

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.

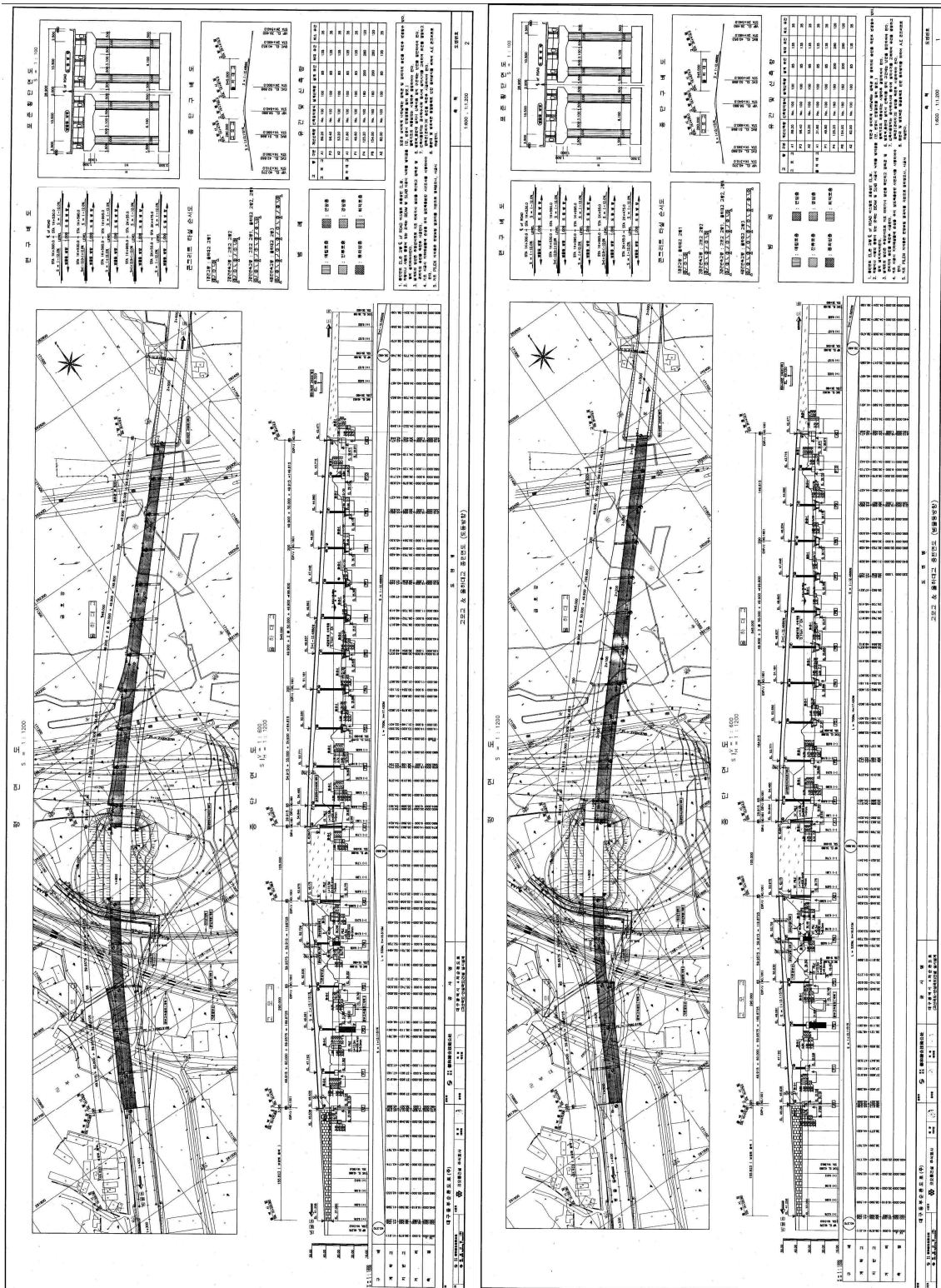
<표 2.1> 자료조사 목록

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

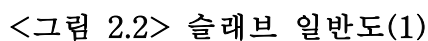
2.2 설계도면 및 구조계산서 검토

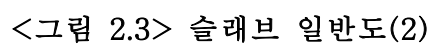
대상 교량의 준공도면과 구조계산서를 확인한 결과는 다음과 같다.

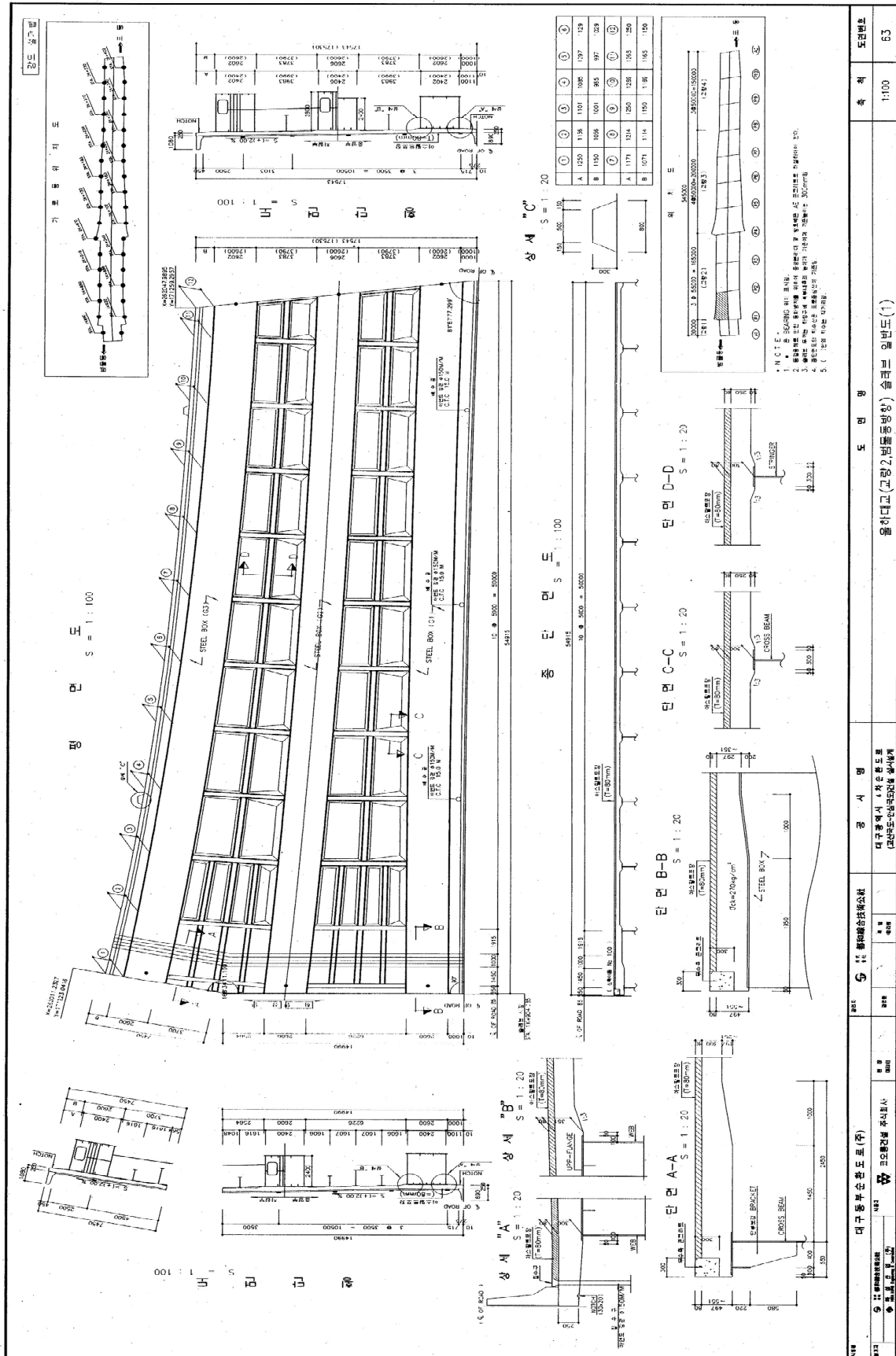
2.2.1 주요 설계도면



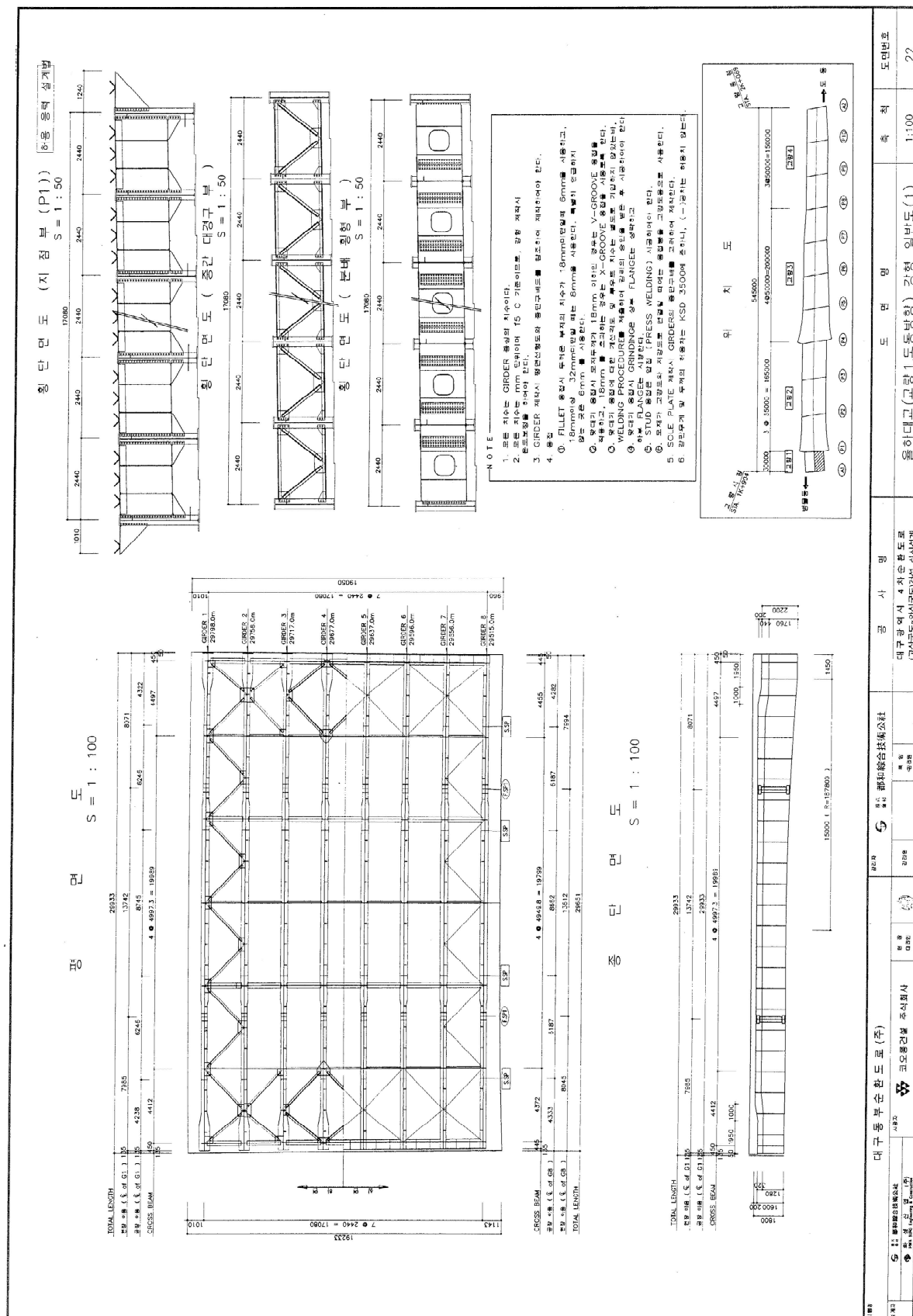
<그림 2.1> 종 · 평면도



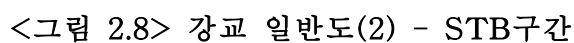


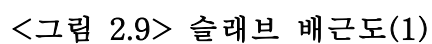


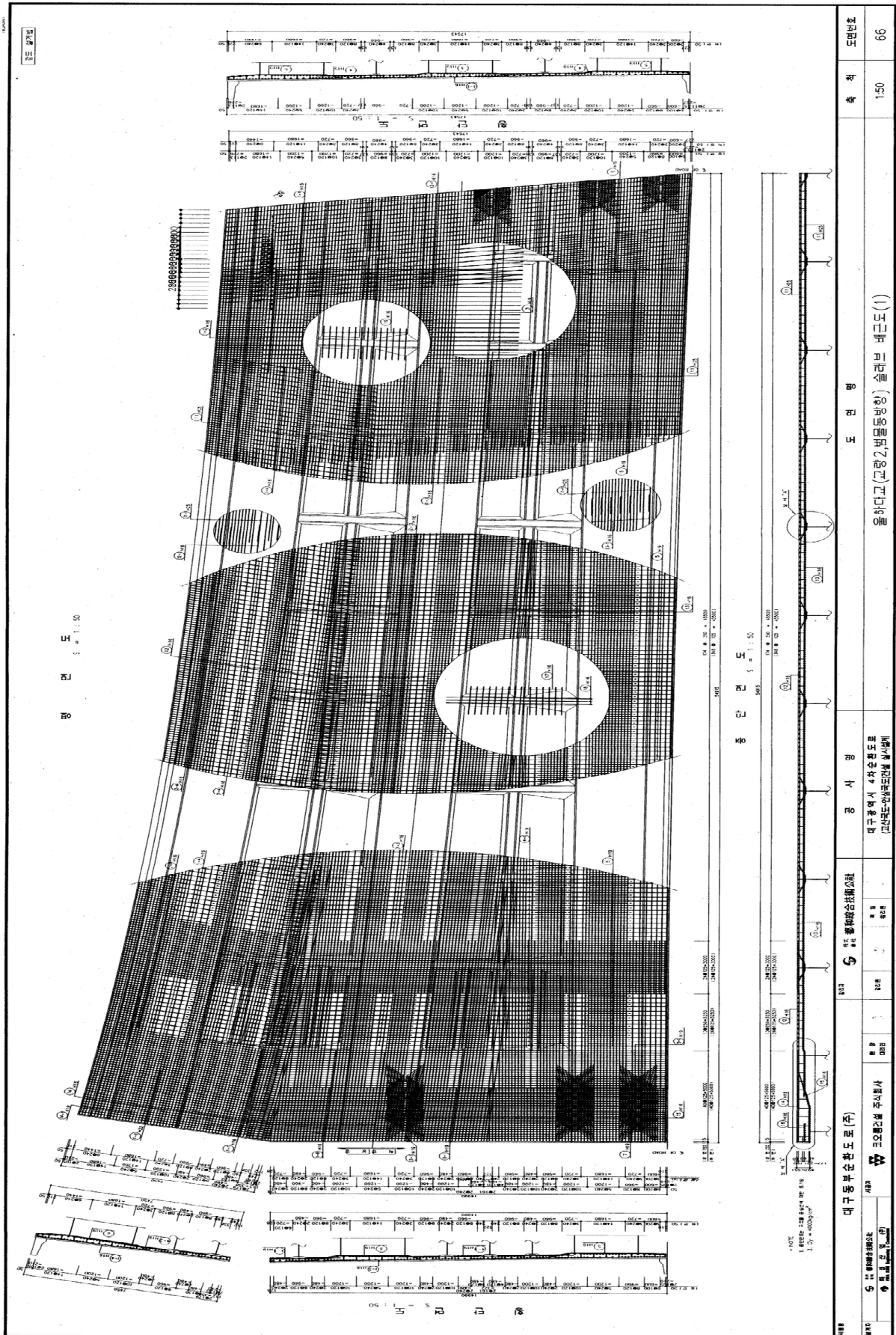
<그림 2.4> 슬래브 일반도(3)



