

< 일산대교 R-I (IBR1) >

Steel BOX GIRDER교

$39.84+57.50+2@40.0+37.45=214.79\text{m}$

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

- (1) 교 량 명 : 일산대교 R-I (IBR1)
 (3) 교 량 형 식 : Steel Box Girder교
 (4) 교 량 연 장 : $39.84 + 57.50 + 2@40.00 + 37.45 = 214.79$ m
 (5) 교 량 폭 원 : B = 10.500 m
 (7) 사 각(Skew) : 90.000 °
 (6) Girder 제 원 : B = 2.500 m H = 2.000 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})	206,000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000 MPa

▪ 허용 응력 (MPa)

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

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
응력 종류, 판두께 (mm)								
㉔ 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
휨자굴이 일어나기 어려운 경우 휨 압축응력 적용

▪ 항복 응력 (MPa)

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

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

▪ 국부좌굴을 고려하지 않는 허용 축방향 압축응력 (MPa)

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

※ TMC 강재일 경우에는 일반강재에 40이하 값을 사용함

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

▪ ③ 이외의 허용 휨 압축 응력 (MPa)

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

※ TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용한다.

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

▪ 강재 주거더의 허용응력 증가율

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)

볼트의 등급	F 8 T	F 10 T	S 10 T	F 13 T	S 13 T
나사호칭					
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

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 선팅창계수 (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

- ① 철근 콘크리트 : 25.000 kN/m³
- ② 무근 콘크리트 : 23.500 kN/m³
- ③ 강 재 : 78.500 kN/m³
- ④ 포장 콘크리트 : 23.000 kN/m³

(2) 활 하 중

① 설계 차선수 산정

$$W_c = 9.250 \text{ m}, N = 2 \text{ 차로}$$

$$W = 9.250 / 2 = 4.625 \text{ m} > 3.600 \text{ m}$$

∴ 설계 차로폭 3.600m마다 2차로 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 총 격 계 수

1경간	$i = 15 / (40 + L) = 0.188$	<	0.300	$\therefore i = 0.188$
2경간	$i = 15 / (40 + L) = 0.154$	<	0.300	$\therefore i = 0.154$
3,4경간	$i = 15 / (40 + L) = 0.188$	<	0.300	$\therefore i = 0.188$
5경간	$i = 15 / (40 + L) = 0.194$	<	0.300	$\therefore i = 0.194$

(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

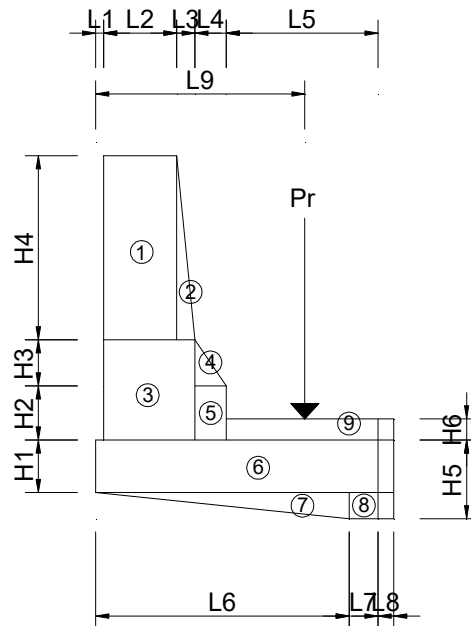
- (1) 바 닥 판 : 강도설계법
- (2) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

4) 참 고 문 헌

- (1) 도로교 설계기준 (2010)
- (2) 콘크리트 구조기준(2012)
- (3) 도로설계 편람 (2008)
- (4) 도로설계 요령 (2009)
- (5) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

1. 바닥판설계

1. 좌측 캔틸레버부



콘크리트 단위중량	: 25.000 kN/m ³	H1 =	0.200 m	L1 =	0.030 m
포장 단위중량	: 23.000 kN/m ³	H2 =	0.205 m	L2 =	0.280 m
설계 속도	: 50.000 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)	: 146.000 m	H5 =	0.300 m	L5 =	0.640 m
		H6 =	0.080 m	L6 =	1.030 m
				L7 =	0.110 m
				L8 =	0.060 m
				L9 =	0.800 m

가) 고정하중

NO.	작 용 하 중 (kN)	거리 (m)	모멘트(kN · m)
1	$0.7 \times 0.28 \times 25 = 4.900$	0.970	4.753
2	$0.7 \times 0.07 \times \frac{1}{2} \times 25 = 0.613$	0.807	0.494
3	$0.38 \times 0.35 \times 25 = 3.325$	0.935	3.109
4	$\frac{1}{2} \times 0.175 \times 0.12 \times 25 = 0.263$	0.720	0.189
5	$0.205 \times 0.12 \times 25 = 0.615$	0.700	0.431
6	$0.2 \times 1.14 \times 25 = 5.700$	0.570	3.249
7	$\frac{1}{2} \times 0.1 \times 1.03 \times 25 = 1.288$	0.453	0.584
8	$0.1 \times 0.11 \times 25 = 0.275$	0.055	0.015
9	$0.08 \times 0.64 \times 23 = 1.178$	0.320	0.377
TOTAL	18.155		13.200

$$\therefore M_d = 13.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.34 + 1.14 = 1.412 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.340 \text{ m}$$

충격계수

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.34) = 0.372 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$MI+i = Pr/E \cdot X \cdot (1 + i) = (96 / 1.412) \times 0.34 \times (1 + 0.3) = 30.051 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 차량 충돌 하중

수평충돌력 H가 상단부에 작용하는 것으로 한다.

(직선구간 : 10.000 kN/m, 곡선구간 : 20.000 kN/m)

$$H = 20.000$$

$$Mco = 20.000 \times 1.080 = 21.600 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

라) 원심하중 (교면상 1.8m 높이에 작용하는 것으로 한다.)

$$CF = 0.790 \frac{V^2}{R} (\%) = 0.790 \frac{50^2}{146.000} (\%) = 13.527 (\%)$$

$$Pcf = Pr / E \times 13.527 / 100 = 9.197 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$Mcf = 9.197 \times 1.8 = 16.555 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

마) 풍하중

$$Pw = 3.0 \text{ kN/m}^2 \times 1.000 \text{ m} = 3.000 \text{ kN/m}$$

$$Mw = 3.000 \text{ kN/m} \times 0.580 \text{ m} = 1.740 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

바) 하중 조합

계수 모멘트

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad Mu1 &= 1.3 \quad Md + 2.15 \quad MI+i + 1.3 \quad Mcf \\ &= 1.3 \times 13.2 + 2.15 \times 30.051 + 1.3 \times 16.555 = 103.291 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad Mu2 &= 1.3 \quad Md + 1.3 \quad MI+i + 1.3 \quad Mcf + 1.3 \quad Mco \\ &= 1.3 \times 13.2 + 1.3 \times 30.051 + 1.3 \times 16.555 + 1.3 \times 21.6 = 105.827 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \quad Mu3 &= 1.3 \quad Md + 1.3 \quad MI+i + 1.3 \quad Mcg + 0.65 \quad Mw \\ &= 1.3 \times 13.2 + 1.3 \times 30.051 + 1.3 \times 16.555 + 0.65 \times 1.74 = 78.878 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{4} \quad Mu4 &= 1.2 \quad Md + 1.2 \quad Mw + 1.2 \quad Mco \\ &= 1.2 \times 13.2 + 1.2 \times 1.74 + 1.2 \times 21.6 = 43.848 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

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

$$h_{min} = (80 \cdot L + 230) = \{(80 \times 0.34) + 230\} = 257 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 300.0 \text{ mm} > 257.0 \text{ mm} \quad \mathbf{O.K!!}$$

사) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

$$\begin{aligned}
 M_u &= 105.827 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 b &= 1000 \text{ mm} & h &= 300.0 \text{ mm} \\
 d' &= 60 \text{ mm} & d &= 240.0 \text{ mm} \\
 \phi(\text{Bending}) &= 0.85 & \beta_1 &= 0.85
 \end{aligned}$$

[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$\begin{aligned}
 a &= A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s = 27.692 \text{ mm} \\
 M_u &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.0 A_s^2 + 81600 A_s \\
 &= 105827000
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times (H - a/\beta_1 - D_{c_min}) / (a/\beta_1) = 0.01910 > 0.004$$

0.K!!

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

$$\therefore \text{Req'd } A_s = 1364.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1819.3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.002 \times b \times d = 480.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 1.4/f_y \times b \times d = 840.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 779.4 \text{ mm}^2$$

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

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

0.K!!

[RE-BAR RATIO CHECK]

$$P = A_s / (b \times d) = 0.00662 < P_{\max} = 0.75 \times p_b = 0.0219 \quad \mathbf{0.K!!}$$

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\text{Max. } c = 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times \epsilon = 108.000 \text{ mm} > c = a/0.85 = 32.578 \text{ mm}$$

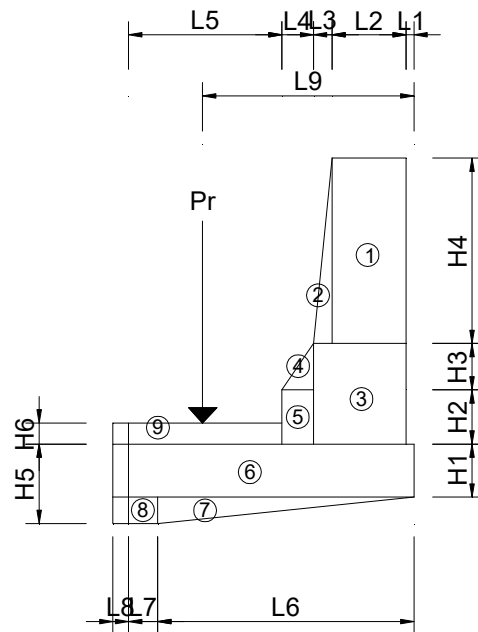
$$\text{Max. } a = 0.85 \times c = 91.800 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 27.692 \text{ mm}$$

$$j d = d - a/2 = 226.154 \text{ mm}$$

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

$$\phi M_n = \phi f_y \times A_s \times j d = 122.167 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 105.827 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \mathbf{0.K!!}$$

2. 좌측 캔틸레버부



콘크리트 단위중량	: 25.000 kN/m ³	H1 =	0.200 m	L1 =	0.030 m
포장 단위중량	: 23.000 kN/m ³	H2 =	0.205 m	L2 =	0.280 m
설계 속도	: 50.000 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)	: 146.000 m	H5 =	0.499 m	L5 =	0.640 m
		H6 =	0.080 m	L6 =	1.030 m
				L7 =	0.110 m
				L8 =	0.060 m
				L9 =	0.800 m

가) 고정하중

NO.	작 용 하 중 (kN)	거리 (m)	모멘트(kN · m)
1	$0.7 \times 0.28 \times 25 = 4.900$	0.970	4.753
2	$0.7 \times 0.07 \times \frac{1}{2} \times 25 = 0.613$	0.807	0.494
3	$0.38 \times 0.35 \times 25 = 3.325$	0.935	3.109
4	$\frac{1}{2} \times 0.175 \times 0.12 \times 25 = 0.263$	0.720	0.189
5	$0.205 \times 0.12 \times 25 = 0.615$	0.700	0.431
6	$0.2 \times 1.14 \times 25 = 5.700$	0.570	3.249
7	$\frac{1}{2} \times 0.2988 \times 1.03 \times 25 = 3.847$	0.453	1.744
8	$0.2988 \times 0.11 \times 25 = 0.822$	0.055	0.045
9	$0.08 \times 0.64 \times 23 = 1.178$	0.320	0.377
TOTAL	21.261		14.390

$$\therefore M_d = 14.39 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.34 + 1.14 = 1.412 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.340 \text{ m}$$

충격계수

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.34) = 0.372 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$MI+i = Pr/E \cdot X \cdot (1 + i) = (96 / 1.412) \times 0.34 \times (1 + 0.3) = 30.051 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 차량 충돌 하중

수평충돌력 H가 상단부에 작용하는 것으로 한다.

(직선구간 : 10.000 kN/m, 곡선구간 : 20.000 kN/m)

$$H = 20.000$$

$$Mco = 20.000 \times 1.080 = 21.600 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

라) 원심하중 (교면상 1.8m 높이에 작용하는 것으로 한다.)

$$CF = 0.790 \frac{V^2}{R} (\%) = 0.790 \frac{50^2}{146.000} (\%) = 13.527 (\%)$$

$$Pcf = Pr / E \times 13.527 / 100 = 9.197 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$Mcf = 9.197 \times 1.8 = 16.555 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

마) 풍하중

$$Pw = 3.0 \text{ kN/m}^2 \times 1.000 \text{ m} = 3.000 \text{ kN/m}$$

$$Mw = 3.000 \text{ kN/m} \times 0.580 \text{ m} = 1.740 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

바) 하중 조합

계수 모멘트

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad Mu1 &= 1.3 \quad Md + 2.15 \quad MI+i + 1.3 \quad Mcf \\ &= 1.3 \times 14.39 + 2.15 \times 30.051 + 1.3 \times 16.555 = 104.838 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad Mu2 &= 1.3 \quad Md + 1.3 \quad MI+i + 1.3 \quad Mcf + 1.3 \quad Mco \\ &= 1.3 \times 14.39 + 1.3 \times 30.051 + 1.3 \times 16.555 + 1.3 \times 21.6 = 107.375 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \quad Mu3 &= 1.3 \quad Md + 1.3 \quad MI+i + 1.3 \quad Mcg + 0.65 \quad Mw \\ &= 1.3 \times 14.39 + 1.3 \times 30.051 + 1.3 \times 16.555 + 0.65 \times 1.7 = 80.426 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{4} \quad Mu4 &= 1.2 \quad Md + 1.2 \quad Mw + 1.2 \quad Mco \\ &= 1.2 \times 14.39 + 1.2 \times 1.74 + 1.2 \times 21.6 = 45.277 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

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

$$h_{min} = (80 \cdot L + 230) = \{(80 \times 0.34) + 230\} = 257 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 498.8 \text{ mm} > 257.0 \text{ mm} \quad \mathbf{O.K!!}$$

사) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

$$\begin{aligned}
 M_u &= 107.375 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 b &= 1000 \text{ mm} & h &= 498.8 \text{ mm} \\
 d' &= 60 \text{ mm} & d &= 438.8 \text{ mm} \\
 \phi(\text{Bending}) &= 0.85 & \beta_1 &= 0.85
 \end{aligned}$$

[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$\begin{aligned}
 a &= A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s = 27.692 \text{ mm} \\
 M_u &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.0 A_s^2 + 149192 A_s \\
 &= 107375000
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times (H - a/\beta_1 - D_{c_min}) / (a/\beta_1) = 0.03741 > 0.004$$

0.K!!

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

$$\therefore \text{Req'd } A_s = 730.3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 973.7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.002 \times b \times d = 877.6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 1.4/f_y \times b \times d = 1535.8 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 1425.0 \text{ mm}^2$$

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

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

0.K!!

[RE-BAR RATIO CHECK]

$$P = A_s / (b \times d) = 0.00362 < P_{\max} = 0.75 \times p_b = 0.0219 \quad \mathbf{0.K!!}$$

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\text{Max. } c = 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times \epsilon = 197.460 \text{ mm} > c = a/0.85 = 32.578 \text{ mm}$$

$$\text{Max. } a = 0.85 \times c = 167.841 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 27.692 \text{ mm}$$

$$j d = d - a/2 = 424.954 \text{ mm}$$

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

$$\phi M_n = \phi f_y \times A_s \times j d = 229.557 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 107.375 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \mathbf{0.K!!}$$

1-3. 중앙부

가) 고정 하중

$$\begin{aligned}
 \text{철근콘크리트 : } & 0.250 \text{ m} \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 6.250 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{포장 : } & 0.080 \text{ m} \times 23.000 \text{ kN/m}^3 = 1.840 \text{ kN/m}^2 \\
 \hline
 & W_d = 8.090 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{계산지간 } L = & 2.730 \text{ m} \quad \text{바닥판 지점의 수 } n = 4 \\
 M_d = (1/10) \cdot W_d \cdot L^2 = & (1/10) \times 8.09 \times 2.73^2 = 6.029 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

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

충격계수

$$\begin{aligned}
 i &= 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.73) = 0.351 > 0.3 \therefore i = 0.3 \\
 M_{I+i} &= (L+0.6) / 9.6 \cdot P_r \cdot (1+i) = ((2.73 + 0.6) / 9.6) \times 96 \times (1 + 0.3) \\
 &= 43.290 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

연속바닥판이므로,

$$M_{I+i} = 0.8 \times 43.29 = 34.632 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 원심하중 - 교면상 1.8 M 높이에 작용하는 것으로 한다.

· 일반 활하중 작용시

$$\begin{aligned}
 CF &= 0.79 \frac{V^2}{R} (\%) = 0.79 \frac{50^2}{146} (\%) = 13.527 (\%) \\
 (P/E)L/4 &= (L+0.6)P/9.6 \therefore E = 2.4L/(L+0.6) = 1.968 \\
 P_{cf} &= P_r/E \times 13.527 / 100 = 6.600 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \\
 M_{cf} &= 6.600 \times 1.8 = 11.880 \text{ kN} \cdot \text{m/m}
 \end{aligned}$$

다) 하중 조합

① 계수 모멘트

$$\begin{aligned}
 M_{u1} &= 1.3 M_d + 2.15 M_{I+i} + 1.3 M_{cf} \\
 &= 1.3 \times 6.029 + 2.15 \times 34.632 + 1.3 \times 11.88 = 97.741 \text{ kN} \cdot \text{m/m}
 \end{aligned}$$

라) 바닥판의 최소 두께

$$\begin{aligned}
 h_{min} &= (30 \cdot L + 130) = \{(30 \times 2.73) + 130\} = 212 \text{ mm} \\
 h_{use} &= 250.0 \text{ mm} > 212.0 \text{ mm} \quad \mathbf{O.K!!}
 \end{aligned}$$

마) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 27 \text{ MPa} & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ \mu &= 97.741 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ b &= 1000 \text{ mm} & h &= 250 \text{ mm} \\ d' &= 40 \text{ mm} & d &= 210 \text{ mm} \\ \phi(\text{Bending}) &= 0.85 & \beta_1 &= 0.85 \end{aligned}$$

[Req'd d & As]

$$\begin{aligned} a &= A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s = 27.692 \text{ mm} \\ \mu &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.0 A_s^2 + 71400 A_s \\ &= 97741000 \\ \epsilon_t &= 0.003 \times (H - a/\beta_1 - D_{c_min}) / (a/\beta_1) = 0.01634 > 0.004 \\ &0.005 < \epsilon_t \quad \phi_f = 0.850 \end{aligned}$$

O.K.!!

$$\begin{aligned} \therefore \text{Req'd } A_s &= 1457.0 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1942.7 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.002 \times b \times d = 420.0 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 1.4/f_y \times \frac{b \times d}{4} = 735.0 \text{ mm}^2 \\ \text{Min. } A_s &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 682.0 \text{ mm}^2 \\ \text{USE } H 16 @ 125 &= 1588.8 \text{ mm}^2 \\ \hline A_{s\text{use}} &= 1588.8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

O.K. !!

[RE-BAR RATIO CHECK]

$$P = A_s / (b \times d) = 0.0076 < P_{\max} = 0.75 \times p_b = 0.0219 \quad \text{O.K.!!}$$

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\begin{aligned} \text{Max. } c &= 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 94.500 \text{ mm} > c = a/0.85 = 32.578 \text{ mm} \\ \text{Max. } a &= 0.85 \times c = 80.325 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 27.692 \text{ mm} \\ j d &= d - a/2 = 196.154 \text{ mm} \\ C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 635.520 \text{ kN} & T &= f_y \times A_s = 635.520 \text{ kN} \\ \phi M_n &= \phi f_y \times A_s \times j d = 105.961 \text{ kN} \cdot \text{m} > \mu = 97.741 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

4. 지점부

(지점부 부모멘트 구간에 인장을 받는 바닥판 콘크리트의 교축방향 철근)

· 바닥판 콘크리트 단면적의 1.5 % 이상

· 주장률 0.0035 mm/mm^2 이상

$$\cdot A_c = 1,000 \times 250 = 250,000 \text{ mm}^2$$

$$\cdot A_s' = 250,000 \times 0.015 = 3,750.0 \text{ mm}^2$$

· 사용 철근량 :

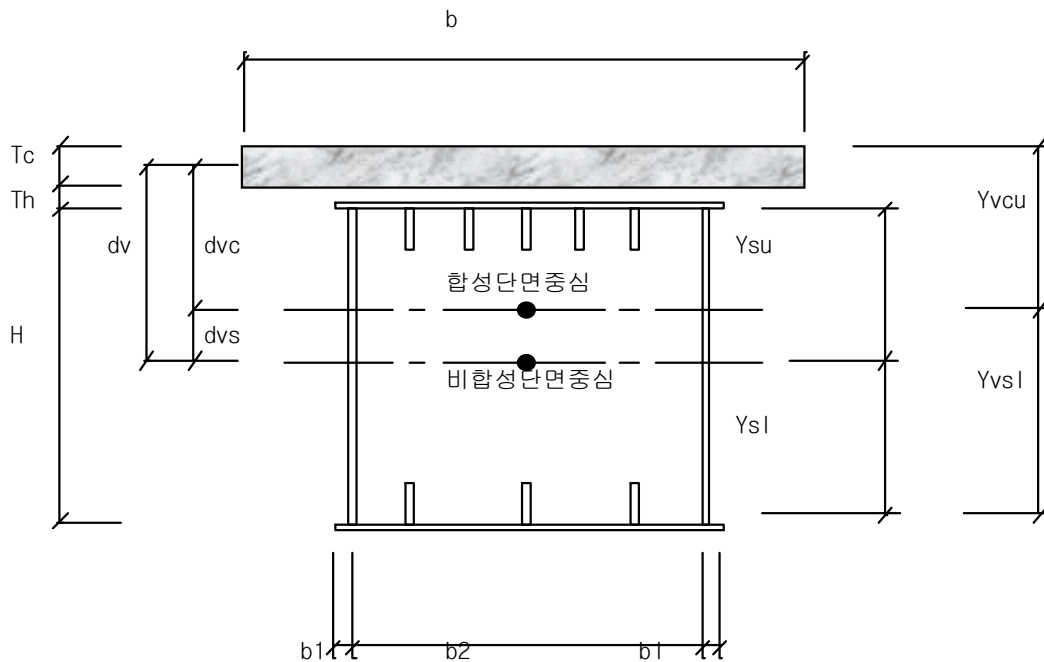
상 면	H 29 @ 150	=	4282.7 mm^2
하 면	H 25 @ 150	=	3378.0 mm^2
		As =	7,660.7 mm^2

$$\therefore A_s = 7,660.7 \text{ mm}^2 \quad A_s' = 3,750.0 \text{ mm}^2 \quad \text{O.K.!!}$$

$$\cdot \text{주장률} = \frac{9 \times 150.00 + 8 \times 150.000}{250,000} = 0.0102 > 0.0035 \quad \text{O.K.!!}$$

2. 단면상수 산정

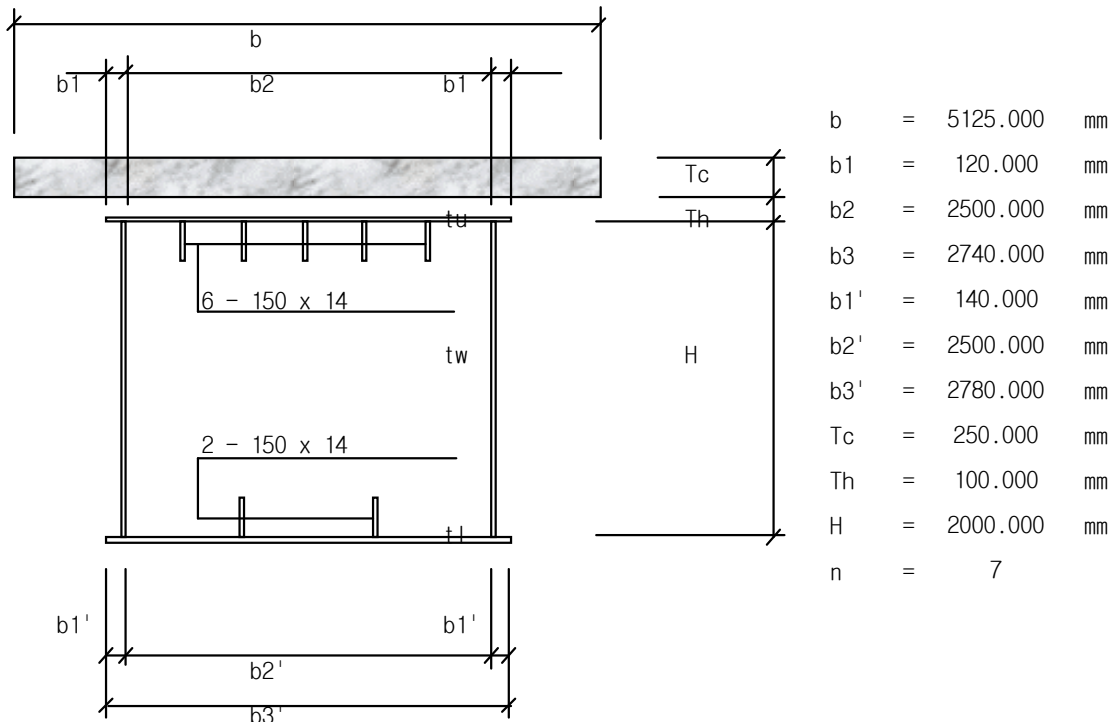
2-1. Steel Box 주형 단면상수 산정



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

- b - 바닥판 콘크리트의 폭
- Tc - 바닥판 콘크리트의 두께
- Th - 바닥판 콘크리트의 현치 높이
- N - 강재와 콘크리트의 탄성계수비 ($N = E_s / E_c$)
- 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 1(1경간 최대 정모멘트부)



① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2740.0 X 12.0	32880	1006.00	33077280	33275743680	394560
UPPER RIB	6 - 150.0 X 14.0	12600	925.00	11655000	10780875000	23625000
W E B	2 - 2000.0 X 12.0	48000				16000000000
LOWER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	-925.00	-3885000	3593625000	7875000
LOWER FL.	1 - 2780.0 X 12.0	33360	-1006.00	-33560160	33761520960	400320
TOTAL		131040		7287120	81411764640	16032294880

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

$$= 81411764640 + 16032294880 = 97444059520 \text{ mm}^4$$

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

$$= 7287120 / 131040 = 55.61 \text{ mm}$$

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

$$= 97444059520 - 131040 \times 55.61^2 = 97038823578 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2740^3 \times 12 / 12) + (2780^3 \times 12 / 12) + ((2000 \times 12^3 / 12) + (2000 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 117778080000 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

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

$$\begin{aligned}
H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
&= 2000.000 + 12.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2012.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2012^2) / (2 \times 2012/12 + 2512/12 + 2512/12) \\
&= 135513907548 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

