남천교(대구 4@55, S4~S7)-상부구조

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 남천교(대구)

(3) 교 량 형 식 : Steel Box Girder교

(4) 교 량 연 장 : 4@55 = 220.0m

(5) 교 량 폭 원 : B = 12.150 m

(7) 사 각(Skew) : 90.000 °

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

(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)

(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

▪ 사 용 재 료

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

▪ 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

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

응력 종류, 판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
ⓐ 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) (☞ 도.설.해 3.2.5)

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

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

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

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

※ TMC 강재일 경우에는 일반강재에 40이하 값을 사용함

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

▪ ⓐ 이외의 허용 휨 압축 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490 [SM490C-TMC]	SM490Y SM 520 SMA490 [SM520C-TMC]	SM 570 SMA570 SM570C-TMC]
$\frac{A_w}{A_c} \le 2$	40 이하	$140 : \frac{l}{b} \le 4.6$ $140 - 2.49(\frac{l}{b} - 4.6) : 4.6 < \frac{l}{b} \le 30$	$190 : \frac{l}{b} \le 4.0$ $190 - 3.91(\frac{l}{b} - 4.0) : 4.0 < \frac{l}{b} \le 30$	$215 : \frac{l}{b} \le 3.8$ $215 - 4.69(\frac{l}{b} - 3.8) : 3.8 < \frac{l}{b} \le 27$	$270 : \frac{l}{b} \le 3.4$ $270 - 6.64(\frac{l}{b} - 3.4) : 3.4 < \frac{l}{b} \le 25$
	40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{b} \le 4.9$	$175 : \frac{l}{b} \le 4.1$	$200 : \frac{l}{b} \le 3.9$ $200 - 4.24(\frac{l}{b} - 3.9) : 3.9 < \frac{l}{b} \le 27$	$260 : \frac{l}{b} \le 3.4$ $260 - 6.25(\frac{l}{b} - 3.4) : 3.4 < \frac{l}{b} \le 25$
	75 초과 100 이하	$130 - 2.21(\frac{l}{b} - 4.9) : 4.9 < \frac{l}{b} \le 30$	$175 - 3.48(\frac{l}{b} - 4.1) : 4.1 < \frac{l}{b} \le 30$	$195 : \frac{l}{b} \le 3.9$ $195 - 4.07(\frac{l}{b} - 3.9) : 3.9 < \frac{l}{b} \le 27$	$250 : \frac{l}{b} \le 3.5$ $250 - 5.94(\frac{l}{b} - 3.5) : 3.5 < \frac{l}{b} \le 25$
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	40 이하	$140 : \frac{l}{b} \le \frac{9.3}{K}$ $140 - 1.24(K\frac{l}{b} - 9.3) : \frac{9.3}{K} < \frac{l}{b} \le 30$	$190 : \frac{l}{b} \le \frac{8.0}{K}$ $190 - 1.95(K\frac{l}{b} - 8.0) : \frac{8.0}{K} < \frac{l}{b} \le 30$	$215 : \frac{l}{b} \le \frac{7.5}{K}$ $215 - 2.35(K\frac{l}{b} - 7.5) : \frac{7.5}{K} < \frac{l}{b} \le 27$	$270 : \frac{l}{b} \le \frac{6.7}{K}$ $270 - 3.32(K\frac{l}{b} - 6.7) : \frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \le 25$
	40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{b} \le \frac{9.7}{K}$	$175 : \frac{l}{b} \le \frac{8.3}{K}$	$200 : \frac{l}{b} \le \frac{7.8}{K}$ $200 - 2.12(K\frac{l}{b} - 7.8) : \frac{7.8}{K} < \frac{l}{b} \le 27$	$260 : \frac{l}{b} \le \frac{6.9}{K}$ $260 - 3.12(K\frac{l}{b} - 6.9) : \frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \le 25$
	75 초과 100 이하	$130 - 1.10(K\frac{l}{b} - 9.7) : \frac{9.7}{K} < \frac{l}{b} \le 30$	$175 - 1.74(K\frac{l}{b} - 8.3) : \frac{8.3}{K} < \frac{l}{b} \le 30$	$195 : \frac{l}{b} \le \frac{7.9}{K}$ $195 - 2.04(K\frac{l}{b} - 7.9) : \frac{7.9}{K} < \frac{l}{b} \le 27$	$250 : \frac{l}{b} \le \frac{6.9}{K}$ $250 - 2.97(K\frac{l}{b} - 6.9) : \frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \le 25$
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적 (㎟) A_c : 압축플랜지의 총단면적 (㎟) l : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (㎜) b : 압축플랜지의 폭 (㎜) K : $\sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$			

※ TMC 강재일 경우에는 ( )안의 값을 적용한다.

강 종 / 판두께(㎜)		HSB500	HSB600	HSB800	비 고
$\frac{A_w}{A_c} \le 2$	100 이하	$230 : \frac{l}{b} \le 3.6$ $230 - 5.19(\frac{l}{b} - 3.6) : 3.6 < \frac{l}{b} \le 27$	$270 : \frac{l}{b} \le 3.4$ $270 - 6.64(\frac{l}{b} - 3.4) : 3.4 < \frac{l}{b} \le 25$	$380 : \frac{l}{b} \le 5.4$ $380 - 12.63(\frac{l}{b} - 5.4) : 5.4 < \frac{l}{b} \le 19$	
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	100 이하	$230 : \frac{l}{b} \le \frac{7.3}{K}$ $230 - 2.60(K\frac{l}{b} - 7.3) : \frac{7.3}{K} < \frac{l}{b} \le 27$	$270 : \frac{l}{b} \le \frac{6.7}{K}$ $270 - 3.32(K\frac{l}{b} - 6.7) : \frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \le 25$	$380 : \frac{l}{b} \le \frac{10.8}{K}$ $380 - 6.13(K\frac{l}{b} - 10.8) : \frac{10.8}{K} < \frac{l}{b} \le 19$	
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적 (㎟) A_c : 압축플랜지의 총단면적 (㎟) l : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (㎜) b : 압축플랜지의 폭 (㎜) K : $\sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$			

▪ 강재 주거더의 허용응력 증가율 (☞ 도.설.해 3.9.3.1)

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

▪ 마찰 이음용 고장력 볼트 허용력 (kN) (1볼트 1마찰면 마다) (☞ 도.설.해 3.3.2.3)

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

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

콘크리트 설계 기준강도 (f_{ck})	27.0	MPa
콘크리트 탄성계수 (E_c)	26,702	MPa
전단 탄성계수 (G_c)	11,444	MPa
탄성계수비 (n)	7	
바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	10	℃
바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 (α)	0.000012	
건조수축 계수 (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/m^3

② 무근 콘크리트 : 23.500 kN/m^3

③ 강 재 : 78.500 kN/m^3

④ 포장 콘크리트 : 23.000 kN/m^3

(2) 활 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.3)

① 설계 차선수 산정

W_c = 11.385 m , N = 3 차로

W = 11.385 / 3 = 3.795 m > 3.600 m

∴ 설계 차로폭 3.600m마다 3차로 연속으로 재하

② 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

▪ DB-24 하중

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

▪ DL-24 하중

- 차로당 등분포 하중 : W_l = 12.700 kN/m
- 모멘트 계산시 집중하중 : P_m = 108.000 kN
- 전단력 계산시 집중하중 : P_s = 156.000 kN

③ 충 격 계 수

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

(3) 콘크리트의 Creep와 건조수축의 영향

▪ 철근 콘크리트의 바닥판의 Creep와 건조수축의 영향에 대한 단면력을 검토한다.

(4) 지점침하에 의한 영향

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

(5) 온도변화에 대한 영향

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

3) 설 계 방 법

(1) 바 닥 판 : 강도설계법

(2) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

4) 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)

(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)

(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)

(4) 도로설계 편람 (2008)

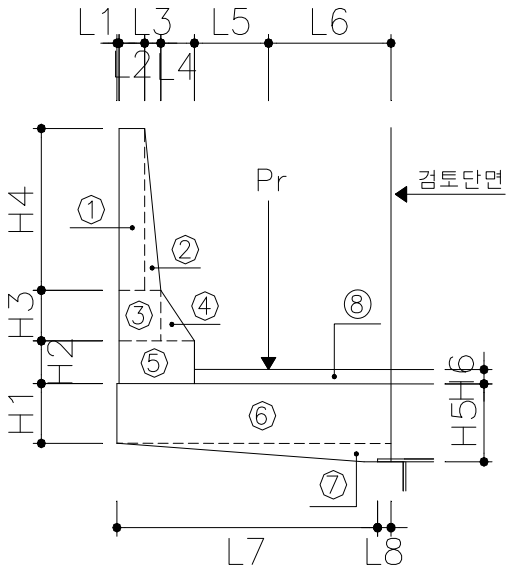
(5) 도로설계 요령 (2001)

(6) 강구조 편람 (1995)

(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

1. 바닥판설계

1-1. 좌측 캔틸레버부



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

가) 고정하중

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

∴ Md = 5.439 kN·m

나) 활하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

윤하중 분포폭 (☞ 도.설 3.6.1.4)

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

충격계수 (☞ 도.설 2.1.4)

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

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

다) 차량 충돌 하중 (☞ 도.설.해 2.4.3.5)

수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m마다 작용시

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

Mco = 32.500 × 1.000 = 32.500 kN·m/m

라) 풍하중

Pw = 3.0 kN/m² × 1.130 m = 3.390 kN/m

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

마) 하중 조합 (☞ 도.설 2.2.3.2)

계수 모멘트

① Mu1 = 1.3 Md + 2.15 MI+i

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

② Mu2 = 1.3 Md + 1.3 MI+i + 1.3 Mco

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

③ Mu3 = 1.3 Md + 1.3 MI+i + 0.65 Mw

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

④ Mu4 = 1.2 Md + 1.2 Mw + 1.2 Mco

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

⑤ Mu5 = 1.3 Md + 1.3 Mw

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

사용 모멘트

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

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

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

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

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

사) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

fck = 27 MPa fy = 400 MPa

Mu = 84.103 kN · m

b = 1000 mm h = 300.0 mm

d' = 50 mm d = 250.0 mm

Ø(Bending) = 0.85 β1 = 0.85

[Req'd d & As] (☞ 콘.설 6.3.2)

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

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

= 84103000

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

O.K.!!

0.005 < εt Øf = 0.850

∴ Req'd As = **1026.2** mm²

Min. As = Req'd As × 4/3 = 1368.2 mm²

Min. As = 0.002 × b × d = 500.0 mm²

Min. As = 1.4/fy × b × d = 875.0 mm²

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

USE H 16 @ 125 = 1588.8 mm²

Asuse = 1588.8 mm²

O.K. !!

[RE-BAR RATIO CHECK]

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

[DESIGN MOMENT CHECK]

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

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

jd = d - a/2 = 236.154 mm

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

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

아) 사용성(균열) 검토

Mmax = 33.003 kN · m/m

탄성계수비(n) = 7

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1-2. 중앙부

가) 고정하중

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

계산지간 L = 2.550 m 바닥판 지점의 수 n = 5

Md = (1 / 10) · Wd · L ² = (1 / 10) × 9.34 × 2.55² = 6.073 kN · m

나) 활하중 (DB-24 : Pr = 96.0 kN)

충격계수 (☞ 도.설 2.1.4)

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.55) = 0.353 > 0.3 ∴ i = 0.3

Ml+i = ((L+0.6) / 9.6) · Pr · (1+i) = ((2.55 + 0.6) / 9.6) × 96 × (1 + 0.3)

= 40.950 kN · m

연속바닥판이므로, (☞ 도.설 3.6.1.4)

Ml+i = 0.8 × 40.95 = 32.760 kN · m/m

다) 하중 조합 (☞ 도.설 2.2.3.2)

① 계수 모멘트

Mu1 = 1.3 Md + 2.15 Ml+i

= 1.3 × 6.073 + 2.15 × 32.76 = 78.329 kN · m/m

① 사용 모멘트

M = 1.0 Md + 1.0 Ml+i

= 1.0 × 6.073 + 1.0 × 32.76 = 38.833 kN · m/m

라) 바닥판의 최소 두께 (☞ 도.설 3.6.1.5)

hmin = (30 · L + 130) = {(30 × 2.55) + 130} = 207 mm

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

마) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

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

[Req'd d & As] (☞ 콘.설 6.3.2)

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

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

= 78329000

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

O.K.!!

0.005 < εt Øf = 0.850

∴ Req'd As = 953.2 mm²

Min. As = Req'd As × 4/3 = 1270.9 mm²

Min. As = 0.002 × b × d = 500.0 mm²

Min. As = 1.4/fy × b × d = 875.0 mm²

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

USE H 16 @ 125 = 1588.8 mm²

Asuse = 1588.8 mm²

O.K. !!

[RE-BAR RATIO CHECK]

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

[DESIGN MOMENT CHECK]

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

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

jd = d - a/2 = 236.154 mm

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

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

아) 사용성(균열) 검토

Mmax = 38.833 kN · m/m

탄성계수비(n) = Es / Ec = 7

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

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

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

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

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

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

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

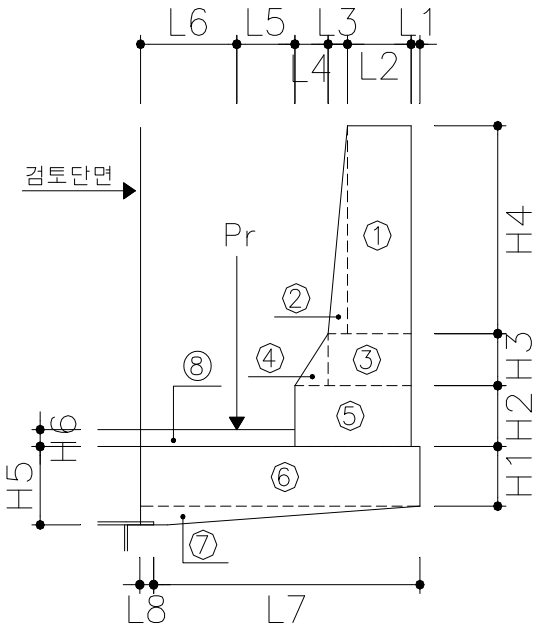
인장연단폭(S1) = 375 (210 / fs) - 2.5Cc = 375 (210 / 106.217) - 2.5 × 42 = 640.157 mm

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

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

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

1-3. 우측 캔틸레버부



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

가) 고정하중

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

∴ Md = 7.826 kN·m

나) 활하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

윤하중 분포폭 (☞ 도.설 3.6.1.4)

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

충격계수 (☞ 도.설 2.1.4)

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

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

다) 차량 충돌 하중 (☞ 도.설.해 2.4.3.5)

수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m마다 작용시

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

Mco = 32.500 × 1.000 = 32.500 kN·m/m

라) 풍하중

Pw = 3.0 kN/m² × 1.320 m = 3.960 kN/m

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

마) 하중 조합 (☞ 도.설 2.2.3.2)

계수 모멘트

① Mu1 = 1.3 Md + 2.15 MI+i

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

② Mu2 = 1.3 Md + 1.3 MI+i + 1.3 Mco

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

③ Mu3 = 1.3 Md + 1.3 MI+i + 0.65 Mw

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

④ Mu4 = 1.2 Md + 1.2 Mw + 1.2 Mco

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

⑤ Mu5 = 1.3 Md + 1.3 Mw

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

사용 모멘트

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

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

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

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

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

사) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

fck = 27 MPa fy = 400 MPa

Mu = 68.177 kN·m

b = 1000 mm h = 300.0 mm

d' = 50 mm d = 250.0 mm

Ø(Bending) = 0.85 β1 = 0.85

[Req'd d & As] (☞ 콘.설 6.3.2)

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

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

= 68177000

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

O.K.!!

0.005 < εt Øf = 0.850

∴ Req'd As = 825.9 mm²

Min. As = Req'd As × 4/3 = 1101.1 mm²

Min. As = 0.002 × b × d = 500.0 mm²

Min. As = 1.4/fy × b × d = 875.0 mm²

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

USE H 16 @ 125 = 1588.8 mm²

Asuse = 1588.8 mm²

O.K. !!

[RE-BAR RATIO CHECK]

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

[DESIGN MOMENT CHECK]

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

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

jd = d - a/2 = 236.154 mm

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

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

아) 사용성(균열) 검토

Mmax = 21.001 kN · m/m

탄성계수비(n) = 7

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

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

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

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

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

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

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

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

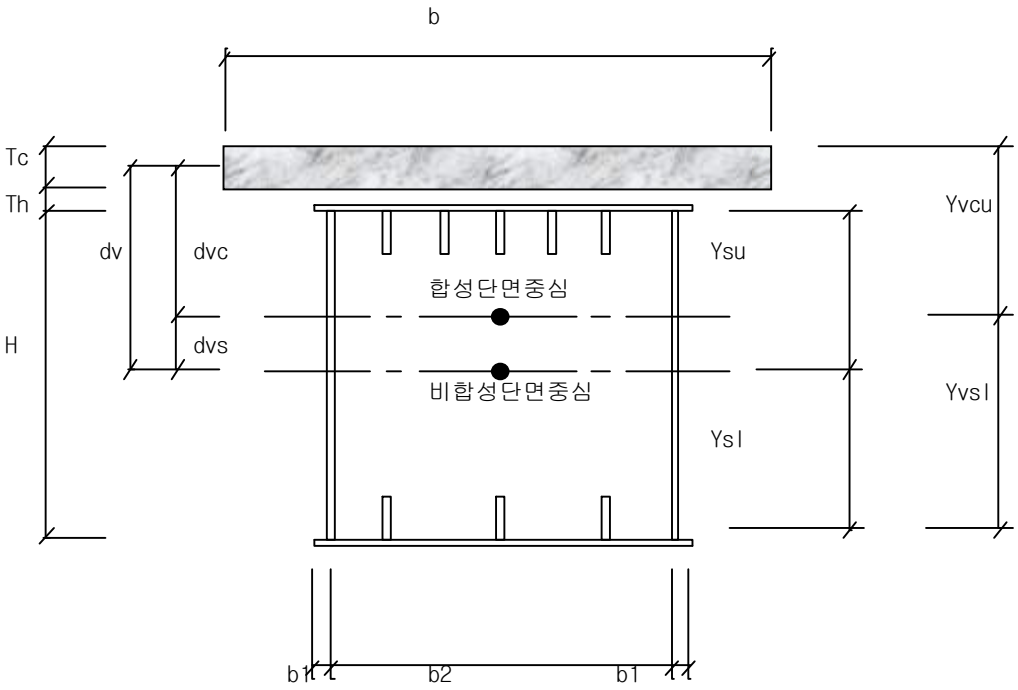
인장연단폭(S2) = 300 (210 / fs) = 300 (210 / 57.443) = 1096.739 mm

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

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

2. 단면상수 산정

2-1. Steel Box 주형 단면상수 산정



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

b - 바닥판 콘크리트의 폭

Tc - 바닥판 콘크리트의 두께

Th - 바닥판 콘크리트의 헌치 높이

N - 강재와 콘크리트의 탄성계수비 (N = Es / Ec)

Ac - 바닥판 콘크리트의 단면적

Av - 합성후 (강재+바닥판 콘크리트)의 환산단면적

Ic - 바닥판 콘크리트의 단면2차모멘트

dv - 강재단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

dvc - 합성단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

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

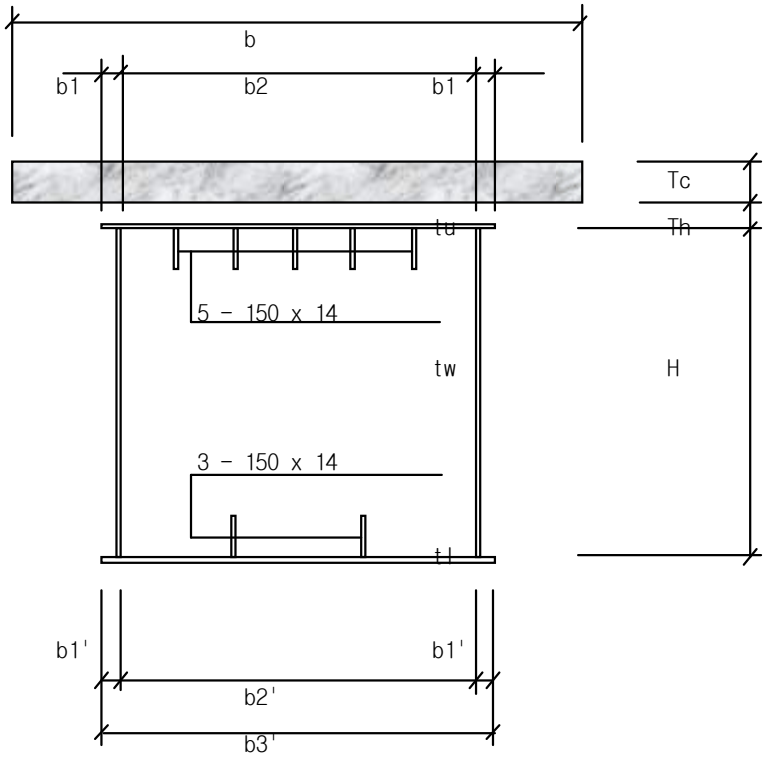
I33 - 합성전 강재단면의 3축방향(종방향) 단면2차모멘트

I22 - 합성전 강재단면의 2축방향(횡방향) 단면2차모멘트

Iv33 - 합성후 강재단면의 3축방향(종방향) 단면2차모멘트

Iv22 - 합성후 강재단면의 2축방향(횡방향) 단면2차모멘트

- Section G1-1



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

① 합성전 단면

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

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 117173850000 + 35183950000 = 152357800000 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 5145000 / 133200 = 38.63 mm

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

= 152357800000 - 133200 x 38.626 ² = 152159068581 mm⁴

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

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

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 131243995200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

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

= 183423648143 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 133200 + 1517500 / 8 = 322888 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

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

dvc = dv · ∑As / Av

= 1436.374 x 133200 / 322888 = 592.54 mm

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

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

= 152159068581 + 7903645833 / 8 + 133200 x 843.830^2

+ 1517500 / 8 x 592.544^2 = 314592805030 mm^4

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

= 131243995200 + 6070.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 713662075929 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

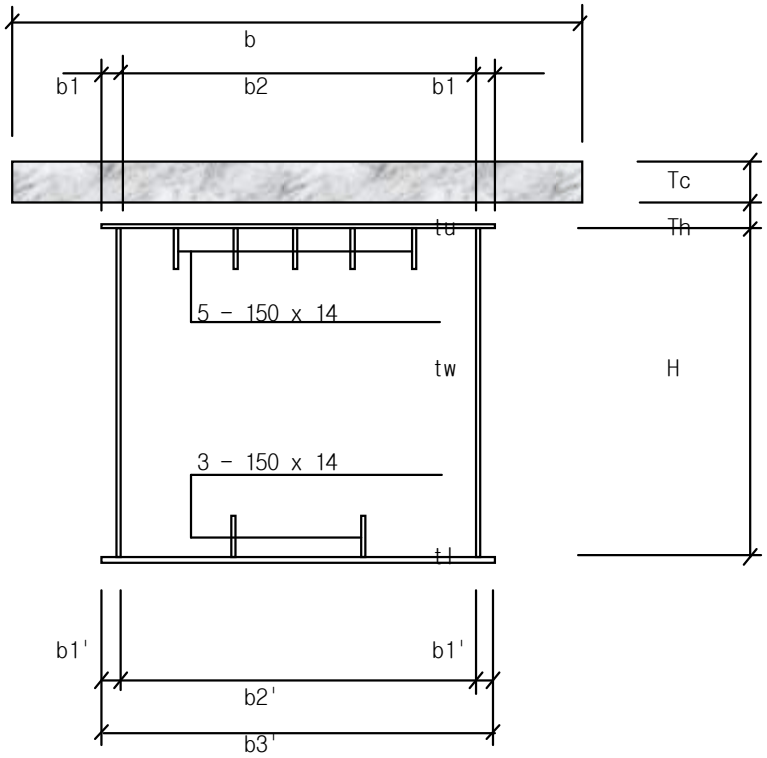
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

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

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

= 230145931176 mm^4

- Section G1-2



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

① 합성전 단면

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

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 126454781400 + 35184113800 = 161638895200 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 12224400 / 138600 = 88.20 mm

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

= 161638895200 - 138600 x 88.199 ² = 160560713704 mm⁴

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

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

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

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

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

= 192110202989 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 138600 + 1517500 / 8 = 328288 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

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

dvc = dv · ∑As / Av

= 1386.801 x 138600 / 328288 = 585.49 mm

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

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

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

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

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

= 134524495200 + 6070.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 716942575929 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

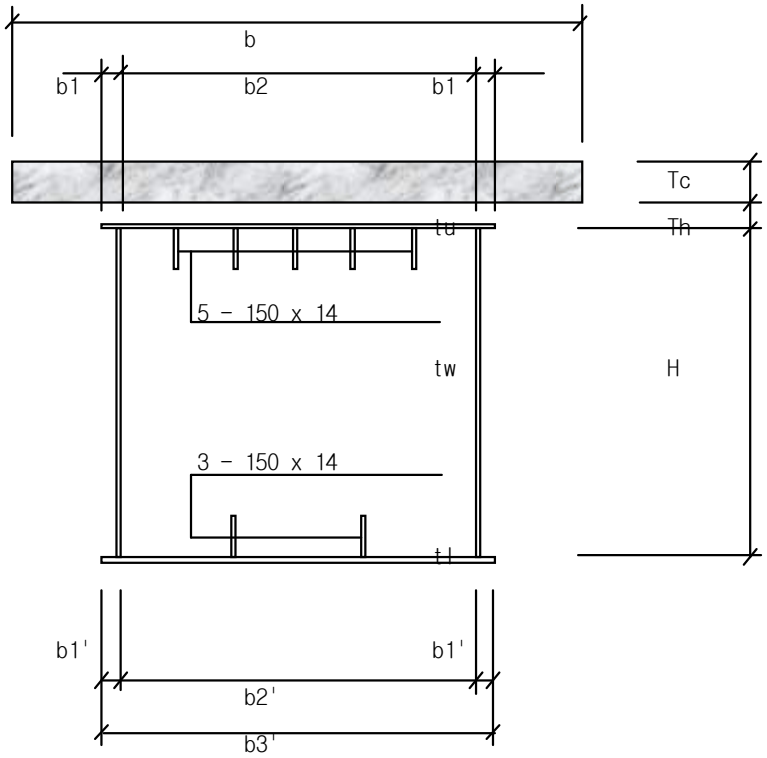
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

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

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

= 231142004859 mm^4

- Section G1-3



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

① 합성전 단면

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

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

$= 145044918600 + 35184506200 = 180229424800\ mm^4$

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

$= -1945200 / 149400 = -13.02\ mm$

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

$= 180229424800 - 149400 \times -13.020^{\ 2} = 180204098140\ mm^4$

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

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

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 141085495200\ mm^4$

- 비틀림 강성

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

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

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

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

= 209080173861 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 149400 + 1517500 / 8 = 339088 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6070.000 x 250.000 ³ / 12 = 7903645833 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

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

dvc = dv · ∑As / Av

= 1488.020 x 149400 / 339088 = 655.61 mm

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

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

= 180204098140 + 7903645833 / 8 + 149400 x 832.407 ²

+ 1517500 / 8 x 655.613 ² = 366244620765 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 141085495200 + 6070.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 723503575929 mm⁴

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

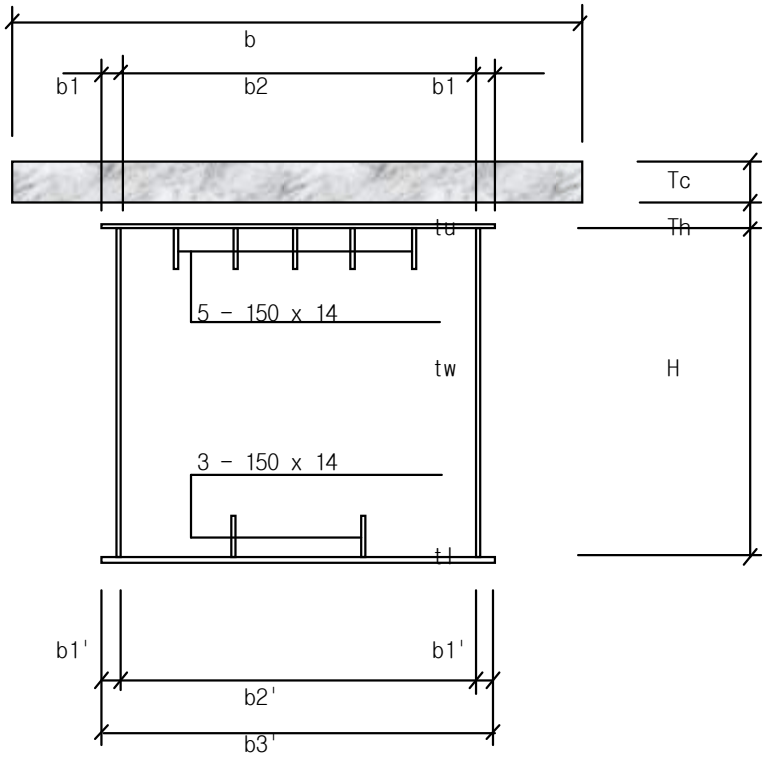
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

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

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

= 256068931132 mm⁴

- Section G1-4



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 16.0	43200	1308.00	56505600	73909324800	921600
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1225.00	-7717500	9453937500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 14.0	37800	-1307.00	-49404600	64571812200	617400
TOTAL		160200		12246000	163691637000	35185039000

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 163691637000 + 35185039000 = 198876676000 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 12246000 / 160200 = 76.44 mm

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

= 198876676000 - 160200 x 76.442 ² = 197940567910 mm⁴

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

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

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 147646495200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

= (4 x 2512² x 2615²) / (2 x 2615/12 + 2512/16 + 2512/14)

= 223500261703 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 160200 + 1517500 / 8 = 349888 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6070.000 x 250.000 ³ / 12 = 7903645833 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 76.442 + 50.000 + 250.000 / 2 1398.56 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1398.558 x 160200 / 349888 = 640.35 mm

dvs = dv - dvc = 1398.558 - 640.346 = 758.21 mm

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

= 197940567910 + 7903645833 / 8 + 160200 x 758.212 ²

+ 1517500 / 8 x 640.346 ² = 368805214884 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 147646495200 + 6070.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 730064575929 mm⁴

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

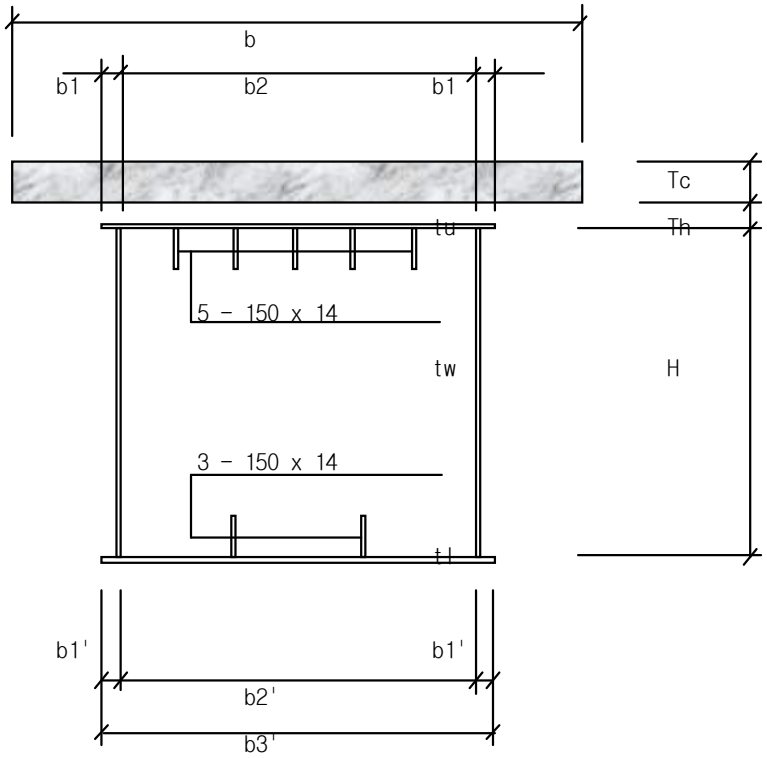
= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 mm

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

= (4 x 2512² x 2615²) / (2 x 2615/12 + 2512/47.25 + 2512/14)

= 258219693646 mm⁴

- Section G1-5



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 16.0	43200	1308.00	56505600	73909324800	921600
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1225.00	-7717500	9453937500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 18.0	48600	-1309.00	-63617400	83275176600	1312200
TOTAL		171000		-1966800	182395001400	35185733800

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 182395001400 + 35185733800 = 217580735200 mm^4

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -1966800 / 171000 = -11.50 mm

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

= 217580735200 - 171000 x -11.502^2 = 217558113549 mm^4

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

= $(2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 18 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 154207495200 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 16.000 / 2 + 18.000 / 2 = 2617.00 mm

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

= (4 x 2512² x 2617²) / (2 x 2617/12 + 2512/16 + 2512/18)

= 235921403722 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 171000 + 1517500 / 8 = 360688 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6070.000 x 250.000 ³ / 12 = 7903645833 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -11.502 + 50.000 + 250.000 / 2 1486.50 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1486.502 x 171000 / 360688 = 704.74 mm

dvs = dv - dvc = 1486.502 - 704.742 = 781.76 mm

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

= 217558113549 + 7903645833 / 8 + 171000 x 781.759 ²

+ 1517500 / 8 x 704.742 ² = 417262868695 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 154207495200 + 6070.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 736625575929 mm⁴

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

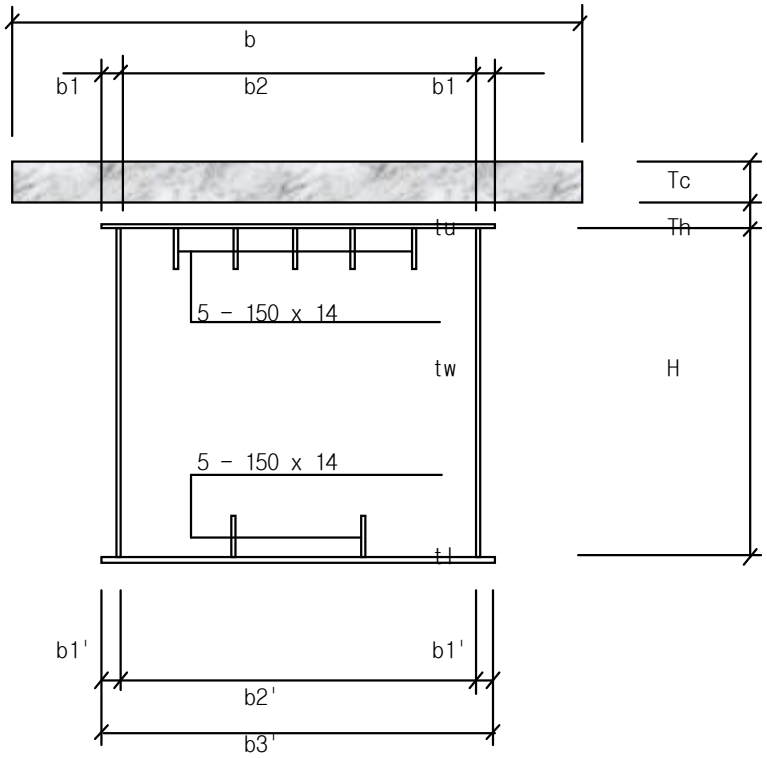
= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 mm

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

= (4 x 2512² x 2617²) / (2 x 2617/12 + 2512/47.25 + 2512/18)

