남천교(대구 3@55, S1~S3)-상부구조

# 1. 설 계 조 건

## 1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 남천교(대구)

(3) 교 량 형 식 : Steel Box Girder교

(4) 교 량 연 장 : 3@55 = 165.0m

(5) 교 량 폭 원 : B = 12.150 m

(7) 사 각(Skew) : 90.000 °

(6) Girder 제원 : B = 2.500 m H = 2.600 m

(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)

(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

▪ 사 용 재 료

| | | |
|---|---|---|
| 주 부 재 | SM490 | |
| 부 부 재 | SM400 | |
| 강재 탄성계수 ($E_{st}$) | 205,000 | MPa |
| 강재의 전단탄성계수 (G) | 79,000 | MPa |

▪ 허용 응력 (MPa) ( ☞ 도.설.해 3.3.2.1 )

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

| 응력 종류, 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<br>(215) | 260<br>(270) | | | |
| | 75 초과 100이하 | | | 195<br>(215) | 250<br>(270) | | | |
| 전단응력 | 40 이하 | 80 | 110 | 125 | 155 | 135 | 155 | 220 |
| | 40 초과 75 이하 | 75 | 100<br>(110) | 115<br>(125) | 150<br>(155) | | | |
| | 75 초과 100이하 | | | 115<br>(125) | 145<br>(155) | | | |
| 지압응력<br>(강판과 강판 사이) | 40 이하 | 210 | 285 | 325 | 405 | 345 | 405 | 570 |
| | 40 초과 75 이하 | 195 | 265<br>(285) | 300<br>(325) | 390<br>(405) | | | |
| | 75 초과 100이하 | | | 295<br>(325) | 375<br>(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

▪ 항복 응력 (MPa) ( ☞ 도.설.해 3.2.5 )

| 응력 종류, 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 기준 항복점 | 40 이하 | 235 | 315 | 355 | 450 | 380 | 450 | 690 |
| | 40 초과 75 이하 | 215 | 295<br>(315) | 335<br>(355) | 430<br>(450) | | | |
| | 75 초과 100이하 | | | 325<br>(355) | 420<br>(450) | | | |

※ TMC 강재일 경우에는 ( )안의 값을 적용하고, HSB 600인 경우에는 [ ]안의 값을 적용한다.

▪ 국부좌굴을 고려하지 않는 허용 축방향 압축응력 (MPa) ( ☞ 도.설.해 3.3.2.1 )

| 강종 / 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>$140 - 0.82\,(\frac{l}{r} - 18.6) :$<br>$18.6 < \frac{l}{r} \le 92.8$<br>$\frac{1,200,000}{6,700 + (\frac{l}{r})^2} : 92.8 < \frac{l}{r}$ | $190 : \frac{l}{r} \le 16.0$<br>$190 - 1.29\,(\frac{l}{r} - 16.0) :$<br>$16.0 < \frac{l}{r} \le 80.1$<br>$\frac{1,200,000}{5,000 + (\frac{l}{r})^2} : 80.1 < \frac{l}{r}$ | $215 : \frac{l}{r} \le 15.1$<br>$215 - 1.55\,(\frac{l}{r} - 15.1) :$<br>$15.1 < \frac{l}{r} \le 75.5$<br>$\frac{1,200,000}{4,400 + (\frac{l}{r})^2} : 75.5 < \frac{l}{r}$ | $270 : \frac{l}{r} \le 13.4$<br>$270 - 2.19\,(\frac{l}{r} - 13.4) :$<br>$13.4 < \frac{l}{r} \le 67.1$<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>$130 - 0.73\,(\frac{l}{r} - 19.4) :$<br>$19.4 < \frac{l}{r} \le 97$<br>$\frac{1,200,000}{7,300 + (\frac{l}{r})^2} : 97 < \frac{l}{r}$ | $175 : \frac{l}{r} \le 16.6$<br>$175 - 1.15\,(\frac{l}{r} - 16.6) :$<br>$16.6 < \frac{l}{r} \le 82.8$<br>$\frac{1,200,000}{5,300 + (\frac{l}{r})^2} : 82.8 < \frac{l}{r}$ | $200 : \frac{l}{r} \le 15.5$<br>$200 - 1.4\,(\frac{l}{r} - 15.5) :$<br>$15.5 < \frac{l}{r} \le 77.7$<br>$\frac{1,200,000}{4,700 + (\frac{l}{r})^2} : 77.7 < \frac{l}{r}$ | $260 : \frac{l}{r} \le 13.7$<br>$260 - 2.07\,(\frac{l}{r} - 13.7) :$<br>$13.7 < \frac{l}{r} \le 68.6$<br>$\frac{1,200,000}{3,600 + (\frac{l}{r})^2} : 68.6 < \frac{l}{r}$ |
| 75 초과<br>100 이하 | | | $195 : \frac{l}{r} \le 15.8$<br>$195 - 1.35\,(\frac{l}{r} - 15.8) :$<br>$15.8 < \frac{l}{r} \le 78.9$<br>$\frac{1,200,000}{4,800 + (\frac{l}{r})^2} : 78.9 < \frac{l}{r}$ | $250 : \frac{l}{r} \le 13.9$<br>$250 - 1.96\,(\frac{l}{r} - 13.9) :$<br>$13.9 < \frac{l}{r} \le 69.4$<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

| 강종 / 판두께 (mm) | HSB500 | HSB600 | HSB800 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 80 이하 | $230 : \frac{l}{r} \le 14.6$<br>$230 - 1.72\,(\frac{l}{r} - 14.6) :$<br>$14.6 < \frac{l}{r} \le 73.0$<br>$\frac{1,200,000}{4,100 + (\frac{l}{r})^2} : 73.0 < \frac{l}{r}$ | $270 : \frac{l}{r} \le 13.4$<br>$270 - 2.19\,(\frac{l}{r} - 13.4) :$<br>$13.4 < \frac{l}{r} \le 67.1$<br>$\frac{1,200,000}{3,500 + (\frac{l}{r})^2} : 67.1 < \frac{l}{r}$ | $380 : \frac{l}{r} \le 18.0$<br>$380 - 4.18\,(\frac{l}{r} - 18.0) :$<br>$18.0 < \frac{l}{r} \le 54.2$<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) ( ☞ 도.설.해 3.3.2.1 )

| 판두께(mm) \ 강 종 | | 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(㎜) | | 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 (㎟)<br>$A_c$ : 압축플랜지의 총단면적 (㎟)<br>$l$ : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (㎜)<br>$b$ : 압축플랜지의 폭 (㎜)<br>$K$ : $\sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$ | | | |

▪ 강재 주거더의 허용응력 증가율 ( ☞ 도.설.해 3.9.3.1 )

| 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) ( ☞ 도.설.해 3.3.2.3 )

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

② 바닥판 콘크리트 ( ☞ 도.설.해 3.9.2.7, 도.설.해 3.9.2.8, 도.설.해 4.2.3, 도.설.해 4.6.3.3 )

| | | |
|---|---|---|
| 콘크리트 설계 기준강도 ($f_{ck}$) | 27.0 | MPa |
| 콘크리트 탄성계수 ($E_c$) | 26,702 | MPa |
| 전단 탄성계수 ($G_c$) | 11,444 | MPa |
| 탄성계수비 ($n$) | 7 | |
| 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차 | 10 | ℃ |
| 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 ( α ) | 0.000012 | |
| 건조수축 계수 ( $\varepsilon_s$ ) | 0.000270 | |
| CREEP 계수 ( $\phi_2$ ) | $\phi_2 = 2\phi_1$ : 4 | |

③ 바닥판 철근

| | | |
|---|---|---|
| 철근 설계 항복강도 ($f_y$) | 400 | MPa |
| 철근 탄성계수 ($E_s$) | 200,000 | MPa |
| 허용압축응력 ($f_{ca}$) | 180 | MPa |
| 허용인장응력 ($f_{ta}$) | 160 | MPa |

## 2) 하 중 조 건

(1) 고 정 하 중 ( ☞ 도.설.해 2.1.2 )

① 철근 콘크리트 : 25.000 kN/m$^3$

② 무근 콘크리트 : 23.500 kN/m$^3$

③ 강 재 : 78.500 kN/m$^3$

④ 포장 콘크리트 : 23.000 kN/m$^3$

(2) 활 하 중 ( ☞ 도.설.해 2.1.3 )

① 설계 차선수 산정

$W_c$ = 11.385 m , N = 3 차로

W = 11.385 / 3 = 3.795 m > 3.600 m

∴ 설계 차로폭 3.600m마다 3차로 연속으로 재하

② 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

▪ DB-24 하중

- 전륜하중 : $P_f$ = 24.000 kN
- 후륜하중 : $P_r$ = 96.000 kN

▪ DL-24 하중

- 차로당 등분포 하중 : $W_l$ = 12.700 kN/m
- 모멘트 계산시 집중하중 : $P_m$ = 108.000 kN

③ 충 격 계 수

$i$ = 15 / (40 + L) = 0.158 < 0.300 ∴ $i$ = 0.158

(3) 콘크리트의 Creep와 건조수축의 영향

▪ 철근 콘크리트의 바닥판의 Creep와 건조수축의 영향에 대한 단면력을 검토한다.

(4) 지점침하에 의한 영향

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

(5) 온도변화에 대한 영향

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

## 3) 설 계 방 법

(1) 바 닥 판 : 강도설계법

(2) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

## 4) 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)

(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)

(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)

(4) 도로설계 편람 (2008)

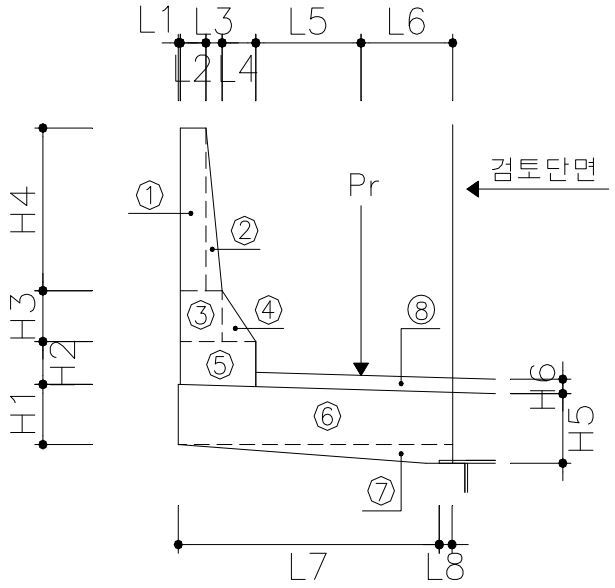
(5) 도로설계 요령 (2001)

(6) 강구조 편람 (1995)

(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

## 1. 바닥판설계

### 1-1. 좌측 캔틸레버부




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 콘크리트 단위중량 | : 25.000 kN/m³ | H1 = | 0.250 m | L1 = | 0.005 m |
| 포장 단위중량 : | 23.000 kN/m³ | H2 = | 0.075 m | L2 = | 0.095 m |
| 설계 속도 | : 120.000 km/h | H3 = | 0.175 m | L3 = | 0.060 m |
| 트럭의 1후륜하중 (Pr) | : 96.000 kN | H4 = | 0.560 m | L4 = | 0.125 m |
| 곡선 반경(R) | : ∞ m | H5 = | 0.300 m | L5 = | 0.300 m |
| | | H6 = | 0.080 m | L6 = | 0.295 m |
| | | | | L7 = | 0.830 m |
| | | | | L8 = | 0.050 m |
| | | | | L9 = | 0.000 m |

가) 고정하중

| NO. | 작 용 하 중 ( kN ) | | 거리 ( m ) | 모멘트(kN·m) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.095 × 0.56 × 25 | = 1.330 | 0.828 | 1.101 |
| 2 | ½ × 0.06 ×0.56 × 25 | = 0.420 | 0.760 | 0.319 |
| 3 | 0.155 × 0.175 × 25 | = 0.678 | 0.798 | 0.541 |
| 4 | ½ × 0.125 × 0.175 × 25 | = 0.273 | 0.678 | 0.185 |
| 5 | 0.28 × 0.075 × 25 | = 0.525 | 0.735 | 0.386 |
| 6 | 1.025 × 0.25 × 25 | = 5.500 | 0.440 | 2.420 |
| 7 | ½ × 0.880 ×0.100 × 25 | = 0.550 | 0.293 | 0.161 |
| 8 | 0.08 × 0.595 × 23 | = 1.095 | 0.298 | 0.326 |
| TOTAL | | 10.371 | | 5.439 |

∴ Md = 5.439 kN·m

나) 활하중 ( DB-24 : Pr = 96 kN )

윤하중 분포폭 ( ☞ 도.설 3.6.1.4 )

E = 0.8 · X + 1.14 = 0.8 × 0.295 + 1.14 = 1.376 m 여기서, X = 0.295 m

충격계수 ( ☞ 도.설 2.1.4 )

i = 15 / (40 + L) = 15 / ( 40 + 0.295 ) = 0.372 > 0.3 ∴ i = 0.3

MI+i = Pr/E · X · ( 1 + i ) = (96 / 1.376) × 0.295 × ( 1 + 0.3 ) = 26.756 kN · m/m

다) 차량 충돌 하중 ( ☞ 도.설.해 2.4.3.5 )

수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m마다 작용시

H =(V/60)^2 X 7.5 + 2.5 = (120/60)^2 X 7.5 + 2.5 = 32.500 kN/m h = 1.000 m

Mco = 32.500 × 1.000 = 32.500 kN · m/m

라) 풍하중

Pw = 3.0 kN/m² × 1.130 m = 3.390 kN/m

Mw = 3.390 kN/m × 0.795 m = 2.695 kN · m/m

마) 하중 조합 ( ☞ 도.설 2.2.3.2 )

계수 모멘트

① Mu1 = 1.3 Md + 2.15 MI+i

= 1.3 × 5.439 + 2.15 × 26.756 = 64.596 kN · m/m

② Mu2 = 1.3 Md + 1.3 MI+i + 1.3 Mco

= 1.3 × 5.439 + 1.3 × 26.756 + 1.3 × 32.5 = 84.103 kN · m/m

③ Mu3 = 1.3 Md + 1.3 MI+i + 0.65 Mw

= 1.3 × 5.439 + 1.3 × 26.756 + 0.65 × 2.695 = 43.605 kN · m/m

④ Mu4 = 1.2 Md + 1.2 Mw + 1.2 Mco

= 1.2 × 5.439 + 1.2 × 2.695 + 1.2 × 32.5 = 48.761 kN · m/m

⑤ Mu5 = 1.3 Md + 1.3 Mw

= 1.3 × 5.439 + 1.3 × 2.695 = 10.574 kN · m/m

사용 모멘트

M = 1.0 Md + 1.0 MI+i + 0.3 Mw

= 1.0 × 5.439 + 1.0 × 26.756 + 0.3 × 2.695 = 33.003 kN · m/m

바) 바닥판의 최소 두께 ( X > 0.25인 경우) ( ☞ 도.설 3.6.1.5 )

hmin = (80 · L + 230) = {(80 × 0.295) + 230} = 254 mm

huse = 300.0 m > 254.0 m **O.K!!**

사) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

fck = 27 MPa fy = 400 MPa

Mu = 84.103 kN · m

b = 1000 mm h = 300.0 mm

d' = 50 mm d = 250.0 mm

Ø(Bending) = 0.85 β1 = 0.85

[ Req'd d & As ] ( ☞ 콘.설 6.3.2 )

a = As × fy / (0.85 × fck × b) = 0.0174 As = 27.692 mm

Mu = Φ × As × fy × (d - a/2) = -3.0 As² + 85000 As

= 84103000

εt = 0.003 × (H - a/β1 - Dc_min) / (a/β1) = 0.02002 > 0.004

**O.K.!!**

0.005 < εt Øf = 0.850

∴ Req'd As = 1026.2 mm²

Min. As = Req'd As × 4/3 = 1368.2 mm²

Min. As = 0.002 × b × d = 500.0 mm²

Min. As = 1.4/fy × b × d = 875.0 mm²

Min. As = 0.25 √ fck / fy × b × d = 811.9 mm²

USE H 16 @ 125 = 1588.8 mm²

Asuse = 1588.8 mm²

**O.K. !!**

[ RE-BAR RATIO CHECK ]

P = As / (b × d) = 0.00636 < Pmax = 0.75 × pb = 0.0219 **O.K.!!**

[ DESIGN MOMENT CHECK ]

Max. c = 0.75 × 600/(600 + fy) × d= 112.500 mm > c = a/0.85 = 32.578 mm

Max. a = 0.85 × c = 95.625 mm > a = fy * As/(0.85*fck*b)= 27.692 mm

jd = d - a/2 = 236.154 mm

C = 0.85 × fck × a × b = 635.520 kN T = fy × As = 635.520 kN

ΦMn = Φfy × As × jd = 127.569 kN · m > Mu = 84.103 kN · m **O.K.**

아) 사용성(균열) 검토

Mmax = 33.003 kN · m/m

탄성계수비(n) = 7

철근비(p) = As / bd = 1588.8 / 1000 * 250 = 0.0064

중립축(k) = - np + √{(np)² +2np} = - 0.0448 +√{( 0.0448 ) ² + 2 × 0.0448} = 0.258

중립축 거리(x) = k × d = 0.258 × 250 = 64.500 m

j = 1 - ( k / 3 ) = 1 - ( 0.258 ) / 3 = 0.914

$$fsmax = \frac{Mmax}{pbjd^2} = \frac{33.003 \times 1000000}{0.0064 \times 1000 \times 0.914 \times 250^2}$$

= 90.271 MPa < 0.6 fy = 240.000 MPa **O.K!!**

최소두께(Cc) = d' - 철근직경 / 2 = 50 - 16 / 2 = 42.00 mm

인장연단폭(S1) = 375 ( 210 / fs ) - 2.5Cc = 375 ( 210 / 90.271 ) - 2.5 × 42 = 771.123 mm

인장연단폭(S2) = 300 ( 210 / fs ) = 300 ( 210 / 90.271 ) = 697.899 mm

철근 소요중심간격(Sa) = Min ( S1, S2 ) = 697.899 mm

철근 평균간격 S = 125.0 mm ≤ 697.899 mm **O.K!!**

## 1-2. 중앙부

가) 고정하중

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 철근콘크리트 : | 0.300 | m | × | 25.000 | kN/m³ | = | 7.500 kN/m² |
| 포장 : | 0.080 | m | × | 23.000 | kN/m³ | = | 1.840 kN/m² |
| | | | | | Wd | = | 9.340 kN/m² |

계산지간 L = 2.550 m 바닥판 지점의 수 n = 5

$Md = (1/10) \cdot Wd \cdot L^2 = (1/10) \times 9.34 \times 2.55^2 = 6.073\ kN \cdot m$

나) 활하중 ( DB-24 : Pr = 96.0 kN )

충격계수 ( ☞ 도.설 2.1.4 )

$i = 15/(40+L) = 15/(40+2.55) = 0.353 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$

$Ml+i = ((L+0.6)/9.6) \cdot Pr \cdot (1+i) = ((2.55+0.6)/9.6) \times 96 \times (1+0.3)$

$= 40.950\ kN \cdot m$

연속바닥판이므로, ( ☞ 도.설 3.6.1.4 )

$Ml+i = 0.8 \times 40.95 = 32.760\ kN \cdot m/m$

다) 하중 조합 ( ☞ 도.설 2.2.3.2 )

① 계수 모멘트

$Mu1 = 1.3\ Md + 2.15\ Ml+i$

$= 1.3 \times 6.073 + 2.15 \times 32.76 = 78.329\ kN \cdot m/m$

① 사용 모멘트

$M = 1.0\ Md + 1.0\ Ml+i$

$= 1.0 \times 6.073 + 1.0 \times 32.76 = 38.833\ kN \cdot m/m$

라) 바닥판의 최소 두께 ( ☞ 도.설 3.6.1.5 )

$hmin = (30 \cdot L + 130) = \{(30 \times 2.55) + 130\} = 207\ mm$

huse = 300.0 mm > 207.0 mm **O.K!!**

마) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

| | | | |
|---|---|---|---|
| fck = | 27 MPa | fy = | 400 MPa |
| Mu = | 78.329 kN·m | | |
| b = | 1000 mm | h = | 300 mm |
| d' = | 50 mm | d = | 250 mm |
| Ø(Bending) = | 0.85 | β1 = | 0.85 |

[ Req'd d & As ] ( ☞ 콘.설 6.3.2 )

a = As × fy / (0.85 × fck × b) = 0.0174 As = 27.692 mm

Mu = Φ × As × fy × (d - a/2) = -3.0 As² + 85000 As

= 78329000

εt = 0.003 × (H - a/β1 - Dc_min) / (a/β1) = 0.02002 > 0.004

**O.K.!!**

0.005 < εt Øf = 0.850

∴ Req'd As = 953.2 mm²

Min. As = Req'd As × 4/3 = 1270.9 mm²

Min. As = 0.002 × b × d = 500.0 mm²

Min. As = 1.4/fy × b × d = 875.0 mm²

Min. As = 0.25 √fck / fy × b × d = 811.9 mm²

USE H 16 @ 125 = 1588.8 mm²

Asuse = 1588.8 mm²

**O.K. !!**

[ RE-BAR RATIO CHECK ]

P = As / (b × d) = 0.0064 < Pmax = 0.75 × pb = 0.0219 **O.K.!!**

[ DESIGN MOMENT CHECK ]

Max. c = 0.75 × 600/(600 + fy) × d = 112.500 mm > c = a/0.85 = 32.578 mm

Max. a = 0.85 × c = 95.625 mm > a = fy * As/(0.85*fck*b)= 27.692 mm

jd = d - a/2 = 236.154 mm

C = 0.85 × fck × a × b = 635.520 kN T = fy × As = 635.520 kN

ΦMn = Φfy × As × jd = 127.569 kN·m > Mu = 78.329 kN·m **O.K.**

아) 사용성(균열) 검토

Mmax = 38.833 kN · m/m

탄성계수비(n) = Es / Ec = 7

철근비(p) = As / bd = 1588.8 / 1000 * 250 = 0.0064

중립축(k) = $-np+\sqrt{\{(np)^2+2np\}}$ = $-0.0448+\sqrt{\{(0.0448)^2+2\times0.0448\}}$ = 0.258

중립축 거리(x) = k × d = 0.258 × 250 = 64.500 m

j = 1 - ( k / 3 ) = 1 - ( 0.258 ) / 3 = 0.914

$$fsmax = \frac{Mmax}{pbjd^2} = \frac{38.833 \times 1000000}{0.0064 \times 1000 \times 0.914 \times 250^2}$$

= 106.217 MPa < 0.6 fy = 240.000 MPa **O.K!!**

최소두께(Cc) = d' - 철근직경 / 2 = 50 - 16 / 2 = 42.00 mm

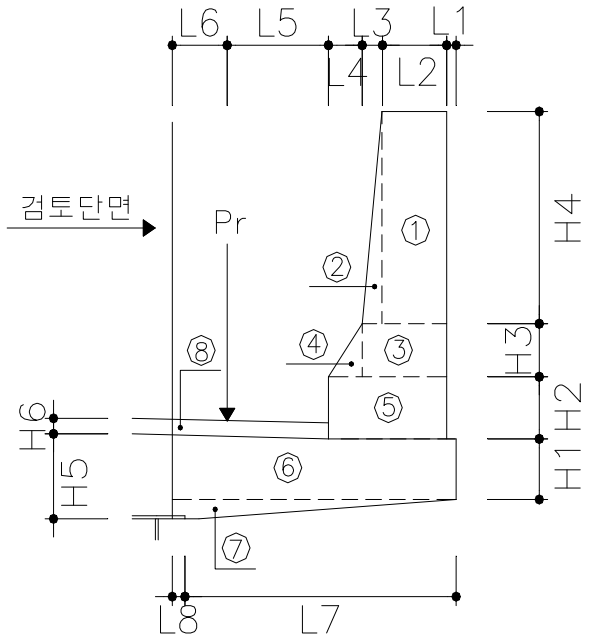
인장연단폭(S1) = 375 ( 210 / fs ) - 2.5Cc = 375 ( 210 / 106.217 ) - 2.5 × 42 = 640.157 mm

인장연단폭(S2) = 300 ( 210 / fs ) = 300 ( 210 / 106.217 ) = 593.125 mm

철근 소요중심간격(Sa) = Min ( S1, S2 ) = 593.125 mm

철근 평균간격 S = 125.0 mm ≤ 593.125 mm **O.K!!**

## 1-3. 우측 캔틸레버부




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 콘크리트 단위중량 | : 25.000 kN/m³ | H1 = | 0.250 m | L1 = | 0.030 m |
| 포장 단위중량 : | 23.000 kN/m³ | H2 = | 0.125 m | L2 = | 0.230 m |
| 설계 속도 | : 120.000 km/h | H3 = | 0.175 m | L3 = | 0.070 m |
| 트럭의 1후륜하중 (Pr) | : 96.000 kN | H4 = | 0.700 m | L4 = | 0.120 m |
| 곡선 반경(R) | : ∞ m | H5 = | 0.300 m | L5 = | 0.300 m |
| | | H6 = | 0.080 m | L6 = | 0.120 m |
| | | | | L7 = | 0.820 m |
| | | | | L8 = | 0.050 m |
| | | | | L9 = | 0.000 m |

가) 고정하중

| NO. | 작 용 하 중 ( kN ) | | 거리 ( m ) | 모멘트(kN·m) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.23 × 0.7 × 25 | = 4.025 | 0.725 | 2.918 |
| 2 | ½ × 0.07 ×0.7 × 25 | = 0.613 | 0.587 | 0.359 |
| 3 | 0.30 × 0.175 × 25 | = 1.313 | 0.690 | 0.906 |
| 4 | ½ × 0.12 × 0.175 × 25 | = 0.263 | 0.500 | 0.131 |
| 5 | 0.42 ×0.125 × 25 | = 1.313 | 0.630 | 0.827 |
| 6 | 0.870 × 0.25 × 25 | = 5.438 | 0.435 | 2.365 |
| 7 | ½ ×0.870 ×0.05 × 25 | = 0.544 | 0.290 | 0.158 |
| 8 | 0.08 × 0.420 × 23 | = 0.773 | 0.210 | 0.162 |
| TOTAL | | 14.279 | | 7.826 |

∴ Md = 7.826 kN·m

나) 활하중 ( DB-24 : Pr = 96 kN )

윤하중 분포폭 ( ☞ 도.설 3.6.1.4 )

E = 0.8·X + 1.14 = 0.8 × 0.12 + 1.14 = 1.236 m 여기서, X = 0.120 m

충격계수 ( ☞ 도.설 2.1.4 )

i = 15 / (40 + L) = 15 / ( 40 + 0.12 ) = 0.374 > 0.3 ∴ i = 0.3

MI+i = Pr/E · X · ( 1 + i ) = (96 / 1.236) × 0.12 × ( 1 + 0.3 ) = 12.117 kN·m/m

다) 차량 충돌 하중 ( ☞ 도.설.해 2.4.3.5 )

수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m마다 작용시

H =(V/60)^2 X 7.5 + 2.5 = (120/60)^2 X 7.5 + 2.5 = 32.500 kN/m h = 1.000 m

Mco = 32.500 × 1.000 = 32.500 kN·m/m

라) 풍하중

Pw = 3.0 kN/m² × 1.320 m = 3.960 kN/m

Mw = 3.960 kN/m × 0.890 m = 3.524 kN·m/m

마) 하중 조합 ( ☞ 도.설 2.2.3.2 )

계수 모멘트

① Mu1 = 1.3 Md + 2.15 MI+i

= 1.3 × 7.826 + 2.15 × 12.117 = 36.226 kN·m/m

② Mu2 = 1.3 Md + 1.3 MI+i + 1.3 Mco

= 1.3 × 7.826 + 1.3 × 12.117 + 1.3 × 32.5 = 68.177 kN·m/m

③ Mu3 = 1.3 Md + 1.3 MI+i + 0.65 Mw

= 1.3 × 7.826 + 1.3 × 12.117 + 0.65 × 3.524 = 28.217 kN·m/m

④ Mu4 = 1.2 Md + 1.2 Mw + 1.2 Mco

= 1.2 × 7.826 + 1.2 × 3.524 + 1.2 × 32.5 = 52.621 kN·m/m

⑤ Mu5 = 1.3 Md + 1.3 Mw

= 1.3 × 7.826 + 1.3 × 3.524 = 14.756 kN·m/m

사용 모멘트

M = 1.0 Md + 1.0 MI+i + 0.3 Mw

= 1.0 × 7.826 + 1.0 × 12.117 + 0.3 × 3.524 = 21.001 kN·m/m

바) 바닥판의 최소 두께 ( X ≤ 0.25인 경우) ( ☞ 도.설 3.6.1.5 )

hmin = (280·L + 180) ={(280 × 0.12) + 180} = 214 mm

huse = 300.0 mm > 214.0 mm **O.K!!**

사) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

fck = 27 MPa fy = 400 MPa

Mu = 68.177 kN·m

b = 1000 mm h = 300.0 mm

d' = 50 mm d = 250.0 mm

Ø(Bending) = 0.85 β1 = 0.85

[ Req'd d & As ] ( ☞ 콘.설 6.3.2 )

a = As × fy / (0.85 × fck × b) = 0.0174 As = 27.692 mm

Mu = Φ × As × fy × (d - a/2) = -3.0 As² + 85000 As

= 68177000

εt = 0.003 × (H - a/β1 - Dc_min) / (a/β1) = 0.02002 > 0.004

**O.K.!!**

0.005 < εt Øf = 0.850

∴ Req'd As = 825.9 mm²

Min. As = Req'd As × 4/3 = 1101.1 mm²

Min. As = 0.002 × b × d = 500.0 mm²

Min. As = 1.4/fy × b × d = 875.0 mm²

Min. As = 0.25 √fck / fy × b × d= 811.9 mm²

USE H 16 @ 125 = 1588.8 mm²

Asuse = 1588.8 mm²

**O.K. !!**

[ RE-BAR RATIO CHECK ]

P = As / (b × d) = 0.00636 < Pmax = 0.75 × pb = 0.0219 **O.K.!!**

[ DESIGN MOMENT CHECK ]

Max. c = 0.75 × 600/(600 + fy) × d= 112.500 mm > c = a/0.85 = 32.578 mm

Max. a = 0.85 × c = 95.625 mm > a = fy * As/(0.85*fck*b)= 27.692 mm

jd = d - a/2 = 236.154 mm

C = 0.85 × fck × a × b = 635.520 kN T = fy × As = 635.520 kN

ΦMn = Φfy × As × jd = 127.569 kN·m > Mu = 68.177 kN·m **O.K.**

아) 사용성(균열) 검토

Mmax = 21.001 kN · m/m

탄성계수비(n) = 7

철근비(p) = As / bd = 1588.8 / 1000 * 250 = 0.0064

중립축(k) = - np + √{(np)² +2np} = - 0.0448 +√{( 0.0448 ) ² + 2 × 0.0448} = 0.258

중립축 거리(x) = k × d = 0.258 × 250 = 64.500 m

j = 1 - ( k / 3 ) = 1 - ( 0.258 ) / 3 = 0.914

$$fsmax = \frac{Mmax}{pbjd^2} = \frac{21.001 \times 1000000}{0.0064 \times 1000 \times 0.914 \times 250.0^{2}}$$

= 57.443 MPa < 0.6 fy = 240.000 MPa **O.K!!**

최소두께(Cc) = d' - 철근직경 / 2 = 50 - 16 / 2 = 42.00 mm

인장연단폭(S1) = 375 ( 210 / fs ) - 2.5Cc = 375 ( 210 / 57.443 ) - 2.5 × 42 = 1269.674 mm

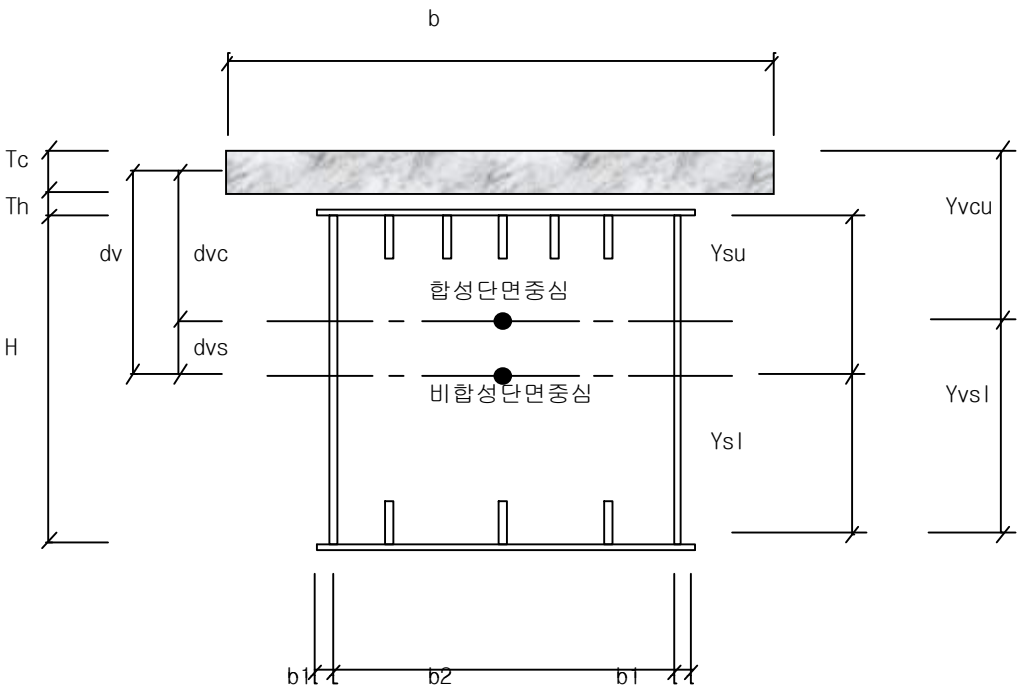
인장연단폭(S2) = 300 ( 210 / fs ) = 300 ( 210 / 57.443 ) = 1096.739 mm

철근 소요중심간격(Sa) = Min ( S1, S2 ) = 1096.739 mm

철근 평균간격 S = 125.0 mm ≤ 1096.739 mm **O.K!!**

## 2. 단면상수 산정

### 2-1. Steel Box 주형 단면상수 산정




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

b - 바닥판 콘크리트의 폭

Tc - 바닥판 콘크리트의 두께

Th - 바닥판 콘크리트의 헌치 높이

N - 강재와 콘크리트의 탄성계수비 ( N = Es / Ec )

Ac - 바닥판 콘크리트의 단면적

Av - 합성후 (강재+바닥판 콘크리트)의 환산단면적

Ic - 바닥판 콘크리트의 단면2차모멘트

dv - 강재단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

dvc - 합성단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

dvs - 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리 (합성전 및 합성후단면에서의 도심축 이동량)

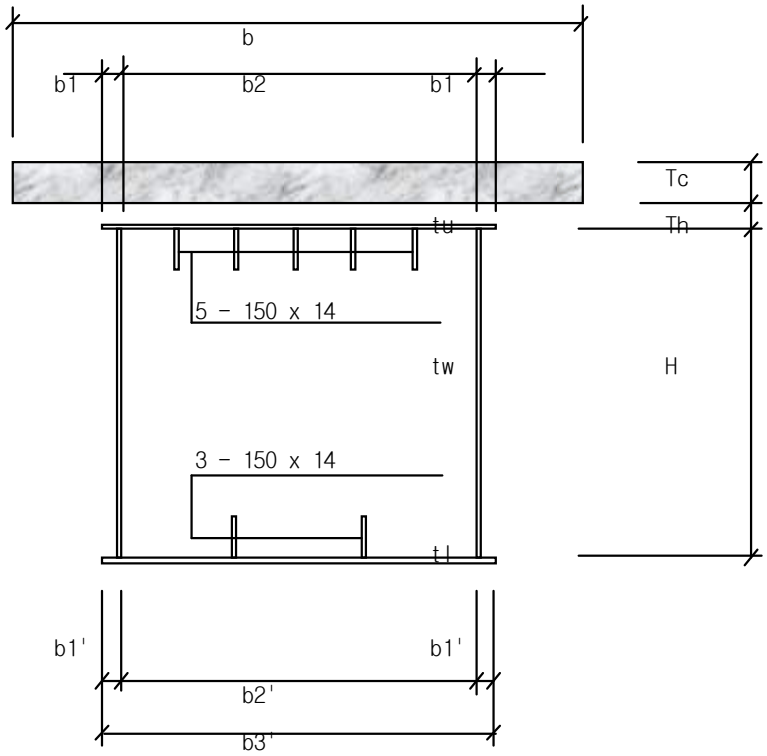
I33 - 합성전 강재단면의 3축방향(종방향) 단면2차모멘트

I22 - 합성전 강재단면의 2축방향(횡방향) 단면2차모멘트

Iv33 - 합성후 강재단면의 3축방향(종방향) 단면2차모멘트

Iv22 - 합성후 강재단면의 2축방향(횡방향) 단면2차모멘트

- Section G1-1




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | AsY($mm^3$) | $AsY^2$ ($mm^4$) | Io($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 10.0 | 27000 | 1305.00 | 35235000 | 45981675000 | 225000 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | -1225.00 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 10.0 | 27000 | -1305.00 | -35235000 | 45981675000 | 225000 |
| TOTAL | | 133200 | | 5145000 | 117173850000 | 35183950000 |

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

$= 117173850000 + 35183950000 = 152357800000\ mm^4$

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

$= 5145000 / 133200 = 38.63\ mm$

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

$= 152357800000 - 133200 \times 38.626^2 = 152159068581\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 10 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12) + (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 131243995200\ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00\ mm$

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 10.000 / 2 + 10.000 / 2 = 2610.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2610² ) / (2 x 2610/12 + 2512/10 + 2512/10)

= 183423648143 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 133200 + 1517500 / 8 = 322888 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6070.000 x 250.000 ³ / 12 = 7903645833 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 38.626 + 50.000 + 250.000 / 2 1436.37 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1436.374 x 133200 / 322888 = 592.54 mm

dvs = dv - dvc = 1436.374 - 592.544 = 843.83 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 152159068581 + 7903645833 / 8 + 133200 x 843.830 ²

+ 1517500 / 8 x 592.544 ² = 314592805030 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 131243995200 + 6070.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 713662075929 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

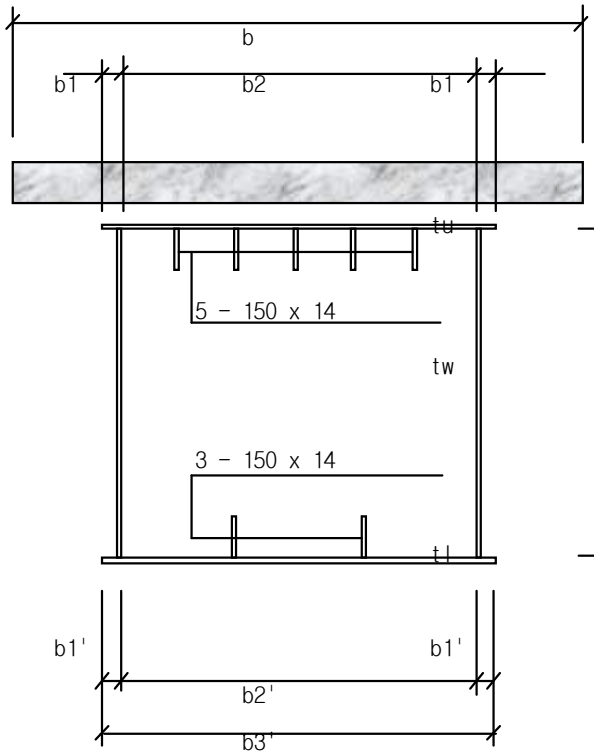
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2610² ) / (2 x 2610/12 + 2512/41.25 + 2512/10)

= 230145931176 mm⁴

- Section G1-2




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | 1306.00 | 42314400 | 55262606400 | 388800 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | -1225.00 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 10.0 | 27000 | -1305.00 | -35235000 | 45981675000 | 225000 |
| TOTAL | | 138600 | | 12224400 | 126454781400 | 35184113800 |

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 126454781400 + 35184113800 = 161638895200 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 12224400 / 138600 = 88.20 mm

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

= 161638895200 - 138600 x 88.199 ² = 160560713704 mm⁴

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2 )) * 2$

= $(2700^3 \times 12 / 12 ) + (2700^3 \times 10 / 12 ) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2 )) \times 2$ = 134524495200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 12.000 / 2 + 10.000 / 2 = 2611.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2611^2$ ) / (2 x 2611/12 + 2512/12 + 2512/10)

= 192110202989 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 138600 + 1517500 / 8 = 328288 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6070.000 x $250.000^3$ / 12 = 7903645833 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 88.199 + 50.000 + 250.000 / 2 1386.80 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1386.801 x 138600 / 328288 = 585.49 mm

dvs = dv - dvc = 1386.801 - 585.495 = 801.31 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 160560713704 + 7903645833 / 8 + 138600 x $801.306^2$

