# 등원육교

## (Steel Box Girder Br.)

# 목 차

# 1. 설계조건

## 1.1 교량제원

1) 교 량 명 : 등원육교
2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
3) 교 량 형 식 : Steel Box Girder Br.
4) 교 량 연 장 : 40.0 + 3@50.0 + 40.0 = 230.0m
5) 교 량 폭 원 : B = 19.500 m
6) Girder 제원 : B = 2.400 m, H = 2.500 m
7) 사 각(Skew) : 0.00 °
8) 곡률반경(R) : 좌측 = 450 m, 중앙 = 450 m, 우측 = 450 m
9) 설 계 속 도 : 80.00 km/h
10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

• 사 용 재 료

| | | |
|---|---|---|
| 주 부 재 | SM490<br>( 상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트 ) | |
| 부 부 재 | SM400<br>( 지점부외 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 일반부 가로보,지점부 가로보 ) | |
| 강재 탄성계수 ($E_{st}$) | 205,000 MPa | [도로교설계기준(2010) 2.3.3] |
| 강재의 전단탄성계수 (G) | 79,000 MPa | [도로교설계기준(2010) 2.3.3] |

• 허용 응력 (MPa) [도로교설계기준(2010) 3.3.2.1]

| 강재 판두께(mm) \ 강 종 | | SS400<br>SM400<br>SMA400 | SM 490 | SM490Y<br>SM 520<br>SMA490 | SM 570<br>SMA570 | HSB500 | HSB600 | HSB800<br>(80이하) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 축방향 인장응력<br>및<br>휨 인장응력 | 40 이하 | 140 | 190 | 215 | 270 | 230 | 270 | 380 |
| | 40 초과 75 이하 | 130 | 175(190) | 200 | 260 | | | |
| | 75 초과 100이하 | | | 195(215) | 250(270) | | | |

| 응력 종류, 강재 판두께(mm) \ 강 종 | | SS 400<br>SM 400<br>SMA400 | SM 490 | SM490Y<br>SM 520<br>SMA490 | SM 570<br>SMA570 | HSB500 | HSB600 | HSB800 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ⓐ 휨 압축응력 | 40 이하 | 140 | 190 | 215 | 270 | 230 | 270 | 380 |
| | 40 초과 75 이하 | 130 | 175<br>(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<br>(110) | 115(125) | 150(155) | | | |
| | 75 초과 100이하 | | | 115(125) | 145(155) | | | |
| 지압응력<br>(강판과 강판 사이) | 40 이하 | 210 | 285 | 325 | 405 | 345 | 405 | 570 |
| | 40 초과 75 이하 | 195 | 265<br>(285) | 300 (325) | 390 (405) | | | |
| | 75 초과 100이하 | | | 295 (325) | 375 (405) | | | |

※ TMC 강재일 경우에는 ( )안의 값을 적용한다. 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 직접 고정되어 있는 경우, 상자형 단면
π형 단면과 같이 횡자굴이 일어나기 어려운 경우 휨 압축응력 적용

• 항복응력 (MPa) [도로교설계기준(2010) 3.2.5]

| 강 종 / 응력 종류, 강재 판두께(mm) | | SS 400<br>SM 400<br>SMA400 | SM 490 | SM490Y<br>SM 520<br>SMA490 | SM 570<br>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 적용하고, HSB 600인 경우에는 [ ]안의 값을 적용한다.

• 국부좌굴을 고려하지 않는 허용 축방향 압축응력 (MPa) [도로교설계기준(2010) 표 3.3.2]

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

※ TMC 강재일 경우에는 일반강재에 40이하 값을 사용함

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

• ⓐ 이외의 허용 휨 압축 응력 (MPa) [도로교설계기준(2010) 표 3.3.4(b)]

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

※ TMC 강재일 경우에는 ( )안의 값을 적용한다.

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

- 강재 주거더의 허용응력 증가율 [도로교설계기준(2010) 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 |

- 마찰 이음용 고장력 볼트 허용력 (kN) (1볼트 1마찰면 마다) [도로교설계기준(2010) 표 3.3.8]

| 볼트의 등급 / 나사호칭 | F8T | F10T | S10T | F13T | S13T |
|---|---|---|---|---|---|
| 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 | - | - |

• 철근의 허용응력(MPa) [도로교설계기준(2010) 표 4.5.1]

| 응력 및 부재의 종류 \ 철근종류 | | | SD 300 | SD 350 | SD 400 |
|---|---|---|---|---|---|
| 인장응력 | 하중의 조합에 충돌하중 또는 지진의 영향을 포함하지 않을 경우 | (1) 일반적인 부재 | 150 | 175 | 180 |
| | | (2) 바닥판, 경간 10m 이하의 슬래브교 | 150 | 160 | 160 |
| | | (3) 수중 또는 지하수위 이하에 설치하는 부재 | 150 | 160 | 160 |
| | (4) 하중의 조합에 충돌하중 또는 지진의 영향을 포함하는 경우의 허용응력의 기본값 | | 150 | 175 | 180 |
| (5) 압 축 응 력 | | | 150 | 175 | 180 |

② 바닥판 콘크리트

| | | | |
|---|---|---|---|
| 콘크리트 설계 기준강도 ($f_{ck}$) | 27.0 | MPa | |
| 콘크리트 탄성계수 ($E_c$) | 27,804.1 | MPa | [도로교설계기준(2010) 2.3.3] |
| 전단 탄성계수 ($G_c$) | 11,916.0 | MPa | [도로교설계기준(2010) 2.3.3] |
| 탄성계수비 (n) | 8 | | [도로교설계기준(2010) 3.9.2.2] |
| 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차 | 10 | ℃ | [도로교설계기준(2010) 3.9.2.7] |
| 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 (α) | 0.000012 | | [도로교설계기준(2010) 3.9.2.7] |
| 건조수축 계수 ($\varepsilon_s$) | 0.000270 | | [도로교설계기준(2010) 3.9.2.8] |
| 상 대 습 도 | 70 | % | |
| CREEP 계수 ($\phi_2$) | $\phi_2 = 2\phi_1$ : 4 | | [도로교설계기준(2010) 3.9.2.8] |

③ 바닥판 철근

| | | |
|---|---|---|
| 철근 설계 항복강도 ($f_y$) | 400 | MPa |
| 철근 탄성계수 ($E_s$) | 200,000 | MPa |

## 1.2 하중조건

1) 고정하중 [도로교설계기준(2010) 표 2.1.1]

① 철근콘크리트 : 25.00 kN/$m^3$ ( 2.50 tonf/$m^3$)

② 무근콘크리트 : 23.50 kN/$m^3$ ( 2.35 tonf/$m^3$)

③ 강 재 : 78.50 kN/$m^3$ ( 7.85 tonf/$m^3$)

④ 아스팔트 포장 : 23.00 kN/$m^3$ ( 2.30 tonf/$m^3$)

2) 활하중 [도로교설계기준(2010) 2.1.3]

① 설계 차선수 산정

$W_c$ = 18.500 m , N = 5 차로

W = 18.500 / 5 = 3.700 m > 3.600 m

∴ 설계 차로폭 3.600m마다 5차로 연속으로 재하

② 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

- DB-24 하중
  - 전륜하중 : $P_f$ = 24.00 kN
  - 후륜하중 : $P_r$ = 96.00 kN
- DL-24 하중
  - 차로당 등분포 하중 : $W_l$ = 12.70 kN/m
  - 모멘트 계산시 집중하중 : $P_m$ = 108.00 kN
  - 전단력 계산시 집중하중 : $P_s$ = 156.00 kN

③ 충격계수

| 구 분 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | 제한치 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 지 간(m) | 38.650 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 38.650 | | |
| $i_{중앙부}$ | 0.191 | 0.167 | 0.167 | 0.167 | 0.191 | - | 0.3 |
| $i_{지점부}$ | 0.178 | | 0.167 | | | | |
| | | 0.167 | | 0.178 | | | |

3) 콘크리트의 Creep와 건조수축의 영향

- 철근 콘크리트의 바닥판의 Creep와 건조수축의 영향에 대한 단면력을 검토한다.

4) 온도변화에 대한 영향

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

5) 풍하중에 의한 영향

- 플레이트거더교에 작용하는 풍하중은 교축방향 길이의 1m당 다음과 같이 산정한다.

| 단면형상 | 풍하중 |
|---|---|
| 1 ≤ B/D < 8 | (4.0 - 0.2·B/D) D ≥ 6.0 |
| 8 ≤ B/D | 2.4·D ≥ 6.0 |

6) 지점침하에 의한 영향

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

7) 원심하중

- 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 말한다.

8) 초과하중

- 허용응력설계법에 의한 2등교와 3등교의 설계에서는 규정된 DB하중을 100% 증가시킨 것을 한 차로에만 재하시킴으로써 생기는 응력에 대한 검토를 해야한다. 이와 같이 재하했을 때 활하중, 충격, 고정하중에 대한 허용응력은 50% 증가 시키며, 바닥판 설계에는 검토할 필요가 없다.

## 1.3 설계방법

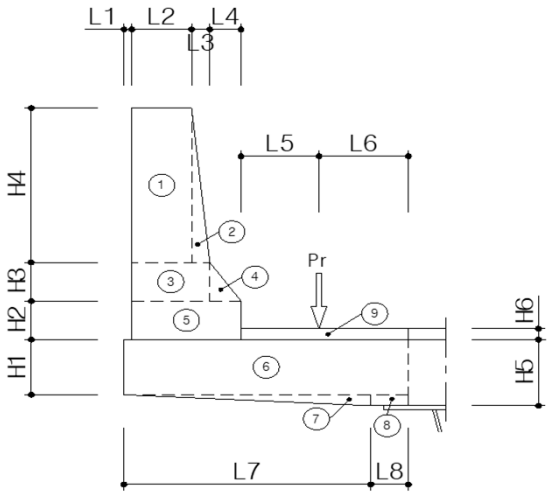
1) Slab : 강도설계법(Ultimate strength method)
2) Main Girder : 허용응력설계법(Allowable stress method)

## 1.4 참고문헌


1) 도로교설계기준 (2010)
2) 도로교설계기준 해설 (2008)
3) 콘크리트구조기준 (2012)
4) 도로설계편람 (2008)
5) 도로설계요령 (2012)
6) 강구조 편람 (1995)
7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)
8) 구조설계기준, KDS 14 00 00 (2018)

# 2. 바닥판 검토

## 2.1 좌측 캔틸레버부




| | | | |
|---|---|---|---|
| H1 | 0.200 m | L1 | 0.030 m |
| H2 | 0.205 m | L2 | 0.230 m |
| H3 | 0.175 m | L3 | 0.070 m |
| H4 | 0.700 m | L4 | 0.120 m |
| H5 | 0.437 m | L5 | 0.300 m |
| H6 | 0.080 m | L6 | 0.190 m |
| H7 | 1.080 m | L7 | 0.940 m |
| R | 450.000 m | L8 | 0.000 m |
| V | 80.000 km/h | L9 | - |
| | | | |

| | |
|---|---|
| 콘크리트 단위중량 | 25.000 kN/m³ |
| 무근콘크리트 단위중량 | 23.500 kN/m³ |
| 포장 단위중량 | 23.000 kN/m³ |
| DB 1후륜 하중 (Pr) | 96.000 kN |
| 탱크 총 중량 | |
| 탱크궤도 길이 | |
| 탱크하중 작용점(L5) | |
| 트레일러 1후륜 하중 | |
| 트레일러하중 작용점(L5) | |

1) 고정하중

| NO. | 산 식 | 작용하중(kN) | 작용거리(m) | 모멘트(kN·m) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.230 × 0.700 × 25.000 | 4.025 | 0.795 | 3.200 |
| 2 | ½ × 0.070 × 0.700 × 25.000 | 0.613 | 0.657 | 0.402 |
| 3 | 0.300 × 0.175 × 25.000 | 1.313 | 0.760 | 0.998 |
| 4 | ½ × 0.120 × 0.175 × 25.000 | 0.263 | 0.570 | 0.150 |
| 5 | 0.420 × 0.205 × 25.000 | 2.153 | 0.700 | 1.507 |
| 6 | 0.940 × 0.200 × 25.000 | 4.700 | 0.470 | 2.209 |
| 7 | ½ × 0.940 × 0.237 × 25.000 | 2.785 | 0.313 | 0.873 |
| 8 | 0.000 × 0.237 × 25.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 9 | 0.490 × 0.080 × 23.000 | 0.902 | 0.245 | 0.221 |
| 10 | 방음벽 | 1.000 | 0.795 | 0.795 |
| TOTAL | | 17.751 | 0.583 | 10.353 |

2) 활하중 (DB-24 : Pr = 96kN) [도로교설계기준(2010) 2.1.3]

- 윤하중 분포폭

E = 0.8·X + 1.14 = 0.8 × 0.190 + 1.14 = 1.292 m 여기서, X = 0.190 m

- 충격계수

  i = 15 / (40 + L) = 15 / ( 40 + 0.190 ) = 0.373 > 0.300 i = 0.300

- 작용 모멘트

  Ml+i = (96.00 / 1.292)×0.190×(1 + 0.30) = 18.353 kN·m/m

3) 차량 충돌 하중 [도로교설계기준(2010) 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 = ( 80.000 / 60 )²× 7.5 + 2.5 = 15.833 kN/m 작용높이 h = 1.299 m

Mco = 15.833 × 1.299 = 20.560 kN·m/m

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

H = 10.000 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.299 m

Mco = 10.000 × 1.299 = 12.985 kN·m/m

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

Mco = 20.560 = 20.560 kN·m/m

4) 풍하중 ( 3.00 $kN/m^2$ ) [도로교설계기준(2010) 2.1.11]

Pw = 3.000 × 1.080 = 3.240 kN/m

Mw = 3.240 × ( 1.080 / 2 ) = 1.750 kN·m/m

- 방음벽에 작용하는 풍하중

M = 1.0 × 3.0 ×( 1.0 / 2 + 0.080 + 0.437 / 2 = 2.3955 kN·m/m

5) 원심하중 [도로교설계기준(2010) 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 × 80.000² / 450.000 = 11.236 (%)

Pcf = 96.000 / 1.292 × 11.236 / 100 = 8.348 kN/m 작용높이 h = 2.019 m

Mcf = 8.348 × 2.019 = 16.851 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 | 10.353 | 18.353 | 0.000 | 20.560 | 0.000 | 4.145 | 16.851 |
| 구 분 | | | | | 비 고 | | |

7) 하중조합

| CASE | 단위 | $M_D$ | $M_{L+i}$ | $M_{co}$ | $M_w$ | $M_{CF}$ | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CASE 1 | kN·m | 1.30 | 2.15 | 0.00 | 0.00 | 1.30 | |
| CASE 2 | " | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 1.30 | 0.00 | |
| CASE 3 | " | 1.30 | 1.30 | 0.00 | 0.65 | 1.30 | |
| CASE 4 | " | 1.25 | 1.25 | 0.00 | 0.63 | 1.25 | |
| CASE 5 | " | 1.30 | 1.30 | 1.30 | 0.00 | 1.30 | |
| CASE 6 | " | 1.20 | 0.00 | 1.20 | 1.20 | 0.00 | |
| CASE 7 | " | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | |
| CASE 8 | " | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | |
| CASE 9 | " | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.50 | 1.00 | |
| CASE 10 | " | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 1.00 | |
| CASE 11 | " | 1.00 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | |

8) 계산 적용 모멘트 산정

| CASE | 단위 | $M_D$ | $M_{L+i}$ | $M_{co}$ | $M_w$ | $M_{CF}$ | 소 계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CASE 1 | kN·m | 13.459 | 39.459 | 0.000 | 0.000 | 21.907 | 74.825 |
| CASE 2 | " | 13.459 | 0.000 | 0.000 | 5.389 | 0.000 | 18.848 |
| CASE 3 | " | 13.459 | 23.859 | 0.000 | 2.694 | 21.907 | 61.919 |
| CASE 4 | " | 12.942 | 22.941 | 0.000 | 2.591 | 21.064 | 59.538 |
| CASE 5 | " | 13.459 | 23.859 | 26.727 | 0.000 | 21.907 | 85.952 |
| CASE 6 | " | 12.424 | 0.000 | 24.672 | 4.974 | 0.000 | 42.070 |
| 최대 계수 모멘트 | | | | | | | **85.952** |
| CASE 7 | " | 10.353 | 18.353 | 0.000 | 0.000 | 16.851 | 45.558 |
| CASE 8 | " | 10.353 | 0.000 | 0.000 | 4.145 | 0.000 | 14.499 |
| CASE 9 | " | 10.353 | 18.353 | 0.000 | 2.073 | 16.851 | 47.630 |
| CASE 10 | " | 10.353 | 18.353 | 20.560 | 0.000 | 16.851 | 66.117 |
| CASE 11 | " | 10.353 | 0.000 | 20.560 | 4.145 | 0.000 | 35.058 |
| 최대 사용 모멘트 | | | | | | | **66.117** |

9) 캔틸레버판 단부 설계 [도로교설계기준(2010) 4.7.6.4]

① 주철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배근한다.

② 배력철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력 철근량의 2배를 배력철근으로 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 = 0.19 ≤ 0.25인 경우) [도로교설계기준(2010) 3.6.1.5]

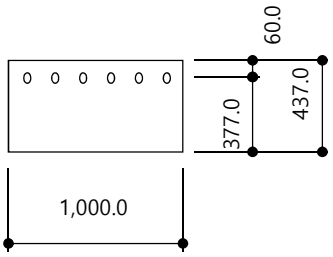
$h_{min}$ = (280·L + 180) = ( 280 × 0.190 + 180 ) = 233.2 mm > 220.0 mm ∴ $h_{req}$ = 233.2 mm

$h_{use}$ = 437.0 mm > $h_{req}$ = 233.2 mm ····· **O.K !!**

11) 단면검토

① 캔틸레버부

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $f_{ck}$ = | 27.0 | MPa | $f_y$ = | 400.0 | MPa |
| $M_u$ = | 85.952 | kN·m | M = | 66.117 | kN·m |
| b = | 1,000.0 | mm | h = | 437.0 | mm |
| β = | 0.85 | | d' = | 60.0 | mm |
| $Ø_f$ = | 0.85 | | d = | 377.0 | mm |




- 강도 감소계수 ($Ø_f$) 산정 [콘크리트구조기준(2012) 3.3.3]

$T = A_s \times f_y$ = 1,588.8 × 400.0 = 635,520.0

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

T = C 이므로, a = 27.692mm

c = 27.692 / β = 27.692 / 0.85 = 32.578 mm

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

$\varepsilon_t$ = 0.003 × (dt - c) / c = 0.003 × (377.0 - 32.578) / 32.578 = 0.0317 $d_t$ : 최외단 인장철근

$\varepsilon_t$ = 0.0317 ≥ 0.0050 이므로 인장지배 단면이며, Øf = 0.85를 적용한다. $\varepsilon_t$ : 순인장변형률

- 필요 철근량 산정

a = $A_s \times f_y$ / (β× $f_{ck}$ × b) = 0.01743 $A_s$ ---------- ①

$M_u = Φ_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$ = 128,180 $A_s$ - 170 $A_s$ · a ---------- ②

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다.

85,952,329 = -2.96296 $A_s^2$ + 128,180 $A_s$

∴ $A_{s\ req}$ = 681.289 $mm^2$

- 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 125 = 1,588.8 $mm^2$

H 0 @ 0 = 0.0 $mm^2$

Σ = 1,588.8 $mm^2$ **[S.F = 2.332]** ····· **O.K !!**

- 철근량 검토

$A_{s\ min}$ = 1.4 / $f_y$ × b × d = 1,319.5 $mm^2$ [콘크리트구조기준(2012) 6.3.2]

= 0.25√($f_{ck}$)/$f_y$× b × d = 1,224.3 $mm^2$ [콘크리트구조기준(2012) 6.3.2]

= 수축 온도 철근량 = 874.0 $mm^2$ [콘크리트구조기준(2012) 5.7.2]

∴ $A_{s\ min}$ = 1,319.5 $mm^2$

$A_{s\,max}$ = 0.714 × $\rho_b$ × b × d = 7,876.5 $mm^2$

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

- 휨에 대한 검토

a = $A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 27.692 mm

$\varphi M_n$ = 0.85×1,588.8×400.0×(377.0-a/2) = 196.173 kN·m

∴ $\varphi M_n$ ≥ $M_u$ = 85.952 kN·m **[S.F = 2.282]** **····· O.K !!**

② 사용성 검토

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 탄성계수비 n = Es / Ec | = | 8.0 | | |
| $A_{s\,use}$ = H 16 @ 125 | = | 1,588.8 | $mm^2$ | (개수 = 8.0 ea) |
| H 0 @ 0 | = | 0.0 | $mm^2$ | |
| | Σ = | 1,588.8 | $mm^2$ | |

철근비 $\rho = A_s / bd$

= 1,588.8 / (1,000.0 × 377.0) = 0.00421

중립축 $k = -n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$

= -0.0337 +√(2×0.0337 + 0.0337²) = 0.22814

중립축 거리 x = k × d = 0.22814 × 377.0 = 86.007

j = 1 - k / 3 = 1 - 0.228 / 3 = 0.924

철근 응력 $f_s = M / (A_s \times j \times d)$

= 66.12 / (1,588.8 × 0.924 × 377.0) = 119.468 MPa

< 0.6 $f_y$ = 240.000 MPa **····· O.K !!**

- 균열검토 [콘크리트구조기준(2012) 4.2]

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

인장연단 폭 $s_1 = 375 \times (210 / f_s) - 2.5 \cdot c_c$

= 375×(210 / 119.468) - 2.5×52.050 = 529.045 mm

인장연단 폭 $s_2 = 300 \times (210 / f_s)$

= 300×( 210 / 119.468 ) = 527.336 mm

Min = 527.336 mm

∴ s = 1,000.0 / 8.0ea = 125.0 mm ≤ $s_a$ = 527.3 mm **····· O.K !!**

- 처짐검토 [콘크리트구조기준(2012) 4.3]

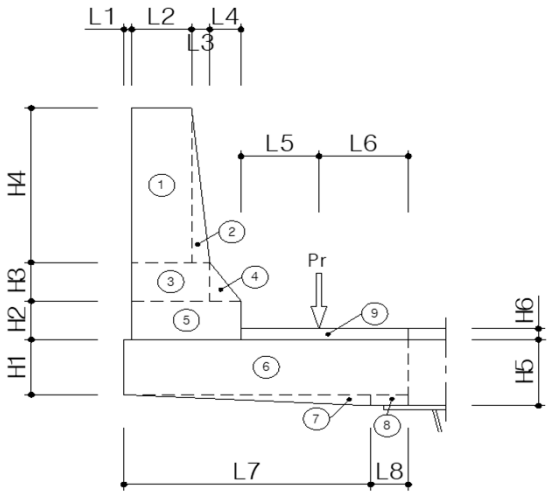
처짐 계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께

t(min) = L / 10 = 940.0 / 10 = 94.0 mm

∴ t(min) = 94.0 mm **≤** h = 437.0 mm **····· O.K !!**

∴ 별도의 처짐검토 필요 없음

## 2.2 우측 캔틸레버부




| | | | |
|---|---|---|---|
| H1 | 0.200 m | L1 | 0.030 m |
| H2 | 0.205 m | L2 | 0.230 m |
| H3 | 0.175 m | L3 | 0.070 m |
| H4 | 0.700 m | L4 | 0.120 m |
| H5 | 0.300 m | L5 | 0.300 m |
| H6 | 0.080 m | L6 | 0.190 m |
| H7 | 1.080 m | L7 | 0.940 m |
| R | 450.000 m | L8 | 0.000 m |
| V | 80.000 km/h | L9 | - |
| | | | |
| 콘크리트 단위중량 | | 25.000 kN/m³ | |
| 무근콘크리트 단위중량 | | 23.500 kN/m³ | |
| 포장 단위중량 | | 23.000 kN/m³ | |
| DB 1후륜 하중 (Pr) | | 96.000 kN | |
| 탱크 총 중량 | | | |
| 탱크궤도 길이 | | | |
| 탱크하중 작용점(L5) | | | |
| 트레일러 1후륜 하중 | | | |
| 트레일러하중 작용점(L5) | | | |