= 274874600968 mm⁴

- Section G1-6



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

① 합성전 단면

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

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 142066612200 + 35192217400 = 177258829600 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -14169600 / 148200 = -95.61 mm

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

= 177258829600 - 148200 x -95.611 ² = 175904055213 mm⁴

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

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

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 137804995200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

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

= 198859718191 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 148200 + 1517500 / 8 = 337888 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

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

dvc = dv · ∑As / Av

= 1570.611 x 148200 / 337888 = 688.88 mm

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

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

= 175904055213 + 7903645833 / 8 + 148200 x 881.729^2

+ 1517500 / 8 x 688.882^2 = 382127398708 mm^4

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

= 137804995200 + 6070.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 720223075929 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

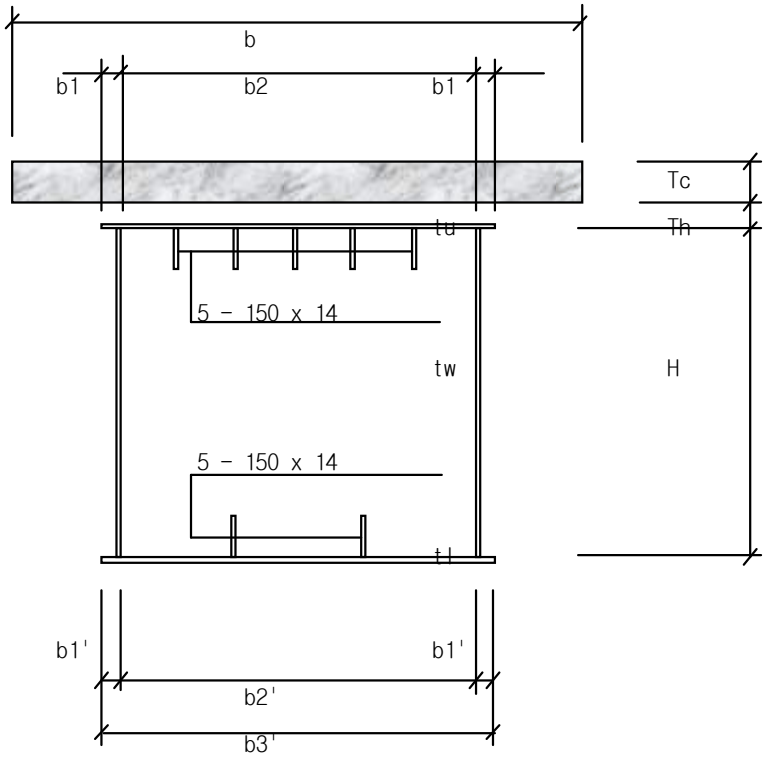
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

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

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

= 254869649249 mm^4

- Section G1-7



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

① 합성전 단면

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

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 132757406400 + 35191988800 = 167949395200 mm^4

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -7079400 / 142800 = -49.58 mm

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

= 167949395200 - 142800 x -49.576 ² = 167598429483 mm^4

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

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

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

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

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

= 192110202989 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 142800 + 1517500 / 8 = 332488 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6070.000 x 250.000 ³ / 12 = 7903645833 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

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

dvc = dv · ∑As / Av

= 1524.576 x 142800 / 332488 = 654.79 mm

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

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

= 167598429483 + 7903645833 / 8 + 142800 x 869.786 ²

+ 1517500 / 8 x 654.790 ² = 357946951916 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 134524495200 + 6070.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 716942575929 mm⁴

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

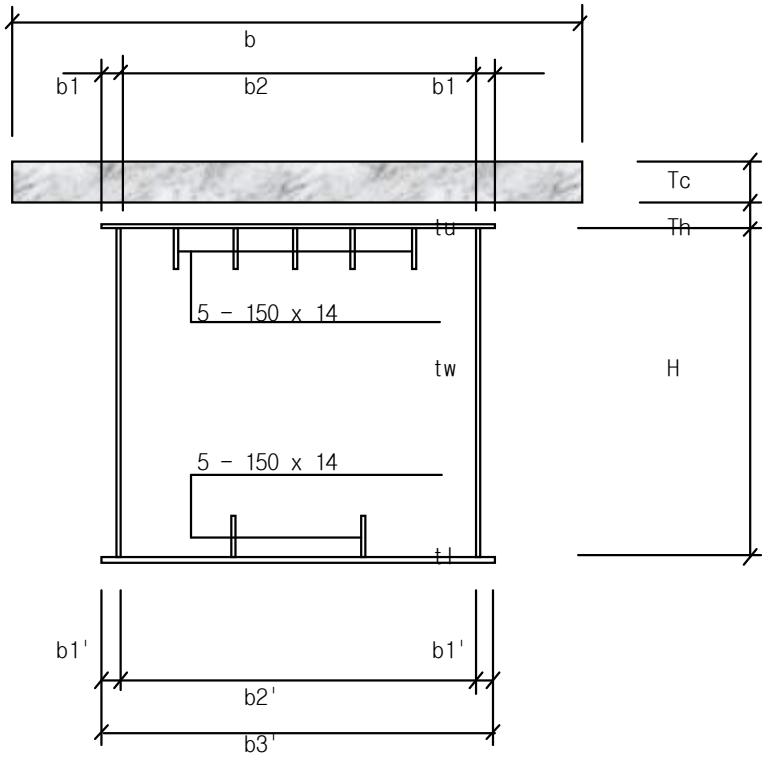
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

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

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

= 243937975649 mm⁴

- Section G1-8



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1310.00	70740000	92669400000	1800000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1306.00	-42314400	55262606400	388800
TOTAL		169800		28425600	179445131400	35193563800

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 179445131400 + 35193563800 = 214638695200 mm^4

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 28425600 / 169800 = 167.41 mm

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

= 214638695200 - 169800 x 167.406 ² = 209880068961 mm^4

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

= $(2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

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

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 20.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2616.00 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2616^2) / (2 x 2616/12 + 2512/20 + 2512/12)

= 224056690510 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 169800 + 1517500 / 8 = 359488 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 167.406 + 50.000 + 250.000 / 2 1307.59 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1307.594 x 169800 / 359488 = 617.63 mm

dvs = dv - dvc = 1307.594 - 617.628 = 689.97 mm

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

= 209880068961 + 7903645833 / 8 + 169800 x 689.966^2

+ 1517500 / 8 x 617.628^2 = 364060771623 mm^4

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

= 150926995200 + 6070.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 733345075929 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

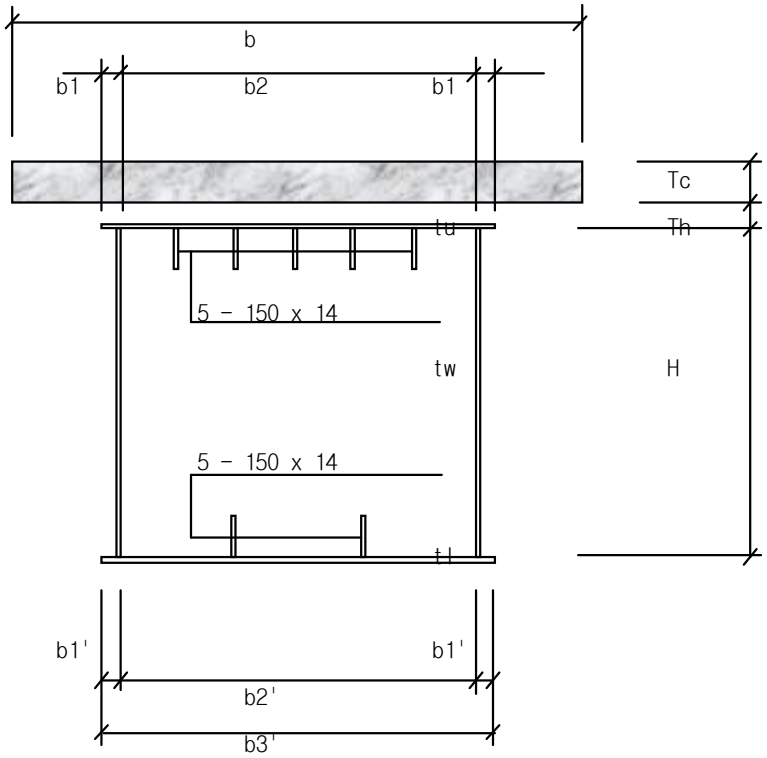
= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2616^2) / (2 x 2616/12 + 2512/51.25 + 2512/12)

= 248769751423 mm^4

- Section G1-9



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1310.00	70740000	92669400000	1800000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1311.00	-77873400	102092027400	2395800
TOTAL		196800		-7133400	226274552400	35195570800

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 226274552400 + 35195570800 = 261470123200 mm^4

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -7133400 / 196800 = -36.25 mm

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

= 261470123200 - 196800 x -36.247 ² = 261211559198 mm^4

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

= $(2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 167329495200 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 20.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2621.00 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2621^2) / (2 x 2621/12 + 2512/20 + 2512/22)

= 256266350768 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 196800 + 1517500 / 8 = 386488 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -36.247 + 50.000 + 250.000 / 2 1511.25 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1511.247 x 196800 / 386488 = 769.53 mm

dvs = dv - dvc = 1511.247 - 769.529 = 741.72 mm

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

= 261211559198 + 7903645833 / 8 + 196800 x 741.718^2

+ 1517500 / 8 x 769.529^2 = 482796325997 mm^4

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

= 167329495200 + 6070.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 749747575929 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

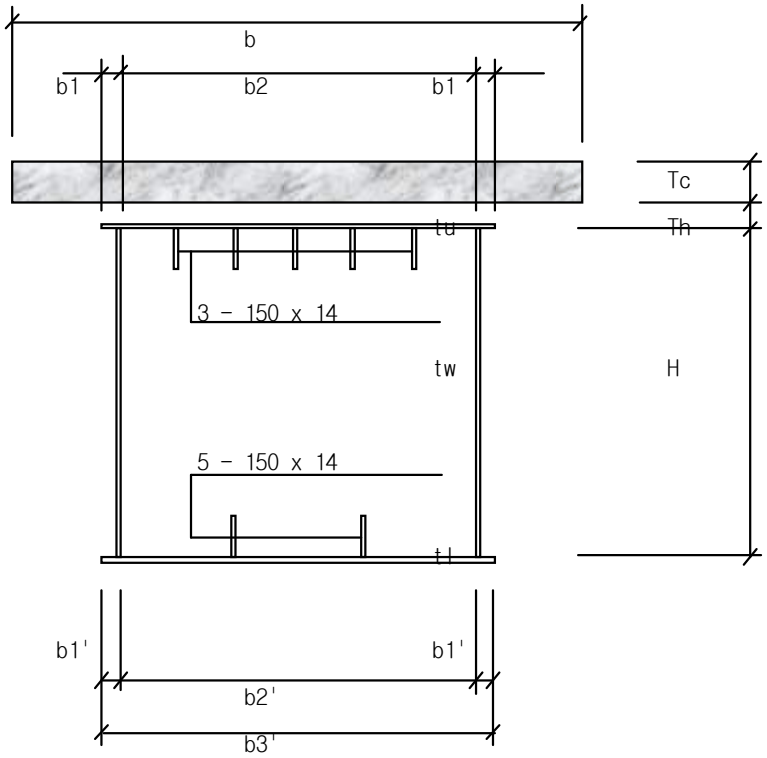
= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2621^2) / (2 x 2621/12 + 2512/51.25 + 2512/22)

= 288975147395 mm^4

- Section G1-10



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1310.00	70740000	92669400000	1800000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1311.00	-77873400	102092027400	2395800
TOTAL		192600		-12278400	219971927400	35187695800

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 219971927400 + 35187695800 = 255159623200 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -12278400 / 192600 = -63.75 mm

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

= 255159623200 - 192600 x -63.751 ² = 254376865637 mm⁴

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

= $(2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 167329495200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 20.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2621.00 mm

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

= (4 x 2512² x 2621²) / (2 x 2621/12 + 2512/20 + 2512/22)

= 256266350768 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 192600 + 1517500 / 8 = 382288 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6070.000 x 250.000 ³ / 12 = 7903645833 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -63.751 + 50.000 + 250.000 / 2 1538.75 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1538.751 x 192600 / 382288 = 775.24 mm

dvs = dv - dvc = 1538.751 - 775.237 = 763.51 mm

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

= 254376865637 + 7903645833 / 8 + 192600 x 763.514 ²

+ 1517500 / 8 x 775.237 ² = 481642372151 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 167329495200 + 6070.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 749747575929 mm⁴

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

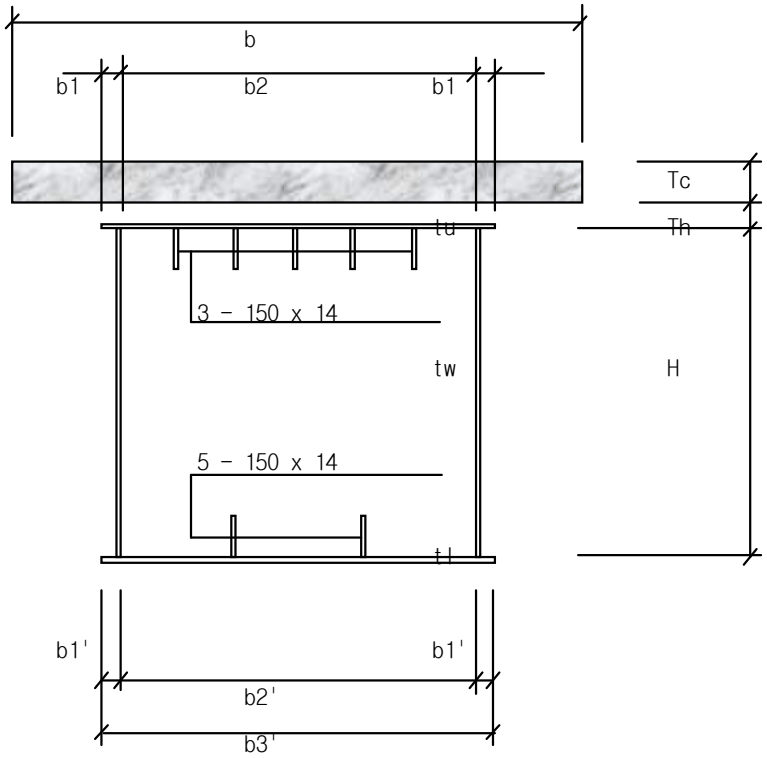
= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 mm

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

= (4 x 2512² x 2621²) / (2 x 2621/12 + 2512/51.25 + 2512/22)

= 288975147395 mm⁴

- Section G1-11



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 30.0	81000	1315.00	106515000	140067225000	6075000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1311.00	-77873400	102092027400	2395800
TOTAL		219600		23496600	267369752400	35191970800

Is′ = ∑AsY² + ∑Io

= 267369752400 + 35191970800 = 302561723200 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As

= 23496600 / 219600 = 107.00 mm

I33 = Is′ - ∑As x δs²

= 302561723200 - 219600 x 106.997 ² = 300047651198 mm⁴

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

= (2700³ x 30 / 12) + (2700³ x 22 / 12) + ((2600 x 12³ / 12)

+ (2600 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)²)) x 2 = 183731995200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 30.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2626.00 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2626^2) / (2 x 2626/12 + 2512/30 + 2512/22)

= 273852834183 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 219600 + 1517500 / 8 = 409288 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 106.997 + 50.000 + 250.000 / 2 1368.00 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1368.003 x 219600 / 409288 = 733.99 mm

dvs = dv - dvc = 1368.003 - 733.991 = 634.01 mm

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

= 300047651198 + 7903645833 / 8 + 219600 x 634.012^2

+ 1517500 / 8 x 733.991^2 = 491501184047 mm^4

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

= 183731995200 + 6070.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 766150075929 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

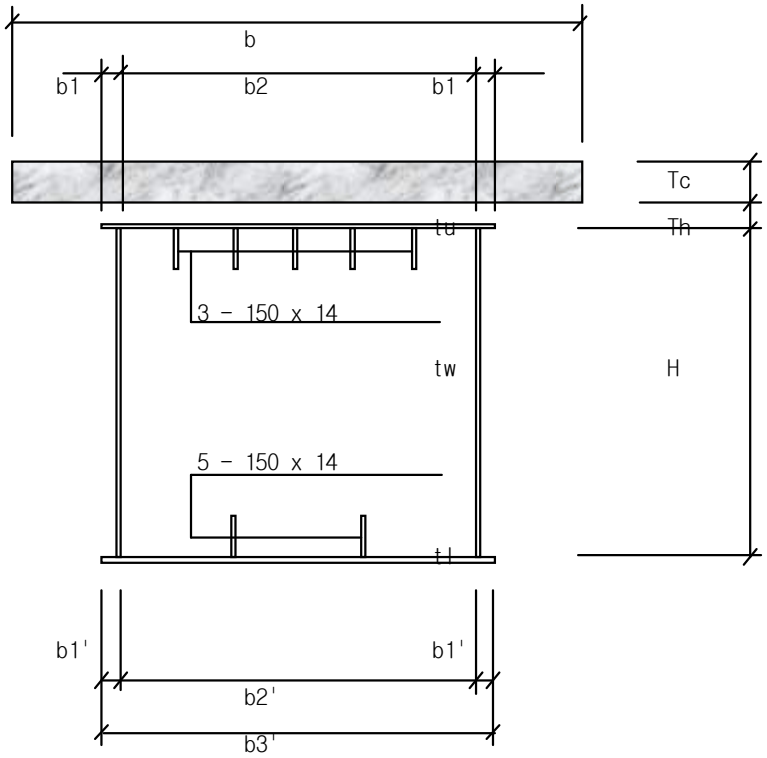
= 30.000 + 250.000 / 8 = 61.25 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2626^2) / (2 x 2626/12 + 2512/61.25 + 2512/22)

= 293586458896 mm^4

- Section G1-12



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 30.0	81000	1315.00	106515000	140067225000	6075000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1311.00	-77873400	102092027400	2395800
TOTAL		219600		23496600	267369752400	35191970800

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 267369752400 + 35191970800 = 302561723200 mm^4

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 23496600 / 219600 = 107.00 mm

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

= 302561723200 - 219600 x 106.997 ² = 300047651198 mm^4

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

= $(2700^3 \times 30 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 183731995200 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 30.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2626.00 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2626^2) / (2 x 2626/12 + 2512/30 + 2512/22)

= 273852834183 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 219600 + 1517500 / 8 = 409288 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 106.997 + 50.000 + 250.000 / 2 1368.00 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1368.003 x 219600 / 409288 = 733.99 mm

dvs = dv - dvc = 1368.003 - 733.991 = 634.01 mm

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

= 300047651198 + 7903645833 / 8 + 219600 x 634.012^2

+ 1517500 / 8 x 733.991^2 = 491501184047 mm^4

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

= 183731995200 + 6070.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 766150075929 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

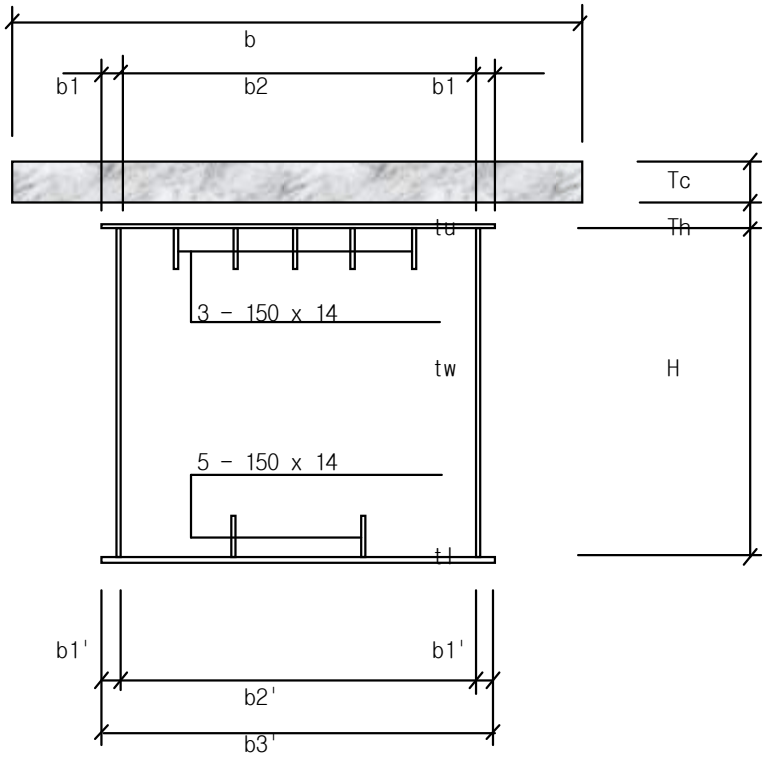
= 30.000 + 250.000 / 8 = 61.25 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2626^2) / (2 x 2626/12 + 2512/61.25 + 2512/22)

= 293586458896 mm^4

- Section G1-13



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1310.00	70740000	92669400000	1800000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 32.0	86400	-1316.00	-113702400	149632358400	7372800
TOTAL		219600		-48107400	267512258400	35192672800

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 267512258400 + 35192672800 = 302704931200 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -48107400 / 219600 = -219.07 mm

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

= 302704931200 - 219600 x -219.068 ² = 292166124575 mm⁴

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

= $(2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 32 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 183731995200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 20.000 / 2 + 32.000 / 2 = 2626.00 mm

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

= (4 x 2512² x 2626²) / (2 x 2626/12 + 2512/20 + 2512/32)

= 271213653349 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 219600 + 1517500 / 8 = 409288 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6070.000 x 250.000 ³ / 12 = 7903645833 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -219.068 + 50.000 + 250.000 / 2 1694.07 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1694.068 x 219600 / 409288 = 908.94 mm

dvs = dv - dvc = 1694.068 - 908.939 = 785.13 mm

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

= 292166124575 + 7903645833 / 8 + 219600 x 785.129 ²

+ 1517500 / 8 x 908.939 ² = 585235816997 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 183731995200 + 6070.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 766150075929 mm⁴

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

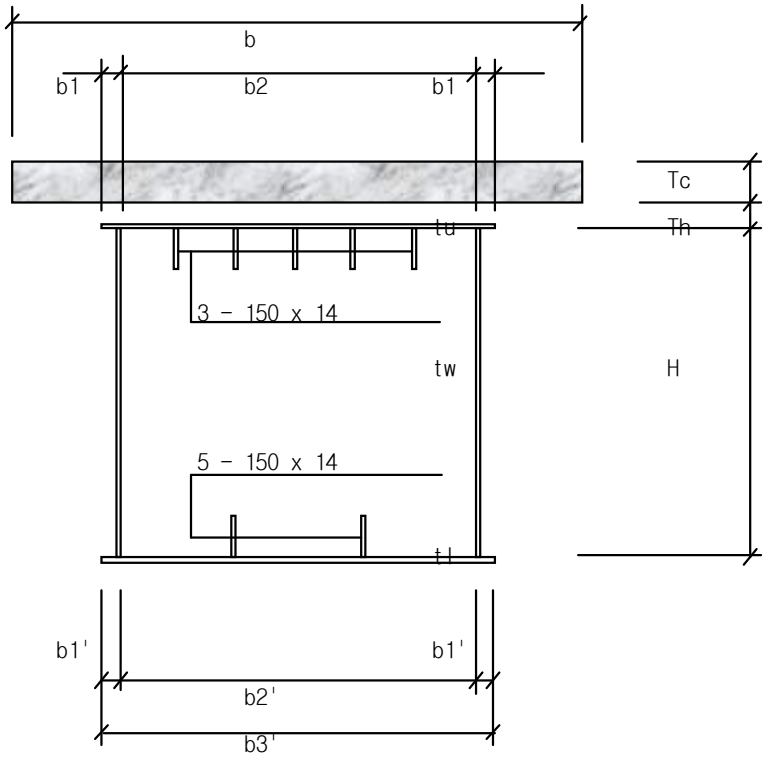
= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 mm

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

= (4 x 2512² x 2626²) / (2 x 2626/12 + 2512/51.25 + 2512/32)

= 307964686755 mm⁴

- Section G1-14



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1310.00	70740000	92669400000	1800000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1311.00	-77873400	102092027400	2395800
TOTAL		192600		-12278400	219971927400	35187695800

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 219971927400 + 35187695800 = 255159623200 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -12278400 / 192600 = -63.75 mm

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

= 255159623200 - 192600 x -63.751 ² = 254376865637 mm⁴

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

= $(2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 167329495200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 20.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2621.00 mm

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

= (4 x 2512² x 2621²) / (2 x 2621/12 + 2512/20 + 2512/22)

= 256266350768 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 192600 + 1517500 / 8 = 382288 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6070.000 x 250.000 ³ / 12 = 7903645833 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -63.751 + 50.000 + 250.000 / 2 1538.75 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1538.751 x 192600 / 382288 = 775.24 mm

dvs = dv - dvc = 1538.751 - 775.237 = 763.51 mm

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

= 254376865637 + 7903645833 / 8 + 192600 x 763.514 ²

+ 1517500 / 8 x 775.237 ² = 481642372151 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 167329495200 + 6070.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 749747575929 mm⁴

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

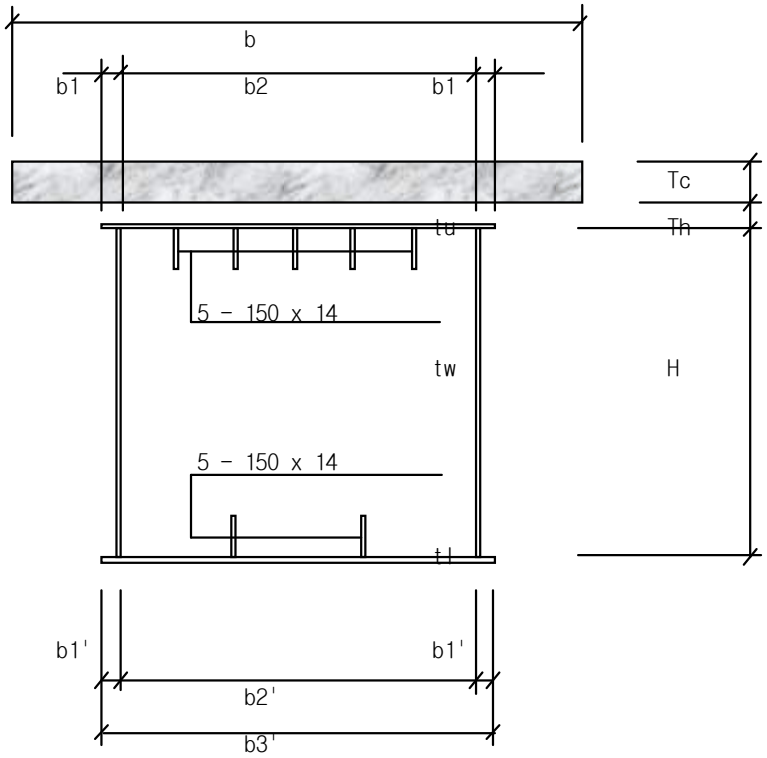
= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 mm

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

= (4 x 2512² x 2621²) / (2 x 2621/12 + 2512/51.25 + 2512/22)

= 288975147395 mm⁴

- Section G1-15



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	1305.00	35235000	45981675000	225000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1311.00	-77873400	102092027400	2395800
TOTAL		169800		-42638400	179586827400	35193995800

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

$= 179586827400 + 35193995800 = 214780823200\ mm^4$

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

$= -42638400 / 169800 = -251.11\ mm$

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

$= 214780823200 - 169800 \times -251.110^{\ 2} = 204073914163\ mm^4$

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

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

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

- 비틀림 강성

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

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

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

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

= 215543661400 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 169800 + 1517500 / 8 = 359488 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -251.110 + 50.000 + 250.000 / 2 1726.11 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1726.110 x 169800 / 359488 = 815.31 mm

dvs = dv - dvc = 1726.110 - 815.309 = 910.80 mm

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

= 204073914163 + 7903645833 / 8 + 169800 x 910.801^2

+ 1517500 / 8 x 815.309^2 = 472011492289 mm^4

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

= 150926995200 + 6070.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 733345075929 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

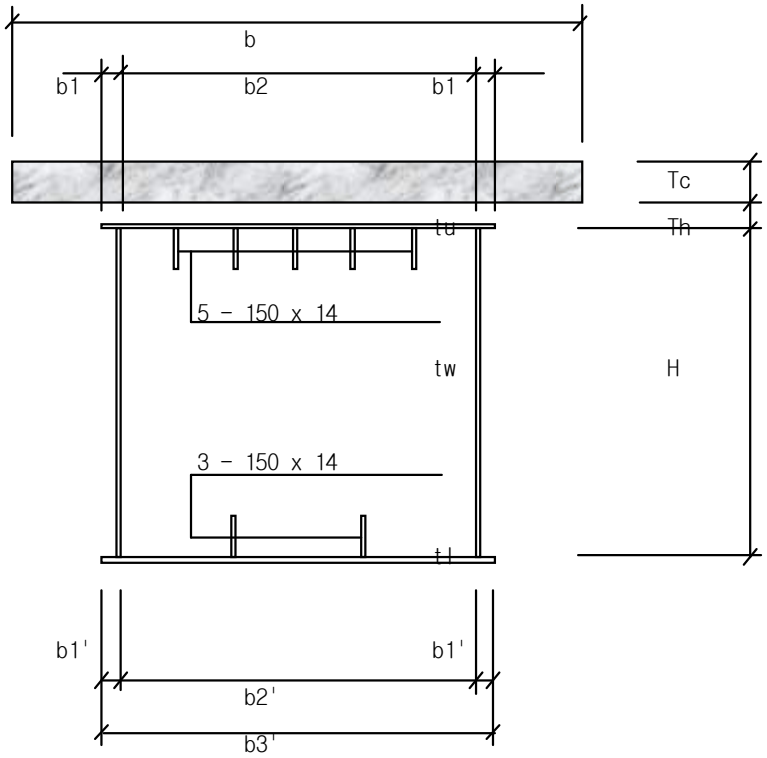
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

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

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

= 282668576781 mm^4

- Section G1-16



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	1305.00	35235000	45981675000	225000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1225.00	-7717500	9453937500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1306.00	-42314400	55262606400	388800
TOTAL		138600		-1934400	126454781400	35184113800

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

$= 126454781400 + 35184113800 = 161638895200\ mm^4$

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

$= -1934400 / 138600 = -13.96\ mm$

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

$= 161638895200 - 138600 \times -13.957^2 = 161611897340\ mm^4$

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

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

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

- 비틀림 강성

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

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

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

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

= 192110202989 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 138600 + 1517500 / 8 = 328288 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -13.957 + 50.000 + 250.000 / 2 1488.96 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1488.957 x 138600 / 328288 = 628.62 mm

dvs = dv - dvc = 1488.957 - 628.624 = 860.33 mm

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

= 161611897340 + 7903645833 / 8 + 138600 x 860.333^2

+ 1517500 / 8 x 628.624^2 = 340146199104 mm^4

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

= 134524495200 + 6070.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 716942575929 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

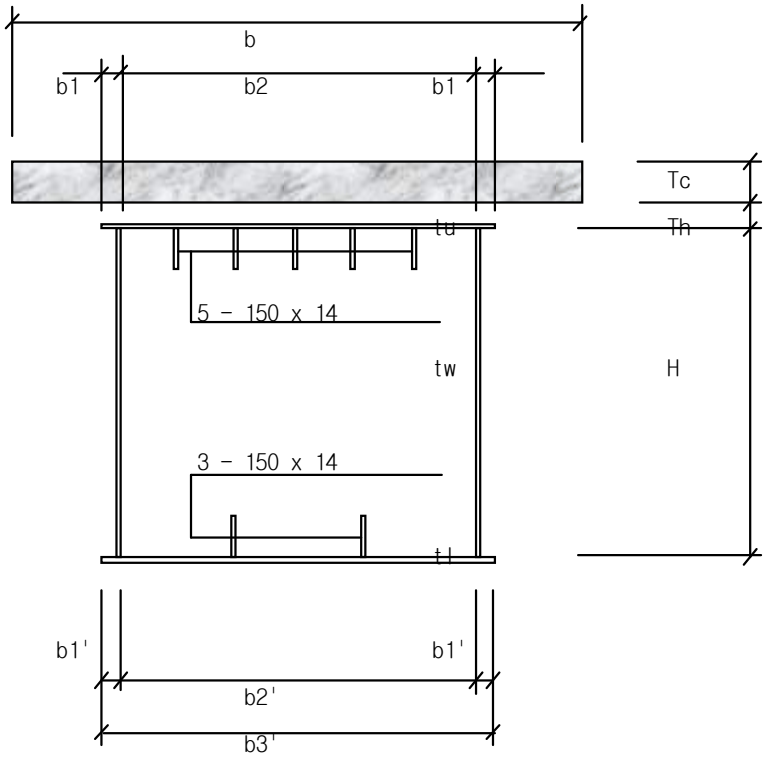
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

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

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

= 243937975649 mm^4

- Section G1-17



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	1306.00	42314400	55262606400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1225.00	-7717500	9453937500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1306.00	-42314400	55262606400	388800
TOTAL		144000		5145000	135735712800	35184277600

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 135735712800 + 35184277600 = 170919990400 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 5145000 / 144000 = 35.73 mm

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

= 170919990400 - 144000 x 35.729 ² = 170736163838 mm⁴

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

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

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 137804995200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

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

= 201645129210 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 144000 + 1517500 / 8 = 333688 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6070.000 x 250.000 ³ / 12 = 7903645833 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 35.729 + 50.000 + 250.000 / 2 1439.27 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1439.271 x 144000 / 333688 = 621.11 mm

dvs = dv - dvc = 1439.271 - 621.105 = 818.17 mm

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

= 170736163838 + 7903645833 / 8 + 144000 x 818.166 ²

+ 1517500 / 8 x 621.105 ² = 341293063632 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 137804995200 + 6070.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 720223075929 mm⁴

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

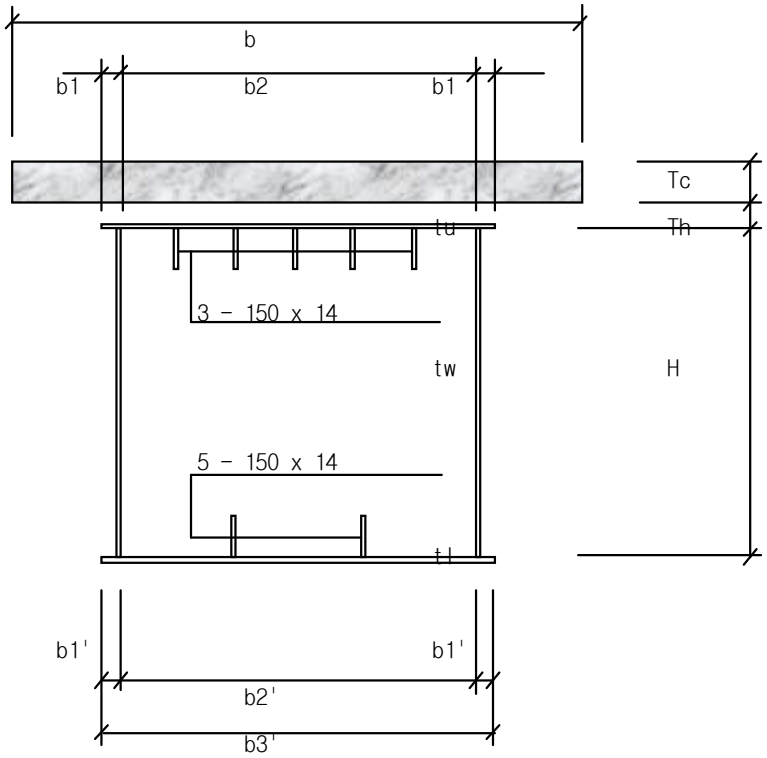
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

