

청도IC1교(부산 2@50 S1~S2)-상부구조

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

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

※ TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용한다.

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

▪ 항복 응력 (MPa)

(10도.설.해 3.2.5)

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

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

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

※ TMC 강재일 경우에는 일반강재에 40이하 값을 사용함

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

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

※ TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용한다.

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

▪ 강재 주거더의 허용응력 증가율

(10 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)

(10 도.설.해 3.3.2.3)

나사호칭 \ 볼트의 등급	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 (ϵ_s)	0.000270	
CREEP 계수 (ϕ_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/m³
- ② 무근 콘크리트 : 23.500 kN/m³
- ③ 강 재 : 78.500 kN/m³
- ④ 포장 콘크리트 : 23.000 kN/m³

(2) 활 하 중

(도.설.해 2.1.3)

① 설계 차선수 산정

$$W_c = 11.420 \text{ m}, N = 3 \text{ 차로}$$

$$W = 11.420 / 3 = 3.807 \text{ m} > 3.600 \text{ m}$$

∴ 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 총 격 계 수

$$i = 15 / (40 + L) = 0.167 < 0.300 \therefore i = 0.167$$

(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

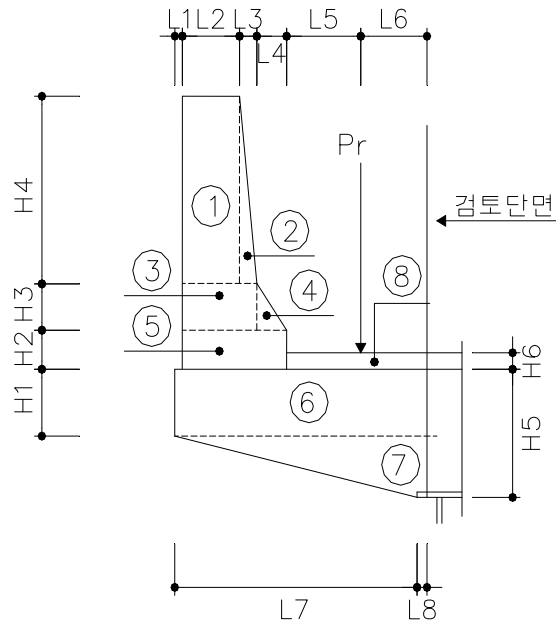
- (1) 바 닥 판 : 강도설계법
- (2) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

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/m ³	H1 =	0.250 m	L1 =	0.030 m
포장 단위중량	: 23.000 kN/m ³	H2 =	0.075 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 =	0.560 m	L4 =	0.120 m
곡선 반경(R)	: ∞ m	H5 =	0.300 m	L5 =	0.300 m
		H6 =	0.080 m	L6 =	0.275 m
				L7 =	0.975 m
				L8 =	0.050 m
				L9 =	0.000 m

가) 고정하중

NO.	작 용 하 중 (k N)	거리 (m)	모멘트(kN · m)
1	$0.095 \times 0.56 \times 25 = 3.220$	0.880	2.834
2	$\frac{1}{2} \times 0.06 \times 0.56 \times 25 = 0.490$	0.742	0.363
3	$0.155 \times 0.175 \times 25 = 1.313$	0.845	1.109
4	$\frac{1}{2} \times 0.125 \times 0.175 \times 25 = 0.263$	0.655	0.172
5	$0.28 \times 0.075 \times 25 = 0.788$	0.785	0.618
6	$1.025 \times 0.25 \times 25 = 6.406$	0.513	3.283
7	$\frac{1}{2} \times 1.025 \times 0.05 \times 25 = 0.641$	0.342	0.219
8	$0.08 \times 0.575 \times 23 = 1.058$	0.288	0.304
TOTAL	14.177		8.902

$$\therefore M_d = 8.902 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

나) 활하중 (DB-24 : $Pr = 96 \text{ kN}$)

윤하중 분포폭 (도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.275 + 1.14 = 1.36 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.275 \text{ m}$$

충격계수 (도.설 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.275) = 0.372 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$Ml+i = Pr/E \cdot X \cdot (1 + i) = (96 / 1.36) \times 0.275 \times (1 + 0.3) = 25.235 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 차량 충돌 하중 (도.설.해 2.4.3.5)

수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m마다 작용시

$$H = (V/60)^2 \times 7.5 + 2.5 = (120/60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 32.500 \text{ kN/m} \quad h = 1.000 \text{ m}$$

$$Mco = 32.500 \times 1.000 = 32.500 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

라) 풍하중

$$Pw = 3.0 \text{ kN/m}^2 \times 1.130 \text{ m} = 3.390 \text{ kN/m}$$

$$Mw = 3.390 \text{ kN/m} \times 0.795 \text{ m} = 2.695 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

마) 하중 조합 (도.설 2.2.3.2)

계수 모멘트

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad Mu1 &= 1.3 \text{ Md} + 2.15 \text{ Ml+i} \\ &= 1.3 \times 8.902 + 2.15 \times 25.235 = 65.828 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad Mu2 &= 1.3 \text{ Md} + 1.3 \text{ Ml+i} + 1.3 \text{ Mco} \\ &= 1.3 \times 8.902 + 1.3 \times 25.235 + 1.3 \times 32.5 = 86.629 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \quad Mu3 &= 1.3 \text{ Md} + 1.3 \text{ Ml+i} + 0.65 \text{ Mw} \\ &= 1.3 \times 8.902 + 1.3 \times 25.235 + 0.65 \times 2.695 = 46.130 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{4} \quad Mu4 &= 1.2 \text{ Md} + 1.2 \text{ Mw} + 1.2 \text{ Mco} \\ &= 1.2 \times 8.902 + 1.2 \times 2.695 + 1.2 \times 32.5 = 52.917 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{5} \quad Mu5 &= 1.3 \text{ Md} + 1.3 \text{ Mw} \\ &= 1.3 \times 8.902 + 1.3 \times 2.695 = 15.077 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

사용 모멘트

$$\begin{aligned} M &= 1.0 \text{ Md} + 1.0 \text{ Ml+i} + 0.3 \text{ Mw} \\ &= 1.0 \times 8.902 + 1.0 \times 25.235 + 0.3 \times 2.695 = 34.946 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

바) 바닥판의 최소 두께 ($X > 0.25$ 인 경우)

(도.설 3.6.1.5)

$$h_{min} = (80 \cdot L + 230) = \{(80 \times 0.275) + 230\} = 252 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 300.0 \text{ mm} > 252.0 \text{ mm} \quad \mathbf{O.K!!}$$

사) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

$$f_{ck} = 27 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$M_u = 86.629 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad h = 300.0 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm} \quad d = 250.0 \text{ mm}$$

$$\phi(\text{Bending}) = 0.85 \quad \beta_1 = 0.85$$

[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s = 27.692 \text{ mm}$$

$$M_u = \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.0 A_s^2 + 85000 A_s$$
$$= 86629000$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times (H - a/\beta_1 - D_{c_min}) / (a/\beta_1) = 0.02002 > 0.004$$

O.K.!!

$$0.005 < \epsilon_t \quad \phi_f = 0.850$$

$$\therefore \text{Req'd } A_s = 1058.2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1410.9 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.002 \times b \times d = 500.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 1.4/f_y \times b \times d = 875.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 811.9 \text{ mm}^2$$

$$\text{USE } H 16 @ 125 = 1588.8 \text{ mm}^2$$

$$A_{suse} = 1588.8 \text{ mm}^2$$

O.K. !!

[RE-BAR RATIO CHECK]

$$P = A_s / (b \times d) = 0.00636 < P_{max} = 0.75 \times p_b = 0.0219 \quad \mathbf{O.K.!!}$$

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\text{Max. } c = 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 112.500 \text{ mm} > c = a/0.85 = 32.578 \text{ mm}$$

$$\text{Max. } a = 0.85 \times c = 95.625 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 27.692 \text{ mm}$$

$$j d = d - a/2 = 236.154 \text{ mm}$$

$$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 635.520 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 635.520 \text{ kN}$$

$$\phi M_n = \phi f_y \times A_s \times j d = 127.569 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 86.629 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \mathbf{O.K.}$$

아) 사용성(균열) 검토

$$M_{\max} = 34.946 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$\text{탄성계수비}(n) = 7$$

$$\text{철근비}(p) = A_s / b d = 1588.8 / 1000 \times 250 = 0.0064$$

$$\text{중립축}(k) = -np + \sqrt{\{(np)^2 + 2np\}} = -0.0448 + \sqrt{\{(0.0448)^2 + 2 \times 0.0448\}} = 0.258$$

$$\text{중립축 거리}(x) = k \times d = 0.258 \times 250 = 64.500 \text{ m}$$

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

$$\begin{aligned} f_{s\max} &= \frac{M_{\max}}{p b j d^2} = \frac{34.946 \times 1000000}{0.0064 \times 1000 \times 0.914 \times 250^2} \\ &= 95.585 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240.000 \text{ MPa} \quad \mathbf{O.K!!} \end{aligned}$$

$$\text{최소두께}(C_c) = d' - \text{철근직경} / 2 = 50 - 16 / 2 = 42.00 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단폭}(S_1) = 375 (210 / f_s) - 2.5 C_c = 375 (210 / 95.585) - 2.5 \times 42 = 722.624 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단폭}(S_2) = 300 (210 / f_s) = 300 (210 / 95.585) = 659.099 \text{ mm}$$

$$\text{철근 소요중심간격}(S_a) = \text{Min} (S_1, S_2) = 659.099 \text{ mm}$$

$$\text{철근 평균간격 } S = 125.0 \text{ mm} \leq 659.099 \text{ mm} \quad \mathbf{O.K!!}$$

1-2. 중앙부

가) 고정하중

$$\begin{aligned}
 \text{철근콘크리트 : } & 0.300 \text{ m} \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 7.500 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{포장 : } & 0.080 \text{ m} \times 23.000 \text{ kN/m}^3 = 1.840 \text{ kN/m}^2 \\
 \hline
 & W_d = 9.340 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{계산지간 } L = & 2.300 \text{ m} \quad \text{바닥판 지점의 수 } n = 5 \\
 M_d = (1/10) \cdot W_d \cdot L^2 = & (1/10) \times 9.34 \times 2.3^2 = 4.941 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

나) 활하중 (DB-24 : $P_r = 96.0 \text{ kN}$)

충격계수 (도.설 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.3) = 0.355 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$\begin{aligned}
 M_{I+i} &= ((L+0.6) / 9.6) \cdot P_r \cdot (1+i) = ((2.3 + 0.6) / 9.6) \times 96 \times (1 + 0.3) \\
 &= 37.700 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

연속바닥판이므로, (도.설 3.6.1.4)

$$M_{I+i} = 0.8 \times 37.7 = 30.160 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 하중 조합 (도.설 2.2.3.2)

① 계수 모멘트

$$\begin{aligned}
 M_{u1} &= 1.3 M_d + 2.15 M_{I+i} \\
 &= 1.3 \times 4.941 + 2.15 \times 30.16 = 71.267 \text{ kN} \cdot \text{m/m}
 \end{aligned}$$

① 사용 모멘트

$$\begin{aligned}
 M &= 1.0 M_d + 1.0 M_{I+i} \\
 &= 1.0 \times 4.941 + 1.0 \times 30.16 = 35.101 \text{ kN} \cdot \text{m/m}
 \end{aligned}$$

라) 바닥판의 최소 두께 (도.설 3.6.1.5)

$$h_{min} = (30 \cdot L + 130) = \{(30 \times 2.3) + 130\} = 199 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 300.0 \text{ mm} > 199.0 \text{ mm} \quad \mathbf{O.K!!}$$

마) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

$$f_{ck} = 27 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$M_u = 71.267 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad h = 300 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm} \quad d = 250 \text{ mm}$$

$$\emptyset(\text{Bending}) = 0.85 \quad \beta_1 = 0.85$$

[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s = 27.692 \text{ mm}$$

$$M_u = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.0 A_s^2 + 85000 A_s$$

$$= 71267000$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times (H - a/\beta_1 - D_{c_min}) / (a/\beta_1) = 0.02002 > 0.004$$

0.K.!!

$$0.005 < \epsilon_t \quad \phi_f = 0.850$$

$$\therefore \text{Req'd } A_s = 864.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1152.6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.002 \times b \times d = 500.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 1.4/f_y \times \frac{b \times d}{4} = 875.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 811.9 \text{ mm}^2$$

$$\text{USE } H 16 @ 125 = 1588.8 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{use}} = 1588.8 \text{ mm}^2$$

0.K. !!

[RE-BAR RATIO CHECK]

$$P = A_s / (b \times d) = 0.0064 < P_{max} = 0.75 \times p_b = 0.0219 \quad \mathbf{0.K.!!}$$

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\text{Max. } c = 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 112.500 \text{ mm} > c = a/0.85 = 32.578 \text{ mm}$$

$$\text{Max. } a = 0.85 \times c = 95.625 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 27.692 \text{ mm}$$

$$jd = d - a/2 = 236.154 \text{ mm}$$

$$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 635.520 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 635.520 \text{ kN}$$

$$\Phi M_n = \Phi f_y \times A_s \times jd = 127.569 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 71.267 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \mathbf{0.K.}$$

아) 사용성(균열) 검토

$$M_{\max} = 35.101 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$\text{탄성계수비}(n) = E_s / E_c = 7$$

$$\text{철근비}(p) = A_s / b d = 1588.8 / 1000 \times 250 = 0.0064$$

$$\text{중립축}(k) = -np + \sqrt{\{(np)^2 + 2np\}} = -0.0448 + \sqrt{\{(0.0448)^2 + 2 \times 0.0448\}} = 0.258$$

$$\text{중립축 거리}(x) = k \times d = 0.258 \times 250 = 64.500 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} f_{s\max} &= \frac{M_{\max}}{pbjd^2} = \frac{35.101 \times 1000000}{0.0064 \times 1000 \times 0.914 \times 250^2} \\ &= 96.009 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240.000 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!} \end{aligned}$$

$$\text{최소두께}(C_c) = d' - \text{철근직경} / 2 = 50 - 16 / 2 = 42.00 \text{ mm}$$

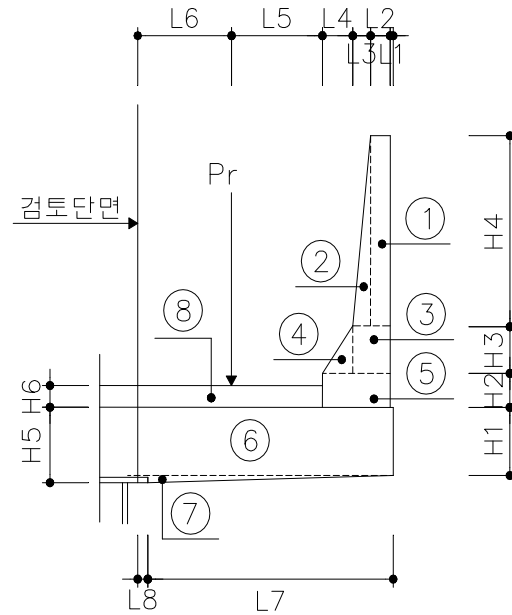
$$\text{인장연단폭}(S_1) = 375 (210 / f_s) - 2.5C_c = 375 (210 / 96.009) - 2.5 \times 42 = 718.986 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단폭}(S_2) = 300 (210 / f_s) = 300 (210 / 96.009) = 656.188 \text{ mm}$$

$$\text{철근 소요중심간격}(S_a) = \text{Min} (S_1, S_2) = 656.188 \text{ mm}$$

$$\text{철근 평균간격 } S = 125.0 \text{ mm} \leq 656.188 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!}$$

1-3. 우측 캔틸레버부



콘크리트 단위중량	: 25.000 kN/m ³	H1 =	0.250 m	L1 =	0.005 m
포장 단위중량	: 23.000 kN/m ³	H2 =	0.125 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 =	0.700 m	L4 =	0.125 m
곡선 반경(R)	: ∞ m	H5 =	0.300 m	L5 =	0.300 m
		H6 =	0.080 m	L6 =	0.435 m
				L7 =	0.970 m
				L8 =	0.050 m
				L9 =	0.000 m

가) 고정하중

NO.	작 용 하 중 (kN)	거리 (m)	모멘트(kN · m)
1	$0.23 \times 0.7 \times 25 = 1.663$	0.968	1.608
2	$\frac{1}{2} \times 0.07 \times 0.7 \times 25 = 0.525$	0.900	0.473
3	$0.30 \times 0.175 \times 25 = 0.678$	0.938	0.636
4	$\frac{1}{2} \times 0.12 \times 0.175 \times 25 = 0.273$	0.818	0.224
5	$0.42 \times 0.125 \times 25 = 0.875$	0.875	0.766
6	$1.020 \times 0.25 \times 25 = 6.375$	0.510	3.251
7	$\frac{1}{2} \times 1.020 \times 0.05 \times 25 = 0.638$	0.340	0.217
8	$0.08 \times 0.735 \times 23 = 1.352$	0.368	0.497
TOTAL	12.379		7.671

$$\therefore Md = 7.671 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

나) 활하중 (DB-24 : $P_r = 96 \text{ kN}$)

윤하중 분포폭

(도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.435 + 1.14 = 1.488 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.435 \text{ m}$$

충격계수

(도.설 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.435) = 0.371 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$Ml+i = P_r / E \cdot X \cdot (1 + i) = (96 / 1.488) \times 0.435 \times (1 + 0.3) = 36.484 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 차량 충돌 하중 (도.설.해 2.4.3.5)

수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m마다 작용시

$$H = (V/60)^2 \times 7.5 + 2.5 = (120/60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 32.500 \text{ kN/m} \quad h = 1.000 \text{ m}$$

$$M_{co} = 32.500 \times 1.000 = 32.500 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

라) 풍하중

$$P_w = 3.0 \text{ kN/m}^2 \times 1.320 \text{ m} = 3.960 \text{ kN/m}$$

$$M_w = 3.960 \text{ kN/m} \times 0.890 \text{ m} = 3.524 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

마) 하중 조합

(도.설 2.2.3.2)

계수 모멘트

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad Mu_1 &= 1.3 M_d + 2.15 Ml+i \\ &= 1.3 \times 7.671 + 2.15 \times 36.484 = 88.413 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad Mu_2 &= 1.3 M_d + 1.3 Ml+i + 1.3 M_{co} \\ &= 1.3 \times 7.671 + 1.3 \times 36.484 + 1.3 \times 32.5 = 99.652 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \quad Mu_3 &= 1.3 M_d + 1.3 Ml+i + 0.65 M_w \\ &= 1.3 \times 7.671 + 1.3 \times 36.484 + 0.65 \times 3.524 = 59.692 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{4} \quad Mu_4 &= 1.2 M_d + 1.2 M_w + 1.2 M_{co} \\ &= 1.2 \times 7.671 + 1.2 \times 3.524 + 1.2 \times 32.5 = 52.435 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{5} \quad Mu_5 &= 1.3 M_d + 1.3 M_w \\ &= 1.3 \times 7.671 + 1.3 \times 3.524 = 14.554 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

사용 모멘트

$$\begin{aligned} M &= 1.0 M_d + 1.0 Ml+i + 0.3 M_w \\ &= 1.0 \times 7.671 + 1.0 \times 36.484 + 0.3 \times 3.524 = 45.212 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

바) 바닥판의 최소 두께 ($X > 0.25$ 인 경우)

(도.설 3.6.1.5)

$$h_{min} = (80 \cdot L + 230) = \{(80 \times 0.435) + 230\} = 265 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 300.0 \text{ mm} > 265.0 \text{ mm} \quad \mathbf{O.K!!}$$

사) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

$$f_{ck} = 27 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$M_u = 99.652 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad h = 300.0 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm} \quad d = 250.0 \text{ mm}$$

$$\phi(\text{Bending}) = 0.85 \quad \beta_1 = 0.85$$

[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s = 27.692 \text{ mm}$$

$$M_u = \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.0 A_s^2 + 85000 A_s$$

$$= 99652000$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times (H - a/\beta_1 - D_{c_min}) / (a/\beta_1) = 0.02002 > 0.004$$

O.K.!!

$$0.005 < \epsilon_t \quad \phi_f = 0.850$$

$$\therefore \text{Req'd } A_s = 1224.7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1632.9 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.002 \times b \times d = 500.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 1.4/f_y \times b \times d = 875.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 811.9 \text{ mm}^2$$

$$\text{USE } H 16 @ 125 = 1588.8 \text{ mm}^2$$

$$A_{suse} = 1588.8 \text{ mm}^2$$

O.K. !!

