

제2장 자료수집 및 분석

2.1 자료조사

2.2 설계도면 및 구조계산서 검토

2.3 기존 점검 및 진단자료 분석

2.4 보수·보강 이력

2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

2.6 기타 관련 자료

2.7 자료분석 결과요약

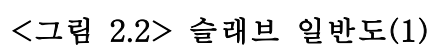
제2장 자료수집 및 분석

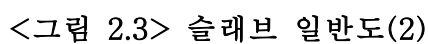
2.1 자료조사

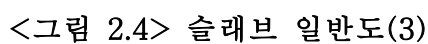
정밀안전진단을 실시함에 있어 해당 구조물의 설계도서, 시공과정, 시공당시의 상황 및 보수·보강 이력 등을 검토하는 것은 현재 결함의 원인과 같은 구조물의 상태를 추정하는데 매우 중요하다. 따라서 관리주체로부터 본 과업과 관련된 자료를 입수하여 정리하였으며 그 목록은 <표 2.1>과 같다.

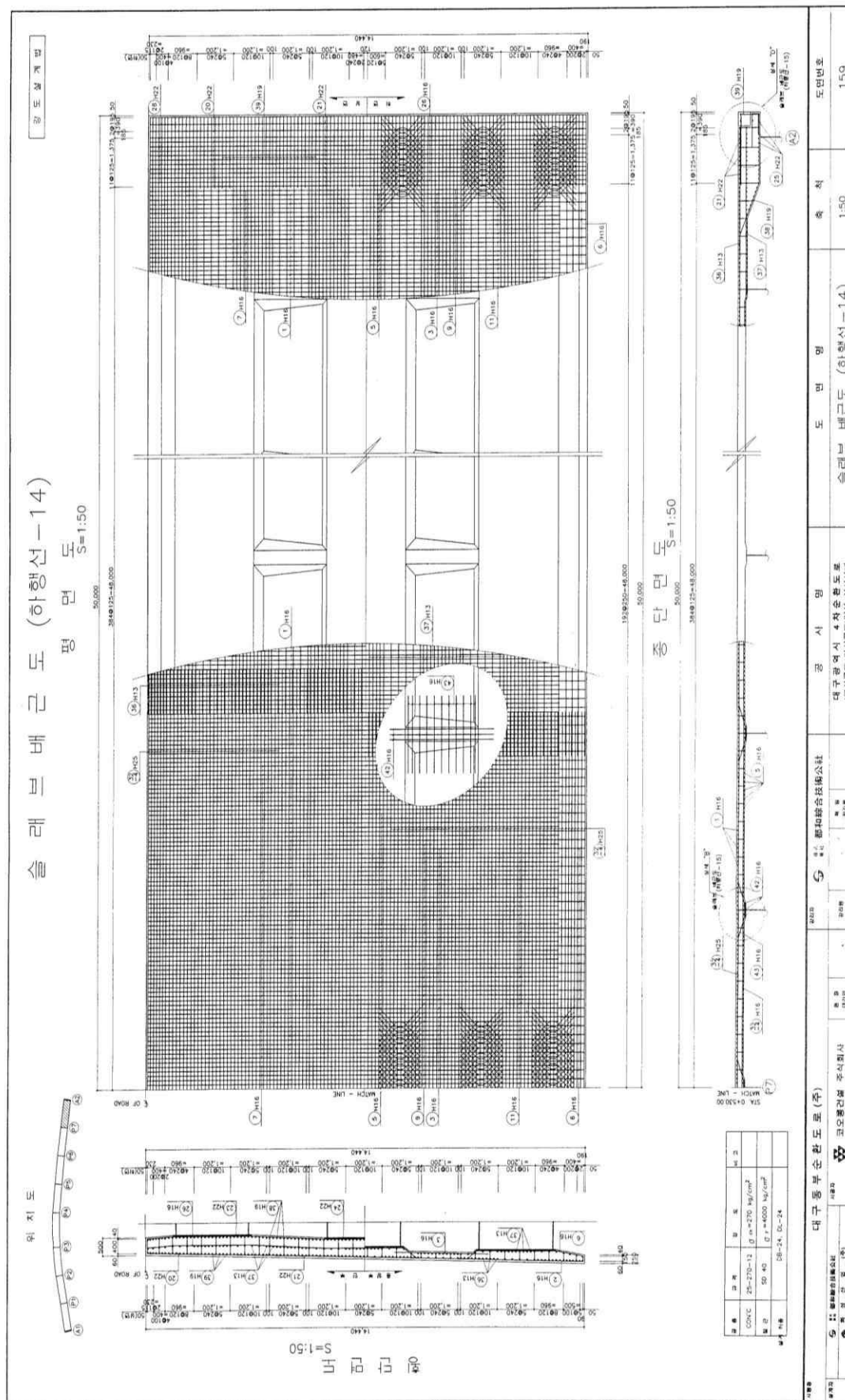
<표 2.1> 자료조사 목록

보존대상 목록		보유 현황	비 고
설계 도서	◇ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	일부	◇ 대구광역시 4차 순환도로(고산국도~안심국도)건설 실시설계 - 구조 및 수리계산서 - 구조물도 등
	◇ 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도(종·횡), 상·하부 구조물도, 거더, 신축이음, 받침장치 상세도	○	
시설물 관리대장	◇ 기본현황 ◇ 상세제원 ◇ 유지관리 이력	○	◇ 시설물관리대장 ◇ FMS
시공 관련 자료	◇ 시공관련 자료 ◇ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리·선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 주요 구조부위에 대한 계측 관련자료 ◇ 사고기록	미보유	-
안전점검 및 정밀안전진단 자료		○	◇ 2003년~2021년 정밀안전점검 및 정밀안전진단 자료 등
보수·보강 자료		○	◇ FMS