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

= (4 x 2512² x 2612²) / (2 x 2612/12 + 2512/43.25 + 2512/12)

= 245045223097 mm⁴

- Section G1-18



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1310.00	70740000	92669400000	1800000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1306.00	-42314400	55262606400	388800
TOTAL		165600		23280600	173142506400	35185688800

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 173142506400 + 35185688800 = 208328195200 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 23280600 / 165600 = 140.58 mm

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

= 208328195200 - 165600 x 140.583 ² = 205055330850 mm⁴

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

= $(2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 150926995200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 20.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2616.00 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2616^2) / (2 x 2616/12 + 2512/20 + 2512/12)

= 224056690510 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6070.000 x 250.000 = 1517500 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 165600 + 1517500 / 8 = 355288 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 140.583 + 50.000 + 250.000 / 2 1334.42 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1334.417 x 165600 / 355288 = 621.97 mm

dvs = dv - dvc = 1334.417 - 621.973 = 712.44 mm

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

= 205055330850 + 7903645833 / 8 + 165600 x 712.443^2

+ 1517500 / 8 x 621.973^2 = 363478556229 mm^4

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

= 150926995200 + 6070.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 733345075929 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

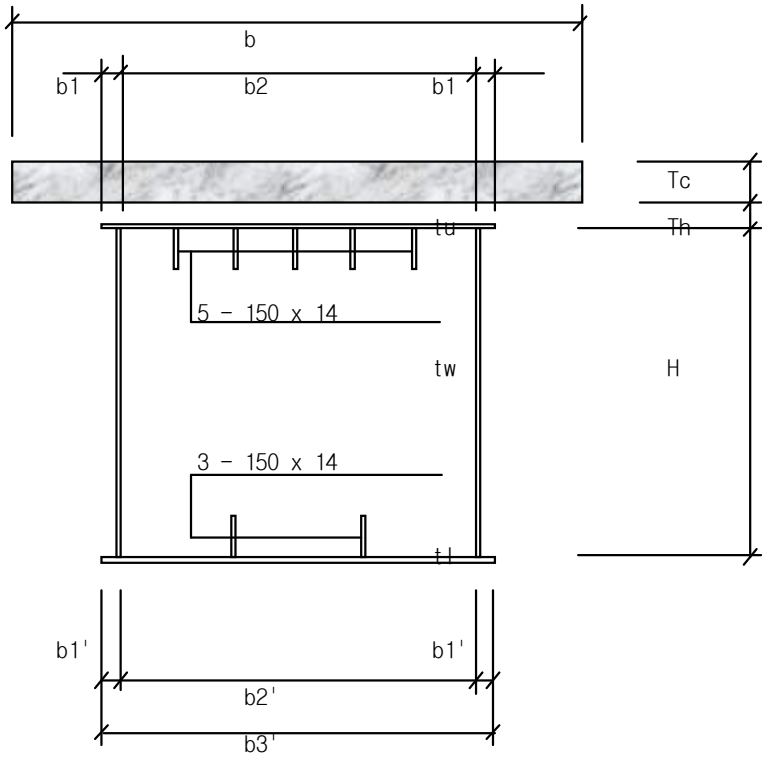
= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2616^2) / (2 x 2616/12 + 2512/51.25 + 2512/12)

= 248769751423 mm^4

- Section G2-1



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

① 합성전 단면

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

Is´ = ∑AsY² + ∑Io

= 117173850000 + 35183950000 = 152357800000 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As

= 5145000 / 133200 = 38.63 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²

= 152357800000 - 133200 x 38.626 ² = 152159068581 mm⁴

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

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

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

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

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

= 183423648143 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 133200 + 1520000 / 8 = 323200 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

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

dvc = dv · ∑As / Av

= 1436.374 x 133200 / 323200 = 591.97 mm

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

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

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

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

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

= 131243995200 + 6080.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 716545328533 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

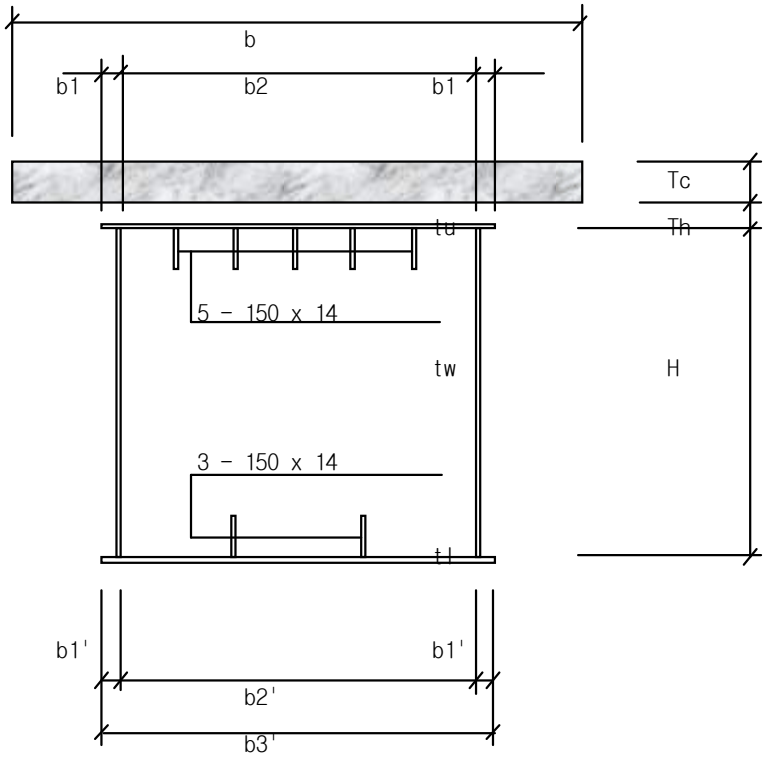
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

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

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

= 230145931176 mm^4

- Section G2-2



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

① 합성전 단면

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

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 126454781400 + 35184113800 = 161638895200 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 12224400 / 138600 = 88.20 mm

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

= 161638895200 - 138600 x 88.199 ² = 160560713704 mm⁴

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

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

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

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

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

= 192110202989 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 138600 + 1520000 / 8 = 328600 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

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

dvc = dv · ∑As / Av

= 1386.801 x 138600 / 328600 = 584.94 mm

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

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

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

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

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

= 134524495200 + 6080.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 719825828533 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

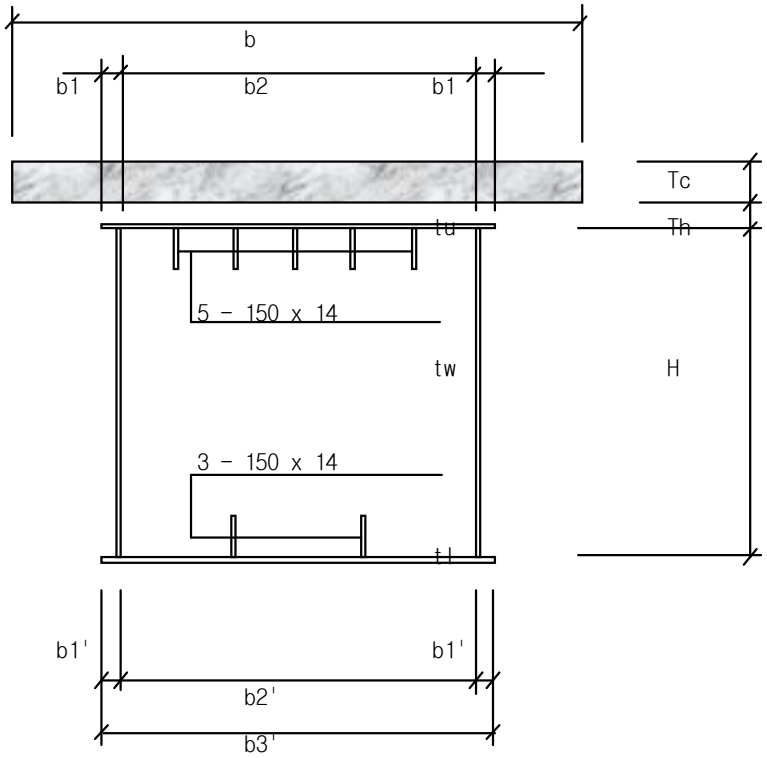
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

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

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

= 231142004859 mm^4

- Section G2-3



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

① 합성전 단면

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

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 145044918600 + 35184506200 = 180229424800 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -1945200 / 149400 = -13.02 mm

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

= 180229424800 - 149400 x -13.020 ² = 180204098140 mm⁴

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

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

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

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

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

= 209080173861 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 149400 + 1520000 / 8 = 339400 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

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

dvc = dv · ∑As / Av

= 1488.020 x 149400 / 339400 = 655.01 mm

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

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

= 180204098140 + 7916666667 / 8 + 149400 x 833.011^2

+ 1520000 / 8 x 655.009^2 = 366380446103 mm^4

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

= 141085495200 + 6080.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 726386828533 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

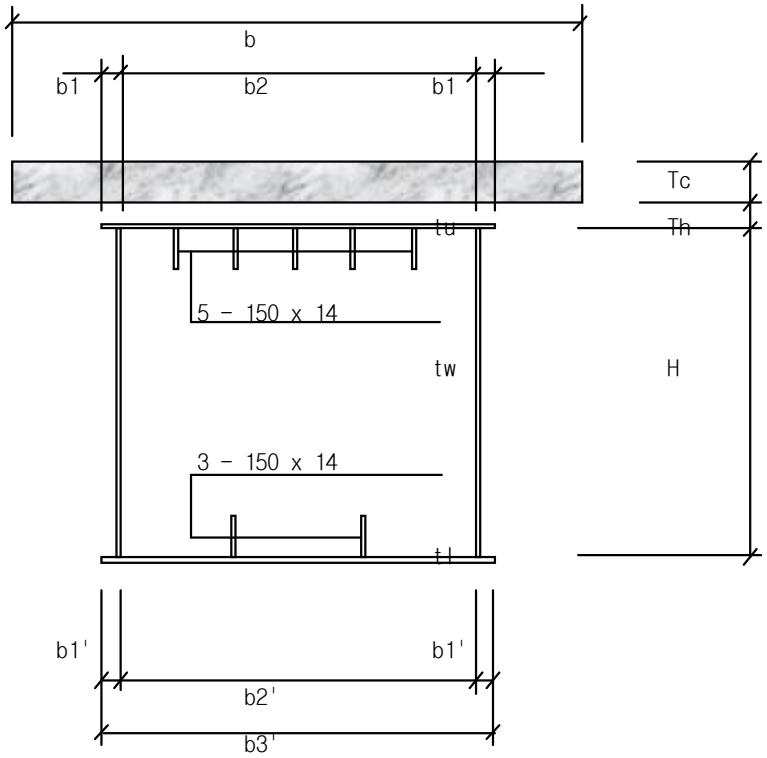
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

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

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

= 256068931132 mm^4

- Section G2-4



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 16.0	43200	1308.00	56505600	73909324800	921600
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1225.00	-7717500	9453937500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 14.0	37800	-1307.00	-49404600	64571812200	617400
TOTAL		160200		12246000	163691637000	35185039000

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 163691637000 + 35185039000 = 198876676000 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 12246000 / 160200 = 76.44 mm

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

= $198876676000 - 160200 \times 76.442^2$ = 197940567910 mm⁴

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

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

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 147646495200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

= (4 x 2512^2 x 2615^2) / (2 x 2615/12 + 2512/16 + 2512/14)

= 223500261703 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 160200 + 1520000 / 8 = 350200 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 76.442 + 50.000 + 250.000 / 2 1398.56 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1398.558 x 160200 / 350200 = 639.77 mm

dvs = dv - dvc = 1398.558 - 639.774 = 758.78 mm

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

= 197940567910 + 7916666667 / 8 + 160200 x 758.784^2

+ 1520000 / 8 x 639.774^2 = 368934866512 mm^4

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

= 147646495200 + 6080.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 732947828533 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

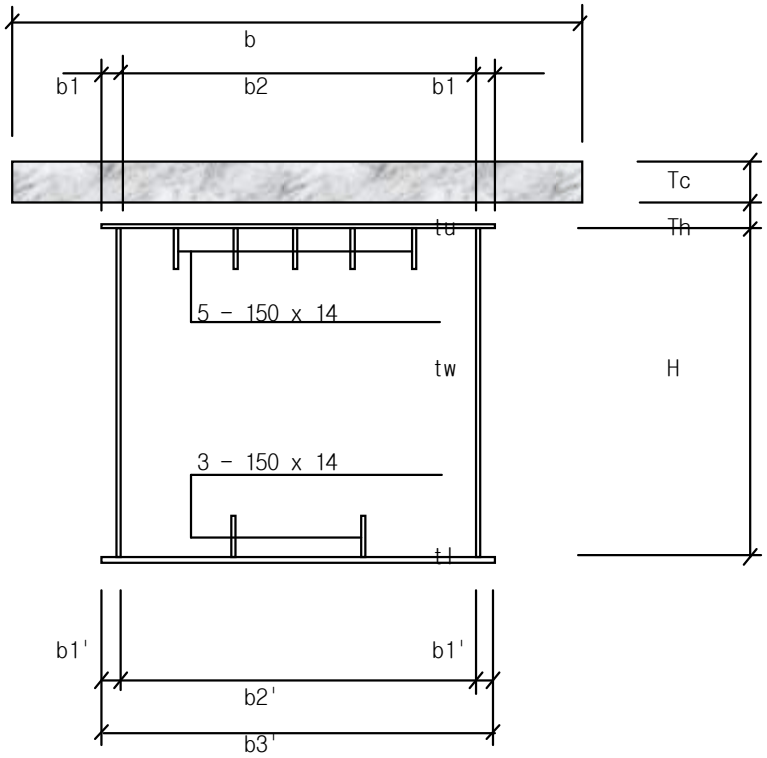
= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2615^2) / (2 x 2615/12 + 2512/47.25 + 2512/14)

= 258219693646 mm^4

- Section G2-5



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 16.0	43200	1308.00	56505600	73909324800	921600
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1225.00	-7717500	9453937500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 18.0	48600	-1309.00	-63617400	83275176600	1312200
TOTAL		171000		-1966800	182395001400	35185733800

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 182395001400 + 35185733800 = 217580735200 mm^4

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -1966800 / 171000 = -11.50 mm

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

= 217580735200 - 171000 x -11.502 ² = 217558113549 mm^4

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

= $(2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 18 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 154207495200 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 16.000 / 2 + 18.000 / 2 = 2617.00 mm

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

= (4 x 2512² x 2617²) / (2 x 2617/12 + 2512/16 + 2512/18)

= 235921403722 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 171000 + 1520000 / 8 = 361000 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6080.000 x 250.000 ³ / 12 = 7916666667 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -11.502 + 50.000 + 250.000 / 2 1486.50 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1486.502 x 171000 / 361000 = 704.13 mm

dvs = dv - dvc = 1486.502 - 704.132 = 782.37 mm

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

= 217558113549 + 7916666667 / 8 + 171000 x 782.369 ²

+ 1520000 / 8 x 704.132 ² = 417419568804 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 154207495200 + 6080.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 739508828533 mm⁴

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

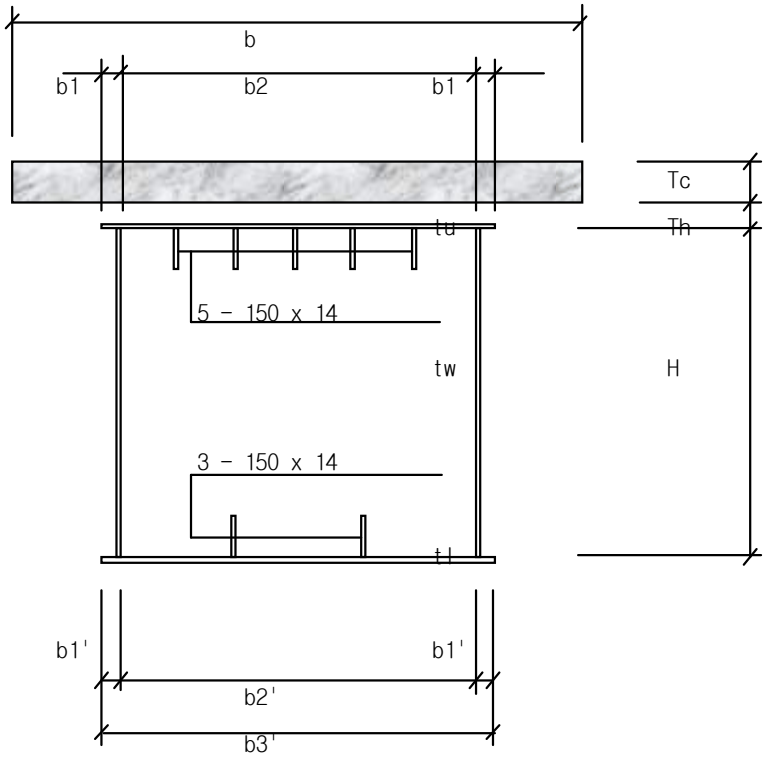
= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 mm

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

= (4 x 2512² x 2617²) / (2 x 2617/12 + 2512/47.25 + 2512/18)

= 274874600968 mm⁴

- Section G2-6



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	1305.00	35235000	45981675000	225000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1225.00	-7717500	9453937500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 14.0	37800	-1307.00	-49404600	64571812200	617400
TOTAL		144000		-9024600	135763987200	35184342400

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

$= 135763987200 + 35184342400 = 170948329600 \ mm^4$

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

$= -9024600 / 144000 = -62.67 \ mm$

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

$= 170948329600 - 144000 \times -62.671^2 = 170382750398 \ mm^4$

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

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

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

- 비틀림 강성

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

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

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

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

= 198859718191 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 144000 + 1520000 / 8 = 334000 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6080.000 x 250.000 ³ / 12 = 7916666667 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -62.671 + 50.000 + 250.000 / 2 1537.67 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1537.671 x 144000 / 334000 = 662.95 mm

dvs = dv - dvc = 1537.671 - 662.948 = 874.72 mm

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

= 170382750398 + 7916666667 / 8 + 144000 x 874.723 ²

+ 1520000 / 8 x 662.948 ² = 365057508427 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 137804995200 + 6080.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 723106328533 mm⁴

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

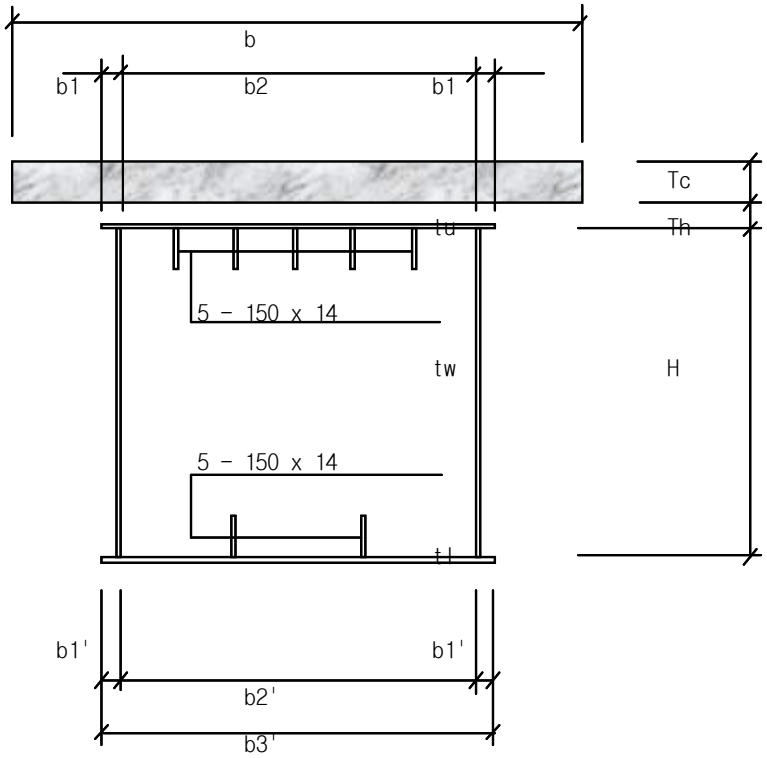
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

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

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

= 254869649249 mm⁴

- Section G2-7



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

① 합성전 단면

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

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 132757406400 + 35191988800 = 167949395200 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -7079400 / 142800 = -49.58 mm

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

= 167949395200 - 142800 x -49.576 ² = 167598429483 mm⁴

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

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

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

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

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

= 192110202989 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 142800 + 1520000 / 8 = 332800 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

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

dvc = dv · ∑As / Av

= 1524.576 x 142800 / 332800 = 654.17 mm

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

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

= 167598429483 + 7916666667 / 8 + 142800 x 870.401^2

+ 1520000 / 8 x 654.175^2 = 358082437955 mm^4

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

= 134524495200 + 6080.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 719825828533 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

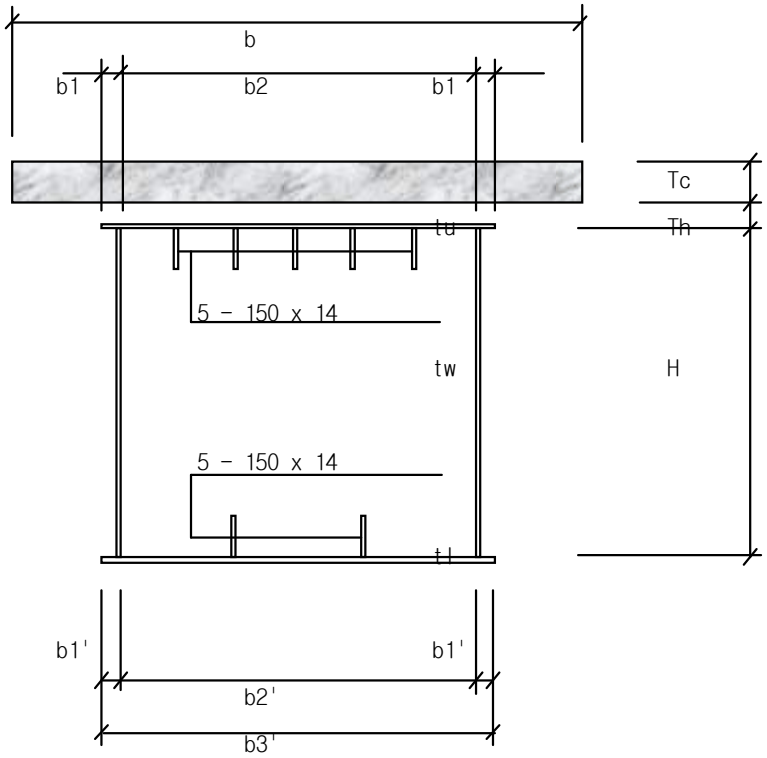
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

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

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

= 243937975649 mm^4

- Section G2-8



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1310.00	70740000	92669400000	1800000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1306.00	-42314400	55262606400	388800
TOTAL		169800		28425600	179445131400	35193563800

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 179445131400 + 35193563800 = 214638695200 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 28425600 / 169800 = 167.41 mm

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

= 214638695200 - 169800 x 167.406 ² = 209880068961 mm⁴

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

= $(2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 150926995200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 20.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2616.00 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2616^2) / (2 x 2616/12 + 2512/20 + 2512/12)

= 224056690510 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 169800 + 1520000 / 8 = 359800 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 167.406 + 50.000 + 250.000 / 2 1307.59 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1307.594 x 169800 / 359800 = 617.09 mm

dvs = dv - dvc = 1307.594 - 617.091 = 690.50 mm

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

= 209880068961 + 7916666667 / 8 + 169800 x 690.502^2

+ 1520000 / 8 x 617.091^2 = 364181503143 mm^4

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

= 150926995200 + 6080.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 736228328533 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

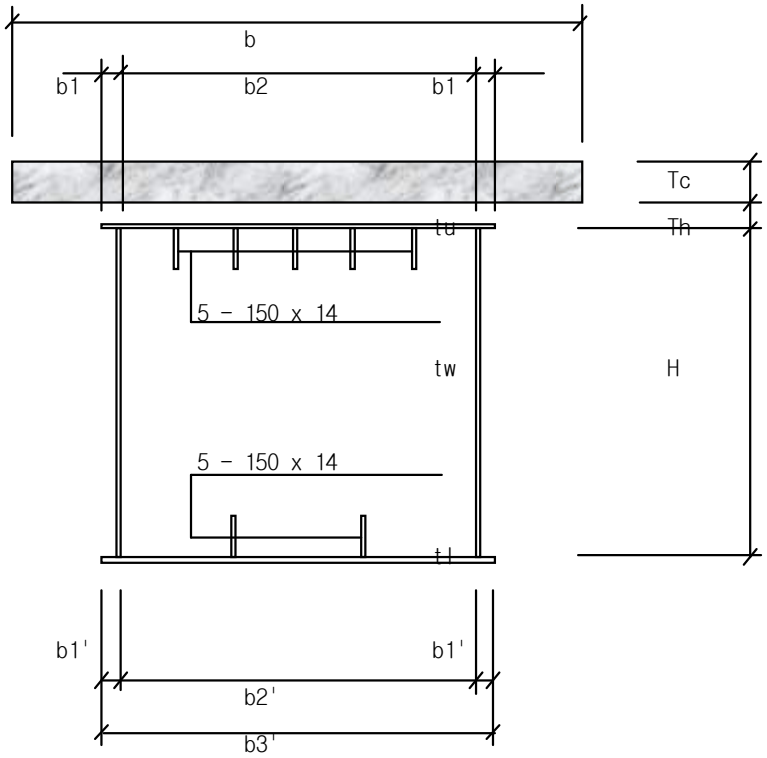
= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2616^2) / (2 x 2616/12 + 2512/51.25 + 2512/12)

= 248769751423 mm^4

- Section G2-9



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1310.00	70740000	92669400000	1800000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1311.00	-77873400	102092027400	2395800
TOTAL		196800		-7133400	226274552400	35195570800

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

$= 226274552400 + 35195570800 = 261470123200\ mm^4$

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

$= -7133400 / 196800 = -36.25\ mm$

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

$= 261470123200 - 196800 \times -36.247^2 = 261211559198\ mm^4$

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

$= (2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 167329495200\ mm^4$

- 비틀림 강성

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

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

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 20.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2621.00 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2621^2) / (2 x 2621/12 + 2512/20 + 2512/22)

= 256266350768 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 196800 + 1520000 / 8 = 386800 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -36.247 + 50.000 + 250.000 / 2 1511.25 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1511.247 x 196800 / 386800 = 768.91 mm

dvs = dv - dvc = 1511.247 - 768.907 = 742.34 mm

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

= 261211559198 + 7916666667 / 8 + 196800 x 742.340^2

+ 1520000 / 8 x 768.907^2 = 482982858820 mm^4

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

= 167329495200 + 6080.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 752630828533 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

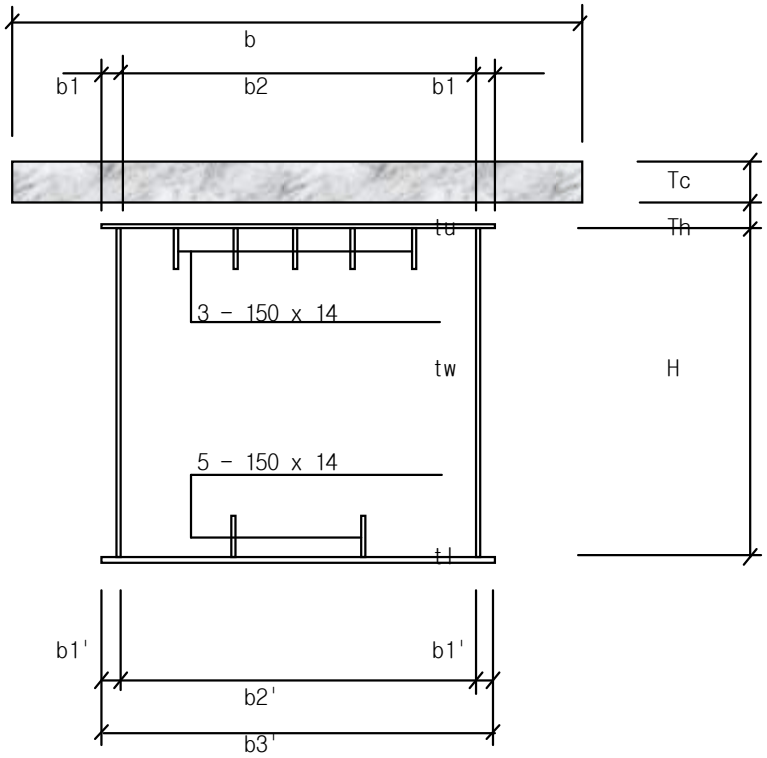
= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2621^2) / (2 x 2621/12 + 2512/51.25 + 2512/22)

= 288975147395 mm^4

- Section G2-10



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1310.00	70740000	92669400000	1800000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1311.00	-77873400	102092027400	2395800
TOTAL		192600		-12278400	219971927400	35187695800

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 219971927400 + 35187695800 = 255159623200 mm^4

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -12278400 / 192600 = -63.75 mm

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

= $255159623200 - 192600 \times -63.751^2$ = 254376865637 mm^4

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

= $(2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 167329495200 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 20.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2621.00 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2621^2) / (2 x 2621/12 + 2512/20 + 2512/22)

= 256266350768 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 192600 + 1520000 / 8 = 382600 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -63.751 + 50.000 + 250.000 / 2 1538.75 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1538.751 x 192600 / 382600 = 774.60 mm

dvs = dv - dvc = 1538.751 - 774.604 = 764.15 mm

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

= 254376865637 + 7916666667 / 8 + 192600 x 764.147^2

+ 1520000 / 8 x 774.604^2 = 481831656464 mm^4

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

= 167329495200 + 6080.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 752630828533 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

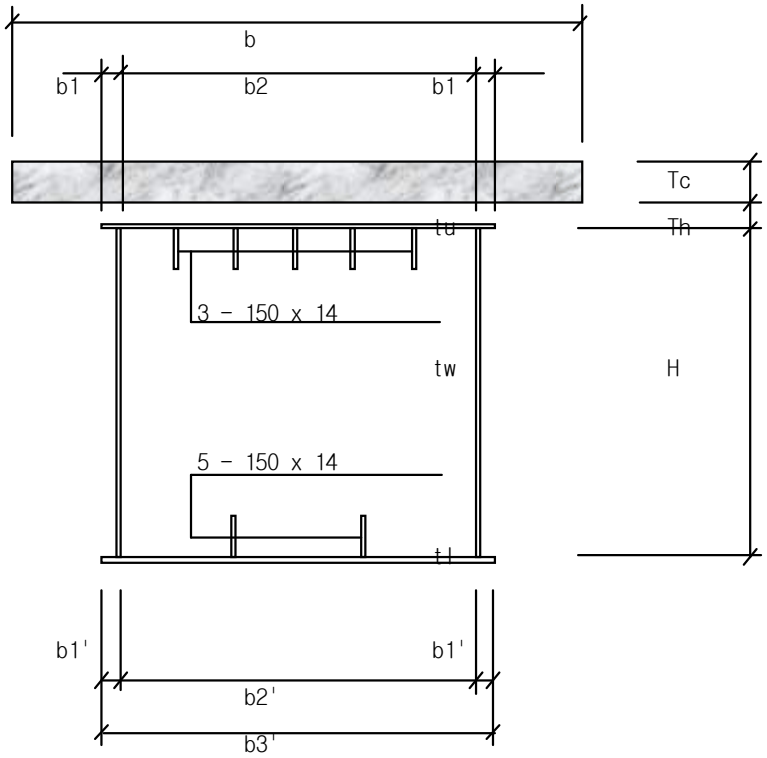
= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2621^2) / (2 x 2621/12 + 2512/51.25 + 2512/22)

= 288975147395 mm^4

- Section G2-11



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 30.0	81000	1315.00	106515000	140067225000	6075000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1311.00	-77873400	102092027400	2395800
TOTAL		219600		23496600	267369752400	35191970800

Is′ = ∑AsY² + ∑Io

= 267369752400 + 35191970800 = 302561723200 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As

= 23496600 / 219600 = 107.00 mm

I33 = Is′ - ∑As x δs²

= 302561723200 - 219600 x 106.997 ² = 300047651198 mm⁴

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

= (2700³ x 30 / 12) + (2700³ x 22 / 12) + ((2600 x 12³ / 12)

+ (2600 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)²)) x 2 = 183731995200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 30.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2626.00 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2626^2) / (2 x 2626/12 + 2512/30 + 2512/22)

= 273852834183 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 219600 + 1520000 / 8 = 409600 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 106.997 + 50.000 + 250.000 / 2 1368.00 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1368.003 x 219600 / 409600 = 733.43 mm

dvs = dv - dvc = 1368.003 - 733.431 = 634.57 mm

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

= 300047651198 + 7916666667 / 8 + 219600 x 634.572^2

+ 1520000 / 8 x 733.431^2 = 491671040392 mm^4

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

= 183731995200 + 6080.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 769033328533 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

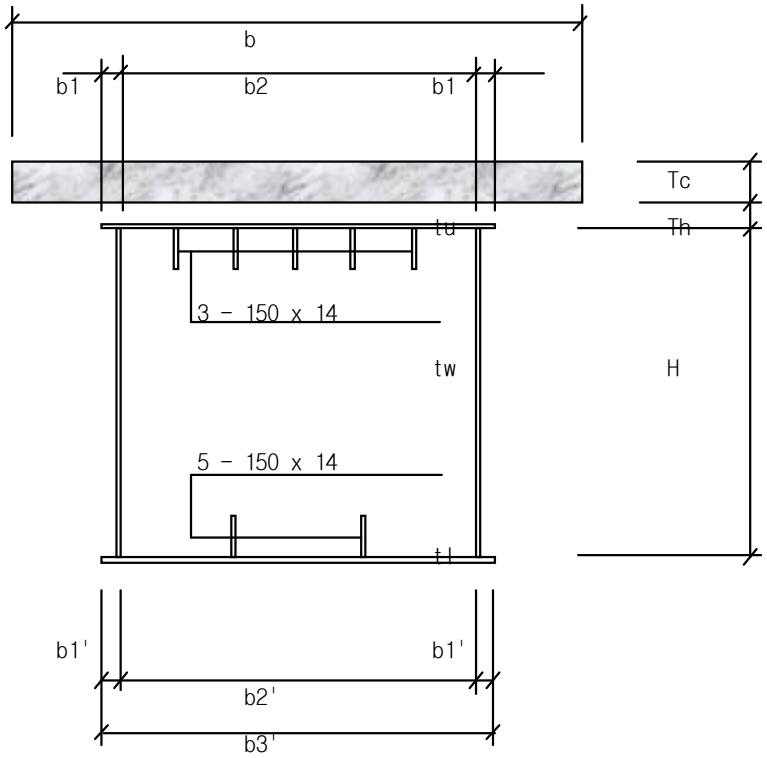
= 30.000 + 250.000 / 8 = 61.25 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2626^2) / (2 x 2626/12 + 2512/61.25 + 2512/22)

= 293586458896 mm^4

- Section G2-12



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 30.0	81000	1315.00	106515000	140067225000	6075000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 32.0	86400	-1316.00	-113702400	149632358400	7372800
TOTAL		246600		-12332400	314910083400	35196947800

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 314910083400 + 35196947800 = 350107031200 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -12332400 / 246600 = -50.01 mm