+ 1517500 / 8 x $585.495^2$ = 315568203267 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 134524495200 + $6070.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 716942575929 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

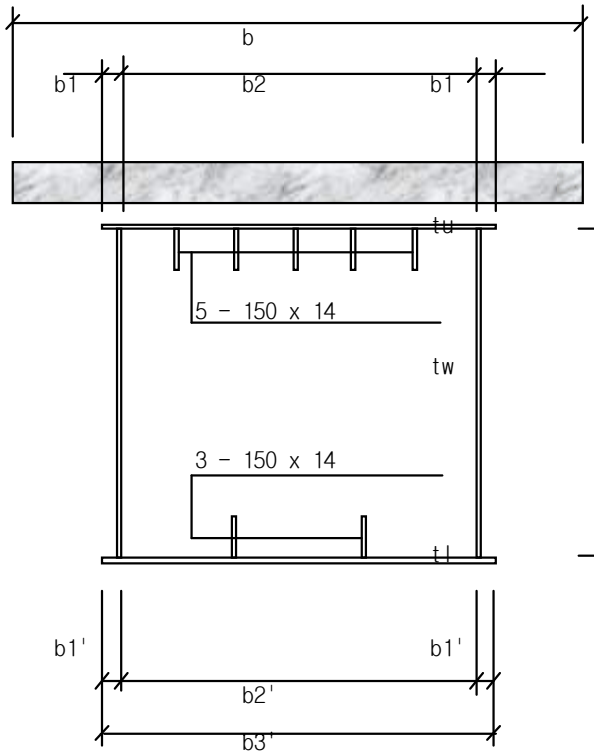
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2611^2$ ) / (2 x 2611/12 + 2512/43.25 + 2512/10)

= 231142004859 $mm^4$

- Section G1-3




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | 1306.00 | 42314400 | 55262606400 | 388800 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | -1225.00 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 14.0 | 37800 | -1307.00 | -49404600 | 64571812200 | 617400 |
| TOTAL | | 149400 | | -1945200 | 145044918600 | 35184506200 |

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 145044918600 + 35184506200 = 180229424800 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -1945200 / 149400 = -13.02 mm

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

= 180229424800 - 149400 x -13.020 ² = 180204098140 mm⁴

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 141085495200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 12.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2613.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2613^2$ ) / (2 x 2613/12 + 2512/12 + 2512/14)

= 209080173861 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 149400 + 1517500 / 8 = 339088 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6070.000 x $250.000^3$ / 12 = 7903645833 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -13.020 + 50.000 + 250.000 / 2 1488.02 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1488.020 x 149400 / 339088 = 655.61 mm

dvs = dv - dvc = 1488.020 - 655.613 = 832.41 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 180204098140 + 7903645833 / 8 + 149400 x $832.407^2$

+ 1517500 / 8 x $655.613^2$ = 366244620765 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 141085495200 + $6070.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 723503575929 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

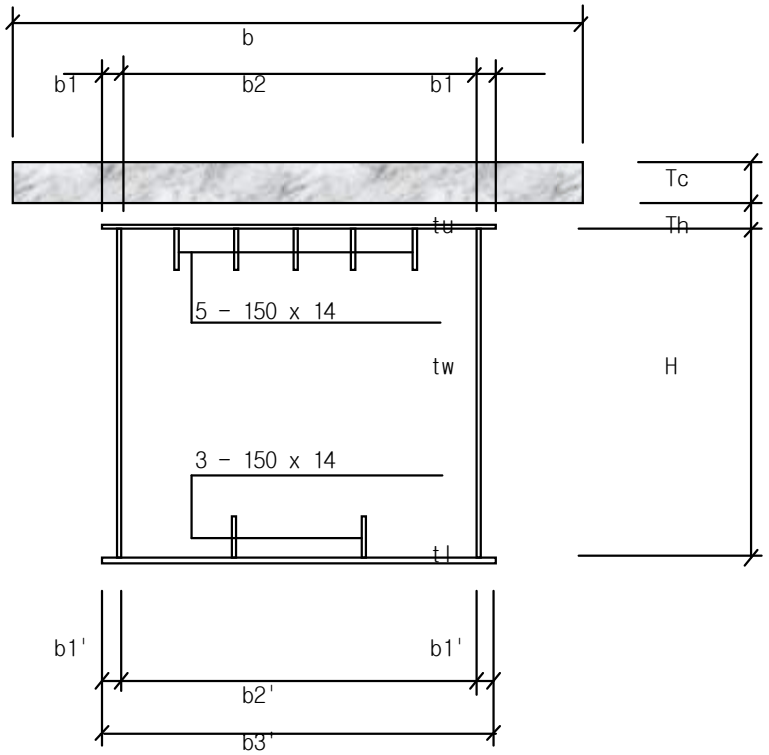
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2613^2$ ) / (2 x 2613/12 + 2512/43.25 + 2512/14)

= 256068931132 $mm^4$

- Section G1-4




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | 1306.00 | 42314400 | 55262606400 | 388800 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 10.0 | 52000 | | | | 29293333333 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | -1225.00 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 14.0 | 37800 | -1307.00 | -49404600 | 64571812200 | 617400 |
| TOTAL | | 139000 | | -1945200 | 145044918600 | 29325839533 |

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 145044918600 + 29325839533 = 174370758133 $mm^4$

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -1945200 / 139000 = -13.99 mm

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

= 174370758133 - 139000 x -13.994 ² = 174343536529 $mm^4$

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2600 \times 10^3 / 12)$

$+ (2600 \times 10 \times (2500 / 2 + 10 / 2)^2)) \times 2$ = 124548233333 $mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 10.000 / 2 x 2 = 2510.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 12.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2613.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2510^2$ x $2613^2$ ) / (2 x 2613/10 + 2510/12 + 2510/14)

= 188861270224 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 139000 + 1517500 / 8 = 328688 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6070.000 x $250.000^3$ / 12 = 7903645833 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -13.994 + 50.000 + 250.000 / 2 1488.99 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1488.994 x 139000 / 328688 = 629.69 mm

dvs = dv - dvc = 1488.994 - 629.687 = 859.31 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 174343536529 + 7903645833 / 8 + 139000 x $859.307^2$

+ 1517500 / 8 x $629.687^2$ = 353182513383 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 124548233333 + $6070.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 706966314063 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

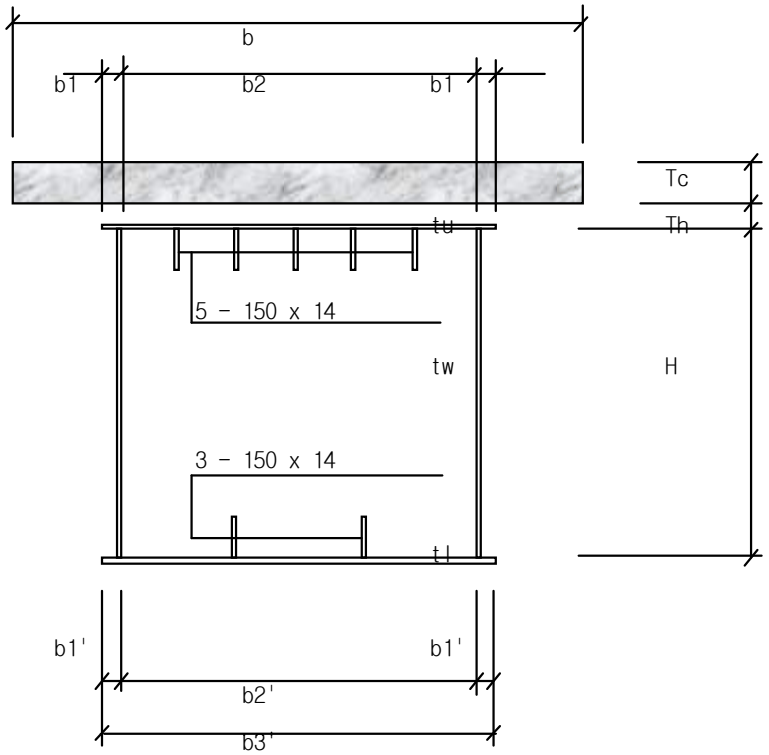
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2510^2$ x $2613^2$ ) / (2 x 2613/10 + 2510/43.25 + 2510/14)

= 226421755134 $mm^4$

- Section G1-5




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 16.0 | 43200 | 1308.00 | 56505600 | 73909324800 | 921600 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 10.0 | 52000 | | | | 29293333333 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | -1225.00 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 14.0 | 37800 | -1307.00 | -49404600 | 64571812200 | 617400 |
| TOTAL | | 149800 | | 12246000 | 163691637000 | 29326372333 |

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 163691637000 + 29326372333 = 193018009333 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 12246000 / 149800 = 81.75 mm

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

= 193018009333 - 149800 x 81.749 ² = 192016911096 mm⁴

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2600 \times 10^3 / 12)$

$+ (2600 \times 10 \times (2500 / 2 + 10 / 2)^2)) \times 2$ = 131109233333 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 10.000 / 2 x 2 = 2510.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 16.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2615.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2510^2$ x $2615^2$ ) / (2 x 2615/10 + 2510/16 + 2510/14)

= 200574819617 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 149800 + 1517500 / 8 = 339488 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6070.000 x $250.000^3$ / 12 = 7903645833 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 81.749 + 50.000 + 250.000 / 2 1393.25 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1393.251 x 149800 / 339488 = 614.78 mm

dvs = dv - dvc = 1393.251 - 614.777 = 778.47 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 192016911096 + 7903645833 / 8 + 149800 x $778.474^2$

+ 1517500 / 8 x $614.777^2$ = 355479462820 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 131109233333 + $6070.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 713527314063 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

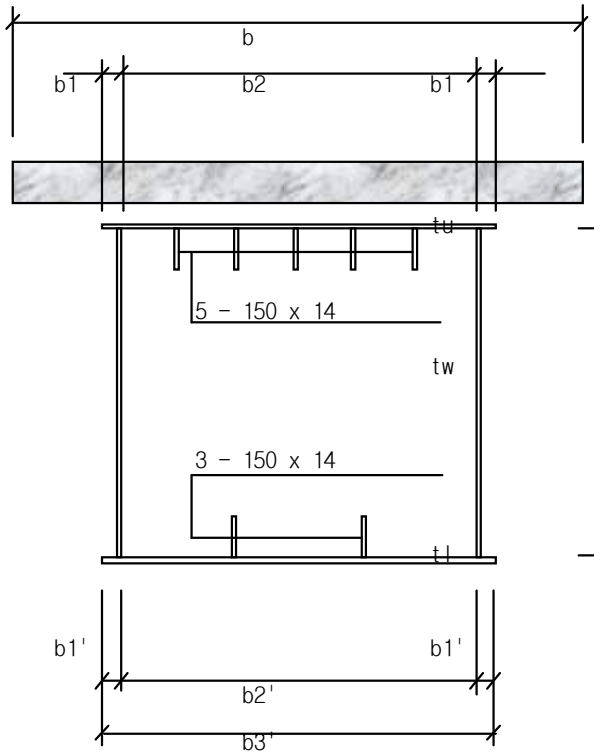
= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2510^2$ x $2615^2$ ) / (2 x 2615/10 + 2510/47.25 + 2510/14)

= 228123266465 $mm^4$

- Section G1-6




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 16.0 | 43200 | 1308.00 | 56505600 | 73909324800 | 921600 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 10.0 | 52000 | | | | 29293333333 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | -1225.00 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 22.0 | 59400 | -1311.00 | -77873400 | 102092027400 | 2395800 |
| TOTAL | | 171400 | | -16222800 | 201211852200 | 29328150733 |

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 201211852200 + 29328150733 = 230540002933 $mm^4$

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -16222800 / 171400 = -94.65 mm

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

= 230540002933 - 171400 x -94.649 ² = 229004534790 $mm^4$

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 10^3 / 12)$

$+ (2600 \times 10 \times (2500 / 2 + 10 / 2)^2)) \times 2$ = 144231233333 $mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 10.000 / 2 x 2 = 2510.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 16.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2619.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2510² x 2619² ) / (2 x 2619/10 + 2510/16 + 2510/22)

= 217489953818 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 171400 + 1517500 / 8 = 361088 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6070.000 x 250.000 ³ / 12 = 7903645833 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -94.649 + 50.000 + 250.000 / 2 1569.65 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1569.649 x 171400 / 361088 = 745.08 mm

dvs = dv - dvc = 1569.649 - 745.076 = 824.57 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 229004534790 + 7903645833 / 8 + 171400 x 824.572 ²

+ 1517500 / 8 x 745.076 ² = 451833609238 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 144231233333 + 6070.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 726649314063 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

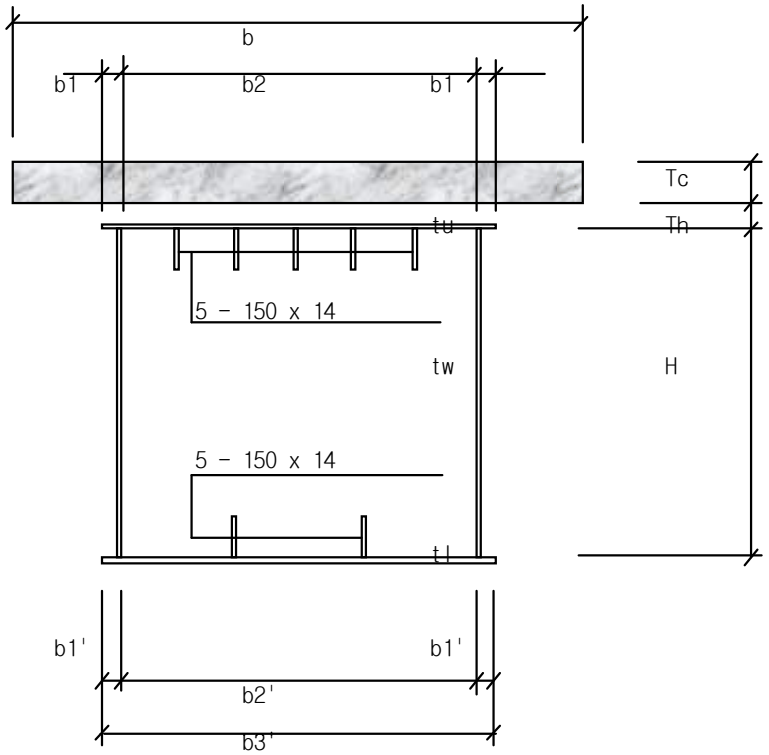
= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2510² x 2619² ) / (2 x 2619/10 + 2510/47.25 + 2510/22)

= 250145366830 mm⁴

- Section G1-7




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 16.0 | 43200 | 1308.00 | 56505600 | 73909324800 | 921600 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 22.0 | 59400 | -1311.00 | -77873400 | 102092027400 | 2395800 |
| TOTAL | | 186000 | | -21367800 | 207514477200 | 35194692400 |

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

$= 207514477200 + 35194692400 = 242709169600\ mm^4$

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

$= -21367800 / 186000 = -114.88\ mm$

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

$= 242709169600 - 186000 \times -114.881^2 = 240254422950\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 160768495200\ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00\ mm$

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 16.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2619.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2619² ) / (2 x 2619/12 + 2512/16 + 2512/22)

= 244642677074 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 186000 + 1517500 / 8 = 375688 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6070.000 x 250.000 ³ / 12 = 7903645833 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -114.881 + 50.000 + 250.000 / 2 1589.88 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1589.881 x 186000 / 375688 = 787.14 mm

dvs = dv - dvc = 1589.881 - 787.138 = 802.74 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 240254422950 + 7903645833 / 8 + 186000 x 802.743 ²

+ 1517500 / 8 x 787.138 ² = 478627752192 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 160768495200 + 6070.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 743186575929 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

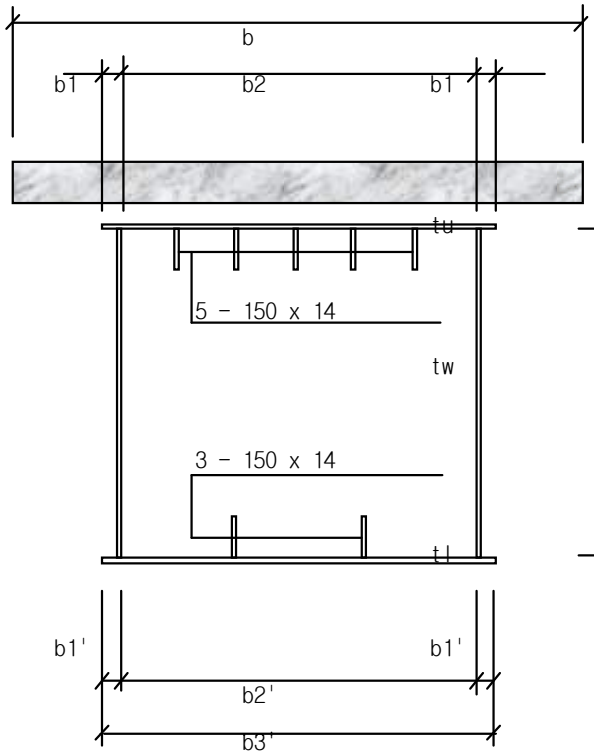
= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2619² ) / (2 x 2619/12 + 2512/47.25 + 2512/22)

= 286710884196 mm⁴

- Section G1-8




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | 1306.00 | 42314400 | 55262606400 | 388800 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | -1225.00 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 22.0 | 59400 | -1311.00 | -77873400 | 102092027400 | 2395800 |
| TOTAL | | 171000 | | -30414000 | 182565133800 | 35186284600 |

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 182565133800 + 35186284600 = 217751418400 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -30414000 / 171000 = -177.86 mm

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

= 217751418400 - 171000 x -177.860 ² = 212341995032 mm⁴

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2 )) * 2$

= $(2700^3 \times 12 / 12 ) + (2700^3 \times 22 / 12 ) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2 )) \times 2$ = 154207495200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 12.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2617.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2617² ) / (2 x 2617/12 + 2512/12 + 2512/22)

= 227549022588 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 171000 + 1517500 / 8 = 360688 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6070.000 x 250.000 ³ / 12 = 7903645833 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -177.860 + 50.000 + 250.000 / 2 1652.86 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1652.860 x 171000 / 360688 = 783.61 mm

dvs = dv - dvc = 1652.860 - 783.612 = 869.25 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 212341995032 + 7903645833 / 8 + 171000 x 869.248 ²

+ 1517500 / 8 x 783.612 ² = 459013278788 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 154207495200 + 6070.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 736625575929 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

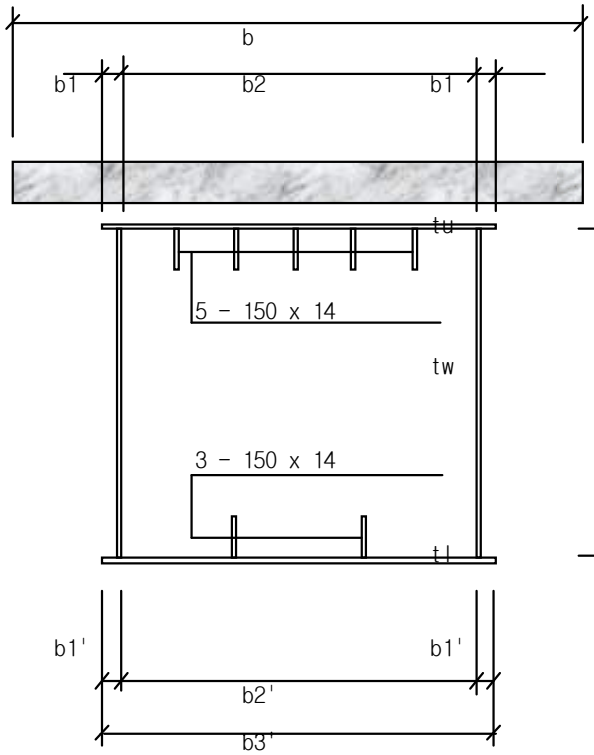
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2617² ) / (2 x 2617/12 + 2512/43.25 + 2512/22)

= 284116534224 mm⁴

- Section G1-9




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | 1306.00 | 42314400 | 55262606400 | 388800 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | -1225.00 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 14.0 | 37800 | -1307.00 | -49404600 | 64571812200 | 617400 |
| TOTAL | | 149400 | | -1945200 | 145044918600 | 35184506200 |

Is′ = ∑AsY² + ∑Io

= 145044918600 + 35184506200 = 180229424800 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As

= -1945200 / 149400 = -13.02 mm

I33 = Is′ - ∑As x δs²

= 180229424800 - 149400 x -13.020 ² = 180204098140 mm⁴

I22 = (b3³ x tu / 12) + (b3'³ x tl / 12) + ((H x tw³ / 12) + (H x tw x (b2 / 2 + tw / 2)² )) * 2

= (2700³ x 12 / 12 ) + (2700³ x 14 / 12 ) + ((2600 x 12³ / 12)

+ (2600 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)² )) x 2 = 141085495200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 12.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2613.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2613^2$ ) / (2 x 2613/12 + 2512/12 + 2512/14)

= 209080173861 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 149400 + 1517500 / 8 = 339088 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6070.000 x $250.000^3$ / 12 = 7903645833 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -13.020 + 50.000 + 250.000 / 2 1488.02 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1488.020 x 149400 / 339088 = 655.61 mm

dvs = dv - dvc = 1488.020 - 655.613 = 832.41 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 180204098140 + 7903645833 / 8 + 149400 x $832.407^2$

+ 1517500 / 8 x $655.613^2$ = 366244620765 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 141085495200 + $6070.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 723503575929 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

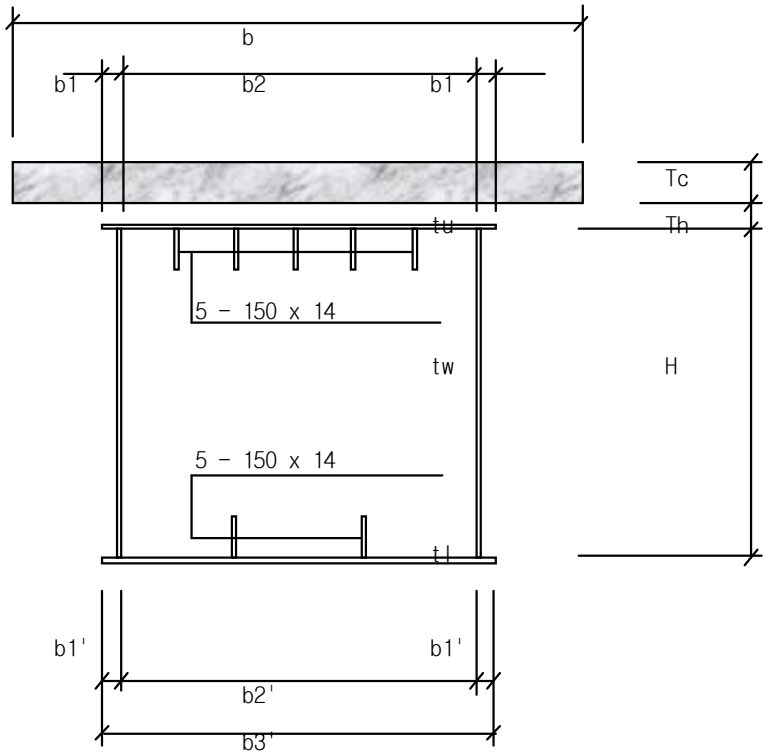
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2613^2$ ) / (2 x 2613/12 + 2512/43.25 + 2512/14)

= 256068931132 $mm^4$

- Section G1-10




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 10.0 | 27000 | 1305.00 | 35235000 | 45981675000 | 225000 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 14.0 | 37800 | -1307.00 | -49404600 | 64571812200 | 617400 |
| TOTAL | | 148200 | | -14169600 | 142066612200 | 35192217400 |

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

$= 142066612200 + 35192217400 = 177258829600\ mm^4$

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

$= -14169600 / 148200 = -95.61\ mm$

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

$= 177258829600 - 148200 \times -95.611^2 = 175904055213\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2 )) * 2$

$= (2700^3 \times 10 / 12 ) + (2700^3 \times 14 / 12 ) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2 )) \times 2 = 137804995200\ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00\ mm$

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 10.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2612.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2612² ) / (2 x 2612/12 + 2512/10 + 2512/14)

= 198859718191 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 148200 + 1517500 / 8 = 337888 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6070.000 x 250.000 ³ / 12 = 7903645833 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -95.611 + 50.000 + 250.000 / 2 1570.61 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1570.611 x 148200 / 337888 = 688.88 mm

dvs = dv - dvc = 1570.611 - 688.882 = 881.73 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 175904055213 + 7903645833 / 8 + 148200 x 881.729 ²

+ 1517500 / 8 x 688.882 ² = 382127398708 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 137804995200 + 6070.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 720223075929 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

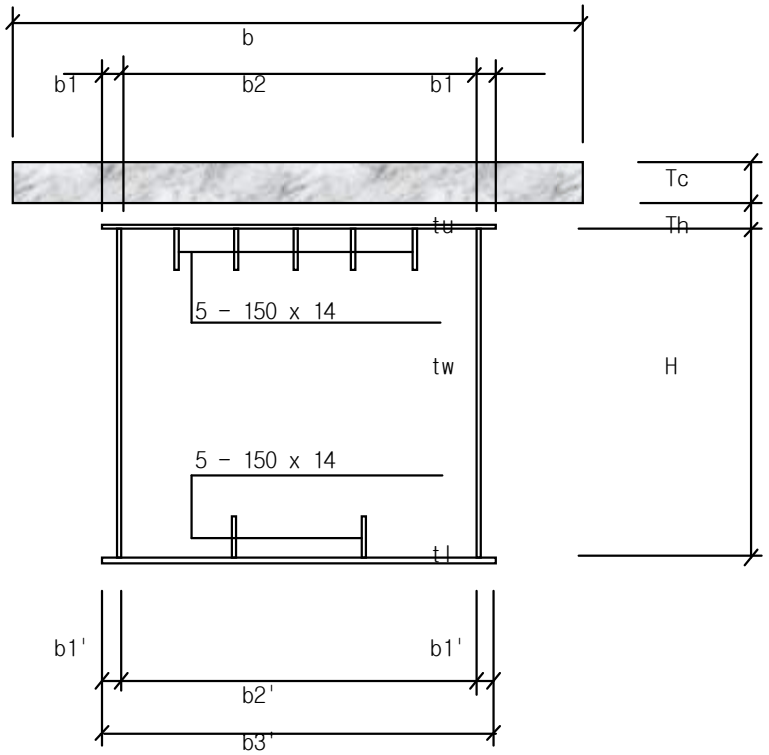
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2612² ) / (2 x 2612/12 + 2512/41.25 + 2512/14)

= 254869649249 mm⁴

- Section G1-11




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 10.0 | 27000 | 1305.00 | 35235000 | 45981675000 | 225000 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | -1306.00 | -42314400 | 55262606400 | 388800 |
| TOTAL | | 142800 | | -7079400 | 132757406400 | 35191988800 |

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

$= 132757406400 + 35191988800 = 167949395200\ mm^4$

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

$= -7079400 / 142800 = -49.58\ mm$

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

$= 167949395200 - 142800 \times -49.576^2 = 167598429483\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2 )) * 2$

$= (2700^3 \times 10 / 12 ) + (2700^3 \times 12 / 12 ) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2 )) \times 2 = 134524495200\ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00\ mm$

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 10.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2611.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2611^2$ ) / (2 x 2611/12 + 2512/10 + 2512/12)

= 192110202989 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 142800 + 1517500 / 8 = 332488 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6070.000 x $250.000^3$ / 12 = 7903645833 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -49.576 + 50.000 + 250.000 / 2 1524.58 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1524.576 x 142800 / 332488 = 654.79 mm

dvs = dv - dvc = 1524.576 - 654.790 = 869.79 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 167598429483 + 7903645833 / 8 + 142800 x $869.786^2$

+ 1517500 / 8 x $654.790^2$ = 357946951916 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 134524495200 + $6070.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 716942575929 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

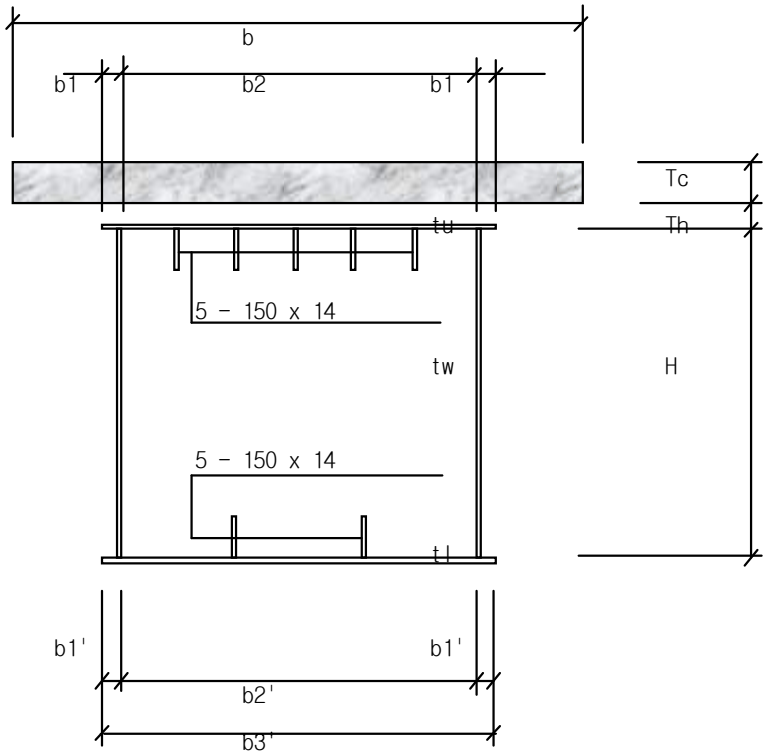
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2611^2$ ) / (2 x 2611/12 + 2512/41.25 + 2512/12)

= 243937975649 $mm^4$

- Section G1-12




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 18.0 | 48600 | 1309.00 | 63617400 | 83275176600 | 1312200 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | -1306.00 | -42314400 | 55262606400 | 388800 |
| TOTAL | | 164400 | | 21303000 | 170050908000 | 35193076000 |

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 170050908000 + 35193076000 = 205243984000 $mm^4$

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 21303000 / 164400 = 129.58 mm

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

= 205243984000 - 164400 x 129.580 ² = 202483535040 $mm^4$

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 18 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 147646495200 $mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 18.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2615.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2615² ) / (2 x 2615/12 + 2512/18 + 2512/12)

= 219951382706 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 164400 + 1517500 / 8 = 354088 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6070.000 x 250.000 ³ / 12 = 7903645833 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 129.580 + 50.000 + 250.000 / 2 1345.42 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1345.420 x 164400 / 354088 = 624.67 mm

dvs = dv - dvc = 1345.420 - 624.668 = 720.75 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 202483535040 + 7903645833 / 8 + 164400 x 720.752 ²

+ 1517500 / 8 x 624.668 ² = 362892480301 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 147646495200 + 6070.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 730064575929 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

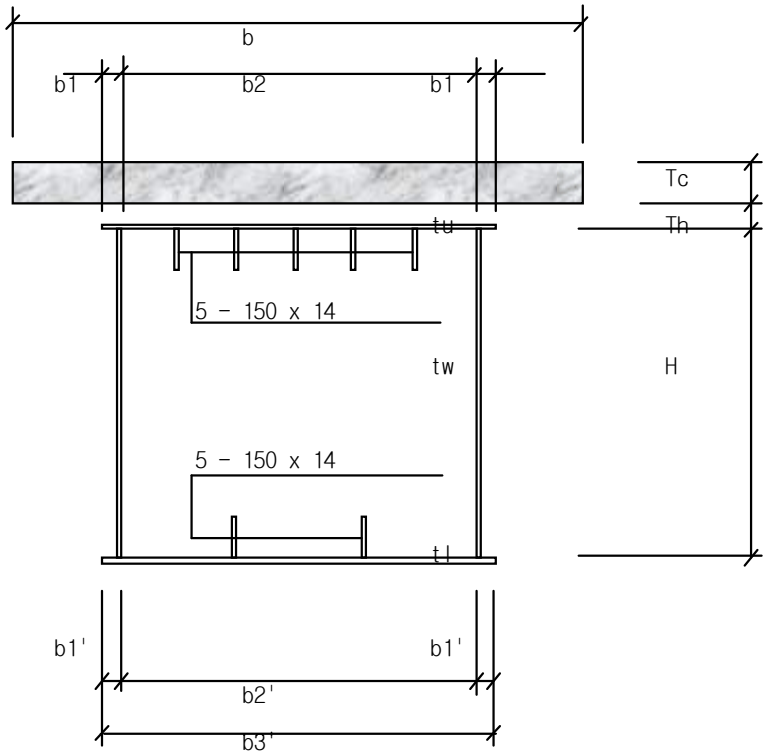
= 18.000 + 250.000 / 8 = 49.25 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2615² ) / (2 x 2615/12 + 2512/49.25 + 2512/12)

= 247928387787 mm⁴

- Section G1-13




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 18.0 | 48600 | 1309.00 | 63617400 | 83275176600 | 1312200 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 22.0 | 59400 | -1311.00 | -77873400 | 102092027400 | 2395800 |
| TOTAL | | 191400 | | -14256000 | 216880329000 | 35195083000 |

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 216880329000 + 35195083000 = 252075412000 $mm^4$

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -14256000 / 191400 = -74.48 mm

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

= 252075412000 - 191400 x -74.483 ² = 251013585793 $mm^4$

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 18 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 164048995200 $mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 18.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2620.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2620² ) / (2 x 2620/12 + 2512/18 + 2512/22)

= 250956541032 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 191400 + 1517500 / 8 = 381088 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6070.000 x 250.000 ³ / 12 = 7903645833 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -74.483 + 50.000 + 250.000 / 2 1549.48 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1549.483 x 191400 / 381088 = 778.22 mm

dvs = dv - dvc = 1549.483 - 778.223 = 771.26 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 251013585793 + 7903645833 / 8 + 191400 x 771.260 ²

+ 1517500 / 8 x 778.223 ² = 480734864154 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 164048995200 + 6070.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 746467075929 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

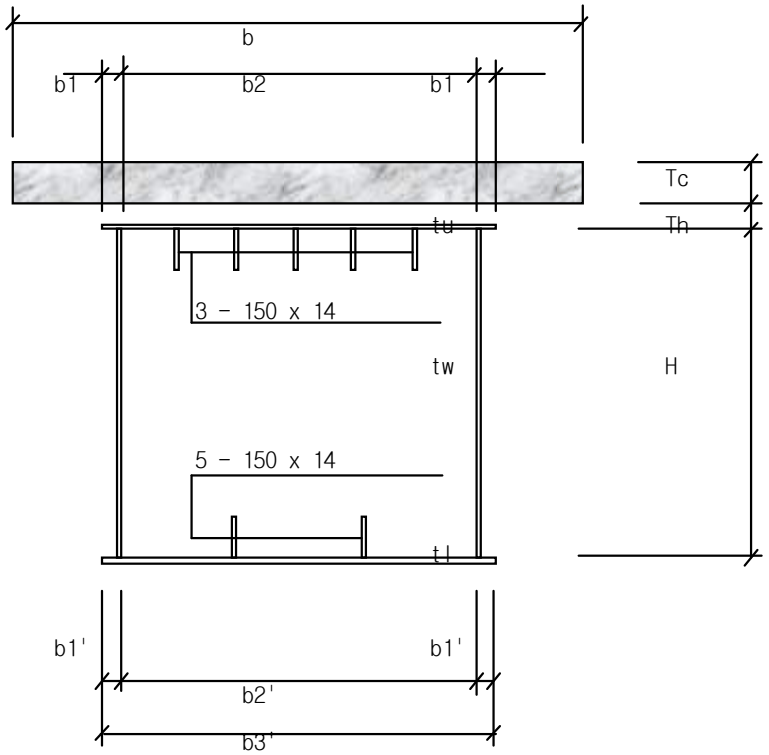
= 18.000 + 250.000 / 8 = 49.25 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2620² ) / (2 x 2620/12 + 2512/49.25 + 2512/22)

= 287879678919 mm⁴

- Section G1-14




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 18.0 | 48600 | 1309.00 | 63617400 | 83275176600 | 1312200 |
| UPPER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | 1225.00 | 7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 22.0 | 59400 | -1311.00 | -77873400 | 102092027400 | 2395800 |
| TOTAL | | 187200 | | -19401000 | 210577704000 | 35187208000 |

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 210577704000 + 35187208000 = 245764912000 $mm^4$

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -19401000 / 187200 = -103.64 mm

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

= 245764912000 - 187200 x -103.638 ² = 243754234644 $mm^4$

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 18 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 164048995200 $mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 18.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2620.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2620² ) / (2 x 2620/12 + 2512/18 + 2512/22)

= 250956541032 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 187200 + 1517500 / 8 = 376888 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6070.000 x 250.000 ³ / 12 = 7903645833 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -103.638 + 50.000 + 250.000 / 2 1578.64 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1578.638 x 187200 / 376888 = 784.11 mm

dvs = dv - dvc = 1578.638 - 784.109 = 794.53 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 243754234644 + 7903645833 / 8 + 187200 x 794.529 ²

+ 1517500 / 8 x 784.109 ² = 479542048425 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 164048995200 + 6070.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 746467075929 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

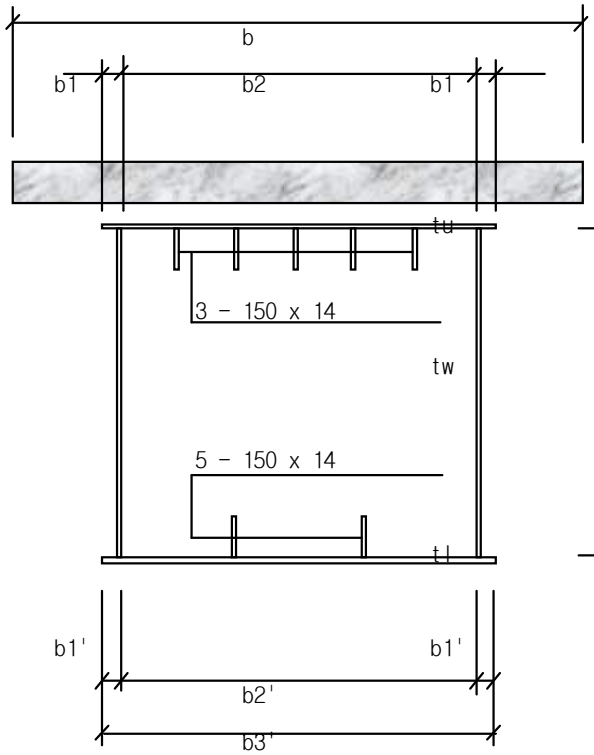
= 18.000 + 250.000 / 8 = 49.25 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2620² ) / (2 x 2620/12 + 2512/49.25 + 2512/22)

= 287879678919 mm⁴

- Section G1-15




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 28.0 | 75600 | 1314.00 | 99338400 | 130530657600 | 4939200 |
| UPPER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | 1225.00 | 7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 22.0 | 59400 | -1311.00 | -77873400 | 102092027400 | 2395800 |
| TOTAL | | 214200 | | 16320000 | 257833185000 | 35190835000 |

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 257833185000 + 35190835000 = 293024020000 $mm^4$

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 16320000 / 214200 = 76.19 mm

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

= 293024020000 - 214200 x 76.190 ² = 291780591429 $mm^4$

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 28 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 180451495200 $mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 28.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2625.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2625^2$ ) / (2 x 2625/12 + 2512/28 + 2512/22)

= 271163705148 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 214200 + 1517500 / 8 = 403888 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6070.000 x $250.000^3$ / 12 = 7903645833 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 76.190 + 50.000 + 250.000 / 2 1398.81 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1398.810 x 214200 / 403888 = 741.85 mm

dvs = dv - dvc = 1398.810 - 741.853 = 656.96 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 291780591429 + 7903645833 / 8 + 214200 x $656.957^2$

+ 1517500 / 8 x $741.853^2$ = 489609259506 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 180451495200 + $6070.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 762869575929 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

