_{ck}$

1. 설계조건

1.1 일반사항

- 1) 교량 형식 : 단순형성형 P.S.C BEAM 교
 2) 연 : $5 \text{ @ } 30.000 = 150.000 \text{ m}$
 3) 폭 : 10.750 m
 4) 교량 등급 : 1 등 교 (DB 24)
 5) 곡선 반경 : 직 교
 6) 사각 (SKEW) : 0°

1.2 하중조건

1.2.1 사하중

- 1) 활하중 : $f = 2.500 \text{ tonf/m}^2$
 2) 애스콘 : $f = 2.300 \text{ tonf/m}^2$
 3) 토사 : $f = 2.000 \text{ tonf/m}^2$

1.2.2 활하중

- 1) 적용하중 : DB-24, DL-24

2) 충격하중 :

$$i = \frac{15}{(40 + L)} \leq 0.3$$

1.3 사용재료

1.3.1 P.S.C BEAM (POST TENTION)

- 1) $f_{ck} = 27.0 \text{ kgf/cm}^2$
 2) $E_c = 10500 \sqrt{f_{ck}} + 70000 = 242533 \text{ kgf/cm}^2$ (도기 p39)
 3) 크리어프계수 및 건조수축률 (제형 28일 : 도기 p12, p13)
 - 크리어프계수 : $\psi = 3.0$
 - 건조수축률 : $\epsilon = 2.03E-04$

1.3.2 P.C STRAND

- 규격 : KSD 7002 SWPC 7B - 12 STRAND $\phi 12.7 \times 4$

- 1) $A_p = 0.9871 \text{ m}^2 / EA \times 12 EA \times 4 \text{ cable} = 47.381 \text{ m}^2$
 2) $E_p = 2.60E+06 \text{ kgf/cm}^2$ (도기 p39)
 3) 인장강도 : $f_{pu} = 19000 \text{ kgf/cm}^2$
 4) 항복강도 : $f_{py} = 18000 \text{ kgf/cm}^2$

1.4.2 PS 강재

- 1) 정착(SEATING)후 정착부에서의 응력 : $0.7 \times f_{pu} = 13300 \text{ kgf/cm}^2$
 2) 활동에 의한 손실구역 끝 부분 : $0.83 \times f_{py} = 13280 \text{ kgf/cm}^2$
 정착장치 활동에 의한 손실과 대항에 의한 손실을 상쇄하기 위해 짧은 시간동안에
 응력이 $0.9 f_{py} = 14400 \text{ kgf/cm}^2$ 까지 증가하는 것을 허용.
 $P_{max} = 0.9 f_{py} \times A_p = 14400 \times 0.9871 \times 12 / 1000 = 170.571 \text{ tonf}$
 $P_{max} = 0.9 f_{py} \times A_p = 14400 \times 0.9871 \times 12 / 1000 = 170.571 \text{ tonf}$
 3) 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력 : $0.8 \times f_{py} = 12600 \text{ kgf/cm}^2$

1.5 설계방법

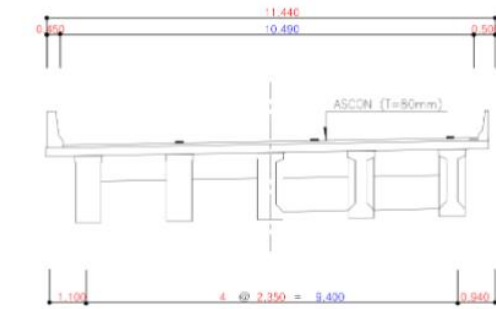
- 1) P.S.C BEAM : 허용응력 설계법
 2) 바닥 SLAB : 강도설계법

1.6 참고문헌

- 1) 도로교 설계기준 : 한국도로교통협회 2000년
 2) 콘크리트 구조설계기준 : 해설 : 한국콘크리트학회 2000년
 3) 도로교표준시방서 : 건설교통부 1996년
 4) 철근콘크리트시방서 : 건설교통부 1996년
 5) 도로설계요령 : 한국도로공사
 6) 도로설계설문답 : 한국도로공사

2. 단면 가결

2.1 횡단면도

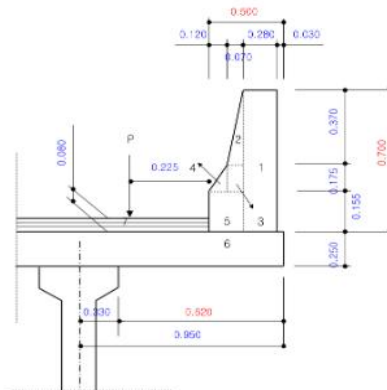


- BEAM 배치 간격 : 2.350 m, BEAM 갯수 : 5 EA
- BEAM 상부 플랜지 폭 (bf) : 0.700 m
- 플랜지간 연단거리 (df) : 1.650 m
- BEAM 자간길이 (L) : 29.900 m
- BEAM 상부 외측 플랜지 폭 (bf) : 0.250 m

3. 바닥판 설계

3.1 캔틸레버부 (방호벽)

3.1.1 최소두께검토



유효경간 : 보 또는 축재의 외측단에서 캔틸레버 끝단까지의 거리로 산정

1) 캔틸레버 자간길이 = $0.620 - 0.500 - 0.390 = -0.180$ m

캔틸레버 자간길이가 음수이므로 출하중은 미검토

2) 차도부분 바닥판의 최소 두께

차도부분 바닥판의 최소두께는 220mm 또는 아래값 중 큰값으로 한다.

구분	바닥판 자간의 범위에 따른 적용방향에 따라	비고
캔틸레버판	$0 < L \leq 0.25$	$280 \times L + 180$
	$L > 0.25$	$60 \times L + 230$

$L = -0.180 < 0.250$

적용 : $280 \times L + 180 = 129.800$

최소 두께 : 129.800 mm

적용 두께 : 250.000 mm > 129.800 mmO.K

3.1.2 하중 자료

1) 사하중

NO	b(m)	h(m)	A(m ²)	γ	W(kN)	x(m)	M(kN.m)
1	0.280	0.700	0.196	25.000	4.900	0.450	2.205
2	0.670	0.370	0.613	25.000	3.324	0.287	0.093
3	0.670	0.175	0.612	25.000	0.306	0.275	0.084
4	0.120	0.175	0.011	25.000	0.263	0.200	0.052
5	0.190	0.155	0.029	25.000	0.736	0.215	0.158
방호벽 합계					8.529		2.563
6	0.620	0.250	0.155	25.000	3.875	0.310	1.201
7(포장)	0.120	0.080	0.019	23.000	0.221	0.060	0.013
전체 합계					19.825		3.867