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

= 350107031200 - 246600 x -50.010 ² = 349490291177 mm⁴

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

= $(2700^3 \times 30 / 12) + (2700^3 \times 32 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 200134495200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 30.000 / 2 + 32.000 / 2 = 2631.00 mm

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

= (4 x 2512² x 2631²) / (2 x 2631/12 + 2512/30 + 2512/32)

= 290843409396 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 246600 + 1520000 / 8 = 436600 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6080.000 x 250.000 ³ / 12 = 7916666667 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -50.010 + 50.000 + 250.000 / 2 1525.01 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1525.010 x 246600 / 436600 = 861.35 mm

dvs = dv - dvc = 1525.010 - 861.355 = 663.66 mm

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

= 349490291177 + 7916666667 / 8 + 246600 x 663.655 ²

+ 1520000 / 8 x 861.355 ² = 600058950448 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 200134495200 + 6080.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 785435828533 mm⁴

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

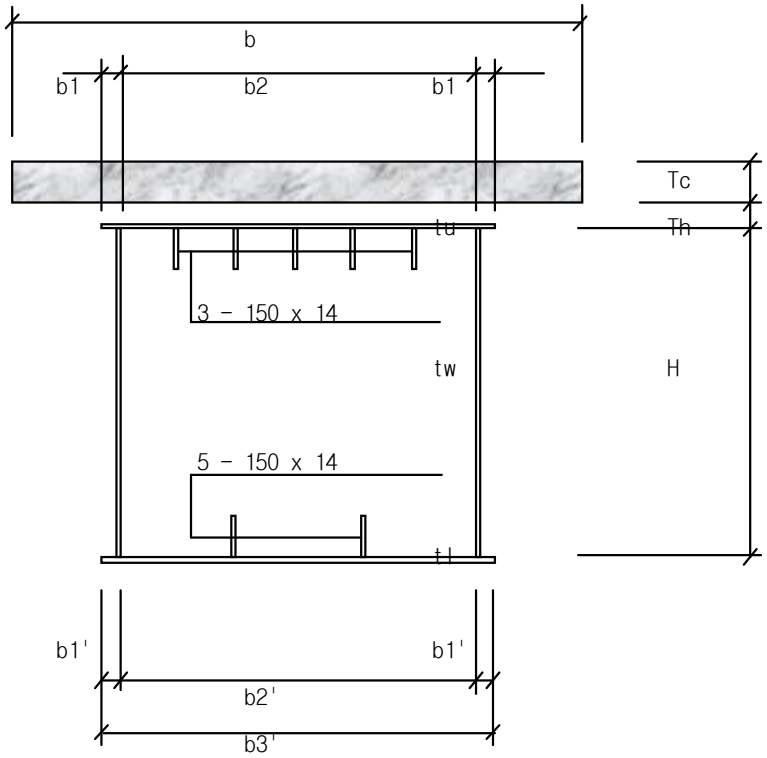
= 30.000 + 250.000 / 8 = 61.25 mm

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

= (4 x 2512² x 2631²) / (2 x 2631/12 + 2512/61.25 + 2512/32)

= 313110209323 mm⁴

- Section G2-13



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1310.00	70740000	92669400000	1800000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 32.0	86400	-1316.00	-113702400	149632358400	7372800
TOTAL		219600		-48107400	267512258400	35192672800

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 267512258400 + 35192672800 = 302704931200 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -48107400 / 219600 = -219.07 mm

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

= 302704931200 - 219600 x -219.068 ² = 292166124575 mm⁴

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

= $(2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 32 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 183731995200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 20.000 / 2 + 32.000 / 2 = 2626.00 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2626^2) / (2 x 2626/12 + 2512/20 + 2512/32)

= 271213653349 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 219600 + 1520000 / 8 = 409600 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -219.068 + 50.000 + 250.000 / 2 1694.07 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1694.068 x 219600 / 409600 = 908.25 mm

dvs = dv - dvc = 1694.068 - 908.246 = 785.82 mm

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

= 292166124575 + 7916666667 / 8 + 219600 x 785.823^2

+ 1520000 / 8 x 908.246^2 = 585495425825 mm^4

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

= 183731995200 + 6080.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 769033328533 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

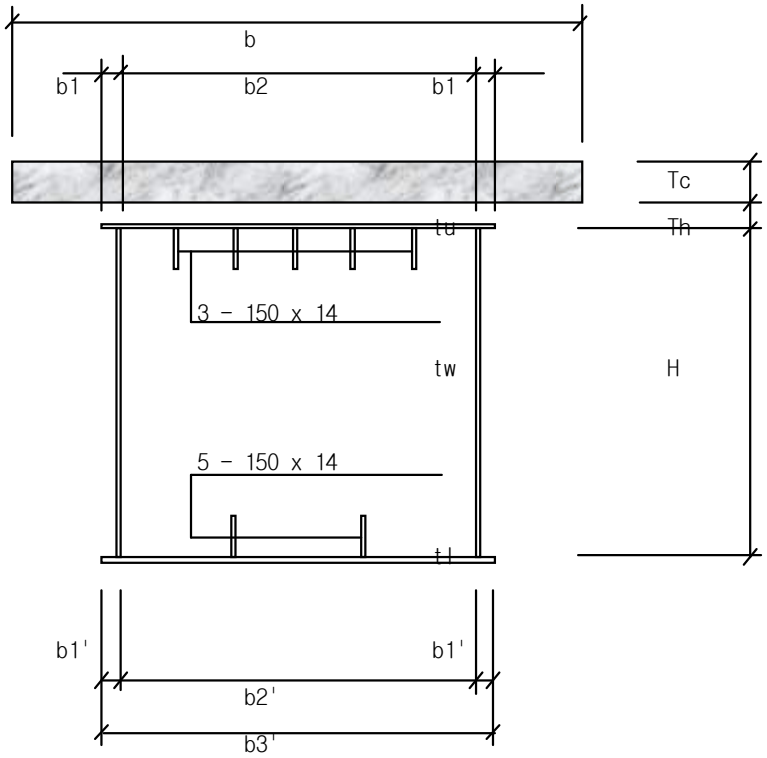
= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2626^2) / (2 x 2626/12 + 2512/51.25 + 2512/32)

= 307964686755 mm^4

- Section G2-14



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1310.00	70740000	92669400000	1800000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1311.00	-77873400	102092027400	2395800
TOTAL		192600		-12278400	219971927400	35187695800

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 219971927400 + 35187695800 = 255159623200 mm^4

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -12278400 / 192600 = -63.75 mm

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

= 255159623200 - 192600 x -63.751 ² = 254376865637 mm^4

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

= $(2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 167329495200 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 20.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2621.00 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2621^2) / (2 x 2621/12 + 2512/20 + 2512/22)

= 256266350768 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 192600 + 1520000 / 8 = 382600 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -63.751 + 50.000 + 250.000 / 2 1538.75 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1538.751 x 192600 / 382600 = 774.60 mm

dvs = dv - dvc = 1538.751 - 774.604 = 764.15 mm

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

= 254376865637 + 7916666667 / 8 + 192600 x 764.147^2

+ 1520000 / 8 x 774.604^2 = 481831656464 mm^4

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

= 167329495200 + 6080.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 752630828533 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

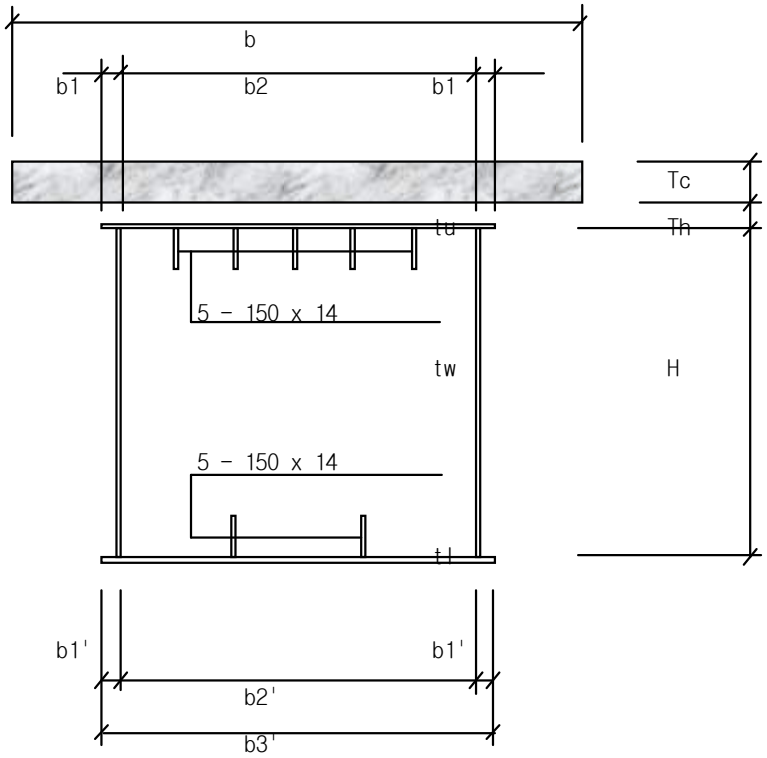
= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 mm

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

= (4 x 2512^2 x 2621^2) / (2 x 2621/12 + 2512/51.25 + 2512/22)

= 288975147395 mm^4

- Section G2-15



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	1305.00	35235000	45981675000	225000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1311.00	-77873400	102092027400	2395800
TOTAL		169800		-42638400	179586827400	35193995800

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

$= 179586827400 + 35193995800 = 214780823200\ mm^4$

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

$= -42638400 / 169800 = -251.11\ mm$

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

$= 214780823200 - 169800 \times -251.110^{\ 2} = 204073914163\ mm^4$

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

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

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

- 비틀림 강성

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

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

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

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

= 215543661400 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 169800 + 1520000 / 8 = 359800 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -251.110 + 50.000 + 250.000 / 2 1726.11 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1726.110 x 169800 / 359800 = 814.60 mm

dvs = dv - dvc = 1726.110 - 814.601 = 911.51 mm

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

= 204073914163 + 7916666667 / 8 + 169800 x 911.509^2

+ 1520000 / 8 x 814.601^2 = 472220667221 mm^4

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

= 150926995200 + 6080.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 736228328533 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

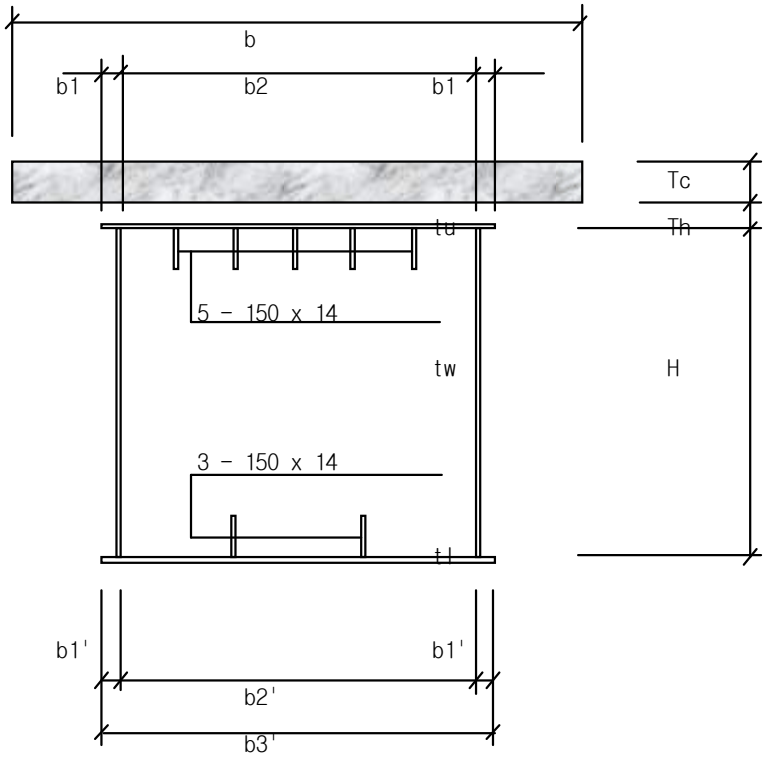
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

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

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

= 282668576781 mm^4

- Section G2-16



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	1305.00	35235000	45981675000	225000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1225.00	-7717500	9453937500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1306.00	-42314400	55262606400	388800
TOTAL		138600		-1934400	126454781400	35184113800

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 126454781400 + 35184113800 = 161638895200 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -1934400 / 138600 = -13.96 mm

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

= 161638895200 - 138600 x -13.957 ² = 161611897340 mm⁴

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

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

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

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

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

= 192110202989 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 138600 + 1520000 / 8 = 328600 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

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

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -13.957 + 50.000 + 250.000 / 2 1488.96 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1488.957 x 138600 / 328600 = 628.03 mm

dvs = dv - dvc = 1488.957 - 628.026 = 860.93 mm

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

= 161611897340 + 7916666667 / 8 + 138600 x 860.931^2

+ 1520000 / 8 x 628.026^2 = 340271199308 mm^4

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

= 134524495200 + 6080.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 719825828533 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

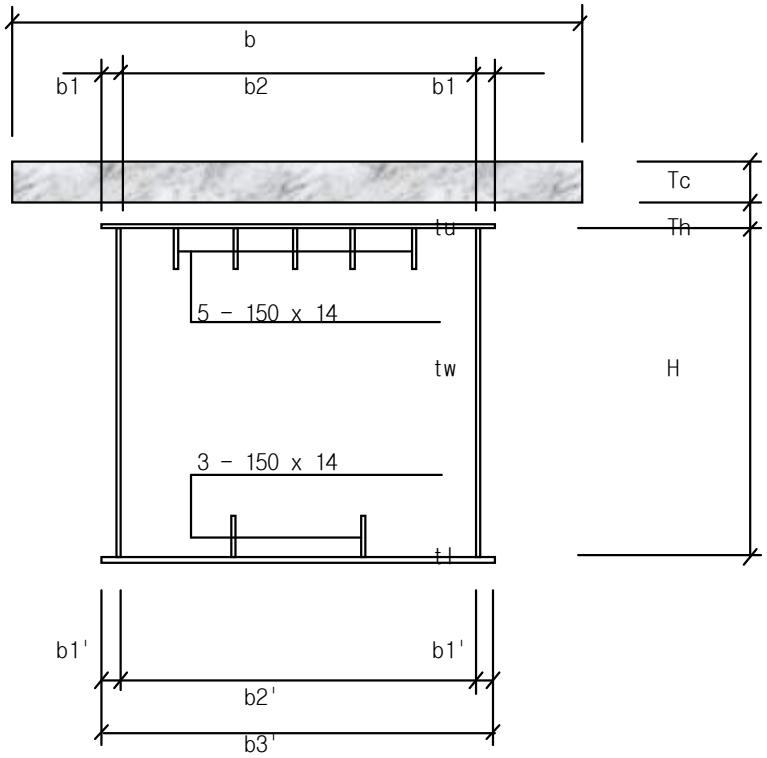
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

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

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

= 243937975649 mm^4

- Section G2-17



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	1306.00	42314400	55262606400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1225.00	-7717500	9453937500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1306.00	-42314400	55262606400	388800
TOTAL		144000		5145000	135735712800	35184277600

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 135735712800 + 35184277600 = 170919990400 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 5145000 / 144000 = 35.73 mm

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

= 170919990400 - 144000 x 35.729 ² = 170736163838 mm⁴

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

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

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 137804995200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

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

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

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

= 201645129210 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 144000 + 1520000 / 8 = 334000 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6080.000 x 250.000 ³ / 12 = 7916666667 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 35.729 + 50.000 + 250.000 / 2 1439.27 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1439.271 x 144000 / 334000 = 620.52 mm

dvs = dv - dvc = 1439.271 - 620.524 = 818.75 mm

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

= 170736163838 + 7916666667 / 8 + 144000 x 818.747 ²

+ 1520000 / 8 x 620.524 ² = 341415132042 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 137804995200 + 6080.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 723106328533 mm⁴

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

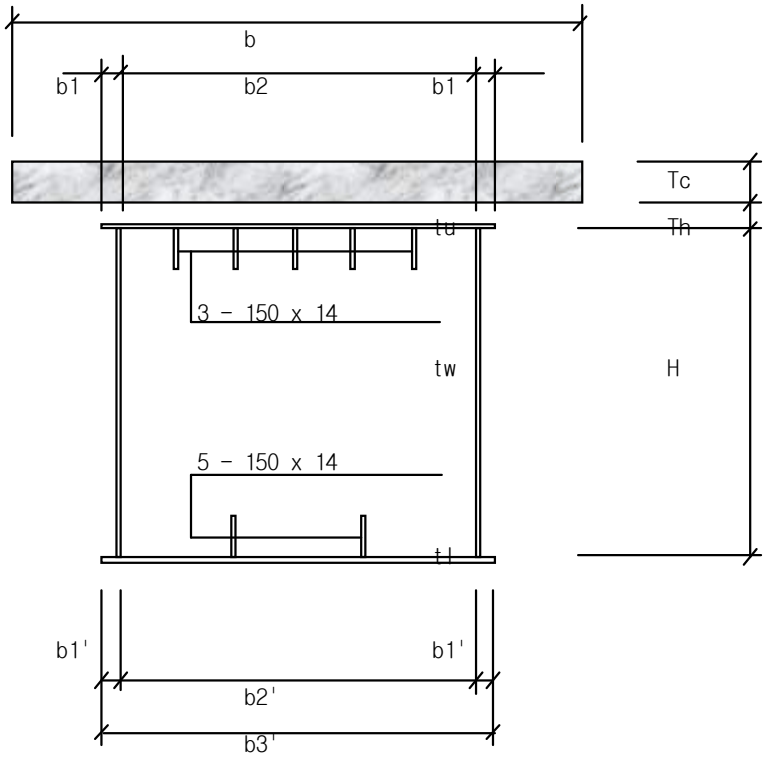
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

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

= (4 x 2512² x 2612²) / (2 x 2612/12 + 2512/43.25 + 2512/12)

= 245045223097 mm⁴

- Section G2-18



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

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1310.00	70740000	92669400000	1800000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1306.00	-42314400	55262606400	388800
TOTAL		165600		23280600	173142506400	35185688800

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 173142506400 + 35185688800 = 208328195200 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 23280600 / 165600 = 140.58 mm

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

= 208328195200 - 165600 x 140.583 ² = 205055330850 mm⁴

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

= $(2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 150926995200 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 20.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2616.00 mm

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

= (4 x 2512² x 2616²) / (2 x 2616/12 + 2512/20 + 2512/12)

= 224056690510 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6080.000 x 250.000 = 1520000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 165600 + 1520000 / 8 = 355600 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6080.000 x 250.000 ³ / 12 = 7916666667 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 140.583 + 50.000 + 250.000 / 2 1334.42 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1334.417 x 165600 / 355600 = 621.43 mm

dvs = dv - dvc = 1334.417 - 621.427 = 712.99 mm

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

= 205055330850 + 7916666667 / 8 + 165600 x 712.990 ²

+ 1520000 / 8 x 621.427 ² = 363600968532 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 150926995200 + 6080.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 736228328533 mm⁴

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 mm

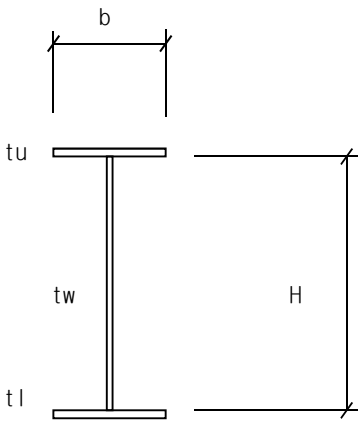
K = (4 x bk² x Hk²) / (2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)

= (4 x 2512² x 2616²) / (2 x 2616/12 + 2512/51.25 + 2512/12)

= 248769751423 mm⁴

2-2. 가로보 및 세로보 단면상수 산정

- 가로보 Section 1 : 교대 및 교각



bu = 300.00 mm

bl = 300.00 mm

H = 2000.00 mm

tu = 12.00 mm

tw = 12.00 mm

tl = 12.00 mm

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	300.00 X 12.00	3600.0	1006.00	3621600	3643329600	43200
W E B	2000.00 X 12.00	24000.0				8000000000
LOWER FL.	300.00 X 12.00	3600.0	-1006.00	-3621600	3643329600	43200
TOTAL		31200.0		0	7286659200	8000086400

I33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 7286659200 + 8000086400 = 15286745600 mm⁴

I22 = (bu^3 x tu / 12) + (bl^3 x tl / 12) + (H x tw^3 / 12)

= (300^3 x 12 / 12) + (300^3 x 12 / 12) + (2000 x 12^3 / 12)

= 54288000 mm⁴

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

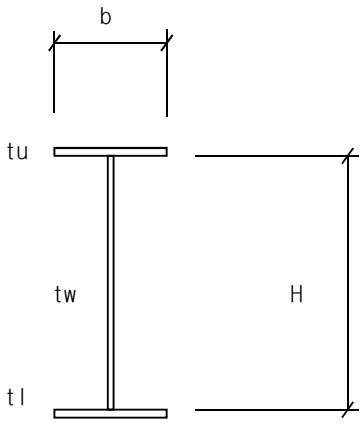
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정강성

- 비틀림 강성

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

= (300 x 12^3 + 300 x 12^3 + 2000 x 12^3) / 3 = 1497600 mm⁴

- 가로보 Section 2 : 일반부



bu = 300.00 mm
bl = 300.00 mm
H = 1500.00 mm

tu = 10.00 mm
tw = 10.00 mm
tl = 10.00 mm

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	300.00 X 10.00	3000.0	755.00	2265000	1710075000	25000
W E B	1500.00 X 10.00	15000.0				2812500000
LOWER FL.	300.00 X 10.00	3000.0	-755.00	-2265000	1710075000	25000
TOTAL		21000.0		0	3420150000	2812550000

I33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 3420150000 + 2812550000 = 6232700000 mm^4

I22 = (bu^3 x tu / 12) + (bl^3 x tl / 12) + (H x tw^3 / 12)

= (300^3 x 10 / 12) + (300^3 x 10 / 12) + (1500 x 10^3 / 12)

= 45125000 mm^4

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

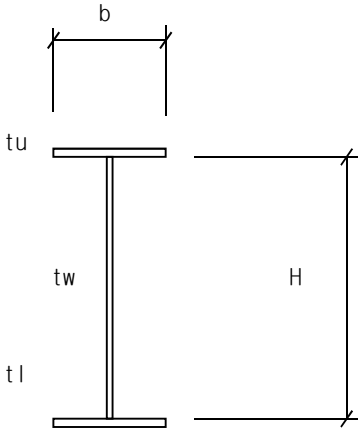
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정강성

- 비틀림 강성

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

= (300 x 10^3 + 300 x 10^3 + 1500 x 10^3) / 3 = 700000 mm^4

- 세로보 Section 1



bu = 250.00 mm
bl = 250.00 mm
H = 800.00 mm

tu = 10.00 mm
tw = 10.00 mm
tl = 10.00 mm

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	250.00 X 10.00	2500.0	405.00	1012500	410062500	20833
W E B	800.00 X 10.00	8000.0				426666667
LOWER FL.	250.00 X 10.00	2500.0	-405.00	-1012500	410062500	20833
TOTAL		13000.0		0	820125000	426708333

I33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 820125000 + 426708333 = 1246833333 mm^4

I22 = (bu^3 x tu / 12) + (bl^3 x tl / 12) + (H x tw^3 / 12)

= (250^3 x 10 / 12) + (250^3 x 10 / 12) + (800 x 10^3 / 12)

= 26108333 mm^4

모델링시의 가로보 강성보정은 I'= I ×(L'/ L)³ 에 의한다.

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

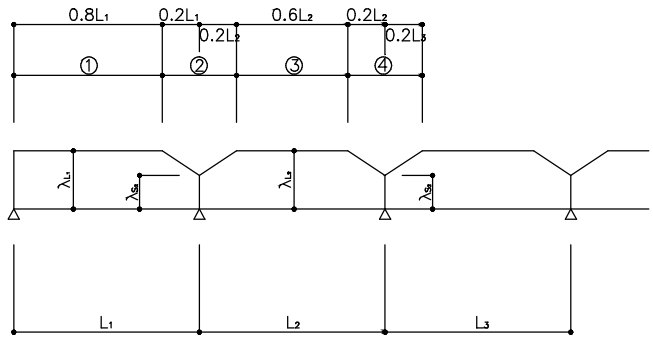
- 비틀림 강성

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

= (250 x 10^3 + 250 x 10^3 + 800 x 10^3) / 3 = 433333 mm^4

3. 플랜지 및 슬래브 유효폭

3-1. 플랜지 유효폭 (☞ 도.설 3.8.3.4)



상부 : 복부간격 2b = 2.500 m, 플랜지돌출폭 be = 0.100 m

하부 : 복부간격 2b = 2.500 m, 플랜지돌출폭 be = 0.100 m

L1 = 55.000 m

L2 = 55.000 m

L3 = 55.000 m

L4 = 55.000 m

1. 제 4, 7 경간 정모멘트부

l = 0.8 × L1 = 0.8 × 55 = 44.000 m

· 상 부

b/l = 1.25 / 44 = 0.028

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λL1 = b = 1.25 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × (λL1 + be) = 2.700 m

· 하 부

b/l = 1.25 / 44 = 0.028

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λL1 = b = 1.25 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × (λL1 + be) = 2.700 m

2. 제 4, 5, 6 경간 부모멘트부

l = 0.2 × (L1 + L2) = 0.2 × (55 + 55) = 22.000 m

· 상 부

b/l = 1.25 / 22 = 0.057

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.116$ m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × (λS1 + be) = 2.432 m

· 하 부

b/l = 1.25 / 22 = 0.057

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λS1 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² } · b = 1.116 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × (λS1 + be) = 2.432 m

3. 제 5, 6 경간 정모멘트부

l = 0.6 × L2 = 0.6 × 55 = 33.000 m

· 상 부

b/l = 1.25 / 33 = 0.038

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λL2 = b = 1.25 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × (λL2 + be) = 2.700 m

· 하 부

b/l = 1.25 / 33 = 0.038

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

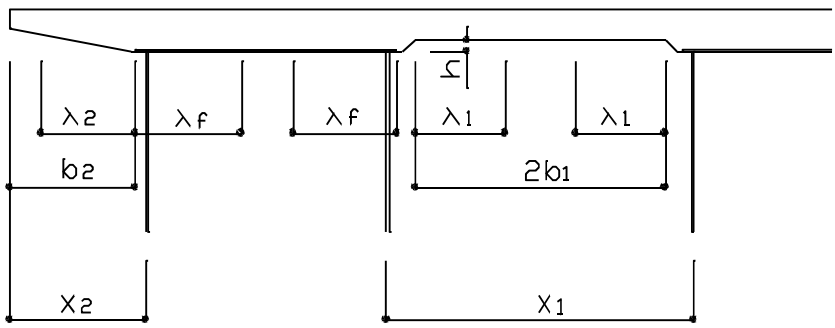
λL2 = b = 1.25 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × (λL2 + be) = 2.700 m

3-2. 슬래브 유효폭 (☞ 도.설 3.8.3.4)

플랜지 상단 부분에서의 바닥판에 대한 전단 지연도 상판내의 전단지연과 같은 정도가 되는 것으로 간주 한다

1) GIRDER - 1



X1 = 5.300 : 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

X2 = 0.930 : 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

h = 0.050 : 헌치 높이

be = 0.100 : 플랜지의 돌출폭

2b1 = X1 - 2(be + h) = 5.3 - 2 ×(0.1 + 0.05) = 5.000 m

b2 = X2 - be = 0.93 - 0.1 = 0.830 m

1. 제 4, 7 경간 정모멘트부

l = 0.8 × L1 = 0.8 × 55 = 44.000 m

b1 / l = 2.5 / 44 = 0.057

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.1 - 2(b/l)}·b = 2.466 m

b2 / l = 0.83 / 44 = 0.019

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λ2 = b = 0.83 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 6.046 m

2. 제 4, 5, 6 경간 부모멘트부

l = 0.2 × (L1 + L2) = 0.2 × (55 + 55) = 22.000 m

b1 / l = 2.5 / 22 = 0.114

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² }·b = 1.886 m

b2 / l = 0.83 / 22 = 0.038

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λ2 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² }·b = 0.785 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 5.153 m

3. 제 5, 6 경간 정모멘트부

l = 0.6 × L2 = 0.6 × 55 = 33.000 m

b1 / l = 2.5 / 33 = 0.076

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.1 - 2(b/l)}·b = 2.371 m

b2 / l = 0.83 / 33 = 0.025

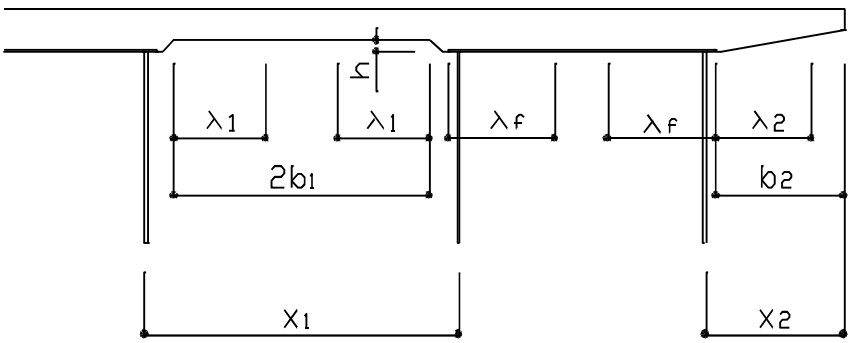
여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λ2 = b = 0.83 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 5.951 m

2) GIRDER - 2



X1 = 5.300 : 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

X2 = 0.920 : 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

h = 0.050 : 헌치 높이

be = 0.100 : 플랜지의 돌출폭

$2b1 = X1 - 2(be + h) = 5.3 - 2 \times (0.1 + 0.05)$ = 5.000 m

$b2 = X2 - be = 0.92 - 0.1$ = 0.820 m

1. 제 4, 7 경간 정모멘트부

$l = 0.8 \times L1 = 0.8 \times 55 =$ 44.000 m

$b1 / l = 2.5 / 44 =$ 0.057

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$\lambda 1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b =$ 2.466 m

$b2 / l = 0.82 / 44 =$ 0.019

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$\lambda 2 = b =$ 0.82 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 6.036 m

2. 제 4, 5, 6 경간 부모멘트부

$l = 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (55 + 55) =$ 22.000 m

$b1 / l = 2.5 / 22 =$ 0.114

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b =$ 1.886 m

$b2 / l = 0.82 / 22 =$ 0.037

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b =$ 0.777 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 5.145 m

3. 제 5, 6 경간 정모멘트부

$l = 0.6 \times L2 = 0.6 \times 55 =$ 33.000 m

$b1 / l = 2.5 / 33 =$ 0.076

여기서, $0.05 < b/l < 0.30$ 이므로

$\lambda 1 = \{1.1 - 2(b/l)\} \cdot b =$ 2.371 m

$b2 / l = 0.82 / 33 =$ 0.025

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$\lambda 2 = b =$ 0.82 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 5.941 m

4. 부재력 요약

[4경간 정모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	13,336.281	3,341.896	7,372.433	465.690	0.544
G2	13,326.793	3,559.785	8,134.076	465.510	0.544

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	113.197	28.032	333.665	18.930	
G2	109.552	32.085	338.152	18.923	

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	2.460	9.702	630.125	0.008	
G2	-2.813	9.898	412.613	0.005	

[5경간 정모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	5,954.609	1,487.937	5,848.246	383.283	-0.089
G2	5,947.674	1,648.791	6,454.397	383.480	-0.089

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	215.893	55.836	372.415	41.269	
G2	215.516	61.716	388.201	41.323	

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	0.158	-0.056	601.845	0.028	
G2	-0.374	-0.101	377.027	0.069	

[6경간 정모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	5,954.609	1,487.937	5,848.247	383.283	-0.089
G2	5,947.674	1,452.892	6,454.398	383.480	-0.089

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	215.893	55.836	372.415	41.269	
G2	215.516	61.716	388.201	41.323	

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-0.158	0.054	585.115	0.028	
G2	0.374	0.101	377.253	0.069	

[7경간 정모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	13,336.281	3,341.896	7,372.433	465.690	0.544
G2	13,326.793	3,559.785	8,134.073	465.510	0.544

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	113.197	28.032	333.665	18.930	
G2	113.070	32.086	338.152	18.923	

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-2.460	-9.702	616.271	0.008	
G2	2.813	-9.898	381.287	0.005	

[4경간 부모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-17,901.873	-4,410.333	-7,073.670	-1,034.766	-0.27
G2	-17,884.976	-4,882.607	-8,579.447	-1,034.851	-0.27

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-1,896.032	-460.657	-857.091	-18.824	
G2	-1,894.069	-519.689	-1,011.143	-18.854	

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-3.284	-28.199	-1,011.462	-0.227	
G2	-4.919	-31.285	-821.598	-0.261	

[5경간 부모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-13,088.166	-3,225.300	-6,638.441	-1,234.723	0.128
G2	-13,125.047	-3,703.826	-8,168.172	-1,238.558	0.128

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-1,468.671	-357.620	-811.727	-41.297	
G2	-1,473.104	-416.637	-959.200	-41.404	

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	6.489	-15.060	-780.449	-0.042	
G2	-7.034	-16.755	-956.878	-0.074	

[6경간 부모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-17,901.873	-4,410.333	-7,073.671	-1,034.766	-0.27
G2	-17,884.976	-4,882.607	-8,579.448	-1,034.851	-0.27

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-1,896.032	-460.657	-857.091	-41.215	
G2	-1,894.069	-519.689	-1,011.143	-41.233	

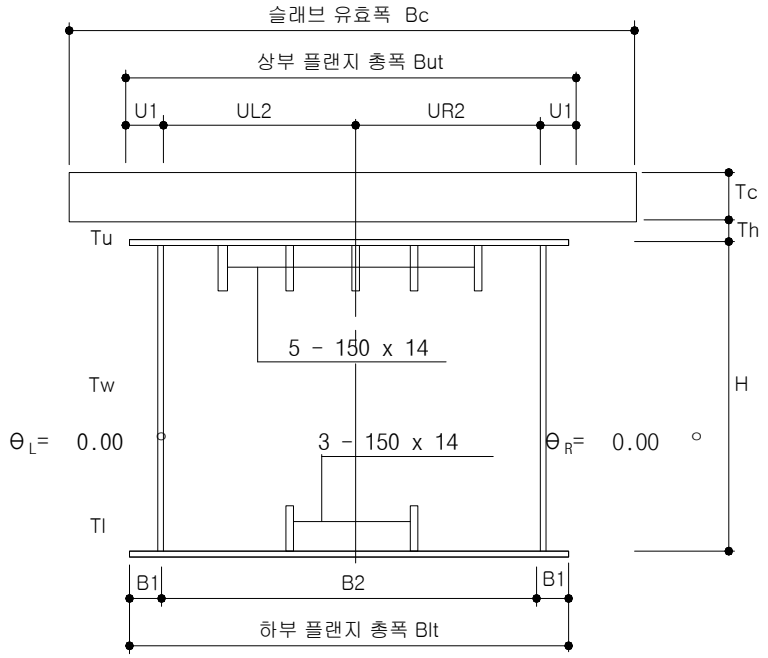
[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-3.859	-10.098	-976.174	-0.227	
G2	-4.088	-13.150	-77.742	-0.261	

5. 단면검토

5-1. 4경간 최대 정모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.600 m

Bc = 6.046 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.016 m

Tl = 0.018 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	13336.281
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	3341.896
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN·m	7838.123
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	113.197
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	28.032
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	352.595
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	2.460
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	9.702
Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN·m	630.133

