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 주장율검토

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 뒴비틀림(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 설계

8.1 가로보 설계

8.2 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-C교

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 : 9.000 m

⑥ 거 더 제 원 : B = 2.200 m , H = 2.500 ~ 3.700 m

⑦ 사 각 (SKEW) : 0.0 °

⑧ 곡 선 반 경 : R = 300 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/㎥
- 무근 콘크리트 : 23.500 kN/㎥
- 강 재 : 78.500 kN/㎥
- 교면 포장 : 23.500 kN/㎥

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 Pr = 96.000 kN
  Pf = 24.000 kN
- 차 선 하 중 : DL - 24 Wl = 12.700 kN/m
  Pm = 108.000 kN
  Ps = 156.000 kN

3차선이상의 활하중이 동시에 재하하는 경우에는 다음의 백분율로 감소시킨다.

(3차선 일때의 90%, 4차선이상인 경우에는 75%)

- 충 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 ≤ B/D < 8 일때 : [4.0-0.2(B/D)]×D ≥ 6
- 단면형상이 8 ≤ B/D 일때 : 2.4D ≥ 6 (☞ 도.설.기 표 2.1.11)

부재의 단면형상		풍하중(kN/m^2)
트러스	활하중 재하시	1.25/√ ϕ
	활하중 비재하시	2.50/√ ϕ
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 구한디

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

  - 방호벽 상단에 횡방향으로 10 kN/m의 수평하중을 재하한다. (다만, 곡률반지름 R≤200m인 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.

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

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분률
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 : fck = 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 27,804 MPa
- 탄성계수비 : n = 7

② 하부 바닥판 콘크리트 (지점부 하부슬래브)

- 강 도 : fck = 40 MPa
- 탄성계수 : Ec = 30,891 MPa
- 탄성계수비 : n = 7

③ 철 근 (SD400)

- 항복강도 : fy = 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200,000 MPa

④ 강 재

- 주부재 : HSB500 사용 (상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
- 부부재 : SM400 사용 (지점부외 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 가로보,)
- 탄성계수 : Est = 205,000 MPa
- 전단탄성계수 : G = 79,000 MPa

⑤ 강재의 허용응력

- 허용 인장 응력 (MPa) (☞ 도.설.기 표 3.3.1)

강 종 / 응력 종류, 판두께(mm)		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	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)			

* 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 / 응력 종류, 판두께(mm)		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
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 / 응력 종류, 판두께(mm)		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
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	$140 : \frac{l}{r} \le 18.6$ $140 - 0.82\,(\frac{l}{r} - 18.6) :$ $18.6 < \frac{l}{r} \le 92.8$ $\frac{1,200,000}{6,700 + (\frac{l}{r})^2} : 92.8 < \frac{l}{r}$	$190 : \frac{l}{r} \le 16.0$ $190 - 1.29\,(\frac{l}{r} - 16.0) :$ $16.0 < \frac{l}{r} \le 80.1$ $\frac{1,200,000}{5,000 + (\frac{l}{r})^2} : 80.1 < \frac{l}{r}$	$215 : \frac{l}{r} \le 15.1$ $215 - 1.55\,(\frac{l}{r} - 15.1) :$ $15.1 < \frac{l}{r} \le 75.5$ $\frac{1,200,000}{4,400 + (\frac{l}{r})^2} : 75.5 < \frac{l}{r}$	$270 : \frac{l}{r} \le 13.4$ $270 - 2.19\,(\frac{l}{r} - 13.4) :$ $13.4 < \frac{l}{r} \le 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500 + (\frac{l}{r})^2} : 67.1 < \frac{l}{r}$
40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{r} \le 19.4$ $130 - 0.73\,(\frac{l}{r} - 19.4) :$ $19.4 < \frac{l}{r} \le 97$ $\frac{1,200,000}{7,300 + (\frac{l}{r})^2} : 97 < \frac{l}{r}$	$175 : \frac{l}{r} \le 16.6$ $175 - 1.15\,(\frac{l}{r} - 16.6) :$ $16.6 < \frac{l}{r} \le 82.8$ $\frac{1,200,000}{5,300 + (\frac{l}{r})^2} : 82.8 < \frac{l}{r}$	$200 : \frac{l}{r} \le 15.5$ $200 - 1.4\,(\frac{l}{r} - 15.5) :$ $15.5 < \frac{l}{r} \le 77.7$ $\frac{1,200,000}{4,700 + (\frac{l}{r})^2} : 77.7 < \frac{l}{r}$	$260 : \frac{l}{r} \le 13.7$ $260 - 2.07\,(\frac{l}{r} - 13.7) :$ $13.7 < \frac{l}{r} \le 68.6$ $\frac{1,200,000}{3,600 + (\frac{l}{r})^2} : 68.6 < \frac{l}{r}$
75 초과 100 이하			$195 : \frac{l}{r} \le 15.8$ $195 - 1.35\,(\frac{l}{r} - 15.8) :$ $15.8 < \frac{l}{r} \le 78.9$ $\frac{1,200,000}{4,800 + (\frac{l}{r})^2} : 78.9 < \frac{l}{r}$	$250 : \frac{l}{r} \le 13.9$ $250 - 1.96\,(\frac{l}{r} - 13.9) :$ $13.9 < \frac{l}{r} \le 69.4$ $\frac{1,200,000}{3,700 + (\frac{l}{r})^2} : 69.4 < \frac{l}{r}$
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	$230 : \frac{l}{r} \le 14.6$ $230 - 1.72\,(\frac{l}{r} - 14.6) :$ $14.6 < \frac{l}{r} \le 73.0$ $\frac{1,200,000}{4,100 + (\frac{l}{r})^2} : 73.0 < \frac{l}{r}$	$270 : \frac{l}{r} \le 13.4$ $270 - 2.19\,(\frac{l}{r} - 13.4) :$ $13.4 < \frac{l}{r} \le 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500 + (\frac{l}{r})^2} : 67.1 < \frac{l}{r}$	$380 : \frac{l}{r} \le 18.0$ $380 - 4.18\,(\frac{l}{r} - 18.0) :$ $18.0 < \frac{l}{r} \le 54.2$ $\frac{1,200,000}{2,300 + (\frac{l}{r})^2} : 54.2 < \frac{l}{r}$	
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))

판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490 [SM490C-TMC]	SM490Y SM 520 SMA490 [SM520C-TMC]	SM 570 SMA570 SM570C-TMC]
$\frac{A_w}{A_c} \le 2$	40 이하	$140 : \frac{l}{b} \le 4.6$ $140 - 2.49(\frac{l}{b} - 4.6) :$ $4.6 < \frac{l}{b} \le 30$	$190 : \frac{l}{b} \le 4.0$ $190 - 3.91(\frac{l}{b} - 4.0) :$ $4.0 < \frac{l}{b} \le 30$	$215 : \frac{l}{b} \le 3.8$ $215 - 4.69(\frac{l}{b} - 3.8) :$ $3.8 < \frac{l}{b} \le 27$	$270 : \frac{l}{b} \le 3.4$ $270 - 6.64(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \le 25$
	40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{b} \le 4.9$	$175 : \frac{l}{b} \le 4.1$	$200 : \frac{l}{b} \le 3.9$ $200 - 4.24(\frac{l}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{l}{b} \le 27$	$260 : \frac{l}{b} \le 3.4$ $260 - 6.25(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \le 25$
	75 초과 100 이하	$130 - 2.21(\frac{l}{b} - 4.9) :$ $4.9 < \frac{l}{b} \le 30$	$175 - 3.48(\frac{l}{b} - 4.1) :$ $4.1 < \frac{l}{b} \le 30$	$195 : \frac{l}{b} \le 3.9$ $195 - 4.07(\frac{l}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{l}{b} \le 27$	$250 : \frac{l}{b} \le 3.5$ $250 - 5.94(\frac{l}{b} - 3.5) :$ $3.5 < \frac{l}{b} \le 25$
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	40 이하	$140 : \frac{l}{b} \le \frac{9.3}{K}$ $140 - 1.24(K\frac{l}{b} - 9.3) :$ $\frac{9.3}{K} < \frac{l}{b} \le 30$	$190 : \frac{l}{b} \le \frac{8.0}{K}$ $190 - 1.95(K\frac{l}{b} - 8.0) :$ $\frac{8.0}{K} < \frac{l}{b} \le 30$	$215 : \frac{l}{b} \le \frac{7.5}{K}$ $215 - 2.35(K\frac{l}{b} - 7.5) :$ $\frac{7.5}{K} < \frac{l}{b} \le 27$	$270 : \frac{l}{b} \le \frac{6.7}{K}$ $270 - 3.32(K\frac{l}{b} - 6.7) :$ $\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \le 25$
	40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{b} \le \frac{9.7}{K}$	$175 : \frac{l}{b} \le \frac{8.3}{K}$	$200 : \frac{l}{b} \le \frac{7.8}{K}$ $200 - 2.12(K\frac{l}{b} - 7.8) :$ $\frac{7.8}{K} < \frac{l}{b} \le 27$	$260 : \frac{l}{b} \le \frac{6.9}{K}$ $260 - 3.12(K\frac{l}{b} - 6.9) :$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \le 25$
	75 초과 100 이하	$130 - 1.10(K\frac{l}{b} - 9.7) :$ $\frac{9.7}{K} < \frac{l}{b} \le 30$	$175 - 1.74(K\frac{l}{b} - 8.3) :$ $\frac{8.3}{K} < \frac{l}{b} \le 30$	$195 : \frac{l}{b} \le \frac{7.9}{K}$ $195 - 2.04(K\frac{l}{b} - 7.9) :$ $\frac{7.9}{K} < \frac{l}{b} \le 27$	$250 : \frac{l}{b} \le \frac{6.9}{K}$ $250 - 2.97(K\frac{l}{b} - 6.9) :$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \le 25$
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 / 판두께(mm)		HSB500	HSB600	HSB800	비 고
$\frac{A_w}{A_c} \le 2$	100 이하	$230 : \frac{l}{b} \le 3.6$ $230 - 5.19(\frac{l}{b} - 3.6) :$ $3.6 < \frac{l}{b} \le 27$	$270 : \frac{l}{b} \le 3.4$ $270 - 6.64(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \le 25$	$380 : \frac{l}{b} \le 5.4$ $380 - 12.63(\frac{l}{b} - 5.4) :$ $5.4 < \frac{l}{b} \le 19$	
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	100 이하	$230 : \frac{l}{b} \le \frac{7.3}{K}$ $230 - 2.60(K\frac{l}{b} - 7.3) :$ $\frac{7.3}{K} < \frac{l}{b} \le 27$	$270 : \frac{l}{b} \le \frac{6.7}{K}$ $270 - 3.32(K\frac{l}{b} - 6.7) :$ $\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \le 25$	$380 : \frac{l}{b} \le \frac{10.8}{K}$ $380 - 6.13(K\frac{l}{b} - 10.8) :$ $\frac{10.8}{K} < \frac{l}{b} \le 19$	
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 / 나사호칭	F 8 T	F 10 T	S 10 T	F 13 T	S 13 T
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)

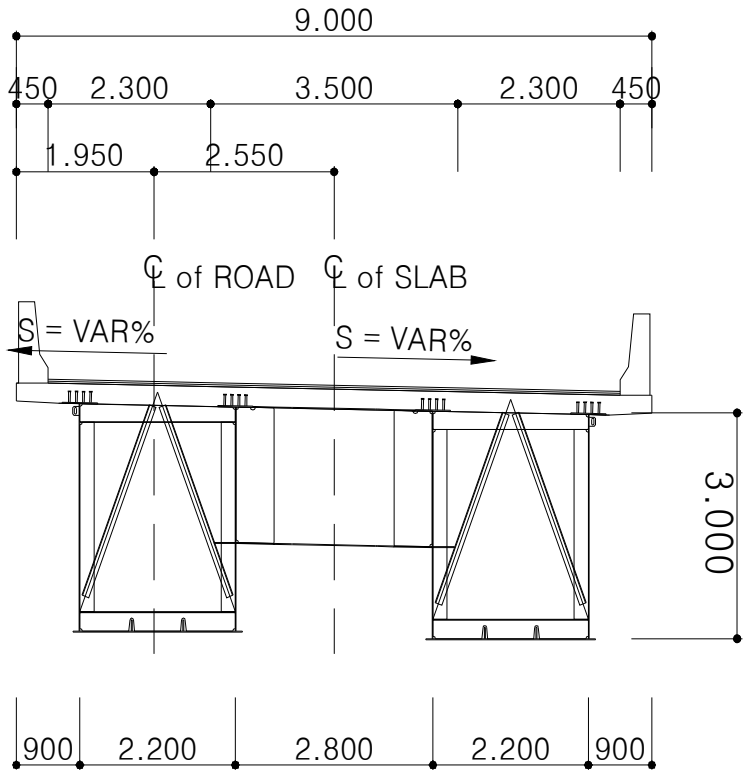
⑩ STANDARD SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDGES---------- AASHTO (1996)

⑪ DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES---------- HEINS,C.P. (1979)

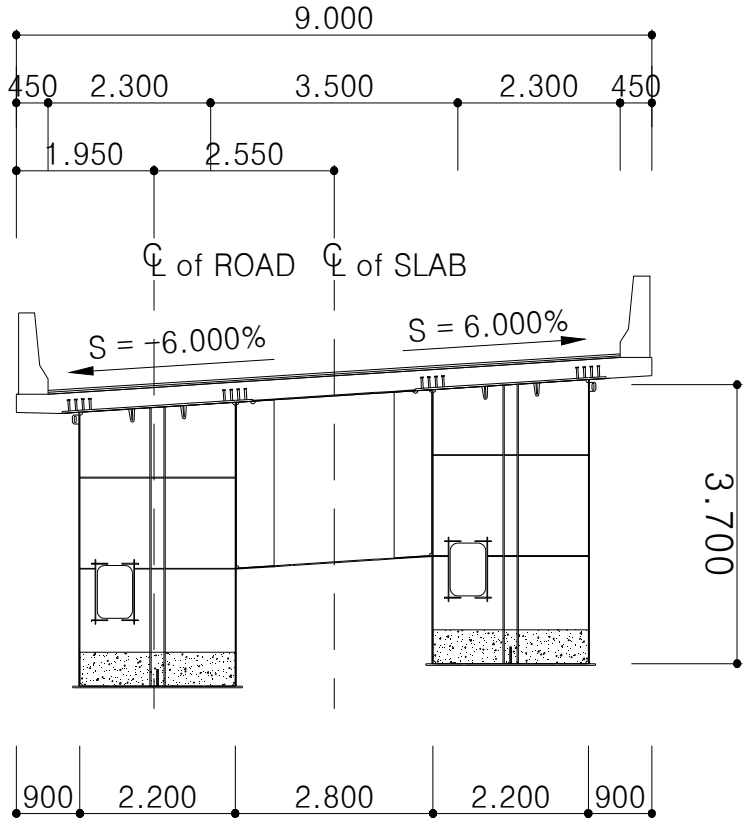
⑫ ENGINEERING FOR STEEL CONSTRUCTION---------- AISC (1984)

2. 단면가정

중앙부

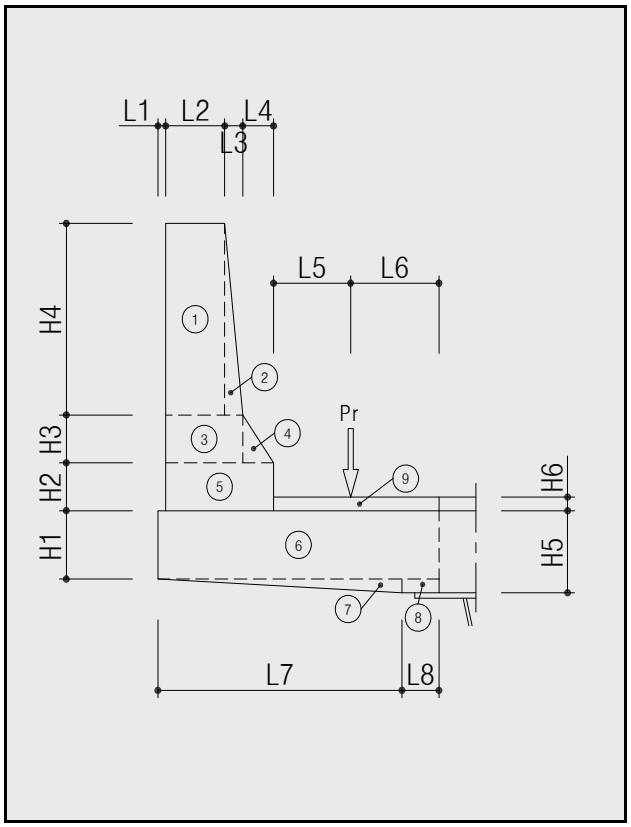


지점부



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	0.266 m	L5	0.300 m
H6	0.050 m	L6	0.025 m
H7	0.000 m	L7	0.600 m
R	300 m	L8	0.175 m
V	60.000 km/h	L9	0.000 m

콘크리트 단위중량	25.000 kN/m³
무근콘크리트 단위중량	23.500 kN/m³
포장 단위중량	23.500 kN/m³
DB 1후륜 하중 (Pr)	96.000 kN
탱크 총 중량	
탱크궤도 길이	
탱크하중 작용점(L5)	
트레일러 1후륜 하중	
트레일러하중 작용점(L5)	

(1) 고 정 하 중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	0.230 × 0.970 × 25.000	5.578	0.630	3.514
2	½ × 0.070 × 0.970 × 25.000	0.849	0.492	0.417
3	0.300 × 0.175 × 25.000	1.313	0.595	0.781
4	½ × 0.120 × 0.175 × 25.000	0.263	0.405	0.106
5	0.420 × 0.175 × 25.000	1.838	0.535	0.983
6	0.775 × 0.240 × 25.000	4.650	0.388	1.802
7	½ × 0.600 × 0.026 × 25.000	0.195	0.375	0.073
8	0.175 × 0.026 × 25.000	0.114	0.088	0.010
9	0.325 × 0.050 × 23.500	0.382	0.163	0.062
TOTAL		15.179		**7.748**

(2) 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 윤하중 분포폭 (☞ 도.설 3.6.1.4)

E = 0.8 · X + 1.14 = 0.8 × 0.025 + 1.14 = 1.160 m 여기서, X = 0.025 m

▪ 충 격 계 수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.025) = 0.375 > 0.300 i = 0.300

▪ 작용 모멘트

MI+i = (96.00 / 1.160)×0.025×(1 + 0.30) = **2.690** 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 × 7.5 + 2.5 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.183 m

Mco = 10.000 × 1.183 = 11.830 kN·m/m

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

H = 10.000 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.453 m

Mco = 10.000 × 1.453 = 14.530 kN·m/m

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

Mco = 14.530 = **14.530** kN·m/m

(4) 풍 하 중 (3.000 kN/m²) (☞ 도.설.해 2.1.11)

Pw = 3.000 × 1.270 = 3.810 kN/m

Mw = 3.810 × (1.270 / 2 + 0.05 + 0.27 / 2) = **3.117** kN·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 × 60.000² / 300.000 = 9.480 (%)

Pcf = 96.000 / 1.160 × 9.480 / 100 = 7.846 kN/m 작용높이 h = 1.983 m

Mcf = 7.846 × 1.983 = **15.558** kN·m/m

(6) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	군중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{CO})	난간충돌하중(M_{CO})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	7.748	2.690	0.000	14.530	0.000	3.117	15.558

(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	10.073	5.783			20.225	36.081
CASE 2	"	10.073	3.497	18.889		20.225	52.683
CASE 3	"	10.073	3.497		2.026	20.225	35.820
CASE 4	"	9.298		17.436	3.740		30.474
CASE 5	"	10.073			4.052		14.125
최대 계수 모멘트							**52.683**
CASE 6	"	7.748	2.690		0.935	0.000	11.373
CASE 7	"	7.748	2.690	0.000		0.000	10.438
최대 사용 모멘트							**11.373**

(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 = 0.03 ≤ 0.25인 경우) (☞ 도.설.해 3.6.1.5)

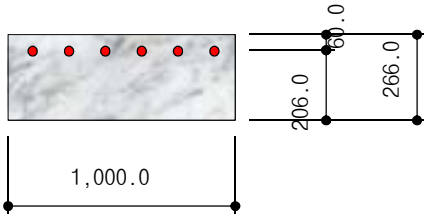
h_{min} = (280 · L + 180) = (280 × 0.025 + 180) = 187.0 mm < 220.0 mm ∴ h_{req} = 220.0 mm

h_{use} = 266.0 mm > h_{req} = 220.0 mm ····· **O.K !!**

(11) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

f_{ck}	= 27.0	MPa	f_y	= 400.0	MPa
M_u	= 52.7	kN·m	M	= 11.4	kN·m
b	= 1,000.0	mm	h	= 266.0	mm
β	= 0.85		d'	= 60.0	mm
$\varnothing_f$	= 0.85		d	= 206.0	mm



▪ 강도 감소계수 ($\varnothing_f$) 산정 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

T = A_s × f_y = 993.0 × 400.0 = 397,200.0

C = 0.85 × f_{ck} × a × b = 0.85 × 27.0 × a × 1,000.0 = 22,950.0 a

T = C 이므로, a = 17.307mm

c = 17.307 / β = 17.307 / 0.85 = 20.361 mm

ε_y = f_y / E_s = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020

ε_t = 0.003 × (dt - c) / c = 0.003 × (206.0 - 20.361) / 20.361 = 0.0274

ε_t = 0.0274 ≥ 0.0050 이므로 인장지배 단면이며, Øf = 0.85를 적용한다.

▪ 필요 철근량 산정

a = A_s × f_y / (β × f_{ck} × b) = 0.017429 A_s ---------- ①

M_u = Φ_f × A_s × f_y × (d - a/2) = 70,040.0 A_s - 170.0 A_s · a ---------- ②

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 A_S를 구한다.

52,683,492.2 = -2.962963 A_s^2 + 70,040.0 A_s

∴ $A_{s\ req}$ = **777.783** mm²

▪ 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 400.0 = 496.5 mm²

H 16 @ 400.0 = 496.5 mm²

Σ = **993.0** mm² [사용률 = 1.277] ····· 0.K !!

▪ 철근량 검토

$A_{s\ min}$ = 1.4 / f_y × b × d = 721.0 mm² (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 0.25√(f_{ck})/f_y × b × d = 669.0 mm² (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 수축 온도 철근량 = 532.0 mm² (☞ 콘.설.해 5.7.2)

∴ $A_{s\ min}$ = **721.0** mm²

$A_{s\ max}$ = 0.714 × ρ_b × b × d = **4,303.9** mm² (☞ 콘.설.해 6.2.2)

∴ $A_{s\ max}$ ≥ $A_{s\ use}$ ≥ $A_{s\ min}$ ····· 0.K !!

▪ 휨에 대한 검토

a = A_s × f_y / (β × f_{ck} × b) = 17.307 mm

ΦM_n = 0.85×993.0×400.0×(206.0-a/2) = **66.628** kN·m

∴ ΦMn ≥ Mu [사용률 = 1.265] ····· 0.K !!

▪ 배력 철근량 산정 (☞ 도.설.해 3.6.1.4)

백분율 = 120 / √(L) = 120 / √(0.775) = 136.311 % ≥ 67.0 %

A_s = 777.783 × 67.000 % = 521.115 ㎟

수축 · 온도철근량 = 0.002 · b · h = 532.000 ㎟

∴ $A_{s\ req}$ = 532.000 ㎟

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\ use}$ =	H	16	@	500.0	=	397.2 ㎟	
	H	16	@	500.0	=	397.2 ㎟	
					Σ =	**794.4** ㎟	**[사용률 = 1.493]** ····· **O.K !!**

② 캔틸레버부 단부 설계

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

▪ 주 철 근

∴ $A_{s\ req}$ = **1,555.566** ㎟

∴ $A_{s\ use}$ =	H	16	@	200.0	=	993.0 ㎟	
	H	13	@	200.0	=	633.5 ㎟	
					Σ =	**1,626.5** ㎟	**[사용률 = 1.046]** ····· **O.K !!**

▪ 배 력 철 근

∴ $A_{s\ req}$ = **1,064.000** ㎟

∴ $A_{s\ use}$ =	H	16	@	250.0	=	794.4 ㎟	
	H	16	@	250.0	=	794.4 ㎟	
					Σ =	**1,588.8** ㎟	**[사용률 = 1.493]** ····· **O.K !!**

③ 사용성 검토

탄성계수비 n	= Es / Ec	=	7.0		
$A_{s\ use}$	= H 16 @ 400.0	=	496.5	mm^2	(개수 = 5.0 ea)
	H 16 @ 400.0	=	496.5	mm^2	
		Σ =	**993.0**	mm^2	
철근비 ρ	= A_s / bd				
	= 993.0 / (1,000.0 × 206.0)	=	0.00482		
중립축 k	= $-n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$				
	= -0.0337 +√(2×0.0337 + 0.0337²)	=	0.22822		
중립축 거리 x	= $k \times d$ = 0.22822 × 206.0	=	47.013		
j	= 1 - k / 3 = 1 - 0.228 / 3	=	0.924		
철근 응력 f_s	= M / ($A_s \times j \times d$)				
	= 11.37 / (993.0 × 0.924 × 206.0)	=	60.176	MPa	

▪ 균 열 검 토 (☞ 콘.설.해 4.2)

최소 두께 c_c = 60.0 - 15.9 / 2 = 52.050 mm

인장연단 폭 s_1 = 375 × (210 / f_s) - 2.5·c_c (☞ 콘.설.해 6.3.3)

= 375×(210 / 60.176) - 2.5×52.050 = 1,178.535 mm

인장연단 폭 s_2 = 300 × (210 / f_s)

= 300×(210 / 60.176) = 1,046.928 mm

Min = 1,046.928 mm

∴ s = 1,000.0 / 5.0ea = **200.0 mm** ≤ s_a = **1,046.9 mm** ····· **O.K !!**

▪ 처 짐 검 토

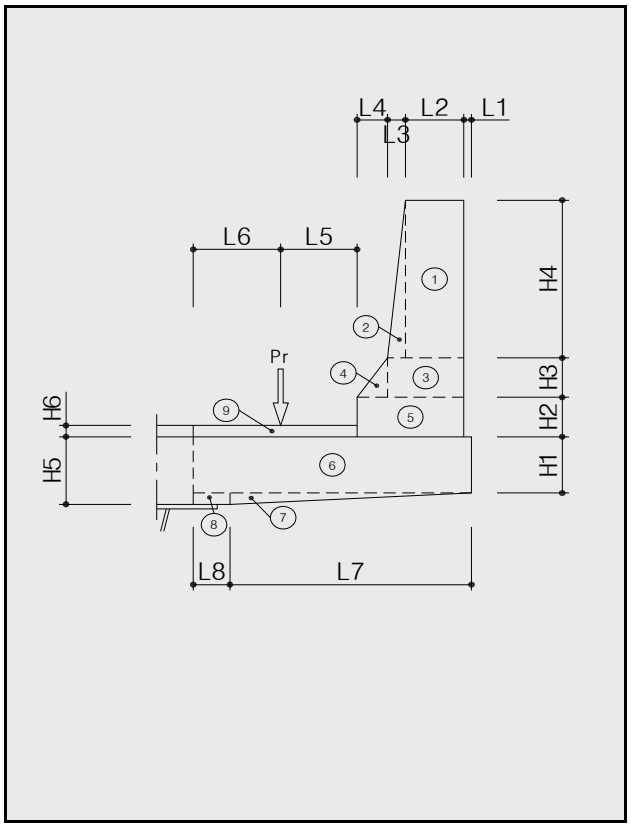
처짐 계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께 (콘.설 P78)

t(min) = L / 10 = 775.0 / 10 = 77.5 mm

∴ t(min) = 77.5 mm ≤ h = 266.0 mm ····· **O.K !!**

∴ 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	0.266 m	L5	0.300 m
H6	0.050 m	L6	0.025 m
H7	0.000 m	L7	0.600 m
R	300 m	L8	0.175 m
V	60.000 km/h	L9	0.000 m

콘크리트 단위중량	25.000 kN/m³
무근콘크리트 단위중량	23.500 kN/m³
포장 단위중량	23.500 kN/m³
DB 1후륜 하중 (Pr)	96.000 kN
탱크 총 중량	
탱크궤도 길이	
탱크하중 작용점(L5)	
트레일러 1후륜 하중	
트레일러하중 작용점(L5)	

(1) 고 정 하 중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	0.230 × 0.970 × 25.000	5.578	0.630	3.514
2	½ × 0.070 × 0.970 × 25.000	0.849	0.492	0.417
3	0.300 × 0.175 × 25.000	1.313	0.595	0.781
4	½ × 0.120 × 0.175 × 25.000	0.263	0.405	0.106
5	0.420 × 0.175 × 25.000	1.838	0.535	0.983
6	0.775 × 0.240 × 25.000	4.650	0.388	1.802
7	½ × 0.600 × 0.026 × 25.000	0.195	0.375	0.073
8	0.175 × 0.026 × 25.000	0.114	0.088	0.010
9	0.325 × 0.050 × 23.500	0.382	0.163	0.062
TOTAL		15.179		**7.748**

(2) 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 윤하중 분포폭 (☞ 도.설 3.6.1.4)

E = 0.8 · X + 1.14 = 0.8 × 0.025 + 1.14 = 1.160 m 여기서, X = 0.025 m

▪ 충 격 계 수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.025) = 0.375 > 0.300 i = 0.300

▪ 작용 모멘트

MI+i = (96.00 / 1.160)×0.025×(1 + 0.30) = **2.690** 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 × 7.5 + 2.5 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.183 m

Mco = 10.000 × 1.183 = 11.830 kN·m/m

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

H = 10.000 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.453 m

Mco = 10.000 × 1.453 = 14.530 kN·m/m

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

Mco = 14.530 = **14.530** kN·m/m

(4) 풍 하 중 (3.000 kN/m²) (☞ 도.설.해 2.1.11)

Pw = 3.000 × 1.270 = 3.810 kN/m

Mw = 3.810 × (1.270 / 2 + 0.05 + 0.27 / 2) = **3.117** kN·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 × 60.000² / 300.000 = 9.480 (%)

Pcf = 96.000 / 1.160 × 9.480 / 100 = 7.846 kN/m 작용높이 h = 1.983 m

Mcf = 7.846 × 1.983 = **15.558** kN·m/m

(6) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	군중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{CO})	난간충돌하중(M_{CO})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	**7.748**	**2.690**	**0.000**	**14.530**	**0.000**	**3.117**	**15.558**

(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	10.073	5.783			20.225	36.081
CASE 2	"	10.073	3.497	18.889		20.225	52.683
CASE 3	"	10.073	3.497		2.026	20.225	35.820
CASE 4	"	9.298		17.436	3.740		30.474
CASE 5	"	10.073			4.052		14.125
최대 계수 모멘트							**52.683**
CASE 6	"	7.748	2.690		0.935	0.000	11.373
CASE 7	"	7.748	2.690	0.000		0.000	10.438
최대 사용 모멘트							**11.373**

(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 = 0.03 ≤ 0.25인 경우) (☞ 도.설.해 3.6.1.5)

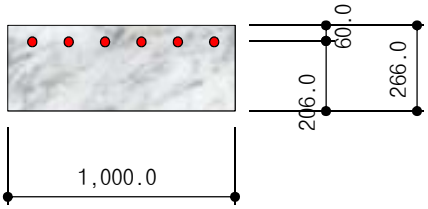
h_{min} = (280 · L + 180) = (280 × 0.025 + 180) = 187.0 ㎜ < 220.0 ㎜ ∴ h_{req} = 220.0 ㎜

h_{use} = 266.0 ㎜ > h_{req} = 220.0 ㎜ ····· **O.K !!**

(11) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

f_{ck}	=	27.0 MPa	f_y	=	400.0 MPa
M_u	=	52.7 kN·m	M	=	11.4 kN·m
b	=	1,000.0 mm	h	=	266.0 mm
β	=	0.85	d'	=	60.0 mm
$\varnothing_f$	=	0.85	d	=	206.0 mm



▪ 강도 감소계수 ($\varnothing_f$) 산정 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

T = A_s × f_y = 993.0 × 400.0 = 397,200.0

C = 0.85 × f_{ck} × a × b = 0.85 × 27.0 × a × 1,000.0 = 22,950.0 a

T = C 이므로, a = 17.307mm

c = 17.307 / β = 17.307 / 0.85 = 20.361 mm

ε_y = f_y / E_s = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020

ε_t = 0.003 × (dt - c) / c = 0.003 × (206.0 - 20.361) / 20.361 = 0.0274

ε_t = 0.0274 ≥ 0.0050 이므로 인장지배 단면이며, $\varnothing$f = 0.85를 적용한다.

▪ 필요 철근량 산정

a = A_s × f_y / (β × f_{ck} × b) = 0.017429 A_s ---------- ①

M_u = Φ_f × A_s × f_y × (d - a/2) = 70,040.0 A_s - 170.0 A_s · a ---------- ②

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 A_S를 구한다.

52,683,492.2 = -2.962963 A_s^2 + 70,040.0 A_s

∴ $A_{s\ req}$ = **777.783** mm²

▪ 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 400.0 = 496.5 mm²

H 16 @ 400.0 = 496.5 mm²

Σ = **993.0** mm² [사용률 = 1.277] ····· 0.K !!

▪ 철근량 검토

$A_{s\ min}$ = 1.4 / f_y × b × d = 721.0 mm² (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 0.25√(f_{ck})/f_y × b × d = 669.0 mm² (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 수축 온도 철근량 = 532.0 mm² (☞ 콘.설.해 5.7.2)

∴ $A_{s\ min}$ = **721.0** mm²

$A_{s\ max}$ = 0.714 × ρ_b × b × d = **4,303.9** mm² (☞ 콘.설.해 6.2.2)

∴ $A_{s\ max}$ ≥ $A_{s\ use}$ ≥ $A_{s\ min}$ ····· 0.K !!

▪ 휨에 대한 검토

a = A_s × f_y / (β × f_{ck} × b) = 17.307 mm

ΦM_n = 0.85×993.0×400.0×(206.0-a/2) = **66.628** kN·m

∴ ΦMn ≥ Mu [사용률 = 1.265] ····· 0.K !!

▪ 배력 철근량 산정 (☞ 도.설.해 3.6.1.4)

백분율 = 120 / √(L) = 120 / √(0.775) = 136.311 % ≥ 67.0 %

A_s = 777.783 × 67.000 % = 521.115 ㎟

수축 · 온도철근량 = 0.002 · b · h = 532.000 ㎟

∴ $A_{s\ req}$ = 532.000 ㎟

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 500.0 = 397.2 ㎟

H 16 @ 500.0 = 397.2 ㎟

Σ = **794.4** ㎟ **[사용률 = 1.493]** ····· **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

∴ $A_{s\ req}$ = **1,555.566** ㎟

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 200.0 = 993.0 ㎟

H 13 @ 200.0 = 633.5 ㎟

Σ = **1,626.5** ㎟ **[사용률 = 1.046]** ····· **O.K !!**

▪ 배 력 철 근

∴ $A_{s\ req}$ = **1,064.000** ㎟

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 250.0 = 794.4 ㎟

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 250.0 = 794.4 ㎟

Σ = **1,588.8** ㎟ **[사용률 = 1.493]** ····· **O.K !!**

③ 사용성 검토

탄성계수비 n	= Es / Ec	=	7.0		
$A_{s\ use}$	= H 16 @ 400.0	=	496.5	mm^2	(개수 = 5.0 ea)
	H 16 @ 400.0	=	496.5	mm^2	
		Σ =	**993.0**	mm^2	
철근비 ρ	= A_s / bd				
	= 993.0 / (1,000.0 × 206.0)	=	0.00482		
중립축 k	= $-n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$				
	= -0.0337 +√(2×0.0337 + 0.0337²)	=	0.22822		
중립축 거리 x	= $k \times d$ = 0.22822 × 206.0	=	47.013		
j	= 1 - k / 3 = 1 - 0.228 / 3	=	0.924		
철근 응력 f_s	= M / ($A_s \times j \times d$)				
	= 11.37 / (993.0 × 0.924 × 206.0)	=	60.176	MPa	

▪ 균 열 검 토 (☞ 콘.설.해 4.2)

최소 두께 c_c = 60.0 - 15.9 / 2 = 52.050 mm

인장연단 폭 s_1 = 375 × (210 / f_s) - 2.5·c_c (☞ 콘.설.해 6.3.3)

= 375×(210 / 60.176) - 2.5×52.050 = 1,178.535 mm

인장연단 폭 s_2 = 300 × (210 / f_s)

= 300×(210 / 60.176) = 1,046.928 mm

Min = 1,046.928 mm

∴ s = 1,000.0 / 5.0ea = **200.0 mm** ≤ s_a = **1,046.9 mm** ····· **O.K !!**

▪ 처 짐 검 토

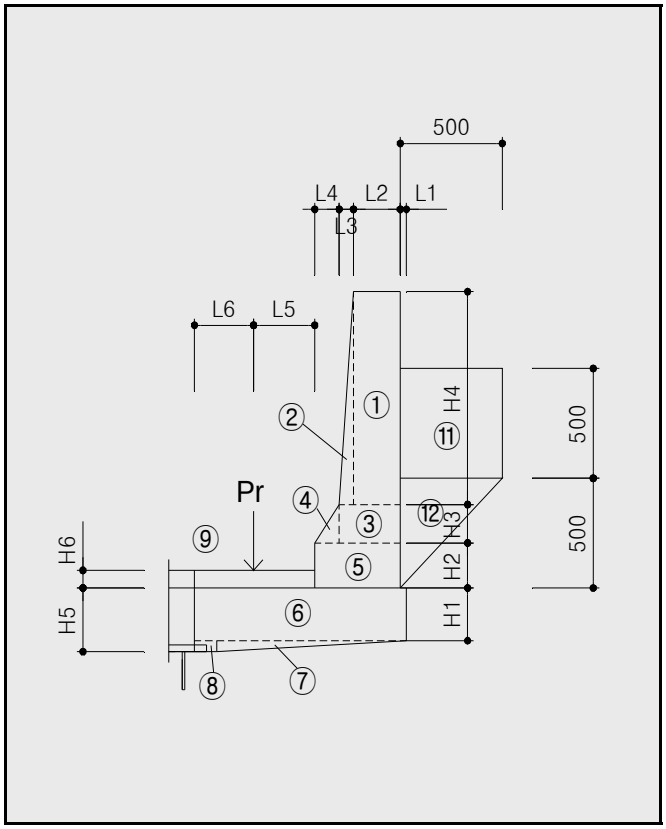
처짐 계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께 (콘.설 P78)

t(min) = L / 10 = 775.0 / 10 = 77.5 mm

∴ t(min) = 77.5 mm ≤ h = 266.0 mm ····· **O.K !!**

∴ 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	0.266 m	L5	0.300 m
H6	0.050 m	L6	0.025 m
H7	0.000 m	L7	0.600 m
R	300 m	L8	0.175 m
V	60.000 km/h	L9	0.000 m

콘크리트 단위중량	25.000 kN/m³
포장 단위중량	23.500 kN/m³
DB 1후륜 하중 (Pr)	96.000 kN
탱크 총 중량	
탱크궤도 길이	
탱크하중 작용점(L5)	
트레일러 1후륜 하중	
트레일러하중 작용점(L5)	

(1) 고 정 하 중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	0.230 × 0.970 × 25.000	5.578	0.630	3.514
2	½ × 0.070 × 0.970 × 25.000	0.849	0.492	0.417
3	0.300 × 0.175 × 25.000	1.313	0.595	0.781
4	½ × 0.120 × 0.175 × 25.000	0.263	0.405	0.106
5	0.420 × 0.175 × 25.000	1.838	0.535	0.983
6	0.775 × 0.240 × 25.000	4.650	0.388	1.802
7	½ × 0.600 × 0.026 × 25.000	0.195	0.375	0.073
8	0.175 × 0.026 × 25.000	0.114	0.088	0.010
9	0.325 × 0.050 × 23.500	0.382	0.163	0.062
10	난 간 하 중	0.000	0.000	0.000
11	0.500 × 0.500 × 25.000	6.250	1.025	6.406
12	½ × 0.500 × 0.500 × 25.000	3.125	0.942	2.943
13	가 로 등 하 중	2.000	1.025	2.050
TOTAL		26.554		**19.147**

(2) 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 윤하중 분포폭 (☞ 도.설 3.6.1.4)

E = 0.8 · X + 1.14 = 0.8 × 0.025 + 1.14 = 1.160 m 여기서, X = 0.025 m

▪ 충 격 계 수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.025) = 0.375 > 0.300 i = 0.300

▪ 작용 모멘트

MI+i = (96.00 / 1.160)×0.025×(1 + 0.30) = **2.690** 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 × 7.5 + 2.5 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.183 m

Mco = 10.000 × 1.183 = 11.830 kN·m/m

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

H = 10.000 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.453 m

Mco = 10.000 × 1.453 = 14.530 kN·m/m

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

Mco = 14.530 = **14.530** kN·m/m

(4) 풍 하 중 (3.000 kN/m²) (☞ 도.설.해 2.1.11)

Pw = 3.000 × 1.270 = 3.810 kN/m

Mw = 3.810 × (1.270 / 2 + 0.05 + 0.27 / 2) = **3.117** kN·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 × 60.000² / 300.000 = 9.480 (%)

Pcf = 96.000 / 1.160 × 9.480 / 100 = 7.846 kN/m 작용높이 h = 1.983 m

Mcf = 7.846 × 1.983 = **15.558** kN·m/m

(6) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	군중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{CO})	난간충돌하중(M_{CO})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	19.147	2.690	0.000	14.530	0.000	3.117	15.558

(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	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_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	24.892	5.783			20.225	50.899
CASE 2	"	24.892	3.497	18.889		20.225	67.502
CASE 3	"	24.892	3.497		2.026	20.225	50.639
CASE 4	"	22.977		17.436	3.740		44.153
CASE 5	"	24.892			4.052		28.943
최대 계수 모멘트							**67.502**
CASE 6	"	19.147	2.690		0.935	15.558	38.330
CASE 7	"	19.147	2.690	14.530		15.558	51.925
최대 사용 모멘트							**51.925**

(9) 바닥판의 최소 두께 (X = 0.03 ≤ 0.25인 경우) (☞ 도.설.해 3.6.1.5)

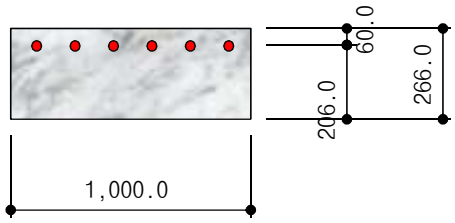
h_{min} = (280 · L + 180) = (280 × 0.025 + 180) = 187.0 mm < 220.0 mm ∴ h_{req} = 220.0 mm

h_{use} = 266.0 mm > h_{req} = 220.0 mm ····· **O.K !!**

(10) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

f_{ck}	= 27.0	MPa	f_y	= 400.0	MPa
M_u	= 67.5	kN·m	M	= 51.9	kN·m
b	= 1,000.0	mm	h	= 266.0	mm
β	= 0.85		d'	= 60.0	mm
$Ø_f$	= 0.85		d	= 206.0	mm



▪ 강도 감소계수 ($Ø_f$) 산정 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

T = A_s × f_y = 1,626.5 × 400.0 = 650,600.0

C = 0.85 × f_{ck} × a × b = 0.85 × 27.0 × a × 1,000.0 = 22,950.0 a

T = C 이므로, a = 28.349mm

c = 28.349 / β = 28.349 / 0.85 = 33.351 mm

ε_y = f_y / E_s = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020

ε_t = 0.003 × (dt - c) / c = 0.003 × (206.0 - 33.351) / 33.351 = 0.0155

ε_t = 0.0155 ≥ 0.0050 이므로 인장지배 단면이며, Øf = 0.85를 적용한다.

▪ 필요 철근량 산정

a = A_s × f_y / (β × f_{ck} × b) = 0.017429 A_s ---------- ①

M_u = $Φ_f$ × A_s × f_y × (d - a/2) = 70,040.0 A_s - 170.0 A_s · a ---------- ②

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 A_S를 구한다.

67,502,138.1 = -2.962963 A_s^2 + 70,040.0 A_s

∴ $A_{s\ req}$ = **1,006.632** mm²

▪ 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 200.0 = 993.0 mm²

H 13 @ 200.0 = 633.5 mm²

Σ = **1,626.5** mm² **[사용률 = 1.616]** ····· **0.K !!**

▪ 철근량 검토

$A_{s\ min}$ = 1.4 / f_y × b × d = 721.0 mm² (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 0.25√(f_{ck})/f_y× b × d = 669.0 mm² (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 수축 온도 철근량 = 532.0 mm² (☞ 콘.설.해 5.7.2)

∴ $A_{s\ min}$ = **721.0** mm²

$A_{s\ max}$ = 0.714 × $ρ_b$ × b × d = **4,303.9** mm² (☞ 콘.설.해 6.2.2)

∴ $A_{s\ max}$ ≥ $A_{s\ use}$ ≥ $A_{s\ min}$ ····· **0.K !!**

▪ 휨에 대한 검토

a = A_s × f_y / (β × f_{ck} × b) = 28.349 mm

$ΦM_n$ = 0.85×1,626.5×400.0×(206.0-a/2) = **106.082** kN·m

∴ $ΦMn$ ≥ Mu **[사용률 = 1.572]** ····· **0.K !!**

▪ 배력 철근량 산정 (☞ 도.설.해 3.6.1.4)

수축 · 온도철근량 = 0.002 · b · h = 532.000 mm^2

∴ $A_{s\ req}$ = 532.000 mm^2

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

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

Σ = **794.4** mm^2 **[사용률 = 1.493]** ····· **0.K !!**

② 사용성 검토

탄성계수비 n	= Es / Ec	=	7.1		
$A_{s\ use}$	= 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 × 206.0)	=	0.00790		
중립축 k	= $-n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$				
	= -0.0561 +√(2×0.0561 + 0.0561²)	=	0.28344		
중립축 거리 x	= $k \times d$ = 0.28344 × 206.0	=	58.389		
j	= 1 - k / 3 = 1 - 0.283 / 3	=	0.906		
철근 응력 f_s	= M / ($A_s \times j \times d$)				
	= 51.92 / (1,626.5 × 0.906 × 206.0)	=	171.141 MPa		

▪ 균 열 검 토 (☞ 콘.설.해 4.2)

최소 두께 c_c = 60.0 - 15.9 / 2 = 52.050 mm

인장연단 폭 s_1 = 375 × (210 / f_s) - 2.5·c_c (☞ 콘.설.해 6.3.3)

= 375×(210 / 171.141) - 2.5×52.050 = 330.021 mm

인장연단 폭 s_2 = 300 × (210 / f_s)

= 300×(210 / 171.141) = 368.117 mm

Min = 330.021 mm

∴ s = 1,000.0 / 10.0ea = **100.0 mm** ≤ s_a = **330.0 mm** ····· **0.K !!**

▪ 처 짐 검 토

처짐 계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께 (콘.설 P78)

t(min) = L / 10 = 1140.0 / 10 = = 114 mm

∴ t(min) = 114 mm ≤ h = 266.0 mm ····· **0.K !!**

∴ 별도의 처짐검토 필요 없음

3.4 중앙부 바닥판

1) 경험적 설계법에 의한 바닥판 슬래브계산

(1) 설 계 조 건 (☞ 도.설.해 4.7.7.3)

바닥판 제원		
바닥판 두께		240.0 ㎜
유효지간		2,310.0 ㎜
철근 덮개	상면	60.0 ㎜
	하면	40.0 ㎜

① 지지부재 : 강재 주거더

② 콘크리트가 현장타설되고 습윤양생도어야 함

③ 거더 플랜지부의 헌치와 같이 국부적으로 두껍게 한 곳을 제외한 상태에서 전체적으로 바닥판의 두께가 일정해야 함

④ 바닥판의 두게에 대한 유효지간의 비가 6이상 15이하인 경우

6 ≤ 2,310.0 ㎜ / 240.0 ㎜ = 9.63 ≤ 15 ····· O.K !!

⑤ 바닥판의 상부와 하부에 배근된 철근의 외측면 사이의 두께가 150㎜ 이상인 경우

8.0 ㎜ + 140.0 ㎜ + 6.5 ㎜ = 154.45 ≥ 150 ····· O.K !!

⑥ 유효 지간이 표준차선폭 3.6m 이하인 경우

2.310 m ≤ 3.600 m ····· O.K !!

⑦ 바닥판의 흠집, 마모면, 그리고 보호피복두께층을 제외한 바닥판의 최소두께가 240㎜ 이상인 경우

240.0 ㎜ ≥ 240.0 ㎜ ····· O.K !!

⑧ 캔틸레버부의 길이가 내측 바닥판 두께의 5배 이상이거나 캔틸레버부의 길이가 내측 바닥판 두께에 3배 이상이고 연속인 콘크리트 방호책과 구조적으로 합성이 된 경우

※ 캔틸레버 길이 5배 규정은 도.설.해 4.7.4.1 바닥판 최소두께 기준을 만족시키지 못하므로 무시

좌측 캔틸레버 (방호책있음) : 1.180m ≥ 0.240m × 3 = 0.720m ····· O.K !!

우측 캔틸레버 (방호책있음) : 1.120m ≥ 0.240m × 3 = 0.720m ····· O.K !!

⑨ 콘크리트의 28일 압축강도가 27MPa 이상인 경우

27.0 MPa ≥ 27.0 MPa ····· O.K !!

⑩ 철근 콘크리트 바닥판은 바닥판을 지지하는 구조부재들과 완전합성거동을 하여야함

(2) 철근 배근량 (☞ 도.설.해 4.7.7.4)

위 치			산 정 식			검 토
주 철 근	하 면 철 근	필요철근량	240,000.0 × 0.4% =	960.0	㎟	····· O.K !!
		현장배근철근	H 13 @ 400.0 =	316.8	㎟	
		현장배근철근	H 13 @ 180.0 =	703.9	㎟	
	상 면 철 근	필요철근량	240,000.0 × 0.3% =	720.0	㎟	····· O.K !!
		1 Cycle	H 16 @ 400.0 =	496.5	㎟	
		2 Cycle	H 16 @ 400.0 =	496.5	㎟	
배 력 철 근	하 면 철 근	필요철근량	240,000.0 × 0.3% =	720.0	㎟	····· O.K !!
		사용철근량	H 16 @ 250.0 =	794.4	㎟	
	상 면 철 근	필요철근량	240,000.0 × 0.3% =	720.0	㎟	····· O.K !!
		사용철근량	H 16 @ 250.0 =	794.4	㎟	
바닥판 슬래브 단면적 = 1,000.0 ㎜ × 240.0 ㎜ = 240,000.0 ㎟						

3.5 내부지점부 주장율검토 (☞ 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 주장률은 0.0035 ㎜/㎜2 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 × 240.0 = 240,000.0 ㎟

$\therefore A_{s\ req}$ = 240,000.0 × 1.5% = **3,600.0** ㎟

- 사용 철근량

$\therefore A_{s\ use}$ = H 19 @ 125.0 = 2,292.0 ㎟

H 19 @ 125.0 = 2,292.0 ㎟

Σ = **4,584.0** ㎟ **[사용률 = 1.273]** ····· **0.K !!**

- 주장률 검토

사용철근 개수 : 8.000 + 8.000 = 16.00 EA/m

주 장 률 : $\mu = \dfrac{\pi \times D \times n + \pi \times D \times n}{1000 \times t_m}$ > 0.0035 ㎜/㎟

여기서 , D : 철근 직경

n : 철근 개수

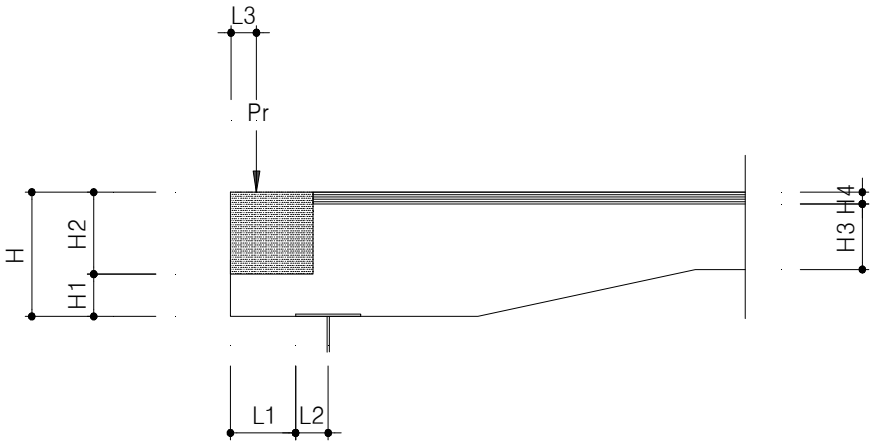
1,000 : 단위 폭 (㎜)

t_m : 중간 슬래브 두께 (㎜)

$\mu = \dfrac{\pi \times 19.10 \times 8.00 + \pi \times 19.10 \times 8.00}{1{,}000.00 \times 240.00} = 0.0040$ ㎜/㎟

μ = 0.0040 ㎜/㎟ > μ_a = 0.0035 ㎜/㎟ **0.K.**

3.6 진입부 바닥판



H	0.516 m	L	0.475 m
H1	0.196 m	L1	0.400 m
H2	0.320 m	L2	0.150 m
H3	0.266 m	L3	0.100 m
H4	0.050 m		

(1) 고 정 하 중

$$0.475 \times 0.516 \times 25.000\ kN/m^3 = 6.128\ kN/m$$

$$MD = 6.128 \times 0.475 \times 0.500 = 1.455\ kN/m$$

(2) 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 충 격 계 수 (☞ 도.설.해 2.1.4)

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.475) = 0.371 > 0.300 i = 0.300

▪ 작용 모멘트

MI+i = (0.48+0.6)×96.0/9.6×(1+0.300) = **13.975** kN·m/m (☞ 도.설.해 3.6.1.4)

(4) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	군중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{CO})	난간충돌하중(M_{CO})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	**1.455**	**13.975**					

(5) 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	"	1.00	1.00		1.00	1.00	사용모멘트

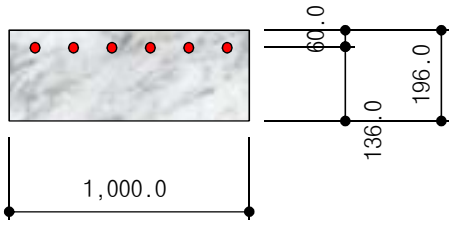
(6) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	1.892	30.046			0.000	31.938
최대 계수 모멘트							**31.938**
CASE 2	"	1.455	13.975		0.000	0.000	15.430
최대 사용 모멘트							**15.430**

(9) 단 면 검 토

① 중앙부 (외측)

f_{ck}	= 27.0 MPa	f_y	= 400.0	MPa
M_u	= 31.9 kN·m	M	= 15.4	kN·m
b	= 1,000.0 mm	h	= 196.0	mm
β	= 0.85	d'	= 60.0	mm
ϕ_f	= 0.85	d	= 136.0	mm



▪ 강도 감소계수 (ϕ_f) 산정 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

T = A_s × f_y = 794.4 × 400.0 = 317,760.0

C = 0.85 × f_{ck} × a × b = 0.85 × 27.0 × a × 1,000.0 = 22,950.0 a

T = C 이므로, a = 13.846mm

c = 13.846 / β = 13.846 / 0.85 = 16.289 mm

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

ε_t = 0.003 × (dt - c) / c = 0.003 × (136.0 - 16.289) / 16.289 = 0.0220

ε_t = 0.0220 ≥ 0.0050 이므로 인장지배 단면이며, Øf = 0.85를 적용한다.

▪ 필요 철근량 산정

a = A_s × f_y / (β × f_{ck} × b) = 0.017429 A_s ---------- ①

M_u = Φ_f × A_s × f_y × (d - a/2) = 46,240.0 A_s - 170.0 $A_s \cdot a$ ---------- ②

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 A_S를 구한다.

31,938,115.6 = -2.962963 A_s^2 + 46,240.0 A_s

∴ $A_{s\ req}$ = **724.321**

▪ 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 250.0 = 794.4 mm²

Σ = **794.4** mm² **[사용률 = 1.097]** ····· **0.K !!**

▪ 철근량 검토

$A_{s\ min}$ = 1.4 / f_y × b × d = 476.0 mm² (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 0.25√(f_{ck})/f_y × b × d = 441.7 mm² (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 수축 온도 철근량 = 392.0 mm² (☞ 콘.설.해 5.7.2)

∴ $A_{s\ min}$ = **476.0** mm²

$A_{s\ max}$ = 0.714 × ρ_b × b × d = **2,841.4** mm² (☞ 콘.설.해 6.2.2)

∴ $A_{s\ max}$ ≥ $A_{s\ use}$ ≥ $A_{s\ min}$ ····· **0.K !!**

▪ 휨에 대한 검토

a = A_s × f_y / (β × f_{ck} × b) = 13.846 mm

ΦM_n = 0.85×794.4×400.0×(136.0-a/2) = **34.863** kN·m

∴ ΦMn ≥ Mu **[사용률 = 1.092]** ····· **0.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 450㎜이다.

3) 이중합성부 하부 바닥판은 부모멘트 영역의 하부에 설치됨으로,
상시 압축력만 작용하기 때문에 연속지점부 주장율검토는 필요하지 않다.

4) 이중합성부 하부 콘크리트는 지점부의 부모멘트에 의하여 하부에 큰 압축력이 발생하므로,
이중합성후의 콘크리트 단면검토를 반드시 수행하여야 한다.
(☞ 제5장 단면응력검토 참조)

3.7.2 철근량 산정

◎ 온도 철근량 산정

1) 필요철근량 :

· As_req = 450 × 1,000 × 0.002 = 900 ㎟

2) 사용철근량 :

· H 16 @ 150 = 2,648 ㎟ ≥ 900 ㎟ ∴ O.K

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

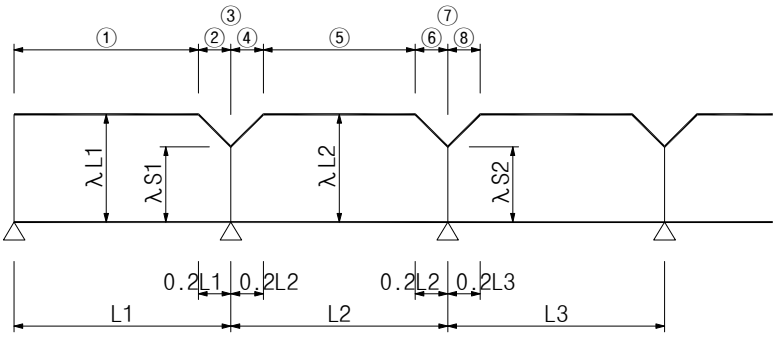
4. 주거더의 설계

4.1 강재플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

전단지연(Shear Lag) 현상의 영향으로 인한 플랜지 및 바닥판의 유효폭의 고려하여 단면응력을 검토하도록 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	2.200 m	0.000 m	0.100 m	개 단 면
측경간중앙부	0.500 m	2.200 m	0.000 m	0.100 m	개 단 면
교번구간	0.500 m	2.200 m	0.000 m	0.100 m	개 단 면
내부지점부	2.200 m	2.200 m	0.250 m	0.100 m	폐 단 면
중 앙 부	0.500 m	2.200 m	0.000 m	0.100 m	개 단 면

▪ 등가 지간장 산정식

- 연속거더 :

① λ_{L1}(지간 중앙부) : l = 0.8·L_1 ③ λ_{S1}(중간지점) : l = 0.2·(L_1 + L_2)

⑤ λ_{L2}(지간 중앙부) : l = 0.6·L_2 ⑦ λ_{S2}(중간지점) : l = 0.2·(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 , λ= b

0.05 < b/l <0.30 , λ= {1.1 - 2(b/l)} x b

b/l > 0.30 , λ= 0.15 x l

- 지점부 유효폭 산정식 :

b/l < 0.02 , λ= b

0.02 < b/l <0.30 , λ= {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)2} x b

b/l > 0.30 , λ= 0.15 x l

- 플랜지 돌출폭 :

b = 각 위치별 상부플랜지 폭 / 2 를 적용

- 플랜지 유효폭 :

B = 2 ×((λL or λS) + be)

- Girder 동일단면 :

(단위 : m)

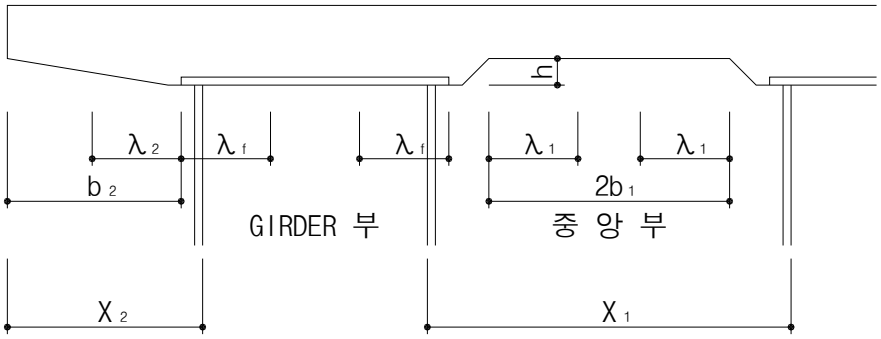
위치	거리 (m)	등가 지간장 (l)	복부간격(2b)		플랜지 돌출폭(be)		b / l		λ_L or λ_S		강재플랜지 유효폭	
			상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부
A1	0.00	65.600	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.017	0.250	1.100	0.500	2.400
(개단면)	중앙부	65.600	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.017	0.250	1.100	0.500	2.400
0.2L	65.60	65.600	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.017	0.250	1.100	0.500	2.400
(개단면)	62.00				0.250	0.100			0.687	1.094	0.937	2.387
(폐합)	72.00	53.659	2.200	2.200	0.250	0.100	0.021	0.021	1.096	1.096	2.692	2.392
(폐합)	75.75	46.662	2.200	2.200	0.250	0.100	0.024	0.024	1.086	1.086	2.672	2.372
P1	82.00	35.000	2.200	2.200	0.250	0.100	0.031	0.031	1.060	1.060	2.621	2.321
(폐합)	87.25	40.871	2.200	2.200	0.250	0.100	0.027	0.027	1.075	1.075	2.650	2.350
(폐합)	91.00	45.065	2.200	2.200	0.250	0.100	0.024	0.024	1.083	1.083	2.666	2.366
(개단면)	96.00				0.250	0.100			0.710	1.090	0.960	2.380
0.2L	100.60	55.800	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.020	0.250	1.100	0.500	2.400
(개단면)	128.50	55.800	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.020	0.250	1.100	0.500	2.400
0.2L	156.40	55.800	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.020	0.250	1.100	0.500	2.400
(개단면)	161.00				0.250	0.100			0.710	1.090	0.960	2.380
(폐합)	166.00	45.065	2.200	2.200	0.250	0.100	0.024	0.024	1.083	1.083	2.666	2.366
(폐합)	169.75	40.871	2.200	2.200	0.250	0.100	0.027	0.027	1.075	1.075	2.650	2.350
P2	175.00	35.000	2.200	2.200	0.250	0.100	0.031	0.031	1.060	1.060	2.621	2.321
(폐합)	181.25	46.662	2.200	2.200	0.250	0.100	0.024	0.024	1.086	1.086	2.672	2.372
(폐합)	185.00	53.659	2.200	2.200	0.250	0.100	0.021	0.021	1.096	1.096	2.692	2.392
(개단면)	188.75				0.250	0.100			0.687	1.094	0.937	2.387
0.2L	191.40	65.600	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.017	0.250	1.100	0.500	2.400
(개단면)	중앙부	65.600	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.017	0.250	1.100	0.500	2.400
A2	257.00	65.600	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.017	0.250	1.100	0.500	2.400

2) 바닥판 유효폭

바닥판의 유효폭의 계산은 플랜지의 유효폭 계산 규정에 의하고, λ와 b는 아래 그림과 같이 한다.

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

① Girder-1 : G1,G2



- X1 : 인접 거더의 복부사이의 간격
- X2 : 인접 거더복부에서 캔틴레버 끝단거리
- X3 : 상부플랜지에서의 거더내부 복부간격
- 2b1 = X1 - 2(be + h)
- b2 = X2 - be
- h : 헌치높이
- be : 복부판 내측에서 상부플랜지 끝단거리
- 2b3 = X3 - 2(be + h)

위치구분	X1	X2	X3	be (플랜지 돌출폭)	비 고
교대부	2.800 m	0.900 m	2.200 m	0.250 m	개 단 면
측경간중앙부	2.800 m	0.900 m	2.200 m	0.250 m	개 단 면
교번구간	2.800 m	0.900 m	2.200 m	0.250 m	개 단 면
내부지점부	2.800 m	0.900 m	2.200 m	0.250 m	폐 단 면
중 앙 부	2.800 m	0.900 m	2.200 m	0.200 m	개 단 면

(단위 : m)

위치	거리 (m)	등가 지간장 (l)	플랜지 유효폭 (상부)	헌치 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	2.800	0.900	2.200	0.250	0.017	0.010	0.012	1.100	0.650	0.800	4.500
(개단면)	중앙부	65.60	0.500	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.017	0.010	0.012	1.100	0.650	0.800	4.500
0.2L	65.6	65.60	0.500	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.017	0.010	0.012	1.100	0.650	0.800	4.500
(폐합)	72.0	53.66	2.692	0.050				0.250				1.084	0.650	0.797	4.478
(폐합)	75.8	46.66	2.672	0.050				0.250				1.075	0.650	0.795	4.465
P1	82.0	35.00	2.621	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.031	0.019	0.023	1.060	0.650	0.791	4.443
(폐합)	87.3	40.87	2.650	0.050				0.250				1.071	0.650	0.794	4.459
(폐합)	91.0	45.06	2.666	0.050				0.250				1.079	0.650	0.796	4.471
(개단면)	96.0	0.00	0.960	0.050				0.250				1.090	0.650	0.798	4.486
0.2L	100.6	55.80	0.500	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.020	0.012	0.014	1.100	0.650	0.800	4.500
(개단면)	128.5	55.80	0.500	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.020	0.012	0.014	1.100	0.650	0.800	4.500
0.2L	156.4	55.80	0.500	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.020	0.012	0.014	1.100	0.650	0.800	4.400
(폐합)	166.0	45.06	2.666	0.050				0.250				1.090	0.650	0.798	4.486
(폐합)	169.8	40.87	2.650	0.050				0.250				1.079	0.650	0.796	4.471
(폐합)	172.0	38.35	2.638	0.050				0.250				1.071	0.650	0.794	4.459
P2	175.0	35.0	2.621	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.031	0.019	0.023	1.060	0.650	0.791	4.443
(폐합)	181.3	46.66	2.672	0.050				0.250				1.075	0.650	0.795	4.465
(폐합)	185.0	53.66	2.692	0.050				0.250				1.084	0.650	0.797	4.478
0.2L	191.4	65.60	0.500	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.017	0.010	0.012	1.100	0.650	0.800	4.500
(개단면)	중앙부	65.60	0.500	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.017	0.010	0.012	1.100	0.650	0.800	4.500
A2	257.0	65.60	0.500	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.017	0.010	0.012	1.100	0.650	0.800	4.500

3) 유효폭 결과정리

① Girder-G1,G2

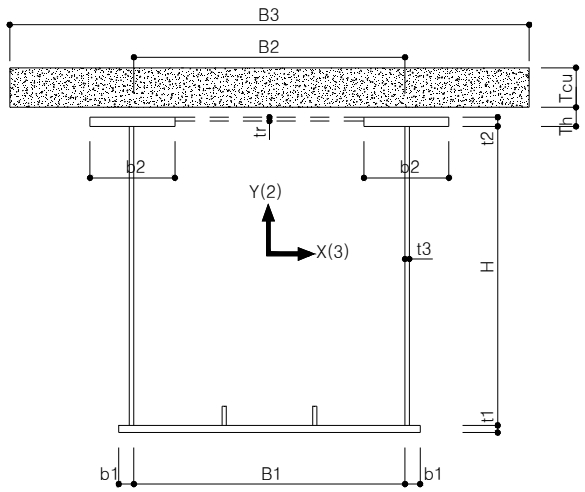
(단위 : m)

단면	위치	강재 플랜지 유효폭		상부 바닥판 유효폭	하부 바닥판 유효폭
		상부플랜지	하부플랜지		
단면1	3,1/4지점	0.500	2.400	4.500	-
단면2	4,3/4지점	0.500	2.400	4.500	-
단면3	5,3/4지점	0.500	2.400	4.500	-
단면4	8,I지점	0.500	2.400	4.500	-
단면5	9,3/4지점	0.500	2.400	4.500	-
단면6	11,1/4지점	0.500	2.400	4.500	-
단면7	14,1/4지점	0.500	2.400	4.500	-
단면8	15,1/4지점	0.937	2.387	4.500	-
단면9	15,1/4지점	2.692	2.392	4.478	-
단면10	16,3/4지점	2.672	2.372	4.465	2.172
단면11	17,J지점	2.621	2.321	4.443	2.121
단면12	19,1/4지점	2.650	2.350	4.459	2.150
단면13	19,1/4지점	2.666	2.366	4.471	2.166
단면14	20,J지점	0.960	2.380	4.486	
단면15	21,3/4지점	0.600	2.400	4.500	-
단면16	23,1/4지점	0.500	2.400	4.500	-
단면17	27,2/4지점	0.500	2.400	4.500	-

4.2 단면정수 산정

1) 지간중앙부

◎ 단면 < 단면1 > 단면위치 : 104,3/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	12
t2	16
t3	12
tr	0.835
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	1508.00	2.413E+07	3.639E+10	3.413E+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 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 - 2400 X 12	28800	-1506.00	-4.337E+07	6.532E+10	3.456E+05
TOTAL		120400		-2.437E+07	1.090E+11	5.401E+10

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 109014710800 + 54007436933 = 163022147733\ mm^4$

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

$= -24374800 / 120400 = -202.45\ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 163022147733 - 120400 \times -202.449^2 = 158087505914\ mm^4$

$I22 = (b2^3 \times t2/12 \times 2) + ((B1+b1 \times 2)^3 \times t1/12) + ((H \times t3^3/12 \times 2) + [(b2 \times t2 + H \times t3) \times (B1/2 + t3/2)^2] \times 2$

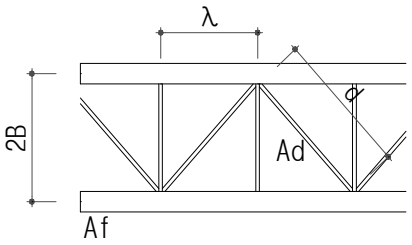
$= (500^3 \times 16 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 12 / 12) + ((3000 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 16) + (3000 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2 = 121597939333\ mm^4$

- 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 HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

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



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 16.0 = 8000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 8000}$ = 0.835mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 6650196 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10437 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.212}{0.012}$ + $\frac{2.212}{0.001}$ + 2 x $\frac{3.014}{0.01200}$ = 3335.635

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 6650195.557\ \text{^2}}{3335.64}$ = 5.303E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.204E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.200E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.216E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.581E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 5.303E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	3020.00	4.832E+07	4.681E+10	3.413E+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	2.951E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	87.00	3.132E+05	5.381E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 12	28800	6.00	1.728E+05	4.894E+10	3.456E+05
TOTAL		120400	1309.55	1.577E+08	1.041E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3158.00	4.872E+08	1.013E+11	7.406E+08
강형		120400	1309.55	1.577E+08	1.298E+11	1.581E+11
TOTAL		274686	2347.79	6.449E+08	2.311E+11	1.588E+11

- 도심 : ysv = 644904286/274686 = 2347.790 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 231063230812 + 158828077343 = 389891308154 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 121597939333 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 381955082190 mm⁴

※ 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)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.036/2 + 12.0/2

= 3,024.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 3,024.5

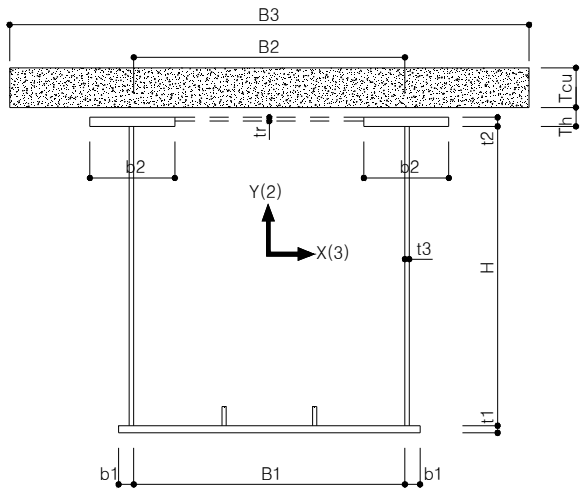
= 6,690,233 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,690,233.4² / {2x(3,024.5 / 12.0) + 2,212.0/37.036 + 2,212.0/(0.0+12.0) }

= 2.3931E+11 mm4

◎ 단면 < 단면2 > 단면위치 : 103,1/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	18
t2	22
t3	12
tr	0.853
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)			유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0		상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2		하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 22	22000	1511.00	3.324E+07	5.023E+10	8.873E+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 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 - 2400 X 18	43200	-1509.00	-6.519E+07	9.837E+10	1.166E+06
TOTAL		140800		-3.708E+07	1.559E+11	5.401E+10

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 155908811200 + 54008803733 = 209917614933\ mm^4$

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

$= -37076800 / 140800 = -263.33\ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 209917614933 - 140800 \times -263.330^2 = 200154198042\ mm^4$

$I22 = (b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

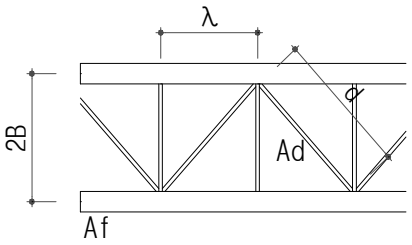
$= (500^3 \times 22 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((3000 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 22) + (3000 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2 = 135894939333\ mm^4$

- 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 HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

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



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 22.0 = 11000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 11000}$ = 0.853mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 6656851 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10443 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.212}{0.018}$ + $\frac{2.212}{0.001}$ + 2 x $\frac{3.020}{0.01200}$ = 3220.153

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 6656851.153\ \text{^2}}{3220.15}$ = 5.505E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.408E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.200E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.359E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 2.002E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 5.505E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 22	22000	3029.00	6.664E+07	6.926E+10	8.873E+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 12	72000	1518.00	1.093E+08	4.993E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	93.00	3.348E+05	4.858E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	6.703E+10	1.166E+06
TOTAL		140800	1254.67	1.767E+08	1.461E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3164.00	4.882E+08	1.281E+11	7.406E+08
강형		140800	1254.67	1.767E+08	1.403E+11	2.002E+11
TOTAL		295086	2252.96	6.648E+08	2.684E+11	2.009E+11

- 도심 : ysv = 664817600/295086 = 2252.964 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 268374946802 + 200894769471 = 469269716273 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 135894939333 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 396252082190 mm⁴

※ 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)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.053/2 + 18.0/2

= 3,027.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 3,027.5

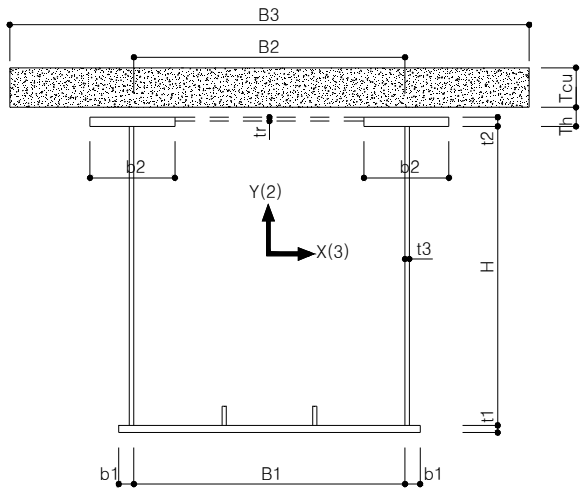
= 6,696,889 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,696,889.0² / {2x(3,027.5 / 12.0) + 2,212.0/37.053 + 2,212.0/(0.0+18.0) }

= 2.6106E+11 mm4

◎ 단면 < 단면3 > 단면위치 : 102,1/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	18
t2	22
t3	12
tr	0.853
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 22	22000	1511.00	3.324E+07	5.023E+10	8.873E+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 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 - 2400 X 18	43200	-1509.00	-6.519E+07	9.837E+10	1.166E+06
TOTAL		140800		-3.708E+07	1.559E+11	5.401E+10

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 155908811200 + 54008803733 = 209917614933 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -37076800 / 140800 = -263.33 mm

I33 = $Is' - \sum As \times \delta s^2$

= 209917614933 - 140800 x -263.330 ² = 200154198042 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3 /12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

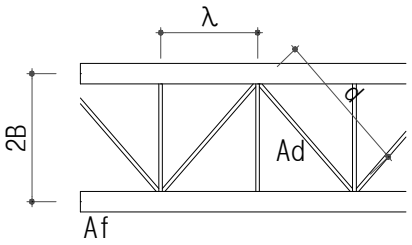
= $(500^3 \times 22 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((3000 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 22) +$
$(3000 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2$ = 135894939333 mm⁴

- 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 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

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



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 22.0 = 11000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 11000}$ = 0.853mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 6656851 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10443 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.212}{0.018}$ + $\frac{2.212}{0.001}$ + 2 x $\frac{3.020}{0.01200}$ = 3220.153

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 6656851.153\ \text{^2}}{3220.15}$ = 5.505E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.408E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.200E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.359E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 2.002E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 5.505E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 22	22000	3029.00	6.664E+07	6.926E+10	8.873E+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 12	72000	1518.00	1.093E+08	4.993E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	93.00	3.348E+05	4.858E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	6.703E+10	1.166E+06
TOTAL		140800	1254.67	1.767E+08	1.461E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3164.00	4.882E+08	1.281E+11	7.406E+08
강형		140800	1254.67	1.767E+08	1.403E+11	2.002E+11
TOTAL		295086	2252.96	6.648E+08	2.684E+11	2.009E+11

- 도심 : ysv = 664817600/295086 = 2252.964 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 268374946802 + 200894769471 = 469269716273 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 135894939333 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 396252082190 mm⁴

※ 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)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.053/2 + 18.0/2

= 3,027.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 3,027.5

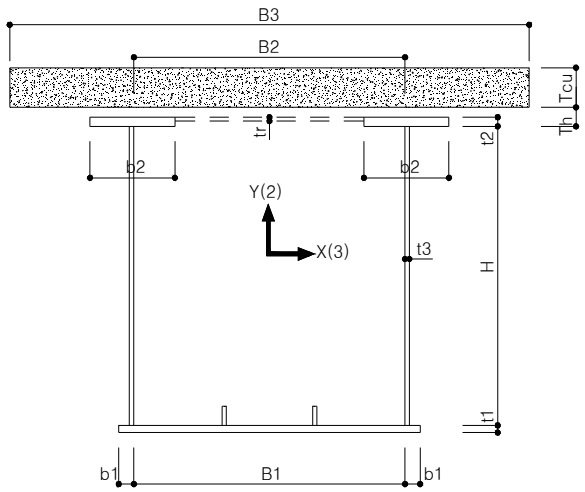
= 6,696,889 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,696,889.0² / {2x(3,027.5 / 12.0) + 2,212.0/37.053 + 2,212.0/(0.0+18.0) }

= 2.6106E+11 mm4

◎ 단면 < 단면4 > 단면위치 : 99,J지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	22
t2	26
t3	12
tr	0.860
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 26	26000	1513.00	3.934E+07	5.952E+10	1.465E+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 - 2400 X 22	52800	-1511.00	-7.978E+07	1.205E+11	2.130E+06
TOTAL		154400		-4.557E+07	1.874E+11	5.401E+10

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 187377432800 + 54010344267 = 241387777067 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -45572800 / 154400 = -295.16 mm

I33 = Is′ - $\sum As \times \delta s^2$

= 241387777067 - 154400 x -295.161 ² = 227936481083 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3 /12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

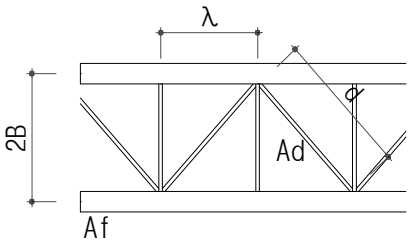
= $(500^3 \times 26 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 22 / 12) + ((3000 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 26) +$
$(3000 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2$ = 145426272667 mm⁴

- 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 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

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



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 26.0 = 13000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 13000}$ = 0.860mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 6661283 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10447 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.212}{0.022}$ + $\frac{2.212}{0.001}$ + 2 x $\frac{3.024}{0.01200}$ = 3175.896

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 6661283.435\ \text{^2}}{3175.90}$ = 5.589E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.544E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.200E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.454E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 2.279E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 5.589E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 26	26000	3035.00	7.891E+07	8.501E+10	1.465E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3022.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000	1522.00	1.096E+08	6.273E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	97.00	3.492E+05	4.596E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 22	52800	11.00	5.808E+05	7.805E+10	2.130E+06
TOTAL		154400	1226.84	1.894E+08	1.739E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3168.00	4.888E+08	1.454E+11	7.406E+08
강형		154400	1226.84	1.894E+08	1.453E+11	2.279E+11
TOTAL		308686	2197.06	6.782E+08	2.908E+11	2.287E+11

- 도심 : ysv = 678201143/308686 = 2197.060 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 290789972002 + 228677052512 = 519467024514 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 145426272667 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 405783415524 mm⁴

※ 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)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.061/2 + 22.0/2

= 3,029.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 3,029.5

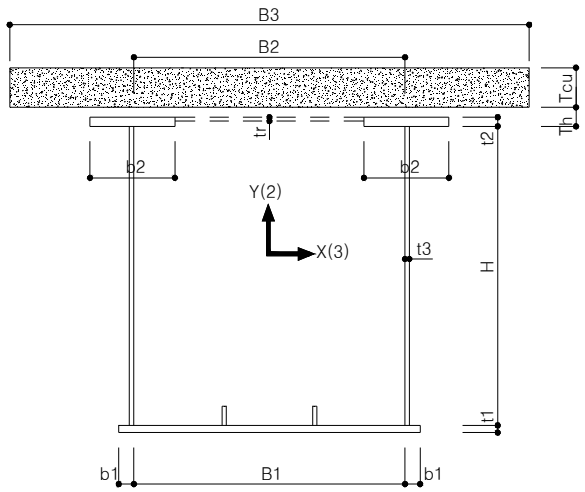
= 6,701,321 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,701,321.3² / {2x(3,029.5 / 12.0) + 2,212.0/37.061 + 2,212.0/(0.0+22.0) }

= 2.7006E+11 mm4

◎ 단면 < 단면5 > 단면위치 : 98,1/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	18
t2	22
t3	12
tr	0.853
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 22	22000	1511.00	3.324E+07	5.023E+10	8.873E+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 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 - 2400 X 18	43200	-1509.00	-6.519E+07	9.837E+10	1.166E+06
TOTAL		140800		-3.708E+07	1.559E+11	5.401E+10

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 155908811200 + 54008803733 = 209917614933 mm^4

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -37076800 / 140800 = -263.33 mm

I33 = $Is' - \sum As \times \delta s^2$

= 209917614933 - 140800 x -263.330^2 = 200154198042 mm^4

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

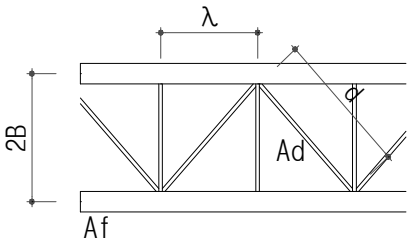
= $(500^3 \times 22 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((3000 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 22) + (3000 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2$ = 135894939333 mm^4

- 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 HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

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



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 22.0 = 11000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 11000}$ = 0.853mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10443 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.212}{0.018}$ + $\frac{2.212}{0.001}$ + 2 x $\frac{3.020}{0.01200}$ = 3220.153

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 6656851.153\ \text{^2}}{3220.15}$ = 5.505E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.408E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.200E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.359E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 2.002E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 5.505E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 22	22000	3029.00	6.664E+07	6.926E+10	8.873E+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 12	72000	1518.00	1.093E+08	4.993E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	93.00	3.348E+05	4.858E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	6.703E+10	1.166E+06
TOTAL		140800	1254.67	1.767E+08	1.461E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3164.00	4.882E+08	1.281E+11	7.406E+08
강형		140800	1254.67	1.767E+08	1.403E+11	2.002E+11
TOTAL		295086	2252.96	6.648E+08	2.684E+11	2.009E+11

- 도심 : ysv = 664817600/295086 = 2252.964 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 268374946802 + 200894769471 = 469269716273 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 135894939333 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 396252082190 mm⁴

※ 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)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.053/2 + 18.0/2

= 3,027.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 3,027.5

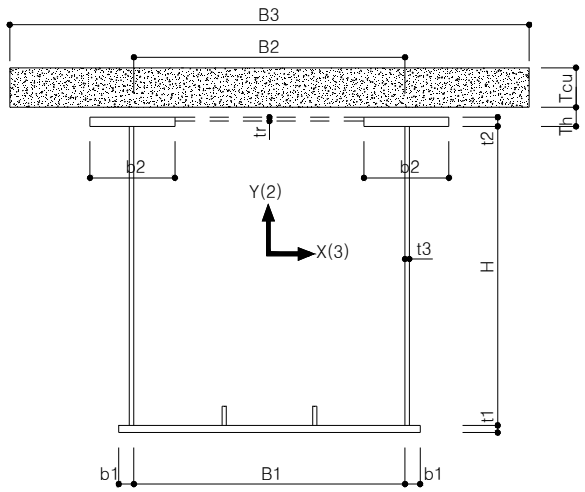
= 6,696,889 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,696,889.0² / {2x(3,027.5 / 12.0) + 2,212.0/37.053 + 2,212.0/(0.0+18.0) }

= 2.6106E+11 mm4

◎ 단면 < 단면6 > 단면위치 : 96,3/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	12
t2	18
t3	12
tr	0.842
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 18	18000	1509.00	2.716E+07	4.099E+10	4.860E+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 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 - 2400 X 12	28800	-1506.00	-4.337E+07	6.532E+10	3.456E+05
TOTAL		122400		-2.134E+07	1.136E+11	5.401E+10

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 113617144800 + 54007581600 = 167624726400 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -21340800 / 122400 = -174.35 mm

I33 = Is′ - $\sum As \times \delta s^2$

= 167624726400 - 122400 x -174.353 ² = 163903895153 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3 /12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

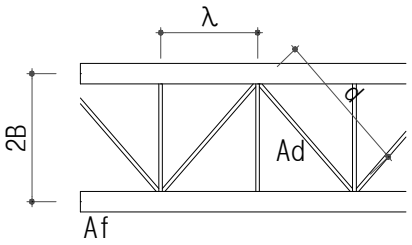
= $(500^3 \times 18 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 12 / 12) + ((3000 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 18) + (3000 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2$ = 124059606000 mm⁴

- 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 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

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



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 18.0 = 9000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 9000}$ = 0.842mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10437 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.212}{0.012}$ + $\frac{2.212}{0.001}$ + 2 x $\frac{3.015}{0.01200}$ = 3313.379

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 6650203.441\ \text{^2}}{3313.38}$ = 5.339E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.224E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.200E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.241E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.639E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 5.339E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 18	18000	3021.00	5.438E+07	5.101E+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	2.189E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	87.00	3.132E+05	5.631E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 12	28800	6.00	1.728E+05	5.107E+10	3.456E+05
TOTAL		122400	1337.65	1.637E+08	1.099E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3158.00	4.872E+08	1.001E+11	7.406E+08
강형		122400	1337.65	1.637E+08	1.261E+11	1.639E+11
TOTAL		276686	2352.71	6.510E+08	2.262E+11	1.646E+11

- 도심 : ysv = 650962286/276686 = 2352.714 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 226168228576 + 164644466582 = 390812695158 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 124059606000 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 384416748857 mm⁴

※ 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)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.043/2 + 12.0/2

= 3,024.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 3,024.5

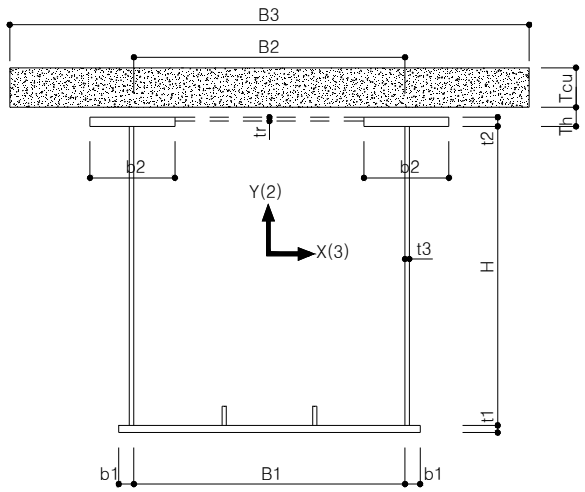
= 6,690,241 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,690,241.3² / {2x(3,024.5 / 12.0) + 2,212.0/37.043 + 2,212.0/(0.0+12.0) }

= 2.3931E+11 mm4

◎ 단면 < 단면17 > 단면위치 : 80,2/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	2500
t1	12
t2	16
t3	12
tr	0.835
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	1258.00	2.013E+07	2.532E+10	3.413E+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 - 2400 X 12	28800	-1256.00	-3.617E+07	4.543E+10	3.456E+05
TOTAL		108400		-2.027E+07	7.572E+10	3.126E+10

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 75724310800 + 31257436933 = 106981747733\ mm^4$

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

$= -20274800 / 108400 = -187.04\ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 106981747733 - 108400 \times -187.037^2 = 103189611986\ mm^4$

$I22 = (b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

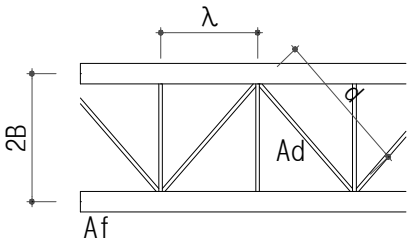
$= (500^3 \times 16 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 12 / 12) + ((2500 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 16) + (2500 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2 = 106918963333\ mm^4$

- 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 HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

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



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 16.0 = 8000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 8000}$ = 0.835mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 5544196 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 9437 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.212}{0.012}$ + $\frac{2.212}{0.001}$ + 2 x $\frac{2.514}{0.01200}$ = 3252.302

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 5544195.557\ \text{^2}}{3252.30}$ = 3.780E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.084E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 6.000E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.069E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.032E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 3.780E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	2520.00	4.032E+07	3.341E+10	3.413E+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	2.099E+09	3.125E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	87.00	3.132E+05	3.514E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 12	28800	6.00	1.728E+05	3.291E+10	3.456E+05
TOTAL		108400	1074.96	1.165E+08	7.193E+10	3.126E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	2658.00	4.101E+08	6.584E+10	7.406E+08
강형		108400	1074.96	1.165E+08	9.371E+10	1.032E+11
TOTAL		262686	2004.74	5.266E+08	1.596E+11	1.039E+11

- 도심 : ysv = 526617429/262686 = 2004.743 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 159551399982 + 103930183414 = 263481583397 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 106918963333 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 367276106190 mm⁴

※ 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)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 2,500.0 + 37.036/2 + 12.0/2

= 2,524.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 2,524.5

= 5,584,233 mm2

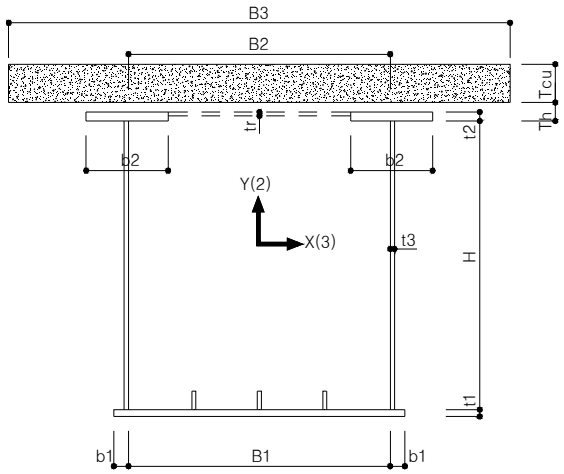
K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 5,584,233.4² / {2x(2,524.5 / 12.0) + 2,212.0/37.036 + 2,212.0/(0.0+12.0) }

= 1.8762E+11 mm4

2) 교번구간

◎ 단면 < 단면7 > : 단면위치 : 93,3/4지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3088
t1	12
t2	16
t3	14
tr	0.835
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 4	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	1552.00	2.483E+07	3.854E+10	3.413E+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 14	86464				6.871E+10
LOWER RIB	4 - 150 X 12	7200	-1469.00	-1.058E+07	1.554E+10	1.350E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 12	28800	-1550.00	-4.464E+07	6.919E+10	3.456E+05
TOTAL		138464		-3.038E+07	1.233E+11	6.872E+10

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 123268583200 + 68722401035 = 191990984235 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -30384800 / 138464 = -219.44 mm

I33 = Is′ - $\sum As \times \delta s^2$

= 191990984235 - 138464 x -219.442 ² = 185323286703 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

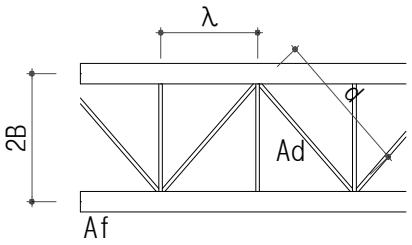
= $(500^3 \times 16 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 12 / 12) + ((3088 \times 14^3 / 12) + [(500 \times 16) + (3088 \times 14) \times (2200 / 2 + 14 / 2)^2] \times 2$ = 139489467915 mm⁴

- 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 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

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



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 16.0 = 8000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 8000}$ = 0.835mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 6851040 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10616.8 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.214}{0.012}$ + $\frac{2.214}{0.001}$ + 2 x $\frac{3.102}{0.01400}$ = 3279.006

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 6851040.392\ \text{^2}}{3279.01}$ = 5.726E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.385.E+05 mm2

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 8.646.E+04 mm2

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.395.E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.853.E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 5.726.E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	3108.00	4.973E+07	5.021E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3100.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3088 X 14	86464	1556.00	1.345E+08	4.164E+09	6.871E+10
LOWER RIB	4 - 150 X 12	7200	87.00	6.264E+05	1.124E+10	1.350E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 12	28800	6.00	1.728E+05	5.099E+10	3.456E+05
TOTAL		138464	1336.56	1.851E+08	1.166E+11	6.872E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3246.00	5.008E+08	1.258E+11	7.406E+08
강형		138464	1336.56	1.851E+08	1.402E+11	1.853E+11
TOTAL		292750	2342.88	6.859E+08	2.661E+11	1.861E+11

- 도심 : ysv = 685876613/292750 = 2342.877 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 266059637529 + 186063858131 = 452123495660 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 139489467915 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 399846610772 mm⁴

※ 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)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,088.0 + 37.036/2 + 12.0/2

= 3,112.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,214.0 + 2,214.0) / 2 × 3,112.5

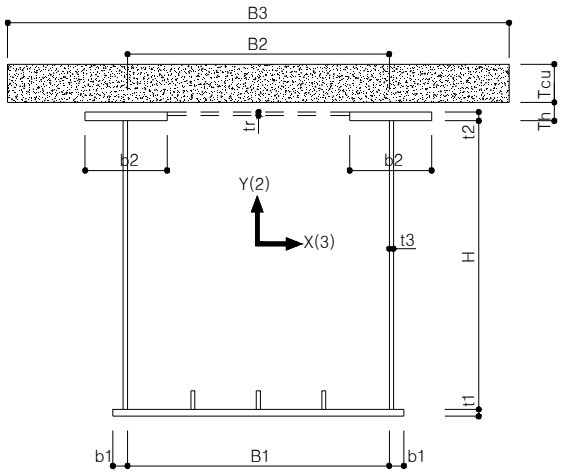
= 6,891,114 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,891,114.4² / {2x(3,112.5 / 14.0) + 2,214.0/37.036 + 2,214.0/(0.0+12.0) }

= 2.7572E+11 mm4

◎ 단면 < 단면8 > : 단면위치 : 92,3/4지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3202
t1	18
t2	14
t3	14
tr	0.826
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	937	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	200 X 18 X 4	하부플랜지	2387	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 14	14000	1608.00	2.251E+07	3.620E+10	2.287E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1601.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3202 X 14	89656				7.660E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 18	14400	-1501.00	-2.161E+07	3.244E+10	4.800E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	-1610.00	-6.955E+07	1.120E+11	1.166E+06
TOTAL		161256		-6.865E+07	1.806E+11	7.665E+10

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 180621230400 + 76651511352 = 257272741752 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -68654400 / 161256 = -425.75 mm

I33 = Is′ - $\sum As \times \delta s^2$

= 257272741752 - 161256 x -425.748 ² = 228043276558 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

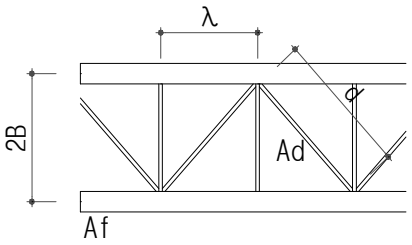
= $(500^3 \times 14 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((3202 \times 14^3 / 12) + [(500 \times 14) + (3202 \times 14) \times (2200 / 2 + 14 / 2)^2] \times 2$ = 147885986592 mm⁴