1) 고정하중

| NO. | 산 식 | 작용하중(kN) | 작용거리(m) | 모멘트(kN·m) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.230 × 0.700 × 25.000 | 4.025 | 0.795 | 3.200 |
| 2 | ½ × 0.070 × 0.700 × 25.000 | 0.613 | 0.657 | 0.402 |
| 3 | 0.300 × 0.175 × 25.000 | 1.313 | 0.760 | 0.998 |
| 4 | ½ × 0.120 × 0.175 × 25.000 | 0.263 | 0.570 | 0.150 |
| 5 | 0.420 × 0.205 × 25.000 | 2.153 | 0.700 | 1.507 |
| 6 | 0.940 × 0.200 × 25.000 | 4.700 | 0.470 | 2.209 |
| 7 | ½ × 0.940 × 0.100 × 25.000 | 1.175 | 0.313 | 0.368 |
| 8 | 0.000 × 0.100 × 25.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 9 | 0.490 × 0.080 × 23.000 | 0.902 | 0.245 | 0.221 |
| 10 | 난간 | 1.000 | 0.795 | 0.795 |
| TOTAL | | 16.142 | 0.610 | 9.849 |

2) 활하중 (DB-24 : Pr = 96kN) [도로교설계기준(2010) 2.1.3]

- 윤하중 분포폭

E = 0.8·X + 1.14 = 0.8 × 0.190 + 1.14 = 1.292 m 여기서, X = 0.190 m

- 충격계수

  i = 15 / (40 + L) = 15 / ( 40 + 0.190 ) = 0.373 > 0.300 i = 0.300

- 작용 모멘트

  Ml+i = (96.00 / 1.292)×0.190×(1 + 0.30) = 18.353 kN·m/m

3) 차량 충돌 하중 [도로교설계기준(2010) 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 = ( 80.000 / 60 )²× 7.5 + 2.5 = 15.833 kN/m 작용높이 h = 1.230 m

Mco = 15.833 × 1.230 = 19.475 kN·m/m

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

H = 10.000 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.230 m

Mco = 10.000 × 1.230 = 12.300 kN·m/m

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

Mco = 19.475 = 19.475 kN·m/m

4) 풍하중 ( 3.00 $kN/m^2$ ) [도로교설계기준(2010) 2.1.11]

Pw = 3.000 × 1.080 = 3.240 kN/m

Mw = 3.240 × ( 1.080 / 2 ) = 1.750 kN·m/m

- 방음벽에 작용하는 풍하중

M = 0.0 × 3.0 ×( 0.0 / 2 + 0.080 + 0.300 / 2 = 0.000 kN·m/m

5) 원심하중 [도로교설계기준(2010) 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 × 80.000² / 450.000 = 11.236 (%)

Pcf = 96.000 / 1.292 × 11.236 / 100 = 8.348 kN/m 작용높이 h = 1.950 m

Mcf = 8.348 × 1.950 = 16.279 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 | 9.849 | 18.353 | 0.000 | 19.475 | 0.000 | 1.750 | 16.279 |
| 구 분 | | | | | 비 고 | | |

7) 하중조합

| CASE | 단위 | $M_D$ | $M_{L+i}$ | $M_{co}$ | $M_w$ | $M_{CF}$ | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CASE 1 | kN·m | 1.30 | 2.15 | 0.00 | 0.00 | 1.30 | |
| CASE 2 | " | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 1.30 | 0.00 | |
| CASE 3 | " | 1.30 | 1.30 | 0.00 | 0.65 | 1.30 | |
| CASE 4 | " | 1.25 | 1.25 | 0.00 | 0.63 | 1.25 | |
| CASE 5 | " | 1.30 | 1.30 | 1.30 | 0.00 | 1.30 | |
| CASE 6 | " | 1.20 | 0.00 | 1.20 | 1.20 | 0.00 | |
| CASE 7 | " | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | |
| CASE 8 | " | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | |
| CASE 9 | " | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.50 | 1.00 | |
| CASE 10 | " | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 1.00 | |
| CASE 11 | " | 1.00 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | |

8) 계산 적용 모멘트 산정

| CASE | 단위 | $M_D$ | $M_{L+i}$ | $M_{co}$ | $M_w$ | $M_{CF}$ | 소 계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CASE 1 | kN·m | 12.804 | 39.459 | 0.000 | 0.000 | 21.163 | 73.426 |
| CASE 2 | " | 12.804 | 0.000 | 0.000 | 2.274 | 0.000 | 15.078 |
| CASE 3 | " | 12.804 | 23.859 | 0.000 | 1.137 | 21.163 | 58.963 |
| CASE 4 | " | 12.311 | 22.941 | 0.000 | 1.094 | 20.349 | 56.695 |
| CASE 5 | " | 12.804 | 23.859 | 25.318 | 0.000 | 21.163 | 83.143 |
| CASE 6 | " | 11.819 | 0.000 | 23.370 | 2.100 | 0.000 | 37.288 |
| 최대 계수 모멘트 | | | | | | | **83.143** |
| CASE 7 | " | 9.849 | 18.353 | 0.000 | 0.000 | 16.279 | 44.481 |
| CASE 8 | " | 9.849 | 0.000 | 0.000 | 1.750 | 0.000 | 11.599 |
| CASE 9 | " | 9.849 | 18.353 | 0.000 | 0.875 | 16.279 | 45.356 |
| CASE 10 | " | 9.849 | 18.353 | 19.475 | 0.000 | 16.279 | 63.956 |
| CASE 11 | " | 9.849 | 0.000 | 19.475 | 1.750 | 0.000 | 31.074 |
| 최대 사용 모멘트 | | | | | | | **63.956** |

9) 캔틸레버판 단부 설계 [도로교설계기준(2010) 4.7.6.4]

① 주철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배근한다.

② 배력철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력 철근량의 2배를 배력철근으로 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 = 0.19 ≤ 0.25인 경우) [도로교설계기준(2010) 3.6.1.5]

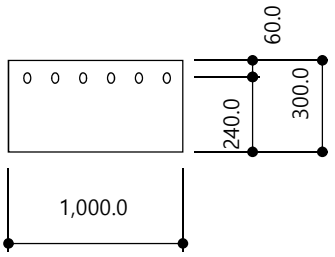
$h_{min}$ = (280·L + 180) = ( 280 × 0.190 + 180 ) = 233.2 mm > 220.0 mm ∴ $h_{req}$ = 233.2 mm

$h_{use}$ = 300.0 mm > $h_{req}$ = 233.2 mm ····· **O.K !!**

11) 단면검토

① 캔틸레버부

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $f_{ck}$ = | 27.0 | MPa | $f_y$ = | 400.0 | MPa |
| $M_u$ = | 83.143 | kN·m | M = | 63.956 | kN·m |
| b = | 1,000.0 | mm | h = | 300.0 | mm |
| β = | 0.85 | | d' = | 60.0 | mm |
| $Ø_f$ = | 0.85 | | d = | 240.0 | mm |




- 강도 감소계수 ($Ø_f$) 산정 [콘크리트구조기준(2012) 3.3.3]

$T = A_s \times f_y$ = 1,588.8 × 400.0 = 635,520.0

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

T = C 이므로, a = 27.692mm

c = 27.692 / β = 27.692 / 0.85 = 32.578 mm

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

$\varepsilon_t$ = 0.003 × (dt - c) / c = 0.003 × (240.0 - 32.578) / 32.578 = 0.0191 $d_t$ : 최외단 인장철근

$\varepsilon_t$ = 0.0191 ≥ 0.0050 이므로 인장지배 단면이며, Øf = 0.85를 적용한다. $\varepsilon_t$ : 순인장변형률

- 필요 철근량 산정

a = $A_s \times f_y$ / (β× $f_{ck}$ × b) = 0.01743 $A_s$ ---------- ①

$M_u = Φ_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$ = 81,600 $A_s$ - 170 $A_s$ · a ---------- ②

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다.

83,143,241 = -2.96296 $A_s^2$ + 81,600 $A_s$

∴ $A_{s\ req}$ = 1,059.687 $mm^2$

- 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 125 = 1,588.8 $mm^2$

H 0 @ 0 = 0.0 $mm^2$

Σ = 1,588.8 $mm^2$ **[S.F = 1.499]** ····· **O.K !!**

- 철근량 검토

$A_{s\ min}$ = 1.4 / $f_y$ × b × d = 840.0 $mm^2$ [콘크리트구조기준(2012) 6.3.2]

= 0.25√($f_{ck}$)/$f_y$× b × d = 779.4 $mm^2$ [콘크리트구조기준(2012) 6.3.2]

= 수축 온도 철근량 = 600.0 $mm^2$ [콘크리트구조기준(2012) 5.7.2]

∴ $A_{s\ min}$ = 840.0 $mm^2$

$A_{s\,max}$ = 0.714 × $\rho_b$ × b × d = 5,014.2 $mm^2$

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

- 휨에 대한 검토

a = $A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 27.692 mm

$\varphi M_n$ = 0.85×1,588.8×400.0×(240.0-a/2) = 122.167 kN·m

∴ $\varphi M_n$ ≥ $M_u$ = 83.143 kN·m **[S.F = 1.469]** ····· **O.K !!**

② 사용성 검토

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 탄성계수비 n = Es / Ec | = | 8.0 | | | |
| $A_{s\,use}$ = H 16 @ 125 | = | 1,588.8 | $mm^2$ | (개수 = 8.0 ea) | |
| H 0 @ 0 | = | 0.0 | $mm^2$ | | |
| | Σ = | 1,588.8 | $mm^2$ | | |
| 철근비 $\rho$ = $A_s$ / bd | | | | | |
| = 1,588.8 / (1,000.0 × 240.0) | = | 0.00662 | | | |
| 중립축 k = $-n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$ | | | | | |
| = -0.0530 +√(2×0.0530 + 0.0530²) | = | 0.27677 | | | |
| 중립축 거리 x = k × d = 0.27677 × 240.0 | = | 66.426 | | | |
| j = 1 - k / 3 = 1 - 0.277 / 3 | = | 0.908 | | | |
| 철근 응력 $f_s$ = M / ( $A_s$ × j × d ) | | | | | |
| = 63.96 / (1,588.8 × 0.908 × 240.0) | = | 184.774 | MPa | | |
| < 0.6 $f_y$ | = | 240.000 | MPa | ····· **O.K !!** | |

- 균열검토 [콘크리트구조기준(2012) 4.2]

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

인장연단 폭 $s_1$ = 375 × ( 210 / $f_s$ ) - 2.5·$c_c$

= 375×(210 / 184.774) - 2.5×52.050 = 296.071 mm

인장연단 폭 $s_2$ = 300 × ( 210 / $f_s$ )

= 300×( 210 / 184.774 ) = 340.957 mm

Min = 296.071 mm

∴ s = 1,000.0 / 8.0ea = 125.0 mm ≤ $s_a$ = 296.1 mm ····· **O.K !!**

- 처짐검토 [콘크리트구조기준(2012) 4.3]

처짐 계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께

t(min) = L / 10 = 940.0 / 10 = 94.0 mm

∴ t(min) = 94.0 mm **≤** h = 300.0 mm ····· **O.K !!**

∴ 별도의 처짐검토 필요 없음

## 2.2 중앙부

1) 고정하중

| NO. | 계 산 식 | | | | 작용하중(kN/㎡) | 바닥판지간(m) | 작용 모멘트(kN·m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 포장: | 0.080 | × | 23.000 | 1.840 | 2.900 | 6.804 |
| 2 | 바닥판: | 0.250 | × | 25.000 | 6.250 | | |
| TOTAL | | | | | 8.090 | | |

2) 활하중 (DB-24 : Pr = 96kN)

- 충 격 계 수

  i = 15 / (40 + L) = 15 / ( 40 + 2.900 ) = 0.350 > 0.300 i = 0.300

- 작용 모멘트

  Ml+i = (2.90 + 0.6) / 9.6 × 96.000 × (1 + 0.30) × 0.8 = 36.400 kN·m/m

3) 작용 모멘트

| 구 분 | 고정하중 ($M_D$) | 활하중 ($M_{L+i}$) |
|---|---|---|
| 모 멘 트 | 6.804 | 36.400 |

4) 하중조합

| CASE | 단위 | $M_D$ | $M_{L+i}$ | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| CASE 1 | kN·m | 1.30 | 2.15 | |
| CASE 2 | " | 1.30 | 1.30 | |
| CASE 3 | " | 1.00 | 1.00 | |

5) 계산 적용 모멘트 산정

| CASE | 단위 | $M_D$ | $M_{L+i}$ | $M_{co}$ | $M_w$ | $M_{CF}$ | 소 계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CASE 1 | kN·m | 8.845 | 78.260 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 87.105 |
| CASE 2 | " | 8.845 | 47.320 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 56.165 |
| 최대 계수 모멘트 | | | | | | | **87.105** |
| CASE 3 | " | 6.804 | 36.400 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 43.204 |
| 최대 사용 모멘트 | | | | | | | **43.204** |

6) 바닥판의 최소 두께 (연속판인 경우) [도로교설계기준(2010) 4.7.4.1]

$h_{min}$ = 30L + 130 = 217.0 mm < 220.0 mm ∴ $h_{req}$ = 220.0 mm

$h_{use}$ = 250.0 mm > $h_{req}$ = 220.0 mm ····· **O.K !!**

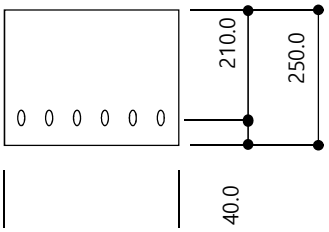
7) 단면검토

① 캔틸레버부

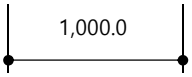
$f_{ck}$ = 27.0 MPa $f_y$ = 400.0 MPa

$M_u$ = 87.105 kN·m M = 43.204 kN·m

b = 1,000.0 mm h = 250.0 mm



| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta$ | = | 0.85 | d' | = | 40.0 | mm |
| $\varnothing_f$ | = | 0.85 | d | = | 210.0 | mm |




- 강도 감소계수 ($\varnothing_f$) 산정 [콘크리트구조기준(2012) 3.3.3]

$T = A_s \times f_y$ = 1,588.8 × 400.0 = 635,520.0

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

T = C 이므로, a = 27.692mm

$c = 27.692 / \beta = 27.692 / 0.85$ = 32.578 mm

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

$\varepsilon_t$ = 0.003 × (dt - c) / c = 0.003 × (210.0 - 32.578) / 32.578 = 0.0163 $d_t$ : 최외단 인장철근

$\varepsilon_t$ = 0.0163 ≥ 0.0050 이므로 인장지배 단면이며, Øf = 0.85를 적용한다. $\varepsilon_t$ : 순인장변형률

- 필요 철근량 산정

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 0.01743 $A_s$ ---------- ①

$M_u = \Phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$ = 71,400 $A_s$ - 170 $A_s \cdot a$ ---------- ②

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다.

87,104,797 = -2.96296 $A_s^2$ + 71,400 $A_s$

$\therefore A_{s\,req}$ = 1,288.894 $mm^2$

- 사용 철근량 산정

$\therefore A_{s\,use}$ = H 16 @ 125 = 1,588.8 $mm^2$

H 0 @ 0 = 0.0 $mm^2$

Σ = 1,588.8 $mm^2$ **[S.F = 1.233]** **····· O.K !!**

- 철근량 검토

$A_{s\,min}$ = 1.4 / $f_y$ × b × d = 735.0 $mm^2$ [콘크리트구조기준(2012) 6.3.2]

= $0.25\sqrt{(f_{ck})}/f_y \times$ b × d = 682.0 $mm^2$ [콘크리트구조기준(2012) 6.3.2]

= 수축 온도 철근량 = 500.0 $mm^2$ [콘크리트구조기준(2012) 5.7.2]

$\therefore A_{s\,min}$ = 735.0 $mm^2$

$A_{s\,max} = 0.714 \times \rho_b \times b \times d$ = 4,387.4 $mm^2$

$\therefore A_{s\,max} \geq A_{s\,use} \geq A_{s\,min}$ ····· O.K !!

- 휨에 대한 검토

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 27.692 mm

$\varphi M_n$ = 0.85×1,588.8×400.0×(210.0-a/2) = 105.961 kN·m

$\therefore \varphi M_n \geq M_u$ = 87.105 kN·m **[S.F = 1.216]** **····· O.K !!**

② 사용성 검토

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 탄성계수비 n = | Es / Ec | = | 8.0 | | |
| $A_{s\ use}$ = | H 16 @ 125 | = | 1,588.8 | $mm^2$ | (개수 = 8.0 ea) |
| | H 0 @ 0 | = | 0.0 | $mm^2$ | |
| | | Σ = | 1,588.8 | $mm^2$ | |

철근비 $\rho = A_s / bd$

$= 1{,}588.8 / (1{,}000.0 \times 210.0) = 0.00757$

중립축 $k = -n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$

$= -0.0605 + \sqrt{(2\times0.0605 + 0.0605^2)} = 0.29262$

중립축 거리 $x = k \times d = 0.29262 \times 210.0 = 61.451$

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

철근 응력 $f_s = M / (A_s \times j \times d)$

$= 43.20 / (1{,}588.8 \times 0.902 \times 210.0) = 143.485$ MPa

$< 0.6 f_y = 240.000$ MPa ····· **O.K !!**

- 균열검토 [콘크리트구조기준(2012) 4.2]

최소 두께 $c_c = 40.0 - 15.9 / 2 = 32.050$ mm

인장연단 폭 $s_1 = 375 \times (210 / f_s) - 2.5 \cdot c_c$

$= 375\times(210 / 143.485) - 2.5\times32.050 = 468.715$ mm

인장연단 폭 $s_2 = 300 \times (210 / f_s)$

$= 300\times(210 / 143.485) = 439.072$ mm

Min = 439.072 mm

∴ $s$ = 1,000.0 / 8.0ea = 125.0 mm ≤ $s_a$ = 439.1 mm ····· **O.K !!**

- 처짐검토 [콘크리트구조기준(2012) 4.3]

처짐 계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께

t(min) = L / 28 = 2,900.0 / 28 = 103.6 mm

∴ t(min) = 103.6 mm **≤** h = 250.0 mm ····· **O.K !!**

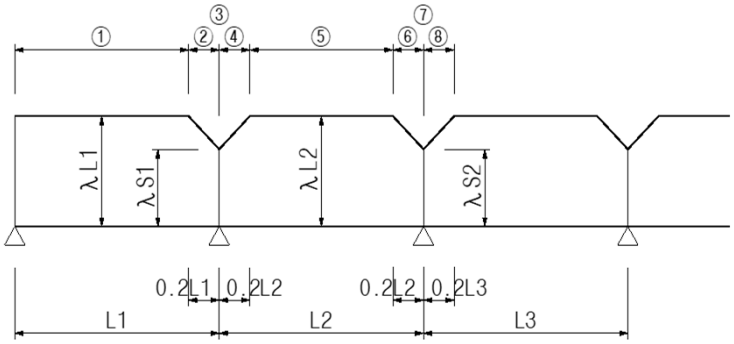
∴ 별도의 처짐검토 필요 없음

# 3. 주형 검토

## 3.1 플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

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

1) 플랜지 유효폭 계산 [도로교설계기준(2010) 3.8.3.4]




| 지 간 장 | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 38.650 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 38.650 | - | - |

(단위 : m)

- 등가 지간장 산정식

- 연속거더

① $\lambda_{L1}$(지간 중앙부) : $l = 0.8 \cdot L_1$

⑤ $\lambda_{L2}$(지간 중앙부) : $l = 0.6 \cdot L_2$

③ $\lambda_{S1}$(중간지점) : $l = 0.2 \cdot (L_1 + L_2)$

⑦ $\lambda_{S2}$(중간지점) : $l = 0.2 \cdot (L_2 + L_3)$

②④⑥⑧ 양단의 유효폭을 사용하여 직선적으로 변화한다.