<그림 2.7> 강교 일반도(1) - SPG구간



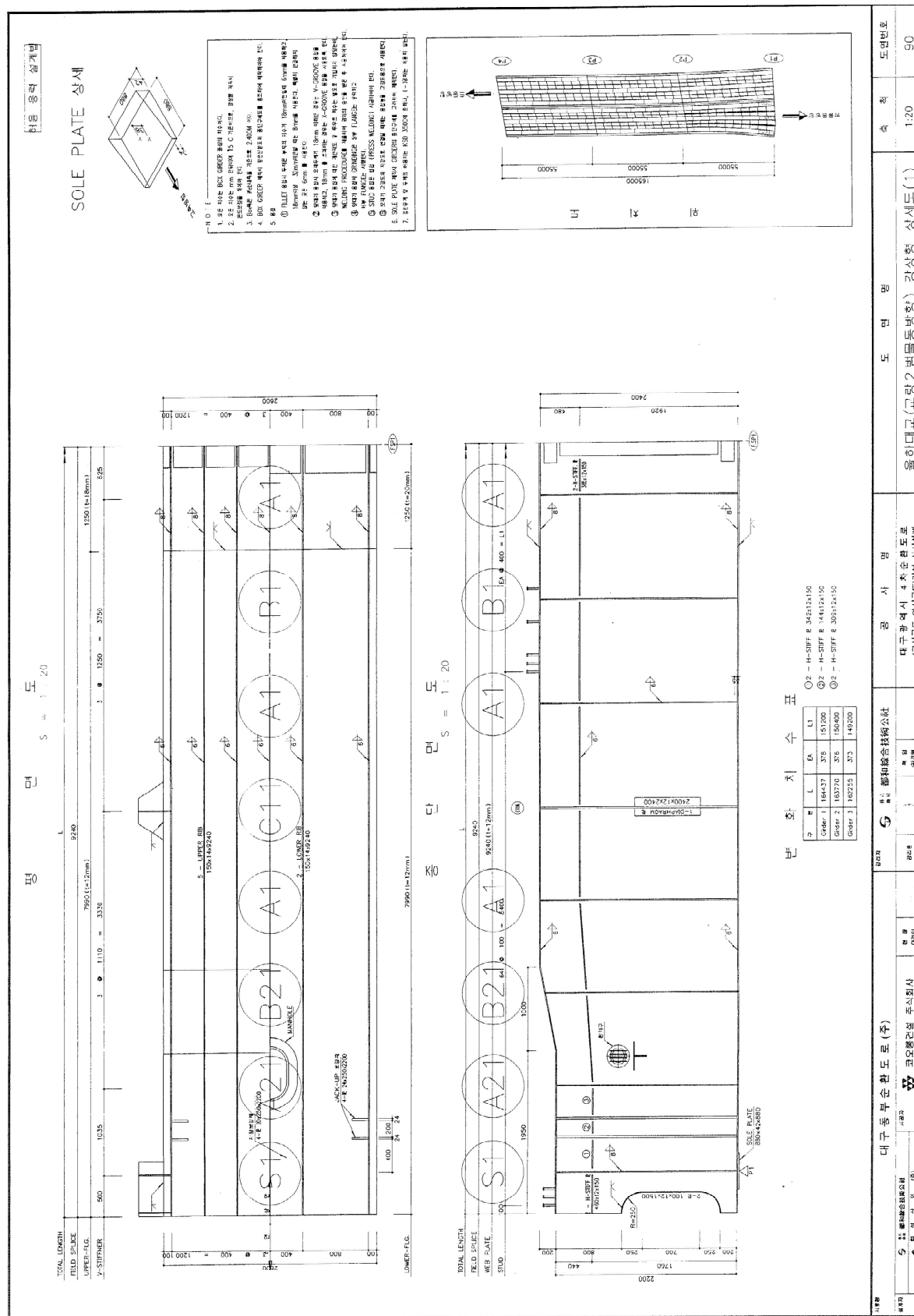




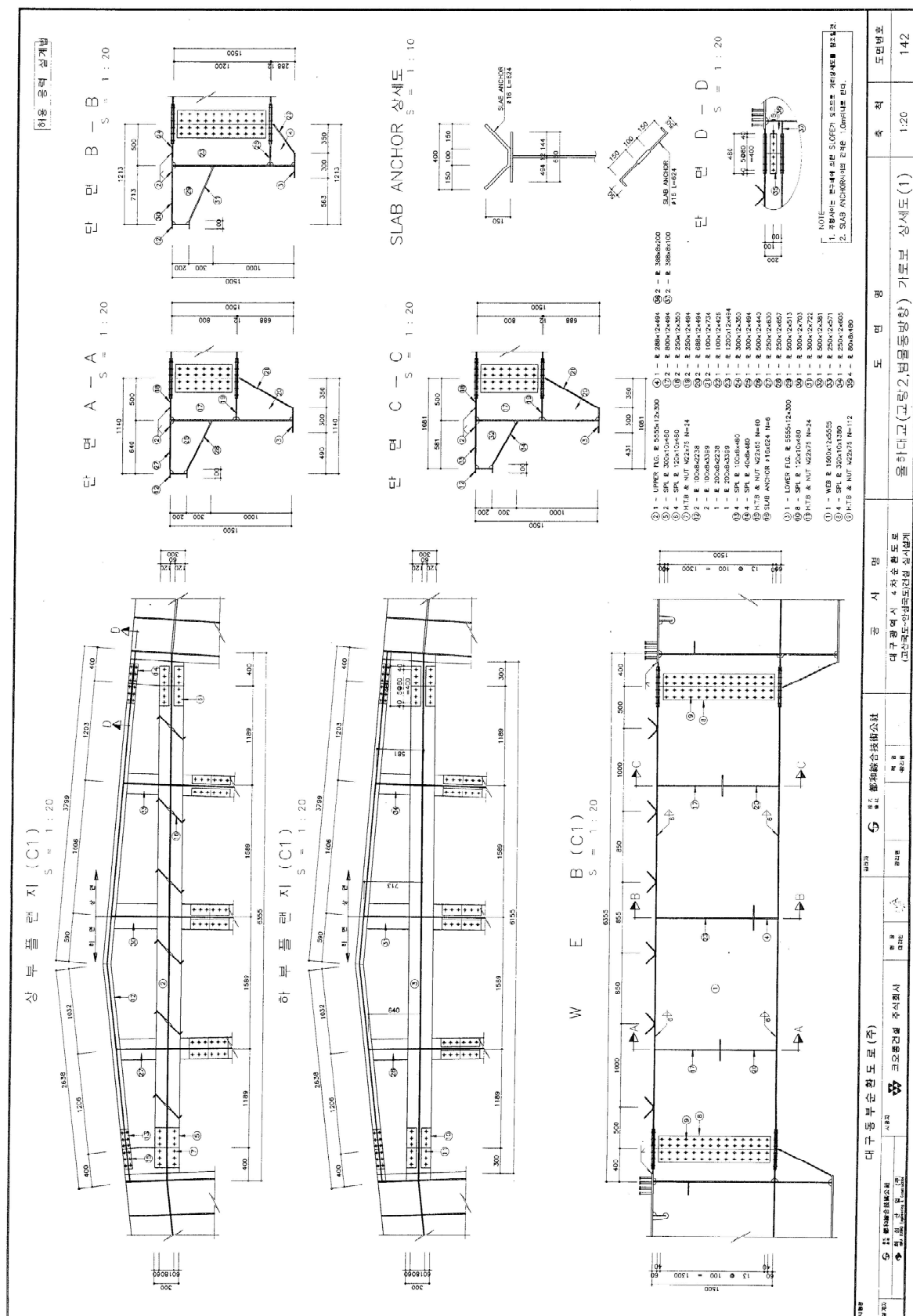
<그림 2.10> 슬라브 배근도(2)

[illegible]

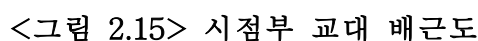
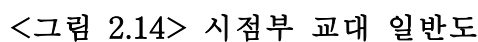
<그림 2.11> 강교 상세도(1) - SPG구간

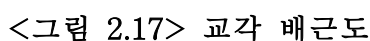
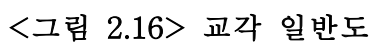


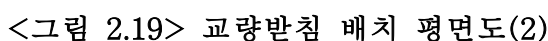
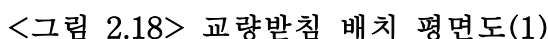
<그림 2.12> 강교 상세도(2) - STB구간

