

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 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.

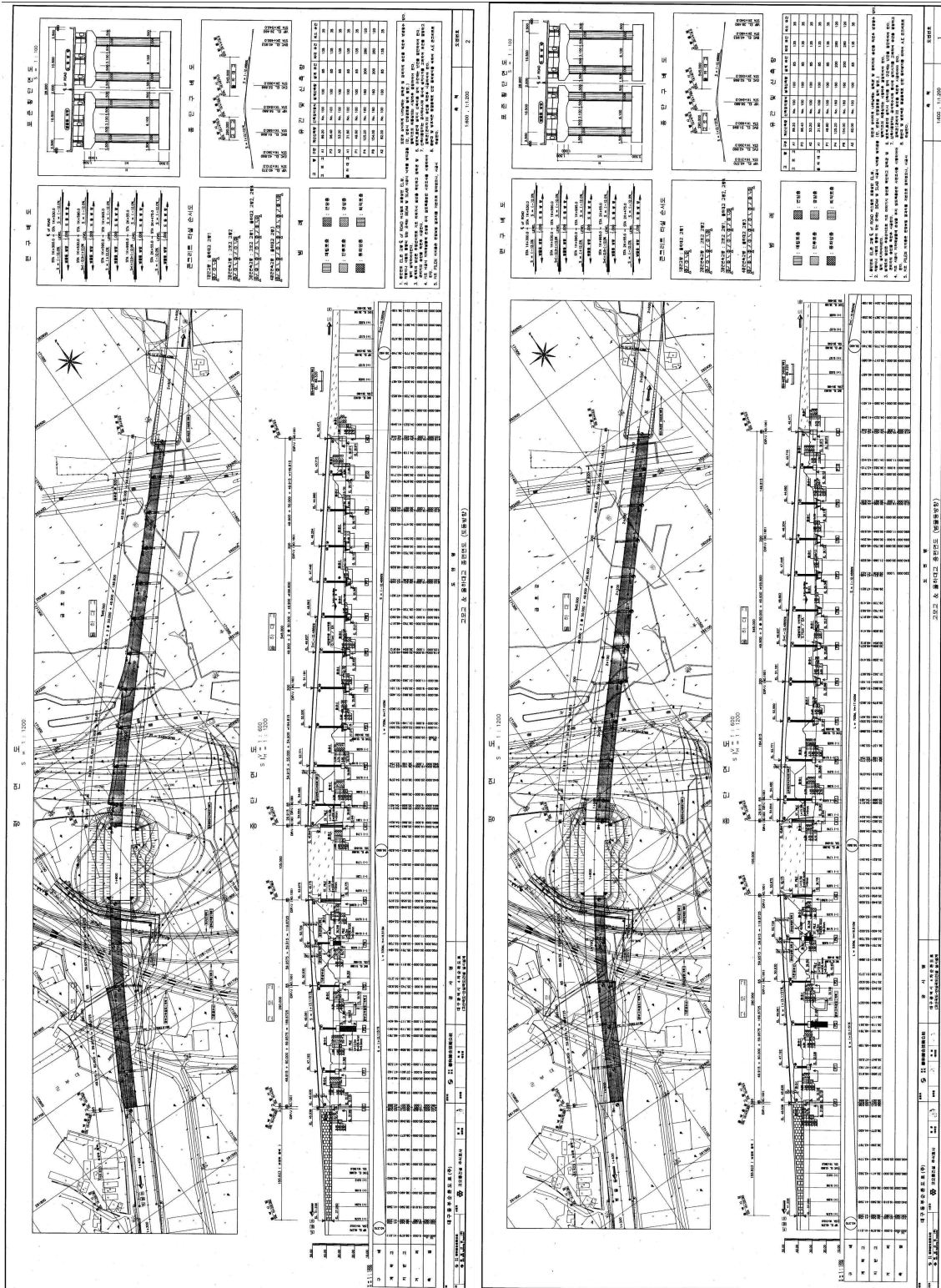
<표 2.1> 자료조사 목록

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

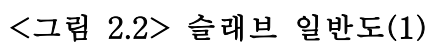
2.2 설계도면 및 구조계산서 검토

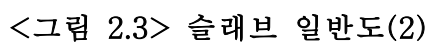
대상 교량의 준공도면과 구조계산서를 확인한 결과는 다음과 같다.

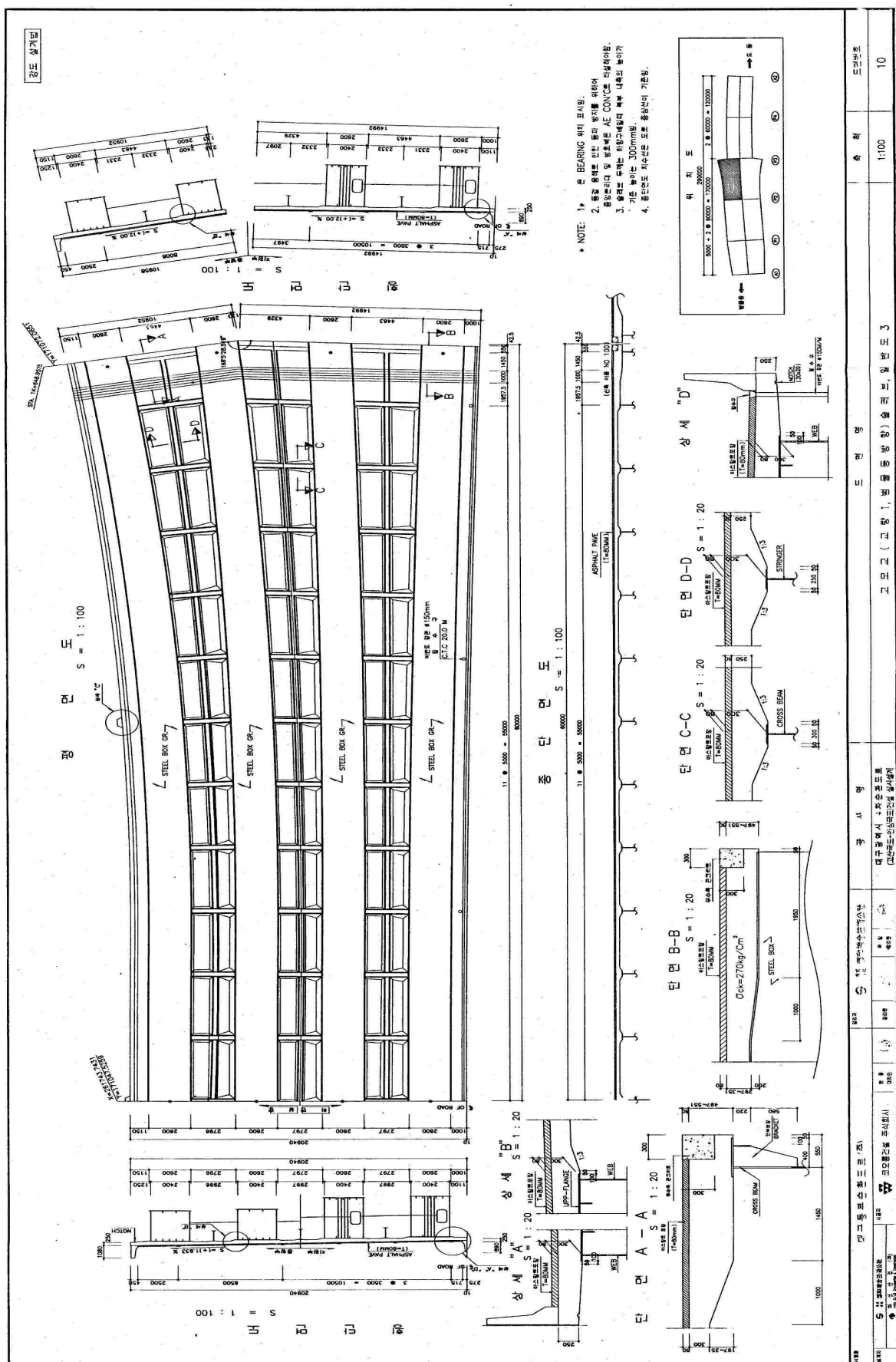
2.2.1 주요 설계도면



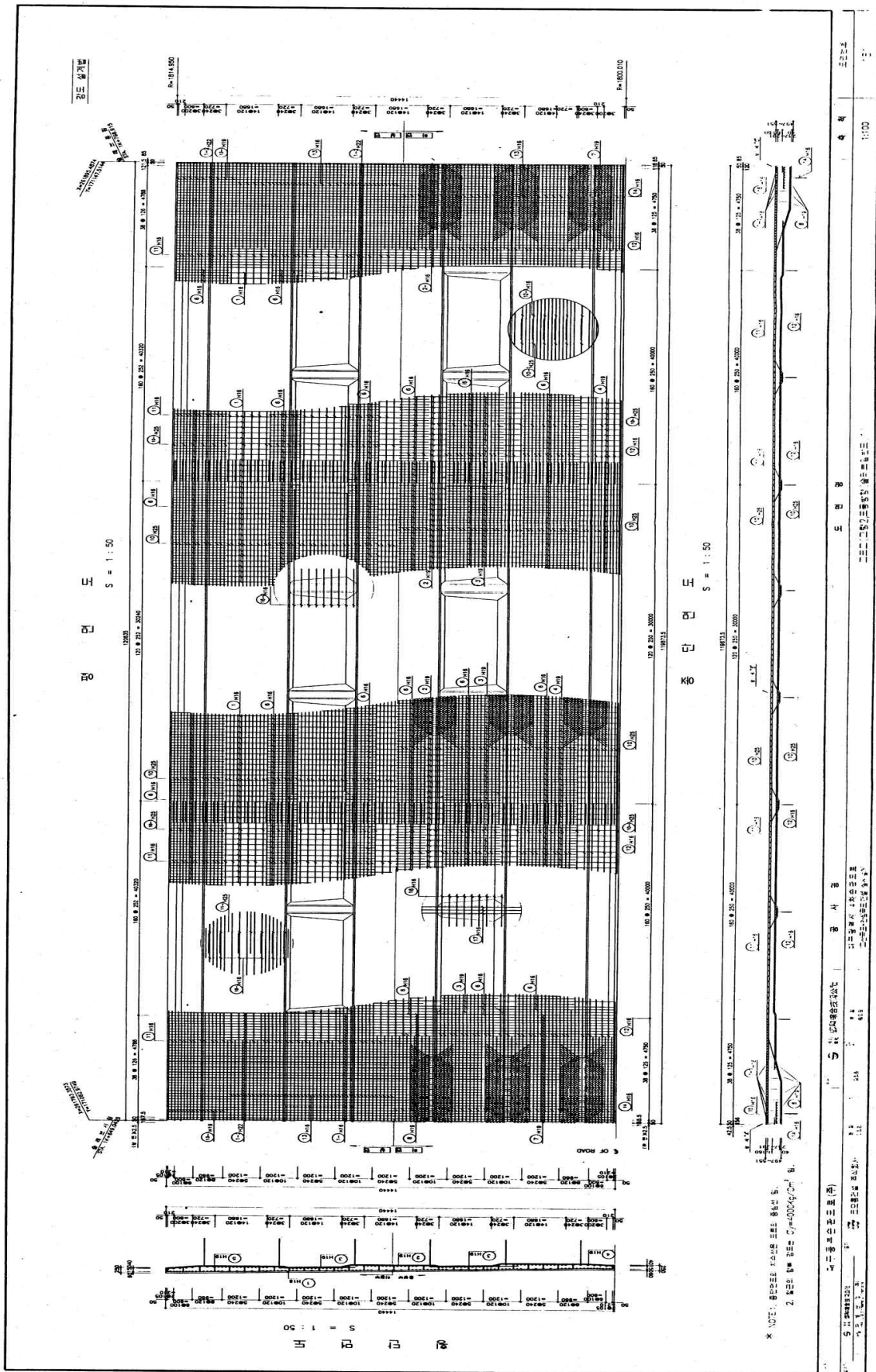
<그림 2.1> 종 · 평면도



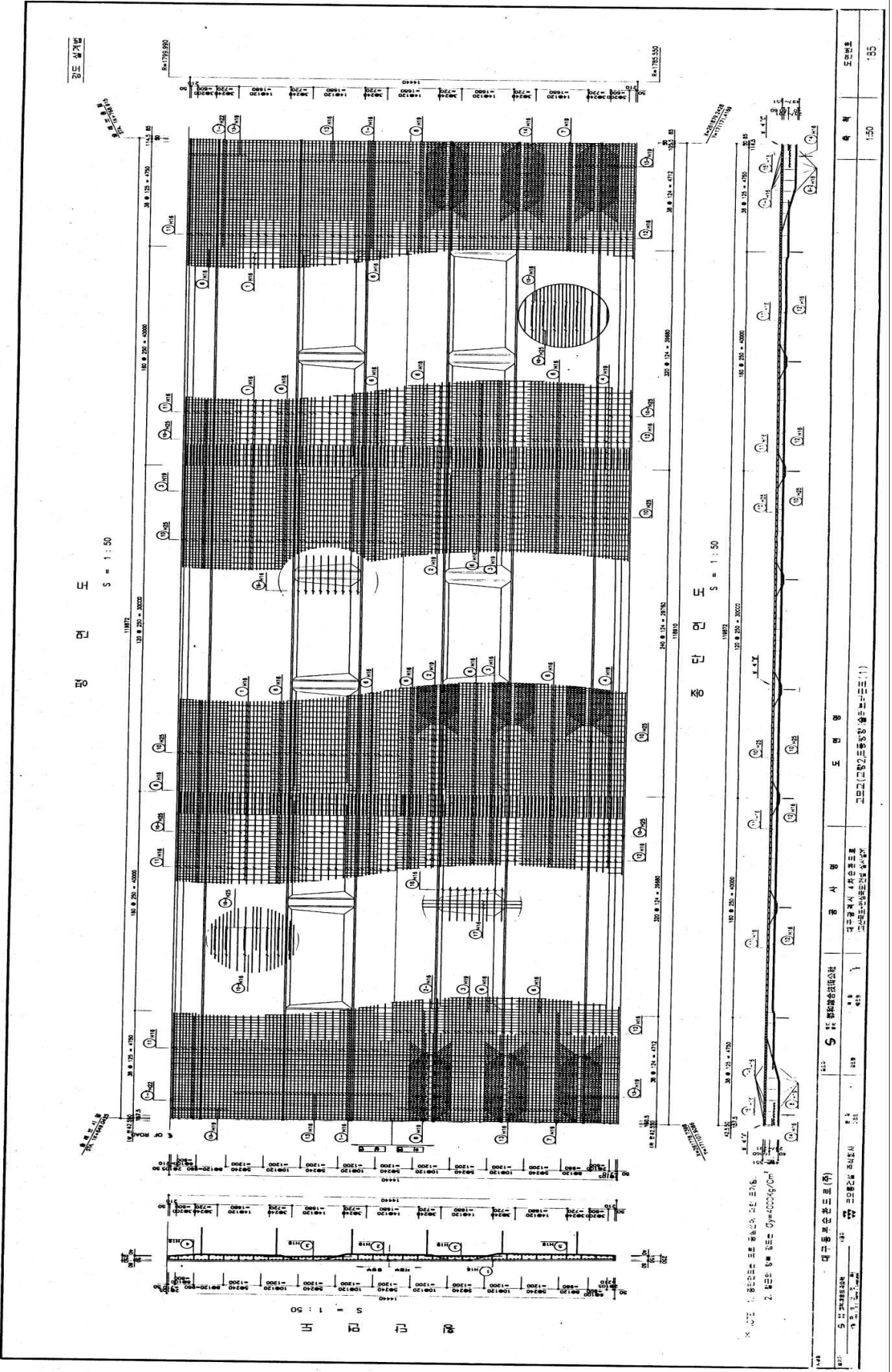




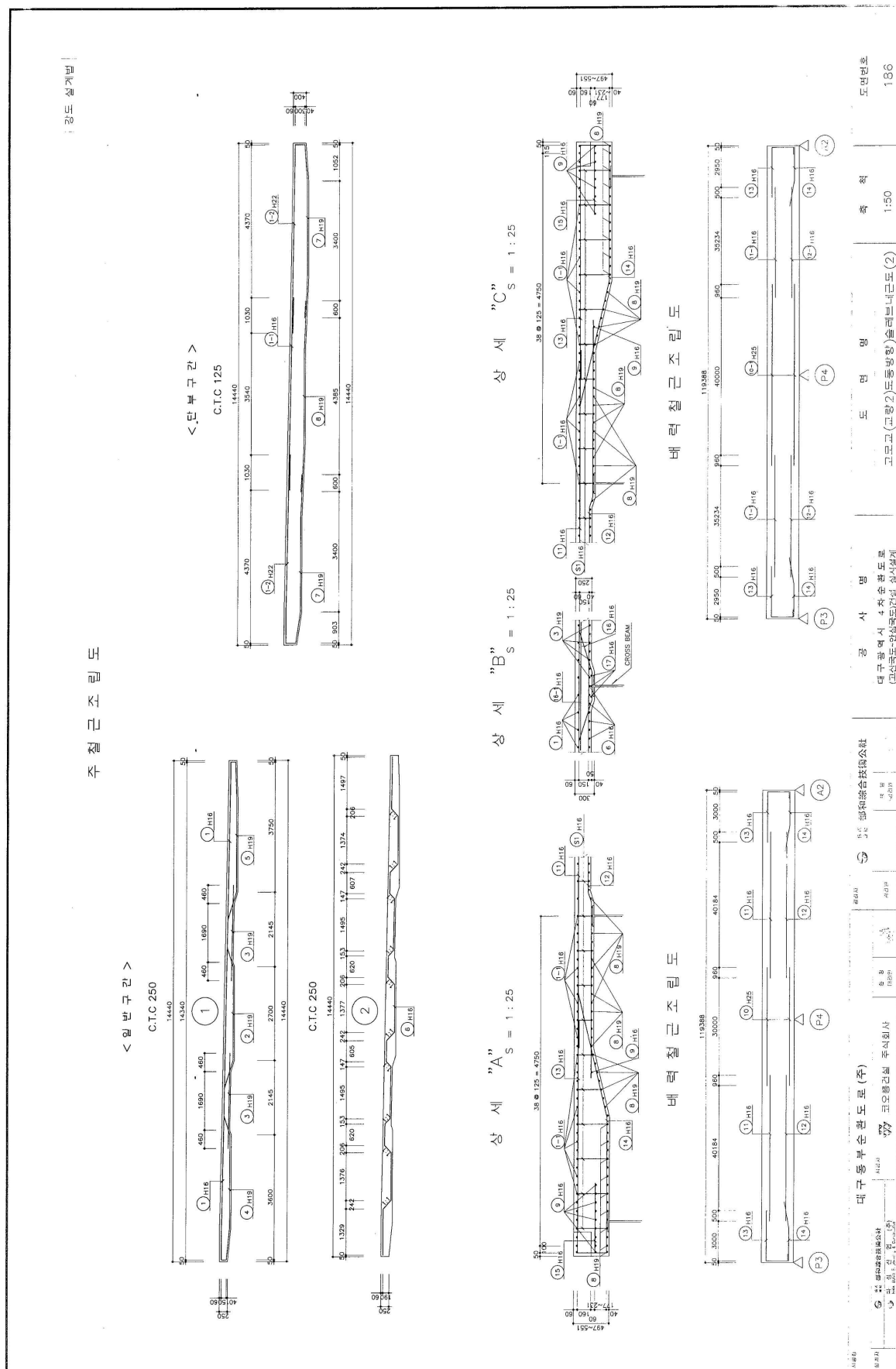
<그림 2.4> 슬래브 일반도(3)