[RE-BAR RATIO CHECK]

$$P = A_s / (b \times d) = 0.00636 < P_{max} = 0.75 \times p_b = 0.0219 \quad \mathbf{O.K.!!}$$

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\text{Max. } c = 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 112.500 \text{ mm} > c = a/0.85 = 32.578 \text{ mm}$$

$$\text{Max. } a = 0.85 \times c = 95.625 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 27.692 \text{ mm}$$

$$j_d = d - a/2 = 236.154 \text{ mm}$$

$$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 635.520 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 635.520 \text{ kN}$$

$$\phi M_n = \phi f_y \times A_s \times j_d = 127.569 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 99.652 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \mathbf{O.K.}$$

아) 사용성(균열) 검토

$$M_{\max} = 45.212 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$\text{탄성계수비}(n) = 7$$

$$\text{철근비}(p) = A_s / b d = 1588.8 / 1000 \times 250 = 0.0064$$

$$\text{중립축}(k) = -np + \sqrt{\{(np)^2 + 2np\}} = -0.0448 + \sqrt{\{(0.0448)^2 + 2 \times 0.0448\}} = 0.258$$

$$\text{중립축 거리}(x) = k \times d = 0.258 \times 250 = 64.500 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} f_{s\max} &= \frac{M_{\max}}{p b j d^2} = \frac{45.212 \times 1000000}{0.0064 \times 1000 \times 0.914 \times 250.0^2} \\ &= 123.665 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240.000 \text{ MPa} \quad \mathbf{O.K!!} \end{aligned}$$

$$\text{최소두께}(C_c) = d' - \text{철근직경} / 2 = 50 - 16 / 2 = 42.00 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단폭}(S_1) = 375 (210 / f_s) - 2.5 C_c = 375 (210 / 123.665) - 2.5 \times 42 = 535.551 \text{ mm}$$

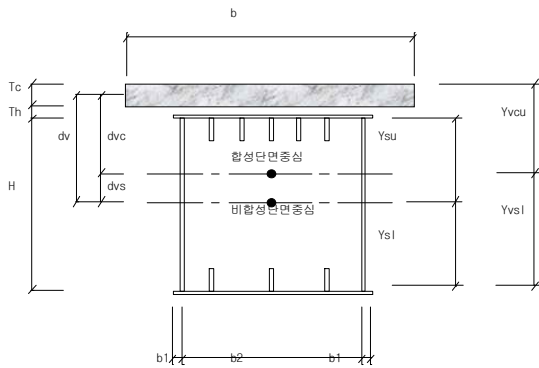
$$\text{인장연단폭}(S_2) = 300 (210 / f_s) = 300 (210 / 123.665) = 509.441 \text{ mm}$$

$$\text{철근 소요중심간격}(S_a) = \text{Min} (S_1, S_2) = 509.441 \text{ mm}$$

$$\text{철근 평균간격 } S = 125.0 \text{ mm} \leq 509.441 \text{ mm} \quad \mathbf{O.K!!}$$

2. 단면상수 산정

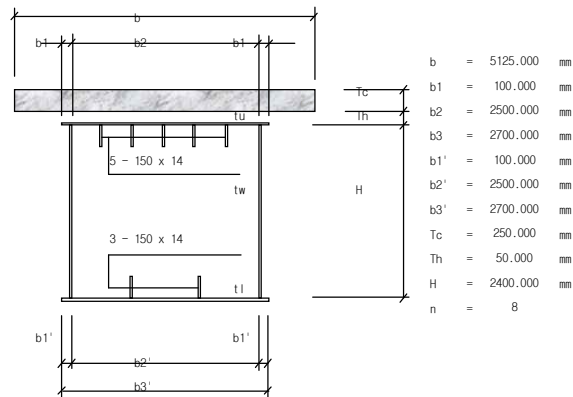
2-1. Steel Box 주형 단면상수 산정



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

- b - 바닥판 콘크리트의 폭
- T_c - 바닥판 콘크리트의 두께
- T_h - 바닥판 콘크리트의 현치 높이
- N - 강재와 콘크리트의 탄성계수비 ($N = E_s / E_c$)
- A_c - 바닥판 콘크리트의 단면적
- A_v - 합성후 (강재+바닥판 콘크리트)의 환산단면적
- I_c - 바닥판 콘크리트의 단면2차모멘트
- d_v - 강재단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
- d_{vc} - 합성단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
- d_{vs} - 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리 (합성전 및 합성후단면에서의 도심축 이동량)
- I_{33} - 합성전 강재단면의 3축방향(종방향) 단면2차모멘트
- I_{22} - 합성전 강재단면의 2축방향(횡방향) 단면2차모멘트
- I_{v33} - 합성후 강재단면의 3축방향(종방향) 단면2차모멘트
- I_{v22} - 합성후 강재단면의 2축방향(횡방향) 단면2차모멘트

- Section G1 - 1



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 12.0	32400	1206.00	39074400	47123726400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
W E B	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1206.00	-39074400	47123726400	388800
TOTAL		139200		4725000	115509952800	27680277600

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io$$
$$= 115509952800 + 27680277600 = 143190230400 \text{ mm}^4$$
$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As}$$
$$= \frac{4725000}{139200} = 33.94 \text{ mm}$$
$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2$$
$$= 143190230400 - 139200 \times 33.94^2 = 143029845163 \text{ mm}^4$$
$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$
$$= (2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 130232764800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$bk = b_2 + t_w / 2 \times 2$$
$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 12.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2412.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2412^2) / (2 \times 2412/12 + 2512/12 + 2512/12) \\
 &= \mathbf{178931611999} \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

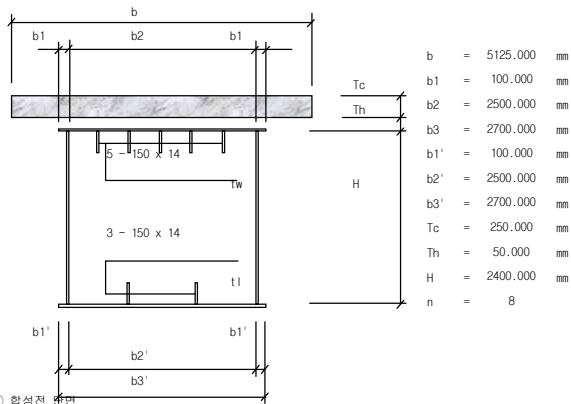
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 139200 + 1281250 / 8 = \mathbf{299356} \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - d_s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 33.944 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1341.06 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1341.056 \times 139200 / 299356 = 623.59 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1341.056 - 623.588 = \mathbf{717.47} \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 143029845163 + 6673177083 / 8 + 139200 \times 717.468^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 623.588^2 = \mathbf{277797315950} \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 130232764800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 480783098459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2412^2) / (2 \times 2412/12 + 2512/43.25 + 2512/12) \\
 &= \mathbf{219360743791} \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1 - 2



b	=	5125.000	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	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전

구분	구	격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1	- 2700.0 X 12.0	32400	1206.00	39074400	47123726400	388800
UPPER RIB	5	- 150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
W E B	2	- 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	3	- 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	1	- 2700.0 X 14.0	37800	-1207.00	-45624600	55068892200	617400
TOTAL			144600		-1825200	123455118600	27680506200

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

$$= 123455118600 + 27680506200 = 151135624800 \text{ mm}^4$$

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

$$= -1825200 / 144600 = -12.62 \text{ mm}$$

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

$$= 151135624800 - 144600 \times (-12.62)^2 = 151112586383 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 133513264800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$I_{tk} = b_2 \times t_w / 2 \times 2$$

$$= 2500.000 \times 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 12.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2413.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2413^2) / (2 \times 2413/12 + 2512/12 + 2512/14) \\
 &= 185813233544 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

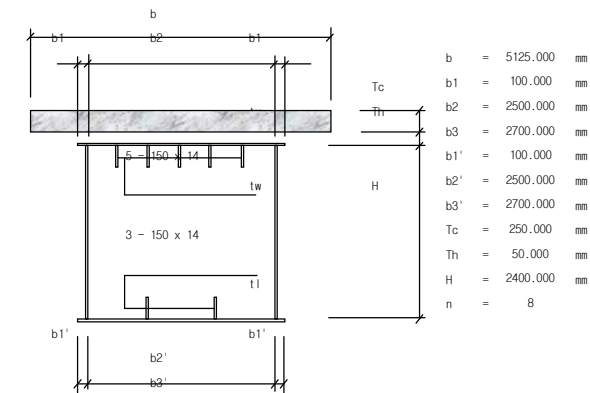
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 144600 + 1281250 / 8 = 304756 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 12.622 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1387.62 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1387.622 \times 144600 / 304756 = 658.40 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1387.622 - 658.396 = 729.23 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 151112586383 + 6673177083 / 8 + 144600 \times 729.227^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 658.396^2 = 298266221046 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 133513264800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 484063598459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2413^2) / (2 \times 2413/12 + 2512/43.25 + 2512/14) \\
 &= 229749057213 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1 - 3



① 합성전 단면							
구분	구	격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1	- 2700.0 X 14.0	37800	1207.00	45624600	55068892200	617400
UPPER RIB	5	- 150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
W E B	2	- 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	3	- 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	1	- 2700.0 X 14.0	37800	-1207.00	-45624600	55068892200	617400
TOTAL			150000		4725000	131400284400	27680734800

$$\begin{aligned} I_s' &= \sum AsY^2 + \sum I_o \\ &= 131400284400 + 27680734800 = 159081019200 \text{ mm}^4 \\ \delta s &= \sum AsY / \sum As \\ &= 4725000 / 150000 = 31.50 \text{ mm} \\ I_{33} &= I_s' - \sum As \times \delta s^2 \\ &= 159081019200 - 150000 \times 31.50^2 = 158932181700 \text{ mm}^4 \\ I_{22} &= (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2 \\ &= (2700^3 \times 14 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 \\ &= 136793764800 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

$$\begin{aligned} b_k &= b_2 + t_w / 2 \times 2 \\ &= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 14.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2414.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2414^2) / (2 \times 2414/12 + 2512/14 + 2512/14) \\
 &= 193232622085 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

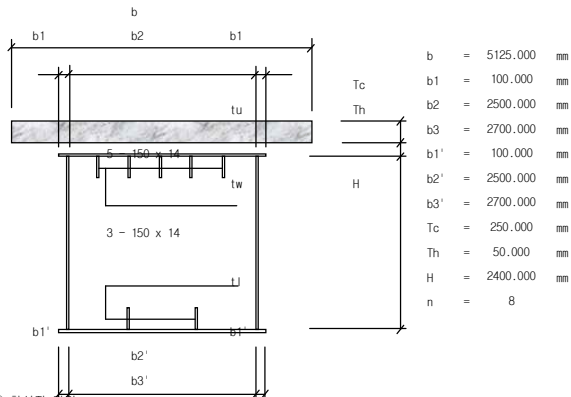
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 150000 + 1281250 / 8 = 310156 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 31.500 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1343.50 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1343.500 \times 150000 / 310156 = 649.75 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1343.500 - 649.753 = 693.75 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 158932181700 + 6673177083 / 8 + 150000 \times 693.747^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 649.753^2 = 299573663061 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 136793764800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 487344098459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2414^2) / (2 \times 2414/12 + 2512/45.25 + 2512/14) \\
 &= 230805643014 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1 - 4



① 합성전

구분	구분	크기	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1	- 2700.0 X 14.0	37800	1207.00	45624600	55068892200	617400
UPPER RIB	5	- 150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
WEB	2	- 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	3	- 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	1	- 2700.0 X 20.0	54000	-1210.00	-65340000	79061400000	1800000
TOTAL			166200		-14990400	155392792200	27681917400

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

$$= 155392792200 + 27681917400 = 183074709600 \text{ mm}^4$$

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

$$= -14990400 / 166200 = -90.19 \text{ mm}$$

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

$$= 183074709600 - 166200 \times (-90.19)^2 = 181722651284 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b3^3 \times t_u / 12) + (b3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 14 / 12) + (2700^3 \times 20 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 146635264800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 14.000 / 2 + 20.000 / 2 = 2417.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2417^2) / (2 \times 2417/12 + 2512/14 + 2512/20) \\
 &= 208307075570 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 166200 + 1281250 / 8 = 326356 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 90.195 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1465.19 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1465.195 \times 166200 / 326356 = 746.16 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1465.195 - 746.164 = 719.03 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 181722651284 + 6673177083 / 8 + 166200 \times 719.031^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 746.164^2 = 357651820945 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 146635264800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 497185598459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2417^2) / (2 \times 2417/12 + 2512/45.25 + 2512/20) \\
 &= 252510256155 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 20.000 / 2 + 20.000 / 2 = 2420.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2420^2) / (2 \times 2420/12 + 2512/20 + 2512/20) \\
 &= 225838626940 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 182400 + 1281250 / 8 = 342556 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 25.905 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1349.10 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1349.095 \times 182400 / 342556 = 718.35 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1349.095 - 718.349 = 630.75 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 206946000740 + 6673177083 / 8 + 182400 \times 630.746^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 718.349^2 = 362991023595 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 156476764800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 507027098459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2420^2) / (2 \times 2420/12 + 2512/51.25 + 2512/20) \\
 &= 255765081987 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 16.000 / 2 + 20.000 / 2 = 2418.00 \text{ mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2512/16 + 2512/20) \\
 &= 215248951973 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

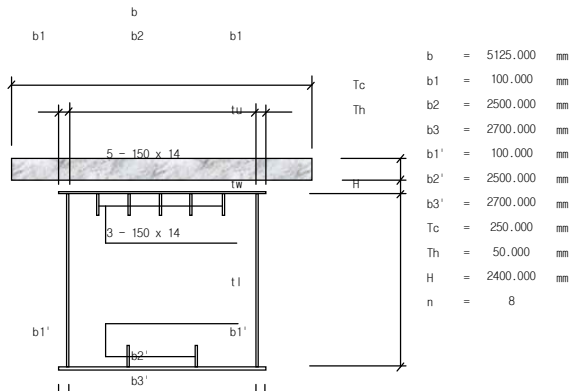
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \text{ mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 171600 + 1281250 / 8 = 331756 \text{ mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \text{ mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 49.122 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1424.12 \text{ mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1424.122 \times 171600 / 331756 = 736.62 \text{ mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1424.122 - 736.623 = 687.50 \text{ mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 190632254230 + 6673177083 / 8 + 171600 \times 687.499^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 736.623^2 = 359477001427 \text{ mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 149915764800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 500466098459 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 \text{ mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2512/47.25 + 2512/20) \\
 &= 253667597349 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1 - 7



① 합성전 단면

구분	규격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 16.0	43200	1208.00	52185600	63040204800	921600
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
WEB	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 16.0	43200	-1208.00	-52185600	63040204800	921600
TOTAL		160800		4725000	147342909600	27681343200

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

$$= 147342909600 + 27681343200 = 175024252800 \text{ mm}^4$$

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

$$= 4725000 / 160800 = 29.38 \text{ mm}$$

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

$$= 175024252800 - 160800 \times 29.38^2 = 174885411849 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b3^3 \times t_u / 12) + (b3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 16 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 143354764800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 16.000 / 2 + 16.000 / 2 = 2416.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2416^2) / (2 \times 2416/12 + 2512/16 + 2512/16) \\
 &= 205577658955 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

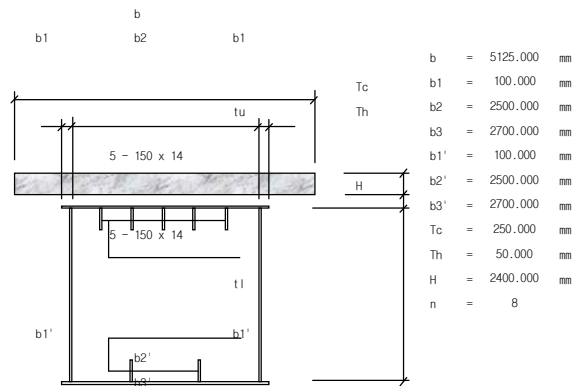
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 160800 + 1281250 / 8 = 320956 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 29.384 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1345.62 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1345.616 \times 160800 / 320956 = 674.16 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1345.616 - 674.157 = 671.46 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 174885411849 + 6673177083 / 8 + 160800 \times 671.458^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 674.157^2 = 321006363419 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 143354764800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 493905098459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2416^2) / (2 \times 2416/12 + 2512/47.25 + 2512/16) \\
 &= 240410048827 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1 - 8



b	=	5125.000	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	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전

구분	구	격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1	2700.0 X 16.0	43200	1208.00	52185600	63040204800	921600
UPPER RIB	5	150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
WEB	2	2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	5	150.0 X 14.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
LOWER FL.	1	2700.0 X 16.0	43200	-1208.00	-52185600	63040204800	921600
TOTAL			165000		0	152656534600	27689218200

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io$$
$$= 152656534600 + 27689218200 = 180347752800 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As$$
$$= 0 / 165000 = 0.00 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2$$
$$= 180347752800 - 165000 \times 0.000^2 = 180347752800 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$
$$= (2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 16 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 143354764800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$b_k = b_2 + t_w / 2 \times 2$$
$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 16.000 / 2 + 16.000 / 2 = 2416.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2416^2) / (2 \times 2416/12 + 2512/16 + 2512/16) \\
 &= 205577658955 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

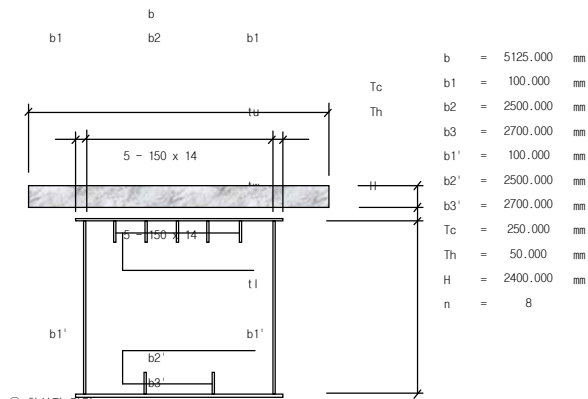
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 165000 + 1281250 / 8 = 325156 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 0.000 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1375.00 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1375.000 \times 165000 / 325156 = 697.74 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1375.000 - 697.741 = 677.26 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 180347752800 + 6673177083 / 8 + 165000 \times 677.259^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 697.741^2 = 334834928828 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 143354764800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 493905098459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2416^2) / (2 \times 2416/12 + 2512/47.25 + 2512/16) \\
 &= 240410048827 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1 - 9



b = 5125.000 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 = 2400.000 mm
n = 8

① 합성전 단면

구분	구	격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	-	2700.0 X 14.0	37200	1207.00	45624600	55068892200	617400
UPPER RIB	5	- 150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
W E B	2	- 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	5	- 150.0 X 14.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
LOWER FL.	1	- 2700.0 X 16.0	43200	-1208.00	-52185600	63040204800	921600
TOTAL			159600		-6561000	144687222000	27688914000

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum I_o$$
$$= 144687222000 + 27688914000 = 172376136000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As$$
$$= -6561000 / 159600 = -41.11 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2$$
$$= 172376136000 - 159600 \times (-41.109)^2 = 172106419703 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$
$$= (2700^3 \times 14 / 12) + (2700^3 \times 16 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 140074264800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$b_k = b_2 + t_w / 2 \times 2$$
$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 14.000 / 2 + 16.000 / 2 = 2415.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2415^2) / (2 \times 2415/12 + 2512/14 + 2512/16) \\
 &= 199219145197 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 159600 + 1281250 / 8 = 319756 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 41.109 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1416.11 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1416.109 \times 159600 / 319756 = 706.82 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1416.109 - 706.823 = 709.29 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 172106419703 + 6673177083 / 8 + 159600 \times 709.286^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 706.823^2 = 333247060899 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 140074264800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 490624598459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2415^2) / (2 \times 2415/12 + 2512/45.25 + 2512/16) \\
 &= 239358393994 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 14.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2418.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2512/14 + 2512/22) \\
 &= 211846799408 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

