

목 차

1. 설계기준

2. 단면가정

3. 바닥판 설계

- 3.1 좌측 캔틸레버부
- 3.2 우측 캔틸레버부
- 3.3 가로등 설치구간
- 3.4 중앙부바닥판(경험적설계)
- 3.5 내부지점부 주장을검토
- 3.6 진입부 바닥판
- 3.7 하부콘크리트 철근량 산정

4. 주거더의 설계

- 4.1 강재플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산
- 4.2 단면정수 산정
- 4.3 작용하중의 산정
- 4.4 모델링 및 하중조합
 - 1) 모 델 링
 - 2) 단면제정수
 - 3) 하중조합
- 4.5 주거더의 부재력 집계
- 4.6 반력 집계
- 4.7 뒤틀림(WARPING TORSION)에 대한 검토
- 4.8 2차 부정정력에 대한 영향검토

5. 주거더 응력검토

- 5.1 정모멘트구간 응력검토
- 5.2 교번구간 응력검토
- 5.3 이중합성구간 응력검토
- 5.4 응력검토 요약

6. 이음부 설계

- 6.1 정모멘트구간 현장이음 설계
- 6.2 부모멘트구간 현장이음 설계
- 6.3 용접부 검토

7. 보강재 설계

- 7.1 플랜지 보강재 설계
- 7.2 복부판 보강재 설계
- 7.3 지점보강재 설계
- 7.4 잭업보강재 설계

8. 가로보 및 세로보 설계

- 8.1 세로보 설계
- 8.2 세로보 연결
- 8.3 가로보 설계
- 8.4 가로보 연결

9. 다이아프램 설계

- 9.1 중간다이아프램(K-다이아프램)
- 9.2 교대부 다이아프램
- 9.3 교각부 다이아프램
- 9.4 다이아프램 응력검토
- 9.5 수평브레이싱 설계

10. 전단연결재 설계

- 10.1 상부바닥판 전단연결재
- 10.2 하부슬래브 전단연결재

11. 사용성 검토

- 11.1 피로 검토
- 11.2 처짐 검토

12. 솟음(CAMBER)

13. 신축이음 검토

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

- ① 교 량 명 : 옥산JCT RAMP-A교
- ② 교 량 등 급 : 1등급
- ③ 교 량 형 식 : 이중합성 강박스 거더교 (DCB Girder Bridge)
- ④ 지 간 : $82 + 93 + 82 = 257$
- ⑤ 교 폭 : 12.600 m
- ⑥ 거 더 제 원 : $B = 2.400 \text{ m}$, $H = 2.500 \sim 3.700 \text{ m}$
- ⑦ 사 각 (SKEW) : 0.0°
- ⑧ 곡 선 반 경 : $R = 300 \text{ m}$
- ⑨ 설 계 속 도 : 60 km/h

2) 하 중 조 건

- ① 고 정 하 중 (도.설.기 2.1.2)

- 철근 콘크리트 : 25.000 kN/m^3
- 무근 콘크리트 : 23.500 kN/m^3
- 강 재 : 78.500 kN/m^3
- 교면 포장 : 23.500 kN/m^3

- ② 활 하 중 (도.설.기 2.1.3)

- 활하중은 교축방향으로 차도부분에 차선당 1대의 DB하중이나 차선분의 DL하중중 설계부재에 가장 불리한 경우를 재하한다.

- 차 륜 하 중 : DB - 24 $P_r = 96.000 \text{ kN}$
 $P_f = 24.000 \text{ kN}$
- 차 선 하 중 : DL - 24 $W_l = 12.700 \text{ kN/m}$
 $P_m = 108.000 \text{ kN}$
 $P_s = 156.000 \text{ kN}$

3차선이상의 활하중이 동시에 재하하는 경우에는 다음의 백분율로 감소시킨다.

(3차선 일때의 90%, 4차선이상인 경우에는 75%)

- 총 격 계 수 : $i = 15 / (40 + L) \leq 0.3$ (도.설.기 2.1.4)

- ③ 콘크리트의 크리프와 건조수축의 영향

- 철근 콘크리트의 바닥판의 크리프와 건조수축의 영향에 대한 단면력을 검토한다.

- ④ 지점침하에 의한 영향

- 각 지점에서 발생할 수 있는 부등침하의 발생을 가정하여 가장 불리한 단면력을 산정한다.

⑤ 온도변화에 대한 영향

- 바닥판과 주형의 온도차 발생시 생기는 단면력 및 응력을 산정하고 이때의 온도 변화는 직선변화 한다고 가정한다.

⑥ 풍하중(kN/m)

(☞ 도.설.기 표 2.1.9)

- 단면형상이 $1 \leq B/D < 8$ 일때 : $[4.0-0.2(B/D)] \times D \geq 6$

- 단면형상이 $8 \leq B/D$ 일때 : $2.4D \geq 6$

(☞ 도.설.기 표 2.1.11)

부재의 단면형상		풍하중(kN/m ²)
트러스	활하중 재하시	$1.25/\sqrt{\phi}$
	활하중 비재하시	$2.50/\sqrt{\phi}$
교량의 바닥판	활하중 재하시	1.500
	활하중 비재하시	3.000

⑦ 충돌하중

(☞ 도.설.해 P112)

- 다음에 제시된 충돌력은 난간인 경우 바닥판의 설계에만 사용하며,
이 충돌력만을 사용하여 차량 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.

수 평 력 (kN/m)		작용 높이	수 직 력 (kN/m)
도심 도로상	일반 도로상		
3.750	2.500	난간 상단부	1.000

- 다음에 제시된 충돌력은 벽식 강성 방호 울타리인 경우 바닥판의 설계에만 사용하며,
이 충돌력만을 사용하여 차량 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.

- 수평 충돌력 H는 노면상 1.0 m 높이에 교축을 따라 1.0m마다 작용하면 다음식으로 구한다

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

- 방호벽 상단에 횡방향으로 10 kN/m의 수평하중을 재하한다.

(다만, 곡률반지름 $R \leq 200\text{m}$ 인 곡선부에 대해서는 ①, ② 모두에 대해 그 수평충돌력은 계산된 값의 2배로 한다)

⑧ 원심하중

(☞ 도.설.기 2.1.17)

- 교량의 곡선부는 모든 설계차로에 재하된 DB하중의 백분율로서 표현되는 원심하중에 의해 설계한다.

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

$$CF = 0.79 \frac{V^2}{R} (\%)$$

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경(m)

- 곡선부 교량에서 자동차에 의한 원심하중은 위 식과 같이 충격을 포함하지 않는 활하중에 대한 백분율로 표현되는데, 이때의 활하중이란 최대하중 효과가 발생되도록 설계 차로 위에 한대씩 재하된 DB하중을 말함.
- 원심하중은 교면상 또는 레일면상 1.8 m 높이에서 횡방향으로 작용하는 것으로 한다.

3) 사 용 재 료

① 상부 바닥판 콘크리트 (상부슬래브)

- 강 도 : $f_{ck} = 27 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $E_c = 27,804 \text{ MPa}$
- 탄성계수비 : $n = 7$

② 하부 바닥판 콘크리트 (지점부 하부슬래브)

- 강 도 : $f_{ck} = 40 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $E_c = 30,891 \text{ MPa}$
- 탄성계수비 : $n = 7$

③ 철 근 (SD400)

- 항복강도 : $f_y = 400 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $E_s = 200,000 \text{ MPa}$

④ 강 재

- 주부재 : HSB500 사용 (상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
- 부부재 : SM400 사용 (지점부의 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 가로보,)
- 탄성계수 : $E_{st} = 205,000 \text{ MPa}$
- 전단탄성계수 : $G = 79,000 \text{ MPa}$

⑤ 강재의 허용응력

- 허용 인장 응력 (MPa) (도.설.기 표 3.3.1)

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
응력 종류, 판두께 (mm)	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			
	축방향 인장응력 및 휨 인장응력							

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 허용 압축/전단/지압 응력 (MPa)

(도.설.기 표 3.3.4(a), 표 3.3.5)

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
응력 종류, 판두께(mm)								
휨 압축응력 ^{a)}	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			
전단응력	40 이하	80	110	125	155	135	155	220
	40 초과 75 이하	75	100 (110)	115 (125)	150 (155)			
	75 초과 100이하			115 (125)	145 (155)			
지압응력 (강판과 강판 사이)	40 이하	210	285	325	405	345	405	570
	40 초과 75 이하	195	265 (285)	300 (325)	390 (405)			
	75 초과 100이하			295 (325)	375 (405)			

* TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용한다.

a) 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 직접 고정되어 있는 경우, 상자형 단면, π형 단면과 같이
횡좌굴이 일어나기 어려운 경우 휨 압축응력 적용

- 항복 응력 (MPa)

(도.설.기 표 3.2.3)

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
응력 종류, 판두께(mm)								
기준 항복점	40 이하	235	315	355	450	380	450	690
	40 초과 75 이하	215	295 (315)	335 (355)	430 (450)			
	75 초과 100이하			325 (355)	420 (450)			

* TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용한다.

- 국부좌굴을 고려하지 않는 허용 축방향 압축응력 (MPa)

(도.설.기 표 3.3.2)

강종 판두께 (mm)	SS 400 SM 400 SMA400	SM 490 [SM490C-TMC]	SM490Y SM 520 SMA490 [SM520C-TMC]	SM 570 SMA570 [SM570-TMC]
40 이하	$140 : \frac{l}{r} \leq 18.6$ $140 - 0.82 \left(\frac{l}{r} - 18.6 \right) :$ $18.6 < \frac{l}{r} \leq 92.8$ $\frac{1,200,000}{6,700 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 92.8 < \frac{l}{r}$	$190 : \frac{l}{r} \leq 16.0$ $190 - 1.29 \left(\frac{l}{r} - 16.0 \right) :$ $16.0 < \frac{l}{r} \leq 80.1$ $\frac{1,200,000}{5,000 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 80.1 < \frac{l}{r}$	$215 : \frac{l}{r} \leq 15.1$ $215 - 1.55 \left(\frac{l}{r} - 15.1 \right) :$ $15.1 < \frac{l}{r} \leq 75.5$ $\frac{1,200,000}{4,400 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 75.5 < \frac{l}{r}$	$270 : \frac{l}{r} \leq 13.4$ $270 - 2.19 \left(\frac{l}{r} - 13.4 \right) :$ $13.4 < \frac{l}{r} \leq 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 67.1 < \frac{l}{r}$
40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{r} \leq 19.4$ $130 - 0.73 \left(\frac{l}{r} - 19.4 \right) :$ $19.4 < \frac{l}{r} \leq 97$ $\frac{1,200,000}{7,300 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 97 < \frac{l}{r}$	$175 : \frac{l}{r} \leq 16.6$ $175 - 1.15 \left(\frac{l}{r} - 16.6 \right) :$ $16.6 < \frac{l}{r} \leq 82.8$ $\frac{1,200,000}{5,300 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 82.8 < \frac{l}{r}$	$200 : \frac{l}{r} \leq 15.5$ $200 - 1.4 \left(\frac{l}{r} - 15.5 \right) :$ $15.5 < \frac{l}{r} \leq 77.7$ $\frac{1,200,000}{4,700 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 77.7 < \frac{l}{r}$	$260 : \frac{l}{r} \leq 13.7$ $260 - 2.07 \left(\frac{l}{r} - 13.7 \right) :$ $13.7 < \frac{l}{r} \leq 68.6$ $\frac{1,200,000}{3,600 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 68.6 < \frac{l}{r}$
75 초과 100 이하	$195 : \frac{l}{r} \leq 15.8$ $195 - 1.35 \left(\frac{l}{r} - 15.8 \right) :$ $15.8 < \frac{l}{r} \leq 78.9$ $\frac{1,200,000}{4,800 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 78.9 < \frac{l}{r}$	$250 : \frac{l}{r} \leq 13.9$ $250 - 1.96 \left(\frac{l}{r} - 13.9 \right) :$ $13.9 < \frac{l}{r} \leq 69.4$ $\frac{1,200,000}{3,700 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 69.4 < \frac{l}{r}$		
비고	l : 부재의 유효 좌굴길이 (mm) r : 부재 총단면의 단면 회전 반경 (mm)			

* TMC 강재일 경우에는 판두께에 상관없이 판두께 40mm이하에 해당하는 값을 적용한다.

강종 판두께	HSB500	HSB600	HSB800	비 고
80 이하	$230 : \frac{l}{r} \leq 14.6$ $230 - 1.72 \left(\frac{l}{r} - 14.6 \right) :$ $14.6 < \frac{l}{r} \leq 73.0$ $\frac{1,200,000}{4,100 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 73.0 < \frac{l}{r}$	$270 : \frac{l}{r} \leq 13.4$ $270 - 2.19 \left(\frac{l}{r} - 13.4 \right) :$ $13.4 < \frac{l}{r} \leq 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 67.1 < \frac{l}{r}$	$380 : \frac{l}{r} \leq 18.0$ $380 - 4.18 \left(\frac{l}{r} - 18.0 \right) :$ $18.0 < \frac{l}{r} \leq 54.2$ $\frac{1,200,000}{2,300 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 54.2 < \frac{l}{r}$	
80 초과 100 이하				
비고	l : 부재의 유효 좌굴길이 (mm) r : 부재 총단면의 단면 회전 반경 (mm)			

- a) 이외의 허용 휨압축응력 (MPa)

(도.설.기 표 3.3.4(a))

강 종 판두께 (mm)		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490 [SM490C-TMC]	SM490Y SM 520 SMA490 [SM520C-TMC]	SM 570 SMA570 SM570C-TMC]
$\frac{A_w}{A_c} \leq 2$	40 이하	$140 : \frac{l}{b} \leq 4.6$ $140 - 2.49(\frac{l}{b} - 4.6) :$ $4.6 < \frac{l}{b} \leq 30$	$190 : \frac{l}{b} \leq 4.0$ $190 - 3.91(\frac{l}{b} - 4.0) :$ $4.0 < \frac{l}{b} \leq 30$	$215 : \frac{l}{b} \leq 3.8$ $215 - 4.69(\frac{l}{b} - 3.8) :$ $3.8 < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq 3.4$ $270 - 6.64(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$
	40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{b} \leq 4.9$	$175 : \frac{l}{b} \leq 4.1$	$200 : \frac{l}{b} \leq 3.9$ $200 - 4.24(\frac{l}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{l}{b} \leq 27$	$260 : \frac{l}{b} \leq 3.4$ $260 - 6.25(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$
	75 초과 100 이하	$130 - 2.21(\frac{l}{b} - 4.9) :$ $4.9 < \frac{l}{b} \leq 30$	$175 - 3.48(\frac{l}{b} - 4.1) :$ $4.1 < \frac{l}{b} \leq 30$	$195 : \frac{l}{b} \leq 3.9$ $195 - 4.07(\frac{l}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{l}{b} \leq 27$	$250 : \frac{l}{b} \leq 3.5$ $250 - 5.94(\frac{l}{b} - 3.5) :$ $3.5 < \frac{l}{b} \leq 25$
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	40 이하	$140 : \frac{l}{b} \leq \frac{9.3}{K}$ $140 - 1.24(K\frac{l}{b} - 9.3) :$ $\frac{9.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$190 : \frac{l}{b} \leq \frac{8.0}{K}$ $190 - 1.95(K\frac{l}{b} - 8.0) :$ $\frac{8.0}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$215 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.5}{K}$ $215 - 2.35(K\frac{l}{b} - 7.5) :$ $\frac{7.5}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.7}{K}$ $270 - 3.32(K\frac{l}{b} - 6.7) :$ $\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$
	40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{b} \leq \frac{9.7}{K}$	$175 : \frac{l}{b} \leq \frac{8.3}{K}$	$200 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.8}{K}$ $200 - 2.12(K\frac{l}{b} - 7.8) :$ $\frac{7.8}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$260 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.9}{K}$ $260 - 3.12(K\frac{l}{b} - 6.9) :$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$
	75 초과 100 이하	$130 - 1.10(K\frac{l}{b} - 9.7) :$ $\frac{9.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$175 - 1.74(K\frac{l}{b} - 8.3) :$ $\frac{8.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$195 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.9}{K}$ $195 - 2.04(K\frac{l}{b} - 7.9) :$ $\frac{7.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$250 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.9}{K}$ $250 - 2.97(K\frac{l}{b} - 6.9) :$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적 (mm^2) A_c : 압축플랜지의 총단면적 (mm^2) l : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) K : $\sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$			

* TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용한다.

- a) 이외의 허용 휨압축응력 (MPa) (계속)

(도.설.기 표 3.3.4(a))

강 종		HSB500	HSB600	HSB800	비 고
판두께 (mm)					
$\frac{A_w}{A_c} \leq 2$	100 이하	$230 : \frac{l}{b} \leq 3.6$ $230 - 5.19(\frac{l}{b} - 3.6) :$ $3.6 < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq 3.4$ $270 - 6.64(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$	$380 : \frac{l}{b} \leq 5.4$ $380 - 12.63(\frac{l}{b} - 5.4) :$ $5.4 < \frac{l}{b} \leq 19$	
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	100 이하	$230 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.3}{K}$ $230 - 2.60(K\frac{l}{b} - 7.3) :$ $\frac{7.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.7}{K}$ $270 - 3.32(K\frac{l}{b} - 6.7) :$ $\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$	$380 : \frac{l}{b} \leq \frac{10.8}{K}$ $380 - 6.13(K\frac{l}{b} - 10.8) :$ $\frac{10.8}{K} < \frac{l}{b} \leq 19$	
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적 (mm ²) A_c : 압축플랜지의 총단면적 (mm ²) l : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) $K : \sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$			

- 강재 주거더의 허용응력 증가율

(도.설.기 표 3.9.4)

하중의 조합			증 가 율 (%)	
			정의 휨모멘트를 받는 부분	부의 휨모멘트를 받는 부분
1	크리프의 영향과 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주 하 중	압 축 연	15	0
		인 장 연	0	0
3	주하중 + 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	압 축 연	30	15
		인 장 연	15	15
4	가설시 하중	압 축 연	25	25
		인 장 연	25	25

- 마찰이음용 고장력 볼트 허용력 (kN) (1볼트 1마찰면 마다)

(도.설.기 표 3.3.3)

볼트의 등급	F 8 T	F 10 T	S 10 T	F 13 T	S 13 T
나사호칭					
M 20	31	39	39	50	50
M 22	39	48	48	63	63
M 24	45	56	56	73	73
M 27	58	73	73	-	-
M 30	71	89	89	-	-

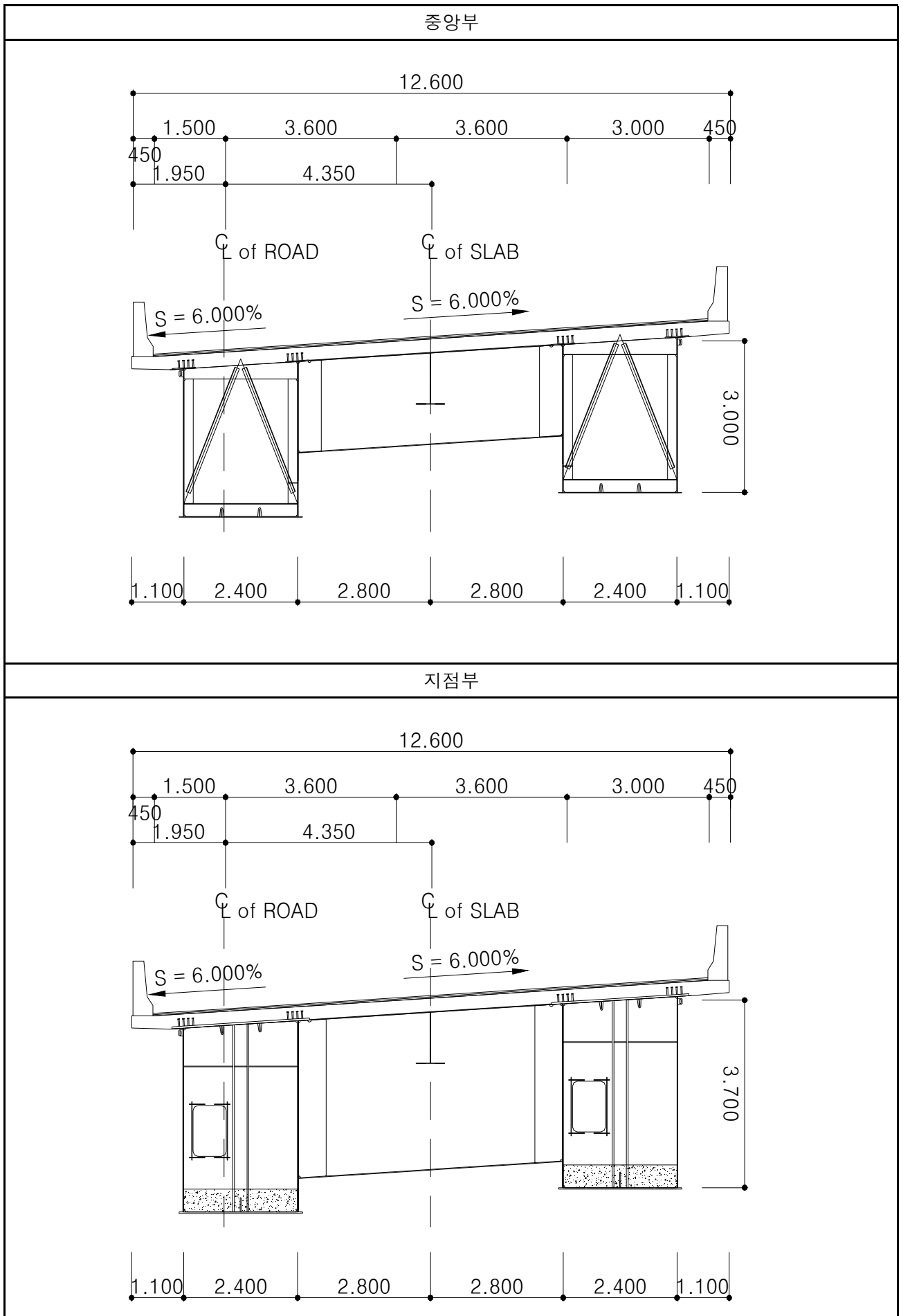
4) 설 계 방 법

- ① 바닥판 : 극한강도 설계법 + 경험적설계법
- ② 강합성거더 : 허용응력 설계법

5) 참 고 문 헌

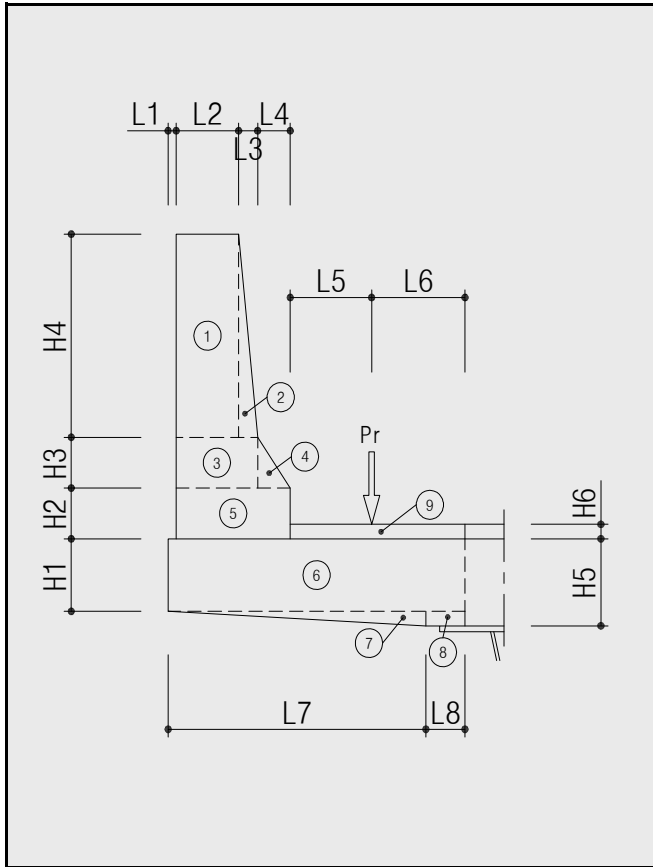
- ① 도로교설계기준----- 국토해양부 (2010) [도.설]
- ② 도로교설계기준 해설----- 대한토목학회 (2008) [도.설.해]
- ③ 도로설계요령----- 한국도로공사 (2009) [도.설.요]
- ④ 도로설계편람----- 국토해양부 (2008) [도.설.편]
- ⑤ 콘크리트구조기준----- 국토해양부 (2012) [콘.기]
- ⑥ 강도로교상세부설계지침----- 국토해양부 (2006)
- ⑦ 강구조편람----- 한국강구조학회 (1995)
- ⑧ 개구제형 강거더 설계지침----- 한국도로공사 (2002)
- ⑨ 강교설계의 기초----- 도서출판 건설도서 (2005)
- ⑩ STANDARD SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDGES----- AASHTO (1996)
- ⑪ DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES----- HEINS,C.P. (1979)
- ⑫ ENGINEERING FOR STEEL CONSTRUCTION----- AISC (1984)

2. 단면가정



3. 바닥판 설계

3.1 좌측 캔틸레버부



H1	0.240 m	L1	0.030 m
H2	0.175 m	L2	0.230 m
H3	0.175 m	L3	0.070 m
H4	0.970 m	L4	0.120 m
H5	0.280 m	L5	0.300 m
H6	0.050 m	L6	0.225 m
H7	0.000 m	L7	0.800 m
R	300 m	L8	0.175 m
V	60.000 km/h	L9	0.000 m
콘크리트 단위중량		25.000 kN/m ³	
무근콘크리트 단위중량		23.500 kN/m ³	
포장 단위중량		23.500 kN/m ³	
DB 1후륜 하중 (Pr)		96.000 kN	
탱크 총 중량			
탱크궤도 길이			
탱크하중 작용점(L5)			
트레일러 1후륜 하중			
트레일러하중 작용점(L5)			

(1) 고정 하중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	$0.230 \times 0.970 \times 25.000$	5.578	0.830	4.629
2	$\frac{1}{2} \times 0.070 \times 0.970 \times 25.000$	0.849	0.692	0.587
3	$0.300 \times 0.175 \times 25.000$	1.313	0.795	1.043
4	$\frac{1}{2} \times 0.120 \times 0.175 \times 25.000$	0.263	0.605	0.159
5	$0.420 \times 0.175 \times 25.000$	1.838	0.735	1.351
6	$0.975 \times 0.240 \times 25.000$	5.850	0.488	2.852
7	$\frac{1}{2} \times 0.800 \times 0.040 \times 25.000$	0.400	0.442	0.177
8	$0.175 \times 0.040 \times 25.000$	0.175	0.088	0.015
9	$0.525 \times 0.050 \times 23.500$	0.617	0.263	0.162
TOTAL		16.881		10.975

(2) 활 하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 유효하중 분포폭

(도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.225 + 1.14 = 1.320 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.225 \text{ m}$$

▪ 충격 계수

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.225) = 0.373 > 0.300 \quad i = 0.300$$

▪ 작용 모멘트

$$Ml+i = (96.00 / 1.320) \times 0.225 \times (1 + 0.30) = 21.273 \text{ kN·m/m}$$

(3) 차량 충돌 하중

(도.설.해 2.4.3.6)

① 수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

$$H=(V/60)^2 \times 7.5 + 2.5$$

여기서,

H : 강성 방호울타리 1m 높이에 직각으로 작용하는 교축 1m당의 수평충돌력(kN/m)

V : 차량의 충돌 속도(km/h), 최근 도로환경이 개선되고 주행속도가 높아지는 경향이 있으므로
충돌속도는 도로의 설계속도로 볼 수 있다.

$$H = (60.000 / 60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.190 \text{ m}$$

$$M_{co} = 10.000 \times 1.190 = 11.900 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10.000 kN/m 의 수평하중 재하시

$$H = 10.000 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.460 \text{ m}$$

$$M_{co} = 10.000 \times 1.460 = 14.600 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

③ 곡선반경 R > 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값을 적용

$$M_{co} = 14.600 = \mathbf{14.600 \text{ kN} \cdot \text{m/m}}$$

(4) 풍 하 중 (3.000 kN/m²)

(도.설.해 2.1.11)

$$P_w = 3.000 \times 1.270 = 3.810 \text{ kN/m}$$

$$M_w = 3.810 \times (1.270 / 2 + 0.05 + 0.28 / 2) = \mathbf{3.143 \text{ kN} \cdot \text{m/m}}$$

(5) 원 심 하 중

(도.설.해 2.1.17)

$$CF=0.79 \ V^2 / R(\%)$$

여기서,

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

▪ 일반 차량하중 작용시

$$CF = 0.79 \times 60.000^2 / 300.000 = 9.480 (\%)$$

$$P_{cf} = 96.000 / 1.320 \times 9.480 / 100 = 6.895 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.990 \text{ m}$$

$$M_{cf} = 6.895 \times 1.990 = \mathbf{13.720 \text{ kN} \cdot \text{m/m}}$$

(6) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	균중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{CO})	난간충돌하중(M_{CO})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	10.975	21.273	0.000	14.600	0.000	3.143	13.720

(7) 하 중 조 합

(도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	비 고
CASE 1	kN·m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.30	1.30	1.30		1.30	차량 충돌하중
CASE 3	"	1.30	1.30		0.65	1.30	활하중 재하시
CASE 4	"	1.20		1.20	1.20		차량 충돌하중
CASE 5	"	1.30			1.30		
CASE 6	"	1.00	1.00		0.30	0.00	사용모멘트
CASE 7	"	1.00	1.00	0.00		0.00	차량충돌 사용모멘트

(8) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	14.267	45.736			17.836	77.840
CASE 2	"	14.267	27.655	18.980		17.836	78.738
CASE 3	"	14.267	27.655		2.043	17.836	61.801
CASE 4	"	13.170		17.520	3.772		34.462
CASE 5	"	14.267			4.086		18.354
최대 계수 모멘트							78.738
CASE 6	"	10.975	21.273		0.943	0.000	33.191
CASE 7	"	10.975	21.273	0.000		0.000	32.248
최대 사용 모멘트							33.191

(9) 캔틸레버판 단부 설계

- ① 주철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배근한다.
- ② 배력철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력 철근량과 동일하게 배근한다.
- ③ 배치범위 : 도로교설계기준 강교편 바닥판에 배치 범위가 명시되지 않아 콘크리트편 4.7.5.7을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치 범위로 적용한다.

(10) 바닥판의 최소 두께 ($X = 0.23 \leq 0.25$ 인 경우)

(도.설.해 3.6.1.5)

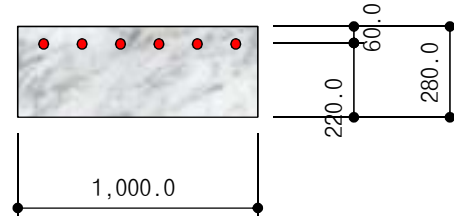
$$h_{min} = (280 \cdot L + 180) = (280 \times 0.225 + 180) = 243.0 \text{ mm} > 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h_{req} = 243.0 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 280.0 \text{ mm} > h_{req} = 243.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

(11) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

$f_{ck} = 27.0$ MPa	$f_y = 400.0$ MPa
$M_u = 78.7$ kN·m	$M = 33.2$ kN·m
$b = 1,000.0$ mm	$h = 280.0$ mm
$\beta = 0.85$	$d' = 60.0$ mm
$\phi_f = 0.85$	$d = 220.0$ mm



■ 강도 감소계수 (ϕ_f) 산정

(콘.설.해 6.2.2)

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times f_y = 1,626.5 \times 400.0 = 650,600.0 \\
 C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 0.85 \times 27.0 \times a \times 1,000.0 = 22,950.0 a \\
 T &= C \text{ 이므로, } a = 28.349 \text{ mm} \\
 c &= 28.349 / \beta = 28.349 / 0.85 = 33.351 \text{ mm} \\
 \epsilon_y &= f_y / E_s = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020 \\
 \epsilon_t &= 0.003 \times (d - c) / c = 0.003 \times (220.0 - 33.351) / 33.351 = 0.0168 \\
 \epsilon_t &= 0.0168 \geq 0.0050 \text{ 이므로 인장지배 단면이며, } \phi_f = 0.85 \text{ 를 적용한다.}
 \end{aligned}$$

■ 필요 철근량 산정

$$\begin{aligned}
 a &= A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 0.017429 A_s \quad \text{----- ①} \\
 M_u &= \phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = 74,800.0 A_s - 170.0 A_s \cdot a \quad \text{----- ②} \\
 \text{식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 } A_s \text{를 구한다.} \\
 78,738,200.0 &= -2.962963 A_s^2 + 74,800.0 A_s \\
 \therefore A_{s \text{ req}} &= 1,100.635 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

■ 사용 철근량 산정

$$\begin{aligned}
 \therefore A_{s \text{ use}} &= \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 200.0 \\ \text{H } 13 @ 200.0 \end{array} = \begin{array}{l} 993.0 \text{ mm}^2 \\ 633.5 \text{ mm}^2 \end{array} \\
 \Sigma &= 1,626.5 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.478] \quad \dots\dots 0.K !!
 \end{aligned}$$

■ 철근량 검토

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min}} &= 1.4 / f_y \times b \times d = 770.0 \text{ mm}^2 && (\text{ 콘.설.해 6.3.2}) \\
 &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 714.5 \text{ mm}^2 && (\text{ 콘.설.해 6.3.2}) \\
 &= \text{수축 온도 철근량} = 560.0 \text{ mm}^2 && (\text{ 콘.설.해 5.7.2}) \\
 \therefore A_{s \text{ min}} &= 770.0 \text{ mm}^2 \\
 A_{s \text{ max}} &= 0.714 \times \rho_b \times b \times d = 4,596.4 \text{ mm}^2 && (\text{ 콘.설.해 6.2.2}) \\
 \therefore A_{s \text{ max}} &\geq A_{s \text{ use}} \geq A_{s \text{ min}} && \dots\dots 0.K !!
 \end{aligned}$$

■ 힘에 대한 검토

$$\begin{aligned}
 a &= A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 28.349 \text{ mm} \\
 \phi M_n &= 0.85 \times 1,626.5 \times 400.0 \times (220.0 - a/2) = 113.824 \text{ kN·m} \\
 \therefore \phi M_n &\geq Mu && [\text{사용률} = 1.446] \quad \dots\dots 0.K !!
 \end{aligned}$$

▪ 배력 철근량 산정

(도.설.해 3.6.1.4)

$$\text{수축} \cdot \text{온도철근량} = 0.002 \cdot b \cdot h = 560.000 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 560.000 \text{ mm}^2$$

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 500.0 \\ \text{H } 16 @ 500.0 \end{array} = \begin{array}{l} 397.2 \text{ mm}^2 \\ 397.2 \text{ mm}^2 \end{array}$$

$$\Sigma = 794.4 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.419] \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

② 캔틸레버부 단부 설계

철근 콘크리트 바닥판의 경우 일반적으로 거더의 단부외의 캔틸레버 바닥판에서 필요한 철근량의 2배를 배치하는 것이 좋다.

▪ 주 철 근

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 2,201.271 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 200.0 \\ \text{H } 19 @ 200.0 \end{array} = \begin{array}{l} 993.0 \text{ mm}^2 \\ 1,432.5 \text{ mm}^2 \end{array}$$

$$\Sigma = 2,425.5 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.102] \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

▪ 배 력 철 근

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 1,120.000 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 250.0 \\ \text{H } 16 @ 250.0 \end{array} = \begin{array}{l} 794.4 \text{ mm}^2 \\ 794.4 \text{ mm}^2 \end{array}$$

$$\Sigma = 1,588.8 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.419] \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

③ 사용성 검토

탄성계수비 n	=	E_s / E_c	=	7.0	
$A_{s \text{ use}}$	=	$\begin{array}{l} \text{H } 16 @ 200.0 \\ \text{H } 13 @ 200.0 \end{array}$	=	$\begin{array}{l} 993.0 \text{ mm}^2 \\ 633.5 \text{ mm}^2 \end{array}$	(개수 = 10.0 ea)
			Σ	=	1,626.5 mm ²
철근비 ρ	=	$A_s / b d$			
	=	$1,626.5 / (1,000.0 \times 220.0)$	=	0.00739	
중립축 k	=	$-n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$			
	=	$-0.0518 + \sqrt{(2 \times 0.0518 + 0.0518^2)}$	=	0.27410	
중립축 거리 x	=	$k \times d$	=	0.27410×220.0	= 60.303
j	=	$1 - k / 3$	=	$1 - 0.274 / 3$	= 0.909
철근 응력 f_s	=	$M / (A_s \times j \times d)$			
	=	$33.19 / (1,626.5 \times 0.909 \times 220.0)$	=	102.083 MPa	

▪ 균 열 검 토

(콘.설.해 4.2)

$$\text{최소 두께 } c_c = 60.0 - 15.9 / 2 = 52.050 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단 폭 } s_1 = 375 \times (210 / f_s) - 2.5 \cdot c_c \quad (\text{콘.설.해 6.3.3})$$

$$= 375 \times (210 / 102.083) - 2.5 \times 52.050 = 641.310 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단 폭 } s_2 = 300 \times (210 / f_s)$$

$$= 300 \times (210 / 102.083) = 617.148 \text{ mm}$$

$$\text{Min} = 617.148 \text{ mm}$$

$$\therefore s = 1,000.0 / 10.0\text{ea} = 100.0 \text{ mm} \leq s_a = 617.1 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

▪ 처짐 검토

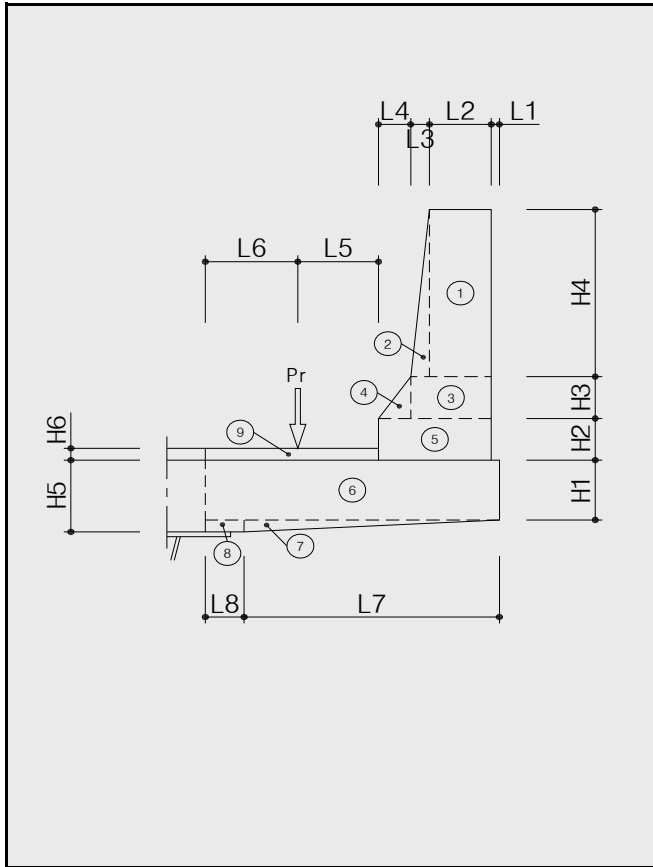
처짐 계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께 (콘.설 P78)

$$t(\text{min}) = L / 10 = 975.0 / 10 = 97.5 \text{ mm}$$

$$\therefore t(\text{min}) = 97.5 \text{ mm} \leq h = 280.0 \text{ mm} \quad \cdots \cdots \text{O.K !!}$$

$\therefore$ 별도의 처짐검토 필요 없음

3.2 우측 캔틸레버부



H1	0.240 m	L1	0.030 m
H2	0.175 m	L2	0.230 m
H3	0.175 m	L3	0.070 m
H4	0.970 m	L4	0.120 m
H5	0.280 m	L5	0.300 m
H6	0.050 m	L6	0.225 m
H7	0.000 m	L7	0.800 m
R	300 m	L8	0.175 m
V	60.000 km/h	L9	0.000 m
콘크리트 단위중량		25.000 kN/m ³	
무근콘크리트 단위중량		23.500 kN/m ³	
포장 단위중량		23.500 kN/m ³	
DB 1후륜 하중 (Pr)		96.000 kN	
탱크 총 중량			
탱크궤도 길이			
탱크하중 작용점(L5)			
트레일러 1후륜 하중			
트레일러하중 작용점(L5)			

(1) 고정 하중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	$0.230 \times 0.970 \times 25.000$	5.578	0.830	4.629
2	$\frac{1}{2} \times 0.070 \times 0.970 \times 25.000$	0.849	0.692	0.587
3	$0.300 \times 0.175 \times 25.000$	1.313	0.795	1.043
4	$\frac{1}{2} \times 0.120 \times 0.175 \times 25.000$	0.263	0.605	0.159
5	$0.420 \times 0.175 \times 25.000$	1.838	0.735	1.351
6	$0.975 \times 0.240 \times 25.000$	5.850	0.488	2.852
7	$\frac{1}{2} \times 0.800 \times 0.040 \times 25.000$	0.400	0.442	0.177
8	$0.175 \times 0.040 \times 25.000$	0.175	0.088	0.015
9	$0.525 \times 0.050 \times 23.500$	0.617	0.263	0.162
TOTAL		16.881		10.975

(2) 활 하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 유효하중 분포폭

(도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.225 + 1.14 = 1.320 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.225 \text{ m}$$

▪ 충격 계수

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.225) = 0.373 > 0.300 \quad i = 0.300$$

▪ 작용 모멘트

$$Ml+i = (96.00 / 1.320) \times 0.225 \times (1 + 0.30) = 21.273 \text{ kN·m/m}$$

(3) 차량 충돌 하중

(도.설.해 2.4.3.6)

① 수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

$$H=(V/60)^2 \times 7.5 + 2.5$$

여기서,

H : 강성 방호울타리 1m 높이에 직각으로 작용하는 교축 1m당의 수평충돌력(kN/m)

V : 차량의 충돌 속도(km/h), 최근 도로환경이 개선되고 주행속도가 높아지는 경향이 있으므로 충돌속도는 도로의 설계속도로 볼 수 있다.

$$H = (60.000 / 60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.190 \text{ m}$$

$$M_{co} = 10.000 \times 1.190 = 11.900 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10.000 kN/m 의 수평하중 재하시

$$H = 10.000 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.460 \text{ m}$$

$$M_{co} = 10.000 \times 1.460 = 14.600 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

③ 곡선반경 R > 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값을 적용

$$M_{co} = 14.600 = \mathbf{14.600 \text{ kN} \cdot \text{m/m}}$$

(4) 풍 하 중 (3.000 kN/m²)

(도.설.해 2.1.11)

$$P_w = 3.000 \times 1.270 = 3.810 \text{ kN/m}$$

$$M_w = 3.810 \times (1.270 / 2 + 0.05 + 0.28 / 2) = \mathbf{3.143 \text{ kN} \cdot \text{m/m}}$$

(5) 원 심 하 중

(도.설.해 2.1.17)

$$CF=0.79 \ V^2 / R(\%)$$

여기서,

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

▪ 일반 차량하중 작용시

$$CF = 0.79 \times 60.000^2 / 300.000 = 9.480 \text{ (\%)}$$

$$P_{cf} = 96.000 / 1.320 \times 9.480 / 100 = 6.895 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.990 \text{ m}$$

$$M_{cf} = 6.895 \times 1.990 = \mathbf{13.720 \text{ kN} \cdot \text{m/m}}$$

(6) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	균중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{C0})	난간충돌하중(M_{C0})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	10.975	21.273	0.000	14.600	0.000	3.143	13.720

(7) 하 중 조 합

(도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{C0}	M_W	M_{CF}	비 고
CASE 1	kN·m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.30	1.30	1.30		1.30	차량 충돌하중
CASE 3	"	1.30	1.30		0.65	1.30	활하중 재하시
CASE 4	"	1.20		1.20	1.20		차량 충돌하중
CASE 5	"	1.30			1.30		
CASE 6	"	1.00	1.00		0.30	0.00	사용모멘트
CASE 7	"	1.00	1.00	0.00		0.00	차량충돌 사용모멘트

(8) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{C0}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	14.267	45.736			17.836	77.840
CASE 2	"	14.267	27.655	18.980		17.836	78.738
CASE 3	"	14.267	27.655		2.043	17.836	61.801
CASE 4	"	13.170		17.520	3.772		34.462
CASE 5	"	14.267			4.086		18.354
최대 계수 모멘트							78.738
CASE 6	"	10.975	21.273		0.943	0.000	33.191
CASE 7	"	10.975	21.273	0.000		0.000	32.248
최대 사용 모멘트							33.191

(9) 캔틸레버판 단부 설계

(도.설.해 4.7.6.4)

- ① 주철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배근한다.
- ② 배력철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력 철근량과 동일하게 배근한다.
- ③ 배치범위 : 도로교설계기준 강교편 바닥판에 배치 범위가 명시되지 않아 콘크리트편 4.7.5.7을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치 범위로 적용한다.

(10) 바닥판의 최소 두께 ($X = 0.23 \leq 0.25$ 인 경우)

(도.설.해 3.6.1.5)

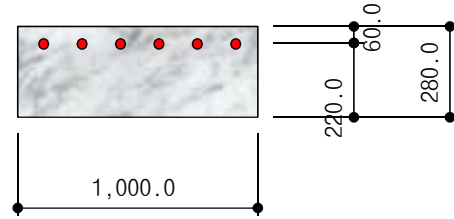
$$h_{min} = (280 \cdot L + 180) = (280 \times 0.225 + 180) = 243.0 \text{ mm} > 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h_{req} = 243.0 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 280.0 \text{ mm} > h_{req} = 243.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{O.K !!}$$

(11) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

$f_{ck} = 27.0$ MPa	$f_y = 400.0$ MPa
$M_u = 78.7$ kN·m	$M = 33.2$ kN·m
$b = 1,000.0$ mm	$h = 280.0$ mm
$\beta = 0.85$	$d' = 60.0$ mm
$\phi_f = 0.85$	$d = 220.0$ mm



■ 강도 감소계수 (ϕ_f) 산정

(콘.설.해 6.2.2)

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times f_y = 1,626.5 \times 400.0 = 650,600.0 \\
 C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 0.85 \times 27.0 \times a \times 1,000.0 = 22,950.0 a \\
 T &= C \text{ 이므로, } a = 28.349 \text{ mm} \\
 c &= 28.349 / \beta = 28.349 / 0.85 = 33.351 \text{ mm} \\
 \epsilon_y &= f_y / E_s = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020 \\
 \epsilon_t &= 0.003 \times (d - c) / c = 0.003 \times (220.0 - 33.351) / 33.351 = 0.0168 \\
 \epsilon_t &= 0.0168 \geq 0.0050 \text{ 이므로 인장지배 단면이며, } \phi_f = 0.85 \text{ 를 적용한다.}
 \end{aligned}$$

■ 필요 철근량 산정

$$\begin{aligned}
 a &= A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 0.017429 A_s \quad \text{----- ①} \\
 M_u &= \phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = 74,800.0 A_s - 170.0 A_s \cdot a \quad \text{----- ②} \\
 \text{식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 } A_s \text{를 구한다.} \\
 78,738,200.0 &= -2.962963 A_s^2 + 74,800.0 A_s \\
 \therefore A_{s \text{ req}} &= 1,100.635 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

■ 사용 철근량 산정

$$\begin{aligned}
 \therefore A_{s \text{ use}} &= \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 200.0 \\ \text{H } 13 @ 200.0 \end{array} = \begin{array}{l} 993.0 \text{ mm}^2 \\ 633.5 \text{ mm}^2 \end{array} \\
 \Sigma &= 1,626.5 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.478] \quad \dots\dots 0.K !!
 \end{aligned}$$

■ 철근량 검토

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min}} &= 1.4 / f_y \times b \times d = 770.0 \text{ mm}^2 && (\text{ 콘.설.해 6.3.2}) \\
 &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 714.5 \text{ mm}^2 && (\text{ 콘.설.해 6.3.2}) \\
 &= \text{수축 온도 철근량} = 560.0 \text{ mm}^2 && (\text{ 콘.설.해 5.7.2}) \\
 \therefore A_{s \text{ min}} &= 770.0 \text{ mm}^2 \\
 A_{s \text{ max}} &= 0.714 \times \rho_b \times b \times d = 4,596.4 \text{ mm}^2 && (\text{ 콘.설.해 6.2.2}) \\
 \therefore A_{s \text{ max}} &\geq A_{s \text{ use}} \geq A_{s \text{ min}} && \dots\dots 0.K !!
 \end{aligned}$$

■ 힘에 대한 검토

$$\begin{aligned}
 a &= A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 28.349 \text{ mm} \\
 \phi M_n &= 0.85 \times 1,626.5 \times 400.0 \times (220.0 - a/2) = 113.824 \text{ kN·m} \\
 \therefore \phi M_n &\geq Mu && [\text{사용률} = 1.446] \quad \dots\dots 0.K !!
 \end{aligned}$$

▪ 배력 철근량 산정

(도.설.해 3.6.1.4)

$$\text{수축} \cdot \text{온도철근량} = 0.002 \cdot b \cdot h = 560.000 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 560.000 \text{ mm}^2$$

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 500.0 \\ \text{H } 16 @ 500.0 \end{array} = \begin{array}{l} 397.2 \text{ mm}^2 \\ 397.2 \text{ mm}^2 \end{array}$$

$$\Sigma = 794.4 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.419] \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

② 캔틸레버부 단부 설계

(도.설.해 4.7.6.4)

철근 콘크리트 바닥판의 경우 일반적으로 거더의 단부외의 캔틸레버 바닥판에서 필요한 철근량의 2배를 배치하는 것이 좋다.

▪ 주 철 근

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 2,201.271 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 200.0 \\ \text{H } 19 @ 200.0 \end{array} = \begin{array}{l} 993.0 \text{ mm}^2 \\ 1,432.5 \text{ mm}^2 \end{array}$$

$$\Sigma = 2,425.5 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.102] \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

▪ 배 력 철 근

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 1,120.000 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 250.0 \\ \text{H } 16 @ 250.0 \end{array} = \begin{array}{l} 794.4 \text{ mm}^2 \\ 794.4 \text{ mm}^2 \end{array}$$

$$\Sigma = 1,588.8 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.419] \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

③ 사용성 검토

탄성계수비 n	=	E_s / E_c	=	7.0	
$A_{s \text{ use}}$	=	$\begin{array}{l} \text{H } 16 @ 200.0 \\ \text{H } 13 @ 200.0 \end{array}$	=	$\begin{array}{l} 993.0 \text{ mm}^2 \\ 633.5 \text{ mm}^2 \end{array}$	(개수 = 10.0 ea)
			Σ	=	1,626.5 mm ²
철근비 ρ	=	A_s / bd			
	=	$1,626.5 / (1,000.0 \times 220.0)$	=	0.00739	
중립축 k	=	$-n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$			
	=	$-0.0518 + \sqrt{(2 \times 0.0518 + 0.0518^2)}$	=	0.27410	
중립축 거리 x	=	$k \times d$	=	0.27410×220.0	= 60.303
j	=	$1 - k / 3$	=	$1 - 0.274 / 3$	= 0.909
철근 응력 f_s	=	$M / (A_s \times j \times d)$			
	=	$33.19 / (1,626.5 \times 0.909 \times 220.0)$	=	102.083 MPa	

▪ 균 열 검 토

(콘.설.해 4.2)

$$\text{최소 두께 } c_c = 60.0 - 15.9 / 2 = 52.050 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단 폭 } s_1 = 375 \times (210 / f_s) - 2.5 \cdot c_c \quad (\text{콘.설.해 6.3.3})$$

$$= 375 \times (210 / 102.083) - 2.5 \times 52.050 = 641.310 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단 폭 } s_2 = 300 \times (210 / f_s)$$

$$= 300 \times (210 / 102.083) = 617.148 \text{ mm}$$

$$\text{Min} = 617.148 \text{ mm}$$

$$\therefore s = 1,000.0 / 10.0\text{ea} = 100.0 \text{ mm} \leq s_a = 617.1 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

▪ 처짐 검토

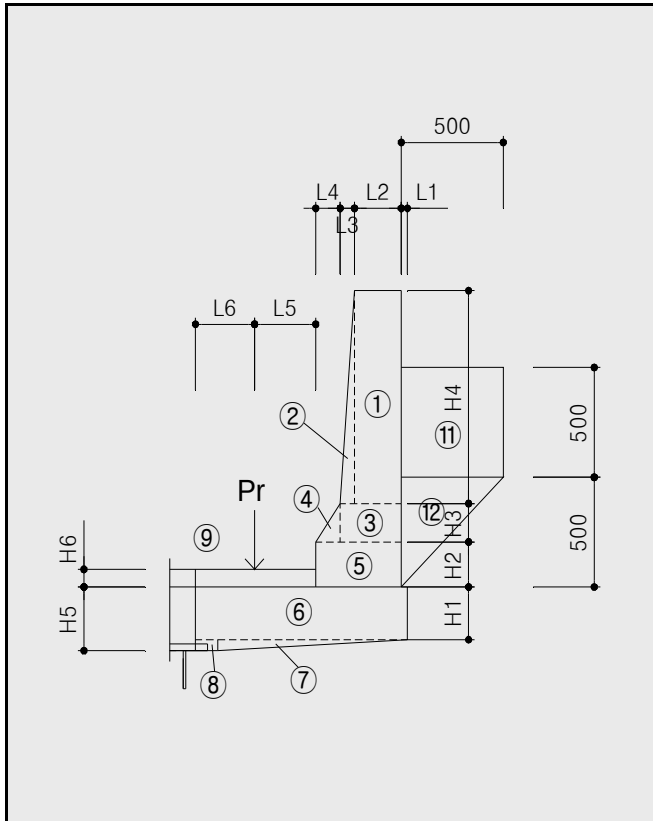
처짐 계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께 (콘.설 P78)

$$t(\text{min}) = L / 10 = 975.0 / 10 = 97.5 \text{ mm}$$

$$\therefore t(\text{min}) = 97.5 \text{ mm} \leq h = 280.0 \text{ mm} \quad \cdots \cdots \text{O.K !!}$$

$\therefore$ 별도의 처짐검토 필요 없음

3.3 캔틸레버부 가로등 기초부



H1	0.240 m	L1	0.030 m
H2	0.175 m	L2	0.230 m
H3	0.175 m	L3	0.070 m
H4	0.970 m	L4	0.120 m
H5	0.280 m	L5	0.300 m
H6	0.050 m	L6	0.225 m
H7	0.000 m	L7	0.800 m
R	300 m	L8	0.175 m
V	60.000 km/h	L9	0.000 m
콘크리트 단위중량			25.000 kN/m ³
포장 단위중량			23.500 kN/m ³
DB 1후륜 하중 (Pr)			96.000 kN
탱크 총 중량			
탱크궤도 길이			
탱크하중 작용점(L5)			
트레일러 1후륜 하중			
트레일러하중 작용점(L5)			

(1) 고정 하중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	$0.230 \times 0.970 \times 25.000$	5.578	0.830	4.629
2	$\frac{1}{2} \times 0.070 \times 0.970 \times 25.000$	0.849	0.692	0.587
3	$0.300 \times 0.175 \times 25.000$	1.313	0.795	1.043
4	$\frac{1}{2} \times 0.120 \times 0.175 \times 25.000$	0.263	0.605	0.159
5	$0.420 \times 0.175 \times 25.000$	1.838	0.735	1.351
6	$0.975 \times 0.240 \times 25.000$	5.850	0.488	2.852
7	$\frac{1}{2} \times 0.800 \times 0.040 \times 25.000$	0.400	0.442	0.177
8	$0.175 \times 0.040 \times 25.000$	0.175	0.088	0.015
9	$0.525 \times 0.050 \times 23.500$	0.617	0.263	0.162
10	난 간 하 중	0.000	0.000	0.000
11	$0.500 \times 0.500 \times 25.000$	6.250	1.225	7.656
12	$\frac{1}{2} \times 0.500 \times 0.500 \times 25.000$	3.125	1.142	3.568
13	가 로 등 하 중	4.000	1.225	4.900
TOTAL		30.256		27.099

(2) 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 윤하중 분포폭

(도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.225 + 1.14 = 1.320 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.225 \text{ m}$$

▪ 충격 계 수

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.225) = 0.373 > 0.300 \quad i = 0.300$$

▪ 작용 모멘트

$$Ml+i = (96.00 / 1.320) \times 0.225 \times (1 + 0.30) = 21.273 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(3) 차량 충돌 하중

(도.설.해 2.4.3.6)

① 수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

$$H=(V/60)^2 \times 7.5+2.5$$

여기서,

H : 강성 방호울타리 1m 높이에 직각으로 작용하는 교축 1m당의 수평충돌력(kN/m)

V : 차량의 충돌 속도(km/h), 최근 도로환경이 개선되고 주행속도가 높아지는 경향이 있으므로
충돌속도는 도로의 설계속도로 볼 수 있다.

$$H = (60.000 / 60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.190 \text{ m}$$

$$Mco = 10.000 \times 1.190 = 11.900 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10.000 kN/m 의 수평하중 재하시

$$H = 10.000 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.460 \text{ m}$$

$$Mco = 10.000 \times 1.460 = 14.600 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

③ 곡선반경 R > 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값을 적용

$$Mco = 14.600 = 14.600 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(4) 풍 하 중 (3.000 kN/m²)

(도.설.해 2.1.11)

$$Pw = 3.000 \times 1.270 = 3.810 \text{ kN/m}$$

$$Mw = 3.810 \times (1.270 / 2 + 0.05 + 0.28 / 2) = 3.143 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(5) 원 심 하 중

(도.설.해 2.1.17)

$$CF=0.79 V^2 / R(\%)$$

여기서,

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

▪ 일반 차량하중 작용시

$$CF = 0.79 \times 60.000^2 / 300.000 = 9.480 (\%)$$

$$Pcf = 96.000 / 1.320 \times 9.480 / 100 = 6.895 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.990 \text{ m}$$

$$Mcf = 6.895 \times 1.990 = 13.720 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(6) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	군중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{C0})	난간충돌하중(M_{C0})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	27.099	21.273	0.000	14.600	0.000	3.143	13.720

(7) 하 중 조 합

(도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{C0}	M_W	M_{CF}	비 고
CASE 1	kN·m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.30	1.30	1.30		1.30	차량 충돌하중
CASE 3	"	1.30	1.30		0.65	1.30	활하중 재하시
CASE 4	"	1.20		1.20	1.20		차량 충돌하중
CASE 5	"	1.30			1.30		
CASE 6	"	1.00	1.00		0.30	1.00	사용모멘트
CASE 7	"	1.00	1.00	1.00		1.00	차량충돌 사용모멘트

(8) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{C0}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	35.229	45.736			17.836	98.801
CASE 2	"	35.229	27.655	18.980		17.836	99.699
CASE 3	"	35.229	27.655		2.043	17.836	82.762
CASE 4	"	32.519		17.520	3.772		53.811
CASE 5	"	35.229			4.086		39.315
최대 계수 모멘트							99.699
CASE 6	"	27.099	21.273		0.943	13.720	63.035
CASE 7	"	27.099	21.273	14.600		13.720	76.692
최대 사용 모멘트							76.692

(9) 바닥판의 최소 두께 ($X = 0.23 \leq 0.25$ 인 경우)

(도.설.해 3.6.1.5)

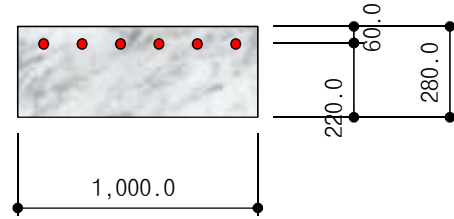
$$h_{min} = (280 \cdot L + 180) = (280 \times 0.225 + 180) = 243.0 \text{ mm} > 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h_{req} = 243.0 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 280.0 \text{ mm} > h_{req} = 243.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \mathbf{O.K!!}$$

(10) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

$f_{ck} = 27.0$ MPa	$f_y = 400.0$ MPa
$M_u = 99.7$ kN·m	$M = 76.7$ kN·m
$b = 1,000.0$ mm	$h = 280.0$ mm
$\beta = 0.85$	$d' = 60.0$ mm
$\phi_f = 0.85$	$d = 220.0$ mm



■ 강도 감소계수 (ϕ_f) 산정

(콘.설.해 6.2.2)

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times f_y = 1,626.5 \times 400.0 = 650,600.0 \\
 C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 0.85 \times 27.0 \times a \times 1,000.0 = 22,950.0 a \\
 T &= C \text{ 이므로, } a = 28.349 \text{ mm} \\
 c &= 28.349 / \beta = 28.349 / 0.85 = 33.351 \text{ mm} \\
 \epsilon_y &= f_y / E_s = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020 \\
 \epsilon_t &= 0.003 \times (d - c) / c = 0.003 \times (220.0 - 33.351) / 33.351 = 0.0168 \\
 \epsilon_t &= 0.0168 \geq 0.0050 \text{ 이므로 인장지배 단면이며, } \phi_f = 0.85 \text{ 를 적용한다.}
 \end{aligned}$$

■ 필요 철근량 산정

$$\begin{aligned}
 a &= A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 0.017429 A_s \quad \text{----- ①} \\
 M_u &= \phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = 74,800.0 A_s - 170.0 A_s \cdot a \quad \text{----- ②} \\
 \text{식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 } A_s \text{를 구한다.} \\
 99,699,345.8 &= -2.962963 A_s^2 + 74,800.0 A_s \\
 \therefore A_{s \text{ req}} &= 1,411.836 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

■ 사용 철근량 산정

$$\begin{aligned}
 \therefore A_{s \text{ use}} &= \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 200.0 \\ \text{H } 13 @ 200.0 \end{array} = \begin{array}{l} 993.0 \text{ mm}^2 \\ 633.5 \text{ mm}^2 \end{array} \\
 \Sigma &= 1,626.5 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.152] \quad \dots\dots 0.K !!
 \end{aligned}$$

■ 철근량 검토

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min}} &= 1.4 / f_y \times b \times d = 770.0 \text{ mm}^2 & (\text{ 콘.설.해 6.3.2}) \\
 &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 714.5 \text{ mm}^2 & (\text{ 콘.설.해 6.3.2}) \\
 &= \text{수축 온도 철근량} = 560.0 \text{ mm}^2 & (\text{ 콘.설.해 5.7.2}) \\
 \therefore A_{s \text{ min}} &= 770.0 \text{ mm}^2 \\
 A_{s \text{ max}} &= 0.714 \times \rho_b \times b \times d = 4,596.4 \text{ mm}^2 & (\text{ 콘.설.해 6.2.2}) \\
 \therefore A_{s \text{ max}} &\geq A_{s \text{ use}} \geq A_{s \text{ min}} \quad \dots\dots 0.K !!
 \end{aligned}$$

■ 힘에 대한 검토

$$\begin{aligned}
 a &= A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 28.349 \text{ mm} \\
 \phi M_n &= 0.85 \times 1,626.5 \times 400.0 \times (220.0 - a/2) = 113.824 \text{ kN·m} \\
 \therefore \phi M_n &\geq Mu \quad [\text{사용률} = 1.142] \quad \dots\dots 0.K !!
 \end{aligned}$$

▪ 배력 철근량 산정

(도.설.해 3.6.1.4)

$$\text{수축} \cdot \text{온도철근량} = 0.002 \cdot b \cdot h = 560.000 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 560.000 \text{ mm}^2$$

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

$$\therefore A_{s \text{ use}} = H \ 16 \ @ \ 250.0 = 794.4 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 794.4 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.419] \quad \dots\dots 0.K !!$$

② 사용성 검토

탄성계수비 n	=	E_s / E_c	=	7.1	
$A_{s \text{ use}}$	=	H 16 @ 200.0	=	993.0 mm ²	(개수 = 10.0 ea)
		H 13 @ 200.0	=	633.5 mm ²	
			Σ	=	1,626.5 mm ²
철근비 ρ	=	A_s / bd			
	=	$1,626.5 / (1,000.0 \times 220.0)$	=	0.00739	
중립축 k	=	$-np + \sqrt{(2np + (np)^2)}$			
	=	$-0.0525 + \sqrt{(2 \times 0.0525 + 0.0525^2)}$	=	0.27574	
중립축 거리 x	=	$k \times d = 0.27574 \times 220.0$	=	60.664	
	$j = 1 - k / 3 = 1 - 0.276 / 3$		=	0.908	
철근 응력 f_s	=	$M / (A_s \times j \times d)$			
	=	$76.69 / (1,626.5 \times 0.908 \times 220.0)$	=	236.018 MPa	

▪ 균 열 검 토

(콘.설.해 4.2)

$$\text{최소 두께 } c_c = 60.0 - 15.9 / 2 = 52.050 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단 폭 } s_1 = 375 \times (210 / f_s) - 2.5 \cdot c_c \quad (\text{콘.설.해 6.3.3})$$

$$= 375 \times (210 / 236.018) - 2.5 \times 52.050 = 203.536 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단 폭 } s_2 = 300 \times (210 / f_s)$$

$$= 300 \times (210 / 236.018) = 266.929 \text{ mm}$$

$$\text{Min} = 203.536 \text{ mm}$$

$$\therefore s = 1,000.0 / 10.0\text{ea} = 100.0 \text{ mm} \leq s_a = 203.5 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 처 짐 검 토

처짐 계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께 (콘.설 P78)

$$t(\text{min}) = L / 10 = 1140.0 / 10 = 114 \text{ mm}$$

$$\therefore t(\text{min}) = 114 \text{ mm} \leq h = 280.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$\therefore$ 별도의 처짐검토 필요 없음

1) 경험적 설계법에 의한 바닥판 슬래브계산

(도.설.해 4.7.7.3)

- ... 0.K !!

- O.K !!

- O.K !!

- O.K !!

- 우측 캔틸레버 (방호책있음) : $1.120\text{m} \geq 0.240\text{m} \times 3 = 0.720\text{m} \dots\dots 0.K !!$

- ... 0.K !!

- (도.설.해 4.7.7.4)

위 치			산 정 식					검 토	
주 철 근	하 철 면 근	필요철근량	240,000.0	×	0.4%	=	960.0	mm ²	 0.K !!
		현장배근철근	H 13	@	400.0	=	316.8	mm ²	
		패널내부철근	H 13	@	180.0	=	703.9	mm ²	
	상 철 면 근	필요철근량	240,000.0	×	0.3%	=	720.0	mm ²	 0.K !!
		1 Cycle	H 16	@	400.0	=	496.5	mm ²	
		2 Cycle	H 16	@	400.0	=	496.5	mm ²	
배 력 철 근	하 철 면 근	필요철근량	240,000.0	×	0.3%	=	720.0	mm ²	 0.K !!
		사용철근량	H 16	@	250.0	=	794.4	mm ²	
	상 철 면 근	필요철근량	240,000.0	×	0.3%	=	720.0	mm ²	 0.K !!
		사용철근량	H 16	@	250.0	=	794.4	mm ²	
바닥판 슬래브 단면적 = 1,000.0 mm × 240.0 mm = 240,000.0 mm ²									

3.5 내부지점부 주장을검토

(도.설.해 3.9.2.3)

- 인장력을 받는 바닥판에서 콘크리트의 단면을 무시하고 설계를 하는 경우에는 바닥판 콘크리트 단면적에 1.5% 이상의 교축방향 철근을 배근하여야 한다. 이경우 교축방향 철근의 총주변장의 바닥판 콘크리트의 단면적에 대한 비, 즉 주장은 0.0035 mm/mm² 이상으로 하면 좋다. 또한 바닥판 작용에 대처하기 위하여 배치된 철근을 교축방향 철근의 일부로 볼 수 있다.
- 철근은 고정하중에 의한 휨모멘트의 부호가 변하는 점을 지나서 바닥판 콘크리트의 압축측에 정착한다.

- 필요 철근량 산정

$$A_c = 1,000.0 \times 240.0 = 240,000.0 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 240,000.0 \times 1.5\% = 3,600.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 철근량

$$\begin{array}{rclcl} \therefore A_{s \text{ use}} = & \text{H } 19 @ 125.0 & = & 2,292.0 \text{ mm}^2 \\ & \text{H } 19 @ 125.0 & = & 2,292.0 \text{ mm}^2 \\ & \Sigma & = & 4,584.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.273] \quad \dots\dots \text{O.K !!} \end{array}$$

- 주장을 검토

$$\text{사용철근 개수} : 8.000 + 8.000 = 16.00 \text{ EA/m}$$

$$\text{주 장 른} : \mu = \frac{\pi \times D \times n + \pi \times D \times n}{1000 \times t_m} > 0.0035 \text{ mm/mm}^2$$

여기서, D : 철근 직경

n : 철근 개수

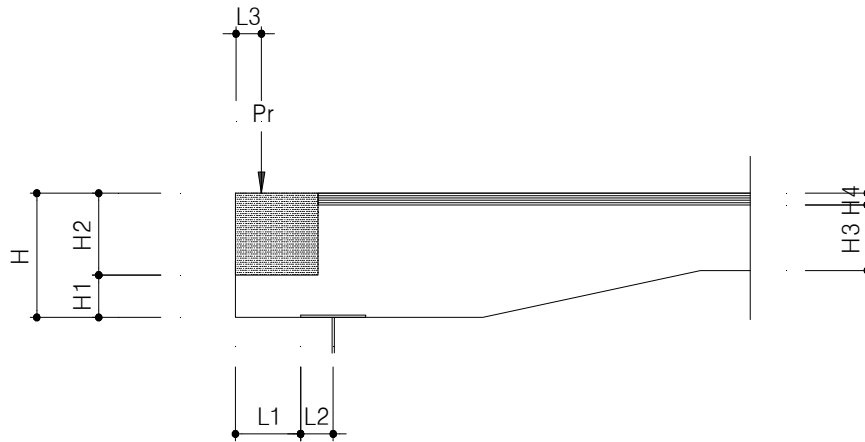
1,000 : 단위 폭 (mm)

t_m : 중간 슬래브 두께 (mm)

$$\mu = \frac{\pi \times 19.10 \times 8.00 + \pi \times 19.10 \times 8.00}{1,000.00 \times 240.00} = 0.0040 \text{ mm/mm}^2$$

$$\mu = 0.0040 \text{ mm/mm}^2 > \mu_a = 0.0035 \text{ mm/mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

3.6 진입부 바닥판



H	0.530 m	L	0.545 m
H1	0.210 m	L1	0.470 m
H2	0.320 m	L2	0.150 m
H3	0.280 m	L3	0.100 m
H4	0.050 m		

(1) 고정 하중

$$0.545 \times 0.530 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 7.221 \text{ kN/m}$$

$$MD = 7.221 \times 0.545 \times 0.500 = 1.968 \text{ kN/m}$$

(2) 활 하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 총 격 계 수 (도.설.해 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.545) = 0.370 > 0.300 \quad i = 0.300$$

▪ 작용 모멘트

$$MI+i = (0.55+0.6) \times 96.0 / 9.6 \times (1+0.300) = 14.885 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \quad (\text{도.설.해 3.6.1.4})$$

(4) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	균중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{C0})	난간충돌하중(M_{C0})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	1.968	14.885					

(5) 하 중 조 합

(도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{C0}	M_W	M_{CF}	비 고
CASE 1	kN·m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.00	1.00		1.00	1.00	사용모멘트

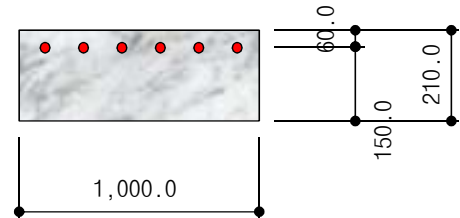
(6) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	2.558	32.003			0.000	34.561
최대 계수 모멘트							34.561
CASE 2	"	1.968	14.885		0.000	0.000	16.853
최대 사용 모멘트							16.853

(9) 단 면 검 토

① 중앙부 (외측)

f_{ck}	=	27.0	MPa	f_y	=	400.0	MPa
M_u	=	34.6	kN·m	M	=	16.9	kN·m
b	=	1,000.0	mm	h	=	210.0	mm
β	=	0.85		d'	=	60.0	mm
ϕ_f	=	0.85		d	=	150.0	mm



▪ 강도 감소계수 (ϕ_f) 산정

(콘.설.해 6.2.2)

$$T = A_s \times f_y = 794.4 \times 400.0 = 317,760.0$$

$$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 0.85 \times 27.0 \times a \times 1,000.0 = 22,950.0 a$$

$$T = C \text{ 이므로, } a = 13.846 \text{ mm}$$

$$c = 13.846 / \beta = 13.846 / 0.85 = 16.289 \text{ mm}$$

$$\epsilon_y = f_y / E_s = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times (d - c) / c = 0.003 \times (150.0 - 16.289) / 16.289 = 0.0246$$

$\epsilon_t = 0.0246 \geq 0.0050$ 이므로 인장지배 단면이며, $\phi_f = 0.85$ 를 적용한다.

▪ 필요 철근량 산정

$$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 0.017429 A_s \quad \text{----- ①}$$

$$M_u = \phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = 51,000.0 A_s - 170.0 A_s \cdot a \quad \text{----- ②}$$

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다.

$$34,560,877.8 = -2.962963 A_s^2 + 51,000.0 A_s$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 706.678$$

▪ 사용 철근량 산정

$$\therefore A_{s \text{ use}} = H \ 16 \ @ \ 250.0 = 794.4 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 794.4 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.124] \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

▪ 철근량 검토

$$A_{s \text{ min}} = 1.4 / f_y \times b \times d = 525.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.3.2})$$

$$= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 487.1 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.3.2})$$

$$= \text{수축 온도 철근량} = 420.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 5.7.2})$$

$$\therefore A_{s \text{ min}} = 525.0 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} = 0.714 \times \rho_b \times b \times d = 3,133.9 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.2.2})$$

$$\therefore A_{s \text{ max}} \geq A_{s \text{ use}} \geq A_{s \text{ min}} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

▪ 힘에 대한 검토

$$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 13.846 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0.85 \times 794.4 \times 400.0 \times (150.0 - a/2) = 38.645 \text{ kN·m}$$

$$\therefore \phi M_n \geq Mu \quad [\text{사용률} = 1.118] \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

3.7 하부콘크리트 철근량 산정

3.7.1 철근량 산정기준

(콘 · 기 · 해 5.7.2)

- 1) 수축 · 온도철근으로 배치되는 이형철근은 다음의 철근비 이상으로 하여야 한다.
 - 설계기준항복강도가 400MPa 이하인 이형철근을 사용한 슬래브 ----- 0.002
- 2) 본 교량의 하부슬래브는 단면두께는 450mm이다.
- 3) 이중합성부 하부 바닥판은 부모멘트 영역의 하부에 설치됨으로,
상시 압축력만 작용하기 때문에 연속지점부 주장을검토는 필요하지 않다.
- 4) 이중합성부 하부 콘크리트는 지점부의 부모멘트에 의하여 하부에 큰 압축력이 발생하므로,
이중합성후의 콘크리트 단면검토를 반드시 수행하여야 한다.
(콘 제5장 단면응력검토 참조)

3.7.2 철근량 산정

◎ 온도 철근량 산정

1) 필요철근량 :

$$\cdot A_{s\_req} = 450 \times 1,000 \times 0.002 = 900 \text{ mm}^2$$

2) 사용철근량 :

$$\cdot H \ 16 \ @ \ 150 = 2,648 \text{ mm}^2 \geq 900 \text{ mm}^2 \therefore O.K$$

※ 이중합성부 하부콘크리트는 구속력 증진에 의한 완전합성을 위해 전단연결제 주변철근량이
충분하여야 하는바 안전성 확보측면에서 상기철근량으로 배근함.

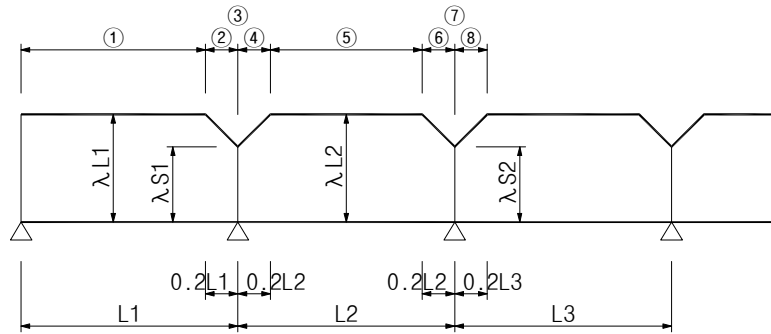
4. 주거더의 설계

4.1 강재플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

전단지연(Shear Lag) 현상의 영향으로 인한 플랜지 및 바닥판의 유효폭의 고려하여 단면응력을 검토 하도록 하며, 해석 시에는 전단면을 적용한다.

1) 강재플랜지 유효폭

(도.설.해 3.8.3.4)



(3 경간 연속교)

지간 구성	L1	L2	L3					
	82.000 m	93.000 m	82.000 m					

위 치 구 분	복부간격 or 플랜지폭 (2b)		플랜지 돌출폭 (be)		비 고
	상 부	하 부	상 부	하 부	
교대부	0.500 m	2.400 m	0.000 m	0.100 m	개 단 면
측경간중앙부	0.600 m	2.400 m	0.000 m	0.100 m	개 단 면
교변구간	0.500 m	2.400 m	0.000 m	0.100 m	개 단 면
내부지점부	2.400 m	2.400 m	0.250 m	0.100 m	폐 단 면
중 앙 부	0.500 m	2.400 m	0.000 m	0.100 m	개 단 면

▪ 등가 지간장 산정식

- 연속거더 :

$$\textcircled{1} \lambda_{L1}(\text{지간 중앙부}) : l = 0.8 \cdot L_1 \qquad \textcircled{3} \lambda_{S1}(\text{중간지점}) : l = 0.2 \cdot (L_1 + L_2)$$

$$\textcircled{5} \lambda_{L2}(\text{지간 중앙부}) : l = 0.6 \cdot L_2 \qquad \textcircled{7} \lambda_{S2}(\text{중간지점}) : l = 0.2 \cdot (L_2 + L_3)$$

②④⑥⑧ 양단의 유효폭을 사용하여 직선적으로 변화한다.

▪ 유효폭 산정식

(도.설.해 3.8.3.4)

- 지간 중앙부 유효폭 산정식 :

$$b/l < 0.05 \quad , \quad \lambda = b$$

$$0.05 < b/l < 0.30 \quad , \quad \lambda = \{1.1 - 2(b/l)\} \times b$$

$$b/l > 0.30 \quad , \quad \lambda = 0.15 \times l$$

- 지점부 유효폭 산정식 :

$$b/l < 0.02 \quad , \quad \lambda = b$$

$$0.02 < b/l < 0.30 \quad , \quad \lambda = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \times b$$

$$b/l > 0.30 \quad , \quad \lambda = 0.15 \times l$$

- 플랜지 돌출폭 :

$$b = \text{각 위치별 상부플랜지 폭} / 2 \text{ 를 적용}$$

- 플랜지 유효폭 :

$$B = 2 \times ((\lambda L \text{ or } \lambda S) + be)$$

- Girder 동일단면 :

(단위 : m)

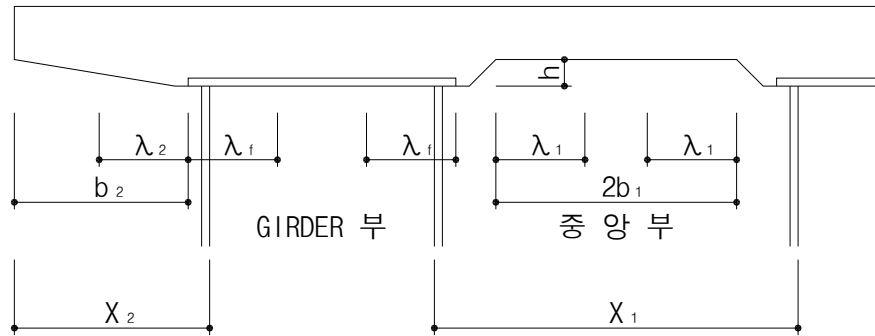
위치	거리 (m)	등가 지간장 (l)	복부간격(2b)		플랜지 돌출폭(be)		b / l		λ_L or λ_S		강재플랜지 유효폭	
			상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부
A1	0.00	65.600	0.500	2.400	0.250	0.100	0.004	0.018	0.250	1.200	0.500	2.600
(개단면)	중앙부	65.600	0.600	2.400	0.250	0.100	0.005	0.018	0.350	1.200	0.600	2.600
0.2L	65.60	65.600	0.500	2.400	0.250	0.100	0.004	0.018	0.250	1.200	0.500	2.600
(개단면)	62.00				0.250	0.100			0.735	1.191	0.985	2.583
(폐합)	72.00	53.659	2.400	2.400	0.250	0.100	0.022	0.022	1.189	1.189	2.878	2.578
(폐합)	75.75	46.662	2.400	2.400	0.250	0.100	0.026	0.026	1.177	1.177	2.854	2.554
P1	82.00	35.000	2.400	2.400	0.250	0.100	0.034	0.034	1.147	1.147	2.793	2.493
(폐합)	87.25	40.871	2.400	2.400	0.250	0.100	0.029	0.029	1.164	1.164	2.828	2.528
(폐합)	91.00	45.065	2.400	2.400	0.250	0.100	0.027	0.027	1.174	1.174	2.847	2.547
(개단면)	96.00				0.250	0.100			0.760	1.187	1.010	2.574
0.2L	100.60	55.800	0.500	2.400	0.250	0.100	0.004	0.022	0.250	1.200	0.500	2.600
(개단면)	128.50	55.800	0.500	2.400	0.250	0.100	0.004	0.022	0.250	1.200	0.500	2.600
0.2L	156.40	55.800	0.500	2.400	0.250	0.100	0.004	0.022	0.250	1.200	1.000	2.600
(개단면)	161.00				0.250	0.100			0.760	1.187	1.010	2.574
(폐합)	166.00	45.065	2.400	2.400	0.250	0.100	0.027	0.027	1.174	1.174	2.847	2.547
(폐합)	169.75	40.871	2.400	2.400	0.250	0.100	0.029	0.029	1.164	1.164	2.828	2.528
P2	175.00	35.000	2.400	2.400	0.250	0.100	0.034	0.034	1.147	1.147	2.793	2.493
(폐합)	181.25	46.662	2.400	2.400	0.250	0.100	0.026	0.026	1.177	1.177	2.854	2.554
(폐합)	185.00	53.659	2.400	2.400	0.250	0.100	0.022	0.022	1.189	1.189	2.878	2.578
(개단면)	188.75				0.250	0.100			0.735	1.191	0.985	2.583
0.2L	191.40	65.600	0.500	2.400	0.250	0.100	0.004	0.018	0.250	1.200	1.000	2.600
(개단면)	중앙부	65.600	0.600	2.400	0.250	0.100	0.005	0.018	0.350	1.200	0.600	2.600
A2	257.00	65.600	0.500	2.400	0.250	0.100	0.004	0.018	0.250	1.200	0.500	2.600

2) 바닥판 유효폭

바닥판의 유효폭의 계산은 플랜지의 유효폭 계산 규정에 의하고, λ 와 b 는 아래 그림과 같이 한다.

이 경우 수평에 대한 현치의 경사는 도.설.해 3.6.1.10의 규정에 의하지만 계산상에는 45°로 취급한다.

① Girder-1 : G1,G2



- X_1 : 인접 거더의 복부사이의 간격
- X_2 : 인접 거더복부에서 캔틸레버 끝단거리
- X_3 : 상부플랜지에서의 거더내부 복부간격
- $2b_1 = X_1 - 2(be + h)$
- $b_2 = X_2 - be$
- h : 현치높이
- be : 복부판 내측에서 상부플랜지 끝단거리
- $2b_3 = X_3 - 2(be + h)$

위치구분	X_1	X_2	X_3	be (플랜지 돌출폭)	비 고
교대부	5.600 m	1.100 m	2.400 m	0.250 m	개 단 면
측경간중앙부	5.600 m	1.100 m	2.400 m	0.250 m	개 단 면
교변구간	5.600 m	1.100 m	2.400 m	0.250 m	개 단 면
내부지점부	5.600 m	1.100 m	2.400 m	0.250 m	폐 단 면
중 앙 부	5.600 m	1.100 m	2.400 m	0.200 m	개 단 면

(단위 : m)

위치	거리 (m)	등가 지간장 (l)	플랜지 유효폭 (상부)	현치 높이 (h)	X_1	X_2	X_3	플랜지 돌출폭 (be)	b_1/l	b_2/l	b_3/l	λ_1	λ_2	λ_3	B
A1	0.0	65.60	0.500	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.038	0.013	0.014	2.500	0.850	0.900	6.300
(개단면)	중앙부	65.60	0.600	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.038	0.013	0.014	2.500	0.850	0.900	6.300
0.2L	65.6	65.60	0.500	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.038	0.013	0.014	2.500	0.850	0.900	6.300
(폐합)	72.0	53.66	2.878	0.050				0.250				2.358	0.845	0.893	6.139
(폐합)	75.8	46.66	2.854	0.050				0.250				2.275	0.842	0.889	6.045
P1	82.0	35.00	2.793	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.071	0.024	0.026	2.136	0.837	0.883	5.888
(폐합)	87.3	40.87	2.828	0.050				0.250				2.239	0.841	0.888	6.005
(폐합)	91.0	45.06	2.847	0.050				0.250				2.312	0.843	0.891	6.088
(개단면)	96.0	0.00	1.010	0.050				0.250				2.410	0.847	0.896	6.198
0.2L	100.6	55.80	0.500	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.045	0.015	0.016	2.500	0.850	0.900	6.300
(개단면)	128.5	55.80	0.500	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.045	0.015	0.016	2.500	0.850	0.900	6.300
0.2L	156.4	55.80	1.000	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.045	0.015	0.016	2.500	0.850	0.900	6.300
(개단면)	161.0	0.00	1.010	0.050				0.250				2.410	0.847	0.896	6.198
(폐합)	166.0	45.06	2.847	0.050				0.250				2.312	0.843	0.891	6.088
(폐합)	169.8	40.87	2.828	0.050				0.250				2.239	0.841	0.888	6.005
P2	175.0	35.0	2.793	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.071	0.024	0.026	2.136	0.837	0.883	5.888
(폐합)	181.3	46.66	2.854	0.050				0.250				2.275	0.842	0.889	6.045
(개단면)	185.0	53.66	2.878	0.050				0.250				2.358	0.845	0.893	6.139
0.2L	191.4	65.60	1.000	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.038	0.013	0.014	2.500	0.850	0.900	6.300
(개단면)	중앙부	65.60	0.600	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.038	0.013	0.014	2.500	0.850	0.900	6.300
A2	257.0	65.60	0.500	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.038	0.013	0.014	2.500	0.850	0.900	6.300

3) 유효폭 결과정리

① Girder-G1,G2

(단위 : m)

단면	위치	강재 플랜지 유효폭		상부 바닥판 유효폭	하부 바닥판 유효폭
		상부플랜지	하부플랜지		
단면1	3,1/4지점	0.500	2.600	6.300	-
단면2	4,3/4지점	0.500	2.600	6.300	-
단면3	5,3/4지점	0.600	2.600	6.300	-
단면4	8,1/4지점	0.600	2.600	6.300	-
단면5	9,3/4지점	0.600	2.600	6.300	-
단면6	11,1/4지점	0.500	2.600	6.300	-
단면7	14,1/4지점	0.500	2.600	6.300	-
단면8	15,1/4지점	0.985	2.583	6.300	-
단면9	15,1/4지점	2.878	2.578	6.139	-
단면10	16,3/4지점	2.854	2.554	6.045	2.354
단면11	17,J지점	2.793	2.493	5.888	2.293
단면12	19,1/4지점	2.828	2.528	6.005	2.328
단면13	19,1/4지점	2.847	2.547	6.088	2.347
단면14	20,J지점	1.010	2.574	6.198	
단면15	21,3/4지점	0.600	2.600	6.300	-
단면16	23,1/4지점	0.500	2.600	6.300	-
단면17	27,2/4지점	0.500	2.600	6.300	-

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 t_r 는 다음식으로 구한다.

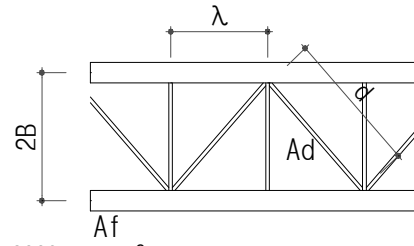
< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder >

----- (강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G} \cdot \frac{2\lambda B}{d^3 / A_f + 2\lambda^3 / 3A_f} \quad (\text{SD-Type 일때})$$

E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1200 mm
d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 18.0 = 9000 mm²



$$t_r = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 9000} = 0.822 \text{ mm}$$

$$F = ((B_1 + B_2) / 2 + t_3) \times (H + t_2 / 2 + t_1 / 2) = 7251463 \text{ mm}^2$$

$$L_m = 2 \times [(B_1 + t_3) + (H + t_2 / 2 + t_1 / 2)] = 10837 \text{ mm}$$

$$\int \frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t_1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk / \cos \theta}{t_3} = \frac{2.412}{0.012} + \frac{2.412}{0.001} + 2 \times \frac{3.015}{0.01200} = 3639.465$$

$$K = \frac{4 \times F^2}{\int \frac{ds}{t}} = \frac{4 \times 7251462.772^2}{3639.46} = 5.779 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

· 단면적(A)	1.248E+05	mm ²
· 전단에 저항하는 단면적(As)	7.200E+04	mm ²
· y축 단면2차모멘트(iy)	1.486E+11	mm ⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz)	1.681E+11	mm ⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K)	5.779E+10	mm ⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 18	18000	3021.00	5.438E+07	5.257E+10	4.860E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3012.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000	1512.00	1.089E+08	2.879E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	87.00	3.132E+05	5.403E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 12	31200	6.00	1.872E+05	5.322E+10	3.744E+05
TOTAL		124800	1312.04	1.637E+08	1.141E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3172.00	6.852E+08	1.002E+11	1.037E+09
강형		124800	1312.04	1.637E+08	1.734E+11	1.681E+11
TOTAL		340800	2490.89	8.489E+08	2.736E+11	1.691E+11

- 도심 : ysv = 848894400 / 340800 = 2490.887 mm

$$I_{v33} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 273638170258 + 169114761415 = 442752931673 \text{ mm}^4$$

$$I_{v22} = I_{22} + B_1^3 \times T_{cl} / 12 / n = 148598006000 + 6300.000^3 \times 240.0 / 12 / 7 = 863018006000 \text{ mm}^4$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned}
 &\text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \\
 &\text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 40.0 \text{ MPa} \\
 &\text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_S = 79,000 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_C = 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\
 &\text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_C = 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} = 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\
 &\text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} = 0 \times 13,239 / 79,000 = 0.0 \text{ mm} \\
 &H' = H + (t_{cu} + t_{cl})/2 + t_1/2 = 3,000.0 + 37.022/2 + 12.0/2 \\
 &= 3,024.5 \text{ mm} \\
 &F = (B_u + B_l) / 2 \times H' = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 3,024.5 \\
 &= 7,295,121 \text{ mm}^2 \\
 &K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) = 4F^2 / \{ 2x(H/\cos\Theta) / t_3 + B_u / (t_{cu} + t_{cl}) + B_l / (t_{cl} + t_1) \} \\
 &= 4 \times 7,295,120.7^2 / \{ 2x(3,024.5 / 12.0) + 2,412.0/37.022 + 2,412.0/(0.0+12.0) \} \\
 &= 2.7638E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

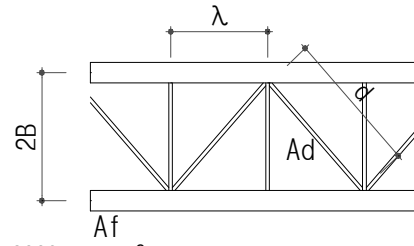
< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder >

----- (강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G} \cdot \frac{2\lambda B}{d^3 / A_f + 2\lambda^3 / 3A_f} \quad (\text{SD-Type 일때})$$

E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1200 mm
d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 26.0 = 13000 mm²



$$t_r = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 13000} = 0.837 \text{ mm}$$

$$F = ((B_1 + B_2) / 2 + t_3) \times (H + t_2 / 2 + t_1 / 2) = 7265954 \text{ mm}^2$$

$$L_m = 2 \times [(B_1 + t_3) + (H + t_2 / 2 + t_1 / 2)] = 10849 \text{ mm}$$

$$\int \frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t_1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk / \cos \theta}{t_3} = \frac{2.412}{0.024} + \frac{2.412}{0.001} + 2 \times \frac{3.025}{0.01200} = 3485.461$$

$$K = \frac{4 \times F^2}{\int \frac{ds}{t}} = \frac{4 \times 7265953.746^2}{3485.46} = 6.059 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

· 단면적(A)	1.640E+05	mm ²
· 전단에 저항하는 단면적(As)	7.200E+04	mm ²
· y축 단면2차모멘트(iy)	1.779E+11	mm ⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz)	2.414E+11	mm ⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K)	6.059E+10	mm ⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 26	26000	3037.00	7.896E+07	9.187E+10	1.465E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3024.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000	1524.00	1.097E+08	9.682E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	99.00	3.564E+05	4.032E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 24	62400	12.00	7.488E+05	8.185E+10	2.995E+06
TOTAL		164000	1157.29	1.898E+08	1.874E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3184.00	6.877E+08	1.653E+11	1.037E+09
강형		164000	1157.29	1.898E+08	2.177E+11	2.414E+11
TOTAL		380000	2309.31	8.775E+08	3.829E+11	2.425E+11

- 도심 : ysv = 877539200/380000 = 2309.314 mm

$$I_{v33} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 382911283393 + 242477674682 = 625388958076 \text{ mm}^4$$

$$I_{v22} = I_{22} + B_1^3 \times T_{cl} / 12 / n = 177860672667 + 6300.000^3 \times 240.0 / 12 / 7 = 892280672667 \text{ mm}^4$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned}
 &\text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \\
 &\text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 40.0 \text{ MPa} \\
 &\text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_S = 79,000 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_C = 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\
 &\text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_C = 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} = 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\
 &\text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} = 0 \times 13,239 / 79,000 = 0.0 \text{ mm} \\
 &H' = H + (t_{cu} + t_{cl})/2 + t_1/2 = 3,000.0 + 37.038/2 + 24.0/2 \\
 &\quad = 3,030.5 \text{ mm} \\
 &F = (B_u + B_l) / 2 \times H' = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 3,030.5 \\
 &\quad = 7,309,612 \text{ mm}^2 \\
 &K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) = 4F^2 / \{ 2x(H/\cos\Theta) / t_3 + B_u / (t_{cu} + t_{cl}) + B_l / (t_{cl} + t_1) \} \\
 &\quad = 4 \times 7,309,611.7^2 / \{ 2x(3,030.5 / 12.0) + 2,412.0/37.038 + 2,412.0/(0.0+24.0) \} \\
 &\quad = 3.1865E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

◎ 단면 < 단면3 > 단면위치 : 58,3/4지점 (거더1,2)

The diagram illustrates the cross-section of a bridge deck. It features a top concrete slab with a total width of B3 and a width of B2 at the top of the internal stiffeners. The slab thickness is Tcu. Below the slab are two vertical stiffeners with a width of b2 and a height of H. The stiffeners are separated by a distance of B1. The stiffeners have a top flange thickness of t2 and a bottom flange thickness of t1. The stiffeners are connected by a bottom deck plate with a thickness of t3. The coordinate system is defined with Y(2) as the vertical axis and X(3) as the horizontal axis. The effective width of the deck is denoted by b1 and b2.

단면제원 (mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	24
t2	30
t3	12
tr	0.847
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	600

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

보강리브 제원 (mm)						유효폭 제원 (mm)						피복두께 (mm)	
상부 리브	0	X	0	X	0	상부플랜지	600	상부바닥판	6300	n(상부)	7	t _{cu}	60
하부 리브	150	X	12	X	2	하부플랜지	2600	하부바닥판	0	n(하부)	7	t _{cl}	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규	격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2	- 600 X 30	36000	1515.00	5.454E+07	8.263E+10	2.700E+06
UPPER RIB	0	- 0 X 0	0	1500.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2	- 3000 X 12	72000				5.400E+10
LOWER RIB	2	- 150 X 12	3600	-1425.00	-5.130E+06	7.310E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1	- 2600 X 24	62400	-1512.00	-9.435E+07	1.427E+11	2.995E+06
TOTAL			174000		-4.494E+07	2.326E+11	5.401E+10

$$I_{s'} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 232593735600 + 54012445200 = 286606180800 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As = -44938800 / 174000 = -258.27 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_{s'} - \sum As \times \delta s^2 = 286606180800 - 174000 \times (-258.269)^2 = 274999883412 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_2^3 \times t_2 / 12 \times 2) + ((B_1 + b_1 \times 2)^3 \times t_1 / 12) + ((H \times t_3^3 / 12 \times 2) + [(b_2 \times t_2 + H \times t_3) \times (B_1 / 2 + t_3 / 2)^2] \times 2) \\ = (600^3 \times 30 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 24 / 12) + ((3000 \times 12^3 / 12) + [(600 \times 30) + (3000 \times 12) \times (2400 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2 = 192799006000 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 : ----- (개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAY BRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

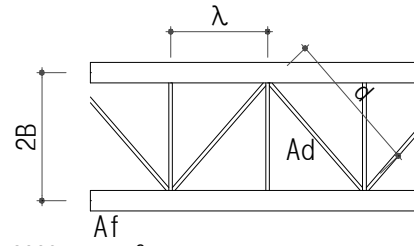
< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder >

----- (강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G} \cdot \frac{2\lambda B}{d^3 / A_f + 2\lambda^3 / 3A_f} \quad (\text{SD-Type 일때})$$

E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1200 mm
d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 600 x 30.0 = 18000 mm²



$$t_r = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 18000} = 0.847 \text{ mm}$$

$$F = ((B_1 + B_2) / 2 + t_3) \times (H + t_2 / 2 + t_1 / 2) = 7265966 \text{ mm}^2$$

$$L_m = 2 \times [(B_1 + t_3) + (H + t_2 / 2 + t_1 / 2)] = 10849 \text{ mm}$$

$$\int \frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t_1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk / \cos \theta}{t_3} = \frac{2.412}{0.024} + \frac{2.412}{0.001} + 2 \times \frac{3.027}{0.01200} = 3451.313$$

$$K = \frac{4 \times F^2}{\int \frac{ds}{t}} = \frac{4 \times 7265966.979^2}{3451.31} = 6.119 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

· 단면적(A)	1.740E+05	mm ²
· 전단에 저항하는 단면적(As)	7.200E+04	mm ²
· y축 단면2차모멘트(iy)	1.928E+11	mm ⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz)	2.750E+11	mm ⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K)	6.119E+10	mm ⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2 - 600 X 30	36000	3039.00	1.094E+08	1.132E+11	2.700E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3024.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000	1524.00	1.097E+08	4.803E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	99.00	3.564E+05	4.901E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 24	62400	12.00	7.488E+05	9.808E+10	2.995E+06
TOTAL		174000	1265.73	2.202E+08	2.210E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3184.00	6.877E+08	1.582E+11	1.037E+09
강형		174000	1265.73	2.202E+08	1.964E+11	2.750E+11
TOTAL		390000	2328.16	9.080E+08	3.546E+11	2.760E+11

- 도심 : ysv = 907981200/390000 = 2328.157 mm

$$I_{v33} = \sum AsY^2 + \sum Io = 354615238184 + 276036683412 = 630651921596 \text{ mm}^4$$

$$I_{v22} = I_{22} + B_1^3 \times T_{cl} / 12 / n = 192799006000 + 6300.000^3 \times 240.0 / 12 / 7 = 907219006000 \text{ mm}^4$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned}
 &\text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \\
 &\text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 40.0 \text{ MPa} \\
 &\text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_S = 79,000 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_C = 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\
 &\text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_C = 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} = 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\
 &\text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} = 0 \times 13,239 / 79,000 = 0.0 \text{ mm} \\
 &H' = H + (t_{cu} + t_{cl})/2 + t_1/2 = 3,000.0 + 37.048/2 + 24.0/2 \\
 &\quad = 3,030.5 \text{ mm} \\
 &F = (B_u + B_l) / 2 \times H' = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 3,030.5 \\
 &\quad = 7,309,624 \text{ mm}^2 \\
 &K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) = 4F^2 / \{ 2x(H/\cos\Theta) / t_3 + B_u / (t_{cu} + t_{cl}) + B_l / (t_{cl} + t_1) \} \\
 &\quad = 4 \times 7,309,623.9^2 / \{ 2x(3,030.5 / 12.0) + 2,412.0/37.048 + 2,412.0/(0.0+24.0) \} \\
 &\quad = 3.1866E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

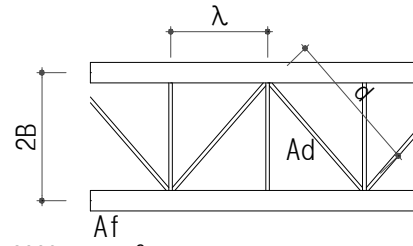
< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder >

----- (강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G} \cdot \frac{2\lambda B}{d^3 / A_f + 2\lambda^3 / 3A_f} \quad (\text{SD-Type 일때})$$

E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1200 mm
d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 600 x 36.0 = 21600 mm²



$$t_r = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 21600} = 0.852 \text{ mm}$$

$$F = ((B_1 + B_2) / 2 + t_3) \times (H + t_2 / 2 + t_1 / 2) = 7275619 \text{ mm}^2$$

$$L_m = 2 \times [(B_1 + t_3) + (H + t_2 / 2 + t_1 / 2)] = 10857 \text{ mm}$$

$$\int \frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t_1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk / \cos \theta}{t_3} = \frac{2.412}{0.032} + \frac{2.412}{0.001} + 2 \times \frac{3.034}{0.01200} = 3412.413$$

$$K = \frac{4 \times F^2}{\int \frac{ds}{t}} = \frac{4 \times 7275619.372^2}{3412.41} = 6.205 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

· 단면적(A)	2.020E+05	mm ²
· 전단에 저항하는 단면적(As)	7.200E+04	mm ²
· y축 단면2차모멘트(iy)	2.151E+11	mm ⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz)	3.307E+11	mm ⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K)	6.205E+10	mm ⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2 - 600 X 36	43200	3050.00	1.318E+08	1.468E+11	4.666E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3032.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000	1532.00	1.103E+08	7.613E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	107.00	3.852E+05	4.355E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 32	83200	16.00	1.331E+06	1.180E+11	7.100E+06
TOTAL		202000	1206.83	2.438E+08	2.767E+11	5.402E+10

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3192.00	6.895E+08	1.988E+11	1.037E+09
강형		202000	1206.83	2.438E+08	2.126E+11	3.307E+11
TOTAL		418000	2232.66	9.333E+08	4.114E+11	3.318E+11

- 도심 : ysv = 933252400 / 418000 = 2232.661 mm

$$I_{v33} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 411360552821 + 331769165744 = 743129718565 \text{ mm}^4$$

$$I_{v22} = I_{22} + B_1^3 \times T_{cl} / 12 / n = 215100339333 + 6300.000^3 \times 240.0 / 12 / 7 = 929520339333 \text{ mm}^4$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned}
 &\text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \\
 &\text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 40.0 \text{ MPa} \\
 &\text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_S = 79,000 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_C = 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\
 &\text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_C = 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} = 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\
 &\text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} = 0 \times 13,239 / 79,000 = 0.0 \text{ mm} \\
 &H' = H + (t_{cu} + t_{cl})/2 + t_1/2 = 3,000.0 + 37.052/2 + 32.0/2 \\
 &\quad = 3,034.5 \text{ mm} \\
 &F = (B_u + B_l) / 2 \times H' = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 3,034.5 \\
 &\quad = 7,319,277 \text{ mm}^2 \\
 &K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) = 4F^2 / \{ 2x(H/\cos\Theta) / t_3 + B_u / (t_{cu} + t_{cl}) + B_l / (t_{cl} + t_1) \} \\
 &\quad = 4 \times 7,319,277.3^2 / \{ 2x(3,034.5 / 12.0) + 2,412.0/37.052 + 2,412.0/(0.0+32.0) \} \\
 &\quad = 3.3160E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

◎ 단면 < 단면5 > 단면위치 : 62,3/4지점 (거더1,2)

The diagram illustrates the cross-section of a bridge deck. It features a top concrete slab with a total width of B3 and a width of B2 at the top reinforcement level. The slab thickness is Tcu. Below the slab are two vertical reinforcement bars with diameter tr. The deck height is H. The bottom reinforcement bars have diameter b1 and are spaced B1 apart. The top reinforcement bars have diameter b2. The bottom reinforcement bars are at a height t1 from the bottom, and the top reinforcement bars are at a height t2 from the top. The bottom reinforcement bars are at a height t3 from the bottom. The coordinate system has Y(2) as the vertical axis and X(3) as the horizontal axis.

단면제원 (mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	26
t2	30
t3	12
tr	0.847
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	600

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

보강리브 제원 (mm)						유효폭 제원 (mm)						피복두께 (mm)	
상부 리브	0	X	0	X	0	상부플랜지	600	상부바닥판	6300	n(상부)	7	t _{cu}	60
하부 리브	150	X	12	X	2	하부플랜지	2600	하부바닥판	0	n(하부)	7	t _{cl}	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규	격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2	- 600 X 30	36000	1515.00	5.454E+07	8.263E+10	2.700E+06
UPPER RIB	0	- 0 X 0	0	1500.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2	- 3000 X 12	72000				5.400E+10
LOWER RIB	2	- 150 X 12	3600	-1425.00	-5.130E+06	7.310E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1	- 2600 X 26	67600	-1513.00	-1.023E+08	1.547E+11	3.808E+06
TOTAL			179200		-5.287E+07	2.447E+11	5.401E+10

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io = 244686174400 + 54013258133 = 298699432533 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As = -52868800 / 179200 = -295.03 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2 = 298699432533 - 179200 \times (-295.027)^2 = 283101720405 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_2^3 \times t_2 / 12 \times 2) + ((B_1 + b_1 \times 2)^3 \times t_1 / 12) + ((H \times t_3^3 / 12 \times 2) + [(b_2 \times t_2 + H \times t_3) \times (B_1 / 2 + t_3 / 2)^2] \times 2) \\ = (600^3 \times 30 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 26 / 12) + ((3000 \times 12^3 / 12) + [(600 \times 30) + (3000 \times 12) \times (2400 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2 = 195728339333 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 : ----- (개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAY BRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

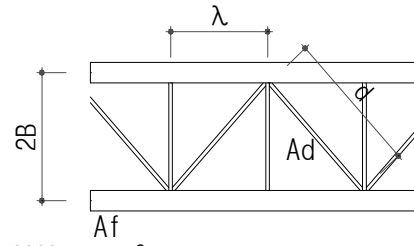
< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder >

----- (강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G} \cdot \frac{2\lambda B}{d^3 / A_f + 2\lambda^3 / 3A_f} \quad (\text{SD-Type 일때})$$

E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1200 mm
d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 600 x 30.0 = 18000 mm²



$$t_r = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 18000} = 0.847 \text{ mm}$$

$$F = ((B_1 + B_2) / 2 + t_3) \times (H + t_2/2 + t_1/2) = \text{mm}^2$$

$$L_m = 2 \times [(B_1 + t_3) + (H + t_2/2 + t_1/2)] = 10851 \text{ mm}$$

$$\int \frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t_1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk / \cos \theta}{t_3} = \frac{2.412}{0.026} + \frac{2.412}{0.001} + 2 \times \frac{3.028}{0.01200} = 3443.749$$

$$K = \frac{4 \times F^2}{\int \frac{ds}{t}} = \frac{4 \times 7268377.979^2}{3443.75} = 6.136 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

· 단면적(A)	1.792E+05	mm ²
· 전단에 저항하는 단면적(As)	7.200E+04	mm ²
· y축 단면2차모멘트(iy)	1.957E+11	mm ⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz)	2.831E+11	mm ⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K)	6.136E+10	mm ⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2 - 600 X 30	36000	3041.00	1.095E+08	1.179E+11	2.700E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3026.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000	1526.00	1.099E+08	6.267E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	101.00	3.636E+05	4.597E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 26	67600	13.00	8.788E+05	1.003E+11	3.808E+06
TOTAL		179200	1230.97	2.206E+08	2.291E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3186.00	6.882E+08	1.697E+11	1.037E+09
강형		179200	1230.97	2.206E+08	2.046E+11	2.831E+11
TOTAL		395200	2299.51	9.088E+08	3.744E+11	2.841E+11

- 도심 : ysv = 908766400/395200 = 2299.510 mm

$$I_{v33} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 374352074888 + 284138520405 = 658490595293 \text{ mm}^4$$

$$I_{v22} = I_{22} + B_1^3 \times T_{cl} / 12 / n = 195728339333 + 6300.000^3 \times 240.0 / 12 / 7 = 910148339333 \text{ mm}^4$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned}
 &\text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \\
 &\text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 40.0 \text{ MPa} \\
 &\text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_S = 79,000 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_C = 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\
 &\text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_C = 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} = 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\
 &\text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} = 0 \times 13,239 / 79,000 = 0.0 \text{ mm} \\
 &H' = H + (t_{cu} + t_{cl})/2 + t_1/2 = 3,000.0 + 37.048/2 + 26.0/2 \\
 &\quad = 3,031.5 \text{ mm} \\
 &F = (B_u + B_l) / 2 \times H' = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 3,031.5 \\
 &\quad = 7,312,036 \text{ mm}^2 \\
 &K = 4 \cdot F^2 / (f_{ds} / t) = 4F^2 / \{ 2x(H / \cos \Theta) / t_3 + B_u / (t_{cu} + t_{cl}) + B_l / (t_{cl} + t_1) \} \\
 &\quad = 4 \times 7,312,035.9^2 / \{ 2x(3,031.5 / 12.0) + 2,412.0 / 37.048 + 2,412.0 / (0.0 + 26.0) \} \\
 &\quad = 3.2251E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

◎ 단면 < 단면6 > 단면위치 : 64,1/4지점 (거더1,2)

단면제원 (mm)

B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	18
t2	20
t3	14
tr	0.827
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

Θ=0.000°

보강리브 제원 (mm)					유효폭 제원 (mm)					피복두께 (mm)			
상부 리브	0	X	0	X	0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7	t _{cu}	60
하부 리브	150	X	12	X	2	하부플랜지	2600	하부바닥판	0	n(하부)	7	t _{cl}	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규	격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2	- 500 X 20	20000	1510.00	3.020E+07	4.560E+10	6.667E+05
UPPER RIB	0	- 0 X 0	0	1500.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2	- 3000 X 14	84000				6.300E+10
LOWER RIB	2	- 150 X 12	3600	-1425.00	-5.130E+06	7.310E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1	- 2600 X 18	46800	-1509.00	-7.062E+07	1.066E+11	1.264E+06
TOTAL			154400		-4.555E+07	1.595E+11	6.301E+10

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io = 159479640800 + 63008680267 = 222488321067 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As = -45551200 / 154400 = -295.02 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2 = 222488321067 - 154400 \times (-295.02)^2 = 209049773000 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_2^3 \times t_2 / 12 \times 2) + ((B_1 + b_1 \times 2)^3 \times t_1 / 12) + ((H \times t_3^3 / 12 \times 2) + [(b_2 \times t_2 + H \times t_3) \times (B_1 / 2 + t_3 / 2)^2] \times 2) \\ = (500^3 \times 20 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 18 / 12) + ((3000 \times 14^3 / 12) + [(500 \times 20) + (3000 \times 14) \times (2400 / 2 + 14 / 2)^2] \times 2 = 177964104667 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 : ----- (개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAY BRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

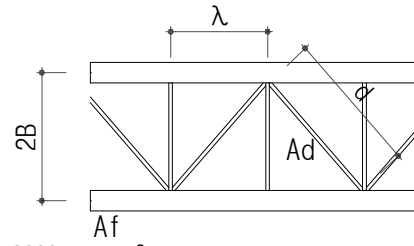
< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder >

----- (강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G} \cdot \frac{2\lambda B}{d^3 / A_f + 2\lambda^3 / 3A_f} \quad (\text{SD-Type 일때})$$

E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1200 mm
d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 20.0 = 10000 mm²



$$t_r = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 10000} = 0.827 \text{ mm}$$

$$F = ((B_1 + B_2) / 2 + t_3) \times (H + t_2 / 2 + t_1 / 2) = \text{mm}^2$$

$$L_m = 2 \times [(B_1 + t_3) + (H + t_2 / 2 + t_1 / 2)] = 10847 \text{ mm}$$

$$\int \frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t_1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk / \cos \theta}{t_3} = \frac{2.414}{0.018} + \frac{2.414}{0.001} + 2 \times \frac{3.019}{0.01400} = 3485.851$$

$$K = \frac{4 \times F^2}{\int \frac{ds}{t}} = \frac{4 \times 7264723.687^2}{3485.85} = 6.056 \text{E}+10 \text{ mm}^4$$

· 단면적(A)	1.544E+05	mm ²
· 전단에 저항하는 단면적(As)	8.400E+04	mm ²
· y축 단면2차모멘트(iy)	1.780E+11	mm ⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz)	2.090E+11	mm ⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K)	6.056E+10	mm ⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 20	20000	3028.00	6.056E+07	6.516E+10	6.667E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3018.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 14	84000	1518.00	1.275E+08	7.311E+09	6.300E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	93.00	3.348E+05	4.597E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 18	46800	9.00	4.212E+05	6.897E+10	1.264E+06
TOTAL		154400	1222.98	1.888E+08	1.460E+11	6.301E+10

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3178.00	6.864E+08	1.435E+11	1.037E+09
강형		154400	1222.98	1.888E+08	2.007E+11	2.090E+11
TOTAL		370400	2363.06	8.753E+08	3.441E+11	2.101E+11

- 도심 : ysv = 875276000/370400 = 2363.056 mm

$$I_{v33} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 344138134898 + 210086573000 = 554224707899 \text{ mm}^4$$

$$I_{v22} = I_{22} + B_1^3 \times T_{cl} / 12 / n = 177964104667 + 6300.000^3 \times 240.0 / 12 / 7 = 892384104667 \text{ mm}^4$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned}
 &\text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \\
 &\text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 40.0 \text{ MPa} \\
 &\text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_S = 79,000 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_C = 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\
 &\text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_C = 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} = 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\
 &\text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} = 0 \times 13,239 / 79,000 = 0.0 \text{ mm} \\
 &H' = H + (t_{cu} + t_{cl})/2 + t_1/2 = 3,000.0 + 37.027/2 + 18.0/2 \\
 &= 3,027.5 \text{ mm} \\
 &F = (B_u + B_l) / 2 \times H' = (2,414.0 + 2,414.0) / 2 \times 3,027.5 \\
 &= 7,308,418 \text{ mm}^2 \\
 &K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) = 4F^2 / \{ 2x(H/\cos\Theta) / t_3 + B_u / (t_{cu} + t_{cl}) + B_l / (t_{cl} + t_1) \} \\
 &= 4 \times 7,308,417.8^2 / \{ 2x(3,027.5 / 14.0) + 2,414.0/37.027 + 2,414.0/(0.0+18.0) \} \\
 &= 3.3816E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

◎ 단면 < 단면17 > 단면위치 : 80,2/4지점 (거더1,2)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°											단면제원 (mm)		
											B1	2400	
											B2	2400	
											B3	6300	
											H	2500	
											t1	12	
											t2	18	
											t3	12	
											tr	0.822	
											Tcu	240	
Th	40												
Tcl	0												
b1	100												
b2	500												
보강리브 제원 (mm)					유효폭 제원 (mm)					피복두께 (mm)			
상부 리브	0	X	0	X	0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7	t _{cu}	60
하부 리브	150	X	12	X	2	하부플랜지	2600	하부바닥판	0	n(하부)	7	t _{cl}	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규	격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2	- 500 X 18	18000	1259.00	2.266E+07	2.853E+10	4.860E+05
UPPER RIB	0	- 0 X 0	0	1250.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2	- 2500 X 12	60000				3.125E+10
LOWER RIB	2	- 150 X 12	3600	-1175.00	-4.230E+06	4.970E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1	- 2600 X 12	31200	-1256.00	-3.919E+07	4.922E+10	3.744E+05
TOTAL			112800		-2.076E+07	8.272E+10	3.126E+10

$$I_{s'} = \sum AsY^2 + \sum I_o$$

$$= 82720831200 + 31257610400 = 113978441600 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As$$

$$= -20755200 / 112800 = -184.00 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_{s'} - \sum As \times \delta s^2$$

$$= 113978441600 - 112800 \times (-184.00)^2 = 110159484800 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_2^3 \times t_2 / 12 \times 2) + ((B_1 + b_1 \times 2)^3 \times t_1 / 12) + ((H \times t_3^3 / 12 \times 2) + [(b_2 \times t_2 + H \times t_3) \times (B_1 / 2 + t_3 / 2)^2] \times 2)$$

$$= (500^3 \times 18 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 12 / 12) + ((2500 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 18) + (2500 \times 12) \times (2400 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2 = 131144630000 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 : ----- (개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAY BRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

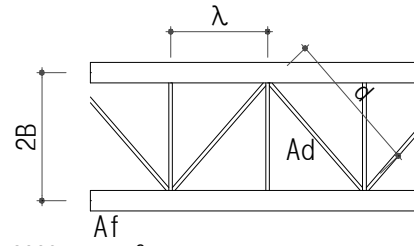
< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder >

----- (강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G} \cdot \frac{2\lambda B}{d^3 / A_f + 2\lambda^3 / 3A_f} \quad (\text{SD-Type 일때})$$

E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1200 mm
d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 18.0 = 9000 mm²



$$t_r = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 9000} = 0.822 \text{ mm}$$

$$F = ((B_1 + B_2) / 2 + t_3) \times (H + t_2 / 2 + t_1 / 2) = 6045463 \text{ mm}^2$$

$$L_m = 2 \times [(B_1 + t_3) + (H + t_2 / 2 + t_1 / 2)] = 9837 \text{ mm}$$

$$\int \frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t_1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk / \cos \theta}{t_3} = \frac{2.412}{0.012} + \frac{2.412}{0.001} + 2 \times \frac{2.515}{0.01200} = 3556.131$$

$$K = \frac{4 \times F^2}{\int \frac{ds}{t}} = \frac{4 \times 6045462.772^2}{3556.13} = 4.111 \text{E}+10 \text{ mm}^4$$

· 단면적(A)	1.128E+05	mm ²
· 전단에 저항하는 단면적(As)	6.000E+04	mm ²
· y축 단면2차모멘트(iy)	1.311E+11	mm ⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz)	1.102E+11	mm ⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K)	4.111E+10	mm ⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 18	18000	2521.00	4.538E+07	3.748E+10	4.860E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	2512.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2500 X 12	60000	1262.00	7.572E+07	2.031E+09	3.125E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	87.00	3.132E+05	3.535E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 12	31200	6.00	1.872E+05	3.585E+10	3.744E+05
TOTAL		112800	1078.00	1.216E+08	7.890E+10	3.126E+10

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	2672.00	5.772E+08	6.459E+10	1.037E+09
강형		112800	1078.00	1.216E+08	1.237E+11	1.102E+11
TOTAL		328800	2125.15	6.988E+08	1.883E+11	1.112E+11

- 도심 : ysv = 698750400 / 328800 = 2125.153 mm

$$I_{v33} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 188281511474 + 111196284800 = 299477796274 \text{ mm}^4$$

$$I_{v22} = I_{22} + B_1^3 \times T_{cl} / 12 / n = 131144630000 + 6300.000^3 \times 240.0 / 12 / 7 = 845564630000 \text{ mm}^4$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned}
 &\text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \\
 &\text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 40.0 \text{ MPa} \\
 &\text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_S = 79,000 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_C = 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\
 &\text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_C = 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} = 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\
 &\text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} = 0 \times 13,239 / 79,000 = 0.0 \text{ mm} \\
 &H' = H + (t_{cu} + t_{cl})/2 + t_1/2 = 2,500.0 + 37.022/2 + 12.0/2 \\
 &= 2,524.5 \text{ mm} \\
 &F = (B_u + B_l) / 2 \times H' = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,524.5 \\
 &= 6,089,121 \text{ mm}^2 \\
 &K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) = 4F^2 / \{ 2x(H/\cos\Theta) / t_3 + B_u / (t_{cu} + t_{cl}) + B_l / (t_{cl} + t_1) \} \\
 &= 4 \times 6,089,120.7^2 / \{ 2x(2,524.5 / 12.0) + 2,412.0/37.022 + 2,412.0/(0.0+12.0) \} \\
 &= 2.1591E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

2) 교변구간

◎ 단면 < 단면7 > : 단면위치 : 67,1/4지점 (외측거더)

											단면제원 (mm)		
											B1	2400	
											B2	2400	
											B3	6300	
											H	3088	
											t1	18	
											t2	20	
											t3	16	
											tr	0.827	
											Tcu	240	
											Th	40	
											Tcl	0	
											b1	100	
											b2	500	
※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려											Θ=0.000°		
보강리브 제원 (mm)					유효폭 제원 (mm)						피복두께 (mm)		
상부 리브	0	X	0	X	0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7	t _{cu}	60
하부 리브	180	X	16	X	4	하부플랜지	2600	하부바닥판	0	n(하부)	7	t _{cl}	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격					As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2	-	500	X	20	20000	1554.00	3.108E+07	4.830E+10	6.667E+05
UPPER RIB	0	-	0	X	0	0	1544.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2	-	3088	X	16	98816				7.852E+10
LOWER RIB	4	-	180	X	16	11520	-1454.00	-1.675E+07	2.435E+10	3.110E+07
LOWER FL.	1	-	2600	X	18	46800	-1553.00	-7.268E+07	1.129E+11	1.264E+06
TOTAL						177136		-5.835E+07	1.855E+11	7.856E+10

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum I_o$$

$$= 185525597520 + 78556707525 = 264082305045 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As$$

$$= -58350480 / 177136 = -329.41 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2$$

$$= 264082305045 - 177136 \times (-329.41)^2 = 244861037114 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_2^3 \times t_2 / 12 \times 2) + ((B_1 + b_1 \times 2)^3 \times t_1 / 12) + ((H \times t_3^3 / 12 \times 2) + (b_2 \times t_2 + H \times t_3) \times (B_1 / 2 + t_3 / 2)^2) \times 2$$

$$= (500^3 \times 20 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 18 / 12) + ((3088 \times 16^3 / 12) + [(500 \times 20) + (3088 \times 16) \times (2400 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2 = 199812510165 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 :

----- (개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAY BRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

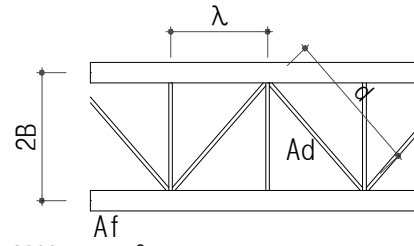
< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder >

----- (강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G} \cdot \frac{2\lambda B}{d^3 / A_f + 2\lambda^3 / 3A_f} \quad (\text{SD-Type 일때})$$

E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1200 mm
d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 20.0 = 10000 mm²



$$t_r = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 10000} = 0.827 \text{ mm}$$

$$F = ((B_1 + B_2) / 2 + t_3) \times (H + t_2 / 2 + t_1 / 2) = 7483351 \text{ mm}^2$$

$$L_m = 2 \times [(B_1 + t_3) + (H + t_2 / 2 + t_1 / 2)] = 11026.8 \text{ mm}$$

$$\int \frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t_1} + \frac{Bu}{t_r} + \frac{2Hk / \cos \theta}{t_3} = \frac{2.416}{0.018} + \frac{2.416}{0.001} + 2 \times \frac{3.107}{0.01600} = 3445.471$$

$$K = \frac{4 \times F^2}{\int \frac{ds}{t}} = \frac{4 \times 7483350.513^2}{3445.47} = 6.501 \text{E}+10 \text{ mm}^4$$

· 단면적(A)	1.771.E+05	mm ²
· 전단에 저항하는 단면적(As)	9.882.E+04	mm ²
· y축 단면2차모멘트(iy)	1.998.E+11	mm ⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz)	2.449.E+11	mm ⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K)	6.501.E+10	mm ⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 20	20000	3116.00	6.232E+07	7.094E+10	6.667E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3106.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3088 X 16	98816	1562.00	1.544E+08	1.072E+10	7.852E+10
LOWER RIB	4 - 180 X 16	11520	108.00	1.244E+06	1.457E+10	3.110E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 18	46800	9.00	4.212E+05	7.007E+10	1.264E+06
TOTAL		177136	1232.59	2.183E+08	1.663E+11	7.856E+10

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3266.00	7.055E+08	1.813E+11	1.037E+09
강형		177136	1232.59	2.183E+08	2.211E+11	2.449E+11
TOTAL		393136	2349.80	9.238E+08	4.024E+11	2.459E+11