- 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 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

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



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 14.0 = 7000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 7000}$ = 0.826mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 7110068 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10850.8 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.214}{0.018}$ + $\frac{2.214}{0.001}$ + 2 x $\frac{3.218}{0.01400}$ = 3262.933

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 7110068.439\ \text{^2}}{3262.93}$ = 6.197E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.613.E+05 mm2

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 8.966.E+04 mm2

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.479.E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 2.280.E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 6.197.E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 14	14000	3227.00	4.518E+07	5.791E+10	2.287E+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 14	89656	1619.00	1.452E+08	1.625E+10	7.660E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 18	14400	118.00	1.699E+06	1.665E+10	4.800E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	6.059E+10	1.166E+06
TOTAL		161256	1193.25	1.924E+08	1.514E+11	7.665E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3366.00	5.193E+08	1.902E+11	7.406E+08
강형		161256	1193.25	1.924E+08	1.820E+11	2.280E+11
TOTAL		315542	2255.63	7.117E+08	3.722E+11	2.288E+11

- 도심 : ysv = 711744778/315542 = 2255.628 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 372223241603 + 228783847986 = 601007089589 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 147885986592 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 408243129449 mm⁴

※ 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)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,202.0 + 37.027/2 + 18.0/2

= 3,229.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,214.0 + 2,214.0) / 2 × 3,229.5

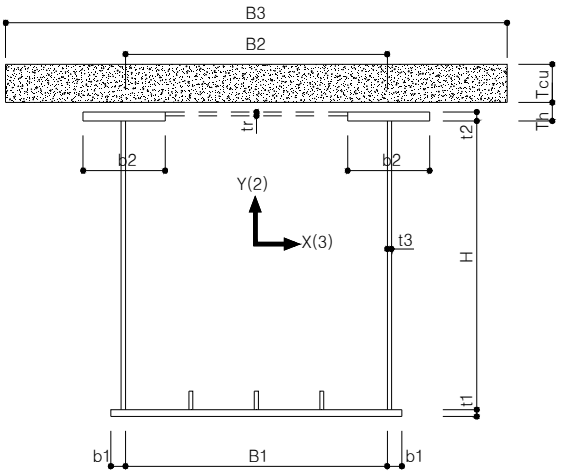
= 7,150,142 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,150,142.5² / {2x(3,229.5 / 14.0) + 2,214.0/37.027 + 2,214.0/(0.0+18.0) }

= 3.1747E+11 mm4

◎ 단면 < 단면9 > : 단면위치 : 92,I지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3320
t1	18
t2	14
t3	16
tr	0.761
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	250

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	2692	상부바닥판	4478	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	200 X 18 X 4	하부플랜지	2392	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700 X 14	37800	1667.00	6.301E+07	1.050E+11	6.174E+05
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 - 200 X 18	14400	-1560.00	-2.246E+07	3.504E+10	4.800E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	-1669.00	-7.210E+07	1.203E+11	1.166E+06
TOTAL		201640		-3.155E+07	2.604E+11	9.763E+10

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 260422079400 + 97634765133 = 358056844533 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -31552200 / 201640 = -156.48 mm

I33 = Is′ - $\sum As \times \delta s^2$

= 358056844533 - 201640 x -156.478 ² = 353119623125 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12 \times 2)+((B1+b1 \times 2)^3 \times t1/12)+((H \times t3^3/12 \times 2)+[(b2 \times t2+H \times t3) \times (B1/2+t3/2)^2] \times 2$

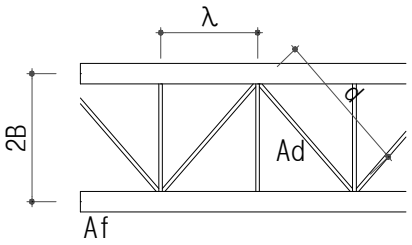
= $(2700^3 \times 14 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((3320 \times 16^3 / 12) + [(2700 \times 14) + (3320 \times 16) \times (2200 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2$ = 219914789813 mm⁴

- 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 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

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



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 250 x 14.0 = 3500 mm²

· tr = 205000 / 79000 x 2 x 2500 x 1100 / (3330 ³ / 2339 + 2 x 2500 ³ / 3 x 3500) = 0.761mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 7377907 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 11090.8 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = 2.216 / 0.018 + 2.216 / 0.014 + 2 x 3.336 / 0.01600 = 698.397

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = 4 x 7377906.686 ^2 / 698.40 = 3.118E+11 mm⁴

· 단면적(A) ····· 2.016.E+05 mm2

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 1.062.E+05 mm2

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 2.199.E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 3.531.E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 3.118.E+11 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700 X 14	37800	3345.00	1.264E+08	1.257E+11	6.174E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3338.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3320 X 16	106240	1678.00	1.783E+08	2.601E+09	9.758E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 18	14400	118.00	1.699E+06	2.837E+10	4.800E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	9.883E+10	1.166E+06
TOTAL		201640	1521.52	3.068E+08	2.555E+11	9.763E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3484.00	5.375E+08	1.907E+11	7.406E+08
강형		201640	1521.52	3.068E+08	1.459E+11	3.531E+11
TOTAL		355926	2372.21	8.443E+08	3.366E+11	3.539E+11

- 도심 : ysv = 844331149/355926 = 2372.212 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 336629816381 + 353860194553 = 690490010934 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 219914789813 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 480271932670 mm⁴

※ 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)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,320.0 + 36.961/2 + 18.0/2

= 3,347.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,347.5

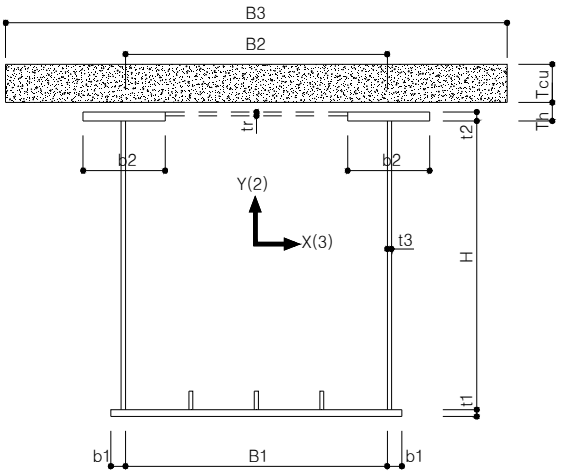
= 7,418,017 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,418,016.9² / {2x(3,347.5 / 16.0) + 2,216.0/36.961 + 2,216.0/(0.0+18.0) }

= 3.6593E+11 mm4

◎ 단면 < 단면14 > : 단면위치 : 87,I지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	2833
t1	18
t2	16
t3	14
tr	0.835
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	960	상부바닥판	4486	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	200 X 18 X 4	하부플랜지	2380	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	1424.50	2.279E+07	3.247E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1416.50	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2833 X 14	79324				5.305E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 18	14400	-1316.50	-1.896E+07	2.496E+10	4.800E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	-1425.50	-6.158E+07	8.778E+10	1.166E+06
TOTAL		152924		-5.775E+07	1.452E+11	5.310E+10

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 145209455200 + 53103309320 = 198312764520 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -57747200 / 152924 = -377.62 mm

I33 = Is′ - $\sum As \times \delta s^2$

= 198312764520 - 152924 x -377.620 ² = 176506252083 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12 \times 2)+((B1+b1 \times 2)^3 \times t1/12)+((H \times t3^3/12 \times 2)+[(b2 \times t2+H \times t3) \times (B1/2+t3/2)^2] \times 2$

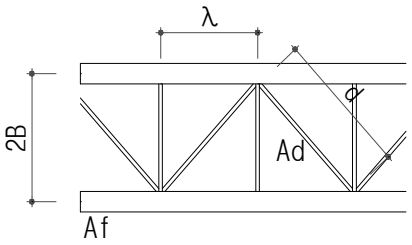
= $(500^3 \times 16 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((2833 \times 14^3 / 12) + [(500 \times 16) + (2833 \times 14) \times (2200 / 2 + 14 / 2)^2] \times 2$ = 137686145435 mm⁴

- 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 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

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



E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1100 mm
d = 3330 mm
Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 16.0 = 8000 mm²

· tr = 205000/79000 x 2 x 2500 x 1100 / (3330 ³ / 2339 + 2 x 2500 ³ / 3 x 8000) = 0.835mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 6293112 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10112.8 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = 2.214/0.018 + 2.214/0.001 + 2 x 2.850/0.01400 = 3181.506

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = 4 x 6293112.392 ^2 / 3181.51 = 4.979E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.529.E+05 mm2
· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.932.E+04 mm2
· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.377.E+11 mm⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.765.E+11 mm⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 4.979.E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	2859.00	4.574E+07	5.196E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	2851.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2833 X 14	79324	1434.50	1.138E+08	1.131E+10	5.305E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 18	14400	118.00	1.699E+06	1.269E+10	4.800E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	4.744E+10	1.166E+06
TOTAL		152924	1056.88	1.616E+08	1.234E+11	5.310E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	2997.00	4.624E+08	1.439E+11	7.406E+08
강형		152924	1056.88	1.616E+08	1.452E+11	1.765E+11
TOTAL		307210	2031.24	6.240E+08	2.891E+11	1.772E+11

- 도심 : ysv = 624016564/307210 = 2031.240 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io
= 289083776906 + 177246823512 = 466330600418 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n
= 137686145435 + 4500.000 ³
x 240.0 / 12 / 7 = 398043288292 mm⁴

※ 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)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 2,833.0 + 37.036/2 + 18.0/2

= 2,860.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,214.0 + 2,214.0) / 2 × 2,860.5

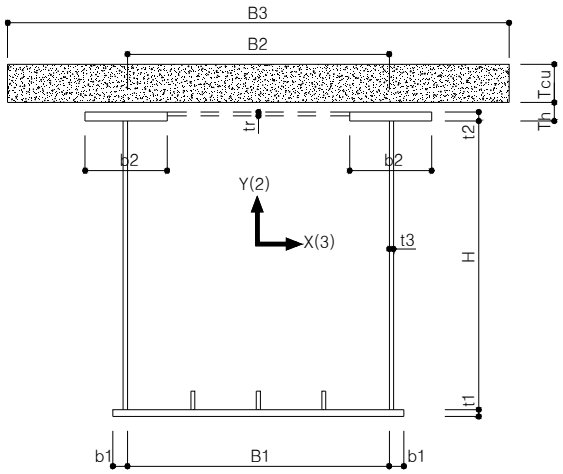
= 6,333,186 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,333,186.4² / {2x(2,860.5 / 14.0) + 2,214.0/37.036 + 2,214.0/(0.0+18.0) }

= 2.7127E+11 mm4

◎ 단면 < 단면15 > : 단면위치 : 86,1/4지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	2680
t1	18
t2	16
t3	12
tr	0.835
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	600	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	200 X 18 X 4	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	1348.00	2.157E+07	2.907E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1340.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2680 X 12	64320				3.850E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 18	14400	-1240.00	-1.786E+07	2.214E+10	4.800E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	-1349.00	-5.828E+07	7.862E+10	1.166E+06
TOTAL		137920		-5.456E+07	1.298E+11	3.855E+10

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 129830507200 + 38547171733 = 168377678933 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -54564800 / 137920 = -395.63 mm

I33 = Is′ - $\sum As \times \delta s^2$

= 168377678933 - 137920 x -395.626 ² = 146790400808 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

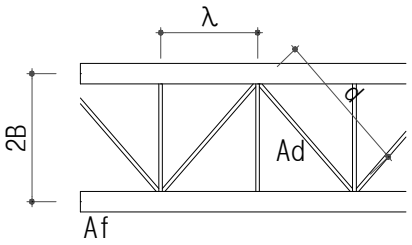
= $(500^3 \times 16 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((2680 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 16) + (2680 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2$ = 119156644693 mm⁴

- 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 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

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



E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1100 mm
d = 3330 mm
Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 16.0 = 8000 mm²

· $tr = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 8000}$ = 0.835mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 5948992 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 9802.84 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.212}{0.018} + \frac{2.212}{0.001} + 2 \times \frac{2.697}{0.01200}$ = 3221.357

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 5948991.557\ \text{^2}}{3221.36}$ = 4.394E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.379.E+05 mm2
· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 6.432.E+04 mm2
· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.192.E+11 mm⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.468.E+11 mm⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 4.394.E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	2706.00	4.330E+07	4.864E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	2698.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2680 X 12	64320	1358.00	8.735E+07	1.007E+10	3.850E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 18	14400	118.00	1.699E+06	1.027E+10	4.800E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	3.927E+10	1.166E+06
TOTAL		137920	962.37	1.327E+08	1.082E+11	3.855E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	2844.00	4.388E+08	1.217E+11	7.406E+08
강형		137920	962.37	1.327E+08	1.361E+11	1.468E+11
TOTAL		292206	1955.88	5.715E+08	2.578E+11	1.475E+11

- 도심 : ysv = 571519131/292206 = 1955.879 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io
= 257828592640 + 147530972237 = 405359564876 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n
= 119156644693 + 4500.000 ³
x 240.0 / 12 / 7 = 379513787550 mm⁴

※ 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)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 2,680.0 + 37.036/2 + 18.0/2

= 2,707.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 2,707.5

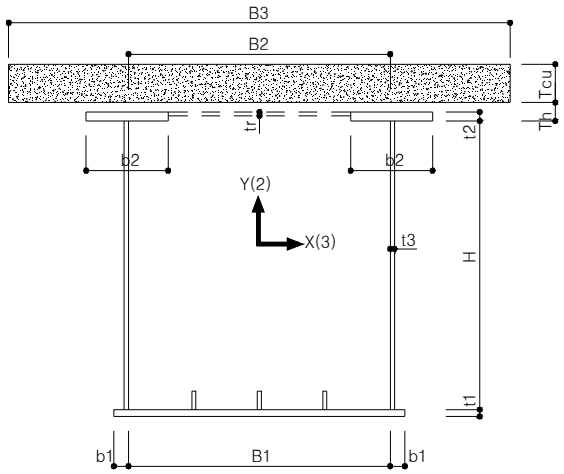
= 5,989,029 mm2

K = 4·F2 / ($\oint$ ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 5,989,029.4² / {2x(2,707.5 / 12.0) + 2,212.0/37.036 + 2,212.0/(0.0+18.0) }

= 2.2635E+11 mm4

◎ 단면 < 단면16 > : 단면위치 : 84,3/4지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	2514
t1	12
t2	16
t3	12
tr	0.835
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 4	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	1265.00	2.024E+07	2.560E+10	3.413E+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 - 150 X 12	7200	-1182.00	-8.510E+06	1.006E+10	1.350E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 12	28800	-1263.00	-3.637E+07	4.594E+10	3.456E+05
TOTAL		112336		-2.464E+07	8.160E+10	3.179E+10

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 81603760000 + 31792132421 = 113395892421 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -24644800 / 112336 = -219.38 mm

I33 = Is′ - $\sum As \times \delta s^2$

= 113395892421 - 112336 x -219.385 ² = 107989200292 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

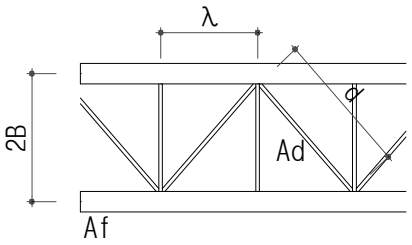
= $(500^3 \times 16 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 12 / 12) + ((2514 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 16) + (2514 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2$ = 107336724661 mm⁴

- 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 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

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



E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1100 mm
d = 3330 mm
Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 16.0 = 8000 mm²

· tr = 205000/79000 x 2 x 2500 x 1100 / (3330 ³ / 2339 + 2 x 2500 ³ / 3 x 8000) = 0.835mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 5575164 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 9464.84 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = 2.212/0.012 + 2.212/0.001 + 2 x 2.528/0.01200 = 3254.635

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = 4 x 5575163.557 ^2 / 3254.64 = 3.820E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.123.E+05 mm2
· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 6.034.E+04 mm2
· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.073.E+11 mm⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.080.E+11 mm⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 3.820.E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	2534.00	4.054E+07	3.525E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	2526.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2514 X 12	60336	1269.00	7.657E+07	2.904E+09	3.178E+10
LOWER RIB	4 - 150 X 12	7200	87.00	6.264E+05	6.672E+09	1.350E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 12	28800	6.00	1.728E+05	3.137E+10	3.456E+05
TOTAL		112336	1049.62	1.179E+08	7.620E+10	3.179E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	2672.00	4.123E+08	7.209E+10	7.406E+08
강형		112336	1049.62	1.179E+08	9.901E+10	1.080E+11
TOTAL		266622	1988.44	5.302E+08	1.711E+11	1.087E+11

- 도심 : ysv = 530161013/266622 = 1988.439 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io
= 171102691187 + 108729771721 = 279832462907 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n
= 107336724661 + 4500.000 ³
x 240.0 / 12 / 7 = 367693867518 mm⁴

※ 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)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 2,514.0 + 37.036/2 + 12.0/2

= 2,538.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 2,538.5

= 5,615,201 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

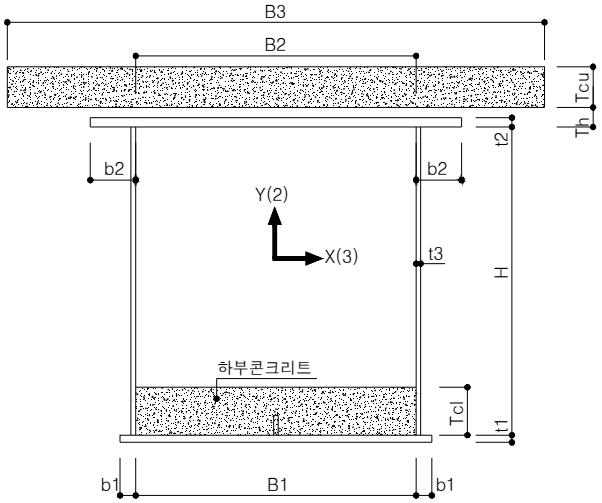
= 4 × 5,615,201.4² / {2x(2,538.5 / 12.0) + 2,212.0/37.036 + 2,212.0/(0.0+12.0) }

= 1.8905E+11 mm4

3) 이중합성부

- 폐합단면

◎ 단면 < 단면10 > : 단면위치 : 91,1/4지점 (거더1,2) <폐합단면>



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3466
t1	18
t2	14
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	26
Tcl	490
b1	100
b2	250

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	120 X 12 X 2	상부플랜지	2672	상부바닥판	4465	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	200 X 18 X 1	하부플랜지	2372	하부바닥판	2172	n(하부)	7	tcl	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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700 X 14	37800	1740.00	6.577E+07	1.144E+11	6.174E+05
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 - 200 X 18	3600	-1633.00	-5.879E+06	9.600E+09	1.200E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	-1742.00	-7.525E+07	1.311E+11	1.166E+06
TOTAL		198392		-1.054E+07	2.632E+11	1.111E+11

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 263197440720 + 111050836323 = 374248277043\ mm^4$

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

$= -10542960 / 198392 = -53.14\ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 374248277043 - 198392 \times -53.142^2 = 373688002407\ mm^4$

$I22 = ((B2+b2\times2)^3 \times t2/12)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

$= (2700^3 \times 14 / 12) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((3466 \times 16^3 / 12) + [(3466 \times 16) \times (2200 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2 = 179876535691\ mm^4$

- 비틀림 강성 :

Hk = H + t2 / 2 + t1 / 2 = 3,466.0 + 14.0 / 2 + 18.0 / 2

= 3,482.0 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × Hk = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,482.0

= 7,716,112 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu/t2 + Bl/t1)\}$

= 4 × 7,716,112.0² / {2x(3,482.0 / 16.0) + 2,200.0/18.000 + 2,200.0/14.0 }

= 3.3326E+11 mm^4

② 단일 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY² (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2700 X 14	37800	3491.00	1.320E+08	1.215E+11	6.174E+05
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	3424.00	9.861E+06	8.581E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3466 X 16	110912	1751.00	1.942E+08	3.132E+08	1.110E+11
LOWER RIB	1 - 200 X 18	3600	118.00	4.248E+05	8.985E+09	1.200E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	1.232E+11	1.166E+06
TOTAL		198392	1697.86	3.368E+08	2.626E+11	1.111E+11

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY² (mm^4)	Io(mm^4)
하부슬래브	1 - 2200 X 490	1078000				2.157E+10
환산		154000	263.00	4.050E+07	1.005E+11	3.081E+09
강형		198392	1697.86	3.368E+08	7.801E+10	3.737E+11
TOTAL		352392	1070.81	3.773E+08	1.785E+11	3.768E+11

- 도심 : ysv = 377343432/352392 = 1070.806 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 178499352559 + 376769285740 = 555268638299 mm^4

Iv22 = I22 + $B1^3$ x Tcl / 12 / n

= 179876535691 + 2200.000 ^{3}

x 490.0 / 12 / 7 = 241989869024 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)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 490 × 13,239 / 79,000 = 82.1 mm

H' = H +t2/2 + (tcl+t1)/2 = 3,466.0 + 14.0/2 + (82.1 + 18.0)/2

= 3,523.1 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,523.1

= 7,807,096 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu /t2 + Bl/(tcl+t1)\}$

= 4 × 7,807,095.9² / {2x(3,523.1 / 16.0) + 2,216.0/14.000 + 2,216.0/(82.1+18.0) }

= 3.9272E+11 mm^4

③ 이중 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3630.00	5.601E+08	4.888E+11	7.406E+08
단일합성		352392	1070.81	3.773E+08	2.140E+11	5.553E+11
TOTAL		506678	1850.09	9.374E+08	7.028E+11	5.560E+11

- 도심 : ysv = 937400575/506678 = 1850.092 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 702791346968 + 556009209728 = 1258800556696 mm⁴

Iv22 = I22 + B3³ x Tcu / 12 / n

= 241989869024 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 502347011881 mm⁴

※ 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)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 490 × 13,239 / 79,000 = 82.1 mm

H' = H + (tcu+t2)/2 + (tcl+t1)/2 = 3,466.0 + (36.2+14.0)/2 + (82.1 + 18.0)/2

= 3,541.2 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,541.2

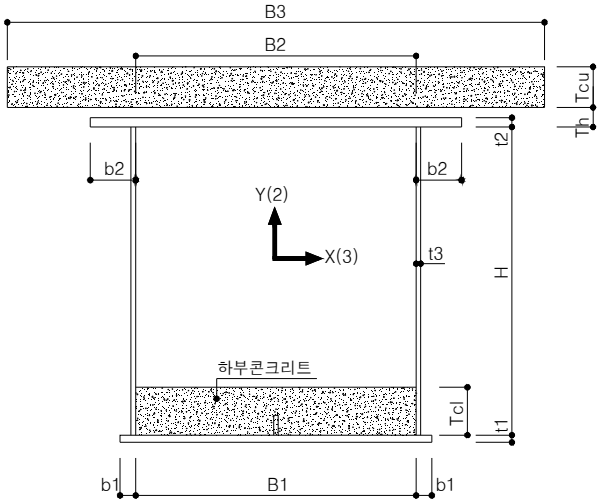
= 7,847,206 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2$ / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tu+t2) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,847,206.2² / {2x(3,541.2 / 16.0) + 2,216.0/(36.2+14.0) + 2,216.0/(82.1+18.0) }

= 4.8399E+11 mm^4

◎ 단면 < 단면11 > : 단면위치 : 17,J지점 (거더1,2) <폐합단면>



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3700
t1	22
t2	26
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	26
Tcl	600
b1	100
b2	250

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	120 X 12 X 2	상부플랜지	2621	상부바닥판	4443	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	220 X 20 X 1	하부플랜지	2321	하부바닥판	2121	n(하부)	7	tcl	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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700 X 26	70200	1863.00	1.308E+08	2.436E+11	3.955E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	1790.00	5.155E+06	9.228E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3700 X 16	118400				1.351E+11
LOWER RIB	1 - 220 X 20	4400	-1740.00	-7.656E+06	1.332E+10	1.775E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 22	52800	-1861.00	-9.826E+07	1.829E+11	2.130E+06
TOTAL		248680		3.002E+07	4.491E+11	1.351E+11

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 449060580600 + 135101953533 = 584162534133 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 30021000 / 248680 = 120.72 mm

I33 = Is′ - $\sum As \times \delta s^2$

= 584162534133 - 248680 x 120.721 ² = 580538356713 mm⁴

I22 = $((B2+b2\times2)^3 \times t2/12)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

= $(2700^3 \times 26 / 12) + (2400^3 \times 22 / 12) + ((3700 \times 16^3 / 12) + [(3700 \times 16) \times (2200 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2$ = 213366190133 mm⁴

- 비틀림 강성 :

Hk = H + t2 / 2 + t1 / 2 = 3,700.0 + 26.0 / 2 + 22.0 / 2

= 3,724.0 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × Hk = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,724.0

= 8,252,384 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu/t2 + Bl/t1)\}$

= 4 × 8,252,384.0² / {2x(3,724.0 / 16.0) + 2,200.0/22.000 + 2,200.0/26.0 }

= 4.1901E+11 mm^4

② 단일 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY² (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2700 X 26	70200	3735.00	2.622E+08	2.131E+11	3.955E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	3662.00	1.055E+07	8.025E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3700 X 16	118400	1872.00	2.216E+08	1.726E+09	1.351E+11
LOWER RIB	1 - 220 X 20	4400	132.00	5.808E+05	1.523E+10	1.775E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 22	52800	11.00	5.808E+05	2.074E+11	2.130E+06
TOTAL		248680	1992.72	4.955E+08	4.454E+11	1.351E+11

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY² (mm^4)	Io(mm^4)
하부슬래브	1 - 2200 X 600	1320000				3.960E+10
환산		188571	322.00	6.072E+07	1.703E+11	5.657E+09
강형		248680	1992.72	4.955E+08	1.291E+11	5.805E+11
TOTAL		437251	1272.20	5.563E+08	2.994E+11	5.862E+11

- 도심 : ysv = 556269960/437251 = 1272.197 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 299359874736 + 586195499570 = 885555374305 mm^4

Iv22 = I22 + $B1^3$ x Tcl / 12 / n

= 213366190133 + 2200.000^3

x 600.0 / 12 / 7 = 289423332990 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)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 600 × 13,239 / 79,000 = 100.5 mm

H' = H +t2/2 + (tcl+t1)/2 = 3,700.0 + 26.0/2 + (100.5 + 22.0)/2

= 3,774.3 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,774.3

= 8,363,793 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu /t2 + Bl/(tcl+t1)\}$

= 4 × 8,363,792.9² / {2x(3,774.3 / 16.0) + 2,216.0/26.000 + 2,216.0/(100.5+22.0) }

= 4.8655E+11 mm^4

③ 이중 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3868.00	5.968E+08	5.680E+11	7.406E+08
단일합성		437251	1272.20	5.563E+08	2.004E+11	8.856E+11
TOTAL		591537	1949.24	1.153E+09	7.685E+11	8.863E+11

- 도심 : ysv = 1153047103/591537 1949.239 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 768454910124 + 886295945734 = 1654750855858 mm^4

Iv22 = I22 + $B3^3$ x Tcu / 12 / n

= 289423332990 + 4500.000^3

x 240.0 / 12 / 7 = 549780475848 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)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 600 × 13,239 / 79,000 = 100.5 mm

H' = H + (tcu+t2)/2 + (tcl+t1)/2 = 3,700.0 + (36.2+26.0)/2 + (100.5 + 22.0)/2

= 3,792.4 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,792.4

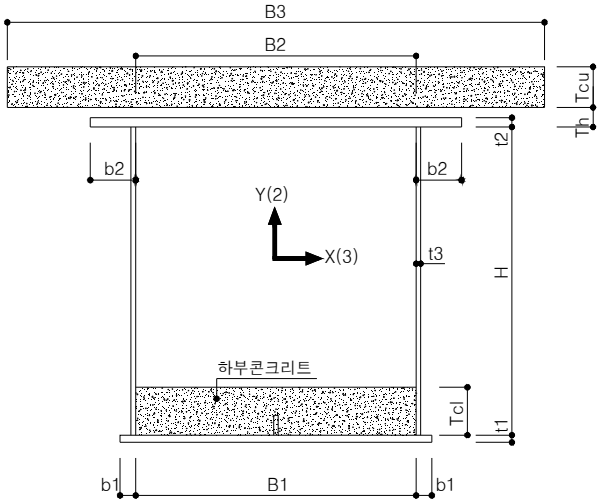
= 8,403,903 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2$ / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tu+t2) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 8,403,903.1² / {2x(3,792.4 / 16.0) + 2,216.0/(36.2+26.0) + 2,216.0/(100.5+22.0) }

= 5.3529E+11 mm^4

◎ 단면 < 단면12 > : 단면위치 : 88,3/4지점 (거더1,2) <폐합단면>



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3468
t1	18
t2	18
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	26
Tcl	530
b1	100
b2	250

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	120 X 12 X 2	상부플랜지	2650	상부바닥판	4459	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	200 X 18 X 1	하부플랜지	2350	하부바닥판	2150	n(하부)	7	tcl	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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700 X 18	48600	1743.00	8.471E+07	1.476E+11	1.312E+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 - 200 X 18	3600	-1634.00	-5.882E+06	9.612E+09	1.200E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	-1743.00	-7.530E+07	1.312E+11	1.166E+06
TOTAL		209256		8.351E+06	2.966E+11	1.112E+11

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 296575294680 + 111243852552 = 407819147232 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 8350920 / 209256 = 39.91 mm

I33 = Is′ - $\sum As \times \delta s^2$

= 407819147232 - 209256 x 39.908 ² = 407485881448 mm⁴

I22 = $((B2+b2\times2)^3 \times t2/12)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3 /12\times2)+[(H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

= $(2700^3 \times 18 / 12) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((3468 \times 16^3 / 12) + [(3468 \times 16) \times (2200 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2$ = 186516107552 mm⁴

- 비틀림 강성 :

Hk = H + t2 / 2 + t1 / 2 = 3,468.0 + 18.0 / 2 + 18.0 / 2

= 3,486.0 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × Hk = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,486.0

= 7,724,976 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu/t2 + Bl/t1)\}$

= 4 × 7,724,976.0² / {2x(3,486.0 / 16.0) + 2,200.0/18.000 + 2,200.0/18.0 }

= 3.5093E+11 mm^4

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 - 2700 X 18	48600	3495.00	1.699E+08	1.410E+11	1.312E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	3426.00	9.867E+06	7.690E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3468 X 16	110976	1752.00	1.944E+08	1.767E+08	1.112E+11
LOWER RIB	1 - 200 X 18	3600	118.00	4.248E+05	1.009E+10	1.200E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	1.373E+11	1.166E+06
TOTAL		209256	1791.91	3.750E+08	2.962E+11	1.112E+11

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
하부슬래브	1 - 2200 X 530	1166000				2.729E+10
환산		166571	283.00	4.714E+07	1.176E+11	3.899E+09
강형		209256	1791.91	3.750E+08	9.359E+10	4.075E+11
TOTAL		375827	1123.14	4.221E+08	2.112E+11	4.114E+11

- 도심 : ysv = 422107146/375827 = 1123.141 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 211161768781 + 411385040972 = 622546809753 mm^4

Iv22 = I22 + $B1^3$ x Tcl / 12 / n

= 186516107552 + 2200.000 ³

x 530.0 / 12 / 7 = 253699917076 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)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 530 × 13,239 / 79,000 = 88.8 mm

H' = H +t2/2 + (tcl+t1)/2 = 3,468.0 + 18.0/2 + (88.8 + 18.0)/2

= 3,530.4 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,530.4

= 7,823,387 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu /t2 + Bl/(tcl+t1)\}$

= 4 × 7,823,387.2² / {2x(3,530.4 / 16.0) + 2,216.0/18.000 + 2,216.0/(88.8+18.0) }

= 4.1839E+11 mm^4

③ 이중 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3632.00	5.604E+08	4.881E+11	7.406E+08
단일합성		375827	1123.14	4.221E+08	2.004E+11	6.225E+11
TOTAL		530113	1853.33	9.825E+08	6.885E+11	6.233E+11

- 도심 : ysv = 982472861/530113 = 1853.327 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 688490843597 + 623287381182 = 1311778224779 mm^4

Iv22 = $I22 + B3^3 \times Tcu / 12 / n$

= 253699917076 + 4500.000^3 x 240.0 / 12 / 7 = 514057059933 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)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 530 × 13,239 / 79,000 = 88.8 mm

H' = H + (tcu+t2)/2 + (tcl+t1)/2 = 3,468.0 + (36.2+18.0)/2 + (88.8 + 18.0)/2

= 3,548.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,548.5

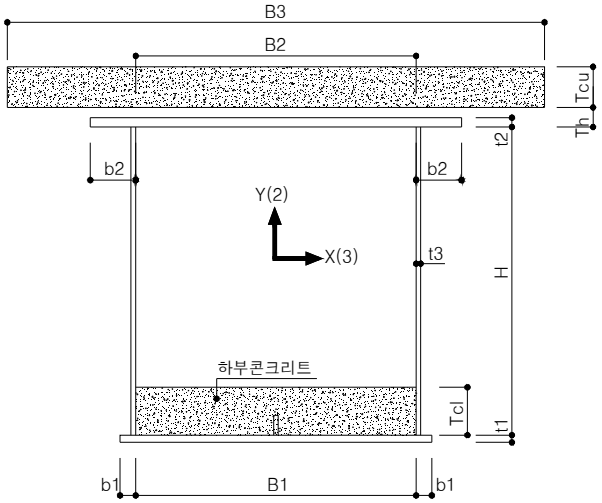
= 7,863,497 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2$ / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tu+t2) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,863,497.4² / {2x(3,548.5 / 16.0) + 2,216.0/(36.2+18.0) + 2,216.0/(88.8+18.0) }

= 4.8959E+11 mm^4

◎ 단면 < 단면13 > : 단면위치 : 88,I지점 (거더1,2) <폐합단면>



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3109
t1	18
t2	18
t3	14
tr	0
Tcu	240
Th	26
Tcl	470
b1	100
b2	250

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	120 X 12 X 2	상부플랜지	2666	상부바닥판	4471	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	200 X 18 X 1	하부플랜지	2366	하부바닥판	2166	n(하부)	7	tcl	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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700 X 18	48600	1563.50	7.599E+07	1.188E+11	1.312E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	1494.50	4.304E+06	6.433E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3109 X 14	87052				7.012E+10
LOWER RIB	1 - 200 X 18	3600	-1454.50	-5.236E+06	7.616E+09	1.200E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	-1563.50	-6.754E+07	1.056E+11	1.166E+06
TOTAL		185332		7.511E+06	2.385E+11	7.014E+10

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 238456680570 + 70137457334 = 308594137904\ mm^4$

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

$= 7510860 / 185332 = 40.53\ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 308594137904 - 185332 \times 40.527^2 = 308289748927\ mm^4$

$I22 = ((B2+b2\times2)^3 \times t2/12)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

$= (2700^3 \times 18 / 12) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((3109 \times 14^3 / 12) + [(3109 \times 14) \times (2200 / 2 + 14 / 2)^2] \times 2 = 156951708197\ mm^4$

- 비틀림 강성 :

Hk = H + t2 / 2 + t1 / 2 = 3,109.0 + 18.0 / 2 + 18.0 / 2

= 3,127.0 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × Hk = (2,214.0 + 2,214.0) / 2 × 3,127.0

= 6,923,178 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu/t2 + Bl/t1)\}$

= 4 × 6,923,178.0² / {2x(3,127.0 / 14.0) + 2,200.0/18.000 + 2,200.0/18.0 }

= 2.7739E+11 mm^4

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 - 2700 X 18	48600	3136.00	1.524E+08	1.127E+11	1.312E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	3067.00	8.833E+06	6.088E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3109 X 14	87052	1572.50	1.369E+08	1.430E+08	7.012E+10
LOWER RIB	1 - 200 X 18	3600	118.00	4.248E+05	8.046E+09	1.200E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	1.111E+11	1.166E+06
TOTAL		185332	1613.03	2.989E+08	2.382E+11	7.014E+10

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
하부슬래브	1 - 2200 X 470	1034000				1.903E+10
환산		147714	253.00	3.737E+07	8.461E+10	2.719E+09
강형		185332	1613.03	2.989E+08	6.743E+10	3.083E+11
TOTAL		333046	1009.82	3.363E+08	1.520E+11	3.110E+11

- 도심 : ysv = 336317144/333046 = 1009.821 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 152041822649 + 311008922737 = 463050745386 mm^4

Iv22 = I22 + $B1^3$ x Tcl / 12 / n

= 156951708197 + 2200.000^3

x 470.0 / 12 / 7 = 216529803435 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)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 470 × 13,239 / 79,000 = 78.8 mm

H' = H +t2/2 + (tcl+t1)/2 = 3,109.0 + 18.0/2 + (78.8 + 18.0)/2

= 3,166.4 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,214.0 + 2,214.0) / 2 × 3,166.4

= 7,010,370 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu /t2 + Bl/(tcl+t1)\}$

= 4 × 7,010,369.5² / {2x(3,166.4 / 14.0) + 2,214.0/18.000 + 2,214.0/(78.8+18.0) }

= 3.2861E+11 mm^4

③ 이중 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3273.00	5.050E+08	3.691E+11	7.406E+08
단일합성		333046	1009.82	3.363E+08	1.710E+11	4.631E+11
TOTAL		487332	1726.33	8.413E+08	5.401E+11	4.638E+11

- 도심 : ysv = 841294287/487332 = 1726.327 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 540061448611 + 463791316815 = 1003852765425 mm^4

Iv22 = $I22 + B3^3 \times Tcu / 12 / n$

= 216529803435 + 4500.000^3 x 240.0 / 12 / 7 = 476886946293 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)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 470 × 13,239 / 79,000 = 78.8 mm

H' = H + (tcu+t2)/2 + (tcl+t1)/2 = 3,109.0 + (36.2+18.0)/2 + (78.8 + 18.0)/2

= 3,184.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,214.0 + 2,214.0) / 2 × 3,184.5

= 7,050,444 mm^2

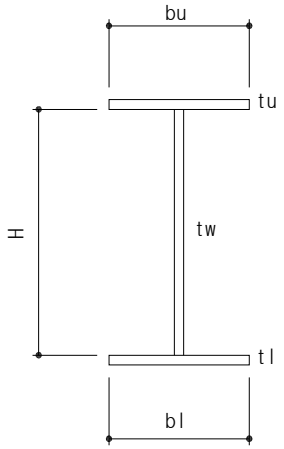
K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2$ / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tu+t2) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,050,443.6² / {2x(3,184.5 / 14.0) + 2,214.0/(36.2+18.0) + 2,214.0/(78.8+18.0) }

= 3.8337E+11 mm^4

3) 가로보

◎ 가로보 단면 < 1 >



bu =	300.0	mm
bl =	300.0	mm
H =	1,700.0	mm
tu =	12.0	mm
tw =	12.0	mm
tl =	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	$As \cdot Y$(mm^3)	$As \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	856.0	3.082E+06	2.638E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,700.0 × 12.0	20,400.0	-	-	-	4.913E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-856.0	-3.082E+06	2.638E+09	4.320E+04
합 계		27,600.0	-	0.000E+00	5.276E+09	4.913E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	$As \cdot X$(mm^3)	$As \cdot X^2$(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,700.0 × 12.0	20,400.0	-	-	-	2.448E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		27,600.0	-	-	-	5.424E+07

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 5,275,699,200.0 + 4,913,086,400.0 = 1.019E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,244,800.0 = 5.424E+07 mm^4

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

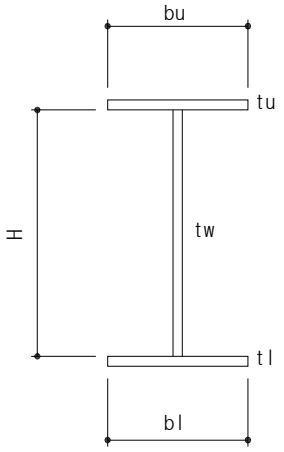
여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (300.0 × 12.0³ + 1,700.0 × 12.0³ + 300.0 × 12.0³) / 3 = 1.325E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 2 >



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	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	$As \cdot Y$(mm^3)	$As \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(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	규 격	As(mm^2)	X(mm)	$As \cdot X$(mm^3)	$As \cdot X^2$(mm^4)	I_{yo}(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 = 1.174E+10 mm^4

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

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

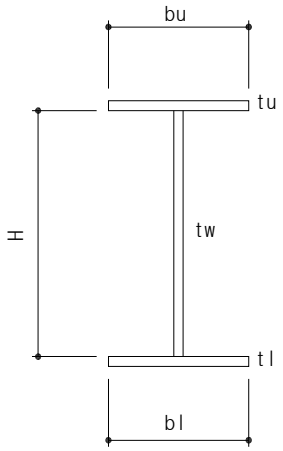
여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (300.0 × 12.0³ + 1,800.0 × 12.0³ + 300.0 × 12.0³) / 3 = 1.382E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 3 >



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	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	$As \cdot Y$(mm^3)	$As \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(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	규 격	As(mm^2)	X(mm)	$As \cdot X$(mm^3)	$As \cdot X^2$(mm^4)	I_{yo}(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 = 1.458E+10 mm^4

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

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

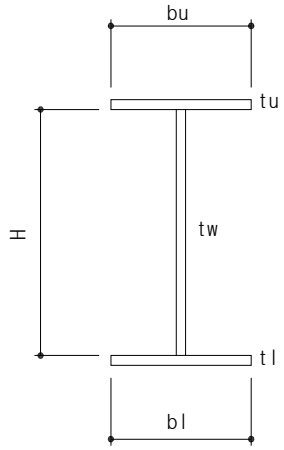
여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (300.0 × 12.0³ + 1,900.0 × 14.0³ + 300.0 × 12.0³) / 3 = 2.083E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 4 >



bu =	300.0	mm
bl =	300.0	mm
H =	2,000.0	mm
tu =	12.0	mm
tw =	14.0	mm
tl =	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	$As \cdot Y$(mm^3)	$As \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	1,006.0	3.622E+06	3.643E+09	4.320E+04
WEB	1 - 2,000.0 × 14.0	28,000.0	-	-	-	9.333E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-1,006.0	-3.622E+06	3.643E+09	4.320E+04
합 계		35,200.0	-	0.000E+00	7.287E+09	9.333E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	$As \cdot X$(mm^3)	$As \cdot X^2$(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 2,000.0 × 14.0	28,000.0	-	-	-	4.573E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		35,200.0	-	-	-	5.446E+07

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 7,286,659,200.0 + 9,333,419,733.3 = 1.662E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,457,333.3 = 5.446E+07 mm^4

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

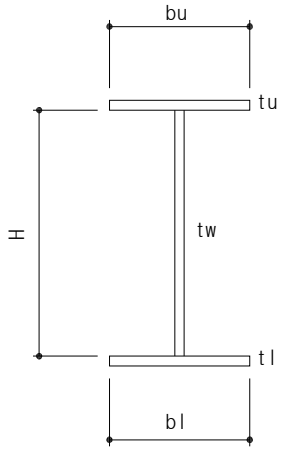
여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (300.0 × 12.0³ + 2,000.0 × 14.0³ + 300.0 × 12.0³) / 3 = 2.175E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 5 >



bu =	300.0	mm
bl =	300.0	mm
H =	2,100.0	mm
tu =	12.0	mm
tw =	14.0	mm
tl =	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	$As \cdot Y$(mm^3)	$As \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	1,056.0	3.802E+06	4.014E+09	4.320E+04
WEB	1 - 2,100.0 × 14.0	29,400.0	-	-	-	1.080E+10
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-1,056.0	-3.802E+06	4.014E+09	4.320E+04
합 계		36,600.0	-	0.000E+00	8.029E+09	1.080E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	$As \cdot X$(mm^3)	$As \cdot X^2$(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 2,100.0 × 14.0	29,400.0	-	-	-	4.802E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		36,600.0	-	-	-	5.448E+07

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 8,028,979,200.0 + 10,804,586,400.0 = 1.883E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,480,200.0 = 5.448E+07 mm^4

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

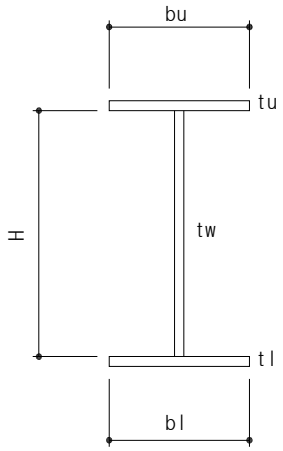
여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (300.0 × 12.0³ + 2,100.0 × 14.0³ + 300.0 × 12.0³) / 3 = 2.266E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 6 >



bu =	400.0	mm
bl =	400.0	mm
H =	2,200.0	mm
tu =	12.0	mm
tw =	16.0	mm
tl =	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	$As \cdot Y$(mm^3)	$As \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,106.0	5.309E+06	5.872E+09	5.760E+04
WEB	1 - 2,200.0 × 16.0	35,200.0	-	-	-	1.420E+10
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,106.0	-5.309E+06	5.872E+09	5.760E+04
합 계		44,800.0	-	0.000E+00	1.174E+10	1.420E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	$As \cdot X$(mm^3)	$As \cdot X^2$(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
WEB	1 - 2,200.0 × 16.0	35,200.0	-	-	-	7.509E+05
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
합 계		44,800.0	-	-	-	1.288E+08

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 11,743,065,600.0 + 14,197,448,533.3 = 2.594E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 128,750,933.3 = 1.288E+08 mm^4

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

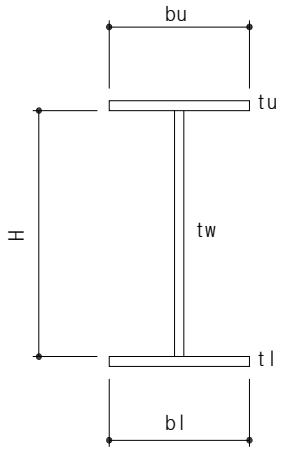
여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (400.0 × 12.0³ + 2,200.0 × 16.0³ + 400.0 × 12.0³) / 3 = 3.465E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 7 >



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	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	$As \cdot Y$(mm^3)	$As \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(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	규 격	As(mm^2)	X(mm)	$As \cdot X$(mm^3)	$As \cdot X^2$(mm^4)	I_{yo}(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 = 8.773E+09 mm^4

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

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

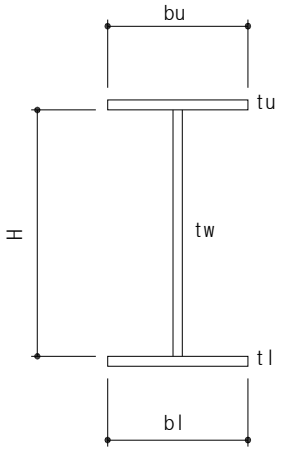
여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (300.0 × 12.0³ + 1,600.0 × 12.0³ + 300.0 × 12.0³) / 3 = 1.267E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 8 >



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	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	$As \cdot Y$(mm^3)	$As \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(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	규 격	As(mm^2)	X(mm)	$As \cdot X$(mm^3)	$As \cdot X^2$(mm^4)	I_{yo}(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 mm^4

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

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

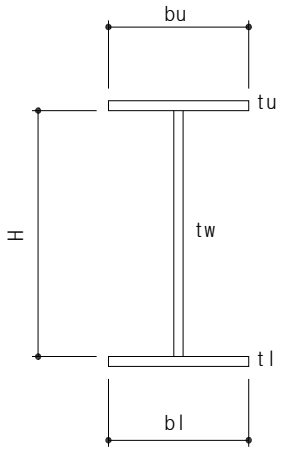
여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (300.0 × 12.0³ + 1,500.0 × 12.0³ + 300.0 × 12.0³) / 3 = 1.210E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 9 >



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	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	$As \cdot Y$(mm^3)	$As \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(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	규 격	As(mm^2)	X(mm)	$As \cdot X$(mm^3)	$As \cdot X^2$(mm^4)	I_{yo}(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 = 3.239E+10 mm^4

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

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

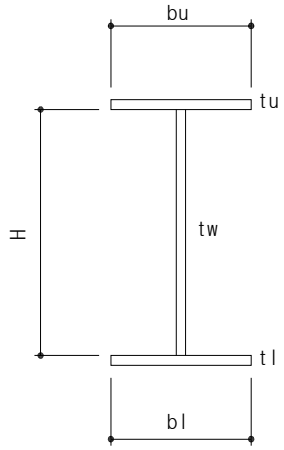
여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (400.0 × 12.0³ + 2,400.0 × 16.0³ + 400.0 × 12.0³) / 3 = 3.738E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 10 >



bu =	400.0	mm
bl =	400.0	mm
H =	2,900.0	mm
tu =	12.0	mm
tw =	20.0	mm
tl =	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	$As \cdot Y$(mm^3)	$As \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(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 × 20.0	58,000.0	-	-	-	4.065E+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		67,600.0	-	0.000E+00	2.035E+10	4.065E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	$As \cdot X$(mm^3)	$As \cdot X^2$(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
WEB	1 - 2,900.0 × 20.0	58,000.0	-	-	-	1.933E+06
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
합 계		67,600.0	-	-	-	1.299E+08

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 20,351,385,600.0 + 40,648,448,533.3 = 6.100E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 129,933,333.3 = 1.299E+08 mm^4

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

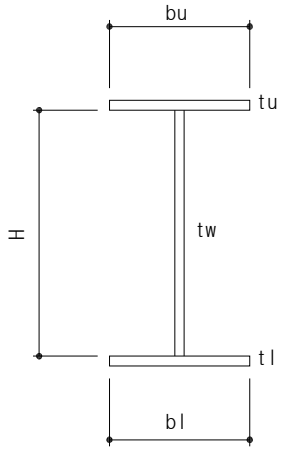
여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (400.0 × 12.0³ + 2,900.0 × 20.0³ + 400.0 × 12.0³) / 3 = 8.194E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 11 >



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	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	$As \cdot Y$(mm^3)	$As \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(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	규 격	As(mm^2)	X(mm)	$As \cdot X$(mm^3)	$As \cdot X^2$(mm^4)	I_{yo}(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 = 6.506E+10 mm^4

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

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

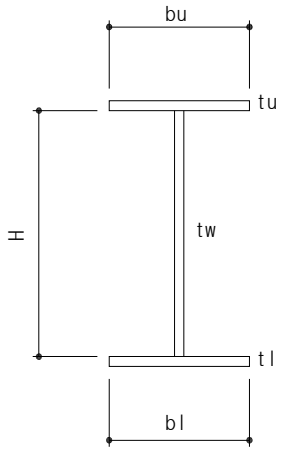
여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (400.0 × 12.0^3 + 2,900.0 × 22.0^3 + 400.0 × 12.0^3) / 3 = 1.075E+07 mm^4

◎ 가로보 단면 < 12 >



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	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	$As \cdot Y$(mm^3)	$As \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(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	규 격	As(mm^2)	X(mm)	$As \cdot X$(mm^3)	$As \cdot X^2$(mm^4)	I_{yo}(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 mm^4

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

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

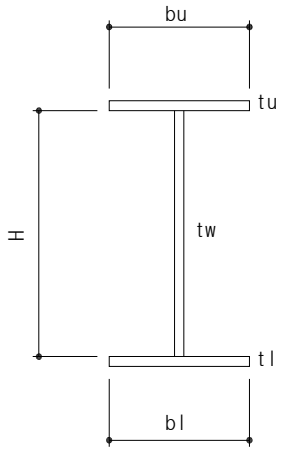
여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (400.0 × 12.0³ + 2,600.0 × 18.0³ + 400.0 × 12.0³) / 3 = 5.515E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 13 >



bu =	400.0	mm
bl =	400.0	mm
H =	2,200.0	mm
tu =	12.0	mm
tw =	16.0	mm
tl =	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	$As \cdot Y$(mm^3)	$As \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,106.0	5.309E+06	5.872E+09	5.760E+04
WEB	1 - 2,200.0 × 16.0	35,200.0	-	-	-	1.420E+10
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,106.0	-5.309E+06	5.872E+09	5.760E+04
합 계		44,800.0	-	0.000E+00	1.174E+10	1.420E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	$As \cdot X$(mm^3)	$As \cdot X^2$(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
WEB	1 - 2,200.0 × 16.0	35,200.0	-	-	-	7.509E+05
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
합 계		44,800.0	-	-	-	1.288E+08

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 11,743,065,600.0 + 14,197,448,533.3 = 2.594E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 128,750,933.3 = 1.288E+08 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)

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

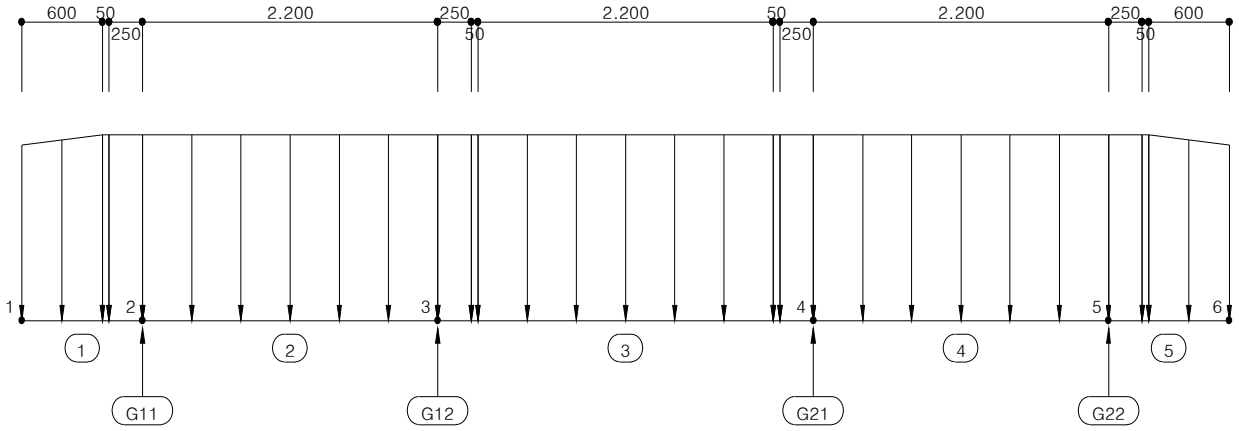
= (400.0 × 12.0³ + 2,200.0 × 16.0³ + 400.0 × 12.0³) / 3 = 3.465E+06 mm^4

4.3 작용하중의 산정

가. 횡방향 하중분배

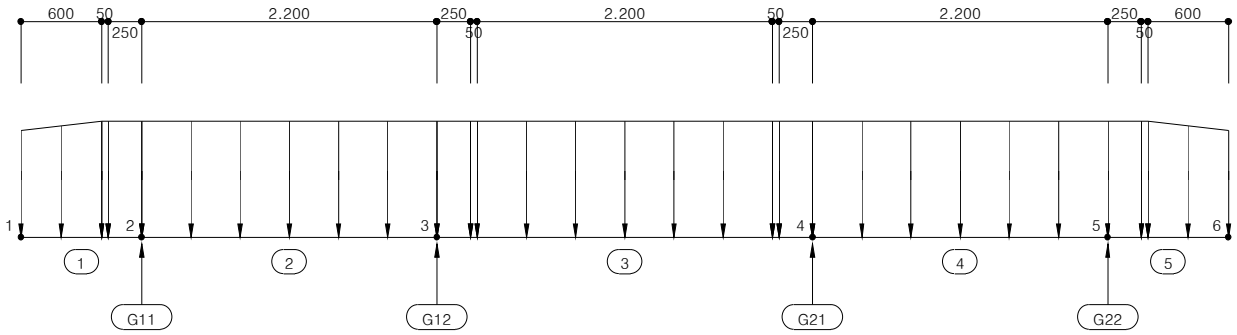
1) 합성전 고정하중(슬래브 자중)

(1) 슬래브자중(STA. 0K+435.650, STA. 0K+691.270)



하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m²)	위치 (m)	하중(kN/m²)	
W1	1	0.000	-11.000	0.600	-11.650	분포하중
W2	1	0.600	-11.650	0.650	-11.650	분포하중
W3	1	0.650	-11.650	0.900	-11.650	분포하중
W4	2	0.000	-11.650	2.200	-11.650	분포하중
W5	3	0.000	-11.650	0.250	-11.650	분포하중
W6	3	0.250	-11.650	0.300	-11.650	분포하중
W7	3	0.300	-11.650	2.500	-11.650	분포하중
W8	3	2.500	-11.650	2.550	-11.650	분포하중
W9	3	2.550	-11.650	2.800	-11.650	분포하중
W10	4	0.000	-11.650	2.200	-11.650	분포하중
W11	5	0.000	-11.650	0.250	-11.650	분포하중
W12	5	0.250	-11.650	0.300	-11.650	분포하중
W13	5	0.300	-11.650	0.900	-11.000	분포하중

(2) 슬래브자중(STA. 0K+439.000 ~ STA. 0K+688.000)

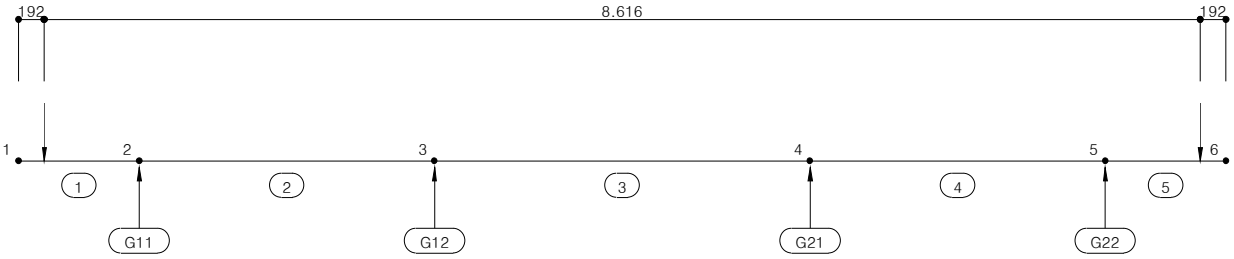


하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m²)	위치 (m)	하중(kN/m²)	
W1	1	0.000	-6.000	0.600	-6.650	분포하중
W2	1	0.600	-6.650	0.650	-6.650	분포하중
W3	1	0.650	-6.250	0.900	-6.250	분포하중
W4	2	0.000	-6.950	2.200	-6.950	분포하중
W5	3	0.000	-6.950	0.250	-6.950	분포하중
W6	3	0.250	-6.950	0.300	-6.950	분포하중
W7	3	0.300	-6.950	2.500	-6.950	분포하중
W8	3	2.500	-6.950	2.550	-6.950	분포하중
W9	3	2.550	-6.950	2.800	-6.950	분포하중
W10	4	0.000	-6.950	2.200	-6.950	분포하중
W11	5	0.000	-6.250	0.250	-6.250	분포하중
W12	5	0.250	-6.650	0.300	-6.650	분포하중
W13	5	0.300	-6.650	0.900	-6.000	분포하중

* Rib Deck의 Rib 하중은 0.3kN/m² 로 적용됨.

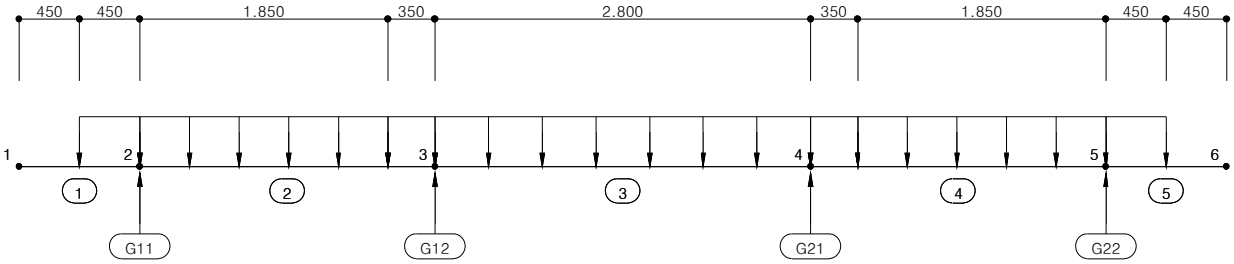
2) 합성후 고정하중

(1) 방호벽(STA. 0K+435.650)



하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m²)	위치 (m)	하중(kN/m²)	
P1	1	0.192	-9.839	-	-	집중하중
P2	5	0.708	-9.839	-	-	집중하중

(2) 아스콘(STA. 0K+435.65)



하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m²)	위치 (m)	하중(kN/m²)	
W1	1	0.450	-1.175	0.900	-1.175	분포하중
W2	2	0.000	-1.175	1.850	-1.175	분포하중
W3	2	1.850	-1.175	2.200	-1.175	분포하중
W4	3	0.000	-1.175	2.800	-1.175	분포하중
W5	4	0.000	-1.175	0.350	-1.175	분포하중
W6	4	0.350	-1.175	2.200	-1.175	분포하중
W7	5	0.000	-1.175	0.450	-1.175	분포하중

3) 활하중

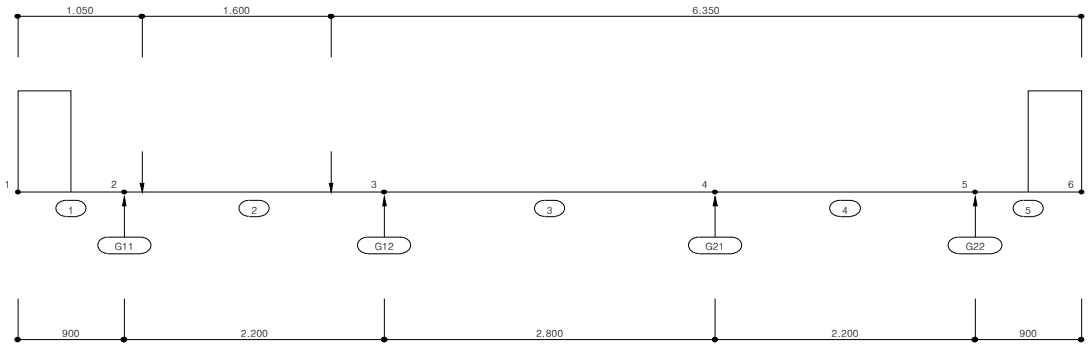
연석간의 교폭 Wc = 8.100 m (STA. 1K+175.730)

∴ 설계 차로수 N = 2 (☞ 도.설 2.1.3)

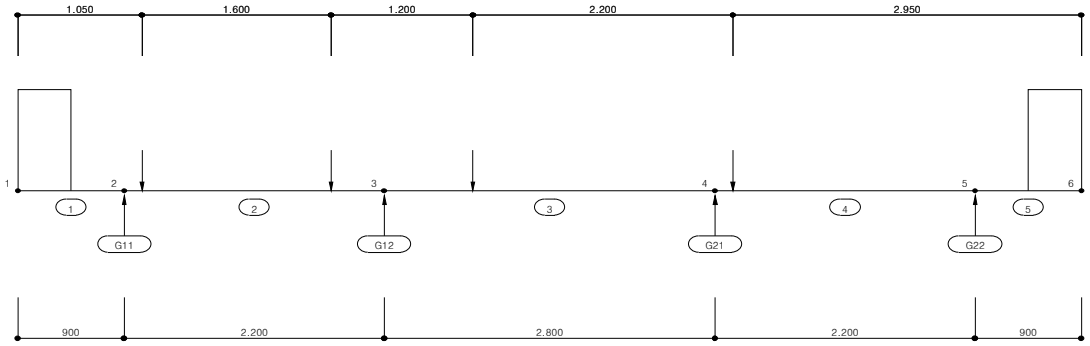
설계 차로폭 W = Wc / N = 8.100 / 2 = 4.050 > 3.6 m ⇒ W = 3.600 m

☞ 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 m

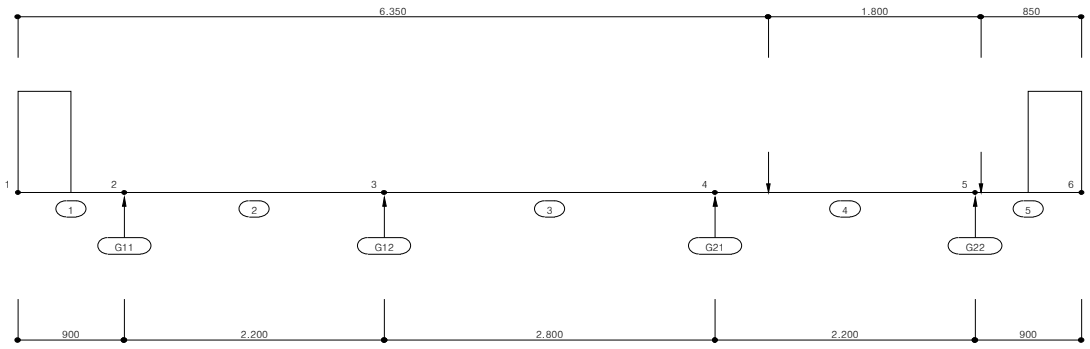
< G1 Max DB 1선 >



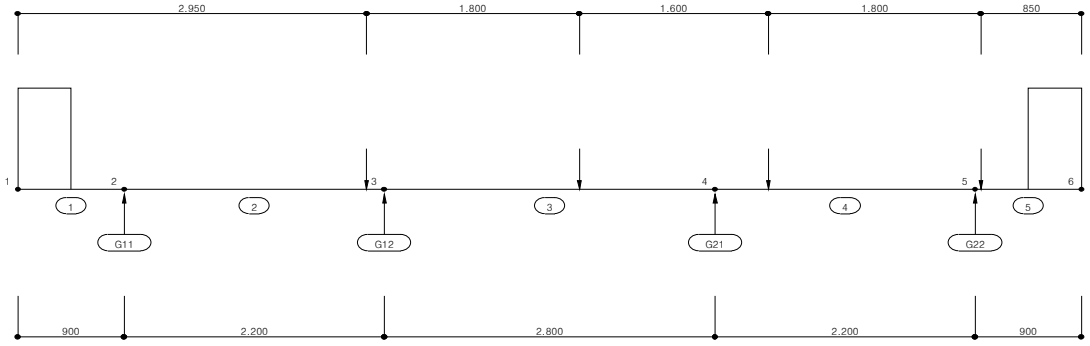
< G1 Max DB 2선 >



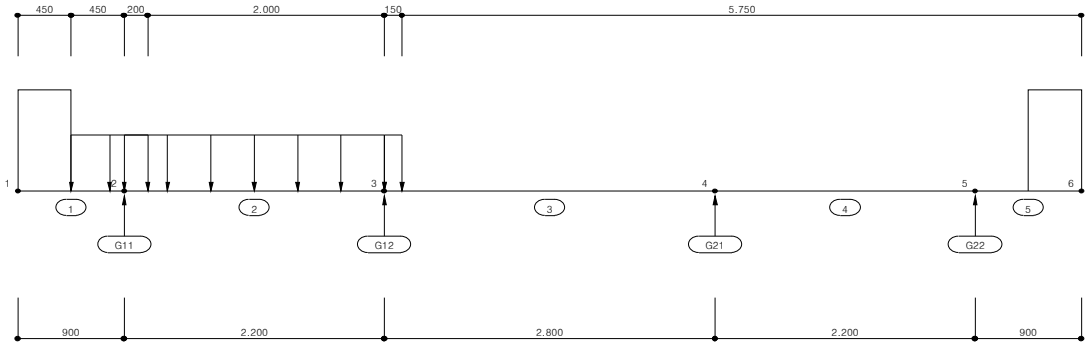
< G2 Max DB 1선 >



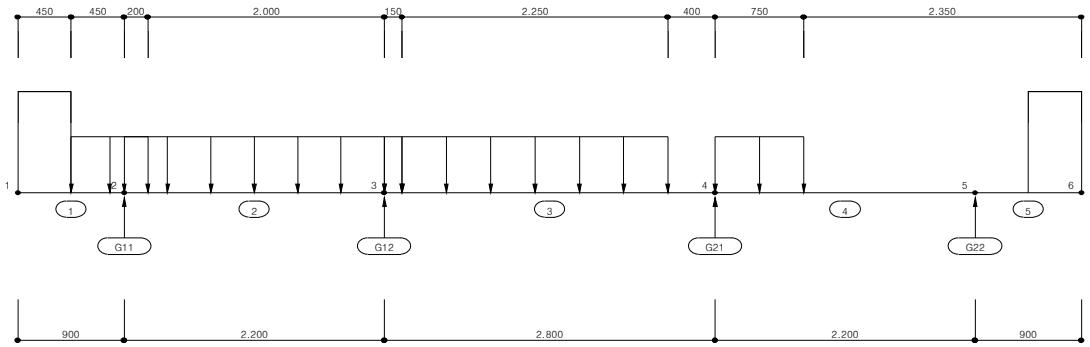
< G2 Max DB 2선 >



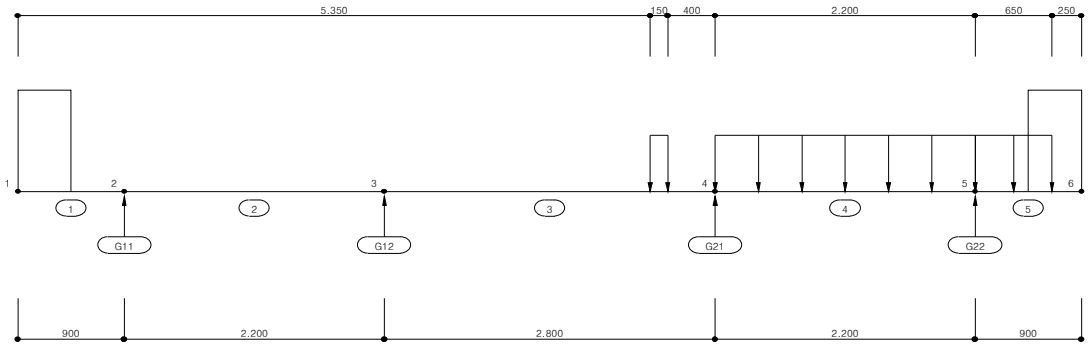
< G1 Max DL 1선 >



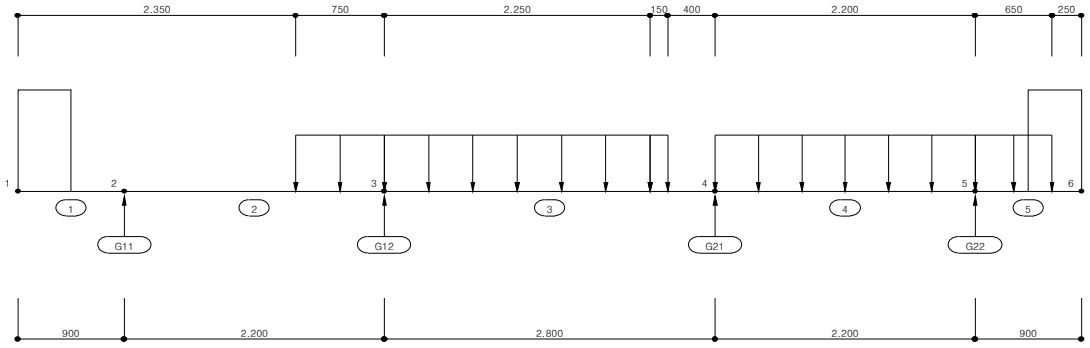
< G1 Max DL 2선 >



< G2 Max DL 1선 >



< G2 Max DL 2선 >



4) 활하중의 크기

◁ DB-24 (윤하중)

전륜 하중 Pf = 24.000 kN

후륜 하중 Pr = 96.000 kN

◁ DL-24 (차선하중)

W = 12.700 / 3.0 = 4.233 kN/m

Pm = 108.000 / 3.0 = 36.000 kN

Ps = 156.000 / 3.0 = 52.000 kN

5) 활하중 충격계수 (☞ 도.설 2.1.4)

지간장 (L) = 81.350 + 93.000 + 81.270 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

$$i = \frac{15}{40 + 81.35} = 0.124 < 0.3 \Rightarrow 0.124$$

◁ 제2 지간

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

◁ 제3 지간

$$i = \frac{15}{40 + 81.27} = 0.124 < 0.3 \Rightarrow 0.124$$

◁ 제1 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (81.350 + 93.000) / 2} = 0.118 < 0.3 \Rightarrow 0.118$$

◁ 제2 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (93.000 + 81.270) / 2} = 0.118 < 0.3 \Rightarrow 0.118$$

∴ 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

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

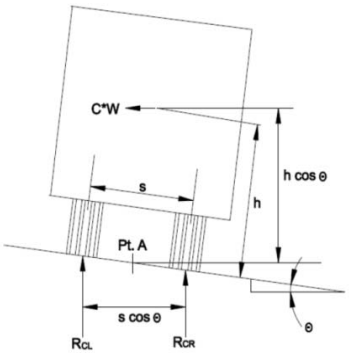
여기서, V = 60 km/h

R = 300 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

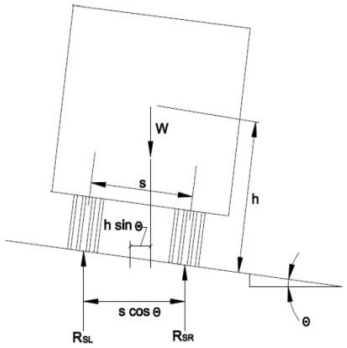
S = 0.06 (slop) s = 1800

θ = 3.43 ° h = 1800

$$R_{SR} = \frac{[s/2\cos\theta + h\sin\theta]W}{s \times \cos\theta} = \frac{[\ 1800\ /(2\ \times 0.998\ ) + 1800\ \times\ 0.06\ ]W}{1800\ \times\ 0.998}$$

$$= 0.562\ W$$

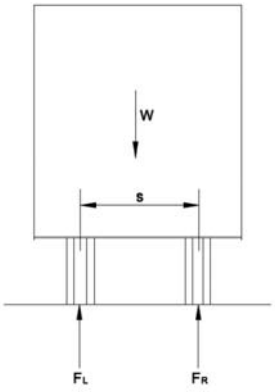
$$R_{SL} = 1.0W - 0.562W = 0.438\ W$$



③ 원심하중과 편구배를 고려한 좌우측 차륜의 하중분배계수

FL = 2.0 (Rcl + Rsl)/W = 1.07

FR = 2.0 (Rcr + Rsr)/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 0+435.65 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

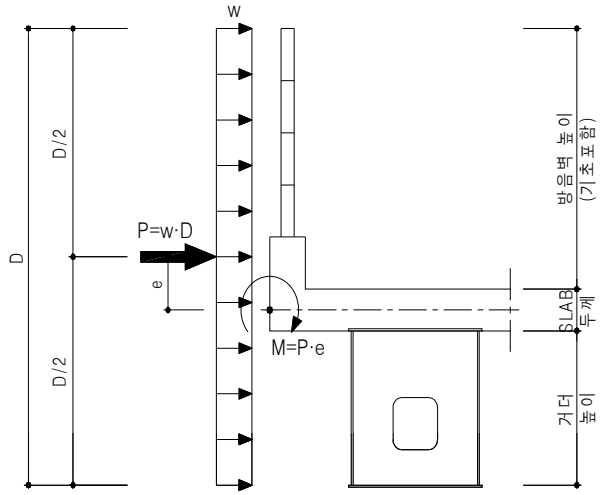
= 3.000 + 0.266 + 1.320 = 4.586 m

B / D = 9.000 / 4.586 = 1.962

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (9.000 / 4.586)] × 4.586 = 16.5 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 16.544 kN/m

w = 3607.5 N/m²

e = -0.840 m

M = -13.897 N · m/m

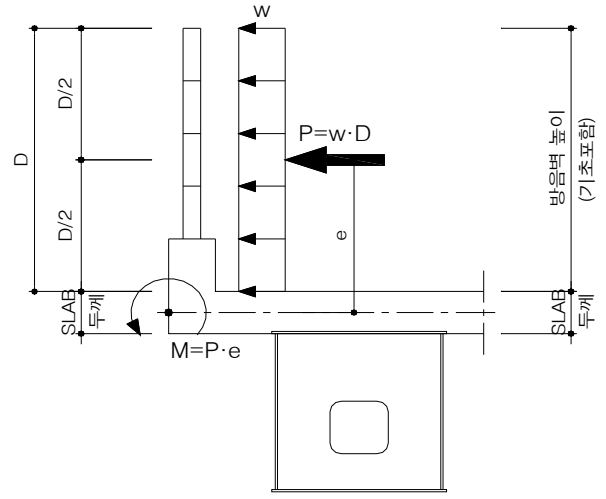
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 9.000 / 1.270 = 7.087

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 3.3 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.768 m

M = 4.608 N · m/m

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

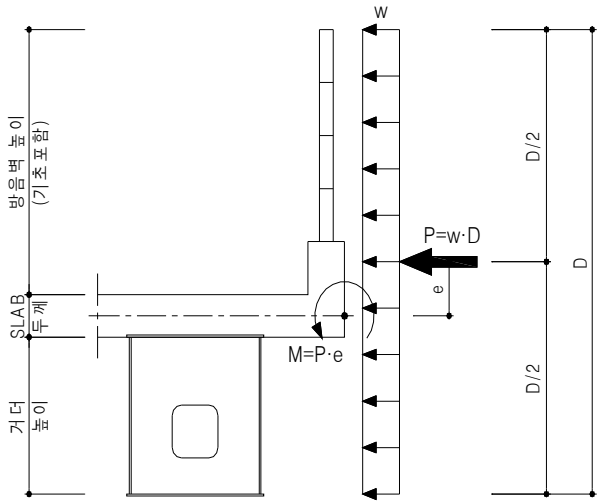
= 3.000 + 0.266 + 1.320 = 4.586 m

B / D = 9.000 / 4.586 = 1.962

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (9.000 / 4.586)] × 4.586 = 16.5 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 16.544 kN/m

w = 3607.5 N/m²

e = -0.840 m

M = -13.897 N · m/m

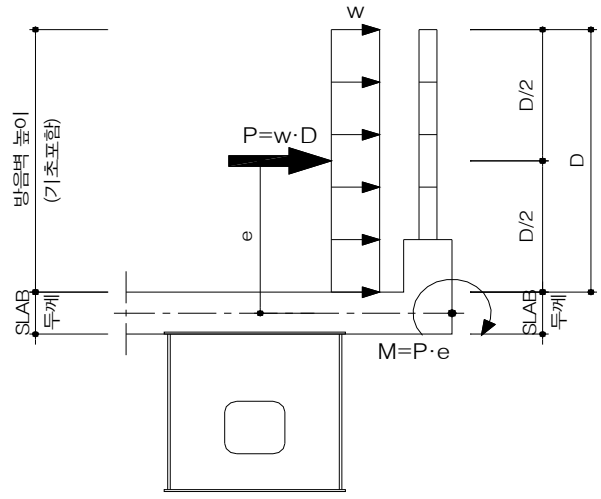
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 9.000 / 1.270 = 7.087

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 3.3 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.768 m

M = 4.608 N · m/m

< P1 - 위치 : Sta 0+517.00 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

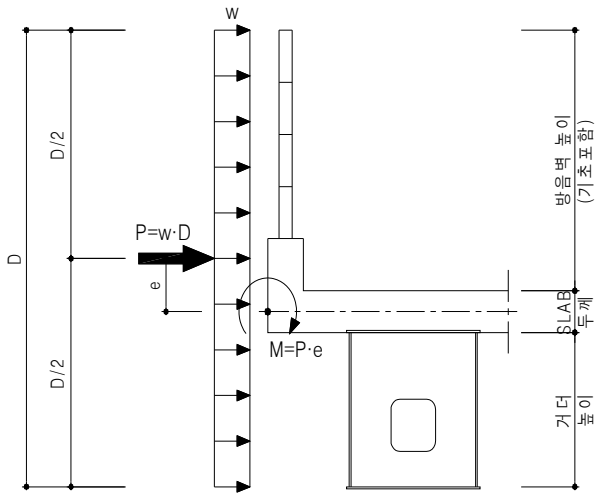
= 3.700 + 0.266 + 1.320 = 5.286 m

B / D = 9.000 / 5.286 = 1.703

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (9.000 / 5.286)] × 5.286 = 19.3 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 19.344 kN/m

w = 3659.5 N/m²

e = -1.190 m

M = -23.019 N · m/m

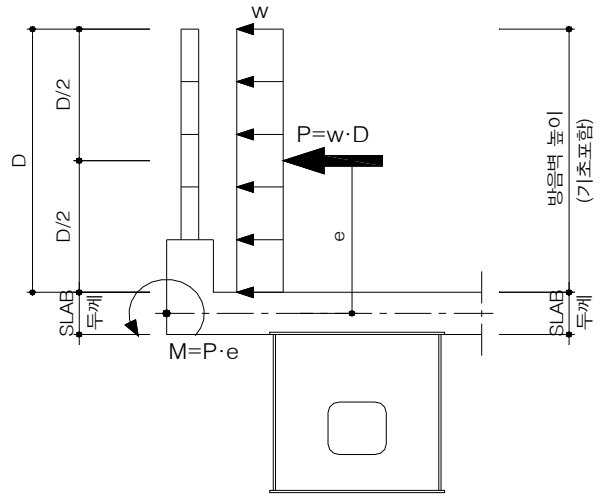
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 9.000 / 1.270 = 7.087

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 3.3 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.768 m

M = 4.608 N · m/m

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

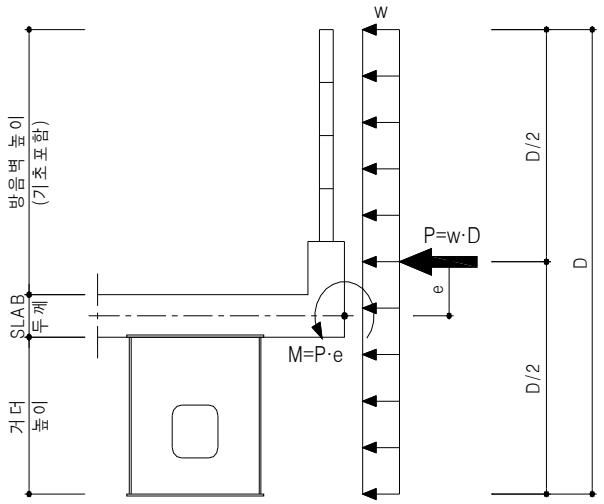
= 3.700 + 0.266 + 1.320 = 5.286 m

B / D = 9.000 / 5.286 = 1.703

I ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (9.000 / 5.286)] × 5.286 = 19.3 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 19.344 kN/m

w = 3659.5 N/m²

e = -1.190 m

M = -23.019 N · m/m

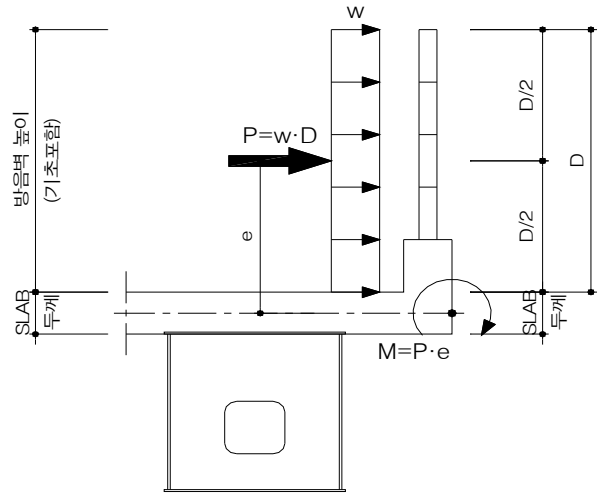
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 9.000 / 1.270 = 7.087

I ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 3.3 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.768 m

M = 4.608 N · m/m

< P2 - 위치 : Sta 0+610.00 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

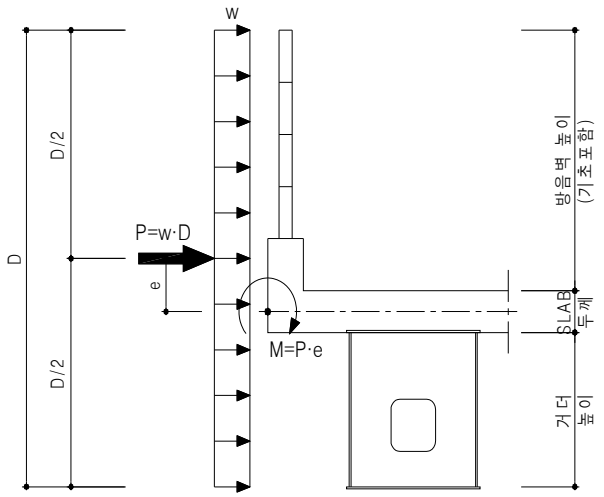
= 3.700 + 0.266 + 1.320 = 5.286 m

B / D = 9.000 / 5.286 = 1.703

I ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (9.000 / 5.286)] × 5.286 = 19.3 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 19.344 kN/m

w = 3659.5 N/m²

e = -1.190 m

M = -23.019 N · m/m

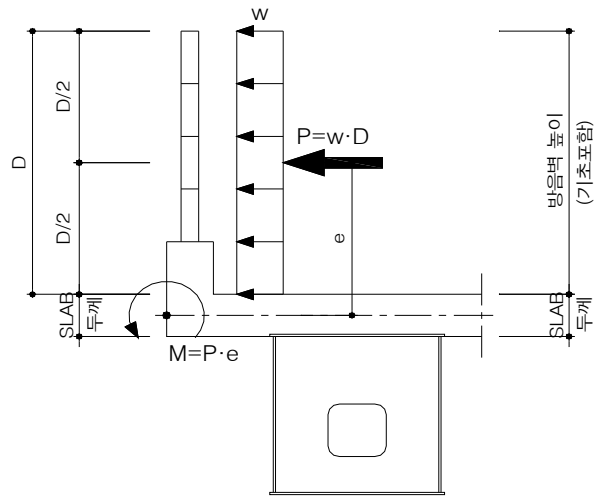
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 9.000 / 1.270 = 7.087

I ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 3.3 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.768 m

M = 4.608 N · m/m

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

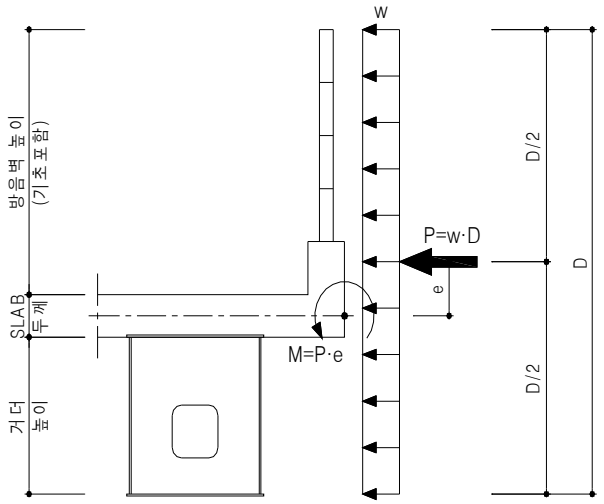
= 3.700 + 0.266 + 1.320 = 5.286 m

B / D = 9.000 / 5.286 = 1.703

I ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (9.000 / 5.286)] × 5.286 = 19.3 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 19.344 kN/m

w = 3659.5 N/m²

e = -1.190 m

M = -23.019 N · m/m

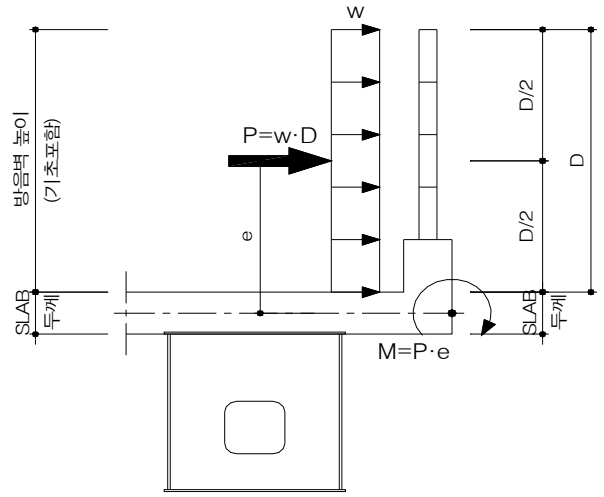
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 9.000 / 1.270 = 7.087

I ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 3.3 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.768 m

M = 4.608 N · m/m

< A2 - 위치 : Sta 0+691.27 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

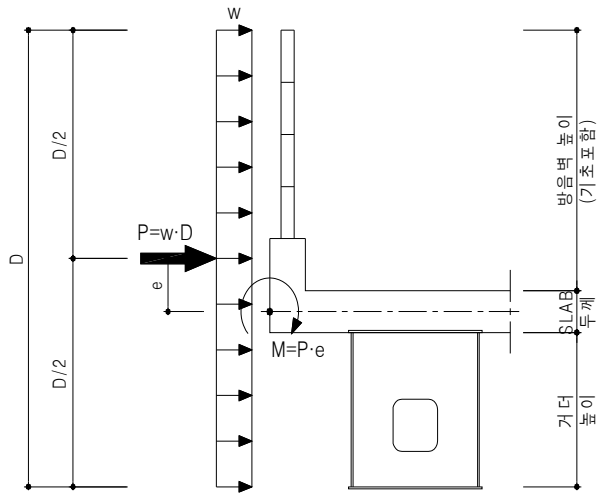
= 3.000 + 0.266 + 1.320 = 4.586 m

B / D = 9.000 / 4.586 = 1.962

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (9.000 / 4.586)] × 4.586 = 16.5 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 16.544 kN/m

w = 3607.5 N/m²

e = -0.840 m

M = -13.897 N · m/m

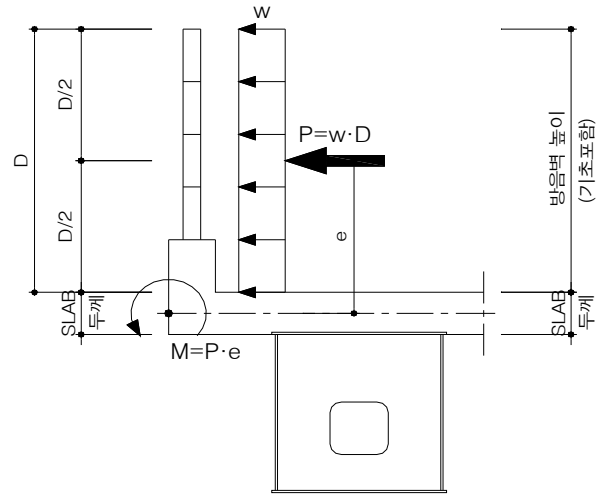
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 9.000 / 1.270 = 7.087

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 3.3 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.768 m

M = 4.608 N · m/m

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

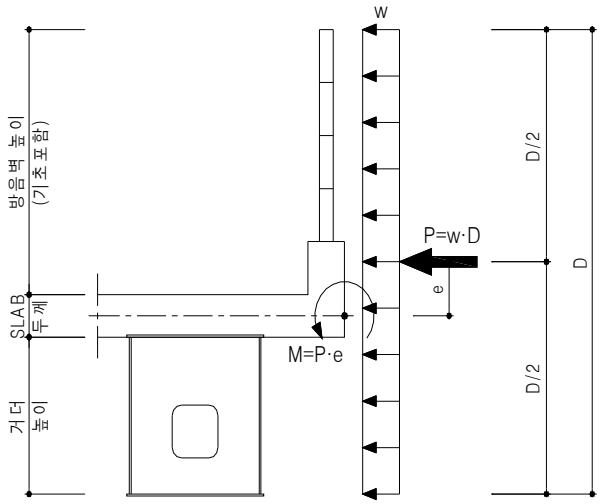
= 3.000 + 0.266 + 1.320 = 4.586 m

B / D = 9.000 / 4.586 = 1.962

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (9.000 / 4.586)] × 4.586 = 16.5 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 16.544 kN/m

w = 3607.5 N/m²

e = -0.840 m

M = -13.897 N · m/m

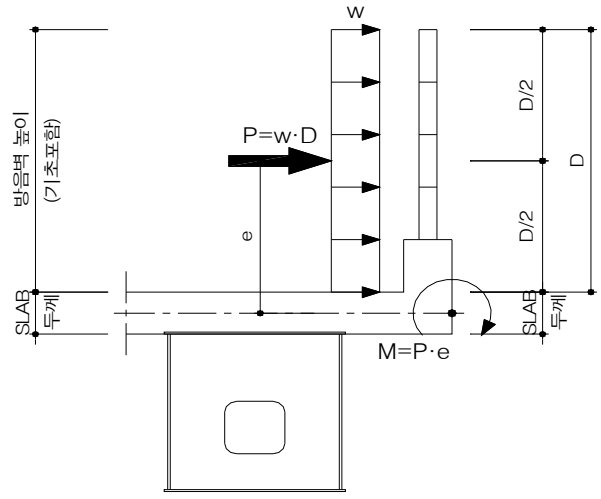
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 9.000 / 1.270 = 7.087

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 3.3 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.768 m

M = 4.608 N · m/m

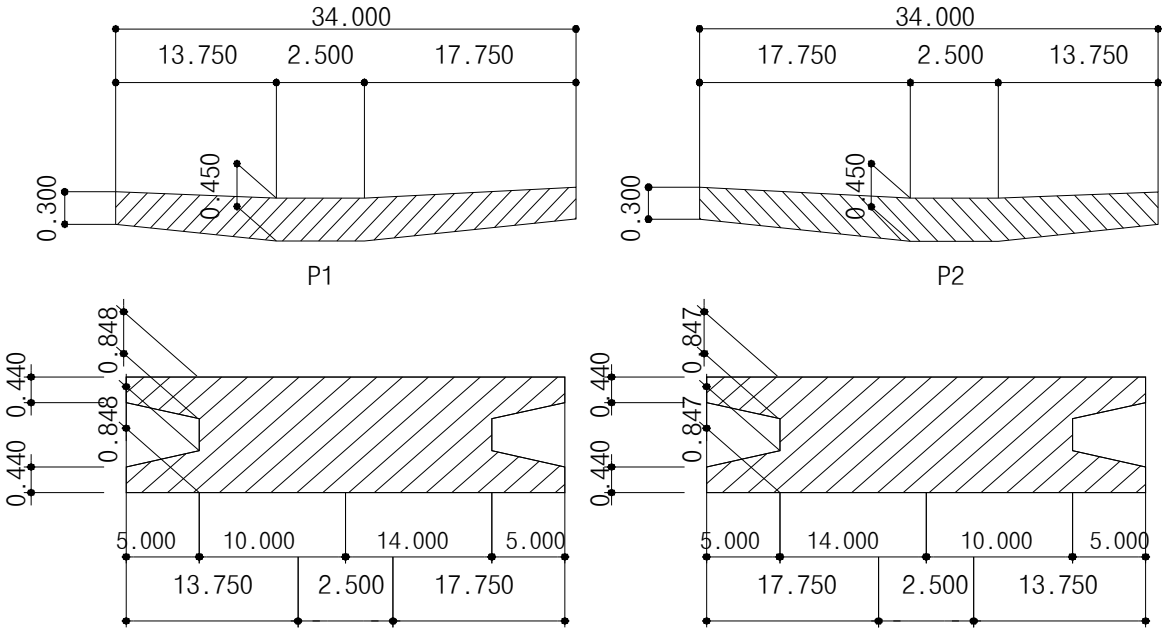
나. 주형별 작용 하중

1) 강재자중 - 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재자중의 31.147 % 할증적용

총강재중량 / 모델링 강재중량 = 9079.230 kN / 6922.930 kN = 1.31147

- 단 면 - 1 : 0.116 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 11.901 kN/m
- 단 면 - 2 : 0.120 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 12.395 kN/m
- 단 면 - 3 : 0.141 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 14.495 kN/m
- 단 면 - 4 : 0.154 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 15.896 kN/m
- 단 면 - 5 : 0.122 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 12.601 kN/m
- 단 면 - 6 : 0.124 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 12.791 kN/m
- 단 면 - 7 : 0.138 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 14.189 kN/m
- 단 면 - 8 : 0.162 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 16.668 kN/m
- 단 면 - 9 : 0.207 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 21.294 kN/m
- 단 면 - 10 0.257 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 26.438 kN/m
- 단 면 - 11 0.263 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 27.035 kN/m
- 단 면 - 12 0.255 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 26.270 kN/m
- 단 면 - 13 0.198 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 20.431 kN/m
- 단 면 - 14 0.155 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 15.911 kN/m
- 단 면 - 15 0.139 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 14.267 kN/m
- 단 면 - 16 0.136 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 13.993 kN/m
- 단 면 - 17 0.112 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 11.530 kN/m
- 단 면 - 18 0.108 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 11.160 kN/m
- 가로보 - 1 : 0.028 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 2.841 kN/m
- 가로보 - 2 : 0.029 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 2.965 kN/m
- 가로보 - 3 : 0.034 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 3.480 kN/m
- 가로보 - 4 : 0.035 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 3.624 kN/m
- 가로보 - 5 : 0.032 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 3.336 kN/m
- 가로보 - 6 : 0.045 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 4.612 kN/m
- 가로보 - 7 : 0.037 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 3.768 kN/m
- 가로보 - 8 : 0.025 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 2.594 kN/m
- 가로보 - 9 : 0.026 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 2.718 kN/m
- 가로보 - 10 : 0.048 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 4.942 kN/m
- 가로보 - 11 : 0.068 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 6.959 kN/m
- 가로보 - 12 : 0.078 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 8.010 kN/m
- 가로보 - 13 : 0.070 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 7.165 kN/m
- 가로보 - 14 : 0.056 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.31147 = 5.806 kN/m