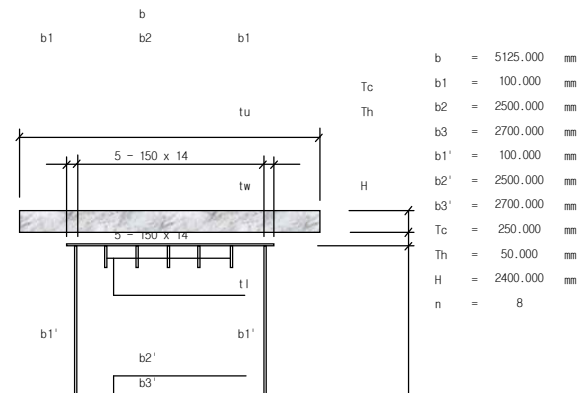
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 175800 + 1281250 / 8 = 335956 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 149.652 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1524.65 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1524.652 \times 175800 / 335956 = 797.82 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1524.652 - 797.824 = 726.83 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 192511591495 + 6673177083 / 8 + 175800 \times 726.828^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 797.824^2 = 388160303498 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 149915764800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 500466098459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2512/45.25 + 2512/22) \\
 &= 257684315465 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1 - 11



$b = 5125.000 \text{ mm}$
 $b1 = 100.000 \text{ mm}$
 $b2 = 2500.000 \text{ mm}$
 $b3 = 2700.000 \text{ mm}$
 $b1' = 100.000 \text{ mm}$
 $b2' = 2500.000 \text{ mm}$
 $b3' = 2700.000 \text{ mm}$
 $Tc = 250.000 \text{ mm}$
 $Th = 50.000 \text{ mm}$
 $H = 2400.000 \text{ mm}$
 $n = 8$

① 합성전 단면

구분	구분	크기	As(mm ²)	Y(mm)	AsY'(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1	- 2700.0 X 24.0	64800	1212.00	78537600	95187571200	3110400
UPPER RIB	2	- 150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
WEB	2	- 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	5	- 150.0 X 14.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
LOWER FL.	1	- 2700.0 X 22.0	59400	-1211.00	-71933400	87111347400	2395800
TOTAL			202800		6604200	208677043600	27692881200

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

$$= 208677043600 + 27692881200 = 236356924800 \text{ mm}^4$$

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

$$= 6604200 / 202800 = 32.57 \text{ mm}$$

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

$$= 236356924800 - 202800 \times 32.565^2 = 236354858441 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times t1 / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 24 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 166318264800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 24.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2423.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2423^2) / (2 \times 2423/12 + 2512/24 + 2512/22) \\
 &= 237979695710 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 202800 + 1281250 / 8 = 362956 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 32.565 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1342.43 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1342.435 \times 202800 / 362956 = 750.08 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1342.435 - 750.079 = 592.36 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 236354858441 + 6673177083 / 8 + 202800 \times 592.356^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 750.079^2 = 398455460305 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 166318264800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 516868598459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2423^2) / (2 \times 2423/12 + 2512/55.25 + 2512/22) \\
 &= 262982377595 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 24.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2429.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/12 + 2512/24 + 2512/34) \\
 &= 255270719988 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

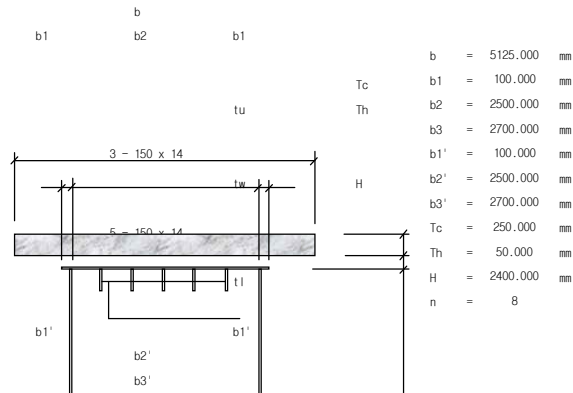
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 231000 + 1281250 / 8 = 391156 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 164.104 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1539.10 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1539.104 \times 231000 / 391156 = 908.93 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1539.104 - 908.928 = 630.18 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 273884644706 + 6673177083 / 8 + 231000 \times 630.176^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 908.928^2 = 498766998733 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 186001264800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 536551598459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/12 + 2512/55.25 + 2512/34) \\
 &= 284100759652 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1 - 12-1



① 합성전 단면

구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
UPPER FL.	1	-	2700.0	X	24.0	64800	1212.00	78537600	95187571200
UPPER RIB	3	-	150.0	X	14.0	6300	1125.00	7087500	7973437500
WEB	2	-	2400.0	X	12.0	57600			27648000000
LOWER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500
LOWER FL.	1	-	2700.0	X	34.0	91800	-1217.00	-111720600	135963970200
TOTAL						231000		-37908000	252414041400

$$I_s' = \sum A_s Y^2 + \sum I_o$$
$$= 252414041400 + 27691453800 = 280105495200 \text{ mm}^4$$
$$\delta s = \frac{\sum A_s Y}{\sum A_s}$$
$$= \frac{-37908000}{231000} = -164.10 \text{ mm}$$
$$I_{33} = I_s' - \sum A_s \times \delta s^2$$
$$= 280105495200 - 231000 \times (-164.10)^2 = 273884644706 \text{ mm}^4$$
$$I_{22} = (b^3 \times t_u / 12) + (b^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b^2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$
$$= (2700^3 \times 24 / 12) + (2700^3 \times 34 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 186001264800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$b_k = b_2 + t_w / 2 \times 2$$
$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 24.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2429.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/12 + 2512/24 + 2512/34) \\
 &= 255270719988 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

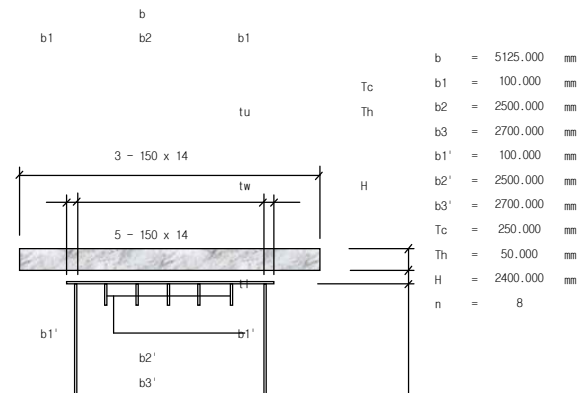
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 231000 + 1281250 / 8 = 391156 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 164.104 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1539.10 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1539.104 \times 231000 / 391156 = 908.93 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1539.104 - 908.928 = 630.18 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 273884644706 + 6673177083 / 8 + 231000 \times 630.176^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 908.928^2 = 498766998733 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 186001264800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 536551598459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/12 + 2512/55.25 + 2512/34) \\
 &= 284100759652 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1 - 13



① 합성전 단면

구분	규격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY ³ (mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	3 - 2700.0 X 14.0	67200	-1212.00	-78537600	95187571200	3110400
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6900	1125.00	7087500	7973437500	11812500
WEB	2 - 2400.0 X 14.0	67200				32256000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6900	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
LOWER FL.	4 - 2700.0 X 34.0	91800	-1217.00	-111720600	135963970200	8843400
TOTAL		240600		-37908000	252414041400	32299453800

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

$$= 252414041400 + 32299453800 = 284713495200 \text{ mm}^4$$

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

$$= -37908000 / 240600 = -157.56 \text{ mm}$$

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

$$= 284713495200 - 240600 \times (-157.56)^2 = 278740858193 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 24 / 12) + (2700^3 \times 34 / 12) + ((2400 \times 14^3 / 12) + (2400 \times 14 \times (2500 / 2 + 14 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 201314890400 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$b_k = b_2 + t_w / 2 \times 2$$

$$= 2500.000 + 14.000 / 2 \times 2 = 2514.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 24.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2429.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2514^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/14 + 2514/24 + 2514/34) \\
 &= 283736286223 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

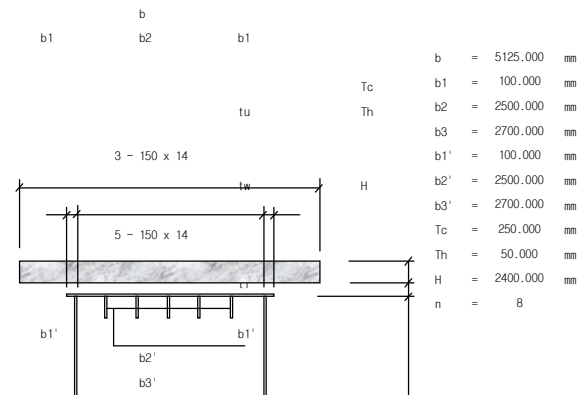
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 240600 + 1281250 / 8 = 400756 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 157.556 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1532.56 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1532.556 \times 240600 / 400756 = 920.09 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1532.556 - 920.093 = 612.46 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 278740658193 + 6673177083 / 8 + 240600 \times 612.463^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 920.093^2 = 505410383873 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 201314890400 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 551865224059 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2514^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/14 + 2514/55.25 + 2514/34) \\
 &= 319776525230 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1 - 14



$b = 5125.000 \text{ mm}$
 $b1 = 100.000 \text{ mm}$
 $b2 = 2500.000 \text{ mm}$
 $b3 = 2700.000 \text{ mm}$
 $b1' = 100.000 \text{ mm}$
 $b2' = 2500.000 \text{ mm}$
 $b3' = 2700.000 \text{ mm}$
 $Tc = 250.000 \text{ mm}$
 $Th = 50.000 \text{ mm}$
 $H = 2400.000 \text{ mm}$
 $n = 8$

① 합성전 단면

구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
UPPER FL.	1	-	2700.0 X 32.0	86400	1216.00	105062400	7372800
UPPER RIB	3	-	150.0 X 14.0	6300	1125.00	7687500	11812500
W E B	2	-	2400.0 X 14.0	67200			32256000000
LOWER RIB	5	-	150.0 X 14.0	10500	-1125.00	-11812500	19687500
LOWER FL.	1	-	2700.0 X 34.0	91800	-1217.00	-111720600	8843400
TOTAL				262200		-11383200	32303716200

$$\begin{aligned}
 I_s' &= \sum AsY^2 + \sum I_o \\
 &= 284982348600 + 32303716200 = 317286064800 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum AsY / \sum As \\
 &= -11383200 / 262200 = -43.41 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_s' - \sum As \times \delta s^2 \\
 &= 317286064800 - 262200 \times (-43.41)^2 = 316791872419 \text{ mm}^4 \\
 I_{22} &= (b3^3 \times tu / 12) + (b3' \times tu / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) \times 2 \\
 &= (2700^3 \times 32 / 12) + (2700^3 \times 34 / 12) + ((2400 \times 14^3 / 12) + (2400 \times 14 \times (2500 / 2 + 14 / 2)^2)) \times 2 \\
 &= 214436890400 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

$$\begin{aligned}
 bk &= b2 + tw / 2 \times 2 \\
 &= 2500.000 + 14.000 / 2 \times 2 = 2514.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 32.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2433.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2514^2 \times 2433^2) / (2 \times 2433/14 + 2514/32 + 2514/34) \\
 &= 299253694676 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

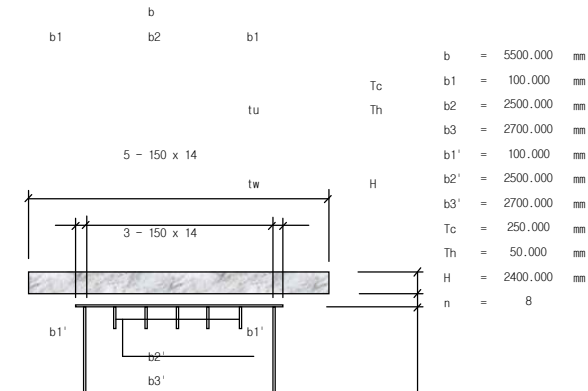
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 262200 + 1281250 / 8 = 422356 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 43.414 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1418.41 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1418.414 \times 262200 / 422356 = 880.56 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1418.414 - 880.556 = 537.86 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 316791872419 + 6673177083 / 8 + 262200 \times 537.858^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 880.556^2 = 517660004514 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 214436890400 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 564987224059 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 32.000 + 250.000 / 8 = 63.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2514^2 \times 2433^2) / (2 \times 2433/14 + 2514/63.25 + 2514/34) \\
 &= 324436195198 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-1



① 합성전 단면

구분	구격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY ² (mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	- 2700.0 X 12.0	32400	1206.00	39074400	47123726400	388800
UPPER RIB	- 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
W E B	- 2400.0 X 12.0	57600	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER RIB	- 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	- 2700.0 X 12.0	32400	-1206.00	-39074400	47123726400	388800
TOTAL		139200		4725000	115509952800	27680277600

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io$$
$$= 115509952800 + 27680277600 = 143190230400 \text{ mm}^4$$

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

$$= 4725000 / 139200 = 33.94 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2$$
$$= 143190230400 - 139200 \times 33.94^2 = 143029845163 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b^3 \times t_u / 12) + (b^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b^2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$
$$= (2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 130232764800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$I_{kt} = b^3 + t_w^3 / 2 \times 2$$
$$= 2700.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 12.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2412.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2412^2) / (2 \times 2412/12 + 2512/12 + 2512/12) \\
 &= 178931611999 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

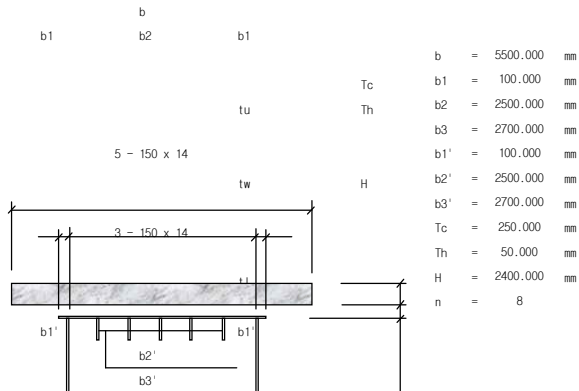
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 139200 + 1375000 / 8 = 311075 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 33.944 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1341.06 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1341.056 \times 139200 / 311075 = 600.10 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1341.056 - 600.096 = 740.96 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 143029845163 + 7161458333 / 8 + 139200 \times 740.960^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 600.096^2 = 282243659798 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 130232764800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 563500993967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2412^2) / (2 \times 2412/12 + 2512/43.25 + 2512/12) \\
 &= 219360743791 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-2



b	$=$	5500.000	mm
b_1	$=$	100.000	mm
b_2	$=$	2500.000	mm
b_3	$=$	2700.000	mm
b'_1	$=$	100.000	mm
b'_2	$=$	2500.000	mm
b'_3	$=$	2700.000	mm
T_c	$=$	250.000	mm
T_h	$=$	50.000	mm
H	$=$	2400.000	mm
n	$=$	8	

① 합성전 단면

구분	구격	$A_s(mm^2)$	$Y(mm)$	$A_sY(mm^3)$	$A_sY^2(mm^4)$	$I_o(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	1206.00	39074400	47123726400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
W E B	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 14.0	37800	-1207.00	-45624600	55068892200	617400
TOTAL		144600		-1825200	123455118600	27680506200

$$\begin{aligned}
 I_s' &= \sum A_s Y^2 + \sum I_o \\
 &= 123455118600 + 27680506200 = 151135624800 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum A_s Y / \sum A_s \\
 &= -1825200 / 144600 = -12.62 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_s' - \sum A_s \times \delta s^2 \\
 &= 151135624800 - 144600 \times (-12.62)^2 = 151112586383 \text{ mm}^4 \\
 I_{22} &= (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2 \\
 &= (2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) \\
 &\quad + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 133513264800 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

$$\begin{aligned}
 b_k &= b_2 + t_w / 2 \times 2 \\
 &= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
&= 2400.000 + 12.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2413.00 \quad \text{mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2413^2) / (2 \times 2413/12 + 2512/12 + 2512/14) \\
&= 185813233544 \quad \text{mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 144600 + 1375000 / 8 = 316475 \quad \text{mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
dv &= H / 2 - d_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 12.622 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1387.62 \quad \text{mm} \\
dvc &= dv \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1387.622 \times 144600 / 316475 = 634.02 \quad \text{mm} \\
dvs &= dv - dvc = 1387.622 - 634.016 = 753.61 \quad \text{mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot dvs^2 + A_c/N \cdot dvc^2 \\
&= 151112586383 + 7161458333 / 8 + 144600 \times 753.606^2 \\
&\quad + 1375000 / 8 \times 634.016^2 = 303219053511 \quad \text{mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 133513264800 + 5500.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 566781493967 \quad \text{mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 \quad \text{mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2413^2) / (2 \times 2413/12 + 2512/43.25 + 2512/14) \\
&= 229749057213 \quad \text{mm}^4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 14.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2414.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2414^2) / (2 \times 2414/12 + 2512/14 + 2512/14) \\
 &= 193232622085 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

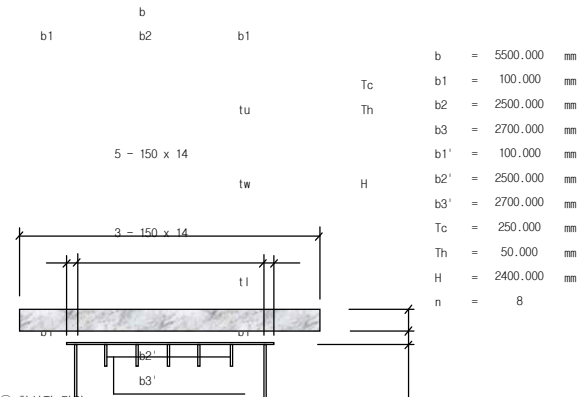
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 150000 + 1375000 / 8 = 321875 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 31.500 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1343.50 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1343.500 \times 150000 / 321875 = 626.10 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1343.500 - 626.097 = 717.40 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{c33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 158932181700 + 7161458333 / 8 + 150000 \times 717.403^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 626.097^2 = 304401985958 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{c22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 136793764800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 570061993967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2414^2) / (2 \times 2414/12 + 2512/45.25 + 2512/14) \\
 &= 230805643014 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-4



① 합성전 단면

구분	규격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY ³ (mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	- 2700.0 X 14.0	37800	1207.00	45624600	55068892200	617400
UPPER RIB	- 150.0 X 14.0	16500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
WEB	- 2400.0 X 12.0	57600	-1125.00	-7087500	7973437500	27648000000
LOWER RIB	- 150.0 X 14.0	16500	-1210.00	-65340000	79061400000	11812500
LOWER FL.	- 2700.0 X 20.0	54000	-1210.00	-65340000	79061400000	1800000
TOTAL		166200		-14990400	155392792200	27681917400

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

$$= 155392792200 + 27681917400 = 183074709600 \text{ mm}^4$$

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

$$= -14990400 / 166200 = -90.19 \text{ mm}$$

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

$$= 183074709600 - 166200 \times (-90.19)^2 = 181722651284 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b3^3 \times tu / 12) + (b3' \times tw^3 / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 14 / 12) + (2700^3 \times 20 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 146635264800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 14.000 / 2 + 20.000 / 2 = 2417.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2417^2) / (2 \times 2417/12 + 2512/14 + 2512/20) \\
 &= 208307075570 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