- 유효폭 산정식 [도로교설계기준(2010) 3.8.3.4]

- 지간 중앙부 유효폭 산정식

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

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

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

- 지점부 유효폭 산정식

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

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

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

- 플랜지 돌출폭

b = 각 위치별 상부플랜지 폭 / 2 를 적용

- 플랜지 유효폭

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

[ G1 ]  외측 거더(좌)  (단위 : m)

| 위 치 | L | l | $2b_u$ | $2b_l$ | $b_{eu}$ | $b_{el}$ | $b_u/l$ | $b_l/l$ | $B_u$ | $B_l$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S1 중앙부 | 38.650 | 30.920 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.039 | 0.039 | 2.640 | 2.640 |
| S1 지점부 | 88.650 | 17.730 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.068 | 0.068 | 2.314 | 2.314 |
| S2 중앙부 | 50.000 | 30.000 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.040 | 0.040 | 2.640 | 2.640 |
| S2 지점부 | 100.000 | 20.000 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.060 | 0.060 | 2.362 | 2.362 |
| S3 중앙부 | 50.000 | 30.000 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.040 | 0.040 | 2.640 | 2.640 |
| S3 지점부 | 100.000 | 20.000 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.060 | 0.060 | 2.362 | 2.362 |
| S4 중앙부 | 50.000 | 30.000 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.040 | 0.040 | 2.640 | 2.640 |
| S4 지점부 | 88.650 | 17.730 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.068 | 0.068 | 2.314 | 2.314 |
| S5 중앙부 | 38.650 | 30.920 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.039 | 0.039 | 2.640 | 2.640 |

[ G4 ]  외측거더(우)  (단위 : m)

| 위 치 | L | l | $2b_u$ | $2b_l$ | $b_{eu}$ | $b_{el}$ | $b_u/l$ | $b_l/l$ | $B_u$ | $B_l$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S1 중앙부 | 38.650 | 30.920 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.039 | 0.039 | 2.640 | 2.640 |
| S1 지점부 | 88.650 | 17.730 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.068 | 0.068 | 2.314 | 2.314 |
| S2 중앙부 | 50.000 | 30.000 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.040 | 0.040 | 2.640 | 2.640 |
| S2 지점부 | 100.000 | 20.000 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.060 | 0.060 | 2.362 | 2.362 |
| S3 중앙부 | 50.000 | 30.000 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.040 | 0.040 | 2.640 | 2.640 |
| S3 지점부 | 100.000 | 20.000 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.060 | 0.060 | 2.362 | 2.362 |
| S4 중앙부 | 50.000 | 30.000 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.040 | 0.040 | 2.640 | 2.640 |
| S4 지점부 | 88.650 | 17.730 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.068 | 0.068 | 2.314 | 2.314 |
| S5 중앙부 | 38.650 | 30.920 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.039 | 0.039 | 2.640 | 2.640 |

[ G2, G3 ] 중앙부  (단위 : m)

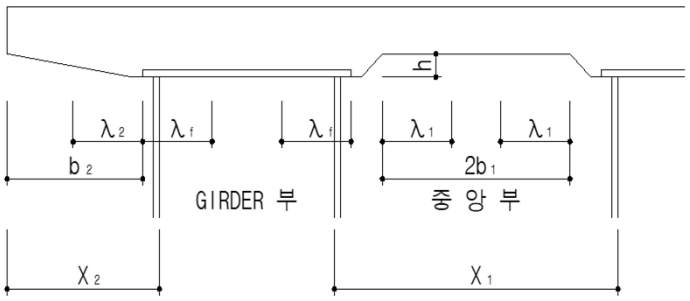
| 위 치 | L | l | $2b_u$ | $2b_l$ | $b_{eu}$ | $b_{el}$ | $b_u/l$ | $b_l/l$ | $B_u$ | $B_l$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S1 중앙부 | 38.650 | 30.920 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.039 | 0.039 | 2.640 | 2.640 |
| S1 지점부 | 88.650 | 17.730 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.068 | 0.068 | 2.314 | 2.314 |
| S2 중앙부 | 50.000 | 40.000 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.030 | 0.030 | 2.640 | 2.640 |
| S2 지점부 | 100.000 | 20.000 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.060 | 0.060 | 2.362 | 2.362 |
| S3 중앙부 | 50.000 | 40.000 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.030 | 0.030 | 2.640 | 2.640 |
| S3 지점부 | 100.000 | 20.000 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.060 | 0.060 | 2.362 | 2.362 |
| S4 중앙부 | 50.000 | 30.000 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.040 | 0.040 | 2.640 | 2.640 |
| S4 지점부 | 88.650 | 17.730 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.068 | 0.068 | 2.314 | 2.314 |
| S5 중앙부 | 38.650 | 30.920 | 2.400 | 2.400 | 0.120 | 0.120 | 0.039 | 0.039 | 2.640 | 2.640 |

2) 바닥판 유효폭 계산 [도로교설계기준(2010) 3.8.3.4, 3.9.2.4]

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 좌측 캔틸레버부




X1 : 인접 거더의 복부 사이의 간격

X2 : 외측거더복부에서 캔틸레버 끝단거리

h : 헌치 높이

be : 복부판내측에서 상부플랜지 끝단거리

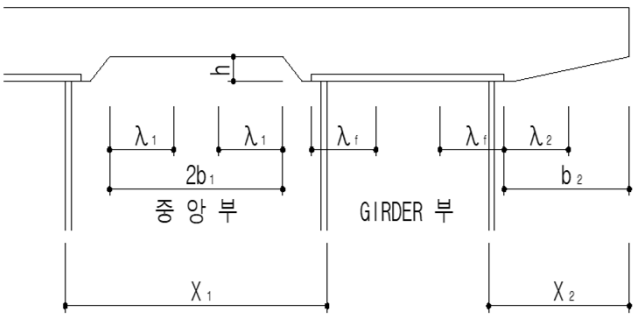
2b1 = X1 - 2(be + h)

b2 = X2 - be

(단위 : m)

| 위치 | L | l | $B_u$ | h | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $b_e$ | $b_1$ / l | $b_2$ / l | $b_3$ / l | $\lambda_1$ | $\lambda_2$ | $\lambda_3$ | B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S1 중앙부 | 38.65 | 30.92 | 2.64 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.035 | 0.028 | 0 | 1.080 | 0.880 | 0 | 4.650 |
| S1 지점부 | 88.65 | 17.73 | 2.31 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.061 | 0.050 | 0 | 0.952 | 0.803 | 0 | 4.119 |
| S2 중앙부 | 50.00 | 30.00 | 2.64 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.036 | 0.029 | 0 | 1.080 | 0.880 | 0 | 4.650 |
| S2 지점부 | 100.00 | 20.00 | 2.36 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.054 | 0.044 | 0 | 0.972 | 0.817 | 0 | 4.201 |
| S3 중앙부 | 50.00 | 30.00 | 2.64 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.036 | 0.029 | 0 | 1.080 | 0.880 | 0 | 4.650 |
| S3 지점부 | 100.00 | 20.00 | 2.36 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.054 | 0.044 | 0 | 0.972 | 0.817 | 0 | 4.201 |
| S4 중앙부 | 50.00 | 30.00 | 2.64 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.036 | 0.029 | 0 | 1.080 | 0.880 | 0 | 4.650 |
| S4 지점부 | 88.65 | 17.73 | 2.31 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.061 | 0.050 | 0 | 0.952 | 0.803 | 0 | 4.119 |
| S5 중앙부 | 38.65 | 30.92 | 2.64 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.035 | 0.028 | 0 | 1.080 | 0.880 | 0 | 4.650 |

② 우측 캔틸레버부




X1 : 인접 거더의 복부 사이의 간격

X2 : 외측거더복부에서 캔틸레버 끝단거리

h : 헌치 높이

be : 복부판내측에서 상부플랜지 끝단거리

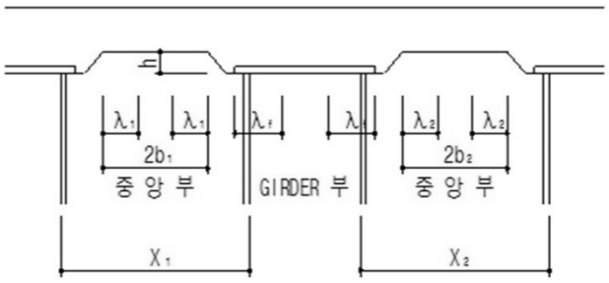
2b1 = X1 - 2(be + h)

b2 = X2 - be

(단위 : m)

| 위치 | L | l | $B_u$ | h | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $b_e$ | $b_1$ / l | $b_2$ / l | $b_3$ / l | $\lambda_1$ | $\lambda_2$ | $\lambda_3$ | B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S1 중앙부 | 38.65 | 30.92 | 2.64 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.035 | 0.028 | 0 | 1.080 | 0.880 | 0 | 4.650 |
| S1 지점부 | 88.65 | 17.73 | 2.31 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.061 | 0.050 | 0 | 0.952 | 0.803 | 0 | 4.119 |
| S2 중앙부 | 50.00 | 30.00 | 2.64 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.036 | 0.029 | 0 | 1.080 | 0.880 | 0 | 4.650 |
| S2 지점부 | 100.00 | 20.00 | 2.36 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.054 | 0.044 | 0 | 0.972 | 0.817 | 0 | 4.201 |
| S3 중앙부 | 50.00 | 30.00 | 2.64 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.036 | 0.029 | 0 | 1.080 | 0.880 | 0 | 4.650 |
| S3 지점부 | 100.00 | 20.00 | 2.36 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.054 | 0.044 | 0 | 0.972 | 0.817 | 0 | 4.201 |
| S4 중앙부 | 50.00 | 30.00 | 2.64 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.036 | 0.029 | 0 | 1.080 | 0.880 | 0 | 4.650 |
| S4 지점부 | 88.65 | 17.73 | 2.31 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.061 | 0.050 | 0 | 0.952 | 0.803 | 0 | 4.119 |
| S5 중앙부 | 38.65 | 30.92 | 2.64 | 0.05 | 2.50 | 1.00 | 0 | 0.120 | 0.035 | 0.028 | 0 | 1.080 | 0.880 | 0 | 4.650 |

③ 중앙부




X1 : 인접 거더의 복부 사이의 간격

X2 : 외측거더복부에서 캔틸레버 끝단거리

h : 헌치 높이

be : 복부판내측에서 상부플랜지 끝단거리

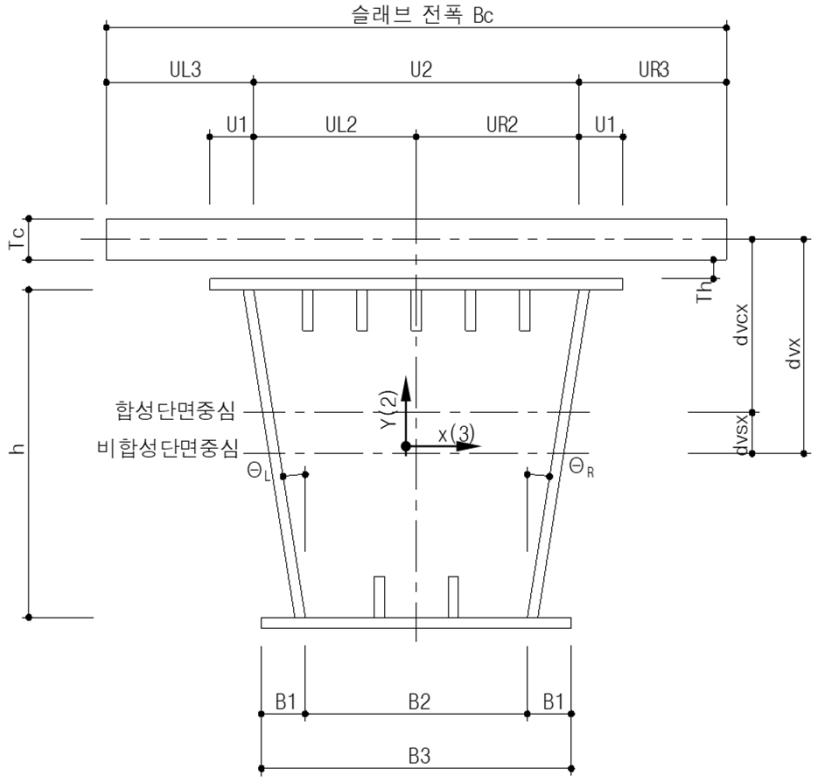
2b1 = X1 - 2(be + h)

2b2 = X2 - 2(be + h)

(단위 : m)

| 위치 | L | l | $B_u$ | h | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $b_e$ | $b_1$ / l | $b_2$ / l | $b_3$ / l | $\lambda_1$ | $\lambda_2$ | $\lambda_3$ | B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S1 중앙부 | 38.65 | 30.92 | 2.64 | 0.05 | 2.50 | 2.50 | 0 | 0.120 | 0.035 | 0.035 | 0 | 1.080 | 1.080 | 0 | 4.900 |
| S1 지점부 | 88.65 | 17.73 | 2.31 | 0.05 | 2.50 | 2.50 | 0 | 0.120 | 0.061 | 0.061 | 0 | 0.952 | 0.952 | 0 | 4.318 |
| S2 중앙부 | 50.00 | 30.00 | 2.64 | 0.05 | 2.50 | 2.50 | 0 | 0.120 | 0.036 | 0.036 | 0 | 1.080 | 1.027 | 0 | 4.847 |
| S2 지점부 | 100.00 | 20.00 | 2.36 | 0.05 | 2.50 | 2.50 | 0 | 0.120 | 0.054 | 0.054 | 0 | 0.972 | 0.972 | 0 | 4.407 |
| S3 중앙부 | 50.00 | 30.00 | 2.64 | 0.05 | 2.50 | 2.50 | 0 | 0.120 | 0.036 | 0.036 | 0 | 1.080 | 1.027 | 0 | 4.847 |
| S3 지점부 | 100.00 | 20.00 | 2.36 | 0.05 | 2.50 | 2.50 | 0 | 0.120 | 0.054 | 0.054 | 0 | 0.972 | 0.972 | 0 | 4.407 |
| S4 중앙부 | 50.00 | 30.00 | 2.64 | 0.05 | 2.50 | 2.50 | 0 | 0.120 | 0.036 | 0.036 | 0 | 1.080 | 1.027 | 0 | 4.847 |
| S4 지점부 | 88.65 | 17.73 | 2.31 | 0.05 | 2.50 | 2.50 | 0 | 0.120 | 0.061 | 0.061 | 0 | 0.952 | 0.952 | 0 | 4.318 |
| S5 중앙부 | 38.65 | 30.92 | 2.64 | 0.05 | 2.50 | 2.50 | 0 | 0.120 | 0.035 | 0.035 | 0 | 1.080 | 1.080 | 0 | 4.900 |

### 3.2 단면산정

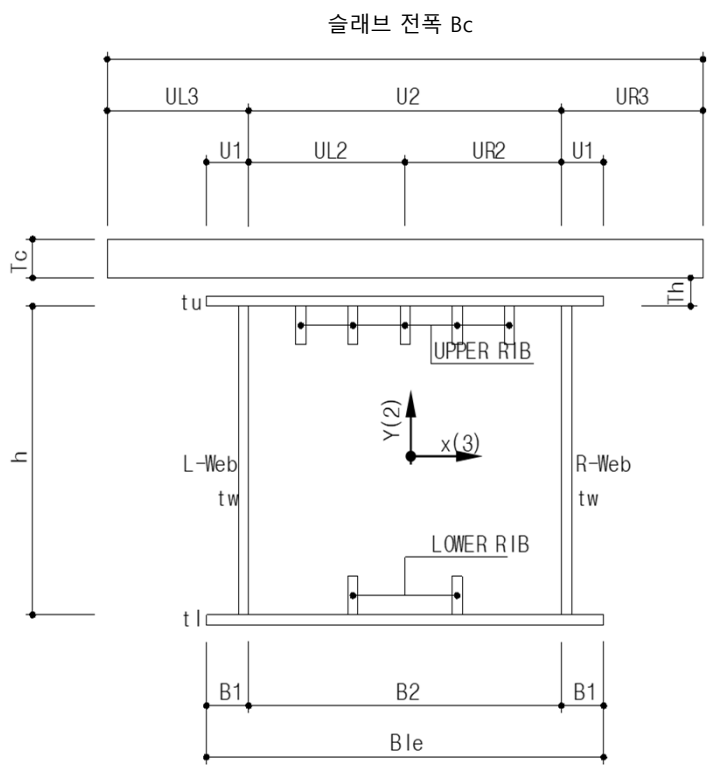



주형의 탄성변형 및 부정정력을 계산하는 경우에는 정부모멘트에 관계없이 바닥판 콘크리트의 합성작용을 고려한다.

[도로교설계기준(2010) 3.9.1.2]

| | | |
|---|---|---|
| Bc | : | 바닥판 콘크리트의 폭 |
| Tc | : | 바닥판 콘크리트의 두께 |
| Th | : | 바닥판 콘크리트의 헌치 높이 |
| N | : | 강재와 콘크리트의 탄성계수비 ( $N = E_s / E_c$ ) |
| Ac | : | 바닥판 콘크리트의 단면적 |
| Av | : | 합성후 (강재 + 바닥판 콘크리트)의 환산 단면적 |
| $I_{cx(y)}$ | : | 2축(3축) 방향 바닥판 콘크리트의 단면 2차 모멘트 |
| $d_{vx(y)}$ | : | 2축(3축) 방향 강재단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리 |
| $d_{vcx(y)}$ | : | 2축(3축) 방향 합성후 합성단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리 |
| $d_{vsx(y)}$ | : | 2축(3축) 방향 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리<br>(합성전 및 합성후 단면에서의 도심축 이동량) |
| $I_{33}$ | : | 합성전 강재단면의 3축 방향(종방향) 단면2차 모멘트 |
| $I_{22}$ | : | 합성전 강재단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트 |
| $I_{v33}$ | : | 합성후 단면의 3축 방향(종방향) 단면2차 모멘트 |
| $I_{v22}$ | : | 합성후 단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트 |
| $\Theta_L$ | : | 좌측 복부판과 연직선이 이루는 각도 |
| $\Theta_R$ | : | 우측 복부판과 연직선이 이루는 각도 |

◎ **FRAME SECTION NAME [SEC 01]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 4,650.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,125.0 | mm |
| UR3 | = | 1,125.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,250.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | 1,130.0 | 2.983E+07 | 3.371E+10 | 2.200E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,050.0 | 9.450E+06 | 9.923E+09 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,250 × 12 | 27,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.139E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,250 × 12 | 27,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.139E+10 |
| LOWER RIB | 3 - 150 × 12 | 5,400.0 | -1,050.0 | -5.670E+06 | 5.954E+09 | 1.013E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | -1,130.0 | -2.983E+07 | 3.371E+10 | 2.200E+05 |
| 합 계 | | 121,200.0 | - | 3.780E+06 | 8.330E+10 | 2.281E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,250.0 × 12.0 | 27,000.0 | -1,206.0 | -3.256E+07 | 3.927E+10 | 3.240E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,250.0 × 12.0 | 27,000.0 | 1,206.0 | 3.256E+07 | 3.927E+10 | 3.240E+05 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 × 12.0 | 5,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 6.480E+04 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| 합 계 | | 121,200.0 | - | 0.000E+00 | 7.854E+10 | 3.067E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 83,296,320,000.0 + 22,808,690,000.0 = 1.061E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 3,780,000.0 / 121,200.0 = 31.2 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 106,105,010,000.0 - 121,200.0 × 31.2² = **1.060E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 78,539,544,000.0 + 30,667,060,800.0 = 1.092E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 121,200.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 109,206,604,800.0 - 121,200.0 × 0.0² = **1.092E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,250.0 + 10.0 / 2 + 10.0 / 2 = 2,260.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,260.0 = 5.451E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 5,451,120.0²/ {( 2,260.0 + 2,260.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 10.0 + 2,412.0 / 10.0 } = **1.384E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 4,650.0 × 250.0 = 1.163E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 121,200.0 + 1,162,500.0 / 8.0 = **2.665E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 4,650.0 × 250.0³/ 12 = 6.055E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,250.0 / 2 - 31.2 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,268.8 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,268.8 × 121,200.0 / 266,512.5 = 577.0 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,268.8 - 577.0 = 691.8 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 105,987,118,910.9 + 6,054,687,500.0 / 8.0 + 121,200.0 × 691.8² + 1,162,500.0 / 8.0 × 577.0² = **2.131E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 4,650.0³/ 12 = 2.095E+12 $mm^4$

$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2$ = 1,200.0 + 1,125.0 - 0.0 - 4,650.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 121,200.0 / 266,512.5 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 109,206,604,800.0 + 2,094,679,687,500.0 / 8.0 + 121,200.0 × 0.0² + 1,162,500.0 / 8.0 × 0.0² = **3.710E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 10.0 + 250.0 / 8.0 = 41.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,250.0 + 41.3 / 2 + 10.0 / 2 = 2,275.6 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,275.6 = 5.489E+06 $mm^2$

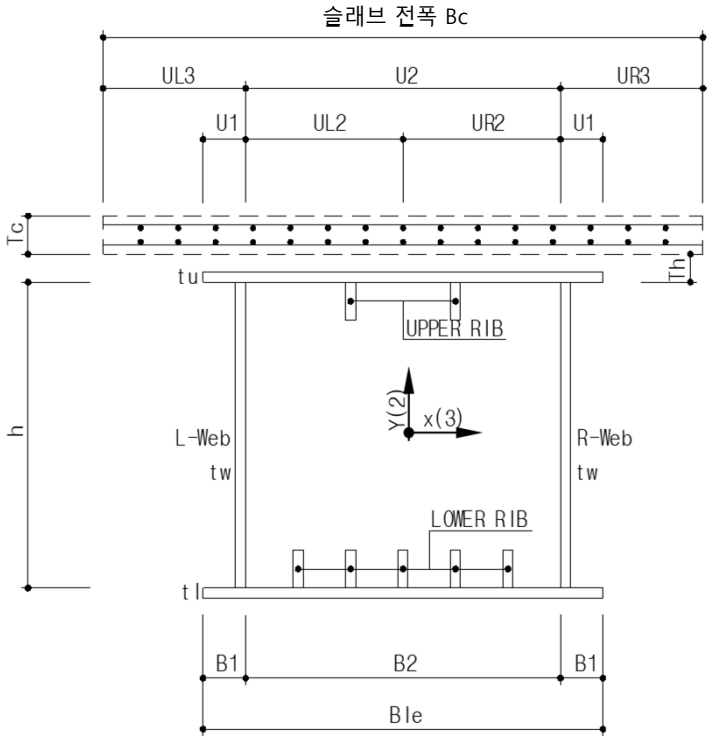
$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

= 4 × 5,488,807.5²/ {( 2,275.6 + 2,275.6 ) / 12.0 + 2,412.0 / 41.3

+ 2,412.0 / 10.0 } = **1.775E+11** $mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 02]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 4,650.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,125.0 | mm |
| UR3 | = | 1,125.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | 1,255.0 | 3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,175.0 | 1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 3 - 150 × 12 | 5,400.0 | -1,175.0 | -6.345E+06 | 7.455E+09 | 1.013E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | -1,255.0 | -3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| 합 계 | | 127,200.0 | - | 4.230E+06 | 1.030E+11 | 3.128E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 × 12.0 | 5,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 6.480E+04 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| 합 계 | | 127,200.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 3.067E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 103,042,320,000.0 + 31,277,440,000.0 = 1.343E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 4,230,000.0 / 127,200.0 = 33.3 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 134,319,760,000.0 - 127,200.0 × 33.3² = **1.342E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 87,266,160,000.0 + 30,667,132,800.0 = 1.179E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 127,200.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 117,933,292,800.0 - 127,200.0 × 0.0² = **1.179E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 10.0 / 2 + 10.0 / 2 = 2,510.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,510.0 = 6.054E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 6,054,120.0²/ {( 2,510.0 + 2,510.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 10.0

+ 2,412.0 / 10.0 } = **1.628E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 4,650.0 × 250.0 = 1.163E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 127,200.0 + 1,162,500.0 / 8.0 = **2.725E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 4,650.0 × 250.0³/ 12 = 6.055E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,500.0 / 2 - 33.3 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,391.7 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,391.7 × 127,200.0 / 272,512.5 = 649.6 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,391.7 - 649.6 = 742.1 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 134,179,092,547.2 + 6,054,687,500.0 / 8.0 + 127,200.0 × 742.1²

+ 1,162,500.0 / 8.0 × 649.6² = **2.663E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 4,650.0³/ 12 = 2.095E+12 $mm^4$

$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2$ = 1,200.0 + 1,125.0 - 0.0 - 4,650.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 127,200.0 / 272,512.5 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 117,933,292,800.0 + 2,094,679,687,500.0 / 8.0 + 127,200.0 × 0.0²

+ 1,162,500.0 / 8.0 × 0.0² = **3.798E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 10.0 + 250.0 / 8.0 = 41.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 41.3 / 2 + 10.0 / 2 = 2,525.6 mm