2) 하부슬래브 콘크리트 자중

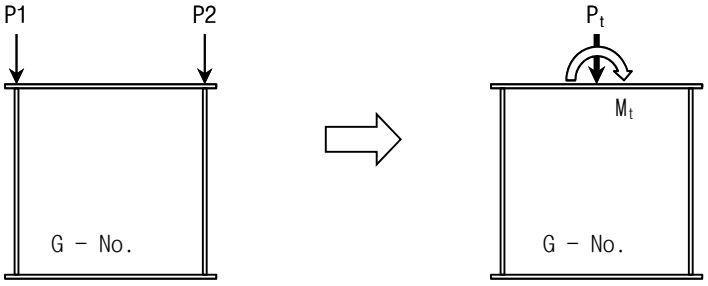


W1 = 0.300 × 0.880 × 25.0 = 6.600 kN/m

~ W2 = 0.353 × 2.200 × 25.0 = 19.415 kN/m

~ W3 = 0.450 × 2.200 × 25.0 = 24.750 kN/m

3) 단일합성후 고정하중



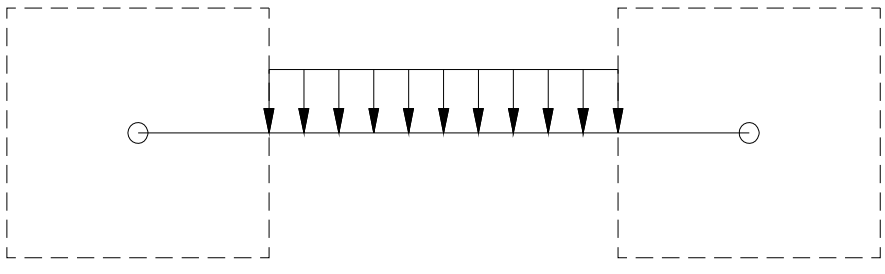
<STA. 0K+435.650, STA. 0K+691.270>

거더 No.	거더폭(m)	슬래브 자중				비 고
		P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN · m/m)	
G - 1	2.200	22.177	30.053	52.230	8.664	
G - 2	2.200	30.053	22.177	52.230	-8.664	

<STA. 0K+439.000 ~ STA. 0K+688.000>

거더 No.	거더폭(m)	슬래브 자중				비 고
		P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN · m/m)	
G - 1	2.200	12.544	17.186	29.730	5.106	
G - 2	2.200	17.186	12.544	29.730	-5.106	

* 가로보 하중 작용위치



4) 이중합성후 고정하중

< Sta 0+435.65 >

거더 No.	거더폭(m)	Pavement 및 방호벽, 중분대				비 고
		P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	
G - 1	2.200	15.120	-0.523	14.598	-17.207	
G - 2	2.200	-0.523	15.120	14.598	17.207	

상기 하중과 점검로 등의 부속설비 하중으로 500.0 N/m² 을 설계에 반영(강도로교 상세부 설계지침 P131)

거더당 작용하는 부속설비 하중 W(kN/m) = 0.5 kN/m² × 슬래브 평균폭(m) / 총거더수

W = 0.50 × 9.000 / 2 = 2.250 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	2.200	0.145	0.999	1.144	0.939	0.821	
	G - 2	2.200	-0.094	0.020	-0.074	0.126	-1.704	
2 차선	G - 1	2.200	0.057	1.769	1.826	1.884	1.031	
	G - 2	2.200	1.237	0.007	1.244	-1.353	-1.088	

< 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	2.200	0.016	-0.075	-0.059	-0.100	1.704	
	G - 2	2.200	0.833	1.226	2.059	0.433	0.210	
2 차선	G - 1	2.200	-0.044	1.364	1.320	1.549	1.173	
	G - 2	2.200	1.566	1.114	2.680	-0.497	-0.185	

< 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	2.200	1.474	1.443	2.917	-0.035	-0.012	
	G - 2	2.200	-0.149	0.032	-0.117	0.199	-1.704	
2 차선	G - 1	2.200	1.299	2.808	4.107	1.659	0.404	
	G - 2	2.200	1.752	-0.059	1.693	-1.992	-1.177	

< 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	2.200	0.024	-0.112	-0.088	-0.150	1.707	
	G - 2	2.200	1.362	1.726	3.088	0.401	0.130	
2 차선	G - 1	2.200	-0.073	2.136	2.063	2.430	1.178	
	G - 2	2.200	2.365	1.571	3.937	-0.873	-0.222	

- 풍하중

< A1 - 위치 : Sta. 0+435.65 >

- 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	-2.624	2.624	kN/m
	P2			
	Pt	-2.624	2.624	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-16.544	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	2.851	-2.851	kN/m
	P2			
	Pt	2.851	-2.851	
	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	2.624	-2.624	kN/m
	P2			
	Pt	2.624	-2.624	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	16.544	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	-2.851	2.851	kN/m
	P2			
	Pt	-2.851	2.851	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-6.000	0.000	kN/m

< P1 - 위치 : Sta. 0+517.00 >

- 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	-3.068	3.068	kN/m
	P2			
	Pt	-3.068	3.068	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-19.344	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	3.271	-3.271	kN/m
	P2			
	Pt	3.271	-3.271	
	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	3.068	-3.068	kN/m
	P2			
	Pt	3.068	-3.068	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	19.344	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	-3.271	3.271	kN/m
	P2			
	Pt	-3.271	3.271	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-6.000	0.000	kN/m

< P2 - 위치 : Sta. 0+610.00 >

- 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	-3.068	3.068	kN/m
	P2			
	Pt	-3.068	3.068	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-19.344	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	3.271	-3.271	kN/m
	P2			
	Pt	3.271	-3.271	
	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	3.068	-3.068	kN/m
	P2			
	Pt	3.068	-3.068	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	19.344	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	-3.271	3.271	kN/m
	P2			
	Pt	-3.271	3.271	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-6.000	0.000	kN/m

< A2 - 위치 : Sta. 0+691.27 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.600	0.600	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-2.624	2.624	kN/m
	P2			
	Pt	-2.624	2.624	
	Mt	1.574	-1.574	kN · m/m
수 평 하 중	H	-16.544	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.600	0.600	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	2.851	-2.851	kN/m
	P2			
	Pt	2.851	-2.851	
	Mt	-1.711	1.711	kN · m/m
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

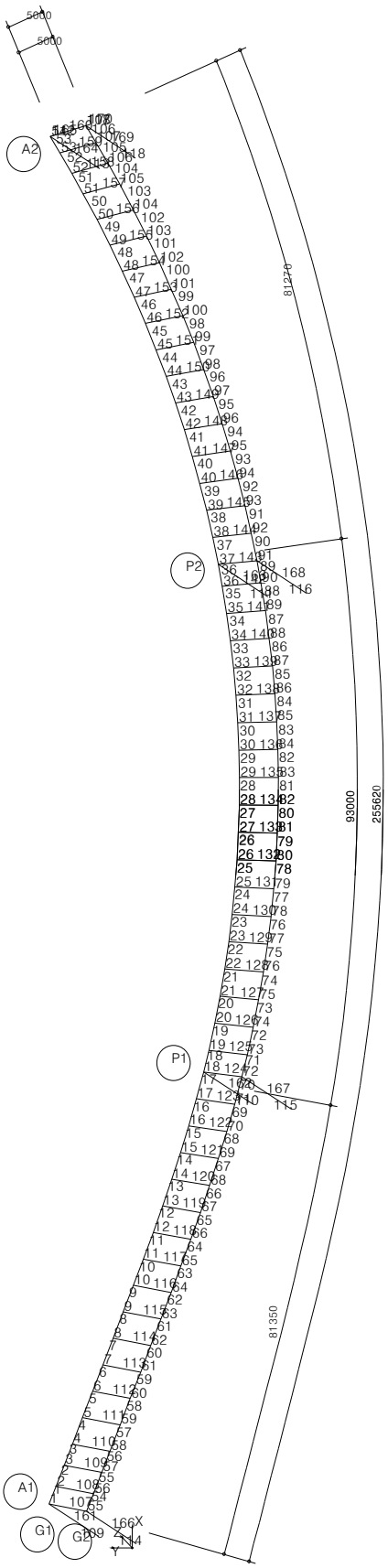
RRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.600	0.600	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	2.624	-2.624	kN/m
	P2			
	Pt	2.624	-2.624	
	Mt	-1.574	1.574	kN · m/m
수 평 하 중	H	16.544	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.600	0.600	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-2.851	2.851	kN/m
	P2			
	Pt	-2.851	2.851	
	Mt	1.711	-1.711	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 (mm²)	I33 (mm⁴)	I22 (mm⁴)	K (mm⁴)	비 고
FRM.SEC-1	합성전	1.156E+05	1.344E+11	1.162E+11	6.737E+10	
	절점번호	1, 54, 55, 108				
FRM.SEC-2	합성전	1.204E+05	1.581E+11	1.221E+11	7.299E+10	
	절점번호	2, 3, 52, 53, 56, 57, 106, 107				
FRM.SEC-3	합성전	1.408E+05	2.002E+11	1.364E+11	6.870E+10	
	절점번호	4, 5, 10, 11, 44, 45, 50, 51, 58, 59, 64, 65, 98, 99, 104, 105				
FRM.SEC-4	합성전	1.544E+05	2.279E+11	1.459E+11	7.000E+10	
	절점번호	6, 7, 8, 9, 46, 47, 48, 49, 60, 61, 62, 63, 100, 101, 102, 103				
FRM.SEC-5	합성전	1.224E+05	1.639E+11	1.245E+11	6.616E+10	
	절점번호	12, 43, 66, 97				
FRM.SEC-6	합성전	1.242E+05	1.646E+11	1.236E+11	6.601E+10	
	절점번호	13, 42, 67, 96				
FRM.SEC-7	합성전	1.378E+05	1.820E+11	1.404E+11	7.017E+10	
	절점번호	14, 41, 68, 95				
FRM.SEC-8	합성전	1.619E+05	2.240E+11	1.505E+11	7.560E+10	
	절점번호	15, 40, 69, 94				
FRM.SEC-9	합성전	2.068E+05	3.671E+11	1.785E+11	3.130E+11	
	절점번호	16, 39, 70, 93				
FRM.SEC-10	합성전	2.568E+05	5.602E+11	2.110E+11	3.921E+11	
	절점번호	17, 38, 71, 92				
FRM.SEC-11	합성전	2.626E+05	6.260E+11	2.181E+11	4.182E+11	
	절점번호	18, 37, 72, 91				
FRM.SEC-12	합성전	2.552E+05	5.424E+11	2.090E+11	3.848E+11	
	절점번호	19, 36, 73, 90				
FRM.SEC-13	합성전	1.985E+05	3.359E+11	1.613E+11	2.768E+11	
	절점번호	20, 35, 74, 89				
FRM.SEC-14	합성전	1.546E+05	1.781E+11	1.415E+11	2.383E+11	
	절점번호	21, 34, 75, 88				
FRM.SEC-15	합성전	1.386E+05	1.429E+11	1.218E+11	5.339E+10	
	절점번호	22, 33, 76, 87				
FRM.SEC-16	합성전	1.359E+05	1.293E+11	1.186E+11	4.936E+10	
	절점번호	23, 32, 77, 86				
FRM.SEC-17	합성전	1.120E+05	1.066E+11	1.087E+11	4.706E+10	
	절점번호	24, 31, 78, 85				
FRM.SEC-18	합성전	1.084E+05	1.032E+11	1.087E+11	4.706E+10	
	절점번호	25, 26, 27, 28, 29, 30, 79, 80, 81, 82, 83, 84				

- 주형 (단일합성후)

구	분	A (mm²)	I33 (mm⁴)	I22 (mm⁴)	K (mm⁴)	비 고
FRM.SEC-1	합성전	1.156E+05	1.344E+11	1.162E+11	6.737E+10	
	절점번호	1, 54, 55, 108				
FRM.SEC-2	합성전	1.204E+05	1.581E+11	1.221E+11	7.299E+10	
	절점번호	2, 3, 52, 53, 56, 57, 106, 107				
FRM.SEC-3	합성전	1.408E+05	2.002E+11	1.364E+11	6.870E+10	
	절점번호	4, 5, 10, 11, 44, 45, 50, 51, 58, 59, 64, 65, 98, 99, 104, 105				
FRM.SEC-4	합성전	1.544E+05	2.279E+11	1.459E+11	7.000E+10	
	절점번호	6, 7, 8, 9, 46, 47, 48, 49, 60, 61, 62, 63, 100, 101, 102, 103				
FRM.SEC-5	합성전	1.224E+05	1.639E+11	1.245E+11	6.616E+10	
	절점번호	12, 43, 66, 97				
FRM.SEC-6	합성전	1.242E+05	1.646E+11	1.236E+11	6.601E+10	
	절점번호	13, 42, 67, 96				
FRM.SEC-7	합성전	1.378E+05	1.820E+11	1.404E+11	7.017E+10	
	절점번호	14, 41, 68, 95				
FRM.SEC-8	합성전	1.619E+05	2.240E+11	1.505E+11	7.560E+10	
	절점번호	15, 40, 69, 94				
FRM.SEC-9	합성전	3.888E+05	7.833E+11	2.647E+11	4.514E+11	
	절점번호	16, 39, 70, 93				
FRM.SEC-10	합성전	4.148E+05	8.927E+11	2.799E+11	4.814E+11	
	절점번호	17, 38, 71, 92				
FRM.SEC-11	합성전	3.945E+05	7.630E+11	2.656E+11	4.446E+11	
	절점번호	18, 37, 72, 91				
FRM.SEC-12	합성전	3.284E+05	4.737E+11	2.139E+11	3.260E+11	
	절점번호	19, 36, 73, 90				
FRM.SEC-13	합성전	2.691E+05	2.267E+11	1.887E+11	5.238E+10	
	절점번호	20, 35, 74, 89				
FRM.SEC-14	합성전	2.443E+05	1.944E+11	1.756E+11	4.611E+10	
	절점번호	21, 34, 75, 88				
FRM.SEC-15	합성전	1.386E+05	1.429E+11	1.218E+11	5.339E+10	
	절점번호	22, 33, 76, 87				
FRM.SEC-16	합성전	1.359E+05	1.293E+11	1.186E+11	4.936E+10	
	절점번호	23, 32, 77, 86				
FRM.SEC-17	합성전	1.120E+05	1.066E+11	1.087E+11	4.706E+10	
	절점번호	24, 31, 78, 85				
FRM.SEC-18	합성전	1.084E+05	1.032E+11	1.087E+11	4.706E+10	
	절점번호	25, 26, 27, 28, 29, 30, 79, 80, 81, 82, 83, 84				

- 주형 (이중합성후)

구 분		A (mm²)	I33 (mm⁴)	I22 (mm⁴)	K (mm⁴)	비 고
FRM.SEC-1	합성후	4.152E+05	4.191E+11	6.269E+11	2.297E+11	
	절점번호	1, 54, 55, 108				
FRM.SEC-2	합성후	2.914E+05	3.971E+11	4.151E+11	2.416E+11	
	절점번호	2, 3, 52, 53, 56, 57, 106, 107				
FRM.SEC-3	합성후	3.118E+05	4.788E+11	4.298E+11	2.637E+11	
	절점번호	4, 5, 10, 11, 44, 45, 50, 51, 58, 59, 64, 65, 98, 99, 104, 105				
FRM.SEC-4	합성후	3.254E+05	5.306E+11	4.395E+11	2.729E+11	
	절점번호	6, 7, 8, 9, 46, 47, 48, 49, 60, 61, 62, 63, 100, 101, 102, 103				
FRM.SEC-5	합성후	2.934E+05	3.979E+11	4.176E+11	2.416E+11	
	절점번호	12, 43, 66, 97				
FRM.SEC-6	합성후	2.952E+05	4.189E+11	4.167E+11	2.427E+11	
	절점번호	13, 42, 67, 96				
FRM.SEC-7	합성후	3.088E+05	4.540E+11	4.338E+11	2.758E+11	
	절점번호	14, 41, 68, 95				
FRM.SEC-8	합성후	3.329E+05	6.099E+11	4.443E+11	3.166E+11	
	절점번호	15, 40, 69, 94				
FRM.SEC-9	합성후	5.431E+05	1.424E+12	5.250E+11	4.983E+11	
	절점번호	16, 39, 70, 93				
FRM.SEC-10	합성후	5.691E+05	1.633E+12	5.403E+11	5.294E+11	
	절점번호	17, 38, 71, 92				
FRM.SEC-11	합성후	5.488E+05	1.398E+12	5.260E+11	4.915E+11	
	절점번호	18, 37, 72, 91				
FRM.SEC-12	합성후	4.917E+05	1.028E+12	4.939E+11	3.802E+11	
	절점번호	19, 36, 73, 90				
FRM.SEC-13	합성후	4.233E+05	7.515E+11	4.491E+11	3.270E+11	
	절점번호	20, 35, 74, 89				
FRM.SEC-14	합성후	3.986E+05	6.235E+11	4.359E+11	2.981E+11	
	절점번호	21, 34, 75, 88				
FRM.SEC-15	합성후	3.096E+05	4.075E+11	4.152E+11	2.247E+11	
	절점번호	22, 33, 76, 87				
FRM.SEC-16	합성후	3.069E+05	3.730E+11	4.119E+11	2.127E+11	
	절점번호	23, 32, 77, 86				
FRM.SEC-17	합성후	2.830E+05	2.812E+11	4.014E+11	1.897E+11	
	절점번호	24, 31, 78, 85				
FRM.SEC-18	합성후	2.794E+05	2.677E+11	4.014E+11	1.897E+11	
	절점번호	25, 26, 27, 28, 29, 30, 79, 80, 81, 82, 83, 84				

- 가로보 및 세로보

구	분	A (mm²)	I33 (mm⁴)	I22 (mm⁴)	K (mm⁴)	비 고
FRM.SEC-1	단면제원	2.760E+04	1.019E+10	5.424E+07	1.325E+06	
	부재번호	107, 127				
FRM.SEC-2	단면제원	2.880E+04	1.174E+10	5.426E+07	1.382E+06	
	부재번호	108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158				
FRM.SEC-3	단면제원	3.380E+04	1.458E+10	5.443E+07	2.083E+06	
	부재번호	121, 140				
FRM.SEC-4	단면제원	3.520E+04	1.662E+10	5.446E+07	2.175E+06	
	부재번호	122				
FRM.SEC-5	단면제원	3.240E+04	1.729E+10	5.430E+07	1.555E+06	
	부재번호	123				
FRM.SEC-6	단면제원	4.480E+04	2.594E+10	1.288E+08	3.465E+06	
	부재번호	124, 146				
FRM.SEC-7	단면제원	3.660E+04	1.883E+10	5.448E+07	2.266E+06	
	부재번호	125, 126				
FRM.SEC-8	단면제원	2.520E+04	7.490E+09	5.422E+07	1.210E+06	
	부재번호	128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138				
FRM.SEC-9	단면제원	2.640E+04	8.773E+09	5.423E+07	1.267E+06	
	부재번호	139				
FRM.SEC-10	단면제원	4.800E+04	3.239E+10	1.288E+08	3.738E+06	
	부재번호	141, 159, 160				
FRM.SEC-11	단면제원	6.760E+04	6.100E+10	1.299E+08	8.194E+06	
	부재번호	142				
FRM.SEC-12	단면제원	7.780E+04	7.786E+10	1.308E+08	1.146E+07	
	부재번호	143				
FRM.SEC-13	단면제원	6.960E+04	6.677E+10	1.300E+08	8.461E+06	
	부재번호	144				
FRM.SEC-14	단면제원	5.640E+04	4.274E+10	1.293E+08	5.515E+06	
	부재번호	145				

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/m²)

(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	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
1	-0.235	0.016	-0.366	-0.109	0.091	-0.244	1.285	-1.285	0.004	-0.006	I지점
1	403.773	-9.579	723.996	408.255	620.276	-105.747	41.213	-41.213	5.919	-4.188	1/4지점
1	799.347	-19.173	1412.815	804.802	1209.950	-211.539	79.505	-79.505	11.834	-8.378	2/4지점
1	1186.400	-28.767	2068.913	1189.530	1769.662	-317.331	116.156	-116.156	17.749	-12.568	3/4지점
1	1564.845	-38.361	2703.402	1562.440	2301.302	-423.194	151.165	-151.165	23.664	-16.758	J지점
2	1564.591	-38.343	2703.010	1562.325	2301.171	-423.117	152.420	-152.420	23.668	-16.754	I지점
2	2000.865	-50.261	3437.914	1996.789	2907.753	-558.548	150.147	-150.147	30.919	-22.157	1/4지점
2	2424.744	-62.178	4143.627	2414.406	3479.111	-693.951	145.523	-145.523	38.171	-27.560	2/4지점
2	2836.228	-74.095	4820.151	2815.175	4016.080	-829.343	138.542	-138.542	45.423	-32.962	3/4지점
2	3235.317	-86.013	5467.484	3199.095	4519.011	-964.822	129.201	-129.201	52.674	-38.365	J지점
3	3235.078	-85.996	5467.113	3198.993	4518.825	-964.776	130.402	-130.402	52.678	-38.362	I지점
3	3613.519	-97.812	6084.282	3566.408	5036.950	-1101.153	123.650	-123.650	59.945	-43.795	1/4지점
3	3979.040	-109.628	6672.408	3916.976	5524.091	-1237.537	114.528	-114.528	67.211	-49.227	2/4지점
3	4331.116	-121.444	7231.636	4250.696	5978.966	-1373.895	103.030	-103.030	74.478	-54.660	3/4지점
3	4669.222	-133.259	7762.113	4567.568	6403.945	-1510.269	90.048	-90.048	81.744	-60.093	J지점
4	4668.993	-133.243	7761.760	4567.470	6403.755	-1510.231	90.422	-90.422	81.748	-60.090	I지점
4	5061.097	-147.877	8383.300	4939.562	6961.861	-1680.430	92.286	-92.286	90.819	-66.856	1/4지점
4	5430.553	-162.511	8960.146	5285.329	7475.523	-1850.605	89.761	-89.761	99.890	-73.621	2/4지점
4	5777.361	-177.146	9492.298	5604.772	7941.556	-2020.738	82.835	-82.835	108.961	-80.387	3/4지점
4	6101.522	-191.780	9979.755	5897.892	8361.772	-2190.967	71.500	-71.500	118.032	-87.152	J지점
5	6101.302	-191.763	9979.419	5897.796	8361.604	-2190.922	71.812	-71.812	118.036	-87.149	I지점
5	6393.272	-206.398	10421.890	6164.017	8810.390	-2360.135	75.930	-75.930	127.084	-93.873	1/4지점
5	6662.046	-221.033	10819.820	6403.913	9219.137	-2529.331	75.618	-75.618	136.131	-100.596	2/4지점
5	6907.079	-235.668	11173.350	6617.485	9580.434	-2698.546	70.866	-70.866	145.179	-107.320	3/4지점
5	7127.821	-250.303	11482.660	6804.732	9897.437	-2867.792	61.664	-61.664	154.226	-114.043	J지점
6	7127.616	-250.287	11482.340	6804.645	9897.277	-2867.749	61.892	-61.892	154.231	-114.040	I지점
6	7313.807	-264.903	11746.670	6965.086	10237.010	-3036.497	67.125	-67.125	163.257	-120.742	1/4지점
6	7475.160	-279.519	11966.910	7099.204	10538.350	-3205.261	67.887	-67.887	172.284	-127.444	2/4지점
6	7611.676	-294.135	12143.060	7206.996	10795.320	-3373.979	64.169	-64.169	181.311	-134.146	3/4지점
6	7723.355	-308.751	12275.130	7288.465	11006.000	-3542.682	55.960	-55.960	190.338	-140.848	J지점
7	7723.167	-308.735	12274.850	7288.386	11005.850	-3542.641	56.095	-56.095	190.343	-140.845	I지점
7	7799.244	-323.251	12360.560	7342.609	11236.600	-3710.404	62.379	-62.379	199.327	-147.510	1/4지점
7	7850.484	-337.767	12402.190	7370.508	11428.360	-3878.189	64.152	-64.152	208.311	-154.176	2/4지점
7	7876.887	-352.283	12399.730	7372.083	11579.690	-4045.981	61.404	-61.404	217.295	-160.841	3/4지점
7	7878.453	-366.799	12353.190	7347.333	11685.930	-4213.789	54.125	-54.125	226.279	-167.506	J지점
8	7878.344	-366.792	12353.020	7347.294	11685.900	-4213.856	54.186	-54.186	226.284	-167.507	I지점
8	7844.269	-381.175	12260.130	7295.287	11808.890	-4380.662	61.247	-61.247	235.211	-174.133	1/4지점
8	7785.355	-395.557	12123.170	7216.953	11892.010	-4547.457	63.753	-63.753	244.138	-180.759	2/4지점
8	7701.602	-409.940	11942.110	7112.293	11935.960	-4714.289	61.697	-61.697	253.064	-187.384	3/4지점
8	7593.011	-424.323	11716.960	6981.307	11937.500	-4881.088	55.066	-55.066	261.991	-194.010	J지점
9	7593.024	-424.332	11716.960	6981.330	11937.820	-4881.354	55.192	-55.192	261.996	-194.018	I지점
9	7450.580	-438.620	11448.230	6823.814	11955.730	-5047.117	62.245	-62.245	270.874	-200.604	1/4지점
9	7283.839	-452.908	11135.250	6639.965	11932.530	-5212.896	64.698	-64.698	279.752	-207.190	2/4지점
9	7093.349	-467.196	10777.870	6429.785	11869.960	-5378.643	62.542	-62.542	288.629	-213.776	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	6879.657	-481.484	10375.930	6193.272	11768.170	-5544.445	55.767	-55.767	297.507	-220.363	J지점
10	6879.749	-481.508	10376.030	6193.337	11769.090	-5544.955	56.172	-56.172	297.511	-220.378	I지점
10	6635.675	-495.769	9932.279	5931.201	11686.600	-5710.112	63.219	-63.219	306.363	-226.941	1/4지점
10	6368.957	-510.031	9443.839	5642.744	11560.860	-5875.279	65.622	-65.622	315.215	-233.503	2/4지점
10	6079.593	-524.292	8910.710	5327.966	11396.090	-6040.425	63.372	-63.372	324.067	-240.066	3/4지점
10	5767.583	-538.553	8332.892	4986.867	11193.240	-6205.560	56.458	-56.458	332.919	-246.629	J지점
11	5767.647	-538.579	8332.938	4986.892	11194.660	-6206.132	57.228	-57.228	332.915	-246.646	I지점
11	5426.889	-552.974	7715.307	4621.033	11010.280	-6370.896	63.194	-63.194	341.817	-253.210	1/4지점
11	5064.214	-567.370	7052.815	4228.841	10781.990	-6535.659	64.467	-64.467	350.720	-259.774	2/4지점
11	4680.365	-581.765	6345.309	3810.316	10514.910	-6700.423	61.037	-61.037	359.622	-266.339	3/4지점
11	4276.080	-596.160	5592.637	3365.458	10211.300	-6865.203	52.895	-52.895	368.525	-272.903	J지점
12	4276.033	-596.175	5592.532	3365.368	10213.370	-6865.672	54.161	-54.161	368.502	-272.915	I지점
12	3845.949	-610.871	4799.579	2896.385	9929.229	-7279.516	57.518	-57.518	377.540	-279.517	1/4지점
12	3396.097	-625.566	3961.234	2401.070	9601.404	-7570.505	56.133	-56.133	386.578	-286.120	2/4지점
12	2926.402	-640.262	3077.422	1879.423	9235.396	-7743.442	49.997	-49.997	395.616	-292.723	3/4지점
12	2436.791	-654.958	2148.065	1331.446	8868.223	-7916.387	39.100	-39.100	404.654	-299.326	J지점
13	2436.615	-654.946	2147.829	1331.264	8864.926	-7916.445	40.814	-40.814	404.601	-299.323	I지점
13	1921.222	-670.509	1176.884	758.824	8472.649	-8089.220	41.964	-41.964	413.911	-306.079	1/4지점
13	1385.299	-686.072	160.334	160.061	8058.903	-8372.899	38.326	-38.326	423.222	-312.835	2/4지점
13	828.300	-701.635	-901.822	-465.025	7629.052	-8548.052	29.890	-29.890	432.532	-319.591	3/4지점
13	249.679	-717.198	-2009.583	-1116.434	7184.724	-8723.198	16.645	-16.645	441.842	-326.347	J지점
14	249.441	-717.147	-2009.794	-1116.510	7179.250	-8722.295	18.704	-18.704	441.745	-326.317	I지점
14	-358.881	-734.547	-3164.903	-1794.869	6697.092	-8890.448	15.878	-15.878	451.626	-333.379	1/4지점
14	-990.346	-751.947	-4365.706	-2499.559	6200.225	-9066.939	8.213	-8.213	461.507	-340.440	2/4지점
14	-1645.923	-769.348	-5612.280	-3230.579	5717.613	-9284.464	4.302	-4.302	471.388	-347.502	3/4지점
14	-2326.580	-786.748	-6904.702	-3987.929	5288.974	-9575.130	21.676	-21.676	481.269	-354.563	J지점
15	-2326.884	-786.601	-6904.702	-3987.729	5281.444	-9573.097	19.533	-19.533	481.118	-354.497	I지점
15	-3063.021	-809.848	-8272.179	-4783.486	4868.624	-9917.781	25.412	-25.412	492.227	-362.230	1/4지점
15	-3827.020	-850.701	-9685.589	-5605.580	4541.341	-10337.280	36.181	-36.181	503.336	-369.964	2/4지점
15	-4620.689	-915.041	-11144.930	-6454.010	4256.132	-10824.750	51.849	-51.849	514.446	-377.697	3/4지점
15	-5445.836	-1008.748	-12650.210	-7328.776	3994.086	-11373.930	72.427	-72.427	525.555	-385.431	J지점
16	-5446.255	-1008.374	-12649.810	-7328.303	3993.761	-11372.550	70.967	-70.967	525.363	-385.330	I지점
16	-6351.449	-1135.402	-14268.590	-8273.458	3805.947	-12136.810	105.321	-105.321	540.473	-395.378	1/4지점
16	-7291.927	-1300.032	-15932.830	-9244.939	3631.819	-13013.760	144.613	-144.613	555.582	-405.426	2/4지점
16	-8269.698	-1504.625	-17642.080	-10242.750	3460.179	-13929.560	188.852	-188.852	570.692	-415.474	3/4지점
16	-9286.772	-1751.545	-19395.870	-11266.880	3350.795	-14897.640	238.051	-238.051	585.801	-425.522	J지점
17	-9287.402	-1750.910	-19395.370	-11266.360	3347.420	-14889.970	239.639	-239.639	585.671	-425.442	I지점
17	-10438.750	-2049.063	-21356.230	-12407.910	3317.420	-16132.870	373.245	-373.245	609.470	-440.652	1/4지점
17	-11631.650	-2393.646	-23361.210	-13575.790	3333.669	-17436.120	511.841	-511.841	633.269	-455.862	2/4지점
17	-12866.360	-2786.377	-25410.290	-14770.010	3373.044	-18803.420	655.439	-655.439	657.068	-471.072	3/4지점
17	-14143.090	-3228.976	-27503.480	-15990.570	3429.785	-20231.420	811.143	-811.143	680.867	-486.282	J지점
18	-14003.890	-3248.172	-27306.730	-15935.170	3444.103	-20195.040	1042.733	-1042.733	688.166	-494.322	I지점
18	-13147.850	-2791.501	-25784.590	-15036.970	3303.984	-18975.700	826.065	-826.065	663.610	-475.016	1/4지점
18	-12318.670	-2367.226	-24290.680	-14155.640	3170.134	-17791.170	612.296	-612.296	639.053	-455.711	2/4지점
18	-11516.150	-1974.727	-22825.000	-13291.160	3044.441	-16634.240	443.993	-443.993	614.497	-436.405	3/4지점
18	-10740.110	-1613.384	-21387.540	-12443.530	2927.337	-15513.340	305.773	-305.773	589.940	-417.099	J지점
19	-10742.210	-1612.529	-21389.130	-12445.150	2926.239	-15516.280	306.861	-306.861	590.250	-417.260	I지점
19	-9891.191	-1214.710	-19753.630	-11498.800	2836.019	-14408.020	233.721	-233.721	568.462	-398.732	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	-9078.936	-862.761	-18162.520	-10578.770	2782.268	-13348.690	165.619	-165.619	546.674	-380.204	2/4지점
19	-8303.165	-554.855	-16616.110	-9685.071	2787.187	-12348.590	102.556	-102.556	524.886	-361.677	3/4지점
19	-7561.599	-289.166	-15114.700	-8817.696	2788.821	-11394.570	67.500	-67.500	503.098	-343.149	J지점
20	-7563.165	-288.172	-15115.140	-8819.126	2786.646	-11401.530	62.909	-62.909	503.536	-343.372	I지점
20	-6888.838	-65.983	-13732.280	-8026.358	2856.949	-10611.560	77.808	-77.808	487.162	-328.173	1/4지점
20	-6244.680	117.628	-12394.810	-7259.925	2934.071	-9863.916	88.115	-88.115	470.788	-312.974	2/4지점
20	-5628.923	264.489	-11102.820	-6519.826	3013.293	-9188.965	93.832	-93.832	454.413	-297.775	3/4지점
20	-5039.803	376.425	-9856.381	-5806.060	3091.802	-8531.125	94.956	-94.956	438.039	-282.576	J지점
21	-5040.175	377.253	-9855.646	-5806.699	3090.121	-8525.267	88.648	-88.648	438.466	-282.788	I지점
21	-4486.405	451.302	-8696.240	-5134.762	3216.041	-7944.403	96.433	-96.433	423.651	-268.592	1/4지점
21	-3956.866	497.593	-7582.465	-4489.164	3343.383	-7431.353	99.594	-99.594	408.836	-254.396	2/4지점
21	-3450.916	521.471	-6514.323	-3869.903	3472.440	-6959.013	98.133	-98.133	394.021	-240.200	3/4지점
21	-2967.911	528.280	-5491.812	-3276.980	3601.090	-6524.666	92.049	-92.049	379.205	-226.004	J지점
22	-2967.574	528.822	-5490.052	-3276.487	3599.146	-6522.186	86.213	-86.213	379.564	-226.175	I지점
22	-2527.967	523.134	-4521.909	-2715.077	3782.390	-6127.819	94.379	-94.379	365.269	-212.322	1/4지점
22	-2110.553	517.446	-3599.392	-2180.002	3967.442	-5770.571	97.893	-97.893	350.974	-198.470	2/4지점
22	-1715.225	511.758	-2722.500	-1671.262	4153.467	-5449.780	96.755	-96.755	336.679	-184.618	3/4지점
22	-1341.875	506.070	-1891.234	-1188.856	4336.003	-5164.739	90.966	-90.966	322.385	-170.765	J지점
23	-1341.313	506.438	-1888.803	-1187.608	4334.169	-5164.297	86.268	-86.268	322.667	-170.893	I지점
23	-1001.545	503.645	-1106.412	-732.474	4571.135	-4917.188	94.363	-94.363	308.782	-160.254	1/4지점
23	-682.688	500.852	-369.648	-303.675	4804.065	-4614.646	97.780	-97.780	294.898	-155.194	2/4지점
23	-383.777	498.059	321.489	98.789	5061.210	-4462.364	96.520	-96.520	281.014	-150.135	3/4지점
23	-103.852	495.266	967.000	474.918	5385.653	-4371.451	90.581	-90.581	267.129	-145.075	J지점
24	-103.162	495.594	969.569	476.442	5386.262	-4375.572	87.272	-87.272	267.345	-145.127	I지점
24	150.579	494.570	1571.672	826.937	5733.923	-4378.413	95.382	-95.382	253.610	-140.135	1/4지점
24	386.446	493.545	2128.159	1151.104	6043.982	-4381.328	98.788	-98.788	239.874	-135.143	2/4지점
24	604.584	492.520	2639.031	1448.942	6316.484	-4383.901	97.491	-97.491	226.139	-130.151	3/4지점
24	805.138	491.496	3104.288	1720.451	6548.282	-4386.660	91.491	-91.491	212.404	-125.160	J지점
25	805.761	491.738	3106.424	1721.816	6548.898	-4389.689	89.696	-89.696	212.558	-125.177	I지점
25	981.821	491.490	3529.405	1968.319	6803.850	-4394.631	97.334	-97.334	198.913	-120.213	1/4지점
25	1140.441	491.242	3906.773	2188.493	7020.243	-4399.604	100.244	-100.244	185.268	-115.249	2/4지점
25	1281.622	490.993	4238.527	2382.341	7198.099	-4404.364	98.428	-98.428	171.623	-110.285	3/4지점
25	1405.364	490.745	4524.667	2549.860	7334.885	-4409.471	91.885	-91.885	157.979	-105.321	J지점
26	1405.802	490.890	4526.092	2550.805	7335.355	-4411.438	91.640	-91.640	158.088	-105.309	I지점
26	1505.082	490.938	4769.385	2692.507	7494.453	-4417.221	98.827	-98.827	144.470	-100.351	1/4지점
26	1586.915	490.987	4967.042	2807.867	7614.442	-4423.279	101.261	-101.261	130.852	-95.393	2/4지점
26	1651.300	491.036	5119.063	2896.888	7695.122	-4429.173	98.943	-98.943	117.234	-90.435	3/4지점
26	1698.237	491.085	5225.448	2959.568	7735.021	-4435.136	91.873	-91.873	103.616	-85.476	J지점
27	1698.377	491.115	5225.874	2959.856	7735.187	-4435.955	93.160	-93.160	103.693	-85.440	I지점
27	1720.763	491.295	5288.986	2996.220	7796.908	-4442.226	100.171	-100.171	90.083	-80.484	1/4지점
27	1725.703	491.474	5306.471	3006.247	7818.819	-4448.482	102.411	-102.411	76.474	-75.529	2/4지점
27	1713.199	491.654	5278.326	2989.939	7801.123	-4454.722	99.877	-99.877	86.947	-79.238	3/4지점
27	1683.250	491.834	5204.554	2947.295	7743.498	-4460.911	92.572	-92.572	100.516	-84.153	J지점
28	1683.055	491.745	5203.878	2946.843	7743.295	-4460.537	95.267	-95.267	100.425	-84.175	I지점
28	1628.616	492.068	5087.023	2877.926	7707.580	-4467.147	101.947	-101.947	114.000	-89.092	1/4지점
28	1556.740	492.391	4924.559	2782.684	7631.196	-4473.752	103.837	-103.837	127.576	-94.010	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	1467.426	492.714	4716.485	2661.117	7515.474	-4480.351	100.937	-100.937	141.151	-98.927	3/4지점
28	1360.674	493.037	4462.800	2513.224	7360.652	-4486.898	93.247	-93.247	154.726	-103.845	J지점
29	1360.203	492.837	4461.171	2512.182	7360.095	-4485.387	97.079	-97.079	154.605	-103.842	I지점
29	1228.831	493.423	4164.235	2338.329	7227.162	-4492.749	102.770	-102.770	168.213	-108.766	1/4지점
29	1080.011	494.009	3821.664	2138.137	7053.172	-4499.958	103.650	-103.650	181.822	-113.690	2/4지점
29	913.744	494.594	3433.458	1911.604	6840.590	-4507.258	99.720	-99.720	195.431	-118.615	3/4지점
29	730.030	495.180	2999.616	1658.732	6589.396	-4514.484	90.981	-90.981	209.040	-123.539	J지점
30	729.366	494.872	2997.218	1657.253	6588.648	-4511.784	95.831	-95.831	208.871	-123.507	I지점
30	521.221	496.263	2521.496	1379.453	6360.783	-4521.258	99.911	-99.911	222.588	-128.471	1/4지점
30	295.493	497.655	2000.162	1075.327	6092.173	-4530.625	99.167	-99.167	236.305	-133.434	2/4지점
30	52.038	499.047	1433.216	744.873	5786.040	-4539.909	93.599	-93.599	250.022	-138.398	3/4지점
30	-209.291	500.439	820.656	388.093	5442.212	-4625.902	84.296	-84.296	263.739	-143.361	J지점
31	-209.959	500.057	817.991	386.576	5441.483	-4622.374	88.644	-88.644	263.515	-143.297	I지점
31	-497.651	503.188	161.950	4.056	5120.335	-4738.566	92.198	-92.198	277.415	-148.348	1/4지점
31	-804.331	506.318	-539.725	-404.802	4844.594	-4961.234	91.711	-91.711	291.314	-153.399	2/4지점
31	-1130.961	509.449	-1287.033	-839.999	4606.142	-5174.760	86.095	-86.095	305.213	-158.450	3/4지점
31	-1478.504	512.580	-2079.975	-1301.536	4364.593	-5423.866	75.353	-75.353	319.113	-168.692	J지점
32	-1479.031	512.150	-2082.512	-1302.694	4366.343	-5424.149	79.134	-79.134	318.822	-168.583	I지점
32	-1860.391	518.219	-2924.218	-1791.134	4176.620	-5709.922	79.989	-79.989	333.206	-182.533	1/4지점
32	-2263.730	524.288	-3811.551	-2305.909	3983.135	-6110.363	75.713	-75.713	347.590	-196.483	2/4지점
32	-2689.155	530.357	-4744.509	-2847.019	3790.738	-6470.225	66.306	-66.306	361.974	-210.433	3/4지점
32	-3136.774	536.426	-5723.095	-3414.463	3600.286	-6867.176	51.770	-51.770	376.358	-224.383	J지점
33	-3137.017	535.836	-5724.814	-3414.675	3601.865	-6869.318	55.758	-55.758	376.003	-224.236	I지점
33	-3628.976	529.396	-6757.565	-4012.056	3466.415	-7303.792	52.523	-52.523	391.098	-238.626	1/4지점
33	-4143.876	505.890	-7835.940	-4635.771	3330.704	-7776.577	44.154	-44.154	406.193	-253.016	2/4지점
33	-4682.360	459.974	-8959.938	-5285.818	3197.125	-8287.154	30.652	-30.652	421.288	-267.406	3/4지점
33	-5245.071	386.306	-10129.560	-5962.200	3065.397	-8835.002	12.017	-12.017	436.382	-281.796	J지점
34	-5244.465	385.388	-10130.170	-5961.075	3066.861	-8838.387	16.095	-16.095	435.956	-281.607	I지점
34	-5840.595	273.217	-11386.980	-6673.613	2985.502	-9419.883	3.589	-3.589	453.039	-297.205	1/4지점
34	-6463.352	126.130	-12689.320	-7412.478	2903.231	-10039.230	16.282	-16.282	470.122	-312.804	2/4지점
34	-7114.504	-57.697	-14037.130	-8177.669	2823.801	-10695.280	36.828	-36.828	487.206	-328.403	3/4지점
34	-7795.816	-280.092	-15430.310	-8969.188	2745.864	-11417.100	64.739	-64.739	504.289	-344.002	J지점
35	-7793.665	-281.014	-15429.150	-8966.731	2747.390	-11409.450	60.910	-60.910	503.863	-343.778	I지점
35	-8528.069	-547.044	-16921.600	-9812.121	2746.034	-12329.820	108.742	-108.742	527.232	-363.034	1/4지점
35	-9296.689	-855.304	-18459.050	-10683.840	2743.453	-13293.610	161.712	-161.712	550.601	-382.290	2/4지점
35	-10101.810	-1207.621	-20041.220	-11581.900	2750.593	-14301.720	219.821	-219.821	573.969	-401.546	3/4지점
35	-10945.700	-1605.822	-21667.790	-12506.290	2845.540	-15378.940	283.068	-283.068	597.338	-420.802	J지점
36	-10942.150	-1606.717	-21664.240	-12503.040	2846.697	-15374.800	282.602	-282.602	597.096	-420.667	I지점
36	-11687.190	-1971.835	-23026.450	-13307.440	2977.179	-16471.490	396.735	-396.735	625.899	-442.092	1/4지점
36	-12458.700	-2368.109	-24416.890	-14128.690	3117.067	-17592.420	520.918	-520.918	654.701	-463.517	2/4지점
36	-13256.870	-2796.157	-25835.560	-14966.790	3265.263	-18748.800	667.026	-667.026	683.504	-484.941	3/4지점
36	-14081.900	-3256.599	-27282.460	-15821.750	3419.983	-19938.860	816.259	-816.259	712.307	-506.366	J지점
P2 37	-14077.440	-3257.671	-27276.980	-15819.010	3422.615	-19940.520	818.889	-818.889	712.489	-506.464	I지점
37	-12809.270	-2810.210	-25203.620	-14628.590	3348.879	-18525.770	639.057	-639.057	683.892	-488.358	1/4지점
37	-11583.130	-2412.612	-23174.350	-13464.510	3294.854	-17175.220	473.342	-473.342	655.296	-470.251	2/4지점
37	-10398.770	-2063.156	-21189.190	-12326.760	3263.461	-15888.820	337.650	-337.650	626.699	-452.145	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	-9255.981	-1760.125	-19248.120	-11215.350	3277.292	-14660.320	207.069	-207.069	598.103	-434.038	J지점
38	-9249.190	-1761.411	-19239.190	-11211.660	3280.124	-14667.080	209.856	-209.856	598.687	-434.355	I지점
38	-8184.422	-1517.123	-17401.920	-10190.450	3451.690	-13726.290	165.507	-165.507	583.383	-424.069	1/4지점
38	-7158.963	-1315.171	-15609.210	-9195.572	3626.390	-12837.580	126.249	-126.249	568.080	-413.783	2/4지점
38	-6170.803	-1153.188	-13861.510	-8227.024	3800.565	-11986.770	92.072	-92.072	552.777	-403.497	3/4지점
38	-5217.933	-1028.812	-12159.280	-7284.807	3997.815	-11336.120	62.966	-62.966	537.474	-393.212	J지점
39	-5210.725	-1029.867	-12149.540	-7280.846	4001.330	-11337.150	68.573	-68.573	538.177	-393.576	I지점
39	-4374.079	-935.120	-10634.250	-6409.354	4266.431	-10790.070	45.128	-45.128	526.061	-385.206	1/4지점
39	-3568.902	-869.732	-9164.882	-5564.190	4555.456	-10304.860	26.733	-26.733	513.945	-376.837	2/4지점
39	-2793.387	-827.824	-7741.435	-4745.355	4871.710	-9887.692	13.378	-13.378	501.829	-368.467	3/4지점
39	-2045.727	-803.516	-6363.908	-3952.848	5263.353	-9544.873	5.052	-5.052	489.713	-360.098	J지점
40	-2039.800	-804.205	-6356.064	-3948.492	5280.888	-9550.288	12.598	-12.598	490.370	-360.413	I지점
40	-1408.890	-782.049	-5156.070	-3201.823	5694.804	-9258.290	10.104	-10.104	478.875	-352.435	1/4지점
40	-803.063	-759.893	-4001.930	-2481.488	6155.453	-9032.713	26.366	-26.366	467.381	-344.458	2/4지점
40	-221.351	-737.737	-2893.565	-1787.487	6623.808	-8841.241	37.628	-37.628	455.886	-336.481	3/4지점
40	337.215	-715.581	-1830.902	-1119.819	7073.003	-8651.938	43.899	-43.899	444.392	-328.503	J지점
41	343.117	-716.085	-1822.633	-1114.592	7091.565	-8658.671	39.757	-39.757	444.947	-328.761	I지점
41	892.609	-698.017	-766.613	-472.018	7548.445	-8470.041	54.231	-54.231	434.409	-321.328	1/4지점
41	1420.464	-679.948	243.770	144.216	7983.941	-8281.405	63.733	-63.733	423.870	-313.895	2/4지점
41	1927.227	-661.880	1208.515	734.108	8381.546	-7985.405	68.274	-68.274	413.332	-306.462	3/4지점
41	2413.446	-643.812	2127.623	1297.659	8735.201	-7799.332	67.863	-67.863	402.793	-299.029	J지점
42	2419.483	-644.235	2136.697	1303.190	8739.773	-7803.769	64.302	-64.302	403.256	-299.215	I지점
42	2889.689	-628.227	3033.349	1842.701	9120.444	-7622.358	75.439	-75.439	393.361	-292.158	1/4지점
42	3339.981	-612.220	3884.464	2355.885	9465.581	-7322.014	81.649	-81.649	383.465	-285.101	2/4지점
42	3770.434	-596.213	4690.116	2842.740	9771.774	-7143.506	82.942	-82.942	373.569	-278.044	3/4지점
42	4181.121	-580.205	5450.383	3303.268	10034.450	-6965.003	79.328	-79.328	363.674	-270.988	J지점
43	4186.828	-580.526	5459.349	3308.670	10038.320	-6967.623	76.396	-76.396	364.066	-271.112	I지점
43	4577.724	-565.526	6189.974	3749.690	10331.040	-6561.631	84.429	-84.429	354.803	-264.351	1/4지점
43	4948.185	-550.525	6875.431	4164.377	10587.000	-6394.552	87.576	-87.576	345.540	-257.589	2/4지점
43	5297.469	-535.524	7515.872	4552.729	10803.660	-6227.471	85.847	-85.847	336.277	-250.827	3/4지점
43	5624.837	-520.524	8111.451	4914.748	10976.340	-6060.369	79.253	-79.253	327.014	-244.066	J지점
44	5629.445	-520.717	8118.975	4919.276	10979.120	-6061.307	77.101	-77.101	327.326	-244.126	I지점
44	5930.751	-506.255	8679.066	5259.064	11177.620	-5897.294	83.482	-83.482	318.402	-237.513	1/4지점
44	6209.403	-491.794	9194.450	5572.521	11337.230	-5733.229	85.022	-85.022	309.479	-230.900	2/4지점
44	6465.400	-477.332	9665.128	5859.646	11457.610	-5569.206	81.728	-81.728	300.555	-224.286	3/4지점
44	6698.743	-462.870	10091.100	6120.439	11534.540	-5405.119	73.613	-73.613	291.631	-217.673	J지점
45	6701.802	-462.938	10096.360	6123.570	11535.940	-5404.525	72.314	-72.314	291.862	-217.672	I지점
45	6905.976	-448.681	10482.230	6358.428	11634.830	-5240.981	78.450	-78.450	282.993	-211.084	1/4지점
45	7086.948	-434.423	10823.540	6566.954	11693.960	-5077.398	79.787	-79.787	274.125	-204.496	2/4지점
45	7244.171	-420.166	11120.460	6749.148	11713.020	-4913.869	76.335	-76.335	265.256	-197.907	3/4지점
45	7377.098	-405.909	11373.120	6905.011	11691.000	-4750.423	68.105	-68.105	256.387	-191.319	J지점
46	7378.389	-405.860	11375.710	6906.436	11690.860	-4748.431	67.692	-67.692	256.544	-191.262	I지점
46	7481.747	-391.783	11591.300	7036.569	11689.350	-4585.093	73.819	-73.819	247.707	-184.683	1/4지점
46	7560.257	-377.706	11762.780	7140.368	11645.040	-4421.728	75.189	-75.189	238.869	-178.103	2/4지점
46	7613.920	-363.629	11890.160	7217.830	11560.840	-4258.354	71.813	-71.813	230.031	-171.523	3/4지점
46	7642.736	-349.551	11973.440	7268.957	11436.290	-4094.962	63.699	-63.699	221.193	-164.943	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	7642.137	-349.401	11973.110	7268.510	11434.630	-4091.761	64.172	-64.172	221.285	-164.838	I지점
47	7641.237	-335.453	12019.200	7293.594	11331.770	-3928.624	70.287	-70.287	212.445	-158.263	1/4지점
47	7615.495	-321.504	12021.200	7292.348	11183.710	-3765.411	71.689	-71.689	203.605	-151.688	2/4지점
47	7564.910	-307.556	11979.100	7264.770	10994.060	-3602.197	68.390	-68.390	194.765	-145.112	3/4지점
47	7489.481	-293.607	11892.910	7210.861	10765.070	-3438.984	60.398	-60.398	185.925	-138.537	J지점
48	7486.931	-293.364	11889.530	7208.453	10761.910	-3434.652	61.770	-61.770	185.960	-138.387	I지점
48	7381.854	-279.494	11766.410	7128.229	10556.760	-3270.939	68.108	-68.108	177.112	-131.794	1/4지점
48	7251.931	-265.624	11599.190	7021.671	10305.170	-3107.283	69.777	-69.777	168.264	-125.201	2/4지점
48	7097.161	-251.754	11387.870	6888.778	10008.730	-2943.567	66.789	-66.789	159.415	-118.608	3/4지점
48	6917.545	-237.883	11132.440	6729.551	9673.094	-2779.832	59.153	-59.153	150.567	-112.015	J지점
49	6913.264	-237.573	11126.300	6725.395	9668.818	-2774.710	61.353	-61.353	150.555	-111.834	I지점
49	6705.089	-223.835	10835.530	6540.048	9358.727	-2610.650	68.069	-68.069	141.700	-105.233	1/4지점
49	6472.615	-210.096	10500.500	6328.367	9003.638	-2446.729	70.161	-70.161	132.844	-98.632	2/4지점
49	6216.388	-196.358	10121.070	6090.350	8600.781	-2282.878	67.640	-67.640	123.989	-92.031	3/4지점
49	5936.956	-182.619	9697.076	5825.997	8157.485	-2118.982	60.516	-60.516	115.134	-85.430	J지점
50	5930.980	-182.245	9688.205	5820.180	8152.200	-2113.052	63.562	-63.562	115.083	-85.216	I지점
50	5623.369	-168.585	9225.841	5528.109	7736.246	-1947.928	71.004	-71.004	106.195	-78.561	1/4지점
50	5293.100	-154.925	8718.766	5209.703	7274.242	-1782.605	73.869	-73.869	97.306	-71.905	2/4지점
50	4940.174	-141.265	8166.979	4864.962	6764.530	-1617.297	72.166	-72.166	88.418	-65.250	3/4지점
50	4564.592	-127.605	7570.479	4493.886	6210.061	-1451.990	65.907	-65.907	79.530	-58.594	J지점
51	4558.102	-127.232	7560.626	4487.840	6204.791	-1446.265	69.315	-69.315	79.464	-58.388	I지점
51	4230.537	-116.026	7046.348	4172.984	5783.680	-1314.409	73.743	-73.743	72.360	-53.075	1/4지점
51	3888.998	-104.820	6503.310	3841.275	5332.018	-1182.665	75.268	-75.268	65.256	-47.762	2/4지점
51	3534.011	-93.613	5931.368	3492.715	4848.275	-1050.815	73.897	-73.897	58.152	-42.449	3/4지점
51	3166.101	-82.407	5330.375	3127.302	4334.017	-918.929	69.637	-69.637	51.048	-37.136	J지점
52	3159.601	-82.053	5320.426	3121.509	4329.484	-913.771	74.239	-74.239	50.982	-36.949	I지점
52	2765.668	-70.502	4680.970	2740.717	3831.401	-782.814	78.639	-78.639	43.895	-31.667	1/4지점
52	2359.339	-58.951	4012.321	2343.076	3299.443	-651.876	80.399	-80.399	36.808	-26.386	2/4지점
52	1940.614	-47.399	3314.480	1928.586	2732.911	-521.004	79.522	-79.522	29.721	-21.104	3/4지점
52	1509.493	-35.848	2587.446	1497.246	2131.695	-390.055	76.015	-76.015	22.634	-15.822	J지점
53	1504.364	-35.584	2579.549	1492.472	2128.318	-385.852	83.764	-83.764	22.620	-15.670	I지점
53	1140.766	-26.702	1975.110	1136.581	1642.260	-289.600	63.685	-63.685	16.955	-11.765	1/4지점
53	768.962	-17.820	1349.706	769.421	1127.006	-193.365	41.858	-41.858	11.290	-7.861	2/4지점
53	389.032	-8.938	692.602	390.992	580.289	-97.155	18.285	-18.285	5.625	-3.956	3/4지점
A2 53	1.060	-0.056	1.608	1.295	6.106	-2.885	7.029	-7.029	0.081	-0.051	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	
54	-0.237	0.016	-0.373	-0.096	0.074	-0.246	1.240	-1.240	0.004	-0.006	I지점
54	407.153	-10.063	728.388	415.112	655.308	-123.017	45.619	-45.619	6.196	-4.770	1/4지점
54	806.108	-20.142	1421.605	818.502	1281.717	-246.115	90.634	-90.634	12.388	-9.542	2/4지점
54	1196.543	-30.221	2082.103	1210.074	1880.522	-369.184	133.802	-133.802	18.581	-14.315	3/4지점
54	1578.369	-40.301	2720.990	1589.828	2453.084	-492.215	175.120	-175.120	24.773	-19.087	J지점
55	1578.112	-40.282	2720.594	1589.709	2452.849	-492.145	173.792	-173.792	24.776	-19.083	I지점
55	2012.031	-51.854	3452.457	2022.963	3072.828	-624.741	178.787	-178.787	31.981	-24.382	1/4지점
55	2433.555	-63.427	4155.130	2439.368	3660.075	-757.372	181.134	-181.134	39.185	-29.681	2/4지점
55	2842.685	-74.999	4828.614	2838.926	4215.208	-889.999	180.828	-180.828	46.389	-34.980	3/4지점
55	3239.419	-86.572	5472.907	3221.635	4738.767	-1022.649	177.864	-177.864	53.594	-40.278	J지점
56	3239.177	-86.554	5472.534	3221.526	4738.633	-1022.600	176.666	-176.666	53.597	-40.275	I지점
56	3616.769	-98.228	6088.660	3587.044	5264.663	-1154.224	175.993	-175.993	60.787	-45.544	1/4지점
56	3981.441	-109.902	6675.743	3935.715	5762.796	-1285.916	172.650	-172.650	67.976	-50.812	2/4지점
56	4332.669	-121.576	7233.927	4267.537	6231.900	-1417.533	166.632	-166.632	75.166	-56.081	3/4지점
56	4669.926	-133.250	7763.361	4582.511	6672.623	-1549.171	157.934	-157.934	82.356	-61.350	J지점
57	4669.694	-133.234	7763.004	4582.412	6672.516	-1549.131	156.860	-156.860	82.360	-61.347	I지점
57	5062.705	-147.961	8385.824	4952.733	7238.850	-1714.689	158.751	-158.751	91.358	-67.958	1/4지점
57	5433.068	-162.689	8963.950	5296.730	7764.460	-1880.243	156.436	-156.436	100.357	-74.569	2/4지점
57	5780.783	-177.417	9497.382	5614.403	8245.984	-2045.758	149.903	-149.903	109.356	-81.180	3/4지점
57	6105.850	-192.145	9986.119	5905.751	8685.206	-2211.306	139.141	-139.141	118.355	-87.791	J지점
58	6105.627	-192.128	9985.778	5905.657	8685.071	-2211.259	138.260	-138.260	118.359	-87.788	I지점
58	6398.877	-206.855	10430.170	6171.255	9140.694	-2378.259	142.085	-142.085	127.381	-94.441	1/4지점
58	6668.931	-221.582	10830.010	6410.529	9561.752	-2545.264	141.660	-141.660	136.403	-101.094	2/4지점
58	6915.243	-236.309	11185.470	6623.479	9938.175	-2712.200	136.975	-136.975	145.426	-107.747	3/4지점
58	7137.265	-251.035	11496.690	6810.104	10273.580	-2879.003	128.017	-128.017	154.448	-114.400	J지점
59	7137.058	-251.019	11496.380	6810.018	10273.450	-2878.959	127.380	-127.380	154.452	-114.397	I지점
59	7325.611	-265.765	11764.350	6970.800	10618.210	-3046.587	131.276	-131.276	163.495	-121.072	1/4지점
59	7489.327	-280.511	11988.240	7105.259	10930.260	-3214.231	130.879	-130.879	172.538	-127.746	2/4지점
59	7628.206	-295.257	12168.050	7213.393	11200.610	-3382.153	126.178	-126.178	181.581	-134.421	3/4지점
59	7742.248	-310.003	12303.770	7295.203	11429.160	-3549.833	117.162	-117.162	190.624	-141.096	J지점
60	7742.061	-309.988	12303.480	7295.129	11429.050	-3549.799	116.786	-116.786	190.628	-141.093	I지점
60	7823.640	-324.846	12397.600	7351.599	11665.190	-3718.513	121.476	-121.476	199.713	-147.807	1/4지점
60	7880.374	-339.705	12447.620	7381.733	11867.370	-3887.261	121.828	-121.828	208.799	-154.521	2/4지점
60	7912.260	-354.563	12453.530	7385.534	12033.340	-4055.945	117.833	-117.833	217.884	-161.236	3/4지점
60	7919.301	-369.421	12415.350	7363.000	12157.710	-4224.646	109.480	-109.480	226.969	-167.950	J지점
61	7919.180	-369.412	12415.150	7362.972	12157.730	-4224.685	109.319	-109.319	226.974	-167.950	I지점
61	7893.832	-384.435	12335.360	7315.074	12286.600	-4394.591	114.912	-114.912	236.121	-174.713	1/4지점
61	7843.592	-399.457	12211.390	7240.794	12380.220	-4564.542	116.118	-116.118	245.268	-181.477	2/4지점
61	7768.460	-414.479	12043.230	7140.131	12439.880	-4734.458	112.925	-112.925	254.416	-188.240	3/4지점
61	7668.437	-429.502	11830.890	7013.085	12460.800	-4904.424	105.324	-105.324	263.563	-195.004	J지점
62	7668.461	-429.512	11830.890	7013.177	12461.070	-4904.733	104.923	-104.923	263.569	-195.012	I지점
62	7533.930	-444.662	11573.290	6859.629	12483.550	-5076.038	108.833	-108.833	272.782	-201.830	1/4지점
62	7374.963	-459.811	11271.190	6679.598	12469.190	-5247.316	108.295	-108.295	281.996	-208.647	2/4지점
62	7192.110	-474.961	10924.430	6473.083	12420.270	-5418.614	103.300	-103.300	291.210	-215.464	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	6985.923	-490.111	10532.860	6240.087	12336.940	-5589.909	93.836	-93.836	300.424	-222.282	J지점
63	6986.007	-490.132	10532.930	6240.195	12337.070	-5590.383	93.010	-93.010	300.427	-222.295	I지점
63	6745.658	-505.334	10092.880	5979.597	12254.410	-5762.577	95.497	-95.497	309.680	-229.147	1/4지점
63	6482.445	-520.536	9607.706	5692.425	12132.300	-5934.767	93.478	-93.478	318.933	-235.999	2/4지점
63	6196.370	-535.738	9077.415	5378.678	11976.340	-6106.909	86.943	-86.943	328.185	-242.851	3/4지점
63	5887.430	-550.940	8502.006	5038.356	11786.960	-6279.082	75.880	-75.880	337.438	-249.702	J지점
64	5887.496	-550.967	8502.036	5038.384	11786.520	-6279.710	74.252	-74.252	337.433	-249.720	I지점
64	5542.770	-566.067	7875.299	4669.165	11594.410	-6452.600	74.988	-74.988	346.653	-256.585	1/4지점
64	5175.850	-581.166	7203.129	4273.277	11361.610	-6625.502	71.160	-71.160	355.873	-263.449	2/4지점
64	4787.484	-596.265	6485.372	3850.720	11095.090	-6798.458	62.756	-62.756	365.092	-270.314	3/4지점
64	4378.422	-611.365	5721.872	3401.495	10797.410	-6971.388	49.766	-49.766	374.312	-277.178	J지점
65	4378.383	-611.380	5721.760	3401.374	10795.870	-6971.880	47.460	-47.460	374.290	-277.190	I지점
65	3935.890	-626.203	4906.005	2922.473	10494.080	-7145.361	45.373	-45.373	383.387	-284.027	1/4지점
65	3473.309	-641.026	4044.124	2416.814	10151.880	-7318.914	38.662	-38.662	392.485	-290.864	2/4지점
65	2990.566	-655.848	3136.040	1884.399	9776.110	-7492.448	29.009	-29.009	401.582	-297.702	3/4지점
65	2487.583	-670.671	2181.676	1325.227	9370.949	-7665.980	14.581	-14.581	410.680	-304.539	J지점
66	2487.413	-670.660	2181.437	1324.913	9367.924	-7666.117	12.589	-12.589	410.626	-304.535	I지점
66	1950.211	-684.634	1174.969	736.088	8958.796	-7839.797	10.304	-10.304	419.464	-311.230	1/4지점
66	1392.063	-698.608	121.971	120.407	8509.175	-8299.216	3.001	-3.001	428.301	-317.926	2/4지점
66	812.411	-712.582	-977.557	-522.131	8026.859	-8479.514	15.444	-15.444	437.138	-324.621	3/4지점
66	210.698	-726.556	-2123.616	-1191.525	7515.827	-8800.245	32.739	-32.739	445.976	-331.316	J지점
67	210.476	-726.506	-2123.767	-1191.989	7510.893	-8799.556	36.447	-36.447	445.876	-331.285	I지점
67	-426.158	-738.649	-3316.611	-1888.783	6999.575	-8990.250	39.372	-39.372	454.151	-337.683	1/4지점
67	-1086.471	-750.791	-4556.207	-2612.516	6469.889	-9202.023	47.895	-47.895	462.426	-344.081	2/4지점
67	-1771.453	-762.933	-5842.632	-3363.188	5974.450	-9484.305	64.812	-64.812	470.700	-350.479	3/4지점
67	-2482.096	-775.076	-7175.964	-4140.800	5533.926	-9984.497	86.826	-86.826	478.975	-356.878	J지점
68	-2482.353	-774.933	-7175.794	-4141.175	5529.127	-9984.632	90.093	-90.093	478.817	-356.807	I지점
68	-3213.627	-795.137	-8529.336	-4935.116	5188.626	-10334.130	100.354	-100.354	485.864	-362.539	1/4지점
68	-3973.509	-833.417	-9930.042	-5756.098	4876.796	-10883.170	115.751	-115.751	492.911	-368.270	2/4지점
68	-4763.856	-895.812	-11377.910	-6604.121	4591.678	-11497.560	136.295	-136.295	499.957	-374.001	3/4지점
68	-5586.524	-988.362	-12872.940	-7479.185	4333.432	-12171.760	161.995	-161.995	507.004	-379.733	J지점
69	-5586.823	-988.010	-12872.210	-7479.313	4329.444	-12172.700	165.773	-165.773	506.803	-379.626	I지점
69	-6420.521	-1117.732	-14347.920	-8338.036	4123.180	-12914.760	205.258	-205.258	509.798	-383.017	1/4지점
69	-7290.579	-1286.202	-15870.480	-9223.890	3940.591	-13703.840	249.938	-249.938	512.794	-386.408	2/4지점
69	-8199.068	-1495.855	-17439.410	-10136.870	3759.763	-14539.980	299.822	-299.822	515.790	-389.799	3/4지점
69	-9148.060	-1749.127	-19054.250	-11076.990	3585.488	-15426.710	354.921	-354.921	518.786	-393.190	J지점
70	-9148.547	-1748.494	-19053.250	-11077.020	3582.042	-15426.160	357.993	-357.993	518.635	-393.096	I지점
70	-10068.210	-2041.476	-20551.290	-11953.470	3422.507	-16389.880	498.708	-498.708	512.811	-391.243	1/4지점
70	-11030.810	-2382.425	-22094.890	-12857.130	3363.833	-17413.810	644.674	-644.674	506.987	-389.390	2/4지점
70	-12036.590	-2773.119	-23684.070	-13788.000	3342.853	-18506.610	821.419	-821.419	501.163	-387.537	3/4지점
70	-13085.790	-3215.334	-25318.810	-14746.080	3357.896	-19666.870	1021.595	-1021.595	495.339	-385.684	J지점
71	-13225.450	-3195.064	-25513.660	-14801.000	3340.434	-19706.730	1218.094	-1218.094	488.319	-377.887	I지점
71	-12520.320	-2754.850	-24329.990	-14129.660	3250.665	-18727.680	994.800	-994.800	491.002	-375.299	1/4지점
71	-11842.950	-2348.124	-23175.500	-13475.750	3172.264	-17837.840	774.679	-774.679	493.686	-372.712	2/4지점
71	-11193.140	-1974.245	-22050.190	-12839.260	3106.537	-16908.560	573.166	-573.166	496.369	-370.124	3/4지점
71	-10570.700	-1632.574	-20954.050	-12220.190	3054.586	-16051.770	431.028	-431.028	499.052	-367.536	J지점
72	-10572.890	-1631.762	-20955.970	-12220.660	3053.326	-16047.570	425.941	-425.941	499.367	-367.702	I지점
72	-9773.117	-1237.731	-19503.800	-11380.660	3012.477	-15032.210	349.745	-349.745	493.669	-358.773	1/4지점