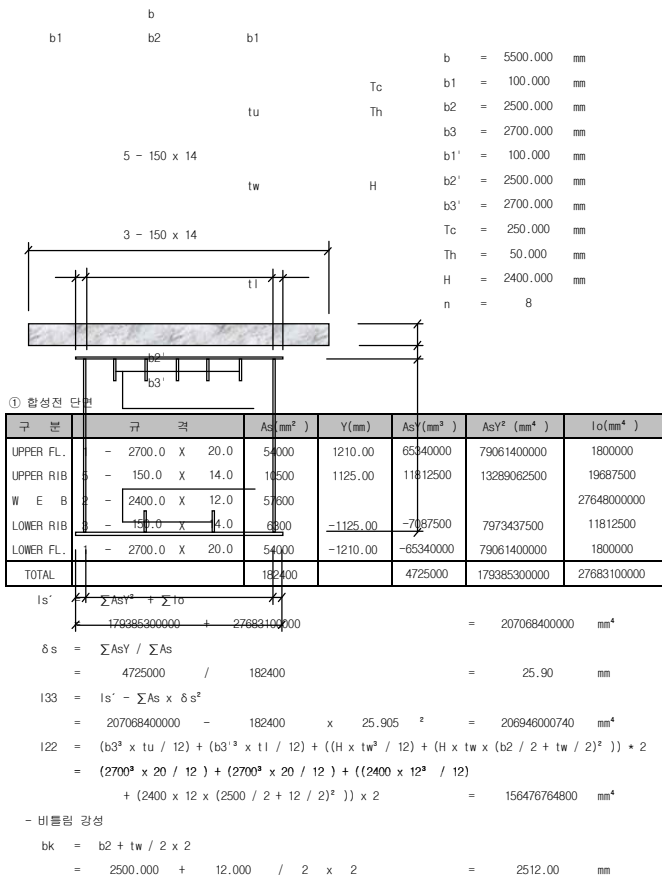
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 166200 + 1375000 / 8 = 338075 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 90.195 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1465.19 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1465.195 \times 166200 / 338075 = 720.30 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1465.195 - 720.300 = 744.90 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 181722651284 + 7161458333 / 8 + 166200 \times 744.895^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 720.300^2 = 364011240478 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 146635264800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 579903493967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2417^2) / (2 \times 2417/12 + 2512/45.25 + 2512/20) \\
 &= 252510256155 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-5



$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 20.000 / 2 + 20.000 / 2 = 2420.00 \text{ mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2420^2) / (2 \times 2420/12 + 2512/20 + 2512/20) \\
 &= 225838626940 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

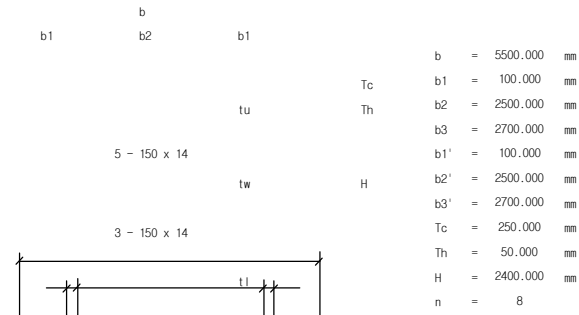
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \text{ mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 182400 + 1375000 / 8 = 354275 \text{ mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \text{ mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 25.905 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1349.10 \text{ mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1349.095 \times 182400 / 354275 = 694.59 \text{ mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1349.095 - 694.588 = 654.51 \text{ mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 206946000740 + 7161458333 / 8 + 182400 \times 654.508^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 694.588^2 = 368899203896 \text{ mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 156476764800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 589744993967 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 \text{ mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2420^2) / (2 \times 2420/12 + 2512/51.25 + 2512/20) \\
 &= 255765081987 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-6



① 합성전 단면

구분	구분		As(mm ²)	Y(mm)	As ³ (mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	-	2700.0 X 16.0	43200	1208.00	52185600	63040204800	921600
UPPER RIB	-	150.0 X 14.0	14500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
W E B	-	2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	-	150.0 X 14.0	8800	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	-	2700.0 X 20.0	54000	-1210.00	-66340000	79061400000	1800000
TOTAL			171600		-8429400	163364104800	27682221600

$$I_s' = \frac{\sum AsY^2 + \sum Io}{163364104800 + 27682221600} = 191046326400 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As} = \frac{-8429400}{171600} = -49.12 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2 = 191046326400 - 171600 \times (-49.12)^2 = 190632254230 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 20 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 149915764800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$b_k = b_2 + t_w / 2 \times 2 = 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 16.000 / 2 + 20.000 / 2 = 2418.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2512/16 + 2512/20) \\
 &= 215248951973 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 171600 + 1375000 / 8 = 343475 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 49.122 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1424.12 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1424.122 \times 171600 / 343475 = 711.49 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1424.122 - 711.491 = 712.63 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 190632254230 + 7161458333 / 8 + 171600 \times 712.631^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 711.491^2 = 365679844533 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 149915764800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 583183993967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2512/47.25 + 2512/20) \\
 &= 253667597349 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 16.000 / 2 + 16.000 / 2 = 2416.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2416^2) / (2 \times 2416/12 + 2512/16 + 2512/16) \\
 &= 205577658955 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 160800 + 1375000 / 8 = 332675 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 29.384 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1345.62 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1345.616 \times 160800 / 332675 = 650.41 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1345.616 - 650.410 = 695.21 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 174885411849 + 7161458333 / 8 + 160800 \times 695.206^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 650.410^2 = 326205816789 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 143354764800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 576622983967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

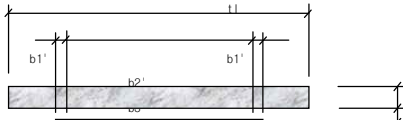
* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2416^2) / (2 \times 2416/12 + 2512/47.25 + 2512/16) \\
 &= 240410048827 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-8

b1	b	b1	b
	b2		
		Tc	b1
	tu	Th	b2
5 - 150 x 14			b3
	tw	H	b1'
			b2'
5 - 150 x 14			b3'
		Tc	
		Th	
		H	
		n	

b	=	5500.000	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	=	2400.000	mm
n	=	8	



① 합성전 단면

구분	구분	크기	As(mm ²)	Y(mm)	AsY ³ (mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	-	2700.0 X 16.0	43200	1208.00	52185600	63040204800	921600
UPPER RIB	-	150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
WEB	-	2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	-	150.0 X 14.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
LOWER FL.	-	2700.0 X 16.0	43200	-1208.00	-52185600	63040204800	921600
TOTAL			165000		0	152656534600	27689218200

$$I_s' = \frac{\sum AsY^2 + \sum Io}{152656534600 + 27689218200} = 180347752800 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As} = \frac{0}{165000} = 0.00 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2 = 180347752800 - 165000 \times 0.00^2 = 180347752800 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times t1 / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 16 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 143354764800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$bk = b2 + tw / 2 \times 2 = 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 16.000 / 2 + 16.000 / 2 = 2416.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2416^2) / (2 \times 2416/12 + 2512/16 + 2512/16) \\
 &= 205577658955 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 165000 + 1375000 / 8 = 336875 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 0.000 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1375.00 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1375.000 \times 165000 / 336875 = 673.47 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1375.000 - 673.469 = 701.53 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 180347752800 + 7161458333 / 8 + 165000 \times 701.531^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 673.469^2 = 340402692745 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 143354764800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 576622993967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

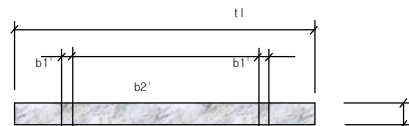
- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2416^2) / (2 \times 2416/12 + 2512/47.25 + 2512/16) \\
 &= 240410048827 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section 02-9

b1	b	b1	b	=	5500.000	mm
	b2		b1	=	100.000	mm
		Tc	b2	=	2500.000	mm
	tu	Th	b3	=	2700.000	mm
5 - 150 x 14			b1'	=	100.000	mm
	tw	H	b2'	=	2500.000	mm
5 - 150 x 14			b3'	=	2700.000	mm
		Tc		=	250.000	mm
		Th		=	50.000	mm
		H		=	2400.000	mm
		n		=	8	



① 합성전 단면

구분	구분	구분	구분	As(mm ²)	Y(mm)	As ² (mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	-	2700.0	X	14.0	37800	1207.00	45624600	55068892200
UPPER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	1125.00	13289062500
WEB	2	-	2400.0	X	12.0	57600		27648000000
LOWER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	-1125.00	13289062500
LOWER FL.	1	-	2700.0	X	16.0	43200	-1208.00	63040204800
TOTAL					139600		-6561000	144687222000

$$I_s' = \sum A_s Y^2 + \sum I_o$$
$$= 144687222000 + 27688914000 = 172376136000 \text{ mm}^4$$
$$\delta s = \frac{\sum A_s Y}{\sum A_s}$$
$$= \frac{-6561000}{139600} = -41.11 \text{ mm}$$
$$I_{s3} = I_s' - \sum A_s \times \delta s^2$$
$$= 172376136000 - 139600 \times (-41.109)^2 = 172106419703 \text{ mm}^4$$
$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$
$$= (2700^3 \times 14 / 12) + (2700^3 \times 16 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 140074264800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$b_k = b_2 + t_w / 2 \times 2$$
$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 14.000 / 2 + 16.000 / 2 = 2415.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2415^2) / (2 \times 2415/12 + 2512/14 + 2512/16) \\
 &= 199219145197 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 159600 + 1375000 / 8 = 331475 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 41.109 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1416.11 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1416.109 \times 159600 / 331475 = 681.83 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1416.109 - 681.834 = 734.27 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 172106419703 + 7161458333 / 8 + 159600 \times 734.275^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 681.834^2 = 338955783082 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 140074264800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 573342493967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

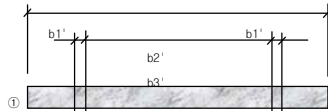
- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2415^2) / (2 \times 2415/12 + 2512/45.25 + 2512/16) \\
 &= 239358393994 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-10

b1	b	b1		
	b2			
			Tc	b = 5500.000 mm
			Th	b1 = 100.000 mm
	tu			b2 = 2500.000 mm
				b3 = 2700.000 mm
5 - 150 x 14				b1' = 100.000 mm
	tw	H		b2' = 2500.000 mm
				b3' = 2700.000 mm
5 - 150 x 14			Tc	Tc = 250.000 mm
			Th	Th = 50.000 mm
			H	H = 2400.000 mm
	tl		n	n = 8



구분	구분	구분	구분	As(mm ²)	Y(mm)	As ³ (mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	-	2700.0	X	14.0	37800	1207.00	45624600	55068892200
UPPER RIB	-	150.0	X	14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500
W E B	-	2400.0	X	12.0	57600			27648000000
LOWER RIB	-	150.0	X	14.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500
LOWER FL.	-	2700.0	X	22.0	59400	-1211.00	-71933400	87111347400
TOTAL				175800		-26308800	168756364600	27690368200

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum I_o$$
$$= 168756364600 + 27690368200 = 196448752800 \text{ mm}^4$$
$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As}$$
$$= \frac{-26308800}{175800} = -149.65 \text{ mm}$$
$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2$$
$$= 196448752800 - 175800 \times (-149.65)^2 = 192511591495 \text{ mm}^4$$
$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$
$$= (2700^3 \times 14 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$
$$= 149915764800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$b_k = b_2 + t_w / 2 \times 2$$
$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 14.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2418.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2512/14 + 2512/22) \\
 &= 211846799408 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 175800 + 1375000 / 8 = 347675 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 149.652 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1524.65 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1524.652 \times 175800 / 347675 = 770.93 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1524.652 - 770.932 = 753.72 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 192511591495 + 7161458333 / 8 + 175800 \times 753.720^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 770.932^2 = 395429163561 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 149915764800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 583183993967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2512/45.25 + 2512/22) \\
 &= 257684315465 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-11

b1 b
b2 b1

Tc

Th

tu

tw

tl

5 - 150 x 14

5 - 150 x 14

b = 5500.000 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 = 2400.000 mm

n = 8

구분	구분	구분	As (mm ²)	Y (mm)	AsY (mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io (mm ⁴)	
UPPER FL.	-	2700.0 X 24.0	64800	1212.00	78537600	95187571200	3110400	
UPPER RIB	-	150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500	
W E B	-	2400.0 X 12.0	57600				27648000000	
LOWER RIB	-	150.0 X 14.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500	
LOWER FL.	-	2700.0 X 22.0	59400	-1211.00	-71933400	87111347400	2395800	
TOTAL			202800		6604200	208677043600	27692881200	

$$I_s' = \frac{\sum AsY^2}{\sum As} + \sum I_o = \frac{208677043600}{202800} + 27692881200 = 236569924800 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As} = \frac{6604200}{202800} = 32.57 \text{ mm}$$

$$I_{s3} = I_s' - \sum As \times \delta s^2 = 236569924800 - 202800 \times 32.565^2 = 236354858441 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b3^3 \times tu / 12) + (b3^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 24 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 166318264800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$bk = b2 + tw / 2 \times 2 = 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 24.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2423.00 \text{ mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2423^2) / (2 \times 2423/12 + 2512/24 + 2512/22) \\
 &= 237979695710 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \text{ mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 202800 + 1375000 / 8 = 374675 \text{ mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \text{ mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 32.565 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1342.43 \text{ mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1342.435 \times 202800 / 374675 = 726.62 \text{ mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1342.435 - 726.619 = 615.82 \text{ mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 236354858441 + 7161458333 / 8 + 202800 \times 615.816^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 726.619^2 = 404903462446 \text{ mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 166318264800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 596586493967 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

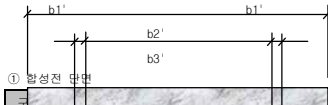
- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \text{ mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2423^2) / (2 \times 2423/12 + 2512/55.25 + 2512/22) \\
 &= 262982377595 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-12

	b																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



					Y(mm)	As(mm ²)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	2700.0	X	24.0	64800	-1212.00	75537600	95187571200	3110400
UPPER RIB	150.0	X	14.0	6300	1125.00	7037500	7973437500	11812500
W E B	2400.0	X	12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	150.0	X	14.0	6300	-1125.00	-11312500	13289062500	19687500
LOWER FL.	2700.0	X	34.0	91800	-1217.00	-111720600	135963970200	8843400
TOTAL				231000		-37908000	252414041400	27691453800

$$I_s' = \frac{\sum AsY^2}{\sum As} + \frac{\sum Io}{\sum As} = \frac{252414041400}{27691453800} = 280105495200 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As} = \frac{-37908000}{231000} = -164.10 \text{ mm}$$

$$I_{33} = \frac{I_s' - \sum As \times \delta s^2}{\sum As} = \frac{280105495200 - 231000 \times (-164.10)^2}{231000} = 273884644706 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 24 / 12) + (2700^3 \times 34 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 186001264800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$bk = b_2 + t_w / 2 \times 2$$

$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 24.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2429.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/12 + 2512/24 + 2512/34) \\
 &= 255270719988 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
 &= 231000 + 1375000 / 8 = 402875 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 164.104 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1539.10 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1539.104 \times 231000 / 402875 = 882.49 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1539.104 - 882.490 = 656.61 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 273884644706 + 7161458333 / 8 + 231000 \times 656.614^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 882.490^2 = 508227875417 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 186001264800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 619269493967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

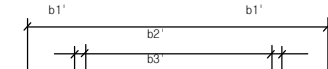
- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/12 + 2512/55.25 + 2512/34) \\
 &= 284100759652 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section 02-12-1

b_1 b
 b_2
 b_1
 T_c b = 5500.000 mm
 T_h b_1 = 100.000 mm
 t_u b_2 = 2500.000 mm
 b_3 = 2700.000 mm
 b_1' = 100.000 mm
 $3 - 150 \times 14$ b_2' = 2500.000 mm
 t_w H b_3' = 2700.000 mm
 $5 - 150 \times 14$ T_c = 250.000 mm
 T_h = 50.000 mm
 H = 2400.000 mm
 t_l n = 8



① 합성전 단면

				$Y(\text{mm})$	$As(\text{mm}^2)$	$AsY^2(\text{mm}^4)$	$Io(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	-	2700.0	24.0	62800	1212.00	78537600	95187571200
UPPER RIB	-	120.0	14.0	6800	1125.00	7037500	7973437500
WEB	-	2400.0	12.0	57600			27648000000
LOWER RIB	-	150.0	14.0	10800	-1125.00	-11912500	13289062500
LOWER FL.	-	2700.0	34.0	91800	-1217.00	-111720600	135963970200
TOTAL				231000		-37908000	252414041400

$$I_s' = \frac{\sum AsY^2 + \sum Io}{252414041400 + 27691453800} = 280105495200 \text{ mm}^4$$

$$\bar{S} = \frac{\sum AsY}{\sum As} = \frac{-37908000}{231000} = -164.10 \text{ mm}$$

$$I_{33} = \frac{I_s' - \sum As \times \bar{S}^2}{280105495200 - 231000 \times (-164.10)^2} = 273884644706 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 24 / 12) + (2700^3 \times 34 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 186001264800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$b_k = b_2 + t_w / 2 \times 2$$

$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 24.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2429.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/12 + 2512/24 + 2512/34) \\
 &= 255270719988 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
 &= 231000 + 1375000 / 8 = 402875 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 164.104 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1539.10 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1539.104 \times 231000 / 402875 = 882.49 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1539.104 - 882.490 = 656.61 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 273884644706 + 7161458333 / 8 + 231000 \times 656.614^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 882.490^2 = 508227875417 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 186001264800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 619269493967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/12 + 2512/55.25 + 2512/34) \\
 &= 284100759652 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section 02-13

b1	b	b1	b
	b2		
		Tc	b1
	tu	Th	b2
3 - 150 x 14			b3
	tw	H	b1'
			b2'
5 - 150 x 14			b3'
		Tc	
		Th	
	tl	H	
		n	

b	=	5500.000	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	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면								
구분	규격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)		
UPPER RIB	150.0 X 14.0	6300	1212.00	76537600	95187571200	3110400		
WEB	2400.0 X 14.0	63200	1125.00	7097500	7973437500	11812500		
LOWER RIB	150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500		
LOWER FL.	2700.0 X 34.0	91800	-1217.00	-111720600	135963970200	8843400		
TOTAL		240600		-37908000	252414041400	32299453800		

$$\begin{aligned}
 I_s' &= \frac{\sum A s^2}{2} + \sum I_o \\
 &= \frac{252414041400}{2} + 32299453800 \\
 &= 284713495200 \quad \text{mm}^4 \\
 \delta s &= \frac{\sum A s Y}{\sum A s} \\
 &= \frac{-37908000}{240600} \\
 &= -157.56 \quad \text{mm} \\
 I_{33} &= I_s' - \sum A s \times \delta s^2 \\
 &= 284713495200 - 240600 \times (-157.556)^2 \\
 &= 278740858193 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{22} &= (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2 \\
 &= (2700^3 \times 24 / 12) + (2700^3 \times 34 / 12) + ((2400 \times 14^3 / 12) \\
 &\quad + (2400 \times 14 \times (2500 / 2 + 14 / 2)^2)) \times 2 \\
 &= 201314890400 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

$$\begin{aligned}
 b_k &= b_2 + t_w / 2 \times 2 \\
 &= 2500.000 + 14.000 / 2 \times 2 \\
 &= 2514.00 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 24.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2429.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2514^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/14 + 2514/24 + 2514/34) \\
 &= 283736286223 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 240600 + 1375000 / 8 = 412475 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 157.556 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1532.56 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1532.556 \times 240600 / 412475 = 893.95 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1532.556 - 893.952 = 638.60 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 278740658193 + 7161458333 / 8 + 240600 \times 638.604^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 893.952^2 = 515110316656 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 201314890400 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 634583119567 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2514^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/14 + 2514/55.25 + 2514/34) \\
 &= 319776525230 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-14

	b																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

① 합성면 구성

구분	규격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	3 - 2700 x 34.0	28260	1216.00	162662400	127755678400	7372800
UPPER RIB	3 - 150.0 x 14.0	2830	1125.00	767500	7973437500	11812500
WEB	2 - 2400.0 x 14.0	67200				32256000000
LOWER RIB	3 - 150.0 x 14.0	16500	-1125.00	-11612500	13289062500	19687500
LOWER FL.	3 - 2700.0 x 34.0	91800	-1217.00	-111720600	135963970200	8843400
TOTAL		262200		-11383200	284982348600	32303716200

$$\begin{aligned}
 I_s' &= \sum A_s Y^2 + \sum I_o \\
 &= 284982348600 + 32303716200 = 317286064800 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \frac{\sum A_s Y}{\sum A_s} \\
 &= \frac{-11383200}{262200} = -43.41 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_s' - \sum A_s \times \delta s^2 \\
 &= 317286064800 - 262200 \times (-43.41)^2 = 316791872419 \text{ mm}^4 \\
 I_{22} &= \left(\frac{b_3^3 \times t_u}{12} + \frac{b_3^3 \times t_l}{12} \right) + \left(\frac{H \times t_w^3}{12} + \frac{H \times t_w \times (b_2/2 + t_w/2)^2}{2} \right) \times 2 \\
 &= \left(\frac{2700^3 \times 32}{12} + \frac{2700^3 \times 34}{12} \right) + \left(\frac{2400 \times 14^3}{12} + \frac{2400 \times 14 \times (2500/2 + 14/2)^2}{2} \right) \times 2 \\
 &= 214436890400 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

$$\begin{aligned}
 b_k &= b_2 + t_w / 2 \times 2 \\
 &= 2500.000 + 14.000 / 2 \times 2 = 2514.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 32.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2433.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2514^2 \times 2433^2) / (2 \times 2433/14 + 2514/32 + 2514/34) \\
 &= 299253694676 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 262200 + 1375000 / 8 = 434075 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 43.414 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1418.41 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1418.414 \times 262200 / 434075 = 856.78 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1418.414 - 856.783 = 561.63 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 316791872419 + 7161458333 / 8 + 262200 \times 561.631^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 856.783^2 = 526562196578 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 214436890400 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 647705119567 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