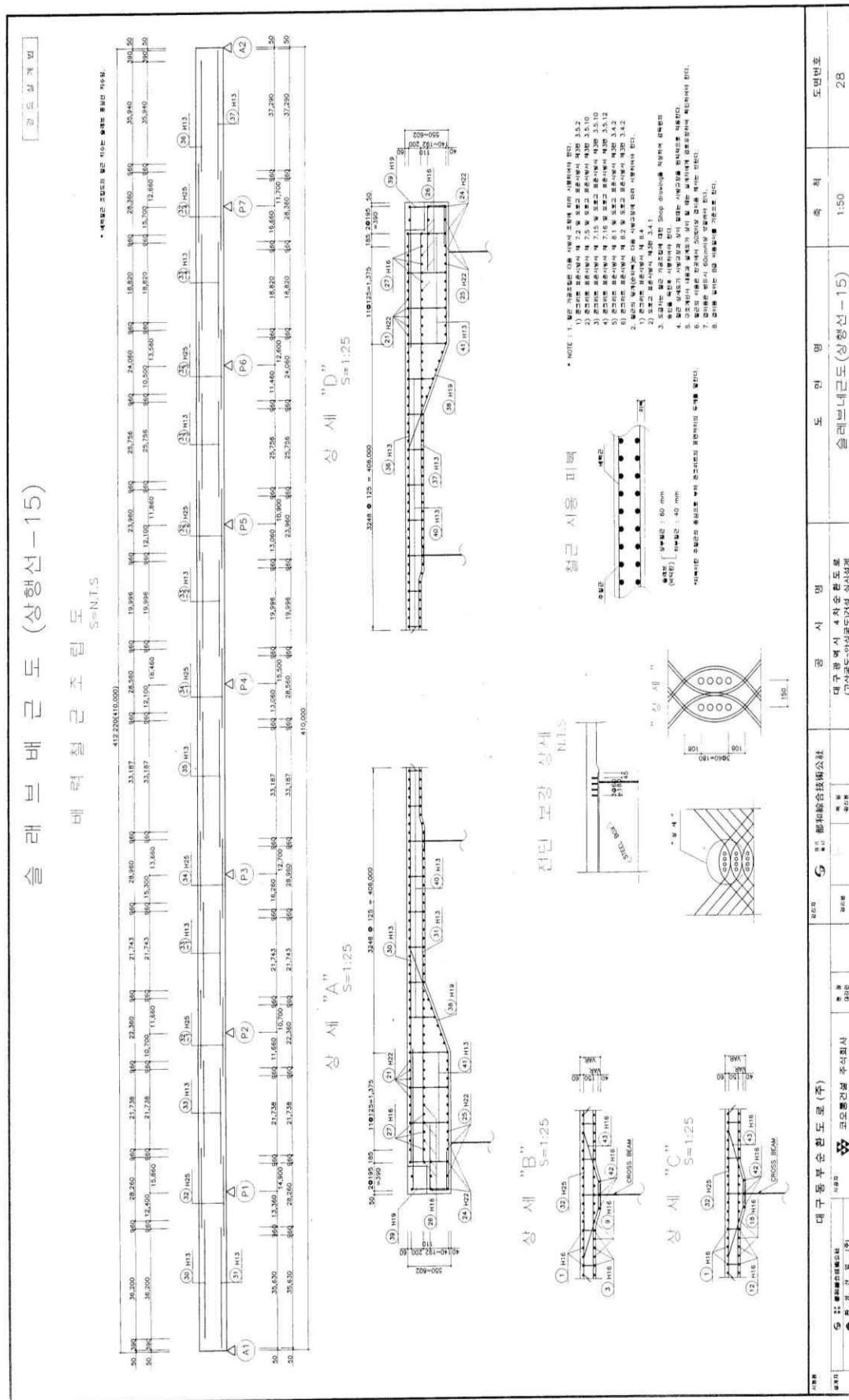




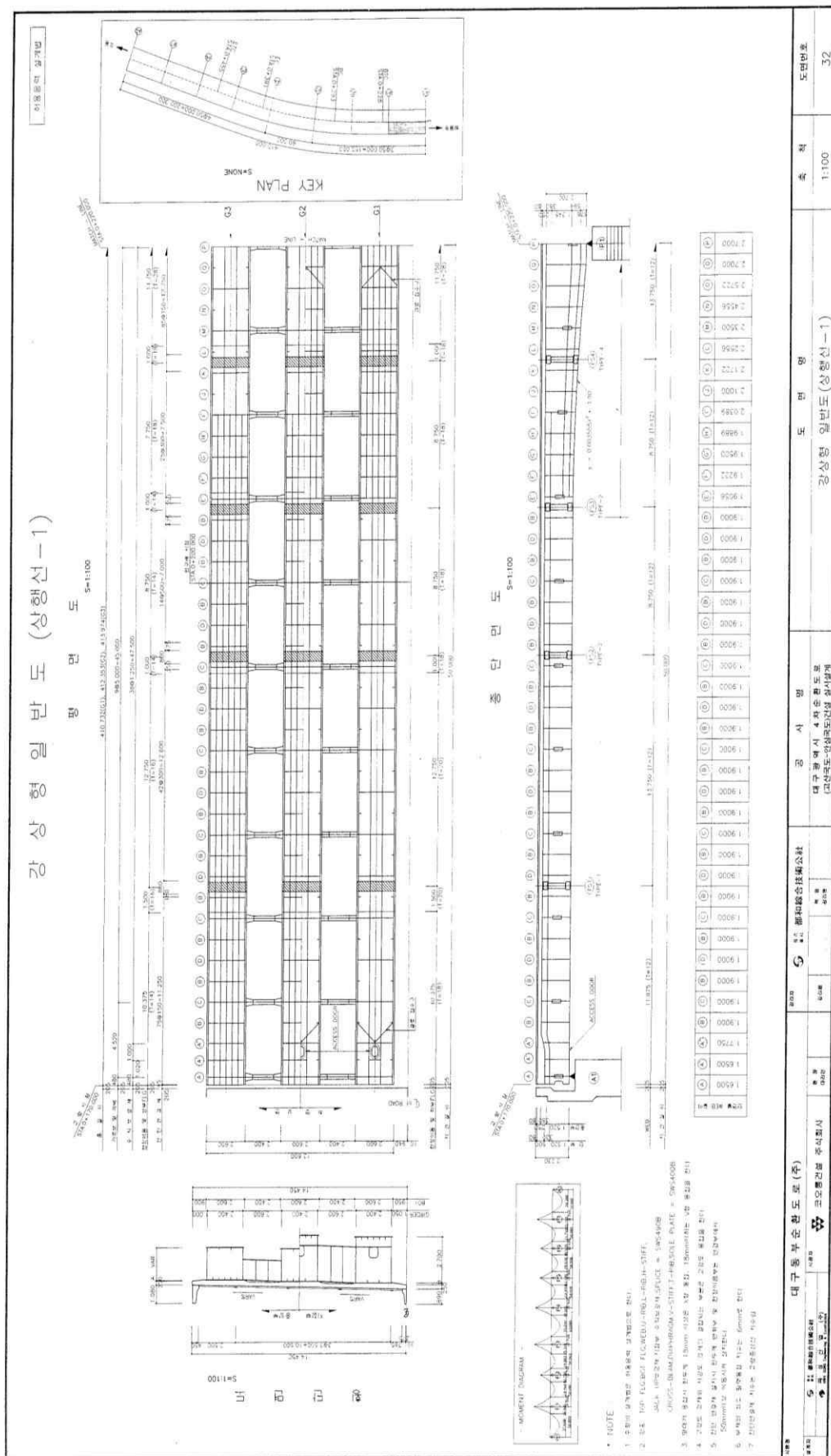




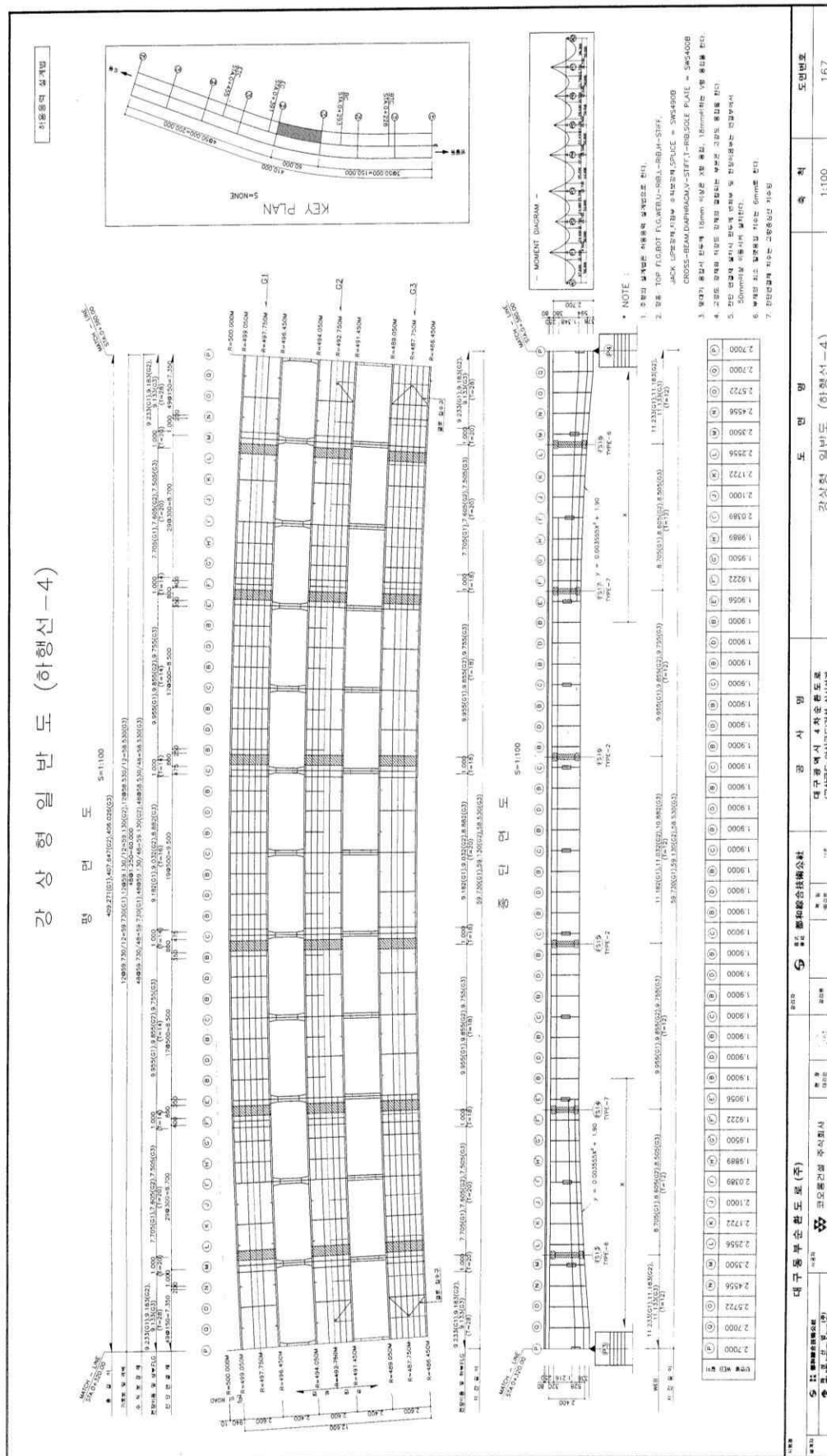
<그림 2.6> 슬래브 배근도(2)



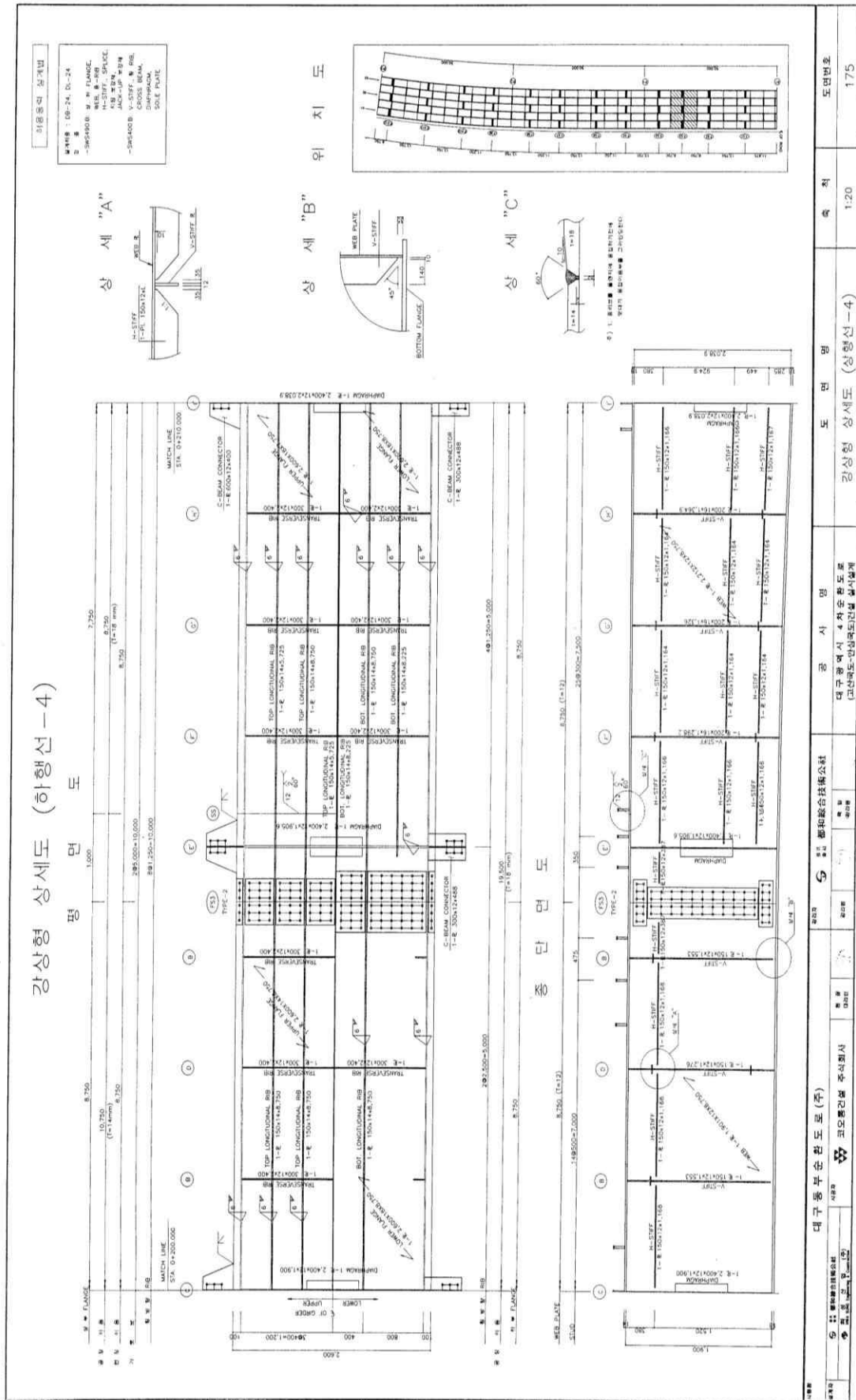
<그림 2.7> 슬래브 배근도(3)



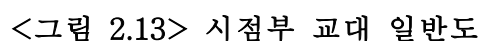
<그림 2.8> 강상형 일반도(1)

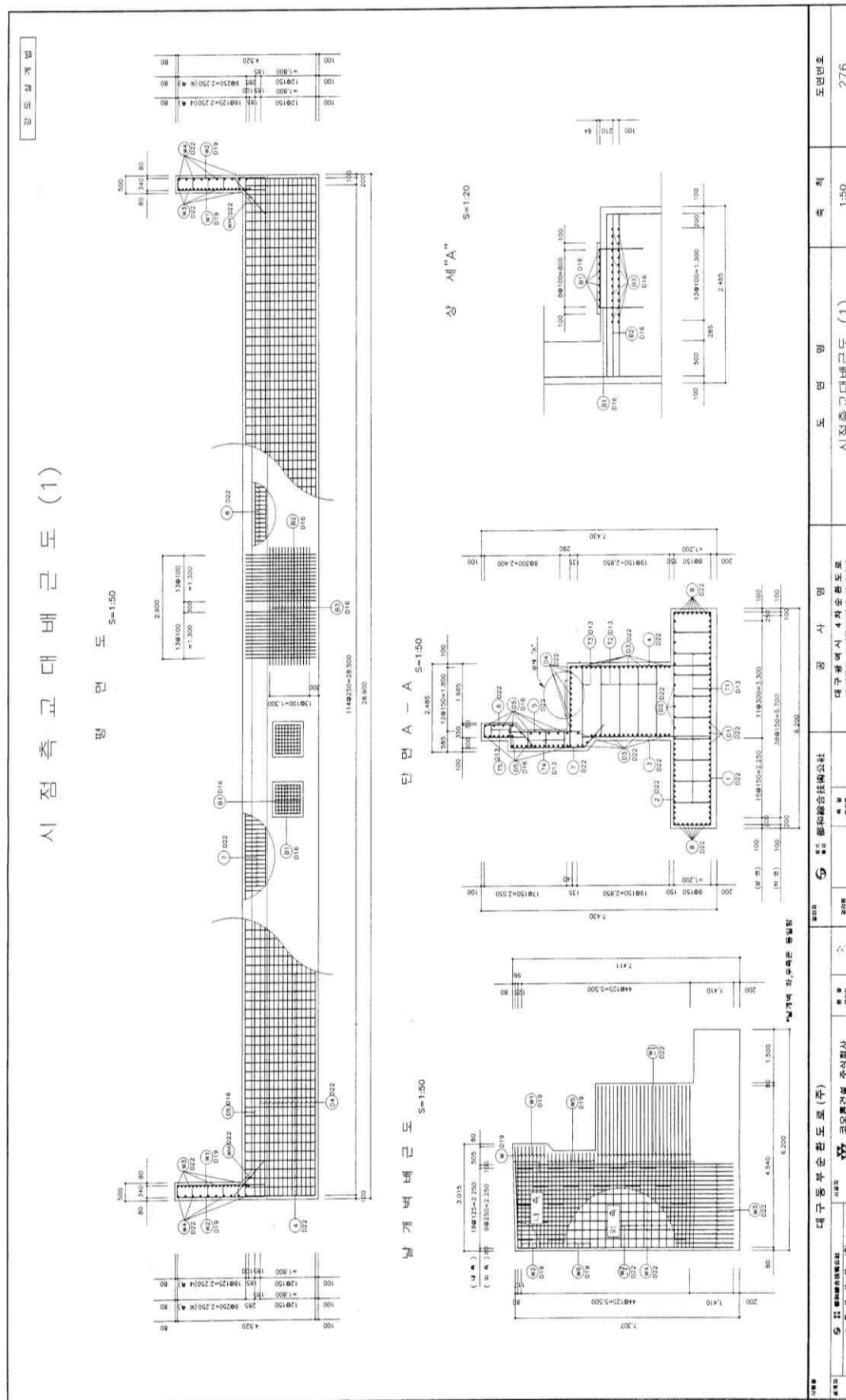


<그림 2.9> 강상형 일반도(2)