< 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	
72	-9013.423	-891.125	-18097.520	-10567.870	3026.540	-14066.330	278.833	-278.833	487.971	-349.844	2/4지점
72	-8291.450	-590.054	-16737.450	-9782.301	3043.369	-13148.170	213.205	-213.205	482.273	-340.915	3/4지점
72	-7604.841	-332.631	-15423.900	-9023.949	3062.352	-12275.740	152.861	-152.861	476.576	-331.986	J지점
73	-7606.521	-331.684	-15424.630	-9023.733	3063.146	-12269.120	146.647	-146.647	477.014	-332.213	I지점
73	-6941.056	-112.836	-14083.220	-8243.418	3118.764	-11446.330	118.494	-118.494	465.809	-319.897	1/4지점
73	-6306.767	66.145	-12788.710	-7490.317	3188.031	-10668.100	95.625	-95.625	454.604	-307.581	2/4지점
73	-5701.829	207.148	-11541.210	-6764.429	3267.300	-9932.810	78.039	-78.039	443.399	-295.264	3/4지점
73	-5124.417	312.059	-10340.770	-6065.756	3351.844	-9239.813	65.737	-65.737	432.193	-282.948	J지점
74	-5124.909	312.873	-10340.250	-6064.470	3353.771	-9232.910	60.014	-60.014	432.628	-283.165	I지점
74	-4580.835	389.669	-9144.518	-5377.076	3460.848	-8576.884	43.474	-43.474	419.833	-269.825	1/4지점
74	-4061.807	437.773	-7995.954	-4716.907	3575.494	-7965.086	32.220	-32.220	407.039	-256.484	2/4지점
74	-3567.161	462.709	-6894.557	-4083.962	3699.141	-7397.372	26.251	-26.251	394.244	-243.144	3/4지점
74	-3096.234	470.002	-5840.329	-3478.242	3828.471	-6873.754	25.568	-25.568	381.450	-229.803	J지점
75	-3095.966	470.512	-5838.757	-3476.388	3831.979	-6868.520	20.864	-20.864	381.799	-229.970	I지점
75	-2643.457	476.663	-4823.134	-2892.818	3997.282	-6388.724	12.222	-12.222	368.479	-216.284	1/4지점
75	-2213.880	482.815	-3854.655	-2336.458	4172.515	-5955.669	14.720	-14.720	355.159	-202.598	2/4지점
75	-1807.124	488.966	-2933.320	-1807.308	4358.400	-5569.075	12.262	-12.262	341.840	-188.912	3/4지점
75	-1423.078	495.118	-2059.127	-1305.369	4548.875	-5228.544	4.850	-4.850	328.520	-175.225	J지점
76	-1422.542	495.476	-2056.780	-1303.247	4554.621	-5226.064	10.654	-10.654	328.800	-175.352	I지점
76	-1065.318	498.687	-1226.276	-827.481	4778.038	-4930.628	17.380	-17.380	315.059	-164.163	1/4지점
76	-729.707	501.898	-442.932	-378.934	5007.106	-4680.672	19.150	-19.150	301.319	-159.159	2/4지점
76	-414.713	505.108	293.253	42.393	5242.754	-4479.397	16.464	-16.464	287.579	-154.155	3/4지점
76	-119.342	508.319	982.279	436.500	5597.766	-4460.302	10.619	-10.619	273.839	-149.151	J지점
77	-118.691	508.629	984.700	438.506	5607.581	-4464.456	13.425	-13.425	274.047	-149.201	I지점
77	149.577	510.043	1624.288	804.665	5979.458	-4474.981	22.262	-22.262	260.155	-144.128	1/4지점
77	399.364	511.457	2216.711	1143.601	6318.625	-4485.260	25.813	-25.813	246.264	-139.055	2/4지점
77	630.820	512.870	2761.968	1455.313	6625.813	-4495.643	24.080	-24.080	232.372	-133.982	3/4지점
77	844.093	514.284	3260.058	1739.801	6895.788	-4506.327	17.061	-17.061	218.481	-128.909	J지점
78	844.710	514.522	3262.169	1741.442	6903.284	-4509.088	18.899	-18.899	218.632	-128.926	I지점
78	1030.540	515.147	3709.587	1997.299	7169.179	-4517.197	26.588	-26.588	204.652	-123.827	1/4지점
78	1198.346	515.772	4109.863	2225.946	7401.360	-4525.106	28.994	-28.994	190.671	-118.727	2/4지점
78	1348.129	516.397	4462.997	2427.382	7600.392	-4532.966	26.117	-26.117	176.690	-113.628	3/4지점
78	1479.887	517.021	4768.988	2601.609	7761.830	-4540.635	17.958	-17.958	162.709	-108.528	J지점
79	1480.310	517.159	4770.361	2602.658	7766.514	-4542.525	18.815	-18.815	162.815	-108.516	I지점
79	1584.746	517.483	5026.508	2749.220	7926.920	-4549.504	26.022	-26.022	148.800	-103.408	1/4지점
79	1671.151	517.806	5235.491	2868.560	8052.837	-4556.263	27.944	-27.944	134.784	-98.300	2/4지점
79	1739.524	518.129	5397.311	2960.677	8144.737	-4562.916	24.581	-24.581	120.769	-93.192	3/4지점
79	1789.865	518.453	5511.967	3025.573	8199.479	-4569.885	15.933	-15.933	106.754	-88.084	J지점
80	1789.993	518.479	5512.349	3025.856	8201.090	-4570.644	15.835	-15.835	106.826	-88.048	I지점
80	1813.039	518.669	5577.433	3063.502	8256.466	-4577.059	22.896	-22.896	92.804	-82.939	1/4지점
80	1818.057	518.860	5595.362	3073.930	8276.001	-4583.294	24.673	-24.673	78.782	-77.829	2/4지점
80	1805.046	519.050	5566.135	3057.140	8261.342	-4589.971	21.165	-21.165	89.595	-81.635	3/4지점
80	1774.006	519.241	5489.752	3013.133	8210.742	-4596.365	12.374	-12.374	103.575	-86.702	J지점
81	1773.815	519.154	5489.086	3012.604	8209.237	-4595.998	11.353	-11.353	103.487	-86.724	I지점
81	1715.439	519.199	5362.988	2941.331	8159.156	-4602.196	18.270	-18.270	117.459	-91.788	1/4지점
81	1639.034	519.244	5189.734	2842.842	8072.007	-4608.086	19.903	-19.903	131.430	-96.852	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	1544.600	519.289	4969.326	2717.134	7950.896	-4614.346	16.252	-16.252	145.401	-101.916	3/4지점
81	1432.138	519.334	4701.762	2564.210	7795.141	-4620.395	15.949	-15.949	159.373	-106.979	J지점
82	1431.675	519.138	4700.164	2562.915	7790.675	-4618.851	19.737	-19.737	159.254	-106.977	I지점
82	1291.951	518.916	4382.930	2382.334	7634.184	-4624.186	13.780	-13.780	173.197	-112.035	1/4지점
82	1134.196	518.695	4018.533	2174.532	7440.163	-4629.522	13.031	-13.031	187.139	-117.093	2/4지점
82	958.410	518.473	3606.974	1939.508	7212.891	-4634.836	16.735	-16.735	201.082	-122.152	3/4지점
82	764.592	518.251	3148.252	1677.263	6951.885	-4640.189	25.649	-25.649	215.025	-127.210	J지점
83	763.942	517.948	3145.906	1675.321	6944.468	-4637.541	30.525	-30.525	214.859	-127.178	I지점
83	542.716	516.907	2636.343	1384.500	6679.288	-4640.653	25.389	-25.389	228.688	-132.195	1/4지점
83	303.311	515.865	2079.621	1066.460	6376.917	-4643.618	25.210	-25.210	242.518	-137.212	2/4지점
83	45.577	514.823	1475.740	721.200	6042.528	-4646.499	29.988	-29.988	256.347	-142.229	3/4지점
83	-230.635	513.782	824.699	348.720	5675.437	-4649.221	39.723	-39.723	270.177	-147.246	J지점
84	-231.271	513.412	822.154	346.420	5665.811	-4645.563	45.251	-45.251	269.958	-147.183	I지점
84	-534.409	510.603	121.740	-53.904	5299.514	-4653.789	40.989	-40.989	283.603	-152.111	1/4지점
84	-857.163	507.794	-625.818	-481.440	5049.082	-4850.505	41.683	-41.683	297.248	-157.039	2/4지점
84	-1200.528	504.985	-1420.521	-936.186	4812.447	-5099.124	47.331	-47.331	310.894	-161.967	3/4지점
84	-1565.498	502.176	-2262.367	-1418.144	4580.585	-5392.902	57.935	-57.935	324.539	-172.955	J지점
85	-1565.966	501.768	-2264.697	-1420.584	4574.756	-5395.124	63.831	-63.831	324.257	-172.849	I지점
85	-1957.682	495.970	-3150.721	-1929.300	4374.042	-5734.597	61.939	-61.939	337.413	-186.530	1/4지점
85	-2372.123	490.171	-4083.919	-2465.244	4177.511	-6119.490	65.004	-65.004	350.569	-200.211	2/4지점
85	-2809.399	484.373	-5064.290	-3028.417	3991.245	-6550.893	73.028	-73.028	363.724	-213.893	3/4지점
85	-3269.622	478.575	-6091.834	-3618.816	3814.897	-7082.614	86.011	-86.011	376.880	-227.574	J지점
86	-3269.787	477.986	-6093.378	-3621.122	3811.126	-7086.026	91.976	-91.976	376.518	-227.424	I지점
86	-3748.021	471.063	-7159.200	-4234.963	3671.334	-7576.976	91.754	-91.754	388.949	-240.655	1/4지점
86	-4249.968	446.501	-8272.179	-4876.023	3536.654	-8219.396	96.489	-96.489	401.380	-253.887	2/4지점
86	-4776.291	398.776	-9432.315	-5544.301	3411.205	-8795.556	106.181	-106.181	413.811	-267.118	3/4지점
86	-5327.655	322.364	-10639.610	-6239.799	3293.298	-9413.150	122.411	-122.411	426.241	-280.350	J지점
87	-5326.948	321.509	-10639.910	-6241.280	3291.288	-9417.239	126.672	-126.672	425.831	-280.165	I지점
87	-5917.668	217.619	-11851.760	-6953.825	3197.156	-10094.060	140.067	-140.067	436.237	-292.165	1/4지점
87	-6535.911	77.641	-13110.680	-7693.580	3106.539	-10832.040	158.744	-158.744	446.643	-304.164	2/4지점
87	-7183.502	-100.312	-14416.590	-8460.547	3025.827	-11612.360	182.704	-182.704	457.049	-316.164	3/4지점
87	-7862.266	-318.128	-15769.400	-9254.726	2951.418	-12436.820	211.947	-211.947	467.455	-328.163	J지점
88	-7859.979	-319.024	-15767.920	-9254.753	2950.612	-12442.630	216.657	-216.657	467.025	-327.936	I지점
88	-8582.028	-575.381	-17113.070	-10048.390	2913.593	-13327.230	265.805	-265.805	471.044	-336.222	1/4지점
88	-9339.445	-875.392	-18504.760	-10869.250	2881.328	-14256.850	320.238	-320.238	475.064	-344.508	2/4지점
88	-10134.590	-1220.945	-19942.660	-11717.330	2849.796	-15233.350	379.956	-379.956	479.084	-352.793	3/4지점
88	-10969.820	-1613.928	-21426.470	-12592.630	2852.298	-16259.430	444.959	-444.959	483.103	-361.079	J지점
89	-10966.350	-1614.761	-21422.810	-12591.210	2853.666	-16262.650	447.902	-447.902	482.862	-360.943	I지점
89	-11658.860	-1951.951	-22613.040	-13264.350	2879.424	-17142.060	564.276	-564.276	475.803	-361.452	1/4지점
89	-12378.730	-2321.339	-23832.430	-13954.900	2917.266	-18055.210	684.031	-684.031	468.743	-361.961	2/4지점
89	-13126.160	-2723.568	-25080.990	-14662.870	2970.183	-19005.550	807.168	-807.168	461.684	-362.470	3/4지점
89	-13901.340	-3159.276	-26358.730	-15388.260	3035.301	-19988.260	933.687	-933.687	454.625	-362.979	J지점
90	-13897.030	-3160.310	-26353.600	-15385.470	3037.844	-19987.470	932.067	-932.067	454.801	-363.074	I지점
90	-12781.030	-2723.040	-24676.710	-14383.820	3043.891	-18770.590	780.690	-780.690	465.615	-367.967	1/4지점
90	-11708.460	-2337.298	-23045.400	-13409.380	3083.133	-17620.560	634.586	-634.586	476.429	-372.861	2/4지점
90	-10679.080	-2001.309	-21459.670	-12462.160	3165.280	-16565.300	493.745	-493.745	487.243	-377.754	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	-9692.640	-1713.295	-19919.510	-11542.150	3336.025	-15581.000	358.156	-358.156	498.057	-382.648	J지점
91	-9686.293	-1714.519	-19911.470	-11537.680	3341.377	-15580.150	352.152	-352.152	498.632	-382.959	I지점
91	-8750.109	-1458.190	-18356.250	-10579.890	3509.728	-14686.200	304.176	-304.176	495.933	-379.903	1/4지점
91	-7854.568	-1245.630	-16847.090	-9649.315	3681.927	-13841.460	261.432	-261.432	493.234	-376.847	2/4지점
91	-6997.589	-1074.395	-15384.470	-8745.966	3852.342	-13041.660	223.911	-223.911	490.535	-373.790	3/4지점
91	-6177.096	-942.041	-13968.860	-7869.840	4051.323	-12418.310	191.602	-191.602	487.836	-370.734	J지점
92	-6170.239	-943.065	-13959.940	-7864.292	4058.652	-12416.320	184.941	-184.941	488.534	-371.096	I지점
92	-5336.980	-851.673	-12448.610	-6970.456	4303.339	-11714.970	158.331	-158.331	482.596	-366.093	1/4지점
92	-4536.248	-790.626	-10984.750	-6103.833	4572.628	-11069.260	136.909	-136.909	476.657	-361.090	2/4지점
92	-3766.175	-753.849	-9568.347	-5264.425	4867.135	-10483.350	120.667	-120.667	470.718	-356.087	3/4지점
92	-3024.893	-735.263	-8199.410	-4452.230	5183.030	-9963.340	109.592	-109.592	464.780	-351.084	J지점
93	-3019.333	-735.924	-8192.334	-4445.969	5193.488	-9963.614	103.223	-103.223	465.420	-351.391	I지점
93	-2242.190	-729.171	-6736.721	-3640.976	5610.989	-9415.672	78.880	-78.880	458.848	-345.988	1/4지점
93	-1490.976	-722.419	-5328.506	-2863.204	6085.410	-9079.919	59.685	-59.685	452.275	-340.585	2/4지점
93	-764.689	-715.667	-3967.611	-2112.653	6613.502	-8836.983	45.629	-45.629	445.702	-335.182	3/4지점
93	-62.327	-708.914	-2653.955	-1389.322	7163.992	-8519.813	36.702	-36.702	439.130	-329.778	J지점
94	-56.663	-709.402	-2646.155	-1382.559	7180.918	-8526.136	32.518	-32.518	439.674	-330.032	I지점
94	590.533	-698.492	-1419.183	-687.626	7734.909	-8365.251	15.157	-15.157	432.127	-324.074	1/4지점
94	1215.370	-687.581	-239.372	-19.914	8260.498	-8204.349	20.062	-20.062	424.581	-318.117	2/4지점
94	1818.411	-676.670	893.280	620.578	8753.794	-7766.205	23.667	-23.667	417.034	-312.159	3/4지점
94	2400.222	-665.759	1978.771	1233.850	9206.648	-7611.347	22.524	-22.524	409.488	-306.202	J지점
95	2406.125	-666.174	1987.616	1240.259	9221.112	-7615.496	28.220	-28.220	409.945	-306.386	I지점
95	2944.009	-653.174	3002.023	1823.744	9663.654	-7455.851	39.420	-39.420	401.748	-300.049	1/4지점
95	3461.312	-640.174	3969.363	2380.017	10077.360	-7296.158	45.897	-45.897	393.552	-293.712	2/4지점
95	3958.109	-627.175	4889.715	2909.080	10457.570	-7136.526	47.662	-47.662	385.356	-287.375	3/4지점
95	4434.478	-614.175	5763.159	3410.931	10797.440	-6976.902	44.726	-44.726	377.160	-281.038	J지점
96	4439.990	-614.485	5771.828	3416.735	10809.130	-6979.389	49.425	-49.425	377.540	-281.159	I지점
96	4877.101	-600.458	6582.746	3884.563	11133.880	-6814.171	58.266	-58.266	368.698	-274.520	1/4지점
96	5293.088	-586.431	7346.976	4325.170	11427.750	-6648.876	62.426	-62.426	359.856	-267.881	2/4지점
96	5687.188	-572.404	8064.676	4738.557	11687.770	-6483.552	61.916	-61.916	351.013	-261.242	3/4지점
96	6058.633	-558.377	8736.004	5124.725	11906.840	-6318.280	56.748	-56.748	342.171	-254.603	J지점
97	6063.087	-558.564	8743.287	5129.439	11915.010	-6319.174	60.291	-60.291	342.473	-254.662	I지점
97	6395.977	-543.989	9358.953	5484.203	12124.210	-6150.931	67.830	-67.830	333.286	-247.872	1/4지점
97	6705.448	-529.414	9928.403	5811.747	12300.110	-5982.631	70.732	-70.732	324.099	-241.083	2/4지점
97	6991.500	-514.839	10451.640	6112.070	12441.940	-5814.268	69.008	-69.008	314.911	-234.293	3/4지점
97	7254.133	-500.264	10928.660	6385.172	12543.790	-5645.941	62.670	-62.670	305.724	-227.503	J지점
98	7257.136	-500.330	10933.840	6388.403	12548.040	-5645.336	64.948	-64.948	305.950	-227.502	I지점
98	7483.919	-485.549	11359.970	6633.859	12647.900	-5476.474	72.428	-72.428	296.708	-220.688	1/4지점
98	7686.722	-470.768	11740.050	6852.099	12713.270	-5307.606	75.317	-75.317	287.466	-213.874	2/4지점
98	7864.978	-455.987	12074.230	7043.123	12744.080	-5138.778	73.625	-73.625	278.223	-207.060	3/4지점
98	8018.122	-441.205	12362.690	7206.932	12737.440	-4969.916	67.364	-67.364	268.981	-200.246	J지점
99	8019.371	-441.159	12365.210	7208.331	12737.290	-4967.960	68.301	-68.301	269.132	-200.190	I지점
99	8133.005	-426.192	12600.940	7344.336	12727.650	-4798.888	76.037	-76.037	259.857	-193.366	1/4지점
99	8220.954	-411.225	12791.080	7453.119	12678.850	-4629.796	79.223	-79.223	250.581	-186.541	2/4지점
99	8283.220	-396.257	12935.630	7534.679	12595.780	-4460.715	77.872	-77.872	241.305	-179.717	3/4지점
99	8319.800	-381.290	13034.590	7589.017	12477.370	-4291.644	71.994	-71.994	232.029	-172.892	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	8319.213	-381.143	13034.270	7588.453	12472.880	-4288.462	71.568	-71.568	232.117	-172.788	I지점
100	8316.214	-366.048	13080.600	7615.266	12353.070	-4119.289	79.365	-79.365	222.845	-165.961	1/4지점
100	8287.538	-350.954	13081.350	7614.864	12191.250	-3950.341	82.657	-82.657	213.574	-159.133	2/4지점
100	8233.187	-335.859	13036.520	7587.249	11992.560	-3781.180	81.457	-81.457	204.302	-152.306	3/4지점
100	8153.158	-320.764	12946.120	7532.419	11760.370	-3611.996	75.775	-75.775	195.031	-145.479	J지점
101	8150.736	-320.534	12942.920	7529.844	11751.740	-3607.821	74.004	-74.004	195.063	-145.334	I지점
101	8031.059	-305.358	12799.630	7447.772	11522.500	-3439.100	82.081	-82.081	185.798	-138.524	1/4지점
101	7885.703	-290.182	12610.770	7338.482	11249.650	-3270.210	85.701	-85.701	176.534	-131.714	2/4지점
101	7714.668	-275.005	12376.320	7201.976	10935.150	-3101.545	84.864	-84.864	167.269	-124.904	3/4지점
101	7517.953	-259.829	12096.290	7038.251	10587.550	-2932.830	79.594	-79.594	158.005	-118.094	J지점
102	7513.708	-259.522	12090.210	7033.596	10574.820	-2927.687	76.451	-76.451	157.990	-117.911	I지점
102	7276.417	-244.211	11755.620	6842.424	10231.670	-2759.199	85.270	-85.270	148.733	-111.109	1/4지점
102	7014.012	-228.900	11375.300	6624.034	9846.836	-2590.695	89.674	-89.674	139.475	-104.306	2/4지점
102	6727.057	-213.589	10949.080	6378.425	9416.599	-2422.342	89.673	-89.673	130.217	-97.504	3/4지점
102	6416.118	-198.278	10476.810	6105.596	8951.093	-2254.056	85.278	-85.278	120.959	-90.702	J지점
103	6410.420	-197.921	10468.370	6099.116	8935.076	-2248.315	80.853	-80.853	120.909	-90.493	I지점
103	6062.656	-182.531	9943.494	5800.480	8482.099	-2081.521	91.108	-91.108	111.684	-83.747	1/4지점
103	5691.475	-167.140	9372.402	5474.625	7986.337	-1914.705	96.990	-96.990	102.460	-77.000	2/4지점
103	5296.876	-151.750	8755.098	5121.552	7445.672	-1747.787	98.511	-98.511	93.236	-70.253	3/4지점
103	4878.860	-136.359	8091.581	4741.261	6863.482	-1580.998	95.682	-95.682	84.011	-63.507	J지점
104	4872.573	-135.998	8082.168	4733.849	6846.720	-1575.390	90.352	-90.352	83.945	-63.300	I지점
104	4517.422	-123.970	7523.079	4409.084	6386.966	-1441.870	98.324	-98.324	76.560	-57.891	1/4지점
104	4147.830	-111.943	6934.268	4066.902	5898.738	-1308.385	103.525	-103.525	69.175	-52.483	2/4지점
104	3764.338	-99.915	6315.583	3707.303	5380.577	-1174.868	105.961	-105.961	61.790	-47.074	3/4지점
104	3367.490	-87.887	5666.873	3330.287	4834.131	-1041.607	105.636	-105.636	54.405	-41.666	J지점
105	3361.165	-87.540	5657.299	3322.952	4817.859	-1036.409	99.674	-99.674	54.337	-41.473	I지점
105	2950.132	-75.864	4987.931	2927.049	4271.664	-902.133	105.839	-105.839	46.935	-36.034	1/4지점
105	2526.284	-64.188	4288.387	2513.729	3693.698	-768.036	109.255	-109.255	39.533	-30.594	2/4지점
105	2089.623	-52.512	3558.666	2082.992	3082.568	-633.936	109.928	-109.928	32.131	-25.155	3/4지점
105	1640.148	-40.835	2798.769	1634.838	2439.575	-499.840	107.864	-107.864	24.729	-19.715	J지점
106	1635.013	-40.563	2791.035	1628.286	2424.989	-495.440	97.053	-97.053	24.710	-19.546	I지점
106	1239.301	-30.441	2135.250	1239.367	1862.241	-372.016	77.824	-77.824	18.525	-14.677	1/4지점
106	835.106	-20.320	1457.798	838.804	1272.862	-248.644	56.772	-56.772	12.340	-9.808	2/4지점
106	422.514	-10.199	747.587	426.595	654.509	-125.219	33.900	-33.900	6.155	-4.938	3/4지점
106	1.612	-0.077	2.353	2.741	7.442	-4.015	9.211	-9.211	0.085	-0.069	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	-486.190	11.427	-883.930	-493.427	130.287	-841.428	48.531	-48.531	4.991	-7.045	I지점
1	-476.195	11.427	-841.597	-479.351	136.127	-810.631	46.583	-46.583	4.991	-7.045	1/4지점
1	-466.098	11.427	-799.263	-465.275	146.174	-781.287	44.632	-44.632	4.991	-7.045	2/4지점
1	-455.897	11.427	-767.913	-451.199	161.222	-753.456	42.677	-42.677	4.991	-7.045	3/4지점
1	-445.593	11.427	-743.525	-437.123	178.173	-727.497	40.719	-40.719	4.991	-7.045	J지점
2	-441.392	11.888	-747.669	-441.808	161.725	-732.673	4.785	-4.785	5.390	-7.234	I지점
2	-429.027	11.888	-718.550	-425.001	180.018	-702.293	3.440	-3.440	5.390	-7.234	1/4지점
2	-416.662	11.888	-689.431	-408.194	199.454	-673.118	5.787	-5.787	5.390	-7.234	2/4지점
2	-404.297	11.888	-660.313	-391.387	219.573	-645.711	8.140	-8.140	5.390	-7.234	3/4지점
2	-391.933	11.888	-631.194	-374.580	239.828	-620.318	10.497	-10.497	5.390	-7.234	J지점
3	-383.787	11.787	-630.198	-374.922	187.893	-661.637	5.555	-5.555	5.420	-7.249	I지점
3	-371.160	11.787	-601.152	-358.115	205.357	-634.485	7.917	-7.917	5.420	-7.249	1/4지점
3	-358.010	11.787	-572.252	-341.309	224.179	-608.170	10.284	-10.284	5.420	-7.249	2/4지점
3	-344.336	11.787	-543.498	-324.502	243.834	-583.033	12.656	-12.656	5.420	-7.249	3/4지점
3	-330.138	11.787	-514.890	-307.695	263.834	-559.563	15.033	-15.033	5.420	-7.249	J지점
4	-321.959	11.679	-513.859	-307.455	200.276	-608.536	3.237	-3.237	5.399	-7.239	I지점
4	-303.885	11.679	-478.191	-286.447	221.096	-576.865	4.808	-4.808	5.399	-7.239	1/4지점
4	-285.810	11.679	-442.522	-265.438	244.026	-545.838	7.794	-7.794	5.399	-7.239	2/4지점
4	-267.736	11.679	-406.854	-244.430	268.369	-516.536	10.787	-10.787	5.399	-7.239	3/4지점
4	-249.662	11.679	-371.185	-223.422	293.310	-489.485	13.787	-13.787	5.399	-7.239	J지점
5	-242.119	11.680	-370.930	-222.963	223.568	-543.216	5.051	-5.051	5.366	-7.220	I지점
5	-223.826	11.680	-335.322	-201.955	244.906	-512.724	1.771	-1.771	5.366	-7.220	1/4지점
5	-205.096	11.680	-299.836	-180.947	268.364	-482.930	4.787	-4.787	5.366	-7.220	2/4지점
5	-185.930	11.680	-264.472	-159.938	293.226	-454.636	7.810	-7.810	5.366	-7.220	3/4지점
5	-166.327	11.680	-229.229	-138.930	318.701	-428.603	10.842	-10.842	5.366	-7.220	J지점
6	-158.501	11.664	-228.537	-138.546	254.568	-482.296	5.957	-5.957	5.349	-7.204	I지점
6	-138.680	11.664	-193.355	-117.537	276.652	-452.696	2.393	-2.393	5.349	-7.204	1/4지점
6	-118.859	11.664	-158.173	-96.529	300.857	-423.962	3.251	-3.251	5.349	-7.204	2/4지점
6	-99.037	11.664	-122.991	-75.521	326.497	-396.655	6.305	-6.305	5.349	-7.204	3/4지점
6	-79.216	11.664	-87.809	-54.512	352.787	-371.483	9.366	-9.366	5.349	-7.204	J지점
7	-70.624	11.585	-85.994	-53.777	292.562	-426.119	6.812	-6.812	5.319	-7.170	I지점
7	-50.803	11.585	-50.812	-32.769	315.430	-397.623	3.216	-3.216	5.319	-7.170	1/4지점
7	-30.982	11.585	-15.630	-11.761	340.427	-369.778	1.550	-1.550	5.319	-7.170	2/4지점
7	-11.160	11.585	19.553	9.247	366.845	-343.419	4.634	-4.634	5.319	-7.170	3/4지점
7	8.661	11.585	54.735	30.256	393.927	-319.223	7.725	-7.725	5.319	-7.170	J지점
8	17.283	11.478	56.533	31.000	335.547	-375.263	7.449	-7.449	5.288	-7.124	I지점
8	37.106	11.478	91.718	52.010	359.280	-347.712	3.819	-3.819	5.288	-7.124	1/4지점
8	56.928	11.478	126.903	73.020	385.124	-320.791	0.181	-0.181	5.288	-7.124	2/4지점
8	76.751	11.478	162.088	94.030	412.404	-295.289	3.465	-3.465	5.288	-7.124	3/4지점
8	96.574	11.478	197.273	115.040	440.394	-271.840	7.119	-7.119	5.288	-7.124	J지점
9	103.839	11.403	196.848	115.201	383.321	-330.415	7.461	-7.461	5.256	-7.085	I지점
9	123.447	11.403	232.101	136.215	407.868	-303.660	3.795	-3.795	5.256	-7.085	1/4지점
9	142.619	11.403	267.476	157.230	434.578	-277.581	0.122	-0.122	5.256	-7.085	2/4지점
9	161.354	11.403	302.973	178.244	462.766	-252.887	3.563	-3.563	5.256	-7.085	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	179.652	11.403	338.591	199.259	491.678	-230.292	7.253	-7.253	5.256	-7.085	J지점
10	185.811	11.385	336.419	198.763	434.893	-291.944	7.476	-7.476	5.239	-7.067	I지점
10	203.889	11.385	372.095	219.775	460.269	-265.895	3.773	-3.773	5.239	-7.067	1/4지점
10	221.967	11.385	407.771	240.788	487.857	-240.501	0.062	-0.062	5.239	-7.067	2/4지점
10	240.045	11.385	443.447	261.801	516.955	-216.461	3.657	-3.657	5.239	-7.067	3/4지점
10	258.123	11.385	479.123	282.813	546.749	-194.522	7.384	-7.384	5.239	-7.067	J지점
11	263.054	11.490	475.136	281.523	492.984	-257.328	6.632	-6.632	5.240	-7.106	I지점
11	280.843	11.490	510.884	302.543	519.198	-232.146	3.008	-3.008	5.240	-7.106	1/4지점
11	298.041	11.490	546.754	323.562	547.679	-207.463	0.859	-0.859	5.240	-7.106	2/4지점
11	314.648	11.490	582.746	344.582	577.726	-184.279	4.617	-4.617	5.240	-7.106	3/4지점
11	330.664	11.490	618.859	365.601	608.446	-163.129	8.383	-8.383	5.240	-7.106	J지점
12	335.483	11.732	614.948	363.898	557.010	-227.670	5.077	-5.077	5.271	-7.215	I지점
12	351.235	11.732	651.156	384.920	584.086	-203.299	1.788	-1.788	5.271	-7.215	1/4지점
12	367.046	11.732	687.424	405.941	613.389	-179.502	3.001	-3.001	5.271	-7.215	2/4지점
12	382.917	11.732	723.754	426.962	644.081	-157.171	6.798	-6.798	5.271	-7.215	3/4지점
12	398.847	11.732	760.144	447.984	675.273	-137.276	10.603	-10.603	5.271	-7.215	J지점
13	403.510	12.428	757.129	446.606	626.054	-201.757	5.253	-5.253	5.395	-7.435	I지점
13	419.686	12.428	793.547	467.626	654.013	-178.126	1.914	-1.914	5.395	-7.435	1/4지점
13	436.298	12.428	829.965	488.646	683.964	-155.456	4.820	-4.820	5.395	-7.435	2/4지점
13	453.347	12.428	866.383	509.666	715.090	-134.320	8.655	-8.655	5.395	-7.435	3/4지점
13	470.831	12.428	902.801	530.686	746.420	-115.788	12.499	-12.499	5.395	-7.435	J지점
14	476.770	13.894	904.145	531.166	705.162	-179.651	6.271	-6.271	5.639	-7.890	I지점
14	494.864	13.894	940.603	552.191	733.703	-157.340	4.188	-4.188	5.639	-7.890	1/4지점
14	513.731	13.894	977.121	573.216	763.901	-136.050	8.056	-8.056	5.639	-7.890	2/4지점
14	533.371	13.894	1013.700	594.241	794.847	-116.769	11.932	-11.932	5.639	-7.890	3/4지점
14	553.785	13.894	1050.340	615.266	825.801	-100.057	15.816	-15.816	5.639	-7.890	J지점
15	577.161	13.100	1073.589	624.896	793.258	-165.193	10.636	-10.636	6.175	-8.871	I지점
15	598.687	24.809	1110.267	645.926	821.980	-143.875	7.187	-7.187	6.175	-8.871	1/4지점
15	621.657	41.215	1146.944	666.955	851.909	-123.946	10.554	-10.554	6.175	-8.871	2/4지점
15	646.071	62.317	1183.622	687.984	882.472	-105.780	14.470	-14.470	6.175	-8.871	3/4지점
15	671.928	88.116	1220.300	709.014	913.228	-89.959	18.394	-18.394	6.175	-8.871	J지점
16	709.439	87.073	1274.675	744.399	940.508	-143.885	25.470	-25.470	8.026	-12.068	I지점
16	736.819	116.162	1311.167	765.427	969.784	-124.618	29.410	-29.410	8.026	-12.068	1/4지점
16	765.803	147.138	1347.295	786.454	1000.512	-106.359	33.358	-33.358	8.026	-12.068	2/4지점
16	796.393	180.002	1383.057	807.482	1032.268	-89.422	37.314	-37.314	8.026	-12.068	3/4지점
16	828.587	214.753	1418.455	828.510	1064.609	-78.361	41.278	-41.278	8.026	-12.068	J지점
17	902.956	220.030	1548.380	901.146	1202.173	-165.744	135.861	-135.861	12.147	-19.006	I지점
17	936.056	256.423	1583.606	922.181	1233.987	-154.869	139.427	-139.427	12.147	-19.006	1/4지점
17	969.343	294.189	1618.831	943.215	1267.432	-144.621	143.001	-143.001	12.147	-19.006	2/4지점
17	1002.815	333.328	1654.057	964.249	1302.062	-135.093	146.583	-146.583	12.147	-19.006	3/4지점
17	1036.474	373.841	1689.282	985.283	1337.345	-127.160	150.173	-150.173	12.147	-19.006	J지점
18	-868.128	-472.312	-1533.778	-905.159	192.102	-1357.053	217.767	-217.767	24.517	-19.275	I지점
18	-841.221	-439.660	-1505.596	-888.331	193.193	-1328.504	214.872	-214.872	24.517	-19.275	1/4지점
18	-814.504	-407.627	-1477.415	-871.503	201.402	-1300.053	211.978	-211.978	24.517	-19.275	2/4지점
18	-787.979	-376.211	-1449.234	-854.675	210.540	-1272.041	209.083	-209.083	24.517	-19.275	3/4지점
18	-761.645	-345.413	-1421.052	-837.847	220.465	-1244.840	206.188	-206.188	24.517	-19.275	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	-696.018	-336.647	-1324.333	-766.603	146.242	-1105.638	60.448	-60.448	17.408	-14.803	I지점
19	-664.134	-299.270	-1288.988	-745.571	155.450	-1072.348	56.423	-56.423	17.408	-14.803	1/4지점
19	-634.073	-263.352	-1253.400	-724.538	169.860	-1039.279	52.397	-52.397	17.408	-14.803	2/4지점
19	-605.834	-228.894	-1217.569	-703.506	188.441	-1007.077	48.372	-48.372	17.408	-14.803	3/4지점
19	-579.417	-195.894	-1181.494	-682.473	208.150	-976.417	44.625	-44.625	17.408	-14.803	J지점
20	-551.222	-193.397	-1122.842	-643.839	149.782	-929.240	23.255	-23.255	13.081	-12.142	I지점
20	-526.416	-161.848	-1086.606	-622.802	165.703	-897.091	19.222	-19.222	13.081	-12.142	1/4지점
20	-503.021	-131.759	-1050.310	-601.764	183.997	-865.116	15.188	-15.188	13.081	-12.142	2/4지점
20	-481.037	-103.130	-1013.953	-580.727	204.097	-834.001	11.154	-11.154	13.081	-12.142	3/4지점
20	-460.464	-75.959	-977.534	-559.689	225.353	-804.443	7.120	-7.120	13.081	-12.142	J지점
21	-452.247	-71.667	-944.457	-547.319	165.105	-823.729	14.558	-14.558	11.836	-11.341	I지점
21	-432.632	-47.357	-908.002	-526.278	182.058	-792.667	10.516	-10.516	11.836	-11.341	1/4지점
21	-413.531	-27.317	-871.547	-505.237	201.343	-761.810	6.474	-6.474	11.836	-11.341	2/4지점
21	-394.944	-11.546	-835.093	-484.196	222.454	-731.781	3.014	-3.014	11.836	-11.341	3/4지점
21	-376.870	-0.044	-798.638	-463.155	244.719	-703.300	6.707	-6.707	11.836	-11.341	J지점
22	-360.143	4.545	-791.778	-459.089	181.572	-742.140	11.948	-11.948	11.422	-11.068	I지점
22	-342.368	4.545	-755.323	-438.048	200.055	-711.266	7.898	-7.898	11.422	-11.068	1/4지점
22	-324.678	4.545	-718.868	-417.006	220.826	-680.717	3.849	-3.849	11.422	-11.068	2/4지점
22	-307.074	4.545	-682.412	-395.965	243.280	-651.273	2.767	-2.767	11.422	-11.068	3/4지점
22	-289.555	4.545	-645.957	-374.924	266.662	-623.636	6.484	-6.484	11.422	-11.068	J지점
23	-280.101	2.232	-643.395	-374.195	200.640	-670.419	10.128	-10.128	11.094	-10.900	I지점
23	-263.008	2.232	-606.937	-353.152	220.505	-639.636	6.072	-6.072	11.094	-10.900	1/4지점
23	-246.685	2.232	-570.480	-332.109	242.760	-609.220	2.015	-2.015	11.094	-10.900	2/4지점
23	-231.130	2.232	-534.022	-311.066	266.743	-579.981	2.876	-2.876	11.094	-10.900	3/4지점
23	-216.345	2.232	-497.564	-290.023	291.619	-552.725	6.614	-6.614	11.094	-10.900	J지점
24	-209.972	0.819	-499.434	-290.640	224.366	-606.705	9.436	-9.436	10.977	-10.856	I지점
24	-195.630	0.819	-462.978	-269.598	245.514	-576.014	5.373	-5.373	10.977	-10.856	1/4지점
24	-181.403	0.819	-426.521	-248.556	269.136	-545.742	1.310	-1.310	10.977	-10.856	2/4지점
24	-167.292	0.819	-390.065	-227.514	294.397	-516.848	2.916	-2.916	10.977	-10.856	3/4지점
24	-153.296	0.819	-353.609	-206.472	320.374	-490.185	6.815	-6.815	10.977	-10.856	J지점
25	-147.690	0.198	-356.308	-207.545	255.568	-547.342	8.734	-8.734	10.906	-10.844	I지점
25	-133.751	0.198	-319.850	-186.502	277.944	-516.979	4.665	-4.665	10.906	-10.844	1/4지점
25	-119.812	0.198	-283.392	-165.459	302.741	-487.171	0.596	-0.596	10.906	-10.844	2/4지점
25	-105.873	0.198	-246.934	-144.416	329.131	-458.853	3.473	-3.473	10.906	-10.844	3/4지점
25	-91.935	0.198	-210.476	-123.373	356.159	-432.873	7.541	-7.541	10.906	-10.844	J지점
26	-86.311	-0.039	-212.660	-123.764	292.162	-492.086	8.467	-8.467	10.883	-10.843	I지점
26	-72.367	-0.039	-176.191	-102.714	315.527	-462.404	4.391	-4.391	10.883	-10.843	1/4지점
26	-58.424	-0.039	-139.721	-81.665	341.310	-433.329	0.315	-0.315	10.883	-10.843	2/4지점
26	-44.481	-0.039	-103.251	-60.615	368.651	-405.781	3.760	-3.760	10.883	-10.843	3/4지점
26	-30.538	-0.039	-66.782	-39.565	396.615	-380.604	7.836	-7.836	10.883	-10.843	J지점
27	-24.863	-0.144	-68.678	-39.589	333.875	-441.625	8.447	-8.447	10.877	-10.845	I지점
27	-10.920	-0.144	-32.209	-18.539	358.140	-412.755	4.366	-4.366	10.877	-10.845	1/4지점
27	3.023	-0.144	4.260	2.510	384.812	-384.500	0.285	-0.285	10.877	-10.845	2/4지점
27	16.965	-0.144	40.729	23.559	413.019	-357.792	3.932	-3.932	10.877	-10.845	3/4지점
27	30.908	-0.144	77.198	44.608	441.855	-333.477	7.877	-7.877	10.877	-10.845	J지점
28	36.552	-0.258	75.189	44.573	380.788	-396.196	8.385	-8.385	10.876	-10.853	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	50.492	-0.258	111.653	65.620	405.915	-368.196	4.300	-4.300	10.876	-10.853	1/4지점
28	64.433	-0.258	148.117	86.666	433.417	-340.817	0.404	-0.404	10.876	-10.853	2/4지점
28	78.374	-0.258	184.580	107.712	462.446	-314.995	4.233	-4.233	10.876	-10.853	3/4지점
28	92.315	-0.258	221.044	128.758	492.084	-291.586	8.062	-8.062	10.876	-10.853	J지점
29	98.033	-0.468	219.102	128.433	432.956	-355.502	7.982	-7.982	10.879	-10.877	I지점
29	111.978	-0.468	255.578	149.487	458.914	-328.420	3.891	-3.891	10.879	-10.877	1/4지점
29	125.924	-0.468	292.054	170.540	487.204	-301.985	1.219	-1.219	10.879	-10.877	2/4지점
29	139.869	-0.468	328.530	191.593	516.997	-277.131	5.063	-5.063	10.879	-10.877	3/4지점
29	153.815	-0.468	365.006	212.647	547.338	-254.711	8.908	-8.908	10.879	-10.877	J지점
30	159.428	-1.113	362.121	211.586	490.218	-319.644	6.978	-6.978	10.896	-10.967	I지점
30	173.429	-1.113	398.590	232.635	516.853	-293.626	2.884	-2.884	10.896	-10.967	1/4지점
30	187.545	-1.113	435.059	253.684	545.715	-268.316	2.523	-2.523	10.896	-10.967	2/4지점
30	201.777	-1.113	471.528	274.734	575.962	-244.656	6.380	-6.380	10.896	-10.967	3/4지점
30	216.124	-1.113	507.997	295.783	606.626	-223.455	10.237	-10.237	10.896	-10.967	J지점
31	222.646	-2.503	506.194	295.255	552.879	-290.237	5.758	-5.758	10.955	-11.111	I지점
31	237.440	-2.503	542.674	316.311	580.116	-265.321	1.659	-1.659	10.955	-11.111	1/4지점
31	253.003	-2.503	579.153	337.366	609.354	-241.305	3.959	-3.959	10.955	-11.111	2/4지점
31	269.336	-2.503	615.632	358.421	639.752	-219.011	7.828	-7.828	10.955	-11.111	3/4지점
31	286.439	-2.503	652.112	379.476	670.539	-199.126	11.697	-11.697	10.955	-11.111	J지점
32	296.140	-4.852	654.706	379.981	624.264	-263.643	2.734	-2.734	11.153	-11.500	I지점
32	313.670	-4.852	691.184	401.036	652.130	-240.138	2.843	-2.843	11.153	-11.500	1/4지점
32	331.285	-4.852	727.662	422.090	681.837	-217.605	6.722	-6.722	11.153	-11.500	2/4지점
32	348.986	-4.852	764.141	443.145	712.583	-196.789	10.601	-10.601	11.153	-11.500	3/4지점
32	366.772	-4.852	800.619	464.200	743.671	-178.346	14.480	-14.480	11.153	-11.500	J지점
33	384.351	-0.249	807.508	467.116	702.353	-242.356	1.121	-1.121	11.506	-12.069	I지점
33	402.437	11.260	843.987	488.171	731.318	-219.674	5.009	-5.009	11.506	-12.069	1/4지점
33	421.037	27.041	880.466	509.226	761.885	-198.182	8.897	-8.897	11.506	-12.069	2/4지점
33	440.151	47.095	916.945	530.281	793.244	-178.637	12.848	-12.848	11.506	-12.069	3/4지점
33	459.778	71.422	953.424	551.336	824.741	-161.545	16.952	-16.952	11.506	-12.069	J지점
34	466.543	76.229	986.829	559.283	798.775	-226.146	7.948	-7.948	12.474	-13.661	I지점
34	487.131	103.420	1023.275	580.337	828.919	-204.160	12.054	-12.054	12.474	-13.661	1/4지점
34	509.132	132.071	1059.660	601.390	860.734	-183.323	16.161	-16.161	12.474	-13.661	2/4지점
34	532.545	162.183	1095.984	622.444	893.419	-164.427	20.267	-20.267	12.474	-13.661	3/4지점
34	557.369	193.755	1132.247	643.497	926.218	-148.067	24.373	-24.373	12.474	-13.661	J지점
35	574.182	196.329	1175.326	665.472	954.989	-211.613	36.194	-36.194	15.398	-18.686	I지점
35	600.629	229.367	1211.443	686.529	986.541	-190.939	40.302	-40.302	15.398	-18.686	1/4지점
35	628.901	263.866	1247.315	707.586	1019.753	-171.443	44.411	-44.411	15.398	-18.686	2/4지점
35	658.997	299.825	1282.945	728.643	1053.820	-154.928	48.520	-48.520	15.398	-18.686	3/4지점
35	690.917	337.246	1318.330	749.700	1087.928	-146.334	52.629	-52.629	15.398	-18.686	J지점
36	731.529	349.585	1347.481	795.601	1219.304	-271.538	138.228	-138.228	21.415	-28.789	I지점
36	757.892	380.417	1375.694	812.448	1247.495	-260.018	141.353	-141.353	21.415	-28.789	1/4지점
36	784.447	411.868	1403.907	829.294	1276.686	-249.401	144.478	-144.478	21.415	-28.789	2/4지점
36	811.193	443.937	1432.120	846.141	1306.359	-241.396	147.602	-147.602	21.415	-28.789	3/4지점
36	838.130	476.625	1460.332	862.988	1336.044	-240.911	150.727	-150.727	21.415	-28.789	J지점
37	-1030.971	-378.213	-1675.629	-962.462	129.514	-1323.708	145.758	-145.758	22.868	-14.479	I지점
37	-997.272	-337.652	-1640.362	-941.403	136.437	-1286.266	141.854	-141.854	22.868	-14.479	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	-963.760	-298.466	-1605.095	-920.344	147.799	-1249.607	137.958	-137.958	22.868	-14.479	2/4지점
37	-930.434	-260.655	-1569.828	-899.285	160.084	-1214.474	134.071	-134.071	22.868	-14.479	3/4지점
37	-897.295	-224.219	-1534.561	-878.226	172.944	-1181.444	130.193	-130.193	22.868	-14.479	J지점
38	-867.797	-212.926	-1487.037	-827.237	72.815	-1049.849	37.506	-37.506	12.239	-8.226	I지점
38	-835.556	-178.124	-1451.588	-806.178	89.309	-1015.846	33.430	-33.430	12.239	-8.226	1/4지점
38	-804.922	-145.213	-1415.774	-785.120	108.060	-982.340	29.363	-29.363	12.239	-8.226	2/4지점
38	-775.896	-114.192	-1379.594	-764.062	128.510	-949.973	25.304	-25.304	12.239	-8.226	3/4지점
38	-748.477	-85.061	-1343.048	-743.003	150.086	-919.375	21.253	-21.253	12.239	-8.226	J지점
39	-682.225	-89.088	-1230.308	-707.559	89.967	-909.563	20.774	-20.774	9.690	-6.694	I지점
39	-656.333	-63.255	-1193.581	-686.501	106.634	-877.734	16.731	-16.731	9.690	-6.694	1/4지점
39	-631.887	-42.124	-1156.854	-665.443	125.861	-845.934	12.696	-12.696	9.690	-6.694	2/4지점
39	-608.886	-25.696	-1120.126	-644.385	147.289	-814.721	8.669	-8.669	9.690	-6.694	3/4지점
39	-587.330	-13.971	-1083.399	-623.327	170.280	-784.822	4.650	-4.650	9.690	-6.694	J지점
40	-514.865	-17.719	-978.062	-607.686	102.503	-822.178	19.019	-19.019	9.193	-6.380	I지점
40	-494.417	-17.719	-941.361	-586.625	119.478	-790.736	15.008	-15.008	9.193	-6.380	1/4지점
40	-474.744	-17.719	-904.720	-565.565	139.183	-759.137	11.005	-11.005	9.193	-6.380	2/4지점
40	-455.845	-17.719	-868.140	-544.504	160.976	-728.273	7.010	-7.010	9.193	-6.380	3/4지점
40	-437.721	-17.719	-831.621	-523.444	183.955	-699.055	3.022	-3.022	9.193	-6.380	J지점
41	-448.207	-14.449	-862.709	-524.376	122.025	-739.865	13.565	-13.565	8.427	-5.944	I지점
41	-430.685	-14.449	-826.215	-503.312	140.973	-708.479	9.585	-9.585	8.427	-5.944	1/4지점
41	-413.601	-14.449	-789.720	-482.248	162.390	-677.367	5.613	-5.613	8.427	-5.944	2/4지점
41	-396.954	-14.449	-753.225	-461.184	185.536	-647.419	1.650	-1.650	8.427	-5.944	3/4지점
41	-380.743	-14.449	-716.731	-440.120	209.546	-619.449	2.305	-2.305	8.427	-5.944	J지점
42	-384.095	-12.804	-735.451	-442.076	142.837	-668.276	10.882	-10.882	7.915	-5.645	I지점
42	-368.136	-12.804	-698.995	-421.017	163.136	-637.093	7.095	-7.095	7.915	-5.645	1/4지점
42	-352.237	-12.804	-662.600	-399.958	185.764	-606.420	3.377	-3.377	7.915	-5.645	2/4지점
42	-336.397	-12.804	-626.267	-378.898	209.933	-577.162	0.930	-0.930	7.915	-5.645	3/4지점
42	-320.617	-12.804	-589.994	-357.839	234.749	-550.096	4.850	-4.850	7.915	-5.645	J지점
43	-320.617	-11.998	-602.463	-363.263	165.994	-603.597	8.554	-8.554	7.408	-5.408	I지점
43	-304.568	-11.998	-566.277	-342.201	187.341	-572.812	4.864	-4.864	7.408	-5.408	1/4지점
43	-287.928	-11.998	-530.212	-321.139	210.890	-542.720	1.184	-1.184	7.408	-5.408	2/4지점
43	-270.695	-11.998	-494.269	-300.076	235.833	-514.200	3.330	-3.330	7.408	-5.408	3/4지점
43	-252.870	-11.998	-458.448	-279.014	261.359	-487.946	7.218	-7.218	7.408	-5.408	J지점
44	-250.061	-11.567	-465.872	-282.313	195.076	-542.891	7.079	-7.079	7.138	-5.290	I지점
44	-231.941	-11.567	-430.113	-261.251	217.183	-512.973	3.431	-3.431	7.138	-5.290	1/4지점
44	-213.821	-11.567	-394.353	-240.189	241.457	-483.777	0.703	-0.703	7.138	-5.290	2/4지점
44	-195.701	-11.567	-358.594	-219.128	267.161	-456.089	4.564	-4.564	7.138	-5.290	3/4지점
44	-177.580	-11.567	-322.835	-198.066	293.490	-430.632	8.417	-8.417	7.138	-5.290	J지점
45	-172.446	-11.404	-326.506	-198.387	230.005	-487.511	6.830	-6.830	7.094	-5.270	I지점
45	-154.107	-11.404	-290.807	-177.325	252.840	-458.408	3.013	-3.013	7.094	-5.270	1/4지점
45	-135.330	-11.404	-255.230	-156.264	277.813	-430.092	0.847	-0.847	7.094	-5.270	2/4지점
45	-116.115	-11.404	-219.776	-135.202	304.195	-403.266	4.673	-4.673	7.094	-5.270	3/4지점
45	-96.462	-11.404	-184.443	-114.140	331.240	-378.606	8.491	-8.491	7.094	-5.270	J지점
46	-92.605	-11.259	-190.068	-114.616	270.180	-436.539	6.805	-6.805	7.069	-5.263	I지점
46	-72.731	-11.259	-154.793	-93.552	293.821	-408.321	2.997	-2.997	7.069	-5.263	1/4지점
46	-52.858	-11.259	-119.518	-72.488	319.586	-380.831	0.804	-0.804	7.069	-5.263	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	-32.984	-11.259	-84.243	-51.424	346.804	-354.821	4.596	-4.596	7.069	-5.263	3/4지점
46	-13.111	-11.259	-48.968	-30.361	374.726	-330.955	8.381	-8.381	7.069	-5.263	J지점
47	-9.217	-11.157	-54.507	-30.596	315.775	-390.472	6.779	-6.779	7.071	-5.260	I지점
47	10.655	-11.157	-19.234	-9.534	340.241	-363.127	3.005	-3.005	7.071	-5.260	1/4지점
47	30.527	-11.157	16.038	11.528	366.856	-336.471	0.760	-0.760	7.071	-5.260	2/4지점
47	50.399	-11.157	51.310	32.590	394.947	-311.251	4.517	-4.517	7.071	-5.260	3/4지점
47	70.271	-11.157	86.583	53.653	423.774	-288.173	8.266	-8.266	7.071	-5.260	J지점
48	74.110	-11.094	80.841	53.636	366.950	-349.767	6.938	-6.938	7.077	-5.273	I지점
48	93.983	-11.094	116.115	74.700	392.341	-323.168	3.201	-3.201	7.077	-5.273	1/4지점
48	113.857	-11.094	151.390	95.763	419.892	-297.284	0.674	-0.674	7.077	-5.273	2/4지점
48	133.730	-11.094	186.665	116.827	448.950	-272.831	4.250	-4.250	7.077	-5.273	3/4지점
48	153.604	-11.094	221.940	137.890	478.787	-250.530	7.963	-7.963	7.077	-5.273	J지점
49	156.643	-10.989	214.912	137.716	423.634	-315.389	7.224	-7.224	7.083	-5.280	I지점
49	176.298	-10.989	250.249	158.780	449.933	-289.641	3.521	-3.521	7.083	-5.280	1/4지점
49	195.515	-10.989	285.707	179.844	478.462	-264.516	0.173	-0.173	7.083	-5.280	2/4지점
49	214.294	-10.989	321.287	200.908	508.557	-240.859	3.859	-3.859	7.083	-5.280	3/4지점
49	232.635	-10.989	356.990	221.972	539.433	-219.277	7.536	-7.536	7.083	-5.280	J지점
50	236.982	-10.926	351.940	223.081	486.651	-289.264	7.851	-7.851	7.109	-5.323	I지점
50	255.104	-10.926	387.703	244.145	513.995	-264.140	4.463	-4.463	7.109	-5.323	1/4지점
50	273.227	-10.926	423.466	265.209	543.646	-239.628	1.084	-1.084	7.109	-5.323	2/4지점
50	291.349	-10.926	459.229	286.273	574.898	-216.580	3.186	-3.186	7.109	-5.323	3/4지점
50	309.471	-10.926	494.992	307.337	606.981	-195.644	6.827	-6.827	7.109	-5.323	J지점
51	320.363	-11.205	499.885	306.391	557.407	-258.168	7.370	-7.370	7.103	-5.312	I지점
51	334.597	-11.205	528.567	323.241	581.147	-238.086	4.695	-4.695	7.103	-5.312	1/4지점
51	348.306	-11.205	557.395	340.092	606.568	-218.407	2.025	-2.025	7.103	-5.312	2/4지점
51	361.490	-11.205	586.369	356.942	633.210	-199.536	2.818	-2.818	7.103	-5.312	3/4지점
51	374.150	-11.205	615.489	373.792	660.553	-182.064	5.706	-5.706	7.103	-5.312	J지점
52	387.717	-11.551	624.830	372.349	616.877	-232.303	5.722	-5.722	7.087	-5.282	I지점
52	400.112	-11.551	654.021	389.198	643.259	-211.551	3.079	-3.079	7.087	-5.282	1/4지점
52	412.508	-11.551	683.212	406.046	671.629	-191.050	2.639	-2.639	7.087	-5.282	2/4지점
52	424.903	-11.551	712.404	422.895	701.488	-171.491	5.509	-5.509	7.087	-5.282	3/4지점
52	437.299	-11.551	741.595	439.744	732.262	-153.425	8.373	-8.373	7.087	-5.282	J지점
53	439.539	-10.860	727.145	428.279	692.408	-179.162	23.482	-23.482	6.927	-4.775	I지점
53	449.625	-10.860	751.017	442.058	719.915	-159.745	25.621	-25.621	6.927	-4.775	1/4지점
53	459.611	-10.860	782.758	455.836	749.676	-140.433	27.757	-27.757	6.927	-4.775	2/4지점
53	469.495	-10.860	824.197	469.615	781.375	-128.610	29.889	-29.889	6.927	-4.775	3/4지점
53	479.278	-10.860	865.636	483.393	814.631	-123.861	32.018	-32.018	6.927	-4.775	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	-490.218	12.005	-889.169	-501.579	154.060	-881.602	56.909	-56.909	5.684	-7.375	I지점
54	-480.223	12.005	-846.836	-487.503	154.626	-852.701	54.714	-54.714	5.684	-7.375	1/4지점
54	-470.126	12.005	-804.502	-473.427	166.384	-824.959	52.517	-52.517	5.684	-7.375	2/4지점
54	-459.925	12.005	-773.152	-459.351	181.710	-798.843	50.315	-50.315	5.684	-7.375	3/4지점
54	-449.621	12.005	-748.765	-445.275	196.994	-774.391	48.109	-48.109	5.684	-7.375	J지점
55	-439.042	11.544	-744.636	-440.599	166.619	-743.373	6.925	-6.925	5.286	-7.187	I지점
55	-426.678	11.544	-715.518	-423.792	183.495	-715.016	4.061	-4.061	5.286	-7.187	1/4지점
55	-414.313	11.544	-686.399	-406.986	201.413	-687.875	1.192	-1.192	5.286	-7.187	2/4지점
55	-401.948	11.544	-657.280	-390.179	219.987	-662.096	1.682	-1.682	5.286	-7.187	3/4지점
55	-389.583	11.544	-628.161	-373.372	238.627	-638.368	4.561	-4.561	5.286	-7.187	J지점
56	-382.940	11.645	-629.157	-373.030	191.306	-667.771	2.591	-2.591	5.256	-7.172	I지점
56	-370.314	11.645	-600.111	-356.223	207.369	-642.771	2.002	-2.002	5.256	-7.172	1/4지점
56	-357.163	11.645	-571.212	-339.416	224.723	-618.217	4.668	-4.668	5.256	-7.172	2/4지점
56	-343.489	11.645	-542.458	-322.609	242.823	-594.899	7.339	-7.339	5.256	-7.172	3/4지점
56	-329.292	11.645	-513.849	-305.802	261.198	-573.017	10.016	-10.016	5.256	-7.172	J지점
57	-322.682	11.754	-514.880	-306.042	204.762	-613.039	4.526	-4.526	5.276	-7.182	I지점
57	-304.608	11.754	-479.212	-285.034	224.114	-583.478	0.894	-0.894	5.276	-7.182	1/4지점
57	-286.534	11.754	-443.543	-264.025	245.420	-554.661	3.529	-3.529	5.276	-7.182	2/4지점
57	-268.459	11.754	-407.875	-243.017	267.998	-527.229	6.900	-6.900	5.276	-7.182	3/4지점
57	-250.385	11.754	-372.206	-222.009	291.060	-502.006	10.278	-10.278	5.276	-7.182	J지점
58	-243.140	11.753	-372.461	-222.467	229.659	-547.892	5.808	-5.808	5.310	-7.200	I지점
58	-224.847	11.753	-336.854	-201.459	249.466	-519.451	2.145	-2.145	5.310	-7.200	1/4지점
58	-206.118	11.753	-301.368	-180.450	271.235	-491.752	2.038	-2.038	5.310	-7.200	2/4지점
58	-186.952	11.753	-266.003	-159.442	294.264	-465.393	5.443	-5.443	5.310	-7.200	3/4지점
58	-167.349	11.753	-230.760	-138.434	317.810	-441.085	8.895	-8.895	5.310	-7.200	J지점
59	-160.387	11.768	-231.451	-138.818	262.355	-486.365	6.183	-6.183	5.327	-7.217	I지점
59	-140.565	11.768	-196.269	-117.810	282.871	-459.009	2.487	-2.487	5.327	-7.217	1/4지점
59	-120.744	11.768	-161.087	-96.801	305.337	-432.171	2.033	-2.033	5.327	-7.217	2/4지점
59	-100.923	11.768	-125.905	-75.793	329.071	-406.782	5.472	-5.472	5.327	-7.217	3/4지점
59	-81.102	11.768	-90.723	-54.785	353.367	-383.311	8.919	-8.919	5.327	-7.217	J지점
60	-74.988	11.853	-92.671	-55.551	301.948	-431.148	6.656	-6.656	5.356	-7.247	I지점
60	-55.168	11.853	-57.490	-34.543	323.155	-404.647	2.928	-2.928	5.356	-7.247	1/4지점
60	-35.347	11.853	-22.309	-13.535	346.306	-378.812	1.452	-1.452	5.356	-7.247	2/4지점
60	-15.527	11.853	12.872	7.472	370.744	-354.259	4.924	-4.924	5.356	-7.247	3/4지점
60	4.294	11.853	48.053	28.480	395.742	-331.628	8.405	-8.405	5.356	-7.247	J지점
61	10.280	11.969	45.974	27.653	346.266	-381.290	7.016	-7.016	5.389	-7.288	I지점
61	30.112	11.969	81.176	48.673	368.226	-355.654	3.252	-3.252	5.389	-7.288	1/4지점
61	49.945	11.969	116.378	69.693	392.141	-330.602	0.790	-0.790	5.389	-7.288	2/4지점
61	69.777	11.969	151.580	90.713	417.364	-306.775	4.298	-4.298	5.389	-7.288	3/4지점
61	89.610	11.969	186.783	111.734	443.164	-285.002	8.086	-8.086	5.389	-7.288	J지점
62	97.135	12.049	187.223	111.593	396.460	-336.959	6.564	-6.564	5.422	-7.328	I지점
62	116.789	12.049	222.558	132.655	419.183	-311.610	2.761	-2.761	5.422	-7.328	1/4지점
62	136.005	12.049	258.015	153.718	443.917	-287.316	2.199	-2.199	5.422	-7.328	2/4지점
62	154.783	12.049	293.593	174.781	469.993	-264.257	5.748	-5.748	5.422	-7.328	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	173.124	12.049	329.293	195.844	496.643	-243.250	9.307	-9.307	5.422	-7.328	J지점
63	181.780	12.072	331.524	196.385	451.257	-307.254	6.123	-6.123	5.441	-7.347	I지점
63	199.935	12.072	367.352	217.487	474.804	-276.075	2.281	-2.281	5.441	-7.347	1/4지점
63	218.090	12.072	403.180	238.590	500.415	-248.809	3.395	-3.395	5.441	-7.347	2/4지점
63	236.245	12.072	439.009	259.692	527.369	-226.493	6.986	-6.986	5.441	-7.347	3/4지점
63	254.401	12.072	474.837	280.795	554.903	-206.074	10.585	-10.585	5.441	-7.347	J지점
64	264.292	11.970	478.888	282.134	514.071	-274.910	4.808	-4.808	5.442	-7.309	I지점
64	282.184	11.970	514.845	303.276	538.484	-244.006	1.224	-1.224	5.442	-7.309	1/4지점
64	299.482	11.970	550.924	324.418	564.997	-215.055	4.847	-4.847	5.442	-7.309	2/4지점
64	316.186	11.970	587.126	345.560	592.907	-191.952	8.479	-8.479	5.442	-7.309	3/4지점
64	332.296	11.970	623.450	366.702	621.344	-172.471	12.119	-12.119	5.442	-7.309	J지점
65	342.336	11.733	627.497	368.497	583.378	-244.245	2.339	-2.339	5.412	-7.201	I지점
65	358.207	11.733	663.978	389.677	608.627	-213.961	3.481	-3.481	5.412	-7.201	1/4지점
65	374.138	11.733	700.521	410.857	635.941	-185.681	7.145	-7.145	5.412	-7.201	2/4지점
65	390.129	11.733	737.125	432.038	664.517	-162.432	10.817	-10.817	5.412	-7.201	3/4지점
65	406.179	11.733	773.790	453.218	693.430	-144.163	14.499	-14.499	5.412	-7.201	J지점
66	416.362	11.042	776.917	454.672	656.449	-213.494	0.689	-0.689	5.290	-6.983	I지점
66	432.694	11.042	813.684	475.894	682.612	-184.138	4.386	-4.386	5.290	-6.983	1/4지점
66	449.466	11.042	850.452	497.116	710.653	-157.031	8.092	-8.092	5.290	-6.983	2/4지점
66	466.678	11.042	887.220	518.338	739.741	-136.414	11.806	-11.806	5.290	-6.983	3/4지점
66	484.330	11.042	923.988	539.560	768.974	-119.386	15.721	-15.721	5.290	-6.983	J지점
67	493.273	9.581	922.823	539.197	736.439	-190.294	3.330	-3.330	5.049	-6.529	I지점
67	511.566	9.581	959.683	560.454	763.097	-162.989	7.332	-7.332	5.049	-6.529	1/4지점
67	530.641	9.581	996.604	581.711	791.328	-138.087	11.341	-11.341	5.049	-6.529	2/4지점
67	550.498	9.581	1033.587	602.968	820.207	-118.174	15.358	-15.358	5.049	-6.529	3/4지점
67	571.138	9.581	1070.631	624.225	848.993	-102.982	19.384	-19.384	5.049	-6.529	J지점
68	565.228	10.380	1047.580	614.719	809.597	-184.238	6.062	-6.062	4.514	-5.550	I지점
68	587.031	22.241	1084.730	636.019	836.284	-156.914	10.104	-10.104	4.514	-5.550	1/4지점
68	610.297	38.857	1121.879	657.319	864.234	-131.520	14.154	-14.154	4.514	-5.550	2/4지점
68	635.024	60.231	1159.028	678.618	892.789	-111.503	18.211	-18.211	4.514	-5.550	3/4지점
68	661.213	86.360	1196.178	699.918	921.500	-96.652	22.277	-22.277	4.514	-5.550	J지점
69	641.929	87.425	1142.068	664.698	891.116	-149.627	29.015	-29.015	2.667	-2.356	I지점
69	669.711	116.941	1179.098	686.035	918.857	-122.342	33.096	-33.096	2.667	-2.356	1/4지점
69	699.122	148.373	1215.757	707.372	948.052	-104.885	37.185	-37.185	2.667	-2.356	2/4지점
69	730.162	181.721	1252.046	728.710	978.218	-88.888	41.282	-41.282	2.667	-2.356	3/4지점
69	762.830	216.984	1287.964	750.047	1008.949	-74.685	45.388	-45.388	2.667	-2.356	J지점
70	705.628	211.774	1158.870	677.800	1015.502	-150.786	143.691	-143.691	4.575	-2.745	I지점
70	739.264	248.757	1194.667	699.175	1046.045	-141.713	147.553	-147.553	4.575	-2.745	1/4지점
70	773.091	287.135	1230.463	720.550	1078.224	-133.103	151.424	-151.424	4.575	-2.745	2/4지점
70	807.106	326.909	1266.260	741.926	1111.550	-125.086	155.304	-155.304	4.575	-2.745	3/4지점
70	841.311	368.079	1302.056	763.301	1145.489	-118.079	159.192	-159.192	4.575	-2.745	J지점
71	-706.142	-448.947	-1176.706	-667.815	219.270	-1159.240	220.835	-220.835	3.226	-2.635	I지점
71	-678.784	-415.748	-1148.052	-650.705	223.060	-1132.456	217.719	-217.719	3.226	-2.635	1/4지점
71	-651.619	-383.177	-1119.398	-633.594	229.691	-1105.759	214.603	-214.603	3.226	-2.635	2/4지점
71	-624.649	-351.234	-1090.744	-616.484	237.061	-1079.481	211.488	-211.488	3.226	-2.635	3/4지점
71	-597.874	-319.920	-1062.090	-599.374	245.061	-1054.068	208.372	-208.372	3.226	-2.635	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	-644.813	-328.749	-1159.041	-670.753	129.839	-1032.580	61.950	-61.950	4.477	-7.016	I지점
72	-612.392	-290.742	-1123.102	-649.366	142.468	-1001.404	57.797	-57.797	4.477	-7.016	1/4지점
72	-581.824	-254.219	-1086.914	-627.979	157.155	-970.353	53.645	-53.645	4.477	-7.016	2/4지점
72	-553.110	-219.180	-1050.479	-606.592	173.369	-940.098	49.550	-49.550	4.477	-7.016	3/4지점
72	-526.248	-185.624	-1013.797	-585.205	190.419	-911.344	45.655	-45.655	4.477	-7.016	J지점
73	-535.705	-188.149	-1072.606	-623.929	153.326	-930.768	24.201	-24.201	8.806	-9.679	I지점
73	-510.487	-156.076	-1035.769	-602.542	167.502	-900.717	20.049	-20.049	8.806	-9.679	1/4지점
73	-486.704	-125.487	-998.869	-581.155	183.813	-870.713	15.897	-15.897	8.806	-9.679	2/4지점
73	-464.354	-96.382	-961.908	-559.768	201.755	-841.455	11.744	-11.744	8.806	-9.679	3/4지점
73	-443.440	-68.761	-924.885	-538.381	220.630	-813.690	7.592	-7.592	8.806	-9.679	J지점
74	-437.546	-73.066	-958.133	-550.848	174.379	-849.983	15.074	-15.074	10.054	-10.483	I지점
74	-417.603	-48.350	-921.069	-529.455	189.558	-820.853	10.920	-10.920	10.054	-10.483	1/4지점
74	-398.183	-27.974	-884.004	-508.061	206.893	-791.831	6.767	-6.767	10.054	-10.483	2/4지점
74	-379.284	-11.939	-846.940	-486.668	225.837	-763.567	3.611	-3.611	10.054	-10.483	3/4지점
74	-360.908	-0.245	-809.875	-465.275	245.700	-736.813	7.506	-7.506	10.054	-10.483	J지점
75	-364.743	-4.835	-816.874	-469.419	192.829	-775.093	12.104	-12.104	10.470	-10.758	I지점
75	-346.674	-4.835	-779.817	-448.030	209.370	-746.155	7.952	-7.952	10.470	-10.758	1/4지점
75	-328.692	-4.835	-742.759	-426.641	228.070	-717.410	3.799	-3.799	10.470	-10.758	2/4지점
75	-310.797	-4.835	-705.701	-405.252	248.282	-689.639	3.879	-3.879	10.470	-10.758	3/4지점
75	-292.988	-4.835	-668.643	-383.862	269.249	-663.598	7.774	-7.774	10.470	-10.758	J지점
76	-289.525	-2.524	-671.293	-384.640	213.053	-699.872	9.944	-9.944	10.800	-10.928	I지점
76	-272.147	-2.524	-634.227	-363.246	231.077	-671.053	5.790	-5.790	10.800	-10.928	1/4지점
76	-255.551	-2.524	-597.161	-341.852	251.359	-642.486	1.636	-1.636	10.800	-10.928	2/4지점
76	-239.737	-2.524	-560.094	-320.458	273.214	-614.980	4.453	-4.453	10.800	-10.928	3/4지점
76	-224.705	-2.524	-523.028	-299.064	295.768	-589.381	8.349	-8.349	10.800	-10.928	J지점
77	-218.157	-1.111	-521.243	-298.494	237.383	-630.503	9.023	-9.023	10.919	-10.975	I지점
77	-203.572	-1.111	-484.171	-277.097	256.727	-601.818	4.869	-4.869	10.919	-10.975	1/4지점
77	-189.105	-1.111	-447.099	-255.699	278.428	-573.417	0.714	-0.714	10.919	-10.975	2/4지점
77	-174.755	-1.111	-410.027	-234.302	301.630	-546.251	4.601	-4.601	10.919	-10.975	3/4지점
77	-160.523	-1.111	-372.955	-212.905	325.389	-521.222	8.497	-8.497	10.919	-10.975	J지점
78	-153.191	-0.491	-370.308	-211.860	268.984	-563.658	8.122	-8.122	10.992	-10.989	I지점
78	-139.020	-0.491	-333.243	-190.466	289.631	-535.306	3.968	-3.968	10.992	-10.989	1/4지점
78	-124.849	-0.491	-296.178	-169.073	312.621	-507.364	1.132	-1.132	10.992	-10.989	2/4지점
78	-110.679	-0.491	-259.113	-147.680	337.055	-480.779	5.028	-5.028	10.992	-10.989	3/4지점
78	-96.508	-0.491	-222.048	-126.286	362.000	-456.444	8.923	-8.923	10.992	-10.989	J지점
79	-89.186	-0.254	-219.898	-125.914	307.130	-503.472	7.743	-7.743	11.018	-10.992	I지점
79	-75.011	-0.254	-182.822	-104.514	328.823	-475.809	3.588	-3.588	11.018	-10.992	1/4지점
79	-60.836	-0.254	-145.746	-83.115	352.829	-448.602	1.283	-1.283	11.018	-10.992	2/4지점
79	-46.661	-0.254	-108.671	-61.715	378.269	-422.799	5.180	-5.180	11.018	-10.992	3/4지점
79	-32.486	-0.254	-71.595	-40.316	404.202	-399.283	9.077	-9.077	11.018	-10.992	J지점
80	-25.207	-0.150	-69.709	-40.297	351.164	-449.746	7.629	-7.629	11.025	-10.992	I지점
80	-11.032	-0.150	-32.634	-18.898	373.783	-422.896	3.474	-3.474	11.025	-10.992	1/4지점
80	3.142	-0.150	4.442	2.501	398.688	-396.520	1.146	-1.146	11.025	-10.992	2/4지점
80	17.317	-0.150	41.517	23.900	425.017	-371.565	5.042	-5.042	11.025	-10.992	3/4지점
80	31.492	-0.150	78.592	45.299	451.826	-348.913	8.989	-8.989	11.025	-10.992	J지점
81	38.812	-0.035	80.609	45.340	401.348	-401.821	7.516	-7.516	11.028	-10.985	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	52.987	-0.035	117.686	66.740	424.818	-375.844	3.362	-3.362	11.028	-10.985	1/4지점
81	67.163	-0.035	154.763	88.140	450.577	-350.357	0.997	-0.997	11.028	-10.985	2/4지점
81	81.338	-0.035	191.840	109.540	477.740	-326.305	4.948	-4.948	11.028	-10.985	3/4지점
81	95.514	-0.035	228.917	130.941	505.365	-304.558	9.103	-9.103	11.028	-10.985	J지점
82	102.771	0.174	230.889	131.282	458.214	-359.418	7.128	-7.128	11.027	-10.963	I지점
82	116.948	0.174	267.971	152.686	482.514	-334.412	2.973	-2.973	11.027	-10.963	1/4지점
82	131.126	0.174	305.053	174.089	509.065	-309.914	1.183	-1.183	11.027	-10.963	2/4지점
82	145.303	0.174	342.135	195.492	536.975	-286.868	5.338	-5.338	11.027	-10.963	3/4지점
82	159.480	0.174	379.217	216.895	565.297	-266.159	9.493	-9.493	11.027	-10.963	J지점
83	166.848	0.819	382.144	217.979	522.875	-322.277	6.144	-6.144	11.011	-10.875	I지점
83	181.084	0.819	419.226	239.383	547.869	-298.459	2.089	-2.089	11.011	-10.875	1/4지점
83	195.438	0.819	456.309	260.787	575.002	-275.202	2.167	-2.167	11.011	-10.875	2/4지점
83	209.910	0.819	493.392	282.190	603.366	-253.451	6.322	-6.322	11.011	-10.875	3/4지점
83	224.498	0.819	530.474	303.594	632.021	-234.062	10.477	-10.477	11.011	-10.875	J지점
84	230.963	2.209	532.332	304.153	591.020	-291.997	5.300	-5.300	10.954	-10.732	I지점
84	246.000	2.209	569.411	325.554	616.594	-269.388	1.403	-1.403	10.954	-10.732	1/4지점
84	261.819	2.209	606.490	346.955	644.073	-247.482	3.340	-3.340	10.954	-10.732	2/4지점
84	278.421	2.209	643.568	368.356	672.617	-227.147	7.495	-7.495	10.954	-10.732	3/4지점
84	295.804	2.209	680.647	389.757	701.406	-209.075	11.650	-11.650	10.954	-10.732	J지점
85	299.098	4.559	678.127	389.295	665.796	-263.768	3.437	-3.437	10.757	-10.344	I지점
85	316.923	4.559	715.220	410.704	692.029	-242.656	2.110	-2.110	10.757	-10.344	1/4지점
85	334.835	4.559	752.312	432.113	719.999	-222.342	6.267	-6.267	10.757	-10.344	2/4지점
85	352.833	4.559	789.404	453.522	748.914	-203.576	10.423	-10.423	10.757	-10.344	3/4지점
85	370.919	4.559	826.496	474.931	777.998	-187.040	14.580	-14.580	10.757	-10.344	J지점
86	366.961	-0.044	819.682	472.058	738.937	-240.142	2.123	-2.123	10.406	-9.776	I지점
86	385.349	11.657	856.770	493.465	766.017	-219.876	5.296	-5.296	10.406	-9.776	1/4지점
86	404.259	27.702	893.857	514.871	794.678	-200.562	9.452	-9.452	10.406	-9.776	2/4지점
86	423.692	48.090	930.945	536.277	824.098	-182.950	13.608	-13.608	10.406	-9.776	3/4지점
86	443.647	72.822	968.032	557.684	853.517	-167.624	17.764	-17.764	10.406	-9.776	J지점
87	454.313	68.022	934.710	549.784	815.667	-215.912	8.458	-8.458	9.439	-8.185	I지점
87	475.244	95.666	971.763	571.188	843.801	-196.250	12.614	-12.614	9.439	-8.185	1/4지점
87	497.612	124.794	1008.754	592.592	873.572	-177.520	16.769	-16.769	9.439	-8.185	2/4지점
87	521.415	155.408	1045.684	613.997	904.124	-160.515	20.925	-20.925	9.439	-8.185	3/4지점
87	546.653	187.507	1082.551	635.401	934.675	-145.875	25.080	-25.080	9.439	-8.185	J지점
88	554.595	184.951	1039.572	613.485	916.404	-181.140	36.576	-36.576	6.517	-3.425	I지점
88	581.485	218.542	1076.293	634.894	945.874	-162.913	40.733	-40.733	6.517	-3.425	1/4지점
88	610.229	253.618	1112.766	656.303	976.989	-145.575	44.889	-44.889	6.517	-3.425	2/4지점
88	640.829	290.179	1148.991	677.712	1008.882	-129.961	49.046	-49.046	6.517	-3.425	3/4지점
88	673.283	328.225	1184.968	699.121	1040.747	-116.720	53.202	-53.202	6.517	-3.425	J지점
89	667.498	315.907	1155.895	653.265	1046.927	-169.358	132.342	-132.342	6.941	-5.052	I지점
89	694.300	347.252	1184.577	670.392	1073.443	-159.685	135.461	-135.461	6.941	-5.052	1/4지점
89	721.296	379.226	1213.259	687.519	1101.049	-150.746	138.580	-138.580	6.941	-5.052	2/4지점
89	748.487	411.828	1241.941	704.646	1129.198	-142.724	141.699	-141.699	6.941	-5.052	3/4지점
89	775.872	445.060	1270.623	721.773	1157.404	-138.180	144.817	-144.817	6.941	-5.052	J지점
90	-895.027	-364.704	-1337.020	-798.638	143.060	-1180.842	143.873	-143.873	4.406	-8.507	I지점
90	-860.769	-323.471	-1301.168	-777.230	151.119	-1145.950	139.979	-139.979	4.406	-8.507	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	-826.701	-283.636	-1265.316	-755.822	160.236	-1111.703	136.093	-136.093	4.406	-8.507	2/4지점
90	-792.823	-245.198	-1229.464	-734.413	170.089	-1078.811	132.216	-132.216	4.406	-8.507	3/4지점
90	-759.134	-208.158	-1193.612	-713.005	180.346	-1047.905	128.348	-128.348	4.406	-8.507	J지점
91	-752.869	-219.465	-1241.227	-764.047	68.143	-1011.097	39.796	-39.796	2.123	-2.404	I지점
91	-720.086	-184.079	-1205.183	-742.635	83.229	-979.317	35.676	-35.676	2.123	-2.404	1/4지점
91	-688.937	-150.614	-1168.766	-721.222	100.391	-947.968	31.564	-31.564	2.123	-2.404	2/4지점
91	-659.423	-119.072	-1131.978	-699.810	121.289	-917.645	27.461	-27.461	2.123	-2.404	3/4지점
91	-631.543	-89.452	-1094.819	-678.398	151.613	-889.001	23.366	-23.366	2.123	-2.404	J지점
92	-668.810	-85.429	-1207.634	-713.886	85.842	-932.748	22.978	-22.978	4.672	-3.936	I지점
92	-642.487	-59.165	-1170.294	-692.477	100.675	-903.251	18.892	-18.892	4.672	-3.936	1/4지점
92	-617.632	-37.682	-1132.954	-671.068	123.577	-873.745	14.814	-14.814	4.672	-3.936	2/4지점
92	-594.248	-20.980	-1095.614	-649.659	149.495	-844.774	10.744	-10.744	4.672	-3.936	3/4지점
92	-572.333	-9.059	-1058.274	-628.250	177.809	-817.146	6.682	-6.682	4.672	-3.936	J지점
93	-621.778	-5.312	-1163.679	-643.931	87.945	-867.456	21.177	-21.177	5.170	-4.250	I지점
93	-600.988	-5.312	-1126.364	-622.519	102.438	-838.184	17.123	-17.123	5.170	-4.250	1/4지점
93	-580.986	-5.312	-1089.110	-601.106	124.182	-808.601	13.076	-13.076	5.170	-4.250	2/4지점
93	-561.771	-5.312	-1051.919	-579.694	148.557	-779.624	9.038	-9.038	5.170	-4.250	3/4지점
93	-543.344	-5.312	-1014.790	-558.281	175.637	-752.195	5.008	-5.008	5.170	-4.250	J지점
94	-518.059	-8.583	-983.747	-557.375	108.729	-783.049	15.669	-15.669	5.936	-4.686	I지점
94	-500.248	-8.583	-946.649	-535.963	125.280	-753.651	11.646	-11.646	5.936	-4.686	1/4지점
94	-482.881	-8.583	-909.550	-514.550	149.114	-724.299	7.632	-7.632	5.936	-4.686	2/4지점
94	-465.958	-8.583	-872.451	-493.137	175.882	-696.004	3.627	-3.627	5.936	-4.686	3/4지점
94	-449.480	-8.583	-835.353	-471.724	204.871	-669.610	2.763	-2.763	5.936	-4.686	J지점
95	-431.322	-10.228	-816.666	-469.788	134.137	-706.342	12.941	-12.941	6.449	-4.986	I지점
95	-415.098	-10.228	-779.604	-448.378	152.310	-677.173	8.953	-8.953	6.449	-4.986	1/4지점
95	-398.934	-10.228	-742.603	-426.968	178.086	-648.340	4.972	-4.972	6.449	-4.986	2/4지점
95	-382.831	-10.228	-705.665	-405.559	206.095	-620.759	1.000	-1.000	6.449	-4.986	3/4지점
95	-366.788	-10.228	-668.788	-384.149	236.055	-595.255	4.157	-4.157	6.449	-4.986	J지점
96	-351.977	-11.035	-656.342	-378.740	164.955	-631.146	10.397	-10.397	6.956	-5.223	I지점
96	-335.660	-11.035	-619.552	-357.326	184.201	-602.451	6.441	-6.441	6.956	-5.223	1/4지점
96	-318.742	-11.035	-582.886	-335.912	209.637	-574.254	2.493	-2.493	6.956	-5.223	2/4지점
96	-301.222	-11.035	-546.343	-314.499	238.496	-547.467	2.235	-2.235	6.956	-5.223	3/4지점
96	-283.100	-11.035	-509.925	-293.085	269.233	-522.820	5.896	-5.896	6.956	-5.223	J지점
97	-271.094	-11.466	-502.519	-289.797	200.621	-562.865	9.031	-9.031	7.227	-5.341	I지점
97	-252.670	-11.466	-466.161	-268.383	220.829	-535.074	5.107	-5.107	7.227	-5.341	1/4지점
97	-234.247	-11.466	-429.803	-246.969	243.093	-507.857	1.192	-1.192	7.227	-5.341	2/4지점
97	-215.823	-11.466	-393.446	-225.555	272.485	-481.965	3.172	-3.172	7.227	-5.341	3/4지점
97	-197.400	-11.466	-357.088	-204.141	303.570	-458.203	6.798	-6.798	7.227	-5.341	J지점
98	-187.713	-11.630	-353.427	-203.825	238.421	-503.973	8.778	-8.778	7.272	-5.361	I지점
98	-169.068	-11.630	-317.134	-182.413	259.346	-477.059	4.888	-4.888	7.272	-5.361	1/4지점
98	-149.979	-11.630	-280.965	-161.000	282.305	-450.712	1.006	-1.006	7.272	-5.361	2/4지점
98	-130.444	-11.630	-244.920	-139.587	306.540	-425.713	3.130	-3.130	7.272	-5.361	3/4지점
98	-110.464	-11.630	-208.999	-118.175	334.028	-402.762	6.732	-6.732	7.272	-5.361	J지점
99	-99.497	-11.775	-203.376	-117.701	281.668	-449.220	8.670	-8.670	7.297	-5.369	I지점
99	-79.291	-11.775	-167.512	-96.285	303.432	-423.149	4.812	-4.812	7.297	-5.369	1/4지점
99	-59.086	-11.775	-131.647	-74.870	327.214	-397.662	0.963	-0.963	7.297	-5.369	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	-38.880	-11.775	-95.783	-53.454	352.299	-373.486	2.879	-2.879	7.297	-5.369	3/4지점
99	-18.675	-11.775	-59.919	-32.039	377.944	-351.340	6.713	-6.713	7.297	-5.369	J지점
100	-7.742	-11.877	-54.379	-31.803	330.462	-400.015	8.573	-8.573	7.295	-5.372	I지점
100	12.461	-11.877	-18.520	-10.390	353.058	-374.793	4.748	-4.748	7.295	-5.372	1/4지점
100	32.663	-11.877	17.339	11.022	377.690	-350.137	0.931	-0.931	7.295	-5.372	2/4지점
100	52.866	-11.877	53.198	32.434	403.651	-326.802	2.877	-2.877	7.295	-5.372	3/4지점
100	73.069	-11.877	89.057	53.847	430.183	-305.443	6.678	-6.678	7.295	-5.372	J지점
101	84.056	-11.940	94.803	53.865	383.996	-355.787	8.640	-8.640	7.289	-5.358	I지점
101	104.260	-11.940	130.665	75.279	407.523	-331.337	4.848	-4.848	7.289	-5.358	1/4지점
101	124.464	-11.940	166.526	96.693	433.108	-307.422	1.094	-1.094	7.289	-5.358	2/4지점
101	144.668	-11.940	202.387	118.107	460.054	-284.819	2.712	-2.712	7.289	-5.358	3/4지점
101	164.872	-11.940	238.249	139.521	487.610	-264.213	6.480	-6.480	7.289	-5.358	J지점
102	176.660	-12.046	245.280	139.697	444.151	-318.018	8.782	-8.782	7.284	-5.352	I지점
102	196.642	-12.046	281.204	161.111	468.624	-294.377	5.200	-5.200	7.284	-5.352	1/4지점
102	216.179	-12.046	317.253	182.526	495.215	-271.248	1.731	-1.731	7.284	-5.352	2/4지점
102	235.271	-12.046	353.425	203.941	523.213	-249.396	2.472	-2.472	7.284	-5.352	3/4지점
102	253.917	-12.046	389.722	225.355	551.843	-229.568	6.206	-6.206	7.284	-5.352	J지점
103	264.395	-12.109	394.774	224.247	507.066	-289.047	9.790	-9.790	7.257	-5.308	I지점
103	282.818	-12.109	431.132	245.662	532.607	-265.975	6.346	-6.346	7.257	-5.308	1/4지점
103	301.242	-12.109	467.490	267.076	560.353	-243.367	2.911	-2.911	7.257	-5.308	2/4지점
103	319.666	-12.109	503.848	288.491	589.568	-222.049	1.963	-1.963	7.257	-5.308	3/4지점
103	338.089	-12.109	540.207	309.905	619.452	-202.786	5.665	-5.665	7.257	-5.308	J지점
104	342.021	-11.830	535.313	310.851	584.177	-257.287	9.205	-9.205	7.263	-5.319	I지점
104	356.492	-11.830	564.472	327.981	606.392	-239.023	6.477	-6.477	7.263	-5.319	1/4지점
104	370.429	-11.830	593.779	345.111	630.197	-221.036	3.754	-3.754	7.263	-5.319	2/4지점
104	383.832	-11.830	623.234	362.241	655.107	-203.837	1.766	-1.766	7.263	-5.319	3/4지점
104	396.702	-11.830	652.839	379.371	680.593	-188.006	4.706	-4.706	7.263	-5.319	J지점
105	397.957	-11.484	643.495	380.811	651.774	-232.125	7.416	-7.416	7.280	-5.350	I지점
105	410.559	-11.484	673.174	397.942	676.502	-213.380	4.710	-4.710	7.280	-5.350	1/4지점
105	423.162	-11.484	702.853	415.072	703.152	-194.834	2.010	-2.010	7.280	-5.350	2/4지점
105	435.765	-11.484	732.532	432.202	731.174	-177.128	4.647	-4.647	7.280	-5.350	3/4지점
105	448.367	-11.484	762.211	449.332	759.990	-160.818	7.566	-7.566	7.280	-5.350	J지점
106	470.834	-12.174	776.655	460.794	771.750	-206.012	22.031	-22.031	7.440	-5.857	I지점
106	481.088	-12.174	800.923	474.801	796.781	-189.188	24.226	-24.226	7.440	-5.857	1/4지점
106	491.238	-12.174	833.191	488.808	823.953	-172.166	26.417	-26.417	7.440	-5.857	2/4지점
106	501.287	-12.174	875.316	502.815	852.905	-156.073	28.604	-28.604	7.440	-5.857	3/4지점
106	511.232	-12.174	917.442	516.821	883.281	-155.369	30.787	-30.787	7.440	-5.857	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	57.612	-8.309	90.014	-3.654	919.751	-694.880	94.716	-94.716	2.073	-4.087	I지점
1	57.612	-8.309	83.342	10.792	893.460	-698.632	94.716	-94.716	2.073	-4.087	1/4지점
1	57.612	-8.309	76.669	25.239	869.047	-704.467	94.716	-94.716	2.073	-4.087	2/4지점
1	57.612	-8.309	71.515	39.686	846.949	-711.078	94.716	-94.716	2.073	-4.087	3/4지점
1	57.612	-8.309	67.323	54.133	827.233	-728.863	94.716	-94.716	2.073	-4.087	J지점
2	66.960	-9.559	98.489	3.653	1071.820	-803.505	185.955	-185.955	2.525	-5.086	I지점
2	66.960	-9.559	93.484	20.902	1044.275	-811.247	185.955	-185.955	2.525	-5.086	1/4지점
2	66.960	-9.559	88.479	38.151	1018.444	-819.141	185.955	-185.955	2.525	-5.086	2/4지점
2	66.960	-9.559	83.473	55.400	994.879	-833.776	185.955	-185.955	2.525	-5.086	3/4지점
2	66.960	-9.559	78.468	72.650	982.742	-867.835	185.955	-185.955	2.525	-5.086	J지점
3	65.508	-9.341	96.550	5.184	1011.052	-723.071	186.318	-186.318	2.548	-5.161	I지점
3	65.508	-9.341	91.579	22.433	984.601	-730.767	186.318	-186.318	2.548	-5.161	1/4지점
3	65.508	-9.341	86.674	39.682	959.488	-738.662	186.318	-186.318	2.548	-5.161	2/4지점
3	65.508	-9.341	81.837	56.932	936.585	-757.608	186.318	-186.318	2.548	-5.161	3/4지점
3	65.508	-9.341	77.067	74.181	916.452	-789.260	186.318	-186.318	2.548	-5.161	J지점
4	63.490	-9.079	95.562	-0.499	917.369	-607.263	163.244	-163.244	2.512	-5.107	I지점
4	63.490	-9.079	89.641	21.062	886.630	-614.744	163.244	-163.244	2.512	-5.107	1/4지점
4	63.490	-9.079	83.720	42.623	857.249	-624.450	163.244	-163.244	2.512	-5.107	2/4지점
4	63.490	-9.079	77.800	64.184	830.282	-649.413	163.244	-163.244	2.512	-5.107	3/4지점
4	63.490	-9.079	71.879	85.746	806.597	-686.319	163.244	-163.244	2.512	-5.107	J지점
5	63.173	-9.086	93.887	5.485	805.561	-500.367	129.535	-129.535	2.460	-5.024	I지점
5	63.173	-9.086	87.994	27.046	774.307	-505.626	129.535	-129.535	2.460	-5.024	1/4지점
5	63.173	-9.086	82.158	48.607	744.447	-513.731	129.535	-129.535	2.460	-5.024	2/4지점
5	63.173	-9.086	76.378	70.168	717.046	-537.510	129.535	-129.535	2.460	-5.024	3/4지점
5	63.173	-9.086	70.655	91.729	692.893	-574.004	129.535	-129.535	2.460	-5.024	J지점
6	62.097	-9.049	91.727	8.633	718.374	-421.105	102.311	-102.311	2.416	-4.980	I지점
6	62.097	-9.049	86.032	30.194	686.657	-424.312	102.311	-102.311	2.416	-4.980	1/4지점
6	62.097	-9.049	80.337	51.755	656.323	-430.345	102.311	-102.311	2.416	-4.980	2/4지점
6	62.097	-9.049	74.642	73.317	628.199	-452.331	102.311	-102.311	2.416	-4.980	3/4지점
6	62.097	-9.049	68.947	94.878	603.359	-488.909	102.311	-102.311	2.416	-4.980	J지점
7	59.066	-8.851	87.173	9.254	644.623	-356.668	74.308	-74.308	2.329	-4.907	I지점
7	59.066	-8.851	81.478	30.815	612.213	-357.883	74.308	-74.308	2.329	-4.907	1/4지점
7	59.066	-8.851	75.783	52.376	581.265	-361.924	74.308	-74.308	2.329	-4.907	2/4지점
7	59.066	-8.851	70.088	73.937	552.506	-391.044	74.308	-74.308	2.329	-4.907	3/4지점
7	59.066	-8.851	64.393	95.499	526.910	-423.153	74.308	-74.308	2.329	-4.907	J지점
8	51.095	-8.357	75.122	4.362	578.521	-343.213	42.653	-42.653	2.071	-4.723	I지점
8	51.095	-8.357	69.427	25.923	545.564	-367.943	42.653	-42.653	2.071	-4.723	1/4지점
8	51.095	-8.357	63.732	47.484	513.912	-395.841	42.653	-42.653	2.071	-4.723	2/4지점
8	51.095	-8.357	58.037	69.045	484.522	-426.074	42.653	-42.653	2.071	-4.723	3/4지점
8	51.095	-8.357	52.342	90.606	458.238	-457.686	42.653	-42.653	2.071	-4.723	J지점
9	36.622	-7.333	53.716	-8.108	513.212	-391.970	13.949	-13.949	1.619	-4.275	I지점
9	36.622	-7.333	47.993	13.453	479.783	-416.143	13.949	-13.949	1.619	-4.275	1/4지점
9	36.622	-7.333	42.213	35.014	447.478	-443.677	13.949	-13.949	1.619	-4.275	2/4지점
9	36.622	-7.333	36.377	56.575	417.394	-473.695	13.949	-13.949	1.619	-4.275	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	36.622	-7.333	30.485	78.136	406.234	-505.208	13.949	-13.949	1.619	-4.275	J지점
10	12.902	-5.396	19.044	-29.538	513.637	-454.507	51.001	-51.001	2.148	-3.377	I지점
10	12.902	-5.396	13.125	-7.984	476.644	-478.713	51.001	-51.001	2.148	-3.377	1/4지점
10	12.902	-5.396	7.207	13.570	455.874	-506.194	51.001	-51.001	2.148	-3.377	2/4지점
10	12.902	-5.396	1.288	35.124	448.423	-536.086	51.001	-51.001	2.148	-3.377	3/4지점
10	12.902	-5.396	-4.631	56.678	443.874	-567.426	51.001	-51.001	2.148	-3.377	J지점
11	-13.012	-2.647	-17.051	-51.649	540.343	-518.313	84.389	-84.389	2.863	-2.030	I지점
11	-13.012	-2.647	-22.999	-30.092	503.344	-542.180	84.389	-84.389	2.863	-2.030	1/4지점
11	-13.012	-2.647	-29.002	-8.535	483.118	-569.622	84.389	-84.389	2.863	-2.030	2/4지점
11	-13.012	-2.647	-35.062	13.022	474.904	-599.895	84.389	-84.389	2.863	-2.030	3/4지점
11	-13.012	-2.647	-41.177	34.579	469.641	-631.910	84.389	-84.389	2.863	-2.030	J지점
12	-38.789	1.255	-49.282	-68.958	558.891	-578.582	113.063	-113.063	3.870	-3.886	I지점
12	-38.789	1.255	-55.439	-47.405	521.547	-603.222	113.063	-113.063	3.870	-3.886	1/4지점
12	-38.789	1.255	-61.623	-25.851	500.185	-631.288	113.063	-113.063	3.870	-3.886	2/4지점
12	-38.789	1.255	-67.836	-4.298	491.498	-661.760	113.063	-113.063	3.870	-3.886	3/4지점
12	-38.789	1.255	-74.076	17.255	485.706	-693.462	113.063	-113.063	3.870	-3.886	J지점
13	-54.387	5.535	-62.229	-71.359	629.958	-690.910	137.918	-137.918	5.189	-6.959	I지점
13	-54.387	5.535	-68.481	-49.811	592.219	-716.271	137.918	-137.918	5.189	-6.959	1/4지점
13	-54.387	5.535	-74.734	-28.263	574.380	-744.447	137.918	-137.918	5.189	-6.959	2/4지점
13	-54.387	5.535	-80.987	-6.715	565.479	-774.444	137.918	-137.918	5.189	-6.959	3/4지점
13	-54.387	5.535	-87.239	14.833	559.336	-805.147	137.918	-137.918	5.189	-6.959	J지점
14	-53.866	9.672	-46.484	-50.011	731.622	-856.033	152.536	-152.536	6.656	-10.477	I지점
14	-53.866	9.672	-52.751	-28.462	694.520	-881.656	152.536	-152.536	6.656	-10.477	1/4지점
14	-53.866	9.672	-59.046	-6.913	681.627	-909.709	152.536	-152.536	6.656	-10.477	2/4지점
14	-53.866	9.672	-65.369	14.636	672.665	-939.141	152.536	-152.536	6.656	-10.477	3/4지점
14	-53.866	9.672	-71.721	36.185	666.254	-968.898	152.536	-152.536	6.656	-10.477	J지점
15	-62.705	21.508	-22.723	-24.153	891.701	-1079.104	152.962	-152.962	8.100	-13.758	I지점
15	-62.705	21.508	-29.089	-2.604	855.139	-1104.743	152.962	-152.962	8.100	-13.758	1/4지점
15	-62.705	21.508	-35.454	18.945	844.749	-1131.315	152.962	-152.962	8.100	-13.758	2/4지점
15	-62.705	21.508	-41.820	40.494	835.081	-1158.186	152.962	-152.962	8.100	-13.758	3/4지점
15	-62.705	21.508	-48.186	62.044	827.336	-1184.910	152.962	-152.962	8.100	-13.758	J지점
16	-56.380	38.937	20.797	-11.219	954.685	-1245.037	177.765	-177.765	8.858	-12.996	I지점
16	-56.380	38.937	14.517	10.324	927.900	-1267.246	177.765	-177.765	8.858	-12.996	1/4지점
16	-56.380	38.937	8.406	31.868	918.032	-1291.644	177.765	-177.765	8.858	-12.996	2/4지점
16	-56.380	38.937	2.463	53.411	908.601	-1317.702	177.765	-177.765	8.858	-12.996	3/4지점
16	-56.380	38.937	-3.312	74.954	901.353	-1344.840	177.765	-177.765	8.858	-12.996	J지점
17	-76.942	53.525	-4.193	-19.266	1002.846	-1172.576	682.139	-682.139	4.941	-4.303	I지점
17	-76.942	53.525	-9.884	2.280	973.617	-1195.533	682.139	-682.139	4.941	-4.303	1/4지점
17	-76.942	53.525	-15.575	23.826	945.544	-1221.260	682.139	-682.139	4.941	-4.303	2/4지점
17	-76.942	53.525	-21.266	45.372	919.235	-1249.234	682.139	-682.139	4.941	-4.303	3/4지점
17	-76.942	53.525	-26.957	66.918	895.304	-1278.850	682.139	-682.139	4.941	-4.303	J지점
18	-160.907	66.860	-146.067	-121.264	1168.055	-902.802	804.028	-804.028	14.507	-6.690	I지점
18	-160.907	66.860	-150.620	-104.030	1143.339	-922.796	804.028	-804.028	14.507	-6.690	1/4지점
18	-160.907	66.860	-155.172	-86.795	1118.739	-945.492	804.028	-804.028	14.507	-6.690	2/4지점
18	-160.907	66.860	-159.724	-69.560	1094.671	-970.615	804.028	-804.028	14.507	-6.690	3/4지점
18	-160.907	66.860	-164.277	-52.325	1071.557	-997.913	804.028	-804.028	14.507	-6.690	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	-142.692	69.144	-67.562	-141.753	1292.662	-804.390	174.137	-174.137	24.119	-10.813	I지점
19	-142.692	69.144	-73.307	-120.216	1262.969	-809.847	174.137	-174.137	24.119	-10.813	1/4지점
19	-142.692	69.144	-79.164	-98.679	1233.893	-817.745	174.137	-174.137	24.119	-10.813	2/4지점
19	-142.692	69.144	-85.133	-77.142	1206.249	-838.958	174.137	-174.137	24.119	-10.813	3/4지점
19	-142.692	69.144	-91.215	-55.605	1180.899	-873.949	174.137	-174.137	24.119	-10.813	J지점
20	-62.074	67.982	41.154	-114.788	1355.577	-840.218	189.621	-189.621	26.917	-11.766	I지점
20	-62.074	67.982	35.002	-93.249	1326.106	-845.421	189.621	-189.621	26.917	-11.766	1/4지점
20	-62.074	67.982	28.821	-71.710	1297.233	-853.015	189.621	-189.621	26.917	-11.766	2/4지점
20	-62.074	67.982	22.613	-50.171	1269.830	-866.367	189.621	-189.621	26.917	-11.766	3/4지점
20	-62.074	67.982	16.377	-28.632	1244.778	-900.866	189.621	-189.621	26.917	-11.766	J지점
21	17.960	51.123	123.182	-37.810	1275.582	-728.774	194.791	-194.791	22.921	-9.721	I지점
21	17.960	51.123	116.932	-16.271	1247.544	-733.683	194.791	-194.791	22.921	-9.721	1/4지점
21	17.960	51.123	110.682	5.268	1219.672	-740.892	194.791	-194.791	22.921	-9.721	2/4지점
21	17.960	51.123	104.432	26.807	1192.753	-759.911	194.791	-194.791	22.921	-9.721	3/4지점
21	17.960	51.123	98.182	48.346	1167.637	-793.995	194.791	-194.791	22.921	-9.721	J지점
22	41.059	30.886	197.423	27.662	1151.142	-606.159	173.559	-173.559	17.669	-7.081	I지점
22	41.059	30.886	191.174	49.198	1121.780	-610.494	173.559	-173.559	17.669	-7.081	1/4지점
22	41.059	30.886	184.925	70.733	1093.241	-617.253	173.559	-173.559	17.669	-7.081	2/4지점
22	41.059	30.886	178.676	92.269	1066.473	-642.965	173.559	-173.559	17.669	-7.081	3/4지점
22	41.059	30.886	172.427	113.804	1042.371	-676.633	173.559	-173.559	17.669	-7.081	J지점
23	56.038	28.243	222.988	58.648	1022.547	-508.010	145.818	-145.818	13.100	-4.799	I지점
23	56.038	28.243	216.740	80.183	992.620	-511.438	145.818	-145.818	13.100	-4.799	1/4지점
23	56.038	28.243	210.491	101.717	963.355	-517.395	145.818	-145.818	13.100	-4.799	2/4지점
23	56.038	28.243	204.242	123.251	935.750	-545.983	145.818	-145.818	13.100	-4.799	3/4지점
23	56.038	28.243	197.993	144.786	910.841	-580.759	145.818	-145.818	13.100	-4.799	J지점
24	57.958	23.302	210.888	59.927	881.104	-421.813	111.766	-111.766	8.861	-4.755	I지점
24	57.958	23.302	204.641	81.457	849.977	-424.268	111.766	-111.766	8.861	-4.755	1/4지점
24	57.958	23.302	198.393	102.987	819.830	-429.368	111.766	-111.766	8.861	-4.755	2/4지점
24	57.958	23.302	192.146	124.517	791.831	-458.055	111.766	-111.766	8.861	-4.755	3/4지점
24	57.958	23.302	185.899	146.047	767.061	-493.019	111.766	-111.766	8.861	-4.755	J지점
25	46.409	16.498	164.854	38.664	758.692	-365.736	75.795	-75.795	5.500	-4.431	I지점
25	46.409	16.498	158.607	60.192	727.278	-367.422	75.795	-75.795	5.500	-4.431	1/4지점
25	46.409	16.498	152.360	81.721	696.909	-371.794	75.795	-75.795	5.500	-4.431	2/4지점
25	46.409	16.498	146.113	103.249	668.775	-398.889	75.795	-75.795	5.500	-4.431	3/4지점
25	46.409	16.498	139.867	124.777	643.939	-433.958	75.795	-75.795	5.500	-4.431	J지점
26	24.382	8.602	92.512	-0.285	658.764	-370.850	37.239	-37.239	2.889	-3.717	I지점
26	24.382	8.602	86.264	21.247	627.345	-395.397	37.239	-37.239	2.889	-3.717	1/4지점
26	24.382	8.602	80.016	42.779	596.979	-423.226	37.239	-37.239	2.889	-3.717	2/4지점
26	24.382	8.602	73.768	64.311	568.836	-453.248	37.239	-37.239	2.889	-3.717	3/4지점
26	24.382	8.602	67.520	85.843	543.993	-484.305	37.239	-37.239	2.889	-3.717	J지점
27	-3.026	0.286	6.696	-48.104	563.288	-454.545	3.358	-3.358	2.959	-2.625	I지점
27	-3.026	0.286	0.449	-26.576	531.970	-479.227	3.358	-3.358	2.959	-2.625	1/4지점
27	-3.026	0.286	-5.798	-5.047	501.699	-507.170	3.358	-3.358	2.959	-2.625	2/4지점
27	-3.026	0.286	-12.045	16.482	473.632	-537.329	3.358	-3.358	2.959	-2.625	3/4지점
27	-3.026	0.286	-18.292	38.011	448.864	-568.505	3.358	-3.358	2.959	-2.625	J지점
28	-30.107	-8.027	-78.537	-95.282	476.717	-547.337	42.048	-42.048	4.074	-3.178	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	-30.107	-8.027	-84.783	-73.759	445.538	-572.127	42.048	-42.048	4.074	-3.178	1/4지점
28	-30.107	-8.027	-91.028	-52.236	415.387	-600.155	42.048	-42.048	4.074	-3.178	2/4지점
28	-30.107	-8.027	-97.274	-30.713	387.439	-630.422	42.048	-42.048	4.074	-3.178	3/4지점
28	-30.107	-8.027	-103.519	-9.190	362.768	-661.684	42.048	-42.048	4.074	-3.178	J지점
29	-51.229	-15.913	-149.284	-131.874	426.842	-641.370	81.099	-81.099	4.801	-5.711	I지점
29	-51.229	-15.913	-155.531	-110.346	391.594	-666.130	81.099	-81.099	4.801	-5.711	1/4지점
29	-51.229	-15.913	-161.778	-88.818	364.259	-694.192	81.099	-81.099	4.801	-5.711	2/4지점
29	-51.229	-15.913	-168.025	-67.291	359.634	-724.482	81.099	-81.099	4.801	-5.711	3/4지점
29	-51.229	-15.913	-174.271	-45.763	357.732	-755.819	81.099	-81.099	4.801	-5.711	J지점
30	-61.688	-22.887	-194.012	-150.130	481.263	-757.490	117.869	-117.869	5.147	-9.062	I지점
30	-61.688	-22.887	-200.256	-128.608	446.238	-782.245	117.869	-117.869	5.147	-9.062	1/4지점
30	-61.688	-22.887	-206.501	-107.087	417.761	-810.229	117.869	-117.869	5.147	-9.062	2/4지점
30	-61.688	-22.887	-212.746	-85.566	412.494	-840.361	117.869	-117.869	5.147	-9.062	3/4지점
30	-61.688	-22.887	-218.991	-64.044	409.880	-871.474	117.869	-117.869	5.147	-9.062	J지점
31	-58.296	-27.852	-203.604	-142.902	568.070	-902.471	153.278	-153.278	5.213	-13.131	I지점
31	-58.296	-27.852	-209.850	-121.377	533.179	-927.468	153.278	-153.278	5.213	-13.131	1/4지점
31	-58.296	-27.852	-216.096	-99.851	504.926	-955.168	153.278	-153.278	5.213	-13.131	2/4지점
31	-58.296	-27.852	-222.342	-78.326	498.853	-984.536	153.278	-153.278	5.213	-13.131	3/4지점
31	-58.296	-27.852	-228.588	-56.801	495.320	-1014.571	153.278	-153.278	5.213	-13.131	J지점
32	-41.434	-30.571	-175.303	-101.611	662.416	-1038.297	183.076	-183.076	7.083	-17.555	I지점
32	-41.434	-30.571	-181.548	-80.088	628.130	-1063.146	183.076	-183.076	7.083	-17.555	1/4지점
32	-41.434	-30.571	-187.793	-58.566	605.471	-1090.700	183.076	-183.076	7.083	-17.555	2/4지점
32	-41.434	-30.571	-194.038	-37.044	599.016	-1120.031	183.076	-183.076	7.083	-17.555	3/4지점
32	-41.434	-30.571	-200.283	-15.522	595.030	-1150.167	183.076	-183.076	7.083	-17.555	J지점
33	-17.079	-50.878	-97.062	-28.491	788.202	-1168.713	210.108	-210.108	9.370	-22.315	I지점
33	-17.079	-50.878	-103.307	-6.970	752.596	-1195.432	210.108	-210.108	9.370	-22.315	1/4지점
33	-17.079	-50.878	-109.552	14.551	736.025	-1224.047	210.108	-210.108	9.370	-22.315	2/4지점
33	-17.079	-50.878	-115.796	36.071	729.196	-1253.630	210.108	-210.108	9.370	-22.315	3/4지점
33	-17.079	-50.878	-122.041	57.592	724.790	-1283.321	210.108	-210.108	9.370	-22.315	J지점
34	76.143	-69.297	-6.659	64.493	923.125	-1261.472	220.982	-220.982	10.768	-25.581	I지점
34	76.143	-69.297	-12.889	86.010	886.205	-1288.871	220.982	-220.982	10.768	-25.581	1/4지점
34	76.143	-69.297	-19.091	107.527	872.723	-1318.912	220.982	-220.982	10.768	-25.581	2/4지점
34	76.143	-69.297	-25.265	129.044	865.386	-1350.596	220.982	-220.982	10.768	-25.581	3/4지점
34	76.143	-69.297	-31.411	150.561	860.671	-1382.921	220.982	-220.982	10.768	-25.581	J지점
35	196.400	-70.885	142.952	141.542	953.768	-1227.432	159.948	-159.948	8.763	-20.881	I지점
35	196.400	-70.885	136.875	163.060	914.776	-1257.261	159.948	-159.948	8.763	-20.881	1/4지점
35	196.400	-70.885	130.911	184.579	894.305	-1289.765	159.948	-159.948	8.763	-20.881	2/4지점
35	196.400	-70.885	125.059	206.098	887.015	-1323.887	159.948	-159.948	8.763	-20.881	3/4지점
35	196.400	-70.885	119.319	227.616	882.511	-1358.625	159.948	-159.948	8.763	-20.881	J지점
36	310.203	-77.251	407.044	189.653	1253.255	-1195.457	474.545	-474.545	5.129	-3.516	I지점
36	310.203	-77.251	402.497	206.868	1218.161	-1224.559	474.545	-474.545	5.129	-3.516	1/4지점
36	310.203	-77.251	397.950	224.083	1186.025	-1254.900	474.545	-474.545	5.129	-3.516	2/4지점
36	310.203	-77.251	393.403	241.298	1157.250	-1285.908	474.545	-474.545	5.129	-3.516	3/4지점
36	310.203	-77.251	388.855	258.513	1135.012	-1317.021	474.545	-474.545	5.129	-3.516	J지점
37	387.269	-83.562	508.816	184.724	1742.695	-1144.404	502.464	-502.464	26.893	-17.293	I지점
37	387.269	-83.562	503.132	206.242	1706.082	-1166.165	502.479	-502.479	26.893	-17.293	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	387.269	-83.562	497.449	227.759	1671.792	-1198.666	502.525	-502.525	26.893	-17.293	2/4지점
37	387.269	-83.562	491.765	249.277	1640.640	-1233.293	502.601	-502.601	26.893	-17.293	3/4지점
37	387.269	-83.562	486.081	270.795	1617.356	-1269.200	502.707	-502.707	26.893	-17.293	J지점
38	521.944	-82.597	730.738	217.335	1958.926	-990.704	165.767	-165.767	44.647	-26.426	I지점
38	521.944	-82.597	724.971	238.850	1925.405	-997.512	165.619	-165.619	44.647	-26.426	1/4지점
38	521.944	-82.597	719.035	260.366	1893.100	-1027.232	165.438	-165.438	44.647	-26.426	2/4지점
38	521.944	-82.597	712.932	281.882	1862.808	-1059.828	165.224	-165.224	44.647	-26.426	3/4지점
38	521.944	-82.597	706.660	303.397	1835.307	-1094.511	164.977	-164.977	44.647	-26.426	J지점
39	483.977	-55.763	661.183	235.625	1761.014	-759.204	204.934	-204.934	42.683	-25.385	I지점
39	483.977	-55.763	654.828	257.139	1730.068	-763.234	204.654	-204.654	42.683	-25.385	1/4지점
39	483.977	-55.763	648.472	278.653	1698.667	-769.645	204.341	-204.341	42.683	-25.385	2/4지점
39	483.977	-55.763	642.117	300.167	1667.369	-800.377	203.995	-203.995	42.683	-25.385	3/4지점
39	483.977	-55.763	635.762	321.681	1636.911	-837.971	203.616	-203.616	42.683	-25.385	J지점
40	369.701	-32.896	510.625	262.133	1518.300	-563.186	185.156	-185.156	35.823	-22.052	I지점
40	369.701	-32.896	504.283	283.648	1486.187	-564.839	184.744	-184.744	35.823	-22.052	1/4지점
40	369.701	-32.896	497.969	305.163	1454.217	-568.862	184.300	-184.300	35.823	-22.052	2/4지점
40	369.701	-32.896	491.684	326.679	1423.500	-594.106	183.823	-183.823	35.823	-22.052	3/4지점
40	369.701	-32.896	485.427	348.194	1395.180	-628.624	183.313	-183.313	35.823	-22.052	J지점
41	409.983	-29.072	618.406	311.226	1337.193	-444.634	164.176	-164.176	30.318	-19.728	I지점
41	409.983	-29.072	612.162	332.743	1305.506	-446.292	163.633	-163.633	30.318	-19.728	1/4지점
41	409.983	-29.072	605.918	354.261	1274.414	-451.219	163.057	-163.057	30.318	-19.728	2/4지점
41	409.983	-29.072	599.674	375.779	1245.003	-484.199	162.449	-162.449	30.318	-19.728	3/4지점
41	409.983	-29.072	593.430	397.297	1218.315	-518.009	161.807	-161.807	30.318	-19.728	J지점
42	396.677	-22.346	629.458	310.299	1132.811	-338.130	134.757	-134.757	24.907	-17.431	I지점
42	396.677	-22.346	623.230	331.811	1100.115	-339.139	134.083	-134.083	24.907	-17.431	1/4지점
42	396.677	-22.346	617.029	353.323	1068.567	-344.763	133.376	-133.376	24.907	-17.431	2/4지점
42	396.677	-22.346	610.857	374.835	1039.270	-377.440	132.635	-132.635	24.907	-17.431	3/4지점
42	396.677	-22.346	604.712	396.347	1013.248	-410.486	131.862	-131.862	24.907	-17.431	J지점
43	342.147	-14.233	565.107	275.634	934.408	-261.951	103.906	-103.906	19.937	-15.474	I지점
43	342.147	-14.233	559.004	297.148	901.492	-262.576	103.099	-103.099	19.937	-15.474	1/4지점
43	342.147	-14.233	552.956	318.662	870.125	-265.709	102.260	-102.260	19.937	-15.474	2/4지점
43	342.147	-14.233	546.964	340.176	841.353	-295.960	101.388	-101.388	19.937	-15.474	3/4지점
43	342.147	-14.233	541.029	361.690	816.063	-328.378	100.483	-100.483	19.937	-15.474	J지점
44	254.895	-6.182	441.255	204.115	736.210	-216.094	69.243	-69.243	14.997	-13.434	I지점
44	254.895	-6.182	435.348	225.628	704.189	-216.688	68.305	-68.305	14.997	-13.434	1/4지점
44	254.895	-6.182	429.441	247.141	673.439	-219.762	67.335	-67.335	14.997	-13.434	2/4지점
44	254.895	-6.182	423.533	268.653	644.891	-247.261	66.331	-66.331	14.997	-13.434	3/4지점
44	254.895	-6.182	417.626	290.166	619.509	-283.872	65.295	-65.295	14.997	-13.434	J지점
45	143.209	1.527	273.670	103.275	617.540	-270.430	32.115	-32.115	10.109	-11.287	I지점
45	143.209	1.527	267.791	124.787	585.805	-294.995	31.131	-31.131	10.109	-11.287	1/4지점
45	143.209	1.527	261.968	146.299	555.394	-322.498	30.117	-30.117	10.109	-11.287	2/4지점
45	143.209	1.527	256.202	167.811	527.449	-351.966	29.072	-29.072	10.109	-11.287	3/4지점
45	143.209	1.527	250.492	189.323	502.659	-382.473	27.997	-27.997	10.109	-11.287	J지점
46	22.373	8.323	87.848	-11.612	531.927	-441.848	6.288	-6.288	5.753	-9.368	I지점
46	22.373	8.323	82.166	9.902	500.989	-466.594	7.489	-7.489	5.753	-9.368	1/4지점
46	22.373	8.323	76.483	31.415	471.314	-494.351	8.723	-8.723	5.753	-9.368	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	22.373	8.323	70.801	52.929	443.836	-524.245	9.990	-9.990	5.753	-9.368	3/4지점
46	22.373	8.323	65.118	74.442	419.422	-555.359	11.290	-11.290	5.753	-9.368	J지점
47	-102.872	14.227	-107.968	-132.352	467.141	-637.954	44.220	-44.220	7.931	-7.661	I지점
47	-102.872	14.227	-113.650	-110.840	436.851	-662.996	45.552	-45.552	7.931	-7.661	1/4지점
47	-102.872	14.227	-119.332	-89.329	407.778	-691.066	46.918	-46.918	7.931	-7.661	2/4지점
47	-102.872	14.227	-125.014	-67.817	380.865	-721.305	48.317	-48.317	7.931	-7.661	3/4지점
47	-102.872	14.227	-130.696	-46.306	356.982	-752.772	49.748	-49.748	7.931	-7.661	J지점
48	-226.790	19.305	-304.343	-252.731	451.834	-862.001	81.808	-81.808	10.366	-6.217	I지점
48	-226.790	19.305	-310.025	-231.218	422.178	-887.156	83.272	-83.272	10.366	-6.217	1/4지점
48	-226.790	19.305	-315.707	-209.706	393.681	-915.340	84.769	-84.769	10.366	-6.217	2/4지점
48	-226.790	19.305	-321.389	-188.193	368.064	-945.698	86.299	-86.299	10.366	-6.217	3/4지점
48	-226.790	19.305	-327.072	-166.680	367.208	-977.293	87.861	-87.861	10.366	-6.217	J지점
49	-336.650	23.216	-481.039	-358.949	477.089	-1090.779	117.784	-117.784	12.273	-5.045	I지점
49	-336.650	23.216	-486.750	-337.436	447.954	-1115.588	119.379	-119.379	12.273	-5.045	1/4지점
49	-336.650	23.216	-492.517	-315.923	419.793	-1143.530	121.008	-121.008	12.273	-5.045	2/4지점
49	-336.650	23.216	-498.340	-294.410	397.985	-1173.759	122.669	-122.669	12.273	-5.045	3/4지점
49	-336.650	23.216	-504.219	-272.897	396.523	-1205.312	124.363	-124.363	12.273	-5.045	J지점
50	-433.676	26.282	-640.200	-448.417	522.607	-1317.982	152.546	-152.546	13.813	-5.963	I지점
50	-433.676	26.282	-646.107	-426.904	490.740	-1342.463	154.273	-154.273	13.813	-5.963	1/4지점
50	-433.676	26.282	-652.014	-405.391	459.565	-1370.050	156.033	-156.033	13.813	-5.963	2/4지점
50	-433.676	26.282	-657.922	-383.878	442.545	-1399.833	157.827	-157.827	13.813	-5.963	3/4지점
50	-433.676	26.282	-663.829	-362.365	439.690	-1430.830	159.653	-159.653	13.813	-5.963	J지점
51	-513.904	28.933	-774.462	-490.255	575.737	-1474.061	177.295	-177.295	14.587	-7.164	I지점
51	-513.904	28.933	-779.221	-473.046	548.733	-1495.037	178.780	-178.780	14.587	-7.164	1/4지점
51	-513.904	28.933	-784.047	-455.837	520.439	-1518.495	180.286	-180.286	14.587	-7.164	2/4지점
51	-513.904	28.933	-788.940	-438.628	498.067	-1543.893	181.812	-181.812	14.587	-7.164	3/4지점
51	-513.904	28.933	-793.900	-421.419	493.962	-1570.594	183.360	-183.360	14.587	-7.164	J지점
52	-572.070	30.765	-872.058	-507.020	618.471	-1552.321	187.236	-187.236	14.834	-7.778	I지점
52	-572.070	30.765	-877.051	-489.812	587.729	-1576.043	188.804	-188.804	14.834	-7.778	1/4지점
52	-572.070	30.765	-882.044	-472.604	555.038	-1602.520	190.394	-190.394	14.834	-7.778	2/4지점
52	-572.070	30.765	-887.037	-455.396	543.815	-1631.078	192.004	-192.004	14.834	-7.778	3/4지점
52	-572.070	30.765	-892.031	-438.189	539.846	-1661.000	193.636	-193.636	14.834	-7.778	J지점
53	-549.450	28.233	-844.312	-499.283	536.520	-1373.849	106.923	-106.923	12.888	-7.441	I지점
53	-549.450	28.233	-848.396	-485.210	501.143	-1398.910	108.273	-108.273	12.888	-7.441	1/4지점
53	-549.450	28.233	-853.561	-471.138	489.157	-1427.167	109.637	-109.637	12.888	-7.441	2/4지점
53	-549.450	28.233	-860.061	-457.066	486.659	-1458.205	111.015	-111.015	12.888	-7.441	3/4지점
53	-549.450	28.233	-866.560	-442.993	486.262	-1491.618	112.407	-112.407	12.888	-7.441	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	61.175	-8.603	64.670	98.044	845.609	-769.986	349.838	-349.838	1.960	-4.085	I지점
54	61.175	-8.603	71.342	83.598	847.986	-748.110	349.838	-349.838	1.960	-4.085	1/4지점
54	61.175	-8.603	78.014	69.151	851.463	-727.826	349.838	-349.838	1.960	-4.085	2/4지점
54	61.175	-8.603	83.168	54.704	854.946	-709.379	349.838	-349.838	1.960	-4.085	3/4지점
54	61.175	-8.603	87.361	40.258	858.429	-698.924	349.838	-349.838	1.960	-4.085	J지점
55	68.359	-9.675	77.883	114.739	994.104	-887.767	367.032	-367.032	2.458	-5.085	I지점
55	68.359	-9.675	82.888	97.490	998.263	-864.839	367.032	-367.032	2.458	-5.085	1/4지점
55	68.359	-9.675	87.893	80.241	1002.421	-843.367	367.032	-367.032	2.458	-5.085	2/4지점
55	68.359	-9.675	92.899	62.992	1006.579	-824.090	367.032	-367.032	2.458	-5.085	3/4지점
55	68.359	-9.675	97.904	45.743	1010.738	-823.897	367.032	-367.032	2.458	-5.085	J지점
56	66.046	-9.386	74.834	114.910	917.539	-819.619	299.953	-299.953	2.509	-5.160	I지점
56	66.046	-9.386	79.806	97.661	921.697	-797.715	299.953	-299.953	2.509	-5.160	1/4지점
56	66.046	-9.386	84.710	80.412	925.856	-777.039	299.953	-299.953	2.509	-5.160	2/4지점
56	66.046	-9.386	89.548	63.162	930.014	-758.132	299.953	-299.953	2.509	-5.160	3/4지점
56	66.046	-9.386	94.318	45.913	934.172	-754.215	299.953	-299.953	2.509	-5.160	J지점
57	63.682	-9.094	69.914	118.934	805.965	-723.521	231.558	-231.558	2.490	-5.107	I지점
57	63.682	-9.094	75.834	97.373	811.163	-698.263	231.558	-231.558	2.490	-5.107	1/4지점
57	63.682	-9.094	81.755	75.812	816.361	-674.240	231.558	-231.558	2.490	-5.107	2/4지점
57	63.682	-9.094	87.676	54.251	821.559	-652.279	231.558	-231.558	2.490	-5.107	3/4지점
57	63.682	-9.094	93.596	32.690	826.757	-645.573	231.558	-231.558	2.490	-5.107	J지점
58	63.253	-9.090	70.311	110.658	696.794	-617.157	172.283	-172.283	2.448	-5.023	I지점
58	63.253	-9.090	76.204	89.097	701.956	-591.726	172.283	-172.283	2.448	-5.023	1/4지점
58	63.253	-9.090	82.040	67.536	707.154	-567.575	172.283	-172.283	2.448	-5.023	2/4지점
58	63.253	-9.090	87.820	45.975	712.352	-545.519	172.283	-172.283	2.448	-5.023	3/4지점
58	63.253	-9.090	93.543	24.414	717.550	-534.232	172.283	-172.283	2.448	-5.023	J지점
59	62.161	-9.049	69.003	105.596	613.555	-532.109	123.779	-123.779	2.409	-4.980	I지점
59	62.161	-9.049	74.698	84.035	617.938	-506.600	123.779	-123.779	2.409	-4.980	1/4지점
59	62.161	-9.049	80.393	62.474	623.136	-482.278	123.779	-123.779	2.409	-4.980	2/4지점
59	62.161	-9.049	86.089	40.913	628.334	-459.918	123.779	-123.779	2.409	-4.980	3/4지점
59	62.161	-9.049	91.784	19.352	633.532	-444.489	123.779	-123.779	2.409	-4.980	J지점
60	58.722	-8.830	63.721	100.847	540.014	-463.070	88.681	-88.681	2.314	-4.895	I지점
60	58.722	-8.830	69.419	79.277	542.869	-437.273	88.681	-88.681	2.314	-4.895	1/4지점
60	58.722	-8.830	75.116	57.707	547.804	-412.637	88.681	-88.681	2.314	-4.895	2/4지점
60	58.722	-8.830	80.813	36.136	553.003	-389.941	88.681	-88.681	2.314	-4.895	3/4지점
60	58.722	-8.830	86.511	14.566	558.202	-370.425	88.681	-88.681	2.314	-4.895	J지점
61	51.810	-8.383	53.097	93.866	475.696	-410.138	58.789	-58.789	2.096	-4.730	I지점
61	51.810	-8.383	58.802	72.269	476.900	-383.951	58.789	-58.789	2.096	-4.730	1/4지점
61	51.810	-8.383	64.506	50.673	480.571	-362.067	58.789	-58.789	2.096	-4.730	2/4지점
61	51.810	-8.383	70.210	29.076	485.762	-362.054	58.789	-58.789	2.096	-4.730	3/4지점
61	51.810	-8.383	75.915	7.480	490.965	-362.054	58.789	-58.789	2.096	-4.730	J지점
62	35.767	-7.263	28.621	76.964	412.767	-416.393	13.550	-13.550	1.622	-4.231	I지점
62	35.767	-7.263	34.363	55.330	434.354	-411.223	13.550	-13.550	1.622	-4.231	1/4지점
62	35.767	-7.263	40.163	33.695	458.791	-407.758	13.550	-13.550	1.622	-4.231	2/4지점
62	35.767	-7.263	46.019	12.061	485.291	-406.845	13.550	-13.550	1.622	-4.231	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	35.767	-7.263	51.931	-9.574	513.037	-406.845	13.550	-13.550	1.622	-4.231	J지점
63	14.000	-5.466	-3.634	54.422	454.255	-478.466	53.316	-53.316	2.103	-3.400	I지점
63	14.000	-5.466	2.316	32.753	475.470	-473.244	53.316	-53.316	2.103	-3.400	1/4지점
63	14.000	-5.466	8.267	11.084	499.532	-468.156	53.316	-53.316	2.103	-3.400	2/4지점
63	14.000	-5.466	14.217	-10.585	525.628	-465.094	53.316	-53.316	2.103	-3.400	3/4지점
63	14.000	-5.466	20.167	-32.254	552.882	-464.480	53.316	-53.316	2.103	-3.400	J지점
64	-13.385	-2.588	-42.231	26.242	480.883	-540.939	92.882	-92.882	2.873	-1.962	I지점
64	-13.385	-2.588	-36.243	4.537	501.487	-535.707	92.882	-92.882	2.873	-1.962	1/4지점
64	-13.385	-2.588	-30.198	-17.168	525.030	-530.475	92.882	-92.882	2.873	-1.962	2/4지점
64	-13.385	-2.588	-24.097	-38.873	550.928	-525.579	92.882	-92.882	2.873	-1.962	3/4지점
64	-13.385	-2.588	-17.939	-60.578	578.295	-522.952	92.882	-92.882	2.873	-1.962	J지점
65	-38.058	1.156	-73.047	2.184	505.193	-598.852	131.544	-131.544	3.860	-3.913	I지점
65	-38.058	1.156	-66.838	-19.554	525.820	-593.611	131.544	-131.544	3.860	-3.913	1/4지점
65	-38.058	1.156	-60.601	-41.291	549.367	-588.371	131.544	-131.544	3.860	-3.913	2/4지점
65	-38.058	1.156	-54.335	-63.029	574.938	-583.130	131.544	-131.544	3.860	-3.913	3/4지점
65	-38.058	1.156	-48.042	-84.766	601.607	-578.479	131.544	-131.544	3.860	-3.913	J지점
66	-53.322	5.383	-83.992	-13.152	590.848	-698.276	186.009	-186.009	5.221	-7.080	I지점
66	-53.322	5.383	-77.673	-34.927	609.254	-693.026	186.009	-186.009	5.221	-7.080	1/4지점
66	-53.322	5.383	-71.354	-56.703	632.539	-687.776	186.009	-186.009	5.221	-7.080	2/4지점
66	-53.322	5.383	-65.036	-78.479	657.381	-682.526	186.009	-186.009	5.221	-7.080	3/4지점
66	-53.322	5.383	-58.717	-100.255	682.886	-677.275	186.009	-186.009	5.221	-7.080	J지점
67	-51.689	9.417	-62.191	-13.050	707.566	-845.161	263.340	-263.340	6.765	-10.775	I지점
67	-51.689	9.417	-55.849	-34.856	718.677	-839.903	263.340	-263.340	6.765	-10.775	1/4지점
67	-51.689	9.417	-49.479	-56.663	741.576	-834.644	263.340	-263.340	6.765	-10.775	2/4지점
67	-51.689	9.417	-43.080	-78.469	765.747	-829.386	263.340	-263.340	6.765	-10.775	3/4지점
67	-51.689	9.417	-36.652	-100.276	790.336	-824.128	263.340	-263.340	6.765	-10.775	J지점
68	-57.287	20.848	-28.695	12.134	871.021	-1058.683	391.126	-391.126	8.484	-14.405	I지점
68	-57.287	20.848	-22.241	-9.711	871.390	-1053.415	391.126	-391.126	8.484	-14.405	1/4지점
68	-57.287	20.848	-15.788	-31.556	889.863	-1048.147	391.126	-391.126	8.484	-14.405	2/4지점
68	-57.287	20.848	-9.335	-53.402	912.236	-1042.879	391.126	-391.126	8.484	-14.405	3/4지점
68	-57.287	20.848	-2.882	-75.247	934.746	-1037.610	391.126	-391.126	8.484	-14.405	J지점
69	-47.931	37.379	22.157	33.552	943.229	-1220.341	521.655	-521.655	9.442	-13.974	I지점
69	-47.931	37.379	28.535	11.673	943.584	-1215.064	521.655	-521.655	9.442	-13.974	1/4지점
69	-47.931	37.379	34.741	-10.206	949.197	-1209.787	521.655	-521.655	9.442	-13.974	2/4지점
69	-47.931	37.379	40.777	-32.084	972.255	-1204.510	521.655	-521.655	9.442	-13.974	3/4지점
69	-47.931	37.379	46.641	-53.963	996.562	-1199.233	521.655	-521.655	9.442	-13.974	J지점
70	-64.309	52.218	9.570	32.558	903.839	-1151.718	488.509	-488.509	5.763	-5.520	I지점
70	-64.309	52.218	15.356	10.654	903.839	-1146.433	488.509	-488.509	5.763	-5.520	1/4지점
70	-64.309	52.218	21.142	-11.251	903.839	-1141.148	488.509	-488.509	5.763	-5.520	2/4지점
70	-64.309	52.218	26.928	-33.156	904.002	-1136.026	488.509	-488.509	5.763	-5.520	3/4지점
70	-64.309	52.218	32.714	-55.060	906.534	-1133.274	488.509	-488.509	5.763	-5.520	J지점
71	-168.100	64.510	-180.669	-11.488	1022.402	-904.297	353.205	-353.205	14.828	-6.880	I지점
71	-168.100	64.510	-176.041	-29.010	1024.392	-902.059	353.205	-353.205	14.828	-6.880	1/4지점
71	-168.100	64.510	-171.412	-46.532	1028.237	-901.675	353.205	-353.205	14.828	-6.880	2/4지점
71	-168.100	64.510	-166.784	-64.054	1032.466	-901.675	353.205	-353.205	14.828	-6.880	3/4지점
71	-168.100	64.510	-162.156	-81.576	1036.695	-901.675	353.205	-353.205	14.828	-6.880	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	-149.964	66.569	-111.372	19.028	1122.300	-917.311	423.539	-423.539	24.534	-11.030	I지점
72	-149.964	66.569	-105.531	-2.869	1127.585	-890.357	423.539	-423.539	24.534	-11.030	1/4지점
72	-149.964	66.569	-99.575	-24.767	1132.871	-864.223	423.539	-423.539	24.534	-11.030	2/4지점
72	-149.964	66.569	-93.505	-46.665	1138.156	-854.763	423.539	-423.539	24.534	-11.030	3/4지점
72	-149.964	66.569	-87.322	-68.563	1143.442	-854.263	423.539	-423.539	24.534	-11.030	J지점
73	-71.099	65.602	-3.193	95.625	1167.957	-963.153	339.666	-339.666	27.001	-11.908	I지점
73	-71.099	65.602	3.061	73.730	1173.242	-937.735	339.666	-339.666	27.001	-11.908	1/4지점
73	-71.099	65.602	9.343	51.835	1178.527	-913.037	339.666	-339.666	27.001	-11.908	2/4지점
73	-71.099	65.602	15.654	29.940	1183.812	-899.889	339.666	-339.666	27.001	-11.908	3/4지점
73	-71.099	65.602	21.994	8.045	1189.097	-899.511	339.666	-339.666	27.001	-11.908	J지점
74	12.714	49.417	85.957	153.271	1106.228	-847.494	269.780	-269.780	22.734	-9.678	I지점
74	12.714	49.417	92.311	131.373	1111.514	-824.057	269.780	-269.780	22.734	-9.678	1/4지점
74	12.714	49.417	98.665	109.476	1116.800	-800.961	269.780	-269.780	22.734	-9.678	2/4지점
74	12.714	49.417	105.019	87.578	1122.086	-785.637	269.780	-269.780	22.734	-9.678	3/4지점
74	12.714	49.417	111.373	65.681	1127.372	-785.405	269.780	-269.780	22.734	-9.678	J지점
75	38.287	30.108	164.727	177.352	1006.361	-721.928	212.325	-212.325	17.515	-7.060	I지점
75	38.287	30.108	171.079	155.462	1011.646	-697.738	212.325	-212.325	17.515	-7.060	1/4지점
75	38.287	30.108	177.431	133.571	1016.931	-674.410	212.325	-212.325	17.515	-7.060	2/4지점
75	38.287	30.108	183.783	111.681	1022.216	-657.581	212.325	-212.325	17.515	-7.060	3/4지점
75	38.287	30.108	190.135	89.791	1027.500	-657.471	212.325	-212.325	17.515	-7.060	J지점
76	54.587	27.579	192.640	182.851	891.001	-621.196	164.001	-164.001	12.854	-4.708	I지점
76	54.587	27.579	198.993	160.958	896.287	-596.554	164.001	-164.001	12.854	-4.708	1/4지점
76	54.587	27.579	205.345	139.066	901.572	-572.647	164.001	-164.001	12.854	-4.708	2/4지점
76	54.587	27.579	211.698	117.174	906.858	-553.367	164.001	-164.001	12.854	-4.708	3/4지점
76	54.587	27.579	218.050	95.281	912.144	-553.201	164.001	-164.001	12.854	-4.708	J지점
77	56.896	22.827	181.843	167.899	757.539	-533.288	119.278	-119.278	8.676	-4.676	I지점
77	56.896	22.827	188.195	146.007	762.825	-507.325	119.278	-119.278	8.676	-4.676	1/4지점
77	56.896	22.827	194.548	124.115	768.111	-482.354	119.278	-119.278	8.676	-4.676	2/4지점
77	56.896	22.827	200.900	102.222	773.397	-459.369	119.278	-119.278	8.676	-4.676	3/4지점
77	56.896	22.827	207.253	80.330	778.683	-457.366	119.278	-119.278	8.676	-4.676	J지점
78	45.515	16.054	136.337	135.769	641.577	-470.335	79.737	-79.737	5.274	-4.356	I지점
78	45.515	16.054	142.688	113.884	645.684	-443.502	79.737	-79.737	5.274	-4.356	1/4지점
78	45.515	16.054	149.039	91.998	650.969	-417.738	79.737	-79.737	5.274	-4.356	2/4지점
78	45.515	16.054	155.389	70.113	656.254	-394.052	79.737	-79.737	5.274	-4.356	3/4지점
78	45.515	16.054	161.740	48.228	661.539	-384.000	79.737	-79.737	5.274	-4.356	J지점
79	23.772	8.312	65.105	89.406	548.721	-445.793	39.423	-39.423	2.676	-3.654	I지점
79	23.772	8.312	71.456	67.517	550.012	-418.067	39.423	-39.423	2.676	-3.654	1/4지점
79	23.772	8.312	77.808	45.628	554.221	-391.452	39.423	-39.423	2.676	-3.654	2/4지점
79	23.772	8.312	84.159	23.740	559.507	-386.280	39.423	-39.423	2.676	-3.654	3/4지점
79	23.772	8.312	90.511	1.851	564.793	-386.280	39.423	-39.423	2.676	-3.654	J지점
80	-2.788	0.322	-17.834	36.362	460.933	-474.708	0.903	-0.903	2.911	-2.603	I지점
80	-2.788	0.322	-11.484	14.476	460.933	-469.422	0.903	-0.903	2.911	-2.603	1/4지점
80	-2.788	0.322	-5.133	-7.409	462.179	-465.382	0.903	-0.903	2.911	-2.603	2/4지점
80	-2.788	0.322	1.217	-29.295	466.432	-464.350	0.903	-0.903	2.911	-2.603	3/4지점
80	-2.788	0.322	7.568	-51.181	471.718	-464.350	0.903	-0.903	2.911	-2.603	J지점
81	-29.309	-7.743	-101.054	-17.394	380.200	-565.744	40.946	-40.946	3.998	-2.953	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	-29.309	-7.743	-94.704	-39.279	380.200	-560.459	40.946	-40.946	3.998	-2.953	1/4지점
81	-29.309	-7.743	-88.354	-61.163	391.525	-555.173	40.946	-40.946	3.998	-2.953	2/4지점
81	-29.309	-7.743	-82.004	-83.047	418.229	-551.151	40.946	-40.946	3.998	-2.953	3/4지점
81	-29.309	-7.743	-75.653	-104.932	446.044	-550.054	40.946	-40.946	3.998	-2.953	J지점
82	-50.160	-15.475	-170.656	-63.970	375.615	-655.971	80.289	-80.289	4.714	-5.466	I지점
82	-50.160	-15.475	-164.306	-85.855	387.797	-650.685	80.289	-80.289	4.714	-5.466	1/4지점
82	-50.160	-15.475	-157.955	-107.739	411.577	-645.399	80.289	-80.289	4.714	-5.466	2/4지점
82	-50.160	-15.475	-151.605	-129.624	437.441	-640.113	80.289	-80.289	4.714	-5.466	3/4지점
82	-50.160	-15.475	-145.255	-151.509	464.383	-636.216	80.289	-80.289	4.714	-5.466	J지점
83	-60.375	-22.358	-214.350	-97.851	445.908	-763.779	117.814	-117.814	5.051	-8.813	I지점
83	-60.375	-22.358	-208.000	-119.733	449.833	-758.494	117.814	-117.814	5.051	-8.813	1/4지점
83	-60.375	-22.358	-201.651	-141.616	472.949	-753.208	117.814	-117.814	5.051	-8.813	2/4지점
83	-60.375	-22.358	-195.301	-163.499	498.029	-747.922	117.814	-117.814	5.051	-8.813	3/4지점
83	-60.375	-22.358	-188.951	-185.381	524.101	-742.643	117.814	-117.814	5.051	-8.813	J지점
84	-56.520	-27.233	-222.234	-115.922	543.084	-895.282	154.769	-154.769	5.104	-12.858	I지점
84	-56.520	-27.233	-215.886	-137.800	543.294	-889.997	154.769	-154.769	5.104	-12.858	1/4지점
84	-56.520	-27.233	-209.537	-159.678	564.794	-884.712	154.769	-154.769	5.104	-12.858	2/4지점
84	-56.520	-27.233	-203.189	-181.556	588.840	-879.427	154.769	-154.769	5.104	-12.858	3/4지점
84	-56.520	-27.233	-196.840	-203.434	613.631	-874.143	154.769	-154.769	5.104	-12.858	J지점
85	-38.565	-29.653	-190.290	-115.682	649.025	-1007.653	187.417	-187.417	6.983	-17.206	I지점
85	-38.565	-29.653	-183.940	-137.566	649.231	-1002.366	187.417	-187.417	6.983	-17.206	1/4지점
85	-38.565	-29.653	-177.590	-159.450	669.476	-997.080	187.417	-187.417	6.983	-17.206	2/4지점
85	-38.565	-29.653	-171.240	-181.334	693.467	-991.794	187.417	-187.417	6.983	-17.206	3/4지점
85	-38.565	-29.653	-164.890	-203.217	718.290	-986.507	187.417	-187.417	6.983	-17.206	J지점
86	-9.818	-49.367	-104.770	-87.264	786.552	-1114.068	219.670	-219.670	9.370	-22.161	I지점
86	-9.818	-49.367	-98.421	-109.143	786.865	-1108.782	219.670	-219.670	9.370	-22.161	1/4지점
86	-9.818	-49.367	-92.072	-131.022	804.534	-1103.496	219.670	-219.670	9.370	-22.161	2/4지점
86	-9.818	-49.367	-85.724	-152.901	828.980	-1098.211	219.670	-219.670	9.370	-22.161	3/4지점
86	-9.818	-49.367	-79.375	-174.780	853.703	-1092.925	219.670	-219.670	9.370	-22.161	J지점
87	82.662	-66.801	-16.584	-18.487	919.827	-1194.696	248.445	-248.445	10.696	-25.261	I지점
87	82.662	-66.801	-10.251	-40.362	920.135	-1189.411	248.445	-248.445	10.696	-25.261	1/4지점
87	82.662	-66.801	-3.946	-62.237	932.689	-1184.126	248.445	-248.445	10.696	-25.261	2/4지점
87	82.662	-66.801	2.331	-84.112	959.629	-1178.841	248.445	-248.445	10.696	-25.261	3/4지점
87	82.662	-66.801	8.580	-105.988	987.310	-1173.556	248.445	-248.445	10.696	-25.261	J지점
88	200.783	-68.022	137.615	96.281	926.761	-1169.926	301.587	-301.587	8.925	-20.952	I지점
88	200.783	-68.022	143.793	74.403	927.146	-1164.641	301.587	-301.587	8.925	-20.952	1/4지점
88	200.783	-68.022	149.858	52.524	935.331	-1159.355	301.587	-301.587	8.925	-20.952	2/4지점
88	200.783	-68.022	155.808	30.646	965.644	-1154.069	301.587	-301.587	8.925	-20.952	3/4지점
88	200.783	-68.022	161.643	8.768	996.764	-1148.783	301.587	-301.587	8.925	-20.952	J지점
89	302.734	-74.570	381.385	197.200	1123.181	-1155.686	402.751	-402.751	4.935	-4.219	I지점
89	302.734	-74.570	386.007	179.699	1123.181	-1151.457	402.751	-402.751	4.935	-4.219	1/4지점
89	302.734	-74.570	390.630	162.199	1123.181	-1147.229	402.751	-402.751	4.935	-4.219	2/4지점
89	302.734	-74.570	395.253	144.698	1123.494	-1143.314	402.751	-402.751	4.935	-4.219	3/4지점
89	302.734	-74.570	399.875	127.197	1125.887	-1141.478	402.751	-402.751	4.935	-4.219	J지점
90	369.376	-80.540	449.953	289.243	1556.287	-1117.927	420.281	-420.281	27.068	-17.284	I지점
90	369.376	-80.540	455.731	267.368	1559.004	-1115.359	420.296	-420.296	27.068	-17.284	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	369.376	-80.540	461.509	245.494	1564.224	-1115.293	420.343	-420.343	27.068	-17.284	2/4지점
90	369.376	-80.540	467.287	223.620	1569.509	-1115.293	420.420	-420.420	27.068	-17.284	3/4지점
90	369.376	-80.540	473.064	201.746	1574.794	-1115.293	420.528	-420.528	27.068	-17.284	J지점
91	494.220	-79.858	647.032	381.241	1748.227	-986.645	350.370	-350.370	44.109	-25.982	I지점
91	494.220	-79.858	652.896	359.364	1753.513	-986.645	350.509	-350.509	44.109	-25.982	1/4지점
91	494.220	-79.858	658.931	337.487	1758.800	-986.645	350.678	-350.678	44.109	-25.982	2/4지점
91	494.220	-79.858	665.137	315.610	1764.086	-986.645	350.879	-350.879	44.109	-25.982	3/4지점
91	494.220	-79.858	671.514	293.733	1769.372	-986.645	351.110	-351.110	44.109	-25.982	J지점
92	461.193	-53.912	584.259	434.286	1540.832	-853.314	258.257	-258.257	41.893	-24.819	I지점
92	461.193	-53.912	590.720	412.413	1546.117	-827.010	258.519	-258.519	41.893	-24.819	1/4지점
92	461.193	-53.912	597.181	390.541	1551.402	-812.694	258.811	-258.811	41.893	-24.819	2/4지점
92	461.193	-53.912	603.643	368.668	1556.688	-811.511	259.135	-259.135	41.893	-24.819	3/4지점
92	461.193	-53.912	610.104	346.796	1561.973	-811.512	259.490	-259.490	41.893	-24.819	J지점
93	354.881	-32.033	451.446	469.024	1301.576	-676.931	191.478	-191.478	35.181	-21.572	I지점
93	354.881	-32.033	457.894	447.149	1306.862	-650.798	191.863	-191.863	35.181	-21.572	1/4지점
93	354.881	-32.033	464.313	425.275	1312.147	-625.058	192.279	-192.279	35.181	-21.572	2/4지점
93	354.881	-32.033	470.703	403.400	1317.433	-619.503	192.725	-192.725	35.181	-21.572	3/4지점
93	354.881	-32.033	477.065	381.525	1322.719	-619.437	193.202	-193.202	35.181	-21.572	J지점
94	399.521	-28.455	574.322	464.739	1161.591	-547.560	162.934	-162.934	29.787	-19.321	I지점
94	399.521	-28.455	580.669	442.866	1166.877	-522.137	163.486	-163.486	29.787	-19.321	1/4지점
94	399.521	-28.455	587.016	420.992	1172.162	-497.478	164.071	-164.071	29.787	-19.321	2/4지점
94	399.521	-28.455	593.363	399.118	1177.448	-492.242	164.689	-164.689	29.787	-19.321	3/4지점
94	399.521	-28.455	599.710	377.244	1182.734	-492.229	165.341	-165.341	29.787	-19.321	J지점
95	387.206	-21.783	589.588	432.113	979.960	-445.257	130.188	-130.188	24.367	-17.019	I지점
95	387.206	-21.783	595.920	410.243	985.245	-419.047	130.873	-130.873	24.367	-17.019	1/4지점
95	387.206	-21.783	602.223	388.373	990.530	-394.063	131.592	-131.592	24.367	-17.019	2/4지점
95	387.206	-21.783	608.499	366.503	995.815	-381.105	132.345	-132.345	24.367	-17.019	3/4지점
95	387.206	-21.783	614.746	344.634	1001.100	-381.098	133.131	-133.131	24.367	-17.019	J지점
96	334.139	-13.855	528.513	379.763	796.820	-371.021	97.298	-97.298	19.445	-15.069	I지점
96	334.139	-13.855	534.718	357.890	802.106	-344.228	98.119	-98.119	19.445	-15.069	1/4지점
96	334.139	-13.855	540.867	336.017	807.392	-318.985	98.972	-98.972	19.445	-15.069	2/4지점
96	334.139	-13.855	546.958	314.145	812.678	-296.237	99.859	-99.859	19.445	-15.069	3/4지점
96	334.139	-13.855	552.993	292.272	817.963	-294.142	100.779	-100.779	19.445	-15.069	J지점
97	249.334	-6.025	408.663	298.776	615.937	-317.183	61.462	-61.462	14.577	-13.048	I지점
97	249.334	-6.025	414.669	276.904	620.286	-290.274	62.415	-62.415	14.577	-13.048	1/4지점
97	249.334	-6.025	420.675	255.031	625.572	-264.692	63.402	-63.402	14.577	-13.048	2/4지점
97	249.334	-6.025	426.681	233.159	630.857	-241.278	64.422	-64.422	14.577	-13.048	3/4지점
97	249.334	-6.025	432.687	211.286	636.143	-228.015	65.476	-65.476	14.577	-13.048	J지점
98	139.656	1.537	244.405	191.231	506.280	-337.055	24.120	-24.120	9.723	-10.910	I지점
98	139.656	1.537	250.382	169.360	507.160	-309.153	25.120	-25.120	9.723	-10.910	1/4지점
98	139.656	1.537	256.302	147.490	510.795	-283.250	26.151	-26.151	9.723	-10.910	2/4지점
98	139.656	1.537	262.164	125.620	516.073	-283.242	27.213	-27.213	9.723	-10.910	3/4지점
98	139.656	1.537	267.970	103.750	521.359	-283.242	28.306	-28.306	9.723	-10.910	J지점
99	22.569	8.103	64.541	72.734	428.933	-459.924	15.353	-15.353	5.480	-9.044	I지점
99	22.569	8.103	70.319	50.861	428.933	-454.638	14.133	-14.133	5.480	-9.044	1/4지점
99	22.569	8.103	76.096	28.988	429.250	-449.669	12.878	-12.878	5.480	-9.044	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	22.569	8.103	81.874	7.115	432.028	-447.162	11.590	-11.590	5.480	-9.044	3/4지점
99	22.569	8.103	87.651	-14.757	441.274	-446.945	10.268	-10.268	5.480	-9.044	J지점
100	-100.508	13.881	-128.136	-54.242	367.144	-653.268	54.207	-54.207	7.830	-7.372	I지점
100	-100.508	13.881	-122.359	-76.111	374.424	-647.983	52.852	-52.852	7.830	-7.372	1/4지점
100	-100.508	13.881	-116.583	-97.980	397.852	-642.697	51.463	-51.463	7.830	-7.372	2/4지점
100	-100.508	13.881	-110.806	-119.849	423.368	-637.444	50.042	-50.042	7.830	-7.372	3/4지점
100	-100.508	13.881	-105.030	-141.719	450.169	-633.927	48.586	-48.586	7.830	-7.372	J지점
101	-219.662	18.749	-316.989	-181.151	400.756	-865.694	93.567	-93.567	10.205	-6.009	I지점
101	-219.662	18.749	-311.213	-203.021	400.999	-860.409	92.079	-92.079	10.205	-6.009	1/4지점
101	-219.662	18.749	-305.436	-224.892	417.194	-855.124	90.557	-90.557	10.205	-6.009	2/4지점
101	-219.662	18.749	-299.659	-246.762	441.799	-849.838	89.002	-89.002	10.205	-6.009	3/4지점
101	-219.662	18.749	-293.882	-268.633	467.733	-844.553	87.413	-87.413	10.205	-6.009	J지점
102	-328.863	22.627	-492.448	-305.162	441.826	-1088.396	132.995	-132.995	12.172	-4.885	I지점
102	-328.863	22.627	-486.643	-327.033	441.823	-1083.111	131.373	-131.373	12.172	-4.885	1/4지점
102	-328.863	22.627	-480.780	-348.904	445.035	-1077.825	129.717	-129.717	12.172	-4.885	2/4지점
102	-328.863	22.627	-474.860	-370.775	469.281	-1072.539	128.029	-128.029	12.172	-4.885	3/4지점
102	-328.863	22.627	-468.883	-392.646	494.976	-1067.254	126.307	-126.307	12.172	-4.885	J지점
103	-422.579	25.610	-644.162	-421.675	498.062	-1306.672	174.751	-174.751	13.788	-6.001	I지점
103	-422.579	25.610	-638.156	-443.545	498.058	-1301.387	173.136	-173.136	13.788	-6.001	1/4지점
103	-422.579	25.610	-632.151	-465.416	498.609	-1296.101	171.489	-171.489	13.788	-6.001	2/4지점
103	-422.579	25.610	-626.145	-487.287	517.771	-1290.815	169.812	-169.812	13.788	-6.001	3/4지점
103	-422.579	25.610	-620.139	-509.158	543.824	-1285.530	168.104	-168.104	13.788	-6.001	J지점
104	-501.466	28.318	-769.005	-514.935	572.907	-1464.454	220.281	-220.281	14.785	-7.226	I지점
104	-501.466	28.318	-764.167	-532.430	572.895	-1460.226	218.893	-218.893	14.785	-7.226	1/4지점
104	-501.466	28.318	-759.260	-549.925	573.375	-1455.998	217.485	-217.485	14.785	-7.226	2/4지점
104	-501.466	28.318	-754.286	-567.420	588.732	-1451.770	216.057	-216.057	14.785	-7.226	3/4지점
104	-501.466	28.318	-749.243	-584.915	612.522	-1447.542	214.610	-214.610	14.785	-7.226	J지점
105	-560.507	30.468	-863.285	-577.399	659.297	-1591.851	268.478	-268.478	15.424	-7.925	I지점
105	-560.507	30.468	-858.208	-594.894	659.323	-1587.623	267.011	-267.011	15.424	-7.925	1/4지점
105	-560.507	30.468	-853.132	-612.390	665.342	-1583.395	265.524	-265.524	15.424	-7.925	2/4지점
105	-560.507	30.468	-848.055	-629.885	692.161	-1579.167	264.018	-264.018	15.424	-7.925	3/4지점
105	-560.507	30.468	-842.978	-647.380	720.542	-1574.938	262.491	-262.491	15.424	-7.925	J지점
106	-571.059	30.508	-884.174	-567.337	702.904	-1636.211	365.807	-365.807	15.286	-8.040	I지점
106	-571.059	30.508	-880.023	-581.643	702.935	-1632.754	364.544	-364.544	15.286	-8.040	1/4지점
106	-571.059	30.508	-874.772	-595.949	711.106	-1629.296	363.268	-363.268	15.286	-8.040	2/4지점
106	-571.059	30.508	-868.165	-610.254	739.823	-1625.839	361.979	-361.979	15.286	-8.040	3/4지점
106	-571.059	30.508	-861.558	-624.560	770.836	-1622.544	360.677	-360.677	15.286	-8.040	J지점