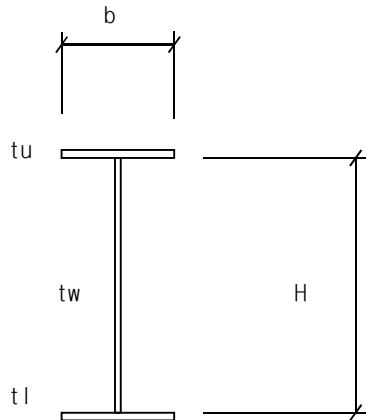
- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 32.000 + 250.000 / 8 = 63.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2514^2 \times 2433^2) / (2 \times 2433/14 + 2514/63.25 + 2514/34) \\
 &= 324436195198 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

2-2. 가로보 및 세로보 단면상수 산정

- 가로보 Section 1



$$b_u = 300.00 \text{ mm}$$

$$b_l = 300.00 \text{ mm}$$

$$H = 1500.00 \text{ mm}$$

$$t_u = 10.00 \text{ mm}$$

$$t_w = 10.00 \text{ mm}$$

$$t_l = 10.00 \text{ mm}$$

구 분	규	격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
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

$$I_{33} = \sum AsY^2 + \sum I_o$$

$$= 3420150000 + 2812550000 = 6232700000 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_u^3 \times t_u / 12) + (b_l^3 \times t_l / 12) + (H \times t_w^3 / 12)$$

$$= (300^3 \times 10 / 12) + (300^3 \times 10 / 12) + (1500 \times 10^3 / 12)$$

$$= 45125000 \text{ mm}^4$$

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

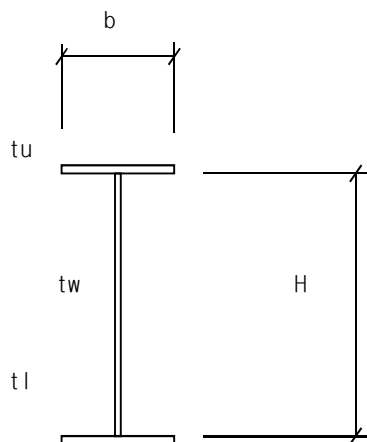
여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정강성

- 비틀림 강성

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

$$= (300 \times 10^3 + 300 \times 10^3 + 1500 \times 10^3) / 3 = 700000 \text{ mm}^4$$

- 세로보 Section 1



bu

=

300.00

mm

bl

=

300.00

mm

H

=

800.00

mm

tu

=

12.00

mm

tw

=

15.00

mm

tl

=

12.00

mm

구 분	규	격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	lo(mm ⁴)
UPPER FL.	300.00	X 12.00	3600.0	406.00	1461600	593409600	43200
W E B	800.00	X 15.00	12000.0				6400000000
LOWER FL.	300.00	X 12.00	3600.0	-406.00	-1461600	593409600	43200
TOTAL			19200.0		0	1186819200	640086400

I33

=

ΣAsY² + Σlo

=

1186819200

+

640086400

=

1826905600

mm⁴

I22

=

(bu³ x tu / 12) + (bl³ x tl / 12) + (H x tw³ / 12)

=

(300³ x 12 / 12) + (300³ x 12 / 12) + (800 x 15³ / 12)

=

54225000

mm⁴

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

=

Σ (b x t³) / 3

=

(300 x 12³ + 300 x 12³ + 800 x 15³) / 3

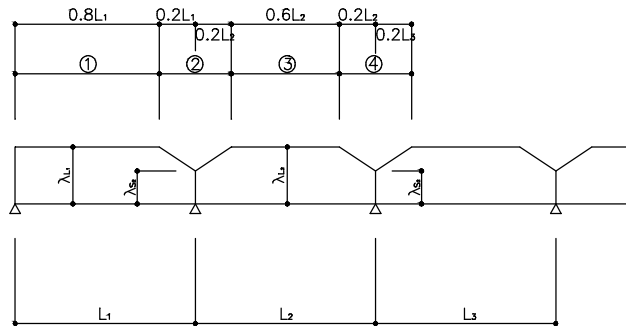
=

1245600

mm⁴

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

$L1 = 50.000$ m

$L2 = 50.000$ m

1. 제 1 경간 정모멘트부

$$l = 0.8 \times L1 = 0.8 \times 50 = 40.000 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 40 = 0.031$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_{L1} = b = 1.25 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda_{L1} + be) = 2.700 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 40 = 0.031$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_{L1} = b = 1.25 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda_{L1} + be) = 2.700 \text{ m}$$

2. 제 1 경간 부모멘트부

$$l = 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (50 + 50) = 20.000 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 20 = 0.063$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_{s1} = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.097 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda_{s1} + be) = 2.394 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 20 = 0.063$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_{s1} = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.097 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda_{s1} + be) = 2.394 \text{ m}$$

3. 제 2 경간 정모멘트부

$$l = 0.6 \times L2 = 0.6 \times 50 = 30.000 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 30 = 0.042$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_{L2} = b = 1.25 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda_{L2} + b_e) = 2.700 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 30 = 0.042$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

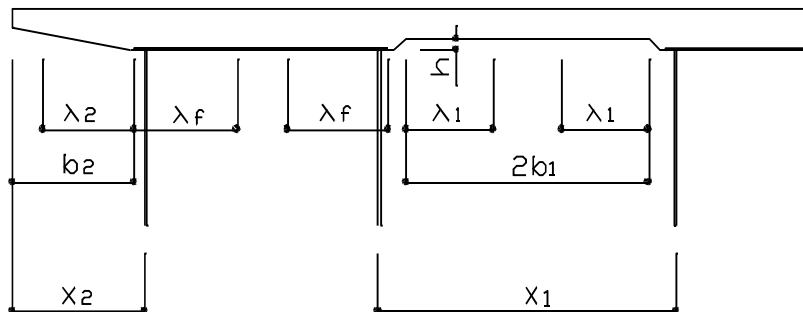
$$\lambda_{L2} = b = 1.25 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda_{L2} + b_e) = 2.700 \text{ m}$$

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



$X1 = 5.000$: 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

$X2 = 1.075$: 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

$h = 0.050$: 현치 높이

$b_e = 0.100$: 플랜지의 돌출폭

$$2b1 = X1 - 2(b_e + h) = 5 - 2 \times (0.1 + 0.05) = 4.700 \text{ m}$$

$$b2 = X2 - b_e = 1.075 - 0.1 = 0.975 \text{ m}$$

1. 제 1 경간 정모멘트부

$$l = 0.8 \times L1 = 0.8 \times 50 = 40.000 \text{ m}$$

$$b/l = 2.35 / 40 = 0.059$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.309 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 0.975 / 40 = 0.024$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 0.975 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 6.034 \text{ m}$$

2. 제 1 경간 부모멘트부

$$l = 0.2 \times (L_1 + L_2) = 0.2 \times (50 + 50) = 20.000 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.35 / 20 = 0.118$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.753 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 0.975 / 20 = 0.049$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.892 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.089 \text{ m}$$

3. 제 2 경간 정모멘트부

$$l = 0.6 \times L_2 = 0.6 \times 50 = 30.000 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 2.35 / 30 = 0.078$$

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b = 2.217 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 0.975 / 30 = 0.033$$

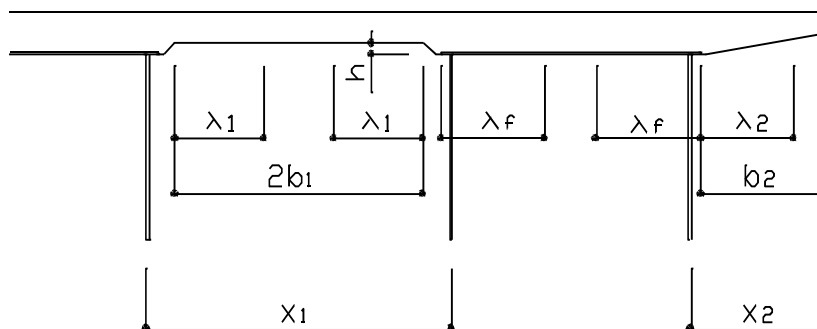
여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 0.975 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.942 \text{ m}$$

2) GIRDER - 2



$X1 = 5.000$: 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

$X2 = 1.075$: 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

$h = 0.050$: 현차 높이

$be = 0.100$: 플랜지의 돌출폭

$$2b1 = X1 - 2(be + h) = 5 - 2 \times (0.1 + 0.05) = 4.700 \text{ m}$$

$$b2 = X2 - be = 1.075 - 0.1 = 0.975 \text{ m}$$

1. 제 1 경간 정모멘트부

$$I = 0.8 \times L1 = 0.8 \times 50 = 40.000 \text{ m}$$

$$b1 / I = 2.35 / 40 = 0.059$$

여기서, $0.05 < b/I < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.1 - 2(b/I)\} \cdot b = 2.309 \text{ m}$$

$$b2 / I = 0.975 / 40 = 0.024$$

여기서, $b/I \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 0.975 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 6.034 \text{ m}$$

2. 제 1, 2 경간 부모멘트부

$$I = 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (50 + 50) = 20.000 \text{ m}$$

$$b1 / I = 2.35 / 20 = 0.118$$

여기서, $0.02 < b/I < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/I) + 4.5(b/I)^2\} \cdot b = 1.753 \text{ m}$$

$$b2 / I = 0.975 / 20 = 0.049$$

여기서, $0.02 < b/I < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/I) + 4.5(b/I)^2\} \cdot b = 0.892 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.089 \text{ m}$$

3. 제 2 경간 정모멘트부

$$I = 0.6 \times L2 = 0.6 \times 50 = 30.000 \text{ m}$$

$$b1 / I = 2.35 / 30 = 0.078$$

여기서, $0.05 < b/I < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.1 - 2(b/I)\} \cdot b = 2.217 \text{ m}$$

$$b2 / I = 0.975 / 30 = 0.033$$

여기서, $b/I \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 0.975 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.942 \text{ m}$$

4. 부재력 요약

[1경간 정모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	9,867.241	2,889.420	5,730.423	377.323	0.541
G2	9,867.241	2,416.082	6,522.527	377.323	0.541

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	208.141	61.470	353.593	19.269	
G2	208.141	50.263	383.512	19.269	

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	0.031	-30.283	387.921	0.021	
G2	-0.031	-30.032	375.021	0.021	

[2경간 정모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	9,867.241	2,889.420	5,730.423	377.323	0.541
G2	9,867.241	2,416.082	6,522.527	377.323	0.541

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	208.141	61.470	353.593	19.269	
G2	208.141	50.263	383.512	19.269	

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-0.031	30.283	378.598	0.021	
G2	0.031	30.032	-363.707	0.021	

[1경간 부모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-20,746.318	-6,238.582	-6,732.452	-956.465	-0.557
G2	-20,746.318	-4,899.130	-8,440.758	-956.465	-0.557

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-1,960.949	-597.976	-817.911	-19.269	
G2	-1,960.949	-441.754	-1,007.903	-19.269	

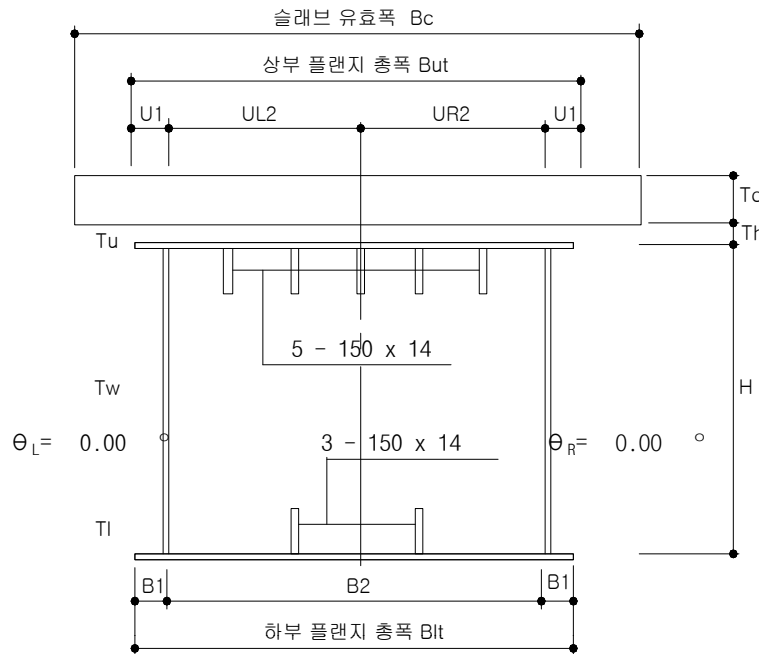
[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-5.513	-27.250	-797.004	-0.032	
G2	-5.513	-4.333	-829.728	-0.032	

5. 단면검토

5-1. 1경간 최대 정모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.400 m

Bc = 6.034 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 = 0.020 m

TI = 0.020 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
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	9867.241
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2889.420
Mv : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	6107.746
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	208.141
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	61.470
Sv : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	372.862
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	0.031
Mstc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-30.283
Mvt : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	378.619

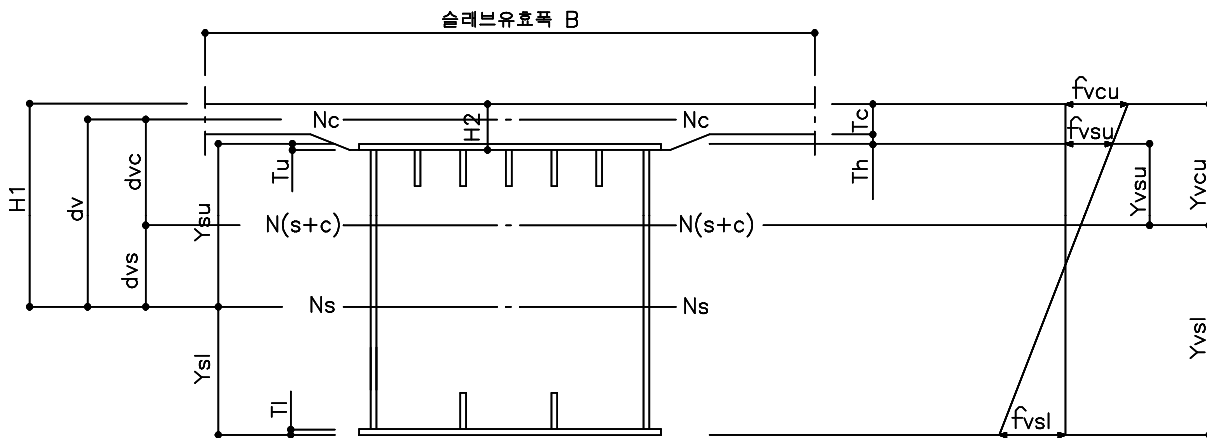
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	20.0	54000	1210.0	65340000	79061400000	1800000
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1125.0	11812500	13289062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	20.0	54000	-1210.0	-65340000	79061400000	1800000
강단면 합계			182400		4725000	1.79385E+11	27683100000
1 - RC SLAB	6034.0	250.0	1508500	1375.0	2074187500	2852007812500	7856770833

* As = 182400 mm² , Ac = 1508500 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = \text{#####} + 27683100000.0 = 207068400000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 4725000 / 182400 = 25.905 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 182400 \times 25.905^2 = 206946000740 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 20.0 - 25.905 = 1194.095 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1194.095 - 2440.000 = -1245.905 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6079040.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 56.935 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -59.405 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 3.614 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 370962.5 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 982096354 \text{ mm}^4$$

$$I_{cn} = I_c/n + A_v \cdot Y_{cn}^2 = 1040000000 \text{ mm}^4$$

$$663.3$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 685.8 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 788.3 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 538.3 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 508.3 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1931.7 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 376674868132 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6118290.0 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.756 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.516 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 3.899 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -14.817 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 1.273 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.598 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.091 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 8.243 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -31.322 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 9.052 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 276681.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 889.4 \text{ mm} & K = 0.541 \\
ds1 &= dv - dc1 = 459.7 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1014.4 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 764.4 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 734.4 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1705.6 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 320561310231 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 959482 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 959482 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 853344917 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.756 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.516 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.448 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.231 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 4.525 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 4.811 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 245254.167 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1003.3 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 345.7 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1128.3 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 878.3 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 848.3 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1591.7 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 292353434897.2 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 2375888 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2383839282 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -0.964 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.010 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 13.430 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 2.666 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

$$\epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$$

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4751775 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 3152051847 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.157 \text{ MPa}$$

$$fclt1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.298 \text{ MPa}$$

$$fsut1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 15.111 \text{ MPa}$$

$$fslt1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 4.064 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msc + Mvt)/(2 FvTw) = 13.526 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\therefore \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 202.4$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \right\} = 506.880 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

$$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 1.890 \text{ MPa}$$

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	56.935	-59.405	190.000	190.000
1+2+3	2.354	1.607	10.800	10.800	69.077	-105.544	190.000	190.000
1+2+3+4	1.906	1.377	10.800	10.800	73.602	-104.533	218.500	190.000
1+2+3+4+5	0.942	0.367	10.800	10.800	87.032	-101.867	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.215	-0.932	2.174	2.174	102.143	-97.802	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	2.099	1.665	12.420	12.420	71.921	-105.931	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{102.143}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{13.526}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.171 + 0.015 = 0.186 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-105.544}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{13.526}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.309 + 0.015 = 0.324 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 6) = 8.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스퍼드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 4) = 7.8 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/56.935)} = 1.827 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 3.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/102.143)} = 1.364 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 $+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량})$ 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.756 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.354 - 0.756 = 1.598 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.756 + 2.15 \times 1.598 + (-0.448) + (-0.964) + (1.157) = 4.163 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.756 + 2.15 \times 1.598 + (1.157) = 5.575 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 56.935 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.899 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 69.077 - 56.935 - 3.899 = 8.243 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (56.935 + 3.899) + 2.15 \times 8.243 + (4.525) + (13.43) + (15.111) = 129.872 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (56.935 + 3.899) + 2.15 \times 8.243 + (15.111) = 111.917 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -59.405 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -14.817 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -105.544 - (-59.405) - (-14.817) = -31.322 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-59.405 + -14.817) + 2.15 \times -31.322 + (1.011) + (2.666) + (-4.064) = -164.218 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

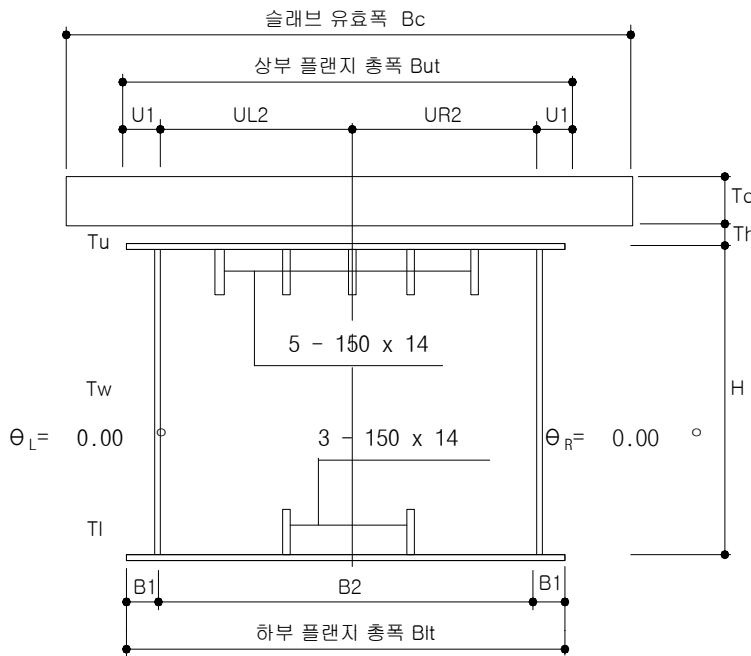
$$\Sigma f = 1.3 \times (-59.405 + -14.817) + 2.15 \times -31.322 + (-4.064) = -167.895 \text{ MPa} < 315.0$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.163	16.200	0.K!!!	3.89
	크리프, 건조수축제외시	5.575	16.200	0.K!!!	2.90
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	129.872	315.000	0.K!!!	2.42
	크리프, 건조수축제외시	111.917	315.000	0.K!!!	2.81
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-164.218	315.000	0.K!!!	1.91
	크리프, 건조수축제외시	-167.895	315.000	0.K!!!	1.87