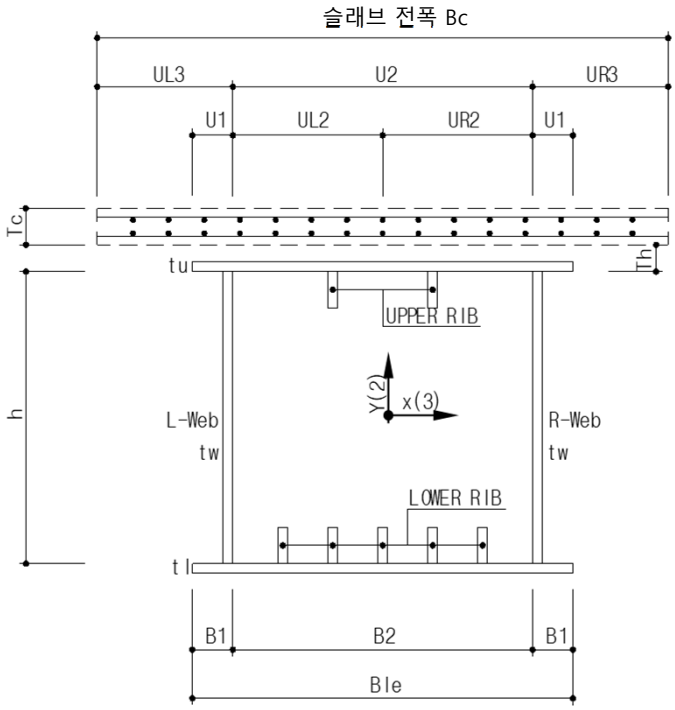
F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,525.6 = 6.092E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}091{,}807.5^2 / \{( 2{,}525.6 + 2{,}525.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 41.3 + 2{,}412.0 / 10.0 \}$ $= \mathbf{2.060E+11}\ mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 03]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 4,650.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,125.0 | mm |
| UR3 | = | 1,125.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | 1,255.0 | 3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,175.0 | 1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 3 - 150 × 12 | 5,400.0 | -1,175.0 | -6.345E+06 | 7.455E+09 | 1.013E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 12 | 31,680.0 | -1,256.0 | -3.979E+07 | 4.998E+10 | 3.802E+05 |
| 합 계 | | 132,480.0 | - | -2.428E+06 | 1.114E+11 | 3.128E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 × 12.0 | 5,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 6.480E+04 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 12.0 | 31,680.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.840E+10 |
| 합 계 | | 132,480.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 3.373E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 111,438,000,480.0 + 31,277,600,160.0 = 1.427E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = -2,428,080.0 / 132,480.0 = -18.3 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 142,715,600,640.0 - 132,480.0 × -18.3² = **1.427E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 87,266,160,000.0 + 33,733,756,800.0 = 1.210E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 132,480.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 120,999,916,800.0 - 132,480.0 × 0.0² = **1.210E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 10.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,511.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,511.0 = 6.057E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 6,056,532.0²/ {( 2,511.0 + 2,511.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 10.0 + 2,412.0 / 12.0 } = **1.705E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 4,650.0 × 250.0 = 1.163E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 132,480.0 + 1,162,500.0 / 8.0 = **2.778E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 4,650.0 × 250.0³/ 12 = 6.055E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,500.0 / 2 - -18.3 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,443.3 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,443.3 × 132,480.0 / 277,792.5 = 688.3 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,443.3 - 688.3 = 755.0 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 142,671,099,036.1 + 6,054,687,500.0 / 8.0 + 132,480.0 × 755.0² + 1,162,500.0 / 8.0 × 688.3² = **2.878E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 4,650.0³/ 12 = 2.095E+12 $mm^4$

$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2$ = 1,200.0 + 1,125.0 - 0.0 - 4,650.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 132,480.0 / 277,792.5 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 120,999,916,800.0 + 2,094,679,687,500.0 / 8.0 + 132,480.0 × 0.0² + 1,162,500.0 / 8.0 × 0.0² = **3.828E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 10.0 + 250.0 / 8.0 = 41.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 41.3 / 2 + 12.0 / 2 = 2,526.6 mm

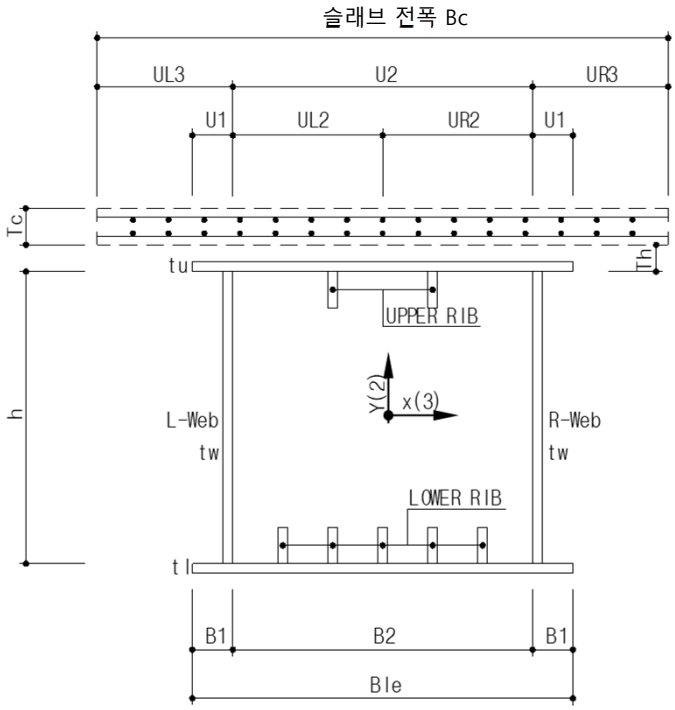
F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,526.6 = 6.094E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}094{,}219.5^2 / \{( 2{,}526.6 + 2{,}526.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 41.3 + 2{,}412.0 / 12.0 \}$ $= \mathbf{2.183E+11}\ mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 04]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 4,650.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,125.0 | mm |
| UR3 | = | 1,125.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | 1,255.0 | 3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,175.0 | 1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | -1,175.0 | -1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | -1,255.0 | -3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| 합 계 | | 130,800.0 | - | 0.000E+00 | 1.080E+11 | 3.128E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| 합 계 | | 130,800.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 3.067E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 108,012,570,000.0 + 31,284,190,000.0 = 1.393E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 0.0 / 130,800.0 = 0.0 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 139,296,760,000.0 - 130,800.0 × 0.0² = **1.393E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 87,266,160,000.0 + 30,667,176,000.0 = 1.179E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 130,800.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 117,933,336,000.0 - 130,800.0 × 0.0² = **1.179E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 10.0 / 2 + 10.0 / 2 = 2,510.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,510.0 = 6.054E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 6,054,120.0²/ {( 2,510.0 + 2,510.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 10.0 + 2,412.0 / 10.0 } = **1.628E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 4,650.0 × 250.0 = 1.163E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 130,800.0 + 1,162,500.0 / 8.0 = **2.761E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 4,650.0 × 250.0³/ 12 = 6.055E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,500.0 / 2 - 0.0 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,425.0 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,425.0 × 130,800.0 / 276,112.5 = 675.1 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,425.0 - 675.1 = 749.9 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 139,296,760,000.0 + 6,054,687,500.0 / 8.0 + 130,800.0 × 749.9² + 1,162,500.0 / 8.0 × 675.1² = **2.798E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 4,650.0³/ 12 = 2.095E+12 $mm^4$

$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2$ = 1,200.0 + 1,125.0 - 0.0 - 4,650.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 130,800.0 / 276,112.5 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 117,933,336,000.0 + 2,094,679,687,500.0 / 8.0 + 130,800.0 × 0.0² + 1,162,500.0 / 8.0 × 0.0² = **3.798E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 10.0 + 250.0 / 8.0 = 41.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 41.3 / 2 + 10.0 / 2 = 2,525.6 mm

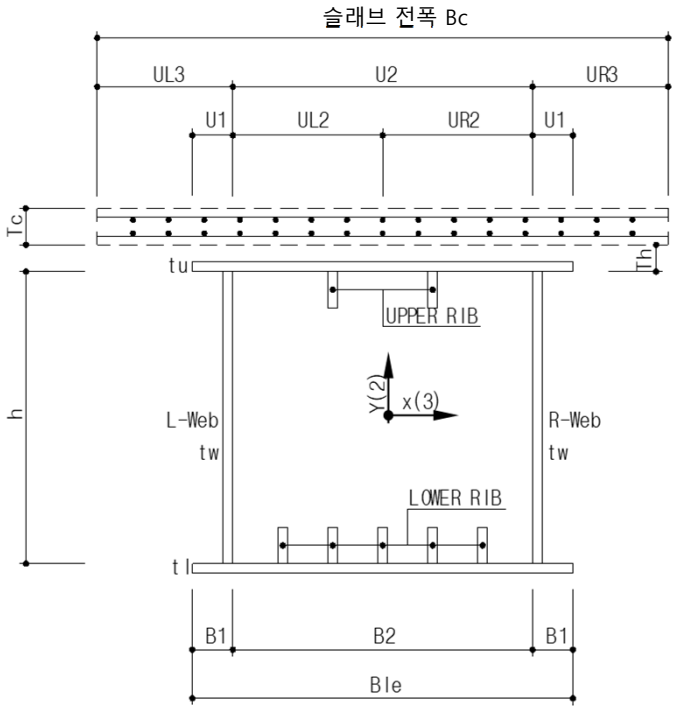
F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,525.6 = 6.092E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}091{,}807.5^2 / \{( 2{,}525.6 + 2{,}525.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 41.3 + 2{,}412.0 / 10.0 \}$ $=$ **2.060E+11** $mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 05]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 4,650.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,125.0 | mm |
| UR3 | = | 1,125.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 16 | 42,240.0 | 1,258.0 | 5.314E+07 | 6.685E+10 | 9.011E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,175.0 | 1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | -1,175.0 | -1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | -1,255.0 | -3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| 합 계 | | 146,640.0 | - | 2.001E+07 | 1.333E+11 | 3.128E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 16.0 | 42,240.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 2.453E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| 합 계 | | 146,640.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 3.987E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 133,279,413,360.0 + 31,284,871,120.0 = 1.646E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 20,005,920.0 / 146,640.0 = 136.4 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 164,564,284,480.0 - 146,640.0 × 136.4² = **1.618E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 87,266,160,000.0 + 39,867,048,000.0 = 1.271E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 146,640.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 127,133,208,000.0 - 146,640.0 × 0.0² = **1.271E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 16.0 / 2 + 10.0 / 2 = 2,513.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,513.0 = 6.061E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 6,061,356.0²/ {( 2,513.0 + 2,513.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 16.0 + 2,412.0 / 10.0 } = **1.813E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 4,650.0 × 250.0 = 1.163E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 146,640.0 + 1,162,500.0 / 8.0 = **2.920E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 4,650.0 × 250.0³/ 12 = 6.055E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,500.0 / 2 - 136.4 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,288.6 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,288.6 × 146,640.0 / 291,952.5 = 647.2 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,288.6 - 647.2 = 641.4 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 161,834,900,716.7 + 6,054,687,500.0 / 8.0 + 146,640.0 × 641.4² + 1,162,500.0 / 8.0 × 647.2² = **2.838E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 4,650.0³/ 12 = 2.095E+12 $mm^4$

$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2$ = 1,200.0 + 1,125.0 - 0.0 - 4,650.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 146,640.0 / 291,952.5 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 127,133,208,000.0 + 2,094,679,687,500.0 / 8.0 + 146,640.0 × 0.0² + 1,162,500.0 / 8.0 × 0.0² = **3.890E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 16.0 + 250.0 / 8.0 = 47.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 47.3 / 2 + 10.0 / 2 = 2,528.6 mm

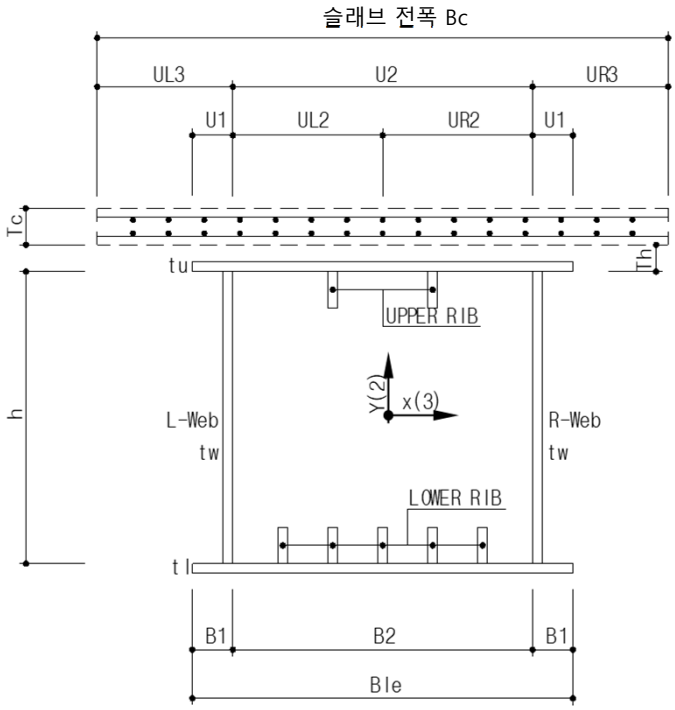
F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,528.6 = 6.099E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}099{,}043.5^2 / \{( 2{,}528.6 + 2{,}528.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 47.3 + 2{,}412.0 / 10.0 \}$ $=$ **2.085E+11** $mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 06]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 4,650.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,125.0 | mm |
| UR3 | = | 1,125.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 16 | 42,240.0 | 1,258.0 | 5.314E+07 | 6.685E+10 | 9.011E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,175.0 | 1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | -1,175.0 | -1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 16 | 42,240.0 | -1,258.0 | -5.314E+07 | 6.685E+10 | 9.011E+05 |
| 합 계 | | 162,480.0 | - | 0.000E+00 | 1.585E+11 | 3.129E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 16.0 | 42,240.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 2.453E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 16.0 | 42,240.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 2.453E+10 |
| 합 계 | | 162,480.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 4.907E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 158,546,256,720.0 + 31,285,552,240.0 = 1.898E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 0.0 / 162,480.0 = 0.0 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 189,831,808,960.0 - 162,480.0 × 0.0² = **1.898E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 87,266,160,000.0 + 49,066,920,000.0 = 1.363E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 162,480.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 136,333,080,000.0 - 162,480.0 × 0.0² = **1.363E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 16.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,516.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,516.0 = 6.069E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 6,068,592.0²/ {( 2,516.0 + 2,516.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 16.0

+ 2,412.0 / 16.0 } = **2.044E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 4,650.0 × 250.0 = 1.163E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 162,480.0 + 1,162,500.0 / 8.0 = **3.078E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 4,650.0 × 250.0³/ 12 = 6.055E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,500.0 / 2 - 0.0 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,425.0 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,425.0 × 162,480.0 / 307,792.5 = 752.2 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,425.0 - 752.2 = 672.8 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 189,831,808,960.0 + 6,054,687,500.0 / 8.0 + 162,480.0 × 672.8²

+ 1,162,500.0 / 8.0 × 752.2² = **3.464E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 4,650.0³/ 12 = 2.095E+12 $mm^4$

$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2$ = 1,200.0 + 1,125.0 - 0.0 - 4,650.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 162,480.0 / 307,792.5 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 136,333,080,000.0 + 2,094,679,687,500.0 / 8.0 + 162,480.0 × 0.0²

+ 1,162,500.0 / 8.0 × 0.0² = **3.982E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 16.0 + 250.0 / 8.0 = 47.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 47.3 / 2 + 16.0 / 2 = 2,531.6 mm

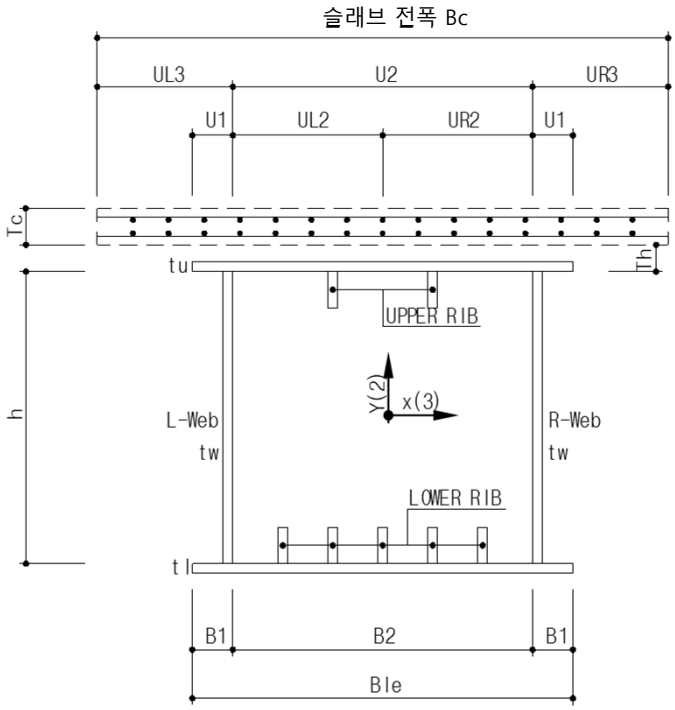
F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,531.6 = 6.106E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}106{,}279.5^2 / \{( 2{,}531.6 + 2{,}531.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 47.3 + 2{,}412.0 / 16.0 \}$ $= \mathbf{2.391E+11}\ mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 07]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 4,650.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,125.0 | mm |
| UR3 | = | 1,125.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 16 | 42,240.0 | 1,258.0 | 5.314E+07 | 6.685E+10 | 9.011E+05 |
| UPPER RIB | 3 - 150 × 12 | 5,400.0 | 1,175.0 | 6.345E+06 | 7.455E+09 | 1.013E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | -1,175.0 | -1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 16 | 42,240.0 | -1,258.0 | -5.314E+07 | 6.685E+10 | 9.011E+05 |
| 합 계 | | 158,880.0 | - | -4.230E+06 | 1.536E+11 | 3.128E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 16.0 | 42,240.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 2.453E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 3 - 150.0 × 12.0 | 5,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 6.480E+04 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 16.0 | 42,240.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 2.453E+10 |
| 합 계 | | 158,880.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 4.907E+10 |

① 합성전 단면

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ | = 153,576,006,720.0 + 31,278,802,240.0 | = | 1.849E+11 | $mm^4$ |
| $\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ | = -4,230,000.0 / 158,880.0 | = | -26.6 | mm |
| $I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ | = 184,854,808,960.0 - 158,880.0 × -26.6² | = | **1.847E+11** | $mm^4$ |
| $I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ | = 87,266,160,000.0 + 49,066,876,800.0 | = | 1.363E+11 | $mm^4$ |
| $\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ | = 0.0 / 158,880.0 | = | 0.0 | mm |
| $I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ | = 136,333,036,800.0 - 158,880.0 × 0.0² | = | **1.363E+11** | $mm^4$ |

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Bu = U2 + tw/2 × 2ea | = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 | = | 2,412.0 | mm |
| Bl = B2 + tw/2 × 2ea | = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 | = | 2,412.0 | mm |
| H = h + tu/2 + tl/2 | = 2,500.0 + 16.0 / 2 + 16.0 / 2 | = | 2,516.0 | mm |
| F = (Bu+Bl)/2 × H | = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,516.0 | = | 6.069E+06 | $mm^2$ |

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}068{,}592.0^2 / \{( 2{,}516.0 + 2{,}516.0 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 16.0 + 2{,}412.0 / 16.0 \}$ = **2.044E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ac = Bc × Tc | = 4,650.0 × 250.0 | = | 1.163E+06 | $mm^2$ |
| Av = ∑As + Ac / N | = 158,880.0 + 1,162,500.0 / 8.0 | = | **3.042E+05** | $mm^2$ |

- X(3)축 방향

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ | = 4,650.0 × 250.0³/ 12 | = | 6.055E+09 | $mm^4$ |
| $d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ | = 2,500.0 / 2 - -26.6 + 50.0 + 250.0 / 2 | = | 1,451.6 | mm |
| $d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ | = 1,451.6 × 158,880.0 / 304,192.5 | = | 758.2 | mm |
| $d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ | = 1,451.6 - 758.2 | = | 693.4 | mm |

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

$= 184{,}742{,}190{,}002.3 + 6{,}054{,}687{,}500.0 / 8.0 + 158{,}880.0 \times 693.4^2 + 1{,}162{,}500.0 / 8.0 \times 758.2^2$ = **3.454E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ | = 250.0 × 4,650.0³/ 12 | = | 2.095E+12 | $mm^4$ |
| $d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2$ | = 1,200.0 + 1,125.0 - 0.0 - 4,650.0 / 2 | = | 0.0 | mm |
| $d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ | = 0.0 × 158,880.0 / 304,192.5 | = | 0.0 | mm |
| $d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ | = 0.0 - 0.0 | = | 0.0 | mm |

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

$= 136{,}333{,}036{,}800.0 + 2{,}094{,}679{,}687{,}500.0 / 8.0 + 158{,}880.0 \times 0.0^2 + 1{,}162{,}500.0 / 8.0 \times 0.0^2$ = **3.982E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| tcu = tu + Tc / n | = 16.0 + 250.0 / 8.0 | = | 47.3 | mm |
| H = h + tcu/2 + tl/2 | = 2,500.0 + 47.3 / 2 + 16.0 / 2 | = | 2,531.6 | mm |
| F = (Bu+Bl)/ 2 × H | = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,531.6 | = | 6.106E+06 | $mm^2$ |

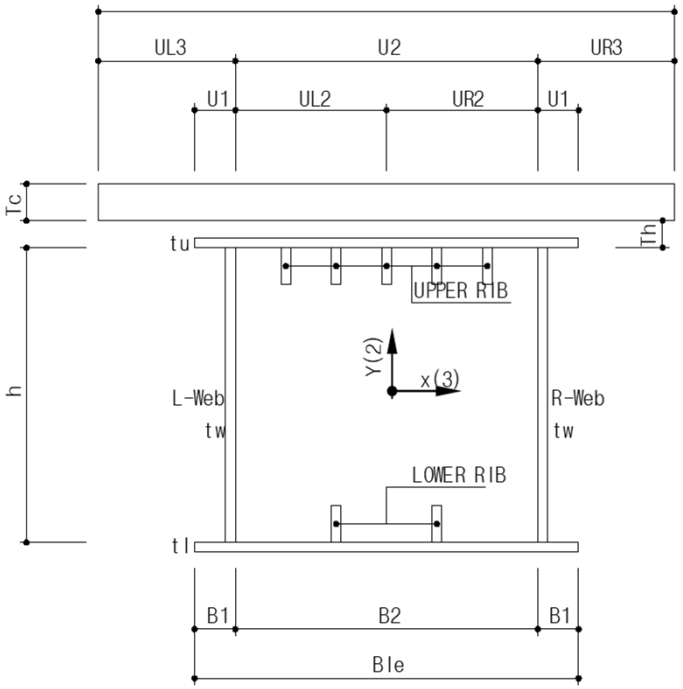
$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}106{,}279.5^2 / \{( 2{,}531.6 + 2{,}531.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 47.3 + 2{,}412.0 / 16.0 \}$ $= \mathbf{2.391E+11}\ mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 08]**

슬래브 전폭 Bc




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 6,300.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,950.0 | mm |
| UR3 | = | 1,950.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 16 | 42,240.0 | 1,258.0 | 5.314E+07 | 6.685E+10 | 9.011E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,175.0 | 1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | -1,175.0 | -1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 16 | 42,240.0 | -1,258.0 | -5.314E+07 | 6.685E+10 | 9.011E+05 |
| 합 계 | | 162,480.0 | - | 0.000E+00 | 1.585E+11 | 3.129E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 16.0 | 42,240.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 2.453E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 16.0 | 42,240.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 2.453E+10 |
| 합 계 | | 162,480.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 4.907E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 158,546,256,720.0 + 31,285,552,240.0 = 1.898E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 0.0 / 162,480.0 = 0.0 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 189,831,808,960.0 - 162,480.0 × 0.0² = **1.898E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 87,266,160,000.0 + 49,066,920,000.0 = 1.363E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 162,480.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 136,333,080,000.0 - 162,480.0 × 0.0² = **1.363E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 16.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,516.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,516.0 = 6.069E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 6,068,592.0²/ {( 2,516.0 + 2,516.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 16.0 + 2,412.0 / 16.0 } = **2.044E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 6,300.0 × 250.0 = 1.575E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 162,480.0 + 1,575,000.0 / 8.0 = **3.594E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 6,300.0 × 250.0³/ 12 = 8.203E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,500.0 / 2 - 0.0 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,425.0 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,425.0 × 162,480.0 / 359,355.0 = 644.3 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,425.0 - 644.3 = 780.7 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 189,831,808,960.0 + 8,203,125,000.0 / 8.0 + 162,480.0 × 780.7² + 1,575,000.0 / 8.0 × 644.3² = **3.716E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 6,300.0³/ 12 = 5.209E+12 $mm^4$

$d_{vy}$ = UR2+UR3-$\delta_x$-Bc/2 = 1,200.0 + 1,950.0 - 0.0 - 6,300.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 162,480.0 / 359,355.0 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 136,333,080,000.0 + 5,209,312,500,000.0 / 8.0 + 162,480.0 × 0.0² + 1,575,000.0 / 8.0 × 0.0² = **7.875E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 16.0 + 250.0 / 8.0 = 47.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 47.3 / 2 + 16.0 / 2 = 2,531.6 mm