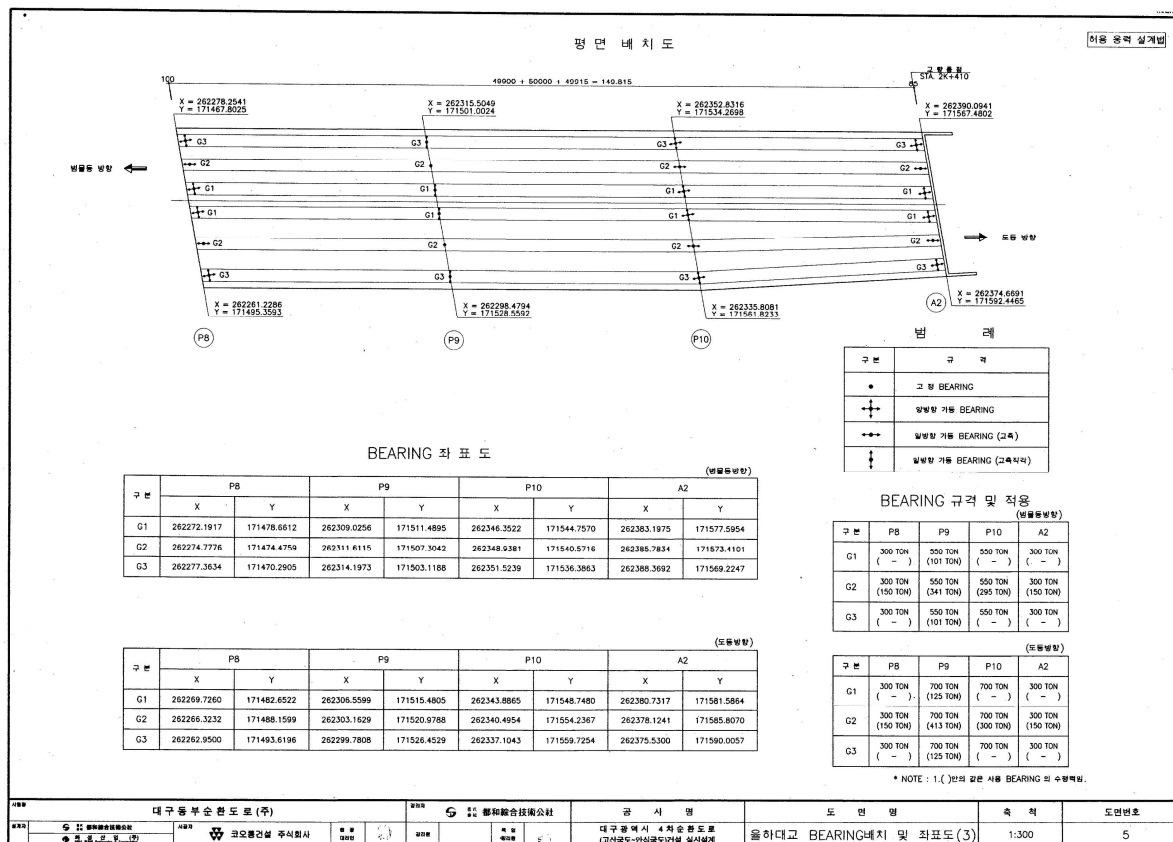


<그림 2.13> 강상형 CROSS BEAM 상세도

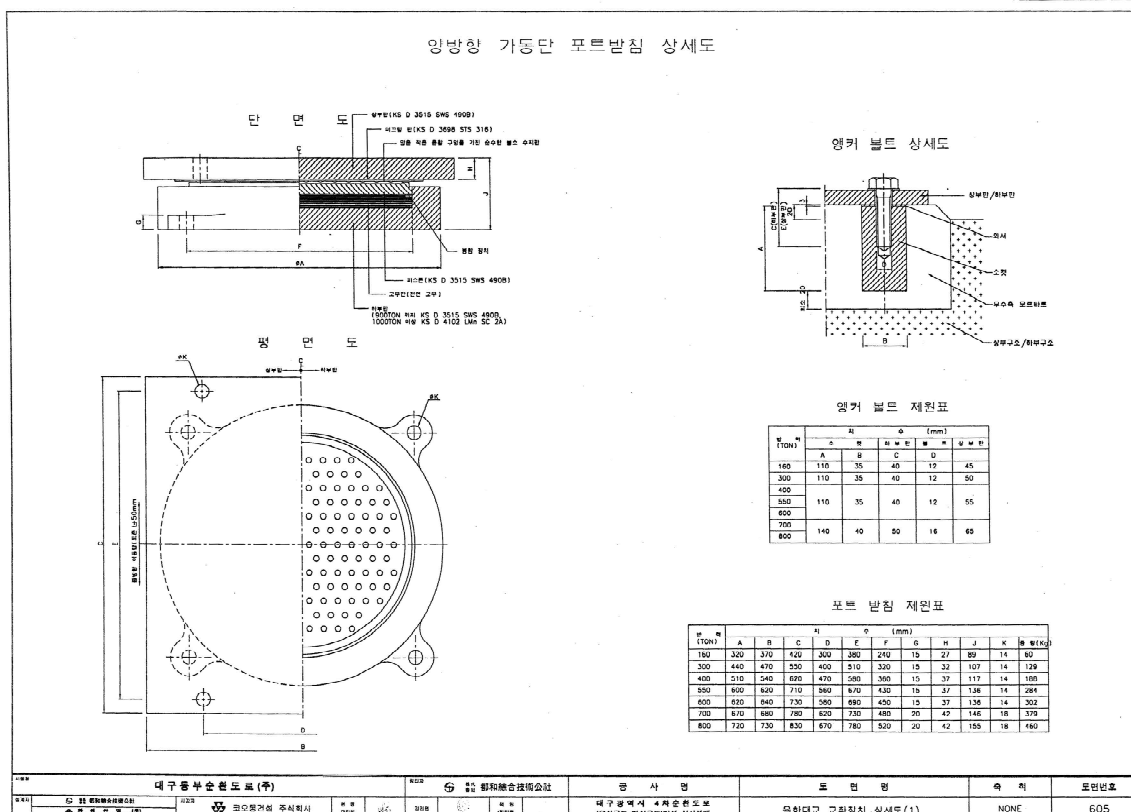




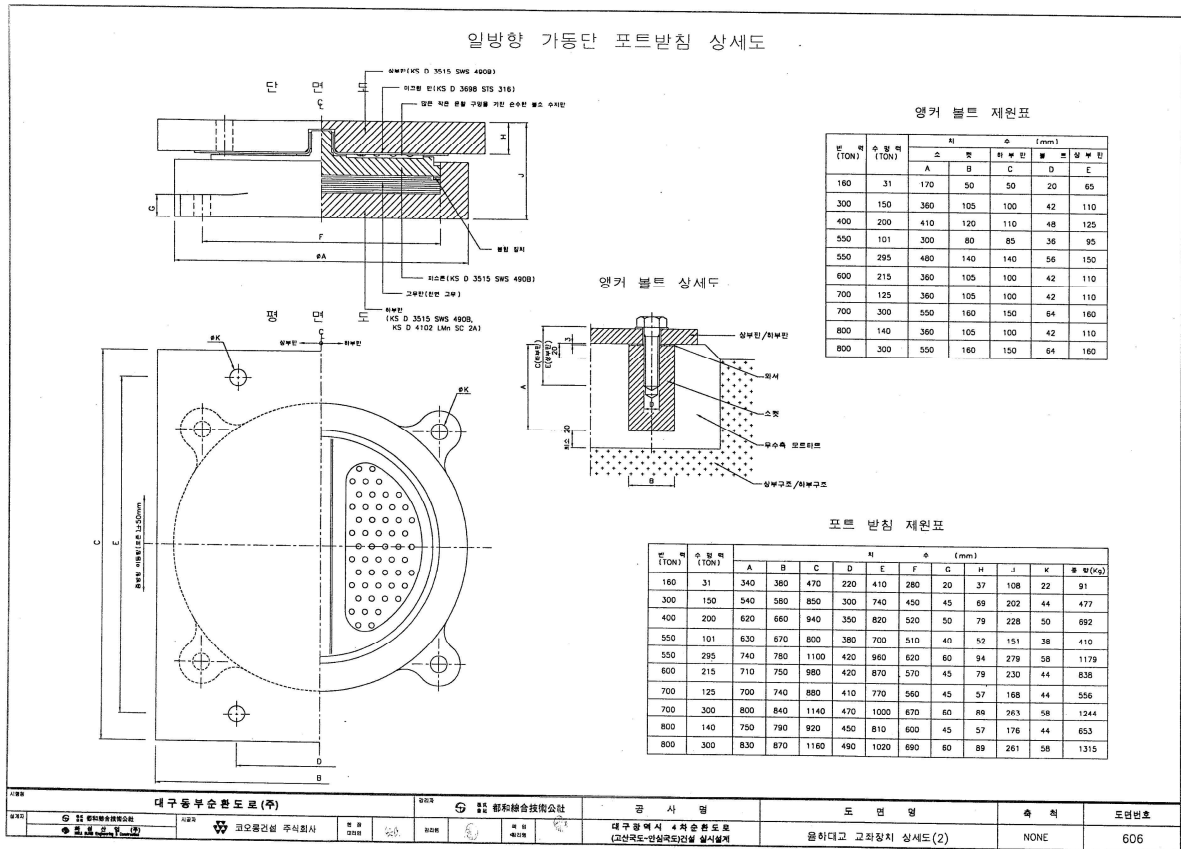




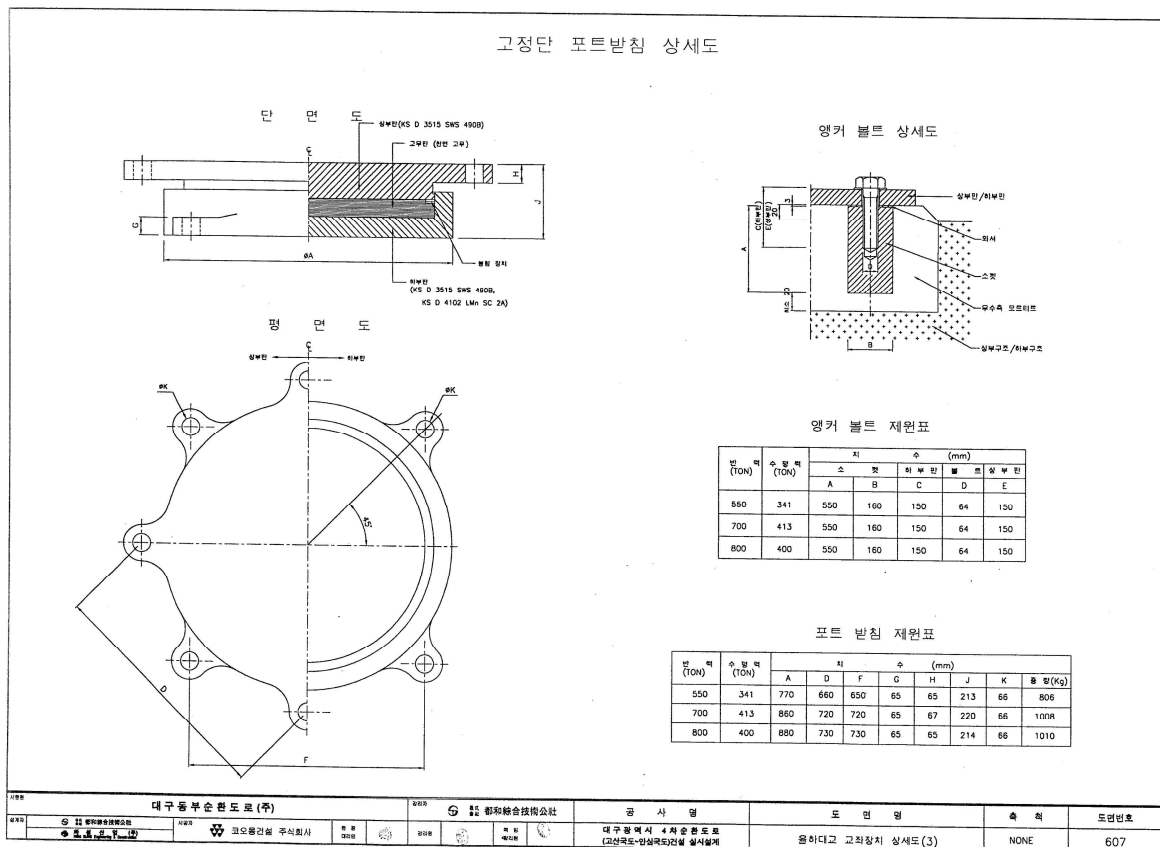
<그림 2.20> 교량받침 배치 평면도(3)



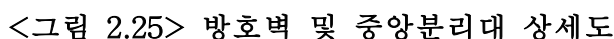
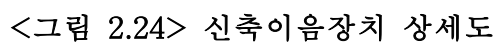
<그림 2.21> 교량받침 상세도(1)

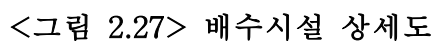
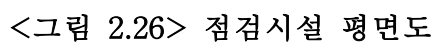


<그림 2.22> 교량받침 상세도(2)



<그림 2.23> 교량받침 상세도(3)





2.2.2 구조계산서

가) 설계기준

1.1.3 설계기준

1) 교량형식 : STEEL BOX GIRDER 교

2) 적간구성 : $L = 50 + 2 \times 60 = 170 \text{ m}$

3) 교량등급 : 1등급 (DB-24, M-24)

4) 하 중 :

i) 사하중

o 철근콘크리트 : $W_c = 2.5 \text{ ton/m}^3$

o 강 제 : $W_s = 7.85 \text{ ton/m}^3$

o Ascon : $W_s = 2.3 \text{ ton/m}^3$

ii) 활하중

o DB-24, DL-24

o 충격계수 : $I = \frac{15}{40 + L} \leq 0.3$

6) 사용재료

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

ii) 철근(SD40) : $\sigma_y = 4,000 \text{ kg/cm}^2$

iii) 강재

o 주부재 : SWS 490 사용(상하 Flange, Web, 종RIB, 수평보강재, 주부재 연결판)

o 부부재 : SWS 400 사용(주부재를 제외한 부재)

- 허용 인장응력

강종	SWS 400	SWS 490
인장응력	1,400 kg/cm ²	1,900 kg/cm ²

- 2 -

0280

- 허용 휨 압축응력 (kg/cm²)

강종	SWS 400 SMA 41	SWS 490
입축 플랜지가 치점 콘크리트 바닥판에 고정되 어 있는 경우 상 자, π , 파이프 단면의 경우	1,400	1,900
상 기 의 경 우	$\frac{A_w}{A_c} < 2$ $(a) \frac{\ell}{b} \leq 4.5 : 1,400$ $(b) 4.5 < \frac{\ell}{b} \leq 30$ $1,400$ $-24\left(\frac{\ell}{b} - 4.5\right)$	$(a) \frac{\ell}{b} \leq 4.0 : 1,900$ $(b) 4.0 < \frac{\ell}{b} \leq 30$ $1,900$ $-38\left(\frac{\ell}{b} - 4.0\right)$
	$\frac{A_w}{A_c} > 2$ $(a) \frac{\ell}{b} \leq \frac{9}{k} : 1,400$ $(b) \frac{9}{k} < \frac{\ell}{b} \leq 30$ $1,400$ $-12\left(\frac{\ell}{b} - 9\right)$	$(a) \frac{\ell}{b} \leq \frac{8}{k} : 1,900$ $(b) \frac{8}{k} < \frac{\ell}{b} \leq 30$ $1,900$ $-19\left(\frac{\ell}{b} - 8.0\right)$

여기서,

A_w : 복판의 총단면적(cm²)

A_c : 압축플랜지의 총단면적(cm²)

ℓ : 압축플랜지의 고정점간의 거리(cm)

b : 압축플랜지의 폭(cm)

- 3 -

0290

- 허용 전단응력

강종	SWS 400	SWS 490
인장응력	800 kg/cm ²	1,100 kg/cm ²

iv) 고정력 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 : 허용응력

8) 참고문헌

i) 도로교 표준 시방서 건설교통부

ii) 콘크리트 표준 시방서 건설교통부

III) 철근콘크리트 설계편람 건설교통부

- 4 -

0291

1.1.4 사용재료

가. 콘크리트

종류	골재(mm)최대치수	기준강도(kg/cm ²)	적용구분
1종	25	$\sigma_{ck} = 270$	주형교량 SLAB (ST.BOX교)
2종	25	$\sigma_{ck} = 240$	하부구조(교각, 교대, 기초, 날개벽), 접속슬라브
수중콘크리트	25	$\sigma_{ck} = 240$	현장타설 말뚝
3종	40	$\sigma_{ck} = 210$	MASS 콘크리트, 중력식 옹벽
5종	40	$\sigma_{ck} = 135$	면교로기 콘크리트

주 : 원장여건 및 사용장비에 따라 최대치수는 변경될 수 있다.

나. 철근

KS D 3504에 적합한 재료를 기준으로 한다.

종류	항복강도(kg/cm ²)	허용응력(kg/cm ²)	적용구분
SD 40	$\sigma_y = 4000$	$\sigma_{sa} = 1800$	일반적인 부재 (SLAB교, 라멘교)
		$\sigma_{sa} = 1600$	바닥판 및 지간이 10m 이하의 슬래브교, 수중 혹은 지하수위이하에 설치되는 구조물
SD 30	$\sigma_y = 3000$	$\sigma_{sa} = 1500$	$\sigma_{ck} = 270 \text{ kg/cm}^2$ 이상일 때 사용
		$\sigma_{ck} = 240 \text{ kg/cm}^2$ 이하일 때 사용	

다. 강재

1) 일반강재

· 주부재 : SWS 490 (상하플랜지, 복판, 종 RIB, 주부재 연결판, 수평보강재, 저점보강재)

· 부부재 : SWS 400을 기준으로 한다. (주부재를 제외한 모든 부재)

- 5 -

0292

라. 주요재료 물리상수

1) 콘크리트

· 탄성계수: $E_c = 4,270 \text{ W}^{1/3} \sqrt{f_{ck}} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ 에 준하여 다음값을 사용해도 좋다.

(kg/cm ²)				
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) (재령28일 기준)

· 건조수축계수: 20×10^{-5} (재령 28일 기준)

2) 철근

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

3) 강재

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

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

- 6 -

0293

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 파업에서는 강간에 따라 2.0m로 설계하였다.

2) 주형폭

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

3) 두께

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

4) 용접

· 플랜지 및 복부판의 용접을 T가 18mm 이상이면 X용접 T가 18mm 보다 적으면 V형 용접을 사용하였다.
· STEEL BOX 종횡리브의 교차점을 부재연결을 인장부는 용접을 하지 않고 압축부는 용접한다.
· 수직보강재 부착방법은 도로교 시방서 P203에 따른다.
· BUTT 용접시 인접부재와의 거리를 100 mm 이상 확보하였다.
· 단면이 다른 주요 부재의 막대기 이음에서는 두께 및 폭을 서서히 변화시켜 길이 방향의 경사가 1/5 이하가 되도록 하였다.
· 핀셋용접의 서수는 최소 6mm로 하여 용저수로 하는 것을 원칙으로 하였다.

- 8 -

0295

다. 사용재료

본 파업의 강교에 적용한 주요 사용재료는 다음과 같다.

- ① 콘크리트 : 설계 기준 강도 : $f_{ck} = 270 \text{ kg/cm}^2$
탄성계수 : $E_c = 2.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$
② 철근 : 항복강도 : $f_y = 4,000 \text{ kg/cm}^2$
탄성계수 : $E_s = 2.5 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

③ 강재

· 부주재: SWS 400 (상하부 플랜지, 복부판, 종리브, DIAPHRAGM, 아암판, SOLE PLATE, 지점보강재, 수평보강재 등)

· 부주재: 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
	$20 < 1/r \leq 93$ $1400 - 8.4 \times (1/r - 20)$	$15 < 1/r \leq 80$ $1900 - 13 \times (1/r - 15)$
	$93 < 1/r$ $\frac{12000000}{6700 + (1/r)^2}$	$80 < 1/r$ $\frac{12000000}{5000 + (1/r)^2}$

3) 허용전단응력

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

- 9 -

0296

4) 항복응력

강종	SWS 400	SWS 490
항복응력	2400 kg/cm ²	3200 kg/cm ²

5) 바닥판 콘크리트의 허용압축응력

하중의 조합		증가율 (%)	
		경의 휨모멘트를 받는 부분	부의 휨모멘트를 받는 부분
1	크리프의 영향과 건조수축의 영향을 제외한 주하중	0	0
2	주하중	15	0
3	주하중+바닥판콘크리트와 강재플보와의 온도차	30	15
4	가시설하중	25	25

마. 바닥판 설계

1) 인장력을 받는 바닥판의 배근 (도시 P241)

· 인장력을 받는 바닥판에서 콘크리트 단면을 무시하고 설계하는 경우에는 바닥판 단면의 2% 이상의 교축방향철근을 배근하여야 한다. 이 경우 교축방향 철근의 총주변장의 바닥판 콘크리트의 단면적에 대한 비, 즉 주강율은 0.045 cm/cm² 이상으로 배근하면 좋다.
· 상기 조건을 만족하기 위해 교축방향으로 H25원근을 12cm 간격으로 상·하면에 배치하였고, 중간지점을 포함한 0.3%의 범위에서 배치하도록 설계하였다.