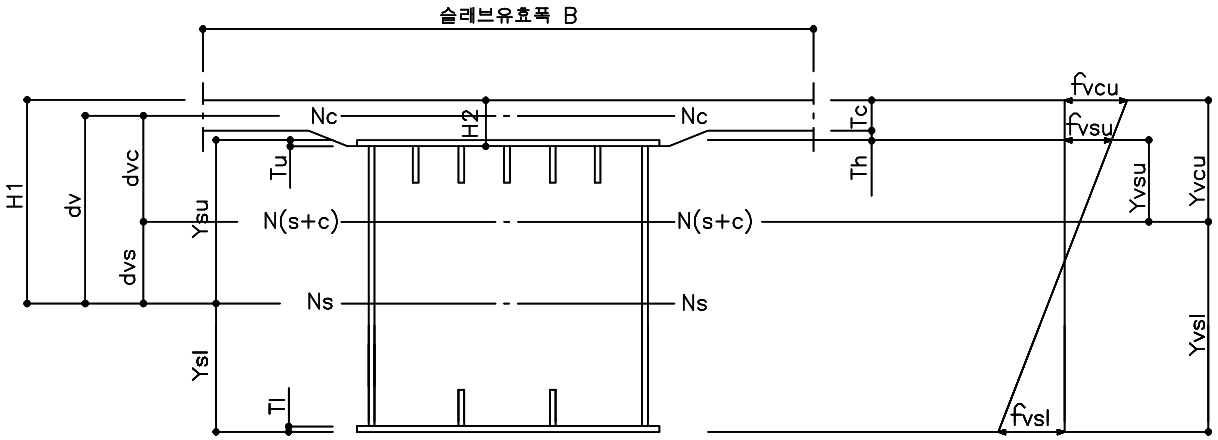
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	16.0	43200	1308.0	56505600	73909324800	921600
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1225.0	-7717500	9453937500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	18.0	48600	-1309.0	-63617400	83275176600	1312200
강단면 합계			171000		-1966800	1.82395E+11	35185733800
1 - RC SLAB	6046.0	250.0	1511500	1475.0	2229462500	3288457187500	7872395833

* As = 171000 ㎟ , Ac = 1511500 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########## + 35185733800.0 = 217580735200 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -1966800 / 171000 = -11.502 ㎜

Is = Is' - As · δs² = ########## - 171000 × -11.502² = 217558113549 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 16.0 - -11.502 = 1327.502 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1327.502 - 2634.000 = -1306.498 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6573904.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = **81.376** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **-80.088** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 1.830 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 359937.5 ㎟

Ic/n = 984049479 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1486.5 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 706.2 ㎜

dvs = dv - dvc = 780.3 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 831.2 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 581.2 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 547.2 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2086.8 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 416885689814 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6613154.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = **0.833** MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = **0.582** MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = **4.387** MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = **-16.728** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.510 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = **1.954** MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = **1.366** MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = **10.288** MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = **-39.235** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 9.621 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = **265468.8** mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 957.5 mm K = 0.544

ds1 = dv - dc1 = 529.0 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1082.5 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 832.5 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 798.5 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1835.5 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 352512807006 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 1069618 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 1069618 N

Mφ = Pφ · dc1 = 1024180917 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.833 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.582 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = **-0.474** MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = **-0.248** MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = **5.291** MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = **1.128** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 233979.167 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1086.4 mm

ds2 = dv - dc2 = 400.1 mm

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1211.4 mm

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 961.4 mm

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 927.4 mm

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1706.6 mm

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 319592155396.9 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2380613 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2586265201 N · mm

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = **-0.929** MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = **-0.975** MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = **14.257** MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = **2.662** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4761225 N

Mvt = P1 · dvc = **3362429180** N · mm

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = **-1.095** MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = **-1.232** MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = **15.629** MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = **4.072** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) = 11.961 MPa < υa = 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

인 경우 : fca = 190.0 MPa

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

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 182.0

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

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 324.403 MPa

사용 tu = 16.0 mm

따라서, fca = 182.038 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 MPa

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	**81.376**	**-80.088**	182.038	190.000
1+2+3	**2.786**	**1.948**	10.800	10.800	**96.051**	**-136.052**	182.038	190.000
1+2+3+4	**2.312**	**1.700**	10.800	10.800	**101.342**	**-134.923**	209.344	190.000
1+2+3+4+5	**1.383**	**0.725**	10.800	10.800	**115.599**	**-132.262**	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	**0.289**	**-0.507**	12.420	2.174	**131.228**	**-128.190**	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	**2.478**	**1.957**	12.420	12.420	**99.970**	**-136.334**	236.649	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{131.228}{236.649}\right)^2 + \left(\frac{11.961}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.307 + 0.012 = 0.319 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-136.052}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{11.961}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.513 + 0.012 = 0.525 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 16 mm **O.K.**

tmin = b / (49·i·n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 16 mm **O.K.**

tmin = 10 mm ≤ t = 16 mm **O.K.** (합성형 스터드 설치)

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 18 mm **O.K.**

tmin = b / (80·n) = 2500 / (80 × 4) = 7.8 mm ≤ t = 18 mm **O.K.**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/81.376) = 1.528 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(219 × 1.200) = 4.2 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/131.228) = 1.203 > 1.2 ⇒ 1.200

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

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.833 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.786 - 0.833 = 1.954 MPa

Σf = 1.3 ×0.833 + 2.15 ×1.954 + (-0.474) + (-0.929) + (1.095)

= 4.975 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.833 + 2.15 ×1.954 + (1.095)

= 6.378 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 81.376 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 4.387 MPa

합성후 활하중 응력 = 96.051 - 81.376 - 4.387 = 10.288 MPa

Σf = 1.3 × (81.376 + 4.387) + 2.15 × 10.288 + (5.291) + (14.257) + (15.629)

= 168.788 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (81.376 + 4.387) + 2.15 × 10.288 + (15.629)

= 149.240 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -80.088 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -16.728 MPa

합성후 활하중 응력 = -136.052 - -80.088 - -16.728 = -39.235 MPa

Σf = 1.3 × (-80.088 + -16.728) + 2.15 × -39.235 + (1.128) + (2.662) + (-4.072)

= -210.499 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-80.088 + -16.728) + 2.15 × -39.235 + (-4.072)

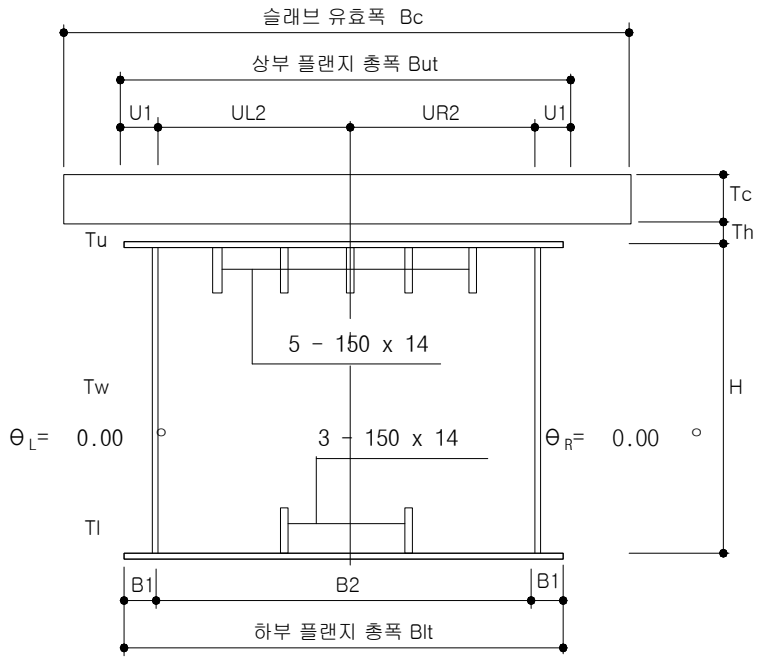
= -214.289 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.975	16.200	O.K!!!	3.25
	크리프,건조수축제외시	6.378	16.200	O.K!!!	2.54
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	168.788	315.000	O.K!!!	1.86
	크리프,건조수축제외시	149.240	315.000	O.K!!!	2.11
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-210.499	315.000	O.K!!!	1.49
	크리프,건조수축제외시	-214.289	315.000	O.K!!!	1.46

5-2. 5경간 최대 정모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.600 m

Bc = 5.951 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

Tl = 0.014 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm, 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	5954.609
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	1487.937
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN·m	6231.529
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	215.893
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	55.836
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	413.684
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	0.158
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-0.056
Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN·m	601.873

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

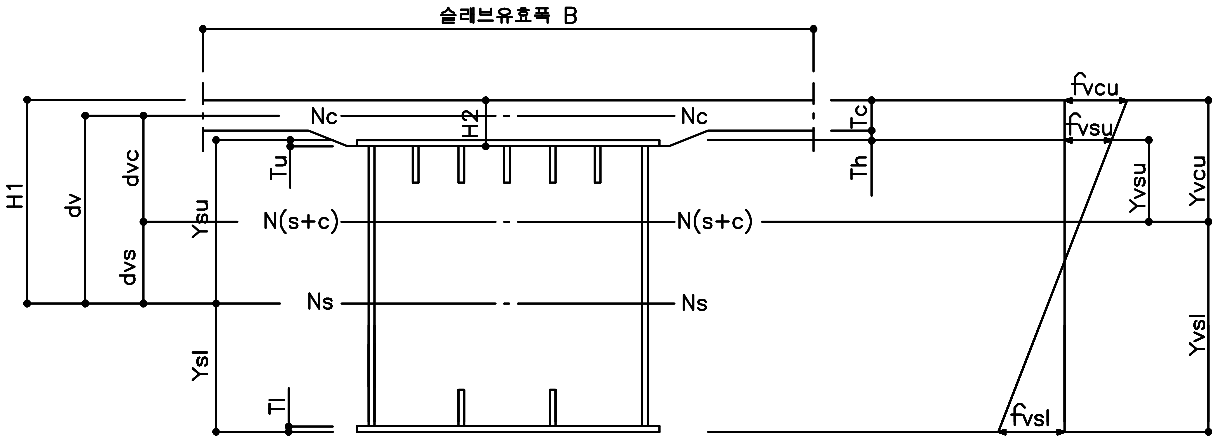
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	12.0	32400	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1225.0	-7717500	9453937500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	14.0	37800	-1307.0	-49404600	64571812200	617400
강단면 합계			149400		-1945200	1.45045E+11	35184506200
1 - RC SLAB	5951.0	250.0	1487750	1475.0	2194431250	3236786093750	7748697917

* As = 149400 ㎟ , Ac = 1487750 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########## + 35184506200.0 = 180229424800 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -1945200 / 149400 = -13.020 ㎜

Is = Is' - As · δs² = ########## - 149400 × -13.020² = 180204098140 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 12.0 - -13.020 = 1325.020 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1325.020 - 2626.000 = -1300.980 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6563856.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = **43.784** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **-42.989** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 3.461 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 335368.8 ㎟

Ic/n = 968587240 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1488.0 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 662.9 ㎜

dvs = dv - dvc = 825.1 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 787.9 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 537.9 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 499.9 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2126.1 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 364609103307 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6603106.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = **0.402** MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = **0.274** MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = **2.040** MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = **-8.676** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.895 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = **1.683** MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = **1.149** MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = **8.543** MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = **-36.337** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 10.427 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = **242384.4** mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 917.2 mm K = -0.089

ds1 = dv - dc1 = 570.8 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1042.2 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 792.2 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 754.2 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1871.8 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 307591873440 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 503076 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 503076 N

Mφ = Pφ · dc1 = 461411670 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.402 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.274 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = **-0.281** MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = **-0.151** MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = **1.975** MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = **2.325** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 211389.583 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1051.7 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 436.4 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1176.7 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 926.7 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 888.7 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1737.3 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 277534014566.6 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2343206 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2464258843 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = **-1.152** MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = **-1.144** MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = **10.383** MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = **12.458** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4686413 N

Mvt = P1 · dvc = **3106542575** N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = **-1.532** MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = **-1.508** MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = **13.595** MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = **15.586** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) = 14.783 MPa < υa = 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

인 경우 : fca = 190.0 MPa

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

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 148.2

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

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 182.477 MPa

사용 tu = 12.0 mm

따라서, fca = 148.183 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 MPa

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	**43.784**	**-42.989**	148.183	190.000
1+2+3	**2.085**	**1.424**	10.800	10.800	**54.367**	**-88.003**	148.183	190.000
1+2+3+4	**1.804**	**1.272**	10.800	10.800	**56.342**	**-85.678**	170.410	190.000
1+2+3+4+5	**0.652**	**0.129**	10.800	10.800	**66.724**	**-73.220**	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	**-0.880**	**-1.380**	2.174	2.174	**80.319**	**-57.634**	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	**2.185**	**1.637**	12.420	12.420	**53.130**	**-88.806**	192.638	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{80.319}{192.638}\right)^2 + \left(\frac{14.783}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.174 + 0.018 = 0.192 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-88.003}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{14.783}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.215 + 0.018 = 0.233 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

tmin = b / (49·i·n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

tmin = 10 mm ≤ t = 12 mm **O.K.** (합성형 스터드 설치)

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 14 mm **O.K.**

tmin = b / (80·n) = 2500 / (80 × 4) = 7.8 mm ≤ t = 14 mm **O.K.**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 43.784) = 2.083 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(219 × 1.200) = 3.8 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 80.319) = 1.538 > 1.2 ⇒ 1.200

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

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.402 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.085 - 0.402 = 1.683 MPa

Σf = 1.3 ×0.402 + 2.15 ×1.683 + (-0.281) + (-1.152) + (1.532)

= 4.241 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.402 + 2.15 ×1.683 + (1.532)

= 5.674 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 43.784 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 2.040 MPa

합성후 활하중 응력 = 54.367 - 43.784 - 2.04 = 8.543 MPa

Σf = 1.3 × (43.784 + 2.04) + 2.15 × 8.543 + (1.975) + (10.383) + (13.595)

= 103.891 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (43.784 + 2.04) + 2.15 × 8.543 + (13.595)

= 91.534 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -42.989 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -8.676 MPa

합성후 활하중 응력 = -88.003 - -42.989 - -8.676 = -36.338 MPa

Σf = 1.3 × (-42.989 + -8.676) + 2.15 × -36.338 + (2.325) + (12.458) + (-15.586)

= -146.094 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-42.989 + -8.676) + 2.15 × -36.338 + (-15.586)

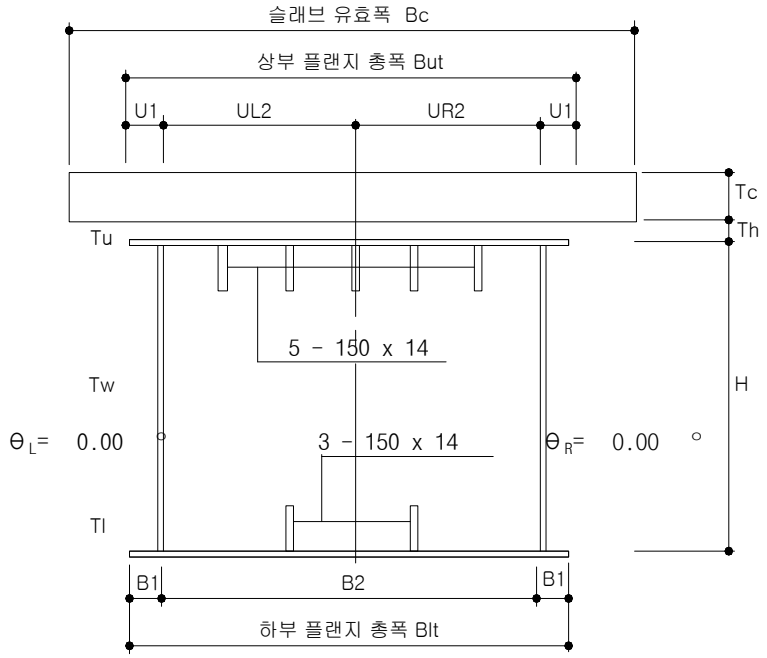
= -160.877 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.241	16.200	O.K!!!	3.82
	크리프,건조수축제외시	5.674	16.200	O.K!!!	2.85
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	103.891	315.000	O.K!!!	3.03
	크리프,건조수축제외시	91.534	315.000	O.K!!!	3.44
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-146.094	315.000	O.K!!!	2.15
	크리프,건조수축제외시	-160.877	315.000	O.K!!!	1.95

5-3. 6경간 최대 정모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.600 m

Bc = 5.951 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

Tl = 0.014 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	5954.609
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	1487.937
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN·m	6231.530
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	215.893
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	55.836
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	413.584
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-0.158
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	0.054
Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN·m	585.143

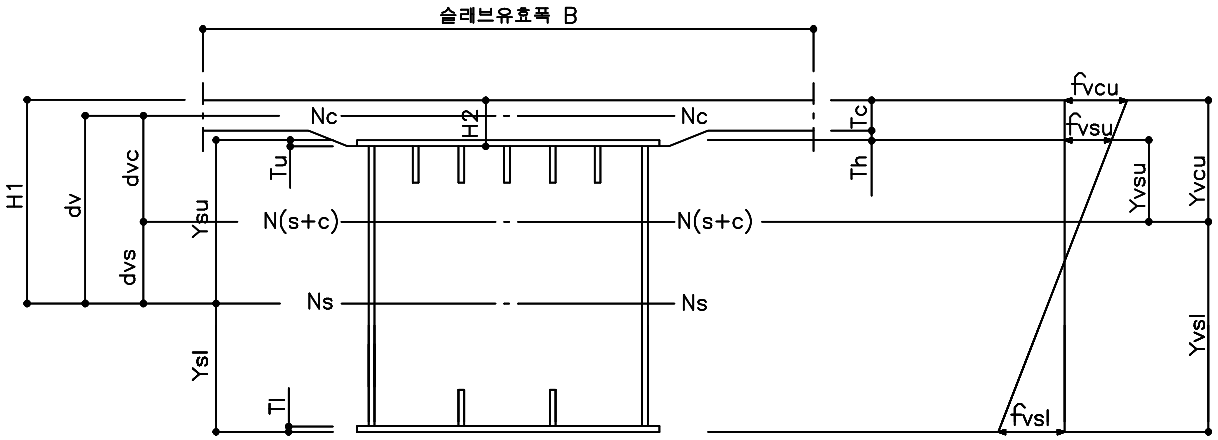
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	12.0	32400	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1225.0	-7717500	9453937500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	14.0	37800	-1307.0	-49404600	64571812200	617400
강단면 합계			149400		-1945200	1.45045E+11	35184506200
1 - RC SLAB	5951.0	250.0	1487750	1475.0	2194431250	3236786093750	7748697917

* As = 149400 ㎟ , Ac = 1487750 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########## + 35184506200.0 = 180229424800 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -1945200 / 149400 = -13.020 ㎜

Is = Is' - As · δs² = ########## - 149400 × -13.020² = 180204098140 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 12.0 - -13.020 = 1325.020 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1325.020 - 2626.000 = -1300.980 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6563856.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = **43.784** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **-42.989** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 3.461 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 335368.8 ㎟

Ic/n = 968587240 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1488.0 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 662.9 ㎜

dvs = dv - dvc = 825.1 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 787.9 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 537.9 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 499.9 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2126.1 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 364609103307 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6603106.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = **0.402** MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = **0.274** MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = **2.040** MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = **-8.676** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.895 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = **1.683** MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = **1.149** MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = **8.543** MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = **-36.337** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 10.320 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = **242384.4** mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 917.2 mm K = -0.089

ds1 = dv - dc1 = 570.8 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1042.2 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 792.2 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 754.2 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1871.8 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 307591873440 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 503076 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 503076 N

Mφ = Pφ · dc1 = 461411670 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.402 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.274 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = **-0.281** MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = **-0.151** MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = **1.975** MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = **2.325** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 211389.583 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1051.7 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 436.4 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1176.7 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 926.7 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 888.7 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1737.3 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 277534014566.6 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2343206 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2464258843 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = **-1.152** MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = **-1.144** MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = **10.383** MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = **12.458** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4686413 N

Mvt = P1 · dvc = **3106542575** N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = **-1.532** MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = **-1.508** MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = **13.595** MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = **15.586** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) = 14.674 MPa < υa = 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

인 경우 : fca = 190.0 MPa

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

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 148.2

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

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 182.477 MPa

사용 tu = 12.0 mm

따라서, fca = 148.183 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 MPa

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	**43.784**	**-42.989**	148.183	190.000
1+2+3	**2.085**	**1.424**	10.800	10.800	**54.367**	**-88.003**	148.183	190.000
1+2+3+4	**1.804**	**1.272**	10.800	10.800	**56.342**	**-85.678**	170.410	190.000
1+2+3+4+5	**0.652**	**0.129**	10.800	10.800	**66.724**	**-73.220**	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	**-0.880**	**-1.380**	2.174	2.174	**80.319**	**-57.634**	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	**2.185**	**1.637**	12.420	12.420	**53.130**	**-88.806**	192.638	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{80.319}{192.638}\right)^2 + \left(\frac{14.674}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.174 + 0.018 = 0.192 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-88.003}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{14.674}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.215 + 0.018 = 0.232 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

tmin = b / (49·i·n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

tmin = 10 mm ≤ t = 12 mm **O.K.** (합성형 스터드 설치)

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 14 mm **O.K.**

tmin = b / (80·n) = 2500 / (80 × 4) = 7.8 mm ≤ t = 14 mm **O.K.**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 43.784) = 2.083 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(219 × 1.200) = 3.8 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 80.319) = 1.538 > 1.2 ⇒ 1.200

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

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.402 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.085 - 0.402 = 1.683 MPa

Σf = 1.3 ×0.402 + 2.15 ×1.683 + (-0.281) + (-1.152) + (1.532)

= 4.241 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.402 + 2.15 ×1.683 + (1.532)

= 5.674 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 43.784 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 2.040 MPa

합성후 활하중 응력 = 54.367 - 43.784 - 2.04 = 8.543 MPa

Σf = 1.3 × (43.784 + 2.04) + 2.15 × 8.543 + (1.975) + (10.383) + (13.595)

= 103.891 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (43.784 + 2.04) + 2.15 × 8.543 + (13.595)

= 91.534 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -42.989 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -8.676 MPa

합성후 활하중 응력 = -88.003 - -42.989 - -8.676 = -36.338 MPa

Σf = 1.3 × (-42.989 + -8.676) + 2.15 × -36.338 + (2.325) + (12.458) + (-15.586)

= -146.094 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-42.989 + -8.676) + 2.15 × -36.338 + (-15.586)

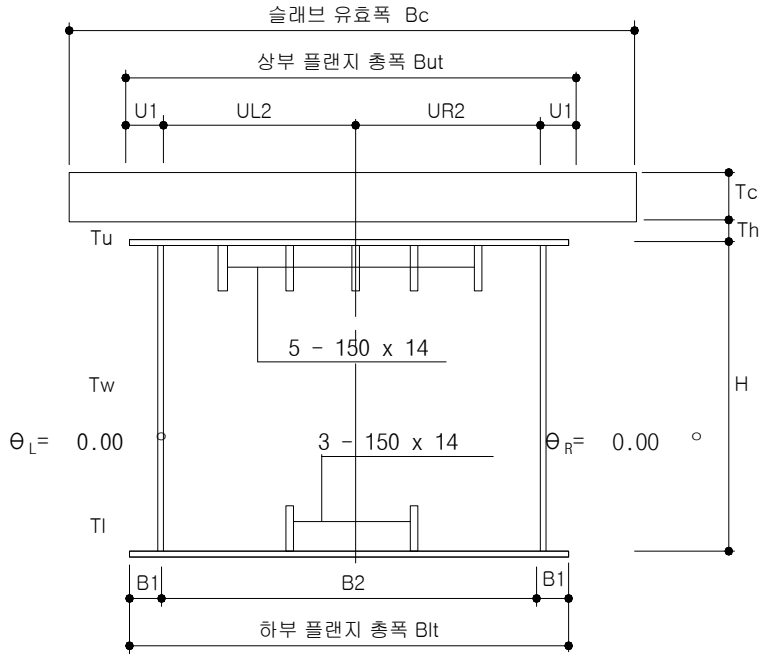
= -160.877 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.241	16.200	O.K!!!	3.82
	크리프,건조수축제외시	5.674	16.200	O.K!!!	2.85
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	103.891	315.000	O.K!!!	3.03
	크리프,건조수축제외시	91.534	315.000	O.K!!!	3.44
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-146.094	315.000	O.K!!!	2.15
	크리프,건조수축제외시	-160.877	315.000	O.K!!!	1.95

5-4. 7경간 최대 정모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.600 m

Bc = 6.046 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.016 m

Tl = 0.018 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	13336.281
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	3341.896
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN·m	7838.123
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	113.197
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	28.032
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	352.595
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-2.460
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-9.702
Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN·m	616.278

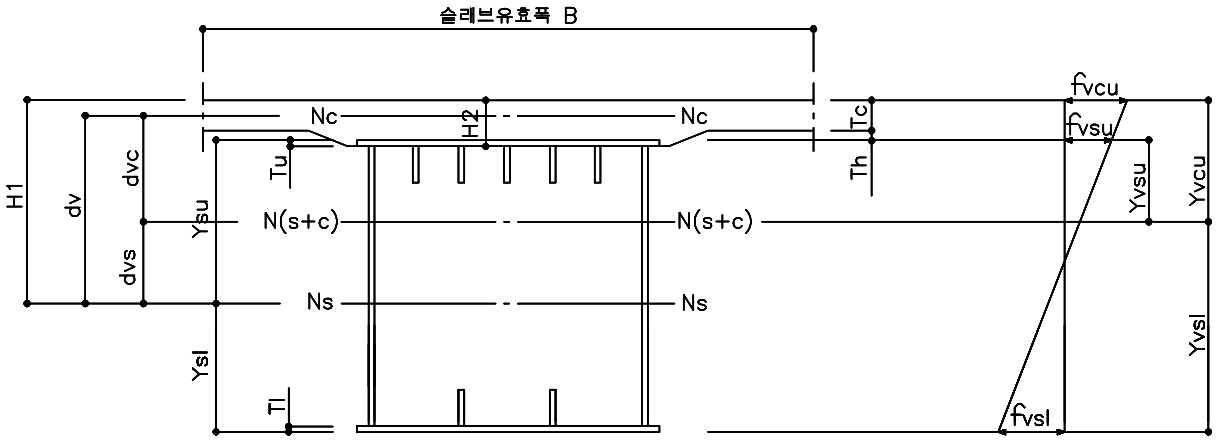
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	16.0	43200	1308.0	56505600	73909324800	921600
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1225.0	-7717500	9453937500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	18.0	48600	-1309.0	-63617400	83275176600	1312200
강단면 합계			171000		-1966800	1.82395E+11	35185733800
1 - RC SLAB	6046.0	250.0	1511500	1475.0	2229462500	3288457187500	7872395833

* As = 171000 ㎟ , Ac = 1511500 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########## + 35185733800.0 = 217580735200 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -1966800 / 171000 = -11.502 ㎜

Is = Is' - As · δs² = ########## - 171000 × -11.502² = 217558113549 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 16.0 - -11.502 = 1327.502 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1327.502 - 2634.000 = -1306.498 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6573904.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = **81.376** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **-80.088** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 1.830 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 359937.5 ㎟

Ic/n = 984049479 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1486.5 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 706.2 ㎜

dvs = dv - dvc = 780.3 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 831.2 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 581.2 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 547.2 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2086.8 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 416885689814 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6613154.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = **0.833** MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = **0.582** MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = **4.387** MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = **-16.728** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.510 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = **1.954** MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = **1.366** MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = **10.288** MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = **-39.235** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 9.533 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = **265468.8** mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 957.5 mm K = 0.544

ds1 = dv - dc1 = 529.0 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1082.5 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 832.5 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 798.5 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1835.5 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 352512807006 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 1069618 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 1069618 N

Mφ = Pφ · dc1 = 1024180917 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.833 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.582 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = **-0.474** MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = **-0.248** MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = **5.291** MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = **1.128** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 233979.167 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1086.4 mm

ds2 = dv - dc2 = 400.1 mm

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1211.4 mm

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 961.4 mm

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 927.4 mm

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1706.6 mm

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 319592155396.9 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2380613 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2586265201 N · mm

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = **-0.929** MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = **-0.975** MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = **14.257** MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = **2.662** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4761225 N

Mvt = P1 · dvc = **3362429180** N · mm

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = **-1.095** MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = **-1.232** MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = **15.629** MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = **4.072** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) = 11.720 MPa < υa = 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

인 경우 : fca = 190.0 MPa

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

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 182.0

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

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 324.403 MPa

사용 tu = 16.0 mm

따라서, fca = 182.038 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 MPa

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	**81.376**	**-80.088**	182.038	190.000
1+2+3	**2.786**	**1.948**	10.800	10.800	**96.051**	**-136.052**	182.038	190.000
1+2+3+4	**2.312**	**1.700**	10.800	10.800	**101.342**	**-134.923**	209.344	190.000
1+2+3+4+5	**1.383**	**0.725**	10.800	10.800	**115.599**	**-132.262**	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	**0.289**	**-0.507**	12.420	2.174	**131.228**	**-128.190**	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	**2.478**	**1.957**	12.420	12.420	**99.970**	**-136.334**	236.649	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{131.228}{236.649}\right)^2 + \left(\frac{11.720}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.307 + 0.011 = 0.319 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-136.052}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{11.720}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.513 + 0.011 = 0.524 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 16 mm **O.K.**

tmin = b / (49·i·n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 16 mm **O.K.**

tmin = 10 mm ≤ t = 16 mm **O.K.** (합성형 스터드 설치)

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 18 mm **O.K.**

tmin = b / (80·n) = 2500 / (80 × 4) = 7.8 mm ≤ t = 18 mm **O.K.**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/81.376) = 1.528 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(219 × 1.200) = 4.2 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/131.228) = 1.203 > 1.2 ⇒ 1.200

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

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.833 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.786 - 0.833 = 1.954 MPa

Σf = 1.3 ×0.833 + 2.15 ×1.954 + (-0.474) + (-0.929) + (1.095)

= 4.975 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.833 + 2.15 ×1.954 + (1.095)

= 6.378 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 81.376 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 4.387 MPa

합성후 활하중 응력 = 96.051 - 81.376 - 4.387 = 10.288 MPa

Σf = 1.3 × (81.376 + 4.387) + 2.15 × 10.288 + (5.291) + (14.257) + (15.629)

= 168.788 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (81.376 + 4.387) + 2.15 × 10.288 + (15.629)

= 149.240 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -80.088 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -16.728 MPa

합성후 활하중 응력 = -136.052 - -80.088 - -16.728 = -39.235 MPa

Σf = 1.3 × (-80.088 + -16.728) + 2.15 × -39.235 + (1.128) + (2.662) + (-4.072)

= -210.499 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-80.088 + -16.728) + 2.15 × -39.235 + (-4.072)

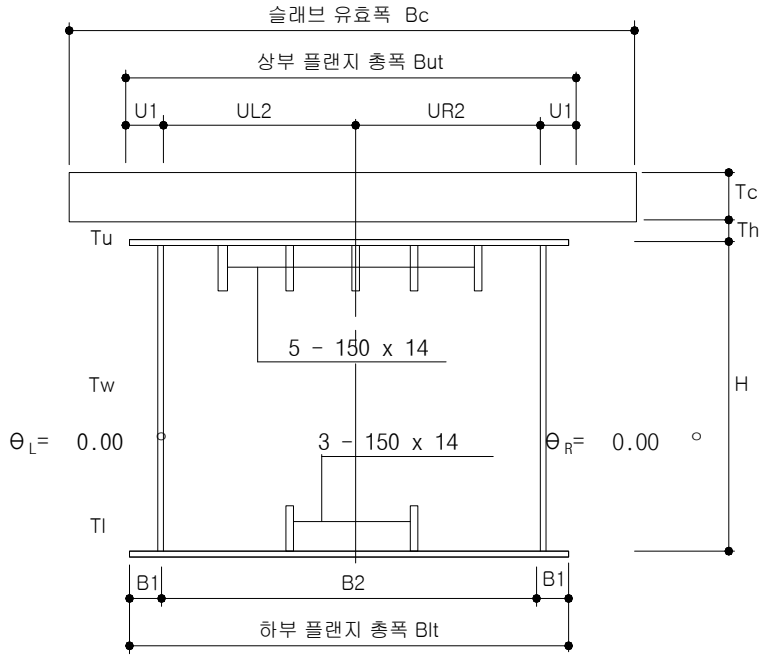
= -214.289 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.975	16.200	O.K!!!	3.25
	크리프,건조수축제외시	6.378	16.200	O.K!!!	2.54
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	168.788	315.000	O.K!!!	1.86
	크리프,건조수축제외시	149.240	315.000	O.K!!!	2.11
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-210.499	315.000	O.K!!!	1.49
	크리프,건조수축제외시	-214.289	315.000	O.K!!!	1.46

5-5. 4경간 최대 정모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.600 m

Bc = 6.036 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.016 m

Tl = 0.018 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	13326.793
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	3559.785
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN·m	8599.586
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	109.552
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	32.085
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	357.075
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-2.813
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	9.898
Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN·m	412.618

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

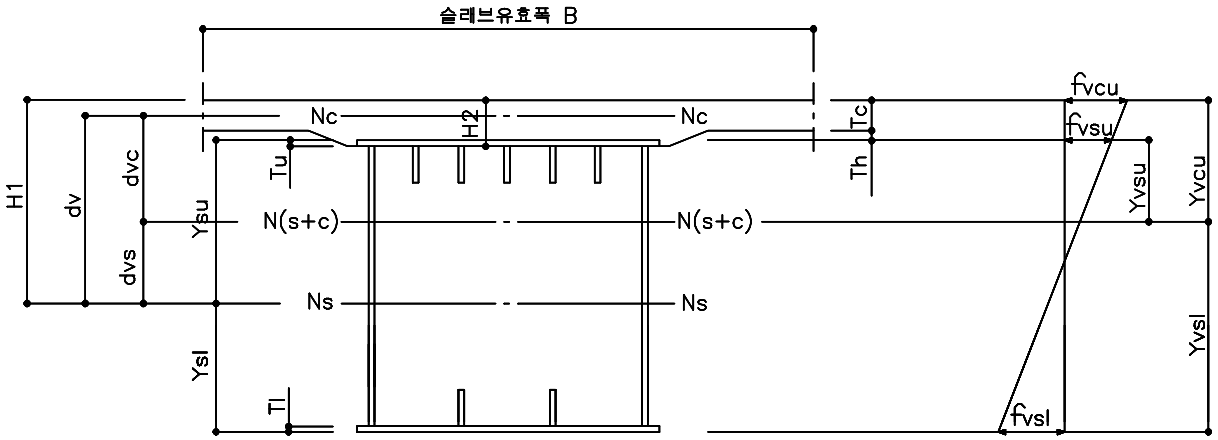
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	16.0	43200	1308.0	56505600	73909324800	921600
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1225.0	-7717500	9453937500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	18.0	48600	-1309.0	-63617400	83275176600	1312200
강단면 합계			171000		-1966800	1.82395E+11	35185733800
1 - RC SLAB	6036.0	250.0	1509000	1475.0	2225775000	3283018125000	7859375000

* As = 171000 ㎟ , Ac = 1509000 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########## + 35185733800.0 = 217580735200 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -1966800 / 171000 = -11.502 ㎜

Is = Is' - As · δs² = ########## - 171000 × -11.502² = 217558113549 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 16.0 - -11.502 = 1327.502 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1327.502 - 2634.000 = -1306.498 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6573904.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = **81.318** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **-80.031** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 1.773 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 359625.0 ㎟