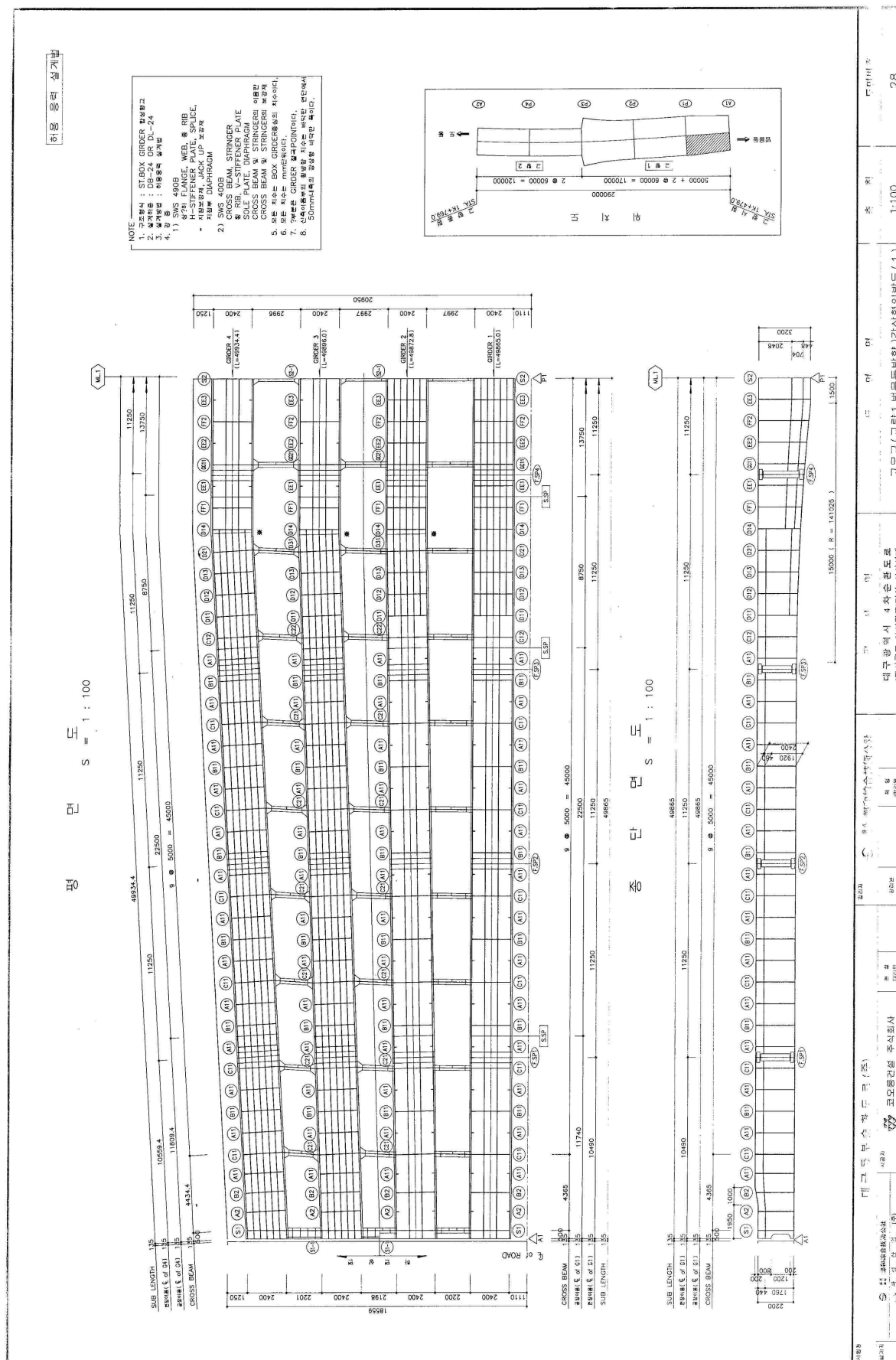


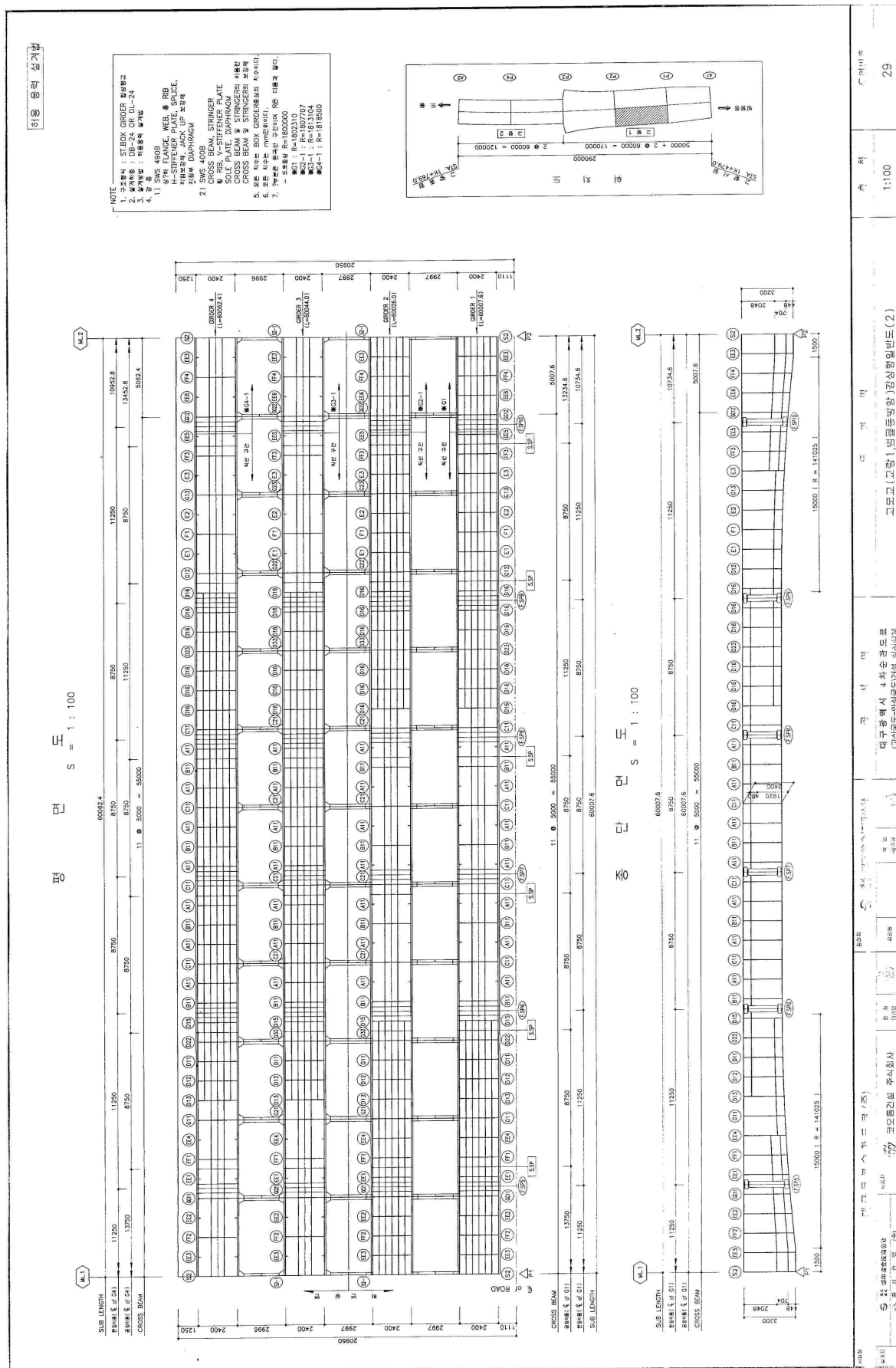
<그림 2.5> 슬래브 배근도(1)

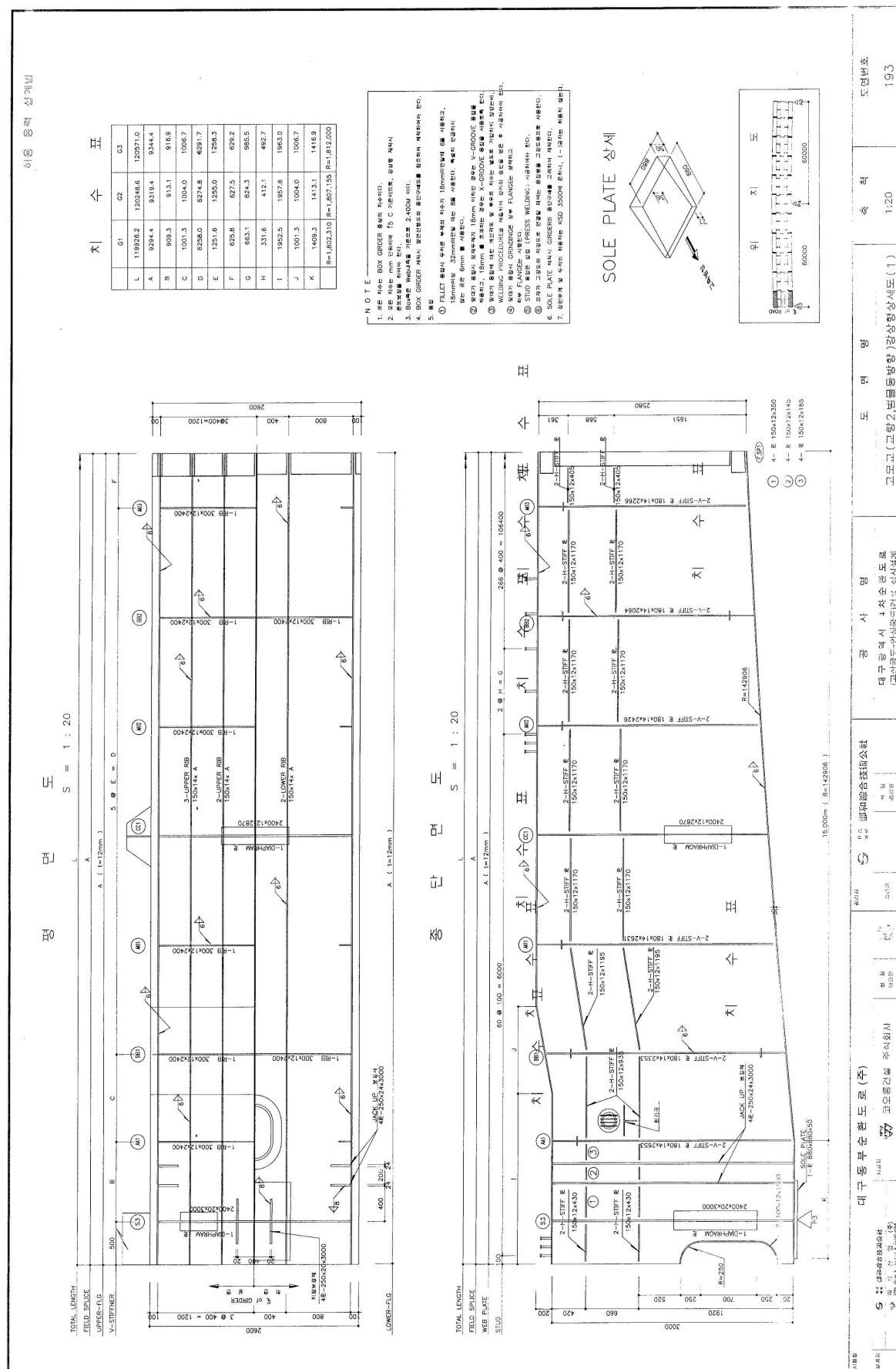


<그림 2.6> 슬래브 배근도(2)

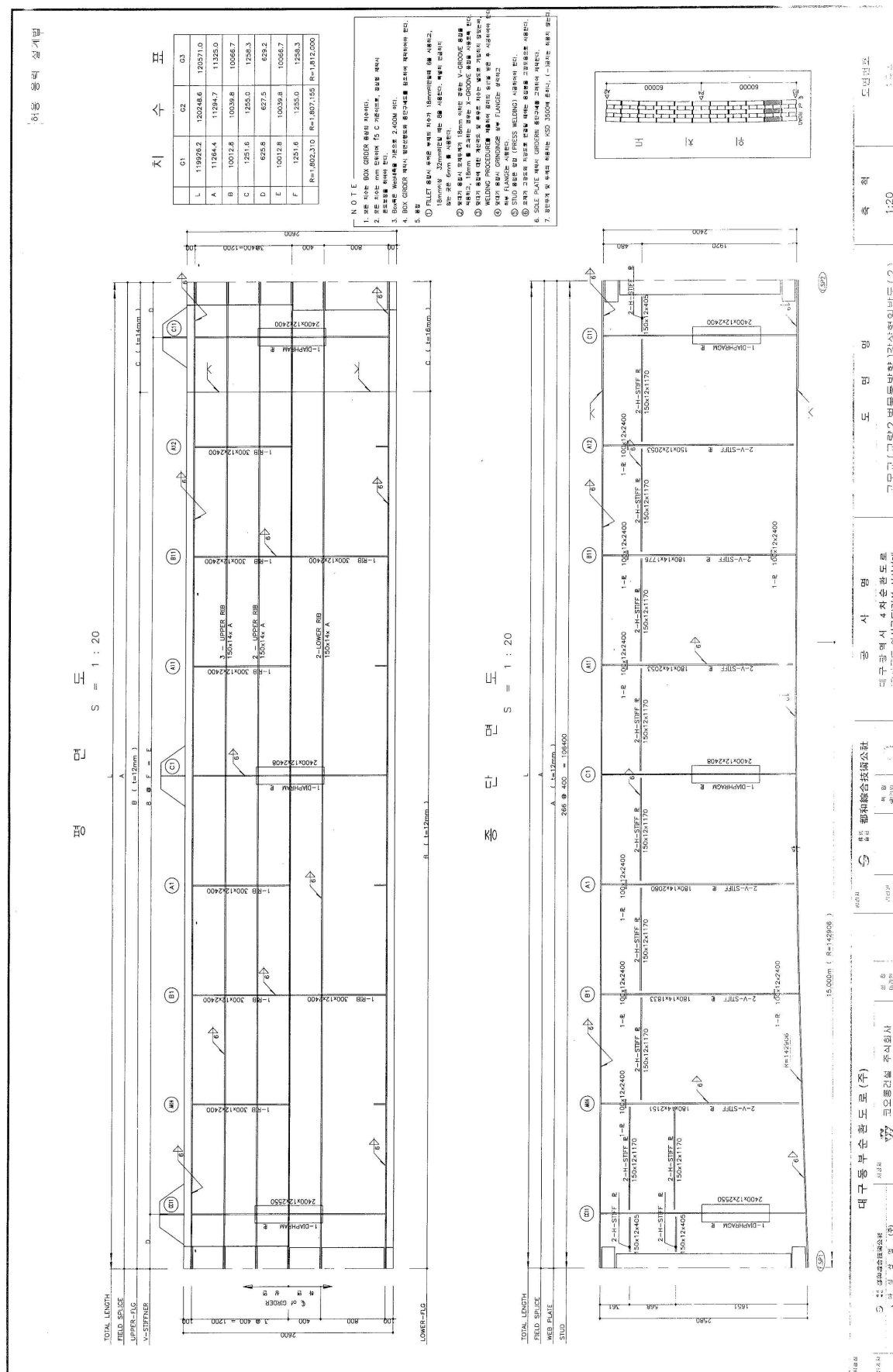






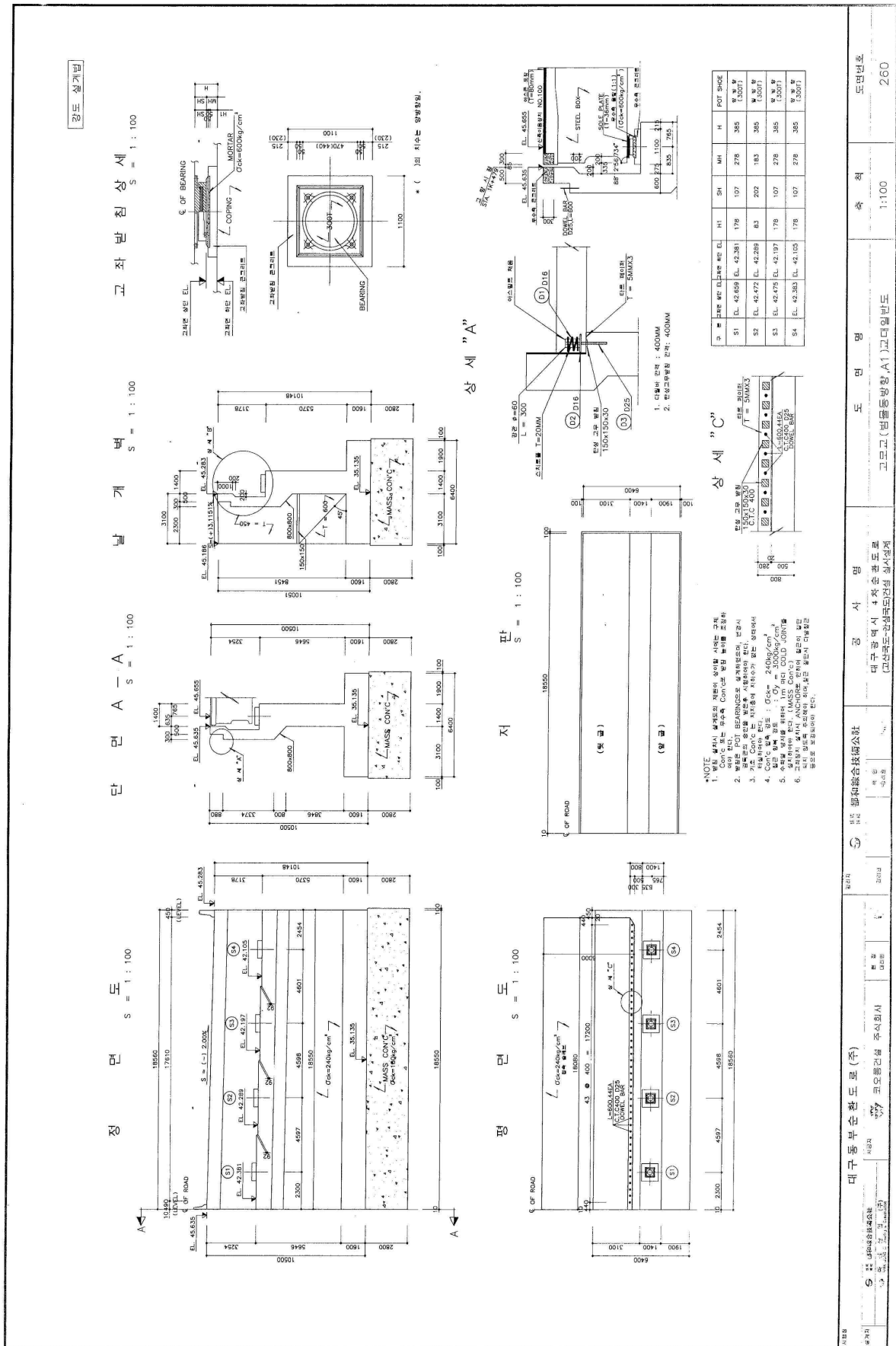


<그림 2.10> 강상형 상세도(1)