2) 바닥판의 최소두께 (도시 P192, 구도로교 시방서 P781)

· 캔틸레버 바닥판

$$T_{min} = (8L + 23) \cdot k \quad L > 0.25$$

$$= (28L + 18) \cdot k \quad 0 < L \leq 0.25$$

- 10 -

0297

유하대교 (지점측 교대)

1. 일반단면

교대높이 9.060 m
지판폭 5.400 m
저판길이 14.440 m

2. 설계조건

* 흙의 단위중량 (γ) : 1.900 t/m³
CON'C의 단위중량 (γ_c) : 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 N지 : 10.000

* 흙과 콘크리트의 마찰각

o 상시

안정경토시 (RANKINE 토압사용) : 0.000 deg

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

o 지진시

MonoNobe Okabe 공식사용 : 0.000 deg

직접기준 - Kh = 0.5A

경사말뚝 - Kh = 1.5A

-1121-

1351

* CON'C의 설계강도 : 240.000 kg/cm²
철근의 항복강도 : 3000.000 kg/cm²
* 과세하중 : 1.000 t/m²
* 상부전달반력 : 18.796 t/M
* 활하중반력 : 13.402 t/M
* 지진시 수평력 : 2.631 t/M
* 설계 가속도계수 : 0.140
* SHOE 마찰계수 : 0.100
* 지하수위 (지관 바닥에서) : -1.000 m
* 지판 마찰계수

$$\Phi = \sqrt{(15 \times N) + 15} = 27.247 \text{ deg}$$

$$\mu = \tan(2/3\Phi) = 0.328$$

-1122-

1352

1. 설계조건

1) 교차형식 : 라멘교차

2) 내진등급 : 1등급

3) 용암수장계수 (R)

-교차선계시 : 5.0

-기초선계시 : 2.5

4) 단면저인력 (내진해석참조)

① 교축직각방향

- P2 = 307.2 t

② 교축방향

- P2 = 495.85 t

5) 사용재료

① 콘크리트 : o ck = 240 kg/cm²

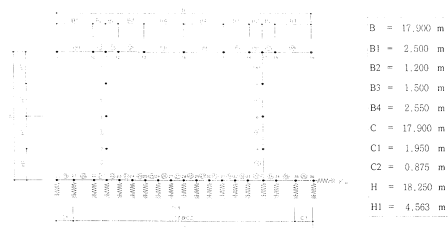
② 철근 : o y = 3000 kg/cm²

-1373-

1597

2. 교축직각방향

2.1 Modelling



2.2 단면성능 및 지반스프링계수 산정

1) 단면 성능

No	A(m ²)	I(m ⁴)	비고
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) 스프링계수산정

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

$$K_{n,s} = 1/30 \times E_n = 1/30 \times 1 \times 1120 = 37.33 \text{ kg/cm}$$

$$D_n = \sqrt{(A \times \gamma)} = \sqrt{(1796.00 \times 700)} = 1119.37 \text{ cm}$$

$$K_n = E_n \alpha (D_n/30)^{3/4} = 37.33 \times (1119 / 30)^{3/4} = 2.47 \text{ kg/cm}$$

$$K_n = K_{n,s} A = 2.47 \times (87.50 \times 700) = 151471 \text{ kg/cm}$$

$$= 15147.1 \text{ t/m}$$

$$K_{H0} = 9.9 \times 10^8 \text{ 1/m}$$

-1374-

1598

나) 구조검토 결과 요약

1) 상부구조(바닥판)

3. 바닥판의 설계

3.1 편입레버부

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 1주완하중 (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	

- 22 -

0310

1) 사하중

NO.	작 용 하 중 (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	0.056
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	0.050
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 분포도

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

중력계수

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

$$M_{H1} = Pr/E \cdot X \cdot (1 + i) = (9.6 / 1.5) \times 0.45 \times (1 + 0.3)$$

$$= 3.744 \text{ t} \cdot \text{m} / \text{m}$$

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

수평충돌력 H 가 노면상 1m 높이에 교축방향 1m 이다 적용하는 것으로 한다.

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

여기서, V : 차량의 설계속도 (km/h)

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

- 23 -

0310

4) 풍하중 (도.시 p.58 참조)

$$D = 0.300 + 0.205 + 0.175 + 0.700 + 2.400 = 3.780 \text{ m}$$

$$B = 1.250 + 1.100 + (2.400 \times 3) + (2.445 \times 2) = 14.440 \text{ m}$$

$$1 < B/D = 3.820 < 8 \text{ 이므로}$$

$$[400 - 20(B/D)] D = 1223.208 = 1.223 \text{ t/m}$$

$$P_w = 1.223 / 3.780 = 0.324 \text{ t/m}^2$$

$$H_w = 0.324 \times 1.000 = 0.324 \text{ t/m}$$

$$Y_w = 0.880 \text{ m}$$

$$M_w = 0.324 \times 0.880 = 0.285 \text{ t} \cdot \text{m} / \text{m}$$

5) 하중 조합

$$\textcircled{1} \quad M_{d1} = 1.3 M_d + 2.15 M_{H1}$$

$$= 1.3 \times 1.377 + 2.15 \times 3.744 = 9.840 \text{ t} \cdot \text{m} / \text{m}$$

$$\textcircled{2} \quad M_{d2} = 1.3 M_d + 1.3 M_{H1} + 1.3 M_H$$

$$= 1.3 \times 1.377 + 1.3 \times 3.744 + 1.3 \times 1.583 = 8.715 \text{ t} \cdot \text{m} / \text{m}$$

$$\textcircled{3} \quad M_{d3} = 1.3 M_d + 1.3 M_{H1} + 1.3 M_H$$

$$= 1.3 \times 1.377 + 1.3 \times 3.744 + 1.3 \times 0.285 = 7.028 \text{ t} \cdot \text{m} / \text{m}$$

6) 바닥판의 최소 진두께 (도.시 p.192)

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

- 24 -

0311

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 = 0.500 m	L4 = 0.125 m	트럭의 1주완하중 (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	

- 25 -

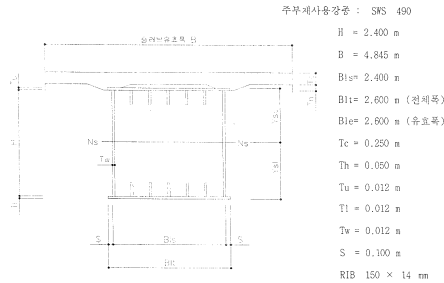
0312

2) 상부구조

4.2 주형 단면 성능 계산 (단면의 산정시)

1) SECTION TYPE 1

① 내측 거더



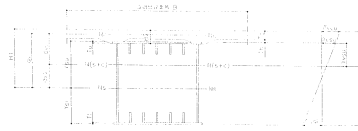
단면세원

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	280.0	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	1328906.3	1968.8
2 - WEB	1.2	240.0	576.00	0.00	0.0	0.0	2764800.0
2 - LOWER RIB	1.4	15.0	42.00	112.50	-4725.0	531562.5	787.5
1 - LOWER FLANGE	280.0	1.2	312.00	120.60	-37627.2	4537840.3	37.4
강단면 합계			1347.00		7087.5	10936149.4	2767631.1
1 - RC SLAB	484.5	25.0	12112.50	137.50	1665468.8	229001960.0	630859.4

* $As = 1347.00 \text{ cm}^2$, $Ac = 12112.50 \text{ cm}^2$

- 34 -

0321



(1) 합성전

$$\begin{aligned}
 Is' &= As \cdot Y^2 + \sum Is = 10936149.4 + 2767631.10 = 13703780.500 \text{ cm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / As = 7087.5 / 1347.00 = 5.262 \text{ cm} \\
 Is &= Is' - As \cdot \delta s^2 = 13703780.500 - 1347.00 \times 27.689 = 13666483.417 \text{ cm}^4 \\
 Ysu &= H/2 + Tu - \delta s = 240.0 / 2 + 1.2 - 5.262 = 115.938 \text{ cm} \\
 Ysl &= H/2 + Tl + \delta s = 240.0 / 2 + 1.2 + 5.262 = 126.462 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

(2) 합성후

$$\begin{aligned}
 Av &= As + Ac/n = 2861.063 \text{ cm}^2 \\
 Ic/n &= 78857.4 \text{ cm}^4 \\
 dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 132.238 \text{ cm} \\
 dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 62.258 \text{ cm} \\
 dvx &= dv - dvc = 69.980 \text{ cm} \\
 Yvcu &= dvc + Tc/2 = 74.758 \text{ cm} \\
 Yvcl &= Yvcu - Tc = 49.758 \text{ cm} \\
 Yvsu &= Yvcu - H/2 + Tu = 45.958 \text{ cm} \\
 Yysl &= H + Tu + Tl - Yvsu = 196.442 \text{ cm} \\
 Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvx^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 26210464.675 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

* 순수 비틀림 상수(합성전)

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

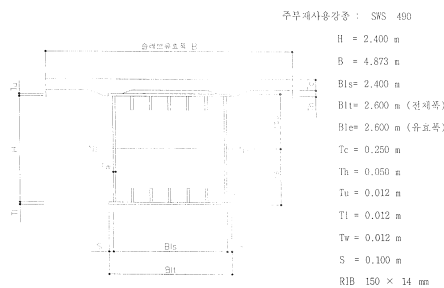
* 순수 비틀림 상수(합성후)

$$K = \frac{\frac{4 \cdot b^3 \cdot h^3}{12 \cdot t_w + t_l} \cdot \frac{4 \times (241.2)^3 \times (241.2)^2}{241.2 \cdot 1.200 + 1.200}}{241.2 \cdot 2 \times 241.2 \cdot 241.2} = 20551153 \text{ cm}^4$$

- 35 -

0322

② 외측 거더



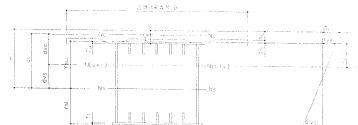
단면세원

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	280.0	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	1328906.3	1968.8
2 - WEB	1.2	240.0	576.00	0.00	0.0	0.0	2764800.0
2 - LOWER RIB	1.4	15.0	42.00	112.50	-4725.0	531562.5	787.5
1 - LOWER FLANGE	280.0	1.2	312.00	120.60	-37627.2	4537840.3	37.4
강단면 합계			1347.00		7087.5	10936149.4	2767631.1
1 - RC SLAB	487.3	25.0	12182.50	137.50	1675093.8	230325397.5	634506.2

* $As = 1347.00 \text{ cm}^2$, $Ac = 12182.50 \text{ cm}^2$

- 36 -

0323



(1) 합성전

$$\begin{aligned}
 Is' &= As \cdot Y^2 + \sum Is = 10936149.4 + 2767631.10 = 13703780.500 \text{ cm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / As = 7087.5 / 1347.00 = 5.262 \text{ cm} \\
 Is &= Is' - As \cdot \delta s^2 = 13703780.500 - 1347.00 \times 27.689 = 13666483.417 \text{ cm}^4 \\
 Ysu &= H/2 + Tu - \delta s = 240.0 / 2 + 1.2 - 5.262 = 115.938 \text{ cm} \\
 Ysl &= H/2 + Tl + \delta s = 240.0 / 2 + 1.2 + 5.262 = 126.462 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

(2) 합성후

$$\begin{aligned}
 Av &= As + Ac/n = 2869.813 \text{ cm}^2 \\
 Ic/n &= 79313.2 \text{ cm}^4 \\
 dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 132.238 \text{ cm} \\
 dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 62.068 \text{ cm} \\
 dvx &= dv - dvc = 70.170 \text{ cm} \\
 Yvcu &= dvc + Tc/2 = 74.568 \text{ cm} \\
 Yvcl &= Yvcu - Tc = 49.568 \text{ cm} \\
 Yvsu &= Yvcu - H/2 + Tu = 45.768 \text{ cm} \\
 Yysl &= H + Tu + Tl - Yvsu = 196.632 \text{ cm} \\
 Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvx^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 26244732.792 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

* 순수 비틀림 상수(합성전)

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

* 순수 비틀림 상수(합성후)

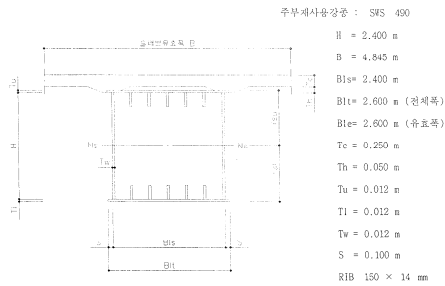
$$K = \frac{\frac{4 \cdot b^3 \cdot h^3}{12 \cdot t_w + t_l} \cdot \frac{4 \times (241.2)^3 \times (241.2)^2}{241.2 \cdot 1.200 + 1.200}}{241.2 \cdot 2 \times 241.2 \cdot 241.2} = 20551153 \text{ cm}^4$$

- 37 -

0324

2) SECTION TYPE 2

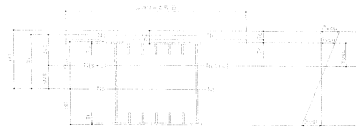
① 내측 거더



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	1328906.3	1968.8
2 - WEB	1.2	240.0	576.00	0.00	0.0	0.0	2764800.0
2 - 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
강단면 합계			1347.00		7087.5	10936149.4	2767631.1
1 - RC SLAB	484.5	25.0	12112.50	137.50	1665468.8	229001960.0	630859.4

* $As = 1347.00 \text{ cm}^2$, $Ac = 12112.50 \text{ cm}^2$

- 38 -
0325



(1) 합성 전

$$\begin{aligned}
 Is' &= As \cdot Y^2 + \sum Is = 10936149.4 + 2767631.10 = 13703780.500 \text{ cm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / As = 7087.5 / 1347.00 = 5.262 \text{ cm} \\
 Is &= Is' - As \cdot \delta s^2 = 13703780.500 - 1347.00 \times 27.689 = 13666483.417 \text{ cm}^4 \\
 Ysu &= H/2 + Tu - \delta s = 240.0 / 2 + 1.2 - 5.262 = 115.938 \text{ cm} \\
 Ysl &= H/2 + Tl + \delta s = 240.0 / 2 + 1.2 + 5.262 = 126.462 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

(2) 합성 후

$$\begin{aligned}
 Av &= As + Ac/n = 2861.063 \text{ cm}^2 \\
 Ic/n &= 78857.4 \text{ cm}^4 \\
 dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 132.238 \text{ cm} \\
 dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 62.258 \text{ cm} \\
 dvc &= dv - dvc = 69.980 \text{ cm} \\
 Yvcu &= dvc + Tc/2 = 74.758 \text{ cm} \\
 Yvcl &= Yvcu - Tc = 49.758 \text{ cm} \\
 Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 45.958 \text{ cm} \\
 Yvsl &= H + Tu + Tl - Yvsu = 196.442 \text{ cm} \\
 Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvc^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 26210464.675 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

* 순수 비틀림 상수(합성전)

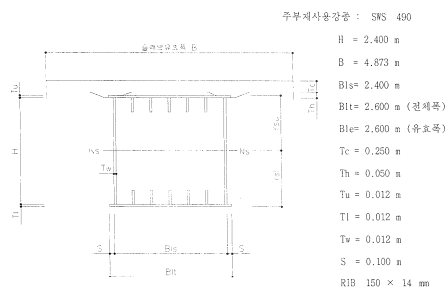
$$K = \frac{\frac{4 \cdot b^3 \cdot h^3}{12} - \frac{b}{2} \cdot h \cdot \frac{b}{2}}{tu + tw + tl} = \frac{4 \times (241.2)^3 \times (241.2)^2}{1.200 + 1.200 + 1.200} = 16838878.2 \text{ cm}^4$$

* 순수 비틀림 상수(합성후)

$$K = \frac{\frac{4 \cdot b^3 \cdot h^3}{12} - \frac{b}{2} \cdot h \cdot \frac{b}{2}}{tu + tw + tl} = \frac{4 \times (241.2)^3 \times (241.2)^2}{4.325 + 1.200 + 1.200} = 20551153 \text{ cm}^4$$

- 39 -
0326

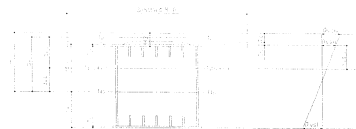
② 외측 거더



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	1328906.3	1968.8
2 - WEB	1.2	240.0	576.00	0.00	0.0	0.0	2764800.0
2 - 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
강단면 합계			1347.00		7087.5	10936149.4	2767631.1
1 - RC SLAB	487.3	25.0	12182.50	137.50	1675093.8	230325397.5	634505.2

* $As = 1347.00 \text{ cm}^2$, $Ac = 12182.50 \text{ cm}^2$

- 40 -
0327



(1) 합성 전

$$\begin{aligned}
 Is' &= As \cdot Y^2 + \sum Is = 10936149.4 + 2767631.10 = 13703780.500 \text{ cm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / As = 7087.5 / 1347.00 = 5.262 \text{ cm} \\
 Is &= Is' - As \cdot \delta s^2 = 13703780.500 - 1347.00 \times 27.689 = 13666483.417 \text{ cm}^4 \\
 Ysu &= H/2 + Tu - \delta s = 240.0 / 2 + 1.2 - 5.262 = 115.938 \text{ cm} \\
 Ysl &= H/2 + Tl + \delta s = 240.0 / 2 + 1.2 + 5.262 = 126.462 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