5-2. 2경간 최대 정모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.400 m

Bc = 5.942 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Bit= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.020 m

Tl = 0.020 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 : 강 의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	9867.241
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2889.420
Mv : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	6107.746
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	208.141
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	61.470
Sv : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	353.614
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-0.031
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	30.283
Mvt : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	397.867

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

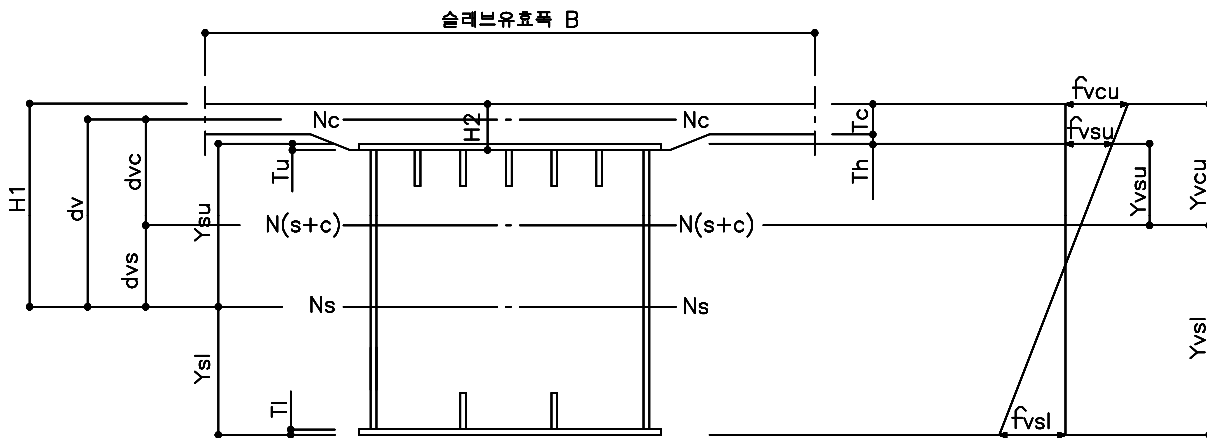
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	20.0	54000	1210.0	65340000	79061400000	1800000
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1125.0	11812500	13289062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	20.0	54000	-1210.0	-65340000	79061400000	1800000
강단면 합계			182400		4725000	1.79385E+11	27683100000
1 - RC SLAB	5942.0	250.0	1485500	1375.0	2042562500	2808523437500	7736979167

* As = 182400 mm² , Ac = 1485500 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = ##### + 27683100000.0 = 207068400000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 4725000 / 182400 = 25.905 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = ##### - 182400 \times 25.905^2 = 206946000740 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 20.0 - 25.905 = 1194.095 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1194.095 - 2440.000 = -1245.905 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6079040.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 56.935 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -59.405 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 3.614 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 368087.5 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 967122396 \text{ mm}^4$$

$$I_{cn} = I_c/n + A_v \cdot Y_{cn}^2 = 1040000000 \text{ mm}^4$$

$$668.5$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 680.6 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 793.5 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 543.5 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 513.5 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1926.5 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 375384948271 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6118290.0 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.763 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.523 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 3.953 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -14.829 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 1.273 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.614 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.105 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 8.355 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -31.345 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 8.849 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 275243.8 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 894.0 \text{ mm} & K = 0.541 \\
ds1 &= dv - dc1 = 455.1 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1019.0 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 769.0 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 739.0 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1701.0 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 319410824790 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 955505 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 955505 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 854245974 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.763 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.523 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.454 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.236 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 4.541 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -14.829 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건조수축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 244295.833 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1007.3 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 341.8 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1132.3 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 882.3 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 852.3 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1587.7 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 29137990084.9 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 2339663 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2356701880 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -0.970 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -1.015 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 13.306 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 2.630 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

$$\epsilon t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$$

$$P1 = Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 4679325 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 3128236898 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon t = -1.168 \text{ MPa}$$

$$fclt1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon t = -1.309 \text{ MPa}$$

$$fsut1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 15.028 \text{ MPa}$$

$$fslt1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 4.027 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msc + Mvt)/(2 FvTw) = 13.735 \text{ MPa} < ua = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.650 \times (0.0/6)^2 + 0.130 \times (0.0/6) + 1.0 = 1.000$$

$$\therefore \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 202.4$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \right\} = 506.880 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

$$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 1.890 \text{ MPa}$$

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	56.935	-59.405	190.000	190.000
1+2+3	2.377	1.628	10.800	10.800	69.243	-105.579	190.000	190.000
1+2+3+4	1.923	1.392	10.800	10.800	73.784	-104.568	218.500	190.000
1+2+3+4+5	0.953	0.377	10.800	10.800	87.090	-101.938	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.214	-0.932	2.174	2.174	102.118	-97.911	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	2.121	1.686	12.420	12.420	72.062	-105.966	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{102.118}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{13.735}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.171 + 0.016 = 0.187 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-105.579}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{13.735}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.309 + 0.016 = 0.324 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 6) = 8.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스퍼드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 4) = 7.8 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/56.935)} = 1.827 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 3.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/102.118)} = 1.364 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 $+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량})$ 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.763 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.377 - 0.763 = 1.614 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.763 + 2.15 \times 1.614 + (-0.454) + (-0.97) + (1.168) \\ = 4.206 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.763 + 2.15 \times 1.614 + (1.168) \\ = 5.630 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 56.935 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.953 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 69.243 - 56.935 - 3.953 = 8.355 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (56.935 + 3.953) + 2.15 \times 8.355 + (4.541) + (13.306) + (15.028) \\ = 129.992 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (56.935 + 3.953) + 2.15 \times 8.355 + (15.028) \\ = 112.145 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -59.405 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -14.829 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -105.579 - (-59.405) - (-14.829) = -31.345 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-59.405 + -14.829) + 2.15 \times -31.345 + (1.01) + (2.63) + (-4.027) \\ = -164.282 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

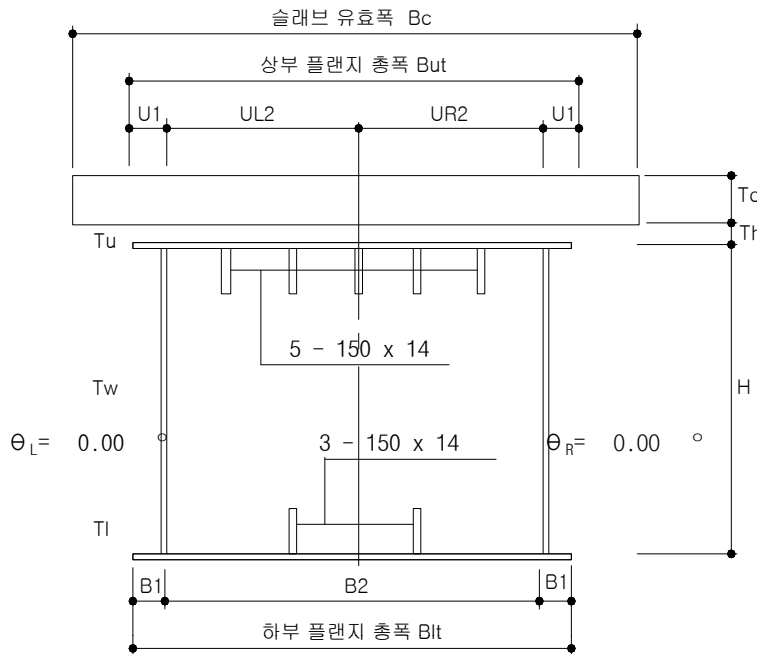
$$\Sigma f = 1.3 \times (-59.405 + -14.829) + 2.15 \times -31.345 + (-4.027) \\ = -167.923 \text{ MPa} < 315.0$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.206	16.200	0.K!!!	3.85
	크리프, 건조수축제외시	5.630	16.200	0.K!!!	2.87
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	129.992	315.000	0.K!!!	2.42
	크리프, 건조수축제외시	112.145	315.000	0.K!!!	2.80
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-164.282	315.000	0.K!!!	1.91
	크리프, 건조수축제외시	-167.923	315.000	0.K!!!	1.87

5-3. 1경간 최대 정모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.400 m

Bc = 6.034 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 = 0.020 m

Tl = 0.020 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 건조수축에 의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	9867.241
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2416.082
Mv : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	6899.850
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	208.141
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	50.263
Sv : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	402.781
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-0.031
Mstc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-30.032
Mvt : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-363.686

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 685.8 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 788.3 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 538.3 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 508.3 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1931.7 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 376674868132 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6118290.0 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.632 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.432 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 3.261 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -12.390 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 1.077 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.805 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.233 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 9.312 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -35.384 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 9.469 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 276681.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 889.4 \text{ mm} & K = 0.541 \\
ds1 &= dv - dc1 = 459.7 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1014.4 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 764.4 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 734.4 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1705.6 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 320561310231 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 802302 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 802302 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 713551956 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.632 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.432 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.374 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.193 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 3.784 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -35.384 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 245254.167 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1003.3 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 345.7 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1128.3 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 878.3 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 848.3 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1591.7 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 292353434897.2 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 2375888 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2383839282 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -0.964 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.010 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 13.430 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 2.666 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

$$\epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$$

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4751775 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 3152051847 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.157 \text{ MPa}$$

$$fclt1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.298 \text{ MPa}$$

$$fsut1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 15.111 \text{ MPa}$$

$$fslt1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 4.064 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msc + Mvt)/(2 FvTw) = 14.160 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\therefore \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 202.4$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \right\} = 506.880 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

$$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 1.890 \text{ MPa}$$

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	56.935	-59.405	190.000	190.000
1+2+3	2.437	1.664	10.800	10.800	69.507	-107.179	190.000	190.000
1+2+3+4	2.063	1.471	10.800	10.800	73.291	-106.333	218.500	190.000
1+2+3+4+5	1.099	0.462	10.800	10.800	86.721	-103.667	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.058	-0.837	2.174	2.174	101.832	-99.602	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	2.256	1.760	12.420	12.420	71.610	-107.731	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{101.832}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{14.160}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.170 + 0.017 = 0.187 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-107.179}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{14.160}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.318 + 0.017 = 0.335 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 6) = 8.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스퍼드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 4) = 7.8 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/56.935)} = 1.827 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 3.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/101.832)} = 1.366 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 $+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량})$ 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.632 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.437 - 0.632 = 1.805 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.632 + 2.15 \times 1.805 + (-0.374) + (-0.964) + (1.157)$$

$$= 4.521 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.632 + 2.15 \times 1.805 + (1.157)$$

$$= 5.860 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 56.935 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.261 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 69.507 - 56.935 - 3.261 = 9.311 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (56.935 + 3.261) + 2.15 \times 9.311 + (3.784) + (13.43) + (15.111)$$

$$= 130.599 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (56.935 + 3.261) + 2.15 \times 9.311 + (15.111)$$

$$= 113.385 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -59.405 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -12.390 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -107.179 - (-59.405) - (-12.39) = -35.384 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-59.405 + -12.39) + 2.15 \times -35.384 + (0.846) + (2.666) + (-4.064)$$

$$= -169.961 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-59.405 + -12.39) + 2.15 \times -35.384 + (-4.064)$$

$$= -173.473 \quad 315.0$$

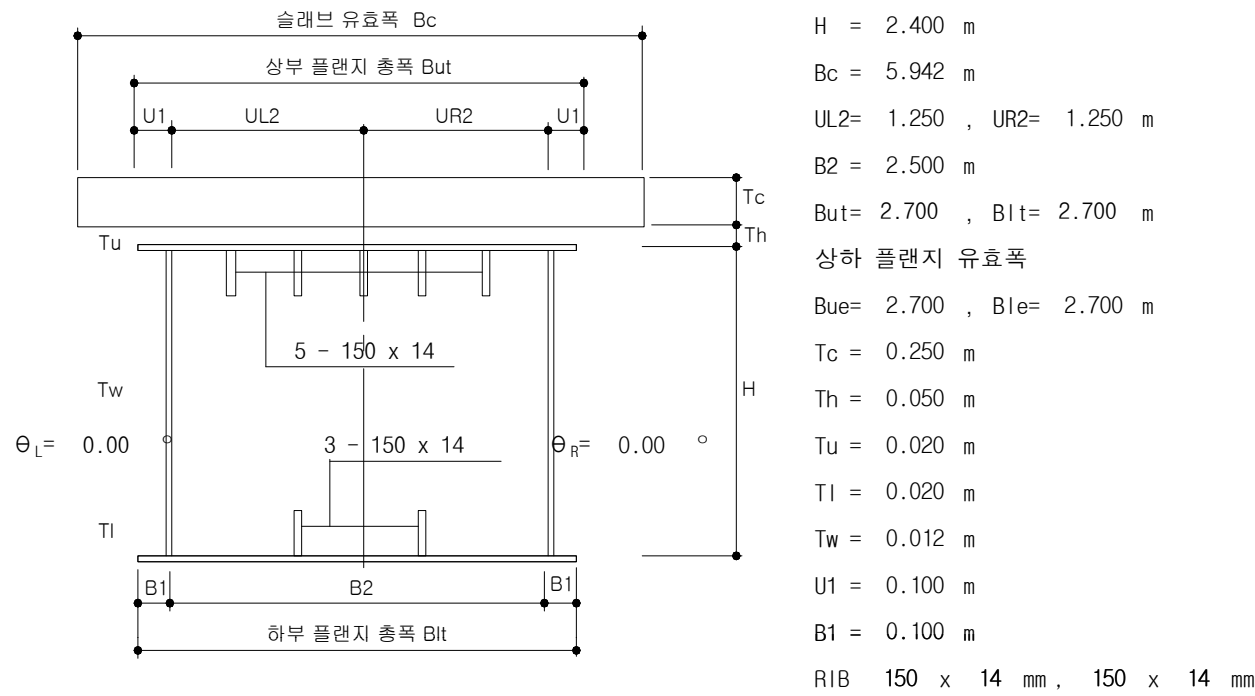
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.521	16.200	0.K!!!	3.58
	크리프, 건조수축제외시	5.860	16.200	0.K!!!	2.76
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	130.599	315.000	0.K!!!	2.41
	크리프, 건조수축제외시	113.385	315.000	0.K!!!	2.77
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-169.961	315.000	0.K!!!	1.85
	크리프, 건조수축제외시	-173.473	315.000	0.K!!!	1.81

5-4. 2경간 최대 정모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490



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	9867.241
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	2416.082
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN · m	6899.850
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	208.141
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	50.263
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	383.533
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	0.031
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	30.032
Mvt : 활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN · m	-344.438

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

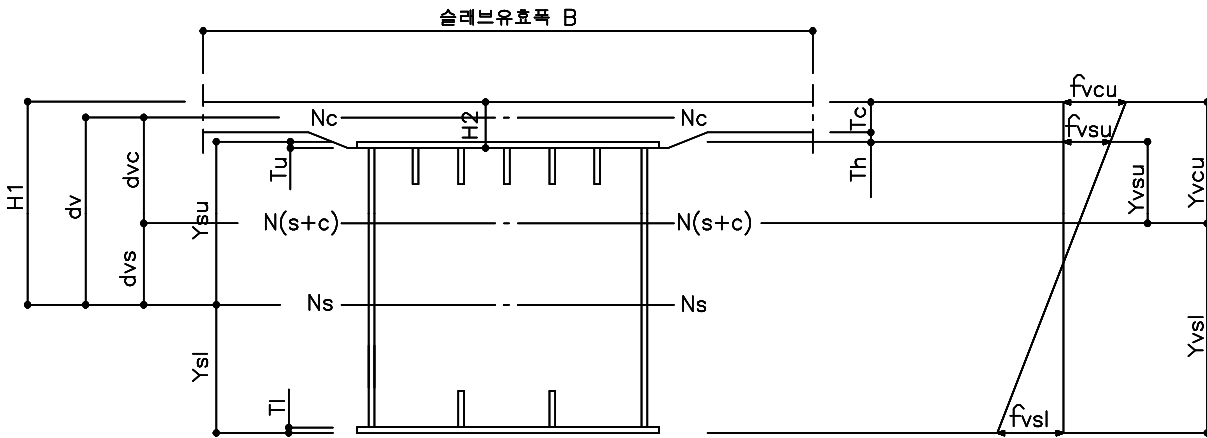
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	20.0	54000	1210.0	65340000	79061400000	1800000
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1125.0	11812500	13289062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	20.0	54000	-1210.0	-65340000	79061400000	1800000
강단면 합계			182400		4725000	1.79385E+11	27683100000
1 - RC SLAB	5942.0	250.0	1485500	1375.0	2042562500	2808523437500	7736979167

$$* A_s = 182400 \text{ mm}^2, A_c = 1485500 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = \text{#####} + 27683100000.0 = 207068400000 \text{ nm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 4725000 / 182400 = 25.905 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 182400 \times 25.905^2 = 206946000740 \text{ nm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 20.0 - 25.905 = 1194.095 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1194.095 - 2440.000 = -1245.905 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6079040.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 56.935 \text{ MPa}$$

$$f_{sI} = M_s \cdot Y_{sI} / I_s = -59.405 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 3.614 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 368087.5 \text{ mm}^2$$

$$I_{c/n} = 967122396 \text{ nm}^4$$

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1

668.5

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 680.6 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 793.5 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 543.5 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 513.5 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1926.5 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 375384948271 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6118290.0 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.638 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.437 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 3.305 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -12.399 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 1.077 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.823 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.249 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 9.439 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -35.410 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 9.004 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 275243.8 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 894.0 \text{ mm} & K = 0.541 \\
ds1 &= dv - dc1 = 455.1 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1019.0 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 769.0 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 739.0 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1701.0 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 319410824790 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 798976 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 798976 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 714305405 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.638 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.437 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.380 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.198 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 3.797 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -35.415 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 244295.833 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1007.3 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 341.8 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1132.3 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 882.3 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 852.3 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1587.7 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 29137990084.9 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 2339663 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2356701880 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -0.970 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.015 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 13.306 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 2.630 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

$$\epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$$

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4679325 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 3128236898 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.168 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.309 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 15.028 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 4.027 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msc + Mvt)/(2 FvTw) = 13.286 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.650 \times (0.0/6)^2 + 0.130 \times (0.0/6) + 1.0 = 1.000$$

$$\therefore \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 202.4$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \right\} = 506.880 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

$$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 1.890 \text{ MPa}$$

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	56.935	-59.405	190.000	190.000
1+2+3	2.462	1.686	10.800	10.800	69.679	-107.214	190.000	190.000
1+2+3+4	2.082	1.488	10.800	10.800	73.476	-106.370	218.500	190.000
1+2+3+4+5	1.112	0.473	10.800	10.800	86.782	-103.740	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.056	-0.836	2.174	2.174	101.810	-99.712	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	2.280	1.782	12.420	12.420	71.755	-107.767	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{101.810}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{13.286}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.170 + 0.015 = 0.184 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-107.214}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{13.286}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.312 + 0.015 = 0.327 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 6) = 8.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스퍼드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 4) = 7.8 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/56.935)} = 1.827 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 3.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/101.81)} = 1.366 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 $+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량})$ 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.638 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.462 - 0.638 = 1.823 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times 0.638 + 2.15 \times 1.823 + (-0.38) + (-0.97) + (1.168) \\ &= 4.568 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times 0.638 + 2.15 \times 1.823 + (1.168) \\ &= 5.918 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 56.935 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.305 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 69.679 - 56.935 - 3.305 = 9.439 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (56.935 + 3.305) + 2.15 \times 9.439 + (3.797) + (13.306) + (15.028) \\ &= 130.737 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (56.935 + 3.305) + 2.15 \times 9.439 + (15.028) \\ &= 113.633 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)} \end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -59.405 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -12.399 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -107.214 - (-59.405) - (-12.399) = -35.410 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-59.405 + -12.399) + 2.15 \times -35.41 + (0.845) + (2.63) + (-4.027) \\ &= -170.030 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma f &= 1.3 \times (-59.405 + -12.399) + 2.15 \times -35.41 + (-4.027) \\ &= -173.505 \quad 315.0 \end{aligned}$$