보 끝단에서 방호벽 도심까지의 거리 (X) = 0.397 m

2) 충돌 하중

- H : 노면상 1m의 높이에 작용하는 수평 충돌력(kg/m)

(1) 충돌하중 산정 - 설계속도 V = 60 km/hr

$$H = \left(\frac{V}{60} \right)^2 \times 7.5 + 2.5 = 15.8 \text{ kN}$$

(2) 단면력 산정

$$M_c = 15.833 \times 1.000 = 15.833 \text{ kN.m/m}$$

4) 풍하중

- 방호벽에 작용하는 풍하중

$$P_w = 3.000 \times 0.790$$

$$= 2.100 \text{ kN/m}$$

$$M_w = P_w \times h / 2 = 0.735 \text{ kN.m/m}$$

3.1.3 하중 조합

1) CASE1 : 사하중 + 충돌하중

$$M_u = 1.3M_d + 1.3M_{co} = 25.533 \text{ kN.m}$$

$$M_s = 1.0M_d + 1.0M_{co} = 19.641 \text{ kN.m}$$

2) CASE2 : 사하중 + 풍하중

$$M_u = 1.3M_d + 1.3M_w = 5.905 \text{ kN.m}$$

$$M_s = 1.0M_d + 1.0M_w = 4.542 \text{ kN.m}$$

3) CASE3 : 사하중 + 풍하중 + 충돌하중

$$M_u = 1.2M_d + 1.2M_w + 1.2M_{co} = 24.451 \text{ kN.m}$$

$$M_s = 1.0M_d + 1.0M_w + 1.0M_{co} = 20.376 \text{ kN.m}$$

5) 적용 부재력

$$M_u(\max) = 25.533 \text{ kN.m}$$

$$M_s(\max) = 19.641 \text{ kN.m}$$

3.1.4 캔틸레버부(방호벽)

1) 단면 검토

> 검토 조건

$$f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \quad f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \lambda = 1.00$$

$$\beta_1 = 0.850 \quad \beta_2 = 0.85 \quad \beta_3 = 0.75$$

$$\rho_{min} = \max(0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y, 1.4 / f_y) = 0.00350$$

$$\text{계수 모멘트 } M_u = 25.533 \text{ kN.m} \quad \text{계수 편단력 } V_u = 6.000 \text{ kN}$$

$$\text{단면의 두께 } H = 250.000 \text{ mm} \quad \text{단면 폭 } B = 1000.000 \text{ mm}$$

$$\text{유효 깊이 } D = 210.000 \text{ mm} \quad \text{표준 두께 } D_c = 40.000 \text{ mm}$$

> 횡단면도 검토

- 종단면도 검토

$$\text{사용될 강종 } A_{s,use} = H15 @ 125.00 \text{ mm} \quad (D_c = 40.00 \text{ mm})$$

$$= 1588.800 \text{ mm}^2 \quad \therefore P = A_s / (B \cdot D) = 0.00757$$

공칭강도시 등가응력값이 $a = (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 27.692 \text{ mm}$

최외단 인장철근 변형률 $\epsilon_t = 0.01634 \geq 0.004 \dots \therefore \text{O.K.}$

...여기서 $\epsilon_t = 0.003 \cdot (H - a/\beta_1 - D_{c,min}) / (a/\beta_1)$

$0.005 \leq \epsilon_t$ 이므로 인장지배단면, $\phi_f = 0.85$ 를 적용한다.

$\phi M_n = \phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 105.961,000 \text{ N}\cdot\text{mm}$

$= 105.961 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_u = 25.533 \text{ kN}\cdot\text{m} \dots \therefore \text{O.K.} \quad (\phi_f \cdot F = 4.150)$

→ 필요철근량 및 철근배율 검토

소요등가응력값이 $a = 6.328 \text{ mm}$ 로

$A_s = M_u / [\phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2)] = 36;$

$a = (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 6.328$

$\text{req} = [M_u / (\phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2))] / (B \cdot D) = 0.00173 \Rightarrow 4/3 \text{ req} = 0.00231$

$\therefore$ 필요철근량 $A_{s,req} = \text{req} \times (B \cdot D) = 363.075 \text{ mm}^2 \leq$ 사용철근량...O.K

철근배율도: $\rho_{min} \leq \rho \dots \therefore \text{O.K.}$

▷ 사용성 검토 (균열 검토)

$M_o = 19.641 \text{ kN}\cdot\text{m}$ (사용허용 모멘트)

$n = E_s/E_c = 200000 / [0.077 \text{ mc} \cdot 1.5 \cdot \gamma \cdot (F_{ck} + \Delta f)] = 7$

$\rho = A_s/(B \cdot D) = 0.00757$

$k = -\rho \alpha + \sqrt{(\rho \alpha)^2 + 2\rho} = 0.277 \quad (\gamma = 0.908)$

$x = k \cdot d = 58.123 \text{ mm}$

$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 3.645 \text{ MPa}$

$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 64.850 \text{ MPa}$

$f_{st} = f_s \cdot (H - D_{c,min} - x) / (D - x) = 64.850 \text{ MPa}$

최외단철근 소요종심간격

$s = \text{Min} [375 \cdot (210/f_{st}) - 2.5C_c, 300 \cdot (210/f_{st})] = 971.47 \text{ mm}$

...여기서, $C_c = d_{c,min} -$ 주철근 직경/2 = 32.00 mm

최외단철근 평균배간격 = $125.00 \text{ mm} \leq 971.47 \text{ mm} \dots \therefore \text{O.K.}$

2) 활하중

(1) 총각계수

$$i = \frac{15}{40 + L} < 0.3$$

$$= 0.361 > 0.3 \quad \text{적용: } 0.3$$

(2) 단면력 산정

$$M_{H1} = \frac{L + 0.6}{9.600} \times P_{24} \times (1 + i) \times 0.8 = 22.256 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$P_{24} = 96.000 \text{ kN}$$

3.2.3 하중 조합

(1) CASE1 : 사하중 + 활하중

$$M_u = 1.3M_d + 2.15M_l = 50.345 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_s = 1.0M_d + 1.0M_l = 24.175 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

3.2.4 중앙부

1) 단면 검토

▷ 검토 조건

$$f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \quad f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \lambda_s = 1.00$$

$$\beta_1 = 0.850 \quad \phi_f = 0.85 \quad \phi_v = 0.75$$

$$\rho_{min} = \max(0.25\lambda_s(f_{ck})/f_y, 1.4/f_y) = 0.00350$$

$$\text{계수 모멘트 } M_u = 50.345 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{계수 전단력 } V_u = 0.000 \text{ kN}$$

$$\text{단면의 두께 } H = 250.000 \text{ mm} \quad \text{단면 폭 } B = 1000.000 \text{ mm}$$

$$\text{유효 깊이 } D = 210.000 \text{ mm} \quad \text{괴목 두께 } D_c = 40.000 \text{ mm}$$