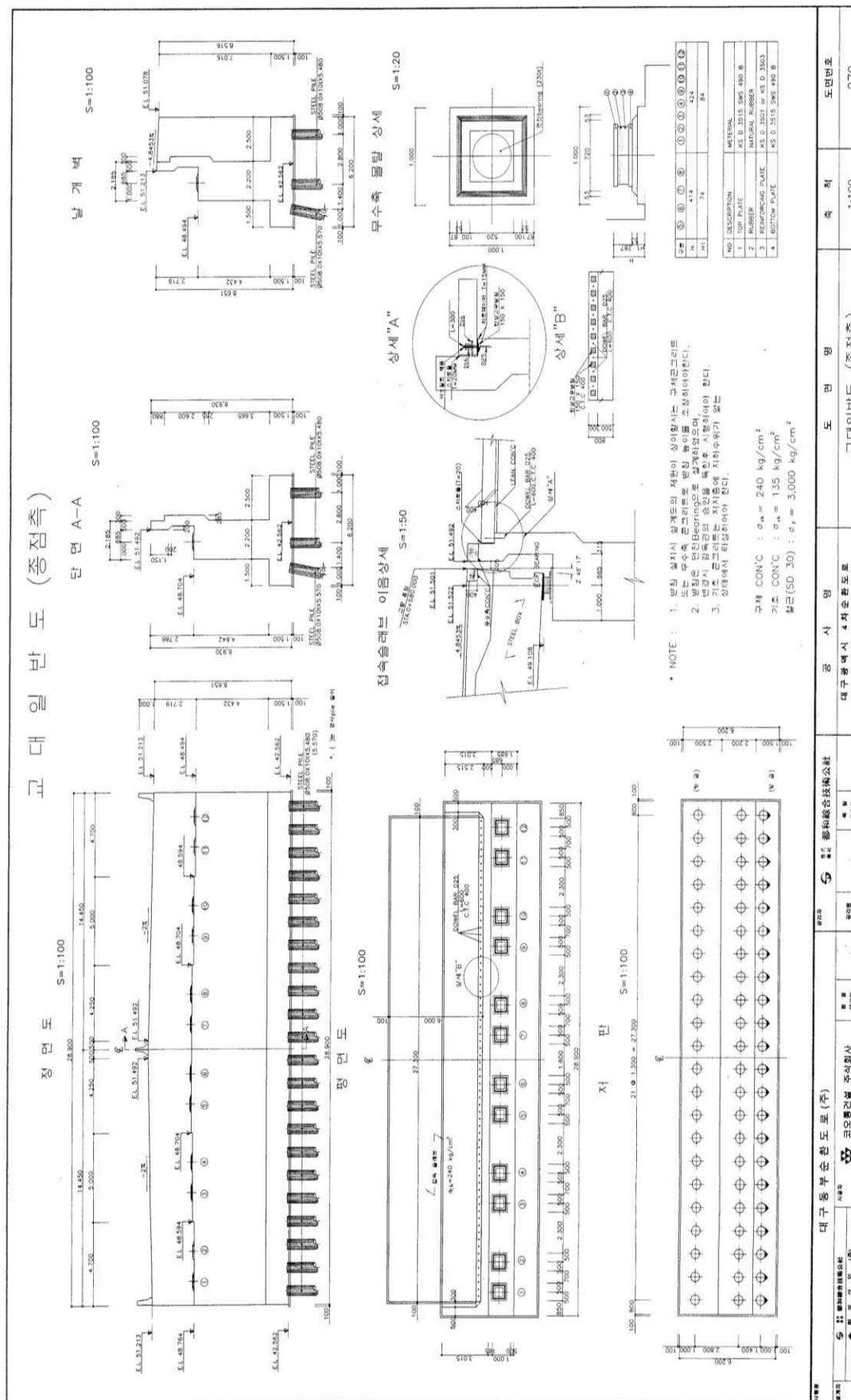




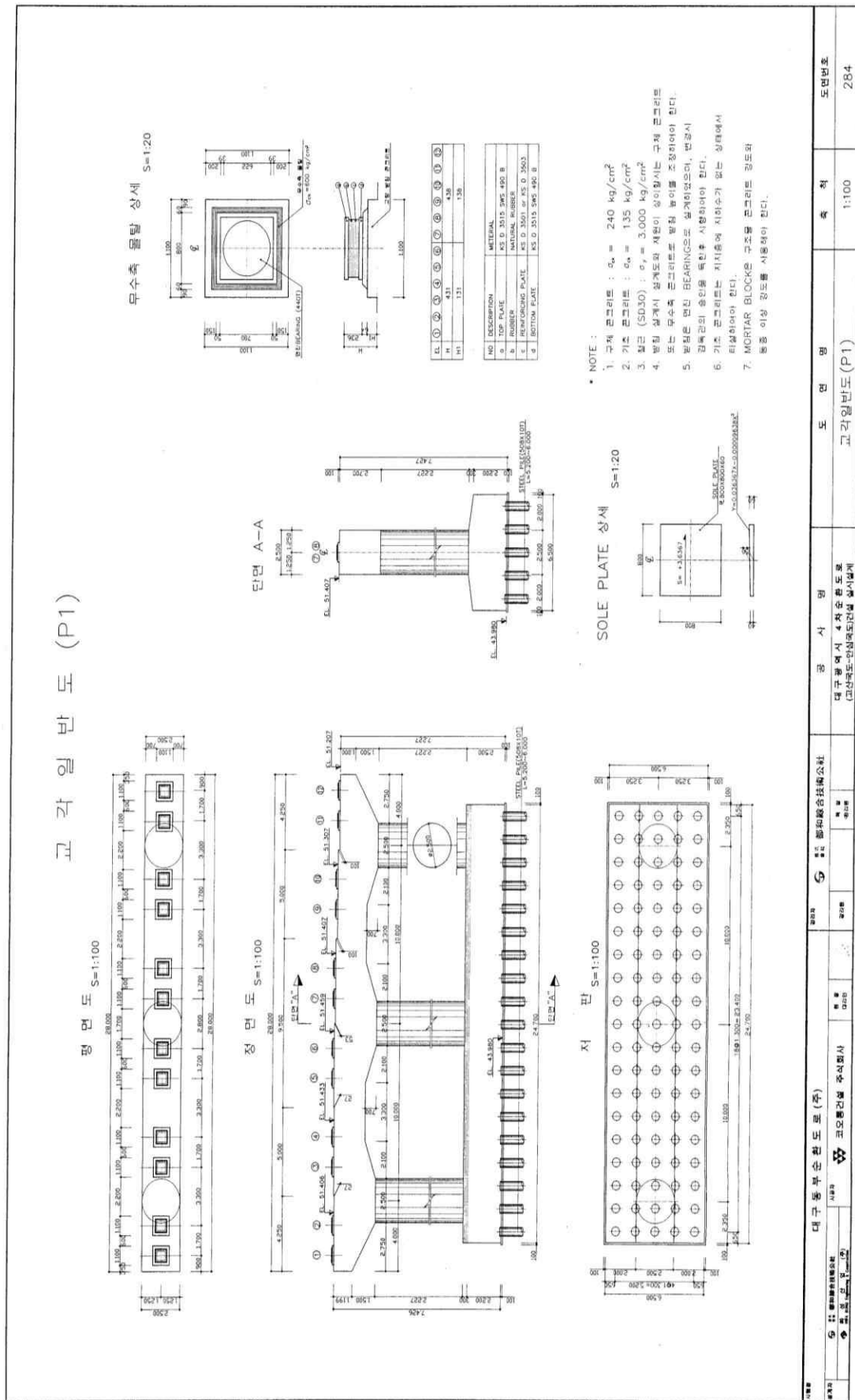




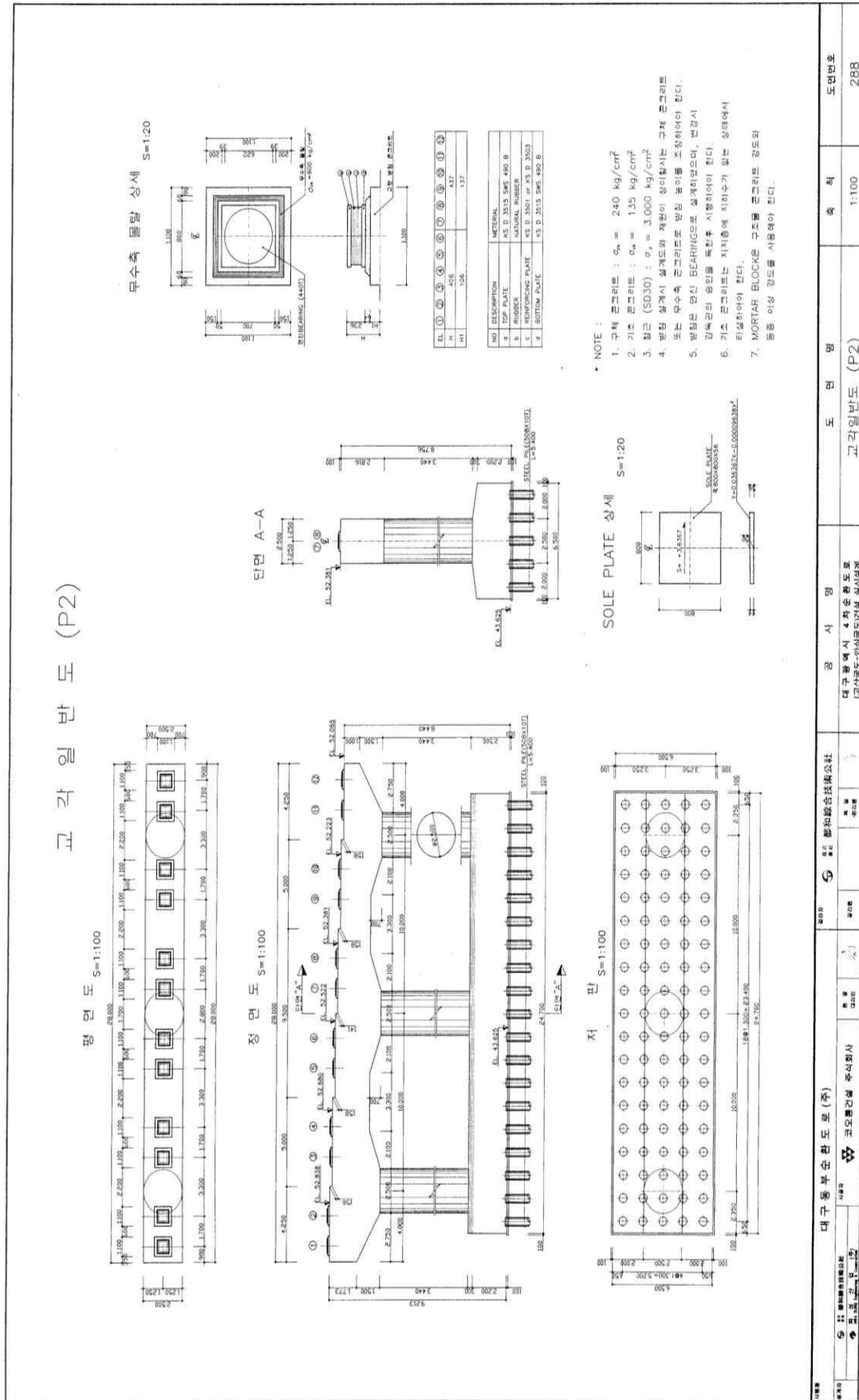
<그림 2.14> 시점부 교대 배근도



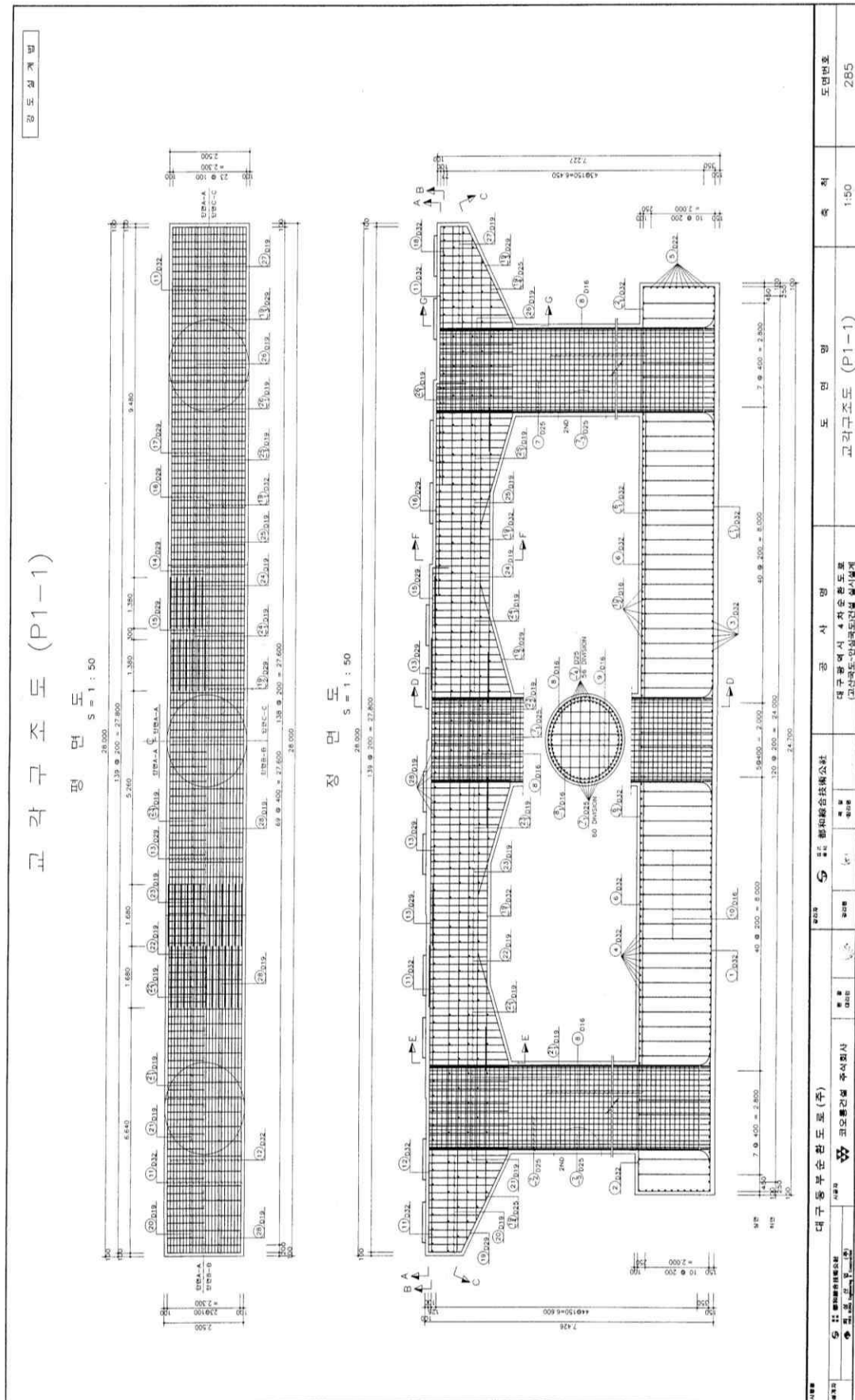
<그림 2.15> 종점부 교대 일반도



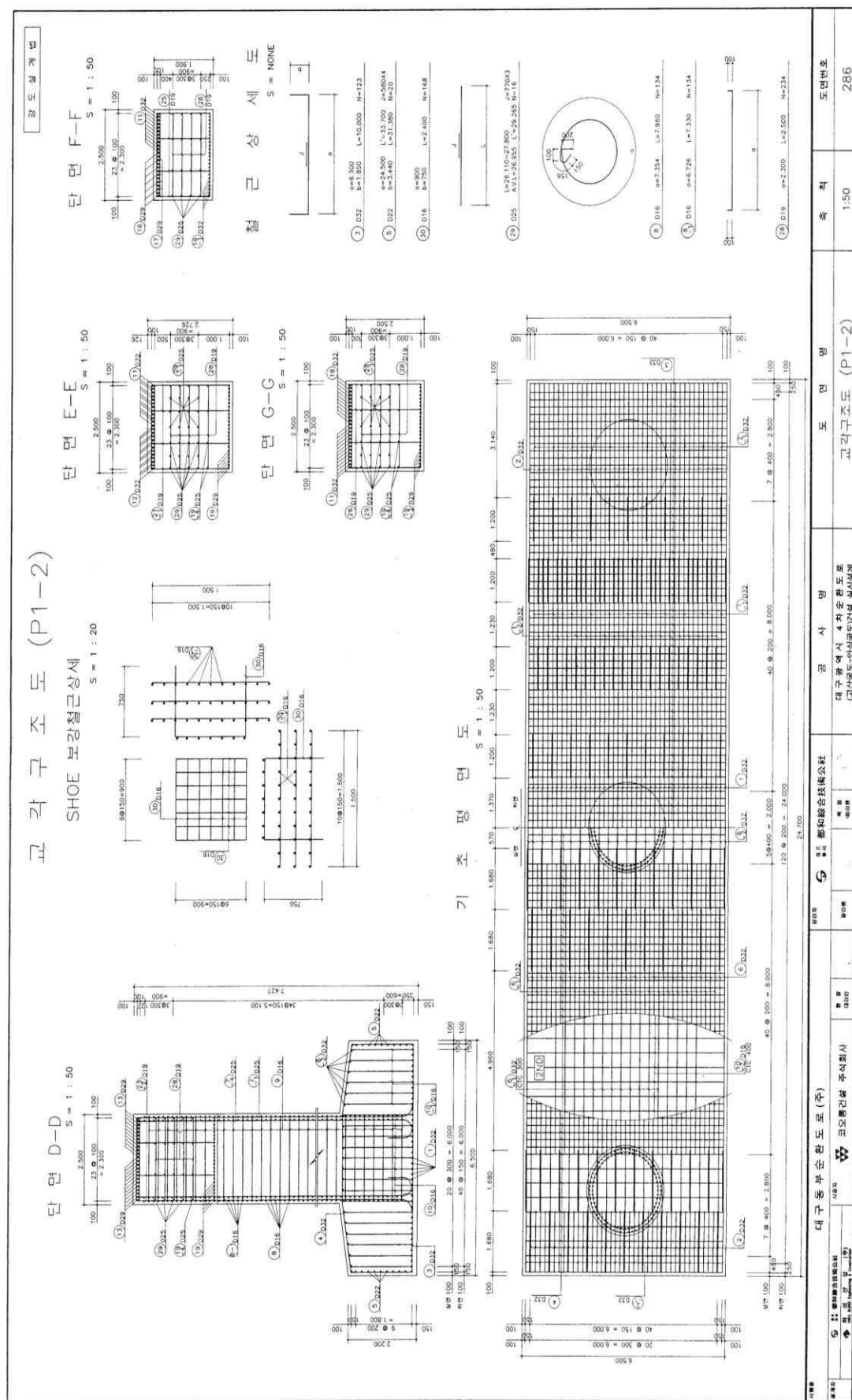
<그림 2.17> 교각 일반도(1)