- 도심 : ysv = 923791952/393136 = 2349.802 mm

$$I_{v33} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 402409241459 + 245897837114 = 648307078573 \text{ mm}^4$$

$$I_{v22} = I_{22} + B_1^3 \times T_{cl} / 12 / n = 199812510165 + 6300.000^3 \times 240.0 / 12 / 7 = 914232510165 \text{ mm}^4$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned}
 &\text{바닥판 콘크리트의 강도} && f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \\
 &\text{하부 콘크리트의 강도} && f_{ck} = 40.0 \text{ MPa} \\
 &\text{강재의 전단 탄성계수} && G_S = 79,000 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 전단탄성계수} && G_C = 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\
 &\text{하부콘크리트 전단탄성계수} && G_C = 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 환산두께} && t_{cu} = 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\
 &\text{하부콘크리트 환산두께} && t_{cl} = 0 \times 13,239 / 79,000 = 0.0 \text{ mm} \\
 &H' = H + (t_{cu} + t_{cl})/2 + t_1/2 = 3,088.0 + 37.027/2 + 18.0/2 \\
 &= 3,115.5 \text{ mm} \\
 &F = (B_u + B_l) / 2 \times H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 \times 3,115.5 \\
 &= 7,527,081 \text{ mm}^2 \\
 &K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) = 4F^2 / \{ 2x(H/\cos\Theta) / t_3 + B_u / (t_{cu} + t_{cl}) + B_l / (t_{cl} + t_1) \} \\
 &= 4 \times 7,527,080.8^2 / \{ 2x(3,115.5 / 16.0) + 2,416.0/37.027 + 2,416.0/(0.0+18.0) \} \\
 &= 3.8483E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

◎ 단면 < 단면8 > : 단면위치 : 68,1/4지점 (외측거더)

												단면제원 (mm)				
B1												2400				
B2												2400				
B3												6300				
H												3202				
t1												18				
t2												20				
t3												16				
tr												0.827				
Tcu												240				
Th												40				
Tcl												0				
b1												100				
b2												500				
※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려												Θ=0.000°				
보강리브 제원 (mm)						유효폭 제원 (mm)						피복두께 (mm)				
상부 리브		0	X	0	X	0	상부플랜지		985	상부바닥판		6300	n(상부)	7	t _{cu}	60
하부 리브		200	X	20	X	4	하부플랜지		2583	하부바닥판		0	n(하부)	7	t _{cl}	40

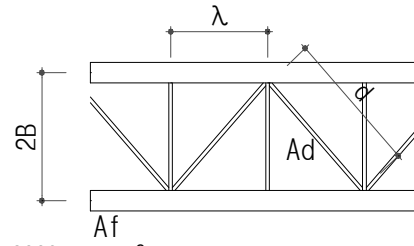
< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder >

----- (강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G} \cdot \frac{2\lambda B}{d^3 / A_f + 2\lambda^3 / 3A_f} \quad (\text{SD-Type 일때})$$

E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1200 mm
d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 20.0 = 10000 mm²



$$t_r = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 10000} = 0.827 \text{ mm}$$

$$F = ((B_1 + B_2) / 2 + t_3) \times (H + t_2 / 2 + t_1 / 2) = 7758775 \text{ mm}^2$$

$$L_m = 2 \times [(B_1 + t_3) + (H + t_2 / 2 + t_1 / 2)] = 11254.8 \text{ mm}$$

$$\int \frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t_1} + \frac{Bu}{t_r} + \frac{2Hk / \cos \theta}{t_3} = \frac{2.416}{0.018} + \frac{2.416}{0.001} + 2 \times \frac{3.221}{0.01600} = 3459.721$$

$$K = \frac{4 \times F^2}{\int \frac{ds}{t}} = \frac{4 \times 7758774.513^2}{3459.72} = 6.960 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

· 단면적(A)	1.853.E+05	mm ²
· 전단에 저항하는 단면적(As)	1.025.E+05	mm ²
· y축 단면2차모멘트(iy)	2.052.E+11	mm ⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz)	2.725.E+11	mm ⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K)	6.960.E+10	mm ⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 20	20000	3230.00	6.460E+07	7.789E+10	6.667E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3220.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3202 X 16	102464	1619.00	1.659E+08	1.346E+10	8.755E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 20	16000	118.00	1.888E+06	2.074E+10	5.333E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 18	46800	9.00	4.212E+05	7.284E+10	1.264E+06
TOTAL		185264	1256.58	2.328E+08	1.849E+11	8.760E+10

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3380.00	7.301E+08	2.076E+11	1.037E+09
강형		185264	1256.58	2.328E+08	2.421E+11	2.725E+11
TOTAL		401264	2399.61	9.629E+08	4.497E+11	2.736E+11

- 도심 : ysv = 962878416 / 401264 = 2399.613 mm

$$I_{v33} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 449663636277 + 273567501766 = 723231138043 \text{ mm}^4$$

$$I_{v22} = I_{22} + B_1^3 \times T_{cl} / 12 / n = 205158212395 + 6300.000^3 \times 240.0 / 12 / 7 = 919578212395 \text{ mm}^4$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned}
 &\text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \\
 &\text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 40.0 \text{ MPa} \\
 &\text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_S = 79,000 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_C = 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\
 &\text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_C = 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} = 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\
 &\text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} = 0 \times 13,239 / 79,000 = 0.0 \text{ mm} \\
 &H' = H + (t_{cu} + t_{tr})/2 + t_1/2 = 3,202.0 + 37.027/2 + 18.0/2 \\
 &= 3,229.5 \text{ mm} \\
 &F = (B_u + B_l) / 2 \times H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 \times 3,229.5 \\
 &= 7,802,505 \text{ mm}^2 \\
 &K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) = 4F^2 / \{ 2x(H/\cos\Theta) / t_3 + B_u / (t_{cu} + t_{tr}) + B_l / (t_{cl} + t_1) \} \\
 &= 4 \times 7,802,504.8^2 / \{ 2x(3,229.5 / 16.0) + 2,416.0/37.027 + 2,416.0/(0.0+18.0) \} \\
 &= 4.0373E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

◎ 단면 < 단면9 > : 단면위치 : 68,J지점 (외측거더)

										단면제원 (mm)	
										B1	2400
										B2	2400
										B3	6300
										H	3320
										t1	22
										t2	24
										t3	16
										tr	0.797
										Tcu	240
※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°										Th	40
										Tcl	0
										b1	100
										b2	250
보강리브 제원 (mm)					유효폭 제원 (mm)					피복두께 (mm)	
상부 리브	0	X	0	X	0	상부플랜지	2878	상부바닥판	6139	n(상부)	7
하부 리브	220	X	20	X	4	하부플랜지	2578	하부바닥판	0	n(하부)	7
										t _{cu}	60
										t _{cl}	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규	격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1	- 2900 X 24	69600	1672.00	1.164E+08	1.946E+11	3.341E+06
UPPER RIB	0	- 0 X 0	0	1660.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2	- 3320 X 16	106240				9.758E+10
LOWER RIB	4	- 220 X 20	17600	-1550.00	-2.728E+07	4.228E+10	7.099E+07
LOWER FL.	1	- 2600 X 22	57200	-1671.00	-9.558E+07	1.597E+11	2.307E+06
TOTAL			250640		-6.490E+06	3.966E+11	9.766E+10

$$I_{s'} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 396572831600 + 97661615867 = 494234447467 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As = -6490000 / 250640 = -25.89 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_{s'} - \sum As \times \delta s^2 = 494234447467 - 250640 \times (-25.894)^2 = 494066397275 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_2^3 \times t_2 / 12 \times 2) + ((B_1 + b_1 \times 2)^3 \times t_1 / 12) + ((H \times t_3^3 / 12 \times 2) + [(b_2 \times t_2 + H \times t_3) \times (B_1 / 2 + t_3 / 2)^2] \times 2) \\ = (2900^3 \times 24 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 22 / 12) + ((3320 \times 16^3 / 12) + [(2900 \times 24) + (3320 \times 16) \times (2400 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2 = 336330127147 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 : ----- (개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAY BRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

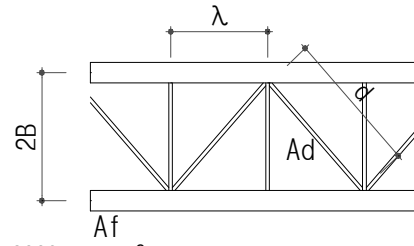
< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder >

----- (강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G} \cdot \frac{2\lambda B}{d^3 / A_f + 2\lambda^3 / 3A_f} \quad (\text{SD-Type 일때})$$

E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1200 mm
d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 250 x 24.0 = 6000 mm²



$$t_r = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 6000} = 0.797 \text{ mm}$$

$$F = ((B_1 + B_2) / 2 + t_3) \times (H + t_2 / 2 + t_1 / 2) = 8048659 \text{ mm}^2$$

$$L_m = 2 \times [(B_1 + t_3) + (H + t_2 / 2 + t_1 / 2)] = 11494.8 \text{ mm}$$

$$\int \frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t_1} + \frac{Bu}{t_r} + \frac{2Hk / \cos \theta}{t_3} = \frac{2.416}{0.022} + \frac{2.416}{0.024} + 2 \times \frac{3.343}{0.01600} = 628.360$$

$$K = \frac{4 \times F^2}{\int \frac{ds}{t}} = \frac{4 \times 8048659.009^2}{628.36} = 4.124 \text{ E}+11 \text{ mm}^4$$

· 단면적(A)	2.506.E+05	mm ²
· 전단에 저항하는 단면적(As)	1.062.E+05	mm ²
· y축 단면2차모멘트(iy)	3.363.E+11	mm ⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz)	4.941.E+11	mm ⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K)	4.124.E+11	mm ⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2900 X 24	69600	3354.00	2.334E+08	2.006E+11	3.341E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3342.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3320 X 16	106240	1682.00	1.787E+08	7.123E+07	9.758E+10
LOWER RIB	4 - 220 X 20	17600	132.00	2.323E+06	4.088E+10	7.099E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	11.00	6.292E+05	1.548E+11	2.307E+06
TOTAL		250640	1656.11	4.151E+08	3.964E+11	9.766E+10

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3502.00	7.564E+08	2.123E+11	1.037E+09
강형		250640	1656.11	4.151E+08	1.830E+11	4.941E+11
TOTAL		466640	2510.54	1.172E+09	3.953E+11	4.951E+11

- 도심 : ysv = 1171518480/466640 2510.540 mm

$$I_{v33} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 395307951777 + 495103197275 = 890411149052 \text{ mm}^4$$

$$I_{v22} = I_{22} + B_1^3 \times T_{cl} / 12 / n = 336330127147 + 6300.000^3 \times 240.0 / 12 / 7 = 1050750127147 \text{ mm}^4$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned}
 &\text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \\
 &\text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 40.0 \text{ MPa} \\
 &\text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_S = 79,000 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_C = 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\
 &\text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_C = 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} = 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\
 &\text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} = 0 \times 13,239 / 79,000 = 0.0 \text{ mm} \\
 &H' = H + (t_{cu} + t_{cl})/2 + t_1/2 = 3,320.0 + 36.998/2 + 22.0/2 \\
 &= 3,349.5 \text{ mm} \\
 &F = (B_u + B_l) / 2 \times H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 \times 3,349.5 \\
 &= 8,092,389 \text{ mm}^2 \\
 &K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) = 4F^2 / \{ 2x(H/\cos\Theta) / t_3 + B_u / (t_{cu} + t_{cl}) + B_l / (t_{cl} + t_1) \} \\
 &= 4 \times 8,092,389.3^2 / \{ 2x(3,349.5 / 16.0) + 2,416.0/36.998 + 2,416.0/(0.0+22.0) \} \\
 &= 4.4113E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

◎ 단면 < 단면14 > : 단면위치 : 73,J지점 (외측거더)

										단면제원 (mm)	
										B1	2400
										B2	2400
										B3	6300
										H	2833
										t1	22
										t2	28
										t3	16
										tr	0.840
										Tcu	240
※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°										Th	40
										Tcl	0
										b1	100
										b2	500
보강리브 제원 (mm)					유효폭 제원 (mm)					피복두께 (mm)	
상부 리브	0	X	0	X	0	상부플랜지	1010	상부바닥판	6198	n(상부)	7
하부 리브	220	X	20	X	4	하부플랜지	2574	하부바닥판	0	n(하부)	7
										t _{cu}	60
										t _{cl}	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 28	28000	1430.50	4.005E+07	5.730E+10	1.829E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1416.50	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2833 X 16	90656				6.063E+10
LOWER RIB	4 - 220 X 20	17600	-1306.50	-2.299E+07	3.004E+10	7.099E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	-1427.50	-8.165E+07	1.166E+11	2.307E+06
TOTAL		193456		-6.459E+07	2.039E+11	6.071E+10

$$I_{s'} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 203899088100 + 60708039165 = 264607127265 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As = -64593400 / 193456 = -333.89 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_{s'} - \sum As \times \delta s^2 = 264607127265 - 193456 \times (-333.89)^2 = 243039911343 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_2^3 \times t_2 / 12 \times 2) + ((B_1 + b_1 \times 2)^3 \times t_1 / 12) + ((H \times t_3^3 / 12 \times 2) + [(b_2 \times t_2 + H \times t_3) \times (B_1 / 2 + t_3 / 2)^2] \times 2) \\ = (500^3 \times 28 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 22 / 12) + ((2833 \times 16^3 / 12) + [(500 \times 28) + (2833 \times 16) \times (2400 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2 = 205489957845 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 : ----- (개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAY BRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

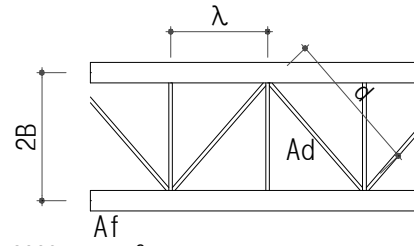
< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder >

----- (강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G} \cdot \frac{2\lambda B}{d^3 / A_f + 2\lambda^3 / 3A_f} \quad (\text{SD-Type 일때})$$

E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1200 mm
d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 28.0 = 14000 mm²



$$t_r = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 14000} = 0.840 \text{ mm}$$

$$F = ((B_1 + B_2) / 2 + t_3) \times (H + t_2 / 2 + t_1 / 2) = 6872119 \text{ mm}^2$$

$$L_m = 2 \times [(B_1 + t_3) + (H + t_2 / 2 + t_1 / 2)] = 10520.8 \text{ mm}$$

$$\int \frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t_1} + \frac{Bu}{t_r} + \frac{2Hk / \cos \theta}{t_3} = \frac{2.416}{0.022} + \frac{2.416}{0.001} + 2 \times \frac{2.858}{0.01600} = 3343.759$$

$$K = \frac{4 \times F^2}{\int \frac{ds}{t}} = \frac{4 \times 6872118.544^2}{3343.76} = 5.649 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

· 단면적(A)	1.935.E+05	mm ²
· 전단에 저항하는 단면적(As)	9.066.E+04	mm ²
· y축 단면2차모멘트(iy)	2.055.E+11	mm ⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz)	2.430.E+11	mm ⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K)	5.649.E+10	mm ⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 28	28000	2869.00	8.033E+07	8.717E+10	1.829E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	2855.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2833 X 16	90656	1438.50	1.304E+08	1.011E+10	6.063E+10
LOWER RIB	4 - 220 X 20	17600	132.00	2.323E+06	1.665E+10	7.099E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	11.00	6.292E+05	6.841E+10	2.307E+06
TOTAL		193456	1104.61	2.137E+08	1.823E+11	6.071E+10

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3015.00	6.512E+08	1.760E+11	1.037E+09
강형		193456	1104.61	2.137E+08	1.965E+11	2.430E+11
TOTAL		409456	2112.40	8.649E+08	3.725E+11	2.441E+11

- 도심 : ysv = 864933056 / 409456 = 2112.396 mm

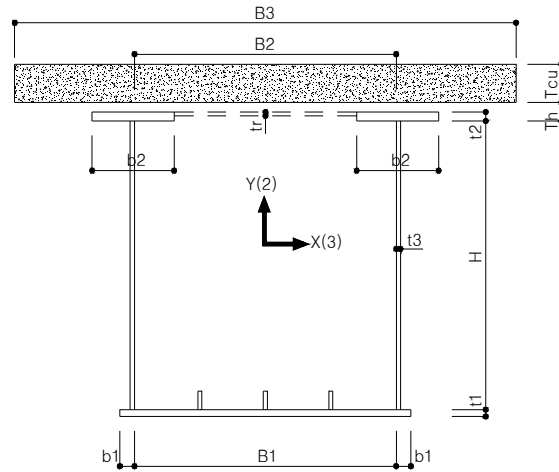
$$I_{v33} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 372454882517 + 244076711343 = 616531593859 \text{ mm}^4$$

$$I_{v22} = I_{22} + B_1^3 \times T_{cl} / 12 / n = 205489957845 + 6300.000^3 \times 240.0 / 12 / 7 = 919909957845 \text{ mm}^4$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned}
 &\text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \\
 &\text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 40.0 \text{ MPa} \\
 &\text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_S = 79,000 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_C = 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\
 &\text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_C = 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} = 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\
 &\text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} = 0 \times 13,239 / 79,000 = 0.0 \text{ mm} \\
 &H' = H + (t_{cu} + t_{tr})/2 + t_1/2 = 2,833.0 + 37.040/2 + 22.0/2 \\
 &\quad = 2,862.5 \text{ mm} \\
 &F = (B_u + B_l) / 2 \times H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 \times 2,862.5 \\
 &\quad = 6,915,849 \text{ mm}^2 \\
 &K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) = 4F^2 / \{ 2x(H/\cos\Theta) / t_3 + B_u / (t_{cu} + t_{tr}) + B_l / (t_{cl} + t_1) \} \\
 &\quad = 4 \times 6,915,848.9^2 / \{ 2x(2,862.5 / 16.0) + 2,416.0/37.040 + 2,416.0/(0.0+22.0) \} \\
 &\quad = 3.5904E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

◎ 단면 < 단면15 > : 단면위치 : 74,3/4지점 (외측거더)



단면제원 (mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	2680
t1	18
t2	28
t3	14
tr	0.840
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

$$\Theta = 0.000^\circ$$

보강리브 제원 (mm)					유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0	X	0	X 0	상부플랜지	600	상부바닥판	6300	n(상부)	7	t _{cu}	60
하부 리브	200	X	20	X 4	하부플랜지	2600	하부바닥판	0	n(하부)	7	t _{cl}	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격					As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2	-	500	X	28	28000	1354.00	3.791E+07	5.133E+10	1.829E+06
UPPER RIB	0	-	0	X	0	0	1340.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2	-	2680	X	14	75040				4.491E+10
LOWER RIB	4	-	200	X	20	16000	-1240.00	-1.984E+07	2.460E+10	5.333E+07
LOWER FL.	1	-	2600	X	18	46800	-1349.00	-6.313E+07	8.517E+10	1.264E+06
TOTAL						165840		-4.506E+07	1.611E+11	4.497E+10

$$I_{s'} = \sum A_s Y^2 + \sum I_o = 161101134800 + 44970367600 = 206071502400 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As} = \frac{-45061200}{165840} = -271.71 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_{S'} - \sum A_s \times \delta s^2$$

$$= 206071502400 - 165840 \times (-271.715)^2 = 193827702681 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
 I_{22} &= (b^3 \times t/12 \times 2) + ((B_1 + b_1 \times 2)^3 \times t_1/12) + ((H \times t^3 / 12 \times 2) + [(b_2 \times t_2 + H \times t_3) \times (B_1/2 + t_3/2)^2] \times 2 \\
 &= (500^3 \times 28 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 18 / 12) + ((2680 \times 14^3 / 12) + [(500 \times 28) + \\
 &\quad (2680 \times 14) \times (2400 / 2 + 14 / 2)^2] \times 2 = 176643841280 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성 : ----- (개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 t_r 은 다음식으로 구한다.

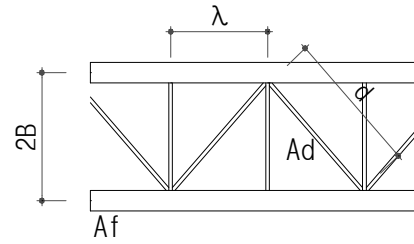
< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder >

----- (강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G} \cdot \frac{2\lambda B}{d^3 / A_f + 2\lambda^3 / 3A_f} \quad (\text{SD-Type 일때})$$

E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1200 mm
d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 28.0 = 14000 mm²



$$t_r = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 14000} = 0.840 \text{ mm}$$

$$F = ((B_1 + B_2) / 2 + t_3) \times (H + t_2 / 2 + t_1 / 2) = 6492260 \text{ mm}^2$$

$$L_m = 2 \times [(B_1 + t_3) + (H + t_2 / 2 + t_1 / 2)] = 10206.8 \text{ mm}$$

$$\int \frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t_1} + \frac{Bu}{t_r} + \frac{2Hk / \cos \theta}{t_3} = \frac{2.414}{0.018} + \frac{2.414}{0.001} + 2 \times \frac{2.703}{0.01400} = 3394.563$$

$$K = \frac{4 \times F^2}{\int \frac{ds}{t}} = \frac{4 \times 6492259.704^2}{3394.56} = 4.967 \text{E}+10 \text{ mm}^4$$

· 단면적(A)	1.658.E+05	mm ²
· 전단에 저항하는 단면적(As)	7.504.E+04	mm ²
· y축 단면2차모멘트(iy)	1.766.E+11	mm ⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz)	1.938.E+11	mm ⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K)	4.967.E+10	mm ⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 28	28000	2712.00	7.594E+07	7.400E+10	1.829E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	2698.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2680 X 14	75040	1358.00	1.019E+08	5.540E+09	4.491E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 20	16000	118.00	1.888E+06	1.500E+10	5.333E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 18	46800	9.00	4.212E+05	5.431E+10	1.264E+06
TOTAL		165840	1086.29	1.801E+08	1.489E+11	4.497E+10

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	2858.00	6.173E+08	1.279E+11	1.037E+09
강형		165840	1086.29	1.801E+08	1.666E+11	1.938E+11
TOTAL		381840	2088.51	7.975E+08	2.945E+11	1.949E+11

- 도심 : ysv = 797477520/381840 = 2088.512 mm

$$I_{v33} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 294475587522 + 194864502681 = 489340090203 \text{ mm}^4$$

$$I_{v22} = I_{22} + B_1^3 \times T_{cl} / 12 / n = 176643841280 + 6300.000^3 \times 240.0 / 12 / 7 = 891063841280 \text{ mm}^4$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned}
 &\text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \\
 &\text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 40.0 \text{ MPa} \\
 &\text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_S = 79,000 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_C = 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\
 &\text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_C = 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} = 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\
 &\text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} = 0 \times 13,239 / 79,000 = 0.0 \text{ mm} \\
 &H' = H + (t_c + t_r)/2 + t_1/2 = 2,680.0 + 37.040/2 + 18.0/2 \\
 &\quad = 2,707.5 \text{ mm} \\
 &F = (B_u + B_l) / 2 \times H' = (2,414.0 + 2,414.0) / 2 \times 2,707.5 \\
 &\quad = 6,535,954 \text{ mm}^2 \\
 &K = 4 \cdot F^2 / (f_{ds}/t) = 4F^2 / \{ 2x(H/\cos\Theta) / t_3 + B_u / (t_{cu} + t_r) + B_l / (t_{cl} + t_1) \} \\
 &\quad = 4 \times 6,535,953.8^2 / \{ 2x(2,707.5 / 14.0) + 2,414.0/37.040 + 2,414.0/(0.0+18.0) \} \\
 &\quad = 2.9156E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

◎ 단면 < 단면16 > : 단면위치 : 76,1/4지점 (외측거더)

												단면제원 (mm)	
												B1	2400
												B2	2400
												B3	6300
												H	2514
												t1	14
												t2	18
												t3	12
												tr	0.822
												Tcu	240
※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려												Th	40
												Tcl	0
												b1	100
												b2	500
보강리브 제원 (mm)					유효폭 제원 (mm)						피복두께 (mm)		
상부 리브	0	X	0	X	0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7	t _{cu}	60
하부 리브	180	X	16	X	4	하부플랜지	2600	하부바닥판	0	n(하부)	7	t _{cl}	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격					As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2	-	500	X	18	18000	1266.00	2.279E+07	2.885E+10	4.860E+05
UPPER RIB	0	-	0	X	0	0	1257.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2	-	2514	X	12	60336				3.178E+10
LOWER RIB	4	-	180	X	16	11520	-1167.00	-1.344E+07	1.569E+10	3.110E+07
LOWER FL.	1	-	2600	X	14	36400	-1264.00	-4.601E+07	5.816E+10	5.945E+05
TOTAL						126256		-3.667E+07	1.027E+11	3.181E+10

$$I_{s'} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 102694703680 + 31810130021 = 134504833701 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As = -36665440 / 126256 = -290.41 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_{s'} - \sum As \times \delta s^2 = 134504833701 - 126256 \times (-290.406)^2 = 123856987338 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_2^3 \times t_2 / 12 \times 2) + ((B_1 + b_1 \times 2)^3 \times t_1 / 12) + ((H \times t_3^3 / 12 \times 2) + (b_2 \times t_2 + H \times t_3) \times (B_1 / 2 + t_3 / 2)^2) \times 2$$

$$= (500^3 \times 18 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 14 / 12) + ((2514 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 18) + (2514 \times 12) \times (2400 / 2 + 12 / 2)^2]) \times 2 = 134587011861 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 : ----- (개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAY BRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

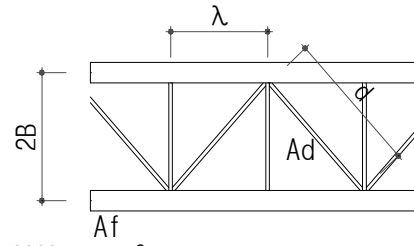
< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder >

----- (강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G} \cdot \frac{2\lambda B}{d^3 / A_f + 2\lambda^3 / 3A_f} \quad (\text{SD-Type 일때})$$

E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1200 mm
d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 18.0 = 9000 mm²



$$t_r = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 9000} = 0.822 \text{ mm}$$

$$F = ((B_1 + B_2) / 2 + t_3) \times (H + t_2 / 2 + t_1 / 2) = 6081643 \text{ mm}^2$$

$$L_m = 2 \times [(B_1 + t_3) + (H + t_2 / 2 + t_1 / 2)] = 9866.82 \text{ mm}$$

$$\int \frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t_1} + \frac{Bu}{t_r} + \frac{2Hk / \cos \theta}{t_3} = \frac{2.412}{0.014} + \frac{2.412}{0.001} + 2 \times \frac{2.530}{0.01200} = 3529.917$$

$$K = \frac{4 \times F^2}{\int \frac{ds}{t}} = \frac{4 \times 6081642.772^2}{3529.92} = 4.191 \text{ E}+10 \text{ mm}^4$$

· 단면적(A)	1.263.E+05	mm ²
· 전단에 저항하는 단면적(As)	6.034.E+04	mm ²
· y축 단면2차모멘트(iy)	1.346.E+11	mm ⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz)	1.239.E+11	mm ⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K)	4.191.E+10	mm ⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 18	18000	2537.00	4.567E+07	4.360E+10	4.860E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	2528.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2514 X 12	60336	1271.00	7.669E+07	5.088E+09	3.178E+10
LOWER RIB	4 - 180 X 16	11520	104.00	1.198E+06	8.852E+09	3.110E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 14	36400	7.00	2.548E+05	3.450E+10	5.945E+05
TOTAL		126256	980.59	1.238E+08	9.205E+10	3.181E+10

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	2688.00	5.806E+08	8.569E+10	1.037E+09
강형		126256	980.59	1.238E+08	1.466E+11	1.239E+11
TOTAL		342256	2058.15	7.044E+08	2.323E+11	1.249E+11

- 도심 : ysv = 704413936 / 342256 = 2058.149 mm

$$I_{v33} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 232288693761 + 124893787338 = 357182481100 \text{ mm}^4$$

$$I_{v22} = I_{22} + B_1^3 \times T_{cl} / 12 / n = 134587011861 + 6300.000^3 \times 240.0 / 12 / 7 = 849007011861 \text{ mm}^4$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned}
 &\text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \\
 &\text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} = 40.0 \text{ MPa} \\
 &\text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_S = 79,000 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_C = 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\
 &\text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_C = 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\
 &\text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} = 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\
 &\text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} = 0 \times 13,239 / 79,000 = 0.0 \text{ mm} \\
 &H' = H + (t_c + t_r)/2 + t_1/2 = 2,514.0 + 37.022/2 + 14.0/2 \\
 &\quad = 2,539.5 \text{ mm} \\
 &F = (B_u + B_l) / 2 \times H' = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 \times 2,539.5 \\
 &\quad = 6,125,301 \text{ mm}^2 \\
 &K = 4 \cdot F^2 / (f_{ds}/t) = 4F^2 / \{ 2x(H/\cos\Theta) / t_3 + B_u / (t_{cu} + t_r) + B_l / (t_{cl} + t_1) \} \\
 &\quad = 4 \times 6,125,300.7^2 / \{ 2x(2,539.5 / 12.0) + 2,412.0/37.022 + 2,412.0/(0.0+14.0) \} \\
 &\quad = 2.2715E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

3) 이중합성부

- 폐합단면

◎ 단면 < 단면10 > : 단면위치 : 69,3/4지점 (거더1,2)

<폐합단면>

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려									
Θ=0.000°									
보강리브 제원 (mm)					유효폭 제원 (mm)				
상부 리브	120	X	12	X 2	상부플랜지	2854	상부바닥판	6045	n(상부)
하부 리브	220	X	20	X 1	하부플랜지	2554	하부바닥판	2354	n(하부)
					피복두께(mm)				
					t _{cu}				
					t _{cl}				

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2900 X 24	69600	1745.00	1.215E+08	2.119E+11	3.341E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	1673.00	4.818E+06	8.061E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3466 X 16	110912				1.110E+11
LOWER RIB	1 - 220 X 20	4400	-1623.00	-7.141E+06	1.159E+10	1.775E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	-1744.00	-9.976E+07	1.740E+11	2.307E+06
TOTAL		244992		1.937E+07	4.056E+11	1.111E+11

$$I_{s'} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 405560682320 + 111060447056 = 516621129376 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As = 19372240 / 244992 = 79.07 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_{s'} - \sum As \times \delta s^2 = 516621129376 - 244992 \times 79.07^2 = 515089309224 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = ((B2+b2 \times 2)^3 \times t2/12) + ((B1+b1 \times 2)^3 \times t1/12) + ((H \times t3^3 / 12 \times 2) + [(H \times t3) \times (B1/2 + t3/2)^2] \times 2) \\ = (2900^3 \times 24 / 12) + (2600^3 \times 22 / 12) + ((3466 \times 16^3 / 12) + [(3466 \times 16) \times (2400 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2) = 242870668224 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 :

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_2 / 2 + t_1 / 2 = 3,466.0 + 24.0 / 2 + 22.0 / 2 \\
 &= 3,489.0 \text{ mm} \\
 F &= (B_u + B_l) / 2 \times H_k = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 \times 3,489.0 \\
 &= 8,429,424 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) = 4F^2 / \{ 2x(H / \cos \Theta) / t_3 + B_u / t_2 + B_l / t_1 \} \\
 &= 4 \times 8,429,424.0^2 / \{ 2x(3,489.0 / 16.0) + 2,400.0 / 22.000 + 2,400.0 / 24.0 \} \\
 &= 4.4050E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 단일 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2900 X 24	69600	3500.00	2.436E+08	1.932E+11	3.341E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	3428.00	9.873E+06	7.317E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3466 X 16	110912	1755.00	1.947E+08	6.935E+08	1.110E+11
LOWER RIB	1 - 220 X 20	4400	132.00	5.808E+05	1.275E+10	1.775E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	11.00	6.292E+05	1.901E+11	2.307E+06
TOTAL		244992	1834.07	4.493E+08	4.040E+11	1.111E+11

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
하부슬래브	1 - 2400 X 490	1176000				2.353E+10
환산		168000	267.00	4.486E+07	1.452E+11	3.361E+09
강형		244992	1834.07	4.493E+08	9.956E+10	5.151E+11
TOTAL		412992	1196.61	4.942E+08	2.447E+11	5.185E+11

- 도심 : $y_{sv} = 494189200 / 412992 = 1196.607 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 I_{v33} &= \sum AsY^2 + \sum I_o \\
 &= 244736065358 + 518450709224 = 763186774582 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{v22} &= I_{22} + B_1^3 \times T_{cl} / 12 / n \\
 &= 242870668224 + 2400.000^3 \\
 &\quad \times 490.0 / 12 / 7 = 323510668224 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned}
 \text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} &= 27.0 \text{ MPa} \\
 \text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} &= 40.0 \text{ MPa} \\
 \text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_s &= 79,000 \text{ MPa} \\
 \text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_c &= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\
 \text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_c &= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\
 \text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} &= 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\
 \text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} &= 490 \times 13,239 / 79,000 = 82.1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H' &= H + t_2 / 2 + (t_{cl} + t_1) / 2 = 3,466.0 + 24.0 / 2 + (82.1 + 22.0) / 2 \\
 &= 3,530.1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= (B_u + B_l) / 2 \times H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 \times 3,530.1 \\
 &= 8,528,619 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) = 4F^2 / \{ 2x(H / \cos \Theta) / t_3 + B_u / t_2 + B_l / (t_{cl} + t_1) \} \\
 &= 4 \times 8,528,619.5^2 / \{ 2x(3,530.1 / 16.0) + 2,416.0 / 24.000 + 2,416.0 / (82.1 + 22.0) \} \\
 &= 5.1484E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

③ 이중 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3648.00	7.880E+08	5.596E+11	1.037E+09
단일합성		412992	1196.61	4.942E+08	2.927E+11	7.632E+11
TOTAL		628992	2038.43	1.282E+09	8.523E+11	7.642E+11

- 도심 : ysv = 1282157200/628992 2038.432 mm

$$I_{v33} = \sum AsY^2 + \sum Io$$

$$= 852267802047 + 764223574582 = 1616491376629 \text{ mm}^4$$

$$I_{v22} = I_{22} + B^3 \times T_{cu} / 12 / n$$

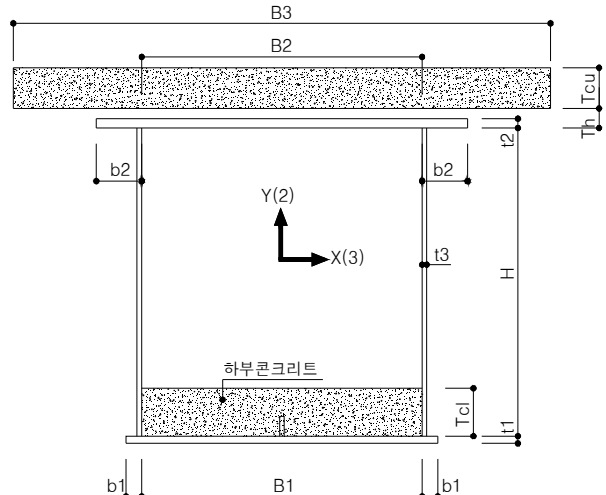
$$= 323510668224 + 6300.000^3 \times 240.0 / 12 / 7 = 1037930668224 \text{ mm}^4$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned} \text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} &= 27.0 \text{ MPa} \\ \text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} &= 40.0 \text{ MPa} \\ \text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_s &= 79,000 \text{ MPa} \\ \text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_c &= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\ \text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_c &= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\ \text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} &= 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\ \text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} &= 490 \times 13,239 / 79,000 = 82.1 \text{ mm} \\ H' &= H + (t_{cu}+t_2)/2 + (t_{cl}+t_1)/2 = 3,466.0 + (36.2+24.0)/2 + (82.1 + 22.0)/2 \\ &= 3,548.2 \text{ mm} \\ F &= (B_u+B_l) / 2 \times H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 \times 3,548.2 \\ &= 8,572,350 \text{ mm}^2 \\ K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) = 4F^2 / \{ 2x(H/\cos\Theta) / t_3 + B_u / (t_u+t_2) + B_l / (t_{cl}+t_1) \} \\ &= 4 \times 8,572,349.8^2 / \{ 2x(3,548.2 / 16.0) + 2,416.0 / (36.2+24.0) + 2,416.0 / (82.1+22.0) \} \\ &= 5.7993E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

◎ 단면 < 단면11 > : 단면위치 : 17,J지점 (거더1,2)

<폐합단면>

												단면제원 (mm)	
B1												2400	
B2												2400	
B3												6300	
H												3700	
t1												28	
t2												40	
t3												18	
tr												0	
Tcu												240	
Th												40	
Tcl												600	
b1												100	
b2												250	
※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려												Θ=0.000°	
보강리브 제원 (mm)					유효폭 제원 (mm)							피복두께 (mm)	
상부 리브	120	X	12	X 2	상부플랜지	2793	상부바닥판	5888	n(상부)	7	t _{cu}	60	
하부 리브	280	X	20	X 1	하부플랜지	2493	하부바닥판	2293	n(하부)	7	t _{cl}	40	

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2900 X 40	116000	1870.00	2.169E+08	4.056E+11	1.547E+07
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	1790.00	5.155E+06	9.228E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3700 X 18	133200				1.520E+11
LOWER RIB	1 - 280 X 20	5600	-1710.00	-9.576E+06	1.637E+10	3.659E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 28	72800	-1864.00	-1.357E+08	2.529E+11	4.756E+06
TOTAL		330480		7.680E+07	6.842E+11	1.520E+11

$$I_{s'} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 684186476800 + 152019265600 = 836205742400 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As = 76800000 / 330480 = 232.39 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_{s'} - \sum As \times \delta s^2 = 836205742400 - 330480 \times 232.389^2 = 818358247847 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = ((B2+b2 \times 2)^3 \times t2/12) + ((B1+b1 \times 2)^3 \times t1/12) + ((H \times t3^3 / 12 \times 2) + [(H \times t3) \times (B1/2 + t3/2)^2] \times 2) \\ = (2900^3 \times 40 / 12) + (2600^3 \times 28 / 12) + ((3700 \times 18^3 / 12) + [(3700 \times 18) \times (2400 / 2 + 18 / 2)^2] \times 2) \\ = 317043425600 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 :

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_2 / 2 + t_1 / 2 = 3,700.0 + 40.0 / 2 + 28.0 / 2 \\
 &= 3,734.0 \text{ mm} \\
 F &= (B_u + B_l) / 2 \times H_k = (2,418.0 + 2,418.0) / 2 \times 3,734.0 \\
 &= 9,028,812 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) = 4F^2 / \{ 2x(H / \cos \Theta) / t_3 + B_u / t_2 + B_l / t_1 \} \\
 &= 4 \times 9,028,812.0^2 / \{ 2x(3,734.0 / 18.0) + 2,400.0 / 28.000 + 2,400.0 / 40.0 \} \\
 &= 5.8166E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 단일 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2900 X 40	116000	3748.00	4.348E+08	3.111E+11	1.547E+07
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	3668.00	1.056E+07	6.987E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3700 X 18	133200	1878.00	2.501E+08	7.193E+09	1.520E+11
LOWER RIB	1 - 280 X 20	5600	168.00	9.408E+05	2.113E+10	3.659E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 28	72800	14.00	1.019E+06	3.199E+11	4.756E+06
TOTAL		330480	2110.39	6.974E+08	6.663E+11	1.520E+11

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
하부슬래브	1 - 2400 X 600	1440000				4.320E+10
환산		205714	328.00	6.747E+07	2.483E+11	6.171E+09
강형		330480	2110.39	6.974E+08	1.545E+11	8.184E+11
TOTAL		536194	1426.56	7.649E+08	4.028E+11	8.245E+11

- 도심 : $y_{sv} = 764915726 / 536194 = 1426.564 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 I_{v33} &= \sum AsY^2 + \sum I_o \\
 &= 402802875332 + 824529676418 = 1227332551750 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{v22} &= I_{22} + B_1^3 \times T_{cl} / 12 / n \\
 &= 317043425600 + 2400.000^3 \\
 &\quad \times 600.0 / 12 / 7 = 415786282743 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned}
 \text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} &= 27.0 \text{ MPa} \\
 \text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} &= 40.0 \text{ MPa} \\
 \text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_s &= 79,000 \text{ MPa} \\
 \text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_c &= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\
 \text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_c &= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\
 \text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} &= 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\
 \text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} &= 600 \times 13,239 / 79,000 = 100.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H' &= H + t_2 / 2 + (t_{cl} + t_1) / 2 = 3,700.0 + 40.0 / 2 + (100.5 + 28.0) / 2 \\
 &= 3,784.3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= (B_u + B_l) / 2 \times H' = (2,418.0 + 2,418.0) / 2 \times 3,784.3 \\
 &= 9,150,376 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) = 4F^2 / \{ 2x(H / \cos \Theta) / t_3 + B_u / t_2 + B_l / (t_{cl} + t_1) \} \\
 &= 4 \times 9,150,376.4^2 / \{ 2x(3,784.3 / 18.0) + 2,418.0 / 40.000 + 2,418.0 / (100.5 + 28.0) \} \\
 &= 6.7019E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

③ 이중 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3888.00	8.398E+08	6.650E+11	1.037E+09
단일합성		536194	1426.56	7.649E+08	2.679E+11	1.227E+12
TOTAL		752194	2133.39	1.605E+09	9.329E+11	1.228E+12

- 도심 : $y_{sv} = 1604723726/752194 \quad 2133.390 \quad \text{mm}$

$$I_{v33} = \sum AsY^2 + \sum Io$$

$$= 932873652559 + 1228369351750 = 2161243004309 \quad \text{mm}^4$$

$$I_{v22} = I_{22} + B^3 \times T_{cu} / 12 / n$$

$$= 415786282743 + 6300.000^3 \times 240.0 / 12 / 7 = 1130206282743 \quad \text{mm}^4$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned} \text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} &= 27.0 \text{ MPa} \\ \text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} &= 40.0 \text{ MPa} \\ \text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_s &= 79,000 \text{ MPa} \\ \text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_c &= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\ \text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_c &= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\ \text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} &= 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\ \text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} &= 600 \times 13,239 / 79,000 = 100.5 \text{ mm} \\ H' &= H + (t_{cu}+t_2)/2 + (t_{cl}+t_1)/2 = 3,700.0 + (36.2+40.0)/2 + (100.5 + 28.0)/2 \\ &= 3,802.4 \text{ mm} \\ F &= (B_u+B_l) / 2 \times H' = (2,418.0 + 2,418.0) / 2 \times 3,802.4 \\ &= 9,194,143 \text{ mm}^2 \\ K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) = 4F^2 / \{ 2x(H/\cos\Theta) / t_3 + B_u / (t_u+t_2) + B_l / (t_{cl}+t_1) \} \\ &= 4 \times 9,194,142.9^2 / \{ 2x(3,802.4 / 18.0) + 2,418.0 / (36.2+40.0) + 2,418.0 / (100.5+28.0) \} \\ &= 7.1482E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

◎ 단면 < 단면12 > : 단면위치 : 72,1/4지점 (거더1,2)

<폐합단면>

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려									
Θ=0.000°									
보강리브 제원 (mm)					유효폭 제원 (mm)				
상부 리브	120	X	12	X 2	상부플랜지	2828	상부바닥판	6005	n(상부)
하부 리브	220	X	20	X 1	하부플랜지	2528	하부바닥판	2328	n(하부)
					피복두께(mm)				
					t _{cu}	60			
					t _{cl}	40			

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2900 X 28	81200	1748.00	1.419E+08	2.481E+11	5.305E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	1674.00	4.821E+06	8.071E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3468 X 16	110976				1.112E+11
LOWER RIB	1 - 220 X 20	4400	-1624.00	-7.146E+06	1.160E+10	1.775E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	-1745.00	-9.981E+07	1.742E+11	2.307E+06
TOTAL		256656		3.980E+07	4.420E+11	1.113E+11

$$I_{s'} = \sum AsY^2 + \sum I_o = 441957364080 + 111254732752 = 553212096832 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As = 39799120 / 256656 = 155.07 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_{s'} - \sum As \times \delta s^2 = 553212096832 - 256656 \times 155.068^2 = 547040528847 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = ((B2+b2 \times 2)^3 \times t2/12) + ((B1+b1 \times 2)^3 \times t1/12) + ((H \times t3^3 / 12 \times 2) + [(H \times t3) \times (B1/2 + t3/2)^2] \times 2) \\ = (2900^3 \times 28 / 12) + (2600^3 \times 22 / 12) + ((3468 \times 16^3 / 12) + [(3468 \times 16) \times (2400 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2) \\ = 251093729152 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성 :

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_2 / 2 + t_1 / 2 = 3,468.0 + 28.0 / 2 + 22.0 / 2 \\
 &= 3,493.0 \text{ mm} \\
 F &= (B_u + B_l) / 2 \times H_k = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 \times 3,493.0 \\
 &= 8,439,088 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) = 4F^2 / \{ 2x(H / \cos \Theta) / t_3 + B_u / t_2 + B_l / t_1 \} \\
 &= 4 \times 8,439,088.0^2 / \{ 2x(3,493.0 / 16.0) + 2,400.0 / 22.000 + 2,400.0 / 28.0 \} \\
 &= 4.5115E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 단일 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2900 X 28	81200	3504.00	2.845E+08	2.060E+11	5.305E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	3430.00	9.878E+06	6.645E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3468 X 16	110976	1756.00	1.949E+08	2.669E+09	1.112E+11
LOWER RIB	1 - 220 X 20	4400	132.00	5.808E+05	1.393E+10	1.775E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	11.00	6.292E+05	2.065E+11	2.307E+06
TOTAL		256656	1911.07	4.905E+08	4.358E+11	1.113E+11

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
하부슬래브	1 - 2400 X 530	1272000				2.978E+10
환산		181714	287.00	5.215E+07	1.643E+11	4.254E+09
강형		256656	1911.07	4.905E+08	1.163E+11	5.470E+11
TOTAL		438370	1237.86	5.426E+08	2.806E+11	5.513E+11

- 도심 : $y_{sv} = 542639056 / 438370 = 1237.855 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 I_{v33} &= \sum AsY^2 + \sum I_o \\
 &= 280612993406 + 551294157418 = 831907150825 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{v22} &= I_{22} + B_1^3 \times T_{cl} / 12 / n \\
 &= 251093729152 + 2400.000^3 \\
 &\quad \times 530.0 / 12 / 7 = 338316586295 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned}
 \text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} &= 27.0 \text{ MPa} \\
 \text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} &= 40.0 \text{ MPa} \\
 \text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_s &= 79,000 \text{ MPa} \\
 \text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_c &= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\
 \text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_c &= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\
 \text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} &= 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\
 \text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} &= 530 \times 13,239 / 79,000 = 88.8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H' &= H + t_2 / 2 + (t_{cl} + t_1) / 2 = 3,468.0 + 28.0 / 2 + (88.8 + 22.0) / 2 \\
 &= 3,537.4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= (B_u + B_l) / 2 \times H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 \times 3,537.4 \\
 &= 8,546,381 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) = 4F^2 / \{ 2x(H / \cos \Theta) / t_3 + B_u / t_2 + B_l / (t_{cl} + t_1) \} \\
 &= 4 \times 8,546,381.1^2 / \{ 2x(3,537.4 / 16.0) + 2,416.0 / 28.000 + 2,416.0 / (88.8 + 22.0) \} \\
 &= 5.3095E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

③ 이중 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3650.00	7.884E+08	5.640E+11	1.037E+09
단일합성		438370	1237.86	5.426E+08	2.779E+11	8.319E+11
TOTAL		654370	2034.08	1.331E+09	8.419E+11	8.329E+11

- 도심 : $y_{sv} = 1331039056/654370 = 2034.076 \text{ mm}$

$$I_{v33} = \sum AsY^2 + \sum I_o$$

$$= 841933793787 + 832943950825 = 1674877744612 \text{ mm}^4$$

$$I_{v22} = I_{22} + B^3 \times T_{cu} / 12 / n$$

$$= 338316586295 + 6300.000^3 \times 240.0 / 12 / 7 = 1052736586295 \text{ mm}^4$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned} \text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} &= 27.0 \text{ MPa} \\ \text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} &= 40.0 \text{ MPa} \\ \text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_s &= 79,000 \text{ MPa} \\ \text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_c &= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\ \text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_c &= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\ \text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} &= 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\ \text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} &= 530 \times 13,239 / 79,000 = 88.8 \text{ mm} \\ H' &= H + (t_{cu}+t_2)/2 + (t_{cl}+t_1)/2 = 3,468.0 + (36.2+28.0)/2 + (88.8 + 22.0)/2 \\ &= 3,555.5 \text{ mm} \\ F &= (B_u+B_l) / 2 \times H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 \times 3,555.5 \\ &= 8,590,111 \text{ mm}^2 \\ K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) = 4F^2 / \{ 2x(H/\cos\Theta) / t_3 + B_u / (t_u+t_2) + B_l / (t_{cl}+t_1) \} \\ &= 4 \times 8,590,111.4^2 / \{ 2x(3,555.5 / 16.0) + 2,416.0 / (36.2+28.0) + 2,416.0 / (88.8+22.0) \} \\ &= 5.8578E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성 :

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_2 / 2 + t_1 / 2 = 3,109.0 + 28.0 / 2 + 22.0 / 2 \\
 &= 3,134.0 \text{ mm} \\
 F &= (B_u + B_l) / 2 \times H_k = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 \times 3,134.0 \\
 &= 7,571,744 \text{ mm}^2 \\
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) = 4F^2 / \{ 2x(H / \cos \Theta) / t_3 + B_u / t_2 + B_l / t_1 \} \\
 &= 4 \times 7,571,744.0^2 / \{ 2x(3,134.0 / 16.0) + 2,400.0 / 22.000 + 2,400.0 / 28.0 \} \\
 &= 3.9097E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 단일 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2900 X 28	81200	3145.00	2.554E+08	1.681E+11	5.305E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3131.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3109 X 16	99488	1576.50	1.568E+08	1.677E+09	8.014E+10
LOWER RIB	1 - 220 X 20	4400	132.00	5.808E+05	1.091E+10	1.775E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	11.00	6.292E+05	1.644E+11	2.307E+06
TOTAL		242288	1706.34	4.134E+08	3.450E+11	8.016E+10

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
하부슬래브	1 - 2400 X 470	1128000				2.076E+10
환산		161143	257.00	4.141E+07	1.221E+11	2.966E+09
강형		242288	1706.34	4.134E+08	8.120E+10	4.252E+11
TOTAL		403431	1127.43	4.548E+08	2.033E+11	4.282E+11

- 도심 : $y_{sv} = 454840546 / 403431 = 1127.431 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 I_{v33} &= \sum AsY^2 + \sum I_o \\
 &= 203290551370 + 428177207092 = 631467758462 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{v22} &= I_{22} + B_1^3 \times T_{cl} / 12 / n \\
 &= 234329459243 + 2400.000^3 \\
 &\quad \times 470.0 / 12 / 7 = 311678030671 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned}
 \text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} &= 27.0 \text{ MPa} \\
 \text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} &= 40.0 \text{ MPa} \\
 \text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_s &= 79,000 \text{ MPa} \\
 \text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_c &= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\
 \text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_c &= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\
 \text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} &= 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\
 \text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} &= 470 \times 13,239 / 79,000 = 78.8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H' &= H + t_2 / 2 + (t_{cl} + t_1) / 2 = 3,109.0 + 28.0 / 2 + (78.8 + 22.0) / 2 \\
 &= 3,173.4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= (B_u + B_l) / 2 \times H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 \times 3,173.4 \\
 &= 7,666,891 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) = 4F^2 / \{ 2x(H / \cos \Theta) / t_3 + B_u / t_2 + B_l / (t_{cl} + t_1) \} \\
 &= 4 \times 7,666,890.7^2 / \{ 2x(3,173.4 / 16.0) + 2,416.0 / 28.000 + 2,416.0 / (78.8 + 22.0) \} \\
 &= 4.6382E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

③ 이중 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3291.00	7.109E+08	4.289E+11	1.037E+09
단일합성		403431	1127.43	4.548E+08	2.296E+11	6.315E+11
TOTAL		619431	1881.88	1.166E+09	6.585E+11	6.325E+11

- 도심 : ysv = 1165696546/619431 1881.883 mm

$$I_{v33} = \sum AsY^2 + \sum Io$$

$$= 658523741787 + 632504558462 = 1291028300249 \text{ mm}^4$$

$$I_{v22} = I_{22} + B^3 \times T_{cu} / 12 / n$$

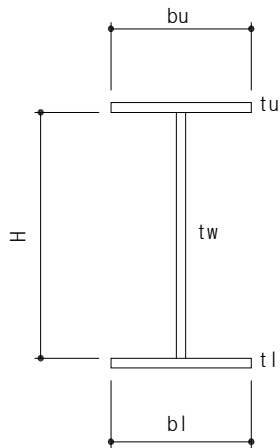
$$= 311678030671 + 6300.000^3 \times 240.0 / 12 / 7 = 1026098030671 \text{ mm}^4$$

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (도.설.해 2.3.3)

$$\begin{aligned} \text{바닥판 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} &= 27.0 \text{ MPa} \\ \text{하부 콘크리트의 강도} \quad f_{ck} &= 40.0 \text{ MPa} \\ \text{강재의 전단 탄성계수} \quad G_s &= 79,000 \text{ MPa} \\ \text{바닥판의 전단탄성계수} \quad G_c &= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 \text{ MPa} \\ \text{하부콘크리트 전단탄성계수} \quad G_c &= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 \text{ MPa} \\ \text{바닥판의 환산두께} \quad t_{cu} &= 240 \times 11,916 / 79,000 = 36.2 \text{ mm} \\ \text{하부콘크리트 환산두께} \quad t_{cl} &= 470 \times 13,239 / 79,000 = 78.8 \text{ mm} \\ H' &= H + (t_{cu}+t_2)/2 + (t_{cl}+t_1)/2 = 3,109.0 + (36.2+28.0)/2 + (78.8 + 22.0)/2 \\ &= 3,191.5 \text{ mm} \\ F &= (B_u+B_l) / 2 \times H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 \times 3,191.5 \\ &= 7,710,621 \text{ mm}^2 \\ K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t) = 4F^2 / \{ 2x(H/\cos\Theta) / t_3 + B_u / (t_u+t_2) + B_l / (t_{cl}+t_1) \} \\ &= 4 \times 7,710,621.0^2 / \{ 2x(3,191.5 / 16.0) + 2,416.0 / (36.2+28.0) + 2,416.0 / (78.8+22.0) \} \\ &= 5.1638E+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

3) 가로보

◎ 가로보 단면 < 1 >



bu	=	400.0	mm
bl	=	400.0	mm
H	=	2,400.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	16.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,206.0	5.789E+06	6.981E+09	5.760E+04
WEB	1 - 2,400.0 × 16.0	38,400.0	-	-	-	1.843E+10
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,206.0	-5.789E+06	6.981E+09	5.760E+04
합 계		48,000.0	-	0.000E+00	1.396E+10	1.843E+10

Y(2)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
WEB	1 - 2,400.0 × 16.0	38,400.0	-	-	-	8.192E+05
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
합 계		48,000.0	-	-	-	1.288E+08

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 13,962,585,600.0 + 18,432,115,200.0 = 3.239\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 128,819,200.0 = 1.288\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

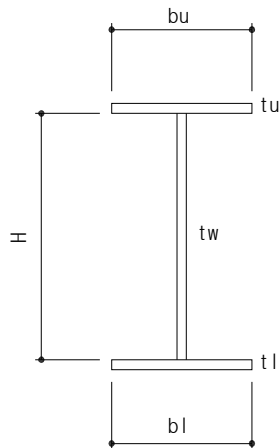
- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

$$= (400.0 \times 12.0^3 + 2,400.0 \times 16.0^3 + 400.0 \times 12.0^3) / 3 = 3.738\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

◎ 가로보 단면 < 2 >



bu	=	300.0	mm
bl	=	300.0	mm
H	=	2,400.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	16.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	1,206.0	4.342E+06	5.236E+09	4.320E+04
WEB	1 - 2,400.0 × 16.0	38,400.0	-	-	-	1.843E+10
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-1,206.0	-4.342E+06	5.236E+09	4.320E+04
합 계		45,600.0	-	0.000E+00	1.047E+10	1.843E+10

Y(2)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 2,400.0 × 16.0	38,400.0	-	-	-	8.192E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		45,600.0	-	-	-	5.482E+07

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 10,471,939,200.0 + 18,432,086,400.0 = 2.890\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 54,819,200.0 = 5.482\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

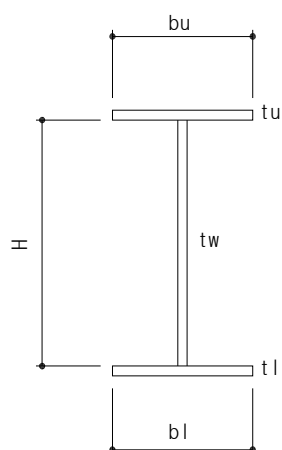
- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

$$= (300.0 \times 12.0^3 + 2,400.0 \times 16.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3 = 3.622\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

◎ 가로보 단면 < 3 >



bu	=	300.0	mm
bl	=	300.0	mm
H	=	1,800.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	12.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	906.0	3.262E+06	2.955E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-906.0	-3.262E+06	2.955E+09	4.320E+04
합 계		28,800.0	-	0.000E+00	5.910E+09	5.832E+09

Y(2)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	2.592E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		28,800.0	-	-	-	5.426E+07

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 5,910,019,200.0 + 5,832,086,400.0 = 1.174\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 54,259,200.0 = 5.426\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

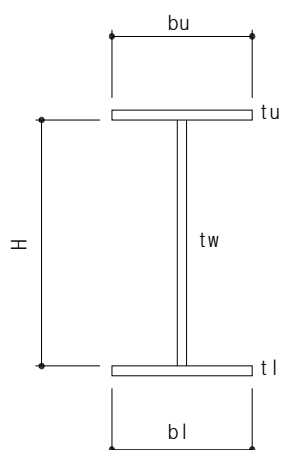
- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

$$= (300.0 \times 12.0^3 + 1,800.0 \times 12.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3 = 1.382\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

◎ 가로보 단면 < 4 >



bu	=	300.0	mm
bl	=	300.0	mm
H	=	2,200.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	16.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	1,106.0	3.982E+06	4.404E+09	4.320E+04
WEB	1 - 2,200.0 × 16.0	35,200.0	-	-	-	1.420E+10
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-1,106.0	-3.982E+06	4.404E+09	4.320E+04
합 계		42,400.0	-	0.000E+00	8.807E+09	1.420E+10

Y(2)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 2,200.0 × 16.0	35,200.0	-	-	-	7.509E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		42,400.0	-	-	-	5.475E+07

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 8,807,299,200.0 + 14,197,419,733.3 = 2.300\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 54,750,933.3 = 5.475\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

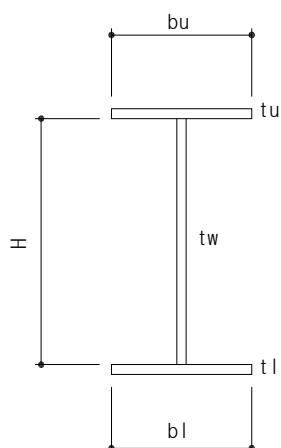
여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (도.설.해 3.8.2.3)

$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

$$= (300.0 \times 12.0^3 + 2,200.0 \times 16.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3 = 3.349\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

◎ 가로보 단면 < 5 >



bu	=	400.0	mm
bl	=	400.0	mm
H	=	2,600.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	18.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,306.0	6.269E+06	8.187E+09	5.760E+04
WEB	1 - 2,600.0 × 18.0	46,800.0	-	-	-	2.636E+10
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,306.0	-6.269E+06	8.187E+09	5.760E+04
합 계		56,400.0	-	0.000E+00	1.637E+10	2.636E+10

Y(2)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
WEB	1 - 2,600.0 × 18.0	46,800.0	-	-	-	1.264E+06
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
합 계		56,400.0	-	-	-	1.293E+08

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 16,374,105,600.0 + 26,364,115,200.0 = 4.274E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 129,263,600.0 = 1.293E+08 \text{ mm}^4$$

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

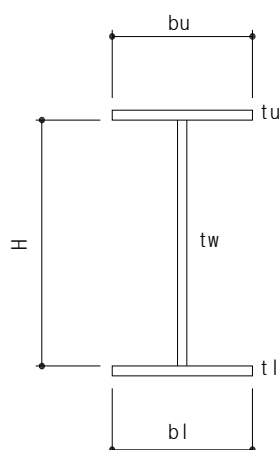
- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

$$= (400.0 \times 12.0^3 + 2,600.0 \times 18.0^3 + 400.0 \times 12.0^3) / 3 = 5.515E+06 \text{ mm}^4$$

◎ 가로보 단면 < 6 >



bu	=	400.0	mm
bl	=	400.0	mm
H	=	2,900.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	22.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,456.0	6.989E+06	1.018E+10	5.760E+04
WEB	1 - 2,900.0 × 22.0	63,800.0	-	-	-	4.471E+10
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,456.0	-6.989E+06	1.018E+10	5.760E+04
합 계		73,400.0	-	0.000E+00	2.035E+10	4.471E+10

Y(2)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
WEB	1 - 2,900.0 × 22.0	63,800.0	-	-	-	2.573E+06
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
합 계		73,400.0	-	-	-	1.306E+08

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 20,351,385,600.0 + 44,713,281,866.7 = 6.506\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 130,573,266.7 = 1.306\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

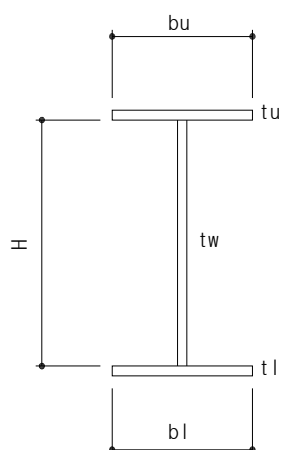
- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

$$= (400.0 \times 12.0^3 + 2,900.0 \times 22.0^3 + 400.0 \times 12.0^3) / 3 = 1.075\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

◎ 가로보 단면 < 7 >



bu	=	400.0	mm
bl	=	400.0	mm
H	=	2,400.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	18.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,206.0	5.789E+06	6.981E+09	5.760E+04
WEB	1 - 2,400.0 × 18.0	43,200.0	-	-	-	2.074E+10
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,206.0	-5.789E+06	6.981E+09	5.760E+04
합 계		52,800.0	-	0.000E+00	1.396E+10	2.074E+10

Y(2)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
WEB	1 - 2,400.0 × 18.0	43,200.0	-	-	-	1.166E+06
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
합 계		52,800.0	-	-	-	1.292E+08

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 13,962,585,600.0 + 20,736,115,200.0 = 3.470E+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 129,166,400.0 = 1.292E+08 \text{ mm}^4$$

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

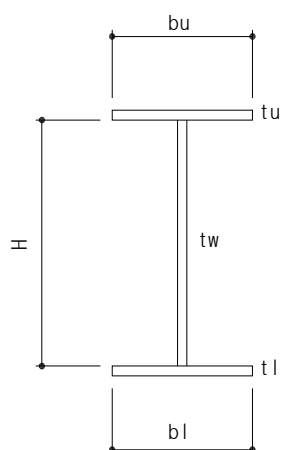
- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

$$= (400.0 \times 12.0^3 + 2,400.0 \times 18.0^3 + 400.0 \times 12.0^3) / 3 = 5.126E+06 \text{ mm}^4$$

◎ 가로보 단면 < 8 >



bu	=	300.0	mm
bl	=	300.0	mm
H	=	1,900.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	14.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	956.0	3.442E+06	3.290E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,900.0 × 14.0	26,600.0	-	-	-	8.002E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-956.0	-3.442E+06	3.290E+09	4.320E+04
합 계		33,800.0	-	0.000E+00	6.580E+09	8.002E+09

Y(2)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,900.0 × 14.0	26,600.0	-	-	-	4.345E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		33,800.0	-	-	-	5.443E+07

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 6,580,339,200.0 + 8,002,253,066.7 = 1.458\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 54,434,466.7 = 5.443\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

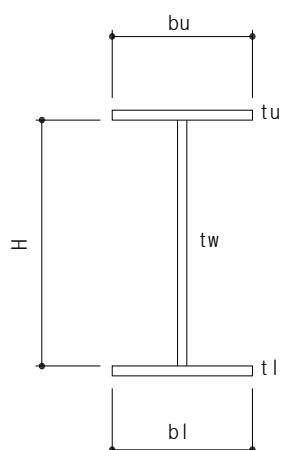
- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

$$= (300.0 \times 12.0^3 + 1,900.0 \times 14.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3 = 2.083\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

◎ 가로보 단면 < 9 >



bu	=	300.0	mm
bl	=	300.0	mm
H	=	1,600.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	12.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	806.0	2.902E+06	2.339E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	-	-	-	4.096E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-806.0	-2.902E+06	2.339E+09	4.320E+04
합 계		26,400.0	-	0.000E+00	4.677E+09	4.096E+09

Y(2)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	-	-	-	2.304E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		26,400.0	-	-	-	5.423E+07

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 4,677,379,200.0 + 4,096,086,400.0 = 8.773\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 54,230,400.0 = 5.423\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

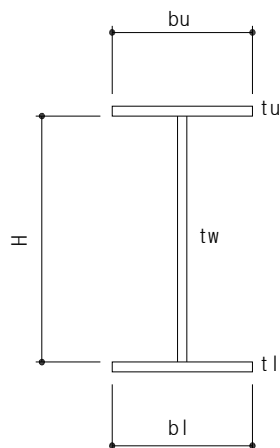
- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

$$= (300.0 \times 12.0^3 + 1,600.0 \times 12.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3 = 1.267\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

◎ 가로보 단면 < 10 >



bu	=	300.0	mm
bl	=	300.0	mm
H	=	1,500.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	12.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	756.0	2.722E+06	2.058E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,500.0 × 12.0	18,000.0	-	-	-	3.375E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-756.0	-2.722E+06	2.058E+09	4.320E+04
합 계		25,200.0	-	0.000E+00	4.115E+09	3.375E+09

Y(2)축 방향

구 분	구 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,500.0 × 12.0	18,000.0	-	-	-	2.160E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		25,200.0	-	-	-	5.422E+07

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 4,115,059,200.0 + 3,375,086,400.0 = 7.490E+09 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 54,216,000.0 = 5.422E+07 \text{ mm}^4$$

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성

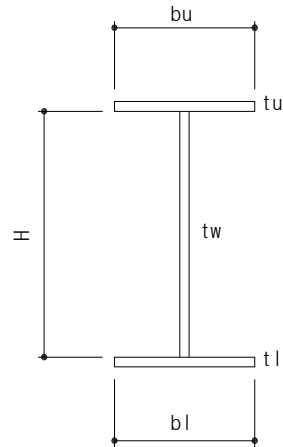
(도.설.해 3.8.2.3)

$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

$$= (300.0 \times 12.0^3 + 1,500.0 \times 12.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3 = 1.210E+06 \text{ mm}^4$$

4) 세로보

◎ 세로보 단면 < 1 >



bu	=	300.0	mm
bl	=	300.0	mm
H	=	1,000.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	12.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	506.0	1.822E+06	9.217E+08	4.320E+04
WEB	1 - 1,000.0 × 12.0	12,000.0	-	-	-	1.000E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-506.0	-1.822E+06	9.217E+08	4.320E+04
합 계		19,200.0	-	0.000E+00	1.843E+09	1.000E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,000.0 × 12.0	12,000.0	-	-	-	1.440E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		19,200.0	-	-	-	5.414E+07

$$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo} = 1,843,459,200.0 + 1,000,086,400.0 = 2.844\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo} = 0.0 + 54,144,000.0 = 5.414\text{E}+07 \text{ mm}^4$$

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성

(도.설.해 3.8.2.3)

$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

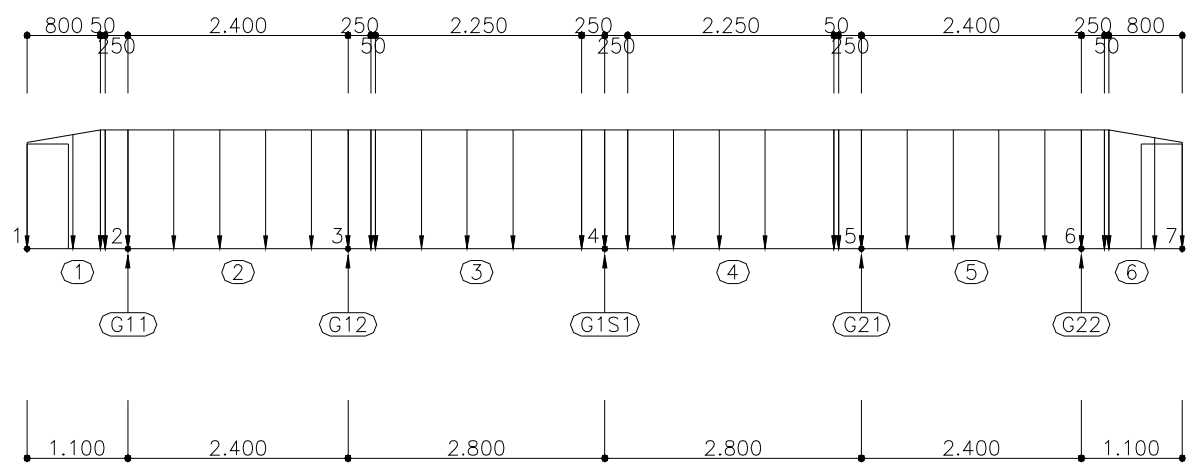
$$= (300.0 \times 12.0^3 + 1,000.0 \times 12.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3 = 9.216\text{E}+05 \text{ mm}^4$$

4.3 작용하중의 산정

가. 횡방향 하중분배

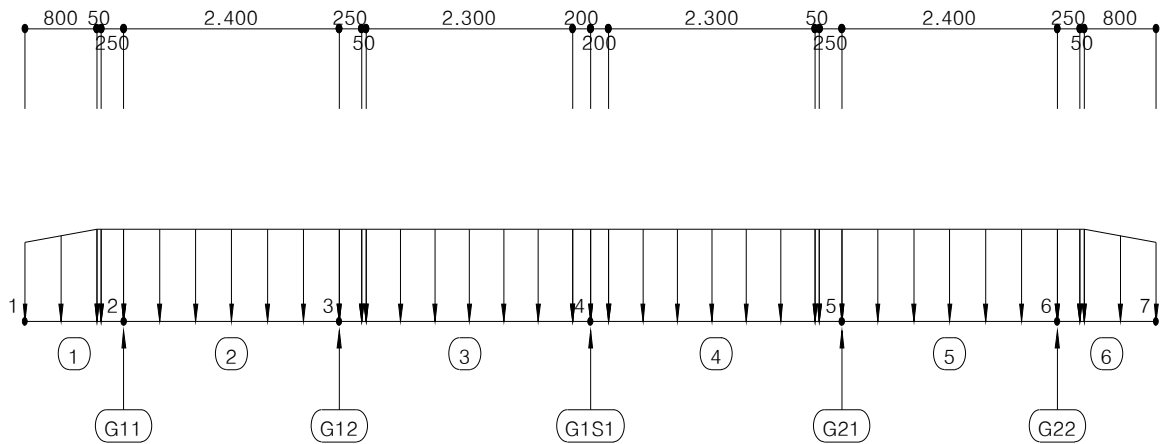
1) 합성전 고정하중(슬래브 자중)

(1) 슬래브자중(STA. 1K+175.830, STA. 1K+431.250)



하중명	재 하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m ²)	위치 (m)	하중(kN/m ²)	
W1	1	0.000	-11.000	0.800	-12.000	분포하중
W2	1	0.800	-11.550	0.850	-11.550	분포하중
W3	1	0.850	-11.550	1.100	-11.550	분포하중
W4	2	0.000	-11.550	2.400	-11.550	분포하중
W5	3	0.000	-11.550	0.250	-11.550	분포하중
W6	3	0.250	-11.550	0.300	-11.550	분포하중
W7	3	0.300	-11.550	2.600	-11.550	분포하중
W8	3	2.600	-11.550	2.800	-11.550	분포하중
W9	4	0.000	-11.550	0.200	-11.550	분포하중
W10	4	0.200	-11.550	2.500	-11.550	분포하중
W11	4	2.500	-11.550	2.550	-11.550	분포하중
W12	4	2.550	-11.550	2.800	-11.550	분포하중
W13	5	0.000	-11.550	2.400	-11.550	분포하중
W14	6	0.000	-11.550	0.250	-11.550	분포하중
W15	6	0.250	-11.550	0.300	-11.550	분포하중
W16	6	0.300	-12.000	1.100	-11.000	분포하중

(2) 슬래브자중 (STA. 1K+179.000 ~ STA. 1K+428.000)

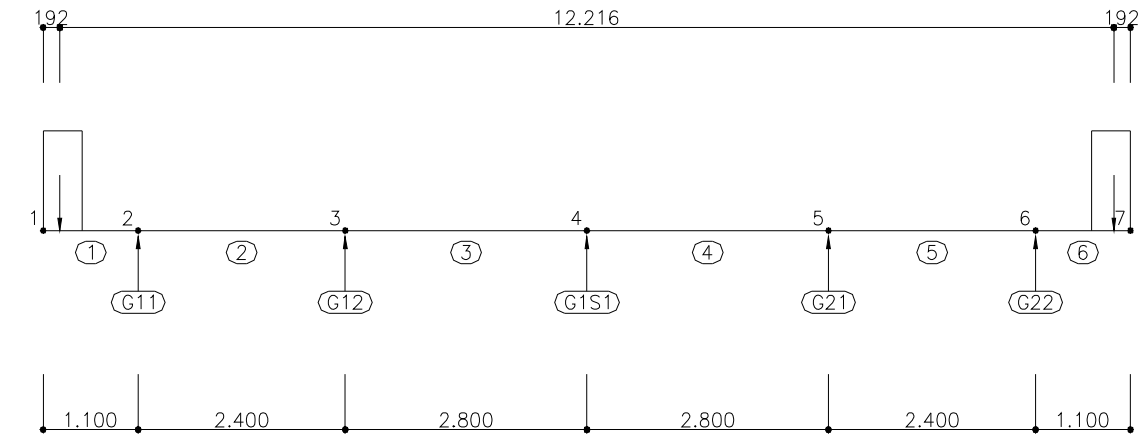


하중명	재 하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중 (kN/m ²)	위치 (m)	하중 (kN/m ²)	
W1	1	0.000	-6.000	0.800	-7.000	분포하중
W2	1	0.800	-7.000	0.850	-7.000	분포하중
W3	1	0.850	-6.000	1.100	-6.000	분포하중
W4	2	0.000	-6.300	2.400	-6.300	분포하중
W5	3	0.000	-6.300	0.250	-6.300	분포하중
W6	3	0.250	-6.300	0.300	-6.300	분포하중
W7	3	0.300	-6.300	2.600	-6.300	분포하중
W8	3	2.600	-6.300	2.800	-6.300	분포하중
W9	4	0.000	-6.300	0.200	-6.300	분포하중
W10	4	0.200	-6.300	2.500	-6.300	분포하중
W11	4	2.500	-6.300	2.550	-6.300	분포하중
W12	4	2.550	-6.300	2.800	-6.300	분포하중
W13	5	0.000	-6.300	2.400	-6.300	분포하중
W14	6	0.000	-6.000	0.250	-6.000	분포하중
W15	6	0.250	-7.000	0.300	-7.000	분포하중
W16	6	0.300	-7.000	1.100	-6.000	분포하중

* Rib Deck의 Rib 하중은 0.3kN/m² 로 적용됨.

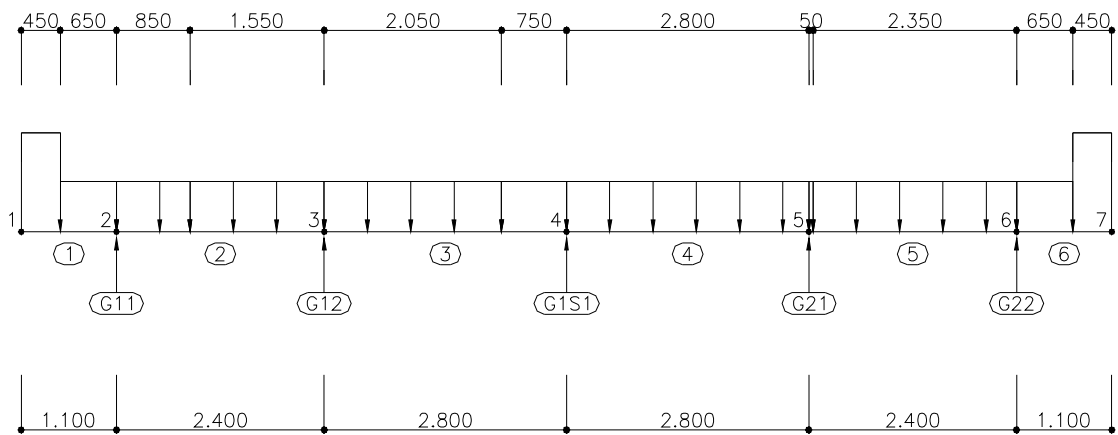
2) 합성후 고정하중

(1) 방호벽(STA. 1K+175.730)



하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m ²)	위치 (m)	하중(kN/m ²)	
P1	1	0.192	-9.839	-	-	집중하중
P2	6	0.908	-9.839	-	-	집중하중

(2) 아스콘(STA. 1K+175.730)



하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m ²)	위치 (m)	하중(kN/m ²)	
W1	1	0.450	-1.175	1.100	-1.175	분포하중
W2	2	0.000	-1.175	0.850	-1.175	분포하중
W3	2	0.850	-1.175	2.400	-1.175	분포하중
W4	3	0.000	-1.175	2.050	-1.175	분포하중
W5	3	2.050	-1.175	2.800	-1.175	분포하중
W6	4	0.000	-1.175	2.800	-1.175	분포하중
W7	5	0.000	-1.175	0.050	-1.175	분포하중
W8	5	0.050	-1.175	2.400	-1.175	분포하중
W9	6	0.000	-1.175	0.650	-1.175	분포하중

3) 활하중

연석간의 교폭 $W_c = 11.700 \text{ m}$ (STA. 1K+175.730)

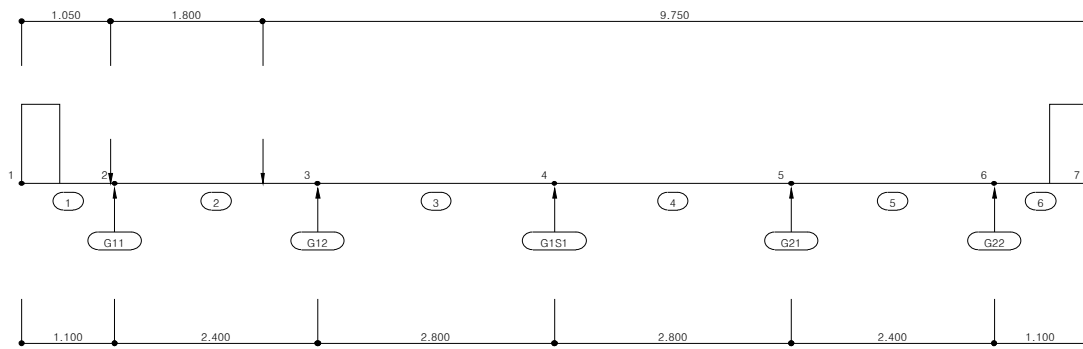
$\therefore$ 설계 차로수 $N = 3$ (도.설 2.1.3)

설계 차로폭 $W = W_c / N = 11.700 / 3 = 3.900 > 3.6 \text{ m} \Rightarrow W = 3.600 \text{ m}$

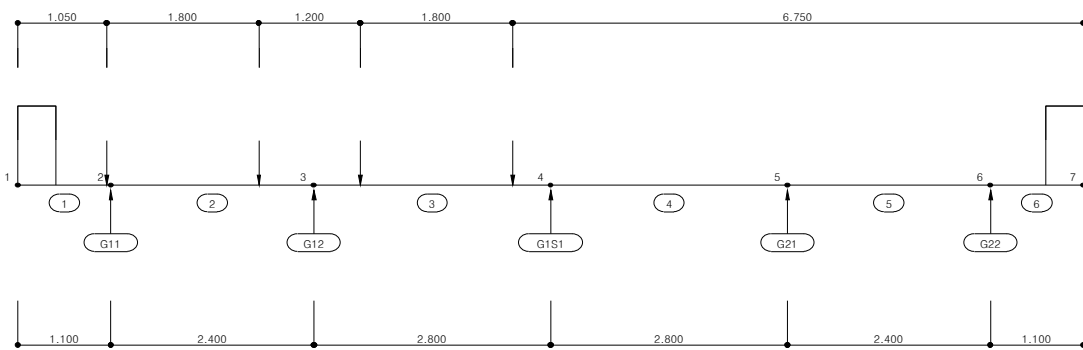
곡선교와 같이 차량의 편심재하에 대한 설계가 중요한 교량에서는 표준차로폭이나 설계차로폭에 관계없이 DB하중이나 DL하중을 표준점유폭인 3m마다 연속시켜서 설계차선수 이내로 최대의 편심효과가 일어날 수 있도록 재하한다.

설계차로폭 $W = 3.0 \text{ m}$

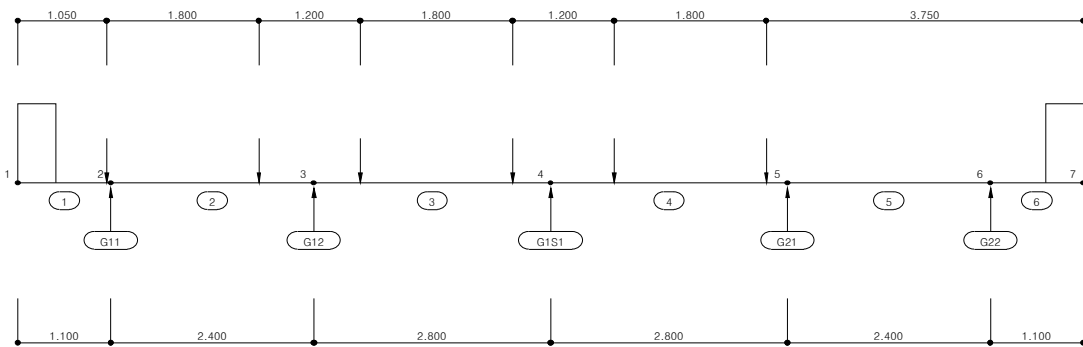
< G1 Max DB 1선 >



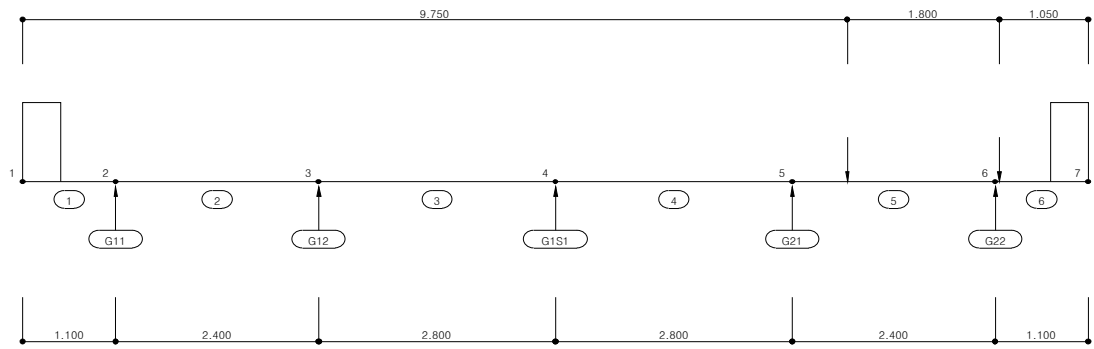
< G1 Max DB 2선 >



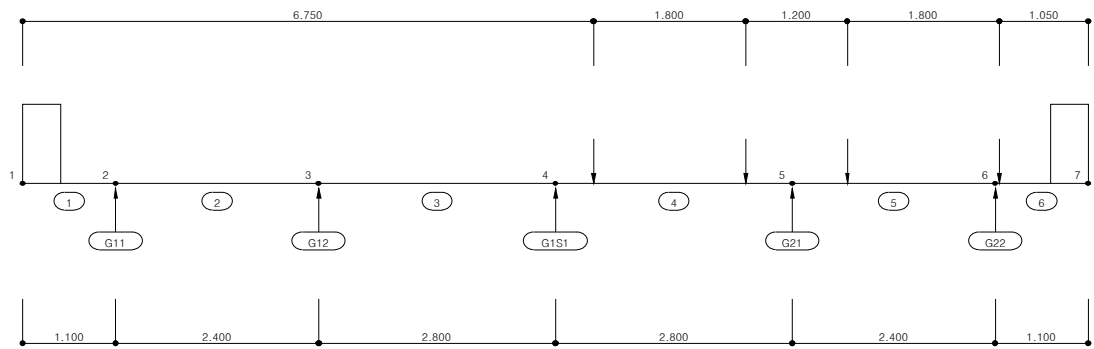
< G1 Max DB 3선 >



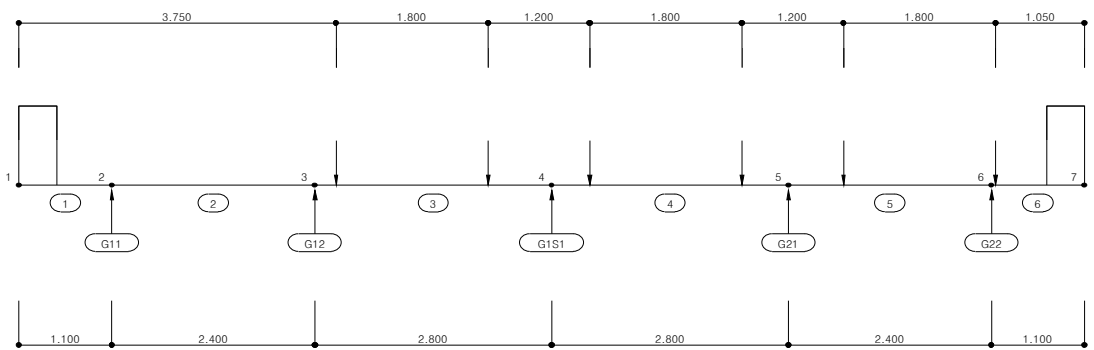
< G2 Max DB 1선 >



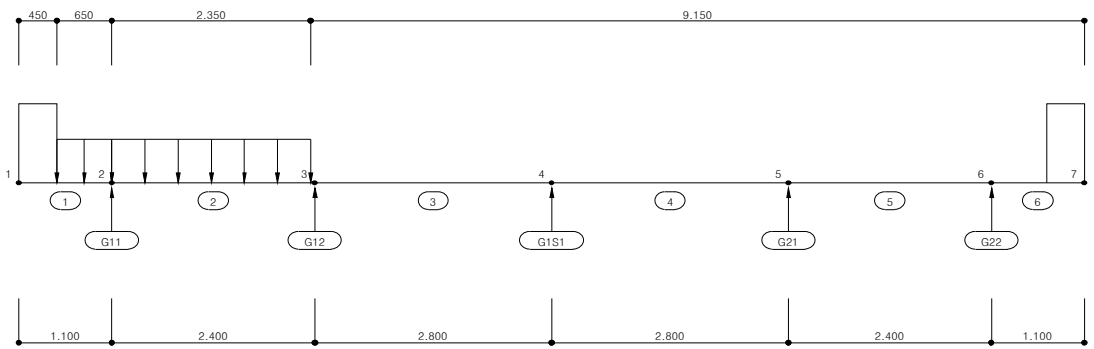
< G2 Max DB 2선 >



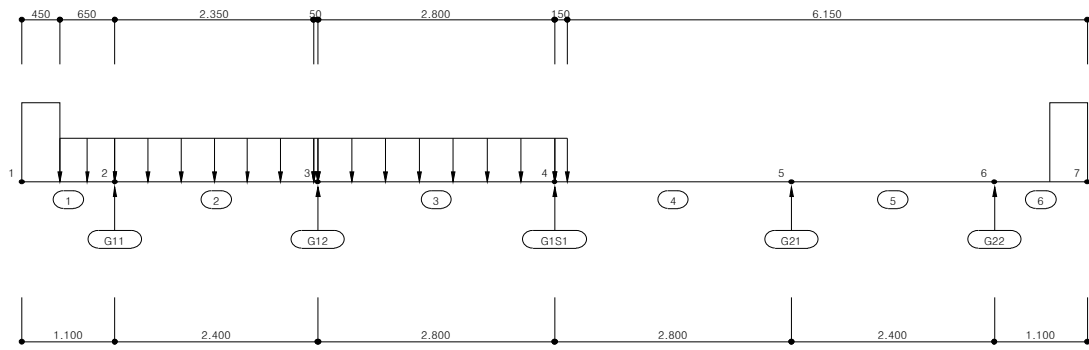
< G2 Max DB 3선 >



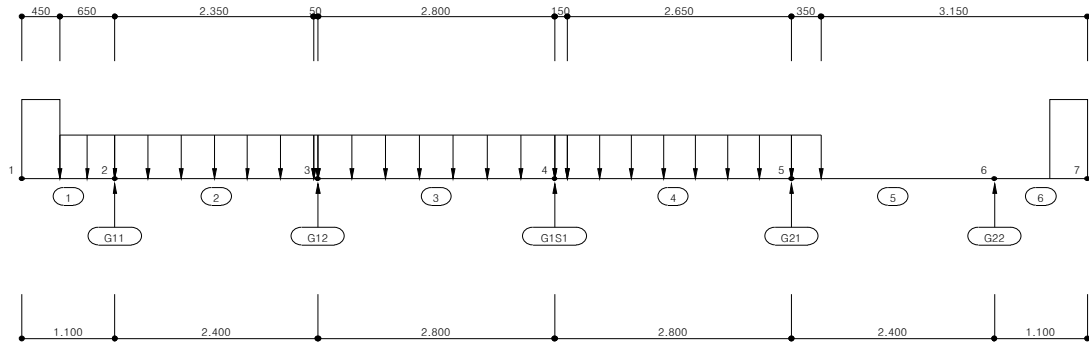
< G1 Max DL 1선 >



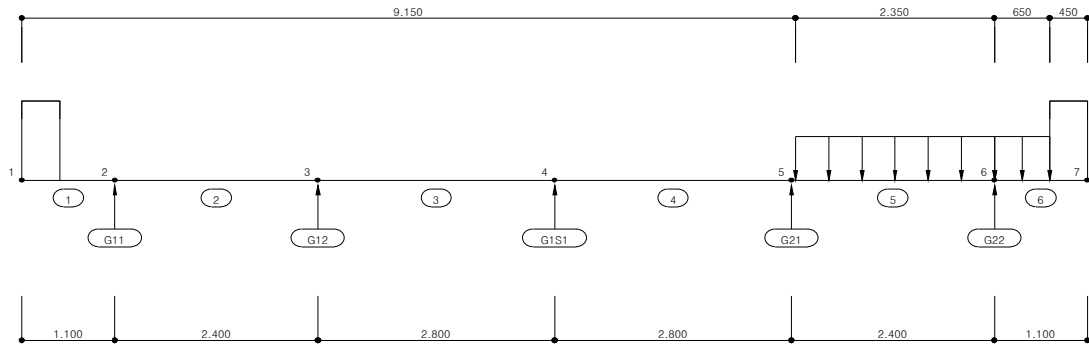
< G1 Max DL 2선 >



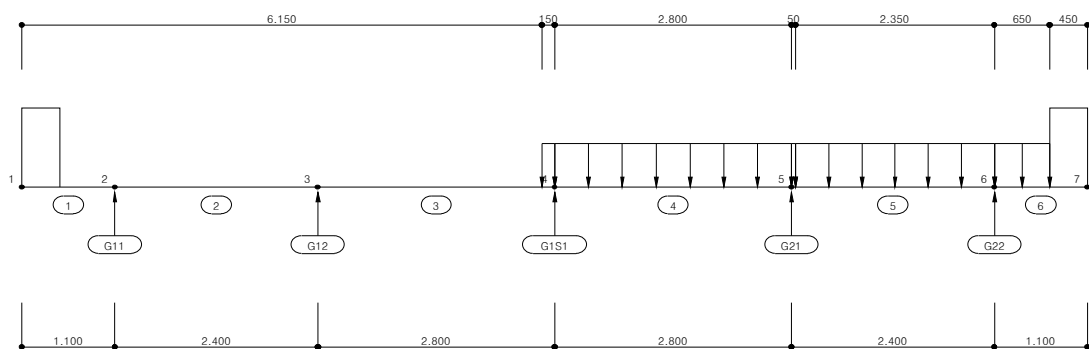
< G1 Max DL 3선 >



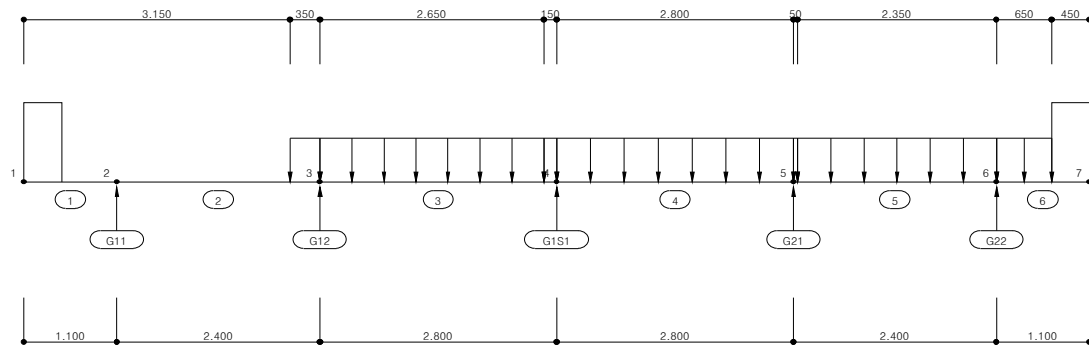
< G2 Max DL 1선 >



< G2 Max DL 2선 >



< G2 Max DL 3선 >



4) 활하중의 크기

◁ DB-24 (윤하중)

전륜 하중 $P_f = 24.000 \text{ kN}$

후륜 하중 $P_r = 96.000 \text{ kN}$

◁ DL-24 (차선하중)

$W = 12.700 / 3.0 = 4.233 \text{ kN/m}$

$P_m = 108.000 / 3.0 = 36.000 \text{ kN}$

$P_s = 156.000 / 3.0 = 52.000 \text{ kN}$

5) 활하중 충격계수 (☞ 도.설 2.1.4)

지간장 (L) = $81.300 + 93.000 + 81.320 \text{ m}$

따라서, 내부 지점 및 지간내에 재하되는 하중에 대한 충격계수는 아래와 같다.

다만, 탱크궤도하중과 탱크 트레일러 하중에는 일률적으로 충격계수를 0.15로 적용 한다.

◁ 제1 지간

$$i = \frac{15}{40 + 81.3} = 0.124 < 0.3 \Rightarrow 0.124$$

◁ 제2 지간

$$i = \frac{15}{40 + 93} = 0.113 < 0.3 \Rightarrow 0.113$$

◁ 제3 지간

$$i = \frac{15}{40 + 81.32} = 0.124 < 0.3 \Rightarrow 0.124$$

◁ 제1 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (81.300 + 93.000) / 2} = 0.118 < 0.3 \Rightarrow 0.118$$

◁ 제2 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (93.000 + 81.320) / 2} = 0.118 < 0.3 \Rightarrow 0.118$$

∴ 계산된 충격계수 중 가장 큰 0.124 를 적용함.

6) 원심하중 (도.설 2.1.17)

곡선교에 적용되는 원심하중은 설계차로에 재하된 DB하중의 백분율로서 다음의 값을 사용한다.

◁ 원심하중의 백분율

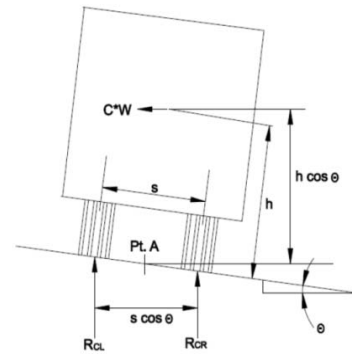
$$CF = \frac{0.79 V^2}{R} = \frac{0.790 \times 60^2}{300} = 9.5 \%$$

여기서, $V = 60 \text{ km/h}$
 $R = 300 \text{ m}$

◁ 횡분배를 위한 차륜의 분배계수 산정

① 원심하중에 의한 차륜의 반력

$$R_{CL} = -R_{CR} = CF \times W = 0.095 W$$



② 편구배에 의한 차륜의 반력

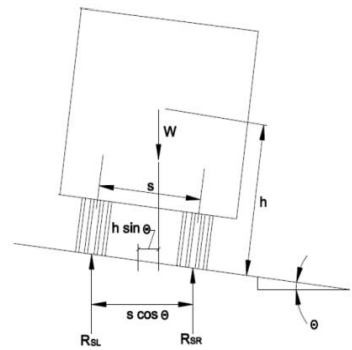
$S = 0.06 \text{ (slop)}$ $s = 1800$
 $\theta = 3.43^\circ$ $h = 1800$

$$R_{SR} = \frac{[s/2\cos\theta + h\sin\theta]W}{s \times \cos\theta}$$

$$= \frac{[1800/(2 \times 0.998) + 1800 \times 0.06]W}{1800 \times 0.998}$$

$$= 0.562 W$$

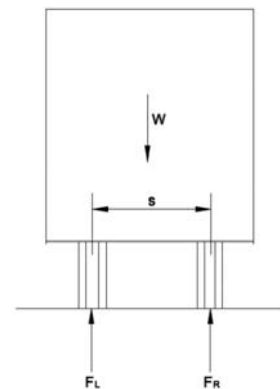
$$R_{SL} = 1.0W - 0.562W = 0.438 W$$



③ 원심하중과 편구배를 고려한 좌우측 차륜의 하중분배계수

$$FL = 2.0 (R_{CL} + R_{SL})/W = 1.07$$

$$FR = 2.0 (R_{CR} + R_{SR})/W = 0.93$$



7) 풍하중 (도.설 2.1.11)

다음의 계산은 활하중 비재하시의 값으로 활하중 재하시에는 산정된 값의 1/2을 적용한다.

< A1 - 위치 : Sta 1+175.73 >

- 좌측 캔틸레버부

$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.600 \text{ m}$$

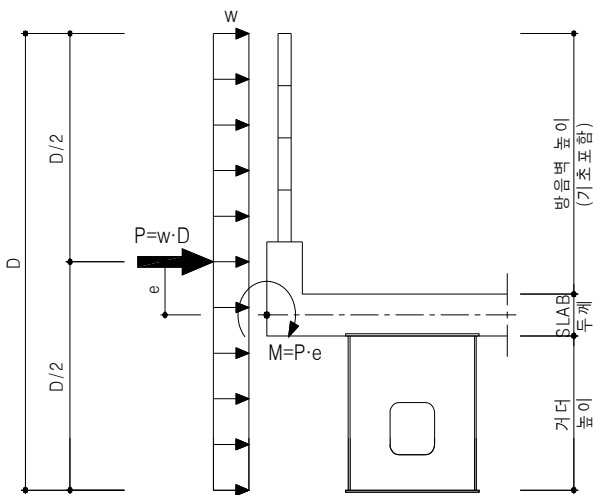
$$\begin{aligned} \text{교량 총높이 (D)} &= \text{거더높이} + \text{SLAB두께} + \text{방호벽높이} = \\ &= 3.000 + 0.280 + 1.320 = 4.600 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B / D = 12.600 / 4.600 = 2.739$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D$$

$$P = [4.0 - 0.2 (12.600 / 4.600)] \times 4.600 = 15.880 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 $\Rightarrow$ 내측 풍하중 재하시)



$$\begin{aligned} p &= 15.880 \text{ kN/m} \\ w &= 3452.2 \text{ N/m}^2 \\ e &= -0.840 \text{ m} \\ M &= -13.339 \text{ N} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

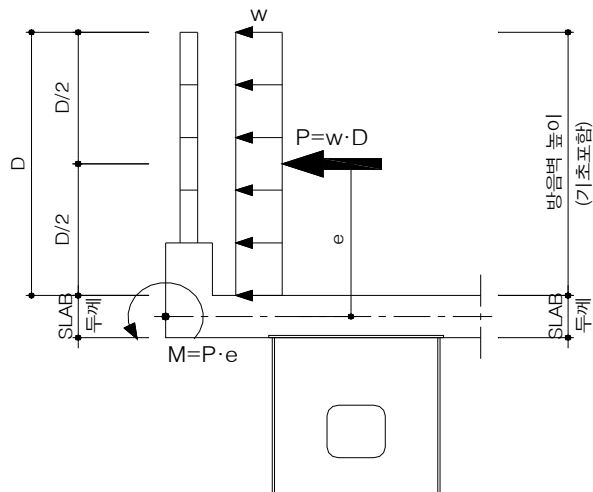
(내측 $\Rightarrow$ 외측 풍하중 재하시)

$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.600 \text{ m}$$

$$\text{교량 총높이 (D)} = \text{방호벽높이} = 1.270 = 1.270 \text{ m}$$

$$B / D = 12.600 / 1.270 = 9.921$$

$$8 \leq B / D \text{ 이므로 } P = 2.4 \cdot D = 3.0 \text{ kN/m} < 6.0 \text{ kN/m}$$



$$\begin{aligned} p &= 6.000 \text{ kN/m} \\ w &= 4724.4 \text{ N/m}^2 \\ e &= 0.775 \text{ m} \\ M &= 4.650 \text{ N} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

- 우측 캔틸레버부

$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.600 \text{ m}$$

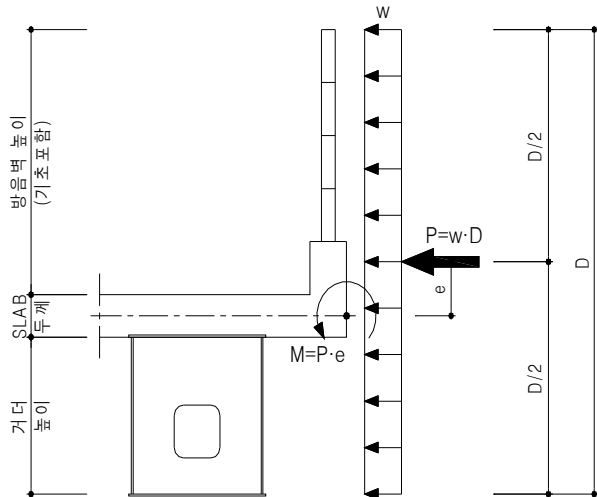
$$\begin{aligned} \text{교량 총높이 (D)} &= \text{거더높이} + \text{SLAB두께} + \text{방호벽높이} = \\ &= 3.000 + 0.280 + 1.320 = 4.600 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B / D = 12.600 / 4.600 = 2.739$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D$$

$$P = [4.0 - 0.2 (12.600 / 4.600)] \times 4.600 = 15.9 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 $\Rightarrow$ 내측 풍하중 재하시)



$$\begin{aligned} p &= 15.880 \text{ kN/m} \\ w &= 3452.2 \text{ N/m}^2 \\ e &= -0.840 \text{ m} \\ M &= -13.339 \text{ N} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

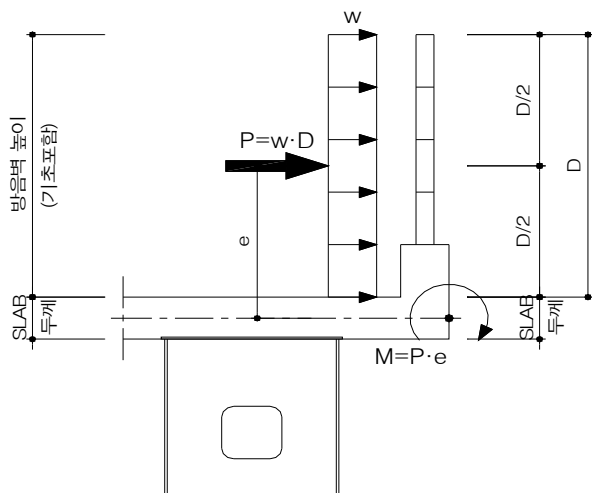
(내측 $\Rightarrow$ 외측 풍하중 재하시)

$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.600 \text{ m}$$

$$\text{교량 총높이 (D)} = \text{방호벽높이} = 1.270 = 1.270 \text{ m}$$

$$B / D = 12.600 / 1.270 = 9.921$$

$$8 \leq B / D \text{ 이므로 } P = 2.4 \cdot D = 3.0 \text{ kN/m} < 6.0 \text{ kN/m}$$



$$\begin{aligned} p &= 6.000 \text{ kN/m} \\ w &= 4724.4 \text{ N/m}^2 \\ e &= 0.775 \text{ m} \\ M &= 4.650 \text{ N} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

< P1 - 위치 : Sta 1+257.03 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

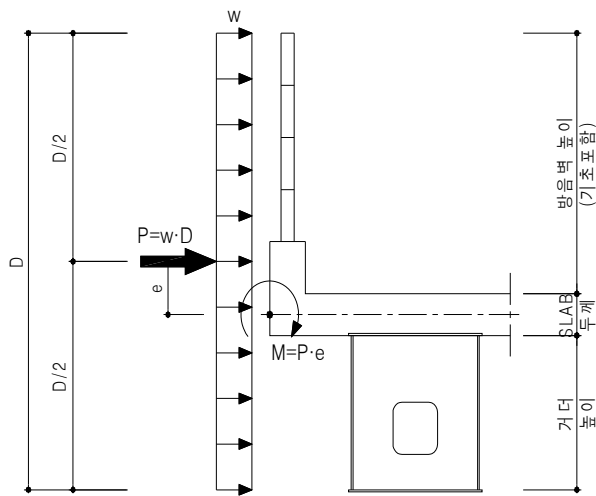
$$= 3.700 + 0.280 + 1.320 = 5.300 \text{ m}$$

$$B / D = 12.600 / 5.300 = 2.377$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D$$

$$P = [4.0 - 0.2 (12.600 / 5.300)] \times 5.300 = 18.7 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 $\Rightarrow$ 내측 풍하중 재하시)



$$p = 18.680 \text{ kN/m}$$

$$w = 3524.5 \text{ N/m}^2$$

$$e = -1.190 \text{ m}$$

$$M = -22.229 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

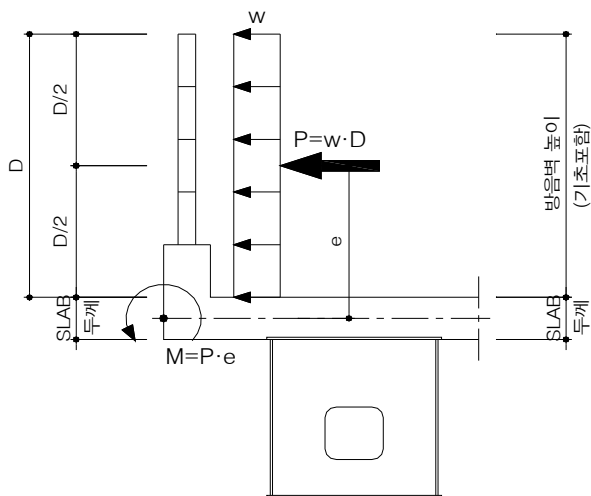
(내측 $\Rightarrow$ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

$$B / D = 12.600 / 1.270 = 9.921$$

$$8 \leq B / D \text{ 이므로 } P = 2.4 \cdot D = 3.0 \text{ kN/m} < 6.0 \text{ kN/m}$$



$$p = 6.000 \text{ kN/m}$$

$$w = 4724.4 \text{ N/m}^2$$

$$e = 0.775 \text{ m}$$

$$M = 4.650 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

- 우측 캔틸레버부

$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.600 \text{ m}$$

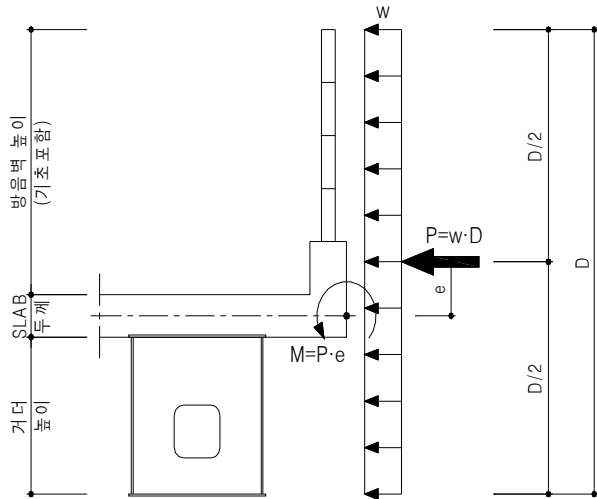
$$\begin{aligned} \text{교량 총높이 (D)} &= \text{거더높이} + \text{SLAB두께} + \text{방호벽높이} = \\ &= 3.700 + 0.280 + 1.320 = 5.300 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B / D = 12.600 / 5.300 = 2.377$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D$$

$$P = [4.0 - 0.2 (12.600 / 5.300)] \times 5.300 = 18.7 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 $\Rightarrow$ 내측 풍하중 재하시)



$$p = 18.680 \text{ kN/m}$$

$$w = 3524.5 \text{ N/m}^2$$

$$e = -1.190 \text{ m}$$

$$M = -22.229 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

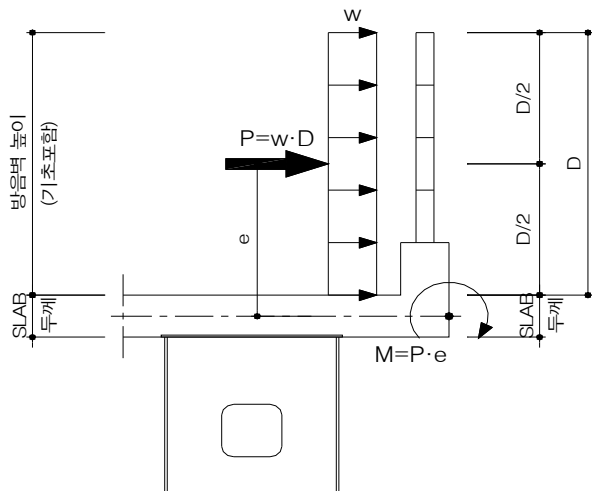
(내측 $\Rightarrow$ 외측 풍하중 재하시)

$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.600 \text{ m}$$

$$\text{교량 총높이 (D)} = \text{방호벽높이} = 1.270 = 1.270 \text{ m}$$

$$B / D = 12.600 / 1.270 = 9.921$$

$$8 \leq B / D \text{ 이므로 } P = 2.4 \cdot D = 3.0 \text{ kN/m} < 6.0 \text{ kN/m}$$



$$p = 6.000 \text{ kN/m}$$

$$w = 4724.4 \text{ N/m}^2$$

$$e = 0.775 \text{ m}$$

$$M = 4.650 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

< P2 - 위치 : Sta 1+350.03 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

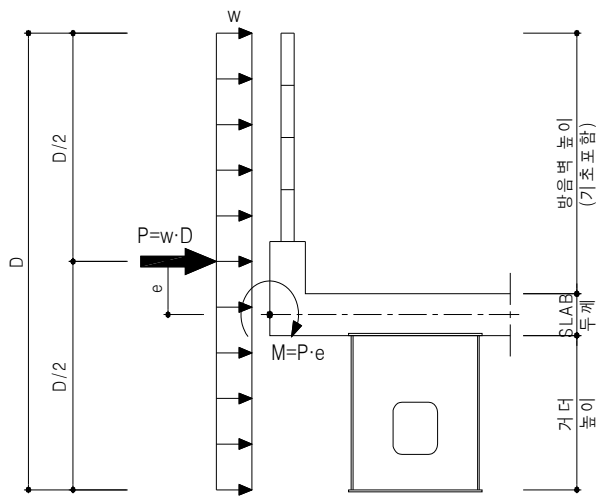
$$= 3.700 + 0.280 + 1.320 = 5.300 \text{ m}$$

$$B / D = 12.600 / 5.300 = 2.377$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D$$

$$P = [4.0 - 0.2 (12.600 / 5.300)] \times 5.300 = 18.7 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 $\Rightarrow$ 내측 풍하중 재하시)



$$p = 18.680 \text{ kN/m}$$

$$w = 3524.5 \text{ N/m}^2$$

$$e = -1.190 \text{ m}$$

$$M = -22.229 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

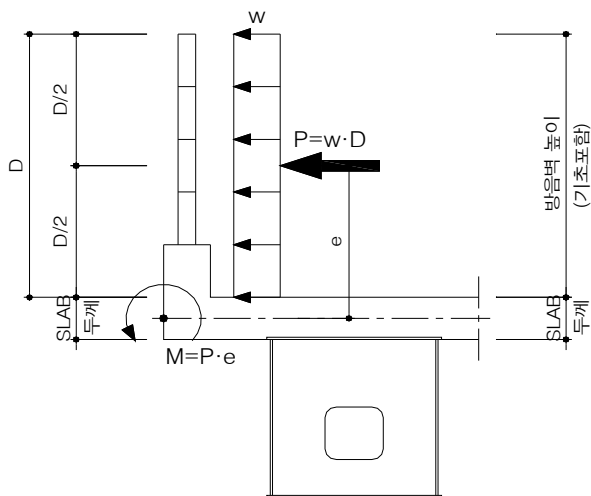
(내측 $\Rightarrow$ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

$$B / D = 12.600 / 1.270 = 9.921$$

$$8 \leq B / D \text{ 이므로 } P = 2.4 \cdot D = 3.0 \text{ kN/m} < 6.0 \text{ kN/m}$$



$$p = 6.000 \text{ kN/m}$$

$$w = 4724.4 \text{ N/m}^2$$

$$e = 0.775 \text{ m}$$

$$M = 4.650 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

- 우측 캔틸레버부

$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.600 \text{ m}$$

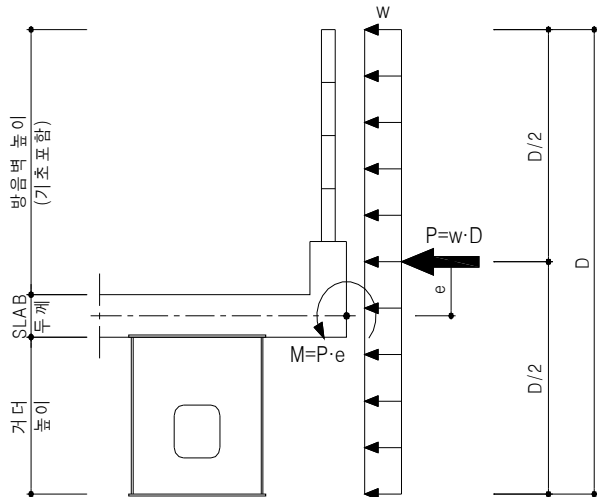
$$\begin{aligned} \text{교량 총높이 (D)} &= \text{거더높이} + \text{SLAB두께} + \text{방호벽높이} = \\ &= 3.700 + 0.280 + 1.320 = 5.300 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B / D = 12.600 / 5.300 = 2.377$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D$$

$$P = [4.0 - 0.2 (12.600 / 5.300)] \times 5.300 = 18.7 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 $\Rightarrow$ 내측 풍하중 재하시)



$$p = 18.680 \text{ kN/m}$$

$$w = 3524.5 \text{ N/m}^2$$

$$e = -1.190 \text{ m}$$

$$M = -22.229 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

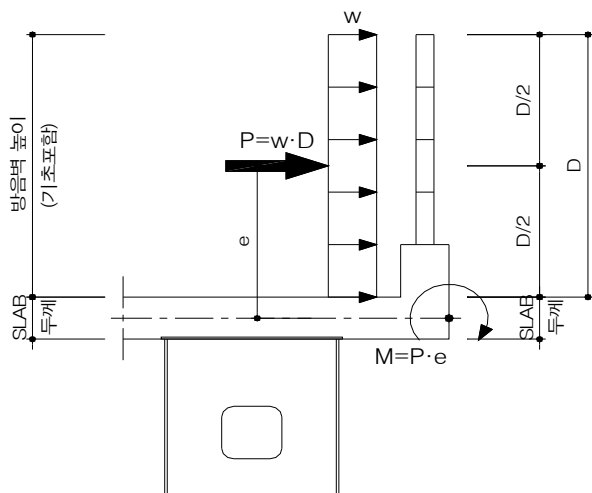
(내측 $\Rightarrow$ 외측 풍하중 재하시)

$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.600 \text{ m}$$

$$\text{교량 총높이 (D)} = \text{방호벽높이} = 1.270 = 1.270 \text{ m}$$

$$B / D = 12.600 / 1.270 = 9.921$$

$$8 \leq B / D \text{ 이므로 } P = 2.4 \cdot D = 3.0 \text{ kN/m} < 6.0 \text{ kN/m}$$



$$p = 6.000 \text{ kN/m}$$

$$w = 4724.4 \text{ N/m}^2$$

$$e = 0.775 \text{ m}$$

$$M = 4.650 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

< A2 - 위치 : Sta 1+431.35 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

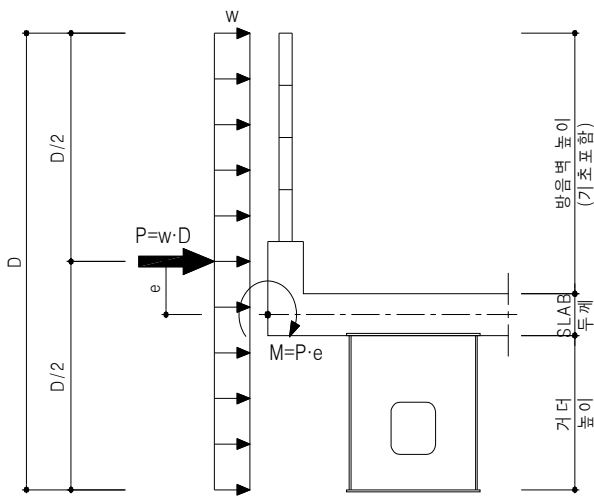
$$= 3.000 + 0.280 + 1.320 = 4.600 \text{ m}$$

$$B / D = 12.600 / 4.600 = 2.739$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D$$

$$P = [4.0 - 0.2 (12.600 / 4.600)] \times 4.600 = 15.9 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 $\Rightarrow$ 내측 풍하중 재하시)



$$p = 15.880 \text{ kN/m}$$

$$w = 3452.2 \text{ N/m}^2$$

$$e = -0.840 \text{ m}$$

$$M = -13.339 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

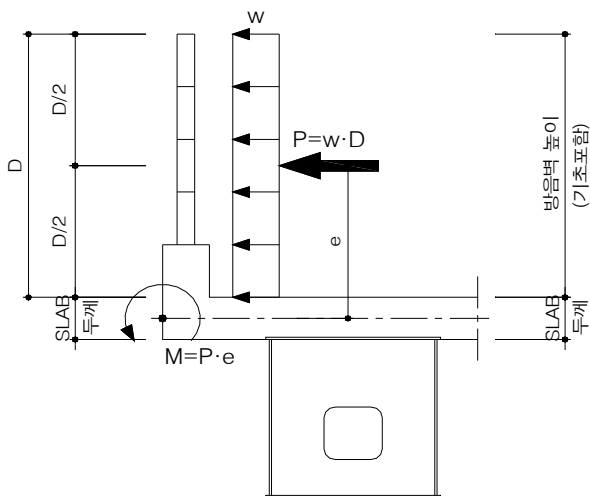
(내측 $\Rightarrow$ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

$$B / D = 12.600 / 1.270 = 9.921$$

$$8 \leq B / D \text{ 이므로 } P = 2.4 \cdot D = 3.0 \text{ kN/m} < 6.0 \text{ kN/m}$$



$$p = 6.000 \text{ kN/m}$$

$$w = 4724.4 \text{ N/m}^2$$

$$e = 0.775 \text{ m}$$

$$M = 4.650 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

- 우측 캔틸레버부

$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.600 \text{ m}$$

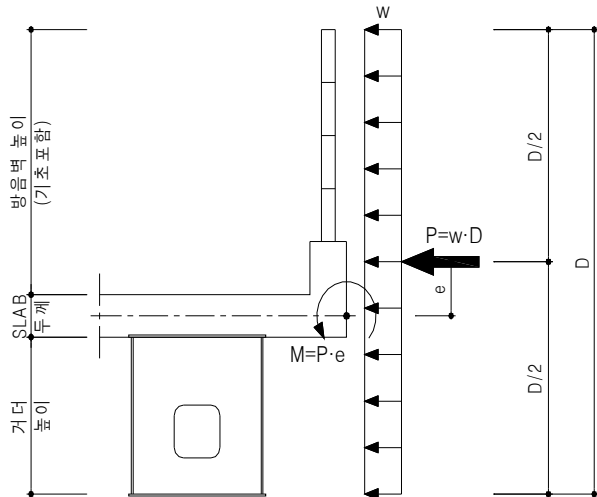
$$\begin{aligned} \text{교량 총높이 (D)} &= \text{거더높이} + \text{SLAB두께} + \text{방호벽높이} = \\ &= 3.000 + 0.280 + 1.320 = 4.600 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B / D = 12.600 / 4.600 = 2.739$$

$$1 \leq B / D < 8 \text{ 이므로 } P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D$$

$$P = [4.0 - 0.2 (12.600 / 4.600)] \times 4.600 = 15.9 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$$

(외측 $\Rightarrow$ 내측 풍하중 재하시)



$$p = 15.880 \text{ kN/m}$$

$$w = 3452.2 \text{ N/m}^2$$

$$e = -0.840 \text{ m}$$

$$M = -13.339 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

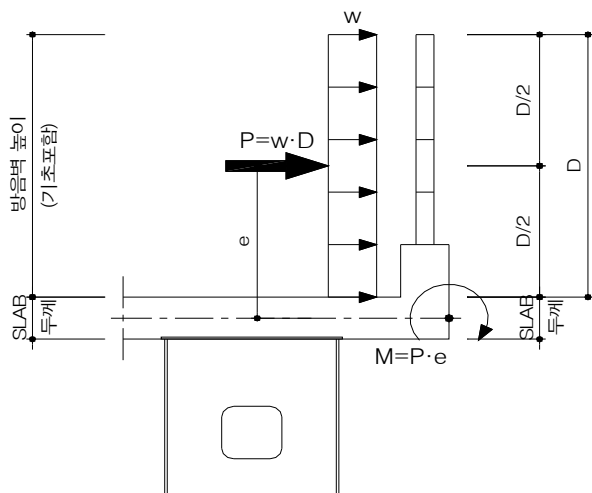
(내측 $\Rightarrow$ 외측 풍하중 재하시)

$$\text{교량 폭원 (B)} = 12.600 \text{ m}$$

$$\text{교량 총높이 (D)} = \text{방호벽높이} = 1.270 = 1.270 \text{ m}$$

$$B / D = 12.600 / 1.270 = 9.921$$

$$8 \leq B / D \text{ 이므로 } P = 2.4 \cdot D = 3.0 \text{ kN/m} < 6.0 \text{ kN/m}$$



$$p = 6.000 \text{ kN/m}$$

$$w = 4724.4 \text{ N/m}^2$$

$$e = 0.775 \text{ m}$$

$$M = 4.650 \text{ N} \cdot \text{m/m}$$

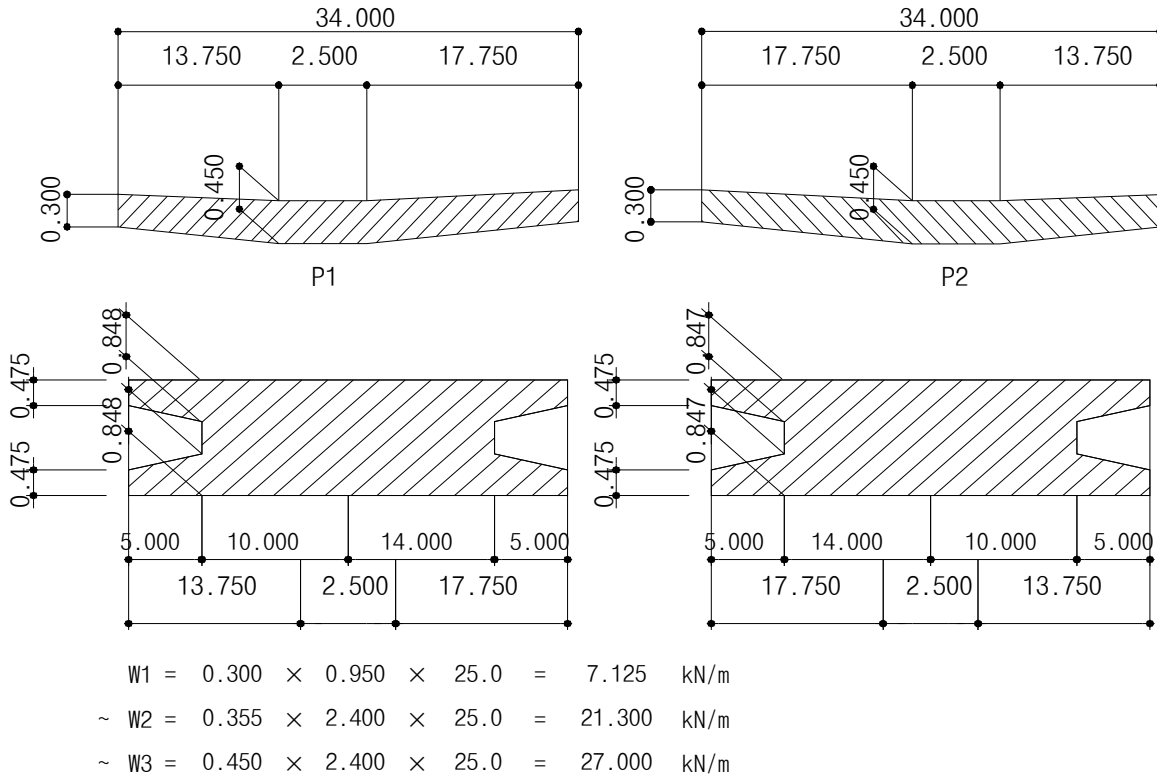
나. 주형별 작용 하중

1) 강재자중 - 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재자중 29.307 % 할증적용

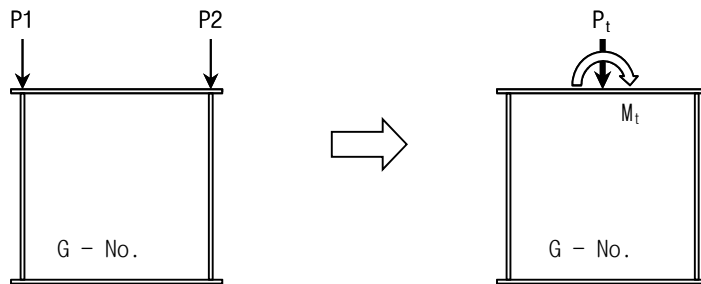
$$\text{총강재중량} / \text{모델링 강재중량} = 12161.300 \text{ kN} / 9404.960 \text{ kN} = 1.29307$$