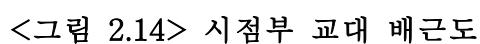


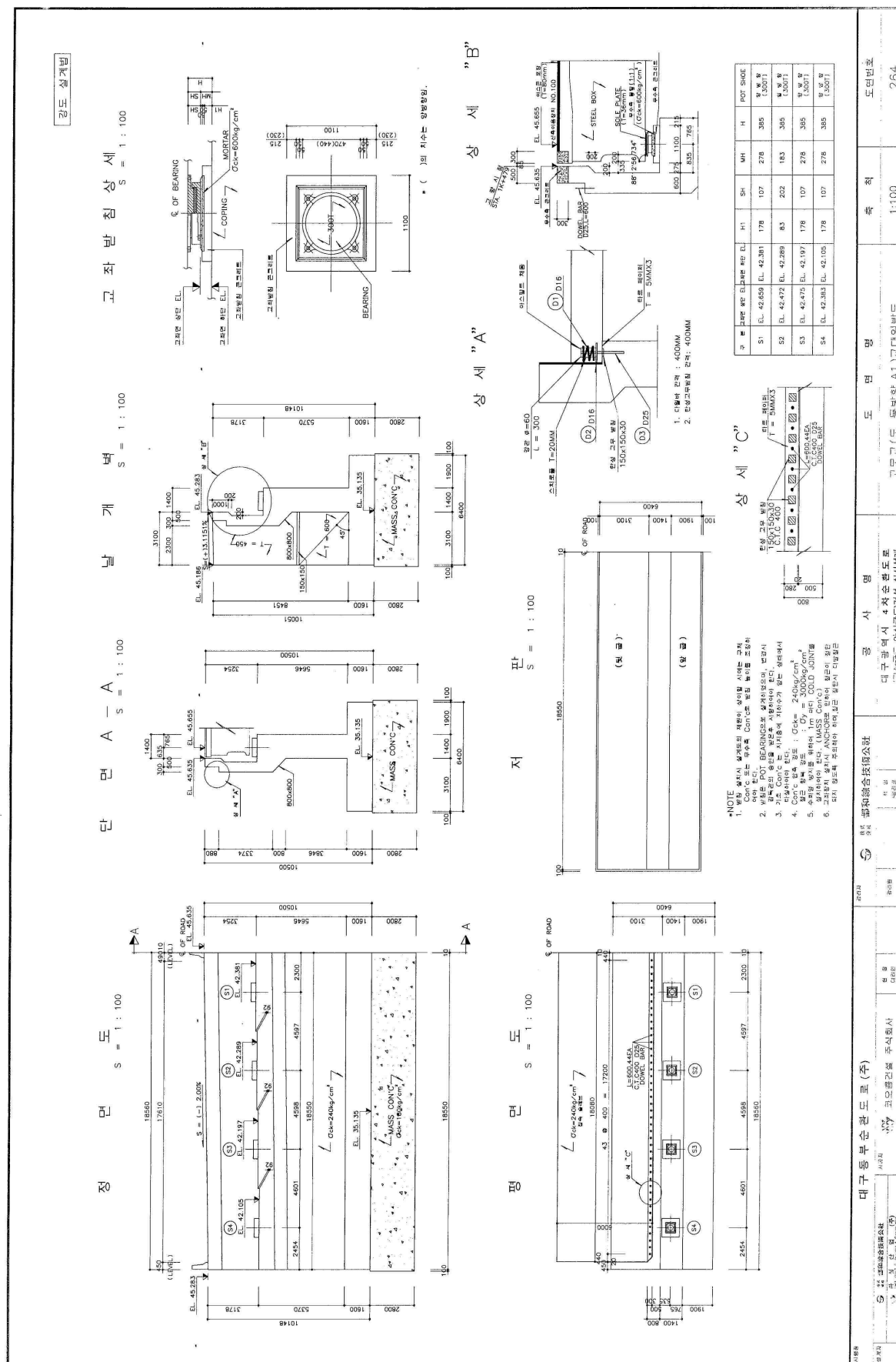
<그림 2.11> 강상형 상세도(2)

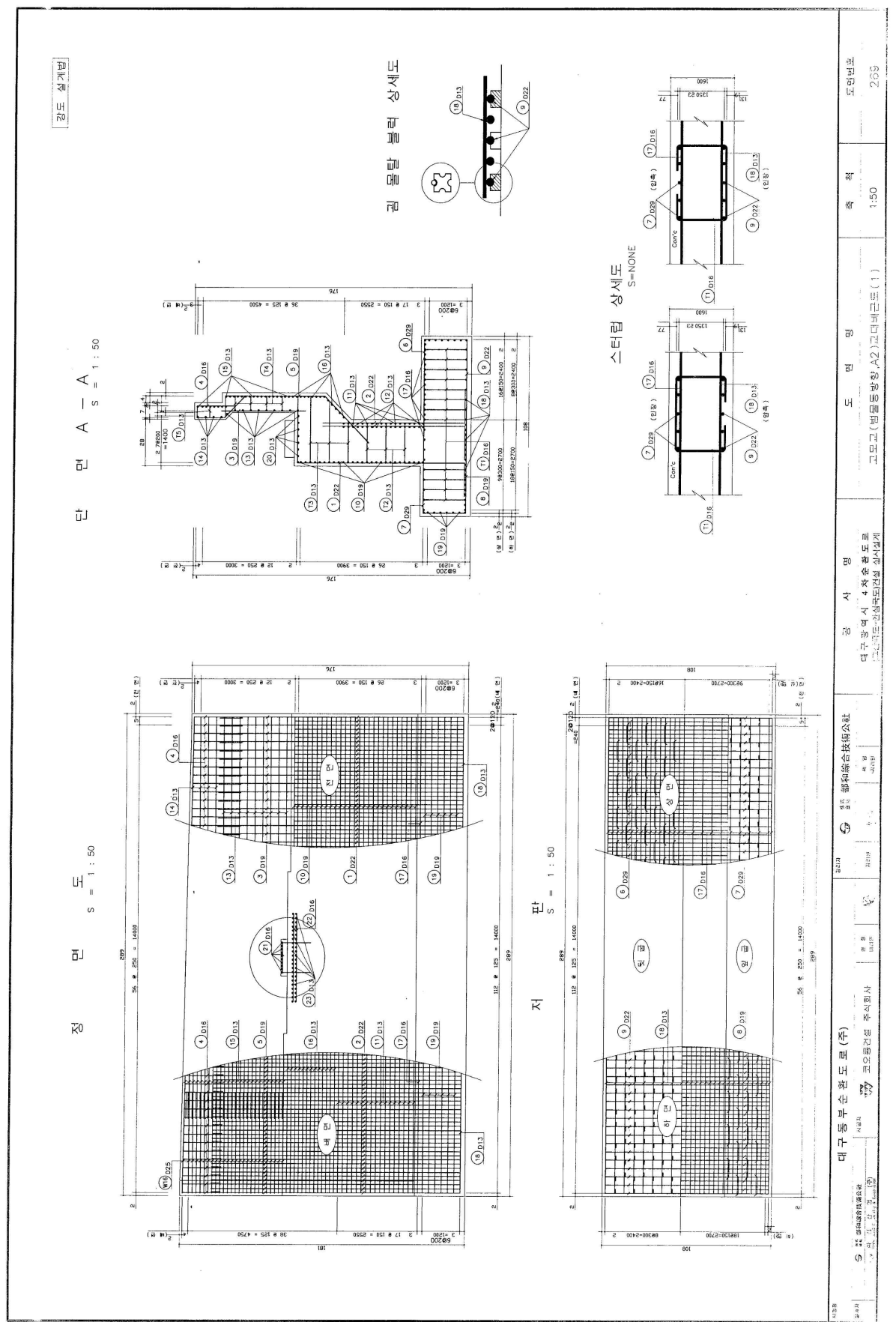




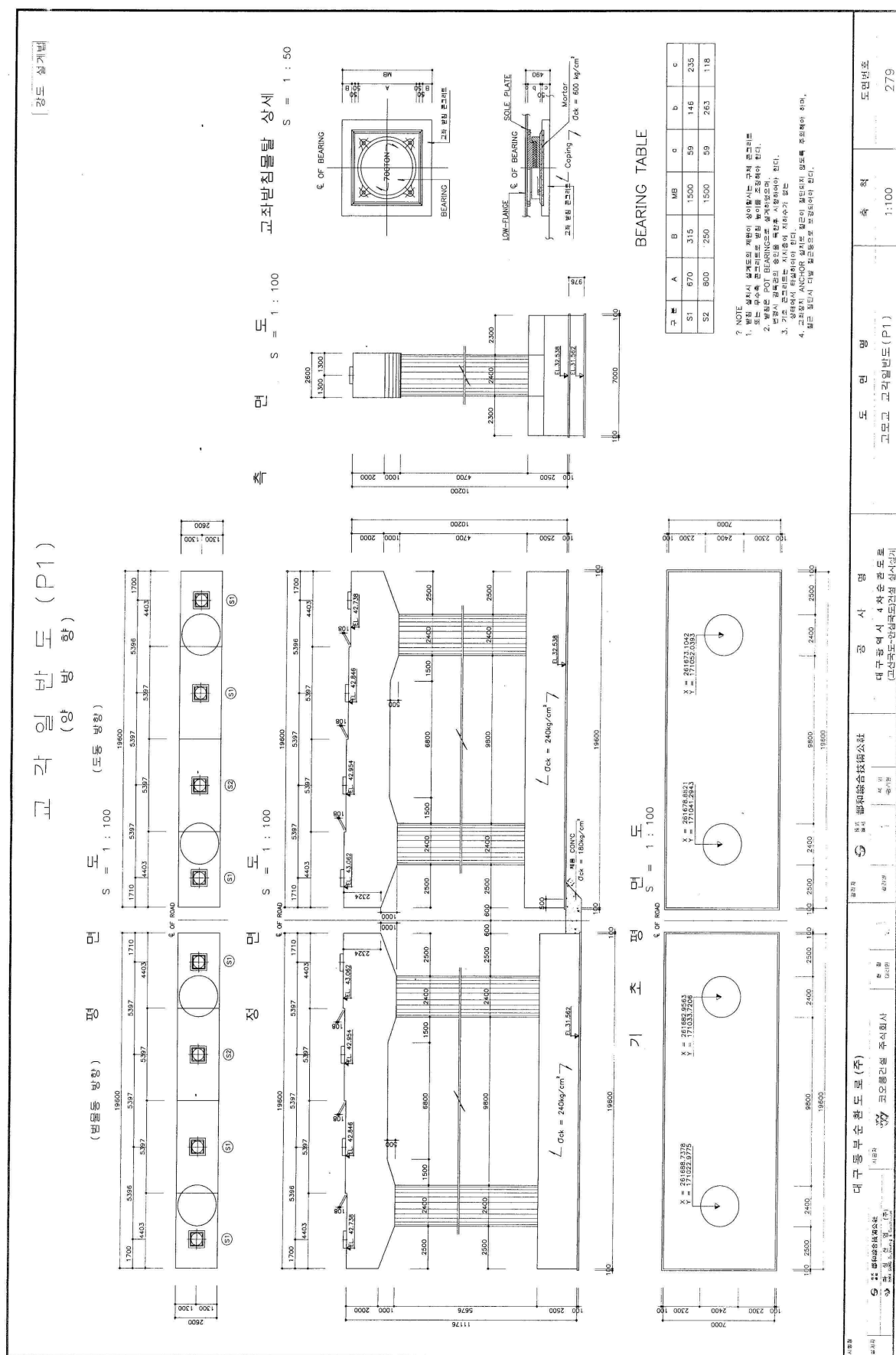
<그림 2.13> 시점부 교대 일반도



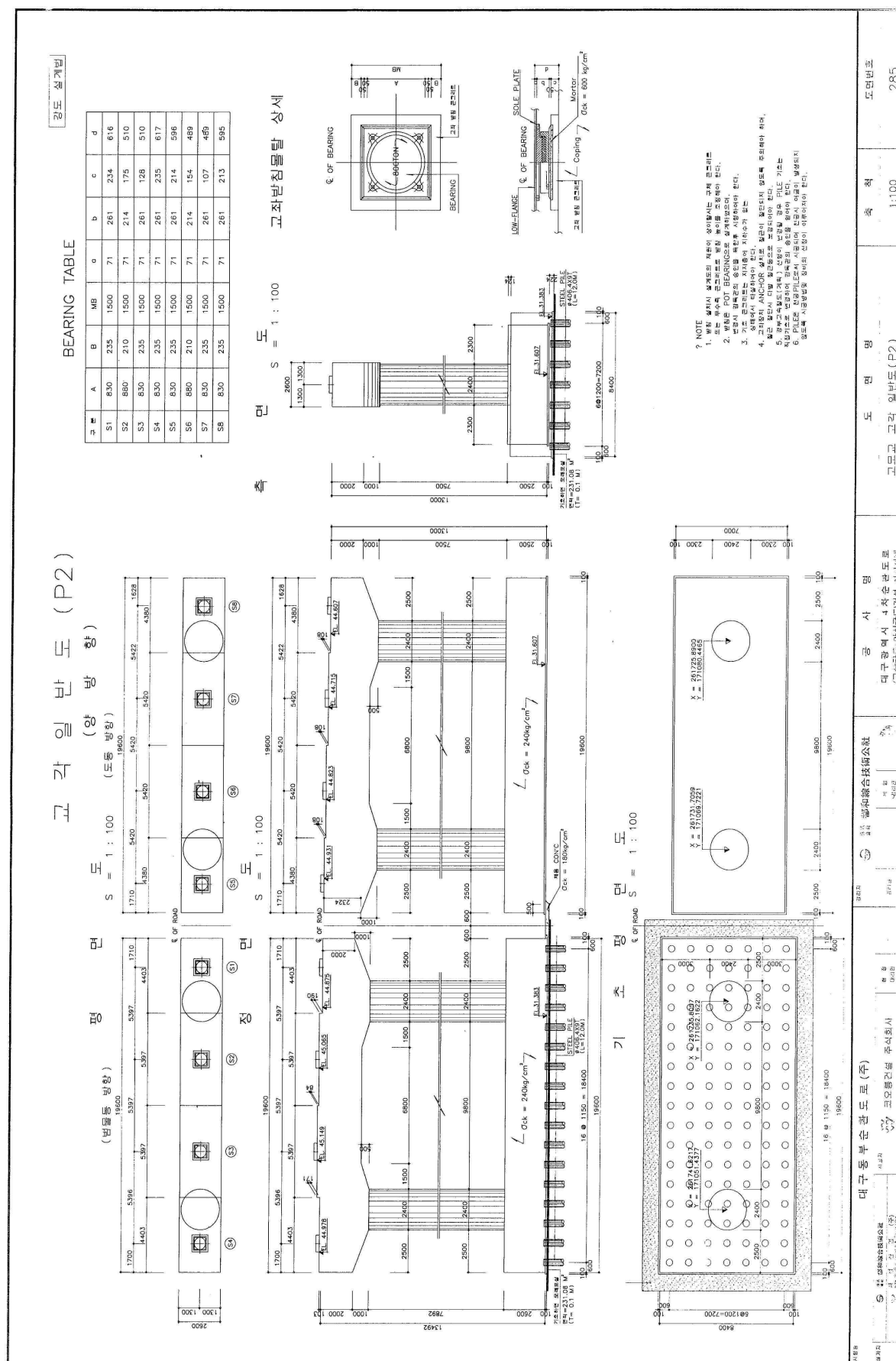




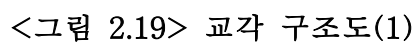
<그림 2.16> 종점부 교대 배근도

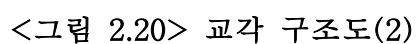


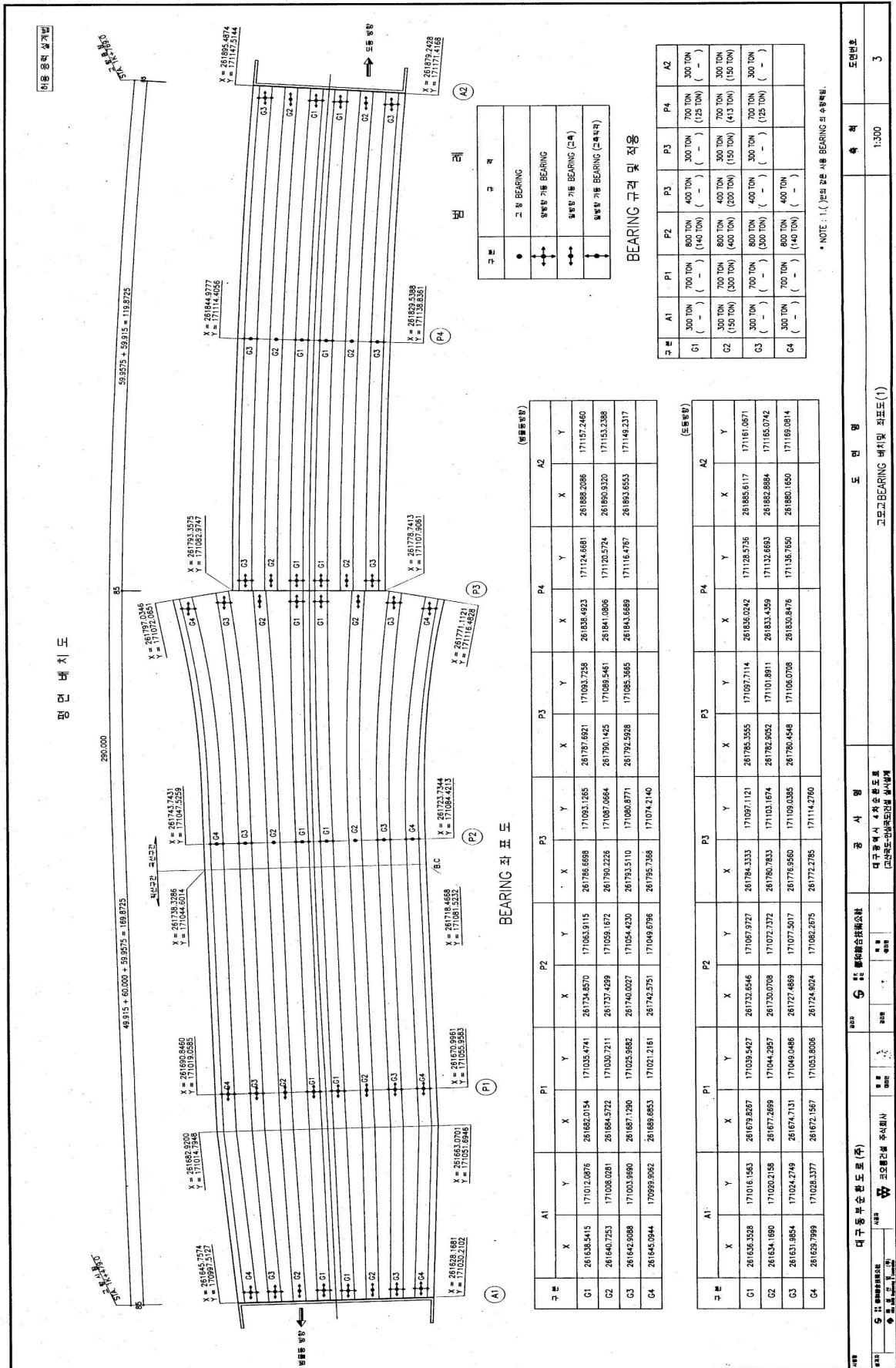
<그림 2.17> 교각 일반도(1)



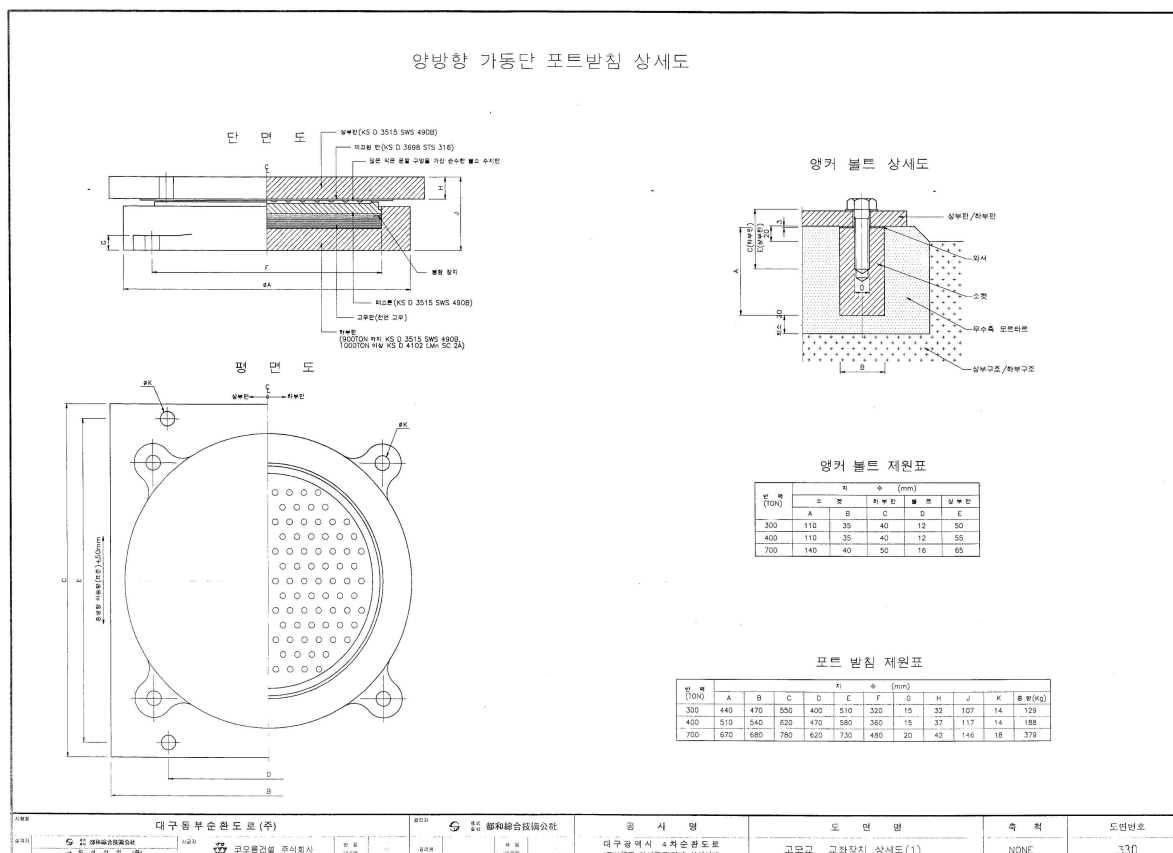
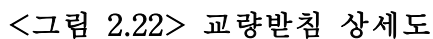
<그림 2.18> 교각 일반도(2)