(2) 합성 후

$$\begin{aligned}
 Av &= As + Ac/n = 2869.813 \text{ cm}^2 \\
 Ic/n &= 79313.2 \text{ cm}^4 \\
 dv &= Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 132.238 \text{ cm} \\
 dvc &= dv \cdot As / (Ac/n + As) = 62.068 \text{ cm} \\
 dvc &= dv - dvc = 70.170 \text{ cm} \\
 Yvcu &= dvc + Tc/2 = 74.568 \text{ cm} \\
 Yvcl &= Yvcu - Tc = 49.568 \text{ cm} \\
 Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 45.768 \text{ cm} \\
 Yvsl &= H + Tu + Tl - Yvsu = 196.632 \text{ cm} \\
 Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvc^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 26244732.792 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

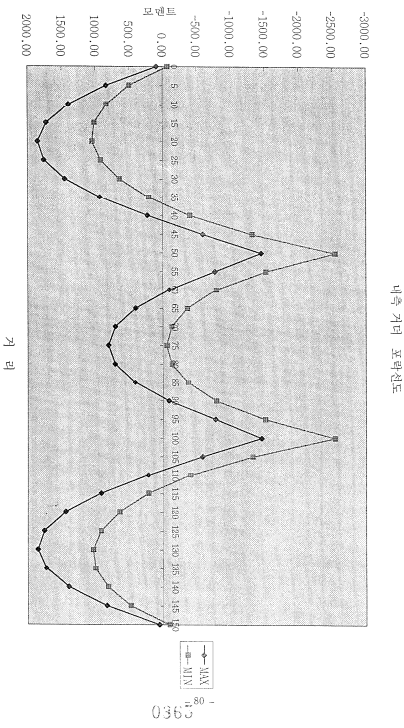
* 순수 비틀림 상수(합성전)

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

* 순수 비틀림 상수(합성후)

$$K = \frac{\frac{4 \cdot b^3 \cdot h^3}{12} - \frac{b}{2} \cdot h \cdot \frac{b}{2}}{tu + tw + tl} = \frac{4 \times (241.2)^3 \times (241.2)^2}{4.325 + 1.200 + 1.200} = 20551153 \text{ cm}^4$$

- 41 -
0328

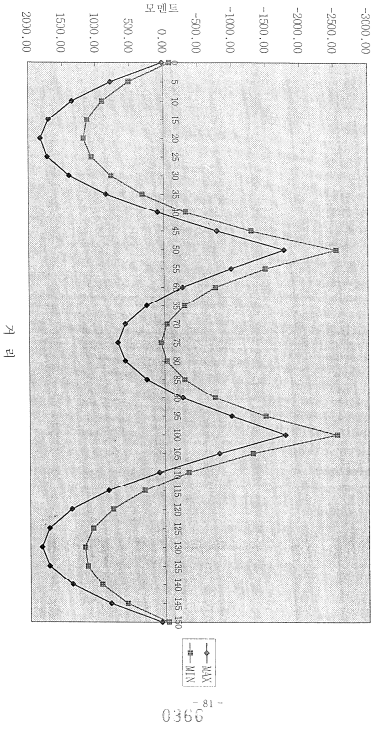


4.7.2차 모멘트 영향계수 산정

- 1) 개요
강함성형 교량에서는 사하중과 활하중에 의한 응력 이외에 건조수축, 크리프, 장-변크리프 온도차에 의한 응력이 발생된다. 한편 강함성형교가 2경간 이상의 연속교일 경우에는 건조수축, 크리프, 온도차에 의해 부정정력이 추가적으로 발생되며 이같은 하중을 2차 모멘트라고 한다.
2차 모멘트는 정정계의 모멘트인 1차 모멘트에 영향계수 k를 곱하여 구하는 방법이 일반적이며, 영향계수 k값은 구조계의 양단에 $M = 1 \text{ t.m}$ 를 작용시켜 얻어지는 휨모멘트 값을 사용하면 된다.
- 2) Modelling



구분	한 점 전			한 점 후		
	A(x)	B(x)	C(x)	A(x)	B(x)	C(x)
1	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
2	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
3	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
4	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
5	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
6	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
7	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
8	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
9	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
10	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
11	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
12	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
13	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
14	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
15	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
16	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
17	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
18	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
19	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
20	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
21	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
22	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
23	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
24	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
25	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
26	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
27	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
28	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
29	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
30	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
31	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
32	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
33	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
34	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
35	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
36	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
37	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
38	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
39	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
40	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
41	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
42	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
43	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
44	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
45	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
46	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
47	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
48	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
49	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
50	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
51	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
52	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
53	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
54	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
55	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
56	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
57	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
58	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
59	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
60	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
61	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
62	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
63	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
64	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
65	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
66	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
67	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
68	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
69	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
70	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
71	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
72	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
73	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
74	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
75	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
76	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
77	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
78	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
79	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
80	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
81	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
82	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
83	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
84	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
85	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
86	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
87	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
88	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
89	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
90	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
91	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
92	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
93	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
94	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
95	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
96	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
97	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
98	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
99	내측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921
100	외측거리	0.1347	0.1306483	0.1228114	0.1083875	0.2921



3) 하부구조

2) 단면검토

극한 모멘트 (M_u) = 16439478.000 kg·cm
 극한 전단력 (S_u) = 48002.441 kg
 단위 폭 (B) = 100.0 cm
 유효 높이 (D) = 125.0 cm
 피복 두께 (D') = 15.0 cm

*** 소요철근량 계산 ***

극한모멘트 (M_u) = 16439478.000 kg·cm
 평형모멘트 (M_b) = $0.85 \times \sigma_{ck} \times A \times B \times (D-A/2) \times 0.85$
 = 110466544.000 kg·cm

여기서 $A = K \times X$ = 71.299

$\sigma_{ck} < 280$

$K = 0.85$

$\sigma_{ck} > 280$

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

$X = 6120 \times D / (6120 + \sigma_y)$ = 83.882 cm

--- $M_u < M_b$ ---

인장철근량 (A_s) = $M_u / (\sigma_y \times (D-AC/2) \times 0.85)$ = 53.242 cm²

여기서 $A = ((0.85 \times \sigma_{ck} \times B \times D - \sqrt{D^2 - 4 \times M_u / (\sigma_{ck} \times B)}) / (0.85 \times \sigma_{ck} \times B \times D)$

$= 2 \times \sigma_{ck} \times B \times Mu) / (0.85 \times \sigma_{ck} \times B) = 7.830$ cm

단면철근비 (P) = $A_s / (B \times D)$ = 0.004

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

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

-1130-

1360

--- $P < P_{MIN}$ 인 경우 ---

균열모멘트 (M_{cr}) = $Z_c (\sigma_{cb} + N/A_c)$ = 10121396.000 kg·cm

M_{cr} : 균열모멘트

Z_c : 콘크리트부재의 단면계수

σ_{cb} : 콘크리트의 휨인장강도

설계 모멘트의 4/3 배 ($4/3 M_u$) = 21919304.000 kg·cm

균열모멘트가 설계모멘트의 4/3배 이하이므로 최소철근량 배치

최소철근량 : (1) $4/3 \times A_s$ = 70.990 cm²

(2) $14/SSY \times B \times D$ = 58.333 cm²

(3) $0.002 \times B \times D$ = 25.000 cm²

최소철근량 A_{smin} = 58.333 cm²

그러므로 A_s = 58.333 이상 사용하여야 한다.

그러므로 사용철근량 A_s = 2 - D22 @ 12.5 = 61.94 cm²

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

= 19125012.500 kg·cm

*** 전단력 검토 ***

극한전단력 S_u = 48002.441 kg

콘크리트 전단설계강도 ΦS_c = 71843.836 kg

ΦS_c = 71843.836 kg > S_u = 48002.441 kg

그러므로 STIRRUP 이 필요없다.

-1131-

1361

5. FILE 설계

1) 말뚝 설계조건

말뚝 직경 : 40.640 cm
 말뚝 두께 : 0.900 cm
 말뚝의 부식두께 : 0.200 cm
 말뚝 길이 : 15.500 m
 지상돌출부 길이 : 0.000 m
 말뚝의 열수 : 4
 말뚝의 경사 : PILE NO. 1 = 10.000 deg
 PILE NO. 2 = 0.000 deg
 PILE NO. 3 = 0.000 deg
 PILE NO. 4 = 0.000 deg

1/β 부근의 N 값 : 20

2) 말뚝의 선단 허용지지력

말뚝의 면적 = 86.953 cm²
 선단제재면적 (A) = 1271.762 cm²
 단면2차 모멘트 = 16998.213 cm⁴
 탄성계수 = 2100000.000 Kg/cm²

a) 수직 허용지지력

말뚝선단의 지지 = 40

$V_a = \frac{1}{3} \times 30 \times N \times A / 10000 = 50.870$ t (상시) /

$V_a = \frac{1}{2} \times 30 \times N \times A / 10000 = 76.306$ t (지진시)

-1133-

1363

3) 말뚝군의 도심에 작용하는 하중 (실하중)

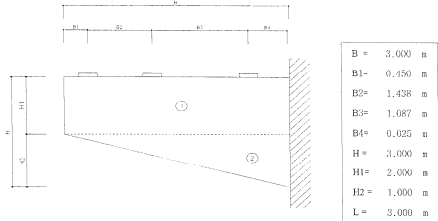
(단위 : ton, m)

구분	상부군 사용면적	지하수치수시	지하수회도하				
구분	CGS-1	CGS-2	CGS-3	CGS-4	CGS-5	CGS-6	CGS-7
(제하중)	비제하중	제하중	비제하중	제하중	비제하중	제하중	비제하중
기초하중	5.400	5.400	5.400	5.400	5.400	5.400	5.400
교대하중	14.440	14.440	14.440	14.440	14.440	14.440	14.440
수평력	23.987	25.465	25.465	44.863	25.465	25.465	44.863
연직력	75.686	109.884	94.482	94.482	109.884	94.482	94.482
전단력	0.809	0.430	0.923	1.715	0.430	0.923	1.715
모멘트	30.930	50.069	49.448	182.077	50.069	49.448	182.077

-1134-

1364

2.6.1 Coping 설계



1) 하중산정

① 사 중

구 분	산 식	중 량
1	$3.000 \times 2.000 \times 3.000 \times 2.500$	= 45.000
2	$(1.000 \times 3.000 / 2.000) \times 3.000 \times 2.500$	= 11.250
계		56.250

② 상 부 사 하중

$$R01 = 42.60 + 180.55 + 42.60 = 265.75 \text{ t}$$

③ 상 부 활 하중

$$R01 = 33.93 + 57.22 + 33.93 = 125.08 \text{ t}$$

④ 하 중 조 합 (1.3 x 사하중 + 2.15 x 활하중)

$$Su = 1.3 \times (56.250 + 265.75) + 2.15 \times 125.080 = 687.52 \text{ t}$$

$$Mu = 1.3 \times 45.00 + 1.30 \times 11.250 \times 1.000 + 1.30 \times 42.60 \times 2.55 + 1.30 \times 180.55 \times 1.112 + 1.30 \times 42.60 \times 0.005 + 2.15 \times 33.93 \times 2.55 + 2.15 \times 57.22 \times 1.112 + 2.15 \times 33.93 \times 0.005 = 830.63 \text{ t.m}$$

$$\therefore \text{전산 OUTPUT}$$

$$Mu = 830.63 \text{ t.m}$$

1.3.98 -

1563

2.6.2 내반받침(Corbel)에 의한 검토

1) 자유하중

$$\textcircled{1} \text{ 수직전단력} : Vu = 687.522 \text{ TON}$$

② 수평하중

$$\text{- 풍 하 중} : Nu1 = (54.770 / 2) \times 1.3 = 35.60 \text{ TON}$$

$$\text{- 최소수평하중} : Nu2 = 0.2 \times Vu = 0.2 \times 687.522 = 137.504 \text{ TON}$$

$$\textcircled{3} \text{ 휨모멘트} : Mu = Vu \times a + Nu \times 0.40 = 830.63 + 137.50 \times 0.40 = 885.630 \text{ t.m}$$

2) 개별하중에 의한 철근량 계산

① 휨모멘트에 대한 철근 (Af)

$$Af = \frac{Mu}{\phi \cdot \sigma_y \cdot (d - a/2)} = \frac{885.630 \times 10^5}{0.8 \times 3000 \times 238} = 155.05 \text{ cm}^2$$

② 수평하중에 대한 철근 (An)

$$An = \frac{Nu}{\phi \cdot \sigma_y} = \frac{137.50 \times 10^3}{0.8 \times 3000} = 57.29 \text{ cm}^2$$

③ 전단마찰력 (Avf)

$$Avf = \frac{Vu}{\phi \cdot \sigma_y \cdot \mu} = \frac{687.522 \times 10^3}{0.8 \times 3000 \times 1.4} = 204.62 \text{ cm}^2$$

3) 주철근 및 폐합스터럽 산정

① 주철근

$$\text{i) } As1 = (2/3 \times Avf + An) = 193.71 \text{ cm}^2$$

$$\text{ii) } As2 = Af + An = 212.34 \text{ cm}^2$$

$$\text{iii) } As3 = 0.04 \times (\sigma_{ck} / \sigma_y) \times b \times d = 232.96 \text{ cm}^2$$

$$\text{i), ii), iii) 중 큰 값 적용 } As(\text{req}) = 232.96 \text{ cm}^2$$

$$\therefore \text{USE } 36 - \text{D } 25 \text{ (} As = 283.75 \text{ cm}^2 \text{)}$$

② 폐합 스테럽

$$\text{i) } As1 = 1/3 \times Avf = 68.21 \text{ cm}^2$$

$$\text{ii) } As2 = 0.5 \times (As - An) = 87.83 \text{ cm}^2$$

$$\text{i), ii) 중 큰 값 적용 } As(\text{req}) = 87.83 \text{ cm}^2$$

$$\therefore \text{USE } 36 - \text{D } 22 \text{ (} As = 139.36 \text{ cm}^2 \text{)}$$

(2/3 d 이내에서 배치)

-1339-

1564

2.6.3 철근량 산정

가) 11번부재 - 12번철점 (- MOMENT)

(1) 입력자료

콘크리트 강도	$\sigma_{ck} = 240$ (kgf/cm ²)	철근 항복강도	$\sigma_y = 3000$ (kgf/cm ²)
휨강도	$\phi = 0.85$	(Shear)	$\phi = 0.70$
설계 모멘트	$Mu = 915.54$ (t.m)	유도 높이	$d = 285.0$ (cm)
설계 전단력	$Su = 547.25$ (t)	인장 피복	$d' = 15.0$ (cm)
부재폭	$b = 300.0$ (cm)	순 경 간	$Ln = 1050$ (cm)

(2) 휨 철근량 산정

$$\text{균형철근비 } Pb = 0.0387868 \quad \text{최대철근비 } Pmax = 0.0290901$$

$$\text{최소철근비 } Pmin = 0.0046667$$

$$\text{최소철근량 } As(\text{min}) = 399.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\text{해석요구량 } As(\text{req}) = 127.37 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$As(\text{max}) > As(\text{min}) > As(\text{req})$$

$$\text{그리므로 요구되는 } As = 169.83 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\text{사용철근량 } As(\text{use}) = 283.75 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\text{D } 25 \times 6EA = 283.75 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\text{사용철근비 } P(\text{use}) = 0.0033187$$

$$a = 13.909 \text{ (cm)}$$

$$Md = \phi \cdot As \cdot \sigma_y \cdot (d - a/2)$$

$$= 2011.8 \text{ t.m} > Mu = 915.5 \text{ t.m} \quad (Md/Mu = 2.20) \therefore \text{O.K !!!}$$

(3) 전단 검토

$$\text{- } \phi \cdot Sc = 491.412 < Su = 547.3 \text{ (t)} \quad \therefore \text{전단 보강 필요}$$

$$\text{- } Ln/d = 3.719 < 5.0 \quad \therefore \text{Deep Beam 으로 해석.}$$

- 수직 전단철근 가정.