▷ 항모멘트 검토

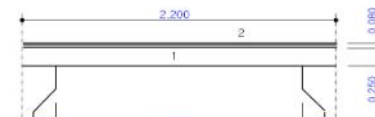
→ 항강도 검토

$$\text{사용철근량 } A_{s,use} = H16 @ 125.00 \text{ mm} \quad (D_c = 40.00 \text{ mm})$$

$$= 1586.800 \text{ mm}^2 \quad \therefore \rho = A_s/(B \cdot D) = 0.00757$$

3.2 중앙부

3.2.1 최소두께검토



→ 유효지간장 : 보 또는 벽체와 일치이며 두께가 일정한 바닥판의 경우, 바닥판의

경간은 순경간으로 산정함 (도기 p336)

1) 중앙부 지간길이 = $2.200 - 0.330 \times 2 = 1.540 \text{ m}$

2) 차도부분 바닥판의 최소 두께

차도부분 바닥판의 최소두께는 220mm 또는 아래값 중 큰값으로 한다.

구분	바닥판 지간의 방향에 따른 진행방향에 직각	비고
연속판	$30 \times L + 130$	

$$\text{적용: } 30 \times L + 130 = 17,820 \text{ mm}$$

$$\text{최소 두께: } 220.000$$

$$\text{적용 두께: } 250.000 \text{ mm} > 220.000 \text{ mm} \dots \therefore \text{O.K.}$$

3.2.2 하중 재하

1) 사하중

구분	두께	단위중량	Wd
	m	kN/m ²	kN/m
아스팔트	0.080	23.000	1.840
슬래브	0.250	25.000	6.250
합계			8.090

$$M_d = \frac{W_d \times L^2}{10} = 1.919 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\rightarrow \text{정. 부모멘트: } M_d = W_d \times L^2/10$$

공칭강도시 등가응력값이 $a = (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 27.692 \text{ mm}$

최외단 인장철근 변형률 $\epsilon_t = 0.01634 \geq 0.004 \dots \therefore \text{O.K.}$

...여기서 $\epsilon_t = 0.003 \cdot (H - a/\beta_1 - D_{c,min}) / (a/\beta_1)$

$0.005 \leq \epsilon_t$ 이므로 인장지배단면, $\phi_f = 0.85$ 를 적용한다.

$\phi M_n = \phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 105.961,000 \text{ N}\cdot\text{mm}$

$= 105.961 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_u = 50.345 \text{ kN}\cdot\text{m} \dots \therefore \text{O.K.} \quad (\phi_f \cdot F = 2.105)$

→ 필요철근량 및 철근배율 검토

소요등가응력값이 $a = 12.672 \text{ mm}$ 로 가정

$$A_s = M_u / [\phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2)] = 727.048 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 12.672 \text{ mm} \quad \therefore \text{가정과 비슷함 O.K.}$$

$\text{req} = [M_u / (\phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2))] / (B \cdot D) = 0.00346 \Rightarrow 4/3 \text{ req} = 0.00462$

$\therefore$ 필요철근량 $A_{s,req} = \text{req} \times (B \cdot D) = 727.048 \text{ mm}^2 \leq$ 사용철근량...O.K

철근배율도: $\rho_{min} \leq \rho \dots \therefore \text{O.K.}$

▷ 사용성 검토 (균열 검토)

$M_o = 24.175 \text{ kN}\cdot\text{m}$ (사용허용 모멘트)

$n = E_s/E_c = 200000 / [0.077 \text{ mc} \cdot 1.5 \cdot \gamma \cdot (F_{ck} + \Delta f)] = 7$

$\rho = A_s/(B \cdot D) = 0.00757$

$k = -\rho \alpha + \sqrt{(\rho \alpha)^2 + 2\rho} = 0.277 \quad (\gamma = 0.908)$

$x = k \cdot d = 58.123 \text{ mm}$

$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 4.364 \text{ MPa}$

$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 79.821 \text{ MPa}$

$f_{st} = f_s \cdot (H - D_{c,min} - x) / (D - x) = 79.821 \text{ MPa}$

최외단철근 소요종심간격

$s = \text{Min} [375 \cdot (210/f_{st}) - 2.5C_c, 300 \cdot (210/f_{st})] = 789.27 \text{ mm}$

...여기서, $C_c = d_{c,min} -$ 주철근 직경/2 = 32.00 mm

최외단철근 평균배간격 = $125.00 \text{ mm} \leq 789.27 \text{ mm} \dots \therefore \text{O.K.}$

2) 내하력 평가 결과

① 강도설계법에 의한 부재검토

■ 바닥판 검토결과

【표 2.5.1】 바닥판 검토결과

구분	고정하중단면력 (Md)	활하중단면력 (M _l)	계수단면력 (Mu)	공칭단면력 (ϕ Mn)	안전율 (S.F)	비고
캔틸레버측	4.532	17.648	26.617	89.340	3.356	만족
중간바닥판	1.820	21.840	49.322	89.340	1.811	만족

■ 거더 검토결과

【표 2.5.2】 거더 검토결과

부재명	고정하중단면력 (Md)	활하중단면력 (M _l)	계수단면력 (Mu)	공칭단면력 (ϕ Mn)	안전율 (S.F)	비고
외측거더 (G1,G8)	5,266.88	2,018.73	11,187.214	14,595.653	1.305	만족
내측거더 (G2~G7)	4,195.92	2,141.08	10,175.018	14,639.063	1.439	만족

② 허용응력법에 의한 부재검토

■ 응력집계표

【표 2.5.3】 응력 집계표

부재명		합성전 (MPa)	합성후 (MPa)	활하중 (MPa)	합계	비고
외측거더 (G1,G8)	상연	15.55	0.24	1.56	17.35	
	하연	-14.14	-0.58	-3.86	-18.58	
내측거더 (G2~G7)	상연	12.13	0.31	1.56	14.00	
	하연	-11.13	-0.81	-4.06	-16.00	

■ 응력 검토결과(MPa)

【표 2.5.4】 응력 검토결과

부재명		작용응력 (MPa)	프리스트레스	허용응력 (MPa)	안전율	비고
외측거더 (G1,G8)	상연	17.35	-5.05	14.00	1.138	OK
	하연	-18.58	16.84	-2.81	1.615	
내측거더 (G2~G7)	상연	14.00	-4.96	14.00	1.549	OK
	하연	-16.00	16.53	14.00	26.415	

③ 평가 결과

안전율 개념을 적용한 구조안전성능 평가 결과, 안전율이 SF>1.0을 만족하고 있으므로 재하시험에 의한 공용내하력은 적용하지 않았다.