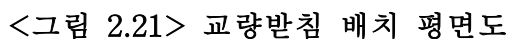
<그림 2.18> 교각 일반도(2)

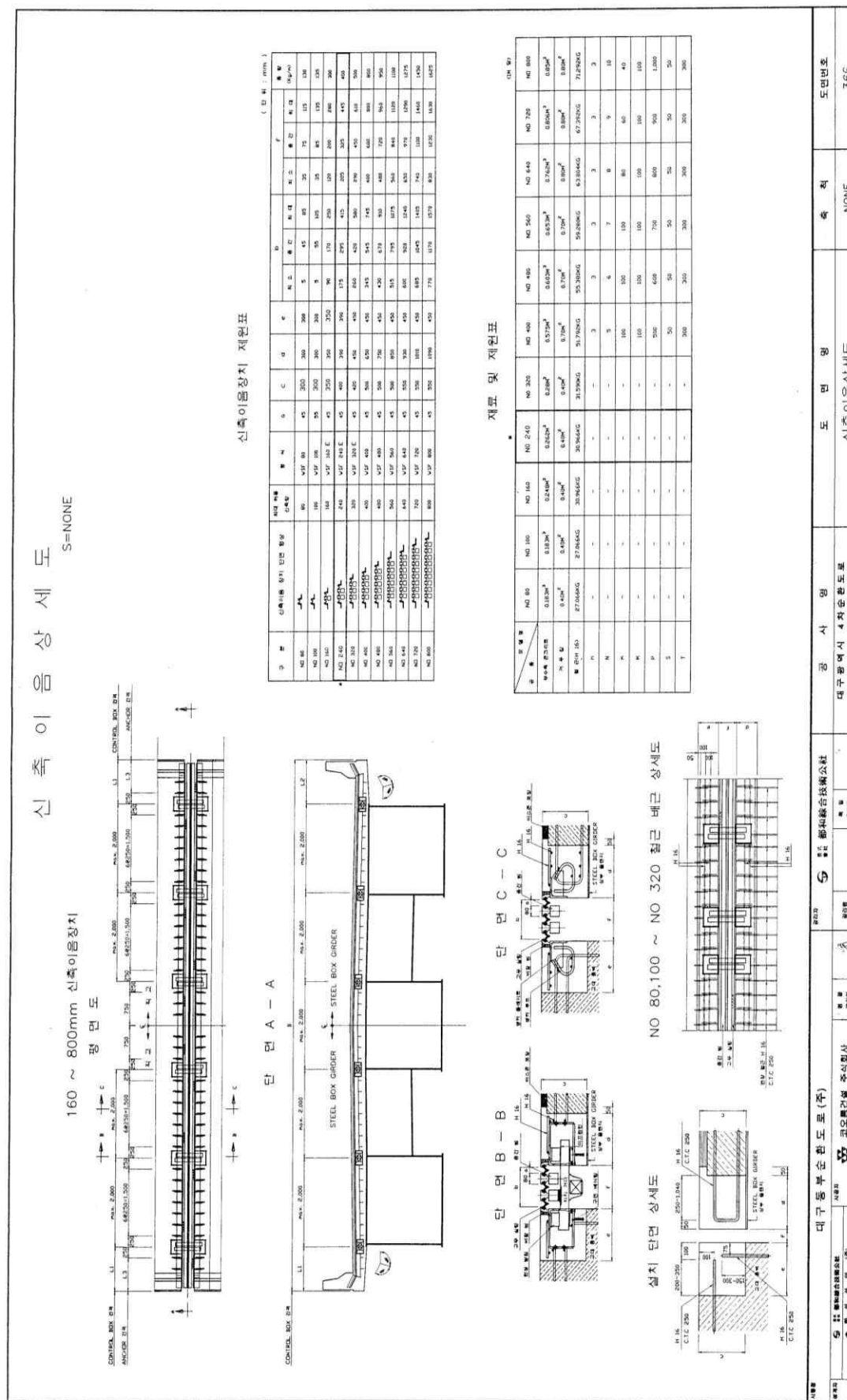


<그림 2.19> 교각 구조도(1)

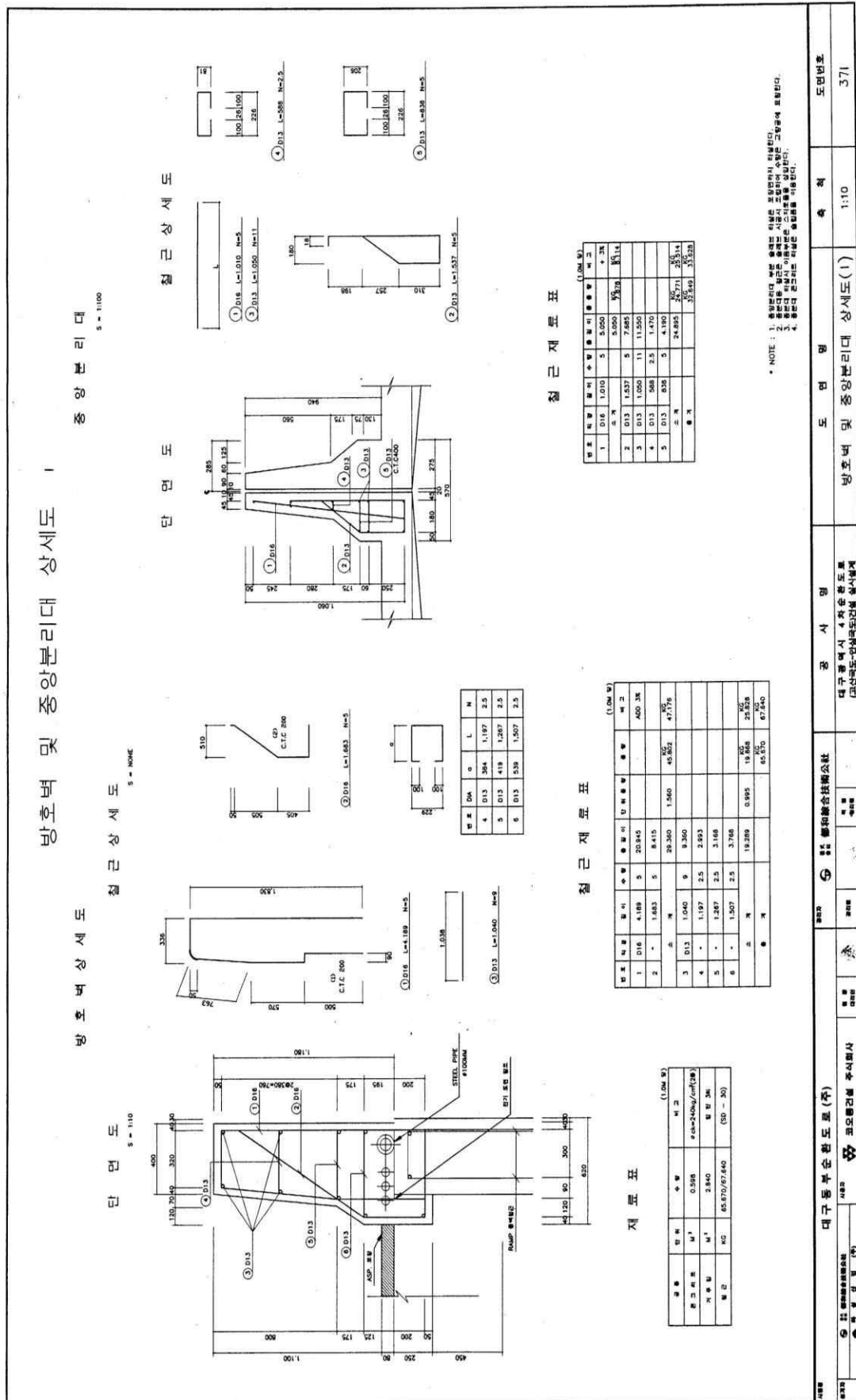


<그림 2.20> 교각 구조도(2)

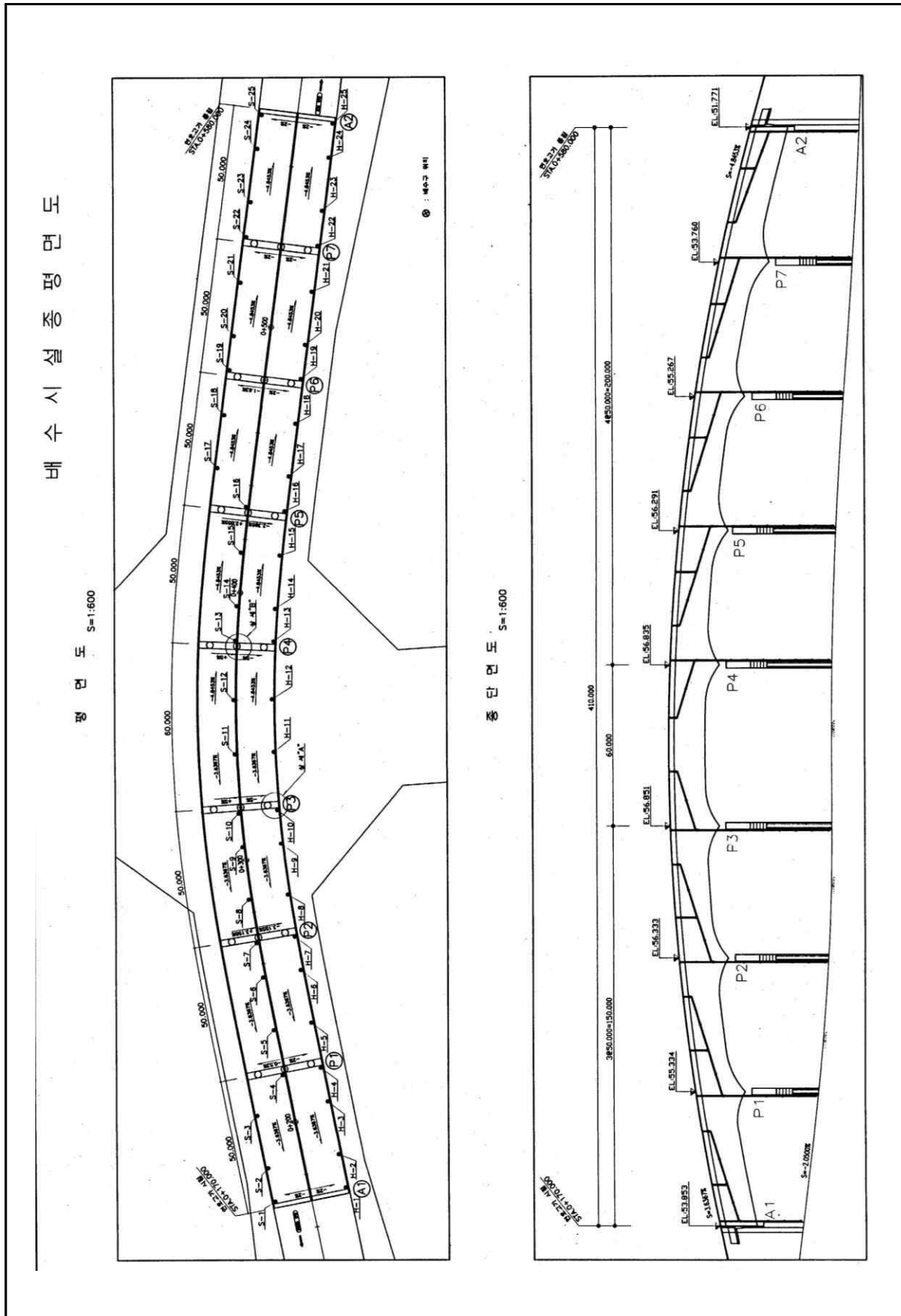




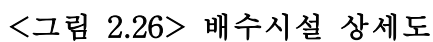
<그림 2.23> 신축이음장치 상세도



<그림 2.24> 방호벽 및 중앙분리대 상세도



<그림 2.25> 배수시설 평면도



2.2.2 구조계산서

가) 설계기준

1. 설 계 조 건

1.1 일 반 사 항

- 1) 교 량 형 식 : 8경간 연속 STEEL BOX GIRDER
- 2) 연 장 : 3 @ 50 + 60 + 4 @ 50 = 410.000 M
- 3) 폭 원 : 28.900 M
- 4) 교 량 등 급 : 1 등 교 (DB 24)
- 5) 곡 선 반 경 : R = 500 M
- 6) 사 각 (SKEW) : 0 °

1.2 하 중 조 건

1) 사 하 중

- ㉠ 철근 콘크리트 : 2.50 t/m³
- ㉡ 아 스 콘 포 장 : 2.30 t/m³
- ㉢ 강 재 : 7.85 t/m³

2) 활 하 중

- ㉠ 차 륜 하 중 : DB-24

Pf =	2.4	ton
Pr =	9.6	ton
- ㉡ 차 선 하 중 : DL-24

w =	1.27	ton/m
Pm =	10.8	ton
Pf =	15.6	ton
- ㉢ 충 격 계 수 :

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

3) 바닥판 콘크리트의 크리프 - 합성형 (도.시 p242)