$$\text{- 간격} : Sv = 15.0 \text{ cm} < (d/5 = 57 \text{ cm or } 45 \text{ cm})$$

$$\text{- 사용 철근량} : Av = D19 \times 6EA = 17.19 \text{ cm}^2$$

$$> Av(\text{min}) (= 0.0015bs = 6.75 \text{ cm}^2)$$

- 수평 전단철근 가정.

$$\text{- 간격} : Sh = 30.0 \text{ cm} < (d/3 = 95 \text{ cm or } 45 \text{ cm})$$

$$\text{- 사용 철근량} : Avh = D22 \times 6EA = 23.22 \text{ cm}^2$$

$$> Avh(\text{min}) (= 0.0025bs = 23 \text{ cm}^2)$$

- 철근이 부담하는 전단강도.

$$Sv = \left(\frac{Av}{Sv} \cdot \frac{1+Ln/d}{12} + \frac{Avh}{Sh} \cdot \frac{11-Ln/d}{12} \right) \cdot \sigma_y \cdot d = 786.855 \text{ (t)}$$

- 공칭 전단강도.

$$Sn = Sc + Sv = 702.017 + 786.86 = 1488.872 \text{ (t)}$$

$$< 0.18(10+Ln/d) \sqrt{\sigma_{ck}} b d = 3270.907 \text{ (t)}$$

- 전단강도 검토.

$$Sd = \phi (Sc + Sv) = 1042.2 \text{ (t)} > Sreq = 547.3 \text{ (t)} \quad (Sd/Sreq = 1.90) \therefore \text{O.K !!!}$$

-1340-

1565

2.7 자료연계

1) 단면력자료

① 휨모멘트

하중경우	절점-22	절점-28	절점-34	비	고
Case 1	812.77	-1939.01	877.92		
Case 2	714.11	-1716.20	756.39		
Case 3	708.95	-1661.47	751.22		
Case 4	738.10	-1649.49	675.72		
Case 5	733.14	-1597.04	670.76		
Case 6	644.92	-1305.90	475.71		

② 전 단 력

하중경우	절점-24	절점-28	절점-32	비	고
Case 1	-836.27	-121.93	858.97		
Case 2	-733.34	-111.27	747.94		
Case 3	-736.03	-111.66	750.63		
Case 4	-691.66	-82.00	732.71		
Case 5	-694.25	-82.37	735.30		
Case 6	-554.12	140.45	606.77		

-1342-

1567

2.8 검토결과

1) 단면역 정리(국한하중)

하중경우	축 력		단 면 력	합모멘트	비 고
	Pu	Su	Mu		
Case 1	-1788.66	- 1.15	87.02		
Case 2	-1538.15	- 2.02	80.61		
Case 3	-1538.15	- 5.19	116.14		
Case 4	-1446.79	-23.91	255.89		
Case 5	-1446.79	-23.89	313.36		
Case 6	-1128.45	-20.63	248.60		

2) 철근량산정 (다음 Page 참조)

1) Title (소요철근 산정) :

2) 설계기준

- 콘크리트 입재기준 강도 (σck) : 240 kg/cm²
- 철근 항복 강도 (σyk) : 3000 kg/cm²
- 콘크리트 탄성계수 (Ec) : 23000 kg/cm²
- 철근 설계 덮개 (d') : 15.0 cm

3) 기하입력 자료 (원형단면)

- 직 경 (Diameter) : 160.00 cm
- 비리지 길이 (Ld) : 1610.00 cm
- 유효깊이계수 (scx) : 2.0
- 유효깊이계수 (scy) : 2.0

4) 소요철근량 및 품질강도

1) Load Case 1

- 국한축하중 : Pu = 1788.660 ton
- 국한모멘트 (X) : Mux = 87.020 t.m
- 국한모멘트 (Y) : Myy = .000 t.m
- X축 세장비 : λx = 53.7
- Y축 세장비 : λy = 53.7
- 사하중 모멘트 비 : βdx = 0.000
- βdy = 0.000
- X축 확대모멘트 : ØMux = 107.824 t.m
- Y축 확대모멘트 : ØMyy = .000 t.m
- 합성 확대모멘트 : ØMu = 107.824 t.m
- 중립축 회전각 : Ørot = .000 Deg
- 최소편심 : Emin = 21.33 cm
- 평행편심 : Eb = 58.11 cm
- 작용편심 : Eapp = 6.03 cm
- ∴ 영역 1 → 최소편심 구간
- 소요철근량 : Ast = 432.389 cm²
- 소요철근비 : Pr = 1.000 %
- 평형축하중 : ØPb = 3426.989 ton
- 평형모멘트 : ØMb = 1991.296 t.m
- 강도감소계수 : Ø = 0.650
- 공칭축하중 : ØPn = 5456.684 ton

2) Load Case 2

- 국한축하중 : Pu = 1538.150 ton
- 국한모멘트 (X) : Mux = 80.610 t.m
- 국한모멘트 (Y) : Myy = .000 t.m
- X축 세장비 : λx = 53.7
- Y축 세장비 : λy = 53.7
- 사하중 모멘트 비 : βdx = 0.000
- βdy = 0.000

- X축 확대모멘트 : ØMux = .000 t.m
- 합성 확대모멘트 : ØMu = 96.645 t.m
- 중립축 회전각 : Ørot = .000 Deg
- 최소편심 : Emin = 21.33 cm
- 평행편심 : Eb = 58.11 cm
- 작용편심 : Eapp = 6.28 cm
- ∴ 영역 1 → 최소편심 구간
- 소요철근량 : Ast = 452.389 cm²
- 소요철근비 : Pr = 1.000 %
- 평형축하중 : ØPb = 3426.989 ton
- 평형모멘트 : ØMb = 1991.296 t.m
- 강도감소계수 : Ø = 0.650
- 공칭축하중 : ØPn = 5456.684 ton

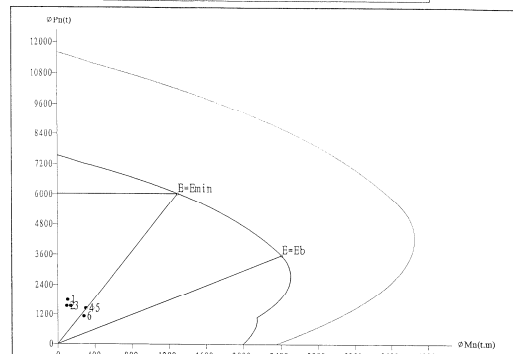
3) Load Case 3

- 국한축하중 : Pu = 1538.150 ton
- 국한모멘트 (X) : Mux = 116.140 t.m
- 국한모멘트 (Y) : Myy = .000 t.m
- X축 세장비 : λx = 53.7
- Y축 세장비 : λy = 53.7
- 사하중 모멘트 비 : βdx = 0.000
- βdy = 0.000
- X축 확대모멘트 : ØMux = 139.243 t.m
- Y축 확대모멘트 : ØMyy = .000 t.m
- 합성 확대모멘트 : ØMu = 139.243 t.m
- 중립축 회전각 : Ørot = .000 Deg
- 최소편심 : Emin = 21.33 cm
- 평행편심 : Eb = 58.11 cm
- 작용편심 : Eapp = 9.05 cm
- ∴ 영역 1 → 최소편심 구간
- 소요철근량 : Ast = 452.389 cm²
- 소요철근비 : Pr = 1.000 %
- 평형축하중 : ØPb = 3426.989 ton
- 평형모멘트 : ØMb = 1991.296 t.m
- 강도감소계수 : Ø = 0.650
- 공칭축하중 : ØPn = 5456.684 ton

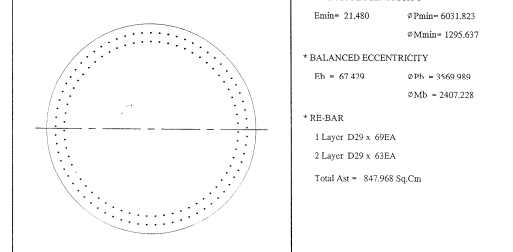
4) Load Case 4

- 국한축하중 : Pu = 1446.790 ton
- 국한모멘트 (X) : Mux = 255.890 t.m
- 국한모멘트 (Y) : Myy = .000 t.m
- X축 세장비 : λx = 53.7
- Y축 세장비 : λy = 53.7
- 사하중 모멘트 비 : βdx = 0.000
- βdy = 0.000
- X축 확대모멘트 : ØMux = 303.210 t.m

P-M INTERACTION DIAGRAM



RE-BAR ARRANGEMENT



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 점검이력

<표 2.2> 기존 점검이력

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	유흥렬		☞ 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 - 미세균열 표면처리 보수, 배수구 정비 등
3	2007.04.05. ~ 2007.05.31	부계 기술단(주)	A	1) 0.2mm이하 균열, 표지병 파손, 텔리네이터 파손, 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	주요 점검 · 진단내용
	점검·진단 구분	점검·진단 책임기술자		검토·분석내용
4	2009.04.07. ~ 2009.06.30	(주)동화엔지니어링	A	1) 상·하부구조에 폭 0.1~0.2mm이하의 일방향, 이방향 균열이 발생한 상태로, 균열폭, 균열패턴을 감안하여 볼 때 건조수축에 의한 비구조적인 균열이 주를 이루는 것으로 판단되며 현 상태에서의 보수보다는 균열 폭의 변화여부를 지속적으로 관찰하고 향후 균열의 진전이 확인될 시 보수여부를 결정함이 바람직할 것으로 판단된다. 2) 상부 아스팔트에 나타는 균열은 차량의 주행에 따른 것으로서 균열의 길이는 크나 주행성에 크게 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다. 3) 신축이음의 부분적인 부식과, 비구조적인 후타재 균열은 구조적인 결함을 보일만한 것은 아니지만 교량의 사용성에 영향을 미칠수 있으므로 지속적인 관찰이 필요하다. 4) 배수파이프 미설치로 인한 누수방지를 위해 파이프를 설치하여야 한다. 5) 부분적으로 일어난 데리네이트 유실로 인해 야간통행 기능성 저하 및 미관 불량의 이유로 보수하도록 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. 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. 강제 비파괴시험 결과, 주형의 맞대기 용접부는 내부결함이 없는 양호한 상태로 나타났으며, 주형 내,외부에 대한 도막두께 또한 양호한 상태로 측정되었다. 4) 대상교량의 상태평가 결과, 환산결합도 점수가 범물방향은 0.197, 안심방향은 0.203으로 전체 교량의 환산결합도 점수는 0.200 으로 산정되어 상태평가등급은 'B'로 평가되었다. SPG구간 및 STB 구간에 대한 구조 해석 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. 5) 범안대교의 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 신축장치 후타재 균열, 고무셀재 불량 및 교대, 교각의 콘크리트 파손, 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 표면처리, 수지주입보수, 단면보수, 배수시설 정비가 필요함.
7	2016.02.19. ~ 2016.04.03	(주)우림종합 엔지니어링	B	1) 교면포장 : 망상균열,보수부재균열,이물질퇴적,포장패임,포장균열 2) 방호벽 : 균열, 굽힘 3) 배수시설 : 배수구 막힘, 배수관 설치불량 4) 신축이음 : 후타재균열, 망상균열, 토사퇴적 5) 거더내부 : 배설물 퇴적, 실링 불량 6) 하부구조 : 누수오염,누수흔적, 범면보호블록 침하
	정밀안전 점검	김길만		☞ 검토의견 - 범안대교의 현장조사(외관조사, 내구성조사)에 의한 상태 평가 결과 『B등급(0.131)』으로 평가되었으며, 금회 조사된 결함 및 손상 부위에 대해서는 단기적인 보수와 중점유지관리 항목들에 대한 주기적인 점검이 시행된다면 내구성 및 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단되며, 유지관리 하는 데는 문제가 없을 것으로 판단된다.
8	2017.03.02. ~ 2017.06.09	(주)우림종합 엔지니어링	B	1) 교면포장 망상균열, 아스콘 균열, 패임, 토사퇴적 2) 콘크리트 방호난간 균열, 굽힘 3) 신축이음 본체 A2 하부 고무재 변형, 유간사이 이물질 퇴적 4) 도장박락, 화재 그늘음, 내부 도장 박락, SP 실링처리 미흡 5) 교대 미세균열, 교각 누수흔적 및 오염, 단면손상 6) 교량받침 도장들뜸, 고무재 탈락, 이동량 표시계 탈락 7) 배수관 위치불량, 배수구 막힘
	정밀안전 진단	김길만		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 재포장 및 교면방수, 균열보수, 표면 보수, 거더 도장보수 및 실링보수, 배수관 길이연장 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, 라벨링 2) 방호벽 및 중앙분리대 : 균열(cw=0.3mm미만), 백태, 긁힘 3) 배수시설 : 배수구 막힘, 배수관 이음부 누수 4) 신축이음 : 본체 하부 누수, 후타재 균열, 파손 5) 바닥판 : 균열(cw=0.3mm미만), 백태, 파손, 재료분리 6) 거더 : 도장박리 및 박락, 부식 및 변형 7) 받침장치 : 받침콘크리트 균열(cw=0.3mm미만), 파손 8) 교대 및 교각 : 균열(cw=0.3mm미만), 파손 및 철근노출, 침하 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, 균열 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, 토사퇴적 2) 콘크리트 방호난간 균열, 굽힘 3) 신축이음 본체 A2 하부 고무재 변형, 유간사이 이물질 퇴적 4) 도장박락, 화재 그을음, 내부 도장 박락, SP 실링처리 미흡 5) 교대 미세균열, 교각 누수흔적 및 오염, 단면손상 6) 교량받침 도장들뜸, 고무재 탈락, 이동량 표시계 탈락 7) 배수관 위치불량, 배수구 막힘
	정밀안전 진단	김길만		☞ 검토의견 - 조사된 손상에 대한 재포장 및 교면방수, 균열보수, 표면 보수, 거더 도장보수 및 실링보수, 배수관 길이연장 등의 보수 및 주의 관찰이 필요함.