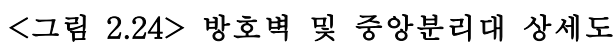


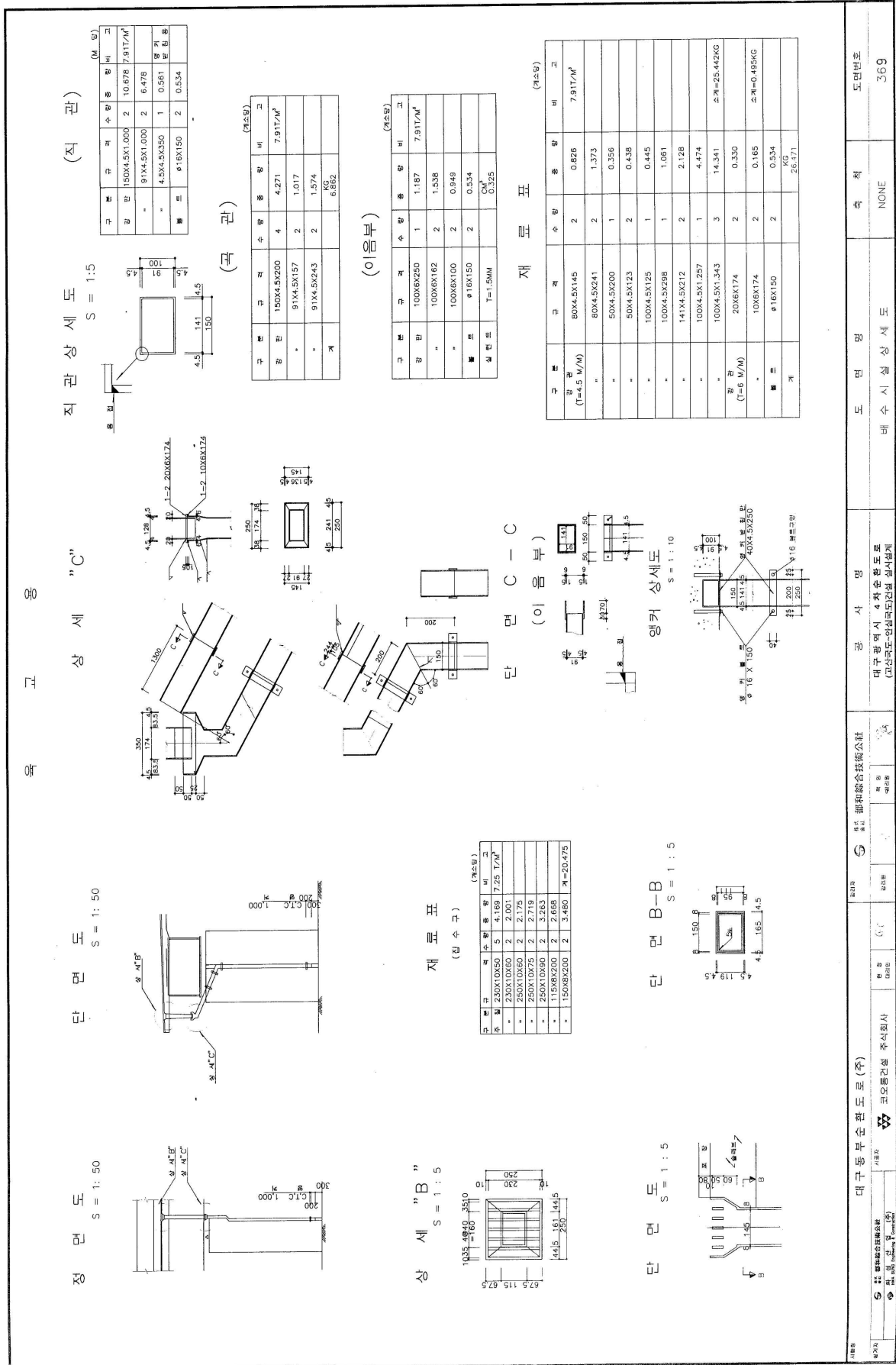




〈그림 2.21〉 교량받침 배치 평면도







<그림 2.26> 배수시설 상세도

2.2.2 구조계산서

가) 설계기준

1.1.3 설계기준

- 1) 교량형식 : STEEL BOX GIRDER 교
- 2) 지간구상 : $L = 50 + 2060 = 170 \text{ m}$
- 3) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
- 4) 하 중 :

i) 사하중

- o 철근콘크리트 : $W_c = 2.5 \text{ ton/m}^2$
- o 강 계 : $W_s = 7.85 \text{ ton/m}^2$
- o A s c o n : $W_s = 2.3 \text{ ton/m}^2$

ii) 활하중

- o DB-24, DL-24
- o 충격계수 : $1 = \frac{15}{40 + L} \leq 0.3$

6) 사용재료

- i) 콘 크 리 트 : $\sigma_{ck} = 270 \text{ kg/cm}^2$
- ii) 철 근(SD40) : $\sigma_y = 4,000 \text{ kg/cm}^2$
- iii) 강 재 :

- o 주부재 : SWS 490 사용(상·하 Flange, Web, 강RIB, 수평보강재, 주부재 연결판)
- o 부부재 : SWS 400 사용(주부재를 제외한 부재)

- 하용 인장응력

강 종	SWS 400	SWS 490
인 장 응 력	1,400 kg/cm ²	1,900 kg/cm ²

1362

- 하용 휨 압축응력 (kg/cm²)

강 종	SS 400 SWS 400 SMA 41	SWS 490
압축 플랜지가 직접 콘크리트 바닥판에 고정되어 있는 경우 상자, x, 와이프 단면의 경우	1,400	1,900
상 기 이 외 의 경 우	$(a) \frac{\ell}{b} \leq 4.5 : 1,400$ $(b) 4.5 < \frac{\ell}{b} \leq 30$ $1,400 - 24(\frac{\ell}{b} - 4.5)$	$(a) \frac{\ell}{b} \leq 4.0 : 1,900$ $(b) 4.0 < \frac{\ell}{b} \leq 30$ $1,900 - 38(\frac{\ell}{b} - 4.0)$
경 우	$(a) \frac{\ell}{b} \leq \frac{9}{k} : 1,400$ $(b) \frac{9}{k} < \frac{\ell}{b} \leq 30$ $1,400 - 12(\frac{\ell}{b} - \frac{9}{k})$	$(a) \frac{\ell}{b} \leq \frac{8}{k} : 1,900$ $(b) \frac{8}{k} < \frac{\ell}{b} \leq 30$ $1,900 - 19(\frac{\ell}{b} - \frac{8}{k})$

여기서,

A_w : 복부판의 총단면적(cm²)

A_c : 압축플랜지의 총단면적(cm²)

ℓ : 압축플랜지의 고정침강의 거리(cm)

b : 압축플랜지의 폭(cm)

1363

- 하용 전단응력

강 종	SWS 400	SWS 490
인 장 응 력	800 kg/cm ²	1,100 kg/cm ²

iv) 교량역 볼트

볼트등급	F 8 T	F 10 T
나사호칭		
M20	3,100 kg	3,900 kg
M22	3,900 kg	4,800 kg
M24	4,500 kg	5,600 kg

7) 설계방법

- i) 바닥판 : 극한강도 설계법
- ii) PLATE GIRDER : 하용응력

8) 참고문헌

- i) 도로교 표준 시방서 건설교통부
- ii) 콘크리트 표준 시방서 건설교통부
- iii) 철근콘크리트 설계편람 건설교통부

1.1.4 사용재료

가. 콘크리트

종 류	골재(mm)최대치수	기준강도(kg/cm ²)	적 용 구 조 물
1 종	25	$\sigma_{ck} = 270$	주형교량 SLAB (ST.BOX교)
2 종	25	$\sigma_{ck} = 240$	하부구조(교각, 교대, 기초, 난계벽), 접속슬라브
수 중 콘크리트	25	$\sigma_{ck} = 240$	현장타설 말뚝
3 종	40	$\sigma_{ck} = 210$	MASS 콘크리트, 중력식 옹벽
5 종	40	$\sigma_{ck} = 135$	연고크기 콘크리트

주 : 현장여건 및 사용장비에 따라 골재치수는 변경될 수 있다.

나. 철 근

KS D 3504에 적합한 재료를 기준으로 한다.

종 류	항복강도(kg/cm ²)	하용응력(kg/cm ²)	적 용 구 조 물
SD 40	$\sigma_y = 4000$	$\sigma_{sa} = 1800$	일반적인 부재 (SLAB교, 라멘교)
		$\sigma_{sa} = 1600$	바닥판 및 거간이 10m 이하의 슬래브교, 수중 혹은 지하수위이하에 설치되는 구조물
SD 30	$\sigma_y = 3000$	$\sigma_{sa} = 1500$	$\sigma_{ck} = 240 \text{ kg/cm}^2$ 이하일 때 사용

다. 강 재

1) 일반강재

- 주부재 : SWS 490 (상·하플랜지, 복부판, 강 RIB, 주부재 연결판, 수평보강재, 지평보강재)
- 부부재 : SWS 400을 기준으로 한다. (주부재를 제외한 모든 부재)

1364

1365

1364

라. 주요재료 물리상수

1) 콘크리트

· 탄성계수: $E_c = 4,270 \sqrt{f'_{ck}} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ 에 준하여 다음값을 사용해도 좋다.

f'_{ck}	210	240	270	400
E_c	2.2×10^5	2.35×10^5	2.5×10^5	3.0×10^5

· 선 팽창 계수: $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}$

· CREEP 계수: $\phi = 2.8$ (조강시멘트 경우), 3.0 (보통시멘트 경우) (제법28일 기준)

· 건조수축계수: 20×10^{-3} (제법 28일 기준)

2) 철근

· $E_s = 2.04 \times 10^6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

3) 강재

· 탄성계수: $E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

· 선 팽창 계수: $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}$

1366

1.2 교량형식별 설계

1.2.1 STEEL BOX GIRDER교

가. 설계순서

STEEL BOX GIRDER 설계순서 흐름도

- 13 -
1367

나. 일반사항

1) 주형높이

· 폭보다 높이를 키울 경우 강성이 커져 구조적으로 좋으나 높이도 강제 운반에 지장이 있어 최대높이는 3.2m 정도이며, 최소높이는 강재 BOX에서 작업을 할 수 있는 공간을 고려하여 1.5m 이상이어야 한다. 본 과업에서는 경간에 따라 2.0m로 설계하였다.

2) 주형폭

· 최대폭을 강제운반을 고려하여 3.0m 정도로 하는 것이 바람직하며, 최소폭은 강재 BOX에서 작업을 할 수 있는 공간을 고려하여 1.2m이상이어야 한다. 본 설계에서는 2.4m로 통일하여 구조물의 표준화를 도모하였다.

3) 두께

· 주형에 쓰이는 단면두께는 도로교 시방서 P161 규정에 따르면 너무 두꺼운 부재를 사용하는 것은 강제가 지은시 취성파괴의 우려가 있어 피하는 것이 좋고, 최소두께는 8mm 이상 (도시 P193), 압축응력을 받는 보강판의 최소두께 $t=b/(48f_n)$ (도시 P201)이상이나 플랜지의 최소두께는 용접후 변형방지를 고려하여 12mm로 하였다. 또한 플랜지의 판두께의 차이는 최대 12mm 정도로 하였다.

4) 용접

- 플랜지 및 복판판의 용접을 T가 18mm 이상이면 X용접 T가 18mm 보다 적으면 V형 용접을 사용하였다.
- STEEL BOX 종횡리브의 교차점을 부재연결을 인장부는 용접을 하지 않고 압축부는 용접한다.
- 수직보강재 부착방식은 도로교 시방서 F303에 따른다.
- BUTT 용접시 인접부재와의 거리를 100 mm 이상 확보하였다.
- 단면이 다른 주요 부재의 막대기 이음에 있어서는 두께 및 폭을 서서히 변화시켜 길이 방향의 경사가 1/5 이하가 되도록 하였다.
- 뒤통용접의 치수는 최소 6mm로 하여 등치수로 하는 것을 원칙으로 하였다.

1368

다. 사용재료

본 과업의 장교에 적용한 주요 사용재료는 다음과 같다.

① 콘크리트 : 설계 기준 강도 : $f'_{ck} = 270 \text{ kg/cm}^2$

탄성계수 : $E_c = 2.5 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

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

탄성계수 : $E_c = 2.5 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

③ 강재

· 주 부재: SWS 490 (상·하부 플랜지, 복판판, 종리브, DIAPHRAGM, 이음판, SOLE PLATE, 지점보강재, 수평보강재 등)

· 부 부재: SWS 400 (횡리브, 수직보강재, CROSS-BEAM, STRINGER 등)

라. 허용응력

1) 허용인장응력

강종	SWS 400	SWS 490
축방향 인장응력	1,400	1,900

2) 허용축방향 압축응력

강종	SWS 400	SWS 490
축방향 압축응력	$1/r \leq 20$ 1400 kg/cm ²	$1/r \leq 15$ 1900 kg/cm ²
	$20 < 1/r \leq 93$ $1400 - 8.4 \times (1/r - 20)$	$15 < 1/r \leq 80$ $1900 - 13 \times (1/r - 15)$
	$93 < 1/r$ 12000000	$80 < 1/r$ 12000000
	$6700 + (1/r)^2$	$5000 + (1/r)^2$

3) 허용전단응력

강종	SWS 400	SWS 490
전단응력	800 kg/cm ²	1100 kg/cm ²

- 15 -
1369

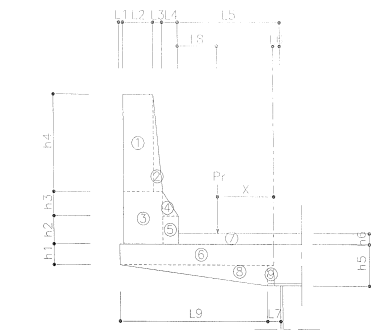
나) 구조검토 결과 요약

1) 상부구조(바닥판)

3. 바닥판의 설계

3.1 전월테두리부

3.1.1 방호벽측



h1 = 0.250 m	L1 = 0.030 m	콘크리트 단위중량 : 2.50 t/m³
h2 = 0.205 m	L2 = 0.230 m	아스팔트포장 단위중량 : 2.30 t/m³
h3 = 0.175 m	L3 = 0.070 m	설계 속도 : 80 km/h
h4 = 0.700 m	L4 = 0.120 m	트럭의 1후륜하중 (Pr) : 9.60 t
h5 = 0.300 m	L5 = 0.800 m	
h6 = 0.080 m	L6 = 0.050 m	
	L7 = 0.100 m	
	L8 = 0.300 m	
	L9 = 1.150 m	

- 31 -
1385

1) 사하중

NO.	작용 하중 (t)	거리 (m)	모멘트 (t·m)
1	$0.23 \times 0.7 \times 2.5 = 0.403$	1.055	0.425
2	$\frac{1}{2} \times 0.07 \times 0.7 \times 2.5 = 0.061$	0.917	0.066
3	$0.3 \times 0.38 \times 2.5 = 0.285$	1.020	0.291
4	$\frac{1}{2} \times 0.12 \times 0.175 \times 2.5 = 0.026$	0.830	0.022
5	$0.12 \times 0.205 \times 2.5 = 0.062$	0.810	0.060
6	$1.2 \times 0.25 \times 2.5 = 0.750$	0.600	0.450
7	$0.75 \times 0.08 \times 2.3 = 0.138$	0.375	0.052
8	$\frac{1}{2} \times 1.15 \times 0.05 \times 2.5 = 0.072$	0.433	0.031
9	$0.05 \times 0.05 \times 2.5 = 0.006$	0.025	0.0002
TOTAL	1.803		1.377

$$\therefore M_d = 1.377 \text{ t} \cdot \text{m}$$

2) 활하중 (DB-24 : Pr=9.6t)

운하중 분포폭

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \cdot 0.45 + 1.14 = 1.5 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.45 \text{ m}$$

준거계수

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.45) = 0.371 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$M_{Li} = Pr/E \cdot X \cdot (1 + i) = (9.6 / 1.5) \times 0.45 \times (1 + 0.3) = 3.744 \text{ t} \cdot \text{m} / \text{m}$$

3) 차량 충돌 하중 (도.시 p.138 참조) - 구시방서 참조(1992)

수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교통방향 1m 바다 작용하는 것으로 한다.

$$H = (V / 60)^2 \times 750 + 250 = (80 / 60)^2 \times 750 + 250 = 1583.333 \text{ kg/h} = 1.583 \text{ t/m}$$

여기서, V : 차량의 설계속도 (km/h)

$$M_d = 1.583 \times 1.0 = 1.583 \text{ t} \cdot \text{m} / \text{m}$$

1386

4) 풍하중 (도.시 p.56 참조)

$$\begin{aligned} D &= 0.300 + 0.205 + 0.175 + 0.700 + 2.400 = 3.780 \text{ m} \\ B &= 1.250 + 1.100 + (2.400 \times 4) = 12.100 \text{ m} \\ V &= (4.664 \times 3) = 13.992 \text{ m} \\ 1 < B/D &= 6.803 < 8 \text{ 이므로} \\ [400 - 20(B/D)] D &= 993.1572 = 0.993 \text{ t/m} \\ P_w &= 0.993 / 3.780 = 0.263 \text{ t/m}^2 \\ H_w &= 0.263 \times 1.000 = 0.263 \text{ t/m} \\ Y_w &= 0.880 \text{ m} \\ M_w &= 0.263 \times 0.880 = 0.231 \text{ t} \cdot \text{m} / \text{m} \end{aligned}$$

5) 하중 조합

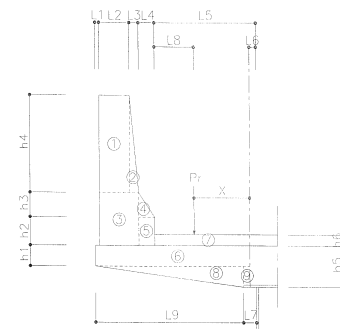
$$\begin{aligned} \text{① } M_{d1} &= 1.3 M_d + 2.15 M_{Li} \\ &= 1.3 \times 1.377 + 2.15 \times 3.744 = 9.840 \text{ t} \cdot \text{m} / \text{m} \\ \text{② } M_{d2} &= 1.3 M_d + 1.3 M_{Li} + 1.3 M_w \\ &= 1.3 \times 1.377 + 1.3 \times 3.744 + 1.3 \times 1.583 = 8.715 \text{ t} \cdot \text{m} / \text{m} \\ \text{③ } M_{d3} &= 1.3 M_d + 1.3 M_{Li} + 1.3 M_w \\ &= 1.3 \times 1.377 + 1.3 \times 3.744 + 1.3 \times 0.231 = 6.958 \text{ t} \cdot \text{m} / \text{m} \end{aligned}$$

6) 바닥판의 최소 결두께 (도.시 p.192)

$$h_{min} = (8 \cdot L + 23) \times 1.1 = ((8 \times 0.45) + 23) \times 1.1 = 29.26 \text{ cm} \longrightarrow 30 \text{ cm 사용}$$

1387

3.1.2 중분대측



h1 = 0.250 m	L1 = 0.000 m	콘크리트 단위중량 : 2.50 t/m³
h2 = 0.155 m	L2 = 0.090 m	아스팔트포장 단위중량 : 2.30 t/m³
h3 = 0.175 m	L3 = 0.060 m	설계 속도 : 80 km/h
h4 = 0.560 m	L4 = 0.125 m	트럭의 1후륜하중 (Pr) : 9.60 t
h5 = 0.300 m	L5 = 0.775 m	
h6 = 0.080 m	L6 = 0.050 m	
	L7 = 0.100 m	
	L8 = 0.300 m	
	L9 = 1.000 m	