· 단 면 - 1	: 0.120 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	12.181 kN/m
· 단 면 - 2	: 0.125 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	12.668 kN/m
· 단 면 - 3	: 0.164 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	16.647 kN/m
· 단 면 - 4	: 0.174 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	17.662 kN/m
· 단 면 - 5	: 0.202 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	20.504 kN/m
· 단 면 - 6	: 0.179 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	18.190 kN/m
· 단 면 - 7	: 0.191 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	19.408 kN/m
· 단 면 - 8	: 0.154 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	15.673 kN/m
· 단 면 - 9	: 0.167 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	16.960 kN/m
· 단 면 - 10	: 0.169 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	17.116 kN/m
· 단 면 - 11	: 0.190 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	19.263 kN/m
· 단 면 - 12	: 0.254 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	25.807 kN/m
· 단 면 - 13	: 0.341 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	34.663 kN/m
· 단 면 - 14	: 0.348 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	35.324 kN/m
· 단 면 - 15	: 0.340 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	34.476 kN/m
· 단 면 - 16	: 0.259 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	26.299 kN/m
· 단 면 - 17	: 0.193 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	19.640 kN/m
· 단 면 - 18	: 0.165 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	16.723 kN/m
· 단 면 - 19	: 0.162 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	16.407 kN/m
· 단 면 - 20	: 0.126 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	12.782 kN/m
· 단 면 - 21	: 0.121 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	12.254 kN/m
· 단 면 - 22	: 0.113 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	11.450 kN/m
· 단 면 - 23	: 0.199 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	20.168 kN/m
· 단 면 - 24	: 0.264 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	26.827 kN/m
· 가로보 - 1	: 0.048 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	4.872 kN/m
· 가로보 - 2	: 0.046 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	4.629 kN/m
· 가로보 - 3	: 0.029 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	2.923 kN/m
· 가로보 - 4	: 0.042 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	4.304 kN/m
· 가로보 - 5	: 0.056 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	5.725 kN/m
· 가로보 - 6	: 0.076 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	7.674 kN/m
· 가로보 - 7	: 0.078 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	7.897 kN/m
· 가로보 - 8	: 0.073 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	7.451 kN/m
· 가로보 - 9	: 0.053 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	5.360 kN/m
· 가로보 - 10	: 0.034 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	3.431 kN/m
· 가로보 - 11	: 0.026 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	2.680 kN/m
· 가로보 - 12	: 0.025 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	2.558 kN/m
· 가로보 - 13	: 0.075 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	7.562 kN/m
· 세로보 - 1	: 0.019 m ²	× 78.50 kN/m ³	× 1.29307 =	1.949 kN/m

2) 하부슬래브 콘크리트 자중



3) 단일합성후 고정하중



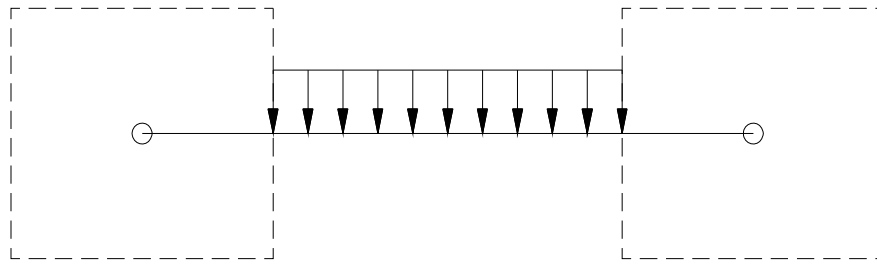
< STA. 1K+175.730, STA. 1K+431.250 >

거더 No.	거더폭(m)	슬래브 자중				비 고
		P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN · m/m)	
G - 1	2.400	26.848	28.953	55.801	2.526	
G - 2	2.400	28.953	26.848	55.801	-2.526	
ST - 1		33.848		33.848		

< STA. 1K+179.000 ~ STA. 1K+428.000 >

거더 No.	거더폭(m)	슬래브 자중				비 고
		P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN · m/m)	
G - 1	2.400	14.783	15.733	30.516	1.140	
G - 2	2.400	15.733	14.783	30.516	-1.140	
ST - 1		18.488		18.488		

* 가로보 하중 작용위치



4) 이중합성후 고정하중

< Sta 1+175.73 >

거더 No.	거더폭(m)	Pavement 및 방호벽, 중분대				비 고
		P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	
G - 1	2.400	16.530	-2.718	13.812	-23.097	
G - 2	2.400	-2.718	16.530	13.812	23.097	
ST - 1	2.400	5.802		5.802		

상기 하중과 점검로 등의 부속설비 하중으로 500.0 N/m² 을 설계에 반영 (강도로교 상세부 설계지침 P131)

거더당 작용하는 부속설비 하중 $W(\text{kN/m}) = 0.5 \text{ kN/m}^2 \times \text{슬래브 평균폭(m)} / \text{총거더수}$

$$W = 0.50 \times 12.600 / 2 = 3.150 \text{ kN/m}$$

4) 활하중

< DB-24 G1 MAX > : 원심하중에 의한 분배계수를 적용한 단위하중재하

차선 재하	거더No.	거더폭(m)	격자해석용 거더별 활하중 계수					비 고
			P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	e(m)	
1 차선	G - 1	2.400	1.154	0.938	2.092	-0.259	-0.124	
	G - 2	2.400	0.030	-0.006	0.024	-0.043	-1.785	
	ST - 1		-0.117		-0.117			
2 차선	G - 1	2.400	1.048	1.961	3.009	1.096	0.364	
	G - 2	2.400	-0.117	0.023	-0.094	0.167	-1.785	
	ST - 1		1.085		1.085			
3 차선	G - 1	2.400	1.075	1.824	2.899	0.899	0.310	
	G - 2	2.400	1.200	-0.074	1.126	-1.529	-1.358	
	ST - 1		1.975		1.975			

< DB-24 G2 MAX > : 원심하중에 의한 분배계수를 적용한 단위하중재하

차선 재하	거더No.	거더폭(m)	격자해석용 거더별 활하중 계수					비 고
			P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	e(m)	
1 차선	G - 1	2.400	-0.005	0.026	0.021	0.037	1.785	
	G - 2	2.400	0.807	1.271	2.079	0.557	0.268	
	ST - 1		-0.100		-0.100			
2 차선	G - 1	2.400	0.023	-0.115	-0.093	-0.165	1.785	
	G - 2	2.400	1.937	1.159	3.095	-0.934	-0.302	
	ST - 1		0.997		0.997			
3 차선	G - 1	2.400	-0.076	1.105	1.029	1.417	1.377	
	G - 2	2.400	1.785	1.188	2.973	-0.716	-0.241	
	ST - 1		1.998		1.998			

< DL-24 G1 MAX > : 단위하중재하

차선 재하	거더No.	거더폭(m)	격자해석용 거더별 활하중 계수					비 고
			P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	e(m)	
1 차선	G - 1	2.400	1.811	1.325	3.137	-0.583	-0.186	
	G - 2	2.400	0.045	-0.009	0.036	-0.064	-1.785	
	ST - 1		-0.172		-0.172			
2 차선	G - 1	2.400	1.639	2.947	4.586	1.569	0.342	
	G - 2	2.400	-0.183	0.036	-0.147	0.263	-1.785	
	ST - 1		1.562		1.562			
3 차선	G - 1	2.400	1.683	2.722	4.405	1.247	0.283	
	G - 2	2.400	1.735	-0.122	1.613	-2.228	-1.381	
	ST - 1		2.982		2.982			

< DL-24 G2 MAX > : 단위하중재하

차선 재하	거더No.	거더폭(m)	격자해석용 거더별 활하중 계수					비 고
			P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	e(m)	
1 차선	G - 1	2.400	-0.009	0.045	0.036	0.064	1.785	
	G - 2	2.400	1.325	1.811	3.137	0.583	0.186	
	ST - 1		-0.172		-0.172			
2 차선	G - 1	2.400	0.036	-0.183	-0.147	-0.263	1.785	
	G - 2	2.400	2.947	1.639	4.586	-1.569	-0.342	
	ST - 1		1.562		1.562			
3 차선	G - 1	2.400	-0.122	1.735	1.613	2.228	1.381	
	G - 2	2.400	2.722	1.683	4.405	-1.247	-0.283	
	ST - 1		2.982		2.982			

- 풍하중

< A1 - 위치 : Sta. 1+175.830 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-1.588	1.588	kN/m
	P2			
	Pt	-1.588	1.588	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-15.880	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	1.793	-1.793	kN/m
	P2			
	Pt	1.793	-1.793	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

RRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	1.588	-1.588	kN/m
	P2			
	Pt	1.588	-1.588	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	15.880	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-1.793	1.793	kN/m
	P2			
	Pt	-1.793	1.793	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-6.000	0.000	kN/m

< P1 - 위치 : Sta. 1+257.03 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-1.868	1.868	kN/m
	P2			
	Pt	-1.868	1.868	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-18.680	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	2.055	-2.055	kN/m
	P2			
	Pt	2.055	-2.055	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

RRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	1.868	-1.868	kN/m
	P2			
	Pt	1.868	-1.868	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	18.680	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-2.055	2.055	kN/m
	P2			
	Pt	-2.055	2.055	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-6.000	0.000	kN/m

< P2 - 위치 : Sta. 1+350.03 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-1.868	1.868	kN/m
	P2			
	Pt	-1.868	1.868	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-18.680	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	2.055	-2.055	kN/m
	P2			
	Pt	2.055	-2.055	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

RRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	1.868	-1.868	kN/m
	P2			
	Pt	1.868	-1.868	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	18.680	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-2.055	2.055	kN/m
	P2			
	Pt	-2.055	2.055	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-6.000	0.000	kN/m

< A2 - 위치 : Sta. 1+431.35 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-1.588	1.588	kN/m
	P2			
	Pt	-1.588	1.588	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-15.880	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	1.793	-1.793	kN/m
	P2			
	Pt	1.793	-1.793	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

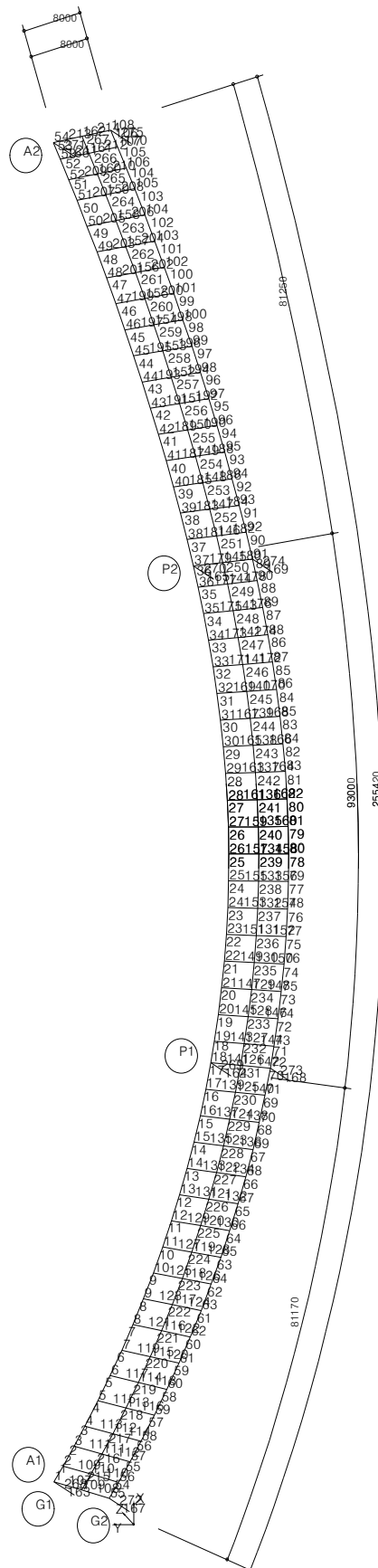
RRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	1.588	-1.588	kN/m
	P2			
	Pt	1.588	-1.588	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	15.880	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-1.793	1.793	kN/m
	P2			
	Pt	-1.793	1.793	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-6.000	0.000	kN/m

4.4 모델링 및 단면제원

1) 모델링



2) 단면 제정수

- 주형 (합성전)

구 분		A (mm ²)	I33 (mm ⁴)	I22 (mm ⁴)	K (mm ⁴)	비 고
FRM.SEC-1	합성전	1.200E+05	1.431E+11	1.422E+11	9.733E+10	
	절점번호	1, 54, 55, 108				
FRM.SEC-2	합성전	1.248E+05	1.681E+11	1.492E+11	1.064E+11	
	절점번호	2, 3, 52, 53, 56, 57, 106, 107				
FRM.SEC-3	합성전	1.640E+05	2.414E+11	1.784E+11	1.059E+11	
	절점번호	4, 51, 58, 105				
FRM.SEC-4	합성전	1.740E+05	2.750E+11	1.891E+11	1.078E+11	
	절점번호	5, 50, 59, 104				
FRM.SEC-5	합성전	2.020E+05	3.307E+11	2.106E+11	7.869E+10	
	절점번호	6, 7, 8, 9, 46, 47, 48, 49, 60, 61, 62, 63, 100, 101, 102, 103				
FRM.SEC-6	합성전	1.792E+05	2.831E+11	1.921E+11	7.761E+10	
	절점번호	10, 45, 64, 99				
FRM.SEC-7	합성전	1.912E+05	2.931E+11	2.097E+11	7.979E+10	
	절점번호	11, 44, 65, 98				
FRM.SEC-8	합성전	1.544E+05	2.090E+11	1.785E+11	7.635E+10	
	절점번호	12, 43, 66, 97				
FRM.SEC-9	합성전	1.671E+05	2.247E+11	1.830E+11	7.681E+10	
	절점번호	13, 42, 67, 96				
FRM.SEC-10	합성전	1.686E+05	2.344E+11	1.852E+11	7.941E+10	
	절점번호	14, 41, 68, 95				
FRM.SEC-11	합성전	1.898E+05	2.826E+11	2.144E+11	1.218E+11	
	절점번호	15, 40, 69, 94				
FRM.SEC-12	합성전	2.542E+05	5.033E+11	2.417E+11	4.153E+11	
	절점번호	16, 39, 70, 93				
FRM.SEC-13	합성전	3.415E+05	7.897E+11	3.145E+11	5.451E+11	
	절점번호	17, 38, 71, 92				
FRM.SEC-14	합성전	3.480E+05	8.806E+11	3.240E+11	5.805E+11	
	절점번호	18, 37, 72, 91				
FRM.SEC-15	합성전	3.396E+05	7.651E+11	3.118E+11	5.352E+11	
	절점번호	19, 36, 73, 90				
FRM.SEC-16	합성전	2.591E+05	4.636E+11	2.400E+11	3.901E+11	
	절점번호	20, 74				
FRM.SEC-17	합성전	1.935E+05	2.432E+11	2.105E+11	3.448E+11	
	절점번호	21, 75				
FRM.SEC-18	합성전	1.647E+05	1.875E+11	1.801E+11	6.138E+10	
	절점번호	22, 33, 76, 87				
FRM.SEC-19	합성전	1.616E+05	1.702E+11	1.751E+11	5.668E+10	
	절점번호	23, 32, 77, 86				

- 주형 (합성전)

구 분		A (mm ²)	I33 (mm ⁴)	I22 (mm ⁴)	K (mm ⁴)	비 고
FRM.SEC-20	합성전	1.259E+05	1.223E+11	1.374E+11	5.212E+10	
	절점번호	24, 31, 78, 85				
FRM.SEC-21	합성전	1.207E+05	1.171E+11	1.345E+11	5.155E+10	
	절점번호	25, 30, 79, 84				
FRM.SEC-22	합성전	1.128E+05	1.102E+11	1.317E+11	5.155E+10	
	절점번호	26, 27, 28, 29, 80, 81, 82, 83				
FRM.SEC-23	합성전	1.987E+05	2.494E+11	2.135E+11	1.028E+11	
	절점번호	34, 88				
FRM.SEC-24	합성전	2.643E+05	4.774E+11	2.429E+11	3.964E+11	
	절점번호	35, 89				

- 주형 (단일합성후)

구 분		A (mm ²)	I33 (mm ⁴)	I22 (mm ⁴)	K (mm ⁴)	비 고
FRM.SEC-1	합성전	1.200E+05	1.431E+11	1.422E+11	9.733E+10	
	절점번호	1, 54, 55, 108				
FRM.SEC-2	합성전	1.248E+05	1.681E+11	1.492E+11	1.064E+11	
	절점번호	2, 3, 52, 53, 56, 57, 106, 107				
FRM.SEC-3	합성전	1.640E+05	2.414E+11	1.784E+11	1.059E+11	
	절점번호	4, 51, 58, 105				
FRM.SEC-4	합성전	1.740E+05	2.750E+11	1.891E+11	1.078E+11	
	절점번호	5, 50, 59, 104				
FRM.SEC-5	합성전	2.020E+05	3.307E+11	2.106E+11	7.869E+10	
	절점번호	6, 7, 8, 9, 46, 47, 48, 49, 60, 61, 62, 63, 100, 101, 102, 103				
FRM.SEC-6	합성전	1.792E+05	2.831E+11	1.921E+11	7.761E+10	
	절점번호	10, 45, 64, 99				
FRM.SEC-7	합성전	1.912E+05	2.931E+11	2.097E+11	7.979E+10	
	절점번호	11, 44, 65, 98				
FRM.SEC-8	합성전	1.544E+05	2.090E+11	1.785E+11	7.635E+10	
	절점번호	12, 43, 66, 97				
FRM.SEC-9	합성전	1.671E+05	2.247E+11	1.830E+11	7.681E+10	
	절점번호	13, 42, 67, 96				
FRM.SEC-10	합성전	1.686E+05	2.344E+11	1.852E+11	7.941E+10	
	절점번호	14, 41, 68, 95				
FRM.SEC-11	합성전	1.898E+05	2.826E+11	2.144E+11	1.218E+11	
	절점번호	15, 40, 69, 94				
FRM.SEC-12	합성전	3.822E+05	6.895E+11	3.038E+11	4.819E+11	
	절점번호	16, 39, 70, 93				
FRM.SEC-13	합성전	4.875E+05	1.083E+12	3.857E+11	6.225E+11	
	절점번호	17, 38, 71, 92				

- 주형 (단일합성후)

구 분		A (mm ²)	I33 (mm ⁴)	I22 (mm ⁴)	K (mm ⁴)	비 고
FRM.SEC-14	합성전	5.112E+05	1.227E+12	4.034E+11	6.625E+11	
	절점번호	18, 37, 72, 91				
FRM.SEC-15	합성전	4.892E+05	1.050E+12	3.846E+11	6.124E+11	
	절점번호	19, 36, 73, 90				
FRM.SEC-16	합성전	3.887E+05	6.430E+11	3.028E+11	4.578E+11	
	절점번호	20, 74				
FRM.SEC-17	합성전	3.003E+05	3.031E+11	2.630E+11	5.886E+10	
	절점번호	21, 75				
FRM.SEC-18	합성전	1.648E+05	1.875E+11	1.801E+11	6.138E+10	
	절점번호	22, 33, 76, 87				
FRM.SEC-19	합성전	1.616E+05	1.702E+11	1.751E+11	5.668E+10	
	절점번호	23, 32, 77, 86				
FRM.SEC-20	합성전	1.259E+05	1.223E+11	1.374E+11	5.212E+10	
	절점번호	24, 31, 78, 85				
FRM.SEC-21	합성전	1.207E+05	1.171E+11	1.345E+11	5.155E+10	
	절점번호	25, 30, 79, 84				
FRM.SEC-22	합성전	1.128E+05	1.102E+11	1.317E+11	5.155E+10	
	절점번호	26, 27, 28, 29, 80, 81, 82, 83				
FRM.SEC-23	합성전	3.003E+05	3.031E+11	2.630E+11	5.886E+10	
	절점번호	34, 88				
FRM.SEC-24	합성전	3.887E+05	6.430E+11	3.028E+11	4.578E+11	
	절점번호	35, 89				

- 주형 (이중합성후)

구 분		A (mm ²)	I33 (mm ⁴)	I22 (mm ⁴)	K (mm ⁴)	비 고
FRM.SEC-1	합성후	5.520E+05	4.673E+11	1.639E+12	2.661E+11	
	절점번호	1, 54, 55, 108				
FRM.SEC-2	합성후	3.768E+05	4.523E+11	1.043E+12	2.804E+11	
	절점번호	2, 3, 52, 53, 56, 57, 106, 107				
FRM.SEC-3	합성후	4.160E+05	6.431E+11	1.084E+12	3.239E+11	
	절점번호	4, 51, 58, 105				
FRM.SEC-4	합성후	4.260E+05	6.475E+11	1.097E+12	3.239E+11	
	절점번호	5, 50, 59, 104				
FRM.SEC-5	합성후	4.540E+05	7.654E+11	1.125E+12	3.372E+11	
	절점번호	6, 7, 8, 9, 46, 47, 48, 49, 60, 61, 62, 63, 100, 101, 102, 103				
FRM.SEC-6	합성후	4.312E+05	6.769E+11	1.101E+12	3.278E+11	
	절점번호	10, 45, 64, 99				
FRM.SEC-7	합성후	4.432E+05	6.940E+11	1.122E+12	3.691E+11	
	절점번호	11, 44, 65, 98				

- 주형 (이중합성후)

구 분		A (mm ²)	I33 (mm ⁴)	I22 (mm ⁴)	K (mm ⁴)	비 고
FRM.SEC-8	합성후	4.064E+05	5.692E+11	1.081E+12	3.440E+11	
	절점번호	12, 43, 66, 97				
FRM.SEC-9	합성후	4.191E+05	6.372E+11	1.089E+12	3.455E+11	
	절점번호	13, 42, 67, 96				
FRM.SEC-10	합성후	4.206E+05	6.620E+11	1.092E+12	3.537E+11	
	절점번호	14, 41, 68, 95				
FRM.SEC-11	합성후	4.418E+05	7.400E+11	1.126E+12	4.053E+11	
	절점번호	15, 40, 69, 94				
FRM.SEC-12	합성후	5.982E+05	1.431E+12	1.018E+12	5.446E+11	
	절점번호	16, 39, 70, 93				
FRM.SEC-13	합성후	7.035E+05	1.866E+12	1.100E+12	6.656E+11	
	절점번호	17, 38, 71, 92				
FRM.SEC-14	합성후	7.272E+05	2.124E+12	1.118E+12	7.065E+11	
	절점번호	18, 37, 72, 91				
FRM.SEC-15	합성후	7.052E+05	1.818E+12	1.099E+12	6.553E+11	
	절점번호	19, 36, 73, 90				
FRM.SEC-16	합성후	6.047E+05	1.271E+12	1.017E+12	5.093E+11	
	절점번호	20, 74				
FRM.SEC-17	합성후	5.163E+05	9.347E+11	9.775E+11	4.245E+11	
	절점번호	21, 75				
FRM.SEC-18	합성후	4.167E+05	4.873E+11	1.086E+12	2.914E+11	
	절점번호	22, 33, 76, 87				
FRM.SEC-19	합성후	4.136E+05	4.457E+11	1.080E+12	2.753E+11	
	절점번호	23, 32, 77, 86				
FRM.SEC-20	합성후	3.779E+05	3.608E+11	1.032E+12	2.293E+11	
	절점번호	24, 31, 78, 85				
FRM.SEC-21	합성후	3.727E+05	3.377E+11	1.027E+12	2.195E+11	
	절점번호	25, 30, 79, 84				
FRM.SEC-22	합성후	3.648E+05	3.049E+11	1.022E+12	2.195E+11	
	절점번호	26, 27, 28, 29, 80, 81, 82, 83				
FRM.SEC-23	합성후	5.163E+05	9.347E+11	9.775E+11	4.245E+11	
	절점번호	34, 88				
FRM.SEC-24	합성후	6.047E+05	1.271E+12	1.017E+12	5.093E+11	
	절점번호	35, 89				

- 가로보 및 세로보

구 분		A (mm ²)	I33 (mm ⁴)	I22 (mm ⁴)	K (mm ⁴)	비 고
FRM.SEC-1	단면제원	4.800E+04	3.239E+10	1.288E+08	3.738E+06	
	부재번호	107, 108, 213, 214				
FRM.SEC-2	단면제원	4.560E+04	2.890E+10	5.482E+07	3.622E+06	
	부재번호	109, 110, 211, 212				
FRM.SEC-3	단면제원	2.880E+04	1.174E+10	5.426E+07	1.382E+06	
	부재번호	111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210				
FRM.SEC-4	단면제원	4.240E+04	2.300E+10	5.475E+07	3.349E+06	
	부재번호	135, 136, 185, 186				
FRM.SEC-5	단면제원	5.640E+04	4.274E+10	1.293E+08	5.515E+06	
	부재번호	137, 138, 183, 184				
FRM.SEC-6	단면제원	7.560E+04	7.127E+10	1.307E+08	1.111E+07	
	부재번호	139, 140, 181, 182				
FRM.SEC-7	단면제원	7.780E+04	7.786E+10	1.308E+08	1.146E+07	
	부재번호	141, 142, 179, 180				
FRM.SEC-8	단면제원	7.340E+04	6.506E+10	1.306E+08	1.075E+07	
	부재번호	143, 144				
FRM.SEC-9	단면제원	5.280E+04	3.470E+10	1.292E+08	5.126E+06	
	부재번호	145, 146, 175, 176				
FRM.SEC-10	단면제원	3.380E+04	1.458E+10	5.443E+07	2.083E+06	
	부재번호	147, 148, 173, 174				
FRM.SEC-11	단면제원	2.640E+04	8.773E+09	5.423E+07	1.267E+06	
	부재번호	149, 150, 171, 172				
FRM.SEC-12	단면제원	2.520E+04	7.490E+09	5.422E+07	1.210E+06	
	부재번호	151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170				
FRM.SEC-13	단면제원	7.450E+04	6.812E+10	1.306E+08	1.093E+07	
	부재번호	177, 178				
FRM.SEC-14	단면제원	1.920E+04	2.844E+09	5.414E+07	9.216E+05	
	부재번호	215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267				

3) 하 중 조 합

(1) CASE 1 : 합성전 고정하중 (단면 : Steel)

- ① STEEL 자중
- ② 중간지점부 하부콘크리트

(2) CASE 2 : 단일합성후 고정하중 (단면 : Steel + 하부콘크리트)

- ① 상부 바닥판 자중

(3) CASE 3 : 이중합성후 고정하중 (단면 : Steel + 하부콘크리트 + 상부바닥판)

- ① 포장, 보도, 방음벽 및 방호책 등 합성후 고정하중
- ② 점검로 등의 부속설비 하중(500 N/m^2)

(4) CASE 4 : 활하중 및 풍하중 (단면 : Steel + 하부콘크리트 + 상부바닥판)

- 단위하중을 재하하여 나온 횡분배된 결과를 기준으로 각 거더별 가중치를 산정

SAP2000 Program의 BRIDGE 기능을 이용 거더별로 산정한 가중치를 곱하여 단면력을 산정

- ① DB-24 하중 : 표준트럭하중을 연행하중으로 적용하였으며, 뒷바퀴간의 간격을 4.2~9.0m로 적용
- ② DL-24 하중 : 차선하중은 SAP BRIDGE에서 재하하였으며, Ps 및 Pm 하중은 재하경간내에서 검토단면에 최대단면력을 발생시키는 위치에 재하

(5) CASE 5 : 지점침하 (단면 : Steel + 하부콘크리트 + 상부바닥판)

- 합성후 단면에 대하여 각 지점 위치별 10 mm 의 부등침하를 조합하여 적용

4.5 주거더의 부재력 집계

1) 주거더 부재력 집계

[BENDING MOMENT]

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성 상부슬래브	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브			MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
1	2.649	-0.125	4.220	1.527	8.539	-4.720	0.736	-0.736	0.059	-0.060	I지점
1	481.342	-9.440	919.653	422.396	753.883	-123.940	30.561	-30.561	7.095	-4.842	1/4지점
1	952.292	-18.755	1799.962	832.589	1483.183	-246.066	60.641	-60.641	14.206	-9.624	2/4지점
1	1415.420	-28.071	2646.788	1232.105	2190.002	-368.159	89.632	-89.632	21.317	-14.406	3/4지점
1	1870.651	-37.386	3470.992	1620.944	2874.982	-490.291	117.530	-117.530	28.429	-19.189	J지점
2	1879.486	-37.763	3485.090	1626.270	2880.129	-496.032	116.973	-116.973	28.489	-19.381	I지점
2	2449.088	-50.748	4493.562	2124.279	3698.268	-675.373	126.107	-126.107	37.923	-26.439	1/4지점
2	3005.991	-63.733	5469.172	2605.283	4506.644	-854.912	133.498	-133.498	47.357	-33.497	2/4지점
2	3550.193	-76.718	6411.922	3069.281	5289.167	-1034.202	139.142	-139.142	56.791	-40.555	3/4지점
2	4081.695	-89.703	7321.812	3516.275	6041.430	-1213.624	143.035	-143.035	66.225	-47.613	J지점
3	4091.388	-90.127	7337.125	3522.544	6047.774	-1220.007	141.160	-141.160	66.298	-47.842	I지점
3	4596.777	-103.149	8181.085	3948.234	6742.875	-1403.925	143.975	-143.975	75.818	-55.094	1/4지점
3	5088.470	-116.171	8992.393	4356.919	7433.483	-1587.752	145.035	-145.035	85.337	-62.346	2/4지점
3	5565.470	-129.193	9771.255	4748.601	8105.418	-1771.513	144.336	-144.336	94.856	-69.598	3/4지점
3	6026.778	-142.214	10517.880	5123.279	8752.064	-1955.312	141.876	-141.876	104.376	-76.850	J지점
4	6036.638	-142.670	10533.090	5129.877	8759.160	-1962.284	139.501	-139.501	104.447	-77.107	I지점
4	6564.903	-158.732	11357.900	5560.176	9483.772	-2194.002	141.880	-141.880	116.346	-86.248	1/4지점
4	7066.708	-174.793	12132.840	5963.921	10192.860	-2425.649	141.502	-141.502	128.245	-95.389	2/4지점
4	7541.657	-190.855	12858.070	6341.110	10876.420	-2658.820	138.843	-138.843	140.144	-104.530	3/4지점
4	7989.352	-206.917	13533.760	6691.743	11525.110	-2890.575	135.160	-135.160	152.043	-113.672	J지점
5	7998.072	-207.356	13546.750	6698.080	11532.080	-2898.488	132.757	-132.757	152.091	-113.935	I지점
5	8387.370	-222.740	14099.060	7004.359	12098.610	-3131.509	137.054	-137.054	163.986	-123.062	1/4지점
5	8747.896	-238.124	14602.220	7284.075	12649.600	-3364.473	138.383	-138.383	175.882	-132.188	2/4지점
5	9078.535	-253.509	15056.460	7537.228	13180.790	-3597.507	136.739	-136.739	187.777	-141.314	3/4지점
5	9378.179	-268.893	15462.020	7763.817	13675.010	-3830.512	132.116	-132.116	199.673	-150.440	J지점
6	9383.937	-269.227	15470.160	7768.284	13680.590	-3838.130	130.193	-130.193	199.668	-150.662	I지점
6	9629.239	-284.157	15768.780	7950.463	14098.550	-4070.241	134.406	-134.406	211.567	-159.760	1/4지점
6	9842.430	-299.087	16018.950	8106.076	14497.940	-4302.469	135.630	-135.630	223.466	-168.857	2/4지점
6	10023.510	-314.017	16220.690	8235.124	14879.280	-4534.708	133.858	-133.858	235.365	-177.955	3/4지점
6	10172.470	-328.947	16373.990	8337.605	15227.830	-4766.911	129.082	-129.082	247.264	-187.052	J지점
7	10175.680	-329.189	16378.070	8339.987	15231.660	-4773.123	127.717	-127.717	247.196	-187.223	I지점
7	10286.140	-344.473	16447.630	8399.067	15503.080	-5004.960	132.033	-132.033	259.156	-196.319	1/4지점
7	10364.480	-359.756	16468.750	8431.585	15752.300	-5236.814	133.338	-133.338	271.117	-205.415	2/4지점
7	10410.720	-375.039	16441.440	8437.538	15988.940	-5468.624	131.625	-131.625	283.078	-214.511	3/4지점
7	10424.850	-390.322	16365.700	8416.930	16196.210	-5700.479	126.887	-126.887	295.038	-223.606	J지점
8	10425.860	-390.482	16366.320	8417.218	16198.300	-5705.224	126.110	-126.110	294.899	-223.720	I지점
8	10403.140	-406.311	16208.500	8353.942	16325.650	-5937.864	130.285	-130.285	306.986	-232.862	1/4지점
8	10348.310	-422.139	16002.250	8264.103	16431.700	-6170.383	131.426	-131.426	319.073	-242.005	2/4지점
8	10261.360	-437.968	15747.550	8147.698	16523.890	-6402.905	129.525	-129.525	331.161	-251.148	3/4지점
8	10142.310	-453.796	15444.430	8004.728	16593.400	-6635.484	124.576	-124.576	343.248	-260.290	J지점
9	10141.090	-453.867	15441.620	8002.863	16593.540	-6638.454	124.415	-124.415	343.020	-260.339	I지점
9	9983.740	-470.299	15053.040	7817.182	16578.450	-6872.273	128.268	-128.268	355.292	-269.571	1/4지점
9	9795.187	-486.732	14615.790	7604.939	16541.720	-7106.160	129.065	-129.065	367.565	-278.802	2/4지점
9	9576.336	-503.165	14129.620	7366.134	16492.660	-7339.998	126.800	-126.800	379.838	-288.034	3/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성 상부슬래브	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브			MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
9	9328.094	-519.598	13594.300	7100.767	16422.780	-7573.890	121.465	-121.465	392.110	-297.265	J지점
10	9324.872	-519.566	13588.540	7097.078	16421.050	-7574.796	121.953	-121.953	391.799	-297.241	I지점
10	9041.848	-536.902	12964.970	6788.323	16269.640	-8010.189	125.364	-125.364	404.331	-306.651	1/4지점
10	8729.851	-554.239	12291.970	6452.995	16093.320	-8252.681	125.696	-125.696	416.864	-316.062	2/4지점
10	8388.402	-571.575	11569.560	6091.096	15906.590	-8599.551	122.943	-122.943	429.397	-325.472	3/4지점
10	8017.028	-588.912	10797.730	5702.623	15698.990	-8845.005	117.098	-117.098	441.929	-334.882	J지점
11	8011.867	-588.768	10789.200	5697.237	15695.290	-8843.750	118.244	-118.244	441.510	-334.779	I지점
11	7600.511	-606.927	9922.449	5264.987	15407.040	-9090.380	120.368	-120.368	454.452	-344.420	1/4지점
11	7160.228	-625.086	9005.910	4806.178	15090.310	-9337.009	119.392	-119.392	467.393	-354.061	2/4지점
11	6692.481	-643.245	8039.175	4320.810	14764.310	-9684.899	115.311	-115.311	480.335	-363.702	3/4지점
11	6198.731	-661.404	7021.841	3808.884	14420.110	-9934.147	108.118	-108.118	493.276	-373.343	J지점
12	6192.299	-661.155	7011.666	3802.562	14414.750	-9930.295	109.828	-109.828	492.766	-373.161	I지점
12	5671.486	-681.218	5904.319	3249.567	13995.210	-10184.060	108.975	-108.975	506.693	-383.357	1/4지점
12	5125.616	-701.282	4745.945	2670.000	13547.910	-10437.870	104.999	-104.999	520.620	-393.554	2/4지점
12	4554.184	-721.346	3536.544	2063.860	13091.070	-10691.710	100.963	-100.963	534.546	-403.750	3/4지점
12	3956.687	-741.409	2276.116	1431.147	12617.480	-10945.550	94.027	-94.027	548.473	-413.947	J지점
13	3949.571	-741.070	2265.215	1424.486	12610.510	-10938.800	95.655	-95.655	547.879	-413.690	I지점
13	3317.853	-763.300	903.064	748.530	12054.330	-11285.870	94.857	-94.857	563.069	-424.619	1/4지점
13	2659.521	-785.531	-510.085	46.017	11470.750	-11543.930	91.127	-91.127	578.258	-435.548	2/4지점
13	1974.512	-807.761	-1974.233	-683.054	10878.210	-11802.000	84.458	-84.458	593.448	-446.477	3/4지점
13	1262.765	-829.991	-3489.379	-1438.683	10269.810	-12060.070	74.844	-74.844	608.637	-457.407	J지점
14	1255.085	-829.542	-3500.711	-1444.879	10261.230	-12050.050	76.908	-76.908	607.966	-457.077	I지점
14	488.748	-853.517	-5149.790	-2248.278	9559.972	-12306.180	71.361	-71.361	624.677	-468.936	1/4지점
14	-305.241	-877.492	-6849.729	-3078.246	8841.936	-12564.530	62.863	-62.863	641.388	-480.795	2/4지점
14	-1127.721	-901.467	-8600.367	-3934.783	8176.354	-12854.810	51.407	-51.407	658.100	-492.654	3/4지점
14	-1979.535	-925.443	-10401.540	-4817.891	7593.404	-13209.990	36.985	-36.985	674.811	-504.513	J지점
15	-1989.543	-924.720	-10415.530	-4823.561	7582.730	-13198.310	39.135	-39.135	674.061	-504.112	I지점
15	-2976.615	-953.140	-12459.810	-5768.652	7015.692	-13828.830	46.351	-46.351	693.263	-517.541	1/4지점
15	-3996.413	-999.998	-14554.460	-6740.305	6527.526	-14626.440	73.394	-73.394	712.465	-530.970	2/4지점
15	-5051.499	-1071.989	-16699.460	-7738.519	6126.717	-15527.780	103.631	-103.631	731.666	-544.398	3/4지점
15	-6144.435	-1175.807	-18894.830	-8763.294	5798.518	-16523.940	137.067	-137.067	750.868	-557.827	J지점
16	-6156.978	-1174.702	-18911.250	-8768.461	5791.418	-16514.380	134.795	-134.795	750.116	-557.411	I지점
16	-7406.699	-1313.343	-21355.960	-9873.686	5454.260	-17686.210	182.296	-182.296	773.495	-573.460	1/4지점
16	-8700.312	-1493.102	-23850.400	-11005.480	5189.583	-18940.140	233.007	-233.007	796.874	-589.509	2/4지점
16	-10041.290	-1716.564	-26393.930	-12163.840	4989.273	-20272.440	286.934	-286.934	820.254	-605.558	3/4지점
16	-11433.090	-1986.314	-28985.910	-13348.770	4825.418	-21683.970	344.084	-344.084	843.633	-621.608	J지점
17	-11446.050	-1984.869	-29001.810	-13354.080	4820.920	-21677.970	344.637	-344.637	843.036	-621.260	I지점
17	-12967.200	-2309.442	-31814.120	-14638.770	4704.469	-23358.590	459.937	-459.937	875.237	-642.804	1/4지점
17	-14542.880	-2684.748	-34674.210	-15950.010	4703.555	-25122.010	578.467	-578.467	907.438	-664.348	2/4지점
17	-16173.360	-3112.665	-37582.090	-17287.810	4763.498	-26980.060	727.820	-727.820	939.639	-685.892	3/4지점
17	-17858.880	-3595.073	-40537.750	-18652.180	4860.830	-28918.260	902.591	-902.591	971.840	-707.436	J지점
18	-17867.770	-3593.638	-40547.700	-18656.330	4857.216	-28916.720	900.452	-900.452	971.571	-707.271	I지점
18	-16839.240	-3093.384	-38488.620	-17682.240	4651.476	-27341.000	751.491	-751.491	938.730	-681.187	1/4지점
18	-15845.910	-2628.538	-36460.130	-16725.140	4458.656	-25799.270	618.986	-618.986	905.890	-655.103	2/4지점
18	-14887.560	-2198.425	-34462.220	-15785.050	4289.169	-24301.940	519.391	-519.391	873.049	-629.019	3/4지점
18	-13963.990	-1802.367	-32494.910	-14861.960	4148.083	-22853.410	421.873	-421.873	840.209	-602.936	J지점
19	-13969.750	-1801.002	-32500.590	-14866.610	4145.859	-22856.630	420.037	-420.037	840.333	-602.997	I지점
19	-12906.700	-1364.428	-30208.050	-13793.160	4049.159	-21294.800	358.891	-358.891	808.995	-576.511	1/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
19	-11894.420	-978.001	-27963.790	-12746.280	4003.226	-19798.020	300.987	-300.987	777.658	-550.026	2/4지점
19	-10929.730	-639.726	-25768.270	-11725.950	3980.046	-18383.600	246.325	-246.325	746.321	-523.540	3/4지점
19	-10009.420	-347.604	-23621.990	-10732.190	4022.288	-17053.880	194.905	-194.905	714.983	-497.055	J지점
20	-10012.400	-346.308	-23622.890	-10735.940	4021.447	-17062.180	196.138	-196.138	715.330	-497.233	I지점
20	-9161.598	-105.858	-21618.620	-9808.870	4042.197	-15875.880	160.877	-160.877	689.809	-474.451	1/4지점
20	-8349.386	92.415	-19664.080	-8908.369	4094.499	-14748.810	128.856	-128.856	664.287	-451.668	2/4지점
20	-7573.156	250.507	-17759.280	-8034.438	4205.321	-13677.440	100.074	-100.074	638.765	-428.886	3/4지점
20	-6830.300	370.417	-15904.210	-7187.079	4354.084	-12663.250	74.531	-74.531	613.243	-406.103	J지점
21	-6831.015	371.399	-15902.110	-7189.129	4355.105	-12671.260	76.676	-76.676	613.638	-406.291	I지점
21	-6145.015	449.440	-14210.170	-6395.272	4450.749	-11746.030	51.882	-51.882	590.643	-385.142	1/4지점
21	-5488.630	497.412	-12567.950	-5627.980	4579.399	-10878.710	30.324	-30.324	567.648	-363.992	2/4지점
21	-4860.720	521.423	-10975.460	-4887.251	4755.393	-10068.980	17.499	-17.499	544.653	-342.843	3/4지점
21	-4260.142	527.580	-9432.686	-4173.087	4966.324	-9316.318	24.063	-24.063	521.658	-321.694	J지점
22	-4259.791	528.162	-9429.694	-4173.491	4967.334	-9322.837	22.446	-22.446	522.012	-321.855	I지점
22	-3715.162	523.425	-8027.370	-3510.101	5130.687	-8648.677	33.678	-33.678	500.722	-301.782	1/4지점
22	-3196.596	518.689	-6674.764	-2873.272	5328.853	-8032.253	41.945	-41.945	479.432	-281.709	2/4지점
22	-2703.970	513.952	-5371.877	-2263.005	5571.578	-7566.501	47.248	-47.248	458.142	-261.636	3/4지점
22	-2237.160	509.215	-4118.709	-1679.300	5847.266	-7151.457	51.616	-51.616	436.853	-241.563	J지점
23	-2236.475	509.572	-4115.253	-1678.589	5847.262	-7150.735	49.259	-49.259	437.156	-241.696	I지점
23	-1819.665	505.432	-2983.816	-1141.491	6075.548	-6774.939	61.367	-61.367	416.972	-222.288	1/4지점
23	-1427.130	501.291	-1902.502	-630.956	6336.521	-6444.927	70.247	-70.247	396.789	-205.043	2/4지점
23	-1057.451	497.150	-871.713	-146.984	6636.763	-6161.508	75.901	-75.901	376.606	-197.543	3/4지점
23	-709.207	493.009	108.149	310.426	7035.688	-5934.236	78.327	-78.327	356.423	-190.043	J지점
24	-708.460	493.283	111.468	311.681	7036.073	-5938.007	76.229	-76.229	356.663	-190.108	I지점
24	-402.601	490.752	975.604	723.849	7464.772	-5905.806	85.029	-85.029	337.273	-183.003	1/4지점
24	-116.557	488.220	1788.400	1109.449	7875.047	-5870.843	90.605	-90.605	317.883	-175.897	2/4지점
24	149.880	485.689	2549.855	1468.480	8275.404	-5835.691	92.958	-92.958	298.493	-168.791	3/4지점
24	396.916	483.158	3259.969	1800.943	8655.499	-5734.752	92.086	-92.086	279.102	-161.685	J지점
25	397.623	483.379	3262.908	1802.297	8655.537	-5737.066	90.282	-90.282	279.298	-161.722	I지점
25	607.361	481.903	3865.270	2090.975	8947.988	-5704.925	96.875	-96.875	260.404	-154.851	1/4지점
25	798.221	480.427	4416.294	2353.086	9221.077	-5614.789	100.247	-100.247	241.509	-147.980	2/4지점
25	970.517	478.951	4915.979	2588.629	9483.207	-5601.330	100.400	-100.400	222.614	-141.110	3/4지점
25	1124.564	477.475	5364.327	2797.606	9724.885	-5587.789	97.333	-97.333	203.720	-134.239	J지점
26	1125.079	477.607	5366.291	2798.587	9724.611	-5588.896	96.047	-96.047	203.867	-134.244	I지점
26	1244.273	476.840	5709.179	2964.456	9882.851	-5577.986	101.329	-101.329	185.262	-127.512	1/4지점
26	1345.538	476.073	6000.743	3103.764	10021.270	-5566.993	103.395	-103.395	166.657	-120.780	2/4지점
26	1428.874	475.306	6240.983	3216.513	10147.900	-5555.967	102.247	-102.247	148.052	-114.048	3/4지점
26	1494.281	474.540	6429.899	3302.701	10254.240	-5544.877	97.883	-97.883	129.446	-107.316	J지점
27	1494.526	474.573	6430.627	3303.156	10253.680	-5544.561	97.153	-97.153	129.559	-107.293	I지점
27	1525.441	474.253	6513.946	3345.901	10276.820	-5535.658	101.785	-101.785	111.053	-100.623	1/4지점
27	1538.421	473.933	6545.926	3362.078	10279.660	-5526.822	103.205	-103.205	97.696	-96.289	2/4지점
27	1533.469	473.614	6526.569	3351.688	10270.390	-5517.969	101.413	-101.413	116.286	-103.043	3/4지점
27	1510.582	473.294	6455.873	3314.731	10240.830	-5509.015	96.408	-96.408	134.877	-109.797	J지점
28	1510.516	473.222	6455.229	3314.542	10240.010	-5507.290	96.295	-96.295	134.755	-109.812	I지점
28	1453.130	473.331	6278.929	3234.057	10127.600	-5500.969	100.166	-100.166	153.453	-116.629	1/4지점
28	1377.817	473.439	6051.311	3127.015	9994.873	-5494.680	100.829	-100.829	172.150	-123.446	2/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
28	1284.577	473.548	5772.373	2993.416	9850.453	-5488.320	98.286	-98.286	190.847	-130.264	3/4지점
28	1173.410	473.656	5442.116	2833.259	9686.246	-5481.973	92.536	-92.536	209.544	-137.081	J지점
29	1173.072	473.487	5440.251	2832.554	9685.194	-5478.902	93.035	-93.035	209.388	-137.067	I지점
29	1027.012	474.228	5004.386	2629.012	9438.398	-5476.206	95.607	-95.607	228.365	-144.016	1/4지점
29	862.708	474.969	4517.194	2398.908	9171.187	-5473.474	94.975	-94.975	247.342	-150.964	2/4지점
29	679.845	475.711	3978.676	2142.243	8893.172	-5470.720	91.139	-91.139	266.319	-157.912	3/4지점
29	478.107	476.452	3388.831	1859.017	8595.816	-5467.928	84.100	-84.100	285.296	-164.861	J지점
30	477.619	476.212	3386.221	1858.051	8594.689	-5463.793	85.147	-85.147	285.104	-164.818	I지점
30	238.544	477.817	2688.172	1530.483	8210.665	-5484.774	85.491	-85.491	304.510	-171.961	1/4지점
30	-19.931	479.423	1938.787	1176.349	7806.502	-5503.587	82.635	-82.635	323.916	-179.103	2/4지점
30	-298.011	481.028	1138.067	795.650	7392.530	-5521.741	76.578	-76.578	343.321	-186.246	3/4지점
30	-595.903	482.633	286.012	388.384	6960.218	-5544.460	67.321	-67.321	362.727	-193.388	J지점
31	-596.442	482.346	283.041	387.472	6959.056	-5539.263	68.842	-68.842	362.495	-193.319	I지점
31	-936.282	485.356	-684.271	-65.714	6593.020	-5757.644	65.938	-65.938	382.528	-200.760	1/4지점
31	-1297.555	488.366	-1702.504	-545.459	6300.067	-6095.091	59.837	-59.837	402.560	-208.201	2/4지점
31	-1681.680	491.376	-2771.256	-1051.764	6047.246	-6465.124	53.397	-53.397	422.593	-225.520	3/4지점
31	-2090.076	494.385	-3890.124	-1584.627	5826.553	-6904.042	45.935	-45.935	442.625	-244.705	J지점
32	-2090.562	494.065	-3893.083	-1585.116	5827.000	-6900.641	47.209	-47.209	442.352	-244.590	I지점
32	-2548.365	498.042	-5131.457	-2165.389	5559.420	-7410.277	45.365	-45.365	463.176	-264.243	1/4지점
32	-3031.974	502.019	-6419.529	-2772.212	5324.524	-7976.687	40.673	-40.673	483.999	-283.895	2/4지점
32	-3541.512	505.996	-7757.299	-3405.586	5133.917	-8599.758	33.134	-33.134	504.822	-303.548	3/4지점
32	-4077.103	509.973	-9144.768	-4065.510	4977.159	-9279.839	22.748	-22.748	525.645	-323.201	J지점
33	-4077.410	509.599	-9147.382	-4065.195	4977.006	-9275.198	24.370	-24.370	525.334	-323.062	I지점
33	-4669.775	507.053	-10670.360	-4776.830	4772.364	-10034.010	26.686	-26.686	547.326	-343.453	1/4지점
33	-5289.664	486.662	-12243.040	-5515.013	4601.458	-10848.740	45.756	-45.756	569.319	-363.844	2/4지점
33	-5938.423	442.325	-13865.410	-6279.746	4477.320	-11719.960	68.014	-68.014	591.311	-384.235	3/4지점
33	-6617.402	367.935	-15537.470	-7071.028	4385.022	-12648.050	93.462	-93.462	613.303	-404.626	J지점
34	-6617.293	367.406	-15539.720	-7069.744	4384.931	-12642.870	91.361	-91.361	612.967	-404.469	I지점
34	-7362.402	252.433	-17373.840	-7915.374	4237.011	-13665.310	118.221	-118.221	636.458	-425.840	1/4지점
34	-8141.688	99.302	-19257.660	-8787.557	4127.556	-14735.560	148.267	-148.267	659.950	-447.211	2/4지점
34	-8957.756	-93.981	-21191.180	-9686.292	4073.010	-15860.330	181.499	-181.499	683.441	-468.583	3/4지점
34	-9813.214	-329.413	-23174.400	-10611.580	4048.880	-17043.270	217.918	-217.918	706.932	-489.954	J지점
35	-9812.150	-330.169	-23175.540	-10609.530	4049.979	-17038.370	216.226	-216.226	706.608	-489.789	I지점
35	-10743.750	-619.030	-25311.780	-11601.430	3994.047	-18359.400	269.718	-269.718	733.676	-513.428	1/4지점
35	-11720.320	-954.027	-27497.230	-12619.870	4002.439	-19758.970	326.393	-326.393	760.744	-537.066	2/4지점
35	-12744.880	-1337.154	-29731.420	-13664.870	4032.052	-21230.990	386.251	-386.251	787.812	-560.705	3/4지점
35	-13820.400	-1770.409	-32013.850	-14736.410	4128.829	-22772.890	449.292	-449.292	814.880	-584.344	J지점
36	-13818.270	-1771.193	-32012.920	-14734.330	4130.403	-22771.710	449.542	-449.542	814.671	-584.236	I지점
36	-14764.720	-2160.415	-33969.590	-15652.610	4266.844	-24185.370	549.351	-549.351	841.341	-606.268	1/4지점
36	-15745.920	-2583.667	-35956.840	-16587.880	4427.614	-25647.910	651.195	-651.195	868.012	-628.300	2/4지점
36	-16762.070	-3041.626	-37974.640	-17540.140	4607.477	-27155.580	774.137	-774.137	894.682	-650.332	3/4지점
36	-17813.390	-3534.967	-40023.020	-18509.380	4791.975	-28698.230	927.140	-927.140	921.352	-672.364	J지점
37	-17816.630	-3538.686	-40044.170	-18511.850	4810.553	-28725.290	850.382	-850.382	919.582	-672.184	I지점
37	-16170.950	-3063.426	-37206.680	-17177.750	4742.449	-26849.920	718.723	-718.723	893.467	-654.691	1/4지점
37	-14580.300	-2642.624	-34416.940	-15870.200	4710.632	-25051.910	601.574	-601.574	867.353	-637.198	2/4지점
37	-13044.400	-2274.403	-31674.960	-14589.180	4734.692	-23347.730	487.591	-487.591	841.238	-619.705	3/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
37	-11563.010	-1956.883	-28980.730	-13334.720	4823.949	-21726.480	376.766	-376.766	815.124	-602.212	J지점
38	-11559.100	-1957.459	-28976.190	-13333.620	4828.962	-21731.320	375.600	-375.600	815.232	-602.274	I지점
38	-10207.450	-1689.926	-26470.210	-12162.750	4970.881	-20344.230	319.224	-319.224	795.305	-588.525	1/4지점
38	-8906.580	-1468.643	-24012.640	-11018.430	5182.990	-19036.710	265.992	-265.992	775.378	-574.776	2/4지점
38	-7653.034	-1291.027	-21604.120	-9900.653	5456.710	-17807.540	215.899	-215.899	755.450	-561.027	3/4지점
38	-6443.345	-1154.497	-19245.290	-8809.426	5806.281	-16660.240	168.937	-168.937	735.523	-547.279	J지점
39	-6439.985	-1154.846	-19240.700	-8808.687	5808.371	-16666.210	169.826	-169.826	735.700	-547.371	I지점
39	-5350.487	-1053.488	-17064.340	-7784.015	6137.848	-15671.400	135.705	-135.705	718.911	-535.494	1/4지점
39	-4298.806	-983.930	-14938.290	-6785.882	6544.535	-14771.620	104.700	-104.700	702.121	-523.617	2/4지점
39	-3282.382	-939.484	-12862.560	-5814.287	7039.160	-13974.870	76.805	-76.805	685.331	-511.740	3/4지점
39	-2298.657	-913.460	-10837.150	-4869.231	7612.784	-13292.720	52.013	-52.013	668.542	-499.863	J지점
40	-2296.151	-913.656	-10833.350	-4868.454	7615.206	-13298.140	53.307	-53.307	668.726	-499.957	I지점
40	-1409.181	-893.342	-8989.742	-3979.242	8200.791	-12838.970	29.139	-29.139	653.811	-489.215	1/4지점
40	-551.501	-873.028	-7196.599	-3116.559	8873.368	-12564.640	26.039	-26.039	638.895	-478.474	2/4지점
40	277.730	-852.713	-5454.081	-2280.407	9610.809	-12330.250	34.922	-34.922	623.980	-467.732	3/4지점
40	1079.350	-832.399	-3762.347	-1470.784	10345.900	-12102.010	41.119	-41.119	609.065	-456.990	J지점
41	1081.108	-832.504	-3759.542	-1469.799	10345.730	-12104.680	40.090	-40.090	609.225	-457.062	I지점
41	1831.791	-813.161	-2191.978	-706.707	10981.230	-11865.940	49.458	-49.458	595.302	-446.907	1/4지점
41	2555.753	-793.818	-675.379	29.844	11601.750	-11627.160	56.159	-56.159	581.380	-436.752	2/4지점
41	3253.055	-774.476	790.254	739.855	12213.760	-11388.380	62.684	-62.684	567.458	-426.596	3/4지점
41	3923.759	-755.133	2204.920	1423.324	12798.490	-11149.610	69.633	-69.633	553.536	-416.441	J지점
42	3925.224	-755.202	2207.264	1424.429	12797.900	-11151.000	68.377	-68.377	553.670	-416.492	I지점
42	4554.515	-736.904	3513.237	2063.344	13290.830	-10906.030	79.084	-79.084	540.494	-406.754	1/4지점
42	5157.785	-718.606	4768.269	2675.731	13767.700	-10661.020	86.759	-86.759	527.318	-397.016	2/4지점
42	5735.537	-700.308	5972.358	3261.590	14235.250	-10307.680	91.408	-91.408	514.143	-387.278	3/4지점
42	6288.272	-682.010	7125.506	3820.921	14675.210	-10065.200	93.036	-93.036	500.967	-377.540	J지점
43	6289.431	-682.052	7127.390	3821.934	14674.520	-10065.680	91.999	-91.999	501.071	-377.571	I지점
43	6807.501	-664.774	8181.809	4338.756	15030.670	-9703.379	99.529	-99.529	488.465	-368.149	1/4지점
43	7299.596	-647.497	9185.685	4829.049	15369.740	-9241.675	104.053	-104.053	475.859	-358.727	2/4지점
43	7764.256	-630.219	10139.420	5292.811	15699.880	-8998.978	105.576	-105.576	463.253	-349.305	3/4지점
43	8200.021	-612.942	11043.410	5730.042	16001.460	-8758.710	104.106	-104.106	450.648	-339.882	J지점
44	8200.875	-612.961	11044.860	5730.885	16000.920	-8758.627	103.287	-103.287	450.730	-339.897	I지점
44	8588.969	-595.824	11844.040	6123.662	16215.540	-8520.592	109.557	-109.557	438.304	-330.561	1/4지점
44	8947.182	-578.687	12593.890	6489.907	16410.360	-8282.617	112.846	-112.846	425.877	-321.225	2/4지점
44	9275.990	-561.550	13294.400	6829.622	16595.210	-8044.610	113.161	-113.161	413.451	-311.889	3/4지점
44	9575.871	-544.413	13945.560	7142.805	16755.170	-7806.662	110.509	-110.509	401.025	-302.553	J지점
45	9576.384	-544.410	13946.520	7143.406	16754.770	-7806.110	109.909	-109.909	401.089	-302.554	I지점
45	9834.532	-527.705	14499.860	7412.962	16828.550	-7568.494	115.653	-115.653	388.795	-293.304	1/4지점
45	10063.320	-510.999	15004.100	7655.984	16882.200	-7330.895	118.443	-118.443	376.500	-284.054	2/4지점
45	10261.840	-494.294	15459.470	7872.472	16923.860	-7093.330	118.286	-118.286	364.206	-274.804	3/4지점
45	10429.200	-477.589	15866.220	8062.425	16944.380	-6855.836	115.187	-115.187	351.911	-265.553	J지점
46	10429.330	-477.567	15866.620	8062.703	16944.000	-6854.904	114.845	-114.845	351.958	-265.541	I지점
46	10549.270	-461.049	16174.190	8208.632	16874.270	-6616.857	120.227	-120.227	339.729	-256.312	1/4지점
46	10637.140	-444.530	16433.400	8328.033	16782.060	-6378.792	122.682	-122.682	327.499	-247.083	2/4지점
46	10692.940	-428.012	16644.250	8420.907	16677.230	-6140.675	122.217	-122.217	315.270	-237.854	3/4지점
46	10716.670	-411.493	16806.720	8487.254	16551.360	-5902.619	118.838	-118.838	303.041	-228.625	J지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
47	10716.410	-411.454	16806.520	8487.207	16550.930	-5901.304	118.748	-118.748	303.073	-228.601	I지점
47	10694.810	-395.183	16873.680	8509.959	16340.520	-5663.195	123.993	-123.993	290.901	-219.389	1/4지점
47	10641.140	-378.911	16892.480	8506.185	16100.920	-5425.060	126.339	-126.339	278.729	-210.178	2/4지점
47	10555.400	-362.640	16862.910	8475.884	15849.050	-5186.888	125.790	-125.790	266.557	-200.967	3/4지점
47	10437.600	-346.368	16784.970	8419.058	15576.220	-4948.774	122.354	-122.354	254.385	-191.755	J지점
48	10436.940	-346.314	16784.140	8418.663	15576.050	-4947.147	122.539	-122.539	254.404	-191.720	I지점
48	10272.700	-330.189	16609.530	8317.824	15222.540	-4708.556	127.794	-127.794	242.258	-182.503	1/4지점
48	10076.400	-314.065	16386.560	8190.458	14836.050	-4470.020	130.177	-130.177	230.111	-173.287	2/4지점
48	9848.024	-297.940	16115.220	8036.564	14432.480	-4231.386	129.692	-129.692	217.965	-164.070	3/4지점
48	9587.586	-281.815	15795.510	7856.143	14010.130	-3992.827	126.346	-126.346	205.818	-154.853	J지점
49	9586.494	-281.745	15793.970	7855.451	14010.100	-3990.972	126.796	-126.796	205.825	-154.810	I지점
49	9271.804	-265.349	15365.950	7630.340	13509.500	-3751.814	131.917	-131.917	193.672	-145.573	1/4지점
49	8926.157	-248.953	14889.320	7378.700	12971.340	-3512.603	134.192	-134.192	181.518	-136.336	2/4지점
49	8550.664	-232.557	14363.830	7100.532	12413.700	-3273.377	133.626	-133.626	169.365	-127.099	3/4지점
49	8146.438	-216.161	13789.250	6795.835	11841.110	-3034.188	130.226	-130.226	157.211	-117.862	J지점
50	8144.784	-216.070	13786.760	6794.846	11841.200	-3032.729	130.952	-130.952	157.210	-117.810	I지점
50	7688.511	-199.357	13097.710	6445.909	11185.450	-2795.431	135.049	-135.049	145.062	-108.572	1/4지점
50	7205.005	-182.644	12359.150	6070.437	10494.290	-2556.422	136.325	-136.325	132.914	-99.334	2/4지점
50	6694.662	-165.931	11570.920	5668.430	9776.883	-2319.061	134.787	-134.787	120.766	-90.096	3/4지점
50	6157.880	-149.217	10732.870	5239.888	9045.263	-2081.771	130.442	-130.442	108.619	-80.858	J지점
51	6156.025	-149.124	10729.930	5238.926	9045.428	-2080.316	131.285	-131.285	108.612	-80.808	I지점
51	5689.784	-135.667	9975.569	4864.349	8390.205	-1891.090	131.307	-131.307	98.883	-73.440	1/4지점
51	5207.875	-122.210	9189.012	4472.792	7708.950	-1701.958	129.793	-129.793	89.154	-66.073	2/4지점
51	4711.294	-108.753	8370.056	4064.256	7009.329	-1512.828	130.124	-130.124	79.425	-58.706	3/4지점
51	4201.037	-95.296	7518.495	3638.742	6305.593	-1324.015	128.942	-128.942	69.697	-51.338	J지점
52	4199.194	-95.209	7515.485	3637.824	6305.808	-1322.632	129.476	-129.476	69.689	-51.293	I지점
52	3664.046	-81.823	6600.311	3187.839	5538.921	-1135.383	126.887	-126.887	60.004	-44.022	1/4지점
52	3116.215	-68.437	5652.320	2720.872	4742.576	-948.139	122.794	-122.794	50.318	-36.752	2/4지점
52	2555.701	-55.051	4671.514	2236.923	3919.821	-761.059	117.199	-117.199	40.633	-29.481	3/4지점
52	1982.504	-41.665	3657.892	1735.992	3088.154	-574.008	110.105	-110.105	30.948	-22.210	J지점
53	1980.890	-41.590	3655.223	1735.265	3088.395	-573.001	110.280	-110.280	30.942	-22.173	I지점
53	1498.143	-31.199	2785.607	1318.296	2350.594	-429.802	84.067	-84.067	23.205	-16.633	1/4지점
53	1007.108	-20.807	1892.732	890.124	1590.334	-286.615	56.866	-56.866	15.467	-11.093	2/4지점
53	507.868	-10.416	965.218	450.748	806.941	-143.493	28.680	-28.680	7.730	-5.553	3/4지점
53	0.501	-0.024	0.846	0.169	2.993	-2.125	0.491	-0.491	0.017	-0.012	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성 상부슬래브	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브			MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
54	2.769	-0.132	3.945	2.683	8.492	-5.389	2.499	-2.499	0.060	-0.065	I지점
54	562.046	-11.938	1057.157	511.884	917.799	-187.431	31.753	-31.753	8.516	-7.118	1/4지점
54	1113.158	-23.744	2073.333	1009.827	1807.274	-372.520	59.952	-59.952	17.045	-14.171	2/4지점
54	1656.023	-35.551	3054.202	1496.512	2674.356	-557.580	87.093	-87.093	25.575	-21.224	3/4지점
54	2190.560	-47.357	4011.219	1971.938	3520.025	-742.671	113.175	-113.175	34.104	-28.276	J지점
55	2198.691	-47.713	4023.180	1979.062	3536.264	-748.319	116.636	-116.636	34.164	-28.461	I지점
55	2809.850	-61.359	5108.208	2516.416	4437.267	-948.521	121.751	-121.751	44.460	-36.312	1/4지점
55	3407.628	-75.004	6158.615	3035.854	5328.919	-1148.736	125.173	-125.173	54.757	-44.162	2/4지점
55	3992.027	-88.650	7174.401	3537.376	6190.785	-1348.924	126.899	-126.899	65.054	-52.012	3/4지점
55	4563.044	-102.296	8155.567	4020.982	7022.516	-1549.131	126.925	-126.925	75.351	-59.862	J지점
56	4572.335	-102.713	8169.151	4029.434	7042.986	-1556.214	130.654	-130.654	75.428	-60.093	I지점
56	5120.279	-116.495	9088.237	4478.849	7794.069	-1751.053	131.766	-131.766	85.685	-67.781	1/4지점
56	5653.792	-130.277	9972.920	4910.347	8540.001	-1945.944	134.569	-134.569	95.942	-75.469	2/4지점
56	6171.822	-144.059	10823.420	5323.930	9265.806	-2140.817	135.447	-135.447	106.199	-83.157	3/4지점
56	6673.320	-157.841	11639.940	5719.596	9963.751	-2335.717	134.396	-134.396	116.455	-90.845	J지점
57	6682.788	-158.287	11653.680	5728.441	9986.146	-2343.779	137.363	-137.363	116.532	-91.102	I지점
57	7267.456	-175.680	12572.750	6176.505	10755.890	-2584.008	140.989	-140.989	129.317	-100.605	1/4지점
57	7824.230	-193.073	13439.250	6596.574	11514.310	-2824.233	141.590	-141.590	142.102	-110.108	2/4지점
57	8352.693	-210.467	14253.340	6988.649	12240.970	-3064.731	139.159	-139.159	154.886	-119.611	3/4지점
57	8852.425	-227.860	15015.210	7352.731	12930.980	-3304.947	133.690	-133.690	167.671	-129.114	J지점
58	8860.503	-228.271	15026.760	7360.292	12952.050	-3313.018	136.403	-136.403	167.722	-129.367	I지점
58	9322.573	-246.425	15690.660	7677.922	13551.970	-3554.438	139.174	-139.174	180.545	-138.911	1/4지점
58	9754.313	-264.578	16302.740	7967.550	14137.360	-3795.865	138.893	-138.893	193.369	-148.456	2/4지점
58	10154.550	-282.732	16863.250	8229.177	14702.160	-4037.292	135.553	-135.553	206.192	-158.001	3/4지점
58	10522.110	-300.885	17372.450	8462.801	15226.980	-4278.776	129.148	-129.148	219.015	-167.546	J지점
59	10527.710	-301.212	17380.160	8468.219	15244.140	-4286.080	131.331	-131.331	219.018	-167.766	I지점
59	10839.800	-319.745	17772.570	8653.925	15682.000	-4528.069	134.019	-134.019	231.814	-177.323	1/4지점
59	11118.050	-338.278	18113.920	8811.627	16101.290	-4770.084	133.628	-133.628	244.611	-186.880	2/4지점
59	11362.430	-356.812	18404.210	8941.324	16502.900	-5012.104	130.152	-130.152	257.407	-196.436	3/4지점
59	11572.970	-375.345	18643.440	9043.017	16869.390	-5254.021	123.583	-123.583	270.203	-205.993	J지점
60	11576.110	-375.582	18647.320	9045.894	16880.850	-5260.026	125.092	-125.092	270.144	-206.162	I지점
60	11717.820	-393.744	18751.490	9099.456	17155.350	-5502.482	127.836	-127.836	282.872	-215.717	1/4지점
60	11825.690	-411.907	18804.620	9125.027	17409.600	-5744.932	127.476	-127.476	295.600	-225.272	2/4지점
60	11899.720	-430.069	18806.720	9122.606	17651.500	-5987.289	124.003	-124.003	308.328	-234.826	3/4지점
60	11939.920	-448.232	18757.780	9092.193	17862.840	-6229.802	117.413	-117.413	321.056	-244.381	J지점
61	11940.910	-448.388	18758.320	9092.610	17868.420	-6234.310	118.228	-118.228	320.926	-244.492	I지점
61	11910.580	-465.992	18572.650	9013.390	17980.460	-6476.111	120.779	-120.779	333.526	-254.001	1/4지점
61	11846.410	-483.595	18335.930	8906.171	18072.070	-6717.898	120.198	-120.198	346.126	-263.509	2/4지점
61	11748.390	-501.199	18048.160	8770.955	18151.000	-6959.758	116.476	-116.476	358.726	-273.018	3/4지점
61	11616.530	-518.803	17709.350	8607.741	18208.110	-7201.531	109.609	-109.609	371.326	-282.526	J지점
62	11615.410	-518.873	17706.640	8605.762	18207.760	-7204.442	109.740	-109.740	371.112	-282.574	I지점
62	11411.830	-535.673	17229.800	8392.980	18156.790	-7444.096	111.844	-111.844	383.475	-291.956	1/4지점
62	11175.350	-552.473	16701.650	8152.196	18085.370	-7683.730	110.787	-110.787	395.837	-301.338	2/4지점
62	10906.940	-569.273	16121.940	7883.410	18002.740	-7923.383	106.564	-106.564	408.200	-310.720	3/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
62	10607.540	-586.074	15490.400	7586.621	17900.270	-8162.895	99.168	-99.168	420.562	-320.101	J지점
63	10604.360	-586.042	15484.650	7582.402	17893.840	-8163.898	98.587	-98.587	420.257	-320.077	I지점
63	10243.450	-602.116	14724.810	7238.674	17691.530	-8401.715	100.104	-100.104	432.404	-329.314	1/4지점
63	9852.011	-618.191	13912.910	6866.955	17461.990	-8639.491	98.437	-98.437	444.551	-338.551	2/4지점
63	9429.554	-634.265	13048.950	6467.245	17224.100	-8877.240	93.578	-93.578	456.697	-347.788	3/4지점
63	8975.571	-650.340	12132.940	6039.543	16966.850	-9114.988	85.520	-85.520	468.844	-357.026	J지점
64	8970.695	-650.208	12124.850	6033.443	16954.930	-9113.933	84.227	-84.227	468.444	-356.925	I지점
64	8447.705	-664.782	11073.330	5557.197	16596.090	-9347.906	84.297	-84.297	480.056	-365.838	1/4지점
64	7894.208	-679.356	9969.287	5052.941	16206.860	-9582.049	81.154	-81.154	491.667	-374.751	2/4지점
64	7311.748	-693.929	8812.313	4520.676	15808.840	-9816.072	74.790	-74.790	503.278	-383.664	3/4지점
64	6701.864	-708.503	7601.977	3960.403	15394.850	-10050.110	65.200	-65.200	514.889	-392.576	J지점
65	6695.671	-708.268	7592.325	3952.742	15377.880	-10046.730	63.216	-63.216	514.389	-392.396	I지점
65	6029.234	-721.568	6254.141	3343.663	14860.480	-10278.700	60.006	-60.006	525.155	-400.864	1/4지점
65	5336.398	-734.867	4862.198	2706.589	14313.840	-10510.690	53.559	-53.559	535.920	-409.332	2/4지점
65	4616.633	-748.167	3416.498	2041.521	13758.840	-11023.680	46.252	-46.252	546.686	-417.801	3/4지점
65	3869.408	-761.467	1917.040	1348.458	13188.880	-11262.720	38.860	-38.860	557.452	-426.269	J지점
66	3862.546	-761.137	1907.125	1339.860	13168.170	-11256.660	36.072	-36.072	556.864	-426.011	I지점
66	3053.449	-772.229	277.987	598.211	12484.770	-11636.320	34.784	-34.784	566.293	-433.697	1/4지점
66	2216.294	-783.322	-1404.911	-171.434	11773.390	-11875.810	30.547	-30.547	575.723	-441.383	2/4지점
66	1351.018	-794.415	-3141.570	-969.075	11054.620	-12115.300	23.356	-23.356	585.152	-449.070	3/4지점
66	457.557	-805.508	-4931.989	-1794.711	10322.380	-12486.420	26.229	-26.229	594.581	-456.756	J지점
67	450.283	-805.063	-4941.280	-1803.800	10299.300	-12477.430	29.369	-29.369	593.903	-456.418	I지점
67	-486.108	-814.789	-6832.048	-2673.773	9489.685	-12759.470	46.371	-46.371	601.846	-463.207	1/4지점
67	-1451.638	-824.516	-8776.416	-3571.746	8724.733	-13117.780	66.665	-66.665	609.789	-469.997	2/4지점
67	-2447.195	-834.242	-10774.210	-4497.719	8054.935	-13585.700	90.258	-90.258	617.732	-476.786	3/4지점
67	-3473.664	-843.969	-12825.270	-5451.692	7482.985	-14176.590	117.157	-117.157	625.675	-483.575	J지점
68	-3482.378	-843.284	-12834.990	-5460.355	7471.067	-14177.290	120.707	-120.707	624.947	-483.181	I지점
68	-4497.413	-863.329	-14895.860	-6447.326	6909.340	-14902.350	148.385	-148.385	630.565	-488.536	1/4지점
68	-5546.949	-902.813	-17009.820	-7462.298	6418.038	-15727.520	179.383	-179.383	636.183	-493.891	2/4지점
68	-6633.688	-968.794	-19176.880	-8505.272	6008.672	-16646.010	213.707	-213.707	641.801	-499.246	3/4지점
68	-7760.331	-1068.329	-21397.030	-9576.250	5668.167	-17652.230	251.364	-251.364	647.419	-504.601	J지점
69	-7771.489	-1067.273	-21408.830	-9584.218	5660.589	-17655.390	255.595	-255.595	646.665	-504.180	I지점
69	-8895.177	-1208.909	-23595.910	-10664.530	5293.174	-18753.230	307.351	-307.351	647.780	-506.682	1/4지점
69	-10065.110	-1393.869	-25835.390	-11772.830	4983.439	-19925.850	362.453	-362.453	648.895	-509.184	2/4지점
69	-11284.950	-1624.876	-28126.590	-12909.130	4747.857	-21172.400	420.908	-420.908	650.011	-511.686	3/4지점
69	-12558.340	-1904.653	-30468.840	-14073.430	4547.656	-22496.770	482.720	-482.720	651.126	-514.188	J지점
70	-12570.110	-1903.312	-30481.430	-14079.960	4541.623	-22497.790	486.594	-486.594	650.521	-513.836	I지점
70	-13911.340	-2227.319	-32816.770	-15235.470	4326.610	-23927.120	609.915	-609.915	642.536	-510.666	1/4지점
70	-15310.080	-2604.816	-35202.500	-16418.980	4234.149	-25437.250	736.609	-736.609	634.551	-507.496	2/4지점
70	-16766.580	-3037.784	-37638.600	-17630.500	4201.470	-27040.640	866.683	-866.683	626.566	-504.327	3/4지점
70	-18281.130	-3528.204	-40125.090	-18870.020	4210.359	-28718.750	1034.839	-1034.839	618.581	-501.157	J지점
71	-18289.580	-3526.871	-40134.610	-18873.880	4206.749	-28715.280	1037.910	-1037.910	618.318	-500.996	I지점
71	-17230.620	-3042.851	-38259.270	-17973.130	4116.302	-27318.820	891.223	-891.223	621.295	-496.944	1/4지점
71	-16208.740	-2596.136	-36416.150	-17090.280	4043.274	-26000.180	783.312	-783.312	624.271	-492.891	2/4지점
71	-15223.720	-2186.013	-34605.250	-16225.350	3997.870	-24731.300	677.570	-677.570	627.247	-488.838	3/4지점
71	-14275.330	-1811.769	-32826.590	-15378.340	3979.448	-23530.590	573.999	-573.999	630.223	-484.785	J지점
72	-14281.680	-1810.465	-32835.310	-15379.760	3976.991	-23523.310	572.082	-572.082	630.355	-484.851	I지점
72	-13186.100	-1379.452	-30631.430	-14320.520	3978.357	-22063.310	506.741	-506.741	624.045	-473.465	1/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성 상부슬래브	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브			MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
72	-12144.040	-1001.301	-28478.440	-13289.270	4010.229	-20682.910	444.793	-444.793	617.736	-462.078	2/4지점
72	-11152.150	-673.909	-26376.830	-12286.010	4060.735	-19365.900	386.236	-386.236	611.427	-450.691	3/4지점
72	-10207.040	-395.170	-24327.120	-11310.760	4187.907	-18104.890	331.071	-331.071	605.117	-439.305	J지점
73	-10211.180	-393.924	-24332.780	-11310.020	4187.991	-18099.860	328.111	-328.111	605.460	-439.483	I지점
73	-9345.798	-154.510	-22359.270	-10360.770	4234.174	-16899.190	289.040	-289.040	593.187	-424.302	1/4지점
73	-8521.091	40.447	-20438.190	-9439.536	4312.121	-15758.570	253.362	-253.362	580.913	-409.122	2/4지점
73	-7734.310	193.051	-18569.520	-8546.306	4447.902	-14674.010	221.077	-221.077	568.640	-393.941	3/4지점
73	-6982.707	305.408	-16753.290	-7681.082	4615.353	-13668.020	192.185	-192.185	556.366	-378.760	J지점
74	-6984.499	306.375	-16755.180	-7678.588	4616.161	-13664.520	189.155	-189.155	556.765	-378.952	I지점
74	-6295.567	388.561	-15017.000	-6850.499	4712.957	-12661.190	161.005	-161.005	541.676	-361.973	1/4지점
74	-5637.851	439.055	-13331.220	-6050.408	4841.604	-11760.640	136.247	-136.247	526.588	-344.994	2/4지점
74	-5010.145	464.295	-11697.840	-5278.315	5019.007	-10938.880	114.881	-114.881	511.499	-328.014	3/4지점
74	-4411.245	470.718	-10116.880	-4534.219	5230.677	-10170.920	96.907	-96.907	496.410	-311.035	J지점
75	-4411.480	471.268	-10116.260	-4530.903	5233.008	-10166.460	93.989	-93.989	496.769	-311.199	I지점
75	-3853.771	475.291	-8635.607	-3831.840	5390.232	-9363.584	73.483	-73.483	480.251	-293.341	1/4지점
75	-3323.530	479.315	-7207.356	-3160.770	5582.120	-8724.045	56.368	-56.368	463.733	-275.482	2/4지점
75	-2820.628	483.338	-5831.506	-2517.694	5821.839	-8140.208	42.644	-42.644	447.216	-257.624	3/4지점
75	-2344.935	487.362	-4508.055	-1902.612	6095.324	-7505.171	32.313	-32.313	430.698	-239.765	J지점
76	-2344.546	487.697	-4505.899	-1899.126	6099.938	-7501.610	29.585	-29.585	430.999	-239.896	I지점
76	-1907.993	490.519	-3288.638	-1329.439	6319.961	-7040.754	14.923	-14.923	413.322	-221.360	1/4지점
76	-1497.023	493.341	-2124.201	-787.747	6573.735	-6576.750	5.142	-5.142	395.645	-206.488	2/4지점
76	-1110.140	496.163	-1013.013	-274.049	6869.720	-6208.752	4.225	-4.225	377.969	-200.231	3/4지점
76	-745.848	498.986	44.503	211.655	7209.607	-5912.488	8.711	-8.711	360.292	-193.975	J지점
77	-745.209	499.261	47.308	214.892	7218.761	-5912.546	11.127	-11.127	360.539	-194.046	I지점
77	-419.821	501.009	985.662	654.180	7657.061	-5861.885	22.161	-22.161	342.151	-187.434	1/4지점
77	-115.314	502.758	1869.911	1065.469	8108.330	-5856.177	29.803	-29.803	323.763	-180.822	2/4지점
77	168.530	504.506	2700.054	1448.760	8550.020	-5849.544	34.053	-34.053	305.376	-174.209	3/4지점
77	431.928	506.254	3476.092	1804.051	8972.290	-5843.479	34.911	-34.911	286.988	-167.597	J지점
78	432.600	506.465	3478.786	1806.690	8980.837	-5845.907	36.855	-36.855	287.179	-167.636	I지점
78	657.223	507.160	4133.247	2114.335	9298.575	-5838.998	45.284	-45.284	268.298	-160.784	1/4지점
78	861.951	507.856	4733.605	2393.982	9597.926	-5831.342	50.322	-50.322	249.416	-153.932	2/4지점
78	1047.116	508.551	5279.861	2645.631	9887.062	-5823.709	51.968	-51.968	230.534	-147.081	3/4지점
78	1213.050	509.247	5772.014	2869.283	10156.120	-5816.370	50.221	-50.221	211.653	-140.229	J지점
79	1213.563	509.375	5773.916	2871.029	10161.300	-5817.384	51.600	-51.600	211.795	-140.236	I지점
79	1341.399	509.498	6145.238	3047.423	10330.050	-5808.844	58.386	-58.386	192.679	-133.278	1/4지점
79	1450.332	509.622	6462.452	3195.817	10479.870	-5799.980	61.779	-61.779	173.562	-126.319	2/4지점
79	1540.364	509.746	6725.557	3316.209	10618.640	-5791.025	61.780	-61.780	154.445	-119.361	3/4지점
79	1611.493	509.870	6934.553	3408.600	10737.510	-5782.300	58.389	-58.389	135.329	-112.403	J지점
80	1611.745	509.903	6935.294	3409.320	10738.810	-5781.964	59.159	-59.159	135.436	-112.381	I지점
80	1644.439	509.583	7022.802	3454.502	10757.900	-5770.712	64.873	-64.873	116.217	-105.360	1/4지점
80	1658.233	509.263	7056.207	3471.686	10757.470	-5759.821	67.195	-67.195	101.899	-100.560	2/4지점
80	1653.128	508.942	7035.508	3460.872	10745.440	-5748.943	66.125	-66.125	121.164	-107.627	3/4지점
80	1629.122	508.622	6960.706	3422.059	10713.990	-5737.894	61.663	-61.663	140.429	-114.695	J지점
81	1629.061	508.554	6960.111	3421.670	10711.150	-5736.207	61.760	-61.760	140.316	-114.711	I지점
81	1566.637	507.809	6763.870	3335.756	10579.650	-5722.621	66.337	-66.337	159.466	-121.712	1/4지점
81	1485.320	507.065	6513.543	3221.853	10428.100	-5708.864	67.524	-67.524	178.616	-128.713	2/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
81	1385.109	506.320	6209.129	3079.960	10265.650	-5695.395	65.319	-65.319	197.766	-135.714	3/4지점
81	1266.004	505.576	5850.629	2910.078	10084.240	-5681.682	59.724	-59.724	216.916	-142.716	J지점
82	1265.682	505.418	5848.926	2908.690	10077.800	-5678.828	59.158	-59.158	216.772	-142.703	I지점
82	1108.718	504.202	5370.439	2692.094	9795.715	-5662.792	61.960	-61.960	235.687	-149.602	1/4지점
82	932.564	502.985	4837.964	2447.560	9493.581	-5646.573	61.377	-61.377	254.602	-156.500	2/4지점
82	736.887	501.768	4251.499	2175.087	9181.382	-5630.573	57.409	-57.409	273.518	-163.398	3/4지점
82	521.357	500.551	3611.044	1874.674	8850.792	-5614.450	50.057	-50.057	292.433	-170.297	J지점
83	520.874	500.317	3608.611	1872.454	8841.207	-5610.449	48.848	-48.848	292.246	-170.255	I지점
83	266.962	498.235	2848.125	1525.449	8405.774	-5591.402	48.930	-48.930	310.717	-176.948	1/4지점
83	-7.309	496.154	2033.762	1150.564	7950.667	-5573.109	45.633	-45.633	329.187	-183.642	2/4지점
83	-302.157	494.073	1165.523	747.798	7486.393	-5561.002	40.209	-40.209	347.658	-190.336	3/4지점
83	-617.797	491.991	243.407	317.151	7090.688	-5651.011	32.900	-32.900	366.129	-197.029	J지점
84	-618.252	491.712	240.988	314.478	7084.614	-5652.104	31.463	-31.463	365.903	-196.960	I지점
84	-972.473	488.765	-798.828	-161.145	6768.457	-5959.458	31.220	-31.220	383.818	-203.392	1/4지점
84	-1349.144	485.818	-1891.983	-664.588	6485.344	-6332.186	27.913	-27.913	401.734	-209.824	2/4지점
84	-1749.753	482.871	-3038.057	-1195.852	6246.138	-6765.616	21.542	-21.542	419.650	-225.556	3/4지점
84	-2175.786	479.924	-4236.629	-1754.938	6041.603	-7259.599	12.108	-12.108	437.565	-244.126	J지점
85	-2176.073	479.615	-4238.495	-1757.871	6038.271	-7264.765	10.058	-10.058	437.296	-244.014	I지점
85	-2641.494	475.089	-5543.562	-2360.589	5780.803	-7824.354	19.862	-19.862	454.360	-262.091	1/4지점
85	-3133.906	470.564	-6900.609	-2991.078	5558.485	-8443.319	33.030	-33.030	471.423	-280.168	2/4지점
85	-3653.438	466.038	-8309.638	-3649.336	5384.785	-9122.307	49.563	-49.563	488.487	-298.245	3/4지점
85	-4200.219	461.512	-9770.647	-4335.365	5246.164	-9861.764	69.460	-69.460	505.551	-316.322	J지점
86	-4200.150	461.154	-9771.320	-4338.210	5245.064	-9868.614	72.046	-72.046	505.239	-316.183	I지점
86	-4786.104	449.851	-11334.220	-5066.852	5052.410	-10673.490	89.922	-89.922	521.409	-333.708	1/4지점
86	-5400.779	419.928	-12948.980	-5823.197	4895.429	-11535.850	111.156	-111.156	537.580	-351.234	2/4지점
86	-6045.583	365.014	-14615.590	-6607.249	4788.654	-12457.240	135.746	-135.746	553.750	-368.759	3/4지점
86	-6721.921	278.740	-16334.070	-7419.005	4713.307	-13438.050	163.692	-163.692	569.921	-386.284	J지점
87	-6721.136	278.216	-16333.220	-7421.339	4713.490	-13444.740	166.520	-166.520	569.586	-386.126	I지점
87	-7450.435	160.891	-18127.650	-8267.984	4569.958	-14479.280	196.122	-196.122	583.984	-402.508	1/4지점
87	-8215.333	3.823	-19973.850	-9142.285	4465.951	-15569.250	229.076	-229.076	598.383	-418.890	2/4지점
87	-9018.542	-195.066	-21871.820	-10044.240	4417.523	-16715.500	265.380	-265.380	612.782	-435.272	3/4지점
87	-9862.778	-437.856	-23821.550	-10973.860	4398.167	-17922.300	305.034	-305.034	627.181	-451.654	J지점
88	-9860.952	-438.588	-23819.140	-10975.270	4398.720	-17927.540	308.039	-308.039	626.868	-451.493	I지점
88	-10778.020	-718.048	-25831.240	-11929.780	4328.847	-19202.200	364.812	-364.812	637.617	-465.560	1/4지점
88	-11741.860	-1045.468	-27894.500	-12911.900	4316.159	-20533.360	424.929	-424.929	648.367	-479.628	2/4지점
88	-12755.560	-1422.923	-30008.420	-13921.610	4323.481	-21976.540	488.390	-488.390	659.116	-493.695	3/4지점
88	-13822.260	-1852.487	-32172.490	-14958.930	4403.813	-23387.230	555.195	-555.195	669.865	-507.762	J지점
89	-13819.680	-1853.256	-32169.310	-14959.210	4405.652	-23390.090	557.542	-557.542	669.659	-507.654	I지점
89	-14731.450	-2229.747	-33916.510	-15791.000	4468.966	-24642.080	662.851	-662.851	673.091	-515.684	1/4지점
89	-15679.270	-2641.555	-35695.430	-16640.420	4559.408	-25993.260	770.297	-770.297	676.523	-523.715	2/4지점
89	-16663.370	-3089.381	-37506.070	-17507.470	4674.686	-27390.160	924.050	-924.050	679.955	-531.745	3/4지점
89	-17683.960	-3573.927	-39348.430	-18392.150	4805.252	-28659.330	1088.294	-1088.294	683.387	-539.776	J지점
90	-17675.020	-3571.677	-39322.710	-18387.660	4791.130	-28643.860	1045.089	-1045.089	685.030	-539.923	I지점
90	-16155.160	-3082.812	-36778.920	-17147.910	4743.418	-26884.300	874.236	-874.236	686.536	-538.813	1/4지점
90	-14692.280	-2650.345	-34284.590	-15935.650	4741.938	-25246.380	724.744	-724.744	688.043	-537.703	2/4지점
90	-13286.110	-2272.329	-31839.710	-14750.870	4801.707	-23886.520	603.359	-603.359	689.549	-536.593	3/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
90	-11936.380	-1946.821	-29444.290	-13593.580	4958.041	-22417.030	485.284	-485.284	691.056	-535.483	J지점
91	-11933.020	-1947.346	-29441.500	-13591.570	4960.726	-22417.070	483.710	-483.710	691.171	-535.550	I지점
91	-10650.670	-1670.294	-27072.920	-12442.560	5148.524	-21091.550	422.659	-422.659	686.348	-530.606	1/4지점
91	-9420.798	-1441.043	-24754.370	-11320.990	5371.611	-19843.630	364.901	-364.901	681.525	-525.663	2/4지점
91	-8239.838	-1256.923	-22486.520	-10226.850	5662.413	-18670.490	310.427	-310.427	676.702	-520.719	3/4지점
91	-7104.206	-1115.266	-20270.030	-9160.158	6017.566	-17572.930	259.232	-259.232	671.879	-515.775	J지점
92	-7101.411	-1115.608	-20267.860	-9157.632	6020.241	-17571.190	257.257	-257.257	672.066	-515.875	I지점
92	-6000.679	-1014.933	-18087.810	-8114.896	6360.062	-16590.670	218.674	-218.674	663.846	-508.873	1/4지점
92	-4938.975	-947.076	-15959.690	-7099.547	6769.334	-15700.060	183.350	-183.350	655.627	-501.872	2/4지점
92	-3913.656	-905.134	-13883.500	-6111.587	7262.945	-14904.600	151.280	-151.280	647.408	-494.871	3/4지점
92	-2922.083	-882.204	-11859.240	-5151.014	7828.656	-14213.090	122.457	-122.457	639.188	-487.869	J지점
93	-2919.972	-882.402	-11857.420	-5148.321	7832.828	-14212.090	120.652	-120.652	639.375	-487.966	I지점
93	-1956.770	-868.343	-9905.737	-4227.242	8415.598	-13670.580	92.667	-92.667	629.500	-479.999	1/4지점
93	-1023.736	-854.284	-8006.036	-3333.489	9088.934	-13105.340	67.908	-67.908	619.624	-472.033	2/4지점
93	-120.006	-840.225	-6158.479	-2467.062	9840.523	-12773.740	46.369	-46.369	609.748	-464.066	3/4지점
93	755.285	-826.166	-4363.231	-1627.962	10614.950	-12336.930	28.045	-28.045	599.873	-456.100	J지점
94	756.830	-826.269	-4361.507	-1625.511	10622.570	-12339.210	26.430	-26.430	600.032	-456.173	I지점
94	1586.011	-811.655	-2674.616	-831.228	11298.820	-11766.240	6.931	-6.931	589.228	-447.672	1/4지점
94	2387.737	-797.041	-1040.094	-64.217	11960.880	-11514.770	9.374	-9.374	578.423	-439.171	2/4지점
94	3162.068	-782.427	542.057	675.523	12615.190	-11263.320	22.491	-22.491	567.619	-430.670	3/4지점
94	3909.068	-767.813	2071.839	1387.992	13241.730	-11011.850	32.428	-32.428	556.815	-422.169	J지점
95	3910.438	-767.879	2073.734	1390.048	13248.000	-11012.980	33.860	-33.860	556.946	-422.220	I지점
95	4603.133	-752.248	3482.195	2055.544	13771.750	-10765.800	47.529	-47.529	545.364	-413.281	1/4지점
95	5269.134	-736.618	4838.396	2693.825	14280.520	-10518.670	58.037	-58.037	533.783	-404.341	2/4지점
95	5908.956	-720.987	6142.336	3304.891	14780.500	-10271.550	65.391	-65.391	522.201	-395.402	3/4지점
95	6523.114	-705.357	7394.017	3888.743	15252.370	-10024.420	69.598	-69.598	510.619	-386.462	J지점
96	6524.234	-705.395	7395.759	3890.364	15257.040	-10024.780	70.772	-70.772	510.725	-386.494	I지점
96	7090.300	-689.428	8531.001	4427.810	15635.040	-9782.038	80.869	-80.869	498.740	-377.367	1/4지점
96	7629.770	-673.460	9614.489	4938.090	15996.980	-9539.149	87.837	-87.837	486.756	-368.239	2/4지점
96	8141.149	-657.492	10646.640	5421.207	16350.300	-9296.385	91.682	-91.682	474.771	-359.112	3/4지점
96	8622.942	-641.524	11627.860	5877.159	16674.400	-9053.608	92.410	-92.410	462.787	-349.985	J지점
97	8623.760	-641.540	11629.250	5878.346	16677.520	-9053.437	93.303	-93.303	462.868	-350.000	I지점
97	9045.697	-624.774	12488.340	6287.722	16907.370	-8810.680	101.818	-101.818	450.589	-340.702	1/4지점
97	9437.075	-608.008	13296.980	6669.963	17118.030	-8567.920	107.234	-107.234	438.309	-331.405	2/4지점
97	9798.381	-591.242	14055.150	7025.071	17320.070	-8325.138	109.556	-109.556	426.030	-322.108	3/4지점
97	10130.100	-574.476	14762.870	7353.045	17495.870	-8082.432	108.790	-108.790	413.751	-312.810	J지점
98	10130.600	-574.473	14763.820	7353.832	17497.450	-8081.854	109.405	-109.405	413.814	-312.811	I지점
98	10409.440	-557.474	15356.860	7636.636	17580.450	-7839.728	117.062	-117.062	401.451	-303.465	1/4지점
98	10658.260	-540.476	15899.680	7892.302	17643.930	-7597.559	121.643	-121.643	389.088	-294.119	2/4지점
98	10876.120	-523.477	16392.530	8120.832	17695.710	-7355.349	123.156	-123.156	376.726	-284.772	3/4지점
98	11062.110	-506.478	16835.650	8322.225	17727.110	-7113.225	121.607	-121.607	364.363	-275.426	J지점
99	11062.240	-506.457	16836.070	8322.565	17727.050	-7112.292	121.947	-121.947	364.410	-275.414	I지점
99	11187.450	-489.081	17158.960	8477.248	17659.500	-6869.695	128.875	-128.875	351.934	-266.010	1/4지점
99	11279.850	-471.706	17432.360	8604.787	17569.760	-6627.098	132.754	-132.754	339.457	-256.606	2/4지점
99	11339.440	-454.331	17656.270	8705.183	17467.880	-6384.569	133.588	-133.588	326.981	-247.202	3/4지점
99	11366.220	-436.956	17830.680	8778.435	17345.410	-6141.945	131.386	-131.386	314.505	-237.799	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
100	11365.970	-436.917	17830.530	8778.305	17343.550	-6140.644	131.434	-131.434	314.538	-237.774	I지점
100	11332.490	-419.293	17885.440	8805.196	17128.770	-5898.259	137.859	-137.859	302.006	-228.354	1/4지점
100	11266.210	-401.668	17890.870	8804.954	16883.860	-5656.015	141.261	-141.261	289.475	-218.935	2/4지점
100	11167.130	-384.044	17846.830	8777.578	16626.870	-5413.639	141.646	-141.646	276.944	-209.515	3/4지점
100	11035.240	-366.419	17753.320	8723.067	16349.720	-5171.248	139.020	-139.020	264.412	-200.096	J지점
101	11034.640	-366.368	17752.610	8722.492	16346.480	-5169.777	138.755	-138.755	264.430	-200.063	I지점
101	10843.740	-348.590	17541.120	8622.002	15983.050	-4927.924	144.832	-144.832	251.870	-190.646	1/4지점
101	10620.030	-330.811	17280.140	8494.368	15585.590	-4686.057	147.910	-147.910	239.309	-181.229	2/4지점
101	10363.500	-313.033	16969.680	8339.592	15170.930	-4444.216	147.995	-147.995	226.749	-171.812	3/4지점
101	10074.170	-295.255	16609.720	8157.672	14737.960	-4202.369	145.095	-145.095	214.188	-162.396	J지점
102	10073.120	-295.185	16608.330	8156.563	14733.130	-4200.605	144.502	-144.502	214.196	-162.352	I지점
102	9729.752	-277.593	16136.640	7928.531	14217.550	-3959.034	150.042	-150.042	201.619	-152.938	1/4지점
102	9354.721	-260.002	15615.220	7673.362	13663.030	-3717.725	152.609	-152.609	189.042	-143.525	2/4지점
102	8949.159	-242.410	15043.830	7391.056	13089.040	-3476.199	152.551	-152.551	176.465	-134.111	3/4지점
102	8514.205	-224.819	14422.210	7081.614	12500.310	-3234.556	151.274	-151.274	163.888	-124.697	J지점
103	8512.629	-224.728	14420.070	7079.978	12494.170	-3232.567	150.411	-150.411	163.886	-124.646	I지점
103	8034.409	-207.510	13694.370	6725.246	11818.340	-2991.694	156.511	-156.511	151.330	-115.253	1/4지점
103	7528.329	-190.293	12918.010	6343.368	11106.600	-2750.836	159.987	-159.987	138.775	-105.861	2/4지점
103	6994.793	-173.075	12090.840	5934.344	10366.110	-2509.991	160.846	-160.846	126.219	-96.469	3/4지점
103	6434.210	-155.858	11212.690	5498.173	9612.925	-2269.144	159.094	-159.094	113.664	-87.077	J지점
104	6432.576	-155.771	11210.470	5496.376	9607.116	-2267.396	157.911	-157.911	113.658	-87.029	I지점
104	5949.565	-142.046	10426.690	5112.830	8927.939	-2073.108	159.689	-159.689	103.599	-79.473	1/4지점
104	5450.527	-128.321	9609.975	4711.916	8221.857	-1878.998	159.804	-159.804	93.540	-71.917	2/4지점
104	4936.481	-114.596	8760.123	4293.633	7496.695	-1684.698	158.260	-158.260	83.482	-64.360	3/4지점
104	4408.444	-100.871	7876.919	3857.982	6766.848	-1490.329	155.061	-155.061	73.423	-56.804	J지점
105	4406.683	-100.782	7874.529	3856.092	6760.963	-1488.648	153.552	-153.552	73.414	-56.757	I지점
105	3854.980	-87.159	6929.272	3390.540	5957.920	-1291.661	149.277	-149.277	63.360	-49.140	1/4지점
105	3290.308	-73.536	5950.458	2907.623	5124.957	-1094.672	143.354	-143.354	53.306	-41.523	2/4지점
105	2712.666	-59.913	4938.088	2407.341	4263.746	-897.713	135.787	-135.787	43.252	-33.906	3/4지점
105	2122.055	-46.291	3892.161	1889.694	3394.109	-700.767	126.580	-126.580	33.198	-26.289	J지점
106	2120.574	-46.218	3890.140	1888.162	3389.562	-699.536	124.997	-124.997	33.193	-26.253	I지점
106	1603.212	-34.671	2962.810	1433.496	2576.740	-524.780	95.706	-95.706	24.893	-19.693	1/4지점
106	1077.365	-23.123	2011.666	967.359	1741.580	-350.082	65.335	-65.335	16.593	-13.133	2/4지점
106	543.115	-11.575	1025.054	489.751	883.334	-175.292	33.886	-33.886	8.293	-6.574	3/4지점
106	0.545	-0.028	0.706	0.672	3.052	-2.526	1.362	-1.362	0.017	-0.014	J지점

[SHEAR FORCE]

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
1	-608.018	11.738	-1175.609	-537.038	158.692	-1064.128	39.959	-39.959	6.026	-8.961	I지점
1	-598.309	11.738	-1131.351	-523.585	159.123	-1039.474	38.589	-38.589	6.026	-8.961	1/4지점
1	-588.503	11.738	-1087.092	-510.131	167.643	-1015.567	37.216	-37.216	6.026	-8.961	2/4지점
1	-578.600	11.738	-1051.526	-496.678	179.104	-992.557	35.841	-35.841	6.026	-8.961	3/4지점
1	-568.600	11.738	-1025.529	-483.225	190.826	-970.523	34.464	-34.464	6.026	-8.961	J지점
2	-575.047	12.965	-1023.289	-505.715	204.376	-980.125	12.411	-12.411	7.047	-9.419	I지점
2	-562.366	12.965	-990.480	-488.736	217.446	-953.844	10.553	-10.553	7.047	-9.419	1/4지점
2	-549.686	12.965	-957.671	-471.758	231.257	-928.457	8.692	-8.692	7.047	-9.419	2/4지점
2	-537.006	12.965	-924.863	-454.779	245.689	-904.090	6.828	-6.828	7.047	-9.419	3/4지점
2	-524.326	12.965	-892.054	-437.801	260.484	-881.094	4.961	-4.961	7.047	-9.419	J지점
3	-511.121	13.002	-859.036	-433.526	247.804	-885.307	6.824	-6.824	7.241	-9.505	I지점
3	-497.943	13.002	-826.331	-416.548	260.963	-862.628	4.955	-4.955	7.241	-9.505	1/4지점
3	-483.770	13.002	-793.832	-399.571	274.726	-840.796	3.083	-3.083	7.241	-9.505	2/4지점
3	-468.601	13.002	-761.539	-382.593	288.991	-819.692	1.576	-1.576	7.241	-9.505	3/4지점
3	-452.437	13.002	-729.452	-365.615	303.633	-799.593	3.338	-3.338	7.241	-9.505	J지점
4	-432.533	12.833	-678.960	-354.405	280.297	-796.193	5.304	-5.304	7.303	-9.507	I지점
4	-411.551	12.833	-639.053	-333.188	296.616	-770.319	2.954	-2.954	7.303	-9.507	1/4지점
4	-390.252	12.833	-599.275	-311.971	313.930	-745.346	1.405	-1.405	7.303	-9.507	2/4지점
4	-368.635	12.833	-559.625	-290.754	332.086	-721.455	3.616	-3.616	7.303	-9.507	3/4지점
4	-346.701	12.833	-520.103	-269.537	350.845	-698.786	5.833	-5.833	7.303	-9.507	J지점
5	-322.188	12.290	-460.917	-255.282	323.611	-700.964	4.616	-4.616	7.291	-9.503	I지점
5	-299.647	12.290	-421.550	-234.062	340.428	-676.806	2.248	-2.248	7.291	-9.503	1/4지점
5	-276.218	12.290	-382.377	-212.842	358.260	-653.423	1.185	-1.185	7.291	-9.503	2/4지점
5	-251.900	12.290	-343.396	-191.622	376.899	-630.992	3.412	-3.412	7.291	-9.503	3/4지점
5	-226.693	12.290	-304.608	-170.402	396.189	-609.683	5.646	-5.646	7.291	-9.503	J지점
6	-208.777	11.926	-257.883	-156.137	367.352	-615.691	4.559	-4.559	7.267	-9.505	I지점
6	-183.124	11.926	-219.190	-134.916	384.859	-592.640	2.173	-2.173	7.267	-9.505	1/4지점
6	-157.472	11.926	-180.498	-113.695	403.349	-570.325	0.663	-0.663	7.267	-9.505	2/4지점
6	-131.819	11.926	-141.805	-92.474	422.689	-548.924	2.908	-2.908	7.267	-9.505	3/4지점
6	-106.167	11.926	-103.112	-71.253	442.689	-528.594	5.159	-5.159	7.267	-9.505	J지점
7	-101.066	12.209	-74.912	-57.807	417.205	-540.240	4.650	-4.650	7.266	-9.555	I지점
7	-75.415	12.209	-36.221	-36.586	435.411	-518.136	2.246	-2.246	7.266	-9.555	1/4지점
7	-49.764	12.209	2.470	-15.366	454.635	-496.711	0.230	-0.230	7.266	-9.555	2/4지점
7	-24.113	12.209	41.161	5.854	474.701	-476.251	2.576	-2.576	7.266	-9.555	3/4지점
7	1.539	12.209	79.852	27.074	495.441	-456.743	4.995	-4.995	7.266	-9.555	J지점
8	5.324	12.644	106.725	39.936	476.962	-473.281	4.546	-4.546	7.303	-9.656	I지점
8	30.976	12.644	145.417	61.156	495.950	-452.006	2.124	-2.124	7.303	-9.656	1/4지점
8	56.628	12.644	184.109	82.377	515.946	-431.511	0.303	-0.303	7.303	-9.656	2/4지점
8	82.280	12.644	222.801	103.598	536.798	-411.793	2.735	-2.735	7.303	-9.656	3/4지점
8	107.932	12.644	261.493	124.818	558.328	-393.156	5.172	-5.172	7.303	-9.656	J지점
9	112.999	13.128	291.047	137.726	544.173	-413.665	4.297	-4.297	7.375	-9.804	I지점
9	138.288	13.128	329.834	158.945	563.936	-393.275	1.988	-1.988	7.375	-9.804	1/4지점
9	162.853	13.128	368.813	180.165	584.751	-373.508	0.586	-0.586	7.375	-9.804	2/4지점
9	186.694	13.128	407.986	201.384	606.410	-354.654	3.035	-3.035	7.375	-9.804	3/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
9	209.812	13.128	447.352	222.604	628.753	-336.819	5.489	-5.489	7.375	-9.804	J지점
10	214.612	13.847	478.327	235.996	618.781	-361.802	4.175	-4.175	7.516	-10.010	I지점
10	237.563	13.847	517.797	257.220	639.398	-342.090	1.879	-1.879	7.516	-10.010	1/4지점
10	260.895	13.847	557.267	278.443	661.049	-323.084	0.966	-0.966	7.516	-10.010	2/4지점
10	284.608	13.847	596.736	299.667	683.536	-304.984	3.433	-3.433	7.516	-10.010	3/4지점
10	308.702	13.847	636.206	320.891	706.669	-287.915	5.905	-5.905	7.516	-10.010	J지점
11	316.696	14.508	672.677	334.724	702.387	-314.942	3.692	-3.692	7.702	-10.339	I지점
11	340.390	14.508	712.297	355.942	723.826	-296.082	1.381	-1.381	7.702	-10.339	1/4지점
11	362.916	14.508	752.238	377.161	746.307	-277.960	2.019	-2.019	7.702	-10.339	2/4지점
11	384.274	14.508	792.502	398.379	769.617	-260.693	4.503	-4.503	7.702	-10.339	3/4지점
11	404.464	14.508	833.086	419.597	793.573	-244.471	6.992	-6.992	7.702	-10.339	J지점
12	406.108	16.025	864.075	431.073	795.739	-283.724	2.625	-2.625	8.144	-11.123	I지점
12	425.921	16.025	904.831	452.297	817.957	-258.878	1.928	-1.928	8.144	-11.123	1/4지점
12	446.135	16.025	945.588	473.521	841.174	-241.358	4.424	-4.424	8.144	-11.123	2/4지점
12	466.753	16.025	986.344	494.744	865.177	-225.041	6.925	-6.925	8.144	-11.123	3/4지점
12	487.773	16.025	1027.100	515.968	889.736	-209.796	9.432	-9.432	8.144	-11.123	J지점
13	494.089	17.761	1067.905	529.440	901.850	-247.728	3.551	-3.551	8.732	-12.136	I지점
13	515.328	17.761	1108.650	550.658	925.005	-223.801	6.059	-6.059	8.732	-12.136	1/4지점
13	536.617	17.761	1149.395	571.876	949.088	-207.690	8.572	-8.572	8.732	-12.136	2/4지점
13	557.954	17.761	1190.139	593.093	973.869	-192.529	11.090	-11.090	8.732	-12.136	3/4지점
13	579.340	17.761	1230.884	614.311	999.165	-178.474	13.613	-13.613	8.732	-12.136	J지점
14	601.296	19.150	1296.854	631.107	1022.796	-205.230	9.825	-9.825	9.472	-13.348	I지점
14	623.047	19.150	1337.543	652.330	1047.224	-189.672	12.351	-12.351	9.472	-13.348	1/4지점
14	645.469	19.150	1378.104	673.552	1072.421	-174.983	14.882	-14.882	9.472	-13.348	2/4지점
14	668.563	19.150	1418.536	694.775	1098.155	-161.396	17.419	-17.419	9.472	-13.348	3/4지점
14	692.329	19.150	1458.840	715.997	1124.138	-149.063	19.961	-19.961	9.472	-13.348	J지점
15	776.165	17.121	1613.026	744.408	1165.690	-182.937	17.787	-17.787	10.728	-15.340	I지점
15	801.286	29.178	1653.259	765.628	1191.023	-168.004	20.330	-20.330	10.728	-15.340	1/4지점
15	828.454	46.582	1693.493	786.847	1217.102	-154.026	22.879	-22.879	10.728	-15.340	2/4지점
15	857.669	69.334	1733.726	808.066	1243.670	-141.171	25.433	-25.433	10.728	-15.340	3/4지점
15	888.930	97.435	1773.959	829.286	1270.559	-129.519	27.991	-27.991	10.728	-15.340	J지점
16	981.614	95.006	1932.688	872.192	1352.417	-162.951	36.662	-36.662	12.819	-18.674	I지점
16	1015.289	126.818	1972.670	893.414	1379.281	-148.697	39.223	-39.223	12.819	-18.674	1/4지점
16	1051.733	160.694	2012.138	914.637	1407.001	-135.363	41.789	-41.789	12.819	-18.674	2/4지점
16	1090.947	196.634	2051.091	935.859	1435.357	-124.354	44.361	-44.361	12.819	-18.674	3/4지점
16	1132.932	234.638	2089.529	957.082	1464.135	-119.267	46.937	-46.937	12.819	-18.674	J지점
17	1193.543	239.539	2227.693	1015.738	1627.307	-202.372	131.223	-131.223	17.212	-25.726	I지점
17	1237.008	279.320	2265.867	1036.956	1656.640	-196.012	133.617	-133.617	17.212	-25.726	1/4지점
17	1280.680	320.601	2304.042	1058.175	1686.980	-190.095	136.016	-136.016	17.212	-25.726	2/4지점
17	1324.558	363.384	2342.216	1079.394	1718.113	-184.713	138.421	-138.421	17.212	-25.726	3/4지점
17	1368.643	407.667	2380.390	1100.612	1749.827	-181.106	140.832	-140.832	17.212	-25.726	J지점
18	-1044.634	-517.412	-2071.282	-981.132	367.608	-1766.994	149.702	-149.702	32.792	-26.045	I지점
18	-1009.385	-481.718	-2040.739	-964.155	367.982	-1741.965	147.777	-147.777	32.792	-26.045	1/4지점
18	-974.349	-446.700	-2010.196	-947.178	370.742	-1717.239	145.853	-145.853	32.792	-26.045	2/4지점
18	-939.524	-412.357	-1979.653	-930.201	375.366	-1692.943	143.928	-143.928	32.792	-26.045	3/4지점
18	-904.911	-378.690	-1949.110	-913.224	380.299	-1669.226	142.004	-142.004	32.792	-26.045	J지점

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
19	-870.411	-369.340	-1850.647	-868.181	243.519	-1491.287	50.144	-50.144	25.035	-21.159	I지점
19	-828.561	-328.480	-1812.279	-846.962	248.089	-1462.504	47.554	-47.554	25.035	-21.159	1/4지점
19	-789.268	-289.215	-1773.526	-825.743	253.270	-1434.056	44.964	-44.964	25.035	-21.159	2/4지점
19	-752.533	-251.545	-1734.386	-804.524	259.024	-1406.140	42.374	-42.374	25.035	-21.159	3/4지점
19	-718.355	-215.470	-1694.860	-783.305	265.308	-1378.977	39.784	-39.784	25.035	-21.159	J지점
20	-695.675	-209.434	-1620.760	-751.101	205.214	-1286.001	29.458	-29.458	20.385	-18.197	I지점
20	-663.810	-174.947	-1581.034	-729.878	215.670	-1259.036	26.870	-26.870	20.385	-18.197	1/4지점
20	-634.029	-142.056	-1541.307	-708.655	227.293	-1232.363	24.283	-24.283	20.385	-18.197	2/4지점
20	-606.331	-110.760	-1501.581	-687.432	240.005	-1206.134	21.696	-21.696	20.385	-18.197	3/4지점
20	-580.715	-81.059	-1461.855	-666.209	253.671	-1180.543	19.108	-19.108	20.385	-18.197	J지점
21	-560.135	-75.978	-1371.446	-644.772	222.757	-1138.660	21.098	-21.098	18.369	-16.895	I지점
21	-536.021	-49.519	-1331.724	-623.552	234.260	-1112.860	18.514	-18.514	18.369	-16.895	1/4지점
21	-512.819	-27.938	-1292.003	-602.331	246.931	-1087.316	15.930	-15.930	18.369	-16.895	2/4지점
21	-490.529	-11.237	-1252.282	-581.111	260.725	-1062.181	13.346	-13.346	18.369	-16.895	3/4지점
21	-469.151	0.586	-1212.561	-559.891	275.511	-1037.656	10.761	-10.761	18.369	-16.895	J지점
22	-445.537	3.784	-1140.147	-540.578	246.766	-1010.286	15.326	-15.326	17.008	-16.036	I지점
22	-424.666	3.784	-1100.428	-519.359	259.813	-984.934	12.745	-12.745	17.008	-16.036	1/4지점
22	-403.893	3.784	-1060.709	-498.139	274.121	-959.875	10.164	-10.164	17.008	-16.036	2/4지점
22	-383.220	3.784	-1020.989	-476.920	289.526	-935.367	7.583	-7.583	17.008	-16.036	3/4지점
22	-362.645	3.784	-981.270	-455.701	305.803	-911.652	5.002	-5.002	17.008	-16.036	J지점
23	-343.047	3.308	-923.777	-439.677	278.320	-896.624	10.961	-10.961	16.124	-15.504	I지점
23	-323.089	3.308	-883.896	-418.457	293.035	-871.688	8.383	-8.383	16.124	-15.504	1/4지점
23	-304.264	3.308	-843.694	-397.237	309.005	-847.186	5.805	-5.805	16.124	-15.504	2/4지점
23	-286.572	3.308	-803.170	-376.018	326.036	-823.356	3.227	-3.227	16.124	-15.504	3/4지점
23	-270.015	3.308	-762.326	-354.798	343.900	-800.441	1.646	-1.646	16.124	-15.504	J지점
24	-252.280	2.022	-710.751	-339.839	314.403	-795.961	8.317	-8.317	15.488	-15.142	I지점
24	-236.370	2.022	-669.742	-318.617	330.538	-771.484	5.742	-5.742	15.488	-15.142	1/4지점
24	-220.625	2.022	-628.732	-297.394	347.922	-747.519	3.167	-3.167	15.488	-15.142	2/4지점
24	-205.046	2.022	-587.723	-276.172	366.339	-724.333	0.654	-0.654	15.488	-15.142	3/4지점
24	-189.632	2.022	-546.713	-254.950	385.552	-702.180	3.003	-3.003	15.488	-15.142	J지점
25	-175.161	1.179	-501.666	-241.205	358.071	-706.133	6.552	-6.552	15.093	-14.938	I지점
25	-159.955	1.179	-460.658	-219.983	375.504	-682.215	3.980	-3.980	15.093	-14.938	1/4지점
25	-145.001	1.179	-419.649	-198.761	394.178	-658.887	1.408	-1.408	15.093	-14.938	2/4지점
25	-130.298	1.179	-378.640	-177.539	413.876	-636.421	1.448	-1.448	15.093	-14.938	3/4지점
25	-115.847	1.179	-337.632	-156.318	434.323	-615.082	3.788	-3.788	15.093	-14.938	J지점
26	-102.386	0.613	-294.434	-143.121	410.045	-626.374	5.504	-5.504	14.864	-14.846	I지점
26	-88.062	0.613	-253.432	-121.903	428.603	-603.133	2.935	-2.935	14.864	-14.846	1/4지점
26	-73.739	0.613	-212.429	-100.684	448.415	-580.524	0.367	-0.367	14.864	-14.846	2/4지점
26	-59.415	0.613	-171.426	-79.465	469.222	-558.845	2.202	-2.202	14.864	-14.846	3/4지점
26	-45.092	0.613	-130.423	-58.247	490.745	-538.341	4.770	-4.770	14.864	-14.846	J지점
27	-31.857	0.255	-87.059	-44.755	470.150	-555.092	4.983	-4.983	14.783	-14.850	I지점
27	-17.532	0.255	-46.050	-23.533	489.765	-532.652	2.562	-2.562	14.783	-14.850	1/4지점
27	-3.206	0.255	-5.042	-2.311	510.594	-510.900	0.241	-0.241	14.783	-14.850	2/4지점
27	11.119	0.255	35.967	18.910	532.389	-490.108	2.714	-2.714	14.783	-14.850	3/4지점
27	25.445	0.255	76.976	40.132	554.866	-470.541	5.280	-5.280	14.783	-14.850	J지점
28	38.686	-0.087	120.352	53.694	538.573	-491.635	4.520	-4.520	14.787	-14.938	I지점