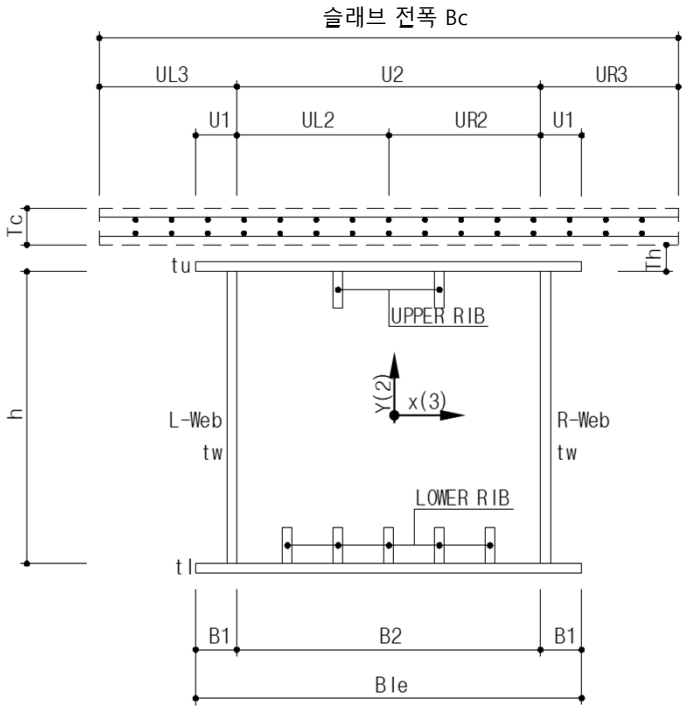
F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,531.6 = 6.106E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}106{,}279.5^2 / \{( 2{,}531.6 + 2{,}531.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 47.3 + 2{,}412.0 / 16.0 \}$ $= \mathbf{2.391E+11}\ mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 09]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 6,300.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,950.0 | mm |
| UR3 | = | 1,950.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 16 | 42,240.0 | 1,258.0 | 5.314E+07 | 6.685E+10 | 9.011E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,175.0 | 1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | -1,175.0 | -1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | -1,255.0 | -3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| 합 계 | | 146,640.0 | - | 2.001E+07 | 1.333E+11 | 3.128E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 16.0 | 42,240.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 2.453E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| 합 계 | | 146,640.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 3.987E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 133,279,413,360.0 + 31,284,871,120.0 = 1.646E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 20,005,920.0 / 146,640.0 = 136.4 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 164,564,284,480.0 - 146,640.0 × 136.4² = **1.618E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 87,266,160,000.0 + 39,867,048,000.0 = 1.271E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 146,640.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 127,133,208,000.0 - 146,640.0 × 0.0² = **1.271E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 16.0 / 2 + 10.0 / 2 = 2,513.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,513.0 = 6.061E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 6,061,356.0²/ {( 2,513.0 + 2,513.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 16.0

+ 2,412.0 / 10.0 } = **1.813E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 6,300.0 × 250.0 = 1.575E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 146,640.0 + 1,575,000.0 / 8.0 = **3.435E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 6,300.0 × 250.0³/ 12 = 8.203E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,500.0 / 2 - 136.4 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,288.6 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,288.6 × 146,640.0 / 343,515.0 = 550.1 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,288.6 - 550.1 = 738.5 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 161,834,900,716.7 + 8,203,125,000.0 / 8.0 + 146,640.0 × 738.5²

+ 1,575,000.0 / 8.0 × 550.1² = **3.024E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 6,300.0³/ 12 = 5.209E+12 $mm^4$

$d_{vy} =$ UR2+UR3-$\delta_x$-Bc/2 = 1,200.0 + 1,950.0 - 0.0 - 6,300.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 146,640.0 / 343,515.0 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 127,133,208,000.0 + 5,209,312,500,000.0 / 8.0 + 146,640.0 × 0.0²

+ 1,575,000.0 / 8.0 × 0.0² = **7.783E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 16.0 + 250.0 / 8.0 = 47.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 47.3 / 2 + 10.0 / 2 = 2,528.6 mm

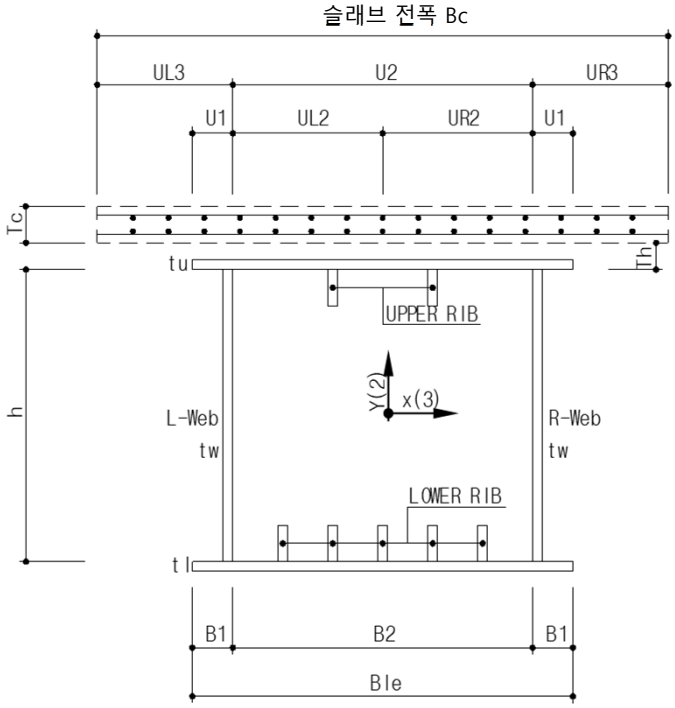
F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,528.6 = 6.099E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}099{,}043.5^2 / \{( 2{,}528.6 + 2{,}528.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 47.3 + 2{,}412.0 / 10.0 \}$ $=$ **2.085E+11** $mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 10]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 6,300.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,950.0 | mm |
| UR3 | = | 1,950.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | 1,255.0 | 3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,175.0 | 1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | -1,175.0 | -1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | -1,255.0 | -3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| 합 계 | | 130,800.0 | - | 0.000E+00 | 1.080E+11 | 3.128E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| 합 계 | | 130,800.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 3.067E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 108,012,570,000.0 + 31,284,190,000.0 = 1.393E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 0.0 / 130,800.0 = 0.0 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 139,296,760,000.0 - 130,800.0 × 0.0² = **1.393E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 87,266,160,000.0 + 30,667,176,000.0 = 1.179E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 130,800.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 117,933,336,000.0 - 130,800.0 × 0.0² = **1.179E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 10.0 / 2 + 10.0 / 2 = 2,510.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,510.0 = 6.054E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 6,054,120.0²/ {( 2,510.0 + 2,510.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 10.0

+ 2,412.0 / 10.0 } = **1.628E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 6,300.0 × 250.0 = 1.575E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 130,800.0 + 1,575,000.0 / 8.0 = **3.277E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 6,300.0 × 250.0³/ 12 = 8.203E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,500.0 / 2 - 0.0 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,425.0 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,425.0 × 130,800.0 / 327,675.0 = 568.8 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,425.0 - 568.8 = 856.2 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 139,296,760,000.0 + 8,203,125,000.0 / 8.0 + 130,800.0 × 856.2²

+ 1,575,000.0 / 8.0 × 568.8² = **2.999E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 6,300.0³/ 12 = 5.209E+12 $mm^4$

$d_{vy}$ = UR2+UR3-$\delta_x$-Bc/2 = 1,200.0 + 1,950.0 - 0.0 - 6,300.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 130,800.0 / 327,675.0 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 117,933,336,000.0 + 5,209,312,500,000.0 / 8.0 + 130,800.0 × 0.0²

+ 1,575,000.0 / 8.0 × 0.0² = **7.691E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 10.0 + 250.0 / 8.0 = 41.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 41.3 / 2 + 10.0 / 2 = 2,525.6 mm

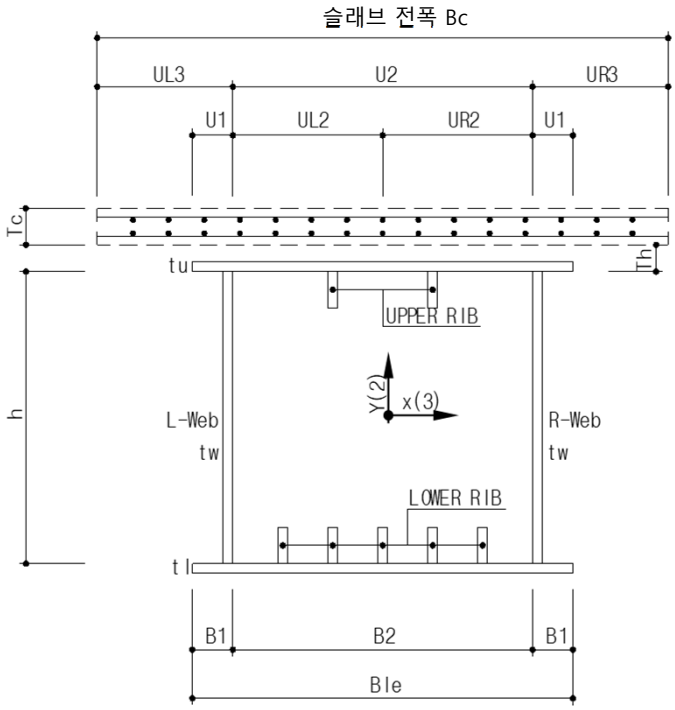
F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,525.6 = 6.092E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}091{,}807.5^2 / \{( 2{,}525.6 + 2{,}525.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 41.3 + 2{,}412.0 / 10.0 \}$ $= \mathbf{2.060E+11}\ mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 11]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 6,300.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,950.0 | mm |
| UR3 | = | 1,950.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | 1,255.0 | 3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,175.0 | 1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 3 - 150 × 12 | 5,400.0 | -1,175.0 | -6.345E+06 | 7.455E+09 | 1.013E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | -1,255.0 | -3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| 합 계 | | 127,200.0 | - | 4.230E+06 | 1.030E+11 | 3.128E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 × 12.0 | 5,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 6.480E+04 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| 합 계 | | 127,200.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 3.067E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 103,042,320,000.0 + 31,277,440,000.0 = 1.343E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 4,230,000.0 / 127,200.0 = 33.3 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 134,319,760,000.0 - 127,200.0 × 33.3² = **1.342E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 87,266,160,000.0 + 30,667,132,800.0 = 1.179E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 127,200.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 117,933,292,800.0 - 127,200.0 × 0.0² = **1.179E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 10.0 / 2 + 10.0 / 2 = 2,510.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,510.0 = 6.054E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 6,054,120.0²/ {( 2,510.0 + 2,510.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 10.0

+ 2,412.0 / 10.0 } = **1.628E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 6,300.0 × 250.0 = 1.575E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 127,200.0 + 1,575,000.0 / 8.0 = **3.241E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 6,300.0 × 250.0³/ 12 = 8.203E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,500.0 / 2 - 33.3 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,391.7 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,391.7 × 127,200.0 / 324,075.0 = 546.3 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,391.7 - 546.3 = 845.5 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 134,179,092,547.2 + 8,203,125,000.0 / 8.0 + 127,200.0 × 845.5²

+ 1,575,000.0 / 8.0 × 546.3² = **2.849E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 6,300.0³/ 12 = 5.209E+12 $mm^4$

$d_{vy}$ = UR2+UR3-$\delta_x$-Bc/2 = 1,200.0 + 1,950.0 - 0.0 - 6,300.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 127,200.0 / 324,075.0 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 117,933,292,800.0 + 5,209,312,500,000.0 / 8.0 + 127,200.0 × 0.0²

+ 1,575,000.0 / 8.0 × 0.0² = **7.691E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 10.0 + 250.0 / 8.0 = 41.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 41.3 / 2 + 10.0 / 2 = 2,525.6 mm

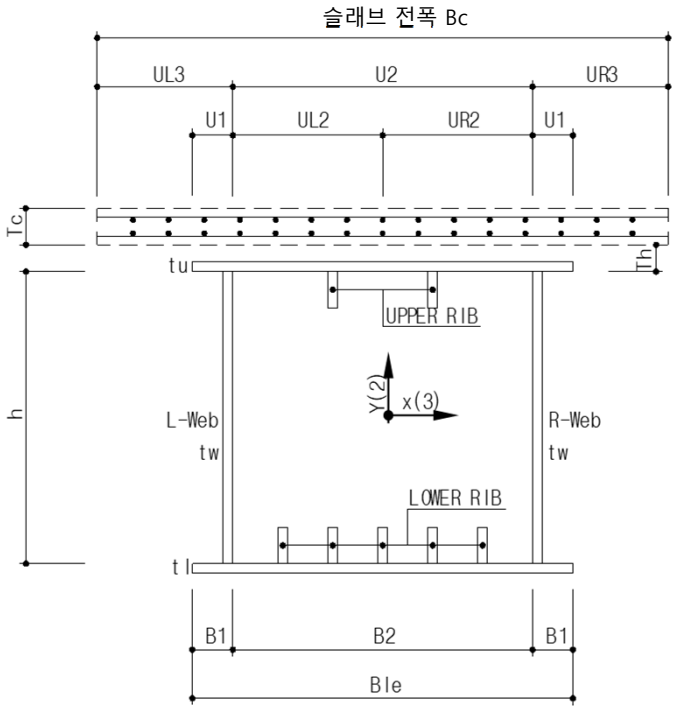
F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,525.6 = 6.092E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}091{,}807.5^2 / \{( 2{,}525.6 + 2{,}525.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 41.3 + 2{,}412.0 / 10.0 \}$ $= \mathbf{2.060E+11}\ mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 12]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 6,300.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,950.0 | mm |
| UR3 | = | 1,950.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | 1,255.0 | 3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,175.0 | 1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 3 - 150 × 12 | 5,400.0 | -1,175.0 | -6.345E+06 | 7.455E+09 | 1.013E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 12 | 31,680.0 | -1,256.0 | -3.979E+07 | 4.998E+10 | 3.802E+05 |
| 합 계 | | 132,480.0 | - | -2.428E+06 | 1.114E+11 | 3.128E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 × 12.0 | 5,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 6.480E+04 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 12.0 | 31,680.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.840E+10 |
| 합 계 | | 132,480.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 3.373E+10 |

① 합성전 단면

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ | = 111,438,000,480.0 + 31,277,600,160.0 | = | 1.427E+11 | $mm^4$ |
| $\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ | = -2,428,080.0 / 132,480.0 | = | -18.3 | mm |
| $I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ | = 142,715,600,640.0 - 132,480.0 × -18.3² | = | **1.427E+11** | $mm^4$ |
| $I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ | = 87,266,160,000.0 + 33,733,756,800.0 | = | 1.210E+11 | $mm^4$ |
| $\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ | = 0.0 / 132,480.0 | = | 0.0 | mm |
| $I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ | = 120,999,916,800.0 - 132,480.0 × 0.0² | = | **1.210E+11** | $mm^4$ |

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Bu = U2 + tw/2 × 2ea | = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 | = | 2,412.0 | mm |
| Bl = B2 + tw/2 × 2ea | = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 | = | 2,412.0 | mm |
| H = h + tu/2 + tl/2 | = 2,500.0 + 10.0 / 2 + 12.0 / 2 | = | 2,511.0 | mm |
| F = (Bu+Bl)/2 × H | = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,511.0 | = | 6.057E+06 | $mm^2$ |

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 6,056,532.0²/ {( 2,511.0 + 2,511.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 10.0 + 2,412.0 / 12.0 } = **1.705E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ac = Bc × Tc | = 6,300.0 × 250.0 | = | 1.575E+06 | $mm^2$ |
| Av = ∑As + Ac / N | = 132,480.0 + 1,575,000.0 / 8.0 | = | **3.294E+05** | $mm^2$ |

- X(3)축 방향

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ | = 6,300.0 × 250.0³/ 12 | = | 8.203E+09 | $mm^4$ |
| $d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ | = 2,500.0 / 2 - -18.3 + 50.0 + 250.0 / 2 | = | 1,443.3 | mm |
| $d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ | = 1,443.3 × 132,480.0 / 329,355.0 | = | 580.6 | mm |
| $d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ | = 1,443.3 - 580.6 | = | 862.8 | mm |

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

$= 142,671,099,036.1 + 8,203,125,000.0 / 8.0 + 132,480.0 \times 862.8^2$

$+ 1,575,000.0 / 8.0 \times 580.6^2$ = **3.087E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ | = 250.0 × 6,300.0³/ 12 | = | 5.209E+12 | $mm^4$ |
| $d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2$ | = 1,200.0 + 1,950.0 - 0.0 - 6,300.0 / 2 | = | 0.0 | mm |
| $d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ | = 0.0 × 132,480.0 / 329,355.0 | = | 0.0 | mm |
| $d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ | = 0.0 - 0.0 | = | 0.0 | mm |

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

$= 120,999,916,800.0 + 5,209,312,500,000.0 / 8.0 + 132,480.0 \times 0.0^2$

$+ 1,575,000.0 / 8.0 \times 0.0^2$ = **7.722E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

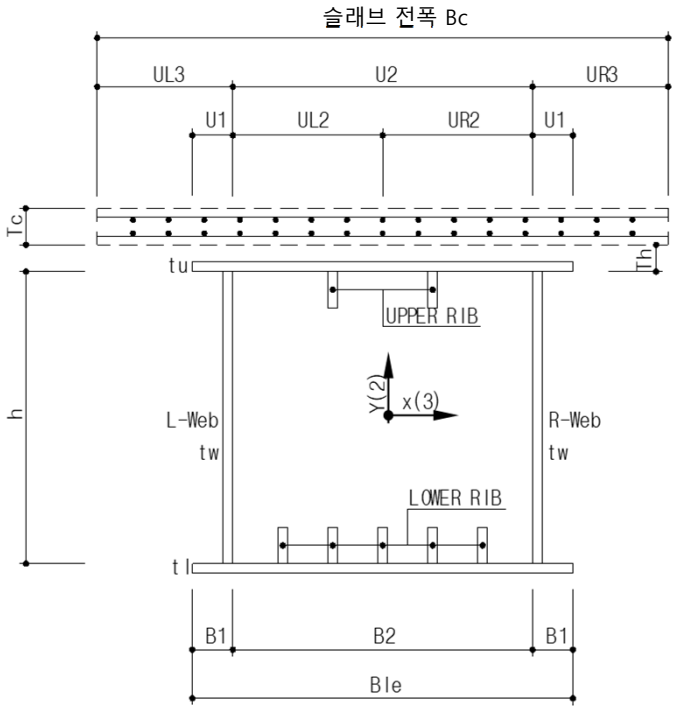
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| tcu = tu + Tc / n | = 10.0 + 250.0 / 8.0 | = | 41.3 | mm |
| H = h + tcu/2 + tl/2 | = 2,500.0 + 41.3 / 2 + 12.0 / 2 | = | 2,526.6 | mm |
| F = (Bu+Bl)/ 2 × H | = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,526.6 | = | 6.094E+06 | $mm^2$ |

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}094{,}219.5^2 / \{( 2{,}526.6 + 2{,}526.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 41.3 + 2{,}412.0 / 12.0 \}$ $= \mathbf{2.183E+11}\ mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 13]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 6,300.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,950.0 | mm |
| UR3 | = | 1,950.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 16 | 42,240.0 | 1,258.0 | 5.314E+07 | 6.685E+10 | 9.011E+05 |
| UPPER RIB | 3 - 150 × 12 | 5,400.0 | 1,175.0 | 6.345E+06 | 7.455E+09 | 1.013E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | -1,175.0 | -1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 16 | 42,240.0 | -1,258.0 | -5.314E+07 | 6.685E+10 | 9.011E+05 |
| 합 계 | | 158,880.0 | - | -4.230E+06 | 1.536E+11 | 3.128E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 16.0 | 42,240.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 2.453E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 3 - 150.0 × 12.0 | 5,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 6.480E+04 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 16.0 | 42,240.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 2.453E+10 |
| 합 계 | | 158,880.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 4.907E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 153,576,006,720.0 + 31,278,802,240.0 = 1.849E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = -4,230,000.0 / 158,880.0 = -26.6 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 184,854,808,960.0 - 158,880.0 × -26.6² = **1.847E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 87,266,160,000.0 + 49,066,876,800.0 = 1.363E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 158,880.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 136,333,036,800.0 - 158,880.0 × 0.0² = **1.363E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 16.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,516.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,516.0 = 6.069E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 6,068,592.0²/ {( 2,516.0 + 2,516.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 16.0

+ 2,412.0 / 16.0 } = **2.044E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 6,300.0 × 250.0 = 1.575E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 158,880.0 + 1,575,000.0 / 8.0 = **3.558E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 6,300.0 × 250.0³/ 12 = 8.203E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,500.0 / 2 - -26.6 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,451.6 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,451.6 × 158,880.0 / 355,755.0 = 648.3 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,451.6 - 648.3 = 803.3 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 184,742,190,002.3 + 8,203,125,000.0 / 8.0 + 158,880.0 × 803.3²

+ 1,575,000.0 / 8.0 × 648.3² = **3.710E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 6,300.0³/ 12 = 5.209E+12 $mm^4$

$d_{vy}$ = UR2+UR3-$\delta_x$-Bc/2 = 1,200.0 + 1,950.0 - 0.0 - 6,300.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 158,880.0 / 355,755.0 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 136,333,036,800.0 + 5,209,312,500,000.0 / 8.0 + 158,880.0 × 0.0²

+ 1,575,000.0 / 8.0 × 0.0² = **7.875E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 16.0 + 250.0 / 8.0 = 47.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 47.3 / 2 + 16.0 / 2 = 2,531.6 mm

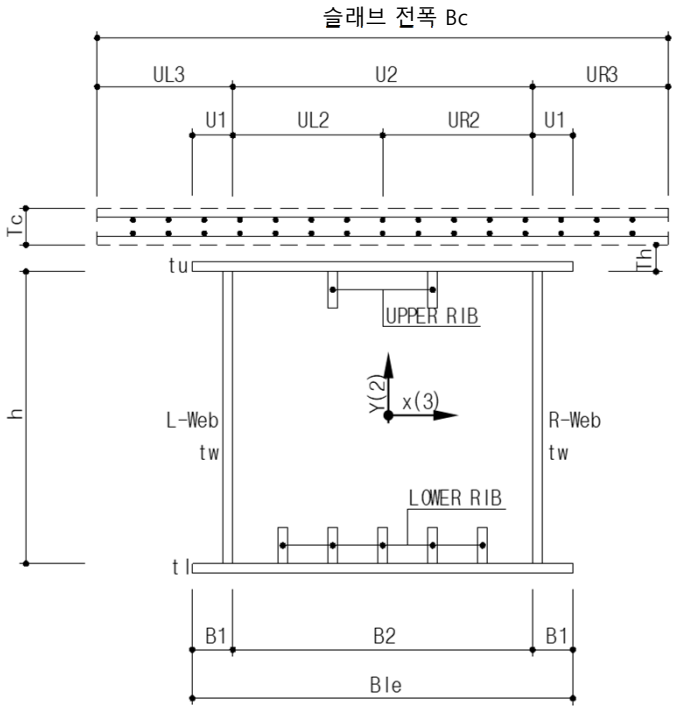
F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,531.6 = 6.106E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}106{,}279.5^2 / \{( 2{,}531.6 + 2{,}531.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 47.3 + 2{,}412.0 / 16.0 \}$ $=$ **2.391E+11** $mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 14]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 6,300.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,950.0 | mm |
| UR3 | = | 1,950.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,250.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | 1,130.0 | 2.983E+07 | 3.371E+10 | 2.200E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,050.0 | 9.450E+06 | 9.923E+09 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,250 × 12 | 27,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.139E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,250 × 12 | 27,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.139E+10 |
| LOWER RIB | 3 - 150 × 12 | 5,400.0 | -1,050.0 | -5.670E+06 | 5.954E+09 | 1.013E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | -1,130.0 | -2.983E+07 | 3.371E+10 | 2.200E+05 |
| 합 계 | | 121,200.0 | - | 3.780E+06 | 8.330E+10 | 2.281E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,250.0 × 12.0 | 27,000.0 | -1,206.0 | -3.256E+07 | 3.927E+10 | 3.240E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,250.0 × 12.0 | 27,000.0 | 1,206.0 | 3.256E+07 | 3.927E+10 | 3.240E+05 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 × 12.0 | 5,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 6.480E+04 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| 합 계 | | 121,200.0 | - | 0.000E+00 | 7.854E+10 | 3.067E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 83,296,320,000.0 + 22,808,690,000.0 = 1.061E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 3,780,000.0 / 121,200.0 = 31.2 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 106,105,010,000.0 - 121,200.0 × 31.2² = **1.060E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 78,539,544,000.0 + 30,667,060,800.0 = 1.092E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 121,200.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 109,206,604,800.0 - 121,200.0 × 0.0² = **1.092E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,250.0 + 10.0 / 2 + 10.0 / 2 = 2,260.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,260.0 = 5.451E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 5,451,120.0²/ {( 2,260.0 + 2,260.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 10.0