1388

3.2 중앙지간부

1) 사하중

$$\begin{aligned} \text{철근콘크리트} &: 0.25 \times 2.50 = 0.625 \\ \text{아스팔트포장} &: 0.08 \times 2.30 = 0.184 \\ \hline Wd &= 0.809 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Md &= (1/10) \cdot Wd \cdot L^2 = (1/10) \times 0.809 \times 2.997^2 = 0.727 \text{ t} \cdot \text{m} \\ \text{계산지간 } L &= 2.997 \text{ m} \quad \text{바닥판 지점의 수 } n = 8 \\ &(\text{최대 지간 기준}) \end{aligned}$$

2) 활하중 (DB-24 : Pr+9.6t)

$$\begin{aligned} \text{충격계수 } i &= 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.997) = 0.349 > 0.3 \therefore i = 0.3 \\ M+i &= ((L+0.6)/9.6) \cdot Pr \cdot (L+i) + 0.8 = ((2.997+0.6)/9.6) \times 9.6 \times (1+0.3) + 0.8 = 3.741 \text{ t} \cdot \text{m} \\ \text{여기서, 바닥판이 3개 이상의 지점을 가지므로 도.시 6.1.4 (1)의 규정에 따라} \end{aligned}$$

3) 극한모멘트(Mu) 계산

$$\begin{aligned} Mu &= 1.3 Md + 2.15 Mu_i = 1.3 \times 0.727 + 2.15 \times 3.741 = 8.988 \text{ t} \cdot \text{m} \\ \text{바닥판의 최소 전유계 (도.시 p.192)} \\ h_{\text{eff}} &= (3 \cdot L + 13) \times 1.10 = (3 \times 2.997 + 13) \times 1.10 = 24.19 \text{ cm} \longrightarrow 25 \text{ cm 사용} \end{aligned}$$

4) 철근량 계산

$$\begin{aligned} \text{설계모멘트} : Mu &= 8.988 \text{ (t} \cdot \text{m)} \\ \text{유효 높이} : d &= 19 \text{ (cm)} \quad , \quad \sigma_F = 4000 \text{ kg/cm}^2 \quad , \quad \sigma_{ca} = 0.85 \\ \text{덮개} : d' &= 6 \text{ (cm)} \quad , \quad \sigma_{ca} = 270 \text{ kg/cm}^2 \quad , \quad k_1 = 0.85 \\ \text{폭} : b &= 100 \text{ (cm)} \end{aligned}$$

1392

3.3 바닥판의 사용성검토

3.3.1 연달레바루

1) 처짐검토 (콘크리트 사양서 p146)

$$\begin{aligned} \sigma_F &= 4000 \text{ kg/cm}^2 \quad t = 30.000 \text{ cm} \\ t_{\text{min}} &= 120.000 / 10 = 12 \text{ cm} \\ \sigma_F &= 4000 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_F = 4200 \text{ kg/cm}^2 \text{ 이므로} \\ 12 \times (0.4 + 4000 / 7000) &= 11.657 \text{ cm} \\ &< T=50 \text{ cm} \text{ 이므로 처짐검토 생략} \end{aligned}$$

2) 균열검토

$$\begin{aligned} \text{설계모멘트} : Mu &= 5.121 \text{ (t} \cdot \text{m)} \\ \text{유효 높이} : d &= 24 \text{ (cm)} \quad , \quad \sigma_F = 4000 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{덮개} : d' &= 6 \text{ (cm)} \quad , \quad \sigma_{ca} = 270 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{폭} : b &= 100 \text{ (cm)} \quad , \quad n = 8 \\ \text{사용철근량 } As &= H \ 16 \ 8 \ 125 = 15.888 \text{ cm}^2 \\ \sigma_{ca} &= 0.4 \times \sigma_{ca} = 108 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_{sy} &= 0.5 \times \sigma_{sy} = 2000 \text{ kg/cm}^2 \\ P &= As/bd = 0.0066 \\ k &= 0.276 \quad j = 0.908 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_c &= 2M/k \cdot j \cdot b \cdot d^2 = 70.952 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{ca} = 0. \text{K} \\ \sigma_s &= M/P \cdot j \cdot b \cdot d^2 = 1483.551 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{sa} = 0. \text{K} \\ Mc &= 1/2 \cdot \sigma_{ca} \cdot k \cdot j \cdot b \cdot d^2 = 7.795 \text{ T} \cdot \text{M} > Mu = 0. \text{K} \\ Ms &= \sigma_{sa} \cdot P \cdot j \cdot b \cdot d^2 = 6.904 \text{ T} \cdot \text{M} > Mu = 0. \text{K} \end{aligned}$$

3) 힘 철근의 분포를 제한하는 수 Z산정 (도표로 표준사양서 P402)

$$\begin{aligned} Z &= \sigma_{sa} \cdot j \cdot dc \cdot A \\ A &= 150 \text{ cm}^2 \\ dc &= 6 \text{ cm} \\ \sigma_s &= M/As \cdot j \cdot d = 1479.069 \text{ kg/cm}^2 \\ Z &= 14280.254 \text{ kg/cm}^2 < 23170 \text{ kg/cm}^2 (\text{국외의 경우}) = 0. \text{K} \end{aligned}$$

1394

3.3.2 중앙지간부

1) 처짐검토 (콘크리트 사양서 p146)

$$\begin{aligned} \sigma_F &= 4000 \text{ kg/cm}^2 \quad t = 25.000 \text{ cm} \\ t_{\text{min}} &= 289.700 / 28 = 10.704 \text{ cm} \\ \sigma_F &= 4000 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_F = 4200 \text{ kg/cm}^2 \text{ 이므로} \\ 10.704 \times (0.4 + 4000 / 7000) &= 10.398 \text{ cm} \\ &< T=25 \text{ cm} \text{ 이므로 처짐검토 생략} \end{aligned}$$

2) 균열검토

$$\begin{aligned} \text{설계모멘트} : Mu &= 4.468 \text{ (t} \cdot \text{m)} \\ \text{유효 높이} : d &= 19 \text{ (cm)} \quad , \quad \sigma_F = 4000 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{덮개} : d' &= 6 \text{ (cm)} \quad , \quad \sigma_{ca} = 270 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{폭} : b &= 100 \text{ (cm)} \quad , \quad n = 8 \\ \text{사용철근량 } As &= H \ 16 \ 8 \ 250 = 7.944 \text{ cm}^2 \\ &H \ 19 \ 8 \ 250 = 11.460 \text{ cm}^2 \\ \sigma_{ca} &= 0.4 \times \sigma_{ca} = 108 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_{sy} &= 0.5 \times \sigma_{sy} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{단, } \sigma_{sy} > 1600 \text{ kg/cm}^2, \sigma_{sy} = 1600 \text{ kg/cm}^2) \\ P &= As/bd = 0.0102 \\ k &= 0.331 \quad j = 0.890 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_c &= 2M/k \cdot j \cdot b \cdot d^2 = 84.027 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{ca} = 0. \text{K} \\ \sigma_s &= M/P \cdot j \cdot b \cdot d^2 = 1363.376 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{sa} = 0. \text{K} \\ Mc &= 1/2 \cdot \sigma_{ca} \cdot k \cdot j \cdot b \cdot d^2 = 5.743 \text{ T} \cdot \text{M} > Mu = 0. \text{K} \\ Ms &= \sigma_{sa} \cdot P \cdot j \cdot b \cdot d^2 = 5.243 \text{ T} \cdot \text{M} > Mu = 0. \text{K} \end{aligned}$$

3) 힘 철근의 분포를 제한하는 수 Z산정 (도표로 표준사양서 P402)

$$\begin{aligned} Z &= \sigma_{sa} \cdot j \cdot dc \cdot A \\ A &= 150 \text{ cm}^2 \\ dc &= 6 \text{ cm} \\ \sigma_s &= M/As \cdot j \cdot d = 1361.6901 \text{ kg/cm}^2 \\ Z &= 13145.974 \text{ kg/cm}^2 < 23170 \text{ kg/cm}^2 (\text{국외의 경우}) = 0. \text{K} \end{aligned}$$

- 41 -
1395

3.4 처짐부 바닥 검토(도표서 P 241)

인장력을 받는 바닥판에서 콘크리트의 단면을 무시하는 경우에는 바닥콘크리트 단면적의 2% 이상의 교축방향 철근을 배관하여야 한다.
이 경우 교축방향 철근의 총주면적의 바닥 콘크리트의 단면적에 대한 비, 즉 주철량은 0.045cm/cm² 이상이어야 한다.

$$\begin{aligned} Ac &= 100 \times 25 = 2500 \text{ cm}^2 \\ As' &= 2500 \times 0.02 = 50 \text{ cm}^2 \\ \text{사용철근량} : \text{상면 } H \ 25 \ 8 \ 120 &= 42.225 \text{ cm}^2 \\ \text{하면 } H \ 25 \ 8 \ 125 &= 42.225 \text{ cm}^2 \\ As &= 84.450 \text{ cm}^2 \\ \therefore As &= 84.5 \text{ cm}^2 > As' \ 50 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 0. \text{K} \text{-----} \\ \text{주철량} &= 7.85 \times 16 / 2500 = 0.050 \\ \therefore 0.05000 &> 0.04500 \text{ ----- } 0. \text{K} \text{-----} \end{aligned}$$

1396

2) 상부구조

4.2 주형 단면 성능 계산 (단면력 산정시)

1) SECTION TYPE 1

① 내측 거더

단면 제형

단면	B(cm)	H(cm)	AREA(cm ²)	Y(cm)	A*Y(cm ³)	A*Y ² (cm ⁴)	Ix(cm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	260.0	1.2	312.00	120.60	37627.2	4537840.3	37.4
5 - UPPER RIB	1.4	15.0	105.00	112.50	11812.5	1328905.3	1968.8
2 - WEB	1.2	240.0	576.00	0.00	0.0	0.0	2764800.0
3 - LOWER RIB	1.4	15.0	42.00	112.50	-4725.0	531562.5	787.5
1 - LOWER FLANGE	260.0	1.2	312.00	120.60	-37627.2	4537840.3	37.4
장단면 합계			1347.00		7087.5	10936149.4	2767631.1
1 - RC SLAB	467.3	25.0	11682.50	137.50	1606343.8	220872272.5	404461.5

* As = 1347.00 cm² , Ac = 11982.50 cm²

1398

② 외측 거더

주부제사용장중 : SNS 400

단면 제형

단면	B(cm)	H(cm)	AREA(cm ²)	Y(cm)	A*Y(cm ³)	A*Y ² (cm ⁴)	Ix(cm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	260.0	1.2	312.00	120.60	37627.2	4537840.3	37.4
5 - UPPER RIB	1.4	15.0	105.00	112.50	11812.5	1328905.3	1968.8
2 - WEB	1.2	240.0	576.00	0.00	0.0	0.0	2764800.0
3 - LOWER RIB	1.4	15.0	42.00	112.50	-4725.0	531562.5	787.5
1 - LOWER FLANGE	260.0	1.2	312.00	120.60	-37627.2	4537840.3	37.4
장단면 합계			1347.00		7087.5	10936149.4	2767631.1
1 - RC SLAB	482.3	25.0	12057.50	137.50	1657906.3	227562116.3	627994.8

* As = 1347.00 cm² , Ac = 12057.50 cm²

1400

(1) 합성전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 10936149.4 + 2767631.10 = 13703780.500 \text{ cm}^4$$

$$\delta_s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 7087.5 / 1347.00 = 5.262 \text{ cm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta_s^2 = 13703780.500 - 1347.00 \times 27.689 = 13696483.417 \text{ cm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + Tu - \delta_s = 240.0 / 2 + 1.2 - 5.262 = 115.938 \text{ cm}$$

$$Y_{sl} = H/2 + Tl + \delta_s = 240.0 / 2 + 1.2 + 5.262 = 126.462 \text{ cm}$$

(2) 합성후

$$A_v = A_s + A_c/n = 2854.188 \text{ cm}^2$$

$$I_c/n = 78499.4 \text{ cm}^4$$

$$dv = Y_{su} - Tu + Th + Tc/2 = 132.238 \text{ cm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 62.408 \text{ cm}$$

$$dva = dv - dvc = 69.830 \text{ cm}$$

$$Y_{vcu} = dvc + Tc/2 = 74.908 \text{ cm}$$

$$Y_{vcl} = Y_{vcu} - Tc = 49.908 \text{ cm}$$

$$Y_{suu} = Y_{vcu} - H/2 + Tu = 45.108 \text{ cm}$$

$$Y_{ssl} = H + Tu + Tl - Y_{suu} = 196.292 \text{ cm}$$

$$I_v = I_s + I_c/n + A_s \cdot dva^2 + A_c/n \cdot dvc^2 = 26183394.418 \text{ cm}^4$$

* 순수 비틀림 상수(합성전)

$$K = \frac{\frac{4 \cdot b^3 \cdot h^3}{12} + \frac{4 \times (241.2)^3 \times (241.2)^3}{12}}{\frac{b}{12} + \frac{2 \cdot h}{12} + \frac{b}{12}} = \frac{241.2 \times 2 \times 241.2 \times 241.2}{4.325 + 1.200 + 1.200} = 16838878.2 \text{ cm}^4$$

* 순수 비틀림 상수(합성후)

$$K = \frac{4 \cdot b^3 \cdot h^3}{12} + \frac{4 \times (241.2)^3 \times (241.2)^3}{12} = 20551153 \text{ cm}^4$$

1401

21) 가로보

① 저철부

사용장중 : SNS 400

천연저쪽 bf = 30.0 cm

복부의 폭 bw = 260.0 cm

복부판의 최소두께 (도표교시방서 Page223)

$tw(min) = bw / 266 = 1.02 \text{ cm}$

복부판 사용두께 : $tw = 1.2 \text{ cm} > tw(min)$

플랜지의 최소두께 (도표교시방서 Page154)

$tf(min) = bf / 16 = 14.4 / 16 = 0.90 \text{ cm}$

상부플랜지 사용두께 $tfu = 1.2 \text{ cm} > tf(min)$

하부플랜지 사용두께 $tfl = 1.2 \text{ cm} > tf(min)$

구분	A (cm ²)	Y (cm)	A*Y (cm ³)	A*Y ² (cm ⁴)	Ix (cm ⁴)
1 - UFLG 300 × 12	36.0	130.6	4701.60	614028.96	4.32
1 - WEB 2600 × 12	312.0	0.0	0.00	0.00	1757600.00
1 - LFLG 300 × 12	36.0	-130.6	-4701.60	614028.96	4.32
합계	384.0		0.00	1228057.92	1757608.64

$$\delta = \sum A \cdot Y / \sum A = 0.00 / 384.0 = 0.0 \text{ cm}$$

$$I_s = \sum I_o + \sum A \cdot Y^2 - \sum A \cdot \delta^2$$

$$= 1757608.64 + 1228057.92 - 0.00 = 2985666.56 \text{ cm}^4$$

$$Y_{su} = bw/2 + tfu - \delta = 260 / 2 + 1.2 - 0.0 = 131.2 \text{ cm}$$

$$Y_{sl} = bw/2 + tfl + \delta = 260 / 2 + 1.2 + 0.0 = 131.2 \text{ cm}$$

$$K = 1/3 \sum bt^3 = 184.32 \text{ cm}^4$$

◇ 실제 단면 2차 모멘트

② 제2,3차 부분 (P1,P2)

$$I_q' = (a'/a) I_s$$

$$= (5.397 / 2.997) I_s$$

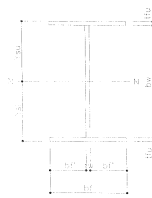
$$= 537690.732 \text{ cm}^4$$

여기서, a' = 실제의 거더길이(cm)

a = MODELING의 거더길이(cm)

1478

22) STRINGER



사용장제 : SWS 400
 원관지름 $b_f = 25 \text{ cm}$
 착각의폭 $b_w = 80 \text{ cm}$
 복사판의 최소두께 (도로표시방시 Page223)
 $t_w(\min) = b_w / 152 = 0.53 \text{ cm}$
 복판의 사용두께 : $t_w = 1.2 \text{ cm} > t_w(\min)$
 플랜지의 최소두께 (도로표시방시 Page154)
 $t_f(\min) = b_f' / 16 = 11.9 / 16 = 0.74 \text{ cm}$
 상부플랜지 사용두께 $t_{fu} = 1.2 \text{ cm} > t_f(\min)$
 하부플랜지 사용두께 $t_{fl} = 1.2 \text{ cm} > t_f(\min)$

구 분	$I_x (\text{cm}^4)$	$Y (\text{cm})$	$A \cdot Y (\text{cm}^3)$	$A \cdot Y^2 (\text{cm}^4)$	$I_o (\text{cm}^4)$
1- UFLG 250 × 12	30.0	40.6	1218.00	49450.80	3.60
1- WEB 800 × 12	96.0	0.0	0.00	0.00	51200.00
1- LFLG 250 × 12	30.0	-40.6	-1218.00	49450.80	3.60
합 계	156.0		0.00	98901.60	51207.20

$$\delta = \Sigma A \cdot Y / \Sigma A = 0.00 / 156.0 = 0.0 \text{ cm}$$

$$I_x = \Sigma I_o + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot \delta^2$$

$$= 51207.20 + 98901.60 - 0.00 = 150108.80 \text{ cm}^4$$

$$Y_{su} = b_w/2 + t_{fu} - \delta = 80 / 2 + 1.2 - 0.0 = 41.2 \text{ cm}$$

$$Y_{sl} = b_w/2 + t_{fl} + \delta = 80 / 2 + 1.2 + 0.0 = 41.2 \text{ cm}$$

$$r = 1/3 \Sigma b t^3 = 74.88 \text{ cm}^3$$

1488

2. 표준구간(제2지간)

1) 사하중산정

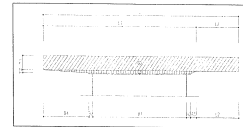
㉑ 합성진

가) GIRDER 자중

* 가정치 : 바닥판의 단위 면적당 350kg이 작용 (0.350 t/m²)

나) 바닥판 자중

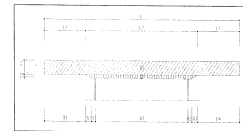
i) 외측 GIRDER (G1)



$L = 5.149 \quad B1 = 2.400$
 $L1 = 3.900 \quad B2 = 0.100$
 $L2 = 1.249 \quad B3 = 0.150$
 $T1 = 0.250 \quad B4 = 1.150$
 $T2 = 0.050$

NO.	산 식	자 중 단 위	비 고
1(W ₁)	$5.149 \times 0.250 \times 2.5$	3.218 T/M	
2(P ₁)	$(3.900 + 2.600) \times 0.050 / 2 \times 2.5$	0.406 TON	

ii) 내측 GIRDER (G2)



$L = 5.398 \quad B1 = 2.400$
 $L1 = 1.249 \quad B2 = 0.100$
 $L2 = 2.900 \quad B3 = 0.150$
 $T1 = 0.250 \quad B4 = 1.249$
 $T2 = 0.050$

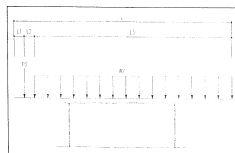
NO.	산 식	자 중 단 위	비 고
1(W ₁)	$5.398 \times 0.250 \times 2.5$	3.374 T/M	
2(P ₂)	$(2.600 + 2.900) \times 0.050 / 2 \times 2.5$	0.344 TON	

1493

㉒ 합성후

가) 포장, 방호벽, 연석등 기타 작용하는 사하중

i) 외측 GIRDER (G1)



$L = 5.149 (4.999)$
 $L1 = 0.192 (0.145)$
 $L2 = 0.258 (0.130)$
 $L3 = 4.699 (4.724)$

()안의 수치는 공문대측임.