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
28	53.009	-0.087	161.353	74.911	559.125	-470.157	2.209	-2.209	14.787	-14.938	1/4지점
28	67.332	-0.087	202.354	96.129	580.819	-449.390	0.751	-0.751	14.787	-14.938	2/4지점
28	81.654	-0.087	243.355	117.347	603.457	-429.622	3.313	-3.313	14.787	-14.938	3/4지점
28	95.977	-0.087	284.355	138.564	626.737	-411.104	5.875	-5.875	14.787	-14.938	J지점
29	109.480	-0.592	327.701	151.996	615.815	-435.772	3.959	-3.959	14.874	-15.160	I지점
29	123.929	-0.592	368.705	173.215	637.157	-415.365	1.658	-1.658	14.874	-15.160	1/4지점
29	138.630	-0.592	409.709	194.434	659.638	-395.709	1.785	-1.785	14.874	-15.160	2/4지점
29	153.583	-0.592	450.713	215.654	682.992	-377.074	4.344	-4.344	14.874	-15.160	3/4지점
29	168.787	-0.592	491.717	236.873	706.907	-359.683	6.903	-6.903	14.874	-15.160	J지점
30	183.283	-1.282	537.106	251.055	703.321	-387.542	3.168	-3.168	15.046	-15.501	I지점
30	198.697	-1.282	578.113	272.276	725.470	-368.377	1.003	-1.003	15.046	-15.501	1/4지점
30	214.275	-1.282	619.121	293.497	748.675	-350.001	3.560	-3.560	15.046	-15.501	2/4지점
30	230.019	-1.282	660.128	314.718	772.638	-332.658	6.116	-6.116	15.046	-15.501	3/4지점
30	245.928	-1.282	701.135	335.939	797.117	-316.574	8.673	-8.673	15.046	-15.501	J지점
31	263.319	-2.405	752.350	351.447	801.744	-345.942	2.032	-2.032	15.327	-16.004	I지점
31	279.875	-2.405	793.191	372.665	824.631	-328.110	3.597	-3.597	15.327	-16.004	1/4지점
31	297.565	-2.405	833.712	393.883	848.456	-311.113	6.151	-6.151	15.327	-16.004	2/4지점
31	316.388	-2.405	873.911	415.102	872.953	-295.185	8.704	-8.704	15.327	-16.004	3/4지점
31	336.346	-2.405	913.789	436.320	897.855	-280.487	11.258	-11.258	15.327	-16.004	J지점
32	355.527	-3.178	969.656	453.054	912.449	-307.358	5.452	-5.452	15.703	-16.639	I지점
32	376.097	-3.178	1009.367	474.269	936.143	-291.098	8.003	-8.003	15.703	-16.639	1/4지점
32	396.766	-3.178	1049.078	495.484	960.609	-275.718	10.553	-10.553	15.703	-16.639	2/4지점
32	417.534	-3.178	1088.789	516.699	985.643	-261.411	13.104	-13.104	15.703	-16.639	3/4지점
32	438.401	-3.178	1128.500	537.914	1010.981	-248.365	15.655	-15.655	15.703	-16.639	J지점
33	462.698	-3.468	1197.098	558.032	1037.001	-275.948	11.416	-11.416	16.294	-17.573	I지점
33	484.153	8.351	1236.808	579.246	1061.483	-261.156	13.964	-13.964	16.294	-17.573	1/4지점
33	506.684	25.048	1276.518	600.461	1086.584	-247.332	16.512	-16.512	16.294	-17.573	2/4지점
33	530.292	46.622	1316.228	621.675	1112.095	-234.618	19.060	-19.060	16.294	-17.573	3/4지점
33	554.978	73.075	1355.938	642.890	1137.865	-223.060	21.608	-21.608	16.294	-17.573	J지점
34	582.391	77.153	1445.626	665.061	1176.114	-250.985	20.188	-20.188	17.076	-18.770	I지점
34	608.658	106.844	1485.338	686.277	1201.679	-237.240	22.734	-22.734	17.076	-18.770	1/4지점
34	637.007	138.129	1525.051	707.492	1227.885	-224.430	25.280	-25.280	17.076	-18.770	2/4지점
34	667.438	171.009	1564.763	728.708	1254.560	-212.692	27.826	-27.826	17.076	-18.770	3/4지점
34	699.951	205.483	1604.476	749.924	1281.511	-202.134	30.372	-30.372	17.076	-18.770	J지점
35	727.219	212.915	1687.180	781.971	1363.000	-243.582	41.471	-41.471	18.889	-21.629	I지점
35	761.968	248.982	1726.697	803.186	1390.199	-237.205	44.015	-44.015	18.889	-21.629	1/4지점
35	799.109	286.644	1765.829	824.401	1418.166	-231.365	46.558	-46.558	18.889	-21.629	2/4지점
35	838.641	325.901	1804.574	845.615	1446.678	-226.107	49.101	-49.101	18.889	-21.629	3/4지점
35	880.564	366.753	1842.934	866.830	1475.544	-221.460	51.645	-51.645	18.889	-21.629	J지점
36	928.111	372.016	1939.225	908.768	1631.616	-333.551	146.541	-146.541	22.008	-26.641	I지점
36	962.710	405.671	1969.757	925.739	1655.490	-328.484	148.339	-148.339	22.008	-26.641	1/4지점
36	997.522	440.001	2000.289	942.709	1679.937	-323.744	150.136	-150.136	22.008	-26.641	2/4지점
36	1032.546	475.006	2030.820	959.680	1704.844	-319.684	151.934	-151.934	22.008	-26.641	3/4지점
36	1067.781	510.687	2061.352	976.650	1730.088	-319.305	153.731	-153.731	22.008	-26.641	J지점
37	-1337.185	-402.061	-2286.643	-1076.742	182.785	-1714.755	126.605	-126.605	20.869	-13.979	I지점
37	-1293.113	-357.791	-2248.481	-1055.530	187.237	-1683.343	124.366	-124.366	20.869	-13.979	1/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
37	-1249.248	-315.021	-2210.318	-1034.318	192.503	-1652.477	122.133	-122.133	20.869	-13.979	2/4지점
37	-1205.589	-273.753	-2172.155	-1013.106	198.284	-1622.389	119.904	-119.904	20.869	-13.979	3/4지점
37	-1162.137	-233.984	-2133.993	-991.893	204.499	-1593.253	117.681	-117.681	20.869	-13.979	J지점
38	-1101.292	-232.946	-2021.638	-946.224	115.841	-1448.637	46.307	-46.307	15.923	-10.986	I지점
38	-1059.324	-194.957	-1983.215	-925.010	120.800	-1419.975	43.792	-43.792	15.923	-10.986	1/4지점
38	-1020.126	-159.031	-1944.278	-903.796	126.377	-1391.725	41.281	-41.281	15.923	-10.986	2/4지점
38	-983.696	-125.169	-1904.826	-882.582	136.438	-1364.101	38.776	-38.776	15.923	-10.986	3/4지점
38	-950.035	-93.371	-1864.860	-861.368	150.315	-1337.280	36.276	-36.276	15.923	-10.986	J지점
39	-886.541	-95.497	-1759.499	-829.541	119.950	-1269.400	28.517	-28.517	13.419	-9.492	I지점
39	-855.294	-67.409	-1719.284	-808.331	131.255	-1242.603	26.024	-26.024	13.419	-9.492	1/4지점
39	-826.092	-44.666	-1679.068	-787.121	143.779	-1216.081	23.536	-23.536	13.419	-9.492	2/4지점
39	-798.937	-27.269	-1638.852	-765.911	157.402	-1190.048	21.054	-21.054	13.419	-9.492	3/4지점
39	-773.826	-15.218	-1598.636	-744.701	171.964	-1164.718	18.576	-18.576	13.419	-9.492	J지점
40	-720.929	-16.238	-1493.812	-721.395	141.043	-1130.369	20.555	-20.555	11.923	-8.586	I지점
40	-697.181	-16.238	-1453.538	-700.188	153.027	-1104.404	18.084	-18.084	11.923	-8.586	1/4지점
40	-674.104	-16.238	-1413.136	-678.982	166.237	-1078.727	15.618	-15.618	11.923	-8.586	2/4지점
40	-651.698	-16.238	-1372.606	-657.775	180.538	-1053.511	13.157	-13.157	11.923	-8.586	3/4지점
40	-629.963	-16.238	-1331.947	-636.568	197.668	-1029.071	10.701	-10.701	11.923	-8.586	J지점
41	-610.632	-15.458	-1273.147	-620.461	171.690	-1007.505	14.104	-14.104	11.126	-8.116	I지점
41	-589.252	-15.458	-1232.416	-599.250	185.393	-982.223	11.654	-11.654	11.126	-8.116	1/4지점
41	-567.922	-15.458	-1191.684	-578.039	200.203	-957.407	9.209	-9.209	11.126	-8.116	2/4지점
41	-546.640	-15.458	-1150.953	-556.828	217.148	-933.274	6.770	-6.770	11.126	-8.116	3/4지점
41	-525.408	-15.458	-1110.221	-535.617	240.925	-910.084	4.337	-4.337	11.126	-8.116	J지점
42	-513.578	-14.627	-1064.330	-521.339	204.983	-898.368	9.773	-9.773	10.532	-7.784	I지점
42	-492.576	-14.627	-1023.608	-500.133	219.916	-873.777	7.346	-7.346	10.532	-7.784	1/4지점
42	-471.976	-14.627	-982.887	-478.927	235.937	-849.775	4.925	-4.925	10.532	-7.784	2/4지점
42	-451.778	-14.627	-942.165	-457.721	253.472	-826.555	2.508	-2.508	10.532	-7.784	3/4지점
42	-431.982	-14.627	-901.443	-436.515	277.857	-804.324	2.205	-2.205	10.532	-7.784	J지점
43	-424.108	-13.811	-863.152	-423.723	241.935	-801.734	7.222	-7.222	10.076	-7.532	I지점
43	-403.929	-13.811	-822.589	-402.516	257.899	-777.834	4.816	-4.816	10.076	-7.532	1/4지점
43	-382.583	-13.811	-782.348	-381.309	274.919	-754.487	2.416	-2.416	10.076	-7.532	2/4지점
43	-360.069	-13.811	-742.427	-360.102	292.799	-732.009	1.276	-1.276	10.076	-7.532	3/4지점
43	-336.388	-13.811	-702.828	-338.895	311.348	-710.554	3.346	-3.346	10.076	-7.532	J지점
44	-322.288	-13.698	-658.540	-324.565	287.310	-714.725	6.204	-6.204	9.933	-7.463	I지점
44	-298.213	-13.698	-619.101	-303.358	304.173	-691.659	3.819	-3.819	9.933	-7.463	1/4지점
44	-274.518	-13.698	-579.662	-282.151	322.060	-669.237	1.440	-1.440	9.933	-7.463	2/4지점
44	-251.205	-13.698	-540.223	-260.944	340.827	-647.610	1.350	-1.350	9.933	-7.463	3/4지점
44	-228.272	-13.698	-500.784	-239.736	360.272	-627.023	3.397	-3.397	9.933	-7.463	J지점
45	-217.827	-13.352	-461.965	-226.057	337.769	-636.777	5.773	-5.773	9.827	-7.393	I지점
45	-194.721	-13.352	-422.620	-204.848	355.427	-614.535	3.410	-3.410	9.827	-7.393	1/4지점
45	-170.892	-13.352	-383.468	-183.640	374.099	-592.927	1.051	-1.051	9.827	-7.393	2/4지점
45	-146.340	-13.352	-344.509	-162.431	393.617	-572.171	1.302	-1.302	9.827	-7.393	3/4지점
45	-121.065	-13.352	-305.743	-141.223	413.799	-552.424	3.650	-3.650	9.827	-7.393	J지점
46	-108.692	-13.205	-265.208	-127.257	396.122	-565.523	5.474	-5.474	9.776	-7.378	I지점
46	-83.058	-13.205	-226.542	-106.051	414.631	-544.104	3.132	-3.132	9.776	-7.378	1/4지점
46	-57.424	-13.205	-187.877	-84.845	434.142	-523.326	0.925	-0.925	9.776	-7.378	2/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
46	-31.790	-13.205	-149.212	-63.640	454.508	-503.415	1.537	-1.537	9.776	-7.378	3/4지점
46	-6.156	-13.205	-110.547	-42.434	475.549	-484.496	3.865	-3.865	9.776	-7.378	J지점
47	4.455	-13.008	-73.023	-28.791	461.060	-501.828	5.354	-5.354	9.730	-7.364	I지점
47	30.088	-13.008	-34.359	-7.585	480.409	-481.195	3.250	-3.250	9.730	-7.364	1/4지점
47	55.721	-13.008	4.305	13.620	500.768	-461.239	1.263	-1.263	9.730	-7.364	2/4지점
47	81.355	-13.008	42.969	34.825	521.997	-442.124	1.593	-1.593	9.730	-7.364	3/4지점
47	106.988	-13.008	81.633	56.030	543.926	-423.966	3.899	-3.899	9.730	-7.364	J지점
48	118.474	-12.890	120.245	70.007	533.751	-448.085	5.739	-5.739	9.710	-7.368	I지점
48	144.108	-12.890	158.910	91.213	553.975	-428.218	3.772	-3.772	9.710	-7.368	1/4지점
48	169.742	-12.890	197.574	112.418	575.246	-409.002	1.811	-1.811	9.710	-7.368	2/4지점
48	195.376	-12.890	236.239	133.624	597.416	-390.602	1.532	-1.532	9.710	-7.368	3/4지점
48	221.010	-12.890	274.904	154.830	620.314	-373.176	3.816	-3.816	9.710	-7.368	J지점
49	238.887	-13.107	322.785	169.346	615.409	-400.562	6.442	-6.442	9.715	-7.384	I지점
49	264.077	-13.107	361.547	190.552	636.616	-381.418	4.498	-4.498	9.715	-7.384	1/4지점
49	288.379	-13.107	400.502	211.758	658.930	-362.893	2.558	-2.558	9.715	-7.384	2/4지점
49	311.793	-13.107	439.650	232.964	682.202	-345.176	1.586	-1.586	9.715	-7.384	3/4지점
49	334.318	-13.107	478.991	254.170	706.226	-328.471	3.848	-3.848	9.715	-7.384	J지점
50	353.698	-13.358	530.999	268.292	704.654	-354.369	6.613	-6.613	9.709	-7.384	I지점
50	375.624	-13.358	570.505	289.501	727.242	-335.742	4.691	-4.691	9.709	-7.384	1/4지점
50	397.232	-13.358	610.140	310.710	751.047	-317.717	2.774	-2.774	9.709	-7.384	2/4지점
50	418.523	-13.358	649.903	331.919	775.905	-300.540	2.352	-2.352	9.709	-7.384	3/4지점
50	439.497	-13.358	689.795	353.128	801.653	-284.320	4.593	-4.593	9.709	-7.384	J지점
51	457.706	-13.446	737.742	365.793	808.337	-307.450	4.122	-4.122	9.721	-7.361	I지점
51	473.859	-13.446	769.806	382.758	828.388	-292.967	2.603	-2.603	9.721	-7.361	1/4지점
51	489.017	-13.446	802.076	399.724	849.377	-278.866	2.656	-2.656	9.721	-7.361	2/4지점
51	503.180	-13.446	834.551	416.689	871.211	-265.214	4.438	-4.438	9.721	-7.361	3/4지점
51	516.347	-13.446	867.232	433.654	893.766	-252.181	6.217	-6.217	9.721	-7.361	J지점
52	528.336	-13.374	897.967	441.101	895.390	-267.363	4.569	-4.569	9.677	-7.264	I지점
52	541.008	-13.374	930.754	458.068	918.352	-252.791	6.345	-6.345	9.677	-7.264	1/4지점
52	553.680	-13.374	963.540	475.035	942.507	-238.588	8.117	-8.117	9.677	-7.264	2/4지점
52	566.351	-13.374	996.327	492.002	967.699	-224.950	9.885	-9.885	9.677	-7.264	3/4지점
52	579.023	-13.374	1029.114	508.969	993.780	-212.044	11.651	-11.651	9.677	-7.264	J지점
53	588.705	-12.783	1056.412	506.028	1015.331	-211.422	31.637	-31.637	9.518	-6.815	I지점
53	598.948	-12.783	1083.043	519.810	1037.552	-199.811	32.853	-32.853	9.518	-6.815	1/4지점
53	609.092	-12.783	1118.280	533.592	1060.760	-188.434	34.067	-34.067	9.518	-6.815	2/4지점
53	619.138	-12.783	1163.618	547.373	1084.872	-182.282	35.279	-35.279	9.518	-6.815	3/4지점
53	629.084	-12.783	1208.956	561.155	1109.790	-181.843	36.488	-36.488	9.518	-6.815	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
54	-691.266	14.487	-1315.120	-631.748	239.446	-1237.949	36.545	-36.545	8.654	-10.466	I지점
54	-681.295	14.487	-1269.673	-617.933	239.882	-1213.768	35.251	-35.251	8.654	-10.466	1/4지점
54	-671.226	14.487	-1224.225	-604.118	240.892	-1190.266	33.954	-33.954	8.654	-10.466	2/4지점
54	-661.057	14.487	-1187.703	-590.303	248.993	-1167.771	32.655	-32.655	8.654	-10.466	3/4지점
54	-650.789	14.487	-1161.007	-576.489	259.592	-1146.206	31.354	-31.354	8.654	-10.466	J지점
55	-601.004	13.274	-1072.282	-531.416	221.619	-1036.288	10.884	-10.884	7.636	-10.016	I지점
55	-587.988	13.274	-1038.606	-513.989	234.343	-1009.787	9.030	-9.030	7.636	-10.016	1/4지점
55	-574.973	13.274	-1004.930	-496.562	247.847	-984.133	7.172	-7.172	7.636	-10.016	2/4지점
55	-561.957	13.274	-971.253	-479.135	261.915	-959.703	5.312	-5.312	7.636	-10.016	3/4지점
55	-548.942	13.274	-937.577	-461.707	276.319	-936.414	3.448	-3.448	7.636	-10.016	J지점
56	-539.678	13.406	-910.823	-445.872	254.199	-917.583	5.529	-5.529	7.478	-9.977	I지점
56	-526.152	13.406	-877.252	-428.444	267.204	-894.715	3.662	-3.662	7.478	-9.977	1/4지점
56	-511.603	13.406	-843.892	-411.017	280.870	-872.490	2.840	-2.840	7.478	-9.977	2/4지점
56	-496.032	13.406	-810.743	-393.589	295.034	-851.104	4.506	-4.506	7.478	-9.977	3/4지점
56	-479.439	13.406	-777.806	-376.162	309.555	-830.791	6.176	-6.176	7.478	-9.977	J지점
57	-465.722	13.535	-735.699	-359.567	285.380	-815.224	3.997	-3.997	7.395	-9.949	I지점
57	-444.179	13.535	-694.724	-337.782	301.701	-789.047	1.976	-1.976	7.395	-9.949	1/4지점
57	-422.310	13.535	-653.882	-315.998	319.075	-763.807	4.074	-4.074	7.395	-9.949	2/4지점
57	-400.115	13.535	-613.171	-294.213	337.282	-739.630	6.177	-6.177	7.395	-9.949	3/4지점
57	-377.595	13.535	-572.593	-272.429	356.088	-716.739	8.286	-8.286	7.395	-9.949	J지점
58	-371.018	14.125	-536.787	-258.032	332.536	-716.998	3.342	-3.342	7.427	-9.977	I지점
58	-347.875	14.125	-496.367	-236.245	349.416	-692.664	1.202	-1.202	7.427	-9.977	1/4지점
58	-323.820	14.125	-456.146	-214.457	367.348	-669.090	3.322	-3.322	7.427	-9.977	2/4지점
58	-298.851	14.125	-416.123	-192.669	386.092	-646.482	5.447	-5.447	7.427	-9.977	3/4지점
58	-272.970	14.125	-376.298	-170.882	405.492	-625.060	7.578	-7.578	7.427	-9.977	J지점
59	-255.988	14.419	-325.172	-155.380	381.304	-628.153	3.288	-3.288	7.435	-9.956	I지점
59	-229.650	14.419	-285.444	-133.591	398.929	-605.034	0.895	-0.895	7.435	-9.956	1/4지점
59	-203.311	14.419	-245.717	-111.803	417.581	-582.632	2.339	-2.339	7.435	-9.956	2/4지점
59	-176.973	14.419	-205.989	-90.014	437.101	-561.188	4.486	-4.486	7.435	-9.956	3/4지점
59	-150.634	14.419	-166.262	-68.226	457.259	-540.818	6.639	-6.639	7.435	-9.956	J지점
60	-123.447	14.134	-100.928	-52.575	437.326	-548.633	3.342	-3.342	7.436	-9.905	I지점
60	-97.114	14.134	-61.209	-30.791	455.712	-526.570	0.928	-0.928	7.436	-9.905	1/4지점
60	-70.782	14.134	-21.490	-9.008	475.167	-505.249	1.551	-1.551	7.436	-9.905	2/4지점
60	-44.449	14.134	18.228	12.776	495.457	-484.782	3.915	-3.915	7.436	-9.905	3/4지점
60	-18.117	14.134	57.947	34.559	516.386	-465.363	6.344	-6.344	7.436	-9.905	J지점
61	10.433	13.698	124.612	50.751	502.613	-476.105	3.202	-3.202	7.399	-9.804	I지점
61	36.768	13.698	164.335	72.537	521.880	-455.064	1.001	-1.001	7.399	-9.804	1/4지점
61	63.103	13.698	204.057	94.323	542.182	-434.672	1.673	-1.673	7.399	-9.804	2/4지점
61	89.438	13.698	243.780	116.108	563.321	-415.118	4.119	-4.119	7.399	-9.804	3/4지점
61	115.773	13.698	283.502	137.894	585.147	-396.675	6.569	-6.569	7.399	-9.804	J지점
62	145.354	13.072	351.116	154.664	575.032	-410.026	3.380	-3.380	7.300	-9.619	I지점
62	171.320	13.072	390.941	176.452	595.157	-389.923	1.177	-1.177	7.300	-9.619	1/4지점
62	196.543	13.072	430.965	198.240	616.356	-370.462	2.053	-2.053	7.300	-9.619	2/4지점
62	221.023	13.072	471.186	220.027	638.423	-351.879	4.519	-4.519	7.300	-9.619	3/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
62	244.759	13.072	511.606	241.815	661.124	-334.363	6.991	-6.991	7.300	-9.619	J지점
63	269.125	12.510	571.071	256.604	652.129	-353.208	3.501	-3.501	7.189	-9.453	I지점
63	292.681	12.510	611.581	278.388	673.179	-333.892	1.277	-1.277	7.189	-9.453	1/4지점
63	316.628	12.510	652.092	300.171	695.280	-315.266	2.539	-2.539	7.189	-9.453	2/4지점
63	340.966	12.510	692.603	321.954	718.235	-297.517	5.025	-5.025	7.189	-9.453	3/4지점
63	365.695	12.510	733.113	343.738	741.813	-280.842	7.516	-7.516	7.189	-9.453	J지점
64	394.606	11.338	797.740	359.611	738.228	-305.959	3.241	-3.241	6.934	-9.033	I지점
64	418.938	11.338	838.429	381.402	760.169	-282.619	1.195	-1.195	6.934	-9.033	1/4지점
64	442.071	11.338	879.447	403.192	783.197	-264.909	3.697	-3.697	6.934	-9.033	2/4지점
64	464.005	11.338	920.795	424.982	807.067	-248.153	6.205	-6.205	6.934	-9.033	3/4지점
64	484.739	11.338	962.474	446.772	831.520	-232.482	8.718	-8.718	6.934	-9.033	J지점
65	508.472	10.350	1020.425	463.078	835.586	-271.176	2.215	-2.215	6.590	-8.378	I지점
65	528.808	10.350	1062.259	484.863	858.347	-246.999	3.757	-3.757	6.590	-8.378	1/4지점
65	549.557	10.350	1104.092	506.648	882.130	-223.905	6.279	-6.279	6.590	-8.378	2/4지점
65	570.719	10.350	1145.925	528.432	906.711	-206.508	8.807	-8.807	6.590	-8.378	3/4지점
65	592.294	10.350	1187.758	550.217	931.815	-191.981	11.339	-11.339	6.590	-8.378	J지점
66	618.706	8.632	1246.810	566.228	942.023	-232.858	5.529	-5.529	5.981	-7.338	I지점
66	640.514	8.632	1288.644	588.013	965.729	-209.493	8.067	-8.067	5.981	-7.338	1/4지점
66	662.372	8.632	1330.478	609.798	990.398	-187.387	10.610	-10.610	5.981	-7.338	2/4지점
66	684.279	8.632	1372.312	631.583	1015.770	-168.175	13.158	-13.158	5.981	-7.338	3/4지점
66	706.237	8.632	1414.146	653.368	1041.601	-154.967	15.712	-15.712	5.981	-7.338	J지점
67	717.495	7.568	1450.304	666.029	1055.840	-191.102	11.950	-11.950	5.283	-6.180	I지점
67	739.824	7.568	1492.075	687.816	1080.755	-168.988	14.509	-14.509	5.283	-6.180	1/4지점
67	762.843	7.568	1533.714	709.603	1106.463	-148.537	17.073	-17.073	5.283	-6.180	2/4지점
67	786.551	7.568	1575.221	731.390	1132.679	-134.367	19.643	-19.643	5.283	-6.180	3/4지점
67	810.948	7.568	1616.596	753.176	1159.130	-122.774	22.218	-22.218	5.283	-6.180	J지점
68	777.045	9.864	1582.842	757.037	1168.102	-168.228	20.245	-20.245	4.167	-4.371	I지점
68	802.839	22.244	1624.153	778.824	1193.788	-145.442	22.826	-22.826	4.167	-4.371	1/4지점
68	830.734	40.114	1665.464	800.612	1220.254	-125.301	25.412	-25.412	4.167	-4.371	2/4지점
68	860.731	63.476	1706.775	822.400	1247.226	-113.046	28.002	-28.002	4.167	-4.371	3/4지점
68	892.829	92.329	1748.086	844.187	1274.490	-102.078	30.598	-30.598	4.167	-4.371	J지점
69	857.373	94.066	1681.351	829.772	1288.910	-135.896	38.975	-38.975	1.947	-1.150	I지점
69	891.939	126.720	1722.392	851.557	1316.097	-129.247	41.576	-41.576	1.947	-1.150	1/4지점
69	929.349	161.493	1762.905	873.341	1344.208	-123.094	44.182	-44.182	1.947	-1.150	2/4지점
69	969.602	198.385	1802.890	895.126	1372.969	-117.501	46.793	-46.793	1.947	-1.150	3/4지점
69	1012.698	237.396	1842.346	916.911	1402.166	-112.568	49.409	-49.409	1.947	-1.150	J지점
70	1021.261	231.801	1797.437	888.163	1463.165	-219.542	134.842	-134.842	6.213	-3.277	I지점
70	1065.892	272.649	1836.635	909.951	1492.717	-213.318	137.222	-137.222	6.213	-3.277	1/4지점
70	1110.736	315.038	1875.834	931.739	1523.329	-210.732	139.608	-139.608	6.213	-3.277	2/4지점
70	1155.792	358.968	1915.032	953.527	1554.786	-210.732	141.999	-141.999	6.213	-3.277	3/4지점
70	1201.060	404.440	1954.231	975.315	1586.847	-210.732	144.396	-144.396	6.213	-3.277	J지점
71	-1048.288	-489.242	-1840.056	-884.988	215.118	-1550.080	153.525	-153.525	3.568	-3.943	I지점
71	-1012.107	-452.605	-1808.705	-867.562	218.499	-1523.949	151.605	-151.605	3.568	-3.943	1/4지점
71	-976.144	-416.661	-1777.354	-850.137	223.021	-1498.218	149.686	-149.686	3.568	-3.943	2/4지점
71	-940.399	-381.410	-1746.004	-832.711	227.957	-1473.017	147.767	-147.767	3.568	-3.943	3/4지점
71	-904.872	-346.853	-1714.654	-815.285	233.201	-1448.528	145.848	-145.848	3.568	-3.943	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
72	-874.200	-356.492	-1734.544	-835.114	161.669	-1398.942	52.163	-52.163	4.909	-8.860	I지점
72	-831.232	-314.540	-1695.150	-813.328	166.447	-1369.346	49.523	-49.523	4.909	-8.860	1/4지점
72	-790.889	-274.225	-1655.360	-791.542	171.871	-1340.158	46.884	-46.884	4.909	-8.860	2/4지점
72	-753.171	-235.548	-1615.174	-769.755	182.202	-1311.594	44.244	-44.244	4.909	-8.860	3/4지점
72	-718.080	-198.509	-1574.592	-747.969	195.862	-1283.913	41.605	-41.605	4.909	-8.860	J지점
73	-689.804	-204.105	-1555.786	-749.408	186.980	-1265.151	31.717	-31.717	9.549	-11.811	I지점
73	-657.089	-168.698	-1515.000	-727.619	197.657	-1237.704	29.077	-29.077	9.549	-11.811	1/4지점
73	-626.513	-134.928	-1474.213	-705.829	209.584	-1210.557	26.438	-26.438	9.549	-11.811	2/4지점
73	-598.075	-102.797	-1433.427	-684.040	222.588	-1183.906	23.798	-23.798	9.549	-11.811	3/4지점
73	-571.776	-72.304	-1392.640	-662.250	236.519	-1157.977	21.158	-21.158	9.549	-11.811	J지점
74	-548.533	-77.951	-1372.921	-655.252	219.749	-1150.578	23.224	-23.224	11.741	-13.212	I지점
74	-523.776	-50.786	-1332.142	-633.466	231.194	-1124.365	20.585	-20.585	11.741	-13.212	1/4지점
74	-499.955	-28.630	-1291.362	-611.680	243.844	-1098.416	17.945	-17.945	11.741	-13.212	2/4지점
74	-477.072	-11.484	-1250.582	-589.894	257.623	-1072.895	15.306	-15.306	11.741	-13.212	3/4지점
74	-455.125	0.654	-1209.803	-568.108	272.343	-1048.041	12.666	-12.666	11.741	-13.212	J지점
75	-444.723	-3.131	-1172.610	-554.894	249.420	-1036.485	17.277	-17.277	12.854	-13.897	I지점
75	-423.297	-3.131	-1131.833	-533.109	262.267	-1010.703	14.638	-14.638	12.854	-13.897	1/4지점
75	-401.972	-3.131	-1091.056	-511.325	276.390	-985.208	11.999	-11.999	12.854	-13.897	2/4지점
75	-380.748	-3.131	-1050.279	-489.540	291.602	-960.278	9.360	-9.360	12.854	-13.897	3/4지점
75	-359.625	-3.131	-1009.502	-467.756	307.650	-936.190	6.720	-6.720	12.854	-13.897	J지점
76	-350.058	-2.196	-967.690	-454.210	283.599	-927.440	12.729	-12.729	13.756	-14.424	I지점
76	-329.568	-2.196	-926.748	-432.425	298.088	-902.058	10.090	-10.090	13.756	-14.424	1/4지점
76	-310.242	-2.196	-885.476	-410.641	313.853	-877.100	7.450	-7.450	13.756	-14.424	2/4지점
76	-292.080	-2.196	-843.874	-388.856	330.657	-852.833	4.811	-4.811	13.756	-14.424	3/4지점
76	-275.082	-2.196	-801.943	-367.072	348.314	-829.529	2.172	-2.172	13.756	-14.424	J지점
77	-261.368	-1.360	-751.191	-352.707	321.714	-826.662	9.906	-9.906	14.308	-14.732	I지점
77	-245.035	-1.360	-709.091	-330.921	337.668	-801.772	7.266	-7.266	14.308	-14.732	1/4지점
77	-228.872	-1.360	-666.991	-309.134	354.898	-777.383	4.627	-4.627	14.308	-14.732	2/4지점
77	-212.878	-1.360	-624.892	-287.348	373.149	-753.786	1.987	-1.987	14.308	-14.732	3/4지점
77	-197.054	-1.360	-582.792	-265.562	392.213	-731.270	1.777	-1.777	14.308	-14.732	J지점
78	-182.613	-0.541	-530.305	-250.281	367.200	-732.240	7.879	-7.879	14.692	-14.917	I지점
78	-167.003	-0.541	-488.206	-228.495	384.547	-707.972	5.240	-5.240	14.692	-14.917	1/4지점
78	-151.651	-0.541	-446.107	-206.709	403.185	-684.285	2.600	-2.600	14.692	-14.917	2/4지점
78	-136.557	-0.541	-404.009	-184.923	422.891	-661.467	0.410	-0.410	14.692	-14.917	3/4지점
78	-121.722	-0.541	-361.910	-163.137	443.318	-639.833	2.809	-2.809	14.692	-14.917	J지점
79	-106.820	-0.096	-309.970	-148.143	421.249	-647.265	6.600	-6.600	14.874	-14.993	I지점
79	-92.113	-0.096	-267.869	-126.356	439.839	-623.745	3.960	-3.960	14.874	-14.993	1/4지점
79	-77.405	-0.096	-225.767	-104.568	459.779	-600.850	1.321	-1.321	14.874	-14.993	2/4지점
79	-62.698	-0.096	-183.666	-82.781	480.715	-578.892	1.319	-1.319	14.874	-14.993	3/4지점
79	-47.991	-0.096	-141.565	-60.994	502.352	-558.177	3.959	-3.959	14.874	-14.993	J지점
80	-32.793	0.249	-89.142	-46.050	484.221	-571.477	5.766	-5.766	14.954	-14.990	I지점
80	-18.087	0.249	-47.043	-24.264	504.009	-548.857	3.210	-3.210	14.954	-14.990	1/4지점
80	-3.380	0.249	-4.943	-2.478	525.066	-526.912	0.811	-0.811	14.954	-14.990	2/4지점
80	11.326	0.249	37.156	19.308	547.097	-505.943	2.152	-2.152	14.954	-14.990	3/4지점
80	26.033	0.249	79.255	41.094	569.787	-486.262	4.792	-4.792	14.954	-14.990	J지점
81	41.228	0.579	131.675	55.970	556.644	-504.495	4.982	-4.982	14.948	-14.903	I지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
81	55.932	0.579	173.767	77.752	577.440	-482.950	2.583	-2.583	14.948	-14.903	1/4지점
81	70.636	0.579	215.859	99.534	599.477	-462.110	0.396	-0.396	14.948	-14.903	2/4지점
81	85.340	0.579	257.951	121.317	622.448	-442.281	3.035	-3.035	14.948	-14.903	3/4지점
81	100.043	0.579	300.042	143.099	646.052	-423.766	5.674	-5.674	14.948	-14.903	J지점
82	114.868	0.948	351.658	157.821	638.811	-446.092	3.953	-3.953	14.874	-14.733	I지점
82	129.687	0.948	393.709	179.582	660.520	-425.783	1.556	-1.556	14.874	-14.733	1/4지점
82	144.763	0.948	435.760	201.343	683.400	-406.212	1.772	-1.772	14.874	-14.733	2/4지점
82	160.097	0.948	477.811	223.105	707.147	-387.670	4.409	-4.409	14.874	-14.733	3/4지점
82	175.690	0.948	519.863	244.866	731.479	-370.436	7.045	-7.045	14.874	-14.733	J지점
83	190.093	1.623	571.942	259.688	730.887	-396.154	2.681	-2.681	14.721	-14.401	I지점
83	205.882	1.623	613.949	281.426	753.452	-377.254	1.253	-1.253	14.721	-14.401	1/4지점
83	221.841	1.623	655.957	303.165	777.085	-359.127	3.887	-3.887	14.721	-14.401	2/4지점
83	237.968	1.623	697.964	324.903	801.512	-342.041	6.521	-6.521	14.721	-14.401	3/4지점
83	254.265	1.623	739.971	346.642	826.422	-326.248	9.154	-9.154	14.721	-14.401	J지점
84	268.105	2.300	790.684	360.382	829.750	-353.274	1.569	-1.569	14.494	-13.984	I지점
84	285.049	2.300	832.482	382.097	853.085	-335.802	4.200	-4.200	14.494	-13.984	1/4지점
84	303.153	2.300	873.951	403.812	877.361	-319.150	6.831	-6.831	14.494	-13.984	2/4지점
84	322.417	2.300	915.091	425.527	902.327	-303.552	9.462	-9.462	14.494	-13.984	3/4지점
84	342.842	2.300	955.903	447.242	927.711	-289.212	12.093	-12.093	14.494	-13.984	J지점
85	353.100	3.536	999.276	460.025	937.445	-313.944	6.345	-6.345	14.123	-13.331	I지점
85	374.136	3.536	1039.886	481.720	961.520	-298.098	8.974	-8.974	14.123	-13.331	1/4지점
85	395.273	3.536	1080.496	503.415	986.452	-283.094	11.602	-11.602	14.123	-13.331	2/4지점
85	416.510	3.536	1121.106	525.111	1011.936	-269.155	14.231	-14.231	14.123	-13.331	3/4지점
85	437.849	3.536	1161.716	546.806	1037.679	-256.493	16.859	-16.859	14.123	-13.331	J지점
86	447.444	3.219	1202.155	559.079	1051.005	-280.523	12.670	-12.670	13.708	-12.648	I지점
86	469.359	15.292	1242.717	580.749	1075.822	-266.054	15.295	-15.295	13.708	-12.648	1/4지점
86	492.373	32.348	1283.280	602.419	1101.304	-252.537	17.921	-17.921	13.708	-12.648	2/4지점
86	516.489	54.385	1323.842	624.088	1127.201	-240.112	20.546	-20.546	13.708	-12.648	3/4지점
86	541.704	81.406	1364.405	645.758	1153.324	-228.887	23.171	-23.171	13.708	-12.648	J지점
87	557.708	76.834	1384.511	651.973	1164.520	-248.245	21.863	-21.863	12.825	-11.272	I지점
87	584.514	107.133	1425.038	673.623	1190.368	-234.649	24.486	-24.486	12.825	-11.272	1/4지점
87	613.444	139.060	1465.565	695.274	1216.923	-221.967	27.109	-27.109	12.825	-11.272	2/4지점
87	644.499	172.614	1506.091	716.925	1243.942	-210.356	29.732	-29.732	12.825	-11.272	3/4지점
87	677.679	207.795	1546.618	738.575	1271.243	-199.956	32.355	-32.355	12.825	-11.272	J지점
88	701.154	200.749	1556.609	737.194	1301.032	-220.122	43.180	-43.180	11.024	-8.424	I지점
88	736.581	237.520	1596.898	758.822	1328.540	-213.715	45.801	-45.801	11.024	-8.424	1/4지점
88	774.446	275.917	1636.793	780.451	1356.874	-207.845	48.421	-48.421	11.024	-8.424	2/4지점
88	814.749	315.940	1676.295	802.080	1385.790	-202.552	51.042	-51.042	11.024	-8.424	3/4지점
88	857.491	357.589	1715.403	823.708	1415.075	-197.914	53.662	-53.662	11.024	-8.424	J지점
89	876.335	352.048	1697.493	806.885	1490.165	-294.603	154.370	-154.370	7.874	-4.433	I지점
89	911.580	386.330	1728.594	824.172	1514.309	-289.498	156.273	-156.273	7.874	-4.433	1/4지점
89	947.041	421.300	1759.695	841.459	1539.110	-284.711	158.177	-158.177	7.874	-4.433	2/4지점
89	982.718	456.958	1790.796	858.747	1564.410	-280.289	160.081	-160.081	7.874	-4.433	3/4지점
89	1018.611	493.305	1821.897	876.034	1590.073	-278.454	161.985	-161.985	7.874	-4.433	J지점
90	-1215.883	-406.524	-2016.883	-984.287	185.413	-1608.892	135.347	-135.347	1.149	-1.183	I지점
90	-1171.037	-361.476	-1978.049	-962.702	189.551	-1576.898	132.973	-132.973	1.149	-1.183	1/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
90	-1126.401	-317.954	-1939.216	-941.117	194.918	-1545.491	130.604	-130.604	1.149	-1.183	2/4지점
90	-1081.975	-275.960	-1900.383	-919.532	200.801	-1514.916	128.240	-128.240	1.149	-1.183	3/4지점
90	-1037.760	-235.493	-1861.550	-897.947	207.119	-1485.423	125.882	-125.882	1.149	-1.183	J지점
91	-1029.442	-237.234	-1881.081	-913.854	111.474	-1410.087	49.278	-49.278	3.791	-3.886	I지점
91	-986.780	-198.616	-1842.022	-892.289	116.477	-1381.051	46.689	-46.689	3.791	-3.886	1/4지점
91	-946.933	-162.096	-1802.440	-870.724	122.131	-1352.453	44.104	-44.104	3.791	-3.886	2/4지점
91	-909.900	-127.674	-1762.336	-849.159	134.348	-1324.506	41.524	-41.524	3.791	-3.886	3/4지점
91	-875.682	-95.349	-1721.708	-827.594	148.408	-1297.452	38.950	-38.950	3.791	-3.886	J지점
92	-881.958	-93.917	-1735.408	-831.063	116.716	-1269.525	31.637	-31.637	6.466	-5.508	I지점
92	-850.217	-65.385	-1694.556	-809.518	127.932	-1242.478	29.070	-29.070	6.466	-5.508	1/4지점
92	-820.554	-42.283	-1653.705	-787.973	140.402	-1215.728	26.508	-26.508	6.466	-5.508	2/4지점
92	-792.969	-24.611	-1612.854	-766.428	153.963	-1189.482	23.951	-23.951	6.466	-5.508	3/4지점
92	-767.462	-12.370	-1572.003	-744.883	172.412	-1163.987	21.399	-21.399	6.466	-5.508	J지점
93	-770.685	-11.072	-1557.487	-736.165	136.586	-1147.379	23.313	-23.313	7.778	-6.274	I지점
93	-746.585	-11.072	-1516.616	-714.644	148.314	-1121.211	20.769	-20.769	7.778	-6.274	1/4지점
93	-723.166	-11.072	-1475.615	-693.123	161.300	-1095.262	18.230	-18.230	7.778	-6.274	2/4지점
93	-700.428	-11.072	-1434.484	-671.602	175.364	-1069.844	15.696	-15.696	7.778	-6.274	3/4지점
93	-678.371	-11.072	-1393.222	-650.081	197.364	-1045.206	13.168	-13.168	7.778	-6.274	J지점
94	-664.522	-11.521	-1350.498	-636.920	167.703	-1028.703	16.633	-16.633	8.518	-6.702	I지점
94	-642.852	-11.521	-1309.212	-615.421	181.135	-1003.231	14.112	-14.112	8.518	-6.702	1/4지점
94	-621.231	-11.521	-1267.926	-593.921	195.711	-978.212	11.597	-11.597	8.518	-6.702	2/4지점
94	-599.660	-11.521	-1226.641	-572.422	216.098	-953.880	9.086	-9.086	8.518	-6.702	3/4지점
94	-578.138	-11.521	-1185.355	-550.922	239.733	-930.472	6.582	-6.582	8.518	-6.702	J지점
95	-557.326	-12.335	-1132.141	-535.930	202.971	-919.719	12.036	-12.036	9.140	-7.055	I지점
95	-536.056	-12.335	-1090.898	-514.453	217.674	-894.948	9.539	-9.539	9.140	-7.055	1/4지점
95	-515.192	-12.335	-1049.656	-492.976	233.485	-870.739	7.047	-7.047	9.140	-7.055	2/4지점
95	-494.736	-12.335	-1008.414	-471.499	253.112	-847.294	4.561	-4.561	9.140	-7.055	3/4지점
95	-474.688	-12.335	-967.171	-450.022	277.452	-824.864	2.079	-2.079	9.140	-7.055	J지점
96	-457.245	-12.613	-917.274	-435.256	241.484	-821.148	9.213	-9.213	9.467	-7.210	I지점
96	-436.828	-12.613	-876.232	-413.799	257.249	-797.043	6.739	-6.739	9.467	-7.210	1/4지점
96	-415.229	-12.613	-835.515	-392.342	274.097	-773.538	4.270	-4.270	9.467	-7.210	2/4지점
96	-392.450	-12.613	-795.124	-370.885	291.808	-750.882	1.805	-1.805	9.467	-7.210	3/4지점
96	-368.489	-12.613	-755.057	-349.427	311.071	-729.269	0.654	-0.654	9.467	-7.210	J지점
97	-345.711	-13.252	-698.984	-334.300	288.122	-732.871	7.958	-7.958	9.706	-7.349	I지점
97	-321.364	-13.252	-659.100	-312.853	304.812	-709.648	5.505	-5.505	9.706	-7.349	1/4지점
97	-297.402	-13.252	-619.215	-291.406	322.563	-687.039	3.294	-3.294	9.706	-7.349	2/4지점
97	-273.825	-13.252	-579.330	-269.959	341.189	-665.261	1.099	-1.099	9.706	-7.349	3/4지점
97	-250.633	-13.252	-539.445	-248.512	360.485	-644.519	1.824	-1.824	9.706	-7.349	J지점
98	-232.009	-13.435	-488.628	-234.242	339.905	-653.566	7.268	-7.268	9.771	-7.387	I지점
98	-208.643	-13.435	-448.839	-212.793	357.424	-631.165	4.978	-4.978	9.771	-7.387	1/4지점
98	-184.544	-13.435	-409.244	-191.345	375.982	-609.427	2.799	-2.799	9.771	-7.387	2/4지점
98	-159.715	-13.435	-369.845	-169.897	395.387	-588.532	0.625	-0.625	9.771	-7.387	3/4지점
98	-134.153	-13.435	-330.640	-148.449	415.445	-568.665	2.433	-2.433	9.771	-7.387	J지점
99	-111.917	-13.731	-274.727	-132.967	399.968	-579.725	6.689	-6.689	9.860	-7.432	I지점
99	-85.987	-13.731	-235.616	-111.516	418.385	-558.192	4.525	-4.525	9.860	-7.432	1/4지점
99	-60.057	-13.731	-196.504	-90.066	437.837	-537.309	2.367	-2.367	9.860	-7.432	2/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
99	-34.127	-13.731	-157.393	-68.615	458.140	-517.270	0.541	-0.541	9.860	-7.432	3/4지점
99	-8.197	-13.731	-118.281	-47.164	479.104	-498.250	2.939	-2.939	9.860	-7.432	J지점
100	13.501	-13.931	-62.952	-31.979	466.859	-513.040	6.377	-6.377	9.905	-7.445	I지점
100	39.427	-13.931	-23.848	-10.532	486.163	-492.348	4.235	-4.235	9.905	-7.445	1/4지점
100	65.352	-13.931	15.257	10.915	506.511	-472.305	2.100	-2.100	9.905	-7.445	2/4지점
100	91.278	-13.931	54.362	32.362	527.715	-453.092	0.887	-0.887	9.905	-7.445	3/4지점
100	117.203	-13.931	93.467	53.809	549.629	-434.887	3.264	-3.264	9.905	-7.445	J지점
101	137.901	-14.050	147.578	68.690	540.703	-456.340	6.283	-6.283	9.926	-7.442	I지점
101	163.831	-14.050	186.689	90.141	560.942	-436.407	4.163	-4.163	9.926	-7.442	1/4지점
101	189.761	-14.050	225.800	111.591	582.236	-417.119	2.049	-2.049	9.926	-7.442	2/4지점
101	215.691	-14.050	264.911	133.042	604.445	-398.656	1.113	-1.113	9.926	-7.442	3/4지점
101	241.620	-14.050	304.022	154.492	627.378	-381.211	3.470	-3.470	9.926	-7.442	J지점
102	258.573	-13.904	353.230	169.507	623.476	-406.425	6.309	-6.309	9.940	-7.440	I지점
102	284.051	-13.904	392.434	190.955	644.735	-387.239	4.211	-4.211	9.940	-7.440	1/4지점
102	308.630	-13.904	431.833	212.403	667.128	-368.686	2.119	-2.119	9.940	-7.440	2/4지점
102	332.311	-13.904	471.427	233.851	690.477	-350.934	1.484	-1.484	9.940	-7.440	3/4지점
102	355.093	-13.904	511.217	255.299	714.593	-334.177	3.820	-3.820	9.940	-7.440	J지점
103	366.791	-13.606	553.510	269.595	713.975	-358.428	5.859	-5.859	9.922	-7.422	I지점
103	388.967	-13.606	593.469	291.047	736.661	-339.802	3.783	-3.783	9.922	-7.422	1/4지점
103	410.823	-13.606	633.558	312.499	760.593	-321.764	1.712	-1.712	9.922	-7.422	2/4지점
103	432.358	-13.606	673.777	333.951	785.585	-304.535	2.550	-2.550	9.922	-7.422	3/4지점
103	453.572	-13.606	714.126	355.403	811.452	-288.327	4.865	-4.865	9.922	-7.422	J지점
104	468.935	-13.560	758.133	370.342	823.640	-312.193	2.578	-2.578	9.937	-7.465	I지점
104	485.272	-13.560	790.563	387.501	843.790	-297.747	1.267	-1.267	9.937	-7.465	1/4지점
104	500.603	-13.560	823.200	404.660	864.886	-283.678	3.112	-3.112	9.937	-7.465	2/4지점
104	514.927	-13.560	856.046	421.819	886.832	-270.087	4.954	-4.954	9.937	-7.465	3/4지점
104	528.245	-13.560	889.099	438.977	909.524	-257.130	6.793	-6.793	9.937	-7.465	J지점
105	538.691	-13.460	917.363	451.399	921.881	-277.021	4.977	-4.977	9.934	-7.526	I지점
105	551.505	-13.460	950.518	468.557	944.893	-262.634	6.812	-6.812	9.934	-7.526	1/4지점
105	564.319	-13.460	983.672	485.714	969.121	-248.597	8.644	-8.644	9.934	-7.526	2/4지점
105	577.133	-13.460	1016.827	502.871	994.397	-235.130	10.473	-10.473	9.934	-7.526	3/4지점
105	589.947	-13.460	1049.982	520.029	1020.566	-222.396	12.298	-12.298	9.934	-7.526	J지점
106	623.760	-14.038	1113.869	545.759	1096.383	-247.362	34.952	-34.952	10.090	-7.975	I지점
106	634.125	-14.038	1140.817	559.704	1118.403	-236.248	36.266	-36.266	10.090	-7.975	1/4지점
106	644.390	-14.038	1176.472	573.649	1141.437	-225.401	37.577	-37.577	10.090	-7.975	2/4지점
106	654.554	-14.038	1222.349	587.595	1165.370	-224.320	38.886	-38.886	10.090	-7.975	3/4지점
106	664.619	-14.038	1268.226	601.540	1190.083	-223.890	40.192	-40.192	10.090	-7.975	J지점

[TORSION MOMENT]

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
1	709.993	-29.282	1143.012	379.730	1918.658	-961.452	143.817	-143.817	6.766	-14.077	I지점
1	709.993	-29.282	1141.008	398.061	1899.962	-963.826	143.817	-143.817	6.766	-14.077	1/4지점
1	709.993	-29.282	1139.004	416.391	1882.427	-967.633	143.817	-143.817	6.766	-14.077	2/4지점
1	709.993	-29.282	1137.657	434.722	1866.235	-971.868	143.817	-143.817	6.766	-14.077	3/4지점
1	709.993	-29.282	1137.032	453.052	1851.511	-976.103	143.817	-143.817	6.766	-14.077	J지점
2	806.400	-33.851	1288.500	449.775	2386.823	-1072.101	128.759	-128.759	8.105	-17.916	I지점
2	806.400	-33.851	1287.712	472.909	2367.389	-1077.431	128.759	-128.759	8.105	-17.916	1/4지점
2	806.400	-33.851	1286.923	496.042	2349.149	-1082.776	128.759	-128.759	8.105	-17.916	2/4지점
2	806.400	-33.851	1286.135	519.175	2332.312	-1088.121	128.759	-128.759	8.105	-17.916	3/4지점
2	806.400	-33.851	1285.347	542.309	2317.124	-1093.466	128.759	-128.759	8.105	-17.916	J지점
3	744.704	-32.602	1169.634	444.527	2319.109	-1032.285	132.329	-132.329	7.450	-17.993	I지점
3	744.704	-32.602	1168.895	467.659	2302.997	-1037.629	132.329	-132.329	7.450	-17.993	1/4지점
3	744.704	-32.602	1168.255	490.791	2288.083	-1042.974	132.329	-132.329	7.450	-17.993	2/4지점
3	744.704	-32.602	1167.712	513.924	2274.489	-1048.319	132.329	-132.329	7.450	-17.993	3/4지점
3	744.704	-32.602	1167.269	537.056	2262.307	-1060.382	132.329	-132.329	7.450	-17.993	J지점
4	628.192	-29.636	956.733	377.025	2109.186	-933.461	119.280	-119.280	6.377	-17.020	I지점
4	628.192	-29.636	956.270	405.934	2091.090	-940.140	119.280	-119.280	6.377	-17.020	1/4지점
4	628.192	-29.636	955.869	434.842	2074.043	-946.820	119.280	-119.280	6.377	-17.020	2/4지점
4	628.192	-29.636	955.529	463.751	2058.309	-953.499	119.280	-119.280	6.377	-17.020	3/4지점
4	628.192	-29.636	955.251	492.659	2044.140	-972.112	119.280	-119.280	6.377	-17.020	J지점
5	446.759	-23.646	649.749	277.070	1774.587	-815.312	93.552	-93.552	7.591	-14.916	I지점
5	446.759	-23.646	649.547	305.983	1756.335	-820.994	93.552	-93.552	7.591	-14.916	1/4지점
5	446.759	-23.646	649.437	334.896	1739.113	-827.649	93.552	-93.552	7.591	-14.916	2/4지점
5	446.759	-23.646	649.420	363.808	1723.159	-834.329	93.552	-93.552	7.591	-14.916	3/4지점
5	446.759	-23.646	649.494	392.721	1708.727	-847.036	93.552	-93.552	7.591	-14.916	J지점
6	271.792	-17.363	368.902	155.429	1408.818	-714.531	62.993	-62.993	9.080	-12.160	I지점
6	271.792	-17.363	369.022	184.344	1390.265	-718.234	62.993	-62.993	9.080	-12.160	1/4지점
6	271.792	-17.363	369.143	213.258	1372.650	-723.427	62.993	-62.993	9.080	-12.160	2/4지점
6	271.792	-17.363	369.263	242.172	1356.194	-729.932	62.993	-62.993	9.080	-12.160	3/4지점
6	271.792	-17.363	369.383	271.087	1341.144	-736.673	62.993	-62.993	9.080	-12.160	J지점
7	133.127	-12.564	147.446	24.909	1074.421	-649.070	30.899	-30.899	10.792	-8.871	I지점
7	133.127	-12.564	147.566	53.821	1055.501	-651.222	30.899	-30.899	10.792	-8.871	1/4지점
7	133.127	-12.564	147.686	82.734	1037.532	-661.976	30.899	-30.899	10.792	-8.871	2/4지점
7	133.127	-12.564	147.806	111.647	1020.684	-680.055	30.899	-30.899	10.792	-8.871	3/4지점
7	133.127	-12.564	147.926	140.559	1005.261	-699.028	30.899	-30.899	10.792	-8.871	J지점
8	-4.019	-7.308	-66.140	-105.366	788.967	-727.954	7.550	-7.550	12.756	-9.332	I지점
8	-4.019	-7.308	-66.020	-76.453	769.814	-743.497	7.550	-7.550	12.756	-9.332	1/4지점
8	-4.019	-7.308	-65.900	-47.539	751.658	-760.430	7.550	-7.550	12.756	-9.332	2/4지점
8	-4.019	-7.308	-65.780	-18.625	734.564	-778.548	7.550	-7.550	12.756	-9.332	3/4지점
8	-4.019	-7.308	-65.659	10.288	718.945	-797.586	7.550	-7.550	12.756	-9.332	J지점
9	-144.430	-1.034	-277.798	-232.321	551.556	-873.434	33.934	-33.934	15.053	-14.802	I지점
9	-144.430	-1.034	-277.724	-203.409	538.162	-889.025	33.934	-33.934	15.053	-14.802	1/4지점
9	-144.430	-1.034	-277.742	-174.497	533.184	-906.102	33.934	-33.934	15.053	-14.802	2/4지점
9	-144.430	-1.034	-277.851	-145.585	529.834	-924.456	33.934	-33.934	15.053	-14.802	3/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
9	-144.430	-1.034	-278.053	-116.673	528.089	-943.814	33.934	-33.934	15.053	-14.802	J지점
10	-267.649	5.370	-458.369	-340.549	580.389	-1100.067	65.822	-65.822	17.611	-20.668	I지점
10	-267.649	5.370	-458.617	-311.631	573.708	-1115.859	65.822	-65.822	17.611	-20.668	1/4지점
10	-267.649	5.370	-458.865	-282.714	567.715	-1132.932	65.822	-65.822	17.611	-20.668	2/4지점
10	-267.649	5.370	-459.113	-253.796	563.372	-1151.053	65.822	-65.822	17.611	-20.668	3/4지점
10	-267.649	5.370	-459.361	-224.878	560.653	-1169.919	65.822	-65.822	17.611	-20.668	J지점
11	-376.451	12.791	-606.504	-425.607	681.219	-1413.936	94.769	-94.769	20.219	-26.912	I지점
11	-376.451	12.791	-606.829	-396.696	674.539	-1429.079	94.769	-94.769	20.219	-26.912	1/4지점
11	-376.451	12.791	-607.307	-367.786	667.976	-1445.883	94.769	-94.769	20.219	-26.912	2/4지점
11	-376.451	12.791	-607.939	-338.876	662.756	-1463.973	94.769	-94.769	20.219	-26.912	3/4지점
11	-376.451	12.791	-608.725	-309.965	659.179	-1483.187	94.769	-94.769	20.219	-26.912	J지점
12	-435.942	18.792	-676.894	-465.156	808.314	-1729.380	116.842	-116.842	22.212	-32.233	I지점
12	-435.942	18.792	-677.757	-436.238	801.633	-1744.845	116.842	-116.842	22.212	-32.233	1/4지점
12	-435.942	18.792	-678.620	-407.320	794.951	-1761.835	116.842	-116.842	22.212	-32.233	2/4지점
12	-435.942	18.792	-679.482	-378.402	788.705	-1780.012	116.842	-116.842	22.212	-32.233	3/4지점
12	-435.942	18.792	-680.345	-349.485	784.024	-1799.099	116.842	-116.842	22.212	-32.233	J지점
13	-467.814	24.715	-700.728	-464.591	945.095	-2024.807	130.961	-130.961	24.131	-37.375	I지점
13	-467.814	24.715	-701.591	-435.681	938.415	-2040.673	130.961	-130.961	24.131	-37.375	1/4지점
13	-467.814	24.715	-702.453	-406.771	931.736	-2057.982	130.961	-130.961	24.131	-37.375	2/4지점
13	-467.814	24.715	-703.315	-377.862	925.178	-2076.446	130.961	-130.961	24.131	-37.375	3/4지점
13	-467.814	24.715	-704.178	-348.952	919.925	-2095.770	130.961	-130.961	24.131	-37.375	J지점
14	-516.406	33.459	-742.013	-420.129	1092.044	-2299.457	135.346	-135.346	26.196	-42.590	I지점
14	-516.406	33.459	-742.845	-391.213	1085.363	-2317.011	135.346	-135.346	26.196	-42.590	1/4지점
14	-516.406	33.459	-743.615	-362.297	1078.682	-2335.708	135.346	-135.346	26.196	-42.590	2/4지점
14	-516.406	33.459	-744.325	-333.380	1072.417	-2355.215	135.346	-135.346	26.196	-42.590	3/4지점
14	-516.406	33.459	-744.973	-304.464	1067.646	-2375.184	135.346	-135.346	26.196	-42.590	J지점
15	-726.118	57.560	-979.309	-386.210	1304.911	-2579.564	122.554	-122.554	27.534	-45.819	I지점
15	-726.118	57.560	-979.926	-357.298	1298.230	-2598.313	122.554	-122.554	27.534	-45.819	1/4지점
15	-726.118	57.560	-980.543	-328.387	1291.551	-2617.900	122.554	-122.554	27.534	-45.819	2/4지점
15	-726.118	57.560	-981.160	-299.475	1284.871	-2638.005	122.554	-122.554	27.534	-45.819	3/4지점
15	-726.118	57.560	-981.777	-270.563	1278.682	-2658.386	122.554	-122.554	27.534	-45.819	J지점
16	-870.534	86.245	-1082.076	-375.943	1621.063	-2793.434	172.916	-172.916	26.658	-43.926	I지점
16	-870.534	86.245	-1082.571	-347.026	1596.747	-2812.641	172.916	-172.916	26.658	-43.926	1/4지점
16	-870.534	86.245	-1082.819	-318.110	1574.395	-2833.070	172.916	-172.916	26.658	-43.926	2/4지점
16	-870.534	86.245	-1082.822	-289.194	1554.189	-2854.418	172.916	-172.916	26.658	-43.926	3/4지점
16	-870.534	86.245	-1082.580	-260.278	1536.270	-2876.395	172.916	-172.916	26.658	-43.926	J지점
17	-751.563	99.150	-874.366	-383.394	2072.249	-2662.918	809.603	-809.603	18.600	-27.879	I지점
17	-751.563	99.150	-874.001	-354.483	2046.906	-2682.516	809.603	-809.603	18.600	-27.879	1/4지점
17	-751.563	99.150	-873.635	-325.572	2023.120	-2703.936	809.603	-809.603	18.600	-27.879	2/4지점
17	-751.563	99.150	-873.270	-296.662	2001.185	-2726.869	809.603	-809.603	18.600	-27.879	3/4지점
17	-751.563	99.150	-872.904	-267.751	1981.350	-2751.019	809.603	-809.603	18.600	-27.879	J지점
18	-523.951	105.868	-553.560	-353.160	2380.923	-2179.656	840.079	-840.079	6.377	-7.323	I지점
18	-523.951	105.868	-553.267	-330.029	2360.722	-2196.477	840.079	-840.079	6.377	-7.323	1/4지점
18	-523.951	105.868	-552.975	-306.897	2341.279	-2214.803	840.079	-840.079	6.377	-7.323	2/4지점
18	-523.951	105.868	-552.682	-283.766	2322.776	-2234.485	840.079	-840.079	6.377	-7.323	3/4지점
18	-523.951	105.868	-552.390	-260.634	2305.404	-2255.368	840.079	-840.079	6.377	-7.323	J지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
19	-287.765	95.638	-199.915	-327.443	2414.343	-1583.332	176.167	-176.167	16.508	-6.744	I지점
19	-287.765	95.638	-199.641	-298.532	2392.536	-1589.044	176.167	-176.167	16.508	-6.744	1/4지점
19	-287.765	95.638	-199.552	-269.621	2371.241	-1595.724	176.167	-176.167	16.508	-6.744	2/4지점
19	-287.765	95.638	-199.646	-240.710	2350.724	-1606.893	176.167	-176.167	16.508	-6.744	3/4지점
19	-287.765	95.638	-199.925	-211.799	2331.270	-1630.674	176.167	-176.167	16.508	-6.744	J지점
20	-98.014	77.461	102.141	-234.757	2253.266	-1365.852	126.917	-126.917	24.147	-10.804	I지점
20	-98.014	77.461	101.771	-205.840	2233.694	-1372.333	126.917	-126.917	24.147	-10.804	1/4지점
20	-98.014	77.461	101.400	-176.924	2214.568	-1379.014	126.917	-126.917	24.147	-10.804	2/4지점
20	-98.014	77.461	101.029	-148.007	2196.143	-1385.695	126.917	-126.917	24.147	-10.804	3/4지점
20	-98.014	77.461	100.659	-119.090	2178.685	-1392.376	126.917	-126.917	24.147	-10.804	J지점
21	7.572	50.261	179.068	-121.300	2012.096	-1158.878	136.035	-136.035	22.475	-9.510	I지점
21	7.572	50.261	178.698	-92.387	1994.105	-1165.522	136.035	-136.035	22.475	-9.510	1/4지점
21	7.572	50.261	178.327	-63.473	1976.255	-1172.203	136.035	-136.035	22.475	-9.510	2/4지점
21	7.572	50.261	177.956	-34.560	1958.722	-1178.883	136.035	-136.035	22.475	-9.510	3/4지점
21	7.572	50.261	177.586	-5.647	1941.715	-1185.563	136.035	-136.035	22.475	-9.510	J지점
22	40.963	27.946	228.478	-35.492	1768.753	-1004.177	128.550	-128.550	19.187	-7.545	I지점
22	40.963	27.946	228.107	-6.580	1750.241	-1010.826	128.550	-128.550	19.187	-7.545	1/4지점
22	40.963	27.946	227.737	22.331	1732.382	-1017.506	128.550	-128.550	19.187	-7.545	2/4지점
22	40.963	27.946	227.366	51.243	1715.503	-1024.186	128.550	-128.550	19.187	-7.545	3/4지점
22	40.963	27.946	226.996	80.155	1699.912	-1030.866	128.550	-128.550	19.187	-7.545	J지점
23	54.675	21.466	247.407	17.093	1524.286	-873.589	113.626	-113.626	15.440	-5.649	I지점
23	54.675	21.466	246.959	46.005	1506.119	-880.180	113.626	-113.626	15.440	-5.649	1/4지점
23	54.675	21.466	246.358	74.917	1488.496	-886.860	113.626	-113.626	15.440	-5.649	2/4지점
23	54.675	21.466	245.604	103.830	1471.731	-893.540	113.626	-113.626	15.440	-5.649	3/4지점
23	54.675	21.466	244.695	132.742	1456.135	-900.220	113.626	-113.626	15.440	-5.649	J지점
24	53.924	17.777	229.613	32.822	1277.751	-748.626	90.563	-90.563	12.072	-4.441	I지점
24	53.924	17.777	228.628	61.738	1258.773	-754.484	90.563	-90.563	12.072	-4.441	1/4지점
24	53.924	17.777	227.643	90.654	1240.608	-761.165	90.563	-90.563	12.072	-4.441	2/4지점
24	53.924	17.777	226.658	119.570	1223.607	-767.846	90.563	-90.563	12.072	-4.441	3/4지점
24	53.924	17.777	225.672	148.487	1208.095	-774.527	90.563	-90.563	12.072	-4.441	J지점
25	45.947	12.437	181.381	21.781	1097.502	-670.801	63.604	-63.604	8.871	-3.949	I지점
25	45.947	12.437	180.396	50.697	1078.201	-675.300	63.604	-63.604	8.871	-3.949	1/4지점
25	45.947	12.437	179.411	79.613	1059.801	-681.515	63.604	-63.604	8.871	-3.949	2/4지점
25	45.947	12.437	178.426	108.528	1042.663	-688.196	63.604	-63.604	8.871	-3.949	3/4지점
25	45.947	12.437	177.440	137.444	1027.126	-694.877	63.604	-63.604	8.871	-3.949	J지점
26	29.201	6.129	104.336	-7.371	943.298	-623.766	32.462	-32.462	6.328	-3.891	I지점
26	29.201	6.129	103.351	21.541	923.720	-626.516	32.462	-32.462	6.328	-3.891	1/4지점
26	29.201	6.129	102.366	50.452	905.043	-633.020	32.462	-32.462	6.328	-3.891	2/4지점
26	29.201	6.129	101.381	79.363	887.607	-652.565	32.462	-32.462	6.328	-3.891	3/4지점
26	29.201	6.129	100.396	108.274	871.806	-672.998	32.462	-32.462	6.328	-3.891	J지점
27	6.960	-0.915	8.649	-47.808	801.106	-733.133	2.180	-2.180	4.454	-4.932	I지점
27	6.960	-0.915	7.664	-18.894	781.196	-749.505	2.180	-2.180	4.454	-4.932	1/4지점
27	6.960	-0.915	6.679	10.021	762.182	-767.494	2.180	-2.180	4.454	-4.932	2/4지점
27	6.960	-0.915	5.693	38.936	744.444	-786.773	2.180	-2.180	4.454	-4.932	3/4지점
27	6.960	-0.915	4.708	67.851	728.334	-806.938	2.180	-2.180	4.454	-4.932	J지점
28	-15.569	-7.991	-87.514	-88.846	680.634	-889.640	33.774	-33.774	3.546	-6.874	I지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
28	-15.569	-7.991	-88.499	-59.936	660.457	-905.686	33.774	-33.774	3.546	-6.874	1/4지점
28	-15.569	-7.991	-89.484	-31.027	642.117	-923.351	33.774	-33.774	3.546	-6.874	2/4지점
28	-15.569	-7.991	-90.469	-2.117	638.238	-942.285	33.774	-33.774	3.546	-6.874	3/4지점
28	-15.569	-7.991	-91.454	26.793	636.170	-962.104	33.774	-33.774	3.546	-6.874	J지점
29	-33.025	-14.374	-165.508	-119.304	718.279	-1062.584	64.678	-64.678	4.346	-9.517	I지점
29	-33.025	-14.374	-166.493	-90.393	711.599	-1078.338	64.678	-64.678	4.346	-9.517	1/4지점
29	-33.025	-14.374	-167.478	-61.481	704.921	-1095.694	64.678	-64.678	4.346	-9.517	2/4지점
29	-33.025	-14.374	-168.463	-32.569	699.251	-1114.310	64.678	-64.678	4.346	-9.517	3/4지점
29	-33.025	-14.374	-169.448	-3.657	695.374	-1133.824	64.678	-64.678	4.346	-9.517	J지점
30	-41.771	-19.535	-213.259	-130.875	812.016	-1257.826	92.083	-92.083	4.733	-12.672	I지점
30	-41.771	-19.535	-214.244	-101.961	805.335	-1273.487	92.083	-92.083	4.733	-12.672	1/4지점
30	-41.771	-19.535	-215.229	-73.047	798.655	-1290.637	92.083	-92.083	4.733	-12.672	2/4지점
30	-41.771	-19.535	-216.215	-44.133	792.011	-1308.950	92.083	-92.083	4.733	-12.672	3/4지점
30	-41.771	-19.535	-217.200	-15.218	786.551	-1328.076	92.083	-92.083	4.733	-12.672	J지점
31	-43.710	-23.012	-234.540	-118.510	932.010	-1497.035	115.398	-115.398	5.782	-16.223	I지점
31	-43.710	-23.012	-235.448	-89.600	925.330	-1512.722	115.398	-115.398	5.782	-16.223	1/4지점
31	-43.710	-23.012	-236.202	-60.689	918.650	-1529.581	115.398	-115.398	5.782	-16.223	2/4지점
31	-43.710	-23.012	-236.803	-31.779	911.970	-1547.300	115.398	-115.398	5.782	-16.223	3/4지점
31	-43.710	-23.012	-237.251	-2.868	905.460	-1565.567	115.398	-115.398	5.782	-16.223	J지점
32	-34.598	-26.852	-224.512	-74.522	1047.624	-1718.013	130.561	-130.561	7.828	-20.093	I지점
32	-34.598	-26.852	-224.883	-45.616	1040.945	-1733.630	130.561	-130.561	7.828	-20.093	1/4지점
32	-34.598	-26.852	-225.253	-16.710	1034.267	-1750.541	130.561	-130.561	7.828	-20.093	2/4지점
32	-34.598	-26.852	-225.623	12.196	1027.588	-1768.436	130.561	-130.561	7.828	-20.093	3/4지점
32	-34.598	-26.852	-225.994	41.102	1020.930	-1786.990	130.561	-130.561	7.828	-20.093	J지점
33	-16.046	-33.393	-191.958	-5.556	1178.230	-1931.106	137.817	-137.817	9.886	-23.809	I지점
33	-16.046	-33.393	-192.328	23.349	1171.552	-1948.103	137.817	-137.817	9.886	-23.809	1/4지점
33	-16.046	-33.393	-192.699	52.254	1164.873	-1965.639	137.817	-137.817	9.886	-23.809	2/4지점
33	-16.046	-33.393	-193.069	81.159	1158.195	-1983.504	137.817	-137.817	9.886	-23.809	3/4지점
33	-16.046	-33.393	-193.440	110.065	1151.517	-2001.522	137.817	-137.817	9.886	-23.809	J지점
34	33.954	-54.999	-177.073	76.860	1346.872	-2128.138	127.614	-127.614	11.904	-26.778	I지점
34	33.954	-54.999	-177.444	105.767	1340.194	-2145.623	127.614	-127.614	11.904	-26.778	1/4지점
34	33.954	-54.999	-177.814	134.674	1333.515	-2164.099	127.614	-127.614	11.904	-26.778	2/4지점
34	33.954	-54.999	-178.185	163.581	1326.836	-2183.301	127.614	-127.614	11.904	-26.778	3/4지점
34	33.954	-54.999	-178.555	192.487	1320.198	-2202.973	127.614	-127.614	11.904	-26.778	J지점
35	153.635	-80.085	-22.856	121.715	1534.082	-2217.699	182.054	-182.054	10.557	-23.749	I지점
35	153.635	-80.085	-23.135	150.620	1527.401	-2237.421	182.054	-182.054	10.557	-23.749	1/4지점
35	153.635	-80.085	-23.229	179.526	1520.724	-2258.250	182.054	-182.054	10.557	-23.749	2/4지점
35	153.635	-80.085	-23.140	208.431	1514.046	-2279.901	182.054	-182.054	10.557	-23.749	3/4지점
35	153.635	-80.085	-22.866	237.336	1507.989	-2302.104	182.054	-182.054	10.557	-23.749	J지점
36	268.603	-81.471	185.208	107.159	1935.016	-2114.927	872.650	-872.650	4.383	-11.523	I지점
36	268.603	-81.471	185.500	130.282	1913.157	-2132.785	872.650	-872.650	4.383	-11.523	1/4지점
36	268.603	-81.471	185.792	153.405	1892.562	-2151.835	872.650	-872.650	4.383	-11.523	2/4지점
36	268.603	-81.471	186.085	176.527	1873.393	-2171.888	872.650	-872.650	4.383	-11.523	3/4지점
36	268.603	-81.471	186.377	199.650	1859.865	-2192.755	872.650	-872.650	4.383	-11.523	J지점
37	359.475	-65.455	369.251	61.956	2270.938	-1715.112	752.665	-752.665	4.633	-4.552	I지점
37	359.475	-65.455	369.616	90.858	2245.848	-1728.644	752.665	-752.665	4.633	-4.552	1/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
37	359.475	-65.455	369.981	119.760	2222.052	-1751.714	752.665	-752.665	4.633	-4.552	2/4지점
37	359.475	-65.455	370.347	148.662	2199.853	-1776.753	752.665	-752.665	4.633	-4.552	3/4지점
37	359.475	-65.455	370.712	177.564	2184.943	-1803.474	752.665	-752.665	4.633	-4.552	J지점
38	401.290	-48.320	497.619	24.560	2301.743	-1452.023	149.759	-149.759	15.979	-10.329	I지점
38	401.290	-48.320	497.862	53.464	2279.154	-1458.675	149.759	-149.759	15.979	-10.329	1/4지점
38	401.290	-48.320	497.859	82.369	2257.279	-1465.354	149.759	-149.759	15.979	-10.329	2/4지점
38	401.290	-48.320	497.611	111.273	2236.410	-1472.032	149.759	-149.759	15.979	-10.329	3/4지점
38	401.290	-48.320	497.116	140.178	2216.851	-1478.710	149.759	-149.759	15.979	-10.329	J지점
39	329.291	-28.607	477.468	19.147	2081.003	-1229.986	123.142	-123.142	19.191	-11.908	I지점
39	329.291	-28.607	476.851	48.047	2060.385	-1236.663	123.142	-123.142	19.191	-11.908	1/4지점
39	329.291	-28.607	476.234	76.946	2040.116	-1243.340	123.142	-123.142	19.191	-11.908	2/4지점
39	329.291	-28.607	475.617	105.846	2020.449	-1250.017	123.142	-123.142	19.191	-11.908	3/4지점
39	329.291	-28.607	475.001	134.745	2001.691	-1256.694	123.142	-123.142	19.191	-11.908	J지점
40	228.926	-15.286	360.140	38.481	1832.050	-1057.293	134.357	-134.357	18.744	-11.831	I지점
40	228.926	-15.286	359.493	67.376	1812.101	-1063.960	134.357	-134.357	18.744	-11.831	1/4지점
40	228.926	-15.286	358.784	96.270	1792.676	-1070.636	134.357	-134.357	18.744	-11.831	2/4지점
40	228.926	-15.286	358.014	125.165	1774.118	-1077.312	134.357	-134.357	18.744	-11.831	3/4지점
40	228.926	-15.286	357.183	154.060	1756.777	-1083.988	134.357	-134.357	18.744	-11.831	J지점
41	200.806	-10.482	319.364	75.207	1599.451	-958.974	129.387	-129.387	16.469	-10.974	I지점
41	200.806	-10.482	318.502	104.107	1580.273	-965.651	129.387	-129.387	16.469	-10.974	1/4지점
41	200.806	-10.482	317.639	133.008	1561.999	-972.329	129.387	-129.387	16.469	-10.974	2/4지점
41	200.806	-10.482	316.777	161.908	1544.960	-979.006	129.387	-129.387	16.469	-10.974	3/4지점
41	200.806	-10.482	315.915	190.809	1529.446	-985.683	129.387	-129.387	16.469	-10.974	J지점
42	180.754	-7.182	292.882	85.408	1366.772	-853.011	114.745	-114.745	14.192	-10.159	I지점
42	180.754	-7.182	292.020	114.301	1347.888	-859.687	114.745	-114.745	14.192	-10.159	1/4지점
42	180.754	-7.182	291.158	143.195	1329.959	-866.364	114.745	-114.745	14.192	-10.159	2/4지점
42	180.754	-7.182	290.296	172.089	1313.329	-873.834	114.745	-114.745	14.192	-10.159	3/4지점
42	180.754	-7.182	289.434	200.982	1298.274	-883.166	114.745	-114.745	14.192	-10.159	J지점
43	156.146	-4.591	258.388	77.170	1168.056	-754.120	91.944	-91.944	12.098	-9.416	I지점
43	156.146	-4.591	257.603	106.065	1149.052	-760.226	91.944	-91.944	12.098	-9.416	1/4지점
43	156.146	-4.591	256.971	134.960	1131.100	-766.902	91.944	-91.944	12.098	-9.416	2/4지점
43	156.146	-4.591	256.493	163.855	1114.598	-773.578	91.944	-91.944	12.098	-9.416	3/4지점
43	156.146	-4.591	256.168	192.749	1099.752	-780.254	91.944	-91.944	12.098	-9.416	J지점
44	105.978	-0.945	188.275	47.997	984.814	-661.017	62.628	-62.628	9.464	-8.325	I지점
44	105.978	-0.945	188.027	76.892	965.924	-665.559	62.628	-62.628	9.464	-8.325	1/4지점
44	105.978	-0.945	187.780	105.787	947.840	-671.825	62.628	-62.628	9.464	-8.325	2/4지점
44	105.978	-0.945	187.532	134.682	930.854	-678.501	62.628	-62.628	9.464	-8.325	3/4지점
44	105.978	-0.945	187.284	163.577	915.224	-685.177	62.628	-62.628	9.464	-8.325	J지점
45	54.187	1.828	111.283	7.810	835.909	-603.028	30.180	-30.180	6.935	-7.221	I지점
45	54.187	1.828	111.082	36.707	816.217	-605.691	30.180	-30.180	6.935	-7.221	1/4지점
45	54.187	1.828	110.972	65.604	797.617	-610.150	30.180	-30.180	6.935	-7.221	2/4지점
45	54.187	1.828	110.954	94.501	780.366	-616.357	30.180	-30.180	6.935	-7.221	3/4지점
45	54.187	1.828	111.028	123.398	764.684	-623.034	30.180	-30.180	6.935	-7.221	J지점
46	-5.108	4.571	21.614	-39.008	720.635	-660.426	4.032	-4.032	4.644	-6.263	I지점
46	-5.108	4.571	21.735	-10.115	700.847	-676.615	4.032	-4.032	4.644	-6.263	1/4지점
46	-5.108	4.571	21.855	18.778	682.083	-694.262	4.032	-4.032	4.644	-6.263	2/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
46	-5.108	4.571	21.975	47.671	664.566	-713.100	4.032	-4.032	4.644	-6.263	3/4지점
46	-5.108	4.571	22.095	76.565	648.544	-732.897	4.032	-4.032	4.644	-6.263	J지점
47	-63.419	6.847	-69.333	-89.553	658.190	-844.403	34.861	-34.861	4.212	-5.410	I지점
47	-63.419	6.847	-69.213	-60.660	651.515	-860.019	34.861	-34.861	4.212	-5.410	1/4지점
47	-63.419	6.847	-69.093	-31.768	645.268	-877.104	34.861	-34.861	4.212	-5.410	2/4지점
47	-63.419	6.847	-68.973	-2.876	640.694	-895.401	34.861	-34.861	4.212	-5.410	3/4지점
47	-63.419	6.847	-68.853	26.017	637.839	-914.668	34.861	-34.861	4.212	-5.410	J지점
48	-123.054	8.948	-165.507	-139.499	748.940	-1066.067	67.472	-67.472	5.648	-4.668	I지점
48	-123.054	8.948	-165.387	-110.606	742.265	-1081.051	67.472	-67.472	5.648	-4.668	1/4지점
48	-123.054	8.948	-165.267	-81.712	735.589	-1097.513	67.472	-67.472	5.648	-4.668	2/4지점
48	-123.054	8.948	-165.147	-52.819	729.005	-1115.217	67.472	-67.472	5.648	-4.668	3/4지점
48	-123.054	8.948	-165.027	-23.926	723.733	-1133.914	67.472	-67.472	5.648	-4.668	J지점
49	-198.802	11.803	-288.479	-182.787	875.358	-1316.368	97.667	-97.667	6.823	-4.039	I지점
49	-198.802	11.803	-288.405	-153.894	868.682	-1330.655	97.667	-97.667	6.823	-4.039	1/4지점
49	-198.802	11.803	-288.423	-125.000	862.006	-1346.516	97.667	-97.667	6.823	-4.039	2/4지점
49	-198.802	11.803	-288.532	-96.106	855.330	-1363.758	97.667	-97.667	6.823	-4.039	3/4지점
49	-198.802	11.803	-288.734	-67.212	848.655	-1382.103	97.667	-97.667	6.823	-4.039	J지점
50	-276.339	14.471	-425.922	-214.522	1011.354	-1561.237	123.382	-123.382	7.714	-3.531	I지점
50	-276.339	14.471	-426.200	-185.624	1004.677	-1574.038	123.382	-123.382	7.714	-3.531	1/4지점
50	-276.339	14.471	-426.540	-156.727	998.000	-1589.829	123.382	-123.382	7.714	-3.531	2/4지점
50	-276.339	14.471	-426.941	-127.829	991.323	-1607.055	123.382	-123.382	7.714	-3.531	3/4지점
50	-276.339	14.471	-427.403	-98.932	984.647	-1625.428	123.382	-123.382	7.714	-3.531	J지점
51	-329.680	15.791	-530.632	-218.314	1109.466	-1744.026	136.471	-136.471	8.149	-3.106	I지점
51	-329.680	15.791	-531.075	-195.198	1104.125	-1745.579	136.471	-136.471	8.149	-3.106	1/4지점
51	-329.680	15.791	-531.617	-172.083	1098.784	-1759.505	136.471	-136.471	8.149	-3.106	2/4지점
51	-329.680	15.791	-532.257	-148.967	1093.443	-1774.842	136.471	-136.471	8.149	-3.106	3/4지점
51	-329.680	15.791	-532.996	-125.851	1088.103	-1791.455	136.471	-136.471	8.149	-3.106	J지점
52	-353.919	16.209	-582.159	-208.901	1147.782	-1803.065	132.424	-132.424	8.094	-2.893	I지점
52	-353.919	16.209	-582.947	-185.783	1142.441	-1803.065	132.424	-132.424	8.094	-2.893	1/4지점
52	-353.919	16.209	-583.735	-162.666	1137.100	-1817.574	132.424	-132.424	8.094	-2.893	2/4지점
52	-353.919	16.209	-584.522	-139.548	1131.759	-1836.570	132.424	-132.424	8.094	-2.893	3/4지점
52	-353.919	16.209	-585.310	-116.430	1126.417	-1856.826	132.424	-132.424	8.094	-2.893	J지점
53	-308.644	14.017	-508.816	-184.889	1021.144	-1476.038	138.133	-138.133	6.425	-2.456	I지점
53	-308.644	14.017	-509.456	-166.112	1016.806	-1476.038	138.133	-138.133	6.425	-2.456	1/4지점
53	-308.644	14.017	-510.745	-147.336	1012.467	-1476.038	138.133	-138.133	6.425	-2.456	2/4지점
53	-308.644	14.017	-512.798	-128.560	1008.408	-1494.281	138.133	-138.133	6.425	-2.456	3/4지점
53	-308.644	14.017	-514.851	-109.784	1005.900	-1514.247	138.133	-138.133	6.425	-2.456	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
54	689.864	-28.978	1024.236	567.074	1752.317	-1022.732	209.267	-209.267	6.771	-14.091	I지점
54	689.864	-28.978	1026.293	548.252	1755.859	-1000.507	209.267	-209.267	6.771	-14.091	1/4지점
54	689.864	-28.978	1028.351	529.429	1761.618	-979.734	209.267	-209.267	6.771	-14.091	2/4지점
54	689.864	-28.978	1029.734	510.607	1767.698	-960.562	209.267	-209.267	6.771	-14.091	3/4지점
54	689.864	-28.978	1030.376	491.785	1773.777	-955.330	209.267	-209.267	6.771	-14.091	J지점
55	768.160	-33.088	1133.099	721.151	2088.688	-1185.202	207.744	-207.744	8.317	-17.804	I지점
55	768.160	-33.088	1133.908	697.407	2096.357	-1162.172	207.744	-207.744	8.317	-17.804	1/4지점
55	768.160	-33.088	1134.717	673.662	2104.026	-1140.737	207.744	-207.744	8.317	-17.804	2/4지점
55	768.160	-33.088	1135.526	649.918	2111.695	-1131.866	207.744	-207.744	8.317	-17.804	3/4지점
55	768.160	-33.088	1136.335	626.173	2119.365	-1131.644	207.744	-207.744	8.317	-17.804	J지점
56	698.993	-31.398	1021.277	670.575	2025.262	-1101.351	179.611	-179.611	7.593	-17.708	I지점
56	698.993	-31.398	1022.036	646.830	2032.931	-1083.187	179.611	-179.611	7.593	-17.708	1/4지점
56	698.993	-31.398	1022.693	623.086	2040.600	-1075.759	179.611	-179.611	7.593	-17.708	2/4지점
56	698.993	-31.398	1023.250	599.341	2048.270	-1075.395	179.611	-179.611	7.593	-17.708	3/4지점
56	698.993	-31.398	1023.706	575.597	2055.939	-1075.393	179.611	-179.611	7.593	-17.708	J지점
57	597.741	-28.611	864.420	593.538	1820.062	-977.232	148.470	-148.470	6.038	-16.730	I지점
57	597.741	-28.611	864.895	563.857	1829.649	-957.893	148.470	-148.470	6.038	-16.730	1/4지점
57	597.741	-28.611	865.306	534.177	1839.235	-949.256	148.470	-148.470	6.038	-16.730	2/4지점
57	597.741	-28.611	865.655	504.496	1848.822	-948.886	148.470	-148.470	6.038	-16.730	3/4지점
57	597.741	-28.611	865.941	474.815	1858.409	-948.887	148.470	-148.470	6.038	-16.730	J지점
58	426.524	-22.806	602.417	458.184	1526.845	-854.237	112.073	-112.073	7.052	-14.626	I지점
58	426.524	-22.806	602.624	428.499	1533.704	-835.375	112.073	-112.073	7.052	-14.626	1/4지점
58	426.524	-22.806	602.737	398.814	1540.563	-818.360	112.073	-112.073	7.052	-14.626	2/4지점
58	426.524	-22.806	602.755	369.129	1547.422	-817.303	112.073	-112.073	7.052	-14.626	3/4지점
58	426.524	-22.806	602.679	339.444	1554.280	-817.276	112.073	-112.073	7.052	-14.626	J지점
59	262.444	-16.841	348.283	309.455	1206.042	-764.003	74.056	-74.056	8.487	-11.906	I지점
59	262.444	-16.841	348.160	279.769	1212.901	-744.641	74.056	-74.056	8.487	-11.906	1/4지점
59	262.444	-16.841	348.036	250.082	1219.761	-726.522	74.056	-74.056	8.487	-11.906	2/4지점
59	262.444	-16.841	347.913	220.396	1226.620	-710.457	74.056	-74.056	8.487	-11.906	3/4지점
59	262.444	-16.841	347.789	190.709	1233.479	-709.608	74.056	-74.056	8.487	-11.906	J지점
60	126.729	-12.157	134.699	156.717	907.112	-697.637	36.498	-36.498	10.183	-8.641	I지점
60	126.729	-12.157	134.576	127.037	912.432	-677.104	36.498	-36.498	10.183	-8.641	1/4지점
60	126.729	-12.157	134.452	97.358	919.258	-657.776	36.498	-36.498	10.183	-8.641	2/4지점
60	126.729	-12.157	134.329	67.678	926.117	-639.913	36.498	-36.498	10.183	-8.641	3/4지점
60	126.729	-12.157	134.206	37.999	932.974	-623.866	36.498	-36.498	10.183	-8.641	J지점
61	-7.314	-7.007	-73.430	8.280	657.189	-699.519	2.271	-2.271	12.138	-8.849	I지점
61	-7.314	-7.007	-73.553	-21.403	657.742	-693.214	2.271	-2.271	12.138	-8.849	1/4지점
61	-7.314	-7.007	-73.677	-51.085	660.542	-689.155	2.271	-2.271	12.138	-8.849	2/4지점
61	-7.314	-7.007	-73.800	-80.768	665.739	-687.495	2.271	-2.271	12.138	-8.849	3/4지점
61	-7.314	-7.007	-73.923	-110.451	672.552	-687.449	2.271	-2.271	12.138	-8.849	J지점
62	-138.009	-1.210	-271.434	-133.260	509.869	-833.246	36.819	-36.819	14.374	-14.153	I지점
62	-138.009	-1.210	-271.510	-162.945	526.487	-826.387	36.819	-36.819	14.374	-14.153	1/4지점
62	-138.009	-1.210	-271.492	-192.630	544.959	-819.528	36.819	-36.819	14.374	-14.153	2/4지점
62	-138.009	-1.210	-271.379	-222.316	564.993	-813.255	36.819	-36.819	14.374	-14.153	3/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
62	-138.009	-1.210	-271.172	-252.001	586.360	-809.285	36.819	-36.819	14.374	-14.153	J지점
63	-267.346	5.619	-458.889	-265.118	553.236	-1035.718	73.143	-73.143	17.049	-20.248	I지점
63	-267.346	5.619	-458.635	-294.797	568.956	-1028.861	73.143	-73.143	17.049	-20.248	1/4지점
63	-267.346	5.619	-458.380	-324.476	586.408	-1022.002	73.143	-73.143	17.049	-20.248	2/4지점
63	-267.346	5.619	-458.126	-354.156	605.189	-1015.146	73.143	-73.143	17.049	-20.248	3/4지점
63	-267.346	5.619	-457.872	-383.835	624.996	-1008.289	73.143	-73.143	17.049	-20.248	J지점
64	-358.741	11.593	-580.390	-370.295	680.077	-1303.041	107.588	-107.588	19.543	-26.191	I지점
64	-358.741	11.593	-580.057	-399.984	685.776	-1296.181	107.588	-107.588	19.543	-26.191	1/4지점
64	-358.741	11.593	-579.566	-429.673	702.218	-1289.322	107.588	-107.588	19.543	-26.191	2/4지점
64	-358.741	11.593	-578.917	-459.362	720.284	-1282.462	107.588	-107.588	19.543	-26.191	3/4지점
64	-358.741	11.593	-578.110	-489.050	739.737	-1275.602	107.588	-107.588	19.543	-26.191	J지점
65	-426.960	18.532	-646.223	-443.883	830.575	-1572.726	136.872	-136.872	21.741	-31.937	I지점
65	-426.960	18.532	-645.338	-473.564	830.590	-1565.868	136.872	-136.872	21.741	-31.937	1/4지점
65	-426.960	18.532	-644.452	-503.245	839.429	-1559.010	136.872	-136.872	21.741	-31.937	2/4지점
65	-426.960	18.532	-643.567	-532.926	857.239	-1552.152	136.872	-136.872	21.741	-31.937	3/4지점
65	-426.960	18.532	-642.681	-562.607	876.281	-1545.295	136.872	-136.872	21.741	-31.937	J지점
66	-445.753	24.000	-618.588	-483.558	992.420	-1805.777	160.568	-160.568	23.650	-37.054	I지점
66	-445.753	24.000	-617.703	-513.240	992.428	-1796.190	160.568	-160.568	23.650	-37.054	1/4지점
66	-445.753	24.000	-616.818	-542.922	994.028	-1786.603	160.568	-160.568	23.650	-37.054	2/4지점
66	-445.753	24.000	-615.932	-572.603	1012.170	-1777.016	160.568	-160.568	23.650	-37.054	3/4지점
66	-445.753	24.000	-615.047	-602.285	1031.472	-1767.429	160.568	-160.568	23.650	-37.054	J지점
67	-468.962	32.891	-554.852	-493.638	1172.150	-1988.974	189.817	-189.817	25.769	-42.461	I지점
67	-468.962	32.891	-553.998	-523.322	1172.383	-1979.386	189.817	-189.817	25.769	-42.461	1/4지점
67	-468.962	32.891	-553.207	-553.006	1175.604	-1969.798	189.817	-189.817	25.769	-42.461	2/4지점
67	-468.962	32.891	-552.479	-582.690	1195.147	-1960.210	189.817	-189.817	25.769	-42.461	3/4지점
67	-468.962	32.891	-551.814	-612.374	1215.442	-1950.623	189.817	-189.817	25.769	-42.461	J지점
68	-641.106	55.727	-684.338	-458.688	1359.997	-2232.884	242.165	-242.165	27.084	-45.686	I지점
68	-641.106	55.727	-683.704	-488.373	1360.128	-2223.296	242.165	-242.165	27.084	-45.686	1/4지점
68	-641.106	55.727	-683.070	-518.058	1361.812	-2213.708	242.165	-242.165	27.084	-45.686	2/4지점
68	-641.106	55.727	-682.437	-547.743	1372.393	-2204.120	242.165	-242.165	27.084	-45.686	3/4지점
68	-641.106	55.727	-681.803	-577.428	1394.063	-2194.532	242.165	-242.165	27.084	-45.686	J지점
69	-777.325	81.314	-810.578	-395.528	1516.112	-2463.699	314.171	-314.171	26.594	-43.576	I지점
69	-777.325	81.314	-810.071	-425.209	1516.112	-2454.109	314.171	-314.171	26.594	-43.576	1/4지점
69	-777.325	81.314	-809.816	-454.890	1516.112	-2444.525	314.171	-314.171	26.594	-43.576	2/4지점
69	-777.325	81.314	-809.813	-484.571	1516.112	-2434.938	314.171	-314.171	26.594	-43.576	3/4지점
69	-777.325	81.314	-810.062	-514.252	1516.112	-2425.352	314.171	-314.171	26.594	-43.576	J지점
70	-701.734	91.547	-753.237	-281.352	1814.322	-2401.694	307.631	-307.631	18.565	-28.202	I지점
70	-701.734	91.547	-753.612	-311.038	1814.322	-2394.835	307.631	-307.631	18.565	-28.202	1/4지점
70	-701.734	91.547	-753.987	-340.723	1814.322	-2387.976	307.631	-307.631	18.565	-28.202	2/4지점
70	-701.734	91.547	-754.362	-370.409	1814.504	-2381.300	307.631	-307.631	18.565	-28.202	3/4지점
70	-701.734	91.547	-754.738	-400.094	1817.684	-2377.621	307.631	-307.631	18.565	-28.202	J지점
71	-527.887	102.221	-643.774	-136.704	1971.636	-2092.738	259.845	-259.845	5.541	-6.928	I지점
71	-527.887	102.221	-644.074	-160.446	1975.165	-2089.960	259.845	-259.845	5.541	-6.928	1/4지점
71	-527.887	102.221	-644.374	-184.188	1981.724	-2089.521	259.845	-259.845	5.541	-6.928	2/4지점
71	-527.887	102.221	-644.675	-207.930	1989.393	-2089.521	259.845	-259.845	5.541	-6.928	3/4지점
71	-527.887	102.221	-644.975	-231.673	1997.061	-2089.521	259.845	-259.845	5.541	-6.928	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
72	-347.371	91.624	-471.720	37.700	1925.113	-1700.602	281.363	-281.363	16.606	-6.928	I지점
72	-347.371	91.624	-472.001	8.017	1934.701	-1675.753	281.363	-281.363	16.606	-6.928	1/4지점
72	-347.371	91.624	-472.093	-21.666	1944.288	-1660.307	281.363	-281.363	16.606	-6.928	2/4지점
72	-347.371	91.624	-471.996	-51.349	1953.876	-1657.201	281.363	-281.363	16.606	-6.928	3/4지점
72	-347.371	91.624	-471.710	-81.032	1963.463	-1656.176	281.363	-281.363	16.606	-6.928	J지점
73	-176.820	75.665	-193.910	174.780	1755.100	-1583.803	218.831	-218.831	24.091	-10.914	I지점
73	-176.820	75.665	-193.529	145.093	1764.689	-1562.836	218.831	-218.831	24.091	-10.914	1/4지점
73	-176.820	75.665	-193.149	115.405	1774.277	-1542.605	218.831	-218.831	24.091	-10.914	2/4지점
73	-176.820	75.665	-192.769	85.718	1783.866	-1532.323	218.831	-218.831	24.091	-10.914	3/4지점
73	-176.820	75.665	-192.388	56.030	1793.455	-1531.097	218.831	-218.831	24.091	-10.914	J지점
74	-39.799	48.520	-6.432	248.829	1583.364	-1383.870	177.757	-177.757	23.033	-9.916	I지점
74	-39.799	48.520	-6.052	219.146	1592.951	-1365.278	177.757	-177.757	23.033	-9.916	1/4지점
74	-39.799	48.520	-5.671	189.463	1602.538	-1347.046	177.757	-177.757	23.033	-9.916	2/4지점
74	-39.799	48.520	-5.291	159.780	1612.126	-1329.350	177.757	-177.757	23.033	-9.916	3/4지점
74	-39.799	48.520	-4.911	130.098	1621.713	-1327.891	177.757	-177.757	23.033	-9.916	J지점
75	18.726	26.110	129.606	279.900	1426.217	-1188.905	157.141	-157.141	19.274	-7.557	I지점
75	18.726	26.110	129.986	250.220	1435.804	-1169.923	157.141	-157.141	19.274	-7.557	1/4지점
75	18.726	26.110	130.366	220.539	1445.390	-1151.773	157.141	-157.141	19.274	-7.557	2/4지점
75	18.726	26.110	130.747	190.859	1454.977	-1134.785	157.141	-157.141	19.274	-7.557	3/4지점
75	18.726	26.110	131.127	161.178	1464.564	-1129.898	157.141	-157.141	19.274	-7.557	J지점
76	41.929	21.449	193.275	273.899	1248.267	-1020.645	133.790	-133.790	15.660	-5.664	I지점
76	41.929	21.449	193.734	244.218	1257.854	-1001.787	133.790	-133.790	15.660	-5.664	1/4지점
76	41.929	21.449	194.351	214.537	1267.441	-983.672	133.790	-133.790	15.660	-5.664	2/4지점
76	41.929	21.449	195.126	184.856	1277.028	-966.626	133.790	-133.790	15.660	-5.664	3/4지점
76	41.929	21.449	196.058	155.175	1286.614	-960.577	133.790	-133.790	15.660	-5.664	J지점
77	51.099	16.991	206.009	244.068	1043.147	-866.948	104.081	-104.081	11.880	-4.392	I지점
77	51.099	16.991	207.020	214.384	1050.006	-846.912	104.081	-104.081	11.880	-4.392	1/4지점
77	51.099	16.991	208.031	184.700	1056.864	-827.886	104.081	-104.081	11.880	-4.392	2/4지점
77	51.099	16.991	209.043	155.016	1064.841	-810.237	104.081	-104.081	11.880	-4.392	3/4지점
77	51.099	16.991	210.054	125.331	1074.428	-799.628	104.081	-104.081	11.880	-4.392	J지점
78	45.009	12.082	170.145	197.648	914.097	-760.582	72.010	-72.010	8.643	-3.959	I지점
78	45.009	12.082	171.156	167.964	920.728	-739.646	72.010	-72.010	8.643	-3.959	1/4지점
78	45.009	12.082	172.168	138.280	927.586	-719.814	72.010	-72.010	8.643	-3.959	2/4지점
78	45.009	12.082	173.179	108.597	934.444	-701.476	72.010	-72.010	8.643	-3.959	3/4지점
78	45.009	12.082	174.191	78.914	941.302	-685.134	72.010	-72.010	8.643	-3.959	J지점
79	28.547	5.871	96.588	137.410	791.526	-686.425	36.963	-36.963	5.940	-3.459	I지점
79	28.547	5.871	97.599	107.725	794.748	-664.475	36.963	-36.963	5.940	-3.459	1/4지점
79	28.547	5.871	98.611	78.040	800.527	-643.634	36.963	-36.963	5.940	-3.459	2/4지점
79	28.547	5.871	99.622	48.356	807.385	-624.312	36.963	-36.963	5.940	-3.459	3/4지점
79	28.547	5.871	100.634	18.671	814.244	-607.021	36.963	-36.963	5.940	-3.459	J지점
80	6.467	-0.912	4.062	69.158	678.438	-697.924	1.921	-1.921	4.027	-4.479	I지점
80	6.467	-0.912	5.073	39.475	678.464	-691.091	1.921	-1.921	4.027	-4.479	1/4지점
80	6.467	-0.912	6.085	9.792	680.145	-685.914	1.921	-1.921	4.027	-4.479	2/4지점
80	6.467	-0.912	7.096	-19.891	684.463	-683.374	1.921	-1.921	4.027	-4.479	3/4지점
80	6.467	-0.912	8.107	-49.574	691.027	-683.080	1.921	-1.921	4.027	-4.479	J지점
81	-15.950	-7.737	-88.890	0.322	619.646	-832.873	36.396	-36.396	3.561	-6.431	I지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
81	-15.950	-7.737	-87.879	-29.356	636.653	-826.015	36.396	-36.396	3.561	-6.431	1/4지점
81	-15.950	-7.737	-86.868	-59.035	655.676	-819.158	36.396	-36.396	3.561	-6.431	2/4지점
81	-15.950	-7.737	-85.857	-88.714	676.227	-812.749	36.396	-36.396	3.561	-6.431	3/4지점
81	-15.950	-7.737	-84.845	-118.393	697.899	-808.681	36.396	-36.396	3.561	-6.431	J지점
82	-32.963	-13.921	-161.673	-60.179	709.705	-971.960	73.473	-73.473	4.342	-9.127	I지점
82	-32.963	-13.921	-160.663	-89.833	723.771	-965.109	73.473	-73.473	4.342	-9.127	1/4지점
82	-32.963	-13.921	-159.653	-119.487	741.845	-958.258	73.473	-73.473	4.342	-9.127	2/4지점
82	-32.963	-13.921	-158.642	-149.142	761.416	-951.407	73.473	-73.473	4.342	-9.127	3/4지점
82	-32.963	-13.921	-157.632	-178.796	782.101	-944.578	73.473	-73.473	4.342	-9.127	J지점
83	-40.393	-18.895	-197.907	-107.776	838.573	-1117.581	105.610	-105.610	4.696	-12.397	I지점
83	-40.393	-18.895	-196.897	-137.399	845.310	-1110.738	105.610	-105.610	4.696	-12.397	1/4지점
83	-40.393	-18.895	-195.888	-167.022	862.761	-1103.894	105.610	-105.610	4.696	-12.397	2/4지점
83	-40.393	-18.895	-194.879	-196.646	881.580	-1097.050	105.610	-105.610	4.696	-12.397	3/4지점
83	-40.393	-18.895	-193.869	-226.269	901.395	-1090.206	105.610	-105.610	4.696	-12.397	J지점
84	-34.163	-23.026	-185.990	-140.683	993.552	-1327.410	135.157	-135.157	5.901	-16.128	I지점
84	-34.163	-23.026	-185.061	-170.275	997.084	-1317.853	135.157	-135.157	5.901	-16.128	1/4지점
84	-34.163	-23.026	-184.288	-199.866	1013.998	-1308.296	135.157	-135.157	5.901	-16.128	2/4지점
84	-34.163	-23.026	-183.673	-229.457	1031.990	-1298.739	135.157	-135.157	5.901	-16.128	3/4지점
84	-34.163	-23.026	-183.215	-259.049	1050.697	-1289.182	135.157	-135.157	5.901	-16.128	J지점
85	-16.848	-25.358	-127.292	-155.038	1149.887	-1486.650	158.276	-158.276	7.870	-19.859	I지점
85	-16.848	-25.358	-126.913	-184.602	1155.510	-1477.102	158.276	-158.276	7.870	-19.859	1/4지점
85	-16.848	-25.358	-126.534	-214.166	1172.427	-1467.554	158.276	-158.276	7.870	-19.859	2/4지점
85	-16.848	-25.358	-126.155	-243.730	1190.512	-1458.006	158.276	-158.276	7.870	-19.859	3/4지점
85	-16.848	-25.358	-125.776	-273.295	1209.407	-1448.457	158.276	-158.276	7.870	-19.859	J지점
86	21.521	-32.542	-7.842	-141.264	1328.626	-1621.339	180.036	-180.036	10.160	-24.045	I지점
86	21.521	-32.542	-7.464	-170.794	1333.655	-1611.802	180.036	-180.036	10.160	-24.045	1/4지점
86	21.521	-32.542	-7.085	-200.324	1351.318	-1602.265	180.036	-180.036	10.160	-24.045	2/4지점
86	21.521	-32.542	-6.707	-229.854	1369.500	-1592.728	180.036	-180.036	10.160	-24.045	3/4지점
86	21.521	-32.542	-6.329	-259.383	1388.022	-1583.190	180.036	-180.036	10.160	-24.045	J지점
87	101.642	-54.127	118.262	-99.884	1504.558	-1763.405	214.665	-214.665	11.856	-26.331	I지점
87	101.642	-54.127	118.640	-129.387	1506.115	-1753.876	214.665	-214.665	11.856	-26.331	1/4지점
87	101.642	-54.127	119.018	-158.891	1523.174	-1744.348	214.665	-214.665	11.856	-26.331	2/4지점
87	101.642	-54.127	119.396	-188.395	1543.306	-1734.819	214.665	-214.665	11.856	-26.331	3/4지점
87	101.642	-54.127	119.774	-217.898	1564.134	-1725.290	214.665	-214.665	11.856	-26.331	J지점
88	212.801	-77.403	260.391	-11.466	1620.273	-1874.697	262.029	-262.029	10.503	-23.198	I지점
88	212.801	-77.403	260.675	-40.940	1621.710	-1865.178	262.029	-262.029	10.503	-23.198	1/4지점
88	212.801	-77.403	260.772	-70.413	1627.274	-1855.659	262.029	-262.029	10.503	-23.198	2/4지점
88	212.801	-77.403	260.680	-99.887	1650.928	-1846.140	262.029	-262.029	10.503	-23.198	3/4지점
88	212.801	-77.403	260.402	-129.360	1675.429	-1836.636	262.029	-262.029	10.503	-23.198	J지점
89	284.536	-79.728	295.704	89.484	1820.769	-1835.685	225.285	-225.285	4.063	-11.353	I지점
89	284.536	-79.728	295.406	65.926	1820.769	-1830.242	225.285	-225.285	4.063	-11.353	1/4지점
89	284.536	-79.728	295.109	42.369	1820.769	-1824.800	225.285	-225.285	4.063	-11.353	2/4지점
89	284.536	-79.728	294.811	18.811	1821.329	-1819.918	225.285	-225.285	4.063	-11.353	3/4지점
89	284.536	-79.728	294.513	-4.746	1824.151	-1817.297	225.285	-225.285	4.063	-11.353	J지점
90	339.504	-60.258	297.838	212.075	1980.767	-1619.828	332.963	-332.963	4.922	-4.782	I지점
90	339.504	-60.258	297.466	182.661	1984.246	-1616.511	332.963	-332.963	4.922	-4.782	1/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
90	339.504	-60.258	297.094	153.247	1990.722	-1616.191	332.963	-332.963	4.922	-4.782	2/4지점
90	339.504	-60.258	296.722	123.833	1997.517	-1616.191	332.963	-332.963	4.922	-4.782	3/4지점
90	339.504	-60.258	296.350	94.418	2004.313	-1616.191	332.963	-332.963	4.922	-4.782	J지점
91	342.695	-46.135	276.321	293.086	1946.753	-1544.962	324.673	-324.673	16.443	-10.546	I지점
91	342.695	-46.135	276.074	263.699	1956.244	-1520.586	324.673	-324.673	16.443	-10.546	1/4지점
91	342.695	-46.135	276.077	234.312	1965.735	-1501.355	324.673	-324.673	16.443	-10.546	2/4지점
91	342.695	-46.135	276.330	204.925	1975.225	-1498.729	324.673	-324.673	16.443	-10.546	3/4지점
91	342.695	-46.135	276.833	175.537	1984.717	-1498.091	324.673	-324.673	16.443	-10.546	J지점
92	272.431	-28.640	219.583	336.597	1719.706	-1420.704	241.990	-241.990	19.759	-12.041	I지점
92	272.431	-28.640	220.210	307.236	1729.188	-1399.387	241.990	-241.990	19.759	-12.041	1/4지점
92	272.431	-28.640	220.837	277.876	1738.671	-1378.627	241.990	-241.990	19.759	-12.041	2/4지점
92	272.431	-28.640	221.464	248.515	1748.153	-1364.356	241.990	-241.990	19.759	-12.041	3/4지점
92	272.431	-28.640	222.090	219.155	1757.635	-1363.509	241.990	-241.990	19.759	-12.041	J지점
93	198.563	-15.310	195.091	353.578	1492.767	-1263.084	185.764	-185.764	18.832	-11.771	I지점
93	198.563	-15.310	195.748	324.251	1502.238	-1242.903	185.764	-185.764	18.832	-11.771	1/4지점
93	198.563	-15.310	196.467	294.923	1511.710	-1223.399	185.764	-185.764	18.832	-11.771	2/4지점
93	198.563	-15.310	197.249	265.596	1521.181	-1204.926	185.764	-185.764	18.832	-11.771	3/4지점
93	198.563	-15.310	198.092	236.269	1530.653	-1195.181	185.764	-185.764	18.832	-11.771	J지점
94	188.350	-10.194	244.563	330.980	1341.582	-1110.254	156.965	-156.965	16.483	-10.896	I지점
94	188.350	-10.194	245.437	301.682	1351.044	-1090.954	156.965	-156.965	16.483	-10.896	1/4지점
94	188.350	-10.194	246.311	272.384	1360.506	-1072.725	156.965	-156.965	16.483	-10.896	2/4지점
94	188.350	-10.194	247.185	243.086	1369.968	-1055.889	156.965	-156.965	16.483	-10.896	3/4지점
94	188.350	-10.194	248.059	213.788	1379.430	-1048.186	156.965	-156.965	16.483	-10.896	J지점
95	178.560	-7.273	264.878	298.612	1152.156	-975.876	132.769	-132.769	14.330	-10.139	I지점
95	178.560	-7.273	265.751	269.344	1161.609	-956.845	132.769	-132.769	14.330	-10.139	1/4지점
95	178.560	-7.273	266.624	240.077	1171.061	-938.881	132.769	-132.769	14.330	-10.139	2/4지점
95	178.560	-7.273	267.497	210.810	1180.513	-927.305	132.769	-132.769	14.330	-10.139	3/4지점
95	178.560	-7.273	268.371	181.542	1189.966	-927.305	132.769	-132.769	14.330	-10.139	J지점
96	143.213	-3.592	234.834	254.461	986.293	-856.086	102.659	-102.659	11.825	-9.212	I지점
96	143.213	-3.592	235.629	225.221	993.048	-836.687	102.659	-102.659	11.825	-9.212	1/4지점
96	143.213	-3.592	236.268	195.980	999.804	-818.556	102.659	-102.659	11.825	-9.212	2/4지점
96	143.213	-3.592	236.752	166.740	1006.559	-801.974	102.659	-102.659	11.825	-9.212	3/4지점
96	143.213	-3.592	237.080	137.499	1013.315	-799.826	102.659	-102.659	11.825	-9.212	J지점
97	106.570	-1.175	188.586	202.039	844.592	-754.633	70.561	-70.561	9.389	-8.210	I지점
97	106.570	-1.175	188.837	172.818	850.822	-735.094	70.561	-70.561	9.389	-8.210	1/4지점
97	106.570	-1.175	189.087	143.596	857.573	-716.488	70.561	-70.561	9.389	-8.210	2/4지점
97	106.570	-1.175	189.338	114.375	864.325	-699.092	70.561	-70.561	9.389	-8.210	3/4지점
97	106.570	-1.175	189.588	85.154	871.077	-683.250	70.561	-70.561	9.389	-8.210	J지점
98	49.785	1.961	107.974	139.720	720.559	-685.564	33.230	-33.230	6.776	-7.066	I지점
98	49.785	1.961	108.178	110.497	723.556	-664.818	33.230	-33.230	6.776	-7.066	1/4지점
98	49.785	1.961	108.289	81.274	728.703	-645.244	33.230	-33.230	6.776	-7.066	2/4지점
98	49.785	1.961	108.307	52.050	735.395	-627.115	33.230	-33.230	6.776	-7.066	3/4지점
98	49.785	1.961	108.232	22.827	742.147	-610.748	33.230	-33.230	6.776	-7.066	J지점
99	-3.835	4.422	27.534	75.469	623.851	-643.427	7.925	-7.925	4.554	-6.135	I지점
99	-3.835	4.422	27.412	46.242	623.925	-636.748	7.925	-7.925	4.554	-6.135	1/4지점
99	-3.835	4.422	27.291	17.016	625.547	-631.617	7.925	-7.925	4.554	-6.135	2/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전	고정하중	단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
99	-3.835	4.422	27.169	-12.211	629.306	-628.623	7.925	-7.925	4.554	-6.135	3/4지점
99	-3.835	4.422	27.048	-41.437	640.742	-627.722	7.925	-7.925	4.554	-6.135	J지점
100	-63.111	6.783	-64.056	4.601	634.958	-806.602	43.445	-43.445	4.196	-5.258	I지점
100	-63.111	6.783	-64.178	-24.620	650.705	-799.851	43.445	-43.445	4.196	-5.258	1/4지점
100	-63.111	6.783	-64.299	-53.842	668.082	-793.098	43.445	-43.445	4.196	-5.258	2/4지점
100	-63.111	6.783	-64.421	-83.063	686.834	-786.598	43.445	-43.445	4.196	-5.258	3/4지점
100	-63.111	6.783	-64.542	-112.285	706.696	-781.905	43.445	-43.445	4.196	-5.258	J지점
101	-118.740	8.786	-150.287	-64.270	735.297	-993.284	81.156	-81.156	5.560	-4.556	I지점
101	-118.740	8.786	-150.408	-93.497	749.675	-986.532	81.156	-81.156	5.560	-4.556	1/4지점
101	-118.740	8.786	-150.530	-122.723	766.119	-979.779	81.156	-81.156	5.560	-4.556	2/4지점
101	-118.740	8.786	-150.651	-151.950	783.954	-973.026	81.156	-81.156	5.560	-4.556	3/4지점
101	-118.740	8.786	-150.772	-181.176	802.936	-966.273	81.156	-81.156	5.560	-4.556	J지점
102	-187.098	11.502	-253.170	-134.276	872.696	-1214.310	119.653	-119.653	6.717	-3.943	I지점
102	-187.098	11.502	-253.245	-163.499	875.552	-1204.871	119.653	-119.653	6.717	-3.943	1/4지점
102	-187.098	11.502	-253.227	-192.722	891.316	-1195.432	119.653	-119.653	6.717	-3.943	2/4지점
102	-187.098	11.502	-253.116	-221.945	908.623	-1185.994	119.653	-119.653	6.717	-3.943	3/4지점
102	-187.098	11.502	-252.912	-251.167	927.202	-1178.536	119.653	-119.653	6.717	-3.943	J지점
103	-262.125	14.261	-360.618	-204.185	1029.941	-1457.586	160.121	-160.121	7.665	-3.414	I지점
103	-262.125	14.261	-360.336	-233.413	1030.081	-1448.146	160.121	-160.121	7.665	-3.414	1/4지점
103	-262.125	14.261	-359.993	-262.641	1040.309	-1438.705	160.121	-160.121	7.665	-3.414	2/4지점
103	-262.125	14.261	-359.587	-291.869	1057.857	-1429.265	160.121	-160.121	7.665	-3.414	3/4지점
103	-262.125	14.261	-359.119	-321.097	1076.754	-1419.825	160.121	-160.121	7.665	-3.414	J지점
104	-299.676	15.403	-410.035	-260.043	1164.293	-1606.396	195.983	-195.983	8.024	-3.054	I지점
104	-299.676	15.403	-409.587	-283.422	1164.456	-1598.845	195.983	-195.983	8.024	-3.054	1/4지점
104	-299.676	15.403	-409.039	-306.801	1173.999	-1591.294	195.983	-195.983	8.024	-3.054	2/4지점
104	-299.676	15.403	-408.391	-330.180	1190.075	-1583.743	195.983	-195.983	8.024	-3.054	3/4지점
104	-299.676	15.403	-407.644	-353.559	1207.573	-1576.192	195.983	-195.983	8.024	-3.054	J지점
105	-332.068	16.245	-458.520	-294.236	1215.817	-1660.916	222.952	-222.952	8.078	-2.976	I지점
105	-332.068	16.245	-457.723	-317.613	1221.771	-1653.366	222.952	-222.952	8.078	-2.976	1/4지점
105	-332.068	16.245	-456.927	-340.989	1240.466	-1645.815	222.952	-222.952	8.078	-2.976	2/4지점
105	-332.068	16.245	-456.130	-364.366	1260.842	-1638.265	222.952	-222.952	8.078	-2.976	3/4지점
105	-332.068	16.245	-455.334	-387.743	1282.677	-1630.714	222.952	-222.952	8.078	-2.976	J지점
106	-302.215	14.220	-424.730	-223.369	1010.184	-1413.078	221.543	-221.543	6.404	-2.478	I지점
106	-302.215	14.220	-424.082	-242.369	1024.324	-1406.942	221.543	-221.543	6.404	-2.478	1/4지점
106	-302.215	14.220	-422.777	-261.368	1042.885	-1400.805	221.543	-221.543	6.404	-2.478	2/4지점
106	-302.215	14.220	-420.700	-280.367	1063.026	-1395.102	221.543	-221.543	6.404	-2.478	3/4지점
106	-302.215	14.220	-418.623	-299.366	1084.581	-1391.600	221.543	-221.543	6.404	-2.478	J지점

2) 활하중 부재력 집계 및 피로하중 작용범위 산정

[DB 하중]

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	5.155	-2.896	79.589	-797.460	8.051	877.050	A1
	2	2,258.683	-253.477	90.711	-711.248	2,512.160	801.959	
2	2	2,261.650	-256.044	94.695	-730.102	2,517.694	824.797	
	3	4,488.005	-631.726	167.413	-638.795	5,119.731	806.208	
3	3	4,491.369	-635.511	140.162	-667.258	5,126.880	807.420	
	4	6,275.277	-1,027.540	223.705	-589.511	7,302.817	813.216	
4	4	6,279.325	-1,031.818	177.981	-617.383	7,311.143	795.364	
	5	7,987.144	-1,527.325	274.640	-528.459	9,514.469	803.099	
5	5	7,990.713	-1,531.790	228.668	-565.805	9,522.503	794.473	
	6	9,270.982	-2,026.402	316.603	-480.667	11,297.384	797.270	
6	6	9,274.482	-2,030.286	270.110	-518.622	11,304.768	788.731	
	7	10,115.080	-2,522.929	355.205	-434.878	12,638.009	790.083	
7	7	10,117.620	-2,526.107	308.770	-474.100	12,643.727	782.870	
	8	10,541.120	-3,017.844	392.660	-391.070	13,558.964	783.730	
8	8	10,542.080	-3,020.220	353.718	-431.348	13,562.300	785.066	
	9	10,583.260	-3,513.309	437.018	-348.653	14,096.569	785.671	
9	9	10,583.320	-3,514.813	398.907	-389.906	14,098.133	788.813	
	10	10,302.720	-4,010.548	481.901	-307.604	14,313.268	789.505	
10	10	10,301.470	-4,010.979	442.601	-350.686	14,312.449	793.287	
	11	9,689.420	-4,512.628	525.686	-268.321	14,202.048	794.007	
11	11	9,686.676	-4,511.899	486.727	-314.878	14,198.575	801.605	
	12	8,775.832	-5,016.817	569.785	-229.902	13,792.649	799.687	
12	12	8,772.411	-5,014.816	527.860	-283.724	13,787.227	811.584	
	13	7,632.099	-5,530.714	609.727	-195.087	13,162.813	804.814	
13	13	7,628.210	-5,527.317	571.671	-247.728	13,155.527	819.399	
	14	6,294.438	-6,050.234	652.900	-161.636	12,344.672	814.536	
14	14	6,290.012	-6,045.292	621.594	-204.197	12,335.304	825.791	
	15	4,789.346	-6,666.055	702.446	-125.041	11,455.401	827.487	
15	15	4,784.778	-6,660.677	663.742	-174.597	11,445.455	838.339	
	16	3,200.523	-7,368.492	744.100	-93.436	10,569.015	837.537	
16	16	3,199.340	-7,362.859	712.723	-134.881	10,562.199	847.603	
	17	2,462.350	-8,211.935	797.040	-60.260	10,674.285	857.300	
17	17	2,459.847	-8,207.128	777.871	-126.984	10,666.975	904.855	
	18	2,711.535	-9,358.652	865.114	-106.513	12,070.187	971.627	P1
18	18	2,709.688	-9,356.294	157.445	-888.030	12,065.982	1,045.475	P1
	19	2,232.396	-7,158.702	159.982	-823.693	9,391.098	983.675	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
19	19	2,231.064	-7,158.850	103.292	-830.096	9,389.914	933.388	
	20	2,178.192	-5,120.101	143.199	-750.443	7,298.293	893.642	
20	20	2,177.087	-5,131.048	103.333	-775.116	7,308.135	878.449	
	21	3,303.682	-4,473.392	171.067	-697.315	7,777.074	868.382	
21	21	3,306.015	-4,476.668	129.308	-722.997	7,782.683	852.305	
	22	4,392.799	-3,975.265	197.638	-645.019	8,368.064	842.657	
22	22	4,395.018	-3,977.686	156.952	-673.369	8,372.704	830.320	
	23	5,355.516	-3,543.852	229.544	-591.780	8,899.368	821.324	
23	23	5,357.028	-3,545.677	190.714	-623.426	8,902.705	814.140	
	24	6,184.706	-3,105.415	269.464	-538.522	9,290.121	807.986	
24	24	6,185.625	-3,106.132	223.785	-575.769	9,291.757	799.554	
	25	6,848.596	-2,661.540	307.011	-488.178	9,510.136	795.189	
25	25	6,849.222	-2,661.423	259.649	-528.348	9,510.645	787.997	
	26	7,313.402	-2,216.846	346.513	-438.832	9,530.248	785.345	
26	26	7,313.137	-2,216.053	301.909	-481.771	9,529.190	783.680	
	27	7,553.530	-1,773.694	391.106	-391.165	9,327.224	782.271	
27	27	7,553.126	-1,772.372	346.817	-434.962	9,325.498	781.779	
	28	7,546.044	-1,724.271	437.360	-344.454	9,270.315	781.814	
28	28	7,545.784	-1,725.048	393.545	-389.013	9,270.832	782.558	
	29	7,292.195	-2,151.725	484.115	-299.916	9,443.920	784.031	
29	29	7,291.850	-2,152.005	440.903	-344.958	9,443.855	785.860	
	30	6,819.293	-2,582.516	530.309	-258.243	9,401.809	788.553	
30	30	6,818.296	-2,582.225	489.828	-306.799	9,400.521	796.627	
	31	6,151.970	-3,015.123	577.281	-223.774	9,167.093	801.055	
31	31	6,150.914	-3,014.202	539.390	-269.761	9,165.116	809.152	
	32	5,326.280	-3,463.068	624.135	-191.210	8,789.348	815.344	
32	32	5,324.943	-3,461.586	591.299	-230.455	8,786.529	821.754	
	33	4,374.649	-3,947.285	672.781	-158.003	8,321.934	830.784	
33	33	4,373.019	-3,945.463	642.385	-198.584	8,318.482	840.969	
	34	3,302.784	-4,467.063	720.433	-130.186	7,769.847	850.619	
34	34	3,301.500	-4,465.041	691.366	-171.579	7,766.541	862.945	
	35	2,198.403	-5,101.247	769.716	-103.295	7,299.650	873.011	
35	35	2,199.607	-5,093.384	739.503	-141.504	7,292.991	881.008	
	36	2,229.410	-7,014.171	820.838	-96.928	9,243.581	917.766	
36	36	2,230.631	-7,013.120	808.072	-146.044	9,243.751	954.115	
	37	2,647.932	-9,032.085	874.991	-140.206	11,680.017	1,015.196	P2
37	37	2,659.006	-9,032.292	109.193	-871.200	11,691.298	980.393	P2
	38	2,481.362	-8,066.349	131.587	-786.832	10,547.711	918.419	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
38	38	2,482.471	-8,067.261	61.997	-804.328	10,549.732	866.324	
	39	3,190.366	-7,322.293	129.827	-721.855	10,512.659	851.683	
39	39	3,190.071	-7,323.594	89.541	-753.745	10,513.665	843.286	
	40	4,774.815	-6,686.148	169.265	-675.196	11,460.963	844.461	
40	40	4,775.815	-6,687.446	120.046	-713.599	11,463.261	833.645	
	41	6,317.939	-6,113.771	197.668	-634.511	12,431.710	832.179	
41	41	6,318.697	-6,115.062	156.307	-663.796	12,433.759	820.103	
	42	7,702.510	-5,626.914	240.925	-584.044	13,329.424	824.969	
42	42	7,702.834	-5,627.603	190.304	-618.775	13,330.437	809.079	
	43	8,888.779	-5,130.199	277.857	-538.189	14,018.978	816.045	
43	43	8,889.003	-5,130.451	226.554	-576.620	14,019.454	803.175	
	44	9,836.039	-4,631.403	310.458	-494.653	14,467.442	805.111	
44	44	9,836.162	-4,631.362	266.392	-530.958	14,467.524	797.351	
	45	10,474.000	-4,127.791	347.621	-448.960	14,601.791	796.581	
45	45	10,473.870	-4,127.511	306.804	-486.176	14,601.381	792.980	
	46	10,772.490	-3,624.797	387.982	-404.241	14,397.287	792.224	
46	46	10,772.180	-3,624.325	349.397	-439.767	14,396.505	789.165	
	47	10,738.580	-3,120.562	431.001	-357.527	13,859.142	788.529	
47	47	10,738.410	-3,119.898	392.854	-394.592	13,858.308	787.446	
	48	10,313.830	-2,615.874	474.800	-311.712	12,929.704	786.512	
48	48	10,313.270	-2,615.054	437.394	-356.362	12,928.324	793.757	
	49	9,463.149	-2,109.909	520.103	-272.216	11,573.058	792.319	
49	49	9,462.555	-2,108.986	483.830	-316.476	11,571.541	800.306	
	50	8,164.253	-1,602.305	567.999	-229.936	9,766.558	797.935	
50	50	8,163.872	-1,601.253	532.067	-274.578	9,765.125	806.645	
	51	6,430.475	-1,094.435	620.090	-179.650	7,524.910	799.740	
51	51	6,429.861	-1,093.453	594.488	-224.407	7,523.314	818.895	
	52	4,615.064	-690.322	671.376	-141.779	5,305.386	813.155	
52	52	4,614.504	-689.451	645.440	-168.886	5,303.955	814.326	
	53	2,353.819	-296.940	735.202	-98.850	2,650.759	834.052	
53	53	2,353.127	-296.449	723.595	-98.878	2,649.576	822.473	
	54	2.052	-1.461	808.739	-91.108	3.513	899.847	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
54	55	4.926	-3.321	119.723	-851.077	8.247	970.800	A1
	56	2,517.934	-391.392	119.724	-772.139	2,909.326	891.863	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
55	56	2,521.013	-394.435	103.191	-760.536	2,915.448	863.726	
	57	4,982.069	-818.773	169.580	-670.194	5,800.842	839.774	
56	57	4,987.542	-822.570	142.186	-690.237	5,810.112	832.422	
	58	6,953.834	-1,235.930	226.308	-612.185	8,189.764	838.493	
57	58	6,961.163	-1,240.204	182.036	-633.798	8,201.367	815.833	
	59	8,823.235	-1,749.732	281.199	-544.331	10,572.967	825.530	
58	59	8,830.738	-1,754.006	235.751	-579.387	10,584.744	815.137	
	60	10,205.670	-2,265.894	325.028	-494.114	12,471.564	819.142	
59	60	10,211.810	-2,269.757	281.658	-529.083	12,481.567	810.741	
	61	11,101.300	-2,782.719	366.860	-445.559	13,884.019	812.420	
60	61	11,105.170	-2,785.875	325.779	-481.289	13,891.045	807.068	
	62	11,526.420	-3,299.574	409.425	-398.806	14,825.994	808.232	
61	62	11,528.320	-3,301.930	376.501	-434.458	14,830.250	810.959	
	63	11,520.540	-3,814.349	459.338	-352.516	15,334.889	811.853	
62	63	11,519.040	-3,815.860	426.945	-388.223	15,334.900	815.168	
	64	11,145.710	-4,323.650	509.283	-306.947	15,469.360	816.230	
63	64	11,142.080	-4,324.147	473.864	-345.703	15,466.227	819.567	
	65	10,406.210	-4,828.012	556.192	-264.429	15,234.222	820.621	
64	65	10,400.940	-4,827.412	522.340	-305.959	15,228.352	828.299	
	66	9,336.369	-5,323.242	604.486	-222.545	14,659.611	827.031	
65	66	9,329.611	-5,321.401	570.276	-271.176	14,651.012	841.452	
	67	8,014.553	-5,812.876	650.419	-184.396	13,827.429	834.814	
66	67	8,007.008	-5,809.669	619.626	-232.858	13,816.677	852.484	
	68	6,497.197	-6,292.694	698.322	-148.479	12,789.891	846.801	
67	68	6,489.921	-6,287.857	669.298	-191.102	12,777.778	860.400	
	69	4,871.866	-6,774.859	746.736	-113.700	11,646.725	860.436	
68	69	4,866.742	-6,768.222	699.911	-168.228	11,634.964	868.139	
	70	3,212.078	-7,301.577	777.540	-87.336	10,513.655	864.876	
69	70	3,205.534	-7,292.396	731.952	-132.627	10,497.930	864.580	
	71	2,280.787	-7,911.263	816.064	-68.433	10,192.050	884.497	
70	71	2,278.376	-7,899.277	793.066	-141.833	10,177.653	934.899	
	72	2,341.954	-8,605.680	880.412	-120.973	10,947.634	1,001.384	P1
71	72	2,339.951	-8,593.226	106.914	-865.975	10,933.177	972.889	P1
	73	2,117.116	-7,038.635	123.132	-791.828	9,155.751	914.960	
72	73	2,115.516	-7,026.242	69.633	-815.855	9,141.758	885.488	
	74	2,298.548	-5,436.196	131.483	-729.393	7,734.744	860.877	
73	74	2,303.019	-5,425.973	98.871	-775.338	7,728.992	874.209	
	75	3,464.204	-4,738.841	168.672	-694.958	8,203.045	863.630	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
74	75	3,468.221	-4,743.876	128.844	-736.177	8,212.097	865.021	
	76	4,559.054	-4,207.922	197.274	-657.754	8,766.976	855.027	
75	76	4,563.379	-4,210.967	156.621	-694.767	8,774.346	851.388	
	77	5,557.824	-3,720.915	228.602	-613.216	9,278.739	841.818	
76	77	5,562.278	-3,722.572	189.808	-647.050	9,284.850	836.857	
	78	6,438.631	-3,249.323	268.127	-562.023	9,687.954	830.150	
77	78	6,442.755	-3,249.947	224.200	-598.510	9,692.702	822.710	
	79	7,155.744	-2,784.562	307.268	-510.565	9,940.306	817.832	
78	79	7,158.780	-2,784.363	263.041	-546.911	9,943.143	809.952	
	80	7,657.009	-2,319.183	350.263	-456.702	9,976.192	806.965	
79	80	7,658.639	-2,318.344	308.776	-495.949	9,976.983	804.725	
	81	7,912.973	-1,853.259	398.750	-404.367	9,766.232	803.117	
80	81	7,912.916	-1,851.893	357.529	-444.779	9,764.809	802.307	
	82	7,899.945	-1,798.904	449.071	-353.258	9,698.849	802.329	
81	82	7,898.192	-1,799.732	408.775	-394.395	9,697.924	803.170	
	83	7,616.282	-2,242.924	500.349	-304.483	9,859.206	804.833	
82	83	7,614.132	-2,243.258	461.349	-345.793	9,857.390	807.142	
	84	7,090.239	-2,684.603	551.434	-258.742	9,774.842	810.176	
83	84	7,086.890	-2,684.386	515.585	-303.542	9,771.276	819.127	
	85	6,351.961	-3,122.939	603.264	-220.792	9,474.900	824.057	
84	85	6,347.995	-3,122.110	567.510	-264.321	9,470.105	831.831	
	86	5,455.306	-3,564.188	652.118	-186.459	9,019.494	838.577	
85	86	5,451.332	-3,562.659	619.627	-224.553	9,013.991	844.181	
	87	4,446.340	-4,014.265	700.578	-153.243	8,460.605	853.820	
86	87	4,442.842	-4,011.874	665.829	-196.404	8,454.716	862.233	
	88	3,350.515	-4,495.392	743.306	-128.990	7,845.907	872.296	
87	88	3,347.364	-4,491.982	705.606	-168.396	7,839.346	874.003	
	89	2,241.052	-5,457.256	784.361	-100.269	7,698.308	884.630	
88	89	2,237.929	-5,466.866	744.078	-133.414	7,704.795	877.492	
	90	2,343.779	-7,420.113	827.543	-82.774	9,763.892	910.317	
89	90	2,344.929	-7,428.069	807.748	-140.551	9,772.998	948.299	
	91	2,652.625	-9,176.430	877.806	-129.021	11,829.055	1,006.827	P2
90	91	2,644.024	-9,152.612	106.852	-872.749	11,796.636	979.601	P2
	92	2,493.880	-8,250.757	131.050	-783.701	10,744.637	914.751	
91	92	2,494.939	-8,256.337	62.318	-807.466	10,751.276	869.784	
	93	3,267.607	-7,519.804	134.694	-722.291	10,787.411	856.984	
92	93	3,270.337	-7,523.361	91.346	-766.054	10,793.698	857.400	
	94	4,910.681	-6,903.322	172.412	-687.199	11,814.003	859.611	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
93	94	4,912.269	-6,905.479	119.666	-732.914	11,817.748	852.580	
	95	6,498.326	-6,353.012	197.364	-654.330	12,851.338	851.694	
94	95	6,500.550	-6,354.205	155.296	-684.347	12,854.755	839.644	
	96	7,948.031	-5,822.658	239.733	-604.856	13,770.689	844.589	
95	96	7,950.213	-5,823.279	190.803	-637.863	13,773.492	828.667	
	97	9,198.773	-5,300.829	277.452	-557.281	14,499.602	834.734	
96	97	9,200.649	-5,301.039	227.963	-593.904	14,501.688	821.867	
	98	10,203.810	-4,787.551	311.071	-511.663	14,991.361	822.734	
97	98	10,205.060	-4,787.473	268.751	-547.134	14,992.533	815.885	
	99	10,890.090	-4,273.999	350.131	-464.807	15,164.089	814.938	
98	99	10,891.000	-4,273.704	310.156	-501.443	15,164.704	811.599	
	100	11,225.800	-3,761.443	391.504	-419.147	14,987.243	810.651	
99	100	11,226.210	-3,760.958	354.180	-453.286	14,987.168	807.466	
	101	11,213.580	-3,247.791	436.121	-370.536	14,461.371	806.656	
100	101	11,213.090	-3,247.110	399.277	-404.801	14,460.200	804.078	
	102	10,787.930	-2,734.323	481.691	-321.329	13,522.253	803.020	
101	102	10,786.980	-2,733.546	444.943	-364.372	13,520.526	809.315	
	103	9,914.516	-2,221.753	528.280	-279.445	12,136.269	807.725	
102	103	9,912.864	-2,220.819	492.481	-323.407	12,133.683	815.888	
	104	8,572.787	-1,709.621	577.451	-234.765	10,282.408	812.216	
103	104	8,570.715	-1,708.565	541.929	-280.443	10,279.280	822.372	
	105	6,766.452	-1,198.627	631.002	-182.340	7,965.079	813.341	
104	105	6,764.604	-1,197.695	607.700	-226.722	7,962.299	834.422	
	106	4,864.636	-786.365	685.417	-143.018	5,651.001	828.435	
105	106	4,863.207	-785.461	663.156	-170.237	5,648.668	833.393	
	107	2,489.687	-368.675	753.313	-102.950	2,858.362	856.263	
106	107	2,488.927	-367.995	756.377	-111.767	2,856.922	868.144	
	108	1.998	-1.799	839.129	-111.764	3.797	950.894	A2