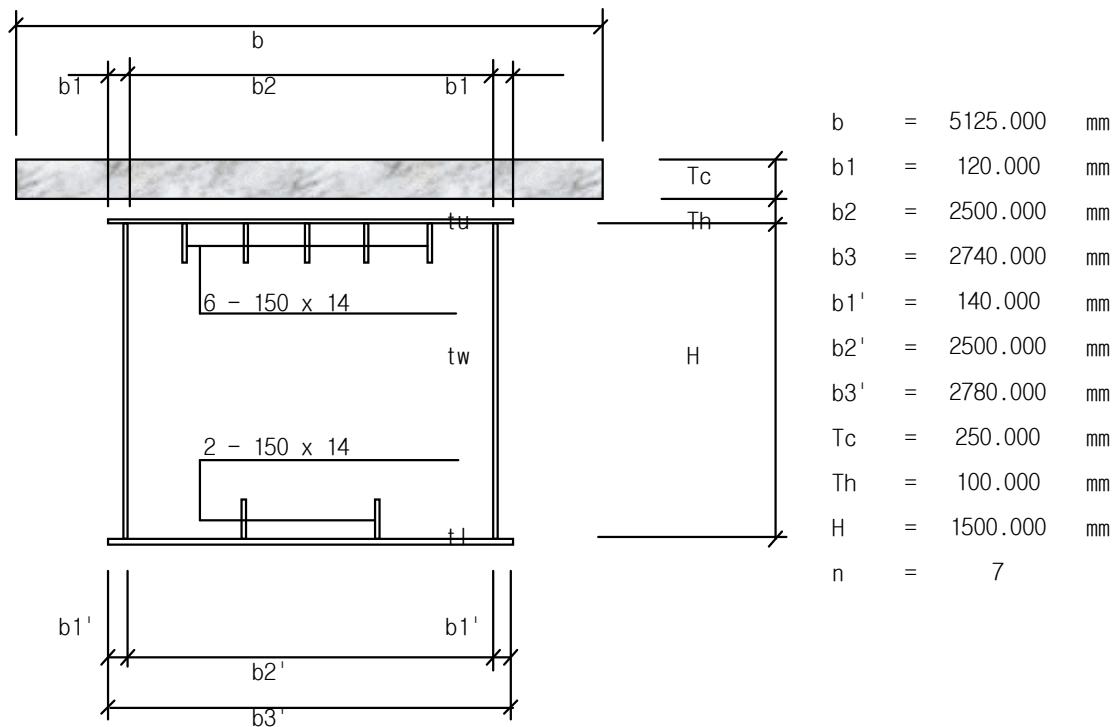
② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 131040 + 1281250 / 7 = 314076 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2000.000 / 2 - 55.610 + 100.000 + 250.000 / 2 = 1169.39 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1169.390 \times 131040 / 314076 = 487.90 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1169.390 - 487.898 = 681.49 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 97038823578 + 6673177083 / 7 + 131040 \times 681.492^2 \\
&\quad + 1281250 / 7 \times 487.898^2 = 202421875280 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 117778080000 + 5125.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 7 = 518407032753 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 12.000 + 250.000 / 7 = 47.71 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2012^2) / (2 \times 2012/12 + 2512/47.7142857142857 + 2512/12) \\
&= 171061775722 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$



① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2740.0 X 18.0	49320	759.00	37433880	28412314920	1331640
UPPER RIB	6 - 150.0 X 14.0	12600	675.00	8505000	5740875000	23625000
W E B	2 - 1500.0 X 12.0	36000				6750000000
LOWER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	-675.00	-2835000	1913625000	7875000
LOWER FL.	1 - 2780.0 X 20.0	55600	-760.00	-42256000	32114560000	1853333
TOTAL		157720		847880	68181374920	6784684973

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

$$= 68181374920 + 6784684973 = 74966059893 \text{ mm}^4$$

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

$$= 847880 / 157720 = 5.38 \text{ mm}$$

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

$$= 74966059893 - 157720 \times 5.376^2 = 74961501813 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2740^3 \times 18 / 12) + (2780^3 \times 20 / 12) + ((1500 \times 12^3 / 12) + (1500 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 123456217333 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

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

$$\begin{aligned}
H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
&= 1500.000 + 18.000 / 2 + 20.000 / 2 = 1519.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 1519^2) / (2 \times 1519/12 + 2512/18 + 2512/20) \\
&= 112360840772 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

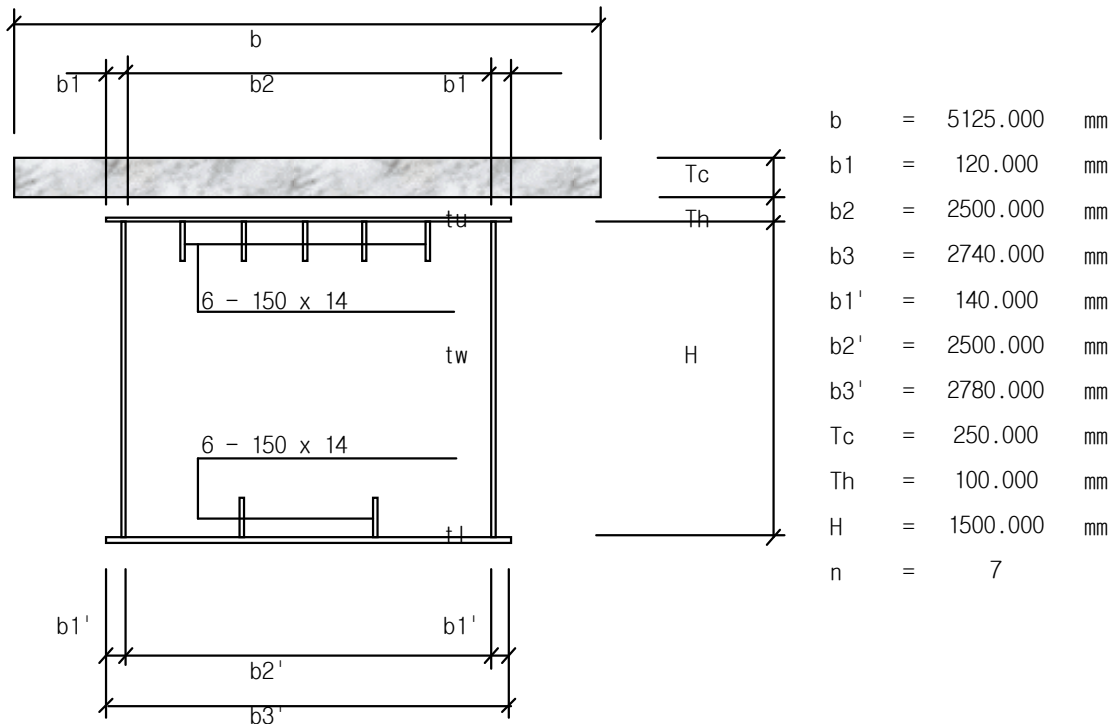
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 157720 + 1281250 / 7 = 340756 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 1500.000 / 2 - 5.376 + 100.000 + 250.000 / 2 = 969.62 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 969.624 \times 157720 / 340756 = 448.79 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 969.624 - 448.794 = 520.83 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 74961501813 + 6673177083 / 7 + 157720 \times 520.830^2 \\
&\quad + 1281250 / 7 \times 448.794^2 = 155564908441 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 123456217333 + 5125.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 7 = 524085170086 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 18.000 + 250.000 / 7 = 53.71 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 1519^2) / (2 \times 1519/12 + 2512/53.7142857142857 + 2512/20) \\
&= 136861705495 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- Section 3(3경간 최대 정모멘트부)



① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2740.0 X 12.0	32880	756.00	24857280	18792103680	394560
UPPER RIB	6 - 150.0 X 14.0	12600	675.00	8505000	5740875000	23625000
W E B	2 - 1500.0 X 12.0	36000				6750000000
LOWER RIB	6 - 150.0 X 14.0	12600	-675.00	-8505000	5740875000	23625000
LOWER FL.	1 - 2780.0 X 12.0	33360	-756.00	-25220160	19066440960	400320
TOTAL		127440		-362880	49340294640	6798044880

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

$$= 49340294640 + 6798044880 = 56138339520 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As}$$

$$= \frac{-362880}{127440} = -2.85 \text{ mm}$$

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

$$= 56138339520 - 127440 \times (-2.847)^2 = 56137306235 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2740^3 \times 12 / 12) + (2780^3 \times 12 / 12) + ((1500 \times 12^3 / 12) + (1500 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 98847504000 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

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

$$\begin{aligned}
H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
&= 1500.000 + 12.000 / 2 + 12.000 / 2 = 1512.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 1512^2) / (2 \times 1512/12 + 2512/12 + 2512/12) \\
&= 86039152155 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

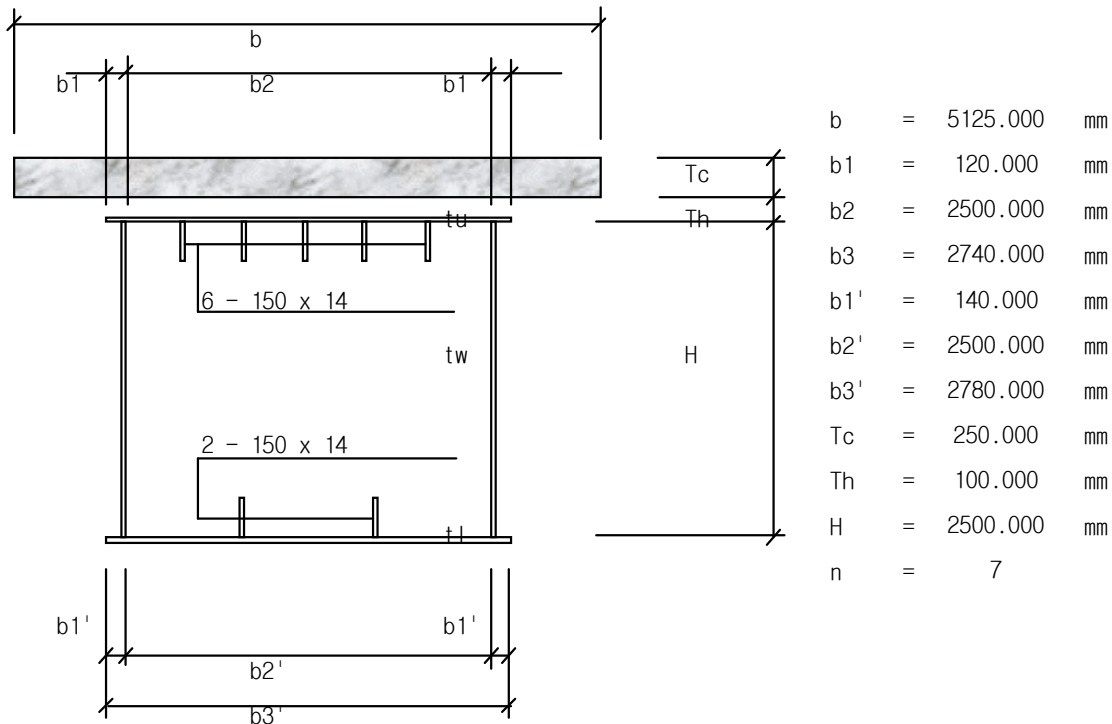
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 127440 + 1281250 / 7 = 310476 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 1500.000 / 2 - -2.847 + 100.000 + 250.000 / 2 = 977.85 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 977.847 \times 127440 / 310476 = 401.37 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 977.847 - 401.374 = 576.47 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 56137306235 + 6673177083 / 7 + 127440 \times 576.473^2 \\
&\quad + 1281250 / 7 \times 401.374^2 = 128928940676 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 98847504000 + 5125.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 7 = 499476456753 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 12.000 + 250.000 / 7 = 47.71 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 1512^2) / (2 \times 1512/12 + 2512/47.7142857142857 + 2512/12) \\
&= 112268156148 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- Section 4(4경간 최대 정모멘트부)



① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2740.0 X 22.0	60280	1261.00	76013080	95852493880	2431293
UPPER RIB	6 - 150.0 X 14.0	12600	1175.00	14805000	17395875000	23625000
W E B	2 - 2500.0 X 12.0	60000				31250000000
LOWER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	-1175.00	-4935000	5798625000	7875000
LOWER FL.	1 - 2780.0 X 24.0	66720	-1262.00	-84200640	106261207680	3202560
TOTAL		203800		1682440	225308201560	31287133853

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

$$= 225308201560 + 31287133853 = 256595335413 \text{ mm}^4$$

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

$$= 1682440 / 203800 = 8.26 \text{ mm}$$

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

$$= 256595335413 - 203800 \times 8.255^2 = 256581446285 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2740^3 \times 22 / 12) + (2780^3 \times 24 / 12) + ((2500 \times 12^3 / 12) + (2500 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 175335961333 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

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

$$\begin{aligned}
H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
&= 2500.000 + 22.000 / 2 + 24.000 / 2 = 2523.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2523^2) / (2 \times 2523/12 + 2512/22 + 2512/24) \\
&= 251302102550 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

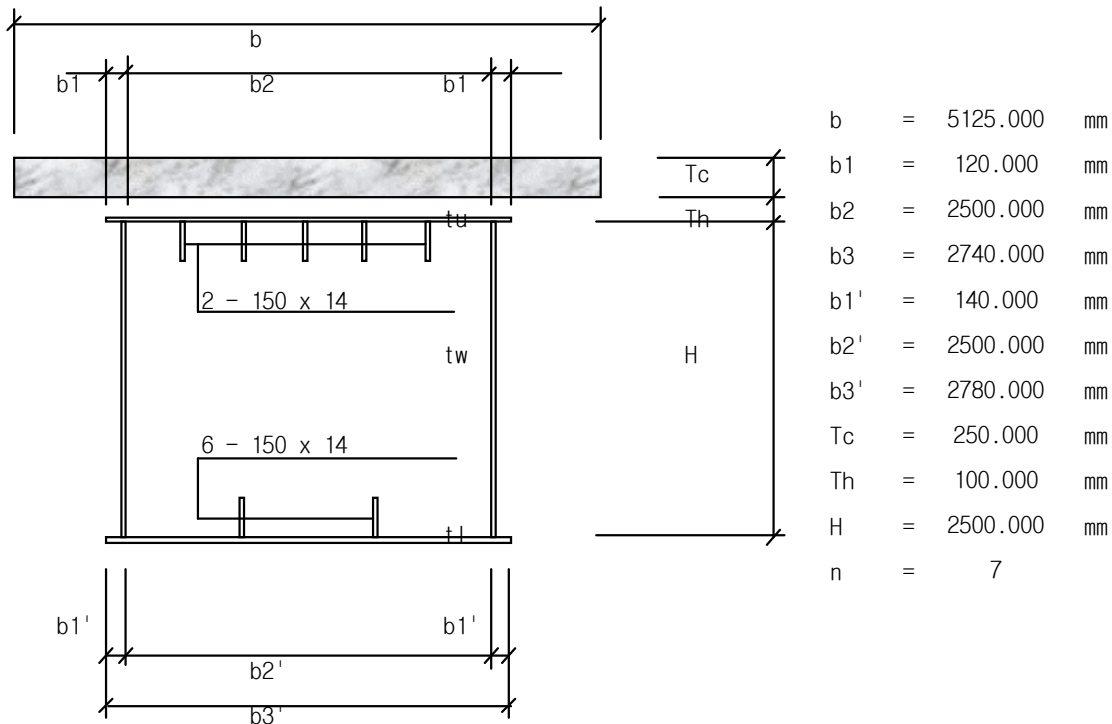
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 203800 + 1281250 / 7 = 386836 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2500.000 / 2 - 8.255 + 100.000 + 250.000 / 2 = 1466.74 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1466.745 \times 203800 / 386836 = 772.74 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1466.745 - 772.738 = 694.01 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 256581446285 + 6673177083 / 7 + 203800 \times 694.007^2 \\
&\quad + 1281250 / 7 \times 772.738^2 = 464989076582 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 175335961333 + 5125.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 7 = 575964914086 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 22.000 + 250.000 / 7 = 57.71 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2523^2) / (2 \times 2523/12 + 2512/57.7142857142857 + 2512/24) \\
&= 282525132430 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- Section 5(5경간 최대 정모멘트부)



① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2740.0 X 34.0	93160	1267.00	118033720	149548723240	8974413
UPPER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	1175.00	4935000	5798625000	7875000
W E B	2 - 2500.0 X 18.0	90000				46875000000
LOWER RIB	6 - 150.0 X 14.0	12600	-1175.00	-14805000	17395875000	23625000
LOWER FL.	1 - 2780.0 X 34.0	94520	-1267.00	-119756840	151731916280	9105427
TOTAL		294480		-11593120	324475139520	46924579840

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

$$= 324475139520 + 46924579840 = 371399719360 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As}$$

$$= \frac{-11593120}{294480} = -39.37 \text{ mm}$$

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

$$= 371399719360 - 294480 \times (-39.368)^2 = 370943320177 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2740^3 \times 34 / 12) + (2780^3 \times 34 / 12) + ((2500 \times 18^3 / 12) + (2500 \times 18 \times (2500 / 2 + 18 / 2)^2)) \times 2 = 261817752000 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

$$= 2500.000 + 18.000 / 2 \times 2 = 2518.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
&= 2500.000 + 34.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2534.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2518^2 \times 2534^2) / (2 \times 2534/18 + 2518/34 + 2518/34) \\
&= 379006270317 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

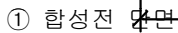
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 294480 + 1281250 / 7 = 477516 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2500.000 / 2 - -39.368 + 100.000 + 250.000 / 2 = 1514.37 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1514.368 \times 294480 / 477516 = 933.90 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1514.368 - 933.898 = 580.47 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 370943320177 + 6673177083 / 7 + 294480 \times 580.470^2 \\
&\quad + 1281250 / 7 \times 933.898^2 = 630757785726 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 261817752000 + 5125.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 7 = 662446704753 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 34.000 + 250.000 / 7 = 69.71 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2518^2 \times 2534^2) / (2 \times 2534/18 + 2518/69.7142857142857 + 2518/34) \\
&= 415713615453 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- Section 6(P1 최대 부모멘트부)



구 분	규 격				As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	lo(mm ⁴)
UPPER FL.	1	-	2740.0	X 34.0	93160	1267.00	118033720	149548723240	8974413
UPPER RIB	2	-	150.0	X 14.0	4200	1175.00	4935000	5798625000	7875000
W E B	2	-	2500.0	X 18.0	90000				46875000000
LOWER RIB	6	-	150.0	X 14.0	12600	-1175.00	-14805000	17395875000	23625000
LOWER FL.	1	-	2780.0	X 34.0	94520	-1267.00	-119756840	151731916280	9105427
TOTAL					294480		-11593120	324475139520	46924579840

$$I_{s'} = \sum A_s Y^2 + \sum I_0$$

$$= 324475139520 + 46924579840 = 371399719360 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum A_s Y}{\sum A_s} = \frac{-11593120}{294480} = -39.37 \text{ mm}$$

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

$$= 371399719360 - 294480 \times -39.368^2 = 370943320177 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
 I_{22} &= (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2 \\
 &= (2740^3 \times 34 / 12) + (2780^3 \times 34 / 12) + ((2500 \times 18^3 / 12) \\
 &\quad + (2500 \times 18 \times (2500 / 2 + 18 / 2)^2)) \times 2 = 261817752000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$= 2500.000 + 18.000 / 2 \times 2 = 2518.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
&= 2500.000 + 34.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2534.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2518^2 \times 2534^2) / (2 \times 2534/18 + 2518/34 + 2518/34) \\
&= 379006270317 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

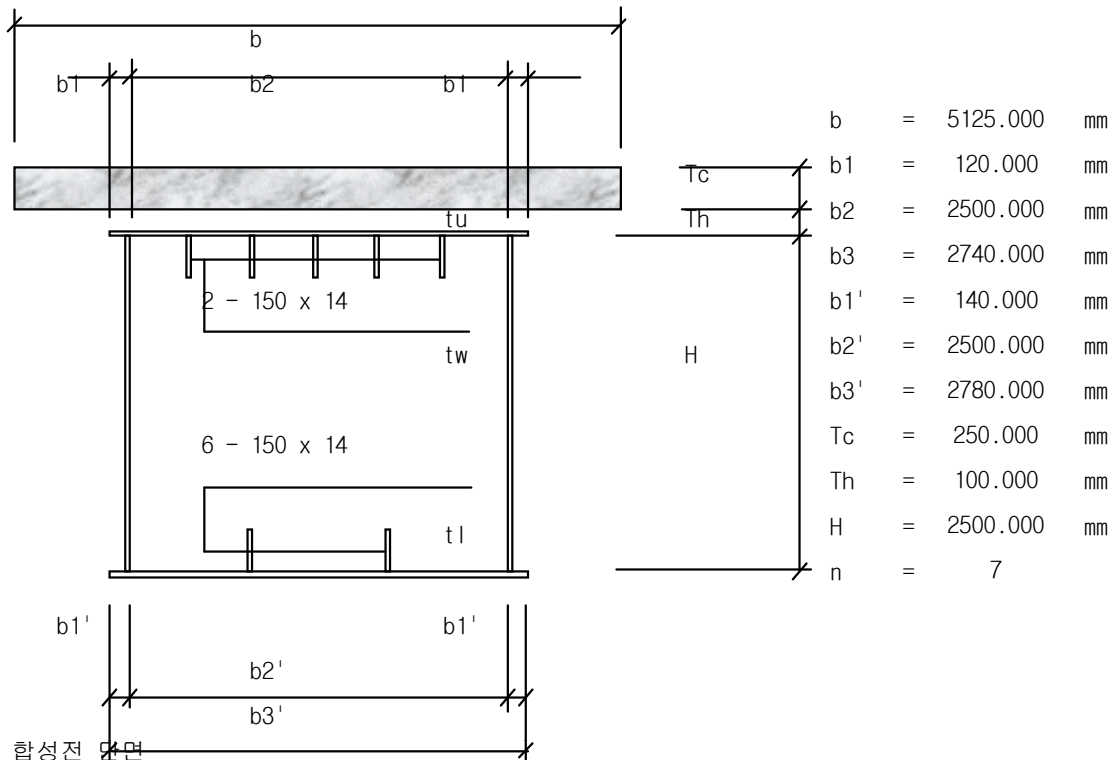
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 294480 + 1281250 / 7 = 477516 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2500.000 / 2 - -39.368 + 100.000 + 250.000 / 2 = 1514.37 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1514.368 \times 294480 / 477516 = 933.90 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1514.368 - 933.898 = 580.47 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 370943320177 + 6673177083 / 7 + 294480 \times 580.470^2 \\
&\quad + 1281250 / 7 \times 933.898^2 = 630757785726 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 261817752000 + 5125.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 7 = 662446704753 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 34.000 + 250.000 / 7 = 69.71 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2518^2 \times 2534^2) / (2 \times 2534/18 + 2518/69.7142857142857 + 2518/34) \\
&= 415713615453 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- Section 7(P2 최대 부모멘트부)



구 분	구 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2740.0 X 32.0	87680	1266.00	111002880	140529646080	7482027
UPPER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	1175.00	4935000	5798625000	7875000
W E B	2 - 2500.0 X 18.0	90000				46875000000
LOWER RIB	6 - 150.0 X 14.0	12600	-1175.00	-14805000	17395875000	23625000
LOWER FL.	1 - 2780.0 X 34.0	94520	-1267.00	-119756840	151731916280	9105427
TOTAL		289000		-18623960	315456062360	46923087453

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

$$= 315456062360 + 46923087453 = 362379149813 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As}$$

$$= \frac{-18623960}{289000} = -64.44 \text{ mm}$$

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

$$= 362379149813 - 289000 \times (-64.44)^2 = 361178970277 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2740^3 \times 32 / 12) + (2780^3 \times 34 / 12) + ((2500 \times 18^3 / 12) + (2500 \times 18 \times (2500 / 2 + 18 / 2)^2)) \times 2 = 258389281333 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

$$= 2500.000 + 18.000 / 2 \times 2 = 2518.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
&= 2500.000 + 32.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2533.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2518^2 \times 2533^2) / (2 \times 2533/18 + 2518/32 + 2518/34) \\
&= 374766909602 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

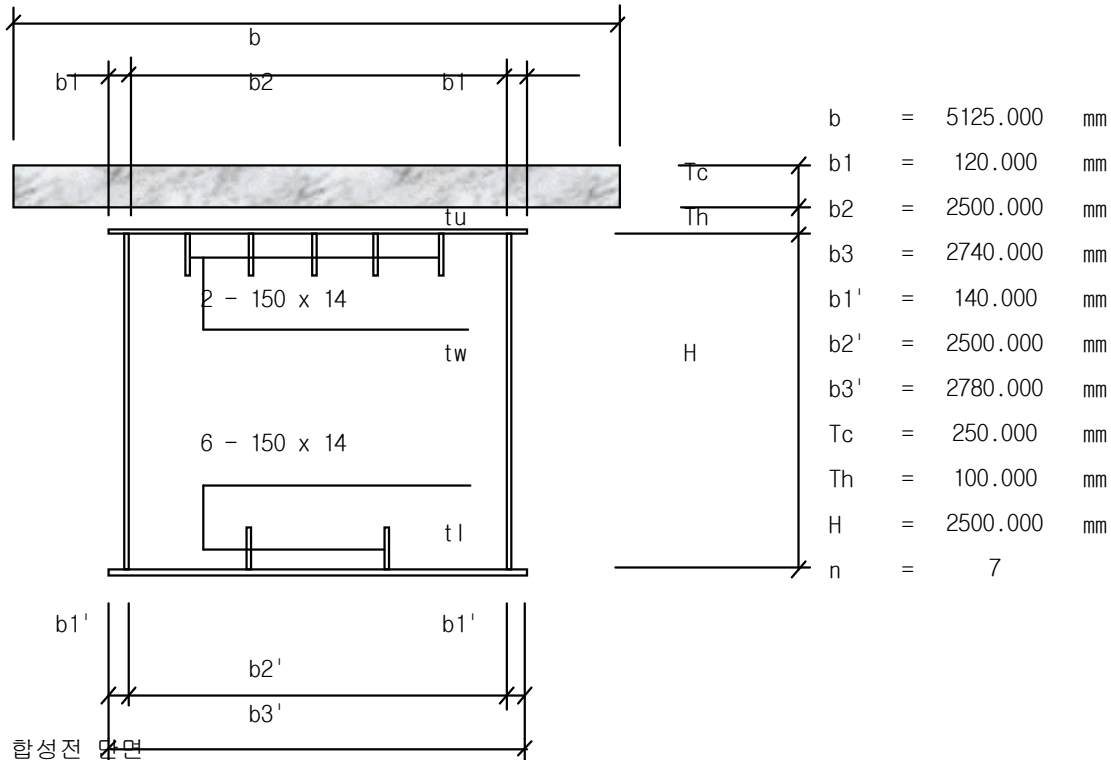
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 289000 + 1281250 / 7 = 472036 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \text{ mm}^4 \\
dv &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2500.000 / 2 - -64.443 + 100.000 + 250.000 / 2 = 1539.44 \text{ mm} \\
dvc &= dv \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1539.443 \times 289000 / 472036 = 942.51 \text{ mm} \\
dvs &= dv - dvc = 1539.443 - 942.511 = 596.93 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot dvs^2 + A_c / N \cdot dvc^2 \\
&= 361178970277 + 6673177083 / 7 + 289000 \times 596.932^2 \\
&\quad + 1281250 / 7 \times 942.511^2 = 627706503389 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 258389281333 + 5125.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 7 = 659018234086 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 32.000 + 250.000 / 7 = 67.71 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2518^2 \times 2533^2) / (2 \times 2533/18 + 2518/67.7142857142857 + 2518/34) \\
&= 414374644107 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- Section 8(P3 최대 부모멘트부)