2) 활하중 부재력 집계 및 피로하중 작용범위 산정

[DB 하중]

< Girder 1 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	0.054	-0.074	64.950	-449.135	0.128	514.085	A1
	2	1,298.410	-218.132	89.290	-386.618	1,516.542	475.908	
2	2	1,298.302	-218.094	71.712	-449.461	1,516.396	521.172	
	3	2,744.429	-505.657	131.792	-389.719	3,250.086	521.511	
3	3	2,744.378	-505.632	85.673	-418.169	3,250.010	503.842	
	4	3,988.380	-795.241	153.462	-362.004	4,783.621	515.466	
4	4	3,988.344	-795.220	94.200	-389.850	4,783.564	484.050	
	5	5,245.568	-1,155.523	180.035	-322.574	6,401.091	502.609	
5	5	5,245.507	-1,155.499	106.674	-350.984	6,401.006	457.658	
	6	6,170.464	-1,513.016	195.534	-284.405	7,683.480	479.938	
6	6	6,170.402	-1,512.993	125.082	-315.185	7,683.395	440.266	
	7	6,785.623	-1,869.208	215.360	-248.976	8,654.831	464.336	
7	7	6,785.560	-1,869.186	153.520	-287.700	8,654.746	441.220	
	8	7,093.562	-2,223.316	243.186	-214.718	9,316.878	457.903	
8	8	7,093.602	-2,223.350	190.213	-261.905	9,316.952	452.118	
	9	7,110.808	-2,575.404	270.683	-182.518	9,686.212	453.201	
9	9	7,110.868	-2,575.543	225.618	-237.319	9,686.411	462.937	
	10	6,882.683	-2,925.424	297.321	-152.418	9,808.107	449.739	
10	10	6,882.612	-2,925.691	259.311	-214.966	9,808.303	474.277	
	11	6,413.893	-3,274.271	325.086	-126.181	9,688.164	451.267	
11	11	6,413.356	-3,274.571	289.309	-192.776	9,687.927	482.085	
	12	5,751.462	-3,622.345	355.061	-104.850	9,373.807	459.911	
12	12	5,750.197	-3,622.592	314.911	-172.143	9,372.789	487.054	
	13	4,931.209	-3,969.839	380.036	-85.728	8,901.048	465.764	
13	13	4,929.120	-3,969.865	341.005	-151.875	8,898.985	492.880	
	14	3,999.890	-4,317.662	405.549	-68.387	8,317.552	473.936	
14	14	3,996.500	-4,317.233	365.978	-136.683	8,313.733	502.661	
	15	2,974.592	-4,654.156	429.207	-57.854	7,628.748	487.061	
15	15	2,969.776	-4,652.835	402.658	-127.507	7,622.611	530.165	
	16	1,911.462	-4,940.158	463.707	-49.578	6,851.620	513.285	
16	16	1,911.237	-4,937.220	436.298	-109.069	6,848.457	545.367	
	17	1,762.995	-5,159.429	495.841	-47.392	6,922.424	543.234	
17	17	1,761.964	-5,154.649	434.185	-122.753	6,916.613	556.938	
	18	1,916.439	-5,356.972	493.977	-82.333	7,273.411	576.310	P1
18	18	1,923.064	-5,368.891	86.283	-473.812	7,291.955	560.095	P1
	19	1,597.530	-4,214.725	101.972	-406.059	5,812.255	508.031	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
19	19	1,596.587	-4,208.357	72.112	-460.520	5,804.944	532.632	
	20	1,371.057	-3,668.358	119.070	-397.959	5,039.415	517.029	
20	20	1,369.479	-3,672.372	69.448	-460.228	5,041.851	529.676	
	21	1,911.287	-3,344.114	133.104	-395.827	5,255.401	528.931	
21	21	1,916.701	-3,347.090	79.496	-434.410	5,263.791	513.905	
	22	2,718.972	-3,014.552	149.561	-370.922	5,733.524	520.483	
22	22	2,724.357	-3,016.664	88.283	-405.355	5,741.021	493.638	
	23	3,445.709	-2,682.693	165.558	-341.239	6,128.402	506.797	
23	23	3,450.585	-2,684.055	95.799	-379.773	6,134.640	475.572	
	24	4,090.419	-2,356.890	179.556	-314.013	6,447.309	493.569	
24	24	4,094.868	-2,357.624	105.490	-351.239	6,452.492	456.729	
	25	4,615.141	-2,033.557	194.287	-284.143	6,648.698	478.430	
25	25	4,618.856	-2,033.718	126.594	-322.412	6,652.574	449.006	
	26	4,986.775	-1,710.992	217.458	-254.487	6,697.767	471.945	
26	26	4,989.354	-1,710.672	156.499	-294.017	6,700.026	450.516	
	27	5,182.510	-1,388.217	241.989	-222.346	6,570.727	464.335	
27	27	5,183.728	-1,387.480	187.980	-268.460	6,571.208	456.440	
	28	5,189.219	-1,429.959	267.143	-189.699	6,619.178	456.842	
28	28	5,188.104	-1,430.802	220.549	-243.290	6,618.906	463.839	
	29	5,006.369	-1,765.907	292.664	-158.141	6,772.276	450.805	
29	29	5,003.943	-1,766.315	252.843	-218.586	6,770.258	471.428	
	30	4,644.968	-2,101.533	320.806	-127.913	6,746.501	448.719	
30	30	4,641.256	-2,101.443	282.530	-195.305	6,742.699	477.835	
	31	4,128.205	-2,437.834	349.642	-106.468	6,566.039	456.110	
31	31	4,123.685	-2,437.160	312.650	-179.331	6,560.845	491.981	
	32	3,487.187	-2,775.659	378.459	-94.255	6,262.846	472.714	
32	32	3,482.253	-2,774.296	340.531	-163.413	6,256.549	503.944	
	33	2,764.359	-3,116.879	405.541	-85.368	5,881.238	490.908	
33	33	2,758.995	-3,114.748	370.925	-147.542	5,873.743	518.467	
	34	1,953.148	-3,448.391	436.221	-76.059	5,401.539	512.280	
34	34	1,947.440	-3,445.140	398.061	-132.902	5,392.580	530.964	
	35	1,328.250	-3,751.804	464.799	-67.272	5,080.054	532.071	
35	35	1,329.495	-3,747.557	405.384	-118.160	5,077.052	523.544	
	36	1,558.003	-4,227.588	471.607	-73.361	5,785.591	544.968	
36	36	1,559.034	-4,234.608	418.206	-116.702	5,793.642	534.908	
	37	1,917.433	-5,518.345	480.240	-102.575	7,435.778	582.815	P2
37	37	1,918.907	-5,525.626	80.563	-481.506	7,444.533	562.070	P2
	38	1,726.439	-5,210.082	123.668	-411.494	6,936.521	535.162	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
38	38	1,728.439	-5,218.139	39.390	-502.932	6,946.578	542.322	
	39	1,868.788	-4,976.648	111.835	-436.155	6,845.436	547.990	
39	39	1,870.269	-4,983.065	46.061	-461.580	6,853.334	507.641	
	40	2,999.453	-4,663.098	128.886	-395.232	7,662.551	524.118	
40	40	3,008.749	-4,667.758	56.381	-421.707	7,676.507	478.088	
	41	3,976.110	-4,288.322	136.277	-355.186	8,264.432	491.463	
41	41	3,984.741	-4,291.673	72.074	-397.211	8,276.414	469.285	
	42	4,872.604	-3,916.264	156.703	-331.825	8,788.868	488.529	
42	42	4,879.924	-3,918.528	89.267	-372.866	8,798.452	462.133	
	43	5,659.057	-3,553.584	176.697	-306.993	9,212.641	483.690	
43	43	5,665.602	-3,554.971	106.845	-351.395	9,220.573	458.240	
	44	6,302.904	-3,201.792	195.742	-284.982	9,504.696	480.724	
44	44	6,307.894	-3,202.310	126.749	-323.531	9,510.204	450.280	
	45	6,765.238	-2,855.572	216.510	-257.062	9,620.810	473.571	
45	45	6,767.960	-2,855.281	151.924	-295.579	9,623.241	447.503	
	46	6,989.684	-2,509.671	238.532	-223.366	9,499.355	461.898	
46	46	6,990.242	-2,508.642	180.940	-269.631	9,498.884	450.572	
	47	6,974.496	-2,163.386	262.316	-188.571	9,137.882	450.886	
47	47	6,971.868	-2,161.719	211.850	-242.930	9,133.587	454.779	
	48	6,673.187	-1,816.756	287.163	-152.493	8,489.943	439.656	
48	48	6,668.002	-1,814.498	245.185	-215.732	8,482.500	460.918	
	49	6,069.935	-1,468.519	313.355	-124.137	7,538.454	437.491	
49	49	6,062.676	-1,465.848	279.670	-195.327	7,528.524	474.998	
	50	5,163.153	-1,119.428	347.243	-104.671	6,282.581	451.914	
50	50	5,153.473	-1,116.333	317.181	-179.088	6,269.806	496.269	
	51	3,929.813	-766.801	385.325	-92.050	4,696.614	477.374	
51	51	3,919.714	-763.831	353.904	-151.581	4,683.545	505.485	
	52	2,716.993	-484.881	410.622	-83.071	3,201.874	493.693	
52	52	2,707.194	-482.202	382.670	-125.320	3,189.396	507.990	
	53	1,299.156	-205.041	446.034	-69.285	1,504.197	515.319	
53	53	1,290.680	-202.917	393.630	-91.828	1,493.597	485.458	
	54	3.940	-0.869	459.410	-61.819	4.809	521.229	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	0.044	-0.078	76.720	-651.742	0.123	728.462	A1
	56	1,828.571	-257.634	90.972	-544.491	2,086.205	635.463	

< Girder 2 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
55	56	1,828.499	-257.595	70.558	-567.338	2,086.094	637.896	
	57	3,406.121	-538.167	179.210	-459.900	3,944.288	639.110	
56	57	3,406.080	-538.141	115.567	-522.633	3,944.221	638.199	
	58	4,675.192	-816.651	217.994	-425.340	5,491.843	643.333	
57	58	4,675.151	-816.629	135.603	-501.682	5,491.780	637.285	
	59	5,939.330	-1,166.467	255.129	-385.229	7,105.797	640.357	
58	59	5,939.267	-1,166.441	160.933	-467.742	7,105.708	628.675	
	60	6,882.923	-1,519.064	276.708	-353.004	8,401.987	629.711	
59	60	6,882.857	-1,519.039	190.012	-433.336	8,401.896	623.348	
	61	7,509.481	-1,872.964	305.010	-319.466	9,382.445	624.475	
60	61	7,509.420	-1,872.945	225.566	-400.237	9,382.365	625.803	
	62	7,826.935	-2,229.081	339.330	-287.241	10,056.016	626.571	
61	62	7,826.921	-2,229.100	259.802	-368.402	10,056.021	628.203	
	63	7,851.023	-2,587.751	373.017	-255.521	10,438.774	628.538	
62	63	7,851.000	-2,587.912	294.162	-336.959	10,438.912	631.121	
	64	7,641.177	-2,949.475	407.066	-224.603	10,590.652	631.669	
63	64	7,641.107	-2,949.722	327.294	-307.254	10,590.829	634.547	
	65	7,176.642	-3,313.160	440.004	-194.417	10,489.802	634.420	
64	65	7,176.315	-3,313.486	362.618	-274.910	10,489.801	637.527	
	66	6,471.601	-3,678.473	475.209	-164.043	10,150.074	639.252	
65	66	6,470.783	-3,678.725	397.775	-244.245	10,149.508	642.020	
	67	5,582.611	-4,044.851	508.177	-136.512	9,627.462	644.689	
66	67	5,581.079	-4,044.906	432.073	-213.494	9,625.985	645.566	
	68	4,566.398	-4,411.122	541.391	-110.824	8,977.520	652.214	
67	68	4,564.139	-4,410.748	465.254	-190.294	8,974.887	655.547	
	69	3,501.911	-4,788.606	570.075	-95.861	8,290.517	665.936	
68	69	3,499.631	-4,787.386	480.918	-184.238	8,287.017	665.156	
	70	2,403.902	-5,217.598	583.581	-87.138	7,621.500	670.718	
69	70	2,401.047	-5,214.881	510.487	-149.627	7,615.928	660.113	
	71	1,794.266	-5,720.727	618.822	-50.350	7,514.993	669.172	
70	71	1,793.233	-5,715.925	580.126	-84.465	7,509.158	664.591	
	72	1,872.678	-6,279.638	689.040	-32.245	8,152.316	721.284	P1
71	72	1,864.341	-6,261.157	59.443	-691.390	8,125.498	750.834	P1
	73	1,646.446	-4,935.511	73.546	-608.560	6,581.957	682.106	
72	73	1,645.558	-4,928.959	62.608	-648.076	6,574.517	710.684	
	74	1,624.437	-3,711.880	134.367	-545.722	5,336.317	680.089	
73	74	1,628.316	-3,715.744	79.052	-610.969	5,344.060	690.021	
	75	2,482.154	-3,388.124	173.704	-503.888	5,870.278	677.592	

< Girder 2 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
74	75	2,486.257	-3,391.065	104.201	-577.735	5,877.322	681.936	
	76	3,334.396	-3,068.844	201.356	-471.356	6,403.240	672.711	
75	76	3,338.536	-3,070.841	123.003	-547.212	6,409.377	670.215	
	77	4,108.010	-2,750.429	224.299	-438.393	6,858.439	662.692	
76	77	4,111.974	-2,751.748	140.886	-512.822	6,863.722	653.708	
	78	4,769.293	-2,424.392	248.851	-400.279	7,193.685	649.130	
77	78	4,772.576	-2,425.077	160.165	-480.281	7,197.653	640.446	
	79	5,319.186	-2,094.592	272.320	-364.350	7,413.778	636.671	
78	79	5,323.082	-2,094.735	189.048	-445.502	7,417.817	634.549	
	80	5,718.674	-1,762.977	305.563	-326.880	7,481.651	632.443	
79	80	5,721.398	-1,762.643	220.996	-410.276	7,484.041	631.273	
	81	5,924.696	-1,430.458	339.671	-290.832	7,355.154	630.502	
80	81	5,926.074	-1,429.736	254.409	-375.644	7,355.810	630.053	
	82	5,931.564	-1,473.592	373.805	-256.219	7,405.156	630.024	
81	82	5,930.183	-1,474.417	289.069	-341.411	7,404.600	630.481	
	83	5,738.231	-1,819.647	408.526	-222.698	7,557.878	631.224	
82	83	5,735.586	-1,820.055	325.010	-307.356	7,555.641	632.366	
	84	5,350.869	-2,165.289	443.711	-190.723	7,516.158	634.434	
83	84	5,346.976	-2,165.206	362.648	-273.785	7,512.182	636.433	
	85	4,808.161	-2,509.150	478.657	-161.573	7,317.311	640.230	
84	85	4,805.004	-2,508.501	398.642	-249.481	7,313.505	648.123	
	86	4,152.583	-2,850.327	511.312	-141.420	7,002.910	652.732	
85	86	4,148.785	-2,849.036	437.655	-222.716	6,997.821	660.372	
	87	3,376.344	-3,186.833	547.775	-121.234	6,563.177	669.010	
86	87	3,372.204	-3,184.689	469.157	-200.255	6,556.893	669.412	
	88	2,519.997	-3,531.619	577.933	-101.922	6,051.616	679.855	
87	88	2,516.089	-3,528.548	497.137	-175.774	6,044.637	672.911	
	89	1,623.539	-3,903.208	607.845	-77.839	5,526.747	685.684	
88	89	1,619.777	-3,899.005	535.765	-135.909	5,518.782	671.674	
	90	1,535.926	-4,746.859	644.029	-56.398	6,282.785	700.427	
89	90	1,536.881	-4,753.935	588.437	-66.027	6,290.816	654.463	
	91	1,700.568	-5,935.127	680.148	-42.196	7,635.695	722.344	P2
90	91	1,701.995	-5,942.788	36.518	-695.150	7,644.783	731.668	P2
	92	1,672.620	-5,505.177	92.736	-585.213	7,177.797	677.949	
91	92	1,674.539	-5,513.025	47.513	-623.657	7,187.564	671.170	
	93	2,305.214	-5,040.790	151.613	-509.060	7,346.004	660.673	
92	93	2,309.833	-5,047.071	79.382	-595.365	7,356.904	674.747	
	94	3,399.047	-4,662.559	177.809	-489.420	8,061.606	667.229	

< Girder 2 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
93	94	3,403.897	-4,667.050	83.756	-590.052	8,070.947	673.808	
	95	4,495.879	-4,344.483	175.637	-484.233	8,840.362	659.870	
94	95	4,502.231	-4,347.741	103.698	-555.088	8,849.972	658.786	
	96	5,565.008	-4,021.032	204.871	-446.945	9,586.040	651.816	
95	96	5,571.119	-4,023.250	129.599	-521.259	9,594.369	650.859	
	97	6,517.517	-3,686.053	236.055	-411.794	10,203.570	647.849	
96	97	6,522.930	-3,687.391	158.977	-485.626	10,210.321	644.603	
	98	7,279.834	-3,338.138	269.233	-373.408	10,617.972	642.641	
97	98	7,284.032	-3,338.634	191.013	-448.532	10,622.666	639.544	
	99	7,791.434	-2,982.844	303.570	-335.914	10,774.278	639.485	
98	99	7,794.131	-2,982.549	221.860	-415.254	10,776.680	637.114	
	100	8,041.167	-2,625.648	334.028	-302.368	10,666.815	636.396	
99	100	8,042.265	-2,624.639	254.053	-380.106	10,666.904	634.158	
	101	8,042.685	-2,267.305	366.947	-266.725	10,309.990	633.673	
100	101	8,040.765	-2,265.648	287.514	-344.573	10,306.413	632.086	
	102	7,733.266	-1,908.102	400.599	-230.649	9,641.368	631.248	
101	102	7,729.507	-1,905.920	321.223	-308.555	9,635.427	629.778	
	103	7,094.224	-1,549.364	435.258	-193.307	8,643.588	628.565	
102	103	7,088.966	-1,546.671	356.595	-277.367	8,635.637	633.962	
	104	6,117.182	-1,190.545	471.637	-161.319	7,307.727	632.956	
103	104	6,109.992	-1,187.522	390.519	-253.364	7,297.514	643.882	
	105	4,796.400	-834.566	507.506	-133.759	5,630.966	641.264	
104	105	4,789.736	-831.588	434.710	-212.129	5,621.324	646.839	
	106	3,458.335	-548.575	532.544	-110.663	4,006.910	643.207	
105	106	3,452.400	-545.820	472.967	-168.803	3,998.220	641.770	
	107	1,790.870	-261.002	583.175	-70.026	2,051.872	653.201	
106	107	1,786.428	-258.626	536.455	-99.888	2,045.054	636.343	
	108	4.272	-1.575	649.880	-77.487	5.848	727.367	A2

[DL 하중]

< Girder 1 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	0.091	-0.244	130.287	-841.428	0.335	971.716	A1
	2	2,301.302	-423.194	178.173	-727.497	2,724.496	905.670	
2	2	2,301.171	-423.117	161.725	-732.673	2,724.288	894.398	
	3	4,519.011	-964.822	239.828	-620.318	5,483.833	860.146	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
3	3	4,518.825	-964.776	187.893	-661.637	5,483.601	849.531	
	4	6,403.945	-1,510.269	263.834	-559.563	7,914.214	823.398	
4	4	6,403.755	-1,510.231	200.276	-608.536	7,913.986	808.811	
	5	8,361.772	-2,190.967	293.310	-489.485	10,552.739	782.795	
5	5	8,361.604	-2,190.922	223.568	-543.216	10,552.526	766.784	
	6	9,897.437	-2,867.792	318.701	-428.603	12,765.229	747.304	
6	6	9,897.277	-2,867.749	254.568	-482.296	12,765.026	736.864	
	7	11,006.000	-3,542.682	352.787	-371.483	14,548.682	724.269	
7	7	11,005.850	-3,542.641	292.562	-426.119	14,548.491	718.681	
	8	11,685.930	-4,213.789	393.927	-319.223	15,899.719	713.150	
8	8	11,685.900	-4,213.856	335.547	-375.263	15,899.756	710.810	
	9	11,937.500	-4,881.088	440.394	-271.840	16,818.588	712.234	
9	9	11,937.820	-4,881.354	383.321	-330.415	16,819.174	713.736	
	10	11,768.170	-5,544.445	491.678	-230.292	17,312.615	721.970	
10	10	11,769.090	-5,544.955	434.893	-291.944	17,314.045	726.837	
	11	11,193.240	-6,205.560	546.749	-194.522	17,398.800	741.271	
11	11	11,194.660	-6,206.132	492.984	-257.328	17,400.792	750.312	
	12	10,211.300	-6,865.203	608.446	-163.129	17,076.503	771.575	
12	12	10,213.370	-6,865.672	557.010	-227.670	17,079.042	784.681	
	13	8,868.223	-7,916.387	675.273	-137.276	16,784.610	812.548	
13	13	8,864.926	-7,916.445	626.054	-201.757	16,781.371	827.811	
	14	7,184.724	-8,723.198	746.420	-115.788	15,907.922	862.209	
14	14	7,179.250	-8,722.295	705.162	-179.651	15,901.545	884.813	
	15	5,288.974	-9,575.130	825.801	-100.057	14,864.104	925.859	
15	15	5,281.444	-9,573.097	793.258	-165.193	14,854.541	958.452	
	16	3,994.086	-11,373.930	913.228	-89.959	15,368.016	1,003.187	
16	16	3,993.761	-11,372.550	940.508	-143.885	15,366.311	1,084.393	
	17	3,350.795	-14,897.640	1,064.609	-78.361	18,248.435	1,142.970	
17	17	3,347.420	-14,889.970	1,202.173	-165.744	18,237.390	1,367.917	
	18	3,429.785	-20,231.420	1,337.345	-127.160	23,661.205	1,464.505	P1
18	18	3,444.103	-20,195.040	192.102	-1,357.053	23,639.143	1,549.155	P1
	19	2,927.337	-15,513.340	220.465	-1,244.840	18,440.677	1,465.305	
19	19	2,926.239	-15,516.280	146.242	-1,105.638	18,442.519	1,251.880	
	20	2,788.821	-11,394.570	208.150	-976.417	14,183.391	1,184.567	
20	20	2,786.646	-11,401.530	149.782	-929.240	14,188.176	1,079.023	
	21	3,091.802	-8,531.125	225.353	-804.443	11,622.927	1,029.796	
21	21	3,090.121	-8,525.267	165.105	-823.729	11,615.388	988.834	
	22	3,601.090	-6,524.666	244.719	-703.300	10,125.756	948.019	

< Girder 1 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
22	22	3,599.146	-6,522.186	181.572	-742.140	10,121.332	923.712	
	23	4,336.003	-5,164.739	266.662	-623.636	9,500.742	890.299	
23	23	4,334.169	-5,164.297	200.640	-670.419	9,498.466	871.060	
	24	5,385.653	-4,371.451	291.619	-552.725	9,757.104	844.344	
24	24	5,386.262	-4,375.572	224.366	-606.705	9,761.834	831.071	
	25	6,548.282	-4,386.660	320.374	-490.185	10,934.942	810.558	
25	25	6,548.898	-4,389.689	255.568	-547.342	10,938.587	802.911	
	26	7,334.885	-4,409.471	356.159	-432.873	11,744.356	789.031	
26	26	7,335.355	-4,411.438	292.162	-492.086	11,746.793	784.249	
	27	7,735.021	-4,435.136	396.615	-380.604	12,170.157	777.219	
27	27	7,735.187	-4,435.955	333.875	-441.625	12,171.142	775.500	
	28	7,743.498	-4,460.911	441.855	-333.477	12,204.409	775.331	
28	28	7,743.295	-4,460.537	380.788	-396.196	12,203.832	776.984	
	29	7,360.652	-4,486.898	492.084	-291.586	11,847.550	783.671	
29	29	7,360.095	-4,485.387	432.956	-355.502	11,845.482	788.457	
	30	6,589.396	-4,514.484	547.338	-254.711	11,103.880	802.049	
30	30	6,588.648	-4,511.784	490.218	-319.644	11,100.432	809.862	
	31	5,442.212	-4,625.902	606.626	-223.455	10,068.114	830.082	
31	31	5,441.483	-4,622.374	552.879	-290.237	10,063.857	843.116	
	32	4,364.593	-5,423.866	670.539	-199.126	9,788.459	869.665	
32	32	4,366.343	-5,424.149	624.264	-263.643	9,790.492	887.908	
	33	3,600.286	-6,867.176	743.671	-178.346	10,467.462	922.017	
33	33	3,601.865	-6,869.318	702.353	-242.356	10,471.183	944.709	
	34	3,065.397	-8,835.002	824.741	-161.545	11,900.399	986.286	
34	34	3,066.861	-8,838.387	798.775	-226.146	11,905.248	1,024.921	
	35	2,745.864	-11,417.100	926.218	-148.067	14,162.964	1,074.285	
35	35	2,747.390	-11,409.450	954.989	-211.613	14,156.840	1,166.602	
	36	2,845.540	-15,378.940	1,087.928	-146.334	18,224.480	1,234.262	
36	36	2,846.697	-15,374.800	1,219.304	-271.538	18,221.497	1,490.842	
	37	3,419.983	-19,938.860	1,336.044	-240.911	23,358.843	1,576.955	P2
37	37	3,422.615	-19,940.520	129.514	-1,323.708	23,363.135	1,453.222	P2
	38	3,277.292	-14,660.320	172.944	-1,181.444	17,937.612	1,354.388	
38	38	3,280.124	-14,667.080	72.815	-1,049.849	17,947.204	1,122.664	
	39	3,997.815	-11,336.120	150.086	-919.375	15,333.935	1,069.460	
39	39	4,001.330	-11,337.150	89.967	-909.563	15,338.480	999.530	
	40	5,263.353	-9,544.873	170.280	-784.822	14,808.226	955.102	
40	40	5,280.888	-9,550.288	102.503	-822.178	14,831.176	924.681	
	41	7,073.003	-8,651.938	183.955	-699.055	15,724.941	883.010	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
41	41	7,091.565	-8,658.671	122.025	-739.865	15,750.236	861.891	
	42	8,735.201	-7,799.332	209.546	-619.449	16,534.533	828.995	
42	42	8,739.773	-7,803.769	142.837	-668.276	16,543.542	811.114	
	43	10,034.450	-6,965.003	234.749	-550.096	16,999.453	784.845	
43	43	10,038.320	-6,967.623	165.994	-603.597	17,005.943	769.591	
	44	10,976.340	-6,060.369	261.359	-487.946	17,036.709	749.305	
44	44	10,979.120	-6,061.307	195.076	-542.891	17,040.427	737.966	
	45	11,534.540	-5,405.119	293.490	-430.632	16,939.659	724.122	
45	45	11,535.940	-5,404.525	230.005	-487.511	16,940.465	717.516	
	46	11,691.000	-4,750.423	331.240	-378.606	16,441.423	709.846	
46	46	11,690.860	-4,748.431	270.180	-436.539	16,439.291	706.718	
	47	11,436.290	-4,094.962	374.726	-330.955	15,531.252	705.680	
47	47	11,434.630	-4,091.761	315.775	-390.472	15,526.391	706.248	
	48	10,765.070	-3,438.984	423.774	-288.173	14,204.054	711.948	
48	48	10,761.910	-3,434.652	366.950	-349.767	14,196.562	716.717	
	49	9,673.094	-2,779.832	478.787	-250.530	12,452.926	729.317	
49	49	9,668.818	-2,774.710	423.634	-315.389	12,443.528	739.023	
	50	8,157.485	-2,118.982	539.433	-219.277	10,276.467	758.710	
50	50	8,152.200	-2,113.052	486.651	-289.264	10,265.252	775.916	
	51	6,210.061	-1,451.990	606.981	-195.644	7,662.051	802.625	
51	51	6,204.791	-1,446.265	557.407	-258.168	7,651.056	815.575	
	52	4,334.017	-918.929	660.553	-182.064	5,252.946	842.618	
52	52	4,329.484	-913.771	616.877	-232.303	5,243.255	849.180	
	53	2,131.695	-390.055	732.262	-153.425	2,521.750	885.687	
53	53	2,128.318	-385.852	692.408	-179.162	2,514.170	871.570	
	54	6.106	-2.885	814.631	-123.861	8.991	938.492	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	0.074	-0.246	154.060	-881.602	0.320	1,035.663	A1
	56	2,453.084	-492.215	196.994	-774.391	2,945.299	971.384	
55	56	2,452.849	-492.145	166.619	-743.373	2,944.994	909.992	
	57	4,738.767	-1,022.649	238.627	-638.368	5,761.416	876.995	
56	57	4,738.633	-1,022.600	191.306	-667.771	5,761.233	859.077	
	58	6,672.623	-1,549.171	261.198	-573.017	8,221.794	834.215	
57	58	6,672.516	-1,549.131	204.762	-613.039	8,221.647	817.802	
	59	8,685.206	-2,211.306	291.060	-502.006	10,896.512	793.066	

< Girder 2 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
58	59	8,685.071	-2,211.259	229.659	-547.892	10,896.330	777.550	
	60	10,273.580	-2,879.003	317.810	-441.085	13,152.583	758.895	
59	60	10,273.450	-2,878.959	262.355	-486.365	13,152.409	748.720	
	61	11,429.160	-3,549.833	353.367	-383.311	14,978.993	736.678	
60	61	11,429.050	-3,549.799	301.948	-431.148	14,978.849	733.096	
	62	12,157.710	-4,224.646	395.742	-331.628	16,382.356	727.371	
61	62	12,157.730	-4,224.685	346.266	-381.290	16,382.415	727.556	
	63	12,460.800	-4,904.424	443.164	-285.002	17,365.224	728.166	
62	63	12,461.070	-4,904.733	396.460	-336.369	17,365.803	732.829	
	64	12,336.940	-5,589.909	496.643	-243.250	17,926.849	739.893	
63	64	12,337.070	-5,590.383	451.257	-296.639	17,927.453	747.896	
	65	11,786.960	-6,279.082	554.903	-206.074	18,066.042	760.977	
64	65	11,786.520	-6,279.710	514.071	-259.540	18,066.230	773.611	
	66	10,797.410	-6,971.388	621.344	-172.471	17,768.798	793.815	
65	66	10,795.870	-6,971.880	583.378	-227.149	17,767.750	810.527	
	67	9,370.949	-7,665.980	693.430	-144.163	17,036.929	837.593	
66	67	9,367.924	-7,666.117	656.449	-197.745	17,034.041	854.194	
	68	7,515.827	-8,800.245	768.974	-119.386	16,316.072	888.361	
67	68	7,510.893	-8,799.556	736.439	-174.990	16,310.449	911.428	
	69	5,533.926	-9,984.497	848.993	-102.982	15,518.423	951.975	
68	69	5,529.127	-9,984.632	809.597	-166.266	15,513.759	975.863	
	70	4,333.432	-12,171.760	921.500	-96.652	16,505.192	1,018.152	
69	70	4,329.444	-12,172.700	891.116	-140.578	16,502.144	1,031.694	
	71	3,585.488	-15,426.710	1,008.949	-74.685	19,012.198	1,083.634	
70	71	3,582.042	-15,426.160	1,015.502	-150.786	19,008.202	1,166.288	
	72	3,357.896	-19,666.870	1,145.489	-118.079	23,024.766	1,263.568	P1
71	72	3,340.434	-19,706.730	219.270	-1,159.240	23,047.164	1,378.510	P1
	73	3,054.586	-16,051.770	245.061	-1,054.068	19,106.356	1,299.129	
72	73	3,053.326	-16,047.570	129.839	-1,032.580	19,100.896	1,162.419	
	74	3,062.352	-12,275.740	190.419	-911.344	15,338.092	1,101.763	
73	74	3,063.146	-12,269.120	153.326	-930.768	15,332.266	1,084.094	
	75	3,351.844	-9,239.813	220.630	-813.690	12,591.657	1,034.320	
74	75	3,353.771	-9,232.910	174.379	-849.983	12,586.681	1,024.362	
	76	3,828.471	-6,873.754	245.700	-736.813	10,702.225	982.513	
75	76	3,831.979	-6,868.520	192.829	-775.093	10,700.499	967.922	
	77	4,548.875	-5,228.544	269.249	-663.598	9,777.419	932.848	
76	77	4,554.621	-5,226.064	213.053	-699.872	9,780.685	912.925	
	78	5,597.766	-4,460.302	295.768	-589.381	10,058.068	885.149	

< Girder 2 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
77	78	5,607.581	-4,464.456	237.383	-630.503	10,072.037	867.887	
	79	6,895.788	-4,506.327	325.389	-521.222	11,402.115	846.611	
78	79	6,903.284	-4,509.088	268.984	-563.658	11,412.372	832.642	
	80	7,761.830	-4,540.635	362.000	-456.444	12,302.465	818.445	
79	80	7,766.514	-4,542.525	307.130	-503.472	12,309.039	810.601	
	81	8,199.479	-4,569.885	404.202	-399.283	12,769.364	803.486	
80	81	8,201.090	-4,570.644	351.164	-449.746	12,771.734	800.910	
	82	8,210.742	-4,596.365	451.826	-348.913	12,807.107	800.740	
81	82	8,209.237	-4,595.998	401.348	-401.821	12,805.235	803.170	
	83	7,795.141	-4,620.395	505.365	-304.558	12,415.536	809.923	
82	83	7,790.675	-4,618.851	458.214	-359.418	12,409.526	817.632	
	84	6,951.885	-4,640.189	565.297	-266.159	11,592.074	831.456	
83	84	6,944.468	-4,637.541	522.875	-322.277	11,582.009	845.152	
	85	5,675.437	-4,649.221	632.021	-234.062	10,324.658	866.082	
84	85	5,665.811	-4,645.563	591.020	-291.997	10,311.374	883.017	
	86	4,580.585	-5,392.902	701.406	-209.075	9,973.487	910.481	
85	86	4,574.756	-5,395.124	665.796	-263.768	9,969.880	929.564	
	87	3,814.897	-7,082.614	777.998	-187.040	10,897.511	965.038	
86	87	3,811.126	-7,086.026	738.937	-240.142	10,897.152	979.079	
	88	3,293.298	-9,413.150	853.517	-167.624	12,706.448	1,021.140	
87	88	3,291.288	-9,417.239	815.667	-215.912	12,708.527	1,031.580	
	89	2,951.418	-12,436.820	934.675	-145.875	15,388.238	1,080.549	
88	89	2,950.612	-12,442.630	916.404	-181.140	15,393.242	1,097.544	
	90	2,852.298	-16,259.430	1,040.747	-116.720	19,111.728	1,157.467	
89	90	2,853.666	-16,262.650	1,046.927	-169.358	19,116.316	1,216.285	
	91	3,035.301	-19,988.260	1,157.404	-138.180	23,023.561	1,295.584	P2
90	91	3,037.844	-19,987.470	143.060	-1,180.842	23,025.314	1,323.902	P2
	92	3,336.025	-15,581.000	180.346	-1,047.905	18,917.025	1,228.251	
91	92	3,341.377	-15,580.150	68.143	-1,011.097	18,921.527	1,079.240	
	93	4,051.323	-12,418.310	138.742	-889.001	16,469.633	1,027.743	
92	93	4,058.652	-12,416.320	85.842	-932.748	16,474.972	1,018.590	
	94	5,183.030	-9,963.340	157.040	-817.146	15,146.370	974.187	
93	94	5,193.488	-9,963.614	87.945	-867.456	15,157.102	955.401	
	95	7,163.992	-8,519.813	158.093	-752.195	15,683.805	910.288	
94	95	7,180.918	-8,526.136	108.729	-783.049	15,707.054	891.778	
	96	9,206.648	-7,611.347	185.523	-669.610	16,817.995	855.133	
95	96	9,221.112	-7,615.496	134.137	-706.342	16,836.608	840.479	
	97	10,797.440	-6,976.902	215.789	-595.255	17,774.342	811.044	

< Girder 2 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
96	97	10,809.130	-6,979.389	164.955	-631.146	17,788.519	796.101	
	98	11,906.840	-6,318.280	251.195	-522.820	18,225.120	774.015	
97	98	11,915.010	-6,319.174	200.621	-562.865	18,234.184	763.485	
	99	12,543.790	-5,645.941	290.657	-458.203	18,189.731	748.860	
98	99	12,548.040	-5,645.336	238.421	-503.973	18,193.376	742.394	
	100	12,737.440	-4,969.916	331.284	-402.762	17,707.356	734.046	
99	100	12,737.290	-4,967.960	281.668	-449.220	17,705.250	730.888	
	101	12,477.370	-4,291.644	377.944	-351.340	16,769.014	729.284	
100	101	12,472.880	-4,288.462	330.462	-400.015	16,761.342	730.477	
	102	11,760.370	-3,611.996	430.183	-305.443	15,372.366	735.626	
101	102	11,751.740	-3,607.821	383.996	-355.787	15,359.561	739.782	
	103	10,587.550	-2,932.830	487.610	-264.213	13,520.380	751.823	
102	103	10,574.820	-2,927.687	444.151	-318.018	13,502.507	762.169	
	104	8,951.093	-2,254.056	551.843	-229.568	11,205.149	781.411	
103	104	8,935.076	-2,248.315	507.066	-289.047	11,183.391	796.113	
	105	6,863.482	-1,580.998	619.452	-202.786	8,444.480	822.238	
104	105	6,846.720	-1,575.390	584.177	-257.287	8,422.110	841.464	
	106	4,834.131	-1,041.607	680.593	-188.006	5,875.738	868.599	
105	106	4,817.859	-1,036.409	651.774	-232.125	5,854.268	883.899	
	107	2,439.575	-499.840	759.990	-160.818	2,939.415	920.807	
106	107	2,424.989	-495.440	771.750	-206.012	2,920.429	977.762	
	108	7.442	-4.015	883.281	-155.369	11.457	1,038.650	A2

[풍하중]

< Girder 1 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	1.285	-1.285	48.531	-48.531	2.570	97.062	A1
	2	151.165	-151.165	40.719	-40.719	302.331	81.438	
2	2	152.420	-152.420	4.785	-4.785	304.840	9.569	
	3	129.201	-129.201	10.497	-10.497	258.402	20.995	
3	3	130.402	-130.402	5.555	-5.555	260.804	11.109	
	4	90.048	-90.048	15.033	-15.033	180.095	30.066	
4	4	90.422	-90.422	3.237	-3.237	180.844	6.474	
	5	71.500	-71.500	13.787	-13.787	143.000	27.574	
5	5	71.812	-71.812	5.051	-5.051	143.624	10.102	
	6	61.664	-61.664	10.842	-10.842	123.329	21.683	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
6	6	61.892	-61.892	5.957	-5.957	123.785	11.913	
	7	55.960	-55.960	9.366	-9.366	111.921	18.733	
7	7	56.095	-56.095	6.812	-6.812	112.190	13.624	
	8	54.125	-54.125	7.725	-7.725	108.249	15.450	
8	8	54.186	-54.186	7.449	-7.449	108.373	14.898	
	9	55.066	-55.066	7.119	-7.119	110.132	14.239	
9	9	55.192	-55.192	7.461	-7.461	110.385	14.923	
	10	55.767	-55.767	7.253	-7.253	111.534	14.506	
10	10	56.172	-56.172	7.476	-7.476	112.345	14.953	
	11	56.458	-56.458	7.384	-7.384	112.915	14.768	
11	11	57.228	-57.228	6.632	-6.632	114.456	13.264	
	12	52.895	-52.895	8.383	-8.383	105.790	16.766	
12	12	54.161	-54.161	5.077	-5.077	108.322	10.153	
	13	39.100	-39.100	10.603	-10.603	78.200	21.206	
13	13	40.814	-40.814	5.253	-5.253	81.628	10.506	
	14	16.645	-16.645	12.499	-12.499	33.290	24.997	
14	14	18.704	-18.704	6.271	-6.271	37.409	12.541	
	15	21.676	-21.676	15.816	-15.816	43.353	31.633	
15	15	19.533	-19.533	10.636	-10.636	39.066	21.272	
	16	72.427	-72.427	18.394	-18.394	144.854	36.788	
16	16	70.967	-70.967	25.470	-25.470	141.934	50.939	
	17	238.051	-238.051	41.278	-41.278	476.101	82.557	
17	17	239.639	-239.639	135.861	-135.861	479.278	271.721	
	18	811.143	-811.143	150.173	-150.173	1,622.285	300.346	P1
18	18	1,042.733	-1,042.733	217.767	-217.767	2,085.466	435.533	P1
	19	305.773	-305.773	206.188	-206.188	611.547	412.377	
19	19	306.861	-306.861	60.448	-60.448	613.723	120.896	
	20	67.500	-67.500	44.625	-44.625	135.000	89.250	
20	20	62.909	-62.909	23.255	-23.255	125.818	46.511	
	21	94.956	-94.956	7.120	-7.120	189.913	14.240	
21	21	88.648	-88.648	14.558	-14.558	177.296	29.117	
	22	92.049	-92.049	6.707	-6.707	184.099	13.414	
22	22	86.213	-86.213	11.948	-11.948	172.427	23.896	
	23	90.966	-90.966	6.484	-6.484	181.932	12.967	
23	23	86.268	-86.268	10.128	-10.128	172.535	20.256	
	24	90.581	-90.581	6.614	-6.614	181.161	13.229	
24	24	87.272	-87.272	9.436	-9.436	174.544	18.871	
	25	91.491	-91.491	6.815	-6.815	182.982	13.630	

< Girder 1 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
25	25	89.696	-89.696	8.734	-8.734	179.392	17.468	
	26	91.885	-91.885	7.541	-7.541	183.769	15.083	
26	26	91.640	-91.640	8.467	-8.467	183.281	16.934	
	27	91.873	-91.873	7.836	-7.836	183.746	15.672	
27	27	93.160	-93.160	8.447	-8.447	186.320	16.893	
	28	92.572	-92.572	7.877	-7.877	185.144	15.753	
28	28	95.267	-95.267	8.385	-8.385	190.533	16.771	
	29	93.247	-93.247	8.062	-8.062	186.495	16.124	
29	29	97.079	-97.079	7.982	-7.982	194.159	15.963	
	30	90.981	-90.981	8.908	-8.908	181.962	17.815	
30	30	95.831	-95.831	6.978	-6.978	191.663	13.956	
	31	84.296	-84.296	10.237	-10.237	168.592	20.473	
31	31	88.644	-88.644	5.758	-5.758	177.288	11.516	
	32	75.353	-75.353	11.697	-11.697	150.706	23.395	
32	32	79.134	-79.134	2.734	-2.734	158.269	5.468	
	33	51.770	-51.770	14.480	-14.480	103.540	28.960	
33	33	55.758	-55.758	1.121	-1.121	111.516	2.243	
	34	12.017	-12.017	16.952	-16.952	24.035	33.904	
34	34	16.095	-16.095	7.948	-7.948	32.191	15.895	
	35	64.739	-64.739	24.373	-24.373	129.478	48.747	
35	35	60.910	-60.910	36.194	-36.194	121.820	72.387	
	36	283.068	-283.068	52.629	-52.629	566.136	105.258	
36	36	282.602	-282.602	138.228	-138.228	565.204	276.456	
	37	816.259	-816.259	150.727	-150.727	1,632.518	301.454	P2
37	37	818.889	-818.889	145.758	-145.758	1,637.778	291.515	P2
	38	207.069	-207.069	130.193	-130.193	414.137	260.385	
38	38	209.856	-209.856	37.506	-37.506	419.711	75.012	
	39	62.966	-62.966	21.253	-21.253	125.932	42.506	
39	39	68.573	-68.573	20.774	-20.774	137.146	41.547	
	40	5.052	-5.052	4.650	-4.650	10.105	9.300	
40	40	12.598	-12.598	19.019	-19.019	25.196	38.038	
	41	43.899	-43.899	3.022	-3.022	87.799	6.045	
41	41	39.757	-39.757	13.565	-13.565	79.514	27.129	
	42	67.863	-67.863	2.305	-2.305	135.726	4.610	
42	42	64.302	-64.302	10.882	-10.882	128.603	21.764	
	43	79.328	-79.328	4.850	-4.850	158.656	9.701	
43	43	76.396	-76.396	8.554	-8.554	152.792	17.107	
	44	79.253	-79.253	7.218	-7.218	158.505	14.435	

< Girder 1 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
44	44	77.101	-77.101	7.079	-7.079	154.201	14.159	
	45	73.613	-73.613	8.417	-8.417	147.226	16.834	
45	45	72.314	-72.314	6.830	-6.830	144.628	13.659	
	46	68.105	-68.105	8.491	-8.491	136.210	16.983	
46	46	67.692	-67.692	6.805	-6.805	135.384	13.611	
	47	63.699	-63.699	8.381	-8.381	127.398	16.763	
47	47	64.172	-64.172	6.779	-6.779	128.345	13.557	
	48	60.398	-60.398	8.266	-8.266	120.796	16.533	
48	48	61.770	-61.770	6.938	-6.938	123.541	13.877	
	49	59.153	-59.153	7.963	-7.963	118.307	15.927	
49	49	61.353	-61.353	7.224	-7.224	122.705	14.447	
	50	60.516	-60.516	7.536	-7.536	121.033	15.073	
50	50	63.562	-63.562	7.851	-7.851	127.124	15.702	
	51	65.907	-65.907	6.827	-6.827	131.813	13.653	
51	51	69.315	-69.315	7.370	-7.370	138.631	14.739	
	52	69.637	-69.637	5.706	-5.706	139.274	11.413	
52	52	74.239	-74.239	5.722	-5.722	148.479	11.445	
	53	76.015	-76.015	8.373	-8.373	152.030	16.747	
53	53	83.764	-83.764	23.482	-23.482	167.528	46.963	
	54	7.029	-7.029	32.018	-32.018	14.059	64.035	A2

< Girder 2 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
54	55	1.240	-1.240	56.909	-56.909	2.480	113.817	A1
	56	175.120	-175.120	48.109	-48.109	350.239	96.219	
55	56	173.792	-173.792	6.925	-6.925	347.584	13.849	
	57	177.864	-177.864	4.561	-4.561	355.728	9.123	
56	57	176.666	-176.666	2.591	-2.591	353.333	5.181	
	58	157.934	-157.934	10.016	-10.016	315.867	20.032	
57	58	156.860	-156.860	4.526	-4.526	313.719	9.052	
	59	139.141	-139.141	10.278	-10.278	278.282	20.557	
58	59	138.260	-138.260	5.808	-5.808	276.520	11.617	
	60	128.017	-128.017	8.895	-8.895	256.034	17.791	
59	60	127.380	-127.380	6.183	-6.183	254.759	12.366	
	61	117.162	-117.162	8.919	-8.919	234.325	17.838	
60	61	116.786	-116.786	6.656	-6.656	233.572	13.313	
	62	109.480	-109.480	8.405	-8.405	218.960	16.810	

< Girder 2 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
61	62	109.319	-109.319	7.016	-7.016	218.639	14.031	
	63	105.324	-105.324	8.086	-8.086	210.648	16.172	
62	63	104.923	-104.923	6.564	-6.564	209.846	13.128	
	64	93.836	-93.836	9.307	-9.307	187.673	18.614	
63	64	93.010	-93.010	6.123	-6.123	186.021	12.246	
	65	75.880	-75.880	10.585	-10.585	151.760	21.170	
64	65	74.252	-74.252	4.808	-4.808	148.504	9.616	
	66	49.766	-49.766	12.119	-12.119	99.531	24.237	
65	66	47.460	-47.460	2.339	-2.339	94.920	4.678	
	67	14.581	-14.581	14.499	-14.499	29.161	28.998	
66	67	12.589	-12.589	0.689	-0.689	25.178	1.377	
	68	32.739	-32.739	15.721	-15.721	65.479	31.442	
67	68	36.447	-36.447	3.330	-3.330	72.895	6.661	
	69	86.826	-86.826	19.384	-19.384	173.653	38.768	
68	69	90.093	-90.093	6.062	-6.062	180.186	12.124	
	70	161.995	-161.995	22.277	-22.277	323.989	44.554	
69	70	165.773	-165.773	29.015	-29.015	331.545	58.030	
	71	354.921	-354.921	45.388	-45.388	709.842	90.775	
70	71	357.993	-357.993	143.691	-143.691	715.987	287.381	
	72	1,021.595	-1,021.595	159.192	-159.192	2,043.190	318.383	P1
71	72	1,218.094	-1,218.094	220.835	-220.835	2,436.188	441.670	P1
	73	431.028	-431.028	208.372	-208.372	862.056	416.744	
72	73	425.941	-425.941	61.950	-61.950	851.882	123.899	
	74	152.861	-152.861	45.655	-45.655	305.723	91.311	
73	74	146.647	-146.647	24.201	-24.201	293.295	48.402	
	75	65.737	-65.737	7.592	-7.592	131.473	15.184	
74	75	60.014	-60.014	15.074	-15.074	120.027	30.147	
	76	25.568	-25.568	7.506	-7.506	51.136	15.012	
75	76	20.864	-20.864	12.104	-12.104	41.727	24.209	
	77	4.850	-4.850	7.774	-7.774	9.700	15.548	
76	77	10.654	-10.654	9.944	-9.944	21.307	19.887	
	78	10.619	-10.619	8.349	-8.349	21.239	16.697	
77	78	13.425	-13.425	9.023	-9.023	26.849	18.046	
	79	17.061	-17.061	8.497	-8.497	34.121	16.994	
78	79	18.899	-18.899	8.122	-8.122	37.799	16.244	
	80	17.958	-17.958	8.923	-8.923	35.916	17.847	
79	80	18.815	-18.815	7.743	-7.743	37.630	15.486	
	81	15.933	-15.933	9.077	-9.077	31.867	18.153	

< Girder 2 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
80	81	15.835	-15.835	7.629	-7.629	31.669	15.258	
	82	12.374	-12.374	8.989	-8.989	24.747	17.979	
81	82	11.353	-11.353	7.516	-7.516	22.705	15.033	
	83	15.949	-15.949	9.103	-9.103	31.897	18.206	
82	83	19.737	-19.737	7.128	-7.128	39.475	14.256	
	84	25.649	-25.649	9.493	-9.493	51.298	18.987	
83	84	30.525	-30.525	6.144	-6.144	61.050	12.289	
	85	39.723	-39.723	10.477	-10.477	79.446	20.955	
84	85	45.251	-45.251	5.300	-5.300	90.502	10.601	
	86	57.935	-57.935	11.650	-11.650	115.870	23.300	
85	86	63.831	-63.831	3.437	-3.437	127.662	6.874	
	87	86.011	-86.011	14.580	-14.580	172.021	29.160	
86	87	91.976	-91.976	2.123	-2.123	183.952	4.246	
	88	122.411	-122.411	17.764	-17.764	244.822	35.527	
87	88	126.672	-126.672	8.458	-8.458	253.345	16.916	
	89	211.947	-211.947	25.080	-25.080	423.894	50.161	
88	89	216.657	-216.657	36.576	-36.576	433.314	73.153	
	90	444.959	-444.959	53.202	-53.202	889.917	106.405	
89	90	447.902	-447.902	132.342	-132.342	895.804	264.685	
	91	933.687	-933.687	144.817	-144.817	1,867.373	289.635	P2
90	91	932.067	-932.067	143.873	-143.873	1,864.135	287.746	P2
	92	358.156	-358.156	128.348	-128.348	716.312	256.696	
91	92	352.152	-352.152	39.796	-39.796	704.305	79.592	
	93	191.602	-191.602	23.366	-23.366	383.203	46.731	
92	93	184.941	-184.941	22.978	-22.978	369.881	45.956	
	94	109.592	-109.592	6.682	-6.682	219.184	13.365	
93	94	103.223	-103.223	21.177	-21.177	206.447	42.353	
	95	36.702	-36.702	5.008	-5.008	73.404	10.016	
94	95	32.518	-32.518	15.669	-15.669	65.036	31.337	
	96	22.524	-22.524	2.763	-2.763	45.049	5.525	
95	96	28.220	-28.220	12.941	-12.941	56.439	25.882	
	97	44.726	-44.726	4.157	-4.157	89.451	8.313	
96	97	49.425	-49.425	10.397	-10.397	98.850	20.794	
	98	56.748	-56.748	5.896	-5.896	113.495	11.792	
97	98	60.291	-60.291	9.031	-9.031	120.581	18.062	
	99	62.670	-62.670	6.798	-6.798	125.340	13.596	
98	99	64.948	-64.948	8.778	-8.778	129.896	17.556	
	100	67.364	-67.364	6.732	-6.732	134.727	13.465	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
99	100	68.301	-68.301	8.670	-8.670	136.603	17.340	
	101	71.994	-71.994	6.713	-6.713	143.988	13.426	
100	101	71.568	-71.568	8.573	-8.573	143.136	17.147	
	102	75.775	-75.775	6.678	-6.678	151.550	13.355	
101	102	74.004	-74.004	8.640	-8.640	148.008	17.280	
	103	79.594	-79.594	6.480	-6.480	159.187	12.960	
102	103	76.451	-76.451	8.782	-8.782	152.901	17.564	
	104	85.278	-85.278	6.206	-6.206	170.556	12.413	
103	104	80.853	-80.853	9.790	-9.790	161.706	19.581	
	105	95.682	-95.682	5.665	-5.665	191.364	11.330	
104	105	90.352	-90.352	9.205	-9.205	180.704	18.410	
	106	105.636	-105.636	4.706	-4.706	211.273	9.413	
105	106	99.674	-99.674	7.416	-7.416	199.349	14.832	
	107	107.864	-107.864	7.566	-7.566	215.728	15.131	
106	107	97.053	-97.053	22.031	-22.031	194.106	44.063	
	108	9.211	-9.211	30.787	-30.787	18.423	61.574	A2

4.6 반력 집계

(1) G1 최대인 경우

・DB 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	221.355	-12.430	235.040	-235.040	6.325	-3.748	2,124.871	1,645.973	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	44.191	-27.105	243.476	-243.476	8.527	-7.556	2,101.065	1,770.211	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	237.079	-36.634	947.362	-947.362	40.020	-57.083	9,173.723	7,855.544	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	45.422	-13.750	958.320	-958.320	19.742	-10.260	6,285.627	5,238.133	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	244.445	-44.779	986.094	-986.094	46.669	-69.603	8,892.223	7,500.632	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	52.544	-12.394	977.905	-977.905	32.444	-17.976	6,868.247	5,774.984	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	243.668	-2.020	240.297	-240.297	5.442	-5.146	1,870.690	1,374.118	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	58.489	-37.119	239.038	-239.038	9.306	-10.575	2,458.851	2,104.325	118

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	397.331	-30.994	235.040	-235.040	6.325	-3.748	2,300.847	1,627.409	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	315.293	-76.594	243.476	-243.476	8.527	-7.556	2,372.168	1,720.721	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	475.482	-97.586	947.362	-947.362	40.020	-57.083	9,412.126	7,794.593	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	326.665	-39.878	958.320	-958.320	19.742	-10.260	6,566.870	5,212.005	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	495.503	-118.740	986.094	-986.094	46.669	-69.603	9,143.281	7,426.671	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	338.280	-20.063	977.905	-977.905	32.444	-17.976	7,153.983	5,767.315	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	458.134	-22.470	240.297	-240.297	5.442	-5.146	2,085.156	1,353.669	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	309.214	-104.288	239.038	-239.038	9.306	-10.575	2,709.576	2,037.155	118

・DL 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	649.619	-44.803	235.040	-235.040	6.325	-3.748	2,553.135	1,613.600	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	48.549	-88.106	243.476	-243.476	8.527	-7.556	2,105.423	1,709.209	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	1,740.680	-118.796	947.362	-947.362	40.020	-57.083	10,677.324	7,773.383	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	1.060	-122.615	958.320	-958.320	19.742	-10.260	6,241.265	5,129.268	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	1,709.120	-145.786	986.094	-986.094	46.669	-69.603	10,356.898	7,399.625	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	58.639	-122.050	977.905	-977.905	32.444	-17.976	6,874.342	5,665.328	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	607.709	-9.591	240.297	-240.297	5.442	-5.146	2,234.731	1,366.547	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	128.826	-128.007	239.038	-239.038	9.306	-10.575	2,529.188	2,013.436	118

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	914.740	-82.168	235.040	-235.040	6.325	-3.748	2,818.256	1,576.235	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	464.676	-186.717	243.476	-243.476	8.527	-7.556	2,521.551	1,610.598	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	2,666.780	-234.465	947.362	-947.362	40.020	-57.083	11,603.424	7,657.714	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	706.923	-121.642	958.320	-958.320	19.742	-10.260	6,947.128	5,130.241	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	2,613.780	-285.904	986.094	-986.094	46.669	-69.603	11,261.558	7,259.507	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	812.181	-113.640	977.905	-977.905	32.444	-17.976	7,627.884	5,673.738	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	846.789	-32.803	240.297	-240.297	5.442	-5.146	2,473.811	1,343.335	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	595.661	-256.000	239.038	-239.038	9.306	-10.575	2,996.023	1,885.443	118

(2) G2 최대인 경우

・DB 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	6.826	-37.008	235.040	-235.040	6.325	-3.748	1,910.342	1,621.395	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	498.394	-57.083	243.476	-243.476	8.527	-7.556	2,555.269	1,740.232	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	108.140	-64.407	947.362	-947.362	40.020	-57.083	9,044.784	7,827.772	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	519.350	-31.160	958.320	-958.320	19.742	-10.260	6,759.555	5,220.722	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	121.438	-77.539	986.094	-986.094	46.669	-69.603	8,769.216	7,467.872	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	520.651	-13.258	977.905	-977.905	32.444	-17.976	7,336.354	5,774.120	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	21.109	-91.035	240.297	-240.297	5.442	-5.146	1,648.131	1,285.103	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	458.784	-76.849	239.038	-239.038	9.306	-10.575	2,859.146	2,064.595	118

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	256.015	-41.434	235.040	-235.040	6.325	-3.748	2,159.531	1,616.969	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	672.508	-105.007	243.476	-243.476	8.527	-7.556	2,729.383	1,692.308	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	424.370	-126.193	947.362	-947.362	40.020	-57.083	9,361.014	7,765.986	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	699.527	-55.980	958.320	-958.320	19.742	-10.260	6,939.732	5,195.903	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	450.429	-152.795	986.094	-986.094	46.669	-69.603	9,098.207	7,392.616	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	708.461	-23.091	977.905	-977.905	32.444	-17.976	7,524.164	5,764.287	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	334.069	-94.675	240.297	-240.297	5.442	-5.146	1,961.091	1,281.463	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	629.707	-142.176	239.038	-239.038	9.306	-10.575	3,030.069	1,999.267	118

・DL 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	13.011	-87.836	235.040	-235.040	6.325	-3.748	1,916.527	1,570.567	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	779.562	-115.796	243.476	-243.476	8.527	-7.556	2,836.437	1,681.519	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	316.156	-126.239	947.362	-947.362	40.020	-57.083	9,252.800	7,765.940	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	1,523.250	-60.175	958.320	-958.320	19.742	-10.260	7,763.455	5,191.708	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	302.240	-151.903	986.094	-986.094	46.669	-69.603	8,950.018	7,393.508	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	1,551.990	-25.508	977.905	-977.905	32.444	-17.976	8,367.693	5,761.870	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	29.170	-147.049	240.297	-240.297	5.442	-5.146	1,656.192	1,229.089	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	829.672	-155.473	239.038	-239.038	9.306	-10.575	3,230.034	1,985.970	118

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	380.903	-99.086	235.040	-235.040	6.325	-3.748	2,284.419	1,559.316	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	1,072.930	-211.171	243.476	-243.476	8.527	-7.556	3,129.805	1,586.144	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	1,521.240	-239.583	947.362	-947.362	40.020	-57.083	10,457.884	7,652.596	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	1,993.690	-107.277	958.320	-958.320	19.742	-10.260	8,233.895	5,144.606	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	1,480.290	-289.390	986.094	-986.094	46.669	-69.603	10,128.068	7,256.021	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	2,058.970	-47.019	977.905	-977.905	32.444	-17.976	8,874.673	5,740.359	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	379.972	-145.486	240.297	-240.297	5.442	-5.146	2,006.994	1,230.652	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	1,181.120	-285.537	239.038	-239.038	9.306	-10.575	3,581.482	1,855.906	118

(3) 최대 반력 집계

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	914.740	-99.086	235.040	-235.040	6.325	-3.748	2,818.256	1,559.316	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	1,072.930	-211.171	243.476	-243.476	8.527	-7.556	3,129.805	1,586.144	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	2,666.780	-239.583	947.362	-947.362	40.020	-57.083	11,603.424	7,652.596	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	1,993.690	-122.615	958.320	-958.320	19.742	-10.260	8,233.895	5,129.268	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	2,613.780	-289.390	986.094	-986.094	46.669	-69.603	11,261.558	7,256.021	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	2,058.970	-122.050	977.905	-977.905	32.444	-17.976	8,874.673	5,665.328	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	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	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	846.789	-147.049	240.297	-240.297	5.442	-5.146	2,473.811	1,229.089	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	1,181.120	-285.537	239.038	-239.038	9.306	-10.575	3,581.482	1,855.906	118

(4) 하부 설계시 작용반력

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
					만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	380.903	-99.086	649.619	-44.803	13.011	-87.836	2,818.256	1,559.316	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	1,072.930	-211.171	48.549	-88.106	779.562	-115.796	3,129.805	1,586.144	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
					만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	1,521.240	-239.583	1,740.680	-118.796	316.156	-126.239	11,603.424	7,652.596	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	1,993.690	-107.277	1.060	-122.615	1,523.250	-60.175	8,233.895	5,129.268	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
					만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	1,480.290	-289.390	1,709.120	-145.786	302.240	-151.903	11,261.558	7,256.021	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	2,058.970	-47.019	58.639	-122.050	1,551.990	-25.508	8,874.673	5,665.328	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
					만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	379.972	-145.486	607.709	-9.591	29.170	-147.049	2,473.811	1,229.089	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	1,181.120	-285.537	128.826	-128.007	829.672	-155.473	3,581.482	1,855.906	118

(5) 부반력 검토

$R = 2R_{L+I} + R_D$ or $R = R_D + R_W$ 중 불리한 값을 사용하여 설계한다. (도로교 설계기준 2.4.1.2)

R : 받침반력 (kN)　　R_{L+I} : 충격을 포함한 활하중에 의한 최대 부반력 (kN)

R_f : 고정하중에 의한 받침반력 (kN)　R_W : 풍하중에 의한 최대 부반력 (kN)

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	고정하중 합계	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+I} + R_D$	$R_D + R_W$		
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	1,779.671	914.740	-99.086	235.040	-235.040	1,581.498	1,544.630	-	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	1,926.609	1,072.930	-211.171	243.476	-243.476	1,504.267	1,683.133	-	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	고정하중 합계	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+I} + R_D$	$R_D + R_W$		
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	8,422.943	2,666.780	-239.583	947.362	-947.362	7,943.777	7,475.580	-	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	5,741.303	1,993.690	-122.615	958.320	-958.320	5,496.073	4,782.983	-	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	고정하중 합계	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+I} + R_D$	$R_D + R_W$		
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	8,108.062	2,613.780	-289.390	986.094	-986.094	7,529.282	7,121.967	-	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	6,294.307	2,058.970	-122.050	977.905	-977.905	6,050.207	5,316.401	-	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	고정하중 합계	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+I} + R_D$	$R_D + R_W$		
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	1,501.432	846.789	-147.049	240.297	-240.297	1,207.334	1,261.136	-	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	2,271.537	1,181.120	-285.537	239.038	-239.038	1,700.463	2,032.499	-	118

(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 x 432 = 41 kN (DB-24)

Rh1 = 41 / 2 = 20 kN

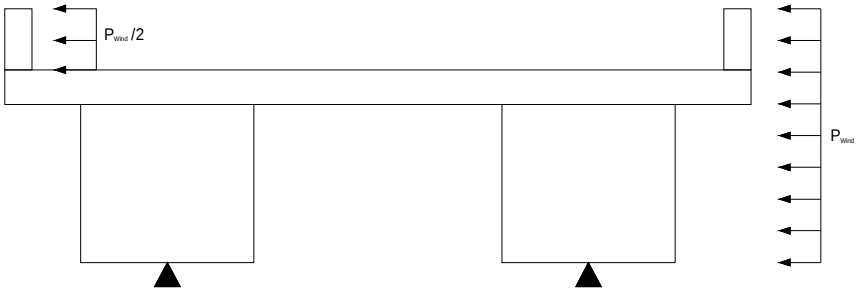
2) 충돌하중에 의한 수평력 (도로교 설계기준 2.4.3)

$$H = (\frac{V}{R})^2 \times 7.50 + 2.50 = (\frac{60}{300})^2 \times 7.50 + 2.50 = 2.80 \quad kN/m$$

P2 = 2.80 x 1 = 2.80 kN

Rh2 = 2.80 / 2 = 1.40 kN

3) 풍하중에 의한 수평력 (도로교 설계기준 2.1.11)



P_{wind} = 3.00 kN/m^2

① 교대부

w_{wind} = 3.000 x 4.600 + 1.50 x 1.270 = 15.7 kN/m

P3-1 = 15.705 x 41.000 = 643.9 kN/m (A1, A2)

Rh3-1 = 643.905 / 2 = 322.0 kN

② 내부지점부

w_{wind} = 3.000 x 5.300 + 1.50 x 1.270 = 17.8 kN/m

P3-2 = 17.805 x 87.500 = 1,557.9 kN/m (P1, P2)

Rh3-2 = 1,557.938 / 2 = 779.0 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	364.150	O.K
P1	20.477	1.400	778.969	800.846	1,101.450	O.K
P2	20.477	1.400	778.969	800.846	877.050	O.K
A2	20.477	1.400	321.953	343.829	368.400	O.K

* 허용수평력은 각지점의 G1, G2의 평균값을 적용함.