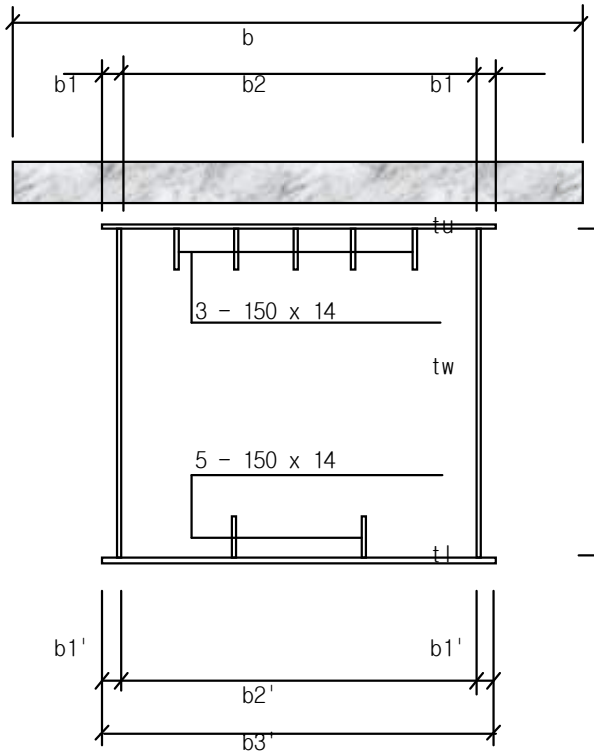
= 28.000 + 250.000 / 8 = 59.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2625^2$ ) / (2 x 2625/12 + 2512/59.25 + 2512/22)

= 292761580816 $mm^4$

- Section G1-16




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 28.0 | 75600 | 1314.00 | 99338400 | 130530657600 | 4939200 |
| UPPER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | 1225.00 | 7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 32.0 | 86400 | -1316.00 | -113702400 | 149632358400 | 7372800 |
| TOTAL | | 241200 | | -19509000 | 305373516000 | 35195812000 |

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 305373516000 + 35195812000 = 340569328000 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -19509000 / 241200 = -80.88 mm

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

= 340569328000 - 241200 x -80.883 ² = 338991379903 mm⁴

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 28 / 12) + (2700^3 \times 32 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 196853995200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 28.000 / 2 + 32.000 / 2 = 2630.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2630^2$ ) / (2 x 2630/12 + 2512/28 + 2512/32)

= 287836494039 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 241200 + 1517500 / 8 = 430888 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6070.000 x $250.000^3$ / 12 = 7903645833 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -80.883 + 50.000 + 250.000 / 2 1555.88 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1555.883 x 241200 / 430888 = 870.94 mm

dvs = dv - dvc = 1555.883 - 870.944 = 684.94 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 338991379903 + 7903645833 / 8 + 241200 x $684.939^2$

+ 1517500 / 8 x $870.944^2$ = 597022488278 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 196853995200 + $6070.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 779272075929 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

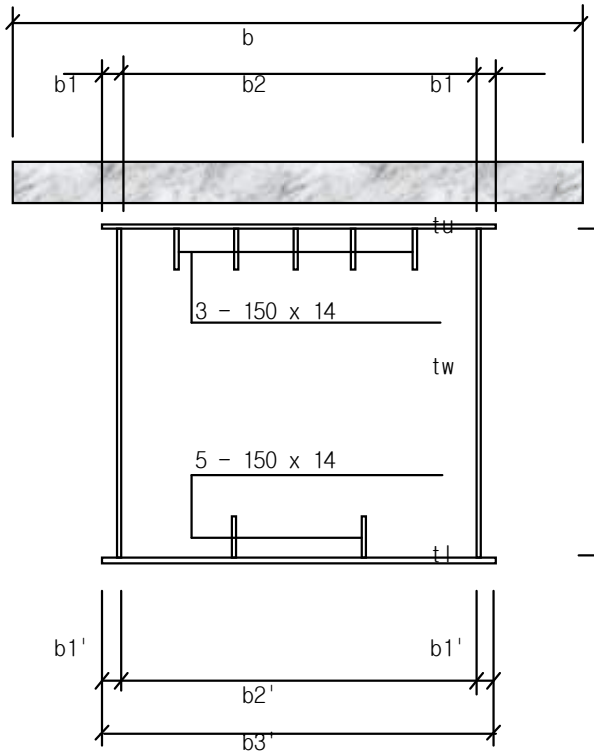
= 28.000 + 250.000 / 8 = 59.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2630^2$ ) / (2 x 2630/12 + 2512/59.25 + 2512/32)

= 312190964911 $mm^4$

- Section G1-17




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 28.0 | 75600 | 1314.00 | 99338400 | 130530657600 | 4939200 |
| UPPER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | 1225.00 | 7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 28.0 | 75600 | -1314.00 | -99338400 | 130530657600 | 4939200 |
| TOTAL | | 230400 | | -5145000 | 286271815200 | 35193378400 |

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

$= 286271815200 + 35193378400 = 321465193600\ mm^4$

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

$= -5145000 / 230400 = -22.33\ mm$

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

$= 321465193600 - 230400 \times -22.331^2 = 321350301998\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2 )) * 2$

$= (2700^3 \times 28 / 12 ) + (2700^3 \times 28 / 12 ) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2 )) \times 2 = 190292995200\ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00\ mm$

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 28.000 / 2 + 28.000 / 2 = 2628.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2628^2$ ) / (2 x 2628/12 + 2512/28 + 2512/28)

= 282334051749 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 230400 + 1517500 / 8 = 420088 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6070.000 x $250.000^3$ / 12 = 7903645833 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -22.331 + 50.000 + 250.000 / 2 1497.33 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1497.331 x 230400 / 420088 = 821.22 mm

dvs = dv - dvc = 1497.331 - 821.222 = 676.11 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 321350301998 + 7903645833 / 8 + 230400 x $676.109^2$

+ 1517500 / 8 x $821.222^2$ = 555585707256 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 190292995200 + $6070.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 772711075929 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

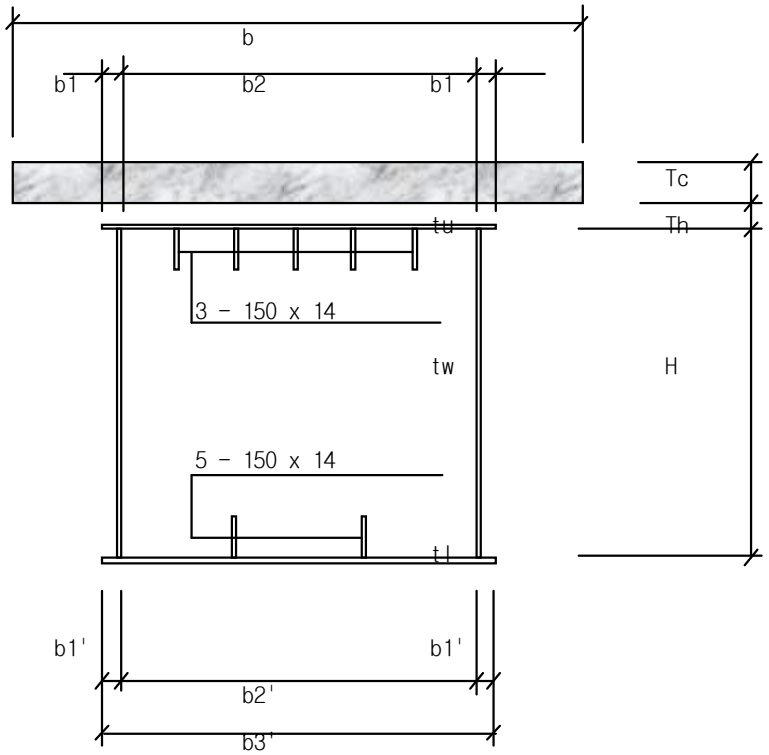
= 28.000 + 250.000 / 8 = 59.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2628^2$ ) / (2 x 2628/12 + 2512/59.25 + 2512/28)

= 305767013264 $mm^4$

- Section G1-18




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | AsY($mm^3$) | $AsY^2$ ($mm^4$) | Io($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 18.0 | 48600 | 1309.00 | 63617400 | 83275176600 | 1312200 |
| UPPER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | 1225.00 | 7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 28.0 | 75600 | -1314.00 | -99338400 | 130530657600 | 4939200 |
| TOTAL | | 203400 | | -40866000 | 239016334200 | 35189751400 |

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

$= 239016334200 + 35189751400 = 274206085600\ mm^4$

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

$= -40866000 / 203400 = -200.91\ mm$

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

$= 274206085600 - 203400 \times -200.914^2 = 265995515512\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 18 / 12) + (2700^3 \times 28 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 173890495200\ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00\ mm$

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 18.000 / 2 + 28.000 / 2 = 2623.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2623² ) / (2 x 2623/12 + 2512/18 + 2512/28)

= 260577589682 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 203400 + 1517500 / 8 = 393088 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6070.000 x 250.000 ³ / 12 = 7903645833 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -200.914 + 50.000 + 250.000 / 2 1675.91 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1675.914 x 203400 / 393088 = 867.19 mm

dvs = dv - dvc = 1675.914 - 867.189 = 808.73 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 265995515512 + 7903645833 / 8 + 203400 x 808.726 ²

+ 1517500 / 8 x 867.189 ² = 542662748134 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 173890495200 + 6070.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 756308575929 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

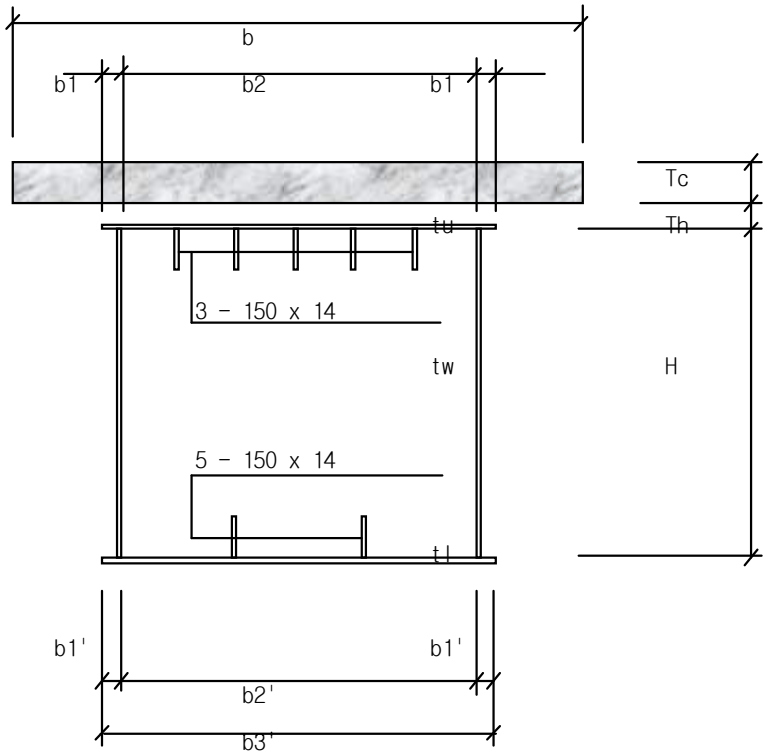
= 18.000 + 250.000 / 8 = 49.25 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2623² ) / (2 x 2623/12 + 2512/49.25 + 2512/28)

= 300506346136 mm⁴

- Section G1-19




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 10.0 | 27000 | 1305.00 | 35235000 | 45981675000 | 225000 |
| UPPER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | 1225.00 | 7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 22.0 | 59400 | -1311.00 | -77873400 | 102092027400 | 2395800 |
| TOTAL | | 165600 | | -47783400 | 173284202400 | 35186120800 |

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

$= 173284202400 + 35186120800 = 208470323200\ mm^4$

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

$= -47783400 / 165600 = -288.55\ mm$

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

$= 208470323200 - 165600 \times -288.547^2 = 194682561633\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2 )) * 2$

$= (2700^3 \times 10 / 12 ) + (2700^3 \times 22 / 12 ) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2 )) \times 2 = 150926995200\ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00\ mm$

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 10.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2616.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2616^2$ ) / (2 x 2616/12 + 2512/10 + 2512/22)

= 215543661400 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 165600 + 1517500 / 8 = 355288 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6070.000 x $250.000^3$ / 12 = 7903645833 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -288.547 + 50.000 + 250.000 / 2 1763.55 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1763.547 x 165600 / 355288 = 821.99 mm

dvs = dv - dvc = 1763.547 - 821.992 = 941.56 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 194682561633 + 7903645833 / 8 + 165600 x $941.555^2$

+ 1517500 / 8 x $821.992^2$ = 470645538455 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 150926995200 + $6070.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 733345075929 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

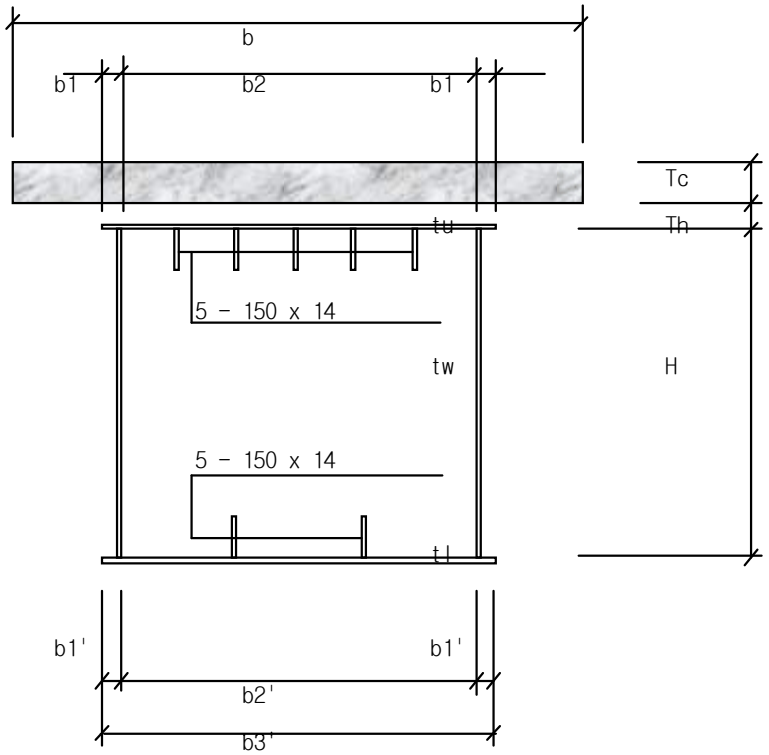
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2616^2$ ) / (2 x 2616/12 + 2512/41.25 + 2512/22)

= 282668576781 $mm^4$

- Section G1-20




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6070.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | 1306.00 | 42314400 | 55262606400 | 388800 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | -1306.00 | -42314400 | 55262606400 | 388800 |
| TOTAL | | 148200 | | 0 | 142038337800 | 35192152600 |

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

$= 142038337800 + 35192152600 = 177230490400\ mm^4$

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

$= 0 / 148200 = 0.00\ mm$

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

$= 177230490400 - 148200 \times 0.000^2 = 177230490400\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2 )) * 2$

$= (2700^3 \times 12 / 12 ) + (2700^3 \times 12 / 12 ) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2 )) \times 2 = 137804995200\ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00\ mm$

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 12.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2612.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2612^2$ ) / (2 x 2612/12 + 2512/12 + 2512/12)

= 201645129210 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 148200 + 1517500 / 8 = 337888 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6070.000 x $250.000^3$ / 12 = 7903645833 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 0.000 + 50.000 + 250.000 / 2 1475.00 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1475.000 x 148200 / 337888 = 646.95 mm

dvs = dv - dvc = 1475.000 - 646.946 = 828.05 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 177230490400 + 7903645833 / 8 + 148200 x $828.054^2$

+ 1517500 / 8 x $646.946^2$ = 359226888635 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 137804995200 + $6070.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 720223075929 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

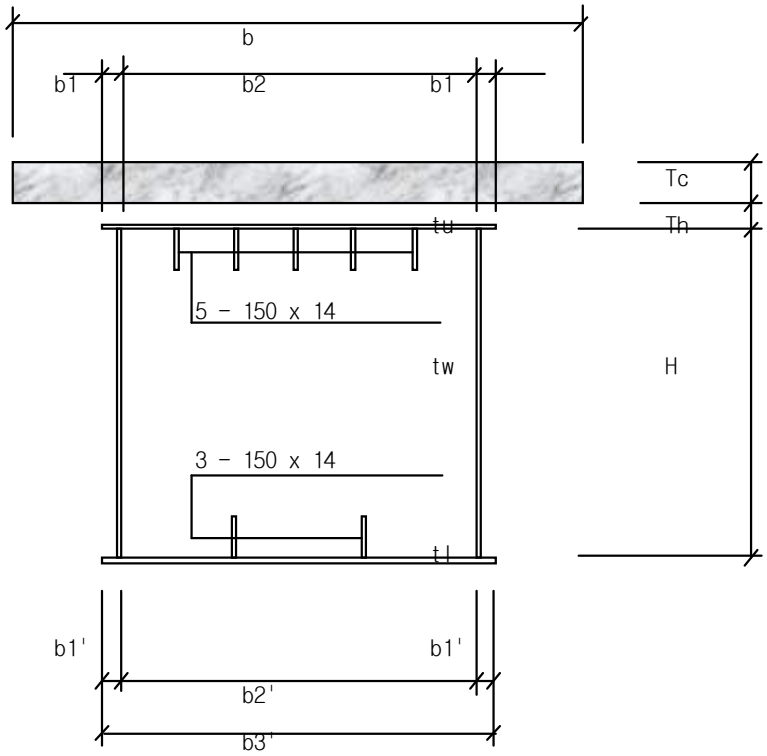
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2612^2$ ) / (2 x 2612/12 + 2512/43.25 + 2512/12)

= 245045223097 $mm^4$

- Section G2-1




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 10.0 | 27000 | 1305.00 | 35235000 | 45981675000 | 225000 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | -1225.00 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 10.0 | 27000 | -1305.00 | -35235000 | 45981675000 | 225000 |
| TOTAL | | 133200 | | 5145000 | 117173850000 | 35183950000 |

Is´ = ∑AsY² + ∑Io

= 117173850000 + 35183950000 = 152357800000 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As

= 5145000 / 133200 = 38.63 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²

= 152357800000 - 133200 x 38.626 ² = 152159068581 mm⁴

I22 = (b3³ x tu / 12) + (b3'³ x tl / 12) + ((H x tw³ / 12) + (H x tw x (b2 / 2 + tw / 2)² )) * 2

= (2700³ x 10 / 12 ) + (2700³ x 10 / 12 ) + ((2600 x 12³ / 12)

+ (2600 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)² )) x 2 = 131243995200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 10.000 / 2 + 10.000 / 2 = 2610.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2610^2$ ) / (2 x 2610/12 + 2512/10 + 2512/10)

= 183423648143 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 133200 + 1520000 / 8 = 323200 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6080.000 x $250.000^3$ / 12 = 7916666667 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 38.626 + 50.000 + 250.000 / 2 1436.37 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1436.374 x 133200 / 323200 = 591.97 mm

dvs = dv - dvc = 1436.374 - 591.971 = 844.40 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 152159068581 + 7916666667 / 8 + 133200 x $844.403^2$

+ 1520000 / 8 x $591.971^2$ = 314704047860 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 131243995200 + $6080.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 716545328533 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

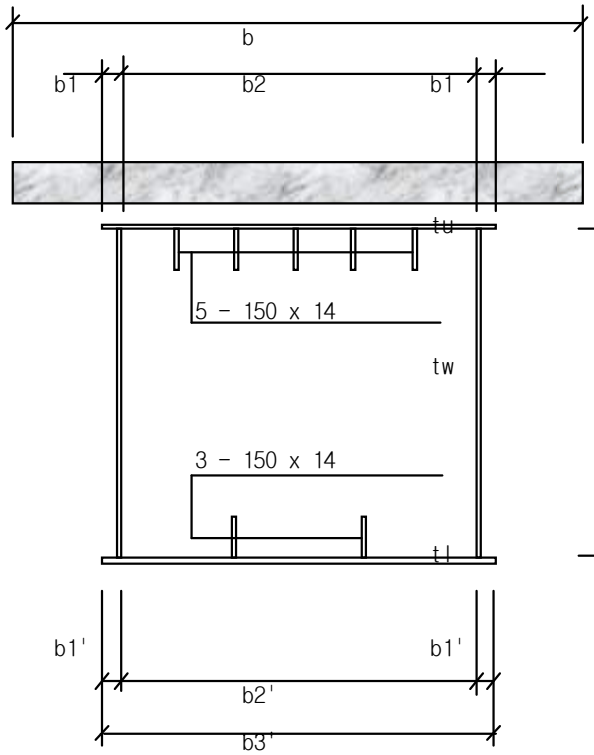
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2610^2$ ) / (2 x 2610/12 + 2512/41.25 + 2512/10)

= 230145931176 $mm^4$

- Section G2-2




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | 1306.00 | 42314400 | 55262606400 | 388800 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | -1225.00 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 10.0 | 27000 | -1305.00 | -35235000 | 45981675000 | 225000 |
| TOTAL | | 138600 | | 12224400 | 126454781400 | 35184113800 |

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 126454781400 + 35184113800 = 161638895200 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 12224400 / 138600 = 88.20 mm

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

= 161638895200 - 138600 x 88.199 ² = 160560713704 mm⁴

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 10 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 134524495200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 12.000 / 2 + 10.000 / 2 = 2611.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2611^2$ ) / (2 x 2611/12 + 2512/12 + 2512/10)

= 192110202989 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 138600 + 1520000 / 8 = 328600 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6080.000 x $250.000^3$ / 12 = 7916666667 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 88.199 + 50.000 + 250.000 / 2 1386.80 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1386.801 x 138600 / 328600 = 584.94 mm

dvs = dv - dvc = 1386.801 - 584.938 = 801.86 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 160560713704 + 7916666667 / 8 + 138600 x $801.863^2$

+ 1520000 / 8 x $584.938^2$ = 315676855267 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 134524495200 + $6080.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 719825828533 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

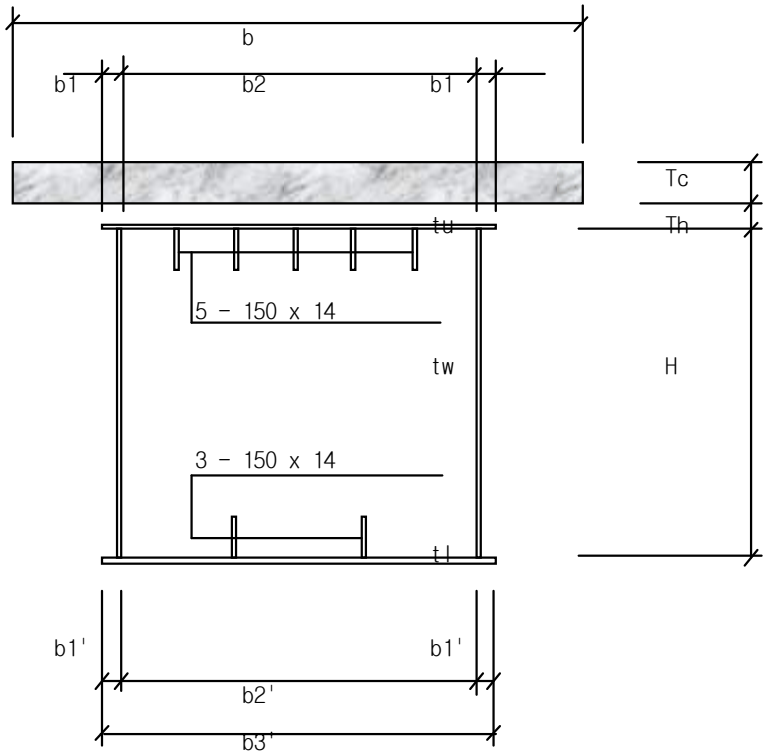
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2611^2$ ) / (2 x 2611/12 + 2512/43.25 + 2512/10)

= 231142004859 $mm^4$

- Section G2-3




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | 1306.00 | 42314400 | 55262606400 | 388800 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | -1225.00 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 14.0 | 37800 | -1307.00 | -49404600 | 64571812200 | 617400 |
| TOTAL | | 149400 | | -1945200 | 145044918600 | 35184506200 |

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 145044918600 + 35184506200 = 180229424800 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -1945200 / 149400 = -13.02 mm

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

= 180229424800 - 149400 x -13.020 ² = 180204098140 mm⁴

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 141085495200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 12.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2613.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2613² ) / (2 x 2613/12 + 2512/12 + 2512/14)

= 209080173861 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 149400 + 1520000 / 8 = 339400 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6080.000 x 250.000 ³ / 12 = 7916666667 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -13.020 + 50.000 + 250.000 / 2 1488.02 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1488.020 x 149400 / 339400 = 655.01 mm

dvs = dv - dvc = 1488.020 - 655.009 = 833.01 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 180204098140 + 7916666667 / 8 + 149400 x 833.011 ²

+ 1520000 / 8 x 655.009 ² = 366380446103 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 141085495200 + 6080.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 726386828533 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

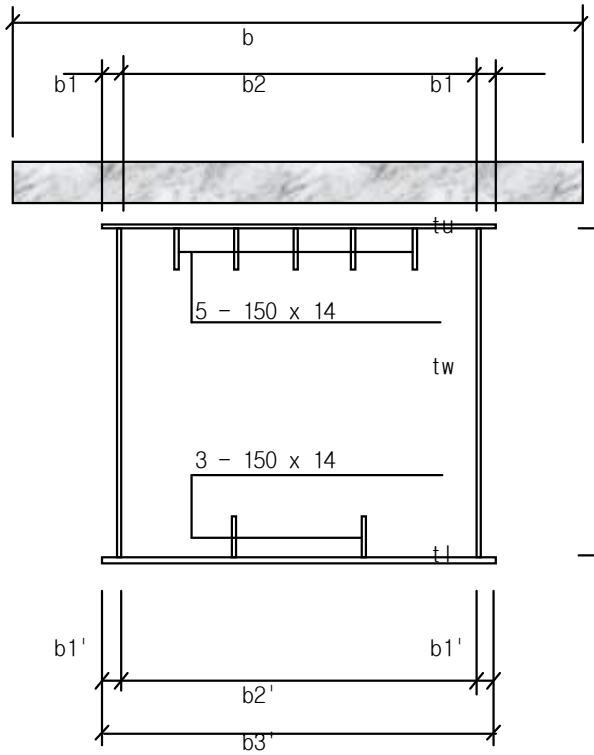
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2613² ) / (2 x 2613/12 + 2512/43.25 + 2512/14)

= 256068931132 mm⁴

- Section G2-4




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | 1306.00 | 42314400 | 55262606400 | 388800 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 10.0 | 52000 | | | | 29293333333 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | -1225.00 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 14.0 | 37800 | -1307.00 | -49404600 | 64571812200 | 617400 |
| TOTAL | | 139000 | | -1945200 | 145044918600 | 29325839533 |

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 145044918600 + 29325839533 = 174370758133 $mm^4$

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -1945200 / 139000 = -13.99 mm

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

= 174370758133 - 139000 x -13.994 ² = 174343536529 $mm^4$

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2600 \times 10^3 / 12)$

$+ (2600 \times 10 \times (2500 / 2 + 10 / 2)^2)) \times 2$ = 124548233333 $mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 10.000 / 2 x 2 = 2510.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 12.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2613.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2510² x 2613² ) / (2 x 2613/10 + 2510/12 + 2510/14)

= 188861270224 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 139000 + 1520000 / 8 = 329000 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6080.000 x 250.000 ³ / 12 = 7916666667 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -13.994 + 50.000 + 250.000 / 2 1488.99 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1488.994 x 139000 / 329000 = 629.09 mm

dvs = dv - dvc = 1488.994 - 629.089 = 859.91 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 174343536529 + 7916666667 / 8 + 139000 x 859.905 ²

+ 1520000 / 8 x 629.089 ² = 353307931275 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 124548233333 + 6080.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 709849566667 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

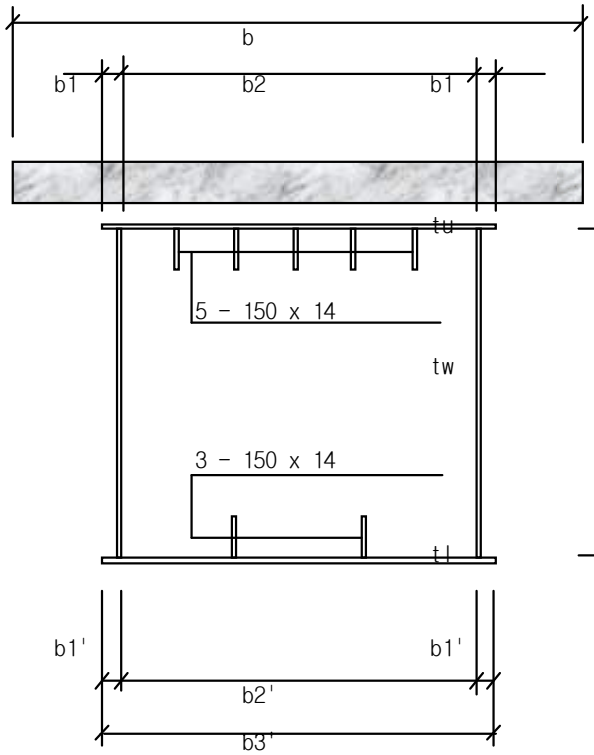
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2510² x 2613² ) / (2 x 2613/10 + 2510/43.25 + 2510/14)

= 226421755134 mm⁴

- Section G2-5




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 16.0 | 43200 | 1308.00 | 56505600 | 73909324800 | 921600 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 10.0 | 52000 | | | | 29293333333 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | -1225.00 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 14.0 | 37800 | -1307.00 | -49404600 | 64571812200 | 617400 |
| TOTAL | | 149800 | | 12246000 | 163691637000 | 29326372333 |

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 163691637000 + 29326372333 = 193018009333 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 12246000 / 149800 = 81.75 mm

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

= 193018009333 - 149800 x 81.749 ² = 192016911096 mm⁴

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2600 \times 10^3 / 12)$

$+ (2600 \times 10 \times (2500 / 2 + 10 / 2)^2)) \times 2$ = 131109233333 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 10.000 / 2 x 2 = 2510.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 16.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2615.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2510² x 2615² ) / (2 x 2615/10 + 2510/16 + 2510/14)

= 200574819617 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 149800 + 1520000 / 8 = 339800 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6080.000 x 250.000 ³ / 12 = 7916666667 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 81.749 + 50.000 + 250.000 / 2 1393.25 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1393.251 x 149800 / 339800 = 614.21 mm

dvs = dv - dvc = 1393.251 - 614.211 = 779.04 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 192016911096 + 7916666667 / 8 + 149800 x 779.040 ²

+ 1520000 / 8 x 614.211 ² = 355599091295 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 131109233333 + 6080.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 716410566667 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

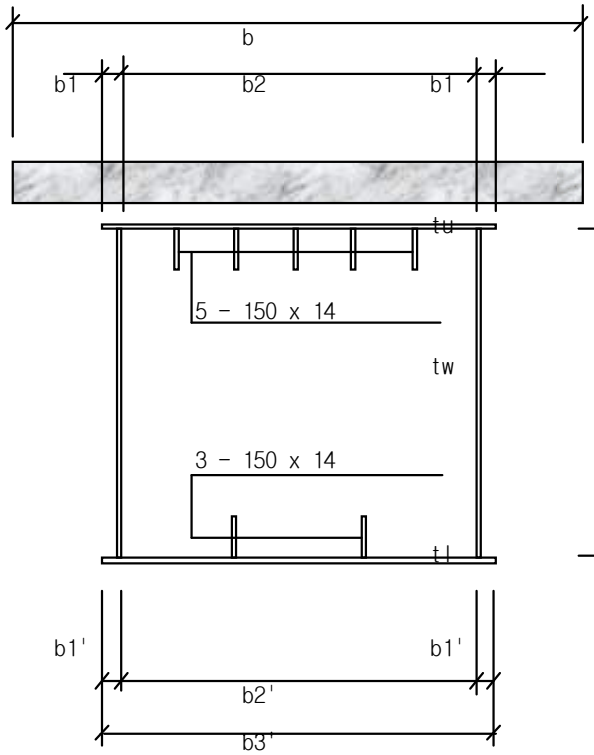
= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2510² x 2615² ) / (2 x 2615/10 + 2510/47.25 + 2510/14)

= 228123266465 mm⁴

- Section G2-6




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 16.0 | 43200 | 1308.00 | 56505600 | 73909324800 | 921600 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 10.0 | 52000 | | | | 29293333333 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | -1225.00 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 22.0 | 59400 | -1311.00 | -77873400 | 102092027400 | 2395800 |
| TOTAL | | 171400 | | -16222800 | 201211852200 | 29328150733 |

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 201211852200 + 29328150733 = 230540002933 $mm^4$

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -16222800 / 171400 = -94.65 mm

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

= 230540002933 - 171400 x -94.649 ² = 229004534790 $mm^4$

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 10^3 / 12)$

$+ (2600 \times 10 \times (2500 / 2 + 10 / 2)^2)) \times 2$ = 144231233333 $mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 10.000 / 2 x 2 = 2510.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 16.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2619.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2510^2$ x $2619^2$ ) / (2 x 2619/10 + 2510/16 + 2510/22)

= 217489953818 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 171400 + 1520000 / 8 = 361400 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6080.000 x $250.000^3$ / 12 = 7916666667 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -94.649 + 50.000 + 250.000 / 2 1569.65 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1569.649 x 171400 / 361400 = 744.43 mm

dvs = dv - dvc = 1569.649 - 744.432 = 825.22 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 229004534790 + 7916666667 / 8 + 171400 x $825.217^2$

+ 1520000 / 8 x $744.432^2$ = 452008567756 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 144231233333 + $6080.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 729532566667 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

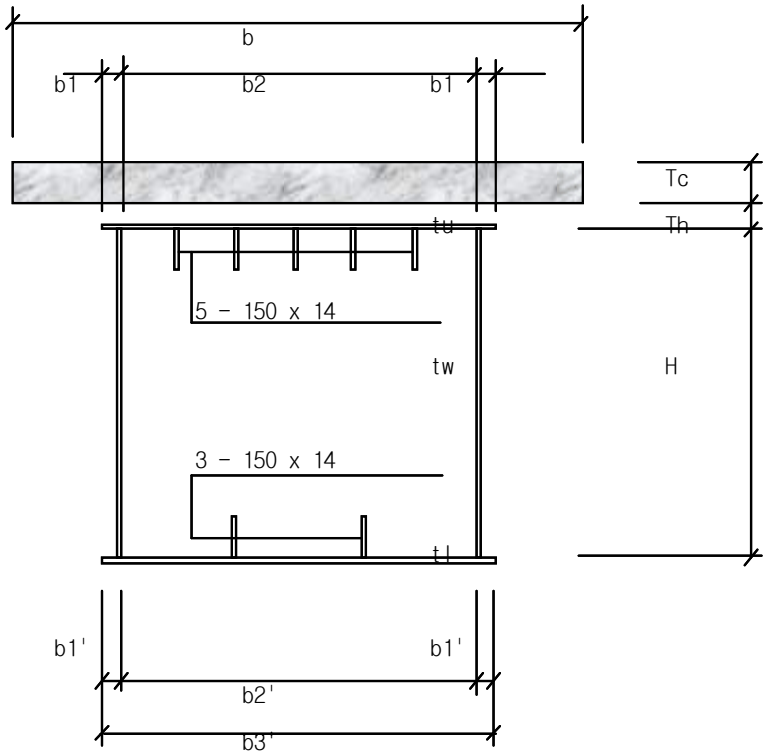
= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2510^2$ x $2619^2$ ) / (2 x 2619/10 + 2510/47.25 + 2510/22)

= 250145366830 $mm^4$

- Section G2-7




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 16.0 | 43200 | 1308.00 | 56505600 | 73909324800 | 921600 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | -1225.00 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 22.0 | 59400 | -1311.00 | -77873400 | 102092027400 | 2395800 |
| TOTAL | | 181800 | | -16222800 | 201211852200 | 35186817400 |

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 201211852200 + 35186817400 = 236398669600 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -16222800 / 181800 = -89.23 mm

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

= 236398669600 - 181800 x -89.234 ² = 234951039018 mm⁴

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 160768495200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 16.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2619.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2619² ) / (2 x 2619/12 + 2512/16 + 2512/22)

= 244642677074 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 181800 + 1520000 / 8 = 371800 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6080.000 x 250.000 ³ / 12 = 7916666667 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -89.234 + 50.000 + 250.000 / 2 1564.23 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1564.234 x 181800 / 371800 = 764.87 mm

dvs = dv - dvc = 1564.234 - 764.868 = 799.37 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 234951039018 + 7916666667 / 8 + 181800 x 799.367 ²

+ 1520000 / 8 x 764.868 ² = 463262752423 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 160768495200 + 6080.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 746069828533 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

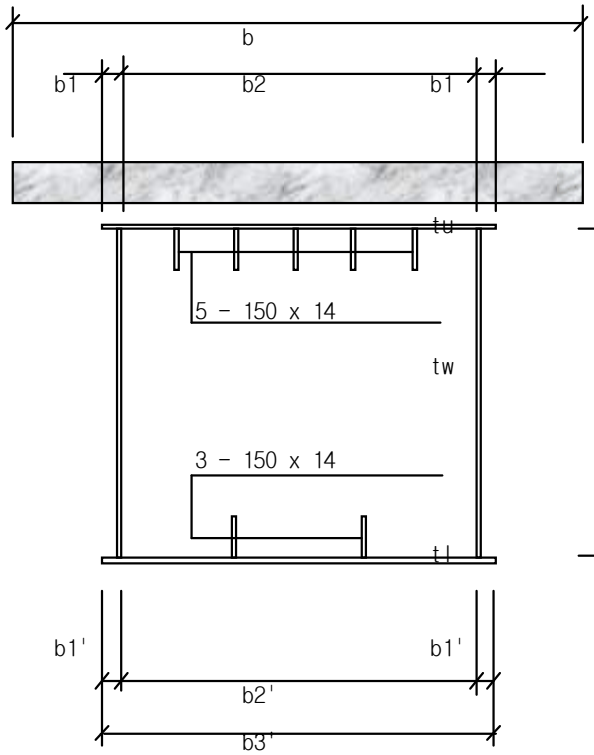
= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2619² ) / (2 x 2619/12 + 2512/47.25 + 2512/22)

= 286710884196 mm⁴

- Section G2-8




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | 1306.00 | 42314400 | 55262606400 | 388800 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | -1225.00 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 22.0 | 59400 | -1311.00 | -77873400 | 102092027400 | 2395800 |
| TOTAL | | 171000 | | -30414000 | 182565133800 | 35186284600 |

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 182565133800 + 35186284600 = 217751418400 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -30414000 / 171000 = -177.86 mm

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

= $217751418400 - 171000 \times -177.860^{\ 2}$ = 212341995032 mm⁴

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2 )) * 2$

= $(2700^3 \times 12 / 12 ) + (2700^3 \times 22 / 12 ) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2 )) \times 2$ = 154207495200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 12.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2617.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2617² ) / (2 x 2617/12 + 2512/12 + 2512/22)

= 227549022588 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 171000 + 1520000 / 8 = 361000 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6080.000 x 250.000 ³ / 12 = 7916666667 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -177.860 + 50.000 + 250.000 / 2 1652.86 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1652.860 x 171000 / 361000 = 782.93 mm

dvs = dv - dvc = 1652.860 - 782.934 = 869.93 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 212341995032 + 7916666667 / 8 + 171000 x 869.926 ²

+ 1520000 / 8 x 782.934 ² = 459206630138 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 154207495200 + 6080.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 739508828533 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

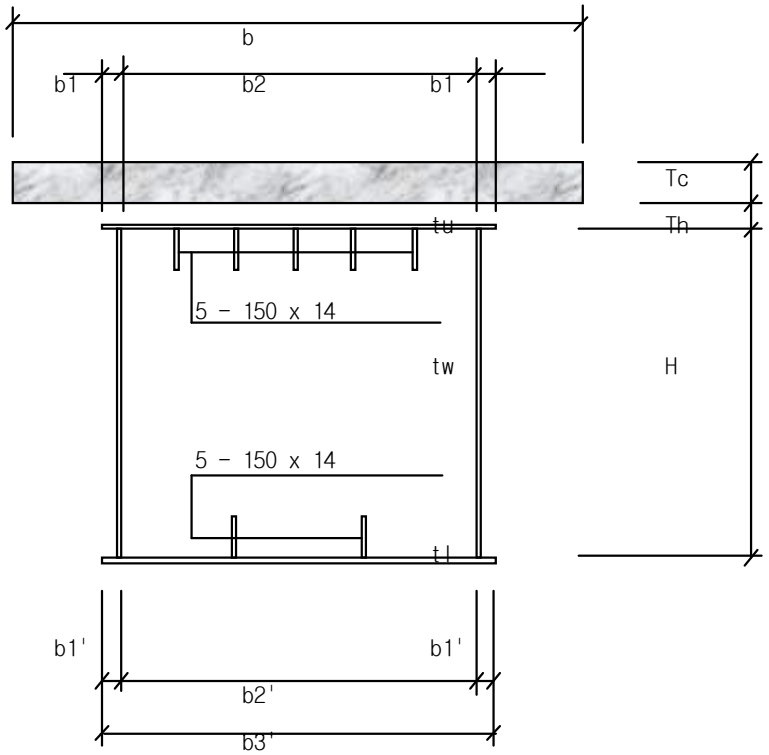
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2617² ) / (2 x 2617/12 + 2512/43.25 + 2512/22)