① 합성전 ~~면~~

구 분	규 격				As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	lo(mm ⁴)
UPPER FL.	1	-	2740.0	X 16.0	43840	1258.00	55150720	69379605760	935253
UPPER RIB	2	-	150.0	X 14.0	4200	1175.00	4935000	5798625000	7875000
W E B	2	-	2500.0	X 12.0	60000				31250000000
LOWER RIB	6	-	150.0	X 14.0	12600	-1175.00	-14805000	17395875000	23625000
LOWER FL.	1	-	2780.0	X 16.0	44480	-1258.00	-55955840	70392446720	948907
TOTAL					165120		-10675120	162966552480	31283384160

$$I_{s'} = \sum A_s Y^2 + \sum I_o = 162966552480 + 31283384160 = 194249936640 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum A_s Y}{\sum A_s} = \frac{-10675120}{165120} = -64.65 \text{ mm}$$

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

$$= 194249936640 - 165120 \times -64.651^2 = 193559782891 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
 I_{22} &= (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2 \\
 &= (2740^3 \times 16 / 12) + (2780^3 \times 16 / 12) + ((2500 \times 12^3 / 12) \\
 &\quad + (2500 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 150727248000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

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

$$\begin{aligned}
H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
&= 2500.000 + 16.000 / 2 + 16.000 / 2 = 2516.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2516^2) / (2 \times 2516/12 + 2512/16 + 2512/16) \\
&= 217880874092 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

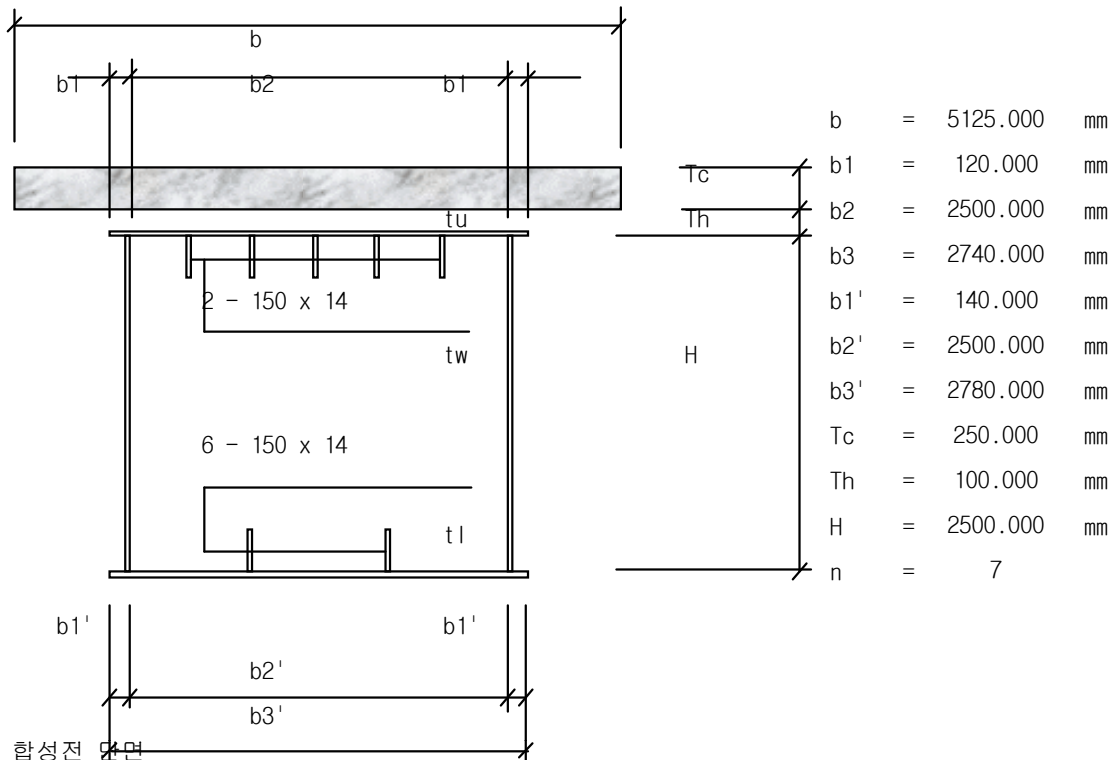
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 165120 + 1281250 / 7 = 348156 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2500.000 / 2 - 64.651 + 100.000 + 250.000 / 2 = 1539.65 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1539.651 \times 165120 / 348156 = 730.21 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1539.651 - 730.211 = 809.44 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 193559782891 + 6673177083 / 7 + 165120 \times 809.440^2 \\
&\quad + 1281250 / 7 \times 730.211^2 = 400294621100 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 150727248000 + 5125.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 7 = 551356200753 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 16.000 + 250.000 / 7 = 51.71 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2516^2) / (2 \times 2516/12 + 2512/51.7142857142857 + 2512/16) \\
&= 255684562185 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- Section 9(P4 최대 부모멘트부)



① 합성전 단면

구 분	구 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2740.0 X 22.0	60280	1261.00	76013080	95852493880	2431293
UPPER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	1175.00	4935000	5798625000	7875000
W E B	2 - 2500.0 X 12.0	60000				31250000000
LOWER RIB	6 - 150.0 X 14.0	12600	-1175.00	-14805000	17395875000	23625000
LOWER FL.	1 - 2780.0 X 24.0	66720	-1262.00	-84200640	106261207680	3202560
TOTAL		203800		-18057560	225308201560	31287133853

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

$$= 225308201560 + 31287133853 = 256595335413 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As}$$

$$= \frac{-18057560}{203800} = -88.60 \text{ mm}$$

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

$$= 256595335413 - 203800 \times (-88.60)^2 = 254995357626 \text{ mm}^4$$

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

$$= (2740^3 \times 22 / 12) + (2780^3 \times 24 / 12) + ((2500 \times 12^3 / 12) + (2500 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 175335961333 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

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

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

$$\begin{aligned}
H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
&= 2500.000 + 22.000 / 2 + 24.000 / 2 = 2523.00 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2523^2) / (2 \times 2523/12 + 2512/22 + 2512/24) \\
&= 251302102550 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

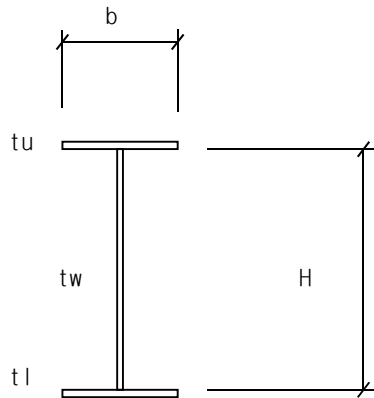
$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \text{ mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
&= 203800 + 1281250 / 7 = 386836 \text{ mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \text{ mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - \delta_s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2500.000 / 2 - 88.604 + 100.000 + 250.000 / 2 = 1563.60 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1563.604 \times 203800 / 386836 = 823.77 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1563.604 - 823.767 = 739.84 \text{ mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 254995357626 + 6673177083 / 7 + 203800 \times 739.837^2 \\
&\quad + 1281250 / 7 \times 823.767^2 = 491707069517 \text{ mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 175335961333 + 5125.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 7 = 575964914086 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

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

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 22.000 + 250.000 / 7 = 57.71 \text{ mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2523^2) / (2 \times 2523/12 + 2512/57.7142857142857 + 2512/24) \\
&= 282525132430 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

2-2. 가로보 단면상수 산정



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

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

$$H = 1200.00 \text{ mm}$$

$$t_u = 12.00 \text{ mm}$$

$$t_w = 12.00 \text{ mm}$$

$$t_l = 12.00 \text{ mm}$$

구 분	규 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	300.00 X 12.00	3600.0	606.00	2181600	1322049600	43200
W E B	1200.00 X 12.00	14400.0				1728000000
LOWER FL.	300.00 X 12.00	3600.0	-606.00	-2181600	1322049600	43200
TOTAL		21600.0		0	2644099200	1728086400

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

$$= 2644099200 + 1728086400 = 4372185600 \text{ mm}^4$$

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

$$= (300^3 \times 12 / 12) + (300^3 \times 12 / 12) + (1200 \times 12^3 / 12)$$

$$= 54172800 \text{ mm}^4$$

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

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

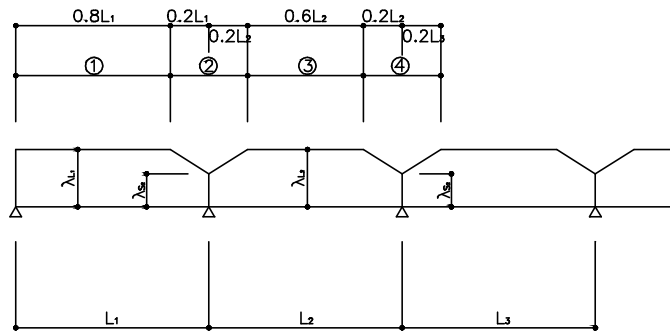
- 비틀림 강성

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

$$= (300 \times 12^3 + 300 \times 12^3 + 1200 \times 12^3) / 3 = 1036800 \text{ mm}^4$$

3. 플랜지 및 슬래브 유효폭

3-1. 플랜지 유효폭 (도.설 3.8.3.4)



상부 : 복부간격 $2b = 2.500$ m, 플랜지돌출폭 $b_e = 0.120$ m

하부 : 복부간격 $2b = 2.500$ m, 플랜지돌출폭 $b_e = 0.120$ m

$L_1 = 39.840$ m

$L_2 = 57.500$ m

$L_3 = 40.000$ m

$L_4 = 40.000$ m

$L_5 = 37.450$ m

1. 제 1 경간 정모멘트부

$$l = 0.8 \times L_1 = 0.8 \times 39.84 = 31.872 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 31.872 = 0.039$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L_1 = b = 1.25 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L_1 + b_e) = 2.740 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 31.872 = 0.039$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L_1 = b = 1.25 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L_1 + b_e) = 2.740 \text{ m}$$

2. P1 지점 부모멘트부

$$l = 0.2 \times (L_1 + L_2) = 0.2 \times (39.84 + 57.5) = 19.468 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 19.468 = 0.064$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.091 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S_1 + b_e) = 2.423 \text{ m}$$

· 하 부

$$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.091 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭} \quad B = 2 \times (\lambda S1 + b_e) = 2.423 \text{ m}$$

3. 제 2 경간 정모멘트부

$$l = 0.6 \times L2 = 0.6 \times 57.5 = 34.500 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 34.5 = 0.036$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

$$\therefore \text{플랜지 유효폭} \quad B = 2 \times (\lambda L2 + b_e) = 2.740 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 34.5 = 0.036$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

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

$$\therefore \text{플랜지 유효폭} \quad B = 2 \times (\lambda L2 + b_e) = 2.740 \text{ m}$$

4. P2 지점 부모멘트부

$$l = 0.2 \times (L2 + L2) = 0.2 \times (57.5 + 40) = 19.500 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 19.5 = 0.064$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.092 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭} \quad B = 2 \times (\lambda S1 + b_e) = 2.423 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 19.5 = 0.064$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.092 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭} \quad B = 2 \times (\lambda S1 + b_e) = 2.423 \text{ m}$$

5. 제 3 경간 정모멘트부

$$l = 0.8 \times L1 = 0.8 \times 40 = 32.000 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 0 / 32 = 0.039$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L1 = b = 0 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭} \quad B = 2 \times (\lambda L1 + b_e) = 2.595 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 0 / 32 = 0.039$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L1 = b = 0 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L1 + b_e) = 2.595 \text{ m}$$

6. P3 지점 부모멘트부

$$l = 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (40 + 40) = 16.000 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 0 / 16 = 0.078$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S1 + b_e) = 2.334 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 0 / 16 = 0.078$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S1 + b_e) = 2.334 \text{ m}$$

7. 제 4 경간 정모멘트부

$$l = 0.8 \times L1 = 0.8 \times 40 = 32.000 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 0 / 32 = 0.039$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L1 = b = 0 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L1 + b_e) = 2.595 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 0 / 32 = 0.039$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L1 = b = 0 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L1 + b_e) = 2.595 \text{ m}$$

8. P4 지점 부모멘트부

$$l = 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (40 + 37.45) = 15.490 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 0 / 15.49 = 0.081$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S1 + b_e) = 2.318 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 0 / 15.49 = 0.081$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda S1 + b_e) = 2.318 \text{ m}$$

9. 제 5 경간 정모멘트부

$$l = 0.8 \times L1 = 0.8 \times 37.45 = 29.960 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 0 / 29.96 = 0.042$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L1 = b = 0 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L1 + b_e) = 2.576 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 0 / 29.96 = 0.042$$

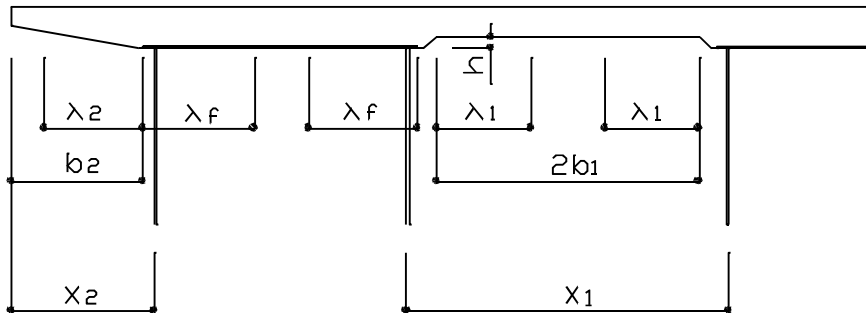
여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda L1 = b = 0 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda L1 + b_e) = 2.576 \text{ m}$$

3-2. 슬래브 유효폭 (도.설 3.8.3.4)

플랜지 상단 부분에서의 바닥판에 대한 전단 지연도 상판내의 전단지연과 같은 정도가 되는 것으로 간주 한다



$X_1 = 2.500$: 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

$X_2 = 1.200$: 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

$h = 0.100$: 현치 높이

$b_e = 0.120$: 플랜지의 돌출폭

$$2b_1 = X_1 - 2(b_e + h) = 2.5 - 2 \times (0.12 + 0.1) = 2.060 \text{ m}$$

$$b_2 = X_2 - b_e = 1.2 - 0.12 = 1.080 \text{ m}$$

1. 제 1 경간 정모멘트부

$$l = 0.8 \times L_1 = 0.8 \times 39.84 = 31.872 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 1.03 / 31.872 = 0.032$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_1 = b = 1.03 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.08 / 31.872 = 0.034$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 1.08 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.950 \text{ m}$$

2. P1 지점 부모멘트부

$$l = 0.2 \times (L_1 + L_2) = 0.2 \times (39.84 + 57.5) = 19.468 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 1.03 / 19.468 = 0.053$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.93 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.08 / 19.468 = 0.055$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.968 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.421 \text{ m}$$

3. 제 2 경간 정모멘트부

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_1 = b = 1.03 \text{ m}$$

$$b_2 / l = m / 46 = 0.023$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 1.08 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.950 \text{ m}$$

4. P2 지점 부모멘트부

$$l = 0.2 \times (L_1 + L_2) = 0.2 \times (57.5 + 40) = 19.500 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 0 / 19.5 = 0.053$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.931 \text{ m}$$

$$b_2 / l = m / 19.5 = 0.055$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.968 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.422 \text{ m}$$

5. 제 3 경간 정모멘트부

$$l = 0.8 \times L_1 = 0.8 \times 40 = 32.000 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 0 / 32 = 0.032$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_1 = b = 1.03 \text{ m}$$

$$b_2 / l = m / 32 = 0.034$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 1.08 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.805 \text{ m}$$

6. P3 지점 부모멘트부

$$l = 0.2 \times (L_1 + L_2) = 0.2 \times (40 + 40) = 16.000 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 0 / 16 = 0.064$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.899 \text{ m}$$

$$b_2 / l = m / 16 = 0.068$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.934 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.267 \text{ m}$$

7. 제 4 경간 정모멘트부

$$l = 0.8 \times L_1 = 0.8 \times 40 = 32.000 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = b = 1.03 \text{ m}$$

$$b_2 / l = m / 32 = 0.034$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 1.08 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.805 \text{ m}$$

8. P4 지정 부모멘트부

$$l = 0.2 \times (L_1 + L_2) = 0.2 \times (40 + 37.45) = 15.490 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 0 / 15.49 = 0.066$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.893 \text{ m}$$

$$b_2 / l = m / 15.49 = 0.070$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.927 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.238 \text{ m}$$

9. 제 5 경간 정모멘트부

$$l = 0.8 \times L_1 = 0.8 \times 37.45 = 29.960 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 0 / 29.96 = 0.034$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_1 = b = 1.03 \text{ m}$$

$$b_2 / l = m / 29.96 = 0.036$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 1.08 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.786 \text{ m}$$

4. 부재력 요약

[1경간 정모멘트부]

[BENDING MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	4,329.020	1,501.620	3,014.070	1,173.200	0.707
G2	4,668.060	1,619.360	3,829.500	936.161	0.707

[SHEAR FORCE]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	1,585.960	510.824	490.669	52.192	
G2	1,555.700	500.887	715.597	30.453	

[TORSION MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	196.009	70.156	908.337	55.621	
G2	197.269	70.540	586.222	58.051	

[2경간 정모멘트부]

[BENDING MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	9,276.400	2,950.690	3,665.680	1,284.180	0.036
G2	10,000.300	3,179.070	4,535.190	1,161.360	0.039

[SHEAR FORCE]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	1,616.880	509.656	554.314	74.666	
G2	1,569.670	496.174	731.858	45.045	

[TORSION MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	752.782	237.826	1,196.230	78.632	
G2	752.052	237.822	866.068	78.946	

[3경간 정모멘트부]

[BENDING MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	1,468.860	530.118	2,449.110	1,370.670	0.051
G2	1,535.100	554.242	3,165.130	1,132.160	0.053

[SHEAR FORCE]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	736.048	252.826	436.105	95.317	
G2	731.815	251.746	603.250	69.439	

[TORSION MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	94.967	32.160	972.495	35.156	
G2	105.454	36.498	613.757	35.063	

[4경간 정모멘트부]

[BENDING MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	3,615.870	1,215.130	2,463.620	1,176.060	0.019
G2	3,851.320	1,292.930	3,232.570	1,056.040	0.021

[SHEAR FORCE]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	1,155.350	385.816	457.619	81.823	
G2	1,176.080	392.831	635.924	59.828	

[TORSION MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	206.253	68.352	943.579	43.945	
G2	206.893	68.713	587.443	45.272	

[5경간 정모멘트부]

[BENDING MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	7,269.520	2,426.450	3,181.530	1,089.310	0.707
G2	7,945.440	2,650.870	4,121.900	937.908	0.707

[SHEAR FORCE]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	896.176	301.251	430.121	49.576	
G2	1,026.510	344.748	609.286	29.726	

[TORSION MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	517.552	172.594	1,050.230	66.792	
G2	525.706	175.334	677.077	68.612	

[P1 부모멘트부]

[BENDING MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-16,837.900	-4,390.700	-3,600.770	-1,130.920	-0.145
G2	-17,547.100	-4,615.830	-4,835.720	-917.299	-0.160

[SHEAR FORCE]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-1,912.770	-603.584	-569.857	-52.192	
G2	-1,861.180	-586.846	-814.872	-6.989	

[TORSION MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	275.408	80.315	-1,022.880	-66.637	
G2	266.638	77.707	-667.654	-64.505	

[P2 부모멘트부]

[BENDING MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-14,838.800	-2,942.930	-3,125.820	-1,283.770	0.051
G2	-15,408.900	-3,119.880	-3,936.660	-1,132.030	0.054

[SHEAR FORCE]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-1,496.400	-474.335	-509.803	-74.666	
G2	-1,474.340	-467.006	-746.813	-14.205	

[TORSION MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-614.800	-190.795	-1,135.810	-49.079	
G2	-601.130	-186.518	-835.806	-51.027	

[P3 부모멘트부]

[BENDING MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-5,595.440	-978.218	-1,768.040	-1,093.780	0.035
G2	-5,803.960	-1,019.050	-2,337.270	-1,163.330	0.038

[SHEAR FORCE]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-1,074.530	-362.662	-474.890	-79.481	
G2	-1,081.940	-365.398	-675.245	-39.165	

[TORSION MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	53.893	15.272	-870.834	-37.553	
G2	51.644	14.521	-538.364	-38.322	

[P4 부모멘트부]

[BENDING MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-11,417.300	-2,333.100	-2,255.540	-950.735	-0.112
G2	-12,185.700	-2,506.740	-3,013.820	-817.382	-0.128

[SHEAR FORCE]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-1,544.800	-511.136	-525.106	-49.576	
G2	-1,575.350	-521.267	-733.903	-5.241	

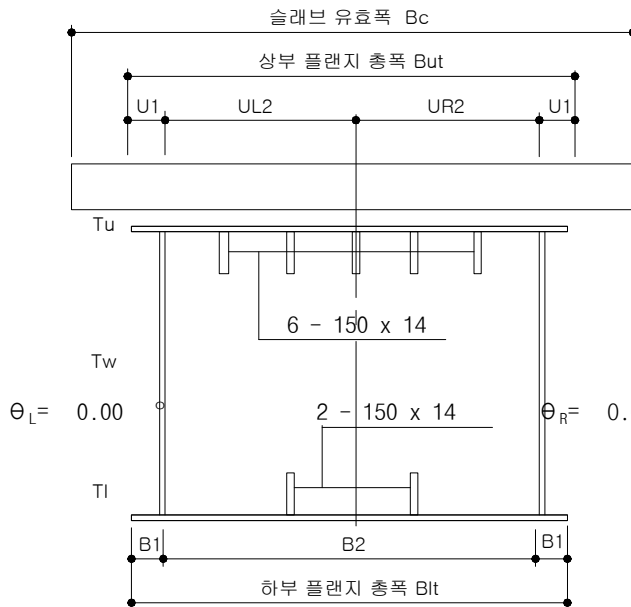
[TORSION MOMENT]

구분	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	51.105	16.582	-944.836	-61.706	
G2	46.531	15.058	-593.172	-62.202	

5. 단면검토

5-1. G1-1경간 최대 정모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.000 m

Bc = 4.950 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.740 , Blt= 2.740 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.740 , Ble= 2.740 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.012 m

TI = 0.012 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.120 m

B1 = 0.120 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	206000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	4329.020
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1501.620
Mv : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	4187.270
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1585.960
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	510.824
Sv : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	542.861
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	196.009
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	70.156
Mvst : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	963.958

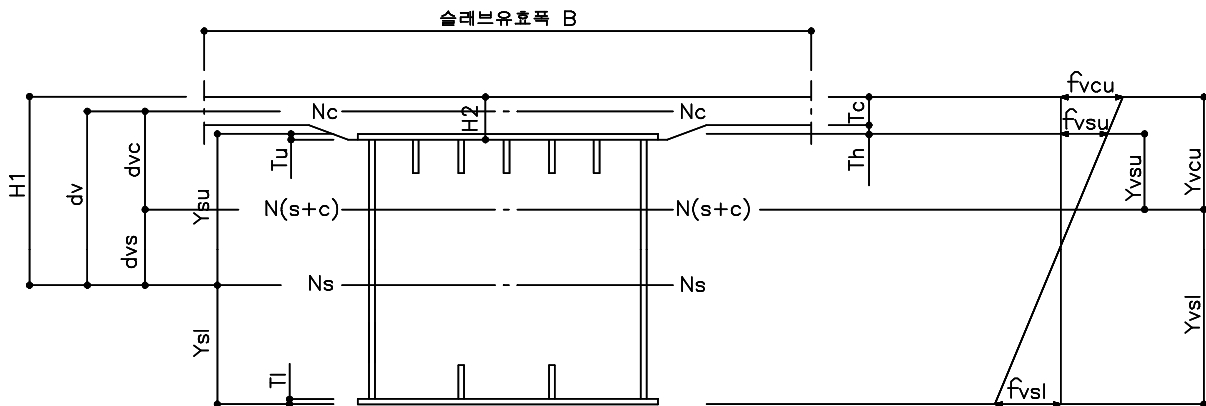
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2740.0	12.0	32880	1006.0	33077280	33275743680	394560
6 - UPPER RIB	14.0	150.0	12600	925.0	11655000	10780875000	23625000
1 - L_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
1 - R_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-925.0	-3885000	3593625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2740.0	12.0	32880	-1006.0	-33077280	33275743680	394560
강단면 합계			130560		7770000	80925987360	16032289120
1 - RC SLAB	4950.0	250.0	1237500	1225.0	1515937500	1857023437500	6445312500

$$* A_s = 130560 \text{ mm}^2, A_c = 1237500 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 80925987360 + 16032289120.0 = 96958276480 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 7770000 / 130560 = 59.513 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 96958276480 - 130560 \times 59.513^2 = 96495861498 \text{ nm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2000.0 / 2 + 12.0 - 59.513 = 952.487 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 952.487 - 2024.000 = -1071.513 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5054144.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 42.731 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -48.070 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 34.657 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 307345.7 \text{ mm}^2$$

$$I_{c/n} = 920758929 \text{ nm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1165.5 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 495.1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 670.4 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 620.1 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 370.1 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 282.1 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1741.9 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 199427176148 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5099001.1 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.667 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.398 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 2.124 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -13.116 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 11.215 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.860 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.110 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 5.923 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -36.574 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.187 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 218952.9 \text{ mm}^2 & \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 695.0 \text{ mm} & K = 0.707 \\
ds1 &= dv - dc1 = 470.5 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 820.0 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 570.0 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 482.0 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1542.0 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 168552719588 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 659042 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 659042 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 458015676 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.667 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.398 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.339 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.105 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 3.936 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 0.047 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 189488.571 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 803.0 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 362.5 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 928.0 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 678.0 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 590.0 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1434.0 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 151955636141.9 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3277607 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2632034031 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.284 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.430 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 24.523 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = -0.263 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4370143 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2163645456 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -0.493 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -0.767 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 16.383 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 0.858 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 65.059 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.3 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 167.5$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_u \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 248.371 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 167.529 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	42.731	-48.070	167.529	190.000
1+2+3	2.527	1.508	10.800	10.800	50.778	-97.760	167.529	190.000
1+2+3+4	2.187	1.403	10.800	10.800	54.714	-97.713	192.658	190.000
1+2+3+4+5	0.904	-0.026	10.800	1.890	79.236	-97.976	192.658	190.000
1+2+3+4+5+6	0.410	-0.794	12.420	2.174	95.619	-97.118	217.788	218.500
1+2+3+4+5-6	1.397	0.741	12.420	12.420	62.854	-98.834	217.788	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{95.619}{217.788} \right)^2 + \left(\frac{65.059}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.193 + 0.350 = 0.543 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-97.976}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{65.059}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.266 + 0.350 = 0.616 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스테드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 7.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/42.731)} = 2.109 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 2.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/95.619)} = 1.410 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.667 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.527 - 0.667 = 1.860 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.667 + 2.15 \times 1.86 + (-0.339) + (-1.284) + (0.493)$$

$$= 3.736 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.667 + 2.15 \times 1.86 + (0.493)$$

$$= 5.360 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 42.731 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.124 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 50.778 - 42.731 - 2.124 = 5.923 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (42.731 + 2.124) + 2.15 \times 5.923 + (3.936) + (24.523) + (16.383)$$

$$= 115.887 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (42.731 + 2.124) + 2.15 \times 5.923 + (16.383)$$

$$= 87.428 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -48.070 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -13.116 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -97.76 - 48.07 - 13.116 = -36.574 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-48.07 + -13.116) + 2.15 \times -36.574 + (0.047) + (-0.263) + (-0.858)$$

$$= -159.250 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-48.07 + -13.116) + 2.15 \times -36.574 + (-0.858)$$

$$= -159.034 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

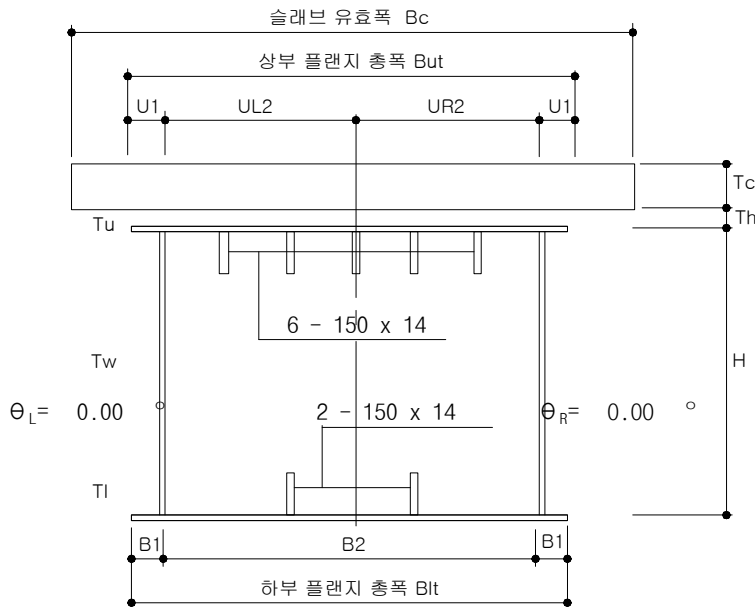
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	3.736	16.200	0.K!!!	4.335
	크리프, 건조수축제외시	5.360	16.200	0.K!!!	3.022
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	115.887	315.000	0.K!!!	2.718
	크리프, 건조수축제외시	87.428	315.000	0.K!!!	3.602
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-159.250	315.000	0.K!!!	1.978
	크리프, 건조수축제외시	-159.034	315.000	0.K!!!	1.980