- 바닥판콘크리트의 크리프계산(합성형)에 쓰이는 크리프 계수 : $\phi 1 = 2.0$

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

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

5) 바닥판 콘크리트의 건조수축 - 합성형 (도.시 p246)

- 최종수축률 : $\epsilon = 0.00018$
- 크리프계수 : $\phi 2 = 2\phi 1 = 4.0$

1.3 사 용 재 료

1) 바닥판 콘크리트

$$\textcircled{A} \quad \sigma_{ck} = 270 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$\textcircled{B} \quad E_c = 250000 \quad \text{kg/cm}^2 \quad (\text{도.시 p96})$$

2) 철 근

$$\textcircled{A} \quad \sigma_y = 4000 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$\textcircled{B} \quad E_s = 2040000 \quad \text{kg/cm}^2 \quad (\text{도.시 p95})$$

3) 강 재

주 부 재 : SWS 490B

부 부 재 : SWS 400B

1.4 허 용 응 력

1.4.1 강 재 (도.시 p124 ~ p125, p130)

1) 허용축방향 인장응력 및 허용휨인장응력

(kg/cm ²)				
강 종	SS40 SWS400 SMA41	SWS490	SWS490Y SWS520 SMA50	SWS570 SMA58
축 방 향				
인 장 응 력	1400	1900	2100	2600

2) 허용축방향 압축응력 (국부좌굴 무시)

(kg/cm ²)				
강 종	SS40 SWS400 SMA41	SWS490	SWS490Y SWS520 SMA50	SWS570 SMA58
축 방 향	$\ell/\gamma \leq 20$ 1400	$\ell/\gamma \leq 15$ 1900	$\ell/\gamma \leq 14$ 2100	$\ell/\gamma \leq 18$ 2600
	$20 < \ell/\gamma \leq 93$ 1400	$15 < \ell/\gamma \leq 80$ 1900	$14 < \ell/\gamma \leq 76$ 2100	$18 < \ell/\gamma \leq 67$ 2600
압 축 응 력	$-8.4(\ell/\gamma - 20)$ $\frac{12000000}{6700 + (\ell/\gamma)^2}$	$-13(\ell/\gamma - 15)$ $\frac{12000000}{5000 + (\ell/\gamma)^2}$	$-15(\ell/\gamma - 14)$ $\frac{12000000}{4500 + (\ell/\gamma)^2}$	$-22(\ell/\gamma - 18)$ $\frac{12000000}{3500 + (\ell/\gamma)^2}$
비 고	ℓ : 부재의 유효좌굴 길이 (cm) γ : 부재 총단면의 부재 2차 반경 (cm)			

1.5 설 계 방 법

1) STEEL BOX GIRDER : 허용응력 설계법

2) 바닥판 SLAB : 강도설계법

1.6 참 고 문 헌

1) 도로교표준시방서 - 건설교통부 1996년

2) 콘크리트표준시방서 - 건설교통부 1996년

3) 도로설계요령 - 한국도로공사 1992년

나) 구조검토 결과 요약

1) 상부구조(바닥판)

3.4. 배력철근량 계산 (도.시 p450)

$$120 / \sqrt{2.600} = 74.42 \% > 67 \% \therefore \text{시용철근량의 } 67 \% \text{ 이상 배근}$$

$$15.888 \times 0.67 = 10.645 \text{ cm}^2$$

$$\therefore \text{USE } A_s = H \ 13 \ @ \ 120 = 10.558 \text{ cm}^2 \ (8.33 \text{ EA/M})$$

$$\text{TOTAL} = 10.558 \text{ cm}^2$$

3.5 사 용 성 검 토

1) 종 앙 부

$$M = M_d + M_l = 0.547 + 3.328 = 3.875 \text{ T.M}$$

㉠ 처 짐 : 처짐계산을 하지 않을 경우 최소두께 검토 (콘.시 p146)

$$t_{min} = \left(\frac{2.600}{28} \right) \times \left(0.4 + \frac{4000}{7000} \right) = 0.090 \text{ m} = 9.0 \text{ cm} < 25 \text{ cm} \therefore \text{O.K}$$

㉡ 균 열

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

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

- 유효인장 단면적

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

- 철근의 인장 응력

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

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

$$\sigma_s = M / (A_s \cdot d \cdot j) = \frac{3.875 \times 10^5}{15.89 \times 21 \times 0.902}$$

$$= 1287.425 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{sa} = 2000 \text{ kg/cm}^2 \therefore \text{O.K}$$

- 콘크리트의 응력

$$\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = \frac{2 \times 3.875 \times 10^5}{0.293 \times 0.902 \times 100 \times 441} = 66.577 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{ca} = 108 \text{ kg/cm}^2 \therefore \text{O.K}$$

㉢ 힘 철근의 분포를 제한하는 수 Z 산정 (도.시 P402)

$$Z = \sigma_s \cdot \sqrt[3]{(d_c \cdot A)} = 1287 \times \sqrt[3]{(4 \times 100)} = 9486 \text{ kg/cm}^2 < \begin{matrix} \text{(외노출)} \\ 23170 \text{ kg/cm}^2 \end{matrix} \therefore \text{O.K}$$

2) 캔틸레버부

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

㉠ 처 짐 : 처짐계산을 하지 않을 경우 최소두께 검토 (콘.시 p146)

$$\begin{aligned} t_{\min} &= \left(\frac{1.000}{10} \right) \times \left(0.4 + \frac{4000}{7000} \right) \\ &= 0.097 \text{ m} = 9.7 \text{ cm} < 30 \text{ cm} \quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

㉡ 균 열

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

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

- 유효인장 단면적

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

- 철근의 인장 응력

$$\begin{aligned} k &= -n \cdot p + \sqrt{(2np + (np)^2)} = -8 \times 0.0066 \\ &+ \sqrt{(2 \times 8 \times 0.0066 + (8 \times 0.0066)^2)} = 0.277 \\ j &= 1 - k / 3 = 1 - 0.277 / 3 = 0.908 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_s &= M / (A_s \cdot d \cdot j) = \frac{3.145 \times 1E+05}{15.89 \times 24 \times 0.908} \\ &= 908.352 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{sa} = 2000 \text{ kg/cm}^2 \\ &\quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

- 콘크리트의 응력

$$\begin{aligned} \sigma_c &= 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = \frac{2 \times 3.145 \times 1E+05}{0.277 \times 0.908 \times 100 \times 576} \\ &= 43.465 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{ca} = 108 \text{ kg/cm}^2 \\ &\quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

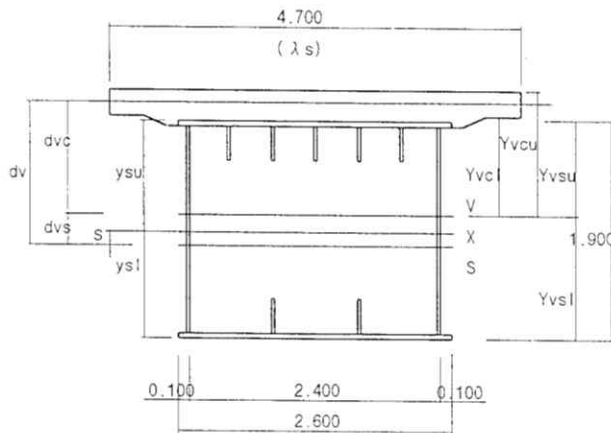
㉢ 힘 철근의 분포를 제한하는 수 Z 산정 (도.시 P402)

$$\begin{aligned} Z &= \sigma_s^{-3} \sqrt{(d_c \cdot A)} \\ &= 908.4 \times^{-3} \sqrt{(6 \times 150)} = 8770 \text{ kg/cm}^2 < \text{(외노출)} \\ &\quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

2) 상부구조(거더)

6. 주형 단면 검토

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



- 슬래브 유효폭 (λs): 470.00 cm
- 슬래브 두께 (ts): 25.00 cm
- 현치 (th): 5.00 cm
- 플랜지 폭 (전체폭): 260.00 cm
- 상연플랜지 폭 (bfu): 260.00 cm
- 상연플랜지 두께 (tu): 1.40 cm
- 상연종리브 두께 : 1.40 cm
- 상연종리브 높이 : 15.00 cm
- 상연종리브 갯수 : 5 EA
- 웨브 두께 (tw): 1.20 cm
- 웨브 높이 (hw): 190.00 cm
- 웨브 갯수 : 2 EA
- 하연종리브 두께 : 1.40 cm
- 하연종리브 높이 : 15.00 cm
- 하연종리브 갯수 : 2 EA
- 하연플랜지 폭 (bfs): 260.00 cm
- 하연플랜지 두께 (tl): 1.80 cm
- σ_{ck} : 270 kg/cm²
- E_s : 2.10E+06 kg/cm²
- E_c : 2.50E+05 kg/cm²
- $n (E_s/E_c)$: 8
- k : 0.362

○ 설계 단면력

구 분	휨모멘트(T.M)	전단력(T)	TORSION(T.M)
합성전사하중	842.560	30.322	0.109
합성후사하중	246.365	9.367	-1.632
활하중	507.011	42.510	-61.622
지점침하	34.315	0.000	0.000

○ 단면 제원

• 주부재 사용강종 : SWS 490B

구 분	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	Y (cm)	A×Y (cm ³)	I ₀ (cm ⁴)	A×Y ² (cm ⁴)
UPPER FLANGE 1 - 260.00 × 1.4	260.0	1.4	364.00	-95.7	-34834.8	59.5	3333690.4
UPPER RIB 5 - 15.00 × 1.4	1.4	15.0	105.00	-87.5	-9187.5	1968.8	803906.3
WEB PL 2 - 190.00 × 1.2	1.2	190.0	456.00			1371800.0	
LOWER RIB 2 - 15.00 × 1.4	1.4	15.0	42.00	87.5	3675.0	787.5	321562.5
LOWER FLANGE 1 - 260.00 × 1.8	260.0	1.8	468.00	95.9	44881.2	126.4	4304107.1
TOTAL			1435.00		4533.9	1374742.1	8763266.2
CON'C (N= 8)	470.0	25.0	1468.75	-112.5	-165234.4	76497.4	18588867.2

⑦ 전 단 응 력 검 토

· 휨전단응력

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

· 비틀림에 의한 전단응력

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

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

$$F : \text{폐단면부의 박판두께 중앙선으로 둘러싸인 면적 (m}^2\text{)} = 46213.920 \text{ cm}^2$$

$$t_w : \text{박판두께 (m)} = 1.200 \text{ cm}$$

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

· 전단응력 합계

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

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

⑧ 조 합 응 력 검 토

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

$$= 0.65 \times (0.00 / 6) + 0.13 \times (0.00 / 6) + 1.00$$

$$= 1.00$$

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

n : 종방향 보강재에 의해서 구분되는 Pannel의 수 = 6

f : 응력 구배 계수 φ : 응력 구배

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

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

· 압축 FLANGE의 허용응력

$$\left[\begin{array}{l} t \geq \frac{b}{24 \cdot f \cdot n} = \frac{240.00}{24 \times 1.00 \times 6} = 1.667 \text{ cm} \\ \frac{b}{24 \cdot f \cdot n} > t \geq \frac{b}{48 \cdot f \cdot n} = \frac{240.00}{48 \times 1.00 \times 6} = 0.833 \text{ cm} \end{array} \right.$$

USE 압축 FLANGE 두께 1.40 cm

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

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

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

ii) 응력 집계

하중조합	CONCRETE			STEEL			
	작용응력(kg/cm ²)		허용응력 (kg/cm ²)	작용응력(kg/cm ²)		허용응력(kg/cm ²)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1				828.600	-779.338	1721.714	1900.000
1+2	32.948	21.123	81.000	983.960	-1355.036	1721.714	1900.000
1+2+3	26.127	17.899	81.000	1042.276	-1330.083	1979.971	1900.000
1+2+3+4	15.964	7.336	81.000	1165.389	-1281.221	1979.971	1900.000
1+2+3+4±5	26.682	19.256	93.150	1308.646	-1350.165	2238.229	2185.000
1+2+3+4±5+6	28.183	20.218	93.150	1315.722	-1376.387	2238.229	2185.000

※ 응력의 부호 : (-) 인장응력, (+) 압축응력

iii) 합성응력 검토

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

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

iv) 항복에 대한 안전도 검토(도.시 P249)

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

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

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

3) 하부구조

1. 일반단면

교대높이 7.700 m

저판폭 6.200 m

저판길이 28.900 m

2. 설계조건

* 흙의 단위중량 (γ_t) : 1.900 t/m³CON'C의 단위중량 (γ_c) : 2.500 t/m³흙의 내부마찰각 (ϕ) : 35.000 deg흙의 점착력 (c) : 0.000 t/m²

배면 연직 경사각 : 0.000 deg

노면 수평 경사각 : 0.000 deg

* 기초 바닥 N치 : 10.000

* 흙과 콘크리트의 마찰각

o 상시

안정검토시 (RANKINE 토압사용) : 0.000 deg

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

o 지진시

MonoNobe Okabe 공식사용 : 0.000 deg

직접기초 - $K_h = 0.5A$ 경사말뚝 - $K_h = 1.5A$

3. 작용하중계산 및 안정검토

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

1) CASE-1 (상부공가설전, 수위고려, 활하중 비재하시)

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

2) CASE-2 (상시, 수위무시, 활하중 재하시)

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

3) CASE-3 (상시, 수위무시, 활하중 비재하시)

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

4) CASE-4 (지진시, 수위무시)

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

5) CASE-5 (상시, 수위고려, 활하중 제외시)

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

6) CASE-6 (상시, 수위고려, 활하중 비재하시)

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

7) CASE-7 (지진시, 수위고려)

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

4. 연직벽의 단면검토

1) 단면력 산정 (하중계수를 적용 : 극한하중)

구 분		상 시	지 진 시
토 압 계 수		0.246	0.403
토 압	q_1 (h = 0.000 m)	0.418	0.000
	q_2 (h = 6.200 m)	5.337	8.072
토압에 의한	M_u (t.m)	39.546	77.577
단 면 력	S_u (t)	17.840	25.025
SHOE 마찰에	M_u (t.m)	6.558	
의한 단면력	S_u (t)	1.869	
벽체 자중에	M_u (t.m)		10.350
의한 관성력	S_u (t)		4.405
상부하중에	M_u (t.m)		18.362
의한 관성력	S_u (t)		5.234
계	M_u (t.m)	46.104	106.289
	S_u (t)	19.710	34.664

그러므로 극한모멘트 (M_u) = 106.289 t.m

극한전단력 (S_u) = 34.664 t

2) 단면검토

극한 모멘트 (M_u) = 10628903.000 kg.cm

극한 전단력 (S_u) = 34664.332 kg

단위 폭 (B) = 100.0 cm

유효 높이 (D) = 210.0 cm

피복 두께 (D') = 10.0 cm

*** 소요철근량 계산 ***

극한모멘트 (M_u) = 10628903.000 kg.cm

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

= 311780800.000 kg.cm

여기서 $A = K \times X$ = 119.783

$\sigma_{ck} < 280$

$K = 0.85$

$\sigma_{ck} > 280$

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

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

--- $M_u < M_B$ ---

$$\text{인장철근량 } (A_s) = M_u / (\sigma_y \times (D - A_c/2) \times 0.85) = 19.988 \text{ cm}^2$$

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

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

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

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

--- $P < P_{\min}$ 인 경우 ---

$$\text{균열모멘트 } (M_c) = Z_c (\sigma_{cb} + N/A_c) = 24993652.000 \text{ kg.cm}$$

M_c : 균열모멘트

Z_c : 콘크리트부재의 단면계수

σ_{cb} : 콘크리트의 휨인장강도

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

설계휨모멘트의 4/3배가 균열모멘트 이하이므로

설계상 필요한 철근을 배치한다.