[DL 하중]

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	8.539	-4.720	158.692	-1,064.128	13.259	1,222.820	A1
	2	2,874.982	-490.291	190.826	-970.523	3,365.273	1,161.349	
2	2	2,880.129	-496.032	204.376	-980.125	3,376.161	1,184.501	
	3	6,041.430	-1,213.624	260.484	-881.094	7,255.054	1,141.578	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
3	3	6,047.774	-1,220.007	247.804	-885.307	7,267.781	1,133.111	
	4	8,752.064	-1,955.312	303.633	-799.593	10,707.376	1,103.226	
4	4	8,759.160	-1,962.284	280.297	-796.193	10,721.444	1,076.490	
	5	11,525.110	-2,890.575	350.845	-698.786	14,415.685	1,049.631	
5	5	11,532.080	-2,898.488	323.611	-700.964	14,430.568	1,024.575	
	6	13,675.010	-3,830.512	396.189	-609.683	17,505.522	1,005.872	
6	6	13,680.590	-3,838.130	367.352	-615.691	17,518.720	983.043	
	7	15,227.830	-4,766.911	442.689	-528.594	19,994.741	971.283	
7	7	15,231.660	-4,773.123	417.205	-540.240	20,004.783	957.444	
	8	16,196.210	-5,700.479	495.441	-456.743	21,896.689	952.183	
8	8	16,198.300	-5,705.224	476.962	-473.281	21,903.524	950.243	
	9	16,593.400	-6,635.484	558.328	-393.156	23,228.884	951.484	
9	9	16,593.540	-6,638.454	544.173	-413.665	23,231.994	957.838	
	10	16,422.780	-7,573.890	628.753	-336.819	23,996.670	965.572	
10	10	16,421.050	-7,574.796	618.781	-361.802	23,995.846	980.583	
	11	15,698.990	-8,845.005	706.669	-287.915	24,543.995	994.584	
11	11	15,695.290	-8,843.750	702.387	-314.942	24,539.040	1,017.329	
	12	14,420.110	-9,934.147	793.573	-244.471	24,354.257	1,038.044	
12	12	14,414.750	-9,930.295	795.739	-276.529	24,345.045	1,072.268	
	13	12,617.480	-10,945.550	889.736	-209.796	23,563.030	1,099.532	
13	13	12,610.510	-10,938.800	901.850	-240.660	23,549.310	1,142.510	
	14	10,269.810	-12,060.070	999.165	-178.474	22,329.880	1,177.638	
14	14	10,261.230	-12,050.050	1,022.796	-205.230	22,311.280	1,228.026	
	15	7,593.404	-13,209.990	1,124.138	-149.063	20,803.394	1,273.201	
15	15	7,582.730	-13,198.310	1,165.690	-182.937	20,781.040	1,348.627	
	16	5,798.518	-16,523.940	1,270.559	-129.519	22,322.458	1,400.078	
16	16	5,791.418	-16,514.380	1,352.417	-162.951	22,305.798	1,515.368	
	17	4,825.418	-21,683.970	1,464.135	-119.267	26,509.388	1,583.402	
17	17	4,820.920	-21,677.970	1,627.307	-202.372	26,498.890	1,829.679	
	18	4,860.830	-28,918.260	1,749.827	-181.106	33,779.090	1,930.933	P1
18	18	4,857.216	-28,916.720	367.608	-1,766.994	33,773.936	2,134.602	P1
	19	4,148.083	-22,853.410	380.299	-1,669.226	27,001.493	2,049.525	
19	19	4,145.859	-22,856.630	243.519	-1,491.287	27,002.489	1,734.806	
	20	4,022.288	-17,053.880	265.308	-1,378.977	21,076.168	1,644.285	
20	20	4,021.447	-17,062.180	205.214	-1,286.001	21,083.627	1,491.215	
	21	4,354.084	-12,663.250	253.671	-1,180.543	17,017.334	1,434.214	
21	21	4,355.105	-12,671.260	222.757	-1,138.660	17,026.365	1,361.417	
	22	4,966.324	-9,316.318	275.511	-1,037.656	14,282.642	1,313.167	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
22	22	4,967.334	-9,322.837	246.766	-1,010.286	14,290.171	1,257.052	
	23	5,847.266	-7,151.457	305.803	-911.652	12,998.723	1,217.455	
23	23	5,847.262	-7,150.735	278.320	-896.624	12,997.997	1,174.945	
	24	7,035.688	-5,934.236	343.900	-800.441	12,969.924	1,144.341	
24	24	7,036.073	-5,938.007	314.403	-795.961	12,974.080	1,110.364	
	25	8,655.499	-5,734.752	385.552	-702.180	14,390.251	1,087.732	
25	25	8,655.537	-5,737.066	358.071	-706.133	14,392.603	1,064.204	
	26	9,724.885	-5,587.789	434.323	-615.082	15,312.674	1,049.406	
26	26	9,724.611	-5,588.896	410.045	-626.374	15,313.507	1,036.419	
	27	10,254.240	-5,544.877	490.745	-538.341	15,799.117	1,029.086	
27	27	10,253.680	-5,544.561	470.150	-555.092	15,798.241	1,025.242	
	28	10,240.830	-5,509.015	554.866	-470.541	15,749.845	1,025.407	
28	28	10,240.010	-5,507.290	538.573	-491.635	15,747.300	1,030.207	
	29	9,686.246	-5,481.973	626.737	-411.104	15,168.219	1,037.841	
29	29	9,685.194	-5,478.902	615.815	-435.772	15,164.096	1,051.587	
	30	8,595.816	-5,467.928	706.907	-359.683	14,063.744	1,066.591	
30	30	8,594.689	-5,463.793	703.321	-387.542	14,058.482	1,090.863	
	31	6,960.218	-5,544.460	797.117	-316.574	12,504.678	1,113.691	
31	31	6,959.056	-5,539.263	801.744	-345.942	12,498.319	1,147.686	
	32	5,826.553	-6,904.042	897.855	-280.487	12,730.595	1,178.342	
32	32	5,827.000	-6,900.641	912.449	-307.358	12,727.641	1,219.807	
	33	4,977.159	-9,279.839	1,010.981	-248.365	14,256.998	1,259.346	
33	33	4,977.006	-9,275.198	1,037.001	-275.948	14,252.204	1,312.949	
	34	4,385.022	-12,648.050	1,137.865	-223.060	17,033.072	1,360.925	
34	34	4,384.931	-12,642.870	1,176.114	-250.985	17,027.801	1,427.099	
	35	4,048.880	-17,043.270	1,281.511	-202.134	21,092.150	1,483.645	
35	35	4,049.979	-17,038.370	1,363.000	-243.582	21,088.349	1,606.582	
	36	4,128.829	-22,772.890	1,475.544	-221.460	26,901.719	1,697.004	
36	36	4,130.403	-22,771.710	1,631.616	-333.551	26,902.113	1,965.167	
	37	4,791.975	-28,698.230	1,730.088	-319.305	33,490.205	2,049.393	P2
37	37	4,810.553	-28,725.290	182.785	-1,714.755	33,535.843	1,897.540	P2
	38	4,823.949	-21,726.480	204.499	-1,593.253	26,550.429	1,797.752	
38	38	4,828.962	-21,731.320	115.841	-1,448.637	26,560.282	1,564.478	
	39	5,806.281	-16,660.240	150.315	-1,337.280	22,466.521	1,487.595	
39	39	5,808.371	-16,666.210	119.950	-1,269.400	22,474.581	1,389.350	
	40	7,612.784	-13,292.720	171.964	-1,164.718	20,905.504	1,336.682	
40	40	7,615.206	-13,298.140	141.043	-1,130.369	20,913.346	1,271.412	
	41	10,345.900	-12,102.010	195.707	-1,029.071	22,447.910	1,224.778	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
41	41	10,345.730	-12,104.680	171.690	-1,007.505	22,450.410	1,179.195	
	42	12,798.490	-11,149.610	232.472	-910.084	23,948.100	1,142.556	
42	42	12,797.900	-11,151.000	204.983	-898.368	23,948.900	1,103.351	
	43	14,675.210	-10,065.200	270.452	-804.324	24,740.410	1,074.777	
43	43	14,674.520	-10,065.680	241.935	-801.734	24,740.200	1,043.669	
	44	16,001.460	-8,758.710	311.348	-710.554	24,760.170	1,021.902	
44	44	16,000.920	-8,758.627	287.310	-714.725	24,759.547	1,002.035	
	45	16,755.170	-7,806.662	360.272	-627.023	24,561.832	987.295	
45	45	16,754.770	-7,806.110	337.769	-636.777	24,560.880	974.546	
	46	16,944.380	-6,855.836	413.799	-552.424	23,800.216	966.223	
46	46	16,944.000	-6,854.904	396.122	-565.523	23,798.904	961.646	
	47	16,551.360	-5,902.619	475.549	-484.496	22,453.979	960.045	
47	47	16,550.930	-5,901.304	461.060	-501.828	22,452.234	962.887	
	48	15,576.220	-4,948.774	543.926	-423.966	20,524.994	967.892	
48	48	15,576.050	-4,947.147	533.751	-448.085	20,523.197	981.836	
	49	14,010.130	-3,992.827	620.314	-373.176	18,002.957	993.490	
49	49	14,010.100	-3,990.972	615.409	-400.562	18,001.072	1,015.971	
	50	11,841.110	-3,034.188	706.226	-328.471	14,875.298	1,034.697	
50	50	11,841.200	-3,032.729	704.654	-354.369	14,873.929	1,059.023	
	51	9,045.263	-2,081.771	801.653	-284.320	11,127.034	1,085.973	
51	51	9,045.428	-2,080.316	808.337	-307.450	11,125.744	1,115.787	
	52	6,305.593	-1,324.015	893.766	-252.181	7,629.608	1,145.947	
52	52	6,305.808	-1,322.632	895.390	-267.363	7,628.440	1,162.753	
	53	3,088.154	-574.008	993.780	-212.044	3,662.162	1,205.823	
53	53	3,088.395	-573.001	1,015.331	-211.422	3,661.396	1,226.753	
	54	2.993	-2.125	1,109.790	-181.843	5.119	1,291.633	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
54	55	8.492	-5.389	239.446	-1,237.949	13.881	1,477.395	A1
	56	3,520.025	-742.671	259.592	-1,146.206	4,262.696	1,405.798	
55	56	3,536.264	-748.319	221.619	-1,036.288	4,284.583	1,257.907	
	57	7,022.516	-1,549.131	276.319	-936.414	8,571.647	1,212.733	
56	57	7,042.986	-1,556.214	254.199	-917.583	8,599.200	1,171.782	
	58	9,963.751	-2,335.717	309.555	-830.791	12,299.468	1,140.346	
57	58	9,986.146	-2,343.779	285.380	-815.224	12,329.925	1,100.604	
	59	12,930.980	-3,304.947	356.088	-716.739	16,235.927	1,072.826	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
58	59	12,952.050	-3,313.018	332.536	-716.998	16,265.068	1,049.533	
	60	15,226.980	-4,278.776	405.492	-625.060	19,505.756	1,030.551	
59	60	15,244.140	-4,286.080	381.304	-628.153	19,530.220	1,009.457	
	61	16,869.390	-5,254.021	457.259	-540.818	22,123.411	998.077	
60	61	16,880.850	-5,260.026	437.326	-548.633	22,140.876	985.959	
	62	17,862.840	-6,229.802	516.386	-465.363	24,092.642	981.750	
61	62	17,868.420	-6,234.310	502.613	-476.105	24,102.730	978.717	
	63	18,208.110	-7,201.531	585.147	-396.675	25,409.641	981.822	
62	63	18,207.760	-7,204.442	575.032	-410.026	25,412.202	985.058	
	64	17,900.270	-8,162.895	661.124	-334.363	26,063.165	995.486	
63	64	17,893.840	-8,163.898	652.129	-353.208	26,057.738	1,005.337	
	65	16,966.850	-9,114.988	741.813	-280.842	26,081.838	1,022.655	
64	65	16,954.930	-9,113.933	738.228	-300.939	26,068.863	1,039.167	
	66	15,394.850	-10,050.110	831.520	-232.482	25,444.960	1,064.002	
65	66	15,377.880	-10,046.730	835.586	-255.984	25,424.610	1,091.570	
	67	13,188.880	-11,262.720	931.815	-191.981	24,451.600	1,123.796	
66	67	13,168.170	-11,256.660	942.023	-213.877	24,424.830	1,155.900	
	68	10,322.380	-12,486.420	1,041.601	-154.967	22,808.800	1,196.568	
67	68	10,299.300	-12,477.430	1,055.840	-175.565	22,776.730	1,231.405	
	69	7,482.985	-14,176.590	1,159.130	-122.774	21,659.575	1,281.904	
68	69	7,471.067	-14,177.290	1,168.102	-153.016	21,648.357	1,321.118	
	70	5,668.167	-17,652.230	1,274.490	-102.078	23,320.397	1,376.568	
69	70	5,660.589	-17,655.390	1,288.910	-135.896	23,315.979	1,424.806	
	71	4,547.656	-22,496.770	1,402.166	-112.568	27,044.426	1,514.734	
70	71	4,541.623	-22,497.790	1,463.165	-219.542	27,039.413	1,682.707	
	72	4,210.359	-28,718.750	1,586.847	-210.732	32,929.109	1,797.579	P1
71	72	4,206.749	-28,715.280	215.118	-1,550.080	32,922.029	1,765.198	P1
	73	3,979.448	-23,530.590	233.201	-1,448.528	27,510.038	1,681.729	
72	73	3,976.991	-23,523.310	161.669	-1,398.942	27,500.301	1,560.611	
	74	4,187.907	-18,104.890	195.862	-1,283.913	22,292.797	1,479.775	
73	74	4,187.991	-18,099.860	186.980	-1,265.151	22,287.851	1,452.131	
	75	4,615.353	-13,668.020	236.519	-1,157.977	18,283.373	1,394.496	
74	75	4,616.161	-13,664.520	219.749	-1,150.578	18,280.681	1,370.327	
	76	5,230.677	-10,170.920	272.343	-1,048.041	15,401.597	1,320.384	
75	76	5,233.008	-10,166.460	249.420	-1,036.485	15,399.468	1,285.905	
	77	6,095.324	-7,505.171	307.650	-936.190	13,600.495	1,243.840	
76	77	6,099.938	-7,501.610	283.599	-927.440	13,601.548	1,211.039	
	78	7,209.607	-5,912.488	348.314	-829.529	13,122.095	1,177.843	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
77	78	7,218.761	-5,912.546	321.714	-826.662	13,131.307	1,148.377	
	79	8,972.290	-5,843.479	392.213	-731.270	14,815.769	1,123.483	
78	79	8,980.837	-5,845.907	367.200	-732.240	14,826.744	1,099.440	
	80	10,156.120	-5,816.370	443.318	-639.833	15,972.490	1,083.152	
79	80	10,161.300	-5,817.384	421.249	-647.265	15,978.684	1,068.514	
	81	10,737.510	-5,782.300	502.352	-558.177	16,519.810	1,060.529	
80	81	10,738.810	-5,781.964	484.221	-571.477	16,520.774	1,055.699	
	82	10,713.990	-5,737.894	569.787	-486.262	16,451.884	1,056.049	
81	82	10,711.150	-5,736.207	556.644	-504.495	16,447.357	1,061.139	
	83	10,084.240	-5,681.682	646.052	-423.766	15,765.922	1,069.818	
82	83	10,077.800	-5,678.828	638.811	-446.092	15,756.628	1,084.903	
	84	8,850.792	-5,614.450	731.479	-370.436	14,465.242	1,101.915	
83	84	8,841.207	-5,610.449	730.887	-396.154	14,451.656	1,127.041	
	85	7,090.688	-5,651.011	826.422	-326.248	12,741.699	1,152.670	
84	85	7,084.614	-5,652.104	829.750	-353.274	12,736.718	1,183.023	
	86	6,041.603	-7,259.599	927.711	-289.212	13,301.202	1,216.922	
85	86	6,038.271	-7,264.765	937.445	-313.944	13,303.036	1,251.389	
	87	5,246.164	-9,861.764	1,037.679	-256.493	15,107.928	1,294.172	
86	87	5,245.064	-9,868.614	1,051.005	-280.523	15,113.678	1,331.528	
	88	4,713.307	-13,438.050	1,153.324	-228.887	18,151.357	1,382.211	
87	88	4,713.490	-13,444.740	1,164.520	-248.245	18,158.230	1,412.765	
	89	4,398.167	-17,922.300	1,271.243	-199.956	22,320.467	1,471.199	
88	89	4,398.720	-17,927.540	1,301.032	-220.122	22,326.260	1,521.154	
	90	4,403.813	-23,387.230	1,415.075	-197.914	27,791.043	1,612.989	
89	90	4,405.652	-23,390.090	1,490.165	-294.603	27,795.742	1,784.768	
	91	4,805.252	-28,659.330	1,590.073	-278.454	33,464.582	1,868.527	P2
90	91	4,791.130	-28,643.860	185.413	-1,608.892	33,434.990	1,794.305	P2
	92	4,958.041	-22,417.030	207.119	-1,485.423	27,375.071	1,692.542	
91	92	4,960.726	-22,417.070	111.474	-1,410.087	27,377.796	1,521.561	
	93	6,017.566	-17,572.930	148.408	-1,297.452	23,590.496	1,445.860	
92	93	6,020.241	-17,571.190	116.716	-1,269.525	23,591.431	1,386.241	
	94	7,828.656	-14,213.090	168.438	-1,163.987	22,041.746	1,332.425	
93	94	7,832.828	-14,212.090	136.586	-1,147.379	22,044.918	1,283.965	
	95	10,614.950	-12,336.930	190.267	-1,045.206	22,951.880	1,235.473	
94	95	10,622.570	-12,339.210	167.703	-1,028.703	22,961.780	1,196.406	
	96	13,241.730	-11,011.850	227.433	-930.472	24,253.580	1,157.904	
95	96	13,248.000	-11,012.980	202.971	-919.719	24,260.980	1,122.690	
	97	15,252.370	-10,024.420	267.546	-824.864	25,276.790	1,092.410	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
96	97	15,257.040	-10,024.780	241.484	-821.148	25,281.820	1,062.632	
	98	16,674.400	-9,053.608	310.172	-729.269	25,728.008	1,039.442	
97	98	16,677.520	-9,053.437	288.122	-732.871	25,730.957	1,020.992	
	99	17,495.870	-8,082.432	360.485	-644.519	25,578.302	1,005.005	
98	99	17,497.450	-8,081.854	339.905	-653.566	25,579.304	993.471	
	100	17,727.110	-7,113.225	415.445	-568.665	24,840.335	984.110	
99	100	17,727.050	-7,112.292	399.968	-579.725	24,839.342	979.693	
	101	17,345.410	-6,141.945	479.104	-498.250	23,487.355	977.354	
100	101	17,343.550	-6,140.644	466.859	-513.040	23,484.194	979.900	
	102	16,349.720	-5,171.248	549.629	-434.887	21,520.968	984.516	
101	102	16,346.480	-5,169.777	540.703	-456.340	21,516.257	997.042	
	103	14,737.960	-4,202.369	627.378	-381.211	18,940.329	1,008.589	
102	103	14,733.130	-4,200.605	623.476	-406.425	18,933.735	1,029.901	
	104	12,500.310	-3,234.556	714.593	-334.177	15,734.866	1,048.770	
103	104	12,494.170	-3,232.567	713.975	-358.428	15,726.737	1,072.403	
	105	9,612.925	-2,269.144	811.452	-288.327	11,882.069	1,099.778	
104	105	9,607.116	-2,267.396	823.640	-312.193	11,874.512	1,135.833	
	106	6,766.848	-1,490.329	909.524	-257.130	8,257.177	1,166.654	
105	106	6,760.963	-1,488.648	921.881	-277.021	8,249.611	1,198.902	
	107	3,394.109	-700.767	1,020.566	-222.396	4,094.876	1,242.962	
106	107	3,389.562	-699.536	1,096.383	-247.362	4,089.098	1,343.745	
	108	3.052	-2.526	1,190.083	-223.890	5.579	1,413.973	A2

[풍하중]

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	0.736	-0.736	39.959	-39.959	1.471	79.917	A1
	2	117.530	-117.530	34.464	-34.464	235.060	68.929	
2	2	116.973	-116.973	12.411	-12.411	233.946	24.821	
	3	143.035	-143.035	4.961	-4.961	286.071	9.922	
3	3	141.160	-141.160	6.824	-6.824	282.321	13.649	
	4	141.876	-141.876	3.338	-3.338	283.751	6.675	
4	4	139.501	-139.501	5.304	-5.304	279.001	10.609	
	5	135.160	-135.160	5.833	-5.833	270.320	11.666	
5	5	132.757	-132.757	4.616	-4.616	265.513	9.232	
	6	132.116	-132.116	5.646	-5.646	264.231	11.292	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
6	6	130.193	-130.193	4.559	-4.559	260.385	9.117	
	7	129.082	-129.082	5.159	-5.159	258.164	10.318	
7	7	127.717	-127.717	4.650	-4.650	255.433	9.299	
	8	126.887	-126.887	4.995	-4.995	253.775	9.990	
8	8	126.110	-126.110	4.546	-4.546	252.219	9.093	
	9	124.576	-124.576	5.172	-5.172	249.152	10.345	
9	9	124.415	-124.415	4.297	-4.297	248.830	8.594	
	10	121.465	-121.465	5.489	-5.489	242.930	10.978	
10	10	121.953	-121.953	4.175	-4.175	243.906	8.350	
	11	117.098	-117.098	5.905	-5.905	234.196	11.810	
11	11	118.244	-118.244	3.692	-3.692	236.487	7.384	
	12	108.118	-108.118	6.992	-6.992	216.235	13.984	
12	12	109.828	-109.828	2.625	-2.625	219.656	5.251	
	13	94.027	-94.027	9.432	-9.432	188.054	18.864	
13	13	95.655	-95.655	3.551	-3.551	191.311	7.103	
	14	74.844	-74.844	13.613	-13.613	149.688	27.227	
14	14	76.908	-76.908	9.825	-9.825	153.816	19.650	
	15	36.985	-36.985	19.961	-19.961	73.971	39.922	
15	15	39.135	-39.135	17.787	-17.787	78.270	35.574	
	16	137.067	-137.067	27.991	-27.991	274.135	55.983	
16	16	134.795	-134.795	36.662	-36.662	269.590	73.323	
	17	344.084	-344.084	46.937	-46.937	688.168	93.874	
17	17	344.637	-344.637	131.223	-131.223	689.274	262.446	
	18	902.591	-902.591	140.832	-140.832	1,805.183	281.664	P1
18	18	900.452	-900.452	149.702	-149.702	1,800.904	299.403	P1
	19	421.873	-421.873	142.004	-142.004	843.746	284.007	
19	19	420.037	-420.037	50.144	-50.144	840.073	100.288	
	20	194.905	-194.905	39.784	-39.784	389.810	79.569	
20	20	196.138	-196.138	29.458	-29.458	392.276	58.916	
	21	74.531	-74.531	19.108	-19.108	149.062	38.216	
21	21	76.676	-76.676	21.098	-21.098	153.352	42.196	
	22	24.063	-24.063	10.761	-10.761	48.126	21.523	
22	22	22.446	-22.446	15.326	-15.326	44.892	30.652	
	23	51.616	-51.616	5.002	-5.002	103.232	10.005	
23	23	49.259	-49.259	10.961	-10.961	98.519	21.922	
	24	78.327	-78.327	1.646	-1.646	156.655	3.293	
24	24	76.229	-76.229	8.317	-8.317	152.457	16.634	
	25	92.086	-92.086	3.003	-3.003	184.173	6.007	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
25	25	90.282	-90.282	6.552	-6.552	180.565	13.104	
	26	97.333	-97.333	3.788	-3.788	194.666	7.576	
26	26	96.047	-96.047	5.504	-5.504	192.095	11.007	
	27	97.883	-97.883	4.770	-4.770	195.766	9.541	
27	27	97.153	-97.153	4.983	-4.983	194.305	9.966	
	28	96.408	-96.408	5.280	-5.280	192.817	10.560	
28	28	96.295	-96.295	4.520	-4.520	192.590	9.040	
	29	92.536	-92.536	5.875	-5.875	185.072	11.750	
29	29	93.035	-93.035	3.959	-3.959	186.070	7.918	
	30	84.100	-84.100	6.903	-6.903	168.199	13.807	
30	30	85.147	-85.147	3.168	-3.168	170.293	6.336	
	31	67.321	-67.321	8.673	-8.673	134.642	17.346	
31	31	68.842	-68.842	2.032	-2.032	137.684	4.063	
	32	45.935	-45.935	11.258	-11.258	91.870	22.516	
32	32	47.209	-47.209	5.452	-5.452	94.418	10.905	
	33	22.748	-22.748	15.655	-15.655	45.496	31.309	
33	33	24.370	-24.370	11.416	-11.416	48.740	22.832	
	34	93.462	-93.462	21.608	-21.608	186.923	43.216	
34	34	91.361	-91.361	20.188	-20.188	182.722	40.377	
	35	217.918	-217.918	30.372	-30.372	435.835	60.743	
35	35	216.226	-216.226	41.471	-41.471	432.453	82.942	
	36	449.292	-449.292	51.645	-51.645	898.584	103.290	
36	36	449.542	-449.542	146.541	-146.541	899.085	293.082	
	37	927.140	-927.140	153.731	-153.731	1,854.279	307.462	P2
37	37	850.382	-850.382	126.605	-126.605	1,700.763	253.209	P2
	38	376.766	-376.766	117.681	-117.681	753.533	235.362	
38	38	375.600	-375.600	46.307	-46.307	751.199	92.614	
	39	168.937	-168.937	36.276	-36.276	337.875	72.552	
39	39	169.826	-169.826	28.517	-28.517	339.651	57.033	
	40	52.013	-52.013	18.576	-18.576	104.025	37.152	
40	40	53.307	-53.307	20.555	-20.555	106.614	41.109	
	41	41.119	-41.119	10.701	-10.701	82.239	21.402	
41	41	40.090	-40.090	14.104	-14.104	80.179	28.207	
	42	69.633	-69.633	4.337	-4.337	139.265	8.673	
42	42	68.377	-68.377	9.773	-9.773	136.754	19.546	
	43	93.036	-93.036	2.205	-2.205	186.072	4.411	
43	43	91.999	-91.999	7.222	-7.222	183.999	14.444	
	44	104.106	-104.106	3.346	-3.346	208.212	6.692	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
44	44	103.287	-103.287	6.204	-6.204	206.575	12.408	
	45	110.509	-110.509	3.397	-3.397	221.017	6.795	
45	45	109.909	-109.909	5.773	-5.773	219.818	11.546	
	46	115.187	-115.187	3.650	-3.650	230.375	7.300	
46	46	114.845	-114.845	5.474	-5.474	229.690	10.948	
	47	118.838	-118.838	3.865	-3.865	237.676	7.729	
47	47	118.748	-118.748	5.354	-5.354	237.496	10.708	
	48	122.354	-122.354	3.899	-3.899	244.709	7.799	
48	48	122.539	-122.539	5.739	-5.739	245.078	11.478	
	49	126.346	-126.346	3.816	-3.816	252.692	7.632	
49	49	126.796	-126.796	6.442	-6.442	253.592	12.885	
	50	130.226	-130.226	3.848	-3.848	260.453	7.697	
50	50	130.952	-130.952	6.613	-6.613	261.904	13.225	
	51	130.442	-130.442	4.593	-4.593	260.885	9.187	
51	51	131.285	-131.285	4.122	-4.122	262.569	8.243	
	52	128.942	-128.942	6.217	-6.217	257.884	12.434	
52	52	129.476	-129.476	4.569	-4.569	258.952	9.139	
	53	110.105	-110.105	11.651	-11.651	220.211	23.302	
53	53	110.280	-110.280	31.637	-31.637	220.560	63.274	
	54	0.491	-0.491	36.488	-36.488	0.982	72.976	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
54	55	2.499	-2.499	36.545	-36.545	4.997	73.091	A1
	56	113.175	-113.175	31.354	-31.354	226.350	62.708	
55	56	116.636	-116.636	10.884	-10.884	233.271	21.768	
	57	126.925	-126.925	3.448	-3.448	253.851	6.895	
56	57	130.654	-130.654	5.529	-5.529	261.309	11.058	
	58	134.396	-134.396	6.176	-6.176	268.792	12.351	
57	58	137.363	-137.363	3.997	-3.997	274.726	7.994	
	59	133.690	-133.690	8.286	-8.286	267.380	16.571	
58	59	136.403	-136.403	3.342	-3.342	272.805	6.685	
	60	129.148	-129.148	7.578	-7.578	258.295	15.156	
59	60	131.331	-131.331	3.288	-3.288	262.661	6.576	
	61	123.583	-123.583	6.639	-6.639	247.165	13.277	
60	61	125.092	-125.092	3.342	-3.342	250.184	6.683	
	62	117.413	-117.413	6.344	-6.344	234.825	12.689	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
61	62	118.228	-118.228	3.202	-3.202	236.456	6.405	
	63	109.609	-109.609	6.569	-6.569	219.219	13.139	
62	63	109.740	-109.740	3.380	-3.380	219.480	6.761	
	64	99.168	-99.168	6.991	-6.991	198.337	13.981	
63	64	98.587	-98.587	3.501	-3.501	197.174	7.003	
	65	85.520	-85.520	7.516	-7.516	171.041	15.033	
64	65	84.227	-84.227	3.241	-3.241	168.455	6.481	
	66	65.200	-65.200	8.718	-8.718	130.400	17.435	
65	66	63.216	-63.216	2.215	-2.215	126.432	4.431	
	67	38.860	-38.860	11.339	-11.339	77.719	22.679	
66	67	36.072	-36.072	5.529	-5.529	72.143	11.058	
	68	26.229	-26.229	15.712	-15.712	52.459	31.423	
67	68	29.369	-29.369	11.950	-11.950	58.739	23.900	
	69	117.157	-117.157	22.218	-22.218	234.314	44.436	
68	69	120.707	-120.707	20.245	-20.245	241.414	40.491	
	70	251.364	-251.364	30.598	-30.598	502.728	61.197	
69	70	255.595	-255.595	38.975	-38.975	511.190	77.951	
	71	482.720	-482.720	49.409	-49.409	965.440	98.818	
70	71	486.594	-486.594	134.842	-134.842	973.188	269.683	
	72	1,034.839	-1,034.839	144.396	-144.396	2,069.678	288.792	P1
71	72	1,037.910	-1,037.910	153.525	-153.525	2,075.820	307.049	P1
	73	573.999	-573.999	145.848	-145.848	1,147.998	291.696	
72	73	572.082	-572.082	52.163	-52.163	1,144.165	104.326	
	74	331.071	-331.071	41.605	-41.605	662.142	83.210	
73	74	328.111	-328.111	31.717	-31.717	656.222	63.435	
	75	192.185	-192.185	21.158	-21.158	384.370	42.316	
74	75	189.155	-189.155	23.224	-23.224	378.311	46.448	
	76	96.907	-96.907	12.666	-12.666	193.815	25.333	
75	76	93.989	-93.989	17.277	-17.277	187.978	34.555	
	77	32.313	-32.313	6.720	-6.720	64.625	13.441	
76	77	29.585	-29.585	12.729	-12.729	59.169	25.458	
	78	8.711	-8.711	2.172	-2.172	17.422	4.343	
77	78	11.127	-11.127	9.906	-9.906	22.253	19.811	
	79	34.911	-34.911	1.777	-1.777	69.822	3.553	
78	79	36.855	-36.855	7.879	-7.879	73.709	15.758	
	80	50.221	-50.221	2.809	-2.809	100.443	5.619	
79	80	51.600	-51.600	6.600	-6.600	103.199	13.199	
	81	58.389	-58.389	3.959	-3.959	116.777	7.917	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
80	81	59.159	-59.159	5.766	-5.766	118.317	11.532	
	82	61.663	-61.663	4.792	-4.792	123.326	9.584	
81	82	61.760	-61.760	4.982	-4.982	123.519	9.963	
	83	59.724	-59.724	5.674	-5.674	119.447	11.348	
82	83	59.158	-59.158	3.953	-3.953	118.315	7.905	
	84	50.057	-50.057	7.045	-7.045	100.113	14.090	
83	84	48.848	-48.848	2.681	-2.681	97.696	5.361	
	85	32.900	-32.900	9.154	-9.154	65.801	18.309	
84	85	31.463	-31.463	1.569	-1.569	62.927	3.139	
	86	12.108	-12.108	12.093	-12.093	24.215	24.186	
85	86	10.058	-10.058	6.345	-6.345	20.115	12.690	
	87	69.460	-69.460	16.859	-16.859	138.921	33.718	
86	87	72.046	-72.046	12.670	-12.670	144.091	25.340	
	88	163.692	-163.692	23.171	-23.171	327.384	46.343	
87	88	166.520	-166.520	21.863	-21.863	333.039	43.726	
	89	305.034	-305.034	32.355	-32.355	610.069	64.711	
88	89	308.039	-308.039	43.180	-43.180	616.077	86.361	
	90	555.195	-555.195	53.662	-53.662	1,110.390	107.324	
89	90	557.542	-557.542	154.370	-154.370	1,115.084	308.739	
	91	1,088.294	-1,088.294	161.985	-161.985	2,176.588	323.970	P2
90	91	1,045.089	-1,045.089	135.347	-135.347	2,090.178	270.694	P2
	92	485.284	-485.284	125.882	-125.882	970.568	251.764	
91	92	483.710	-483.710	49.278	-49.278	967.420	98.557	
	93	259.232	-259.232	38.950	-38.950	518.465	77.900	
92	93	257.257	-257.257	31.637	-31.637	514.515	63.273	
	94	122.457	-122.457	21.399	-21.399	244.914	42.798	
93	94	120.652	-120.652	23.313	-23.313	241.305	46.626	
	95	28.045	-28.045	13.168	-13.168	56.089	26.335	
94	95	26.430	-26.430	16.633	-16.633	52.860	33.266	
	96	32.428	-32.428	6.582	-6.582	64.856	13.163	
95	96	33.860	-33.860	12.036	-12.036	67.720	24.072	
	97	69.598	-69.598	2.079	-2.079	139.195	4.158	
96	97	70.772	-70.772	9.213	-9.213	141.544	18.427	
	98	92.410	-92.410	0.654	-0.654	184.820	1.308	
97	98	93.303	-93.303	7.958	-7.958	186.605	15.916	
	99	108.790	-108.790	1.824	-1.824	217.580	3.647	
98	99	109.405	-109.405	7.268	-7.268	218.810	14.537	
	100	121.607	-121.607	2.433	-2.433	243.214	4.866	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
99	100	121.947	-121.947	6.689	-6.689	243.893	13.377	
	101	131.386	-131.386	2.939	-2.939	262.772	5.878	
100	101	131.434	-131.434	6.377	-6.377	262.868	12.754	
	102	139.020	-139.020	3.264	-3.264	278.039	6.527	
101	102	138.755	-138.755	6.283	-6.283	277.510	12.565	
	103	145.095	-145.095	3.470	-3.470	290.190	6.941	
102	103	144.502	-144.502	6.309	-6.309	289.003	12.618	
	104	151.274	-151.274	3.820	-3.820	302.549	7.640	
103	104	150.411	-150.411	5.859	-5.859	300.821	11.719	
	105	159.094	-159.094	4.865	-4.865	318.187	9.731	
104	105	157.911	-157.911	2.578	-2.578	315.822	5.157	
	106	155.061	-155.061	6.793	-6.793	310.122	13.585	
105	106	153.552	-153.552	4.977	-4.977	307.104	9.954	
	107	126.580	-126.580	12.298	-12.298	253.160	24.596	
106	107	124.997	-124.997	34.952	-34.952	249.994	69.904	
	108	1.362	-1.362	40.192	-40.192	2.724	80.385	A2

4.6 반력 집계

(1) G1 최대인 경우

• DB 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_{Dc})	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	481.848	-18.039	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,373.779	1,722.632	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	61.171	-57.446	134.095	-134.095	12.155	-12.229	3,384.685	3,107.590	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_{Dc})	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	528.050	-76.303	597.182	-597.182	49.014	-67.781	11,015.384	9,697.055	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	32.870	-48.073	598.171	-598.171	18.388	-11.401	9,077.070	8,368.167	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_{Dc})	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	517.244	-60.478	577.913	-577.913	39.759	-53.644	10,810.377	9,561.338	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	13.804	-29.252	588.231	-588.231	4.969	-5.095	9,098.256	8,456.906	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_{Dc})	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	488.153	-31.876	135.074	-135.074	8.961	-5.253	2,773.859	2,104.541	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	27.883	-44.704	138.028	-138.028	10.717	-9.588	2,932.111	2,701.191	170

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_{Dc})	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	770.077	-29.968	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,662.008	1,710.703	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	238.892	-116.926	134.095	-134.095	12.155	-12.229	3,562.406	3,048.110	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_{Dc})	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	864.557	-144.973	597.182	-597.182	49.014	-67.781	11,351.891	9,628.385	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	202.243	-49.910	598.171	-598.171	18.388	-11.401	9,246.442	8,366.329	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_{Dc})	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	831.691	-115.149	577.913	-577.913	39.759	-53.644	11,124.824	9,506.667	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	165.628	-61.210	588.231	-588.231	4.969	-5.095	9,250.080	8,424.947	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_{Dc})	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	782.200	-57.426	135.074	-135.074	8.961	-5.253	3,067.906	2,078.991	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	189.520	-91.923	138.028	-138.028	10.717	-9.588	3,093.748	2,653.972	170

[3차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	799.027	-41.551	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,690.958	1,699.120	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	506.977	-162.133	134.095	-134.095	12.155	-12.229	3,830.491	3,002.903	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	947.454	-187.647	597.182	-597.182	49.014	-67.781	11,434.788	9,585.711	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	479.780	-63.746	598.171	-598.171	18.388	-11.401	9,523.979	8,352.493	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	886.156	-149.380	577.913	-577.913	39.759	-53.644	11,179.289	9,472.436	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	445.576	-87.029	588.231	-588.231	4.969	-5.095	9,530.028	8,399.128	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	814.925	-70.244	135.074	-135.074	8.961	-5.253	3,100.631	2,066.173	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	458.489	-128.694	138.028	-138.028	10.717	-9.588	3,362.717	2,617.201	170

• DL 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	638.516	-35.919	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,530.447	1,704.751	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	139.823	-113.000	134.095	-134.095	12.155	-12.229	3,463.337	3,052.036	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	1,844.060	-145.443	597.182	-597.182	49.014	-67.781	12,331.394	9,627.915	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	55.980	-115.786	598.171	-598.171	18.388	-11.401	9,100.179	8,300.453	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	1,812.250	-115.359	577.913	-577.913	39.759	-53.644	12,105.383	9,506.457	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	25.490	-76.440	588.231	-588.231	4.969	-5.095	9,109.942	8,409.717	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	694.678	-63.587	135.074	-135.074	8.961	-5.253	2,980.384	2,072.831	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	73.262	-88.207	138.028	-138.028	10.717	-9.588	2,977.490	2,657.688	170

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	999.894	-60.030	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,891.825	1,680.640	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	491.835	-230.477	134.095	-134.095	12.155	-12.229	3,815.349	2,934.559	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	3,048.050	-276.738	597.182	-597.182	49.014	-67.781	13,535.384	9,496.620	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	540.862	-112.228	598.171	-598.171	18.388	-11.401	9,585.061	8,304.011	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	2,974.730	-220.271	577.913	-577.913	39.759	-53.644	13,267.863	9,401.545	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	541.412	-114.912	588.231	-588.231	4.969	-5.095	9,625.864	8,371.245	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	1,109.280	-115.093	135.074	-135.074	8.961	-5.253	3,394.986	2,021.325	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	367.455	-181.016	138.028	-138.028	10.717	-9.588	3,271.683	2,564.879	170

[3차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	1,014.610	-80.108	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,906.541	1,660.563	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	956.447	-321.400	134.095	-134.095	12.155	-12.229	4,279.961	2,843.636	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	3,331.120	-357.853	597.182	-597.182	49.014	-67.781	13,818.454	9,415.505	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	1,418.150	-137.247	598.171	-598.171	18.388	-11.401	10,462.349	8,278.992	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	3,218.560	-285.988	577.913	-577.913	39.759	-53.644	13,511.693	9,335.828	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	1,442.550	-165.017	588.231	-588.231	4.969	-5.095	10,527.002	8,321.140	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	1,149.710	-140.442	135.074	-135.074	8.961	-5.253	3,435.416	1,995.976	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	796.650	-255.149	138.028	-138.028	10.717	-9.588	3,700.878	2,490.746	170

(2) G2 최대인 경우

• DB 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_{Dc})	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	6.798	-71.256	138.490	-138.490	7.352	-5.418	1,898.729	1,669.415	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	510.071	-75.398	134.095	-134.095	12.155	-12.229	3,833.585	3,089.637	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_{Dc})	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	102.603	-67.547	597.182	-597.182	49.014	-67.781	10,589.937	9,705.810	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	522.692	-24.629	598.171	-598.171	18.388	-11.401	9,566.891	8,391.610	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_{Dc})	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	60.069	-54.348	577.913	-577.913	39.759	-53.644	10,353.201	9,567.469	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	521.804	-43.644	588.231	-588.231	4.969	-5.095	9,606.256	8,442.514	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_{Dc})	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	11.916	-36.540	135.074	-135.074	8.961	-5.253	2,297.621	2,099.878	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	503.514	-61.679	138.028	-138.028	10.717	-9.588	3,407.742	2,684.216	170

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_{Dc})	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	124.525	-82.671	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,016.456	1,658.000	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	827.934	-140.665	134.095	-134.095	12.155	-12.229	4,151.448	3,024.371	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_{Dc})	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	314.263	-134.291	597.182	-597.182	49.014	-67.781	10,801.597	9,639.067	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	845.493	-43.795	598.171	-598.171	18.388	-11.401	9,889.692	8,372.444	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_{Dc})	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	235.098	-107.716	577.913	-577.913	39.759	-53.644	10,528.231	9,514.100	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	842.344	-80.106	588.231	-588.231	4.969	-5.095	9,926.796	8,406.052	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_{Dc})	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	134.686	-41.303	135.074	-135.074	8.961	-5.253	2,420.392	2,095.114	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	815.664	-114.293	138.028	-138.028	10.717	-9.588	3,719.892	2,631.602	170

[3차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	381.282	-85.397	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,273.213	1,655.274	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	885.725	-177.583	134.095	-134.095	12.155	-12.229	4,209.239	2,987.453	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	591.694	-180.775	597.182	-597.182	49.014	-67.781	11,079.028	9,592.583	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	893.925	-52.427	598.171	-598.171	18.388	-11.401	9,938.124	8,363.813	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	502.744	-144.622	577.913	-577.913	39.759	-53.644	10,795.877	9,477.194	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	884.663	-99.320	588.231	-588.231	4.969	-5.095	9,969.115	8,386.837	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DB 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	394.427	-60.437	135.074	-135.074	8.961	-5.253	2,680.133	2,075.980	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	861.048	-143.244	138.028	-138.028	10.717	-9.588	3,765.276	2,602.651	170

• DL 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	12.610	-134.045	138.490	-138.490	7.352	-5.418	1,904.541	1,606.626	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	861.980	-152.992	134.095	-134.095	12.155	-12.229	4,185.494	3,012.044	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	245.033	-135.145	597.182	-597.182	49.014	-67.781	10,732.367	9,638.213	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	1,667.690	-47.816	598.171	-598.171	18.388	-11.401	10,711.889	8,368.423	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	183.154	-109.942	577.913	-577.913	39.759	-53.644	10,476.287	9,511.874	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	1,699.210	-85.623	588.231	-588.231	4.969	-5.095	10,783.662	8,400.535	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	21.848	-92.236	135.074	-135.074	8.961	-5.253	2,307.554	2,044.181	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	799.545	-125.366	138.028	-138.028	10.717	-9.588	3,703.773	2,620.529	170

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	157.096	-149.125	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,049.027	1,591.546	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	1,425.920	-283.264	134.095	-134.095	12.155	-12.229	4,749.434	2,881.772	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	987.577	-256.268	597.182	-597.182	49.014	-67.781	11,474.911	9,517.090	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	2,670.750	-84.300	598.171	-598.171	18.388	-11.401	11,714.949	8,331.939	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	873.319	-207.146	577.913	-577.913	39.759	-53.644	11,166.452	9,414.670	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	2,733.420	-155.620	588.231	-588.231	4.969	-5.095	11,817.872	8,330.537	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	199.344	-109.141	135.074	-135.074	8.961	-5.253	2,485.050	2,027.277	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	1,307.990	-230.558	138.028	-138.028	10.717	-9.588	4,212.218	2,515.337	170

[3차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	480.497	-157.005	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,372.428	1,583.666	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	1,561.890	-355.102	134.095	-134.095	12.155	-12.229	4,885.404	2,809.934	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	1,986.160	-344.524	597.182	-597.182	49.014	-67.781	12,473.494	9,428.834	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	2,785.130	-99.949	598.171	-598.171	18.388	-11.401	11,829.329	8,316.291	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	1,848.740	-277.307	577.913	-577.913	39.759	-53.644	12,141.873	9,344.509	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	2,867.920	-191.144	588.231	-588.231	4.969	-5.095	11,952.372	8,295.013	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	DL 하중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	565.991	-145.897	135.074	-135.074	8.961	-5.253	2,851.697	1,990.521	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	1,406.580	-286.819	138.028	-138.028	10.717	-9.588	4,310.808	2,459.076	170

(3) 최대 반력 집계

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	1,014.610	-157.005	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,906.541	1,583.666	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	1,561.890	-355.102	134.095	-134.095	12.155	-12.229	4,885.404	2,809.934	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	3,331.120	-357.853	597.182	-597.182	49.014	-67.781	13,818.454	9,415.505	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	2,785.130	-137.247	598.171	-598.171	18.388	-11.401	11,829.329	8,278.992	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	3,218.560	-285.988	577.913	-577.913	39.759	-53.644	13,511.693	9,335.828	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	2,867.920	-191.144	588.231	-588.231	4.969	-5.095	11,952.372	8,295.013	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성 후 고정하 중(R_a)	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계 ($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	1,149.710	-145.897	135.074	-135.074	8.961	-5.253	3,435.416	1,990.521	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	1,406.580	-286.819	138.028	-138.028	10.717	-9.588	4,310.808	2,459.076	170

(4) 하부 설계시 작용반력

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정 하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
					만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel	하부슬래브			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	480.497	-157.005	1,014.610	-80.108	480.497	-157.005	2,906.541	1,583.666	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	1,561.890	-355.102	956.447	-321.400	1,561.890	-355.102	4,885.404	2,809.934	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성 후 고정 하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
			만재 하시		좌측 편재하시		우측 편재하시						
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	1,986.160	-344.524	3,331.120	-357.853	1,986.160	-344.524	13,818.454	9,415.505	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	2,785.130	-99.949	1,418.150	-137.247	2,785.130	-99.949	11,829.329	8,278.992	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성 후 고정 하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
					만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel	하부슬래브			상부슬래브	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	1,848.740	-277.307	3,218.560	-285.988	1,848.740	-277.307	13,511.693	9,335.828	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	2,867.920	-191.144	1,442.550	-165.017	2,867.920	-191.144	11,952.372	8,295.013	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정 하중		단일 합성	합성 후 고정 하중	활 하 중						최대 반력 집계 합계		절점 번호
					만재 하 시		좌측 편재 하 시		우측 편재 하 시				
	Steel	하부슬래브			상부슬래브	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	565.991	-145.897	1,149.710	-140.442	565.991	-145.897	3,435.416	1,990.521	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	1,406.580	-286.819	796.650	-255.149	1,406.580	-286.819	4,310.808	2,459.076	170

(5) 부반력 검토

$R = 2R_{L+1} + R_D$ or $R = R_D + R_W$ 중 불리한 값을 사용하여 설계한다. (도로교 설계기준 2.4.1.2)

R : 받침반력 (kN)

R_{L+1} : 충격을 포함한 활하중에 의한 최대 부반력 (kN)

R_L : 고정하중에 의한 받침반력 (kN)

R_W : 풍하중에 의한 최대 부반력 (kN)

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성후 고정하 중(R_e)	고정하 중 한계(R_{e1})	활 하 중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	하부슬래브				Max	Min	Max	Min	$2R_{L+1} + R_D$	$R_D + R_W$		
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	1,815.334	1,014.610	-157.005	122.623	-122.623	1,501.324	1,692.711	-	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	3,244.312	1,561.890	-355.102	118.462	-118.462	2,534.108	3,125.850	-	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성후 고정하 중(R_e)	고정하 중 한계(R_{e1})	활 하 중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	하부슬래브				Max	Min	Max	Min	$2R_{L+1} + R_D$	$R_D + R_W$		
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	10,139.730	3,331.120	-357.853	541.561	-541.561	9,424.024	9,598.169	-	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	8,726.726	2,785.130	-137.247	541.567	-541.567	8,452.232	8,185.159	-	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성후 고정하 중(R_e)	고정하 중 한계(R_{e1})	활 하 중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	하부슬래브				Max	Min	Max	Min	$2R_{L+1} + R_D$	$R_D + R_W$		
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	9,964.417	3,218.560	-285.988	523.029	-523.029	9,392.441	9,441.388	-	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	8,785.368	2,867.920	-191.144	532.327	-532.327	8,403.080	8,253.041	-	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성 상부슬래브	합성후 고정하 중(R_e)	고정하 중 한계(R_{e1})	활 하 중(R_{L+1})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	하부슬래브				Max	Min	Max	Min	$2R_{L+1} + R_D$	$R_D + R_W$		
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	2,209.208	1,149.710	-145.897	119.463	-119.463	1,917.414	2,089.745	-	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	2,824.497	1,406.580	-286.819	122.255	-122.255	2,250.859	2,702.242	-	170

(6) 허용수평력 검토

1) 원심하중에 의한 수평력

(도로교 설계기준 2.1.17)

$$CF = 0.790 \frac{V^2}{R} = 0.790 \frac{60^2}{300} = 9.48 \quad (\%)$$

$$P1 = 0.09 \times 432 = 41 \quad \text{kN} \quad (\text{DB-24})$$

$$Rh1 = 41 / 2 = 20 \quad \text{kN}$$

2) 충돌하중에 의한 수평력

(도로교 설계기준 2.4.3)

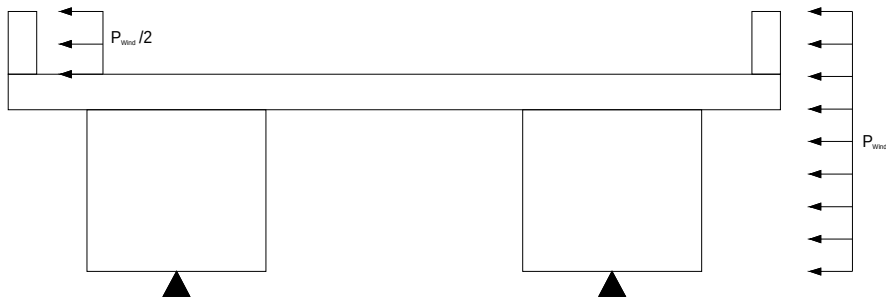
$$H = \left(\frac{V}{R} \right)^2 \times 7.50 + 2.50 = \left(\frac{60}{300} \right)^2 \times 7.50 + 2.50 = 2.80 \quad \text{kN/m}$$

$$P2 = 2.80 \times 1 = 2.80 \quad \text{kN}$$

$$Rh2 = 2.80 / 2 = 1.40 \quad \text{kN}$$

3) 풍하중에 의한 수평력

(도로교 설계기준 2.1.11)



$$P_{wind} = 3.00 \quad \text{kN/m}^2$$

① 교대부

$$w_{wind} = 3.00 \times 4.600 + 1.50 \times 1.270 = 15.71 \quad \text{kN/m}$$

$$P3-1 = 15.71 \times 41.000 = 644 \quad \text{kN/m} \quad (\text{A1, A2})$$

$$Rh3-1 = 644 / 2 = 322 \quad \text{kN}$$

② 내부지점부

$$w_{wind} = 3.00 \times 5.300 + 1.50 \times 1.270 = 18 \quad \text{kN/m}$$

$$P3-2 = 17.81 \times 87.500 = 1,558 \quad \text{kN/m} \quad (\text{P1, P2})$$

$$Rh3-2 = 1,558 / 2 = 779 \quad \text{kN}$$

4) 수평하중 집계

(단위:kN)

위치	원심하중(Rh1)	충돌하중(Rh2)	풍하중(Rh3)	합계	허용수평력	비고
A1	20.477	1.400	321.953	343.829	416.300	0.K
P1	20.477	1.400	778.969	800.846	994.900	0.K
P2	20.477	1.400	778.969	800.846	994.900	0.K
A2	20.477	1.400	321.953	343.829	368.550	0.K

* 허용수평력은 각지점의 G1, G2의 평균값을 적용함.

4.7 뒤틀림(WARPING TORSION)에 대한 검토

1) 합성전 WARPING TORSION 에 대한 검토 (☞ 철.설 9.10.1 ☞ 강교설계의 기초 P168)

비틀림상수비 가장 큰 단면 13 에 대하여 검토함

$$\begin{aligned}
 B_u &= U_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 18.0 / 2 + 18.0 / 2 = 2,418.0 \text{ mm} \\
 B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 18.0 / 2 + 18.0 / 2 = 2,418.0 \text{ mm} \\
 H &= h + t_u/2 + t_l/2 = 3,519.0 + 40.0 / 2 + 28.0 / 2 = 3,553.0 \text{ mm} \\
 F' &= (Bu+Bl) / 2 \times H = (2,418.0 + 2,418.0) / 2 \times 3,553.0 = 8,591,154.0 \text{ mm}^2 \\
 \beta_u &= (Bu \times t_u) / (t_w \times H) = (2,418.0 \times 40.0) / (18.0 \times 3,553.0) = 1.512 \\
 \beta_l &= (Bl \times t_l) / (t_w \times H) = (2,418.0 \times 28.0) / (18.0 \times 3,553.0) = 1.059 \\
 \epsilon &= 2 \times t_u \times t_l / t_w^2 = 2 \times 40.0 \times 28.0 / 18.0^2 = 6.914
 \end{aligned}$$

▪ 비틀림 함수

$$\begin{aligned}
 q' &= \{ (B_u + B_l) / 2 \times t_w \times \epsilon \} / (\beta_u + \beta_l + \epsilon) \\
 &= \{ (2,418.0 + 2,418.0) / 2 \times 18.0 \times 6.914 \} / (1.512 + 1.059 + 6.914) = 31,726.0
 \end{aligned}$$

▪ 굽구침 함수(Unit Warping)

$$\begin{aligned}
 \Delta \omega &= \{ (B_u + B_l) / 2 / 2 \times H \} + (q' \times H) / t_w \\
 &= \{ (2,418.0 + 2,418.0) / 2 / 2 \times 3,553.0 \} + (31,726.0 \times 3,553.0) / 18.0 = 10,557,931.4 \\
 \omega_1 &= \{ -\Delta \omega \times (\beta_l + 3) \} / (\beta_u + \beta_l + 6) \\
 &= \{ -10,557,931.4 \times (1.059 + 3) \} / (1.512 + 1.059 + 6) = -4,999,525.7 \\
 \omega_2 &= \{ \Delta \omega \times (\beta_u + 3) \} / (\beta_u + \beta_l + 6) \\
 &= \{ 10,557,931.4 \times (1.512 + 3) \} / (1.512 + 1.059 + 6) = 5,558,405.7
 \end{aligned}$$

▪ 굽구침 비틀림 상수

$$\begin{aligned}
 I_w &= H \times t_w / 3 \{ \omega_1^2 (2 + \beta_u) + 2 \times \omega_1 \times \omega_2 + \omega_2^2 (2 + \beta_l) \} \\
 &= 3,553.0 \times 18.0 / 3 \times \{ -4,999,525.7^2 \times (2 + 1.512) + 2 \times -4,999,525.7 \\
 &\quad \times 5,558,405.66 + 5,558,405.7^2 \times (2 + 1.059) \} = 2.701\text{E}+18 \text{ mm}^6
 \end{aligned}$$

▪ 순수 비틀림 상수

$$\begin{aligned}
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / t_w + B_u / t_{hu} + B_l / t_l \} \\
 &= 4 \times 8,591,154.0^2 / \{ (3,553.0 + 3,553.0) / 18.0 + 2,418.0 / 40.0 \\
 &\quad + 2,418.0 / 28.0 \} = 5.451\text{E}+11
 \end{aligned}$$

▪ 비틀림 상수비

$$\alpha = L \cdot \sqrt{\frac{G \cdot K}{E_s \cdot I_w}} = 81,170.0 \times \sqrt{\frac{79,000.0 \times 5.451\text{E}+11}{205,000.0 \times 2.701\text{E}+18}} = 22.636$$

$\alpha = 22.64 > 10.0$ ※ 검토결과 $\alpha > 10$ 이므로 뒤틀림에 따른 응력 계산을 생략할 수 있다.

L : 지간장(81,170.0 mm)

E_s : 탄성계수(205,000.0 MPa)

G : 전단탄성계수(79,000.0 MPa)

◎ 단면별 비틀림 모멘트 고려범위 판정 결과

구 분	B_u	B_l	H	T_u	t_l	t_w	$F(\text{mm}^2)$	β_u	β_l	ε	q
단면-1	2,412.0	2,412.0	3,526.0	2.0	12.0	12.0	8.50E+06	0.114	0.684	0.333	8527.5
단면-2	2,412.0	2,412.0	3,526.0	1.9	12.0	12.0	8.50E+06	0.108	0.684	0.317	8264.4
단면-3	2,412.0	2,412.0	3,531.9	1.7	24.0	12.0	8.52E+06	0.097	1.366	0.567	8082.5
단면-4	2,412.0	2,412.0	3,531.9	1.8	24.0	12.0	8.52E+06	0.102	1.366	0.600	8396.6
단면-5	2,412.0	2,412.0	3,535.6	1.1	32.0	12.0	8.53E+06	0.063	1.819	0.489	5969.0
단면-6	2,412.0	2,412.0	3,532.6	1.1	26.0	12.0	8.52E+06	0.063	1.479	0.397	5928.8
단면-7	2,414.0	2,414.0	3,532.6	1.1	26.0	14.0	8.53E+06	0.054	1.269	0.292	6108.5
단면-8	2,414.0	2,414.0	3,528.6	1.1	18.0	14.0	8.52E+06	0.054	0.880	0.202	6013.9
단면-9	2,414.0	2,414.0	3,528.6	1.1	18.0	14.0	8.52E+06	0.054	0.880	0.202	6013.9
단면-10	2,414.0	2,414.0	3,528.6	1.1	18.0	14.0	8.52E+06	0.054	0.880	0.202	6013.9
단면-11	2,416.0	2,416.0	3,528.9	1.7	18.0	16.0	8.53E+06	0.073	0.770	0.239	8540.6
단면-12	2,416.0	2,416.0	3,542.0	24.0	22.0	16.0	8.56E+06	1.023	0.938	4.125	26200.3
단면-13	2,418.0	2,418.0	3,553.0	40.0	28.0	18.0	8.59E+06	1.512	1.059	6.914	31726.0
단면-14	2,418.0	2,418.0	3,553.0	40.0	28.0	18.0	8.59E+06	1.512	1.059	6.914	31726.0
단면-15	2,418.0	2,418.0	3,553.0	40.0	28.0	18.0	8.59E+06	1.512	1.059	6.914	31726.0
단면-16	2,416.0	2,416.0	3,544.0	28.0	22.0	16.0	8.56E+06	1.193	0.937	4.813	26794.7
단면-17	2,416.0	2,416.0	3,544.0	28.0	22.0	16.0	8.56E+06	1.193	0.937	4.813	26794.7
단면-18	2,414.0	2,414.0	3,528.6	1.1	18.0	14.0	8.52E+06	0.054	0.880	0.202	6013.9
단면-19	2,414.0	2,414.0	3,528.6	1.1	18.0	14.0	8.52E+06	0.054	0.880	0.202	6013.9
단면-20	2,412.0	2,412.0	3,526.6	1.1	14.0	12.0	8.51E+06	0.063	0.798	0.214	5761.4
단면-21	2,412.0	2,412.0	3,525.6	1.1	12.0	12.0	8.50E+06	0.063	0.684	0.183	5704.6
단면-22	2,412.0	2,412.0	3,525.6	1.1	12.0	12.0	8.50E+06	0.063	0.684	0.183	5704.6
단면-23	2,416.0	2,416.0	3,531.9	1.7	24.0	16.0	8.53E+06	0.073	1.026	0.319	8692.3
단면-24	2,416.0	2,416.0	3,545.0	28.0	24.0	16.0	8.56E+06	1.193	1.022	5.250	27186.2

구 분	$\Delta\omega$	ω_1	ω_2	L	$I_w(\text{mm}^6)$	$K(\text{mm}^4)$	α	판 정
단면-1	6,758,005.6	-3,662,348.5	3,095,657.1	81,170.0	4.43E+17	1.45E+11	28.84	$\alpha > 10$
단면-2	6,680,611.3	-3,623,448.3	3,057,162.9	81,170.0	4.32E+17	1.41E+11	28.75	$\alpha > 10$
단면-3	6,638,261.4	-3,883,590.0	2,754,671.5	81,170.0	5.05E+17	1.38E+11	26.30	$\alpha > 10$
단면-4	6,730,789.8	-3,934,714.8	2,796,075.0	81,170.0	5.21E+17	1.43E+11	26.41	$\alpha > 10$
단면-5	6,022,505.3	-3,682,404.6	2,340,100.7	81,170.0	4.48E+17	1.02E+11	24.03	$\alpha > 10$
단면-6	6,005,584.8	-3,566,881.0	2,438,703.7	81,170.0	4.17E+17	1.01E+11	24.79	$\alpha > 10$
단면-7	5,805,112.0	-3,384,309.0	2,420,803.0	81,170.0	4.33E+17	1.04E+11	24.70	$\alpha > 10$
단면-8	5,774,703.7	-3,231,270.7	2,543,433.0	81,170.0	3.89E+17	1.02E+11	25.85	$\alpha > 10$
단면-9	5,774,703.7	-3,231,270.7	2,543,433.0	81,170.0	3.89E+17	1.02E+11	25.85	$\alpha > 10$
단면-10	5,774,703.7	-3,231,270.7	2,543,433.0	81,170.0	3.89E+17	1.02E+11	25.85	$\alpha > 10$
단면-11	6,146,512.7	-3,386,502.5	2,760,010.2	81,170.0	4.93E+17	1.46E+11	27.39	$\alpha > 10$
단면-12	10,078,825.7	-4,985,440.9	5,093,384.9	81,170.0	1.90E+18	4.48E+11	24.48	$\alpha > 10$
단면-13	10,557,931.4	-4,999,525.7	5,558,405.7	81,170.0	2.70E+18	5.45E+11	22.64	$\alpha > 10$
단면-14	10,557,931.4	-4,999,525.7	5,558,405.7	93,000.0	2.70E+18	5.45E+11	25.93	$\alpha > 10$
단면-15	10,557,931.4	-4,999,525.7	5,558,405.7	93,000.0	2.70E+18	5.45E+11	25.93	$\alpha > 10$
단면-16	10,216,181.8	-4,947,477.0	5,268,704.9	93,000.0	2.03E+18	4.59E+11	27.43	$\alpha > 10$
단면-17	10,216,181.8	-4,947,477.0	5,268,704.9	93,000.0	2.03E+18	4.59E+11	27.43	$\alpha > 10$
단면-18	5,774,703.7	-3,231,270.7	2,543,433.0	93,000.0	3.89E+17	1.02E+11	29.62	$\alpha > 10$
단면-19	5,774,703.7	-3,231,270.7	2,543,433.0	93,000.0	3.89E+17	1.02E+11	29.62	$\alpha > 10$
단면-20	5,946,172.8	-3,291,710.4	2,654,462.4	93,000.0	3.47E+17	9.80E+10	30.69	$\alpha > 10$
단면-21	5,927,803.1	-3,236,898.4	2,690,904.7	93,000.0	3.33E+17	9.70E+10	31.15	$\alpha > 10$
단면-22	5,927,803.1	-3,236,898.4	2,690,904.7	93,000.0	3.33E+17	9.70E+10	31.15	$\alpha > 10$
단면-23	6,185,229.2	-3,507,972.1	2,677,257.0	93,000.0	5.35E+17	1.48E+11	30.39	$\alpha > 10$
단면-24	10,305,813.1	-5,046,033.5	5,259,779.5	93,000.0	2.11E+18	4.66E+11	27.10	$\alpha > 10$

※ 검토결과 비틀림 상수비 $\alpha < 0.4$ 일 경우 순수비틀림에 따른 응력계산을, $\alpha > 10$ 일 경우 뒀비틀림에 대
응력계산을 각각 생략할 수 있다.

2) 합성후 WARPING TORSION 에 대한 검토

비틀림상수비 가장 큰 단면 13 에 대하여 검토함

$$\begin{aligned}
 B_u &= U_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 18.0 / 2 + 18.0 / 2 = 2,418.0 \text{ mm} \\
 B_l &= B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,325.4 + 18.0 / 2 + 18.0 / 2 = 2,343.4 \text{ mm} \\
 H &= h + t_u/2 + t_l/2 = 3,519.0 + 80.0 / 2 + 28.0 / 2 = 3,573.0 \text{ mm} \\
 F &= (B_u + B_l) / 2 \times H = (2,418.0 + 2,343.4) / 2 \times 3,573.0 = 8,506,241.1 \text{ mm}^2 \\
 \beta_u &= (B_u \times t_u) / (t_w \times H) = (2,418.0 \times 80.0) / (18.0 \times 3,573.0) = 3.008 \\
 \beta_l &= (B_l \times t_l) / (t_w \times H) = (2,343.4 \times 28.0) / (18.0 \times 3,573.0) = 1.020 \\
 \epsilon &= 2 \times t_u \times t_l / t_w^2 = 2 \times 80.0 \times 28.0 / 18.0^2 = 13.827
 \end{aligned}$$

▪ 비틀림 함수

$$\begin{aligned}
 q' &= \{ (B_u + B_l) / 2 \times t_w \times \epsilon \} / (\beta_u + \beta_l + \epsilon) \\
 &= \{ (2,418.0 + 2,343.4) / 2 \times 18.0 \times 13.827 \} / (3.008 + 1.020 + 13.82) = 33,185.4
 \end{aligned}$$

▪ 쏘구침 함수(Unit Warping)

$$\begin{aligned}
 \Delta \omega &= \{ (B_u + B_l) / 2 / 2 \times H \} + (q' \times H) / t_w \\
 &= \{ (2,418.0 + 2,343.4) / 2 / 2 \times 3,573.0 \} + (33,185.4 \times 3,573.0) / 18.0 = 10,840,422.0 \\
 \omega_1 &= \{ -\Delta \omega \times (\beta_l + 3) \} / (\beta_u + \beta_l + 6) \\
 &= \{ -10,840,422.0 \times (1.020 + 3) \} / (3.008 + 1.020 + 6) = -4,345,943.2 \\
 \omega_2 &= \{ \Delta \omega \times (\beta_u + 3) \} / (\beta_u + \beta_l + 6) \\
 &= \{ 10,840,422.0 \times (3.008 + 3) \} / (3.008 + 1.020 + 6) = 6,494,478.7
 \end{aligned}$$

▪ 쏘구침 비틀림 상수

$$\begin{aligned}
 I_w &= H \times t_w / 3 \{ \omega_1^2 (2 + \beta_u) + 2 \times \omega_1 \times \omega_2 + \omega_2^2 (2 + \beta_l) \} \\
 &= 4 \times 8,506,241.1^2 / \{ (3,683.0 + 3,683.0) / 18.0 + 2,418.0 / 80.0 \\
 &\quad \times 6,494,478.73 + 6,494,478.7^2 \times (2 + 1.020) \} = 3.548\text{E}+18 \text{ mm}^6
 \end{aligned}$$

▪ 순수 비틀림 상수

$$\begin{aligned}
 K &= 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t) \\
 &= 4F^2 / \{ (H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / t_w + B_u / t_u + B_l / t_l \} \\
 &= 4 \times 8,506,241.1^2 / \{ (3,573.0 + 3,573.0) / 18.0 + 2,418.0 / 80.0 \\
 &\quad + 2,343.4 / 28.0 \} = 5.665\text{E}+11
 \end{aligned}$$

▪ 비틀림 상수비

$$\alpha = L \cdot \sqrt{\frac{G \cdot K}{E_s \cdot I_w}} = 81,170.0 \times \sqrt{\frac{79,000.0 \times 5.665\text{E}+11}{205,000.0 \times 3.548\text{E}+18}} = 20.133$$

$\alpha = 20.13 > 10.0$ ※ 검토결과 $\alpha > 10$ 이므로 뒀비틀림에 따른 응력 계산을 생략할 수 있다.

L : 지간장(81,170.0 mm)

E_s : 탄성계수(205,000.0 MPa)

G : 전단탄성계수(79,000.0 MPa)

◎ 단면별 비틀림 모멘트 고려범위 판정 결과

구 분	B_u	B_l	H	T_u	t_l	t_w	$F(\text{mm}^2)$	β_u	β_l	ε	q
단면-1	2,412.0	2,337.4	3,562.5	74.9	12.0	12.0	8.46E+06	4.226	0.656	12.483	20484.9
단면-2	2,412.0	2,337.4	3,546.9	43.7	12.0	12.0	8.42E+06	2.476	0.659	7.283	19920.6
단면-3	2,412.0	2,337.4	3,552.9	43.7	24.0	12.0	8.44E+06	2.472	1.316	14.567	22615.3
단면-4	2,412.0	2,337.4	3,552.9	43.7	24.0	12.0	8.44E+06	2.472	1.316	14.567	22615.3
단면-5	2,412.0	2,337.4	3,556.9	43.7	32.0	12.0	8.45E+06	2.470	1.752	19.422	23408.0
단면-6	2,412.0	2,337.4	3,553.9	43.7	26.0	12.0	8.44E+06	2.472	1.425	15.781	22853.3
단면-7	2,414.0	2,339.4	3,553.9	43.7	26.0	14.0	8.45E+06	2.120	1.223	11.594	25827.2
단면-8	2,414.0	2,339.4	3,549.9	43.7	18.0	14.0	8.44E+06	2.123	0.847	8.027	24287.1
단면-9	2,414.0	2,339.4	3,549.9	43.7	18.0	14.0	8.44E+06	2.123	0.847	8.027	24287.1
단면-10	2,414.0	2,339.4	3,549.9	43.7	18.0	14.0	8.44E+06	2.123	0.847	8.027	24287.1
단면-11	2,416.0	2,341.4	3,549.9	43.7	18.0	16.0	8.44E+06	1.859	0.742	6.145	26741.4
단면-12	2,416.0	2,341.4	3,562.0	64.0	22.0	16.0	8.47E+06	2.713	0.904	11.000	28641.6
단면-13	2,418.0	2,343.4	3,573.0	80.0	28.0	18.0	8.51E+06	3.008	1.020	13.827	33185.4
단면-14	2,418.0	2,343.4	3,573.0	80.0	28.0	18.0	8.51E+06	3.008	1.020	13.827	33185.4
단면-15	2,418.0	2,343.4	3,573.0	80.0	28.0	18.0	8.51E+06	3.008	1.020	13.827	33185.4
단면-16	2,416.0	2,341.4	3,564.0	68.0	22.0	16.0	8.48E+06	2.881	0.903	11.688	28750.1
단면-17	2,416.0	2,341.4	3,551.9	43.7	22.0	16.0	8.45E+06	1.858	0.906	7.511	27820.5
단면-18	2,414.0	2,339.4	3,549.9	43.7	18.0	14.0	8.44E+06	2.123	0.847	8.027	24287.1
단면-19	2,414.0	2,339.4	3,549.9	43.7	18.0	14.0	8.44E+06	2.123	0.847	8.027	24287.1
단면-20	2,412.0	2,337.4	3,547.9	43.7	14.0	12.0	8.43E+06	2.476	0.769	8.497	20622.4
단면-21	2,412.0	2,337.4	3,546.9	43.7	12.0	12.0	8.42E+06	2.476	0.659	7.283	19920.6
단면-22	2,412.0	2,337.4	3,546.9	43.7	12.0	12.0	8.42E+06	2.476	0.659	7.283	19920.6
단면-23	2,416.0	2,341.4	3,552.9	43.7	24.0	16.0	8.45E+06	1.857	0.989	8.194	28248.1
단면-24	2,416.0	2,341.4	3,565.0	68.0	24.0	16.0	8.48E+06	2.880	0.985	12.750	29205.1

구 분	$\Delta\omega$	ω_1	ω_2	L	$I_w(\text{mm}^6)$	$K(\text{mm}^4)$	α	판 정
단면-1	10,311,253.5	-3,464,325.3	6,846,928.2	81,170.0	2.16E+18	3.49E+11	20.23	$\alpha > 10$
단면-2	10,099,290.5	-4,045,036.7	6,054,253.8	81,170.0	1.73E+18	3.37E+11	22.27	$\alpha > 10$
단면-3	10,914,196.4	-4,812,316.5	6,101,879.9	81,170.0	2.39E+18	3.82E+11	20.15	$\alpha > 10$
단면-4	10,914,196.4	-4,812,316.5	6,101,879.9	81,170.0	2.39E+18	3.82E+11	20.15	$\alpha > 10$
단면-5	11,161,468.8	-5,189,226.1	5,972,242.7	81,170.0	2.73E+18	3.96E+11	19.17	$\alpha > 10$
단면-6	10,987,767.1	-4,912,908.1	6,074,859.0	81,170.0	2.48E+18	3.86E+11	19.88	$\alpha > 10$
단면-7	10,779,366.8	-4,871,777.6	5,907,589.3	81,170.0	2.53E+18	4.37E+11	20.93	$\alpha > 10$
단면-8	10,376,723.2	-4,450,675.6	5,926,047.6	81,170.0	2.14E+18	4.11E+11	22.11	$\alpha > 10$
단면-9	10,376,723.2	-4,450,675.6	5,926,047.6	81,170.0	2.14E+18	4.11E+11	22.11	$\alpha > 10$
단면-10	10,376,723.2	-4,450,675.6	5,926,047.6	81,170.0	2.14E+18	4.11E+11	22.11	$\alpha > 10$
단면-11	10,155,009.9	-4,418,180.8	5,736,829.1	81,170.0	2.17E+18	4.53E+11	23.01	$\alpha > 10$
단면-12	10,612,794.5	-4,308,088.9	6,304,705.5	81,170.0	2.82E+18	4.87E+11	20.93	$\alpha > 10$
단면-13	10,840,422.0	-4,345,943.2	6,494,478.7	81,170.0	3.55E+18	5.66E+11	20.13	$\alpha > 10$
단면-14	10,840,422.0	-4,345,943.2	6,494,478.7	93,000.0	3.55E+18	5.66E+11	23.07	$\alpha > 10$
단면-15	10,840,422.0	-4,345,943.2	6,494,478.7	93,000.0	3.55E+18	5.66E+11	23.07	$\alpha > 10$
단면-16	10,642,923.2	-4,245,832.4	6,397,090.7	93,000.0	2.90E+18	4.89E+11	23.72	$\alpha > 10$
단면-17	10,400,283.3	-4,635,633.3	5,764,650.1	93,000.0	2.39E+18	4.71E+11	25.65	$\alpha > 10$
단면-18	10,376,723.2	-4,450,675.6	5,926,047.6	93,000.0	2.14E+18	4.11E+11	25.34	$\alpha > 10$
단면-19	10,376,723.2	-4,450,675.6	5,926,047.6	93,000.0	2.14E+18	4.11E+11	25.34	$\alpha > 10$
단면-20	10,309,630.2	-4,202,880.2	6,106,750.1	93,000.0	1.86E+18	3.49E+11	25.02	$\alpha > 10$
단면-21	10,099,290.5	-4,045,036.7	6,054,253.8	93,000.0	1.73E+18	3.37E+11	25.52	$\alpha > 10$
단면-22	10,099,290.5	-4,045,036.7	6,054,253.8	93,000.0	1.73E+18	3.37E+11	25.52	$\alpha > 10$
단면-23	10,498,170.4	-4,733,561.5	5,764,608.9	93,000.0	2.49E+18	4.79E+11	25.33	$\alpha > 10$
단면-24	10,747,304.8	-4,341,416.0	6,405,888.8	93,000.0	3.02E+18	4.97E+11	23.42	$\alpha > 10$

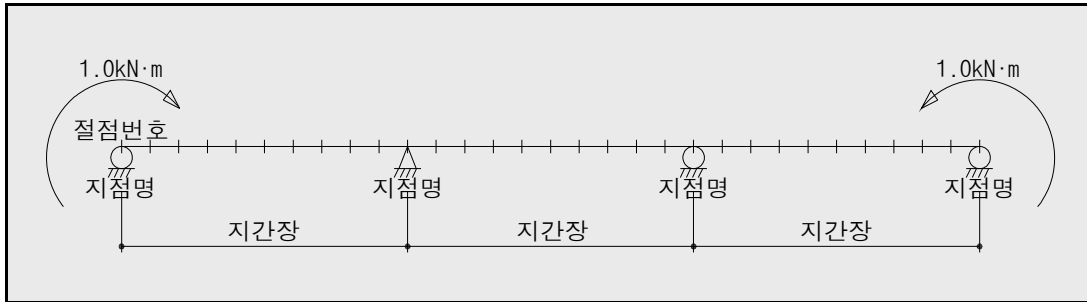
※ 검토결과 비틀림 상수비 $\alpha < 0.4$ 일 경우 순수비틀림에 따른 응력계산을, $\alpha > 10$ 일 경우 뒀비틀림에 대
응력계산을 각각 생략할 수 있다.

4.8 2차 부정정력에 대한 영향 검토

(도.설.해 3.9.2.6) 강구조편람 제7장 P35)

1) k 값의 적용방법

- 콘크리트-강재 합성형 교량에서는 고정하중과 활하중에 의한 응력 이외에 건조수축, 크리프, 강-콘크리트 온도차에 의한 응력이 발생된다. 더구나 강항섬형교가 2경간 이상의 연속교일 경우에는 건조수축 크리프, 온도차에 의해 부정정력이 추가적으로 발생되며 이와같은 하중을 2차 모멘트라고 한다.
- 정정계의 모멘트에 영향계수 k를 곱하여 부정정계의 휨모멘트를 얻는 방법 :
영향계수 계산은 전산을 이용하여 산출하며 산출 방법은 양단에 단위 모멘트 $M = 1.0\text{kN}\cdot\text{m}$ 를 작용시켜 각 절점에 작용되는 모멘트 값을 영향계수 k 값을 취한다.



- k 값의 적용방법 :

k 값은 주형의 설계에서 바닥판 콘크리트의 크리프와 건조수축, 그리고 강재보와 바닥판 콘크리트와의 온도차 등에 의해 단면내의 발생하는 2차모멘트를 계산하는 데 이용된다.

• 바닥판 콘크리트의 크리프

(도.설.해 3.9.2.6)

$$\text{바닥판 콘크리트} \quad \Delta f_c = \frac{1}{n_1} \left[\frac{P_\phi}{A_{v1}} + \frac{M_\phi y_{v1}}{I_{v1}} \right] - E_{c1} \frac{f_c}{E_c} \phi_1$$

$$\text{강재거더} \quad \Delta f_s = \frac{P_\phi}{A_{v1}} + \frac{M_\phi y_{v1}}{I_{v1}}$$

$$\text{여기서,} \quad P_\phi = E_{c1} A_c \varepsilon_{\phi 0} = E_{c1} A_c \frac{N_c}{E_c A_c} \phi_1 = N_c \frac{2\phi_1}{2 + \phi_1}$$

$$M_\phi = P_\phi \left[d_{c1} + \frac{r_c^2}{d_c} \right] \approx P_\phi \cdot d_{c1}$$

• 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차

(도.설.해 3.9.2.7)

$$\text{바닥판 콘크리트} \quad f_c = \frac{1}{n} \left[\frac{P_1}{A_v} + \frac{M_v y_v}{I_v} \right] - E_c \varepsilon_t$$

$$\text{강재거더} \quad f_s = \frac{P_1}{A_v} + \frac{M_v y_v}{I_v}$$

여기서, $\varepsilon_t = \alpha \cdot \Delta t$ (콘크리트가 인장이 되는 경우, 즉 강재거더 쪽이 고온인 경우를 정으로 한다)

$$P_1 = E_s \cdot \varepsilon_t \cdot \frac{A_c}{n} \quad M_v = P_1 \cdot d_c$$

• 바닥판 콘크리트의 건조수축

(도.설.해 3.9.2.8)

$$\text{바닥판 콘크리트} \quad f_c = \frac{1}{n_2} \left[\frac{P_2}{A_{v2}} + \frac{M_{v2} y_{v2}}{I_{v2}} \right] - E_{c2} \varepsilon_s$$

$$\text{강재거더} \quad f_s = \frac{P_2}{A_{v2}} + \frac{M_{v2} y_{v2}}{I_{v2}}$$

$$\text{여기서,} \quad E_2 = \frac{E_s}{n_2} \quad P_2 = \frac{E_s \varepsilon_s A_c}{n_2} = E_{c2} \varepsilon_s A_c \quad M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2}$$

2) 2차 부정정력에 대한 영향계수 K, 산정결과 :

① Girder-G1

부재구분	지점명	k 값
1, l 지점	A1	1.000
1, 1/4 지점		0.989
1, 2/4 지점		0.977
1, 3/4 지점		0.966
1, j 지점		0.955
2, l 지점		0.955
2, 1/4 지점		0.941
2, 2/4 지점		0.927
2, 3/4 지점		0.912
2, j 지점		0.898
3, l 지점		0.898
3, 1/4 지점		0.884
3, 2/4 지점		0.870
3, 3/4 지점		0.855
3, j 지점		0.841
4, l 지점		0.841
4, 1/4 지점		0.824
4, 2/4 지점		0.806
4, 3/4 지점		0.788
4, j 지점		0.770
5, l 지점		0.770
5, 1/4 지점		0.752
5, 2/4 지점		0.735
5, 3/4 지점		0.717
5, j 지점		0.699
6, l 지점		0.699
6, 1/4 지점		0.681
6, 2/4 지점		0.664
6, 3/4 지점		0.646
6, j 지점		0.628
7, l 지점		0.628
7, 1/4 지점		0.610
7, 2/4 지점		0.593
7, 3/4 지점		0.575
7, j 지점		0.557
8, l 지점		0.557
8, 1/4 지점		0.539
8, 2/4 지점		0.522
8, 3/4 지점		0.504
8, j 지점		0.486

부재구분	지점명	k 값
9, l 지점		0.486
9, 1/4 지점		0.468
9, 2/4 지점		0.450
9, 3/4 지점		0.433
9, j 지점		0.415
10, l 지점		0.415
10, 1/4 지점		0.397
10, 2/4 지점		0.379
10, 3/4 지점		0.362
10, j 지점		0.344
11, l 지점		0.344
11, 1/4 지점		0.326
11, 2/4 지점		0.308
11, 3/4 지점		0.291
11, j 지점		0.273
12, l 지점		0.273
12, 1/4 지점		0.255
12, 2/4 지점		0.237
12, 3/4 지점		0.220
12, j 지점		0.202
13, l 지점		0.202
13, 1/4 지점		0.184
13, 2/4 지점		0.166
13, 3/4 지점		0.149
13, j 지점		0.131
14, l 지점		0.131
14, 1/4 지점		0.113
14, 2/4 지점		0.095
14, 3/4 지점		0.077
14, j 지점		0.060
15, l 지점		0.060
15, 1/4 지점		0.042
15, 2/4 지점		0.024
15, 3/4 지점		0.006
15, j 지점		-0.011
16, l 지점		-0.011
16, 1/4 지점		-0.029
16, 2/4 지점		-0.047
16, 3/4 지점		-0.065
16, j 지점		-0.082

부재구분	지점명	k 값
17, l 지점		-0.082
17, 1/4 지점		-0.100
17, 2/4 지점		-0.118
17, 3/4 지점		-0.136
17, j 지점	P1	-0.153
18, l 지점	P1	-0.153
18, 1/4 지점		-0.153
18, 2/4 지점		-0.153
18, 3/4 지점		-0.153
18, j 지점		-0.153
19, l 지점		-0.153
19, 1/4 지점		-0.153
19, 2/4 지점		-0.153
19, 3/4 지점		-0.153
19, j 지점		-0.153
20, l 지점		-0.153
20, 1/4 지점		-0.153
20, 2/4 지점		-0.153
20, 3/4 지점		-0.153
20, j 지점		-0.153
21, l 지점		-0.153
21, 1/4 지점		-0.153
21, 2/4 지점		-0.153
21, 3/4 지점		-0.153
21, j 지점		-0.153
22, l 지점		-0.153
22, 1/4 지점		-0.153
22, 2/4 지점		-0.154
22, 3/4 지점		-0.154
22, j 지점		-0.154
23, l 지점		-0.154
23, 1/4 지점		-0.154
23, 2/4 지점		-0.154
23, 3/4 지점		-0.154
23, j 지점		-0.154
24, l 지점		-0.154
24, 1/4 지점		-0.154
24, 2/4 지점		-0.154
24, 3/4 지점		-0.154
24, j 지점		-0.154

부재구분	지점명	k 값
25, l 지점		-0.154
25, 1/4 지점		-0.154
25, 2/4 지점		-0.154
25, 3/4 지점		-0.154
25, j 지점		-0.154
26, l 지점		-0.154
26, 1/4 지점		-0.154
26, 2/4 지점		-0.154
26, 3/4 지점		-0.154
26, j 지점		-0.154
27, l 지점		-0.154
27, 1/4 지점		-0.154
27, 2/4 지점		-0.154
27, 3/4 지점		-0.154
27, j 지점		-0.154
28, l 지점		-0.154
28, 1/4 지점		-0.154
28, 2/4 지점		-0.154
28, 3/4 지점		-0.154
28, j 지점		-0.154
29, l 지점		-0.154
29, 1/4 지점		-0.154
29, 2/4 지점		-0.154
29, 3/4 지점		-0.154
29, j 지점		-0.154
30, l 지점		-0.154
30, 1/4 지점		-0.154
30, 2/4 지점		-0.154
30, 3/4 지점		-0.154
30, j 지점		-0.154
31, l 지점		-0.154
31, 1/4 지점		-0.154
31, 2/4 지점		-0.154
31, 3/4 지점		-0.154
31, j 지점		-0.154
32, l 지점		-0.154
32, 1/4 지점		-0.154
32, 2/4 지점		-0.154
32, 3/4 지점		-0.154
32, j 지점		-0.154

① Girder-G1 - 계속

부재구분	지점명	k 값
33, l 지점		-0.154
33, 1/4지점		-0.154
33, 2/4지점		-0.154
33, 3/4지점		-0.154
33, j 지점		-0.154
34, l 지점		-0.154
34, 1/4지점		-0.154
34, 2/4지점		-0.154
34, 3/4지점		-0.154
34, j 지점		-0.154
35, l 지점		-0.154
35, 1/4지점		-0.154
35, 2/4지점		-0.154
35, 3/4지점		-0.154
35, j 지점		-0.154
36, l 지점		-0.154
36, 1/4지점		-0.154
36, 2/4지점		-0.154
36, 3/4지점		-0.154
36, j 지점	P2	-0.154
37, l 지점	P2	-0.154
37, 1/4지점		-0.136
37, 2/4지점		-0.118
37, 3/4지점		-0.100
37, j 지점		-0.083
38, l 지점		-0.083
38, 1/4지점		-0.065
38, 2/4지점		-0.047
38, 3/4지점		-0.029
38, j 지점		-0.012
39, l 지점		-0.012
39, 1/4지점		0.006
39, 2/4지점		0.024
39, 3/4지점		0.042
39, j 지점		0.059
40, l 지점		0.059
40, 1/4지점		0.077
40, 2/4지점		0.095
40, 3/4지점		0.113
40, j 지점		0.130

부재구분	지점명	k 값
41, l 지점		0.130
41, 1/4지점		0.148
41, 2/4지점		0.166
41, 3/4지점		0.184
41, j 지점		0.201
42, l 지점		0.201
42, 1/4지점		0.219
42, 2/4지점		0.237
42, 3/4지점		0.255
42, j 지점		0.272
43, l 지점		0.272
43, 1/4지점		0.290
43, 2/4지점		0.308
43, 3/4지점		0.326
43, j 지점		0.343
44, l 지점		0.343
44, 1/4지점		0.361
44, 2/4지점		0.379
44, 3/4지점		0.397
44, j 지점		0.414
45, l 지점		0.414
45, 1/4지점		0.432
45, 2/4지점		0.450
45, 3/4지점		0.468
45, j 지점		0.485
46, l 지점		0.485
46, 1/4지점		0.503
46, 2/4지점		0.521
46, 3/4지점		0.539
46, j 지점		0.556
47, l 지점		0.556
47, 1/4지점		0.574
47, 2/4지점		0.592
47, 3/4지점		0.610
47, j 지점		0.627
48, l 지점		0.627
48, 1/4지점		0.645
48, 2/4지점		0.663
48, 3/4지점		0.681
48, j 지점		0.698

부재구분	지점명	k 값
49, l 지점		0.698
49, 1/4지점		0.716
49, 2/4지점		0.734
49, 3/4지점		0.752
49, j 지점		0.769
50, l 지점		0.769
50, 1/4지점		0.787
50, 2/4지점		0.805
50, 3/4지점		0.823
50, j 지점		0.840
51, l 지점		0.840
51, 1/4지점		0.854
51, 2/4지점		0.869
51, 3/4지점		0.883
51, j 지점		0.897
52, l 지점		0.897
52, 1/4지점		0.911
52, 2/4지점		0.925
52, 3/4지점		0.940
52, j 지점		0.954
53, l 지점		0.954
53, 1/4지점		0.965
53, 2/4지점		0.977
53, 3/4지점		0.988
53, j 지점	A2	1.000

② Girder-G2

절점번호	지점명	k 값
54, l 지점	A1	1.000
54, 1/4지점		0.989
54, 2/4지점		0.977
54, 3/4지점		0.966
54, j 지점		0.955
55, l 지점		0.955
55, 1/4지점		0.941
55, 2/4지점		0.926
55, 3/4지점		0.912
55, j 지점		0.898
56, l 지점		0.898
56, 1/4지점		0.884
56, 2/4지점		0.870
56, 3/4지점		0.855
56, j 지점		0.841
57, l 지점		0.841
57, 1/4지점		0.823
57, 2/4지점		0.805
57, 3/4지점		0.788
57, j 지점		0.770
58, l 지점		0.770
58, 1/4지점		0.752
58, 2/4지점		0.734
58, 3/4지점		0.717
58, j 지점		0.699
59, l 지점		0.699
59, 1/4지점		0.681
59, 2/4지점		0.663
59, 3/4지점		0.645
59, j 지점		0.628
60, l 지점		0.628
60, 1/4지점		0.610
60, 2/4지점		0.592
60, 3/4지점		0.574
60, j 지점		0.556
61, l 지점		0.556
61, 1/4지점		0.539
61, 2/4지점		0.521
61, 3/4지점		0.503
61, j 지점		0.485

절점번호	지점명	k 값
62, l 지점		0.485
62, 1/4지점		0.467
62, 2/4지점		0.450
62, 3/4지점		0.432
62, j 지점		0.414
63, l 지점		0.414
63, 1/4지점		0.396
63, 2/4지점		0.379
63, 3/4지점		0.361
63, j 지점		0.343
64, l 지점		0.343
64, 1/4지점		0.325
64, 2/4지점		0.307
64, 3/4지점		0.290
64, j 지점		0.272
65, l 지점		0.272
65, 1/4지점		0.254
65, 2/4지점		0.236
65, 3/4지점		0.218
65, j 지점		0.201
66, l 지점		0.201
66, 1/4지점		0.183
66, 2/4지점		0.165
66, 3/4지점		0.147
66, j 지점		0.129
67, l 지점		0.129
67, 1/4지점		0.112
67, 2/4지점		0.094
67, 3/4지점		0.076
67, j 지점		0.058
68, l 지점		0.058
68, 1/4지점		0.041
68, 2/4지점		0.023
68, 3/4지점		0.005
68, j 지점		-0.013
69, l 지점		-0.013
69, 1/4지점		-0.031
69, 2/4지점		-0.048
69, 3/4지점		-0.066
69, j 지점		-0.084

절점번호	지점명	k 값
70, l 지점		-0.084
70, 1/4지점		-0.102
70, 2/4지점		-0.120
70, 3/4지점		-0.137
70, j 지점	P1	-0.155
71, l 지점	P1	-0.155
71, 1/4지점		-0.155
71, 2/4지점		-0.155
71, 3/4지점		-0.155
71, j 지점		-0.155
72, l 지점		-0.155
72, 1/4지점		-0.155
72, 2/4지점		-0.155
72, 3/4지점		-0.155
72, j 지점		-0.155
73, l 지점		-0.155
73, 1/4지점		-0.155
73, 2/4지점		-0.155
73, 3/4지점		-0.155
73, j 지점		-0.154
74, l 지점		-0.154
74, 1/4지점		-0.154
74, 2/4지점		-0.154
74, 3/4지점		-0.154
74, j 지점		-0.154
75, l 지점		-0.154
75, 1/4지점		-0.154
75, 2/4지점		-0.154
75, 3/4지점		-0.154
75, j 지점		-0.154
76, l 지점		-0.154
76, 1/4지점		-0.154
76, 2/4지점		-0.154
76, 3/4지점		-0.154
76, j 지점		-0.154
77, l 지점		-0.154
77, 1/4지점		-0.154
77, 2/4지점		-0.154
77, 3/4지점		-0.154
77, j 지점		-0.154

절점번호	지점명	k 값
78, l 지점		-0.154
78, 1/4지점		-0.153
78, 2/4지점		-0.153
78, 3/4지점		-0.153
78, j 지점		-0.153
79, l 지점		-0.153
79, 1/4지점		-0.153
79, 2/4지점		-0.153
79, 3/4지점		-0.153
79, j 지점		-0.153
80, l 지점		-0.153
80, 1/4지점		-0.153
80, 2/4지점		-0.153
80, 3/4지점		-0.153
80, j 지점		-0.153
81, l 지점		-0.153
81, 1/4지점		-0.153
81, 2/4지점		-0.153
81, 3/4지점		-0.153
81, j 지점		-0.153
82, l 지점		-0.153
82, 1/4지점		-0.152
82, 2/4지점		-0.152
82, 3/4지점		-0.152
82, j 지점		-0.152
83, l 지점		-0.152
83, 1/4지점		-0.152
83, 2/4지점		-0.152
83, 3/4지점		-0.152
83, j 지점		-0.152
84, l 지점		-0.152
84, 1/4지점		-0.152
84, 2/4지점		-0.152
84, 3/4지점		-0.152
84, j 지점		-0.152
85, l 지점		-0.152
85, 1/4지점		-0.152
85, 2/4지점		-0.152
85, 3/4지점		-0.152
85, j 지점		-0.152

② Girder-G2 - 계속

절점번호	지점명	k 값
86, l 지점		-0.152
86, 1/4지점		-0.152
86, 2/4지점		-0.151
86, 3/4지점		-0.151
86, j 지점		-0.151
87, l 지점		-0.151
87, 1/4지점		-0.151
87, 2/4지점		-0.151
87, 3/4지점		-0.151
87, j 지점		-0.151
88, l 지점		-0.151
88, 1/4지점		-0.151
88, 2/4지점		-0.151
88, 3/4지점		-0.151
88, j 지점		-0.151
89, l 지점		-0.151
89, 1/4지점		-0.151
89, 2/4지점		-0.151
89, 3/4지점		-0.151
89, j 지점	P2	-0.151
90, l 지점	P2	-0.151
90, 1/4지점		-0.133
90, 2/4지점		-0.115
90, 3/4지점		-0.097
90, j 지점		-0.080
91, l 지점		-0.080
91, 1/4지점		-0.062
91, 2/4지점		-0.044
91, 3/4지점		-0.026
91, j 지점		-0.008
92, l 지점		-0.008
92, 1/4지점		0.009
92, 2/4지점		0.027
92, 3/4지점		0.045
92, j 지점		0.063
93, l 지점		0.063
93, 1/4지점		0.080
93, 2/4지점		0.098
93, 3/4지점		0.116
93, j 지점		0.134

절점번호	지점명	k 값
94, l 지점		0.134
94, 1/4지점		0.151
94, 2/4지점		0.169
94, 3/4지점		0.187
94, j 지점		0.204
95, l 지점		0.204
95, 1/4지점		0.222
95, 2/4지점		0.240
95, 3/4지점		0.258
95, j 지점		0.275
96, l 지점		0.275
96, 1/4지점		0.293
96, 2/4지점		0.311
96, 3/4지점		0.328
96, j 지점		0.346
97, l 지점		0.346
97, 1/4지점		0.364
97, 2/4지점		0.381
97, 3/4지점		0.399
97, j 지점		0.417
98, l 지점		0.417
98, 1/4지점		0.434
98, 2/4지점		0.452
98, 3/4지점		0.470
98, j 지점		0.487
99, l 지점		0.487
99, 1/4지점		0.505
99, 2/4지점		0.523
99, 3/4지점		0.540
99, j 지점		0.558
100, l 지점		0.558
100, 1/4지점		0.576
100, 2/4지점		0.593
100, 3/4지점		0.611
100, j 지점		0.629
101, l 지점		0.629
101, 1/4지점		0.646
101, 2/4지점		0.664
101, 3/4지점		0.682
101, j 지점		0.700

절점번호	지점명	k 값
102, l 지점		0.700
102, 1/4지점		0.717
102, 2/4지점		0.735
102, 3/4지점		0.753
102, j 지점		0.770
103, l 지점		0.770
103, 1/4지점		0.788
103, 2/4지점		0.806
103, 3/4지점		0.823
103, j 지점		0.841
104, l 지점		0.841
104, 1/4지점		0.855
104, 2/4지점		0.869
104, 3/4지점		0.883
104, j 지점		0.897
105, l 지점		0.897
105, 1/4지점		0.912
105, 2/4지점		0.926
105, 3/4지점		0.940
105, j 지점		0.954
106, l 지점		0.954
106, 1/4지점		0.966
106, 2/4지점		0.977
106, 3/4지점		0.989
106, j 지점	A2	1.000

5. 주거더 응력검토

5.1 정모멘트 응력검토

◎ 정모멘트 < 단면 1 > 단면위치: 56,1/4지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec'	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(ϵ_s)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.88373

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원

The diagram illustrates the cross-section of a T-beam. The top flange has a width of $B3$ and a thickness of $t1$. The web has a width of $b2$ and a height of H . The bottom flange has a width of $B1$ and a thickness of $t2$. The total height of the section is H . The diagram shows the reinforcement layout with top bars (B3) and bottom bars (B1). The coordinate system $Y(2)$ and $X(3)$ is shown. The angle Θ is indicated.

단면제원 (mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	12
t2	18
t3	12
tr	0.703
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께 (mm)	
tcu	60
tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

$\Theta=0.000^{\circ}$

보강리브 제원 (mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2600	하부슬래브	0	n'(하부)	0

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

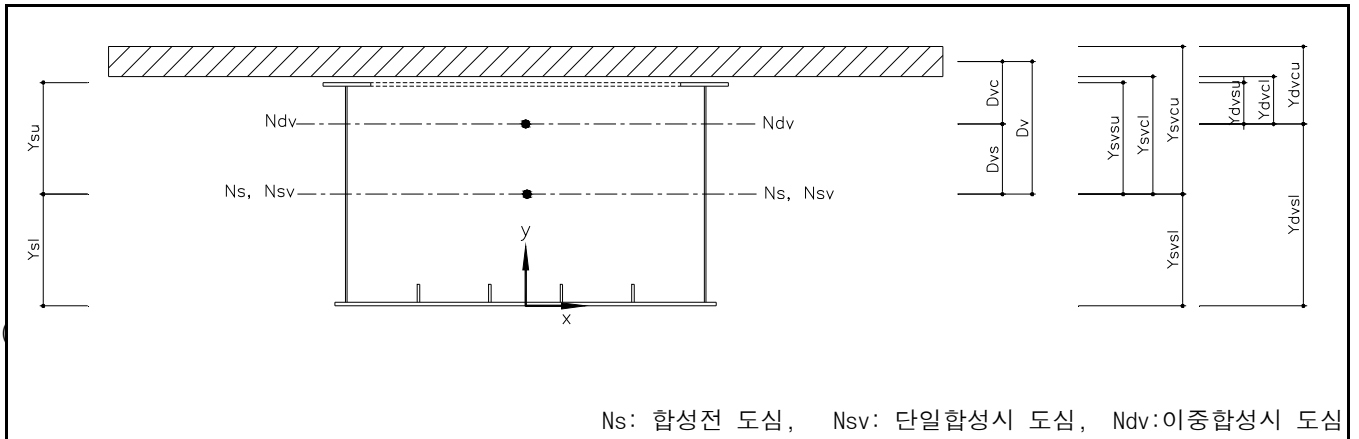
$\Theta=0.000^\circ$

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	5003.8	9088.2	4478.8	7925.8	85.7	26582.4
전단력, S (kN)	-512.7	-877.3	-428.4	-898.4	-10.0	-2726.8
비틀림, T (kN-m)	667.6	1022.0	646.8	2212.5	7.6	4556.60

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	500×18×2	18,000	3,021	5.438.E+07	4.860.E+05	5.257.E+10	5.257.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,512	1.089.E+08	5.400.E+10	2.879.E+09	5.688.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	87	3.132.E+05	6.750.E+06	5.403.E+09	5.409.E+09
하부플랜지	2600×12×1	31,200	6	1.872.E+05	3.744.E+05	5.322.E+10	5.322.E+10
계		124,800		1.637.E+08			1.681.E+11

- 도심 : $ys = 163742400/124800 = 1312.0 \text{ mm}$
 $Ysu = 1312.038 - 3030 = -1718.0 \text{ mm}$
 $Ysl = 1312.0 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{su} = Md1 \times Ysu / Is = 5,003.8 \times 1000000 \times (-1717.962) / 168077961415 = -51.145 \text{ MPa}$
 · $f_{sl} = Md1 \times Ysl / Is = 5,003.8 \times 1000000 \times 1312.038 / 168077961415 = 39.060 \text{ MPa}$

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : $ysv = 163742400/124800 = 1312.0 \text{ mm}$
 - 탄성계수비: $n' = 0$ (∵ 단일합성)

$Ysvbcl = 0.0 \text{ mm}$
 $Ysvsu = 1312.038 - 3030 = -1718.0 \text{ mm}$
 $Ysvsl = 1312.0 \text{ mm}$

- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)

· $f_{svbcl} = Md2 \times Ysvcl / (n' \times Isv) = 9088.237 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 168077961415) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{vsu} = Md2 \times Ysvsu / Isv = 9088.237 \times 1000000 \times (-1718) / 168077961415 = -92.895 \text{ MPa}$
 · $f_{vsl} = Md2 \times Ysvsl / Isv = 9088.237 \times 1000000 \times 1312.038 / 168077961415 = 70.944 \text{ MPa}$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm ²)	y (mm)	Adv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Idv (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3172.0	6.852.E+08	1.037.E+09	1.002.E+11	1.012.E+11
단일합성시		124800.0	1312.0	1.637.E+08	1.681.E+11	1.734.E+11	3.415.E+11
계		340800.0		8.489.E+08			4.428.E+11

- 2차 모멘트 계수 : $k = 0.880$

- 도심 : $Y_{dv} = 848894342/340800 = 2490.9 \text{ mm}$

$A_{tc} = 6300 \times 240 = 1512000.0 \text{ mm}^2$

$A_{bc} = 0 \times 0 = 0.0 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비 : $n = 7$

$n' = 0$

$Y_{dvtcu} = 2490.887 - 3292 = -801.1 \text{ mm}$ $D_{dvtc} = 2490.887 - 3172 = -681.1 \text{ mm}$

$Y_{dvctl} = 2490.887 - 3052 = -561.1 \text{ mm}$ $D_{dvbc} = 0$ 0.0 mm

$Y_{dvbcu} = 0.0 \text{ mm}$

$Y_{dvbcl} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{dvs} = 2490.887 - 1312.038 = 1178.8 \text{ mm}$

$Y_{dvsl} = 2490.887 - 3030 = -539.1 \text{ mm}$ $D_{dv} = 681.113 + 1178.849 = 1860.0 \text{ mm}$

$Y_{dvsl} = 2490.9 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :

$\cdot f_{dvtcu} = M_d3 \times Y_{dvtcu} / (n \times I_v) = 4,478.8 \times 1000000 \times (-801.113) / (7 \times 442753067476) = -1.158 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvbcl} = M_d3 \times Y_{dvbcl} / (n' \times I_v) = 4,478.8 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 442753067476) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 4478.849 \times 1000000 \times (-539.113) / 442753067476 = -5.454 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 4478.849 \times 1000000 \times 2490.887 / 442753067476 = 25.198 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :

$\cdot f_{dvtcu} = M_d3 \times Y_{dvtcu} / (n \times I_v) = 7925.8 \times 1000000 \times (-801.113) / (7 \times 442753067476) = -2.049 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvbcl} = M_d3 \times Y_{dvbcl} / (n' \times I_v) = 7925.8 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 442753067476) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 7925.8 \times 1000000 \times (-539.113) / 442753067476 = -9.651 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 7925.8 \times 1000000 \times 2490.887 / 442753067476 = 44.590 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :

$\cdot f_{dvtcu} = M_d3 \times Y_{dvtcu} / (n \times I_v) = 85.7 \times 1000000 \times (-801.113) / (7 \times 442753067476) = -0.022 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvbcl} = M_d3 \times Y_{dvbcl} / (n' \times I_v) = 85.7 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 442753067476) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 85.7 \times 1000000 \times (-539.113) / 442753067476 = -0.104 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 85.7 \times 1000000 \times 2490.887 / 442753067476 = 0.482 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7257600000		
환산 상부바닥판		108,000	3,172	342576000	518400000	107374508280	107892908280
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		124,800	1,312	163742342	168077961415	92917447714	260995409129
계		232,800		506318342			368888317409

- 도심 : $y_{v1} = 506318342/232800 = 2174.9 \text{ mm}$
- 탄성계수비: $n_1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$
 $n_1' = n' \times (1 + \Phi_1 / 2) = 0 \times (1 + 2 / 2) = 0$
- $Y_{v1tcu} = 2174.9 - 3292 = -1117.1 \text{ mm}$ $D_{tc1} = 2174.9 - 3172 = -997 \text{ mm}$
- $Y_{v1tcl} = 2174.9 - 3052 = -877.1 \text{ mm}$ $D_{bc1} = 0 \text{ mm}$
- $Y_{v1bcu} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{vs1} = 2174.9 - 1312.038 = 863 \text{ mm}$
- $Y_{v1bcl} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{v1} = 997.1 + 862.862 = 1,860 \text{ mm}$
- $Y_{v1su} = 2174.9 - 3030 = -855.1 \text{ mm}$ $Y_{v1sl} = 2,175 \text{ mm}$
- $E_{c1} = E_c / (1 + \Phi_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 \text{ MPa}$
- $E_{c1} = E_{c1}' / (1 + \Phi_1 / 2) = 0/(1+2/2) = - \text{ MPa}$
- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
 - $N_{tc} = M_{d3} / (n \times I_{dv}) \times D_{dvtc} \times A_{tc}$
 $= 4478.849 \times 1000000 / (7 \times 442753067476) \times (-681.113) \times 1512000 = -1,488,256 \text{ N}$
 - $N_{bc} = M_{d3} / (n \times I_{dv}) \times (-D_{dvbc}) \times A_{bc}$
 $= 4478.849 \times 1000000 / (7 \times 442753067476) \times 0 \times 0 = - \text{ N}$
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
 - $P_{tv1} = N_{tc} \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = -1488256.413 \times 2 \times 2 / (2+2) = -1,488,256 \text{ N}$
 - $P_{bv1} = N_{bc} \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 0 \times 2 \times 2 / (2+2) = - \text{ N}$
 - $\gamma_{tc^2} = I_x / A_{tc} = 7257600000 / 1512000 = 4,800 \text{ mm}^2$
 - $\gamma_{bc^2} = I_x / A_{bc} = 0 / 0 = - \text{ mm}^2$
 - $M_{v1} = P_{tv1} \times (D_{tc1} + \gamma_{tc^2} / D_{dvtc}) + P_{bv1} \times (D_{bc1} + \gamma_{bc^2} / D_{dvbc})$
 $= -1488256.413 \times (-997.1 + 4800 / (-681.113)) / 1000000 + 0 \times (0 + 0 / 0) / 1000000 = 1494.4 \text{ kN-m}$
- 상하바닥판 응력 :
 - $f_{v1tcu} = 1/n_1 \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1tcu} / I_{v1}) - E_{c1}/E_{cx} \Phi_1 \times f_{tc}$
 $= [1/14 \times ((-1488256.413 + 0) / 232800 + (0.88) \times 1494.429 \times 1000000 \times (-1117.1) / 368888317409)] - 0.5 \times 2 \times (-1.158)$
 $= 0.417 \text{ MPa}$
 - $f_{v1bcl} = 1/n_1' \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1bcu} / I_{v1}) - E_{c1}/E_{cx} \Phi_1 \times f_{bc}$
 $= 0$
 $= 0.00 \text{ MPa}$
- 상하플랜지 응력 :
 - $f_{v1su} = (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1su} / I_{v1}$
 $= (-1,488,256.4 + 0) / 232800 + (0.88) \times (1494.429) \times 10^6 \times (-855.1) / 368888317409 = -9.441 \text{ MPa}$
 - $f_{v1sl} = (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1sl} / I_{v1}$
 $= (-1,488,256.4 + 0) / 232800 + (0.88) \times (1494.429) \times 10^6 \times 2174.9 / 368888317409 = 1.361 \text{ MPa}$

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		72,000	3,172	2.284.E+08	3.456.E+08	1.002.E+11	1.005.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		124,800	1,312	1.637.E+08	1.681.E+11	5.779.E+10	2.259.E+11
계		196,800		3.921.E+08			3.264.E+11

- 도심 : $y_v2 = 392126342/196800 = 1992.5 \text{ mm}$

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) = 0$

$Yv2tcu = 1,992.5 - 3292 = -1299.5 \text{ mm}$ $Dtc2 = 1992.512 - 3172 = -1,179 \text{ mm}$

$Yv2tcl = 1,992.5 - 3052 = -1059.5 \text{ mm}$ $Dbc2 = - \text{mm}$

$Yv2bcu = 0.0 \text{ mm}$

$Yv2bcl = 0.0 \text{ mm}$ $Dvs2 = 1992.512 - 1312.038 = 681 \text{ mm}$

$Yv2su = 1,992.5 - 3030 = -1037.5 \text{ mm}$ $Dv2 = 1179.488 + 680.5 = 1,860 \text{ mm}$

$Yv2sl = 1992.5 \text{ mm}$

$Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 \text{ MPa}$

$Ec2' = Es / n2' = 205000/0 = - \text{MPa}$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$\cdot Ptv2 = Ec2 \times \epsilon_s \times Atc = -9761.905 \times 0.00027 \times 1512000 = -3,985,200 \text{ N}$

$\cdot Pbv2 = Ec2 \times \epsilon_s \times Abc = -9761.905 \times 0.00027 \times 0 = - \text{N}$

$\cdot Mv2 = Ptv2 \times Dtc2 + Pbv2 \times Dbc2$
 $= -3985200.1 \times (-1179.488) + 0 \times 0 = 4,701 \text{ kN-m}$

- 상하바닥판 응력 :

$\cdot fv2tcu = 1/n2 \times ((Ptv2 + Pbv2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2tcu / Iv2) - Ec2 \times \epsilon_s$
 $= [1/21 \times ((-3985200.1 + 0) / 196800 + (0.88) \times 4700.5 \times 10^6 \times (-1299.5) / 326377380361)] - 9761.905 \times (-0.00027)$
 $= 0.887 \text{ MPa}$

$\cdot fv2bcl = 1/n2' \times ((Ptv2 + Pbv2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2bcu / Iv2) - Ec2' \times \epsilon_s$
 $= 0$
 $= 0.0 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fv2su = (Ptv2 + Pbc2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2su / Iv2$
 $= (-3985200.1 + 0) / 196800 + (0.88) \times 4700.5 \times 10^6 \times (-1037.5) / 326377380361 = -33.399 \text{ MPa}$

$\cdot fv2sl = (Ptv2 + Pbc2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2sl / Iv2$
 $= (-3985200.1 + 0) / 196800 + (0.88) \times 4700.5 \times 10^6 \times 1992.512 / 326377380361 = 5.003 \text{ MPa}$

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216,000	3,172	6.852.E+08	1.037.E+09	1.002.E+11	1.012.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		124,800	1,312	1.637.E+08	1.681.E+11	1.734.E+11	3.415.E+11
계		340,800		8.489.E+08			4.428.E+11

- 도심 : $y_v3 = 848894342/340800 = 2490.9 \text{ mm}$

- 탄성계수비 : $n = 7$

$$\begin{aligned}
 Y_v3t_{cu} &= 2,490.9 - 3292 = -801.1 \text{ mm} & D_{tc3} &= 2490.9 - 3172 = -681.1 \text{ mm} \\
 Y_v3t_{cl} &= 2,490.9 - 3052 = -561.1 \text{ mm} & D_{bc3} &= 0.0 \text{ mm} \\
 Y_v3b_{cu} &= 0.0 \text{ mm} \\
 Y_v3b_{cl} &= 0.0 \text{ mm} & D_{vs3} &= 2490.9 - 1312.038 = 1178.9 \text{ mm} \\
 Y_v3s_u &= 2,490.9 - 3030 = -539.1 \text{ mm} & D_{v3} &= 681.1 + 1178.9 = 1860.0 \text{ mm} \\
 Y_v3s_l &= 2490.9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$$\begin{aligned}
 \cdot P_{tv3} &= E_{st} \times \alpha \times \Delta t \times A_{tc} / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1512000 / 7 = 5313600.0 \text{ N} \\
 \cdot M_{v3} &= P_{tv3} \times D_{tc3} = 5313600 \times (-681.1) / 1000000 = -3619.093 \text{ kN-m}
 \end{aligned}$$

- 상하바닥판 응력 :

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3t_{cu}} &= 1/n \times (P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_v3t_{cu} / I_{v3}) - E_c \times \alpha \times \Delta t \\
 &= 1/7 \times (5313600/340800 + (0.88) \times (-3619.093) \times (-801.1) / 442753067532) - 27804 \times 0.000012 \times 10 \\
 &= -0.286 \text{ MPa} \\
 \cdot f_{v3b_{cl}} &= 1/n \times (P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_v3b_{cl} / I_{v3}) - E_c \times \alpha \times \Delta t \\
 &= 1/7 \times (5313600/340800 + (0.88) \times (-3619.093) \times 0 / 442753067532) - 27804.063636603 \times 0.000012 \times 10 \\
 &= 0.000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3s_u} &= P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_v3s_u / I_{v3} \\
 &= 5313600/340800 + (0.88) \times (-3619.093) \times 10^6 \times (-539.1) / 442753067532 = 19.469 \text{ MPa} \\
 \cdot f_{v3s_l} &= P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_v3s_l / I_{v3} \\
 &= 5313600/340800 + (0.88) \times (-3619.093) \times 10^6 \times 2490.9 / 442753067532 = -2.326 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7251462.8 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 512.75 \times 1000 / 72000 + 667.59 \times 10^6 / (2 \times 7251462.8 \times 12) = 10.957 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2) 단일합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7251462.8 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 877.25 \times 1000 / 72000 + 1022.04 \times 10^6 / (2 \times 7251462.8 \times 12) = 18.057 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3) 이중합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7295120.7 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 1326.82 \times 1000 / 72000 + 2859.37 \times 10^6 / (2 \times 7295120.7 \times 12) = 34.760 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) 허용응력 검토

(도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 :

(도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

$$\therefore f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times 27 = -10.8 \text{ MPa}$$

- 허용인장응력 :

$$\therefore f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times 27 = 1.9 \text{ MPa} < 2.5 \text{ MPa}$$

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 :

(HSB500)

(도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sla} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : ($t_{min} \geq b/16$)

$$t_{min} = (500 - 250) / 16 = 15.6 \text{ mm}$$

$$t_{min} = 15.6 < t = 18.0 \text{ mm} \therefore \text{O.K.}$$

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

$$b / 10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 \text{ mm}$$

$b/16 \leq t < b/10.1$ 이므로 허용응력은 다음과 같다.

$$\therefore f_{sua} = -24000 \times (t / b)^2 = -24000 \times (18/250)^2 = -124.4 \text{ MPa}$$

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

$$\therefore f_{sua} = -230.0 \text{ MPa}$$

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.039) = 3000 / (281 \times 1.039) = 10.275 \text{ mm}$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(155.52/144.04)} = 1.039 < 1.2$ 1.039 적용

- 합성후 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.188) = 3000 / (281 \times 1.188) = 8.987 \text{ mm}$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/163.025)} = 1.188 < 1.2$ 1.188 적용

$$\therefore t_{\min} = 10.275 < t = 12.0 \text{ mm} \therefore \text{O.K.}$$

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 :

(단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 144.040	- 155.520	110.004	287.500
	2	- 3.062	- 10.800	-	-	- 163.025	- 230.000	180.818	230.000
	3	- 1.925	- 10.800	-	-	- 202.089	- 264.500	186.638	230.000
	4	- 2.211	- 12.420	-	-	- 182.620	- 299.000	184.312	264.500
	5	- 1.639	- 12.420	-	-	- 221.558	- 299.000	188.964	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/f _a) _{max} = 0.926				< 1.0 ∴ 0.K.			
합성응력 검토		(f/f _a) ² + (τ/τ _a) ²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨 이 력	1	-	-	0.926	0.383	29.014	168.8	0.17	0.89
	2	0.284	-	0.709	0.786	63.774	135.0	0.47	0.84
	3	0.178	-	0.764	0.811	63.774	155.3	0.41	0.83
	4	0.178	-	0.611	0.697	63.774	175.5	0.36	0.62
	5	0.132	-	0.741	0.714	63.774	175.5	0.36	0.68

(7) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 :

$$f_{cy} = 3 / 5 \times 27 = 16.0 \text{ MPa}$$

- 강재 :

(HSB500)

$$f_y = 380.0 \text{ MPa}$$

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 :

(단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수하중)	1	-5.1	-16.0	-	-	-234.7	-380.0	275.1	380.0
	2	-4.5	-16.0	-	-	-273.6	-380.0	279.8	380.0
	3	-6.0	-16.0	-	-	-199.4	-380.0	269.8	380.0
	4	-5.5	-16.0	-	-	-238.3	-380.0	274.5	380.0
최대 항복응력비		(f/fy) _{max}		=	0.736	<	1.0	∴ 0.K.	