4.7 뒴비틀림(WARPING TORSION)에 대한 검토

1) 합성전 WARPING TORSION 에 대한 검토 (☞ 철.설 9.10.1 ☞ 강교설계의 기초 P168)

비틀림상수비 가장 큰 단면 10 에 대하여 검토함

B_u = U_2 + t_w/2 × 2ea = 2,200.0 + 16.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,216.0 mm

B_l = B_2 + t_w/2 × 2ea = 2,200.0 + 16.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,216.0 mm

H = h + t_u/2 + t_l/2 = 3,519.0 + 26.0 / 2 + 22.0 / 2 = 3,543.0 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,543.0 = 7,851,288.0 mm^2

β_u = (Bu×t_u)/(t_w×H) = (2,216.0 × 26.0) / (16.0 × 3,543.0) = 1.016

β_l = (Bl×t_l)/(t_w×H) = (2,216.0 × 22.0) / (16.0 × 3,543.0) = 0.860

ε = 2 × t_u × t_l / t_w^2 = 2 × 26.0 × 22.0 / 16.0² = 4.469

▪ 비틀림 함수

q' = {(B_u + B_l) / 2 × t_w × ε} / (β_u + β_l + ε)

= {(2,216.0 + 2,216.0)/2 × 16.0 × 4.469} / (1.016 + 0.860 + 4.469) = 24,971.0

▪ 솟구침 함수(Unit Warping)

$\Delta\omega$ = {(B_u + B_l) / 2 / 2 × H}+(q' × H) / t_w

= {(2,216.0 + 2,216.0)/2/2 × 3,543.0} + (24,971.0 × 3,543.0)/16.0 = 9,455,154.9

ω_1 = {-$\Delta\omega$ × (β_l + 3)} / (β_u + β_l + 6)

= {-9,455,154.9 × (0.860 + 3)} / (1.016 + 0.860 + 6) = -4,633,723.9

ω_2 = {$\Delta\omega$ × (β_u + 3)} / (β_u + β_l + 6)

= {9,455,154.9 × (1.016 + 3)} / (1.016 + 0.860 + 6) = 4,821,431.0

▪ 솟구침 비틀림 상수

I_w = H×t_w/3 {ω_1^2(2+β_u) + 2×ω_1×ω_2 + ω_2^2(2+β_l)}

= 3,543.0 × 16.0/3 × {-4,633,723.9² ×(2 + 1.016)+ 2 × -4,633,723.9
× 4,821,431.04 + 4,821,431.0² × (2 + 0.860)} = 1.636E+18 mm^6

▪ 순수 비틀림 상수

K = 4·F^2 / ($\oint ds$ / t)

= 4F^2 / {(H/cosΘ_L + H/cosΘ_R) / t_w + B_u / t_{hu} + B_l / t_l}

= 4 × 7,851,288.0² / {(3,543.0 + 3,543.0) / 16.0 + 2,216.0 / 26.0
+ 2,216.0 / 22.0 } = 3.921E+11

▪ 비틀림 상수비

$$\alpha = L\cdot\sqrt{\frac{G\cdot K}{E_s\cdot I_w}} = 81{,}350.0 \times \sqrt{\frac{79{,}000.0 \times 3.921E{+}11}{205{,}000.0 \times 1.636E{+}18}} = 24.725$$

α = 24.72 > 10.0 ※ 검토결과 α > 10이므로 뒴비틀림에 따른 응력 계산을 생략할 수 있다.

L : 지간장(81,350.0 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	Tu	t_l	t_w	$F(mm^2)$	β_u	β_l	ε	q'
단면-1	2,212.0	2,212.0	3,525.7	1.4	12.0	12.0	7.80E+06	0.073	0.627	0.233	6631.8
단면-2	2,212.0	2,212.0	3,525.7	1.3	12.0	12.0	7.80E+06	0.068	0.627	0.217	6305.9
단면-3	2,212.0	2,212.0	3,528.6	1.1	18.0	12.0	7.81E+06	0.057	0.940	0.275	5735.1
단면-4	2,212.0	2,212.0	3,530.6	1.1	22.0	12.0	7.81E+06	0.057	1.149	0.336	5785.1
단면-5	2,212.0	2,212.0	3,525.6	1.1	12.0	12.0	7.80E+06	0.058	0.627	0.183	5604.7
단면-6	2,212.0	2,212.0	3,525.6	1.1	12.0	12.0	7.80E+06	0.058	0.627	0.183	5604.7
단면-7	2,214.0	2,214.0	3,525.6	1.1	12.0	14.0	7.81E+06	0.049	0.538	0.135	5780.0
단면-8	2,214.0	2,214.0	3,528.6	1.1	18.0	14.0	7.81E+06	0.049	0.807	0.202	5918.8
단면-9	2,216.0	2,216.0	3,535.0	14.0	18.0	16.0	7.83E+06	0.549	0.705	1.969	21661.5
단면-10	2,216.0	2,216.0	3,543.0	26.0	22.0	16.0	7.85E+06	1.016	0.860	4.469	24971.0
단면-11	2,216.0	2,216.0	3,543.0	26.0	22.0	16.0	7.85E+06	1.016	0.860	4.469	24971.0
단면-12	2,216.0	2,216.0	3,543.0	26.0	22.0	16.0	7.85E+06	1.016	0.860	4.469	24971.0
단면-13	2,214.0	2,214.0	3,537.0	18.0	18.0	14.0	7.83E+06	0.805	0.805	3.306	20846.7
단면-14	2,214.0	2,214.0	3,536.0	16.0	18.0	14.0	7.83E+06	0.716	0.805	2.939	20426.7
단면-15	2,212.0	2,212.0	3,528.6	1.1	18.0	12.0	7.81E+06	0.057	0.940	0.275	5735.1
단면-16	2,212.0	2,212.0	3,528.6	1.1	18.0	12.0	7.81E+06	0.057	0.940	0.275	5735.1
단면-17	2,212.0	2,212.0	3,525.6	1.1	12.0	12.0	7.80E+06	0.058	0.627	0.183	5604.7
단면-18	2,212.0	2,212.0	3,525.6	1.1	12.0	12.0	7.80E+06	0.058	0.627	0.183	5604.7

구 분	Δω	ω_1	ω_2	L	$I_w(mm^6)$	$K(mm^4)$	α	판 정
단면-1	5,847,906.7	-3,165,789.8	2,682,116.8	81,350.0	3.20E+17	1.03E+11	28.71	α >10
단면-2	5,752,063.5	-3,116,339.4	2,635,724.2	81,350.0	3.09E+17	9.84E+10	28.49	α >10
단면-3	5,588,958.1	-3,147,039.8	2,441,918.3	81,350.0	3.18E+17	8.95E+10	26.79	α >10
단면-4	5,606,845.8	-3,227,942.5	2,378,903.3	81,350.0	3.37E+17	9.04E+10	26.13	α >10
단면-5	5,545,904.6	-3,009,353.0	2,536,551.6	81,350.0	2.86E+17	8.74E+10	27.93	α >10
단면-6	5,545,904.6	-3,009,353.0	2,536,551.6	81,350.0	2.86E+17	8.74E+10	27.93	α >10
단면-7	5,358,338.4	-2,878,017.1	2,480,321.3	81,350.0	3.01E+17	9.02E+10	27.64	α >10
단면-8	5,397,868.9	-2,997,101.7	2,400,767.2	81,350.0	3.33E+17	9.25E+10	26.63	α >10
단면-9	8,702,607.7	-4,445,314.5	4,257,293.1	81,350.0	1.16E+18	3.39E+11	27.31	α >10
단면-10	9,455,154.9	-4,633,723.9	4,821,431.0	81,350.0	1.64E+18	3.92E+11	24.72	α >10
단면-11	9,455,154.9	-4,633,723.9	4,821,431.0	93,000.0	1.64E+18	3.92E+11	28.27	α >10
단면-12	9,455,154.9	-4,633,723.9	4,821,431.0	93,000.0	1.64E+18	3.92E+11	28.27	α >10
단면-13	9,182,231.6	-4,591,115.8	4,591,115.8	93,000.0	1.26E+18	3.26E+11	29.44	α >10
단면-14	9,073,545.4	-4,590,731.4	4,482,814.0	93,000.0	1.20E+18	3.20E+11	29.86	α >10
단면-15	5,588,958.1	-3,147,039.8	2,441,918.3	93,000.0	3.18E+17	8.95E+10	30.63	α >10
단면-16	5,588,958.1	-3,147,039.8	2,441,918.3	93,000.0	3.18E+17	8.95E+10	30.63	α >10
단면-17	5,545,904.6	-3,009,353.0	2,536,551.6	93,000.0	2.86E+17	8.74E+10	31.92	α >10
단면-18	5,545,904.6	-3,009,353.0	2,536,551.6	93,000.0	2.86E+17	8.74E+10	31.92	α >10

※ 검토결과 비틀림 상수비 α < 0.4일 경우 순수비틀림에 따른 응력계산을, α >10일 경우 뒴비틀림에 대 응력계산을 각각 생략할 수 있다.

2) 합성후 WARPING TORSION 에 대한 검토

비틀림상수비 가장 큰 단면 10 에 대하여 검토함

B_u = U_2 + t_w/2 × 2ea = 2,200.0 + 16.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,216.0 mm

B_l = B_2 + t_w/2 × 2ea = 2,144.4 + 16.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,160.4 mm

H = h + t_u/2 + t_l/2 = 3,519.0 + 64.0 / 2 + 22.0 / 2 = 3,562.0 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H = (2,216.0 + 2,160.4) / 2 × 3,562.0 = 7,794,368.4 mm^2

β_u = (Bu×t_u)/(t_w×H) = (2,216.0 × 64.0) / (16.0 × 3,562.0) = 2.488

β_l = (Bl×t_l)/(t_w×H) = (2,160.4 × 22.0) / (16.0 × 3,562.0) = 0.834

ε = 2 × t_u × t_l / t_w^2 = 2 × 64.0 × 22.0 / 16.0² = 11.000

▪ 비틀림 함수

q' = {(B_u + B_l) / 2 × t_w × ε} / (β_u + β_l + ε)

= {(2,216.0 + 2,160.4)/2 × 16.0 × 11.000} / (2.488 + 0.834 + 11.00 = 26,889.5

▪ 솟구침 함수(Unit Warping)

$\Delta\omega$ = {(B_u + B_l) / 2 / 2 × H}+(q' × H) / t_w

= {(2,216.0 + 2,160.4)/2/2 × 3,562.0} + (26,889.5 × 3,562.0)/16.0 = 9,883,456.2

ω_1 = {-$\Delta\omega$×(β_l + 3)} / (β_u + β_l + 6)

= { -9,883,456.2 × (0.834 + 3)} / (2.488 + 0.834 + 6) = -4,064,677.4

ω_2 = {$\Delta\omega$×(β_u + 3)} / (β_u + β_l + 6)

= {9,883,456.2 × (2.488 + 3)} / (2.488 + 0.834 + 6) = 5,818,778.8

▪ 솟구침 비틀림 상수

I_w = H×t_w/3 {ω_1^2(2+β_u) + 2×ω_1×ω_2 + ω_2^2(2+β_l)}

= 4 × 7,794,368.4² / {(3,671.6 + 3,671.6) / 16.0 + 2,216.0 / 64.0

× 5,818,778.76 + 5,818,778.8² × (2 + 0.834)} = 2.333E+18 mm^6

▪ 순수 비틀림 상수

K = 4·F^2 / ($\oint ds$ / t)

= 4F^2 / {(H/cosΘ_L + H/cosΘ_R) / t_w + B_u / t_u + B_l / t_l}

= 4 × 7,794,368.4² / {(3,562.0 + 3,562.0) / 16.0 + 2,216.0 / 64.0

+ 2,160.4 / 22.0 } = 4.204E+11

▪ 비틀림 상수비

$$\alpha = L\cdot\sqrt{\frac{G\cdot K}{E_s\cdot I_w}} = 81{,}350.0 \times \sqrt{\frac{79{,}000.0 \times 4.204E{+}11}{205{,}000.0 \times 2.333E{+}18}} = 21.437$$

α = 21.44 > 10.0 ※ 검토결과 α > 10이므로 뒴비틀림에 따른 응력 계산을 생략할 수 있다.

L : 지간장(81,350.0 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	Tu	t_l	t_w	$F(mm^2)$	β_u	β_l	ε	q'
단면-1	2,212.0	2,156.4	3,561.4	72.7	12.0	12.0	7.78E+06	3.763	0.606	12.117	19264.9
단면-2	2,212.0	2,156.4	3,545.8	41.5	12.0	12.0	7.74E+06	2.157	0.608	6.917	18723.7
단면-3	2,212.0	2,156.4	3,548.8	41.5	18.0	12.0	7.75E+06	2.156	0.911	10.375	20229.9
단면-4	2,212.0	2,156.4	3,550.8	41.5	22.0	12.0	7.76E+06	2.154	1.113	12.681	20839.9
단면-5	2,212.0	2,156.4	3,545.8	41.5	12.0	12.0	7.74E+06	2.157	0.608	6.917	18723.7
단면-6	2,212.0	2,156.4	3,545.8	41.5	12.0	12.0	7.74E+06	2.157	0.608	6.917	18723.7
단면-7	2,214.0	2,158.4	3,545.8	41.5	12.0	14.0	7.75E+06	1.851	0.522	5.082	20864.7
단면-8	2,214.0	2,158.4	3,548.8	41.5	18.0	14.0	7.76E+06	1.849	0.782	7.622	22752.4
단면-9	2,216.0	2,160.4	3,554.0	52.0	18.0	16.0	7.78E+06	2.026	0.684	7.313	25543.7
단면-10	2,216.0	2,160.4	3,562.0	64.0	22.0	16.0	7.79E+06	2.488	0.834	11.000	26889.5
단면-11	2,216.0	2,160.4	3,562.0	64.0	22.0	16.0	7.79E+06	2.488	0.834	11.000	26889.5
단면-12	2,216.0	2,160.4	3,562.0	64.0	22.0	16.0	7.79E+06	2.488	0.834	11.000	26889.5
단면-13	2,214.0	2,158.4	3,556.0	56.0	18.0	14.0	7.77E+06	2.490	0.780	10.286	23222.2
단면-14	2,214.0	2,158.4	3,548.8	41.5	18.0	14.0	7.76E+06	1.849	0.782	7.622	22752.4
단면-15	2,212.0	2,156.4	3,548.8	41.5	18.0	12.0	7.75E+06	2.156	0.911	10.375	20229.9
단면-16	2,212.0	2,156.4	3,548.8	41.5	18.0	12.0	7.75E+06	2.156	0.911	10.375	20229.9
단면-17	2,212.0	2,156.4	3,545.8	41.5	12.0	12.0	7.74E+06	2.157	0.608	6.917	18723.7
단면-18	2,212.0	2,156.4	3,545.8	41.5	12.0	12.0	7.74E+06	2.157	0.608	6.917	18723.7

구 분	Δω	ω_1	ω_2	L	$I_w(mm^6)$	$K(mm^4)$	α	판 정
단면-1	9,606,759.5	-3,340,645.5	6,266,114.1	81,350.0	1.78E+18	3.01E+11	20.79	α >10
단면-2	9,404,782.3	-3,871,256.6	5,533,525.7	81,350.0	1.41E+18	2.91E+11	22.96	α >10
단면-3	9,858,165.9	-4,252,727.3	5,605,438.6	81,350.0	1.69E+18	3.14E+11	21.79	α >10
단면-4	10,044,209.1	-4,457,985.6	5,586,223.5	81,350.0	1.85E+18	3.24E+11	21.15	α >10
단면-5	9,404,782.3	-3,871,256.6	5,533,525.7	81,350.0	1.41E+18	2.91E+11	22.96	α >10
단면-6	9,404,782.3	-3,871,256.6	5,533,525.7	81,350.0	1.41E+18	2.91E+11	22.96	α >10
단면-7	9,160,223.6	-3,853,021.7	5,307,202.0	81,350.0	1.44E+18	3.25E+11	23.95	α >10
단면-8	9,646,469.8	-4,226,782.1	5,419,687.7	81,350.0	1.73E+18	3.54E+11	22.82	α >10
단면-9	9,562,318.9	-4,044,203.4	5,518,115.4	81,350.0	1.95E+18	3.99E+11	22.83	α >10
단면-10	9,883,456.2	-4,064,677.4	5,818,778.8	81,350.0	2.33E+18	4.20E+11	21.44	α >10
단면-11	9,883,456.2	-4,064,677.4	5,818,778.8	93,000.0	2.33E+18	4.20E+11	24.51	α >10
단면-12	9,883,456.2	-4,064,677.4	5,818,778.8	93,000.0	2.33E+18	4.20E+11	24.51	α >10
단면-13	9,785,501.0	-3,990,262.6	5,795,238.4	93,000.0	1.97E+18	3.62E+11	24.76	α >10
단면-14	9,646,469.8	-4,226,782.1	5,419,687.7	93,000.0	1.73E+18	3.54E+11	26.09	α >10
단면-15	9,858,165.9	-4,252,727.3	5,605,438.6	93,000.0	1.69E+18	3.14E+11	24.91	α >10
단면-16	9,858,165.9	-4,252,727.3	5,605,438.6	93,000.0	1.69E+18	3.14E+11	24.91	α >10
단면-17	9,404,782.3	-3,871,256.6	5,533,525.7	93,000.0	1.41E+18	2.91E+11	26.25	α >10
단면-18	9,404,782.3	-3,871,256.6	5,533,525.7	93,000.0	1.41E+18	2.91E+11	26.25	α >10

※ 검토결과 비틀림 상수비 α < 0.4일 경우 순수비틀림에 따른 응력계산을, α >10일 경우 뒴비틀림에 대 응력계산을 각각 생략할 수 있다.

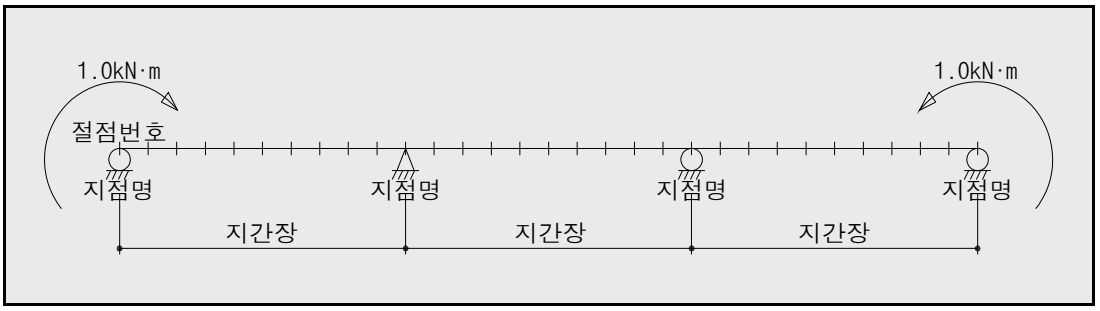
4.8 2차 부정정력에 대한 영향 검토

(☞ 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 강항섭형교가 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 = 1.0kN·m를 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)

바닥판 콘크리트 $\Delta f_c = \frac{1}{n_1}\left[\frac{P_\phi}{A_{v1}} + \frac{M_\phi y_{v1}}{I_{v1}}\right] - E_{c1}\frac{f_c}{E_c}\phi_1$

강재거더 $\Delta f_s = \frac{P_\phi}{A_{v1}} + \frac{M_\phi y_{v1}}{I_{v1}}$

여기서, $P_\phi = E_{c1}A_c\varepsilon_{\phi 0} = E_{c1}A_c\frac{N_c}{E_cA_c}\phi_1 = N_c\frac{2\phi_1}{2+\phi_1}$

$M_\phi = P_\phi\left[d_{c1} + \frac{r_c^2}{d_c}\right] \fallingdotseq P_\phi \cdot d_{c1}$

• 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차 (☞ 도.설.해 3.9.2.7)

바닥판 콘크리트 $f_c = \frac{1}{n}\left[\frac{P_1}{A_v} + \frac{M_v y_v}{I_v}\right] - E_c\varepsilon_t$

강재거더 $f_s = \frac{P_1}{A_v} + \frac{M_v y_v}{I_v}$

여기서, $\varepsilon_t = \alpha \cdot \Delta_t$ (콘크리트가 인장이 되는 경우,즉 강재거더 쪽이 고온인 경우를 정으로 한다)

$P_1 = E_s \cdot \varepsilon_t \cdot \frac{A_c}{n}$ $M_v = P_1 \cdot d_c$

• 바닥판 콘크리트의 건조수축 (☞ 도.설.해 3.9.2.8)

바닥판 콘크리트 $f_c = \frac{1}{n_2}\left[\frac{P_2}{A_{v2}} + \frac{M_{v2}y_{v2}}{I_{v2}}\right] - E_{c2}\varepsilon_s$

강재거더 $f_s = \frac{P_2}{A_{v2}} + \frac{M_{v2}y_{v2}}{I_{v2}}$

여기서, $E_2 = \frac{E_s}{n_2}$ $P_2 = \frac{E_s\varepsilon_s A_c}{n_2} = E_{c2}\varepsilon_s A_c$ $M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2}$

2) 2차 부정정력에 대한 영향계수 K, 산정결과 :

① Girder-G1

부재구분	지점명	k 값
1,I지점	A1	1.000
1,1/4지점		0.988
1,2/4지점		0.976
1,3/4지점		0.964
1,j지점		0.952
2,I지점		0.952
2,1/4지점		0.938
2,2/4지점		0.923
2,3/4지점		0.909
2,j지점		0.895
3,I지점		0.895
3,1/4지점		0.880
3,2/4지점		0.866
3,3/4지점		0.852
3,j지점		0.837
4,I지점		0.837
4,1/4지점		0.819
4,2/4지점		0.801
4,3/4지점		0.783
4,j지점		0.765
5,I지점		0.765
5,1/4지점		0.748
5,2/4지점		0.730
5,3/4지점		0.712
5,j지점		0.694
6,I지점		0.694
6,1/4지점		0.676
6,2/4지점		0.658
6,3/4지점		0.640
6,j지점		0.622
7,I지점		0.622
7,1/4지점		0.604
7,2/4지점		0.586
7,3/4지점		0.568
7,j지점		0.550
8,I지점		0.550
8,1/4지점		0.532
8,2/4지점		0.514
8,3/4지점		0.497
8,j지점		0.479

부재구분	지점명	k 값
9,I지점		0.479
9,1/4지점		0.461
9,2/4지점		0.443
9,3/4지점		0.425
9,j지점		0.407
10,I지점		0.407
10,1/4지점		0.389
10,2/4지점		0.371
10,3/4지점		0.353
10,j지점		0.335
11,I지점		0.335
11,1/4지점		0.317
11,2/4지점		0.299
11,3/4지점		0.281
11,j지점		0.263
12,I지점		0.263
12,1/4지점		0.245
12,2/4지점		0.228
12,3/4지점		0.210
12,j지점		0.192
13,I지점		0.192
13,1/4지점		0.174
13,2/4지점		0.156
13,3/4지점		0.138
13,j지점		0.120
14,I지점		0.120
14,1/4지점		0.102
14,2/4지점		0.084
14,3/4지점		0.066
14,j지점		0.048
15,I지점		0.048
15,1/4지점		0.030
15,2/4지점		0.012
15,3/4지점		-0.006
15,j지점		-0.024
16,I지점		-0.024
16,1/4지점		-0.041
16,2/4지점		-0.059
16,3/4지점		-0.077
16,j지점		-0.095

부재구분	지점명	k 값
17,I지점		-0.095
17,1/4지점		-0.113
17,2/4지점		-0.131
17,3/4지점		-0.149
17,j지점	P1	-0.167
18,I지점	P1	-0.167
18,1/4지점		-0.167
18,2/4지점		-0.167
18,3/4지점		-0.167
18,j지점		-0.167
19,I지점		-0.167
19,1/4지점		-0.167
19,2/4지점		-0.167
19,3/4지점		-0.167
19,j지점		-0.167
20,I지점		-0.167
20,1/4지점		-0.167
20,2/4지점		-0.167
20,3/4지점		-0.167
20,j지점		-0.167
21,I지점		-0.167
21,1/4지점		-0.167
21,2/4지점		-0.167
21,3/4지점		-0.167
21,j지점		-0.167
22,I지점		-0.167
22,1/4지점		-0.167
22,2/4지점		-0.167
22,3/4지점		-0.167
22,j지점		-0.167
23,I지점		-0.167
23,1/4지점		-0.167
23,2/4지점		-0.167
23,3/4지점		-0.167
23,j지점		-0.167
24,I지점		-0.167
24,1/4지점		-0.167
24,2/4지점		-0.167
24,3/4지점		-0.167
24,j지점		-0.167

부재구분	지점명	k 값
25,I지점		-0.167
25,1/4지점		-0.167
25,2/4지점		-0.167
25,3/4지점		-0.167
25,j지점		-0.167
26,I지점		-0.167
26,1/4지점		-0.167
26,2/4지점		-0.167
26,3/4지점		-0.167
26,j지점		-0.167
27,I지점		-0.167
27,1/4지점		-0.167
27,2/4지점		-0.167
27,3/4지점		-0.167
27,j지점		-0.167
28,I지점		-0.167
28,1/4지점		-0.167
28,2/4지점		-0.167
28,3/4지점		-0.167
28,j지점		-0.167
29,I지점		-0.167
29,1/4지점		-0.167
29,2/4지점		-0.167
29,3/4지점		-0.167
29,j지점		-0.167
30,I지점		-0.167
30,1/4지점		-0.167
30,2/4지점		-0.167
30,3/4지점		-0.167
30,j지점		-0.167
31,I지점		-0.167
31,1/4지점		-0.167
31,2/4지점		-0.167
31,3/4지점		-0.167
31,j지점		-0.167
32,I지점		-0.167
32,1/4지점		-0.167
32,2/4지점		-0.167
32,3/4지점		-0.167
32,j지점		-0.167

① Girder-G1 - 계속

부재구분	지점명	k 값
33,I지점		-0.167
33,1/4지점		-0.167
33,2/4지점		-0.167
33,3/4지점		-0.167
33,j지점		-0.167
34,I지점		-0.167
34,1/4지점		-0.167
34,2/4지점		-0.167
34,3/4지점		-0.167
34,j지점		-0.167
35,I지점		-0.167
35,1/4지점		-0.167
35,2/4지점		-0.167
35,3/4지점		-0.167
35,j지점		-0.167
36,I지점		-0.167
36,1/4지점		-0.167
36,2/4지점		-0.167
36,3/4지점		-0.167
36,j지점	P2	-0.167
37,I지점	P2	-0.167
37,1/4지점		-0.149
37,2/4지점		-0.131
37,3/4지점		-0.113
37,j지점		-0.095
38,I지점		-0.095
38,1/4지점		-0.077
38,2/4지점		-0.059
38,3/4지점		-0.041
38,j지점		-0.023
39,I지점		-0.023
39,1/4지점		-0.005
39,2/4지점		0.013
39,3/4지점		0.031
39,j지점		0.049
40,I지점		0.049
40,1/4지점		0.067
40,2/4지점		0.085
40,3/4지점		0.102
40,j지점		0.120

부재구분	지점명	k 값
41,I지점		0.120
41,1/4지점		0.138
41,2/4지점		0.156
41,3/4지점		0.174
41,j지점		0.192
42,I지점		0.192
42,1/4지점		0.210
42,2/4지점		0.228
42,3/4지점		0.246
42,j지점		0.264
43,I지점		0.264
43,1/4지점		0.282
43,2/4지점		0.300
43,3/4지점		0.318
43,j지점		0.336
44,I지점		0.336
44,1/4지점		0.354
44,2/4지점		0.372
44,3/4지점		0.390
44,j지점		0.408
45,I지점		0.408
45,1/4지점		0.425
45,2/4지점		0.443
45,3/4지점		0.461
45,j지점		0.479
46,I지점		0.479
46,1/4지점		0.497
46,2/4지점		0.515
46,3/4지점		0.533
46,j지점		0.551
47,I지점		0.551
47,1/4지점		0.569
47,2/4지점		0.587
47,3/4지점		0.605
47,j지점		0.623
48,I지점		0.623
48,1/4지점		0.641
48,2/4지점		0.659
48,3/4지점		0.677
48,j지점		0.695

부재구분	지점명	k 값
49,I지점		0.695
49,1/4지점		0.713
49,2/4지점		0.731
49,3/4지점		0.748
49,j지점		0.766
50,I지점		0.766
50,1/4지점		0.784
50,2/4지점		0.802
50,3/4지점		0.820
50,j지점		0.838
51,I지점		0.838
51,1/4지점		0.853
51,2/4지점		0.867
51,3/4지점		0.881
51,j지점		0.896
52,I지점		0.896
52,1/4지점		0.910
52,2/4지점		0.924
52,3/4지점		0.939
52,j지점		0.953
53,I지점		0.953
53,1/4지점		0.965
53,2/4지점		0.977
53,3/4지점		0.988
53,j지점	A2	1.000

② Girder-G2

절점번호	지점명	k 값
54,I지점	A1	1.000
54,1/4지점		0.988
54,2/4지점		0.976
54,3/4지점		0.964
54,j지점		0.952
55,I지점		0.952
55,1/4지점		0.938
55,2/4지점		0.924
55,3/4지점		0.910
55,j지점		0.895
56,I지점		0.895
56,1/4지점		0.881
56,2/4지점		0.867
56,3/4지점		0.853
56,j지점		0.838
57,I지점		0.838
57,1/4지점		0.821
57,2/4지점		0.803
57,3/4지점		0.785
57,j지점		0.767
58,I지점		0.767
58,1/4지점		0.749
58,2/4지점		0.732
58,3/4지점		0.714
58,j지점		0.696
59,I지점		0.696
59,1/4지점		0.678
59,2/4지점		0.660
59,3/4지점		0.643
59,j지점		0.625
60,I지점		0.625
60,1/4지점		0.607
60,2/4지점		0.589
60,3/4지점		0.571
60,j지점		0.554
61,I지점		0.554
61,1/4지점		0.536
61,2/4지점		0.518
61,3/4지점		0.500
61,j지점		0.482

절점번호	지점명	k 값
62,I지점		0.482
62,1/4지점		0.465
62,2/4지점		0.447
62,3/4지점		0.429
62,j지점		0.411
63,I지점		0.411
63,1/4지점		0.393
63,2/4지점		0.375
63,3/4지점		0.357
63,j지점		0.339
64,I지점		0.339
64,1/4지점		0.322
64,2/4지점		0.304
64,3/4지점		0.286
64,j지점		0.268
65,I지점		0.268
65,1/4지점		0.250
65,2/4지점		0.232
65,3/4지점		0.214
65,j지점		0.196
66,I지점		0.196
66,1/4지점		0.178
66,2/4지점		0.160
66,3/4지점		0.142
66,j지점		0.124
67,I지점		0.124
67,1/4지점		0.106
67,2/4지점		0.088
67,3/4지점		0.070
67,j지점		0.052
68,I지점		0.052
68,1/4지점		0.034
68,2/4지점		0.016
68,3/4지점		-0.002
68,j지점		-0.020
69,I지점		-0.020
69,1/4지점		-0.038
69,2/4지점		-0.056
69,3/4지점		-0.074
69,j지점		-0.092

절점번호	지점명	k 값
70,I지점		-0.092
70,1/4지점		-0.110
70,2/4지점		-0.128
70,3/4지점		-0.147
70,j지점	P1	-0.165
71,I지점	P1	-0.165
71,1/4지점		-0.165
71,2/4지점		-0.165
71,3/4지점		-0.165
71,j지점		-0.165
72,I지점		-0.165
72,1/4지점		-0.165
72,2/4지점		-0.165
72,3/4지점		-0.165
72,j지점		-0.165
73,I지점		-0.165
73,1/4지점		-0.165
73,2/4지점		-0.165
73,3/4지점		-0.165
73,j지점		-0.165
74,I지점		-0.165
74,1/4지점		-0.165
74,2/4지점		-0.165
74,3/4지점		-0.165
74,j지점		-0.165
75,I지점		-0.165
75,1/4지점		-0.165
75,2/4지점		-0.165
75,3/4지점		-0.165
75,j지점		-0.165
76,I지점		-0.165
76,1/4지점		-0.165
76,2/4지점		-0.166
76,3/4지점		-0.166
76,j지점		-0.166
77,I지점		-0.166
77,1/4지점		-0.166
77,2/4지점		-0.166
77,3/4지점		-0.166
77,j지점		-0.166

절점번호	지점명	k 값
78,I지점		-0.166
78,1/4지점		-0.166
78,2/4지점		-0.166
78,3/4지점		-0.166
78,j지점		-0.166
79,I지점		-0.166
79,1/4지점		-0.166
79,2/4지점		-0.166
79,3/4지점		-0.166
79,j지점		-0.166
80,I지점		-0.166
80,1/4지점		-0.166
80,2/4지점		-0.166
80,3/4지점		-0.166
80,j지점		-0.166
81,I지점		-0.166
81,1/4지점		-0.166
81,2/4지점		-0.166
81,3/4지점		-0.166
81,j지점		-0.166
82,I지점		-0.166
82,1/4지점		-0.166
82,2/4지점		-0.166
82,3/4지점		-0.167
82,j지점		-0.167
83,I지점		-0.167
83,1/4지점		-0.167
83,2/4지점		-0.167
83,3/4지점		-0.167
83,j지점		-0.167
84,I지점		-0.167
84,1/4지점		-0.167
84,2/4지점		-0.167
84,3/4지점		-0.167
84,j지점		-0.167
85,I지점		-0.167
85,1/4지점		-0.167
85,2/4지점		-0.167
85,3/4지점		-0.167
85,j지점		-0.167

② Girder-G2 - 계속

절점번호	지점명	k 값
86,I지점		-0.167
86,1/4지점		-0.167
86,2/4지점		-0.167
86,3/4지점		-0.167
86,j지점		-0.167
87,I지점		-0.167
87,1/4지점		-0.167
87,2/4지점		-0.167
87,3/4지점		-0.167
87,j지점		-0.167
88,I지점		-0.167
88,1/4지점		-0.167
88,2/4지점		-0.167
88,3/4지점		-0.167
88,j지점		-0.168
89,I지점		-0.168
89,1/4지점		-0.168
89,2/4지점		-0.168
89,3/4지점		-0.168
89,j지점	P2	-0.168
90,I지점	P2	-0.168
90,1/4지점		-0.150
90,2/4지점		-0.132
90,3/4지점		-0.114
90,j지점		-0.096
91,I지점		-0.096
91,1/4지점		-0.078
91,2/4지점		-0.060
91,3/4지점		-0.042
91,j지점		-0.024
92,I지점		-0.024
92,1/4지점		-0.006
92,2/4지점		0.012
92,3/4지점		0.030
92,j지점		0.048
93,I지점		0.048
93,1/4지점		0.066
93,2/4지점		0.084
93,3/4지점		0.102
93,j지점		0.120

절점번호	지점명	k 값
94,I지점		0.120
94,1/4지점		0.138
94,2/4지점		0.156
94,3/4지점		0.174
94,j지점		0.192
95,I지점		0.192
95,1/4지점		0.209
95,2/4지점		0.227
95,3/4지점		0.245
95,j지점		0.263
96,I지점		0.263
96,1/4지점		0.281
96,2/4지점		0.299
96,3/4지점		0.317
96,j지점		0.335
97,I지점		0.335
97,1/4지점		0.353
97,2/4지점		0.371
97,3/4지점		0.389
97,j지점		0.407
98,I지점		0.407
98,1/4지점		0.425
98,2/4지점		0.443
98,3/4지점		0.461
98,j지점		0.479
99,I지점		0.479
99,1/4지점		0.497
99,2/4지점		0.515
99,3/4지점		0.533
99,j지점		0.551
100,I지점		0.551
100,1/4지점		0.569
100,2/4지점		0.587
100,3/4지점		0.605
100,j지점		0.623
101,I지점		0.623
101,1/4지점		0.641
101,2/4지점		0.658
101,3/4지점		0.676
101,j지점		0.694

절점번호	지점명	k 값
102,I지점		0.694
102,1/4지점		0.712
102,2/4지점		0.730
102,3/4지점		0.748
102,j지점		0.766
103,I지점		0.766
103,1/4지점		0.784
103,2/4지점		0.802
103,3/4지점		0.820
103,j지점		0.838
104,I지점		0.838
104,1/4지점		0.852
104,2/4지점		0.867
104,3/4지점		0.881
104,j지점		0.896
105,I지점		0.896
105,1/4지점		0.910
105,2/4지점		0.924
105,3/4지점		0.939
105,j지점		0.953
106,I지점		0.953
106,1/4지점		0.965
106,2/4지점		0.977
106,3/4지점		0.988
106,j지점	A2	1.000

5. 주거더 응력검토

5.1 정모멘트 응력검토

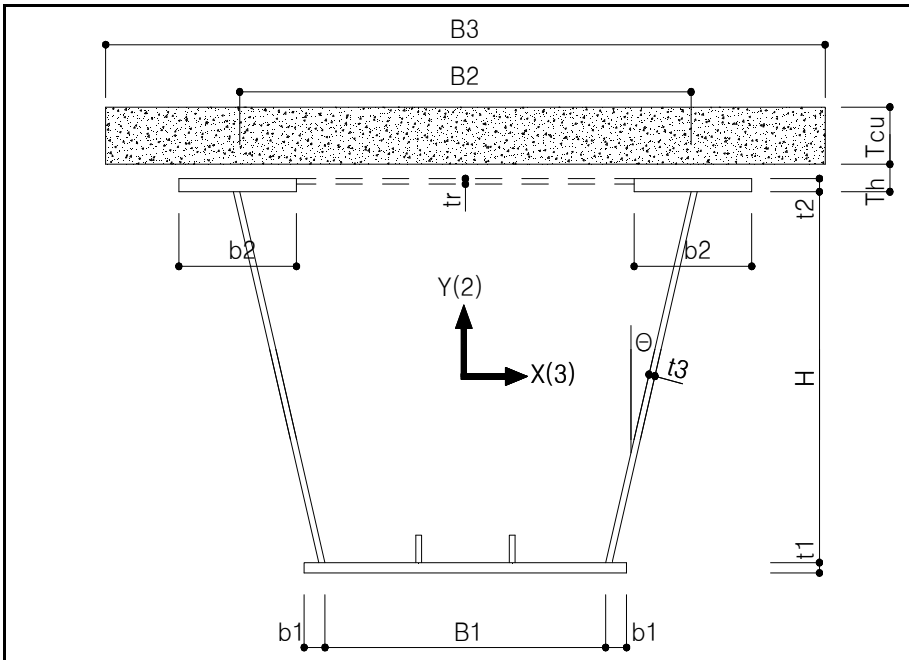
◎ 정모멘트 < 단면 1 > 단면위치: 104,3/4지점 **(외측거더)**

(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(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.88118

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	12
t2	16
t3	12
tr	0.723
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

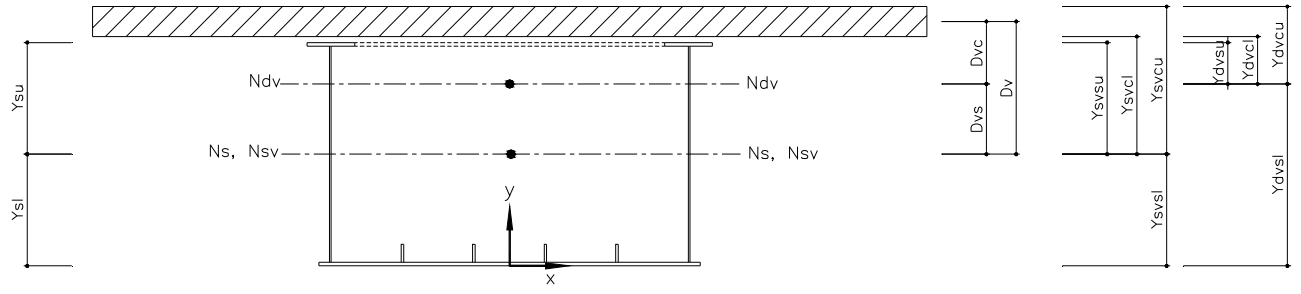
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	3664.4	6315.6	3707.3	5486.5	61.8	19235.6
전단력, S (kN)	372.0	623.2	362.2	656.9	7.3	2021.6
비틀림, T (kN-m)	-473.1	-754.3	-567.4	-1667.8	-7.2	-3469.91

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

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	500×16×2	16,000	3,020	4.832.E+07	3.413.E+05	4.681.E+10	4.681.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,512	1.089.E+08	5.400.E+10	2.951.E+09	5.695.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	87	3.132.E+05	6.750.E+06	5.381.E+09	5.387.E+09
하부플랜지	2400×12×1	28,800	6	1.728.E+05	3.456.E+05	4.894.E+10	4.894.E+10
계		120,400		1.577.E+08			1.581.E+11

- 도심 : ys = 157670000/120400 = 1309.6 mm
  Ysu = 1309.551 - 3028 = -1718.4 mm
  Ysl = 1309.6 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 3,664.4x1000000 x (-1718.449) / 158087505914.3 = -39.833 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 3,664.4x1000000 x 1309.551/158087505914.3 = 30.355 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =157670000/120400 = 1309.6 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1309.551-3028 = -1718.4 mm
  Ysvsl = 1309.6 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 6315.583x1000000x0/(0x158087505914.3)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 6315.583x1000000x(-1718.4)/158087505914.3= -68.650 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 6315.583x1000000 x 1309.551/158087505914.3 = 52.316 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	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	3158.0	4.872.E+08	7.406.E+08	1.013.E+11	1.020.E+11
단일합성시		120400.0	1309.6	1.577.E+08	1.581.E+11	1.298.E+11	2.879.E+11
계		274685.7		6.449.E+08			3.899.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.880
- 도심 : Ydv = 644904226/274685.7 = 2347.8 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2347.79 - 3278 -930.2 mm
Ydvtcl = 2347.79 - 3038 -690.2 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2347.79 - 3028 -680.2 mm
Ydvsl = 2347.8 mm

Ddvtc = 2347.79 - 3158 = -810.2 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2347.79 - 1309.551 = 1038.2 mm
Ddv = 810.21 + 1038.239 = 1848.4 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=3,707.3x1000000x(-930.21)/(7x389891431913.3)= -1.264 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 3,707.3x1000000x0/(0x389891431913.3)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 3707.303x1000000x(-680.21)/389891431913.3= -6.468 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 3707.303x1000000x2347.79/389891431913.3= 22.324 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 5486.5x1000000x(-930.21)/(7x389891431913.3) -1.870 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 5486.5x1000000x0/(0x389891431913.3)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 5486.5x1000000 x (-680.21) / 389891431913.3 = -9.572 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 5486.5 x1000000 x 2347.79 / 389891431913.3 = 33.038 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 61.8x1000000x(-930.21)/(7x389891431913.3)= -0.021 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 61.8x1000000x0/(0x389891431913.3)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 61.8x1000000x(-680.21)/389891431913.3= -0.108 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 61.8x1000000 x 2347.79 / 389891431913.3 = 0.372 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5184000000		
환산 상부바닥판		77,143	3,158	243617143	370285714	97911840343	98282126057
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		120,400	1,310	157669940	158087505914	62736343848	220823849762
계		197,543		401287083			319105975820

- 도심 : yv1 = 401287083/197542.9 = 2031.4 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 2031.4 - 3278 = -1246.6 mm Dtc1 = 2031.4 - 3158 = -1,127 mm

Yv1tcl = 2031.4 - 3038 = -1006.6 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 2031.4 - 1309.551 = 722 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 1126.6 + 721.849 = 1,848 mm

Yv1su = 2031.4 - 3028 = -996.6 mm Yv1sl = 2,031 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 3707.303x1000000/(7x389891431913.3)x(-810.21)x1080000 = -1,188,605 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 3707.303x1000000/(7x389891431913.3)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -1188605.419x2x2/(2+2) = -1,188,605 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 5184000000/1080000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -1188605.419x(-1126.6+4800/(-810.21))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 1346.1 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-1188605.419+0)/197542.9+(0.88)x1346.125x1000000x(-1246.6)/319105975820)]-0.5x2x(-1.264)

= 0.504 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-1,188,605.4+0)/197542.9+(0.88)x(1346.125)x10^6x(-996.6)/3191059758 -9.717 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-1,188,605.4+0)/197542.9+(0.88)x(1346.125)x10^6x2031.4/319105975819 1.524 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	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		51,429	3,158	1.624.E+08	2.469.E+08	8.627.E+10	8.652.E+10
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		120,400	1,310	1.577.E+08	1.581.E+11	3.685.E+10	1.949.E+11
계		171,829		3.201.E+08			2.815.E+11

- 도심 : yv2 = 320081369/171828.6 = 1862.8 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=1,862.8-3278= -1415.2 mm Dtc2 = 1862.794 - 3158 = -1,295 mm

Yv2tcl=1,862.8-3038= -1175.2 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1862.794 - 1309.551 = 553 mm

Yv2su =1,862.8-3028= -1165.2 mm Dv2 = 1295.206 + 553.2 = 1,848 mm

Yv2sl = 1862.8 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1080000 = -2,846,572 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -2846571.5 x (-1295.206) + 0x0 = 3,687 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-2846571.5+0)/171828.6+(0.88)x3686.9x10^6x(-1415.2)/281460573612.2)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.070 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-2846571.5+0)/171828.6+(0.88)x3686.9x10^6x(-1165.2)/281460573612.2 -29.998 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-2846571.5+0)/171828.6+(0.88)x3686.9x10^6x1862.794/281460573612.2 = 4.907 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	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154,286	3,158	4.872.E+08	7.406.E+08	1.013.E+11	1.020.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		120,400	1,310	1.577.E+08	1.581.E+11	1.298.E+11	2.879.E+11
계		274,686		6.449.E+08			3.899.E+11

- 도심 : yv3 = 644904226/274685.7 = 2347.8 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,347.8-3278= -930.2 mm
Yv3tcl= 2,347.8-3038= -690.2 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,347.8-3028= -680.2 mm
Yv3sl= 2347.8 mm

Dtc3 = 2347.8 - 3158 = -810.2 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2347.8 - 1309.551 = 1038.2 mm
Dv3 = 810.2 + 1038.2 = 1848.4 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
· Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N
· Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 3795428.6 x (-810.2) / 1000000 = -3075.056 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
· fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
= 1/7x(3795428.6/274685.7+(0.88)x(-3075056000)x(-930.2)/389891431943.9)-27804x0.000012x10
= -0.440 MPa
· fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
= 1/7x(3795428.6/274685.7+(0.88)x(-3075056000)x0/389891431943.9)-27804.063636603x0.000012x10
= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
· fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
= 3795428.6/274685.7+(0.88)x(-3075.056)x10^6x(-680.2)/389891431943.9= 18.538 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
= 3795428.6/274685.7+(0.88)x(-3075.056)x10^6x2347.8/389891431943.9= -2.478 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6650195.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 372 x 1000 / 72000 + 473.15x10^6 / (2 x 6650195.6x12) = 8.131 MPa

2) 단일합성시

· F = 6650195.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 623.23 x 1000 /72000 + 754.29x10^6 / (2 x 6650195.6x12) = 13.382 MPa

3) 이중합성시

· F = 6690233.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1019.11 x 1000 /72000 + 2235.25x10^6 / (2 x 6690233.4x12) = 28.075 MPa

(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 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 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 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 16.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -24000 x (t / b)² = -24000x(16/250)² = -98.3 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.064) = 3000 / (281 x 1.064) = 10.034 mm

여기서, √(fca/fc) = √(122.88/108.483) 1.064 < 1.2 1.064 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3000 / (281 x 1.2) = 8.897 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/128.518) = 1.338 > 1.2 1.200 적용

∴ t_min = 10.034 < t = 12.0 mm ∴ 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	-	-	-	-	- 108.483	- 122.880	82.671	287.500
	2	- 2.953	- 10.800	-	-	- 128.518	- 230.000	139.015	230.000
	3	- 1.581	- 10.800	-	-	- 164.346	- 264.500	144.836	230.000
	4	- 2.021	- 12.420	-	-	- 145.808	- 299.000	142.358	264.500
	5	- 1.141	- 12.420	-	-	- 182.884	- 299.000	147.314	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.883 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		(f/fa)² + (τ/τa)²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.883	0.288	21.513	168.8	0.13	0.80
	2	0.273	-	0.559	0.604	49.588	135.0	0.37	0.50
	3	0.146	-	0.621	0.630	49.588	155.3	0.32	0.50
	4	0.163	-	0.488	0.538	49.588	175.5	0.28	0.37
	5	0.092	-	0.612	0.557	49.588	175.5	0.28	0.45

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 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 (계수 하중)	1	-4.7	-16.0	-	-	-187.3	-380.0	210.9	380.0
	2	-3.9	-16.0	-	-	-224.4	-380.0	215.8	380.0
	3	-5.9	-16.0	-	-	-155.4	-380.0	205.7	380.0
	4	-5.0	-16.0	-	-	-192.4	-380.0	210.6	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.590 < 1.0 ∴ O.K.							

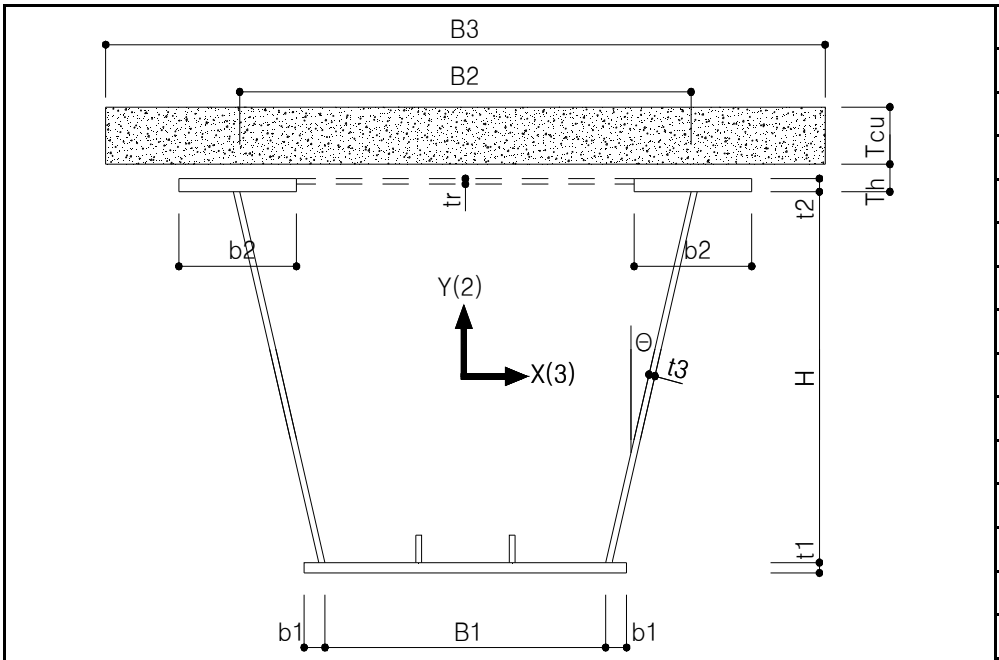
◎ **정모멘트** **< 단면 2 >** 단면위치: 103,1/4지점 **(외측거더)**

(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(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.78420

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	18
t2	22
t3	12
tr	0.726
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

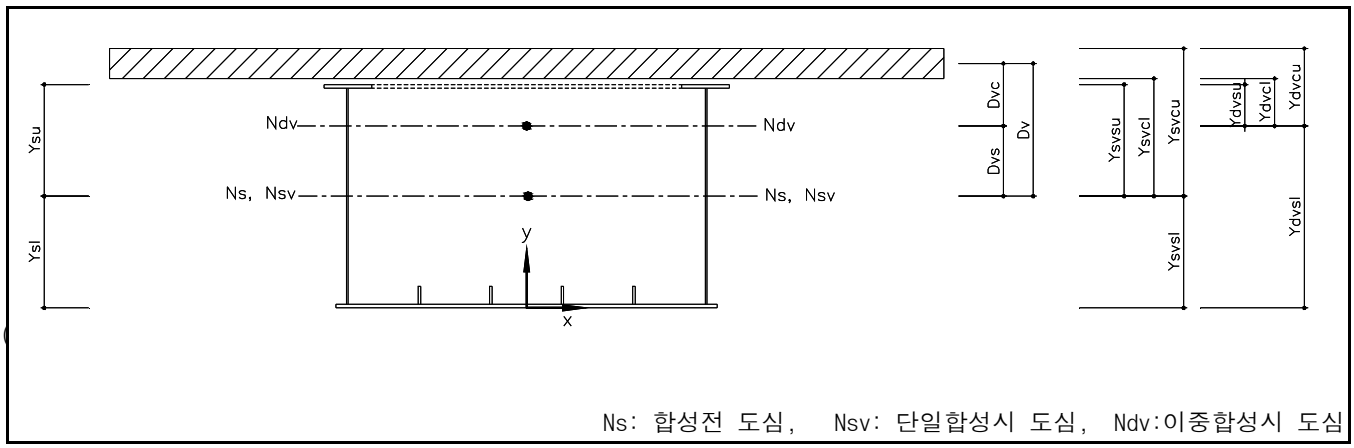
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	5880.1	9943.5	5800.5	8573.2	111.7	30309.0
전단력, S (kN)	270.7	431.1	245.7	539.0	7.3	1493.7
비틀림, T (kN-m)	-397.0	-638.2	-443.5	-1474.5	-6.0	-2959.20

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

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	500×22×2	22,000	3,029	6.664.E+07	8.873.E+05	6.926.E+10	6.926.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,518	1.093.E+08	5.400.E+10	4.993.E+09	5.899.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	93	3.348.E+05	6.750.E+06	4.858.E+09	4.865.E+09
하부플랜지	2400×18×1	43,200	9	3.888.E+05	1.166.E+06	6.703.E+10	6.703.E+10
계		140,800		1.767.E+08			2.002.E+11

- 도심 : ys = 176657600/140800 = 1254.7 mm
  Ysu = 1254.67 - 3040 = -1785.3 mm
  Ysl = 1254.7 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 5,880.1x1000000 x (-1785.33) / 200154198041.8 = -52.449 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 5,880.1x1000000 x 1254.67/200154198041.8 = 36.860 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =176657600/140800 = 1254.7 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1254.67-3040 = -1785.3 mm
  Ysvsl = 1254.7 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 9943.494x1000000x0/(0x200154198041.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 9943.494x1000000x(-1785.3)/200154198041.8= -88.692 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 9943.494x1000000 x 1254.67/200154198041.8 = 62.331 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	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	3164.0	4.882.E+08	7.406.E+08	1.281.E+11	1.288.E+11
단일합성시		140800.0	1254.7	1.767.E+08	2.002.E+11	1.403.E+11	3.405.E+11
계		295085.7		6.648.E+08			4.693.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.780
- 도심 : Ydv = 664817536/295085.7 = 2253.0 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2252.964 - 328⁴ -1031.0 mm
Ydvtcl = 2252.964 - 304⁴ -791.0 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2252.964 - 304(-787.0 mm
Ydvsl = 2253.0 mm

Ddvtc = 2252.964 - 3164 = -911.0 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2252.964 - 1254.67 = 998.3 mm
Ddv = 911.036 + 998.294 = 1909.3 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=5,800.5x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053.8 -1.821 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 5,800.5x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 5800.48x1000000x(-787.036)/469269844053.8= -9.728 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 5800.48x1000000x2252.964/469269844053.8= 27.848 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 8573.2x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053. -2.691 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 8573.2x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 8573.2x1000000 x (-787.036) / 469269844053.8 = -14.379 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 8573.2 x1000000 x 2252.964 / 469269844053.8 = 41.160 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 111.7x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053.8) -0.035 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 111.7x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 111.7x1000000x(-787.036)/469269844053.8= -0.187 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 111.7x1000000 x 2252.964 / 469269844053.8 = 0.536 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5184000000		
환산 상부바닥판		77,143	3,164	244080000	370285714	117374573571	117744859285
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		140,800	1,255	176657536	200154198042	64309863397	264464061439
계		217,943		420737536			382208920724

- 도심 : yv1 = 420737536/217942.9 = 1930.5 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 1930.5 - 3284 = -1353.5 mm Dtc1 = 1930.5 - 3164 = -1,234 mm

Yv1tcl = 1930.5 - 3044 = -1113.5 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 1930.5 - 1254.67 = 676 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 1233.5 + 675.83 = 1,909 mm

Yv1su = 1930.5 - 3040 = -1109.5 mm Yv1sl = 1,931 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 5800.48x1000000/(7x469269844053.8)x(-911.036)x1080000 = -1,737,411 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 5800.48x1000000/(7x469269844053.8)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -1737410.897x2x2/(2+2) = -1,737,411 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 5184000000/1080000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -1737410.897x(-1233.5+4800/(-911.036))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 2152.3 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-1737410.897+0)/217942.9+(0.78)x2152.25x1000000x(-1353.5)/382208920724)]-0.5x2x(-1.821)

= 0.827 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-1,737,410.9+0)/217942.9+(0.78)x(2152.25)x10^6x(-1109.5)/3822089207 -12.845 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-1,737,410.9+0)/217942.9+(0.78)x(2152.25)x10^6x1930.5/382208920724. 0.507 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		51,429	3,164	1.627.E+08	2.469.E+08	1.006.E+11	1.008.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		140,800	1,255	1.767.E+08	2.002.E+11	3.674.E+10	2.369.E+11
계		192,229		3.394.E+08			3.377.E+11

- 도심 : yv2 = 339377536/192228.6 = 1765.5 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=1,765.5-3284= -1518.5 mm Dtc2 = 1765.489 - 3164 = -1,399 mm

Yv2tcl=1,765.5-3044= -1278.5 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1765.489 - 1254.67 = 511 mm

Yv2su =1,765.5-3040= -1274.5 mm Dv2 = 1398.511 + 510.8 = 1,909 mm

Yv2sl = 1765.5 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1080000 = -2,846,572 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -2846571.5 x (-1398.511) + 0x0 = 3,981 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-2846571.5+0)/192228.6+(0.78)x3981x10^6x(-1518.5)/337726549154.7)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.266 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-2846571.5+0)/192228.6+(0.78)x3981x10^6x(-1274.5)/337726549154.7 = -26.526 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-2846571.5+0)/192228.6+(0.78)x3981x10^6x1765.489/337726549154.7 = 1.424 MPa

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154,286	3,164	4.882.E+08	7.406.E+08	1.280.E+11	1.288.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		140,800	1,255	1.767.E+08	2.002.E+11	1.403.E+11	3.405.E+11
계		295,086		6.648.E+08			4.693.E+11

- 도심 : yv3 = 664817536/295085.7 = 2253.0 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,253.0-3284= -1031.0 mm
Yv3tcl= 2,253.0-3044= -791.0 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,253.0-3040= -787.0 mm
Yv3sl= 2253.0 mm

Dtc3 = 2253 - 3164 = -911.0 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2253 - 1254.67 = 998.3 mm
Dv3 = 911 + 998.3 = 1909.3 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
· Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N
· Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 3795428.6 x (-911) / 1000000 = -3457.635 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
· fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
= 1/7x(3795428.6/295085.7+(0.78)x(-3457635000)x(-1031)/469269844433.4)-27804x0.000012x10
= -0.653 MPa
· fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
= 1/7x(3795428.6/295085.7+(0.78)x(-3457635000)x0/469269844433.4)-27804.063636603x0.000012x10
= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
· fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
= 3795428.6/295085.7+(0.78)x(-3457.635)x10^6x(-787)/469269844433.4= 17.385 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
= 3795428.6/295085.7+(0.78)x(-3457.635)x10^6x2253/469269844433.4= -0.086 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6656851.2 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 270.71 x 1000 / 72000 + 396.97x10^6 / (2 x 6656851.2x12) = 6.245 MPa

2) 단일합성시

· F = 6656851.2 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 431.13 x 1000 /72000 + 638.16x10^6 / (2 x 6656851.2x12) = 9.982 MPa

3) 이중합성시

· F = 6696889.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 784.61 x 1000 /72000 + 1918.07x10^6 / (2 x 6696889x12) = 22.831 MPa

(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 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 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 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 22.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -24000 x (t / b)² = -24000x(22/250)² = -185.9 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3000 / (281 x 1.2) = 8.897 mm

여기서, √(fca/fc) = √(232.32/141.141) 1.283 > 1.2 1.200 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.161) = 3000 / (281 x 1.161) = 9.196 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/170.573) = 1.161 < 1.2 1.161 적용

∴ t_min = 9.196 < t = 12.0 mm ∴ 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	-	-	-	-	- 141.141	- 232.320	99.191	287.500
	2	- 4.216	- 10.800	-	-	- 170.573	- 230.000	168.938	230.000
	3	- 2.454	- 10.800	-	-	- 204.806	- 264.500	170.666	230.000
	4	- 3.107	- 12.420	-	-	- 187.421	- 299.000	170.580	264.500
	5	- 1.801	- 12.420	-	-	- 222.191	- 299.000	170.752	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.774 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		(f/fa)² + (τ/τa)²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.608	0.345	16.227	168.8	0.10	0.38
	2	0.390	-	0.742	0.735	39.058	135.0	0.29	0.63
	3	0.227	-	0.774	0.742	39.058	155.3	0.25	0.66
	4	0.250	-	0.627	0.645	39.058	175.5	0.22	0.47
	5	0.145	-	0.743	0.646	39.058	175.5	0.22	0.60

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 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 (계수 하중)	1	-7.0	-16.0	-	-	-243.9	-380.0	255.3	380.0
	2	-5.7	-16.0	-	-	-278.7	-380.0	255.5	380.0
	3	-8.5	-16.0	-	-	-214.8	-380.0	253.8	380.0
	4	-7.2	-16.0	-	-	-249.6	-380.0	253.9	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.733 < 1.0 ∴ O.K.							

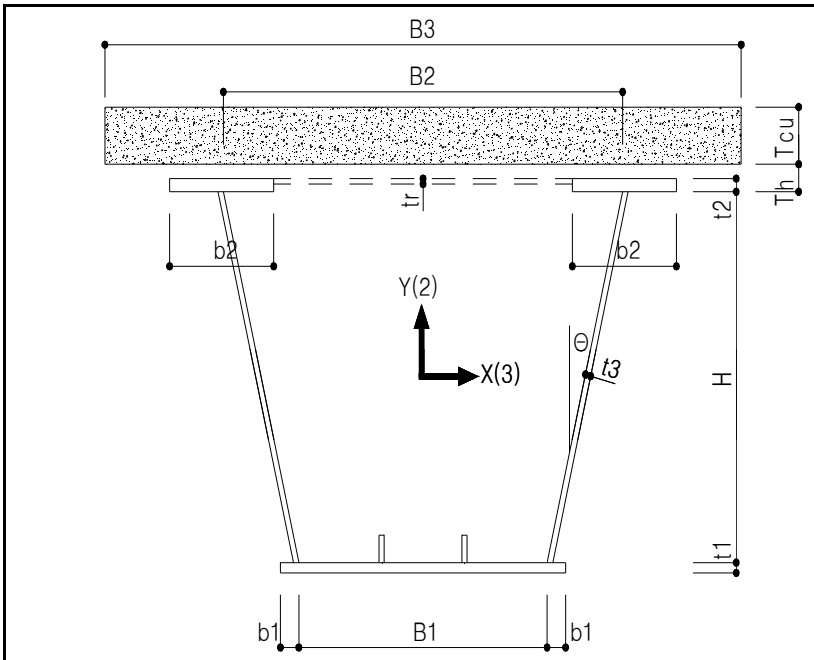
◎ **정모멘트** **< 단면 3 >** 단면위치: 102,1/4지점 **(외측거더)**

(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(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.71236

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	18
t2	22
t3	12
tr	0.726
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

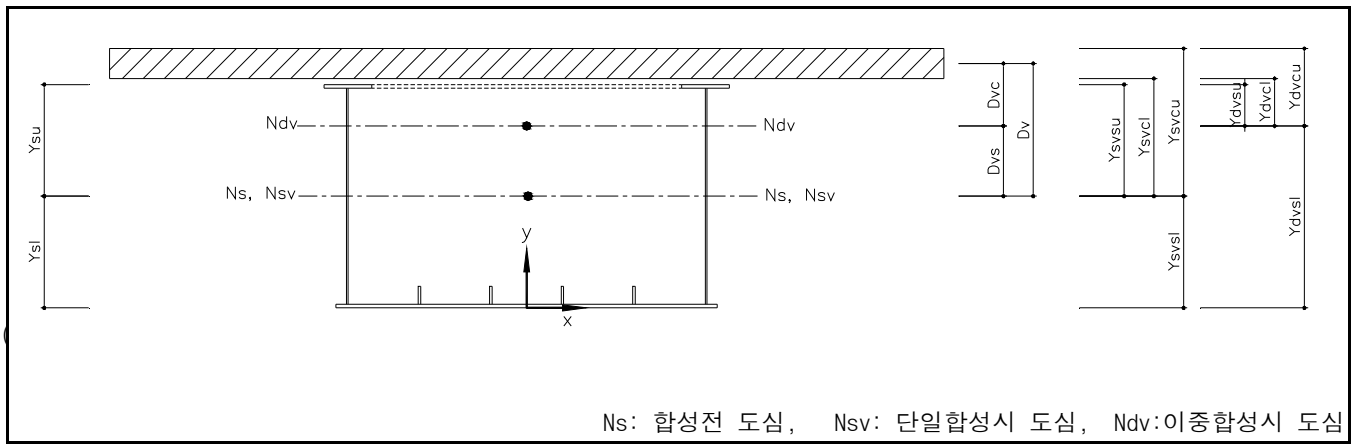
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	7032.2	11755.6	6842.4	10316.9	148.7	36095.9
전단력, S (kN)	184.6	281.2	161.1	473.8	7.3	1108.0
비틀림, T (kN-m)	-306.2	-486.6	-327.0	-1214.5	-4.9	-2339.28

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

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	500×22×2	22,000	3,029	6.664.E+07	8.873.E+05	6.926.E+10	6.926.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,518	1.093.E+08	5.400.E+10	4.993.E+09	5.899.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	93	3.348.E+05	6.750.E+06	4.858.E+09	4.865.E+09
하부플랜지	2400×18×1	43,200	9	3.888.E+05	1.166.E+06	6.703.E+10	6.703.E+10
계		140,800		1.767.E+08			2.002.E+11

- 도심 : ys = 176657600/140800 = 1254.7 mm
  Ysu = 1254.67 - 3040 = -1785.3 mm
  Ysl = 1254.7 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 7,032.2x1000000 x (-1785.33) / 200154198041.8 = -62.726 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 7,032.2x1000000 x 1254.67/200154198041.8 = 44.082 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =176657600/140800 = 1254.7 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1254.67-3040 = -1785.3 mm
  Ysvsl = 1254.7 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 11755.62x1000000x0/(0x200154198041.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 11755.62x1000000x(-1785.3)/200154198041.8= -104.856 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 11755.62x1000000 x 1254.67/200154198041.8 = 73.690 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	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	3164.0	4.882.E+08	7.406.E+08	1.281.E+11	1.288.E+11
단일합성시		140800.0	1254.7	1.767.E+08	2.002.E+11	1.403.E+11	3.405.E+11
계		295085.7		6.648.E+08			4.693.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.710
- 도심 : Ydv = 664817536/295085.7 = 2253.0 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2252.964 - 328⁴ -1031.0 mm
Ydvtcl = 2252.964 - 304⁴ -791.0 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2252.964 - 304(-787.0 mm
Ydvsl = 2253.0 mm

Ddvtc = 2252.964 - 3164 = -911.0 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2252.964 - 1254.67 = 998.3 mm
Ddv = 911.036 + 998.294 = 1909.3 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=6,842.4x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053.8 -2.148 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 6,842.4x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 6842.424x1000000x(-787.036)/469269844053.8= -11.476 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 6842.424x1000000x2252.964/469269844053.8= 32.850 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 10316.9x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053 -3.238 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 10316.9x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 10316.9x1000000 x (-787.036) / 469269844053.8 = -17.303 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 10316.9 x1000000 x 2252.964 / 469269844053.8 = 49.532 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 148.7x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053.8) -0.047 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 148.7x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 148.7x1000000x(-787.036)/469269844053.8= -0.249 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 148.7x1000000 x 2252.964 / 469269844053.8 = 0.714 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	4500x240	1,080,000			5184000000		
환산 상부바닥판		77,143	3,164	244080000	370285714	117374573571	117744859285
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		140,800	1,255	176657536	200154198042	64309863397	264464061439
계		217,943		420737536			382208920724

- 도심 : yv1 = 420737536/217942.9 = 1930.5 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 1930.5 - 3284 = -1353.5 mm Dtc1 = 1930.5 - 3164 = -1,234 mm

Yv1tcl = 1930.5 - 3044 = -1113.5 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 1930.5 - 1254.67 = 676 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 1233.5 + 675.83 = 1,909 mm

Yv1su = 1930.5 - 3040 = -1109.5 mm Yv1sl = 1,931 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 6842.424x1000000/(7x469269844053.8)x(-911.036)x1080000 = -2,049,503 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 6842.424x1000000/(7x469269844053.8)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -2049503.148x2x2/(2+2) = -2,049,503 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 5184000000/1080000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -2049503.148x(-1233.5+4800/(-911.036))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 2538.9 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-2049503.148+0)/217942.9+(0.71)x2538.86x1000000x(-1353.5)/382208920724)]-0.5x2x(-2.148)

= 1.020 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-2,049,503.1+0)/217942.9+(0.71)x(2538.86)x10^6x(-1109.5)/3822089207 -14.637 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-2,049,503.1+0)/217942.9+(0.71)x(2538.86)x10^6x1930.5/382208920724. -0.299 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		51,429	3,164	1.627.E+08	2.469.E+08	1.006.E+11	1.008.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		140,800	1,255	1.767.E+08	2.002.E+11	3.674.E+10	2.369.E+11
계		192,229		3.394.E+08			3.377.E+11

- 도심 : yv2 = 339377536/192228.6 = 1765.5 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=1,765.5-3284= -1518.5 mm Dtc2 = 1765.489 - 3164 = -1,399 mm

Yv2tcl=1,765.5-3044= -1278.5 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1765.489 - 1254.67 = 511 mm

Yv2su =1,765.5-3040= -1274.5 mm Dv2 = 1398.511 + 510.8 = 1,909 mm

Yv2sl = 1765.5 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1080000 = -2,846,572 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -2846571.5 x (-1398.511) + 0x0 = 3,981 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-2846571.5+0)/192228.6+(0.71)x3981x10^6x(-1518.5)/337726549154.7)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.325 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-2846571.5+0)/192228.6+(0.71)x3981x10^6x(-1274.5)/337726549154.7 = -25.475 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-2846571.5+0)/192228.6+(0.71)x3981x10^6x1765.489/337726549154.7 = -0.032 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	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154,286	3,164	4.882.E+08	7.406.E+08	1.280.E+11	1.288.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		140,800	1,255	1.767.E+08	2.002.E+11	1.403.E+11	3.405.E+11
계		295,086		6.648.E+08			4.693.E+11

- 도심 : yv3 = 664817536/295085.7 = 2253.0 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,253.0-3284= -1031.0 mm
Yv3tcl= 2,253.0-3044= -791.0 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,253.0-3040= -787.0 mm
Yv3sl= 2253.0 mm

Dtc3 = 2253 - 3164 = -911.0 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2253 - 1254.67 = 998.3 mm
Dv3 = 911 + 998.3 = 1909.3 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
· Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N
· Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 3795428.6 x (-911) / 1000000 = -3457.635 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
· fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
= 1/7x(3795428.6/295085.7+(0.71)x(-3457635000)x(-1031)/469269844433.4)-27804x0.000012x10
= -0.729 MPa
· fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
= 1/7x(3795428.6/295085.7+(0.71)x(-3457635000)x0/469269844433.4)-27804.063636603x0.000012x10
= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
· fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
= 3795428.6/295085.7+(0.71)x(-3457.635)x10^6x(-787)/469269844433.4= 16.979 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
= 3795428.6/295085.7+(0.71)x(-3457.635)x10^6x2253/469269844433.4= 1.076 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6656851.2 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 184.6 x 1000 / 72000 + 306.24x10^6 / (2 x 6656851.2x12) = 4.481 MPa

2) 단일합성시

· F = 6656851.2 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 281.2 x 1000 /72000 + 486.64x10^6 / (2 x 6656851.2x12) = 6.952 MPa

3) 이중합성시

· F = 6696889.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 634.94 x 1000 /72000 + 1541.52x10^6 / (2 x 6696889x12) = 18.410 MPa

(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 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 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 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 22.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -24000 x (t / b)² = -24000x(22/250)² = -185.9 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.177) = 3000 / (281 x 1.177) = 9.071 mm

여기서, √(fca/fc) = √(232.32/167.582) 1.177 < 1.2 1.177 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.066) = 3000 / (281 x 1.066) = 10.015 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/202.465) = 1.066 < 1.2 1.066 적용

∴ t_min = 10.015 < t = 12.0 mm ∴ 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	-	-	-	-	- 167.582	- 232.320	117.772	287.500
	2	- 5.025	- 10.800	-	-	- 202.465	- 230.000	200.748	230.000
	3	- 3.088	- 10.800	-	-	- 236.722	- 264.500	200.537	230.000
	4	- 3.817	- 12.420	-	-	- 219.743	- 299.000	201.613	264.500
	5	- 2.359	- 12.420	-	-	- 253.701	- 299.000	199.461	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
휨응력	1	-	-	0.721	0.410	11.433	168.8	0.07	0.52
	2	0.465	-	0.880	0.873	29.843	135.0	0.22	0.82
	3	0.286	-	0.895	0.872	29.843	155.3	0.19	0.84
	4	0.307	-	0.735	0.762	29.843	175.5	0.17	0.61
	5	0.190	-	0.848	0.754	29.843	175.5	0.17	0.75

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 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 (계수 하중)	1	-8.5	-16.0	-	-	-287.3	-380.0	303.2	380.0
	2	-7.1	-16.0	-	-	-321.2	-380.0	301.0	380.0
	3	-10.1	-16.0	-	-	-258.9	-380.0	303.3	380.0
	4	-8.6	-16.0	-	-	-292.8	-380.0	301.1	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.845 < 1.0 ∴ O.K.							

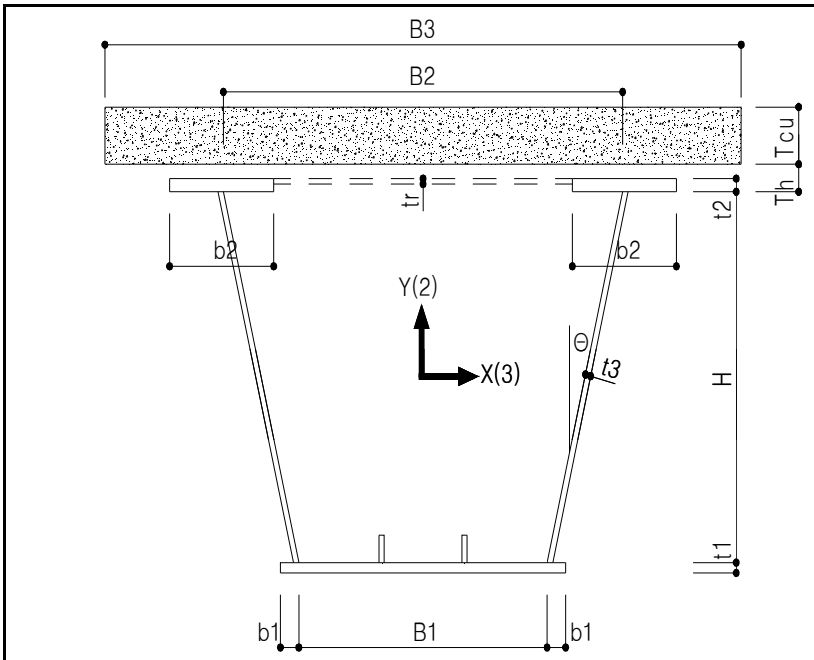
◎ **정모멘트** **< 단면 4 >** 단면위치: 99,J지점 **(외측거더)**

(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(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.55073

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	22
t2	26
t3	12
tr	0.727
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

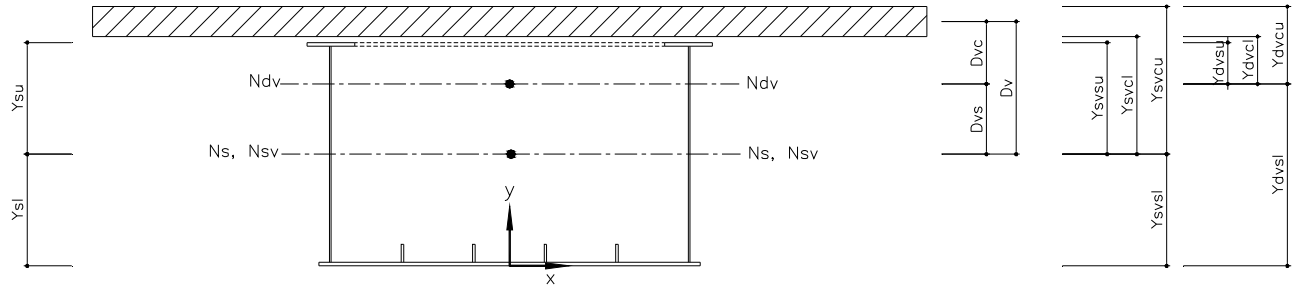
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	7938.5	13034.6	7589.0	12549.4	232.0	41343.5
전단력, S (kN)	-30.4	-59.9	-32.0	-358.1	-5.4	-485.8
비틀림, T (kN-m)	30.7	87.7	-14.8	451.5	5.5	560.59

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

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	3,035	7.891.E+07	1.465.E+06	8.501.E+10	8.501.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,522	1.096.E+08	5.400.E+10	6.273.E+09	6.027.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	97	3.492.E+05	6.750.E+06	4.596.E+09	4.602.E+09
하부플랜지	2400×22×1	52,800	11	5.808.E+05	2.130.E+06	7.805.E+10	7.805.E+10
계		154,400		1.894.E+08			2.279.E+11

- 도심 : ys = 189424000/154400 = 1226.8 mm
  Ysu = 1226.839 - 3048 = -1821.2 mm
  Ysl = 1226.8 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 7,938.5x1000000 x (-1821.161) / 227936481083.3 = -63.427 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 7,938.5x1000000 x 1226.839/227936481083.3 = 42.728 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =189424000/154400 = 1226.8 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1226.839-3048 = -1821.2 mm
  Ysvsl = 1226.8 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 13034.59x1000000x0/(0x227936481083.3)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 13034.59x1000000x(-1821.2)/227936481083.3= -104.146 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 13034.59x1000000 x 1226.839/227936481083.3 = 70.157 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	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	3168.0	4.888.E+08	7.406.E+08	1.454.E+11	1.462.E+11
단일합성시		154400.0	1226.8	1.894.E+08	2.279.E+11	1.453.E+11	3.733.E+11
계		308685.7		6.782.E+08			5.195.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.550
- 도심 : Ydv = 678201085/308685.7 = 2197.1 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2197.06 - 3288 -1090.9 mm
Ydvtcl = 2197.06 - 3048 -850.9 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2197.06 - 3048 -850.9 mm
Ydvsl = 2197.1 mm

Ddvtc = 2197.06 - 3168 = -970.9 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2197.06 - 1226.839 = 970.2 mm
Ddv = 970.94 + 970.221 = 1941.2 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=7,589.0x1000000x(-1090.94)/(7x519467137836.3) -2.277 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 7,589.0x1000000x0/(0x519467137836.3)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 7589.017x1000000x(-850.94)/519467137836.3= -12.432 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 7589.017x1000000x2197.06/519467137836.3= 32.097 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 12549.4x1000000x(-1090.94)/(7x519467137836. -3.765 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 12549.4x1000000x0/(0x519467137836.3)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 12549.4x1000000 x (-850.94) / 519467137836.3 = -20.557 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 12549.4 x1000000 x 2197.06 / 519467137836.3 = 53.077 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 232x1000000x(-1090.94)/(7x519467137836.3)= -0.070 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 232x1000000x0/(0x519467137836.3)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 232x1000000x(-850.94)/519467137836.3= -0.380 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 232x1000000 x 2197.06 / 519467137836.3 = 0.981 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	4500x240	1,080,000			5184000000		
환산 상부바닥판		77,143	3,168	244388571	370285714	129250647771	129620933485
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		154,400	1,227	189423942	227936481083	64585487749	292521968832
계		231,543		433812513			422142902318

- 도심 : yv1 = 433812513/231542.9 = 1873.6 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 1873.6 - 3288 = -1414.4 mm Dtc1 = 1873.6 - 3168 = -1,294 mm

Yv1tcl = 1873.6 - 3048 = -1174.4 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 1873.6 - 1226.839 = 647 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 1294.4 + 646.761 = 1,941 mm

Yv1su = 1873.6 - 3048 = -1174.4 mm Yv1sl = 1,874 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 7589.017x1000000/(7x519467137836.3)x(-970.94)x1080000 = -2,188,495 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 7589.017x1000000/(7x519467137836.3)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -2188494.984x2x2/(2+2) = -2,188,495 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 5184000000/1080000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -2188494.984x(-1294.4+4800/(-970.94))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 2843.6 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-2188494.984+0)/231542.9+(0.55)x2843.607x1000000x(-1414.4)/422142902318)]-0.5x2x(-2.277)

= 1.228 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-2,188,495.0+0)/231542.9+(0.55)x(2843.607)x10^6x(-1174.4)/422142902 -13.803 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-2,188,495.0+0)/231542.9+(0.55)x(2843.607)x10^6x1873.6/422142902317 -2.510 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		51,429	3,168	1.629.E+08	2.469.E+08	1.090.E+11	1.093.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		154,400	1,227	1.894.E+08	2.279.E+11	3.632.E+10	2.643.E+11
계		205,829		3.523.E+08			3.736.E+11

- 도심 : yv2 = 352349656/205828.6 = 1711.9 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=1,711.9-3288= -1576.1 mm Dtc2 = 1711.86 - 3168 = -1,456 mm

Yv2tcl=1,711.9-3048= -1336.1 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1711.86 - 1226.839 = 485 mm

Yv2su =1,711.9-3048= -1336.1 mm Dv2 = 1456.14 + 485 = 1,941 mm

Yv2sl = 1711.9 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1080000 = -2,846,572 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -2846571.5 x (-1456.14) + 0x0 = 4,145 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-2846571.5+0)/205828.6+(0.55)x4145x10^6x(-1576.1)/373551470830.2)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.519 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-2846571.5+0)/205828.6+(0.55)x4145x10^6x(-1336.1)/373551470830.2 = -21.984 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-2846571.5+0)/205828.6+(0.55)x4145x10^6x1711.86/373551470830.2 = -3.382 MPa

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154,286	3,168	4.888.E+08	7.406.E+08	1.454.E+11	1.462.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		154,400	1,227	1.894.E+08	2.279.E+11	1.454.E+11	3.733.E+11
계		308,686		6.782.E+08			5.195.E+11

- 도심 : yv3 = 678201085/308685.7 = 2197.1 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,197.1-3288= -1090.9 mm
Yv3tcl= 2,197.1-3048= -850.9 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,197.1-3048= -850.9 mm
Yv3sl= 2197.1 mm

Dtc3 = 2197.1 - 3168 = -970.9 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2197.1 - 1226.839 = 970.3 mm
Dv3 = 970.9 + 970.3 = 1941.2 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
· Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N
· Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 3795428.6 x (-970.9) / 1000000 = -3684.982 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
· fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
= 1/7x(3795428.6/308685.7+(0.55)x(-3684982000)x(-1090.9)/519467138325.9)-27804x0.000012x10
= -0.972 MPa
· fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
= 1/7x(3795428.6/308685.7+(0.55)x(-3684982000)x0/519467138325.9)-27804.063636603x0.000012x10
= 0.000 MPa

- 상하플랜지 응력 :
· fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
= 3795428.6/308685.7+(0.55)x(-3684.982)x10^6x(-850.9)/519467138325.9= 15.615 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
= 3795428.6/308685.7+(0.55)x(-3684.982)x10^6x2197.1/519467138325.9= 3.723 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6661283.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 30.45 x 1000 / 72000 + 30.67x10^6 / (2 x 6661283.4x12) = 0.615 MPa

2) 단일합성시

· F = 6661283.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 59.92 x 1000 /72000 + 87.65x10^6 / (2 x 6661283.4x12) = 1.380 MPa

3) 이중합성시

· F = 6701321.3 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 390.09 x 1000 /72000 + 436.79x10^6 / (2 x 6701321.3x12) = 8.134 MPa

(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 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 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 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 26.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

  b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

  b/10.1 ≤ t 이므로 허용응력은 다음과 같다.

  ∴ fsua = -230.0 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

  ∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3000 / (281 x 1.2) = 8.897 mm

  여기서, √(fca/fc) = √(287.5/167.573) = 1.310 > 1.2 1.200 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.055) = 3000 / (281 x 1.055) = 10.120 mm

  여기서, √(fca/fc) = √(230/206.463) = 1.055 < 1.2 1.055 적용

  ∴ t_min = 10.120 < t = 12.0 mm ∴ 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	-	-	-	-	- 167.573	- 287.500	112.885	287.500
	2	- 5.621	- 10.800	-	-	- 206.463	- 230.000	198.036	230.000
	3	- 3.365	- 10.800	-	-	- 236.729	- 264.500	193.148	230.000
	4	- 4.337	- 12.420	-	-	- 221.114	- 299.000	196.871	264.500
	5	- 2.393	- 12.420	-	-	- 252.344	- 299.000	189.425	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.898 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.583	0.393	1.995	168.8	0.01	0.34
	2	0.520	-	0.898	0.861	10.129	135.0	0.08	0.81
	3	0.312	-	0.895	0.840	10.129	155.3	0.07	0.81
	4	0.349	-	0.740	0.744	10.129	175.5	0.06	0.56
	5	0.193	-	0.844	0.716	10.129	175.5	0.06	0.72

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 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 (계수 하중)	1	-9.8	-16.0	-	-	-292.9	-380.0	301.4	380.0
	2	-7.8	-16.0	-	-	-324.1	-380.0	294.0	380.0
	3	-11.5	-16.0	-	-	-268.1	-380.0	305.3	380.0
	4	-9.6	-16.0	-	-	-299.3	-380.0	297.9	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.853 < 1.0 ∴ O.K.							

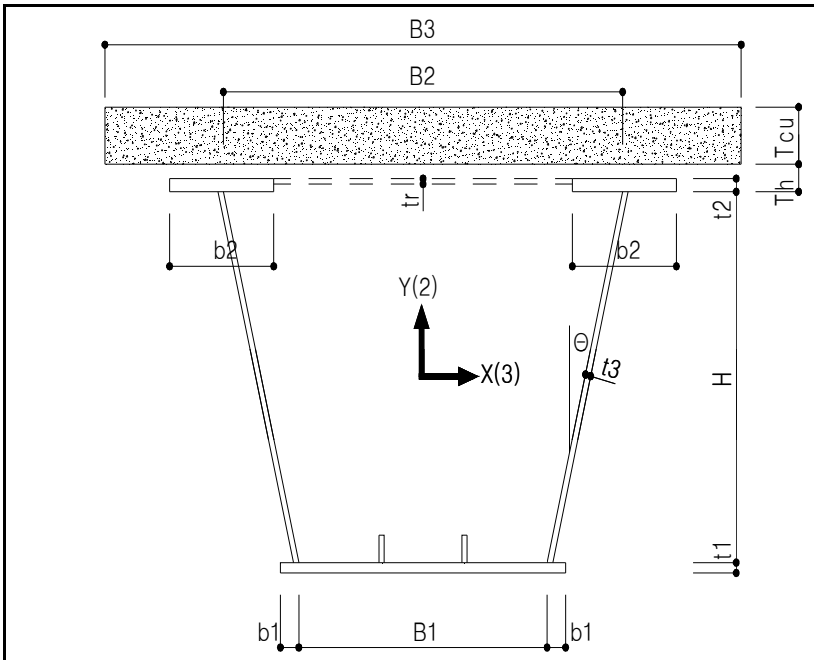
◎ **정모멘트** **< 단면 5 >** 단면위치: 98,1/4지점 **(외측거더)**

(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(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.42501

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	18
t2	22
t3	12
tr	0.726
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

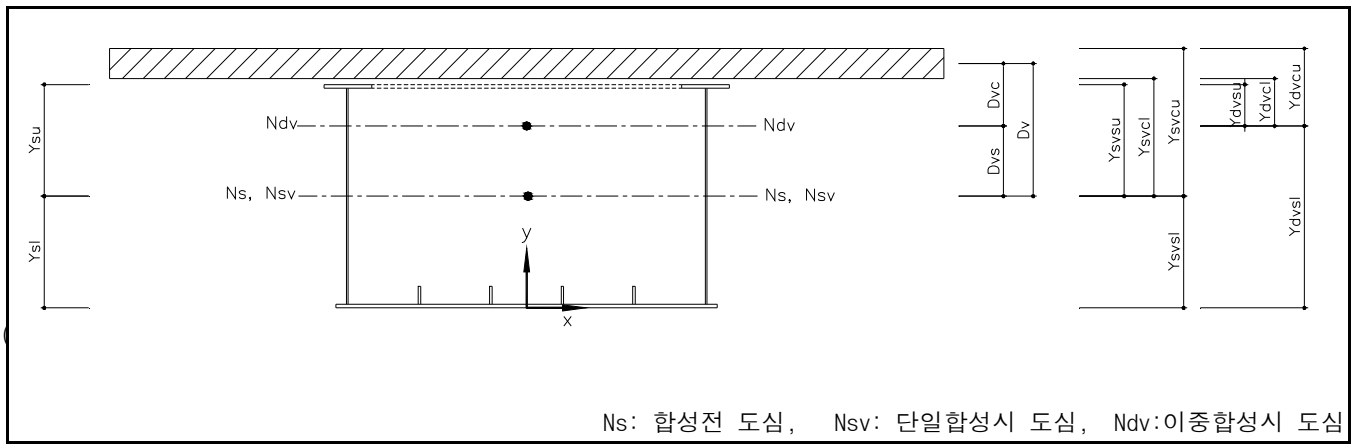
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	6998.4	11360.0	6633.9	12720.3	296.7	38009.2
전단력, S (kN)	-180.7	-317.1	-182.4	-481.9	-5.4	-1167.6
비틀림, T (kN-m)	141.2	250.4	169.4	532.3	9.7	1102.94

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

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	500×22×2	22,000	3,029	6.664.E+07	8.873.E+05	6.926.E+10	6.926.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,518	1.093.E+08	5.400.E+10	4.993.E+09	5.899.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	93	3.348.E+05	6.750.E+06	4.858.E+09	4.865.E+09
하부플랜지	2400×18×1	43,200	9	3.888.E+05	1.166.E+06	6.703.E+10	6.703.E+10
계		140,800		1.767.E+08			2.002.E+11

- 도심 : ys = 176657600/140800 = 1254.7 mm
  Ysu = 1254.67 - 3040 = -1785.3 mm
  Ysl = 1254.7 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 6,998.4x1000000 x (-1785.33) / 200154198041.8 = -62.424 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 6,998.4x1000000 x 1254.67/200154198041.8 = 43.869 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =176657600/140800 = 1254.7 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1254.67-3040 = -1785.3 mm
  Ysvsl = 1254.7 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 11359.97x1000000x0/(0x200154198041.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 11359.97x1000000x(-1785.3)/200154198041.8= -101.327 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 11359.97x1000000 x 1254.67/200154198041.8 = 71.210 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	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	3164.0	4.882.E+08	7.406.E+08	1.281.E+11	1.288.E+11
단일합성시		140800.0	1254.7	1.767.E+08	2.002.E+11	1.403.E+11	3.405.E+11
계		295085.7		6.648.E+08			4.693.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.430
- 도심 : Ydv = 664817536/295085.7 = 2253.0 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2252.964 - 328⁴ -1031.0 mm
Ydvtcl = 2252.964 - 304⁴ -791.0 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2252.964 - 304(-787.0 mm
Ydvsl = 2253.0 mm

Ddvtc = 2252.964 - 3164 = -911.0 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2252.964 - 1254.67 = 998.3 mm
Ddv = 911.036 + 998.294 = 1909.3 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=6,633.9x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053.8 -2.082 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 6,633.9x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 6633.859x1000000x(-787.036)/469269844053.8= -11.126 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 6633.859x1000000x2252.964/469269844053.8= 31.849 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 12720.3x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053 -3.993 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 12720.3x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 12720.3x1000000 x (-787.036) / 469269844053.8 = -21.334 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 12720.3 x1000000 x 2252.964 / 469269844053.8 = 61.070 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 296.7x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053.8) -0.093 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 296.7x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 296.7x1000000x(-787.036)/469269844053.8= -0.498 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 296.7x1000000 x 2252.964 / 469269844053.8 = 1.424 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	4500x240	1,080,000			5184000000		
환산 상부바닥판		77,143	3,164	244080000	370285714	117374573571	117744859285
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		140,800	1,255	176657536	200154198042	64309863397	264464061439
계		217,943		420737536			382208920724

- 도심 : yv1 = 420737536/217942.9 = 1930.5 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 1930.5 - 3284 = -1353.5 mm Dtc1 = 1930.5 - 3164 = -1,234 mm

Yv1tcl = 1930.5 - 3044 = -1113.5 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 1930.5 - 1254.67 = 676 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 1233.5 + 675.83 = 1,909 mm

Yv1su = 1930.5 - 3040 = -1109.5 mm Yv1sl = 1,931 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 6633.859x1000000/(7x469269844053.8)x(-911.036)x1080000 = -1,987,032 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 6633.859x1000000/(7x469269844053.8)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -1987031.921x2x2/(2+2) = -1,987,032 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 5184000000/1080000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -1987031.921x(-1233.5+4800/(-911.036))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 2461.5 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-1987031.921+0)/217942.9+(0.43)x2461.473x1000000x(-1353.5)/382208920724)]-0.5x2x(-2.082)

= 1.163 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-1,987,031.9+0)/217942.9+(0.43)x(2461.473)x10^6x(-1109.5)/382208920 -12.190 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-1,987,031.9+0)/217942.9+(0.43)x(2461.473)x10^6x1930.5/382208920724 -3.771 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		51,429	3,164	1.627.E+08	2.469.E+08	1.006.E+11	1.008.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		140,800	1,255	1.767.E+08	2.002.E+11	3.674.E+10	2.369.E+11
계		192,229		3.394.E+08			3.377.E+11

- 도심 : yv2 = 339377536/192228.6 = 1765.5 mm

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

n2'= n'x (1 + Φ_2 / 2) = 0 x (1 + 4 / 2) = 0

Yv2tcu=1,765.5-3284= -1518.5 mm Dtc2 = 1765.489 - 3164 = -1,399 mm

Yv2tcl=1,765.5-3044= -1278.5 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1765.489 - 1254.67 = 511 mm

Yv2su =1,765.5-3040= -1274.5 mm Dv2 = 1398.511 + 510.8 = 1,909 mm

Yv2sl = 1765.5 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1080000 = -2,846,572 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -2846571.5 x (-1398.511) + 0x0 3,981 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-2846571.5+0)/192228.6+(0.43)x3981x10^6x(-1518.5)/337726549154.7)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.564 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-2846571.5+0)/192228.6+(0.43)x3981x10^6x(-1274.5)/337726549154.7 = -21.268 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-2846571.5+0)/192228.6+(0.43)x3981x10^6x1765.489/337726549154.7 = -5.860 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	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154,286	3,164	4.882.E+08	7.406.E+08	1.280.E+11	1.288.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		140,800	1,255	1.767.E+08	2.002.E+11	1.403.E+11	3.405.E+11
계		295,086		6.648.E+08			4.693.E+11

- 도심 : yv3 = 664817536/295085.7 = 2253.0 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,253.0-3284= -1031.0 mm
Yv3tcl= 2,253.0-3044= -791.0 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,253.0-3040= -787.0 mm
Yv3sl= 2253.0 mm

Dtc3 = 2253 - 3164 = -911.0 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2253 - 1254.67 = 998.3 mm
Dv3 = 911 + 998.3 = 1909.3 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N
· Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 3795428.6 x (-911) / 1000000 = -3457.635 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
= 1/7x(3795428.6/295085.7+(0.43)x(-3457635000)x(-1031)/469269844433.4)-27804x0.000012x10
= -1.032 MPa

· fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
= 1/7x(3795428.6/295085.7+(0.43)x(-3457635000)x0/469269844433.4)-27804.063636603x0.000012x10
= 0.000 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
= 3795428.6/295085.7+(0.43)x(-3457.635)x10^6x(-787)/469269844433.4= 15.356 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
= 3795428.6/295085.7+(0.43)x(-3457.635)x10^6x2253/469269844433.4= 5.724 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6656851.2 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 180.7 x 1000 / 72000 + 141.19x10^6 / (2 x 6656851.2x12) = 3.393 MPa

2) 단일합성시

· F = 6656851.2 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 317.13 x 1000 /72000 + 250.38x10^6 / (2 x 6656851.2x12) = 5.972 MPa

3) 이중합성시

· F = 6696889.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 664.36 x 1000 /72000 + 701.64x10^6 / (2 x 6696889x12) = 13.593 MPa

(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 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 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 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 22.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -24000 x (t / b)² = -24000x(22/250)² = -185.9 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.191) = 3000 / (281 x 1.191) = 8.964 mm

여기서, √(fca/fc) = √(232.32/163.751) 1.191 < 1.2 1.191 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.068) = 3000 / (281 x 1.068) = 9.996 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/201.585) = 1.068 < 1.2 1.068 적용

∴ t_min = 9.996 < t = 12.0 mm ∴ 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	-	-	-	-	- 163.751	- 232.320	115.079	287.500
	2	- 5.703	- 10.800	-	-	- 201.585	- 230.000	207.914	230.000
	3	- 3.441	- 10.800	-	-	- 230.167	- 264.500	199.791	230.000
	4	- 4.473	- 12.420	-	-	- 214.811	- 299.000	205.515	264.500
	5	- 2.409	- 12.420	-	-	- 245.523	- 299.000	194.067	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.904 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		(f/fa)² + (τ/τa)²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.705	0.400	9.365	168.8	0.06	0.50
	2	0.528	-	0.876	0.904	22.958	135.0	0.17	0.85
	3	0.319	-	0.870	0.869	22.958	155.3	0.15	0.78
	4	0.360	-	0.718	0.777	22.958	175.5	0.13	0.62
	5	0.194	-	0.821	0.734	22.958	175.5	0.13	0.69

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 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 (계수 하중)	1	-10.1	-16.0	-	-	-286.4	-380.0	319.9	380.0
	2	-8.0	-16.0	-	-	-317.1	-380.0	308.5	380.0
	3	-11.9	-16.0	-	-	-262.7	-380.0	326.5	380.0
	4	-9.8	-16.0	-	-	-293.4	-380.0	315.1	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.859 < 1.0 ∴ O.K.							