+ 2,412.0 / 10.0 } = **1.384E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 6,300.0 × 250.0 = 1.575E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 121,200.0 + 1,575,000.0 / 8.0 = **3.181E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 6,300.0 × 250.0³/ 12 = 8.203E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,250.0 / 2 - 31.2 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,268.8 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,268.8 × 121,200.0 / 318,075.0 = 483.5 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,268.8 - 483.5 = 785.3 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 105,987,118,910.9 + 8,203,125,000.0 / 8.0 + 121,200.0 × 785.3²

+ 1,575,000.0 / 8.0 × 483.5² = **2.278E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 6,300.0³/ 12 = 5.209E+12 $mm^4$

$d_{vy} =$ UR2+UR3-$\delta_x$-Bc/2 = 1,200.0 + 1,950.0 - 0.0 - 6,300.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 121,200.0 / 318,075.0 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 109,206,604,800.0 + 5,209,312,500,000.0 / 8.0 + 121,200.0 × 0.0²

+ 1,575,000.0 / 8.0 × 0.0² = **7.604E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 10.0 + 250.0 / 8.0 = 41.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,250.0 + 41.3 / 2 + 10.0 / 2 = 2,275.6 mm

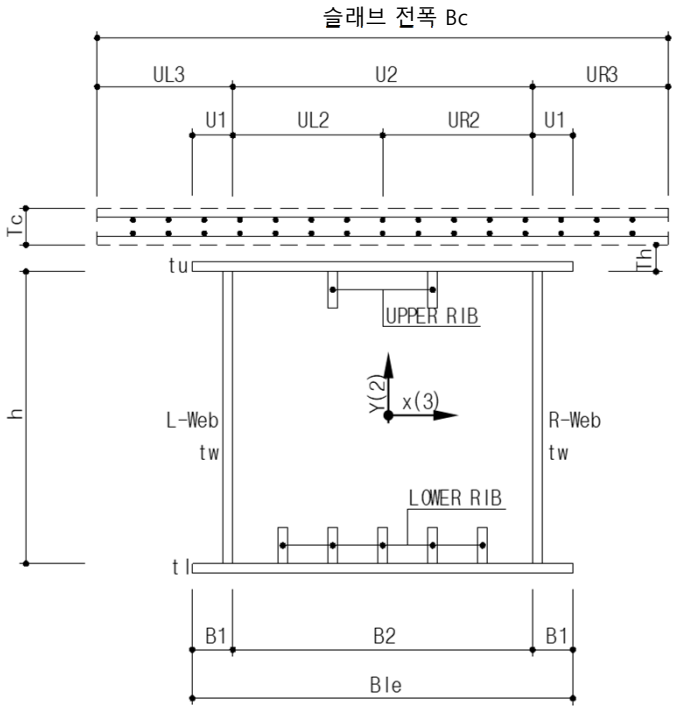
F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,275.6 = 5.489E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 5{,}488{,}807.5^2 / \{( 2{,}275.6 + 2{,}275.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 41.3 + 2{,}412.0 / 10.0 \}$ $=$ **1.775E+11** $mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 15]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 5,100.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,350.0 | mm |
| UR3 | = | 1,350.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,250.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | 1,130.0 | 2.983E+07 | 3.371E+10 | 2.200E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,050.0 | 9.450E+06 | 9.923E+09 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,250 × 12 | 27,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.139E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,250 × 12 | 27,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.139E+10 |
| LOWER RIB | 3 - 150 × 12 | 5,400.0 | -1,050.0 | -5.670E+06 | 5.954E+09 | 1.013E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | -1,130.0 | -2.983E+07 | 3.371E+10 | 2.200E+05 |
| 합 계 | | 121,200.0 | - | 3.780E+06 | 8.330E+10 | 2.281E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,250.0 × 12.0 | 27,000.0 | -1,206.0 | -3.256E+07 | 3.927E+10 | 3.240E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,250.0 × 12.0 | 27,000.0 | 1,206.0 | 3.256E+07 | 3.927E+10 | 3.240E+05 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 × 12.0 | 5,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 6.480E+04 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| 합 계 | | 121,200.0 | - | 0.000E+00 | 7.854E+10 | 3.067E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 83,296,320,000.0 + 22,808,690,000.0 = 1.061E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 3,780,000.0 / 121,200.0 = 31.2 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 106,105,010,000.0 - 121,200.0 × 31.2² = **1.060E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 78,539,544,000.0 + 30,667,060,800.0 = 1.092E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 121,200.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 109,206,604,800.0 - 121,200.0 × 0.0² = **1.092E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,250.0 + 10.0 / 2 + 10.0 / 2 = 2,260.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,260.0 = 5.451E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 5,451,120.0²/ {( 2,260.0 + 2,260.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 10.0

+ 2,412.0 / 10.0 } = **1.384E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 5,100.0 × 250.0 = 1.275E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 121,200.0 + 1,275,000.0 / 8.0 = **2.806E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 5,100.0 × 250.0³/ 12 = 6.641E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,250.0 / 2 - 31.2 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,268.8 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,268.8 × 121,200.0 / 280,575.0 = 548.1 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,268.8 - 548.1 = 720.7 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 105,987,118,910.9 + 6,640,625,000.0 / 8.0 + 121,200.0 × 720.7²

+ 1,275,000.0 / 8.0 × 548.1² = **2.177E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 5,100.0³/ 12 = 2.764E+12 $mm^4$

$d_{vy}$ = UR2+UR3-$\delta_x$-Bc/2 = 1,200.0 + 1,350.0 - 0.0 - 5,100.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 121,200.0 / 280,575.0 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 109,206,604,800.0 + 2,763,562,500,000.0 / 8.0 + 121,200.0 × 0.0²

+ 1,275,000.0 / 8.0 × 0.0² = **4.547E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 10.0 + 250.0 / 8.0 = 41.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,250.0 + 41.3 / 2 + 10.0 / 2 = 2,275.6 mm

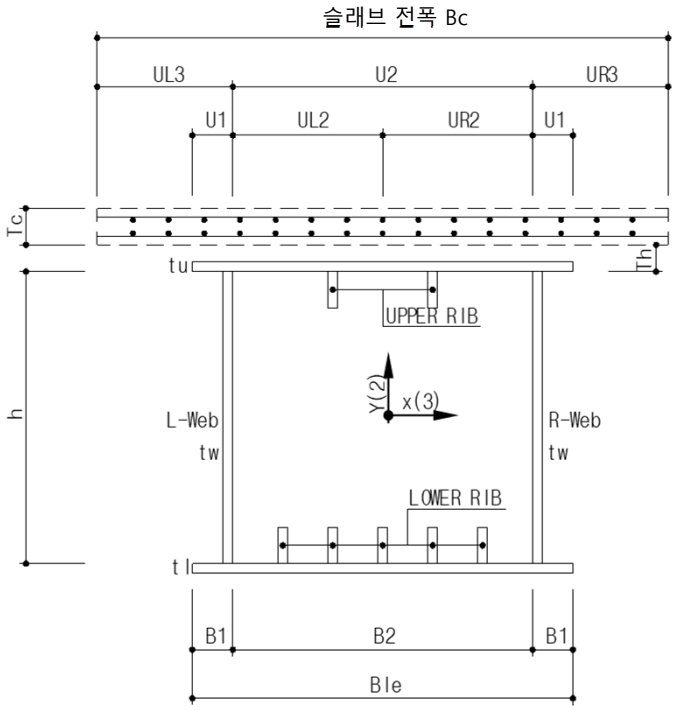
F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,275.6 = 5.489E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 5{,}488{,}807.5^2 / \{( 2{,}275.6 + 2{,}275.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 41.3 + 2{,}412.0 / 10.0 \}$ $= \mathbf{1.775E+11}\ mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 16]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 5,100.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,350.0 | mm |
| UR3 | = | 1,350.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | 1,255.0 | 3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,175.0 | 1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 3 - 150 × 12 | 5,400.0 | -1,175.0 | -6.345E+06 | 7.455E+09 | 1.013E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | -1,255.0 | -3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| 합 계 | | 127,200.0 | - | 4.230E+06 | 1.030E+11 | 3.128E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 × 12.0 | 5,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 6.480E+04 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| 합 계 | | 127,200.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 3.067E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 103,042,320,000.0 + 31,277,440,000.0 = 1.343E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 4,230,000.0 / 127,200.0 = 33.3 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 134,319,760,000.0 - 127,200.0 × 33.3² = **1.342E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 87,266,160,000.0 + 30,667,132,800.0 = 1.179E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 127,200.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 117,933,292,800.0 - 127,200.0 × 0.0² = **1.179E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 10.0 / 2 + 10.0 / 2 = 2,510.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,510.0 = 6.054E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 6,054,120.0²/ {( 2,510.0 + 2,510.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 10.0

+ 2,412.0 / 10.0 } = **1.628E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 5,100.0 × 250.0 = 1.275E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 127,200.0 + 1,275,000.0 / 8.0 = **2.866E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 5,100.0 × 250.0³/ 12 = 6.641E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,500.0 / 2 - 33.3 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,391.7 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,391.7 × 127,200.0 / 286,575.0 = 617.7 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,391.7 - 617.7 = 774.0 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 134,179,092,547.2 + 6,640,625,000.0 / 8.0 + 127,200.0 × 774.0²

+ 1,275,000.0 / 8.0 × 617.7² = **2.720E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 5,100.0³/ 12 = 2.764E+12 $mm^4$

$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2$ = 1,200.0 + 1,350.0 - 0.0 - 5,100.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 127,200.0 / 286,575.0 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 117,933,292,800.0 + 2,763,562,500,000.0 / 8.0 + 127,200.0 × 0.0²

+ 1,275,000.0 / 8.0 × 0.0² = **4.634E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 10.0 + 250.0 / 8.0 = 41.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 41.3 / 2 + 10.0 / 2 = 2,525.6 mm

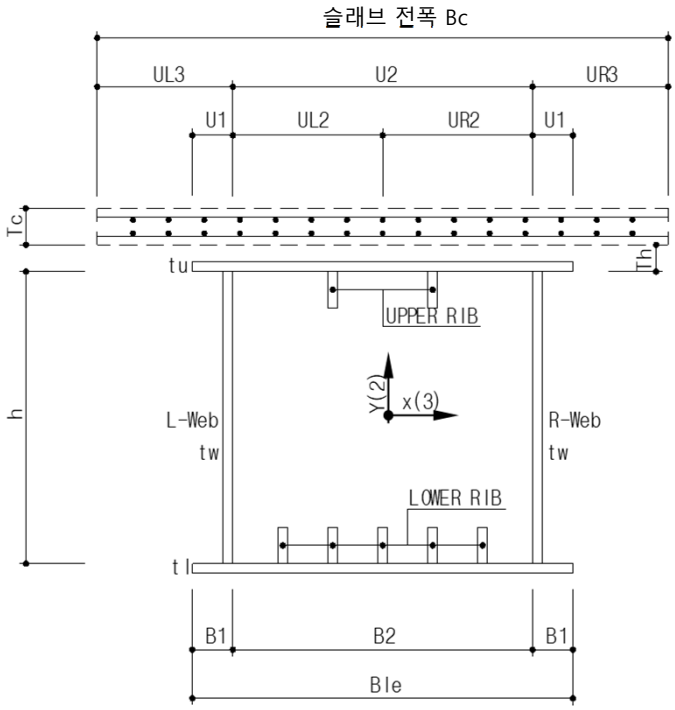
F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,525.6 = 6.092E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}091{,}807.5^2 / \{( 2{,}525.6 + 2{,}525.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 41.3 + 2{,}412.0 / 10.0 \}$ $= \mathbf{2.060E+11}\ mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 17]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 5,100.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,350.0 | mm |
| UR3 | = | 1,350.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | 1,255.0 | 3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,175.0 | 1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 3 - 150 × 12 | 5,400.0 | -1,175.0 | -6.345E+06 | 7.455E+09 | 1.013E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 12 | 31,680.0 | -1,256.0 | -3.979E+07 | 4.998E+10 | 3.802E+05 |
| 합 계 | | 132,480.0 | - | -2.428E+06 | 1.114E+11 | 3.128E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 × 12.0 | 5,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 6.480E+04 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 12.0 | 31,680.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.840E+10 |
| 합 계 | | 132,480.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 3.373E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 111,438,000,480.0 + 31,277,600,160.0 = 1.427E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = -2,428,080.0 / 132,480.0 = -18.3 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 142,715,600,640.0 - 132,480.0 × -18.3² = **1.427E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 87,266,160,000.0 + 33,733,756,800.0 = 1.210E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 132,480.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 120,999,916,800.0 - 132,480.0 × 0.0² = **1.210E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 10.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,511.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,511.0 = 6.057E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 6,056,532.0²/ {( 2,511.0 + 2,511.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 10.0 + 2,412.0 / 12.0 } = **1.705E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 5,100.0 × 250.0 = 1.275E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 132,480.0 + 1,275,000.0 / 8.0 = **2.919E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 5,100.0 × 250.0³/ 12 = 6.641E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,500.0 / 2 - -18.3 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,443.3 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,443.3 × 132,480.0 / 291,855.0 = 655.2 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,443.3 - 655.2 = 788.2 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 142,671,099,036.1 + 6,640,625,000.0 / 8.0 + 132,480.0 × 788.2² + 1,275,000.0 / 8.0 × 655.2² = **2.942E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 5,100.0³/ 12 = 2.764E+12 $mm^4$

$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2$ = 1,200.0 + 1,350.0 - 0.0 - 5,100.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 132,480.0 / 291,855.0 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 120,999,916,800.0 + 2,763,562,500,000.0 / 8.0 + 132,480.0 × 0.0² + 1,275,000.0 / 8.0 × 0.0² = **4.664E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 10.0 + 250.0 / 8.0 = 41.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 41.3 / 2 + 12.0 / 2 = 2,526.6 mm

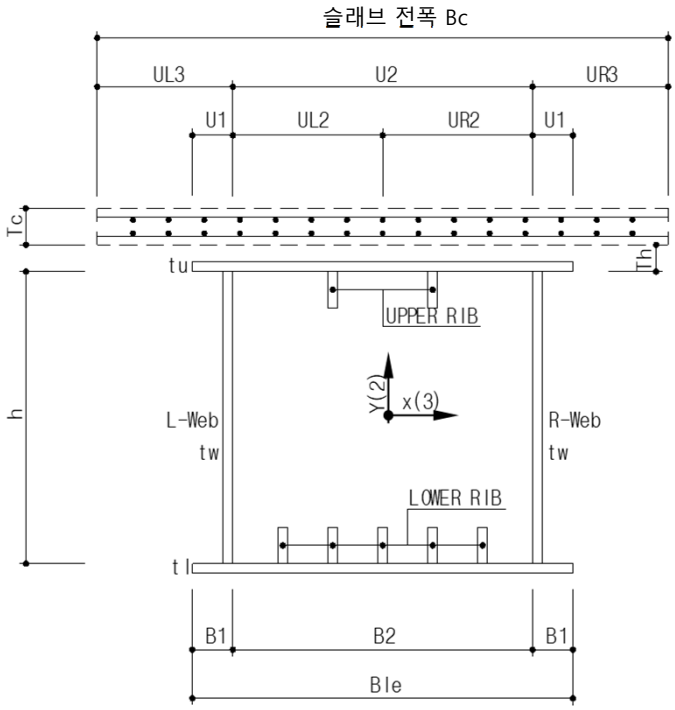
F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,526.6 = 6.094E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}094{,}219.5^2 / \{( 2{,}526.6 + 2{,}526.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 41.3 + 2{,}412.0 / 12.0 \}$ $= \mathbf{2.183E+11}\ mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 18]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 5,100.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,350.0 | mm |
| UR3 | = | 1,350.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | 1,255.0 | 3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,175.0 | 1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | -1,175.0 | -1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | -1,255.0 | -3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| 합 계 | | 130,800.0 | - | 0.000E+00 | 1.080E+11 | 3.128E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| 합 계 | | 130,800.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 3.067E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 108,012,570,000.0 + 31,284,190,000.0 = 1.393E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 0.0 / 130,800.0 = 0.0 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 139,296,760,000.0 - 130,800.0 × 0.0² = **1.393E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 87,266,160,000.0 + 30,667,176,000.0 = 1.179E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 130,800.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 117,933,336,000.0 - 130,800.0 × 0.0² = **1.179E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 10.0 / 2 + 10.0 / 2 = 2,510.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,510.0 = 6.054E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 6,054,120.0²/ {( 2,510.0 + 2,510.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 10.0

+ 2,412.0 / 10.0 } = **1.628E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 5,100.0 × 250.0 = 1.275E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 130,800.0 + 1,275,000.0 / 8.0 = **2.902E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 5,100.0 × 250.0³/ 12 = 6.641E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,500.0 / 2 - 0.0 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,425.0 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,425.0 × 130,800.0 / 290,175.0 = 642.3 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,425.0 - 642.3 = 782.7 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 139,296,760,000.0 + 6,640,625,000.0 / 8.0 + 130,800.0 × 782.7²

+ 1,275,000.0 / 8.0 × 642.3² = **2.860E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 5,100.0³/ 12 = 2.764E+12 $mm^4$

$d_{vy} =$ UR2+UR3-$\delta_x$-Bc/2 = 1,200.0 + 1,350.0 - 0.0 - 5,100.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 130,800.0 / 290,175.0 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 117,933,336,000.0 + 2,763,562,500,000.0 / 8.0 + 130,800.0 × 0.0²

+ 1,275,000.0 / 8.0 × 0.0² = **4.634E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 10.0 + 250.0 / 8.0 = 41.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 41.3 / 2 + 10.0 / 2 = 2,525.6 mm

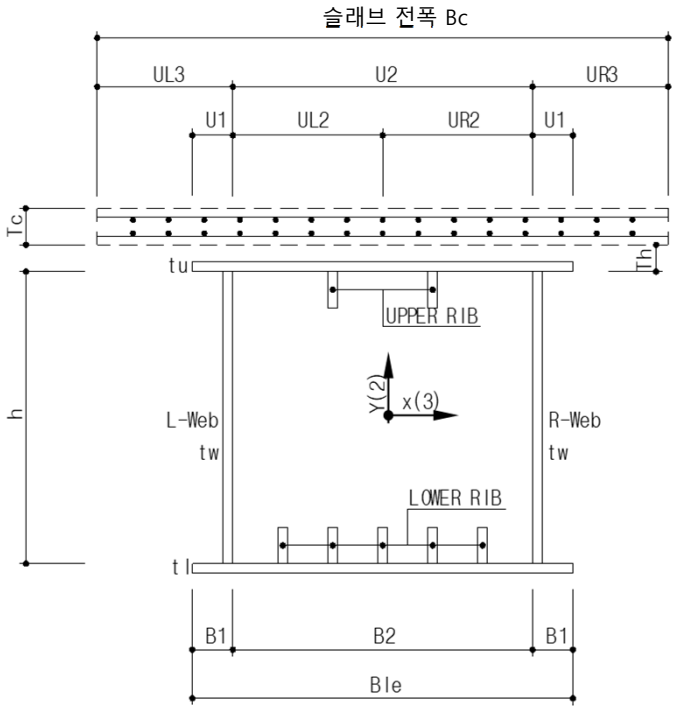
F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,525.6 = 6.092E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}091{,}807.5^2 / \{( 2{,}525.6 + 2{,}525.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 41.3 + 2{,}412.0 / 10.0 \}$ $= \mathbf{2.060E+11}\ mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 19]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 5,100.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,350.0 | mm |
| UR3 | = | 1,350.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 16 | 42,240.0 | 1,258.0 | 5.314E+07 | 6.685E+10 | 9.011E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,175.0 | 1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | -1,175.0 | -1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 10 | 26,400.0 | -1,255.0 | -3.313E+07 | 4.158E+10 | 2.200E+05 |
| 합 계 | | 146,640.0 | - | 2.001E+07 | 1.333E+11 | 3.128E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 16.0 | 42,240.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 2.453E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 10.0 | 26,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.533E+10 |
| 합 계 | | 146,640.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 3.987E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 133,279,413,360.0 + 31,284,871,120.0 = 1.646E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 20,005,920.0 / 146,640.0 = 136.4 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 164,564,284,480.0 - 146,640.0 × 136.4² = **1.618E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 87,266,160,000.0 + 39,867,048,000.0 = 1.271E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 146,640.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 127,133,208,000.0 - 146,640.0 × 0.0² = **1.271E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 16.0 / 2 + 10.0 / 2 = 2,513.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,513.0 = 6.061E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}061{,}356.0^2 / \{( 2{,}513.0 + 2{,}513.0 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 16.0$

$+ 2{,}412.0 / 10.0 \}$ = **1.813E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 5,100.0 × 250.0 = 1.275E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 146,640.0 + 1,275,000.0 / 8.0 = **3.060E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 5,100.0 × 250.0³/ 12 = 6.641E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,500.0 / 2 - 136.4 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,288.6 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,288.6 × 146,640.0 / 306,015.0 = 617.5 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,288.6 - 617.5 = 671.1 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

$= 161{,}834{,}900{,}716.7 + 6{,}640{,}625{,}000.0 / 8.0 + 146{,}640.0 \times 671.1^2$

$+ 1{,}275{,}000.0 / 8.0 \times 617.5^2$ = **2.895E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 5,100.0³/ 12 = 2.764E+12 $mm^4$

$d_{vy} = UR2+UR3-\delta_x-Bc/2$ = 1,200.0 + 1,350.0 - 0.0 - 5,100.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 146,640.0 / 306,015.0 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

$= 127{,}133{,}208{,}000.0 + 2{,}763{,}562{,}500{,}000.0 / 8.0 + 146{,}640.0 \times 0.0^2$

$+ 1{,}275{,}000.0 / 8.0 \times 0.0^2$ = **4.726E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 16.0 + 250.0 / 8.0 = 47.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 47.3 / 2 + 10.0 / 2 = 2,528.6 mm