◎ 정모멘트 < 단면 2 > 단면위치: 57,3/4지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, f_{ck}	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, E_c	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, f_{ck}	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, $E_{c'}$	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(ϵ_s)	0.00027
강재 탄성계수, E_s	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.78767

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원

Diagram illustrating the cross-section of a T-beam with dimensions and reinforcement details. The top flange width is B3, the web width is b2, and the bottom flange width is B1. The total height is H, and the effective depth is t3. The diagram shows the reinforcement layout with top bars (b1) and bottom bars (b2). The coordinate system X(3) and Y(2) is shown. The angle of rotation is Θ .

단면제원 (mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	24
t2	26
t3	12
tr	0.705
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께 (mm)	
tcu	60
tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

$\Theta=0.000^\circ$

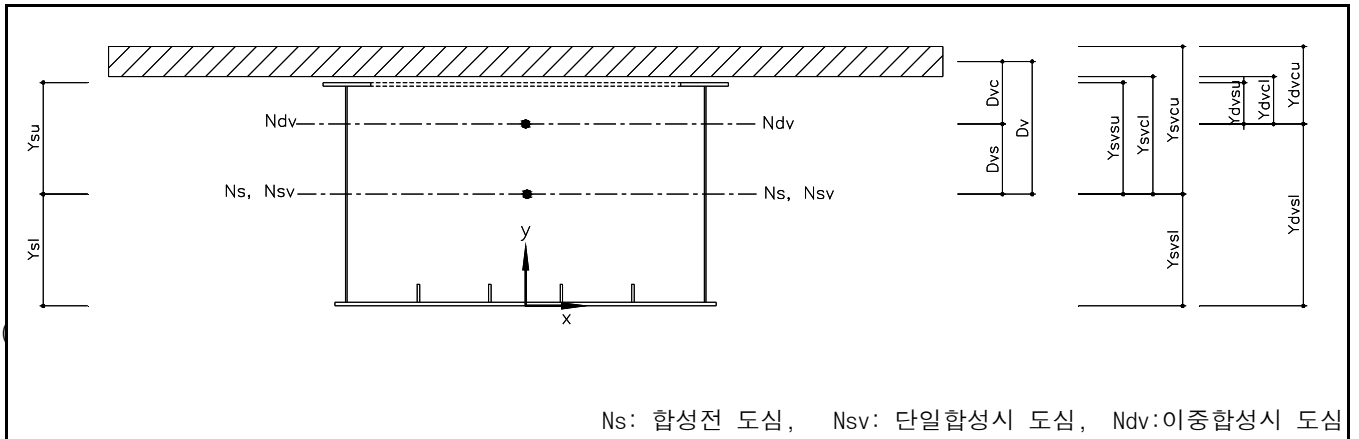
보강리브 제원 (mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2600	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	8142.2	14253.3	6988.6	12380.1	154.9	41919.2
전단력, S (kN)	-386.6	-613.2	-294.2	-745.8	-9.9	-2049.7
비틀림, T (kN-m)	569.1	865.7	504.5	1997.3	6.0	3942.61

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	500×26×2	26,000	3,037	7.896.E+07	1.465.E+06	9.187.E+10	9.187.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,524	1.097.E+08	5.400.E+10	9.682.E+09	6.368.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	99	3.564.E+05	6.750.E+06	4.032.E+09	4.039.E+09
하부플랜지	2600×24×1	62,400	12	7.488.E+05	2.995.E+06	8.185.E+10	8.185.E+10
계		164,000		1.898.E+08			2.414.E+11

- 도심 : $y_s = 189795200/164000 = 1157.3 \text{ mm}$
 $Y_{su} = 1157.288 - 3050 = -1892.7 \text{ mm}$
 $Y_{sl} = 1157.3 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{su} = M_{d1} \times Y_{su} / I_s = 8,142.2 \times 1000000 \times (-1892.712) / 241440874683 = -63.829 \text{ MPa}$
 · $f_{sl} = M_{d1} \times Y_{sl} / I_s = 8,142.2 \times 1000000 \times 1157.288 / 241440874683 = 39.028 \text{ MPa}$

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : $y_{sv} = 189795200/164000 = 1157.3 \text{ mm}$
 - 탄성계수비: $n' = 0$ (∵ 단일합성)

$Y_{svbcl} = 0.0 \text{ mm}$
 $Y_{svsu} = 1157.288 - 3050 = -1892.7 \text{ mm}$
 $Y_{svsl} = 1157.3 \text{ mm}$

- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)

· $f_{svbcl} = M_{d2} \times Y_{svcl} / (n' \times I_{sv}) = 14253.34 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 241440874683) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{vsu} = M_{d2} \times Y_{svsu} / I_{sv} = 14253.34 \times 1000000 \times (-1892.7) / 241440874683 = -111.735 \text{ MPa}$
 · $f_{vsl} = M_{d2} \times Y_{svsl} / I_{sv} = 14253.34 \times 1000000 \times 1157.288 / 241440874683 = 68.320 \text{ MPa}$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm ²)	y (mm)	Adv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Idv (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3184.0	6.877.E+08	1.037.E+09	1.653.E+11	1.663.E+11
단일합성시		164000.0	1157.3	1.898.E+08	2.414.E+11	2.177.E+11	4.591.E+11
계		380000.0		8.775.E+08			6.254.E+11

- 2차 모멘트 계수 : $k = 0.790$

- 도심 : $Y_{dv} = 877539232/380000 = 2309.3 \text{ mm}$

$A_{tc} = 6300 \times 240 = 1512000.0 \text{ mm}^2$

$A_{bc} = 0 \times 0 = 0.0 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비 : $n = 7$

$n' = 0$

$Y_{dvtcu} = 2309.314 - 3304 = -994.7 \text{ mm}$ $D_{dvtc} = 2309.314 - 3184 = -874.7 \text{ mm}$

$Y_{dvtdl} = 2309.314 - 3064 = -754.7 \text{ mm}$ $D_{dvbc} = 0 = 0.0 \text{ mm}$

$Y_{dvbcu} = 0.0 \text{ mm}$

$Y_{dvtdl} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{dvs} = 2309.314 - 1157.288 = 1152.0 \text{ mm}$

$Y_{dvsl} = 2309.314 - 3050 = -740.7 \text{ mm}$ $D_{dv} = 874.686 + 1152.026 = 2026.7 \text{ mm}$

$Y_{dvsl} = 2309.3 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :

$\cdot f_{dvtdcu} = M_d3 \times Y_{dvtdcu} / (n \times I_v) = 6,988.6 \times 1000000 \times (-994.686) / (7 \times 625388884347) = -1.588 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvtdcl} = M_d3 \times Y_{dvtdcl} / (n' \times I_v) = 6,988.6 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 625388884347) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 6988.649 \times 1000000 \times (-740.686) / 625388884347 = -8.277 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 6988.649 \times 1000000 \times 2309.314 / 625388884347 = 25.806 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :

$\cdot f_{dvtdcu} = M_d3 \times Y_{dvtdcu} / (n \times I_v) = 12380.1 \times 1000000 \times (-994.686) / (7 \times 625388884347) = -2.813 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvtdcl} = M_d3 \times Y_{dvtdcl} / (n' \times I_v) = 12380.1 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 625388884347) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 12380.1 \times 1000000 \times (-740.686) / 625388884347 = -14.663 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 12380.1 \times 1000000 \times 2309.314 / 625388884347 = 45.715 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :

$\cdot f_{dvtdcu} = M_d3 \times Y_{dvtdcu} / (n \times I_v) = 154.9 \times 1000000 \times (-994.686) / (7 \times 625388884347) = -0.035 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvtdcl} = M_d3 \times Y_{dvtdcl} / (n' \times I_v) = 154.9 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 625388884347) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 154.9 \times 1000000 \times (-740.686) / 625388884347 = -0.183 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 154.9 \times 1000000 \times 2309.314 / 625388884347 = 0.572 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7257600000		
환산 상부바닥판		108,000	3,184	343872000	518400000	161274672000	161793072000
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		164,000	1,157	189795232	241440874683	106200070083	347640944766
계		272,000		533667232			509434016766

- 도심 : $yv1 = 533667232/272000 = 1962.0 \text{ mm}$
- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$
 $n1' = n' \times (1 + \Phi_1 / 2) = 0 \times (1 + 2 / 2) = 0$
- $Yv1tcu = 1962 - 3304 = -1342.0 \text{ mm}$ $Dtc1 = 1962 - 3184 = -1,222 \text{ mm}$
- $Yv1tcl = 1962 - 3064 = -1102.0 \text{ mm}$ $Dbc1 = 0$ $- \text{ mm}$
- $Yv1bcu = 0.0 \text{ mm}$ $Dvs1 = 1962 - 1157.288 = 805 \text{ mm}$
- $Yv1bcl = 0.0 \text{ mm}$ $Dv1 = 1222 + 804.712 = 2,027 \text{ mm}$
- $Yv1su = 1962 - 3050 = -1088.0 \text{ mm}$ $Yv1sl = 1,962 \text{ mm}$
- $Ec1 = Ec / (1 + \Phi_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 \text{ MPa}$
- $Ec1 = Ec' / (1 + \Phi_1 / 2) = 0/(1+2/2) = - \text{ MPa}$
- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
 - $Ntc = Md3 / (n \times Idv) \times Ddvtc \times Atc$
 $= 6988.649 \times 1000000 / (7 \times 625388884347) \times (-874.686) \times 1512000 = -2,111,295 \text{ N}$
 - $Nbc = Md3 / (n \times Idv) \times (-Ddvbc) \times Abc$
 $= 6988.649 \times 1000000 / (7 \times 625388884347) \times 0 \times 0 = - \text{ N}$
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
 - $Ptv1 = Ntc \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = -2111295.381 \times 2 \times 2 / (2+2) = -2,111,295 \text{ N}$
 - $Pbv1 = Nbc \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 0 \times 2 \times 2 / (2+2) = - \text{ N}$
 - $\gamma tc^2 = Ix / Atc = 7257600000 / 1512000 = 4,800 \text{ mm}^2$
 - $\gamma bc^2 = Ix / Abc = 0 / 0 = - \text{ mm}^2$
 - $Mv1 = Ptv1 \times (Dtc1 + \gamma tc^2 / Ddvtc) + Pbv1 \times (Dbc1 + \gamma bc^2 / Ddvbc)$
 $= -2111295.381 \times (-1222 + 4800 / (-874.686)) / 1000000 + 0 \times (0 + 0 / 0) / 1000000 = 2591.6 \text{ kN-m}$
- 상하바닥판 응력 :
 - $fv1tcu = 1/n1 \times ((Ptv1 + Pbv1) / Av1 + k \times Mv1 \times Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx \Phi_1 \times ftc$
 $= [1/14 \times ((-2111295.381 + 0) / 272000 + (0.79) \times 2591.589 \times 1000000 \times (-1342) / 509434016766)] - 0.5 \times 2 \times (-1.588)$
 $= 0.648 \text{ MPa}$
 - $fv1bcl = 1/n1' \times ((Ptv1 + Pbv1) / Av1 + k \times Mv1 \times Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx \Phi_1 \times fbc$
 $= 0$
 $= 0.00 \text{ MPa}$
- 상하플랜지 응력 :
 - $fv1su = (Ptv1 + Pbc1) / Av1 + k \times Mv1 \times Yv1su / Iv1$
 $= (-2,111,295.4 + 0) / 272000 + (0.79) \times (2591.589) \times 10^6 \times (-1088) / 509434016766 = -12.135 \text{ MPa}$
 - $fv1sl = (Ptv1 + Pbc1) / Av1 + k \times Mv1 \times Yv1sl / Iv1$
 $= (-2,111,295.4 + 0) / 272000 + (0.79) \times (2591.589) \times 10^6 \times 1962 / 509434016766 = 0.123 \text{ MPa}$

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		72,000	3,184	2.292.E+08	3.456.E+08	1.428.E+11	1.432.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		164,000	1,157	1.898.E+08	2.414.E+11	6.270.E+10	3.041.E+11
계		236,000		4.190.E+08			4.473.E+11

- 도심 : $yv2 = 419043232/236000 = 1775.6 \text{ mm}$

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) = 0$

$Yv2tcu = 1,775.6 - 3304 = -1528.4 \text{ mm}$ $Dtc2 = 1775.607 - 3184 = -1,408 \text{ mm}$

$Yv2tcl = 1,775.6 - 3064 = -1288.4 \text{ mm}$ $Dbc2 = - \text{ mm}$

$Yv2bcu = 0.0 \text{ mm}$

$Yv2bcl = 0.0 \text{ mm}$ $Dvs2 = 1775.607 - 1157.288 = 618 \text{ mm}$

$Yv2su = 1,775.6 - 3050 = -1274.4 \text{ mm}$ $Dv2 = 1408.393 + 618.3 = 2,027 \text{ mm}$

$Yv2sl = 1775.6 \text{ mm}$

$Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 \text{ MPa}$

$Ec2' = Es / n2' = 205000/0 = - \text{ MPa}$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· $Ptv2 = Ec2 \times \epsilon_s \times Atc = -9761.905 \times 0.00027 \times 1512000 = -3,985,200 \text{ N}$

· $Pbv2 = Ec2 \times \epsilon_s \times Abc = -9761.905 \times 0.00027 \times 0 = - \text{ N}$

· $Mv2 = Ptv2 \times Dtc2 + Pbv2 \times Dbc2$
 $= -3985200.1 \times (-1408.393) + 0 \times 0 = 5,613 \text{ kN-m}$

- 상하바닥판 응력 :

· $fv2tcu = 1/n2 \times ((Ptv2 + Pbv2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2tcu / Iv2) - Ec2 \times \epsilon_s$
 $= [1/21 \times ((-3985200.1 + 0) / 236000 + (0.79) \times 5612.7 \times 10^6 \times (-1528.4) / 447303790604)] - 9761.905 \times (-0.00027)$
 $= 1.110 \text{ MPa}$

· $fv2bcl = 1/n2' \times ((Ptv2 + Pbv2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2bcu / Iv2) - Ec2' \times \epsilon_s$
 $= 0$
 $= 0.0 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $fv2su = (Ptv2 + Pbc2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2su / Iv2$
 $= (-3985200.1 + 0) / 236000 + (0.79) \times 5612.7 \times 10^6 \times (-1274.4) / 447303790604 = -29.519 \text{ MPa}$

· $fv2sl = (Ptv2 + Pbc2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2sl / Iv2$
 $= (-3985200.1 + 0) / 236000 + (0.79) \times 5612.7 \times 10^6 \times 1775.607 / 447303790604 = 0.715 \text{ MPa}$

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216,000	3,184	6.877.E+08	1.037.E+09	1.653.E+11	1.663.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		164,000	1,157	1.898.E+08	2.414.E+11	2.176.E+11	4.591.E+11
계		380,000		8.775.E+08			6.254.E+11

- 도심 : $y_{v3} = 877539232/380000 = 2309.3 \text{ mm}$

- 탄성계수비 : $n = 7$

$$\begin{aligned}
 Y_{v3tcu} &= 2,309.3 - 3304 = -994.7 \text{ mm} & D_{tc3} &= 2309.3 - 3184 = -874.7 \text{ mm} \\
 Y_{v3tcl} &= 2,309.3 - 3064 = -754.7 \text{ mm} & D_{bc3} &= 0.0 \text{ mm} \\
 Y_{v3bcu} &= 0.0 \text{ mm} \\
 Y_{v3bcl} &= 0.0 \text{ mm} & D_{vs3} &= 2309.3 - 1157.288 = 1152.0 \text{ mm} \\
 Y_{v3su} &= 2,309.3 - 3050 = -740.7 \text{ mm} & D_{v3} &= 874.7 + 1152 = 2026.7 \text{ mm} \\
 Y_{v3sl} &= 2309.3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$$\begin{aligned}
 \cdot P_{tv3} &= E_{st} \times \alpha \times \Delta t \times A_{tc} / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1512000 / 7 = 5313600.0 \text{ N} \\
 \cdot M_{v3} &= P_{tv3} \times D_{tc3} = 5313600 \times (-874.7) / 1000000 = -4647.806 \text{ kN-m}
 \end{aligned}$$

- 상하바닥판 응력 :

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3tcu} &= 1/n \times (P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_{v3tcu} / I_{v3}) - E_c \times \alpha \times \Delta t \\
 &= 1/7 \times (5313600/380000 + (0.79) \times (-4647806000) \times (-994.7) / 625388884419) - 27804 \times 0.000012 \times 10 \\
 &= -0.505 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3bcl} &= 1/n \times (P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_{v3bcl} / I_{v3}) - E_c \times \alpha \times \Delta t \\
 &= 1/7 \times (5313600/380000 + (0.79) \times (-4647806000) \times 0 / 625388884419) - 27804.063636603 \times 0.000012 \times 10 \\
 &= 0.000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3su} &= P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_{v3su} / I_{v3} \\
 &= 5313600/380000 + (0.79) \times (-4647.806) \times 10^6 \times (-740.7) / 625388884419 = 18.332 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3sl} &= P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_{v3sl} / I_{v3} \\
 &= 5313600/380000 + (0.79) \times (-4647.806) \times 10^6 \times 2309.3 / 625388884419 = 0.425 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7265953.7 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 386.58 \times 1000 / 72000 + 569.13 \times 10^6 / (2 \times 7265953.7 \times 12) = 8.633 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2) 단일합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7265953.7 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 613.17 \times 1000 / 72000 + 865.66 \times 10^6 / (2 \times 7265953.7 \times 12) = 13.480 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3) 이중합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7309611.7 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 1040.02 \times 1000 / 72000 + 2501.79 \times 10^6 / (2 \times 7309611.7 \times 12) = 28.706 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) 허용응력 검토

(도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 :

(도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

$$\therefore f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times 27 = -10.8 \text{ MPa}$$

- 허용인장응력 :

$$\therefore f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times 27 = 1.9 \text{ MPa} < 2.5 \text{ MPa}$$

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 : (HSB500)

(도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sla} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

$$t_{\min} = (500 - 250) / 16 = 15.6 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = 15.6 < t = 26.0 \text{ mm} \therefore \text{O.K.}$$

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

$$b / 10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 \text{ mm}$$

$b/10.1 \leq t$ 이므로 허용응력은 다음과 같다.

$$\therefore f_{sua} = -230.0 \text{ MPa}$$

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

$$\therefore f_{sua} = -230.0 \text{ MPa}$$

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.2) = 3000 / (281 \times 1.2) = 8.897 \text{ mm}$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(287.5/175.564)} = 1.280 > 1.2 \quad 1.200 \text{ 적용}$

- 합성후 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.063) = 3000 / (281 \times 1.063) = 10.043 \text{ mm}$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/203.541)} = 1.063 < 1.2 \quad 1.063 \text{ 적용}$

$$\therefore t_{\min} = 10.043 < t = 12.0 \text{ mm} \quad \therefore 0.K.$$

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 :

(단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 175.564	- 287.500	107.348	287.500
	2	- 4.177	- 10.800	-	-	- 203.541	- 230.000	179.490	230.000
	3	- 2.678	- 10.800	-	-	- 240.341	- 264.500	180.279	230.000
	4	- 3.183	- 12.420	-	-	- 222.009	- 299.000	180.704	264.500
	5	- 2.173	- 12.420	-	-	- 258.673	- 299.000	179.854	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.909				< 1.0 ∴ 0.K.			
합성응력 검토		(f/fa) ² + (τ/τa) ²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨 이 력	1	-	-	0.611	0.373	22.113	168.8	0.13	0.39
	2	0.387	-	0.885	0.780	50.819	135.0	0.38	0.92
	3	0.248	-	0.909	0.784	50.819	155.3	0.33	0.93
	4	0.256	-	0.743	0.683	50.819	175.5	0.29	0.64
	5	0.175	-	0.865	0.680	50.819	175.5	0.29	0.83

(7) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 :

$$f_{cy} = 3 / 5 \times 27 = 16.0 \text{ MPa}$$

- 강재 :

(HSB500)

$$f_y = 380.0 \text{ MPa}$$

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 :

(단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수하중)	1	-7.1	-16.0	-	-	-289.0	-380.0	272.6	380.0
	2	-6.1	-16.0	-	-	-325.7	-380.0	271.8	380.0
	3	-8.4	-16.0	-	-	-257.0	-380.0	271.9	380.0
	4	-7.3	-16.0	-	-	-293.7	-380.0	271.0	380.0
최대 항복응력비		(f/fy) _{max}		=	0.857	<	1.0	∴ 0.K.	

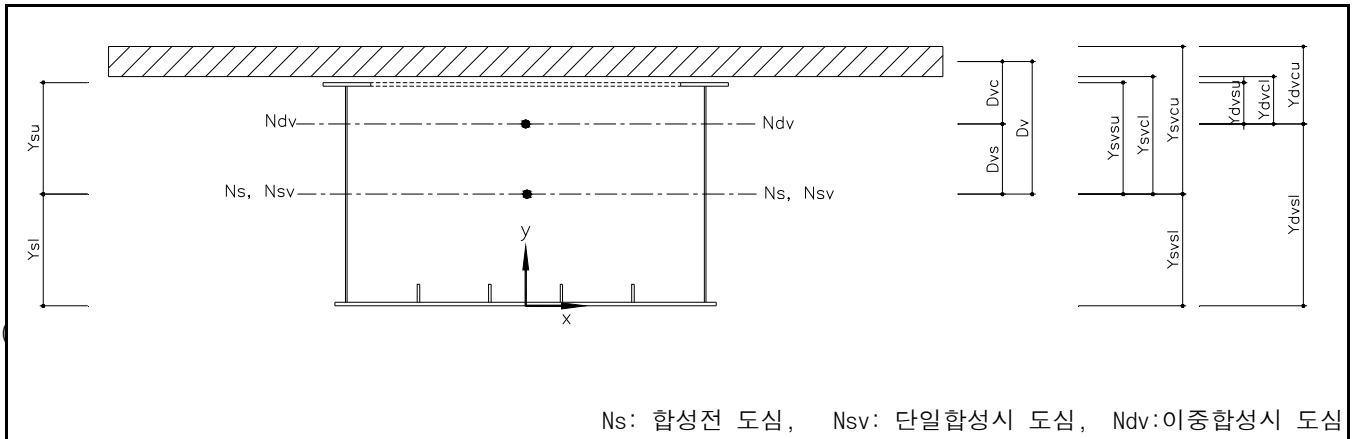
(1) 설계조건

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(3) 작용하중

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	600×30×2	36,000	3,039	1.094.E+08	2.700.E+06	1.132.E+11	1.132.E+11
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,524	1.097.E+08	5.400.E+10	4.803.E+09	5.880.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	99	3.564.E+05	6.750.E+06	4.901.E+09	4.907.E+09
하부플랜지	2600×24×1	62,400	12	7.488.E+05	2.995.E+06	9.808.E+10	9.809.E+10
계		174,000		2.202.E+08			2.750.E+11

- 도심 : $y_s = 220237200/174000 = 1265.7 \text{ mm}$
 $Y_{su} = 1265.731 - 3054 = -1788.3 \text{ mm}$
 $Y_{sl} = 1265.7 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{su} = M_{d1} \times Y_{su} / I_s = 9,871.8 \times 1000000 \times (-1788.269) / 274999883413 = -64.194 \text{ MPa}$
 · $f_{sl} = M_{d1} \times Y_{sl} / I_s = 9,871.8 \times 1000000 \times 1265.731 / 274999883413 = 45.437 \text{ MPa}$

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : $y_{sv} = 220237200/174000 = 1265.7 \text{ mm}$
 - 탄성계수비: $n' = 0$ (∵ 단일합성)

$Y_{svbcl} = 0.0 \text{ mm}$
 $Y_{svsu} = 1265.731 - 3054 = -1788.3 \text{ mm}$
 $Y_{svsl} = 1265.7 \text{ mm}$

- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)

· $f_{svbcl} = M_{d2} \times Y_{svcl} / (n' \times I_{sv}) = 16863.25 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 274999883413) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{vsu} = M_{d2} \times Y_{svsu} / I_{sv} = 16863.25 \times 1000000 \times (-1788.3) / 274999883413 = -109.660 \text{ MPa}$
 · $f_{vsl} = M_{d2} \times Y_{svsl} / I_{sv} = 16863.25 \times 1000000 \times 1265.731 / 274999883413 = 77.616 \text{ MPa}$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm ²)	y (mm)	Adv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Idv (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3184.0	6.877.E+08	1.037.E+09	1.582.E+11	1.592.E+11
단일합성시		174000.0	1265.7	2.202.E+08	2.750.E+11	1.964.E+11	4.714.E+11
계		390000.0		9.080.E+08			6.307.E+11

- 2차 모멘트 계수 : $k = 0.720$

- 도심 : $Y_{dv} = 907981194/390000 = 2328.2 \text{ mm}$
 $A_{tc} = 6300 \times 240 = 1512000.0 \text{ mm}^2$
 $A_{bc} = 0 \times 0 = 0.0 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비 : $n = 7$
 $n' = 0$

$Y_{dvtcu} = 2328.157 - 3304 = -975.8 \text{ mm}$ $D_{dvtc} = 2328.157 - 3184 = -855.8 \text{ mm}$
 $Y_{dvtdl} = 2328.157 - 3064 = -735.8 \text{ mm}$ $D_{dvbc} = 0$ 0.0 mm
 $Y_{dvbcu} = 0.0 \text{ mm}$
 $Y_{dvbdl} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{dvs} = 2328.157 - 1265.731 = 1062.4 \text{ mm}$
 $Y_{dvsl} = 2328.157 - 3054 = -725.8 \text{ mm}$ $D_{dv} = 855.843 + 1062.426 = 1918.3 \text{ mm}$
 $Y_{dvsl} = 2328.2 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :

· $f_{dvtdcu} = M_d3 \times Y_{dvtdcu} / (n \times I_v) = 8,229.2 \times 1000000 \times (-975.843) / (7 \times 630651934346) = -1.819 \text{ MPa}$
· $f_{dvtdcl} = M_d3 \times Y_{dvtdcl} / (n' \times I_v) = 8,229.2 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 630651934346) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 8229.177 \times 1000000 \times (-725.843) / 630651934346 = -9.471 \text{ MPa}$
· $f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 8229.177 \times 1000000 \times 2328.157 / 630651934346 = 30.379 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :

· $f_{dvtdcu} = M_d3 \times Y_{dvtdcu} / (n \times I_v) = 14837.7 \times 1000000 \times (-975.843) / (7 \times 630651934346) = -3.280 \text{ MPa}$
· $f_{dvtdcl} = M_d3 \times Y_{dvtdcl} / (n' \times I_v) = 14837.7 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 630651934346) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 14837.7 \times 1000000 \times (-725.843) / 630651934346 = -17.077 \text{ MPa}$
· $f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 14837.7 \times 1000000 \times 2328.157 / 630651934346 = 54.776 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :

· $f_{dvtdcu} = M_d3 \times Y_{dvtdcu} / (n \times I_v) = 206.2 \times 1000000 \times (-975.843) / (7 \times 630651934346) = -0.046 \text{ MPa}$
· $f_{dvtdcl} = M_d3 \times Y_{dvtdcl} / (n' \times I_v) = 206.2 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 630651934346) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 206.2 \times 1000000 \times (-725.843) / 630651934346 = -0.237 \text{ MPa}$
· $f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 206.2 \times 1000000 \times 2328.157 / 630651934346 = 0.761 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7257600000		
환산 상부바닥판		108,000	3,184	343872000	518400000	151298167680	151816567680
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		174,000	1,266	220237194	274999883413	93914505884	368914389297
계		282,000		564109194			520730956977

- 도심 : $yv1 = 564109194/282000 = 2000.4 \text{ mm}$
- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$
 $n1' = n' \times (1 + \Phi_1 / 2) = 0 \times (1 + 2 / 2) = 0$
- $Yv1tcu = 2000.4 - 3304 = -1303.6 \text{ mm}$ $Dtc1 = 2000.4 - 3184 = -1,184 \text{ mm}$
- $Yv1tcl = 2000.4 - 3064 = -1063.6 \text{ mm}$ $Dtc1 = 0$ $- \text{ mm}$
- $Yv1bcu = 0.0 \text{ mm}$ $Dvs1 = 2000.4 - 1265.731 = 735 \text{ mm}$
- $Yv1bcl = 0.0 \text{ mm}$ $Dv1 = 1183.6 + 734.669 = 1,918 \text{ mm}$
- $Yv1su = 2000.4 - 3054 = -1053.6 \text{ mm}$ $Yv1sl = 2,000 \text{ mm}$
- $Ec1 = Ec / (1 + \Phi_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 \text{ MPa}$
- $Ec1 = Ec' / (1 + \Phi_1 / 2) = 0/(1+2/2) = - \text{ MPa}$
- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
 - $Ntc = Md3 / (n \times Idv) \times Ddvtc \times Atc$
 $= 8229.177 \times 1000000 / (7 \times 630651934346) \times (-855.843) \times 1512000 = -2,412,207 \text{ N}$
 - $Nbc = Md3 / (n \times Idv) \times (-Ddvbc) \times Abc$
 $= 8229.177 \times 1000000 / (7 \times 630651934346) \times 0 \times 0 = - \text{ N}$
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
 - $Ptv1 = Ntc \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = -2412206.734 \times 2 \times 2 / (2+2) = -2,412,207 \text{ N}$
 - $Pbv1 = Nbc \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 0 \times 2 \times 2 / (2+2) = - \text{ N}$
 - $\gamma tc^2 = Ix / Atc = 7257600000 / 1512000 = 4,800 \text{ mm}^2$
 - $\gamma bc^2 = Ix / Abc = 0 / 0 = - \text{ mm}^2$
 - $Mv1 = Ptv1 \times (Dtc1 + \gamma tc^2 / Ddvtc) + Pbv1 \times (Dtc1 + \gamma bc^2 / Ddvbc)$
 $= -2412206.734 \times (-1183.6 + 4800 / (-855.843)) / 1000000 + 0 \times (0 + 0) / 1000000 = 2868.6 \text{ kN-m}$
- 상하바닥판 응력 :
 - $fv1tcu = 1/n1 \times ((Ptv1 + Pbv1) / Av1 + k \times Mv1 \times Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx \Phi_1 \times ftc$
 $= [1/14 \times ((-2412206.734 + 0) / 282000 + (0.72) \times 2868.617 \times 1000000 \times (-1303.6) / 520730956977)] - 0.5 \times 2 \times (-1.819)$
 $= 0.839 \text{ MPa}$
 - $fv1bcl = 1/n1' \times ((Ptv1 + Pbv1) / Av1 + k \times Mv1 \times Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx \Phi_1 \times fbc$
 $= 0$
 $= 0.00 \text{ MPa}$
- 상하플랜지 응력 :
 - $fv1su = (Ptv1 + Pbc1) / Av1 + k \times Mv1 \times Yv1su / Iv1$
 $= (-2,412,206.7 + 0) / 282000 + (0.72) \times (2868.617) \times 10^6 \times (-1053.6) / 52073095697 = -12.733 \text{ MPa}$
 - $fv1sl = (Ptv1 + Pbc1) / Av1 + k \times Mv1 \times Yv1sl / Iv1$
 $= (-2,412,206.7 + 0) / 282000 + (0.72) \times (2868.617) \times 10^6 \times 2000.4 / 520730956977 = -0.620 \text{ MPa}$

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		72,000	3,184	2.292.E+08	3.456.E+08	1.325.E+11	1.329.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		174,000	1,266	2.202.E+08	2.750.E+11	5.485.E+10	3.298.E+11
계		246,000		4.495.E+08			4.627.E+11

- 도심 : $y_v2 = 449485194/246000 = 1827.2 \text{ mm}$

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) = 0$

$Yv2tcu = 1,827.2 - 3304 = -1476.8 \text{ mm}$ $Dtc2 = 1827.176 - 3184 = -1,357 \text{ mm}$

$Yv2tcl = 1,827.2 - 3064 = -1236.8 \text{ mm}$ $Dbc2 = - \text{ mm}$

$Yv2bcu = 0.0 \text{ mm}$

$Yv2bcl = 0.0 \text{ mm}$ $Dvs2 = 1827.176 - 1265.731 = 561 \text{ mm}$

$Yv2su = 1,827.2 - 3054 = -1226.8 \text{ mm}$ $Dv2 = 1356.824 + 561.4 = 1,918 \text{ mm}$

$Yv2sl = 1827.2 \text{ mm}$

$Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 \text{ MPa}$

$Ec2' = Es / n2' = 205000/0 = - \text{ MPa}$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· $Ptv2 = Ec2 \times \epsilon_s \times Atc = -9761.905 \times 0.00027 \times 1512000 = -3,985,200 \text{ N}$

· $Pbv2 = Ec2 \times \epsilon_s \times Abc = -9761.905 \times 0.00027 \times 0 = - \text{ N}$

· $Mv2 = Ptv2 \times Dtc2 + Pbv2 \times Dbc2$
 $= -3985200.1 \times (-1356.824) + 0 \times 0 = 5,407 \text{ kN-m}$

- 상하바닥판 응력 :

· $f_{v2tcu} = 1/n2 \times ((Ptv2 + Pbv2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2tcu / Iv2) - Ec2 \times \epsilon_s$
 $= [1/21 \times ((-3985200.1 + 0) / 246000 + (0.72) \times 5407.2 \times 10^6 \times (-1476.8) / 462743786751)] - 9761.905 \times (-0.00027)$
 $= 1.273 \text{ MPa}$

· $f_{v2bcl} = 1/n2' \times ((Ptv2 + Pbv2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2bcu / Iv2) - Ec2' \times \epsilon_s$
 $= 0$
 $= 0.0 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{v2su} = (Ptv2 + Pbc2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2su / Iv2$
 $= (-3985200.1 + 0) / 246000 + (0.72) \times 5407.2 \times 10^6 \times (-1226.8) / 462743786751 = -26.521 \text{ MPa}$

· $f_{v2sl} = (Ptv2 + Pbc2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2sl / Iv2$
 $= (-3985200.1 + 0) / 246000 + (0.72) \times 5407.2 \times 10^6 \times 1827.176 / 462743786751 = -0.827 \text{ MPa}$

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216,000	3,184	6.877.E+08	1.037.E+09	1.582.E+11	1.592.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		174,000	1,266	2.202.E+08	2.750.E+11	1.964.E+11	4.714.E+11
계		390,000		9.080.E+08			6.307.E+11

- 도심 : $y_v3 = 907981194/390000 = 2328.2 \text{ mm}$

- 탄성계수비 : $n = 7$

$$\begin{aligned}
 Y_v3t_{cu} &= 2,328.2 - 3304 = -975.8 \text{ mm} & D_{tc3} &= 2328.2 - 3184 = -855.8 \text{ mm} \\
 Y_v3t_{cl} &= 2,328.2 - 3064 = -735.8 \text{ mm} & D_{bc3} &= 0.0 \text{ mm} \\
 Y_v3b_{cu} &= 0.0 \text{ mm} \\
 Y_v3b_{cl} &= 0.0 \text{ mm} & D_{vs3} &= 2328.2 - 1265.731 = 1062.5 \text{ mm} \\
 Y_v3s_u &= 2,328.2 - 3054 = -725.8 \text{ mm} & D_{v3} &= 855.8 + 1062.5 = 1918.3 \text{ mm} \\
 Y_v3s_l &= 2328.2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$$\begin{aligned}
 \cdot P_{tv3} &= E_{st} \times \alpha \times \Delta t \times A_{tc} / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1512000 / 7 = 5313600.0 \text{ N} \\
 \cdot M_{v3} &= P_{tv3} \times D_{tc3} = 5313600 \times (-855.8) / 1000000 = -4547.379 \text{ kN-m}
 \end{aligned}$$

- 상하바닥판 응력 :

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3t_{cu}} &= 1/n \times (P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_v3t_{cu} / I_{v3}) - E_c \times \alpha \times \Delta t \\
 &= 1/7 \times (5313600/390000 + (0.72) \times (-4547.379) \times (-975.8) / 630651935070) - 27804 \times 0.000012 \times 10 \\
 &= -0.666 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3b_{cl}} &= 1/n \times (P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_v3b_{cl} / I_{v3}) - E_c \times \alpha \times \Delta t \\
 &= 1/7 \times (5313600/390000 + (0.72) \times (-4547.379) \times 0 / 630651935070) - 27804.063636603 \times 0.000012 \times 10 \\
 &= 0.000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3s_u} &= P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_v3s_u / I_{v3} \\
 &= 5313600/390000 + (0.72) \times (-4547.379) \times 10^6 \times (-725.8) / 630651935070 = 17.393 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3s_l} &= P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_v3s_l / I_{v3} \\
 &= 5313600/390000 + (0.72) \times (-4547.379) \times 10^6 \times 2328.2 / 630651935070 = 1.537 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7265966.0 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 284.73 \times 1000 / 72000 + 403.72 \times 10^6 / (2 \times 7265966 \times 12) = 6.270 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2) 단일합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7265966.0 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 416.12 \times 1000 / 72000 + 602.76 \times 10^6 / (2 \times 7265966 \times 12) = 9.236 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3) 이중합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7309623.9 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 844.6 \times 1000 / 72000 + 2028.62 \times 10^6 / (2 \times 7309623.9 \times 12) = 23.294 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) 허용응력 검토

(도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 :

(도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

$$\therefore f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times 27 = -10.8 \text{ MPa}$$

- 허용인장응력 :

$$\therefore f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times 27 = 1.9 \text{ MPa} < 2.5 \text{ MPa}$$

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 :

(HSB500)

(도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sla} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : ($t_{min} \geq b/16$)

$$t_{min} = (600 - 250) / 16 = 21.9 \text{ mm}$$

$$t_{min} = 21.9 < t = 30.0 \text{ mm} \therefore \text{O.K.}$$

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

$$b / 10.1 = (600 - 250) / 10.1 = 34.7 \text{ mm}$$

$b/16 \leq t < b/10.1$ 이므로 허용응력은 다음과 같다.

$$\therefore f_{sua} = -24000 \times (t / b)^2 = -24000 \times (30/350)^2 = -176.3 \text{ MPa}$$

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

$$\therefore f_{sua} = -230.0 \text{ MPa}$$

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.126) = 3000 / (281 \times 1.126) = 9.481 \text{ mm}$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(220.408/173.854)} = 1.126 < 1.2$ 1.126 적용

- 합성후 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.057) = 3000 / (281 \times 1.057) = 10.100 \text{ mm}$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/205.732)} = 1.057 < 1.2$ 1.057 적용

$\therefore t_{\min} = 10.100 < t = 12.0 \text{ mm} \therefore \text{O.K.}$

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 :

(단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 173.854	- 220.408	123.053	287.500
	2	- 4.809	- 10.800	-	-	- 205.732	- 230.000	208.721	230.000
	3	- 3.033	- 10.800	-	-	- 239.893	- 264.500	207.522	230.000
	4	- 3.699	- 12.420	-	-	- 222.500	- 299.000	209.059	264.500
	5	- 2.367	- 12.420	-	-	- 257.286	- 299.000	205.985	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/f _a) _{max} = 0.907				< 1.0 ∴ 0.K.			
합성응력 검토		(f/f _a) ² + (τ/τ _a) ²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨 이 력	1	-	-	0.789	0.428	15.506	168.8	0.09	0.63
	2	0.445	-	0.894	0.907	38.800	135.0	0.29	0.91
	3	0.281	-	0.907	0.902	38.800	155.3	0.25	0.89
	4	0.298	-	0.744	0.790	38.800	175.5	0.22	0.67
	5	0.191	-	0.860	0.779	38.800	175.5	0.22	0.79

(7) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 :

$$f_{cy} = 3 / 5 \times 27 = 16.0 \text{ MPa}$$

- 강재 :

(HSB500)

$$f_y = 380.0 \text{ MPa}$$

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 :

(단위 : MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수하중)	1	-8.3	-16.0	-	-	-291.8	-380.0	317.6	380.0
	2	-7.0	-16.0	-	-	-326.6	-380.0	314.5	380.0
	3	-9.7	-16.0	-	-	-262.7	-380.0	318.5	380.0
	4	-8.4	-16.0	-	-	-297.5	-380.0	315.4	380.0
최대 항복응력비		(f/fy) _{max}		=	0.859	<	1.0	∴ 0.K.	

◎ 정모멘트 < 단면 4 > 단면위치: 61,1/4지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, f_{ck}	27 MPa	크리프계수(ϕ_1)	2
상부바닥판, E_c	27804 MPa	건조수축계수(ϕ_2)	4
하부콘크리트, f_{ck}	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, $E_{c'}$	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(ϵ_s)	0.00027
강재 탄성계수, E_s	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.53863

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원

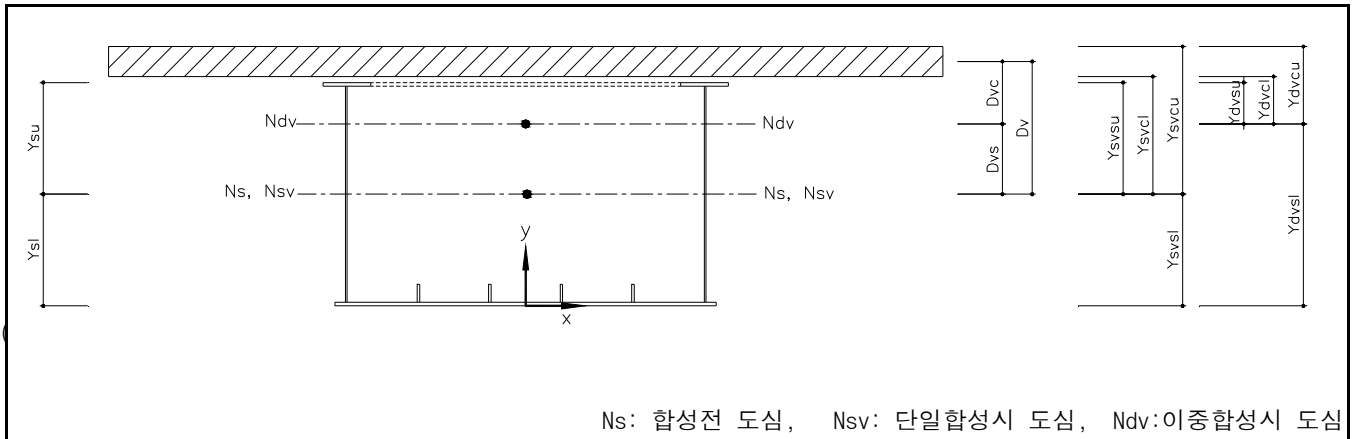
		단면제원(mm)	
		B1	2400
		B2	2400
		B3	6300
		H	3000
		t1	32
		t2	36
		t3	12
		tr	0.707
		Tcu	240
		Th	40
		Tcl	0
		b1	100
		b2	600
		피복두께(mm)	
		tcu	60
		tcl	40
※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조) ※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 $\Theta=0.000^\circ$			
보강리브 제원(mm)			
상부리브	0	0	0
하부리브	150	12	2
유효폭 제원 (mm)			
상부플랜지	600	상부바닥판	6300
하부플랜지	2600	하부슬래브	0
n(상부)	7	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	11444.6	18572.7	9013.4	18101.2	333.5	57465.4
전단력, S (kN)	50.5	164.3	72.5	522.9	7.4	817.6
비틀림, T (kN-m)	-14.3	-73.6	-21.4	-695.5	-8.8	-813.61

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	600×36×2	43,200	3,050	1.318.E+08	4.666.E+06	1.468.E+11	1.468.E+11
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,532	1.103.E+08	5.400.E+10	7.613.E+09	6.161.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	107	3.852.E+05	6.750.E+06	4.355.E+09	4.361.E+09
하부플랜지	2600×32×1	83,200	16	1.331.E+06	7.100.E+06	1.180.E+11	1.180.E+11
계		202,000		2.438.E+08			3.307.E+11

- 도심 : $y_s = 243780400/202000 = 1206.8 \text{ mm}$
 $Y_{su} = 1206.834 - 3068 = -1861.2 \text{ mm}$
 $Y_{sl} = 1206.8 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{su} = M_{d1} \times Y_{su} / I_s = 11,444.6 \times 1000000 \times (-1861.166) / 330732365744 = -64.403 \text{ MPa}$
 · $f_{sl} = M_{d1} \times Y_{sl} / I_s = 11,444.6 \times 1000000 \times 1206.834 / 330732365744 = 41.761 \text{ MPa}$

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : $y_{sv} = 243780400/202000 = 1206.8 \text{ mm}$
 - 탄성계수비: $n' = 0$ (∵ 단일합성)

$Y_{svbcl} = 0.0 \text{ mm}$
 $Y_{svsu} = 1206.834 - 3068 = -1861.2 \text{ mm}$
 $Y_{svsl} = 1206.8 \text{ mm}$

- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)

· $f_{svbcl} = M_{d2} \times Y_{svcl} / (n' \times I_{sv}) = 18572.65 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 330732365744) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{vsu} = M_{d2} \times Y_{svsu} / I_{sv} = 18572.65 \times 1000000 \times (-1861.2) / 330732365744 = -104.518 \text{ MPa}$
 · $f_{vsl} = M_{d2} \times Y_{svsl} / I_{sv} = 18572.65 \times 1000000 \times 1206.834 / 330732365744 = 67.771 \text{ MPa}$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm ²)	y (mm)	Adv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Idv (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3192.0	6.895.E+08	1.037.E+09	1.988.E+11	1.998.E+11
단일합성시		202000.0	1206.8	2.438.E+08	3.307.E+11	2.126.E+11	5.433.E+11
계		418000.0		9.333.E+08			7.431.E+11

- 2차 모멘트 계수 : $k = 0.540$

- 도심 : $Y_{dv} = 933252468/418000 = 2232.7 \text{ mm}$

$A_{tc} = 6300 \times 240 = 1512000.0 \text{ mm}^2$

$A_{bc} = 0 \times 0 = 0.0 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비 : $n = 7$

$n' = 0$

$Y_{dvtcu} = 2232.661 - 3312 = -1079.3 \text{ mm}$ $D_{dvtc} = 2232.661 - 3192 = -959.3 \text{ mm}$

$Y_{dvctl} = 2232.661 - 3072 = -839.3 \text{ mm}$ $D_{dvbc} = 0 = 0.0 \text{ mm}$

$Y_{dvbcu} = 0.0 \text{ mm}$

$Y_{dvbcl} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{dvs} = 2232.661 - 1206.834 = 1025.8 \text{ mm}$

$Y_{dvsl} = 2232.661 - 3068 = -835.3 \text{ mm}$ $D_{dv} = 959.339 + 1025.827 = 1985.2 \text{ mm}$

$Y_{dvsl} = 2232.7 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :

$\cdot f_{dvtcu} = M_d3 \times Y_{dvtcu} / (n \times I_v) = 9,013.4 \times 1000000 \times (-1079.339) / (7 \times 743129579053) = -1.870 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvbcl} = M_d3 \times Y_{dvbcl} / (n' \times I_v) = 9,013.4 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 743129579053) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 9013.39 \times 1000000 \times (-835.339) / 743129579053 = -10.132 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 9013.39 \times 1000000 \times 2232.661 / 743129579053 = 27.080 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :

$\cdot f_{dvtcu} = M_d3 \times Y_{dvtcu} / (n \times I_v) = 18101.2 \times 1000000 \times (-1079.339) / (7 \times 743129579053) = -3.756 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvbcl} = M_d3 \times Y_{dvbcl} / (n' \times I_v) = 18101.2 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 743129579053) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 18101.2 \times 1000000 \times (-835.339) / 743129579053 = -20.347 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 18101.2 \times 1000000 \times 2232.661 / 743129579053 = 54.383 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :

$\cdot f_{dvtcu} = M_d3 \times Y_{dvtcu} / (n \times I_v) = 333.5 \times 1000000 \times (-1079.339) / (7 \times 743129579053) = -0.069 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvbcl} = M_d3 \times Y_{dvbcl} / (n' \times I_v) = 333.5 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 743129579053) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 333.5 \times 1000000 \times (-835.339) / 743129579053 = -0.375 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 333.5 \times 1000000 \times 2232.661 / 743129579053 = 1.002 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7257600000		
환산 상부바닥판		108,000	3,192	344736000	518400000	180727303680	181245703680
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		202,000	1,207	243780468	330732365744	96609233536	427341599280
계		310,000		588516468			608587302960

- 도심 : $y_{v1} = 588516468/310000 = 1898.4 \text{ mm}$
- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$
 $n1' = n' \times (1 + \Phi_1 / 2) = 0 \times (1 + 2 / 2) = 0$
- $Y_{v1tcu} = 1898.4 - 3312 = -1413.6 \text{ mm}$ $D_{tc1} = 1898.4 - 3192 = -1,294 \text{ mm}$
- $Y_{v1tcl} = 1898.4 - 3072 = -1173.6 \text{ mm}$ $D_{bc1} = 0 \text{ mm}$
- $Y_{v1bcu} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{vs1} = 1898.4 - 1206.834 = 692 \text{ mm}$
- $Y_{v1bcl} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{v1} = 1293.6 + 691.566 = 1,985 \text{ mm}$
- $Y_{v1su} = 1898.4 - 3068 = -1169.6 \text{ mm}$ $Y_{v1sl} = 1,898 \text{ mm}$
- $E_{c1} = E_c / (1 + \Phi_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 \text{ MPa}$
- $E_{c1} = E_{c1}' / (1 + \Phi_1 / 2) = 0/(1+2/2) = - \text{ MPa}$
- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
 - $N_{tc} = M_{d3} / (n \times I_{dv}) \times D_{dvtc} \times A_{tc}$
 $= 9013.39 \times 1000000 / (7 \times 743129579053) \times (-959.339) \times 1512000 = -2,513,330 \text{ N}$
 - $N_{bc} = M_{d3} / (n \times I_{dv}) \times (-D_{dvbc}) \times A_{bc}$
 $= 9013.39 \times 1000000 / (7 \times 743129579053) \times 0 \times 0 = - \text{ N}$
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
 - $P_{tv1} = N_{tc} \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = -2513329.717 \times 2 \times 2 / (2+2) = -2,513,330 \text{ N}$
 - $P_{bv1} = N_{bc} \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 0 \times 2 \times 2 / (2+2) = - \text{ N}$
 - $\gamma_{tc^2} = I_x / A_{tc} = 7257600000 / 1512000 = 4,800 \text{ mm}^2$
 - $\gamma_{bc^2} = I_x / A_{bc} = 0 / 0 = - \text{ mm}^2$
 - $M_{v1} = P_{tv1} \times (D_{tc1} + \gamma_{tc^2} / D_{dvtc}) + P_{bv1} \times (D_{bc1} + \gamma_{bc^2} / D_{dvbc})$
 $= -2513329.717 \times (-1293.6 + 4800 / (-959.339)) / 1000000 + 0 \times (0 + 0) / 1000000 = 3263.8 \text{ kN-m}$
- 상하바닥판 응력 :
 - $f_{v1tcu} = 1/n1 \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1tcu} / I_{v1}) - E_{c1}/E_{cx} \Phi_1 \times f_{tc}$
 $= [1/14 \times ((-2513329.717 + 0) / 310000 + (0.54) \times 3263.819 \times 1000000 \times (-1413.6) / 608587302960)] - 0.5 \times 2 \times (-1.87)$
 $= 0.998 \text{ MPa}$
 - $f_{v1bcl} = 1/n1' \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1bcu} / I_{v1}) - E_{c1}/E_{cx} \Phi_1 \times f_{bc}$
 $= 0$
 $= 0.00 \text{ MPa}$
- 상하플랜지 응력 :
 - $f_{v1su} = (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1su} / I_{v1}$
 $= (-2,513,329.7 + 0) / 310000 + (0.54) \times (3263.819) \times 10^6 \times (-1169.6) / 60858730296 = -11.495 \text{ MPa}$
 - $f_{v1sl} = (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1sl} / I_{v1}$
 $= (-2,513,329.7 + 0) / 310000 + (0.54) \times (3263.819) \times 10^6 \times 1898.4 / 608587302960 = -2.610 \text{ MPa}$

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		72,000	3,192	2.298.E+08	3.456.E+08	1.542.E+11	1.546.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		202,000	1,207	2.438.E+08	3.307.E+11	5.497.E+10	3.857.E+11
계		274,000		4.736.E+08			5.403.E+11

- 도심 : $yv2 = 473604468/274000 = 1728.5 \text{ mm}$

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) = 0$

$Yv2tcu = 1,728.5 - 3312 = -1583.5 \text{ mm}$ $Dtc2 = 1728.483 - 3192 = -1,464 \text{ mm}$

$Yv2tcl = 1,728.5 - 3072 = -1343.5 \text{ mm}$ $Dbc2 = - \text{ mm}$

$Yv2bcu = 0.0 \text{ mm}$

$Yv2bcl = 0.0 \text{ mm}$ $Dvs2 = 1728.483 - 1206.834 = 522 \text{ mm}$

$Yv2su = 1,728.5 - 3068 = -1339.5 \text{ mm}$ $Dv2 = 1463.517 + 521.6 = 1,985 \text{ mm}$

$Yv2sl = 1728.5 \text{ mm}$

$Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 \text{ MPa}$

$Ec2' = Es / n2' = 205000/0 = - \text{ MPa}$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· $Ptv2 = Ec2 \times \epsilon_s \times Atc = -9761.905 \times 0.00027 \times 1512000 = -3,985,200 \text{ N}$

· $Pbv2 = Ec2 \times \epsilon_s \times Abc = -9761.905 \times 0.00027 \times 0 = - \text{ N}$

· $Mv2 = Ptv2 \times Dtc2 + Pbv2 \times Dbc2$
 $= -3985200.1 \times (-1463.517) + 0 \times 0 = 5,832 \text{ kN-m}$

- 상하바닥판 응력 :

· $fv2tcu = 1/n2 \times ((Ptv2 + Pbv2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2tcu / Iv2) - Ec2 \times \epsilon_s$
 $= [1/21 \times ((-3985200.1 + 0) / 274000 + (0.54) \times 5832.4 \times 10^6 \times (-1583.5) / 540261241612)] - 9761.905 \times (-0.00027)$
 $= 1.504 \text{ MPa}$

· $fv2bcl = 1/n2' \times ((Ptv2 + Pbv2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2bcu / Iv2) - Ec2' \times \epsilon_s$
 $= 0$
 $= 0.0 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $fv2su = (Ptv2 + Pbc2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2su / Iv2$
 $= (-3985200.1 + 0) / 274000 + (0.54) \times 5832.4 \times 10^6 \times (-1339.5) / 540261241612 = -22.353 \text{ MPa}$

· $fv2sl = (Ptv2 + Pbc2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2sl / Iv2$
 $= (-3985200.1 + 0) / 274000 + (0.54) \times 5832.4 \times 10^6 \times 1728.483 / 540261241612 = -4.468 \text{ MPa}$

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216,000	3,192	6.895.E+08	1.037.E+09	1.988.E+11	1.998.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		202,000	1,207	2.438.E+08	3.307.E+11	2.126.E+11	5.433.E+11
계		418,000		9.333.E+08			7.431.E+11

- 도심 : $y_v3 = 933252468/418000 = 2232.7 \text{ mm}$

- 탄성계수비 : $n = 7$

$Y_v3t_{cu} = 2,232.7 - 3312 = -1079.3 \text{ mm}$ $D_{tc3} = 2232.7 - 3192 = -959.3 \text{ mm}$

$Y_v3t_{cl} = 2,232.7 - 3072 = -839.3 \text{ mm}$ $D_{bc3} = 0.0 \text{ mm}$

$Y_v3b_{cu} = 0.0 \text{ mm}$

$Y_v3b_{cl} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{vs3} = 2232.7 - 1206.834 = 1025.9 \text{ mm}$

$Y_v3s_u = 2,232.7 - 3068 = -835.3 \text{ mm}$ $D_{v3} = 959.3 + 1025.9 = 1985.2 \text{ mm}$

$Y_v3s_l = 2232.7 \text{ mm}$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· $P_{tv3} = E_{st} \times \alpha \times \Delta t \times A_{tc} / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1512000 / 7 = 5313600.0 \text{ N}$

· $M_{v3} = P_{tv3} \times D_{tc3} = 5313600 \times (-959.3) / 1000000 = -5097.336 \text{ kN-m}$

- 상하바닥판 응력 :

· $f_{v3t_{cu}} = 1/n \times (P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_v3t_{cu} / I_{v3}) - E_c \times \alpha \times \Delta t$
 $= 1/7 \times (5313600/418000 + (0.54) \times (-5097.336000) \times (-1079.3) / 743129579675) - 27804 \times 0.000012 \times 10$
 $= -0.949 \text{ MPa}$

· $f_{v3b_{cl}} = 1/n \times (P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_v3b_{cl} / I_{v3}) - E_c \times \alpha \times \Delta t$
 $= 1/7 \times (5313600/418000 + (0.54) \times (-5097.336000) \times 0 / 743129579675) - 27804.063636603 \times 0.000012 \times 10$
 $= 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{v3s_u} = P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_v3s_u / I_{v3}$
 $= 5313600/418000 + (0.54) \times (-5097.336) \times 10^6 \times (-835.3) / 743129579675 = 15.806 \text{ MPa}$

· $f_{v3s_l} = P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_v3s_l / I_{v3}$
 $= 5313600/418000 + (0.54) \times (-5097.336) \times 10^6 \times 2232.7 / 743129579675 = 4.442 \text{ MPa}$

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7275619.4 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 50.47 \times 1000 / 72000 + 14.32 \times 10^6 / (2 \times 7275619.4 \times 12) = 0.783 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2) 단일합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7275619.4 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 164.33 \times 1000 / 72000 + 73.55 \times 10^6 / (2 \times 7275619.4 \times 12) = 2.704 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3) 이중합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7319277.3 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 595.42 \times 1000 / 72000 + 716.89 \times 10^6 / (2 \times 7319277.3 \times 12) = 12.351 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) 허용응력 검토

(도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 :

(도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

$$\therefore f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times 27 = -10.8 \text{ MPa}$$

- 허용인장응력 :

$$\therefore f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times 27 = 1.9 \text{ MPa} < 2.5 \text{ MPa}$$

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 :

(HSB500)

(도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sla} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : ($t_{min} \geq b/16$)

$$t_{min} = (600 - 250) / 16 = 21.9 \text{ mm}$$

$$t_{min} = 21.9 < t = 36.0 \text{ mm} \therefore \text{O.K.}$$

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

$$b / 10.1 = (600 - 250) / 10.1 = 34.7 \text{ mm}$$

$b/10.1 \leq t$ 이므로 허용응력은 다음과 같다.

$$\therefore f_{sua} = -230.0 \text{ MPa}$$

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

$$\therefore f_{sua} = -230.0 \text{ MPa}$$

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.2) = 3000 / (281 \times 1.2) = 8.897 \text{ mm}$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(287.5/168.921)} = 1.305 > 1.2 \quad 1.200 \text{ 적용}$

- 합성후 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.061) = 3000 / (281 \times 1.061) = 10.062 \text{ mm}$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/204.373)} = 1.061 < 1.2 \quad 1.061 \text{ 적용}$

$$\therefore t_{\min} = 10.062 < t = 12.0 \text{ mm} \quad \therefore 0.K.$$

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 :

(단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 168.921	- 287.500	109.532	287.500
	2	- 5.296	- 10.800	-	-	- 204.373	- 230.000	190.953	230.000
	3	- 3.193	- 10.800	-	-	- 233.623	- 264.500	184.919	230.000
	4	- 4.142	- 12.420	-	-	- 217.817	- 299.000	189.361	264.500
	5	- 2.244	- 12.420	-	-	- 249.429	- 299.000	180.477	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/f _a) _{max} = 0.889				< 1.0 ∴ 0.K.			
합성응력 검토		(f/f _a) ² + (τ/τ _a) ²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨 이 력	1	-	-	0.588	0.381	3.487	168.8	0.02	0.35
	2	0.490	-	0.889	0.830	15.838	135.0	0.12	0.80
	3	0.296	-	0.883	0.804	15.838	155.3	0.10	0.79
	4	0.333	-	0.728	0.716	15.838	175.5	0.09	0.54
	5	0.181	-	0.834	0.682	15.838	175.5	0.09	0.70

(7) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 :

$$f_{cy} = 3 / 5 \times 27 = 16.0 \text{ MPa}$$

- 강재 :

(HSB500)

$$f_y = 380.0 \text{ MPa}$$

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 + 1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 + 1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 :

(단위 : MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수하중)	1	-9.4	-16.0	-	-	-290.0	-380.0	292.9	380.0
	2	-7.5	-16.0	-	-	-321.6	-380.0	284.0	380.0
	3	-11.1	-16.0	-	-	-265.3	-380.0	297.9	380.0
	4	-9.2	-16.0	-	-	-296.9	-380.0	289.0	380.0
최대 항복응력비		(f/fy) _{max}		=	0.846	<	1.0	∴ 0.K.	

◎ 정모멘트 < 단면 5 > 단면위치: 62,3/4지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, f_{ck}	27 MPa	크리프계수(ϕ_1)	2
상부바닥판, E_c	27804 MPa	건조수축계수(ϕ_2)	4
하부콘크리트, f_{ck}	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, $E_{c'}$	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(ϵ_s)	0.00027
강재 탄성계수, E_s	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.43190

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

$\Theta = 0.000^\circ$

단면제원 (mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	26
t2	30
t3	12
tr	0.706
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	600
피복두께 (mm)	
tcl	60
tcl	40

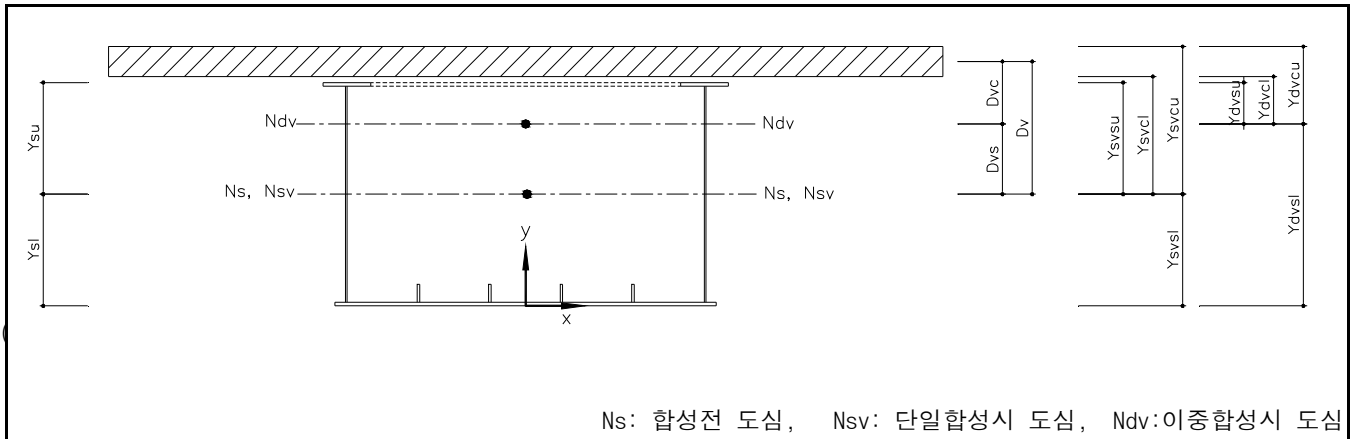
보강리브 제원 (mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	600	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2600	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	10337.7	16121.9	7883.4	18109.3	408.2	52860.5
전단력, S (kN)	234.1	471.2	220.0	642.9	7.3	1575.5
비틀림, T (kN-m)	-139.2	-271.4	-222.3	-850.1	-14.2	-1497.14

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	600×30×2	36,000	3,041	1.095.E+08	2.700.E+06	1.179.E+11	1.179.E+11
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,526	1.099.E+08	5.400.E+10	6.267.E+09	6.027.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	101	3.636.E+05	6.750.E+06	4.597.E+09	4.603.E+09
하부플랜지	2600×26×1	67,600	13	8.788.E+05	3.808.E+06	1.003.E+11	1.003.E+11
계		179,200		2.206.E+08			2.831.E+11

- 도심 : $y_s = 220590400/179200 = 1231.0 \text{ mm}$
 $Y_{su} = 1230.973 - 3056 = -1825.0 \text{ mm}$
 $Y_{sl} = 1231.0 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{su} = M_{d1} \times Y_{su} / I_s = 10,337.7 \times 1000000 \times (-1825.027) / 283101720404.5 = -66.642 \text{ MPa}$
 · $f_{sl} = M_{d1} \times Y_{sl} / I_s = 10,337.7 \times 1000000 \times 1230.973 / 283101720404.5 = 44.950 \text{ MPa}$

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : $y_{sv} = 220590400/179200 = 1231.0 \text{ mm}$
 - 탄성계수비: $n' = 0$ (∵ 단일합성)

$Y_{svbcl} = 0.0 \text{ mm}$
 $Y_{svsu} = 1230.973 - 3056 = -1825.0 \text{ mm}$
 $Y_{svsl} = 1231.0 \text{ mm}$

- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)

· $f_{svbcl} = M_{d2} \times Y_{svcl} / (n' \times I_{sv}) = 16121.94 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 283101720404.5) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{vsu} = M_{d2} \times Y_{svsu} / I_{sv} = 16121.94 \times 1000000 \times (-1825) / 283101720404.5 = -103.929 \text{ MPa}$
 · $f_{vsl} = M_{d2} \times Y_{svsl} / I_{sv} = 16121.94 \times 1000000 \times 1230.973 / 283101720404.5 = 70.101 \text{ MPa}$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm ²)	y (mm)	Adv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	I _{dv} (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3186.0	6.882.E+08	1.037.E+09	1.697.E+11	1.708.E+11
단일합성시		179200.0	1231.0	2.206.E+08	2.831.E+11	2.046.E+11	4.877.E+11
계		395200.0		9.088.E+08			6.585.E+11

- 2차 모멘트 계수 : $k = 0.430$

- 도심 : $Y_{dv} = 908766362/395200 = 2299.5 \text{ mm}$
 $A_{tc} = 6300 \times 240 = 1512000.0 \text{ mm}^2$
 $A_{bc} = 0 \times 0 = 0.0 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비 : $n = 7$
 $n' = 0$

$Y_{dv\text{tcu}} = 2299.51 - 3306 = -1006.5 \text{ mm}$ $D_{dv\text{tc}} = 2299.51 - 3186 = -886.5 \text{ mm}$
 $Y_{dv\text{tcl}} = 2299.51 - 3066 = -766.5 \text{ mm}$ $D_{dv\text{bc}} = 0 = 0.0 \text{ mm}$
 $Y_{dv\text{bcu}} = 0.0 \text{ mm}$
 $Y_{dv\text{bcl}} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{dv\text{s}} = 2299.51 - 1230.973 = 1068.5 \text{ mm}$
 $Y_{dv\text{su}} = 2299.51 - 3056 = -756.5 \text{ mm}$ $D_{dv} = 886.49 + 1068.537 = 1955.0 \text{ mm}$
 $Y_{dv\text{sl}} = 2299.5 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :

· $f_{dv\text{tcu}} = M_d3 \times Y_{dv\text{tcu}} / (n \times I_v) = 7,883.4 \times 1000000 \times (-1006.49) / (7 \times 658490677356.5) = -1.721 \text{ MPa}$
· $f_{dv\text{bcl}} = M_d3 \times Y_{dv\text{bcl}} / (n' \times I_v) = 7,883.4 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 658490677356.5) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{dv\text{su}} = M_d3 \times Y_{dv\text{su}} / I_v = 7883.41 \times 1000000 \times (-756.49) / 658490677356.5 = -9.057 \text{ MPa}$
· $f_{dv\text{sl}} = M_d3 \times Y_{dv\text{sl}} / I_v = 7883.41 \times 1000000 \times 2299.51 / 658490677356.5 = 27.530 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :

· $f_{dv\text{tcu}} = M_d3 \times Y_{dv\text{tcu}} / (n \times I_v) = 18109.3 \times 1000000 \times (-1006.49) / (7 \times 658490677356.5) = -3.954 \text{ MPa}$
· $f_{dv\text{bcl}} = M_d3 \times Y_{dv\text{bcl}} / (n' \times I_v) = 18109.3 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 658490677356.5) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{dv\text{su}} = M_d3 \times Y_{dv\text{su}} / I_v = 18109.3 \times 1000000 \times (-756.49) / 658490677356.5 = -20.804 \text{ MPa}$
· $f_{dv\text{sl}} = M_d3 \times Y_{dv\text{sl}} / I_v = 18109.3 \times 1000000 \times 2299.51 / 658490677356.5 = 63.239 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :

· $f_{dv\text{tcu}} = M_d3 \times Y_{dv\text{tcu}} / (n \times I_v) = 408.2 \times 1000000 \times (-1006.49) / (7 \times 658490677356.5) = -0.089 \text{ MPa}$
· $f_{dv\text{bcl}} = M_d3 \times Y_{dv\text{bcl}} / (n' \times I_v) = 408.2 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 658490677356.5) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{dv\text{su}} = M_d3 \times Y_{dv\text{su}} / I_v = 408.2 \times 1000000 \times (-756.49) / 658490677356.5 = -0.469 \text{ MPa}$
· $f_{dv\text{sl}} = M_d3 \times Y_{dv\text{sl}} / I_v = 408.2 \times 1000000 \times 2299.51 / 658490677356.5 = 1.425 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7257600000		
환산 상부바닥판		108,000	3,186	344088000	518400000	160694500320	161212900320
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		179,200	1,231	220590362	283101720405	96868126482	379969846887
계		287,200		564678362			541182747207

- 도심 : $y_{v1} = 564678362/287200 = 1966.2 \text{ mm}$
- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$
 $n1' = n' \times (1 + \Phi_1 / 2) = 0 \times (1 + 2 / 2) = 0$
- $Y_{v1tcu} = 1966.2 - 3306 = -1339.8 \text{ mm}$ $D_{tc1} = 1966.2 - 3186 = -1,220 \text{ mm}$
- $Y_{v1tcl} = 1966.2 - 3066 = -1099.8 \text{ mm}$ $D_{bc1} = 0 \text{ mm}$
- $Y_{v1bcu} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{vs1} = 1966.2 - 1230.973 = 735 \text{ mm}$
- $Y_{v1bcl} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{v1} = 1219.8 + 735.227 = 1,955 \text{ mm}$
- $Y_{v1su} = 1966.2 - 3056 = -1089.8 \text{ mm}$ $Y_{v1sl} = 1,966 \text{ mm}$
- $E_{c1} = E_c / (1 + \Phi_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 \text{ MPa}$
- $E_{c1} = E_{c1}' / (1 + \Phi_1 / 2) = 0/(1+2/2) = - \text{ MPa}$
- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
 - $N_{tc} = M_{d3} / (n \times I_{dv}) \times D_{dvtc} \times A_{tc}$
 $= 7883.41 \times 1000000 / (7 \times 658490677356.5) \times (-886.49) \times 1512000 = -2,292,409 \text{ N}$
 - $N_{bc} = M_{d3} / (n \times I_{dv}) \times (-D_{dvbc}) \times A_{bc}$
 $= 7883.41 \times 1000000 / (7 \times 658490677356.5) \times 0 \times 0 = - \text{ N}$
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
 - $P_{tv1} = N_{tc} \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = -2292408.844 \times 2 \times 2 / (2+2) = -2,292,409 \text{ N}$
 - $P_{bv1} = N_{bc} \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 0 \times 2 \times 2 / (2+2) = - \text{ N}$
 - $\gamma_{tc^2} = I_x / A_{tc} = 7257600000/1512000 = 4,800 \text{ mm}^2$
 - $\gamma_{bc^2} = I_x / A_{bc} = 0/0 = - \text{ mm}^2$
 - $M_{v1} = P_{tv1} \times (D_{tc1} + \gamma_{tc^2} / D_{dvtc}) + P_{bv1} \times (D_{bc1} + \gamma_{bc^2} / D_{dvbc})$
 $= -2292408.844 \times (-1219.8 + 4800/(-886.49)) / 1000000 + 0 \times (0 + 0/0) / 1000000 = 2808.7 \text{ kN-m}$
- 상하바닥판 응력 :
 - $f_{v1tcu} = 1/n1 \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1tcu} / I_{v1}) - E_{c1}/E_{cx} \Phi_1 \times f_{tc}$
 $= [1/14 \times ((-2292408.844 + 0)/287200 + (0.43) \times 2808.693 \times 1000000 \times (-1339.8)/541182747207)] - 0.5 \times 2 \times (-1.721)$
 $= 0.937 \text{ MPa}$
 - $f_{v1bcl} = 1/n1' \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1bcu} / I_{v1}) - E_{c1}/E_{cx} \Phi_1 \times f_{bc}$
 $= 0$
 $= 0.00 \text{ MPa}$
- 상하플랜지 응력 :
 - $f_{v1su} = (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1su} / I_{v1}$
 $= (-2,292,408.8 + 0)/287200 + (0.43) \times (2808.693) \times 10^6 \times (-1089.8)/541182747207 = -10.414 \text{ MPa}$
 - $f_{v1sl} = (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1sl} / I_{v1}$
 $= (-2,292,408.8 + 0)/287200 + (0.43) \times (2808.693) \times 10^6 \times 1966.2/541182747206.5 = -3.594 \text{ MPa}$

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		72,000	3,186	2.294.E+08	3.456.E+08	1.400.E+11	1.404.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		179,200	1,231	2.206.E+08	2.831.E+11	5.627.E+10	3.394.E+11
계		251,200		4.500.E+08			4.798.E+11

- 도심 : $yv2 = 449982362/251200 = 1791.3 \text{ mm}$

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) = 0$

$Yv2tcu = 1,791.3 - 3306 = -1514.7 \text{ mm}$ $Dtc2 = 1791.331 - 3186 = -1,395 \text{ mm}$

$Yv2tcl = 1,791.3 - 3066 = -1274.7 \text{ mm}$ $Dbc2 = - \text{ mm}$

$Yv2bcu = 0.0 \text{ mm}$

$Yv2bcl = 0.0 \text{ mm}$ $Dvs2 = 1791.331 - 1230.973 = 560 \text{ mm}$

$Yv2su = 1,791.3 - 3056 = -1264.7 \text{ mm}$ $Dv2 = 1394.669 + 560.4 = 1,955 \text{ mm}$

$Yv2sl = 1791.3 \text{ mm}$

$Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 \text{ MPa}$

$Ec2' = Es / n2' = 205000/0 = - \text{ MPa}$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· $Ptv2 = Ec2 \times \epsilon s \times Atc = -9761.905 \times 0.00027 \times 1512000 = -3,985,200 \text{ N}$

· $Pbv2 = Ec2 \times \epsilon s \times Abc = -9761.905 \times 0.00027 \times 0 = - \text{ N}$

· $Mv2 = Ptv2 \times Dtc2 + Pbv2 \times Dbc2$
 $= -3985200.1 \times (-1394.669) + 0 \times 0 = 5,558 \text{ kN-m}$

- 상하바닥판 응력 :

· $fv2tcu = 1/n2 \times ((Ptv2 + Pbv2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2tcu / Iv2) - Ec2 \times \epsilon s$
 $= [1/21 \times ((-3985200.1 + 0) / 251200 + (0.43) \times 5558 \times 10^6 \times (-1514.7) / 479763632011.5)] - 9761.905 \times (-0.00027)$
 $= 1.521 \text{ MPa}$

· $fv2bcl = 1/n2' \times ((Ptv2 + Pbv2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2bcu / Iv2) - Ec2' \times \epsilon s$
 $= 0$
 $= 0.0 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $fv2su = (Ptv2 + Pbc2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2su / Iv2$
 $= (-3985200.1 + 0) / 251200 + (0.43) \times 5558 \times 10^6 \times (-1264.7) / 479763632011.5 = -22.165 \text{ MPa}$

· $fv2sl = (Ptv2 + Pbc2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2sl / Iv2$
 $= (-3985200.1 + 0) / 251200 + (0.43) \times 5558 \times 10^6 \times 1791.331 / 479763632011.5 = -6.941 \text{ MPa}$

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216,000	3,186	6.882.E+08	1.037.E+09	1.698.E+11	1.708.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		179,200	1,231	2.206.E+08	2.831.E+11	2.046.E+11	4.877.E+11
계		395,200		9.088.E+08			6.585.E+11

- 도심 : $y_{v3} = 908766362/395200 = 2299.5 \text{ mm}$

- 탄성계수비 : $n = 7$

$$\begin{aligned}
 Y_{v3tcu} &= 2,299.5 - 3306 = -1006.5 \text{ mm} & D_{tc3} &= 2299.5 - 3186 = -886.5 \text{ mm} \\
 Y_{v3tcl} &= 2,299.5 - 3066 = -766.5 \text{ mm} & D_{bc3} &= 0.0 \text{ mm} \\
 Y_{v3bcu} &= 0.0 \text{ mm} \\
 Y_{v3bcl} &= 0.0 \text{ mm} & D_{vs3} &= 2299.5 - 1230.973 = 1068.5 \text{ mm} \\
 Y_{v3su} &= 2,299.5 - 3056 = -756.5 \text{ mm} & D_{v3} &= 886.5 + 1068.5 = 1955.0 \text{ mm} \\
 Y_{v3sl} &= 2299.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$$\begin{aligned}
 \cdot P_{tv3} &= E_{st} \times \alpha \times \Delta t \times A_{tc} / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1512000 / 7 = 5313600.0 \text{ N} \\
 \cdot M_{v3} &= P_{tv3} \times D_{tc3} = 5313600 \times (-886.5) / 1000000 = -4710.506 \text{ kN-m}
 \end{aligned}$$

- 상하바닥판 응력 :

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3tcu} &= 1/n \times (P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_{v3tcu} / I_{v3}) - E_c \times \alpha \times \Delta t \\
 &= 1/7 \times (5313600/395200 + (0.43) \times (-4710506000) \times (-1006.5) / 658490677395.5) - 27804 \times 0.000012 \times 10 \\
 &= -0.973 \text{ MPa} \\
 \cdot f_{v3bcl} &= 1/n \times (P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_{v3bcl} / I_{v3}) - E_c \times \alpha \times \Delta t \\
 &= 1/7 \times (5313600/395200 + (0.43) \times (-4710506000) \times 0 / 658490677395.5) - 27804.063636603 \times 0.000012 \times 10 \\
 &= 0.000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3su} &= P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_{v3su} / I_{v3} \\
 &= 5313600/395200 + (0.43) \times (-4710.506) \times 10^6 \times (-756.5) / 658490677395.5 = 15.772 \text{ MPa} \\
 \cdot f_{v3sl} &= P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_{v3sl} / I_{v3} \\
 &= 5313600/395200 + (0.43) \times (-4710.506) \times 10^6 \times 2299.5 / 658490677395.5 = 6.372 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7268378.0 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 234.09 \times 1000 / 72000 + 139.22 \times 10^6 / (2 \times 7268378 \times 12) = 4.049 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2) 단일합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7268378.0 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 471.19 \times 1000 / 72000 + 271.38 \times 10^6 / (2 \times 7268378 \times 12) = 8.100 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3) 이중합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7312035.9 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 862.97 \times 1000 / 72000 + 1072.39 \times 10^6 / (2 \times 7312035.9 \times 12) = 18.097 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) 허용응력 검토

(도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 :

(도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

$$\therefore f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times 27 = -10.8 \text{ MPa}$$

- 허용인장응력 :

$$\therefore f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times 27 = 1.9 \text{ MPa} < 2.5 \text{ MPa}$$

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 :

(HSB500)

(도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sla} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : ($t_{min} \geq b/16$)

$$t_{min} = (600 - 250) / 16 = 21.9 \text{ mm}$$

$$t_{min} = 21.9 < t = 30.0 \text{ mm} \therefore \text{O.K.}$$

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

$$b / 10.1 = (600 - 250) / 10.1 = 34.7 \text{ mm}$$

$b/16 \leq t < b/10.1$ 이므로 허용응력은 다음과 같다.

$$\therefore f_{sua} = -24000 \times (t / b)^2 = -24000 \times (30/350)^2 = -176.3 \text{ MPa}$$

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

$$\therefore f_{sua} = -230.0 \text{ MPa}$$

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.137) = 3000 / (281 \times 1.137) = 9.390 \text{ mm}$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(220.408/170.571)} = 1.137 < 1.2$ 1.137 적용

- 합성후 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.059) = 3000 / (281 \times 1.059) = 10.081 \text{ mm}$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/205.067)} = 1.059 < 1.2$ 1.059 적용

$\therefore t_{\min} = 10.081 < t = 12.0 \text{ mm} \therefore 0.K.$

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 :

(단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 170.571	- 220.408	115.051	287.500
	2	- 5.389	- 10.800	-	-	- 205.067	- 230.000	205.807	230.000
	3	- 3.306	- 10.800	-	-	- 233.480	- 264.500	196.710	230.000
	4	- 4.279	- 12.420	-	-	- 217.708	- 299.000	203.082	264.500
	5	- 2.333	- 12.420	-	-	- 249.252	- 299.000	190.338	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.895				< 1.0 ∴ 0.K.			
합성응력 검토		(f/fa) ² + (τ/τa) ²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨 이 력	1	-	-	0.774	0.400	12.149	168.8	0.07	0.60
	2	0.499	-	0.892	0.895	30.246	135.0	0.22	0.85
	3	0.306	-	0.883	0.855	30.246	155.3	0.19	0.82
	4	0.345	-	0.728	0.768	30.246	175.5	0.17	0.62
	5	0.188	-	0.834	0.720	30.246	175.5	0.17	0.72

(7) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 :

$$f_{cy} = 3 / 5 \times 27 = 16.0 \text{ MPa}$$

- 강재 :

(HSB500)

$$f_y = 380.0 \text{ MPa}$$

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 :

(단위 : MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수하중)	1	-9.6	-16.0	-	-	-290.9	-380.0	318.6	380.0
	2	-7.7	-16.0	-	-	-322.4	-380.0	305.8	380.0
	3	-11.3	-16.0	-	-	-266.6	-380.0	326.3	380.0
	4	-9.4	-16.0	-	-	-298.2	-380.0	313.5	380.0
최대 항복응력비		(f/fy) _{max}		=	0.859	<	1.0	∴ 0.K.	

◎ 정모멘트 < 단면 6 > 단면위치: 64,1/4지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, f_{ck}	27 MPa	크리프계수(ϕ_1)	2
상부바닥판, E_c	27804 MPa	건조수축계수(ϕ_2)	4
하부콘크리트, f_{ck}	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, $E_{c'}$	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(ϵ_s)	0.00027
강재 탄성계수, E_s	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.32516

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원

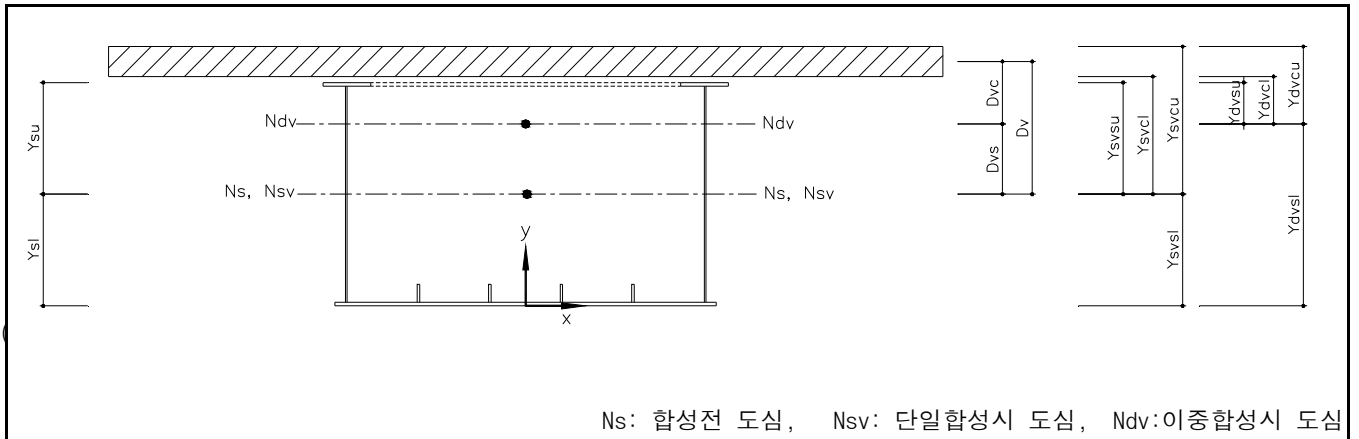
		단면제원(mm)	
		B1	2400
		B2	2400
		B3	6300
		H	3000
		t1	18
		t2	20
		t3	14
		tr	0.704
		Tcu	240
		Th	40
		Tcl	0
		b1	100
		b2	500
		피복두께(mm)	
		tcu	60
		tcl	40
※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조) ※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 $\Theta=0.000^\circ$			
보강리브 제원(mm)			
상부리브	0	0	0
하부리브	150	12	2
유효폭 제원 (mm)			
상부플랜지	500	상부바닥판	6300
하부플랜지	2600	하부슬래브	0
		n(상부)	7
		n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	7782.9	11073.3	5557.2	16680.4	480.1	41573.9
전단력, S (kN)	430.3	838.4	381.4	761.4	6.9	2418.4
비틀림, T (kN-m)	-347.1	-580.1	-400.0	-1403.8	-26.2	-2757.15

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	500×20×2	20,000	3,028	6.056.E+07	6.667.E+05	6.516.E+10	6.516.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×14×2	84,000	1,518	1.275.E+08	6.300.E+10	7.311.E+09	7.031.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	93	3.348.E+05	6.750.E+06	4.597.E+09	4.603.E+09
하부플랜지	2600×18×1	46,800	9	4.212.E+05	1.264.E+06	6.897.E+10	6.897.E+10
계		154,400		1.888.E+08			2.090.E+11

- 도심 : $y_s = 188828000/154400 = 1223.0 \text{ mm}$
 $Y_{su} = 1222.979 - 3038 = -1815.0 \text{ mm}$
 $Y_{sl} = 1223.0 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{su} = M_{d1} \times Y_{su} / I_s = 7,782.9 \times 1000000 \times (-1815.021) / 209049773001 = -67.573 \text{ MPa}$
 · $f_{sl} = M_{d1} \times Y_{sl} / I_s = 7,782.9 \times 1000000 \times 1222.979 / 209049773001 = 45.532 \text{ MPa}$

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : $y_{sv} = 188828000/154400 = 1223.0 \text{ mm}$
 - 탄성계수비: $n' = 0$ (∵ 단일합성)

$Y_{svbcl} = 0.0 \text{ mm}$
 $Y_{svsu} = 1222.979 - 3038 = -1815.0 \text{ mm}$
 $Y_{svsl} = 1223.0 \text{ mm}$

- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)

· $f_{svbcl} = M_{d2} \times Y_{svcl} / (n' \times I_{sv}) = 11073.33 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 209049773001) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{vsu} = M_{d2} \times Y_{svsu} / I_{sv} = 11073.33 \times 1000000 \times (-1815) / 209049773001 = -96.140 \text{ MPa}$
 · $f_{vsl} = M_{d2} \times Y_{svsl} / I_{sv} = 11073.33 \times 1000000 \times 1222.979 / 209049773001 = 64.781 \text{ MPa}$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm ²)	y (mm)	Adv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Idv (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3178.0	6.864.E+08	1.037.E+09	1.435.E+11	1.445.E+11
단일합성시		154400.0	1223.0	1.888.E+08	2.090.E+11	2.007.E+11	4.097.E+11
계		370400.0		8.753.E+08			5.542.E+11

- 2차 모멘트 계수 : $k = 0.330$

- 도심 : $Y_{dv} = 875275958/370400 = 2363.1 \text{ mm}$

$A_{tc} = 6300 \times 240 = 1512000.0 \text{ mm}^2$

$A_{bc} = 0 \times 0 = 0.0 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비 : $n = 7$

$n' = 0$

$Y_{dvtcu} = 2363.056 - 329\text{E} = -934.9 \text{ mm}$ $D_{dvtc} = 2363.056 - 3178 = -814.9 \text{ mm}$

$Y_{dvtdl} = 2363.056 - 305\text{E} = -694.9 \text{ mm}$ $D_{dvbc} = 0$ 0.0 mm

$Y_{dvbcu} = 0.0 \text{ mm}$

$Y_{dvbdl} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{dvs} = 2363.056 - 1222.979 = 1140.1 \text{ mm}$

$Y_{dvsl} = 2363.056 - 303\text{E} = -674.9 \text{ mm}$ $D_{dv} = 814.944 + 1140.077 = 1955.0 \text{ mm}$

$Y_{dvsl} = 2363.1 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :

$\cdot f_{dvtcu} = M_d3 \times Y_{dvtcu} / (n \times I_v) = 5,557.2 \times 1000000 \times (-934.944) / (7 \times 554224804577) = -1.339 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvbdl} = M_d3 \times Y_{dvbdl} / (n' \times I_v) = 5,557.2 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 554224804577) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 5557.197 \times 1000000 \times (-674.944) / 554224804577 = -6.768 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 5557.197 \times 1000000 \times 2363.056 / 554224804577 = 23.694 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :

$\cdot f_{dvtcu} = M_d3 \times Y_{dvtcu} / (n \times I_v) = 16680.4 \times 1000000 \times (-934.944) / (7 \times 554224804577) = -4.020 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvbdl} = M_d3 \times Y_{dvbdl} / (n' \times I_v) = 16680.4 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 554224804577) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 16680.4 \times 1000000 \times (-674.944) / 554224804577 = -20.314 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 16680.4 \times 1000000 \times 2363.056 / 554224804577 = 71.120 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :

$\cdot f_{dvtcu} = M_d3 \times Y_{dvtcu} / (n \times I_v) = 480.1 \times 1000000 \times (-934.944) / (7 \times 554224804577) = -0.116 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvbdl} = M_d3 \times Y_{dvbdl} / (n' \times I_v) = 480.1 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 554224804577) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 480.1 \times 1000000 \times (-674.944) / 554224804577 = -0.585 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = 480.1 \times 1000000 \times 2363.056 / 554224804577 = 2.047 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7257600000		
환산 상부바닥판		108,000	3,178	343224000	518400000	142929377280	143447777280
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		154,400	1,223	188827958	209049773001	99960868842	309010641843
계		262,400		532051958			452458419123

- 도심 : $y_{v1} = 532051958/262400 = 2027.6 \text{ mm}$
- 탄성계수비: $n_1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$
 $n_1' = n' \times (1 + \Phi_1 / 2) = 0 \times (1 + 2 / 2) = 0$
- $Y_{v1tcu} = 2027.6 - 3298 = -1270.4 \text{ mm}$ $D_{tc1} = 2027.6 - 3178 = -1,150 \text{ mm}$
- $Y_{v1tcl} = 2027.6 - 3058 = -1030.4 \text{ mm}$ $D_{bc1} = 0 \text{ mm}$
- $Y_{v1bcu} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{vs1} = 2027.6 - 1222.979 = 805 \text{ mm}$
- $Y_{v1bcl} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{v1} = 1150.4 + 804.621 = 1,955 \text{ mm}$
- $Y_{v1su} = 2027.6 - 3038 = -1010.4 \text{ mm}$ $Y_{v1sl} = 2,028 \text{ mm}$
- $E_{c1} = E_c / (1 + \Phi_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 \text{ MPa}$
- $E_{c1} = E_{c1}' / (1 + \Phi_1 / 2) = 0/(1+2/2) = - \text{ MPa}$
- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
 - $N_{tc} = M_{d3} / (n \times I_{dv}) \times D_{dvtc} \times A_{tc}$
 $= 5557.197 \times 1000000 / (7 \times 554224804577) \times (-814.944) \times 1512000 = -1,765,027 \text{ N}$
 - $N_{bc} = M_{d3} / (n \times I_{dv}) \times (-D_{dvbc}) \times A_{bc}$
 $= 5557.197 \times 1000000 / (7 \times 554224804577) \times 0 \times 0 = - \text{ N}$
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
 - $P_{tv1} = N_{tc} \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = -1765026.993 \times 2 \times 2 / (2+2) = -1,765,027 \text{ N}$
 - $P_{bv1} = N_{bc} \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 0 \times 2 \times 2 / (2+2) = - \text{ N}$
 - $\gamma_{tc^2} = I_x / A_{tc} = 7257600000 / 1512000 = 4,800 \text{ mm}^2$
 - $\gamma_{bc^2} = I_x / A_{bc} = 0 / 0 = - \text{ mm}^2$
 - $M_{v1} = P_{tv1} \times (D_{tc1} + \gamma_{tc^2} / D_{dvtc}) + P_{bv1} \times (D_{bc1} + \gamma_{bc^2} / D_{dvbc})$
 $= -1765026.993 \times (-1150.4 + 4800 / (-814.944)) / 1000000 + 0 \times (0 + 0) / 1000000 = 2040.9 \text{ kN-m}$
- 상하바닥판 응력 :
 - $f_{v1tcu} = 1/n_1 \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1tcu} / I_{v1}) - E_{c1}/E_{cx} \Phi_1 \times f_{tc}$
 $= [1/14 \times ((-1765026.993 + 0) / 262400 + (0.33) \times 2040.883 \times 1000000 \times (-1270.4) / 452458419123)] - 0.5 \times 2 \times (-1.339)$
 $= 0.723 \text{ MPa}$
 - $f_{v1bcl} = 1/n_1' \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1bcu} / I_{v1}) - E_{c1}/E_{cx} \Phi_1 \times f_{bc}$
 $= 0$
 $= 0.00 \text{ MPa}$
- 상하플랜지 응력 :
 - $f_{v1su} = (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1su} / I_{v1}$
 $= (-1,765,027.0 + 0) / 262400 + (0.33) \times (2040.883) \times 10^6 \times (-1010.4) / 45245841912 = -8.230 \text{ MPa}$
 - $f_{v1sl} = (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1sl} / I_{v1}$
 $= (-1,765,027.0 + 0) / 262400 + (0.33) \times (2040.883) \times 10^6 \times 2027.6 / 452458419123 = -3.708 \text{ MPa}$

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		72,000	3,178	2.288.E+08	3.456.E+08	1.280.E+11	1.283.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		154,400	1,223	1.888.E+08	2.090.E+11	5.968.E+10	2.687.E+11
계		226,400		4.176.E+08			3.971.E+11

- 도심 : $yv2 = 417643958/226400 = 1844.7 \text{ mm}$

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) = 0$

$Yv2tcu = 1,844.7 - 3298 = -1453.3 \text{ mm}$ $Dtc2 = 1844.717 - 3178 = -1,333 \text{ mm}$

$Yv2tcl = 1,844.7 - 3058 = -1213.3 \text{ mm}$ $Dbc2 = - \text{ mm}$

$Yv2bcu = 0.0 \text{ mm}$

$Yv2bcl = 0.0 \text{ mm}$ $Dvs2 = 1844.717 - 1222.979 = 622 \text{ mm}$

$Yv2su = 1,844.7 - 3038 = -1193.3 \text{ mm}$ $Dv2 = 1333.283 + 621.7 = 1,955 \text{ mm}$

$Yv2sl = 1844.7 \text{ mm}$

$Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 \text{ MPa}$

$Ec2' = Es / n2' = 205000/0 = - \text{ MPa}$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· $Ptv2 = Ec2 \times \epsilon s \times Atc = -9761.905 \times 0.00027 \times 1512000 = -3,985,200 \text{ N}$

· $Pbv2 = Ec2 \times \epsilon s \times Abc = -9761.905 \times 0.00027 \times 0 = - \text{ N}$

· $Mv2 = Ptv2 \times Dtc2 + Pbv2 \times Dbc2$
 $= -3985200.1 \times (-1333.283) + 0 \times 0 = 5,313 \text{ kN-m}$

- 상하바닥판 응력 :

· $fv2tcu = 1/n2 \times ((Ptv2 + Pbv2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2tcu / Iv2) - Ec2 \times \epsilon s$
 $= [1/21 \times ((-3985200.1 + 0) / 226400 + (0.33) \times 5313.4 \times 10^6 \times (-1453.3) / 397070286098)] - 9761.905 \times (-0.00027)$
 $= 1.492 \text{ MPa}$

· $fv2bcl = 1/n2' \times ((Ptv2 + Pbv2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2bcu / Iv2) - Ec2' \times \epsilon s$
 $= 0$
 $= 0.0 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $fv2su = (Ptv2 + Pbc2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2su / Iv2$
 $= (-3985200.1 + 0) / 226400 + (0.33) \times 5313.4 \times 10^6 \times (-1193.3) / 397070286098 = -22.872 \text{ MPa}$

· $fv2sl = (Ptv2 + Pbc2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2sl / Iv2$
 $= (-3985200.1 + 0) / 226400 + (0.33) \times 5313.4 \times 10^6 \times 1844.717 / 397070286098 = -9.456 \text{ MPa}$

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216,000	3,178	6.864.E+08	1.037.E+09	1.434.E+11	1.445.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		154,400	1,223	1.888.E+08	2.090.E+11	2.007.E+11	4.098.E+11
계		370,400		8.753.E+08			5.542.E+11

- 도심 : $y_{v3} = 875275958/370400 = 2363.1 \text{ mm}$

- 탄성계수비 : $n = 7$

$$\begin{aligned}
 Y_{v3tcu} &= 2,363.1 - 3298 = -934.9 \text{ mm} & D_{tc3} &= 2363.1 - 3178 = -814.9 \text{ mm} \\
 Y_{v3tcl} &= 2,363.1 - 3058 = -694.9 \text{ mm} & D_{bc3} &= 0.0 \text{ mm} \\
 Y_{v3bcu} &= 0.0 \text{ mm} \\
 Y_{v3bcl} &= 0.0 \text{ mm} & D_{vs3} &= 2363.1 - 1222.979 = 1140.1 \text{ mm} \\
 Y_{v3su} &= 2,363.1 - 3038 = -674.9 \text{ mm} & D_{v3} &= 814.9 + 1140.1 = 1955.0 \text{ mm} \\
 Y_{v3sl} &= 2363.1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$$\begin{aligned}
 \cdot P_{tv3} &= E_{st} \times \alpha \times \Delta t \times A_{tc} / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1512000 / 7 = 5313600.0 \text{ N} \\
 \cdot M_{v3} &= P_{tv3} \times D_{tc3} = 5313600 \times (-814.9) / 1000000 = -4330.053 \text{ kN-m}
 \end{aligned}$$

- 상하바닥판 응력 :

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3tcu} &= 1/n \times (P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_{v3tcu} / I_{v3}) - E_c \times \alpha \times \Delta t \\
 &= 1/7 \times (5313600 / 370400 + (0.33) \times (-4330.053) \times (-934.9) / 554224805294) - 27804 \times 0.000012 \times 10 \\
 &= -0.943 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3bcl} &= 1/n \times (P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_{v3bcl} / I_{v3}) - E_c \times \alpha \times \Delta t \\
 &= 1/7 \times (5313600 / 370400 + (0.33) \times (-4330.053) \times 0 / 554224805294) - 27804.063636603 \times 0.000012 \times 10 \\
 &= 0.000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3su} &= P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_{v3su} / I_{v3} \\
 &= 5313600 / 370400 + (0.33) \times (-4330.053) \times 10^6 \times (-674.9) / 554224805294 = 16.086 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3sl} &= P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_{v3sl} / I_{v3} \\
 &= 5313600 / 370400 + (0.33) \times (-4330.053) \times 10^6 \times 2363.1 / 554224805294 = 8.253 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7264723.7 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 430.28 \times 1000 / 84000 + 347.15 \times 10^6 / (2 \times 7264723.7 \times 14) = 6.829 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2) 단일합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7264723.7 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 838.43 \times 1000 / 84000 + 580.06 \times 10^6 / (2 \times 7264723.7 \times 14) = 12.833 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3) 이중합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7308417.8 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 1142.77 \times 1000 / 84000 + 1803.75 \times 10^6 / (2 \times 7308417.8 \times 14) = 22.419 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) 허용응력 검토

(도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 :

(도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

$$\therefore f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times 27 = -10.8 \text{ MPa}$$

- 허용인장응력 :

$$\therefore f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times 27 = 1.9 \text{ MPa} < 2.5 \text{ MPa}$$

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 :

(HSB500)

(도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sla} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : ($t_{min} \geq b/16$)

$$t_{min} = (500 - 250) / 16 = 15.6 \text{ mm}$$

$$t_{min} = 15.6 < t = 20.0 \text{ mm} \therefore \text{O.K.}$$

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

$$b / 10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 \text{ mm}$$

$b/16 \leq t < b/10.1$ 이므로 허용응력은 다음과 같다.

$$\therefore f_{sua} = -24000 \times (t / b)^2 = -24000 \times (20/250)^2 = -153.6 \text{ MPa}$$

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

$$\therefore f_{sua} = -230.0 \text{ MPa}$$

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.083) = 3000 / (281 \times 1.083) = 9.858 \text{ mm}$
여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(192/163.713)} = 1.083 < 1.2$ 1.083 적용

- 합성후 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.087) = 3000 / (281 \times 1.087) = 9.822 \text{ mm}$
여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/194.672)} = 1.087 < 1.2$ 1.087 적용
 $\therefore t_{\min} = 9.858 < t = 14.0 \text{ mm} \therefore 0.K.$

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 :

(단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 163.713	- 192.000	110.313	287.500
	2	- 5.186	- 10.800	-	-	- 194.672	- 230.000	205.691	230.000
	3	- 3.260	- 10.800	-	-	- 222.482	- 264.500	194.010	230.000
	4	- 4.203	- 12.420	-	-	- 206.396	- 299.000	202.263	264.500
	5	- 2.317	- 12.420	-	-	- 238.568	- 299.000	185.757	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.894				< 1.0 ∴ 0.K.			
합성응력 검토		(f/fa) ² + (τ/τa) ²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨 이 력	1	-	-	0.853	0.384	19.662	168.8	0.12	0.74
	2	0.480	-	0.846	0.894	42.081	135.0	0.31	0.90
	3	0.302	-	0.841	0.844	42.081	155.3	0.27	0.78
	4	0.338	-	0.690	0.765	42.081	175.5	0.24	0.64
	5	0.187	-	0.798	0.702	42.081	175.5	0.24	0.69

(7) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 :

$$f_{cy} = 3 / 5 \times 27 = 16.0 \text{ MPa}$$

- 강재 :

(HSB500)

$$f_y = 380.0 \text{ MPa}$$

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 :

(단위 : MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수하중)	1	-9.4	-16.0	-	-	-277.0	-380.0	323.7	380.0
	2	-7.5	-16.0	-	-	-309.2	-380.0	307.2	380.0
	3	-11.0	-16.0	-	-	-252.5	-380.0	333.9	380.0
	4	-9.2	-16.0	-	-	-284.7	-380.0	317.4	380.0
최대 항복응력비		(f/fy) _{max}		=	0.879	<	1.0	∴ 0.K.	

◎ 정모멘트 < 단면 17 > 단면위치: 80,2/4지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, f_{ck}	27 MPa	크리프계수(ϕ_1)	2
상부바닥판, E_c	27804 MPa	건조수축계수(ϕ_2)	4
하부콘크리트, f_{ck}	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, $E_{c'}$	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(ϵ_s)	0.00027
강재 탄성계수, E_s	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.15290

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원

단면제원 (mm)

B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	2500
t1	12
t2	18
t3	12
tr	0.703
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께 (mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원 (mm)

상부리브	0	0	0
하부리브	150	12	2

유효폭 제원 (mm)

상부플랜지	500	상부바닥판	6300
하부플랜지	2600	하부슬래브	0

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

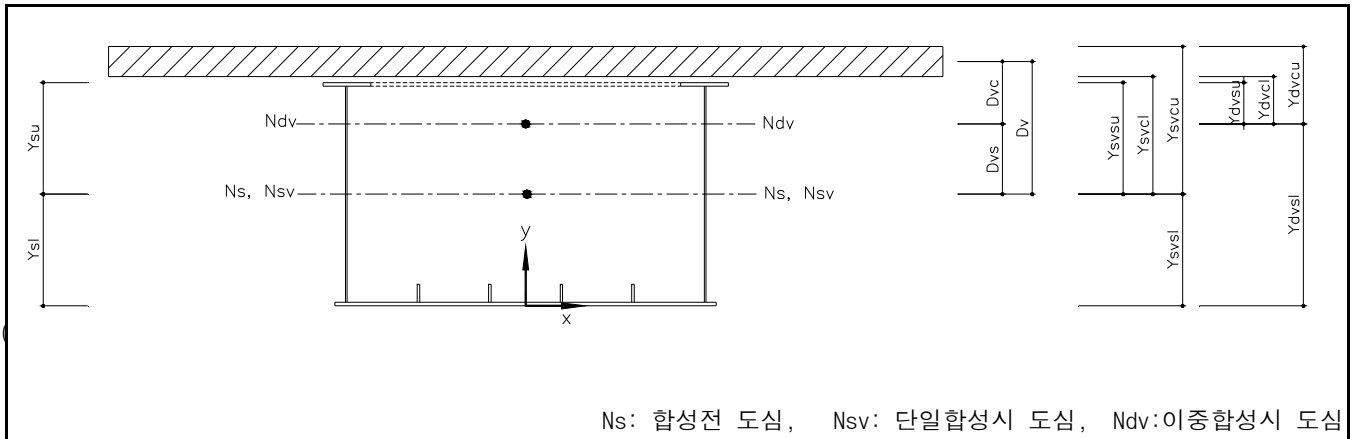
Θ=0.000°

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	2167.5	7056.2	3471.7	10824.7	101.9	23622.0
전단력, S (kN)	-3.1	-4.9	-2.5	-527.7	-15.0	-553.3
비틀림, T (kN-m)	5.6	6.1	9.8	682.1	4.0	707.52

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	500×18×2	18,000	2,521	4.538.E+07	4.860.E+05	3.748.E+10	3.748.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	2,500.0×12×2	60,000	1,262	7.572.E+07	3.125.E+10	2.031.E+09	3.328.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	87	3.132.E+05	6.750.E+06	3.535.E+09	3.542.E+09
하부플랜지	2600×12×1	31,200	6	1.872.E+05	3.744.E+05	3.585.E+10	3.585.E+10
계		112,800		1.216.E+08			1.102.E+11

- 도심 : $ys = 121598400/112800 = 1078.0 \text{ mm}$
 $Ysu = 1078 - 2530 = -1452.0 \text{ mm}$
 $Ysl = 1078.0 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{su} = Md1 \times Ysu / Is = 2,167.5 \times 1000000 \times (-1452) / 110159484800 = -28.570 \text{ MPa}$
 · $f_{sl} = Md1 \times Ysl / Is = 2,167.5 \times 1000000 \times 1078 / 110159484800 = 21.211 \text{ MPa}$

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : $ysv = 121598400/112800 = 1078.0 \text{ mm}$
 - 탄성계수비: $n' = 0$ (∵ 단일합성)

$Ysvbcl = 0.0 \text{ mm}$
 $Ysvsu = 1078 - 2530 = -1452.0 \text{ mm}$
 $Ysvsl = 1078.0 \text{ mm}$

- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)

· $f_{svbcl} = Md2 \times Ysvcl / (n' \times Isv) = 7056.207 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 110159484800) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{vsu} = Md2 \times Ysvsu / Isv = 7056.207 \times 1000000 \times (-1452) / 110159484800 = -93.007 \text{ MPa}$
 · $f_{vsl} = Md2 \times Ysvsl / Isv = 7056.207 \times 1000000 \times 1078 / 110159484800 = 69.051 \text{ MPa}$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm ²)	y (mm)	Adv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	I _{dv} (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	2672.0	5.772.E+08	1.037.E+09	6.459.E+10	6.563.E+10
단일합성시		112800.0	1078.0	1.216.E+08	1.102.E+11	1.237.E+11	2.338.E+11
계		328800.0		6.988.E+08			2.995.E+11

- 2차 모멘트 계수 : $k = -0.150$

- 도심 : $Y_{dv} = 698750400/328800 = 2125.2 \text{ mm}$

$A_{tc} = 6300 \times 240 = 1512000.0 \text{ mm}^2$

$A_{bc} = 0 \times 0 = 0.0 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비 : $n = 7$

$n' = 0$

$Y_{dv\text{tcu}} = 2125.153 - 2792 = -666.8 \text{ mm}$ $D_{dv\text{tc}} = 2125.153 - 2672 = -546.8 \text{ mm}$

$Y_{dv\text{tcl}} = 2125.153 - 2552 = -426.8 \text{ mm}$ $D_{dv\text{bc}} = 0 = 0.0 \text{ mm}$

$Y_{dv\text{bcu}} = 0.0 \text{ mm}$

$Y_{dv\text{bcl}} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{dv\text{s}} = 2125.153 - 1078 = 1047.2 \text{ mm}$

$Y_{dv\text{su}} = 2125.153 - 2530 = -404.8 \text{ mm}$ $D_{dv} = 546.847 + 1047.153 = 1594.0 \text{ mm}$

$Y_{dv\text{sl}} = 2125.2 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :

$\cdot f_{dv\text{tcu}} = M_{d3} \times Y_{dv\text{tcu}} / (n \times I_v) = 3,471.7 \times 1000000 \times (-666.847) / (7 \times 299477796274) = -1.104 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dv\text{bcl}} = M_{d3} \times Y_{dv\text{bcl}} / (n' \times I_v) = 3,471.7 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 299477796274) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dv\text{su}} = M_{d3} \times Y_{dv\text{su}} / I_v = 3471.686 \times 1000000 \times (-404.847) / 299477796274 = -4.693 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dv\text{sl}} = M_{d3} \times Y_{dv\text{sl}} / I_v = 3471.686 \times 1000000 \times 2125.153 / 299477796274 = 24.636 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :

$\cdot f_{dv\text{tcu}} = M_{d3} \times Y_{dv\text{tcu}} / (n \times I_v) = 10824.7 \times 1000000 \times (-666.847) / (7 \times 299477796274) = -3.443 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dv\text{bcl}} = M_{d3} \times Y_{dv\text{bcl}} / (n' \times I_v) = 10824.7 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 299477796274) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dv\text{su}} = M_{d3} \times Y_{dv\text{su}} / I_v = 10824.7 \times 1000000 \times (-404.847) / 299477796274 = -14.633 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dv\text{sl}} = M_{d3} \times Y_{dv\text{sl}} / I_v = 10824.7 \times 1000000 \times 2125.153 / 299477796274 = 76.814 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :

$\cdot f_{dv\text{tcu}} = M_{d3} \times Y_{dv\text{tcu}} / (n \times I_v) = 101.9 \times 1000000 \times (-666.847) / (7 \times 299477796274) = -0.032 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dv\text{bcl}} = M_{d3} \times Y_{dv\text{bcl}} / (n' \times I_v) = 101.9 \times 1000000 \times 0 / (0 \times 299477796274) = 0.000 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dv\text{su}} = M_{d3} \times Y_{dv\text{su}} / I_v = 101.9 \times 1000000 \times (-404.847) / 299477796274 = -0.138 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dv\text{sl}} = M_{d3} \times Y_{dv\text{sl}} / I_v = 101.9 \times 1000000 \times 2125.153 / 299477796274 = 0.723 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7257600000		
환산 상부바닥판		108,000	2,672	288576000	518400000	71613124920	72131524920
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		112,800	1,078	121598400	110159484800	68574739752	178734224552
계		220,800		410174400			250865749472

- 도심 : $y_{v1} = 410174400 / 220800 = 1857.7 \text{ mm}$
- 탄성계수비: $n_1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$
 $n_1' = n' \times (1 + \Phi_1 / 2) = 0 \times (1 + 2 / 2) = 0$
- $Y_{v1tcu} = 1857.7 - 2792 = -934.3 \text{ mm}$ $D_{tc1} = 1857.7 - 2672 = -814 \text{ mm}$
- $Y_{v1tcl} = 1857.7 - 2552 = -694.3 \text{ mm}$ $D_{bc1} = 0$ $- \text{ mm}$
- $Y_{v1bcu} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{vs1} = 1857.7 - 1078 = 780 \text{ mm}$
- $Y_{v1bcl} = 0.0 \text{ mm}$ $D_{v1} = 814.3 + 779.7 = 1,594 \text{ mm}$
- $Y_{v1su} = 1857.7 - 2530 = -672.3 \text{ mm}$ $Y_{v1sl} = 1,858 \text{ mm}$
- $E_{c1} = E_c / (1 + \Phi_1 / 2) = 27804 / (1+2/2) = 13,902 \text{ MPa}$
- $E_{c1} = E_{c1}' / (1 + \Phi_1 / 2) = 0 / (1+2/2) = - \text{ MPa}$
- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
 - $N_{tc} = M_{d3} / (n \times I_{dv}) \times D_{dvtc} \times A_{tc}$
 $= 3471.686 \times 1000000 / (7 \times 299477796274) \times (-546.847) \times 1512000 = -1,369,290 \text{ N}$
 - $N_{bc} = M_{d3} / (n \times I_{dv}) \times (-D_{dvbc}) \times A_{bc}$
 $= 3471.686 \times 1000000 / (7 \times 299477796274) \times 0 \times 0 = - \text{ N}$
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
 - $P_{tv1} = N_{tc} \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = -1369289.868 \times 2 \times 2 / (2+2) = -1,369,290 \text{ N}$
 - $P_{bv1} = N_{bc} \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 0 \times 2 \times 2 / (2+2) = - \text{ N}$
 - $\gamma_{tc^2} = I_x / A_{tc} = 7257600000 / 1512000 = 4,800 \text{ mm}^2$
 - $\gamma_{bc^2} = I_x / A_{bc} = 0 / 0 = - \text{ mm}^2$
 - $M_{v1} = P_{tv1} \times (D_{tc1} + \gamma_{tc^2} / D_{dvtc}) + P_{bv1} \times (D_{bc1} + \gamma_{bc^2} / D_{dvbc})$
 $= -1369289.868 \times (-814.3 + 4800 / (-546.847)) / 1000000 + 0 \times (0 + 0 / 0) / 1000000 = 1127.0 \text{ kN-m}$
- 상하바닥판 응력 :
 - $f_{v1tcu} = 1/n_1 \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1tcu} / I_{v1}) - E_{c1}/E_{cx} \Phi_1 \times f_{tc}$
 $= [1/14 \times ((-1369289.868 + 0) / 220800 + (-0.15) \times 1127.032 \times 1000000 \times (-934.3) / 250865749472)] - 0.5 \times 2 \times (-1.104)$
 $= 0.706 \text{ MPa}$
 - $f_{v1bcl} = 1/n_1' \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1bcu} / I_{v1}) - E_{c1}/E_{cx} \Phi_1 \times f_{bc}$
 $= 0$
 $= 0.00 \text{ MPa}$
- 상하플랜지 응력 :
 - $f_{v1su} = (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1su} / I_{v1}$
 $= (-1,369,289.9 + 0) / 220800 + (-0.15) \times (1127.032) \times 10^6 \times (-672.3) / 25086574947 = -5.748 \text{ MPa}$
 - $f_{v1sl} = (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{v1} + k \times M_{v1} \times Y_{v1sl} / I_{v1}$
 $= (-1,369,289.9 + 0) / 220800 + (-0.15) \times (1127.032) \times 10^6 \times 1857.7 / 250865749472 = -7.453 \text{ MPa}$

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		72,000	2,672	1.924.E+08	3.456.E+08	6.816.E+10	6.850.E+10
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		112,800	1,078	1.216.E+08	1.102.E+11	4.351.E+10	1.537.E+11
계		184,800		3.140.E+08			2.222.E+11

- 도심 : $yv2 = 313982400/184800 = 1699.0 \text{ mm}$

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) = 0$

$Yv2tcu = 1,699.0 - 2792 = -1093.0 \text{ mm}$ $Dtc2 = 1699.039 - 2672 = -973 \text{ mm}$

$Yv2tcl = 1,699.0 - 2552 = -853.0 \text{ mm}$ $Dbc2 = - \text{ mm}$

$Yv2bcu = 0.0 \text{ mm}$

$Yv2bcl = 0.0 \text{ mm}$ $Dvs2 = 1699.039 - 1078 = 621 \text{ mm}$

$Yv2su = 1,699.0 - 2530 = -831.0 \text{ mm}$ $Dv2 = 972.961 + 621 = 1,594 \text{ mm}$

$Yv2sl = 1699.0 \text{ mm}$

$Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 \text{ MPa}$

$Ec2' = Es / n2' = 205000/0 = - \text{ MPa}$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$\cdot Ptv2 = Ec2 \times \epsilon s \times Atc = -9761.905 \times 0.00027 \times 1512000 = -3,985,200 \text{ N}$

$\cdot Pbv2 = Ec2 \times \epsilon s \times Abc = -9761.905 \times 0.00027 \times 0 = - \text{ N}$

$\cdot Mv2 = Ptv2 \times Dtc2 + Pbv2 \times Dbc2$
 $= -3985200.1 \times (-972.961) + 0 \times 0 = 3,877 \text{ kN-m}$

- 상하바닥판 응력 :

$\cdot fv2tcu = 1/n2 \times ((Ptv2 + Pbv2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2tcu / Iv2) - Ec2 \times \epsilon s$
 $= [1/21 \times ((-3985200.1 + 0) / 184800 + (-0.15) \times 3877.4 \times 10^6 \times (-1093) / 222169877320)] - 9761.905 \times (-0.00027)$
 $= 1.745 \text{ MPa}$

$\cdot fv2bcl = 1/n2' \times ((Ptv2 + Pbv2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2bcu / Iv2) - Ec2' \times \epsilon s$
 $= 0$
 $= 0.0 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fv2su = (Ptv2 + Pbc2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2su / Iv2$
 $= (-3985200.1 + 0) / 184800 + (-0.15) \times 3877.4 \times 10^6 \times (-831) / 222169877320 = -19.389 \text{ MPa}$

$\cdot fv2sl = (Ptv2 + Pbc2) / Av2 + k \times Mv2 \times Yv2sl / Iv2$
 $= (-3985200.1 + 0) / 184800 + (-0.15) \times 3877.4 \times 10^6 \times 1699.039 / 222169877320 = -26.013 \text{ MPa}$

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216,000	2,672	5.772.E+08	1.037.E+09	6.458.E+10	6.562.E+10
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		112,800	1,078	1.216.E+08	1.102.E+11	1.237.E+11	2.339.E+11
계		328,800		6.988.E+08			2.995.E+11

- 도심 : $y_v3 = 698750400/328800 = 2125.2 \text{ mm}$

- 탄성계수비 : $n = 7$

$$\begin{aligned}
 Y_v3t_{cu} &= 2,125.2 - 2792 = -666.8 \text{ mm} & D_{tc3} &= 2125.2 - 2672 = -546.8 \text{ mm} \\
 Y_v3t_{cl} &= 2,125.2 - 2552 = -426.8 \text{ mm} & D_{bc3} &= 0.0 \text{ mm} \\
 Y_v3b_{cu} &= 0.0 \text{ mm} \\
 Y_v3b_{cl} &= 0.0 \text{ mm} & D_{vs3} &= 2125.2 - 1078 = 1047.2 \text{ mm} \\
 Y_v3s_u &= 2,125.2 - 2530 = -404.8 \text{ mm} & D_{v3} &= 546.8 + 1047.2 = 1594.0 \text{ mm} \\
 Y_v3s_l &= 2125.2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$$\begin{aligned}
 \cdot P_{tv3} &= E_{st} \times \alpha \times \Delta t \times A_{tc} / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1512000 / 7 = 5313600.0 \text{ N} \\
 \cdot M_{v3} &= P_{tv3} \times D_{tc3} = 5313600 \times (-546.8) / 1000000 = -2905.476 \text{ kN-m}
 \end{aligned}$$

- 상하바닥판 응력 :

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3t_{cu}} &= 1/n \times (P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_v3t_{cu} / I_{v3}) - E_c \times \alpha \times \Delta t \\
 &= 1/7 \times (5313600/328800 + (-0.15) \times (-2905.476) \times (-666.8) / 299477796992) - 27804 \times 0.000012 \times 10 \\
 &= -1.166 \text{ MPa} \\
 \cdot f_{v3b_{cl}} &= 1/n \times (P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_v3b_{cl} / I_{v3}) - E_c \times \alpha \times \Delta t \\
 &= 1/7 \times (5313600/328800 + (-0.15) \times (-2905.476) \times 0 / 299477796992) - 27804.063636603 \times 0.000012 \times 10 \\
 &= 0.000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned}
 \cdot f_{v3s_u} &= P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_v3s_u / I_{v3} \\
 &= 5313600/328800 + (-0.15) \times (-2905.476) \times 10^6 \times (-404.8) / 299477796992 = 15.571 \text{ MPa} \\
 \cdot f_{v3s_l} &= P_{tv3} / A_{v3} + k \times M_{v3} \times Y_v3s_l / I_{v3} \\
 &= 5313600/328800 + (-0.15) \times (-2905.476) \times 10^6 \times 2125.2 / 299477796992 = 19.253 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

$$\begin{aligned} \cdot F &= 6045462.8 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 3.13 \times 1000 / 60000 + 5.55 \times 10^6 / (2 \times 6045462.8 \times 12) = 0.090 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2) 단일합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 6045462.8 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 4.94 \times 1000 / 60000 + 6.08 \times 10^6 / (2 \times 6045462.8 \times 12) = 0.124 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3) 이중합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 6089120.7 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 530.2 \times 1000 / 60000 + 691.86 \times 10^6 / (2 \times 6089120.7 \times 12) = 13.571 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) 허용응력 검토

(도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 :

(도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

$$\therefore f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times 27 = -10.8 \text{ MPa}$$

- 허용인장응력 :

$$\therefore f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times 27 = 1.9 \text{ MPa} < 2.5 \text{ MPa}$$

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 : (HSB500)

(도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sla} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : ($t_{min} \geq b/16$)

$$t_{min} = (500 - 250) / 16 = 15.6 \text{ mm}$$

$$t_{min} = 15.6 < t = 18.0 \text{ mm} \therefore \text{O.K.}$$

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

$$b / 10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 \text{ mm}$$

$b/16 \leq t < b/10.1$ 이므로 허용응력은 다음과 같다.

$$\therefore f_{sua} = -24000 \times (t / b)^2 = -24000 \times (18/250)^2 = -124.4 \text{ MPa}$$

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

$$\therefore f_{sua} = -230.0 \text{ MPa}$$

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.131) = 2500 / (281 \times 1.131) = 7.866 \text{ mm}$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(155.52/121.577)} = 1.131 < 1.2$ 1.131 적용

- 합성후 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.2) = 2500 / (281 \times 1.2) = 7.414 \text{ mm}$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/143.34)} = 1.267 > 1.2$ 1.200 적용

$\therefore t_{\min} = 7.866 < t = 12.0 \text{ mm} \therefore 0.K.$

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 :

(단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 121.577	- 155.520	90.262	287.500
	2	- 4.297	- 10.800	-	-	- 143.340	- 230.000	189.454	230.000
	3	- 2.128	- 10.800	-	-	- 166.178	- 264.500	158.969	230.000
	4	- 3.294	- 12.420	-	-	- 150.607	- 299.000	178.222	264.500
	5	- 0.962	- 12.420	-	-	- 181.749	- 299.000	139.716	264.500
전단응력		(허용응력 입증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.824				< 1.0 ∴ 0.K.			
합성응력 검토		(f/fa) ² + (τ/τa) ²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨 이 력	1	-	-	0.782	0.314	0.214	168.8	0.00	0.61
	2	0.398	-	0.623	0.824	13.785	135.0	0.10	0.69
	3	0.197	-	0.628	0.691	13.785	155.3	0.09	0.49
	4	0.265	-	0.504	0.674	13.785	175.5	0.08	0.46
	5	0.077	-	0.608	0.528	13.785	175.5	0.08	0.38

(7) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 :

$$f_{cy} = 3 / 5 \times 27 = 16.0 \text{ MPa}$$

- 강재 :

(HSB500)

$$f_y = 380.0 \text{ MPa}$$

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 :

(단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수하중)	1	-7.8	-16.0	-	-	-202.9	-380.0	303.3	380.0
	2	-5.5	-16.0	-	-	-234.0	-380.0	264.8	380.0
	3	-9.7	-16.0	-	-	-182.3	-380.0	330.8	380.0
	4	-7.4	-16.0	-	-	-213.5	-380.0	292.3	380.0
최대 항복응력비		(f/fy) _{max}		=	0.870	<	1.0	∴ 0.K.	