= 284116534224 mm⁴

- Section G2-9




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | 1306.00 | 42314400 | 55262606400 | 388800 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 14.0 | 37800 | -1307.00 | -49404600 | 64571812200 | 617400 |
| TOTAL | | 153600 | | -7090200 | 151347543600 | 35192381200 |

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 151347543600 + 35192381200 = 186539924800 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -7090200 / 153600 = -46.16 mm

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

= 186539924800 - 153600 x -46.160 ² = 186212640060 mm⁴

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2 )) * 2$

= $(2700^3 \times 12 / 12 ) + (2700^3 \times 14 / 12 ) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2 )) \times 2$ = 141085495200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 12.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2613.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2613^2$ ) / (2 x 2613/12 + 2512/12 + 2512/14)

= 209080173861 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 153600 + 1520000 / 8 = 343600 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6080.000 x $250.000^3$ / 12 = 7916666667 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -46.160 + 50.000 + 250.000 / 2 1521.16 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1521.160 x 153600 / 343600 = 680.01 mm

dvs = dv - dvc = 1521.160 - 680.006 = 841.15 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 186212640060 + 7916666667 / 8 + 153600 x $841.154^2$

+ 1520000 / 8 x $680.006^2$ = 383737966119 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 141085495200 + $6080.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 726386828533 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

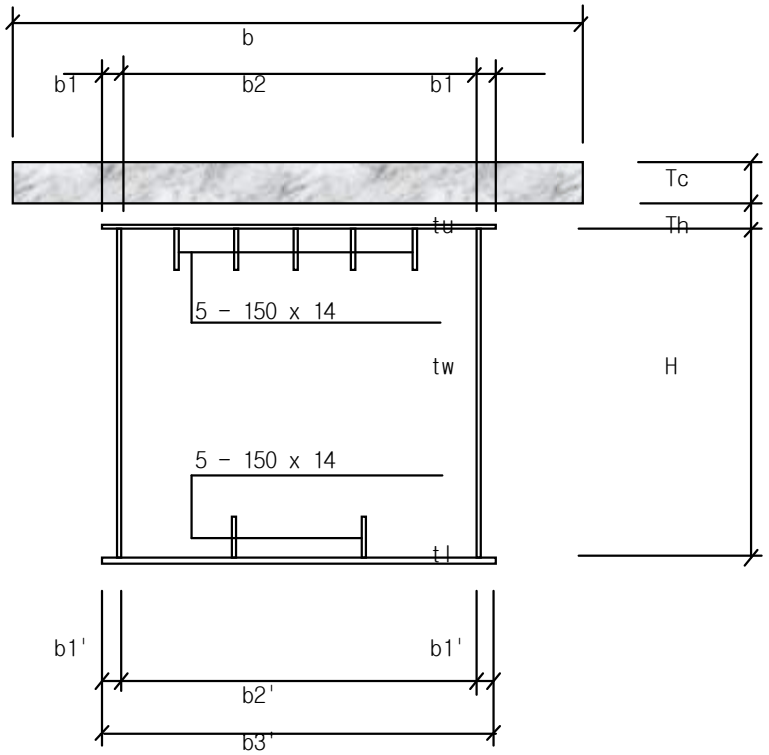
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2613^2$ ) / (2 x 2613/12 + 2512/43.25 + 2512/14)

= 256068931132 $mm^4$

- Section G2-10




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 10.0 | 27000 | 1305.00 | 35235000 | 45981675000 | 225000 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 14.0 | 37800 | -1307.00 | -49404600 | 64571812200 | 617400 |
| TOTAL | | 148200 | | -14169600 | 142066612200 | 35192217400 |

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

$= 142066612200 + 35192217400 = 177258829600\ mm^4$

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

$= -14169600 / 148200 = -95.61\ mm$

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

$= 177258829600 - 148200 \times -95.611^2 = 175904055213\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 137804995200\ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00\ mm$

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 10.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2612.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2612^2$ ) / (2 x 2612/12 + 2512/10 + 2512/14)

= 198859718191 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 148200 + 1520000 / 8 = 338200 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6080.000 x $250.000^3$ / 12 = 7916666667 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -95.611 + 50.000 + 250.000 / 2 1570.61 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1570.611 x 148200 / 338200 = 688.25 mm

dvs = dv - dvc = 1570.611 - 688.245 = 882.37 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 175904055213 + 7916666667 / 8 + 148200 x $882.366^2$

+ 1520000 / 8 x $688.245^2$ = 382277188764 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 137804995200 + $6080.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 723106328533 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

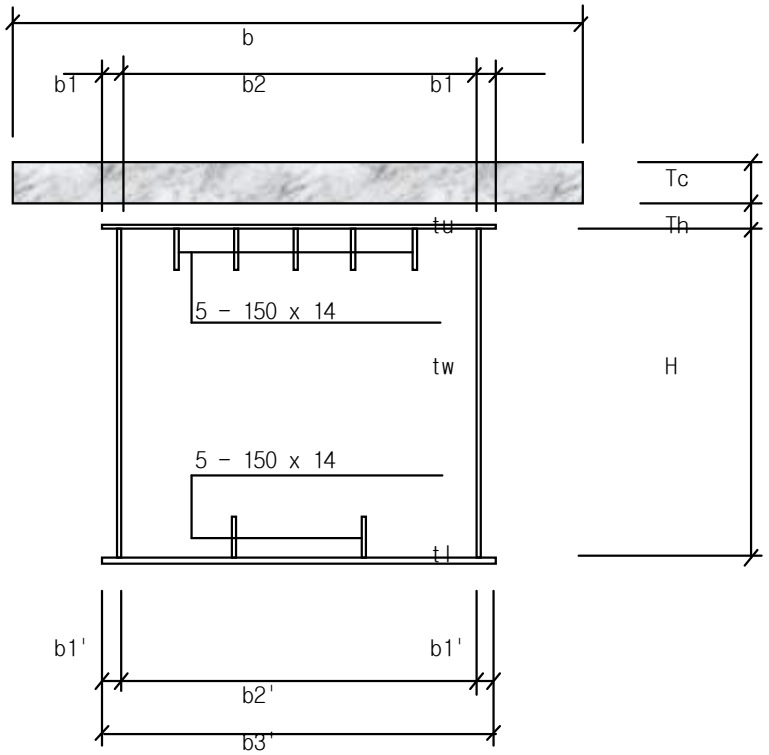
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2612^2$ ) / (2 x 2612/12 + 2512/41.25 + 2512/14)

= 254869649249 $mm^4$

- Section G2-11




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 10.0 | 27000 | 1305.00 | 35235000 | 45981675000 | 225000 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | -1306.00 | -42314400 | 55262606400 | 388800 |
| TOTAL | | 142800 | | -7079400 | 132757406400 | 35191988800 |

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 132757406400 + 35191988800 = 167949395200 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -7079400 / 142800 = -49.58 mm

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

= 167949395200 - 142800 x -49.576 ² = 167598429483 mm⁴

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 134524495200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 10.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2611.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2611² ) / (2 x 2611/12 + 2512/10 + 2512/12)

= 192110202989 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 142800 + 1520000 / 8 = 332800 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6080.000 x 250.000 ³ / 12 = 7916666667 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -49.576 + 50.000 + 250.000 / 2 1524.58 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1524.576 x 142800 / 332800 = 654.17 mm

dvs = dv - dvc = 1524.576 - 654.175 = 870.40 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 167598429483 + 7916666667 / 8 + 142800 x 870.401 ²

+ 1520000 / 8 x 654.175 ² = 358082437955 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 134524495200 + 6080.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 719825828533 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

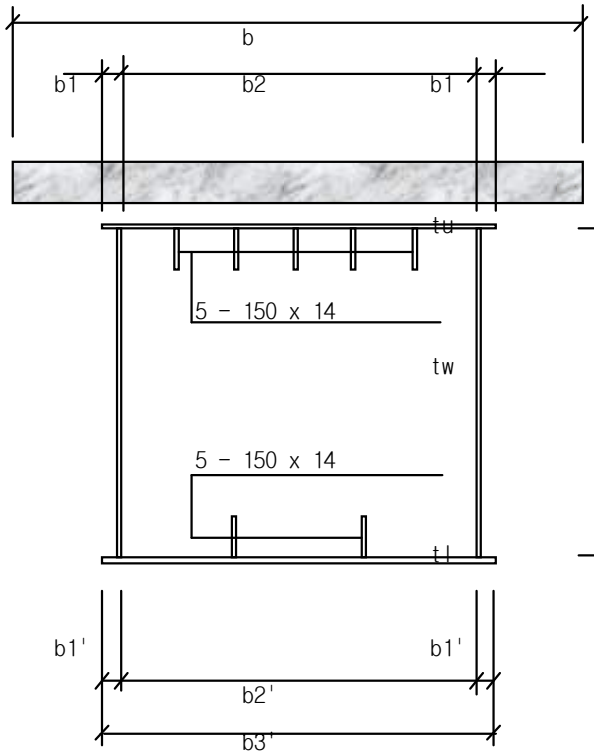
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2611² ) / (2 x 2611/12 + 2512/41.25 + 2512/12)

= 243937975649 mm⁴

- Section G2-12




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As($mm^2$) | Y(mm) | AsY($mm^3$) | $AsY^2$ ($mm^4$) | Io($mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 18.0 | 48600 | 1309.00 | 63617400 | 83275176600 | 1312200 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | -1306.00 | -42314400 | 55262606400 | 388800 |
| TOTAL | | 164400 | | 21303000 | 170050908000 | 35193076000 |

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

$= 170050908000 + 35193076000 = 205243984000\ mm^4$

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

$= 21303000 / 164400 = 129.58\ mm$

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

$= 205243984000 - 164400 \times 129.580^2 = 202483535040\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 18 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 147646495200\ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00\ mm$

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 18.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2615.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2615² ) / (2 x 2615/12 + 2512/18 + 2512/12)

= 219951382706 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 164400 + 1520000 / 8 = 354400 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6080.000 x 250.000 ³ / 12 = 7916666667 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 129.580 + 50.000 + 250.000 / 2 1345.42 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1345.420 x 164400 / 354400 = 624.12 mm

dvs = dv - dvc = 1345.420 - 624.117 = 721.30 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 202483535040 + 7916666667 / 8 + 164400 x 721.303 ²

+ 1520000 / 8 x 624.117 ² = 363015940897 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 147646495200 + 6080.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 732947828533 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

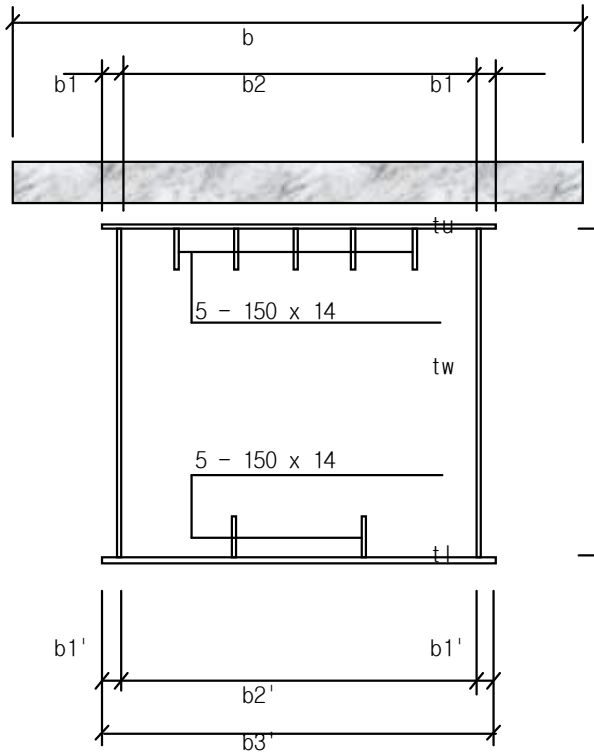
= 18.000 + 250.000 / 8 = 49.25 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2615² ) / (2 x 2615/12 + 2512/49.25 + 2512/12)

= 247928387787 mm⁴

- Section G2-13




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 18.0 | 48600 | 1309.00 | 63617400 | 83275176600 | 1312200 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 22.0 | 59400 | -1311.00 | -77873400 | 102092027400 | 2395800 |
| TOTAL | | 191400 | | -14256000 | 216880329000 | 35195083000 |

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 216880329000 + 35195083000 = 252075412000 $mm^4$

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -14256000 / 191400 = -74.48 mm

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

= 252075412000 - 191400 x -74.483 ² = 251013585793 $mm^4$

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 18 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 164048995200 $mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 18.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2620.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2620^2$ ) / (2 x 2620/12 + 2512/18 + 2512/22)

= 250956541032 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 191400 + 1520000 / 8 = 381400 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6080.000 x $250.000^3$ / 12 = 7916666667 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -74.483 + 50.000 + 250.000 / 2 1549.48 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1549.483 x 191400 / 381400 = 777.59 mm

dvs = dv - dvc = 1549.483 - 777.585 = 771.90 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 251013585793 + 7916666667 / 8 + 191400 x $771.898^2$

+ 1520000 / 8 x $777.585^2$ = 480925596314 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 164048995200 + $6080.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 749350328533 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

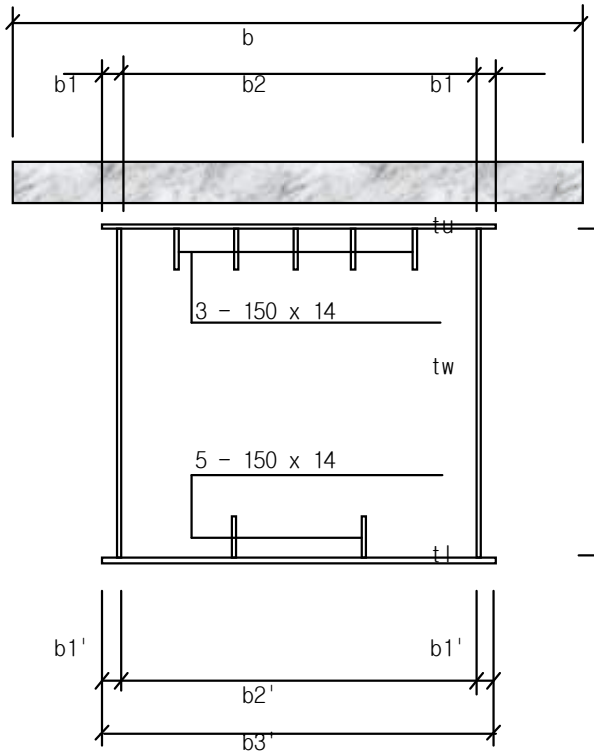
= 18.000 + 250.000 / 8 = 49.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2620^2$ ) / (2 x 2620/12 + 2512/49.25 + 2512/22)

= 287879678919 $mm^4$

- Section G2-14




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 18.0 | 48600 | 1309.00 | 63617400 | 83275176600 | 1312200 |
| UPPER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | 1225.00 | 7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 22.0 | 59400 | -1311.00 | -77873400 | 102092027400 | 2395800 |
| TOTAL | | 187200 | | -19401000 | 210577704000 | 35187208000 |

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 210577704000 + 35187208000 = 245764912000 $mm^4$

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -19401000 / 187200 = -103.64 mm

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

= $245764912000 - 187200 \times -103.638^{\ 2}$ = 243754234644 $mm^4$

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 18 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 164048995200 $mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 18.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2620.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2620^2$ ) / (2 x 2620/12 + 2512/18 + 2512/22)

= 250956541032 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 187200 + 1520000 / 8 = 377200 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6080.000 x $250.000^3$ / 12 = 7916666667 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -103.638 + 50.000 + 250.000 / 2 1578.64 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1578.638 x 187200 / 377200 = 783.46 mm

dvs = dv - dvc = 1578.638 - 783.460 = 795.18 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 243754234644 + 7916666667 / 8 + 187200 x $795.178^2$

+ 1520000 / 8 x $783.460^2$ = 479735650421 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 164048995200 + $6080.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 749350328533 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

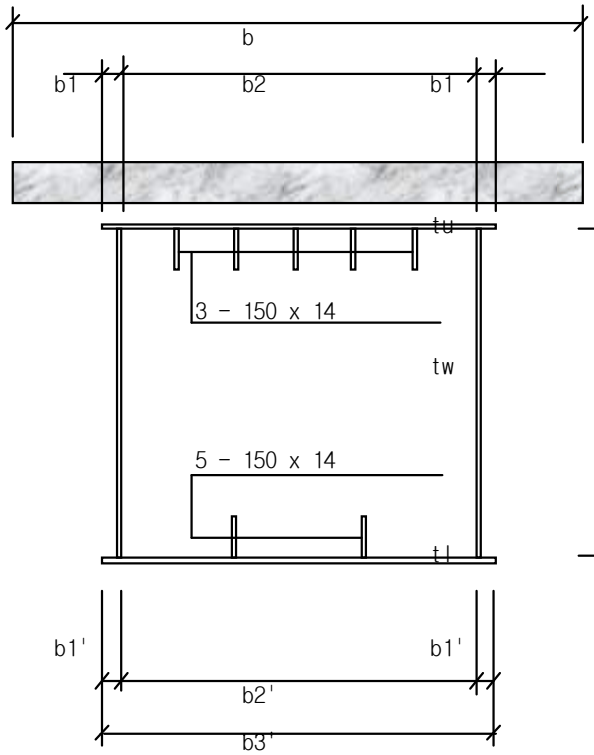
= 18.000 + 250.000 / 8 = 49.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2620^2$ ) / (2 x 2620/12 + 2512/49.25 + 2512/22)

= 287879678919 $mm^4$

- Section G2-15




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 28.0 | 75600 | 1314.00 | 99338400 | 130530657600 | 4939200 |
| UPPER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | 1225.00 | 7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 22.0 | 59400 | -1311.00 | -77873400 | 102092027400 | 2395800 |
| TOTAL | | 214200 | | 16320000 | 257833185000 | 35190835000 |

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 257833185000 + 35190835000 = 293024020000 $mm^4$

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 16320000 / 214200 = 76.19 mm

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

= 293024020000 - 214200 x 76.190 ² = 291780591429 $mm^4$

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 28 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 180451495200 $mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 28.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2625.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2625^2$ ) / (2 x 2625/12 + 2512/28 + 2512/22)

= 271163705148 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 214200 + 1520000 / 8 = 404200 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6080.000 x $250.000^3$ / 12 = 7916666667 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 76.190 + 50.000 + 250.000 / 2 1398.81 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1398.810 x 214200 / 404200 = 741.28 mm

dvs = dv - dvc = 1398.810 - 741.279 = 657.53 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 291780591429 + 7916666667 / 8 + 214200 x $657.530^2$

+ 1520000 / 8 x $741.279^2$ = 489782737054 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 180451495200 + $6080.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 765752828533 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

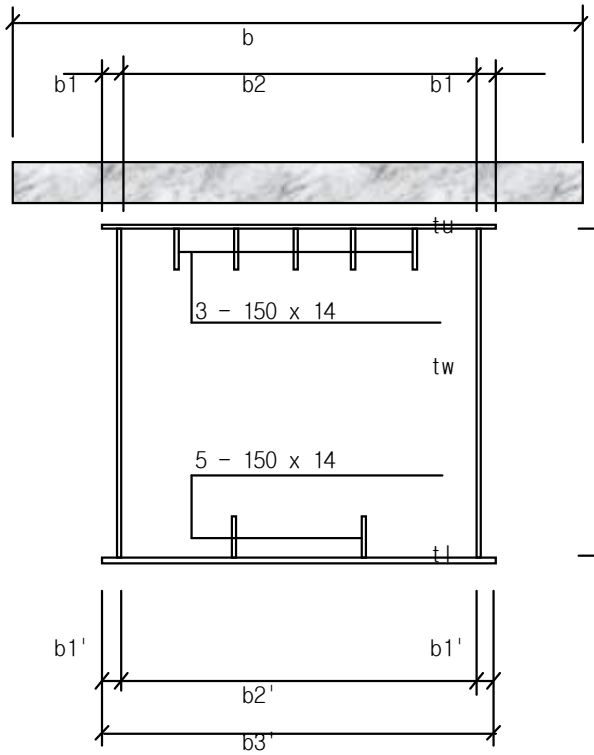
= 28.000 + 250.000 / 8 = 59.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2625^2$ ) / (2 x 2625/12 + 2512/59.25 + 2512/22)

= 292761580816 $mm^4$

- Section G2-16




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 28.0 | 75600 | 1314.00 | 99338400 | 130530657600 | 4939200 |
| UPPER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | 1225.00 | 7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 32.0 | 86400 | -1316.00 | -113702400 | 149632358400 | 7372800 |
| TOTAL | | 241200 | | -19509000 | 305373516000 | 35195812000 |

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 305373516000 + 35195812000 = 340569328000 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -19509000 / 241200 = -80.88 mm

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

= 340569328000 - 241200 x -80.883 ² = 338991379903 mm⁴

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 28 / 12) + (2700^3 \times 32 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 196853995200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 28.000 / 2 + 32.000 / 2 = 2630.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2630² ) / (2 x 2630/12 + 2512/28 + 2512/32)

= 287836494039 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 241200 + 1520000 / 8 = 431200 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6080.000 x 250.000 ³ / 12 = 7916666667 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -80.883 + 50.000 + 250.000 / 2 1555.88 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1555.883 x 241200 / 431200 = 870.31 mm

dvs = dv - dvc = 1555.883 - 870.313 = 685.57 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 338991379903 + 7916666667 / 8 + 241200 x 685.570 ²

+ 1520000 / 8 x 870.313 ² = 597260989068 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 196853995200 + 6080.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 782155328533 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

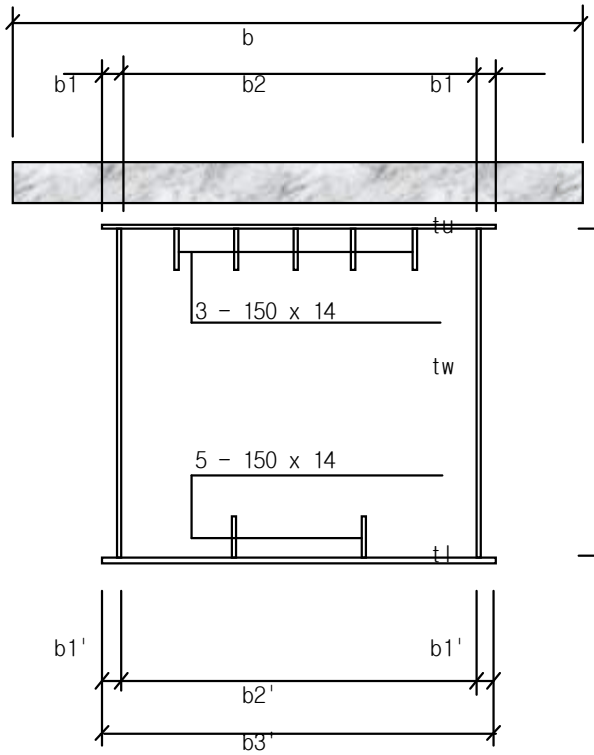
= 28.000 + 250.000 / 8 = 59.25 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2630² ) / (2 x 2630/12 + 2512/59.25 + 2512/32)

= 312190964911 mm⁴

- Section G2-17




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 28.0 | 75600 | 1314.00 | 99338400 | 130530657600 | 4939200 |
| UPPER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | 1225.00 | 7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 28.0 | 75600 | -1314.00 | -99338400 | 130530657600 | 4939200 |
| TOTAL | | 230400 | | -5145000 | 286271815200 | 35193378400 |

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 286271815200 + 35193378400 = 321465193600 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -5145000 / 230400 = -22.33 mm

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

= $321465193600 - 230400 \times -22.331^2$ = 321350301998 mm⁴

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 28 / 12) + (2700^3 \times 28 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 190292995200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 28.000 / 2 + 28.000 / 2 = 2628.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2628^2$ ) / (2 x 2628/12 + 2512/28 + 2512/28)

= 282334051749 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 230400 + 1520000 / 8 = 420400 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6080.000 x $250.000^3$ / 12 = 7916666667 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -22.331 + 50.000 + 250.000 / 2 1497.33 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1497.331 x 230400 / 420400 = 820.61 mm

dvs = dv - dvc = 1497.331 - 820.611 = 676.72 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 321350301998 + 7916666667 / 8 + 230400 x $676.719^2$

+ 1520000 / 8 x $820.611^2$ = 555797929823 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 190292995200 + $6080.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 775594328533 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

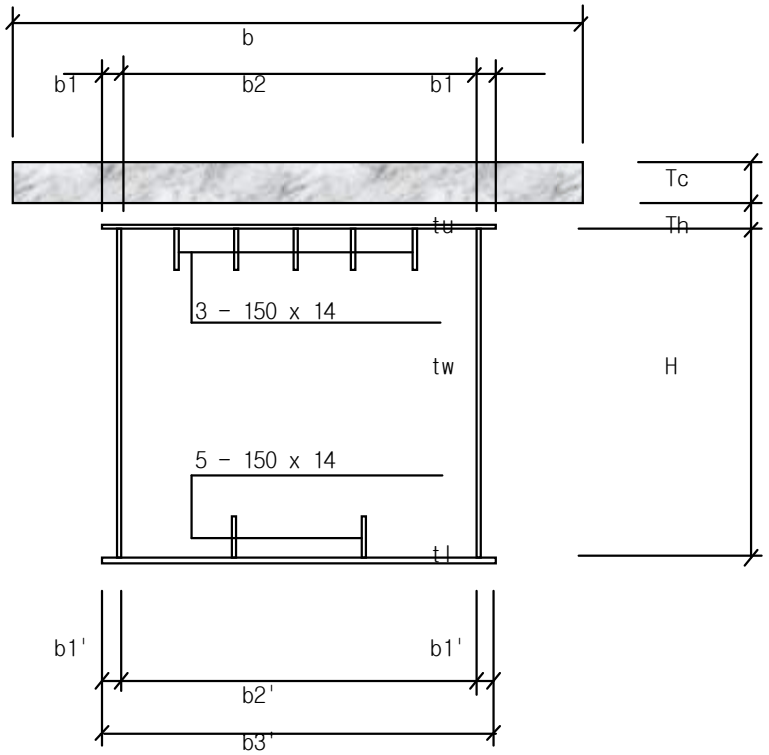
= 28.000 + 250.000 / 8 = 59.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2628^2$ ) / (2 x 2628/12 + 2512/59.25 + 2512/28)

= 305767013264 $mm^4$

- Section G2-18




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 18.0 | 48600 | 1309.00 | 63617400 | 83275176600 | 1312200 |
| UPPER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | 1225.00 | 7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 28.0 | 75600 | -1314.00 | -99338400 | 130530657600 | 4939200 |
| TOTAL | | 203400 | | -40866000 | 239016334200 | 35189751400 |

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 239016334200 + 35189751400 = 274206085600 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -40866000 / 203400 = -200.91 mm

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

= 274206085600 - 203400 x -200.914 ² = 265995515512 mm⁴

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 18 / 12) + (2700^3 \times 28 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 173890495200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 18.000 / 2 + 28.000 / 2 = 2623.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2623^2$ ) / (2 x 2623/12 + 2512/18 + 2512/28)

= 260577589682 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 203400 + 1520000 / 8 = 393400 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6080.000 x $250.000^3$ / 12 = 7916666667 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -200.914 + 50.000 + 250.000 / 2 1675.91 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1675.914 x 203400 / 393400 = 866.50 mm

dvs = dv - dvc = 1675.914 - 866.500 = 809.41 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 265995515512 + 7916666667 / 8 + 203400 x $809.415^2$

+ 1520000 / 8 x $866.500^2$ = 542899194083 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 173890495200 + $6080.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 759191828533 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

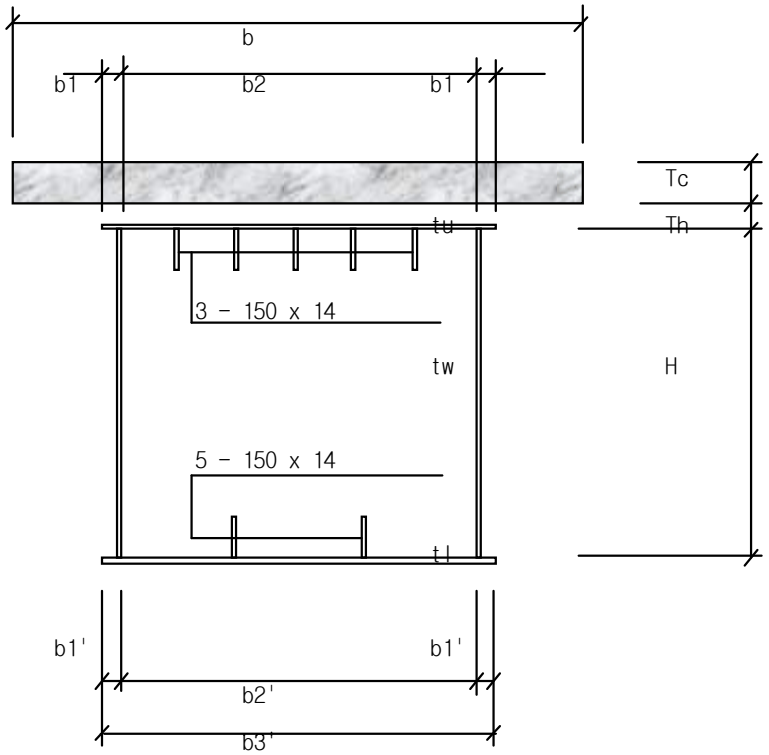
= 18.000 + 250.000 / 8 = 49.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2623^2$ ) / (2 x 2623/12 + 2512/49.25 + 2512/28)

= 300506346136 $mm^4$

- Section G2-19




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 10.0 | 27000 | 1305.00 | 35235000 | 45981675000 | 225000 |
| UPPER RIB | 3 - 150.0 X 14.0 | 6300 | 1225.00 | 7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 22.0 | 59400 | -1311.00 | -77873400 | 102092027400 | 2395800 |
| TOTAL | | 165600 | | -47783400 | 173284202400 | 35186120800 |

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

$= 173284202400 + 35186120800 = 208470323200\ mm^4$

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

$= -47783400 / 165600 = -288.55\ mm$

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

$= 208470323200 - 165600 \times -288.547^2 = 194682561633\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 150926995200\ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00\ mm$

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 10.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2616.00 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2616^2$ ) / (2 x 2616/12 + 2512/10 + 2512/22)

= 215543661400 $mm^4$

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 $mm^2$

Av = ∑As + Ac/N

= 165600 + 1520000 / 8 = 355600 $mm^2$

Ic = b x $Tc^3$ / 12

= 6080.000 x $250.000^3$ / 12 = 7916666667 $mm^4$

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -288.547 + 50.000 + 250.000 / 2 1763.55 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1763.547 x 165600 / 355600 = 821.27 mm

dvs = dv - dvc = 1763.547 - 821.269 = 942.28 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · $dvs^2$ +Ac/N · $dvc^2$

= 194682561633 + 7916666667 / 8 + 165600 x $942.278^2$

+ 1520000 / 8 x $821.269^2$ = 470858127524 $mm^4$

Iv22 = I22 + $b^3$ x Tc / 12 / N

= 150926995200 + $6080.000^3$

x 250.000 / 12 / 8 = 736228328533 $mm^4$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

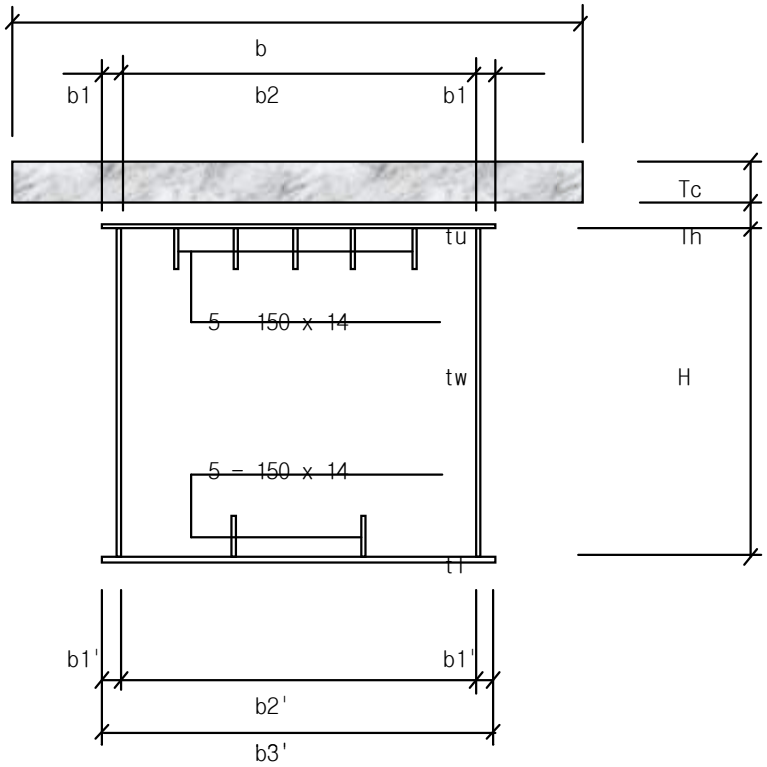
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

K = ( 4 x $bk^2$ x $Hk^2$ ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x $2512^2$ x $2616^2$ ) / (2 x 2616/12 + 2512/41.25 + 2512/22)

= 282668576781 $mm^4$

- Section G2-20




| | | | |
|---|---|---|---|
| b | = | 6080.000 | mm |
| b1 | = | 100.000 | mm |
| b2 | = | 2500.000 | mm |
| b3 | = | 2700.000 | mm |
| b1' | = | 100.000 | mm |
| b2' | = | 2500.000 | mm |
| b3' | = | 2700.000 | mm |
| Tc | = | 250.000 | mm |
| Th | = | 50.000 | mm |
| H | = | 2600.000 | mm |
| n | = | 8 | |

① 합성전 단면

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | 1306.00 | 42314400 | 55262606400 | 388800 |
| UPPER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | 1225.00 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| W E B | 2 - 2600.0 X 12.0 | 62400 | | | | 35152000000 |
| LOWER RIB | 5 - 150.0 X 14.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| LOWER FL. | 1 - 2700.0 X 12.0 | 32400 | -1306.00 | -42314400 | 55262606400 | 388800 |
| TOTAL | | 148200 | | 0 | 142038337800 | 35192152600 |

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

$= 142038337800 + 35192152600 = 177230490400 \ mm^4$

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

$= 0 / 148200 = 0.00 \ mm$

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

$= 177230490400 - 148200 \times 0.000^2 = 177230490400 \ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 137804995200 \ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \ mm$

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 12.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2612.00 mm

K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2612² ) / (2 x 2612/12 + 2512/12 + 2512/12)

= 201645129210 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 148200 + 1520000 / 8 = 338200 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6080.000 x 250.000 ³ / 12 = 7916666667 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 0.000 + 50.000 + 250.000 / 2 1475.00 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1475.000 x 148200 / 338200 = 646.35 mm

dvs = dv - dvc = 1475.000 - 646.348 = 828.65 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 177230490400 + 7916666667 / 8 + 148200 x 828.652 ²

+ 1520000 / 8 x 646.348 ² = 359359188902 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 137804995200 + 6080.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 723106328533 mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = tu + Tc / N

= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

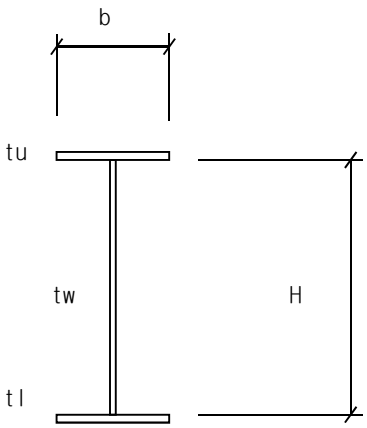
K = ( 4 x bk² x Hk² ) / ( 2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl )

= (4 x 2512² x 2612² ) / (2 x 2612/12 + 2512/43.25 + 2512/12)

= 245045223097 mm⁴

## 2-2. 가로보 및 세로보 단면상수 산정

- 가로보 Section 1 : 교대 및 교각




bu = 300.00 mm

bl = 300.00 mm

H = 2000.00 mm

tu = 12.00 mm

tw = 12.00 mm

tl = 12.00 mm

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 300.00 X 12.00 | 3600.0 | 1006.00 | 3621600 | 3643329600 | 43200 |
| W E B | 2000.00 X 12.00 | 24000.0 | | | | 8000000000 |
| LOWER FL. | 300.00 X 12.00 | 3600.0 | -1006.00 | -3621600 | 3643329600 | 43200 |
| TOTAL | | 31200.0 | | 0 | 7286659200 | 8000086400 |

I33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 7286659200 + 8000086400 = 15286745600 $mm^4$

I22 = ( $bu^3$ x tu / 12 ) + ( $bl^3$ x tl / 12 ) + ( H x $tw^3$ / 12 )

= ( $300^3$ x 12 / 12 ) + ( $300^3$ x 12 / 12 ) + ( 2000 x $12^3$ / 12 )

= 54288000 $mm^4$

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

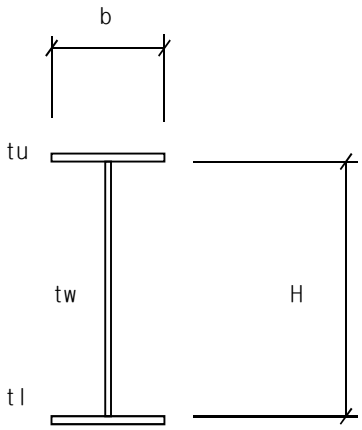
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정강성

- 비틀림 강성

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

= ( 300 x $12^3$ + 300 x $12^3$ + 2000 x $12^3$ ) / 3 = 1497600 $mm^4$

- 가로보 Section 2 : 일반부




bu = 300.00 mm
bl = 300.00 mm
H = 1500.00 mm

tu = 10.00 mm
tw = 10.00 mm
tl = 10.00 mm

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 300.00 X 10.00 | 3000.0 | 755.00 | 2265000 | 1710075000 | 25000 |
| W E B | 1500.00 X 10.00 | 15000.0 | | | | 2812500000 |
| LOWER FL. | 300.00 X 10.00 | 3000.0 | -755.00 | -2265000 | 1710075000 | 25000 |
| TOTAL | | 21000.0 | | 0 | 3420150000 | 2812550000 |

I33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 3420150000 + 2812550000 = 6232700000 $mm^4$

I22 = ( $bu^3$ x tu / 12 ) + ( $bl^3$ x tl / 12 ) + ( H x $tw^3$ / 12 )

= ( $300^3$ x 10 / 12 ) + ( $300^3$ x 10 / 12 ) + ( 1500 x $10^3$ / 12 )

= 45125000 $mm^4$

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

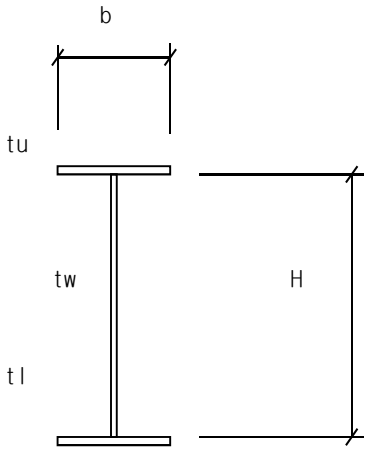
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정강성

- 비틀림 강성

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

= ( 300 x $10^3$ + 300 x $10^3$ + 1500 x $10^3$ ) / 3 = 700000 $mm^4$

- 세로보 Section 1




bu = 250.00 mm
bl = 250.00 mm
H = 800.00 mm

tu = 10.00 mm
tw = 10.00 mm
tl = 10.00 mm

| 구 분 | 규 격 | As(mm² ) | Y(mm) | AsY(mm³ ) | AsY² (mm⁴ ) | Io(mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UPPER FL. | 250.00 X 10.00 | 2500.0 | 405.00 | 1012500 | 410062500 | 20833 |
| W E B | 800.00 X 10.00 | 8000.0 | | | | 426666667 |
| LOWER FL. | 250.00 X 10.00 | 2500.0 | -405.00 | -1012500 | 410062500 | 20833 |
| TOTAL | | 13000.0 | | 0 | 820125000 | 426708333 |

I33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 820125000 + 426708333 = 1246833333 $mm^4$

I22 = ( $bu^3$ x tu / 12 ) + ( $bl^3$ x tl / 12 ) + ( H x $tw^3$ / 12 )

= ( $250^3$ x 10 / 12 ) + ( $250^3$ x 10 / 12 ) + ( 800 x $10^3$ / 12 )

= 26108333 $mm^4$

모델링시의 가로보 강성보정은 I'= I ×( L'/ L )³ 에 의한다.