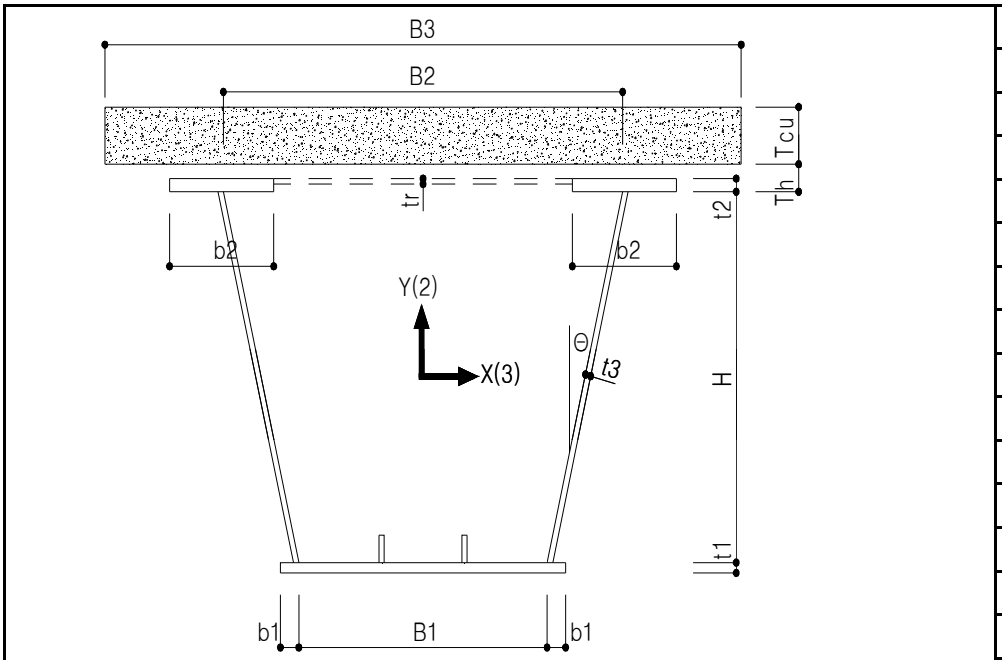
◎ **정모멘트** **< 단면 6 >** 단면위치: 96,3/4지점 **(외측거더)**

(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(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.31725

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	12
t2	18
t3	12
tr	0.724
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

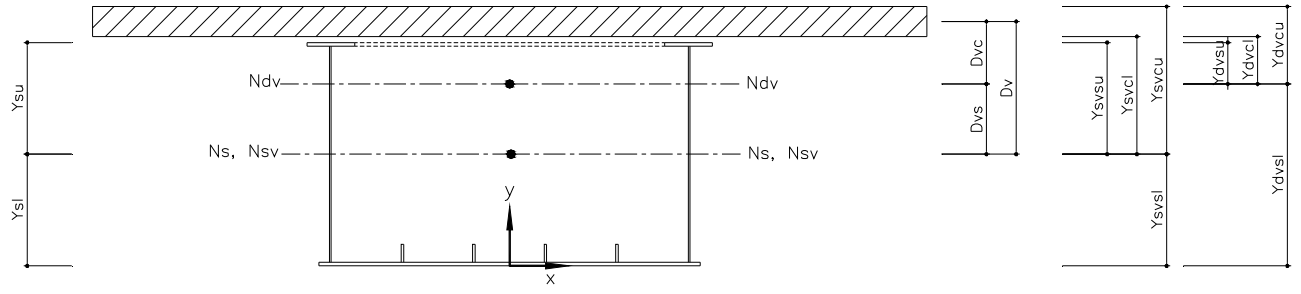
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	5114.8	8064.7	4738.6	11749.7	351.0	30018.7
전단력, S (kN)	-312.3	-546.3	-314.5	-549.7	-5.2	-1728.0
비틀림, T (kN-m)	320.3	547.0	314.1	912.5	19.4	2113.37

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

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	5.101.E+10	5.101.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,512	1.089.E+08	5.400.E+10	2.189.E+09	5.619.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	87	3.132.E+05	6.750.E+06	5.631.E+09	5.638.E+09
하부플랜지	2400×12×1	28,800	6	1.728.E+05	3.456.E+05	5.107.E+10	5.107.E+10
계		122,400		1.637.E+08			1.639.E+11

- 도심 : ys = 163728000/122400 = 1337.6 mm
  Ysu = 1337.647 - 3030 = -1692.4 mm
  Ysl = 1337.6 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 5,114.8x1000000 x (-1692.353) / 163903895152.8 = -52.812 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 5,114.8x1000000 x 1337.647/163903895152.8 = 41.743 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =163728000/122400 = 1337.6 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1337.647-3030 = -1692.4 mm
  Ysvsl = 1337.6 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 8064.676x1000000x0/(0x163903895152.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 8064.676x1000000x(-1692.4)/163903895152.8= -83.272 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 8064.676x1000000 x 1337.647/163903895152.8 = 65.817 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	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	3158.0	4.872.E+08	7.406.E+08	1.001.E+11	1.008.E+11
단일합성시		122400.0	1337.6	1.637.E+08	1.639.E+11	1.261.E+11	2.900.E+11
계		276685.7		6.510.E+08			3.908.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.320
- 도심 : Ydv = 650962279/276685.7 = 2352.7 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2352.714 - 3278 -925.3 mm
Ydvtcl = 2352.714 - 3038 -685.3 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2352.714 - 3030 -677.3 mm
Ydvsl = 2352.7 mm

Ddvtc = 2352.714 - 3158 = -805.3 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2352.714 - 1337.647 = 1015.1 mm
Ddv = 805.286 + 1015.067 = 1820.4 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=4,738.6x1000000x(-925.286)/(7x390812709774.8) -1.603 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 4,738.6x1000000x0/(0x390812709774.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 4738.557x1000000x(-677.286)/390812709774.8= -8.212 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 4738.557x1000000x2352.714/390812709774.8= 28.526 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 11749.7x1000000x(-925.286)/(7x390812709774. -3.974 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 11749.7x1000000x0/(0x390812709774.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 11749.7x1000000 x (-677.286) / 390812709774.8 = -20.362 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 11749.7 x1000000 x 2352.714 / 390812709774.8 = 70.734 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 351x1000000x(-925.286)/(7x390812709774.8)= -0.119 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 351x1000000x0/(0x390812709774.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 351x1000000x(-677.286)/390812709774.8= -0.608 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 351x1000000 x 2352.714 / 390812709774.8 = 2.113 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5184000000		
환산 상부바닥판		77,143	3,158	243617143	370285714	96181371771	96551657485
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		122,400	1,338	163727993	163903895153	60620838085	224524733238
계		199,543		407345136			321076390723

- 도심 : yv1 = 407345136/199542.9 = 2041.4 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 2041.4 - 3278 = -1236.6 mm Dtc1 = 2041.4 - 3158 = -1,117 mm

Yv1tcl = 2041.4 - 3038 = -996.6 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 2041.4 - 1337.647 = 704 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 1116.6 + 703.753 = 1,820 mm

Yv1su = 2041.4 - 3030 = -988.6 mm Yv1sl = 2,041 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 4738.557x1000000/(7x390812709774.8)x(-805.286)x1080000 = -1,506,445 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 4738.557x1000000/(7x390812709774.8)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -1506445.049x2x2/(2+2) = -1,506,445 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 5184000000/1080000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -1506445.049x(-1116.6+4800/(-805.286))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 1691.1 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-1506445.049+0)/199542.9+(0.32)x1691.076x1000000x(-1236.6)/321076390723)]-0.5x2x(-1.603)

= 0.915 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-1,506,445.0+0)/199542.9+(0.32)x(1691.076)x10^6x(-988.6)/3210763907 -9.216 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-1,506,445.0+0)/199542.9+(0.32)x(1691.076)x10^6x2041.4/321076390723 -4.109 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	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		51,429	3,158	1.624.E+08	2.469.E+08	8.450.E+10	8.474.E+10
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		122,400	1,338	1.637.E+08	1.639.E+11	3.550.E+10	1.994.E+11
계		173,829		3.261.E+08			2.841.E+11

- 도심 : yv2 = 326139422/173828.6 = 1876.2 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=1,876.2-3278= -1401.8 mm Dtc2 = 1876.213 - 3158 = -1,282 mm

Yv2tcl=1,876.2-3038= -1161.8 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1876.213 - 1337.647 = 539 mm

Yv2su =1,876.2-3030= -1153.8 mm Dv2 = 1281.787 + 538.6 = 1,820 mm

Yv2sl = 1876.2 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1080000 = -2,846,572 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -2846571.5 x (-1281.787) + 0x0 = 3,649 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-2846571.5+0)/173828.6+(0.32)x3648.7x10^6x(-1401.8)/284149287638.7)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.582 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-2846571.5+0)/173828.6+(0.32)x3648.7x10^6x(-1153.8)/284149287638.7 -21.117 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-2846571.5+0)/173828.6+(0.32)x3648.7x10^6x1876.213/284149287638.7 = -8.666 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	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154,286	3,158	4.872.E+08	7.406.E+08	1.001.E+11	1.008.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		122,400	1,338	1.637.E+08	1.639.E+11	1.261.E+11	2.900.E+11
계		276,686		6.510.E+08			3.908.E+11

- 도심 : yv3 = 650962279/276685.7 = 2352.7 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,352.7-3278= -925.3 mm
Yv3tcl= 2,352.7-3038= -685.3 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,352.7-3030= -677.3 mm
Yv3sl= 2352.7 mm

Dtc3 = 2352.7 - 3158 = -805.3 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2352.7 - 1337.647 = 1015.1 mm
Dv3 = 805.3 + 1015.1 = 1820.4 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
· Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N
· Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 3795428.6 x (-805.3) / 1000000 = -3056.459 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
· fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
= 1/7x(3795428.6/276685.7+(0.32)x(-3056459000)x(-925.3)/390812709827.4)-27804x0.000012x10
= -1.046 MPa
· fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
= 1/7x(3795428.6/276685.7+(0.32)x(-3056459000)x0/390812709827.4)-27804.063636603x0.000012x10
= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
· fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
= 3795428.6/276685.7+(0.32)x(-3056.459)x10^6x(-677.3)/390812709827.4= 15.413 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
= 3795428.6/276685.7+(0.32)x(-3056.459)x10^6x2352.7/390812709827.4= 7.829 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6650203.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 312.26 x 1000 / 72000 + 320.28x10^6 / (2 x 6650203.4x12) = 6.344 MPa

2) 단일합성시

· F = 6650203.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 546.34 x 1000 /72000 + 546.96x10^6 / (2 x 6650203.4x12) = 11.015 MPa

3) 이중합성시

· F = 6690241.3 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 864.2 x 1000 /72000 + 1226.68x10^6 / (2 x 6690241.3x12) = 19.643 MPa

(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 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 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 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 18.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -24000 x (t / b)² = -24000x(18/250)² = -124.4 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.069) = 3000 / (281 x 1.069) = 9.987 mm

여기서, √(fca/fc) = √(155.52/136.084) 1.069 < 1.2 1.069 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.167) = 3000 / (281 x 1.167) = 9.148 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/168.952) = 1.167 < 1.2 1.167 적용

∴ t_min = 9.987 < t = 12.0 mm ∴ 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	-	-	-	-	- 136.084	- 155.520	107.560	287.500
	2	- 5.330	- 10.800	-	-	- 168.952	- 230.000	207.289	230.000
	3	- 3.199	- 10.800	-	-	- 195.599	- 264.500	196.158	230.000
	4	- 4.245	- 12.420	-	-	- 180.186	- 299.000	203.987	264.500
	5	- 2.153	- 12.420	-	-	- 211.012	- 299.000	188.329	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.901 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		(f/fa)² + (τ/τa)²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.875	0.374	17.359	168.8	0.10	0.78
	2	0.494	-	0.735	0.901	37.002	135.0	0.27	0.89
	3	0.296	-	0.740	0.853	37.002	155.3	0.24	0.78
	4	0.342	-	0.603	0.771	37.002	175.5	0.21	0.64
	5	0.173	-	0.706	0.712	37.002	175.5	0.21	0.55

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 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 (계수 하중)	1	-9.5	-16.0	-	-	-242.6	-380.0	325.7	380.0
	2	-7.5	-16.0	-	-	-273.4	-380.0	310.0	380.0
	3	-11.3	-16.0	-	-	-219.6	-380.0	335.2	380.0
	4	-9.2	-16.0	-	-	-250.5	-380.0	319.5	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max		=	0.882	<	1.0	∴	O.K.

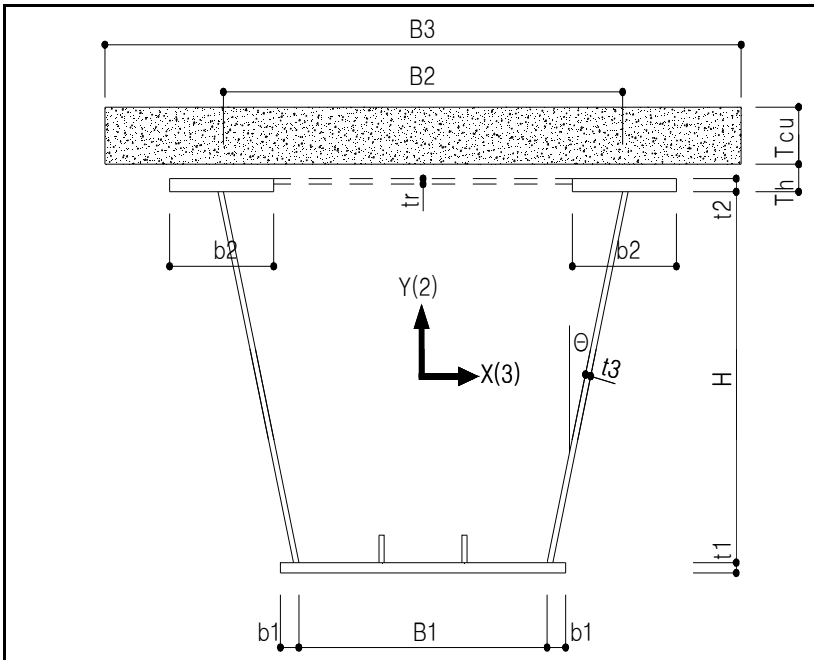
◎ **정모멘트** **< 단면 17 >** 단면위치: 80,2/4지점 **(외측거더)**

(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(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.16616

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	2500
t1	12
t2	16
t3	12
tr	0.723
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

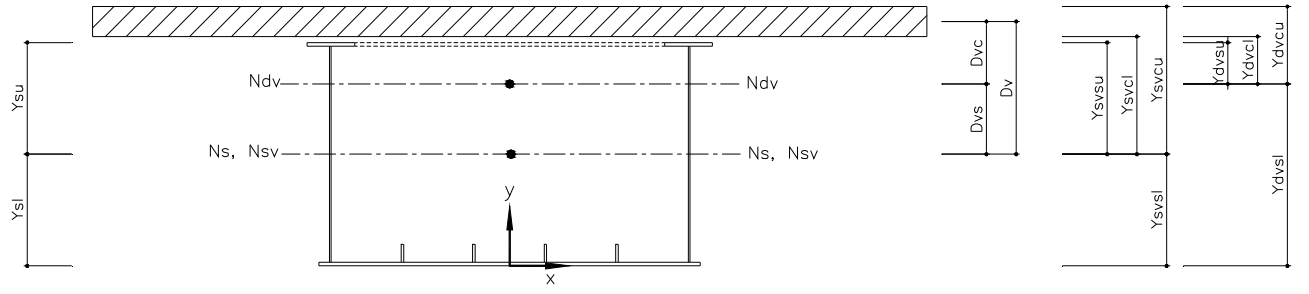
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	2336.9	5595.4	3073.9	8300.7	78.8	19385.7
전단력, S (kN)	3.0	4.4	2.5	399.8	11.0	420.8
비틀림, T (kN-m)	-2.5	-5.1	-7.4	-466.3	-2.6	-483.90

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

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	500×16×2	16,000	2,520	4.032.E+07	3.413.E+05	3.341.E+10	3.341.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	2,500.0×12×2	60,000	1,262	7.572.E+07	3.125.E+10	2.099.E+09	3.335.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	87	3.132.E+05	6.750.E+06	3.514.E+09	3.521.E+09
하부플랜지	2400×12×1	28,800	6	1.728.E+05	3.456.E+05	3.291.E+10	3.291.E+10
계		108,400		1.165.E+08			1.032.E+11

- 도심 : ys = 116526000/108400 = 1075.0 mm
  Ysu = 1074.963 - 2528 = -1453.0 mm
  Ysl = 1075.0 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 2,336.9x1000000 x (-1453.037) / 103189611986.1 = -32.907 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 2,336.9x1000000 x 1074.963/103189611986.1 = 24.344 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =116526000/108400 = 1075.0 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1074.963-2528 = -1453.0 mm
  Ysvsl = 1075.0 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 5595.362x1000000x0/(0x103189611986.1)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 5595.362x1000000x(-1453)/103189611986.1= -78.788 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 5595.362x1000000 x 1074.963/103189611986.1 = 58.289 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	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	2658.0	4.101.E+08	7.406.E+08	6.584.E+10	6.658.E+10
단일합성시		108400.0	1075.0	1.165.E+08	1.032.E+11	9.371.E+10	1.969.E+11
계		262685.7		5.266.E+08			2.635.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.170
- 도심 : Ydv = 526617418/262685.7 = 2004.7 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2004.743 - 277E -773.3 mm
Ydvtcl = 2004.743 - 253E -533.3 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2004.743 - 252E -523.3 mm
Ydvsl = 2004.7 mm

Ddvtc = 2004.743 - 2658 = -653.3 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2004.743 - 1074.963 = 929.8 mm
Ddv = 653.257 + 929.78 = 1583.0 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=3,073.9x1000000x(-773.257)/(7x263481603481.1) -1.289 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 3,073.9x1000000x0/(0x263481603481.1)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 3073.93x1000000x(-523.257)/263481603481.1= -6.105 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 3073.93x1000000x2004.743/263481603481.1= 23.389 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 8300.7x1000000x(-773.257)/(7x263481603481.1 -3.480 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 8300.7x1000000x0/(0x263481603481.1)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 8300.7x1000000 x (-523.257) / 263481603481.1 = -16.485 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 8300.7 x1000000 x 2004.743 / 263481603481.1 = 63.157 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 78.8x1000000x(-773.257)/(7x263481603481.1)= -0.033 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 78.8x1000000x0/(0x263481603481.1)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 78.8x1000000x(-523.257)/263481603481.1= -0.156 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 78.8x1000000 x 2004.743 / 263481603481.1 = 0.599 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	4500x240	1,080,000			5184000000		
환산 상부바닥판		77,143	2,658	205045714	370285714	65991086486	66361372200
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		108,400	1,075	116525989	103189611986	46952843287	150142455273
계		185,543		321571703			216503827473

- 도심 : yv1 = 321571703/185542.9 = 1733.1 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 1733.1 - 2778 = -1044.9 mm Dtc1 = 1733.1 - 2658 = -925 mm

Yv1tcl = 1733.1 - 2538 = -804.9 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 1733.1 - 1074.963 = 658 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 924.9 + 658.137 = 1,583 mm

Yv1su = 1733.1 - 2528 = -794.9 mm Yv1sl = 1,733 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 3073.93x1000000/(7x263481603481.1)x(-653.257)x1080000 = -1,175,854 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 3073.93x1000000/(7x263481603481.1)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -1175854.169x2x2/(2+2) = -1,175,854 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 5184000000/1080000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -1175854.169x(-924.9+4800/(-653.257))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 1096.2 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-1175854.169+0)/185542.9+(-0.17)x1096.187x1000000x(-1044.9)/216503827473)]-0.5x2x(-1.289)

= 0.901 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-1,175,854.2+0)/185542.9+(-0.17)x(1096.187)x10^6x(-794.9)/216503827 -5.653 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-1,175,854.2+0)/185542.9+(-0.17)x(1096.187)x10^6x1733.1/21650382747 -7.829 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		51,429	2,658	1.367.E+08	2.469.E+08	5.928.E+10	5.953.E+10
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		108,400	1,075	1.165.E+08	1.032.E+11	2.813.E+10	1.313.E+11
계		159,829		2.532.E+08			1.908.E+11

- 도심 : yv2 = 253223132/159828.6 = 1584.3 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=1,584.3-2778= -1193.7 mm Dtc2 = 1584.342 - 2658 = -1,074 mm

Yv2tcl=1,584.3-2538= -953.7 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1584.342 - 1074.963 = 509 mm

Yv2su =1,584.3-2528= -943.7 mm Dv2 = 1073.658 + 509.4 = 1,583 mm

Yv2sl = 1584.3 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1080000 = -2,846,572 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -2846571.5 x (-1073.658) + 0x0 = 3,056 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-2846571.5+0)/159828.6+(-0.17)x3056.2x10^6x(-1193.7)/190846536825)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.942 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-2846571.5+0)/159828.6+(-0.17)x3056.2x10^6x(-943.7)/190846536825 = -15.241 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-2846571.5+0)/159828.6+(-0.17)x3056.2x10^6x1584.342/190846536825 = -22.123 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	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154,286	2,658	4.101.E+08	7.406.E+08	6.585.E+10	6.659.E+10
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		108,400	1,075	1.165.E+08	1.032.E+11	9.370.E+10	1.969.E+11
계		262,686		5.266.E+08			2.635.E+11

- 도심 : yv3 = 526617418/262685.7 = 2004.7 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,004.7-2778= -773.3 mm
Yv3tcl= 2,004.7-2538= -533.3 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,004.7-2528= -523.3 mm
Yv3sl= 2004.7 mm

Dtc3 = 2004.7 - 2658 = -653.3 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2004.7 - 1074.963 = 929.7 mm
Dv3 = 653.3 + 929.7 = 1583.0 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N
· Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 3795428.6 x (-653.3) / 1000000 = -2479.554 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
= 1/7x(3795428.6/262685.7+(-0.17)x(-2479554000)x(-773.3)/263481603971.7)-27804x0.000012x10
= -1.449 MPa

· fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
= 1/7x(3795428.6/262685.7+(-0.17)x(-2479554000)x0/263481603971.7)-27804.063636603x0.000012x10
= 0.000 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
= 3795428.6/262685.7+(-0.17)x(-2479.554)x10^6x(-523.3)/263481603971.7= 13.611 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
= 3795428.6/262685.7+(-0.17)x(-2479.554)x10^6x2004.7/263481603971.7= 17.656 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 5544195.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 2.99 x 1000 / 60000 + 2.47x10^6 / (2 x 5544195.6x12) = 0.068 MPa

2) 단일합성시

· F = 5544195.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 4.44 x 1000 /60000 + 5.13x10^6 / (2 x 5544195.6x12) = 0.113 MPa

3) 이중합성시

· F = 5584233.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 402.33 x 1000 /60000 + 473.69x10^6 / (2 x 5584233.4x12) = 10.240 MPa

(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 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 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 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 16.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -24000 x (t / b)² = -24000x(16/250)² = -98.3 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.049) = 2500 / (281 x 1.049) = 8.481 mm

여기서, √(fca/fc) = √(122.88/111.695) 1.049 < 1.2 1.049 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.2) = 2500 / (281 x 1.2) = 7.414 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/136.702) = 1.297 > 1.2 1.200 적용

∴ t_min = 8.481 < t = 12.0 mm ∴ 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	-	-	-	-	- 111.695	- 122.880	82.633	287.500
	2	- 4.442	- 10.800	-	-	- 136.702	- 230.000	166.646	230.000
	3	- 1.959	- 10.800	-	-	- 155.335	- 264.500	139.826	230.000
	4	- 3.408	- 12.420	-	-	- 141.724	- 299.000	157.482	264.500
	5	- 0.510	- 12.420	-	-	- 168.946	- 299.000	122.170	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.909 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		(f/fa)² + (τ/τa)²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.909	0.287	0.181	168.8	0.00	0.83
	2	0.411	-	0.594	0.725	10.421	135.0	0.08	0.53
	3	0.181	-	0.587	0.608	10.421	155.3	0.07	0.37
	4	0.274	-	0.474	0.595	10.421	175.5	0.06	0.36
	5	0.041	-	0.565	0.462	10.421	175.5	0.06	0.32

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 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 (계수 하중)	1	-8.1	-16.0	-	-	-193.6	-380.0	264.5	380.0
	2	-5.2	-16.0	-	-	-220.8	-380.0	229.1	380.0
	3	-10.2	-16.0	-	-	-177.2	-380.0	288.1	380.0
	4	-7.3	-16.0	-	-	-204.5	-380.0	252.8	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.758 < 1.0 ∴ O.K.							

5.2 교번구간 응력검토

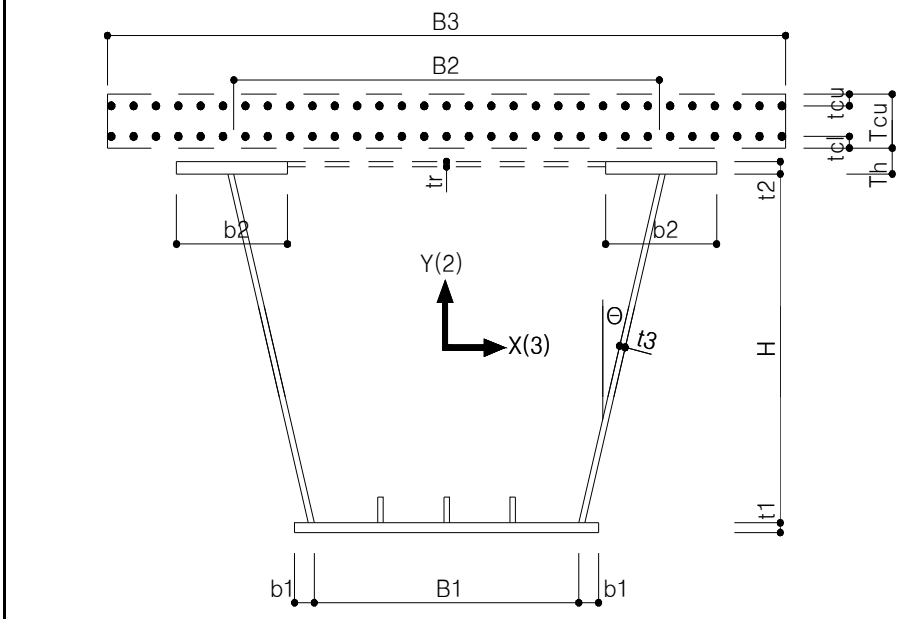
◎ 교번구간 < 단면 7 > 단면위치: 93,3/4지점**(외측거더)**

(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(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.10174

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3088
t1	12
t2	16
t3	14
tr	0.69
Tcu	240
Th	26
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	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	4	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

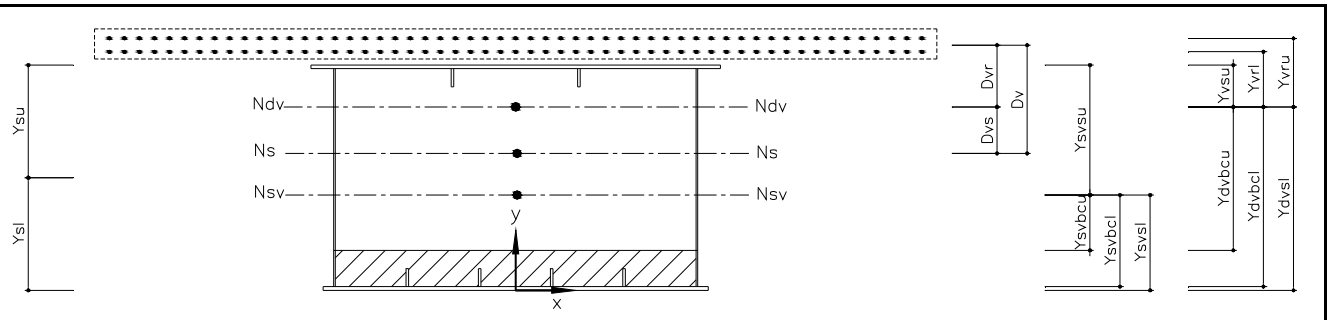
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-1480.4	-3967.6	-2112.7	-8882.6	-335.2	-16778.4
전단력, S (kN)	-567.1	-1051.9	-579.7	-788.7	-4.3	-2991.6
비틀림, T (kN-m)	322.8	470.7	403.4	1510.2	35.2	2742.29

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

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	500×16×2	16,000	3,108	4.973.E+07	3.413.E+05	5.021.E+10	5.021.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,088.0×14×2	86,464	1,556	1.345.E+08	6.871.E+10	4.162.E+09	7.287.E+10
하부리브	150×12×4	7,200	87	6.264.E+05	1.350.E+07	1.124.E+10	1.126.E+10
하부플랜지	2400×12×1	28,800	6	1.728.E+05	3.456.E+05	5.099.E+10	5.099.E+10
계		138,464		1.851.E+08			1.853.E+11

- 도심 : ys = 185065184/138464 = 1336.6 mm

Ysu = 1336.6 - 3116 = -1779.4 mm

Ysl = 1336.6 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -1,480.4x1000000 x (-1779.4) / 185323286945 = 14.214 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -1,480.4x1000000 x 1336.6/185323286945 = -10.677 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		138464.0	1336.6	1.85.E+08	1.85.E+11	-	1.85.E+11
계		138464.0		1.85.E+08			1.85.E+11

- 도심 : ysv = 185070982/138464 = 1336.6 mm n' = 0

Ysvsu = 1336.6-3116= -1779.4 mm

Ysvsl = 1336.6 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -3967.611x1000000 x (-1779.4) / 185323286945 = 38.095 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -3967.611x1000000 x 1336.6/185323286945 = -28.615 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	H19x72	20628.0					
환산바닥판 철근		20628.0	3236.0	6.675.E+07		5.637.E+10	5.637.E+10
단일합성시		138464.0	1336.6	1.851.E+08	1.853.E+11	8.400.E+09	1.937.E+11
계		159092.0		2.518.E+08			2.501.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.102
- 도심 : Ydv = 251823190/159092 = 1583 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1582.9-3306= -1723.1 mm Ddvr = 1582.9 - 3236 = -1653.1 mm
Ydvrcl= 1582.9-3166= -1583.1 mm Ddvs = 1582.9 - 1336.6 = 246.3 mm
Ydvsu= 1582.9-3116= -1533.1 mm Ddv = 1653.1 + (246.3) = 1899.4 mm
Ydvsl= 1582.9 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-2,112.7x1000000x(-1723.1)/(1x250093976792)= 14.556 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -2112.653x1000000 x (-1533.1)/250093976792 = 12.951 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -2112.653x1000000 x 1582.9/250093976792 = -13.371 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -8882.6x1000000x(-1723.1)/(1x250093976792)= 61.199 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -8882.6x1000000 x (-1533.1)/250093976792 = 54.451 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -8882.6x1000000 x 1582.9/250093976792 = -56.220 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -335.2x1000000x(-1723.1)/(1x250093976792)= 2.309 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -335.2x1000000 x (-1533.1) / 250093976792= 2.055 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -335.2x1000000 x 1582.9/250093976792= -2.122 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	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	3246.0	5.008.E+08	7.406.E+08	1.258.E+11	1.266.E+11
합성전		138464.0	1336.6	1.851.E+08	1.853.E+11	1.402.E+11	3.255.E+11
계		292749.7		6.859.E+08			4.521.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 685882411/292749.7 = 2342.9 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		77142.9	3246.0	2.504.E+08	3.703.E+08	1.160.E+11	1.164.E+11
합성전		138464.0	1336.6	1.851.E+08	1.853.E+11	6.462.E+10	2.499.E+11
계		215606.9		4.355.E+08			3.663.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 435476696.7/215606.9 = 2019.8 mm

Yv1tcu= 2342.9-3366= -1023.1 mm Dtc1 = 2342.9 - 3246 = -903.1 mm
Yv1tcl= 2342.9-3126= -783.1 mm Ddvtc1 = 2019.8 - 3246 = -1226.2 mm
Yv1su= 2342.9-3116= -773.1 mm Av1 = As +Ac/n1 = 215606.9 mm^2
Yv1sl= 2342.9 mm dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1226.228 mm
Dvs1= 2342.9-1336.6= 1006.3 mm ds1 = dv - dc1 = 683.172 mm
Dv1= 903.1+1006.3= 1909.4 mm

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc
= -2112.653x1000000/(7x452111825952.6)x(-903.1)x1080000 = 651,094 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 651094.3x2x2/(2+2) = 651,094 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1
= 651094.3x (-1226.2) /1000000 = -798.4 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)
= 651094.3/159092+(0.102)x(-798.4)x1000000x(-1723.1)/250093976792
= 4.654 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1
= 651094.3/215606.9+(0.102)x(-798.4)x1000000x(-773.1)/366312750375.562
= 3.192 MPa

· fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1
= 651094.3/215606.9+(0.102)x(-798.4)x1000000x2342.9/366312750375.562
= 2.499 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	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산상부바닥판		51,429	3,246	1.669.E+08	2.469.E+08	9.969.E+10	9.994.E+10
합성전		138,464	1,337	1.851.E+08	1.853.E+11	3.702.E+10	2.223.E+11
계		189,893	-	3.520.E+08			3.223.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 352008125.3/189892.6 = 1853.70 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ydv2su = 1853.7 - 3116 -1262.3 mm

Ydv2sl = 1853.7 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1080000 = - 2,846,570 N

Ddv = 1853.7 - 3246 = - 1,392 mm

Av2 = As + Acu/n2 = 138464 + 1080000 / 21 = - mm^2

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1909.4 x 138464 / (1080000 / 21 + 138464) = 1,392 mm

ds2 = dv - dc2 = 1909.4 - 1392.3 = 517 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-2846570 x (-1392.3)] / 1000000

= 3963.3 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -2846570/159092+(0.102)x3963.3x1000000x(-1723.1)/250093976792

= -20.678 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -2846570/189892.6+(0.102)x3963.3x1000000x(-1262.3)/322288615946.097

= -16.574 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -2846570/189892.6+(0.102)x3963.3x1000000x1853.7/322288615946.097

= -12.665 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3795428.6x-903.1 / 1000000 = -3427.7 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3795428.6/159092 + (0.102)x(-3427.7)x(-1723.1) / 250093976792 - 205000 x 0.00012

= 1.666 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3795428.6 /159092+(0.102)x(-3427.7)x1000000x(-1533.1)/250093976792 26.000 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3795428.6 /159092+(0.102)x(-3427.7)x100000x1582.9/250093976792 = 21.644 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6851040.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 567.08 x 1000 /86464 + 322.85x1000000 / (2 x 6851040.4x14) = 8.242 MPa

2) 단일합성시

· F = 6851040.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1051.92 x 1000 /86464 + 470.7x1000000 / (2 x 6851040.4x14) = 14.620 MPa

3) 이중합성시

· F = 6891114.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1368.36 x 1000 /86464 + 1913.56x1000000 / (2 x 6891114.4x14) = 25.743 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 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 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 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 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 5) = 5.5 mm < t = 12 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 5) = 10.0 mm < t = 12 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 20.0mm ⓑ b/(44xixn) = 10.0mm ⓒ b/(80xixn) = 5.5mm

t = 12 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -153.7 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3088 / (281 x 1.2 = 9.158

여기서, √(fca/fc) = √(230/39.292) = 1.978 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.177) = 3088 / (281 x 1 = 9.337

여기서, √(fca/fc) = √(153.733/111.005) 1.177 < 1.2 1.18 적용

∴ t_min = 9.337 < t = 14.0 mm ∴ 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	-	-	-	-	14.2	287.5	-10.7	-192.2
	2	-	-	0.0	0.0	52.3	230.0	-39.3	-153.7
	3	78.1	160.0	0.0	0.0	121.8	230.0	-111.0	-153.7
	4	62.0	160.0	0.0	0.0	108.4	230.0	-121.2	-153.7
	5	63.7	184.0	0.0	0.0	134.4	264.5	-99.5	-176.8
	6	60.4	184.0	0.0	0.0	82.4	264.5	-142.8	-176.8
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.049	0.056	8.242	168.8	0.05	0.01
	2	-	0.000	0.227	0.256	22.862	135.0	0.17	0.09
	3	0.488	0.000	0.529	0.722	48.605	135.0	0.36	0.65
	4	0.388	0.000	0.471	0.788	48.605	135.0	0.36	0.75
	5	0.346	0.000	0.508	0.563	48.605	155.3	0.31	0.41
	6	0.328	0.000	0.311	0.808	48.605	155.3	0.31	0.75

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 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		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	136.1	400.0	0.00	0.0	214.5	380.0	-177.9	-380.0
	2	132.8	400.0	0.00	0.0	162.5	380.0	-221.1	-380.0
	3	152.2	400.0	0.00	0.0	227.9	380.0	-167.7	-380.0
	4	148.8	400.0	0.00	0.0	175.9	380.0	-211.0	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		=	0.600	<	1.0	∴	O.K.

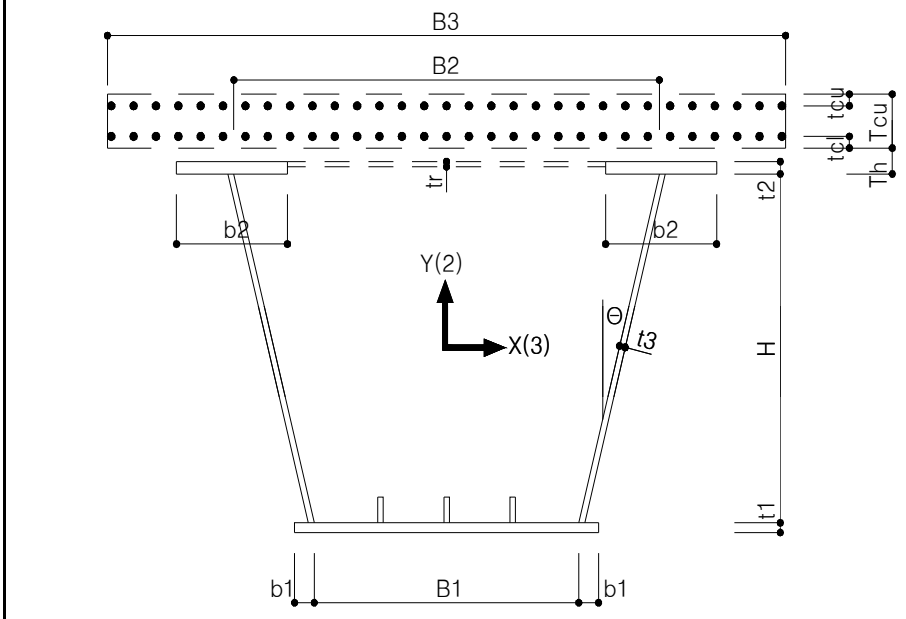
◎ **교번구간** **< 단면 8 >** 단면위치: 92,3/4지점**(외측거더)**

(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(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.02990

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3202
t1	18
t2	14
t3	14
tr	0.68
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	937	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	200	18	4	하부플랜지	2387	하부슬래브	0	n'(하부)	0

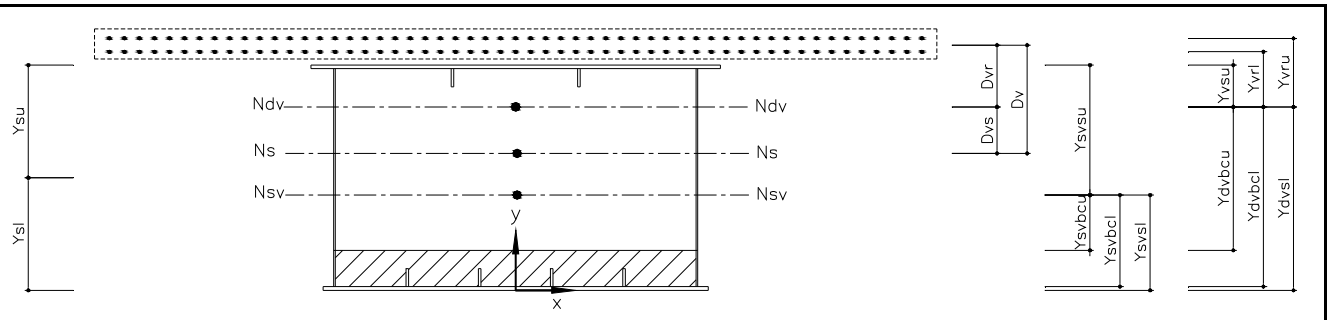
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-4520.0	-9568.3	-5264.4	-10604.0	-356.1	-30312.9
전단력, S (kN)	-615.2	-1095.6	-649.7	-855.5	-3.9	-3220.0
비틀림, T (kN-m)	407.3	603.6	368.7	1815.8	41.9	3237.31

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

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	937.4×14×2	26,247	3,227	8.470.E+07	4.287.E+05	9.360.E+10	9.360.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,202.0×14×2	89,656	1,619	1.452.E+08	7.660.E+10	7.049.E+09	8.365.E+10
하부리브	200×18×4	14,400	118	1.699.E+06	4.800.E+07	2.145.E+10	2.150.E+10
하부플랜지	2387.2×18×1	42,969	9	3.867.E+05	1.160.E+06	7.596.E+10	7.596.E+10
계		173,271		2.319.E+08			2.747.E+11

- 도심 : ys = 231936761/173271.4 = 1338.6 mm

Ysu = 1338.6 - 3234 = -1895.4 mm

Ysl = 1338.6 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -4,520.0x1000000 x (-1895.4) / 274713485617 = 31.186 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -4,520.0x1000000 x 1338.6/274713485617 = -22.025 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		173271.4	1338.6	2.32.E+08	2.75.E+11	-	2.75.E+11
계		173271.4		2.32.E+08			2.75.E+11

- 도심 : ysv = 231941096/173271.4 = 1338.6 mm n' = 0

Ysvsu = 1338.6-3234= -1895.4 mm

Ysvsl = 1338.6 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -9568.347x1000000 x (-1895.4) / 274713485617 = 66.017 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -9568.347x1000000 x 1338.6/274713485617 = -46.624 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	H19x72	20628.0					
환산바닥판 철근		20628.0	3356.0	6.923.E+07		6.704.E+10	6.704.E+10
단일합성시		173271.4	1338.6	2.319.E+08	2.747.E+11	7.980.E+09	2.827.E+11
계		193899.4		3.012.E+08			3.497.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.03
- 도심 : Ydv = 301168664/193899.4 = 1553 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1553.2-3426= -1872.8 mm Ddvr = 1553.2 - 3356 = -1802.8 mm
Ydvrcl= 1553.2-3286= -1732.8 mm Ddvs = 1553.2 - 1338.6 = 214.6 mm
Ydvsu= 1553.2-3234= -1680.8 mm Ddv = 1802.8 + (214.6) = 2017.4 mm
Ydvsl= 1553.2 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-5,264.4x1000000x(-1872.8)/(1x349735993089)= 28.190 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -5264.425x1000000 x (-1680.8)/349735993089 = 25.300 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -5264.425x1000000 x 1553.2/349735993089 = -23.380 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -10604x1000000x(-1872.8)/(1x349735993089)= 56.783 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -10604x1000000 x (-1680.8)/349735993089 = 50.962 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -10604x1000000 x 1553.2/349735993089 = -47.093 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -356.1x1000000x(-1872.8)/(1x349735993089)= 1.907 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -356.1x1000000 x (-1680.8) / 349735993089= 1.711 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -356.1x1000000 x 1553.2/349735993089= -1.581 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	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	3366.0	5.193.E+08	7.406.E+08	1.775.E+11	1.782.E+11
합성전		173271.4	1338.6	2.319.E+08	2.747.E+11	1.580.E+11	4.327.E+11
계		327557.1		7.513.E+08			6.109.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 751266810/327557.1 = 2293.5 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		77142.9	3366.0	2.597.E+08	3.703.E+08	1.518.E+11	1.522.E+11
합성전		173271.4	1338.6	2.319.E+08	2.747.E+11	6.759.E+10	3.423.E+11
계		250414.3		4.916.E+08			4.945.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 491603953.2/250414.3 = 1963.2 mm

Yv1tcu= 2293.5-3486= -1192.5 mm Dtc1 = 2293.5 - 3366 = -1072.5 mm
Yv1tcl= 2293.5-3246= -952.5 mm Ddvtc1 = 1963.2 - 3366 = -1402.8 mm
Yv1su= 2293.5-3234= -940.5 mm Av1 = As +Ac/n1 = 250414.3 mm^2
Yv1sl= 2293.5 mm dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1402.837 mm
Dvs1= 2293.5-1338.6= 954.9 mm ds1 = dv - dc1 = 624.563 mm
Dv1= 1072.5+954.9= 2027.4 mm

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc
= -5264.425x1000000/(7x610916919668.6)x(-1072.5)x1080000 = 1,425,909 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 1425909x2x2/(2+2) = 1,425,909 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1
= 1425909x (-1402.8) /1000000 = -2000.3 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)
= 1425909/193899.4+(0.03)x(-2000.3)x1000000x(-1872.8)/349735993089
= 7.675 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1
= 1425909/250414.3+(0.03)x(-2000.3)x1000000x(-940.5)/494486708433.128
= 5.808 MPa

· fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1
= 1425909/250414.3+(0.03)x(-2000.3)x1000000x2293.5/494486708433.128
= 5.416 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산상부바닥판		51,429	3,366	1.731.E+08	2.469.E+08	1.257.E+11	1.259.E+11
합성전		173,271	1,339	2.319.E+08	2.747.E+11	3.730.E+10	3.120.E+11
계		224,700	-	4.050.E+08			4.380.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 405049667.5/224700 = 1802.60 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ydv2su = 1802.6 - 3234 -1431.4 mm

Ydv2sl = 1802.6 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1080000 = - 2,846,570 N

Ddv = 1802.6 - 3366 = - 1,563 mm

Av2 = As + Acu/n2 = 173271.4 + 1080000 / 21 = - mm^2

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 2027.4 x 173271.4 / (1080000 / 21 + 173271.4) 1,563 mm

ds2 = dv - dc2 = 2027.4 - 1563.4 = 464 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-2846570 x (-1563.4)] / 1000000

= 4450.3 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -2846570/193899.4+(0.03)x4450.3x1000000x(-1872.8)/349735993089

= -15.396 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -2846570/224700+(0.03)x4450.3x1000000x(-1431.4)/437967702322.829

= -13.105 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -2846570/224700+(0.03)x4450.3x1000000x1802.6/437967702322.829

= -12.119 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3795428.6x-1072.5 / 1000000 = -4070.6 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3795428.6/193899.4 + (0.03)x(-4070.6)x(-1872.8) / 349735993089 - 205000 x 0.00012

= -4.372 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3795428.6 /193899.4+(0.03)x(-4070.6)x1000000x(-1680.8)/349735993089 20.161 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3795428.6 /193899.4+(0.03)x(-4070.6)x100000x1553.2/349735993089 = 19.032 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7110068.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 615.23 x 1000 /89656 + 407.28x1000000 / (2 x 7110068.4x14) = 8.908 MPa

2) 단일합성시

· F = 7110068.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1095.61 x 1000 /89656 + 603.64x1000000 / (2 x 7110068.4x14) = 15.252 MPa

3) 이중합성시

· F = 7150142.5 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1505.18 x 1000 /89656 + 2184.49x1000000 / (2 x 7150142.5x14) = 27.700 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 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 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 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 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 5) = 5.5 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 5) = 10.0 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 20.0mm ⓑ b/(44xixn) = 10.0mm ⓒ b/(80xixn) = 5.5mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -217.3 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3202 / (281 x 1.2 = 9.496

여기서, √(fca/fc) = √(230/68.649) = 1.779 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3202 / (281 x 1.2 = 9.496

여기서, √(fca/fc) = √(217.289/140.703) 1.243 > 1.2 1.20 적용

∴ t_min = 9.496 < t = 14.0 mm ∴ 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	-	-	-	-	31.2	287.5	-22.0	-271.6
	2	-	-	0.0	0.0	97.2	230.0	-68.6	-217.3
	3	86.9	160.0	0.0	0.0	175.2	230.0	-140.7	-217.3
	4	79.2	160.0	0.0	0.0	167.9	230.0	-147.4	-217.3
	5	74.8	184.0	0.0	0.0	188.0	264.5	-128.4	-249.9
	6	83.5	184.0	0.0	0.0	147.7	264.5	-166.4	-249.9
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.108	0.081	8.908	168.8	0.05	0.01
	2	-	0.000	0.423	0.316	24.160	135.0	0.18	0.21
	3	0.543	0.000	0.762	0.648	51.86	135.0	0.38	0.73
	4	0.495	0.000	0.730	0.678	51.86	135.0	0.38	0.68
	5	0.406	0.000	0.711	0.514	51.86	155.3	0.33	0.62
	6	0.454	0.000	0.558	0.666	51.86	155.3	0.33	0.56

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 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		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	146.6	400.0	0.00	0.0	281.7	380.0	-208.6	-380.0
	2	155.4	400.0	0.00	0.0	241.4	380.0	-246.6	-380.0
	3	154.4	400.0	0.00	0.0	289.0	380.0	-201.9	-380.0
	4	163.1	400.0	0.00	0.0	248.7	380.0	-239.9	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		=	0.760	<	1.0	∴	O.K.

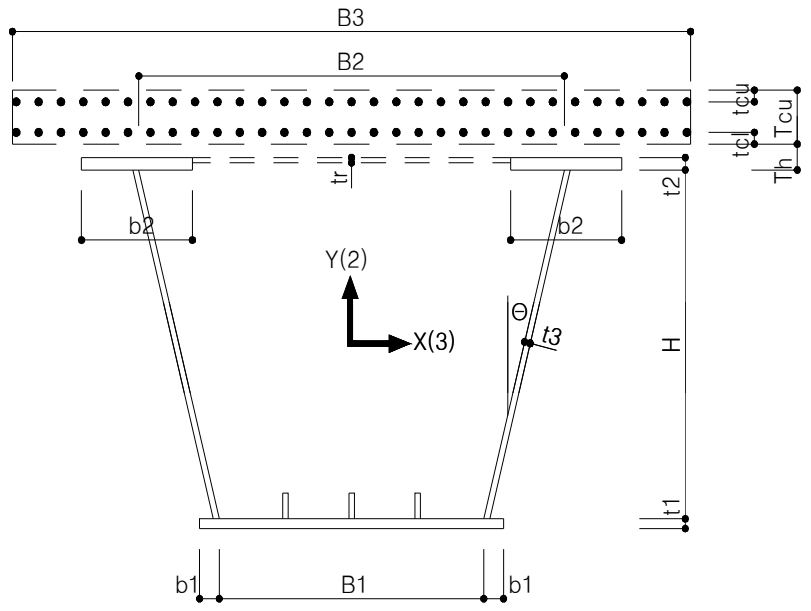
◎ **교번구간** **< 단면 9 >** 단면위치: 92,I지점 **(외측거더)**

(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(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.02398

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3320
t1	18
t2	14
t3	16
tr	0.64
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	250
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	2692	상부바닥판	4478	n(상부)	7
하부리브	200	18	4	하부플랜지	2392	하부슬래브	0	n'(하부)	0

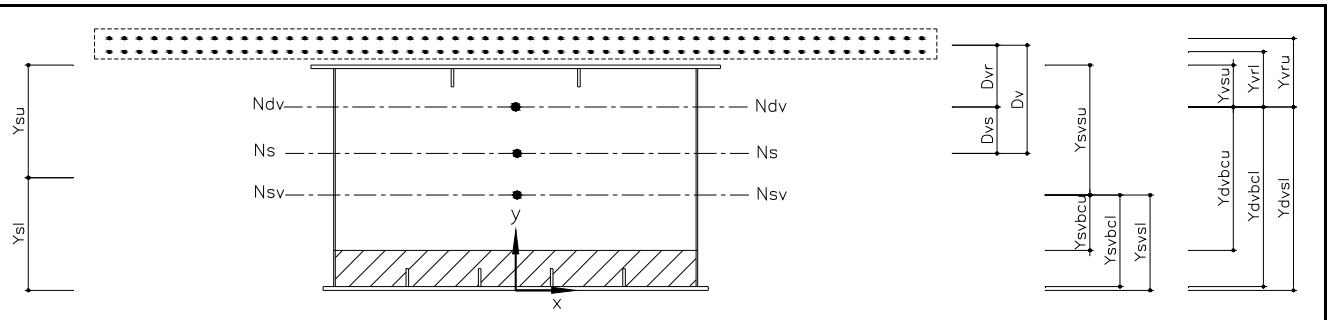
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-7113.3	-13959.9	-7864.3	-12601.3	-371.1	-41909.9
전단력, S (kN)	-754.2	-1207.6	-713.9	-955.7	-3.9	-3635.4
비틀림, T (kN-m)	407.3	584.3	434.3	1799.1	41.9	3266.81

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

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	2691.8×14×1	37,686	3,345	1.261.E+08	6.155.E+05	1.253.E+11	1.253.E+11
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,320.0×16×2	106,240	1,678	1.783.E+08	9.758.E+10	2.599.E+09	1.002.E+11
하부리브	200×18×4	14,400	118	1.699.E+06	4.800.E+07	2.837.E+10	2.842.E+10
하부플랜지	2391.8×18×1	43,053	9	3.875.E+05	1.162.E+06	9.850.E+10	9.850.E+10
계		201,379		3.064.E+08			3.524.E+11

- 도심 : ys = 306416399/201378.9 = 1521.6 mm

Ysu = 1521.6 - 3352 = -1830.4 mm

Ysl = 1521.6 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -7,113.3x1000000 x (-1830.4) / 352403826634.4 = 36.947 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -7,113.3x1000000 x 1521.6/352403826634.4 = -30.714 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		201378.9	1521.6	3.06.E+08	3.52.E+11	-	3.52.E+11
계		201378.9		3.06.E+08			3.52.E+11

- 도심 : ysv = 306418134/201378.9 = 1521.6 mm n' = 0

Ysvsu = 1521.6-3352= -1830.4 mm

Ysvsl = 1521.6 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -13959.94x1000000 x (-1830.4) / 352403826634.4 = 72.509 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -13959.94x1000000 x 1521.6/352403826634.4 = -60.276 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	H19x70	20055.0					
환산바닥판 철근		20055.0	3474.0	6.967.E+07		6.323.E+10	6.323.E+10
단일합성시		201378.9	1521.6	3.064.E+08	3.524.E+11	6.295.E+09	3.587.E+11
계		221433.9		3.761.E+08			4.219.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.024
- 도심 : Ydv = 376089204/221433.9 = 1698 mm
  Atc = 4477.8x240 = 1074661 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1698.4-3544= -1845.6 mm Ddvr = 1698.4 - 3474 = -1775.6 mm
Ydvrcl= 1698.4-3404= -1705.6 mm Ddvs = 1698.4 - 1521.6 = 176.8 mm
Ydvsu= 1698.4-3352= -1653.6 mm Ddv = 1775.6 + (176.8) = 1952.4 mm
Ydvsl= 1698.4 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-7,864.3x1000000x(-1845.6)/(1x421927085366.4) 34.400 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -7864.292x1000000 x (-1653.6)/421927085366.4 = 30.821 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -7864.292x1000000 x 1698.4/421927085366.4 = -31.656 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -12601.3x1000000x(-1845.6)/(1x421927085366.4 55.121 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -12601.3x1000000 x (-1653.6)/421927085366.4 = 49.387 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -12601.3x1000000 x 1698.4/421927085366.4 = -50.725 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -371.1x1000000x(-1845.6)/(1x421927085366.4)= 1.623 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -371.1x1000000 x (-1653.6) / 421927085366.4= 1.454 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -371.1x1000000 x 1698.4/421927085366.4= -1.494 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	4477.8x240	1074660.9			5.158.E+09		
환산 상부바닥판		153523.0	3484.0	5.349.E+08	7.369.E+08	1.904.E+11	1.911.E+11
합성전		201378.9	1521.6	3.064.E+08	3.524.E+11	1.451.E+11	4.975.E+11
계		354901.9		8.413.E+08			6.886.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 841292216/354901.9 = 2370.5 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4477.8x240	1074660.9			5.158.E+09		
환산 상부바닥판		76761.5	3484.0	2.674.E+08	3.685.E+08	1.550.E+11	1.553.E+11
합성전		201378.9	1521.6	3.064.E+08	3.524.E+11	5.907.E+10	4.115.E+11
계		278140.4		5.739.E+08			5.668.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 573855175.4/278140.4 = 2063.2 mm

Yv1tcu= 2370.5-3604= -1233.5 mm Dtc1 = 2370.5 - 3484 = -1113.5 mm
Yv1tcl= 2370.5-3364= -993.5 mm Ddvtc1 = 2063.2 - 3484 = -1420.8 mm
Yv1su= 2370.5-3352= -981.5 mm Av1 = As +Ac/n1 = 278140.4 mm^2
Yv1sl= 2370.5 mm dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1420.815 mm
Dvs1= 2370.5-1521.6= 848.9 mm ds1 = dv - dc1 = 541.585 mm
Dv1= 1113.5+848.9= 1962.4 mm

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc
= -7864.292x1000000/(7x688611082288)x(-1113.5)x1074660.9 = 1,952,312 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 1952312.1x2x2/(2+2) = 1,952,312 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1
= 1952312.1x (-1420.8) /1000000 = -2773.9 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)
= 1952312.1/221433.9+(-0.024)x(-2773.9)x1000000x(-1845.6)/421927085366
= 8.525 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1
= 1952312.1/278140.4+(-0.024)x(-2773.9)x1000000x(-981.5)/566799192682.198
= 6.904 MPa

· fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1
= 1952312.1/278140.4+(-0.024)x(-2773.9)x1000000x2370.5/566799192682.198
= 7.298 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm²)	y (mm)	Av1・y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Iv1 (mm⁴)
상부바닥판	4477.8x240	1,074,661			5.158.E+09		
환산상부바닥판		51,174	3,484	1.783.E+08	2.456.E+08	1.253.E+11	1.256.E+11
합성전		201,379	1,522	3.064.E+08	3.524.E+11	3.184.E+10	3.842.E+11
계		252,553	-	4.847.E+08			5.098.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 484709495/252553.2 = 1919.20 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ydv2su = 1919.2 - 3352 -1432.8 mm

Ydv2sl = 1919.2 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1074660.9 = - 2,832,498 N

Ddv = 1919.2 - 3484 = - 1,565 mm

Av2 = As + Acu/n2 = 201378.9 + 1074660.9 / 21 = - mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1962.4 x 201378.9 / (1074660.9 / 21 + 201378.9 1,565 mm

ds2 = dv - dc2 = 1962.4 - 1564.8 = 398 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-2832497.7 x (-1564.8)] / 1000000

= 4432.3 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -2832497.7/221433.9+(-0.024)x4432.3x1000000x(-1845.6)/421927085366

= -12.326 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -2832497.7/252553.2+(-0.024)x4432.3x1000000x(-1432.8)/509790011676.366

= -10.916 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -2832497.7/252553.2+(-0.024)x4432.3x1000000x1919.2/509790011676.366

= -11.616 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1074660.9/7 = 3776665.4 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3776665.4x-1113.5 / 1000000 = -4205.3 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3776665.4/221433.9 + (-0.024)x(-4205.3)x(-1845.6) / 421927085366.4 - 205000 x 0.00012

= -7.986 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3776665.4 /221433.9+(-0.024)x(-4205.3)x1000000x(-1653.6)/4219270853 16.660 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3776665.4 /221433.9+(-0.024)x(-4205.3)x100000x1698.4/421927085366.4 17.462 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7377906.7 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 754.24 x 1000 /106240 + 407.28x1000000 / (2 x 7377906.7x16) = 8.824 MPa

2) 단일합성시

· F = 7377906.7 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1207.63 x 1000 /106240 + 584.26x1000000 / (2 x 7377906.7x16) = 13.842 MPa

3) 이중합성시

· F = 7418016.9 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1669.61 x 1000 /106240 + 2233.37x1000000 / (2 x 7418016.9x16) = 25.124 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 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 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 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 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 5) = 5.5 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 5) = 10.0 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 20.0mm ⓑ b/(44xixn) = 10.0mm ⓒ b/(80xixn) = 5.5mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -217.3 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3320 / (281 x 1.2 = 9.846

여기서, √(fca/fc) = √(230/90.99) = 1.545 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.115) = 3320 / (281 x 1 = 10.596

여기서, √(fca/fc) = √(217.289/174.865) 1.115 < 1.2 1.12 적용

∴ t_min = 10.596 < t = 16.0 mm ∴ 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	-	-	-	-	36.9	287.5	-30.7	-271.6
	2	-	-	0.0	0.0	109.5	230.0	-91.0	-217.3
	3	91.1	160.0	0.0	0.0	191.1	230.0	-174.9	-217.3
	4	87.3	160.0	0.0	0.0	187.1	230.0	-179.2	-217.3
	5	79.4	184.0	0.0	0.0	203.8	264.5	-161.7	-249.9
	6	95.3	184.0	0.0	0.0	170.4	264.5	-196.6	-249.9
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.129	0.113	8.824	168.8	0.05	0.02
	2	-	0.000	0.476	0.419	22.666	135.0	0.17	0.25
	3	0.570	0.000	0.831	0.805	47.79	135.0	0.35	0.82
	4	0.546	0.000	0.814	0.825	47.79	135.0	0.35	0.81
	5	0.431	0.000	0.770	0.647	47.79	155.3	0.31	0.69
	6	0.518	0.000	0.644	0.787	47.79	155.3	0.31	0.71

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 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		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	151.4	400.0	0.00	0.0	301.2	380.0	-255.4	-380.0
	2	167.4	400.0	0.00	0.0	267.9	380.0	-290.3	-380.0
	3	155.2	400.0	0.00	0.0	305.2	380.0	-251.0	-380.0
	4	171.2	400.0	0.00	0.0	271.9	380.0	-286.0	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		=	0.803	<	1.0	∴	O.K.

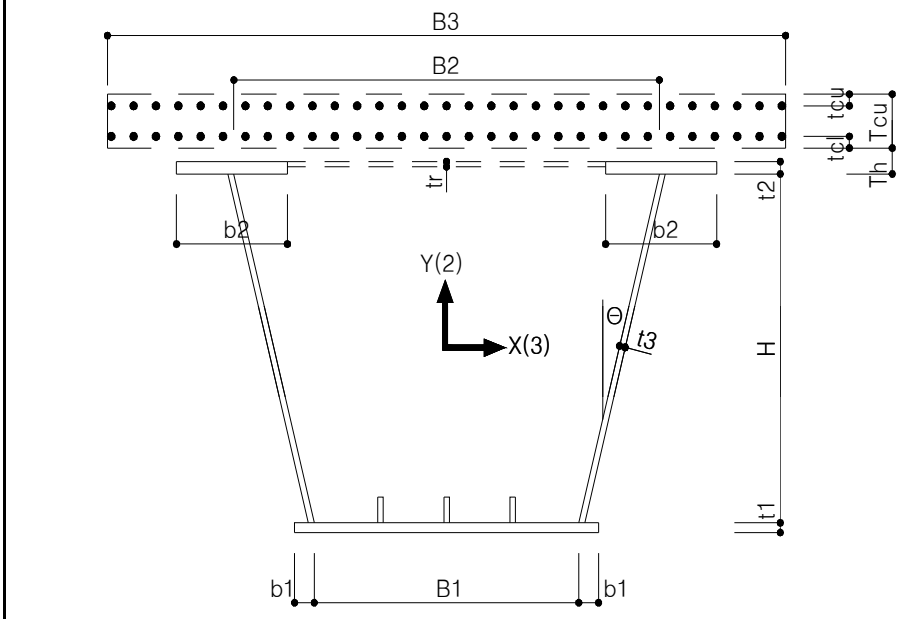
◎ **교번구간** **< 단면 14 >** 단면위치: 87,I지점 **(외측거더)**

(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(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.16720

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	2833
t1	18
t2	16
t3	14
tr	0.69
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	960	상부바닥판	4486	n(상부)	7
하부리브	200	18	4	하부플랜지	2380	하부슬래브	0	n'(하부)	0

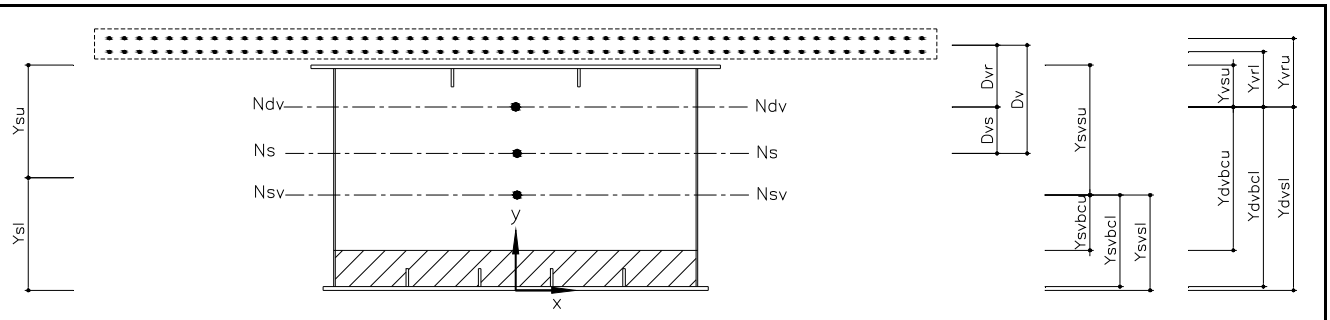
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-5005.4	-10639.9	-6241.3	-9543.9	-280.2	-31710.7
전단력, S (kN)	522.3	934.7	549.8	824.1	9.4	2840.4
비틀림, T (kN-m)	15.9	-16.6	-18.5	-1443.1	-25.3	-1487.61

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

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	960.2×16×2	30,728	2,859	8.785.E+07	6.555.E+05	8.278.E+10	8.278.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	2,833.0×14×2	79,324	1,435	1.138.E+08	5.305.E+10	3.728.E+09	5.678.E+10
하부리브	200×18×4	14,400	118	1.699.E+06	4.800.E+07	1.741.E+10	1.746.E+10
하부플랜지	2380.3×18×1	42,846	9	3.856.E+05	1.157.E+06	6.260.E+10	6.260.E+10
계		167,298		2.037.E+08			2.196.E+11

- 도심 : ys = 203725588/167297.9 = 1217.7 mm

Ysu = 1217.7 - 2867 = -1649.3 mm

Ysl = 1217.7 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -5,005.4x1000000 x (-1649.3) / 219619213387.8 = 37.590 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -5,005.4x1000000 x 1217.7/219619213387.8 = -27.753 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		167297.9	1217.7	2.04.E+08	2.20.E+11	-	2.20.E+11
계		167297.9		2.04.E+08			2.20.E+11

- 도심 : ysv = 203718653/167297.9 = 1217.7 mm n' = 0

Ysvsu = 1217.7-2867= -1649.3 mm

Ysvsl = 1217.7 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -10639.91x1000000 x (-1649.3) / 219619213387.8 = 79.904 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -10639.91x1000000 x 1217.7/219619213387.8 = -58.994 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	H19x70	20055.0					
환산바닥판 철근		20055.0	2987.0	5.990.E+07		5.006.E+10	5.006.E+10
단일합성시		167297.9	1217.7	2.037.E+08	2.196.E+11	6.001.E+09	2.256.E+11
계		187352.9		2.636.E+08			2.757.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.167
- 도심 : Ydv = 263622938/187352.9 = 1407 mm
  Atc = 4485.9x240 = 1076616 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1407.1-3057=	-1649.9 mm	Ddvr	= 1407.1 - 2987 =	-1579.9	mm
Ydvrcl= 1407.1-2917=	-1509.9 mm	Ddvs	= 1407.1 - 1217.7 =	189.4	mm
Ydvsu= 1407.1-2867=	-1459.9 mm	Ddv	= 1579.9 + (189.4) =	1769.3	mm
Ydvsl=	1407.1 mm				

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-6,241.3x1000000x(-1649.9)/(1x275679548704.8) 37.353 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -6241.28x1000000 x (-1459.9)/275679548704.8 = 33.052 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -6241.28x1000000 x 1407.1/275679548704.8 = -31.856 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -9543.9x1000000x(-1649.9)/(1x275679548704.8) 57.119 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -9543.9x1000000 x (-1459.9)/275679548704.8 = 50.541 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -9543.9x1000000 x 1407.1/275679548704.8 = -48.713 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -280.2x1000000x(-1649.9)/(1x275679548704.8)= 1.677 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -280.2x1000000 x (-1459.9) / 275679548704.8= 1.484 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -280.2x1000000 x 1407.1/275679548704.8= -1.430 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	4485.9x240	1076616.4			5.168.E+09		
환산 상부바닥판		153802.3	2997.0	4.609.E+08	7.383.E+08	1.322.E+11	1.329.E+11
합성전		167297.9	1217.7	2.037.E+08	2.196.E+11	1.215.E+11	3.411.E+11
계		321100.2		6.647.E+08			4.741.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 664664275/321100.2 = 2070.0 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4485.9x240	1076616.4			5.168.E+09		
환산 상부바닥판		76901.2	2997.0	2.305.E+08	3.691.E+08	1.143.E+11	1.146.E+11
합성전		167297.9	1217.7	2.037.E+08	2.196.E+11	5.253.E+10	2.721.E+11
계		244199.1		4.342.E+08			3.868.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 434191463.6/244199.1 = 1778.0 mm

Yv1tcu= 2070-3117=	-1047.0	mm	Dtc1 = 2070 - 2997 =	-927.0	mm
Yv1tcl= 2070-2877=	-807.0	mm	Ddvtc1 = 1778 - 2997 =	-1219.0	mm
Yv1su= 2070-2867=	-797.0	mm	Av1 = As +Ac/n1 =	244199.1	mm^2
Yv1sl=	2070.0	mm	dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)=	1218.977	mm
Dvs1= 2070-1217.7=	852.3	mm	ds1 = dv - dc1 =	560.323	mm
Dv1= 927+852.3=	1779.3	mm			

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc

= -6241.28x1000000/(7x474052030670.9)x(-927)x1076616.4 = 1,877,113 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 1877112.7x2x2/(2+2) = 1,877,113 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1

= 1877112.7x (-1219) /1000000 = -2288.2 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)

= 1877112.7/187352.9+(-0.167)x(-2288.2)x1000000x(-1649.9)/275679548705

= 7.732 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1

= 1877112.7/244199.1+(-0.167)x(-2288.2)x1000000x(-797)/386781329078.231

= 6.899 MPa

· fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1

= 1877112.7/244199.1+(-0.167)x(-2288.2)x1000000x2070/386781329078.231

= 9.732 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4485.9x240	1,076,616			5.168.E+09		
환산상부바닥판		51,267	2,997	1.536.E+08	2.461.E+08	9.509.E+10	9.534.E+10
합성전		167,298	1,218	2.037.E+08	2.196.E+11	2.915.E+10	2.488.E+11
계		218,565	-	3.574.E+08			3.441.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 357367193.3/218565.3 = 1635.10 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ydv2su = 1635.1 - 2867 -1231.9 mm

Ydv2sl = 1635.1 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1076616.4 = - 2,837,652 N

Ddv = 1635.1 - 2997 = - 1,362 mm

Av2 = As + Acu/n2 = 167297.9 + 1076616.4 / 21 = - mm^2

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1779.3 x 167297.9 / (1076616.4 / 21 + 167297.! 1,362 mm

ds2 = dv - dc2 = 1779.3 - 1361.9 = 417 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-2837651.8 x (-1361.9)] / 1000000

= 3864.6 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -2837651.8/187352.9+(-0.167)x3864.6x1000000x(-1649.9)/275679548705

= -11.283 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -2837651.8/218565.3+(-0.167)x3864.6x1000000x(-1231.9)/344101805380.023

= -10.673 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -2837651.8/218565.3+(-0.167)x3864.6x1000000x1635.1/344101805380.023

= -16.050 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1076616.4/7 = 3783537.6 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3783537.6x-927 / 1000000 = -3507.3 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3783537.6/187352.9 + (-0.167)x(-3507.3)x(-1649.9) / 275679548704.8 - 205000 x 0.00012

= -7.911 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3783537.6 /187352.9+(-0.167)x(-3507.3)x1000000x(-1459.9)/2756795487 17.093 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3783537.6 /187352.9+(-0.167)x(-3507.3)x100000x1407.1/275679548704.8 23.184 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6293112.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 522.33 x 1000 /79324 + 15.86x1000000 / (2 x 6293112.4x14) = 6.675 MPa

2) 단일합성시

· F = 6293112.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 934.71 x 1000 /79324 + 16.58x1000000 / (2 x 6293112.4x14) = 11.878 MPa

3) 이중합성시

· F = 6333186.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1373.91 x 1000 /79324 + 1461.63x1000000 / (2 x 6333186.4x14) = 25.563 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 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 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 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 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 5) = 5.5 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 5) = 10.0 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 20.0mm ⓑ b/(44xixn) = 10.0mm ⓒ b/(80xixn) = 5.5mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -217.3 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 2833 / (281 x 1.2 = 8.402

여기서, √(fca/fc) = √(230/86.747) = 1.583 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.135) = 2833 / (281 x 1 = 8.883

여기서, √(fca/fc) = √(217.289/168.746) 1.135 < 1.2 1.14 적용

∴ t_min = 8.883 < t = 14.0 mm ∴ 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	-	-	-	-	37.6	287.5	-27.8	-271.6
	2	-	-	0.0	0.0	117.5	230.0	-86.7	-217.3
	3	96.1	160.0	0.0	0.0	202.6	230.0	-168.7	-217.3
	4	92.6	160.0	0.0	0.0	198.8	230.0	-175.1	-217.3
	5	84.7	184.0	0.0	0.0	215.9	264.5	-151.9	-249.9
	6	100.5	184.0	0.0	0.0	181.7	264.5	-198.2	-249.9
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.131	0.102	6.675	168.8	0.04	0.02
	2	-	0.000	0.511	0.399	18.553	135.0	0.14	0.28
	3	0.601	0.000	0.881	0.777	44.116	135.0	0.33	0.88
	4	0.579	0.000	0.864	0.806	44.116	135.0	0.33	0.85
	5	0.460	0.000	0.816	0.608	44.116	155.3	0.28	0.75
	6	0.546	0.000	0.687	0.793	44.116	155.3	0.28	0.71

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 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		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	159.9	400.0	0.00	0.0	317.7	380.0	-242.1	-380.0
	2	175.7	400.0	0.00	0.0	283.5	380.0	-288.4	-380.0
	3	163.5	400.0	0.00	0.0	321.5	380.0	-235.7	-380.0
	4	179.3	400.0	0.00	0.0	287.3	380.0	-282.1	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		=	0.846	<	1.0	∴	O.K.

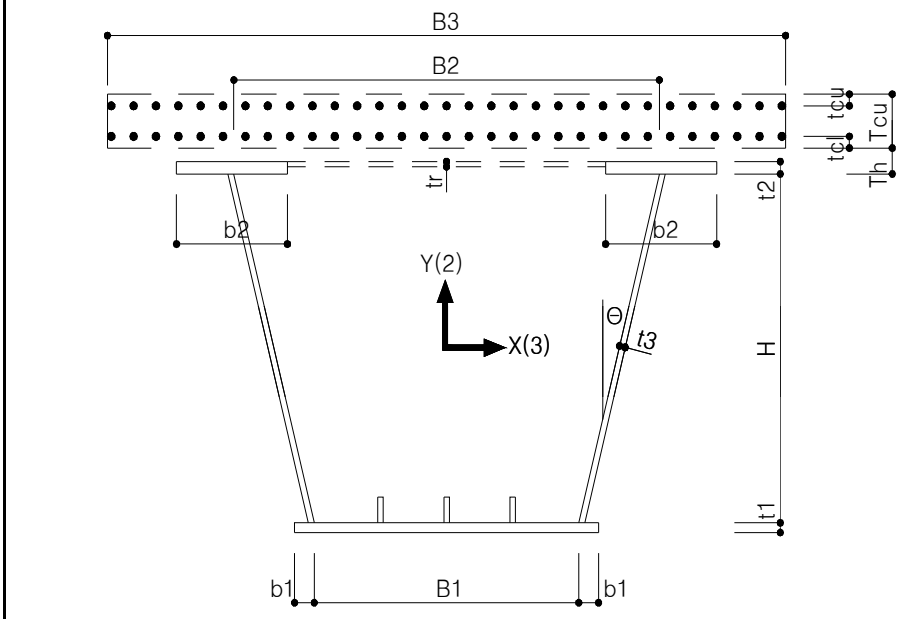
◎ **교번구간** **< 단면 15 >** 단면위치: 86,1/4지점**(외측거더)**

(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(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.16708

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	2680
t1	18
t2	16
t3	12
tr	0.69
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	600	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	200	18	4	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

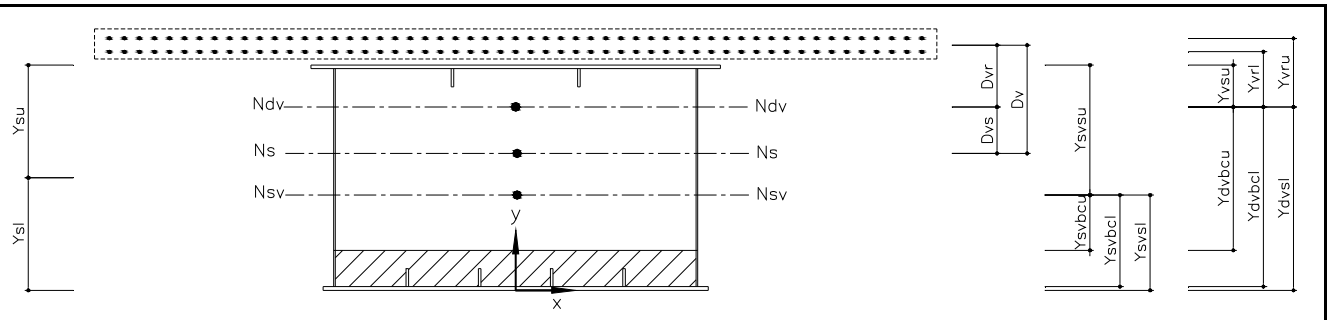
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-3277.0	-7159.2	-4235.0	-7668.7	-240.7	-22580.5
전단력, S (kN)	397.0	856.8	493.5	771.3	10.4	2529.0
비틀림, T (kN-m)	-59.2	-98.4	-109.1	-1328.5	-22.2	-1617.36

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm²)	y (mm)	As·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Is (mm⁴)
상부플랜지	600×16×2	19,200	2,706	5.196.E+07	4.096.E+05	5.576.E+10	5.576.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	2,680.0×12×2	64,320	1,358	8.735.E+07	3.850.E+10	8.156.E+09	4.665.E+10
하부리브	200×18×4	14,400	118	1.699.E+06	4.800.E+07	1.125.E+10	1.130.E+10
하부플랜지	2400×18×1	43,200	9	3.888.E+05	1.166.E+06	4.259.E+10	4.259.E+10
계		141,120		1.414.E+08			1.563.E+11

- 도심 : ys = 141389760/141120 = 1001.9 mm

Ysu = 1001.9 - 2714 = -1712.1 mm

Ysl = 1001.9 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -3,277.0x1000000 x (-1712.1) / 156298608835.2 = 35.896 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -3,277.0x1000000 x 1001.9/156298608835.2 = -21.006 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm²)	y (mm)	Asv·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Isv (mm⁴)
STEEL		141120.0	1001.9	1.41.E+08	1.56.E+11	-	1.56.E+11
계		141120.0		1.41.E+08			1.56.E+11

- 도심 : ysv = 141388128/141120 = 1001.9 mm n' = 0

Ysvsu = 1001.9-2714= -1712.1 mm

Ysvsl = 1001.9 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -7159.2x1000000 x (-1712.1) / 156298608835.2 = 78.422 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -7159.2x1000000 x 1001.9/156298608835.2 = -45.892 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	H19x72	20628.0					
환산바닥판 철근		20628.0	2834.0	5.846.E+07		5.270.E+10	5.270.E+10
단일합성시		141120.0	1001.9	1.414.E+08	1.563.E+11	7.707.E+09	1.640.E+11
계		161748.0		1.998.E+08			2.167.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.167
- 도심 : Ydv = 199847880/161748 = 1236 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1235.6-2904= -1668.4 mm Ddvr = 1235.6 - 2834 = -1598.4 mm
Ydvrcl= 1235.6-2764= -1528.4 mm Ddvs = 1235.6 - 1001.9 = 233.7 mm
Ydvsu= 1235.6-2714= -1478.4 mm Ddv = 1598.4 + (233.7) = 1832.1 mm
Ydvsl= 1235.6 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-4,235.0x1000000x(-1668.4)/(1x216708092456.2) 32.604 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -4234.963x1000000 x (-1478.4)/216708092456.2 = 28.891 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -4234.963x1000000 x 1235.6/216708092456.2 = -24.146 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -7668.7x1000000x(-1668.4)/(1x216708092456.2) 59.040 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -7668.7x1000000 x (-1478.4)/216708092456.2 = 52.316 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -7668.7x1000000 x 1235.6/216708092456.2 = -43.724 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -240.7x1000000x(-1668.4)/(1x216708092456.2)= 1.853 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -240.7x1000000 x (-1478.4) / 216708092456.2= 1.642 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -240.7x1000000 x 1235.6/216708092456.2= -1.372 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	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	2844.0	4.388.E+08	7.406.E+08	1.195.E+11	1.202.E+11
합성전		141120.0	1001.9	1.414.E+08	1.563.E+11	1.306.E+11	2.869.E+11
계		295405.7		5.802.E+08			4.071.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 580176699/295405.7 = 1964.0 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		77142.9	2844.0	2.194.E+08	3.703.E+08	1.094.E+11	1.098.E+11
합성전		141120.0	1001.9	1.414.E+08	1.563.E+11	5.982.E+10	2.161.E+11
계		218262.9		3.608.E+08			3.259.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 360782413.7/218262.9 = 1653.0 mm

Yv1tcu= 1964-2964=	-1000.0	mm	Dtc1 = 1964 - 2844 =	-880.0	mm
Yv1tcl= 1964-2724=	-760.0	mm	Ddvtc1 = 1653 - 2844 =	-1191.0	mm
Yv1su= 1964-2714=	-750.0	mm	Av1 = As +Ac/n1 =	218262.9	mm^2
Yv1sl=	1964.0	mm	dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)=	1191.028	mm
Dvs1= 1964-1001.9=	962.1	mm	ds1 = dv - dc1 =	651.072	mm
Dv1= 880+962.1=	1842.1	mm			

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc

= -4234.963x1000000/(7x407143847585.8)x(-880)x1080000 = 1,412,245 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 1412245.3x2x2/(2+2) = 1,412,245 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1

= 1412245.3x (-1191) /1000000 = -1682.0 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)

= 1412245.3/161748+(-0.167)x(-1682)x1000000x(-1668.4)/216708092456

= 6.569 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1

= 1412245.3/218262.9+(-0.167)x(-1682)x1000000x(-750)/325919743877.69

= 5.824 MPa

· fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1

= 1412245.3/218262.9+(-0.167)x(-1682)x1000000x1964/325919743877.69

= 8.163 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	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산상부바닥판		51,429	2,844	1.463.E+08	2.469.E+08	9.374.E+10	9.399.E+10
합성전		141,120	1,002	1.414.E+08	1.563.E+11	3.416.E+10	1.905.E+11
계		192,549	-	2.877.E+08			2.844.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 287650985.1/192548.6 = 1493.90 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ydv2su = 1493.9 - 2714 -1220.1 mm

Ydv2sl = 1493.9 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1080000 = - 2,846,570 N

Ddv = 1493.9 - 2844 = - 1,350 mm

Av2 = As + Acu/n2 = 141120 + 1080000 / 21 = - mm^2

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1842.1 x 141120 / (1080000 / 21 + 141120) = 1,350 mm

ds2 = dv - dc2 = 1842.1 - 1350.1 = 492 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-2846570 x (-1350.1)] / 1000000

= 3843.2 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -2846570/161748+(-0.167)x3843.2x1000000x(-1668.4)/216708092456

= -12.658 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -2846570/192548.6+(-0.167)x3843.2x1000000x(-1220.1)/284447995315.2

= -12.031 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -2846570/192548.6+(-0.167)x3843.2x1000000x1493.9/284447995315.2

= -18.154 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3795428.6x-880 / 1000000 = -3340.0 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3795428.6/161748 + (-0.167)x(-3340)x(-1668.4) / 216708092456.2 - 205000 x 0.00012

= -5.429 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3795428.6 /161748+(-0.167)x(-3340)x1000000x(-1478.4)/216708092456.2 19.660 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3795428.6 /161748+(-0.167)x(-3340)x100000x1235.6/216708092456.2 = 26.645 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 5948991.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 397.01 x 1000 /64320 + 59.18x1000000 / (2 x 5948991.6x12) = 6.587 MPa

2) 단일합성시

· F = 5948991.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 856.77 x 1000 /64320 + 98.42x1000000 / (2 x 5948991.6x12) = 14.010 MPa

3) 이중합성시

· F = 5989029.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1264.78 x 1000 /64320 + 1437.59x1000000 / (2 x 5989029.4x12) = 29.665 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 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 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 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 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 5) = 5.5 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 5) = 10.0 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 20.0mm ⓑ b/(44xixn) = 10.0mm ⓒ b/(80xixn) = 5.5mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -217.3 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 2680 / (281 x 1.2 = 7.948

여기서, √(fca/fc) = √(230/66.898) = 1.802 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.2) = 2680 / (281 x 1.2 = 7.948

여기서, √(fca/fc) = √(217.289/136.14) 1.263 > 1.2 1.20 적용

∴ t_min = 7.948 < t = 12.0 mm ∴ 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	-	-	-	-	35.9	287.5	-21.0	-271.6
	2	-	-	0.0	0.0	114.3	230.0	-66.9	-217.3
	3	93.5	160.0	0.0	0.0	197.2	230.0	-136.1	-217.3
	4	87.4	160.0	0.0	0.0	191.0	230.0	-146.1	-217.3
	5	82.0	184.0	0.0	0.0	210.6	264.5	-119.5	-249.9
	6	92.8	184.0	0.0	0.0	171.3	264.5	-172.8	-249.9
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.125	0.077	6.587	168.8	0.04	0.02
	2	-	0.000	0.497	0.308	20.597	135.0	0.15	0.27
	3	0.584	0.000	0.857	0.627	50.262	135.0	0.37	0.87
	4	0.546	0.000	0.830	0.673	50.262	135.0	0.37	0.83
	5	0.446	0.000	0.796	0.478	50.262	155.3	0.32	0.74
	6	0.505	0.000	0.648	0.691	50.262	155.3	0.32	0.58

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 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		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	157.8	400.0	0.00	0.0	312.1	380.0	-195.7	-380.0
	2	168.7	400.0	0.00	0.0	272.8	380.0	-249.0	-380.0
	3	163.9	400.0	0.00	0.0	318.3	380.0	-185.7	-380.0
	4	174.8	400.0	0.00	0.0	279.0	380.0	-239.0	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		=	0.838	<	1.0	∴	O.K.

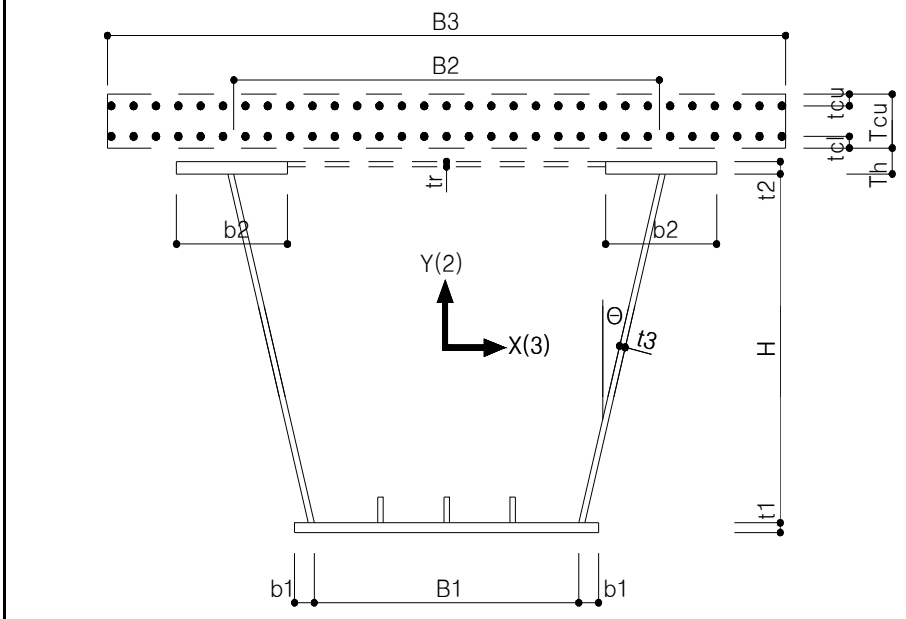
◎ **교번구간** **< 단면 16 >** 단면위치: 84,3/4지점**(외측거더)**

(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(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.16684

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	2514
t1	12
t2	16
t3	12
tr	0.69
Tcu	240
Th	26
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	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	4	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

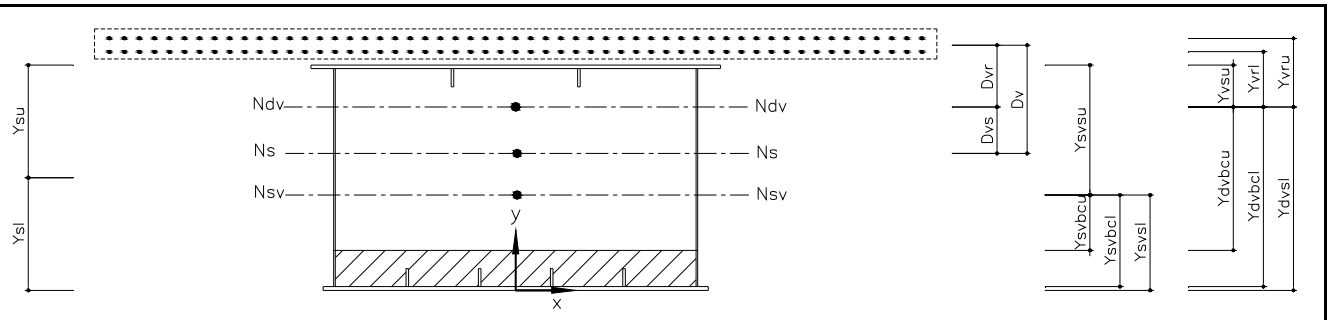
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-695.5	-1420.5	-936.2	-5146.5	-162.0	-8360.7
전단력, S (kN)	280.6	643.6	368.4	680.1	11.0	1983.6
비틀림, T (kN-m)	-83.8	-203.2	-181.6	-1034.2	-12.9	-1515.55

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

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	500×16×2	16,000	2,534	4.054.E+07	3.413.E+05	3.526.E+10	3.526.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	2,514.0×12×2	60,336	1,269	7.657.E+07	3.178.E+10	2.904.E+09	3.468.E+10
하부리브	150×12×4	7,200	87	6.264.E+05	1.350.E+07	6.672.E+09	6.685.E+09
하부플랜지	2400×12×1	28,800	6	1.728.E+05	3.456.E+05	3.137.E+10	3.137.E+10
계		112,336		1.179.E+08			1.080.E+11

- 도심 : ys = 117909584/112336 = 1049.6 mm

Ysu = 1049.6 - 2542 = -1492.4 mm

Ysl = 1049.6 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -695.5x1000000 x (-1492.4) / 107989200318 = 9.612 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -695.5x1000000 x 1049.6/107989200318 = -6.760 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		112336.0	1049.6	1.18.E+08	1.08.E+11	-	1.08.E+11
계		112336.0		1.18.E+08			1.08.E+11

- 도심 : ysv = 117907866/112336 = 1049.6 mm n' = 0

Ysvsu = 1049.6-2542= -1492.4 mm

Ysvsl = 1049.6 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -1420.521x1000000 x (-1492.4) / 107989200318 = 19.631 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -1420.521x1000000 x 1049.6/107989200318 = -13.807 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	H19x72	20628.0					
환산바닥판 철근		20628.0	2662.0	5.491.E+07		3.828.E+10	3.828.E+10
단일합성시		112336.0	1049.6	1.179.E+08	1.080.E+11	7.027.E+09	1.150.E+11
계		132964.0		1.728.E+08			1.533.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.167
- 도심 : Ydv = 172819602/132964 = 1300 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1299.7-2732= -1432.3 mm Ddvr = 1299.7 - 2662 = -1362.3 mm
Ydvrcl= 1299.7-2592= -1292.3 mm Ddvs = 1299.7 - 1049.6 = 250.1 mm
Ydvsu= 1299.7-2542= -1242.3 mm Ddv = 1362.3 + (250.1) = 1612.4 mm
Ydvsl= 1299.7 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-936.2x1000000x(-1432.3)/(1x153298524931)= 8.747 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -936.1863x1000000 x (-1242.3)/153298524931 = 7.587 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -936.1863x1000000 x 1299.7/153298524931 = -7.937 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -5146.5x1000000x(-1432.3)/(1x153298524931)= 48.085 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -5146.5x1000000 x (-1242.3)/153298524931 = 41.706 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -5146.5x1000000 x 1299.7/153298524931 = -43.633 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -162x1000000x(-1432.3)/(1x153298524931)= 1.514 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -162x1000000 x (-1242.3) / 153298524931= 1.313 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -162x1000000 x 1299.7/153298524931= -1.373 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	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	2672.0	4.123.E+08	7.406.E+08	7.210.E+10	7.284.E+10
합성전		112336.0	1049.6	1.179.E+08	1.080.E+11	9.901.E+10	2.070.E+11
계		266621.7		5.302.E+08			2.798.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 530159295/266621.7 = 1988.4 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		77142.9	2672.0	2.061.E+08	3.703.E+08	7.137.E+10	7.174.E+10
합성전		112336.0	1049.6	1.179.E+08	1.080.E+11	4.901.E+10	1.570.E+11
계		189478.9		3.240.E+08			2.287.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 324033579.9/189478.9 = 1710.1 mm

Yv1tcu= 1988.4-2792= -803.6 mm Dtc1 = 1988.4 - 2672 = -683.6 mm
Yv1tcl= 1988.4-2552= -563.6 mm Ddvtc1 = 1710.1 - 2672 = -961.9 mm
Yv1su= 1988.4-2542= -553.6 mm Av1 = As +Ac/n1 = 189478.9 mm^2
Yv1sl= 1988.4 mm dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 961.869 mm
Dvs1= 1988.4-1049.6= 938.8 mm ds1 = dv - dc1 = 660.531 mm
Dv1= 683.6+938.8= 1622.4 mm

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc
= -936.1863x1000000/(7x279835689780.6)x(-683.6)x1080000 = 352,847 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 352847.4x2x2/(2+2) = 352,847 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1
= 352847.4x (-961.9) /1000000 = -339.4 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)
= 352847.4/132964+(-0.167)x(-339.4)x1000000x(-1432.3)/153298524931
= 2.124 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1
= 352847.4/189478.9+(-0.167)x(-339.4)x1000000x(-553.6)/228743770071.042
= 1.725 MPa

· fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1
= 352847.4/189478.9+(-0.167)x(-339.4)x1000000x1988.4/228743770071.042
= 2.355 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산상부바닥판		51,429	2,672	1.374.E+08	2.469.E+08	6.370.E+10	6.394.E+10
합성전		112,336	1,050	1.179.E+08	1.080.E+11	2.916.E+10	1.372.E+11
계		163,765	-	2.553.E+08			2.011.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 255325008.5/163764.6 = 1559.10 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ydv2su = 1559.1 - 2542 -982.9 mm

Ydv2sl = 1559.1 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1080000 = - 2,846,570 N

Ddv = 1559.1 - 2672 = - 1,113 mm

Av2 = As + Acu/n2 = 112336 + 1080000 / 21 = - mm^2

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1622.4 x 112336 / (1080000 / 21 + 112336) = 1,113 mm

ds2 = dv - dc2 = 1622.4 - 1112.9 = 509 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-2846570 x (-1112.9)] / 1000000

= 3167.9 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -2846570/132964+(-0.167)x3167.9x1000000x(-1432.3)/153298524931

= -16.466 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -2846570/163764.6+(-0.167)x3167.9x1000000x(-982.9)/201094060299.143

= -14.796 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -2846570/163764.6+(-0.167)x3167.9x1000000x1559.1/201094060299.143

= -21.484 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3795428.6x-683.6 / 1000000 = -2594.6 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3795428.6/132964 + (-0.167)x(-2594.6)x(-1432.3) / 153298524931 - 205000 x 0.00012

= -0.104 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3795428.6 /132964+(-0.167)x(-2594.6)x1000000x(-1242.3)/153298524931 25.033 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3795428.6 /132964+(-0.167)x(-2594.6)x100000x1299.7/153298524931 = 32.218 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 5575163.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 280.63 x 1000 /60336 + 83.75x1000000 / (2 x 5575163.6x12) = 5.277 MPa

2) 단일합성시

· F = 5575163.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 643.57 x 1000 /60336 + 203.19x1000000 / (2 x 5575163.6x12) = 12.185 MPa

3) 이중합성시

· F = 5615201.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1048.47 x 1000 /60336 + 1215.75x1000000 / (2 x 5615201.4x12) = 26.398 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 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 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 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 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 5) = 5.5 mm < t = 12 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 5) = 10.0 mm < t = 12 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 20.0mm ⓑ b/(44xixn) = 10.0mm ⓒ b/(80xixn) = 5.5mm

t = 12 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -153.7 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 2514 / (281 x 1.2 = 7.456

여기서, √(fca/fc) = √(230/20.567) = 2.734 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.2) = 2514 / (281 x 1.2 = 7.456

여기서, √(fca/fc) = √(153.733/73.51) 1.446 > 1.2 1.20 적용

∴ t_min = 7.456 < t = 12.0 mm ∴ 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	-	-	-	-	9.6	287.5	-6.8	-192.2
	2	-	-	0.0	0.0	29.2	230.0	-20.6	-153.7
	3	58.3	160.0	0.0	0.0	79.8	230.0	-73.5	-153.7
	4	44.0	160.0	0.0	0.0	66.8	230.0	-92.6	-153.7
	5	43.9	184.0	0.0	0.0	91.8	264.5	-60.4	-176.8
	6	44.1	184.0	0.0	0.0	41.7	264.5	-124.9	-176.8
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.033	0.035	5.277	168.8	0.03	0.00
	2	-	0.000	0.127	0.134	17.462	135.0	0.13	0.03
	3	0.365	0.000	0.347	0.478	43.86	135.0	0.32	0.33
	4	0.275	0.000	0.290	0.603	43.86	135.0	0.32	0.47
	5	0.239	0.000	0.347	0.342	43.86	155.3	0.28	0.20
	6	0.240	0.000	0.158	0.706	43.86	155.3	0.28	0.58

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 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		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	100.3	400.0	0.00	0.0	149.5	380.0	-117.8	-380.0
	2	100.5	400.0	0.00	0.0	99.4	380.0	-182.2	-380.0
	3	114.6	400.0	0.00	0.0	162.6	380.0	-98.6	-380.0
	4	114.9	400.0	0.00	0.0	112.5	380.0	-163.1	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		=	0.480	<	1.0	∴	O.K.