다. 세굴에 대한 안전성 평가

1) 세굴심 평가

① 관련자료 수집

대상 시설물의 세굴심 검토를 위한 자료를 “이동~용인간 도로확장 및 포장공사, 구조 및 수리계산서, 1977.08” 에서 수집하였으며, 부록에 수록하였다.

② 세굴심 평가

■ CSU 공식

$$\text{세굴심}(y_s) = (2.0 K_1 K_2 K_3 K_4 \left(\frac{a}{y_1}\right)^{0.65} (Fr_1)^{0.43}) / y_1$$

$$= (2.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.1 \times 1.0 \times (2.6/0.5)^{0.65} \times (0.06)^{0.43}) / 0.5 = 3.83\text{m}$$

여기서, y_1 = 구조물의 직상류부 수심(0.5m), K_1 = 교각형상에 대한 보정계수(1.0)

K_2 = 흐름입사각에 대한 보정계수(1.0), K_3 = 하상조건에 대한 보정계수(1.1)

K_4 = 하상재료의 크기에 대한 보정계수(1.0), a = 교각의 폭(2.6m)

$$Fr_1 = \text{구조물 설치 직상류부의 Froud수} \left(\frac{v}{\sqrt{gh}} = \frac{0.3}{\sqrt{(9.81 \times 2.6)}} = 0.06 \right)$$

■ Laursen 공식

$$\frac{b}{y} = 5.5 \left(\frac{y_s}{y} \right) \left[\left(\frac{y_s}{11.5y} + 1 \right)^{1.7} - 1 \right], \quad \therefore y_s = 1.22\text{m}$$

여기서, y = 구조물의 직상류부 수심(0.5m)

y_s = 세굴심도(m) b = 교각의 폭(2.6m)

■ Neill 공식

$$\text{세굴심도}(y_s) = (1.5 \left(\frac{b}{y} \right)^{0.3}) / b, \quad \therefore y_s = 0.95\text{m}$$

여기서, y = 구조물의 직상류부 수심(0.5m)

b = 교각의 폭(2.6m)

③ 세굴심 산정

상기 각 공식별 최대 세굴심 산정결과 많은 차이를 보이고 있으므로 크게 차이나는 1번 값을 제외한 두 개 공식의 평균 값(1.09m)을 본 교량의 세굴심으로 적용한다.

④ 세굴심 평가 결과

현 수심을 기준으로 하상에 위치한 교각에 대한 세굴심 평가 결과, 세굴심이 기초 상단보다 높게 위치하고 있는 것으로 검토되어 “a” 등급으로 평가하였다.

2) 기초 안전성 평가

세굴심 검토결과, 계산된 세굴심이 기초 사단에 위치하고 있으며 교각 하단 주변에 사석보호공이 시공되어 있어 기초 안전성 검토는 생략한다.

라. 구조안전성능평가 평가

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

【표 2.5.5】 구조안전성능평가 결과

평가항목	결합도 지수	평가기준	구조안전성능 평가 = Min(내하력평가, 기초안전성 평가))
내하력평가	S.F=1.138	S.F > 1	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 2.5.6】 안전성능평가 결과

구분	상태안전성능등급		구조안전성능등급		비고
	평가지수	평가등급	평가지수	평가등급	
이동교(하)	0.191	b	0.129	a	
안전성능등급	상태안전성능평가와 구조안전성능평가를 종합하여 분석한 결과, 최저평가지수인 0.191로 평가 되었으며 평가등급은 B등급으로 산정되었다.				

2.6 내구성능 평가

2.6.1 콘크리트 내구성능 평가

콘크리트의 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분되며, 열화진전평가로는 탄산화 깊이, 염화물 침투량, 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.

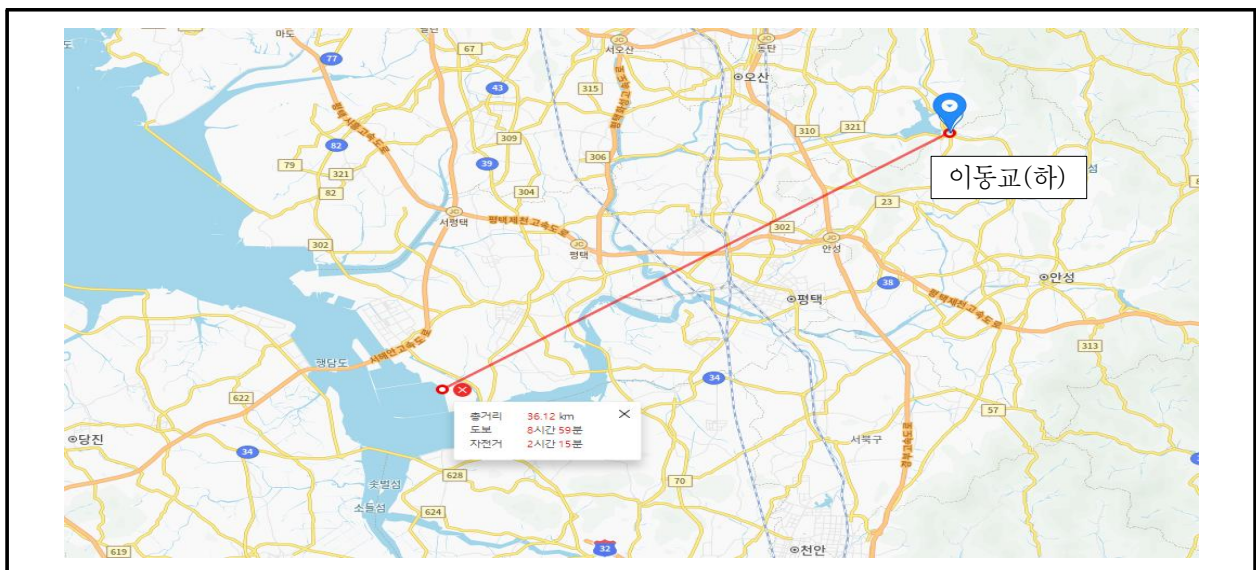
2.6.2 콘크리트 내구성능 평가 결과

가. 염해환경 평가

1) 해안거리에 따른 비래염분 염해환경

대상교량은 경기도 안성시 양성면 난실리에 위치하며, 서해안으로부터 약 36.12km 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 안성에 관측소가 없는 관계로 자료가 있는 관측소 중 가장 가까운 관측소인 수원 관측소에서 측정된 최근 10년간 데이터를 활용하여 평가하였다. 최근에 측정된 최신신적설 자료 중 2014년부터 2023년까지의 자료를 참조하였으며, 연평균 강설 일수는 11.3일로 확인되었고, 평가등급은 B등급으로 분석되었다.