5-2. G2-1경간 최대 정모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490


$$H = 2.000 \text{ m}$$
$$B_c = 4.950 \text{ m}$$

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

$$B2 = 2.500 \text{ m}$$

But= 2.740 , Blt= 2.740 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.740 , Ble= 2.740 m

$$T_c = 0.250 \text{ m}$$
$$T_h = 0.100 \text{ m}$$
$$T_u = 0.012 \text{ m}$$
$$Tl = 0.012 \text{ m}$$
$$T_W = 0.012 \text{ m}$$
$$U1 = 0.120 \text{ m}$$
$$B1 = 0.120 \text{ m}$$

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	206000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	4668.060
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	1619.360
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN · m	4765.661
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1555.700
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	500.887
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	746.050
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	197.269
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	70.540
Mvt : 활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN · m	644.273

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

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 670.4 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 620.1 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 370.1 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 282.1 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1741.9 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 199427176148 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5099001.1 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.719 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.429 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 2.291 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -14.144 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 11.012 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 2.117 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.263 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 6.741 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -41.626 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 20.807 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 218952.9 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 695.0 \text{ mm} & K = 0.707 \\
ds1 &= dv - dc1 = 470.5 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 820.0 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 570.0 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 482.0 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1542.0 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 168552719588 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 710717 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 710717 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 493928068 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.719 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.429 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.366 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.113 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 4.245 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 0.051 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 189488.571 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 803.0 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 362.5 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 928.0 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 678.0 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 590.0 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1434.0 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 151955636141.9 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3277607 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2632034031 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.284 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.430 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 24.523 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = -0.263 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4370143 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2163645456 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -0.493 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -0.767 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 16.383 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 0.858 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 65.856 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.3 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 167.5$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_u \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 248.371 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 167.529 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	46.077	-51.835	167.529	190.000
1+2+3	2.836	1.693	10.800	10.800	55.109	-107.605	167.529	190.000
1+2+3+4	2.470	1.580	10.800	10.800	59.354	-107.554	192.658	190.000
1+2+3+4+5	1.186	0.150	10.800	10.800	83.876	-107.817	192.658	190.000
1+2+3+4+5+6	0.693	-0.617	12.420	2.174	100.259	-106.960	217.788	218.500
1+2+3+4+5-6	1.680	0.918	12.420	12.420	67.494	-108.675	217.788	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{100.259}{217.788} \right)^2 + \left(\frac{65.856}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.212 + 0.358 = 0.570 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-107.817}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{65.856}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.322 + 0.358 = 0.680 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (합성형 스테드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 7.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/46.077)} = 2.031 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 2.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/100.259)} = 1.377 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.719 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.836 - 0.719 = 2.117 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.719 + 2.15 \times 2.117 + (-0.366) + (-1.284) + (0.493)$$

$$= 4.330 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.719 + 2.15 \times 2.117 + (0.493)$$

$$= 5.980 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 46.077 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.291 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 55.109 - 46.077 - 2.291 = 6.741 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (46.077 + 2.291) + 2.15 \times 6.741 + (4.245) + (24.523) + (16.383)$$

$$= 122.522 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (46.077 + 2.291) + 2.15 \times 6.741 + (16.383)$$

$$= 93.755 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -51.835 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -14.144 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -107.605 - (-51.835) - (-14.144) = -41.626 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-51.835 + -14.144) + 2.15 \times -41.626 + (0.051) + (-0.263) + (-0.858)$$

$$= -176.339 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-51.835 + -14.144) + 2.15 \times -41.626 + (-0.858)$$

$$= -176.127 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

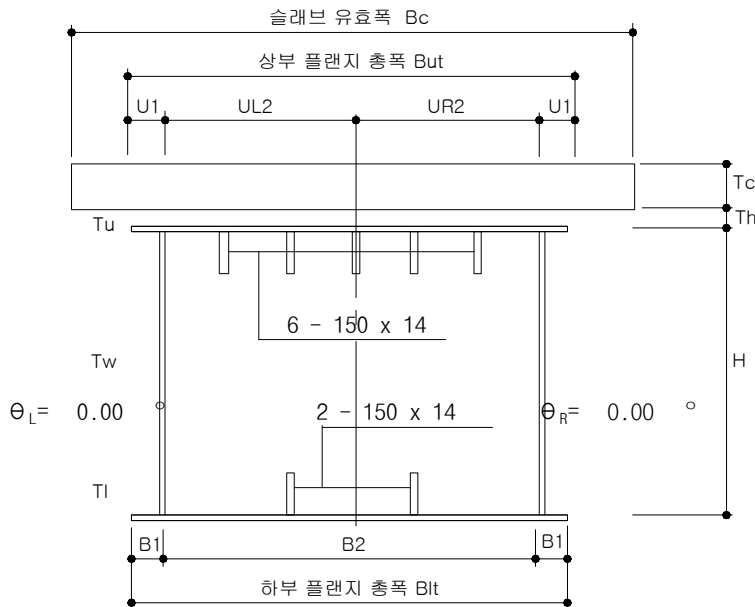
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.330	16.200	0.K!!!	3.741
	크리프, 건조수축제외시	5.980	16.200	0.K!!!	2.709
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	122.522	315.000	0.K!!!	2.570
	크리프, 건조수축제외시	93.755	315.000	0.K!!!	3.359
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-176.339	315.000	0.K!!!	1.786
	크리프, 건조수축제외시	-176.127	315.000	0.K!!!	1.788

5-3. G1-2경간 최대 정모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490


$$H = 2.000 \text{ m}$$
$$B_c = 4.950 \text{ m}$$

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

$$B2 = 2.500 \text{ m}$$

But= 2.740 , Blt= 2.740 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.740 , Ble= 2.740 m

$$T_C = 0.250 \text{ m}$$
$$T_h = 0.100 \text{ m}$$
$$T_u = 0.018 \text{ m}$$
$$T1 = 0.020 \text{ m}$$
$$T_W = 0.012 \text{ m}$$
$$U1 = 0.120 \text{ m}$$
$$B1 = 0.120 \text{ m}$$

RIB 150 x 14 mm, 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
E_s : 강의 탄성계수	MPa	206000
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	9276.400
M_{sc} : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	295.690
M_v : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN · m	4949.860
S_s : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1616.880
S_{sc} : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	509.656
S_v : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	628.980
M_{st} : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	752.782
M_{sct} : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	237.826
M_{vt} : 활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN · m	1274.862

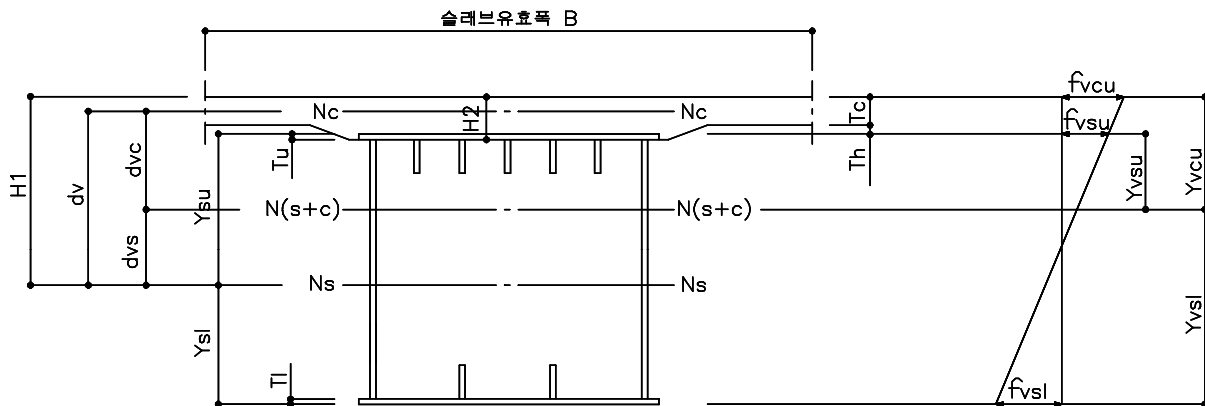
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2740.0	18.0	49320	1009.0	49763880	50211754920	1331640
6 - UPPER RIB	14.0	150.0	12600	925.0	11655000	10780875000	23625000
1 - L_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
1 - R_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-925.0	-3885000	3593625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2740.0	20.0	54800	-1010.0	-55348000	55901480000	1826666.667
강단면 합계			168920		2185880	1.20488E+11	16034658307
1 - RC SLAB	4950.0	250.0	1237500	1225.0	1515937500	1857023437500	6445312500

* As = 168920 mm² , Ac = 1237500 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 120487734920 + 16034658306.7 = 136522393227 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 2185880 / 168920 = 12.940 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 136522393227 - 168920 \times 12.940^2 = 136494107225 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2000.0 / 2 + 18.0 - 12.940 = 1005.060 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1005.060 - 2038.000 = -1032.940 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 5071728.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 68.306 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -70.201 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 39.869 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 345705.7 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 920758929 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1212.1 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 592.2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 619.8 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 717.2 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 467.2 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 385.2 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1652.8 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 264317222437 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5116585.1 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.115 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.075 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 0.431 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -1.849 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 12.555 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.919 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.250 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.214 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -30.951 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 23.486 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 257312.9 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 795.7 \text{ mm} & K = 0.036 \\
ds1 &= dv - dc1 = 416.4 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 920.7 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 670.7 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 588.7 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1449.3 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 222202597123 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 117127 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 117127 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 93196681 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.115 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.075 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.081 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.041 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 0.464 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 0.433 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 227848.571 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 898.6 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 313.5 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1023.6 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 773.6 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 691.6 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1346.4 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 200982351988.8 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3277607 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2945205902 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.938 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.944 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 14.750 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 13.675 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4370143 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2588178055 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.362 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.375 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 12.777 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 12.059 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 75.910 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.3 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 206.2$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_u \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 558.835 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 18.0 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	68.306	-70.201	190.000	190.000
1+2+3	2.033	1.325	10.800	10.800	75.951	-103.001	190.000	190.000
1+2+3+4	1.952	1.283	10.800	10.800	76.415	-102.567	218.500	190.000
1+2+3+4+5	0.014	-0.661	10.800	1.890	91.165	-88.893	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.348	-2.036	2.174	2.174	103.942	-76.834	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	1.377	0.714	12.420	12.420	78.388	-100.951	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{103.942}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{75.910}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.177 + 0.476 = 0.653 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-103.001}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{75.910}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.294 + 0.476 = 0.770 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (합성형 스테드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 7.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/68.306)} = 1.668 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 2.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/103.942)} = 1.352 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.115 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.033 - 0.115 = 1.919 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.115 + 2.15 \times 1.919 + (-0.081) + (-1.938) + (1.362)$$

$$= 3.618 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.115 + 2.15 \times 1.919 + (1.362)$$

$$= 5.637 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 68.306 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 0.431 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 75.951 - 68.306 - 0.431 = 7.214 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (68.306 + 0.431) + 2.15 \times 7.214 + (0.464) + (14.75) + (12.777)$$

$$= 132.859 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (68.306 + 0.431) + 2.15 \times 7.214 + (12.777)$$

$$= 117.646 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -70.201 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -1.849 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -103.001 - -70.201 - -1.849 = -30.951 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-70.201 + -1.849) + 2.15 \times -30.951 + (0.433) + (13.675) + (-12.059)$$

$$= -158.160 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-70.201 + -1.849) + 2.15 \times -30.951 + (-12.059)$$

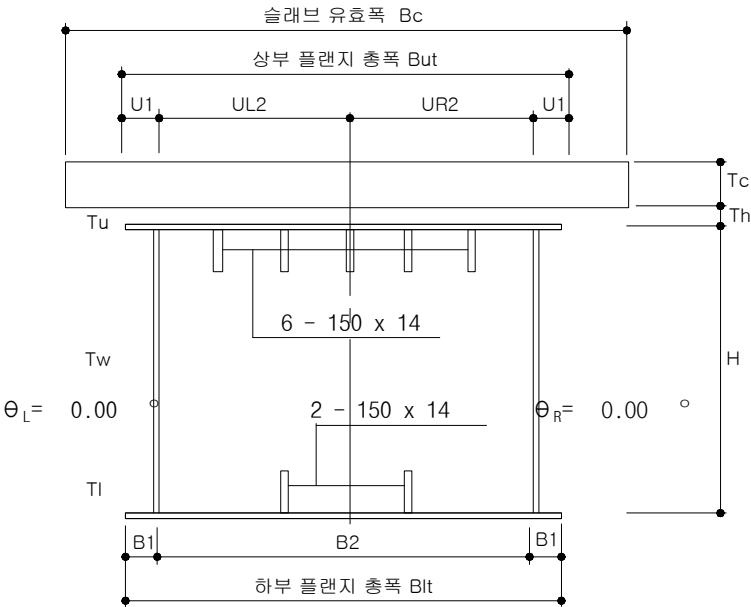
$$= -172.268 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	3.618	16.200	0.K!!!	4.477
	크리프, 건조수축제외시	5.637	16.200	0.K!!!	2.874
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	132.859	315.000	0.K!!!	2.370
	크리프, 건조수축제외시	117.646	315.000	0.K!!!	2.677
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-158.160	315.000	0.K!!!	1.991
	크리프, 건조수축제외시	-172.268	315.000	0.K!!!	1.828

5-4. G2-2경간 최대 정모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.000 m
Bc = 4.950 m
UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
B2 = 2.500 m
But= 2.740 , Bit= 2.740 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.740 , Ble= 2.740 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.100 m
Tu = 0.018 m
Tl = 0.020 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.120 m
B1 = 0.120 m
RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	206000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	10000.300
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	3179.070
Mv : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	5696.550
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1569.670
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	496.174
Sv : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	776.903
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	752.052
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	237.822
Mvt : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	945.014

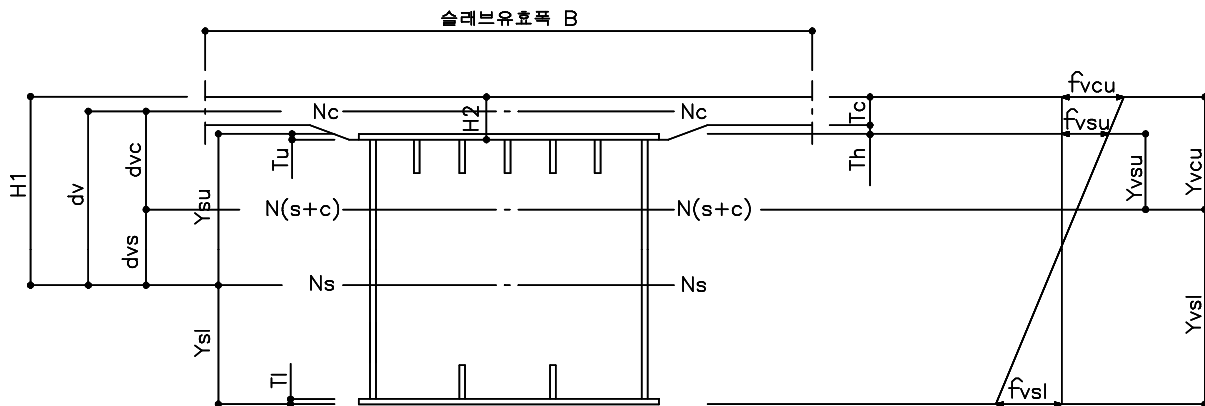
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2740.0	18.0	49320	1009.0	49763880	50211754920	1331640
6 - UPPER RIB	14.0	150.0	12600	925.0	11655000	10780875000	23625000
1 - L_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
1 - R_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-925.0	-3885000	3593625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2740.0	20.0	54800	-1010.0	-55348000	55901480000	1826666.667
강단면 합계			168920		2185880	1.20488E+11	16034658307
1 - RC SLAB	4950.0	250.0	1237500	1225.0	1515937500	1857023437500	6445312500

* As = 168920 mm² , Ac = 1237500 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 120487734920 + 16034658306.7 = 136522393227 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 2185880 / 168920 = 12.940 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 136522393227 - 168920 \times 12.940^2 = 136494107225 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2000.0 / 2 + 18.0 - 12.940 = 1005.060 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1005.060 - 2038.000 = -1032.940 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 5071728.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 73.636 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -75.679 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 38.880 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 345705.7 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 920758929 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1212.1 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 592.2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 619.8 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 717.2 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 467.2 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 385.2 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1652.8 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 264317222437 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5116585.1 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.232 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.803 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 4.633 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -19.879 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 12.274 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 2.208 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.439 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 8.303 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -35.620 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 23.881 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 257312.9 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 795.7 \text{ mm} & K = 0.039 \\
ds1 &= dv - dc1 = 416.4 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 920.7 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 670.7 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 588.7 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1449.3 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 222202597123 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 1259274 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 1259274 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 1001991184 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.232 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.803 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.871 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.445 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 4.997 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 4.639 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 227848.571 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 898.6 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 313.5 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1023.6 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 773.6 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 691.6 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1346.4 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 200982351988.8 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3277607 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2945205902 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.936 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.943 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 14.780 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 13.616 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4370143 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2588178055 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.359 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.373 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 12.788 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 12.010 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 75.035 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.3 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 206.2$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_u \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 558.835 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 18.0 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	73.636	-75.679	190.000	190.000
1+2+3	3.441	2.241	10.800	10.800	86.572	-131.178	190.000	190.000
1+2+3+4	2.569	1.797	10.800	10.800	91.570	-126.538	218.500	190.000
1+2+3+4+5	0.634	-0.146	10.800	1.890	106.350	-112.923	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.725	-1.519	2.174	2.174	119.138	-100.913	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	1.993	1.227	12.420	12.420	93.562	-124.933	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{106.350}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{75.035}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.237 + 0.465 = 0.702 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-131.178}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{75.035}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.477 + 0.465 = 0.942 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스티드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 7.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/73.636)} = 1.606 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 2.9 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/119.138)} = 1.263 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 1.232 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 3.441 - 1.232 = 2.208 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.232 + 2.15 \times 2.208 + (-0.871) + (-1.936) + (1.359) = 4.902 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.232 + 2.15 \times 2.208 + (1.359) = 7.709 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 73.636 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 4.633 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 86.572 - 73.636 - 4.633 = 8.303 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (73.636 + 4.633) + 2.15 \times 8.303 + (4.997) + (14.78) + (12.788) = 152.167 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (73.636 + 4.633) + 2.15 \times 8.303 + (12.788) = 132.390 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -75.679 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -19.879 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -131.178 - -75.679 - -19.879 = -35.620 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-75.679 + -19.879) + 2.15 \times -35.62 + (4.639) + (13.616) + (-12.01) = -194.563 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-75.679 + -19.879) + 2.15 \times -35.62 + (-12.01) = -212.818 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

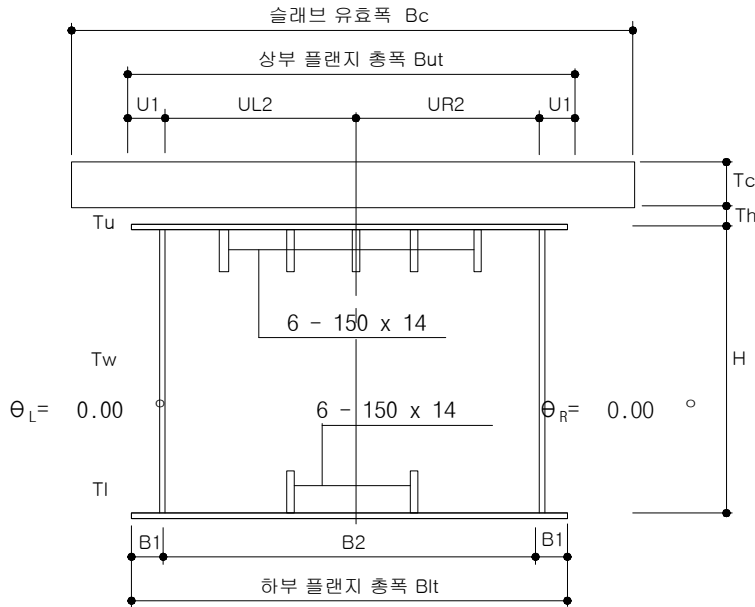
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.902	16.200	0.K!!!	3.304
	크리프, 건조수축제외시	7.709	16.200	0.K!!!	2.101
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	152.167	315.000	0.K!!!	2.070
	크리프, 건조수축제외시	132.390	315.000	0.K!!!	2.379
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-194.563	315.000	0.K!!!	1.619
	크리프, 건조수축제외시	-212.818	315.000	0.K!!!	1.480

5-5. G1-3경간 최대 정모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건

주부재 사용강종 = SM490


$$H = 2.000 \text{ m}$$
$$B_c = 4.805 \text{ m}$$

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

$$B2 = 2.500 \text{ m}$$

But= 2.740 , Blt= 2.740 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.595 , Ble= 2.595 m

$$T_c = 0.250 \text{ m}$$
$$T_h = 0.100 \text{ m}$$
$$T_u = 0.012 \text{ m}$$
$$Tl = 0.012 \text{ m}$$
$$T_w = 0.012 \text{ m}$$
$$U1 = 0.120 \text{ m}$$
$$B1 = 0.120 \text{ m}$$

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	206000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	1468.860
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	530.118
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN · m	3819.780
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	736.048
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	252.826
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	531.422
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	94.967
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	32.160
Mvt : 활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN · m	1007.651

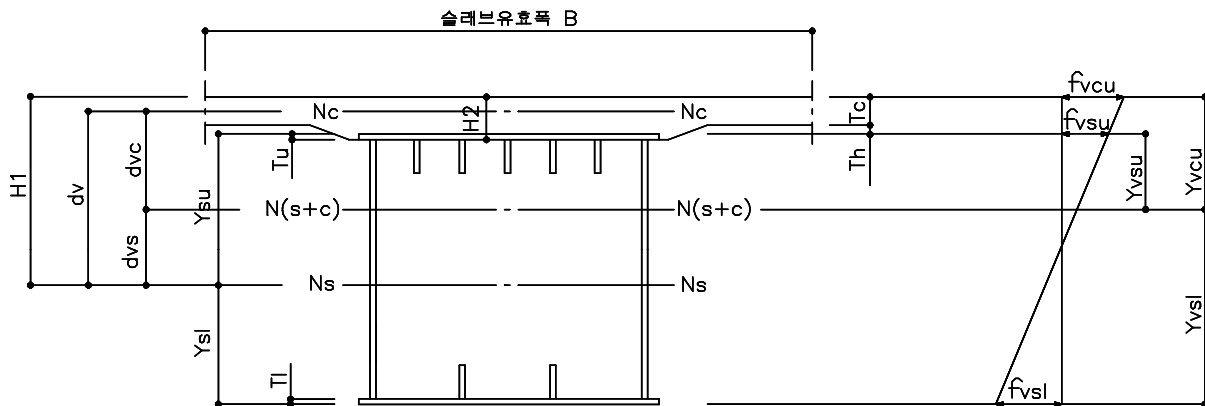
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2595.0	12.0	31140	1006.0	31326840	31514801040	373680
6 - UPPER RIB	14.0	150.0	12600	925.0	11655000	10780875000	23625000
1 - L_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
1 - R_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
6 - LOWER RIB	14.0	150.0	12600	-925.0	-11655000	10780875000	23625000
1 - LOWER FLANGE	2595.0	12.0	31140	-1006.0	-31326840	31514801040	373680
강단면 합계			135480		0	84591352080	16047997360
1 - RC SLAB	4805.0	250.0	1201250	1225.0	1471531250	1802625781250	6256510417