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

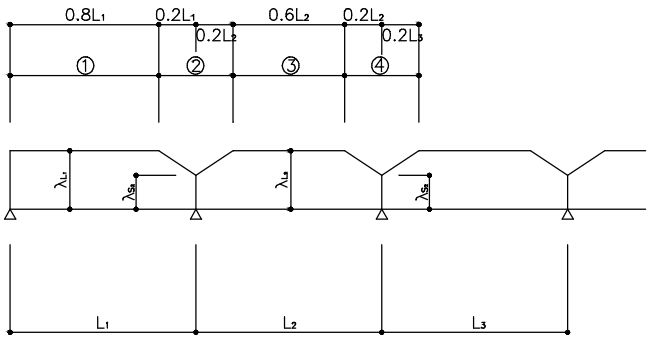
- 비틀림 강성

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

= ( 250 x $10^3$ + 250 x $10^3$ + 800 x $10^3$ ) / 3 = 433333 $mm^4$

## 3. 플랜지 및 슬래브 유효폭

### 3-1. 플랜지 유효폭 ( ☞ 도.설 3.8.3.4 )




상부 : 복부간격 2b = 2.500 m, 플랜지돌출폭 be = 0.100 m

하부 : 복부간격 2b = 2.500 m, 플랜지돌출폭 be = 0.100 m

L1 = 55.000 m

L2 = 55.000 m

L3 = 55.000 m

1. 제 1, 3 경간 정모멘트부

l = 0.8 × L1 = 0.8 × 55 = 44.000 m

· 상 부

b/l = 1.25 / 44 = 0.028

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λL1 = b = 1.25 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × ( λL1 + be ) = 2.700 m

· 하 부

b/l = 1.25 / 44 = 0.028

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λL1 = b = 1.25 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × ( λL1 + be ) = 2.700 m

2. 제 1, 2 경간 부모멘트부

l = 0.2 × (L1 + L2) = 0.2 × (55 + 55) = 22.000 m

· 상 부

b/l = 1.25 / 22 = 0.057

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.116$ m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × ( λS1 + be ) = 2.432 m

· 하 부

b/l = 1.25 / 22 = 0.057

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λS1 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² } · b = 1.116 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × ( λS1 + be ) = 2.432 m

3. 제 2 경간 정모멘트부

l = 0.6 × L2 = 0.6 × 55 = 33.000 m

· 상 부

b/l = 1.25 / 33 = 0.038

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λL2 = b = 1.25 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × ( λL2 + be ) = 2.700 m

· 하 부

b/l = 1.25 / 33 = 0.038

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

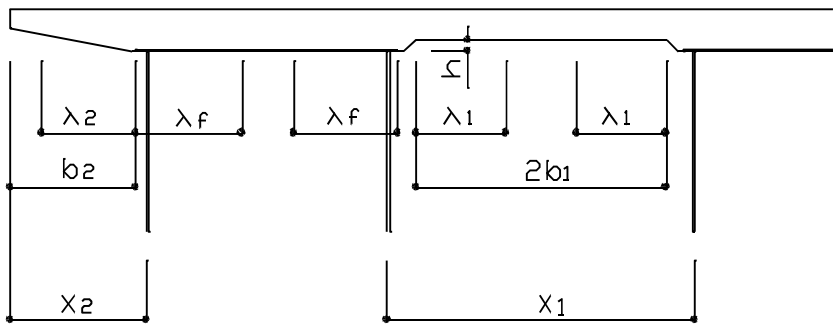
λL2 = b = 1.25 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × ( λL2 + be ) = 2.700 m

## 3-2. 슬래브 유효폭 ( ☞ 도.설 3.8.3.4 )

플랜지 상단 부분에서의 바닥판에 대한 전단 지연도 상판내의 전단지연과 같은 정도가 되는 것으로 간주 한다

1) GIRDER - 1




X1 = 5.300 : 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

X2 = 0.930 : 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

h = 0.050 : 헌치 높이

be = 0.100 : 플랜지의 돌출폭

2b1 = X1 - 2(be + h) = 5.3 - 2 ×( 0.1 + 0.05) = 5.000 m

b2 = X2 - be = 0.93 - 0.1 = 0.830 m

1. 제 1,3 경간 정모멘트부

l = 0.8 × L1 = 0.8 × 55 = 44.000 m

b1 / l = 2.5 / 44 = 0.057

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.1 - 2(b/l)}·b = 2.466 m

b2 / l = 0.83 / 44 = 0.019

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λ2 = b = 0.83 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 6.046 m

2. 제 1, 2 경간 부모멘트부

l = 0.2 × (L1 + L2) = 0.2 × (55 + 55) = 22.000 m

b1 / l = 2.5 / 22 = 0.114

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² }·b = 1.886 m

b2 / l = 0.83 / 22 = 0.038

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λ2 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² }·b = 0.785 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 5.153 m

3. 제 2 경간 정모멘트부

l = 0.6 × L2 = 0.6 × 55 = 33.000 m

b1 / l = 2.5 / 33 = 0.076

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.1 - 2(b/l)}·b = 2.371 m

b2 / l = 0.83 / 33 = 0.025

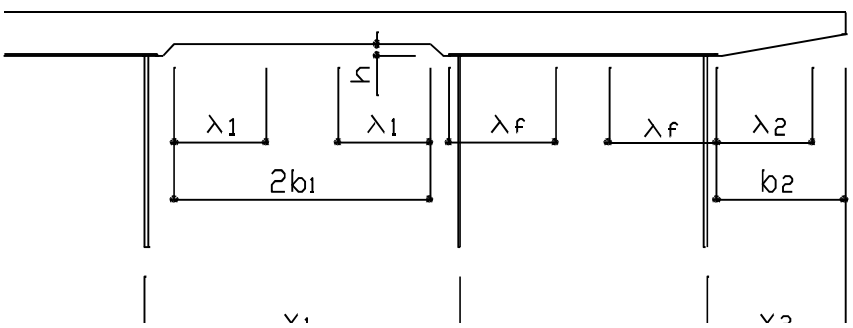
여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λ2 = b = 0.83 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 5.951 m

2) GIRDER - 2



X1 = 5.300 : 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

X2 = 0.920 : 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

h = 0.050 : 헌치 높이

be = 0.100 : 플랜지의 돌출폭

2b1 = X1 - 2(be + h) = 5.3 - 2 ×( 0.1 + 0.05) = 5.000 m

b2 = X2 - be = 0.92 - 0.1 = 0.820 m

1. 제 1,3 경간 정모멘트부

l = 0.8 × L1 = 0.8 × 55 = 44.000 m

b1 / l = 2.5 / 44 = 0.057

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.1 - 2(b/l)}·b = 2.466 m

b2 / l = 0.82 / 44 = 0.019

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λ2 = b = 0.82 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 6.036 m

2. 제 1, 2 경간 부모멘트부

l = 0.2 × (L1 + L2) = 0.2 × (55 + 55) = 22.000 m

b1 / l = 2.5 / 22 = 0.114

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² }·b = 1.886 m

b2 / l = 0.82 / 22 = 0.037

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λ2 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² }·b = 0.777 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 5.145 m

3. 제 2 경간 정모멘트부

l = 0.6 × L2 = 0.6 × 55 = 33.000 m

b1 / l = 2.5 / 33 = 0.076

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.1 - 2(b/l)}·b = 2.371 m

b2 / l = 0.82 / 33 = 0.025

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λ2 = b = 0.82 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 5.941 m

## 4. 부재력 요약

[ 1경간 정모멘트부 ]

[ BENDING MOMENT ]

| 거더 번호 | 합성전 고정하중 | 합성후 고정하중 | 활하중 | 지점침하 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| G1 | 13,385.002 | 3,311.147 | 7,312.892 | 522.388 | 0.557 |
| G2 | 13,375.338 | 3,533.503 | 8,098.785 | 522.185 | 0.557 |

[ SHEAR FORCE ]

| 거더 번호 | 합성전 고정하중 | 합성후 고정하중 | 활하중 | 지점침하 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| G1 | 79.427 | 18.002 | 324.313 | 20.937 | |
| G2 | 79.338 | 20.904 | 327.971 | 20.929 | |

[ TORSION MOMENT ]

| 거더 번호 | 합성전 고정하중 | 합성후 고정하중 | 활하중 | 지점침하 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| G1 | 0.649 | 5.226 | 555.630 | 0.006 | |
| G2 | 6.717 | 5.276 | 344.019 | 0.005 | |

[ 2경간 정모멘트부 ]

[ BENDING MOMENT ]

| 거더 번호 | 합성전 고정하중 | 합성후 고정하중 | 활하중 | 지점침하 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| G1 | 3,219.428 | 830.715 | 5,234.670 | 319.300 | -0.197 |
| G2 | 3,215.131 | 983.542 | 5,793.170 | 319.182 | -0.197 |

[ SHEAR FORCE ]

| 거더 번호 | 합성전 고정하중 | 합성후 고정하중 | 활하중 | 지점침하 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| G1 | 134.345 | 34.175 | 363.280 | 41.537 | |
| G2 | 134.175 | 40.113 | 358.687 | 41.520 | |

[ TORSION MOMENT ]

| 거더 번호 | 합성전 고정하중 | 합성후 고정하중 | 활하중 | 지점침하 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| G1 | 0.000 | 0.000 | 532.990 | 0.027 | |
| G2 | 0.000 | 0.000 | 302.226 | 0.026 | |

[ 3경간 정모멘트부 ]

[ BENDING MOMENT ]

| 거더 번호 | 합성전 고정하중 | 합성후 고정하중 | 활하중 | 지점침하 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| G1 | 13,385.002 | 3,311.147 | 7,312.891 | 522.388 | 0.557 |
| G2 | 13,375.338 | 3,533.503 | 8,098.785 | 522.185 | 0.557 |

[ SHEAR FORCE ]

| 거더 번호 | 합성전 고정하중 | 합성후 고정하중 | 활하중 | 지점침하 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| G1 | 192.904 | 47.272 | 342.131 | 20.937 | |
| G2 | 192.668 | 55.711 | 352.919 | 20.929 | |

[ TORSION MOMENT ]

| 거더 번호 | 합성전 고정하중 | 합성후 고정하중 | 활하중 | 지점침하 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| G1 | 0.000 | 0.000 | 548.699 | 0.006 | |
| G2 | 0.000 | 0.000 | 313.926 | 0.005 | |

[ 1경간 부모멘트부 ]

[ BENDING MOMENT ]

| 거더 번호 | 합성전 고정하중 | 합성후 고정하중 | 활하중 | 지점침하 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| G1 | -18,069.466 | -4,431.802 | -7,401.577 | -1,142.815 | -0.197 |
| G2 | -18,051.719 | -4,970.766 | -9,149.959 | -1,142.364 | -0.197 |

[ SHEAR FORCE ]

| 거더 번호 | 합성전 고정하중 | 합성후 고정하중 | 활하중 | 지점침하 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| G1 | -1,919.624 | -459.913 | -862.520 | -41.553 | |
| G2 | -1,917.673 | -521.651 | -1,025.813 | -41.536 | |

[ TORSION MOMENT ]

| 거더 번호 | 합성전 고정하중 | 합성후 고정하중 | 활하중 | 지점침하 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| G1 | -0.023 | -27.108 | -935.481 | -0.081 | |
| G2 | -0.176 | -28.926 | -795.502 | -0.083 | |

[ 2경간 부모멘트부 ]

[ BENDING MOMENT ]

| 거더 번호 | 합성전 고정하중 | 합성후 고정하중 | 활하중 | 지점침하 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| G1 | -18,069.466 | -4,431.802 | -7,401.577 | -1,142.815 | -0.197 |
| G2 | -18,051.719 | -4,970.766 | -9,149.959 | -1,142.364 | -0.197 |

[ SHEAR FORCE ]

| 거더 번호 | 합성전 고정하중 | 합성후 고정하중 | 활하중 | 지점침하 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| G1 | -1,583.022 | -376.911 | -818.416 | -41.553 | |
| G2 | -1,581.203 | -438.662 | -975.317 | -41.536 | |

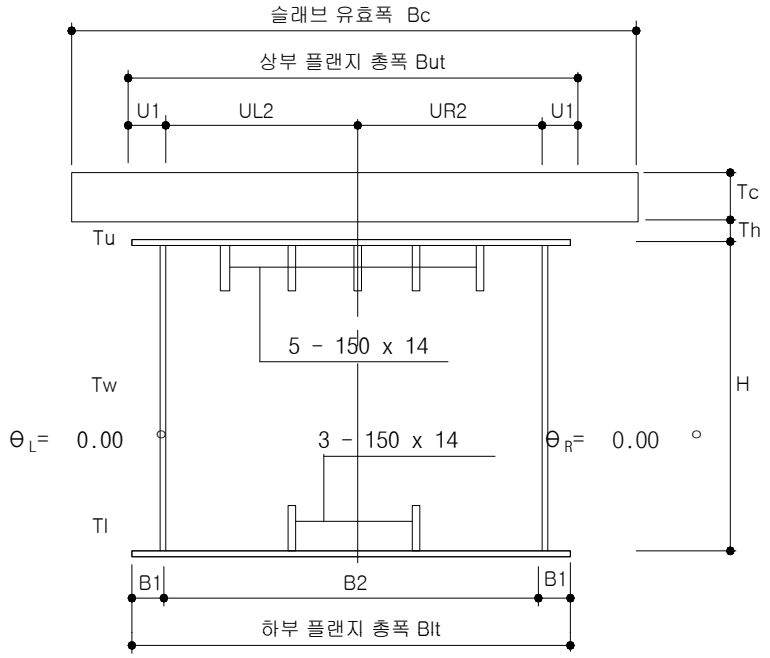
[ TORSION MOMENT ]

| 거더 번호 | 합성전 고정하중 | 합성후 고정하중 | 활하중 | 지점침하 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| G1 | -0.652 | -6.040 | -891.096 | -0.081 | |
| G2 | -0.357 | -7.822 | -753.157 | -0.083 | |

## 5. 단면검토

### 5-1. 1경간 최대 정모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건




주부재사용강종 = SM490

H = 2.600 m

Bc = 6.046 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.016 m

Tl = 0.022 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm, 150 x 14 mm

| 구 분 | 단 위 | 입력 DATA |
|---|---|---|
| Es : 강의 탄성계수 | MPa | 210000 |
| Ec : 콘크리트의 탄성계수 | MPa | 26702 |
| εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율 | | 0.00018 |
| α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수 | | 0.000012 |
| φ2: 건조수축에의한 크리이프계수 | | 4 |
| n : 강과 콘크리트의 탄성계수비 | | 8 |
| t : 강과 콘크리트의 온도차 | ℃ | 10 |
| Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | 13385.002 |
| Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | 3311.147 |
| Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트 | kN·m | 7835.280 |
| Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력 | kN | 79.427 |
| Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력 | kN | 18.002 |
| Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력 | kN | 345.250 |
| Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 0.649 |
| Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 5.226 |
| Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 555.636 |

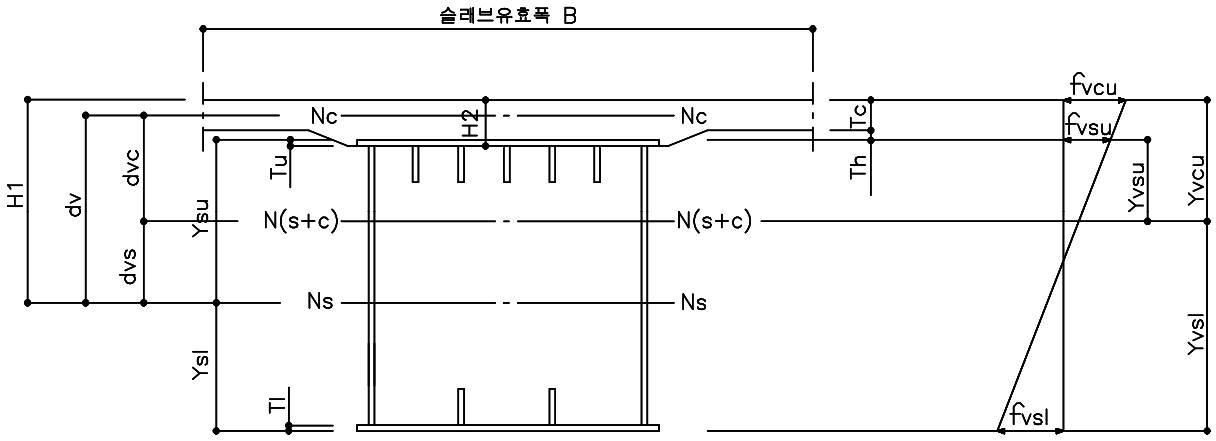
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

| 단 면 | B(mm) | H(mm) | A(mm² ) | Y(mm) | A*Y( mm³ ) | A*Y2( mm⁴ ) | Ix( mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 - UPPER FLANGE | 2700.0 | 16.0 | 43200 | 1308.0 | 56505600 | 73909324800 | 921600 |
| 5 - UPPER RIB | 14.0 | 150.0 | 10500 | 1225.0 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| 1 - L_WEB | 12.0 | 2600.0 | 31200 | 0.0 | 0 | 0 | 17576000000 |
| 1 - R_WEB | 12.0 | 2600.0 | 31200 | 0.0 | 0 | 0 | 17576000000 |
| 3 - LOWER RIB | 14.0 | 150.0 | 6300 | -1225.0 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| 1 - LOWER FLANGE | 2700.0 | 22.0 | 59400 | -1311.0 | -77873400 | 1.02092E+11 | 2395800 |
| 강단면 합계 | | | 181800 | | -16222800 | 2.01212E+11 | 35186817400 |
| 1 - RC SLAB | 6046.0 | 250.0 | 1511500 | 1475.0 | 2229462500 | 3288457187500 | 7872395833 |

* As = 181800 ㎟ , Ac = 1511500 ㎟

2) 응 력 검 토




(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########## + 35186817400.0 = 236398669600 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -16222800 / 181800 = -89.234 ㎜

Is = Is' - As · δs² = ########## - 181800 × -89.234² = 234951039018 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 16.0 - -89.234 = 1405.234 ㎜

Ysl = Ysu - ( H + Tu + Tl ) = 1405.234 - 2638.000 = -1232.766 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6578928.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = **80.055** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **-70.230** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 1.277 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 370737.5 ㎟

Ic/n = 984049479 ㎜⁴

dvs = dv - dvc = 797.2 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 892.1 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 642.1 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 608.1 mm

Yvsl = Yvsu - ( H + Tu + Tl ) = -2029.9 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 462633850695 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6618178.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = **0.798** MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = **0.574** MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = **4.352** MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = **-14.529** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.321 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = **1.889** MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = **1.359** MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = **10.298** MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = **-34.380** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = **9.031** MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · ( 1 + φ1 / 2 ) = 8 × ( 1 + 2.0 / 2 ) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 276268.8 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1029.4 mm K = 0.557

ds1 = dv - dc1 = 534.9 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1154.4 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 904.4 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 870.4 mm

Yv1sl = Yv1su - ( H + Tu + Tl ) = -1767.6 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 387551712221 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 1037262 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 1037262 N

Mφ = Pφ · dc1 = 1067707566 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2 ) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.798 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.574 MPa

fvcu1=1/n1 · ( Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1 ) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = **-0.453** MPa

fvcl1=1/n1 · ( Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1 ) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = **-0.253** MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = **5.090** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · ( 1 + ϕ2 / 2 ) = 8 × ( 1 + 4.0 / 2 ) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 244779.167 $mm^2$

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1161.8 mm

ds2 = dv - dc2 = 402.5 mm

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1286.8 mm

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 1036.8 mm

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 1002.8 mm

Yv2sl = Yv2su - ( H + Tu + Tl ) = -1635.2 mm

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · $ds2^2$ + Ac/n2 · $dc2^2$ = 349730152384.3 $mm^4$

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2380613 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2765731065 N · mm

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · ( P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2 ) - Ec2 · εs = **-0.934** MPa

fvcl2=1/n2 · ( P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2 ) - Ec2 · εs = **-0.979** MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = **14.143** MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = **2.523** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4761225 N

Mvt = P1 · dvc = 3652143878 N · mm

fcut=1/n · ( P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv ) - Ec · εt = **-1.109** MPa

fclt=1/n · ( P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv ) - Ec · εt = **-1.246** MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = **15.516** MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = **3.917** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) = 10.629 MPa < υa = 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.4.2.1 )

$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$

$= 0.650 \times ( 0.0 / 6 )^2 + 0.130 \times ( 0.0 / 6 ) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

$f_1$ ,$f_2$ : 보강된 판의 양연의 응력

(단,$f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

$$tu \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 ( b / (tu · i · n)- 24 ) = 182.0

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 324.403 MPa

사용 tu = 16.0 mm

따라서, fca = 182.038 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 ( ☞ 도.설 3.9.3 )

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 MPa

| 하중조합 | CONCRETE | | | | STEEL | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 작용응력(MPa) | | 허용응력(MPa) | | 작용응력(MPa) | | 허용응력(MPa) | |
| | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 |
| 1 | | | 10.800 | 10.800 | **80.055** | **-70.230** | 182.038 | 190.000 |
| 1+2+3 | **2.687** | **1.934** | 10.800 | 10.800 | **94.705** | **-119.138** | 182.038 | 190.000 |
| 1+2+3+4 | **2.234** | **1.681** | 10.800 | 10.800 | **99.796** | **-118.096** | 209.344 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5 | **1.300** | **0.701** | 10.800 | 10.800 | **113.938** | **-115.573** | 209.344 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5+6 | **0.192** | **-0.545** | 12.420 | 2.174 | **129.455** | **-111.657** | 236.649 | 218.500 |
| 1+2+3+4+5-6 | **2.409** | **1.947** | 12.420 | 12.420 | **98.422** | **-119.490** | 236.649 | 218.500 |

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.8.2.4 )

( 상 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{129.455}{236.649}\right)^2 + \left(\frac{10.629}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.299 + 0.009 = 0.309 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

( 하 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-119.138}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{10.629}{110.000}\right)^2$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 16 mm **O.K.**

tmin = b / (49·i·n) = 2500 / ( 49 × 1.00 × 6 ) = 8.5 mm ≤ t = 16 mm **O.K.**

tmin = 10 mm ≤ t = 16 mm **O.K.** ( 합성형 스터드 설치 )

인장(하부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 22 mm **O.K.**

tmin = b / (80·n) = 2500 / ( 80 × 4 ) = 7.8 mm ≤ t = 22 mm **O.K.**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 ( ☞ 도.설.기 3.8.4 )

합성전 tmin = b / ( 219 × 1.200 ) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/80.055) = 1.541 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /( 219 × 1.200 ) = 4.6 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/129.455) = 1.211 > 1.2 ⇒ 1.200

(11) 항복에 대한 안전도 검사 ( ☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2 )

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.798 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.687 - 0.798 = 1.889 MPa

Σf = 1.3 ×0.798 + 2.15 ×1.889 + (-0.453) + (-0.934) + (1.109)

= 4.820 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.798 + 2.15 ×1.889 + (1.109)

= 6.206 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 80.055 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 4.352 MPa

합성후 활하중 응력 = 94.705 - 80.055 - 4.352 = 10.298 MPa

Σf = 1.3 × (80.055 + 4.352) + 2.15 × 10.298 + (5.09) + (14.143) + (15.516)

= 166.620 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (80.055 + 4.352) + 2.15 × 10.298 + (15.516)

= 147.387 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -70.230 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -14.529 MPa

합성후 활하중 응력 = -119.138 - -70.23 - -14.529 = -34.379 MPa

Σf = 1.3 × (-70.23 + -14.529) + 2.15 × -34.379 + (1.042) + (2.523) + (-3.917)

= -184.454 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-70.23 + -14.529) + 2.15 × -34.379 + (-3.917)

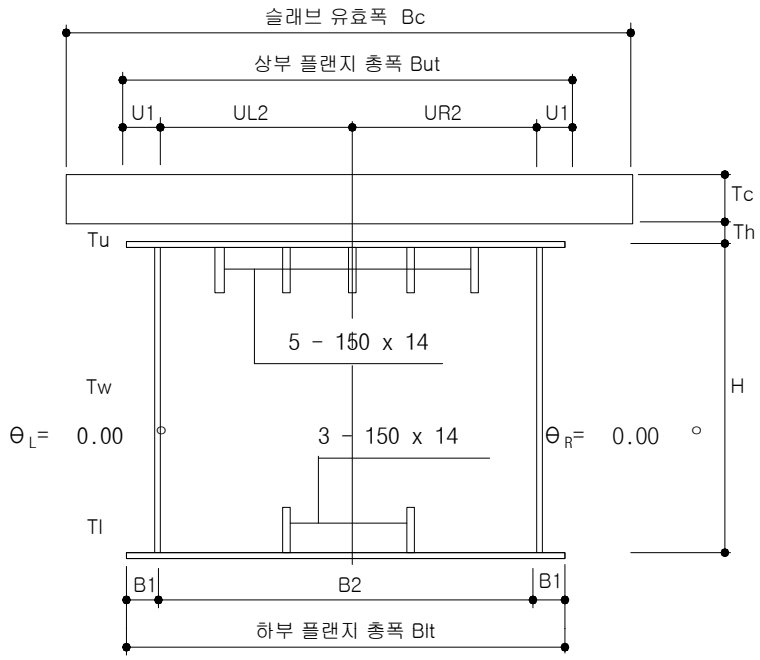
-188.019 315.0

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

| 구분 | | 작용응력 | 항복응력 | 검토결과 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 바닥판 콘크리트 | 크리프, 건조수축 포함시 | 4.820 | 16.200 | O.K!!! | 3.36 |
| | 크리프,건조수축제외시 | 6.206 | 16.200 | O.K!!! | 2.61 |
| 상부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | 166.620 | 315.000 | O.K!!! | 1.89 |
| | 크리프,건조수축제외시 | 147.387 | 315.000 | O.K!!! | 2.13 |
| 하부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | -184.454 | 315.000 | O.K!!! | 1.70 |
| | 크리프,건조수축제외시 | -188.019 | 315.000 | O.K!!! | 1.67 |

## 5-2. 2경간 최대 정모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건




주부재사용강종 = SM490

H = 2.600 m

Bc = 5.951 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

Tl = 0.014 m

Tw = 0.010 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm, 150 x 14 mm

| 구 분 | 단 위 | 입력 DATA |
|---|---|---|
| Es : 강의 탄성계수 | MPa | 210000 |
| Ec : 콘크리트의 탄성계수 | MPa | 26702 |
| εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율 | | 0.00018 |
| α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수 | | 0.000012 |
| φ2: 건조수축에의한 크리이프계수 | | 4 |
| n : 강과 콘크리트의 탄성계수비 | | 8 |
| t : 강과 콘크리트의 온도차 | ℃ | 10 |
| Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | 3219.428 |
| Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | 830.715 |
| Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트 | kN·m | 5553.970 |
| Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력 | kN | 134.345 |
| Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력 | kN | 34.175 |
| Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력 | kN | 404.817 |
| Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 0.000 |
| Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 0.000 |
| Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 533.017 |

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

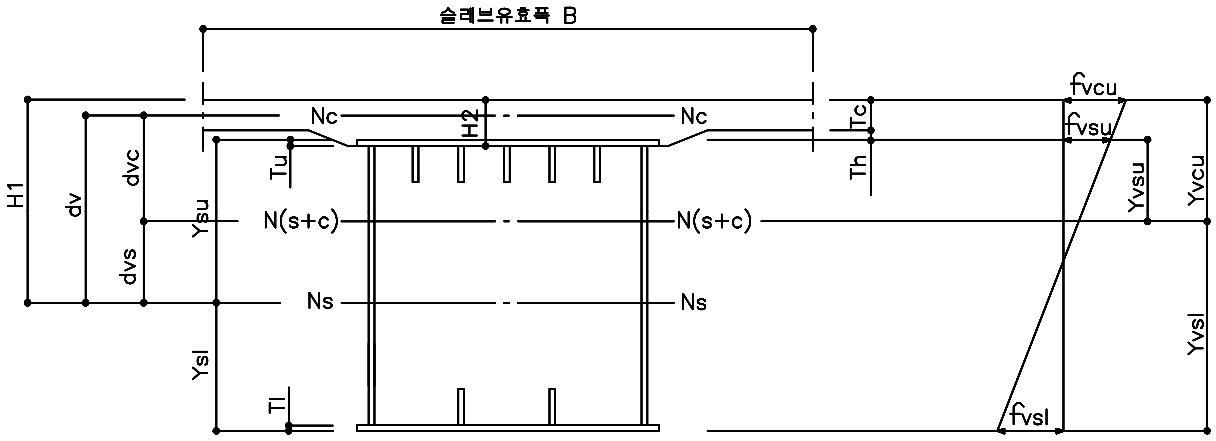
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

| 단 면 | B(mm) | H(mm) | A(mm² ) | Y(mm) | A*Y( mm³ ) | A*Y2( mm⁴ ) | Ix( mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 - UPPER FLANGE | 2700.0 | 12.0 | 32400 | 1306.0 | 42314400 | 55262606400 | 388800 |
| 5 - UPPER RIB | 14.0 | 150.0 | 10500 | 1225.0 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| 1 - L_WEB | 10.0 | 2600.0 | 26000 | 0.0 | 0 | 0 | 14646666667 |
| 1 - R_WEB | 10.0 | 2600.0 | 26000 | 0.0 | 0 | 0 | 14646666667 |
| 3 - LOWER RIB | 14.0 | 150.0 | 6300 | -1225.0 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| 1 - LOWER FLANGE | 2700.0 | 14.0 | 37800 | -1307.0 | -49404600 | 64571812200 | 617400 |
| 강단면 합계 | | | 139000 | | -1945200 | 1.45045E+11 | 29325839533 |
| 1 - RC SLAB | 5951.0 | 250.0 | 1487750 | 1475.0 | 2194431250 | 3236786093750 | 7748697917 |

* As = 139000 ㎟ , Ac = 1487750 ㎟

2) 응 력 검 토




(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########## + 29325839533.3 = 174370758133 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -1945200 / 139000 = -13.994 ㎜

Is = Is' - As · δs² = ########## - 139000 × -13.994² = 174343536529 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 12.0 - -13.994 = 1325.994 ㎜

Ysl = Ysu - ( H + Tu + Tl ) = 1325.994 - 2626.000 = -1300.006 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6558630.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = **24.486** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **-24.006** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 2.584 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 324968.8 ㎟

Ic/n = 968587240 ㎜⁴

dvs = dv - dvc = 852.1 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 761.9 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 511.9 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 473.9 mm

Yvsl = Yvsu - ( H + Tu + Tl ) = -2152.1 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 351671766545 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6597848.8 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = **0.225** MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = **0.151** MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = **1.119** MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = **-5.084** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.657 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = **1.504** MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = **1.011** MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = **7.484** MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = **-33.988** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = **11.824** MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · ( 1 + φ1 / 2 ) = 8 × ( 1 + 2.0 / 2 ) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 231984.4 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 892.2 mm K = -0.197

ds1 = dv - dc1 = 596.8 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1017.2 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 767.2 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 729.2 mm

Yv1sl = Yv1su - ( H + Tu + Tl ) = -1896.8 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 298352038759 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 279783 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 279783 N

Mφ = Pφ · dc1 = 249614509 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2 ) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.225 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.151 MPa

fvcu1=1/n1 · ( Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1 ) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = **-0.160** MPa

fvcl1=1/n1 · ( Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1 ) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = **-0.084** MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = **1.086** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · ( 1 + ϕ2 / 2 ) = 8 × ( 1 + 4.0 / 2 ) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 200989.583 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1029.8 mm

ds2 = dv - dc2 = 459.2 mm

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1154.8 mm

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 904.8 mm

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 866.8 mm

Yv2sl = Yv2su - ( H + Tu + Tl ) = -1759.2 mm

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 269715060524.4 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2343206 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2412930353 N · mm

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · ( P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2 ) - Ec2 · εs = **-1.174** MPa

fvcl2=1/n2 · ( P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2 ) - Ec2 · εs = **-1.156** MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = **10.131** MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = **14.759** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4686413 N

Mvt = P1 · dvc = 2984741556 N · mm

fcut=1/n · ( P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv ) - Ec · εt = **-1.561** MPa

fclt=1/n · ( P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv ) - Ec · εt = **-1.509** MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = **13.629** MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = **18.019** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) = 15.065 MPa < υa = 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.4.2.1 )

$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$

$= 0.650 \times ( 0.0 / 6 )^2 + 0.130 \times ( 0.0 / 6 ) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

$f_1$ ,$f_2$ : 보강된 판의 양연의 응력

(단,$f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

$$tu \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 ( b / (tu · i · n)- 24 ) = 148.2

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }² = 182.477 MPa

사용 tu = 12.0 mm

따라서, fca = 148.183 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 ( ☞ 도.설 3.9.3 )

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 MPa

| 하중조합 | CONCRETE | | | | STEEL | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 작용응력(MPa) | | 허용응력(MPa) | | 작용응력(MPa) | | 허용응력(MPa) | |
| | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 |
| 1 | | | 10.800 | 10.800 | **24.486** | **-24.006** | 148.183 | 190.000 |
| 1+2+3 | **1.729** | **1.162** | 10.800 | 10.800 | **33.089** | **-63.078** | 148.183 | 190.000 |
| 1+2+3+4 | **1.569** | **1.078** | 10.800 | 10.800 | **34.175** | **-61.559** | 170.410 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5 | **0.395** | **-0.078** | 10.800 | 1.890 | **44.306** | **-46.800** | 170.410 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5+6 | **-1.166** | **-1.586** | 2.174 | 2.174 | **57.935** | **-28.781** | 192.638 | 218.500 |
| 1+2+3+4+5-6 | **1.956** | **1.431** | 12.420 | 12.420 | **30.677** | **-64.820** | 192.638 | 218.500 |

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.8.2.4 )

( 상 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{57.935}{192.638}\right)^2 + \left(\frac{15.065}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.090 + 0.019 = 0.109 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

( 하 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-63.078}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{15.065}{110.000}\right)^2$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

tmin = b / (49·i·n) = 2500 / ( 49 × 1.00 × 6 ) = 8.5 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

tmin = 10 mm ≤ t = 12 mm **O.K.** ( 합성형 스터드 설치 )

인장(하부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 14 mm **O.K.**

tmin = b / (80·n) = 2500 / ( 80 × 4 ) = 7.8 mm ≤ t = 14 mm **O.K.**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 ( ☞ 도.설.기 3.8.4 )

합성전 tmin = b / ( 219 × 1.200 ) = 9.9 mm ≤ t = 10 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/24.486) = 2.786 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /( 219 × 1.200 ) = 3.6 mm ≤ t = 10 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/57.935) = 1.811 > 1.2 ⇒ 1.200

(11) 항복에 대한 안전도 검사 ( ☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2 )

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.225 MPa

합성후 활하중 응력 = 1.729 - 0.225 = 1.504 MPa

Σf = 1.3 ×0.225 + 2.15 ×1.504 + (-0.16) + (-1.174) + (1.561)

= 3.753 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.225 + 2.15 ×1.504 + (1.561)

= 5.087 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 24.486 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 1.119 MPa

합성후 활하중 응력 = 33.089 - 24.486 - 1.119 = 7.484 MPa

Σf = 1.3 × (24.486 + 1.119) + 2.15 × 7.484 + (1.086) + (10.131) + (13.629)

= 74.223 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (24.486 + 1.119) + 2.15 × 7.484 + (13.629)

= 63.006 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -24.006 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -5.084 MPa

합성후 활하중 응력 = -63.078 - -24.006 - -5.084 = -33.988 MPa

Σf = 1.3 × (-24.006 + -5.084) + 2.15 × -33.988 + (1.519) + (14.759) + (-18.019)

= -112.633 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-24.006 + -5.084) + 2.15 × -33.988 + (-18.019)

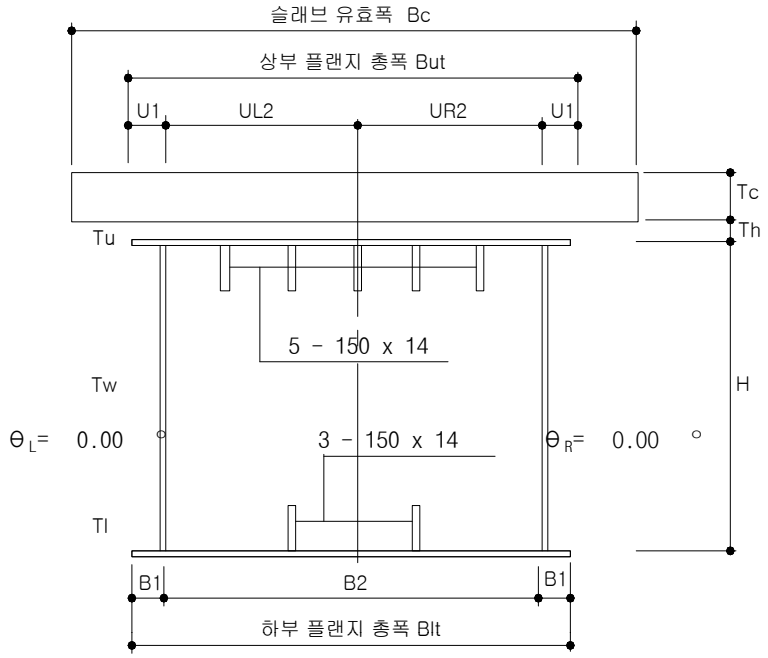
-128.911 315.0

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

| 구분 | | 작용응력 | 항복응력 | 검토결과 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 바닥판 콘크리트 | 크리프, 건조수축 포함시 | 3.753 | 16.200 | O.K!!! | 4.31 |
| | 크리프,건조수축제외시 | 5.087 | 16.200 | O.K!!! | 3.18 |
| 상부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | 74.223 | 315.000 | O.K!!! | 4.24 |
| | 크리프,건조수축제외시 | 63.006 | 315.000 | O.K!!! | 4.99 |
| 하부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | -112.633 | 315.000 | O.K!!! | 2.79 |
| | 크리프,건조수축제외시 | -128.911 | 315.000 | O.K!!! | 2.44 |

## 5-3. 3경간 최대 정모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건




주부재사용강종 = SM490

H = 2.600 m

Bc = 6.046 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.016 m

Tl = 0.022 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm, 150 x 14 mm

| 구 분 | 단 위 | 입력 DATA |
|---|---|---|
| Es : 강의 탄성계수 | MPa | 210000 |
| Ec : 콘크리트의 탄성계수 | MPa | 26702 |
| εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율 | | 0.00018 |
| α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수 | | 0.000012 |
| φ2: 건조수축에의한 크리이프계수 | | 4 |
| n : 강과 콘크리트의 탄성계수비 | | 8 |
| t : 강과 콘크리트의 온도차 | ℃ | 10 |
| Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | 13385.002 |
| Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | 3311.147 |
| Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트 | kN·m | 7835.279 |
| Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력 | kN | 192.904 |
| Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력 | kN | 47.272 |
| Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력 | kN | 363.068 |
| Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 0.000 |
| Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 0.000 |
| Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 548.705 |

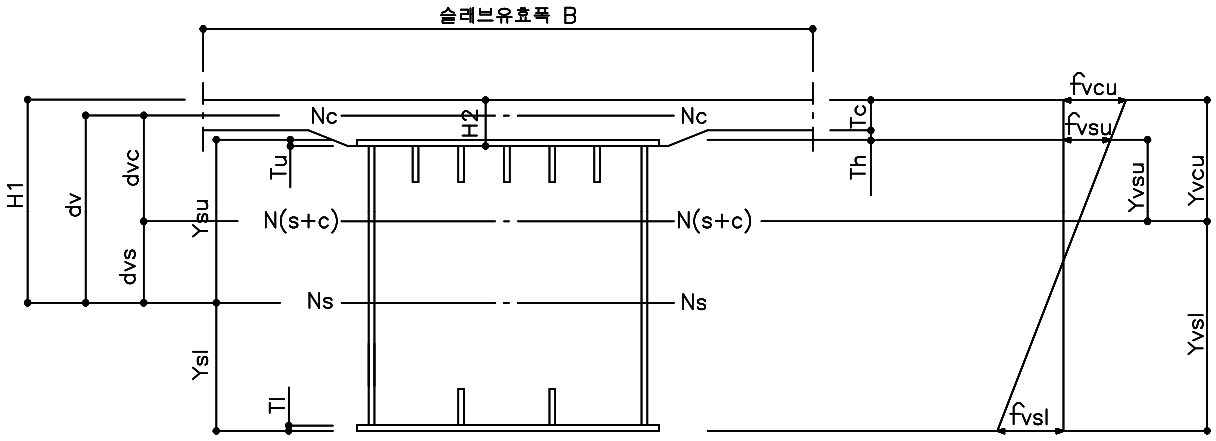
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

| 단 면 | B(mm) | H(mm) | A(mm² ) | Y(mm) | A*Y( mm³ ) | A*Y2( mm⁴ ) | Ix( mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 - UPPER FLANGE | 2700.0 | 16.0 | 43200 | 1308.0 | 56505600 | 73909324800 | 921600 |
| 5 - UPPER RIB | 14.0 | 150.0 | 10500 | 1225.0 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| 1 - L_WEB | 12.0 | 2600.0 | 31200 | 0.0 | 0 | 0 | 17576000000 |
| 1 - R_WEB | 12.0 | 2600.0 | 31200 | 0.0 | 0 | 0 | 17576000000 |
| 3 - LOWER RIB | 14.0 | 150.0 | 6300 | -1225.0 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| 1 - LOWER FLANGE | 2700.0 | 22.0 | 59400 | -1311.0 | -77873400 | 1.02092E+11 | 2395800 |
| 강단면 합계 | | | 181800 | | -16222800 | 2.01212E+11 | 35186817400 |
| 1 - RC SLAB | 6046.0 | 250.0 | 1511500 | 1475.0 | 2229462500 | 3288457187500 | 7872395833 |