◎ 교번구간 < 단면 7 > 단면위치: 67,1/4지점(외측거더)

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(ϕ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(ϕ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(ϵ_s)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.11170

The diagram illustrates the structural components and dimensions of a bridge cross-section. Key elements include:

- Dimensions:**
 - B1: Total width at the base.
 - B2: Width of the deck slab.
 - B3: Total width including overhangs.
 - H: Overall height from the base to the top of the deck.
 - t1, t2, t3: Thicknesses of different structural layers.
 - tr: Thickness of the reinforcement layer.
 - b1, b2: Widths of specific structural components.
 - tcl, tcu: Thicknesses of concrete layers.
 - Th, Tcu: Distances or thicknesses related to the reinforcement.
- Coordinate System:** A local coordinate system is defined with X(3) as the horizontal axis and Y(2) as the vertical axis.
- Angle:** The angle Θ is indicated between a vertical reference line and a structural member.

Symbol	Value (mm)
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3088
t1	18
t2	20
t3	16
tr	0.68
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500

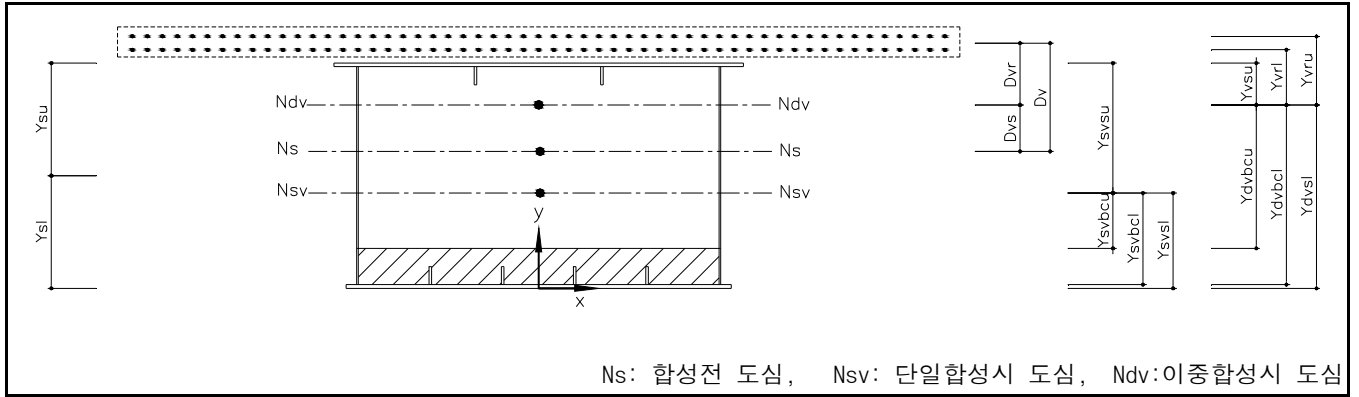
Symbol	Value (mm)
tcu	60
tcl	40

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 $\Theta = 0.000^\circ$

구 분	합성전	단일 합성	이중 합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-1300.9	-6832.0	-2673.8	-12805.8	-463.2	-24075.8
전단력, S (kN)	747.4	1492.1	687.8	1095.3	5.3	4027.8
비틀림, T (kN-m)	-436.1	-554.0	-523.3	-2169.2	-42.5	-3725.05

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	500×20×2	20,000	3,116	6.232.E+07	6.667.E+05	7.094.E+10	7.094.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,088.0×16×2	98,816	1,562	1.544.E+08	7.852.E+10	1.072.E+10	8.925.E+10
하부리브	180×16×4	11,520	108	1.244.E+06	3.110.E+07	1.457.E+10	1.460.E+10
하부플랜지	2600×18×1	46,800	9	4.212.E+05	1.264.E+06	7.007.E+10	7.007.E+10
계		177,136		2.183.E+08			2.449.E+11

- 도심 : $y_s = 218335952/177136 = 1232.6 \text{ mm}$
 $Y_{su} = 1232.6 - 3126 = -1893.4 \text{ mm}$
 $Y_{sl} = 1232.6 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{su} = M_{d1} \times Y_{su} / I_s = -1,300.9 \times 10^6 \times (-1893.4) / 244861037134.8 = 10.059 \text{ MPa}$
 · $f_{sl} = M_{d1} \times Y_{sl} / I_s = -1,300.9 \times 10^6 \times 1232.6 / 244861037134.8 = -6.549 \text{ MPa}$

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
STEEL		177136.0	1232.6	2.18.E+08	2.45.E+11	-	2.45.E+11
계		177136.0		2.18.E+08			2.45.E+11

- 도심 : $y_{sv} = 218337834/177136 = 1232.6 \text{ mm}$ $n' = 0$
 $Y_{svsu} = 1232.6 - 3126 = -1893.4 \text{ mm}$
 $Y_{svsl} = 1232.6 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{vsu} = M_{d2} \times Y_{svsu} / I_{sv} = -6832.048 \times 10^6 \times (-1893.4) / 244861037134.8 = 52.829 \text{ MPa}$
 · $f_{vsl} = M_{d2} \times Y_{svsl} / I_{sv} = -6832.048 \times 10^6 \times 1232.6 / 244861037134.8 = -34.392 \text{ MPa}$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
상부바닥판 철근	H19x100	28650.0					
환산바닥판 철근		28650.0	3256.0	9.328.E+07		8.691.E+10	8.691.E+10
단일합성시		177136.0	1232.6	2.183.E+08	2.449.E+11	1.406.E+10	2.589.E+11
계		205786.0		3.116.E+08			3.458.E+11

- 2차 모멘트 계수 : $k = 0.112$

- 도심 : $Ydv = 311622234/205786 = 1514 \text{ mm}$
 $Atc = 6300 \times 240 = 1512000 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비 : $ns = 205000/200000 = 1$
 $n = 7 \quad n' = 0$

$Ydvru = 1514.3 - 3326 = -1811.7 \text{ mm} \quad Ddvr = 1514.3 - 3256 = -1741.7 \text{ mm}$
 $Ydvrc = 1514.3 - 3186 = -1671.7 \text{ mm} \quad Ddvs = 1514.3 - 1232.6 = 281.7 \text{ mm}$
 $Ydvsl = 1514.3 - 3126 = -1611.7 \text{ mm} \quad Ddv = 1741.7 + (281.7) = 2023.4 \text{ mm}$
 $Ydvsl = 1514.3 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 응력 :

· $fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -2,673.8 \times 1000000 \times (-1811.7) / (1 \times 345827961128.8) = 14.007 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -2673.773 \times 1000000 \times (-1611.7) / 345827961128.8 = 12.461 \text{ MPa}$
· $fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -2673.773 \times 1000000 \times 1514.3 / 345827961128.8 = -11.708 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 응력 :

· $fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -12805.8 \times 1000000 \times (-1811.7) / (1 \times 345827961128.8) = 67.086 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -12805.8 \times 1000000 \times (-1611.7) / 345827961128.8 = 59.680 \text{ MPa}$
· $fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -12805.8 \times 1000000 \times 1514.3 / 345827961128.8 = -56.074 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 응력 :

· $fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -463.2 \times 1000000 \times (-1811.7) / (1 \times 345827961128.8) = 2.427 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -463.2 \times 1000000 \times (-1611.7) / 345827961128.8 = 2.159 \text{ MPa}$
· $fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -463.2 \times 1000000 \times 1514.3 / 345827961128.8 = -2.028 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3266.0	7.055.E+08	1.037.E+09	1.813.E+11	1.824.E+11
합성전		177136.0	1232.6	2.183.E+08	2.449.E+11	2.211.E+11	4.660.E+11
계		393136.0		9.238.E+08			6.483.E+11

- 탄성계수비: $n = 7$ $n' = 0$

- 도심 : $yv1 = 923793834/393136 = 2349.8 \text{ mm}$

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		108000.0	3266.0	3.527.E+08	5.184.E+08	1.723.E+11	1.729.E+11
합성전		177136.0	1232.6	2.183.E+08	2.449.E+11	1.051.E+11	3.499.E+11
계		285136.0		5.711.E+08			5.228.E+11

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$

- 도심 : $ydv1 = 571065833.6/285136 = 2002.8 \text{ mm}$

$Yv1tcu = 2349.8 - 3386 = -1036.2 \text{ mm}$ $Dtc1 = 2349.8 - 3266 = -916.2 \text{ mm}$

$Yv1tcl = 2349.8 - 3146 = -796.2 \text{ mm}$ $Ddvct1 = 2002.8 - 3266 = -1263.2 \text{ mm}$

$Yv1su = 2349.8 - 3126 = -776.2 \text{ mm}$ $Av1 = As + Ac/n1 = 285136.0 \text{ mm}^2$

$Yv1sl = 2349.8 \text{ mm}$ $dc1 = dv \times As / (Ac/n1 + As) = 1263.216 \text{ mm}$

$Dvs1 = 2349.8 - 1232.6 = 1117.2 \text{ mm}$ $ds1 = dv - dc1 = 770.184 \text{ mm}$

$Dv1 = 916.2 + 1117.2 = 2033.4 \text{ mm}$

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

$Ntc = Md3 / (n \times Idv) \times Ddvct \times Atc$
 $= -2673.773 \times 1000000 / (7 \times 648302874328.8) \times (-916.2) \times 1512000 = 816,189 \text{ N}$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$Ptv1 = Ntc \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 816188.8 \times 2 \times 2 / (2 + 2) = 816,189 \text{ N}$

$Mv1 = Ptv1 \times Ddvct1$
 $= 816188.8 \times (-1263.2) / 1000000 = -1031.0 \text{ kN-m}$

- 상부철근 응력 :

$fv1ru = Ptv1 / Arv + k \times Mv1 \times Yvru / (Irv)$
 $= 816188.8 / 205786 + (0.112) \times (-1031) \times 1000000 \times (-1811.7) / 345827961129$
 $= 4.571 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$fv1su = Ptv1 / Av1 + k \times Mv1 \times Ydvsu / Iv1$
 $= 816188.8 / 285136 + (0.112) \times (-1031) \times 1000000 \times (-776.2) / 522790754355.724$
 $= 3.034 \text{ MPa}$

$fv1sl = Ptv1 / Av1 + k \times Mv1 \times Ydvs1 / Iv1$
 $= 816188.8 / 285136 + (0.112) \times (-1031) \times 1000000 \times 2349.8 / 522790754355.724$
 $= 2.343 \text{ MPa}$

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산상부바닥판		72,000	3,266	2.352.E+08	3.456.E+08	1.505.E+11	1.508.E+11
합성전		177,136	1,233	2.183.E+08	2.449.E+11	6.118.E+10	3.060.E+11
계		249,136	-	4.535.E+08			4.569.E+11

- 탄성계수비: $n_2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$

- 도심 : $y_{dv2} = 453489833.6 / 249136 = 1820.30 \text{ mm}$

$E_{c2} = E_s / n_2 = 205000 / 21 = 9761.9 \text{ MPa}$

$Y_{dv2su} = 1820.3 - 3126 = -1305.7 \text{ mm}$

$Y_{dv2sl} = 1820.3 \text{ mm}$

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$P_{tv2} = E_{c2} \times \epsilon_s \times A_{tc} = -9761.9 \times 0.00027 \times 1512000 = -3,985,198 \text{ N}$

$D_{dv} = 1820.3 - 3266 = -1,446 \text{ mm}$

$A_{v2} = A_s + A_{cu}/n_2 = 177136 + 1512000 / 21 = \text{mm}^2$

$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_{c}/n_2 + A_s) = 2033.4 \times 177136 / (1512000 / 21 + 177136) = 1,446 \text{ mm}$

$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 2033.4 - 1445.7 = 588 \text{ mm}$

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

$M_{v2} = P_{tv2} \times D_{dv}$

$= [-3985198.1 \times (-1445.7)] / 1000000$

$= 5761.4 \text{ kN-m}$

- 상부철근 응력 :

$f_{v2ru} = P_{tv2} / A_v + k \times M_{v2} \times Y_{dvru} / I_v$

$= -3985198.1 / 205786 + (0.112) \times 5761.4 \times 1000000 \times (-1811.7) / 345827961129$

$= -22.746 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$f_{v2su} = P_{tv2} / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{dv2su} / I_{v2}$

$= -3985198.1 / 249136 + (0.112) \times 5761.4 \times 1000000 \times (-1305.7) / 456871359960.24$

$= -17.840 \text{ MPa}$

$f_{v2sl} = P_{tv2} / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{dv2sl} / I_{v2}$

$= -3985198.1 / 249136 + (0.112) \times 5761.4 \times 1000000 \times 1820.3 / 456871359960.24$

$= -13.425 \text{ MPa}$

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :
 - $P_{tv3} = E_s \times \alpha \times \Delta t \times A_{tc} / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1512000 / 7 = 5313600.0 \text{ N}$
 - $M_{v3} = P_{tv3} \times D_{dvr} = 5313600 \times -916.2 / 1000000 = -4868.3 \text{ kN-m}$
- 상부철근 응력 :
 - $f_{v3ru} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvru} / I_v - E_s \times \epsilon_t$
 $= 5313600 / 205786 + (0.112) \times (-4868.3) \times (-1811.7) / 345827961128.8 - 205000 \times 0.00012$
 $= 4.077 \text{ MPa}$
- 상하플랜지 응력 :
 - $f_{v3su} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvsu} / I_v$
 $= 5313600 / 205786 + (0.112) \times (-4868.3) \times 1000000 \times (-1611.7) / 345827961128.8 = 28.362 \text{ MPa}$
 - $f_{v3sl} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvsI} / I_v$
 $= 5313600 / 205786 + (0.112) \times (-4868.3) \times 1000000 \times 1514.3 / 345827961128.8 = 23.433 \text{ MPa}$

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

- 1) 합성전
 - $F = 7483350.5 \text{ mm}^2$
 - $\tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$
 $= 747.39 \times 1000 / 98816 + 436.07 \times 1000000 / (2 \times 7483350.5 \times 16) = 9.384 \text{ MPa}$
- 2) 단일합성시
 - $F = 7483350.5 \text{ mm}^2$
 - $\tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$
 $= 1492.08 \times 1000 / 98816 + 554 \times 1000000 / (2 \times 7483350.5 \times 16) = 17.413 \text{ MPa}$
- 3) 이중합성시
 - $F = 7527080.8 \text{ mm}^2$
 - $\tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$
 $= 1783.08 \times 1000 / 98816 + 2692.53 \times 1000000 / (2 \times 7527080.8 \times 16) = 29.223 \text{ MPa}$

(6) 허용응력검토 (도.설.기 3.4.2)

- 1) 철근의 허용응력 : (SD400)
 - 허용인장응력 : $\therefore f_{rta} = 160.0 \text{ MPa}$
 - 허용압축응력 : $\therefore f_{rca} = 180.0 \text{ MPa}$

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1. 항의 15% 증가

- 허용압축응력 :
 - $\therefore f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times - = 0.0 \text{ MPa}$
- 허용인장응력 :
 - $\therefore f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times - = 0.0 \text{ MPa}$

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sua} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

$$\begin{aligned} b &= 2400.0 \text{ mm} & (\text{보강된 판의 폭}) & i = 1 \text{ (응력구배계수)} \\ n &= 5 & (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수}) \\ t_{\min} &= 2400 / (80 \times 1 \times 5) = 6.0 \text{ mm} < t = 18 \text{ mm} & \therefore \text{O.K.} \end{aligned}$$

- 가설완료후 최소두께 검토 :

$$\begin{aligned} b &= 2400.0 \text{ mm} & (\text{보강된 판의 폭}) & i = 1 \text{ (응력구배계수)} \\ n &= 5 & (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수}) \\ t_{\min} &= 2400 / (44 \times 1 \times 5) = 10.9 \text{ mm} < t = 18 \text{ mm} & \therefore \text{O.K.} \end{aligned}$$

- 허용응력

$$\begin{aligned} \text{a) } b/(22 \times i \times n) &= 21.8 \text{ mm} & \text{b) } b/(44 \times i \times n) &= 10.9 \text{ mm} & \text{c) } b/(80 \times i \times n) &= 6.0 \text{ mm} \\ t &= 18 \text{ mm} \text{ 이므로, } \therefore f_{sla1} = -[230 - 5.2 \times (b/(t \times i \times n) - 22)] = -205.7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

$$\begin{aligned} \text{- 합성전 : } t_{\min} &= b / (281 \times 1.2) = 3088 / (281 \times 1.2) = 9.158 \\ &\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/40.941)} = 2.242 > 1.2 \quad 1.20 \text{ 적용} \\ \text{- 합성후 : } t_{\min} &= b / (281 \times 1.2) = 3088 / (281 \times 1.2) = 9.158 \\ &\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(205.733/110.751)} = 1.363 > 1.2 \quad 1.20 \text{ 적용} \\ \therefore t_{\min} &= 9.158 < t = 16.0 \text{ mm} & \therefore \text{O.K.} \end{aligned}$$

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

◎ 교변구간 < 단면 8 > 단면위치: 68,1/4지점(외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, f_{ck}	27 MPa	크리프계수(ϕ_1)	2
상부바닥판, E_c	27804 MPa	건조수축계수(ϕ_2)	4
하부콘크리트, f_{ck}	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, E_c	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(ϵ_s)	0.00027
강재 탄성계수, E_s	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.04054

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원

The diagram illustrates the cross-section of a bridge girder. It features a top flange with width B3, a web with thickness t3, and a bottom flange with width B1. The total height of the girder is H. The web is inclined at an angle Θ to the vertical. The top flange has a thickness t2, and the bottom flange has a thickness t1. The distance between the centerlines of the top and bottom flanges is B2. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1. The thickness of the web is t3. The thickness of the top flange is t2, and the thickness of the bottom flange is t1

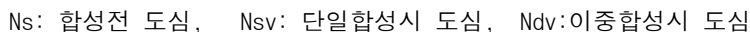
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-5360.7	-14895.9	-6447.3	-15050.7	-488.5	-42243.2
전단력, S (kN)	825.1	1624.2	778.8	1216.6	4.2	4448.8
비틀림, T (kN-m)	-585.4	-683.7	-488.4	-2465.5	-45.7	-4268.60

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 힘응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	984.8×20×2	39,393	3,230	1.272.E+08	1.313.E+06	1.254.E+11	1.254.E+11
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,202.0×16×2	102,464	1,619	1.659.E+08	8.755.E+10	3.077.E+09	9.062.E+10
하부리브	200×20×4	16,000	118	1.888.E+06	5.333.E+07	2.820.E+10	2.826.E+10
하부플랜지	2582.8×18×1	46,490	9	4.184.E+05	1.255.E+06	9.596.E+10	9.596.E+10
계		204,346		2.954.E+08			3.403.E+11

- 도심 : $y_s = 295433400/204346.4 = 1445.7 \text{ mm}$
 $Y_{su} = 1445.7 - 3240 = -1794.3 \text{ mm}$
 $|Y_s| = 1445.7 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{su} &= M_{d1} \times Y_{su} / I_s = -5,360.7 \times 1000000 \times (-1794.3) / 340258132740 = 28.269 \text{ MPa} \\ \cdot f_{sl} &= M_{d1} \times Y_{sl} / I_s = -5,360.7 \times 1000000 \times 1445.7 / 340258132740 = -22.777 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	A_{sv} (mm ²)	y (mm)	$A_{sv} \cdot y$ (mm ³)	I_x (mm ⁴)	$A d^2$ (mm ⁴)	I_{sv} (mm ⁴)
STEEL		204346.4	1445.7	2.95.E+08	3.40.E+11	-	3.40.E+11
계		204346.4		2.95.E+08			3.40.E+11

- 도심 :	ysv = 295423590/204346.4 =	1445.7 mm	n ¹ =	0
	Ysvsu = 1445.7-3240=	-1794.3 mm		
	Ysvs =	1445.7 mm		

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{vsu} &= M_{d2} \times Y_{svsu} / I_{sv} = -14895.86 \times 1000000 \times (-1794.3) / 340258132740 = 78.551 \text{ MPa} \\ \cdot f_{vsl} &= M_{d2} \times Y_{svsl} / I_{sv} = -14895.86 \times 1000000 \times 1445.7 / 340258132740 = -63.290 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
상부바닥판 철근	H19x100	28650.0					
환산바닥판 철근		28650.0	3370.0	9.655.E+07		8.160.E+10	8.160.E+10
단일합성시		204346.4	1445.7	2.954.E+08	3.403.E+11	1.144.E+10	3.517.E+11
계		232996.4		3.920.E+08			4.333.E+11

- 2차 모멘트 계수 : $k = 0.041$

- 도심 : $Ydv = 391974090/232996.4 = 1682 \text{ mm}$
 $Atc = 6300 \times 240 = 1512000 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비: $ns = 205000/200000 = 1$

$n = 7$ $n' = 0$

$Ydvru = 1682.3 - 3440 = -1757.7 \text{ mm}$ $Ddvr = 1682.3 - 3370 = -1687.7 \text{ mm}$

$YdvrcI = 1682.3 - 3300 = -1617.7 \text{ mm}$ $Ddvs = 1682.3 - 1445.7 = 236.6 \text{ mm}$

$Ydvsl = 1682.3 - 3240 = -1557.7 \text{ mm}$ $Ddv = 1687.7 + (236.6) = 1924.3 \text{ mm}$

$Ydvsl = 1682.3 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -6,447.3 \times 1000000 \times (-1757.7) / (1 \times 433302045759) = 26.154 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -6447.326 \times 1000000 \times (-1557.7) / 433302045759 = 23.178 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvru / Iv = -6447.326 \times 1000000 \times 1682.3 / 433302045759 = -25.032 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -15050.7 \times 1000000 \times (-1757.7) / (1 \times 433302045759) = 61.054 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -15050.7 \times 1000000 \times (-1557.7) / 433302045759 = 54.107 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvru / Iv = -15050.7 \times 1000000 \times 1682.3 / 433302045759 = -58.435 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -488.5 \times 1000000 \times (-1757.7) / (1 \times 433302045759) = 1.982 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -488.5 \times 1000000 \times (-1557.7) / 433302045759 = 1.756 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvru / Iv = -488.5 \times 1000000 \times 1682.3 / 433302045759 = -1.897 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3380.0	7.301.E+08	1.037.E+09	1.910.E+11	1.920.E+11
합성전		204346.4	1445.7	2.954.E+08	3.403.E+11	2.019.E+11	5.422.E+11
계		420346.4		1.026.E+09			7.342.E+11

- 탄성계수비: $n = 7$ $n' = 0$

- 도심 : $yv1 = 1025503590/420346.4 = 2439.7 \text{ mm}$

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		108000.0	3380.0	3.650.E+08	5.184.E+08	1.730.E+11	1.735.E+11
합성전		204346.4	1445.7	2.954.E+08	3.403.E+11	9.141.E+10	4.317.E+11
계		312346.4		6.605.E+08			6.051.E+11

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$

- 도심 : $ydv1 = 660463590.5/312346.4 = 2114.5 \text{ mm}$

$Yv1tcu = 2439.7 - 3500 = -1060.3 \text{ mm}$ $Dtc1 = 2439.7 - 3380 = -940.3 \text{ mm}$

$Yv1tcl = 2439.7 - 3260 = -820.3 \text{ mm}$ $Ddvct1 = 2114.5 - 3380 = -1265.5 \text{ mm}$

$Yv1su = 2439.7 - 3240 = -800.3 \text{ mm}$ $Av1 = As + Ac/n1 = 312346.4 \text{ mm}^2$

$Yv1sl = 2439.7 \text{ mm}$ $dc1 = dv \times As / (Ac/n1 + As) = 1265.477 \text{ mm}$

$Dvs1 = 2439.7 - 1445.7 = 994.0 \text{ mm}$ $ds1 = dv - dc1 = 668.823 \text{ mm}$

$Dv1 = 940.3 + 994 = 1934.3 \text{ mm}$

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

$Ntc = Md3 / (n \times Idv) \times Ddvct \times Atc$
 $= -6447.326 \times 1000000 / (7 \times 734175975850) \times (-940.3) \times 1512000 = 1,783,609 \text{ N}$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$Ptv1 = Ntc \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 1783609 \times 2 \times 2 / (2 + 2) = 1,783,609 \text{ N}$

$Mv1 = Ptv1 \times Ddvct1$
 $= 1783609 \times (-1265.5) / 1000000 = -2257.1 \text{ kN-m}$

- 상부철근 응력 :

$fv1ru = Ptv1 / Arv + k \times Mv1 \times Yvru / (Irv)$
 $= 1783609 / 232996.4 + (0.041) \times (-2257.1) \times 1000000 \times (-1757.7) / 433302045759$
 $= 8.030 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$fv1su = Ptv1 / Av1 + k \times Mv1 \times Ydvsu / Iv1$
 $= 1783609 / 312346.4 + (0.041) \times (-2257.1) \times 1000000 \times (-800.3) / 605140283784.964$
 $= 5.833 \text{ MPa}$

$fv1sl = Ptv1 / Av1 + k \times Mv1 \times Ydvs1 / Iv1$
 $= 1783609 / 312346.4 + (0.041) \times (-2257.1) \times 1000000 \times 2439.7 / 605140283784.964$
 $= 5.337 \text{ MPa}$

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산상부바닥판		72,000	3,380	2.434.E+08	3.456.E+08	1.473.E+11	1.476.E+11
합성전		204,346	1,446	2.954.E+08	3.403.E+11	5.191.E+10	3.922.E+11
계		276,346	-	5.388.E+08			5.398.E+11

- 탄성계수비: $n_2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$

- 도심 : $y_{dv2} = 538783590.5 / 276346.4 = 1949.70 \text{ mm}$

$E_{c2} = E_s / n_2 = 205000 / 21 = 9761.9 \text{ MPa}$

$Y_{dv2su} = 1949.7 - 3240 = -1290.3 \text{ mm}$

$Y_{dv2sl} = 1949.7 \text{ mm}$

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$P_{tv2} = E_{c2} \times \epsilon_s \times A_{tc} = -9761.9 \times 0.00027 \times 1512000 = -3,985,198 \text{ N}$

$D_{dv} = 1949.7 - 3380 = -1,430 \text{ mm}$

$A_{v2} = A_s + A_{cu}/n_2 = 204346.4 + 1512000 / 21 = \text{--- mm}^2$

$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_{c}/n_2 + A_s) = 1934.3 \times 204346.4 / (1512000 / 21 + 204346.4) = 1,430 \text{ mm}$

$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 1934.3 - 1430.3 = 504 \text{ mm}$

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

$M_{v2} = P_{tv2} \times D_{dv}$

$= [-3985198.1 \times (-1430.3)] / 1000000$

$= 5700.0 \text{ kN-m}$

- 상부철근 응력 :

$f_{v2ru} = P_{tv2} / A_v + k \times M_{v2} \times Y_{dvru} / I_v$

$= -3985198.1 / 232996.4 + (0.041) \times 5700 \times 1000000 \times (-1757.7) / 433302045759$

$= -18.052 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$f_{v2su} = P_{tv2} / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{dv2su} / I_{v2}$

$= -3985198.1 / 276346.4 + (0.041) \times 5700 \times 1000000 \times (-1290.3) / 539805570362.4$

$= -14.980 \text{ MPa}$

$f_{v2sl} = P_{tv2} / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{dv2sl} / I_{v2}$

$= -3985198.1 / 276346.4 + (0.041) \times 5700 \times 1000000 \times 1949.7 / 539805570362.4$

$= -13.577 \text{ MPa}$

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$$\cdot P_{tv3} = E_s \times \alpha \times \Delta t \times A_{tc} / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1512000 / 7 = 5313600.0 \text{ N}$$

$$\cdot M_{v3} = P_{tv3} \times D_{dvr} = 5313600 \times -940.3 / 1000000 = -4996.4 \text{ kN-m}$$

- 상부철근 응력 :

$$\cdot f_{v3ru} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvru} / I_v - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 5313600 / 232996.4 + (0.041) \times (-4996.4) \times (-1757.7) / 433302045759 - 205000 \times 0.00012$$

$$= -0.964 \text{ MPa}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\cdot f_{v3su} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvsu} / I_v$$

$$= 5313600 / 232996.4 + (0.041) \times (-4996.4) \times 1000000 \times (-1557.7) / 433302045759 = 23.542 \text{ MPa}$$

$$\cdot f_{v3sl} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvsl} / I_v$$

$$= 5313600 / 232996.4 + (0.041) \times (-4996.4) \times 1000000 \times 1682.3 / 433302045759 = 22.010 \text{ MPa}$$

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

$$\cdot F = 7758774.5 \text{ mm}^2$$

$$\cdot \tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$$

$$= 825.08 \times 1000 / 102464 + 585.38 \times 1000000 / (2 \times 7758774.5 \times 16) = 10.410 \text{ MPa}$$

2) 단일합성시

$$\cdot F = 7758774.5 \text{ mm}^2$$

$$\cdot \tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$$

$$= 1624.15 \times 1000 / 102464 + 683.7 \times 1000000 / (2 \times 7758774.5 \times 16) = 18.605 \text{ MPa}$$

3) 이중합성시

$$\cdot F = 7802504.8 \text{ mm}^2$$

$$\cdot \tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$$

$$= 1995.44 \times 1000 / 102464 + 2953.83 \times 1000000 / (2 \times 7802504.8 \times 16) = 31.305 \text{ MPa}$$

(6) 허용응력검토

(도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : $\therefore f_{rta} = 160.0 \text{ MPa}$

- 허용압축응력 : $\therefore f_{rca} = 180.0 \text{ MPa}$

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1. 항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

$$\therefore f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times - = 0.0 \text{ MPa}$$

- 허용인장응력 :

$$\therefore f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times - = 0.0 \text{ MPa}$$

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sua} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

$$\begin{aligned} b &= 2400.0 \text{ mm} & (\text{보강된 판의 폭}) & \quad i = 1 \text{ (응력구배계수)} \\ n &= 5 & (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수}) & \\ t_{\min} &= 2400 / (80 \times 1 \times 5) = 6.0 \text{ mm} < t = 18 \text{ mm} & \therefore 0.K. \end{aligned}$$

- 가설완료후 최소두께 검토 :

$$\begin{aligned} b &= 2400.0 \text{ mm} & (\text{보강된 판의 폭}) & \quad i = 1 \text{ (응력구배계수)} \\ n &= 5 & (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수}) & \\ t_{\min} &= 2400 / (44 \times 1 \times 5) = 10.9 \text{ mm} < t = 18 \text{ mm} & \therefore 0.K. \end{aligned}$$

- 허용응력

$$\begin{aligned} \text{㉠ } b/(22 \times i \times n) &= 21.8 \text{ mm} & \text{㉢ } b/(44 \times i \times n) &= 10.9 \text{ mm} & \text{㉡ } b/(80 \times i \times n) &= 6.0 \text{ mm} \\ t &= 18 \text{ mm} \text{ 이므로, } \therefore f_{sla1} = -[230 - 5.2 \times (b/(t \times i \times n) - 22)] = -205.7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

$$\begin{aligned} - \text{합성전 : } t_{\min} &= b / (281 \times 1.2) = 3202 / (281 \times 1.2) = 9.496 \\ &\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/86.067)} = 1.546 > 1.2 \quad 1.20 \text{ 적용} \\ - \text{합성후 : } t_{\min} &= b / (281 \times 1.095) = 3202 / (281 \times 1.095) = 10.406 \\ &\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(205.733/171.431)} = 1.095 < 1.2 \quad 1.10 \text{ 적용} \\ \therefore t_{\min} &= 10.406 < t = 16.0 \text{ mm} \therefore 0.K. \end{aligned}$$

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

◎ 교변구간 < 단면 9 > 단면위치: 68,J지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(ϕ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(ϕ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(ϵ_s)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.01282

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원

		단면제원(mm)	
		B1	2400
		B2	2400
		B3	6300
		H	3320
		t1	22
		t2	24
		t3	16
		tr	0.66
		Tcu	240
※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°		Th	40
		Tcl	0
		b1	100
		b2	250
		피복두께(mm)	
		tcu	60
		tcl	40
보강리브 제원(mm)		유효폭 제원 (mm)	
상부리브	0	상부플랜지	2878
하부리브	220	하부플랜지	2578
	0	상부바닥판	6139
	20	하부슬래브	0
	4	n(상부)	7
		n'(하부)	0

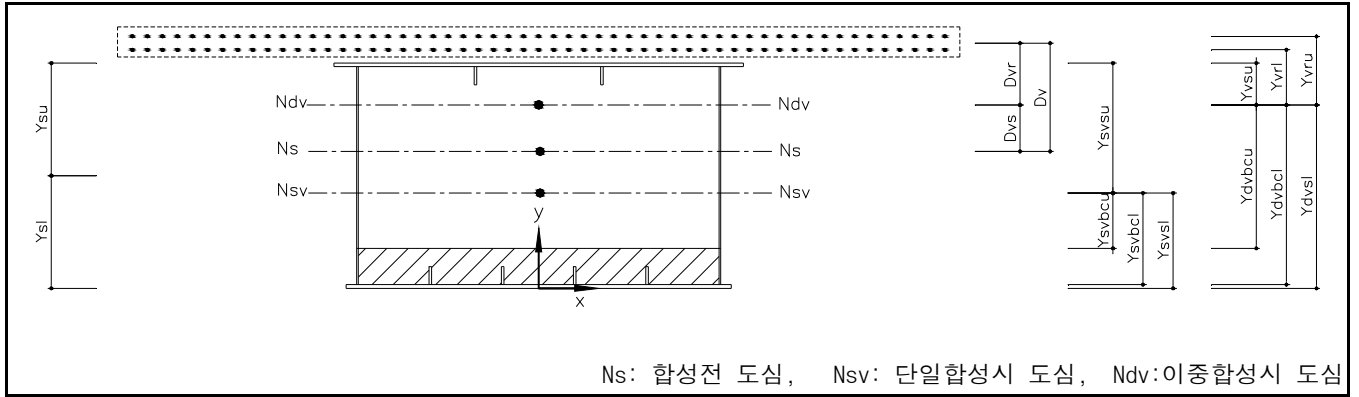
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-8828.7	-21397.0	-9576.3	-17903.6	-504.6	-58210.1
전단력, S (kN)	985.2	1748.1	844.2	1305.1	4.2	4886.7
비틀림, T (kN-m)	-585.4	-681.8	-577.4	-2436.7	-45.7	-4326.99

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	2877.6×24×1	69,064	3,354	2.316.E+08	3.315.E+06	1.992.E+11	1.992.E+11
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,320.0×16×2	106,240	1,682	1.787.E+08	9.758.E+10	7.349.E+07	9.766.E+10
하부리브	220×20×4	17,600	132	2.323.E+06	7.099.E+07	4.086.E+10	4.093.E+10
하부플랜지	2577.6×22×1	56,708	11	6.238.E+05	2.287.E+06	1.534.E+11	1.534.E+11
계		249,612		4.133.E+08			4.912.E+11

- 도심 : $y_s = 413281985/249611.9 = 1655.7 \text{ mm}$
 $Y_{su} = 1655.7 - 3366 = -1710.3 \text{ mm}$
 $Y_{sl} = 1655.7 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{su} = M_{d1} \times Y_{su} / I_s = -8,828.7 \times 1000000 \times (-1710.3) / 491189228679.6 = 30.741 \text{ MPa}$
 · $f_{sl} = M_{d1} \times Y_{sl} / I_s = -8,828.7 \times 1000000 \times 1655.7 / 491189228679.6 = -29.760 \text{ MPa}$

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
STEEL		249611.9	1655.7	4.13.E+08	4.91.E+11	-	4.91.E+11
계		249611.9		4.13.E+08			4.91.E+11

- 도심 : $y_{sv} = 413282423/249611.9 = 1655.7 \text{ mm}$ $n' = 0$
 $Y_{svsu} = 1655.7 - 3366 = -1710.3 \text{ mm}$
 $Y_{svsl} = 1655.7 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{vsu} = M_{d2} \times Y_{svsu} / I_{sv} = -21397.03 \times 1000000 \times (-1710.3) / 491189228679.6 = 74.504 \text{ MPa}$
 · $f_{vsl} = M_{d2} \times Y_{svsl} / I_{sv} = -21397.03 \times 1000000 \times 1655.7 / 491189228679.6 = -72.125 \text{ MPa}$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
상부바닥판 철근	H19x98	28077.0					
환산바닥판 철근		28077.0	3492.0	9.804.E+07		7.650.E+10	7.650.E+10
단일합성시		249611.9	1655.7	4.133.E+08	4.912.E+11	8.608.E+09	4.998.E+11
계		277688.9		5.113.E+08			5.763.E+11

- 2차 모멘트 계수 : $k = -0.013$

- 도심 : $Ydv = 511327307/277688.9 = 1841 \text{ mm}$
 $Atc = 6139.4 \times 240 = 1473451 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비: $ns = 205000/200000 = 1$

$n = 7$ $n' = 0$

$Ydvru = 1841.4 - 3562 = -1720.6 \text{ mm}$ $Ddvr = 1841.4 - 3492 = -1650.6 \text{ mm}$

$YdvrcI = 1841.4 - 3422 = -1580.6 \text{ mm}$ $Ddvs = 1841.4 - 1655.7 = 185.7 \text{ mm}$

$Ydvsl = 1841.4 - 3366 = -1524.6 \text{ mm}$ $Ddv = 1650.6 + (185.7) = 1836.3 \text{ mm}$

$Ydvsl = 1841.4 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -9,576.3 \times 1000000 \times (-1720.6) / (1 \times 576292202816.6) = 28.591 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -9576.25 \times 1000000 \times (-1524.6) / 576292202816.6 = 25.334 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -9576.25 \times 1000000 \times 1841.4 / 576292202816.6 = -30.599 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -17903.6 \times 1000000 \times (-1720.6) / (1 \times 576292202816.6) = 53.454 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -17903.6 \times 1000000 \times (-1524.6) / 576292202816.6 = 47.365 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -17903.6 \times 1000000 \times 1841.4 / 576292202816.6 = -57.207 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -504.6 \times 1000000 \times (-1720.6) / (1 \times 576292202816.6) = 1.507 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -504.6 \times 1000000 \times (-1524.6) / 576292202816.6 = 1.335 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -504.6 \times 1000000 \times 1841.4 / 576292202816.6 = -1.612 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6139.4x240	1473451.1			7.073.E+09		
환산 상부바닥판		210493.0	3502.0	7.371.E+08	1.010.E+09	2.112.E+11	2.122.E+11
합성전		249611.9	1655.7	4.133.E+08	4.912.E+11	1.781.E+11	6.693.E+11
계		460104.9		1.150.E+09			8.815.E+11

- 탄성계수비: $n = 7$ $n' = 0$

- 도심 : $yv1 = 1150428959/460104.9 = 2500.4 \text{ mm}$

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6139.4x240	1473451.1			7.073.E+09		
환산 상부바닥판		105246.5	3502.0	3.686.E+08	5.052.E+08	1.775.E+11	1.780.E+11
합성전		249611.9	1655.7	4.133.E+08	4.912.E+11	7.485.E+10	5.660.E+11
계		354858.4		7.819.E+08			7.441.E+11

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$

- 도심 : $ydv1 = 781855690.8/354858.4 = 2203.3 \text{ mm}$

$Yv1tcu = 2500.4 - 3622 = -1121.6 \text{ mm}$ $Dtc1 = 2500.4 - 3502 = -1001.6 \text{ mm}$

$Yv1tcl = 2500.4 - 3382 = -881.6 \text{ mm}$ $Ddvct1 = 2203.3 - 3502 = -1298.7 \text{ mm}$

$Yv1su = 2500.4 - 3366 = -865.6 \text{ mm}$ $Av1 = As + Ac/n1 = 354858.4 \text{ mm}^2$

$Yv1sl = 2500.4 \text{ mm}$ $dc1 = dv \times As / (Ac/n1 + As) = 1298.711 \text{ mm}$

$Dvs1 = 2500.4 - 1655.7 = 844.7 \text{ mm}$ $ds1 = dv - dc1 = 547.589 \text{ mm}$

$Dv1 = 1001.6 + 844.7 = 1846.3 \text{ mm}$

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

$Ntc = Md3 / (n \times Idv) \times Ddvct \times Atc$
 $= -9576.25 \times 1000000 / (7 \times 881469332049.6) \times (-1001.6) \times 1473451.1 = 2,290,447 \text{ N}$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$Ptv1 = Ntc \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 2290447.1 \times 2 \times 2 / (2 + 2) = 2,290,447 \text{ N}$

$Mv1 = Ptv1 \times Ddvct1$
 $= 2290447.1 \times (-1298.7) / 1000000 = -2974.6 \text{ kN-m}$

- 상부철근 응력 :

$fv1ru = Ptv1 / Arv + k \times Mv1 \times Yvru / (Irv)$
 $= 2290447.1 / 277688.9 + (-0.013) \times (-2974.6) \times 1000000 \times (-1720.6) / 576292202817$
 $= 8.133 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$fv1su = Ptv1 / Av1 + k \times Mv1 \times Ydvsu / Iv1$
 $= 2290447.1 / 354858.4 + (-0.013) \times (-2974.6) \times 1000000 \times (-865.6) / 744055515704.026$
 $= 6.410 \text{ MPa}$

$fv1sl = Ptv1 / Av1 + k \times Mv1 \times Ydvsl / Iv1$
 $= 2290447.1 / 354858.4 + (-0.013) \times (-2974.6) \times 1000000 \times 2500.4 / 744055515704.026$
 $= 6.584 \text{ MPa}$

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6139.4x240	1,473,451			7.073.E+09		
환산상부바닥판		70,164	3,502	2.457.E+08	3.368.E+08	1.457.E+11	1.461.E+11
합성전		249,612	1,656	4.133.E+08	4.912.E+11	4.096.E+10	5.322.E+11
계		319,776	-	6.590.E+08			6.782.E+11

- 탄성계수비: $n_2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$

- 도심 : $y_{dv2} = 658997934.8 / 319776.2 = 2060.80 \text{ mm}$

$E_{c2} = E_s / n_2 = 205000 / 21 = 9761.9 \text{ MPa}$

$Y_{dv2su} = 2060.8 - 3366 = -1305.2 \text{ mm}$

$Y_{dv2sl} = 2060.8 \text{ mm}$

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$P_{tv2} = E_{c2} \times \epsilon_s \times A_{tc} = -9761.9 \times 0.00027 \times 1473451.1 = -3,883,594 \text{ N}$

$D_{dv} = 2060.8 - 3502 = -1,441 \text{ mm}$

$A_{v2} = A_s + A_{cu}/n_2 = 249611.9 + 1473451.1 / 21 = \text{--- mm}^2$

$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_{cu}/n_2 + A_s) = 1846.3 \times 249611.9 / (1473451.1 / 21 + 249611.9) = 1,441 \text{ mm}$

$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 1846.3 - 1441.2 = 405 \text{ mm}$

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

$M_{v2} = P_{tv2} \times D_{dv}$

$= [-3883594.2 \times (-1441.2)] / 1000000$

$= 5597.0 \text{ kN-m}$

- 상부철근 응력 :

$f_{v2ru} = P_{tv2} / A_v + k \times M_{v2} \times Y_{dvru} / I_v$

$= -3883594.2 / 277688.9 + (-0.013) \times 5597 \times 1000000 \times (-1720.6) / 576292202817$

$= -13.768 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$f_{v2su} = P_{tv2} / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{dv2su} / I_{v2}$

$= -3883594.2 / 319776.2 + (-0.013) \times 5597 \times 1000000 \times (-1305.2) / 678224190916.175$

$= -12.005 \text{ MPa}$

$f_{v2sl} = P_{tv2} / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{dv2sl} / I_{v2}$

$= -3883594.2 / 319776.2 + (-0.013) \times 5597 \times 1000000 \times 2060.8 / 678224190916.175$

$= -12.366 \text{ MPa}$

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· $P_{tv3} = E_s \times \alpha \times \Delta t \times A_{tc} / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1473451.1 / 7 =$

5178128.2 N

· $M_{v3} = P_{tv3} \times D_{dvr} = 5178128.2 \times -1001.6 / 1000000 =$

-5186.4 kN-m

- 상부철근 응력 :

· $f_{v3ru} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvru} / I_v - E_s \cdot \epsilon_t$

$= 5178128.2 / 277688.9 + (-0.013) \times (-5186.4) \times (-1720.6) / 576292202816.6 - 205000 \times 0.00012$
 $=$

-6.154 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{v3su} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvsu} / I_v$

$= 5178128.2 / 277688.9 + (-0.013) \times (-5186.4) \times 1000000 \times (-1524.6) / 5762922028$

18.469 MPa

· $f_{v3sl} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvsl} / I_v$

$= 5178128.2 / 277688.9 + (-0.013) \times (-5186.4) \times 1000000 \times 1841.4 / 576292202816.6$

18.863 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· $F =$

8048659.0 mm²

· $\tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$

$= 985.16 \times 1000 / 106240 + 585.38 \times 1000000 / (2 \times 8048659 \times 16) =$

11.546 MPa

2) 단일합성시

· $F =$

8048659.0 mm²

· $\tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$

$= 1748.09 \times 1000 / 106240 + 681.8 \times 1000000 / (2 \times 8048659 \times 16) =$

19.101 MPa

3) 이중합성시

· $F =$

8092389.3 mm²

· $\tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$

$= 2149.28 \times 1000 / 106240 + 3014.12 \times 1000000 / (2 \times 8092389.3 \times 16) =$

31.870 MPa

(6) 허용응력검토 (도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ $f_{rta} =$ 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ $f_{rca} =$ 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1. 항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ $f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times - =$

0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ $f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times - =$

0.0 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sua} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

$$\begin{aligned} b &= 2400.0 \text{ mm} & (\text{보강된 판의 폭}) & \quad i = 1 \text{ (응력구배계수)} \\ n &= 5 & (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수}) & \\ t_{\min} = 2400 / (80 \times 1 \times 5) &= 6.0 \text{ mm} < t = 22 \text{ mm} & \therefore 0.K. \end{aligned}$$

- 가설완료후 최소두께 검토 :

$$\begin{aligned} b &= 2400.0 \text{ mm} & (\text{보강된 판의 폭}) & \quad i = 1 \text{ (응력구배계수)} \\ n &= 5 & (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수}) & \\ t_{\min} = 2400 / (44 \times 1 \times 5) &= 10.9 \text{ mm} < t = 22 \text{ mm} & \therefore 0.K. \end{aligned}$$

- 허용응력

$$\begin{aligned} \text{a) } b/(22 \times i \times n) &= 21.8 \text{ mm} & \text{b) } b/(44 \times i \times n) &= 10.9 \text{ mm} & \text{c) } b/(80 \times i \times n) &= 6.0 \text{ mm} \\ t &= 22 \text{ mm} \text{ 이므로, } \therefore f_{sla1} = -[f_{sua1}] & & & & -230.0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

$$\begin{aligned} \text{- 합성전 : } t_{\min} &= b / (281 \times 1.2) = 3320 / (281 \times 1.2) = 9.846 \\ &\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/101.885)} = 1.502 > 1.2 \quad 1.20 \text{ 적용} \\ \text{- 합성후 : } t_{\min} &= b / (281 \times 1.096) = 3320 / (281 \times 1.096) = 10.780 \\ &\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/191.303)} = 1.096 < 1.2 \quad 1.10 \text{ 적용} \\ \therefore t_{\min} &= 10.780 < t = 16.0 \text{ mm} \therefore 0.K. \end{aligned}$$

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

◎ 교변구간 < 단면 14 > 단면위치: 73,J지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, f_{ck}	27 MPa	크리프계수(ϕ_1)	2
상부바닥판, E_c	27804 MPa	건조수축계수(ϕ_2)	4
하부콘크리트, f_{ck}	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, E_c	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(ϵ_s)	0.00027
강재 탄성계수, E_s	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.15446

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원

단면제원 (mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	2833
t1	22
t2	28
t3	16
tr	0.69
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께 (mm)	
tcu	60
tcl	40

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

Θ=0.000°

보강리브 제원 (mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	1010	상부바닥판	6198	n(상부)	7
하부리브	220	20	4	하부플랜지	2574	하부슬래브	0	n'(하부)	0

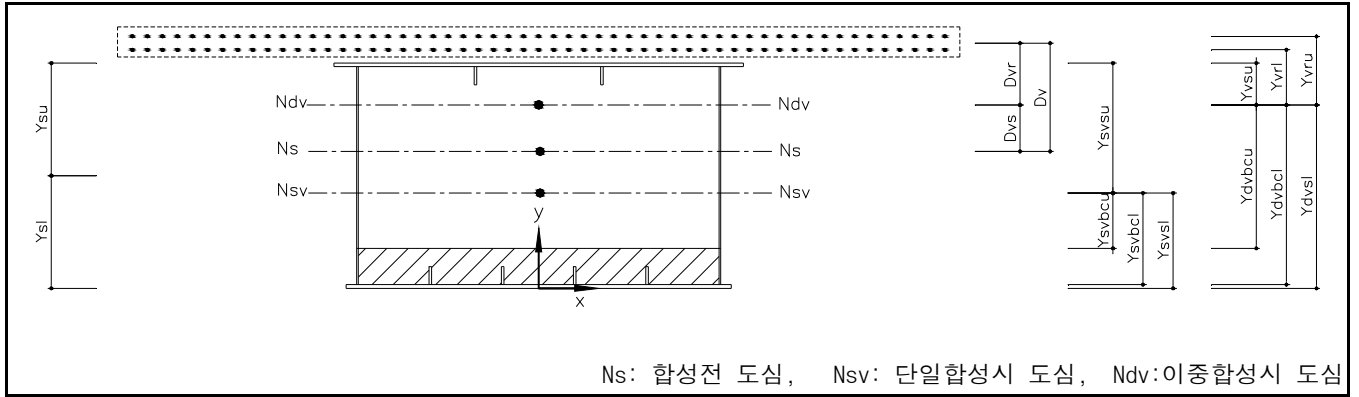
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-6677.3	-16753.3	-7681.1	-13860.2	-378.8	-45350.6
전단력, S (kN)	-644.1	-1392.6	-662.2	-1179.1	-11.8	-3889.9
비틀림, T (kN-m)	-101.2	-192.4	56.0	-1749.9	-10.9	-1998.36

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	1010.4×28×2	56,581	2,869	1.623.E+08	3.697.E+06	1.331.E+11	1.331.E+11
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	2,833.0×16×2	90,656	1,439	1.304.E+08	6.063.E+10	9.674.E+08	6.160.E+10
하부리브	220×20×4	17,600	132	2.323.E+06	7.099.E+07	2.548.E+10	2.555.E+10
하부플랜지	2573.6×22×1	56,620	11	6.228.E+05	2.284.E+06	9.928.E+10	9.929.E+10
계		221,456		2.957.E+08			3.195.E+11

- 도심 : $y_s = 295684130 / 221456.4 = 1335.2 \text{ mm}$
 $Y_{su} = 1335.2 - 2883 = -1547.8 \text{ mm}$
 $Y_{sl} = 1335.2 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{su} = M_{d1} \times Y_{su} / I_s = -6,677.3 \times 1000000 \times (-1547.8) / 319547952966.8 = 32.343 \text{ MPa}$
 · $f_{sl} = M_{d1} \times Y_{sl} / I_s = -6,677.3 \times 1000000 \times 1335.2 / 319547952966.8 = -27.900 \text{ MPa}$

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
STEEL		221456.4	1335.2	2.96.E+08	3.20.E+11	-	3.20.E+11
계		221456.4		2.96.E+08			3.20.E+11

- 도심 : $y_{sv} = 295688585 / 221456.4 = 1335.2 \text{ mm}$ $n' = 0$
 $Y_{svsu} = 1335.2 - 2883 = -1547.8 \text{ mm}$
 $Y_{svsl} = 1335.2 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{vsu} = M_{d2} \times Y_{svsu} / I_{sv} = -16753.29 \times 1000000 \times (-1547.8) / 319547952966.8 = 81.148 \text{ MPa}$
 · $f_{vsl} = M_{d2} \times Y_{svsl} / I_{sv} = -16753.29 \times 1000000 \times 1335.2 / 319547952966.8 = -70.002 \text{ MPa}$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
상부바닥판 철근	H19x98	28077.0					
환산바닥판 철근		28077.0	3005.0	8.437.E+07		6.166.E+10	6.166.E+10
단일합성시		221456.4	1335.2	2.957.E+08	3.195.E+11	7.819.E+09	3.274.E+11
계		249533.4		3.801.E+08			3.890.E+11

- 2차 모멘트 계수 : $k = -0.154$

- 도심 : $Ydv = 380059970/249533.4 = 1523 \text{ mm}$
 $Atc = 6198.2 \times 240 = 1487570 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비: $ns = 205000/200000 = 1$

$n = 7$ $n' = 0$

$Ydvru = 1523.1 - 3075 = -1551.9 \text{ mm}$ $Ddvr = 1523.1 - 3005 = -1481.9 \text{ mm}$

$YdvrcI = 1523.1 - 2935 = -1411.9 \text{ mm}$ $Ddvs = 1523.1 - 1335.2 = 187.9 \text{ mm}$

$Ydvsl = 1523.1 - 2883 = -1359.9 \text{ mm}$ $Ddv = 1481.9 + (187.9) = 1669.8 \text{ mm}$

$Ydvsl = 1523.1 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -7,681.1 \times 1000000 \times (-1551.9) / (1 \times 389024650628.8) = 30.641 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -7681.082 \times 1000000 \times (-1359.9) / 389024650628.8 = 26.850 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -7681.082 \times 1000000 \times 1523.1 / 389024650628.8 = -30.073 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -13860.2 \times 1000000 \times (-1551.9) / (1 \times 389024650628.8) = 55.291 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -13860.2 \times 1000000 \times (-1359.9) / 389024650628.8 = 48.451 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -13860.2 \times 1000000 \times 1523.1 / 389024650628.8 = -54.265 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -378.8 \times 1000000 \times (-1551.9) / (1 \times 389024650628.8) = 1.511 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -378.8 \times 1000000 \times (-1359.9) / 389024650628.8 = 1.324 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -378.8 \times 1000000 \times 1523.1 / 389024650628.8 = -1.483 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6198.2x240	1487570.1			7.140.E+09		
환산 상부바닥판		212510.0	3015.0	6.407.E+08	1.020.E+09	1.562.E+11	1.572.E+11
합성전		221456.4	1335.2	2.957.E+08	3.195.E+11	1.499.E+11	4.694.E+11
계		433966.4		9.364.E+08			6.266.E+11

- 탄성계수비: $n = 7$ $n' = 0$

- 도심 : $yv1 = 936406278/433966.4 = 2157.8 \text{ mm}$

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6198.2x240	1487570.1			7.140.E+09		
환산 상부바닥판		106255.0	3015.0	3.204.E+08	5.100.E+08	1.369.E+11	1.374.E+11
합성전		221456.4	1335.2	2.957.E+08	3.195.E+11	6.569.E+10	3.852.E+11
계		327711.4		6.160.E+08			5.227.E+11

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$

- 도심 : $ydv1 = 616047431.8/327711.4 = 1879.8 \text{ mm}$

$Yv1tcu = 2157.8 - 3135 = -977.2 \text{ mm}$ $Dtc1 = 2157.8 - 3015 = -857.2 \text{ mm}$

$Yv1tcl = 2157.8 - 2895 = -737.2 \text{ mm}$ $Ddvct1 = 1879.8 - 3015 = -1135.2 \text{ mm}$

$Yv1su = 2157.8 - 2883 = -725.2 \text{ mm}$ $Av1 = As + Ac/n1 = 327711.4 \text{ mm}^2$

$Yv1sl = 2157.8 \text{ mm}$ $dc1 = dv \times As / (Ac/n1 + As) = 1135.153 \text{ mm}$

$Dvs1 = 2157.8 - 1335.2 = 822.6 \text{ mm}$ $ds1 = dv - dc1 = 544.647 \text{ mm}$

$Dv1 = 857.2 + 822.6 = 1679.8 \text{ mm}$

① 2차 고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

$Ntc = Md3 / (n \times Idv) \times Ddvct \times Atc$
 $= -7681.082 \times 1000000 / (7 \times 626571695967.9) \times (-857.2) \times 1487570.1 = 2,233,126 \text{ N}$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$Ptv1 = Ntc \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 2233125.8 \times 2 \times 2 / (2 + 2) = 2,233,126 \text{ N}$

$Mv1 = Ptv1 \times Ddvct1$
 $= 2233125.8 \times (-1135.2) / 1000000 = -2534.9 \text{ kN-m}$

- 상부철근 응력 :

$fv1ru = Ptv1 / Arv + k \times Mv1 \times Yvru / (Irv)$
 $= 2233125.8 / 249533.4 + (-0.154) \times (-2534.9) \times 1000000 \times (-1551.9) / 389024650629$
 $= 7.392 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$fv1su = Ptv1 / Av1 + k \times Mv1 \times Ydvsl / Iv1$
 $= 2233125.8 / 327711.4 + (-0.154) \times (-2534.9) \times 1000000 \times (-725.2) / 522668144529.217$
 $= 6.273 \text{ MPa}$

$fv1sl = Ptv1 / Av1 + k \times Mv1 \times Ydvsl / Iv1$
 $= 2233125.8 / 327711.4 + (-0.154) \times (-2534.9) \times 1000000 \times 2157.8 / 522668144529.217$
 $= 8.426 \text{ MPa}$

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6198.2x240	1,487,570			7.140.E+09		
환산상부바닥판		70,837	3,015	2.136.E+08	3.400.E+08	1.147.E+11	1.151.E+11
합성전		221,456	1,335	2.957.E+08	3.195.E+11	3.670.E+10	3.563.E+11
계		292,293	-	5.093.E+08			4.713.E+11

- 탄성계수비: $n_2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$

- 도심 : $y_{dv2} = 509261149.6 / 292293.1 = 1742.30 \text{ mm}$

$E_{c2} = E_s / n_2 = 205000 / 21 = 9761.9 \text{ MPa}$

$Y_{dv2su} = 1742.3 - 2883 = -1140.7 \text{ mm}$

$Y_{dv2sl} = 1742.3 \text{ mm}$

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$P_{tv2} = E_{c2} \times \epsilon_s \times A_{tc} = -9761.9 \times 0.00027 \times 1487570.1 = -3,920,808 \text{ N}$

$D_{dv} = 1742.3 - 3015 = -1,273 \text{ mm}$

$A_{v2} = A_s + A_{cu}/n_2 = 221456.4 + 1487570.1 / 21 = \text{mm}^2$

$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_{cu}/n_2 + A_s) = 1679.8 \times 221456.4 / (1487570.1 / 21 + 221456.4) = 1,273 \text{ mm}$

$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 1679.8 - 1272.7 = 407 \text{ mm}$

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

$M_{v2} = P_{tv2} \times D_{dv}$

$= [-3920807.9 \times (-1272.7)] / 1000000$

$= 4990.0 \text{ kN-m}$

- 상부철근 응력 :

$f_{v2ru} = P_{tv2} / A_v + k \times M_{v2} \times Y_{dvru} / I_v$

$= -3920807.9 / 249533.4 + (-0.154) \times 4990 \times 1000000 \times (-1551.9) / 389024650629$

$= -12.647 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$f_{v2su} = P_{tv2} / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{dv2su} / I_{v2}$

$= -3920807.9 / 292293.1 + (-0.154) \times 4990 \times 1000000 \times (-1140.7) / 471328810605.44$

$= -11.554 \text{ MPa}$

$f_{v2sl} = P_{tv2} / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{dv2sl} / I_{v2}$

$= -3920807.9 / 292293.1 + (-0.154) \times 4990 \times 1000000 \times 1742.3 / 471328810605.44$

$= -16.255 \text{ MPa}$

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· $P_{tv3} = E_s \times \alpha \times \Delta t \times A_{tc} / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1487570.1 / 7 =$

5227746.4 N

· $M_{v3} = P_{tv3} \times D_{dvr} = 5227746.4 \times -857.2 / 1000000 =$

-4481.2 kN-m

- 상부철근 응력 :

· $f_{v3ru} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvru} / I_v - E_s \times \epsilon_t$

$= 5227746.4 / 249533.4 + (-0.154) \times (-4481.2) \times (-1551.9) / 389024650628.8 - 205000 \times 0.00012$

=

-6.403 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{v3su} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvsu} / I_v$

$= 5227746.4 / 249533.4 + (-0.154) \times (-4481.2) \times 1000000 \times (-1359.9) / 3890246506$

18.538 MPa

· $f_{v3sl} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvsl} / I_v$

$= 5227746.4 / 249533.4 + (-0.154) \times (-4481.2) \times 1000000 \times 1523.1 / 389024650628.8$

23.652 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· $F =$

6872118.5 mm²

· $\tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$

$= 644.08 \times 1000 / 90656 + 101.16 \times 1000000 / (2 \times 6872118.5 \times 16) =$

7.565 MPa

2) 단일합성시

· $F =$

6872118.5 mm²

· $\tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$

$= 1392.64 \times 1000 / 90656 + 192.39 \times 1000000 / (2 \times 6872118.5 \times 16) =$

16.237 MPa

3) 이중합성시

· $F =$

6915848.9 mm²

· $\tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$

$= 1841.38 \times 1000 / 90656 + 1693.9 \times 1000000 / (2 \times 6915848.9 \times 16) =$

27.966 MPa

(6) 허용응력검토 (도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ $f_{rta} =$ 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ $f_{rca} =$ 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1. 항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ $f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times - =$

0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ $f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times - =$

0.0 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sua} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

$$\begin{aligned} b &= 2400.0 \text{ mm} & (\text{보강된 판의 폭}) & \quad i = 1 \text{ (응력구배계수)} \\ n &= 5 & (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수}) & \\ t_{\min} &= 2400 / (80 \times 1 \times 5) = 6.0 \text{ mm} < t = 22 \text{ mm} & \therefore 0.K. \end{aligned}$$

- 가설완료후 최소두께 검토 :

$$\begin{aligned} b &= 2400.0 \text{ mm} & (\text{보강된 판의 폭}) & \quad i = 1 \text{ (응력구배계수)} \\ n &= 5 & (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수}) & \\ t_{\min} &= 2400 / (44 \times 1 \times 5) = 10.9 \text{ mm} < t = 22 \text{ mm} & \therefore 0.K. \end{aligned}$$

- 허용응력

$$\begin{aligned} \text{a) } b/(22 \times i \times n) &= 21.8 \text{ mm} & \text{b) } b/(44 \times i \times n) &= 10.9 \text{ mm} & \text{c) } b/(80 \times i \times n) &= 6.0 \text{ mm} \\ t &= 22 \text{ mm} \text{ 이므로, } \therefore f_{sla1} = -[f_{sua1}] & & & & -230.0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

$$\begin{aligned} - \text{ 합성전 : } t_{\min} &= b / (281 \times 1.2) = 2833 / (281 \times 1.2) = 8.402 \\ &\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/97.902)} = 1.533 > 1.2 \quad 1.20 \text{ 적용} \\ - \text{ 합성후 : } t_{\min} &= b / (281 \times 1.119) = 2833 / (281 \times 1.119) = 9.010 \\ &\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/183.723)} = 1.119 < 1.2 \quad 1.12 \text{ 적용} \\ \therefore t_{\min} &= 9.010 < t = 16.0 \text{ mm} \therefore 0.K. \end{aligned}$$

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

◎ 교변구간 < 단면 15 > 단면위치: 74,3/4지점(외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, f_{ck}	27 MPa	크리프계수(ϕ_1)	2
상부바닥판, E_c	27804 MPa	건조수축계수(ϕ_2)	4
하부콘크리트, f_{ck}	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, E_c	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(ϵ_s)	0.00027
강재 탄성계수, E_s	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.15428

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원

The diagram illustrates the cross-section of a bridge girder. Key dimensions include:

- B1**: Total width at the bottom flange.
- B2**: Width of the top flange.
- B3**: Total width at the top flange.
- H**: Total height of the girder.
- t1**: Thickness of the bottom flange.
- t2**: Thickness of the top flange.
- t3**: Thickness of the web.
- tr**: Thickness of the top reinforcement.
- tcl**: Thickness of the concrete layer on the top flange.
- tcu**: Thickness of the concrete layer on the bottom flange.
- Th**: Thickness of the top reinforcement.

 A coordinate system (X(3), Y(2)) is centered on the web, with X(3) pointing right and Y(2) pointing up. The angle Θ is indicated between the web and the vertical.

단면제원 (mm)

B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	2680
t1	18
t2	28
t3	14
tr	0.69
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께 (mm)	
tcu	60
tcl	40

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

$\Theta=0.000^\circ$

보강리브 제원 (mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	600	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	200	20	4	하부플랜지	2600	하부슬래브	0	n'(하부)	0

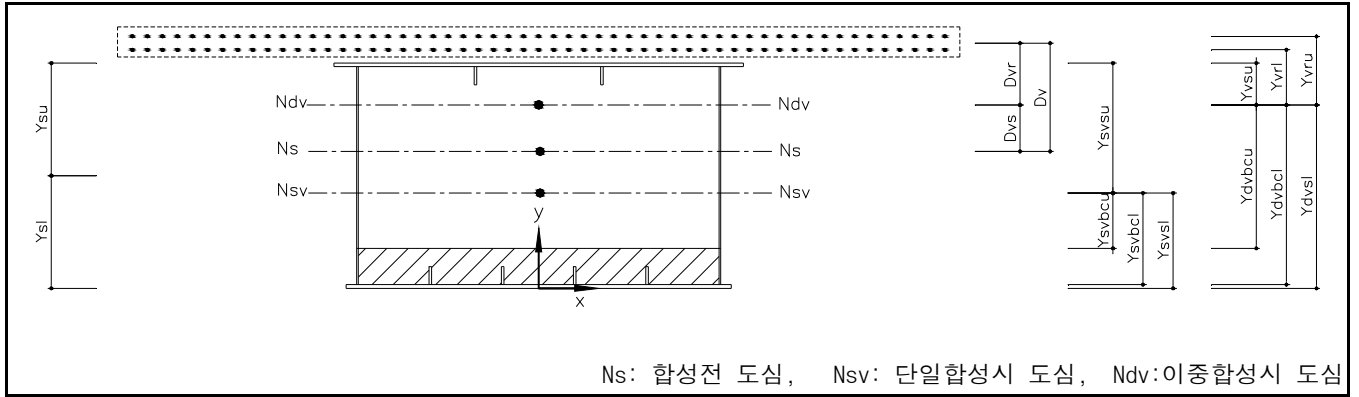
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-4545.9	-11697.8	-5278.3	-11053.8	-328.0	-32903.8
전단력, S (kN)	-488.6	-1250.6	-589.9	-1088.2	-13.2	-3430.4
비틀림, T (kN-m)	8.7	-5.3	159.8	1789.9	23.0	1976.13

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	600×28×2	33,600	2,712	9.112.E+07	2.195.E+06	8.310.E+10	8.310.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	2,680.0×14×2	75,040	1,358	1.019.E+08	4.491.E+10	3.586.E+09	4.850.E+10
하부리브	200×20×4	16,000	118	1.888.E+06	5.333.E+07	1.669.E+10	1.675.E+10
하부플랜지	2600×18×1	46,800	9	4.212.E+05	1.264.E+06	5.980.E+10	5.980.E+10
계		171,440		1.953.E+08			2.081.E+11

- 도심 : $y_s = 195336720/171440 = 1139.4 \text{ mm}$
 $Y_{su} = 1139.4 - 2726 = -1586.6 \text{ mm}$
 $Y_{sl} = 1139.4 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{su} = M_{d1} \times Y_{su} / I_s = -4,545.9 \times 1000000 \times (-1586.6) / 208145131488.4 = 34.651 \text{ MPa}$
 · $f_{sl} = M_{d1} \times Y_{sl} / I_s = -4,545.9 \times 1000000 \times 1139.4 / 208145131488.4 = -24.884 \text{ MPa}$

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
STEEL		171440.0	1139.4	1.95.E+08	2.08.E+11	-	2.08.E+11
계		171440.0		1.95.E+08			2.08.E+11

- 도심 : $y_{sv} = 195338736/171440 = 1139.4 \text{ mm}$ $n' = 0$
 $Y_{svsu} = 1139.4 - 2726 = -1586.6 \text{ mm}$
 $Y_{svsl} = 1139.4 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{vsu} = M_{d2} \times Y_{svsu} / I_{sv} = -11697.84 \times 1000000 \times (-1586.6) / 208145131488.4 = 89.168 \text{ MPa}$
 · $f_{vsl} = M_{d2} \times Y_{svsl} / I_{sv} = -11697.84 \times 1000000 \times 1139.4 / 208145131488.4 = -64.035 \text{ MPa}$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
상부바닥판 철근	H19x100	28650.0					
환산바닥판 철근		28650.0	2848.0	8.160.E+07		6.141.E+10	6.141.E+10
단일합성시		171440.0	1139.4	1.953.E+08	2.081.E+11	1.026.E+10	2.184.E+11
계		200090.0		2.769.E+08			2.798.E+11

- 2차 모멘트 계수 : $k = -0.154$

- 도심 : $Ydv = 276933936/200090 = 1384 \text{ mm}$

$Atc = 6300 \times 240 = 1512000 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비: $ns = 205000/200000 = 1$

$n = 7 \quad n' = 0$

$Ydvru = 1384 - 2918 = -1534.0 \text{ mm} \quad Ddvr = 1384 - 2848 = -1464.0 \text{ mm}$

$YdvrcI = 1384 - 2778 = -1394.0 \text{ mm} \quad Ddvs = 1384 - 1139.4 = 244.6 \text{ mm}$

$Ydv su = 1384 - 2726 = -1342.0 \text{ mm} \quad Ddv = 1464 + (244.6) = 1708.6 \text{ mm}$

$Ydvsl = 1384.0 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -5,278.3 \times 1000000 \times (-1534) / (1 \times 279807673078.4) = 28.938 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydv su / Iv = -5278.315 \times 1000000 \times (-1342) / 279807673078.4 = 25.316 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -5278.315 \times 1000000 \times 1384 / 279807673078.4 = -26.108 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -11053.8 \times 1000000 \times (-1534) / (1 \times 279807673078.4) = 60.601 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydv su / Iv = -11053.8 \times 1000000 \times (-1342) / 279807673078.4 = 53.016 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -11053.8 \times 1000000 \times 1384 / 279807673078.4 = -54.675 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -328 \times 1000000 \times (-1534) / (1 \times 279807673078.4) = 1.798 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydv su / Iv = -328 \times 1000000 \times (-1342) / 279807673078.4 = 1.573 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -328 \times 1000000 \times 1384 / 279807673078.4 = -1.622 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	2858.0	6.173.E+08	1.037.E+09	1.249.E+11	1.260.E+11
합성전		171440.0	1139.4	1.953.E+08	2.081.E+11	1.574.E+11	3.655.E+11
계		387440.0		8.127.E+08			4.915.E+11

- 탄성계수비: $n = 7$ $n' = 0$

- 도심 : $yv1 = 812666736/387440 = 2097.5 \text{ mm}$

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		108000.0	2858.0	3.087.E+08	5.184.E+08	1.201.E+11	1.206.E+11
합성전		171440.0	1139.4	1.953.E+08	2.081.E+11	7.564.E+10	2.838.E+11
계		279440.0		5.040.E+08			4.044.E+11

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$

- 도심 : $ydv1 = 504002736/279440 = 1803.6 \text{ mm}$

$Yv1tcu = 2097.5 - 2978 = -880.5 \text{ mm}$ $Dtc1 = 2097.5 - 2858 = -760.5 \text{ mm}$

$Yv1tcl = 2097.5 - 2738 = -640.5 \text{ mm}$ $Ddvct1 = 1803.6 - 2858 = -1054.4 \text{ mm}$

$Yv1su = 2097.5 - 2726 = -628.5 \text{ mm}$ $Av1 = As + Ac/n1 = 279440.0 \text{ mm}^2$

$Yv1sl = 2097.5 \text{ mm}$ $dc1 = dv \times As / (Ac/n1 + As) = 1054.383 \text{ mm}$

$Dvs1 = 2097.5 - 1139.4 = 958.1 \text{ mm}$ $ds1 = dv - dc1 = 664.217 \text{ mm}$

$Dv1 = 760.5 + 958.1 = 1718.6 \text{ mm}$

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

$Ntc = Md3 / (n \times Idv) \times Ddvct \times Atc$
 $= -5278.315 \times 1000000 / (7 \times 491482055266.4) \times (-760.5) \times 1512000 = 1,764,171 \text{ N}$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$Ptv1 = Ntc \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 1764170.7 \times 2 \times 2 / (2 + 2) = 1,764,171 \text{ N}$

$Mv1 = Ptv1 \times Ddvct1$
 $= 1764170.7 \times (-1054.4) / 1000000 = -1860.1 \text{ kN-m}$

- 상부철근 응력 :

$fv1ru = Ptv1 / Arv + k \times Mv1 \times Yvru / (Irv)$
 $= 1764170.7 / 200090 + (-0.154) \times (-1860.1) \times 1000000 \times (-1534) / 279807673078$
 $= 7.246 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$fv1su = Ptv1 / Av1 + k \times Mv1 \times Ydv su / Iv1$
 $= 1764170.7 / 279440 + (-0.154) \times (-1860.1) \times 1000000 \times (-628.5) / 404366293849.19$
 $= 5.868 \text{ MPa}$

$fv1sl = Ptv1 / Av1 + k \times Mv1 \times Ydvsl / Iv1$
 $= 1764170.7 / 279440 + (-0.154) \times (-1860.1) \times 1000000 \times 2097.5 / 404366293849.19$
 $= 7.799 \text{ MPa}$

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산상부바닥판		72,000	2,858	2.058.E+08	3.456.E+08	1.055.E+11	1.058.E+11
합성전		171,440	1,139	1.953.E+08	2.081.E+11	4.429.E+10	2.524.E+11
계		243,440	-	4.011.E+08			3.583.E+11

- 탄성계수비: $n_2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$

- 도심 : $y_{dv2} = 401114736 / 243440 = 1647.70 \text{ mm}$

$E_{c2} = E_s / n_2 = 205000 / 21 = 9761.9 \text{ MPa}$

$Y_{dv2su} = 1647.7 - 2726 = -1078.3 \text{ mm}$

$Y_{dv2sl} = 1647.7 \text{ mm}$

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$P_{tv2} = E_{c2} \times \epsilon_s \times A_{tc} = -9761.9 \times 0.00027 \times 1512000 = -3,985,198 \text{ N}$

$D_{dv} = 1647.7 - 2858 = -1,210 \text{ mm}$

$A_{v2} = A_s + A_{cu} / n_2 = 171440 + 1512000 / 21 = \text{mm}^2$

$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_{c2} / n_2 + A_s) = 1718.6 \times 171440 / (1512000 / 21 + 171440) = 1,210 \text{ mm}$

$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 1718.6 - 1210.3 = 508 \text{ mm}$

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

$M_{v2} = P_{tv2} \times D_{dv}$

$= [-3985198.1 \times (-1210.3)] / 1000000$

$= 4823.3 \text{ kN-m}$

- 상부철근 응력 :

$f_{v2ru} = P_{tv2} / A_v + k \times M_{v2} \times Y_{dvru} / I_v$

$= -3985198.1 / 200090 + (-0.154) \times 4823.3 \times 1000000 \times (-1534) / 279807673078$

$= -15.845 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$f_{v2su} = P_{tv2} / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{dv2su} / I_{v2}$

$= -3985198.1 / 243440 + (-0.154) \times 4823.3 \times 1000000 \times (-1078.3) / 358252972470$

$= -14.135 \text{ MPa}$

$f_{v2sl} = P_{tv2} / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{dv2sl} / I_{v2}$

$= -3985198.1 / 243440 + (-0.154) \times 4823.3 \times 1000000 \times 1647.7 / 358252972470$

$= -19.787 \text{ MPa}$

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$$\cdot P_{tv3} = E_s \times \alpha \times \Delta t \times A_{tc} / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1512000 / 7 = 5313600.0 \text{ N}$$

$$\cdot M_{v3} = P_{tv3} \times D_{dvr} = 5313600 \times -760.5 / 1000000 = -4041.0 \text{ kN-m}$$

- 상부철근 응력 :

$$\cdot f_{v3ru} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvru} / I_v - E_s \cdot \epsilon_t$$

$$= 5313600 / 200090 + (-0.154) \times (-4041) \times (-1534) / 279807673078.4 - 205000 \times 0.00012$$

$$= -1.456 \text{ MPa}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\cdot f_{v3su} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvsu} / I_v$$

$$= 5313600 / 200090 + (-0.154) \times (-4041) \times 1000000 \times (-1342) / 279807673078.4 = 23.571 \text{ MPa}$$

$$\cdot f_{v3sl} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvsl} / I_v$$

$$= 5313600 / 200090 + (-0.154) \times (-4041) \times 1000000 \times 1384 / 279807673078.4 = 29.634 \text{ MPa}$$

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

$$\cdot F = 6492259.7 \text{ mm}^2$$

$$\cdot \tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$$

$$= 488.56 \times 1000 / 75040 + 8.72 \times 1000000 / (2 \times 6492259.7 \times 14) = 6.559 \text{ MPa}$$

2) 단일합성시

$$\cdot F = 6492259.7 \text{ mm}^2$$

$$\cdot \tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$$

$$= 1250.58 \times 1000 / 75040 + 5.29 \times 1000000 / (2 \times 6492259.7 \times 14) = 16.695 \text{ MPa}$$

3) 이중합성시

$$\cdot F = 6535953.8 \text{ mm}^2$$

$$\cdot \tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$$

$$= 1678.09 \times 1000 / 75040 + 1949.66 \times 1000000 / (2 \times 6535953.8 \times 14) = 33.016 \text{ MPa}$$

(6) 허용응력검토

(도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : $\therefore f_{rta} = 160.0 \text{ MPa}$

- 허용압축응력 : $\therefore f_{rca} = 180.0 \text{ MPa}$

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1. 항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

$$\therefore f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times - = 0.0 \text{ MPa}$$

- 허용인장응력 :

$$\therefore f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times - = 0.0 \text{ MPa}$$

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sua} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

$$\begin{aligned} b &= 2400.0 \text{ mm} & (\text{보강된 판의 폭}) & \quad i = 1 \text{ (응력구배계수)} \\ n &= 5 & (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수}) & \\ t_{\min} &= 2400 / (80 \times 1 \times 5) = 6.0 \text{ mm} < t = 18 \text{ mm} & \therefore 0.K. \end{aligned}$$

- 가설완료후 최소두께 검토 :

$$\begin{aligned} b &= 2400.0 \text{ mm} & (\text{보강된 판의 폭}) & \quad i = 1 \text{ (응력구배계수)} \\ n &= 5 & (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수}) & \\ t_{\min} &= 2400 / (44 \times 1 \times 5) = 10.9 \text{ mm} < t = 18 \text{ mm} & \therefore 0.K. \end{aligned}$$

- 허용응력

$$\begin{aligned} \text{㉑ } b/(22 \times i \times n) &= 21.8 \text{ mm} & \text{㉒ } b/(44 \times i \times n) &= 10.9 \text{ mm} & \text{㉓ } b/(80 \times i \times n) &= 6.0 \text{ mm} \\ t &= 18 \text{ mm} \text{ 이므로, } \therefore f_{sla1} = -[230 - 5.2 \times (b/(t \times i \times n) - 22)] = -205.7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

$$\begin{aligned} - \text{합성전 : } t_{\min} &= b / (281 \times 1.2) = 2680 / (281 \times 1.2) = 7.948 \\ &\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/88.919)} = 1.521 > 1.2 \quad 1.20 \text{ 적용} \\ - \text{합성후 : } t_{\min} &= b / (281 \times 1.096) = 2680 / (281 \times 1.096) = 8.702 \\ &\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(205.733/171.324)} = 1.096 < 1.2 \quad 1.10 \text{ 적용} \\ \therefore t_{\min} &= 8.702 < t = 14.0 \text{ mm} \therefore 0.K. \end{aligned}$$

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

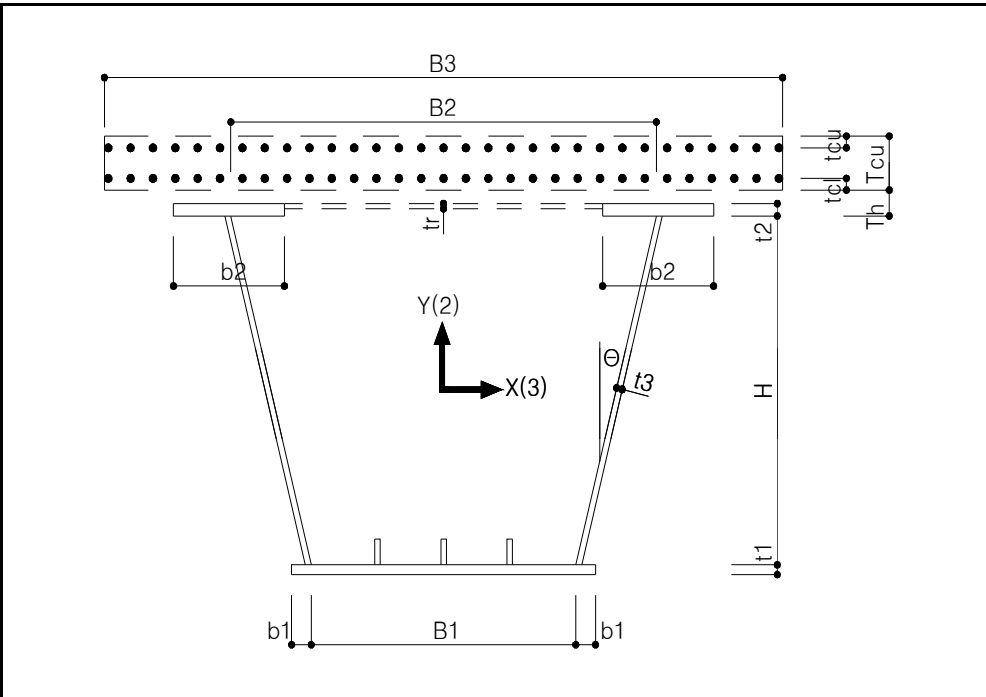
◎ 교변구간 < 단면 16 > 단면위치: 76,1/4지점(외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(ϕ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(ϕ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(ϵ_s)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.15392

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원

		단면제원(mm)	
		B1	2400
		B2	2400
		B3	6300
		H	2514
		t1	14
		t2	18
		t3	12
		tr	0.68
		Tcu	240
		Th	40
		Tcl	0
		b1	100
		b2	500
		피복두께(mm)	
		tcu	60
		tcl	40

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 $\Theta=0.000^\circ$

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	180	16	4	하부플랜지	2600	하부슬래브	0	n'(하부)	0

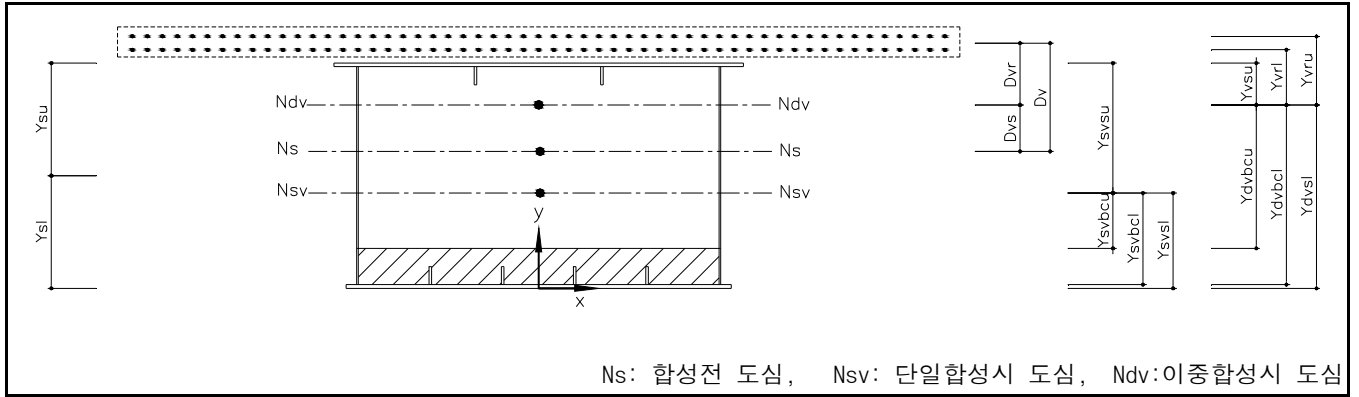
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-1417.5	-3288.6	-1329.4	-7055.7	-221.4	-13312.6
전단력, S (kN)	-331.8	-926.7	-432.4	-912.1	-14.4	-2617.5
비틀림, T (kN-m)	63.4	193.7	244.2	1391.6	15.7	1908.63

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	500×18×2	18,000	2,537	4.567.E+07	4.860.E+05	4.360.E+10	4.360.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	2,514.0×12×2	60,336	1,271	7.669.E+07	3.178.E+10	5.088.E+09	3.687.E+10
하부리브	180×16×4	11,520	104	1.198.E+06	3.110.E+07	8.852.E+09	8.883.E+09
하부플랜지	2600×14×1	36,400	7	2.548.E+05	5.945.E+05	3.450.E+10	3.450.E+10
계		126,256		1.238.E+08			1.239.E+11

- 도심 : $y_s = 123805936 / 126256 = 980.6 \text{ mm}$
 $Y_{su} = 980.6 - 2546 = -1565.4 \text{ mm}$
 $Y_{sl} = 980.6 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{su} = M_{d1} \times Y_{su} / I_s = -1,417.5 \times 1000000 \times (-1565.4) / 123856987341.8 = 17.915 \text{ MPa}$
 · $f_{sl} = M_{d1} \times Y_{sl} / I_s = -1,417.5 \times 1000000 \times 980.6 / 123856987341.8 = -11.222 \text{ MPa}$

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
STEEL		126256.0	980.6	1.24.E+08	1.24.E+11	-	1.24.E+11
계		126256.0		1.24.E+08			1.24.E+11

- 도심 : $y_{sv} = 123806634 / 126256 = 980.6 \text{ mm}$ $n' = 0$
 $Y_{svsu} = 980.6 - 2546 = -1565.4 \text{ mm}$
 $Y_{svsl} = 980.6 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{vsu} = M_{d2} \times Y_{svsu} / I_{sv} = -3288.638 \times 1000000 \times (-1565.4) / 123856987341.8 = 41.564 \text{ MPa}$
 · $f_{vsl} = M_{d2} \times Y_{svsl} / I_{sv} = -3288.638 \times 1000000 \times 980.6 / 123856987341.8 = -26.037 \text{ MPa}$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
상부바닥판 철근	H19x100	28650.0					
환산바닥판 철근		28650.0	2678.0	7.672.E+07		5.484.E+10	5.484.E+10
단일합성시		126256.0	980.6	1.238.E+08	1.239.E+11	1.244.E+10	1.363.E+11
계		154906.0		2.005.E+08			1.911.E+11

- 2차 모멘트 계수 : $k = -0.154$

- 도심 : $Ydv = 200531334/154906 = 1295 \text{ mm}$

$Atc = 6300 \times 240 = 1512000 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비: $ns = 205000/200000 = 1$

$n = 7 \quad n' = 0$

$Ydvru = 1294.5 - 2748 = -1453.5 \text{ mm} \quad Ddvr = 1294.5 - 2678 = -1383.5 \text{ mm}$

$YdvrcI = 1294.5 - 2608 = -1313.5 \text{ mm} \quad Ddvs = 1294.5 - 980.6 = 313.9 \text{ mm}$

$Ydvsl = 1294.5 - 2546 = -1251.5 \text{ mm} \quad Ddv = 1383.5 + (313.9) = 1697.4 \text{ mm}$

$Ydvsl = 1294.5 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -1,329.4 \times 1000000 \times (-1453.5) / (1 \times 191135566266.8) = 10.110 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -1329.439 \times 1000000 \times (-1251.5) / 191135566266.8 = 8.705 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -1329.439 \times 1000000 \times 1294.5 / 191135566266.8 = -9.004 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -7055.7 \times 1000000 \times (-1453.5) / (1 \times 191135566266.8) = 53.655 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -7055.7 \times 1000000 \times (-1251.5) / 191135566266.8 = 46.199 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -7055.7 \times 1000000 \times 1294.5 / 191135566266.8 = -47.786 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -221.4 \times 1000000 \times (-1453.5) / (1 \times 191135566266.8) = 1.684 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -221.4 \times 1000000 \times (-1251.5) / 191135566266.8 = 1.450 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -221.4 \times 1000000 \times 1294.5 / 191135566266.8 = -1.499 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	2688.0	5.806.E+08	1.037.E+09	8.568.E+10	8.671.E+10
합성전		126256.0	980.6	1.238.E+08	1.239.E+11	1.466.E+11	2.705.E+11
계		342256.0		7.044.E+08			3.572.E+11

- 탄성계수비: $n = 7$ $n' = 0$

- 도심 : $yv1 = 704414634/342256 = 2058.2 \text{ mm}$

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		108000.0	2688.0	2.903.E+08	5.184.E+08	9.146.E+10	9.198.E+10
합성전		126256.0	980.6	1.238.E+08	1.239.E+11	7.823.E+10	2.021.E+11
계		234256.0		4.141.E+08			2.941.E+11

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$

- 도심 : $ydv1 = 414110633.6/234256 = 1767.8 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 Yv1tcu &= 2058.2 - 2808 = -749.8 \text{ mm} & Dtc1 &= 2058.2 - 2688 = -629.8 \text{ mm} \\
 Yv1tcl &= 2058.2 - 2568 = -509.8 \text{ mm} & Ddvct1 &= 1767.8 - 2688 = -920.2 \text{ mm} \\
 Yv1su &= 2058.2 - 2546 = -487.8 \text{ mm} & Av1 &= As + Ac/n1 = 234256.0 \text{ mm}^2 \\
 Yv1sl &= 2058.2 \text{ mm} & dc1 &= dv \times As / (Ac/n1 + As) = 920.230 \text{ mm} \\
 Dvs1 &= 2058.2 - 980.6 = 1077.6 \text{ mm} & ds1 &= dv - dc1 = 787.170 \text{ mm} \\
 Dv1 &= 629.8 + 1077.6 = 1707.4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

① 2차 고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

$$\begin{aligned}
 Ntc &= Md3 / (n \times Idv) \times Ddvct \times Atc \\
 &= -1329.439 \times 1000000 / (7 \times 357180978512.8) \times (-629.8) \times 1512000 = 506,333 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$$Ptv1 = Ntc \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 506333.3 \times 2 \times 2 / (2 + 2) = 506,333 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 Mv1 &= Ptv1 \times Ddvct1 \\
 &= 506333.3 \times (-920.2) / 1000000 = -465.9 \text{ kN-m}
 \end{aligned}$$

- 상부철근 응력 :

$$\begin{aligned}
 fv1ru &= Ptv1 / Arv + k \times Mv1 \times Yvru / (Irv) \\
 &= 506333.3 / 154906 + (-0.154) \times (-465.9) \times 1000000 \times (-1453.5) / 191135566267 \\
 &= 2.723 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned}
 fv1su &= Ptv1 / Av1 + k \times Mv1 \times Ydvsu / Iv1 \\
 &= 506333.3 / 234256 + (-0.154) \times (-465.9) \times 1000000 \times (-487.8) / 294065138348.239 \\
 &= 2.042 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 fv1sl &= Ptv1 / Av1 + k \times Mv1 \times Ydvsl / Iv1 \\
 &= 506333.3 / 234256 + (-0.154) \times (-465.9) \times 1000000 \times 2058.2 / 294065138348.239 \\
 &= 2.664 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산상부바닥판		72,000	2,688	1.935.E+08	3.456.E+08	8.512.E+10	8.547.E+10
합성전		126,256	981	1.238.E+08	1.239.E+11	4.855.E+10	1.724.E+11
계		198,256	-	3.173.E+08			2.579.E+11

$$\begin{aligned}
 - \text{탄성계수비: } n_2 &= n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21 \\
 - \text{도심: } y_{dv2} &= 317342633.6 / 198256 = 1600.70 \text{ mm} \\
 E_{c2} &= E_s / n_2 = 205000 / 21 = 9761.9 \text{ MPa} \\
 Y_{dv2su} &= 1600.7 - 2546 = -945.3 \text{ mm} \\
 Y_{dv2sl} &= 1600.7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$$\begin{aligned}
 P_{tv2} &= E_{c2} \times \epsilon_s \times A_{tc} = -9761.9 \times 0.00027 \times 1512000 = -3,985,198 \text{ N} \\
 D_{dv} &= 1600.7 - 2688 = -1,087 \text{ mm} \\
 A_{v2} &= A_s + A_{cu}/n_2 = 126256 + 1512000 / 21 = \text{mm}^2 \\
 d_{c2} &= d_v \cdot A_s / (A_{c2}/n_2 + A_s) = 1707.4 \times 126256 / (1512000 / 21 + 126256) = 1,087 \text{ mm} \\
 d_{s2} &= d_v - d_{c2} = 1707.4 - 1087.3 = 620 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

$$\begin{aligned}
 M_{v2} &= P_{tv2} \times D_{dv} \\
 &= [-3985198.1 \times (-1087.3)] / 1000000 \\
 &= 4333.1 \text{ kN-m}
 \end{aligned}$$

- 상부철근 응력 :

$$\begin{aligned}
 f_{v2ru} &= P_{tv2} / A_v + k \times M_{v2} \times Y_{dvru} / I_v \\
 &= -3985198.1 / 154906 + (-0.154) \times 4333.1 \times 1000000 \times (-1453.5) / 191135566267 \\
 &= -20.652 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned}
 f_{v2su} &= P_{tv2} / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{dv2su} / I_{v2} \\
 &= -3985198.1 / 198256 + (-0.154) \times 4333.1 \times 1000000 \times (-945.3) / 257870983628.36 \\
 &= -17.655 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{v2sl} &= P_{tv2} / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{dv2sl} / I_{v2} \\
 &= -3985198.1 / 198256 + (-0.154) \times 4333.1 \times 1000000 \times 1600.7 / 257870983628.36 \\
 &= -24.243 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· $P_{tv3} = E_s \times \alpha \times \Delta t \times A_{tc} / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1512000 / 7 =$

5313600.0 N

· $M_{v3} = P_{tv3} \times D_{dvr} = 5313600 \times -629.8 / 1000000 =$

-3346.5 kN-m

- 상부철근 응력 :

· $f_{v3ru} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvru} / I_v - E_s \cdot \epsilon_t$

$= 5313600 / 154906 + (-0.154) \times (-3346.5) \times (-1453.5) / 191135566266.8 - 205000 \times 0.00012$

=

5.783 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{v3su} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dv su} / I_v$

$= 5313600 / 154906 + (-0.154) \times (-3346.5) \times 1000000 \times (-1251.5) / 191135566266.8$

30.928 MPa

· $f_{v3sl} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dv sl} / I_v$

$= 5313600 / 154906 + (-0.154) \times (-3346.5) \times 1000000 \times 1294.5 / 191135566266.8 =$

37.792 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· $F =$

6081642.8 mm²

· $\tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$

$= 331.76 \times 1000 / 60336 + 63.38 \times 1000000 / (2 \times 6081642.8 \times 12) =$

5.933 MPa

2) 단일합성시

· $F =$

6081642.8 mm²

· $\tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$

$= 926.75 \times 1000 / 60336 + 193.73 \times 1000000 / (2 \times 6081642.8 \times 12) =$

16.687 MPa

3) 이중합성시

· $F =$

6125300.7 mm²

· $\tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$

$= 1344.57 \times 1000 / 60336 + 1635.86 \times 1000000 / (2 \times 6125300.7 \times 12) =$

33.412 MPa

(6) 허용응력검토 (도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ $f_{rta} =$

160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ $f_{rca} =$

180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1. 항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ $f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times - =$

0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ $f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times - =$

0.0 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sua} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

$$\begin{aligned} b &= 2400.0 \text{ mm} & (\text{보강된 판의 폭}) & \quad i = 1 \text{ (응력구배계수)} \\ n &= 5 & (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수}) & \\ t_{\min} = 2400 / (80 \times 1 \times 5) &= 6.0 \text{ mm} < t = 14 \text{ mm} & \therefore 0.K. \end{aligned}$$

- 가설완료후 최소두께 검토 :

$$\begin{aligned} b &= 2400.0 \text{ mm} & (\text{보강된 판의 폭}) & \quad i = 1 \text{ (응력구배계수)} \\ n &= 5 & (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수}) & \\ t_{\min} = 2400 / (44 \times 1 \times 5) &= 10.9 \text{ mm} < t = 14 \text{ mm} & \therefore 0.K. \end{aligned}$$

- 허용응력

$$\begin{aligned} \text{㉑ } b/(22 \times i \times n) &= 21.8 \text{ mm} & \text{㉒ } b/(44 \times i \times n) &= 10.9 \text{ mm} & \text{㉓ } b/(80 \times i \times n) &= 6.0 \text{ mm} \\ t &= 14 \text{ mm} \text{ 이므로, } \therefore f_{sla1} = -[230 - 5.2 \times (b/(t \times i \times n) - 22)] &= -166.1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

$$\begin{aligned} - \text{합성전 : } t_{\min} &= b / (281 \times 1.2) = 2514 / (281 \times 1.2) = 7.456 \\ &\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/37.259)} = 2.111 > 1.2 \quad 1.20 \text{ 적용} \\ - \text{합성후 : } t_{\min} &= b / (281 \times 1.2) = 2514 / (281 \times 1.2) = 7.456 \\ &\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(166.114/95.548)} = 1.319 > 1.2 \quad 1.20 \text{ 적용} \\ \therefore t_{\min} &= 7.456 < t = 12.0 \text{ mm} \therefore 0.K. \end{aligned}$$

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

◎ 교변구간 < 단면 18 > 단면위치: 68,1지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, f_{ck}	27 MPa	크리프계수(ϕ_1)	2
상부바닥판, E_c	27804 MPa	건조수축계수(ϕ_2)	4
하부콘크리트, f_{ck}	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, E_c	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(ϵ_s)	0.00027
강재 탄성계수, E_s	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.05833

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

$\Theta=0.000^\circ$

단면제원 (mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3168
t1	18
t2	24
t3	16
tr	0.68
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께 (mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원 (mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	180	16	4	하부플랜지	2583	하부슬래브	0	n'(하부)	0

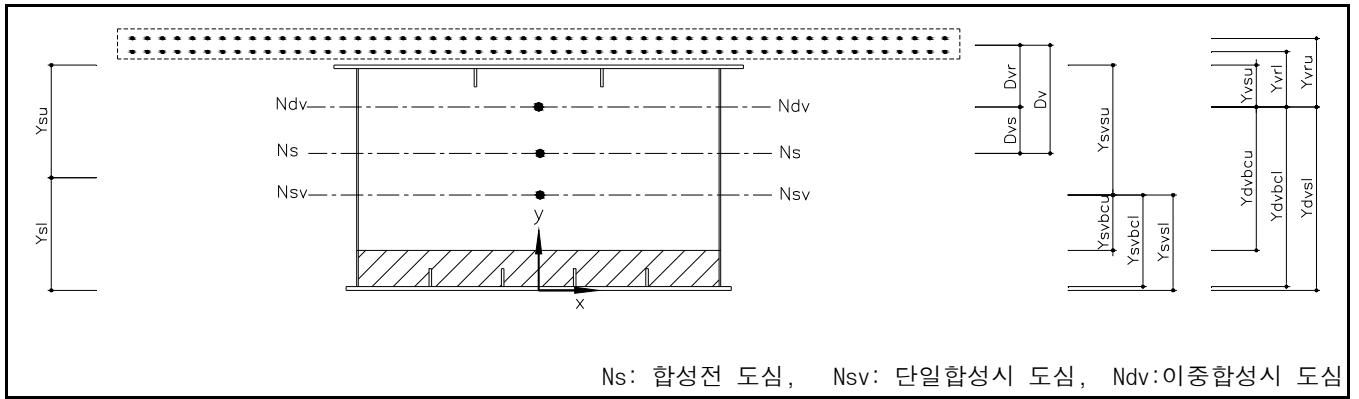
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-4325.7	-12835.0	-5460.4	-14298.0	-483.2	-37402.2
전단력, S (kN)	786.9	1582.8	757.0	1188.3	4.2	4319.3
비틀림, T (kN-m)	-585.4	-684.3	-458.7	-2475.0	-45.7	-4249.14

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	500×24×2	24,000	3,198	7.675.E+07	1.152.E+06	8.526.E+10	8.526.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,168.0×16×2	101,376	1,602	1.624.E+08	8.479.E+10	8.455.E+09	9.324.E+10
하부리브	180×16×4	11,520	108	1.244.E+06	3.110.E+07	1.673.E+10	1.676.E+10
하부플랜지	2582.8×18×1	46,490	9	4.184.E+05	1.255.E+06	7.908.E+10	7.908.E+10
계		183,386		2.408.E+08			2.743.E+11

- 도심 : $y_s = 240818921/183385.9 = 1313.2 \text{ mm}$
 $Y_{su} = 1313.2 - 3210 = -1896.8 \text{ mm}$
 $Y_{sl} = 1313.2 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{su} = M_{d1} \times Y_{su} / I_s = -4,325.7 \times 1000000 \times (-1896.8) / 274343448315.4 = 29.907 \text{ MPa}$
 · $f_{sl} = M_{d1} \times Y_{sl} / I_s = -4,325.7 \times 1000000 \times 1313.2 / 274343448315.4 = -20.706 \text{ MPa}$

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
STEEL		183385.9	1313.2	2.41.E+08	2.74.E+11	-	2.74.E+11
계		183385.9		2.41.E+08			2.74.E+11

- 도심 : $y_{sv} = 240822364/183385.9 = 1313.2 \text{ mm}$ $n' = 0$
 $Y_{svsu} = 1313.2 - 3210 = -1896.8 \text{ mm}$
 $Y_{svsl} = 1313.2 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{vsu} = M_{d2} \times Y_{svsu} / I_{sv} = -12834.99 \times 1000000 \times (-1896.8) / 274343448315.4 = 88.741 \text{ MPa}$
 · $f_{vsl} = M_{d2} \times Y_{svsl} / I_{sv} = -12834.99 \times 1000000 \times 1313.2 / 274343448315.4 = -61.437 \text{ MPa}$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
상부바닥판 철근	H19x100	28650.0					
환산바닥판 철근		28650.0	3336.0	9.558.E+07		8.769.E+10	8.769.E+10
단일합성시		183385.9	1313.2	2.408.E+08	2.743.E+11	1.370.E+10	2.880.E+11
계		212035.9		3.364.E+08			3.757.E+11

- 2차 모멘트 계수 : $k = 0.058$

- 도심 : $Ydv = 336398764/212035.9 = 1587 \text{ mm}$

$Atc = 6300 \times 240 = 1512000 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비: $ns = 205000/200000 = 1$

$n = 7 \quad n' = 0$

$Ydvru = 1586.5 - 3406 = -1819.5 \text{ mm} \quad Ddvr = 1586.5 - 3336 = -1749.5 \text{ mm}$

$Ydvrc = 1586.5 - 3266 = -1679.5 \text{ mm} \quad Ddvs = 1586.5 - 1313.2 = 273.3 \text{ mm}$

$Ydvsl = 1586.5 - 3210 = -1623.5 \text{ mm} \quad Ddv = 1749.5 + (273.3) = 2022.8 \text{ mm}$

$Ydvsl = 1586.5 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -5,460.4 \times 1000000 \times (-1819.5) / (1 \times 375731565834.4) = 26.442 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -5460.355 \times 1000000 \times (-1623.5) / 375731565834.4 = 23.594 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -5460.355 \times 1000000 \times 1586.5 / 375731565834.4 = -23.056 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -14298 \times 1000000 \times (-1819.5) / (1 \times 375731565834.4) = 69.239 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -14298 \times 1000000 \times (-1623.5) / 375731565834.4 = 61.780 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -14298 \times 1000000 \times 1586.5 / 375731565834.4 = -60.372 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -483.2 \times 1000000 \times (-1819.5) / (1 \times 375731565834.4) = 2.340 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -483.2 \times 1000000 \times (-1623.5) / 375731565834.4 = 2.088 \text{ MPa}$

$\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -483.2 \times 1000000 \times 1586.5 / 375731565834.4 = -2.040 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3346.0	7.227.E+08	1.037.E+09	1.882.E+11	1.892.E+11
합성전		183385.9	1313.2	2.408.E+08	2.743.E+11	2.217.E+11	4.960.E+11
계		399385.9		9.636.E+08			6.852.E+11

- 탄성계수비: $n = 7$ $n' = 0$

- 도심 : $yv1 = 963558364/399385.9 = 2412.6 \text{ mm}$

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		108000.0	3346.0	3.614.E+08	5.184.E+08	1.768.E+11	1.773.E+11
합성전		183385.9	1313.2	2.408.E+08	2.743.E+11	1.041.E+11	3.784.E+11
계		291385.9		6.022.E+08			5.557.E+11

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$

- 도심 : $ydv1 = 602190363.9/291385.9 = 2066.6 \text{ mm}$

$Yv1tcu = 2412.6 - 3466 = -1053.4 \text{ mm}$ $Dtc1 = 2412.6 - 3346 = -933.4 \text{ mm}$

$Yv1tcl = 2412.6 - 3226 = -813.4 \text{ mm}$ $Ddvct1 = 2066.6 - 3346 = -1279.4 \text{ mm}$

$Yv1su = 2412.6 - 3210 = -797.4 \text{ mm}$ $Av1 = As + Ac/n1 = 291385.9 \text{ mm}^2$

$Yv1sl = 2412.6 \text{ mm}$ $dc1 = dv \times As / (Ac/n1 + As) = 1279.358 \text{ mm}$

$Dvs1 = 2412.6 - 1313.2 = 1099.4 \text{ mm}$ $ds1 = dv - dc1 = 753.442 \text{ mm}$

$Dv1 = 933.4 + 1099.4 = 2032.8 \text{ mm}$

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

$Ntc = Md3 / (n \times Idv) \times Ddvct \times Atc$
 $= -5460.355 \times 1000000 / (7 \times 685222064906.4) \times (-933.4) \times 1512000 = 1,606,612 \text{ N}$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$Ptv1 = Ntc \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 1606612.3 \times 2 \times 2 / (2 + 2) = 1,606,612 \text{ N}$

$Mv1 = Ptv1 \times Ddvct1$
 $= 1606612.3 \times (-1279.4) / 1000000 = -2055.4 \text{ kN-m}$

- 상부철근 응력 :

$fv1ru = Ptv1 / Arv + k \times Mv1 \times Yvru / (Irv)$
 $= 1606612.3 / 212035.9 + (0.058) \times (-2055.4) \times 1000000 \times (-1819.5) / 375731565834$
 $= 8.154 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$fv1su = Ptv1 / Av1 + k \times Mv1 \times Ydvsl / Iv1$
 $= 1606612.3 / 291385.9 + (0.058) \times (-2055.4) \times 1000000 \times (-797.4) / 555735155460.32$
 $= 5.685 \text{ MPa}$

$fv1sl = Ptv1 / Av1 + k \times Mv1 \times Ydvsl / Iv1$
 $= 1606612.3 / 291385.9 + (0.058) \times (-2055.4) \times 1000000 \times 2412.6 / 555735155460.32$
 $= 4.996 \text{ MPa}$

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산상부바닥판		72,000	3,346	2.409.E+08	3.456.E+08	1.534.E+11	1.538.E+11
합성전		183,386	1,313	2.408.E+08	2.743.E+11	6.023.E+10	3.346.E+11
계		255,386	-	4.817.E+08			4.883.E+11

- 탄성계수비: $n_2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$

- 도심 : $y_{dv2} = 481734363.9 / 255385.9 = 1886.30 \text{ mm}$

$E_{c2} = E_s / n_2 = 205000 / 21 = 9761.9 \text{ MPa}$

$Y_{dv2su} = 1886.3 - 3210 = -1323.7 \text{ mm}$

$Y_{dv2sl} = 1886.3 \text{ mm}$

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$P_{tv2} = E_{c2} \times \epsilon_s \times A_{tc} = -9761.9 \times 0.00027 \times 1512000 = -3,985,198 \text{ N}$

$D_{dv} = 1886.3 - 3346 = -1,460 \text{ mm}$

$A_{v2} = A_s + A_{cu}/n_2 = 183385.9 + 1512000 / 21 = \text{--- mm}^2$

$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_{cu}/n_2 + A_s) = 2032.8 \times 183385.9 / (1512000 / 21 + 183385.9) = 1,460 \text{ mm}$

$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 2032.8 - 1459.7 = 573 \text{ mm}$

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

$M_{v2} = P_{tv2} \times D_{dv}$

$= [-3985198.1 \times (-1459.7)] / 1000000$

$= 5817.2 \text{ kN-m}$

- 상부철근 응력 :

$f_{v2ru} = P_{tv2} / A_v + k \times M_{v2} \times Y_{dvru} / I_v$

$= -3985198.1 / 212035.9 + (0.058) \times 5817.2 \times 1000000 \times (-1819.5) / 375731565834$

$= -20.429 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$f_{v2su} = P_{tv2} / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{dv2su} / I_{v2}$

$= -3985198.1 / 255385.9 + (0.058) \times 5817.2 \times 1000000 \times (-1323.7) / 488333109814.499$

$= -16.519 \text{ MPa}$

$f_{v2sl} = P_{tv2} / A_{v2} + k \times M_{v2} \times Y_{dv2sl} / I_{v2}$

$= -3985198.1 / 255385.9 + (0.058) \times 5817.2 \times 1000000 \times 1886.3 / 488333109814.499$

$= -14.301 \text{ MPa}$

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· $P_{tv3} = E_s \times \alpha \times \Delta t \times A_{tc} / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1512000 / 7 =$

5313600.0 N

· $M_{v3} = P_{tv3} \times D_{dvr} = 5313600 \times -933.4 / 1000000 =$

-4959.7 kN-m

- 상부철근 응력 :

· $f_{v3ru} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvru} / I_v - E_s \times \epsilon_t$

$= 5313600 / 212035.9 + (0.058) \times (-4959.7) \times (-1819.5) / 375731565834.4 - 205000 \times 0.00012$
 $=$

1.853 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{v3su} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvsu} / I_v$

$= 5313600 / 212035.9 + (0.058) \times (-4959.7) \times 1000000 \times (-1623.5) / 375731565834.4$
 $=$

26.303 MPa

· $f_{v3sl} = P_{tv3} / A_v + k \times M_{v3} \times Y_{dvsl} / I_v$

$= 5313600 / 212035.9 + (0.058) \times (-4959.7) \times 1000000 \times 1586.5 / 375731565834.4 =$
 $=$

23.845 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· $F =$

7676639.8 mm²

· $\tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$

$= 786.91 \times 1000 / 101376 + 585.38 \times 1000000 / (2 \times 7676639.8 \times 16) =$
 $=$

10.145 MPa

2) 단일합성시

· $F =$

7676639.8 mm²

· $\tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$

$= 1582.84 \times 1000 / 101376 + 684.34 \times 1000000 / (2 \times 7676639.8 \times 16) =$
 $=$

18.399 MPa

3) 이중합성시

· $F =$

7720370.1 mm²

· $\tau = S / A_w + T / (2 \times F \times t_3)$

$= 1945.38 \times 1000 / 101376 + 2933.74 \times 1000000 / (2 \times 7720370.1 \times 16) =$
 $=$

31.065 MPa

(6) 허용응력검토 (도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ $f_{rta} =$

160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ $f_{rca} =$

180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1. 항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ $f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times - =$

0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ $f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times - =$

0.0 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sua} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

$$\begin{aligned} b &= 2400.0 \text{ mm} & (\text{보강된 판의 폭}) & \quad i = 1 \text{ (응력구배계수)} \\ n &= 5 & (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수}) & \\ t_{\min} &= 2400 / (80 \times 1 \times 5) = 6.0 \text{ mm} < t = 18 \text{ mm} & \therefore 0.K. \end{aligned}$$

- 가설완료후 최소두께 검토 :

$$\begin{aligned} b &= 2400.0 \text{ mm} & (\text{보강된 판의 폭}) & \quad i = 1 \text{ (응력구배계수)} \\ n &= 5 & (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수}) & \\ t_{\min} &= 2400 / (44 \times 1 \times 5) = 10.9 \text{ mm} < t = 18 \text{ mm} & \therefore 0.K. \end{aligned}$$

- 허용응력

$$\begin{aligned} \text{㉑ } b/(22 \times i \times n) &= 21.8 \text{ mm} & \text{㉒ } b/(44 \times i \times n) &= 10.9 \text{ mm} & \text{㉓ } b/(80 \times i \times n) &= 6.0 \text{ mm} \\ t &= 18 \text{ mm} \text{ 이므로, } \therefore f_{sla1} = -[230 - 5.2 \times (b/(t \times i \times n) - 22)] = -205.7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

$$\begin{aligned} \text{- 합성전 : } t_{\min} &= b / (281 \times 1.2) = 3168 / (281 \times 1.2) = 9.395 \\ &\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/82.143)} = 1.583 > 1.2 \quad 1.20 \text{ 적용} \\ \text{- 합성후 : } t_{\min} &= b / (281 \times 1.108) = 3168 / (281 \times 1.108) = 10.175 \\ &\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(205.733/167.611)} = 1.108 < 1.2 \quad 1.11 \text{ 적용} \\ \therefore t_{\min} &= 10.175 < t = 16.0 \text{ mm} \therefore 0.K. \end{aligned}$$

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(ϕ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(ϕ_2)	4
하부콘크리트, fck	40 MPa	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	30891 MPa	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(ϵ_s)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.06619

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원

단면제원 (mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3466
t1	22
t2	24
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	40
Tcl	490
b1	100
b2	250
피복두께 (mm)	
tcu	60
tcl	40

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 $\Theta=0.000^{\circ}$

보강리브 제원 (mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	120	12	2	상부플랜지	2854	상부바닥판	6045	n(상부)	7
하부리브	220	20	1	하부플랜지	2554	하부슬래브	2354	n'(하부)	7

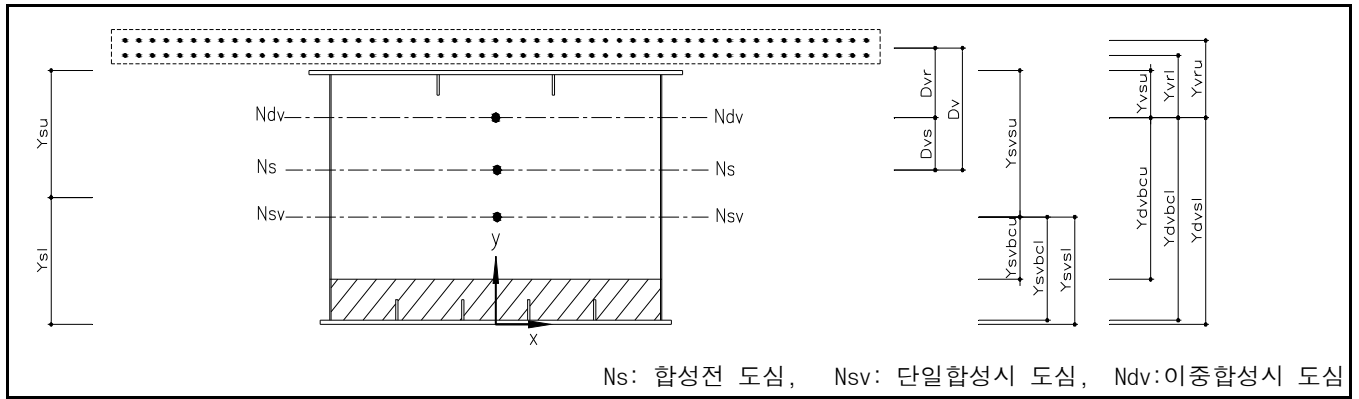
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-12909.8	-28126.6	-12909.1	-21593.3	-511.7	-76050.5
전단력, S (kN)	1168.0	1802.9	895.1	1419.8	1.9	5287.7
비틀림, T (kN-m)	-696.0	-809.8	-484.6	-2749.1	-43.6	-4783.08

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	2853.6×24×1	68,487	3,500	2.397.E+08	3.287.E+06	1.901.E+11	1.901.E+11
상부리브	120×12×2	2,880	3,428	9.873.E+06	3.456.E+06	7.317.E+09	7.320.E+09
복부판	3,466.0×16×2	110,912	1,755	1.947.E+08	1.110.E+11	6.940.E+08	1.117.E+11
하부리브	220×20×1	4,400	132	5.808.E+05	1.775.E+07	1.275.E+10	1.277.E+10
하부플랜지	2553.6×22×1	56,180	11	6.180.E+05	2.266.E+06	1.867.E+11	1.867.E+11
계		242,859		4.454.E+08			5.086.E+11

- 도심 : $y_s = 445427530/242859.3 = 1834.1 \text{ mm}$
 $Y_{su} = 1834.1 - 3512 = -1677.9 \text{ mm}$
 $Y_{sl} = 1834.1 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{su} = M_{d1} \times Y_{su} / I_s = -12,909.8 \times 1000000 \times (-1677.9) / 508611056948.7 = 42.589 \text{ MPa}$
 · $f_{sl} = M_{d1} \times Y_{sl} / I_s = -12,909.8 \times 1000000 \times 1834.1 / 508611056948.7 = -46.554 \text{ MPa}$

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
하부콘크리트	2353.6x490	1153281.4			2.31.E+10		
환산 하부콘크리트		164754.5	267.0	4.40.E+07	3.30.E+09	1.44.E+11	1.47.E+11
STEEL		242859.3	1834.1	4.45.E+08	5.09.E+11	9.74.E+10	6.06.E+11
계		407613.8		4.89.E+08			7.53.E+11

- 도심 : $y_{sv} = 489417694/407613.8 = 1200.7 \text{ mm}$ $n' = 7$
 $Y_{svbcu} = 1200.7 - 512 = 688.7 \text{ mm}$ $Y_{svsu} = 1200.7 - 3512 = -2311.3 \text{ mm}$
 $Y_{svbcl} = 1200.7 - 22 = 1178.7 \text{ mm}$ $Y_{svsl} = 1200.7 \text{ mm}$
 $D_{svbc} = 1200.7 - 267 = 933.7 \text{ mm}$

- 하부콘크리트 응력 :

· $f_{svbcu} = M_{d2} \times Y_{svbcu} / (n' \times I_{sv}) = -28126.59 \times 1000000 \times 688.7 / (7 \times 752973855559.7) = -3.675 \text{ MPa}$
 · $f_{svbcl} = M_{d2} \times Y_{svbcl} / (n' \times I_{sv}) = -28126.59 \times 1000000 \times 1178.7 / (7 \times 752973855559.7) = -6.290 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{vsu} = M_{d2} \times Y_{svsu} / I_{sv} = -28126.59 \times 1000000 \times (-2311.3) / 752973855559.7 = 86.336 \text{ MPa}$
 · $f_{vsl} = M_{d2} \times Y_{svsl} / I_{sv} = -28126.59 \times 1000000 \times 1200.7 / 752973855559.7 = -44.851 \text{ MPa}$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
상부바닥판 철근	H19x96	27504.0					
환산바닥판 철근		27504.0	3638.0	1.001.E+08		1.434.E+11	1.434.E+11
단일합성시		407613.8	1200.7	4.894.E+08	7.530.E+11	9.680.E+09	7.627.E+11
계		435117.8		5.895.E+08			9.060.E+11

- 2차 모멘트 계수 : $k = -0.066$

- 도심 : $Ydv = 589481442/435117.8 = 1355 \text{ mm}$
 $Atc = 6045.3 \times 240 = 1450864 \text{ mm}^2$
 $Abc = 2353.6 \times 490 = 1153281 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비: $ns = 205000/200000 = 1$

$n = 7$ $n' = 7$

$Ydvru = 1354.8 - 3708 = -2353.2 \text{ mm}$ $Ddvr = 1354.8 - 3638 = -2283.2 \text{ mm}$
 $YdvrcI = 1354.8 - 3568 = -2213.2 \text{ mm}$ $Ddvbc = 1354.8 - 267 = 1221.3 \text{ mm}$
 $Ydvbcu = 1354.8 - 512 = 842.8 \text{ mm}$ $Ddvs = 1354.8 - 1834.1 = -479.3 \text{ mm}$
 $YdvbcI = 1354.8 - 22 = 1332.8 \text{ mm}$ $Ddv = 2283.2 + (-479.3) = 1803.9 \text{ mm}$
 $Ydvsl = 1354.8 - 3500 = -2145.2 \text{ mm}$
 $Ydvsl = 1354.8 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -12,909.1 \times 1000000 \times (-2353.2) / (1 \times 906031796630.7) = 33.528 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvbcu = Md3 \times Ydvbcu / (n' \times Iv) = -12,909.1 \times 1000000 \times 842.8 / (7 \times 906031796630.7) = -1.715 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvbcI = Md3 \times YdvbcI / (n' \times Iv) = -12,909.1 \times 1000000 \times 1332.8 / (7 \times 906031796630.7) = -2.713 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -12909.13 \times 1000000 \times (-2145.2) / 906031796630.7 = 30.565 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -12909.13 \times 1000000 \times 1354.8 / 906031796630.7 = -19.303 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -21593.3 \times 1000000 \times (-2353.2) / (1 \times 906031796630.7) = 56.083 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvbcu = Md3 \times Ydvbcu / (n' \times Iv) = -21593.3 \times 1000000 \times 842.8 / (7 \times 906031796630.7) = -2.869 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvbcI = Md3 \times YdvbcI / (n' \times Iv) = -21593.3 \times 1000000 \times 1332.8 / (7 \times 906031796630.7) = -4.538 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -21593.3 \times 1000000 \times (-2145.2) / 906031796630.7 = 51.126 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -21593.3 \times 1000000 \times 1354.8 / 906031796630.7 = -32.289 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -511.7 \times 1000000 \times (-2353.2) / (1 \times 906031796630.7) = 1.329 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvbcu = Md3 \times Ydvbcu / (n' \times Iv) = -511.7 \times 1000000 \times 842.8 / (7 \times 906031796630.7) = -0.068 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvbcI = Md3 \times YdvbcI / (n' \times Iv) = -511.7 \times 1000000 \times 1332.8 / (7 \times 906031796630.7) = -0.108 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -511.7 \times 1000000 \times (-2145.2) / 906031796630.7 = 1.212 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -511.7 \times 1000000 \times 1354.8 / 906031796630.7 = -0.765 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
하부콘크리트	2353.6x490	1153281.4			2.308.E+10	1.928.E+12	1.951.E+12
환산 하부콘크리트		128142.4	267.0	3.421.E+07	3.296.E+09	1.348.E+11	1.381.E+11
합성전		242859.3	1834.1	4.454.E+08	5.086.E+11	7.116.E+10	5.798.E+11
계		371001.7		4.796.E+08			7.179.E+11

$$\begin{aligned} - \text{탄성계수비: } n_1 - 60' &= n' \times (1 + \Phi_1 (60,30) / 2) = 7 \times (1 + 0.468 / 2) = 9 \\ \Phi_1 (60,30) &= \mathbf{0.468} \quad (\text{하부콘크리트의 바닥판양생시까지의 크리프계수}) \end{aligned}$$

$$- \text{도심: } y_{sv1} = 479642257 / 371001.7 = 1292.8 \text{ mm}$$

$$Y_{sv1bcu} = 1292.8 - 512 = 780.8 \text{ mm} \quad Y_{sv1su} = 1292.8 - 3500 = -2207.2 \text{ mm}$$

$$Y_{sv1bcl} = 1292.8 - 22 = 1270.8 \text{ mm} \quad Y_{sv1sl} = 1292.8 \text{ mm}$$

$$D_{svbc1} = 1292.8 - 267 = 1025.8 \text{ mm}$$

① 1차고정하중 의한 크리프 효과:

$$\begin{aligned} \cdot N_{bc} &= M_d / (n' \times I_{dsv}) \times (-D_{svbc}) \times A_{bc} \\ &= -28126.59 \times 1000000 / (7 \times 752973855559.7) \times (933.7) \times 1153281.4 = -5,746,214 \text{ N} \end{aligned}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$$\cdot P_{bv1} = N_{bc} \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = -5746213.9 \times 2 \times 0.468 / (2 + 0.468) = -2,179,277 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \cdot M_{v1} &= P_{bv1} \times D_{svbc1} \\ &= -2179277.2 \times 1025.8 / 1000000 = -2235.5 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1bcu} &= 1 / n_1 - 60' \times (P_{bv1} / A_{sv1} + k \times M_{v1} \times Y_{sv1bcu} / I_{sv1}) - \Phi_1 (60,30) / (1 + \Phi_1 (60,30) / 2) \times f_{bc} \\ &= 1 / 9 \times (-2179277 / 371002 + (-0.066) \times (-2235.5) \times 1000000 \times 781 / 717906497620) - 0.468 / (1 + 0.468 / 2) \times (-3.675) \\ &= 0.759 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1bcl} &= 1 / n_1 - 60' \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{sv1} + k \times M_{v1} \times Y_{sv1bcl} / I_{sv1}) - \Phi_1 (60,30) / (1 + \Phi_1 (60,30) / 2) \times f_{bc} \\ &= 1 / 9 \times (-2179277 / 371002 + (-0.066) \times (-2235.5) \times 1000000 \times 1271 / 717906497620) - 0.468 / (1 + 0.468 / 2) \times (-6.29) \\ &= 1.762 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1su} &= P_{bc1} / A_{sv1} + k \times M_{v1} \times Y_{sv1su} / I_{sv1} \\ &= -2179277.2 / 371001.7 + (-0.066) \times (-2235.5) \times 1000000 \times (-2207.2) / 717906497619.715 \\ &= -6.328 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1sl} &= +P_{bc1} / A_{sv1} + k \times M_{v1} \times Y_{sv1sl} / I_{sv1} \\ &= -2179277.2 / 371001.7 + (-0.066) \times (-2235.5) \times 1000000 \times 1292.8 / 717906497619.715 \\ &= -5.608 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6045.3x240	1450863.8			6.964.E+09		
환산 상부바닥판		207266.3	3648.0	7.561.E+08	9.949.E+08	5.456.E+11	5.466.E+11
하부콘크리트	2353.6x490	1153281.4			2.308.E+10		
환산 하부콘크리트		164754.5	267.0	4.399.E+07	3.296.E+09	5.095.E+11	5.128.E+11
합성전		242859.3	1834.1	4.454.E+08	5.086.E+11	8.906.E+09	5.175.E+11
계		614880.0		1.246.E+09			1.577.E+12