Ic/n = 982421875 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1486.5 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 706.8 ㎜

dvs = dv - dvc = 779.7 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 831.8 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 581.8 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 547.8 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2086.2 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 416728072437 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6613154.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = **0.888** MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = **0.621** MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = **4.680** MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = **-17.821** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.577 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = **2.146** MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = **1.501** MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = **11.305** MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = **-43.050** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 8.322 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 265312.5 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 958.1 mm K = 0.544

ds1 = dv - dc1 = 528.4 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1083.1 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 833.1 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 799.1 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1834.9 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 352368651692 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 1138890 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 1138890 N

Mφ = Pφ · dc1 = 1091153250 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.888 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.621 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = **-0.506** MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = **-0.265** MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = **5.639** MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = **1.202** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 233875.000 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1086.9 mm

ds2 = dv - dc2 = 399.6 mm

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1211.9 mm

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 961.9 mm

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 927.9 mm

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1706.1 mm

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 319468616901.3 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2376675 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2583137558 N · mm

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = **-0.929** MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = **-0.975** MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = **14.244** MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = **2.658** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4753350 N

Mvt = P1 · dvc = **3359784755** N · mm

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = **-1.096** MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = **-1.233** MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = **15.620** MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = **4.068** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) = 10.636 MPa < υa = 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

인 경우 : fca = 190.0 MPa

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

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 182.0

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

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 324.403 MPa

사용 tu = 16.0 mm

따라서, fca = 182.038 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 MPa

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	**81.318**	**-80.031**	182.038	190.000
1+2+3	**3.034**	**2.122**	10.800	10.800	**97.302**	**-140.902**	182.038	190.000
1+2+3+4	**2.528**	**1.857**	10.800	10.800	**102.941**	**-139.700**	209.344	190.000
1+2+3+4+5	**1.599**	**0.882**	10.800	10.800	**117.185**	**-137.043**	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	**0.503**	**-0.352**	12.420	2.174	**132.805**	**-132.975**	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	**2.695**	**2.115**	12.420	12.420	**101.564**	**-141.111**	236.649	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{132.805}{236.649}\right)^2 + \left(\frac{10.636}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.315 + 0.009 = 0.324 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-140.902}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{10.636}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.550 + 0.009 = 0.559 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 16 mm **O.K.**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 16 mm **O.K.**

tmin = 10 mm ≤ t = 16 mm **O.K.** (합성형 스터드 설치)

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 18 mm **O.K.**

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 4) = 7.8 mm ≤ t = 18 mm **O.K.**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/81.318) = 1.529 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(219 × 1.196) = 4.2 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/132.805) = 1.196 < 1.2 ⇒ 1.196

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

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.888 MPa

합성후 활하중 응력 = 3.034 - 0.888 = 2.146 MPa

Σf = 1.3 ×0.888 + 2.15 ×2.146 + (-0.506) + (-0.929) + (1.096)

= 5.429 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.888 + 2.15 ×2.146 + (1.096)

= 6.864 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 81.318 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 4.680 MPa

합성후 활하중 응력 = 97.302 - 81.318 - 4.68 = 11.305 MPa

Σf = 1.3 × (81.318 + 4.68) + 2.15 × 11.305 + (5.639) + (14.244) + (15.62)

= 171.604 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (81.318 + 4.68) + 2.15 × 11.305 + (15.62)

= 151.722 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -80.031 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -17.821 MPa

합성후 활하중 응력 = -140.902 - -80.031 - -17.821 = -43.050 MPa

Σf = 1.3 × (-80.031 + -17.821) + 2.15 × -43.05 + (1.202) + (2.658) + (-4.068)

= -219.974 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-80.031 + -17.821) + 2.15 × -43.05 + (-4.068)

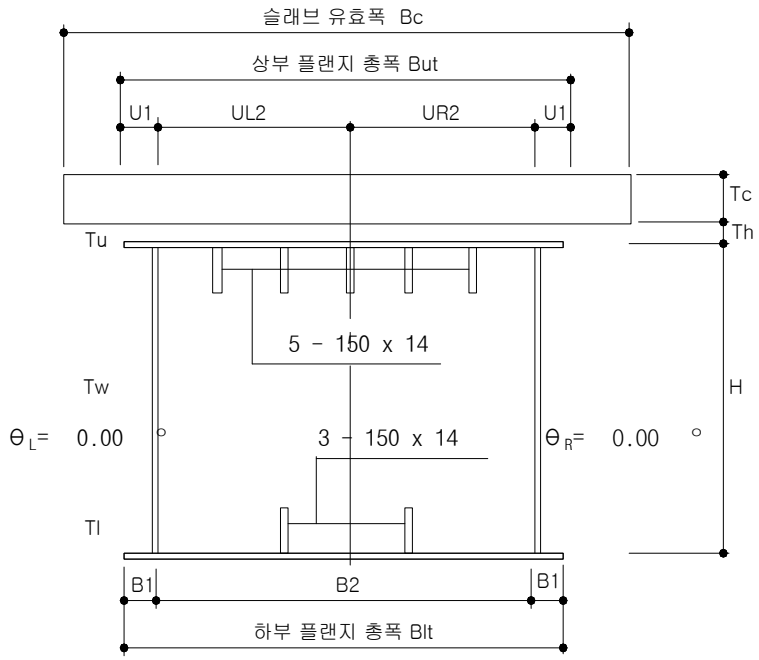
= -223.833 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	5.429	16.200	O.K!!!	2.98
	크리프,건조수축제외시	6.864	16.200	O.K!!!	2.36
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	171.604	315.000	O.K!!!	1.83
	크리프,건조수축제외시	151.722	315.000	O.K!!!	2.07
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-219.974	315.000	O.K!!!	1.43
	크리프,건조수축제외시	-223.833	315.000	O.K!!!	1.40

5-6. 5경간 최대 정모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.600 m

Bc = 5.941 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

Tl = 0.014 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm, 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	5947.674
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	1648.791
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN·m	6837.877
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	215.516
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	61.716
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	429.524
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-0.374
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-0.101
Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN·m	377.096

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

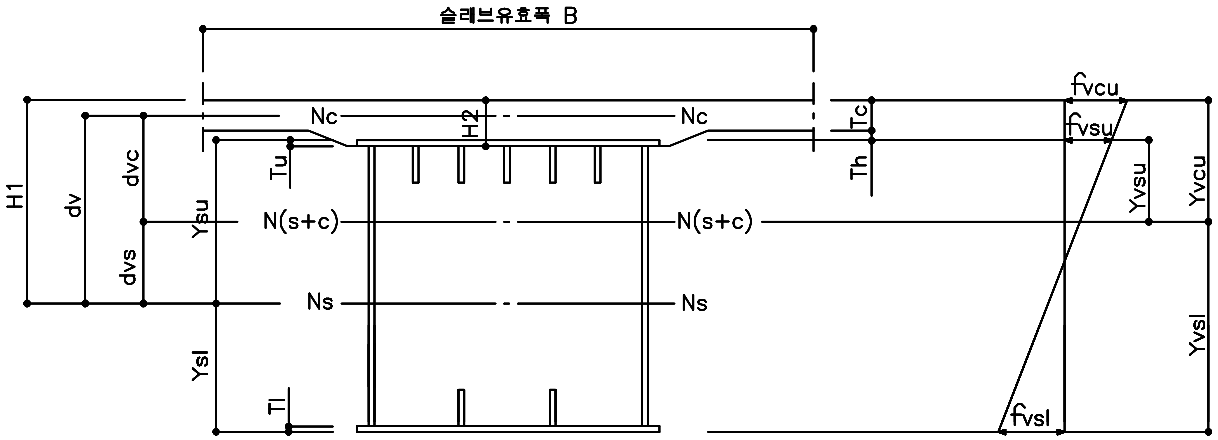
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	12.0	32400	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1225.0	-7717500	9453937500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	14.0	37800	-1307.0	-49404600	64571812200	617400
강단면 합계			149400		-1945200	1.45045E+11	35184506200
1 - RC SLAB	5941.0	250.0	1485250	1475.0	2190743750	3231347031250	7735677083

* As = 149400 ㎟ , Ac = 1485250 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########## + 35184506200.0 = 180229424800 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -1945200 / 149400 = -13.020 ㎜

Is = Is' - As · δs² = ########## - 149400 × -13.020² = 180204098140 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 12.0 - -13.020 = 1325.020 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1325.020 - 2626.000 = -1300.980 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6563856.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = **43.733** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **-42.939** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 3.456 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 335056.3 ㎟

Ic/n = 966959635 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1488.0 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 663.5 ㎜

dvs = dv - dvc = 824.5 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 788.5 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 538.5 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 500.5 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2125.5 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 364470030849 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6603106.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = **0.446** MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = **0.305** MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = **2.264** MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = **-9.615** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.990 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = **1.849** MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = **1.263** MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = **9.390** MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = **-39.877** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 9.263 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = **242228.1** mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 917.8 mm K = -0.089

ds1 = dv - dc1 = 570.2 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1042.8 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 792.8 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 754.8 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1871.2 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 307459534242 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 557256 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 557256 N

Mφ = Pφ · dc1 = 511434294 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.446 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.305 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = **-0.312** MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = **-0.168** MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = **2.189** MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = **2.578** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 211285.417 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1052.2 mm

ds2 = dv - dc2 = 435.8 mm

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1177.2 mm

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 927.2 mm

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 889.2 mm

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1736.8 mm

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 277418207831.7 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2339269 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2461330800 N · mm

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = **-1.152** MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = **-1.144** MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = **10.369** MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = **12.443** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4678538 N

Mvt = P1 · dvc = **3104214911** N · mm

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = **-1.533** MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = **-1.510** MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = **13.584** MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = **15.575** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) = 13.703 MPa < υa = 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

인 경우 : fca = 190.0 MPa

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

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 148.2

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

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 182.477 MPa

사용 tu = 12.0 mm

따라서, fca = 148.183 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 MPa

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	**43.733**	**-42.939**	148.183	190.000
1+2+3	**2.295**	**1.567**	10.800	10.800	**55.387**	**-92.431**	148.183	190.000
1+2+3+4	**1.983**	**1.399**	10.800	10.800	**57.576**	**-89.854**	170.410	190.000
1+2+3+4+5	**0.831**	**0.255**	10.800	10.800	**67.945**	**-77.411**	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	**-0.703**	**-1.255**	2.174	2.174	**81.529**	**-61.836**	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	**2.364**	**1.765**	12.420	12.420	**54.361**	**-92.985**	192.638	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{81.529}{192.638}\right)^2 + \left(\frac{13.703}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.179 + 0.016 = 0.195 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-92.431}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{13.703}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.237 + 0.016 = 0.252 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

tmin = 10 mm ≤ t = 12 mm **O.K.** (합성형 스터드 설치)

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 14 mm **O.K.**

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 4) = 7.8 mm ≤ t = 14 mm **O.K.**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 43.733) = 2.084 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(219 × 1.200) = 3.8 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 81.529) = 1.527 > 1.2 ⇒ 1.200

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

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.446 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.295 - 0.446 = 1.849 MPa

Σf = 1.3 ×0.446 + 2.15 ×1.849 + (-0.312) + (-1.152) + (1.533)

= 4.625 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.446 + 2.15 ×1.849 + (1.533)

= 6.089 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 43.733 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 2.264 MPa

합성후 활하중 응력 = 55.387 - 43.733 - 2.264 = 9.390 MPa

Σf = 1.3 × (43.733 + 2.264) + 2.15 × 9.39 + (2.189) + (10.369) + (13.584)

= 106.126 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (43.733 + 2.264) + 2.15 × 9.39 + (13.584)

= 93.568 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -42.939 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -9.615 MPa

합성후 활하중 응력 = -92.431 - -42.939 - -9.615 = -39.877 MPa

Σf = 1.3 × (-42.939 + -9.615) + 2.15 × -39.877 + (2.578) + (12.443) + (-15.575)

= -154.610 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-42.939 + -9.615) + 2.15 × -39.877 + (-15.575)

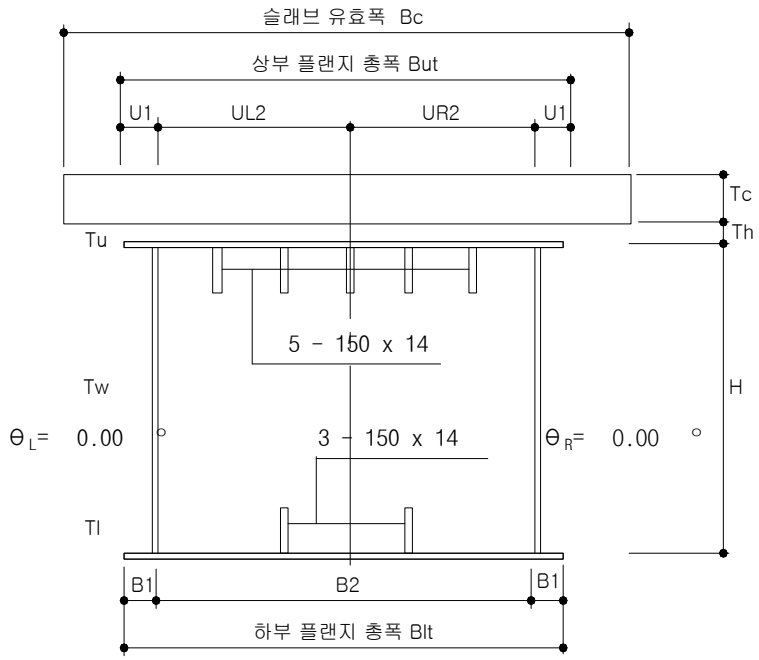
= -169.631 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.625	16.200	O.K!!!	3.50
	크리프,건조수축제외시	6.089	16.200	O.K!!!	2.66
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	106.126	315.000	O.K!!!	2.96
	크리프,건조수축제외시	93.568	315.000	O.K!!!	3.36
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-154.610	315.000	O.K!!!	2.03
	크리프,건조수축제외시	-169.631	315.000	O.K!!!	1.85

5-7. 6경간 최대 정모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.600 m

Bc = 5.941 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

Tl = 0.014 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm, 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	5947.674
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	1452.892
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN·m	6837.878
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	215.516
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	61.716
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	429.524
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	0.374
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	0.101
Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN·m	377.322

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

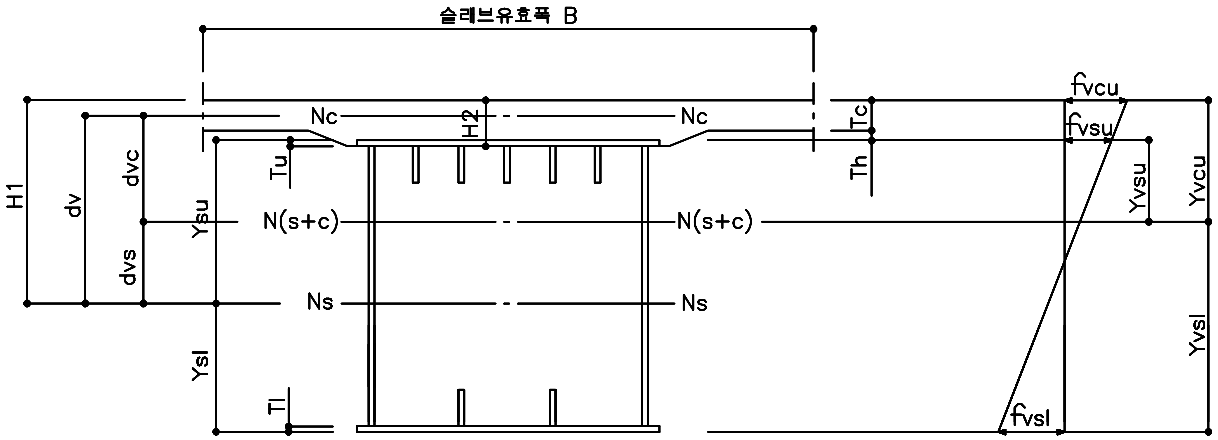
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	12.0	32400	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1225.0	-7717500	9453937500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	14.0	37800	-1307.0	-49404600	64571812200	617400
강단면 합계			149400		-1945200	1.45045E+11	35184506200
1 - RC SLAB	5941.0	250.0	1485250	1475.0	2190743750	3231347031250	7735677083

* As = 149400 ㎟ , Ac = 1485250 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########## + 35184506200.0 = 180229424800 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -1945200 / 149400 = -13.020 ㎜

Is = Is' - As · δs² = ########## - 149400 × -13.020² = 180204098140 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 12.0 - -13.020 = 1325.020 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1325.020 - 2626.000 = -1300.980 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6563856.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = **43.733** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **-42.939** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 3.456 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 335056.3 ㎟

Ic/n = 966959635 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1488.0 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 663.5 ㎜

dvs = dv - dvc = 824.5 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 788.5 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 538.5 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 500.5 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2125.5 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 364470030849 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6603106.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = **0.393** MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = **0.268** MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = **1.995** MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = **-8.473** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.990 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = **1.849** MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = **1.263** MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = **9.390** MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = **-39.877** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 9.264 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = **242228.1** mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 917.8 mm K = -0.089

ds1 = dv - dc1 = 570.2 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1042.8 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 792.8 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 754.8 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1871.2 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 307459534242 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 491047 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 491047 N

Mφ = Pφ · dc1 = 450668881 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.393 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.268 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = **-0.275** MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = **-0.148** MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = **1.929** MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = **2.271** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 211285.417 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1052.2 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 435.8 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1177.2 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 927.2 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 889.2 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1736.8 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 277418207831.7 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2339269 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2461330800 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = **-1.152** MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = **-1.144** MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = **10.369** MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = **12.443** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4678538 N

Mvt = P1 · dvc = **3104214911** N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = **-1.533** MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = **-1.510** MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = **13.584** MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = **15.575** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) = 13.710 MPa < υa = 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

인 경우 : fca = 190.0 MPa

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

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 148.2

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

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 182.477 MPa

사용 tu = 12.0 mm

따라서, fca = 148.183 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 MPa

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	43.733	-42.939	148.183	190.000
1+2+3	2.242	1.531	10.800	10.800	55.118	-91.289	148.183	190.000
1+2+3+4	1.967	1.383	10.800	10.800	57.046	-89.018	170.410	190.000
1+2+3+4+5	0.815	0.239	10.800	10.800	67.416	-76.574	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.719	-1.271	2.174	2.174	81.000	-61.000	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	2.348	1.749	12.420	12.420	53.832	-92.149	192.638	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{81.000}{192.638}\right)^2 + \left(\frac{13.710}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.177 + 0.016 = 0.192 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-91.289}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{13.710}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.231 + 0.016 = 0.246 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

tmin = 10 mm ≤ t = 12 mm **O.K.** (합성형 스터드 설치)

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 14 mm **O.K.**

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 4) = 7.8 mm ≤ t = 14 mm **O.K.**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 43.733) = 2.084 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(219 × 1.200) = 3.8 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 81) = 1.532 > 1.2 ⇒ 1.200

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

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.393 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.242 - 0.393 = 1.849 MPa

Σf = 1.3 ×0.393 + 2.15 ×1.849 + (-0.275) + (-1.152) + (1.533)

= 4.593 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.393 + 2.15 ×1.849 + (1.533)

= 6.020 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 43.733 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 1.995 MPa

합성후 활하중 응력 = 55.118 - 43.733 - 1.995 = 9.390 MPa

Σf = 1.3 × (43.733 + 1.995) + 2.15 × 9.39 + (1.929) + (10.369) + (13.584)

= 105.516 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (43.733 + 1.995) + 2.15 × 9.39 + (13.584)

= 93.218 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -42.939 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -8.473 MPa

합성후 활하중 응력 = -91.289 - -42.939 - -8.473 = -39.877 MPa

Σf = 1.3 × (-42.939 + -8.473) + 2.15 × -39.877 + (2.271) + (12.443) + (-15.575)

= -153.431 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-42.939 + -8.473) + 2.15 × -39.877 + (-15.575)

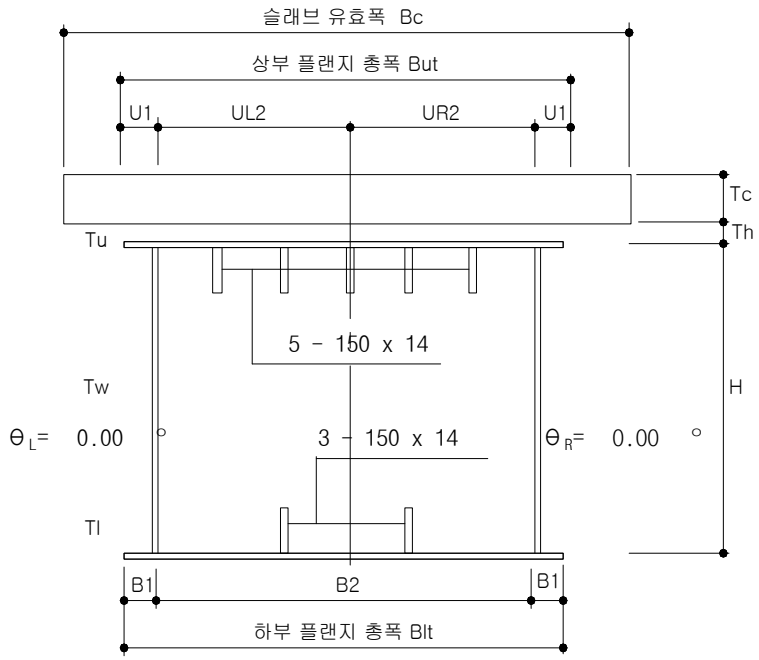
= -168.145 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.593	16.200	O.K!!!	3.52
	크리프,건조수축제외시	6.020	16.200	O.K!!!	2.69
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	105.516	315.000	O.K!!!	2.98
	크리프,건조수축제외시	93.218	315.000	O.K!!!	3.37
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-153.431	315.000	O.K!!!	2.05
	크리프,건조수축제외시	-168.145	315.000	O.K!!!	1.87

5-8. 7경간 최대 정모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.600 m

Bc = 6.036 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.016 m

Tl = 0.018 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm, 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	13326.793
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	3559.785
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN·m	8599.583
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	113.070
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	32.086
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	357.075
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	2.813
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-9.898
Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN·m	381.292

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

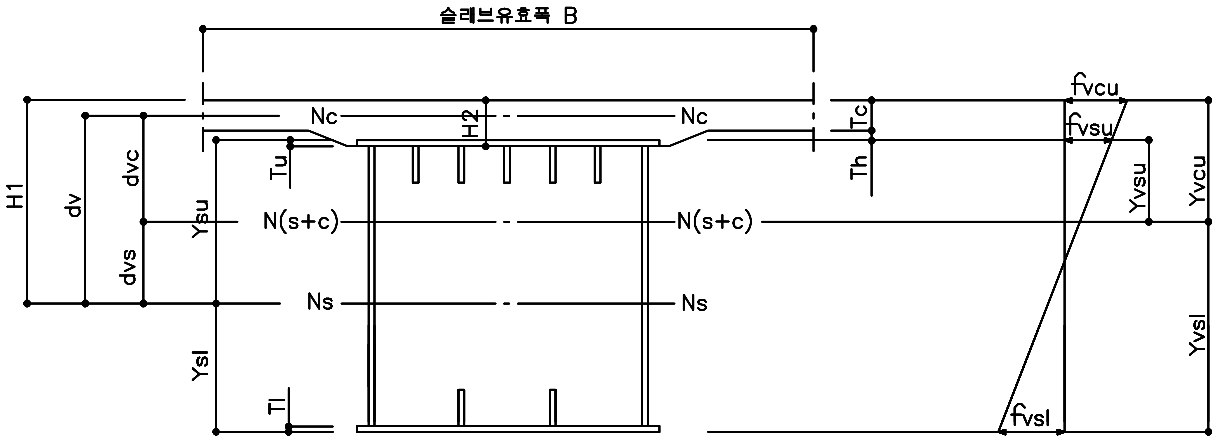
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	16.0	43200	1308.0	56505600	73909324800	921600
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1225.0	-7717500	9453937500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	18.0	48600	-1309.0	-63617400	83275176600	1312200
강단면 합계			171000		-1966800	1.82395E+11	35185733800
1 - RC SLAB	6036.0	250.0	1509000	1475.0	2225775000	3283018125000	7859375000

* As = 171000 ㎟ , Ac = 1509000 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########## + 35185733800.0 = 217580735200 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -1966800 / 171000 = -11.502 ㎜

Is = Is' - As · δs² = ########## - 171000 × -11.502² = 217558113549 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 16.0 - -11.502 = 1327.502 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1327.502 - 2634.000 = -1306.498 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6573904.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = **81.318** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **-80.031** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 1.830 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 359625.0 ㎟

Ic/n = 982421875 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1486.5 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 706.8 ㎜

dvs = dv - dvc = 779.7 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 831.8 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 581.8 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 547.8 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2086.2 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 416728072437 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6613154.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = **0.888** MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = **0.621** MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = **4.680** MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = **-17.821** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.577 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = **2.146** MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = **1.501** MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = **11.305** MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = **-43.050** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 8.125 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 265312.5 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 958.1 mm K = 0.544

ds1 = dv - dc1 = 528.4 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1083.1 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 833.1 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 799.1 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1834.9 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 352368651692 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 1138890 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 1138890 N

Mφ = Pφ · dc1 = 1091153250 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.888 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.621 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = **-0.506** MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = **-0.265** MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = **5.639** MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = **1.202** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 233875.000 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1086.9 mm

ds2 = dv - dc2 = 399.6 mm

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1211.9 mm

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 961.9 mm

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 927.9 mm

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1706.1 mm

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 319468616901.3 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2376675 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2583137558 N · mm

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = **-0.929** MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = **-0.975** MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = **14.244** MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = **2.658** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4753350 N

Mvt = P1 · dvc = **3359784755** N · mm

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = **-1.096** MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = **-1.233** MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = **15.620** MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = **4.068** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) = 10.406 MPa < υa = 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

$\because \ \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

인 경우 : fca = 190.0 MPa

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

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 182.0

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

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 324.403 MPa

사용 tu = 16.0 mm

따라서, fca = 182.038 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 MPa

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	**81.318**	**-80.031**	182.038	190.000
1+2+3	**3.034**	**2.122**	10.800	10.800	**97.302**	**-140.902**	182.038	190.000
1+2+3+4	**2.528**	**1.857**	10.800	10.800	**102.941**	**-139.700**	209.344	190.000
1+2+3+4+5	**1.599**	**0.882**	10.800	10.800	**117.185**	**-137.043**	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	**0.503**	**-0.352**	12.420	2.174	**132.805**	**-132.975**	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	**2.695**	**2.115**	12.420	12.420	**101.564**	**-141.111**	236.649	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{132.805}{236.649}\right)^2 + \left(\frac{10.406}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.315 + 0.009 = 0.324 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-140.902}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{10.406}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.550 + 0.009 = 0.559 < 1.2 \quad \textbf{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 16 mm **O.K.**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 16 mm **O.K.**

tmin = 10 mm ≤ t = 16 mm **O.K.** (합성형 스터드 설치)

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 18 mm **O.K.**

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 4) = 7.8 mm ≤ t = 18 mm **O.K.**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/81.318) = 1.529 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(219 × 1.196) = 4.2 mm ≤ t = 12 mm **O.K.**

여기서, √(fca/fc) = √(190/132.805) = 1.196 < 1.2 ⇒ 1.196

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

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.888 MPa

합성후 활하중 응력 = 3.034 - 0.888 = 2.146 MPa

Σf = 1.3 ×0.888 + 2.15 ×2.146 + (-0.506) + (-0.929) + (1.096)

= 5.429 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.888 + 2.15 ×2.146 + (1.096)

= 6.864 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 81.318 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 4.680 MPa

합성후 활하중 응력 = 97.302 - 81.318 - 4.68 = 11.305 MPa

Σf = 1.3 × (81.318 + 4.68) + 2.15 × 11.305 + (5.639) + (14.244) + (15.62)

= 171.604 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (81.318 + 4.68) + 2.15 × 11.305 + (15.62)

= 151.722 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -80.031 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -17.821 MPa

합성후 활하중 응력 = -140.902 - -80.031 - -17.821 = -43.050 MPa

Σf = 1.3 × (-80.031 + -17.821) + 2.15 × -43.05 + (1.202) + (2.658) + (-4.068)

= -219.974 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-80.031 + -17.821) + 2.15 × -43.05 + (-4.068)

= -223.833 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K.** (크리프,건조수축 제외시)

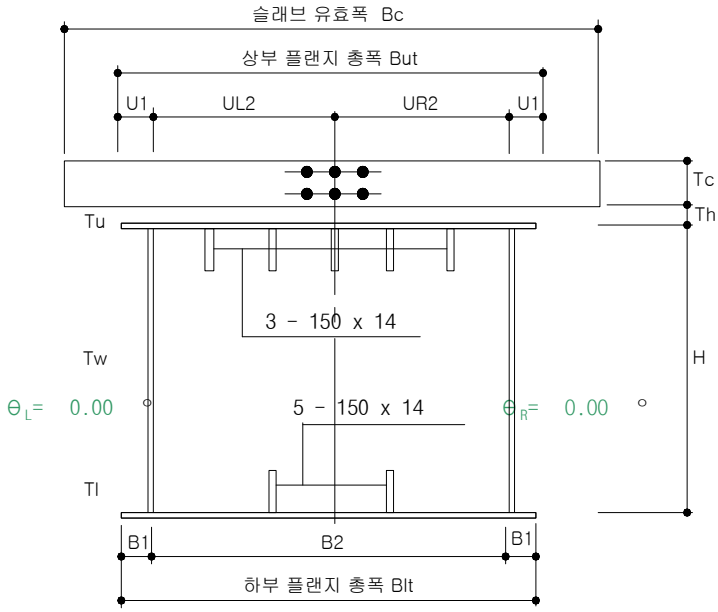
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	5.429	16.200	O.K!!!	2.98
	크리프,건조수축제외시	6.864	16.200	O.K!!!	2.36
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	171.604	315.000	O.K!!!	1.83
	크리프,건조수축제외시	151.722	315.000	O.K!!!	2.07
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-219.974	315.000	O.K!!!	1.43
	크리프,건조수축제외시	-223.833	315.000	O.K!!!	1.40

5-9. 4경간 최대 부모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490



H = 2.600 m

Bc = 5.153 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.432 , Ble= 2.432 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.030 m

Tl = 0.032 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-17901.873
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-4410.333
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	-8108.436
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1896.032
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-460.567
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-875.915
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-3.284
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-28.199
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-1011.689
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	50 , 50

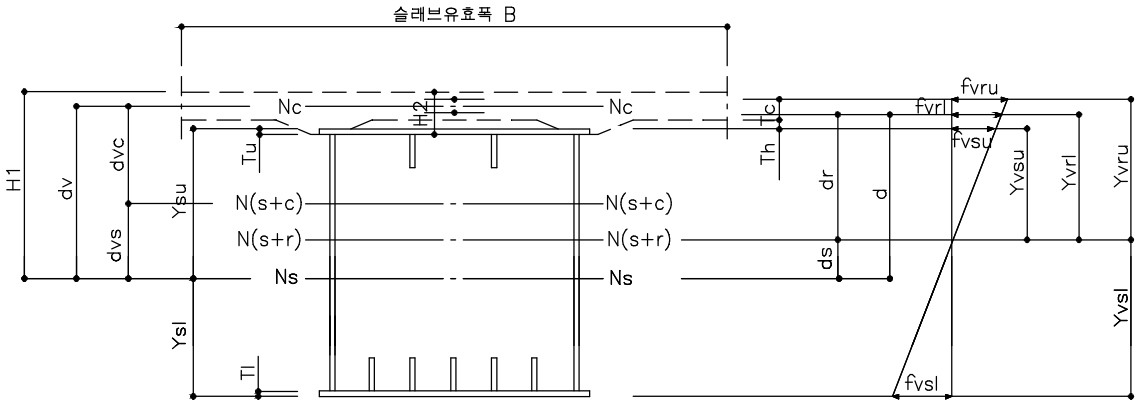
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2432.0	30.0	72960	1315.00	95942400	126164256000	5472000
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2432.0	32.0	77824	-1316.00	-102416384	134779961344	6640981
강단면 합계			229984		-11618984	286154717344	35195612981
UPPER RE-BAR	-	-	4269.90	1550.00	6618345	10258434750	-
LOWER RE-BAR	-	-	6255.90	1400.00	8758260	12261564000	-
RE-BAR 합계			10526		15376605	22519998750	-
1 - RC SLAB	5153.0	250.0	1288250	1475.00	1900168750	2802748906250	6709635417

* As = 229984 mm² , Ac = 1288250 mm² , Ar = 10526 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 286154717344 + 35195612981 = 321350330325 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -11618984 / 229984 = -50.521 mm

Is = Is' - As · δs² = 321350330325 - 229984 × -50.521² = 320763329537 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 30.0 - -50.521 = 1380.521 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1380.521 - 2662.000 = -1281.479 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6609072.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = **-77.047** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **71.520** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 30.406 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 240510 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1511.370 mm

dr = d·As / (As + Ar) = 1445.225 mm

ds = d - dr = 66.144 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl)·Arl/Ar = 1534.376 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1384.376 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1314.376 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1347.624 mm

Irv = Is + As·ds² + Ar·dr² = 343754521789 mm⁴

Fv = b·hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw)·(H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6648322.0 mm²

fvru = Msc·Yvru/Irv = **-19.686** MPa

fvrl = Msc·Yvrl/Irv = **-17.761** MPa

fvsu = Msc·Yvsu/Irv = **-16.863** MPa

fvsl = Msc·Yvsl/Irv = **17.290** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2·Fv·Tw) = 7.558 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv·Yvru/Irv = **-36.193** MPa

fvrl = Mv·Yvrl/Irv = **-32.654** MPa

fvsu = Mv·Yvsu/Irv = **-31.003** MPa

fvsl = Mv·Yvsl/Irv = **31.788** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2·Fv·Tw) = 20.378 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 391015.250 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1525.521 mm

dvc = dv·As / (Ac/n + As) = 897.268 mm

dvs = dv - dvc = 628.253 mm

n1 = n·(1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 310499.625 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv·As / (Ac/n1 + As) = 1129.938 mm K = -0.270

ds1 = dv - dc1 = 395.583 mm

Icv = Is + Ic/n + As·dvs² + Ac/n·dvc² = 542021719906.2 mm⁴

Nc = Msc·dvc·Ac/(n·Icv) = -1175674 N

Pφ = Nc·2·φ1 / (2+φ1) = -1175674 N

Mφ = Pφ·dc1 = -1328438992 N·mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fvru1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvru/Irv = **-3.287** MPa

fvrl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvrl/Irv = **-3.444** MPa

fvsu1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsu / Irv = **-3.517** MPa

fvsl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsl / Irv = **-6.294** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 283661.083 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1236.847 mm

ds2 = dv - dc2 = 288.674 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2028994 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2509555005 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = **5.412** MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = **5.707** MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = **5.845** MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = **11.093** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4057988 N

Mvt = P1 · dvc = 3641101422 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = **-12.716** MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = **-12.287** MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = **13.113** MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = **20.726** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 58.341 MPa < υa = 110 MPa **O.K!!!**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

i = 0.65(ϕ/n)^2 + 0.13(ϕ/n) + 1.0

= 0.650 × (0.0 / 6)^2 + 0.130 × (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000

∵ ϕ = (f_1 - f_2)/f_1 ≒ 0

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

(단,f_1 ≥ f_2 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tl · i · n)- 24) = 232.819