【표 2.6.2】 제설제 염해환경 평가결과(연평균 강설일수)

해당지역	경기도 안성시 양성면 동항리				
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 안성시 양성면 난실리				
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 안성시 양성면 동향리				
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 침투량 평가

구 분	세부 부재명		깊이별 염화물 침투량 (kg/m ³)			평가등급
			0~15mm	15~30mm	30mm~철근	
염화물 침투량	바닥판	S4	0.087	0.054	0.016	a
구 분	세부 부재명		깊이별 염화물 침투량 (kg/m ³)			평가등급
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근	
염화물 침투량	교대	A1	0.115	0.066	0.025	a

【표 2.6.6】 염화물 확산계수 산출

계산항목	세부 부재명		깊이별 염화물 확산계수 (cm ² /year)		
			0~15mm	15~30mm	30mm~철근
염화물 확산계수	바닥판	S4	—	—	0.226
계산항목	세부 부재명		깊이별 염화물 확산계수 (cm ² /year)		
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근
염화물 확산계수	교대	A1	—	—	0.591

【표 2.6.7】 철근부의 전염화물 침투량이 2.5(kg/m³)가 되는 시점 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		계산결과(year)	평가등급
철근부 전염화물 침투량 C_r 가 2.5(kg/m ³)가 되는 시점	바닥판	S4	10년 초과~20년 이하	c
	교대	A1	10년 초과~20년 이하	c

【표 2.6.8】 염화물 침투량 최종 평가등급

세부 부재명		염화물 침투량 평가 결과	철근부 전염화물 침투량 C_r 가 2.5(kg/m ³)가 되는 시점	염화물 침투량 최종 평가 등급
바닥판	S4	a	c	c
교대	A1	a	c	c

2) 탄산화 깊이

【표 2.6.9】 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	S4 바닥판하면	2.0	0.45	30년 초과	a	a
	S1-G7 거더	1.5	0.34	30년 초과	a	a
	A1 교대	5.0	1.12	30년 초과	a	a

3) 피복 콘크리트의 품질

【표 2.6.10】 피복 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부비율(%)	개별 평가등급	평균	평가 등급
피복 콘크리트의 품질	바닥판	S4	103.0	—	a	0.10	a
		S4	—	96.0	a		
	거더	S1-G7	125.5	—	a		
		S4-G7	119.3	—	a		
	가로보	S4	115.2	—	a	0.13	b
	교대	A1	100.8	—	a		
	교각	P3	115.8	—	a		
		P3	—	91.4	b		

라. 콘크리트 내구성능 평가결과

【표 2.6.11】 대상교량 제원

교량형식		PSCI 거더교
경간장 및 경간수		4@30.0m = 120.0m
교폭		17.3m
바닥판의 높이		0.25m
거더 갯수		8
2차 부재		L=1.54m, 교축방향 4.65~4.85m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교각		일반 RC
피복 두께		40mm~100mm
공용연수		19년
위치	지역	경기도 안성시 양성면
	해안 이격거리	300m 초과

【표 2.6.12】 일반콘크리트 거더교 콘크리트 내구성능 평가

부재 그룹명	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
		염화물 침투량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재	비고
상부	바닥판(33)	c	a	a	c	0.4
	거더(35)	—	a	a	a	0.1
	2차부재(7)	—	—	a	a	0.1
하부	교대/교각(25)	c	a	b	c	0.4
		결함도지수	$(0.4*33+0.1*35+0.1*7+0.4*25)/100 = 0.274$			
		등급	C			

【표 2.6.13】 열화환경지표의 평가

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

2.6.3 내구성능평가 결과

본 과업에서 실시한 내구성능평가 결과는 다음과 같다.

【표 2.6.14】 내구성능평가 결과

구분	결함도지수	평가등급	가중치	결함도지수×가중치
콘크리트내구성능평가 결과	0.274	C	1	0.274
결함도점수				0.274
내구성능평가 결과				C

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, 7.11~7.34로 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	이동	1	0.12	아스콘	1.96	0.00	2.14	7.11	a
일반국도 45호선	이동	2	0.12	아스콘	0.01	0.00	2.14	7.34	a
평가결과	포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 NHPCI를 분석한 결과, 6.0초과로 산정되어 매우우수 상태인 a등급으로 평가되었다.								

나. 교량조명 평가

【표 2.7.2】교량 조명의 작동유무 평가

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

- 이동교(하)는 3개의 조명이 설치되어 있고, 3개의 조명중 점등불량 수량이 1개소 확인되어 모든 조명의 70% 미만 사용가능하다고 판단하여 작동유무 e등급으로 평가되었다.

【표 2.7.3】도로의 조명기준

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

- 이동교(하)는 국도45호선에 위치한 교량으로 도로 사용자의 분리가 잘되어 있는 교량으로 도로 조명등급 기준 M3에 해당한다.

【표 2.7.4】 휘도 측정값

No.	외곽차선 휘도(cd/m^2)	중앙차선 휘도(cd/m^2)
1	0.31	0.23
2	0.42	0.29
3	0.49	0.41
4	0.52	0.38
5	0.42	0.35
6	0.51	0.31
7	0.54	0.32
8	0.42	0.36
9	0.35	0.37
10	0.37	0.27
평균(최댓값, 최소값 제외)	0.44	0.33

- 해당 도로의 조명 등급은 M3에 해당하며, 평균노면 휘도(최소허용치)는 $1.0cd/m^2$ 이다. 외곽차선 휘도와 중앙차선 휘도 중 낮은 값(0.33)을 적용하면 70%미만으로 e등급에 해당된다.

【표 2.7.5】교량 조명 성능평가 결과

작동유무평가 ①	설치상태				조명평가등급 MIN(①,②)
	도로조명 휘도기준		측정휘도 (cd/m^2)	설치상태평가 ②	
	도로조명등급	평균 노면휘도(cd/m^2)			
e	M3	1.0	0.33	e	e