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

그러므로 $A_s = 19.988$ 이상 사용하여야 한다.

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

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

*** 전단력 검토 ***

$$\text{극한전단력 } S_u = 34664.332 \text{ kg}$$

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

$$\phi S_c = 120697.641 \text{ kg} > S_u = 34664.332 \text{ kg}$$

그러므로 STIRRUP이 필요없다.

2.3 기존 점검 및 진단자료 분석

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

2.3.1 기존 정밀안전점검 분석

<표 2.2> 기존 정밀안전점검 분석

번호	점검·진단 기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요 점검 · 진단내용
	점검·진단 구분	점검·진단 책임기술자		검토 · 분석내용
1	2003.02.24. ~ 2003.04.25	(주)한국건설 안전기술단	A	1) 교면포장(외관상태 양호: 아스콘변형 및 파손에 대해 주기적 관찰필요) 2) 방호벽(반사경: 반사경재설치, 미세균열다수: 주의관찰필요) 3) 중앙분리대(대균열: 파티공법, 중균열:수지주입) 4) 바닥판하면(백태.누수: 주의관찰) 5) 신축이음(외관상태양호: 주의관찰 필요)
	정밀안전 점검	유흥렬		☞ 검토의견 - 전반적으로 양호한 상태이며, 조사된 손상에 대한 주의관찰이 필요함.
2	2005.05.12. ~ 2005.07.05	(주)혜성안전 기술원	A	1) 교량안전시설(텔레네이터 파손)일부 손상, 미세균열 등이 발생되었으나 전반적으로 교량안전성에 문제가 없으므로 정밀안전진단 필요성 없음.
	정밀안전 점검	정갑출		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 텔레네이터 교체, 미세균열 표면처리 등이 필요함.
3	2007.04.05. ~ 2007.05.31	부계기술단(주)	A	1) 0.2mm이하 균열, 텔레네이터 파손, 교량받침 녹발생
	정밀안전 점검	장용순		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 지속적 관찰, 텔레네이터 교체, 교량받침 재도장이 필요함.

번 호	점검·진단 기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요 점검 · 진단내용
	점검·진단 구분	점검·진단 책임기술자		검토·분석내용
4	2009.04.07. ~ 2009.06.30	(주)동화엔지니어링	A	1) 상부구조 교면포장에 균열이 조사되었으나 주행성에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단되어 지속적 관찰을 하며 균열의 진행여부에 따라 보수여부를 판단한다. 2) 난간 및 연석에 상태는 대체로 양호하나 0.2mm이하의 균열이 많이 발견되었고 이 또한 구조적 결함을 유발하는 균열로의 진행에 지속적인 관찰을 요한다. 3) 하부구조에 폭 0.2mm이하의 일방향 균열이 발생한 상태로, 균열폭, 균열패턴을 감안하여 볼 때 구조적인 균열보다는 하중 및 건조수축에 의한 비구조적인 균열로 판단되며 현 상태에서의 보수보다는 균열폭의 변화여부를 주의관찰하고 향후 손상의 진전이 확인될 시 보수여부를 결정함이 바람직할 것으로 판단된다. 4) 배수시설은 전반적으로 양호한 것으로 나타났으나, 소량의 이물질 또한 발견되었다. 현시점에서 배수에 영향을 미치지 않는으나 청소를 하여 배수에 이상이 없도록 지속적인 관리가 필요하다. 5) 신축이음에는 토사퇴적, 후타재 균열 부분부식이 발견되었고 이들은 신축이음의 기능을 저해하는 요인들이다. 토사퇴적은 즉시 청소를 요하며 후타재 균열과 신축이음 부분부식은 지속적인 관찰로 신축이음의 기능을 유지해야 할 것이다. 6) 바닥판 하면 및 Box 거더는 별다른 이상이 없는 양호한 상태이나 도장탈락 및 부분적인 부식을 관찰하여 구조적 기능적 결함을 사전에 방지해야 한다.
	정밀안전 점검	이상협		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 적절한 보수 및 주의관찰이 필요함.
5	2012.03.05. ~ 2012.06.30	(주)아워브레인	B	1) 교량의 안전성을 저해할 만한 손상(주형의 처짐 및 변형, 받침의 파손 등)은 없으며, 신축이음 및 받침장치의 가동상태 등 교량의 전반적인 신축거동 또한 양호한 상태로 나타났다. 다만, 교량의 내구성 측면 및 유지관리차원에서 보수를 요하는 손상이 일부 발생한 상태이며, 주요 손상으로는 바닥판하면 균열, 주형내부 우수유입 및 도장손상, 하부구조 균열, 신축장치 후타재 균열 등이다. 2) 콘크리트 비파괴시험 결과, 콘크리트의 강도 및 탄산화, 철근 배근상태 등은 전반적으로 설계기준이나 시방기준에 만족하는 것으로 평가되었다. 3) 강재 비파괴시험 결과, 주형의 맞대기 용접부는 내부결함이 없는 양호한 상태로 나타났으며, 주형 내, 외부에 대한 도막두께 또한 양호한 상태로 측정되었다. 4) 상태평가 결과, 환산결함도 점수가 0.233으로 산정되어 상태평가등급은 'B'로 평가되었다. 5) STB 구간에 대한 구조해석 및 재하시험 결과, 모든 부재에서 안전율이 1.0 이상으로 설계하중(DB(DL)-24)를 만족하고 있으며, 공용내하력 평가결과 설계하중을 상회하고 있는바, 대상교량의 안전성 평가 결과는 기준 'A'로 평가되었다. 6) 연호고가교의 정밀안전진단 종합평가 결과, 상태평가등급은 "B"이다.
	정밀안전 진단 (하자)	유근무		☞ 검토의견 - 연호고가교에 대한 정밀안전진단 결과, 안전등급은 'B'로 평가되었다. 본 교량은 주부재 및 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태로 나타났다.

번호	점검·진단 기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요 점검 · 진단내용
	점검·진단 구분	점검·진단 책임기술자		검토·분석내용
6	2014.02.15. ~ 2014.04.05	(주)삼우기술	B	1) 주요 손상으로는 신축장치 후타재 균열 및 교대, 교각 미세균열 등으로 시설물의 구조적 안전성에 영향을 미치는 수준은 아닌 것으로 판단되나, 향후 구조물의 내구성 및 사용성 확보를 위하여 손상 부위에 대한 적절한 보수 및 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다
	정밀안전 점검	이달재		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 후타재 보수, 재도장, 표면처리 등의 적절한 보수 및 주의관찰이 필요함.
7	2016.02.19. ~ 2016.04.03	(주)우림종합 엔지니어링	B	1) 교면포장 : 망상균열, 포장패임, 미끄럼방지 포장탈락 2) 교명주 : 교명판유실, 설명판유실 3) 방호벽 : 굽힘, 균열, 방호벽 침하 4) 신축이음 : 후타재균열, 이물질퇴적 5) 바닥판하면 : 유도배수관 주변누수 6) 거더외부 : 도장박리, 박락 7) 거더내부 : 누수흔적, 부식, 실리콘마감부족 8) 받침장치 : 도장박리, 박락 9) 교각 : 균열, 배수관 주변파손, 백태
	정밀안전 점검	김길만		☞ 검토의견 - 연호고가교의 현장조사(외관조사, 내구성조사)에 의한 상태평가 결과 『B등급(0.132)』으로 평가되었으며, 금회 조사된 결함 및 손상부위에 대해서는 단기적인 보수와 중점유지관리 항목들에 대한 주기적인 점검이 시행된다면 내구성 및 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단되며, 유지관리 하는에는 문제가 없을 것으로 판단된다.
8	2017.03.02. ~ 2017.06.09	(주)우림종합 엔지니어링	B	1) 교면포장 망상균열, 패임, 미끄럼방지 포장 국부파손 2) 콘크리트 방호난간 균열, 백태, 철근노출 3) 신축이음장치 A2 이상음 발생 4) 거더외부 도장박락, 내부부식, 도장박락, 실링처리 미흡 5) 교각 기둥하단부 배수관 길이부족에 의한 콘크리트 침식
	정밀안전 진단	김길만		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 재포장 및 교면방수, 신축이음장치 교체, 강재 재도장, 실링보수, 배수관 길이연장 및 교각하부 단면보수 등의 보수 및 주의관찰이 필요함.

번호	점검·진단 기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요 점검 · 진단내용
	점검·진단 구분	점검·진단 책임기술자		검토·분석내용
9	2019.04.22. ~ 2019.06.09	(주)명성엔지니어링	B	1) 교면포장 : 램프구간 아스콘 균열 2) 방호벽 및 중앙분리대 : 균열(cw=0.3mm내·외), 파손 및 재료분리, 백태 3) 배수시설 : 상태양호 4) 신축이음 : 후타재균열, 하부 누수흔적, 흠음재탈락 5) 바닥판 : 균열(cw=0.3mm미만), 백태 6) 거더 : 도장박리 7) 받침장치 : Plate부식, 받침콘크리트 균열(cw=0.3mm미만), 받침콘크리트 파손 8) 교대 및 교각 : 균열(cw=0.3mm미만), 파손 및 철근노출, 누수흔적
	정밀안전 점검	이상훈		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 단면보수, 표면처리, 주입보수 등의 적절한 보수 및 주의관찰이 필요함.
10	2021.04.19. ~ 2021.06.09	주식회사 다인기술단	B	1) 바닥판 균열(W<0.3mm), 바닥판 백태 2) 거더 도장박리 3) 교대 균열(W<0.3mm), 교대 누수흔적, 교대 파손, 교각 균열(W<0.3mm), 교각 파손 4) 받침콘크리트 균열 5) 아스콘 균열, 파손, 포트홀 6) 방호벽 균열, 방호벽 접속부 단차, 데리네이트 파손, 방호벽 망상균열, 들뜸, 박리, 방호벽 표면 재료분리, 방호벽 파손, 철근노출, 접속부 포장균열, 이격 7) 차수커버 볼트탈락, 차수커버 철판절단, 후타재 균열
	정밀안전 점검	김병준		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 표면처리, 도장보수, 아스팔트실링, 아스팔트팻칭, 주입보수, 데리네이트 설치, 볼트재설치, 차수커버 재설치 등의 보수 및 주의관찰이 필요함

2.3.2 기존 정밀안전진단 분석

<표 2.3> 기존 정밀안전진단 분석

번호	점검·진단 기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요점검·진단내용
	점검·진단 구분	점검·진단 책임기술자		검토·분석내용
1	2017.03.02. ~ 2017.06.09	(주)우림종합 엔지니어링	B	- 연호고가교는 안전등급 B의 전체적으로 양호한 상태의 교량으로 금회 외관조사 결과 지적된 손상에 대해서는 내구성 및 사용성확보 차원의 보수가 일부 필요한 것으로 판단된다. - 현장 및 실내 시험을 통한 추정강도는 설계기준을 만족하고 있으며, 철근탐사를 통한 배근간격 및 피복두께는 측정부위에 따라 다소 편차는 있으나 전반적으로 설계 상태에 양호하게 조사 되었다. 탄산화 및 염화물함유량의 경우 b등급 이상을 유지하고 있는 양호한 상태로 평가되었다. - 강재비파괴 시험결과, 맞대기 용접부 96개소에 대한 초음파탐상 실시 결과 'KS B 0896'의 판정등급기준에 의거 판정되어 전체 불합격 결함은 조사되지 않은 양호한 것으로 판정되었다. - 본 교량의 안전성 검토를 통한 강박스 거더와 바닥판 슬래브의 기본내하력 및 공용내하력 평가 결과 내하율 1.0 이상으로 설계활하중 DL(DB)-24를 만족하는 것으로 평가 되었다. - 연호고가교의 외관조사에 의한 상태평가 결과는 『B』 등급이고, 구조안전성 평가 결과는 『A』 등급으로, 종합평가는 『B』 등급으로 평가되었으며, 금회 조사된 결함 및 손상 부위에 대하여는 보고서에 제시된 보수·보강과 중점유지관리 항목들에 대한 주기적인 점검이 시행된다면 안전성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.
	정밀안전 진단	김길만		☞ 검토의견 - 금회 조사된 결함 및 손상 부위에 대하여는 보고서에 제시된 보수·보강과 중점유지관리 항목들에 대한 주기적인 점검이 시행된다면 안전성에는 문제가 없을 것으로 판단된다