- 탄성계수비: $n = 7$ $n' = 7$

- 도심 : $yv1 = 1245524996/614880 = 2025.6 \text{ mm}$

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6045.3x240	1450863.8			6.964.E+09		
환산 상부바닥판		103633.1	3648.0	3.781.E+08	4.974.E+08	3.100.E+11	3.105.E+11
하부콘크리트	2353.6x490	1153281.4			2.308.E+10	4.245.E+12	4.268.E+12
환산 하부콘크리트		96106.8	267.0	2.566.E+07	3.296.E+09	2.621.E+11	2.654.E+11
합성전		242859.3	1834.1	4.454.E+08	5.086.E+11	1.730.E+09	5.103.E+11
계		442599.2		8.491.E+08			1.086.E+12

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$

$n1' = n' \times (1 + \Phi_1' / 2) = 7 \times (1 + 1.53 / 2) = 12$

$\Phi_1' = \Phi_1 - \Phi_1'(60,30) = 2.00 - 0.47 = 1.53$

- 도심 : $ydv1 = 849142406.3/442599.2 = 1918.5 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 Ydv1tcu &= 1918.5 - 3768 = -1849.5 \text{ mm} & Ddvtc &= 2025.6 - 3648 = -1622.4 \text{ mm} \\
 Ydv1tcl &= 1918.5 - 3528 = -1609.5 \text{ mm} & Ddvbc &= 2025.6 - 267 = 1758.6 \text{ mm} \\
 Ydv1bcu &= 1918.5 - 512 = 1406.5 \text{ mm} & Ddvtc1 &= 1918.5 - 3648 = -1729.5 \text{ mm} \\
 Ydv1bcl &= 1918.5 - 22 = 1896.5 \text{ mm} & Ddvbc1 &= 1918.5 - 267 = 1651.5 \text{ mm} \\
 Ydv1su &= 1918.5 - 3500 = -1581.5 \text{ mm} & Av1 &= As + Ac/n1 = 346492.4 \text{ mm}^2 \\
 Ydv1sl &= 1918.5 \text{ mm} & dc1 &= dv \times As / (Ac/n1 + As) = 1271.377 \text{ mm} \\
 Dvs1 &= 2025.6 - 1834.1 = 191.5 \text{ mm} & ds1 &= dv - dc1 = 542.523 \text{ mm} \\
 Dv1 &= 1622.4 + 191.5 = 1813.9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

② 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· $Ntc = Md3 / (n \times Idv) \times Ddvtc \times Atc$
 $= -12909.13 \times 1000000 / (7 \times 1576902963965) \times (-1622.4) \times 1450863.8 = 2,752,825 \text{ N}$

· $Nbc = Md3 / (n' \times Idv) \times (-Ddvbc) \times Abc$
 $= -12909.13 \times 1000000 / (7 \times 1576902963965) \times (1758.6) \times 1153281.4 = -2,371,900 \text{ N}$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· $Ptv1 = Ntc \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 2752824.6 \times 2 \times 2 / (2 + 2) = 2,752,825 \text{ N}$

· $Pbv1 = Nbc \times 2 \times \Phi_1' / (2 + \Phi_1') = -2371899.7 \times 2 \times 1.53 / (2 + 1.53) = -2,056,094 \text{ N}$

· $Mv1 = Ptv1 \times Ddvtc1 + Pbv1 \times Ddvbc1$
 $= 2752824.6 \times (-1729.5) / 1000000 + -2056094.4 \times 1651.5 / 1000000 = -8156.7 \text{ kN-m}$

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1ru} &= (P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dvru} / (I_{dv1}) \\ &= (2752824.6 + -2056094.4) / 442599.2 + (-0.066) \times (-8156.7) \times 1000000 \times (-2353.2) / 1086245926469 \\ &= 0.408 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v1bcu} &= 1/n_1' \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dv1bcu} / I_{dv1}) - \Phi_1' / (1 + \Phi_1' / 2) \times f_{bc} \\ &= 1/12 \times ((2752824.6 + -2056094) / 442599 + (-0.066) \times (-8156.7) \times 1000000 \times 1407 / 1086245926469) - 1.5 / (1 + 1.5/2) \times (-2.713) \\ &= 2.541 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v1bcl} &= 1/n_1' \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dv1bcl} / I_{dv1}) - \Phi_1' / (1 + \Phi_1' / 2) \times f_{bc} \\ &= 1/12 \times ((2752824.6 + -2056094) / 442599 + (-0.066) \times (-8156.7) \times 1000000 \times 1897 / 1086245926469) - 1.5 / (1 + 1.5/2) \times (-2.713) \\ &= 2.561 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1su} &= (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dv1su} / I_{dv1} \\ &= (2752824.6 + -2056094.4) / 442599.2 + (-0.066) \times (-8156.7) \times 1000000 \times (-1581.5) / 1086245926468.71 \\ &= 0.790 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v1sl} &= (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dv1sl} / I_{dv1} \\ &= (2752824.6 + -2056094.4) / 442599.2 + (-0.066) \times (-8156.7) \times 1000000 \times 1918.5 / 1086245926468.71 \\ &= 2.525 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5) 건조수축 :

- 단일합성시

구분	단면	A_{v1} (mm ²)	y (mm)	$A_{v1} \cdot y$ (mm ³)	I_x (mm ⁴)	A_{d^2} (mm ⁴)	I_{v1} (mm ⁴)
하부콘크리트	2353.6x490	1153281.4			2.308.E+10	2.039.E+12	2.062.E+12
환산 하부콘크리트		115328.1	267.0	3.079.E+07	3.296.E+09	1.302.E+11	1.335.E+11
합성전		242859.3	1834.1	4.454.E+08	5.086.E+11	6.184.E+10	5.704.E+11
계		358187.4		4.762.E+08			7.039.E+11

$$\text{- 탄성계수비: } n_2 - 60' = n_1' \times (1 + \Phi_2(60,30) / 2) = 7 \times (1 + 0.936 / 2) = 10$$

$$\Phi_2' = 2 \times \Phi_1'(60,30) = 0.936$$

$$\text{건조수축변형률 } \epsilon_s(60,30) = 0.000011$$

$$\text{- 도심 : } y_{sv2} = 476220855.5 / 358187.4 = 1329.5 \text{ mm}$$

$$Y_{sv2bcu} = 1329.5 - 512 = 817.5 \text{ mm} \quad Y_{sv2su} = 1329.5 - 3500 = -2170.5 \text{ mm}$$

$$Y_{sv2bcl} = 1329.5 - 22 = 1307.5 \text{ mm} \quad Y_{sv2sl} = 1329.5 \text{ mm}$$

$$D_{svbc1} = 1329.5 - 267 = 1062.5 \text{ mm}$$

$$E_{c2}' = E_s / n_2' = 205000 / 10 = 20500.0 \text{ MPa}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$$P_{bv2} = E_{c2}' \times \epsilon_s(60,30) \times A_{bc} = -20500 \times 0.000011 \times 1153281.4 = -260,065 \text{ N}$$

$$D_{dvbc} = 1329.5 - 267 = 1,063 \text{ mm}$$

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

$$\begin{aligned} \cdot M_{v2} &= P_{bv2} \times D_{dvbc} \\ &= (-260065) \times 1062.5 / 1000000 \\ &= -276.3 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{sv2bcu} &= 1/n_2' \times (P_{bv2} / A_{sv2} + k \times M_{v2} \times Y_{sv2bcu} / I_{sv2}) - E_c 2' \times \epsilon_s \\ &= 1/10 \times (-260065) / 358187 + (-0.066) \times -276 \times 1000000 \times 818 / 703939294417 - 20500 \times (-0.000011) \\ &= 0.2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot f_{sv2bcl} &= 1/n_2' \times (P_{bv2} / A_{sv2} + k \times M_{v2} \times Y_{sv2bcl} / I_{sv2}) - E_c 2' \times \epsilon_s \\ &= 1/10 \times (-260065) / 358187 + (-0.066) \times -276 \times 1000000 \times 1308 / 703939294417 - 20500 \times (-0.000011) \\ &= 0.2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v2su} &= P_{bc2} / A_{sv2} + k \times M_{v2} \times Y_{sv2su} / I_{sv2} \\ &= -260065 / 358187.4 + (-0.066) \times -276.3 \times 1000000 \times (-2170.5) / 703939294416.506 \\ &= -0.782 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot f_{v2sl} &= P_{bc2} / A_{sv2} + k \times M_{v2} \times Y_{sv2sl} / I_{sv2} \\ &= -260065 / 358187.4 + (-0.066) \times -276.3 \times 1000000 \times 1329.5 / 703939294416.506 \\ &= -0.692 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 이종합성시

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6045.3x240	1450863.8			6.964.E+09		
환산상부바닥판	0.000	69088.8	3648.0	2.520.E+08	3.316.E+08	2.013.E+11	2.016.E+11
하부콘크리트	2353.6x490	1153281.4			2.308.E+10	4.345.E+12	4.368.E+12
환산 하부콘크리트		54918.2	267.0	1.466.E+07	1.099.E+09	1.539.E+11	1.550.E+11
합성전		242859.3	1834.1	4.454.E+08	5.086.E+11	2.780.E+09	5.114.E+11
계		366866.2	0.0	7.121.E+08			8.680.E+11

$$\text{- 탄성계수비: } n_2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$$

$$n_2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$$

$$\text{- 도심 : } y_{dv2} = 712127160 / 366866.2 = 1941.10 \text{ mm}$$

$$Y_{dv2bcu} = 1941.1 - 512 = 1429.1 \text{ mm} \quad Y_{dv2su} = 1941.1 - 3500 = -1558.9 \text{ mm}$$

$$Y_{dv2bcl} = 1941.1 - 22 = 1919.1 \text{ mm} \quad Y_{dv2sl} = 1941.1 \text{ mm}$$

$$E_c 2 = E_s / n_2 = 205000 / 21 = 9761.9 \text{ MPa}$$

$$E_c 2' = E_s / n_2' = 205000 / 21 = 9761.9 \text{ MPa}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$$P_{tv2} = E_c 2 \times \epsilon_s \times A_{tc} = -9761.9 \times 0.00027 \times 1450863.8 = -3,824,061 \text{ N}$$

$$P_{bv2} = E_c 2' \times \epsilon_s \times A_{bc} = -9761.9 \times 0.00027 \times 1153281.4 = -3,039,719 \text{ N}$$

$$D_{dv} = 1941.1 - 3648 = -1,707 \text{ mm}$$

$$D_{dvbc} = 1941.1 - 267 = 1,674 \text{ mm}$$

$$A_{v2} = A_s + A_{cu}/n_2 + A_{cl}/n_2' = 242859.3 + 1450863.8 / 21 + 1153281.4 / 21 = 366,866 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1813.9 \times 242859.3 / (1450863.8 / 21 + 242859.3) = 1,412 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 1813.9 - 1412.2 = 402 \text{ mm}$$

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

$$\begin{aligned} \cdot M_v2 &= P_{tv2} \times D_{dv} + P_{bv2} \times D_{dvbc} \\ &= [-3824060.6 \times (-1706.9) + (-3039718.8) \times 1674.1] / 1000000 \\ &= 1438.5 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v2ru} &= ((P_{tv2} + P_{bv2}) / A_v + k \times M_v2 \times Y_{dvru} / I_v) \\ &= (-3824060.6 + (-3039718.8)) / 435117.8 + (-0.066) \times 1438.5 \times 1000000 \times (-2353.2) / 906031796631 \\ &= -15.528 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v2bcu} &= 1/n^1 \times ((P_{tv2} + P_{bv2}) / A_{dv2} + k \times M_v2 \times Y_{dv2bcu} / I_{dv2}) - E_c^1 \times \epsilon_s \\ &= 1/21 \times ((-3824061 - 3039719) / 366866 + (-0.066) \times 1439 \times 1000000 \times 1429 / 868026840046) - 9762 \times (-0.00027) \\ &= 1.7 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v2bcl} &= 1/n^1 \times ((P_{tv2} + P_{bv2}) / A_{dv2} + k \times M_v2 \times Y_{dv2bcl} / I_{dv2}) - E_c^1 \times \epsilon_s \\ &= 1/21 \times ((-3824061 - 3039719) / 366866 + (-0.066) \times 1439 \times 1000000 \times 1919 / 868026840046) - 9762 \times (-0.00027) \\ &= 1.7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v2su} &= (P_{tv2} + P_{bc2}) / A_{dv2} + k \times M_v2 \times Y_{dv2su} / I_{dv2} \\ &= (-3824060.6 + (-3039718.8)) / 366866.2 + (-0.066) \times 1438.5 \times 1000000 \times (-1558.9) / 868026840046.422 \\ &= -18.539 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v2sl} &= (P_{tv2} + P_{bc2}) / A_{dv2} + k \times M_v2 \times Y_{dv2sl} / I_{dv2} \\ &= (-3824060.6 + (-3039718.8)) / 366866.2 + (-0.066) \times 1438.5 \times 1000000 \times 1941.1 / 868026840046.422 \\ &= -18.922 \text{ MPa} \end{aligned}$$

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$$\begin{aligned} \cdot P_{tv3} &= E_s \times \alpha \times \Delta t \times A_{tc} / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1450863.8 / 7 = 5,098,750 \text{ N} \\ \cdot M_v3 &= P_{tv3} \times D_{dvr} = 5098749.9 \times -1622.4 / 1000000 = -8,272 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v3ru} &= P_{tv3} / A_v + k \times M_v3 \times Y_{dvru} / I_v - E_s \times \epsilon_t \\ &= 5098749.9 / 435117.8 + (-0.066) \times (-8272.2) \times (-2353.2) / 906031796630.7 - 205000 \times 0.00012 \\ &= -14.300 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v3bcu} &= 1/n^1 \times (P_{tv3} / A_v + k \times M_v3 \times Y_{v3bcu} / I_v) - E_c^1 \times \alpha \times \Delta t \\ &= 1/7 \times (5098749.9 / 435117.8 + (-0.066) \times (-8272.2) \times 842.8 / 906031796630.7) - 30891.1 \times 0.000012 \times 10 \\ &= -2.000 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v3bcl} &= 1/n^1 \times (P_{tv3} / A_v + k \times M_v3 \times Y_{v3bcl} / I_v) - E_c^1 \times \alpha \times \Delta t \\ &= 1/7 \times (5098749.9 / 435117.8 + (-0.066) \times (-8272.2) \times 1000000 \times 1332.8 / 906031796630.7) - 30891.1 \times 0.000012 \times 10 \\ &= -1.900 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v3su} &= P_{tv3} / A_v + k \times M_v3 \times Y_{dvsu} / I_v \\ &= 5098749.9 / 435117.8 + (-0.066) \times (-8272.2) \times 1000000 \times (-2145.2) / 906031796630.7 = 10.425 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v3sl} &= P_{tv3} / A_v + k \times M_v3 \times Y_{dvsl} / I_v \\ &= 5098749.9 / 435117.8 + (-0.066) \times (-8272.2) \times 1000000 \times 1354.8 / 906031796630.7 = 12.534 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

$$\begin{aligned} \cdot F &= 8429424.0 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 1167.99 \times 1000 / 110912 + 696.01 \times 1000000 / (2 \times 8429424 \times 16) = 13.111 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2) 단일합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 8528619.5 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 1802.89 \times 1000 / 110912 + 809.81 \times 1000000 / (2 \times 8528619.5 \times 16) = 19.222 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3) 이중합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 8572349.8 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 2314.89 \times 1000 / 110912 + 3233.68 \times 1000000 / (2 \times 8572349.8 \times 16) = 32.660 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) 허용응력검토

(도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

$$\begin{aligned} - \text{허용인장응력} : & \quad \therefore f_{rta} = 160.0 \text{ MPa} \\ - \text{허용압축응력} : & \quad \therefore f_{rca} = 180.0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

$$\begin{aligned} - \text{허용압축응력} : & \quad \therefore f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times 40 = -16.0 \text{ MPa} \\ - \text{허용인장응력} : & \quad \therefore f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times 40 = 2.8 \text{ MPa} > 2.5 \text{ MPa} \\ & \quad \text{이므로, } 2.5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sua} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 하부플랜지의 합성전 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

$$b = 2400.0 \text{ mm} \quad (\text{보강된 판의 폭}) \quad i = 1 \quad (\text{응력구배계수})$$

$$n = 2 \quad (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수})$$

$$t_{\min} = 2400 / (80 \times 1 \times 2) = 15.0 \text{ mm} < t = 22 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K.}$$

- 합성전 허용응력

$$\textcircled{a} \ b/(22 \times i \times n) = 54.5 \text{ mm} \quad \textcircled{b} \ b/(44 \times i \times n) = 27.3 \text{ mm} \quad \textcircled{c} \ b/(80 \times i \times n) = 15.0 \text{ mm}$$

$$t = 22 \text{ mm} \text{ 이므로, } \therefore f_{sla1} = -[220,000 \times ((t \times i \times n) / b)^2] = -73.9 \text{ MPa}$$

③ 압축 하부플랜지의 합성후 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

$$b = 2400.0 \text{ mm} \quad (\text{보강된 판의 폭}) \quad i = 1 \quad (\text{응력구배계수})$$

$$n = 4 \quad (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수})$$

$$t_{\min} = 2400 / (44 \times 1 \times 4) = 13.6 \text{ mm} < t = 22 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K.}$$

- 합성후 허용응력

$$\textcircled{a} \ b/(22 \times i \times n) = 27.3 \text{ mm} \quad \textcircled{b} \ b/(44 \times i \times n) = 13.6 \text{ mm} \quad \textcircled{c} \ b/(80 \times i \times n) = 7.5 \text{ mm}$$

$$t = 22 \text{ mm} \text{ 이므로, } \therefore f_{sla2} = -[230 - 5.2 \times (b/(t \times i \times n) - 22)] = -202.6 \text{ MPa}$$

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.2) = 3466 / (281 \times 1.2) = 10.279$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/91.405)} = 1.489 > 1.2 \quad 1.20 \text{ 적용}$

- 합성후 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.162) = 3466 / (281 \times 1.162) = 10.615$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(202.582/150.062)} = 1.162 < 1.2 \quad 1.16 \text{ 적용}$

$$\therefore t_{\min} = 10.615 < t = 16.0 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K.}$$

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 :

(단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	42.6	287.5	-46.6	-92.4
	2	-	-	-6.3	-16.0	128.9	230.0	-91.4	-202.6
	3	90.9	160.0	-11.7	-16.0	204.7	230.0	-150.1	-202.6
	4	75.8	160.0	-7.4	-16.0	187.0	230.0	-172.1	-202.6
	5	61.5	184.0	-9.3	-18.4	197.4	264.5	-159.5	-233.0
	6	90.1	184.0	-5.5	-18.4	176.5	264.5	-184.6	-233.0
허용전단응력		(허용응력 확증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		$(f/f_a)_{\max}$							
합성응력 검토		$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
전단응력	1	-	-	0.148	0.504	13.111	168.8	0.08	0.26
	2	-	0.393	0.561	0.451	32.333	135.0	0.24	0.37
	3	0.568	0.730	0.890	0.741	64.993	135.0	0.48	1.02
	4	0.474	0.464	0.813	0.849	64.993	135.0	0.48	0.95
	5	0.334	0.507	0.746	0.685	64.993	155.3	0.42	0.73
	6	0.490	0.300	0.667	0.792	64.993	155.3	0.42	0.80

(7) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 :	$f_y =$	400.0 MPa
- 하부콘크리트 :	$f_{cy} = 3 / 5 \times 40 =$	24.0 MPa
- 강재 : (HSB500)	$f_y =$	380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

힘응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 :

(단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨 응력	1	134.7	400.0	-17.14	-24.0	302.8	380.0	-223.5	-380.0
	2	163.3	400.0	-13.34	-24.0	282.0	380.0	-248.6	-380.0
	3	149.9	400.0	-21.40	-24.0	320.6	380.0	-207.1	-380.0
	4	149.7	400.0	-17.60	-24.0	299.7	380.0	-232.2	-380.0
최대 항복응력비		$(f/f_y)_{max} = 0.892 < 1.0 \therefore 0.K.$							

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(ϕ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(ϕ_2)	4
하부콘크리트, fck	40 MPa	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	30891 MPa	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(ϵ_s)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.15345

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원

		단면제원(mm)	
		B1	2400
		B2	2400
		B3	6300
		H	3700
		t1	28
		t2	40
		t3	18
		tr	0
		Tcu	240
		Th	40
		Tcl	600
		b1	100
		b2	250
※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려		Θ=0.000°	
		피복두께(mm)	
		tcl	40
보강리브 제원(mm)			
상부리브	120	12	2
하부리브	280	20	1
유효폭 제원 (mm)			
상부플랜지	2793	상부바닥판	5888
하부플랜지	2493	하부슬래브	2293
n(상부)		7	
n'(하부)		7	

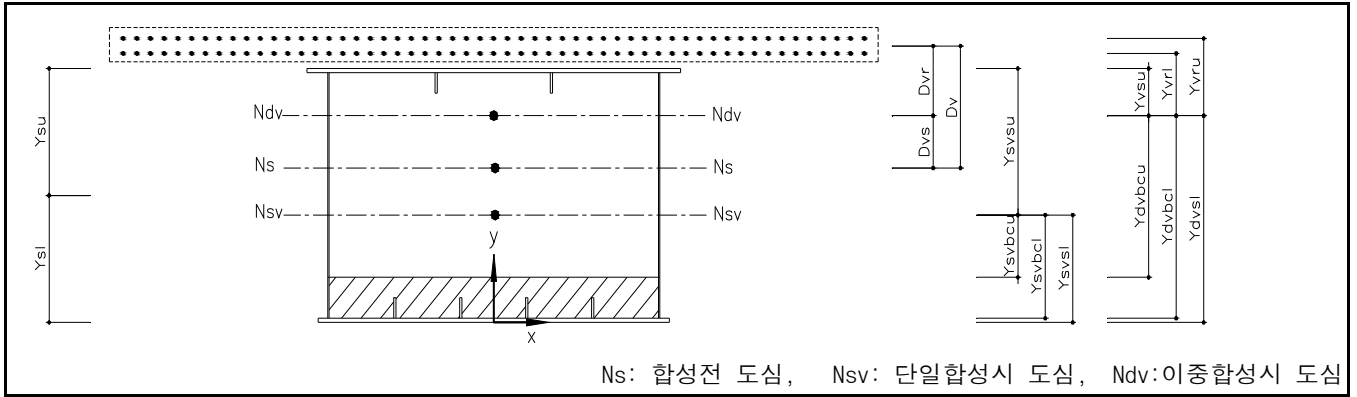
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-21454.0	-40537.8	-18652.2	-29820.9	-707.4	-111172.2
전단력, S (kN)	1776.3	2380.4	1100.6	1890.7	17.2	7165.2
비틀림, T (kN-m)	-652.4	-872.9	-267.8	-3560.6	-27.9	-5381.57

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	2793.4×40×1	111,735	3,748	4.188.E+08	1.490.E+07	3.005.E+11	3.005.E+11
상부리브	120×12×2	2,880	3,668	1.056.E+07	3.456.E+06	7.008.E+09	7.011.E+09
복부판	3,700.0×18×2	133,200	1,878	2.501.E+08	1.520.E+11	7.052.E+09	1.590.E+11
하부리브	280×20×1	5,600	168	9.408.E+05	3.659.E+07	2.108.E+10	2.111.E+10
하부플랜지	2493.4×28×1	69,815	14	9.774.E+05	4.561.E+06	3.062.E+11	3.062.E+11
계		323,230		6.814.E+08			7.938.E+11

- 도심 : $y_s = 681415176 / 323229.9 = 2108.1 \text{ mm}$
 $Y_{su} = 2108.1 - 3768 = -1659.9 \text{ mm}$
 $Y_{sl} = 2108.1 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{su} = M_{d1} \times Y_{su} / I_s = -21,454.0 \times 1000000 \times (-1659.9) / 793798707658 = 44.862 \text{ MPa}$
 · $f_{sl} = M_{d1} \times Y_{sl} / I_s = -21,454.0 \times 1000000 \times 2108.1 / 793798707658 = -56.976 \text{ MPa}$

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
하부콘크리트	2293.4x600	1376028.7			4.13.E+10		
환산 하부콘크리트		196575.5	328.0	6.45.E+07	5.90.E+09	2.41.E+11	2.47.E+11
STEEL		323229.9	2108.1	6.81.E+08	7.94.E+11	1.46.E+11	9.40.E+11
계		519805.4		7.46.E+08			1.19.E+12

- 도심 : $y_{sv} = 745877716 / 519805.4 = 1434.9 \text{ mm}$ $n' = 7$
 $Y_{svbcu} = 1434.9 - 628 = 806.9 \text{ mm}$ $Y_{svsu} = 1434.9 - 3768 = -2333.1 \text{ mm}$
 $Y_{svbcl} = 1434.9 - 28 = 1406.9 \text{ mm}$ $Y_{svsl} = 1434.9 \text{ mm}$
 $D_{svbc} = 1434.9 - 328 = 1106.9 \text{ mm}$

- 하부콘크리트 응력 :

· $f_{svbcu} = M_{d2} \times Y_{svbcu} / (n' \times I_{sv}) = -40537.75 \times 1000000 \times 806.9 / (7 \times 1187032925509) = -3.937 \text{ MPa}$
 · $f_{svbcl} = M_{d2} \times Y_{svbcl} / (n' \times I_{sv}) = -40537.75 \times 1000000 \times 1406.9 / (7 \times 1187032925509) = -6.864 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{vsu} = M_{d2} \times Y_{svsu} / I_{sv} = -40537.75 \times 1000000 \times (-2333.1) / 1187032925509 = 79.676 \text{ MPa}$
 · $f_{vsl} = M_{d2} \times Y_{svsl} / I_{sv} = -40537.75 \times 1000000 \times 1434.9 / 1187032925509 = -49.003 \text{ MPa}$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
상부바닥판 철근	H19x94	26931.0					
환산바닥판 철근		26931.0	3878.0	1.044.E+08		1.453.E+11	1.453.E+11
단일합성시		519805.4	1434.9	7.459.E+08	1.187.E+12	7.523.E+09	1.195.E+12
계		546736.4		8.503.E+08			1.340.E+12

- 2차 모멘트 계수 : $k = -0.153$

- 도심 : $Y_{dv} = 850307186/546736.4 = 1555 \text{ mm}$

$A_{tc} = 5888.4 \times 240 = 1413218 \text{ mm}^2$

$A_{bc} = 2293.4 \times 600 = 1376029 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비: $n_s = 205000/200000 = 1$

$n = 7 \quad n' = 7$

$Y_{dvru} = 1555.2 - 3948 = -2392.8 \text{ mm} \quad D_{dvr} = 1555.2 - 3878 = -2322.8 \text{ mm}$

$Y_{dvrcI} = 1555.2 - 3808 = -2252.8 \text{ mm} \quad D_{dvbc} = 1555.2 - 328 = 1391.2 \text{ mm}$

$Y_{dvbcu} = 1555.2 - 628 = 927.2 \text{ mm} \quad D_{dvs} = 1555.2 - 2108.1 = -552.9 \text{ mm}$

$Y_{dvbcI} = 1555.2 - 28 = 1527.2 \text{ mm} \quad D_{dv} = 2322.8 + (-552.9) = 1769.9 \text{ mm}$

$Y_{dvsl} = 1555.2 - 3748 = -2192.8 \text{ mm}$

$Y_{dvsl} = 1555.2 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$\cdot f_{dvru} = M_d3 \times Y_{dvru} / (n_s \times I_v) = -18,652.2 \times 1000000 \times (-2392.8) / (1 \times 1339859109131) = 33.310 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvbcu} = M_d3 \times Y_{dvbcu} / (n' \times I_v) = -18,652.2 \times 1000000 \times 927.2 / (7 \times 1339859109131) = -1.844 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvbcI} = M_d3 \times Y_{dvbcI} / (n' \times I_v) = -18,652.2 \times 1000000 \times 1527.2 / (7 \times 1339859109131) = -3.037 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = -18652.18 \times 1000000 \times (-2192.8) / 1339859109131 = 30.526 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = -18652.18 \times 1000000 \times 1555.2 / 1339859109131 = -21.650 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$\cdot f_{dvru} = M_d3 \times Y_{dvru} / (n_s \times I_v) = -29820.9 \times 1000000 \times (-2392.8) / (1 \times 1339859109131) = 53.256 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvbcu} = M_d3 \times Y_{dvbcu} / (n' \times I_v) = -29820.9 \times 1000000 \times 927.2 / (7 \times 1339859109131) = -2.948 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvbcI} = M_d3 \times Y_{dvbcI} / (n' \times I_v) = -29820.9 \times 1000000 \times 1527.2 / (7 \times 1339859109131) = -4.856 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = -29820.9 \times 1000000 \times (-2192.8) / 1339859109131 = 48.805 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = -29820.9 \times 1000000 \times 1555.2 / 1339859109131 = -34.614 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$\cdot f_{dvru} = M_d3 \times Y_{dvru} / (n_s \times I_v) = -707.4 \times 1000000 \times (-2392.8) / (1 \times 1339859109131) = 1.263 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvbcu} = M_d3 \times Y_{dvbcu} / (n' \times I_v) = -707.4 \times 1000000 \times 927.2 / (7 \times 1339859109131) = -0.070 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvbcI} = M_d3 \times Y_{dvbcI} / (n' \times I_v) = -707.4 \times 1000000 \times 1527.2 / (7 \times 1339859109131) = -0.115 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = -707.4 \times 1000000 \times (-2192.8) / 1339859109131 = 1.158 \text{ MPa}$

$\cdot f_{dvsl} = M_d3 \times Y_{dvsl} / I_v = -707.4 \times 1000000 \times 1555.2 / 1339859109131 = -0.821 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
하부콘크리트	2293.4x600	1376028.7			4.128.E+10	3.249.E+12	3.290.E+12
환산 하부콘크리트		152892.1	328.0	5.015.E+07	5.897.E+09	2.233.E+11	2.292.E+11
합성전		323229.9	2108.1	6.814.E+08	7.938.E+11	1.056.E+11	8.994.E+11
계		476122.0		7.315.E+08			1.129.E+12

$$\begin{aligned} - \text{탄성계수비: } n_1 - 60' &= n' \times (1 + \Phi_1 (60,30) / 2) = 7 \times (1 + 0.461 / 2) = 9 \\ \Phi_1 (60,30) &= \mathbf{0.461} \quad (\text{하부콘크리트의 바닥판양생시까지의 크리프계수}) \end{aligned}$$

$$- \text{도심: } y_{sv1} = 731549553.7 / 476122 = 1536.5 \text{ mm}$$

$$Y_{sv1bcu} = 1536.5 - 628 = 908.5 \text{ mm} \quad Y_{sv1su} = 1536.5 - 3748 = -2211.5 \text{ mm}$$

$$Y_{sv1bcl} = 1536.5 - 28 = 1508.5 \text{ mm} \quad Y_{sv1sl} = 1536.5 \text{ mm}$$

$$D_{svbc1} = 1536.5 - 328 = 1208.5 \text{ mm}$$

① 1차고정하중 의한 크리프 효과:

$$\begin{aligned} \cdot N_{bc} &= M_d / (n' \times I_{dsv}) \times (-D_{svbc}) \times A_{bc} \\ &= -40537.75 \times 1000000 / (7 \times 1187032925509) \times (1106.9) \times 1376028.7 = -7,430,785 \text{ N} \end{aligned}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$$\cdot P_{bv1} = N_{bc} \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = -7430785.3 \times 2 \times 0.461 / (2 + 0.461) = -2,783,903 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \cdot M_{v1} &= P_{bv1} \times D_{svbc1} \\ &= -2783902.5 \times 1208.5 / 1000000 = -3364.3 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1bcu} &= 1 / n_1 - 60' \times (P_{bv1} / A_{sv1} + k \times M_{v1} \times Y_{sv1bcu} / I_{sv1}) - \Phi_1 (60,30) / (1 + \Phi_1 (60,30) / 2) \times f_{bc} \\ &= 1 / 9 \times (-2783903 / 476122 + (-0.153) \times (-3364.3) \times 1000000 \times 909 / 1128598403819) - 0.461 / (1 + 0.461 / 2) \times (-3.937) \\ &= 0.871 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1bcl} &= 1 / n_1 - 60' \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{sv1} + k \times M_{v1} \times Y_{sv1bcl} / I_{sv1}) - \Phi_1 (60,30) / (1 + \Phi_1 (60,30) / 2) \times f_{bc} \\ &= 1 / 9 \times (-2783903 / 476122 + (-0.153) \times (-3364.3) \times 1000000 \times 1509 / 1128598403819) - 0.461 / (1 + 0.461 / 2) \times (-6.864) \\ &= 1.998 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1su} &= P_{bc1} / A_{sv1} + k \times M_{v1} \times Y_{sv1su} / I_{sv1} \\ &= -2783902.5 / 476122 + (-0.153) \times (-3364.3) \times 1000000 \times (-2211.5) / 1128598403819.29 \\ &= -6.856 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1sl} &= +P_{bc1} / A_{sv1} + k \times M_{v1} \times Y_{sv1sl} / I_{sv1} \\ &= -2783902.5 / 476122 + (-0.153) \times (-3364.3) \times 1000000 \times 1536.5 / 1128598403819.29 \\ &= -5.146 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	5888.4x240	1413218.4			6.783.E+09		
환산 상부바닥판		201888.3	3888.0	7.849.E+08	9.691.E+08	6.303.E+11	6.313.E+11
하부콘크리트	2293.4x600	1376028.7			4.128.E+10		
환산 하부콘크리트		196575.5	328.0	6.448.E+07	5.897.E+09	6.320.E+11	6.379.E+11
합성전		323229.9	2108.1	6.814.E+08	7.938.E+11	5.463.E+07	7.939.E+11
계		721693.8		1.531.E+09			2.063.E+12

- 탄성계수비: $n = 7$ $n' = 7$

- 도심 : $yv1 = 1530819602/721693.8 = 2121.1 \text{ mm}$

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	5888.4x240	1413218.4			6.783.E+09		
환산 상부바닥판		100944.2	3888.0	3.925.E+08	4.845.E+08	3.363.E+11	3.368.E+11
하부콘크리트	2293.4x600	1376028.7			4.128.E+10	5.855.E+12	5.896.E+12
환산 하부콘크리트		114669.1	328.0	3.761.E+07	5.897.E+09	3.451.E+11	3.510.E+11
합성전		323229.9	2108.1	6.814.E+08	7.938.E+11	6.662.E+08	7.945.E+11
계		538843.1		1.111.E+09			1.482.E+12

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$

$n1' = n' \times (1 + \Phi_1' / 2) = 7 \times (1 + 1.54 / 2) = 12$

$\Phi_1' = \Phi_1 - \Phi_1'(60,30) = 2.00 - 0.46 = 1.54$

- 도심 : $ydv1 = 1111483341.8/538843.1 = 2062.7 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 Ydv1tcu &= 2062.7 - 4008 = -1945.3 \text{ mm} & Ddvtc &= 2121.1 - 3888 = -1766.9 \text{ mm} \\
 Ydv1tcl &= 2062.7 - 3768 = -1705.3 \text{ mm} & Ddvbc &= 2121.1 - 328 = 1793.1 \text{ mm} \\
 Ydv1bcu &= 2062.7 - 628 = 1434.7 \text{ mm} & Ddvtc1 &= 2062.7 - 3888 = -1825.3 \text{ mm} \\
 Ydv1bcl &= 2062.7 - 28 = 2034.7 \text{ mm} & Ddvbc1 &= 2062.7 - 328 = 1734.7 \text{ mm} \\
 Ydv1su &= 2062.7 - 3748 = -1685.3 \text{ mm} & Av1 &= As + Ac/n1 = 424174.1 \text{ mm}^2 \\
 Ydv1sl &= 2062.7 \text{ mm} & dc1 &= dv \times As / (Ac/n1 + As) = 1356.323 \text{ mm} \\
 Dvs1 &= 2121.1 - 2108.1 = 13.0 \text{ mm} & ds1 &= dv - dc1 = 423.577 \text{ mm} \\
 Dv1 &= 1766.9 + 13 = 1779.9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

② 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· $Ntc = Md3 / (n \times Idv) \times Ddvtc \times Atc$
 $= -18652.18 \times 1000000 / (7 \times 2063033205750.4) \times (-1766.9) \times 1413218.4 = 3,225,125 \text{ N}$

· $Nbc = Md3 / (n' \times Idv) \times (-Ddvbc) \times Abc$
 $= -18652.18 \times 1000000 / (7 \times 2063033205750.4) \times (1793.1) \times 1376028.7 = -3,186,819 \text{ N}$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· $Ptv1 = Ntc \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 3225125.3 \times 2 \times 2 / (2+2) = 3,225,125 \text{ N}$

· $Pbv1 = Nbc \times 2 \times \Phi_1' / (2 + \Phi_1') = -3186818.6 \times 2 \times 1.54 / (2+1.54) = -2,772,712 \text{ N}$

· $Mv1 = Ptv1 \times Ddvtc1 + Pbv1 \times Ddvbc1$
 $= 3225125.3 \times (-1825.3) / 1000000 + -2772712.2 \times 1734.7 / 1000000 = -10696.6 \text{ kN-m}$

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1ru} &= (P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dvru} / (I_{dv1}) \\ &= (3225125.3 + -2772712.2) / 538843.1 + (-0.153) \times (-10696.6) \times 1000000 \times (-2392.8) / 1482224764084 \\ &= -1.802 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v1bcu} &= 1/n_1' \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dv1bcu} / I_{dv1}) - \Phi_1' / (1 + \Phi_1' / 2) \times f_{bc} \\ &= 1/12 \times ((3225125.3 + -2772712.2) / 538843.1 + (-0.153) \times (-10696.6) \times 1000000 \times 1435 / 1482224764084) - 1.5 / (1 + 1.5/2) \times (-3.037) \\ &= 2.844 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v1bcl} &= 1/n_1' \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dv1bcl} / I_{dv1}) - \Phi_1' / (1 + \Phi_1' / 2) \times f_{bc} \\ &= 1/12 \times ((3225125.3 + -2772712.2) / 538843.1 + (-0.153) \times (-10696.6) \times 1000000 \times 2035 / 1482224764084) - 1.5 / (1 + 1.5/2) \times (-3.037) \\ &= 2.900 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1su} &= (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dv1su} / I_{dv1} \\ &= (3225125.3 + -2772712.2) / 538843.1 + (-0.153) \times (-10696.6) \times 1000000 \times (-1685.3) / 1482224764083.75 \\ &= -1.021 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v1sl} &= (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dv1sl} / I_{dv1} \\ &= (3225125.3 + -2772712.2) / 538843.1 + (-0.153) \times (-10696.6) \times 1000000 \times 2062.7 / 1482224764083.75 \\ &= 3.117 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5) 건조수축 :

- 단일합성시

구분	단면	A_{v1} (mm ²)	y (mm)	$A_{v1} \cdot y$ (mm ³)	I_x (mm ⁴)	A_{d^2} (mm ⁴)	I_{v1} (mm ⁴)
하부콘크리트	2293.4x600	1376028.7			4.128.E+10	3.420.E+12	3.462.E+12
환산 하부콘크리트		137602.9	328.0	4.513.E+07	5.897.E+09	2.145.E+11	2.204.E+11
합성전		323229.9	2108.1	6.814.E+08	7.938.E+11	9.131.E+10	8.851.E+11
계		460832.8		7.265.E+08			1.106.E+12

$$\text{- 탄성계수비: } n_2 - 60' = n_1' \times (1 + \Phi_2(60,30) / 2) = 7 \times (1 + 0.922 / 2) = 10$$

$$\Phi_2' = 2 \times \Phi_1'(60,30) = 0.922$$

$$\text{건조수축변형률 } \epsilon_s(60,30) = 0.000009$$

$$\text{- 도심 : } y_{sv2} = 726534693.6 / 460832.8 = 1576.6 \text{ mm}$$

$$Y_{sv2bcu} = 1576.6 - 628 = 948.6 \text{ mm} \quad Y_{sv2su} = 1576.6 - 3748 = -2171.4 \text{ mm}$$

$$Y_{sv2bcl} = 1576.6 - 28 = 1548.6 \text{ mm} \quad Y_{sv2sl} = 1576.6 \text{ mm}$$

$$D_{svbc1} = 1576.6 - 328 = 1248.6 \text{ mm}$$

$$E_{c2}' = E_s / n_2' = 205000 / 10 = 20500.0 \text{ MPa}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$$P_{bv2} = E_{c2}' \times \epsilon_s(60,30) \times A_{bc} = -20500 \times 0.000009 \times 1376028.7 = -253,877 \text{ N}$$

$$D_{dvbc} = 1576.6 - 328 = 1,249 \text{ mm}$$

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

$$\begin{aligned} \cdot M_{v2} &= P_{bv2} \times D_{dvbc} \\ &= (-253877.3) \times 1248.6 / 1000000 \\ &= -317.0 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{sv2bcu} &= 1/n_2' \times (P_{bv2} / A_{sv2} + k \times M_{v2} \times Y_{sv2bcu} / I_{sv2}) - E_c 2' \times \epsilon_s \\ &= 1/10 \times (-253877) / 460833 + (-0.153) \times -317 \times 1000000 \times 949 / 1105529059414 - 20500 \times (-0.000009) \\ &= 0.1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot f_{sv2bcl} &= 1/n_2' \times (P_{bv2} / A_{sv2} + k \times M_{v2} \times Y_{sv2bcl} / I_{sv2}) - E_c 2' \times \epsilon_s \\ &= 1/10 \times (-253877) / 460833 + (-0.153) \times -317 \times 1000000 \times 1549 / 1105529059414 - 20500 \times (-0.000009) \\ &= 0.1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v2su} &= P_{bc2} / A_{sv2} + k \times M_{v2} \times Y_{sv2su} / I_{sv2} \\ &= -253877.3 / 460832.8 + (-0.153) \times -317 \times 1000000 \times (-2171.4) / 1105529059413.76 \\ &= -0.646 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot f_{v2sl} &= P_{bc2} / A_{sv2} + k \times M_{v2} \times Y_{sv2sl} / I_{sv2} \\ &= -253877.3 / 460832.8 + (-0.153) \times -317 \times 1000000 \times 1576.6 / 1105529059413.76 \\ &= -0.482 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 이종합성시

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	5888.4x240	1413218.4			6.783.E+09		
환산상부바닥판	0.000	67296.1	3888.0	2.616.E+08	3.230.E+08	2.115.E+11	2.119.E+11
하부콘크리트	2293.4x600	1376028.7			4.128.E+10	6.155.E+12	6.197.E+12
환산 하부콘크리트		65525.2	328.0	2.149.E+07	1.966.E+09	2.092.E+11	2.112.E+11
합성전		323229.9	2108.1	6.814.E+08	7.938.E+11	1.539.E+07	7.938.E+11
계		456051.2	0.0	9.645.E+08			1.217.E+12

$$\text{- 탄성계수비: } n_2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$$

$$n_2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$$

$$\text{- 도심 : } y_{dv2} = 964540502.3 / 456051.2 = 2115.00 \text{ mm}$$

$$Y_{dv2bcu} = 2115 - 628 = 1487.0 \text{ mm} \quad Y_{dv2su} = 2115 - 3748 = -1633.0 \text{ mm}$$

$$Y_{dv2bcl} = 2115 - 28 = 2087.0 \text{ mm} \quad Y_{dv2sl} = 2115.0 \text{ mm}$$

$$E_c 2 = E_s / n_2 = 205000 / 21 = 9761.9 \text{ MPa}$$

$$E_c 2' = E_s / n_2' = 205000 / 21 = 9761.9 \text{ MPa}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$$P_{tv2} = E_c 2 \times \epsilon_s \times A_{tc} = -9761.9 \times 0.00027 \times 1413218.4 = -3,724,838 \text{ N}$$

$$P_{bv2} = E_c 2' \times \epsilon_s \times A_{bc} = -9761.9 \times 0.00027 \times 1376028.7 = -3,626,817 \text{ N}$$

$$D_{dv} = 2115 - 3888 = -1,773 \text{ mm}$$

$$D_{dvbc} = 2115 - 328 = 1,787 \text{ mm}$$

$$A_{v2} = A_s + A_{cu}/n_2 + A_{cl}/n_2' = 323229.9 + 1413218.4 / 21 + 1376028.7 / 21 = 456,051 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_{c}/n_2 + A_s) = 1779.9 \times 323229.9 / (1413218.4 / 21 + 323229.9) = 1,473 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 1779.9 - 1473.2 = 307 \text{ mm}$$

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

$$\begin{aligned} \cdot M_v2 &= P_{tv2} \times D_{dv} + P_{bv2} \times D_{dvbc} \\ &= [-3724838.1 \times (-1773) + (-3626816.7) \times 1787] / 1000000 \\ &= 123.0 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v2ru} &= ((P_{tv2} + P_{bv2}) / A_v + k \times M_v2 \times Y_{dvru} / I_v) \\ &= (-3724838.1 + (-3626816.7)) / 546736.4 + (-0.153) \times 123 \times 1000000 \times (-2392.8) / 1339859109131 \\ &= -13.413 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v2bcu} &= 1/n^1 \times ((P_{tv2} + P_{bv2}) / A_{dv2} + k \times M_v2 \times Y_{dv2bcu} / I_{dv2}) - E_c^1 \times \epsilon_s \\ &= 1/21 \times ((-3724838 - 3626817) / 456051 + (-0.153) \times 123 \times 1000000 \times 1487 / 1216896226520) - 9762 \times (-0.00027) \\ &= 1.9 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v2bcl} &= 1/n^1 \times ((P_{tv2} + P_{bv2}) / A_{dv2} + k \times M_v2 \times Y_{dv2bcl} / I_{dv2}) - E_c^1 \times \epsilon_s \\ &= 1/21 \times ((-3724838 - 3626817) / 456051 + (-0.153) \times 123 \times 1000000 \times 2087 / 1216896226520) - 9762 \times (-0.00027) \\ &= 1.9 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v2su} &= (P_{tv2} + P_{bc2}) / A_{dv2} + k \times M_v2 \times Y_{dv2su} / I_{dv2} \\ &= (-3724838.1 + (-3626816.7)) / 456051.2 + (-0.153) \times 123 \times 1000000 \times (-1633) / 1216896226519.68 \\ &= -16.095 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v2sl} &= (P_{tv2} + P_{bc2}) / A_{dv2} + k \times M_v2 \times Y_{dv2sl} / I_{dv2} \\ &= (-3724838.1 + (-3626816.7)) / 456051.2 + (-0.153) \times 123 \times 1000000 \times 2115 / 1216896226519.68 \\ &= -16.153 \text{ MPa} \end{aligned}$$

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$$\begin{aligned} \cdot P_{tv3} &= E_s \times \alpha \times \Delta t \times A_{tc} / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1413218.4 / 7 = 4,966,453 \text{ N} \\ \cdot M_v3 &= P_{tv3} \times D_{dvr} = 4966453.2 \times -1766.9 / 1000000 = -8,775 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v3ru} &= P_{tv3} / A_v + k \times M_v3 \times Y_{dvru} / I_v - E_s \times \epsilon_t \\ &= 4966453.2 / 546736.4 + (-0.153) \times (-8775.2) \times (-2392.8) / 1339859109131 - 205000 \times 0.00012 \\ &= -17.914 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v3bcu} &= 1/n^1 \times (P_{tv3} / A_v + k \times M_v3 \times Y_{v3bcu} / I_v) - E_c^1 \times \alpha \times \Delta t \\ &= 1/7 \times (4966453.2 / 546736.4 + (-0.153) \times (-8775.2) \times 927.2 / 1339859109131) - 30891.1 \times 0.000012 \times 10 \\ &= -2.300 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v3bcl} &= 1/n^1 \times (P_{tv3} / A_v + k \times M_v3 \times Y_{v3bcl} / I_v) - E_c^1 \times \alpha \times \Delta t \\ &= 1/7 \times (4966453.2 / 546736.4 + (-0.153) \times (-8775.2) \times 1000000 \times 1527.2 / 1339859109131) - 30891.1 \times 0.000012 \times 10 \\ &= -2.200 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v3su} &= P_{tv3} / A_v + k \times M_v3 \times Y_{dvsu} / I_v \\ &= 4966453.2 / 546736.4 + (-0.153) \times (-8775.2) \times 1000000 \times (-2192.8) / 1339859109131 = 6.887 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v3sl} &= P_{tv3} / A_v + k \times M_v3 \times Y_{dvsl} / I_v \\ &= 4966453.2 / 546736.4 + (-0.153) \times (-8775.2) \times 1000000 \times 1555.2 / 1339859109131 = 10.642 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

$$\begin{aligned} \cdot F &= 9028812.0 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 1776.31 \times 1000 / 133200 + 652.41 \times 1000000 / (2 \times 9028812 \times 18) = 15.343 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2) 단일합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 9150376.4 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 2380.39 \times 1000 / 133200 + 872.9 \times 1000000 / (2 \times 9150376.4 \times 18) = 20.521 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3) 이중합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 9194142.9 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 2991.27 \times 1000 / 133200 + 3828.37 \times 1000000 / (2 \times 9194142.9 \times 18) = 34.023 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) 허용응력검토

(도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

$$\begin{aligned} - \text{허용인장응력} : & \quad \therefore f_{rta} = 160.0 \text{ MPa} \\ - \text{허용압축응력} : & \quad \therefore f_{rca} = 180.0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

$$\begin{aligned} - \text{허용압축응력} : & \quad \therefore f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times 40 = -16.0 \text{ MPa} \\ - \text{허용인장응력} : & \quad \therefore f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times 40 = 2.8 \text{ MPa} > 2.5 \text{ MPa} \\ & \quad \text{이므로, } 2.5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sua} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 하부플랜지의 합성전 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

$$b = 2400.0 \text{ mm} \quad (\text{보강된 판의 폭}) \quad i = 1 \quad (\text{응력구배계수})$$

$$n = 2 \quad (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수})$$

$$t_{\min} = 2400 / (80 \times 1 \times 2) = 15.0 \text{ mm} < t = 28 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K.}$$

- 합성전 허용응력

$$\textcircled{a} \ b/(22 \times i \times n) = 54.5 \text{ mm} \quad \textcircled{b} \ b/(44 \times i \times n) = 27.3 \text{ mm} \quad \textcircled{c} \ b/(80 \times i \times n) = 15.0 \text{ mm}$$

$$t = 28 \text{ mm} \text{ 이므로, } \therefore f_{sla1} = -[230 - 5.2 \times (b/(t \times i \times n) - 22)] = -121.5 \text{ MPa}$$

③ 압축 하부플랜지의 합성후 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

$$b = 2400.0 \text{ mm} \quad (\text{보강된 판의 폭}) \quad i = 1 \quad (\text{응력구배계수})$$

$$n = 4 \quad (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수})$$

$$t_{\min} = 2400 / (44 \times 1 \times 4) = 13.6 \text{ mm} < t = 28 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K.}$$

- 합성후 허용응력

$$\textcircled{a} \ b/(22 \times i \times n) = 27.3 \text{ mm} \quad \textcircled{b} \ b/(44 \times i \times n) = 13.6 \text{ mm} \quad \textcircled{c} \ b/(80 \times i \times n) = 7.5 \text{ mm}$$

$$t = 28 \text{ mm} \text{ 이므로, } \therefore f_{sla2} = -[f_{sua1}] = -230.0 \text{ MPa}$$

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.2) = 3700 / (281 \times 1.2) = 10.973$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/105.979)} = 1.473 > 1.2 \quad 1.20 \text{ 적용}$

- 합성후 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.168) = 3700 / (281 \times 1.168) = 11.273$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/168.692)} = 1.168 < 1.2 \quad 1.17 \text{ 적용}$

$$\therefore t_{\min} = 11.273 < t = 18.0 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K.}$$

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 :

(단위: MPa)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(ϕ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(ϕ_2)	4
하부콘크리트, fck	40 MPa	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	30891 MPa	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(ϵ_s)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.15488

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

$\Theta=0.000^\circ$

단면제원 (mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3468
t1	22
t2	28
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	40
Tcl	530
b1	100
b2	250
피복두께 (mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원 (mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	120	12	2	상부플랜지	2828	상부바닥판	6005	n(상부)	7
하부리브	220	20	1	하부플랜지	2528	하부슬래브	2328	n'(하부)	7

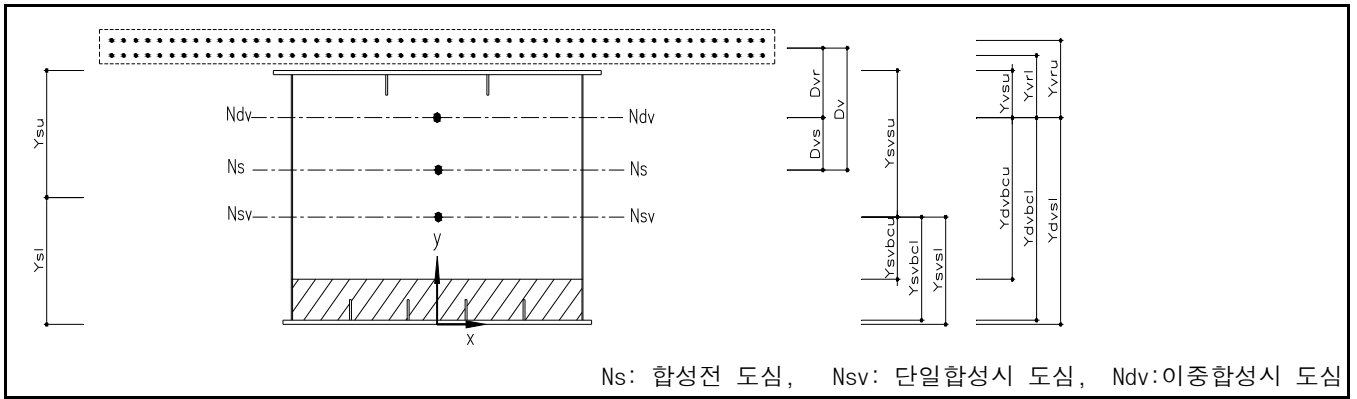
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-14565.6	-30631.4	-14320.5	-22570.1	-473.5	-82561.0
전단력, S (kN)	-1145.8	-1695.2	-813.3	-1418.9	-8.9	-5082.0
비틀림, T (kN-m)	-255.7	-472.0	8.0	-1957.1	-6.9	-2683.77

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	2827.8×28×1	79,179	3,504	2.774.E+08	5.173.E+06	2.011.E+11	2.011.E+11
상부리브	120×12×2	2,880	3,430	9.878.E+06	3.456.E+06	6.651.E+09	6.655.E+09
복부판	3,468.0×16×2	110,976	1,756	1.949.E+08	1.112.E+11	2.642.E+09	1.139.E+11
하부리브	220×20×1	4,400	132	5.808.E+05	1.775.E+07	1.391.E+10	1.393.E+10
하부플랜지	2527.8×22×1	55,612	11	6.117.E+05	2.243.E+06	2.006.E+11	2.006.E+11
계		253,047		4.834.E+08			5.362.E+11

- 도심 : $y_s = 483388004/253047 = 1910.3 \text{ mm}$
 $Y_{su} = 1910.3 - 3518 = -1607.7 \text{ mm}$
 $Y_{sl} = 1910.3 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{su} = M_{d1} \times Y_{su} / I_s = -14,565.6 \times 1000000 \times (-1607.7) / 536178930569.2 = 43.674 \text{ MPa}$
 · $f_{sl} = M_{d1} \times Y_{sl} / I_s = -14,565.6 \times 1000000 \times 1910.3 / 536178930569.2 = -51.894 \text{ MPa}$

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
하부콘크리트	2327.8×530	1233744.6			2.89.E+10		
환산 하부콘크리트		176249.2	287.0	5.06.E+07	4.13.E+09	1.61.E+11	1.65.E+11
STEEL		253047.0	1910.3	4.83.E+08	5.36.E+11	1.12.E+11	6.49.E+11
계		429296.2		5.34.E+08			8.14.E+11

- 도심 : $y_{sv} = 533979204/429296.2 = 1243.8 \text{ mm}$ $n' = 7$
 $Y_{svbcu} = 1243.8 - 552 = 691.8 \text{ mm}$ $Y_{svsu} = 1243.8 - 3518 = -2274.2 \text{ mm}$
 $Y_{svbcl} = 1243.8 - 22 = 1221.8 \text{ mm}$ $Y_{svsl} = 1243.8 \text{ mm}$
 $D_{svbc} = 1243.8 - 287 = 956.8 \text{ mm}$

- 하부콘크리트 응력 :

· $f_{svbcu} = M_{d2} \times Y_{svbcu} / (n' \times I_{sv}) = -30631.43 \times 1000000 \times 691.8 / (7 \times 814063931402.2) = -3.719 \text{ MPa}$
 · $f_{svbcl} = M_{d2} \times Y_{svbcl} / (n' \times I_{sv}) = -30631.43 \times 1000000 \times 1221.8 / (7 \times 814063931402.2) = -6.568 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{vsu} = M_{d2} \times Y_{svsu} / I_{sv} = -30631.43 \times 1000000 \times (-2274.2) / 814063931402.2 = 85.573 \text{ MPa}$
 · $f_{vsl} = M_{d2} \times Y_{svsl} / I_{sv} = -30631.43 \times 1000000 \times 1243.8 / 814063931402.2 = -46.801 \text{ MPa}$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
상부바닥판 철근	H19x96	27504.0					
환산바닥판 철근		27504.0	3640.0	1.001.E+08		1.395.E+11	1.395.E+11
단일합성시		429296.2	1243.8	5.340.E+08	8.141.E+11	8.939.E+09	8.230.E+11
계		456800.2		6.341.E+08			9.625.E+11

- 2차 모멘트 계수 : $k = -0.155$

- 도심 : $Ydv = 634073174/456800.2 = 1388 \text{ mm}$
 $Atc = 6004.6 \times 240 = 1441100 \text{ mm}^2$
 $Abc = 2327.8 \times 530 = 1233745 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비: $ns = 205000/200000 = 1$

$n = 7$ $n' = 7$

$Ydvru = 1388.1 - 3710 = -2321.9 \text{ mm}$ $Ddvr = 1388.1 - 3640 = -2251.9 \text{ mm}$
 $Ydvrci = 1388.1 - 3570 = -2181.9 \text{ mm}$ $Ddvbc = 1388.1 - 287 = 1244.6 \text{ mm}$
 $Ydvbcu = 1388.1 - 552 = 836.1 \text{ mm}$ $Ddvs = 1388.1 - 1910.3 = -522.2 \text{ mm}$
 $Ydvbci = 1388.1 - 22 = 1366.1 \text{ mm}$ $Ddv = 2251.9 + (-522.2) = 1729.7 \text{ mm}$
 $Ydvsl = 1388.1 - 3504 = -2115.9 \text{ mm}$
 $Ydvsl = 1388.1 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -14,320.5 \times 1000000 \times (-2321.9) / (1 \times 962477205723.2) = 34.547 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvbcu = Md3 \times Ydvbcu / (n' \times Iv) = -14,320.5 \times 1000000 \times 836.1 / (7 \times 962477205723.2) = -1.777 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvbci = Md3 \times Ydvbci / (n' \times Iv) = -14,320.5 \times 1000000 \times 1366.1 / (7 \times 962477205723.2) = -2.904 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -14320.52 \times 1000000 \times (-2115.9) / 962477205723.2 = 31.482 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -14320.52 \times 1000000 \times 1388.1 / 962477205723.2 = -20.653 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -22570.1 \times 1000000 \times (-2321.9) / (1 \times 962477205723.2) = 54.449 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvbcu = Md3 \times Ydvbcu / (n' \times Iv) = -22570.1 \times 1000000 \times 836.1 / (7 \times 962477205723.2) = -2.801 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvbci = Md3 \times Ydvbci / (n' \times Iv) = -22570.1 \times 1000000 \times 1366.1 / (7 \times 962477205723.2) = -4.576 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -22570.1 \times 1000000 \times (-2115.9) / 962477205723.2 = 49.618 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -22570.1 \times 1000000 \times 1388.1 / 962477205723.2 = -32.551 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$\cdot fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -473.5 \times 1000000 \times (-2321.9) / (1 \times 962477205723.2) = 1.142 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvbcu = Md3 \times Ydvbcu / (n' \times Iv) = -473.5 \times 1000000 \times 836.1 / (7 \times 962477205723.2) = -0.059 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvbci = Md3 \times Ydvbci / (n' \times Iv) = -473.5 \times 1000000 \times 1366.1 / (7 \times 962477205723.2) = -0.096 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

$\cdot fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -473.5 \times 1000000 \times (-2115.9) / 962477205723.2 = 1.041 \text{ MPa}$
 $\cdot fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -473.5 \times 1000000 \times 1388.1 / 962477205723.2 = -0.683 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
하부콘크리트	2327.8x530	1233744.6			2.888.E+10	2.215.E+12	2.244.E+12
환산 하부콘크리트		137082.7	287.0	3.934.E+07	4.126.E+09	1.520.E+11	1.561.E+11
합성전		253047.0	1910.3	4.834.E+08	5.362.E+11	8.233.E+10	6.185.E+11
계		390129.7		5.227.E+08			7.746.E+11

$$- \text{탄성계수비: } n_1 - 60' = n' \times (1 + \Phi_1 (60,30) / 2) = 7 \times (1 + 0.465 / 2) = 9$$

$$\Phi_1' (60,30) = 0.465 \quad (\text{하부콘크리트의 바닥판양생시까지의 크리프계수})$$

$$- \text{도심: } y_{sv1} = 522738428.6 / 390129.7 = 1339.9 \text{ mm}$$

$$Y_{sv1bcu} = 1339.9 - 552 = 787.9 \text{ mm} \quad Y_{sv1su} = 1339.9 - 3504 = -2164.1 \text{ mm}$$

$$Y_{sv1bcl} = 1339.9 - 22 = 1317.9 \text{ mm} \quad Y_{sv1sl} = 1339.9 \text{ mm}$$

$$D_{svbc1} = 1339.9 - 287 = 1052.9 \text{ mm}$$

① 1차고정하중 의한 크리프 효과:

$$\begin{aligned} \cdot N_{bc} &= M_d / (n' \times I_{dsv}) \times (-D_{svbc}) \times A_{bc} \\ &= -30631.43 \times 1000000 / (7 \times 814063931402.2) \times (956.8) \times 1233744.6 = -6,345,373 \text{ N} \end{aligned}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$$\cdot P_{bv1} = N_{bc} \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = -6345372.9 \times 2 \times 0.465 / (2 + 0.465) = -2,393,995 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \cdot M_{v1} &= P_{bv1} \times D_{svbc1} \\ &= -2393994.6 \times 1052.9 / 1000000 = -2520.6 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1bcu} &= 1 / n_1 - 60' \times (P_{bv1} / A_{sv1} + k \times M_{v1} \times Y_{sv1bcu} / I_{sv1}) - \Phi_1 (60,30) / (1 + \Phi_1 (60,30) / 2) \times f_{bc} \\ &= 1 / 9 \times (-2393995 / 390130 + (-0.155) \times (-2520.6) \times 1000000 \times 788 / 774604731710) - 0.465 / (1 + 0.465 / 2) \times (-3.719) \\ &= 0.765 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1bcl} &= 1 / n_1 - 60' \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{sv1} + k \times M_{v1} \times Y_{sv1bcl} / I_{sv1}) - \Phi_1 (60,30) / (1 + \Phi_1 (60,30) / 2) \times f_{bc} \\ &= 1 / 9 \times (-2393995 / 390130 + (-0.155) \times (-2520.6) \times 1000000 \times 1318 / 774604731710) - 0.465 / (1 + 0.465 / 2) \times (-6.568) \\ &= 1.870 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1su} &= P_{bc1} / A_{sv1} + k \times M_{v1} \times Y_{sv1su} / I_{sv1} \\ &= -2393994.6 / 390129.7 + (-0.155) \times (-2520.6) \times 1000000 \times (-2164.1) / 774604731710.365 \\ &= -7.228 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1sl} &= +P_{bc1} / A_{sv1} + k \times M_{v1} \times Y_{sv1sl} / I_{sv1} \\ &= -2393994.6 / 390129.7 + (-0.155) \times (-2520.6) \times 1000000 \times 1339.9 / 774604731710.365 \\ &= -5.461 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6004.6x240	1441100.3			6.917.E+09		
환산 상부바닥판		205871.5	3650.0	7.514.E+08	9.882.E+08	5.445.E+11	5.455.E+11
하부콘크리트	2327.8x530	1233744.6			2.888.E+10		
환산 하부콘크리트		176249.2	287.0	5.058.E+07	4.126.E+09	5.316.E+11	5.357.E+11
합성전		253047.0	1910.3	4.834.E+08	5.362.E+11	3.254.E+09	5.394.E+11
계		635167.7		1.285.E+09			1.621.E+12

- 탄성계수비: $n = 7$ $n' = 7$

- 도심 : $yv1 = 1285410084/635167.7 = 2023.7 \text{ mm}$

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6004.6x240	1441100.3			6.917.E+09		
환산 상부바닥판		102935.7	3650.0	3.757.E+08	4.941.E+08	3.021.E+11	3.026.E+11
하부콘크리트	2327.8x530	1233744.6			2.888.E+10	4.628.E+12	4.657.E+12
환산 하부콘크리트		102812.1	287.0	2.951.E+07	4.126.E+09	2.799.E+11	2.840.E+11
합성전		253047.0	1910.3	4.834.E+08	5.362.E+11	1.790.E+08	5.364.E+11
계		458794.8		8.886.E+08			1.123.E+12

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$

$n1' = n' \times (1 + \Phi_1' / 2) = 7 \times (1 + 1.54 / 2) = 12$

$\Phi_1' = \Phi_1 - \Phi_1'(60,30) = 2.00 - 0.47 = 1.54$

- 도심 : $ydv1 = 888618177.8/458794.8 = 1936.9 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 Ydv1tcu &= 1936.9 - 3770 = -1833.1 \text{ mm} & Ddvtc &= 2023.7 - 3650 = -1626.3 \text{ mm} \\
 Ydv1tcl &= 1936.9 - 3530 = -1593.1 \text{ mm} & Ddvbc &= 2023.7 - 287 = 1736.7 \text{ mm} \\
 Ydv1bcu &= 1936.9 - 552 = 1384.9 \text{ mm} & Ddvtc1 &= 1936.9 - 3650 = -1713.1 \text{ mm} \\
 Ydv1bcl &= 1936.9 - 22 = 1914.9 \text{ mm} & Ddvbc1 &= 1936.9 - 287 = 1649.9 \text{ mm} \\
 Ydv1su &= 1936.9 - 3504 = -1567.1 \text{ mm} & Av1 &= As + Ac/n1 = 355982.7 \text{ mm}^2 \\
 Ydv1sl &= 1936.9 \text{ mm} & dc1 &= dv \times As / (Ac/n1 + As) = 1236.649 \text{ mm} \\
 Dvs1 &= 2023.7 - 1910.3 = 113.4 \text{ mm} & ds1 &= dv - dc1 = 503.051 \text{ mm} \\
 Dv1 &= 1626.3 + 113.4 = 1739.7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

② 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· $Ntc = Md3 / (n \times Idv) \times Ddvtc \times Atc$
 $= -14320.52 \times 1000000 / (7 \times 1620636434172.1) \times (-1626.3) \times 1441100.3 = 2,958,489 \text{ N}$

· $Nbc = Md3 / (n' \times Idv) \times (-Ddvbc) \times Abc$
 $= -14320.52 \times 1000000 / (7 \times 1620636434172.1) \times (1736.7) \times 1233744.6 = -2,704,738 \text{ N}$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· $Ptv1 = Ntc \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 2958489.4 \times 2 \times 2 / (2 + 2) = 2,958,489 \text{ N}$

· $Pbv1 = Nbc \times 2 \times \Phi_1' / (2 + \Phi_1') = -2704738.1 \times 2 \times 1.54 / (2 + 1.54) = -2,353,275 \text{ N}$

· $Mv1 = Ptv1 \times Ddvtc1 + Pbv1 \times Ddvbc1$
 $= 2958489.4 \times (-1713.1) / 1000000 + -2353275 \times 1649.9 / 1000000 = -8950.9 \text{ kN-m}$

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1ru} &= (P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dvru} / (I_{dv1}) \\ &= (2958489.4 + -2353275) / 458794.8 + (-0.155) \times (-8950.9) \times 1000000 \times (-2321.9) / 1122936346599 \\ &= -1.550 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v1bcu} &= 1/n_1' \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dv1bcu} / I_{dv1}) - \Phi_1' / (1 + \Phi_1' / 2) \times f_{bc} \\ &= 1/12 \times ((2958489.4 + -2353275) / 458795 + (-0.155) \times (-8950.9) \times 1000000 \times 1385 / 1122936346599) - 1.5 / (1 + 1.5/2) \times (-2.904) \\ &= 2.779 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v1bcl} &= 1/n_1' \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dv1bcl} / I_{dv1}) - \Phi_1' / (1 + \Phi_1' / 2) \times f_{bc} \\ &= 1/12 \times ((2958489.4 + -2353275) / 458795 + (-0.155) \times (-8950.9) \times 1000000 \times 1915 / 1122936346599) - 1.5 / (1 + 1.5/2) \times (-2.904) \\ &= 2.834 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1su} &= (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dv1su} / I_{dv1} \\ &= (2958489.4 + -2353275) / 458794.8 + (-0.155) \times (-8950.9) \times 1000000 \times (-1567.1) / 1122936346599.1 \\ &= -0.617 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v1sl} &= (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dv1sl} / I_{dv1} \\ &= (2958489.4 + -2353275) / 458794.8 + (-0.155) \times (-8950.9) \times 1000000 \times 1936.9 / 1122936346599.1 \\ &= 3.712 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5) 건조수축 :

- 단일합성시

구분	단면	A_{v1} (mm ²)	y (mm)	$A_{v1} \cdot y$ (mm ³)	I_x (mm ⁴)	A_{d^2} (mm ⁴)	I_{v1} (mm ⁴)
하부콘크리트	2327.8x530	1233744.6			2.888.E+10	2.344.E+12	2.373.E+12
환산 하부콘크리트		123374.5	287.0	3.541.E+07	4.126.E+09	1.469.E+11	1.511.E+11
합성전		253047.0	1910.3	4.834.E+08	5.362.E+11	7.162.E+10	6.078.E+11
계		376421.5		5.188.E+08			7.589.E+11

$$\text{- 탄성계수비: } n_2 - 60' = n_1' \times (1 + \Phi_2(60,30) / 2) = 7 \times (1 + 0.93 / 2) = 10$$

$$\Phi_2' = 2 \times \Phi_1'(60,30) = 0.930$$

$$\text{건조수축변형률 } \epsilon_s(60,30) = 0.000010$$

$$\text{- 도심 : } y_{sv2} = 518804154.1 / 376421.5 = 1378.3 \text{ mm}$$

$$Y_{sv2bcu} = 1378.3 - 552 = 826.3 \text{ mm} \quad Y_{sv2su} = 1378.3 - 3504 = -2125.7 \text{ mm}$$

$$Y_{sv2bcl} = 1378.3 - 22 = 1356.3 \text{ mm} \quad Y_{sv2sl} = 1378.3 \text{ mm}$$

$$D_{svbc1} = 1378.3 - 287 = 1091.3 \text{ mm}$$

$$E_{c2}' = E_s / n_2' = 205000 / 10 = 20500.0 \text{ MPa}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$$P_{bv2} = E_{c2}' \times \epsilon_s(60,30) \times A_{bc} = -20500 \times 0.00001 \times 1233744.6 = -252,918 \text{ N}$$

$$D_{dvbc} = 1378.3 - 287 = 1,091 \text{ mm}$$

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

$$\begin{aligned} \cdot M_{v2} &= P_{bv2} \times D_{dvbc} \\ &= (-252917.6) \times 1091.3 / 1000000 \\ &= -276.0 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{sv2bcu} &= 1/n_2' \times (P_{bv2} / A_{sv2} + k \times M_{v2} \times Y_{sv2bcu} / I_{sv2}) - E_c 2' \times \epsilon_s \\ &= 1/10 \times (-252918) / 376422 + (-0.155) \times -276 \times 1000000 \times 826 / 758854053056 - 20500 \times (-0.00001) \\ &= 0.1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot f_{sv2bcl} &= 1/n_2' \times (P_{bv2} / A_{sv2} + k \times M_{v2} \times Y_{sv2bcl} / I_{sv2}) - E_c 2' \times \epsilon_s \\ &= 1/10 \times (-252918) / 376422 + (-0.155) \times -276 \times 1000000 \times 1356 / 758854053056 - 20500 \times (-0.00001) \\ &= 0.1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v2su} &= P_{bc2} / A_{sv2} + k \times M_{v2} \times Y_{sv2su} / I_{sv2} \\ &= -252917.6 / 376421.5 + (-0.155) \times -276 \times 1000000 \times (-2125.7) / 758854053055.534 \\ &= -0.792 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot f_{v2sl} &= P_{bc2} / A_{sv2} + k \times M_{v2} \times Y_{sv2sl} / I_{sv2} \\ &= -252917.6 / 376421.5 + (-0.155) \times -276 \times 1000000 \times 1378.3 / 758854053055.534 \\ &= -0.594 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6004.6x240	1441100.3			6.917.E+09		
환산상부바닥판	0.000	68623.8	3650.0	2.505.E+08	3.294.E+08	1.929.E+11	1.932.E+11
하부콘크리트	2327.8x530	1233744.6			2.888.E+10	4.805.E+12	4.833.E+12
환산 하부콘크리트		58749.7	287.0	1.686.E+07	1.375.E+09	1.671.E+11	1.685.E+11
합성전		253047.0	1910.3	4.834.E+08	5.362.E+11	1.008.E+09	5.372.E+11
계		380420.6	0.0	7.507.E+08			8.989.E+11

$$\text{- 탄성계수비: } n_2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$$

$$n_2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$$

$$\text{- 도심 : } y_{dv2} = 750733817.2 / 380420.6 = 1973.40 \text{ mm}$$

$$Y_{dv2bcu} = 1973.4 - 552 = 1421.4 \text{ mm} \quad Y_{dv2su} = 1973.4 - 3504 = -1530.6 \text{ mm}$$

$$Y_{dv2bcl} = 1973.4 - 22 = 1951.4 \text{ mm} \quad Y_{dv2sl} = 1973.4 \text{ mm}$$

$$E_c 2 = E_s / n_2 = 205000 / 21 = 9761.9 \text{ MPa}$$

$$E_c 2' = E_s / n_2' = 205000 / 21 = 9761.9 \text{ MPa}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$$P_{tv2} = E_c 2 \times \epsilon_s \times A_{tc} = -9761.9 \times 0.00027 \times 1441100.3 = -3,798,327 \text{ N}$$

$$P_{bv2} = E_c 2' \times \epsilon_s \times A_{bc} = -9761.9 \times 0.00027 \times 1233744.6 = -3,251,797 \text{ N}$$

$$D_{dv} = 1973.4 - 3650 = -1,677 \text{ mm}$$

$$D_{dvbc} = 1973.4 - 287 = 1,686 \text{ mm}$$

$$A_{v2} = A_s + A_{cu}/n_2 + A_{cl}/n_2' = 253047 + 1441100.3 / 21 + 1233744.6 / 21 = 380,421 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1739.7 \times 253047 / (1441100.3 / 21 + 253047) = 1,369 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 1739.7 - 1368.6 = 371 \text{ mm}$$

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

$$\begin{aligned} \cdot M_v2 &= P_{tv2} \times D_{dv} + P_{bv2} \times D_{dvbc} \\ &= [-3798326.8 \times (-1676.6) + (-3251796.7) \times 1686.4] / 1000000 \\ &= 884.4 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v2ru} &= ((P_{tv2} + P_{bv2}) / A_v + k \times M_v2 \times Y_{dvru} / I_v) \\ &= (-3798326.8 + (-3251796.7)) / 456800.2 + (-0.155) \times 884.4 \times 1000000 \times (-2321.9) / 962477205723 \\ &= -15.103 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v2bcu} &= 1/n^1 \times ((P_{tv2} + P_{bv2}) / A_{dv2} + k \times M_v2 \times Y_{dv2bcu} / I_{dv2}) - E_c^1 \times \epsilon_s \\ &= 1/21 \times ((-3798327 - 3251797) / 380421 + (-0.155) \times 884 \times 1000000 \times 1421 / 898872843102) - 9762 \times (-0.00027) \\ &= 1.7 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v2bcl} &= 1/n^1 \times ((P_{tv2} + P_{bv2}) / A_{dv2} + k \times M_v2 \times Y_{dv2bcl} / I_{dv2}) - E_c^1 \times \epsilon_s \\ &= 1/21 \times ((-3798327 - 3251797) / 380421 + (-0.155) \times 884 \times 1000000 \times 1951 / 898872843102) - 9762 \times (-0.00027) \\ &= 1.7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v2su} &= (P_{tv2} + P_{bc2}) / A_{dv2} + k \times M_v2 \times Y_{dv2su} / I_{dv2} \\ &= (-3798326.8 + (-3251796.7)) / 380420.6 + (-0.155) \times 884.4 \times 1000000 \times (-1530.6) / 898872843101.893 \\ &= -18.299 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v2sl} &= (P_{tv2} + P_{bc2}) / A_{dv2} + k \times M_v2 \times Y_{dv2sl} / I_{dv2} \\ &= (-3798326.8 + (-3251796.7)) / 380420.6 + (-0.155) \times 884.4 \times 1000000 \times 1973.4 / 898872843101.893 \\ &= -18.833 \text{ MPa} \end{aligned}$$

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$$\begin{aligned} \cdot P_{tv3} &= E_s \times \alpha \times \Delta t \times A_{tc} / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1441100.3 / 7 = 5,064,438 \text{ N} \\ \cdot M_v3 &= P_{tv3} \times D_{dvr} = 5064438.2 \times -1626.3 / 1000000 = -8,236 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v3ru} &= P_{tv3} / A_v + k \times M_v3 \times Y_{dvru} / I_v - E_s \times \epsilon_t \\ &= 5064438.2 / 456800.2 + (-0.155) \times (-8236.3) \times (-2321.9) / 962477205723.2 - 205000 \times 0.00012 \\ &= -16.593 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v3bcu} &= 1/n^1 \times (P_{tv3} / A_v + k \times M_v3 \times Y_{v3bcu} / I_v) - E_c^1 \times \alpha \times \Delta t \\ &= 1/7 \times (5064438.2 / 456800.2 + (-0.155) \times (-8236.3) \times 836.1 / 962477205723.2) - 30891.1 \times 0.000012 \times 10 \\ &= -2.000 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v3bcl} &= 1/n^1 \times (P_{tv3} / A_v + k \times M_v3 \times Y_{v3bcl} / I_v) - E_c^1 \times \alpha \times \Delta t \\ &= 1/7 \times (5064438.2 / 456800.2 + (-0.155) \times (-8236.3) \times 1366.1 / 962477205723.2) - 30891.1 \times 0.000012 \times 10 \\ &= -1.900 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v3su} &= P_{tv3} / A_v + k \times M_v3 \times Y_{dvsu} / I_v \\ &= 5064438.2 / 456800.2 + (-0.155) \times (-8236.3) \times 1000000 \times (-2115.9) / 962477205723.2 = 8.280 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v3sl} &= P_{tv3} / A_v + k \times M_v3 \times Y_{dvsI} / I_v \\ &= 5064438.2 / 456800.2 + (-0.155) \times (-8236.3) \times 1000000 \times 1388.1 / 962477205723.2 = 12.928 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

$$\begin{aligned} \cdot F &= 8439088.0 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 1145.77 \times 1000 / 110976 + 255.75 \times 1000000 / (2 \times 8439088 \times 16) = 11.272 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2) 단일합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 8546381.1 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 1695.15 \times 1000 / 110976 + 472 \times 1000000 / (2 \times 8546381.1 \times 16) = 17.001 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3) 이중합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 8590111.4 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 2232.2 \times 1000 / 110976 + 1949.1 \times 1000000 / (2 \times 8590111.4 \times 16) = 27.205 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) 허용응력검토

(도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

$$\begin{aligned} - \text{허용인장응력} : & \quad \therefore f_{rta} = 160.0 \text{ MPa} \\ - \text{허용압축응력} : & \quad \therefore f_{rca} = 180.0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

$$\begin{aligned} - \text{허용압축응력} : & \quad \therefore f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times 40 = -16.0 \text{ MPa} \\ - \text{허용인장응력} : & \quad \therefore f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times 40 = 2.8 \text{ MPa} > 2.5 \text{ MPa} \\ & \quad \text{이므로, } 2.5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sua} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 하부플랜지의 합성전 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

$$b = 2400.0 \text{ mm} \quad (\text{보강된 판의 폭}) \quad i = 1 \quad (\text{응력구배계수})$$

$$n = 2 \quad (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수})$$

$$t_{\min} = 2400 / (80 \times 1 \times 2) = 15.0 \text{ mm} < t = 22 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K.}$$

- 합성전 허용응력

$$\textcircled{a} \ b/(22 \times i \times n) = 54.5 \text{ mm} \quad \textcircled{b} \ b/(44 \times i \times n) = 27.3 \text{ mm} \quad \textcircled{c} \ b/(80 \times i \times n) = 15.0 \text{ mm}$$

$$t = 22 \text{ mm} \text{ 이므로, } \therefore f_{sla1} = -[220,000 \times ((t \times i \times n) / b)^2] = -73.9 \text{ MPa}$$

③ 압축 하부플랜지의 합성후 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

$$b = 2400.0 \text{ mm} \quad (\text{보강된 판의 폭}) \quad i = 1 \quad (\text{응력구배계수})$$

$$n = 4 \quad (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수})$$

$$t_{\min} = 2400 / (44 \times 1 \times 4) = 13.6 \text{ mm} < t = 22 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K.}$$

- 합성후 허용응력

$$\textcircled{a} \ b/(22 \times i \times n) = 27.3 \text{ mm} \quad \textcircled{b} \ b/(44 \times i \times n) = 13.6 \text{ mm} \quad \textcircled{c} \ b/(80 \times i \times n) = 7.5 \text{ mm}$$

$$t = 22 \text{ mm} \text{ 이므로, } \therefore f_{sla2} = -[230 - 5.2 \times (b/(t \times i \times n) - 22)] = -202.6 \text{ MPa}$$

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.2) = 3468 / (281 \times 1.2) = 10.285$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/98.695)} = 1.433 > 1.2 \quad 1.20 \text{ 적용}$

- 합성후 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.13) = 3468 / (281 \times 1.13) = 10.922$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(202.582/158.637)} = 1.130 < 1.2 \quad 1.13 \text{ 적용}$

$$\therefore t_{\min} = 10.922 < t = 16.0 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K.}$$

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 :

(단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	43.7	287.5	-51.9	-92.4
	2	-	-	-6.6	-16.0	129.2	230.0	-98.7	-202.6
	3	90.1	160.0	-12.2	-16.0	203.4	230.0	-158.6	-202.6
	4	73.5	160.0	-7.6	-16.0	184.5	230.0	-179.2	-202.6
	5	56.9	184.0	-9.5	-18.4	192.7	264.5	-166.3	-233.0
	6	90.1	184.0	-5.7	-18.4	176.2	264.5	-192.1	-233.0
허용전단응력		(허용응력 확증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		(f/fa) ² + (τ/τa) ²							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
전단 응력	1	-	-	0.152	0.561	11.272	168.8	0.07	0.32
	2	-	0.411	0.562	0.487	28.273	135.0	0.21	0.36
	3	0.563	0.761	0.884	0.783	55.478	135.0	0.41	0.95
	4	0.459	0.478	0.802	0.885	55.478	135.0	0.41	0.95
	5	0.309	0.518	0.729	0.714	55.478	155.3	0.36	0.66
	6	0.490	0.312	0.666	0.825	55.478	155.3	0.36	0.81

(7) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 :	$f_y =$	400.0 MPa
- 하부콘크리트 :	$f_{cy} = 3 / 5 \times 40 =$	24.0 MPa
- 강재 : (HSB500)	$f_y =$	380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

힘응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 :

(단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨 응력	1	128.7	400.0	-17.55	-24.0	297.0	380.0	-233.4	-380.0
	2	161.9	400.0	-13.75	-24.0	280.4	380.0	-259.2	-380.0
	3	145.4	400.0	-22.08	-24.0	315.9	380.0	-218.3	-380.0
	4	147.6	400.0	-18.28	-24.0	299.3	380.0	-244.1	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		=	0.920	<	1.0	∴	0.K.

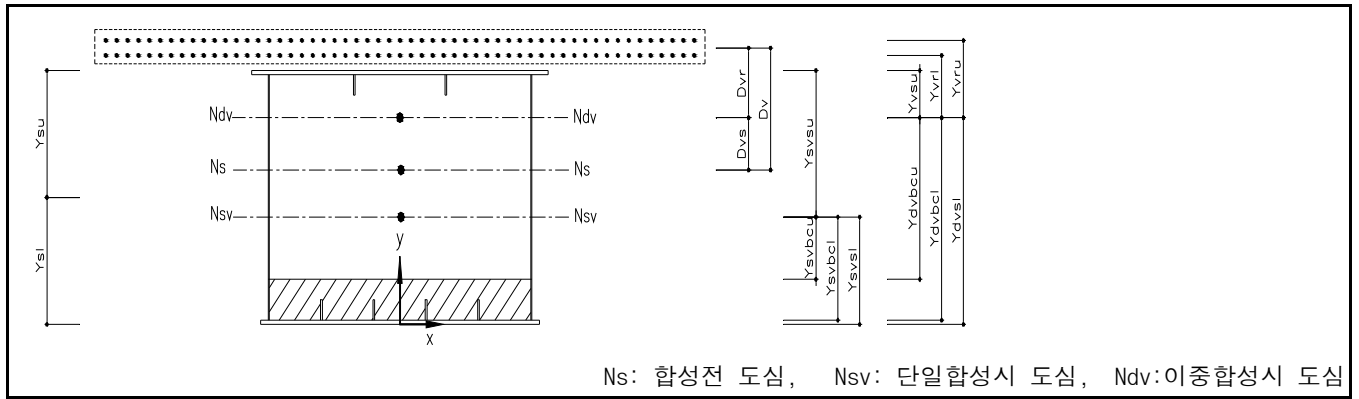
상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수 (ϕ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수 (ϕ_2)	4
하부콘크리트, fck	40 MPa	온도변화 (Δt)	10
하부콘크리트, Ec	30891 MPa	온도팽창율 (α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율 (ϵ_s)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.15470

Figure 1 shows the cross-section of a composite box girder. The main dimensions are: B1 (bottom flange width), B2 (top flange width), B3 (total width), H (height), b1 (bottom flange thickness), b2 (top flange thickness), t1 (bottom flange thickness), t2 (top flange thickness), t3 (web thickness), tr (rib thickness), Tcu (concrete thickness), Th (top flange thickness), Tcl (bottom flange thickness), and Y(2), X(3) (coordinate system). The bottom flange is labeled '하부콘크리트' (bottom concrete). The diagram is divided into three parts: (a) Top view, (b) Side view, and (c) Detail view of the top flange.

구 분	합성전	단일 합성	이중 합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-10602.2	-24327.1	-11310.8	-18436.0	-439.3	-65115.4
전단력, S (kN)	-916.6	-1574.6	-748.0	-1325.5	-8.9	-4573.5
비틀림, T (kN-m)	-255.7	-471.7	-81.0	-1937.5	-6.9	-2752.96

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm ²)	y (mm)	As · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
상부플랜지	2847.2×28×1	79,720	3,145	2.507.E+08	5.208.E+06	1.651.E+11	1.652.E+11
상부리브	0×0×0	-	-	0.000.E+00	0.000.E+00	0.000.E+00	0.000.E+00
복부판	3,109.0×16×2	99,488	1,577	1.568.E+08	8.014.E+10	1.661.E+09	8.180.E+10
하부리브	220×20×1	4,400	132	5.808.E+05	1.775.E+07	1.090.E+10	1.091.E+10
하부플랜지	2547.2×22×1	56,037	11	6.164.E+05	2.260.E+06	1.609.E+11	1.609.E+11
계		239,646		4.088.E+08			4.188.E+11

- 도심 : $y_s = 408760071/239645.5 = 1705.7 \text{ mm}$
 $Y_{su} = 1705.7 - 3159 = -1453.3 \text{ mm}$
 $Y_{sl} = 1705.7 \text{ mm}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{su} = M_{d1} \times Y_{su} / I_s = -10,602.2 \times 1000000 \times (-1453.3) / 418805978245.3 = 36.791 \text{ MPa}$
 · $f_{sl} = M_{d1} \times Y_{sl} / I_s = -10,602.2 \times 1000000 \times 1705.7 / 418805978245.3 = -43.180 \text{ MPa}$

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
하부콘크리트	2347.2x470	1103161.1			2.03.E+10		
환산 하부콘크리트		157594.4	257.0	4.05.E+07	2.90.E+09	1.20.E+11	1.23.E+11
STEEL		239645.5	1705.7	4.09.E+08	4.19.E+11	7.92.E+10	4.98.E+11
계		397239.9		4.49.E+08			6.21.E+11

- 도심 : $y_{sv} = 449265090/397239.9 = 1131.0 \text{ mm}$ $n' = 7$
 $Y_{svbcu} = 1131 - 492 = 639.0 \text{ mm}$ $Y_{svsu} = 1131 - 3159 = -2028.0 \text{ mm}$
 $Y_{svbcl} = 1131 - 22 = 1109.0 \text{ mm}$ $Y_{svsl} = 1131.0 \text{ mm}$
 $D_{svbc} = 1131 - 257 = 874.0 \text{ mm}$

- 하부콘크리트 응력 :

· $f_{svbcu} = M_{d2} \times Y_{svbcu} / (n' \times I_{sv}) = -24327.12 \times 1000000 \times 639 / (7 \times 621239746419.3) = -3.575 \text{ MPa}$
 · $f_{svbcl} = M_{d2} \times Y_{svbcl} / (n' \times I_{sv}) = -24327.12 \times 1000000 \times 1109 / (7 \times 621239746419.3) = -6.204 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $f_{vsu} = M_{d2} \times Y_{svsu} / I_{sv} = -24327.12 \times 1000000 \times (-2028) / 621239746419.3 = 79.414 \text{ MPa}$
 · $f_{vsl} = M_{d2} \times Y_{svsl} / I_{sv} = -24327.12 \times 1000000 \times 1131 / 621239746419.3 = -44.289 \text{ MPa}$

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm ²)	y (mm)	Asv · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Isv (mm ⁴)
상부바닥판 철근	H19x96	27504.0					
환산바닥판 철근		27504.0	3281.0	9.024.E+07		1.112.E+11	1.112.E+11
단일합성시		397239.9	1131.0	4.493.E+08	6.212.E+11	7.697.E+09	6.289.E+11
계		424743.9		5.395.E+08			7.401.E+11

- 2차 모멘트 계수 : $k = -0.155$

- 도심 : $Ydv = 539518951/424743.9 = 1270 \text{ mm}$
 $Atc = 6087.6 \times 240 = 1461016 \text{ mm}^2$
 $Abc = 2347.2 \times 470 = 1103161 \text{ mm}^2$

- 탄성계수비: $ns = 205000/200000 = 1$

$n = 7$ $n' = 7$

$Ydvru = 1270.2 - 3351 = -2080.8 \text{ mm}$ $Ddvr = 1270.2 - 3281 = -2010.8 \text{ mm}$
 $Ydvrci = 1270.2 - 3211 = -1940.8 \text{ mm}$ $Ddvbc = 1270.2 - 257 = 1141.7 \text{ mm}$
 $Ydvbcu = 1270.2 - 492 = 778.2 \text{ mm}$ $Ddvs = 1270.2 - 1705.7 = -435.5 \text{ mm}$
 $Ydvbci = 1270.2 - 22 = 1248.2 \text{ mm}$ $Ddv = 2010.8 + (-435.5) = 1575.3 \text{ mm}$
 $Ydvsl = 1270.2 - 3145 = -1874.8 \text{ mm}$
 $Ydvsl = 1270.2 \text{ mm}$

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· $fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -11,310.8 \times 1000000 \times (-2080.8) / (1 \times 740144301822.3) = 31.798 \text{ MPa}$
· $fdvbcu = Md3 \times Ydvbcu / (n' \times Iv) = -11,310.8 \times 1000000 \times 778.2 / (7 \times 740144301822.3) = -1.699 \text{ MPa}$
· $fdvbci = Md3 \times Ydvbci / (n' \times Iv) = -11,310.8 \times 1000000 \times 1248.2 / (7 \times 740144301822.3) = -2.725 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -11310.76 \times 1000000 \times (-1874.8) / 740144301822.3 = 28.650 \text{ MPa}$
· $fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -11310.76 \times 1000000 \times 1270.2 / 740144301822.3 = -19.411 \text{ MPa}$

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· $fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -18436 \times 1000000 \times (-2080.8) / (1 \times 740144301822.3) = 51.830 \text{ MPa}$
· $fdvbcu = Md3 \times Ydvbcu / (n' \times Iv) = -18436 \times 1000000 \times 778.2 / (7 \times 740144301822.3) = -2.769 \text{ MPa}$
· $fdvbci = Md3 \times Ydvbci / (n' \times Iv) = -18436 \times 1000000 \times 1248.2 / (7 \times 740144301822.3) = -4.442 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -18436 \times 1000000 \times (-1874.8) / 740144301822.3 = 46.699 \text{ MPa}$
· $fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -18436 \times 1000000 \times 1270.2 / 740144301822.3 = -31.639 \text{ MPa}$

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· $fdvru = Md3 \times Ydvru / (ns \times Iv) = -439.3 \times 1000000 \times (-2080.8) / (1 \times 740144301822.3) = 1.235 \text{ MPa}$
· $fdvbcu = Md3 \times Ydvbcu / (n' \times Iv) = -439.3 \times 1000000 \times 778.2 / (7 \times 740144301822.3) = -0.066 \text{ MPa}$
· $fdvbci = Md3 \times Ydvbci / (n' \times Iv) = -439.3 \times 1000000 \times 1248.2 / (7 \times 740144301822.3) = -0.106 \text{ MPa}$

- 상하플랜지 응력 :

· $fdvsu = Md3 \times Ydvsl / Iv = -439.3 \times 1000000 \times (-1874.8) / 740144301822.3 = 1.113 \text{ MPa}$
· $fdvsl = Md3 \times Ydvsl / Iv = -439.3 \times 1000000 \times 1270.2 / 740144301822.3 = -0.754 \text{ MPa}$

4) 크리프 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
하부콘크리트	2347.2x470	1103161.1			2.031.E+10	1.630.E+12	1.650.E+12
환산 하부콘크리트		122573.5	257.0	3.150.E+07	2.901.E+09	1.126.E+11	1.155.E+11
합성전		239645.5	1705.7	4.088.E+08	4.188.E+11	5.759.E+10	4.764.E+11
계		362219.0		4.403.E+08			5.919.E+11

$$\begin{aligned} - \text{탄성계수비: } n_1 - 60' &= n' \times (1 + \Phi_1 (60,30) / 2) = 7 \times (1 + 0.469 / 2) = 9 \\ \Phi_1 (60,30) &= \mathbf{0.469} \quad (\text{하부콘크리트의 바닥판양생시까지의 크리프계수}) \end{aligned}$$

$$- \text{도심: } y_{sv1} = 440264707.4 / 362219 = 1215.5 \text{ mm}$$

$$Y_{sv1bcu} = 1215.5 - 492 = 723.5 \text{ mm} \quad Y_{sv1su} = 1215.5 - 3145 = -1929.5 \text{ mm}$$

$$Y_{sv1bcl} = 1215.5 - 22 = 1193.5 \text{ mm} \quad Y_{sv1sl} = 1215.5 \text{ mm}$$

$$D_{svbc1} = 1215.5 - 257 = 958.5 \text{ mm}$$

① 1차고정하중 의한 크리프 효과:

$$\begin{aligned} \cdot N_{bc} &= M_d / (n' \times I_{dsv}) \times (-D_{svbc}) \times A_{bc} \\ &= -24327.12 \times 1000000 / (7 \times 621239746419.3) \times (874) \times 1103161.1 = -5,393,663 \text{ N} \end{aligned}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

$$\cdot P_{bv1} = N_{bc} \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = -5393662.8 \times 2 \times 0.469 / (2 + 0.469) = -2,049,111 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \cdot M_{v1} &= P_{bv1} \times D_{svbc1} \\ &= -2049111.3 \times 958.5 / 1000000 = -1964.1 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1bcu} &= 1 / n_1 - 60' \times (P_{bv1} / A_{sv1} + k \times M_{v1} \times Y_{sv1bcu} / I_{sv1}) - \Phi_1 (60,30) / (1 + \Phi_1 (60,30) / 2) \times f_{bc} \\ &= 1 / 9 \times (-2049111 / 362219 + (-0.155) \times (-1964.1) \times 1000000 \times 724 / 591903854750) - 0.469 / (1 + 0.469 / 2) \times (-3.575) \\ &= 0.771 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1bcl} &= 1 / n_1 - 60' \times ((P_{bv1} + P_{bv1}) / A_{sv1} + k \times M_{v1} \times Y_{sv1bcl} / I_{sv1}) - \Phi_1 (60,30) / (1 + \Phi_1 (60,30) / 2) \times f_{bc} \\ &= 1 / 9 \times (-2049111 / 362219 + (-0.155) \times (-1964.1) \times 1000000 \times 1194 / 591903854750) - 0.469 / (1 + 0.469 / 2) \times (-6.204) \\ &= 1.797 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1su} &= P_{bc1} / A_{sv1} + k \times M_{v1} \times Y_{sv1su} / I_{sv1} \\ &= -2049111.3 / 362219 + (-0.155) \times (-1964.1) \times 1000000 \times (-1929.5) / 591903854749.824 \\ &= -6.650 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1sl} &= +P_{bc1} / A_{sv1} + k \times M_{v1} \times Y_{sv1sl} / I_{sv1} \\ &= -2049111.3 / 362219 + (-0.155) \times (-1964.1) \times 1000000 \times 1215.5 / 591903854749.824 \\ &= -5.032 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6087.6x240	1461015.9			7.013.E+09		
환산 상부바닥판		208716.6	3291.0	6.869.E+08	1.002.E+09	4.185.E+11	4.195.E+11
하부콘크리트	2347.2x470	1103161.1			2.031.E+10		
환산 하부콘크리트		157594.4	257.0	4.050.E+07	2.901.E+09	4.126.E+11	4.155.E+11
합성전		239645.5	1705.7	4.088.E+08	4.188.E+11	6.869.E+09	4.257.E+11
계		605956.5		1.136.E+09			1.261.E+12

- 탄성계수비: $n = 7$ $n' = 7$

- 도심 : $yv1 = 1136151291/605956.5 = 1875.0$ mm

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6087.6x240	1461015.9			7.013.E+09		
환산 상부바닥판		104358.3	3291.0	3.434.E+08	5.009.E+08	2.384.E+11	2.389.E+11
하부콘크리트	2347.2x470	1103161.1			2.031.E+10	3.494.E+12	3.514.E+12
환산 하부콘크리트		91930.1	257.0	2.363.E+07	2.901.E+09	2.132.E+11	2.161.E+11
합성전		239645.5	1705.7	4.088.E+08	4.188.E+11	1.312.E+09	4.201.E+11
계		435933.9		7.758.E+08			8.750.E+11

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) = 14$

$n1' = n' \times (1 + \Phi_1' / 2) = 7 \times (1 + 1.53 / 2) = 12$

$\Phi_1' = \Phi_1 - \Phi_1'(60,30) = 2.00 - 0.47 = 1.53$

- 도심 : $ydv1 = 775832457.7/435933.9 = 1779.7$ mm

$Ydv1tcu = 1779.7 - 3411 = -1631.3$ mm	$Ddvtc = 1875 - 3291 = -1416.0$ mm
$Ydv1tcl = 1779.7 - 3171 = -1391.3$ mm	$Ddvbc = 1875 - 257 = 1618.0$ mm
$Ydv1bcu = 1779.7 - 492 = 1287.7$ mm	$Ddvtc1 = 1779.7 - 3291 = -1511.3$ mm
$Ydv1bcl = 1779.7 - 22 = 1757.7$ mm	$Ddvbc1 = 1779.7 - 257 = 1522.7$ mm
$Ydv1su = 1779.7 - 3145 = -1365.3$ mm	$Av1 = As + Ac/n1 = 344003.8$ mm ²
$Ydv1sl = 1779.7$ mm	$dc1 = dv \times As / (Ac/n1 + As) = 1104.377$ mm
$Dvs1 = 1875 - 1705.7 = 169.3$ mm	$ds1 = dv - dc1 = 480.923$ mm
$Dv1 = 1416 + 169.3 = 1585.3$ mm	

② 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· $Ntc = Md3 / (n \times Idv) \times Ddvtc \times Atc$
 $= -11310.76 \times 1000000 / (7 \times 1260636364880.2) \times (-1416) \times 1461015.9 = 2,651,686$ N

· $Nbc = Md3 / (n' \times Idv) \times (-Ddvbc) \times Abc$
 $= -11310.76 \times 1000000 / (7 \times 1260636364880.2) \times (1618) \times 1103161.1 = -2,287,818$ N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· $Ptv1 = Ntc \times 2 \times \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 2651686.1 \times 2 \times 2 / (2 + 2) = 2,651,686$ N

· $Pbv1 = Nbc \times 2 \times \Phi_1' / (2 + \Phi_1') = -2287817.5 \times 2 \times 1.53 / (2 + 1.53) = -1,983,207$ N

· $Mv1 = Ptv1 \times Ddvtc1 + Pbv1 \times Ddvbc1$
 $= 2651686.1 \times (-1511.3) / 1000000 + -1983207.2 \times 1522.7 / 1000000 = -7027.3$ kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1ru} &= (P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dvru} / (I_{dv1}) \\ &= (2651686.1 + -1983207.2) / 435933.9 + (-0.155) \times (-7027.3) \times 1000000 \times (-2080.8) / 875027961810 \\ &= -1.057 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v1bcu} &= 1/n_1' \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dv1bcu} / I_{dv1}) - \Phi_1' / (1 + \Phi_1' / 2) \times f_{bc} \\ &= 1/12 \times ((2651686.1 + -1983207) / 435934 + (-0.155) \times (-7027.3) \times 1000000 \times 1288 / 875027961810) - 1.5 / (1 + 1.5/2) \times (-2.725) \\ &= 2.624 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v1bcl} &= 1/n_1' \times ((P_{tv1} + P_{bv1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dv1bcl} / I_{dv1}) - \Phi_1' / (1 + \Phi_1' / 2) \times f_{bc} \\ &= 1/12 \times ((2651686.1 + -1983207) / 435934 + (-0.155) \times (-7027.3) \times 1000000 \times 1758 / 875027961810) - 1.5 / (1 + 1.5/2) \times (-2.725) \\ &= 2.672 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot f_{v1su} &= (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dv1su} / I_{dv1} \\ &= (2651686.1 + -1983207.2) / 435933.9 + (-0.155) \times (-7027.3) \times 1000000 \times (-1365.3) / 875027961810.254 \\ &= -0.166 \text{ MPa} \\ \cdot f_{v1sl} &= (P_{tv1} + P_{bc1}) / A_{dv1} + k \times M_{v1} \times Y_{dv1sl} / I_{dv1} \\ &= (2651686.1 + -1983207.2) / 435933.9 + (-0.155) \times (-7027.3) \times 1000000 \times 1779.7 / 875027961810.254 \\ &= 3.749 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5) 건조수축 :

- 단일합성시

구분	단면	A_{v1} (mm ²)	y (mm)	$A_{v1} \cdot y$ (mm ³)	I_x (mm ⁴)	A_{d^2} (mm ⁴)	I_{v1} (mm ⁴)
하부콘크리트	2347.2x470	1103161.1			2.031.E+10	1.721.E+12	1.741.E+12
환산 하부콘크리트		110316.1	257.0	2.835.E+07	2.901.E+09	1.086.E+11	1.115.E+11
합성전		239645.5	1705.7	4.088.E+08	4.188.E+11	4.998.E+10	4.688.E+11
계		349961.6		4.371.E+08			5.802.E+11

$$\text{- 탄성계수비: } n_2 - 60' = n_1' \times (1 + \Phi_2(60,30) / 2) = 7 \times (1 + 0.938 / 2) = 10$$

$$\Phi_2' = 2 \times \Phi_1'(60,30) = 0.938$$

$$\text{건조수축변형률 } \epsilon_s(60,30) = 0.000012$$

$$\text{- 도심 : } y_{sv2} = 437114569.6 / 349961.6 = 1249.0 \text{ mm}$$

$$Y_{sv2bcu} = 1249 - 492 = 757.0 \text{ mm} \quad Y_{sv2su} = 1249 - 3145 = -1896.0 \text{ mm}$$

$$Y_{sv2bcl} = 1249 - 22 = 1227.0 \text{ mm} \quad Y_{sv2sl} = 1249.0 \text{ mm}$$

$$D_{svbc1} = 1249 - 257 = 992.0 \text{ mm}$$

$$E_{c2}' = E_s / n_2' = 205000 / 10 = 20500.0 \text{ MPa}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$$P_{bv2} = E_{c2}' \times \epsilon_s(60,30) \times A_{bc} = -20500 \times 0.000012 \times 1103161.1 = -271,378 \text{ N}$$

$$D_{dvbc} = 1249 - 257 = 992 \text{ mm}$$

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

$$\begin{aligned} \cdot M_{v2} &= P_{bv2} \times D_{dvbc} \\ &= (-271377.6) \times 992 / 1000000 \\ &= -269.2 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} f_{sv2bcu} &= 1/n_2' \times (P_{bv2} / A_{sv2} + k \times M_{v2} \times Y_{sv2bcu} / I_{sv2}) - E_c 2' \times \epsilon_s \\ &= 1/10 \times (-271378) / 349962 + (-0.155) \times -269 \times 1000000 \times 757 / 580249175490 - 20500 \times (-0.000012) \\ &= 0.2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sv2bcl} &= 1/n_2' \times (P_{bv2} / A_{sv2} + k \times M_{v2} \times Y_{sv2bcl} / I_{sv2}) - E_c 2' \times \epsilon_s \\ &= 1/10 \times (-271378) / 349962 + (-0.155) \times -269 \times 1000000 \times 1227 / 580249175490 - 20500 \times (-0.000012) \\ &= 0.2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} f_{v2su} &= P_{bc2} / A_{sv2} + k \times M_{v2} \times Y_{sv2su} / I_{sv2} \\ &= -271377.6 / 349961.6 + (-0.155) \times -269.2 \times 1000000 \times (-1896) / 580249175490.264 \\ &= -0.912 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{v2sl} &= P_{bc2} / A_{sv2} + k \times M_{v2} \times Y_{sv2sl} / I_{sv2} \\ &= -271377.6 / 349961.6 + (-0.155) \times -269.2 \times 1000000 \times 1249 / 580249175490.264 \\ &= -0.686 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm ²)	y (mm)	Av1 · y (mm ³)	Ix (mm ⁴)	Ad ² (mm ⁴)	Iv1 (mm ⁴)
상부바닥판	6087.6x240	1461015.9			7.013.E+09		
환산상부바닥판	0.000	69572.2	3291.0	2.290.E+08	3.339.E+08	1.546.E+11	1.550.E+11
하부콘크리트	2347.2x470	1103161.1			2.031.E+10	3.575.E+12	3.595.E+12
환산 하부콘크리트		52531.5	257.0	1.350.E+07	9.670.E+08	1.251.E+11	1.261.E+11
합성전		239645.5	1705.7	4.088.E+08	4.188.E+11	2.140.E+09	4.209.E+11
계		361749.2	0.0	6.512.E+08			7.020.E+11

$$\text{- 탄성계수비: } n_2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$$

$$n_2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) = 21$$

$$\text{- 도심 : } y_{dv2} = 651225983.1 / 361749.2 = 1800.20 \text{ mm}$$

$$Y_{dv2bcu} = 1800.2 - 492 = 1308.2 \text{ mm} \quad Y_{dv2su} = 1800.2 - 3145 = -1344.8 \text{ mm}$$

$$Y_{dv2bcl} = 1800.2 - 22 = 1778.2 \text{ mm} \quad Y_{dv2sl} = 1800.2 \text{ mm}$$

$$E_c 2 = E_s / n_2 = 205000 / 21 = 9761.9 \text{ MPa}$$

$$E_c 2' = E_s / n_2' = 205000 / 21 = 9761.9 \text{ MPa}$$

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$$P_{tv2} = E_c 2 \times \epsilon_s \times A_{tc} = -9761.9 \times 0.00027 \times 1461015.9 = -3,850,819 \text{ N}$$

$$P_{bv2} = E_c 2' \times \epsilon_s \times A_{bc} = -9761.9 \times 0.00027 \times 1103161.1 = -2,907,616 \text{ N}$$

$$D_{dv} = 1800.2 - 3291 = -1,491 \text{ mm}$$

$$D_{dvbc} = 1800.2 - 257 = 1,543 \text{ mm}$$

$$A_{v2} = A_s + A_{cu}/n_2 + A_{cl}/n_2' = 239645.5 + 1461015.9 / 21 + 1103161.1 / 21 = 361,749 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_{c}/n_2 + A_s) = 1585.3 \times 239645.5 / (1461015.9 / 21 + 239645.5) = 1,229 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 1585.3 - 1228.6 = 357 \text{ mm}$$

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

$$\begin{aligned} \cdot Mv2 &= Ptv2 \times Ddv + Pbv2 \times Ddvbc \\ &= [-3850818.6 \times (-1490.8) + (-2907616.1) \times 1543.2] / 1000000 \\ &= 1253.8 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot fv2ru &= ((Ptv2+Pbv2) / Av + k \times Mv2 \times Ydvru / Iv) \\ &= (-3850818.6 + (-2907616.1)) / 424743.9 + (-0.155) \times 1253.8 \times 1000000 \times (-2080.8) / 740144301822 \\ &= -15.365 \text{ MPa} \\ \cdot fv2bcu &= 1/n^1 \times ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k \times Mv2 \times Ydv2bcu / Idv2) - Ec^1 \times \epsilon s \\ &= 1/21 \times ((-3850819-2907616) / 361749 + (-0.155) \times 1254 \times 1000000 \times 1308 / 701972098507) - 9762 \times (-0.00027) \\ &= 1.7 \text{ MPa} \\ \cdot fv2bcl &= 1/n^1 \times ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k \times Mv2 \times Ydv2bcl / Idv2) - Ec^1 \times \epsilon s \\ &= 1/21 \times ((-3850819-2907616) / 361749 + (-0.155) \times 1254 \times 1000000 \times 1778 / 701972098507) - 9762 \times (-0.00027) \\ &= 1.7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot fv2su &= (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k \times Mv2 \times Ydv2su / Idv2 \\ &= (-3850818.6 + (-2907616.1)) / 361749.2 + (-0.155) \times 1253.8 \times 1000000 \times (-1344.8) / 701972098507.153 \\ &= -18.310 \text{ MPa} \\ \cdot fv2sl &= (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k \times Mv2 \times Ydv2sl / Idv2 \\ &= (-3850818.6 + (-2907616.1)) / 361749.2 + (-0.155) \times 1253.8 \times 1000000 \times 1800.2 / 701972098507.153 \\ &= -19.181 \text{ MPa} \end{aligned}$$

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

$$\begin{aligned} \cdot Ptv3 &= Es \times \alpha \times \Delta t \times Atc / n = 205000 \times 0.000012 \times 10 \times 1461015.9 / 7 = 5,134,427 \text{ N} \\ \cdot Mv3 &= Ptv3 \times Ddvr = 5134427.3 \times -1416 / 1000000 = -7,270 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot fv3ru &= Ptv3 / Av + k \times Mv3 \times Ydvru / Iv - Es \times \epsilon t \\ &= 5134427.3 / 424743.9 + (-0.155) \times (-7270.3) \times (-2080.8) / 740144301822.3 - 205000 \times 0.00012 \\ &= -15.680 \text{ MPa} \\ \cdot fv3bcu &= 1/n^1 \times (Ptv3 / Av + k \times Mv3 \times Yv3bcu / Iv) - Ec^1 \times \alpha \times \Delta t \\ &= 1/7 \times (5134427.3 / 424743.9 + (-0.155) \times (-7270.3) \times 778.2 / 740144301822.3) - 30891.1 \times 0.000012 \times 10 \\ &= -1.800 \text{ MPa} \\ \cdot fv3bcl &= 1/n^1 \times (Ptv3 / Av + k \times Mv3 \times Yv3bcl / Iv) - Ec^1 \times \alpha \times \Delta t \\ &= 1/7 \times (5134427.3 / 424743.9 + (-0.155) \times (-7270.3) \times 1000000 \times 1248.2 / 740144301822.3) - 30891.1 \times 0.000012 \times 10 \\ &= -1.700 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 상하플랜지 응력 :

$$\begin{aligned} \cdot fv3su &= Ptv3 / Av + k \times Mv3 \times Ydvsu / Iv \\ &= 5134427.3 / 424743.9 + (-0.155) \times (-7270.3) \times 1000000 \times (-1874.8) / 7401443018 \\ &= 9.234 \text{ MPa} \\ \cdot fv3sl &= Ptv3 / Av + k \times Mv3 \times YdvsI / Iv \\ &= 5134427.3 / 424743.9 + (-0.155) \times (-7270.3) \times 1000000 \times 1270.2 / 740144301822.3 \\ &= 14.022 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7571744.0 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 916.59 \times 1000 / 99488 + 255.75 \times 1000000 / (2 \times 7571744 \times 16) = 10.269 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2) 단일합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7666890.7 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 1574.59 \times 1000 / 99488 + 471.71 \times 1000000 / (2 \times 7666890.7 \times 16) = 17.750 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3) 이중합성시

$$\begin{aligned} \cdot F &= 7710621.0 \text{ mm}^2 \\ \cdot \tau &= S / A_w + T / (2 \times F \times t_3) \\ &= 2073.49 \times 1000 / 99488 + 2018.57 \times 1000000 / (2 \times 7710621 \times 16) = 29.023 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(6) 허용응력검토

(도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

$$\begin{aligned} - \text{허용인장응력} : & \quad \therefore f_{rta} = 160.0 \text{ MPa} \\ - \text{허용압축응력} : & \quad \therefore f_{rca} = 180.0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

$$\begin{aligned} - \text{허용압축응력} : & \quad \therefore f_{cca} = 0.4 \times f_{ck} = - 0.4 \times 40 = -16.0 \text{ MPa} \\ - \text{허용인장응력} : & \quad \therefore f_{cta} = 0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times 40 = 2.8 \text{ MPa} > 2.5 \text{ MPa} \\ & \quad \text{이므로, } 2.5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

$$\therefore f_{sua} = 230.0 \text{ MPa}$$

② 압축 하부플랜지의 합성전 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

$$b = 2400.0 \text{ mm} \quad (\text{보강된 판의 폭}) \quad i = 1 \quad (\text{응력구배계수})$$

$$n = 2 \quad (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수})$$

$$t_{\min} = 2400 / (80 \times 1 \times 2) = 15.0 \text{ mm} < t = 22 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K.}$$

- 합성전 허용응력

$$\textcircled{a} \ b/(22 \times i \times n) = 54.5 \text{ mm} \quad \textcircled{b} \ b/(44 \times i \times n) = 27.3 \text{ mm} \quad \textcircled{c} \ b/(80 \times i \times n) = 15.0 \text{ mm}$$

$$t = 22 \text{ mm} \text{ 이므로, } \therefore f_{sla1} = -[220,000 \times ((t \times i \times n) / b)^2] = -73.9 \text{ MPa}$$

③ 압축 하부플랜지의 합성후 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

$$b = 2400.0 \text{ mm} \quad (\text{보강된 판의 폭}) \quad i = 1 \quad (\text{응력구배계수})$$

$$n = 4 \quad (\text{종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수})$$

$$t_{\min} = 2400 / (44 \times 1 \times 4) = 13.6 \text{ mm} < t = 22 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K.}$$

- 합성후 허용응력

$$\textcircled{a} \ b/(22 \times i \times n) = 27.3 \text{ mm} \quad \textcircled{b} \ b/(44 \times i \times n) = 13.6 \text{ mm} \quad \textcircled{c} \ b/(80 \times i \times n) = 7.5 \text{ mm}$$

$$t = 22 \text{ mm} \text{ 이므로, } \therefore f_{sla2} = -[230 - 5.2 \times (b/(t \times i \times n) - 22)] = -202.6 \text{ MPa}$$

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.2) = 3109 / (281 \times 1.2) = 9.220$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(230/87.469)} = 1.522 > 1.2 \quad 1.20 \text{ 적용}$

- 합성후 : $t_{\min} = b / (281 \times 1.182) = 3109 / (281 \times 1.182) = 9.360$

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(202.582/144.991)} = 1.182 < 1.2 \quad 1.18 \text{ 적용}$

$$\therefore t_{\min} = 9.360 < t = 16.0 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K.}$$

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 :

(단위: MPa)

(단면)	17-1 (위치)		80,2/4지점		(외측거더)	
구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	18.00	12.00	13.79	0.82	0.69	0.87
허용치	15.60	7.87	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.15	1.53	9.79	1.21	1.74	1.15
판정	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K

< 교변구간 >

(단면)	7-1 (위치)		67,1/4지점		(외측거더)	
구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	16.00	56.02	0.61	0.53	0.67
허용치	10.90	9.16	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.65	1.75	2.41	1.63	2.27	1.49
판정	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K

(단면)	8-1 (위치)		68,1/4지점		(외측거더)	
구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	16.00	60.32	0.87	0.96	0.81
허용치	10.90	10.41	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.65	1.54	2.24	1.15	1.25	1.23
판정	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K

(단면)	9-1 (위치)		68,J지점	(외측거더)		
구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	22.00	16.00	62.52	0.86	0.95	0.84
허용치	10.90	10.78	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	2.02	1.48	2.16	1.17	1.26	1.19
판정	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K

(단면)	14-1 (위치)		73,J지점		(외측거더)	
구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	22.00	16.00	51.77	0.83	0.84	0.83
허용치	10.90	9.01	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	2.02	1.78	2.61	1.20	1.43	1.21
판정	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K

(단면)	15-1 (위치)		74,3/4지점		(외측거더)	
구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	14.00	56.27	0.90	0.97	0.87
허용치	10.90	8.70	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.65	1.61	2.40	1.11	1.24	1.15
판정	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K

(단면)		16-1	(위치)	76,1/4지점	(외측거더)	
구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	14.00	12.00	56.03	0.81	0.79	0.58
허용치	10.90	7.46	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.28	1.61	2.41	1.23	1.52	1.71
판정	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K

< 이중합성부 :폐 합단면>

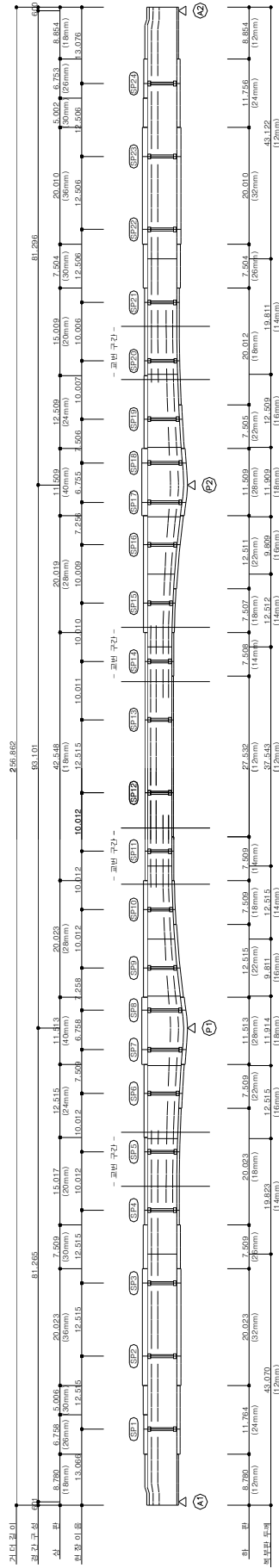
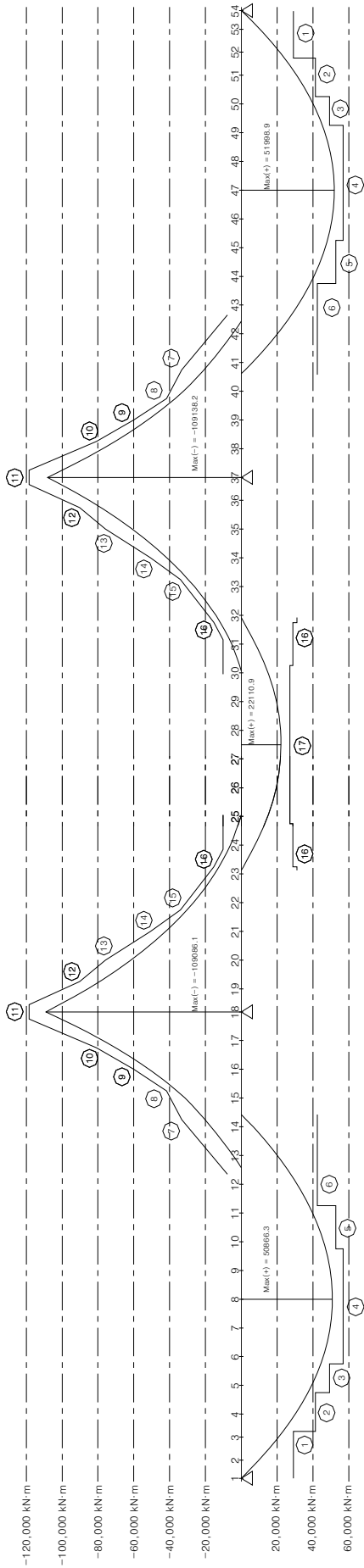
(단면)		10-1	(위치)	69,3/4지점	(외측거더)	
구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	22.00	16.00	64.99	0.89	1.02	0.89
허용치	15.00	10.61	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.47	1.51	2.08	1.12	1.17	1.12
판정	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K

(단면)		11-1	(위치)	17,J지점	(외측거더)	
구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	28.00	18.00	69.89	0.86	1.01	0.98
허용치	15.00	11.27	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.87	1.60	1.93	1.16	1.19	1.03
판정	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K

(단면)		12-1	(위치)	72,1/4지점	(외측거더)	
구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	22.00	16.00	55.48	0.88	0.95	0.92
허용치	15.00	10.92	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.47	1.46	2.43	1.13	1.26	1.09
판정	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K

(단면)		13-1	(위치)	72,J지점	(외측거더)	
구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	22.00	16.00	57.04	0.82	0.85	0.87
허용치	15.00	9.36	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.47	1.71	2.37	1.22	1.42	1.15
판정	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K	∴ 0.K

< 단면요약도 : Girder-1 >



< 단면요약도 : Girder-2 >