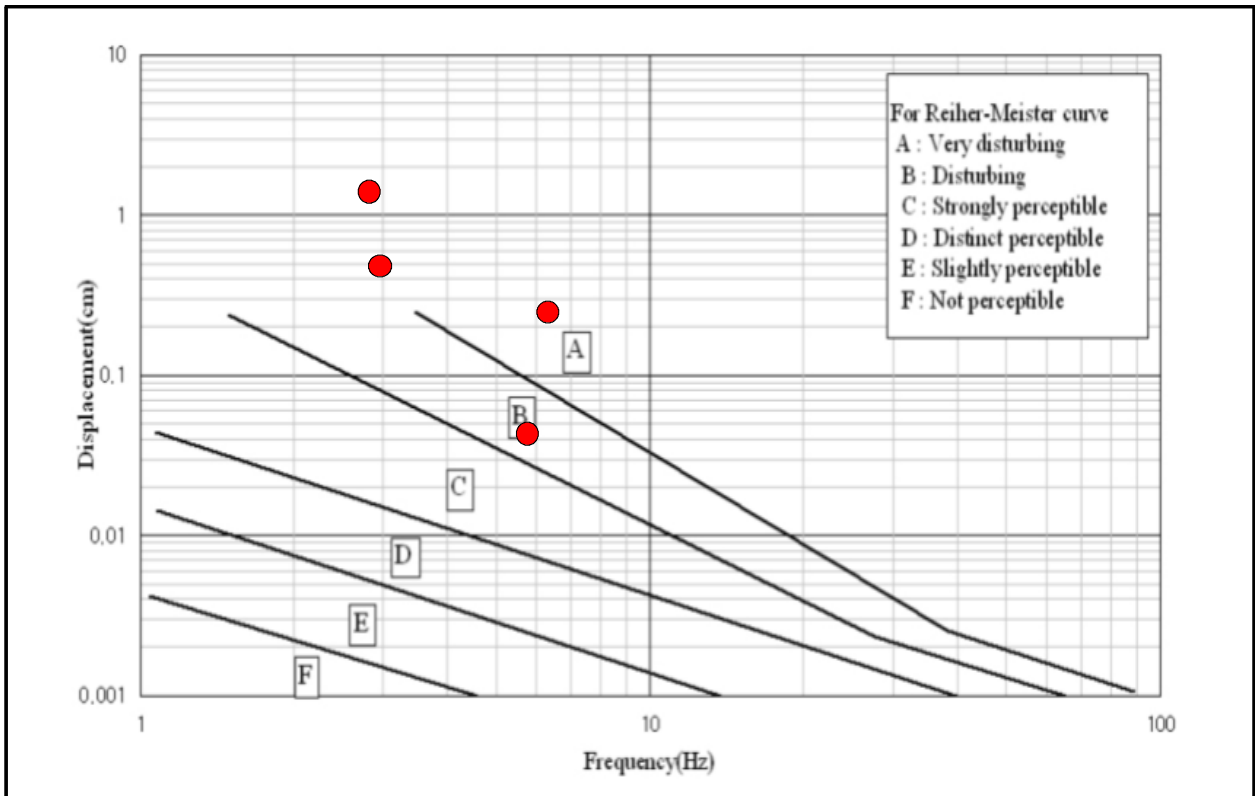
다. 진동사용성 평가

1) 측정

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

【표 2.7.6】진동측정값

No.	Dis(cm)	Fre(Hz)
1	1.23	2.9
2	0.42	3.0
3	0.22	6.2
4	0.04	5.9



【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 교량의 경우 교각은 3기가 시공되어있으며, 점검로의 경우 3기 모두 100% 설치된 것으로 조사되었다.

【표 2.7.7】 점검시설 평가결과

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

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

마. 교통량 평가

- 대상 시설물의 평택-이동간 도로확장 및 포장공사 검토서에서 기재된 수요예측에 대하여 보 간법을 실시하여 2023년 평균예측결과 30,762대/일과 교통량정보제공시스템(TMS)에서 제공된 서안성IC~송전리구간의 수요실제 32,233대/일을 비교 검토한 결과 수요예측 대비 수요 실제 비율이 95.4%로 b등급으로 평가되었다.

【표 2.7.8】 교통량의 성능평가

구 분	수요예측(대/일) a	소요실제(대/일) b	대비(%) $a/b \times 100$	평가등급	비고
이동교(하)	30,769	32,233	95.4	b등급	2023년 교통량

2.7.2 사용성능평가 결과

【표 2.7.9】 사용성능평가 결과

구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	등급점수
사용성능	사용성	포장상태	0.247	a	0.1
		조명시설	0.150	e	1.0
		진동사용성	0.202	e	1.0
기능성	유지관리성	점검시설의 유무	0.206	b	0.2
	수요 및 용량	교통량	0.195	b	0.2
				결합도점수	0.457
				등급	C

- 사용성능 최종등급을 산정하면, 0.1×0.247 (포장상태) + 1.0×0.150 (조명시설) + 1.0×0.202 (진동사용성) + 0.2×0.206 (점검시설의 유무) + 0.2×0.195 (교통수요) = 0.457으로 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	이동교(하)		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.191	b	0.68
내구성능 평가	0.274	c	0.21
사용성능 평가	0.457	c	0.11
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.191 \times 0.68 + 0.274 \times 0.21 + 0.457 \times 0.11 = 0.238$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.238 • 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	32,233 대/일	하B
중차량 통행량	차선당 1,000 대/일 이상	차선당 1,277 대/일 (5,106 대/일)	
대상교량의 차단 시 우회거리	5km 이상	3.5km	

【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(0.191) - 구조안전성능 평가결과 → A등급(0.129)	내구성능 평가결과 → C등급(0.274)	사용성능 평가결과 → C등급(0.457)
종합평가	B등급(0.238)	
성능목표	B등급($0.2 \leq X < 0.26$)	
분석결과	- 성능평가 실시 결과, 안전성능 평가 B등급, 내구성능 평가 C등급, 사용성능평가 C등급으로 분석되어 최종 종합평가 등급은 B등급으로 판정되었다. - 이는 시설물의 성능평가 목표치인 B등급으로 평가되었으며, 발생된 손상 중 긴급보수를 요하는 손상은 발생하지 않았으며, 발생된 손상은 보수를 시행토록하고, 그 외 손상은 주기적인 점검을 통한 관리로 보수를 시행하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.	