가) 외관조사 분석

구 분	점검 결과	검토의견
바닥판	데크플레이트 거치부 일부 부식을 제외하고는 전반적으로 양호 중조인트부 우수유입에 의한 콘크리트 백태가 일부 발생 및 유도배수시설 이음부 누수가 조사	중조인트부 누수 확인 및 백태 손상 진전여부
강재주형 및 2차부재	거더 외부는 부분 도장보수가 이루어져 전반적으로 양호하며, 국부 도장 박락이 조사 내부의 상태는 일부 부식, 도장 박리, 박락, 실링처리 미흡이 발생	내부 실링처리 확인 및 도장손상 추가 및 진전 여부
교대 및 교각	일부 균열, 망상균열, 기둥하부 침식 등의 손상이 발생	균열 진전여부, 신규손상 발생여부 확인
교량받침	국부 도장 박락이 경미하게 조사	도장박락 진전여부, 가동 여유량 검토
신축이음	A2측 신축이음 장치부 베어링 탈락에 의한 이상음이 발생하여 신축이음장치에 대한 교체가 필요	신축이음 교체여부
교면포장	망상균열, 국부파손, 시종점 토공구간의 아스콘 패임, 미끄럼방지포장 국부 파손이 조사	주행차량 영향여부 확인
배수시설	배수관은 P1~P3 교각기둥 하부 배수관 길이부족에 의한 침식이 발생	배수 지장여부 확인, 2차손상 발생 여부
난간, 연석	균열(c/w=0.3mm미만, 이상)이 다수 조사되었으며, 일부 균열부 백태 동반 손상이 조사 하단부 피복부족에 의한 철근노출 및 망상균열이 일부 구간에서 조사	균열, 철근노출 진전 여부 확인

나) 비파괴조사 분석

구 분	시험 결과	검토의견
콘크리트 강도	- 보정코어강도 : 24.3 (상부), 33.7 ~ 42.7 MPa (하부) - 상부구조(범물) 비파괴 강도 : 27.3 ~ 30.0 MPa (반발경도법) - 상부구조(안심) 비파괴 강도 : 27.1 ~ 29.9 MPa (반발경도법) - 하부구조 비파괴 강도 : 24.2 ~ 25.5 MPa (반발경도법) - 설계기준강도(상부구조: 27 MPa, 하부구조: 24 MPa)를 상회하는 것으로 측정됨.	대체로 양호한 것으로 판단됨, 반발경도 및 초음파 전달속도를 이용한 비파괴 강도 검토
탄산화 시험	- 상부구조 탄산화 깊이 : 10.7~12.5 mm (기준 a) - 하부구조 탄산화 깊이 : 8.5~11.8 mm (기준 a) - 탄산화 잔여 깊이가 최소 30mm 이상이며 일부 피복두께가 작은 구간은 주기적인 측정을 통한 주의관찰 필요함.	대체로 양호한 것으로 판단됨, 탄산화 깊이 진행상태 및 측정부위의 실측피복과 비교 검토
철근탐사 시험	- 배근간격 : 상·하부구조 모두 대체로 설계상태와 일치함. - 피복두께 : 상·하부구조 모두 설계값 이상으로 측정됨.	대체로 양호한 것으로 판단됨, 일부 피복두께가 작은 구간 측정 확인
염화물 함유량 시험	- 상부구조 염화물 함유량 : 0.4526 kg/m³ (기준 b) - 하부구조 염화물 함유량 : 0.0634 kg/m³ (기준 a)	조사수량 지침에 맞게 추가 검토
초음파 탐상시험 (UT)	- 강제거더 내부 맞대기용접부 조사개소 : 96 개소(S1~S8) - 불합격 개소 : 0 개소 - KS B 0896의 판정기준에 의거 불합격 결함은 조사되지 않았음.	조사 개소수를 동일하게 측정

다) 상태평가 평가 분석

1) 범물방향

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조 형식		바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)	염화물 (상)	염화물 (하)
S1	A1	STB	a	a	a	c	a	b	c	a	b	Q	-	a	-	-
S2	P1	STB	a	a	a	a	a	a	-	a	b	Q	a	a	-	-
S3	P2	STB	b	a	a	b	a	b	-	a	b	Q	-	-	-	-
S4	P3	STB	a	a	b	b	a	a	-	a	b	Q	-	a	-	-
S5	P4	STB	b	a	a	b	a	a	-	a	b	Q	-	-	-	-
S6	P5	STB	b	a	a	a	a	a	-	a	b	Q	a	a	-	-
S7	P6	STB	b	a	a	a	a	a	-	a	b	Q	-	-	-	-
S8	P7	STB	b	a	a	a	a	b	-	a	b	Q	a	a	-	-
/	A2	STB	-	-	-	-	-	-	c	a	b	Q	-	a	-	-
평균			0.163	0.100	0.113	0.175	0.100	0.138	0.400	0.100	0.200	0.000	0.100	0.100	0.000	0.000
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	4	3	0	0
(평균x가중치) /가중치합			0.029	0.020	0.006	0.012	0.003	0.003	0.036	0.009	0.040	0.000	0.004	0.003	0.000	0.000
1. 환산결함도 점수 =													0.165			
2. 상태평가 결과 =													B			

2) 안심방향

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조 형식		바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)	염화물 (상)	염화물 (하)
S1	A1	STB	b	a	b	b	a	c	c	a	b	Q	-	a	b	-
S2	P1	STB	a	a	a	b	a	b	-	a	b	Q	a	a	-	-
S3	P2	STB	b	a	a	b	a	b	-	a	b	Q	-	-	-	-
S4	P3	STB	b	a	a	b	a	b	-	a	b	Q	-	a	-	-
S5	P4	STB	b	b	a	b	a	b	-	a	b	Q	-	-	-	-
S6	P5	STB	a	b	a	a	a	a	-	a	b	Q	a	a	-	-
S7	P6	STB	a	a	a	a	a	b	-	a	b	Q	-	-	-	-
S8	P7	STB	a	b	a	b	a	c	-	a	b	Q	a	a	-	-
/	A2	STB	-	-	-	-	-	-		b	b	Q	-	a	-	a
평균			0.150	0.138	0.113	0.175	0.100	0.238	0.400	0.111	0.200	0.000	0.100	0.100	0.200	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균x가중치) /가중치합			0.027	0.028	0.006	0.012	0.003	0.005	0.036	0.010	0.040	0.000	0.002	0.002	0.004	0.001
1. 환산결함도 점수 =													0.175			
2. 상태평가 결과 =													B			

라) 안전성 평가 분석

1) 안전성평가 분석

① 안전성평가 결과

㉠ 바닥판의 안전성평가 결과

구 분	휨 모멘트(kN · m)	바닥판	안전율	안전성 평가등급
바닥판 캔틸레버부	공칭강도 ϕM_n (kN · m)	122.08	1.377	A
	극한강도 M_u (kN · m)	88.63		
바닥판 중간부	공칭강도 ϕM_n (kN · m)	105.88	1.346	A
	극한강도 M_u (kN · m)	78.66		

㉡ 거더의 안전성평가 결과

구 분			허용응력설계법에 의한 안전성평가	검토 결과
G1 (외측)	정모멘 트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{155.829}{85.845 + 41.613} = 1.223$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{78.387 + 37.998} = 1.633$	A
	부모멘 트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{81.695 + 31.710} = 1.675$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{80.463 + 34.898} = 1.647$	A
G2 (내측)	정모멘 트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{155.829}{84.873 + 42.963} = 1.219$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{77.500 + 39.231} = 1.628$	A
	부모멘 트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{81.090 + 36.071} = 1.622$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{78.264 + 36.681} = 1.653$	A

② 내하력평가 결과

① 바닥판의 기본 내하력 산정 결과

내하율(RF) =	$\frac{\Phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l (1 + i)} =$	$\frac{105.88 - 1.3 \times 5.469}{2.15 \times 33.280} =$	1.380
기본내하력(P)	$K_s \times RF \times Pr =$	$1.0 \times 1.380 \times 24 =$	DB 24이상

바닥판의 안전성은 양호한 것으로 나타났고, 기본내하력도 설계내하력 이상인 것으로 평가되었다.

② 거더의 기본 내하력 산정 결과

구 분	G1(상연)		G1(하연)	
	중앙부(S1)	지점부(P3)	중앙부(S1)	지점부(P3)
허용응력 (f_a), MPa	155.829	190.000	190.000	190.000
고정하중응력 (f_d), MPa	85.845	81.695	78.387	80.463
활하중응력 (f_l), MPa	41.613	31.710	37.998	34.898
내하율(RF) = $\frac{f_a - f_d}{f_l (1 + i)}$	1.682	3.416	2.937	3.139
기본내하력 P= $K_s \times RF \times P_r$	DB 24이상	DB 24이상	DB 24이상	DB 24이상

구 분	G2(상연)		G2(하연)	
	중앙부(S1)	지점부(P3)	중앙부(S1)	지점부(P3)
허용응력 (f_a), MPa	155.829	190.000	190.000	190.000
고정하중응력 (f_d), MPa	84.873	81.090	77.500	78.264
활하중응력 (f_l), MPa	42.963	36.071	39.231	36.681
내하율(RF) = $\frac{f_a - f_d}{f_l (1 + i)}$	1.652	3.019	2.868	3.046
기본내하력 P= $K_s \times RF \times P_r$	DB 24이상	DB 24이상	DB 24이상	DB 24이상

거더 내하력 평가 결과 기본 내하력이 설계활하중인 DB-24, DL-24의 내하력을 상회하는 것으로 나타나 대상교량의 사용성 측면과 안전성 측면에서 설계내하력 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 판단된다.

2.3.3 기존 정밀안전점검 분석

<표 2.4> 기존 정밀안전진단 분석

번호	점검·진단 기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요점검·진단내용
	점검·진단 구분	점검·진단 책임기술자		검토·분석내용
1	2021.04.19. ~ 2021.06.09	주식회사 다인기술단	B	- 바닥판 균열(W<0.3mm), 바닥판 백태 - 거더 도장박리 - 교대 균열(W<0.3mm), 교대 누수흔적, 교대 파손, 교각 균열(W<0.3mm), 교각 파손 - 받침콘크리트 균열 - 아스콘 균열, 파손, 포트홀 - 방호벽 균열, 방호벽 접속부 단차, 데리네이트 파손, 방호벽 망상균열, 들뜸, 박리, 방호벽 표면 재료분리, 방호벽 파손, 철근노출, 접속부 포장균열, 이격 - 차수커버 볼트탈락, 차수커버 철판절단, 후타재 균열
	정밀안전 점검	김병춘		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 표면처리, 도장보수, 아스팔트실링, 아스팔트패칭, 주입보수, 데리네이트 설치, 볼트재설치, 차수커버 재설치 등의 보수 및 주의관찰이 필요함

가) 외관조사 분석

구분	점검 결과	검토의견
바닥판	바닥판은 대부분 Deck Plate로 마감된 상태로서 측면 캔틸레버 구간에서 건조수축에 의한 균열 및 백태가 간헐적으로 조사되었다.	균열 및 백태 손상 진전 여부
강재주형 및 2차부재	강박스구간은 강재변형, 용접부 균열, 연결부 볼트 이완 등 구조적인 결함은 없는 상태이나 외부 표면에서 도장박리 등의 표면손상이 일부 조사되어 내구성 저하 방지를 위한 국부적 보수가 필요할 것으로 사료된다. 2차부재는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.	도장손상 추가 및 진전 여부
교대 및 교각	교대, 교각부에서 균열, 파손 등의 현상이 소규모로 발생된 상태로 일부 손상에 대해서는 국부적 보수가 요구되나 전반적 외관상태는 양호한 것으로 조사되었다.	균열, 파손 등 진전여부, 신규손상 발생여부 확인
교량받침	받침장치는 면진받침으로서 편기 및 파손 등의 특별한 가동 장애요소는 없는 것으로 나타났고 받침콘크리트에 균열이 일부 조사되었으나 현시점에서 보수필요성은 없을 것으로 사료된다.	균열 진전 여부, 가동여유량 검토
신축이음	신축이음장치는 강재계열로서 통행 및 신축 거동에 영향을 미칠 결함 및 손상은 발견되지 않았으며 차수커버 및 후타재 콘크리트에서 강판절단, 콘크리트 균열 등의 손상이 일부 조사되었다.	균열 등의 손상 진전여부, 보수 및 보수부 확인

구 분	점검 결과	검토의견
교면포장	교면포장은 지속적인 관리로 인해 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었으나 시점램프구간에서 아스콘 균열 및 경미한 파손, 포트홀 등의 손상이 간헐적 조사되었다.	램프구간 손상 진전여부
배수시설	배수시설은 측면 방호벽 앞으로 유도배수를 설치한 상태로서 배수구 주변 물고임 등의 현상은 없으며 시설 부족에 따른 구조적 문제점은 없는 것으로 판단되고 외관상상태도 양호한 것으로 조사되었다.	배수 지장여부 확인
난간, 연석	난간 및 중분대는 콘크리트 방호벽으로서 0.1mm 내외의 수직균열 및 재료분리, 파손, 피복부족에 따른 철근 노출, 보수도막 들뜸 등의 손상이 간헐적 발생된 상태이나 대부분 소규모의 경미한 상태로서 손상규모에 따른 국부적 보수가 바람직 할 것으로 사료된다.	균열, 철근노출, 파손 등 진전 여부 확인

나) 비파괴조사 분석

구 분	시험 결과	검토의견
콘크리트 강도	- 상부구조 비파괴 강도 : 27.1 ~ 28.9MPa (반발경도법) - 하부구조 비파괴 강도 : 24.6 ~ 28.0MPa (반발경도법) - 설계기준강도(상부구조: 27MPa, 하부구조: 24MPa)를 상회하는 것으로 측정됨.	대체로 양호한 것으로 판단됨, 적정 수량에 맞는 비파괴 강도 검토
탄산화 시험	- 상부구조 탄산화 깊이 : 4.0~9.0 mm (기준 a) - 하부구조 탄산화 깊이 : 6.0~8.0 mm (기준 a) - 일반적인 구간에서 탄산화에 의한 부식발생 우려는 없을 것으로 판단됨.	대체로 양호한 것으로 판단됨, 탄산화 깊이 진행상태 및 측정부위의 실측피복과 비교 검토

다) 상태평가 평가 분석

1) 범물방향

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조 형식		바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
S1	A1	STB	a	b	a	a	a	b	b	b	b	Q	a	a
S2	P1	STB	a	a	a	a	a	b	-	a	b	Q	-	-
S3	P2	STB	a	a	a	a	a	b	-	b	b	Q	-	-
S4	P3	STB	a	b	a	a	a	b	-	b	b	Q	-	-
S5	P4	STB	a	a	a	a	a	b	-	a	a	Q	-	-
S6	P5	STB	a	a	a	a	a	b	-	b	b	Q	-	-
S7	P6	STB	a	a	a	a	a	b	-	b	b	Q	-	-
S8	P7	STB	n	b	a	a	a	b	-	a	b	Q	-	-
/	A2	STB	-	-	-	-	-	-	b	a	b	Q	-	-
평균			0.113	0.138	0.100	0.100	0.100	0.200	0.200	0.156	0.189	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균x가중치)/가중치합			0.020	0.028	0.005	0.007	0.003	0.004	0.018	0.014	0.038	-	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													0.144	
2. 상태평가 결과 =													B	