가) 외관조사 분석

구분	점검 결과	검토의견
바닥판	종조인트부 우수유입에 의한 콘크리트 백태가 일부 발생 및 캔틸레버 건조수축균열이 조사되어 유지관찰이 필요	균열 진전여부, 신규손상 발생여부 확인
강재주형 및 2차부재	거더 외부는 도장 들뜸 및 박락, 그을음, 배설물 퇴적 등이 조사 내부는 도장손상, 실링처리 미흡, 배설물 퇴적이 발생	강재변형부 및 내부 실링처리 확인, 도장손상 추가 및 진전여부
교대 및 교각	일부 균열, 망상균열, 기둥하부 누수오염, 국부 파손 등의 손상이 발생	균열 진전여부, 신규손상 발생여부 확인
교량받침	국부 도장들뜸, 고무재 탈락, 이동량 표시계 파손 등이 조사	기존손상 진전여부, 가동 여유량 검토
신축이음	일부 유간토사퇴적, 후타재 균열, 하부 고무지수재 변형 등이 조사	신축이음 가동여유량 검토
교면포장	망상균열, 아스콘 패임, 시점 토공구간의 아스콘 망상 균열이 조사	주행차량 영향여부 확인
배수시설	배수구 막힘 발생, 배수관은 P4 교각기둥 하부 배수관 길이부족에 의한 콘크리트 열화가 발생	배수 지장여부 확인, 2차손상 발생 여부
난간, 연석	균열(c/w=0.3mm미만, 이상)이 다수 발생, 굽힘 등이 조사	균열, 굽힘 진전 여부 확인

나) 비파괴조사 분석

구 분	시험 결과	검토의견
콘크리트 강도	· 보정코어강도 : 24.4 (상부), 21.7 ~ 23.1 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 : 6.5~13.7 mm (기준 b) · 하부구조 탄산화 깊이 : 5.5~17.5 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 : 설계상태 이상으로 측정됨.	대체로 양호한 것으로 판단됨
균열깊이 측정	· 균열(폭 0.3mm미만) 상부구조 3개소, 하부구조 3개소 측정결과, 피복두께를 초과하지 않은 상태	대체로 양호한 것으로 판단됨, 균열조사후 균열 깊이 측정 확인
염화물 함유 량시험	· 상부구조 염화물 함유량 : 0.2308 kg/m³ (기준 a) · 하부구조 염화물 함유량 : 0.0747 kg/m³ (기준 a)	조사수량 지침에 맞게 추가 검토
초음파 탐상시험 (UT)	· 강재거더 내부 맞대기용접부 조사개소 : 158 개소(S1~S11) · 불합격 개소 : 0 개소 · KS B 0896의 판정기준에 의거 불합격 결함은 조사되지 않았음.	조사수량 지침에 맞게 검토
도막두께 측정	· 범물방향 : 외부 272~347μm, 내부 226~335μm · 안심방향 : 외부 239~347μm, 내부 219~28μm · 내외부 모두에서 기준도막두께(외부 195μm, 내부 150μm) 이상의 두께를 확보	조사수량 지침에 맞게 검토

다) 상태평가 평가 분석

1) 범물방향

교량명 : 범안대교(범물방향) - S1(SPG)																
부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호		구조 형식	바닥판	거터	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)	염화물 (상)	염화물 (하)
S1	A1	SPG	b	a	a	b	b	b	b	a	b	Q	x	a	x	x
평균			0.200	0.100	0.100	0.200	0.200	0.200	0.200	0.100	0.200	N/A	0.000	0.100	x	x
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3	x	x
(평균x가중치) /가중치합			0.036	0.020	0.005	0.014	0.006	0.004	0.018	0.009	0.040	N/A	0.000	0.003	x	x
1. 환산결함도 점수 =													0.155			
2. 상태평가 결과 =													B			

교량명 : 범안대교(범물방향) - S2~S11(STB)																
부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호		구조 형식	바닥판	거터	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)	염화물 (상)	염화물 (하)
S2	P1	STB	b	b	a	b	b	b	c	b	b	Q	a	x	x	x
S3	P2	STB	b	b	a	b	b	b	x	a	b	Q	a	a	x	x
S4	P3	STB	a	b	a	a	b	b	x	a	b	Q	x	a	x	x
S5	P4	STB	a	b	b	a	b	b	c	b	b	Q	a	a	x	x
S6	P5	STB	a	b	b	b	b	b	x	b	b	Q	a	x	x	x
S7	P6	STB	a	b	b	b	b	b	x	a	b	Q	x	x	x	x
S8	P7	STB	a	b	b	b	b	b	x	b	b	Q	x	x	x	x
S9	P8	STB	a	b	b	b	b	b	c	b	b	Q	x	a	x	x
S10	P9	STB	b	b	b	b	b	b	x	b	b	Q	a	x	x	x
S11	P10	STB	a	b	b	b	b	b	x	a	b	Q	x	x	x	x
/	A2	STB	x	x	x	x	x	x	c	a	b	Q	x	a	x	x
평균			0.130	0.200	0.170	0.180	0.200	0.200	0.400	0.155	0.200	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			0.023	0.040	0.009	0.013	0.006	0.004	0.036	0.014	0.040	N/A	0.004	0.003	0.000	0.000
1. 환산결함도 점수 =													0.191			
2. 상태평가 결과 =													B			

2) 안심방향

교량명 : 범안대교(안심방향) - S1(SPG)																
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	SPG	b	a	a	b	b	b	c	a	b	Q	a	a	x	x
평균			0.200	0.100	0.100	0.200	0.200	0.200	0.400	0.100	0.200	0.000	0.000	0.100	0.000	0.000
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	4	3	0	0
(평균x가중치) /가중치합			0.036	0.020	0.005	0.014	0.006	0.004	0.036	0.009	0.040	0.000	0.004	0.003	0.000	0.000
1. 환산결함도 점수 =													0.173			
2. 상태평가 결과 =													B			

교량명 : 범안대교(안심방향) - S2~S11(STB)																
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)
S2	P1	STB	b	b	a	b	b	b	c	b	b	Q	a	x	a	x
S3	P2	STB	b	b	a	b	b	b	x	a	b	Q	a	a	x	x
S4	P3	STB	a	b	a	b	b	b	x	a	b	Q	x	a	x	x
S5	P4	STB	b	b	b	b	b	b	b	a	b	Q	a	a	x	x
S6	P5	STB	b	b	b	b	b	b	x	b	b	Q	a	x	x	x
S7	P6	STB	a	b	b	b	b	b	x	b	b	Q	x	x	x	x
S8	P7	STB	a	b	b	b	b	b	x	b	b	Q	x	x	x	x
S9	P8	STB	a	b	b	a	b	b	b	a	b	Q	x	a	x	x
S10	P9	STB	a	b	b	a	b	b	x	b	b	Q	a	x	x	x
S11	P10	STB	b	b	b	b	b	b	x	a	b	Q	x	x	x	a
/	A2	STB	x	x	x	x	x	x	c	a	b	Q	x	a	x	x
평균			0.150	0.200	0.170	0.180	0.200	0.200	0.300	0.145	0.200	0.000	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균x가중치) /가중치합			0.027	0.040	0.009	0.013	0.006	0.004	0.027	0.013	0.040	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001
1. 환산결함도 점수 =													0.185			
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 Mu (kN · m)	106.16		
바닥판 중간부	공칭강도 ϕM_n (kN · m)	105.88	1.423	A
	극한강도 Mu (kN · m)	74.37		

㉡ 거더의 안전성평가 결과

구 분			허용응력설계법에 의한 안전성평가	검토 결과
G1 (외측)	정모멘 트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{131.067}{79.408 + 38.099} = 1.115$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{86.810 + 41.651} = 1.479$	A
	부모멘 트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190.000}{90.531 + 30.127} = 1.575$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{94.438 + 36.459} = 1.452$	A
G2 (내측)	정모멘 트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{131.067}{79.016 + 43.195} = \mathbf{1.106}$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{86.382 + 43.195} = 1.466$	A
	부모멘 트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{76.832 + 30.756} = 1.766$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{77.651 + 32.977} = 1.717$	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)	$K_s \times RF \times Pr =$	$1.0 \times 1.182 \times 24 =$	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	131.067	190.000	190.000	190.000
고정하중응력 (f_d), MPa	79.408	90.531	86.810	94.438
활하중응력 (f_l), MPa	38.099	30.127	41.651	36.459
내하율(RF) = $\frac{f_a - f_d}{f_l(1 + i)}$	1.356	3.302	2.478	2.621
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	131.067	190.000	190.000	190.000
고정하중응력 (f_d), MPa	79.016	76.832	86.382	77.651
활하중응력 (f_l), MPa	39.512	30.756	43.195	32.977
내하율(RF) = $\frac{f_a - f_d}{f_l(1 + i)}$	1.317	3.680	2.399	3.407
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 균열, 백태 2) 거더 외부 도장손상, 이물질퇴적, 내부 도장손상, 이물질퇴적 3) 교대 균열(CW<0.3mm), 파손 및 철근노출, 범면 침하, 밀림, 교각 균열(CW≤0.3mm, 망상균열, 표면박리, 파손 및 탈락, 조류배설물 퇴적 4) 교량받침 실링제 탈락, 이동량눈금자 파손, 받침콘크리트 균열 5) 아스콘 균열, 아스콘 파손, 소성변형 6) 방호벽 균열(CW<0.3mm), 방호벽 굽힘, 텔리네이터 파손 7) 배수구 막힘, 배수관 볼트 탈락, 배수관 위치불량 8) 신축이음 후타재 균열, 파손, 차수커버 볼트탈락
	정밀안전 점검	김병춘		☞ 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, 백태 등이 조사되었으며, 주의관찰이 필요	균열 진전여부, 신규손상 발생여부 확인
강재주형 및 2차부재	거더 외부는 외부 타격에 의한 변형이 조사	강재변형부 확인, 신규손상 발생여부 확인
교대 및 교각	일부 균열, 우수유입에 따른 오염현상, 표면박리, 조류 배설물 퇴적 등의 손상이 발생	균열 진전여부, 신규손상 발생여부 확인
교량받침	콘크리트 균열, 이동량눈금자 파손, 실링제 탈락 등이 조사	기존손상 진전여부, 가동 여유량 검토
신축이음	후타재 균열, 차수커버의 볼트탈락 조사	신축이음 가동여유량 검토
교면포장	균열, 파손, 소성변형이 국부적으로 조사되어 관리가 필요한 상태	기존손상 진전여부, 주행 차량 영향여부 확인
배수시설	배수구 막힘 발생 배수관 볼트탈락, 배수관 위치 불량 등의 손상 발생	배수 지장여부 확인, 2차손상 발생 여부
난간, 연석	균열(c/w=0.3mm미만)이 다수 조사되었으며, 일부 균열부 백태, 텔리네이터 파손 손상이 조사	기존손상 진전여부

나) 비파괴조사 분석

구 분	시험 결과	검토의견
콘크리트 강도	· 상부구조(범물) 비파괴 강도 : 27.1 ~ 31.4 MPa (반발경도법) · 상부구조(안심) 비파괴 강도 : 28.9 ~ 30.5 MPa (반발경도법) · 하부구조(범물) 비파괴 강도 : 24.4 ~ 26.3 MPa (반발경도법) · 하부구조(안심) 비파괴 강도 : 24.6 ~ 27.1 MPa (반발경도법) · 설계기준강도(상부구조: 27 MPa, 하부구조: 24 MPa)를 상회하는 것으로 측정됨.	전반적으로 양호한 것으로 판단됨, 반발경도를 이용한 비파괴 강도 검토
탄산화 시험	· 상부구조 탄산화 깊이 : 6.0 ~ 8.0 mm (기준 b) · 하부구조 탄산화 깊이 : 3.0 ~ 9.0 mm (기준 a) · 탄산화 잔여 깊이가 최소 35~97mm 미만이며 일부 피복두께가 작은 구간은 주기적인 측정을 통한 주의관찰 필요함.	전반적으로 양호한 것으로 판단됨, 탄산화 깊이 진행상태 및 측정부위의 실측피복과 비교 검토

다) 상태평가 평가 분석

1) 범물방향

교량명 : 범안대교(범물방향) - S1(SPG)																
부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조 형식		바닥판	거터	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)	염화물 (상)	염화물 (하)
S1	A1	SPG	a	b	a	a	a	b	b	a	b	Q	X	X	x	x
평균			0.100	0.200	0.100	0.100	0.100	0.200	0.200	0.100	0.200	N/A	X	X	x	x
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	X	X	x	x
(평균x가중치) /가중치합			0.018	0.040	0.005	0.007	0.003	0.004	0.018	0.009	0.040	N/A	X	X	x	x
1. 환산결함도 점수 =													0.155			
2. 상태평가 결과 =													B			

교량명 : 범안대교(범물방향) - S2~S11(STB)																
부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조 형식		바닥판	거터	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)	염화물 (상)	염화물 (하)
S2	P1	STB	b	a	a	a	a	b	b	b	b	Q	X	X	x	x
S3	P2	STB	b	a	a	a	b	b	X	a	b	Q	X	X	x	x
S4	P3	STB	a	a	a	a	b	b	X	a	b	Q	X	X	x	x
S5	P4	STB	a	a	a	b	b	b	b	a	b	Q	X	X	x	x
S6	P5	STB	b	a	a	a	b	b	X	a	b	Q	X	X	x	x
S7	P6	STB	a	a	a	b	b	b	X	a	a	Q	X	X	x	x
S8	P7	STB	a	a	a	a	b	b	X	a	b	Q	X	X	x	x
S9	P8	STB	a	a	a	a	a	b	b	a	b	Q	X	X	x	x
S10	P9	STB	a	a	a	a	b	b	X	a	a	Q	X	X	x	x
S11	P10	STB	b	a	a	a	b	b	X	a	b	Q	a	X	x	x
/	A2	STB	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	b	a	a	Q	N/A	a	x	x
평균			0.140	0.100	0.100	0.120	0.180	0.200	0.200	0.109	0.173	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			0.025	0.020	0.005	0.008	0.005	0.004	0.018	0.010	0.035	N/A	0.004	0.003	0.000	0.000
1. 환산결함도 점수 =													0.137			
2. 상태평가 결과 =													B			

2) 안심방향

교량명 : 범안대교(안심방향) - S1(SPG)																
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	SPG	a	a	a	a	a	b	b	b	b	Q	b	a	x	x
평균			0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.200	0.200	0.200	0.200	N/A	0.200	0.100	x	x
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3	x	x
(평균x가중치) /가중치합			0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.004	0.018	0.018	0.040	N/A	0.008	0.003	x	x
1. 환산결함도 점수 =													0.144			
2. 상태평가 결과 =													B			

교량명 : 범안대교(안심방향) - S2~S11(STB)																
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)
S2	P1	STB	b	b	a	b	a	b	b	b	b	Q	b	X	x	x
S3	P2	STB	a	b	a	b	b	b	X	a	b	Q	X	X	x	x
S4	P3	STB	a	a	a	b	a	b	X	a	b	Q	b	X	x	x
S5	P4	STB	b	a	a	b	b	b	b	a	b	Q	X	X	x	x
S6	P5	STB	a	a	a	b	b	b	X	a	a	Q	X	a	x	x
S7	P6	STB	b	b	a	b	b	b	X	a	a	Q	X	X	x	x
S8	P7	STB	a	a	a	b	b	b	X	a	b	Q	X	X	x	x
S9	P8	STB	a	a	a	b	b	b	b	a	b	Q	X	X	x	x
S10	P9	STB	a	a	b	b	b	b	X	a	a	Q	X	X	x	x
S11	P10	STB	a	a	a	b	b	b	X	a	b	Q	X	X	x	x
/	A2	STB	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	c	a	c	Q	N/A	X	x	x
평균			0.130	0.130	0.110	0.200	0.180	0.200	0.250	0.109	0.191	N/A	0.200	0.100	0.000	0.000
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3	0	0
(평균x가중치) /가중치합			0.023	0.026	0.006	0.014	0.005	0.004	0.023	0.010	0.038	N/A	0.008	0.003	0.000	0.000
1. 환산결함도 점수 =													0.155			
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 2.4> 보수 · 보강 이력

구 분	일 자	내 용	비 고
1	2010년 08월	균열보수공사(27천원)	(주)일송테크
2	2010년 10월	교면포장 재포장(오버레이 등, 113,700천원)	(주)협우건설
3	2011년 03월	교면포장 재포장(오버레이 등, 114,200천원)	(주)협우건설
4	2012년 11월	하자보수공사-교각 먼처리 및 중성화방지 표면처리	-
5	2013년 03월	범안대교 방호벽 교체 및 추가설치(70,000천원)	한성안전
6	2014년 11월	신축이음 교체공사(180,000천원)	(주)은마건설
7	2015년 05월	교면포장 보수공사-아스콘 팻칭	-
8	2016년 04월	교면포장 재포장(절삭후 재포장, 16,600천원)	대익건설(주)
9	2018년 12월	교면 방수 및 포장공사(579,229천원)	(주)대남건설
10	2019년 09월	시설물 보수공사-표면처리, 단면보수 등(10,807천원)	(주)천수
11	2020년 08월	시설물 보수공사-주입보수, 배수관 연장 등(3,489천원)	(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 개요

1) 교량 형식 : STEEL BOX GIRDER 교

2) 지간 구성 : (3@55)+(4@50)+(3@50) = 515 m

3) 폭 원 : (14.45 ~ 25.10m)

4) 교각 형식 : 2주식 또는 3주식 교각

5) 기초 형식 : 직립기초

1.2 내진설계기준

1) 내진 등급 : 내진1등급교 (A = 0.14)

2) 지반 계수 : S = 1.0 (지반종류 I)

3) 응답수계계수

- 교각 : R = 5 - 상부구조와의 연결부 : R = 1.0

- 기초 : 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

-1219-

1446

2. 내진해석 Modelling

2.1 Modelling시 주요고려사항

1) 기하구조

① 평면선형이 곡선(R=1800m)이나 곡선반경이 크고, 호의 길이가 짧으므로 곡선효과는 고려하지 않았다.