* As = 181800 ㎟ , Ac = 1511500 ㎟

2) 응 력 검 토




(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########## + 35186817400.0 = 236398669600 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -16222800 / 181800 = -89.234 ㎜

Is = Is' - As · δs² = ########## - 181800 × -89.234² = 234951039018 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 16.0 - -89.234 = 1405.234 ㎜

Ysl = Ysu - ( H + Tu + Tl ) = 1405.234 - 2638.000 = -1232.766 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6578928.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = **80.055** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **-70.230** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 3.091 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 370737.5 ㎟

Ic/n = 984049479 ㎜⁴

dvs = dv - dvc = 797.2 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 892.1 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 642.1 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 608.1 mm

Yvsl = Yvsu - ( H + Tu + Tl ) = -2029.9 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 462633850695 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6618178.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = **0.798** MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = **0.574** MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = **4.352** MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = **-14.529** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.758 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = **1.889** MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = **1.359** MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = **10.298** MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = **-34.380** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = **9.273** MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · ( 1 + φ1 / 2 ) = 8 × ( 1 + 2.0 / 2 ) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 276268.8 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1029.4 mm K = 0.557

ds1 = dv - dc1 = 534.9 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1154.4 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 904.4 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 870.4 mm

Yv1sl = Yv1su - ( H + Tu + Tl ) = -1767.6 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 387551712221 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 1037262 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 1037262 N

Mφ = Pφ · dc1 = 1067707566 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2 ) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.798 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.574 MPa

fvcu1=1/n1 · ( Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1 ) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = **-0.453** MPa

fvcl1=1/n1 · ( Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1 ) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = **-0.253** MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = **5.090** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · ( 1 + ϕ2 / 2 ) = 8 × ( 1 + 4.0 / 2 ) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 244779.167 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1161.8 mm

ds2 = dv - dc2 = 402.5 mm

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1286.8 mm

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 1036.8 mm

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 1002.8 mm

Yv2sl = Yv2su - ( H + Tu + Tl ) = -1635.2 mm

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 349730152384.3 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2380613 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2765731065 N · mm

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · ( P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2 ) - Ec2 · εs = **-0.934** MPa

fvcl2=1/n2 · ( P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2 ) - Ec2 · εs = **-0.979** MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = **14.143** MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = **2.523** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4761225 N

Mvt = P1 · dvc = 3652143878 N · mm

fcut=1/n · ( P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv ) - Ec · εt = **-1.109** MPa

fclt=1/n · ( P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv ) - Ec · εt = **-1.246** MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = **15.516** MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = **3.917** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) = 13.122 MPa < υa = 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.4.2.1 )

$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$

$= 0.650 \times ( 0.0 / 6 )^2 + 0.130 \times ( 0.0 / 6 ) + 1.0 = 1.000$

$\because \ \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

$f_1$ ,$f_2$ : 보강된 판의 양연의 응력

(단,$f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

$$tu \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 ( b / (tu · i · n)- 24 ) = 182.0

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }² = 324.403 MPa

사용 tu = 16.0 mm

따라서, fca = 182.038 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 ( ☞ 도.설 3.9.3 )

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 MPa

| 하중조합 | CONCRETE | | | | STEEL | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 작용응력(MPa) | | 허용응력(MPa) | | 작용응력(MPa) | | 허용응력(MPa) | |
| | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 |
| 1 | | | 10.800 | 10.800 | **80.055** | **-70.230** | 182.038 | 190.000 |
| 1+2+3 | **2.687** | **1.934** | 10.800 | 10.800 | **94.705** | **-119.138** | 182.038 | 190.000 |
| 1+2+3+4 | **2.234** | **1.681** | 10.800 | 10.800 | **99.796** | **-118.096** | 209.344 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5 | **1.300** | **0.701** | 10.800 | 10.800 | **113.938** | **-115.573** | 209.344 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5+6 | **0.192** | **-0.545** | 12.420 | 2.174 | **129.455** | **-111.657** | 236.649 | 218.500 |
| 1+2+3+4+5-6 | **2.409** | **1.947** | 12.420 | 12.420 | **98.422** | **-119.490** | 236.649 | 218.500 |

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.8.2.4 )

( 상 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{129.455}{236.649}\right)^2 + \left(\frac{13.122}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.299 + 0.014 = 0.313 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

( 하 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-119.138}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{13.122}{110.000}\right)^2$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 16 mm **O.K.**

tmin = b / (49·i·n) = 2500 / ( 49 × 1.00 × 6 ) = 8.5 mm ≤ t = 16 mm **O.K.**

tmin = 10 mm ≤ t = 16 mm **O.K.** ( 합성형 스터드 설치 )

인장(하부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 22 mm **O.K.**

tmin = b / (80·n) = 2500 / ( 80 × 4 ) = 7.8 mm ≤ t = 22 mm **O.K.**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 ( ☞ 도.설.기 3.8.4 )

합성전 tmin = b / ( 219 × 1.200 ) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/80.055) = 1.541 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /( 219 × 1.200 ) = 4.6 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/129.455) = 1.211 > 1.2 ⇒ 1.200

(11) 항복에 대한 안전도 검사 ( ☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2 )

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.798 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.687 - 0.798 = 1.889 MPa

Σf = 1.3 ×0.798 + 2.15 ×1.889 + (-0.453) + (-0.934) + (1.109)

= 4.820 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.798 + 2.15 ×1.889 + (1.109)

= 6.206 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 80.055 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 4.352 MPa

합성후 활하중 응력 = 94.705 - 80.055 - 4.352 = 10.298 MPa

Σf = 1.3 × (80.055 + 4.352) + 2.15 × 10.298 + (5.09) + (14.143) + (15.516)

= 166.620 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (80.055 + 4.352) + 2.15 × 10.298 + (15.516)

= 147.387 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -70.230 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -14.529 MPa

합성후 활하중 응력 = -119.138 - -70.23 - -14.529 = -34.379 MPa

Σf = 1.3 × (-70.23 + -14.529) + 2.15 × -34.379 + (1.042) + (2.523) + (-3.917)

= -184.454 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-70.23 + -14.529) + 2.15 × -34.379 + (-3.917)

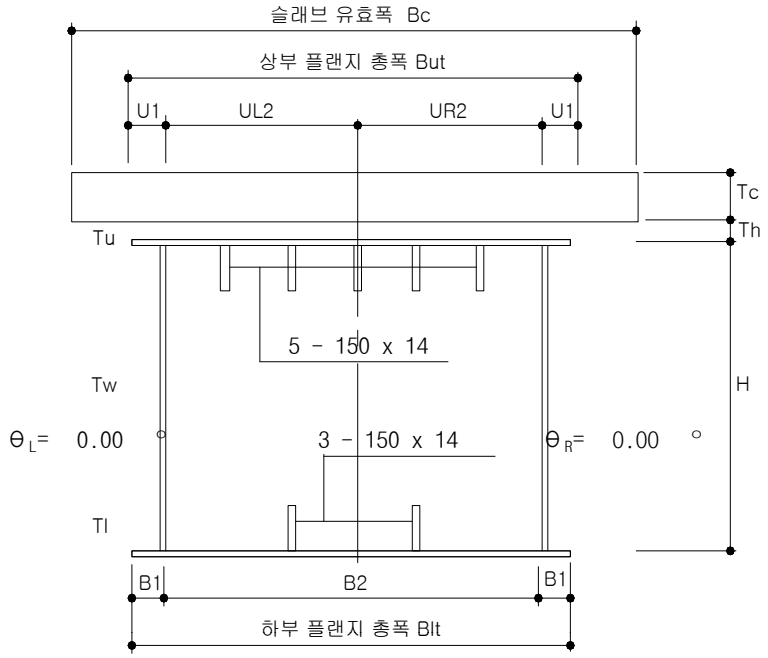
-188.019 315.0

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

| 구분 | | 작용응력 | 항복응력 | 검토결과 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 바닥판 콘크리트 | 크리프, 건조수축 포함시 | 4.820 | 16.200 | O.K!!! | 3.36 |
| | 크리프,건조수축제외시 | 6.206 | 16.200 | O.K!!! | 2.61 |
| 상부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | 166.620 | 315.000 | O.K!!! | 1.89 |
| | 크리프,건조수축제외시 | 147.387 | 315.000 | O.K!!! | 2.13 |
| 하부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | -184.454 | 315.000 | O.K!!! | 1.70 |
| | 크리프,건조수축제외시 | -188.019 | 315.000 | O.K!!! | 1.67 |

## 5-4. 1경간 최대 정모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건




주부재사용강종 = SM490

H = 2.600 m

Bc = 6.036 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.016 m

Tl = 0.022 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm, 150 x 14 mm

| 구 분 | 단 위 | 입력 DATA |
|---|---|---|
| Es : 강의 탄성계수 | MPa | 210000 |
| Ec : 콘크리트의 탄성계수 | MPa | 26702 |
| εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율 | | 0.00018 |
| α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수 | | 0.000012 |
| ϕ2: 건조수축에의한 크리이프계수 | | 4 |
| n : 강과 콘크리트의 탄성계수비 | | 8 |
| t : 강과 콘크리트의 온도차 | ℃ | 10 |
| Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | 13375.338 |
| Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | 3533.503 |
| Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트 | kN·m | 8620.970 |
| Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력 | kN | 79.338 |
| Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력 | kN | 20.904 |
| Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력 | kN | 348.900 |
| Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 6.717 |
| Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 5.276 |
| Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 344.024 |

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

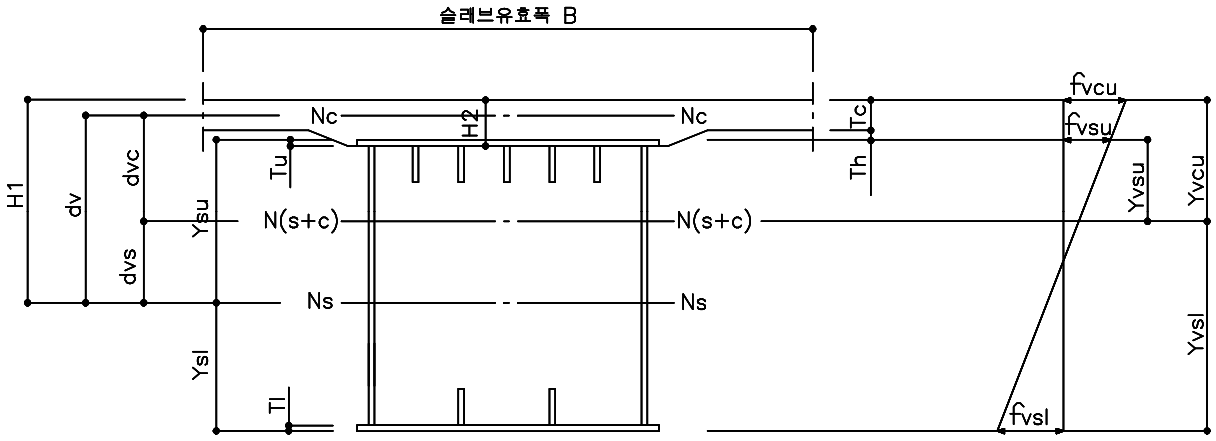
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

| 단 면 | B(mm) | H(mm) | A(mm² ) | Y(mm) | A*Y( mm³ ) | A*Y2( mm⁴ ) | Ix( mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 - UPPER FLANGE | 2700.0 | 16.0 | 43200 | 1308.0 | 56505600 | 73909324800 | 921600 |
| 5 - UPPER RIB | 14.0 | 150.0 | 10500 | 1225.0 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| 1 - L_WEB | 12.0 | 2600.0 | 31200 | 0.0 | 0 | 0 | 17576000000 |
| 1 - R_WEB | 12.0 | 2600.0 | 31200 | 0.0 | 0 | 0 | 17576000000 |
| 3 - LOWER RIB | 14.0 | 150.0 | 6300 | -1225.0 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| 1 - LOWER FLANGE | 2700.0 | 22.0 | 59400 | -1311.0 | -77873400 | 1.02092E+11 | 2395800 |
| 강단면 합계 | | | 181800 | | -16222800 | 2.01212E+11 | 35186817400 |
| 1 - RC SLAB | 6036.0 | 250.0 | 1509000 | 1475.0 | 2225775000 | 3283018125000 | 7859375000 |

* As = 181800 ㎟ , Ac = 1509000 ㎟

2) 응 력 검 토




(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########## + 35186817400.0 = 236398669600 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -16222800 / 181800 = -89.234 ㎜

Is = Is' - As · δs² = ########## - 181800 × -89.234² = 234951039018 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 16.0 - -89.234 = 1405.234 ㎜

Ysl = Ysu - ( H + Tu + Tl ) = 1405.234 - 2638.000 = -1232.766 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6578928.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = **79.997** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **-70.179** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 1.314 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 370425.0 ㎟

Ic/n = 982421875 ㎜⁴

dvs = dv - dvc = 796.5 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 892.7 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 642.7 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 608.7 mm

Yvsl = Yvsu - ( H + Tu + Tl ) = -2029.3 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 462448199036 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6618178.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = **0.853** MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = **0.614** MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = **4.651** MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = **-15.506** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.368 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = **2.080** MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = **1.498** MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = **11.348** MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = **-37.830** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = **7.757** MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · ( 1 + φ1 / 2 ) = 8 × ( 1 + 2.0 / 2 ) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 276112.5 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1029.9 mm K = 0.557

ds1 = dv - dc1 = 534.3 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1154.9 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 904.9 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 870.9 mm

Yv1sl = Yv1su - ( H + Tu + Tl ) = -1767.1 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 387385247604 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 1106463 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 1106463 N

Mφ = Pφ · dc1 = 1139584798 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2 ) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.853 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.614 MPa

fvcu1=1/n1 · ( Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1 ) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = **-0.484** MPa

fvcl1=1/n1 · ( Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1 ) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = **-0.271** MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = **5.434** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · ( 1 + ϕ2 / 2 ) = 8 × ( 1 + 4.0 / 2 ) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 244675.000 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1162.3 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 402.0 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1287.3 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 1037.3 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 1003.3 ㎜

Yv2sl = Yv2su - ( H + Tu + Tl ) = -1634.7 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 349588954550.6 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2376675 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2762332105 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · ( P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2 ) - Ec2 · εs = **-0.934** MPa

fvcl2=1/n2 · ( P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2 ) - Ec2 · εs = **-0.980** MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = **14.129** MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = **2.519** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4753350 N

Mvt = P1 · dvc = 3649179228 N · ㎜

fcut=1/n · ( P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv ) - Ec · εt = **-1.110** MPa

fclt=1/n · ( P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv ) - Ec · εt = **-1.247** MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = **15.508** MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = **3.913** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) = 9.439 MPa < υa = 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.4.2.1 )

$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$

$= 0.650 \times ( 0.0 / 6 )^2 + 0.130 \times ( 0.0 / 6 ) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

$f_1$ , $f_2$ : 보강된 판의 양연의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

$$tu \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 ( b / (tu · i · n)- 24 ) = 182.0

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 324.403 MPa

사용 tu = 16.0 mm

따라서, fca = 182.038 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 ( ☞ 도.설 3.9.3 )

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 MPa

| 하중조합 | CONCRETE | | | | STEEL | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 작용응력(MPa) | | 허용응력(MPa) | | 작용응력(MPa) | | 허용응력(MPa) | |
| | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 |
| 1 | | | 10.800 | 10.800 | **79.997** | **-70.179** | 182.038 | 190.000 |
| 1+2+3 | **2.933** | **2.112** | 10.800 | 10.800 | **95.996** | **-123.515** | 182.038 | 190.000 |
| 1+2+3+4 | **2.449** | **1.841** | 10.800 | 10.800 | **101.430** | **-122.403** | 209.344 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5 | **1.515** | **0.861** | 10.800 | 10.800 | **115.560** | **-119.884** | 209.344 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5+6 | **0.405** | **-0.386** | 12.420 | 2.174 | **131.067** | **-115.971** | 236.649 | 218.500 |
| 1+2+3+4+5-6 | **2.624** | **2.108** | 12.420 | 12.420 | **100.052** | **-123.797** | 236.649 | 218.500 |

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.8.2.4 )

( 상 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{131.067}{236.649}\right)^2 + \left(\frac{9.439}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.307 + 0.007 = 0.314 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

( 하 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-123.515}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{9.439}{110.000}\right)^2$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 16 mm **O.K.**

tmin = b / (49·i·n) = 2500 / ( 49 × 1.00 × 6 ) = 8.5 mm ≤ t = 16 mm **O.K.**

tmin = 10 mm ≤ t = 16 mm **O.K.** ( 합성형 스터드 설치 )

인장(하부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 22 mm **O.K.**

tmin = b / (80·n) = 2500 / ( 80 × 4 ) = 7.8 mm ≤ t = 22 mm **O.K.**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 ( ☞ 도.설.기 3.8.4 )

합성전 tmin = b / ( 219 × 1.200 ) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/79.997) = 1.541 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /( 219 × 1.200 ) = 4.6 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/131.067) = 1.204 > 1.2 ⇒ 1.200

(11) 항복에 대한 안전도 검사 ( ☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2 )

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.853 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.933 - 0.853 = 2.080 MPa

Σf = 1.3 ×0.853 + 2.15 ×2.08 + (-0.484) + (-0.934) + (1.11)

= 5.273 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.853 + 2.15 ×2.08 + (1.11)

= 6.691 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 79.997 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 4.651 MPa

합성후 활하중 응력 = 95.996 - 79.997 - 4.651 = 11.348 MPa

Σf = 1.3 × (79.997 + 4.651) + 2.15 × 11.348 + (5.434) + (14.129) + (15.508)

= 169.512 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (79.997 + 4.651) + 2.15 × 11.348 + (15.508)

= 149.948 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -70.179 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -15.506 MPa

합성후 활하중 응력 = -123.515 - -70.179 - -15.506 = -37.830 MPa

Σf = 1.3 × (-70.179 + -15.506) + 2.15 × -37.83 + (1.112) + (2.519) + (-3.913)

= -193.007 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-70.179 + -15.506) + 2.15 × -37.83 + (-3.913)

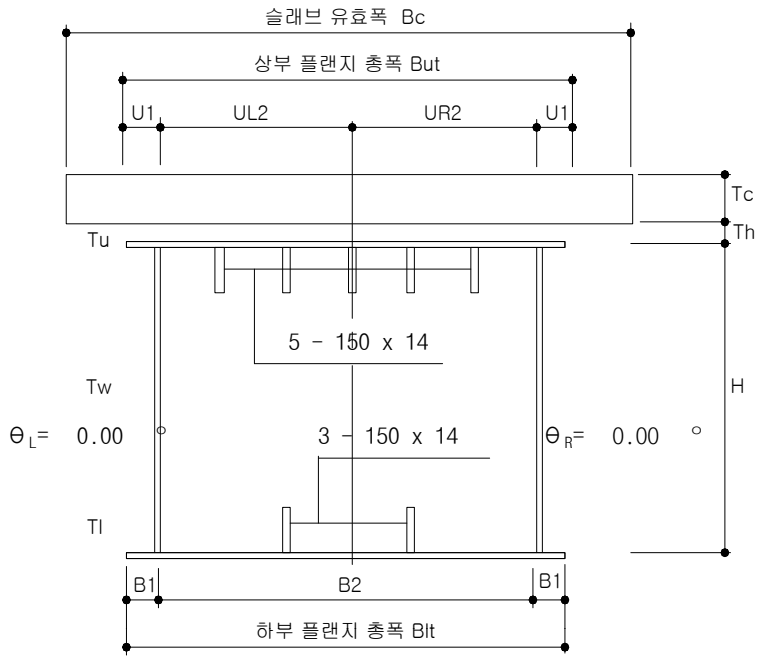
-196.638 315.0

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

| 구분 | | 작용응력 | 항복응력 | 검토결과 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 바닥판 콘크리트 | 크리프, 건조수축 포함시 | 5.273 | 16.200 | O.K!!! | 3.07 |
| | 크리프,건조수축제외시 | 6.691 | 16.200 | O.K!!! | 2.42 |
| 상부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | 169.512 | 315.000 | O.K!!! | 1.85 |
| | 크리프,건조수축제외시 | 149.948 | 315.000 | O.K!!! | 2.10 |
| 하부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | -193.007 | 315.000 | O.K!!! | 1.63 |
| | 크리프,건조수축제외시 | -196.638 | 315.000 | O.K!!! | 1.60 |

## 5-5. 2경간 최대 정모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건




주부재사용강종 = SM490

H = 2.600 m

Bc = 5.941 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

Tl = 0.014 m

Tw = 0.010 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm, 150 x 14 mm

| 구 분 | 단 위 | 입력 DATA |
|---|---|---|
| Es : 강의 탄성계수 | MPa | 210000 |
| Ec : 콘크리트의 탄성계수 | MPa | 26702 |
| εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율 | | 0.00018 |
| α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수 | | 0.000012 |
| φ2: 건조수축에의한 크리이프계수 | | 4 |
| n : 강과 콘크리트의 탄성계수비 | | 8 |
| t : 강과 콘크리트의 온도차 | ℃ | 10 |
| Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | 3215.131 |
| Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | 983.542 |
| Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트 | kN·m | 6112.352 |
| Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력 | kN | 134.175 |
| Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력 | kN | 40.113 |
| Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력 | kN | 400.207 |
| Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 0.000 |
| Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 0.000 |
| Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 302.252 |

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

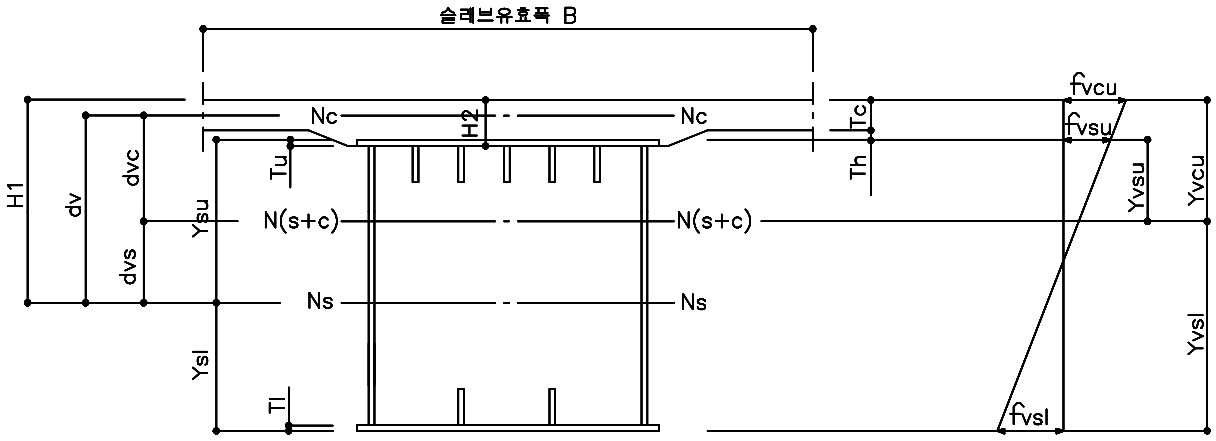
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

| 단 면 | B(mm) | H(mm) | A(mm² ) | Y(mm) | A*Y( mm³ ) | A*Y2( mm⁴ ) | Ix( mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 - UPPER FLANGE | 2700.0 | 12.0 | 32400 | 1306.0 | 42314400 | 55262606400 | 388800 |
| 5 - UPPER RIB | 14.0 | 150.0 | 10500 | 1225.0 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| 1 - L_WEB | 10.0 | 2600.0 | 26000 | 0.0 | 0 | 0 | 14646666667 |
| 1 - R_WEB | 10.0 | 2600.0 | 26000 | 0.0 | 0 | 0 | 14646666667 |
| 3 - LOWER RIB | 14.0 | 150.0 | 6300 | -1225.0 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| 1 - LOWER FLANGE | 2700.0 | 14.0 | 37800 | -1307.0 | -49404600 | 64571812200 | 617400 |
| 강단면 합계 | | | 139000 | | -1945200 | 1.45045E+11 | 29325839533 |
| 1 - RC SLAB | 5941.0 | 250.0 | 1485250 | 1475.0 | 2190743750 | 3231347031250 | 7735677083 |

* As = 139000 ㎟ , Ac = 1485250 ㎟

2) 응 력 검 토




(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########## + 29325839533.3 = 174370758133 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -1945200 / 139000 = -13.994 ㎜

Is = Is' - As · δs² = ########## - 139000 × -13.994² = 174343536529 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 12.0 - -13.994 = 1325.994 ㎜

Ysl = Ysu - ( H + Tu + Tl ) = 1325.994 - 2626.000 = -1300.006 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6558630.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = **24.453** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **-23.974** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 2.580 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 324656.3 ㎟

Ic/n = 966959635 ㎜⁴

637.5

dvs = dv - dvc = 851.5 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 762.5 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 512.5 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 474.5 mm

Yvsl = Yvsu - ( H + Tu + Tl ) = -2151.5 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 351543256860 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6597848.8 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = **0.267** MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = **0.179** MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = **1.328** MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = **-6.019** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.771 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = **1.657** MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = **1.114** MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = **8.250** MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = **-37.408** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = **9.987** MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · ( 1 + φ1 / 2 ) = 8 × ( 1 + 2.0 / 2 ) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 231828.1 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 892.8 mm K = -0.197

ds1 = dv - dc1 = 596.2 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1017.8 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 767.8 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 729.8 mm

Yv1sl = Yv1su - ( H + Tu + Tl ) = -1896.2 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 298226770398 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 331137 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 331137 N

Mφ = Pφ · dc1 = 295630651 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2 ) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.267 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.179 MPa

fvcu1=1/n1 · ( Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1 ) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = **-0.190** MPa

fvcl1=1/n1 · ( Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1 ) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = **-0.099** MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = **1.286** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · ( 1 + ϕ2 / 2 ) = 8 × ( 1 + 4.0 / 2 ) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 200885.417 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1030.3 mm

ds2 = dv - dc2 = 458.7 mm

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1155.3 mm

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 905.3 mm

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 867.3 mm

Yv2sl = Yv2su - ( H + Tu + Tl ) = -1758.7 mm

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 269604002679.8 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2339269 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2410124782 N · mm

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · ( P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2 ) - Ec2 · εs = **-1.175** MPa

fvcl2=1/n2 · ( P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2 ) - Ec2 · εs = **-1.156** MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = **10.117** MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = **14.742** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4678538 N

Mvt = P1 · dvc = 2982594181 N · mm

fcut=1/n · ( P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv ) - Ec · εt = **-1.562** MPa

fclt=1/n · ( P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv ) - Ec · εt = **-1.510** MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = **13.618** MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = **18.007** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) = 13.339 MPa < υa = 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.4.2.1 )

$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$

$= 0.650 \times ( 0.0 / 6 )^2 + 0.130 \times ( 0.0 / 6 ) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

$f_1$ ,$f_2$ : 보강된 판의 양연의 응력

(단,$f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

$$tu \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 ( b / (tu · i · n)- 24 ) = 148.2

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 182.477 MPa

사용 tu = 12.0 mm

따라서, fca = 148.183 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 ( ☞ 도.설 3.9.3 )

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 MPa

| 하중조합 | CONCRETE | | | | STEEL | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 작용응력(MPa) | | 허용응력(MPa) | | 작용응력(MPa) | | 허용응력(MPa) | |
| | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 |
| 1 | | | 10.800 | 10.800 | **24.453** | **-23.974** | 148.183 | 190.000 |
| 1+2+3 | **1.924** | **1.293** | 10.800 | 10.800 | **34.031** | **-67.402** | 148.183 | 190.000 |
| 1+2+3+4 | **1.734** | **1.194** | 10.800 | 10.800 | **35.317** | **-65.603** | 170.410 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5 | **0.560** | **0.038** | 10.800 | 10.800 | **45.434** | **-50.861** | 170.410 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5+6 | **-1.003** | **-1.472** | 2.174 | 2.174 | **59.052** | **-32.854** | 192.638 | 218.500 |
| 1+2+3+4+5-6 | **2.122** | **1.547** | 12.420 | 12.420 | **31.817** | **-68.868** | 192.638 | 218.500 |

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.8.2.4 )

( 상 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{59.052}{192.638}\right)^2 + \left(\frac{13.339}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.094 + 0.015 = 0.109 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

( 하 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-67.402}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{13.339}{110.000}\right)^2$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

tmin = b / (49·i·n) = 2500 / ( 49 × 1.00 × 6 ) = 8.5 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

tmin = 10 mm ≤ t = 12 mm **O.K.** ( 합성형 스터드 설치 )

인장(하부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 14 mm **O.K.**

tmin = b / (80·n) = 2500 / ( 80 × 4 ) = 7.8 mm ≤ t = 14 mm **O.K.**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 ( ☞ 도.설.기 3.8.4 )

합성전 tmin = b / ( 219 × 1.200 ) = 9.9 mm ≤ t = 10 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/24.453) = 2.787 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /( 219 × 1.200 ) = 3.6 mm ≤ t = 10 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/59.052) = 1.794 > 1.2 ⇒ 1.200

(11) 항복에 대한 안전도 검사 ( ☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2 )

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.267 MPa

합성후 활하중 응력 = 1.924 - 0.267 = 1.657 MPa

Σf = 1.3 ×0.267 + 2.15 ×1.657 + (-0.19) + (-1.175) + (1.562)

= 4.107 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.267 + 2.15 ×1.657 + (1.562)

= 5.472 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 24.453 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 1.328 MPa

합성후 활하중 응력 = 34.031 - 24.453 - 1.328 = 8.250 MPa

Σf = 1.3 × (24.453 + 1.328) + 2.15 × 8.25 + (1.286) + (10.117) + (13.618)

= 76.274 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (24.453 + 1.328) + 2.15 × 8.25 + (13.618)

= 64.871 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -23.974 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -6.019 MPa

합성후 활하중 응력 = -67.402 - -23.974 - -6.019 = -37.408 MPa

Σf = 1.3 × (-23.974 + -6.019) + 2.15 × -37.408 + (1.799) + (14.742) + (-18.007)

= -120.885 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-23.974 + -6.019) + 2.15 × -37.408 + (-18.007)

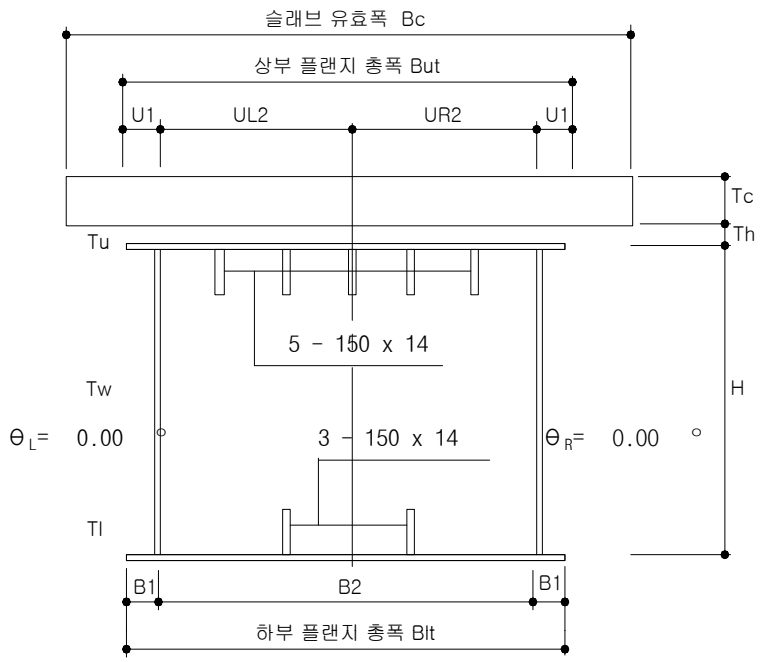
-137.426 315.0

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

| 구분 | | 작용응력 | 항복응력 | 검토결과 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 바닥판 콘크리트 | 크리프, 건조수축 포함시 | 4.107 | 16.200 | O.K!!! | 3.94 |
| | 크리프,건조수축제외시 | 5.472 | 16.200 | O.K!!! | 2.96 |
| 상부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | 76.274 | 315.000 | O.K!!! | 4.12 |
| | 크리프,건조수축제외시 | 64.871 | 315.000 | O.K!!! | 4.85 |
| 하부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | -120.885 | 315.000 | O.K!!! | 2.60 |
| | 크리프,건조수축제외시 | -137.426 | 315.000 | O.K!!! | 2.29 |

## 5-3. 3경간 최대 정모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건




주부재사용강종 = SM490

H = 2.600 m

Bc = 6.036 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.016 m

Tl = 0.022 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm, 150 x 14 mm

| 구 분 | 단 위 | 입력 DATA |
|---|---|---|
| Es : 강의 탄성계수 | MPa | 210000 |
| Ec : 콘크리트의 탄성계수 | MPa | 26702 |
| εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율 | | 0.00018 |
| α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수 | | 0.000012 |
| ϕ2: 건조수축에의한 크리이프계수 | | 4 |
| n : 강과 콘크리트의 탄성계수비 | | 8 |
| t : 강과 콘크리트의 온도차 | ℃ | 10 |
| Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | 13375.338 |
| Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | 3533.503 |
| Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트 | kN·m | 8620.970 |
| Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력 | kN | 192.668 |
| Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력 | kN | 55.711 |
| Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력 | kN | 373.848 |
| Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 0.000 |
| Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 0.000 |
| Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트 | kN·m | 313.931 |

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

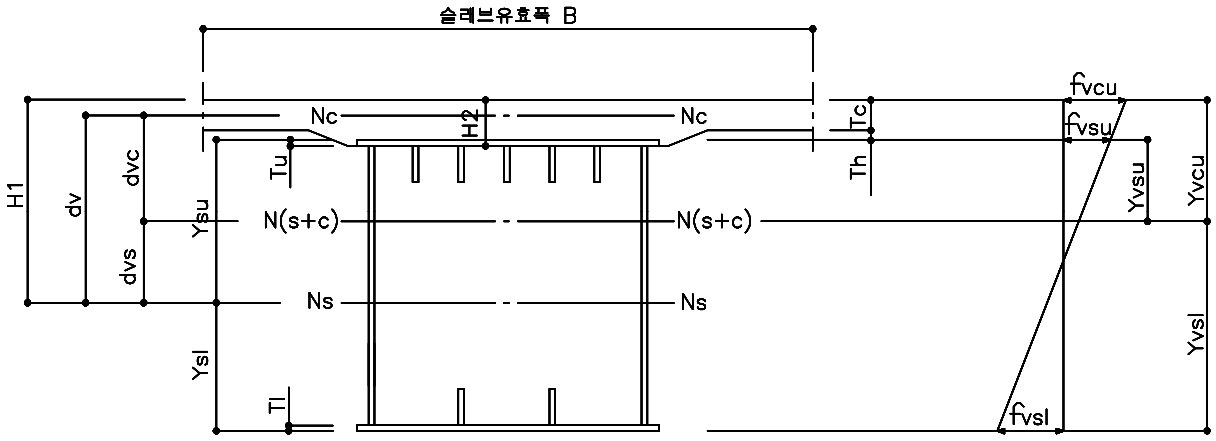
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

| 단 면 | B(mm) | H(mm) | A(mm² ) | Y(mm) | A*Y( mm³ ) | A*Y2( mm⁴ ) | Ix( mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 - UPPER FLANGE | 2700.0 | 16.0 | 43200 | 1308.0 | 56505600 | 73909324800 | 921600 |
| 5 - UPPER RIB | 14.0 | 150.0 | 10500 | 1225.0 | 12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| 1 - L_WEB | 12.0 | 2600.0 | 31200 | 0.0 | 0 | 0 | 17576000000 |
| 1 - R_WEB | 12.0 | 2600.0 | 31200 | 0.0 | 0 | 0 | 17576000000 |
| 3 - LOWER RIB | 14.0 | 150.0 | 6300 | -1225.0 | -7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| 1 - LOWER FLANGE | 2700.0 | 22.0 | 59400 | -1311.0 | -77873400 | 1.02092E+11 | 2395800 |
| 강단면 합계 | | | 181800 | | -16222800 | 2.01212E+11 | 35186817400 |
| 1 - RC SLAB | 6036.0 | 250.0 | 1509000 | 1475.0 | 2225775000 | 3283018125000 | 7859375000 |

* As = 181800 ㎟ , Ac = 1509000 ㎟

2) 응 력 검 토




(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########## + 35186817400.0 = 236398669600 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -16222800 / 181800 = -89.234 ㎜

Is = Is' - As · δs² = ########## - 181800 × -89.234² = 234951039018 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 16.0 - -89.234 = 1405.234 ㎜

Ysl = Ysu - ( H + Tu + Tl ) = 1405.234 - 2638.000 = -1232.766 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6578928.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = **79.997** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **-70.179** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 3.088 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 370425.0 ㎟

Ic/n = 982421875 ㎜⁴

dvs = dv - dvc = 796.5 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 892.7 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 642.7 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 608.7 mm

Yvsl = Yvsu - ( H + Tu + Tl ) = -2029.3 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 462448199036 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6618178.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = **0.853** MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = **0.614** MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = **4.651** MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = **-15.506** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.893 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = **2.080** MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = **1.498** MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = **11.348** MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = **-37.830** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = **7.968** MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · ( 1 + φ1 / 2 ) = 8 × ( 1 + 2.0 / 2 ) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 276112.5 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1029.9 mm K = 0.557

ds1 = dv - dc1 = 534.3 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1154.9 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 904.9 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 870.9 mm

Yv1sl = Yv1su - ( H + Tu + Tl ) = -1767.1 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 387385247604 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 1106463 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 1106463 N

Mφ = Pφ · dc1 = 1139584798 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2 ) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.853 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.614 MPa

fvcu1=1/n1 · ( Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1 ) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = **-0.484** MPa

fvcl1=1/n1 · ( Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1 ) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = **-0.271** MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = **5.434** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · ( 1 + ϕ2 / 2 ) = 8 × ( 1 + 4.0 / 2 ) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 244675.000 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1162.3 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 402.0 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1287.3 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 1037.3 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 1003.3 ㎜

Yv2sl = Yv2su - ( H + Tu + Tl ) = -1634.7 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 349588954550.6 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2376675 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2762332105 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · ( P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2 ) - Ec2 · εs = **-0.934** MPa

fvcl2=1/n2 · ( P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2 ) - Ec2 · εs = **-0.980** MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = **14.129** MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = **2.519** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4753350 N

Mvt = P1 · dvc = 3649179228 N · ㎜

fcut=1/n · ( P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv ) - Ec · εt = **-1.110** MPa

fclt=1/n · ( P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv ) - Ec · εt = **-1.247** MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = **15.508** MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = **3.913** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) = 11.948 MPa < υa = 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.4.2.1 )

$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$

$= 0.650 \times ( 0.0 / 6 )^2 + 0.130 \times ( 0.0 / 6 ) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

$f_1$ ,$f_2$ : 보강된 판의 양연의 응력

(단,$f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

$$tu \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 ( b / (tu · i · n)- 24 ) = 182.0

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }² = 324.403 MPa

사용 tu = 16.0 mm

따라서, fca = 182.038 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 ( ☞ 도.설 3.9.3 )

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 MPa

| 하중조합 | CONCRETE | | | | STEEL | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 작용응력(MPa) | | 허용응력(MPa) | | 작용응력(MPa) | | 허용응력(MPa) | |
| | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 |
| 1 | | | 10.800 | 10.800 | **79.997** | **-70.179** | 182.038 | 190.000 |
| 1+2+3 | **2.933** | **2.112** | 10.800 | 10.800 | **95.996** | **-123.515** | 182.038 | 190.000 |
| 1+2+3+4 | **2.449** | **1.841** | 10.800 | 10.800 | **101.430** | **-122.403** | 209.344 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5 | **1.515** | **0.861** | 10.800 | 10.800 | **115.560** | **-119.884** | 209.344 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5+6 | **0.405** | **-0.386** | 12.420 | 2.174 | **131.067** | **-115.971** | 236.649 | 218.500 |
| 1+2+3+4+5-6 | **2.624** | **2.108** | 12.420 | 12.420 | **100.052** | **-123.797** | 236.649 | 218.500 |

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.8.2.4 )

( 상 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{131.067}{236.649}\right)^2 + \left(\frac{11.948}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.307 + 0.012 = 0.319 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

( 하 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-123.515}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{11.948}{110.000}\right)^2$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 16 mm **O.K.**

tmin = b / (49·i·n) = 2500 / ( 49 × 1.00 × 6 ) = 8.5 mm ≤ t = 16 mm **O.K.**

tmin = 10 mm ≤ t = 16 mm **O.K.** ( 합성형 스터드 설치 )