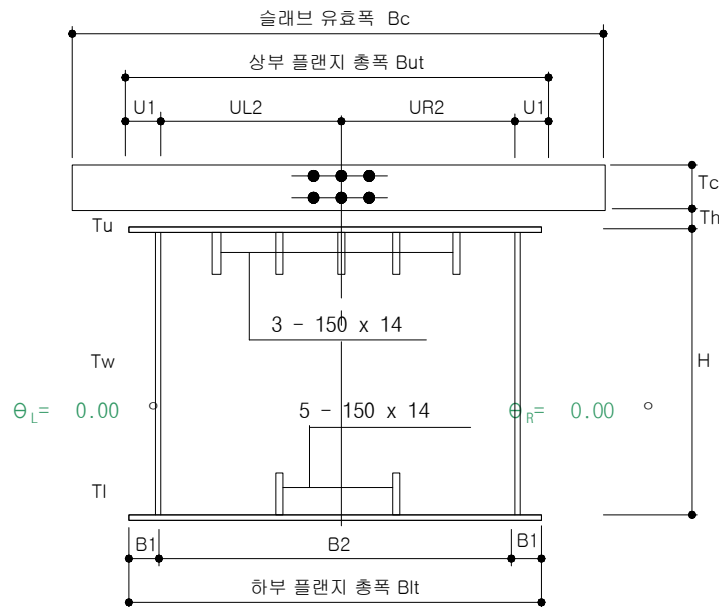
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.568	16.200	0.K!!!	3.54
	크리프, 건조수축제외시	5.918	16.200	0.K!!!	2.73
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	130.737	315.000	0.K!!!	2.40
	크리프, 건조수축제외시	113.633	315.000	0.K!!!	2.77
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-170.030	315.000	0.K!!!	1.85
	크리프, 건조수축제외시	-173.505	315.000	0.K!!!	1.81

5-5. 1경간 최대 부모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490


$$H = 2.400 \text{ m}$$
$$B_c = 5.089 \text{ m}$$

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.394 , Ble= 2.394 m

$$T_c = 0.250 \text{ m}$$
$$Th = 0.050 \text{ m}$$
$$T_u = 0.032 \text{ m}$$
$$Tl = 0.034 \text{ m}$$
$$T_w = 0.014 \text{ m}$$
$$U1 = 0.100 \text{ m}$$
$$B1 = 0.100 \text{ m}$$

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
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-20746.318
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-6238.582
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-7688.917
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1960.949
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-597.976
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-837.180
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-5.513
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-27.250
Mvt : (활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	-797.036
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	50 , 50

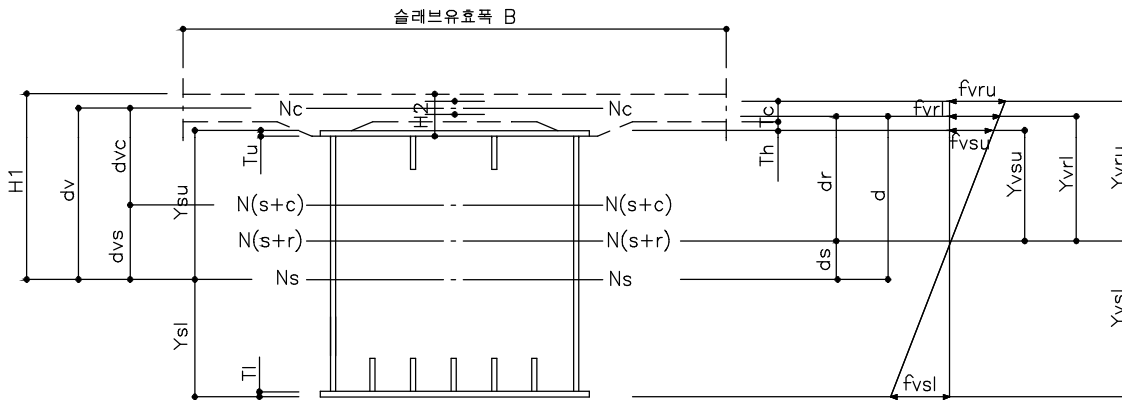
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2394.0	32.0	76608	1216.00	93155328	113276878848	6537216
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	14.0	2400.0	33600	0.00	0	0	16128000000
1 - R_WEB	14.0	2400.0	33600	0.00	0	0	16128000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2394.0	34.0	81396	-1217.00	-99058932	120554720244	7841148
강단면 합계			242004		-10628604	255094099092	32301878364
UPPER RE-BAR	-	-	4269.90	1450.00	6191355	8977464750	-
LOWER RE-BAR	-	-	6255.90	1300.00	8132670	10572471000	-
RE-BAR 합계			10526		14324025	19549935750	-
1 - RC SLAB	5089.0	250.0	1272250	1375.00	1749343750	2405347656250	6626302083

* $A_s = 242004 \text{ mm}^2$, $A_c = 1272250 \text{ mm}^2$, $A_r = 10526 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 255094099092 + 32301878364 = 287395977456 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -10628604 / 242004 = -43.919 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 287395977456 - 242004 \times (-43.919)^2 = 286929178465 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 32.0 - (-43.919) = 1275.919 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1275.919 - 2466.000 = -1190.081 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6116562.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -92.255 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 86.048 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 29.213 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_r = 252530 \text{ mm}^2 \\d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1404.768 \text{ mm} \\d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1346.215 \text{ mm} \\d_s &= d - d_r = 58.553 \text{ mm} \\Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1435.366 \text{ mm} \\Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1285.366 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1217.366 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1248.634 \text{ mm} \\I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 306834736038 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6155843.3 \text{ mm}^2 \\f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -29.184 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -26.134 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -24.752 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 25.387 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 9.057 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -35.969 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -32.210 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -30.506 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 31.289 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 17.082 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}A_{vc} &= A_s + A_c/n = 401035.250 \text{ mm}^2 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1418.919 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 856.244 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 562.675 \text{ mm} \\n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 321519.625 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1068.004 \text{ mm} \quad K = -0.557 \\d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 350.916 \text{ mm} \\I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 480971093698.6 \text{ mm}^4 \\N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c/(n \cdot I_{cv}) = -1766229 \text{ N} \\P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1766229 \text{ N} \\M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -1886338912 \text{ N} \cdot \text{mm} \\E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -2.079 \text{ MPa} \\f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -2.593 \text{ MPa} \\f_{vsu1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -2.826 \text{ MPa} \\f_{vsl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -11.270 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(5) 건조수축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 295014.417 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1163.957 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 254.962 \text{ mm}$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 2003794 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 2332329820 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 1.858 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 2.493 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 2.781 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 13.221 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

$$\epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$$

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4007588 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3431473525 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -18.271 \text{ MPa}$$

$$f_{rlt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -17.337 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 8.287 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 23.648 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 55.352 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\therefore \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 235.806$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 1464.883 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 34.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* RE-BAR의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$ $f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$ (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	-92.255	86.048	190.000	190.000
1+2+3	-65.153	-58.344	160.000	-147.512	142.725	190.000	190.000
1+2+3+4	-67.232	-60.937	160.000	-150.338	131.455	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-65.374	-58.444	160.000	-147.557	144.677	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-83.645	-75.781	184.000	-139.271	168.324	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-47.102	-41.107	184.000	-155.844	121.029	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)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-150.338}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{55.352}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.626 + 0.253 = 0.879 < 1.2 \quad \mathbf{O.K!!!} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{168.324}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{55.352}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.593 + 0.253 = 0.847 < 1.2 \quad \mathbf{O.K!!!} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

압축(하부)플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 6) = 8.5 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 86.048)} = 1.486 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (219 \times 1.062) = 10.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 168.324)} = 1.062 < 1.2 \Rightarrow 1.062$$

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (도.설.해(2003) 3.9.3.2)

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 $+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량})$ 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -29.184 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -65.153 - -29.184 = -35.969 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -29.184 + 2.15 \times -35.969 + (-2.079) + (1.858) + (-18.271) \\ = -133.764 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -29.184 + 2.15 \times -35.969 + (-18.271) \\ = -133.543 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -92.255 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -24.752 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -147.512 - -92.255 - -24.752 = -30.506 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-92.255 + -24.752) + 2.15 \times -30.506 + (-2.826) + (2.781) + (-8.287) \\ = -226.027 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-92.255 + -24.752) + 2.15 \times -30.506 + (-8.287) \\ = -225.982 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 86.048 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 25.387 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 142.725 - 86.048 - 25.387 = 31.290 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (86.048 + 25.387) + 2.15 \times 31.29 + (-11.27) + (13.221) + (23.648) \\ = 237.738 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

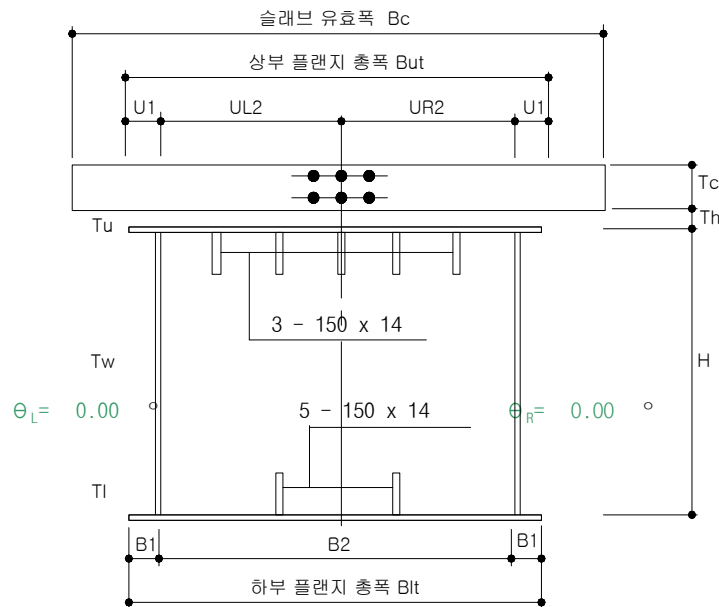
$$\Sigma f = 1.3 \times (86.048 + 25.387) + 2.15 \times 31.29 + (23.648) \\ = 235.786 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-133.764	400.000	0.K!!!	2.99
	크리프, 건조수축제외시	-133.543	400.000	0.K!!!	2.99
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-226.027	315.000	0.K!!!	1.39
	크리프, 건조수축제외시	-225.982	315.000	0.K!!!	1.39
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	237.738	315.000	0.K!!!	1.32
	크리프, 건조수축제외시	235.786	315.000	0.K!!!	1.33

5-6. 1경간 최대 부모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.400 m

Bc = 5.089 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Bit= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.394 , Ble= 2.394 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.032 m

Tl = 0.034 m

Tw = 0.014 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 건조수축에 의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-20746.318
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-4899.130
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-9397.223
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1960.949
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-441.754
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-1027.172
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-5.513
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-4.333
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-829.760
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	50 , 50

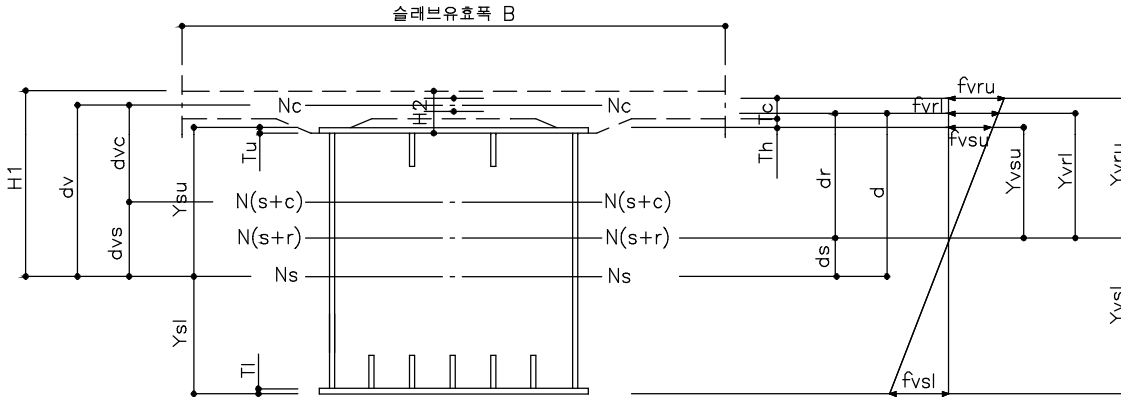
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2394.0	32.0	76608	1216.00	93155328	113276878848	6537216
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	14.0	2400.0	33600	0.00	0	0	16128000000
1 - R_WEB	14.0	2400.0	33600	0.00	0	0	16128000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2394.0	34.0	81396	-1217.00	-99058932	120554720244	7841148
강단면 합계			242004		-10628604	255094099092	32301878364
UPPER RE-BAR	-	-	3773.40	1450.00	5471430	7933573500	-
LOWER RE-BAR	-	-	6752.40	1300.00	8778120	11411556000	-
RE-BAR 합계			10526		14249550	19345129500	-
1 - RC SLAB	5089.0	250.0	1272250	1375.00	1749343750	2405347656250	6626302083

$$* A_s = 242004 \text{ mm}^2, A_c = 1272250 \text{ mm}^2, A_r = 10526 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$|s'| = A_s \cdot Y_2 + \sum |s| = 255094099092 + 32301878364 = 287395977456 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -10628604 / 242004 = -43.919 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 287395977456 - 242004 \times -43.919^2 = 286929178465 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 32.0 - -43.919 = 1275.919 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1275.919 - 2466.000 = -1190.081 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + TI/2) = 6116562.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -92.255 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 86.048 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 29.213 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_r = 252530 \text{ mm}^2 \\d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1397.693 \text{ mm} \\d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1339.435 \text{ mm} \\d_s &= d - d_r = 58.258 \text{ mm} \\Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1435.661 \text{ mm} \\Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1285.661 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1217.661 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1248.339 \text{ mm} \\I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 306634722228 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6155843.3 \text{ mm}^2 \\f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -22.938 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -20.541 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -19.455 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 19.945 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 6.599 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -43.998 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -39.401 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -37.317 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 38.257 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 20.099 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}A_{vc} &= A_s + A_c/n = 401035.250 \text{ mm}^2 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1418.919 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 856.244 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 562.675 \text{ mm} \\n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 321519.625 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1068.004 \text{ mm} \quad K = -0.557 \\d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 350.916 \text{ mm} \\I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 480971093698.6 \text{ mm}^4 \\N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c/(n \cdot I_{cv}) = -1387012 \text{ N} \\P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1387012 \text{ N} \\M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -1481333347 \text{ N} \cdot \text{mm} \\E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -1.629 \text{ MPa} \\f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -2.033 \text{ MPa} \\f_{vsu1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -2.216 \text{ MPa} \\f_{vsl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -8.852 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(5) 건조수축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n_2 = 295014.417 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) = 1163.957 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 254.962 \text{ mm}$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n_2 = 2003794 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 2332329820 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 1.852 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 2.488 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 2.776 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 13.224 \text{ MPa}$$

(6) 온도차

$$\epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$$

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 4007588 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3431473525 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -18.279 \text{ MPa}$$

$$f_{rlt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -17.344 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 8.280 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 23.651 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + (M_{st}/(2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2 F_v T_w)) = 55.911 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K!!!$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\therefore \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 235.806$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 1464.883 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 34.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* RE-BAR의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$ $f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$ (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	-92.255	86.048	190.000	190.000
1+2+3	-66.935	-59.942	160.000	-149.026	144.250	190.000	190.000
1+2+3+4	-68.565	-61.975	160.000	-151.242	135.399	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-66.712	-59.487	160.000	-148.466	148.622	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-84.991	-76.831	184.000	-140.187	172.273	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-48.433	-42.143	184.000	-156.746	124.971	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)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-151.242}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{55.911}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.634 + 0.258 = 0.892 < 1.2 \quad \mathbf{O.K!!!} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{172.273}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{55.911}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.622 + 0.258 = 0.880 < 1.2 \quad \mathbf{O.K!!!} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{합성형 스티드 설치})$$

압축(하부)플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 6) = 8.5 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 86.048)} = 1.486 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (219 \times 1.050) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 172.273)} = 1.050 < 1.2 \Rightarrow 1.050$$

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (도.설.해(2003) 3.9.3.2)

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 $+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량})$ 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -22.938 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -66.935 - 22.938 = -43.998 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -22.938 + 2.15 \times -43.998 + (-1.629) + (1.852) + (-18.279) = -142.470 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -22.938 + 2.15 \times -43.998 + (-18.279) = -142.693 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -92.255 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -19.455 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -149.026 - 92.255 - 19.455 = -37.317 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-92.255 + -19.455) + 2.15 \times -37.317 + (-2.216) + (2.776) + (-8.28) = -233.173 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-92.255 + -19.455) + 2.15 \times -37.317 + (-8.28) = -233.733 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 86.048 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 19.945 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 144.25 - 86.048 - 19.945 = 38.257 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (86.048 + 19.945) + 2.15 \times 38.257 + (-8.852) + (13.224) + (23.651) = 248.067 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (86.048 + 19.945) + 2.15 \times 38.257 + (23.651) = 243.695 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-142.470	400.000	0.K!!!	2.80
	크리프, 건조수축제외시	-142.693	400.000	0.K!!!	2.80
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-233.173	315.000	0.K!!!	1.35
	크리프, 건조수축제외시	-233.733	315.000	0.K!!!	1.34
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	248.067	315.000	0.K!!!	1.26
	크리프, 건조수축제외시	243.695	315.000	0.K!!!	1.29

6. 받침용량 검토

구분		고정하중	활하중		지점침하		거더 평균		받침용량
			MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
A1	SH1	1471.387	606.53	-73.279	19.316	-19.316	2119.732	882.007	2500
	SH2	1359.714	763.201	-73.169	19.316	-19.316			
P1	SH1	5153.188	642.773	-37.797	38.633	-38.633	5750.616	4924.579	7000
	SH2	4813.234	814.770	-2.203	38.633	-38.632			
A2	SH1	1471.387	606.53	-73.279	19.316	-19.316	2119.732	1323.011	2500
	SH2	1359.714	763.201	-73.169	19.316	-19.316			

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				
9,867.24	2,416.08	208.141	50.263	344.979	56.94	-59.41	190.00

사용BOLT : H.T.B (M22 F 10T) $\rho_{sa} = 48,000 \times 2 \text{면} = 96,000 \text{ N}$ (도.설.해 3.3.2.3)

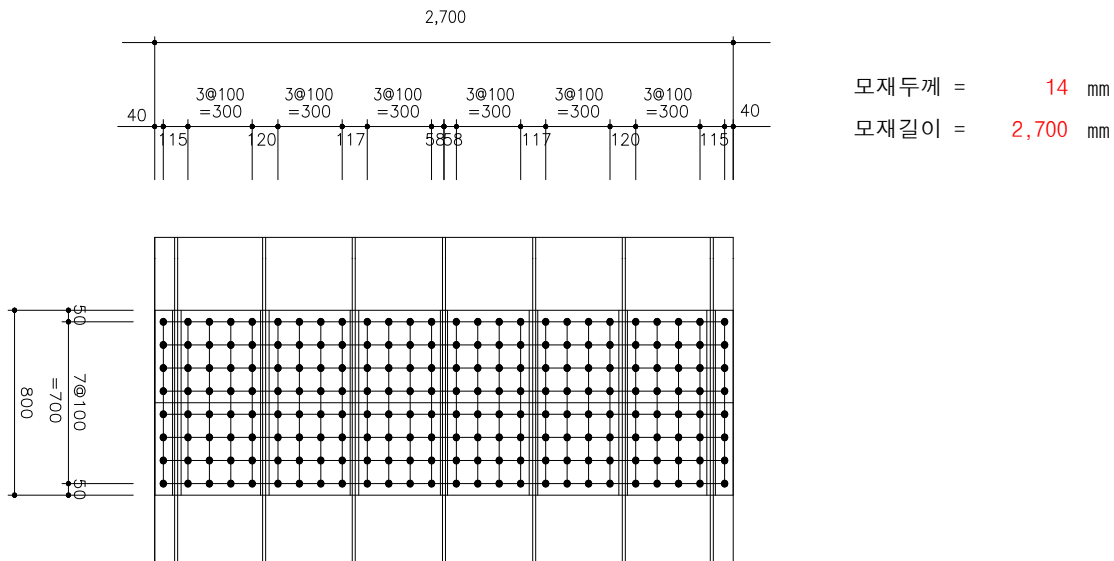
(1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지)