2) 안심방향

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호		구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
S1	A1	STB	a	b	a	a	a	b	b	b	b	Q	b	-
S2	P1	STB	a	b	a	a	a	b	-	a	b	Q	-	-
S3	P2	STB	a	a	a	a	a	b	-	a	b	Q	-	-
S4	P3	STB	a	b	a	a	a	b	-	b	b	Q	-	a
S5	P4	STB	b	a	a	a	a	b	-	b	b	Q	a	-
S6	P5	STB	a	a	a	a	a	b	-	a	a	Q	-	-
S7	P6	STB	a	b	a	a	a	b	-	a	b	Q	-	-
S8	P7	STB	a	b	a	a	a	b	-	a	b	Q	-	a
/	A2	STB	-	-	-	-	-	-	b	a	b	Q	-	-
평균			0.113	0.163	0.100	0.100	0.100	0.200	0.200	0.133	0.189	-	0.150	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균x가중치) /가중치합			0.020	0.033	0.005	0.007	0.003	0.004	0.018	0.012	0.038	-	0.006	0.003
1. 환산결함도 점수 =													0.147	
2. 상태평가 결과 =													B	

라) 종합결론

- 1) 교량 전 구간에 결함도 지수를 이용한 상태평가 등급이 『B』 (0.145)로 나타나 종합 안전등급은 『B등급』으로 평가되었다.
- 2) 현재 교량의 구조적 문제점에 따른 정밀안전진단 필요성은 없을것으로 판단되며, 발생한 결함 및 손상에 대해서도 시급한 보수를 요하는 손상은 없으며 장기적 관점에서의 유지관리가 바람직 할 것으로 사료된다.
- 3) 전회차 점검이후 보수를 통한 손상의 감소로 인해 상태점수가 일부 상향된 상태로 서 보고서에 제시된 유지관리 항목들에 대한 지속적인 관리가 시행된다면 구조물의 안전성 및 사용성을 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

2.4 보수 · 보강 이력

대상 교량에 대한 보수 · 보강 이력은 FMS의 시설물관리대장 및 관리주체로부터 제공받은 사항이며 대체로 내구성, 주행차량의 안전 및 주행성 저하방지 차원의 보수가 시행된 것으로 판단된다.

<표 2.5> 보수 · 보강 이력

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

2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

본 교량에 적용된 내진설계 관련 내용은 '대구광역시 4차 순환도로(고산국도~안심국도)건설 실시설계'에서 발췌하였다.

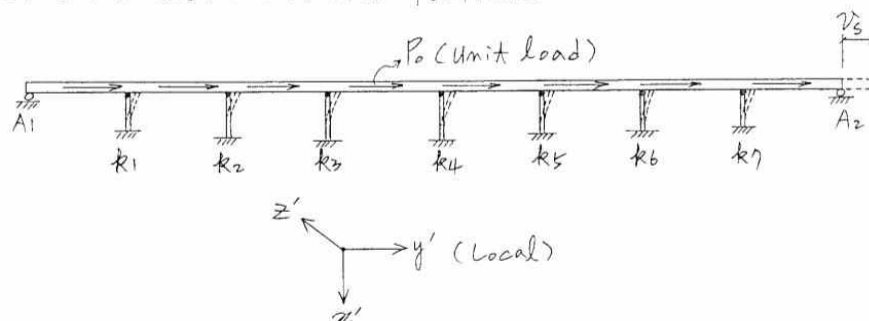
2.5.1 내진설계 내용

내진 설계 (Seismic Analysis)

- (1) 교량의 내진 등급 : 내진 1 등급 (표시 P166)
- (2) 가속도 계수 (A) : 0.14
- (3) 지반 계수 (S) : 1.0
- (4) 해석 방법 : Single Mode Spectral Analysis Method
- (5) 응답수정 계수 (R)
 - 기동 용체 : 다주거구 $R = 5$
 - 연가속도 : 상부구조와 근대 $R = 0.8$
 - 교각, 받침거구 $R = 1.0$
 - 교각과 활대거구 $R = 1.0$
 - 활대거구 : $R = 5 \times \frac{1}{2} = 2.5$
- (6) 교량 제원
 - 8경간 연속 강함성 상자형 교
 - $L = 3 \times 50 + 60 + 4 \times 50 = 410 \text{ m}$
 - 교각 : 철근콘크리트 다주형 교각
 - 교대 : 갠털레버 식 교대
 - 교폭 : $B = 28.9 \text{ m}$
 - 교량등급 : 1등급 (DB-24)

3. 종방향 지진하중

(1) 종방향 진동 Mode에 대한 구조 Model



(13) 종방향 지진운동에 의한 교각의 부재력

위치	종지반력: V_y' (ton)	종모멘트: M_z' (t·m)
ABUT.1	0	0
PIER.1	319.722	187.475 (157.495)*
PIER.2	319.722	1115.990 (223.198)*
PIER.3	기둥모체	319.722
	연결부분	319.722
	확대기초	319.722
PIER.4	319.722	1835.524 (367.105)*
PIER.5	319.722	1835.524 (134.210)*
PIER.6	319.722	1725.220 (345.044)*
PIER.7	319.722	1524.115 (304.823)*
PIER.8	319.722	1155.315 (231.063)*
PIER.9	319.722	856.375 (171.275)*
ABUT.2	0	0

(*) : 교대명 기둥의 응력수집계수(R) 0.8 및 5로 나누어

기둥의 축력 및 지반력은 나누지 않음.

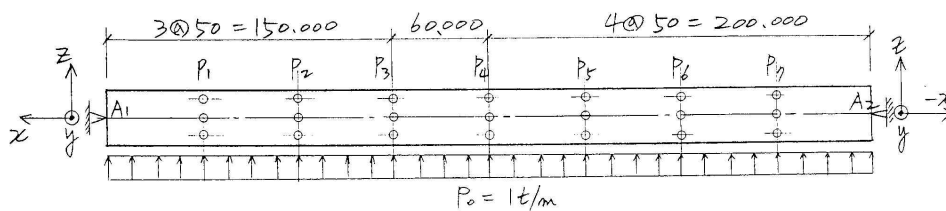
확대기초해석 R : 교각(기둥)의 R값의 $\frac{1}{2}$ 사용 (이 2.5)

※ PIER의 경우는 기둥 1개소당 부재력임.

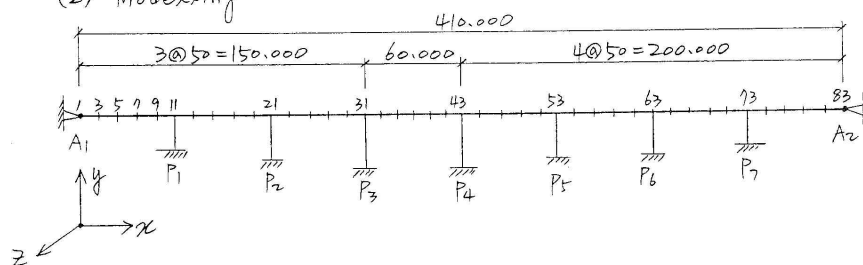
4. 횡방향 지진하중

(1) Structural Analysis Program (SAP90)을 이용하여

횡방향 단위하중 ($P_0 = 1 \text{ t/m}$)에 의한 횡방향 변위를 계산.



(2) Modelling



※ 횡방향 변위 $v_s(x)$ 는 5m 간격으로 측정하고

횡방향 지진하중 강도 $P_e(x)$ 는 10m 간격으로 측정하여

횡방향 지진하중 을 계산함.

○ 상부구조 (Superstructure) 하중

$$\text{상행선} = 1.811 + 1.286 + 8.292 = 23.395 \text{ t/m}$$

$$\text{하행선} = 1.811 + 1.286 + 8.292 = 23.395 \text{ t/m}$$

(8) 횡방향 지진하중 강도 ($P_e(x)$)

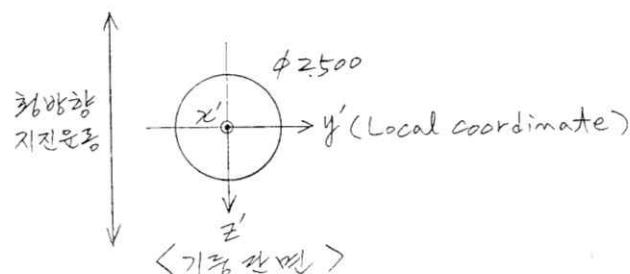
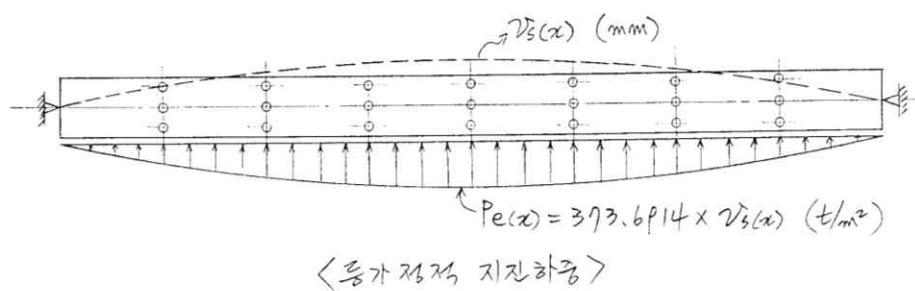
$$\begin{aligned} P_e(x) &= \frac{\beta \cdot C_s \cdot W(x) \cdot v_s(x)}{\gamma} \\ &= \frac{84.391 \times 0.1684 \times 23.395 \times v_s(x)}{0.8891} \\ &= 373.6914 \times v_s(x) \quad \text{t/m}^2 \end{aligned}$$

※ 위와 같이 측정된 횡방향 지진하중 $P_e(x)$ 의 값은

(4)의 TABLE 에 표기 하였으며,

이 값 ($P_e(x)$) 은 작용시켜 각점에서의 부재력을

전산해석 program 을 이용하여 계산함.



5. 최대 지지력

: 상계를 위해 해석 결과로 부터 최대 지지력과 최대 휨모멘트를
 알고있는 PIER 4 와 ABUT.1, ABUT.2 에 대해
 하중경우 1 (LOAD CASE 1), 하중경우 2 (LOAD CASE 2) 의
 최대 부재력을 정리함.

위치	부재력	하중경우 1 (1.0중+0.3횡)	하중경우 2 (1.0횡+0.3중)
ABUT.1	V_E' (항진단력, t)	$0 + 20.725 \times 0.3 = 6.218$	$20.725 + 0 = 20.725$
ABUT.2	V_E' (항진단력, t)	$0 + 10.300 \times 0.3 = 3.090$	$10.300 + 0 = 10.300$
PIER 3	V_M' (중진단력, t)	$319.722 + 0 = 319.722$	$0 + 319.722 \times 0.3 = 95.917$
	V_E' (항진단력, t)	$0 + 183.459 \times 0.3 = 55.038$	$183.459 + 0 = 183.459$
	M _중 중모멘트 (t.m)	기둥 본체	$0 + 367.105 \times 0.3 = 110.132$
		연결 부분	$0 + 1835.524 \times 0.3 = 550.657$
		좌대 기초	$0 + 734.210 \times 0.3 = 220.263$
	M _영 영모멘트 (t.m)	기둥 본체	$0 + 370.580 \times 0.3 = 111.174$
		연결 부분	$0 + 1852.901 \times 0.3 = 555.870$
		좌대 기초	$0 + 741.160 \times 0.3 = 222.348$
			$741.160 + 0 = 741.160$

※. 전단력의 단위 : t.m , 휨모멘트의 단위 : t.m 인.

6. 내진 변위

: 종방향 지진운동에 의한 종방향 변위 (교대)

$$N = 0.0016 \text{ m} = 1.6 \text{ mm}$$

: 최소 방충 지지 길이 (교대)

$$\begin{aligned}
 N &= 200 + 0.0017L + 0.0067H \text{ (mm)} && (\text{표시 975}) \\
 &= 200 + 0.0017 \times 410 \times 1000 + 0.0067 \times 8.043 \times 1000 \\
 &= 950.9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

∴ 교대의 최소 방충 지지 길이 $N = 951 \text{ mm}$ 인.

2.5.2 내진성능평가 필요여부

본 교량은 설계시 내진설계가 적용되었으나 준공 이후 내진성능평가가 실시되지 않았으므로 금회 정밀안전진단에서 내진성능평가를 실시하여야 하며 그 내용은 본 보고서 '제6장 내진성능 평가'에 수록하였다.

2.6 자료분석 결과요약

본 과업의 효과적인 용역 수행을 위하여 건설관련 자료와 유지관리 자료 등을 입수하였으며, 수집 자료를 검토한 결과 및 진단과업 진행방향은 다음과 같다.

<표 2.6> 자료분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 대구광역시 4차 순환도로 (고산국도~안심국도)건설 실시설계 - 구조 및 수리계산서 - 구조물도 등	◇ 구조계산서 및 구조물도는 당시 설계기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇ 설계도면과 실측 제원 비교시 주요 부재에 대하여 전반적으로 동일함	◇ 2018년 전구간 재포장 실시되었으므로 보수이후 신규손상 발생 여부에 대한 검토가 필요함 ◇ 유도배수관 재설치이후 신규손상 발생에 대한 검토가 필요함 ◇ 구조계산서 등을 검토한 결과 내진설계가 적용된 것으로 확인되었으나 준공 후 내진성능평가가 미실시되어 금회 내진성능평가를 수행하여야 함.
유 지 관 리 자 료	◇ 정밀안전점검 및 정밀안전진단 보고서	◇ 공사중 및 준공후 20년간 공용하면서 안전성에 문제가 없는 양호한 상태로 검토됨 ◇ 2018년 전구간 재포장, 유도배수관 재설치 등의 보수가 실시되었음 ◇ 일부 기발생된 손상에 대하여 보수가 필요한 상태임	
	◇ 보수·보강 이력	◇ 보수 및 보강 이력은 관리주체에 제공받아 검토하였으며 대체로 내구성 저하방지를 위한 보수가 실시됨	