② 상부구조에 대한 절점은 경간당 10m내외로 계획하였으며, 상부구조의 각 절점은 Z속상의 동일위치에 일직선으로 놓이는 것으로 가정하였다.

2) 단면성능 및 결합

① 상부구조의 변곡구간에서 단면성능은 편의상 지간중앙쪽으로 계산하였으며, 하부구조의 단면성능은 비굴절단면에 대한 값을 사용하였다.

② 상부구조의 질량산정은 1차사하중 및 2차사하중에 대한 반력을 교량길이의 비로 나누어 경간당 분포하중으로 산정하였으며, 프로그램에서는 인접절점에 lumped mass로 변환되어 해석된다.

3) 경계조건

① 직립기초로 알반에 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, 신축이음부교각 상단은 각각의 변위특성에 맞게 Constraints 조건을 설정하였다.

4) 질량기여도

고속진동노출 해석에서 각 진동노출별 질량기여도비 합은 90% 이상되도록 하였다.

5) 응답스펙트럼

설계응답스펙트럼은 도로교시방서 내진설계편(1996)에 제시된 값을 사용하였다.

-1220-

1447

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	1.177	2.491	40.887	0.774	2.363	1경간 부재
2	0.955	2.155	26.205	0.735	2.625	2경간 부재
3	0.985	2.179	26.892	0.774	2.180	3경간 부재
4	1.179	2.277	48.683	0.679	2.767	4경간 부재
5	0.944	1.869	26.245	0.660	2.551	5경간 부재
6	0.939	1.850	25.406	0.660	2.277	6경간 부재
7	0.863	1.679	19.020	0.659	2.121	7경간 부재
8	0.819	1.542	14.456	0.659	1.808	8.9.10경간 부재

1448

-1221-

2.2 해석 Modelling

-1223-

1449

2.3.2 하부구조

Type	Area (m ²)	I-33 (m ³)	I-22 (m ³)	J (m ³)	MASS	비 고 (해당부재)
9	50.000	26.000	1667.000	95.960	12.742	P ₁ Coping Section
10	9.425	2.360	2.360	4.712	2.402	P ₁ Column Section
11	50.000	26.000	1667.000	95.960	12.742	P ₁ Footing Section
12	49.200	36.900	1103.000	130.600	12.538	P ₂ , P ₃ , P ₄ , P ₅ Coping Section
13	9.048	3.260	3.260	6.514	2.306	P ₂ , P ₃ , P ₄ , P ₅ Column Section
14	41.000	21.400	919.000	77.210	10.446	P ₂ , P ₃ , P ₄ , P ₅ Footing Section
15	73.200	54.900	3632.000	202.600	18.654	P ₄ Coping Section
16	13.570	4.890	4.890	9.772	3.458	P ₄ Column Section
17	61.000	31.800	3026.000	118.900	15.545	P ₄ Footing Section
18	50.100	37.600	1164.000	133.300	12.768	P ₅ Coping Section
19	9.048	3.260	3.260	6.514	2.306	P ₅ Column Section
20	41.800	21.700	970.000	78.780	10.640	P ₅ Footing Section
21	39.900	29.900	588.000	102.700	10.168	P ₈ , P ₉ , P ₁₀ Coping Section
22	9.048	3.260	3.260	6.514	2.306	P ₈ , P ₉ , P ₁₀ Column Section
23	33.250	17.300	490.000	61.070	8.473	P ₈ , P ₉ , P ₁₀ Footing Section

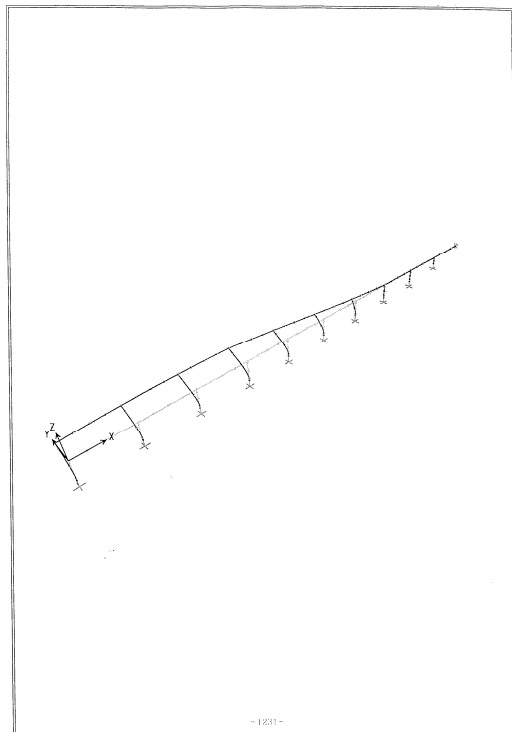
3.1 모드별 고유주기 및 진동수

3.1.1 모드별 고유주기 및 진동수

MODE NUMBER	EIGENVALUE (RAD/SEC) ²	CIRCULAR FREQ (RAD/SEC)	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SEC)
1	5.80E+00	2.42E+00	0.385	2.595
2	8.78E+00	2.96E+00	0.472	2.120
3	2.35E+01	4.84E+00	0.771	1.297
4	3.21E+01	5.66E+00	0.901	1.110
5	4.18E+01	6.47E+00	1.029	0.972
6	6.38E+01	7.99E+00	1.271	0.787
7	6.91E+01	8.31E+00	1.327	0.753
8	7.15E+01	8.40E+00	1.340	0.743
9	9.74E+01	9.87E+00	1.571	0.637
10	1.19E+02	1.08E+01	1.714	0.583
11	1.18E+02	1.08E+01	1.720	0.580
12	1.52E+02	1.23E+01	1.905	0.526
13	2.11E+02	1.45E+01	2.313	0.432
14	2.48E+02	1.57E+01	2.565	0.390
15	2.58E+02	1.61E+01	2.554	0.391
16	2.61E+02	1.62E+01	2.572	0.389
17	3.25E+02	1.82E+01	2.871	0.348
18	3.49E+02	1.87E+01	2.974	0.336
19	3.69E+02	1.92E+01	3.050	0.327
20	4.08E+02	2.02E+01	3.245	0.311
21	4.61E+02	2.15E+01	3.418	0.293
22	5.54E+02	2.35E+01	3.747	0.267
23	6.35E+02	2.52E+01	4.000	0.249
24	6.91E+02	2.63E+01	4.184	0.239
25	8.85E+02	2.97E+01	4.735	0.211
26	9.77E+02	3.13E+01	4.974	0.201
27	1.06E+03	3.33E+01	5.291	0.190
28	1.20E+03	3.54E+01	5.640	0.177
29	1.91E+03	4.37E+01	6.948	0.144
30	2.67E+03	5.16E+01	8.220	0.122
31	3.00E+03	5.48E+01	8.721	0.115
32	3.23E+03	5.68E+01	9.042	0.111
33	3.32E+03	5.70E+01	9.167	0.109
34	4.10E+03	6.41E+01	10.195	0.098
35	4.11E+03	6.41E+01	10.208	0.098
36	4.14E+03	6.44E+01	10.242	0.098
37	4.21E+03	6.46E+01	10.355	0.097
38	4.21E+03	6.46E+01	10.358	0.097
39	4.29E+03	6.55E+01	10.419	0.096
40	4.64E+03	6.81E+01	10.842	0.092
41	4.75E+03	6.89E+01	10.965	0.091
42	5.10E+03	7.14E+01	11.362	0.088
43	5.14E+03	7.18E+01	11.432	0.087
44	5.17E+03	7.19E+01	11.445	0.087
45	5.22E+03	7.23E+01	11.499	0.087
46	5.40E+03	7.39E+01	11.736	0.085
47	5.49E+03	7.41E+01	11.789	0.085
48	6.20E+03	7.91E+01	12.504	0.079
49	6.58E+03	8.11E+01	12.914	0.077
50	6.63E+03	8.14E+01	12.938	0.077
51	6.71E+03	8.19E+01	13.032	0.077

-1224- 1450

-1225- 1451



SAP2000 v5.09 - File:Yhai - Mode 3 Period 1.3219 seconds - Ton-m Units - 1457

4. 설계스펙트럼 및 모드별 영향가

4.1 설계스펙트럼

o 감쇄율 5% 가정

o 표준화된 응답스펙트럼(도로교통공사방식) 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)

-1239- 1465

(단위 : %)

NO	단위 : g					
	X-DIR	Y-DIR	Z-DIR	X-SUM	Y-SUM	Z-SUM
1	27.430	0.000	0.000	27.430	0.000	0.000
2	22.286	0.000	0.000	50.603	0.000	0.000
3	0.000	49.683	0.000	50.603	49.683	0.000
4	16.555	0.000	0.000	66.616	49.683	0.000
5	0.000	2.983	0.000	66.616	52.665	0.000
6	2.674	0.000	0.000	69.290	52.665	0.000
7	0.000	11.720	0.000	69.290	64.385	0.000
8	4.025	0.000	0.000	73.315	64.385	0.000
9	2.280	0.000	0.000	75.495	64.385	0.000
10	0.000	0.587	0.000	75.495	64.978	0.000
11	2.515	0.000	0.000	78.010	64.978	0.000
12	2.430	0.000	0.000	80.439	64.978	0.000
13	0.000	0.743	0.000	80.439	65.721	0.000
14	0.000	3.699	0.000	80.439	69.420	0.000
15	0.000	0.000	0.011	80.439	72.678	0.011
16	0.000	0.000	0.540	80.439	72.678	0.540
17	1.969	0.000	0.000	82.409	72.678	1.300
18	0.000	0.000	0.000	82.409	72.678	3.585
19	0.000	0.000	2.885	82.409	72.678	3.687
20	0.000	0.654	0.000	82.409	73.332	3.687
21	0.000	0.000	0.002	82.409	73.332	3.680
22	0.000	1.548	0.000	82.409	74.880	3.680
23	0.000	0.000	0.254	82.409	74.880	3.840
24	0.000	0.000	14.634	82.409	74.880	18.474
25	0.000	0.000	0.000	82.409	74.881	28.704
26	0.000	0.000	16.786	82.409	74.881	45.550
27	0.000	2.835	0.000	82.409	77.714	45.550
28	0.000	2.232	0.000	82.409	79.946	45.550
29	0.000	0.000	0.000	82.409	80.345	45.550
30	0.000	0.132	0.000	82.409	80.078	45.550
31	0.000	0.267	0.000	82.409	80.345	45.550
32	0.000	0.000	0.000	82.409	80.345	45.550
33	0.000	0.000	0.002	82.409	80.345	45.552
34	0.000	0.000	0.000	82.409	80.345	45.550
35	0.000	0.000	0.000	82.409	80.345	45.552
36	0.000	0.000	0.000	82.409	80.345	45.552
37	1.441	0.001	0.000	83.840	80.345	45.552
38	3.095	0.098	0.000	84.306	80.444	45.552
39	0.000	0.000	0.271	84.306	80.444	45.584
40	0.000	0.000	0.702	84.306	80.444	47.227
41	1.564	0.000	0.000	84.867	80.444	47.227
42	0.000	0.000	0.002	84.867	80.444	47.227
43	0.838	0.000	0.000	85.703	80.444	47.227
44	0.000	1.582	0.000	85.703	82.026	47.229
45	0.594	0.000	0.000	86.297	82.026	47.229
46	0.000	0.000	0.175	86.297	82.026	47.494
47	0.000	0.000	0.206	86.297	82.026	47.700
48	0.000	0.002	0.000	86.297	82.026	47.700
49	0.850	0.000	0.000	87.147	82.026	47.700
50	0.000	0.000	0.275	86.297	82.830	47.974
51	5.548	0.000	0.000	86.846	82.830	47.076
52	0.000	0.000	0.840	86.846	82.830	47.076

1466

구분	1-2 PLANE		1-3 PLANE		P (ton)	비고 (참경)	
	S (ton)	M (t·m)	S (ton)	M (t·m)			
PIER 9	교각상단	557.71	0.00	0.19	0.09	0.46	절결-84
	지반상단	588.01	7296.76	0.18	0.71	0.53	절결-87
	교각하단	588.01	8765.97	0.18	1.10	0.53	절결-88
PIER 10	교각상단	56.86	0.00	0.26	0.09	0.37	절결-89
	지반상단	103.85	493.53	0.32	1.54	0.82	절결-92
	교각하단	103.85	744.85	0.32	2.32	0.62	절결-93
ABUT 2	교대상단	0.14	0.00	0.20	0.00	18.15	절결-43
	지반상단	-	-	-	-	-	-
	지반하단	-	-	-	-	-	-

2) 탄성변위 (교각상단기준)

구 분	변 위 (cm)		비 고
	X-Dir	Y-Dir	
PIER 1	13.73	1.67E-6	
PIER 2	13.71	1.59E-6	
PIER 3	13.77	1.52E-6	
PIER 4	17.18	1.14E-6	
PIER 5	17.17	9.97E-7	
PIER 6	17.24	7.50E-7	
PIER 7	17.28	7.97E-7	
PIER 8	17.29	2.35E-6	
PIER 9	5.74	1.55E-6	
PIER10	5.81	1.15E-6	
ABUT 2	5.84	0.00	

-1245-

1471

5. 방향성 해석에 의한 탄성력 및 탄성변위

5.1 교육방향해석

1) 탄성력

구분		1-2 PLANE		1-3 PLANE		P (ton)	비고 (결정)
		S (ton)	M (t·m)	S (ton)	M (t·m)		
PIER 1	교각상단	45.20	0.00	0.12	0.57	0.19	철결-44
	저판상단	144.56	1852.29	0.12	0.30	0.28	철결-47
	저판하단	144.56	2146.04	0.12	0.57	0.28	철결-48
PIER 2	교각상단	495.85	0.00	0.31	0.16	0.49	철결-49
	저판상단	529.62	9210.25	0.34	1.54	0.72	철결-52
	저판하단	529.62	10522.64	0.34	2.36	0.72	철결-53
PIER 3	교각상단	48.67	0.00	0.24	0.14	0.78	철결-54
	저판상단	142.65	1918.24	0.20	1.09	1.21	철결-57
	저판하단	142.65	2227.21	0.20	1.56	1.21	철결-58
PIER 4	교각상단	37.70	0.00	0.30	0.10	0.64	철결-59
	저판상단	213.28	3952.97	0.22	1.04	1.20	철결-62
	저판하단	213.28	3504.32	0.22	1.50	1.20	철결-63
PIER 5	교각상단	507.86	0.00	0.21	0.07	0.68	철결-64
	저판상단	539.09	10068.13	0.14	0.54	0.88	철결-67
	저판하단	539.09	11402.82	0.14	0.82	0.88	철결-68
PIER 6	교각상단	50.44	0.00	0.22	0.08	0.45	철결-69
	저판상단	142.12	1834.73	0.21	0.81	0.59	철결-72
	저판하단	142.12	2146.14	0.21	1.26	0.59	철결-73
PIER 7	교각상단	52.68	0.00	0.16	0.08	0.73	철결-74
	저판상단	141.07	1713.87	0.13	0.49	1.06	철결-77
	저판하단	141.07	2027.29	0.13	0.72	1.06	철결-78
PIER 8	교각상단	54.51	0.00	0.16	0.16	0.28	철결-79
	저판상단	127.34	1434.72	0.18	0.82	0.39	철결-82
	저판하단	127.34	1748.64	0.18	1.16	0.39	철결-83

1470

[illegible]

-1249-

1475

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 2.5> 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	