(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)

$$f_s = 56.935 \text{ MPa}$$

$$f_{s(min)} = 0.75 \times 190.0 = 142.5 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 (} f_u \text{) } f_s' = 142.5 \text{ MPa 적용}$$



① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 37,800.0 \times 142.5 / 96,000.0 = 57ea \Rightarrow n_t = 104ea \dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 37,800.0 \times 142.5 / 190.0 = 28,350.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 이음판 전단면적 (A_{use})

$$\begin{aligned} 1 \text{ PL} - 2,700 \times 14.0 \times 800 &= 37,800.0 \\ 6 \text{ PL} - 380 \times 14.0 \times 800 &= 31,920.0 \\ 2 \text{ PL} - 80 \times 14.0 \times 800 &= 2,240.0 \end{aligned}$$

$$\Sigma = 71,960.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots 0.K !!$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_{use} = 37,800.0 \times 142.5 / 71,960.0 = 74.9 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots 0.K !!$$

③ BOLT의 응력검토

(도.설.해 3.5.3.5)

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_n = P / n_t = 37,800.0 \times 142.5 / 104.0 = 51,793.3 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \quad 0 \text{ K} !!$$

- 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

$$Q_s = 2,700.0 \times 14.0 \times (1,208.1 - 7.0) = 4.540E+07 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2,700.0 \times 14.0 \times (577.3 - 7.0) = 2.156E+07 \text{ mm}^3$$

$$I_s = 2.069E+11 \text{ mm}^4 \quad (\text{합성전 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트})$$

$$I_v = 3.630E+11 \text{ mm}^4 \quad (\text{합성후 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트})$$

$$p = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 BOLT수} = 2,700.0 / 26ea = 103.8 \text{ mm} \quad (\text{볼트의 피치})$$

$$n = 4ea \quad (\text{접합선에 직각방향의 볼트의 수})$$

$$\rho_h = (V_s \cdot Q_s / I_s + V_v \cdot Q_v / I_v) \times p / n$$

$$= (208.1 \times 45,401,391.0 / 206,946,000,740.0 + 50.3$$

$$\times 21,557,340.0 / 362,991,023,595.0) \times (103.8 / 4.0) = 1,263.0 \text{ N/ea}$$

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{2.683E+09 + 1.595E+06} = 51,808.7 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

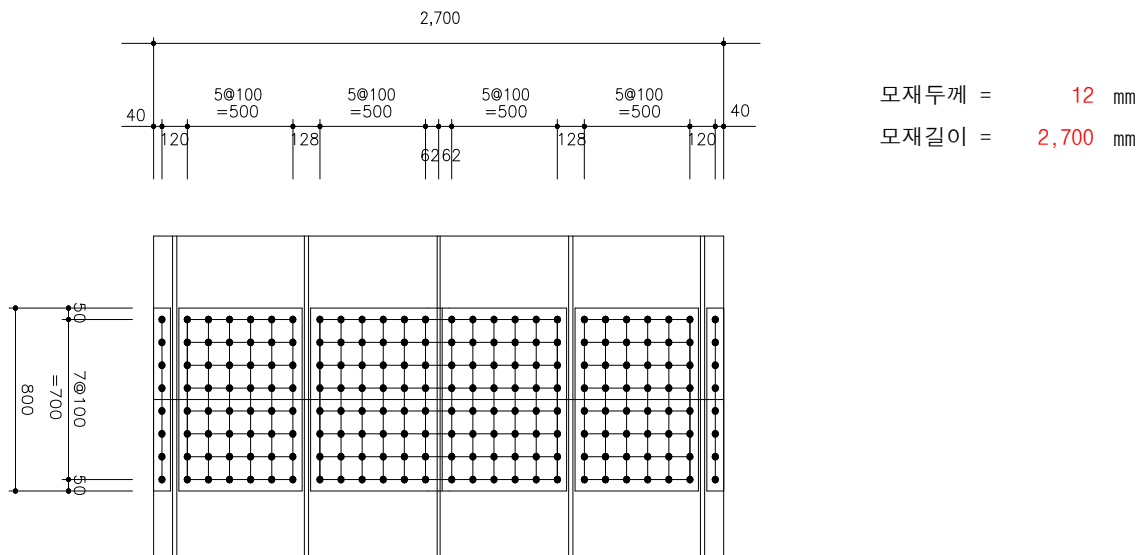
(2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지)

(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)

$$f_s = 59.405 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190.0 = 142.5 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 (} f_l \text{)} = 142.5 \text{ MPa 적용}$$



① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 32,400.0 \times 142.5 / 96,000.0 = 49ea \Rightarrow n_t = 104ea \dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 32,400.0 \times 142.5 / 190.0 = 24,300.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 이음판 전단면적 A_{use} ,

$$1 \text{ PL} - 2,700 \times 12.0 \times 800 = 32,400.0$$

$$4 \text{ PL} - 580 \times 12.0 \times 800 = 27,840.0$$

$$2 \text{ PL} - 80 \times 12.0 \times 800 = 1,920.0$$

$$\Sigma = 62,160.0 \text{ mm}^2$$

- 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제) (도.설.해 3.5.3.7)

$$A_n = 62,160.0 - 25.0 \times 12.0 \times 26.0 \text{열} \times 4ea = 30,960.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots 0.K !!$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_n = 32,400.0 \times 142.5 / 30,960.0 = 149.1 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots 0.K !!$$

③ BOLT의 응력검토 (도.설.해 3.5.3.5)

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 32,400.0 \times 142.5 / 104.0 = 44,394.2 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

- 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

$$Q_s = 2,700.0 \times 12.0 \times (1,217.9 - 6.0) = 3.927E+07 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2,700.0 \times 12.0 \times (1,848.7 - 6.0) = 5.970E+07 \text{ mm}^3$$

$$I_s = 2.069E+11 \text{ mm}^4 \text{ (합성전 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)}$$

$$I_v = 3.630E+11 \text{ mm}^4 \text{ (합성후 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)}$$

$$p = \text{플랜지전폭/횡방향1열BOLT수} = 2,700.0 / 26ea = 103.8 \text{ mm (볼트의 피치)}$$

$$n = 4ea \text{ (접합선에 직각방향의 볼트의 수)}$$

$$\rho_h = (V_s \cdot Q_s / I_s + V_v \cdot Q_v / I_v) \times p / n$$

$$= (208.1 \times 39,265,722.0 / 206,946,000,740.0 + 50.3$$

$$\times 59,703,480.0 / 362,991,023,595.0) \times (103.8 / 4.0) = 1,239.9 \text{ N/ea}$$

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{1.971E+09 + 1.537E+06} = 44,411.5 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

④ 모재의 응력검토

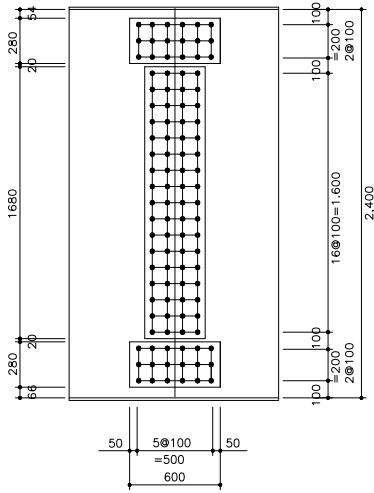
$$A_{sn} = 12.0 \times (2,700.0 - 25.0 \times 26.0) = 24,600.0 \text{ mm}^2$$

$$f_l = A_s \times f_s' / A_{sn} = 32,400.0 \times 142.5 / 24,600.0 = 187.7 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots 0.K !!$$

(3) WEB 연결부의 계산 : (좌측 WEB)

① BOLT의 응력계산

- 휨에 의한 BOLT의 응력



$$\text{Box 평균 높이} = 2,400 \text{ mm}$$

$$\text{Box 계산 높이} = 2,400 \text{ mm}$$

$$\text{WEB 두께} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{중립축에서 연단까지 거리 } h_o = 1,200 \text{ mm}$$

$$f_1 = f_u = 142.50 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 144) / h_o = 125.40 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 244) / h_o = 113.53 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 344) / h_o = 101.65 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 444) / h_o = 89.78 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 544) / h_o = 77.90 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 } \rho_p = (142.500 + 125.400) / 2 \times 144.0 \times 10.0 / 3ea = 64,296.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{제2열 } \rho_p = (125.400 + 113.525) / 2 \times 100.0 \times 10.0 / 3ea = 39,820.8 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{제3열 } \rho_p = (113.525 + 101.650) / 2 \times 100.0 \times 10.0 / 3ea = 35,862.5 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{제4열 } \rho_p = (101.650 + 89.775) / 2 \times 100.0 \times 10.0 / 2ea = 47,856.3 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{제5열 } \rho_p = (89.775 + 77.900) / 2 \times 100.0 \times 10.0 / 2ea = 41,918.8 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

$$\sum y_i^2 = 3\text{열} \times 3056108 \times 2 + 2\text{열} \times 2083488 \times 2 = 26,670,600 \text{ mm}^2$$

$$M_w = (f_s \times t_w \times h_w^2) / 6 = (142.5 \times 10 \times 2400^2) / 6 = 1,368,000,000 \text{ Nmm} = 1,368,000 \text{ kNmm}$$

$$\rho_p = (M_w / \sum y_i^2) \times y_n = (1368000 / 26670600) \times 1200 = 61.551 \text{ kN} < 96.000 \text{ kN } 0.K!!!$$

- 전단력에 의한 BOLT의 응력 (도.설.해 3.8.2.3)

∴ 전단응력 $\sigma = V / A_w + M_t / (2 \cdot F \cdot t_w)$ [비틀림 모멘트 고려시]

- 한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(V_s + V_v) / 2 = (208.1 + 50.3) / 2 = 129,202.0 \text{ N}$
- 비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $M_t / (2 \cdot b) = 345.0 / (2 \times 400) = 431,223.8 \text{ N}$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = (129,202.0 + 431,223.8) / 52ea = 10,777.4 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

- 합성 응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(64,296.0^2 + 10,777.4^2)} = 65,193.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

② 이음판의 응력계산

- 복부판의 단면2차 모멘트

- 합성전 단면2차 모멘트

$$I_{sw}^1 = (10.0 \times 2,400.0^3) / 12 + 10.0 \times 2,400.0 \times (1,200.0 - 1,217.9)^2 = 1.153E+10 \text{ mm}^4$$

- 합성후 단면2차 모멘트

$$I_{vw}^1 = (10.0 \times 2,400.0^3) / 12 + 10.0 \times 2,400.0 \times (1,848.7 - 1,200.0)^2 = 2.162E+10 \text{ mm}^4$$

- 복부판에 작용하는 모멘트

- 복부에 작용하는 합성전 고정하중에 의한 모멘트

$$M_{sw} = M_s \times I_{sw}^1 / I_s = 9,867.2 \times 11,527,694,136.6 \times 206,946,000,740.0 = 549.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트

$$M_{vw} = M_v \times I_{vw}^1 / I_v = 2,416.1 \times 21,619,480,560.0 \times 362,991,023,595.0 = 143.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 복부 이음판의 단면2차모멘트

규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
4 - 280.0 × 10.0	11,200.0	1,006.0	1.127E+07	1.133E+10	7.317E+07
2 - 1,680.0 × 10.0	33,600.0	-	-	-	7.903E+09
합계	44,800.0	1,006.0	1.127E+07	1.133E+10	7.976E+09

$$I = I_o + AY^2 = 7,975,893,333.3 + 11,334,803,200.0 = 1.931E+10 \text{ mm}^4$$

- 합성전 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

$$I_{sw} = 19,310,696,533.3 + 44,800.0 \times (1,200.0 - 1,217.9)^2 = 1.933E+10 \text{ mm}^4$$

- 합성후 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

$$I_{vw} = 19,310,696,533.3 + 44,800.0 \times (1,848.7 - 1,200.0)^2 = 3.816E+10 \text{ mm}^4$$

- 이음판의 응력 검토

- 합성전 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

$$y_{su} = 1,208.1 \text{ mm} \quad y_{sl} = 1,217.9 \text{ mm}$$

- 합성후 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

$$y_{su,v} = 577.3 \text{ mm} \quad y_{sl,v} = 1,848.7 \text{ mm}$$

- 이음판의 상연 응력 검토

$$\begin{aligned} f_u &= (M_{sw} \cdot y_{su}) / I_{sw} + (M_{vw} \cdot y_{su,v}) / I_{vw} \\ &= (549.6 \times 1,208.1) / 19,325,058,921.7 + (143.9 \times 577.3) / 38,163,060,245.3 \\ &= 34.361 + 2.177 = 36.537 \text{ MPa} \leq f_{sa} = 190.000 \text{ MPa} \dots 0.K !! \end{aligned}$$

- 이음판의 하연 응력 검토

$$\begin{aligned} f_l &= (M_{sw} \cdot y_{sl}) / I_{sw} + (M_{vw} \cdot y_{sl,v}) / I_{vw} \\ &= (549.6 \times 1,217.9) / 19,325,058,921.7 + (143.9 \times 1,848.7) / 38,163,060,245.3 \\ &= 34.640 + 6.971 = 41.610 \text{ MPa} \leq f_{sa} = 190.000 \text{ MPa} \dots 0.K !! \end{aligned}$$

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)

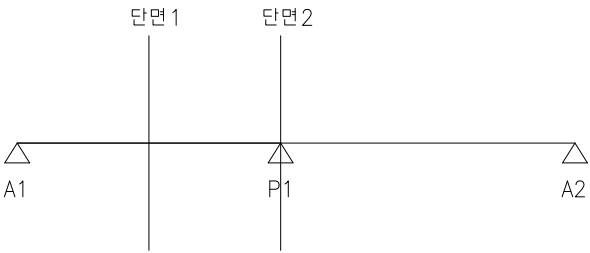
응 력 범 주	다재하 경로구조				단재하 경로구조			
	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상
A	442	260	168	168	351	203	168	168
B	344	203	126	112	274	161	112	112
B'	274	161	101	84	218	126	77	77
C	250	147	91	70	196	112	70	63
				84*			84*	77*
D	196	112	70	49	154	91	56	35
E	154	91	56	31	119	70	42	16
E'	112	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

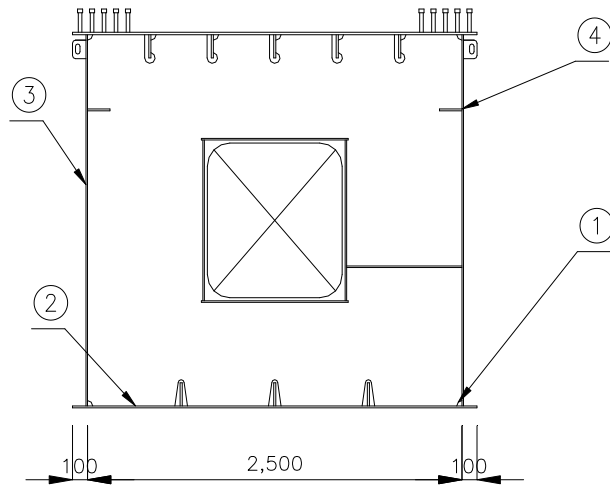
활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여 피로검토를 수행 한다.

- 피로조사 단면위치



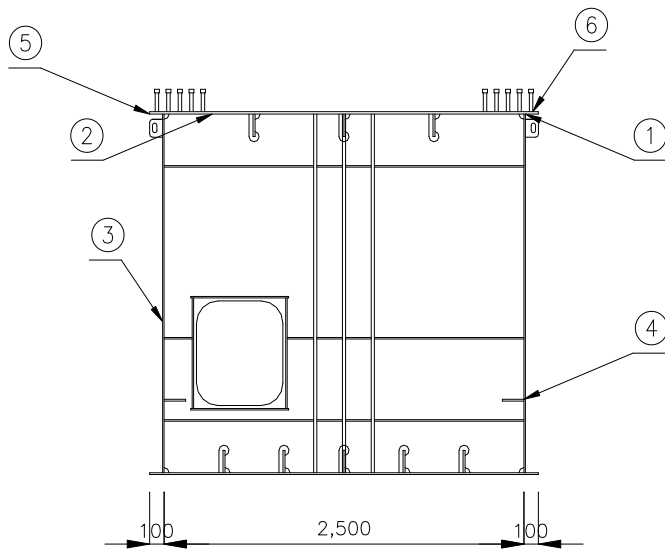
본 교량은 **고속도로** 에 속하는 **다재하경로** 구조로서 트럭하중 2백만회 와 차선하중 50만회 에 대하여 검토 하는 것으로 한다.

단면 I



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 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	
		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

여기서, Δf : 설계피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$$\Delta f = \frac{\Delta M}{I_v} y$$

$\Delta M = M_{\max} - M_{\min}$ (4.4 라. 피로하중 작용범위 참조)

I_v : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

y : 합성후 단면 도심으로부터의 거리

단면 I

구분	ΔM (KN · m)		I_v (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	f_{sr} (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	7758.625	8170.873	3.630E+11	1877	40.113	42.244	B	126	203	0.K.
②				1877	40.113	42.244	C	91	147	0.K.
③				965	20.630	21.727	E	56	91	0.K.
④				44	0.933	0.982	E	56	91	0.K.

단면 II

구분	ΔM (KN · m)		I_v (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	f_{sr} (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	4070.717	8706.749	3.066E+11	1236	16.413	35.105	B	126	203	0.K.
②				1236	16.413	35.105	C	91	147	0.K.
③				337	4.474	9.569	E	56	91	0.K.
④				745	9.886	21.145	E	56	91	0.K.
⑤				1164	15.453	33.051	E	56	91	0.K.
⑥				1196	15.877	33.960	C	91	147	0.K.

· 전단에 대한 피로검토 - 플랜지와 복부판의 필릿용접부에 대한 전단피로검토

이 부위의 피로상세범주는 "F" 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점 24 을 설정 하였음

$$\Delta \sigma = \frac{\Delta S \cdot Q}{I_v \cdot \Sigma a}$$

여기서, $\Delta \sigma$: 설계전단피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$\Delta S = S_{max} - S_{min}$ (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한

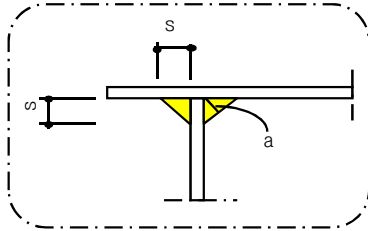
단면 1차 모멘트 ($\text{mm}^3 = A(\text{mm}^2) \cdot y(\text{mm})$)

$y = Y_{vsu}(l) - t_u(l)/2$

I_v : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

Σa : 필릿 용접의 목두께의 합 ($\text{mm} = 4EA \times s / \sqrt{2}$)

s : 필릿 용접 치수 (mm)



- 상부 플랜지와 복부판

구분	ΔS (kN)	t_u (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Y_{vsu} (mm)	Q (mm^3)	I_v (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	$\Delta \sigma$ (MPa)	σ_{sr} (MPa)	비고
DB하중	1437.53	32	2500	80000	543	4.329E+07	#####	8	22.6	7.6	63	OK
DL하중	1726.706									9.1	84	OK

- 하부 플랜지와 복부판

구분	ΔS (kN)	t_l (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Y_{vs_l} (mm)	Q (mm^3)	I_v (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	$\Delta \sigma$ (MPa)	σ_{sr} (MPa)	비고
DB하중	1437.53	34	2500	85000	1897	1.611E+08	#####	10	28.3	22.6	63	OK
DL하중	1726.706									27.1	84	OK