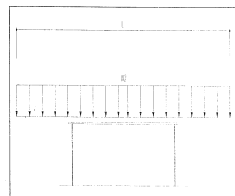
$$W_2 = 4.699 \times 0.080 \times 2.300 = 0.865 \text{ T/M (방호벽측포장)}$$

$$W_3 = 4.724 \times 0.080 \times 2.300 = 0.869 \text{ T/M (공문대측포장)}$$

$$P_3 = 0.837 \text{ TON (방호벽)}$$

$$P_4 = 0.367 \text{ TON (중분대)}$$

ii) 내측 GIRDER (G2)



$L = 5.398$

$$W_2 = 5.398 \times 0.080 \times 2.300 = 0.993 \text{ T/M (포 장)}$$

1494

2) 활하중산정

㉑ 정간장 $L = 60.0 \text{ M}$

- 중적계수

$$i = 15 / (40 + 55.0) = 0.158$$

- 설계차선폭

$$W = W_c / N = 20.225 / 6 = 3.371$$

o DL 하중 (1차선, 2차선 제하시)

$$W_L = 1.270 \times (1 + 0.158) = 1.471 \text{ T/m}^2$$

$$P_M = 10.800 \times (1 + 0.158) = 12.506 \text{ T/M}$$

$$P_S = 15.600 \times (1 + 0.158) = 18.065 \text{ T/M}$$

o DB 하중 (1차선, 2차선 제하시)

$$P_r = 9.600 \times 2 \times (1 + 0.158) = 22.234 \text{ T/m}^2$$

$$P_t = 2.400 \times 2 \times (1 + 0.158) = 5.558 \text{ T/M}$$

o DL 하중 (3차선 제하시) (하중감소계수 : 0.9)

$$W_L = 0.9 \times 1.471 = 1.324 \text{ T/m}^2$$

$$P_M = 0.9 \times 12.506 = 11.255 \text{ T/M}$$

$$P_S = 0.9 \times 18.065 = 16.259 \text{ T/M}$$

o DB 하중 (3차선 제하시) (하중감소계수 : 0.9)

$$W_L = 0.9 \times 22.234 = 20.011 \text{ T/m}^2$$

$$P_M = 0.9 \times 5.558 = 5.002 \text{ T/M}$$

o DL 하중 (3차선 이상제하시) (하중감소계수 : 0.75)

$$W_L = 0.75 \times 1.471 = 1.103 \text{ T/m}^2$$

$$P_M = 0.75 \times 12.506 = 9.3795 \text{ T/M}$$

$$P_S = 0.75 \times 18.065 = 13.549 \text{ T/M}$$

o DL 하중 (3차선 이상제하시) (하중감소계수 : 0.75)

$$W_L = 0.75 \times 22.234 = 16.676 \text{ T/m}^2$$

$$P_M = 0.75 \times 5.558 = 4.169 \text{ T/M}$$

- 141 -

1495

150615071508

1) 볼렌지 음요록 [도로교 지방서 p.220]

① 탄지간 중앙부

$$l_1 = 0.8 \cdot L_1 = 0.8 \cdot 50 = 40.0 \text{ m}$$

$$b/l_1 = 1.2 / 40 = 0.03$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로,

$$\lambda_{L_1} = b = 1.2 \text{ m}$$

$\therefore$ 플랜지 유효폭 $B_1 = 2 \cdot (\lambda_{L_1} + b_e) = \underline{2.600 \text{ m}}$

② 중간 지점부

$$l_2 = 0.2 \cdot (L_1 + L_2) = 0.2 \cdot (50 + 60) = 22.0 \text{ m}$$

$$b/l_3 = 1.2 / 22 = 0,05$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$

$$\lambda_s = (1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2) \cdot b = 1.077 \text{ m}$$

∴ 플랜지 유효폭 $B_2 = 2 \cdot (a_{g1} + b_g) = 2.354 \text{ m}$

③ 종간 지간 종양부

$$l_2 = 0.6 \cdot l_1 = 0.6 \cdot 60 = 36.0 \text{ m}$$

$$b/l_1 = 1.2 / 36 = 0.03$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\therefore \text{플러지 유효폭} \quad B_2 = 2 \cdot (\lambda_{S1} + b_0) = \frac{2,600}{\text{mm}}$$

3) 하부구조

고모교 (시험속교대)

1. 일반 단면

교대높이 10.500 m

지관 폭 6.400 m

지관길이 18.550 m

2. 설 계 조 건

* 흙의 단위중량 (γt) : 1.900 t/m³

CON'C의 단위중량 (γc) : 2.500 t/m³

흙의 내부마찰각 (Φ) : 35.000 deg

흙의 점착력 (c) : 0.000 t/m²

배면 연직 경사각 : 0.000 deg

노면 수평 경사각 : 0.000 deg

* 기초 바닥 N치 : 40.000

* 흙과 콘크리트의 마찰각

○ 상시

안정경도시 (RANKINE 토압사용) : 0.000 deg

단면경도시 (COULOMB 토압사용, Φ/3) : 11.667 deg

○ 지진시

MonoNobe Okabe 공식사용 : 0.000 deg

적집기초 - Kh = 0.5A

경사발록 - Kh = 1.5A

-1146-
0636

* CON'C의 설계강도 : 240.000 kg/cm²

철근의 항복강도 : 3000.000 kg/cm²

* 과 재 하 중 : 1.000 t/m²

* 상 부 전 단 반 력

사하중 반력 : 27.346 t/M

활하중 반력 : 14.379 t/M

* 지진시 수평력 : 3.828 t/M

* 설계 가속도계수 : 0.140

* SHOE 마찰 계 수 : 0.100

* 지하수위 (지관 바닥에서) : -1.000 m

* 지관 마찰계수

Φ = √(15 × N) + 15 = 39.495 deg

μ = tan(2/3Φ) = 0.495

1146
0637

3. 적용하중계산 및 안정검토

RANKINE 토압계수 Ka = 0.271

지진시 토압계수 Ke = 0.310

1) CASE-1 (상부공기실전, 수위고리, 활하중 비제하시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	지향모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	54.008	0.000	165.024	0.000
흙자중	45.848	0.000	230.130	0.000
상부공화중	0.000	0.000	0.000	0.000
도압	0.000	31.228	0.000	114.277
지표제하	0.000	0.000	0.000	0.000
부력	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	99.857	31.228	395.154	114.277

전도에 대한 안전율 = 395.155 / 114.278 = 3.46

활동에 대한 안전율 = 49.418 / 31.228 = 1.58 > 1.5

O.K.

2) CASE-2 (상시, 수위무시, 활하중 제하시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	지향모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	54.008	0.000	165.024	0.000
흙자중	45.848	0.000	230.130	0.000
상부공화중	41.724	2.734	116.829	20.908
도압	0.000	31.228	0.000	114.277
지표제하	2.600	0.000	13.259	0.000
합계	144.182	33.962	525.244	135.186

전도에 대한 안전율 = 525.245 / 135.187 = 3.89

활동에 대한 안전율 = 71.353 / 33.963 = 2.10 > 1.5

O.K.

-1147-
0638

3) CASE-3 (상시, 수위무시, 활하중 비제하시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	지향모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	54.008	0.000	165.024	0.000
흙자중	45.848	0.000	230.130	0.000
상부공화중	27.346	2.734	76.568	20.908
도압	0.000	31.228	0.000	114.277
지표제하	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	127.203	33.962	471.723	135.186

전도에 대한 안전율 = 471.723 / 135.187 = 3.49

활동에 대한 안전율 = 62.951 / 33.963 = 1.85 > 1.5

O.K.

4) CASE-4 (지진시, 수위무시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	지향모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	54.008	7.561	165.024	24.816
흙자중	45.848	6.418	230.130	37.018
상부공화중	27.346	3.828	76.568	29.268
도압	0.000	32.435	0.000	170.283
지표제하	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	127.203	50.243	471.723	261.388

전도에 대한 안전율 = 471.723 / 261.388 = 1.80

활동에 대한 안전율 = 62.951 / 50.243 = 1.25 > 1.2

O.K.

-1148-
0639

5) CASE-5 (상시, 수위고려, 활하중 제외시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	지향모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	54.008	0.000	165.024	0.000
줄자중	45.848	0.000	230.130	0.000
상부공화중	41.724	2.734	116.829	20.908
도압	0.000	31.228	0.000	114.277
지표제하	2.600	0.000	13.259	0.000
부력	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	144.182	33.962	525.244	135.186

전도에 대한 안전율 = 525.245 / 135.187 = 3.89
활동에 대한 안전율 = 71.353 / 33.963 = 2.10 > 1.5
O.K.

6) CASE-6 (상시, 수위고려, 활하중 비제하시)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	지향모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	54.008	0.000	165.024	0.000
줄자중	45.848	0.000	230.130	0.000
상부공화중	27.346	2.734	76.568	20.908
도압	0.000	31.228	0.000	114.277
지표제하	0.000	0.000	0.000	0.000
부력	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	127.203	33.962	471.723	135.186

전도에 대한 안전율 = 471.723 / 135.187 = 3.49
활동에 대한 안전율 = 62.951 / 33.963 = 1.85 > 1.5
O.K.

-1410-
0640

7) CASE-7 (저전시, 수위고려)

항목	연직력 N(t)	수평력 H(t)	지향모멘트 Mx (t.m)	전도모멘트 My (t.m)
교대 자중	54.008	7.561	165.024	24.816
줄자중	45.848	6.418	230.130	37.018
상부공화중	27.346	3.828	76.568	29.268
도압	0.000	32.435	0.000	170.283
지표제하	0.000	0.000	0.000	0.000
부력	0.000	0.000	0.000	0.000
합계	127.203	50.243	471.723	261.388

전도에 대한 안전율 = 471.723 / 261.388 = 1.80
활동에 대한 안전율 = 62.951 / 50.243 = 1.25 > 1.2
O.K.

-1410-
0641

8) 지지각 계산 (실하중에 의한 값)

기초바닥 높이 : 40.000
흙의 단위중량 γ t : 2.000 t/m³
흙의 점착력 c : 0.000 t/m²
기초의 저반복 B : 6.399 m
기초의 유효깊이 DF : 1.600 m

구분	상부중 시공전	저 하 수 위 무 시	저 하 수 위 고 려
	CASE-1 비제하시	CASE-2 비제하시	CASE-3 저전시
	CASE-4 비제하시	CASE-5 저전시	CASE-6 비제하시
	CASE-7 저전시		
연직력	99.857	144.182	127.203
수평력	31.228	33.962	50.243
전상방 (a)	0.387	0.494	0.534
유호제하율	5.625	5.410	5.291
유호저하량	104.353	106.366	98.153
반향저수 (a)	1.099	1.087	1.053
반향저수 (b)	0.469	0.470	0.471
N ₀	91.871	91.871	91.871
N ₁	77.269	77.269	77.269
N ₂	94.580	94.580	94.580
곡한지점 Q ₀ (t)	18987.87	73861.90	33664.64
비율지점 Q ₀ (t)	18662.62	24083.32	21031.14

-1451-
0642

9) 외력의 계산 (실하중에 의한 값)

구분	상부중 시공전	저 하 수 위 무 시	저 하 수 위 고 려
	CASE-1 비제하시	CASE-2 비제하시	CASE-3 저전시
	CASE-4 비제하시	CASE-5 저전시	CASE-6 비제하시
	CASE-7 저전시		
기초 폭	6.399	6.399	6.399
교대 길이	18.549	18.549	18.549
연 직 력	99.857	144.182	127.203
수 평 력	31.228	33.962	50.243
지향모멘트	305.154	533.244	471.723
전도모멘트	114.277	135.186	261.388
전 상 방	0.387	0.494	0.534
유호제하율	2.066	1.968	1.856
유호저하율	6.399	6.399	6.399
최대지점 반복도	21.266	32.976	31.283
최소지점 반복도	9.898	12.080	9.546
비율지점 반복도	188.422	242.981	219.655
활동 안전율	1.500	1.500	1.500

* ()는 최대지점의 값임 (단, 표서 4.7.3.) 참조

-1452-
0643

※ 교도교 교각구조계산 TYPE

범물동방향				도동방향				비고 (구조계산 TYPE)	
CFP(NG (B×L))	COLUMN (직경)	FOOTING (B×L)	교각높이	CFP(NG (B×L))	COLUMN (직경)	FOOTING (B×L)	교각높이	범물동방향	도동방향
P1 19.6×2.6	2.40	19.6×7.0	11.18	19.6×2.6	2.40	19.6×7.0	10.20	TYPE 1	TYPE 1
P2 19.6×2.6	2.40	19.6×8.4	13.29	19.6×2.6	2.40	19.6×7.0	13.00	TYPE 2 (Pile 기조)	TYPE 1
P3 24.6×3.0	2.00	24.6×8.4	17.08	24.6×3.0	2.00	24.6×8.4	17.03	TYPE 4	TYPE 3 (Pile 기조)
P4 13.1×2.2	2.00	13.1×7.0	12.21	13.1×2.2	2.00	13.1×7.0	12.15	TYPE 5 (Pile 기조)	TYPE 5 (Pile 기조)

1. 설계조건

- 교차형식 : 라멘교차
- 내진등급 : 1등급
- 음단수정계수 (R)
교차선계시 : 5.0
기초선계시 : 2.5
- 만장지연률 (내진태서율조)

① 교축치각방향

- P1 : 345.89 t - P2 : 416.000 t
- P3 : 330.790 t - P4 : 119.910 t

② 교축방향

- P2 : 912.75 t

5) 사용재료

- 콘크리트 : $\sigma_{ck} = 240 \text{ kg/cm}^2$
- 철근 : $\sigma_y = 3000 \text{ kg/cm}^2$

0790

-1607-

0792

2. 연속교차방향

2.1 Modelling

B = 19.600 m
B1 = 1.700 m
B2 = 0.800 m
B3 = 1.200 m
B4 = 0.200 m
B5 = 3.900 m
C = 19.600 m
C1 = 1.666 m
C2 = 1.017 m
H = 10.750 m
H1 = 2.688 m

2.2 단면성능 및 지반스프링계수 설정

1) 단면 성능

No	A(m ²)	I(m ⁴)	비	코
1	5.20	1.73	Cap Beam, Sec-Pro	
2	7.80	5.85	Cap Beam, Sec-Pro	
3	6.50	3.39	Cap Beam, Sec-Pro	
4	4.52	1.63	Column, Sec-Pro	
5	17.50	9.11	Footing, Sec-Pro	

2) 스프링계수설정

$$K_{u1} = 28N = 28 \times 40 = 1120 \text{ kg/cm}$$

$$K_{u2} = 1/30E \phi_0 = 1/30 \times 1 \times 1120 = 37.33 \text{ kg/cm}$$

$$K_b = \sqrt{(K_v)} = \sqrt{(1960.00 \times 700)} = 1171.32 \text{ cm}$$

$$K_{u3} = K_v \phi_b / 30 = 37.33 \times (1171 / 30)^{-0.5} = 2.39 \text{ kg/cm}$$

$$K_u = K_u \phi_u = 2.39 \times (101.70 \times 700) = 170144 \text{ kg/cm}$$

$$K_{u0} = 9.3 \times 10^8 \text{ t/m} = 17014.4 \text{ t/m}$$

0793

2.3 좌우교차

1) 사차중

① 상부사차중

- P _{D1} = 487.64 ton	- P _{D2} = 527.80 ton
- P _{D3} = 517.67 ton	- P _{D4} = 489.85 ton

② 교각사차중

- W ₁ = 13.00	- W ₂ = 19.50
- W ₃ = 16.25	- W ₄ = 11.31
- W ₅ = 43.75	

-1609-

0794

2.4 하중조합 Case

1) 사용하중 검토시

하중경우	사 하 중	활 하 중	풍 하 중	온도상승 (ΔT=+10℃)	온도하강 (ΔT=-10℃)	지진하중 (표준형제지)	지진하중 (기초형제지)
Case 1	1.0	1.0	1.0	1.0			
Case 2	1.0	1.0	1.0		1.0		
Case 3	1.0					1.0	
Case 4	1.0						1.0

2) 극한하중 검토시

하중경우	사 하 중	활 하 중	풍 하 중	온도상승 (ΔT=+10℃)	온도하강 (ΔT=-10℃)	지진하중 (표준형제지)	지진하중 (기초형제지)
Case 1	1.3	2.15					
Case 2	1.3	1.3		1.3			
Case 3	1.3	1.3			1.3		
Case 4	1.25	1.25	0.625	1.25			
Case 5	1.25	1.25	0.625		1.25		
Case 6	1.3					1.3	
Case 7	1.3						1.3

2.8 검토결과

1) 단면적 정리(극한하중)

(단위 : t.m)				
하중경우	축 력 Pu	전 단 력 Su	휨모멘트 Mu	비 고
Case 1	-2582.96	-101.59	1012.91	
Case 2	-2243.36	-95.52	877.73	
Case 3	-2243.36	-70.30	772.44	
Case 4	-2187.21	-118.75	-912.87	
Case 5	-2187.21	-94.51	-811.26	
Case 6	-1768.25	-108.32	-827.22	

2) 절근량산정 (다음 Page 참조)

[1] Title (소요량구 산정) :

[2] 설계기준

- 콘크리트 설계기준 강도 (σck) : 340 kg/cm²
- 철근 항복 강도 (σyk) : 5000 kg/cm²
- 콘크리트 탄성계수 (Ec) : 230000 kg/cm²
- 절근 설계 길이 (d') : 15.0 cm

[3] 기하입력 자료 (원형단면)

- 직 경 (Diameter) : 240.00 cm
- 비직지 길이 (Lc) : 750.00 cm
- 윗표길이계수(kcy) : 2.0
- 윗표길이계수(ky) : 2.0

[4] 소요원규량 및 공칭장도

1) Load Case 1

- 극한축하중 : Pu = 2582.960 ton
- 극한모멘트 (U) : Mu = 1012.910 t.m
- 극한모멘트 (V) : My = -0.000 t.m
- X축 세장비 : λx = 25.0
- Y축 세장비 : λy = 25.0
- 사하중 모멘트 비 : βdx = 0.000
- βdy = 0.000
- X축 확대모멘트 : 6Mu = 1078.094 t.m
- Y축 확대모멘트 : 6My = -0.000 t.m
- 합성 확대모멘트 : 6Mo = 1078.094 t.m
- 중첩축 회전각 : θrot = -0.000 Deg
- 중첩축 : x = 174.92 cm
- 최소원심 : Emin = 21.33 cm
- 원형원심 : Dc = 55.11 cm
- 작용원심 : Rapp = 41.74 cm

2) 열역 ? → 압축지배 구간

- 소요원단면 : Ast = 452.389 cm²
- 소요원단면 : Pr = 1.000 t
- 평형축하중 : dPh = 3426.989 ton
- 원형모멘트 : dMo = 1991.296 t.m
- 강도감소계수 : φ = 0.650
- 평형축하중 : dPh = 4253.578 ton
- 원형모멘트 : dMo = 1767.020 t.m

2) Load Case 2

- 극한축하중 : Pu = 2243.360 ton
- 극한모멘트 (U) : Mu = 877.730 t.m
- 극한모멘트 (V) : My = -0.000 t.m
- X축 세장비 : λx = 25.0
- Y축 세장비 : λy = 25.0

3.4 지반의 설계

3.4.1 단면적 검토

1) 지반력 검토시

(단위 : t.m)				
하중경우	축 력 (Pu)	전 단 력 (Su)	휨모멘트(Mu)	비 고
Case-1	3944.55	-	-	
Case-2	3384.20	912.75	4746.30	

2) 지반 설계시

(단위 : t.m)				
하중경우	축 력 (Pu)	전 단 력 (Su)	휨모멘트(Mu)	비 고
Case-1	5904.22	-	-	
Case-2	4399.47	1186.58	6170.19	

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 점검 이력

<표 2.2> 기존 점검 이력

번 호	점검·진단 기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요점검·진단내용
	점검·진단 구분	점검·진단 책임기술자		검토·분석내용
1	2003.02.24. ~ 2003.04.25	(주)한국건설 안전기술단	A	1) 교면포장(외관상태 양호: 아스콘변형및 파손에 대해 주기적관찰필요) 2) 방호벽 .중앙분리대(진구간 상태양호 : 향후 균열등에 대비해 주기적 관찰필요) 3) 바닥판하면(외관상태 양호: 향후 발생가능한 누수나 균열에 대비 주기 적 관찰필요)
	정밀안전 점검	유희렬		☞ 검토의견 - 전반적으로 양호한 상태
2	2005.05.12. ~ 2005.07.05	(주)혜성안전 기술원	A	1) 교량의 안전성 및 사용성이 양호하며 국부적인 경미한 손상이 발생한 상태임. 정밀안전진단 필요성 없음.
	정밀안전 점검	정갑출		☞ 검토의견 - 표지병, 텔리네이트 등 부속시설물 보수 및 미세균열, 국 부적인 파손에 대한 보수 등
3	2007.04.05. ~ 2007.05.31	부계기술단(주)	A	1) 0.2mm이하 균열, 교량받침 녹발생
	정밀안전 점검	장용순		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 지속적 관찰, 교량받침 채도장이 필 요함.