5.3 이중합성구간 응력검토

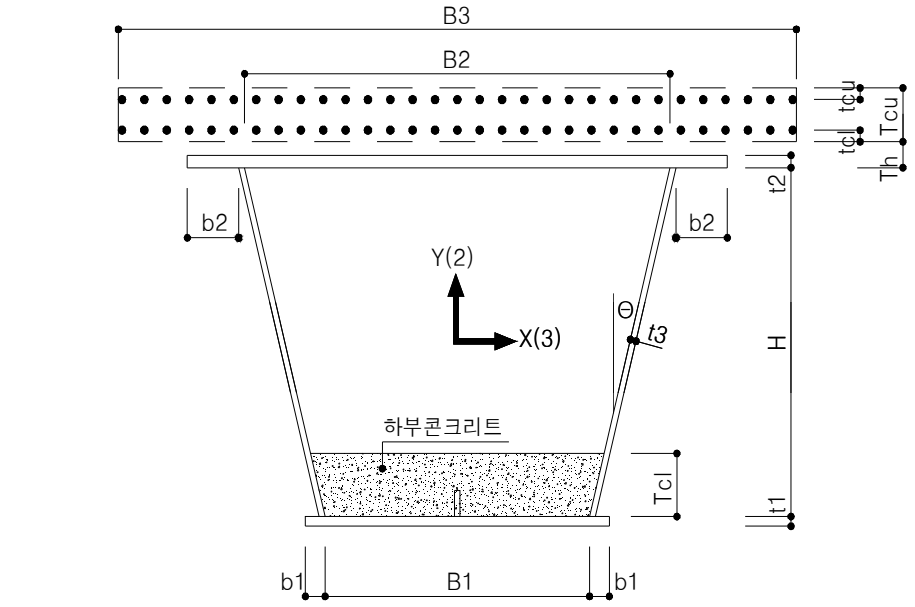
◎ 이중합성구간 < 단면 10 > 단면위치: 91,1/4지점 **(외측거더)** **<폐합단면>**

(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(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.07786

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3466
t1	18
t2	14
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	26
Tcl	490
b1	100
b2	250
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	120	12	2	상부플랜지	2672	상부바닥판	4465	n(상부)	7
하부리브	200	18	1	하부플랜지	2372	하부슬래브	2172	n'(하부)	7

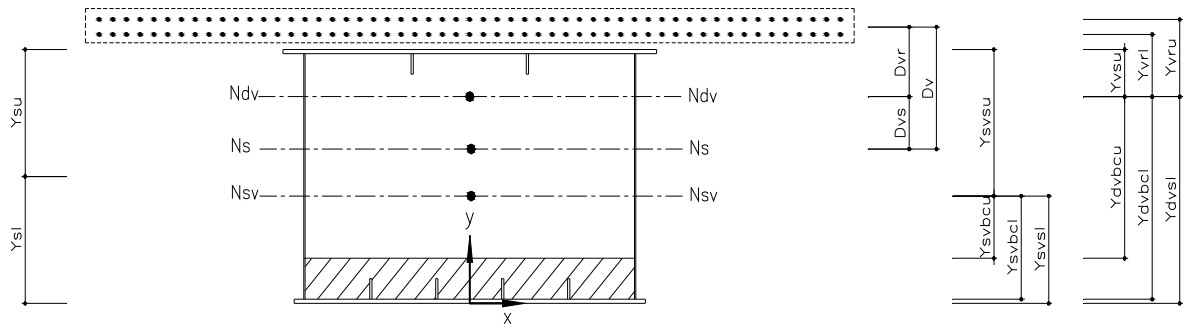
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-10208.3	-18356.3	-10579.9	-14990.4	-379.9	-54514.7
전단력, S (kN)	-904.2	-1205.2	-742.6	-1015.0	-2.4	-3869.4
비틀림, T (kN-m)	414.4	652.9	359.4	2104.0	44.1	3574.75

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

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	2671.5×14×1	37,402	3,491	1.306.E+08	6.109.E+05	1.202.E+11	1.202.E+11
상부리브	120×12×2	2,880	3,424	9.861.E+06	3.456.E+06	8.574.E+09	8.577.E+09
복부판	3,466.0×16×2	110,912	1,751	1.942.E+08	1.110.E+11	3.045.E+08	1.113.E+11
하부리브	200×18×1	3,600	118	4.248.E+05	1.200.E+07	8.994.E+09	9.006.E+09
하부플랜지	2371.5×18×1	42,688	9	3.842.E+05	1.153.E+06	1.219.E+11	1.219.E+11
계		197,481		3.354.E+08			3.709.E+11

- 도심 : ys = 335446007/197481.3 = 1698.6 mm

Ysu = 1698.6 - 3498 = -1799.4 mm

Ysl = 1698.6 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -10,208.3x1000000 x (-1799.4) / 370945665044.1 = 49.519 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -10,208.3x1000000 x 1698.6/370945665044.1 = -46.745 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	2171.5x490	1064055.0			2.13.E+10		
환산 하부콘크리트		152007.9	263.0	4.00.E+07	3.04.E+09	1.00.E+11	1.03.E+11
STEEL		197481.3	1698.6	3.35.E+08	3.71.E+11	7.70.E+10	4.48.E+11
계		349489.2		3.75.E+08			5.51.E+11

- 도심 : ysv = 375419814/349489.2 = 1074.2 mm n' = 7

Ysvbcu = 1074.2 - 508 = 566.2 mm Ysvsu = 1074.2-3498= -2423.8 mm

Ysvbcl = 1074.2 - 18 = 1056.2 mm Ysvsl = 1074.2 mm

Dsvbc = 1074.2 - 263 = 811.2 mm

- 하부콘크리트 응력 :

· fsvbcu = Md2xYsvbcu/(n'xIsv) = -18356.25x1000000x566.2/(7x551008287310.1) = -2.695 MPa

· fsvbcl = Md2xYsvbcl/(n'xIsv) = -18356.25x1000000x1056.2/(7x551008287310.1) = -5.027 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -18356.25x1000000 x (-2423.8) / 551008287310.1 = 80.746 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -18356.25x1000000 x 1074.2/551008287310.1 = -35.786 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	H19x70	20055.0					
환산바닥판 철근		20055.0	3620.0	7.260.E+07		1.162.E+11	1.162.E+11
단일합성시		349489.2	1074.2	3.754.E+08	5.510.E+11	6.675.E+09	5.577.E+11
계		369544.2		4.480.E+08			6.739.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.078
- 도심 : Ydv = 448020399/369544.2 = 1212 mm
  Atc = 4464.7x240 = 1071533 mm^2
  Abc = 2171.5x490 = 1064055 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 7

Ydvru = 1212.4-3690 = -2477.6 mm Ddvr = 1212.4 - 3620 = -2407.6 mm
Ydvrcl = 1212.4-3550 = -2337.6 mm Ddvbc = 1212.4 - 263 = 1080.9 mm
Ydvbcu = 1212.4-508 = 704.4 mm Ddvs = 1212.4 - 1698.6 = -486.2 mm
Ydvbcl = 1212.4-18 = 1194.4 mm Ddv = 2407.6 + (-486.2) = 1921.4 mm
Ydvsu = 1212.4-3491 = -2278.6 mm
Ydvsl = 1212.4 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-10,579.9x1000000x(-2477.6)/(1x673932830195.1 38.895 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -10,579.9x1000000x704.4/(7x673932830195.1)= -1.580 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -10,579.9x1000000x1194.4/(7x673932830195.1) -2.679 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -10579.89x1000000 x (-2278.6)/673932830195.1 = 35.771 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -10579.89x1000000 x 1212.4/673932830195.1 = -19.033 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -14990.4x1000000x(-2477.6)/(1x673932830195.1 55.110 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -14990.4x1000000x704.4/(7x673932830195.1)= -2.238 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -14990.4x1000000x1194.4/(7x673932830195.1)= -3.795 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -14990.4x1000000 x (-2278.6)/673932830195.1 = 50.683 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -14990.4x1000000 x 1212.4/673932830195.1 = -26.968 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -379.9x1000000x(-2477.6)/(1x673932830195.1)= 1.397 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -379.9x1000000x704.4/(7x673932830195.1)= -0.057 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -379.9x1000000x1194.4/(7x673932830195.1)= -0.096 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -379.9x1000000 x (-2278.6) / 673932830195.1= 1.284 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -379.9x1000000 x 1212.4/673932830195.1= -0.683 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	2171.5x490	1064055.0			2.129.E+10	1.434.E+12	1.456.E+12
환산 하부콘크리트		118228.3	263.0	3.109.E+07	3.041.E+09	9.534.E+10	9.838.E+10
합성전		197481.3	1698.6	3.354.E+08	3.709.E+11	5.707.E+10	4.280.E+11
계		315709.6		3.665.E+08			5.264.E+11

- 탄성계수비:n1-60' = n'x (1 + Φ_1 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.468 / 2) = 9

Φ_1 '(60,30) = **0.468** (하부콘크리트의 바닥판양생시까지의 크리프계수)

- 도심 : ysv1 = 366535787.8/315709.6 = 1161.0 mm

Ysv1bcu = 1161 - 508 = 653.0 mm Ysv1su = 1161 - 3491 = -2330.0 mm

Ysv1bcl = 1161 - 18 = 1143.0 mm Ysv1sl = 1161.0 mm

Dsvbc1 = 1161 - 263 = 898.0 mm

① 1차고정하중 의한 크리프 효과:

· Nbc = Md2 / (n' x Idsv) x (-Dsvbc) x Abc

= -18356.25x1000000/(7x551008287310.1)x(811.2)x1064055 = - 4,107,900 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -4107899.5x2x0.468/(2+0.468) = - 1,557,939 N

· Mv1 = Pbv1 x Dsvbc1

= -1557939.2x 898/1000000 = -1399.0 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fv1bcu = 1/n1-60' x (Pbv1/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcu / Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+ Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-1557939/315710+(-0.078)x(-1399)x1000000x653/526401702896)-0.468/(1+0.468/2)x(-2.695)

= 0.489 MPa

· fv1bcl = 1/n1-60' x ((Ptv1+Pbv1)/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcl/Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-1557939/315710+(-0.078)x(-1399)x1000000x1143/526401702896)-0.468/(1+0.468/2)x(-5.027)

= 1.385 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1su / Isv1

= -1557939.2 /315709.6+(-0.078)x(-1399)x1000000x(-2330)/526401702896.407

= -5.418 MPa

· fv1sl = +Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1sl / Isv1

= -1557939.2 /315709.6+(-0.078)x(-1399)x1000000x1161/526401702896.407

= -4.694 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4464.7x240	1071532.5			5.143.E+09		
환산 상부바닥판		153076.1	3630.0	5.557.E+08	7.348.E+08	4.835.E+11	4.843.E+11
하부콘크리트	2171.5x490	1064055.0			2.129.E+10		
환산 하부콘크리트		152007.9	263.0	3.998.E+07	3.041.E+09	3.841.E+11	3.872.E+11
합성전		197481.3	1698.6	3.354.E+08	3.709.E+11	4.690.E+09	3.756.E+11
계		502565.2		9.311.E+08			1.247.E+12

- 탄성계수비: n = 7 n' = 7

- 도심 : yv1 = 931085941/502565.2 = 1852.7 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4464.7x240	1071532.5			5.143.E+09		
환산 상부바닥판		76538.0	3630.0	2.778.E+08	3.674.E+08	2.690.E+11	2.694.E+11
하부콘크리트	2171.5x490	1064055.0			2.129.E+10	3.278.E+12	3.299.E+12
환산 하부콘크리트		88671.3	263.0	2.332.E+07	3.041.E+09	1.974.E+11	2.005.E+11
합성전		197481.3	1698.6	3.354.E+08	3.709.E+11	6.326.E+08	3.716.E+11
계		362690.6		6.366.E+08			8.414.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 = 636595344.6/362690.6 = 1755.2 mm

Ydv1tcu = 1755.2 - 3750 = -1994.8 mm
Ydv1tcl = 1755.2 - 3510 = -1754.8 mm
Ydv1bcu = 1755.2 - 508 = 1247.2 mm
Ydv1bcl = 1755.2 - 18 = 1737.2 mm
Ydv1su = 1755.2 - 3491 = -1735.8 mm
Ydv1sl = 1755.2 mm
Dvs1 = 1852.7 - 1698.6 = 154.1 mm
Dv1 = 1777.3 + 154.1 = 1931.4 mm

Ddvtc = 1852.7 - 3630 = -1777.3 mm
Ddvbc = 1852.7 - 263 = 1589.7 mm
Ddvtc1 = 1755.2 - 3630 = -1874.8 mm
Ddvbc1 = 1755.2 - 263 = 1492.2 mm
Av1 = As +Ac/n1 = 274019.3 mm^2
dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1391.929 mm
ds1 = dv - dc1 = 539.471 mm

② 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc
= -10579.89x1000000/(7x1247093440264.8)x(-1777.3)x1071532.5 = 2,308,077 N

· Nbc = Md3 / (n' x Idv) x (-Ddvbc) x Abc
= -10579.89x1000000/(7x1247093440264.8)x(1589.7)x1064055 = - 2,050,045 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 2308076.5x2x2/(2+2) = 2,308,077 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1' /(2 + Φ_1') = -2050044.9x2x1.53/(2+1.53) = - 1,777,093 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1 + Pbv1 x Ddvbc1
= 2308076.5x (-1874.8) /1000000 + -1777092.7x 1492.2/1000000 = -6979.0 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv1ru = (Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydvru / (Idv1)

= (2308076.5 + -1777092.7)/362690.6+(-0.078)x(-6979)x1000000x(-2477.6)/841449546059

= -0.139 MPa

· fv1bcu = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcu / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2308076.5+-1777093)/362691+(-0.078)x(-6979)x1000000x1247/841449546059)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.679)

= 2.512 MPa

· fv1bcl = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcl / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2308076.5+-1777093)/362691+(-0.078)x(-6979)x1000000x1737/841449546059)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.679)

= 2.538 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1su / Idv1

= (2308076.5 + -1777092.7)/362690.6+(-0.078)x(-6979)x1000000x(-1735.8)/841449546058.649

= 0.341 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1sl / Idv1

= (2308076.5 + -1777092.7)/362690.6+(-0.078)x(-6979)x1000000x1755.2/841449546058.649

= 2.600 MPa

5) 건조수축 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2171.5x490	1064055.0			2.129.E+10	1.522.E+12	1.543.E+12
환산 하부콘크리트		106405.5	263.0	2.798.E+07	3.041.E+09	9.260.E+10	9.565.E+10
합성전		197481.3	1698.6	3.354.E+08	3.709.E+11	4.990.E+10	4.209.E+11
계		303886.8		3.634.E+08			5.165.E+11

- 탄성계수비:n2-60' = n'x (1 + Φ_2 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.936 / 2) = 10

Φ_2 ' = 2 x Φ_1 '(60,30) = **0.936**

건조수축변형률 εs (60,30) = 0.000011

- 도심 : ysv2 = 363426382.7/303886.8 = 1195.9 mm

Ysv2bcu = 1195.9 - 508 = 687.9 mm Ysv2su = 1195.9 - 3491 = -2295.1 mm

Ysv2bcl = 1195.9 - 18 = 1177.9 mm Ysv2sl = 1195.9 mm

Dsvbc1 = 1195.9 - 263 932.9 mm

Ec2' = Es / n2' = 205000/10 = 20500.0 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Pbv2 = Ec2'x εs (60,30) x Abc = -20500x0.000011x1064055 = - 239,944 N

Ddvbc = 1195.9 - 263 = 933 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Pbv2 x Ddvbc

= (-239944.4) x 932.9 / 1000000

= -223.8 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fsv2bcu = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcu / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-239944)/303887+(-0.078)x-224x1000000x688/516497016176)-20500x(-0.000011)

= 0.1 MPa

· fsv2bcl = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcl / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-239944)/303887+(-0.078)x-224x1000000x1178/516497016176)-20500x(-0.000011)

= 0.2 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2su / Isv2

= -239944.4 /303886.8+(-0.078)x-223.8x1000000x(-2295.1)/516497016176.318

= -0.867 MPa

· fv2sl = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2sl / Isv2

= -239944.4 /303886.8+(-0.078)x-223.8x1000000x1195.9/516497016176.318

= -0.749 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm²)	y (mm)	Av1・y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Iv1 (mm⁴)
상부바닥판	4464.7x240	1071532.5			5.143.E+09		
환산상부바닥판	0.000	51025.4	3630.0	1.852.E+08	2.449.E+08	1.737.E+11	1.740.E+11
하부콘크리트	2171.5x490	1064055.0			2.129.E+10	3.390.E+12	3.411.E+12
환산 하부콘크리트		50669.3	263.0	1.333.E+07	1.014.E+09	1.174.E+11	1.184.E+11
합성전		197481.3	1698.6	3.354.E+08	3.709.E+11	1.471.E+09	3.724.E+11
계		299175.9	0.0	5.340.E+08			6.647.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

n2' = n'x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

- 도심 : ydv2 = 533989804.8/299175.9 = 1784.90 mm

Ydv2bcu = 1784.9 - 508 = 1276.9 mm Ydv2su = 1784.9 - 3491 = -1706.1 mm

Ydv2bcl = 1784.9 - 18 = 1766.9 mm Ydv2sl = 1784.9 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ec2' = Es / n2' = 205000/21 = 9761.9 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1071532.5 = - 2,824,252 N

Pbv2 = Ec2'x εs x Abc = -9761.9x0.00027x1064055 = - 2,804,544 N

Ddv = 1784.9 - 3630 = - 1,845 mm

Ddvbc = 1784.9 - 263 = 1,522 mm

Av2 = As + Acu/n2+ Acl/n2' = 197481.3 + 1071532.5 / 21+ 1064055 / 21 = 299,176 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1931.4 x 197481.3 / (1071532.5 / 21 + 197481. 1,535 mm

ds2 = dv - dc2 = 1931.4 - 1534.8 = 397 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv + Pbv2 x Ddvbc

= [-2824252.1 x (-1845.1) + (-2804543.6) x 1521.9] / 1000000

= 942.8 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv2ru = ((Ptv2+Pbv2) / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv)

= (-2824252.1 + (-2804543.6))/369544.2+(-0.078)x942.8x1000000x(-2477.6)/673932830195

= -14.961 MPa

· fv2bcu = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcu / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-2824252-2804544)/299176+(-0.078)x943x1000000x1277/664744760868)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

· fv2bcl = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcl / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-2824252-2804544)/299176+(-0.078)x943x1000000x1767/664744760868)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2su / Idv2

= (-2824252.1 + (-2804543.6))/299175.9+(-0.078)x942.8x1000000x(-1706.1)/664744760868.148

= -18.626 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Idv2

= (-2824252.1 + (-2804543.6))/299175.9+(-0.078)x942.8x1000000x1784.9/664744760868.148

= -19.012 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1071532.5/7 = 3,765,671 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3765671.4x-1777.3 / 1000000 = - 6,693 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3765671.4/369544.2 + (-0.078)x(-6692.7)x(-2477.6) / 673932830195.1 - 205000 x 0.00012

= -16.329 MPa

· fv3bcu = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcu / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(3765671.4/369544.2+(-0.078)x(-6692.7)x704.4/673932830195.1)-30891.1x0.000012x10

= -2.200 MPa

· fv3bcl = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(3765671.4/369544.2+(-0.078)x(-6692.7)x1000000x1194.4/673932830195.1)-30891.1x0.000012x10

= -2.100 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3765671.4 /369544.2+(-0.078)x(-6692.7)x1000000x(-2278.6)/6739328301 8.425 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3765671.4 /369544.2+(-0.078)x(-6692.7)x100000x1212.4/673932830195.1 11.129 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7716112.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 904.16 x 1000 /110912 + 414.36x1000000 / (2 x 7716112x16) = 9.830 MPa

2) 단일합성시

· F = 7807095.9 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1205.18 x 1000 /110912 + 652.9x1000000 / (2 x 7807095.9x16) = 13.479 MPa

3) 이중합성시

· F = 7847206.2 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1757.63 x 1000 /110912 + 2463.39x1000000 / (2 x 7847206.2x16) = 25.657 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa
- 허용압축응력 : ∴ frca = 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 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 40 = -16.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 40 = 2.8 MPa > 2.5 MPa

이므로, 2.5 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 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 합성전 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 2 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 2) = 13.8 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 합성전 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 50.0mm ⓑ b/(44xixn) = 25.0mm ⓒ b/(80xixn) = 13.8mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[220,000x((txixn) / b)^2] = -58.9 MPa

③ 압축 하부플랜지의 합성후 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 4 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 4) = 12.5 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 합성후 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 25.0mm ⓑ b/(44xixn) = 12.5mm ⓒ b/(80xixn) = 6.9mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla2 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -185.5 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3466 / (281 x 1.2 = 10.279

여기서, √(fca/fc) = √(230/82.531) = 1.499 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.174) = 3466 / (281 x 1 = 10.506

여기서, √(fca/fc) = √(185.511/134.658) 1.174 < 1.2 1.17 적용

∴ t_min = 10.506 < t = 16.0 mm ∴ 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	-	-	-	-	49.5	287.5	-46.7	-73.6
	2	-	-	-5.0	-16.0	130.3	230.0	-82.5	-185.5
	3	95.4	160.0	-10.0	-16.0	211.7	230.0	-134.7	-185.5
	4	80.3	160.0	-5.8	-16.0	193.4	230.0	-155.8	-185.5
	5	64.0	184.0	-7.9	-18.4	201.9	264.5	-144.6	-213.3
	6	96.6	184.0	-3.7	-18.4	185.0	264.5	-166.9	-213.3
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.172	0.635	9.830	168.8	0.06	0.41
	2	-	0.314	0.566	0.445	23.309	135.0	0.17	0.35
	3	0.596	0.626	0.921	0.726	48.966	135.0	0.36	0.98
	4	0.502	0.361	0.841	0.840	48.966	135.0	0.36	0.84
	5	0.348	0.428	0.763	0.678	48.966	155.3	0.32	0.68
	6	0.525	0.200	0.699	0.782	48.966	155.3	0.32	0.71

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x 40 = 24.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 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		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	137.6	400.0	-14.45	-24.0	308.7	380.0	-200.7	-380.0
	2	170.3	400.0	-10.25	-24.0	291.8	380.0	-223.0	-380.0
	3	152.7	400.0	-18.69	-24.0	327.0	380.0	-184.3	-380.0
	4	155.5	400.0	-14.49	-24.0	310.1	380.0	-206.6	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		= 0.860		< 1.0		∴ O.K.	

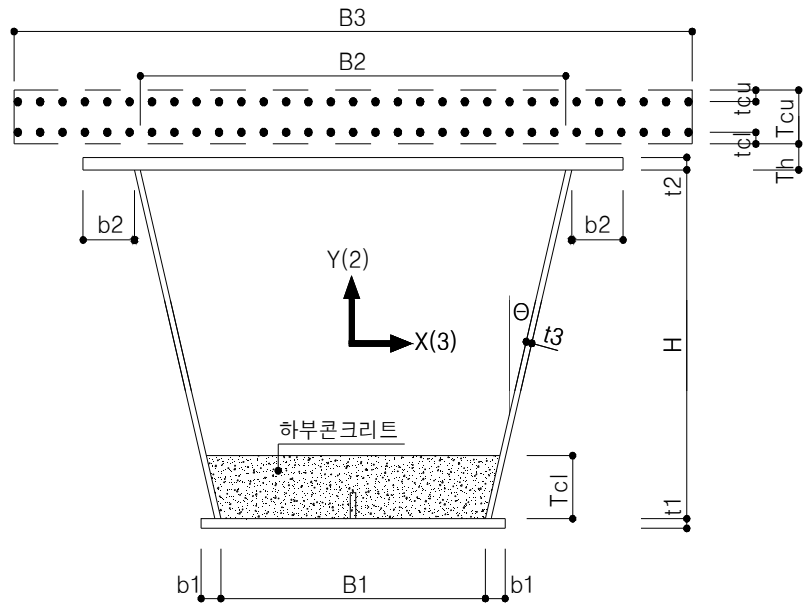
◎ **이중합성구간 < 단면 11 >** 단면위치: 17,J지점 **(외측거더)** **<폐합단면>**

(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(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.16699

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3700
t1	22
t2	26
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	26
Tcl	600
b1	100
b2	250
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	120	12	2	상부플랜지	2621	상부바닥판	4443	n(상부)	7
하부리브	220	20	1	하부플랜지	2321	하부슬래브	2121	n'(하부)	7

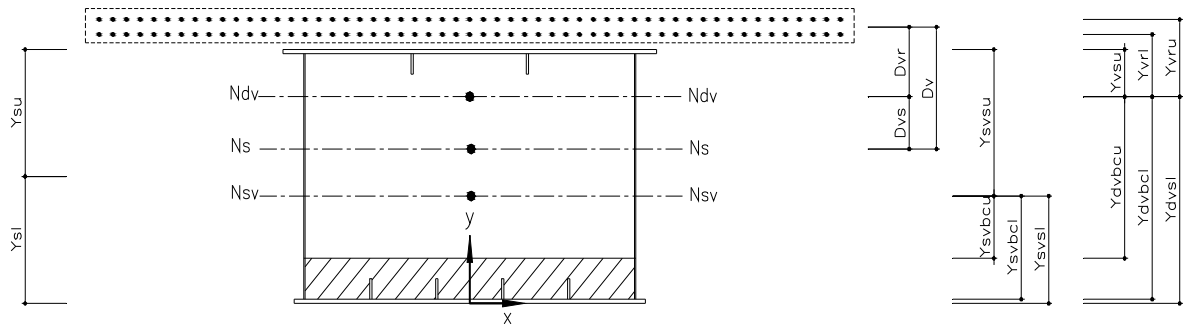
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-17372.1	-27503.5	-15990.6	-21042.6	-486.3	-82395.0
전단력, S (kN)	1410.3	1689.3	985.3	1487.5	12.1	5584.5
비틀림, T (kN-m)	-23.4	-27.0	66.9	-1961.0	-4.3	-1948.75

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

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	2620.5×26×1	68,134	3,735	2.545.E+08	3.838.E+06	2.069.E+11	2.069.E+11
상부리브	120×12×2	2,880	3,662	1.055.E+07	3.456.E+06	8.030.E+09	8.034.E+09
복부판	3,700.0×16×2	118,400	1,872	2.216.E+08	1.351.E+11	1.711.E+09	1.368.E+11
하부리브	220×20×1	4,400	132	5.808.E+05	1.775.E+07	1.523.E+10	1.524.E+10
하부플랜지	2320.5×22×1	51,052	11	5.616.E+05	2.059.E+06	2.004.E+11	2.004.E+11
계		244,865		4.878.E+08			5.674.E+11

- 도심 : ys = 487812723/244865.1 = 1992.2 mm

Ysu = 1992.2 - 3748 = -1755.8 mm

Ysl = 1992.2 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -17,372.1x1000000 x (-1755.8) / 567398722756 = 53.757 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -17,372.1x1000000 x 1992.2/567398722756 = -60.995 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	2120.5x600	1272313.0			3.82.E+10		
환산 하부콘크리트		181759.0	322.0	5.85.E+07	5.45.E+09	1.67.E+11	1.72.E+11
STEEL		244865.1	1992.2	4.88.E+08	5.67.E+11	1.24.E+11	6.91.E+11
계		426624.1		5.46.E+08			8.64.E+11

- 도심 : ysv = 546346650/426624.1 = 1280.6 mm n' = 7

Ysvbcu = 1280.6 - 622 = 658.6 mm Ysvsu = 1280.6-3748= -2467.4 mm

Ysvbcl = 1280.6 - 22 = 1258.6 mm Ysvsl = 1280.6 mm

Dsvbc = 1280.6 - 322 = 958.6 mm

- 하부콘크리트 응력 :

· fsvbcu = Md2xYsvbcu/(n'xIsv) = -27503.48x1000000x658.6/(7x863865832397) = -2.995 MPa

· fsvbcl = Md2xYsvbcl/(n'xIsv) = -27503.48x1000000x1258.6/(7x863865832397) = -5.724 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -27503.48x1000000 x (-2467.4) / 863865832397 = 78.556 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -27503.48x1000000 x 1280.6/863865832397 = -40.771 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	H19x70	20055.0					
환산바닥판 철근		20055.0	3858.0	7.737.E+07		1.215.E+11	1.215.E+11
단일합성시		426624.1	1280.6	5.463.E+08	8.639.E+11	5.711.E+09	8.696.E+11
계		446679.1		6.237.E+08			9.911.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.167
- 도심 : Ydv = 623707012/446679.1 = 1396 mm
  Atc = 4443x240 = 1066319 mm^2
  Abc = 2120.5x600 = 1272313 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 7

Ydvru = 1396.3-3928 =	-2531.7 mm	Ddvr = 1396.3 - 3858 =	-2461.7 mm
Ydvrcl = 1396.3-3788 =	-2391.7 mm	Ddvbc = 1396.3 - 322 =	1235.3 mm
Ydvbcu = 1396.3-622 =	774.3 mm	Ddvs = 1396.3 - 1992.2 =	-595.9 mm
Ydvbcl = 1396.3-22 =	1374.3 mm	Ddv = 2461.7 + (-595.9) =	1865.8 mm
Ydvsu = 1396.3-3735 =	-2338.7 mm		
Ydvsl =	1396.3 mm		

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-15,990.6x1000000x(-2531.7)/(1x991109467624)= 40.846 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -15,990.6x1000000x774.3/(7x991109467624)= -1.785 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -15,990.6x1000000x1374.3/(7x991109467624)= -3.168 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -15990.57x1000000 x (-2338.7)/991109467624 = 37.733 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -15990.57x1000000 x 1396.3/991109467624 = -22.528 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -21042.6x1000000x(-2531.7)/(1x991109467624)= 53.751 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -21042.6x1000000x774.3/(7x991109467624)= -2.348 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -21042.6x1000000x1374.3/(7x991109467624)= -4.168 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -21042.6x1000000 x (-2338.7)/991109467624 = 49.654 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -21042.6x1000000 x 1396.3/991109467624 = -29.645 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -486.3x1000000x(-2531.7)/(1x991109467624)= 1.242 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -486.3x1000000x774.3/(7x991109467624)= -0.054 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -486.3x1000000x1374.3/(7x991109467624)= -0.096 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -486.3x1000000 x (-2338.7) / 991109467624= 1.148 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -486.3x1000000 x 1396.3/991109467624= -0.685 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	2120.5x600	1272313.0			3.817.E+10	2.426.E+12	2.464.E+12
환산 하부콘크리트		141368.1	322.0	4.552.E+07	5.453.E+09	1.585.E+11	1.640.E+11
합성전		244865.1	1992.2	4.878.E+08	5.674.E+11	9.150.E+10	6.589.E+11
계		386233.2		5.333.E+08			8.229.E+11

- 탄성계수비:n1-60' = n'x (1 + Φ_1 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.461 / 2) = 9

Φ_1 '(60,30) = **0.461** (하부콘크리트의 바닥판양생시까지의 크리프계수)

- 도심 : ysv1 = 533340784/386233.2 = 1380.9 mm

Ysv1bcu = 1380.9 - 622 = 758.9 mm Ysv1su = 1380.9 - 3735 = -2354.1 mm

Ysv1bcl = 1380.9 - 22 = 1358.9 mm Ysv1sl = 1380.9 mm

Dsvbc1 = 1380.9 - 322 1058.9 mm

① 1차고정하중 의한 크리프 효과:

· Nbc = Md2 / (n' x Idsv) x (-Dsvbc) x Abc

= -27503.48x1000000/(7x863865832397)x(958.6)x1272313 = - 5,547,211 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -5547211.2x2x0.461/(2+0.461) = - 2,078,232 N

· Mv1 = Pbv1 x Dsvbc1

= -2078231.9x 1058.9/1000000 = -2200.6 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fv1bcu = 1/n1-60' x (Pbv1/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcu / Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+ Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-2078232/386233+(-0.167)x(-2200.6)x1000000x759/822866276514)-0.461/(1+0.461/2)x(-2.995)

= 0.562 MPa

· fv1bcl = 1/n1-60' x ((Ptv1+Pbv1)/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcl/Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-2078232/386233+(-0.167)x(-2200.6)x1000000x1359/822866276514)-0.461/(1+0.461/2)x(-5.724)

= 1.614 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1su / Isv1

= -2078231.9 /386233.2+(-0.167)x(-2200.6)x1000000x(-2354.1)/822866276513.938

= -6.432 MPa

· fv1sl = +Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1sl / Isv1

= -2078231.9 /386233.2+(-0.167)x(-2200.6)x1000000x1380.9/822866276513.938

= -4.764 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4443x240	1066318.5			5.118.E+09		
환산 상부바닥판		152331.2	3868.0	5.892.E+08	7.312.E+08	5.537.E+11	5.545.E+11
하부콘크리트	2120.5x600	1272313.0			3.817.E+10		
환산 하부콘크리트		181759.0	322.0	5.853.E+07	5.453.E+09	4.885.E+11	4.940.E+11
합성전		244865.1	1992.2	4.878.E+08	5.674.E+11	2.323.E+08	5.676.E+11
계		578955.3		1.136.E+09			1.616.E+12

- 탄성계수비: n = 7 n' = 7

- 도심 : yv1 = 1135563787/578955.3 = 1961.4 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4443x240	1066318.5			5.118.E+09		
환산 상부바닥판		76165.6	3868.0	2.946.E+08	3.656.E+08	2.914.E+11	2.917.E+11
하부콘크리트	2120.5x600	1272313.0			3.817.E+10	4.652.E+12	4.690.E+12
환산 하부콘크리트		106026.1	322.0	3.414.E+07	5.453.E+09	2.681.E+11	2.735.E+11
합성전		244865.1	1992.2	4.878.E+08	5.674.E+11	1.571.E+09	5.690.E+11
계		427056.8		8.166.E+08			1.134.E+12

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1' = n'x (1 + Φ_1 '/ 2) = 7 x (1 + 1.54 / 2) = 12

Φ_1 ' = Φ_1 -Φ_1 '(60,30) = 2.00 - 0.46 = 1.54

- 도심 : ydv1 = 816569219.5/427056.8 = 1912.1 mm

Ydv1tcu = 1912.1 - 3988 = -2075.9 mm

Ydv1tcl = 1912.1 - 3748 = -1835.9 mm

Ydv1bcu = 1912.1 - 622 = 1290.1 mm

Ydv1bcl = 1912.1 - 22 = 1890.1 mm

Ydv1su = 1912.1 - 3735 = -1822.9 mm

Ydv1sl = 1912.1 mm

Dvs1 = 1961.4 - 1992.2 = -30.8 mm

Dv1 = 1906.6 + -30.8 = 1875.8 mm

Ddvtc = 1961.4 - 3868 = -1906.6 mm

Ddvbc = 1961.4 - 322 = 1639.4 mm

Ddvtc1 = 1912.1 - 3868 = -1955.9 mm

Ddvbc1 = 1912.1 - 322 = 1590.1 mm

Av1 = As +Ac/n1 = 321030.7 mm^2

dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1430.760 mm

ds1 = dv - dc1 = 445.040 mm

② 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= -15990.57x1000000/(7x1616059127440.1)x(-1906.6)x1066318.5 = 2,873,791 N

· Nbc = Md3 / (n' x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= -15990.57x1000000/(7x1616059127440.1)x(1639.4)x1272313 = - 2,948,408 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 2873791.1x2x2/(2+2) = 2,873,791 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 '/(2 + Φ_1 ') = -2948407.8x2x1.54/(2+1.54) = - 2,565,281 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1 + Pbv1 x Ddvbc1

= 2873791.1x (-1955.9) /1000000 + -2565281.4x 1590.1/1000000 = -9699.9 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv1ru = (Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydvru / (Idv1)

= (2873791.1 + -2565281.4)/427056.8+(-0.167)x(-9699.9)x1000000x(-2531.7)/1134241346259

= -2.893 MPa

· fv1bcu = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcu / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2873791.1+-2565281)/427057+(-0.167)x(-9699.9)x1000000x1290/1134241346259)-1.5/(1+1.5/2)x(-3.168)

= 2.970 MPa

· fv1bcl = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcl / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2873791.1+-2565281)/427057+(-0.167)x(-9699.9)x1000000x1890/1134241346259)-1.5/(1+1.5/2)x(-3.168)

= 3.041 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1su / Idv1

= (2873791.1 + -2565281.4)/427056.8+(-0.167)x(-9699.9)x1000000x(-1822.9)/1134241346259.23

= -1.881 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1sl / Idv1

= (2873791.1 + -2565281.4)/427056.8+(-0.167)x(-9699.9)x1000000x1912.1/1134241346259.23

= 3.453 MPa

5) 건조수축 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2120.5x600	1272313.0			3.817.E+10	2.569.E+12	2.608.E+12
환산 하부콘크리트		127231.3	322.0	4.097.E+07	5.453.E+09	1.537.E+11	1.592.E+11
합성전		244865.1	1992.2	4.878.E+08	5.674.E+11	7.986.E+10	6.473.E+11
계		372096.4		5.288.E+08			8.064.E+11

- 탄성계수비:n2-60' = n'x (1 + Φ_2 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.922 / 2) = 10

Φ_2 ' = 2 x Φ_1 '(60,30) = **0.922**

건조수축변형률 εs (60,30) = 0.000009

- 도심 : ysv2 = 528788730.8/372096.4 = 1421.1 mm

Ysv2bcu = 1421.1 - 622 = 799.1 mm Ysv2su = 1421.1 - 3735 = -2313.9 mm

Ysv2bcl = 1421.1 - 22 = 1399.1 mm Ysv2sl = 1421.1 mm

Dsvbc1 = 1421.1 - 322 1099.1 mm

Ec2' = Es / n2' = 205000/10 = 20500.0 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Pbv2 = Ec2'x εs (60,30) x Abc = -20500x0.000009x1272313 = - 234,742 N

Ddvbc = 1421.1 - 322 = 1,099 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Pbv2 x Ddvbc

= (-234741.7) x 1099.1 / 1000000

= -258.0 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fsv2bcu = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcu / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-234742)/372096+(-0.167)x-258x1000000x799/806413578864)-20500x(-0.000009)

= 0.1 MPa

· fsv2bcl = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcl / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-234742)/372096+(-0.167)x-258x1000000x1399/806413578864)-20500x(-0.000009)

= 0.1 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2su / Isv2

= -234741.7 /372096.4+(-0.167)x-258x1000000x(-2313.9)/806413578864.095

= -0.754 MPa

· fv2sl = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2sl / Isv2

= -234741.7 /372096.4+(-0.167)x-258x1000000x1421.1/806413578864.095

= -0.555 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4443x240	1066318.5			5.118.E+09		
환산상부바닥판	0.000	50777.1	3868.0	1.964.E+08	2.437.E+08	1.819.E+11	1.821.E+11
하부콘크리트	2120.5x600	1272313.0			3.817.E+10	4.965.E+12	5.003.E+12
환산 하부콘크리트		60586.3	322.0	1.951.E+07	1.818.E+09	1.656.E+11	1.675.E+11
합성전		244865.1	1992.2	4.878.E+08	5.674.E+11	6.829.E+07	5.675.E+11
계		356228.5	0.0	7.037.E+08			9.170.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

n2' = n'x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

- 도심 : ydv2 = 703734763.8/356228.5 = 1975.50 mm

Ydv2bcu = 1975.5 - 622 = 1353.5 mm Ydv2su = 1975.5 - 3735 = -1759.5 mm

Ydv2bcl = 1975.5 - 22 = 1953.5 mm Ydv2sl = 1975.5 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ec2' = Es / n2' = 205000/21 = 9761.9 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1066318.5 = - 2,810,510 N

Pbv2 = Ec2'x εs x Abc = -9761.9x0.00027x1272313 = - 3,353,452 N

Ddv = 1975.5 - 3868 = - 1,893 mm

Ddvbc = 1975.5 - 322 = 1,654 mm

Av2 = As + Acu/n2+ Acl/n2' = 244865.1 + 1066318.5 / 21+ 1272313 / 21 = 356,229 mm^2

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1875.8 x 244865.1 / (1066318.5 / 21 + 244865. 1,554 mm

ds2 = dv - dc2 = 1875.8 - 1553.6 = 322 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv + Pbv2 x Ddvbc

= [-2810509.5 x (-1892.5) + (-3353451.9) x 1653.5] / 1000000

= -226.0 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv2ru = ((Ptv2+Pbv2) / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv)

= (-2810509.5 + (-3353451.9))/446679.1+(-0.167)x-226x1000000x(-2531.7)/991109467624

= -13.896 MPa

· fv2bcu = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcu / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-2810510-3353452)/356229+(-0.167)x-226x1000000x1354/917036077469)-9762x(-0.00027)

= 1.8 MPa

· fv2bcl = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcl / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-2810510-3353452)/356229+(-0.167)x-226x1000000x1954/917036077469)-9762x(-0.00027)

= 1.8 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2su / Idv2

= (-2810509.5 + (-3353451.9))/356228.5+(-0.167)x-226x1000000x(-1759.5)/917036077468.733

= -17.376 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Idv2

= (-2810509.5 + (-3353451.9))/356228.5+(-0.167)x-226x1000000x1975.5/917036077468.733

= -17.222 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1066318.5/7 = 3,747,348 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3747347.9x-1906.6 / 1000000 = - 7,145 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3747347.9/446679.1 + (-0.167)x(-7144.7)x(-2531.7) / 991109467624 - 205000 x 0.00012

= -19.258 MPa

· fv3bcu = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcu / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(3747347.9/446679.1+(-0.167)x(-7144.7)x774.3/991109467624)-30891.1x0.000012x10

= -2.400 MPa

· fv3bcl = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(3747347.9/446679.1+(-0.167)x(-7144.7)x1000000x1374.3/991109467624)-30891.1x0.000012x10

= -2.300 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3747347.9 /446679.1+(-0.167)x(-7144.7)x1000000x(-2338.7)/9911094676 5.574 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3747347.9 /446679.1+(-0.167)x(-7144.7)x100000x1396.3/991109467624 = 10.070 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 8252384.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1410.31 x 1000 /118400 + 23.42x1000000 / (2 x 8252384x16) = 12.000 MPa

2) 단일합성시

· F = 8363792.9 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1689.28 x 1000 /118400 + 26.96x1000000 / (2 x 8363792.9x16) = 14.368 MPa

3) 이중합성시

· F = 8403903.1 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 2472.8 x 1000 /118400 + 1894.07x1000000 / (2 x 8403903.1x16) = 27.928 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa
- 허용압축응력 : ∴ frca = 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 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 40 = -16.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 40 = 2.8 MPa > 2.5 MPa

이므로, 2.5 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 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 합성전 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 2 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 2) = 13.8 mm < t = 22 mm ∴ O.K.

- 합성전 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 50.0mm ⓑ b/(44xixn) = 25.0mm ⓒ b/(80xixn) = 13.8mm

t = 22 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[220,000x((txixn) / b)^2] = -88.0 MPa

③ 압축 하부플랜지의 합성후 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 4 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 4) = 12.5 mm < t = 22 mm ∴ O.K.

- 합성후 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 25.0mm ⓑ b/(44xixn) = 12.5mm ⓒ b/(80xixn) = 6.9mm

t = 22 mm 이므로, ∴ fsla2 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -214.4 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3700 / (281 x 1.2 = 10.973

여기서, √(fca/fc) = √(230/101.766) = 1.451 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.158) = 3700 / (281 x 1 = 11.371

여기서, √(fca/fc) = √(214.4/159.943) 1.158 < 1.2 1.16 적용

∴ t_min = 11.371 < t = 16.0 mm ∴ 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	-	-	-	-	53.8	287.5	-61.0	-110.0
	2	-	-	-5.7	-16.0	132.3	230.0	-101.8	-214.4
	3	95.8	160.0	-11.4	-16.0	213.7	230.0	-159.9	-214.4
	4	79.1	160.0	-6.6	-16.0	194.4	230.0	-178.5	-214.4
	5	59.8	184.0	-8.9	-18.4	200.0	264.5	-168.4	-246.6
	6	98.3	184.0	-4.3	-18.4	188.8	264.5	-188.5	-246.6
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.187	0.555	12.000	168.8	0.07	0.31
	2	-	0.358	0.575	0.475	26.368	135.0	0.20	0.37
	3	0.599	0.715	0.929	0.746	54.296	135.0	0.40	1.02
	4	0.494	0.413	0.845	0.832	54.296	135.0	0.40	0.88
	5	0.325	0.484	0.756	0.683	54.296	155.3	0.35	0.69
	6	0.534	0.234	0.714	0.765	54.296	155.3	0.35	0.71

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x 40 = 24.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 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		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	132.6	400.0	-16.27	-24.0	306.9	380.0	-234.3	-380.0
	2	171.1	400.0	-11.67	-24.0	295.8	380.0	-254.5	-380.0
	3	149.4	400.0	-21.11	-24.0	326.2	380.0	-220.6	-380.0
	4	155.8	400.0	-16.51	-24.0	315.1	380.0	-240.7	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		= 0.879		< 1.0		∴ O.K.	

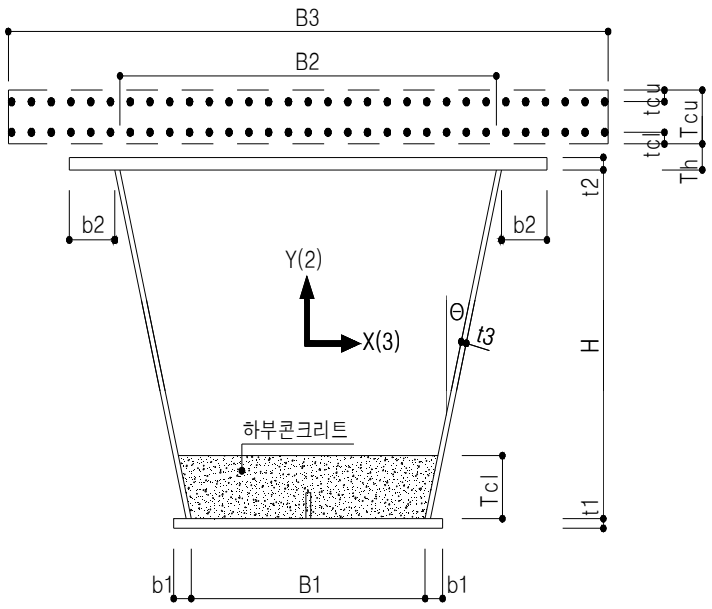
◎ **이중합성구간 < 단면 12 >** 단면위치: 88,3/4지점 **(외측거더)** **<폐합단면>**

(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(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.16748

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3468
t1	18
t2	18
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	26
Tcl	530
b1	100
b2	250
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	120	12	2	상부플랜지	2650	상부바닥판	4459	n(상부)	7
하부리브	200	18	1	하부플랜지	2350	하부슬래브	2150	n'(하부)	7

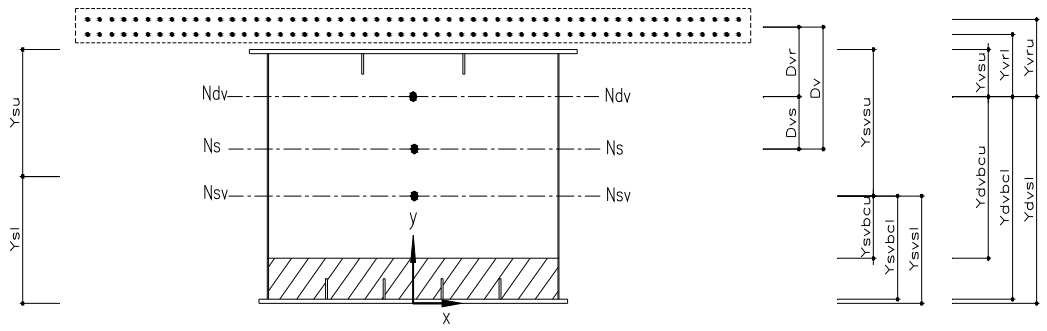
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-11355.5	-19942.7	-11717.3	-15613.3	-352.8	-58981.6
전단력, S (kN)	931.0	1149.0	677.7	1057.9	6.5	3822.2
비틀림, T (kN-m)	132.8	155.8	30.6	1267.2	8.9	1595.37

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

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	2649.7×18×1	47,695	3,495	1.667.E+08	1.288.E+06	1.383.E+11	1.383.E+11
상부리브	120×12×2	2,880	3,426	9.867.E+06	3.456.E+06	7.687.E+09	7.690.E+09
복부판	3,468.0×16×2	110,976	1,752	1.944.E+08	1.112.E+11	1.802.E+08	1.114.E+11
하부리브	200×18×1	3,600	118	4.248.E+05	1.200.E+07	1.009.E+10	1.010.E+10
하부플랜지	2349.7×18×1	42,295	9	3.807.E+05	1.142.E+06	1.345.E+11	1.345.E+11
계		207,445		3.718.E+08			4.020.E+11

- 도심 : ys = 371794561/207445 = 1792.3 mm

Ysu = 1792.3 - 3504 = -1711.7 mm

Ysl = 1792.3 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -11,355.5x1000000 x (-1711.7) / 401981016796.8 = 48.354 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -11,355.5x1000000 x 1792.3/401981016796.8 = -50.631 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	2149.7x530	1139339.3			2.67.E+10		
환산 하부콘크리트		162762.8	283.0	4.61.E+07	3.81.E+09	1.16.E+11	1.20.E+11
STEEL		207445.0	1792.3	3.72.E+08	4.02.E+11	9.14.E+10	4.93.E+11
계		370207.8		4.18.E+08			6.14.E+11

- 도심 : ysv = 417865546/370207.8 = 1128.7 mm n' = 7

Ysvbcu = 1128.7 - 548 = 580.7 mm Ysvsu = 1128.7-3504= -2375.3 mm

Ysvbcl = 1128.7 - 18 = 1110.7 mm Ysvsl = 1128.7 mm

Dsvbc = 1128.7 - 283 = 845.7 mm

- 하부콘크리트 응력 :

· fsvbcu = Md2xYsvbcu/(n'xIsv) = -19942.66x1000000x580.7/(7x613551867284.8) = -2.696 MPa

· fsvbcl = Md2xYsvbcl/(n'xIsv) = -19942.66x1000000x1110.7/(7x613551867284.8) = -5.157 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -19942.66x1000000 x (-2375.3) / 613551867284.8 = 77.206 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -19942.66x1000000 x 1128.7/613551867284.8 = -36.687 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x70	20055.0					
환산바닥판 철근		20055.0	3622.0	7.264.E+07		1.122.E+11	1.122.E+11
단일합성시		370207.8	1128.7	4.179.E+08	6.136.E+11	6.075.E+09	6.196.E+11
계		390262.8		4.905.E+08			7.318.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.167
- 도심 : Ydv = 490492754/390262.8 = 1257 mm
  Atc = 4459.1x240 = 1070180 mm^2
  Abc = 2149.7x530 = 1139339 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 7

Ydvru = 1256.8-3692 = -2435.2 mm Ddvr = 1256.8 - 3622 = -2365.2 mm
Ydvrcl = 1256.8-3552 = -2295.2 mm Ddvbc = 1256.8 - 283 = 1115.3 mm
Ydvbcu = 1256.8-548 = 708.8 mm Ddvs = 1256.8 - 1792.3 = -535.5 mm
Ydvbcl = 1256.8-18 = 1238.8 mm Ddv = 2365.2 + (-535.5) = 1829.7 mm
Ydvsu = 1256.8-3495 = -2238.2 mm
Ydvsl = 1256.8 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-11,717.3x1000000x(-2435.2)/(1x731817933108.8 38.991 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -11,717.3x1000000x708.8/(7x731817933108.8)= -1.621 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -11,717.3x1000000x1238.8/(7x731817933108.8) -2.834 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -11717.33x1000000 x (-2238.2)/731817933108.8 = 35.836 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -11717.33x1000000 x 1256.8/731817933108.8 = -20.123 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -15613.3x1000000x(-2435.2)/(1x731817933108.8 51.955 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -15613.3x1000000x708.8/(7x731817933108.8)= -2.160 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -15613.3x1000000x1238.8/(7x731817933108.8)= -3.776 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -15613.3x1000000 x (-2238.2)/731817933108.8 = 47.752 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -15613.3x1000000 x 1256.8/731817933108.8 = -26.814 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -352.8x1000000x(-2435.2)/(1x731817933108.8)= 1.174 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -352.8x1000000x708.8/(7x731817933108.8)= -0.049 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -352.8x1000000x1238.8/(7x731817933108.8)= -0.085 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -352.8x1000000 x (-2238.2) / 731817933108.8= 1.079 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -352.8x1000000 x 1256.8/731817933108.8= -0.606 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	2149.7x530	1139339.3			2.667.E+10	1.697.E+12	1.723.E+12
환산 하부콘크리트		126593.3	283.0	3.583.E+07	3.810.E+09	1.112.E+11	1.150.E+11
합성전		207445.0	1792.3	3.718.E+08	4.020.E+11	6.787.E+10	4.699.E+11
계		334038.3		4.076.E+08			5.849.E+11

- 탄성계수비:n1-60' = n'x (1 + Φ_1 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.465 / 2) = 9

Φ_1 '(60,30) = **0.465** (하부콘크리트의 바닥판양생시까지의 크리프계수)

- 도심 : ysv1 = 407629564.8/334038.3 = 1220.3 mm

Ysv1bcu = 1220.3 - 548 = 672.3 mm Ysv1su = 1220.3 - 3495 = -2274.7 mm

Ysv1bcl = 1220.3 - 18 = 1202.3 mm Ysv1sl = 1220.3 mm

Dsvbc1 = 1220.3 - 283 937.3 mm

① 1차고정하중 의한 크리프 효과:

· Nbc = Md2 / (n' x Idsv) x (-Dsvbc) x Abc

= -19942.66x1000000/(7x613551867284.8)x(845.7)x1139339.3 = - 4,474,074 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -4474074.1x2x0.465/(2+0.465) = - 1,687,987 N

· Mv1 = Pbv1 x Dsvbc1

= -1687987.4x 937.3/1000000 = -1582.2 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fv1bcu = 1/n1-60' x (Pbv1/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcu / Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+ Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-1687987/334038+(-0.167)x(-1582.2)x1000000x672/584879842730)-0.465/(1+0.465/2)x(-2.696)

= 0.489 MPa

· fv1bcl = 1/n1-60' x ((Ptv1+Pbv1)/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcl/Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-1687987/334038+(-0.167)x(-1582.2)x1000000x1202/584879842730)-0.465/(1+0.465/2)x(-5.157)

= 1.445 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1su / Isv1

= -1687987.4 /334038.3+(-0.167)x(-1582.2)x1000000x(-2274.7)/584879842730.322

= -6.081 MPa

· fv1sl = +Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1sl / Isv1

= -1687987.4 /334038.3+(-0.167)x(-1582.2)x1000000x1220.3/584879842730.322

= -4.502 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4459.1x240	1070180.2			5.137.E+09		
환산 상부바닥판		152882.9	3632.0	5.553.E+08	7.338.E+08	4.798.E+11	4.806.E+11
하부콘크리트	2149.7x530	1139339.3			2.667.E+10		
환산 하부콘크리트		162762.8	283.0	4.606.E+07	3.810.E+09	4.050.E+11	4.088.E+11
합성전		207445.0	1792.3	3.718.E+08	4.020.E+11	9.620.E+08	4.029.E+11
계		523090.6		9.731.E+08			1.292.E+12

- 탄성계수비:n = 7 n' = 7

- 도심 : yv1 = 973136175/523090.6 = 1860.4 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4459.1x240	1070180.2			5.137.E+09		
환산 상부바닥판		76441.4	3632.0	2.776.E+08	3.669.E+08	2.607.E+11	2.611.E+11
하부콘크리트	2149.7x530	1139339.3			2.667.E+10	3.631.E+12	3.658.E+12
환산 하부콘크리트		94944.9	283.0	2.687.E+07	3.810.E+09	2.143.E+11	2.181.E+11
합성전		207445.0	1792.3	3.718.E+08	4.020.E+11	1.046.E+07	4.020.E+11
계		378831.4		6.763.E+08			8.811.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1' = n'x (1 + Φ_1 '/ 2) = 7 x (1 + 1.54 / 2) = 12

Φ_1 ' = Φ_1 -Φ_1 '(60,30) = 2.00 - 0.47 = 1.54

- 도심 : ydv1 = 676308412.4/378831.4 = 1785.2 mm

Ydv1tcu = 1785.2 - 3752 = -1966.8 mm

Ydv1tcl = 1785.2 - 3512 = -1726.8 mm

Ydv1bcu = 1785.2 - 548 = 1237.2 mm

Ydv1bcl = 1785.2 - 18 = 1767.2 mm

Ydv1su = 1785.2 - 3495 = -1709.8 mm

Ydv1sl = 1785.2 mm

Dvs1 = 1860.4 - 1792.3 = 68.1 mm

Dv1 = 1771.6 + 68.1 = 1839.7 mm

Ddvtc = 1860.4 - 3632 = -1771.6 mm

Ddvbc = 1860.4 - 283 = 1577.4 mm

Ddvtc1 = 1785.2 - 3632 = -1846.8 mm

Ddvbc1 = 1785.2 - 283 = 1502.2 mm

Av1 = As +Ac/n1 = 283886.4 mm^2

dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1344.328 mm

ds1 = dv - dc1 = 495.372 mm

② 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= -11717.33x1000000/(7x1292304809717.7)x(-1771.6)x1070180.2 = 2,455,773 N

· Nbc = Md3 / (n' x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= -11717.33x1000000/(7x1292304809717.7)x(1577.4)x1139339.3 = - 2,327,880 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 2455773.1x2x2/(2+2) = 2,455,773 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 '/(2 + Φ_1 ') = -2327879.9x2x1.54/(2+1.54) = - 2,025,387 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1 + Pbv1 x Ddvbc1

= 2455773.1x (-1846.8) /1000000 + -2025387x 1502.2/1000000 = -7577.9 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv1ru = (Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydvru / (Idv1)

= (2455773.1 + -2025387)/378831.4+(-0.167)x(-7577.9)x1000000x(-2435.2)/881138167136

= -2.361 MPa

· fv1bcu = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcu / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2455773.1+-2025387)/378831+(-0.167)x(-7577.9)x1000000x1237/881138167136)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.834)

= 2.708 MPa

· fv1bcl = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcl / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2455773.1+-2025387)/378831+(-0.167)x(-7577.9)x1000000x1767/881138167136)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.834)

= 2.772 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1su / Idv1

= (2455773.1 + -2025387)/378831.4+(-0.167)x(-7577.9)x1000000x(-1709.8)/881138167136.214

= -1.320 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1sl / Idv1

= (2455773.1 + -2025387)/378831.4+(-0.167)x(-7577.9)x1000000x1785.2/881138167136.214

= 3.700 MPa

5) 건조수축 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2149.7x530	1139339.3			2.667.E+10	1.801.E+12	1.827.E+12
환산 하부콘크리트		113933.9	283.0	3.224.E+07	3.810.E+09	1.081.E+11	1.119.E+11
합성전		207445.0	1792.3	3.718.E+08	4.020.E+11	5.940.E+10	4.614.E+11
계		321378.9		4.040.E+08			5.733.E+11

- 탄성계수비:n2-60' = n'x (1 + Φ_2 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.93 / 2) = 10

Φ_2 ' = 2 x Φ_1 '(60,30) = **0.930**

건조수축변형률 εs (60,30) = 0.000010

- 도심 : ysv2 = 404046975.7/321378.9 = 1257.2 mm

Ysv2bcu = 1257.2 - 548 = 709.2 mm Ysv2su = 1257.2 - 3495 = -2237.8 mm

Ysv2bcl = 1257.2 - 18 = 1239.2 mm Ysv2sl = 1257.2 mm

Dsvbc1 = 1257.2 - 283 974.2 mm

Ec2' = Es / n2' = 205000/10 = 20500.0 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Pbv2 = Ec2'x εs (60,30) x Abc = -20500x0.00001x1139339.3 = - 233,565 N

Ddvbc = 1257.2 - 283 = 974 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Pbv2 x Ddvbc

= (-233564.6) x 974.2 / 1000000

= -227.5 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fsv2bcu = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcu / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-233565)/321379+(-0.167)x-228x1000000x709/573319943749)-20500x(-0.00001)

= 0.1 MPa

· fsv2bcl = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcl / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-233565)/321379+(-0.167)x-228x1000000x1239/573319943749)-20500x(-0.00001)

= 0.1 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2su / Isv2

= -233564.6 /321378.9+(-0.167)x-227.5x1000000x(-2237.8)/573319943749.415

= -0.875 MPa

· fv2sl = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2sl / Isv2

= -233564.6 /321378.9+(-0.167)x-227.5x1000000x1257.2/573319943749.415

= -0.643 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4459.1x240	1070180.2			5.137.E+09		
환산상부바닥판	0.000	50961.0	3632.0	1.851.E+08	2.446.E+08	1.654.E+11	1.657.E+11
하부콘크리트	2149.7x530	1139339.3			2.667.E+10	3.817.E+12	3.843.E+12
환산 하부콘크리트		54254.3	283.0	1.535.E+07	1.270.E+09	1.299.E+11	1.312.E+11
합성전		207445.0	1792.3	3.718.E+08	4.020.E+11	2.996.E+08	4.023.E+11
계		312660.2	0.0	5.722.E+08			6.991.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

n2' = n'x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

- 도심 : ydv2 = 572247840.6/312660.2 = 1830.30 mm

Ydv2bcu = 1830.3 - 548 = 1282.3 mm Ydv2su = 1830.3 - 3495 = -1664.7 mm

Ydv2bcl = 1830.3 - 18 = 1812.3 mm Ydv2sl = 1830.3 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ec2' = Es / n2' = 205000/21 = 9761.9 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1070180.2 = - 2,820,688 N

Pbv2 = Ec2'x εs x Abc = -9761.9x0.00027x1139339.3 = - 3,002,971 N

Ddv = 1830.3 - 3632 = - 1,802 mm

Ddvbc = 1830.3 - 283 = 1,547 mm

Av2 = As + Acu/n2+ Acl/n2' = 207445 + 1070180.2 / 21+ 1139339.3 / 21 = 312,660 mm^2

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1839.7 x 207445 / (1070180.2 / 21 + 207445) = 1,477 mm

ds2 = dv - dc2 = 1839.7 - 1476.9 = 363 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv + Pbv2 x Ddvbc

= [-2820687.9 x (-1801.7) + (-3002971.4) x 1547.3] / 1000000

= 435.5 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv2ru = ((Ptv2+Pbv2) / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv)

= (-2820687.9 + (-3002971.4))/390262.8+(-0.167)x435.5x1000000x(-2435.2)/731817933109

= -14.680 MPa

· fv2bcu = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcu / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-2820688-3002971)/312660+(-0.167)x436x1000000x1282/699112855352)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

· fv2bcl = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcl / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-2820688-3002971)/312660+(-0.167)x436x1000000x1812/699112855352)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2su / Idv2

= (-2820687.9 + (-3002971.4))/312660.2+(-0.167)x435.5x1000000x(-1664.7)/699112855352.194

= -18.453 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Idv2

= (-2820687.9 + (-3002971.4))/312660.2+(-0.167)x435.5x1000000x1830.3/699112855352.194

= -18.817 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1070180.2/7 = 3,760,919 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3760919x-1771.6 / 1000000 = - 6,663 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3760919/390262.8 + (-0.167)x(-6662.8)x(-2435.2) / 731817933108.8 - 205000 x 0.00012

= -18.666 MPa

· fv3bcu = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcu / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(3760919/390262.8+(-0.167)x(-6662.8)x708.8/731817933108.8)-30891.1x0.000012x10

= -2.200 MPa

· fv3bcl = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(3760919/390262.8+(-0.167)x(-6662.8)x1000000x1238.8/731817933108.8)-30891.1x0.000012x10

= -2.100 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3760919 /390262.8+(-0.167)x(-6662.8)x1000000x(-2238.2)/731817933108 6.234 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3760919 /390262.8+(-0.167)x(-6662.8)x100000x1256.8/731817933108.8 = 11.548 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7724976.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 931.01 x 1000 /110976 + 132.76x1000000 / (2 x 7724976x16) = 8.926 MPa

2) 단일합성시

· F = 7823387.2 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1148.99 x 1000 /110976 + 155.81x1000000 / (2 x 7823387.2x16) = 10.976 MPa

3) 이중합성시

· F = 7863497.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1735.64 x 1000 /110976 + 1297.88x1000000 / (2 x 7863497.4x16) = 20.798 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa
- 허용압축응력 : ∴ frca = 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 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 40 = -16.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 40 = 2.8 MPa > 2.5 MPa

이므로, 2.5 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 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 합성전 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 2 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 2) = 13.8 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 합성전 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 50.0mm ⓑ b/(44xixn) = 25.0mm ⓒ b/(80xixn) = 13.8mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[220,000x((txixn) / b)^2] = -58.9 MPa

③ 압축 하부플랜지의 합성후 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 4 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 4) = 12.5 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 합성후 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 25.0mm ⓑ b/(44xixn) = 12.5mm ⓒ b/(80xixn) = 6.9mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla2 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -185.5 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3468 / (281 x 1.2 = 10.285

여기서, √(fca/fc) = √(230/87.318) = 1.458 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.151) = 3468 / (281 x 1 = 10.723

여기서, √(fca/fc) = √(185.511/140.006) 1.151 < 1.2 1.15 적용

∴ t_min = 10.723 < t = 16.0 mm ∴ 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	-	-	-	-	48.4	287.5	-50.6	-73.6
	2	-	-	-5.2	-16.0	125.6	230.0	-87.3	-185.5
	3	92.1	160.0	-10.3	-16.0	203.3	230.0	-140.0	-185.5
	4	75.1	160.0	-5.8	-16.0	183.5	230.0	-159.6	-185.5
	5	56.4	184.0	-7.9	-18.4	189.7	264.5	-148.1	-213.3
	6	93.7	184.0	-3.7	-18.4	177.3	264.5	-171.2	-213.3
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.168	0.688	8.926	168.8	0.05	0.48
	2	-	0.322	0.546	0.471	19.902	135.0	0.15	0.32
	3	0.576	0.644	0.884	0.755	40.7	135.0	0.30	0.87
	4	0.469	0.365	0.798	0.860	40.7	135.0	0.30	0.83
	5	0.307	0.431	0.717	0.694	40.7	155.3	0.26	0.58
	6	0.509	0.203	0.670	0.802	40.7	155.3	0.26	0.71

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x 40 = 24.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 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		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	126.7	400.0	-14.59	-24.0	292.0	380.0	-206.0	-380.0
	2	164.0	400.0	-10.39	-24.0	279.5	380.0	-229.1	-380.0
	3	143.7	400.0	-19.06	-24.0	311.8	380.0	-190.9	-380.0
	4	149.3	400.0	-14.86	-24.0	299.3	380.0	-214.0	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		= 0.820		< 1.0		∴ O.K.	

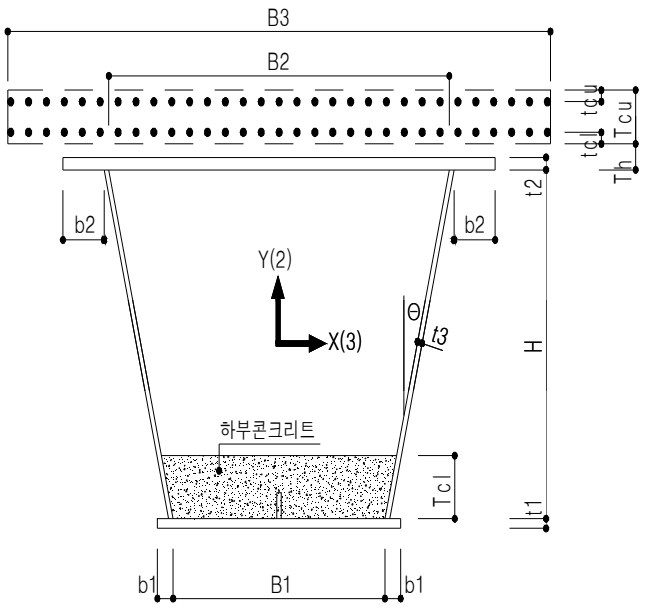
◎ **이중합성구간 < 단면 13 >** 단면위치: 88,I지점 **(외측거더)** **<폐합단면>**

(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(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.16736

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3109
t1	18
t2	18
t3	14
tr	0
Tcu	240
Th	26
Tcl	470
b1	100
b2	250
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	120	12	2	상부플랜지	2666	상부바닥판	4471	n(상부)	7
하부리브	200	18	1	하부플랜지	2366	하부슬래브	2166	n'(하부)	7

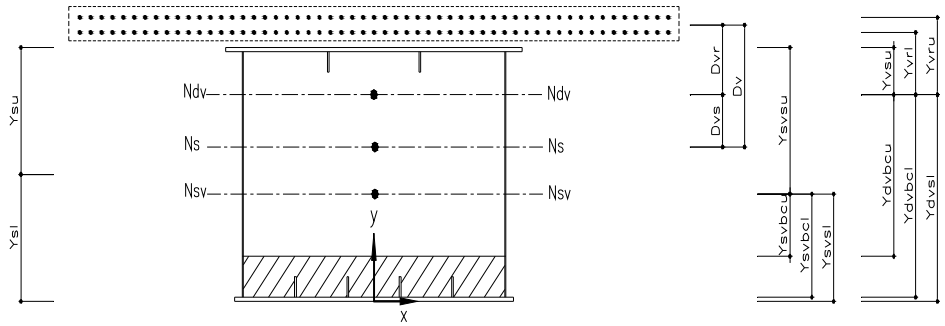
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-8179.0	-15767.9	-9254.8	-12659.3	-327.9	-46188.9
전단력, S (kN)	739.5	1039.6	613.5	953.0	6.5	3352.1
비틀림, T (kN-m)	132.8	137.6	96.3	1228.3	8.9	1603.93

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm²)	y (mm)	As・y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Is (mm⁴)
상부플랜지	2666.1×18×1	47,989	3,136	1.505.E+08	1.296.E+06	1.113.E+11	1.113.E+11
상부리브	120×12×2	2,880	3,067	8.833.E+06	3.456.E+06	6.086.E+09	6.090.E+09
복부판	3,109.0×14×2	87,052	1,573	1.369.E+08	7.012.E+10	1.449.E+08	7.026.E+10
하부리브	200×18×1	3,600	118	4.248.E+05	1.200.E+07	8.049.E+09	8.061.E+09
하부플랜지	2366.1×18×1	42,589	9	3.833.E+05	1.150.E+06	1.096.E+11	1.096.E+11
계		184,110		2.970.E+08			3.053.E+11

- 도심 : ys = 297023835/184110 = 1613.3 mm
  Ysu = 1613.3 - 3145 = -1531.7 mm
  Ysl = 1613.3 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -8,179.0x1000000 x (-1531.7) / 305300477195.3 = 41.034 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -8,179.0x1000000 x 1613.3/305300477195.3 = -43.220 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm²)	y (mm)	Asv・y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Isv (mm⁴)
하부콘크리트	2166.1x470	1018046.4			1.87.E+10		
환산 하부콘크리트		145435.2	253.0	3.68.E+07	2.68.E+09	8.40.E+10	8.67.E+10
STEEL		184110.0	1613.3	2.97.E+08	3.05.E+11	6.63.E+10	3.72.E+11
계		329545.2		3.34.E+08			4.58.E+11

- 도심 : ysv = 333819769/329545.2 = 1013.0 mm n' = 7
  Ysvbcu = 1013 - 488 = 525.0 mm Ysvsu = 1013-3145= -2132.0 mm
  Ysvbcl = 1013 - 18 = 995.0 mm Ysvsl = 1013.0 mm
  Dsvbc = 1013 - 253 = 760.0 mm

- 하부콘크리트 응력 :

· fsvbcu = Md2xYsvbcu/(n'xIsv) = -15767.92x1000000x525/(7x458326964451.3) = -2.580 MPa

· fsvbcl = Md2xYsvbcl/(n'xIsv) = -15767.92x1000000x995/(7x458326964451.3) = -4.890 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -15767.92x1000000 x (-2132) / 458326964451.3 = 73.348 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -15767.92x1000000 x 1013/458326964451.3 = -34.850 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	H19x70	20055.0					
환산바닥판 철근		20055.0	3263.0	6.544.E+07		9.021.E+10	9.021.E+10
단일합성시		329545.2	1013.0	3.338.E+08	4.583.E+11	5.492.E+09	4.638.E+11
계		349600.2		3.993.E+08			5.540.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.167
- 도심 : Ydv = 399268753/349600.2 = 1142 mm
  Atc = 4470.6x240 = 1072939 mm^2
  Abc = 2166.1x470 = 1018046 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 7

Ydvru = 1142.1-3333 = -2190.9 mm Ddvr = 1142.1 - 3263 = -2120.9 mm
Ydvrcl = 1142.1-3193 = -2050.9 mm Ddvbc = 1142.1 - 253 = 1015.6 mm
Ydvbcu = 1142.1-488 = 654.1 mm Ddvs = 1142.1 - 1613.3 = -471.2 mm
Ydvbcl = 1142.1-18 = 1124.1 mm Ddv = 2120.9 + (-471.2) = 1649.7 mm
Ydvsu = 1142.1-3136 = -1993.9 mm
Ydvsl = 1142.1 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-9,254.8x1000000x(-2190.9)/(1x554031169811.3) 36.598 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -9,254.8x1000000x654.1/(7x554031169811.3)= -1.561 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -9,254.8x1000000x1124.1/(7x554031169811.3)= -2.682 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -9254.753x1000000 x (-1993.9)/554031169811.3 = 33.307 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -9254.753x1000000 x 1142.1/554031169811.3 = -19.078 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -12659.3x1000000x(-2190.9)/(1x554031169811.3 50.061 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -12659.3x1000000x654.1/(7x554031169811.3)= -2.135 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -12659.3x1000000x1124.1/(7x554031169811.3)= -3.669 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -12659.3x1000000 x (-1993.9)/554031169811.3 = 45.559 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -12659.3x1000000 x 1142.1/554031169811.3 = -26.096 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -327.9x1000000x(-2190.9)/(1x554031169811.3)= 1.297 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -327.9x1000000x654.1/(7x554031169811.3)= -0.055 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -327.9x1000000x1124.1/(7x554031169811.3)= -0.095 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -327.9x1000000 x (-1993.9) / 554031169811.3= 1.180 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -327.9x1000000 x 1142.1/554031169811.3= -0.676 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	2166.1x470	1018046.4			1.874.E+10	1.222.E+12	1.241.E+12
환산 하부콘크리트		113116.3	253.0	2.862.E+07	2.677.E+09	8.031.E+10	8.299.E+10
합성전		184110.0	1613.3	2.970.E+08	3.053.E+11	4.934.E+10	3.546.E+11
계		297226.3		3.256.E+08			4.376.E+11

- 탄성계수비:n1-60' = n'x (1 + Φ_1 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.469 / 2) = 9

Φ_1 '(60,30) = **0.469** (하부콘크리트의 바닥판양생시까지의 크리프계수)

- 도심 : ysv1 = 325643078.5/297226.3 = 1095.6 mm

Ysv1bcu = 1095.6 - 488 = 607.6 mm Ysv1su = 1095.6 - 3136 = -2040.4 mm

Ysv1bcl = 1095.6 - 18 = 1077.6 mm Ysv1sl = 1095.6 mm

Dsvbc1 = 1095.6 - 253 842.6 mm

① 1차고정하중 의한 크리프 효과:

· Nbc = Md2 / (n' x Idsv) x (-Dsvbc) x Abc

= -15767.92x1000000/(7x458326964451.3)x(760)x1018046.4 = - 3,802,613 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -3802613x2x0.469/(2+0.469) = - 1,444,654 N

· Mv1 = Pbv1 x Dsvbc1

= -1444654.1x 842.6/1000000 = -1217.3 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fv1bcu = 1/n1-60' x (Pbv1/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcu / Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+ Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-1444654/297226+(-0.167)x(-1217.3)x1000000x608/437631317862)-0.469/(1+0.469/2)x(-2.58)

= 0.471 MPa

· fv1bcl = 1/n1-60' x ((Ptv1+Pbv1)/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcl/Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-1444654/297226+(-0.167)x(-1217.3)x1000000x1078/437631317862)-0.469/(1+0.469/2)x(-4.89)

= 1.373 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1su / Isv1

= -1444654.1 /297226.3+(-0.167)x(-1217.3)x1000000x(-2040.4)/437631317861.677

= -5.808 MPa

· fv1sl = +Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1sl / Isv1

= -1444654.1 /297226.3+(-0.167)x(-1217.3)x1000000x1095.6/437631317861.677

= -4.352 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4470.6x240	1072938.6			5.150.E+09		
환산 상부바닥판		153276.9	3273.0	5.017.E+08	7.357.E+08	3.647.E+11	3.655.E+11
하부콘크리트	2166.1x470	1018046.4			1.874.E+10		
환산 하부콘크리트		145435.2	253.0	3.680.E+07	2.677.E+09	3.174.E+11	3.201.E+11
합성전		184110.0	1613.3	2.970.E+08	3.053.E+11	2.525.E+09	3.078.E+11
계		482822.1		8.355.E+08			9.934.E+11

- 탄성계수비: n = 7 n' = 7

- 도심 : yv1 = 835495203/482822.1 = 1730.4 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4470.6x240	1072938.6			5.150.E+09		
환산 상부바닥판		76638.5	3273.0	2.508.E+08	3.679.E+08	2.025.E+11	2.029.E+11
하부콘크리트	2166.1x470	1018046.4			1.874.E+10	2.763.E+12	2.782.E+12
환산 하부콘크리트		84837.2	253.0	2.146.E+07	2.677.E+09	1.650.E+11	1.676.E+11
합성전		184110.0	1613.3	2.970.E+08	3.053.E+11	2.141.E+08	3.055.E+11
계		345585.7		5.693.E+08			6.760.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 = 569326191.6/345585.7 = 1647.4 mm

Ydv1tcu = 1647.4 - 3393 = -1745.6 mm Ddvtc = 1730.4 - 3273 = -1542.6 mm

Ydv1tcl = 1647.4 - 3153 = -1505.6 mm Ddvbc = 1730.4 - 253 = 1477.4 mm

Ydv1bcu = 1647.4 - 488 = 1159.4 mm Ddvtc1 = 1647.4 - 3273 = -1625.6 mm

Ydv1bcl = 1647.4 - 18 = 1629.4 mm Ddvbc1 = 1647.4 - 253 = 1394.4 mm

Ydv1su = 1647.4 - 3136 = -1488.6 mm Av1 = As +Ac/n1 = 260748.5 mm^2

Ydv1sl = 1647.4 mm dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1171.886 mm

Dvs1 = 1730.4 - 1613.3 = 117.1 mm ds1 = dv - dc1 = 487.814 mm

Dv1 = 1542.6 + 117.1 = 1659.7 mm

② 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= -9254.753x1000000/(7x993421069403.3)x(-1542.6)x1072938.6 = 2,202,732 N

· Nbc = Md3 / (n' x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= -9254.753x1000000/(7x993421069403.3)x(1477.4)x1018046.4 = - 2,001,701 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 2202731.8x2x2/(2+2) = 2,202,732 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1' /(2 + Φ_1') = -2001700.5x2x1.53/(2+1.53) = - 1,735,185 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1 + Pbv1 x Ddvbc1

= 2202731.8x (-1625.6) /1000000 + -1735185.1x 1394.4/1000000 = -6000.3 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv1ru = (Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydvru / (Idv1)

= (2202731.8 + -1735185.1)/345585.7+(-0.167)x(-6000.3)x1000000x(-2190.9)/676035907796

= -1.895 MPa

· fv1bcu = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcu / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2202731.8+-1735185)/345586+(-0.167)x(-6000.3)x1000000x1159/676035907796)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.682)

= 2.581 MPa

· fv1bcl = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcl / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2202731.8+-1735185)/345586+(-0.167)x(-6000.3)x1000000x1629/676035907796)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.682)

= 2.639 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1su / Idv1

= (2202731.8 + -1735185.1)/345585.7+(-0.167)x(-6000.3)x1000000x(-1488.6)/676035907795.556

= -0.854 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1sl / Idv1

= (2202731.8 + -1735185.1)/345585.7+(-0.167)x(-6000.3)x1000000x1647.4/676035907795.556

= 3.795 MPa

5) 건조수축 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2166.1x470	1018046.4			1.874.E+10	1.297.E+12	1.316.E+12
환산 하부콘크리트		101804.6	253.0	2.576.E+07	2.677.E+09	7.810.E+10	8.078.E+10
합성전		184110.0	1613.3	2.970.E+08	3.053.E+11	4.320.E+10	3.485.E+11
계		285914.6		3.228.E+08			4.293.E+11

- 탄성계수비:n2-60' = n'x (1 + Φ_2 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.938 / 2) = 10

Φ_2 ' = 2 x Φ_1 '(60,30) = **0.938**

건조수축변형률 εs (60,30) = 0.000012

- 도심 : ysv2 = 322781236.9/285914.6 = 1128.9 mm

Ysv2bcu = 1128.9 - 488 = 640.9 mm Ysv2su = 1128.9 - 3136 = -2007.1 mm

Ysv2bcl = 1128.9 - 18 = 1110.9 mm Ysv2sl = 1128.9 mm

Dsvbc1 = 1128.9 - 253 875.9 mm

Ec2' = Es / n2' = 205000/10 = 20500.0 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Pbv2 = Ec2'x εs (60,30) x Abc = -20500x0.000012x1018046.4 = - 250,439 N

Ddvbc = 1128.9 - 253 = 876 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Pbv2 x Ddvbc

= (-250439.4) x 875.9 / 1000000

= -219.4 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fsv2bcu = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcu / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-250439)/285915+(-0.167)x-219x1000000x641/429282488040)-20500x(-0.000012)

= 0.2 MPa

· fsv2bcl = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcl / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-250439)/285915+(-0.167)x-219x1000000x1111/429282488040)-20500x(-0.000012)

= 0.2 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2su / Isv2

= -250439.4 /285914.6+(-0.167)x-219.4x1000000x(-2007.1)/429282488040.373

= -1.047 MPa

· fv2sl = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2sl / Isv2

= -250439.4 /285914.6+(-0.167)x-219.4x1000000x1128.9/429282488040.373

= -0.780 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm²)	y (mm)	Av1・y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Iv1 (mm⁴)
상부바닥판	4470.6x240	1072938.6			5.150.E+09		
환산상부바닥판	0.000	51092.3	3273.0	1.672.E+08	2.452.E+08	1.297.E+11	1.299.E+11
하부콘크리트	2166.1x470	1018046.4			1.874.E+10	2.873.E+12	2.891.E+12
환산 하부콘크리트		48478.4	253.0	1.227.E+07	8.924.E+08	9.869.E+10	9.958.E+10
합성전		184110.0	1613.3	2.970.E+08	3.053.E+11	8.142.E+08	3.061.E+11
계		283680.7	0.0	4.765.E+08			5.356.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

n2' = n'x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

- 도심 : ydv2 = 476514842.9/283680.7 = 1679.80 mm

Ydv2bcu = 1679.8 - 488 = 1191.8 mm Ydv2su = 1679.8 - 3136 = -1456.2 mm

Ydv2bcl = 1679.8 - 18 = 1661.8 mm Ydv2sl = 1679.8 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ec2' = Es / n2' = 205000/21 = 9761.9 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1072938.6 = - 2,827,958 N

Pbv2 = Ec2'x εs x Abc = -9761.9x0.00027x1018046.4 = - 2,683,278 N

Ddv = 1679.8 - 3273 = - 1,593 mm

Ddvbc = 1679.8 - 253 = 1,427 mm

Av2 = As + Acu/n2+ Acl/n2' = 184110 + 1072938.6 / 21+ 1018046.4 / 21 = 283,681 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1659.7 x 184110 / (1072938.6 / 21 + 184110) = 1,299 mm

ds2 = dv - dc2 = 1659.7 - 1299.2 = 361 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv + Pbv2 x Ddvbc

= [-2827958.2 x (-1593.2) + (-2683278.1) x 1426.8] / 1000000

= 677.0 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv2ru = ((Ptv2+Pbv2) / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv)

= (-2827958.2 + (-2683278.1))/349600.2+(-0.167)x677x1000000x(-2190.9)/554031169811

= -15.317 MPa

· fv2bcu = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcu / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-2827958-2683278)/283681+(-0.167)x677x1000000x1192/535629527856)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

· fv2bcl = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcl / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-2827958-2683278)/283681+(-0.167)x677x1000000x1662/535629527856)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2su / Idv2

= (-2827958.2 + (-2683278.1))/283680.7+(-0.167)x677x1000000x(-1456.2)/535629527855.667

= -19.120 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Idv2

= (-2827958.2 + (-2683278.1))/283680.7+(-0.167)x677x1000000x1679.8/535629527855.667

= -19.782 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1072938.6/7 = 3,770,613 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3770612.8x-1542.6 / 1000000 = - 5,817 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3770612.8/349600.2 + (-0.167)x(-5816.5)x(-2190.9) / 554031169811.3 - 205000 x 0.00012

= -17.656 MPa

· fv3bcu = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcu / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(3770612.8/349600.2+(-0.167)x(-5816.5)x654.1/554031169811.3)-30891.1x0.000012x10

= -2.000 MPa

· fv3bcl = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(3770612.8/349600.2+(-0.167)x(-5816.5)x1000000x1124.1/554031169811.3)-30891.1x0.000012x10

= -1.900 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3770612.8 /349600.2+(-0.167)x(-5816.5)x1000000x(-1993.9)/5540311698 7.290 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3770612.8 /349600.2+(-0.167)x(-5816.5)x100000x1142.1/554031169811.3 12.788 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6923178.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 739.55 x 1000 /87052 + 132.76x1000000 / (2 x 6923178x14) = 9.180 MPa

2) 단일합성시

· F = 7010369.5 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1039.57 x 1000 /87052 + 137.62x1000000 / (2 x 7010369.5x14) = 12.643 MPa

3) 이중합성시

· F = 7050443.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1566.47 x 1000 /87052 + 1324.63x1000000 / (2 x 7050443.6x14) = 24.705 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa
- 허용압축응력 : ∴ frca = 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 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 40 = -16.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 40 = 2.8 MPa > 2.5 MPa

이므로, 2.5 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 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 합성전 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 2 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 2) = 13.8 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 합성전 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 50.0mm ⓑ b/(44xixn) = 25.0mm ⓒ b/(80xixn) = 13.8mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[220,000x((txixn) / b)^2] = -58.9 MPa

③ 압축 하부플랜지의 합성후 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 4 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 4) = 12.5 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 합성후 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 25.0mm ⓑ b/(44xixn) = 12.5mm ⓒ b/(80xixn) = 6.9mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla2 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -185.5 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3109 / (281 x 1.2 = 9.220

여기서, √(fca/fc) = √(230/78.07) = 1.541 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.199) = 3109 / (281 x 1 = 9.228

여기서, √(fca/fc) = √(185.511/129.052) 1.199 < 1.2 1.20 적용

∴ t_min = 9.228 < t = 14.0 mm ∴ 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	-	-	-	-	41.0	287.5	-43.2	-73.6
	2	-	-	-4.9	-16.0	114.4	230.0	-78.1	-185.5
	3	88.0	160.0	-9.8	-16.0	187.6	230.0	-129.1	-185.5
	4	70.7	160.0	-5.4	-16.0	167.6	230.0	-149.4	-185.5
	5	53.1	184.0	-7.3	-18.4	174.9	264.5	-136.6	-213.3
	6	88.4	184.0	-3.5	-18.4	160.3	264.5	-162.2	-213.3
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.143	0.587	9.180	168.8	0.05	0.35
	2	-	0.306	0.497	0.421	21.823	135.0	0.16	0.27
	3	0.550	0.610	0.816	0.696	46.528	135.0	0.34	0.78
	4	0.442	0.339	0.729	0.805	46.528	135.0	0.34	0.77
	5	0.289	0.398	0.661	0.640	46.528	155.3	0.30	0.53
	6	0.480	0.192	0.606	0.760	46.528	155.3	0.30	0.67

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x 40 = 24.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 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		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	120.3	400.0	-13.72	-24.0	270.4	380.0	-190.7	-380.0
	2	155.7	400.0	-9.92	-24.0	255.8	380.0	-216.3	-380.0
	3	137.6	400.0	-18.06	-24.0	290.4	380.0	-174.7	-380.0
	4	141.3	400.0	-14.26	-24.0	275.8	380.0	-200.3	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		= 0.764		< 1.0		∴ O.K.	

5.4 응력검토 요약

< 지간중앙부 >

(단면) 1-1 (위치) 104,3/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	16.00	12.00	49.59	0.88	0.80	0.59
허용치	15.60	10.03	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.03	1.20	2.72	1.13	1.51	1.69
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 2-1 (위치) 103,1/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	22.00	12.00	39.06	0.77	0.66	0.73
허용치	15.60	9.20	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.41	1.30	3.46	1.29	1.81	1.36
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 3-1 (위치) 102,1/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	22.00	12.00	29.84	0.89	0.84	0.85
허용치	15.60	10.02	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.41	1.20	4.52	1.12	1.43	1.18
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 4-1 (위치) 99,J지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	26.00	12.00	10.13	0.90	0.81	0.85
허용치	15.60	10.12	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.67	1.19	13.33	1.11	1.48	1.17
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 5-1 (위치) 98,1/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	22.00	12.00	22.96	0.90	0.85	0.86
허용치	15.60	10.00	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.41	1.20	5.88	1.11	1.42	1.16
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 6-1 (위치) 96,3/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	18.00	12.00	37.00	0.90	0.89	0.88
허용치	15.60	9.99	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.15	1.20	3.65	1.11	1.35	1.13
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 17-1 (위치) 80,2/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (㎜)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	16.00	12.00	10.42	0.91	0.83	0.76
허용치	15.60	8.48	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.03	1.41	12.95	1.10	1.45	1.32
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

< 교번구간 >

(단면) 7-1 (위치) 93,3/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (㎜)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	12.00	14.00	48.61	0.81	0.75	0.60
허용치	10.00	9.34	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.20	1.50	2.78	1.24	1.60	1.67
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 8-1 (위치) 92,3/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (㎜)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	14.00	51.86	0.76	0.73	0.76
허용치	10.00	9.50	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.80	1.47	2.60	1.31	1.65	1.31
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 9-1 (위치) 92,I지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (㎜)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	16.00	47.79	0.83	0.82	0.80
허용치	10.00	10.60	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.80	1.51	2.82	1.20	1.47	1.25
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 14-1 (위치) 87,I지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (㎜)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	14.00	44.12	0.88	0.88	0.85
허용치	10.00	8.88	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.80	1.58	3.06	1.14	1.36	1.18
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 15-1 (위치) 86,1/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (㎜)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	12.00	50.26	0.86	0.87	0.84
허용치	10.00	7.95	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.80	1.51	2.69	1.17	1.37	1.19
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 16-1 (위치) 84,3/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	12.00	12.00	43.86	0.71	0.58	0.48
허용치	10.00	7.46	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.20	1.61	3.08	1.42	2.07	2.09
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

< 이중합성부 :폐합단면>

(단면) 10-1 (위치) 91,1/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	16.00	48.97	0.92	0.98	0.86
허용치	13.80	10.51	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.30	1.52	2.76	1.09	1.23	1.16
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 11-1 (위치) 17,J지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	22.00	16.00	54.30	0.93	1.02	0.88
허용치	13.80	11.37	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.59	1.41	2.49	1.08	1.17	1.14
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

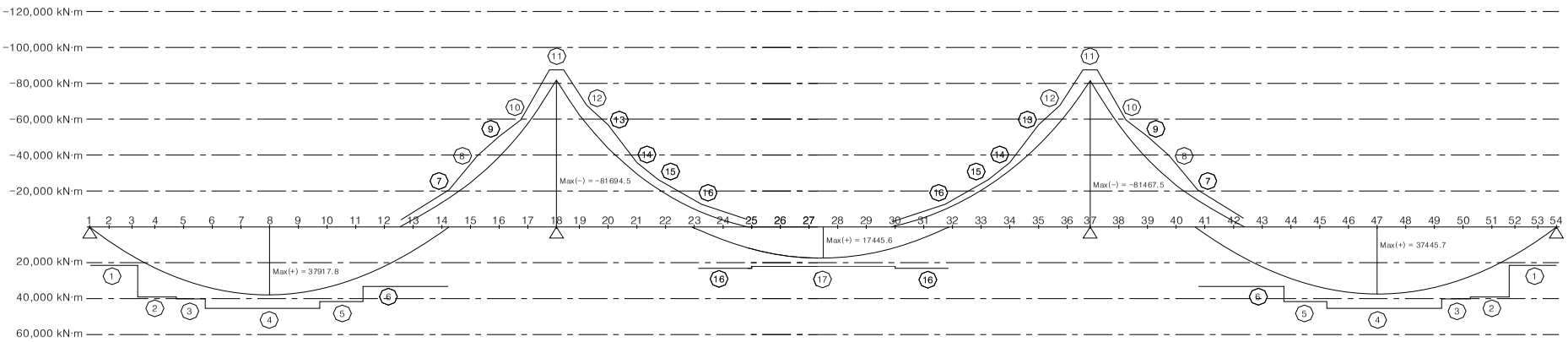
(단면) 12-1 (위치) 88,3/4지점 (외측거더)

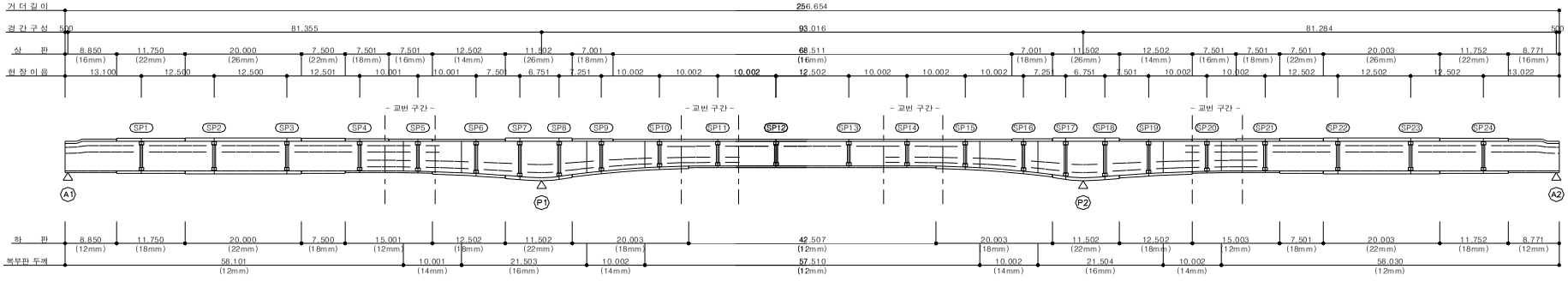
구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	16.00	40.70	0.88	0.87	0.82
허용치	13.80	10.72	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.30	1.49	3.32	1.13	1.38	1.22
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 13-1 (위치) 88,I지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	14.00	46.53	0.82	0.78	0.76
허용치	13.80	9.23	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.30	1.52	2.90	1.23	1.53	1.31
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

< 단면요약도 : Girder-1 >





< 단면요약도 : Girder-2 >