인장(하부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 22 mm **O.K.**

tmin = b / (80·n) = 2500 / ( 80 × 4 ) = 7.8 mm ≤ t = 22 mm **O.K.**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 ( ☞ 도.설.기 3.8.4 )

합성전 tmin = b / ( 219 × 1.200 ) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/79.997) = 1.541 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /( 219 × 1.200 ) = 4.6 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/131.067) = 1.204 > 1.2 ⇒ 1.200

(11) 항복에 대한 안전도 검사 ( ☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2 )

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.853 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.933 - 0.853 = 2.080 MPa

Σf = 1.3 ×0.853 + 2.15 ×2.08 + (-0.484) + (-0.934) + (1.11)

= 5.273 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.853 + 2.15 ×2.08 + (1.11)

= 6.691 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 79.997 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 4.651 MPa

합성후 활하중 응력 = 95.996 - 79.997 - 4.651 = 11.348 MPa

Σf = 1.3 × (79.997 + 4.651) + 2.15 × 11.348 + (5.434) + (14.129) + (15.508)

= 169.512 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (79.997 + 4.651) + 2.15 × 11.348 + (15.508)

= 149.948 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -70.179 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -15.506 MPa

합성후 활하중 응력 = -123.515 - -70.179 - -15.506 = -37.830 MPa

Σf = 1.3 × (-70.179 + -15.506) + 2.15 × -37.83 + (1.112) + (2.519) + (-3.913)

= -193.007 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-70.179 + -15.506) + 2.15 × -37.83 + (-3.913)

-196.638 315.0

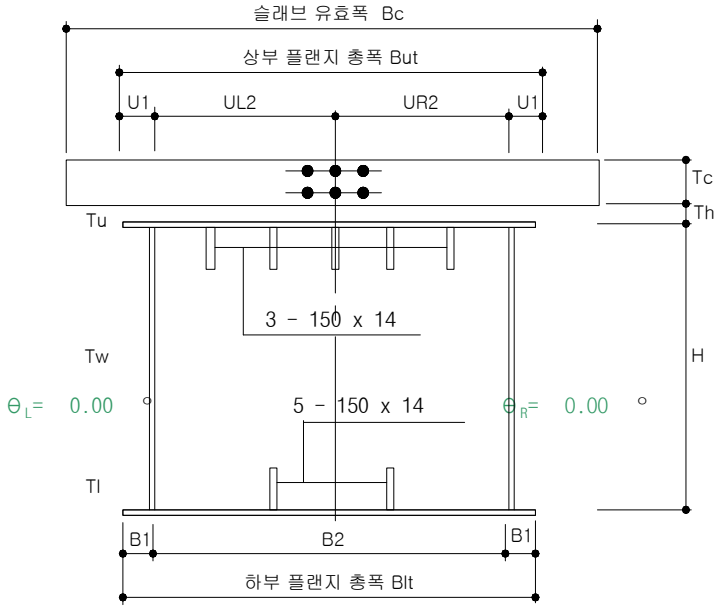
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

| 구분 | | 작용응력 | 항복응력 | 검토결과 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 바닥판 콘크리트 | 크리프, 건조수축 포함시 | 5.273 | 16.200 | O.K!!! | 3.07 |
| | 크리프,건조수축제외시 | 6.691 | 16.200 | O.K!!! | 2.42 |
| 상부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | 169.512 | 315.000 | O.K!!! | 1.85 |
| | 크리프,건조수축제외시 | 149.948 | 315.000 | O.K!!! | 2.10 |
| 하부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | -193.007 | 315.000 | O.K!!! | 1.63 |
| | 크리프,건조수축제외시 | -196.638 | 315.000 | O.K!!! | 1.60 |

## 5-7. 1경간 최대 부모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490




H = 2.600 m

Bc = 5.153 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.432 , Ble= 2.432 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.028 m

Tl = 0.028 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

| 구 분 | 단 위 | 입력 DATA |
|---|---|---|
| Es : 강의 탄성계수 | MPa | 210000 |
| Ec : 콘크리트의 탄성계수 | MPa | 26702 |
| εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율 | | 0.00018 |
| α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수 | | 0.000012 |
| φ2: 건조수축에의한 크리이프계수 | | 4 |
| n : 강과 콘크리트의 탄성계수비 | | 8 |
| t : 강과 콘크리트의 온도차 | ℃ | 10 |
| Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | -18051.719 |
| Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | -4970.766 |
| Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트 | kN·m | -10292.323 |
| Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력 | kN | -1919.624 |
| Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력 | kN | -459.913 |
| Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력 | kN | -904.073 |
| Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | -0.023 |
| Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | -27.108 |
| Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트 | kN·m | -935.562 |
| tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께 | mm | 50 , 50 |

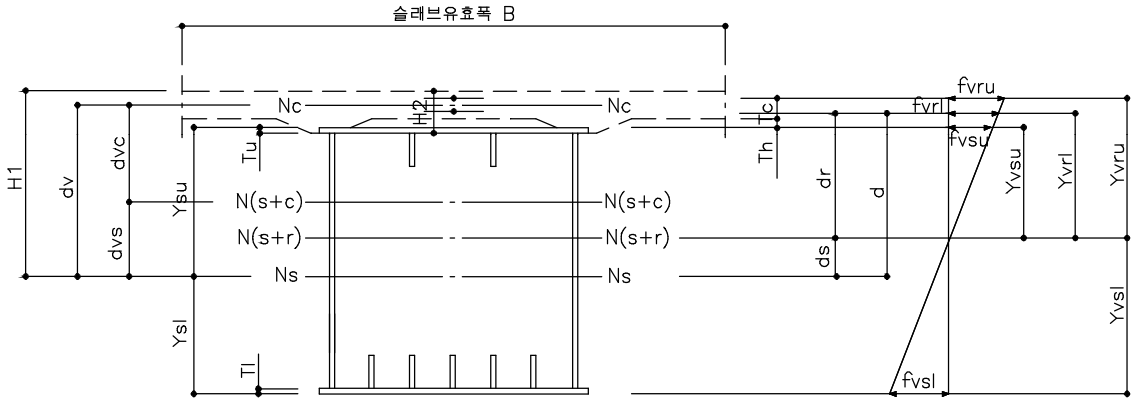
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

| 단 면 | B(mm) | H(mm) | A(mm² ) | Y(mm) | A*Y( mm³ ) | A*Y2( mm⁴ ) | Ix( mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 - UPPER FLANGE | 2432.0 | 28.0 | 68096 | 1314.00 | 89478144 | 117574281216 | 4448939 |
| 3 - UPPER RIB | 14.0 | 150.0 | 6300 | 1225.00 | 7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| 1 - L_WEB | 12.0 | 2600.0 | 31200 | 0.00 | 0 | 0 | 17576000000 |
| 1 - R_WEB | 12.0 | 2600.0 | 31200 | 0.00 | 0 | 0 | 17576000000 |
| 5 - LOWER RIB | 14.0 | 150.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| 1 - LOWER FLANGE | 2432.0 | 28.0 | 68096 | -1314.00 | -89478144 | 117574281216 | 4448939 |
| 강단면 합계 | | | 215392 | | -5145000 | 260359062432 | 35192397877 |
| UPPER RE-BAR | - | - | 4269.90 | 1550.00 | 6618345 | 10258434750 | - |
| LOWER RE-BAR | - | - | 6255.90 | 1400.00 | 8758260 | 12261564000 | - |
| RE-BAR 합계 | | | 10526 | | 15376605 | 22519998750 | - |
| 1 - RC SLAB | 5153.0 | 250.0 | 1288250 | 1475.00 | 1900168750 | 2802748906250 | 6709635417 |

* As = 215392 mm² , Ac = 1288250 mm² , Ar = 10526 mm²

2) 응 력 검 토




(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 260359062432 + 35192397877 = 295551460309 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -5145000 / 215392 = -23.887 mm

Is = Is' - As · δs² = 295551460309 - 215392 × -23.887² = 295428563335 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 28.0 - -23.887 = 1351.887 mm

Ysl = Ysu - ( H + Tu + Tl ) = 1351.887 - 2656.000 = -1304.113 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6601536.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = **-82.605** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **79.686** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 30.763 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 225918 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1484.736 mm

dr = d·As / (As + Ar) = 1415.560 mm

ds = d - dr = 69.176 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl)·Arl/Ar = 1504.711 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1354.711 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1282.711 mm

Yvsl = Yvsu - ( H + Tu + Tl ) = -1373.289 mm

Irv = Is + As·ds² + Ar·dr² = 317550979436 mm⁴

Fv = b·hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw)·(H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6640786.0 mm²

fvru = Msc·Yvru/Irv = **-23.554** MPa

fvrl = Msc·Yvrl/Irv = **-21.206** MPa

fvsu = Msc·Yvsu/Irv = **-20.079** MPa

fvsl = Msc·Yvsl/Irv = **21.497** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2·Fv·Tw) = 7.540 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv·Yvru/Irv = **-48.770** MPa

fvrl = Mv·Yvrl/Irv = **-43.908** MPa

fvsu = Mv·Yvsu/Irv = **-41.575** MPa

fvsl = Mv·Yvsl/Irv = **44.510** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2·Fv·Tw) = 20.358 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 376423.250 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1498.887 mm

dvc = dv·As / (Ac/n + As) = 857.673 mm

dvs = dv - dvc = 641.213 mm

n1 = n·( 1 + φ1 / 2 ) = 8 × ( 1 + 2.0 / 2 ) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 295907.625 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv·As / (Ac/n1 + As) = 1091.044 mm K = -0.197

ds1 = dv - dc1 = 407.843 mm

Icv = Is + Ic/n + As·dvs² + Ac/n·dvc² = 503281828791.6 mm⁴

Nc = Msc·dvc·Ac/(n·Icv) = -1364094 N

Pφ = Nc·2·φ1 / (2+φ1) = -1364094 N

Mφ = Pφ·dc1 = -1488285928 N·mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2 ) = 13351 MPa

fvru1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvru/Irv = **-4.649** MPa

fvrl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvrl/Irv = **-4.787** MPa

fvsu1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsu / Irv = **-4.854** MPa

fvsl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsl / Irv = **-7.306** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · ( 1 + ϕ2 / 2 ) = 8 × ( 1 + 4.0 / 2 ) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 269069.083 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1199.871 mm

ds2 = dv - dc2 = 299.016 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2028994 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2434530835 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = **6.709** MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = **6.935** MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = **7.044** MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = **11.055** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4057988 N

Mvt = P1 · dvc = 3480427843 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = **-10.487** MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = **-10.163** MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = **15.193** MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = **20.927** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 58.662 MPa < υa = 110 MPa **O.K!!!**

(8) 조합응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.4.2.1 )

i = 0.65(ϕ/n)$^2$ + 0.13(ϕ/n) + 1.0

= 0.650 × ( 0.0 / 6 )$^2$ + 0.130 × ( 0.0 / 6 ) + 1.0 = 1.000

∵ ϕ = ($f_1$ - $f_2$ )/$f_1$ ≒ 0

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

$f_1$ ,$f_2$ : 보강된 판의 양연의 응력

(단,$f_1$ ≥ $f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

fta = 190.0 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = $190 - 3.9 \left( b / (tl \cdot i \cdot n) - 24 \right) = 225.564$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = $220000 \times \{ (tl \cdot i \cdot n) / b = 993.485$ MPa

사용 tl = 28.0 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* RE-BAR의 허용응력 ( ☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7 )

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa ( SD400 사용 )

| 하중조합 | RE-BAR | | | STEEL | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 작용응력(MPa) | | 허용응력 | 작용응력(MPa) | | 허용응력(MPa) | |
| | 상 연 | 하 연 | (MPa) | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 |
| 1 | | | 160.000 | -82.605 | 79.686 | 190.000 | 190.000 |
| 1+2+3 | -72.324 | -65.114 | 160.000 | -144.259 | 145.693 | 190.000 | 190.000 |
| 1+2+3+4 | -76.973 | -69.901 | 160.000 | -149.112 | 138.387 | 190.000 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5 | -70.264 | -62.966 | 160.000 | -142.068 | 149.442 | 190.000 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5+6 | -80.751 | -73.129 | 184.000 | -126.876 | 170.370 | 218.500 | 218.500 |
| 1+2+3+4+5-6 | -59.777 | -52.804 | 184.000 | -157.261 | 128.515 | 218.500 | 218.500 |

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.8.2.4 )

( 상 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-149.112}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{58.662}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.616 + 0.284 = 0.900 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

( 하 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{149.442}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{58.662}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.619 + 0.284 = 0.903 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.8.3.1 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 28 mm **O.K!!!**

tmin = 10 mm ≤ t = 28 mm O.K. ( 합성형 스터드 설치 )

압축(하부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 28 mm **O.K!!!**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / ( 49 × 1.00 × 6 ) = 8.5 mm ≤ t = 28 mm **O.K!!!**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 ( ☞ 도.설.기 3.8.4 )

합성전 tmin = b / ( 219 × 1.200 ) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √( 190.0 / 79.686 ) = 1.544 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / ( 219 × 1.056 ) = 11.2 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √( 190.0 / 170.370 ) = 1.056 < 1.2 ⇒ 1.056

(11) 항복에 대한 안전도 검사 ( ☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2 )

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -23.554 MPa

합성후 활하중 응력 = -72.324 - -23.554 = -48.770 MPa

Σf = 1.3 ×-23.554 + 2.15 ×-48.77 + (-4.649) + (6.709) + (-10.487)

= -143.903 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-23.554 + 2.15 ×-48.77 + (-10.487)

= -145.962 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -82.605 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -20.079 MPa

합성후 활하중 응력 = -144.259 - -82.605 - -20.079 = -41.575 MPa

Σf = 1.3 × (-82.605 + -20.079) + 2.15 × -41.575 + (-4.854) + (7.044) + (-15.193)

= -235.877 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-82.605 + -20.079) + 2.15 × -41.575 + (-15.193)

= -238.067 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 79.686 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 21.497 MPa

합성후 활하중 응력 = 145.693 - 79.686 - 21.497 = 44.510 MPa

Σf = 1.3 × (79.686 + 21.497) + 2.15 × 44.51 + (-7.306) + (11.055) + (20.927)

= 251.911 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (79.686 + 21.497) + 2.15 × 44.51 + (20.927)

= 248.162 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

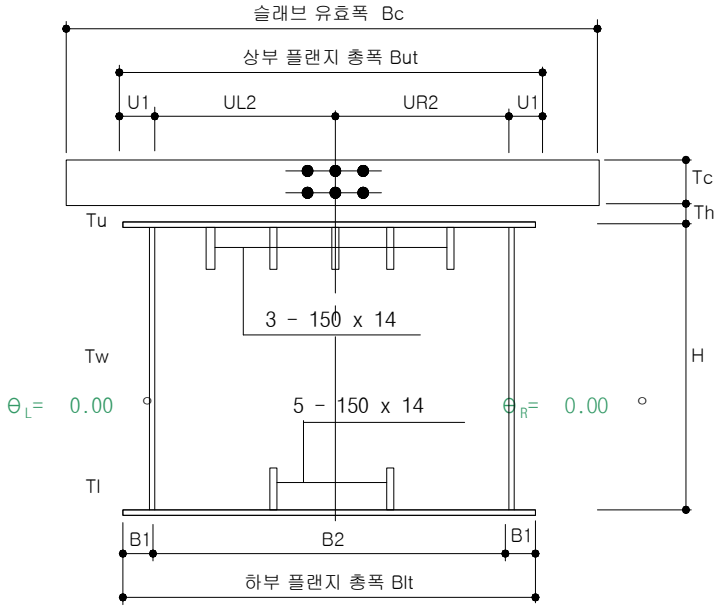
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

| 구분 | | 작용응력 | 항복응력 | 검토결과 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 바닥판 콘크리트 | 크리프, 건조수축 포함시 | -143.903 | 400.000 | O.K!!! | 2.77 |
| | 크리프,건조수축제외시 | -145.962 | 400.000 | O.K!!! | 2.74 |
| 상부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | -235.877 | 315.000 | O.K!!! | 1.33 |
| | 크리프,건조수축제외시 | -238.067 | 315.000 | O.K!!! | 1.32 |
| 하부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | 251.911 | 315.000 | O.K!!! | 1.25 |
| | 크리프,건조수축제외시 | 248.162 | 315.000 | O.K!!! | 1.26 |

## 5-8. 2경간 최대 부모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490




H = 2.600 m

Bc = 5.153 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.432 , Ble= 2.432 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.028 m

Tl = 0.028 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

| 구 분 | 단 위 | 입력 DATA |
|---|---|---|
| Es : 강의 탄성계수 | MPa | 210000 |
| Ec : 콘크리트의 탄성계수 | MPa | 26702 |
| εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율 | | 0.00018 |
| α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수 | | 0.000012 |
| φ2: 건조수축에의한 크리이프계수 | | 4 |
| n : 강과 콘크리트의 탄성계수비 | | 8 |
| t : 강과 콘크리트의 온도차 | ℃ | 10 |
| Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | -18069.466 |
| Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | -4431.802 |
| Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트 | kN·m | -8544.392 |
| Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력 | kN | -1583.022 |
| Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력 | kN | -376.911 |
| Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력 | kN | -859.969 |
| Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | -0.652 |
| Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | -6.040 |
| Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트 | kN·m | -891.177 |
| tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께 | mm | 50 , 50 |

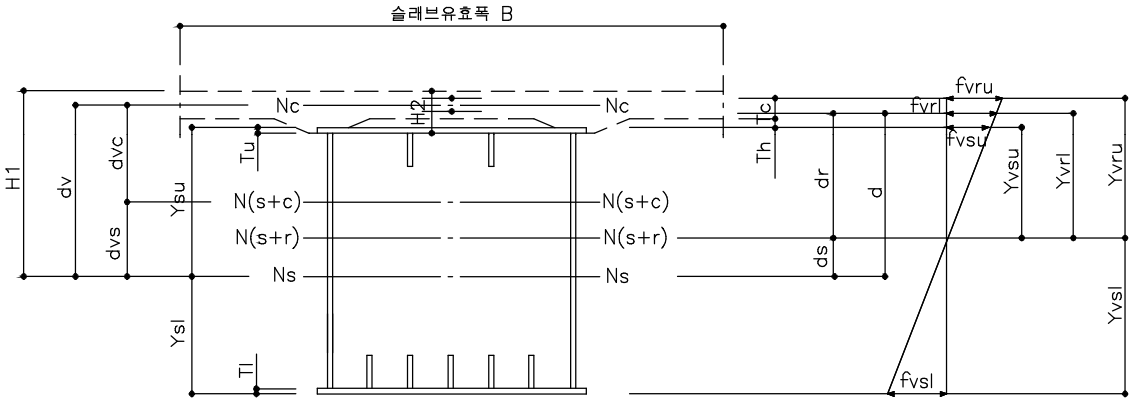
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

| 단 면 | B(mm) | H(mm) | A(mm² ) | Y(mm) | A*Y( mm³ ) | A*Y2( mm⁴ ) | Ix( mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 - UPPER FLANGE | 2432.0 | 28.0 | 68096 | 1314.00 | 89478144 | 117574281216 | 4448939 |
| 3 - UPPER RIB | 14.0 | 150.0 | 6300 | 1225.00 | 7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| 1 - L_WEB | 12.0 | 2600.0 | 31200 | 0.00 | 0 | 0 | 17576000000 |
| 1 - R_WEB | 12.0 | 2600.0 | 31200 | 0.00 | 0 | 0 | 17576000000 |
| 5 - LOWER RIB | 14.0 | 150.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| 1 - LOWER FLANGE | 2432.0 | 28.0 | 68096 | -1314.00 | -89478144 | 117574281216 | 4448939 |
| 강단면 합계 | | | 215392 | | -5145000 | 260359062432 | 35192397877 |
| UPPER RE-BAR | - | - | 4269.90 | 1550.00 | 6618345 | 10258434750 | - |
| LOWER RE-BAR | - | - | 6255.90 | 1400.00 | 8758260 | 12261564000 | - |
| RE-BAR 합계 | | | 10526 | | 15376605 | 22519998750 | - |
| 1 - RC SLAB | 5153.0 | 250.0 | 1288250 | 1475.00 | 1900168750 | 2802748906250 | 6709635417 |

* As = 215392 mm² , Ac = 1288250 mm² , Ar = 10526 mm²

2) 응 력 검 토




(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 260359062432 + 35192397877 = 295551460309 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -5145000 / 215392 = -23.887 mm

Is = Is' - As · δs² = 295551460309 - 215392 × -23.887² = 295428563335 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 28.0 - -23.887 = 1351.887 mm

Ysl = Ysu - ( H + Tu + Tl ) = 1351.887 - 2656.000 = -1304.113 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6601536.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = **-82.686** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **79.764** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 25.373 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 225918 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1484.736 mm

dr = d·As / (As + Ar) = 1415.560 mm

ds = d - dr = 69.176 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl)·Arl/Ar = 1504.711 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1354.711 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1282.711 mm

Yvsl = Yvsu - ( H + Tu + Tl ) = -1373.289 mm

Irv = Is + As·ds² + Ar·dr² = 317550979436 mm⁴

Fv = b·hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw)·(H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6640786.0 mm²

fvru = Msc·Yvru/Irv = **-21.000** MPa

fvrl = Msc·Yvrl/Irv = **-18.907** MPa

fvsu = Msc·Yvsu/Irv = **-17.902** MPa

fvsl = Msc·Yvsl/Irv = **19.166** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2·Fv·Tw) = 6.078 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv·Yvru/Irv = **-40.487** MPa

fvrl = Mv·Yvrl/Irv = **-36.451** MPa

fvsu = Mv·Yvsu/Irv = **-34.514** MPa

fvsl = Mv·Yvsl/Irv = **36.951** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2·Fv·Tw) = 19.373 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 376423.250 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1498.887 mm

dvc = dv·As / (Ac/n + As) = 857.673 mm

dvs = dv - dvc = 641.213 mm

n1 = n·( 1 + φ1 / 2 ) = 8 × ( 1 + 2.0 / 2 ) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 295907.625 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv·As / (Ac/n1 + As) = 1091.044 mm K = -0.197

ds1 = dv - dc1 = 407.843 mm

Icv = Is + Ic/n + As·dvs² + Ac/n·dvc² = 503281828791.6 mm⁴

Nc = Msc·dvc·Ac/(n·Icv) = -1216189 N

Pφ = Nc·2·φ1 / (2+φ1) = -1216189 N

Mφ = Pφ·dc1 = -1326915922 N·mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2 ) = 13351 MPa

fvru1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvru/Irv = **-4.145** MPa

fvrl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvrl/Irv = **-4.268** MPa

fvsu1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsu / Irv = **-4.327** MPa

fvsl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsl / Irv = **-6.514** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · ( 1 + ϕ2 / 2 ) = 8 × ( 1 + 4.0 / 2 ) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 269069.083 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1199.871 mm

ds2 = dv - dc2 = 299.016 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2028994 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2434530835 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = **6.709** MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = **6.935** MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = **7.044** MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = **11.055** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4057988 N

Mvt = P1 · dvc = 3480427843 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = **-10.487** MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = **-10.163** MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = **15.193** MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = **20.927** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 50.824 MPa < υa = 110 MPa **O.K!!!**

(8) 조합응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.4.2.1 )

i = 0.65(ϕ/n)$^2$ + 0.13(ϕ/n) + 1.0

= 0.650 × ( 0.0 / 6 )$^2$ + 0.130 × ( 0.0 / 6 ) + 1.0 = 1.000

∵ ϕ = ($f_1$ - $f_2$ )/$f_1$ ≒ 0

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

$f_1$ ,$f_2$ : 보강된 판의 양연의 응력

(단,$f_1$ ≥ $f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

fta = 190.0 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 ( b / (tl · i · n)- 24 ) = 225.564

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b = 993.485 MPa

사용 tl = 28.0 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* RE-BAR의 허용응력 ( ☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7 )

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa ( SD400 사용 )

| 하중조합 | RE-BAR | | | STEEL | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 작용응력(MPa) | | 허용응력 | 작용응력(MPa) | | 허용응력(MPa) | |
| | 상 연 | 하 연 | (MPa) | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 |
| 1 | | | 160.000 | -82.686 | 79.764 | 190.000 | 190.000 |
| 1+2+3 | -61.488 | -55.358 | 160.000 | -135.102 | 135.881 | 190.000 | 190.000 |
| 1+2+3+4 | -65.632 | -59.626 | 160.000 | -139.429 | 129.368 | 190.000 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5 | -58.924 | -52.691 | 160.000 | -132.386 | 140.423 | 190.000 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5+6 | -69.410 | -62.854 | 184.000 | -117.193 | 161.350 | 218.500 | 218.500 |
| 1+2+3+4+5-6 | -48.437 | -42.528 | 184.000 | -147.578 | 119.495 | 218.500 | 218.500 |

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.8.2.4 )

( 상 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-139.429}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{50.824}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.539 + 0.213 = 0.752 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

( 하 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{140.423}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{50.824}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.546 + 0.213 = 0.760 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.8.3.1 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 28 mm **O.K!!!**

tmin = 10 mm ≤ t = 28 mm O.K. ( 합성형 스터드 설치 )

압축(하부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 28 mm **O.K!!!**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / ( 49 × 1.00 × 6 ) = 8.5 mm ≤ t = 28 mm **O.K!!!**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 ( ☞ 도.설.기 3.8.4 )

합성전 tmin = b / ( 219 × 1.200 ) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √( 190.0 / 79.764 ) = 1.543 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / ( 219 × 1.085 ) = 10.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √( 190.0 / 161.350 ) = 1.085 < 1.2 ⇒ 1.085

(11) 항복에 대한 안전도 검사 ( ☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2 )

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -21.000 MPa

합성후 활하중 응력 = -61.488 - -21 = -40.487 MPa

Σf = 1.3 ×-21 + 2.15 ×-40.487 + (-4.145) + (6.709) + (-10.487)

= -122.271 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-21 + 2.15 ×-40.487 + (-10.487)

= -124.835 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -82.686 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -17.902 MPa

합성후 활하중 응력 = -135.102 - -82.686 - -17.902 = -34.514 MPa

Σf = 1.3 × (-82.686 + -17.902) + 2.15 × -34.514 + (-4.327) + (7.044) + (-15.193)

= -217.446 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-82.686 + -17.902) + 2.15 × -34.514 + (-15.193)

= -220.163 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 79.764 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 19.166 MPa

합성후 활하중 응력 = 135.881 - 79.764 - 19.166 = 36.952 MPa

Σf = 1.3 × (79.764 + 19.166) + 2.15 × 36.952 + (-6.514) + (11.055) + (20.927)

= 233.523 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (79.764 + 19.166) + 2.15 × 36.952 + (20.927)

= 228.982 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

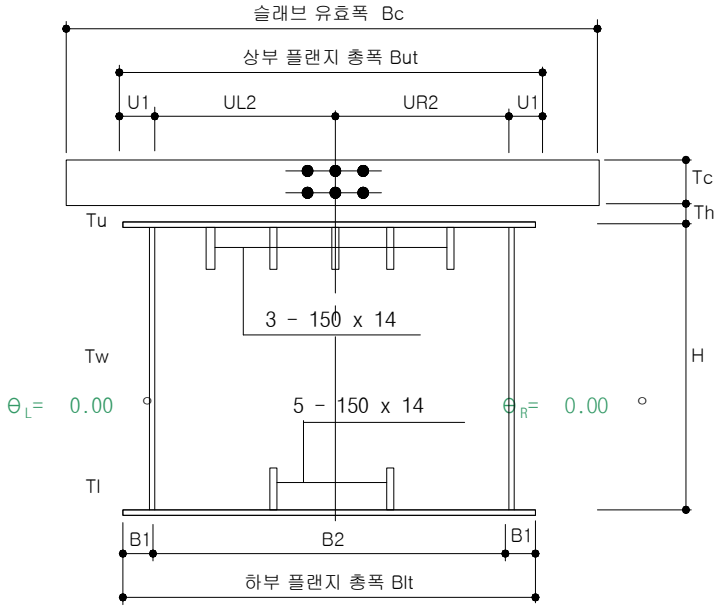
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

| 구분 | | 작용응력 | 항복응력 | 검토결과 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 바닥판 콘크리트 | 크리프, 건조수축 포함시 | -122.271 | 400.000 | O.K!!! | 3.27 |
| | 크리프,건조수축제외시 | -124.835 | 400.000 | O.K!!! | 3.20 |
| 상부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | -217.446 | 315.000 | O.K!!! | 1.44 |
| | 크리프,건조수축제외시 | -220.163 | 315.000 | O.K!!! | 1.43 |
| 하부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | 233.523 | 315.000 | O.K!!! | 1.34 |
| | 크리프,건조수축제외시 | 228.982 | 315.000 | O.K!!! | 1.37 |

## 5-9. 1경간 최대 부모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490




H = 2.600 m

Bc = 5.145 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.432 , Ble= 2.432 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.028 m

Tl = 0.028 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

| 구 분 | 단 위 | 입력 DATA |
|---|---|---|
| Es : 강의 탄성계수 | MPa | 210000 |
| Ec : 콘크리트의 탄성계수 | MPa | 26702 |
| εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율 | | 0.00018 |
| α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수 | | 0.000012 |
| φ2: 건조수축에의한 크리이프계수 | | 4 |
| n : 강과 콘크리트의 탄성계수비 | | 8 |
| t : 강과 콘크리트의 온도차 | ℃ | 10 |
| Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | -18051.719 |
| Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | -4970.766 |
| Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트 | kN·m | -10292.323 |
| Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력 | kN | -1917.673 |
| Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력 | kN | -521.651 |
| Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력 | kN | -1067.349 |
| Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | -0.176 |
| Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | -28.926 |
| Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트 | kN·m | -795.585 |
| tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께 | mm | 50 , 50 |

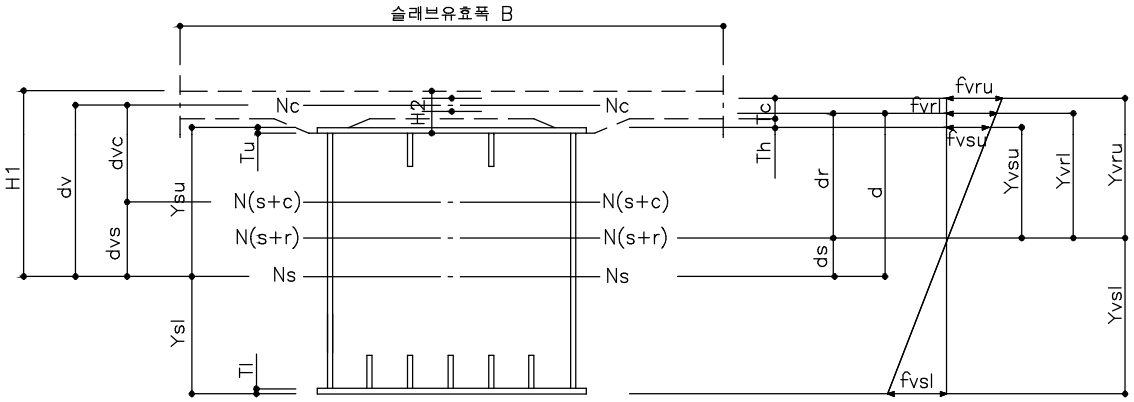
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

| 단 면 | B(mm) | H(mm) | A(mm² ) | Y(mm) | A*Y( mm³ ) | A*Y2( mm⁴ ) | Ix( mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 - UPPER FLANGE | 2432.0 | 28.0 | 68096 | 1314.00 | 89478144 | 117574281216 | 4448939 |
| 3 - UPPER RIB | 14.0 | 150.0 | 6300 | 1225.00 | 7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| 1 - L_WEB | 12.0 | 2600.0 | 31200 | 0.00 | 0 | 0 | 17576000000 |
| 1 - R_WEB | 12.0 | 2600.0 | 31200 | 0.00 | 0 | 0 | 17576000000 |
| 5 - LOWER RIB | 14.0 | 150.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| 1 - LOWER FLANGE | 2432.0 | 28.0 | 68096 | -1314.00 | -89478144 | 117574281216 | 4448939 |
| 강단면 합계 | | | 215392 | | -5145000 | 260359062432 | 35192397877 |
| UPPER RE-BAR | - | - | 3773.40 | 1550.00 | 5848770 | 9065593500 | - |
| LOWER RE-BAR | - | - | 6752.40 | 1400.00 | 9453360 | 13234704000 | - |
| RE-BAR 합계 | | | 10526 | | 15302130 | 22300297500 | - |
| 1 - RC SLAB | 5145.0 | 250.0 | 1286250 | 1475.00 | 1897218750 | 2798397656250 | 6699218750 |

* As = 215392 mm² , Ac = 1286250 mm² , Ar = 10526 mm²

2) 응 력 검 토




(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 260359062432 + 35192397877 = 295551460309 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -5145000 / 215392 = -23.887 mm

Is = Is' - As · δs² = 295551460309 - 215392 × -23.887² = 295428563335 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 28.0 - -23.887 = 1351.887 mm

Ysl = Ysu - ( H + Tu + Tl ) = 1351.887 - 2656.000 = -1304.113 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6601536.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = **-82.605** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **79.686** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 30.733 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 225918 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1477.660 mm

dr = d·As / (As + Ar) = 1408.814 mm

ds = d - dr = 68.846 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl)·Arl/Ar = 1505.041 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1355.041 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1283.041 mm

Yvsl = Yvsu - ( H + Tu + Tl ) = -1372.959 mm

Irv = Is + As·ds² + Ar·dr² = 317340634169 mm⁴

Fv = b·hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw)·(H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6640786.0 mm²

fvru = Msc·Yvru/Irv = **-23.575** MPa

fvrl = Msc·Yvrl/Irv = **-21.225** MPa

fvsu = Msc·Yvsu/Irv = **-20.097** MPa

fvsl = Msc·Yvsl/Irv = **21.506** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2·Fv·Tw) = 8.541 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv·Yvru/Irv = **-48.813** MPa

fvrl = Mv·Yvrl/Irv = **-43.948** MPa

fvsu = Mv·Yvsu/Irv = **-41.613** MPa

fvsl = Mv·Yvsl/Irv = **44.529** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2·Fv·Tw) = 22.097 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 376173.250 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1498.887 mm

dvc = dv·As / (Ac/n + As) = 858.243 mm

dvs = dv - dvc = 640.643 mm

n1 = n·( 1 + φ1 / 2 ) = 8 × ( 1 + 2.0 / 2 ) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 295782.625 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv·As / (Ac/n1 + As) = 1091.505 mm K = -0.197

ds1 = dv - dc1 = 407.382 mm

Icv = Is + Ic/n + As·dvs² + Ac/n·dvc² = 503096503584.7 mm⁴

Nc = Msc·dvc·Ac/(n·Icv) = -1363383 N

Pφ = Nc·2·φ1 / (2+φ1) = -1363383 N

Mφ = Pφ·dc1 = -1488139319 N·mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2 ) = 13351 MPa

fvru1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvru/Irv = **-4.644** MPa

fvrl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvrl/Irv = **-4.783** MPa

fvsu1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsu / Irv = **-4.850** MPa

fvsl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsl / Irv = **-7.303** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · ( 1 + ϕ2 / 2 ) = 8 × ( 1 + 4.0 / 2 ) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 268985.750 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1200.243 mm

ds2 = dv - dc2 = 298.644 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2025844 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2431504302 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = **6.695** MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = **6.922** MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = **7.031** MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = **11.040** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4051688 N

Mvt = P1 · dvc = 3477333958 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = **-10.515** MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = **-10.191** MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = **15.165** MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = **20.898** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 61.371 MPa < υa = 110 MPa **O.K!!!**

(8) 조합응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.4.2.1 )

i = 0.65(ϕ/n)$^2$ + 0.13(ϕ/n) + 1.0

= 0.650 × ( 0.0 / 6 )$^2$ + 0.130 × ( 0.0 / 6 ) + 1.0 = 1.000

∵ ϕ = ($f_1$ - $f_2$ )/$f_1$ ≒ 0

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

$f_1$ ,$f_2$ : 보강된 판의 양연의 응력

(단,$f_1$ ≥ $f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

fta = 190.0 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 ( b / (tl · i · n)- 24 ) = 225.564

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b = 993.485 MPa

사용 tl = 28.0 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* RE-BAR의 허용응력 ( ☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7 )

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa ( SD400 사용 )

| 하중조합 | RE-BAR | | | STEEL | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 작용응력(MPa) | | 허용응력 | 작용응력(MPa) | | 허용응력(MPa) | |
| | 상 연 | 하 연 | (MPa) | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 |
| 1 | | | 160.000 | -82.605 | 79.686 | 190.000 | 190.000 |
| 1+2+3 | -72.388 | -65.173 | 160.000 | -144.315 | 145.721 | 190.000 | 190.000 |
| 1+2+3+4 | -77.032 | -69.956 | 160.000 | -149.165 | 138.418 | 190.000 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5 | -70.337 | -63.034 | 160.000 | -142.134 | 149.457 | 190.000 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5+6 | -80.851 | -73.225 | 184.000 | -126.970 | 170.355 | 218.500 | 218.500 |
| 1+2+3+4+5-6 | -59.822 | -52.844 | 184.000 | -157.299 | 128.559 | 218.500 | 218.500 |

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.8.2.4 )

( 상 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-149.165}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{61.371}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.616 + 0.311 = 0.928 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

( 하 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{149.457}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{61.371}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.619 + 0.311 = 0.930 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.8.3.1 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 28 mm **O.K!!!**

tmin = 10 mm ≤ t = 28 mm O.K. ( 합성형 스터드 설치 )

압축(하부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 28 mm **O.K!!!**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / ( 49 × 1.00 × 6 ) = 8.5 mm ≤ t = 28 mm **O.K!!!**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 ( ☞ 도.설.기 3.8.4 )

합성전 tmin = b / ( 219 × 1.200 ) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √( 190.0 / 79.686 ) = 1.544 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / ( 219 × 1.056 ) = 11.2 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √( 190.0 / 170.355 ) = 1.056 < 1.2 ⇒ 1.056

(11) 항복에 대한 안전도 검사 ( ☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2 )

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -23.575 MPa

합성후 활하중 응력 = -72.388 - -23.575 = -48.813 MPa

Σf = 1.3 ×-23.575 + 2.15 ×-48.813 + (-4.644) + (6.695) + (-10.515)

= -144.059 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-23.575 + 2.15 ×-48.813 + (-10.515)

= -146.110 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -82.605 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -20.097 MPa

합성후 활하중 응력 = -144.315 - -82.605 - -20.097 = -41.613 MPa

Σf = 1.3 × (-82.605 + -20.097) + 2.15 × -41.613 + (-4.85) + (7.031) + (-15.165)

= -235.965 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-82.605 + -20.097) + 2.15 × -41.613 + (-15.165)

= -238.145 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 79.686 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 21.506 MPa

합성후 활하중 응력 = 145.721 - 79.686 - 21.506 = 44.529 MPa

Σf = 1.3 × (79.686 + 21.506) + 2.15 × 44.529 + (-7.303) + (11.04) + (20.898)

= 251.921 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (79.686 + 21.506) + 2.15 × 44.529 + (20.898)

= 248.185 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

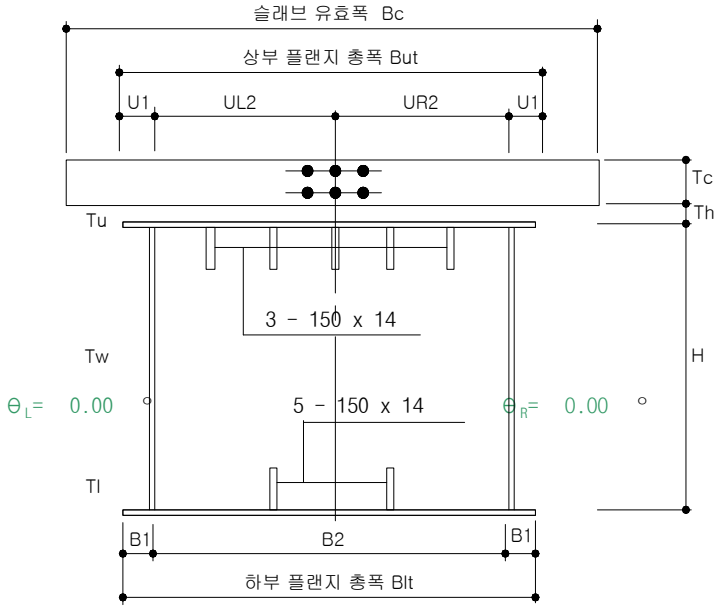
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

| 구분 | | 작용응력 | 항복응력 | 검토결과 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 바닥판 콘크리트 | 크리프, 건조수축 포함시 | -144.059 | 400.000 | O.K!!! | 2.77 |
| | 크리프,건조수축제외시 | -146.110 | 400.000 | O.K!!! | 2.73 |
| 상부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | -235.965 | 315.000 | O.K!!! | 1.33 |
| | 크리프,건조수축제외시 | -238.145 | 315.000 | O.K!!! | 1.32 |
| 하부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | 251.921 | 315.000 | O.K!!! | 1.25 |
| | 크리프,건조수축제외시 | 248.185 | 315.000 | O.K!!! | 1.26 |