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
바닥면하면	균열(0.3mm이상)	주입보수	2.5	3.75	m	86	323	2
	백태	표면처리	0.43	0.65	m²	249	162	2
	파손 및 철근노출	단면보수(방청)	0.99	1.49	m²	1,113	1,658	2
가로보	균열(0.3mm미만)	표면처리	1.4	0.35	m²	187	65	3
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	1	0.25	m²	250	63	3
	보수부재균열(0.3mm미만)	표면처리	1	0.25	m²	250	63	3
	백태	표면처리	2.26	3.39	m²	250	848	2
	폐콘크리트 적치	정비	3.75	5.63	m²	8	45	3
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	6.1	1.53	m²	250	383	3
교량받침	받침몰탈균열(0.3mm미만)	표면처리	0.1	0.03	m²	250	8	2
	받침몰탈재균열(0.3mm미만)	표면처리	0.1	0.03	m²	250	8	2
	받침콘크리트균열(0.3mm미만)	표면처리	0.2	0.05	m²	250	13	2
	Plate 부식	도장보수	3	3.00	EA	415	1,245	2
신축이음	후타재파손, 패임	단면보수	0.44	0.66	m²	960	634	2
	유간 토사퇴적	청소	9	13.50	m	8	108	3
	차수관볼트/너트부족	정비	8	8.00	EA	8	64	3
배수시설	배수구 막힘	청소	6	6.00	EA	184	1,104	3
	배수로 토사퇴적	청소	1.2	1.80	m²	184	331	3
	배수관 길이부족	정비	3	3.00	EA	577	1,731	3
난간및연석	균열(0.3mm미만)	표면처리	9.3	2.33	m²	250	583	3
	균열(0.3mm이상)	주입보수	0.25	0.38	m	187	71	2
	망상균열(폭0.2mm)	표면처리	1.76	2.64	m²	250	660	3
	파손, 들뜸, 패임, 균열	단면보수	10.33	15.50	m²	960	14,880	3
	난간 변형	정비	1	1.50	m	422	633	3
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	-		4,970		20,713		
	재경비 (순공사비의 50%)	-		2,485		10,357		
	합계	-		7,455		31,070		
개략공사비 총계(천원)		38,525						

- ※ 1. 손상물량으로 여유수량을 감안하여 할증(20%)을 적용하였으며, 명확하게 수량산출이 가능한 손상은 할증적용을 제외하였음.(보수물량 = 손상물량 × 1.2(할증))
2. 상기 개략공사비는 재경비가 포함된 금액이며, 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.
3. 적용된 공법 및 대가기준은 개략적인 비용을 산출하기 위한 것으로서 실제 보수 시에는 별도의 설계를 통해 공법 및 대가를 산정해야 함.
4. 2022년 수원국토관리사무소 공종별 유지보수 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	등급	손 상	부 재	성 능	등급		
주입보수	3.75	202	758	균열(0.3mm이상)	바닥판	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	5
표면처리	0.65	275	179	백태	바닥판	안전	c	1.00	0.15	0.68	0.18	0.01836	2
단면보수(방청)	1.49	1,605	2,391	파손 및 철근노출	바닥판	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	5
표면처리	0.35	173	61	균열(0.3mm미만)	가로보	안전	c	1.00	0.04	0.68	0.18	0.00490	20
표면처리	0.25	229	57	균열(0.3mm미만)	교대	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	12
표면처리	0.25	229	57	보수부재균열 (0.3mm미만)	교대	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	12
표면처리	3.39	229	776	백태	교대	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	12
정비	5.63	70	394	폐콘크리트 적치	교대	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	12
표면처리	1.53	229	350	균열(0.3mm미만)	교각	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	12
표면처리	0.03	229	7	반침물탈균열 (0.3mm미만)	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	5
표면처리	0.03	229	7	반침물탈채균열 (0.3mm미만)	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	5
표면처리	0.05	229	11	반침콘크리트균열 (0.3mm미만)	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	5
도장보수	3.00	382	1,146	Plate 부식	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	5
단면보수	0.66	774	511	후타재파손, 패임	산책이음	안전	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	21
청소	13.50	9	122	유간 토사퇴적	산책이음	안전	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	21
정비	8.00	2	16	차수관볼트너트부족	산책이음	안전	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	21
청소	6.00	169	1,014	배수구 막힘	배수시설	안전	c	1.00	0.03	0.68	0.18	0.00367	26
청소	1.80	169	304	배수로 토사퇴적	배수시설	안전	c	1.00	0.03	0.68	0.18	0.00367	26
정비	3.00	529	1,587	배수관 길이부족	배수시설	안전	b	1.00	0.03	0.68	0.09	0.00184	33
표면처리	2.33	229	534	균열(0.3mm미만)	보호시설	안전	c	1.00	0.02	0.68	0.18	0.00245	30
주입보수	0.38	305	116	균열(0.3mm이상)	보호시설	안전	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	35
표면처리	2.64	229	605	망상균열	보호시설	안전	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	35
단면보수	15.50	880	13,640	파손, 들뜸, 패임, 균열	보호시설	안전	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	35
정비	1.50	310	465	난간 변형	보호시설	안전	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	35
-	-	-	-	염화물	바닥판	내구	c	1.00	0.33	0.21	0.18	0.01247	3
-	-	-	-	염화물	교대	내구	c	1.00	0.50	0.21	0.18	0.01890	1
-	-	-	-	탄산화	바닥판	내구	a	1.00	0.33	0.21	0.05	0.00347	28
-	-	-	-	탄산화	거더	내구	a	1.00	0.35	0.21	0.05	0.00368	24
-	-	-	-	탄산화	교대	내구	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	18
-	-	-	-	파복콘크리트의 품질	바닥판	내구	a	1.00	0.33	0.21	0.05	0.00347	28
-	-	-	-	파복콘크리트의 품질	거더	내구	a	1.00	0.35	0.21	0.05	0.00368	24
-	-	-	-	파복콘크리트의 품질	가로보	내구	a	1.00	0.07	0.21	0.05	0.00074	39
-	-	-	-	파복콘크리트의 품질	교대	내구	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	18
-	-	-	-	파복콘크리트의 품질	교각	내구	b	1.00	0.50	0.21	0.09	0.00945	4
-	-	-	-	포장상태	-	사용	a	0.247	1	0.11	0.05	0.00136	34
-	-	-	-	교량조명	-	사용	e	0.15	1	0.11	0.38	0.00627	17
-	-	-	-	진동사용성	-	사용	e	0.202	1	0.11	0.38	0.00844	11
-	-	-	-	점검시설	-	사용	b	0.206	1	0.11	0.09	0.00204	31
-	-	-	-	교통량	-	사용	b	0.195	1	0.11	0.09	0.00193	32

마. 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 0.238로 B등급으로 평가되었으며, 성능목표인 B등급($0.2 \leq X < 0.26$)을 만족하는 것으로 분석되었다. 따라서, 시설물의 성능유지를 위해 우선순위 산정결과에 따라 순차적으로 보수를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

2.10 종합결론 및 건의사항

본 시설물은 경기도 안성시 양성면 난실리 375-1에 위치한 교량으로서 총 연장 120.0m, 폭 17.3m, 편도 4차로로 시공되어, 2004년도에 준공되어 약 19년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 안전성능평가, 내구성능평가, 사용성능평가 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 하면에 발생한 균열(0.3mm이상)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 구속응력 등에 의한 발생한 손상으로 우수유입, 온도변화 등에 의해 손상이 진전될 우려가 있으므로 내구성 확보 차원에서 주입보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 백태는 손상부를 통한 우수유입, 수분접촉, 종조인트 누수 등의 원인에 의해 발생한 것으로 판단되며, 표면처리를 통해 구조물의 내구성 저하를 방지하는 것이 바람직하다.
- 파손 및 철근노출은 외부충격, 우수유입, 온도변화 등에 의한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 및 손상의 진전 방지를 위해 단면보수(방청)를 실시하는 것이 필요하다.