* As = 135480 mm² , Ac = 1201250 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 84591352080 + 16047997360.0 = 100639349440 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 0 / 135480 = 0.000 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 100639349440 - 135480 \times 0.000^2 = 100639349440 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2000.0 / 2 + 12.0 - 0.000 = 1012.000 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1012.000 - 2024.000 = -1012.000 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 5054144.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 14.770 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -14.770 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 16.117 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 307087.1 \text{ mm}^2$$

$$I_{c/n} = 893787202 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1225.0 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 540.4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 684.6 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 665.4 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 415.4 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 327.4 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1696.6 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 215144322320 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5099001.1 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.234 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.146 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 0.807 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -4.180 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 5.530 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.688 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.054 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 5.814 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -30.122 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.305 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 221283.6 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 750.0 \text{ mm} & K = 0.051 \\
ds1 &= dv - dc1 = 475.0 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 875.0 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 625.0 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 537.0 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1487.0 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 179918426969 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 228522 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 228522 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 171391693 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.234 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.146 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.157 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.070 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 1.059 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 0.960 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 192682.381 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 861.3 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 363.7 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 986.3 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 736.3 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 648.3 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1375.7 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 161293141930.3 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3181596 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2740402550 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.822 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.832 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 17.074 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 15.320 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4242129 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2292627355 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.179 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.199 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 13.992 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 12.892 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 40.953 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.3 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 167.5$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_u \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 248.371 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 167.529 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	14.770	-14.770	167.529	190.000
1+2+3	1.922	1.200	10.800	10.800	21.391	-49.072	167.529	190.000
1+2+3+4	1.765	1.130	10.800	10.800	22.450	-48.112	192.658	190.000
1+2+3+4+5	-0.057	-0.702	1.890	1.890	39.524	-32.792	192.658	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.236	-1.901	2.174	2.174	53.516	-19.900	217.788	218.500
1+2+3+4+5-6	1.122	0.496	12.420	12.420	25.531	-45.684	217.788	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{53.516}{217.788} \right)^2 + \left(\frac{40.953}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.060 + 0.139 = 0.199 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-49.072}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{40.953}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.067 + 0.139 = 0.205 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스티드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 7) = 4.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 7.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/14.77)} = 3.587 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 2.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/53.516)} = 1.884 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.234 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 1.922 - 0.234 = 1.688 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.234 + 2.15 \times 1.688 + (-0.157) + (-1.822) + (1.179)$$

$$= 3.133 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.234 + 2.15 \times 1.688 + (1.179)$$

$$= 5.112 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 14.770 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 0.807 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 21.391 - 14.77 - 0.807 = 5.814 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (14.77 + 0.807) + 2.15 \times 5.814 + (1.059) + (17.074) + (13.992)$$

$$= 64.875 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (14.77 + 0.807) + 2.15 \times 5.814 + (13.992)$$

$$= 46.742 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -14.770 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -4.180 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -49.072 - (-14.77) - (-4.18) = -30.122 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-14.77 + -4.18) + 2.15 \times -30.122 + (0.96) + (15.32) + (-12.892)$$

$$= -86.009 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-14.77 + -4.18) + 2.15 \times -30.122 + (-12.892)$$

$$= -102.290 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

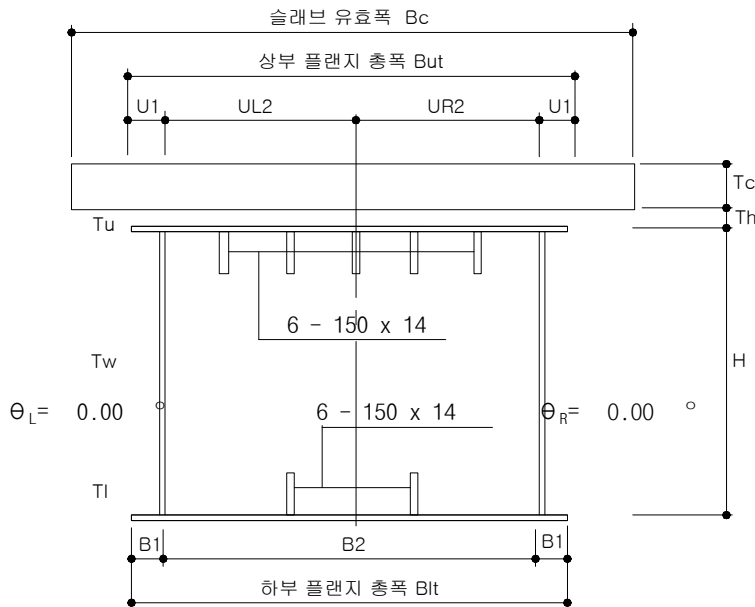
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	3.133	16.200	0.K!!!	5.170
	크리프, 건조수축제외시	5.112	16.200	0.K!!!	3.168
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	64.875	315.000	0.K!!!	4.855
	크리프, 건조수축제외시	46.742	315.000	0.K!!!	6.739
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-86.009	315.000	0.K!!!	3.662
	크리프, 건조수축제외시	-102.290	315.000	0.K!!!	3.079

5-6. G2-3경간 최대 정모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490


$$H = 2.000 \text{ m}$$
$$B_c = 4.805 \text{ m}$$

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

$$B2 = 2.500 \text{ m}$$

But= 2.740 , Blt= 2.740 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.595 , Ble= 2.595 m

$$T_C = 0.250 \text{ m}$$
$$T_h = 0.100 \text{ m}$$
$$T_u = 0.012 \text{ m}$$
$$T1 = 0.012 \text{ m}$$
$$T_W = 0.012 \text{ m}$$
$$U1 = 0.120 \text{ m}$$
$$B1 = 0.120 \text{ m}$$

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	206000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	1535.100
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	554.242
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN · m	4297.290
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	731.815
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	251.746
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	672.689
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	105.454
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	36.498
Mvt : 활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN · m	648.820

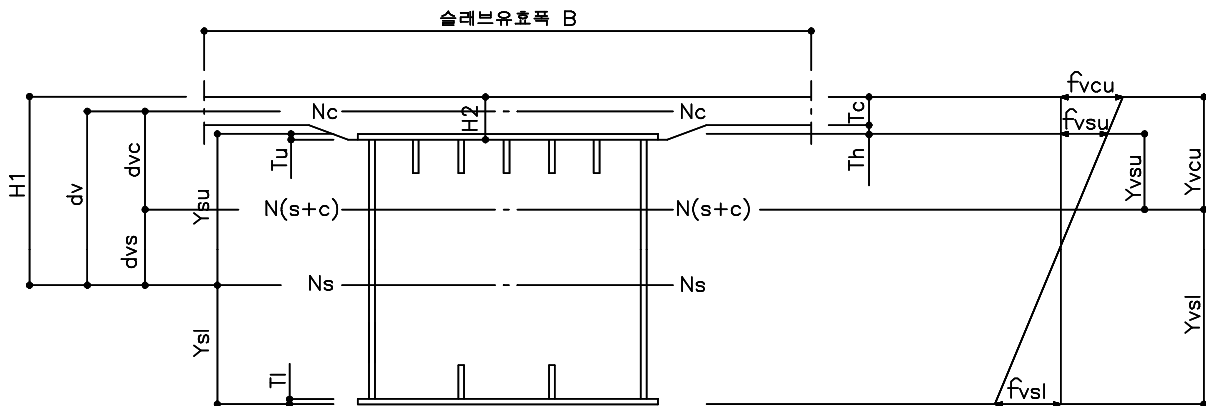
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2595.0	12.0	31140	1006.0	31326840	31514801040	373680
6 - UPPER RIB	14.0	150.0	12600	925.0	11655000	10780875000	23625000
1 - L_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
1 - R_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
6 - LOWER RIB	14.0	150.0	12600	-925.0	-11655000	10780875000	23625000
1 - LOWER FLANGE	2595.0	12.0	31140	-1006.0	-31326840	31514801040	373680
강단면 합계			135480		0	84591352080	16047997360
1 - RC SLAB	4805.0	250.0	1201250	1225.0	1471531250	1802625781250	6256510417

$$* A_s = 135480 \text{ mm}^2, A_c = 1201250 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 84591352080 + 16047997360.0 = 100639349440 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 0 / 135480 = 0.000 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 100639349440 - 135480 \times 0.000^2 = 100639349440 \text{ nm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2000.0 / 2 + 12.0 - 0.000 = 1012.000 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1012.000 - 2024.000 = -1012.000 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5054144.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 15.437 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -15.437 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 16.116 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 307087.1 \text{ mm}^2$$

$$I_{c/n} = 893787202 \text{ nm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1225.0 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 540.4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 684.6 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 665.4 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 415.4 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 327.4 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1696.6 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 215144322320 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5099001.1 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.245 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.153 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 0.844 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -4.371 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 5.543 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.899 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.185 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 6.540 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -33.887 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.316 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 221283.6 \text{ mm}^2 & \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 750.0 \text{ mm} & K = 0.053 \\
ds1 &= dv - dc1 = 475.0 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 875.0 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 625.0 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 537.0 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1487.0 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 179918426969 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 238921 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 238921 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 179191189 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.245 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.153 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.164 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.073 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 1.108 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 1.001 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 192682.381 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 861.3 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 363.7 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 986.3 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 736.3 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 648.3 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1375.7 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 161293141930.3 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3181596 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2740402550 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.820 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.831 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 17.096 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 15.273 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4242129 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2292627355 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.177 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.197 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 13.999 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 12.856 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 40.975 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.3 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 167.5$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_u \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 248.371 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 167.529 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	15.437	-15.437	167.529	190.000
1+2+3	2.144	1.338	10.800	10.800	22.820	-53.694	167.529	190.000
1+2+3+4	1.979	1.265	10.800	10.800	23.928	-52.693	192.658	190.000
1+2+3+4+5	0.159	-0.566	10.800	1.890	41.024	-37.420	192.658	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.018	-1.763	2.174	2.174	55.023	-24.564	217.788	218.500
1+2+3+4+5-6	1.336	0.631	12.420	12.420	27.025	-50.275	217.788	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{55.023}{217.788} \right)^2 + \left(\frac{40.975}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.064 + 0.139 = 0.203 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-53.694}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{40.975}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.080 + 0.139 = 0.219 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스테드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 7) = 4.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 7.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/15.437)} = 3.508 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 2.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/55.023)} = 1.858 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.245 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.144 - 0.245 = 1.899 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.245 + 2.15 \times 1.899 + (-0.164) + (-1.82) + (1.177)$$

$$= 3.593 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.245 + 2.15 \times 1.899 + (1.177)$$

$$= 5.578 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 15.437 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 0.844 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 22.82 - 15.437 - 0.844 = 6.540 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (15.437 + 0.844) + 2.15 \times 6.54 + (1.108) + (17.096) + (13.999)$$

$$= 67.428 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (15.437 + 0.844) + 2.15 \times 6.54 + (13.999)$$

$$= 49.224 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -15.437 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -4.371 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -53.694 - (-15.437) - (-4.371) = -33.887 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-15.437 + -4.371) + 2.15 \times -33.887 + (1.001) + (15.273) + (-12.856)$$

$$= -95.187 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-15.437 + -4.371) + 2.15 \times -33.887 + (-12.856)$$

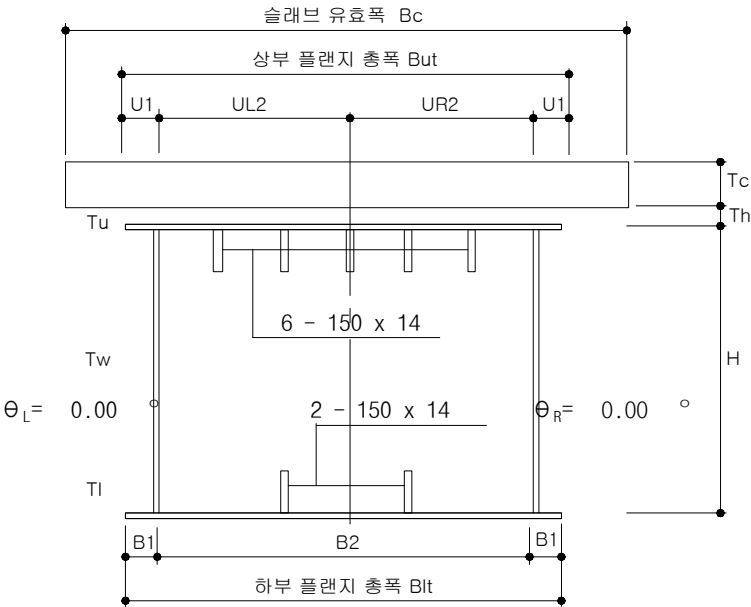
$$= -111.462 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	3.593	16.200	0.K!!!	4.508
	크리프, 건조수축제외시	5.578	16.200	0.K!!!	2.904
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	67.428	315.000	0.K!!!	4.671
	크리프, 건조수축제외시	49.224	315.000	0.K!!!	6.399
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-95.187	315.000	0.K!!!	3.309
	크리프, 건조수축제외시	-111.462	315.000	0.K!!!	2.826

5-7. G1-4경간 최대 정모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.000 m
Bc = 4.805 m
UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
B2 = 2.500 m
But= 2.740 , Blt= 2.740 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.595 , Ble= 2.595 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.100 m
Tu = 0.012 m
TI = 0.012 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.120 m
B1 = 0.120 m
RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강역 탄성계수	MPa	206000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	3615.870
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1215.130
Mv : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	3639.680
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1155.350
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	385.816
Sv : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	539.442
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	206.253
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	68.352
Mvt : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	987.524

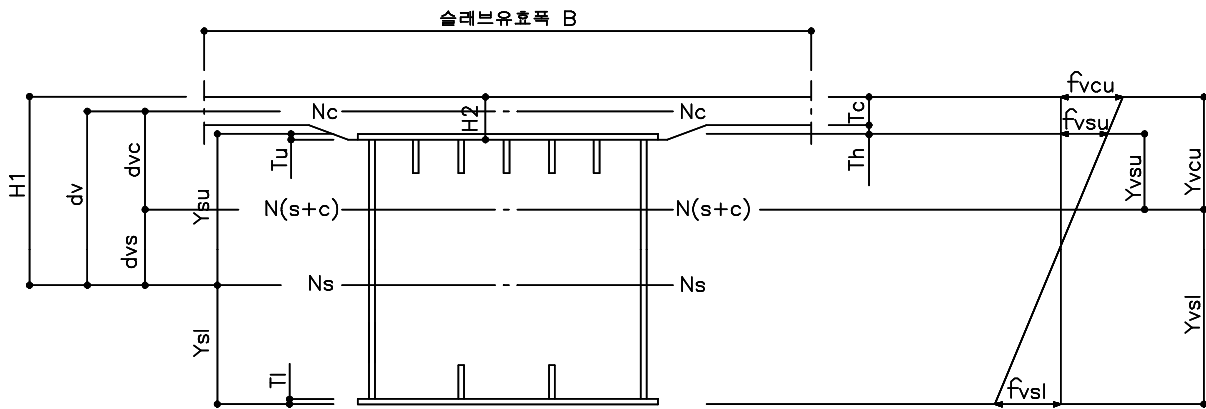
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2595.0	12.0	31140	1006.0	31326840	31514801040	373680
6 - UPPER RIB	14.0	150.0	12600	925.0	11655000	10780875000	23625000
1 - L_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
1 - R_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-925.0	-3885000	3593625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2595.0	12.0	31140	-1006.0	-31326840	31514801040	373680
강단면 합계			127080		7770000	77404102080	16032247360
1 - RC SLAB	4805.0	250.0	1201250	1225.0	1471531250	1802625781250	6256510417

$$* A_s = 127080 \text{ mm}^2, A_c = 1201250 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 77404102080 + 16032247360.0 = 93436349440 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 7770000 / 127080 = 61.143 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 93436349440 - 127080 \times 61.143^2 = 92961271536 \text{ nm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2000.0 / 2 + 12.0 - 61.143 = 950.857 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 950.857 - 2024.000 = -1073.143 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5054144.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 36.985 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -41.742 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 25.770 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 298687.1 \text{ mm}^2$$

$$I_{c/n} = 893787202 \text{ nm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1163.9 \text{ mm}$$

$$d_{vc} = d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 495.2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 668.7 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 620.2 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 370.2 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 282.2 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1741.8 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 192754899465 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5099001.1 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.559 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.333 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 1.779 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -10.980 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 8.596 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.673 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.999 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 5.328 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -32.890 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.308 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 212883.6 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 694.8 \text{ mm} & K = 0.019 \\
ds1 &= dv - dc1 = 469.1 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 819.8 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 569.8 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 481.8 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1542.2 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 162789072873 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 535689 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 535689 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 372175661 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.559 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.333 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.376 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.152 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 2.537 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 2.449 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 184282.381 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 802.6 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 361.3 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 927.6 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 677.6 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 589.6 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1434.4 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 146691892148.1 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 3181596 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2553514091 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -1.812 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -1.816 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 17.460 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 16.790 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 4242129 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2100604452 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

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

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon t = -1.164 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 14.261 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 13.842 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 53.674 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.3 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 167.5$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_u \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 248.371 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 167.529 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	36.985	-41.742	167.529	190.000
1+2+3	2.231	1.332	10.800	10.800	44.092	-85.612	167.529	190.000
1+2+3+4	1.855	1.180	10.800	10.800	46.629	-83.162	192.658	190.000
1+2+3+4+5	0.043	-0.636	10.800	1.890	64.089	-66.372	192.658	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.114	-1.800	2.174	2.174	78.350	-52.530	217.788	218.500
1+2+3+4+5-6	1.200	0.529	12.420	12.420	49.828	-80.214	217.788	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{78.350}{217.788} \right)^2 + \left(\frac{53.674}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.129 + 0.238 = 0.368 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-85.612}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{53.674}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.203 + 0.238 = 0.441 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 7.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/36.985)} = 2.267 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 2.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/78.35)} = 1.557 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.559 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.231 - 0.559 = 1.673 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.559 + 2.15 \times 1.673 + (-0.376) + (-1.812) + (1.157) = 3.292 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.559 + 2.15 \times 1.673 + (1.157) = 5.480 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 36.985 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.779 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 44.092 - 36.985 - 1.779 = 5.328 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (36.985 + 1.779) + 2.15 \times 5.328 + (2.537) + (17.46) + (14.261) = 96.107 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (36.985 + 1.779) + 2.15 \times 5.328 + (14.261) = 76.110 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -41.742 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -10.980 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -85.612 - (-41.742) - (-10.98) = -32.889 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-41.742 + -10.98) + 2.15 \times -32.889 + (2.449) + (16.79) + (-13.842) = -133.854 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

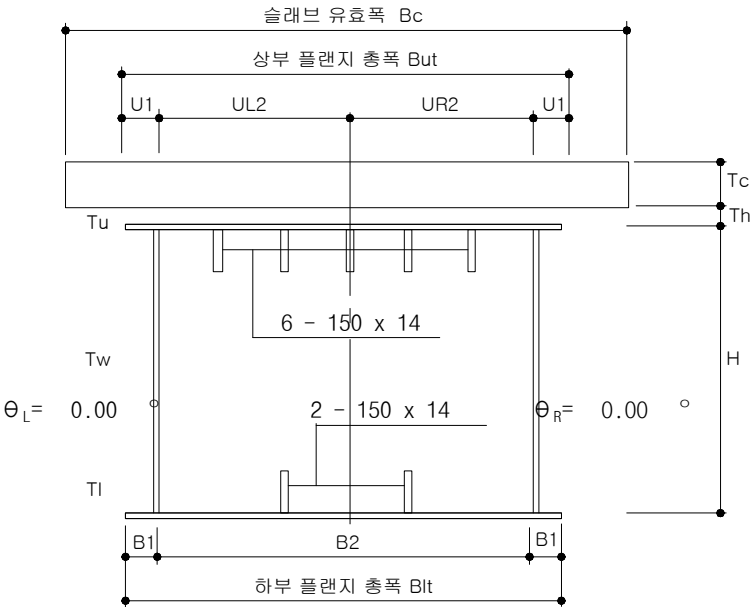
$$\Sigma f = 1.3 \times (-41.742 + -10.98) + 2.15 \times -32.889 + (-13.842) = -153.093 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	3.292	16.200	0.K!!!	4.921
	크리프, 건조수축제외시	5.480	16.200	0.K!!!	2.956
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	96.107	315.000	0.K!!!	3.277
	크리프, 건조수축제외시	76.110	315.000	0.K!!!	4.138
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-133.854	315.000	0.K!!!	2.353
	크리프, 건조수축제외시	-153.093	315.000	0.K!!!	2.057

5-8. G2-4경간 최대 정모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.000 m
Bc = 4.805 m
UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
B2 = 2.500 m
But= 2.740 , Bit= 2.740 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.595 , Ble= 2.595 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.100 m
Tu = 0.012 m
Tl = 0.012 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.120 m
B1 = 0.120 m
RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	206000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	3851.320
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1292.930
Mv : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	4288.610
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1176.080
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	392.831
Sv : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	695.752
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	206.893
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	68.713
Mvt : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	632.715

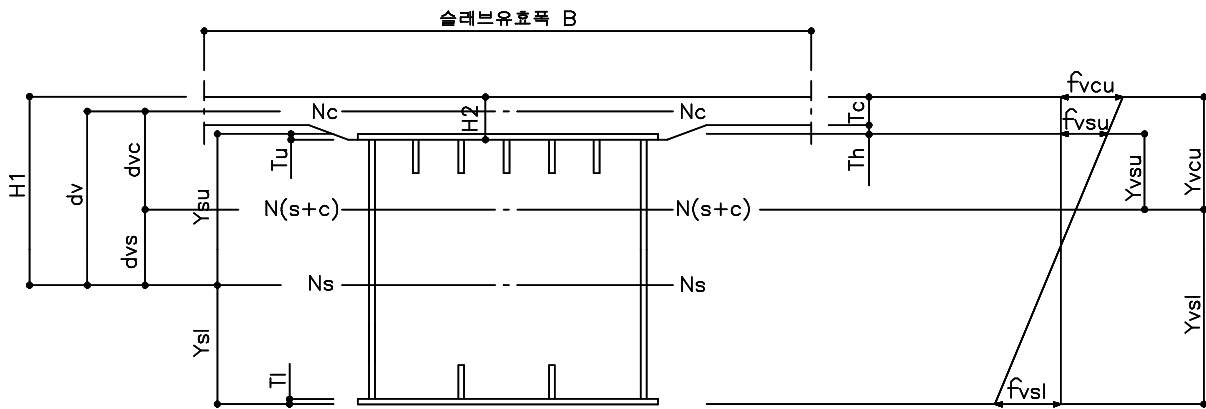
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2595.0	12.0	31140	1006.0	31326840	31514801040	373680
6 - UPPER RIB	14.0	150.0	12600	925.0	11655000	10780875000	23625000
1 - L_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
1 - R_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-925.0	-3885000	3593625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2595.0	12.0	31140	-1006.0	-31326840	31514801040	373680
강단면 합계			127080		7770000	77404102080	16032247360
1 - RC SLAB	4805.0	250.0	1201250	1225.0	1471531250	1802625781250	6256510417

$$* A_s = 127080 \text{ mm}^2, A_c = 1201250 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 77404102080 + 16032247360.0 = 93436349440 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum(A \cdot Y) / A_s = 7770000 / 127080 = 61.143 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 93436349440 - 127080 \times 61.143^2 = 92961271536 \text{ nm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2000.0 / 2 + 12.0 - 61.143 = 950.857 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 950.857 - 2024.000 = -1073.143 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5054144.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 39.393 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -44.460 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 26.207 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 298687.1 \text{ mm}^2$$

$$I_{c/n} = 893787202 \text{ nm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1163.9 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 495.2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 668.7 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 620.2 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 370.2 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 282.2 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1741.8 \text{ mm} \\
lv &= ls + lc/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 192754899465 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5099001.1 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot lv) = 0.594 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot lv) = 0.355 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / lv = 1.893 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / lv = -11.684 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(\text{Web}) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 8.745 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot lv) = 1.971 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot lv) = 1.177 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / lv = 6.278 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / lv = -38.754 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(\text{Web}) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.665 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 212883.6 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 694.8 \text{ mm} & K = 0.019 \\
ds1 &= dv - dc1 = 469.1 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 819.8 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 569.8 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 481.8 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1542.2 \text{ mm} \\
lv1 &= ls + lc/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 162789072873 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot lv) = 569988 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 569988 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 396004606 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot lv) = 0.594 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot lv) = 0.355 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / lv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.400 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / lv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.162 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / lv1 = 2.700 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / lv1 = 2.606 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 184282.381 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 802.6 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 361.3 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 927.6 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 677.6 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 589.6 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1434.4 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 146691892148.1 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3181596 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2553514091 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.812 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.816 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 17.460 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 16.790 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4242129 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2100604452 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

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

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.164 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 14.261 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 13.842 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 54.618 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.3 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 167.5$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_u \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 248.371 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 167.529 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	39.393	-44.460	167.529	190.000
1+2+3	2.565	1.531	10.800	10.800	47.564	-94.897	167.529	190.000
1+2+3+4	2.165	1.370	10.800	10.800	50.264	-92.291	192.658	190.000
1+2+3+4+5	0.353	-0.446	10.800	1.890	67.724	-75.500	192.658	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.804	-1.610	2.174	2.174	81.985	-61.658	217.788	218.500
1+2+3+4+5-6	1.510	0.718	12.420	12.420	53.463	-89.342	217.788	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{81.985}{217.788} \right)^2 + \left(\frac{54.618}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.142 + 0.247 = 0.388 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-94.897}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{54.618}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.249 + 0.247 = 0.496 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (합성형 스티드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 7.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/39.393)} = 2.196 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 2.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/81.985)} = 1.522 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.594 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.565 - 0.594 = 1.971 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.594 + 2.15 \times 1.971 + (-0.4) + (-1.812) + (1.157)$$

$$= 3.955 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.594 + 2.15 \times 1.971 + (1.157)$$

$$= 6.168 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 39.393 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 1.893 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 47.564 - 39.393 - 1.893 = 6.279 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (39.393 + 1.893) + 2.15 \times 6.279 + (2.7) + (17.46) + (14.261)$$

$$= 101.591 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (39.393 + 1.893) + 2.15 \times 6.279 + (14.261)$$

$$= 81.431 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -44.460 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -11.684 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -94.897 - -44.46 - -11.684 = -38.753 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-44.46 + -11.684) + 2.15 \times -38.753 + (2.606) + (16.79) + (-13.842)$$

$$= -150.752 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-44.46 + -11.684) + 2.15 \times -38.753 + (-13.842)$$

$$= -170.148 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

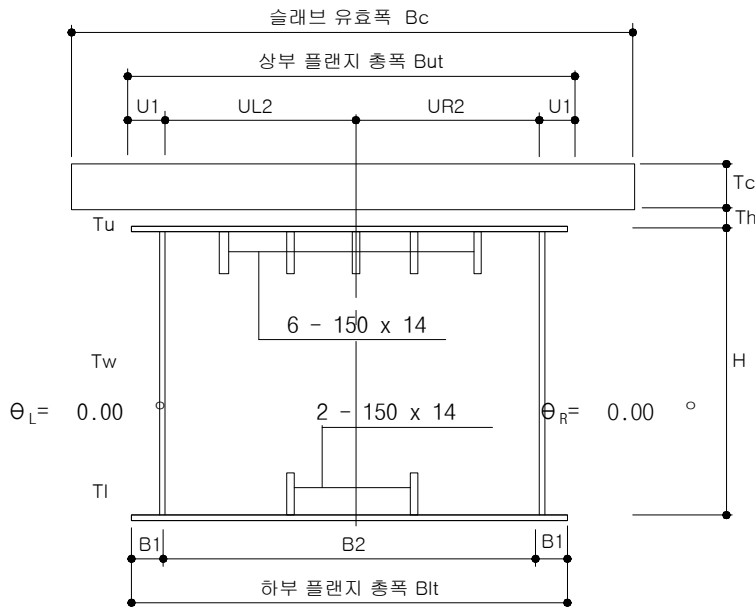
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	3.955	16.200	0.K!!!	4.095
	크리프, 건조수축제외시	6.168	16.200	0.K!!!	2.626
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	101.591	315.000	0.K!!!	3.100
	크리프, 건조수축제외시	81.431	315.000	0.K!!!	3.868
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-150.752	315.000	0.K!!!	2.089
	크리프, 건조수축제외시	-170.148	315.000	0.K!!!	1.851

5-9. G1-5경간 최대 정모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490


$$H = 2.000 \text{ m}$$
$$B_c = 4.786 \text{ m}$$

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

$$B2 = 2.500 \text{ m}$$

But= 2.740 , Blt= 2.740 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.576 , Ble= 2.576 m

$$T_c = 0.250 \text{ m}$$
$$T_h = 0.100 \text{ m}$$
$$T_u = 0.014 \text{ m}$$
$$Tl = 0.016 \text{ m}$$
$$T_W = 0.012 \text{ m}$$
$$U1 = 0.120 \text{ m}$$
$$B1 = 0.120 \text{ m}$$