## 5-10. 2경간 최대 부모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490




H = 2.600 m

Bc = 5.145 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.432 , Ble= 2.432 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.028 m

Tl = 0.028 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

| 구 분 | 단 위 | 입력 DATA |
|---|---|---|
| Es : 강의 탄성계수 | MPa | 210000 |
| Ec : 콘크리트의 탄성계수 | MPa | 26702 |
| εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율 | | 0.00018 |
| α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수 | | 0.000012 |
| φ2: 건조수축에의한 크리이프계수 | | 4 |
| n : 강과 콘크리트의 탄성계수비 | | 8 |
| t : 강과 콘크리트의 온도차 | ℃ | 10 |
| Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | -18051.719 |
| Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트 | kN·m | -4970.766 |
| Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트 | kN·m | -10292.323 |
| Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력 | kN | -1581.203 |
| Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력 | kN | -438.662 |
| Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력 | kN | -1016.853 |
| Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | -0.357 |
| Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트 | kN·m | -7.822 |
| Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트 | kN·m | -753.240 |
| tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께 | mm | 50 , 50 |

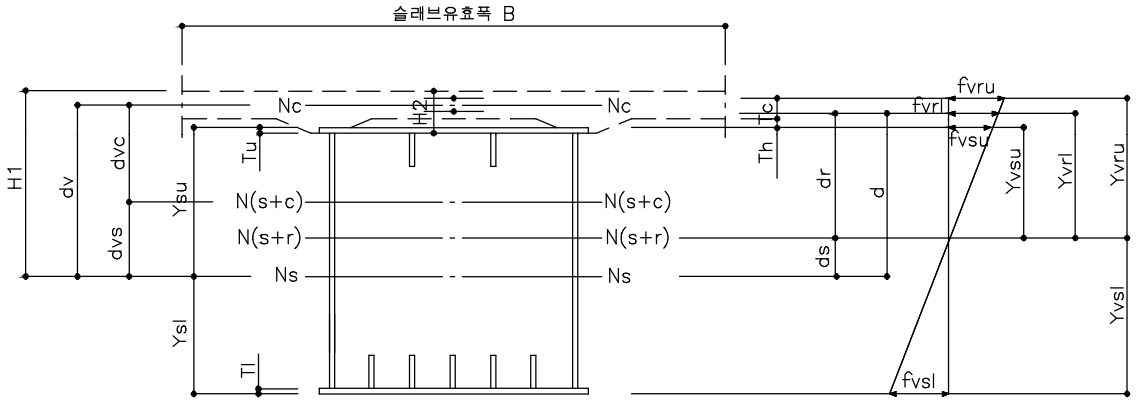
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

| 단 면 | B(mm) | H(mm) | A(mm² ) | Y(mm) | A*Y( mm³ ) | A*Y2( mm⁴ ) | Ix( mm⁴ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 - UPPER FLANGE | 2432.0 | 28.0 | 68096 | 1314.00 | 89478144 | 117574281216 | 4448939 |
| 3 - UPPER RIB | 14.0 | 150.0 | 6300 | 1225.00 | 7717500 | 9453937500 | 11812500 |
| 1 - L_WEB | 12.0 | 2600.0 | 31200 | 0.00 | 0 | 0 | 17576000000 |
| 1 - R_WEB | 12.0 | 2600.0 | 31200 | 0.00 | 0 | 0 | 17576000000 |
| 5 - LOWER RIB | 14.0 | 150.0 | 10500 | -1225.00 | -12862500 | 15756562500 | 19687500 |
| 1 - LOWER FLANGE | 2432.0 | 28.0 | 68096 | -1314.00 | -89478144 | 117574281216 | 4448939 |
| 강단면 합계 | | | 215392 | | -5145000 | 260359062432 | 35192397877 |
| UPPER RE-BAR | - | - | 3773.40 | 1550.00 | 5848770 | 9065593500 | - |
| LOWER RE-BAR | - | - | 6752.40 | 1400.00 | 9453360 | 13234704000 | - |
| RE-BAR 합계 | | | 10526 | | 15302130 | 22300297500 | - |
| 1 - RC SLAB | 5145.0 | 250.0 | 1286250 | 1475.00 | 1897218750 | 2798397656250 | 6699218750 |

* As = 215392 mm² , Ac = 1286250 mm² , Ar = 10526 mm²

2) 응 력 검 토




(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 260359062432 + 35192397877 = 295551460309 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -5145000 / 215392 = -23.887 mm

Is = Is' - As · δs² = 295551460309 - 215392 × -23.887² = 295428563335 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 28.0 - -23.887 = 1351.887 mm

Ysl = Ysu - ( H + Tu + Tl ) = 1351.887 - 2656.000 = -1304.113 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6601536.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = **-82.605** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **79.686** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 25.342 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 225918 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1477.660 mm

dr = d·As / (As + Ar) = 1408.814 mm

ds = d - dr = 68.846 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl)·Arl/Ar = 1505.041 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1355.041 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1283.041 mm

Yvsl = Yvsu - ( H + Tu + Tl ) = -1372.959 mm

Irv = Is + As·ds² + Ar·dr² = 317340634169 mm⁴

Fv = b·hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw)·(H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6640786.0 mm²

fvru = Msc·Yvru/Irv = **-23.575** MPa

fvrl = Msc·Yvrl/Irv = **-21.225** MPa

fvsu = Msc·Yvsu/Irv = **-20.097** MPa

fvsl = Msc·Yvsl/Irv = **21.506** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2·Fv·Tw) = 7.079 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv·Yvru/Irv = **-48.813** MPa

fvrl = Mv·Yvrl/Irv = **-43.948** MPa

fvsu = Mv·Yvsu/Irv = **-41.613** MPa

fvsl = Mv·Yvsl/Irv = **44.529** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2·Fv·Tw) = 21.022 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 376173.250 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1498.887 mm

dvc = dv·As / (Ac/n + As) = 858.243 mm

dvs = dv - dvc = 640.643 mm

n1 = n·( 1 + φ1 / 2 ) = 8 × ( 1 + 2.0 / 2 ) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 295782.625 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv·As / (Ac/n1 + As) = 1091.505 mm K = -0.197

ds1 = dv - dc1 = 407.382 mm

Icv = Is + Ic/n + As·dvs² + Ac/n·dvc² = 503096503584.7 mm⁴

Nc = Msc·dvc·Ac/(n·Icv) = -1363383 N

Pφ = Nc·2·φ1 / (2+φ1) = -1363383 N

Mφ = Pφ·dc1 = -1488139319 N·mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2 ) = 13351 MPa

fvru1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvru/Irv = **-4.644** MPa

fvrl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvrl/Irv = **-4.783** MPa

fvsu1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsu / Irv = **-4.850** MPa

fvsl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsl / Irv = **-7.303** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · ( 1 + ϕ2 / 2 ) = 8 × ( 1 + 4.0 / 2 ) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 268985.750 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1200.243 mm

ds2 = dv - dc2 = 298.644 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2025844 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2431504302 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = **6.695** MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = **6.922** MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = **7.031** MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = **11.040** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4051688 N

Mvt = P1 · dvc = 3477333958 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = **-10.515** MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = **-10.191** MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = **15.165** MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = **20.898** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 53.443 MPa < υa = 110 MPa **O.K!!!**

(8) 조합응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.4.2.1 )

i = 0.65(ϕ/n)$^2$ + 0.13(ϕ/n) + 1.0

= 0.650 × ( 0.0 / 6 )$^2$ + 0.130 × ( 0.0 / 6 ) + 1.0 = 1.000

∵ ϕ = ($f_1$ - $f_2$ )/$f_1$ ≒ 0

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

$f_1$ ,$f_2$ : 보강된 판의 양연의 응력

(단,$f_1$ ≥ $f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

fta = 190.0 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 ( SM490 사용 )

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 ( b / (tl · i · n)- 24 ) = 225.564

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b = 993.485 MPa

사용 tl = 28.0 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* RE-BAR의 허용응력 ( ☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7 )

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa ( SD400 사용 )

| 하중조합 | RE-BAR | | | STEEL | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 작용응력(MPa) | | 허용응력 | 작용응력(MPa) | | 허용응력(MPa) | |
| | 상 연 | 하 연 | (MPa) | 상 연 | 하 연 | 상 연 | 하 연 |
| 1 | | | 160.000 | -82.605 | 79.686 | 190.000 | 190.000 |
| 1+2+3 | -72.388 | -65.173 | 160.000 | -144.315 | 145.721 | 190.000 | 190.000 |
| 1+2+3+4 | -77.032 | -69.956 | 160.000 | -149.165 | 138.418 | 190.000 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5 | -70.337 | -63.034 | 160.000 | -142.134 | 149.457 | 190.000 | 190.000 |
| 1+2+3+4+5+6 | -80.851 | -73.225 | 184.000 | -126.970 | 170.355 | 218.500 | 218.500 |
| 1+2+3+4+5-6 | -59.822 | -52.844 | 184.000 | -157.299 | 128.559 | 218.500 | 218.500 |

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 ( ☞ 도.설 3.8.2.4 )

( 상 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-149.165}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{53.443}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.616 + 0.236 = 0.852 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

( 하 연 )

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{149.457}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{53.443}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.619 + 0.236 = 0.855 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.8.3.1 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 28 mm **O.K!!!**

tmin = 10 mm ≤ t = 28 mm O.K. ( 합성형 스터드 설치 )

압축(하부)플랜지 ( ☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6 )

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 28 mm **O.K!!!**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / ( 49 × 1.00 × 6 ) = 8.5 mm ≤ t = 28 mm **O.K!!!**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 ( ☞ 도.설.기 3.8.4 )

합성전 tmin = b / ( 219 × 1.200 ) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √( 190.0 / 79.686 ) = 1.544 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / ( 219 × 1.056 ) = 11.2 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √( 190.0 / 170.355 ) = 1.056 < 1.2 ⇒ 1.056

(11) 항복에 대한 안전도 검사 ( ☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2 )

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -23.575 MPa

합성후 활하중 응력 = -72.388 - -23.575 = -48.813 MPa

Σf = 1.3 ×-23.575 + 2.15 ×-48.813 + (-4.644) + (6.695) + (-10.515)

= -144.059 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-23.575 + 2.15 ×-48.813 + (-10.515)

= -146.110 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -82.605 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -20.097 MPa

합성후 활하중 응력 = -144.315 - -82.605 - -20.097 = -41.613 MPa

Σf = 1.3 × (-82.605 + -20.097) + 2.15 × -41.613 + (-4.85) + (7.031) + (-15.165)

= -235.965 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-82.605 + -20.097) + 2.15 × -41.613 + (-15.165)

= -238.145 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 79.686 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 21.506 MPa

합성후 활하중 응력 = 145.721 - 79.686 - 21.506 = 44.529 MPa

Σf = 1.3 × (79.686 + 21.506) + 2.15 × 44.529 + (-7.303) + (11.04) + (20.898)

= 251.921 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (79.686 + 21.506) + 2.15 × 44.529 + (20.898)

= 248.185 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

| 구분 | | 작용응력 | 항복응력 | 검토결과 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 바닥판 콘크리트 | 크리프, 건조수축 포함시 | -144.059 | 400.000 | O.K!!! | 2.77 |
| | 크리프,건조수축제외시 | -146.110 | 400.000 | O.K!!! | 2.73 |
| 상부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | -235.965 | 315.000 | O.K!!! | 1.33 |
| | 크리프,건조수축제외시 | -238.145 | 315.000 | O.K!!! | 1.32 |
| 하부플랜지 | 크리프, 건조수축 포함시 | 251.921 | 315.000 | O.K!!! | 1.25 |
| | 크리프,건조수축제외시 | 248.185 | 315.000 | O.K!!! | 1.26 |

## 6. 받침용량 검토

| 구분 | | 고정하중 | 활하중 | | 지점침하 | | 거더 평균 | | 받침용량 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | MAX | MIN | MAX | MIN | MAX | MIN | |
| A1 | SH1 | 1607.626 | 595.499 | -63.227 | 20.965 | -20.965 | 2266.643 | 1497.133 | 3500 |
| | SH2 | 1554.579 | 733.659 | -62.787 | 20.957 | -20.960 | | | 3500 |
| P1 | SH1 | 4350.462 | 630.210 | -107.269 | 65.577 | -62.575 | 5190.916 | 4245.996 | 7500 |
| | SH2 | 4487.793 | 785.238 | -113.868 | 62.552 | -62.552 | | | 8000 |
| P2 | SH1 | 4350.462 | 630.210 | -107.269 | 62.577 | -62.577 | 5189.417 | 4245.996 | 7500 |
| | SH2 | 4487.793 | 785.239 | -113.868 | 62.552 | -62.550 | | | 8000 |
| P3 | SH1 | 1554.579 | 595.499 | -63.227 | 20.965 | -20.963 | 2266.643 | 1497.135 | 3500 |
| | SH2 | 1607.626 | 733.659 | -62.787 | 20.957 | -20.958 | | | 3500 |

## 7. 현장이음부 검토

### 7.1 현장이음의 설계

#### 1) SPLICE - 2 [G2]

(강종 : SM490 ) ( ☞ 도.설.해 3.3.2.1 )

| 휨 모멘트(kN·m) | | 전 단 력(kN) | | 총비틀림 모멘트 $M_t$(kN·m) | 상부FL. 응력 $f_u$(MPa) | 하부FL. 응력 $f_l$(MPa) | 허용휨 인장응력 $f_{sa}$(MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 합성전 $M_s$ | 합성후 $M_v$ | 합성전 $V_s$ | 합성후 $V_v$ | | | | |
| 13,375.34 | 3,533.50 | 79.338 | 20.904 | 356.017 | 80.00 | -70.18 | 190.00 |

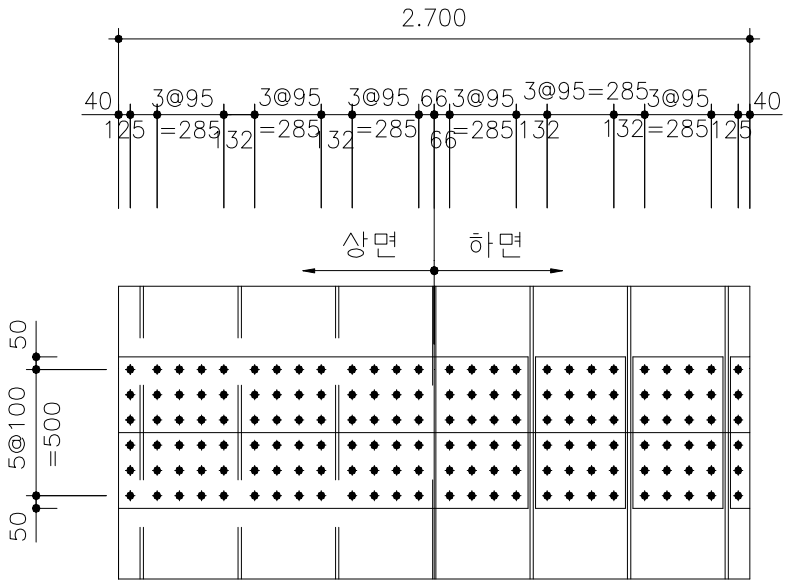
사용BOLT : H.T.B ( M22 F 10T ) $\rho_{sa}$ = 48,000 × 2 면 = 96,000 N (☞도.설.해3.3.2.3)

(1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지) ( ☞ 도.설.해 3.5.3.6 )

- 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. ( ☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2 )

$f_s$ = 79.997 MPa

$f_{s(min)}$ = 0.75 × 190.0 = 142.5 MPa ∴ 이음부의 설계응력 ( $fu$ ) $f_s'$ = 142.5 MPa 적용




모재두께 = 10 mm

모재길이 = 2,700 mm

① 필요 BOLT수의 결정

$n_{req}$ = $A_s$ × $f_s'$ / $\rho_{sa}$ = 27,000.0 × 142.5 / 96,000.0 = 41ea ⇒ $n_t$ = **78ea ...O.K !!**

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$A_{req}$ = $A_s$ × $f_s'$ / $f_{sa}$ = 27,000.0 × 142.5 / 190.0 = 20,250.0 mm²

- 사용 이음판 전단면적 ($A_{use}$)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 PL - | 2,700 | × | 10.0 | × | 600 | = 27,000.0 |
| 6 PL - | 385 | × | 10.0 | × | 600 | = 23,100.0 |
| 2 PL - | 80 | × | 10.0 | × | 600 | = 1,600.0 |

∑ = **51,700.0** mm² ≥ $A_{req}$ **...O.K !!**

- 이음판의 응력

$f_s$ = $A_s$×$f_s'$ / $A_{use}$ = 27,000.0 × 142.5 / 51,700.0 = **74.4** MPa ≤ $f_{sa}$ **...O.K !!**

③ BOLT의 응력검토 ( ☞ 도.설.해 3.5.3.5 )

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$\rho_n$ = $P$ / $n_t$ = 27,000.0 × 142.5 / 78.0 = **49,326.9** N/ea ≤ $\rho_{sa}$ **O.K !!**

• 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

$Q_s, Q_v$ : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

$Q_s$ = 2,700.0 × 10.0 × ( 1,415.2 - 5.0 ) = 3.808E+07 mm$^3$

$Q_v$ = 2,700.0 × 10.0 × ( 618.7 - 5.0 ) = 1.657E+07 mm$^3$

$I_s$ = 2.350E+11 mm$^4$ (합성전 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)

$I_v$ = 4.624E+11 mm$^4$ (합성후 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)

$p$ = 플랜지 전폭 / 횡방향 BOLT수 = 2,700.0 / 26ea = 103.8 mm (볼트의 피치)

$n$ = 3ea (접합선에 직각방향의 볼트의 수)

$\rho_h = (V_s \cdot Q_s / I_s + V_v \cdot Q_v / I_v) \times p/n$

= (79.3×38,076,318.0/234,951,039,018.0 + 20.9

×16,569,900.0/462,448,199,036.0)×(103.8/3.0) = 471.0 N/ea

• 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

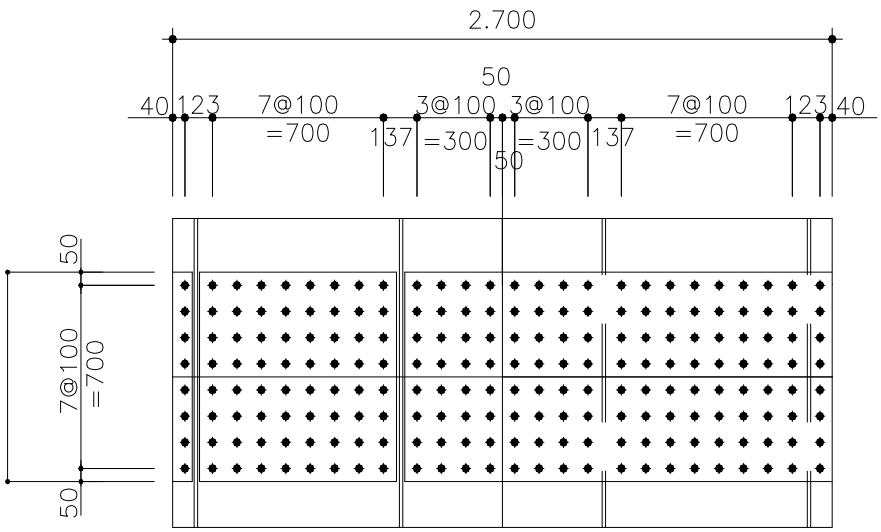
$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 2.433E+09 + 2.218E+05 = **49,329.2** N/ea ≤ $\rho_{sa}$ **...O.K !!**

(2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지) ( ☞ 도.설.해 3.5.3.6 )

• 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. ( ☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2 )

$f_s$ = 70.179 MPa

$f_s'$ = 0.75 × 190.0 = 142.5 MPa ∴ 이음부의 설계응력 ( $fl$ ) = 142.5 MPa 적용




모재두께 = 14 mm

모재길이 = 2,700 mm

① 필요 BOLT수의 결정

$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa}$ = 37,800.0 × 142.5 / 96,000.0 = 57ea ⇒ $n_t$ = **104ea** **...O.K !!**

② 이음판의 결정

• 필요 단면적 산정

$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa}$ = 37,800.0 × 142.5 / 190.0 = 28,350.0 mm$^2$

• 사용 이음판 전단면적 $A_{use}$

1 PL - 2,700 × 14.0 × 800 = 37,800.0

3 PL - 800 × 14.0 × 800 = 33,600.0

2 PL - 80 × 14.0 × 800 = 2,240.0

Σ = **73,640.0** mm$^2$

• 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제) ( ☞ 도.설.해 3.5.3.7 )

$A_n$ = 73,640.0 - 25.0 × 14.0 × 26.0열 × 4ea = **37,240.0** ㎟ ≥ $A_{req}$ **...O.K !!**

• 이음판의 응력

$f_s$ = $A_s \times f_s' / A_n$ = 37,800.0 × 142.5 / 37,240.0 = **144.6** MPa ≤ $f_{sa}$ **...O.K !!**

③ BOLT의 응력검토 ( ☞ 도.설.해 3.5.3.5 )

• 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$\rho_p$ = $P / n_t$ = 37,800.0 × 142.5 / 104.0 = **51,793.3** N/ea ≤ $\rho_{sa}$ **...O.K !!**

• 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

$Q_s, Q_v$ : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

$Q_s$ = 2,700.0 × 14.0 × ( 1,208.8 - 7.0 ) = 4.543E+07 ㎣

$Q_v$ = 2,700.0 × 14.0 × ( 2,005.3 - 7.0 ) = 7.554E+07 ㎣

$I_s$ = 2.350E+11 ㎟ (합성전 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)

$I_v$ = 4.624E+11 ㎟ (합성후 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)

$p$ = 플랜지전폭/횡방향1열BOLT수 = 2,700.0 / 26ea = 103.8 ㎜ (볼트의 피치)

$n$ = 4ea (접합선에 직각방향의 볼트의 수)

$\rho_h$ = $(V_s \cdot Q_s / I_s + V_v \cdot Q_v / I_v) \times p/n$

= (79.3×45,426,754.8/234,951,039,018.0 + 20.9

×75,535,740.0/462,448,199,036.0)×(103.8/4.0) = 486.9 N/ea

• 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$\rho$ = $\sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 2.683E+09 + 2.371E+05 = **51,795.6** N/ea ≤ $\rho_{sa}$ **...O.K !!**

④ 모재의 응력검토

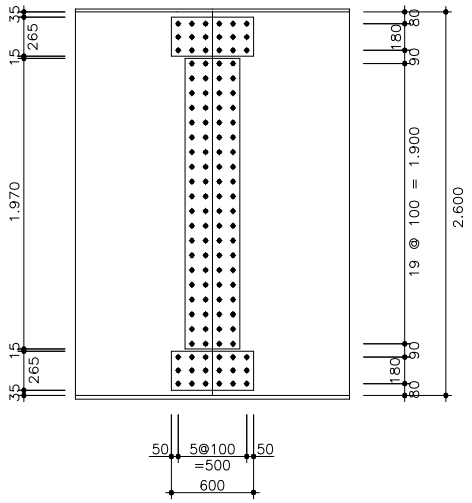
$A_{sn}$ = 14.0 × ( 2,700.0 - 25.0 × 26.0 ) = 28,700.0 ㎟

$fl$ = $A_s \times f_s' / A_{sn}$ = 37,800.0 × 142.5 / 28,700.0 = **187.7** MPa ≤ $f_{sa}$ **...O.K !!**

(3) WEB 연결부의 계산 : (좌측 WEB)

① BOLT의 응력계산

• 휨에 의한 BOLT의 응력




Box 평균 높이 = 2,600 mm

Box 계산 높이 = 2,600 mm

WEB 두께 = 10 mm

중립축에서 연단까지 거리 $h_o$ = 1,300 mm

$f_1 = fu$ = 142.50 MPa

$f_2 = f_1 \cdot (h_o -$ 125 $) / h_o$ = 128.80 MPa

$f_3 = f_1 \cdot (h_o -$ 215 $) / h_o$ = 118.93 MPa

$f_4 = f_1 \cdot (h_o -$ 305 $) / h_o$ = 109.07 MPa

$f_5 = f_1 \cdot (h_o -$ 400 $) / h_o$ = 98.65 MPa

$f_6 = f_1 \cdot (h_o -$ 500 $) / h_o$ = 87.69 MPa

제1열 $\rho_p$ = (142.500 + 128.798) / 2 × 125.0 × 10.0 / 3ea = **56,520.4** N/ea ≤ $\rho_{sa}$ ..... **O.K !!**

제2열 $\rho_p$ = (128.798 + 118.933) / 2 × 90.0 × 10.0 / 3ea = **37,159.6** N/ea ≤ $\rho_{sa}$ ..... **O.K !!**

제3열 $\rho_p$ = (118.933 + 109.067) / 2 × 90.0 × 10.0 / 3ea = **34,200.0** N/ea ≤ $\rho_{sa}$ ..... **O.K !!**

제4열 $\rho_p$ = (109.067 + 98.654) / 2 × 95.0 × 10.0 / 2ea = **49,333.8** N/ea ≤ $\rho_{sa}$ ..... **O.K !!**

제5열 $\rho_p$ = (98.654 + 87.692) / 2 × 100.0 × 10.0 / 2ea = **46,586.5** N/ea ≤ $\rho_{sa}$ ..... **O.K !!**

$\sum y_i^2$ = 3열 x 3846900 x 2 + 2열 x 3275250 x 2 = **36,182,400** ㎟

$M_w$ = ( $f_s$ x $t_w$ x $h_w^2$ ) / 6 = ( 142.5 x 10 x 2600 ^2 ) / 6 = 1,605,500,000 Nmm = 1,605,500 kNmm

$\rho_p$ = ( Mw / $\sum y_i^2$ ) x $y_n$ = ( 1605500 / 36182400 ) x 1300 = 57.684 kN < 96.000 kN **O.K!!!**

• 전단력에 의한 BOLT의 응력 ( ☞ 도.설.해 3.8.2.3 )

∵ 전단응력 υ = $V$ / $A_w$ + $M_t$ / (2·$F$·$t_w$) [ 비틀림 모멘트 고려시 ]

- 한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : ($V_s$ + $V_v$) / 2 = (79.3 + 20.9)/2 = 50,121.0 N

- 비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $M_t$ / (2·$b$) = 356.0 / (2×600) = 296,680.8 N

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$\rho_s$ = ( 50,121.0 + 296,680.8 ) / 58ea = **5,979.3** N/ea ≤ $\rho_{sa}$ **...O.K !!**

• 합성 응력의 검토

$\rho$ = $\sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)}$ = $\sqrt{(}$ 56,520.4² + 5,979.3² ) = **56,835.8** N/ea ≤ $\rho_{sa}$ **...O.K !!**

② 이음판의 응력계산

• 복부판의 단면2차 모멘트

- 합성전 단면2차 모멘트

$I_{sw}'$ = ( 10.0 × 2,600.0³ ) / 12 + 10.0 × 2,600.0 × ( 1,300.0 - 1,208.8 )² = 1.486E+10 mm⁴

- 합성후 단면2차 모멘트

$I_{vw}'$ = ( 10.0 × 2,600.0³ ) / 12 + 10.0 × 2,600.0 × ( 2,005.3 - 1,300.0 )² = 2.758E+10 mm⁴

• 복부판에 작용하는 모멘트

- 복부에 작용하는 합성전 고정하중에 의한 모멘트

$M_{sw}$ = $M_s$ × $I_{sw}'$ / $I_s$ = 13,375.3 × 14,863,081,378.3 × 234,951,039,018.0 = 846.1 kN·m

- 복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트

$M_{vw}$ = $M_v$ × $I_{vw}'$ / $I_v$ = 3,533.5 × 27,580,317,006.7 × 462,448,199,036.0 = 210.7 kN·m

• 복부 이음판의 단면2차모멘트

| 규 격 | $A_s$(mm²) | $Y$(mm) | $A_s \cdot Y$(mm³) | $A_s \cdot Y^2$(mm⁴) | $I_{xo}$(mm⁴) |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 - 270.0 × 10.0 | 10,800.0 | 1,265.0 | 1.366E+07 | 1.728E+10 | 6.561E+07 |
| 2 - 1,980.0 × 10.0 | 39,600.0 | - | - | - | 1.294E+10 |
| 합 계 | 50,400.0 | 1,265.0 | 1.366E+07 | 1.728E+10 | 1.300E+10 |

$I$ = $I_o$ + $AY^2$ = 13,002,930,000.0 + 17,282,430,000.0 = 3.029E+10 mm⁴

- 합성전 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

$I_{sw}$ = 30,285,360,000.0 + 50,400.0 × (1,300.0 - 1,208.8)² = 3.070E+10 mm⁴

- 합성후 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

$I_{vw}$ = 30,285,360,000.0 + 50,400.0 × (2,005.3 - 1,300.0)² = 5.536E+10 mm⁴

• 이음판의 응력 검토

- 합성전 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

$y_{su}$ = 1,415.2 mm $y_{sl}$ = 1,208.8 mm

- 합성후 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

$y_{su,v}$ = 618.7 mm $y_{sl,v}$ = 2,005.3 mm

- 이음판의 상연 응력 검토

$f_u$ = ($M_{sw} \cdot y_{su}$)/$I_{sw}$ + ($M_{vw} \cdot y_{su,v}$)/$I_{vw}$

= (846.1 × 1,415.2) / 30,704,871,594.9 + (210.7 × 618.7) / 55,356,743,736.0

= 38.999 + 2.355 = 41.355 MPa ≤ $f_{sa}$ = 190.000 MPa **...O.K !!**

- 이음판의 하연 응력 검토

$f_l$ = ($M_{sw} \cdot y_{sl}$)/$I_{sw}$ + ($M_{vw} \cdot y_{sl,v}$)/$I_{vw}$

= (846.1 × 1,208.8) / 30,704,871,594.9 + (210.7 × 2,005.3) / 55,356,743,736.0

= 33.310 + 7.634 = 40.944 MPa ≤ $f_{sa}$ = 190.000 MPa **...O.K !!**

## 8. 피로검토 ( ☞ 도.설 3.3.4.1 )

가) 응력반복횟수

| 부재 및 하중구분 / 도로의 종류 | 종방향 주부재 | | 횡방향 부재 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| | 트럭하중 | 차선하중 | 트럭하중 | |
| 고속도로,국도 주간선 도로 | 2 백만 | 50 만 | 2 백만 이상 | |
| 기 타 도 로 | 10 만 | 10 만 | 50 만 | |

나) 허용응력 범위 fsr ( MPa )

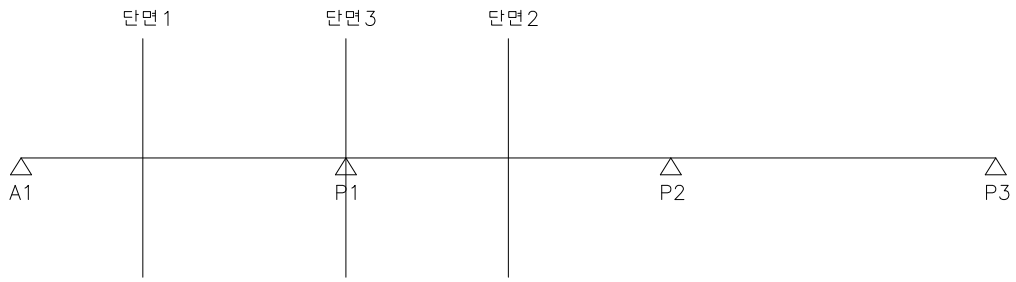
| 응 력 범 주 | 다재하 경로구조 | | | | 단재하 경로구조 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10 만회 | 50 만회 | 200 만회 | 200 만회이상 | 10 만회 | 50 만회 | 200 만회 | 200 만회이상 |
| A | 442 | 260 | 168 | 168 | 351 | 203 | 168 | 168 |
| B | 344 | 203 | 126 | 112 | 274 | 161 | 112 | 112 |
| B' | 274 | 161 | 101 | 84 | 218 | 126 | 77 | 77 |
| C | 250 | 147 | 91 | 70 | 196 | 112 | 70 | 63 |
| | | | | 84* | | | 84* | 77* |
| D | 196 | 112 | 70 | 49 | 154 | 91 | 56 | 35 |
| E | 154 | 91 | 56 | 31 | 119 | 70 | 42 | 16 |
| E' | 112 | 64 | 40 | 18 | 84 | 49 | 28 | 9 |
| F | 105 | 84 | 63 | 56 | 84 | 63 | 49 | 42 |

주 : * 는 거더 복부판과 플랜지의 수직보강재 용접의 경우

다) 피로조사위치 및 응력범주의 설정

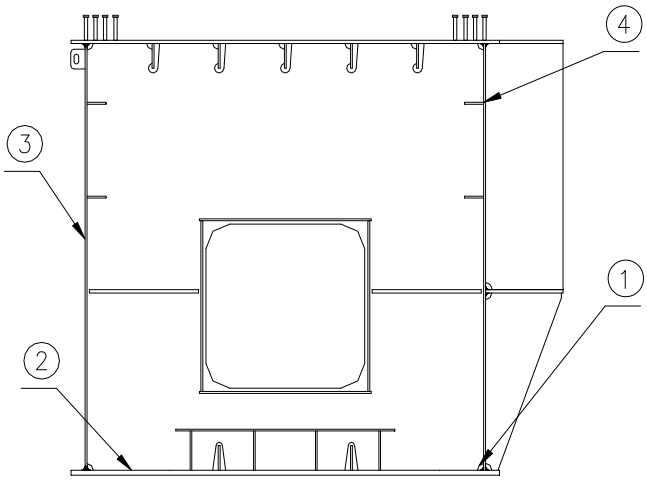
활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여 피로검토를 수행 한다.

- 피로조사 단면위치



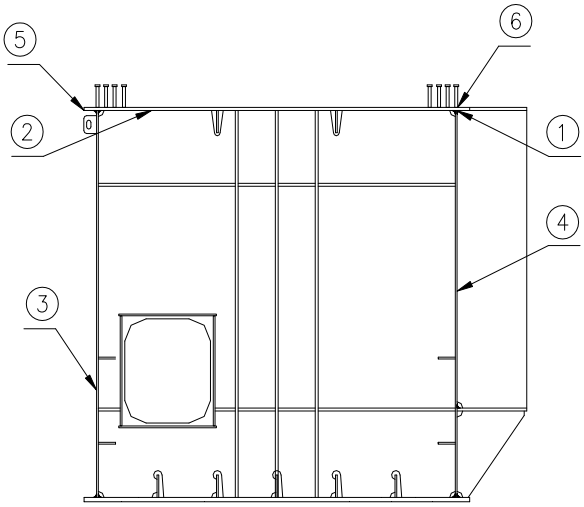

본 교량은 고속도로 에 속하는 다재하경로구조로서 트럭하중 2백만회 와 차선하중 50만회 에 대하여 검토 하는 것으로 한다.

단면 I, II




| 구분 | 상 세 | 응 력 범 주 | fsr ( MPa ) | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | DB 하중 | DL 하중 | |
| ① | 플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부 | B | 126 | 203 | |
| ② | 인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부 | C | 91 | 147 | |
| ③ | 복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분 | E | 56 | 91 | |
| ④ | 수평보강재 용접 끝부분 | E | 56 | 91 | |

단면 III




| 구분 | 상 세 | 응 력 범 주 | fsr ( MPa ) | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | DB 하중 | DL 하중 | |
| ① | 플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부 | B | 126 | 203 | |
| | | F | 63 | 84 | 전단피로검토 |
| ② | 인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부 | C | 91 | 147 | |
| ③ | 복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분 | E | 56 | 91 | |
| ④ | 수평보강재 용접 끝부분 | E | 56 | 91 | |
| ⑤ | 인장측 플랜지에 부착된 가로보 거셋판 용접 끝부분 | E | 56 | 91 | |
| ⑥ | 스터드에 인접한 인장측 플랜지부 | C | 91 | 147 | |

라) 설계피로응력

· 휨모멘트에 대한 피로검토

$$\Delta f = \frac{\Delta M}{Iv}\, y$$

여기서, Δf: 설계피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

ΔM = Mmax - Mmin (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

Iv : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

y : 합성후 단면 도심으로부터의 거리

단면 I

| 구분 | ΔM ( kN·m ) | | Iv ($mm^4$) | y (mm) | Δf ( MPa ) | | 응력 범주 | fsr ( MPa ) | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DB 하중 | DL 하중 | | | DB 하중 | DL 하중 | | DB 하중 | DL 하중 | |
| ① | 8112.688 | 9381.596 | 4.624E+11 | 2029 | 35.600 | 41.168 | B | 126 | 203 | O.K. |
| ② | | | | 2029 | 35.600 | 41.168 | C | 91 | 147 | O.K. |
| ③ | | | | 939 | 16.478 | 19.055 | E | 56 | 91 | O.K. |
| ④ | | | | 359 | 6.303 | 7.289 | E | 56 | 91 | O.K. |

단면 II

| 구분 | ΔM ( kN·m ) | | Iv ($mm^4$) | y (mm) | Δf ( MPa ) | | 응력 범주 | fsr ( MPa ) | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DB 하중 | DL 하중 | | | DB 하중 | DL 하중 | | DB 하중 | DL 하중 | |
| ① | 7128.937 | 9064.272 | 3.515E+11 | 2152 | 43.630 | 55.475 | B | 126 | 203 | O.K. |
| ② | | | | 2152 | 43.630 | 55.475 | C | 91 | 147 | O.K. |
| ③ | | | | 1061 | 21.524 | 27.368 | E | 56 | 91 | O.K. |
| ④ | | | | 481 | 9.763 | 12.413 | E | 56 | 91 | O.K. |

단면 III

| 구분 | ΔM ( kN·m ) | | Iv ($mm^4$) | y (mm) | Δf ( MPa ) | | 응력 범주 | fsr ( MPa ) | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DB 하중 | DL 하중 | | | DB 하중 | DL 하중 | | DB 하중 | DL 하중 | |
| ① | 5418.625 | 10590.712 | 3.173E+11 | 1373 | 23.443 | 45.820 | B | 126 | 203 | O.K. |
| ② | | | | 1373 | 23.443 | 45.820 | C | 91 | 147 | O.K. |
| ③ | | | | 114 | 1.942 | 3.796 | E | 56 | 91 | O.K. |
| ④ | | | | 431 | 7.359 | 14.383 | E | 56 | 91 | O.K. |
| ⑤ | | | | 1241 | 21.191 | 41.418 | E | 56 | 91 | O.K. |
| ⑥ | | | | 1255 | 21.430 | 41.885 | C | 91 | 147 | O.K. |

· 전단에 대한 피로검토 - 플랜지와 복부판의 필릿용접부에 대한 전단피로검토

이 부위의 피로상세범주는 "F" 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점 100 을 설정 하였음

$$\Delta\upsilon = \frac{\Delta S \cdot Q}{Iv \cdot \Sigma a}$$

여기서, Δυ : 설계전단피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

ΔS = Smax - Smin (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

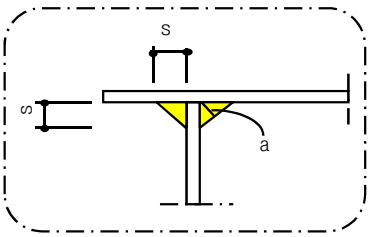
Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한 단면 1차 모멘트 ($mm^3$ = A($mm^2$) · y(mm)

y = Yvsu(I) - tu(I)/2

Iv : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

Σa : 필릿 용접의 목두께의 합 (mm = 4EA ×s / $\sqrt{2}$

s : 필릿 용접 치수 (mm)




- 상부 플랜지와 복부판

| 구 분 | ΔS (kN) | tu (mm) | B (mm) | A ($mm^2$) | Yvsu (mm) | Q ($mm^3$) | Iv ($mm^4$) | s (mm) | Σa (mm) | Δυ (MPa) | υsr (MPa) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DB하중 | 1463.595 | 28 | 2500 | 70000 | 1283 | 8.971E+07 | ###### | 8 | 22.6 | 18.3 | 63 | OK |
| DL하중 | 2001.13 | | | | | | | | | 25.0 | 84 | OK |

- 하부 플랜지와 복부판

| 구 분 | ΔS (kN) | tl (mm) | B (mm) | A ($mm^2$) | Yvsl (mm) | Q ($mm^3$) | Iv ($mm^4$) | s (mm) | Σa (mm) | Δυ (MPa) | υsr (MPa) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DB하중 | 1463.595 | 28 | 2500 | 70000 | 1373 | 9.601E+07 | ###### | 8 | 22.6 | 19.6 | 63 | OK |
| DL하중 | 2001.13 | | | | | | | | | 26.8 | 84 | OK |