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b = 1297.613 MPa

사용 tl = 32.0 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa (SD400 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-77.047	71.520	190.000	190.000
1+2+3	-55.879	-50.416	160.000	-124.914	120.597	190.000	190.000
1+2+3+4	-59.166	-53.860	160.000	-128.431	114.303	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-53.754	-48.152	160.000	-122.585	125.395	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-66.470	-60.439	184.000	-109.472	146.122	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-41.038	-35.865	184.000	-135.699	104.669	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-128.431}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{58.341}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.457 + 0.281 = 0.738 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{146.122}{218.500}\right)^2 + \left(\frac{58.341}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.447 + 0.281 = 0.729 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 30 mm **O.K!!!**

tmin = 10 mm ≤ t = 32 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

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

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 32 mm **O.K!!!**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 32 mm **O.K!!!**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 71.520) = 1.630 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (219 × 1.140) = 10.4 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 146.122) = 1.140 < 1.2 ⇒ 1.140

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

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -19.686 MPa

합성후 활하중 응력 = -55.879 - -19.686 = -36.193 MPa

Σf = 1.3 ×-19.686 + 2.15 ×-36.193 + (-3.287) + (5.412) + (-12.716)

= -113.997 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-19.686 + 2.15 ×-36.193 + (-12.716)

= **-116.122** MPa < fy = **400.0** MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -77.047 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -16.863 MPa

합성후 활하중 응력 = -124.914 - -77.047 - -16.863 = -31.004 MPa

Σf = 1.3 × (-77.047 + -16.863) + 2.15 × -31.004 + (-3.517) + (5.845) + (-13.113)

= -199.526 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-77.047 + -16.863) + 2.15 × -31.004 + (-13.113)

= -201.854 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 71.520 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 17.290 MPa

합성후 활하중 응력 = 120.597 - 71.52 - 17.29 = 31.787 MPa

Σf = 1.3 × (71.52 + 17.29) + 2.15 × 31.787 + (-6.294) + (11.093) + (20.726)

= 209.320 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (71.52 + 17.29) + 2.15 × 31.787 + (20.726)

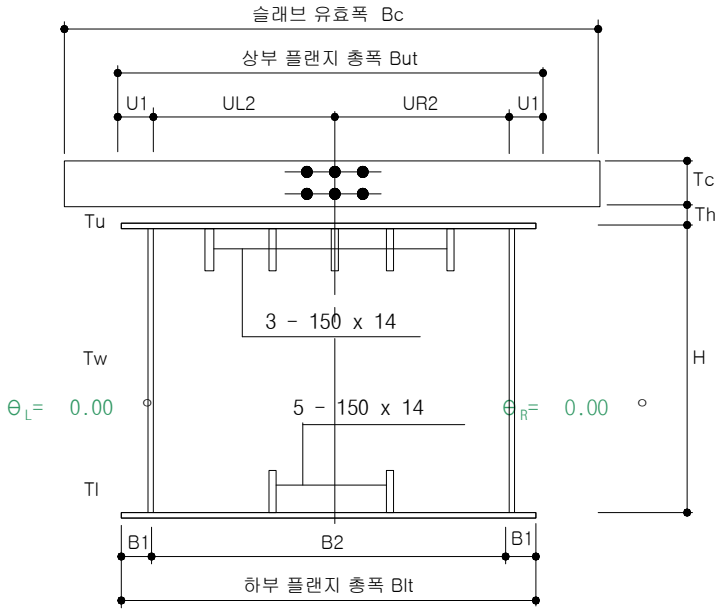
= 204.522 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-113.997	400.000	O.K!!!	3.50
	크리프,건조수축제외시	-116.122	400.000	O.K!!!	3.44
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-199.526	315.000	O.K!!!	1.57
	크리프,건조수축제외시	-201.854	315.000	O.K!!!	1.56
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	209.320	315.000	O.K!!!	1.50
	크리프,건조수축제외시	204.522	315.000	O.K!!!	1.54

5-10. 5경간 최대 부모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.600 m

Bc = 5.153 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.432 , Ble= 2.432 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.020 m

Tl = 0.022 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-13088.166
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-3225.300
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	-7873.164
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1468.671
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-357.620
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-853.024
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	6.489
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-15.060
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-780.491
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	50 , 50

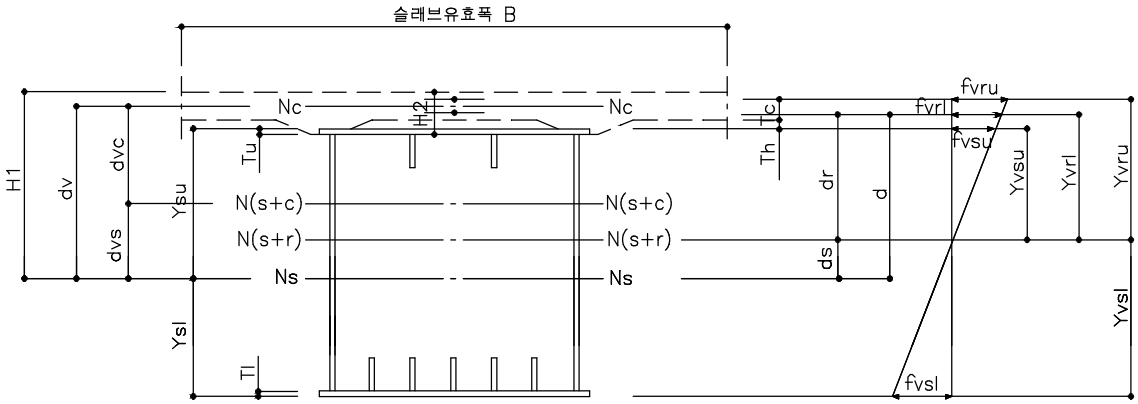
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2432.0	20.0	48640	1310.00	63718400	83471104000	1621333
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2432.0	22.0	53504	-1311.00	-70143744	91958448384	2157995
강단면 합계			181344		-11570344	200640052384	35187279328
UPPER RE-BAR	-	-	4269.90	1550.00	6618345	10258434750	-
LOWER RE-BAR	-	-	6255.90	1400.00	8758260	12261564000	-
RE-BAR 합계			10526		15376605	22519998750	-
1 - RC SLAB	5153.0	250.0	1288250	1475.00	1900168750	2802748906250	6709635417

* As = 181344 mm² , Ac = 1288250 mm² , Ar = 10526 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 200640052384 + 35187279328 = 235827331712 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -11570344 / 181344 = -63.803 mm

Is = Is' - As · δs² = 235827331712 - 181344 × -63.803² = 235089105687 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 20.0 - -63.803 = 1383.803 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1383.803 - 2642.000 = -1258.197 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6583952.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = **-77.041** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **70.048** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 23.577 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 191870 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1524.652 mm

dr = d·As / (As + Ar) = 1441.011 mm

ds = d - dr = 83.641 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl)·Arl/Ar = 1530.162 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1380.162 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1300.162 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1341.838 mm

Irv = Is + As·ds² + Ar·dr² = 258214723048 mm⁴

Fv = b·hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw)·(H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6623202.0 mm²

fvru = Msc·Yvru/Irv = **-19.113** MPa

fvrl = Msc·Yvrl/Irv = **-17.239** MPa

fvsu = Msc·Yvsu/Irv = **-16.240** MPa

fvsl = Msc·Yvsl/Irv = **16.761** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2·Fv·Tw) = 5.826 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv·Yvru/Irv = **-46.656** MPa

fvrl = Mv·Yvrl/Irv = **-42.082** MPa

fvsu = Mv·Yvsu/Irv = **-39.643** MPa

fvsl = Mv·Yvsl/Irv = **40.914** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2·Fv·Tw) = 18.580 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 342375.250 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1538.803 mm

dvc = dv·As / (Ac/n + As) = 815.049 mm

dvs = dv - dvc = 723.754 mm

n1 = n·(1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 261859.625 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv·As / (Ac/n1 + As) = 1065.658 mm K = 0.128

ds1 = dv - dc1 = 473.146 mm

Icv = Is + Ic/n + As·dvs² + Ac/n·dvc² = 437893317814.6 mm⁴

Nc = Msc·dvc·Ac/(n·Icv) = -966709 N

Pφ = Nc·2·φ1 / (2+φ1) = -966709 N

Mφ = Pφ·dc1 = -1030181279 N·mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fvru1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvru/Irv = **-5.820** MPa

fvrl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvrl/Irv = **-5.743** MPa

fvsu1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsu / Irv = **-5.702** MPa

fvsl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsl / Irv = **-4.353** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 235021.083 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1187.352 mm

ds2 = dv - dc2 = 351.451 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2028994 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2409129706 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = **12.402** MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = **12.223** MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = **12.128** MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = **8.972** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4057988 N

Mvt = P1 · dvc = 3307460300 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = **-1.542** MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = **-1.787** MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = **23.281** MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = **18.950** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 47.901 MPa < υa = 110 MPa **O.K!!!**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tl · i · n)- 24) = 209.736

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b = 613.325 MPa

사용 tl = 22.0 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa (SD400 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-77.041	70.048	190.000	190.000
1+2+3	-65.769	-59.321	160.000	-132.924	127.722	190.000	190.000
1+2+3+4	-71.588	-65.065	160.000	-138.626	123.369	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-59.186	-52.842	160.000	-126.499	132.341	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-60.728	-54.629	184.000	-103.217	151.291	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-57.645	-51.054	184.000	-149.780	113.392	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-138.626}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{47.901}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.532 + 0.190 = 0.722 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{132.341}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{47.901}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.485 + 0.190 = 0.675 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 20 mm **O.K!!!**

tmin = 10 mm ≤ t = 22 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

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

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 22 mm **O.K!!!**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 22 mm **O.K!!!**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 70.048) = 1.647 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (219 × 1.121) = 10.6 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 151.291) = 1.121 < 1.2 ⇒ 1.121

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

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -19.113 MPa

합성후 활하중 응력 = -65.769 - -19.113 = -46.656 MPa

Σf = 1.3 ×-19.113 + 2.15 ×-46.656 + (-5.82) + (12.402) + (-1.542)

= -120.116 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-19.113 + 2.15 ×-46.656 + (-1.542)

= **-126.698** MPa < fy = **400.0** MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -77.041 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -16.240 MPa

합성후 활하중 응력 = -132.924 - -77.041 - -16.24 = -39.643 MPa

Σf = 1.3 × (-77.041 + -16.24) + 2.15 × -39.643 + (-5.702) + (12.128) + (-23.281)

= -223.353 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-77.041 + -16.24) + 2.15 × -39.643 + (-23.281)

= -229.779 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 70.048 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 16.761 MPa

합성후 활하중 응력 = 127.722 - 70.048 - 16.761 = 40.914 MPa

Σf = 1.3 × (70.048 + 16.761) + 2.15 × 40.914 + (-4.353) + (8.972) + (18.95)

= 224.384 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (70.048 + 16.761) + 2.15 × 40.914 + (18.95)

= 219.765 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

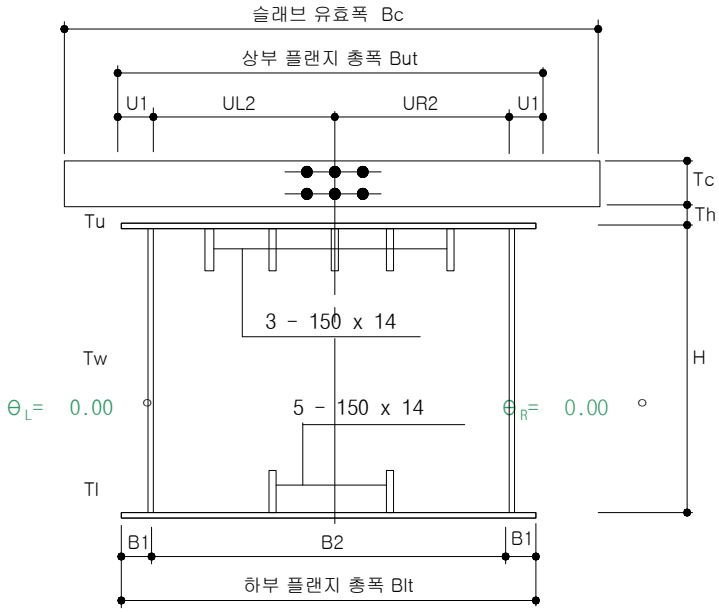
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-120.116	400.000	O.K!!!	3.33
	크리프,건조수축제외시	-126.698	400.000	O.K!!!	3.15
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-223.353	315.000	O.K!!!	1.41
	크리프,건조수축제외시	-229.779	315.000	O.K!!!	1.37
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	224.384	315.000	O.K!!!	1.40
	크리프,건조수축제외시	219.765	315.000	O.K!!!	1.43

5-11. 6경간 최대 부모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490



H = 2.600 m

Bc = 5.153 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.432 , Ble= 2.432 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.030 m

Tl = 0.032 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-17901.873
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-4410.333
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	-8108.437
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1896.032
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-460.657
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-898.306
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-3.859
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-10.098
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-976.401
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	50 , 50

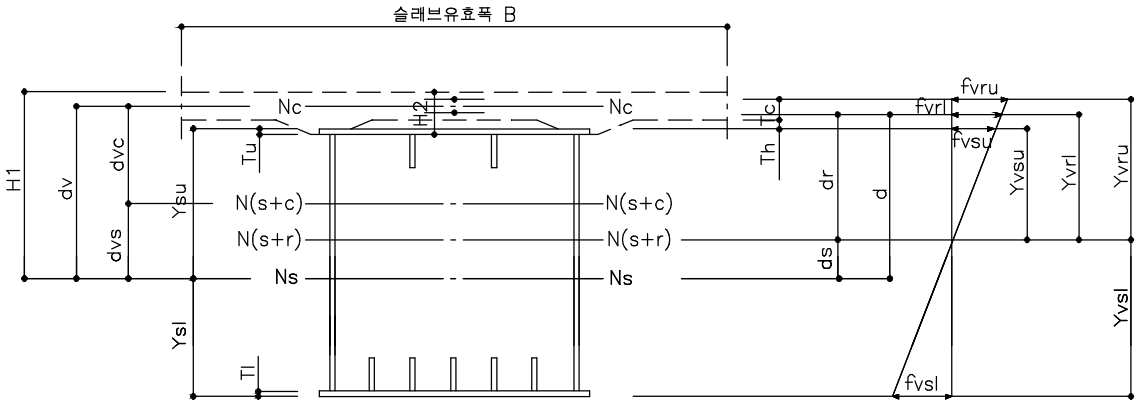
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2432.0	30.0	72960	1315.00	95942400	126164256000	5472000
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2432.0	32.0	77824	-1316.00	-102416384	134779961344	6640981
강단면 합계			229984		-11618984	286154717344	35195612981
UPPER RE-BAR	-	-	4269.90	1550.00	6618345	10258434750	-
LOWER RE-BAR	-	-	6255.90	1400.00	8758260	12261564000	-
RE-BAR 합계			10526		15376605	22519998750	-
1 - RC SLAB	5153.0	250.0	1288250	1475.00	1900168750	2802748906250	6709635417

* As = 229984 mm² , Ac = 1288250 mm² , Ar = 10526 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 286154717344 + 35195612981 = 321350330325 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -11618984 / 229984 = -50.521 mm

Is = Is' - As · δs² = 321350330325 - 229984 × -50.521² = 320763329537 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 30.0 - -50.521 = 1380.521 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1380.521 - 2662.000 = -1281.479 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6609072.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = **-77.047** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **71.520** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 30.409 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 240510 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1511.370 mm

dr = d·As / (As + Ar) = 1445.225 mm

ds = d - dr = 66.144 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl)·Arl/Ar = 1534.376 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1384.376 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1314.376 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1347.624 mm

Irv = Is + As·ds² + Ar·dr² = 343754521789 mm⁴

Fv = b·hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw)·(H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6648322.0 mm²

fvru = Msc·Yvru/Irv = **-19.686** MPa

fvrl = Msc·Yvrl/Irv = **-17.761** MPa

fvsu = Msc·Yvsu/Irv = **-16.863** MPa

fvsl = Msc·Yvsl/Irv = **17.290** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2·Fv·Tw) = 7.446 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv·Yvru/Irv = **-36.193** MPa

fvrl = Mv·Yvrl/Irv = **-32.654** MPa

fvsu = Mv·Yvsu/Irv = **-31.003** MPa

fvsl = Mv·Yvsl/Irv = **31.788** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2·Fv·Tw) = 20.515 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 391015.250 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1525.521 mm

dvc = dv·As / (Ac/n + As) = 897.268 mm

dvs = dv - dvc = 628.253 mm

n1 = n·(1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 310499.625 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv·As / (Ac/n1 + As) = 1129.938 mm K = -0.270

ds1 = dv - dc1 = 395.583 mm

Icv = Is + Ic/n + As·dvs² + Ac/n·dvc² = 542021719906.2 mm⁴

Nc = Msc·dvc·Ac/(n·Icv) = -1175674 N

Pφ = Nc·2·φ1 / (2+φ1) = -1175674 N

Mφ = Pφ·dc1 = -1328438992 N·mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fvru1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvru/Irv = **-3.287** MPa

fvrl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvrl/Irv = **-3.444** MPa

fvsu1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsu / Irv = **-3.517** MPa

fvsl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsl / Irv = **-6.294** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 283661.083 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1236.847 mm

ds2 = dv - dc2 = 288.674 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2028994 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2509555005 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = **5.412** MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = **5.707** MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = **5.845** MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = **11.093** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4057988 N

Mvt = P1 · dvc = 3641101422 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = **-12.716** MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = **-12.287** MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = **13.113** MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = **20.726** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 58.370 MPa < υa = 110 MPa **O.K!!!**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

i = 0.65(ϕ/n)^2 + 0.13(ϕ/n) + 1.0

= 0.650 × (0.0 / 6)^2 + 0.130 × (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000

∵ ϕ = (f_1 - f_2)/f_1 ≒ 0

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

(단,f_1 ≥ f_2 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tl · i · n)- 24) = 232.819

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b = 1297.613 MPa

사용 tl = 32.0 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa (SD400 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-77.047	71.520	190.000	190.000
1+2+3	-55.879	-50.416	160.000	-124.914	120.597	190.000	190.000
1+2+3+4	-59.166	-53.860	160.000	-128.431	114.303	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-53.754	-48.152	160.000	-122.585	125.395	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-66.470	-60.439	184.000	-109.472	146.122	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-41.038	-35.866	184.000	-135.699	104.669	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-128.431}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{58.370}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.457 + 0.282 = 0.738 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{146.122}{218.500}\right)^2 + \left(\frac{58.370}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.447 + 0.282 = 0.729 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 30 mm **O.K!!!**

tmin = 10 mm ≤ t = 32 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

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

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 32 mm **O.K!!!**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 32 mm **O.K!!!**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 71.520) = 1.630 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (219 × 1.140) = 10.4 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 146.122) = 1.140 < 1.2 ⇒ 1.140

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

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -19.686 MPa

합성후 활하중 응력 = -55.879 - -19.686 = -36.193 MPa

Σf = 1.3 ×-19.686 + 2.15 ×-36.193 + (-3.287) + (5.412) + (-12.716)

= -113.997 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-19.686 + 2.15 ×-36.193 + (-12.716)

= **-116.122** MPa < fy = **400.0** MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -77.047 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -16.863 MPa

합성후 활하중 응력 = -124.914 - -77.047 - -16.863 = -31.004 MPa

Σf = 1.3 × (-77.047 + -16.863) + 2.15 × -31.004 + (-3.517) + (5.845) + (-13.113)

= -199.526 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-77.047 + -16.863) + 2.15 × -31.004 + (-13.113)

= -201.854 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 71.520 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 17.290 MPa

합성후 활하중 응력 = 120.597 - 71.52 - 17.29 = 31.787 MPa

Σf = 1.3 × (71.52 + 17.29) + 2.15 × 31.787 + (-6.294) + (11.093) + (20.726)

= 209.320 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (71.52 + 17.29) + 2.15 × 31.787 + (20.726)

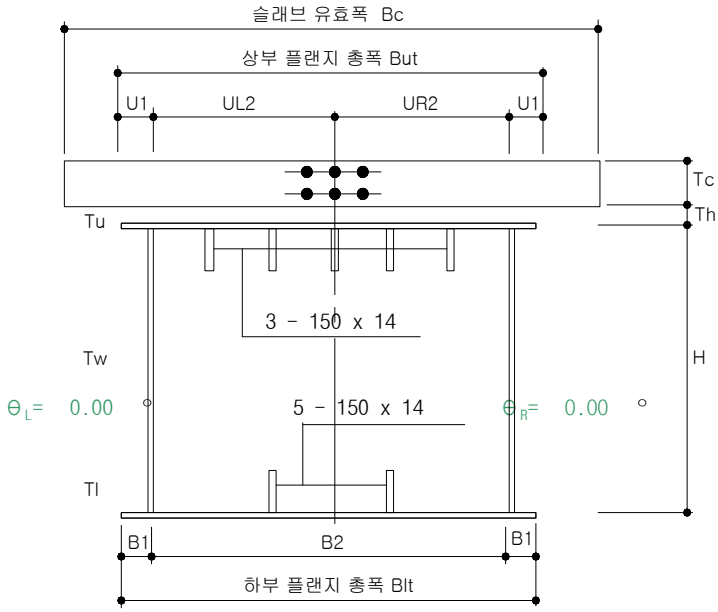
= 204.522 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-113.997	400.000	O.K!!!	3.50
	크리프,건조수축제외시	-116.122	400.000	O.K!!!	3.44
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-199.526	315.000	O.K!!!	1.57
	크리프,건조수축제외시	-201.854	315.000	O.K!!!	1.56
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	209.320	315.000	O.K!!!	1.50
	크리프,건조수축제외시	204.522	315.000	O.K!!!	1.54

5-12. 4경간 최대 부모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.600 m

Bc = 5.145 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.432 , Ble= 2.432 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.030 m

Tl = 0.032 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-17884.976
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-4882.607
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	-9614.298
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1894.069
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-519.089
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-1029.997
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-4.919
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-821.598
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-821.859
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	50 , 50

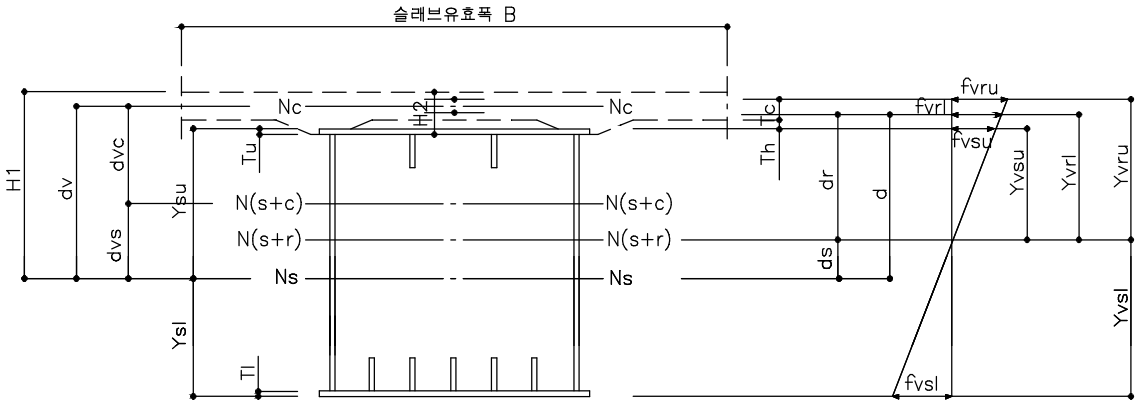
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2432.0	30.0	72960	1315.00	95942400	126164256000	5472000
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2432.0	32.0	77824	-1316.00	-102416384	134779961344	6640981
강단면 합계			229984		-11618984	286154717344	35195612981
UPPER RE-BAR	-	-	3773.40	1550.00	5848770	9065593500	-
LOWER RE-BAR	-	-	6752.40	1400.00	9453360	13234704000	-
RE-BAR 합계			10526		15302130	22300297500	-
1 - RC SLAB	5145.0	250.0	1286250	1475.00	1897218750	2798397656250	6699218750

* As = 229984 mm² , Ac = 1286250 mm² , Ar = 10526 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 286154717344 + 35195612981 = 321350330325 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -11618984 / 229984 = -50.521 mm

Is = Is' - As · δs² = 321350330325 - 229984 × -50.521² = 320763329537 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 30.0 - -50.521 = 1380.521 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1380.521 - 2662.000 = -1281.479 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6609072.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = **-76.974** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **71.452** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 30.385 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 240510 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1504.294 mm

dr = d·As / (As + Ar) = 1438.460 mm

ds = d - dr = 65.835 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl)·Arl/Ar = 1534.686 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1384.686 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1314.686 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1347.314 mm

Irv = Is + As·ds² + Ar·dr² = 343539759337 mm⁴

Fv = b·hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw)·(H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6648322.0 mm²

fvru = Msc·Yvru/Irv = **-21.812** MPa

fvrl = Msc·Yvrl/Irv = **-19.680** MPa

fvsu = Msc·Yvsu/Irv = **-18.685** MPa

fvsl = Msc·Yvsl/Irv = **19.149** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2·Fv·Tw) = 13.468 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv·Yvru/Irv = **-42.950** MPa

fvrl = Mv·Yvrl/Irv = **-38.752** MPa

fvsu = Mv·Yvsu/Irv = **-36.793** MPa

fvsl = Mv·Yvsl/Irv = **37.706** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2·Fv·Tw) = 21.657 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 390765.250 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1525.521 mm

dvc = dv·As / (Ac/n + As) = 897.842 mm

dvs = dv - dvc = 627.679 mm

n1 = n·(1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 310374.625 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv·As / (Ac/n1 + As) = 1130.393 mm K = -0.270

ds1 = dv - dc1 = 395.128 mm

Icv = Is + Ic/n + As·dvs² + Ac/n·dvc² = 541819016689.0 mm⁴

Nc = Msc·dvc·Ac/(n·Icv) = -1300867 N

Pφ = Nc·2·φ1 / (2+φ1) = -1300867 N

Mφ = Pφ·dc1 = -1470490817 N·mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fvru1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvru/Irv = **-3.635** MPa

fvrl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvrl/Irv = **-3.808** MPa

fvsu1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsu / Irv = **-3.889** MPa

fvsl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsl / Irv = **-6.966** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 283577.750 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1237.211 mm

ds2 = dv - dc2 = 288.310 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2025844 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2506395260 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = **5.400** MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = **5.695** MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = **5.833** MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = **11.077** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4051688 N

Mvt = P1 · dvc = 3637774487 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = **-12.742** MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = **-12.313** MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = **13.087** MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = **20.698** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 65.510 MPa < υa = 110 MPa **O.K!!!**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

i = 0.65(ϕ/n)^2 + 0.13(ϕ/n) + 1.0

= 0.650 × (0.0 / 6)^2 + 0.130 × (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000

∵ ϕ = (f_1 - f_2)/f_1 ≒ 0

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

(단,f_1 ≥ f_2 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tl · i · n)- 24) = 232.819

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b = 1297.613 MPa

사용 tl = 32.0 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa (SD400 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-76.974	71.452	190.000	190.000
1+2+3	-64.762	-58.432	160.000	-132.452	128.307	190.000	190.000
1+2+3+4	-68.397	-62.240	160.000	-136.342	121.341	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-62.997	-56.545	160.000	-130.508	132.418	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-75.738	-68.858	184.000	-117.421	153.116	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-50.255	-44.232	184.000	-143.596	111.720	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-136.342}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{65.510}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.515 + 0.355 = 0.870 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{153.116}{218.500}\right)^2 + \left(\frac{65.510}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.491 + 0.355 = 0.846 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 30 mm **O.K!!!**

tmin = 10 mm ≤ t = 32 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

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

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 32 mm **O.K!!!**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 32 mm **O.K!!!**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 71.452) = 1.631 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (219 × 1.114) = 10.7 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 153.116) = 1.114 < 1.2 ⇒ 1.114

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

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -21.812 MPa

합성후 활하중 응력 = -64.762 - -21.812 = -42.950 MPa

Σf = 1.3 ×-21.812 + 2.15 ×-42.95 + (-3.635) + (5.4) + (-12.742)

= -131.674 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-21.812 + 2.15 ×-42.95 + (-12.742)

= **-133.439** MPa < fy = **400.0** MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -76.974 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -18.685 MPa

합성후 활하중 응력 = -132.452 - -76.974 - -18.685 = -36.793 MPa

Σf = 1.3 × (-76.974 + -18.685) + 2.15 × -36.793 + (-3.889) + (5.833) + (-13.087)

= -214.606 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-76.974 + -18.685) + 2.15 × -36.793 + (-13.087)

= -216.550 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 71.452 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 19.149 MPa

합성후 활하중 응력 = 128.307 - 71.452 - 19.149 = 37.706 MPa

Σf = 1.3 × (71.452 + 19.149) + 2.15 × 37.706 + (-6.966) + (11.077) + (20.698)

= 223.659 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (71.452 + 19.149) + 2.15 × 37.706 + (20.698)

= 219.547 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

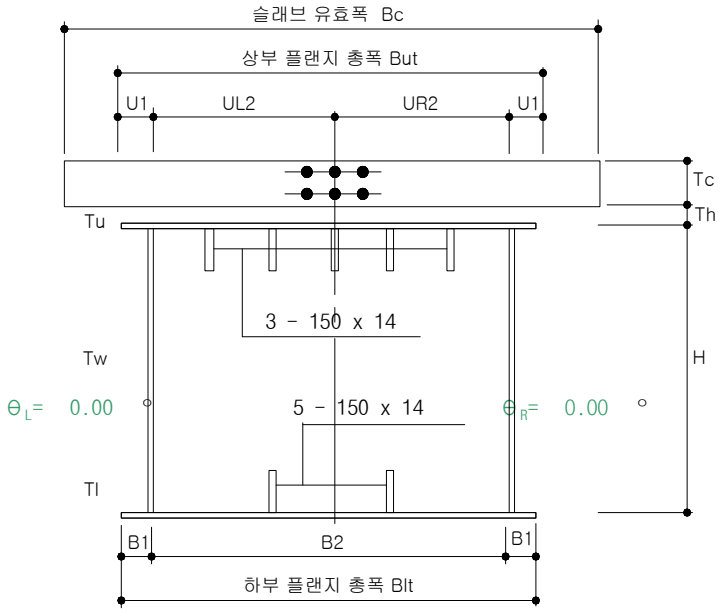
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-131.674	400.000	O.K!!!	3.03
	크리프,건조수축제외시	-133.439	400.000	O.K!!!	2.99
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-214.606	315.000	O.K!!!	1.46
	크리프,건조수축제외시	-216.550	315.000	O.K!!!	1.45
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	223.659	315.000	O.K!!!	1.40
	크리프,건조수축제외시	219.547	315.000	O.K!!!	1.43

5-13. 5경간 최대 부모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490



H = 2.600 m

Bc = 5.145 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.432 , Ble= 2.432 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.020 m

Tl = 0.022 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-13125.047
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-3703.826
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	-9406.730
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1468.671
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-357.620
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-853.024
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-7.034
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-16.755
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-956.952
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	50 , 50

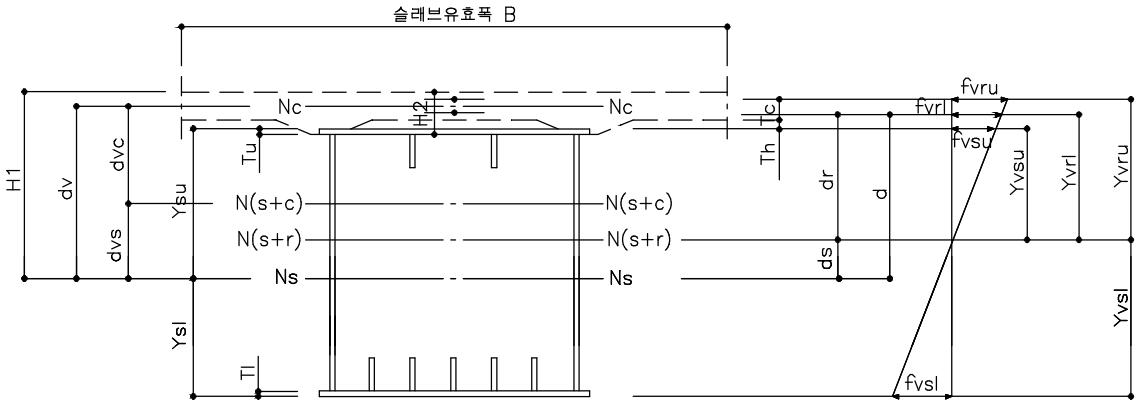
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2432.0	20.0	48640	1310.00	63718400	83471104000	1621333
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2432.0	22.0	53504	-1311.00	-70143744	91958448384	2157995
강단면 합계			181344		-11570344	200640052384	35187279328
UPPER RE-BAR	-	-	3773.40	1550.00	5848770	9065593500	-
LOWER RE-BAR	-	-	6752.40	1400.00	9453360	13234704000	-
RE-BAR 합계			10526		15302130	22300297500	-
1 - RC SLAB	5145.0	250.0	1286250	1475.00	1897218750	2798397656250	6699218750

* As = 181344 mm² , Ac = 1286250 mm² , Ar = 10526 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 200640052384 + 35187279328 = 235827331712 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -11570344 / 181344 = -63.803 mm

Is = Is' - As · δs² = 235827331712 - 181344 × -63.803² = 235089105687 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 20.0 - -63.803 = 1383.803 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1383.803 - 2642.000 = -1258.197 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6583952.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = **-77.258** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **70.245** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 23.581 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 191870 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1517.577 mm

dr = d·As / (As + Ar) = 1434.324 mm

ds = d - dr = 83.253 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl)·Arl/Ar = 1530.550 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1380.550 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1300.550 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1341.450 mm

Irv = Is + As·ds² + Ar·dr² = 258000582448 mm⁴

Fv = b·hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw)·(H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6623202.0 mm²

fvru = Msc·Yvru/Irv = **-21.972** MPa

fvrl = Msc·Yvrl/Irv = **-19.819** MPa

fvsu = Msc·Yvsu/Irv = **-18.671** MPa

fvsl = Msc·Yvsl/Irv = **19.258** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2·Fv·Tw) = 5.836 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv·Yvru/Irv = **-55.804** MPa

fvrl = Mv·Yvrl/Irv = **-50.335** MPa

fvsu = Mv·Yvsu/Irv = **-47.418** MPa

fvsl = Mv·Yvsl/Irv = **48.909** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2·Fv·Tw) = 19.690 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 342125.250 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1538.803 mm

dvc = dv·As / (Ac/n + As) = 815.645 mm

dvs = dv - dvc = 723.158 mm

n1 = n·(1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 261734.625 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv·As / (Ac/n1 + As) = 1066.167 mm K = 0.128

ds1 = dv - dc1 = 472.637 mm

Icv = Is + Ic/n + As·dvs² + Ac/n·dvc² = 437725817991.5 mm⁴

Nc = Msc·dvc·Ac/(n·Icv) = -1109647 N

Pφ = Nc·2·φ1 / (2+φ1) = -1109647 N

Mφ = Pφ·dc1 = -1183069073 N·mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fvru1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvru/Irv = **-6.682** MPa

fvrl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvrl/Irv = **-6.594** MPa

fvsu1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsu / Irv = **-6.547** MPa

fvsl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsl / Irv = **-4.996** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 234937.750 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1187.773 mm

ds2 = dv - dc2 = 351.030 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2025844 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2406242749 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = **12.386** MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = **12.207** MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = **12.111** MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = **8.957** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4051688 N

Mvt = P1 · dvc = 3304738585 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = **-1.574** MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = **-1.820** MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = **23.249** MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = **18.917** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 49.108 MPa < υa = 110 MPa **O.K!!!**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

i = 0.65(ϕ/n)^2 + 0.13(ϕ/n) + 1.0

= 0.650 × (0.0 / 6)^2 + 0.130 × (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000