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	206000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	7269.520
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	2426.450
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN · m	4270.840
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	896.176
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	301.251
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	479.697
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	517.552
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	172.594
Mvt : 활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN · m	1117.022

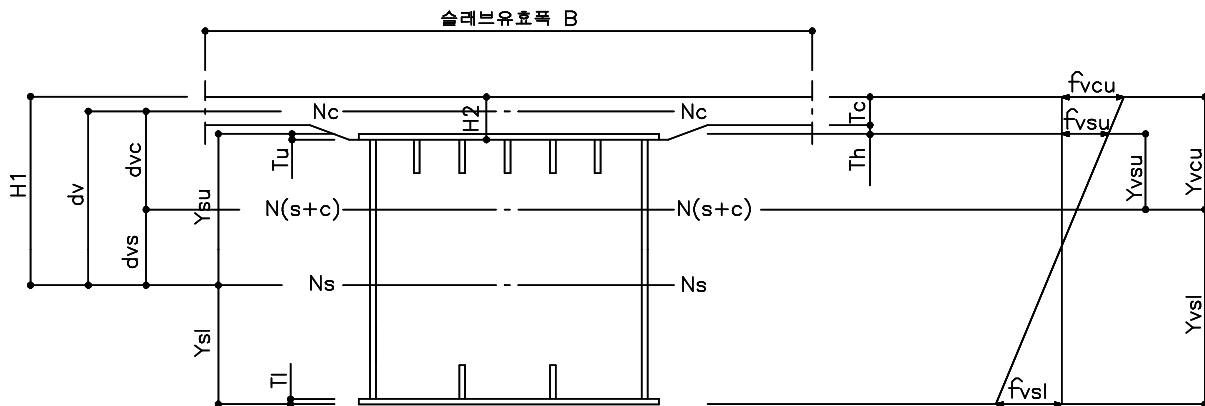
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2576.0	14.0	36064	1007.0	36316448	36570663136	589045.3333
6 - UPPER RIB	14.0	150.0	12600	925.0	11655000	10780875000	23625000
1 - L_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
1 - R_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-925.0	-3885000	3593625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2576.0	16.0	41216	-1008.0	-41545728	41878093824	879274.6667
강단면 합계			142080		2540720	92823256960	16032968320
1 - RC SLAB	4786.0	250.0	1196500	1225.0	1465712500	1795497812500	6231770833

* As = 142080 mm² , Ac = 1196500 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 92823256960 + 16032968320.0 = 108856225280 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 2540720 / 142080 = 17.882 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 108856225280 - 142080 \times 17.882^2 = 108810791312 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2000.0 / 2 + 14.0 - 17.882 = 996.118 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 996.118 - 2030.000 = -1033.882 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 5061680.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 66.549 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -69.072 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 22.931 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 313008.6 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 890252976 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1207.1 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 547.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 659.2 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 672.9 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 422.9 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 336.9 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1693.1 \text{ mm} \\
lv &= ls + lc/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 222756259945 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5106537.1 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot lv) = 1.047 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot lv) = 0.658 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / lv = 3.670 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / lv = -18.442 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 7.684 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot lv) = 1.843 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot lv) = 1.158 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / lv = 6.460 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / lv = -32.461 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.108 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 227544.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 753.7 \text{ mm} & K = 0.707 \\
ds1 &= dv - dc1 = 453.4 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 878.7 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 628.7 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 542.7 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1487.3 \text{ mm} \\
lv1 &= ls + lc/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 187014960253 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot lv) = 1020193 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 1020193 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 768951674 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot lv) = 1.047 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot lv) = 0.658 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / lv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.544 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / lv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.207 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / lv1 = 6.061 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / lv1 = 0.160 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 199056.190 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 861.6 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 345.5 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 986.6 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 736.6 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 650.6 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1379.4 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 168365938071.2 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3169016 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2730431363 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.352 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.488 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 23.380 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 0.105 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4225354 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2315205035 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -0.569 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -0.832 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 15.975 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 1.058 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 49.723 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.3 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 184.1$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_u \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 338.061 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 14.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 184.110 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	66.549	-69.072	184.110	190.000
1+2+3	2.890	1.817	10.800	10.800	76.679	-119.975	184.110	190.000
1+2+3+4	2.346	1.609	10.800	10.800	82.741	-119.815	211.727	190.000
1+2+3+4+5	0.994	0.121	10.800	10.800	106.120	-119.711	211.727	190.000
1+2+3+4+5+6	0.425	-0.711	12.420	2.174	122.095	-118.653	239.343	218.500
1+2+3+4+5-6	1.563	0.953	12.420	12.420	90.145	-120.769	239.343	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{122.095}{239.343} \right)^2 + \left(\frac{49.723}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.260 + 0.204 = 0.465 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-119.975}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{49.723}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.399 + 0.204 = 0.603 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스티드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 7.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/66.549)} = 1.690 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 2.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/122.095)} = 1.247 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 1.047 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.89 - 1.047 = 1.843 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.047 + 2.15 \times 1.843 + (-0.544) + (-1.352) + (0.569)$$

$$= 3.997 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.047 + 2.15 \times 1.843 + (0.569)$$

$$= 5.893 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 66.549 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.670 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 76.679 - 66.549 - 3.67 = 6.460 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (66.549 + 3.67) + 2.15 \times 6.46 + (6.061) + (23.38) + (15.975)$$

$$= 150.591 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (66.549 + 3.67) + 2.15 \times 6.46 + (15.975)$$

$$= 121.150 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -69.072 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -18.442 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -119.975 - -69.072 - -18.442 = -32.461 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-69.072 + -18.442) + 2.15 \times -32.461 + (0.16) + (0.105) + (-1.058)$$

$$= -184.354 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-69.072 + -18.442) + 2.15 \times -32.461 + (-1.058)$$

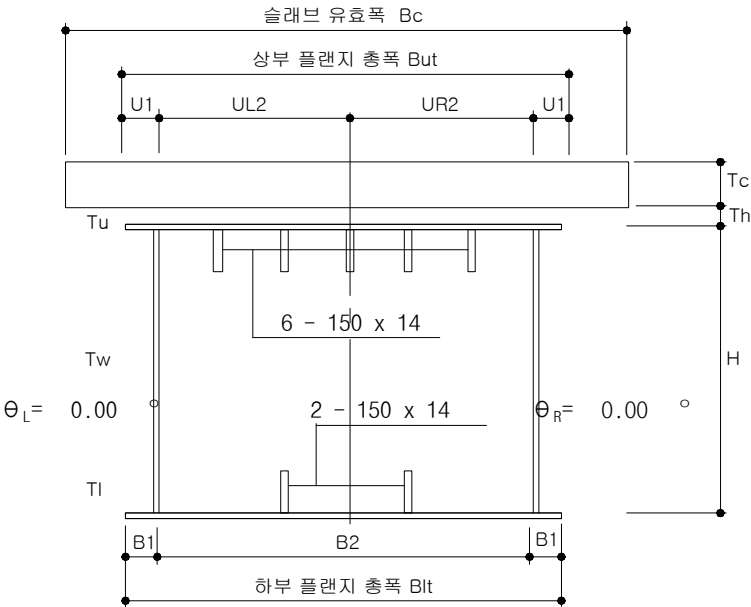
$$= -184.618 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	3.997	16.200	0.K!!!	4.052
	크리프, 건조수축제외시	5.893	16.200	0.K!!!	2.748
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	150.591	315.000	0.K!!!	2.091
	크리프, 건조수축제외시	121.150	315.000	0.K!!!	2.600
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-184.354	315.000	0.K!!!	1.708
	크리프, 건조수축제외시	-184.618	315.000	0.K!!!	1.706

5-10. G2-5경간 최대 정모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.000 m
Bc = 4.786 m
UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
B2 = 2.500 m
But= 2.740 , Blt= 2.740 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.576 , Ble= 2.576 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.100 m
Tu = 0.014 m
Tl = 0.016 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.120 m
B1 = 0.120 m
RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강역 탄성계수	MPa	206000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	7945.440
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	2650.870
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN · m	5059.808
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1026.510
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	344.748
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	639.012
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	525.706
Msc : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	175.334
Mvt : 활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN · m	745.689

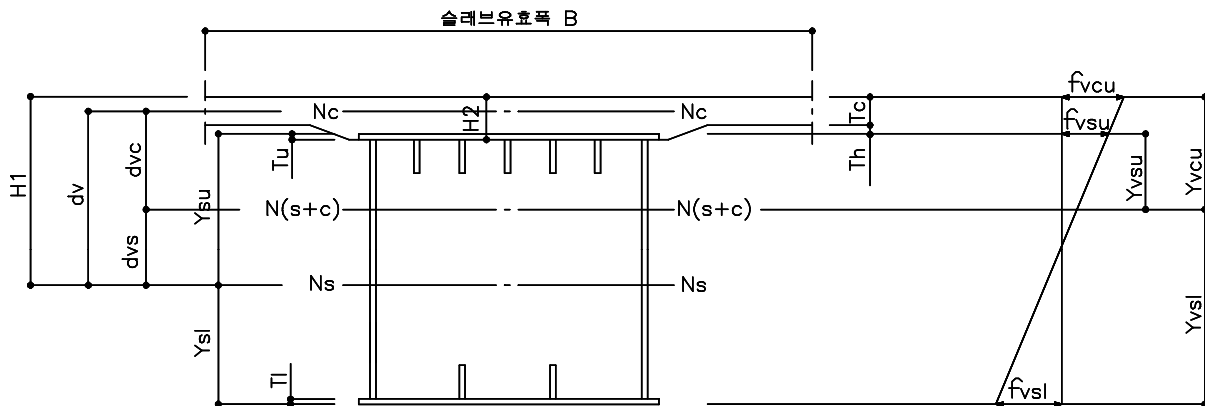
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2576.0	14.0	36064	1007.0	36316448	36570663136	589045.3333
6 - UPPER RIB	14.0	150.0	12600	925.0	11655000	10780875000	23625000
1 - L_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
1 - R_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-925.0	-3885000	3593625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2576.0	16.0	41216	-1008.0	-41545728	41878093824	879274.6667
강단면 합계			142080		2540720	92823256960	16032968320
1 - RC SLAB	4786.0	250.0	1196500	1225.0	1465712500	1795497812500	6231770833

* As = 142080 mm² , Ac = 1196500 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 92823256960 + 16032968320.0 = 108856225280 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 2540720 / 142080 = 17.882 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 108856225280 - 142080 \times 17.882^2 = 108810791312 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2000.0 / 2 + 14.0 - 17.882 = 996.118 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 996.118 - 2030.000 = -1033.882 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 5061680.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 72.737 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -75.495 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 25.713 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 313008.6 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 890252976 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1207.1 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 547.9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 659.2 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 672.9 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 422.9 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 336.9 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1693.1 \text{ mm} \\
lv &= ls + lc/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 222756259945 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5106537.1 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot lv) = 1.144 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot lv) = 0.719 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / lv = 4.010 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / lv = -20.148 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 8.613 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot lv) = 2.184 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot lv) = 1.372 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / lv = 7.653 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / lv = -38.457 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.397 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 227544.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 753.7 \text{ mm} & K = 0.707 \\
ds1 &= dv - dc1 = 453.4 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 878.7 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 628.7 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 542.7 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1487.3 \text{ mm} \\
lv1 &= ls + lc/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 187014960253 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot lv) = 1114550 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 1114550 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 840071266 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot lv) = 1.144 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot lv) = 0.719 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / lv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.595 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / lv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.227 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / lv1 = 6.622 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / lv1 = 0.175 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$\begin{aligned}
 n2 &= n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21 \\
 Av2 &= As + Ac/n2 = 199056.190 \text{ mm}^2 \\
 dc2 &= dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 861.6 \text{ mm} \\
 ds2 &= dv - dc2 = 345.5 \text{ mm} \\
 Yv2cu &= dc2 + Tc/2 = 986.6 \text{ mm} \\
 Yv2cl &= Yv2cu - Tc = 736.6 \text{ mm} \\
 Yv2su &= Yv2cu - H2 + Tu = 650.6 \text{ mm} \\
 Yv2sl &= Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1379.4 \text{ mm} \\
 Iv2 &= Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 168365938071.2 \text{ mm}^4 \\
 P2 &= Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3169016 \text{ N} \\
 Mv2 &= P2 \cdot dc2 = 2730431363 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 Ec2 &= Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa} \\
 fvcu2 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.352 \text{ MPa} \\
 fvc12 &= 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.488 \text{ MPa} \\
 fvsu2 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 23.380 \text{ MPa} \\
 fvs12 &= P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 0.105 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(6) 온 도 차

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 P1 &= Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4225354 \text{ N} \\
 Mvt &= P1 \cdot dvc = 2315205035 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 fcut &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -0.569 \text{ MPa} \\
 fclt &= 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvc1/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -0.832 \text{ MPa} \\
 fsut &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 15.975 \text{ MPa} \\
 fslt &= P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 1.058 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 53.723 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

$$\begin{aligned}
 i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
 &= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000
 \end{aligned}$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.3 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 184.1$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_u \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 338.061 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 14.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 184.110 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	72.737	-75.495	184.110	190.000
1+2+3	3.328	2.091	10.800	10.800	84.400	-134.100	184.110	190.000
1+2+3+4	2.733	1.865	10.800	10.800	91.022	-133.925	211.727	190.000
1+2+3+4+5	1.381	0.377	10.800	10.800	114.402	-133.821	211.727	190.000
1+2+3+4+5+6	0.812	-0.455	12.420	2.174	130.377	-132.762	239.343	218.500
1+2+3+4+5-6	1.950	1.208	12.420	12.420	98.427	-134.879	239.343	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{130.377}{239.343} \right)^2 + \left(\frac{53.723}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.297 + 0.239 = 0.535 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-134.100}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{53.723}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.498 + 0.239 = 0.737 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{합성형 스티드 설치})$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 3) = 10.4 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 7.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/72.737)} = 1.616 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 2.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/130.377)} = 1.207 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 1.144 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 3.328 - 1.144 = 2.184 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.144 + 2.15 \times 2.184 + (-0.595) + (-1.352) + (0.569)$$

$$= 4.805 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 1.144 + 2.15 \times 2.184 + (0.569)$$

$$= 6.751 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 72.737 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 4.010 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 84.4 - 72.737 - 4.01 = 7.653 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (72.737 + 4.01) + 2.15 \times 7.653 + (6.622) + (23.38) + (15.975)$$

$$= 162.202 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (72.737 + 4.01) + 2.15 \times 7.653 + (15.975)$$

$$= 132.200 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -75.495 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -20.148 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -134.1 - -75.495 - -20.148 = -38.457 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-75.495 + -20.148) + 2.15 \times -38.457 + (0.175) + (0.105) + (-1.058)$$

$$= -207.798 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-75.495 + -20.148) + 2.15 \times -38.457 + (-1.058)$$

$$= -208.077 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

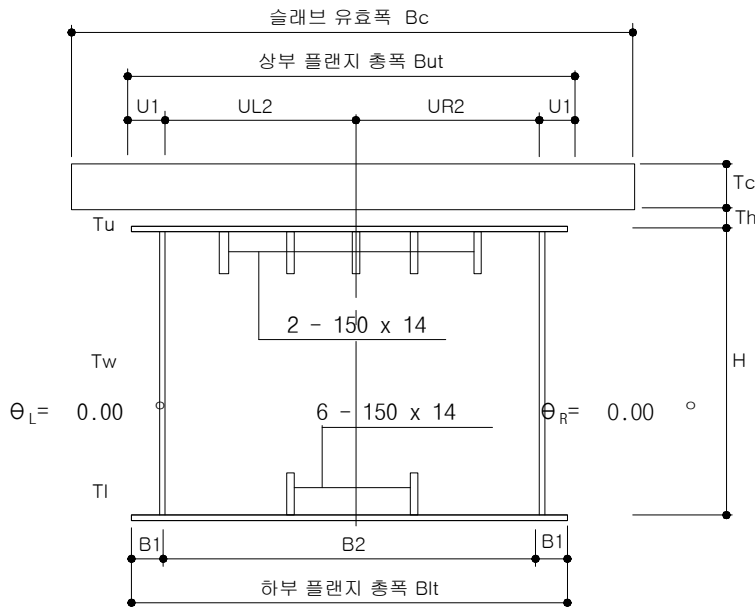
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.805	16.200	0.K!!!	3.371
	크리프, 건조수축제외시	6.751	16.200	0.K!!!	2.399
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	162.202	315.000	0.K!!!	1.942
	크리프, 건조수축제외시	132.200	315.000	0.K!!!	2.382
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-207.798	315.000	0.K!!!	1.515
	크리프, 건조수축제외시	-208.077	315.000	0.K!!!	1.513

5-11. G1-P1 최대 부모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490


$$H = 2.000 \text{ m}$$
$$B_c = 4.421 \text{ m}$$

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

$$B2 = 2.500 \text{ m}$$

But= 2.740 , Blt= 2.740 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.423 , Ble= 2.423 m

$$T_c = 0.250 \text{ m}$$
$$T_h = 0.100 \text{ m}$$
$$T_u = 0.034 \text{ m}$$
$$Tl = 0.034 \text{ m}$$
$$T_W = 0.018 \text{ m}$$
$$U1 = 0.120 \text{ m}$$
$$B1 = 0.120 \text{ m}$$

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	206000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-16837.900
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-4390.700
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN · m	-4731.690
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1912.770
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-903.584
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	-622.049
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	275.408
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	80.315
Mvt : 활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN · m	-1089.517

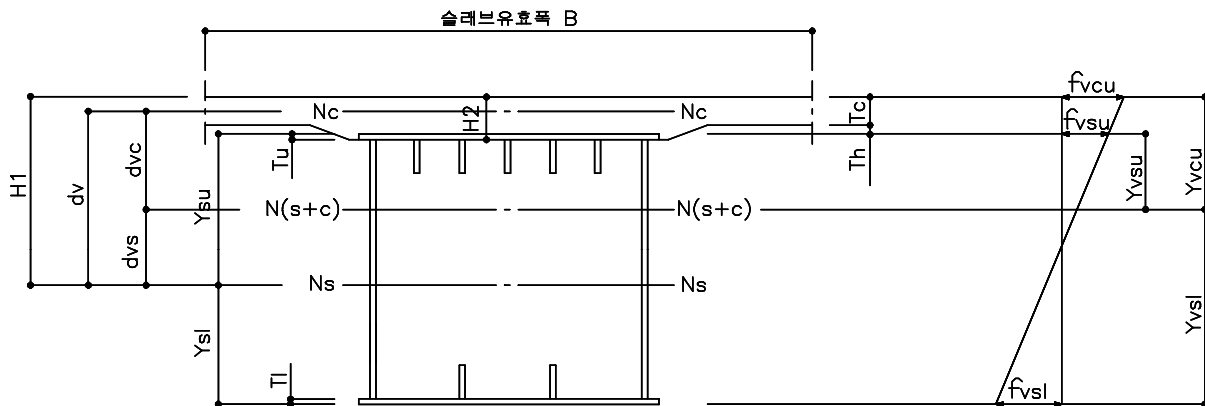
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2423.0	34.0	82382	1017.0	83782494	85206796398	7936132.667
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	925.0	3885000	3593625000	7875000
1 - L_WEB	18.0	2000.0	36000	0.0	0	0	12000000000
1 - R_WEB	18.0	2000.0	36000	0.0	0	0	12000000000
6 - LOWER RIB	14.0	150.0	12600	-925.0	-11655000	10780875000	23625000
1 - LOWER FLANGE	2423.0	34.0	82382	-1017.0	-83782494	85206796398	7936132.667
강단면 합계			253564		-7770000	1.84788E+11	24047372265
1 - RC SLAB	4421.0	250.0	1105250	1225.0	1353931250	1658565781250	5756510417

* As = 253564 mm² , Ac = 1105250 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 184788092796 + 24047372265.3 = 208835465061 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -7770000 / 253564 = -30.643 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 208835465061 - 253564 \times (-30.643)^2 = 208597367776 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2000.0 / 2 + 34.0 - (-30.643) = 1064.643 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1064.643 - 2068.000 = -1003.357 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 5121612.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -85.938 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 80.991 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 28.060 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 411456.9 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 822358631 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1255.6 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 773.8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 481.8 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 898.8 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 648.8 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 582.8 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1485.2 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 362831339916 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5166576.3 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -1.554 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -1.122 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = -7.053 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = 17.973 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 12.982 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -1.674 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -1.209 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = -7.600 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = 19.369 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 14.497 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 332510.4 \text{ mm}^2 & \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 957.5 \text{ mm} & K = -0.145 \\
ds1 &= dv - dc1 = 298.1 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1082.5 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 832.5 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 766.5 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1301.5 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 303926262327 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = -1478499 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -1478499 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1415694461 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -1.554 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -1.122 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = 1.288 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = 0.844 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = -3.929 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -5.326 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 306194.952 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1039.8 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 215.8 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1164.8 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 914.8 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 848.8 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1219.2 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 277588340044.9 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 2927334 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 3043883403 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -2.282 \text{ MPa}$$

$$fvc12 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -2.263 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 8.211 \text{ MPa}$$

$$fvs12 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 11.499 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 3903111 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 3020233163 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -2.004 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.961 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 8.783 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 11.279 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 51.688 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.289 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_l \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 242.634$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_l \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 1993.869 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 34.0 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	-85.938	80.991	190.000	190.000
1+2+3	-3.228	-2.330	1.890	1.890	-100.591	118.332	190.000	190.000
1+2+3+4	-1.940	-1.486	1.890	1.890	-104.519	113.006	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-4.221	-3.749	1.890	1.890	-96.309	124.505	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-6.225	-5.710	2.174	2.174	-87.526	135.784	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	-2.217	-1.788	2.174	2.174	-105.091	113.226	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-104.519}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{51.688}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.303 + 0.221 = 0.523 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{124.505}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{51.688}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.429 + 0.221 = 0.650 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스티드 설치)}$$

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 7) = 4.5 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 5.4 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/80.991)} = 1.532 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.183) = 3.2 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/135.784)} = 1.183 < 1.2 \Rightarrow 1.183$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = -1.554 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -2.33 - -1.554 = -0.777 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -1.554 + 2.15 \times -0.777 + (1.288) + (-2.282) + (2.004)$$

$$= -2.679 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -1.554 + 2.15 \times -0.777 + (2.004)$$

$$= -1.685 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -85.938 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = -7.053 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -100.591 - -85.938 - -7.053 = -7.600 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-85.938 + -7.053) + 2.15 \times -7.6 + (-3.929) + (8.211) + (8.783)$$

$$= -124.163 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-85.938 + -7.053) + 2.15 \times -7.6 + (8.783)$$

$$= -128.445 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 80.991 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = 17.973 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 118.332 - 80.991 - 17.973 = 19.368 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (80.991 + 17.973) + 2.15 \times 19.368 + (-5.326) + (11.499) + (-11.279)$$

$$= 165.189 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (80.991 + 17.973) + 2.15 \times 19.368 + (-11.279)$$

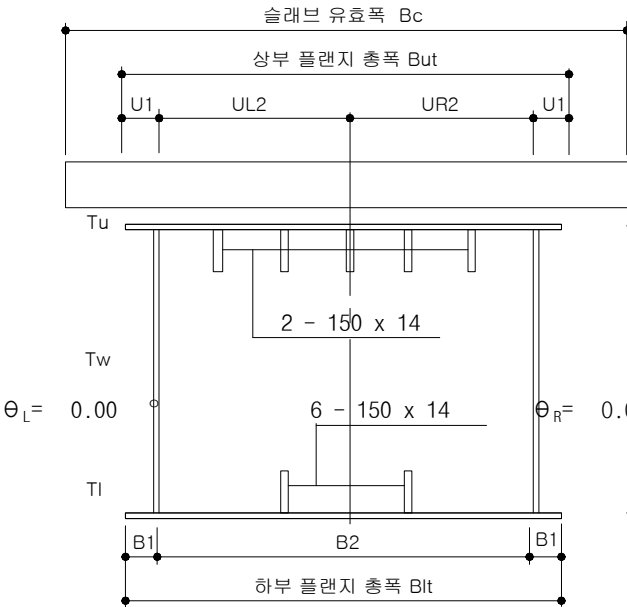
$$= 159.016 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-2.679	16.200	0.K!!!	6.048
	크리프, 건조수축제외시	-1.685	16.200	0.K!!!	9.611
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-124.163	315.000	0.K!!!	2.536
	크리프, 건조수축제외시	-128.445	315.000	0.K!!!	2.452
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	165.189	315.000	0.K!!!	1.906
	크리프, 건조수축제외시	159.016	315.000	0.K!!!	1.980

5-12. G2-P1 최대 부모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.000 m
Bc = 4.421 m
UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
B2 = 2.500 m
But= 2.740 , Bit= 2.740 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.423 , Ble= 2.423 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.100 m
Tu = 0.034 m
Tl = 0.034 m
Tw = 0.018 m
U1 = 0.120 m
B1 = 0.120 m
RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	206000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-17547.100
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-4615.830
Mv : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	-5753.019
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1861.180
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-586.846
Sv : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	-821.861
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	266.638
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	77.707
Mvst : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-732.159