번호	점검·진단 기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요점검·진단내용
	점검·진단 구분	점검·진단 책임기술자		검토·분석내용
4	2009.04.07. ~ 2009.06.30	(주)동화엔지니어링	A	1) 바닥판 상·하부에 폭 0.1~0.2mm의 일방향, 이방향 균열이 발생한 상태로, 균열폭, 균열패턴을 감안하여 볼 때 구조적인 균열보다는 하중 및 건조수축에 의한 비구조적인 균열로 판단되며 현 상태에서의 보수보다는 균열폭의 변화여부를 주의관찰하여 균열이 진행 되어 구조적 결함을 보일 가능성이 있는 크기로 진전이 확인될 시 보수여부를 결정함이 바람직할 것으로 판단된다. 2) 신축이음부 토사가 퇴적된 곳은 청소를 하여 이물질을 제거해 신축이음이 제기능을 발휘하도록 하여야 할 것으로 판단된다. 3) 교대, 교각에 발생한 콘크리트 파손, 균열 등은 손상정도가 경미하나 부분적 보수가 필요한 상태이며 향후 손상의 진행유무 판단을 위해 지속적 관찰이 요망된다. 4) 배수구는 파이프가 미설치되어 누수가 되고 있는 곳이 발견되었다. 지속적인 누수는 콘크리트의 강도를 저하시킬 수 있으므로 파이프의 설치요망된다. 5) 난간 및 연석은 미세 균열 등이 일부 조사되었으나 손상의 정도가 구조적인 결함을 발생시키지 않는다고 생각되므로 일부 보수 및 지속적 관찰이 요망된다.
	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. 2) 주요 손상으로는 바닥판하면 균열, 주형내부 우수유입 및 도장손상, 하부구조 균열, 신축장치 후타재 균열 및 방호벽 균열 등이다. 3) 콘크리트 비파괴시험 결과, 콘크리트의 강도 및 탄산화, 철근 배근상태 등은 전반적으로 설계기준이나 시방기준에 만족하는 것으로 평가되었다. 강재 비파괴시험 결과, 주형의 맞대기 용접부는 내부결함이 없는 양호한 상태로 나타났으며, 주형 내,외부에 대한 도막두께 또한 양호한 상태로 측정되었다. 5) 대상교량의 상태평가 결과, 환산결합도 점수가 범물방향은 0.184, 안심방향은 0.181로 산정되어 상태평가등급은 'B'로 평가되었다. STB 구간에 대한 구조해석 및 재하시험 결과, 모든 부재에서 안전율이 1.0 이상으로 설계하중(DB(DL)-24)를 만족하고 있으며, 공용내하력 평가결과 설계하중을 상회하고 있는바, 대상교량의 안전성 평가 결과는 기준 'A'로 평가되었다. 6) 가천교의 정밀안전진단 종합평가 결과, 상태평가등급은 "B"이다.
	정밀안전 진단 (하자)	유근무		☞ 검토의견 - 표면처리, 수지주입, 단면보수, 도장보수가 필요함.

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 일부 포장면에서 아스콘 균열 및 거북등균열(망상균열). 신축이음장치의 후타재 균열 및 박락, 교대/교각에서 미세균열 및 백태등이 조사되었다. 조사된 손상에 대한 보수가 적절히 이루어진다면 제 기능을 지속적으로 발휘할 수 있을 것으로 판단된다.
	정밀안전 점검	이달재		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 표면처리, 수지주입보수, 단면보수가 필요함.
7	2016.02.19. ~ 2016.04.03	(주)우림종합 엔지니어링	B	1) 교면포장 : 망상균열, 포장균열 2) 교명주 : 균열, 균열및백태, 교명판유실 3) 배수시설 : 배수관길이부족 4) 신축이음 : 후타재균열, 차수판볼트망실, 배수로파손 5) 거터외부 : 도장긁힘 6) 거터내부 : 박락및부식, 배설물오염, 실링불량, 점검등없음, 체수및부식, 점검 등덮개파손 7) 하부구조 : 누수오염, 누수흔적
	정밀안전 점검	김길만		☞ 검토의견 - 가천교의 현장조사(외관조사, 내구성조사)에 의한 상태평가 결과 『B등급(0.130)』으로 평가되었으며, 기존 손상들에 대한 보수가 이루어진 상태에서 결함점수가 상향되었다. 따라서, 가천교에 대한 유지관리가 원활히 이루어지고 있는 상태로서 금회 조사된 결함 및 손상 부위에 대해서는 단기적인 보수와 중점유지관리 항목들에 대한 주기적인 점검이 시행된다면 내구성 및 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단되며, 유지관리 하는 데는 문제가 없을 것으로 판단된다.
8	2017.03.02. ~ 2017.06.09	(주)우림종합 엔지니어링	B	1) 교면포장 망상균열, 아스콘 균열, 패임 2) 콘크리트 방호난간 균열, 백태 3) 거터외부 강재긁힘, 변형 국부 발생 및 내부 부식, 누수흔적, 실링처리 미흡 4) 교대 미세균열, 교각 미세균열, 누수흔적 및 오염
	정밀안전 진단	김길만		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 재포장 및 교면방수, 균열보수, 표면 보수, 거터 도장보수 및 실링보수, 배수관 길이면장 등의 보수 및 주의 관찰이 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 : 아스콘 균열, 파손 2) 방호벽 및 중앙분리대 : 균열(cw=0.3mm미만), 백태, 단차 3) 배수시설 : 배수관 막힘/탈락/누수 4) 신축이음 : 본체하부 고무재 손상, 누수, 후타재 균열, 파손 5) 바닥판 : 균열(cw=0.3mm미만), 박락, 철근노출 6) 거더 : 외부 변형 7) 받침장치 : 받침콘크리트 및 몰탈 균열(cw=0.3mm미만), Plate 도장박리 8) 교대 및 교각 : 균열(cw=0.3mm미만), 망상균열, 파손, 조류배설물 퇴적, 체수흔적 등
	정밀안전 점검	이상훈		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 단면보수, 표면처리, 아스콘 패칭, 신축이음 하부 고무재 교체, 정비 등의 적절한 보수 및 주의관찰이 필요함.
10	2021.04.19. ~ 2021.06.09	주식회사 다인기술단	B	1) 바닥판 표면박리,오염, 바닥판파손 2) 거더 강재변형 3) 교대 균열(W<0.3mm), 교대 실란트 파손, 교각 균열(W<0.3mm, 교각 망상균열, 교각 면박리,오염, 교각 파손, 교각 오염, 체수흔적, 교각 조류배설물퇴적 4) 받침콘크리트 균열 5) 아스콘 균열, 아스콘 파손 6) 방호벽 균열(W<0.3mm), 방호벽 백태균열, 접속부 단차 7) 배수구 막힘, 배수관 볼트 탈락, 배수관 누수오염 8) 후타재 균열, 차수커버 볼트탈락
	정밀안전 점검	김병준		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 단면보수, 실란트재마감, 청소, 아스팔트실링, 아스팔트패칭, 볼트재설치 등의 보수 및 주의관찰이 필요함

2.3.2 최근 정밀안전진단 분석

<표 2.3> 최근 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	1) 교면포장 망상균열, 아스콘 균열, 패임 2) 콘크리트 방호난간 균열, 백태 3) 거더외부 강재굽힘, 변형 국부 발생 및 내부 부식, 누수흔적, 실링처리 미흡 4) 교대 미세균열, 교각 미세균열, 누수흔적 및 오염
	정밀안전 진단	김길만		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 재포장 및 교면방수, 균열보수, 표면 보수, 거더 도장보수 및 실링보수, 배수관 길이면장 등의 보수 및 주의 관찰이 필요함.

가) 외관조사 분석

구 분	점검 결과	검토의견
바닥판	중조인트부 우수유입에 의한 콘크리트 백태가 일부 발생 및 캔틸레버 건조수축균열이 조사되어 유지관찰이 필요	중조인트부 누수 확인 및 백태 손상 진전여부
강재주형 및 2차부재	거더 외부는 강재굽힘 및 변형이 조사 내부의 상태는 일부 부식, 도장 박리, 박락, 실링처리 미흡이 발생	강재변형부 및 내부 실링처리 확인, 도장손상 추가 및 진전여부
교대 및 교각	일부 균열, 망상균열, 기둥하부 누수오염 등의 손상이 발생	균열 진전여부, 신규손상 발생여부 확인
교량받침	국부 강재부식, 무수축물탈 철근노출이 경미하게 조사	기존손상 진전여부, 가동 여유량 검토
신축이음	일부 유간토사퇴적, 후타재 균열이 조사	신축이음 가동여유량 검토
교면포장	망상균열, 아스콘 패임, 시점 토공구간의 아스콘 망사 균열이 조사	주행차량 영향여부 확인
배수시설	배수관은 P3 교각기둥 하부 배수관 길이부족에 의한 콘크리트 열화가 발생	배수 지장여부 확인, 2차손상 발생 여부
난간, 연석	균열(c/w=0.3mm미만, 이상)이 다수 및 파손, 철근노출이 조사되었으며, 일부 균열부 백태 동반 손상이 조사	균열, 철근노출 진전 여부 확인

나) 비파괴조사 분석

구 분	시험 결과	검토의견
콘크리트 강도	· 보정코어강도 : 30.5 (상부), 21.8 ~ 22.5 MPa (하부) · 상부구조(범물) 비파괴 강도 : 27.3 ~ 30.5 MPa (반발경도법) · 상부구조(안심) 비파괴 강도 : 27.2 ~ 31.0 MPa (반발경도법) · 하부구조(범물) 비파괴 강도 : 24.6 ~ 25.7 MPa (반발경도법) · 하부구조(안심) 비파괴 강도 : 24.3 ~ 26.0 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 : 9.5~15.0 mm (기준 a) · 하부구조 탄산화 깊이 : 5.0~11.5 mm (기준 a) · 탄산화 잔여 깊이가 최소 10~30mm 미만이며 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 : 일부구간 다소 부족한 것으로 측정됨.	대체로 양호한 것으로 판단됨, 일부 피복두께가 작은 구간 측정 확인
균열깊이 측정	· 균열(폭 0.2mm) 3개소 측정결과 피복두께를 초과하지 않은 상태	대체로 양호한 것으로 판단됨, 균열조사후 균열 깊이 측정 확인
염화물 함유 량시험	· 상부구조 염화물 함유량 : 0.1267 kg/m³ (기준 a) · 하부구조 염화물 함유량 : 0.0837 kg/m³ (기준 a)	조사수량 지침에 맞게 추가 검토
초음파 탐상시험 (UT)	· 강재거더 내부 맞대기용접부 조사개소 : 72 개소(S1~S5) · 불합격 개소 : 0 개소 · KS B 0896의 판정기준에 의거 불합격 결함은 조사되지 않았음.	조사수량 지침에 맞게 검토
도막두께 측정	· 외부 253~314μm · 내부 199~285μm · 내외부 모두에서 기준도막두께(외부 195μm, 내부 150μm) 이상의 두께를 확보	조사수량 지침에 맞게 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)	염화물 (상)	염화물 (하)
S1	A1	STB	a	b	a	b	b	b	b	b	b	Q	x	a	x	x
S2	P1	STB	a	b	a	b	b	a	x	a	b	Q	b	x	x	x
S3	P2	STB	a	b	a	b	b	b	x	a	b	Q	x	a	x	x
S4	P3	STB	a	b	a	b	b	b	b	a	b	Q	b	x	x	x
S5	P4	STB	a	b	a	b	b	b	x	a	a	Q	x	a	x	x
/	A2	STB	-	-	-	-	-	-	b	b	b	Q	x	a	x	x
평균			0.100	0.200	0.100	0.200	0.200	0.180	0.200	0.133	0.183	0.000	0.200	0.100	0.000	0.000
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	4	3	0	0
(평균x가중치) /가중치합			0.018	0.040	0.005	0.014	0.006	0.004	0.018	0.012	0.037	0.000	0.008	0.003	0.000	0.000
1. 환산결함도 점수 =													0.164			
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	a	b	a	a	b	b	b	a	b	Q	x	a	a	x
S2	P1	STB	a	b	a	a	b	a	x	a	b	Q	b	x	x	x
S3	P2	STB	a	b	a	a	b	a	x	a	b	Q	x	a	x	x
S4	P3	STB	a	b	a	a	b	a	b	b	b	Q	b	x	x	x
S5	P4	STB	b	b	a	a	b	b	x	a	a	Q	x	a	x	a
/	A2	STB	-	-	-	-	-	-	b	a	b	Q	x	a	x	x
평균			0.120	0.200	0.100	0.100	0.200	0.140	0.200	0.117	0.183	0.000	0.200	0.100	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균x가중치) /가중치합			0.022	0.040	0.005	0.007	0.006	0.003	0.018	0.011	0.037	0.000	0.004	0.002	0.002	0.001
1. 환산결함도 점수 =													0.157			
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	1.150	A
	극한강도 M_u (kN · m)	106.16		
바닥판 중간부	공칭강도 ϕM_n (kN · m)	105.88	1.563	A
	극한강도 M_u (kN · m)	67.70		

㉡ 거더의 안전성평가 결과

구 분			허용응력설계법에 의한 안전성평가	검토 결과
G1 (외측)	정모멘 트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{105.984 + 37.067} = 1.328$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{92.175 + 32.238} = 1.527$	A
	부모멘 트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{83.567 + 21.874} = 1.802$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{82.521 + 23.757} = 1.788$	A
G2 (내측)	정모멘 트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{104.478 + 36.696} = 1.346$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{90.866 + 31.915} = 1.547$	A
	부모멘 트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{105.154 + 30.806} = 1.397$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190}{101.462 + 31.258} = 1.432$	A

② 내하력평가 결과

① 바닥판의 기본 내하력 산정 결과

내하율(RF) =	$\frac{\Phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l (1 + i)} =$	$\frac{122.08 - 1.3 \times 14.646}{2.15 \times 40.519} =$	1.182
기본내하력(P)	$K_s \times RF \times P_r =$	$1.0 \times 1.182 \times 24 =$	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	190.000	190.000	190.000	190.000
고정하중응력 (f_d), MPa	105.984	83.567	92.175	82.521
활하중응력 (f_l), MPa	37.067	21.874	32.238	23.757
내하율(RF) = $\frac{f_a - f_d}{f_l(1 + i)}$	2.267	4.866	3.034	4.524
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	190.000	190.000	190.000	190.000
고정하중응력 (f_d), MPa	104.478	105.154	90.866	101.462
활하중응력 (f_l), MPa	36.696	30.806	31.915	31.258
내하율(RF) = $\frac{f_a - f_d}{f_l(1 + i)}$	2.331	2.754	3.106	2.833
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 최근 정밀안전점검 분석

<표 2.4> 최근 정밀안전점검 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	1) 바닥판 표면박리,오염, 바닥판파손 2) 거더 강재변형 3) 교대 균열(W<0.3mm), 교대 실란트 파손, 교각 균열(W<0.3mm, 교각 망상균열, 교각 면박리,오염, 교각 파손, 교각 오염, 체수흔적, 교각 조류배설물퇴적 4) 받침콘크리트 균열 5) 아스콘 균열, 아스콘 파손 6) 방호벽 균열(W<0.3mm), 방호벽 백태균열, 접속부 단차 7) 배수구 막힘, 배수관 볼트 탈락, 배수관 누수오염 8) 후타재 균열, 차수커버 볼트탈락
	정밀안전 점검	김병준		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 단면보수, 실란트재마감, 청소, 아스팔트실링, 아스팔트패칭, 볼트재설치 등의 보수 및 주의관찰이 필요함

가) 외관조사 분석

구분	점검 결과	검토의견
바닥판	캔틸레버 균열, 표면박리, 단부파손 등이 조사되어 유 지관찰이 필요	균열 진전여부, 신규손상 발생여부 확인
강재주형 및 2차부재	거더 외부는 외기타격에 의한 변형이 조사	강재변형부 확인, 신규손 상 발생여부 확인
교대 및 교각	일부 균열, 우수유입에 따른 오염현상, 표면박리, 조류 배설물 퇴적 등의 손상이 발생	균열 진전여부, 신규손상 발생여부 확인
교량받침	콘크리트 균열이 조사	기존손상 진전여부, 가동 여유량 검토
신축이음	후타재 균열, 차수커버의 볼트탈락 조사	신축이음 가동여유량 검 토
교면포장	균열, 파손이 간헐적으로 조사	기존손상 진전여부, 주행 차량 영향여부 확인
배수시설	배수관 볼트탈락, 배수관 누수오염 등의 손상 발생	배수 지장여부 확인, 2차손상 발생 여부
난간, 연석	균열(c/w=0.3mm미만)이 다수 조사되었으며, 일부 균 열부 백태 동반 손상이 조사	기존손상 진전여부

나) 비파괴조사 분석

구 분	시험 결과	검토의견
콘크리트 강도	· 상부구조(범물) 비파괴 강도 : 27.1 ~ 28.9 MPa (반발경도법) · 상부구조(안심) 비파괴 강도 : 27.5 ~ 28.0 MPa (반발경도법) · 하부구조(범물) 비파괴 강도 : 24.6 ~ 26.0 MPa (반발경도법) · 하부구조(안심) 비파괴 강도 : 24.4 ~ 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 : 4.0~9.0 mm (기준 b) · 하부구조 탄산화 깊이 : 3.0~9.0 mm (기준 a) · 탄산화 잔여 깊이가 최소 10~30mm 미만이며 일부 피복두께가 작은 구간은 주기적인 측정을 통한 주의관찰 필요함.	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)	염화물 (상)	염화물 (하)
S1	A1	STB	a	a	a	a	a	b	b	a	b	Q	a	X	x	x
S2	P1	STB	a	a	a	a	a	b	X	b	b	Q	a	X	x	x
S3	P2	STB	a	a	a	a	a	b	X	a	b	Q	X	X	x	x
S4	P3	STB	a	a	a	a	a	b	X	a	b	Q	X	X	x	x
S5	P4	STB	b	a	a	a	a	b	X	a	a	Q	a	X	x	x
/	A2	STB	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	b	a	b	Q	N/A	a	x	x
평균			0.120	0.100	0.100	0.100	0.100	0.200	0.200	0.117	0.183	N/A	0.100	0.100	0.000	0.000
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3	0	0
(평균x가중치) /가중치합			0.022	0.020	0.005	0.007	0.003	0.004	0.018	0.011	0.037	N/A	0.004	0.003	0.000	0.000
1. 환산결함도 점수 =													0.132			
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	a	a	a	a	a	b	X	a	a	Q	X	a	x	x
S2	P1	STB	a	b	a	b	b	b	b	b	b	Q	a	X	x	x
S3	P2	STB	a	a	a	b	b	b	X	a	a	Q	X	a	x	x
S4	P3	STB	a	a	a	b	b	b	X	b	b	Q	X	X	x	x
S5	P4	STB	a	a	a	a	a	b	X	b	b	Q	X	X	x	x
/	A2	STB	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	b	a	a	Q	N/A	X	x	x
평균			0.100	0.120	0.100	0.160	0.160	0.200	0.200	0.150	0.150	N/A	0.100	0.100	0.000	0.000
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3	0	0
(평균x가중치) /가중치합			0.018	0.024	0.005	0.011	0.005	0.004	0.018	0.014	0.030	N/A	0.004	0.003	0.000	0.000
1. 환산결함도 점수 =													0.135			
2. 상태평가 결과 =													B			

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	2010년 10월	교면포장 재포장(61,060천원)	(주)협우건설
2	2011년 03월	교면포장 재포장(73,700천원)	(주)협우건설
3	2012년 11월	교각 먼처리 및 중성화방지 표면처리 보수실시	하자보수공사
4	2013년 03월	중분대 및 난간 콘크리트 중성화 방지공사(70,000천원)	한성안전
5	2013년 03월	교면포장 재포장(70,000천원)	원진건설(주)
6	2015년 05월	신축이음 후타재 균열 및 단면보수	-
7	2016년 04월	교면포장 재포장(절삭후 재포장, 16,700천원)	대익건설(주)
8	2017년 11월	교면 방수공사(450,000천원)	(주)새움씨앤씨
9	2019년 09월	표면처리, 단면보수, 배수관 탈락 누수 보수(8,330천원)	(주)천수
10	2019년 10월	신축이음(P3) 고무재 교체(9,792천원)	(주)진화건설
11	2020년 08월	균열부 백태 표면처리(2,444천원)	(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

1. 검토조건

1.1 교량의 계획

- 1) 교량 형식 : STEEL BOX GIRDER 교
- 2) 지간 구성 : 50+4@60 = 290m
- 3) 폭 원 : (14.45 ~ 25.95m)
- 4) 교각 형식 : 2주식 또는 3주식 교각
- 5) 기초 형식 : 직접기초

1.2 내진설계기준

- 1) 내진 등급 : 내진1등급교 (A = 0.14)
- 2) 지반 계수 : S = 1.0 (지반종류 I)
- 3) 응답수정계수
 - 교각 : R = 5
 - 상부구조와의 연결부 : R = 1.0
 - 기조 : R = 1.5
- 4) 해석 방법 : 다중모드스펙트럼해석
- 5) 설계스펙트럼 : 도로교시방서 「내진설계편」 스펙트럼 이용
- 6) 해석프로그램 : SAP 2000

1.3 참고문헌

- 1) 도로교표준시방서 ----- 건설부
- 2) AASHTO STANDARD SPECIFICATION ----- AASHTO
- 3) Seismic Design of Bridges ----- U.S. FHWA

0720

-1539-

2. 내진해석 Modelling

2.1 Modelling시 주요 고려사항

1) 기하구조

- ① 평면선형이 곡선(R=1800m)이나 곡선반경이 크고, 호의 길이가 짧으므로 곡선효과는 고려하지 않았다.
- ② 상부구조에 대한 질량은 경간당 10m내외로 계획하였으며, 상부구조의 각 절점은 2축상의 동일위치에 일직선으로 놓이는 것으로 가정하였다.