∵ ϕ = (f_1 - f_2)/f_1 ≒ 0

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

(단,f_1 ≥ f_2 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tl · i · n)- 24) = 209.736

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b = 613.325 MPa

사용 tl = 22.0 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa (SD400 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-77.258	70.245	190.000	190.000
1+2+3	-77.776	-70.154	160.000	-143.347	138.412	190.000	190.000
1+2+3+4	-84.458	-76.748	160.000	-149.893	133.416	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-72.073	-64.541	160.000	-137.782	142.373	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-73.646	-66.361	184.000	-114.533	161.291	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-70.499	-62.722	184.000	-161.031	123.456	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-149.893}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{49.108}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.622 + 0.199 = 0.822 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{142.373}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{49.108}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.562 + 0.199 = 0.761 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 20 mm **O.K!!!**

tmin = 10 mm ≤ t = 22 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

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

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 22 mm **O.K!!!**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 22 mm **O.K!!!**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 70.245) = 1.645 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (219 × 1.085) = 10.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 161.291) = 1.085 < 1.2 ⇒ 1.085

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

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -21.972 MPa

합성후 활하중 응력 = -77.776 - -21.972 = -55.804 MPa

Σf = 1.3 ×-21.972 + 2.15 ×-55.804 + (-6.682) + (12.386) + (-1.574)

= -144.413 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-21.972 + 2.15 ×-55.804 + (-1.574)

= **-150.117** MPa < fy = **400.0** MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -77.258 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -18.671 MPa

합성후 활하중 응력 = -143.347 - -77.258 - -18.671 = -47.418 MPa

Σf = 1.3 × (-77.258 + -18.671) + 2.15 × -47.418 + (-6.547) + (12.111) + (-23.249)

= -244.341 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-77.258 + -18.671) + 2.15 × -47.418 + (-23.249)

= -249.905 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 70.245 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 19.258 MPa

합성후 활하중 응력 = 138.412 - 70.245 - 19.258 = 48.910 MPa

Σf = 1.3 × (70.245 + 19.258) + 2.15 × 48.91 + (-4.996) + (8.957) + (18.917)

= 244.388 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (70.245 + 19.258) + 2.15 × 48.91 + (18.917)

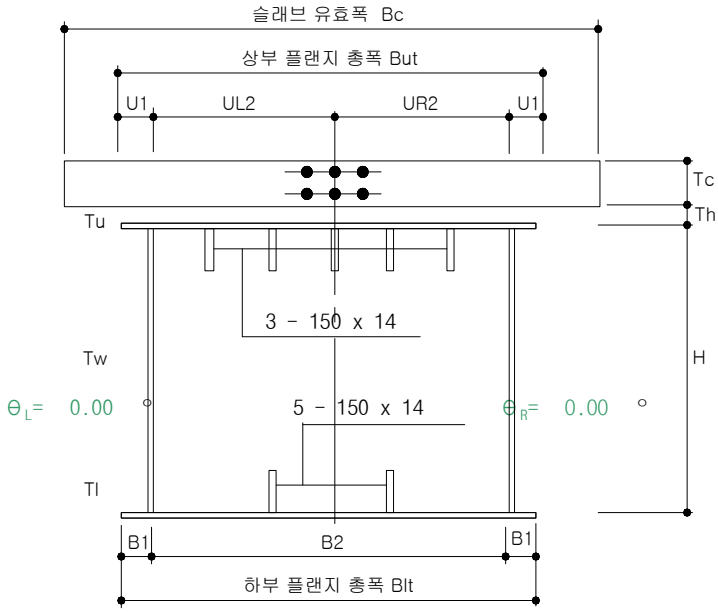
= 240.427 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-144.413	400.000	O.K!!!	2.76
	크리프,건조수축제외시	-150.117	400.000	O.K!!!	2.66
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-244.341	315.000	O.K!!!	1.28
	크리프,건조수축제외시	-249.905	315.000	O.K!!!	1.26
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	244.388	315.000	O.K!!!	1.28
	크리프,건조수축제외시	240.427	315.000	O.K!!!	1.31

5-14. 6경간 최대 부모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.600 m

Bc = 5.145 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.432 , Ble= 2.432 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.030 m

Tl = 0.032 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-17884.976
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-4882.607
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	-9614.299
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1894.069
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-460.657
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-898.306
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-4.088
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-13.150
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-78.003
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	50 , 50

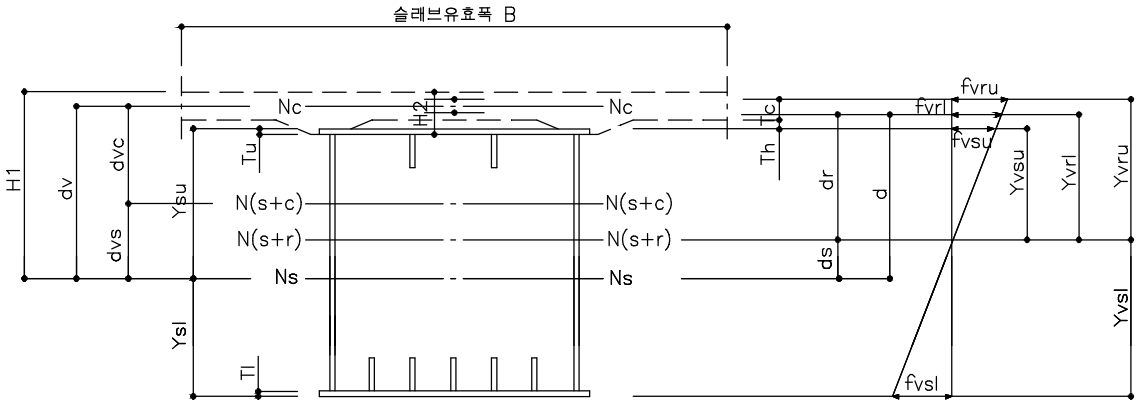
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2432.0	30.0	72960	1315.00	95942400	126164256000	5472000
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1225.00	7717500	9453937500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2432.0	32.0	77824	-1316.00	-102416384	134779961344	6640981
강단면 합계			229984		-11618984	286154717344	35195612981
UPPER RE-BAR	-	-	3773.40	1550.00	5848770	9065593500	-
LOWER RE-BAR	-	-	6752.40	1400.00	9453360	13234704000	-
RE-BAR 합계			10526		15302130	22300297500	-
1 - RC SLAB	5145.0	250.0	1286250	1475.00	1897218750	2798397656250	6699218750

* As = 229984 mm² , Ac = 1286250 mm² , Ar = 10526 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 286154717344 + 35195612981 = 321350330325 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -11618984 / 229984 = -50.521 mm

Is = Is' - As · δs² = 321350330325 - 229984 × -50.521² = 320763329537 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 30.0 - -50.521 = 1380.521 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1380.521 - 2662.000 = -1281.479 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6609072.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = **-76.974** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **71.452** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 30.379 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 240510 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1504.294 mm

dr = d·As / (As + Ar) = 1438.460 mm

ds = d - dr = 65.835 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl)·Arl/Ar = 1534.686 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1384.686 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1314.686 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1347.314 mm

Irv = Is + As·ds² + Ar·dr² = 343539759337 mm⁴

Fv = b·hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw)·(H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6648322.0 mm²

fvru = Msc·Yvru/Irv = **-21.812** MPa

fvrl = Msc·Yvrl/Irv = **-19.680** MPa

fvsu = Msc·Yvsu/Irv = **-18.685** MPa

fvsl = Msc·Yvsl/Irv = **19.149** MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2·Fv·Tw) = 7.465 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv·Yvru/Irv = **-42.950** MPa

fvrl = Mv·Yvrl/Irv = **-38.752** MPa

fvsu = Mv·Yvsu/Irv = **-36.793** MPa

fvsl = Mv·Yvsl/Irv = **37.706** MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2·Fv·Tw) = 14.885 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 390765.250 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1525.521 mm

dvc = dv·As / (Ac/n + As) = 897.842 mm

dvs = dv - dvc = 627.679 mm

n1 = n·(1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 310374.625 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv·As / (Ac/n1 + As) = 1130.393 mm K = -0.270

ds1 = dv - dc1 = 395.128 mm

Icv = Is + Ic/n + As·dvs² + Ac/n·dvc² = 541819016689.0 mm⁴

Nc = Msc·dvc·Ac/(n·Icv) = -1300867 N

Pφ = Nc·2·φ1 / (2+φ1) = -1300867 N

Mφ = Pφ·dc1 = -1470490817 N·mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fvru1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvru/Irv = **-3.635** MPa

fvrl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvrl/Irv = **-3.808** MPa

fvsu1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsu / Irv = **-3.889** MPa

fvsl1 = Pφ/Av + k*Mφ·Yvsl / Irv = **-6.966** MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 283577.750 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1237.211 mm

ds2 = dv - dc2 = 288.310 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2025844 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2506395260 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = **5.400** MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = **5.695** MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = **5.833** MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = **11.077** MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4051688 N

Mvt = P1 · dvc = 3637774487 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = **-12.742** MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = **-12.313** MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = **13.087** MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = **20.698** MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 52.729 MPa < υa = 110 MPa **O.K!!!**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

i = 0.65(ϕ/n)^2 + 0.13(ϕ/n) + 1.0

= 0.650 × (0.0 / 6)^2 + 0.130 × (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000

∵ ϕ = (f_1 - f_2)/f_1 ≒ 0

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

(단,f_1 ≥ f_2 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tl · i · n)- 24) = 232.819

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b = 1297.613 MPa

사용 tl = 32.0 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa (SD400 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-76.974	71.452	190.000	190.000
1+2+3	-64.762	-58.432	160.000	-132.452	128.307	190.000	190.000
1+2+3+4	-68.397	-62.240	160.000	-136.342	121.341	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-62.997	-56.545	160.000	-130.508	132.418	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-75.738	-68.858	184.000	-117.421	153.116	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-50.255	-44.232	184.000	-143.596	111.720	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-136.342}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{52.729}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.515 + 0.230 = 0.745 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{153.116}{218.500}\right)^2 + \left(\frac{52.729}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.491 + 0.230 = 0.721 < 1.2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 30 mm **O.K!!!**

tmin = 10 mm ≤ t = 32 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

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

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 32 mm **O.K!!!**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 32 mm **O.K!!!**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 9.9 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 71.452) = 1.631 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (219 × 1.114) = 10.7 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 153.116) = 1.114 < 1.2 ⇒ 1.114

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

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -21.812 MPa

합성후 활하중 응력 = -64.762 - -21.812 = -42.950 MPa

Σf = 1.3 ×-21.812 + 2.15 ×-42.95 + (-3.635) + (5.4) + (-12.742)

= -131.674 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-21.812 + 2.15 ×-42.95 + (-12.742)

= **-133.439** MPa < fy = **400.0** MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -76.974 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -18.685 MPa

합성후 활하중 응력 = -132.452 - -76.974 - -18.685 = -36.793 MPa

Σf = 1.3 × (-76.974 + -18.685) + 2.15 × -36.793 + (-3.889) + (5.833) + (-13.087)

= -214.606 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-76.974 + -18.685) + 2.15 × -36.793 + (-13.087)

= -216.550 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!**(크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 71.452 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 19.149 MPa

합성후 활하중 응력 = 128.307 - 71.452 - 19.149 = 37.706 MPa

Σf = 1.3 × (71.452 + 19.149) + 2.15 × 37.706 + (-6.966) + (11.077) + (20.698)

= 223.659 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (71.452 + 19.149) + 2.15 × 37.706 + (20.698)

= 219.547 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-131.674	400.000	O.K!!!	3.03
	크리프,건조수축제외시	-133.439	400.000	O.K!!!	2.99
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-214.606	315.000	O.K!!!	1.46
	크리프,건조수축제외시	-216.550	315.000	O.K!!!	1.45
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	223.659	315.000	O.K!!!	1.40
	크리프,건조수축제외시	219.547	315.000	O.K!!!	1.43

6. 받침용량 검토

구분		고정하중	활하중		지점침하		거더 평균		받침용량
			MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
P3	SH1	1558.375	596.392	-57.976	18.957	-18.911	2270.359	1510.592	3000
	SH2	1613.490	734.550	-54.788	18.953	-19.006			3500
P4	SH1	4437.366	629.426	-87.151	60.284	-60.265	5271.439	4354.673	8000
	SH2	4572.564	782.879	-92.893	60.359	-60.276			8000
P5	SH1	4437.366	629.426	-87.151	60.284	-60.265	5271.439	4354.673	6500
	SH2	4572.564	782.879	-92.893	60.359	-60.276			6500
P6	SH1	4437.366	629.426	-87.151	60.284	-60.233	5271.439	4354.689	8000
	SH2	4572.564	782.879	-92.893	60.359	-60.276			8000
A2	SH1	1558.375	596.392	-57.976	18.957	-18.943	2270.359	1510.608	3000
	SH2	1613.490	734.550	-54.788	18.953	-18.942			3000

7. 현장이음부 검토

7.1 현장이음의 설계

1) SPLICE - 2 [G2]

(강종 : SM490) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

휨 모멘트(kN·m)		전 단 력(kN)		총비틀림 모멘트 M_t(kN·m)	상부FL. 응력 f_u(MPa)	하부FL. 응력 f_l(MPa)	허용휨 인장응력 f_{sa}(MPa)
합성전 M_s	합성후 M_v	합성전 V_s	합성후 V_v				
13,326.79	3,559.79	109.552	32.085	419.703	81.32	-80.03	190.00

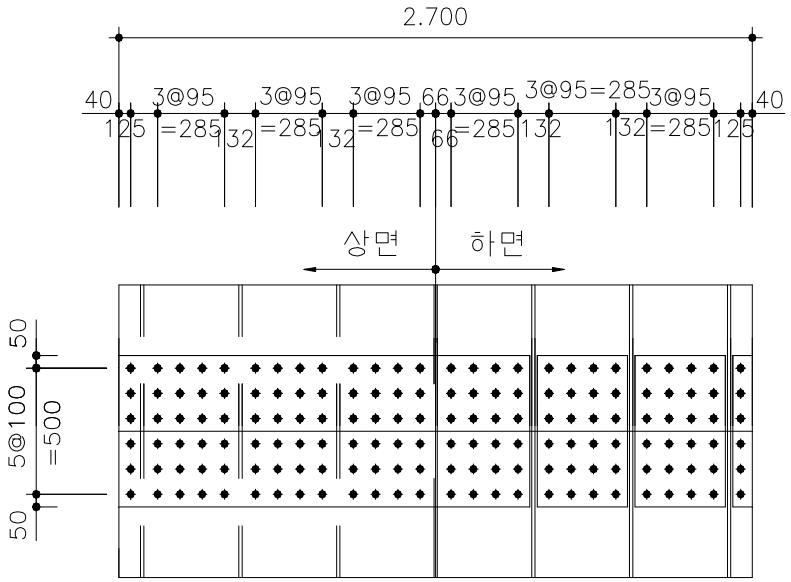
사용BOLT : H.T.B (M22 F 10T) ρ_{sa} = 48,000 × 2 면 = 96,000 N (☞도.설.해3.3.2.3)

(1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

- 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

f_s = 81.318 MPa

$f_{s(min)}$ = 0.75 × 190.0 = 142.5 MPa ∴ 이음부의 설계응력 (fu) f_s' = 142.5 MPa 적용



모재두께 = 10 mm

모재길이 = 2,700 mm

① 필요 BOLT수의 결정

n_{req} = A_s × f_s' / ρ_{sa} = 27,000.0 × 142.5 / 96,000.0 = 41ea ⇒ n_t = **78ea ...O.K !!**

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

A_{req} = A_s × f_s' / f_{sa} = 27,000.0 × 142.5 / 190.0 = 20,250.0 mm²

- 사용 이음판 전단면적 (A_{use})

1 PL -	2,700	×	10.0	×	600	= 27,000.0
6 PL -	385	×	10.0	×	600	= 23,100.0
2 PL -	80	×	10.0	×	600	= 1,600.0

$\sum$ = **51,700.0** mm² ≥ A_{req} **...O.K !!**

- 이음판의 응력

f_s = A_s×f_s' / A_{use} = 27,000.0 × 142.5 / 51,700.0 = **74.4** MPa ≤ f_{sa} **...O.K !!**

③ BOLT의 응력검토 (☞ 도.설.해 3.5.3.5)

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

ρ_p = P / n_t = 27,000.0 × 142.5 / 78.0 = **49,326.9** N/ea ≤ ρ_{sa} **...O.K !!**

• 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

Q_s = 2,700.0 × 10.0 × (1,337.5 - 5.0) = 3.598E+07 mm^3

Q_v = 2,700.0 × 10.0 × (557.8 - 5.0) = 1.493E+07 mm^3

I_s = 2.176E+11 mm^4 (합성전 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)

I_v = 4.167E+11 mm^4 (합성후 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)

p = 플랜지 전폭 / 횡방향 BOLT수 = 2,700.0 / 26ea = 103.8 mm (볼트의 피치)

n = 3ea (접합선에 직각방향의 볼트의 수)

$\rho_h = (V_s \cdot Q_s / I_s + V_v \cdot Q_v / I_v) \times p/n$

= (109.6×35,977,554.0/217,558,113,549.0 + 32.1

×14,925,600.0/416,728,072,437.0)×(103.8/3.0) = 666.9 N/ea

• 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

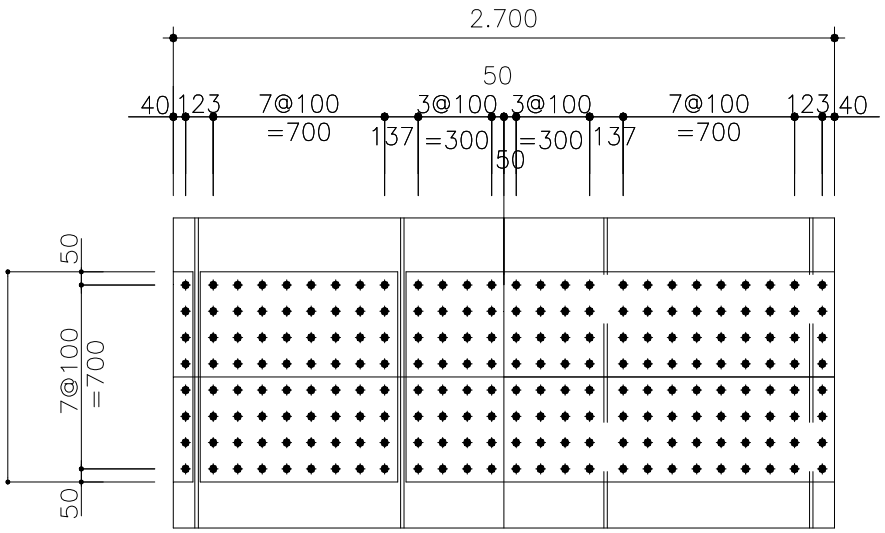
$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 2.433E+09 + 4.447E+05 = **49,331.4** N/ea ≤ ρ_{sa} ...O.K !!

(2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

• 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

f_s = 80.031 MPa

f_s' = 0.75 × 190.0 = 142.5 MPa ∴ 이음부의 설계응력 (fl) = 142.5 MPa 적용



모재두께 = 14 mm

모재길이 = 2,700 mm

① 필요 BOLT수의 결정

$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa}$ = 37,800.0 × 142.5 / 96,000.0 = 57ea ⇒ n_t = **104ea** ...O.K !!

② 이음판의 결정

• 필요 단면적 산정

$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa}$ = 37,800.0 × 142.5 / 190.0 = 28,350.0 mm^2

• 사용 이음판 전단면적 A_{use}

1 PL -	2,700	×	14.0	×	800	= 37,800.0
3 PL -	800	×	14.0	×	800	= 33,600.0
2 PL -	80	×	14.0	×	800	= 2,240.0
					Σ	= **73,640.0** mm^2

• 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제) (☞ 도.설.해 3.5.3.7)

A_n = 73,640.0 - 25.0 × 14.0 × 26.0열 × 4ea = **37,240.0** ㎟ ≥ A_{req} **...O.K !!**

• 이음판의 응력

f_s = $A_s \times f_s' / A_n$ = 37,800.0 × 142.5 / 37,240.0 = **144.6** MPa ≤ f_{sa} **...O.K !!**

③ BOLT의 응력검토 (☞ 도.설.해 3.5.3.5)

• 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

ρ_p = P / n_t = 37,800.0 × 142.5 / 104.0 = **51,793.3** N/ea ≤ ρ_{sa} **...O.K !!**

• 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

Q_s = 2,700.0 × 14.0 × (1,286.5 - 7.0) = 4.837E+07 ㎣

Q_v = 2,700.0 × 14.0 × (2,066.2 - 7.0) = 7.784E+07 ㎣

I_s = 2.176E+11 ㎟ (합성전 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)

I_v = 4.167E+11 ㎟ (합성후 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)

p = 플랜지전폭/횡방향1열BOLT수 = 2,700.0 / 26ea = 103.8 ㎜ (볼트의 피치)

n = 4ea (접합선에 직각방향의 볼트의 수)

ρ_h = $(V_s \cdot Q_s / I_s + V_v \cdot Q_v / I_v) \times p/n$

= (109.6×48,365,024.4/217,558,113,549.0 + 32.1

×77,837,760.0/416,728,072,437.0)×(103.8/4.0) = 787.9 N/ea

• 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

ρ = $\sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 2.683E+09 + 6.207E+05 = **51,799.3** N/ea ≤ ρ_{sa} **...O.K !!**

④ 모재의 응력검토

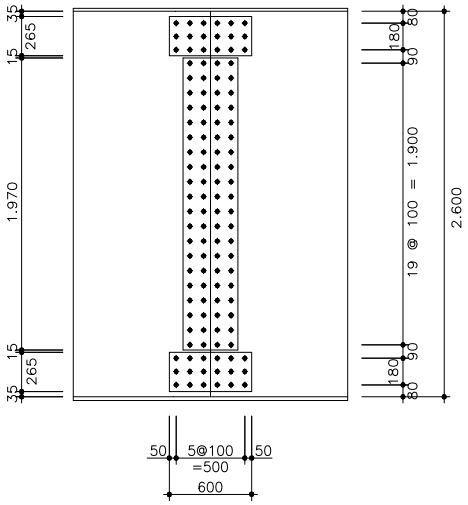
A_{sn} = 14.0 × (2,700.0 - 25.0 × 26.0) = 28,700.0 ㎟

fl = $A_s \times f_s' / A_{sn}$ = 37,800.0 × 142.5 / 28,700.0 = **187.7** MPa ≤ f_{sa} **...O.K !!**

(3) WEB 연결부의 계산 : (좌측 WEB)

① BOLT의 응력계산

• 휨에 의한 BOLT의 응력



Box 평균 높이 = 2,600 mm

Box 계산 높이 = 2,600 mm

WEB 두께 = 10 mm

중립축에서 연단까지 거리 h_o = 1,300 mm

$f_1 = fu$ = 142.50 MPa

$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o$ = 128.80 MPa

$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o$ = 118.93 MPa

$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o$ = 109.07 MPa

$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o$ = 98.65 MPa

$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o$ = 87.69 MPa

제1열 ρ_p = (142.500 + 128.798) / 2 × 125.0 × 10.0 / 3ea = **56,520.4** N/ea ≤ ρ_{sa} ..... **O.K !!**

제2열 ρ_p = (128.798 + 118.933) / 2 × 90.0 × 10.0 / 3ea = **37,159.6** N/ea ≤ ρ_{sa} ..... **O.K !!**

제3열 ρ_p = (118.933 + 109.067) / 2 × 90.0 × 10.0 / 3ea = **34,200.0** N/ea ≤ ρ_{sa} ..... **O.K !!**

제4열 ρ_p = (109.067 + 98.654) / 2 × 95.0 × 10.0 / 2ea = **49,333.8** N/ea ≤ ρ_{sa} ..... **O.K !!**

제5열 ρ_p = (98.654 + 87.692) / 2 × 100.0 × 10.0 / 2ea = **46,586.5** N/ea ≤ ρ_{sa} ..... **O.K !!**

$\sum y_i^2$ = 3열 x 3846900 x 2 + 2열 x 3275250 x 2 = 36,182,400 ㎟

M_w = (f_s x t_w x h_w^2) / 6 = (142.5 x 10 x 2600 ^2) / 6 = 1,605,500,000 Nmm = 1,605,500 kNmm

ρ_p = (Mw / $\sum y_i^2$) x y_n = (1605500 / 36182400) x 1300 = 57.684 kN < 96.000 kN **O.K!!!**

• 전단력에 의한 BOLT의 응력 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

∵ 전단응력 υ = V / A_w + M_t / (2·F·t_w) [비틀림 모멘트 고려시]

- 한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : (V_s + V_v) / 2 = (109.6 + 32.1)/2 = 70,818.5 N

- 비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : M_t / (2·b) = 419.7 / (2×600) = 349,752.5 N

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

ρ_s = (70,818.5 + 349,752.5) / 60ea = **7,009.5** N/ea ≤ ρ_{sa} **...O.K !!**

• 합성 응력의 검토

ρ = $\sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)}$ = $\sqrt{(}$ 56,520.4² + 7,009.5²) = **56,953.4** N/ea ≤ ρ_{sa} **...O.K !!**

② 이음판의 응력계산

• 복부판의 단면2차 모멘트

- 합성전 단면2차 모멘트

I_{sw}' = (10.0 × 2,600.0³) / 12 + 10.0 × 2,600.0 × (1,300.0 - 1,286.5)² = 1.465E+10 mm⁴

- 합성후 단면2차 모멘트

I_{vw}' = (10.0 × 2,600.0³) / 12 + 10.0 × 2,600.0 × (2,066.2 - 1,300.0)² = 2.991E+10 mm⁴

• 복부판에 작용하는 모멘트

- 복부에 작용하는 합성전 고정하중에 의한 모멘트

M_{sw} = M_s × I_{sw}' / I_s = 13,326.8 × 14,651,406,570.8 × 217,558,113,549.0 = 897.5 kN·m

- 복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트

M_{vw} = M_v × I_{vw}' / I_v = 3,559.8 × 29,910,290,106.7 × 416,728,072,437.0 = 255.5 kN·m

• 복부 이음판의 단면2차모멘트

규 격	A_s(mm²)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm³)	$A_s \cdot Y^2$(mm⁴)	I_{xo}(mm⁴)
4 - 270.0 × 10.0	10,800.0	1,265.0	1.366E+07	1.728E+10	6.561E+07
2 - 1,980.0 × 10.0	39,600.0	-	-	-	1.294E+10
합 계	50,400.0	1,265.0	1.366E+07	1.728E+10	1.300E+10

I = I_o + AY^2 = 13,002,930,000.0 + 17,282,430,000.0 = **3.029E+10** mm⁴

- 합성전 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{sw} = 30,285,360,000.0 + 50,400.0 × (1,300.0 - 1,286.5)² = 3.029E+10 mm⁴

- 합성후 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} = 30,285,360,000.0 + 50,400.0 × (2,066.2 - 1,300.0)² = 5.987E+10 mm⁴

• 이음판의 응력 검토

- 합성전 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

y_{su} = 1,337.5 mm y_{sl} = 1,286.5 mm

- 합성후 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

$y_{su,v}$ = 557.8 mm $y_{sl,v}$ = 2,066.2 mm

- 이음판의 상연 응력 검토

f_u = ($M_{sw} \cdot y_{su}$)/I_{sw} + ($M_{vw} \cdot y_{su,v}$)/I_{vw}

= (897.5 × 1,337.5) / 30,294,548,121.8 + (255.5 × 557.8) / 59,873,306,976.0

= 39.624 + 2.380 = 42.004 MPa ≤ f_{sa} = 190.000 MPa **...O.K !!**

- 이음판의 하연 응력 검토

f_l = ($M_{sw} \cdot y_{sl}$)/I_{sw} + ($M_{vw} \cdot y_{sl,v}$)/I_{vw}

= (897.5 × 1,286.5) / 30,294,548,121.8 + (255.5 × 2,066.2) / 59,873,306,976.0

= 38.113 + 8.817 = 46.930 MPa ≤ f_{sa} = 190.000 MPa **...O.K !!**

8. 피로검토 (☞ 도.설 3.3.4.1)

가) 응력반복횟수

부재 및 하중구분 / 도로의 종류	종방향 주부재		횡방향 부재	비 고
	트럭하중	차선하중	트럭하중	
고속도로,국도 주간선 도로	2 백만	50 만	2 백만 이상	
기 타 도 로	10 만	10 만	50 만	

나) 허용응력 범위 fsr (MPa)

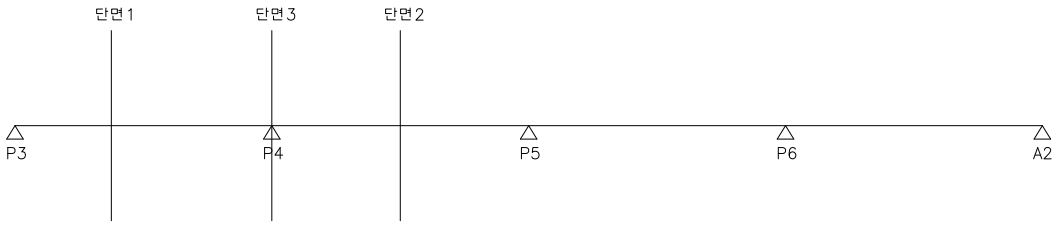
응 력 범 주	다재하 경로구조				단재하 경로구조			
	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상
A	442	260	168	168	351	203	168	168
B	344	203	126	112	274	161	112	112
B'	274	161	101	84	218	126	77	77
C	250	147	91	70	196	112	70	63
				84*			84*	77*
D	196	112	70	49	154	91	56	35
E	154	91	56	31	119	70	42	16
E'	112	64	40	18	84	49	28	9
F	105	84	63	56	84	63	49	42

주 : * 는 거더 복부판과 플랜지의 수직보강재 용접의 경우

다) 피로조사위치 및 응력범주의 설정

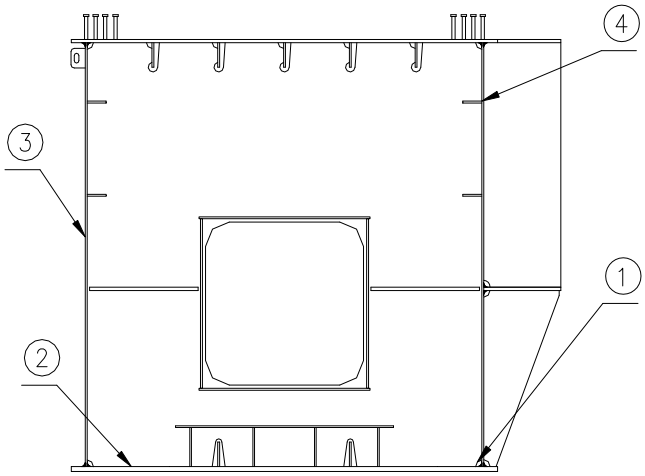
활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여 피로검토를 수행 한다.

- 피로조사 단면위치



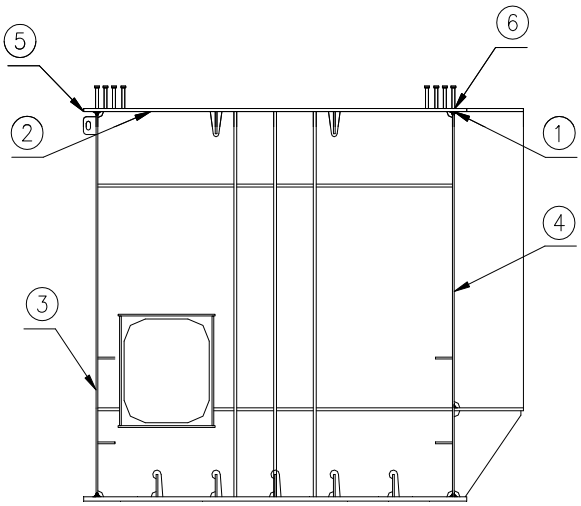
본 교량은 고속도로 에 속하는 다재하경로구조로서 트럭하중 2백만회 와 차선하중 50만회 에 대하여 검토 하는 것으로 한다.

단면 I, II



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

단면 III



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
		F	63	84	전단피로검토
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	
⑤	인장측 플랜지에 부착된 가로보 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
⑥	스터드에 인접한 인장측 플랜지부	C	91	147	

라) 설계피로응력

· 휨모멘트에 대한 피로검토

$$\Delta f = \frac{\Delta M}{Iv}\, y$$

여기서, Δf: 설계피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

ΔM = Mmax - Mmin (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

Iv : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

y : 합성후 단면 도심으로부터의 거리

단면 I

구분	ΔM (kN·m)		Iv (mm^4)	y (mm)	Δf (MPa)		응력 범주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	8350.797	9874.435	4.167E+11	2086	41.805	49.433	B	126	203	O.K.
②				2086	41.805	49.433	C	91	147	O.K.
③				990	19.829	23.447	E	56	91	O.K.
④				414	8.287	9.799	E	56	91	O.K.

단면 II

구분	ΔM (kN·m)		Iv (mm^4)	y (mm)	Δf (MPa)		응력 범주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	7257.029	9366.809	3.645E+11	2126	42.321	54.625	B	126	203	O.K.
②				2126	42.321	54.625	C	91	147	O.K.
③				1032	20.538	26.509	E	56	91	O.K.
④				456	9.070	11.706	E	56	91	O.K.

단면 III

구분	ΔM (kN·m)		Iv (mm^4)	y (mm)	Δf (MPa)		응력 범주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	5146.763	10076.68	3.435E+11	1347	20.185	39.519	B	126	203	O.K.
②				1347	20.185	39.519	C	91	147	O.K.
③				132	1.984	3.884	E	56	91	O.K.
④				405	6.072	11.888	E	56	91	O.K.
⑤				1268	18.992	37.184	E	56	91	O.K.
⑥				1283	19.217	37.624	C	91	147	O.K.

· 전단에 대한 피로검토 - 플랜지와 복부판의 필릿용접부에 대한 전단피로검토

이 부위의 피로상세범주는 "F" 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점 118 을 설정 하였음

$$\Delta\upsilon = \frac{\Delta S \cdot Q}{Iv \cdot \Sigma a}$$

여기서, Δυ : 설계전단피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

ΔS = Smax - Smin (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

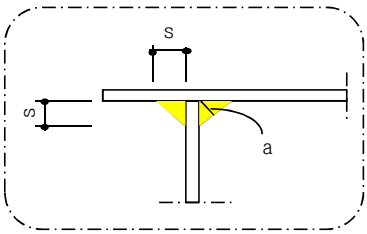
Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한 단면 1차 모멘트 (mm^3 = A(mm^2) · y(mm)

y = Yvsu(I) - tu(I)/2

Iv : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

Σa : 필릿 용접의 목두께의 합 (mm = 4EA ×s /$\sqrt{2}$

s : 필릿 용접 치수 (mm)



- 상부 플랜지와 복부판

구 분	ΔS (kN)	tu (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Yvsu (mm)	Q (mm^3)	Iv (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δυ (MPa)	υsr (MPa)	비고
DB하중	1454.830	30	2500	75000	1084	8.119E+07	######	8	22.6	15.2	63	OK
DL하중	1986.611									20.7	84	OK

- 하부 플랜지와 복부판

구 분	ΔS (kN)	tl (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Yvsl (mm)	Q (mm^3)	Iv (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δυ (MPa)	υsr (MPa)	비고
DB하중	1454.830	32	2500	80000	1382	1.104E+08	######	8	22.6	20.7	63	OK
DL하중	1986.611									28.2	84	OK