2) PSC I Girder

- 거더는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가 손상 발생 여부에 대한 주의관찰이 요구된다.

3) 가로보

- 가로보에 발생된 균열(0.3mm미만)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 구속응력 등에 의한 발생한 손상으로 우수유입, 온도변화 등에 의해 손상이 진전될 우려가 있으므로 내구성 확보 차원에서 표면처리 보수를 실시하는 것이 필요하다.

4) 교대

- 교대에 발생한 균열 및 재균열(0.3mm미만)은 건조수축 및 구속응력, 온도변화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 장기간 우수 및 외기에 의한 수분접촉시 표면열화에 따른 박리 또는 내부 철근의 부식 팽창 등에 의해 박락이 발생될 수 있으므로 내구성 확보를 위한 표면보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 백태는 손상부를 통한 우수유입, 수분접촉, 종조인트 누수 등의 원인에 의해 발생한 것으로 판단되며, 표면처리를 통해 구조물의 내구성 저하를 방지하는 것이 바람직하다.
- 누수흔적, 체수, 누수오염, 표면오염은 신축이음부 우수유입, 외기노출 등에 의한 것으로 판단되며, 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다. 보수시 신축이음부와 연계된 보수가 필요하다.
- 폐콘크리트 적치는 공사 및 보수시 발생한 것으로 정비를 통한 유지관리가 요구된다.

5) 교각

- 교각에 발생한 균열(0.3mm미만)의 경우 건조수축 및 구속응력, 거푸집 조기탈거, 온도변화 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 장기간 우수 및 외기에 의한 수분접촉시 표면열화에 따른 박리 또는 내부 철근의 부식 팽창 등에 의해 박락이 발생될 수 있으므로 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 필요하다.

6) 교량받침

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

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열(0.3mm미만), 본체 변형은 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.
- 후타재 파손, 패임의 경우 차량 운하중, 외부충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 차량의 안전사고 및 손상의 진전 방지를 위해 단면보수를 실시하는 것이 요구된다.
- 유간 토사퇴적의 경우 공용기간 경과에 따른 비산먼지 축적에 의해 발생한 손상으로 청소 등의 정비를 통한 유지관리가 요구된다.
- 차수판 볼트/너트 부족은 공용기간 경과, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 하부 우수유입 방지를 위해 교체를 통한 정비가 요구된다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장에 발생한 아스콘 균열, 패임의 경우 차량의 운하중, 외부충격 등에 의해 발생한 손상으로 비교적 경미한 상태로 차량 주행성능 저하의 우려는 없는 것으로 판단되는 바 주의관찰을 통한 유지관리가 필요하고, 진전시 아스콘 실링, 팻칭 등과 같은 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

9) 배수시설

- 배수시설의 배수구 막힘, 배수로 토사퇴적, 배수관 길이부족은 공용기간 증가, 우천시 토사유입, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 원활한 배수기능을 확보하기 위하여 청소, 정비를 통한 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.

10) 난간 및 연석

- 방호벽 및 중분대에 발생한 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열의 경우 건조수축 및 구속응력, 온도변화, 수화열 등에 의해 발생한 것으로 내구성 및 미관 확보 차원의 보수를 실시하는 것이 요구되며, 보수시 철저한 시공관리를 통해 재손상이 발생하지 않도록 하는 것이 필요하다.
- 파손, 들뜸, 패임, 굽힘의 경우 차량충격에 따른 외부충격, 시공시 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지 및 내구성 확보 차원에서 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.

- 난간 변형의 경우 차량충격에 따른 외부충격에 의한 손상으로 주행차량의 안전성 및 내구성 확보를 위해 정비를 통한 유지관리가 요구된다.
- 식생, 누수흔적, 이음부 노출의 경우 공용기간 경과, 비산먼지 및 토사 축적, 강우, 외기노출 등에 의해 발생한 것으로 손상 범위 확대 여부에 대한 주의관찰이 필요하다.

11) 교량 점검시설

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

12) 공중이 이용하는 부위

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

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판 및 가로보) 26.7~32.9MPa, 상부구조(거더) 47.7~64.0MPa, 하부구조(교대 및 교각) 24.2~28.2MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판 및 가로보 : 27.0MPa, 거더 : 35.0MPa, 교대 및 교각 : 21.0MPa)를 상회하는 것으로 확인되었다. 건전부와 비건전부의 검토 결과, 상부구조 비건전부의 강도가 건전부의 95%이상, 하부구조 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.
- 철근 피복두께 및 배근간격은 설계치와 비교시 전반적으로 준공도면과 대체로 일치하는 것으로 나타났으며, 일부구간 배근간격이 다소 상이하고, 피복두께도 다소 부족한 것으로 측정되어 구조물에 대한 주의관찰이 요구된다.
- 이동교(상)에서 탄산화시험은 상부구조 2개, 하부구조 1개로 총 3개소 시험을 실시하였으며 결과 값은 아래 표에 정리하였다. 분석 결과, 전개소 모두 “탄산화에 의한 부식발생 우려 없음” 인 ‘a’ 등급으로 평가되었고, 30년 초과의 잔존수명을 확보하여 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다.

2.10.2 성능평가 결과

【표 2.10.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	이동교(하)		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.191	b	0.68
내구성능 평가	0.274	c	0.21
사용성능 평가	0.457	c	0.11
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.191 \times 0.68 + 0.274 \times 0.21 + 0.457 \times 0.11 = 0.238$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.238 • 종합성능평가 결과 : B등급		

2.10.3 종합결론

- 이동교(하)는 약 19년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과 대체로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 바닥판 균열, 파손 및 철근노출, 교대 및 교각 균열, 백태, 교량받침 균열, 부식, 신축이음 후타재 파손, 패임, 배수관 길이부족, 난간 변형 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(0.238)으로 평가되어 B등급(결함도 범위 : $0.20 \leq X < 0.26$)인 성능목표와 동일한 상태이며, 성능평가 보수 우선순위 정보를 활용하여 예산범위 내에서 적절한 보수공사가 지속적으로 시행된다면 성능목표 상태의 시설물 유지관리가 가능할 것으로 판단된다.

2.10.4 사용제한의 필요성 여부

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

2.10.5 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 상부구조 균열, 파손 및 철근노출, 교량받침 균열, 부식, 신축이음 후타재 파손의 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 바람직할 것으로 판단된다.