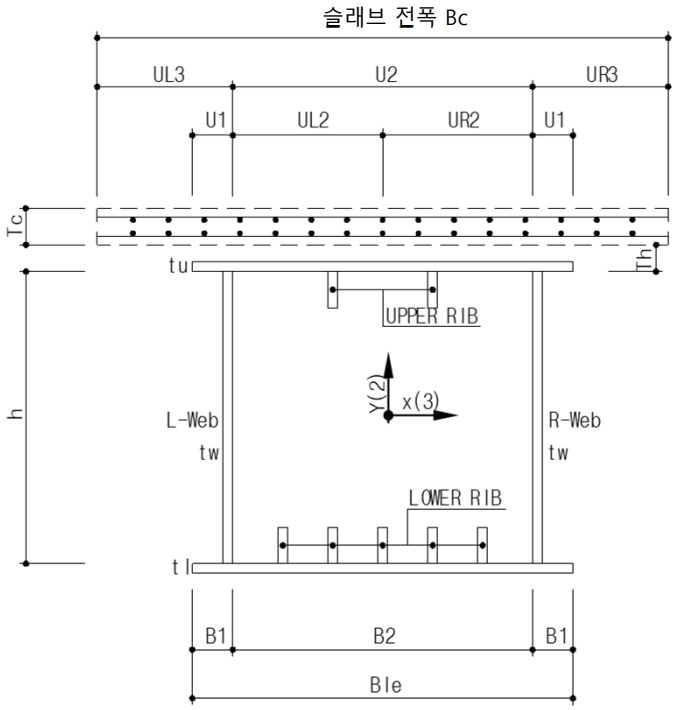
F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,528.6 = 6.099E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}099{,}043.5^2 / \{( 2{,}528.6 + 2{,}528.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 47.3 + 2{,}412.0 / 10.0 \}$ $=$ **2.085E+11** $mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 20]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 5,100.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,350.0 | mm |
| UR3 | = | 1,350.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 16 | 42,240.0 | 1,258.0 | 5.314E+07 | 6.685E+10 | 9.011E+05 |
| UPPER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | 1,175.0 | 1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | -1,175.0 | -1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 16 | 42,240.0 | -1,258.0 | -5.314E+07 | 6.685E+10 | 9.011E+05 |
| 합 계 | | 162,480.0 | - | 0.000E+00 | 1.585E+11 | 3.129E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 16.0 | 42,240.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 2.453E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 16.0 | 42,240.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 2.453E+10 |
| 합 계 | | 162,480.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 4.907E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 158,546,256,720.0 + 31,285,552,240.0 = 1.898E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 0.0 / 162,480.0 = 0.0 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 189,831,808,960.0 - 162,480.0 × 0.0² = **1.898E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 87,266,160,000.0 + 49,066,920,000.0 = 1.363E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 162,480.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 136,333,080,000.0 - 162,480.0 × 0.0² = **1.363E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 16.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,516.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,516.0 = 6.069E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 6,068,592.0²/ {( 2,516.0 + 2,516.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 16.0 + 2,412.0 / 16.0 } = **2.044E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 5,100.0 × 250.0 = 1.275E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 162,480.0 + 1,275,000.0 / 8.0 = **3.219E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 5,100.0 × 250.0³/ 12 = 6.641E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,500.0 / 2 - 0.0 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,425.0 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,425.0 × 162,480.0 / 321,855.0 = 719.4 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,425.0 - 719.4 = 705.6 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 189,831,808,960.0 + 6,640,625,000.0 / 8.0 + 162,480.0 × 705.6² + 1,275,000.0 / 8.0 × 719.4² = **3.540E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 5,100.0³/ 12 = 2.764E+12 $mm^4$

$d_{vy}$ = UR2+UR3-$\delta_x$-Bc/2 = 1,200.0 + 1,350.0 - 0.0 - 5,100.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 162,480.0 / 321,855.0 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 136,333,080,000.0 + 2,763,562,500,000.0 / 8.0 + 162,480.0 × 0.0² + 1,275,000.0 / 8.0 × 0.0² = **4.818E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 16.0 + 250.0 / 8.0 = 47.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 47.3 / 2 + 16.0 / 2 = 2,531.6 mm

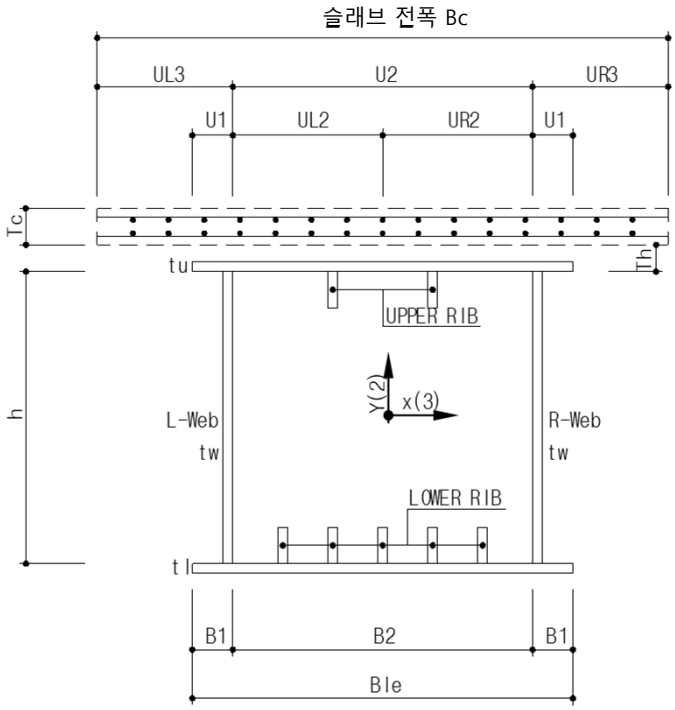
F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,531.6 = 6.106E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}106{,}279.5^2 / \{( 2{,}531.6 + 2{,}531.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 47.3 + 2{,}412.0 / 16.0 \}$ $=$ **2.391E+11** $mm^4$

**◎ FRAME SECTION NAME [SEC 21]**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bc | = | 5,100.0 | mm |
| U1 | = | 120.0 | mm |
| U2 | = | 2,400.0 | mm |
| UL2 | = | 1,200.0 | mm |
| UR2 | = | 1,200.0 | mm |
| U3 | = | 0.0 | mm |
| UL3 | = | 1,350.0 | mm |
| UR3 | = | 1,350.0 | mm |
| B1 | = | 120.0 | mm |
| B2 | = | 2,400.0 | mm |
| B3 | = | 2,640.0 | mm |
| Tc | = | 250.0 | mm |
| Th | = | 50.0 | mm |
| h | = | 2,500.0 | mm |
| n | = | 8 | |
| $\Theta_L$ | = | 0.000 | ° |
| $\Theta_R$ | = | 0.000 | ° |

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2,640 × 16 | 42,240.0 | 1,258.0 | 5.314E+07 | 6.685E+10 | 9.011E+05 |
| UPPER RIB | 3 - 150 × 12 | 5,400.0 | 1,175.0 | 6.345E+06 | 7.455E+09 | 1.013E+07 |
| L - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| R - WEB | 1 - 2,500 × 12 | 30,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.563E+10 |
| LOWER RIB | 5 - 150 × 12 | 9,000.0 | -1,175.0 | -1.058E+07 | 1.243E+10 | 1.688E+07 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640 × 16 | 42,240.0 | -1,258.0 | -5.314E+07 | 6.685E+10 | 9.011E+05 |
| 합 계 | | 158,880.0 | - | -4.230E+06 | 1.536E+11 | 3.128E+10 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L-UPPER FL. | 1 - 2,640.0 × 16.0 | 42,240.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 2.453E+10 |
| R-UPPER FL. | 0 - 0.0 × 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| UPPER RIB | 3 - 150.0 × 12.0 | 5,400.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 6.480E+04 |
| L - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | -1,206.0 | -3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| R - WEB | 1 - 2,500.0 × 12.0 | 30,000.0 | 1,206.0 | 3.618E+07 | 4.363E+10 | 3.600E+05 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 × 12.0 | 9,000.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.080E+05 |
| LOWER FL. | 1 - 2,640.0 × 16.0 | 42,240.0 | 0.0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 2.453E+10 |
| 합 계 | | 158,880.0 | - | 0.000E+00 | 8.727E+10 | 4.907E+10 |

① 합성전 단면

$I_x' = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 153,576,006,720.0 + 31,278,802,240.0 = 1.849E+11 $mm^4$

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = -4,230,000.0 / 158,880.0 = -26.6 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 184,854,808,960.0 - 158,880.0 × -26.6² = **1.847E+11** $mm^4$

$I_y' = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 87,266,160,000.0 + 49,066,876,800.0 = 1.363E+11 $mm^4$

$\delta_x = \sum A_s X / \sum A_s$ = 0.0 / 158,880.0 = 0.0 mm

$I_{22} = I_y' - \sum A_s \times \delta_x^2$ = 136,333,036,800.0 - 158,880.0 × 0.0² = **1.363E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

Bu = U2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

Bl = B2 + tw/2 × 2ea = 2,400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2,412.0 mm

H = h + tu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 16.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,516.0 mm

F = (Bu+Bl)/2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,516.0 = 6.069E+06 $mm^2$

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / tw + Bu / tu + Bl / tl\}$

= 4 × 6,068,592.0²/ {( 2,516.0 + 2,516.0 ) / 12.0 + 2,412.0 / 16.0 + 2,412.0 / 16.0 } = **2.044E+11** $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = Bc × Tc = 5,100.0 × 250.0 = 1.275E+06 $mm^2$

Av = ∑As + Ac / N = 158,880.0 + 1,275,000.0 / 8.0 = **3.183E+05** $mm^2$

- X(3)축 방향

$I_{cx} = Bc \times Tc^3 / 12$ = 5,100.0 × 250.0³/ 12 = 6.641E+09 $mm^4$

$d_{vx} = h/2 - \delta_y + Th + Tc/2$ = 2,500.0 / 2 - -26.6 + 50.0 + 250.0 / 2 = 1,451.6 mm

$d_{vcx} = d_{vx} \cdot \sum As / Av$ = 1,451.6 × 158,880.0 / 318,255.0 = 724.7 mm

$d_{vsx} = d_{vx} - d_{vcx}$ = 1,451.6 - 724.7 = 726.9 mm

$I_{v33} = I_{33} + I_{cx} / n + \sum As \cdot d_{vsx}^2 + Ac / n \cdot d_{vcx}^2$

= 184,742,190,002.3 + 6,640,625,000.0 / 8.0 + 158,880.0 × 726.9² + 1,275,000.0 / 8.0 × 724.7² = **3.532E+11** $mm^4$

- Y(2)축 방향

$I_{cy} = Tc \times Bc^3 / 12$ = 250.0 × 5,100.0³/ 12 = 2.764E+12 $mm^4$

$d_{vy}$ = UR2+UR3-$\delta_x$-Bc/2 = 1,200.0 + 1,350.0 - 0.0 - 5,100.0 / 2 = 0.0 mm

$d_{vcy} = d_{vy} \cdot \sum As / Av$ = 0.0 × 158,880.0 / 318,255.0 = 0.0 mm

$d_{vsy} = d_{vy} - d_{vcy}$ = 0.0 - 0.0 = 0.0 mm

$I_{v22} = I_{22} + I_{cy} / n + \sum As \cdot d_{vsy}^2 + Ac / n \cdot d_{vcy}^2$

= 136,333,036,800.0 + 2,763,562,500,000.0 / 8.0 + 158,880.0 × 0.0² + 1,275,000.0 / 8.0 × 0.0² = **4.818E+11** $mm^4$

- 비틀림 강성

※ 합성 단면의 K값 산정시 Con'c SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / n = 16.0 + 250.0 / 8.0 = 47.3 mm

H = h + tcu/2 + tl/2 = 2,500.0 + 47.3 / 2 + 16.0 / 2 = 2,531.6 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H = ( 2,412.0 + 2,412.0 ) / 2 × 2,531.6 = 6.106E+06 $mm^2$

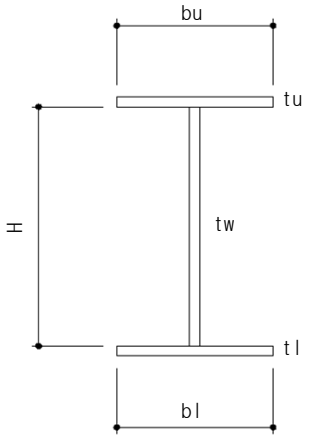
$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$

$= 4F^2 / \{( H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R ) / tw + Bu / tcu + Bl / tl\}$

$= 4 \times 6{,}106{,}279.5^2 / \{( 2{,}531.6 + 2{,}531.6 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 47.3$

$+ 2{,}412.0 / 16.0 \}$ $= \mathbf{2.391E+11}\ mm^4$

◎ 가로보 단면 : 일반부




| | | |
|---|---|---|
| bu | = | 300.0 mm |
| bl | = | 300.0 mm |
| H | = | 1,300.0 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·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 300.0 × 12.0 | 3,600.0 | 656.0 | 2.362E+06 | 1.549E+09 | 4.320E+04 |
| WEB | 1 - 1,300.0 × 12.0 | 15,600.0 | - | - | - | 2.197E+09 |
| LOWER FL. | 1 - 300.0 × 12.0 | 3,600.0 | -656.0 | -2.362E+06 | 1.549E+09 | 4.320E+04 |
| 합 계 | | 22,800.0 | - | 0.000E+00 | 3.098E+09 | 2.197E+09 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 300.0 × 12.0 | 3,600.0 | - | - | - | 2.700E+07 |
| WEB | 1 - 1,300.0 × 12.0 | 15,600.0 | - | - | - | 1.872E+05 |
| LOWER FL. | 1 - 300.0 × 12.0 | 3,600.0 | - | - | - | 2.700E+07 |
| 합 계 | | 22,800.0 | - | - | - | 5.419E+07 |

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 3,098,419,200.0 + 2,197,086,400.0 = 5.296E+09 $mm^4$

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,187,200.0 = 5.419E+07 $mm^4$

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

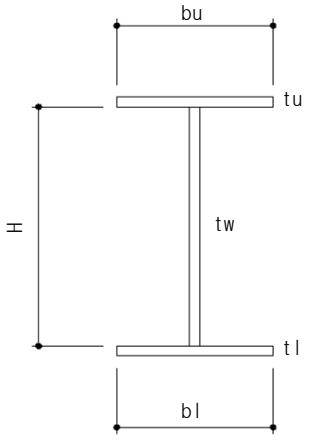
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

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

$= (300.0 \times 12.0^3 + 1,300.0 \times 12.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3$ = 1.094E+06 $mm^4$

◎ 가로보 단면 : 교대부




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

X(3)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | As·Y($mm^3$) | As·$Y^2$($mm^4$) | $I_{xo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 300.0 × 14.0 | 4,200.0 | 957.0 | 4.019E+06 | 3.847E+09 | 6.860E+04 |
| WEB | 1 - 1,900.0 × 14.0 | 26,600.0 | - | - | - | 8.002E+09 |
| LOWER FL. | 1 - 300.0 × 14.0 | 4,200.0 | -957.0 | -4.019E+06 | 3.847E+09 | 6.860E+04 |
| 합 계 | | 35,000.0 | - | 0.000E+00 | 7.693E+09 | 8.002E+09 |

Y(2)축 방향

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | X(mm) | As·X($mm^3$) | As·$X^2$($mm^4$) | $I_{yo}$($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 300.0 × 14.0 | 4,200.0 | - | - | - | 3.150E+07 |
| WEB | 1 - 1,900.0 × 14.0 | 26,600.0 | - | - | - | 4.345E+05 |
| LOWER FL. | 1 - 300.0 × 14.0 | 4,200.0 | - | - | - | 3.150E+07 |
| 합 계 | | 35,000.0 | - | - | - | 6.343E+07 |

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 7,693,131,600.0 + 8,002,303,866.7 = 1.570E+10 $mm^4$

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 63,434,466.7 = 6.343E+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 [도로교설계기준(2010) 3.8.2.3]

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

$= (300.0 \times 14.0^3 + 1,900.0 \times 14.0^3 + 300.0 \times 14.0^3) / 3$ = 2.287E+06 $mm^4$

## 3.3 작용하중의 산정

가. 횡방향 하중분배

(1) 합성전 고정하중(슬래브 자중)

1) 강재자중

총강재중량 / 모델링 강재중량 = 16099.152 kN / 11731.317 = 1.3723

* Self-Weight 기능을 이용해서 실제 중량만큼 배율로 추가

2) 슬래브자중

| 하중명 | 위치(m) | P1 | P2 | 하중(kN/m) | | 하중종류 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 연직(kN/m) | 비틀림(kN·m/m) | |
| G1 | 거더중심 | 19.566 | 18.768 | -38.334 | -0.958 | 분포하중 |
| G2 | 거더중심 | 16.508 | 17.567 | -34.075 | 1.271 | 분포하중 |
| G3 | 거더중심 | 19.030 | 15.072 | -34.102 | -4.750 | 분포하중 |
| G4 | 거더중심 | 22.103 | 16.005 | -38.108 | -7.318 | 분포하중 |

(2) 합성후 고정하중

1) 아스콘

: 0.080 × 23.000 = 1.840 $kN/m^2$

2) 방호벽

: 0.335 × 25.000 = 8.365 kN/m

3) 난간 : 1 kN/m 재하

(3) 활하중

연석간의 교폭 Wc = 18.500 m

∴ 설계 차로수 N = 5 [도로교설계기준(2010) 표 2.1.3]

설계 차로폭 W = Wc / N = 18.500 / 5 = 3.700 > 3.0 m ⇒ W = 3.600 m

곡선교: W = 3.000 m

1) 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

2) 활하중 충격계수 [도로교설계기준(2010) 2.1.4]

지간장 (L) = 38.650 + 50.000 + 50.000 + 50.000 + 38.650 + - m

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

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

◁ 제 1 지간

$$i = \frac{15}{40 + 38.65} = 0.191 < 0.3 \Rightarrow 0.191$$

◁ 제 2~3 지간

$$i = \frac{15}{40 + 50} = 0.167 < 0.3 \Rightarrow 0.167$$

◁ 제 4 지간

$$i = \frac{15}{40 + 50.000} = 0.167 < 0.3 \Rightarrow 0.167$$

◁ 제 1 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (38.650 + 50.000)/2} = 0.178 < 0.3 \Rightarrow 0.178$$

◁ 제 2 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (50.000 + 50.000)/2} = 0.167 < 0.3 \Rightarrow 0.167$$

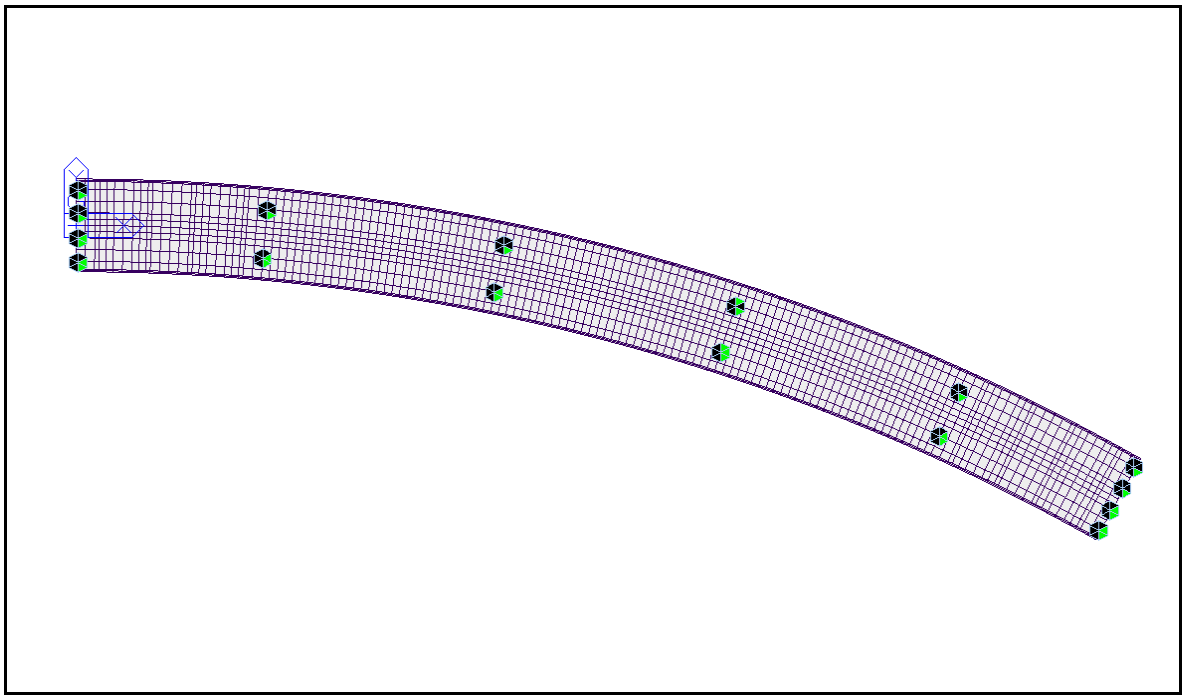
◁ 제 3 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (50.000 + 50.000)/2} = 0.167 < 0.3 \Rightarrow 0.167$$

∴ 계산된 충격계수 중 가장 큰 **0.191** 로 산정됨

### 3.4 모델링 및 단면제원

1) 모델링



2) 단면 제정수

- 주형 (합성전)

| 구 분 | | A (mm²) | I33 (mm⁴) | I22 (mm⁴) | K (mm⁴) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SEC 01 | 합성전 | 1.212E+05 | 1.060E+11 | 1.092E+11 | 1.384E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 02 | 합성전 | 1.272E+05 | 1.342E+11 | 1.179E+11 | 1.628E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 03 | 합성전 | 1.325E+05 | 1.427E+11 | 1.210E+11 | 1.705E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 04 | 합성전 | 1.308E+05 | 1.393E+11 | 1.179E+11 | 1.628E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 05 | 합성전 | 1.466E+05 | 1.618E+11 | 1.271E+11 | 1.813E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 06 | 합성전 | 1.625E+05 | 1.898E+11 | 1.363E+11 | 2.044E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 07 | 합성전 | 1.589E+05 | 1.847E+11 | 1.363E+11 | 2.044E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 08 | 합성전 | 1.625E+05 | 1.898E+11 | 1.363E+11 | 2.044E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 09 | 합성전 | 1.466E+05 | 1.618E+11 | 1.271E+11 | 1.813E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 10 | 합성전 | 1.308E+05 | 1.393E+11 | 1.179E+11 | 1.628E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |

| 구 분 | | A (mm²) | I33 (mm⁴) | I22 (mm⁴) | K (mm⁴) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SEC 11 | 합성전 | 1.272E+05 | 1.342E+11 | 1.179E+11 | 1.628E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 12 | 합성전 | 1.325E+05 | 1.427E+11 | 1.210E+11 | 1.705E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 13 | 합성전 | 1.589E+05 | 1.847E+11 | 1.363E+11 | 2.044E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 14 | 합성전 | 1.212E+05 | 1.060E+11 | 1.092E+11 | 1.384E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 15 | 합성전 | 1.212E+05 | 1.060E+11 | 1.092E+11 | 1.384E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 16 | 합성전 | 1.272E+05 | 1.342E+11 | 1.179E+11 | 1.628E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 17 | 합성전 | 1.325E+05 | 1.427E+11 | 1.210E+11 | 1.705E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 18 | 합성전 | 1.308E+05 | 1.393E+11 | 1.179E+11 | 1.628E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 19 | 합성전 | 1.466E+05 | 1.618E+11 | 1.271E+11 | 1.813E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 20 | 합성전 | 1.625E+05 | 1.898E+11 | 1.363E+11 | 2.044E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 21 | 합성전 | 1.589E+05 | 1.847E+11 | 1.363E+11 | 2.044E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |

- 주형 (합성후)

| 구 분 | | A (mm²) | I33 (mm⁴) | I22 (mm⁴) | K (mm⁴) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SEC 01 | 합성후 | 2.665E+05 | 2.131E+11 | 3.710E+11 | 1.775E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 02 | 합성후 | 2.725E+05 | 2.663E+11 | 3.798E+11 | 2.060E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 03 | 합성후 | 2.778E+05 | 2.878E+11 | 3.828E+11 | 2.183E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 04 | 합성후 | 2.761E+05 | 2.798E+11 | 3.798E+11 | 2.060E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 05 | 합성후 | 2.920E+05 | 2.838E+11 | 3.890E+11 | 2.085E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 06 | 합성후 | 3.078E+05 | 3.464E+11 | 3.982E+11 | 2.391E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 07 | 합성후 | 3.042E+05 | 3.454E+11 | 3.982E+11 | 2.391E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 08 | 합성후 | 3.594E+05 | 3.716E+11 | 7.875E+11 | 2.391E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 09 | 합성후 | 3.435E+05 | 3.024E+11 | 7.783E+11 | 2.085E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 10 | 합성후 | 3.277E+05 | 2.999E+11 | 7.691E+11 | 2.060E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 11 | 합성후 | 3.241E+05 | 2.849E+11 | 7.691E+11 | 2.060E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 12 | 합성후 | 3.294E+05 | 3.087E+11 | 7.722E+11 | 2.183E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 13 | 합성후 | 3.558E+05 | 3.710E+11 | 7.875E+11 | 2.391E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 14 | 합성후 | 3.181E+05 | 2.278E+11 | 7.604E+11 | 1.775E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 15 | 합성후 | 2.806E+05 | 2.177E+11 | 4.547E+11 | 1.775E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 16 | 합성후 | 2.866E+05 | 2.720E+11 | 4.634E+11 | 2.060E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 17 | 합성후 | 2.919E+05 | 2.942E+11 | 4.664E+11 | 2.183E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 18 | 합성후 | 2.902E+05 | 2.860E+11 | 4.634E+11 | 2.060E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 19 | 합성후 | 3.060E+05 | 2.895E+11 | 4.726E+11 | 2.085E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |

| 구 분 | | A (mm²) | I33 (mm⁴) | I22 (mm⁴) | K (mm⁴) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SEC 20 | 합성후 | 3.219E+05 | 3.540E+11 | 4.818E+11 | 2.391E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |
| SEC 21 | 합성후 | 3.183E+05 | 3.532E+11 | 4.818E+11 | 2.391E+11 | |
| | 절점번호 | | | | | |

- 가로보 및 세로보

| 구 분 | | A (mm²) | I33 (mm⁴) | I22 (mm⁴) | K (mm⁴) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CB.SEC-1 | 단면제원 | 2.280E+04 | 5.296E+09 | 5.419E+07 | 1.094E+06 | |
| | 부재번호 | | | | | |
| CB.SEC-2 | 단면제원 | 3.500E+04 | 1.570E+10 | 6.343E+07 | 2.287E+06 | |
| | 부재번호 | | | | | |
| CB.SEC-3 | 단면제원 | 2.720E+04 | 1.395E+10 | 5.417E+07 | 1.012E+06 | |
| | 부재번호 | | | | | |

3) 하중조합

(1) CASE 1 : 합성전 고정하중 (단면 : Steel)

① STEEL 자중

② 콘크리트 자중

ⓐ 바닥판 자중

ⓑ 가로보헌치 자중

(2) CASE 2 : 합성후 고정하중 (단면 : Steel + Slab) + 활하중

① 포장, 보도, 방음벽 및 방호책 등 합성후 고정하중

② 점검로 등의 부속설비 하중

(3) CASE 3 : 활하중 및 풍하중 (단면 : Steel + Slab)

- 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

③ 풍하중 : 교량에 측면에 작용하는 풍하중을 횡분배 산정 후 적용

## 3.5 뒴비틀림(WARPING TORSION)에 대한 검토

1) WARPING TORSION 에 대한 검토 [철도교설계기준 9.10.1, 강교설계의 기초 P168]

비틀림상수비 가장 큰 단면 8 에 대하여 검토함

$B_u = U_2 + t_w/2 \times 2ea = 2{,}400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2{,}412.0$ mm

$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2{,}400.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 2{,}412.0$ mm

$H = h + t_u/2 + t_l/2 = 2{,}500.0 + 16.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2{,}516.0$ mm

$F = (Bu+Bl)/ 2 \times H = (2{,}412.0 + 2{,}412.0) / 2 \times 2{,}516.0 = 6{,}068{,}592.0$ $mm^2$

$\beta_u = (Bu \times t_u)/(t_w \times H) = (2{,}412.0 \times 16.0) / (12.0 \times 2{,}516.0) = 1.278$

$\beta_l = (Bl \times t_l)/(t_w \times H) = (2{,}412.0 \times 16.0) / (12.0 \times 2{,}516.0) = 1.278$

$\varepsilon = 2 \times t_u \times t_l / t_w^2 = 2 \times 16.0 \times 16.0 / 12.0^2 = 3.556$

- 비틀림 함수

$q' = \{(B_u + B_l) / 2 \times t_w \times \varepsilon\} / (\beta_u + \beta_l + \varepsilon)$

$= \{(2{,}412.0 + 2{,}412.0)/2 \times 12.0 \times 3.556\} / (1.278 + 1.278 + 3.556) = 16{,}837.7$

- 솟구침 함수(Unit Warping)

$\Delta\omega = \{(B_u + B_l) / 2 / 2 \times H\}+(q' \times H) / t_w$

$= \{(2{,}412.0 + 2{,}412.0)/2/2 \times 2{,}516.0\} + (16{,}837.7 \times 2{,}516.0)/12.0 = 6{,}564{,}602.9$

$\omega_1 = \{-\Delta\omega \times (\beta_l + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6)$

$= \{-6{,}564{,}602.9 \times (1.278 + 3)\} / (1.278 + 1.278 + 6) = -3{,}282{,}301.5$

$\omega_2 = \{\Delta\omega \times (\beta_u + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6)$

$= \{6{,}564{,}602.9 \times (1.278 + 3)\} / (1.278 + 1.278 + 6) = 3{,}282{,}301.5$

- 솟구침 비틀림 상수

$I_w = H \times t_w/3 \{\omega_1^2(2+\beta_u) + 2 \times \omega_1 \times \omega_2 + \omega_2^2(2+\beta_l)\}$

$= 2{,}516.0 \times 12.0/3 \times \{-3{,}282{,}301.5^2 \times (2 + 1.278) + 2 \times -3{,}282{,}301.5$

$\times 3{,}282{,}301.46 + 3{,}282{,}301.5^2 \times (2 + 1.278)\} = 4.940E+17$ $mm^6$

- 순수 비틀림 상수

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / t_w + B_u / t_{hu} + B_l / t_l\}$

$= 4 \times 6{,}068{,}592.0^2 / \{( 2{,}516.0 + 2{,}516.0 ) / 12.0 + 2{,}412.0 / 16.0$

$+ 2{,}412.0 / 16.0 \} = 2.044E+11$

- 비틀림 상수비

$$\alpha = L \cdot \sqrt{\frac{G \cdot K}{E_s \cdot I_w}} = 65{,}000.0 \times \sqrt{\frac{78{,}846.2 \times 2.044E+11}{205{,}000.0 \times 4.940E+17}} = 25.927$$

$\alpha = 25.93 > 10.0$ ※ 검토결과 α > 10이므로 뒴비틀림에 따른 응력 계산을 생략할 수 있다.

L : 지간장( 65,000.0 mm )

$E_s$ : 탄성계수( 205,000.0 MPa )

G : 전단탄성계수( 78,846.2 MPa )

◎ 단면별 비틀림 모멘트 고려범위 판정 결과

| 구 분 | $B_u$ | $B_l$ | H | tu | $t_l$ | $t_w$ | $F(mm^2)$ | $\beta_u$ | $\beta_l$ | ε | q' |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SEC 01 | 2,640 | 2,640 | 2,250 | 10 | 10 | 12 | 5.94E+06 | 0.978 | 0.978 | 1.389 | 13,156.1 |
| SEC 02 | 2,640 | 2,640 | 2,500 | 10 | 10 | 12 | 6.60E+06 | 0.880 | 0.880 | 1.389 | 13,973.2 |
| SEC 03 | 2,640 | 2,640 | 2,500 | 10 | 12 | 12 | 6.60E+06 | 0.880 | 1.056 | 1.667 | 14,655.8 |
| SEC 04 | 2,640 | 2,640 | 2,500 | 10 | 10 | 12 | 6.60E+06 | 0.880 | 0.880 | 1.389 | 13,973.2 |
| SEC 05 | 2,640 | 2,640 | 2,500 | 16 | 10 | 12 | 6.60E+06 | 1.408 | 0.880 | 2.222 | 15,609.0 |
| SEC 06 | 2,640 | 2,640 | 2,500 | 16 | 16 | 12 | 6.60E+06 | 1.408 | 1.408 | 3.556 | 17,678.6 |
| SEC 07 | 2,640 | 2,640 | 2,500 | 16 | 16 | 12 | 6.60E+06 | 1.408 | 1.408 | 3.556 | 17,678.6 |
| SEC 08 | 2,640 | 2,640 | 2,500 | 16 | 16 | 12 | 6.60E+06 | 1.408 | 1.408 | 3.556 | 17,678.6 |
| SEC 09 | 2,640 | 2,640 | 2,500 | 16 | 10 | 12 | 6.60E+06 | 1.408 | 0.880 | 2.222 | 15,609.0 |
| SEC 10 | 2,640 | 2,640 | 2,500 | 10 | 10 | 12 | 6.60E+06 | 0.880 | 0.880 | 1.389 | 13,973.2 |
| SEC 11 | 2,640 | 2,640 | 2,500 | 10 | 10 | 12 | 6.60E+06 | 0.880 | 0.880 | 1.389 | 13,973.2 |
| SEC 12 | 2,640 | 2,640 | 2,500 | 10 | 12 | 12 | 6.60E+06 | 0.880 | 1.056 | 1.667 | 14,655.8 |
| SEC 13 | 2,640 | 2,640 | 2,500 | 16 | 16 | 12 | 6.60E+06 | 1.408 | 1.408 | 3.556 | 17,678.6 |
| SEC 14 | 2,640 | 2,640 | 2,250 | 10 | 12 | 12 | 5.94E+06 | 0.978 | 1.173 | 1.667 | 13,830.0 |

| 구 분 | Δω | $\omega_1$ | $\omega_2$ | $L(mm^2)$ | $I_w(mm^6)$ | $K(mm^4)$ | α | 판 정 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SEC 01 | 5,436,777.4 | -2,718,388.7 | 2,718,388.7 | 49,550.0 | 2.63E+17 | 1.56E+11 | 23.69 | **α > 10** |
| SEC 02 | 6,211,079.7 | -3,105,539.9 | 3,105,539.9 | 49,550.0 | 3.63E+17 | 1.84E+11 | 21.92 | **α > 10** |
| SEC 03 | 6,353,293.9 | -3,247,096.8 | 3,106,197.1 | 49,550.0 | 3.97E+17 | 1.93E+11 | 21.46 | **α > 10** |
| SEC 04 | 6,211,079.7 | -3,105,539.9 | 3,105,539.9 | 65,000.0 | 3.63E+17 | 1.84E+11 | 28.75 | **α > 10** |
| SEC 05 | 6,551,872.3 | -3,067,237.5 | 3,484,634.8 | 49,500.0 | 4.57E+17 | 2.06E+11 | 20.62 | **α > 10** |
| SEC 06 | 6,983,035.7 | -3,491,517.9 | 3,491,517.9 | 49,500.0 | 5.87E+17 | 2.33E+11 | 19.35 | **α > 10** |
| SEC 07 | 6,983,035.7 | -3,491,517.9 | 3,491,517.9 | 49,500.0 | 5.87E+17 | 2.33E+11 | 19.35 | **α > 10** |
| SEC 08 | 6,983,035.7 | -3,491,517.9 | 3,491,517.9 | 65,000.0 | 5.87E+17 | 2.33E+11 | 25.41 | **α > 10** |
| SEC 09 | 6,551,872.3 | -3,067,237.5 | 3,484,634.8 | 65,000.0 | 4.57E+17 | 2.06E+11 | 27.08 | **α > 10** |
| SEC 10 | 6,211,079.7 | -3,105,539.9 | 3,105,539.9 | 49,500.0 | 3.63E+17 | 1.84E+11 | 21.89 | **α > 10** |
| SEC 11 | 6,211,079.7 | -3,105,539.9 | 3,105,539.9 | 65,000.0 | 3.63E+17 | 1.84E+11 | 28.75 | **α > 10** |
| SEC 12 | 6,353,293.9 | -3,247,096.8 | 3,106,197.1 | 65,000.0 | 3.97E+17 | 1.93E+11 | 28.15 | **α > 10** |
| SEC 13 | 6,983,035.7 | -3,491,517.9 | 3,491,517.9 | 65,000.0 | 5.87E+17 | 2.33E+11 | 25.41 | **α > 10** |
| SEC 14 | 5,563,131.5 | -2,848,299.1 | 2,714,832.5 | 65,000.0 | 2.89E+17 | 1.64E+11 | 30.41 | **α > 10** |

※ 검토결과 비틀림 상수비 α < 0.4일 경우 순수비틀림에 따른 응력계산을, α > 10일 경우 뒴비틀림에 대한 응력계산을 각각 생략할 수 있다.

## 3.6 2차 부정정력에 대한 영향 검토

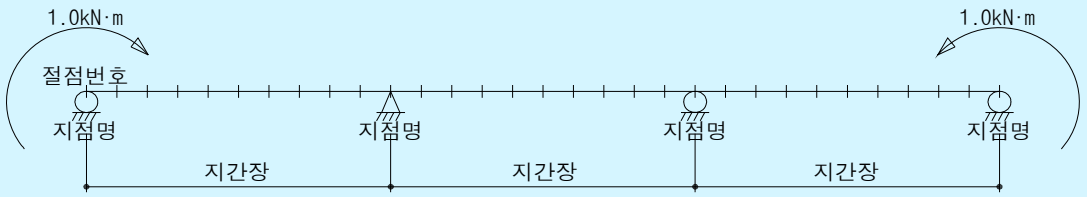
[강구조편람 제 7장 P35]

※ 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.

(1) 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.

**[Input 예시]**




(2) k 값의 적용방법

※ k 값은 주형의 설계에서 바닥판 콘크리트의 크리프와 건조수축, 그리고 강재보와 바닥판 콘크리트와의 온도차 등에 의해 단면내의 발생하는 2차모멘트를 계산하는 데 이용된다.

1) 바닥판 콘크리트의 크리프

[도로교설계기준(2010) 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,

$$P_\phi = E_{c1}A_c\varepsilon_{\phi 0} = E_{c1}A_c\frac{N_c}{E_cA_c}\phi_1 = N_c\frac{2\phi_1}{2+\phi_1}$$

$$M_\phi = P_\phi\left[d_{c1} + \frac{r_c^2}{d_c}\right] \fallingdotseq P_\phi \cdot d_{c1}$$

2) 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차

[도로교설계기준(2010) 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)

$$P_1 = E_s \cdot \varepsilon_t \cdot \frac{A_c}{n} \qquad M_v = P_1 \cdot d_c$$

3) 바닥판 콘크리트의 건조수축

[도로교설계기준(2010) 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,

$$E_2 = \frac{E_s}{n_2}$$

$$P_2 = \frac{E_s\varepsilon_s A_c}{n_2} = E_{c2}\varepsilon_s A_c \qquad M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2}$$

### 3.7 부재력 결과 요약

- 슬래브는 Plate element, 주거더는 Beam Element로 모델링 하였으므로 합성후 단면력은 축력을 고려해야함

(1) 합성전 고정하중

(단위 : kN·m)

| 구 분 | 위치 | 거더 No. | | $M_y$ | | $F_z$ | | $M_x$ | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Steel | Slab | Steel | Slab | Steel | Slab | (Elem) |
| 중앙경간 | 정모멘트 (S4) | 외측 | G1 | 1,558.665 | 3,608.110 | 25.869 | 55.035 | 0.746 | 18.948 | 101 |
| | | 내측 | G2 | 1,535.185 | 3,494.422 | 49.269 | 115.058 | 10.377 | 35.823 | 242 |
| 측경간 | 정모멘트 (S1) | 외측 | G1 | 1,657.429 | 3,884.981 | 49.618 | 120.372 | -13.287 | -57.099 | 12 |
| | | 내측 | G2 | 1,654.692 | 3,758.413 | 49.444 | 112.186 | -1.747 | -24.570 | 152 |
| | 부모멘트 (P3) | 외측 | G1 | -3,560.110 | -8,282.244 | -411.326 | -940.152 | -98.934 | -115.425 | 86 |
| | | 내측 | G2 | -3,574.335 | -8,007.271 | -418.031 | -905.888 | -48.020 | -146.416 | 225 |

(2) 합성후 고정하중 및 활하중

① 휨모멘트

- 합성후 고정하중

(단위 : kN·m)

| 구 분 | 위치 | 거더 No. | | $M_y$ (Beam) | $M_{xx}$ (Plate) | $F_{xx}$ (Plate) | 팔길이 (m) | 유효폭 (m) | 합계 | 비 고 (Elem) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 중앙경간 | 정모멘트 (S4) | 외측 | G1 | 565.349 | 1.096 | -87.934 | 1.578 | 4.650 | 1,211.812 | 101 |
| | | 내측 | G2 | 533.296 | 1.109 | -82.188 | 1.578 | 5.100 | 1,195.975 | 242 |
| 측경간 | 정모멘트 (S1) | 외측 | G1 | 621.576 | 1.214 | -90.845 | 1.578 | 4.650 | 1,289.522 | 12 |
| | | 내측 | G2 | 554.832 | 1.214 | -86.894 | 1.578 | 5.100 | 1,255.497 | 152 |
| | 부모멘트 (P3) | 외측 | G1 | -1,516.338 | -11.603 | 186.933 | 1.566 | 4.650 | -2,889.168 | 86 |
| | | 내측 | G2 | -1,356.382 | -9.865 | 168.962 | 1.566 | 5.100 | -2,715.679 | 225 |

- 활하중

| 구 분 | 위치 | 거더 No. | | $M_y$ (Beam) | $M_{xx}$ (Plate) | $F_{xx}$ (Plate) | 팔길이 (m) | 유효폭 (m) | 합계 | 비 고 (Elem) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 중앙경간 | 정모멘트 (S4) | 외측 | G1 | 2,081.106 | 33.446 | -359.000 | 1.578 | 4.650 | 4,749.334 | 101 |
| | | 내측 | G2 | 1,960.287 | 34.750 | -330.000 | 1.578 | 5.100 | 4,651.363 | 242 |
| 측경간 | 정모멘트 (S1) | 외측 | G1 | 2,023.669 | 33.466 | -339.796 | 1.578 | 4.650 | 4,550.974 | 12 |
| | | 내측 | G2 | 1,964.002 | 34.644 | -313.984 | 1.578 | 5.100 | 4,526.052 | 152 |
| | 부모멘트 (P3) | 외측 | G1 | -3,206.166 | -25.583 | 391.547 | 1.566 | 4.650 | -6,082.954 | 86 |
| | | 내측 | G2 | -2,995.960 | -25.632 | 348.839 | 1.566 | 5.100 | -5,807.629 | 225 |

② 전단력, 비틀림 모멘트

(단위 : kN)

| 구 분 | 위치 | 거더 No. | | 합성후 고정하중 | | | 활하중 | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $F_z$ (Beam) | $V_{xx}$ (Plate) | 합계 | $F_z$ (Beam) | $V_{xx}$ (Plate) | 합계 | (Elem) |
| 중앙경간 | 정모멘트 (S4) | 외측 | G1 | 5.540 | 0.216 | 5.756 | 247.400 | 9.616 | 257.016 | 101 |
| | | 내측 | G2 | 24.143 | 0.975 | 25.118 | 273.112 | 23.725 | 296.837 | 242 |
| 측경간 | 정모멘트 (S1) | 외측 | G1 | 24.843 | 0.705 | 25.548 | 232.412 | 20.991 | 253.403 | 12 |
| | | 내측 | G2 | 20.250 | 0.580 | 20.830 | 229.674 | 21.185 | 250.859 | 152 |
| | 부모멘트 (P3) | 외측 | G1 | -274.171 | -10.132 | -284.303 | -691.404 | -25.775 | -717.179 | 86 |
| | | 내측 | G2 | -242.785 | -9.159 | -251.944 | -681.546 | -25.757 | -707.303 | 225 |

(단위 : kN·m)

| 구 분 | 위치 | 거더 No. | | 합성후 고정하중 | | 활하중 | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $M_x$ (Beam) | 합계 | $M_x$ (Beam) | 합계 | (Elem) |
| 중앙경간 | 정모멘트 (S4) | 외측 | G1 | 2.480 | 2.480 | 229.910 | 229.910 | 101 |
| | | 내측 | G2 | 8.991 | 8.991 | 261.856 | 261.856 | 242 |
| 측경간 | 정모멘트 (S1) | 외측 | G1 | -14.113 | -14.113 | -197.155 | -197.155 | 12 |
| | | 내측 | G2 | -8.497 | -8.497 | -216.021 | -216.021 | 152 |
| | 부모멘트 (P3) | 외측 | G1 | -6.995 | -6.995 | -500.758 | -500.758 | 86 |
| | | 내측 | G2 | -62.082 | -62.082 | -583.765 | -583.765 | 225 |

(2) 단면력 집계

① 합성전 고정하중

| 구 분 | 위치 | 거더 No. | | $M_y$ | $F_z$ | $M_x$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 중앙경간 | 정모멘트 (S4) | 외측 | G1 | 5,166.775 | 80.904 | 19.694 |
| | | 내측 | G2 | 5,029.607 | 164.327 | 46.200 |
| 측경간 | 정모멘트 (S1) | 외측 | G1 | 5,542.410 | 169.990 | -70.386 |
| | | 내측 | G2 | 5,413.105 | 161.630 | -26.317 |
| | 부모멘트 (P3) | 외측 | G1 | -11,842.354 | -1,351.478 | -214.359 |
| | | 내측 | G2 | -11,581.606 | -1,323.919 | -194.436 |

② 합성후 고정하중&활하중

| 구 분 | 위치 | 거더 No. | | 합성후 고정하중 | | | 활하중 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $M_y$ | $F_z$ | $M_x$ | $M_y$ | $F_z$ | $M_x$ |
| 중앙경간 | 정모멘트 (S4) | 외측 | G1 | 1,211.812 | 5.756 | 2.480 | 4,749.334 | 257.016 | 229.910 |
| | | 내측 | G2 | 1,195.975 | 25.118 | 8.991 | 4,651.363 | 296.837 | 261.856 |
| 측경간 | 정모멘트 (S1) | 외측 | G1 | 1,289.522 | 25.548 | -14.113 | 4,550.974 | 253.403 | -197.155 |
| | | 내측 | G2 | 1,255.497 | 20.830 | -8.497 | 4,526.052 | 250.859 | -216.021 |
| | 부모멘트 (P3) | 외측 | G1 | -2,889.168 | -284.303 | -6.995 | -6,082.954 | -717.179 | -500.758 |
| | | 내측 | G2 | -2,715.679 | -251.944 | -62.082 | -5,807.629 | -707.303 | -583.765 |