2) 단면성능 및 질량

- ① 상부구조의 변폭구간에서 단면성능은 편의상 지간중앙부로 계산하였으며, 하부구조의 단면성능은 비균열단면에 대한 값을 사용하였다.
- ② 상부구조의 절량산정은 1차사하중 및 2차사하중에 대한 반력을 교량길이의 비로 나누어 경간당 분포하중으로 산정하였으며, 프로그램에서는 인접절점에 lumped mass로 변환되어 해석된다.

3) 경계조건

- ① 직접기초로 암반에 지지되는 교각의 하단은 모든 자유도를 구속시켰으며, 교대에는 별도의 부재를 두지 않고 지점처리하여 교축방향 변위와 교축직각방향의 회전에 대한 자유도를 풀어 주었다.
- ② 상부구조와 하부구조가 연결되는 고정단교각, 가동단교각, 선축이음부교각 상단은 각각의 변위특성에 맞게 Constraints 조건을 설정하였다.

4) 질량기여도

교유진동모드 해석에서 각 진동모드별 질량기여도의 합은 90% 이상되도록 하였다.

5) 응답스펙트럼

설계응답스펙트럼은 도로교시방서 내진설계편(1996)에 제시된 값을 사용하였다.

0720

-1540-

2.3 단면성능 (Section Properties)

2.3.1 상부구조

Type	Area (m ²)	I-33 (m ⁴)	I-22 (m ⁴)	J (m ⁴)	MASS	비고 (해당부재)
1	1.189	5.860	40.810	1.097	2.597	1경간 부재
2	1.225	6.030	46.930	1.097	3.036	2경간 부재
3	1.260	6.210	58.990	1.097	3.021	3경간 부재
4	0.881	2.150	15.570	0.820	1.940	4.5경간 부재

2.3.2 하부구조

Type	Area (m ²)	I-33 (m ⁴)	I-22 (m ⁴)	J (m ⁴)	MASS	비고 (해당부재)
5	39.200	13.070	1255.000	48.900	9.390	P ₁ , P ₂ Coping Section
6	4.520	3.260	3.260	6.510	1.083	P ₁ , P ₂ Column Section
7	49.000	25.520	1569.000	93.880	11.738	P ₁ , P ₂ Footing Section
8	36.900	6.920	1861.000	26.610	8.840	P ₂ Coping Section
9	3.140	2.360	2.360	4.710	0.752	P ₂ Column Section
10	61.500	32.030	3101.000	120.000	14.733	P ₂ Footing Section
11	19.650	3.680	281.000	13.670	4.707	P ₂ Coping Section
12	3.140	1.570	1.570	3.140	0.752	P ₂ Column Section
13	32.750	17.060	468.000	60.030	7.839	P ₂ Footing Section

0731

표. 모드별 전가

3.1 모드별 고유주기 및 전가수

MODE NUMBER	EIGENVALUE (RAD/SEC) ²	CIRCULAR FREQ (RAD/SEC)	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SEC)
1	7.95E+00	2.82E+00	0.449	2.228
2	2.57E+01	5.05E+00	0.807	1.194
3	4.47E+01	6.68E+00	1.064	0.940
4	1.29E+02	1.13E+01	1.804	0.554
5	1.74E+02	1.32E+01	2.101	0.476
6	2.40E+02	1.55E+01	2.407	0.415
7	2.48E+02	1.58E+01	2.507	0.399
8	3.59E+02	1.89E+01	3.016	0.332
9	4.02E+02	2.00E+01	3.189	0.314
10	7.28E+02	2.69E+01	4.288	0.233
11	9.51E+02	3.08E+01	4.907	0.204
12	1.41E+03	3.75E+01	5.975	0.167
13	1.49E+03	3.86E+01	6.145	0.163
14	1.60E+03	4.07E+01	6.491	0.154
15	2.72E+03	5.24E+01	8.338	0.120
16	3.07E+03	5.54E+01	8.822	0.113
17	3.49E+03	5.90E+01	9.391	0.106
18	3.87E+03	6.22E+01	9.894	0.101
19	5.00E+03	7.07E+01	11.252	0.089
20	6.19E+03	7.87E+01	12.522	0.080
21	6.44E+03	8.02E+01	12.774	0.078
22	6.50E+03	8.05E+01	12.831	0.078
23	9.83E+03	9.91E+01	15.777	0.063
24	1.01E+04	1.01E+02	16.030	0.062
25	1.08E+04	1.04E+02	16.557	0.060
26	1.16E+04	1.08E+02	17.130	0.058
27	1.17E+04	1.08E+02	17.199	0.058
28	1.26E+04	1.12E+02	17.841	0.056
29	1.33E+04	1.16E+02	18.374	0.054
30	1.47E+04	1.21E+02	19.289	0.052
31	1.80E+04	1.34E+02	21.369	0.047
32	2.02E+04	1.44E+02	22.893	0.044
33	2.38E+04	1.54E+02	24.411	0.041
34	2.39E+04	1.55E+02	24.618	0.041
35	2.41E+04	1.55E+02	24.690	0.041
36	2.48E+04	1.57E+02	25.058	0.040
37	2.69E+04	1.65E+02	25.947	0.039
38	2.97E+04	1.72E+02	27.413	0.036
39	3.00E+04	1.75E+02	27.853	0.036
40	3.68E+04	1.92E+02	30.532	0.033
41	4.28E+04	2.08E+02	32.704	0.031
42	4.28E+04	2.07E+02	32.908	0.030
43	4.67E+04	2.16E+02	34.393	0.029
44	4.70E+04	2.17E+02	34.590	0.029
45	4.92E+04	2.22E+02	35.309	0.028
46	5.59E+04	2.36E+02	37.619	0.027
47	5.61E+04	2.37E+02	37.699	0.027
48	5.81E+04	2.41E+02	38.375	0.026
49	5.86E+04	2.42E+02	38.914	0.026
50	7.00E+04	2.69E+02	42.100	0.024
51	7.07E+04	2.69E+02	42.399	0.024

~1543~
0732

4. 실험스펙트럼 및 모드별 질량가중도

4.1 실험스펙트럼

o 감쇠율 5% 가정

o 표준화된 응답스펙트럼(도로표준준시방식) 사용

주 기	가 속 도 비 (X - Dir)	가 속 도 비 (Y - Dir)	비 고
0.30	2.50	2.50	
0.50	1.87	1.87	
0.80	1.53	1.53	
1.00	1.39	1.39	
1.30	1.21	1.21	
1.50	1.11	1.11	
1.80	0.98	0.98	
2.00	0.90	0.90	
2.30	0.81	0.81	
2.50	0.75	0.75	
2.80	0.67	0.67	
3.00	0.62	0.62	

(가속도비 : 스펙트럼가속도 / 최대지반가속도)

~1555~
0744

MODE NUMBER	EIGENVALUE (RAD/SEC) ²	CIRCULAR FREQ (RAD/SEC)	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SEC)
52	7.24E+04	2.68E+02	47.827	0.021
53	8.59E+04	2.93E+02	46.639	0.021
54	9.20E+04	3.03E+02	48.293	0.021
55	9.32E+04	3.06E+02	49.110	0.020
56	9.75E+04	3.19E+02	49.707	0.020
57	9.83E+04	3.19E+02	49.953	0.020
58	9.86E+04	3.19E+02	49.984	0.020
59	9.86E+04	3.14E+02	49.978	0.020
60	1.05E+05	3.24E+02	51.501	0.019
61	1.06E+05	3.26E+02	51.594	0.019
62	1.10E+05	3.41E+02	54.249	0.018
63	1.20E+05	3.47E+02	55.233	0.018
64	1.29E+05	3.59E+02	57.172	0.017
65	1.41E+05	3.76E+02	59.842	0.017
66	1.55E+05	3.94E+02	62.666	0.016
67	1.56E+05	3.95E+02	62.629	0.016
68	1.65E+05	4.06E+02	64.679	0.015
69	1.74E+05	4.18E+02	66.463	0.015
70	1.81E+05	4.25E+02	67.666	0.015
71	1.82E+05	4.27E+02	67.922	0.015
72	1.83E+05	4.30E+02	68.402	0.015
73	1.87E+05	4.39E+02	68.782	0.015
74	1.89E+05	4.34E+02	69.140	0.014
75	1.95E+05	4.42E+02	70.315	0.014
76	2.26E+05	4.73E+02	75.632	0.013
77	2.40E+05	4.90E+02	77.988	0.013
78	2.43E+05	4.92E+02	78.765	0.013
79	2.62E+05	5.15E+02	82.013	0.012
80	2.76E+05	5.23E+02	83.548	0.012
81	2.79E+05	5.28E+02	84.058	0.012
82	3.03E+05	5.52E+02	87.851	0.011
83	3.06E+05	5.53E+02	88.083	0.011
84	3.17E+05	5.63E+02	89.631	0.011
85	3.20E+05	5.71E+02	90.816	0.011
86	3.41E+05	5.84E+02	92.878	0.011
87	3.44E+05	5.87E+02	93.387	0.011
88	3.45E+05	5.87E+02	93.493	0.011
89	3.48E+05	5.90E+02	93.926	0.011
90	3.73E+05	6.12E+02	97.459	0.010
91	3.76E+05	6.15E+02	97.885	0.010
92	3.79E+05	6.15E+02	97.922	0.010
93	3.80E+05	6.14E+02	99.328	0.010
94	4.03E+05	6.45E+02	105.777	0.009
95	4.03E+05	6.45E+02	110.555	0.009
96	5.03E+05	7.09E+02	112.895	0.009
97	5.07E+05	7.38E+02	117.085	0.008
98	6.22E+05	7.89E+02	125.538	0.008
99	6.91E+05	8.31E+02	132.279	0.008
100	7.31E+05	8.64E+02	136.917	0.007

0733

4.2 모드별 질량가중도(Modal Participating Mass)

MODE	X-DIR	Y-DIR	Z-DIR	X-SUM	Y-SUM	Z-SUM
1	27.440	0.000	0.000	27.440	0.000	0.000
2	57.532	0.000	0.000	84.972	0.000	0.000
3	0.000	58.055	0.000	84.972	58.055	0.000
4	0.000	3.491	0.000	84.972	61.746	0.000
5	0.000	0.000	0.005	84.972	61.746	0.005
6	0.000	20.917	0.000	84.972	82.663	0.005
7	2.907	0.000	0.000	87.879	82.663	0.005
8	0.000	0.000	3.462	87.879	82.663	3.467
9	0.000	0.000	19.693	87.879	82.663	22.160
10	0.000	0.000	9.600	87.879	82.663	32.760
11	0.000	1.897	0.000	87.879	84.530	32.760
12	0.000	0.000	32.082	87.879	84.530	64.842
13	0.000	2.787	0.000	87.879	87.317	64.842
14	3.231	0.000	0.000	91.110	87.317	64.842
15	0.000	0.000	0.000	91.110	87.317	64.842
16	0.008	0.000	0.000	91.118	87.317	64.842
17	0.000	0.000	1.169	91.118	87.317	66.011
18	0.000	0.532	0.000	91.118	87.848	66.011
19	0.000	0.000	0.086	91.118	87.848	66.107
20	0.000	0.527	0.000	91.118	88.376	66.107
21	0.000	0.000	0.021	91.118	88.376	66.128
22	0.000	0.000	0.000	91.118	88.376	66.128
23	0.000	0.000	11.528	91.118	88.376	77.656
24	0.000	0.000	0.000	91.518	88.376	77.656
25	0.000	0.651	0.000	91.518	89.026	77.656
26	0.011	0.000	0.000	91.529	89.026	77.656
27	0.000	0.000	1.294	91.529	89.026	78.951
28	0.000	0.000	1.230	91.529	89.026	80.240
29	0.000	0.482	0.000	91.529	89.508	80.240
30	0.000	0.000	2.757	91.529	89.508	82.998
31	0.000	0.000	5.778	91.529	89.508	88.776
32	0.000	0.486	0.000	91.529	89.994	88.776
33	0.000	0.000	0.000	91.529	89.994	88.776
34	0.057	0.000	0.000	91.586	89.994	88.776
35	0.014	0.000	0.000	91.600	89.994	88.776
36	0.000	0.000	0.671	91.600	89.994	89.445
37	0.000	0.000	0.199	91.600	90.194	89.645
38	0.000	0.000	0.000	91.966	90.194	89.645
39	0.000	0.000	0.776	91.966	90.194	90.791
40	0.000	0.000	0.018	91.966	90.194	90.791
41	0.000	0.000	0.000	92.446	90.194	90.791
42	0.480	0.000	0.000	92.446	90.338	90.791
43	0.000	0.141	0.000	92.511	90.338	90.791
44	0.064	0.000	0.000	92.511	90.338	90.791
45	0.000	0.000	1.292	92.511	90.338	92.076
46	0.000	0.000	0.000	92.511	90.493	92.076
47	0.000	0.155	0.000	92.511	90.978	92.076
48	0.000	0.486	0.000	92.511	90.978	92.076
49	0.000	0.000	0.001	92.511	90.978	92.167

0745

5. 방법별 해석에 의한 탄성력 및 탄성변위

5.1 교축방향해석

1) 탄성력

구분		1-2 PLANE		1-3 PLANE		P (ton)	비고 (절점)
		S (ton)	M (t-m)	S (ton)	M (t-m)		
ABUT 1	교각상단	0	0.00	0.00	0.00	23.87	절점-1
	저판상단	-	-	-	-	-	-
	저판하단	-	-	-	-	-	-
PIER 1	교각상단	62.24	0.00	0.01	0.00	0.02	절점-32
	저판상단	103.37	741.74	0.01	0.02	0.02	절점-35
	저판하단	103.37	997.12	0.01	0.04	0.02	절점-36
PIER 2	교각상단	912.75	0.00	0.00	0.00	0.01	절점-37
	저판상단	933.17	10283.63	0.01	0.01	0.01	절점-40
	저판하단	933.17	12615.73	0.01	0.02	0.01	절점-41
PIER 3	교각상단	40.70	0.00	0.01	0.00	0.02	절점-42
	저판상단	80.42	1063.43	0.01	0.04	0.02	절점-45
	저판하단	80.42	1263.29	0.01	0.06	0.02	절점-46
PIER 4	교각상단	275.64	0.00	0.01	0.00	0.02	절점-47
	저판상단	288.20	4979.54	0.01	0.01	0.02	절점-50
	저판하단	288.20	4979.54	0.01	0.03	0.02	절점-51
ABUT 2	교각상단	0.00	0.00	0.00	0.00	11.35	절점-31
	저판하단	-	-	-	-	-	-

2) 탄성변위 (교각상단기준)

구분	변위 (cm)		비고
	X-Dir	Y-Dir	
ABUT 1	6.13	0.00	
PIER 1	6.10	5.75E-9	
PIER 2	6.00	6.18E-9	
PIER 3	14.52	8.65E-9	
PIER 4	14.50	14.50E-8	
ABUT 2	14.52	0.00	

0747

5.2 교축직각방향해석

1) 탄성력

구분		1-2 PLANE		1-3 PLANE		P (ton)	비고 (절점)
		S (ton)	M (t-m)	S (ton)	M (t-m)		
ABUT 1	교각상단	0	0.00	138.28	0.00	0.02	절점-1
	저판상단	-	-	-	-	-	-
	저판하단	-	-	-	-	-	-
PIER 1	교각상단	0.00	0.00	345.88	377.10	0.02	절점-32
	저판상단	0.01	0.01	363.24	2912.58	0.03	절점-35
	저판하단	0.01	0.04	363.24	3815.86	0.03	절점-36
PIER 2	교각상단	0.01	0.00	415.02	179.68	0.05	절점-37
	저판상단	0.02	0.02	431.97	4705.02	0.05	절점-40
	저판하단	0.02	0.06	431.97	5783.66	0.05	절점-41
PIER 3	교각상단	0.01	0.00	330.79	455.09	0.03	절점-42
	저판상단	0.01	0.02	365.71	4771.66	0.03	절점-45
	저판하단	0.01	0.04	365.71	5684.68	0.03	절점-46
PIER 4	교각상단	0.01	0.00	119.92	355.29	0.01	절점-47
	저판상단	0.01	0.01	141.49	2096.04	0.02	절점-50
	저판하단	0.01	0.04	141.49	2418.44	0.02	절점-51
ABUT 2	교각상단	0.03	0.00	164.84	0.00	0.01	절점-31
	저판하단	-	-	-	-	-	-

2) 탄성변위 (교각상단기준)

구분	변위 (cm)		비고
	X-Dir	Y-Dir	
ABUT 1	1.88E-8	0.00	
PIER 1	1.27E-8	0.89	
PIER 2	1.24E-8	2.46	
PIER 3	4.48E-8	5.99	
PIER 4	1.26E-8	5.25	
ABUT 2	4.54E-8	0.00	

-1559-

0748

6. 직교지진력의 조합

1) 하중경우

o LC 1 = 1.0 × EQ long + 0.3 × EQ trans

0

o LC 2 = 0.3 × EQ long + 1.0 × EQ trans

2) 직교지진력의 조합 (교각상단기준)

구분	Load Case	1-2 PLANE		1-3 PLANE		P (ton)	비고 (절점)
		S (ton)	M (t-m)	S (ton)	M (t-m)		
PIER 1	LC 1	62.24	0.00	103.77	113.13	0.03	
	LC 2	18.67	0.00	345.88	377.10	0.03	
PIER 2	LC 1	912.75	0.00	124.51	53.90	0.03	
	LC 2	273.84	0.00	415.02	179.68	0.05	
PIER 3	LC 1	40.70	0.00	99.25	136.53	0.03	
	LC 2	12.22	0.00	330.79	455.09	0.04	
PIER 4	LC 1	275.64	0.00	35.99	106.59	0.02	
	LC 2	82.70	0.00	119.92	355.29	0.02	

※ 직교지진력은 교각제안에 적용할 경우 시방서 규정에 적합한 응답수정계수(R)에

의한 보정이 필요하다

0749

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	
유 지 관 리 자 료	◇ 정밀안전점검 및 정밀안전진단 보고서	◇ 공사중 및 준공후 21년간 공용하면서 안전성에 문제가 없는 양호한 상태로 검토됨 ◇ 일부 기발생된 손상에 대하여 보수가 필요한 상태임	◇ 기존점검시 발생한 손상의 진행유무, 신규손상 발생유무 확인 및 내구성 비교 등의 점검을 수행하여야 함. ◇ 구조계산서 등을 검토한 결과 내진설계가 적용된 것으로 확인되었으나 준공후 내진성능평가가 미 실시되어 금회 내진성능평가를 수행하여야 함.
	◇ 보수·보강 이력	◇ 보수 및 보강 이력은 관리주체에 제공받아 검토하였으며 대체로 내구성 저하방지를 위한 보수가 실시됨	