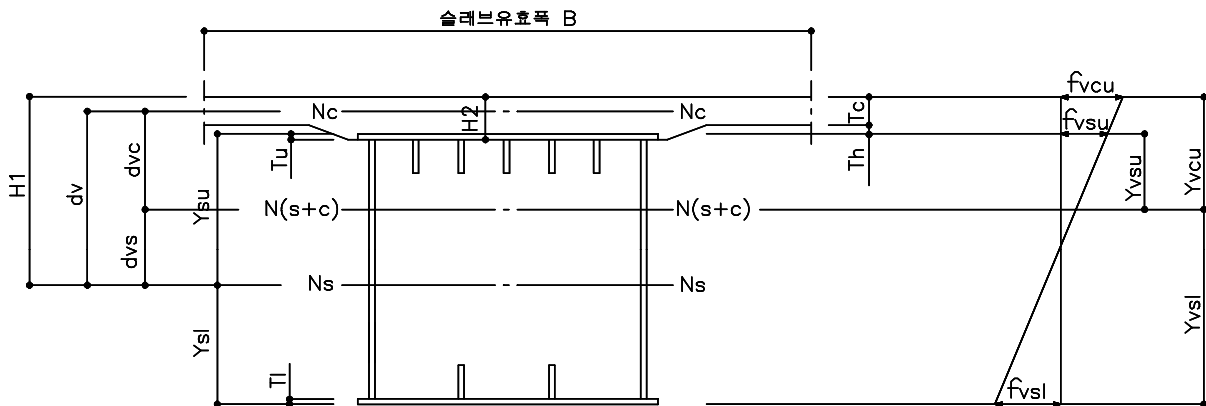
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2423.0	34.0	82382	1017.0	83782494	85206796398	7936132.667
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	925.0	3885000	3593625000	7875000
1 - L_WEB	18.0	2000.0	36000	0.0	0	0	12000000000
1 - R_WEB	18.0	2000.0	36000	0.0	0	0	12000000000
6 - LOWER RIB	14.0	150.0	12600	-925.0	-11655000	10780875000	23625000
1 - LOWER FLANGE	2423.0	34.0	82382	-1017.0	-83782494	85206796398	7936132.667
강단면 합계			253564		-7770000	1.84788E+11	24047372265
1 - RC SLAB	4421.0	250.0	1105250	1225.0	1353931250	1658565781250	5756510417

$$* A_s = 253564 \text{ mm}^2, A_c = 1105250 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 184788092796 + 24047372265.3 = 208835465061 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \quad -7770000 \quad / \quad 253564 \quad = \quad -30.643 \quad \text{mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 208835465061 - 253564 \times -30.643^2 = 208597367776 \text{ nm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2000.0 / 2 + 34.0 - -30.643 = 1064.643 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1064.643 - 2068.000 = -1003.357 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5121612.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -89.557 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 84.402 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 27.296 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 411456.9 \text{ mm}^2$$

$$I_{c/n} = 822358631 \text{ nm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1255.6 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 773.8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 481.8 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 898.8 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 648.8 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 582.8 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1485.2 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 362831339916 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5166576.3 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -1.633 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -1.179 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = -7.414 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = 18.894 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 8.568 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -2.036 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -1.470 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = -9.241 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = 23.549 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 15.351 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 332510.4 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 957.5 \text{ mm} & K = -0.160 \\
ds1 &= dv - dc1 = 298.1 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1082.5 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 832.5 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 766.5 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1301.5 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 303926262327 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = -1554308 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -1554308 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1488283182 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -1.633 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -1.179 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = 1.360 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = 0.892 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = -4.074 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -5.694 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 306194.952 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1039.8 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 215.8 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1164.8 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 914.8 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 848.8 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1219.2 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 277588340044.9 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 2927334 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 3043883403 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -2.291 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -2.270 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 8.071 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 11.699 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 3903111 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 3020233163 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -2.020 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.972 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 8.710 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 11.464 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 47.488 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.289 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_l \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 242.634$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_l \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 1993.869 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 34.0 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	-89.557	84.402	190.000	190.000
1+2+3	-3.669	-2.649	1.890	1.890	-106.212	126.845	190.000	190.000
1+2+3+4	-2.309	-1.757	1.890	1.890	-110.286	121.151	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-4.600	-4.027	1.890	1.890	-102.215	132.850	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-6.620	-5.999	2.174	2.174	-93.505	144.315	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	-2.580	-2.054	2.174	2.174	-110.925	121.386	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-110.286}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{47.488}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.337 + 0.186 = 0.523 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{132.850}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{47.488}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.489 + 0.186 = 0.675 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스티드 설치)}$$

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 7) = 4.5 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 5.4 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/84.402)} = 1.500 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.147) = 3.3 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/144.315)} = 1.147 < 1.2 \Rightarrow 1.147$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = -1.633 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -2.649 - 1.633 = -1.015 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -1.633 + 2.15 \times -1.015 + (1.36) + (-2.291) + (2.02)$$

$$= -3.217 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -1.633 + 2.15 \times -1.015 + (2.02)$$

$$= -2.286 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -89.557 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = -7.414 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -106.212 - 89.557 - 7.414 = -9.241 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-89.557 + -7.414) + 2.15 \times -9.241 + (-4.074) + (8.071) + (8.71)$$

$$= -133.224 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-89.557 + -7.414) + 2.15 \times -9.241 + (8.71)$$

$$= -137.221 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 84.402 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = 18.894 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 126.845 - 84.402 - 18.894 = 23.549 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (84.402 + 18.894) + 2.15 \times 23.549 + (-5.694) + (11.699) + (-11.464)$$

$$= 179.457 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (84.402 + 18.894) + 2.15 \times 23.549 + (-11.464)$$

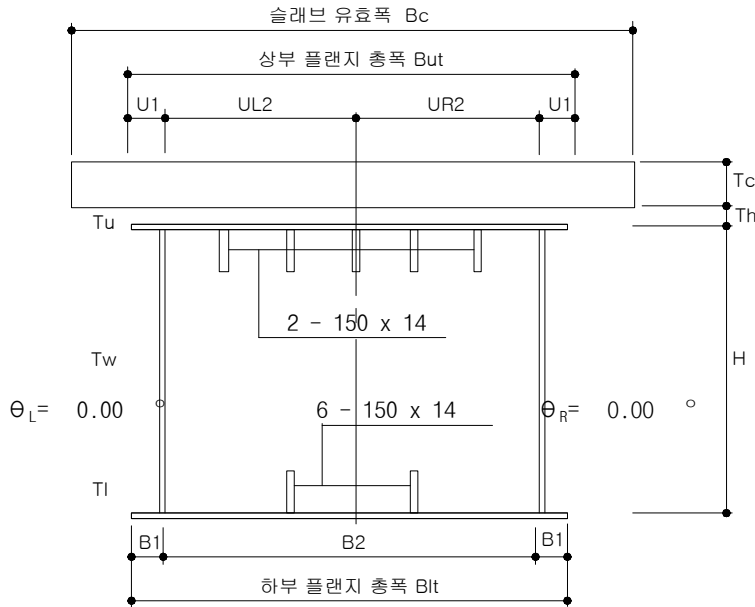
$$= 173.451 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-3.217	16.200	0.K!!!	5.036
	크리프, 건조수축제외시	-2.286	16.200	0.K!!!	7.085
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-133.224	315.000	0.K!!!	2.364
	크리프, 건조수축제외시	-137.221	315.000	0.K!!!	2.295
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	179.457	315.000	0.K!!!	1.755
	크리프, 건조수축제외시	173.451	315.000	0.K!!!	1.816

5-13. G1-P2 최대 부모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.000 m

Bc = 4.422 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.740 , Blt= 2.740 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.423 , Ble= 2.423 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.032 m

TI = 0.034 m

Tw = 0.018 m

U1 = 0.120 m

B1 = 0.120 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강역 탄성계수	MPa	206000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-14838.800
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2942.930
Mv : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	-4409.590
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1496.400
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-474.335
Sv : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	-584.469
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-614.800
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-190.795
Mvt : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-1184.889

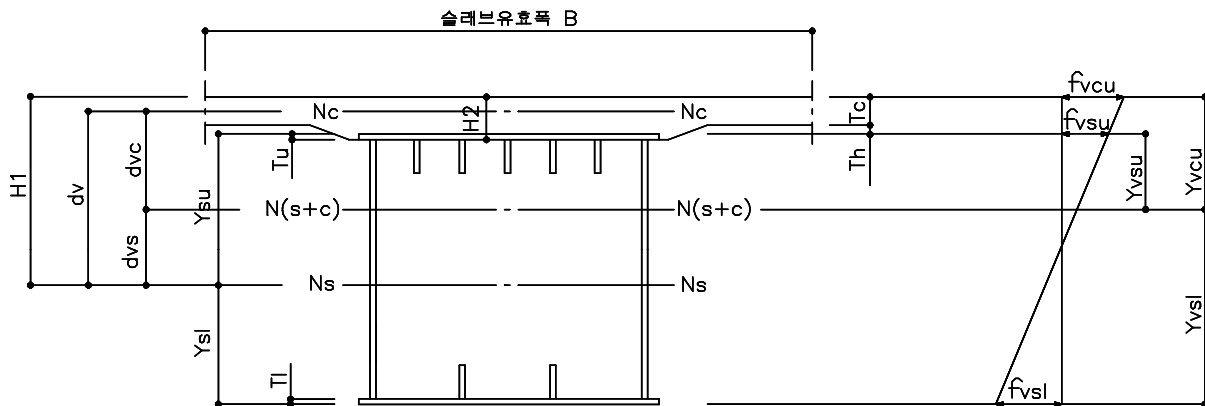
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2423.0	32.0	77536	1016.0	78776576	80037001216	6616405.333
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	925.0	3885000	3593625000	7875000
1 - L_WEB	18.0	2000.0	36000	0.0	0	0	12000000000
1 - R_WEB	18.0	2000.0	36000	0.0	0	0	12000000000
6 - LOWER RIB	14.0	150.0	12600	-925.0	-11655000	10780875000	23625000
1 - LOWER FLANGE	2423.0	34.0	82382	-1017.0	-83782494	85206796398	7936132.667
강단면 합계			248718		-12775918	1.79618E+11	24046052538
1 - RC SLAB	4422.0	250.0	1105500	1225.0	1354237500	1658940937500	5757812500

* $A_s = 248718 \text{ mm}^2$, $A_c = 1105500 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 179618297614 + 24046052538.0 = 203664350152 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -12775918 / 248718 = -51.367 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 203664350152 - 248718 \times (-51.367)^2 = 203008088519 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2000.0 / 2 + 32.0 - (-51.367) = 1083.367 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1083.367 - 2066.000 = -982.633 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 5119094.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -79.188 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 71.825 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 24.119 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 406646.6 \text{ mm}^2$$

$$I_{c/n} = 822544643 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1276.4 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 780.7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 495.7 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 905.7 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 655.7 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 587.7 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1478.3 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 361193405831 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5164058.3 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -1.054 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -0.763 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = -4.788 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = 12.045 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 7.614 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -1.580 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -1.144 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = -7.174 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = 18.048 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 14.491 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 327682.3 \text{ mm}^2 & \# 2\text{차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 968.8 \text{ mm} & K = 0.051 \\
ds1 &= dv - dc1 = 307.6 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1093.8 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 843.8 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 775.8 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1290.2 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 301061245627 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = -1004538 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -1004538 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -973187161 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -1.054 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -0.763 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = 0.822 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = 0.534 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = -3.193 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -2.853 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 301360.857 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1053.4 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 223.0 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1178.4 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 928.4 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 860.4 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1205.6 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 274062344806.2 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 2927996 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 3084369545 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -2.154 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -2.161 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 10.210 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 9.024 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 3903994 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 3047718634 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.777 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.792 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 9.853 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 8.964 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 46.225 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.289 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_l \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 242.634$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_l \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 1993.869 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 34.0 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	-79.188	71.825	190.000	190.000
1+2+3	-2.634	-1.907	1.890	1.890	-91.151	101.918	190.000	190.000
1+2+3+4	-1.811	-1.372	1.890	1.890	-94.344	99.066	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-3.965	-3.533	1.890	1.890	-84.135	108.089	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-5.742	-5.325	2.174	2.174	-74.281	117.054	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	-2.188	-1.741	2.174	2.174	-93.988	99.125	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-94.344}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{46.225}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.247 + 0.177 = 0.423 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{108.089}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{46.225}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.324 + 0.177 = 0.500 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스티드 설치)}$$

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 7) = 4.5 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 5.4 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/71.825)} = 1.626 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.200) = 3.2 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/117.054)} = 1.274 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = -1.054 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -1.907 - 1.054 = -0.853 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -1.054 + 2.15 \times -0.853 + (0.822) + (-2.154) + (1.777) \\ = -2.758 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -1.054 + 2.15 \times -0.853 + (1.777) \\ = -1.426 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -79.188 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = -4.788 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -91.151 - 79.188 - 4.788 = -7.175 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-79.188 + -4.788) + 2.15 \times -7.175 + (-3.193) + (10.21) + (9.853) \\ = -107.725 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-79.188 + -4.788) + 2.15 \times -7.175 + (9.853) \\ = -114.741 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 71.825 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = 12.045 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 101.918 - 71.825 - 12.045 = 18.048 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (71.825 + 12.045) + 2.15 \times 18.048 + (-2.853) + (9.024) + (-8.964) \\ = 145.042 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

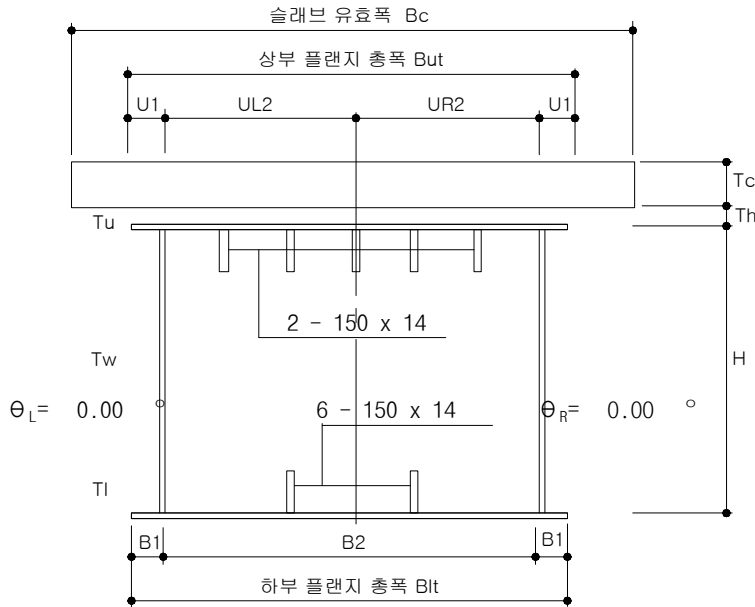
$$\Sigma f = 1.3 \times (71.825 + 12.045) + 2.15 \times 18.048 + (-8.964) \\ = 138.871 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-2.758	16.200	0.K!!!	5.874
	크리프, 건조수축제외시	-1.426	16.200	0.K!!!	11.357
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-107.725	315.000	0.K!!!	2.924
	크리프, 건조수축제외시	-114.741	315.000	0.K!!!	2.745
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	145.042	315.000	0.K!!!	2.171
	크리프, 건조수축제외시	138.871	315.000	0.K!!!	2.268

5-14. G2-P2 최대 부모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.000 m

Bc = 4.422 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.740 , Bit= 2.740 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.423 , Ble= 2.423 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.032 m

Tl = 0.034 m

Tw = 0.018 m

U1 = 0.120 m

B1 = 0.120 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강역 탄성계수	MPa	206000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-15408.900
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-3119.880
Mv : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	-5068.690
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1474.340
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-467.006
Sv : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	-761.018
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-601.130
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-186.518
Mvt : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-886.833

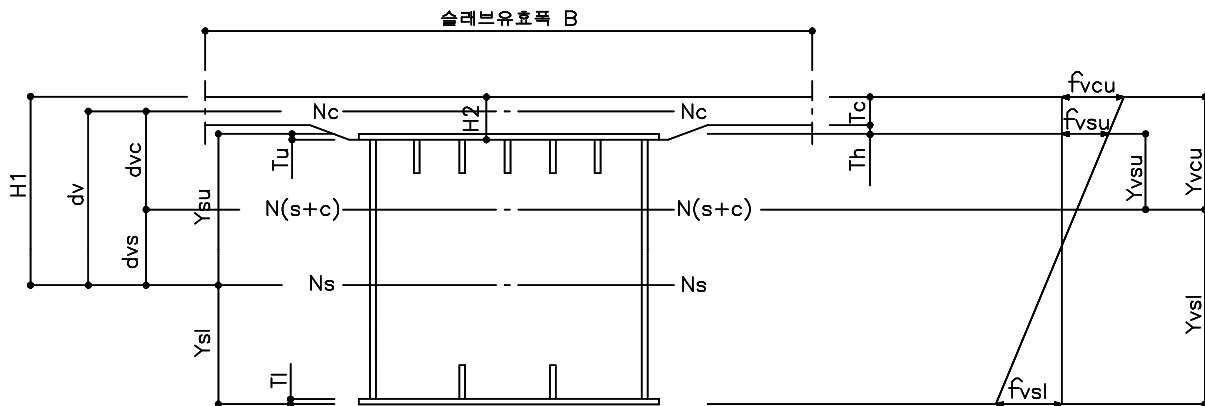
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2423.0	32.0	77536	1016.0	78776576	80037001216	6616405.333
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	925.0	3885000	3593625000	7875000
1 - L_WEB	18.0	2000.0	36000	0.0	0	0	12000000000
1 - R_WEB	18.0	2000.0	36000	0.0	0	0	12000000000
6 - LOWER RIB	14.0	150.0	12600	-925.0	-11655000	10780875000	23625000
1 - LOWER FLANGE	2423.0	34.0	82382	-1017.0	-83782494	85206796398	7936132.667
강단면 합계			248718		-12775918	1.79618E+11	24046052538
1 - RC SLAB	4422.0	250.0	1105500	1225.0	1354237500	1658940937500	5757812500

* As = 248718 mm² , Ac = 1105500 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 179618297614 + 24046052538.0 = 203664350152 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -12775918 / 248718 = -51.367 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 203664350152 - 248718 \times (-51.367)^2 = 203008088519 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2000.0 / 2 + 32.0 - (-51.367) = 1083.367 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1083.367 - 2066.000 = -982.633 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 5119094.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -82.231 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 74.585 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 23.739 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 406646.6 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 822544643 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1276.4 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 780.7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 495.7 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 905.7 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 655.7 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 587.7 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1478.3 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 361193405831 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5164058.3 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -1.118 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -0.809 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = -5.076 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = 12.769 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 7.489 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -1.816 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -1.314 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = -8.247 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = 20.746 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 15.340 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 327682.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 968.8 \text{ mm} & K = 0.054 \\
ds1 &= dv - dc1 = 307.6 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1093.8 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 843.8 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 775.8 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1290.2 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 301061245627 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = -1064938 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -1064938 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -1031702133 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -1.118 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -0.809 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = 0.871 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = 0.566 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = -3.393 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -3.011 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 301360.857 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1053.4 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 223.0 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1178.4 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 928.4 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 860.4 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1205.6 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 274062344806.2 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 2927996 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 3084369545 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -2.152 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -2.159 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 10.239 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 8.983 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 3903994 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 3047718634 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.774 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.790 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 9.868 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 8.927 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 46.568 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.289 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_l \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 242.634$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_l \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 1993.869 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 34.0 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	-82.231	74.585	190.000	190.000
1+2+3	-2.933	-2.124	1.890	1.890	-95.554	108.100	190.000	190.000
1+2+3+4	-2.062	-1.558	1.890	1.890	-98.947	105.089	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-4.214	-3.717	1.890	1.890	-88.708	114.072	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-5.988	-5.507	2.174	2.174	-78.840	122.999	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	-2.440	-1.927	2.174	2.174	-98.577	105.145	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-98.947}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{46.568}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.271 + 0.179 = 0.450 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{114.072}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{46.568}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.360 + 0.179 = 0.540 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스티드 설치)}$$

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 7) = 4.5 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 5.4 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/74.585)} = 1.596 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.200) = 3.2 \text{ mm} \leq t = 18 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/122.999)} = 1.243 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = -1.118 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -2.124 - 1.118 = -1.006 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -1.118 + 2.15 \times -1.006 + (0.871) + (-2.152) + (1.774)$$

$$= -3.123 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -1.118 + 2.15 \times -1.006 + (1.774)$$

$$= -1.842 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -82.231 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = -5.076 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -95.554 - 82.231 - 5.076 = -8.247 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-82.231 + -5.076) + 2.15 \times -8.247 + (-3.393) + (10.239) + (9.868)$$

$$= -114.516 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-82.231 + -5.076) + 2.15 \times -8.247 + (9.868)$$

$$= -121.361 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 74.585 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = 12.769 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 108.1 - 74.585 - 12.769 = 20.745 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (74.585 + 12.769) + 2.15 \times 20.745 + (-3.011) + (8.983) + (-8.927)$$

$$= 155.209 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (74.585 + 12.769) + 2.15 \times 20.745 + (-8.927)$$

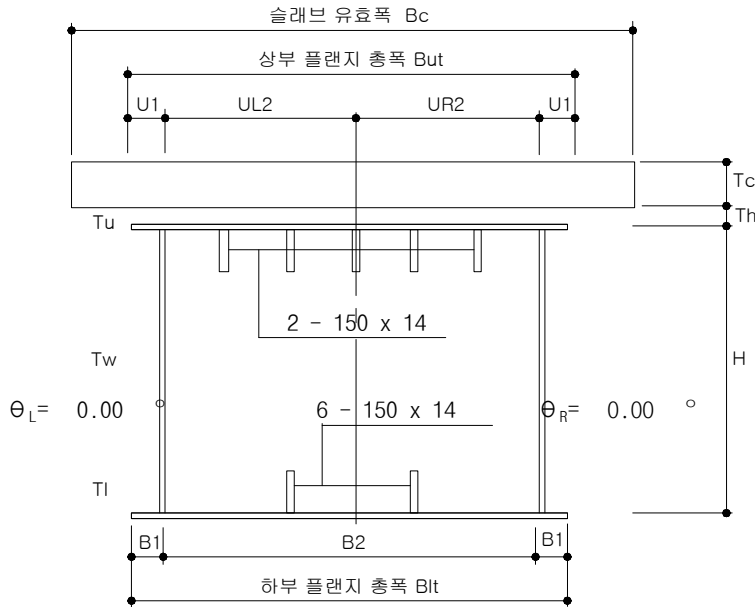
$$= 149.236 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-3.123	16.200	0.K!!!	5.187
	크리프, 건조수축제외시	-1.842	16.200	0.K!!!	8.795
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-114.516	315.000	0.K!!!	2.750
	크리프, 건조수축제외시	-121.361	315.000	0.K!!!	2.595
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	155.209	315.000	0.K!!!	2.029
	크리프, 건조수축제외시	149.236	315.000	0.K!!!	2.110

5-15. G1-P3 최대 부모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.000 m

Bc = 4.805 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.740 , Blt= 2.740 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.595 , Ble= 2.595 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.016 m

Tl = 0.016 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.120 m

B1 = 0.120 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강역 탄성계수	MPa	206000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-5595.440
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-978.218
Mv : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	-2861.820
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1074.530
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-362.662
Sv : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	-554.371
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	53.893
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	15.272
Mvt : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-908.387

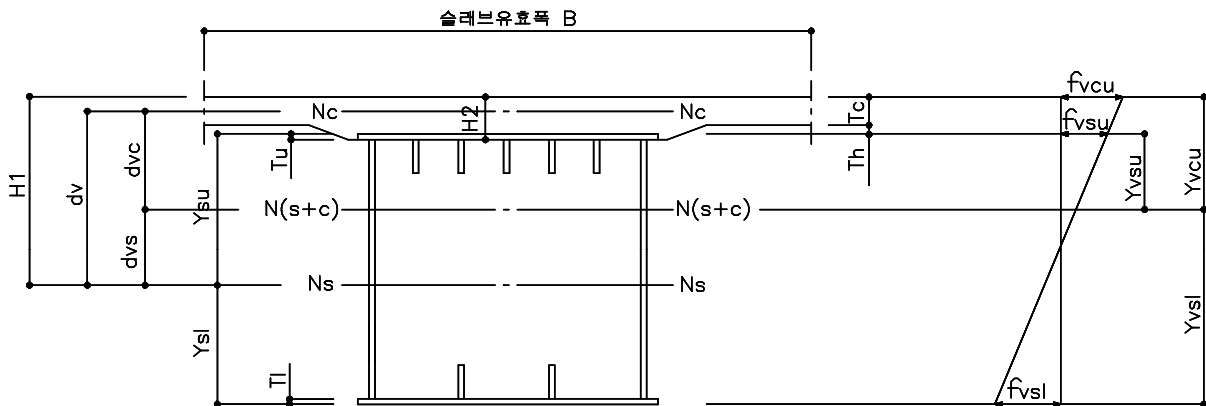
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2595.0	16.0	41520	1008.0	41852160	42186977280	885760
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	925.0	3885000	3593625000	7875000
1 - L_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
1 - R_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
6 - LOWER RIB	14.0	150.0	12600	-925.0	-11655000	10780875000	23625000
1 - LOWER FLANGE	2595.0	16.0	41520	-1008.0	-41852160	42186977280	885760
강단면 합계			147840		-7770000	98748454560	16033271520
1 - RC SLAB	4805.0	250.0	1201250	1225.0	1471531250	1802625781250	6256510417

$$* A_s = 147840 \text{ mm}^2, A_c = 1201250 \text{ mm}^2$$

2) 응 력 검 토



(1) 합성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = 98748454560 + 16033271520.0 = 114781726080 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \quad -7770000 \quad / \quad 147840 \quad = \quad -52.557 \quad \text{mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 114781726080 - 147840 \times -52.557^2 = 114373359603 \text{ nm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2000.0 / 2 + 16.0 - 52.557 = 1068.557 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1068.557 - 2032.000 = -963.443 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5064192.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -52.277 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 47.134 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 22.829 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 319447.1 \text{ mm}^2$$

$$I_{c/n} = 893787202 \text{ nm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1277.6 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 591.3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 686.3 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 716.3 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 466.3 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 382.3 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1649.7 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 244892142380 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5109049.1 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -0.409 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -0.266 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = -1.527 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = 6.590 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 7.680 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -1.196 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -0.778 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = -4.467 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = 19.279 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 18.958 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 233643.6 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 808.4 \text{ mm} & K = 0.035 \\
ds1 &= dv - dc1 = 469.2 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 933.4 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 683.4 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 599.4 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1432.6 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 203434577635 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = -405293 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -405293 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -327633025 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -0.409 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -0.266 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = 0.281 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = 0.139 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = -1.768 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -1.654 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 205042.381 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 921.1 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 356.4 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1046.1 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 796.1 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 712.1 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1319.9 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 181987997029.2 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3181596 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2930715304 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.882 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.888 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 15.918 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 14.773 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4242129 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2508170161 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.270 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.283 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 13.417 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 12.688 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 48.331 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.289 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_l \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 196.546$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_l \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 441.549 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 16.0 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	-52.277	47.134	190.000	190.000
1+2+3	-1.604	-1.044	1.890	1.890	-58.270	73.003	190.000	190.000
1+2+3+4	-1.323	-0.905	1.890	1.890	-60.039	71.349	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-3.205	-2.793	1.890	1.890	-44.121	86.122	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-4.475	-4.077	2.174	2.174	-30.704	98.810	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	-1.935	-1.510	2.174	2.174	-57.537	73.434	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-60.039}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{48.331}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.100 + 0.193 = 0.293 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{86.122}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{48.331}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.205 + 0.193 = 0.399 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (합성형 스테드 설치)}$$

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 7) = 4.5 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 5.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/47.134)} = 2.008 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.200) = 2.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/98.81)} = 1.387 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = -0.409 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -1.044 - -0.409 = -0.636 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -0.409 + 2.15 \times -0.636 + (0.281) + (-1.882) + (1.27) = -2.228 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -0.409 + 2.15 \times -0.636 + (1.27) = -0.628 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -52.277 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = -1.527 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -58.27 - -52.277 - -1.527 = -4.467 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-52.277 + -1.527) + 2.15 \times -4.467 + (-1.768) + (15.918) + (13.417) = -51.982 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-52.277 + -1.527) + 2.15 \times -4.467 + (13.417) = -66.132 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 47.134 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = 6.590 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 73.003 - 47.134 - 6.59 = 19.279 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (47.134 + 6.59) + 2.15 \times 19.279 + (-1.654) + (14.773) + (-12.688) = 111.722 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

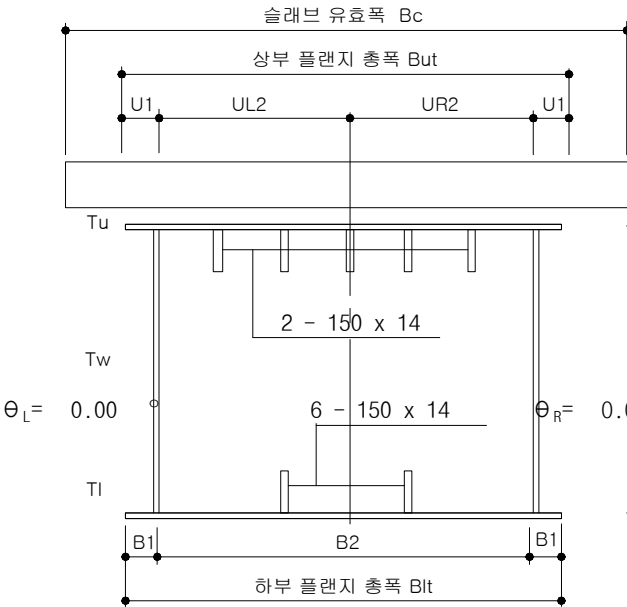
$$\Sigma f = 1.3 \times (47.134 + 6.59) + 2.15 \times 19.279 + (-12.688) = 98.603 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-2.228	16.200	0.K!!!	7.270
	크리프, 건조수축제외시	-0.628	16.200	0.K!!!	25.808
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-51.982	315.000	0.K!!!	6.059
	크리프, 건조수축제외시	-66.132	315.000	0.K!!!	4.763
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	111.722	315.000	0.K!!!	2.819
	크리프, 건조수축제외시	98.603	315.000	0.K!!!	3.194

5-16. G1-P3 최대 부모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.000 m
Bc = 4.805 m
UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
B2 = 2.500 m
But= 2.740 , Bit= 2.740 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.595 , Ble= 2.595 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.100 m
Tu = 0.016 m
Tl = 0.016 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.120 m
B1 = 0.120 m
RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	206000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-5803.960
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-1019.050
Mv : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	-3500.600
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1081.940
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-365.398
Sv : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	-714.410
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	51.644
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	14.521
Mvt : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-576.686

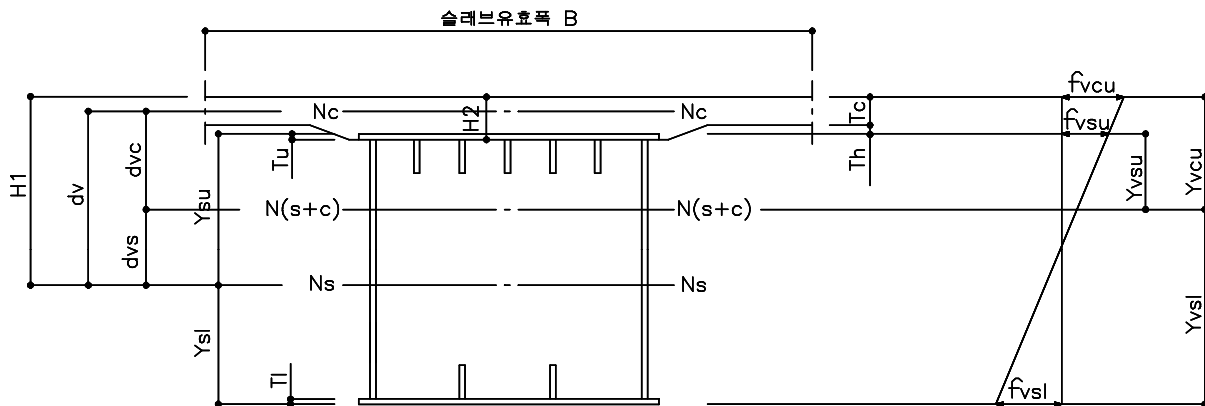
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2595.0	16.0	41520	1008.0	41852160	42186977280	885760
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	925.0	3885000	3593625000	7875000
1 - L_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
1 - R_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
6 - LOWER RIB	14.0	150.0	12600	-925.0	-11655000	10780875000	23625000
1 - LOWER FLANGE	2595.0	16.0	41520	-1008.0	-41852160	42186977280	885760
강단면 합계			147840		-7770000	98748454560	16033271520
1 - RC SLAB	4805.0	250.0	1201250	1225.0	1471531250	1802625781250	6256510417

* $A_s = 147840 \text{ mm}^2$, $A_c = 1201250 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 98748454560 + 16033271520.0 = 114781726080 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -7770000 / 147840 = -52.557 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 114781726080 - 147840 \times (-52.557)^2 = 114373359603 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2000.0 / 2 + 16.0 - (-52.557) = 1068.557 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1068.557 - 2032.000 = -963.443 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 5064192.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -54.225 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 48.891 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 22.965 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 319447.1 \text{ mm}^2 \\
 I_{c/n} &= 893787202 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1277.6 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 591.3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 686.3 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 716.3 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 466.3 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 382.3 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1649.7 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 244892142380 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5109049.1 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -0.426 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -0.277 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = -1.591 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = 6.865 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 7.731 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -1.463 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -0.952 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = -5.464 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = 23.582 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 19.587 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 233643.6 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 808.4 \text{ mm} & K = 0.038 \\
ds1 &= dv - dc1 = 469.2 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 933.4 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 683.4 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 599.4 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1432.6 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 203434577635 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = -422211 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -422211 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -341308823 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -0.426 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -0.277 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = 0.292 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = 0.145 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = -1.845 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -1.716 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 205042.381 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 921.1 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 356.4 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1046.1 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 796.1 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 712.1 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1319.9 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 181987997029.2 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 3181596 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2930715304 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.879 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.886 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 15.953 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 14.709 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4242129 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2508170161 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.267 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.281 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 13.428 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 12.638 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 49.196 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.289 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_l \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 196.546$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_l \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 441.549 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 16.0 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	-54.225	48.891	190.000	190.000
1+2+3	-1.888	-1.229	1.890	1.890	-61.279	79.338	190.000	190.000
1+2+3+4	-1.596	-1.084	1.890	1.890	-63.125	77.622	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-3.475	-2.971	1.890	1.890	-47.172	92.331	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-4.742	-4.252	2.174	2.174	-33.744	104.969	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	-2.208	-1.690	2.174	2.174	-60.601	79.694	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-63.125}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{49.196}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.110 + 0.200 = 0.310 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{92.331}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{49.196}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.236 + 0.200 = 0.436 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (합성형 스티드 설치)}$$

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 7) = 4.5 \text{ mm} \leq t = 16 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 5.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/48.891)} = 1.971 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.200) = 2.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/104.969)} = 1.345 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = -0.426 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -1.229 - -0.426 = -0.804 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -0.426 + 2.15 \times -0.804 + (0.292) + (-1.879) + (1.267) \\ = -2.600 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -0.426 + 2.15 \times -0.804 + (1.267) \\ = -1.014 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -54.225 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = -1.591 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -61.279 - -54.225 - -1.591 = -5.464 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-54.225 + -1.591) + 2.15 \times -5.464 + (-1.845) + (15.953) + (13.428) \\ = -56.772 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-54.225 + -1.591) + 2.15 \times -5.464 + (13.428) \\ = -70.879 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 48.891 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = 6.865 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 79.338 - 48.891 - 6.865 = 23.582 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (48.891 + 6.865) + 2.15 \times 23.582 + (-1.716) + (14.709) + (-12.638) \\ = 123.540 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 포함시)}$$

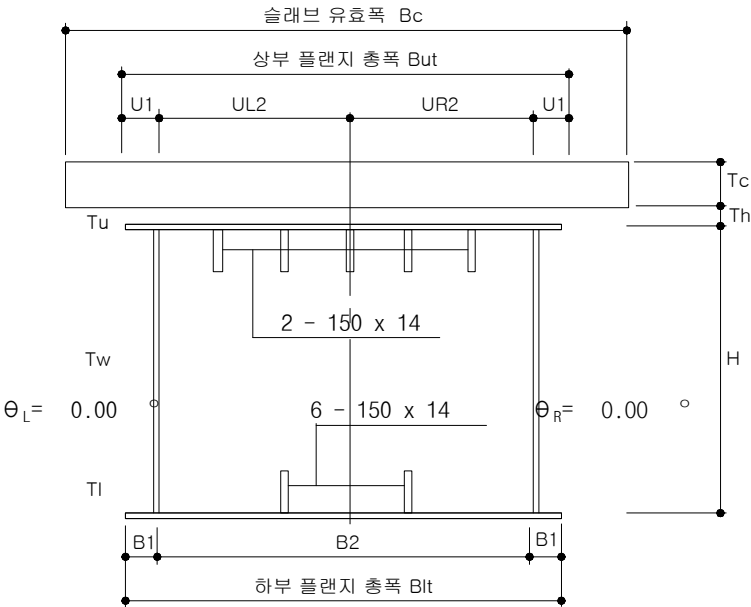
$$\Sigma f = 1.3 \times (48.891 + 6.865) + 2.15 \times 23.582 + (-12.638) \\ = 110.546 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K.} \text{ (크리프, 건조수축 제외시)}$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-2.600	16.200	0.K!!!	6.229
	크리프, 건조수축제외시	-1.014	16.200	0.K!!!	15.980
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-56.772	315.000	0.K!!!	5.548
	크리프, 건조수축제외시	-70.879	315.000	0.K!!!	4.444
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	123.540	315.000	0.K!!!	2.549
	크리프, 건조수축제외시	110.546	315.000	0.K!!!	2.849

5-17. G1-P4 최대 부모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.000 m
Bc = 4.238 m
UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
B2 = 2.500 m
But= 2.740 , Bit= 2.740 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.318 , Ble= 2.318 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.100 m
Tu = 0.022 m
TI = 0.024 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.120 m
B1 = 0.120 m
RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	MPa	206000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-11417.300
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2333.100
Mv : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	-3206.275
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1544.800
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-511.136
Sv : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	-574.682
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	51.105
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	16.582
Mvt : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-1006.542

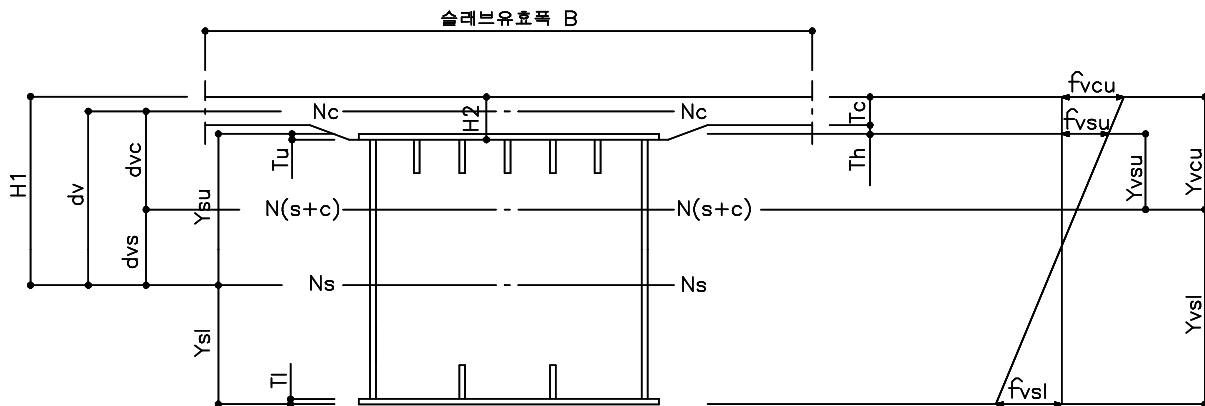
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2318.0	22.0	50996	1011.0	51556956	52124082516	2056838.667
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	925.0	3885000	3593625000	7875000
1 - L_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
1 - R_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
6 - LOWER RIB	14.0	150.0	12600	-925.0	-11655000	10780875000	23625000
1 - LOWER FLANGE	2318.0	24.0	55632	-1012.0	-56299584	56975179008	2670336
강단면 합계			171428		-12512628	1.23474E+11	16036227175
1 - RC SLAB	4238.0	250.0	1059500	1225.0	1297887500	1589912187500	5518229167

* As = 171428 mm² , Ac = 1059500 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$\begin{aligned}
 I_s' &= A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 123473761524 + 16036227174.7 = 139509988699 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum (A \cdot Y) / A_s = -12512628 / 171428 = -72.991 \text{ mm} \\
 I_s &= I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 139509988699 - 171428 \times (-72.991)^2 = 138596684807 \text{ mm}^4 \\
 Y_{su} &= H/2 + T_u - \delta s = 2000.0 / 2 + 22.0 - (-72.991) = 1094.991 \text{ mm} \\
 Y_{sl} &= Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1094.991 - 2046.000 = -951.009 \text{ mm} \\
 F &= b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 5081776.0 \text{ mm}^2 \\
 f_{su} &= M_s \cdot Y_{su} / I_s = -90.203 \text{ MPa} \\
 f_{sl} &= M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 78.342 \text{ MPa} \\
 u &= S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 32.602 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_s + A_c/n = 322785.1 \text{ mm}^2 \\
 I_c/n &= 788318452 \text{ mm}^4 \\
 dv &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1298.0 \text{ mm} \\
 dvc &= dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 689.3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 608.6 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 814.3 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 564.3 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 486.3 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1559.7 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 274814797735 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5126633.1 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -0.988 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -0.684 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = -4.129 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = 13.241 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 10.783 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -1.357 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -0.941 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = -5.674 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = 18.196 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 20.153 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 247106.6 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 900.5 \text{ mm} & K = -0.112 \\
ds1 &= dv - dc1 = 397.5 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1025.5 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 775.5 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 697.5 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1348.5 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 227444027015 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = -885800 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -885800 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -797636322 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -0.988 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -0.684 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = 0.760 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = 0.450 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = -3.311 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -4.114 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 221880.381 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1002.8 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 295.1 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1127.8 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 877.8 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 799.8 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1246.2 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 204532569970.8 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon s \cdot Ac/n2 = 2806161 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2814148719 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -2.129 \text{ MPa}$$

$$fvc12 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon s = -2.111 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 11.415 \text{ MPa}$$

$$fvs12 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 14.568 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon t \cdot Ac/n = 3741549 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2579236389 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon t = -1.671 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon t = -1.633 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 11.080 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 13.231 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 62.431 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.289 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_l \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 225.564$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_l \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 993.485 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 24.0 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	-90.203	78.342	190.000	190.000
1+2+3	-2.345	-1.625	1.890	1.890	-100.006	109.780	190.000	190.000
1+2+3+4	-1.585	-1.175	1.890	1.890	-103.317	105.665	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-3.714	-3.286	1.890	1.890	-91.902	120.233	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-5.384	-4.919	2.174	2.174	-80.822	133.464	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	-2.043	-1.653	2.174	2.174	-102.983	107.002	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 합증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-103.317}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{62.431}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.296 + 0.322 = 0.618 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{120.233}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{62.431}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.400 + 0.322 = 0.723 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스티드 설치)}$$

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 7) = 4.5 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 5.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/78.342)} = 1.557 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.193) = 2.6 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/133.464)} = 1.193 < 1.2 \Rightarrow 1.193$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = -0.988 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -1.625 - -0.988 = -0.637 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -0.988 + 2.15 \times -0.637 + (0.76) + (-2.129) + (1.671) \\ = -2.353 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -0.988 + 2.15 \times -0.637 + (1.671) \\ = -0.984 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -90.203 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = -4.129 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -100.006 - -90.203 - -4.129 = -5.674 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-90.203 + -4.129) + 2.15 \times -5.674 + (-3.311) + (11.415) + (11.08) \\ = -115.647 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-90.203 + -4.129) + 2.15 \times -5.674 + (11.08) \\ = -123.751 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 78.342 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = 13.241 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 109.78 - 78.342 - 13.241 = 18.197 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (78.342 + 13.241) + 2.15 \times 18.197 + (-4.114) + (14.568) + (-13.231) \\ = 155.403 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

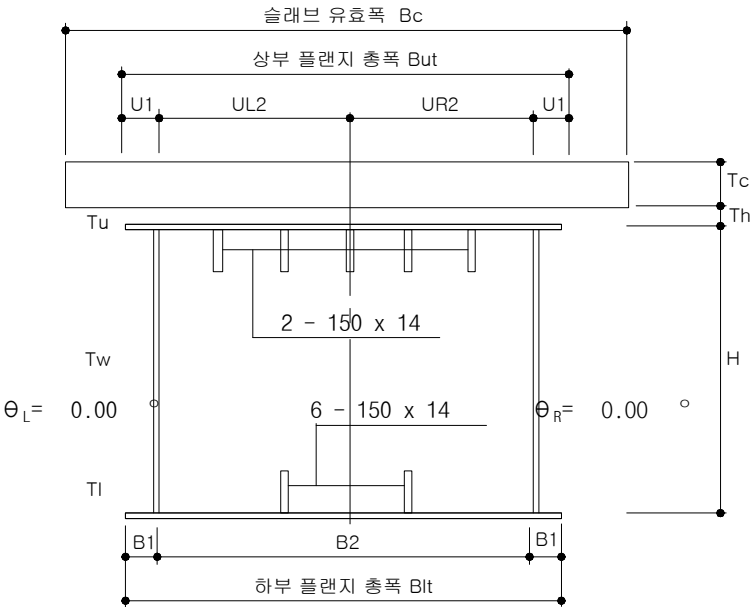
$$\Sigma f = 1.3 \times (78.342 + 13.241) + 2.15 \times 18.197 + (-13.231) \\ = 144.950 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-2.353	16.200	0.K!!!	6.886
	크리프, 건조수축제외시	-0.984	16.200	0.K!!!	16.466
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-115.647	315.000	0.K!!!	2.723
	크리프, 건조수축제외시	-123.751	315.000	0.K!!!	2.545
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	155.403	315.000	0.K!!!	2.026
	크리프, 건조수축제외시	144.950	315.000	0.K!!!	2.173

5-18. G2-P4 최대 부모멘트 단면검토

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.000 m
Bc = 4.238 m
UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
B2 = 2.500 m
But= 2.740 , Bit= 2.740 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.318 , Ble= 2.318 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.100 m
Tu = 0.022 m
Tl = 0.024 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.120 m
B1 = 0.120 m
RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강역 탄성계수	MPa	206000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		7
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-12185.700
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-2506.740
Mv : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	-3831.202
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1575.350
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-521.267
Sv : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	-739.144
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	46.531
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	15.058
Mvt : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-655.374

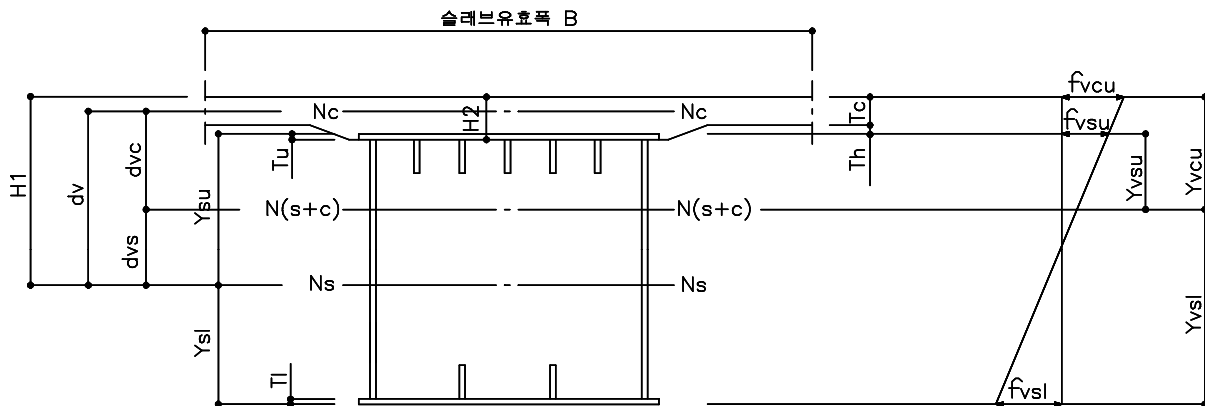
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2318.0	22.0	50996	1011.0	51556956	52124082516	2056838.667
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	925.0	3885000	3593625000	7875000
1 - L_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
1 - R_WEB	12.0	2000.0	24000	0.0	0	0	8000000000
6 - LOWER RIB	14.0	150.0	12600	-925.0	-11655000	10780875000	23625000
1 - LOWER FLANGE	2318.0	24.0	55632	-1012.0	-56299584	56975179008	2670336
강단면 합계			171428		-12512628	1.23474E+11	16036227175
1 - RC SLAB	4238.0	250.0	1059500	1225.0	1297887500	1589912187500	5518229167

* As = 171428 mm² , Ac = 1059500 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 123473761524 + 16036227174.7 = 139509988699 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -12512628 / 171428 = -72.991 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 139509988699 - 171428 \times (-72.991)^2 = 138596684807 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2000.0 / 2 + 22.0 - (-72.991) = 1094.991 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1094.991 - 2046.000 = -951.009 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 5081776.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -96.274 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 83.615 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 33.201 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 322785.1 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 788318452 \text{ mm}^4$$

$$dv = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1298.0 \text{ mm}$$

$$dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 689.3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 608.6 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 814.3 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 564.3 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 486.3 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1559.7 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 274814797735 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 5126633.1 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -1.061 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -0.735 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = -4.436 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = 14.226 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 10.982 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -1.622 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -1.124 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = -6.780 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = 21.743 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 20.725 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 7 \times (1 + 2.0 / 2) = 14 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 247106.6 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 900.5 \text{ mm} & K = -0.128 \\
ds1 &= dv - dc1 = 397.5 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1025.5 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 775.5 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 697.5 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1348.5 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 227444027015 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = -951726 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -951726 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = -857000075 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = -1.061 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = -0.735 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = 0.821 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = 0.487 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = -3.515 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -4.502 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 7 \times (1 + 4.0 / 2) = 21$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 221880.381 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1002.8 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 295.1 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1127.8 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 877.8 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 799.8 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1246.2 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 204532569970.8 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 2806161 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2814148719 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 9810 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -2.141 \text{ MPa}$$

$$fvc12 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -2.120 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 11.239 \text{ MPa}$$

$$fvs12 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 14.842 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

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

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 3741549 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2579236389 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.688 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.645 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 11.007 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 13.465 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct + Mvt)/(2 FvTw) = 63.901 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

$$= 0.650 \times (0.0 / 7)^2 + 0.130 \times (0.0 / 7) + 1.0 = 1.000$$

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

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

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

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 7} = 14.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 7} = 7.289 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_l \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 225.564$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 7} = 4.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ \frac{(t_l \cdot i \cdot n)}{b} \right\} = 993.485 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 24.0 \text{ mm}$$

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

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

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

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

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

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	-96.274	83.615	190.000	190.000
1+2+3	-2.683	-1.859	1.890	1.890	-107.490	119.584	190.000	190.000
1+2+3+4	-1.862	-1.372	1.890	1.890	-111.005	115.082	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-4.003	-3.492	1.890	1.890	-99.767	129.924	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-5.691	-5.137	2.174	2.174	-88.760	143.389	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	-2.314	-1.847	2.174	2.174	-110.774	116.459	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-111.005}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{63.901}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.341 + 0.337 = 0.679 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{129.924}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{63.901}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.468 + 0.337 = 0.805 < 1.2 \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

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

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 7) = 7.3 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 24 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스테드 설치)}$$

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 120 / 16 = 7.5 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 7) = 4.5 \text{ mm} \leq t = 22 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (310 \times 1.200) = 5.4 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/83.615)} = 1.507 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (310 \times 1.151) = 2.7 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{f_{ca}/f_c} = \sqrt{(190/143.389)} = 1.151 < 1.2 \Rightarrow 1.151$$

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

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

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = -1.061 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -1.859 - 1.061 = -0.798 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -1.061 + 2.15 \times -0.798 + (0.821) + (-2.141) + (1.688) \\ = -2.727 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -1.061 + 2.15 \times -0.798 + (1.688) \\ = -1.408 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -96.274 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = -4.436 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -107.49 - 96.274 - 4.436 = -6.780 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-96.274 + -4.436) + 2.15 \times -6.78 + (-3.515) + (11.239) + (11.007) \\ = -126.770 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-96.274 + -4.436) + 2.15 \times -6.78 + (11.007) \\ = -134.493 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 83.615 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = 14.226 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 119.584 - 83.615 - 14.226 = 21.743 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (83.615 + 14.226) + 2.15 \times 21.743 + (-4.502) + (14.842) + (-13.465) \\ = 170.816 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (83.615 + 14.226) + 2.15 \times 21.743 + (-13.465) \\ = 160.476 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-2.727	16.200	0.K!!!	5.940
	크리프, 건조수축제외시	-1.408	16.200	0.K!!!	11.509
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-126.770	315.000	0.K!!!	2.484
	크리프, 건조수축제외시	-134.493	315.000	0.K!!!	2.342
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	170.816	315.000	0.K!!!	1.844
	크리프, 건조수축제외시	160.476	315.000	0.K!!!	1.962

6. 받침용량 및 부반력 검토

6-1. 받침용량 검토

1) 휨모멘트에 의한 반력 (kN)

① 합성전 고정하중

구 분	A1	P1	P2	P3	P4	P5
G1	665.394	3666.947	3377.421	2026.752	2934.831	746.418
G2	872.030	3502.471	3250.599	2018.560	2984.964	1235.361

② 합성후 고정하중

구 분	A1	P1	P2	P3	P4	P5
G1	225.942	1163.484	1060.854	686.353	970.642	250.028
G2	299.423	1109.900	1019.339	684.398	987.295	413.413

③ 활하중

구 분	A1	P1	P2	P3	P4	P5
G1	267.374	647.269	653.748	528.373	572.005	264.666
G2	729.863	1449.883	1441.380	1237.374	1348.160	777.017

④ 지점침하

구 분	A1	P1	P2	P3	P4	P5
G1	21.824	155.055	201.202	196.586	163.980	17.021
G2	35.897	45.387	36.310	60.212	38.344	37.173

⑤ 합계

구 분	A1	P1	P2	P3	P4	P5
G1	1180.534	5632.755	5293.225	3438.064	4641.458	1278.133
G2	1937.213	6107.641	5747.628	4000.544	5358.763	2462.964

2) 받침용량 검토 결과 (kN)

① G1

구 분	A1	P1	P2	P3	P4	P5
설계용량	3000.000	8000.000	8000.000	8000.000	8000.000	3000.000
계산용량	1180.534	5632.755	5293.225	3438.064	4641.458	1278.133
검토결과	OK	OK	OK	OK	OK	OK

② G2

구 분	A1	P1	P2	P3	P4	P5
설계용량	3000.000	8000.000	8000.000	8000.000	8000.000	3000.000
계산용량	1937.213	6107.641	5747.628	4000.544	5358.763	2462.964
검토결과	OK	OK	OK	OK	OK	OK

6-2. 부반력 검토

1) 휨모멘트에 의한 반력 (kN)

① 합성전 고정하중

구 분	A1	P1	P2	P3	P4	P5
G1	665.394	3666.947	3377.421	2026.752	2934.831	746.418
G2	872.030	3502.471	3250.599	2018.560	2984.964	1235.361

② 최소 활하중

구 분	A1	P1	P2	P3	P4	P5
G1	-114.095	-84.914	-161.783	-238.535	-91.770	-115.491
G2	-156.802	-55.043	-241.145	-241.148	-70.624	-90.435

2) 부반력 검토 결과 (kN)

① G1

구 분	A1	P1	P2	P3	P4	P5
부반력	437.204	3497.119	3053.855	1549.682	2751.291	515.436
검토결과	OK	OK	OK	OK	OK	OK

② G2

구 분	A1	P1	P2	P3	P4	P5
부반력	558.426	3392.385	2768.309	1536.264	2843.716	1054.491
검토결과	OK	OK	OK	OK	OK	OK